

[illegible]

執行期間：民國 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：王如意 Ru-yih Wang  
協同研究人員：謝龍生 Lung-sheng Hsieh  
研究助理：周建明 Chien-ming Chou  
研究助理：鄭思蘋 Suz-ping Cheng

- ☐赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐國際合作研究計畫國外研究報告書一份

中華民國 九十年 八月 三十一 日  
August 31, 2001

## 謝 誌

本研究計畫承蒙 行政院國科會永續發展研究推動委員會提供研究經費，謹此誌謝。

研究期間，多承國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型研究計畫群台灣大學農工系許銘熙教授、蘇明道教授、陳增壽教授、張倉榮教授、水工試驗所賴進松研究員、何興亞博士、陳明仁博士、成功大學水利系蔡長泰教授、游保杉教授及多位子計畫之研究助理共同參與及定時研商，達成本整合型計畫之總體目標，並且承蒙經濟部水資源局、經濟部水利處、水利處北區水資源局與內政部住都處提供寶貴資料，謹致由衷之謝忱。

## 摘要

政府目前之防洪方式仍偏重於以工程治洪為主之階段，例如興建攔洪水庫、堤防、防洪牆與河道截彎取直等限制洪水之工程設施。近年來由國內外防洪經驗所獲得之結論指出：單靠工程之手段非但無法解決洪水問題，反而會為其所保護之地區帶來更高危險性之災害，況且任何現存之硬體結構物，其防洪功能上亦有其極限，不可能完全免除洪災。因此，除以硬體工程為手段外，還必須配合適用於當地之非工程措施，才能有效地降低災害損失。

由於鹽水溪與基隆河流域之防洪治理有其急迫性，加上此二河川之流域氣象水文特性、開發背景與引致洪災因素不盡相同，例如鹽水溪尚屬於低度開發之平坦農業地區，但其流域內規劃多項重大開發案及建設；而基隆河是屬於已高度開發之峽谷流域，但其流域內若干河段之防洪設施仍嫌不足，因此本整合型防災計畫乃選取鹽水溪與基隆河兩種不同流域特性為研究之示範區，探討以非工程防洪措施配合兩流域現有防洪工程設施之減災效果，做為往後其它流域防洪治理之參考依據。

本整合型計畫結合國立台灣大學及成功大學兩校具有水利工程領域專長之教授專家，預計以三年期間完成建立流域洪災防護之基本資料庫，並配合流域現況之整治工程、排水系統改善工程與氣象水文監測系統，串聯降雨、逕流與水理等模式，以研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及災害損失評估模式，最後再將流域洪災防護基本資料庫與淹水災害境況模擬結合建立一套颱風災害決策支援與展示系統，期以非工程防洪手段配合流域現有之防洪工程設施，相輔相成，以達到流域防洪減災之目標。

關鍵詞：工程治洪、非工程措施、境況模擬、洪災防護基本資料庫、降雨—逕流模式、決策支援與展示系統、災害損失評估模式。

## ABSTRACT

Most of flood-damage mitigation measures administrated by the government in recent years emphasized often on common engineering approaches. With a retrospect on flood protection experiences in Taiwan and in some other countries, however, relying simply on the engineering approaches like flood detention dam, protection embankment and river cutoff, would not be the complete solution against flood disasters. It would be more efficient to reduce the loss from floods if engineering approach and non-engineering approach work synergistically.

Yen-Shui Creek and Kee-Lung River basins were chosen as the pilot areas for the integrated flood damage mitigation project. In fact, the flood hazard control over the two basins is urgent, and the two basins are different in several ways. The main differences are, respectively, meteorological and hydrological characteristics, histories of development, and factors causing a flood. Yen-Shui Creek is an agricultural plain at a low degree of development, with various giant projects under planning or establishment; on the other hand, Kee-Lung River is a narrow valley of highly developed, with some river reaches insufficient to protect the flood. The diverse natures of the two basins will make the results suitable to be applied to other basins.

This three-year project is carried out by ten professors specializing in hydraulic engineering and hydrology from the National Taiwan University and the National Cheng-Kung University. The aims are: (1) the establishment of the latest and basic database for the existing flood protection constructions, (2) the improvements for the drainage system as well as the meteorological and hydrological monitoring system, (3) the evaluation of the scenario simulation of several inundation cases caused by different rainfall events by taking the rainfall, runoff and hydraulic models in series, and (4) the establishment of an evaluation model for flood damages, and a proper measure of the benefits of mitigation to the flood disaster. With the combination of the basic database for flood protection and the inundation scenario simulation, a decision support system can be set up consequently. The research is prospective to reduce flood damages when non-engineering approaches work successfully with the existing flood control structures, and the non-engineering approach can also be supplemental to the shortcoming of engineering approaches.

**Keywords:** Engineering approach, Non-engineering approach, Inundation scenario simulation, Basic database for flood protection, Decision support system, Flood damage evaluation model.



# 目 錄

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 謝誌.....                                    | I   |
| 中文摘要.....                                  | II  |
| 英文摘要.....                                  | III |
| 目錄.....                                    | IV  |
| 圖錄.....                                    | VI  |
| 表錄.....                                    | IX  |
| 第一章 緒論.....                                | 1   |
| 1-1 本計畫之重要性.....                           | 1   |
| 1-2 過去相關研究.....                            | 3   |
| 1-3 本計畫之分工與整合.....                         | 4   |
| 1-4 本計畫之總體目標.....                          | 6   |
| 第二章 研究成果.....                              | 8   |
| 2-1 子計畫一、鹽水河流域上游丘陵集水區降雨—逕流分析.....          | 8   |
| 2-2 子計畫二、台南科學園區排水能力及洪災防治措施之研究.....         | 12  |
| 2-3 子計畫三、鹽水溪平原排水境況模擬之研究.....               | 16  |
| 2-4 子計畫四、鹽水河流域洪災損害評估模式與相關資料庫<br>建立之研究..... | 19  |
| 2-5 子計畫五、鹽水河流域防洪決策支援系統之研發.....             | 23  |
| 2-6 子計畫六、基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究.....       | 28  |
| 2-7 子計畫七、基隆河流域整治段颱風災害淹水境況模擬.....           | 33  |
| 2-8 子計畫八、基隆河流域颱風發生潰溢堤災害之境況模擬.....          | 35  |
| 2-9 子計畫九、基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫<br>建立之研究..... | 37  |
| 2-10 子計畫十、基隆河流域防洪決策支援系統之研發.....            | 43  |
| 第三章 結論.....                                | 49  |
| 參考文獻.....                                  | 56  |
| 附錄 A 整合型計畫總目標說明.....                       | A-1 |

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| 附錄 B 子計畫精簡報告 .....                  | B-1   |
| 子計畫一 鹽水河流域上游丘陵集水區降雨—逕流分析 .....      | B-1   |
| 子計畫二 台南科學園區排水能力及洪災防治措施之研究 .....     | B-13  |
| 子計畫三 鹽水溪平原排水境況模擬之研究 .....           | B-25  |
| 子計畫四 鹽水河流域洪災損害評估模式與相關資料庫建立之研究 ..... | B-37  |
| 子計畫五 鹽水河流域防洪決策支援系統之研發 .....         | B-49  |
| 子計畫六 基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究 .....   | B-58  |
| 子計畫七 基隆河流域整治段颱風洪災害淹水境況模擬 .....      | B-70  |
| 子計畫八 基隆河流域颱風洪發生潰溢堤災害之境況模擬 .....     | B-82  |
| 子計畫九 基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究 ..... | B-94  |
| 子計畫十 基隆河流域防洪決策支援系統之研發 .....         | B-106 |
| 附錄 C 工作討論會會議記錄 .....                | C-1   |
| 第一次工作討論會 .....                      | C-1   |
| 第二次工作討論會 .....                      | C-3   |
| 第三次工作討論會 .....                      | C-8   |
| 第四次工作討論會 .....                      | C-11  |
| 第五次工作討論會 .....                      | C-15  |
| 第六次工作討論會 .....                      | C-19  |
| 附錄 D 研究助理綜合工作協調會會議記錄 .....          | D-1   |
| 第一次研究助理綜合工作協調會 .....                | D-1   |
| 第二次研究助理綜合工作協調會 .....                | D-3   |
| 第三次研究助理綜合工作協調會 .....                | D-7   |
| 第四次研究助理綜合工作協調會 .....                | D-10  |
| 第五次研究助理綜合工作協調會 .....                | D-14  |
| 第六次研究助理綜合工作協調會 .....                | D-18  |

## 圖 錄

|        |                             |    |
|--------|-----------------------------|----|
| 圖 1-1  | 鹽水溪流域地形圖 .....              | 1  |
| 圖 1-2  | 基隆河流域地形圖 .....              | 2  |
| 圖 1-3  | 研究流程圖 .....                 | 5  |
| 圖 2-1  | 崎頂站降雨強度—延時—頻率曲線圖 .....      | 9  |
| 圖 2-2  | 鹽水溪流域設計雨型(重現期距 200 年).....  | 9  |
| 圖 2-3  | 「流量模擬結果」視窗 .....            | 10 |
| 圖 2-4  | 「分布型流量查詢」視窗 .....           | 10 |
| 圖 2-5  | 洪水事件 4 之率定結果 .....          | 10 |
| 圖 2-6  | 洪水事件 15 之驗證結果 .....         | 10 |
| 圖 2-7  | 虎頭埤實測與模擬水位圖(事件 15).....     | 11 |
| 圖 2-8  | 重現期距 200 年之設計洪水 .....       | 11 |
| 圖 2-9  | 瑞伯颱風台北市中央區調查積水範圍圖 .....     | 12 |
| 圖 2-10 | 瑞伯颱風台北市中央區模擬積水範圍圖 .....     | 12 |
| 圖 2-11 | 重現期 100 年降雨之溢流人孔圖 .....     | 13 |
| 圖 2-12 | 重現期 100 年降雨之最大淹水深度圖 .....   | 13 |
| 圖 2-13 | 重現期 100 年降雨之滯洪池 B 歷線圖.....  | 14 |
| 圖 2-14 | 重現期 100 年降雨之滯洪池 D 歷線圖 ..... | 14 |
| 圖 2-15 | 鹽水溪流域之高程地形與水系分布圖 .....      | 16 |
| 圖 2-16 | 研究範圍之交通系統示意圖 .....          | 16 |
| 圖 2-17 | 研究範圍之地理位置示意圖 .....          | 18 |
| 圖 2-18 | 邊界條件之流量歷線 .....             | 18 |
| 圖 2-19 | 10 年頻率之最大淹水深度圖 .....        | 19 |
| 圖 2-20 | 100 年頻率之最大淹水深度圖 .....       | 19 |
| 圖 2-21 | 200 年頻率之最大淹水深度圖 .....       | 19 |
| 圖 2-22 | 88 年 7 月歷史豪雨之最大淹水深度圖 .....  | 19 |
| 圖 2-23 | 鹽水溪流域常淹水之範圍 .....           | 26 |
| 圖 2-24 | 鹽水溪流域農作物淹水深度—損失曲線 .....     | 26 |
| 圖 2-25 | 台南縣工商業之淹水深度—損失曲線 .....      | 26 |

|        |                                         |    |
|--------|-----------------------------------------|----|
| 圖 2-26 | 台南市工商業之淹水深度—損失曲線 .....                  | 26 |
| 圖 2-27 | 展示介面—雨量 .....                           | 27 |
| 圖 2-28 | 展示介面—河川水位 .....                         | 27 |
| 圖 2-29 | 展示介面—淹水 .....                           | 27 |
| 圖 2-30 | 展示介面—水情通告 .....                         | 27 |
| 圖 2-31 | 展示介面—災情通報 .....                         | 28 |
| 圖 2-32 | 展示介面—流域淹水範圍及深度 .....                    | 28 |
| 圖 2-33 | 基隆河流域重現期距 200 年及降雨延時 24 小時之平均設計雨型圖 .... | 30 |
| 圖 2-34 | 五堵上游集水區之亞力士颱風逕流歷線檢定圖 .....              | 30 |
| 圖 2-35 | 五堵水文站上游瞬時單位歷線 $U_m$ 值隨時間變化圖 .....       | 32 |
| 圖 2-36 | 五堵上游集水區重現期距 200 年及降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖    | 32 |
| 圖 2-37 | 子計畫六與子計畫八之模擬銜接範圍圖 .....                 | 33 |
| 圖 2-38 | 象神颱風核胞 1~5 之模擬逕流歷線圖 .....               | 33 |
| 圖 2-39 | 瑞伯颱風汐止地區模擬淹水範圍 .....                    | 34 |
| 圖 2-40 | 芭比絲颱風汐止地區模擬淹水範圍 .....                   | 34 |
| 圖 2-41 | 象神颱風模擬淹水範圍 .....                        | 34 |
| 圖 2-42 | 象神颱風調查積水範圍 .....                        | 34 |
| 圖 2-43 | 模擬演算至 22 小時之淹水深分布圖 .....                | 35 |
| 圖 2-44 | 模擬演算至 26 小時之淹水深分布圖 .....                | 35 |
| 圖 2-45 | 模擬演算至 32 小時之淹水深分布圖 .....                | 35 |
| 圖 2-46 | 模擬演算至 48 小時之淹水深分布圖 .....                | 35 |
| 圖 2-47 | 模擬演算 1 至 56 小時，最大淹水深分布結果 .....          | 36 |
| 圖 2-48 | 長安國小之淹水調查平均水位與模擬之淹水歷線結果比較 .....         | 36 |
| 圖 2-49 | 汐止國小之淹水調查平均水位與模擬之淹水歷線結果比較 .....         | 36 |
| 圖 2-50 | 汐止國小之淹水調查平均水位與模擬之淹水歷線結果比較 .....         | 36 |
| 圖 2-51 | 北部地區路網展示圖 .....                         | 38 |
| 圖 2-52 | 基隆河流域數值高程圖 .....                        | 38 |
| 圖 2-53 | 防洪設施圖層 .....                            | 39 |
| 圖 2-54 | 土地使用圖層 .....                            | 39 |
| 圖 2-55 | 各村里各大類單位家數 .....                        | 42 |

|        |                         |    |
|--------|-------------------------|----|
| 圖 2-56 | 各村里住宅分布情形 .....         | 42 |
| 圖 2-57 | 各村里人口分布圖 .....          | 43 |
| 圖 2-58 | 各鄉鎮市地價 .....            | 43 |
| 圖 2-59 | 防洪決策支援系統資料庫基本分類架構 ..... | 44 |
| 圖 2-60 | 防洪決策支援系統資料庫設計分類架構 ..... | 44 |
| 圖 2-61 | 防洪決策支援系統進入畫面 .....      | 46 |
| 圖 2-62 | 基本資料展示畫面 .....          | 46 |
| 圖 2-63 | 基隆河流域雨量站分布圖 .....       | 47 |
| 圖 2-64 | 基隆河流域水位站分布圖 .....       | 47 |
| 圖 2-65 | 衛星雲圖展示畫面 .....          | 47 |
| 圖 2-66 | 歷史颱風路徑展示畫面 .....        | 47 |
| 圖 2-67 | 累積雨量分布展示畫面 .....        | 48 |
| 圖 2-68 | 水位動態展示畫面 .....          | 48 |

## 表 錄

|       |                          |    |
|-------|--------------------------|----|
| 表 2-1 | 崎頂站不同延時之降雨強度頻率分析結果表..... | 8  |
| 表 2-2 | 淹水比較.....                | 15 |
| 表 2-3 | 滯洪池 B 之滯洪特性比.....        | 15 |
| 表 2-4 | 土地使用分類及災害潛勢表.....        | 19 |
| 表 2-5 | 資料庫表格名稱.....             | 24 |
| 表 2-6 | 五堵站不同延時降雨量之頻率分析結果表.....  | 28 |
| 表 2-7 | 土地利用地理資料庫屬性表.....        | 38 |
| 表 2-8 | 工商業普查各大類代號及其名稱.....      | 40 |

# 第一章 緒論

## 1-1 本計畫之重要性

鹽水溪為台灣廿一條主要河川之一，位處台灣西南部，發源於台南縣龍崎鄉大坑尾之中央山脈南部低山地帶，並於台南市之安南區與安平區間流入台灣海峽，主流自大坑尾至河口，全長 42 公里，流經台南縣之龍崎鄉、關廟鄉、新市鄉、永康市及台南市之安南區等地；流域面積 343 平方公里，涵蓋台南縣之龍崎鄉、關廟鄉、歸仁鄉、山上鄉、左鎮鄉、新化鎮、善化鎮、安定鄉、新市鄉及永康市，以及台南市之北、東、安南、安平等地區，流域位置如圖 1-1 所示。流域地勢為自東南而西北降低，大多數地表高程約在 0~30 公尺之間，地勢相當平坦及低窪，流域內降雨量相當集中，加上河道坡度平緩與蜿蜒，以致常有水患發生，造成流域內嚴重之災情。目前政府於鹽水河流域內規劃並興建多項重大工程與土地開發案，例如新市鄉之南部科學園區、高速鐵路之興建案、台南市安南區之科技工業區等。為確保流域內重大開發工程與都市計畫免於水患之苦，鹽水河流域之防洪治理，確實刻不容緩。

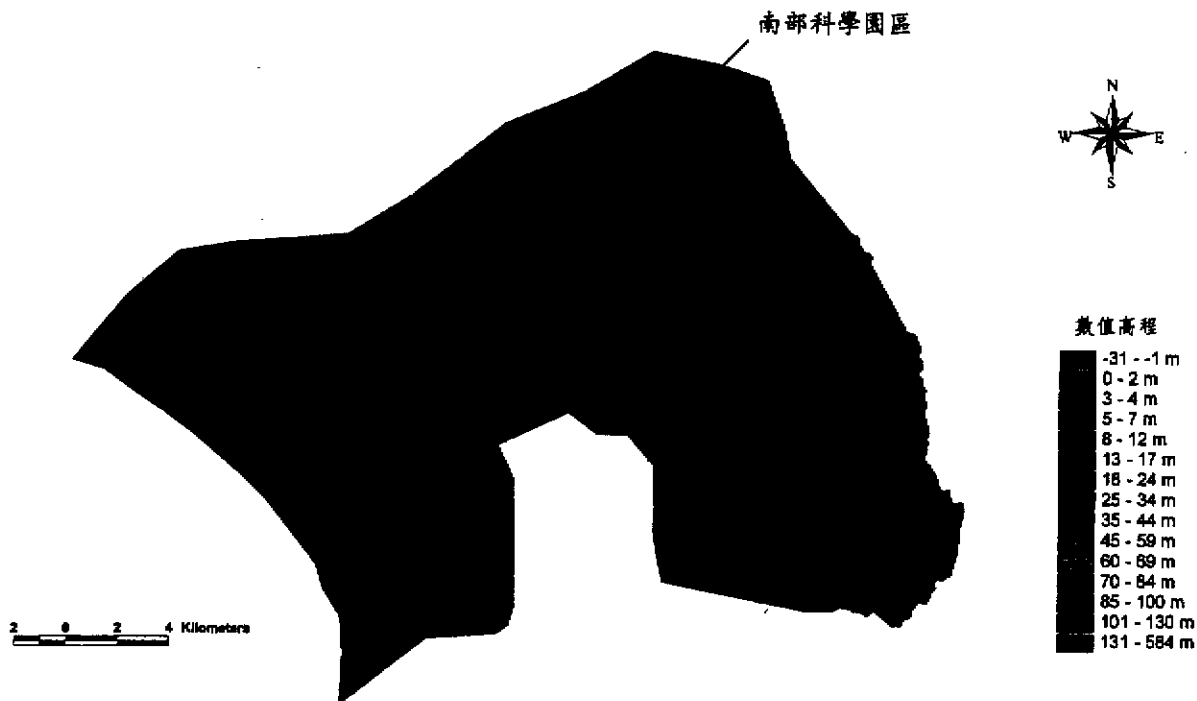


圖 1-1 鹽水河流域地形圖

基隆河為台灣北部淡水河系之三大支流之一，發源於台北縣平溪鄉石底林西邊之菁桐山(標高 519 公尺)，西鄰景美溪，南接坪林溪，各支流匯集後由東北流至瑞芳再向西折，一路流經八堵、七堵、五堵、汐止、南港、士林及北投，主流長約為 86 公里，流域面積約為 501 平方公里，於社子島、關渡附近蜿蜒匯入淡水河。其主要支流自上而下有東勢格溪、平溪、東勢坑溪、暖暖溪、大武崙溪、拔西猴溪、瑪陵坑溪、鹿寮溪、保長坑溪、康誥坑溪、北港溪、叭噠溪、大坑溪、外雙溪及貴子坑溪等。基隆河流經之行政區域包括台北市之北投、士林、大同、中山、內湖、松山、南港等七區，緊接台北縣之汐止、瑞芳、平溪三鄉鎮以及基隆市之七堵、暖暖二地區，共達十二鄉鎮，流域位置如圖 1-2 所示。由該圖可知基隆河流域中上游屬於峽谷地形，然而歷經二、三十年來之都市化演變及急速發展，到處呈現與水爭地之現象，目前沿著基隆河主河道兩岸高樓林立，致使基隆河流域之水文環境存在相當複雜之問題，例如防洪排水設施嚴重不足、兩岸過度開發、河道通水斷面積逐年減少、橋樑阻礙河川水流、支流多且集中分布於中上游以及流域管理事權不一等問題，因而導致基隆河流域每逢豪雨即氾濫成災，例如民國八十七年十月間接連發生瑞伯與芭比絲兩個颱風侵襲此流域，造成汐止、五堵等地區十天之內三次淹水，生命財產損失難以估算；又民國八十九年十一月初象神颱風更造成基隆市、瑞芳鎮、五堵、汐止、內湖、南港等地慘重淹水災情，傷亡令人髮指。因此，如何治理及保護基隆河沿岸居民之生命財產安全，的確有其需要性及急迫性。



圖 1-2 基隆河流域地形圖



政府目前之防洪方式仍偏重於以工程治洪為主之階段，例如興建攔洪水庫、堤防、防洪牆與河道截彎取直等限制洪水之工程設施，估計平均每年各項防洪工程之經費高達109億元。工程手段常帶給人民一種安全之假象，使居民誤認為工程手段可以一勞永逸免除水患；同時由於防洪工程計畫皆屬於政府之公共建設，造成居民觀念上之偏差，認為防洪工作完全是政府之職責。近年來由國內外防洪經驗所獲得之結論指出：單靠工程之手段非但無法解決洪水問題，反而會為其所保護之地區帶來更高危險性之災害，況且任何現存之硬體結構物，其防洪功能上亦有其極限，不可能完全免除洪災，因此除以硬體工程為手段外，還必須配合適用於當地之非工程措施，才能有效地降低災害損失。基於上述對鹽水溪與基隆河流域之防洪治理有其急迫性，加上此二河川之流域氣象水文特性、開發背景與引致洪災因素不盡相同，例如鹽水溪尚屬於低度開發之平坦農業地區，但其流域內規劃多項重大開發案及建設；而基隆河是屬於已高度開發之峽谷流域，但其流域內若干河段之防洪設施仍嫌不足，因此本整合型防災計畫乃選取鹽水溪與基隆河兩種不同流域特性為研究之示範區，探討以非工程防洪措施配合兩流域現有防洪工程設施之減災效果，做為往後其它流域防洪治理之參考依據。

本整合型計畫結合國立台灣大學及成功大學兩校具有水利工程領域專長之教授專家，預計以三年期間完成建立鹽水溪與基隆河兩流域之洪災防護基本資料庫，並配合流域之現況整治工程、排水系統改善工程與水文氣象監測系統，應用降雨、逕流與水理等模式，串聯研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及洪災損失評估模式，最後再將上述示範流域之洪災防護基本資料庫、不同模式之境況模擬分析成果與應變措施，結合建立一套完整之颱風災害決策支援與展示系統，期以非工程之預警方法，減少鹽水溪與基隆河兩流域水患之損失。

## 1-2 過去相關研究

行政院國家科學委員會有鑒於天然災害所引致之損失重大，而其發生原因與防範之道多係具有地域特性，外國之研究成果未必全適用於我國，乃於民國七十年起邀請學者專家及有關業務機關代表共同策劃，針對資料蒐集、學理研究及推廣應用等三方面兼籌並顧，進行研究計畫之規劃。自民國七十一年開始執行「防災科技研究」第一期五年計畫，於民國七十六年完成。在第一期五年計畫中針對淡水河流域洪水演算模式進行一系列之研究，完成了全河系洪水演算數值模式以及堤防潰決洪流模式之建立。國科會復於民國七十六年繼續推動第二期五年計畫，亦已於民國八十一年完成。該兩期共十年之研究計畫已獲豐碩成果，且甚具推廣價值。

民國八十二年國科會更在過去研究成果之基礎上，推動第三期五年計畫，以新發展

之防災科技與設備，配合目前台灣之人文、地文與水文環境，進行更深入之天然災害防治研究。民國八十二年五月國科會成立環境與發展委員會（民國八十六年一月更名為永續發展研究推動委員會），將「天然災害防治研究」列為重要之推動工作項目之一，以原已在執行中之「防災科技研究」第三期五年計畫為基礎，將各項防災研究予以檢討，重新規劃其主題與內容，以能解決災害防治問題為導向，期望將來之執行有更豐碩之成果，提供相關政府機關及民間應用<sup>[4]</sup>。

台灣地區過去十餘年來在國科會及其他相關機構之支助下，先後對淡水河洪流演算模式<sup>[11,112,13,14,15]</sup>、基隆河沿岸低窪地區淹水模式<sup>[5,6]</sup>、八掌溪洪災模式<sup>[7,8,9]</sup>進行一系列之研究，包括疏洪道完成前後之洪水模擬演算及比較<sup>[12]</sup>，洪水模式與逕流模式之銜接<sup>[13]</sup>，堤防潰決後之洪流模擬<sup>[14]</sup>，市區排水設施有無納入洪水演算之比較<sup>[5,6]</sup>，針對水庫潰壩後之洪水演算進行模擬及研究<sup>[13]</sup>等，另外亦以台北都會區為研究對象，以三年期間完成台北都會區淹水地區預測之研究<sup>[1,2,10]</sup>。

### 1-3 本計畫之分工與整合

鹽水溪與基隆河示範區颱風災害境況模擬與決策支援展示系統之研究，依其資料蒐集、降雨、逕流、洪泛模擬、災損模式評估、應變對策研擬及決策展示等分析流程，本整合型計畫擬定出降雨及逕流模式、地表淹水境況模擬、洪災防護基本資料庫建立、災害損失評估模式與決策支援展示系統等部分之研究，各部分間具有先後因果關係，而彼此間之連接十分緊密，可掌握洪災動態情況及適時提出應變措施。

由於降雨模擬之進行，需借助洪災防護基本資料庫中水文氣象監測傳輸系統，以提供集水區颱風事件之動態訊息；而降雨資料又為逕流模式之輸入資料，逕流資料亦是地表淹水境況模擬不可或缺之邊界條件，進一步再將地表淹水境況模擬之結果提供災害損失評估模式模擬，最後彙整上述各模式之分析成果，建立一套決策支援展示系統，進而研擬及提出颱風事件之應變措施。綜觀各部分之研究與分析，需要涉及特有專業領域，並非個人之力所能獨立勝任與完成，必須以研究群方式，整合各部分之研究成果，加強各研究子題間之連接與協調，以達到分工合作、群策群力之整體效果。

圖 1-3 為鹽水溪與基隆河示範區颱風災害境況模擬與決策支援展示系統之研究流程圖，圖中顯示降雨及逕流之研究，可參考氣象組整合型計畫與淡水河洪水預報系統之成果，並按流域別劃分成鹽水溪流域上游丘陵集水區降雨—逕流分析(子計畫一)及基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究(子計畫六)，同時針對鹽水溪與基隆河各流域複雜防洪排水設施與不同淹水機制提出各淹水模擬研究子題，包括台南科學園區排水

能力及洪災防治措施之研究(子計畫二)、鹽水溪平原排水境況模擬之研究(子計畫三)、基隆河流域整治段颱風洪災害淹水境況模擬(子計畫七)及基隆河流域颱風發生潰溢堤災害之境況模擬(子計畫八)，以進行地表淹水境況模擬；進一步針對鹽水溪與基隆河之不同流域特性，研擬鹽水溪流域洪災損害評估模式與相關資料庫建立之研究(子計畫四)及基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究(子計畫九)等研究子題，最後將上述各研究子題之研究成果按照流域別又可分別提出鹽水溪流域防洪決策支援系統之研發(子計畫五)及基隆河流域防洪決策支援系統之研發(子計畫十)等兩個研究子題。面對如此具有高科技開發區、農業區及都會區特色之示範流域與涵蓋上下串聯、層次相關多項研究課題之防災整合型計畫，必須有一總計畫予以整合，負責居中協調與連絡事宜，並督促及掌控各子計畫之研究成果，以期達到本整合型計畫之預期目標。

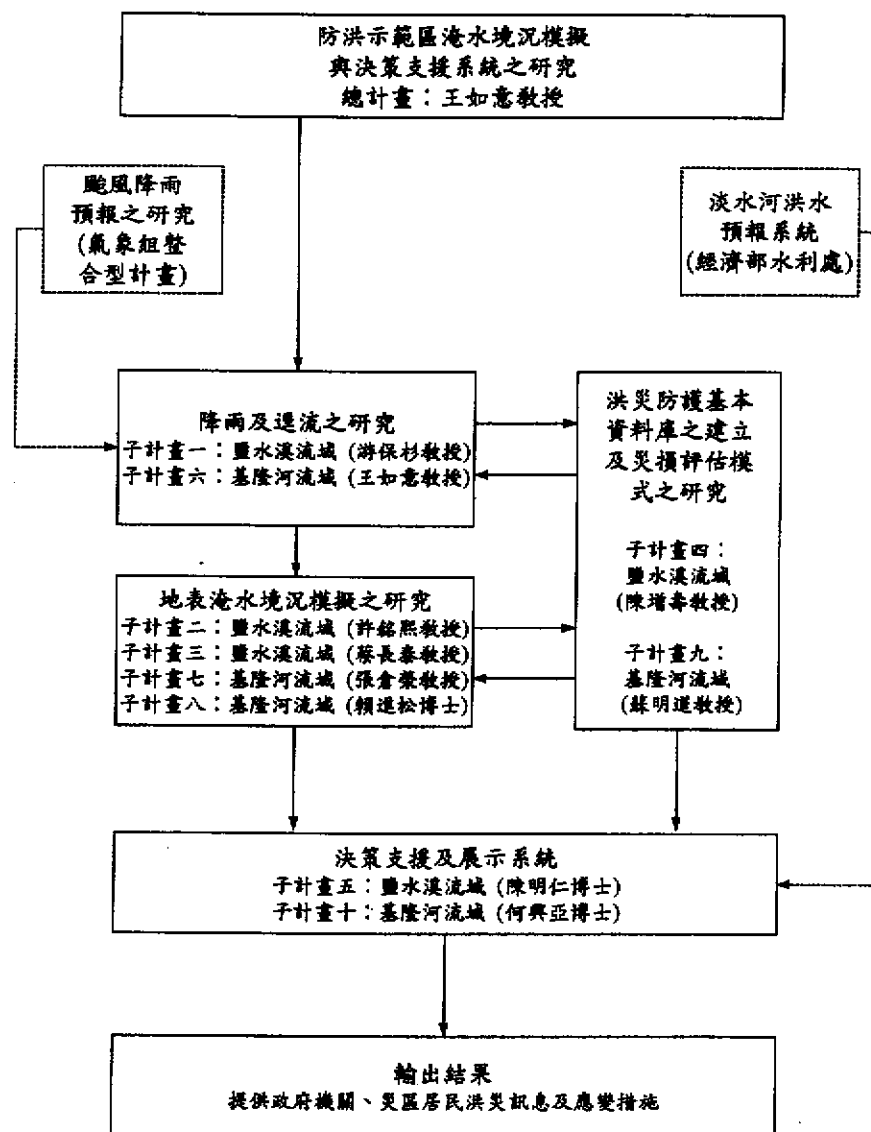


圖 1-3 研究流程圖

本研究群各子計畫之主持人及子計畫名稱分別為：

總計畫：（台大王如意教授）

防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究

子計畫一：（成大游保杉教授）

鹽水溪流域上游丘陵集水區降雨—逕流分析

子計畫二：（台大許銘熙教授）

台南科學園區排水能力及洪災防治措施之研究

子計畫三：（成大蔡長泰教授）

鹽水溪平原排水境況模擬之研究

子計畫四：（台大陳增壽助理教授）

鹽水溪流域洪災損害評估模式與相關資料庫建立之研究

子計畫五：（台大陳明仁博士）

鹽水溪流域防洪決策支援系統之研發

子計畫六：（台大王如意教授）

基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究

子計畫七：（台大張倉榮助理教授）

基隆河流域整治段颱風洪災害淹水境況模擬

子計畫八：（台大賴進松助理研究員）

基隆河流域颱風洪發生潰溢堤災害之境況模擬

子計畫九：（台大蘇明道教授）

基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究

子計畫十：（台大何興亞博士）

基隆河流域防洪決策支援系統之研發

#### 1-4 本計畫之總體目標

政府於民國八十六年十一月間成立防災國家型計畫，其中有關防洪項目之主要目標在於掌握不同暴雨情況下台灣地區之可能淹水區域及淹水深度，進而評估洪災所造成之損失，並且進行颱風之境況模擬，作為災害減輕及防災作業之依據。計畫中並選定鹽水溪及台北盆地為颱風研究分析之示範區。又依據「防災國家型科技計畫」規劃報告（民國八十六年九月出版）中列出（1.9）示範區颱風災害境況模擬及（1.10）防洪決策支援展示系統之建立均屬於防洪部份之規劃課題。

鹽水溪地勢低窪，河道蜿蜒，雨量集中，常有水災發生。目前政府在鹽水溪流域內興建若干重大工程及土地規劃案，如南部科學園區將陸續完工營運，解決淹水問題迫在眉睫。最近三十年來都市化演變結果造成基隆河下游沿岸已形成台北都會區之精華地區，水文環境變化甚大。民國八十七年十月間瑞伯、芭比斯兩次颱風造成汐止地區重大

之淹水災情，民國八十九年十一月一日象神颱風更造成基隆、瑞芳、汐止、內湖、木柵各處土石流及廣大之淹水災情，死亡六十四人、受傷六十五人、失蹤二十五人，農漁業及民生物資損失難以估計，災情空前慘重，使政府對「基隆河整治」緊急謀求有效之治理方案。多年來基隆河沿岸由於高速都市化發展，引致地貌改變、河道修改，對基隆河流域水文、水理及人文條件加以審慎評估，實為迫切之要務。此二地區內人口密集、地勢低窪，又是台灣都會區、農業區及高科技開發區三種土地利用之典型發展區域，但每年夏秋之際，颱風暴雨來襲常造成巨大之災害，防洪治災為政府之重要施政措施。

本整合型計畫之總體目標係以鹽水河流域及基隆河流域為示範研究區域，預計以三年期間完成建立流域洪災防護之基本資料庫，並配合流域現況之整治工程、排水系統改善工程與氣象水文監測系統，串聯降雨、逕流與水理等模式，以研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及災害損失評估模式，最後再將流域洪災防護基本資料庫與淹水災害境況模擬結合建立一套颱風災害決策支援與展示系統，期以非工程防洪手段配合流域現有之防洪工程設施，相輔相成，以達到流域防洪減災之目的。

鹽水溪與基隆河示範區颱風災害境況模擬與決策支援展示系統之研究，依其資料蒐集、降雨、逕流、洪泛模擬、災損模式評估、應變對策研擬及決策展示等分析流程，本整合型計畫擬定出降雨及逕流模式、地表淹水境況模擬、洪災防護基本資料庫建立、災害損失評估模式與決策支援展示系統等部分之研究，各部分間具有先後因果關係，而彼此間之連接十分緊密，可掌握洪災動態情況及適時提出應變措施。

本整合型計畫總目標詳述於附錄 A。本研究第二章茲就各子計畫本年度之研究成果作一說明，第三章說明結論；而十個子計畫之研究成果精簡報告參見附錄 B。本研究群之總計畫除負責各子計畫研究工作之協調與聯繫外，並定期邀集十個子計畫之研究人員，召開研究工作討論會，會中除增進研究人員之協調與配合外，亦將檢討研究進度與成果，整合上下游研究成果，充分達到資源連貫之目的，俾能配合掌握整體之研究進度，以準時有效地完成研究計畫目標。本計畫於今年度執行期間，除經常聯繫討論外，並且正式召開六次工作討論會及六次研究助理綜合工作協調會，其會議記錄參見附錄 C 及附錄 D。

## 第二章 研究成果

本整合型計畫依據氣象、水文、水理、資料庫、淹水境況模擬、洪災損失評估、颱洪災害決策支援及展示系統，共分十個子計畫，預計三年間完成總計畫目標。本年度各子計畫完成之工作項目及具體成果分述如下：

### 2-1 子計畫一、鹽水河流域上游丘陵集水區降雨—逕流分析(一) (成大游保杉教授)

以下針對本計畫各部分獲得之研究成果進行說明：

#### 1. 頻率分析與IDF公式分析結果

計算結果各雨量站之 SE 及 U 兩個誤差指標值，可知部分統計分布所求得之 SE 及 U 誤差指標值與最佳統計分布之誤差指標值非常相近，因此主觀認定相差在 5% 以內之統計分布皆可視為合適之統計分布。檢視同時適合 SE 及 U 兩個誤差指標值之統計分布後發現，GEV 與 PT3 為最合適之統計分布。然而，雖然統計分布以 GEV 較優，但由於該統計分布在國內較少使用，一般工程師也較不熟悉，況且其誤差指標值計算結果與次優分布差異不大，故本計畫選用 PT3 作為頻率分析之最佳統計分布。根據以上分析進行三站各延時降雨總量頻率分析，並將降雨量轉換以降雨強度表示，結果如表 2-1(以崎頂站為例)所示。

表 2-1 崎頂站不同延時之降雨強度頻率分析結果表

| (單位：mm)                    |       |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 重現期距<br>(年)<br>降雨<br>延時(分) | 1.1   | 2      | 5      | 10     | 25     | 50     | 100    | 200    |
| 1440                       | 95.82 | 126.54 | 152.70 | 168.78 | 187.74 | 201.12 | 213.90 | 226.26 |
| 1080                       | 82.59 | 102.54 | 124.74 | 140.04 | 159.42 | 173.82 | 188.04 | 202.23 |
| 720                        | 71.00 | 90.24  | 106.44 | 116.34 | 128.02 | 136.22 | 144.04 | 151.60 |
| 360                        | 61.36 | 78.56  | 91.36  | 98.73  | 107.10 | 112.79 | 118.11 | 123.13 |
| 240                        | 45.70 | 61.56  | 73.76  | 80.88  | 89.06  | 94.66  | 99.93  | 104.95 |
| 180                        | 35.83 | 48.23  | 59.43  | 66.48  | 74.99  | 81.05  | 86.90  | 92.60  |
| 120                        | 29.52 | 42.84  | 51.67  | 56.44  | 61.62  | 65.02  | 68.12  | 70.99  |
| 90                         | 24.00 | 32.02  | 40.07  | 45.38  | 51.96  | 56.74  | 61.43  | 66.04  |
| 60                         | 19.98 | 27.55  | 34.53  | 38.98  | 44.37  | 48.22  | 51.96  | 55.60  |
| 40                         | 14.63 | 21.49  | 28.18  | 32.55  | 37.92  | 41.81  | 45.61  | 49.33  |
| 30                         | 8.58  | 14.93  | 19.68  | 22.41  | 25.52  | 27.63  | 29.61  | 31.49  |
| 20                         | 6.79  | 11.97  | 15.59  | 17.60  | 19.84  | 21.33  | 22.71  | 24.00  |
| 10                         | 5.06  | 10.01  | 13.53  | 15.50  | 17.70  | 19.18  | 20.55  | 21.84  |

接著進行 IDF 公式參數之推算。圖 2-1 為崎頂站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖，由圖中可知各重現期距之降雨強度—延時曲線大致呈平行分布，分析結果合理。本研究進一步將雨量強度頻率分析之結果與公式擬合值，點繪於雙對數圖上，顯示模擬效果頗佳，且大多在 20% 誤差範圍內。

## 2. 設計雨型分析結果

本研究以 1.1、2、5、10、25、50、100、200 年等八種重現期距降雨總量，與 24 小時降雨延時從事雨型設計。並以徐昇多邊形法推求各雨量站之面積權重，藉以計算鹽水溪流域之平均設計雨型。分析結果鹽水溪流域平均設計雨型結果，選其代表圖形如圖 2-2 所示。

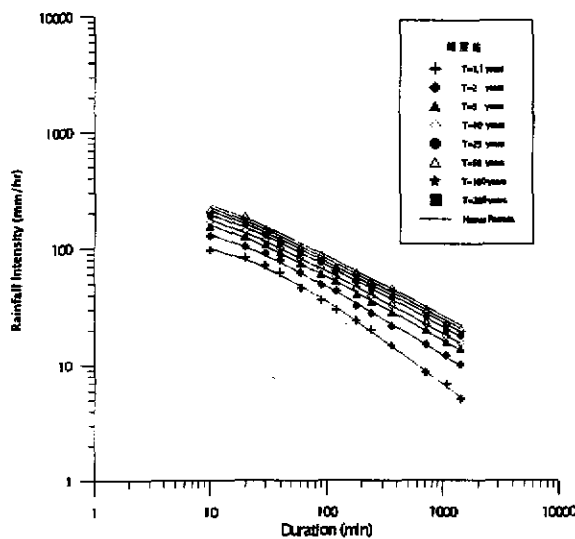


圖 2-1 崎頂站降雨強度—延時—頻率曲線圖

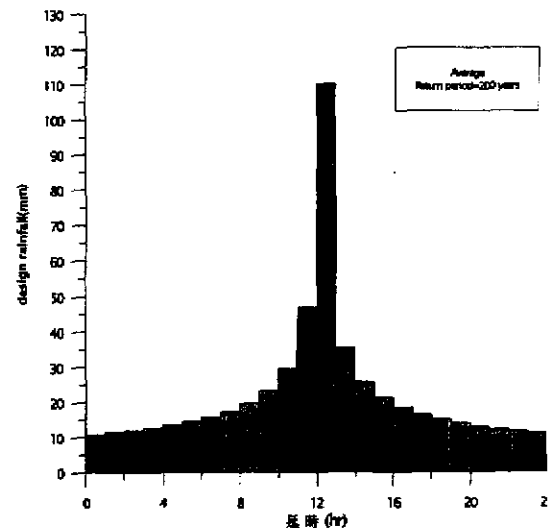


圖 2-2 鹽水溪流域設計雨型(重現期距 200 年)

## 3. 視窗程式開發結果

本研究以 Visual Basic 語言包裝模式建立一個模式輸入、輸出、結果比較、查詢之視窗化降雨—逕流模式，以提供使用者能輕易之使用模式和查詢模式運算結果。開發結果以圖 2-3 及圖 2-4 作為代表展示。

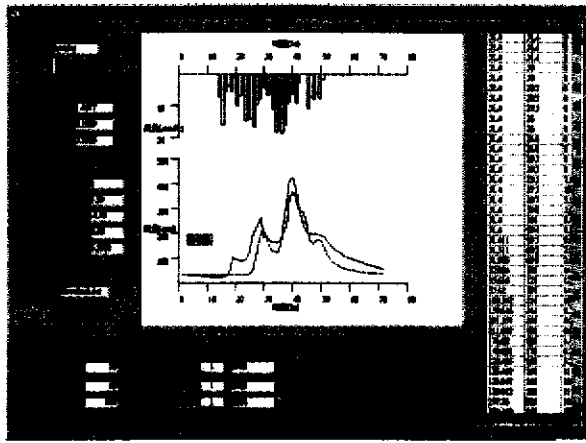


圖2-3 「流量模擬結果」視窗

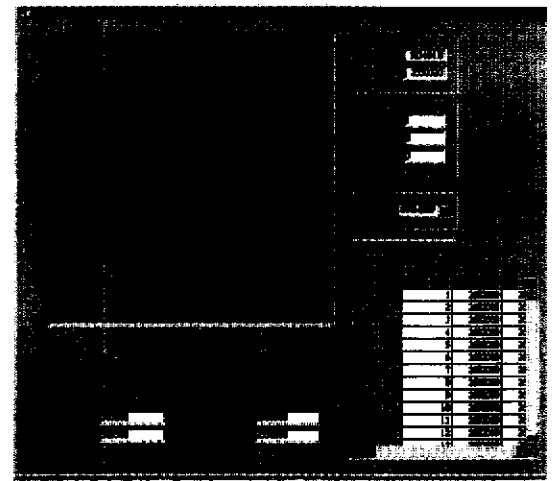


圖2-4 「分布型流量查詢」視窗

#### 4. 降雨—逕流模式分析結果

本研究初步選擇民國 71 至 89 年間之 15 場洪水事件進行模式之檢驗，其中於 70 年代、80 年代初期及最新事件中各選取一場作為模式之驗證，而以其餘 12 場事件作為模式參數之檢定。以單目標函數配合全域最佳值法(SCE)進行模式之率定後(Duan, 1993)，而檢定事件之模擬結果則以圖 2-5 為代表展示。檢視各事件之目標函數及相關指標值可知，峰時誤差小於兩小時，洪峰誤差平均約在 8.38% 以內，總體積誤差則平均約為 14.21%，平均效率係數則為 0.90。

在事件驗證方面，以所有率定參數之平均值( $C_s=0.571$ ,  $C_c=0.480$ ,  $C_h=0.078$ )作為驗證參數，驗證之結果以圖 2-6 為代表展示。由驗證結果可知，雖然驗證事件模擬之整體效果不如率定事件精確，但尚屬合理，故綜合言之，本研究所使用之分布型降雨—逕流模式，對於鹽水溪上游降雨—逕流現象之描述，應有其可靠性。

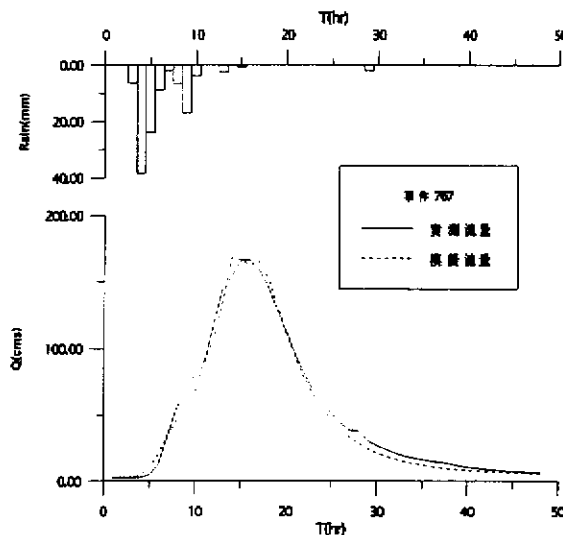


圖2-5 洪水事件4之率定結果

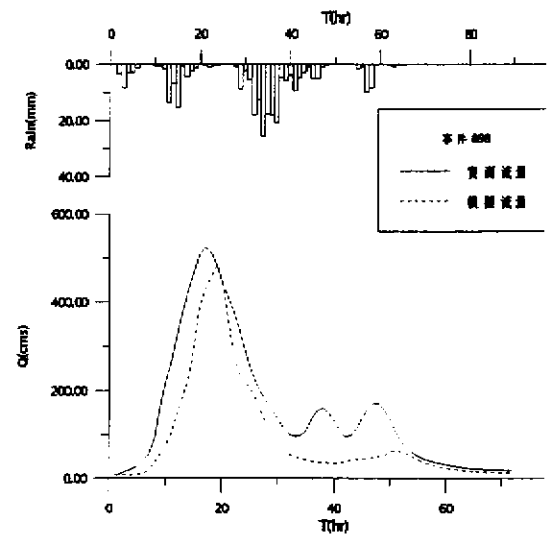


圖2-6 洪水事件15之驗證結果



## 5. 水庫演算與驗證結果

一般來說，分布型降雨逕流模式主要是比較集水區觀察之逕流量與模擬情形之差異，所利用之指標即為集水區出口歷線，若模式能合理模擬出口歷線，此時通常亦認定內部各格網有合理之模擬效果。然而在一般情況，吾人常常缺乏集水區內部之逕流資料，以致無法做進一步之驗證。本計畫之研究區域內部有兩個小型水庫，分別為虎頭埤及鹽水埤。由於嘉南農田水利會新化工作站，於民國八十八年完成新化逕測系統之建置，並開始進行水庫時水位之監測，故本研究可根據水庫時水位資料進行水庫演算之驗證，並進一步作為集水區內部逕流模擬之佐證，改善以往無法瞭解分布型降雨—逕流模式內部模擬情形之缺點。

本研究以兩場事件作為水庫水位模擬之驗證，此二事件分別為模式之檢定與驗證事件，虎頭埤水庫模擬之水位與實測水位比較如圖 2-7 所示。由圖中可知，水位模擬之效果已屬不錯，而其趨勢與集水區出口模擬歷線十分吻合，證明本研究所建構之分布型降雨—逕流模式除了集水區出口歷線能有合理之模擬外，集水區內部也有一致之效果，更可藉以獲得集水區內任意未量測點之逕流量，作為設計及規劃之參考。

## 6. 設計流量分析結果

本研究所發展之降雨—逕流模式，經由各事件集水區出口歷線及內部水庫水位之率定與驗證後，證明其對於鹽水溪上游降雨—逕流現象，有不錯之模擬效果。而本子計畫為整合型計畫之上游工作，為提供下游其他子計畫之輸入流量，故特串連雨量與逕流分析，以設計雨型分析結果作為輸入雨量，利用降雨—逕流模式分別模擬 1.1、2、5、10、25、50、100、200 年等八種重現期距之設計流量，分析結果如圖 2-8 所示。而下游子計畫即可利用本研究設計雨型與流量之分析結果，作為其模式輸入之雨量與流量。

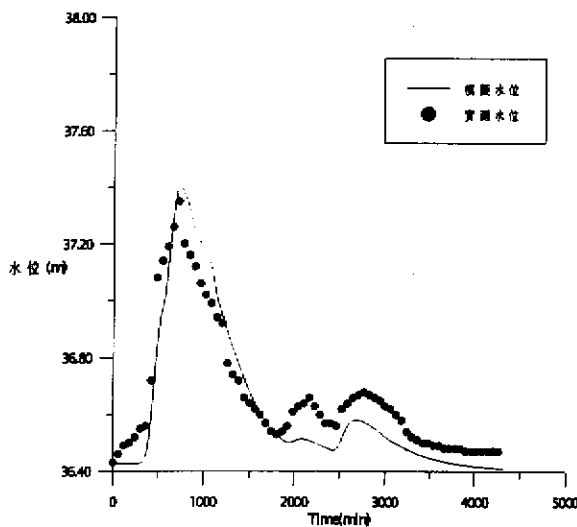


圖2-7 虎頭埤實測與模擬水位圖(事件15)

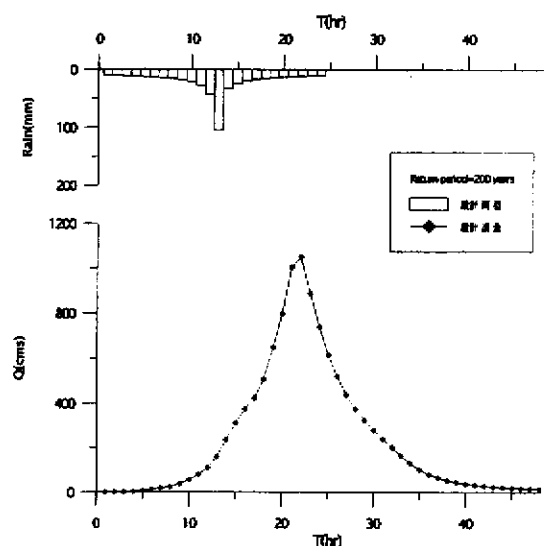


圖2-8 重現期距200年之設計洪水

## 2-2 子計畫二、台南科學園區排水能力及洪災防治措施之研究(一) (台大許銘熙教授)

### 1. 模式之驗證

由於目前台南科學區之排水系統尚在施工中，因此也無適當之驗證事件。但本研究中所使用之排水系統淹水模式曾經應用在「台北都會區淹水區域預測之研究」中，是以民國 87 年 10 月 15 日所發生之瑞伯颱風作為驗證事件。

圖 2-9 為台北市政府工務局養工處所提供之瑞伯颱風調查積水範圍圖，圖 2-10 則為使用瑞伯颱風降雨事件所模擬之台北市中央區淹水範圍結果，其雨量資料是根據經濟部水利處中正橋雨量站之實測時雨量。比較上述之颱風事件調查積水範圍與模式計算淹水範圍可知，本研究所建立之排水系統淹水模式可提供作為具有下水道系統地區淹水計算之用。

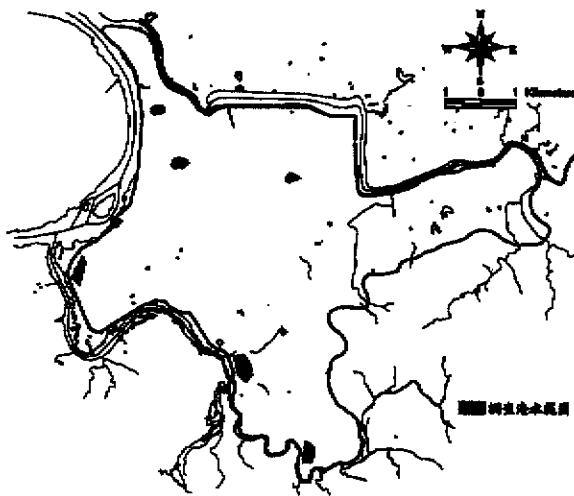


圖2-9 瑞伯颱風台北市中央區調查積水範圍圖 (資料來源：台北都會區淹水區域預測之研究)

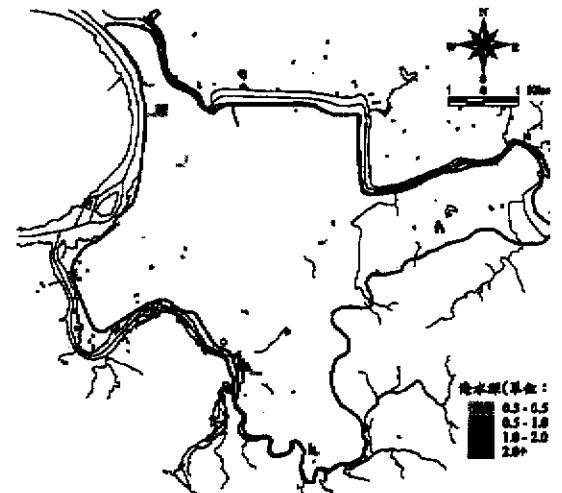


圖2-10 瑞伯颱風台北市中央區模擬積水範圍圖

### 2. 暴雨排水之動態模擬

本研究已完成暴雨經理模式、二維漫地流模式與滯洪池模式之銜接，因此應用於重現期 25 年、50 年及 100 年之設計降雨事件，以瞭解南科園區暴雨排水之情況。

台南科學園區在整地過後地表高程均較園區外圍高，故本研究在模擬過程中假設園區外圍之水並不會流入園區內，各排水路僅是經過園區，並不會對園區內造成影響。

以下針對 100 年重現期降雨之模擬結果作一詳細討論。

圖 2-11 及 2-12 為發生重現期 100 年降雨之溢流人孔位置圖及最大淹水深度圖。南

科園區內排水幹線及支線之設計重現期分別為 25 及 10 年，在 100 年重現期降雨下，造成溢流人孔個數有 129 個，其中，A 集水區之下水道排水管線溢流個數有 22 個，1 個位在排水幹線上；B 集水區有 85 個，4 個位在排水幹線上；C 集水區有 20 個，4 個位在排水幹線上；D 集水區有 2 個溢流人孔。圖 2-12 明顯看出淹水之區域大幅增加，有漸漸往南科西邊移動之趨勢，在滯洪池 A 之北邊明顯有一大片淹水情形發生。園區內淹水深度高於 0.5 公尺之淹水面積約有 0.92 公頃，高於 0.15 公尺之面積有 40 公頃。

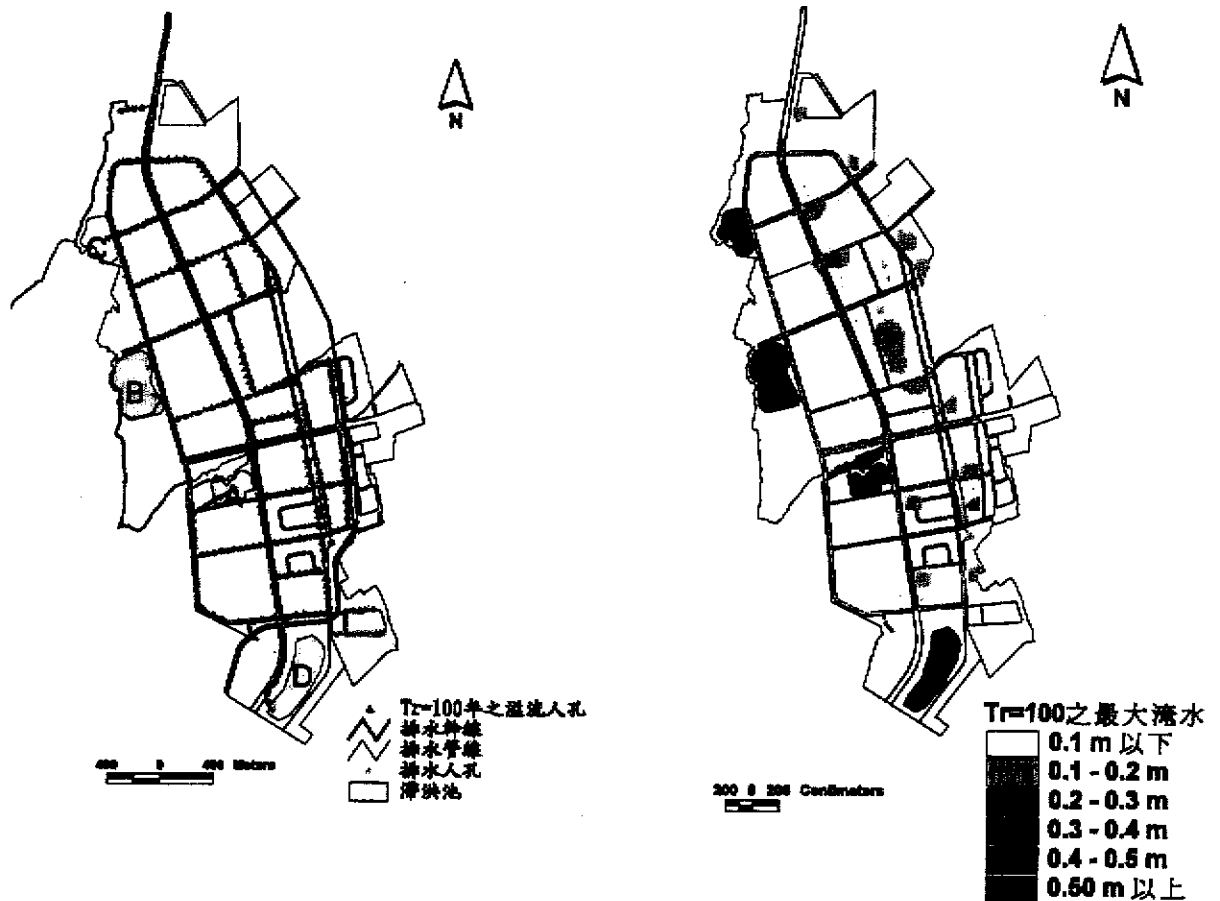


圖2-11 重現期100年降雨之溢流人孔圖

圖2-12 重現期100年降雨之最大淹水深度圖

圖 2-13 為滯洪池 B 之入流、出流歷線及水深歷線。由圖 2-13 (a) 知，滯洪池 B 於第 8 小時開始有水入流，於第 13.75 小時之後入流量減少；第 8 小時開始有出流量，值非常地小，在第 11.25 小時達到尖峰；滯洪池在承受重現期 100 年之降雨時，累積之水量接近滿池之狀態，無溢流情形發生，但是出口最大出流量  $39.64 \text{ m}^3/\text{s}$  超過下游容許排洪量  $18.6 \text{ m}^3/\text{s}$ ，這是因為出口堰之寬度很大，水深一超過堰底，馬上經由堰而排出，以致於出口最大出流量超過下游容許排洪量；在第 10.75 小時以前，是以下方之孔口出流，第 10.75 小時以後，水深達 5.3 公尺時，孔口及堰同時出流，第 13.5 小時以後，水

深降低，則是以孔口出流。水深歷線與出流歷線之趨勢大致符合。在 24 小時內，總入流體積為 581,400 立方公尺，總出流體積為 392,600 立方公尺；洪峰消減  $\Delta Q=50.27\text{m}^3/\text{s}$ ，洪峰稽延  $\Delta t=1$  小時。

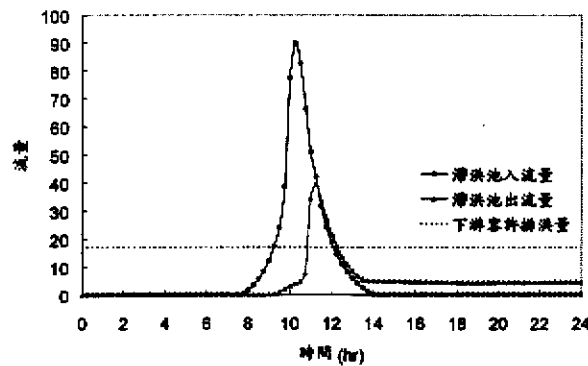


圖2-13 重現期100年降雨之滯洪池B歷線圖(a)滯洪池B之入流、出流歷線

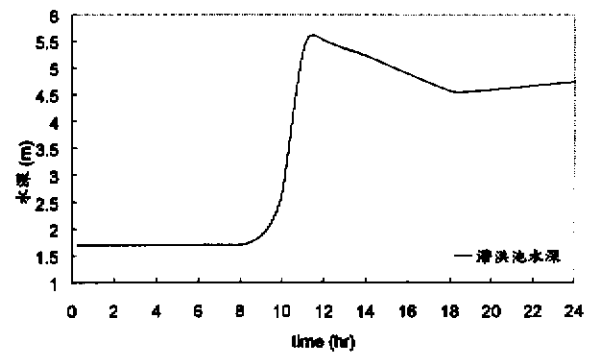


圖2-13 重現期100年降雨之滯洪池B歷線圖(b)滯洪池B水深隨時間變化圖

圖 2-14 為滯洪池 D 之入流、出流及水深歷線圖。當水深達到 2.7 公尺時，啟動 2 部抽水機，容量為  $10\text{m}^3/\text{s}$ ，停抽水深為 2.5 公尺；當水深達到 2.95 公尺時，再啟動 1 部抽水機，容量總共為  $15\text{m}^3/\text{s}$ ，停抽水深為 2.7 公尺；當水深達到 3.2 公尺時，再啟動 1 部抽水機，容量總共為  $20\text{m}^3/\text{s}$ ，停抽水深為 2.95 公尺。水深在第 9.5 小時達到 2.7 公尺，抽水機以  $10\text{m}^3/\text{s}$  之容量開始運作，到第 10.2 小時，啟動第 3 部抽水機，以  $15\text{m}^3/\text{s}$  之容量進行抽水，到第 10.5 小時，啟動第 4 部抽水機，以  $20\text{cms}$  之容量進行抽水，在尖峰時刻以  $20\text{m}^3/\text{s}$  共抽了 0.8 個小時。在 24 小時內，總入流體積為 306,900 立方公尺，總出流體積為 235,800 立方公尺。

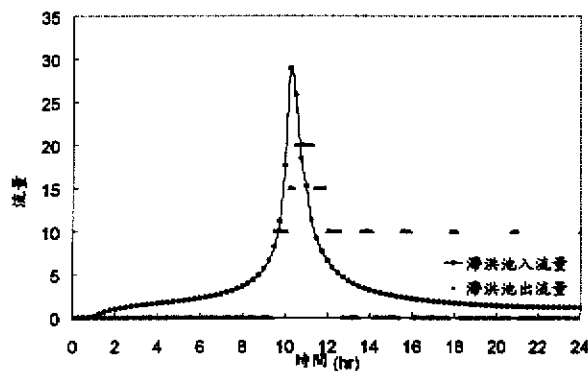


圖2-14 重現期100年降雨之滯洪池D歷線圖(a)滯洪池D之入流、出流歷線

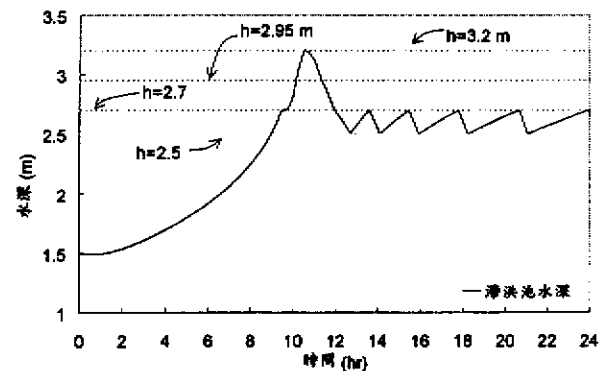


圖2-14 重現期100年降雨之滯洪池D歷線圖(b)滯洪池D水深隨時間變化圖

### 3. 綜合比較

表 2-2 分別將重現期 25 年、50 年及 100 年之溢流人孔數及淹水面積作一比較。就淹水面積而言，重現期 100 年之淹水面積為 50 年之 2.5 倍，重現期 50 年之淹水面積為 25 年之 3 倍。

表 2-2 淹水比較

|                                  | 重現期<br>25 年 | 重現期<br>50 年 | 重現期<br>100 年 |
|----------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 溢流人孔<br>個數                       | 77          | 102         | 129          |
| 淹水深度<br>>0.5m 之淹水<br>面積 (公頃)     | 0.12        | 0.40        | 0.92         |
| 淹水深度<br>>0.15m 之淹<br>水面積<br>(公頃) | 5.48        | 15.64       | 40.00        |

表 2-3 為滯洪池 B 在重現期 25 年、50 年及 100 年之滯洪特性比較圖。洪峰消滅  $\Delta Q$  越大、洪峰稽延  $\Delta t$  越長，則表示滯洪池之滯洪效果越佳。由表中明顯得知，滯洪池 B 在 50 年重現期下， $\Delta Q$  最大，代表其消滅洪峰流量之能力較佳。在 25 年重現期下， $\Delta t$  最長，代表其延長洪峰到達下游之時間之效果較佳。

表 2-3 滯洪池 B 之滯洪特性比

|                                              | 重現期<br>25 年 | 重現期<br>50 年 | 重現期<br>100 年 |
|----------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 入流體積<br>( $\text{m}^3$ )                     | 343,000     | 457,000     | 581,000      |
| 出流體積<br>( $\text{m}^3$ )                     | 183,000     | 265,000     | 393,000      |
| 洪峰消滅 $\Delta Q$<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 59.45       | 69.17       | 50.27        |
| 洪峰稽延 $\Delta t$<br>(hr)                      | 2.25        | 1.50        | 1.00         |

### 2-3 子計畫三、鹽水溪平原排水境況模擬之研究(一) (成大蔡長泰教授)

本計畫於今年度有二個主要工作項目，一為水文、地文等資料之蒐集、分析與建置；另一則為模式之建立。茲於下分述之：

#### 1. 資料蒐集與建置

##### (1) 排水系統

鹽水溪流域內灌溉及排水水路錯綜複雜，利用 1/50000 之電子圖檔為工作底稿，配合經濟部水利處提供之排水系統圖、行政院農委會農田水利會務所提供鹽水溪灌溉及排水路資料及 1/25000 之地形圖，加以過濾比對，進行分析並建檔備用，流域內之主要排水系統分布如圖 2-15。

##### (2) 高程資料

除舊有之地表高程外，因應台南科園區內部之整地，包含滯洪池之開挖、排水路改道以及地表填方等。蒐集整地後之地貌地物現況更新部分舊有資料，並建檔備用。

##### (3) 道路系統

在都會區中，道路系統對地表逕流之漫淹匯聚有極大之影響，在鹽水溪流域中，主要道路系統有縱貫鐵路、1 號國道、1 號省道、17 號省道、19 號省道及台 19 甲省道（原 177 縣道）均為南北走向，178 號縣道則為東西走向，展示於圖 2-16。根據調查結果，高速公路沿線之路堤高度為 2 至 8 公尺，局部低窪地點亦有較高路堤，排水路及道路以涵洞穿越高速公路。

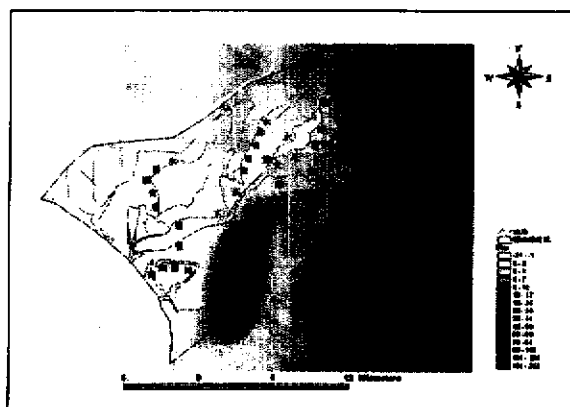


圖2-15 鹽水溪流域之高程地形與水系分布圖

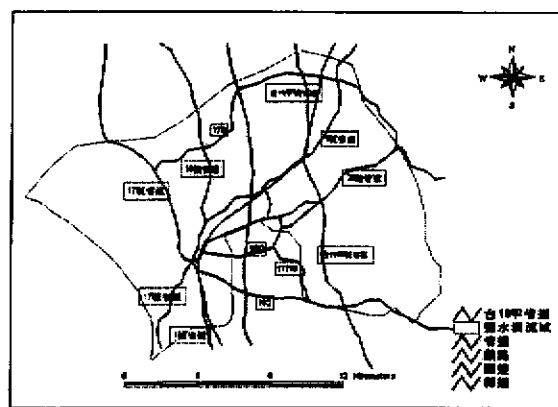


圖2-16 研究範圍之交通系統示意圖

#### (4) 雨量資料

鹽水溪流域內共有台南、崎頂及虎頭埤 3 個雨量站，雨量資料之蒐集建置業已完成。

#### (5) 堤防

沿鹽水溪兩岸之堤防資料業已蒐集完成。

#### (6) 潮汐資料

由於鹽水溪屬感潮河流，需考慮暴潮對研究範圍之影響，將軍地區潮位觀測資料業已建檔備用。

### 2. 模式之建立與應用

本子計畫所建立之淹水—排水模式是由水系洪流演算模式及擬似二維淹水模式結合而成。以 5 場不同降雨條件來探討模式之合理性與實用性，演算所需之資料分述如下：

#### (1) 研究範圍

本計畫之研究範圍與子計畫一是以鹽水溪豐化橋為主要分野，豐化橋以上之集水區為子計畫一之研究範圍，以下則是本計畫之研究範圍，子計畫二則為台南科學園區之範圍，由圖 2-17 可看出子計畫一、子計畫二及本計畫研究範圍之位相關係。

#### (2) 基本地形資料

地形資料為應用國立中央大學太空及遙測中心之數值地形資料(DTM)及最近完成之特定區測量資料整理而成。其中，主要進行台南科學園區範圍內之地表高程之更動(滯洪池 A、B、C、D 之設置、排水路之變化等)以符合實際現況。

#### (3) 淹水網格

本研究布置淹水格網之範圍是依據台灣地區河川流域圖找出之研究區域，其邊界之西邊為菜寮溪分水嶺，東為岸線，南以鹽水溪分水嶺及潭頂溪分水嶺為界，北以曾文溪堤防為界。

布置格網則是先依據排水路資料、水系、道路系統、堤防線及土地利用等圖加以套疊，再配合 DTM 數值高程圖而劃分各淹水網格及各網格之高程。

#### (4) 雨量資料及邊界條件

與子計畫一交界處之流量歷線是由子計畫一進行降雨逕流模式所得提供作為演算

模式時欲輸入之邊界條件。流量歷線如圖 2-18 所示，雨量資料共有 10 年、50 年、100 年及 200 年重現期之單日 24 小時設計雨量以及一場 88 年 7 月之歷史豪雨共 5 場不同雨型。

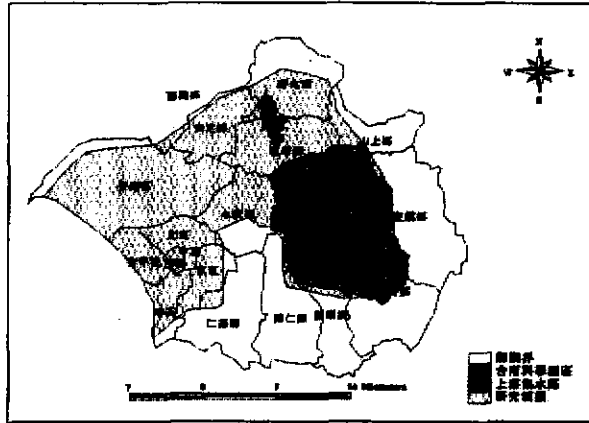


圖2-17 研究範圍之地理位置示意圖

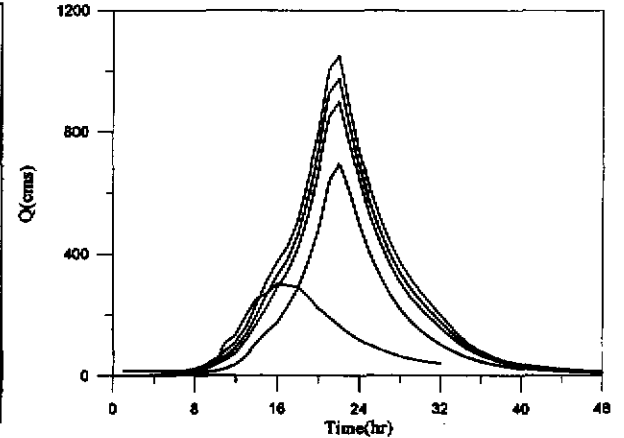


圖2-18 邊界條件之流量歷線

#### (5) 淹水調查

本地區淹水主要原因係天然地勢低窪，排水出口受外水頂托，重力排水困難所致。根據實地調查結果，本地區較容易產生淹水之地區包括大洲排水路左岸低窪地區、鹽水溪排水(安順寮排水匯流前)高速公路兩側、安順寮排水路右岸低窪地區。近年來發生較為嚴重之淹水災害，如民國 77 年 8 月 14 日豪雨，造成新市鄉大面積浸水，依據新市鄉公所之調查淹水深度超過 1.5 公尺，淹水面積廣達 1,600 公頃，淹水時間 2 天。民國 86 年 7 月 1 日豪雨，造成計畫區內約 2,000 公頃之淹水面積，依調查結果之最大淹水深度，座駕排水匯入大洲排水處約 1.3 公尺；大社排水匯入大洲排水處約 1.6 公尺；新市排水匯入大洲排水處約 2.3 公尺，最大淹水時間約 48 小時。

依據上述演算條件，模式分別進行 5 場不同雨型之模擬演算，其最大淹水深度圖分別以圖 2-19 至圖 2-22 為代表展示。由圖 2-19 至圖 2-21 中可發現各不同重現期所產生之積水分布位置相似，主要位於台南科學園區外之西南側處以及接近鹽水溪下游接近出海口處。相較於實際淹水調查，結果顯示模式模擬之淹水深度、範圍與實際淹水調查之易淹水區相近。若對照高程圖不難發現上述之地區相較於其鄰近地區為相對低地，無法順利以重力將積水排除而導致淹水。



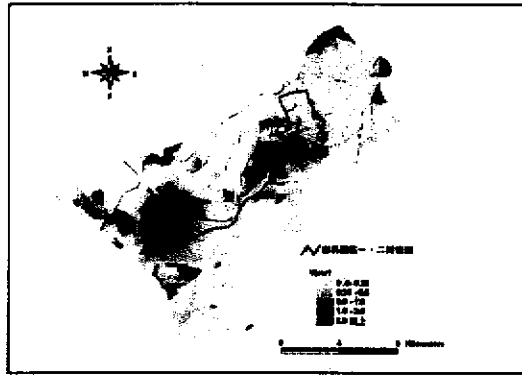


圖2-19 10年頻率之最大淹水深度圖

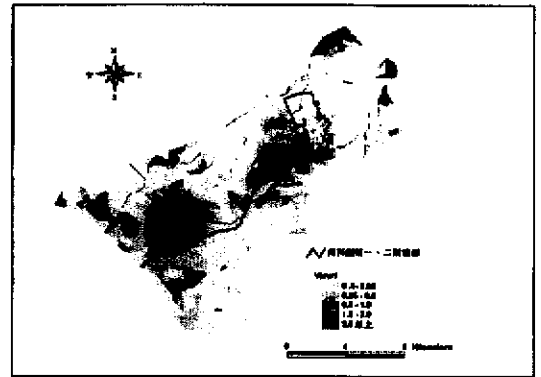


圖2-20 100年頻率之最大淹水深度圖

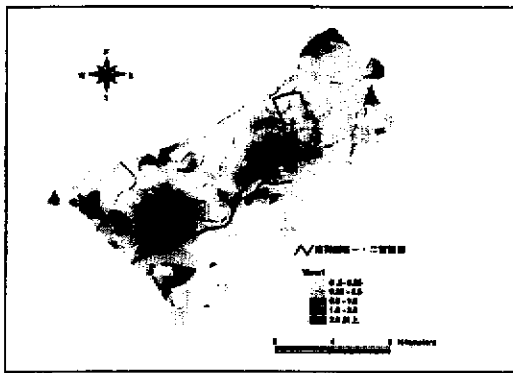


圖2-21 200年頻率之最大淹水深度圖

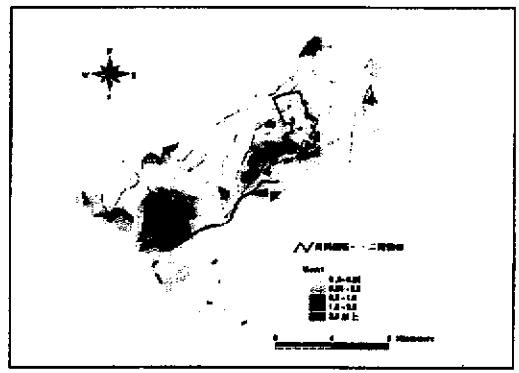


圖2-22 88年7月歷史豪雨之最大淹水深度圖

觀察雨量資料可知民國 88 年 7 月之歷史豪雨降雨強度雖不高，然降雨集中且延時長，故在較低窪處亦因積水不易排除而導致有較深之積水產生。

#### 2-4 子計畫四、鹽水河流域洪災損害評估模式與相關資料庫建立之研究(一) (台大陳增壽助理教授)

建立適合於鹽水河流域之洪災損失評估模式，是本研究之主要終極目標。本研究將配合歷年來重大降雨事件造成流域內實際淹水災害損失之資料，並利用經濟分析，建立流域內之淹水深度與淹水損失之關係曲線，同時探討不同重現期之淹水區域災害損失估算，希冀未來從事河系水文規劃及不同土地利用開發時，可提供在規劃地區颶洪災害淹水損失潛勢及危險度評估方面之參考。茲將洪災損失之類別、淹水損失及相關資料調查、洪災損失評估模式蒐集、淹水損失與淹水深度關係之建立及利用淹水潛勢資料之初步災損分析成果，說明如下：

##### 1. 淹水損失分類

洪災損失之定義係指恢復成原始狀況所需之金額，一般進行區域淹水損失之估計方

法，首先必須以該區不同類別之淹水災害損失為依據，將該區域劃分為若干不同土地使用類別，如表 2-4 所示。表中詳列各類別損失考慮之項目及各項目中可能造成損失之描述(即所謂 potential damage description)，供作進行損失之調查項目、對象及抽樣上之參考依據，同時也作為選擇不同損失計算公式之依據。鹽水溪流域主要之土地使用類別為住宅區、工商業區、農業用地及科學園區等四種。

表 2-4 土地使用分類及災害潛勢表

| 編號 | 土地使用分類別 | 項 目                       | 可能造成之損失                                                            |
|----|---------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1  | 公共設施    | 街道、橋樑、下水道、交通設施、公園等。       | 結構破壞之修復或更新重建、交通中斷、淤泥清除等。                                           |
| 2  | 住宅區     | 平房、公寓、大樓。                 | 住宅結構破壞之修復或更新重建、地下室車輛及設備損壞、淤泥清除、租金減少、失業等。                           |
| 3  | 商業區     | 商店、公司、銀行等。                | 大樓結構破壞之修復或更新重建、商業交易中斷、契約賠償、地下室車輛及設備損壞、淤泥清除、租金減少、失業等。               |
| 4  | 工業區     | 工廠、倉庫等。                   | 廠房結構及機械破壞之修復或更新重建、地下室車輛及設備損壞、淤泥清除、租金減少、失業、契約賠償、生產中斷、原料、成品及半成品之損壞等。 |
| 5  | 農業用地    | 果農、花農、菜農、茶農、水稻、畜牧養殖及其它作物。 | 農舍損毀、農產品損失、減產或停產之損失、土地流失之整地、機械設備、農舍損壞、畜牧之動物死傷、產品減產或停產等。            |
| 6  | 維生管線    | 自來水、電訊、瓦斯                 | 自來水、電訊、瓦斯等損毀及修復等                                                   |
| 7  | 其它雜項    | 移動之房舍、私人用地、遊樂區、展覽、特殊使用等。  | 停止營業之損失、土地破壞整地。                                                    |

由於台南科學園區之經濟產值，不同於一般之工商業地區，因此必須將其獨立考慮其遭受洪災之損失程度，目前台南科學園區引進半導體、微電子精密機械產業及農業生物技術產業等三大產業，其淹水損失則著重於廠房淹水之減產、因交通運輸受阻之原料短缺及交易損失等因生產成本增加所造成之損失。

## 2. 淹水損失及相關資料調查

考量前述不同淹水損失之分類及成因後，即可依據不同之情況，進一步研擬各種損失資料之取得方式與調查方法，有效蒐集災害損失數據及其它相關之人口、戶政、稅收及經濟活動等相關資料，作為計畫地區建立淹水深度與淹水損失關係之憑藉。

資料來源可採用實地抽樣訪查、蒐集轄區鄉鎮市公所近年之相關資料、蒐集研究地區之水利相關單位報告、稅務稽徵機關之稅賦及災害損失申報資料、研究區域內之社會及經濟活動等相關資料。

## 3. 洪災損失評估模式之蒐集

任何災害評估之方法，均需要大量之基礎資料，但是由於流域現有災害損失之資料

缺乏，因此有時無法滿足評估方法對於資料之要求，又如對一種評估方法而言，常可能因缺乏評估之必要資料而無法得到較佳之結果，對於颱風災害損失評估之方法，較常使用者有以下幾種，茲分述如下：

#### (1) 經驗預測評估方法

此方法主要是透過氣象預報或已經發生之災害性暴雨資料，根據降雨強度及範圍等特性以及災害損失之專家經驗，粗略評估未來災害損失之程度。此方法之評估流程，首先蒐集氣象水文預報資訊，進一步研判可能淹水區域之範圍及深度，再將此可能之淹水結果與過去相類似之災害事件進行比對，即可研判可能災害之損失程度。

#### (2) 經濟計量評估方法

將災害損失中之各項因子（受災面積、淹水深度、直接經濟損失等）及氣象因子（如降雨範圍、強度、降雨延時等）一起考慮，以經濟計量模式表示之。

#### (3) 歷史相似評估

從歷史災損資料庫中找出與所評估颱風事件之強度與範圍相似之案例，根據相似程度分別給予一定之權重值，並結合經濟密度化、受災體易損度變化、物價變化及相似案例之災情損失，互相比對，如此將可以得到評估災害案例之損失值。

#### (4) 數學物理模式評估方法

此方法首先蒐集研究地區過去之淹水深度、範圍及其相對應之洪災損失資料，然後建立不同土地使用類別下之淹水深度與洪災損失之關係曲線，再利用氣象水文及淹水深度與範圍等資料，建立適用於研究區域之淹水損失評估模式，由此淹水損失評估模式模擬不同降雨條件下之可能淹水深度及範圍，建立淹水潛勢資料庫，再利用所建立之淹水深度及洪災損失關係式，評估各種降雨條件下之淹水潛勢圖之可能損失程度。運用此方法於實際颱風事件操作時，首先應預報研究分析區域未來可能之降雨量，再從淹水潛勢資料庫中尋找相對應之淹水潛勢圖，研判可能之淹水範圍及深度，並利用淹水深度及洪災損失關係式，評估各種颱風事件對研究地區之可能洪災損失程度，以提供防救災指揮中心參考。

#### (5) 遙感監測評估模式

利用衛星、遙感飛機、雷達等即時監測資料，比較災前與災害發生中之地面景觀變化情形。此法之特點是可對災情進行追蹤，具有時效性及準確性，惟因微波遙感設備在有雲層遮蔽時，無法觀測到地面變化之情形，這是此法之最大缺點。但隨著科技之進步，

遙感監測之評估方式，將會越來越受重視。

從以上各種評估方法之敘述得知，第(1)至第(3)種之洪災損失評估模式，主要係採用統計及相關分析之方式，運用颱風、降雨量強度及範圍等氣象因素，直接與災害損失(受災面積、經濟損失值)進行相關分析，找出其規律性再進行災損評估。但此三種方法之損失評估模式，缺乏洪災淹水演算及對受災地區之社會經濟衝擊等中間過程之考慮，僅能針對整體性之區域進行評估，無法對個別區域進行災損之評估。

第(4)及第(5)二種評估方法較其他方法複雜，可以對不同行政區域及土地使用類別，進行災損評估，所得評估結果亦較為精準。比較第(4)與第(5)二種方法之適用性，第(5)種遙感監測評估模式，需要衛星、遙感飛機、雷達等微波遙感設備，目前國內這方面之資源相當缺乏，因此無法有效普及且快速應用在國內地區，而本研究鹽水溪流域有關遙測之資料又相當欠缺，因此實難將此方法實際應用於鹽水溪流域之研究上，不過此種評估方法，相信未來將會是洪災損失評估研究之方向及發展目標；第(4)種之數學物理評估方法，則需要建立地形網格數值淹水模式，目前國內對於地形網格數值淹水模式之研究已有相當基礎，並且成功地應用於鹽水溪及其他流域之淹水模擬研究上，同時本整合型計畫之其他子計畫也利用這些淹水模式，進行鹽水溪流域不同區域、不同降雨條件之淹水模擬，以做為本研究之上游輸入條件，第(4)種之數學物理評估模式比起其他之評估模式較具適用性。因為鹽水溪流域過去發生重大颱風事件之災損資料相當欠缺，因此本研究對建立鹽水溪流域之洪災損失評估模式，擬以第(4)法之數學物理災損評估模式為主，並以第(3)法之災損評估方法為輔，將其他流域之洪災損失資料引入鹽水溪流域，建立適合於鹽水溪流域之洪災損失評估模式。

#### 4.過去颱風事件淹水範圍及洪災損失資料庫

鹽水溪流域近年來較完整洪災範圍之調查資料，係台南縣政府提供之「台南地區排水系統圖及常淹水區域範圍」，將其近年來各次淹水事件調查之淹水範圍，予以綜合記錄，結果如圖 2-23 所示，顯示主要淹水區域分布在鹽水溪北岸新市鄉西側之大洲、安順寮排水路附近及鹽水溪南岸永康市北部地區<sup>[3]</sup>。

洪災損失部份，經濟部水資源局過去曾對鹽水溪流域進行淹水危險度分析，分別建立農業、工商業及住宅區之淹水深度—損失關係曲線，如圖 2-24 至 2-26 所示，在不同淹水深度下造成可能之淹水損失情況，加以分類評估<sup>[3]</sup>。此外，經濟部水資源局及水利處則對於塔寮坑溪排水、洋子厝溪排水、土庫排水、台南科學園區等不同排水流域之淹水深度—損失關係，進行研究分析，包括農業、建物、魚塭等損失。以上相關之研究資料，皆可提供本研究日後建立洪災損失模式之參考。

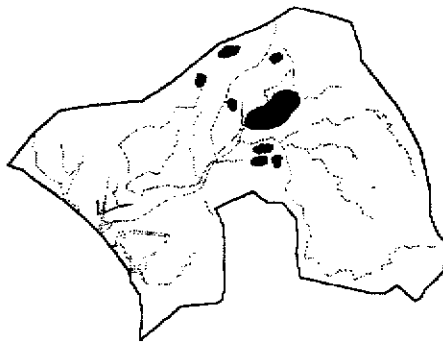


圖2-23 鹽水河流域常淹水之範圍<sup>[3]</sup>

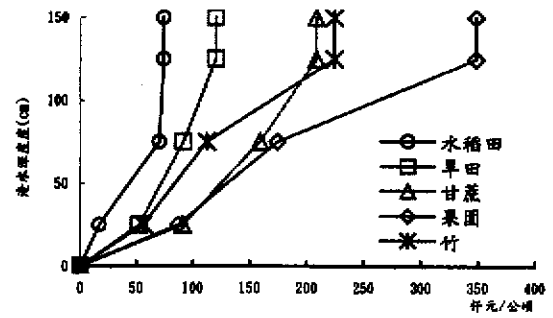


圖2-24 鹽水河流域農作物淹水深度—損失曲線<sup>[3]</sup>

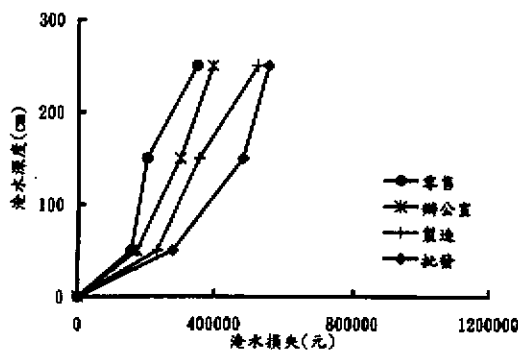


圖2-25 台南縣工商業之淹水深度—損失曲線<sup>[3]</sup>

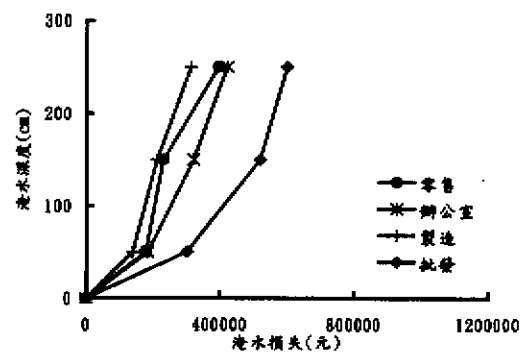


圖2-26 台南市工商業之淹水深度—損失曲線<sup>[3]</sup>

## 2-5 子計畫五、鹽水河流域防洪決策支援系統之研發(一) (台大陳明仁博士)

### 1. 規劃整合架構

#### (1) 整合架構

本子計畫結合子計畫一模擬 150、300、450、600mm 之各累積降雨—逕流成果、子計畫二、三之在各累積降雨下，鹽水河流域之科學園區內外之淹水成果(範圍、深度)，以及結合子計畫四之在各累積降雨下之淹水災害損失。結合上述成果，針對任一降雨事件可以事先建置之資料庫比對，以預先研判可能之災情與損失。

其他子計畫所採用之模式分析為離線(off-line)，將來若於現場能配合即時水情監測資料可更新為在線(on-line)。其他相關考慮如下：

在水情與災損分析方面，輸入降雨量，演算得到逕流量、河川水位、堤內淹水及災

損等，其用途為洪災事件檢討評估、防洪對策研擬與設施規劃。

在洪災應變方面，由降雨監測資料與事先分析建置資料庫(逕流量、河川水位、堤內淹水及災損等)比對，可預先研判可能發生災情供緊急因應決策參考。若結合水情監測系統，並完整串接各模擬分析模式，則本系統可進一步用於即時水情模擬與災損分析。

在彙整災情方面，設計災情彙整界面，可將災情通報資訊(含淹水範圍、重大災情、人員傷亡、房屋毀損、設施毀損、交通受阻等)予以定位，結合 GIS 系統展示查詢。

在提供決策支援參考資訊方面，包括流域水文(含雨量頻率分析、設計雨型等)、環境(地形、河川水系等)、人文(行政區界、土地利用、人口、設施、交通等)、水災歷史資料(發生時間、水災原因、降雨強度、淹水深度及範圍、災損記錄等)與救災資源資料(救災設施、器材、物資、疏散路徑分析、緊急應變作業流程、防救單位與人員聯絡名冊)等資料。

## (2) 規劃資料庫架構

資料庫內容包括水文監測資料：颱風動態、雨量、水位，流域基本資料：流域、河系、水文測站站況、排水路、防洪設施、數值地形，土地交通人口資料：道路網、行政區、土地使用分區、土地利用、人口、建物、避難設施等與洪災損害評估及防減災決策相關之地理資料庫及圖層等等。

資料庫軟體之選擇上，則以軟體穩定、普遍通用、軟體製作公司支援能力為考量，而選以 Microsoft 公司之 SQL 資料庫軟體。

## (3) 規劃操作界面

規劃操作界面上考慮：製作之應用程式、界面架構、操作功能、界面親和性、展示圖表。

預報系統模式之好壞，一半決定於操作界面之規劃設計是否實用及易於使用。界面製作之應用程式之選擇考慮將來長久之維護，界面架構訂定考慮使用者能夠易於掌握以及維護，操作功能以及界面親和性規劃考慮是否簡潔讓使用者學習快而不易出錯。展示之圖表，則規劃結合地理資訊系統作展示。

製作操作介面軟體之選擇上，則以軟體穩定、普遍使用、軟體製作公司支援能力為考量，而選以 Microsoft 公司之 Visual Basic 軟體。

## 2. 規劃資料庫

規劃資料庫之表格名稱如表 2-5，資料包括：使用者基本資料、雨量站基本資料、水位站基本資料、流域基本資料、雨量站水情、水位站水情、淹水、洪水通告、災害損失、指令追蹤、指令種類清單。

表 2-5 資料庫表格名稱

| 編號 | 表格名稱    | 表格名稱       | 索引名稱                  | 年資料錄數   | 年容量       |
|----|---------|------------|-----------------------|---------|-----------|
| 1  | 使用者基本資料 | USRID      | USERCODE              | 40      | 2,080     |
| 2  | 雨量站基本資料 | RST_P_BASE | RST_CODE              | 8       | 320       |
| 3  | 水位站基本資料 | WST_P_BASE | WST_CODE              | 13      | 884       |
| 4  | 基本資料    |            |                       |         |           |
| 5  | 雨量站水情   | RST_P      | RST_DATE,<br>RST_CODE | 70,080  | 1,331,520 |
| 6  | 水位站水情   | WST_P      | WST_DATE,<br>WST_CODE | 113,880 | 2,505,360 |
| 7  | 鹽水溪淹水   | RPT_FLD    |                       |         |           |
| 8  | 鹽水溪洪水通告 | RPT_NOTE   |                       |         |           |
| 9  | 災害損失    |            |                       |         |           |
| 10 | 指令追蹤表   | 指令追蹤表      |                       | 錄數      | 錄數*56     |
| 11 | 指令種類清單  | 指令種類清單     |                       | 3       | 69        |

上述各表格建立其欄位名稱、型態及長度，以水位站基本資料為例，水位站基本資料定義之欄位有：站號、站名、低水位範圍、高水位範圍、基高、警戒水位、東經、北緯、站址及河系等。

### 3. 研發結合地理資訊系統技術

#### (1) GIS 之運用架構

地理資訊系統（Geographic Information Systems；GIS）為結合地理資訊及科技之應用系統，將真實世界之資料相連結，可改善各項土地利用與提昇環境資源之使用效率，並可針對各個應用領域，將這些工具加以組合起來所得到之應用系統，以電腦為輔助基礎，進行空間資料之建立、存取、管理、分析及展示等，並與其它資料相連結，而成為一整合型之系統。

由於近年來專家系統與人工智慧技術和 GIS 軟體結合，是 GIS 應用系統發展之趨勢之一，各先進國家在 GIS 資料庫陸續建立完成之後，更著重提昇決策之品質。而決策支援系統乃是用來支援決策主管解決複雜之半結構化問題，它不是用來代替決策者，是作為決策者之輔助工具及智囊團，提供決策者正確之資訊與判斷。GIS 軟體能提供完

整之地理資料庫建立與管理之功能，因此應用 GIS 技術作為本計畫之主要系統。本年度並規劃所需之地理資訊系統資料。

地理資訊系統在本計畫中之功能如下：

- A. 數位化輸入之工具：將所收集之地理資料，諸如紙質地圖、各種相關表格報表放入 GIS 之資料庫之中，以及和已有的、外購的各種來源之資料加以整合轉換為資料格式。
- B. 資料管理工具：所有資訊中，大約有八成左右是和空間位置有關，GIS 能整合為數相當多之資料庫，其功效將遠超過現今之任何一個資料庫。
- C. 資料之分析與處理工具：GIS 係運用資料庫之技術來進行管理，各種地圖、CAD 繪圖、掃描影像圖、統計資料、多媒體資料等，均可納入管理，可大大地提高資料之整合性，降低資料之重複性，且圖形和非圖形之資料可以結合同時處理，資料之安全性亦可有效地加以管制。
- D. 資料之輸出與展現工具：可將多個圖層套疊成一個圖層後，加以文字之敘述及比例尺說明輸出，所生產之圖資也可供後續之分析處理之用。

## (2) 系統之選擇

MapObject 及 ArcView 為美國 ESRI 公司研發之地理資訊系統，能夠建立地圖資料和屬性資料，可以整合數值地圖、掃描影像及遙測資料，進行查詢、統計分析及展示資料，並且適用於不同之工作平台。

### A. ArcView 之特點：

(a)圖形之使用介面；(b)圖資展示和編輯工具；(c)可擴充式軟體架構；(d)支援各種工作平台(PC、MAC 及 UNIX)；(e)可整合多種資料(ARC/INFO 及資料庫 DBMS 系統)；(f)AVENUE 物件導向語，可自行設計 GIS 分析功能；(g)支援多種輪式(EPS、BMP、WMF、CGM)；(h)線上輔助說(ON LINE HELP)。

### B. MapObject

(a)可成為 VB 之元件；(b)對話框之編輯工具；(c)可擴充式軟體架構；(d)支援各種工作平台(PC、MAC 及 UNIX)；(e)可整合多種資料(ARC/INFO 及資料庫 DBMS 系統)；(f)可將 GIS 之圖資包裝成一完成產品置入 VB 介面中；(g)支援多種輪式(EPS、BMP、WMF、CGM)；(h)線上輔助說(ON LINE HELP)。

## 4. 規劃及建置基本之展示介面



製作操作介面軟體之選擇上，則以軟體穩定、普遍使用，軟體製作公司支援能力為考量，而選以 Microsoft 公司之 Visual Basic 軟體。

介面設計採用視窗下拉式選單方式，便於操作者掌握整體操作架構。操作親和性方面，考慮依照功能(操作按鈕、選項、展示)作畫面位置區分、依據操作步驟對畫面作適當排列、處理使每個畫面具相當之一致性等。

介面架構設計包括：系統設定、氣象/水情、水情通告/警報、災情通報、救災資源、潛勢災損評估等六個主選項。

展示介面如圖 2-27~圖 2-32 所示，圖中結合地理資訊系統之圖層，但確實所需之完整圖層，需俟下年度完成整合其他相關子計畫蒐集之圖層。由圖 2-27~圖 2-32 可知，展示圖表位置主要於圖右方、操作按鈕及選項則大多置於圖左方。由圖 2-29 至圖 2-32 可知，介面可以複選方式，選擇搭配所需之地理資訊系統圖層。

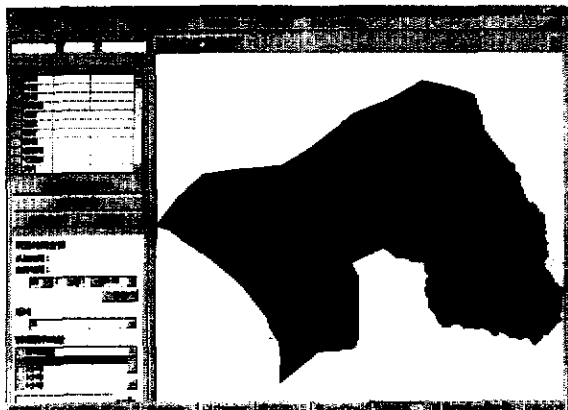


圖2-27 展示介面—雨量

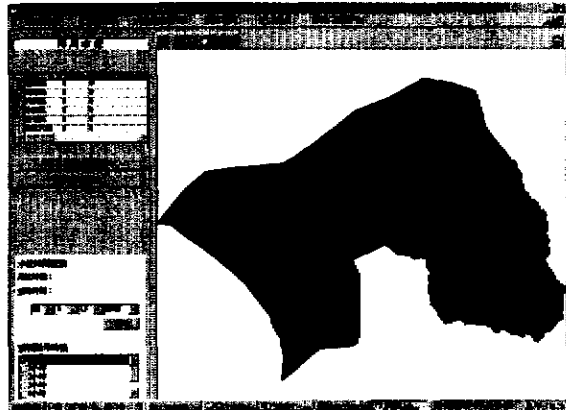


圖2-28 展示介面—河川水位



圖2-29 展示介面—淹水

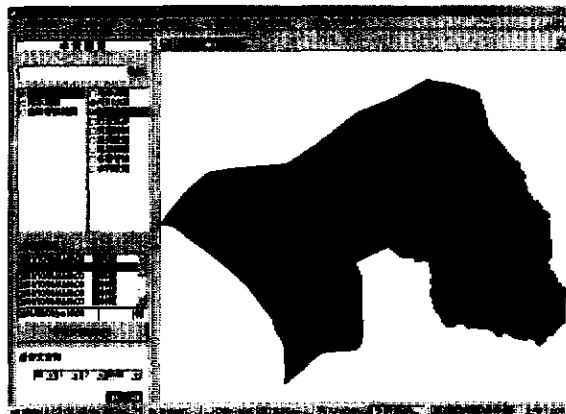


圖2-30 展示介面—水情通告

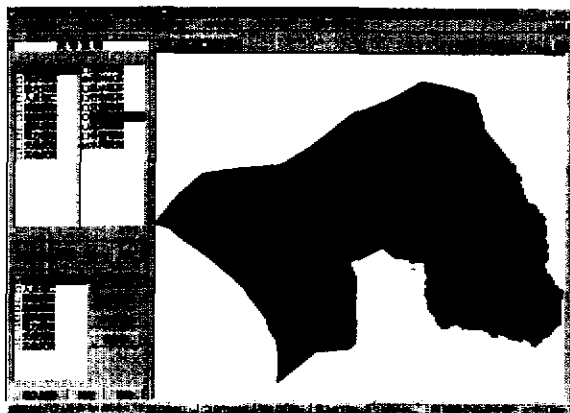


圖2-31 展示介面－災情通報

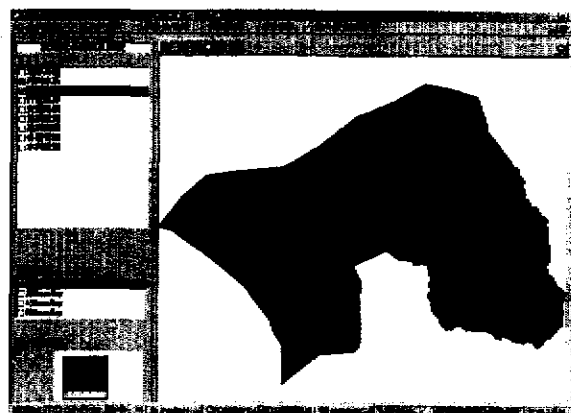


圖2-32 展示介面－流域淹水範圍及深度

## 2-6 子計畫六、基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究(一) (台大王如意教授)

茲將本研究所獲致之研究結果分述如下：

### 1. 水文資料庫之建立

本年度所建立之水文資料庫已完成如下具體之成果：

- (1) 已完成淡水河流域（包含基隆河流域）內現有抽水站之資料建檔及抽水站分布圖之繪製。
- (2) 已完成淡水河流域（包含基隆河流域）內現有橋樑斷面之資料建檔及橋樑分布圖之繪製。
- (3) 已蒐集建檔基隆河流域內台北縣平溪、瑞芳、汐止歷年之土地利用資料。
- (4) 已蒐集建檔基隆河流域內台北市南港、松山、內湖、中山、大同、士林及北投歷年之土地利用資料。
- (5) 已蒐集建檔基隆河流域內基隆市七堵、暖暖歷年之土地利用資料。
- (6) 已蒐集建檔基隆河流域內台北縣平溪、瑞芳、汐止歷年之人口數、人口密度統計數據。
- (7) 已蒐集建檔基隆河流域內台北市南港、松山、內湖、中山、大同、士林及北投歷年之人口數、人口密度統計數據。
- (8) 已蒐集建檔基隆河流域內基隆市七堵、暖暖歷年之人口數、人口密度統計數據。

(9) 已完成基隆河流域水文測站狀況之資料建檔。

(10) 已蒐集建檔基隆河流域歷年現有堤防、護岸之長度及丁壩之座數。

## 2. 降雨分析

- (1) 本研究以對數皮爾遜第三類分布進行頻率分析，並預估各測站在重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年下不同延時之降雨量，其結果選其代表如表 2-6 所示。
- (2) 降雨資料經頻率分析後，即可進行各測站不同重現期距下降雨強度—延時—頻率曲線公式之推求。本研究係採臺灣地區較常被引用之 Horner 三參數型公式，並取迴歸時之最小相對誤差，以推求基隆河流域各測站不同重現期距下之降雨強度—延時—頻率曲線公式。
- (3) 基隆河流域計有五堵、台北、竹子湖、瑞芳及火燒寮等 5 個雨量站。本研究以交替區塊法從事雨型之設計；並配合頻率分析與降雨強度—延時—頻率關係之研究成果為雨型設計之依據；及以重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 年及 200 年等八類降雨總量，與 24 小時降雨延時之組合從事雨型設計。
- (4) 採用交替區塊法之設計雨型，選取總降雨延時為 24 小時，重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 年及 200 年之設計降雨總量，分別求出設計降雨之時間分布；最後，再應用高度平衡多邊形法(height-balance polygons method)，即可求得各流域不同重現期距與不同降雨延時組合下之流域平均設計雨型雨量。應用交替區塊法所求得之平均設計雨型，選其結果代表如圖 2-33 所示。基隆河流域內各雨量站平均之暴雨前進係數 $\bar{F}$ ，為求設計雨型之簡化，係取各雨量站 $\bar{F}$ 之算術平均值為該流域之平均暴雨前進係數 $\bar{F}$ 代表值。

表 2-6 五堵站不同延時降雨量之頻率分析結果表

單位：公釐

| 重現期距<br>降雨<br>延時(分) | 1.1   | 2     | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   | 200    |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1440                | 152.1 | 231.2 | 346.7 | 451.0 | 623.0 | 786.8 | 987.7 | 1234.6 |
| 1080                | 142.3 | 225.1 | 328.3 | 412.  | 538.6 | 649.1 | 775.1 | 919.3  |
| 720                 | 129.6 | 192.3 | 269.2 | 331.0 | 423.0 | 502.6 | 592.8 | 695.3  |
| 360                 | 82.2  | 141.9 | 200.4 | 240.2 | 291.4 | 330.2 | 369.6 | 409.7  |
| 240                 | 68.3  | 119.3 | 165.7 | 195.5 | 232.0 | 258.4 | 284.2 | 309.6  |
| 60                  | 31.5  | 58.2  | 77.1  | 86.8  | 96.6  | 102.5 | 107.4 | 111.6  |
| 40                  | 23.4  | 49.3  | 60.8  | 64.3  | 66.2  | 66.8  | 66.9  | 67.0   |
| 30                  | 20.1  | 40.9  | 48.5  | 50.4  | 51.1  | 51.2  | 51.2  | 51.3   |
| 20                  | 14.6  | 31.6  | 38.7  | 40.6  | 41.6  | 41.8  | 41.8  | 41.8   |
| 10                  | 9.2   | 19.0  | 23.8  | 25.4  | 26.4  | 26.8  | 27.0  | 27.1   |

### 3. 降雨—逕流模式之研析

半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式係以集水區河川網路與土地覆蓋利用等資料將集水區劃分成多個核胞，然後依據降雨落於各個核胞上流至集水區出口處之不同流路再與以並聯線性疊加而成之模式。以半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式套配 SCE 參數優選方法應用於基隆河五堵上游集水區作洪水估測之結果分述如下：

- (1) 基隆河之五堵上游集水區之模擬結果，選其代表如圖 2-34 所示。其平均效率係數為 0.878，峰量誤差平均在 11.48% 之內，峰時誤差時刻小於 2 小時。
- (2) 由模擬結果所使用之參數值表中可得知，參數  $N_c$  之值似有偏低之情形，其原因為模式架構係採用並聯型核胞方式，用以尋求每一核胞與集水區出口處間之直接關係，因此對於每一條流路之模擬流況與實際之流況並不相同，而且比實際流量為小，但為達到擬合峰時與峰量之目的，只有降低參數  $N_c$  值以達到模擬目的。
- (3) 綜合言之，利用半分布並聯型線性水庫概念逕流模式模擬基隆河五堵上游集水區之結果，尚令人滿意。

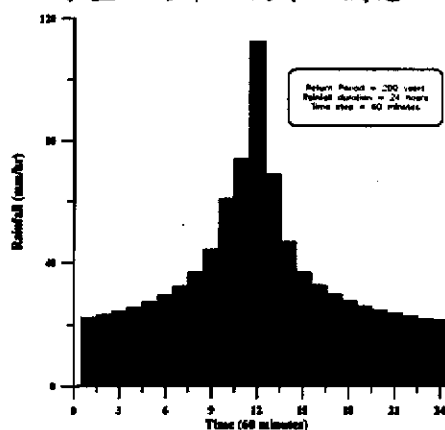


圖2-33 基隆河流域重現期距200年及降雨延時24小時之平均設計雨型圖

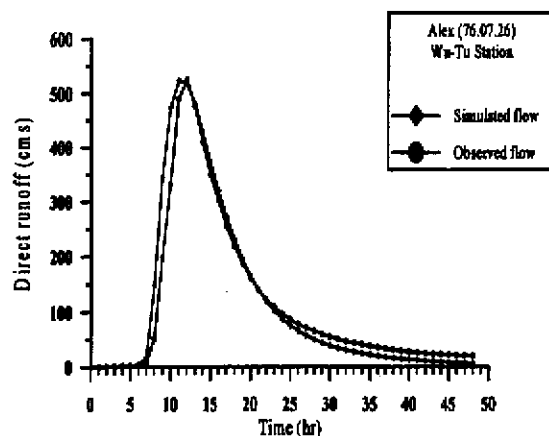


圖2-34 五堵上游集水區之亞力士颱風逕流歷線檢定圖

### 4. 站網評估

- (1) 關於雨量站網之規劃設計，既有雨量站網之分析中以重覆法(iterative method)可得結果。其中，月累積雨量最大之三個測站分別為編號 15、17、24 之淡水(1)測站、瑞芳(2)測站及大桶山測站，而颱風時雨量為編號 6、11、20 之福山(3)測站、瑞芳(2)測站及淡水(1)測站。這些測站均有較高之尺度估計變異數，其在空間上較具代表性，故應予以保留。擬增設雨量站網之分析中，台北市考慮長期性降雨影響（月累積雨量），擬建議增設 18 個雨量測站，而考慮短期性降雨影響（颱風時雨量），擬建議增設 18 個雨量測站。並可依其尺度估

計變異數之高低作為擬增設雨量測站之先後順序。台北縣地區考慮長期性降雨影響（月累積雨量），擬建議增設 13 個雨量測站，而考慮短期性降雨影響（颱風時雨量），擬建議增設 13 個雨量測站。並可依其尺度估計變異數之高低作為擬增設雨量測站之先後順序。

- (2) 關於水文站網之規劃設計，既有水文站網之分析中以重覆法(iterative method)所得結果，其中以介壽橋站、福山站及三鶯橋站等三站具有較高之尺度估計變異數，無法由其它既有選用測站資料獲致較準確推估值，故其於空間上較具代表性而應予以保留。擬增設水文站網之分析中本研究建議增設之測站為承德橋、南湖大橋、高速公路內湖橋與參帥二號橋等四個水文監測站；此外，並可依其尺度估計變異數之高低作為擬增設測站之先後順序。

## 5. 都市化演變對水文效應之影響探討

- (1) 本研究中，五堵水文站依颱風降雨事件不同特性，分別以單峰或複峰基流分離法分離出直接逕流，而以 $\Phi$ 指數法求取超滲降雨，經由動差法計算那徐模式之兩參數 N 與 K。
- (2) 人口密度與不透水面積乃呈現逐年增加，此變化趨勢頗符合都市開發之趨勢。因此，應用多維灰色動態分析 GM(1,3)，以不透水面積與人口密度為作用因素，分別對行為因素一參數 N 與參數 K 代入協調方程式予以分析之。應用多維灰色動態分析 GM(1,3)分析基隆河流域之都市開發。
- (3) 由評判分析，參數 N 與參數 K 之模式之擬合誤差百分比皆屬於合理範圍，而參數 N 與參數 K 之模式精度等級皆為合格。因此，中所推估之那徐模式之參數 N 與參數 K 推估值予以線性迴歸，求取歷年瞬時單位歷線之洪峰流量 ( $U_m$ )，如圖 2-35 所示。圖 2-35 中可說明，由於歷年人文因子與地文因子之變異，造成洪峰流量之增加。

## 6. 設計洪水歷線之模擬

本研究關於設計洪水歷線之模擬，係以交替區塊法進行降雨延時為 24 小時且重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年之雨型設計，並由徐昇氏多邊形法求取研析集水區於各核胞之各類型之平均設計雨型雨量，進一步利用 $\Phi$ 指數求取各核胞之有效降雨量，然後套配由半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式所校驗之參數建議值，以從事研析地區之設計洪水歷線模擬。

- (1) 對於基隆河流域五堵上游集水區之設計洪水歷線模擬之結果選其代表如圖 2-36 所示。

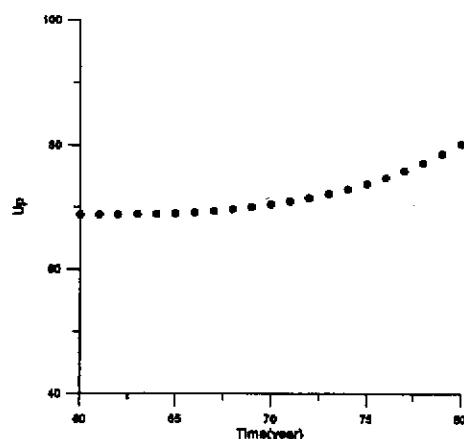


圖2-35 五堵水文站上游瞬時單位歷線 Um值隨時間變化圖

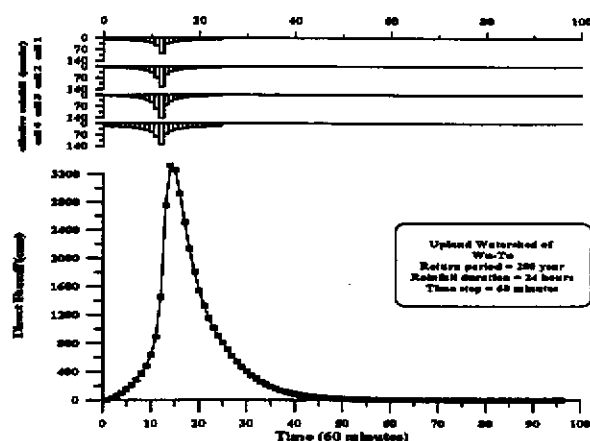


圖2-36 五堵上游集水區重現期距200年及降雨延時24小時之洪水歷線模擬圖

- (2) 本研究對基隆河流域於五堵站 200 年重現期距之最大設計洪峰流量值皆大於 3000cms，而經濟部水資源統一規劃委員會所規劃設計之最大設計洪峰流量值為 2300cms，可知於五堵站曾發生紀錄最大洪水量為 2630cms，由此可見當時規劃設計之洪峰流量值有明顯偏小。推敲其原因係當時整個大台北防洪工程之規劃保護重心較偏向於大漢河流域與新店河流域，然三十年都市化演變，滄海桑田事過境遷，基隆河流域之蓬勃發展已儼然成為大台北都會區之人文、經濟重心，因此對基隆河流域最大設計洪峰流量之採用，似乎應有重新檢討之必要。
- (3) 本研究計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型計畫之第六子計畫，係針對基隆河流域數十年來由於快速都市化演變而形成水文環境之變化作一系列之水文研究，屬於目標導向之計畫，可據以提供子計畫七、八、九及十從事基隆河防洪示範區淹水境況模擬、洪災損失估計、決策支援及展示研發之必要水文資訊，並探討及修正基隆河流域沿岸重要水文站之設計流量，可提供基隆河流域水資源開發及洪災整治之應用。以象神颱風為例，本子計畫提供予子計畫八各個核胞（銜接範圍如圖 2-37）之側入流量，以圖 2-38 為代表展示。

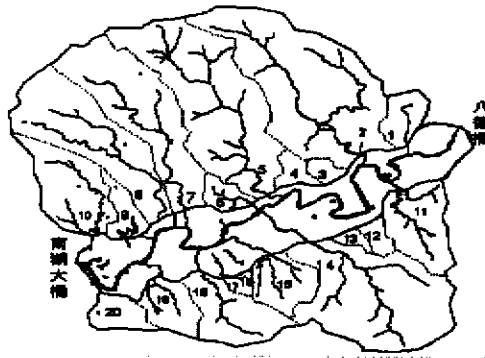


圖2-37 子計畫六與子計畫八之模擬銜接範圍圖

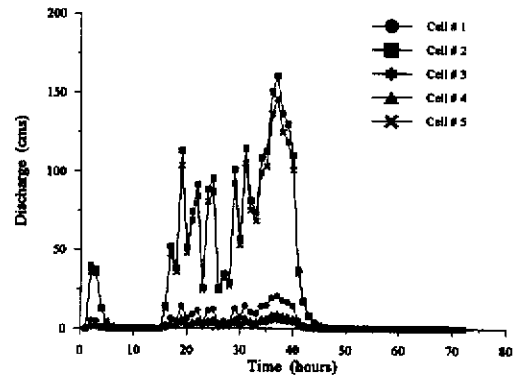


圖2-38 象神颱風核胞1~5之模擬逕流歷線圖

## 2-7 子計畫七、基隆河流域整治段颱風洪災害淹水境況模擬(一) (台大張倉榮助理教授)

### 1. 洪災境況模擬模式驗證

本淹水模式是由山區逕流、一維河系變量流模式、都市雨水下水道排水模式及二維漫地流淹水(含抽水站、閘門操作)等四個模式組成，模式中包含若干參數，如地表漫地流曼寧 $n$ 值、山區逕流出口流量、漫地流排水出口堰高、堰寬、堰流係數與堰外水位等。其中山區逕流出口流量與漫地流排水堰高、堰寬、堰流係數、及堰外水位可由「台北地區防洪計畫」中水利設施資料計算而得；地表漫地流曼寧 $n$ 值雖可由過去使用經驗值配合基隆河流域土地使用狀況進行推估，例如水利用地曼寧 $n$ 值採0.10，建築、工業用地採0.20，農業、交通、遊憩、礦業、軍事、及其他用地則採0.13。但上述各參數值仍需進行本區模式驗證，以確保模擬結果之準確性。

#### (1) 八十七年十月瑞伯颱風與芭比絲颱風

圖2-39及圖2-40為使用瑞伯與芭比絲颱風降雨事件及上列驗證參數值所模擬之基隆河汐止地區淹水範圍結果，其雨量資料是根據經濟部水利處五堵雨量站之實測時雨量，並將各小時之降雨歷線輸入模式中以進行淹水模擬，圖中並與經濟部水利處之調查淹水範圍進行比對。比較二者範圍可知，模擬結果與調查淹水範圍相當吻合。因此本研究使用之模式已能反映汐止以上河段之洪患特性。



圖2-39 瑞伯颱風汐止地區模擬淹水範圍

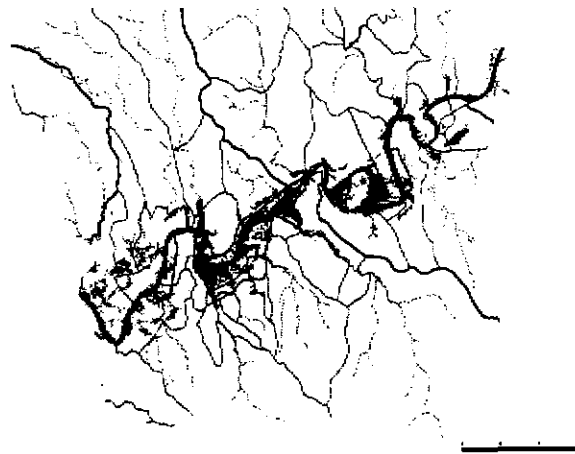


圖2-40 芭比絲颱風汐止地區模擬淹水範圍

## (2) 八十九年十一月象神颱風

圖 2-41 為使用象神颱風降雨事件及上列驗證參數值所模擬之基隆河汐止地區淹水範圍結果，其雨量資料亦是根據經濟部水利處五堵雨量站之實測時雨量。比較圖 2-41 與圖 2-42 之經濟部水利處調查淹水範圍可知，模擬結果與調查淹水範圍相當吻合。

比較上述之颱風事件調查積水範圍與模式計算淹水範圍可知，本文所建立之淹水模式提供可靠之淹水潛勢資訊，並且模擬過程中使用之各項參數可應用於其他降雨事件之汐止地區淹水模擬。

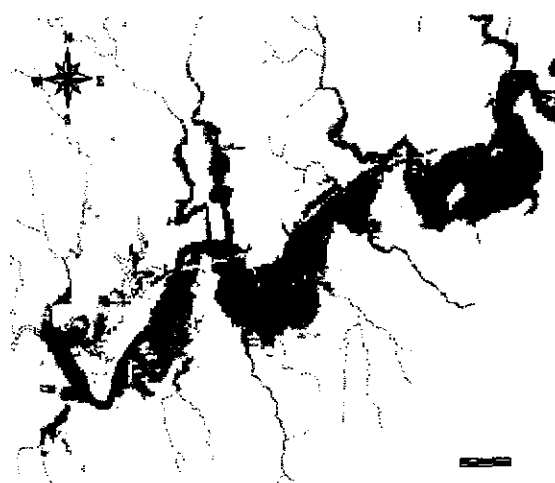


圖2-41 象神颱風模擬淹水範圍

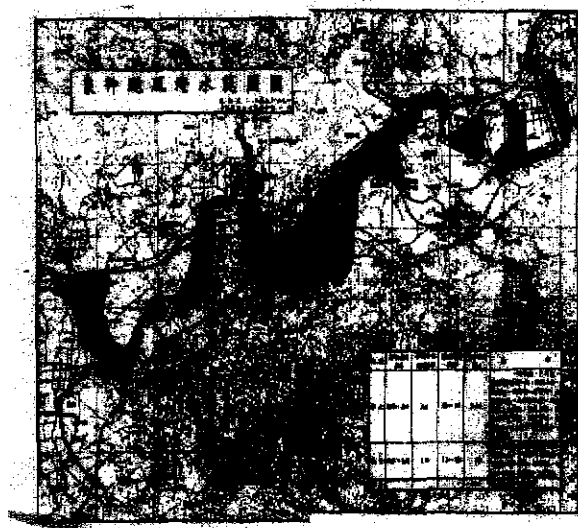


圖2-42 象神颱風調查積水範圍



## 2-8 子計畫八、基隆河流域颱風洪發生潰溢堤災害之境況模擬(一) (台大賴進松助理研究員)

整理瑞伯颱風事件之雨量資料與地文資料，並於模式中給定邊界條件，進行基隆河流域之淹水模擬，模擬時間為民國 87 年 10 月 15 日上午 12 點至 10 月 17 日上午 7 點，共 56 小時。圖 2-43 為模擬演算至 22 小時(87/10/15/9:00PM)之淹水模擬結果，圖中顯示智慧里已有明顯之淹水現象。圖 2-44 為模擬演算至 26 小時(87/10/16/1:00AM)之淹水模擬結果，圖中顯示百福社區之百福里，千祥橋下游堵南里與堵北里之淹水嚴重，淹水深可達 2 至 3 公尺。另外，圖 2-45 代表模擬演算至 32 小時(87/10/16/7:00AM)之淹水模擬結果，圖中顯示隨著最大尖峰流量過後，康誥坑溪下游之智慧理及北岸之江北里，淹水現象尚未減少，且淹水深高達 3 公尺以上。圖 2-46 為模擬演算至 48 小時之淹水模擬結果，圖中顯示淹水之趨勢與範圍已隨流量之減少而有明顯之降低。

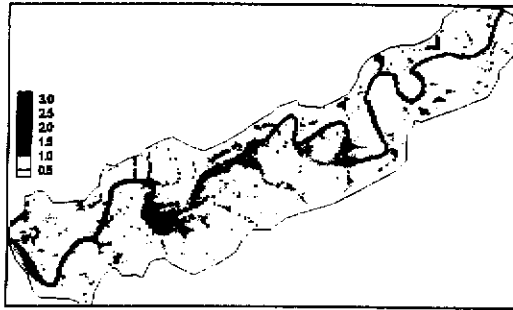


圖2-43 模擬演算至22小時之淹水深分布圖



圖2-44 模擬演算至26小時之淹水深分布圖

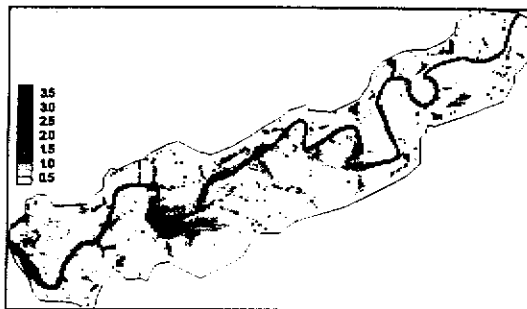


圖2-45 模擬演算至32小時之淹水深分布圖

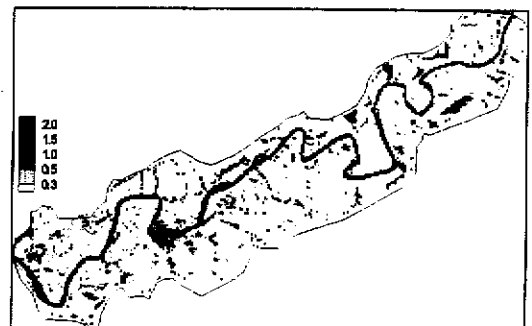


圖2-46 模擬演算至48小時之淹水深分布圖

圖 2-47 為模擬演算時間內最大之淹水深分布結果，其中實線所框繪之範圍為經濟

部水利處之瑞伯颱風基隆河流域(汐止、五堵)淹水範圍調查結果。結果顯示智慧里、江北里、百福里、堵南里及堵北里處之模擬淹水結果與淹水範圍調查結果極為吻合；另外，保長坑溪下游左右岸之長安里與保長里處，以及茄苳溪下游之橋東里之淹水趨勢亦是與淹水範圍調查結果相近。

另外，模擬演算最後輸出三個地點處之淹水歷線。圖 2-48、2-49 與 2-50 分別代表長安國小、汐止國小及汐止市公所之模擬淹水歷線與淹水範圍調查之平均淹水位比較結果。經由淹水範圍調查之結果顯示，於汐止國小及市公所處，淹水時間 10 至 16 小時內，淹水深度為 0.5 至 4 公尺，平均淹水深度為 2 公尺，並將其調查結果繪於圖 2-49 與圖 2-50，與淹水模擬結果比較，結果顯示淹水水深相近。至於，長安國小之淹水範圍調查結果為淹水時間 12 至 18 小時，淹水深度為 0.5 至 2 公尺，平均淹水深度為 1 公尺，結果與圖 2-48 接近。

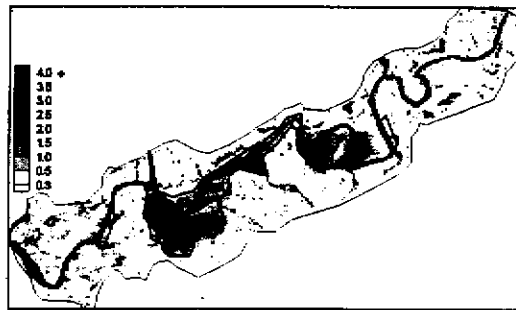


圖2-47 模擬演算1至56小時，最大淹水深分布結果

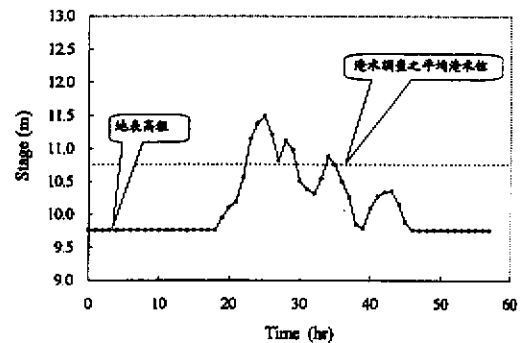


圖2-48 長安國小之淹水調查平均水位與模擬之淹水歷線結果比較

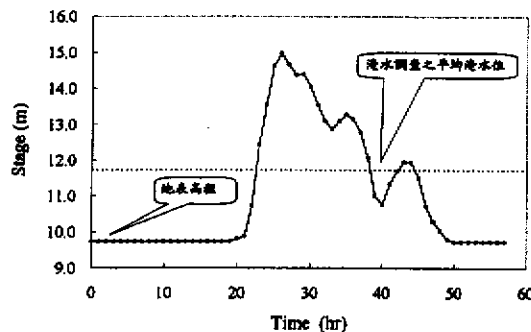


圖2-49 汐止國小之淹水調查平均水位與模擬之淹水歷線結果比較

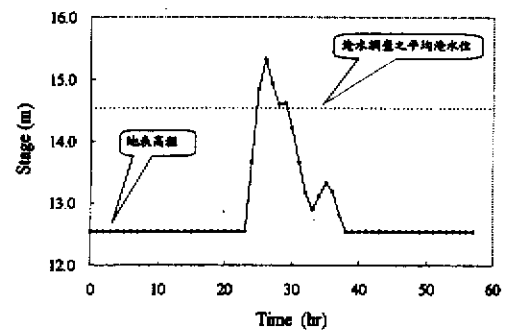


圖2-50 汐止市公所之淹水調查平均水位與模擬之淹水歷線結果比較

## 2-9 子計畫九、基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究(一) (台大蘇明道教授)

### 1. 基隆河流域洪災損失評估地理資料庫之建立

#### (1) 道路路網建置

本計畫為顧及資料之正確性，在台北市內採用農林航測所發行之五千分之一航照圖為底圖，台北縣乃採用戶外生活出版之那路灣地圖集內之十萬分之一台灣全圖，進行掃描產生電子檔，基於效率與適用性之考量，採用解析度 150dpi 之解析度及 256 色之掃描方式，如此不僅可以清晰分辨出圖上之道路，同時圖檔大小適當，不影響系統讀圖及處理之效率。

掃描完成後之地圖，利用影像處理軟體（如 Photoshop 或 PhotoImpact），進行圖檔編修及縫圖，製作研究區域之底圖。為使數化之圖層具有正確之地理座標，並將影像以五千分之一航照圖為依據，採用之 TM 二度分帶地理座標進行影像定位。在底圖定位後，則對其上之道路網絡進行數化，包括深紅色之國道、紅色之省道、綠色之縣道及黃色之主要聯絡道路。並將道路交叉點之地名及主要之橋樑以點圖層之方式數化。在 ArcView 中數化建立之 Shape File 與 ARC/INFO 之 Coverage 不同，無法直接提供 ARC/INFO 使用，並且不具基本之屬性資料及位相關係，需透過 UNIX 或 NT 版 ARC/INFO 將其轉換成圖層（Coverage）並建立相關位相關係。

因數化之誤差會產生兩種錯誤，其一線段端點突出稱為懸掛線段（Dangle Arc），可選定將小於設定之懸掛長度值（Dangle Length）之線段予以消除；若原應接連兩點，因數化時誤差造成分離，可以設定模糊容忍度（Fuzzy Tolerance）將其接合。最後再以指令 Clean 建立位相關係。

系統所產生之位相關係，記錄了圖層之空間基本屬性。其中，FNODE\_與 TNODE\_記錄方向性、LENGTH 為線段長度、COV\_及 COV\_ID 分別為系統內建編碼及使用者編碼。欄位資料是由系統自動產生，已記錄基本之位相關係，但尚無法滿足網路分析及應用之使用需求，必須增加其他欄位資料，包括等級、路名及編號等欄位。

圖 2-51 為路網圖層數化之結果，以台北市之道路路網為例，道路路網共分成四種類型：國道、省道、縣道及主要道路，於圖之左上有顯示說明深紅色為國道，紅色表省道，綠色表縣道，黃色表主要道路。

#### (2) 數值高程之建置

流域之地形對水文及水理之演算均相當重要，早期有關集水區逕流模式所需之地文

資料，皆是經由人工判讀等高線之方式，以劃定洪水演算分區之邊界，再以測線儀與求積儀等設備，量取河川長度、次集水區面積與河川及漫地流坡度等資訊。近年來由於集水區逕流模式，趨向以集水區物理特性為基礎之定率性模式；而且因為電子計算機運算速度增快，都會區淹水模式也朝向高維度之水理模式發展，所以進行洪氾演算過程需要收集大量集水區地文資訊。因而傳統以人工判釋地圖之方式，已無法滿足目前防災計畫之需要。本研究依照集水區逕流模式，所需劃分之演算區域，利用數值高程模式強大計算能力，劃定次集水區之邊界，擷取河川網路，進而求算各控制點之集水範圍內之地文特性參數，以供逕流模式與淹水模式演算之需要。

數值高程模式(Digital elevation model)係利用地理資訊系統理論為基礎，用以推求區域地形之模式，模式中乃是將地形圖上或經由遙測所得之高程資料，以數值化之方式記錄地表三度空間起伏變化之高程資料，以利於計算機之解讀與判釋，並由此推求區域地形特性之模式。

地理資訊系統在表示之資料格式方面，一般分為網格資料格式以及向量資料格式。而數值高程模式之資料表現方式常見者有三種：不規則三角網格(triangulated irregular network, TIN)，數值等高線(digital contour)以及正交網格(regular grid)。正交網格之資料型態為較被廣泛使用者，其於一組正交之網格上，每一網格點均有其高程資料，這些高程資料便成為一規則之矩陣結構。本研究中，主要蒐集由中央大學提供之臺灣地區之數值高程資料，為  $40\text{m} \times 40\text{m}$  之精度之數值高程資料(如圖 2-52 所示)。基於直觀易於瞭解且容易使用之優點，因此本文採用網格式之數值高程資料進行數值高程模式中資料結構之建立。

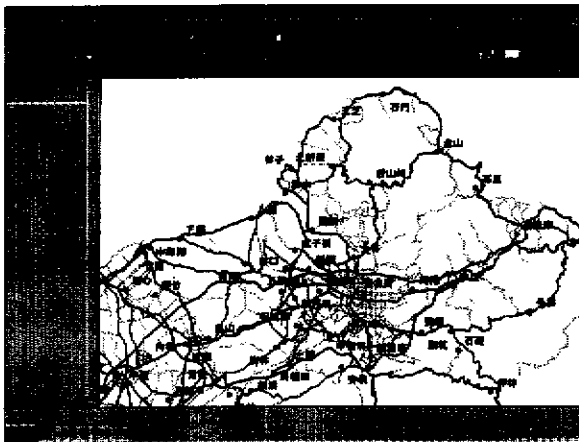


圖2-51 北部地區路網展示圖

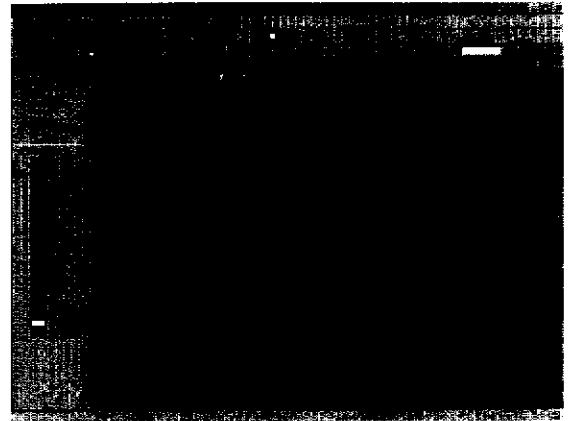


圖2-52 基隆河流域數值高程圖

### (3) 防洪措施資料庫之建置

在防災體系當中，無論是在颱風時期之操作、規劃階段之水理模擬，防洪措施扮演

著相當重要之地位。本研究在研究區域氾濫淹水歷史資料之資料收集發現，淹水之成因不只有暴雨、溢堤或排水不良，有時是因為防洪措施之操作不當或損毀所造成，故防洪措施之地理資料庫之整理與建置，將有助於洪災減災體系之管理。本研究所蒐集並建置成防洪措施之地理資料庫包括溢洪道、雨量站、疏洪道、提防、抽水站等資料，其圖層如圖 2-53 所示。藉由防洪措施地理資料庫之建立，亦可作為相關子計畫之研究基礎。

#### (4) 土地利用地理資料庫之建置

由於土地使用類別不同，即使相同之淹水深度，其淹水之災害損失亦不相同，且淹水損失之評估隨著區域之土地利用型態種類愈多，其損失推估益形複雜，故若能針對土地利用情形進行調查，將有助於淹水損失之推估。

本計畫收集之土地利用地理資料庫為於民國八十六年由內政部所公布之國土現況調查報告及五千分之一之土地利用圖層。在土地利用地理資料庫中之土地利用現況（如圖 2-54 所示）分類可分為三級，其中第一級分為十類，第二級分為四十五類，第三級分為九十三類。土地利用圖層之屬性表如表 2-7 所示，由於損失推估方式將隨著土地利用之不同而異，傳統上之損失推估，尚未考量土地利用之差異，而以一單位面積之損失值進行推估，此推估方式有失偏頗，故此土地利用地理資料庫之建立，除了有助於區域產業型態、都市化程度之分析，亦可作為洪災損失推估地理資料庫之基礎。



圖2-53 防洪設施圖層



圖2-54 土地使用圖層

表2-7 土地利用地理資料庫屬性表

| 欄位名稱       | 資料型態 | 欄位長度 | 欄位說明    |
|------------|------|------|---------|
| Class1     | 數值型態 | 1    | 第一級分類代號 |
| Classname1 | 文字型態 | 14   | 第一級類別名稱 |
| Class2     | 數值型態 | 3    | 第二級分類代號 |
| Classname2 | 文字型態 | 14   | 第二級類別名稱 |
| Class3     | 數值型態 | 4    | 第三級分類代號 |
| Classname3 | 文字型態 | 14   | 第三級類別名稱 |

## 2. 社會經濟資料之收集與建置

為在災害發生時能迅速掌握災情以便應變，並於在後估算損失規畫復建，必須建立區域內之社會經濟資料，如人口之數量及分布，建物之數量型態、工商業活動及尺度、地價或稅收等相關之經濟資料，政府雖經常進行相關社會經濟資料之統計或普查，但目前這部分之資料散落各機關且未和地理資料結合，對於災害發生時之緊急應變緩不濟急，需加以整合並與空間資料結合，方能適時發揮決策支援之功能。

### (1) 工商普查資料

工商普查旨在蒐集台閩地區工商及服務業經營概況、資源分布、主要設備、資本運用、生產結構、產銷變動及其他有關經濟活動基本資料，經整理統計與分析後，可提供政府規劃工商及服務業發展計畫，釐定有關經貿政策及產業發展策略之參據，以輔導產業改善、生產結構與經營體質，俾邁向資技密集工商與現代化服務業發展。最近一次普查之標準時期以民國八十五年十二月三十一日為普查標準日，凡屬靜態資料均該以標準日情況為準；以民國八十五年一月一日至十二月三十一日為普查標準期，凡屬動態資料則以標準期情況為準。普查區域範圍：以中華民國台閩地區為普查區域範圍，包括台灣省、台北市、高雄市（含東沙、南沙群島）及福建省之金門、連江兩縣。

本計畫自行政院主計處第四局第二科購得最近（民國八十五年）之工商普查資料，因原始資料為純文字格式，而計畫建立之地理資訊系統作業程序皆在 Windows 環境下作業，所以將原始檔案匯入至 MicroSoft Access 資料庫中，成為 Access 資料檔案格式，以利日後與 GIS 結合方便分析處理資料。

原始工商普查資料分為 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K 共有十一個大類表示（如表 2-8），其下又可細分至中類、小類及細類，由於資料之購置需先行決定分類之基礎，計畫中顧及產業之分級若太細，日後之應用將過於繁雜，並考慮經費之負擔，因

此以行業類別中類為基礎購買資料，中類共七十三類，資料庫中並以村里為最小分析單位。又因主計處普查局普查之項目相當眾多，故僅取其中與洪災相關之項目作為分析社會工商經濟活動之標準，包括各類別單位家數之總計、土地面積之總計、樓地板面積之總計、營建工程價值之總計、在職人數之總計、員工全年薪資之總計、各項支出之總計、資產總計之總計、實收資本額之總計、生產總值之總計等。以單位家數為例，圖 2-55 為各村里各產業類別之單位家數分布情形。

表 2-8 工商業普查各大類代號及其名稱

| 代號 | 名 稱       | 代號 | 名 稱        |
|----|-----------|----|------------|
| A  | 農林漁牧業     | G  | 運輸倉儲及通信業   |
| B  | 礦業及土石採取業  | H  | 金融保險及不動產業  |
| C  | 製造業       | I  | 工商服務業      |
| D  | 水電燃氣業     | J  | 社會服務及個人服務業 |
| E  | 營造業       | K  | 公共行政業      |
| F  | 批發、零售及餐飲業 |    |            |

## (2) 戶口及住宅普查資料

戶口及住宅普查是一種基本國勢調查，其目的在於蒐集普查標準時刻之人口質量與戶之組成，以及住宅質量與居住狀況等有關資料，以應政府施政、人力運用、居住改善、各項建設及學術研究之需要。依戶口普查法第三條規定，戶口普查每十年普查一次。我國於民國四十五年舉辦第一次台灣地區戶口普查，民國五十五年舉辦第二次戶口普查，並兼辦住宅普查，以期明瞭國民居住狀況。民國五十九年為因應世界各國每逢西曆年號末位數「0」年舉辦普查之世界潮流，以劃一統計基準，便於國際間普查資料之比較分析，爰於是年舉辦戶口及住宅普查抽樣調查，民國六十四年復舉辦一次戶口及住宅普查抽樣調查，迨至民國六十九年始再舉辦第三次戶口及住宅普查，第四次之普查工作於民國七十九年辦理，最近一次之台灣地區戶口及住宅普查（第五次），於民國八十九年（西元 2000 年）十二月辦理。

雖然最近一次之普查工作已於民國八十九年十二月底完成，然而其報告預計於民國九十一年六月三十一日整理完成，故在戶口及住宅普查資料之收集方面，本計畫自行政院主計處第四局第二科購得民國七十九年戶口及住宅普查資料，待最新之資料出爐後，本研究將予以進行資料更新。所收集之原始資料為純文字格式，本研究已將原始檔案匯入至 Microsoft Access 資料庫中，成為 Access 資料檔案格式，以利日後與 GIS 結合方便分析處理資料。

取得之戶口及住宅普查資料為民國七十九年戶口及住宅普查村里檔資料，其資料內

容皆以村里為資料分析之基本單位，與工商普查資料之基本單位相同，有利於分析社會經濟資料之統一；戶口及住宅普查資料共分七個普查大類，分別為 15 歲以上人口經濟狀況、六十五歲以上老人狀況、住戶狀況、住宅狀況、一般人口狀況、遷徙狀況、十五歲以上有偶婦女狀況等，其中有多項資料重複編列，或與計畫中有關洪災之社會經濟分析無關，或分類過於煩瑣，故在整理後，將戶口及住宅普查分成三個資料庫，分別為一般人口狀況、住宅狀況及住戶狀況茲將各個資料庫之內容。

圖 2-56 為各村里住宅分布情形，住宅之種類有傳統農村式、獨院雙拼式、連棟式、一至五樓公寓、六至十二樓公寓、十二樓公寓、十三樓以上公寓，經由地理資料庫之建立，可查閱各村里各建物類型之分布情形；圖 2-57 為各村里人口分布圖，圖中每一點代表 500 人，由點之分布情形可看出各鄉鎮市人口密度。

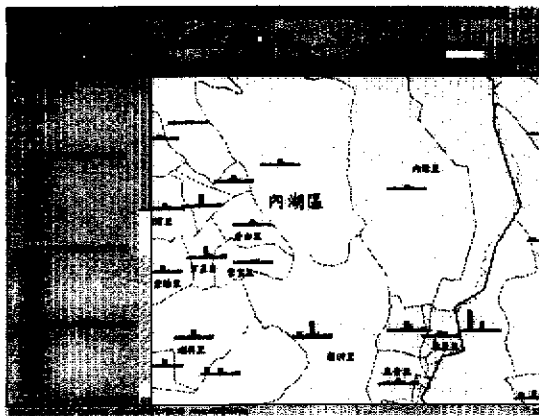


圖2-55 各村里各大類單位家數

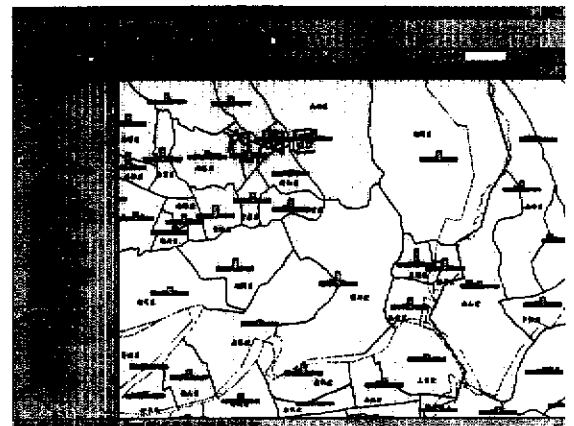


圖2-56 各村里住宅分布情形

### (3) 建管資料庫建置

區域內之建物分布與區域洪災之淹水損失息息相關，隨著建物種類之不同，其損失亦相異。為了瞭解各類型建築物之特性以作為淹水損失推估之基本資料，本研究共蒐集了二十八萬多筆之台北市建管資料，予以統合分析及研究，所建置資料庫有建築物基本資料庫、停車位及昇降設備資料庫、樓層資料庫三大類，各個資料庫間之資料可藉由使用執照號碼之連結予以分析研究。

### (4) 鄉鎮市地價資料庫建置

鄉鎮市平均區段地價乃分別調查住宅區、商業區、工業區三種使用分區之中價位區段之地價，並分別予以面積加權平均計算而得。將所得之三種使用分區之鄉鎮市平均區段地價與鄉鎮市圖層結合，可得各鄉鎮縣市之住宅區、商業區、工業區之平均區段地價（如圖 2-58 所示）。



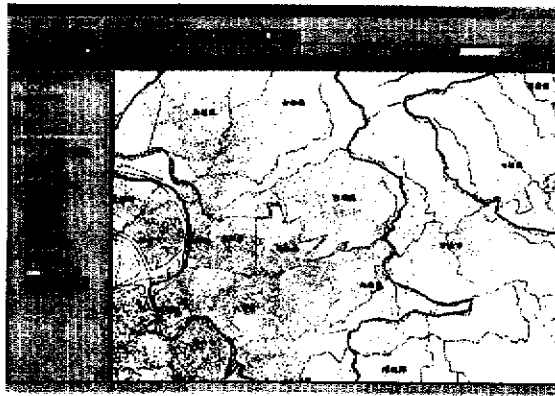


圖2-57 各村里人口分布圖

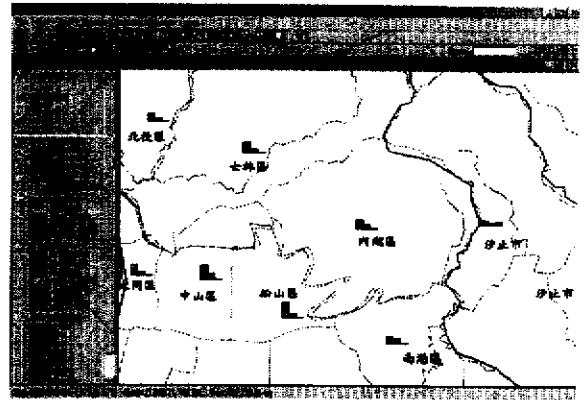


圖2-58 各鄉鎮市地價

#### (5) 物價指數資料庫建置

由於不同年間之相同之損失值，將隨著各年度物價指數不同，其代表意義也相異，故不同年間之損失值需經由物價指數之調整後再進行比較，故本研究蒐集了歷年來之物價指數資料，以作為物價調整之依據。物價指數資料庫之建置乃以民國八十五年物價指數為基期，其中包括民國四十八年至民國九十年之消費者物價指數、民國四十一年至民國九十年躉售物價指數、民國六十五年至民國九十年進出口物價指數、以及民國八十年至民國九十年營造工程物價指數四部分。

### 2-10 子計畫十、基隆河流域防洪決策支援系統之研發(一) (台大何興亞博士)

#### 1. 資料庫規劃建置

「災害防救法」於民國 89 年 7 月 19 日頒佈施行，第二條中之定義，災害防救乃指災害之預防、災害發生時之應變措施及災後之復原重建，此與本研究規劃考量之減災、整備、應變、復建等四個災害管理週期完全契合。

經過進一步檢視災害管理各個階段之特性並分析其資料需求，本研究將防洪決策支援系統資料庫依其性質區分為靜態資料與動態資料兩大類，如圖 2-59 所示。靜態資料可包括：(1)人文、地理、社會及經濟等各項基本資料；(2)各種災害潛勢分析資料；(3)救災應變知識、標準作業程序以及各類救災資源等相關資料。動態資料則包括：(1)即時氣象資料；(2)即時水情資料；(3)即時災情與應變資料等。

依上述資料基本分類架構，在防救災相關資料庫之設計上可進一步依照一般環境資訊、救災資源資訊以及災害資訊，將防洪決策支援系統資料庫劃分為三大類，分別是防救災基本資料庫、災害緊急應變管理資料庫以及即時與長期監測資料庫，其資料庫設計分類架構如圖 2-60 所示。

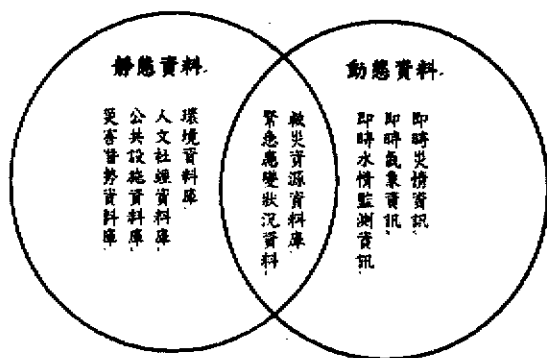


圖2-59 防洪決策支援系統資料庫基本分類架構

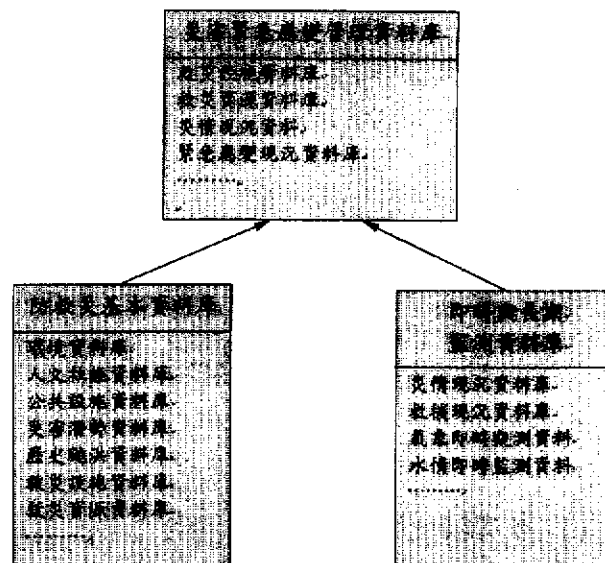


圖2-60 防洪決策支援系統資料庫設計分類架構

防救災基本資料庫包括環境資料庫、人文社經資料庫、公共設施資料庫、災害潛勢資料庫、歷史颱風資料庫及救災資料庫(含救災設施資料庫與救災資源資料庫)，屬於靜態資訊，是進行災害預警、急難救助、任務派遣之基本決策資料。即時資料庫包括災情現況資料庫、救援現況資料庫、氣象即時觀測資料庫及水情即時監測資料庫等，是透過不同層級災害防救中心與各相關權責單位之資訊傳遞，經由處理整合，以提供最正確之災害緊急應變決策依據。長期監測資料庫除包括自然環境與人文環境之變遷過程及各項指標參數之觀察外，災後復原重建之時間序列記錄也是重要之資料，透過長期監測資料之分析研究，可持續修訂相關防救災政策、法令或是重建措施，以符合實際狀況之需求。災害緊急應變管理資料庫則是配合災害發生時救災指揮派遣之動態管理，根據實際救災與災害緊急應變決策支援系統之需求，結合基本資料庫中之部分資料與相關即時資料而產生。然而，此處需特別指出的是，在緊急救災之動態管理過程中，資料庫之內容將隨時間而改變，為避免在使用時破壞靜態基本資料庫中之資料內容，因此災害緊急應變管理資料庫乃是將部分之靜態基本資料庫複製加以利用，同時為能有助於災後對緊急應變措施進行檢討，藉以提升未來之緊急應變效能，此資料庫應將整體緊急應變之流程隨時間序列完整記錄儲存，並在災害緊急應變階段告一段落後，將所記錄之資料匯入靜態基本資料庫中，成為一靜態之災害緊急應變歷史性資料。

根據前述資料庫設計架構，本研究目前除自行蒐集外，亦透過整合型計畫其他子計畫之協助提供相關資料，目前已蒐集資料包括：

- (1) 抽水站：共計 46 座，各站所含資料包括抽水站名稱、所屬區域、設施日期、總抽水量、台數及總馬力等。
- (2) 橋樑資料：共計 62 座，各座所含資料包括所屬行政區、長度、寬度、孔數及橋樑底高等。
- (3) 蒐集基隆河流域現有堤防、護岸之長度與丁壩之座數。
- (4) 土地利用歷年資料：台北市之北投、士林、大同、中山、內湖、松山、南港等七區，台北縣之汐止、瑞芳、平溪三鄉鎮以及基隆市之七堵、暖暖二區等行政地區之土地利用歷年資料。
- (5) 河道斷面資料：民國 58～89 年間之河道斷面資料，並進一步蒐集目前整治河段疏浚前後之河道斷面資料。
- (6) 雨量站資料：基隆河流域內五堵、瑞芳、火燒寮、基隆、竹子湖與台北等站之歷年降雨資料。
- (7) 流量站資料：流域內五堵與瑞芳(介壽橋)等站之歷年流量資料。
- (8) 水位資料：民國 81～88 年間之水位資料。
- (9) 人口密度資料：台北縣之汐止、瑞芳、平溪三鄉鎮以及基隆市之七堵、暖暖二行政區人口密度歷年資料。
- (10) 洪災損失調查資料：汐止市民國 87 年瑞伯、芭比絲颱風淹水受災申報統計資料。
- (11) 蒐集過去有關基隆河整治規劃、防洪治理、防洪檢討與水工模型試驗等相關報告，詳如參考文獻。

## 2. 模式庫規劃建置

本研究結合整合型計畫中其他子計畫所研發之模式，規劃建置防洪決策支援系統模式庫，進行相關水文及水理分析。目前初步設計之基隆河流域防洪決策支援系統模式庫架構包括：逕流分析模式、河川洪水分析模式、淹水分析模式及災損評估分析模式等，各模式簡要概述於下。

### (1) 逕流分析模式

利用 1957 年 Nash 提出之觀念，將集水區視為若干個線性水庫所串聯，模擬因降雨而產生之地表逕流。

### (2) 河川洪水分析模式

基隆河南湖大橋以上河段屬台北縣或基隆市轄區，低窪地區常遭洪水氾濫成災，其洪水波之流動情況係以一維河川變量流水理模式進行模擬。

### (3) 淹水分析模式

先以一維變量流洪水演算模式計算各河川斷面之水位，再以此水位作為淹水模擬區域之相對應匯流處網格之邊界水位，同時以堰流公式計算流量，作為二維地表漫地流淹水模式各演算區域之灌入流量，並納入河川與淹水模擬區域匯流處水位流量之水理交互作用，以同步完成河川洪水與地表淹水之模擬。

### (4) 災損評估分析模式

利用歷年災害損失調查資料，經由統計分析，建立淹水深度與災損關係，並可進一步配合淹水境況模擬結果，推估對應之災害損失。

## 3. 防洪決策支援系統規劃建置

本研究規劃建置之「基隆河流域防洪決策支援系統」，進入系統之畫面如圖 2-61 所示，主要功能包括：「系統維護/基本資料庫」、「氣象/水情」、「水情通告/警報」、「災情通報」、「救災資源」及「潛勢/災損評估」等六部份，其各項功能與展示內容分別概述於下：

### (1) 系統維護與基本資料庫

此項功能包括：「時間設定」、「流域設定」與「檔案存取」三子項功能，基本資料展示畫面如圖 2-62 所示，包括：「水文、地文及管線」、「交通、地標及人口」及「水災歷史資料」三項子功能，可展示 DTM 數值高程圖、雨量站與水位站等資料，選其代表如圖 2-63~2-64 所示。



圖2-61 防洪決策支援系統進入畫面

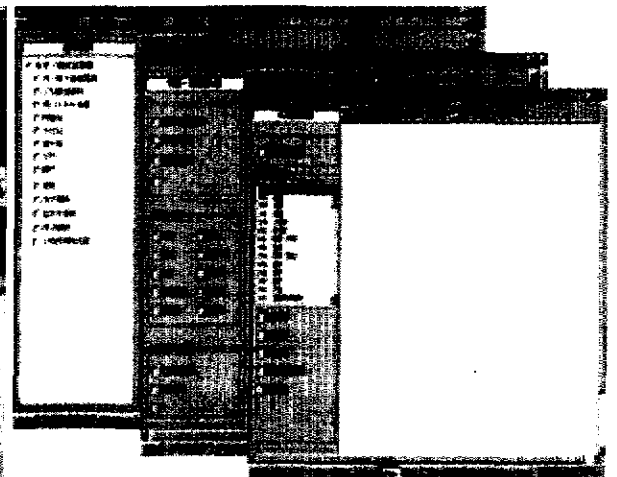


圖2-62 基本資料展示畫面

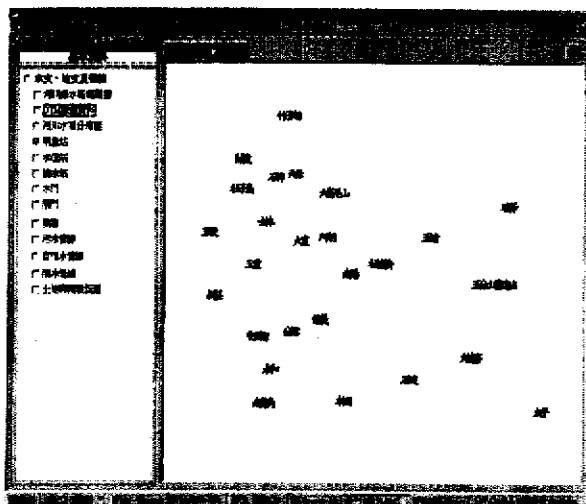


圖2-63 基隆河流域雨量站分布圖

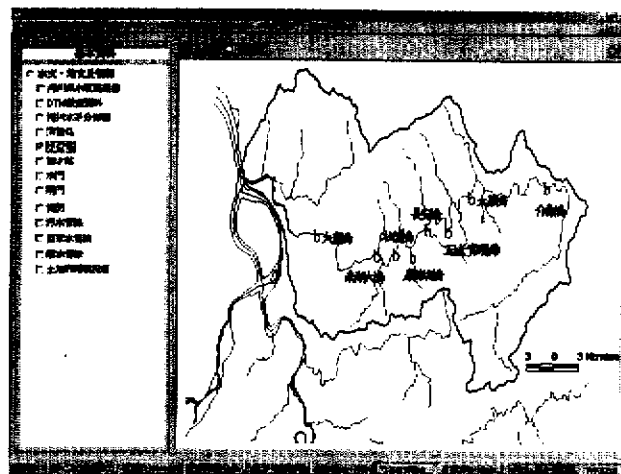


圖2-64 基隆河流域水位站分布圖

## (2)氣象與水情

此項功能內含：「颱風」、「雨量」、「河川水位」、「水門/抽水站」、「水庫」及「淹水」等六子項功能，選其代表如圖 2-65~2-68 所示。



圖2-65 衛星雲圖展示畫面

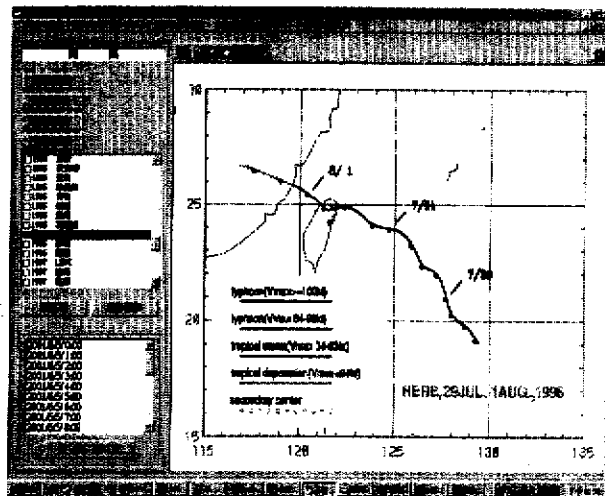


圖2-66 歷史颱風路徑展示畫面

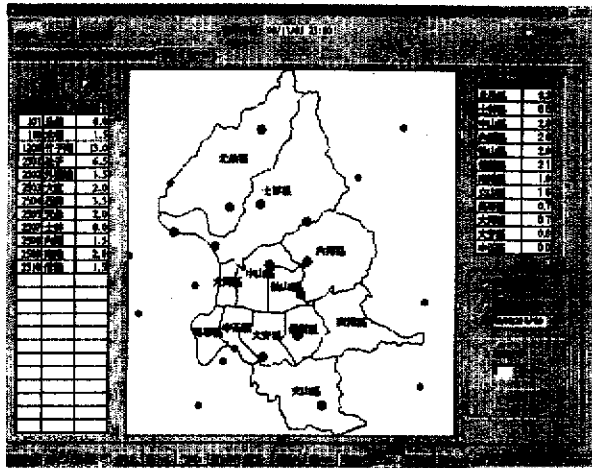


圖2-67 累積雨量分布展示畫面

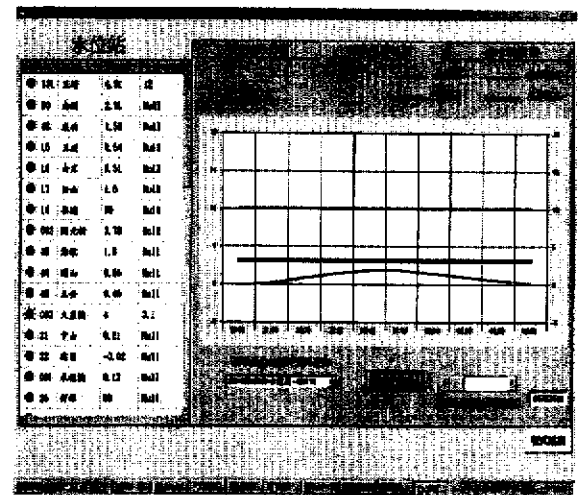


圖2-68 水位動態展示畫面

### (3)水情通告與警報

此項功能包含：「水情通告」及「警報文輔助製作」二子項功能，可用於輔助製作洪水警報與通告，供傳送給防洪相關業務單位參考運用。

### (4)災情通報

此項功能包括：「淹水範圍」、「淹水地標」、「重大災情」、「人員傷亡」、「房屋損毀」、「設施損毀」、「通訊損壞」、「電力損壞」、「交通受阻」及「其他損失」等功能，以達到災情自動化查報、監視與複查，減少非必要之人力與物資動員。

### (5)救災資源

此項功能包含：「避難場所」、「救災設施」、「救災器材」、「救災物質」、「疏散路徑分析」、「緊急應變作業流程」、「防救單位與人員聯絡名冊」、「民間救難團體聯絡名冊」及「救災資源分布圖」等功能。可迅速提供急難救助、任務派遣等作業所需資料。

### (6)潛勢與災損評估

此項功能包括：「流域淹水範圍及深度」、「重要地標淹水情形」及「災損估計」等三項子功能。可於颱風或豪雨事件發生時，配合雨量監測資料，及早研判可能致災範圍，供通報、警戒、人員疏散與撤離等緊急應變作業參考運用。

### 第三章 結論

本整合型計畫之總體目標係以鹽水溪流域及基隆河流域為示範研究區域，預計以三年期間完成建立流域洪災防護之基本資料庫，並配合流域現況之整治工程、排水系統改善工程與氣象水文監測系統，串聯降雨、逕流與水理等模式，以研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及災害損失評估模式，最後再將流域洪災防護基本資料庫與淹水災害境況模擬結合建立一套颱風災害決策支援與展示系統，期以非工程防洪手段配合流域現有之防洪工程設施，相輔相成，以達到流域防洪減災之目的。茲分別詳述總計畫與各子計畫第一年度之重要結論如下：

#### 一、總計畫部分：

1. 調查總計畫與各子計畫所需之資料內容、格式及來源，進而分工與蒐集，以免除往後因資料不一致之整合時間。
2. 協調與界定各子計畫之研究區域範圍與各子計畫間之資料傳輸格式與內容，以確保各子計畫間之連續性。
3. 提供鹽水溪流域之DTM資料及經濟部水利處所屬測站之降雨和逕流資料予子計畫一。
4. 提供基隆河流域數值地形資料予子計畫八。
5. 提供民國89年基隆河最新斷面資料予子計畫七及子計畫八。
6. 提供「象神颱風淡水河洪水報告」及象神颱風相關資料予子計畫六~十。
7. 民國90年2月8、9日，總計畫暨子計畫一~子計畫五主持人及相關研究人員共二十人，參訪經濟部水利處第六河川局、台南縣政府及台南科學工業園區開發籌備處，並順利蒐集相關研究資料。
8. 本計畫目前共召開六次綜合工作討論會，掌握各子計畫之研究進度、方向及合作配合事項，進而協助解決各子計畫於執行期間所面臨之問題，以確保各子計畫之研究成果品質。
9. 本計畫每月定期與各子計畫研究人員橫向聯繫，目前共召開六次研究助理綜合工作協調會，以檢討子計畫間之整合工作事項，以達到整合之目的。

#### 二、子計畫一：鹽水溪流域上游丘陵集水區降雨—逕流分析(一)（成大游保杉教授）

1. 本計畫選用SE及U兩個誤差指標值進行研判，選用PT3作為頻率分析之最佳統計分布，依此分析結果建立IDF公式，並以交替區塊法完成設計兩型分析。
2. 本研究借助地理資訊系統，以Arc Info、Arc View Spatial analyst、Hec-GeoHMS 模組以及Arc View之Avenue程式語言所建立之計算介面，以較自動化之方式計算模

式模擬時所需之地文因子及所需之格式，包括流域邊界、漫地流流向、地表坡度、地表粗糙度、入滲係數等，可節省許多資料準備之時間。

3. 在使用者介面方面，本研究以Visual Basic 視窗編輯軟體來進行建構，其主要介面功包括有模式資料輸入、模式率定結果、實測和模擬流量歷線之比較和集水區內部模擬歷線之查詢功能。這些介面之建立可使一般決策者由介面輕易輸入模式所需之資料檔或參數設定來執行模式，並展示模擬結果，模式亦具有查詢集水區內部流量歷線之功能。
4. 本研究利用12場降雨事件作模式參數之率定，而以3場降雨事件作為驗證，顯示本模式具有模擬豐化橋以上集水區降雨—逕流之能力。而根據水庫時水位資料進行水庫演算之結果，發現水位模擬成效還算合理，且其趨勢與集水區出口模擬歷線十分吻合，證明本研究所建構之分布型降雨—逕流模式除了集水區出口歷線能有合理之模擬外，集水區內部也有一致之效果，更可藉以獲得集水區內任意未量測點之逕流量，作為設計及規劃之參考。

### 三、子計畫二：台南科學園區排水能力及洪災防治措施之研究(一)（台大許銘熙教授）

1. 本研究蒐集洪災防治先進國家之淹水模式相關研究成果，以及國內實際應用之淹水模式，經過比較評比之後，決定採用排水淹水模式。
2. 本研究主要在模擬排水系統之操作對於地表淹水之影響。降雨所形成之地表水先進入雨水下水道系統，若有人孔溢流，則與二維漫地流模式結合，進行地表淹水演算，並將滯洪池及抽水站對於排洪能力之影響納入考量。
3. 本研究採用暴雨經理模式SWMM、二維漫地流模式及滯洪池演算模式進行探討，並將之銜接起來應用於台南科學園區，分別進行重現期25年、50年及100年三種重現期降雨量之演算，以獲得園區內暴雨排水之動態模擬。
4. 由研究結果顯示，在不同重現期之降雨下，淹水之範圍及深度都有隨重現期之增加而擴大，淹水區域由南科園區之東邊逐漸擴大至西邊，由北邊逐漸擴大至南邊。
5. 就園區內之排水設施而言，雨水下水道系統排水幹線上之人孔溢流情況較為輕微，並不會造成大範圍之溢流；滯洪池能夠蓄留住大部分之洪水，以確保下游地區不會因南科園區開發而所增加之逕流量造成影響。
6. 本研究在進行暴雨排水之模擬時，採用地理資訊系統（GIS），精確處理模式所需之各項輸入資料，以確保資料之正確性；並將結果也以地理資訊系統展示，使其易於瞭解。

### 四、子計畫三：鹽水溪平原排水境況模擬之研究(一)（成大蔡長泰教授）



1. 本子計畫進行鹽水溪兩岸平原之淹水及排水之境況模擬，探討地面水流與排水系統之匯聚渲洩，以及沿海漲潮對河流及排水系統渲洩洪水之影響，以提供相關單位規劃整體性防洪排水系統之依據。
2. 收集及分析研究地區之地理及水文資料排水系統現況資料，歷年洪泛資料等，建立地理資訊系統。
3. 初步建立研究地區水系(含排水系統與河系)洪流演算模式。
4. 研究區之地形地物地貌直接影響淹排水過程與淹水潛勢，是故在地文資料蒐集方面應力求符合現況。在本年度執行計畫中，特別針對因應台南科學園區開發連帶產生地形地物地貌之改變，積極更新資料以提高模式模擬之精確度。
5. 由模擬結果與實際淹水調查結果觀察比較可發現淹水潛勢相近，顯示所建立之模式模擬結果良好可進一步加以應用。

#### 五、子計畫四：鹽水溪流域洪災損害評估模式與相關資料庫建立之研究(一) (台大陳增壽助理教授)

1. 本研究於第一年度內，主要進行蒐集鹽水溪流域淹水損失評估所需之各相關資料，包含基本地理資料、區域社會經濟資料、過去颱風事件之淹水範圍、流域相關洪災損失分析等資料，需要之相關資料均已順利蒐集完成，並依各項資料之空間分布特性，配合地理資訊系統，建置完成淹水損失之資料庫；同時亦進行蒐集國內外有關洪災損失評估模式之相關研究資訊，加以整理評估，均已達成年度之研究工作目標。
2. 未來除持續蒐集更詳細之相關資訊，繼續充實資料庫之內容外，並將以數學物理災損評估模式為主，而以第三種之災損評估方法為輔，將其他流域之洪災損失資料引入鹽水溪流域，以建立適合於鹽水溪流域之洪災損失評估模式。此外，將根據子計畫二、三提供之洪災模擬結果，評估相對應之淹水損失，同時進行災害損失之分級，提供地方政府及防救災單位擬定防救災政策、體系以及緊急避難疏散方案決策規劃之參考。

#### 六、子計畫五：鹽水溪流域防洪決策支援系統之研發(一) (台大陳明仁博士)

1. 本研究完成(1)鹽水溪流域淹水境況模擬決策支援系統之整合規劃；(2)鹽水溪流域防洪決策支援系統之資料庫規劃；(3)研發介面結合地理資訊系統之技術；及(4)規劃及製作基本之鹽水溪流域淹水境況模擬決策支援系統之展示介面。
2. 本研究整合規劃本模式與各相關子計畫之銜接，以及在水情災損分析、災害應

變、彙整災情以及決策支援應用上之內容以及重點構想。

3. 本年度已完成規劃資料庫之水文資料、流域基本資料以及土地交通人口資料等之內容、資料庫欄位名稱格式定義，以及選用資料庫軟體之考慮。
4. 本研究完成介面結合地理資訊系統之技術，評估合適軟體，藉以建立地圖資料和屬性資料，可以整合數值地圖、掃描影像及遙測資料，進行查詢、統計分析及展示資料，並已成功與本計畫製作之介面結合。
5. 本年度規劃以VB作為操作界面製作之應用程式，並完成規劃界面架構、操作功能、界面親和性、展示圖表、與資料庫之連結關係，並完成製作基本之操作界面。
6. 後續下年度將結合子計畫一、二、三、四之成果，根據所處理降雨事件之累積雨量，藉由與預先建好資料庫比對，以研判可能之災情及損失。最後一年度將擴充建置完整之決策支援功能。

七、子計畫六：基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究(一) (台大王如意教授)

1. 本研究已選定基隆河流域內5個雨量測站，推求其降雨強度—延時—頻率曲線公式，並繪製1.1、2、5、10、25、50、100與200年重現期距及24小時降雨延時組合下之等雨量線圖，所獲致之研究成果可提供台北近郊未設站或缺乏觀測資料地區從事水利工程規劃設計之應用。
2. 本研究係採用交替區塊法從事台北都會郊區各雨量測站之設計兩型，並配合各雨量站所推得之降雨強度—延時—頻率曲線公式，且選取總降雨延時為24小時，重現期距為1.1、2、5、10、25、50、100年及200年，分別求出基隆河流域內各集水區於設計降雨之時間分布。此等研究成果對未來基隆河流域內之水利工程規劃設計，可做為規劃設計時之依據。
3. 半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式係以集水區河川網路與土地覆蓋利用等資料將集水區劃分成多個核胞，然後依據降雨落於各個核胞上流至集水區出口處之不同流路再予以劃分，且可將每一核胞輸入不同之降雨資料，以展現降雨於空間上分布之特性，因此此模式已改進傳統水文模式將集水區視為單一輸入函數之缺點，而更具完備之理論基礎。
4. 半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式中，以SCE複洗牌參數優選法，客觀推求模式之參數，可節省檢驗時間與提高精確度。
5. 本研究係以半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式理論研析基隆河五堵上游集水區降雨與逕流之轉換關係，經以19場颱風事件對此模式加以檢驗，其結果相當

良好；因此本研究所研發之半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式，對基隆河五堵上游集水區與鄰近地區於水資源規劃與防洪預報系統上，可提供參考應用。

6. 於研究過程中，發現對同一重現期距與相同時間區段，其設計洪峰流量具有隨著降雨延時增加而增加之趨勢；且對於同一重現期距與相同時間區段，設計兩型平均 $\Phi_{index}$ 損失量值隨著降雨延時增加而減少。
7. 在雨量站網規劃方面，以克利金法針對基隆河流域進行站網評估。由於考慮測站土地取得之不易，故選取基隆河流域內之中、小學為測站位址，並依長、短期降雨不同之特性，分別加以分析，結果顯示台北市地區建議增設18個雨量測站；而台北縣地區則建議增設13個雨量測站。關於水文站網規劃，係以克利金法理論及比流量之概念來規劃站網。研析結果建議增設承德橋、南湖大橋、高速公路內湖橋與參帥二號橋等4個水文監測站較為合適。
8. 本研究應用瞬時單位歷線之原理與特性，分析都市開發前、後對集水區水文特性之影響程度。研究中，對整個基隆河流域之都市開發影響逐一探討分析，選取五堵站可用之颱風事件之記錄降雨與逕流資料。相關都市開發因子合併建物基地、寺廟用地、鐵道用地、道路、溝渠與堤防用地為不透水面積因子，是為地文因子，而人文因子則為人口密度因子與各水文站上游沿岸抽水站之抽水量。文中，應用多維灰色動態分析GM(1,n)，以不透水面積、人口密度與抽水量為作用因素，分別對行為因素—參數N與參數K，以協調方程式分析之。最後，應用那徐模式之參數N與參數K推估值，推估歷年瞬時單位歷線之洪峰流量。由研究結果顯示，都市開發效應對水文設計流量增量於基隆河流域之五堵上游集水區與鄰近殘流域為16%。
9. 本研究係以交替區塊法進行重現期為1.1、2、5、10、25、50、100與200年與降雨延時為24小時組合下各自記雨量站之兩型設計，並套配由半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式所校驗之參數建議值，以從事基隆河流域五堵上游集水區與鄰近殘流域等研析地區之設計洪水歷線模擬，其研究成果可提供此研究地區內之水利工程規劃設計之參考應用。

#### 八、子計畫七：基隆河流域整治段颱風災害淹水境況模擬(一) (台大張倉榮助理教授)

1. 本計畫之主要目標為建立基隆河流域整治段河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式，藉由一維河川變量流模式及二維地表漫地流淹水模式之結合，模擬河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低而互動之關係。本研究利用87年瑞伯、芭比絲颱風事件來進行模式調整與驗證，並進而探討基隆河流域

整治段在遭受上述颱風事件時之洪水流向、淹水時間、範圍與深度。

2. 為因應89年11月1日象神颱風對基隆、瑞芳、汐止等地區之嚴重淹水災情，本研究亦針對象神颱風進行淹水境況驗證。比較上述之颱風事件調查積水範圍與模式計算淹水範圍可知，本文所建立之淹水模式提供可靠之淹水潛勢資訊，並且模擬過程中使用之各項參數可應用於其他降雨事件之汐止地區淹水模擬。

九、子計畫八：基隆河流域颱風發生潰溢堤災害之境況模擬(一) (台大賴進松助理研究員)

1. 本研究根據標示網格法之差分觀念，利用交替方向顯示差分法，求解二維零慣性方程式，建立平面二維淹水模式，配合降雨資料及地文資料，以及山區降雨逕流歷線，進行於瑞伯颱風事件下之基隆河流域地區淹水模擬；結果發現，汐止與五堵區之智慧里、江北里、百福里、堵南里、堵北里、橋東里、保長里及長安里等處之淹水潛勢與淹水範圍調查結果吻合。
2. 經由其結果顯示本研究所建立之淹水模式，確實能反應及模擬基隆河水理特性。因此本研究所建立之模式，對基隆河中上游集水區之防洪規劃與洪水預報系統上，可提供參考應用。

十、子計畫九：基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究(一) (台大蘇明道教授)

1. 本研究計畫目標在於區域性防洪地理資料庫之建立，包括區域之數值高程地形、土地利用、交通、水系、人口及社經資料等等，以提供相關資訊給防洪淹水模式作為洪災之模擬及應變之參考。洪災防治所需之相關地理資訊如區域之數值高程地形、土地利用、交通、人口及社經資料等等相當龐雜，各資料圖層之資料量龐大且所採用之格式互異，需加以適當規畫及整合方能發揮其效能。本研究第一年度之計畫除了相關文獻之蒐集外，已完成三大部分之工作重點，第一部分為基隆河流域颱風淹水歷史資料之蒐集，第二部分為基隆河流域洪災損失評估地理資料庫之建立，包括道路路網、數值高程、防洪措施資料庫、土地利用資料庫之建立等，第三部分為社會經濟資料庫之建立，包括工商普查資料、戶口及住宅普查資料、建管資料、鄉鎮市地價資料、物價指數資料等。集結洪災防減決策相關資料之建立，可提供相關研究計劃、行政決策單位等參考。
2. 未來將整合研討區域淹水災、災損評估地理資料庫、建立資料庫查詢介面、確立住宅及工商業分類原則、建立區域性洪災損害評估模式、進行各種淹水情境之模

擬、並推估區域水災之危險度以提供區域防洪規劃決策參考。

十一、子計畫十：基隆河流域防洪決策支援系統之研發(一) (台大何興亞博士)

1. 基隆河流域沿岸低窪地區，近年淹水情形日趨嚴重，常造成重大人員傷亡與財物損失，亟待整治改善。然而，利用防洪工程措施所保護之程度有限，必需配合非工程措施，強化該地區之抗災能力。
2. 本研究研發之防洪決策支援系統，為非工程保護措施中極為重要之一環，可用以迅速提供防救災相關單位緊急應變、防洪整治計畫評估、防洪計畫擬訂等工作所需資訊，並可供政府推動防洪相關建設與措施參考運用。同時，本系統採用彈性模組方式規劃設計，可移植性較高，在系統建置與應用測試完成後，可移轉至其他流域運用。

## 參考文獻

1. 王如意、謝龍生、黃金龍，「台北都會區淹水區域預測之研究(二)」，行政院國科會研究計畫成果報告，國立台灣大學農業工程學系，民國 88 年 8 月。
2. 王如意、謝龍生、周建明，「台北都會區淹水區域預測之研究(三)」，行政院國科會研究計畫成果報告，國立台灣大學農業工程學系，民國 89 年 8 月。
3. 王如意等，「台北盆地及鹽水河流域示範區颱風災害危險度分析(三)」，經濟部水資源局委辦研究計畫期中報告，國立台灣大學農業工程學研究所，民國 90 年 6 月。
4. 行政院國家科學委員會，「天然災害防治研究五年中程計畫」，環境與發展委員會，民國 83 年 11 月。
5. 許銘熙、顏清連、謝慧民，「基隆河沿岸低窪地區淹水模式 (一) 模式之建立與驗證」，行政院國科會防災科技研究報告 78-57，民國 79 年 8 月。
6. 許銘熙、顏清連、謝慧民、鄧慰先，「基隆河沿岸低窪地區淹水模式 (二) 市區排水設施納入模式中」，行政院國科會防災科技研究報告 79-66，民國 80 年 8 月。
7. 許銘熙、鄧慰先、吳啓瑞，「八掌河流域淹水模擬 (一) 河川演算模式與沿岸地區淹水模式之建立」，行政院國科會研究計畫報告第 80-56 號，民國 81 年 8 月。
8. 許銘熙、鄧慰先、吳啓瑞、楊應平，「八掌河流域淹水模擬 (二) 沿岸地區小範圍之淹水模式之建立」，行政院國科會研究計畫報告第 81-50 號，民國 82 年 8 月。
9. 許銘熙、鄧慰先、吳啓瑞、徐培玠，「八掌河流域淹水模擬 (三) 降雨與淹水範圍之關係」，行政院國科會研究計畫報告第 82-29 號，民國 83 年 12 月。
10. 許銘熙、鄧慰先、徐培玠，「台北都會區淹水區域預測之研究(一)」，行政院國科會研究計畫成果報告，國立台灣大學水工試驗所，民國 87 年 8 月。
11. 顏清連、許銘熙、陶偉麟，「淡水河系洪水演算模式 (一) 現況河道模式之建立驗證」，行政院國科會防災科技研究報告 72-08，民國 72 年 9 月。
12. 顏清連、許銘熙、段鏞，「淡水河系洪水演算模式 (二) 二重疏洪道完成後淡水河系洪流演算模式」，行政院國科會防災科技研究報告 73-06，民國 73 年 10 月。
13. 顏清連、許銘熙、唐建章，「淡水河洪水演算模式 (三) 與逕流模式之銜接」，行政院國科會防災科技研究報告 74-26，民國 74 年 12 月。
14. 顏清連、許銘熙、陳昶憲、賴進松，「淡水河洪水演算模式 (四) 堤防潰決洪流模式之建立」，行政院國科會防災科技研究報告 75-19，民國 75 年 9 月。
15. 顏清連、劉家富，「淡水河洪水演算模式 (五) 水庫操作對洪流之影響」，行政院國科會防災科技研究報告 76-51，民國 77 年 7 月。

## 附錄 A

### 整合型計畫總目標說明

# 「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」計畫

研究群總主持人：王如意教授

## 總目標說明

### 一、研究總目標

政府於民國八十六年十一月間成立防災國家型計畫，其中有關防洪項目之主要目標在於掌握不同暴雨情況下台灣地區之可能淹水區域及淹水深度，進而評估洪災所造成之損失，並且進行颱風之境況模擬，作為災害減輕及防災作業之依據。計畫中並選定鹽水溪及台北盆地為颱風研究分析之示範區。又依據「防災國家型科技計畫」規劃報告（民國八十六年九月出版）中列出（1.9）示範區颱風災害境況模擬及（1.10）防洪決策支援展示系統之建立均屬於防洪部份之規劃課題。

鹽水溪地勢低窪，河道蜿蜒，雨量集中，常有水災發生。目前政府在鹽水河流域內興建若干重大工程及土地規劃案，如南部科學園區將陸續完工營運，解決淹水問題迫在眉睫。最近三十年來都市化演變結果造成基隆河下游沿岸已形成台北都會區之精華地區，水文環境變化甚大。民國八十七年十月間瑞伯、芭比斯兩次颱風造成汐止地區重大之淹水災情，民國八十九年十一月一日象神颱風更造成基隆、瑞芳、汐止、內湖、木柵各處土石流及廣大之淹水災情，死亡六十四人、受傷六十五人、失蹤二十五人，農漁業及民生物資損失難以估計，災情空前慘重，使政府對「基隆河整治」緊急謀求有效之治理方案。多年來基隆河沿岸由於高速都市化發展，引致地貌改變、河道修改，對基隆河流域水文、水理及人文條件加以審慎評估，實為迫切之要務。此二地區內人口密集、地勢低窪，又是台灣都會區、農業區及高科技開發區三種土地利用之典型發展區域，但每年夏秋之際，颱風暴雨來襲常造成巨大之災害，防洪治災為政府之重要施政措施。

本整合型計畫之總體目標係以鹽水河流域及基隆河流域為示範研究區域，預計以三年期間完成建立流域洪災防護之基本資料庫，並配合流域現況之整治工程、排水系統改善工程與氣象水文監測系統，串聯降雨、逕流與水理等模式，以研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及災害損失評估模式，最後再將流域洪災防護基本資料庫與淹水災害境況模擬結合建立一套颱風災害決策支援與展示系統，期以非工程防洪手段配合流域現有之防洪工程設施，相輔相成，以達到流域防洪減災之目的。

### 二、研究重點

鹽水溪為台灣廿一條主要河川之一，位處台灣西南部，發源於台南縣龍崎鄉大坑尾



之中央山脈南部低山地帶，並於台南市之安南區與安平區間流入台灣海峽，主流自大坑尾至河口，全長 42 公里，流經台南縣之龍崎鄉、關廟鄉、新市鄉、永康市及台南市之安南區等地；流域面積 343 平方公里，涵蓋台南縣之龍崎鄉、關廟鄉、歸仁鄉、山上鄉、左鎮鄉、新化鎮、善化鎮、安定鄉、新市鄉及永康市，以及台南市之北、東、安南、安平等地區，流域位置如圖 1 所示。流域地勢為自東南而西北降低，大多數地表高程約在 0~30 公尺之間，地勢相當平坦及低窪，流域內降雨量相當集中，加上河道坡度平緩與蜿蜒，以致常有水患發生，造成流域內嚴重之災情。目前政府於鹽水河流域內規劃並興建多項重大工程與土地開發案，例如新市鄉之南部科學園區、高速鐵路之興建案、台南市安南區之科技工業區等。為確保流域內重大開發工程與都市計畫免於水患之苦，鹽水河流域之防洪治理，確實刻不容緩。

基隆河為台灣北部淡水河系之三大支流之一，發源於台北縣平溪鄉石底林西邊之菁桐山(標高 519 公尺)，西鄰景美溪，南接坪林溪，各支流匯集後由東北流至瑞芳再向西折，一路流經八堵、七堵、五堵、汐止、南港、士林及北投，主流長約為 86 公里，流域面積約為 501 平方公里，於社子島、關渡附近蜿蜒匯入淡水河。其主要支流自上而下有東勢格溪、平溪、東勢坑溪、暖暖溪、大武崙溪、拔西猴溪、瑪陵坑溪、鹿寮溪、保長坑溪、康誥坑溪、北港溪、叭噠溪、大坑溪、外雙溪及貴子坑溪等。基隆河流經之行政區域包括台北市之北投、士林、大同、中山、內湖、松山、南港等七區，緊接台北縣之汐止、瑞芳、平溪三鄉鎮以及基隆市之七堵、暖暖二地區，共達十二鄉鎮，流域位置如圖 2 所示。由該圖可知基隆河流域中上游屬於峽谷地形，然而歷經二、三十年來之都市化演變及急遽發展，到處呈現與水爭地之現象，目前沿著基隆河主河道兩岸高樓林立，致使基隆河流域之水文環境存在相當複雜之問題，例如防洪排水設施嚴重不足、兩岸過度開發、河道通水斷面積逐年減少、橋樑阻礙河川水流、支流多且集中分布於中上游以及流域管理事權不一等問題，因而導致基隆河流域每逢豪雨即氾濫成災，例如民國八十七年十月間接連發生瑞伯與芭比絲兩個颱風侵襲此流域，造成汐止、五堵等地區十天之內三次淹水，生命財產損失難以估算；又民國八十九年十一月初象神颱風更造成基隆市、瑞芳鎮、五堵、汐止、內湖、南港等地慘重淹水災情，傷亡令人髮指。因此，如何治理及保護基隆河沿岸居民之生命財產安全，的確有其需要性及急迫性。

政府目前之防洪方式仍偏重於以工程治洪為主之階段，例如興建攔洪水庫、堤防、防洪牆與河道截彎取直等限制洪水之工程設施，估計平均每年各項防洪工程之經費高達 109 億元。工程手段常帶給人民一種安全之假象，使居民誤認為工程手段可以一勞永逸免除水患；同時由於防洪工程計畫皆屬於政府之公共建設，造成居民觀念上之偏差，認為防洪工作完全是政府之職責。近年來由國內外防洪經驗所獲得之結論指出：單靠工程之手段非但無法解決洪水問題，反而會為其所保護之地區帶來更高危險性之災害，況且任何現存之硬體結構物，其防洪功能上亦有其極限，不可能完全免除洪災，因此除以硬體工程為手段外，還必須配合適用於當地之非工程措施，才能有效地降低災害損失。基於上述對鹽水溪與基隆河流域之防洪治理有其急迫性，加上此二河川之流域氣象水文特性、開發背景與引致洪災因素不盡相同，例如鹽水溪尚屬於低度開發之平坦農業地區，

但其流域內規劃多項重大開發案及建設；而基隆河是屬於已高度開發之峽谷流域，但其流域內若干河段之防洪設施仍嫌不足，因此本整合型防災計畫乃選取鹽水溪與基隆河兩種不同流域特性為研究之示範區，探討以非工程防洪措施配合兩流域現有防洪工程設施之減災效果，做為往後其它流域防洪治理之參考依據。

本整合型計畫結合國立台灣大學及成功大學兩校具有水利工程領域專長之教授專家，預計以三年期間完成建立鹽水溪與基隆河兩流域之洪災防護基本資料庫，並配合流域之現況整治工程、排水系統改善工程與水文氣象監測系統，應用降雨、逕流與水理等模式，串聯研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及洪災損失評估模式，最後再將上述示範流域之洪災防護基本資料庫、不同模式之境況模擬分析成果與應變措施，結合建立一套完整之颱風災害決策支援與展示系統，期以非工程之預警方法，減少鹽水溪與基隆河兩流域水患之損失。

### 三、整體分工合作架構

鹽水溪與基隆河示範區颱風災害境況模擬與決策支援展示系統之研究，依其資料蒐集、降雨、逕流、洪泛模擬、災損模式評估、應變對策研擬及決策展示等分析流程，本整合型計畫擬定出降雨及逕流模式、地表淹水境況模擬、洪災防護基本資料庫建立、災害損失評估模式與決策支援展示系統等部分之研究，各部分間具有先後因果關係，而彼此間之連接十分緊密，可掌握洪災動態情況及適時提出應變措施。

由於降雨模擬之進行，需借助洪災防護基本資料庫中水文氣象監測傳輸系統，以提供集水區颱風事件之動態訊息；而降雨資料又為逕流模式之輸入資料，逕流資料亦是地表淹水境況模擬不可或缺之邊界條件，進一步再將地表淹水境況模擬之結果提供災害損失評估模式模擬，最後彙整上述各模式之分析成果，建立一套決策支援展示系統，進而研擬及提出颱風事件之應變措施。綜觀各部分之研究與分析，需要涉及特有專業領域，並非個人之力所能獨立勝任與完成，必須以研究群方式，整合各部分之研究成果，加強各研究子題間之連接與協調，以達到分工合作、群策群力之整體效果。

圖 3 為鹽水溪與基隆河示範區颱風災害境況模擬與決策支援展示系統之研究流程圖，圖中顯示降雨及逕流之研究，可參考氣象組整合型計畫與淡水河洪水預報系統之成果，並按流域別劃分成鹽水溪流域上游丘陵集水區降雨—逕流分析(子計畫一)及基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究(子計畫六)，同時針對鹽水溪與基隆河各流域複雜防洪排水設施與不同淹水機制提出各淹水模擬研究子題，包括台南科學園區排水能力及洪災防治措施之研究(子計畫二)、鹽水溪平原排水境況模擬之研究(子計畫三)、基隆河流域整治段颱風災害淹水境況模擬(子計畫七)及基隆河流域颱風發生潰溢堤災害之境況模擬(子計畫八)，以進行地表淹水境況模擬；進一步針對鹽水溪與基隆河之不同流域特性，研擬鹽水溪流域洪災損害評估模式與相關資料庫建立之研究(子計畫四)及基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究(子計畫九)等研究子題，最後將上述各研究子題之研究成果按照流域別又可分別提出鹽水溪流域防洪決策支援系統之

研發(子計畫五)及基隆河流域防洪決策支援系統之研發(子計畫十)等兩個研究子題。面對如此具有高科技開發區、農業區及都會區特色之示範流域與涵蓋上下串聯、層次相關多項研究課題之防災整合型計畫，必須有一總計畫予以整合，負責居中協調與連絡事宜，並督促及掌控各子計畫之研究成果，以期達到本整合型計畫之預期目標。

#### 四、參與研究人力及分工情形

本研究計畫結合國立台灣大學及成功大學水利相關教授組成，計畫總主持人王如意教授，於民國七十一年起即連續主持國科會洪水防災整合型計畫迄今十九年，曾前後參與淡水河、曾文溪、八掌溪流域及台北都會區之水文分析工作，學驗俱優，研究績效優良，相信可勝任計畫整合之工作。而各子計畫主持人所參與之主題亦為其主要專長之研究領域，故在整合型計畫之推動上，當可相互協調、分工合作以達成計畫總目標。各子計畫之主持人及子計畫名稱分別為：

總計畫：(台大王如意教授)

防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究

子計畫一：(成大游保杉教授)

鹽水溪流域上游丘陵集水區降雨—逕流分析

子計畫二：(台大許銘熙教授)

台南科學園區排水能力及洪災防治措施之研究

子計畫三：(成大蔡長泰教授)

鹽水溪平原排水境況模擬之研究

子計畫四：(台大陳增壽助理教授)

鹽水溪流域洪災損害評估模式與相關資料庫建立之研究

子計畫五：(台大陳明仁博士)

鹽水溪流域防洪決策支援系統之研發

子計畫六：(台大王如意教授)

基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究

子計畫七：(台大張倉榮助理教授)

基隆河流域整治段颱風洪災害淹水境況模擬

子計畫八：(台大賴進松助理研究員)

基隆河流域颱風洪發生潰溢堤災害之境況模擬

子計畫九：(台大蘇明道教授)

基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究

子計畫十：(台大何興亞博士)

基隆河流域防洪決策支援系統之研發

#### 五、資源整合及申請機構配合度

本整合型研究計畫包括十個子計畫，分別由國立台灣大學及國立成功大學水利工程領域專長之教授學者擔任主持人。各子計畫主持人所參與之主題亦為其主要專長之研究領域，且以往合作績效良好，故在整合型計畫之推動上，當可相互協調、分工合作，以達成計畫之總目標。除主持人外，各子計畫會斟酌延聘專任研究助理及博、碩士班研究生，參加研究人力之總數約在 40 名，陣容相當龐大。

平時每三個月召開一次工作討論會，掌握各子計畫之研究進度及合作配合事項，進而協助解決各子計畫於執行期間所面臨之問題，以確保各子計畫之研究品質及成果。另不定期召開各子計畫主持人與相關單位之座談會，以檢討整體計畫之研究方向，期使研究成果能落實及應用。並將各子計畫之研究成果建立一資料庫，提供動態之淹水展示資訊。

台灣大學農業工程學研究所及水工試驗所已購置工作站型電腦與全球定位系統（GPS）之野外量測設置可支援本計畫之執行，本研究群多位教授曾參加台北防洪計畫之研究、淡水河洪水預報模式之研發、基隆河整治規劃及鹽水溪洪災危險度分析等有關研究多年，台北都會區及鹽水溪流域內氣象、水文、地文及人文資料都可以充分提供本計畫之應用，且研究區域之數值地型（DTM）資料亦可供各子計畫使用。

## 六、預期成果及應用

本整合型計畫依據氣象、水文、水理、資料庫、淹水境況模擬、洪災損失評估、颱洪災害決策支援及展示系統，共分十個子計畫，預計三年間完成總計畫目標。第一年度各子計畫預定完成之工作項目及具體成果分述如下：

### 子計畫一 鹽水溪流域上游丘陵集水區降雨—逕流分析(一)

1. 設計雨量、雨型分析。
2. 雨量、雨型空間區域分析。
3. 地文特性建檔與分析。
4. 上游集水區逕流特性與分析探討。

### 子計畫二 台南科學園區排水能力及洪災防治措施之研究(一)

1. 資料蒐集研析。
2. 國內外淹水模式比較。
3. 合適淹水模式之建立。

### 子計畫三 鹽水溪平原排水境況模擬之研究(一)

1. 研究地區之資料蒐集及研析。
2. 水系洪流演算模式之建立。

### 子計畫四 鹽水溪流域洪災損害評估模式與相關資料庫建立之研究(一)

1. 鹽水溪流域洪災損害歷史資料之蒐集。
2. 國內外洪災損害評估模式之比較。
3. 建立合適之洪災損害評估模式。

子計畫五 鹽水河流域防洪決策支援系統之研發(一)

1. 資料庫架構之規劃。
2. 模式庫之建立。
3. 操作界面之規劃。
4. 整合架構之研擬。

子計畫六 基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究(一)

1. 地文特性研析及資料庫建檔。
2. 降雨分析—頻率、延時、雨型。
3. 站網評估。
4. 沿岸集水區設計流量之探討。

子計畫七 基隆河流域整治段颱風災害淹水境況模擬(一)

1. 結合河川變量流模式及二維地表漫地流模式，建立基隆河流域整治段互動式二維地表淹水模式。
2. 完成民國 76 年琳恩颱風及 87 年瑞伯、芭比絲颱風事件之淹水驗證。

子計畫八 基隆河流域颱風發生潰溢堤災害之境況模擬(一)

1. 資料蒐集及研析。
2. 二維淹水模式之建立。
3. 二維淹水模式之測試。
4. 潰堤模擬功能之建立。

子計畫九 基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究(一)

1. 災害損失評估模式及文獻資料蒐集研討。
2. 基隆河流域颱風淹水歷史資料蒐集。
3. 建立研討區域洪災相關地理資料庫。
4. 建立研討區域社會經濟資料庫。

子計畫十 基隆河流域防洪決策支援系統之研發(一)

1. 資料蒐集及研析。
2. 資料庫建置。
3. 防洪決策支援系統之研擬。

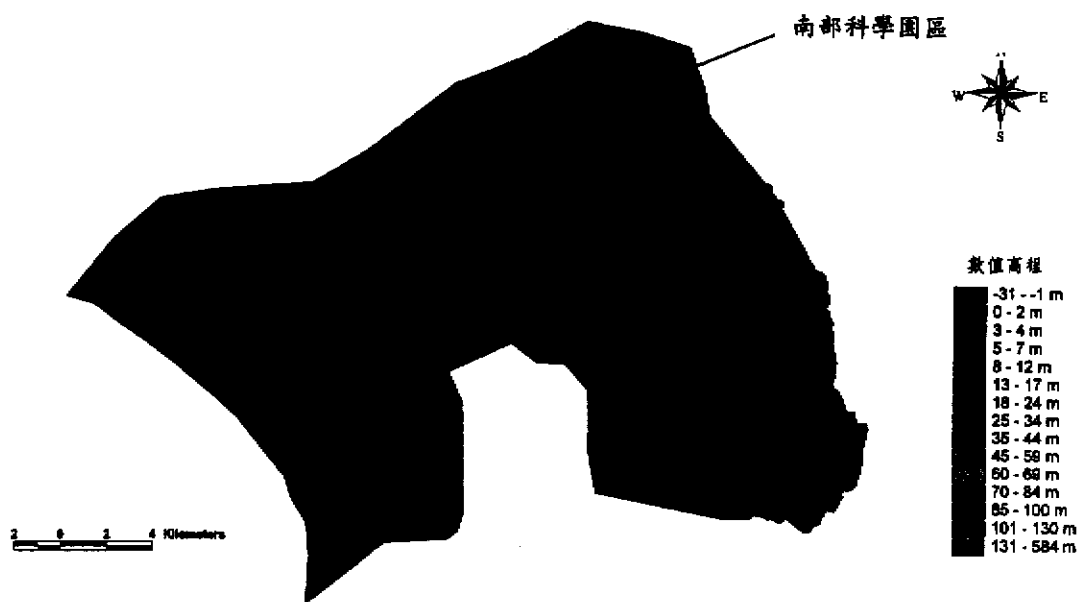


圖 1 鹽水河流域地形圖



圖 2 基隆河流域地形圖

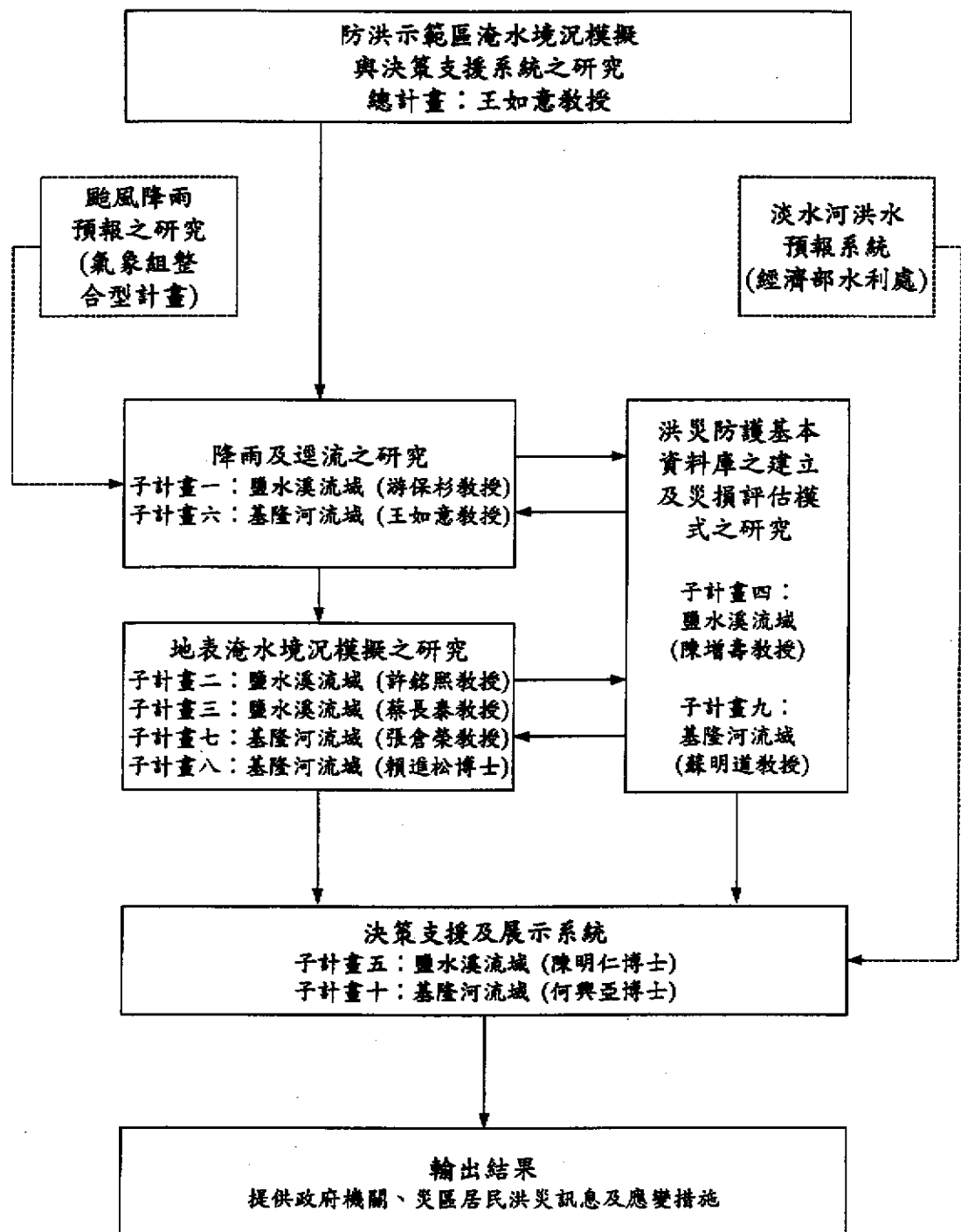


圖 3 研究流程圖

附錄 B  
子計畫精簡報告



# 防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)

## —子計畫一：鹽水溪流域上游丘陵集水區降雨逕流分析(一)

### 精簡報告

計畫編號：NSC 89 - 2625 - Z - 006 - 028

執行期限：89年08月01日至90年07月31日

主持人：游保杉 教授

研究人員：王毓麒 研究生

執行單位：國立成功大學水利及海洋工程研究所

### 中文摘要

本研究為整合性計畫「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」之上游工作，工作內容主要為水文、地文及氣象資料之收集，分析鹽水溪流域不同重現期距之設計雨量與流量，提供本整合性計畫中其他子計畫進行鹽水溪集水區淹水模擬所需之輸入資料。

本計畫在雨量分析方面選用PT3作為頻率分析之最佳統計分布，依此分析結果建立IDF公式，以交替區塊法完成各重現期距之24小時設計雨型，並利用分布型降雨—逕流模式將設計雨型之分析結果作為之輸入雨量，以模擬各重現期距之設計流量。本計畫之分布型降雨—逕流模式係利用地理資訊系統，及Arc View之Avenue程式語言所建立之計算介面，使本模式具有容易模擬研究區域內空間不均勻現象之能力。

分布型降雨—逕流模式分別以12及3場降雨事件作為模式之參數率定與驗證，分析結果顯示本模式具有模擬豐化橋以上集水區降雨—逕流之能力。另外利用集水區內部虎頭埤與鹽水埤之時水位紀錄資料作為驗證，發現本研究所建構之分布型降雨—逕流模式除了集水區出口歷線能有合理之模擬外，集水區內部也有一致之模擬效果。最後為方便使用者執行本程式，利用Visual Basic 視窗編輯軟體來進行使用者介面之建構，可使一般決策者經由介面輕易地輸入模式所需之資料檔，參數設定，模式執行，並展示模擬結果。

關鍵詞：設計雨型、地理資訊系統、分布

型降雨—逕流模式、視窗化。

### Abstract

The study is one of the integrated project of "Inundation Scenario Simulation and Decision Support System for Flood-Damage Mitigation in Pilot Areas". The purpose of this study is to collect the hydrological, geomorphic and meteorological data and to carry out the design rainfall and flow analysis. The study results will provide the input of flood inundation model for Yan-Choei Creek, which were performed by another study in the integrated project.

The 24 hours design rainfall hyetograph of various return periods were first developed based on Alternating Block method and IDF formulas, which were generated by Pearson type III distribution. A distributed rainfall runoff model further simulated the 24 hours design rainfall to obtain design flow hydrograph of various return periods. The grid based distributed model proposed in this work can well simulate the spatial heterogeneity of morphoclimatic characteristics on studied catchment by using the Geographic information system and friendly interface developed by Avenue program language.

The distributed rainfall-runoff model was calibrated and verified by both 12 and another 3 historical storm events separately. The calibration and verification results indicated that the model has reasonable rainfall-runoff simulation on Feng-Hua Bridge station. Hourly water levels recorded at Hu-tou and Yan-Choei pool in the upstream catchment of the Feng-Hua Bridge

station were further utilized to verify that the model still has good simulation on the rainfall-runoff process in the interior of the studied catchment. The window-based program was finally developed based on the Visual Basic. Users can easily input the model data, calibrate the model parameter, execute the model and display the simulation results.

Keywords : Design Rainfall hyetograph,  
Geographic Information System,  
Distributed Rainfall-Runoff  
Model, Window-Based.

### 一、計畫緣由與目的

鹽水溪發源於龍崎鄉，向西貫流嘉南平原之南側農業區域後，沿安平港附近流入台灣海峽，流域地勢為東南高而西北低，地勢相當平坦，流域內受降雨量集中及中、下游河道坡度平緩與蜿蜒之影響，常有水患發生，尤其夏秋兩季常遭颱風或西南氣流暴雨侵襲，造成流域嚴重之災情。

目前政府於鹽水溪流域內進行多項重大工程與重大土地開發案，諸如高速鐵路之興建、新市鄉之台南工業科學園區之開發、台南市安南區之台南科技工業區、永康六甲頂地區都市計畫、新市都市計畫等勢必帶動鹽水溪流域之人文發展，進而使原為農業使用為主之土地使用型態，有所改變而發展為都市型態，此種人文發展可能使逕流量及淹水機率增加，而使得，為確保流域內重大開發工程與都市計畫免於水患之苦，因此探討鹽水溪流域之逕流量，作為淹水模擬與防洪決策之上游輸入，確實刻不容緩。由於鹽水溪流域內，水位—流量站方面僅存新市站乙站，故降雨—逕流模擬之研究區域為新市站上游，研究區域概況如圖1所示。

### 二、研究方法與步驟

本子計畫為整合性計畫之上游工作，本年度工作進度乃進行水文、地文及氣象資料之收集，分析鹽水溪流域之設計雨量與雨型，並串聯雨量分析與逕流估算，提供淹水模擬所需上游集水區在不同水文降雨

條件下之設計流量。故本計畫之研究方法主要包括降雨分析與逕流模擬兩部分，以下分別敘述之：

#### 1. 降雨分析

暴雨為洪水災害形成之主因，由於降雨之時間、空間分布因素造成規模大小不同之洪災。其中又因降雨型態類別不同有莫大之差異，故探討雨量型態為從事水利工程規劃之重要參考資料，且都市下水道系統之規劃設計、淹水模擬等水利工程均需要決定設計雨型，提供設計分析之輸入資訊(游保杉、古旭程，1991)。除此之外，設計暴雨為降雨—逕流關係中設計洪水歷線模擬之輸入，利用雨型分析來決定降雨之時間分配，結合設計雨量得到一場特定之設計暴雨之雨量組體圖，經由降雨—逕流模式或淹水模式來推估設計流量歷線，或淹水區域模擬，提供水工設計或防洪決策分析之參考，此部分之研析方法如下：

##### (1) 分析資料之收集與整理

鹽水溪流域雖有九個自記時雨量站，但考慮雨型與頻率分析時，測站之記錄年限常影響分析之結果與可靠度，故選取其中記錄年限較長之虎頭埤、崎頂及台南站，作為本計畫雨型分析之測站。由於以上測站資料來源分屬於經濟部水利處與中央氣象局，故其降雨延時型態分為兩組，根據時雨量資料整理各延時之年最大降雨，以便進行後續分析。

##### (2) 降雨強度頻率分析

本計畫依據國內過去較常使用之統計分布，選用極端值一型分布(EV1)、一般極端值分布(GEV)、皮爾遜第三型分布(PT3)、對數皮爾遜第三型分布(LPT3)及三參數對數常態分布(LN3)等五種常用於極端事件之機率分布進行頻率分析，並以SE及U兩個誤差指標值進行研判，以作為選用機率分布之準則。

##### (3) IDF公式之推求

本研究以台灣地區最常使用之 Horner 三參數公式，以最小二乘法與試誤法分別

計算各站不同重現期距之 IDF 公式參數。

#### (4)設計雨型之分析

在設計雨型方面相關之研究有1967年 Huff氏所發展之無因次平均法、Pilgrim 和 Codery (1975)提出之級序平均法，及周文德教授所發展之交替區塊法(Alternating Block Method)。而根據相關研究顯示交替區塊法有較保守之估計結果，故本計畫採用交替區塊法配合1.1、2、5、10、25、50、100、200年等八種重現期距降雨總量，與24小時降雨延時從事雨型設計。

#### 2.逕流模擬

一般之降雨—逕流模式，大致具有下列三個基本架構：(1)流域物理特性之模擬，(2)降水損失之估算，(3)水流基本方程式(singh,1978)。流域物理特性之模擬係模擬集水區之形狀及地面流況，降水損失及水流基本方程式兩部分則模擬降雨落於集水區後如何形成逕流之基本理論。以下將針對上述各部分分別說明

##### (1) 流域物理特性之模擬

一個適當之降雨—逕流模式必須著重於描述集水區內降雨與集水區特性，才能實際反應出降雨—逕流之行爲。而分布型降雨—逕流模式必須將集水區劃分為等距之格網，建立每一個格網之地形地貌資料，包括以下各項目：

- a.流域範圍之界定
- b.地表坡度與坡向
- c.土壤種類
- d.土地使用與地表植生
- e.池塘、水庫與水系

本計畫利用地理資訊系統之Arc Info 及Arc View Spatial analyst、Hec-GeoHMS 模組、和自行撰寫之Avenue程式，並配合數值地形模型資料、土地利用資料及土壤圖，建立上述所需之地文因子及計算及輸出模式所需之格式。而利用Arc View之Avenue程式語言所建立之計算介面，以較自動化之方式計算地文因子，可節省許多資料準備之時間。

#### (2)降水損失之估算

暴雨發生時，可將總降雨量區分為有效降雨及降水損失兩部分，有效降雨可直接造成地表逕流之產生；而降水損失則指降雨時，由於截留、窪蓄、蒸發散或入滲等現象而無法成為地表逕流者。在計算地表逕流時首先應推算有效雨量，在暴雨期間，地表下逕流與地下水流之反應相當緩慢，因此將入滲量視為降水損失中最主要部分，故本模式僅考慮入滲損失量，以修正後之荷頓公式，配合入滲參數推算之。

由於入滲率因土壤性質、覆蓋情況及臨前條件之不同而異(顏清連等，1989)。研究所用之推估方法雖可充份反應出流域內土壤及植被之不均勻性，但卻無法表現出臨前條件之影響，因此本模式引進一參數Ch期使能反應臨前條件之最佳值。

#### (3)水流基本方程式

##### a.漫地流演算

由降雨推算流域集流點之逕流量或河道之流量，乃係水工設計中不可或缺之工作。本模式採用貯蓄法來推估集流點之逕流歷線，即將貯蓄量及逕流量以某種關係式當作動量方程式，再配合連續方程式演算逕流過程。由於本研究採用方形網格來模擬集水區，每一網格均視為一非線性概念水庫(鄭玉菽，1995)。

由於蓄水常數是由每一網格之地表特性所決定，可充分反應出空間之不均勻性，但其中之曼寧粗糙係數、地表坡度是經由人為判讀、計算，具有不確定性之影響，所以引入一參數Cs修正，期使獲得蓄水常數之最佳值。

##### b.渠道流演算

將渠道置於網格中心並予以適當簡化，如同漫地流演算，視每一段渠道為一非線性概念水庫，其餘步驟同漫地流非線性模式之推演。由於模式對渠道作了簡化步驟，又曼寧n值及渠道平均寬度不易決定，因此本文對渠道之不均勻性只考慮了渠道坡度，並引進參數Cc，期能獲致最佳值(郭振民，1998)。

### c. 水庫演算

由於鹽水溪上游有虎頭埤及鹽水埤兩水庫，故為真實反應集水區物理現象，模式必須具備水庫模擬之能力。因此根據水庫之面積—水位—蓄水量曲線以及溢洪道率定曲線可推得蓄水位—出流曲線，以便後續水庫模擬之演算（王如意、易任，1984）。

### 三、視窗程式開發

數學模式除需具有可靠之模擬精度外，為方便工程師之使用與操作，利用圖形視窗將複雜數學模式賦予人性操作介面已為近年來之趨勢。本研究計劃為將研究成果給予人性之介面，因此開發視窗環境之作業系統。

目前個人電腦中大都安裝微軟公司所開發之圖形介面視窗環境之作業系統，而在 Fortran 開發環境中，目前配合開發圖形介面之部分多艱深難懂，而其他程式語言在圖形介面開發方面，多已封裝成各種快速開發元件，可在短時間內完成圖形介面之開發，其中 Visual Basic 為 Windows 上發展最悠久之視覺化程式語言，且其開發環境使用容易，在應用程式開發上，十分快捷容易學習，因此，利用 Visual Basic 開發圖形介面，取用 Fortran 既有資源，可快速完成應用程式之開發與分析，使土木水利工程人員能以最少之時間成本完成最大之工作效益（呂政璋，2001）。

### 四、研究成果

以下針對本計畫各部分獲得之研究成果進行說明。

#### (1) 頻率分析與IDF公式分析結果

計算結果各雨量站之SE及U兩個誤差指標值如表1所示。由表中可知，部分統計分布所求得之SE及U誤差指標值與最佳統計分布之誤差指標值非常相近，因此主觀認定相差在5%以內之統計分布皆可視為合適之統計分布。檢視同時適合SE及U兩個誤差指標值之統計分布後發現，GEV與PT3為最合適之統計分布。然而，雖然統計分布以GEV較優，但由於該統計分布在國

內較少使用，一般工程師也較不熟悉，況且其誤差指標值計算結果與次優分布差異不大，故本計畫選用PT3作為頻率分析之最佳統計分布。根據以上分析進行三站各延時降雨總量頻率分析，並將降雨量轉換以降兩強度表示，結果如表2（以崎頂站為例）所示。

接著進行IDF公式參數之推算，其結果如表3所示。圖2為崎頂站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖，由圖中可知各重現期距之降雨強度—延時曲線大致呈平行分布，分析結果合理。本研究進一步將雨量強度頻率分析之結果與公式擬合值，點繪於雙對數圖上，如圖3所示，顯示模擬效果頗佳，且大多在20%誤差範圍內（游保杉、陳嘉榮，1996）。

#### (2) 設計兩型分析結果

本研究以1.1、2、5、10、25、50、100、200年等八種重現期距降雨總量，與24小時降雨延時從事兩型設計。並以徐昇多邊形法推求各雨量站之面積權重，藉以計算鹽水溪流域之平均設計兩型。分析結果鹽水溪流域平均設計兩型結果如表4所示，選其代表圖形如圖4及圖5所示。

#### (3) 視窗程式開發結果

本研究以Visual Basic語言包裝模式建立一個模式輸入、輸出、結果比較、查詢之視窗化降雨—逕流模式，以提供使用者能輕易之使用模式和查詢模式運算結果。開發結果以圖6~圖9作為代表展示。

#### (4) 降雨—逕流模式分析結果

本研究初步選擇民國71至89年間之15場洪水事件進行模式之檢驗，其中於70年代、80年代初期及最新事件中各選取一場作為模式之驗證，而以其餘12場事件作為模式參數之檢定。所選取之事件如表5所示。以單目標函數配合全域最佳值法(SCE)進行模式之率定後(Duan, 1993)，各事件參數之率定結果如表6所示，而檢定事件之模擬結果則以圖10~12為代表展示。由表中檢視各事件之目標函數及相關指標值可知，峰時誤差小於兩小時，洪峰誤差平均約在

8.38%以內，總體積誤差則平均約為14.21%，平均效率係數則為0.90。

在事件驗證方面，以所有率定參數之平均值( $C_s=0.571$ ,  $C_c=0.480$ ,  $C_h=0.078$ )作為驗證參數，驗證之結果如圖13所示。由圖中可知，雖然驗證事件模擬之整體效果不如率定事件精確，但尚屬合理，故綜合言之，本研究所使用之分布型降雨—逕流模式，對於鹽水溪上游降雨逕流現象之描述，應有其可靠性。

#### (5)水庫演算與驗證結果

一般來說，分布型降雨逕流模式主要是比較集水區觀察之逕流量與模擬情形之差異，所利用之指標即為集水區出口歷線，若模式能合理模擬出口歷線，此時通常亦認定內部各格網有合理之模擬效果。然而在一般情況，吾人常常缺乏集水區內部之逕流資料，以致無法做進一步之驗證。

本計畫之研究區域內部有兩個小型水庫，分別為虎頭埤及鹽水埤。由於嘉南農田水利會新化工作站，於民國八十八年完成新化遙測系統之建置，並開始進行水庫時水位之監測，故本研究可根據水庫時水位資料進行水庫演算之驗證，並進一步作為集水區內部逕流模擬之佐證，改善以往無法瞭解分布型降雨—逕流模式內部模擬情形之缺點。

本研究以兩場事件作為水庫水位模擬之驗證，此二事件分別為模式之檢定與驗證事件，虎頭埤水庫模擬之水位與實測水位比較如圖14與圖15所示。由圖中可知，水位模擬之效果已屬不錯，而其趨勢與集水區出口模擬歷線十分吻合，證明本研究所建構之分布型降雨—逕流模式除了集水區出口歷線能有合理之模擬外，集水區內部也有一致之效果，更可藉以獲得集水區內任意未量測點之逕流量，作為設計及規劃之參考。

#### (6)設計流量分析結果

本研究所發展之降雨—逕流模式，經由各事件集水區出口歷線及內部水庫水位之率定與驗證後，證明其對於鹽水溪上游降雨—逕流現象，有不錯之模擬效果。

而本子計畫為整合型計畫之上游工作，為提供下游其他子計畫之輸入流量，故特串連兩量與逕流分析，以設計兩型分析結果作為輸入兩量，利用降雨—逕流模式分別模擬1.1、2、5、10、25、50、100、200年等八種重現期距之設計流量，分析結果如圖16及圖17所示。而下游子計畫即可利用本研究設計兩型與設計流量之分析結果，作為其模式輸入之兩量與流量。

### 五、結論與建議

#### (1)結論

- 本計畫選用SE及U兩個誤差指標值進行研判，選用PT3作為頻率分析之最佳統計分布，依此分析結果建立IDF公式，並以交替區塊法完成設計兩型分析。
- 本研究借助地理資訊系統，以Arc Info、Arc View Spatial analyst、Hec-GeoHMS模組以及Arc View之Avenue程式語言所建立之計算介面，以較自動化之方式計算模式模擬時所需之地文因子及所需之格式，包括流域邊界、漫地流流向、地表坡度、地表粗糙度、入滲係數等，可節省許多資料準備之時間。
- 在使用者介面方面，本研究以Visual Basic視窗編輯軟體來進行建構，其主要介面功包括有模式資料輸入、模式率定結果、實測和模擬流量歷線之比較和集水區內部模擬歷線之查詢功能。這些介面之建立可使一般決策者由介面輕易輸入模式所需之資料檔或參數設定來執行模式，並展示模擬結果，模式亦具有查詢集水區內部流量歷線之功能。
- 本研究利用12場降雨事件作模式參數之率定，而以3場降雨事件作為驗證，顯示本模式具有模擬豐化橋以上集水區降雨—逕流之能力。而根據水庫時水位資料進行水庫演算之結果，發現水位模擬成效還算合理，且其趨勢與集水區出口模擬歷線十分吻合，證明本研究所建構之分布型降雨—逕流模式除了集水區出口歷線能有合理之模擬外，集水區內部也有一致之效果，更可藉以獲得集水區內

任意未量測點之逕流量，作為設計及規劃之參考。

## (2)建議

- a. 在模式自動化率定時，通常單目標函數無法滿足多種不同之需求，只能遷就某個標的進行參數找尋工作，故此種單目標參數較無法符合對流量歷線多方面模擬之要求。建議未來研究可引進模糊方法以結合各個目標形成模糊多目標函數法，利用多種不同之標的來滿足模式之需求。
- b. 對降雨—逕流模式來說，雖然以模擬流量歷線為主，但我們可以先由歷史資料進行參數率定後再配合雨量預測模式，以預測之雨量經由逕流模式模擬來達到逕流預測之效果，爾後可將本模式搭配雨量預報模式整合發展為分布型降雨—逕流模擬預報模式。
- c. 由於本模式已考慮到水庫蓄水效應對下游歷線之影響，未來研究可以遙測影像判斷集水區內歷年來埤塘消長對逕流歷線之影響，並可進一步以人工濕地或其他非工程性方法，探討降低洪峰之可能，達到防洪決策之功能。

## 參考文獻

- [1] 王如意、易任，1984，「應用水文學，上下冊」，國立編譯館出版，茂昌圖書公司發行。
- [2] 呂政璋，2001，「降雨—逕流模式模糊多目標率定及視窗化」，碩士論文，國立成功大學水利暨海洋工程研究所。
- [3] 郭振民，1998，「應用遙測與地理資訊系統於分布型降雨—逕流模式之研究」，碩士論文，國立成功大學水利暨海洋工程研究所。
- [4] 游保杉、古旭程，1991，「長延時設計雨量之決定」，中國土木水利工程學刊，3(3):pp. 271-276。
- [5] 游保杉、陳嘉榮，1996，「台灣北部區域雨量強度公式之研究」，財團法人中興工程顧問社專案研究報告，編號 SEC/R-HY-96-03。
- [6] 臺灣省政府水利處，1999，「虎頭埤、鹽水埤、德元埤、內埔子水庫安全評估總報告」。
- [7] 鄭玉荻，1995，「格網式分布型降雨—逕流模式之研究」，碩士論文，國立成功大學水利暨海洋工程研究所。

- [8] 顏清達等，1989，「台北都會區大眾捷運系統防洪排水設計」，國立台灣大學水工試驗所研究報告。
- [9] Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W., 1988, "Applied Hydrology", McGraw Hill Book Company Inc., New York.
- [10] Duan, Q.Y., S. Sorooshian, and V.K. Gupta, 1993, "Shuffled Complex Evolution Approach for Effective and Efficient Global Minimization", *Journal of Optimization Theory and Applications*, 76(3): pp. 501-521.
- [11] Huff, F.A., 1967, "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms", *Water Resources*, 3(4): pp. 1007-1967.
- [12] Pilgrim, D. H. and Cordery I., 1975, "Rainfall Temporal Patterns for Design Floods", *Journal of Hydraulics Division*, ASCE, 101: pp 81-75.
- [13] Singh, V.P., 1978, "Mathematical Modelling of Watershed Runoff", *International Conference on Water Resources Eng.*, Bangkok, Thailand, pp. 10-13.
- [14] Yu, P.S and Chen, C.J, 1998, "Incorporating uncertainty analysis into a regional IDF formula", *hydrological processes*, 12: pp.713-726.

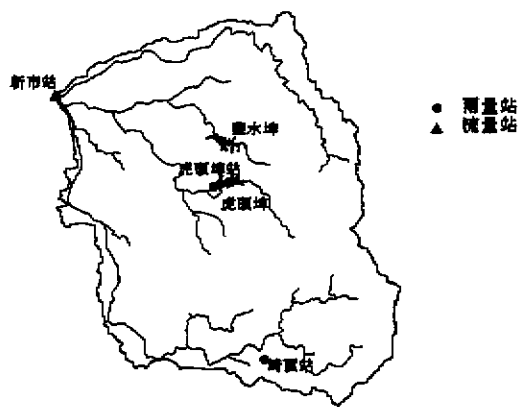


圖 1 新市站上游集水區概況圖

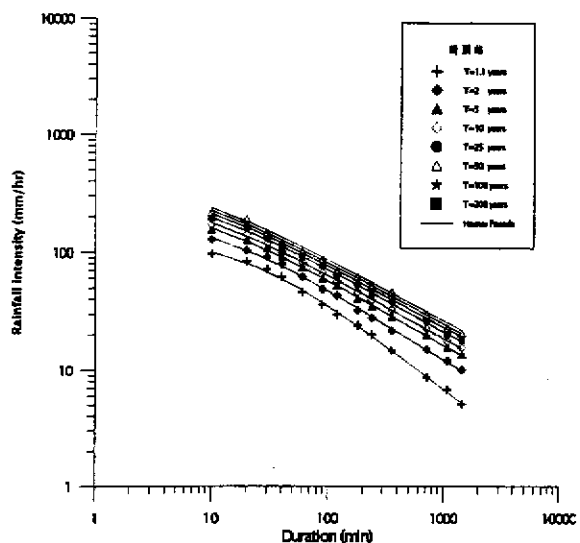


圖 2 崎頂站降雨強度—延時—頻率曲線圖

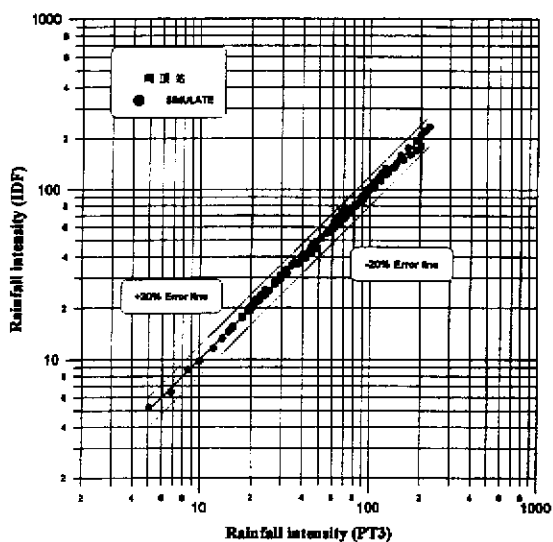


圖 3 崎頂站雨量強度公式檢定結果

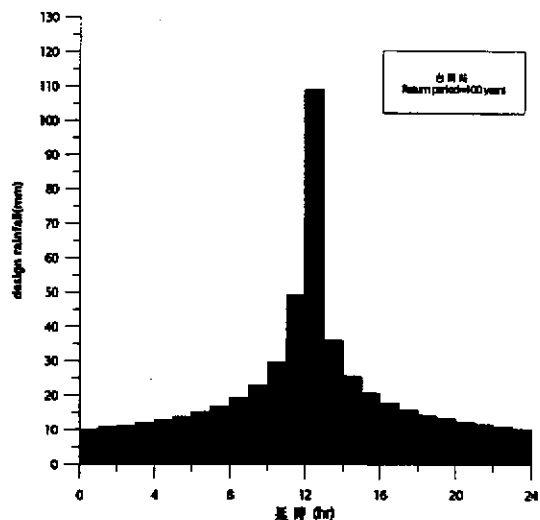


圖 4 鹽水河流域設計雨型(重現期距 100 年)

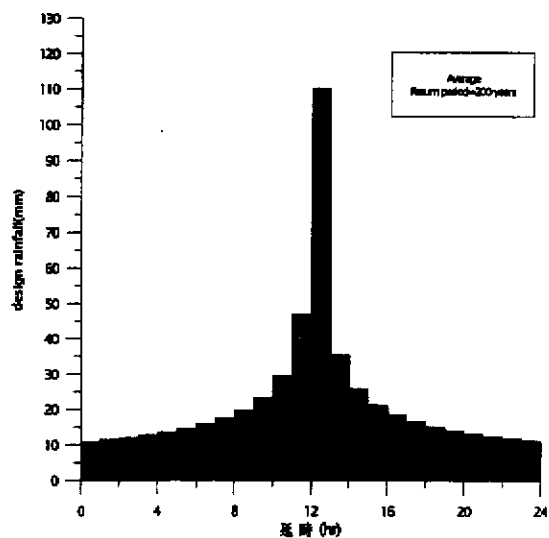


圖 5 鹽水河流域設計雨型(重現期距 200 年)

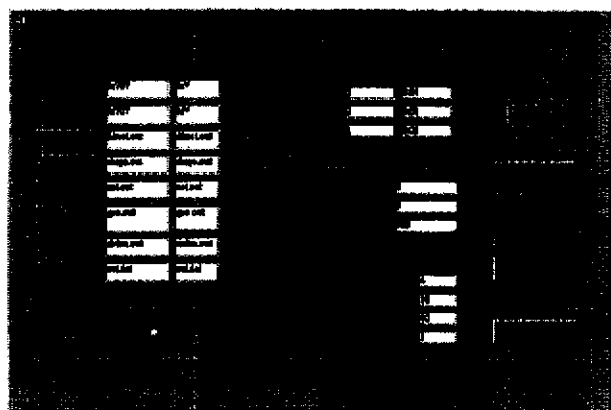


圖 6 「模式資料輸入」視窗

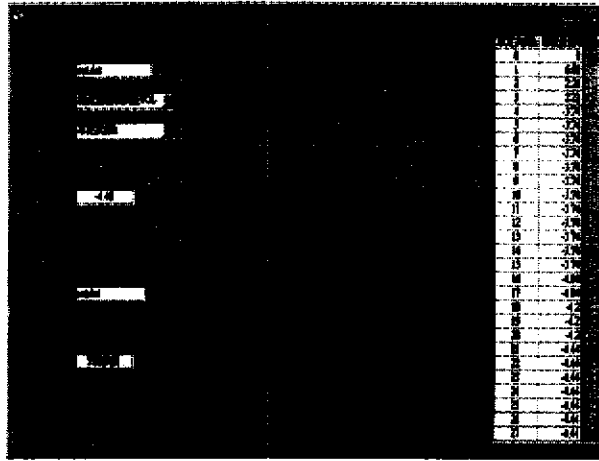


圖 7「參數率定結果」視窗

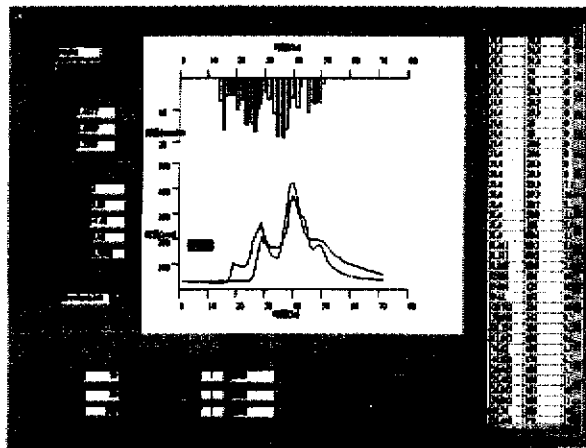


圖 8「流量模擬結果」視窗

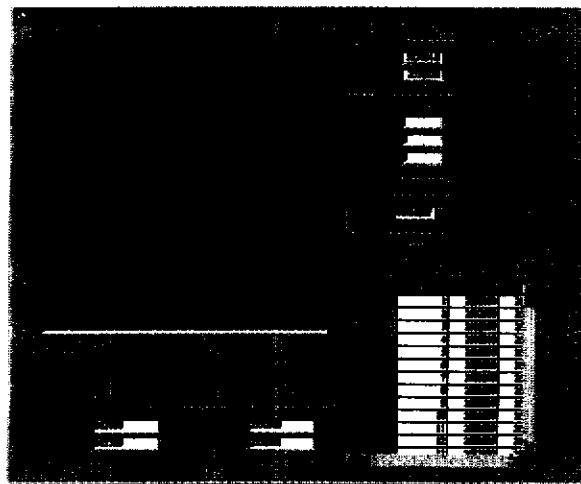


圖 9「分布型流量查詢」視窗

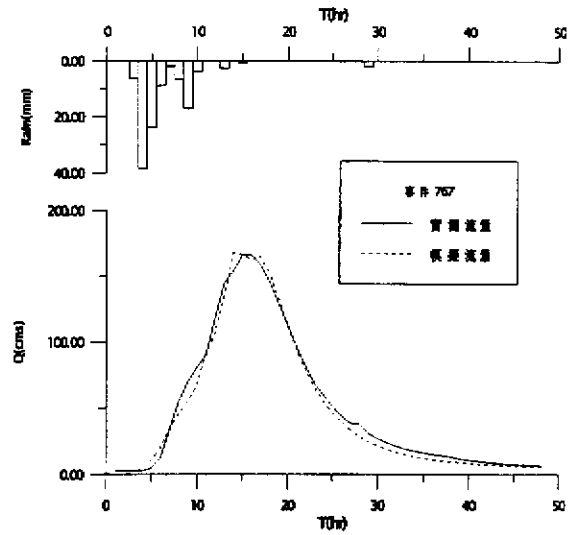


圖 10 洪水事件 4 之率定結果

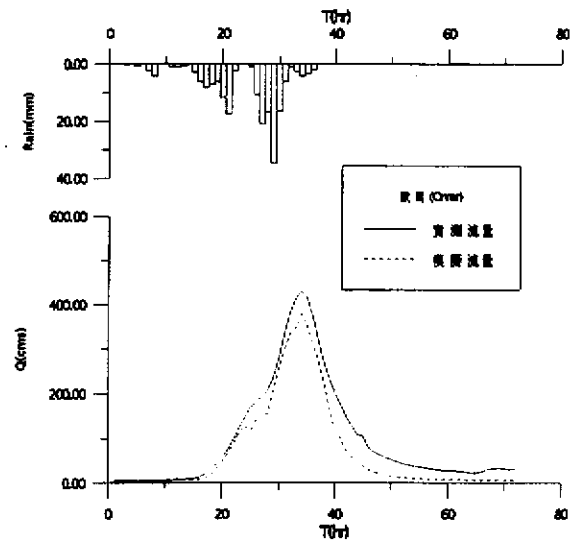


圖 11 歐馬颶洪事件之率定結果

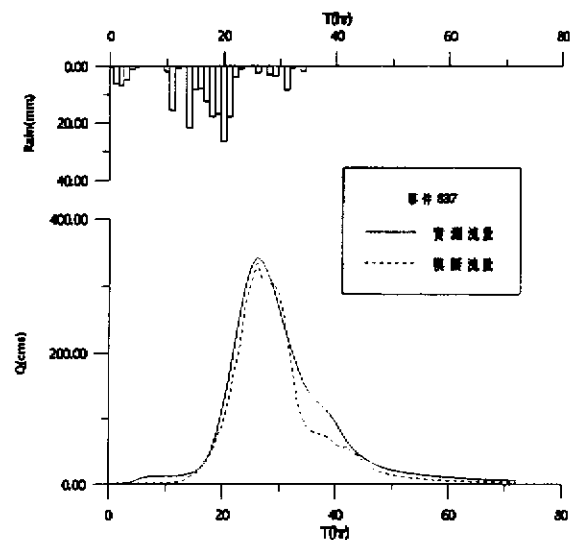


圖 12 洪水事件 13 之率定結果



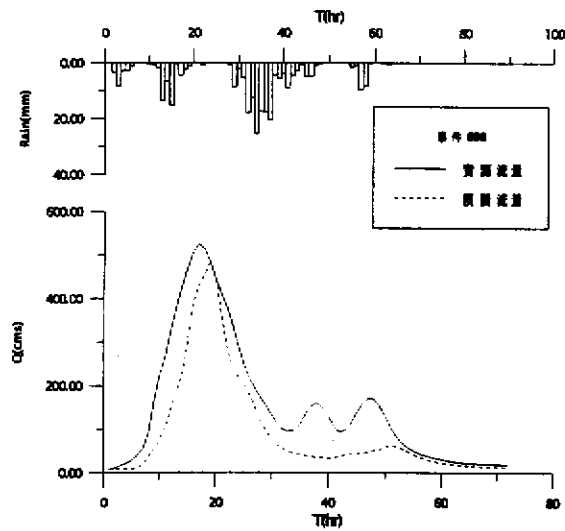


圖 13 洪水事件 15 之驗證結果

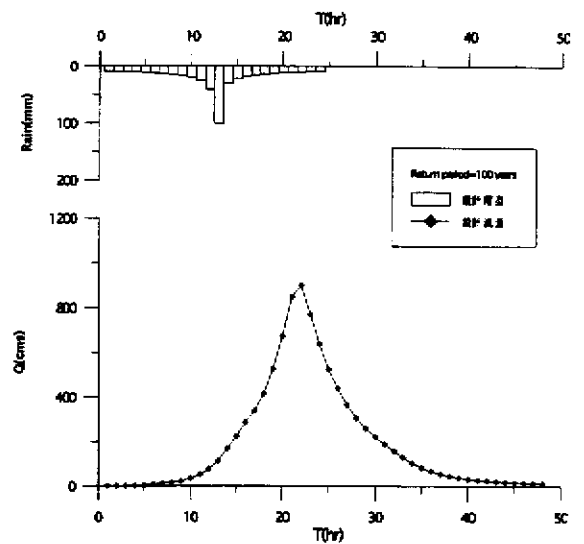


圖 16 重現期距 100 年之設計洪水

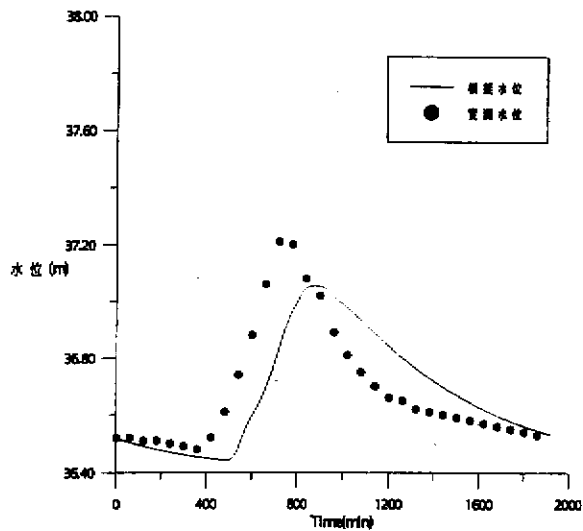


圖 14 虎頭埤實測與模擬水位圖(事件 13)

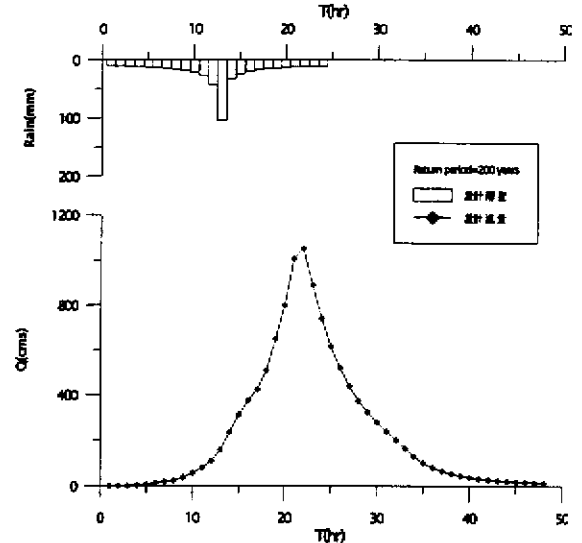


圖 17 重現期距 200 年之設計洪水

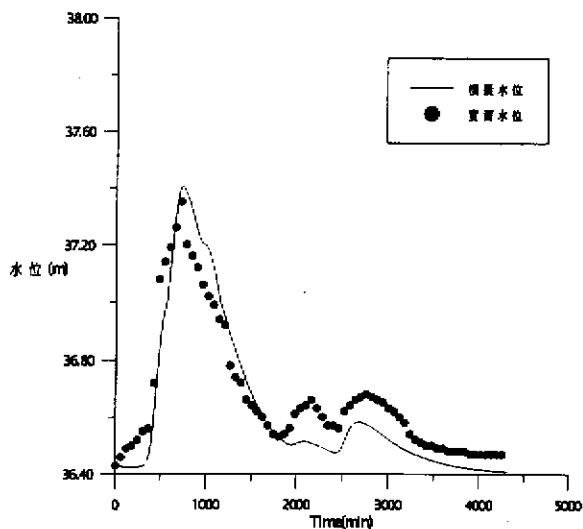


圖 15 虎頭埤實測與模擬水位圖(事件 15)

表 1 各雨量站誤差指標值(SE、U)統計表

| 雨量站站名 | SE 之平均值 |       |       |       |       |
|-------|---------|-------|-------|-------|-------|
|       | EV1     | GEV   | PT3   | LPT3  | LN3   |
| 虎頭埤   | 7.64    | 5.68  | 5.57  | 6.05  | *     |
| 崎頂    | 7.81    | 5.86  | 5.94  | 6.88  | 5.92  |
| 台南    | 12.94   | 10.47 | 10.75 | 12.25 | 10.58 |
|       | U 之平均值  |       |       |       |       |
|       |         |       |       |       |       |
| 虎頭埤   | 3.43    | 2.46  | 2.47  | 2.92  | *     |
| 崎頂    | 2.89    | 2.25  | 2.26  | 2.47  | 2.25  |
| 台南    | 3.30    | 2.51  | 2.58  | 2.87  | 2.55  |

表 2 崎頂站不同延時之降雨強度頻率分析結果表

(單位：mm)

| 重現期距<br>(年)<br>降雨<br>延時(分) | 1.1   | 2      | 5      | 10     | 25     | 50     | 100    | 200    |
|----------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1440                       | 95.82 | 126.54 | 152.70 | 168.78 | 187.74 | 201.12 | 213.90 | 226.26 |
| 1080                       | 82.59 | 102.54 | 124.74 | 140.04 | 159.42 | 173.82 | 188.04 | 202.23 |
| 720                        | 71.00 | 90.24  | 106.44 | 116.34 | 128.02 | 136.22 | 144.04 | 151.60 |
| 360                        | 61.36 | 78.56  | 91.36  | 98.73  | 107.10 | 112.79 | 118.11 | 123.13 |
| 240                        | 45.70 | 61.56  | 73.76  | 80.88  | 89.06  | 94.66  | 99.93  | 104.95 |
| 180                        | 35.83 | 48.23  | 59.43  | 66.48  | 74.99  | 81.05  | 86.90  | 92.60  |
| 120                        | 29.52 | 42.84  | 51.67  | 56.44  | 61.62  | 65.02  | 68.12  | 70.99  |
| 90                         | 24.00 | 32.02  | 40.07  | 45.38  | 51.96  | 56.74  | 61.43  | 66.04  |
| 60                         | 19.98 | 27.55  | 34.53  | 38.98  | 44.37  | 48.22  | 51.96  | 55.60  |
| 40                         | 14.63 | 21.49  | 28.18  | 32.55  | 37.92  | 41.81  | 45.61  | 49.33  |
| 30                         | 8.58  | 14.93  | 19.68  | 22.41  | 25.52  | 27.63  | 29.61  | 31.49  |
| 20                         | 6.79  | 11.97  | 15.59  | 17.60  | 19.84  | 21.33  | 22.71  | 24.00  |
| 10                         | 5.06  | 10.01  | 13.53  | 15.50  | 17.70  | 19.18  | 20.55  | 21.84  |

表 3 分析測站之 IDF 公式參數值表

| 測站   | 重現期距 | 參數 d | 參數 a     | 參數 n  |
|------|------|------|----------|-------|
| 虎頭埤站 | 1.1  | 5    | 564.146  | 0.619 |
|      | 2    | 22   | 1358.553 | 0.693 |
|      | 5    | 17   | 1254.917 | 0.642 |
|      | 10   | 12   | 1103.256 | 0.603 |
|      | 25   | 7    | 964.390  | 0.561 |
|      | 50   | 4    | 886.916  | 0.535 |
|      | 100  | 2    | 842.656  | 0.516 |
|      | 200  | 1    | 831.808  | 0.504 |
| 崎頂站  | 1.1  | 20   | 1322.620 | 0.760 |
|      | 2    | 10   | 800.037  | 0.605 |
|      | 5    | 7    | 767.527  | 0.558 |
|      | 10   | 6    | 786.417  | 0.542 |
|      | 25   | 6    | 849.767  | 0.534 |
|      | 50   | 5    | 865.487  | 0.524 |
|      | 100  | 5    | 912.065  | 0.522 |
|      | 200  | 5    | 958.680  | 0.520 |
| 台南站  | 1.1  | 10   | 655.832  | 0.674 |
|      | 2    | 49   | 1607.232 | 0.713 |
|      | 5    | 46   | 1629.007 | 0.667 |
|      | 10   | 39   | 1513.458 | 0.634 |
|      | 25   | 29   | 1353.119 | 0.596 |
|      | 50   | 22   | 1251.127 | 0.570 |
|      | 100  | 15   | 1157.488 | 0.547 |
|      | 200  | 9    | 1082.784 | 0.527 |

表 4 鹽水河流域各重現期距之平均設計兩型

| 降雨延時<br>小時 | 重現期距 (年) |       |       |       |       |       |        |        |
|------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
|            | 1.1      | 2     | 5     | 10    | 25    | 50    | 100    | 200    |
| 0~1        | 1.70     | 3.11  | 4.88  | 6.14  | 7.57  | 8.83  | 9.85   | 10.73  |
| 1~2        | 1.93     | 3.39  | 5.22  | 6.51  | 8.07  | 9.29  | 10.42  | 11.41  |
| 2~3        | 2.06     | 3.60  | 5.57  | 6.83  | 8.46  | 9.83  | 10.94  | 11.92  |
| 3~4        | 2.20     | 3.92  | 5.95  | 7.31  | 9.06  | 10.34 | 11.53  | 12.66  |
| 4~5        | 2.39     | 4.30  | 6.40  | 7.85  | 9.61  | 11.08 | 12.32  | 13.50  |
| 5~6        | 2.62     | 4.60  | 7.07  | 8.54  | 10.49 | 12.03 | 13.23  | 14.46  |
| 6~7        | 2.95     | 5.22  | 7.76  | 9.44  | 11.51 | 13.10 | 14.43  | 15.73  |
| 7~8        | 3.34     | 5.97  | 8.78  | 10.62 | 12.86 | 14.55 | 15.98  | 17.38  |
| 8~9        | 3.95     | 7.14  | 10.28 | 12.32 | 14.75 | 16.59 | 18.19  | 19.69  |
| 9~10       | 4.95     | 8.93  | 12.68 | 14.96 | 17.70 | 19.75 | 21.47  | 23.17  |
| 10~11      | 6.93     | 12.54 | 17.23 | 19.98 | 23.20 | 25.51 | 27.53  | 29.45  |
| 11~12      | 13.56    | 24.25 | 31.29 | 35.05 | 39.28 | 42.14 | 44.58  | 46.95  |
| 12~13      | 42.44    | 60.66 | 74.43 | 82.35 | 91.70 | 98.15 | 104.16 | 110.14 |
| 13~14      | 8.96     | 16.24 | 21.78 | 24.90 | 28.49 | 31.04 | 33.19  | 35.34  |
| 14~15      | 5.74     | 10.37 | 14.48 | 17.02 | 19.93 | 22.13 | 24.00  | 25.75  |
| 15~16      | 4.41     | 7.86  | 11.31 | 13.48 | 16.04 | 17.97 | 19.63  | 21.24  |
| 16~17      | 3.66     | 6.50  | 9.48  | 11.43 | 13.72 | 15.47 | 16.98  | 18.42  |
| 17~18      | 3.16     | 5.60  | 8.27  | 10.02 | 12.15 | 13.76 | 15.19  | 16.49  |
| 18~19      | 2.73     | 4.96  | 7.32  | 9.01  | 10.94 | 12.48 | 13.80  | 15.09  |
| 19~20      | 2.51     | 4.47  | 6.70  | 8.29  | 10.15 | 11.48 | 12.76  | 13.99  |
| 20~21      | 2.31     | 4.03  | 6.16  | 7.57  | 9.39  | 10.77 | 11.92  | 13.02  |
| 21~22      | 2.11     | 3.79  | 5.67  | 7.16  | 8.78  | 10.03 | 11.21  | 12.27  |
| 22~23      | 2.00     | 3.47  | 5.39  | 6.62  | 8.20  | 9.50  | 10.54  | 11.66  |
| 23~24      | 1.81     | 3.26  | 5.11  | 6.28  | 7.88  | 9.05  | 10.05  | 11.13  |

表 5 鹽水溪上游集水區檢驗事件表

| 洪水事件  | 颱風名稱       | 發生日期    | 降雨延時<br>(hour) | 逕流延時<br>(hour) | 洪峰流量<br>(cms) | 備註 |
|-------|------------|---------|----------------|----------------|---------------|----|
| 事件 1  | 暴雨 717     | 71.7.01 | 24             | 64             | 593           | 檢定 |
| 事件 2  | 暴雨 728     | 72.8.23 | 32             | 64             | 536           | 驗證 |
| 事件 3  | 暴雨 746     | 74.6.27 | 15             | 48             | 327           | 檢定 |
| 事件 4  | 暴雨 767     | 76.7.21 | 13             | 48             | 166           | 檢定 |
| 事件 5  | 暴雨 768     | 76.8.29 | 29             | 56             | 171           | 檢定 |
| 事件 6  | 暴雨 806     | 80.6.22 | 70             | 72             | 460           | 驗證 |
| 事件 7  | 歐馬(Omar)   | 81.9.04 | 34             | 72             | 430           | 檢定 |
| 事件 8  | 暴雨 825     | 82.5.26 | 37             | 72             | 176           | 檢定 |
| 事件 9  | 暴雨 828     | 82.8.09 | 25             | 40             | 188           | 檢定 |
| 事件 10 | 提姆(Tim)    | 83.7.11 | 34             | 72             | 343           | 檢定 |
| 事件 11 | 暴雨 867     | 86.7.01 | 46             | 48             | 470           | 檢定 |
| 事件 12 | 暴雨 876     | 87.6.07 | 64             | 80             | 406           | 檢定 |
| 事件 13 | 暴雨 887     | 88.7.09 | 14             | 32             | 266           | 檢定 |
| 事件 14 | 暴雨 888     | 88.8.11 | 64             | 80             | 259           | 檢定 |
| 事件 15 | 碧利斯(Bilis) | 89.8.23 | 44             | 72             | 524           | 驗證 |

表 6 鹽水溪上游集水區參數檢定結果

| 洪水事件  | 颱風名稱     | Cs    | Cc    | Ch    | ETP(hr) | EQP(%) | VER(%) | CE   | OBJ   |
|-------|----------|-------|-------|-------|---------|--------|--------|------|-------|
| 事件 1  | 暴雨 717   | 0.093 | 0.341 | 0.012 | 1       | -8.42  | -16.67 | 0.95 | 45.18 |
| 事件 3  | 暴雨 746   | 0.016 | 0.525 | 0.020 | 1       | -2.89  | -20.7  | 0.92 | 33.38 |
| 事件 4  | 暴雨 767   | 0.910 | 0.534 | 0.032 | -1      | 0.77   | -4.61  | 0.98 | 7.12  |
| 事件 5  | 暴雨 768   | 0.019 | 1.459 | 0.019 | 0       | -19.58 | -3.8   | 0.87 | 21.44 |
| 事件 7  | 歐馬(Omar) | 0.036 | 0.333 | 0.010 | 0       | -11.82 | -28.46 | 0.91 | 43.12 |
| 事件 8  | 暴雨 825   | 0.250 | 0.533 | 0.016 | 0       | -2.57  | -23.18 | 0.81 | 30.04 |
| 事件 9  | 暴雨 828   | 1.195 | 0.442 | 0.141 | -1      | 10.53  | -7.86  | 0.95 | 15.93 |
| 事件 10 | 提姆(Tim)  | 0.038 | 0.612 | 0.360 | 0       | -1.17  | -15.02 | 0.96 | 24.40 |
| 事件 11 | 暴雨 867   | 0.021 | 0.347 | 0.015 | -1      | 1.12   | -16.37 | 0.82 | 66.76 |
| 事件 12 | 暴雨 876   | 0.054 | 0.337 | 0.024 | -1      | -16.48 | -23.73 | 0.83 | 42.92 |
| 事件 13 | 暴雨 887   | 2.301 | 0.134 | 0.063 | -1      | 10.70  | -5.43  | 0.94 | 23.08 |
| 事件 14 | 暴雨 888   | 1.918 | 0.163 | 0.220 | -2      | 14.51  | 4.72   | 0.83 | 27.23 |
| 平均    |          | 0.571 | 0.480 | 0.078 | 0.75    | 8.38   | 14.21  | 0.90 | 31.72 |

防洪示範區淹水境況擬與決策支援系統之研究 (一)  
—子計畫二：台南科學園區排洪能力及洪災防治措施之研究 (一)  
精簡報告

計畫編號： NSC 89 - 2625 - Z - 002 - 057

執行期限： 89年8月1日至90年7月31日

主持人： 許銘熙 教授

執行單位： 台灣大學農業工程學研究所

### 中文摘要

本研究計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」整合型計畫之子計畫二「台南科學園區排洪能力及洪災防治措施之研究」，此計畫主要在模擬水流在排水系統流動及其溢流所造成地表淹水之影響。模式中將降雨所形成之地表水先流入雨水下水道系統，若有人孔溢流，則與二維漫地流模式結合，進行地表淹水演算，並考慮滯洪池對於排洪能力之影響。

在排水系統模式方面，利用美國環境保護署之暴雨經理模式，以模擬排水系統中水流之流況以及發生溢流點之流量歷線。二維漫地流模式主要利用二維零慣性波理論，以有限差分法求解地表之淹水深及流速。滯洪池模式是求解水文連續方程式，採用雙出口型式，建立滯洪演算程序，以獲得滯洪池之出流歷線。

關鍵詞：雨水下水道系統，滯洪池，排水系統淹水模式。

### Abstract

The main purpose of this study is to investigate surface inundation with the consideration of water surcharges from drainage systems. Moreover, detention pond model is taken into account to analyze the flooding areas for various return periods of flood.

Storm Water Management Model (SWMM) is employed to solve the

storm sewer flow component and to provide the surcharged flow hydrographs for surface runoff exceeding the capacity of the storm sewers. The 2-D diffusive overland-flow model considering the non-inertia equation with alternative direction explicit numerical scheme is then used to calculate the inundation zones and depths due to the surcharged water on overland surface. Detention pond model considers outlet work with rectangular orifices and weirs used for solving hydraulic equations to provide the outflow hydrographs of the detention ponds. In order to present higher quality of the results, geographic information system (GIS) is employed to display simulated results.

Keywords: Storm sewer system, Detention pond, Inundation model.

### 一、前言

#### 1-1 研究背景與目的

本計畫之研究區域為台南科學工業園區，位於台南市東北方約 12 公里之新市鄉三舍村與豐華村及善化鎮南部，原為台灣糖廠轄下之善化農場與道爺農場，其核心面積約 638 公頃。依行政院國家科學委員會初期規劃全區就業人數為 77,000 人，居住人口 5,400 人。園區內預計設置「微電子精密儀器」、「半導體」及「農業生物技術」等三個專業區，引進積體電路、電腦及週邊設備、通訊、光電、精密

機械與生物技術等六大產業。目前園區內許多基本設施已陸續完工，多家高科技廠商亦已完成設廠並開始生產，未來為台灣重要高科技工業園區，亦為台灣重要之維生線之一，重要性由此可見。然而由於園區之地勢較為低窪，若干自然排水路由於坡度平緩、泥砂淤積、通水斷面積不足，故排洪成效不彰，水患經常發生。如此高密度發展、高科技、高產能之工業園區，一旦完工上線生產後再有水患發生，勢將造成國家經濟嚴重影響。為能確保上述各項工程及高密度發展之科學園區計劃免受水患之威脅，本研究主要目的，即在進行園區內部排洪能力及洪災防治措施之研究。

#### 1-2 過去相關研究

本文內容主要分成兩水下水道模式、二維漫地流淹水模式及滯洪池演算模式三部分。在兩水下水道方面，Yen與Akan對於各種下水道演算模式做一回顧。Lager與Smith<sup>1</sup>，Marsalek et al.，與Hube將下水道模式應用幾個不同都市區狀況，並比較模擬值與觀測值之差異，指出暴雨經理模式（Storm Water Management Model，簡稱SWMM）可得到較佳之結果且提供了溢流人孔點之逕流歷線。SWMM模式主要依據變量流理論，以一維連續方程式與動力波理論為基礎，依水流流程之特性，將模式分成地表逕流與排水幹管輸水兩部份。在國內方面，顏氏<sup>[36]</sup>等曾成功將SWMM運用在台北都會區大眾捷運系統防洪排水設計上。

在二維漫地流模式方面，主要之控制方程式為動力波方程式。國外方面，Preissmann與Cung曾將洪氾區依地形與地貌畫分網格，配合所發展之理想渠道、堰等概念模式，再利用一維水流理論求解各網格中心之淹水深度，並將此模式應用於湄公河三角洲低窪之洪氾平原。後來Vongvisessomja

亦將此模式應用在曼谷地區，但此種概念模式需要較完整之水文站網與長期之記錄，方可檢定其參數值。另Balloffet，Xanthopoulos，Katopodes曾建立二維數值模式以模擬潰壩後河川或洪氾平原區水流之流況等。Aknbi及Katopodes在初始無水陸地之洪水傳遞，利用有限元素法求解水流前進線及淹水深。Gustafsson利用交替方向隱式法解淺水波問題，並探討臨前狀況為無水陸地之流況。Inoue等利用stagger scheme模擬二維洪水波傳遞動態。Garcia等發展MacCormack scheme應用於二維St. Venant equation，並模擬突擴性斷面水流產生環場流（circulation）之情形。在國內方面，顏氏等對二維非慣性波方程式做各種數值模式之比較，包括了簡單顯示法（simply explicit scheme，簡稱SES），交替方向隱式法（alternating direction implicit scheme，簡稱ADI），連續鬆弛法（linear successive over-relaxation scheme，簡稱SOR），交替方向顯示法（alternating direction explicit scheme，簡稱ADE）。文中指出，ADE方法具有較短之執行時間。楊氏等曾利用有限元素法探討流域漫地流水理特性。吳氏建立二維漫地流淹水模式應用於八掌溪流域，以模擬其淹水情況。許氏等將二維核胞淹水模式應用於嘉義地區，並完成流域逕流及淹水之模擬，以及將二維核胞淹水模式應用於八掌溪北岸進行淹水模擬，並初步考慮一維河川水流對地表淹水之影響，並成功地銜接一維變量流模式及核胞淹水模式，以模擬八掌溪流域之淹水情況。另外，許氏等結合一維河川變量流動力波模式與二維零慣性漫地流淹水模式，將考慮水流在地表漫地流出口與河川匯流情況及抽水站與閘門操作等之交互作用，同時可計算河川洪水及地表淹水之情況。

在滯洪池演算模式方面，滯洪池出口一般主要可分為孔口流及堰流之

出口形式。在堰流之研究上, Kindsvater 與 Carter 根據試驗結果以及因次分析描述堰流之特徵。Kandaswamy 與 Rouse 從試驗結果得知, 流量係數  $C_d$  是堰上有效水頭與堰高比值 ( $H/W$ ) 之函數, 其中,  $H$  為堰上之水頭,  $W$  為堰高。Rajaratnam 與 Muralidhar 由試驗結果繪得堰上水流之壓力及速度分布, 接著利用二維動量方程式及試驗數據推導自由跌水之流況特性。Hager 利用動量及能量方程式推導出自由跌水之尾水深比值。Henderson 則特別對  $10 < H/W < 20$  之堰流問題進行討論。由前人研究得知, 堰流之  $C_d$  值與  $H/W$  ( or  $W/H$  ) 關係是依據水面剖線、壓力及速度分布之實驗值, 再配合半經驗理論公式, 將預測之結果與試驗值作比較。在孔口流之研究方面, Akan 提出一半圖解法, 可設計在某重現期距下具有上、下兩出水口 (上方為堰, 下方為孔口) 之滯洪池。Akan 再提出單一出水口之半圖解法, 其出水口可以是堰或者孔口出流。有關流量係數方面, Strelkoff 以堰流理論為分析依據, 探討水流通過矩形堰口之流量公式, 並提出流量係數之經驗式。陳氏等對於圓形孔口排洪效應做一探討, 流量係數會隨相對水頭之增加而有遞減之情況。黃氏以射流理論為依據, 配合水槽試驗結果, 提出單孔流量係數, 流量係數會隨相對水頭之增加而有遞減之情況。

Chang 等將一維河川變量流動力波模式與二維零慣性波漫地流淹水模式結合演算, 配合地理資訊系統資料庫, 應用於台灣高鐵車站, 作為車站設計洪水水位計算之依據。Hsu 等結合 SWMM 都市雨水下水道模式及二維零慣性波漫地流淹水模式之演算模式, 並考慮抽水站之操作, 以探討都會區地表淹水模擬及抽水站操作狀況對研究範圍淹水之影響。

## 二、資料之蒐集與彙整

### 2-1 台南科學園區之區域特性

台南科學園區位於台南市東北方約 12 公里之新市鄉三舍村與豐華村及善化鎮南部, 屬於嘉南平原中央地帶, 地形相當平坦。地勢從東向西高程由 7.0 公尺~3.0 公尺斜降, 因此灌排水路大多由東向西流, 最後分別流入其所屬之集水分區。

### 2-2 台南科學園區之排水系統

#### 2-2-1 流域與排水路

台南科學工業園區現有排水系統分別流入大洲排水路及鹽水溪排水路及安順寮排水路中, 最後均排入鹽水溪。

園區北側即為安順寮排水路、中央部分為鹽水溪排水路、東南側則流入大洲排水路。其中大洲排水路及新市排水路於園區南側匯入鹽水溪, 而鹽水溪排水系統則於台南市安南區之四草內海併入鹽水溪後出海。南科園區鄰近排水系統分布如圖 2-1。

#### 2-2-2 排水設施

園區內之排水工程主要包含兩水下道排水管線、四個滯洪池及抽水站。排水設計保護基準幹線採重現期 25 年之洪峰流量, 支線及路邊蒐集系統截流設施採重現期 10 年之洪峰流量, 滯洪池設計容量採重現期 50 年之一日暴雨入流量, 而其設計出口流量則是採重現期 10 年之洪峰流量。

在本研究中將南科園區劃分為 A、B、C、D 等四個集水區, A 集水區流入滯洪池 A, 再流入鹽水溪排水路, B 集水區流入滯洪池 B, 再流入鹽水溪排水路, C 集水區流入滯洪池 C, 再流入安順寮排水路, D 集水區流入滯洪池 D, 再流入大洲排水路。南科園區之排水設施布置圖如圖 2-2。

### 2-3 蒐集資料之彙整

#### 2-3-1 兩型資料

依據交替區塊法 (Alternating Block Method) 及頻率分析 (Frequency Analysis), 分別推算重現期 25 年及 100

年之設計兩型。

#### 2-3-2 地形資料

地形高程及土地利用資料係採用中華顧問工程司所提供之資料。本文採用小格網之數值模擬，引用地理資訊系統（Geographic Information System，簡稱GIS）之技術，建立地理資料庫。在地理資料庫中，建立20公尺×20公尺之數值網格資料。

#### 2-3-3 整地及土地利用資料

在南科園區整地之前，整體而言，園區地勢除東側地區外大致平坦，並無顯著之落差。在整地之後，園區西北側臨安順寮排水線附近布設滯洪池C，周圍整地高程約為6.0公尺，由此向東北方向以0.1~0.2%坡度逐漸填高至邊界約為7.0公尺。園區西側布設面積約15公頃之滯洪池B，附近整地高程約5.5公尺，由此向東側以約0.1~0.2%漸昇填土至邊界及鄰大洲排水，高程約在6.5公尺。大洲排水路以東地區，整地填土高約為8.5~9.0公尺。園區東南側布設一處滯洪池D，附近整地高程約為6.0~6.5公尺。

由於不同之土地利用型態會有不同之曼寧n值，因此本文根據中華顧問工程司於現場調查之結果，並依照其利用型態來決定其曼寧n值。

#### 2-3-4 兩水下水道系統資料

園區內之排水幹線設計保護基準幹線採重現期25年之洪峰流量，支線採重現期10年之洪峰流量為設計標準。

#### 2-3-5 滯洪池資料

目前滯洪池之容量是以50年重現期距為標準，滯洪池A之面積為5.0公頃，調洪容量133,600立方公尺，排水面積為94.47公頃，水由洩洪排水路經北五間厝小排匯入鹽水溪排水路；滯洪池B之面積為15公頃，調洪容量439,400立方公尺，排水面積為287.56公頃，水由洩洪排水路經北五間厝中排匯入鹽水溪排水路；滯洪池C之面

積為5.0公頃，調洪容量169,100立方公尺，排水面積為107.11公頃，水由洩洪排水路接下游安順寮排水路；滯洪池D之面積為20.0公頃，調洪容量300,000立方公尺，排水面積為250公頃，滯洪池D利用永久抽水站抽排池內積水，於非豪雨期間，當池內水位高於大洲排水水深時，則利用永久抽水站旁之重力水路排除。

就滯洪池之出口型式而言，A、B、C三個滯洪池同樣是上、下方各有一出口，上方為銳緣堰出流型式，而下方為正方形孔口出流型式。滯洪池D則是具備有抽水站，排出池內之積水。

#### 2-3-6 抽水站資料

在園區內設置有一永久性抽水站，配置於滯洪池D之東北角，為四部5.0 cms之防洪抽水站。當水位達到2.7公尺時，啟動兩部抽水機，容量為10.0 cms，停抽水位為2.5公尺；當水位達到2.95公尺時，再啟動一部抽水機，容量總共為15.0 cms，停抽水位為2.7公尺；當水位達到3.2公尺時，再啟動1部抽水機，容量總共為20.0 cms，停抽水位為2.95公尺。

### 三、模式比較

#### 3-1 MOUSE 模式

MOUSE 水理模式係由丹麥 DHI 公司於1964年所發展具水文、水理、水質及沈積物傳輸模擬功能之軟體，以建構視窗環境、輸入及輸出介面圖形化，並能與相關資料庫軟體結合。MOUSE 模式之基本架構與SWMM相同，分為地表逕流及幹線輸水模組兩部分。地表逕流之模擬包含運動波、線性水庫等三種方式可供選擇，計算在人孔處匯入排水幹線之水流歷線；幹線輸水模組則應用隱式差分法計算排水幹線中各斷面位置之水理資料及溢流人孔之溢流量。

MOUSE 模式能夠涵蓋迴水影響、抽水站抽水、調洪池蓄水溢流、水工結構物、下水道合流及分流現



象、滿管、人孔溢流等均能處理。但是 MOUSE 模式僅能得到溢流人孔之逕流歷線以及由體積-水深率定曲線得到一概念性之淹水深度，無法再進一步求得詳細之淹水面積及深度。

### 3-2 FLO-2D 模式

FLO-2D 為美國科羅拉多大學於 1988 年針對該州進行 FEMA 都會區洪災保險之研究，以 H&Y (1987) 所提出之 DHM 為基礎，採用 FD 進行淹水演算發展而成之地表淹水模式。經過多年發展，目前 FLO-2D 已可處理一維渠道洪水、二維運動波、擴散波、動力波之地表淹水以及土石流等現象，同時亦可將堤防、抽水站、街道等設施納入考量。

FLO-2D 模式不但能夠計算緩坡、陡坡以及溢堤之洪水演算，更能夠逐時之展示演算之結果，能隨時知道演算地區之淹水情況，但是此模式沒有考慮雨水下水道系統之影響。

### 3-3 排水淹水模式

#### 3-3-1 暴雨經理模式 (SWMM)

SWMM 包含許多部模組，常運用在水質之模擬。在本研究中是採用 RUNOFF 及 EXTRAN 兩模組。其中 RUNOFF 是在計算水文模擬演算，而 EXTRAN 則是計算下水道管流之部分。依據變量流理論，以一維連續方程式與動力波理論為基礎，依水流流程之特性，將模式分成地表逕流 (RUNOFF) 與排水幹管輸水 (EXTRAN) 兩部份。

經由 SWMM 可以得到溢流人孔點之逕流歷線，但是無法得到詳細之淹水區域及淹水深度。因此，若能將 SWMM 與二維漫地流模式結合則可以解決前述問題。

#### 3-3-2 二維漫地流模式

##### 1. 基本方程式

對於一般之漫地流而言，變量流方程式中加速項之大小級次 (order of magnitude) 通常遠小於重力項或摩擦項。假設洪水歷線上升平緩，且忽略

科氏力、風力及加速項之影響，則地表漫地流況可用二維零慣性模式予以描述，其控制方程式可簡化如下：

$$\frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial(ud)}{\partial x} + \frac{\partial(vd)}{\partial y} = q_s \quad (1)$$

$$-\frac{\partial h}{\partial x} = S_{fx} + \frac{q_s u}{dg} \quad (2)$$

$$-\frac{\partial h}{\partial y} = S_{fy} + \frac{q_s v}{dg} \quad (3)$$

式中， $d$  為模擬區地表水深[m]， $u, v$  為沿  $x, y$  方向之平均流速[m/s]， $S_{fx}, S_{fy}$  為沿  $x, y$  方向之能量坡降， $n$  為曼寧糙度值， $h$  為地表水位， $q_s$  為單位網格面積人孔溢出之流量[m/s]。

$Q_s$  是經由 SWMM 計算所得之人孔溢流量；(1)式為連續方程式，(2)式、(3)式分別為沿  $x, y$  方向之運動方程式。若地形高程、曼寧糙度和側流量已知，則(1)、(2)及(3)式含有三個因變數  $d, u, v$ 。此含三因變數之偏微分聯立方程式，須利用數值方法求解之。

暴雨經理模式 (SWMM) 與二維漫地流模式結合之流程係以降雨量輸入 SWMM 中之 RUNOFF 模組，可得到地表面之逕流歷線，再由 EXTRAN 模組進行管線中水流運算。當發生溢流時，由人孔溢出之溢流量即成為二維漫地流模式之輸入值，經二維漫地流模式演算後即可得模擬區域之淹水情況及淹水深度。

#### 3-3-3 滯洪池演算模式

雨水下水道系統出口是排入滯洪池內，所以需在進行滯洪池模式之演算。

##### 1. 滯洪池演算

滯洪池之演算採用水文方程式 (Hydrologic Equation) 為依據，忽略蒸發量及池底為不透水構造而無入滲損失之情況下，其基本方程式如下：

$$\frac{dS}{dt} = Q_i(t) - Q_o(t)$$

式中， $S$  為滯洪池儲水量 $[m^3]$ ， $Q_i$  為滯洪池流入量 $[m^3/s]$ ， $Q_o$  為滯洪池流出量 $[m^3/s]$ 。

## 2. 滯洪池入流量 ( $Q_i$ )

滯洪池之入流量之來源有兩部分，一為雨水下水道管線出口排入滯洪池中 $Q_{mi}$ ，另一來源為漫地流流入 $Q_{ni}$ ，亦即

$$Q_i = Q_{mi} + Q_{ni}$$

在漫地流流入滯洪池之部分即為二維漫地流模式與滯洪池模式之銜接，其示意圖如圖 3-1。設漫地流流入之滯洪池之周長為 $L$ ，則

$$Q_{ni} = \int_0^L q_{ni} dl$$

式中 $q_{ni}$ 為單位長度之漫地流入流量。

## 3. 滯洪池出流量 ( $Q_o$ )

滯洪池出流口之型式為上、下方出流口分別為堰流與孔口流，其中 $h$ 為孔口中心線所量測起之高度，而 $h_w$ 為孔口與堰流口間之垂直高度。所以滯洪池之總出流量為：

$$Q_o = Q_{ori} + Q_{weir}$$

式中， $Q_o$ 為滯洪池之總出流量 $[m^3/s]$ ， $Q_{ori}$ 為經由孔口所洩出之流量 $[m^3/s]$ ， $Q_{weir}$ 為經由堰所洩出之流量 $[m^3/s]$ 。

當水位高度小於堰口之垂直高度，亦即 $h \leq h_w$ 時，且為滿管之情況下，洪水僅由下方孔口洩出，其出流之流量公式如下：

$$Q_{ori} = C_o \sqrt{2g} A_o \cdot h^{0.5}, Q_{weir} = 0$$

式中， $C_o$ 為孔口流流量係數， $A_o$ 為孔口面積 $[m^2]$ ， $h$ 為滯洪池水位 $[m]$ 。

當水位高於堰底時，會以孔口及堰同時出流，其出流量如下：

$$Q_{ori} = C_o \sqrt{2g} A_o \cdot h^{0.5}$$

$$Q_{weir} = C_w \frac{2}{3} \sqrt{2g} w_w \cdot (h - h_w)^{1.5}$$

式中， $C_w$ 為堰流流量係數， $w_w$ 為堰

寬 $[m]$ ， $h_w$ 為孔口至堰底之高度 $[m]$ 。

## 3-3-4 模式之演算流程

在本研究中先利用 SWMM 計算雨水下水道系統之水流狀況，溢流入孔之流量成為二維漫地流模式之輸入值，同時逐時演算滯洪池模式，最後得到地表之淹水深及滯洪池之出流量，整體之演算流程如圖 3-2。

## 3-3-5 模式適用範圍

此排水淹水模式結合了雨水下水道系統模式及二維漫地流模式，模式中將降雨所形成之地表水先流入雨水下水道系統，若有人孔溢流，則與二維漫地流模式結合，進行地表淹水演算，並考慮抽水站、截流設施及滯洪池對於排洪能力之影響。

## 3-4 模式比較

由上述幾個模式之介紹可知，唯有排水淹水模式能同時考慮雨水下水道系統及地表漫地流之情況，並且將抽水站、滯洪池等截流設施一併考量，因此可將之用於台南科學園區排洪能力之模擬。

# 四、模式之驗證與應用

## 4-1 模式之驗證

由於目前台南科學區之排水系統尚在施工中，因此也無適當之驗證事件。但本研究中所使用之排水系統淹水模式曾經應用在台北都會區淹水區域預測之研究中，是以民國 87 年 10 月 15 日所發生之瑞伯颱風作為驗證事件。

圖 4-1 為台北市政府工務局養工處所提供之瑞伯颱風調查積水範圍圖，圖 4-2 則為使用瑞伯颱風降雨事件所模擬之台北市中央區淹水範圍結果，其雨量資料是根據經濟部水利處中正橋雨量站之實測時雨量。比較上述之颱風事件調查積水範圍與模式計算淹水範圍可知，本研究所建立之排水系統淹水模式可提供作為具有下水道系統地區淹水計算之用。

#### 4-2 暴雨排水之動態模擬

如上述本研究已完成暴雨經理模式、二維漫地流模式與滯洪池模式之銜接，因此將應用於重現期 25 年、50 年及 100 年之設計降雨事件，以瞭解南科園區暴雨排水之情況。

台南科學園區在整地過後地表高程均較園區外圍高，故本研究在模擬過程中假設園區外圍之水並不會流入園區內，各排水路僅是經過園區，並不會對園區內造成影響。

以下針對 100 年重現期降雨之模擬結果作一詳細討論。

圖 4-3 及 4-4 為發生重現期 100 年降雨之溢流人孔位置圖及最大淹水深度圖。南科園區內排水幹線及支線之設計重現期分別為 25 及 10 年，在 100 年重現期降雨下，造成溢流人孔個數有 129 個，其中，A 集水區之下水道排水管線溢流個數有 22 個，1 個位在排水幹線上；B 集水區有 85 個，4 個位在排水幹線上；C 集水區有 20 個，4 個位在排水幹線上；D 集水區有 2 個溢流人孔。圖 4-4 明顯看出淹水之區域大幅增加，有漸漸往南科西邊移動之趨勢，在滯洪池 A 之北邊明顯有一大片淹水情形發生。園區內淹水深度高於 0.5 公尺之淹水面積約有 0.92 公頃，高於 0.15 公尺之面積有 40 公頃。

圖 4-5 為滯洪池 B 之入流、出流歷線及水深歷線。由圖 4-5 (a) 知，滯洪池 B 於第 8 小時開始有水入流，於第 13.75 小時之後入流量減少；第 8 小時開始有出流量，值非常之小，在第 11.25 小時達到尖峰；滯洪池在承受重現期 100 年之降雨時，累積之水量接近滿池之狀態，無溢流情形發生，但是出口最大出流量  $39.64 m^3/s$  超過下游容許排洪量  $18.6 m^3/s$ ，這是因為出口堰之寬度很大，水深一超過堰底，馬上經由堰而排出，以致於出口最大出流量超過下游容許排洪量；在第 10.75 小時以前，是以下方之孔口出

流，第 10.75 小時以後，水深達 5.3 公尺時，孔口及堰同時出流，第 13.5 小時以後，水深降低，則是以孔口出流。水深歷線與出流歷線之趨勢大致符合。在 24 小時內，總入流體積為 581,400 立方公尺，總出流體積為 392,600 立方公尺；洪峰消減  $\Delta Q = 50.27 m^3/s$ ，洪峰稽延  $\Delta t = 1$  小時。圖 4-6 為滯洪池 D 之入流、出流及水深歷線圖。當水深達到 2.7 公尺時，啟動 2 部抽水機，容量為  $10 m^3/s$ ，停抽水深為 2.5 公尺；當水深達到 2.95 公尺時，再啟動 1 部抽水機，容量總共為  $15 m^3/s$ ，停抽水深為 2.7 公尺；當水深達到 3.2 公尺時，再啟動 1 部抽水機，容量總共為  $20 m^3/s$ ，停抽水深為 2.95 公尺。水深在第 9.5 小時達到 2.7 公尺，抽水機以  $10 m^3/s$  之容量開始運作，到第 10.2 小時，啟動第 3 部抽水機，以  $15 m^3/s$  之容量進行抽水，到第 10.5 小時，啟動第 4 部抽水機，以 20cms 之容量進行抽水，在尖峰時刻以  $20 m^3/s$  共抽了 0.8 個小時。在 24 小時內，總入流體積為 306,900 立方公尺，總出流體積為 235,800 立方公尺。

#### 4-2-4 綜合比較

表 4-1 分別將重現期 25 年、50 年及 100 年之溢流人孔數及淹水面積作一比較。就淹水面積而言，重現期 100 年之淹水面積為 50 年之 2.5 倍，重現期 50 年之淹水面積為 25 年之 3 倍。

表 4-2 為滯洪池 B 在重現期 25 年、50 年及 100 年之滯洪特性比較圖。洪峰消滅  $\Delta Q$  越大、洪峰稽延  $\Delta t$  越長，則表示滯洪池之滯洪效果越佳。由表中明顯得知，滯洪池 B 在 50 年重現期下， $\Delta Q$  最大，代表其消滅洪峰流量之能力較佳。在 25 年重現期下， $\Delta t$  最長，代表其延長洪峰到達下游之時間之效果較佳。

#### 五、結論與後續研究

## 5-1 結論

1. 本研究蒐集洪災防治先進國家之淹水模式相關研究成果，以及國內實際應用之淹水模式，經過比較評比之後，決定採用排水淹水模式。
2. 本文主要在模擬排水系統之操作對於地表淹水之影響。降雨所形成之地表水先進入雨水下水道系統，若有人孔溢流，則與二維漫地流模式結合，進行地表淹水演算，並將滯洪池及抽水站對於排水能力之影響納入考量。
3. 本研究採用暴雨經理模式 SWMM、二維漫地流模式及滯洪池演算模式進行探討，並將之銜接起來應用於台南科學園區，分別進行重現期 25 年、50 年及 100 年三種重現期降雨量之演算，以獲得園區內暴雨排水之動態模擬。
4. 由研究結果顯示，在不同重現期之降雨下，淹水之範圍及深度都有隨重現期之增加而擴大，淹水區域由南科園區之東邊逐漸擴大至西邊，由北邊逐漸擴大至南邊。
5. 就園區內之排水設施而言，雨水下水道系統排水幹線上之人孔溢流情況較為輕微，並不會造成大範圍之溢流；滯洪池能夠蓄留住大部分之洪水，以確保下游地區不會因南科園區開發而所增加之逕流量造成影響。
6. 本研究在進行暴雨排水之模擬時，採用地理資訊系統 (GIS)，精確處理模式所需之各項輸入資料，以確保資料之正確性。並將結果也以地理資訊系統展示，使其易於瞭解。

## 5-2 後續研究

1. 本研究中假設園區外圍之水及排水路並不會對園區內造成影響，未來之研究應將外圍區域水流之

影響納入考量。

2. 由於缺乏整地過後之淹水資料，因此無法對各項參數作檢定。淹水模式中之參數，除了由過去使用經驗值配合實地現況進行推估外，亦將利用歷史洪災記錄進行模式之驗證，以確保模式之準確性，也更能確實掌握現地排水及淹水之情況。
3. 進行與子計畫三洪災模擬研究成果之銜接。
4. 將研究成果提供子計畫四洪災損害評估，以及子計畫五防洪決策支援系統，以利整體計畫之推動。

## 參考文獻

- [1] Akan, A.O.(1989), "Detention Pond Sizing for Multiple Return Period", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 115, No. 5, pp.650-664.
- [2] Akan, A.O. (1990), "Single-Outlet Detention-Pond Analysis and Design", Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, Vol. 116, No.4, pp.527-536.
- [3] Aknbi A. A. & Katopodes N. D. (1988), "Model for Flood Propagation on Initially Dry Land", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 114, pp.689-705.
- [4] Balloffet, A. & Scheffler, M. L. (1982), "Numerical Analysis of the Teton Dam Failure Flood", Journal of Hydraulic Research, ASCE, Vol. 20, pp.317-428.
- [5] Chang, T. J. Hsu, M. H. Teng, W. S. and Huang, C. J. (2000) "A GIS-Assisted Distribution Watershed Model for Simulation Flood and Inundation", Journal of the American Water Resources Association, Vol. 36, No. 5, 975-988.
- [6] Cunge, J. A., Holly, F. M., and Verwey, A.(1980), "Practical Aspects of Computational River Hydraulics", Pitman Publishing Ltd., London.
- [7] Garcia R. & Kahawata R. A. (1986), "Numerical Solution of the St. Venant Equations with the MacCormack Finite-Difference Scheme", International Journal for Numerical Methods in Fluids,

Vol. 6, pp.259-274.

- [8] Gustafsson B. (1971), "An Alternating Direction Implicit Method for Solving the Shallow Water Equations", *Journal of the Computational Physics*, No. 7, pp.239-254.
- [9] Hager, W.H. (1983), "Hydraulics of Plane Free Overfall", *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 109, No. 12, Dec., pp.1683-1697.
- [10] Henderson, F. M. (1966), Open Channel Flow, Macmillan Co., New York, N.Y.
- [11] Huber, W. C., (1975) Model for Storm Water Strategies. APCA Reporter.
- [12] Huber, W.C., Dickinson, R.E., (1988). "Storm Water Model. User's Manual Ver. IV", US Environmental Protection Agency.
- [13] Hsu, M. H. Chen, S. H. and Chang, T. J. (2000) "Inundation Simulation for Urban Drainage Basin with Storm Sewer System", *Journal of Hydrology*, Vol. 234, No. 1-2, 21-37.
- [14] Hunter Rouse, (1946) Elementary Mechanics of Fluids, New York : John Wiley & Sons, Inc.
- [15] Inoue K., Iwasa Y. & Matsuo N. (1987) "Numerical Analysis of Two Dimensional Free Surface Flow by Means of Finite Difference Method and Its Application to Practical Problems", *Proceedings of ROC-Japan Joint Seminar on Water Resources Engineering*, Taipei, R. O. C.
- [16] Kandaswamy, P.K., and Rouse, H. (1957), "Characteristics of Flow Over Terminal Weirs and Sills", *Journal of the Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 83, No. 4, Aug., pp. 1-13.
- [17] Katopodes, N. D., & Strelkoff, T. (1978), "Computing Two Dimension Dam-Break Flow Wave", *Journal of the Hydraulic Division*, ASCE, Vol. 104
- [18] Katopodes, N. D., & Strelkoff, T. (1979), "Two-Dimensional Shallow Water-Wave Models", *Journal of the Engineering Mechanics Division*, ASCE, Vol.105, No. EM2, pp.317-434.
- [19] Kindsvater, C. E., and Carter, R. W. (1957), "Discharge Characteristics of Rectangular Thin-Plate Weirs", *Journal of Hydraulics Division*, ASCE, Vol. 83, No.6, pp. 1-36.
- [20] Lager, J. A. and Smith, W. G., (1974) *Urban Stormwater Management and Technology – An Assessment*. U.S. EPA Report, EPA-67012-74-040.
- [21] Marsalek, J., Dick, T. M., Wisner, P. E., and Clarke, W. G., (1975) "Comparative Evaluation of Three Urban Runoff Models", *Water Resources Bulletin*, AWWA, 11(2).
- [22] Rajaratnam, N., and Muralidhar, D. (1968), "Characteristics of the Rectangular Free Overfall", *Journal of Hydraulic Research*, IAHR, Vol.6, No. 3, pp. 233-258.
- [23] Rajaratnam, N., and Muralidhar, D. (1971), "Pressure and Velocity Distribution for Sharp-Crested Weirs", *Journal of Hydraulic Research*, IAHR, Vol.9, No. 2 , pp. 241-248.
- [24] Strelkoff, T. S. (1964) "Solutions of Highly Curvilinear Gravity Flows", *Journal of Engg. Mech. Div. Proc.*, ASCE, Vol. 90, pp.195-219.
- [25] Vongvisessomjai, S., Tingsanchali, T., & Chaiwat, C. (1985), "Bangkok Flood Plain Model", 21st IAHR Congress, Melbourne, Australia, 19-23 pp.433-488.
- [26] Xanthopoulos, T. & Koutitas, C. (1976), "Numerical Simulation of Two Dimensional Flood Wave Propagation due to Dam Failure", *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 14, pp.321-331.
- [27] Yen, B. C. and Akan, A. O., (1999) Hydraulic Design of Urban Drainage Systems. In: L. W. Mays (Eds.), *Hydraulic Design Handbook*, McGraw-Hill Inc., New York.
- [28] 沈榮茂，楊德良(1992)，「流域之漫地流有限元素模式及穩定度分析之研究」，第六屆水利工程研討會論文集，新竹市，pp.82-93
- [29] 吳啟瑞(1993)，「八掌溪流域之淹水模擬」，國立台灣大學農業工程研究所碩士論文。
- [30] 許銘熙，鄧慰先，黃成甲(1996)，「嘉義地區逕流及淹水模式之研究（四）」，台灣省水利局。
- [31] 許銘熙，鄧慰先，盧重任，黃成甲，葉森海(1998)，「抽水站與閘門操作對都會區淹水影響之研究（一）」，行政院國科會，台北市。
- [32] 陳正炎、藍令財、宋爾寧(1996)「山地河川中圓孔式滯洪壩排洪流量公式之研究」，第八屆水利工程研討會，

pp.271-278。

- [33] 陳增壽，張倉榮，鄧慰先，陳宜宏，陳春宏，李昌益(2000)，「台北都會區淹水區域預測之研究(III)」，子計畫七：台北市中央區洪災境況模擬與應變措施之研究」，行政院國科會，台北市。
- [34] 黃宏斌(1998)「調節池孔口配置之水理特性研究」，台灣水利，46 卷 1 期，pp.53-59。
- [35] 顏清達，許銘熙，陳相憲，賴進松(1986)，「淡水河系洪水演算模式(四)堤防潰決洪流模式之建立」，行政院國科會，防災科技研究報告 75-19，台北市。
- [36] 顏清達等(1989)，「台北都會區大眾捷運系統防洪排水設計之研究」，國立台灣大學水工試驗所研究報告第 100 號，台北市。
- [37] 行政院國科會(1998)，「台南科學工業園區排水防洪綱要計畫」。

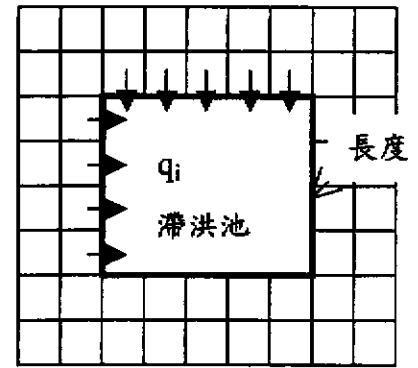


圖 3-1 滯洪池示意圖



圖 2-1 南科園區鄰近排水系統分布

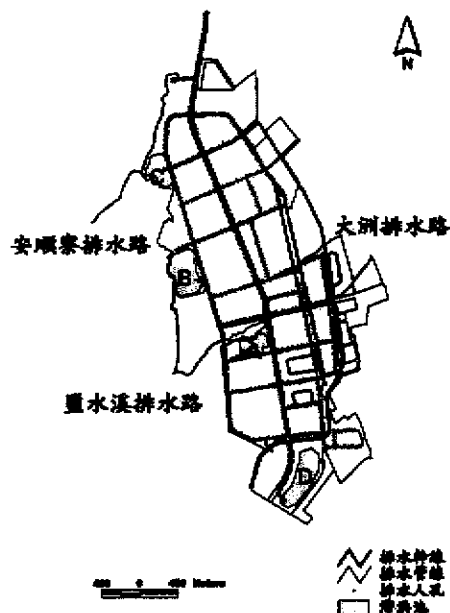


圖 2-2 南科園區排水設施布置圖

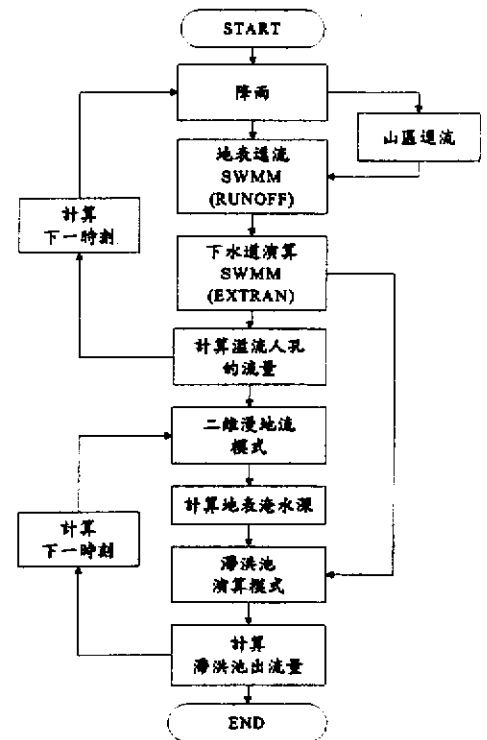


圖 3-2 整體演算流程圖

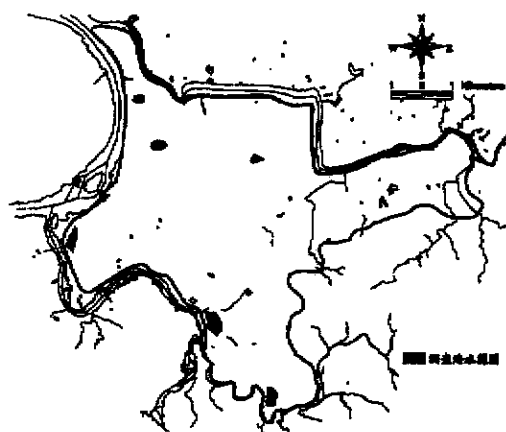


圖 4-1 瑞伯颱風台北市中央區調查積水範圍圖  
(資料來源：台北都會區淹水區域預測之研究)

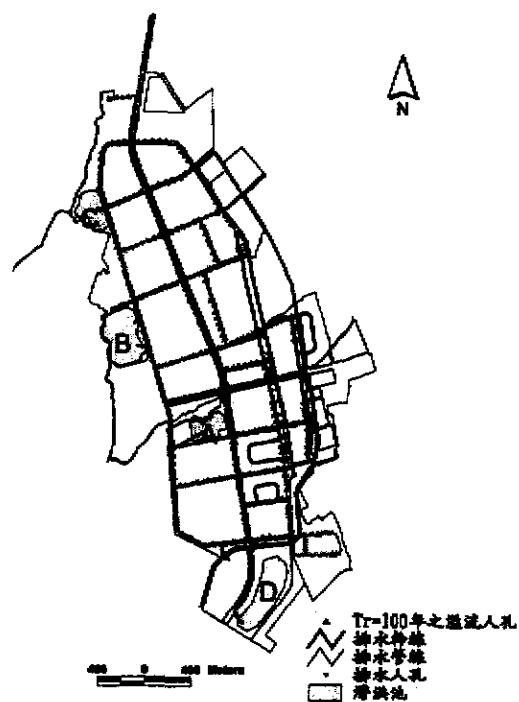


圖 4-3 重現期 100 年降雨之溢流人孔圖

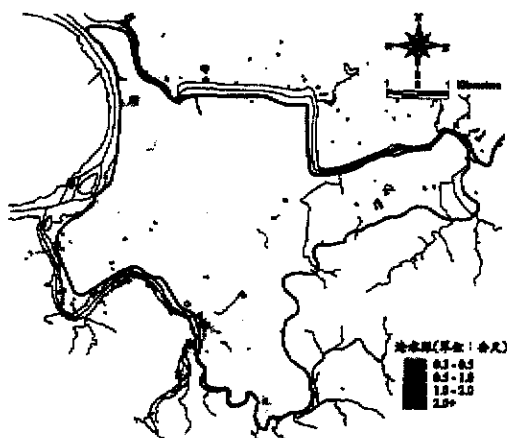


圖 4-2 瑞伯颱風台北市中央區模擬積水範圍圖

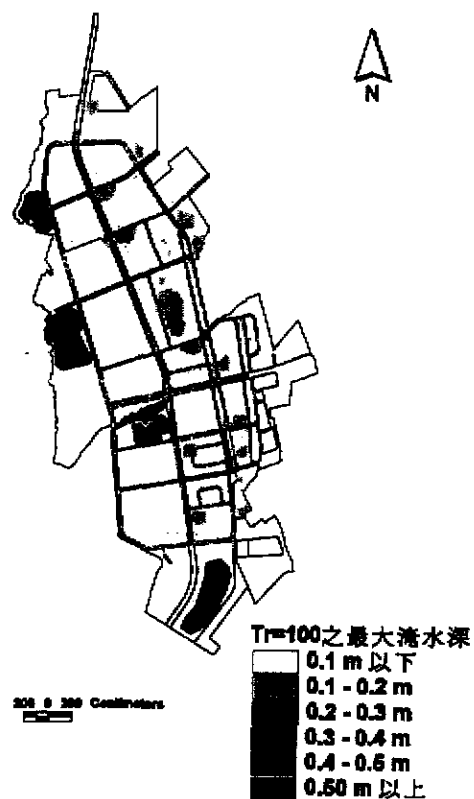


圖 4-4 重現期 100 年降雨之最大淹水深度圖

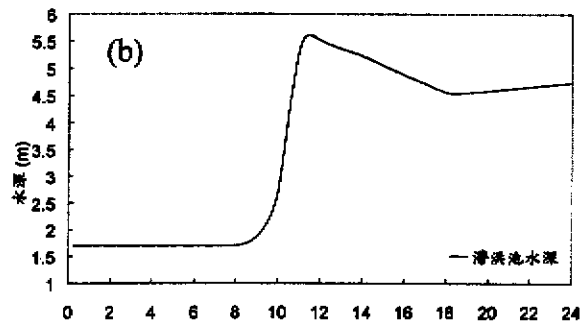
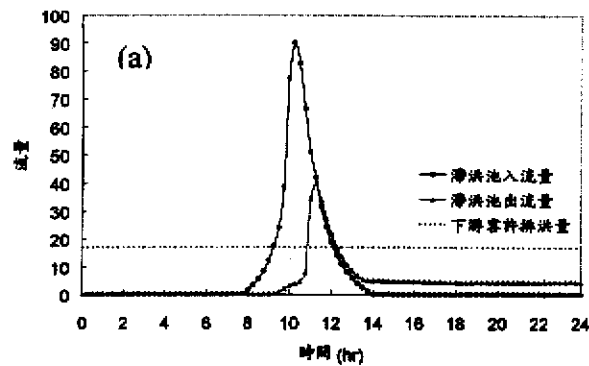


圖 4-5 重現期 100 年降雨之滯洪池 B 歷線圖

(a) 滯洪池 B 之入流、出流歷線

(b) 滯洪池 B 水深隨時間變化圖

表 4-1 淹水比較表

|                           | 重現期<br>25 年 | 重現期<br>50 年 | 重現期<br>100 年 |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 溢流人孔個數                    | 77          | 102         | 129          |
| 淹水深度<br>>0.5m 之淹水面積 (公頃)  | 0.12        | 0.40        | 0.92         |
| 淹水深度<br>>0.15m 之淹水面積 (公頃) | 5.48        | 15.64       | 40.00        |

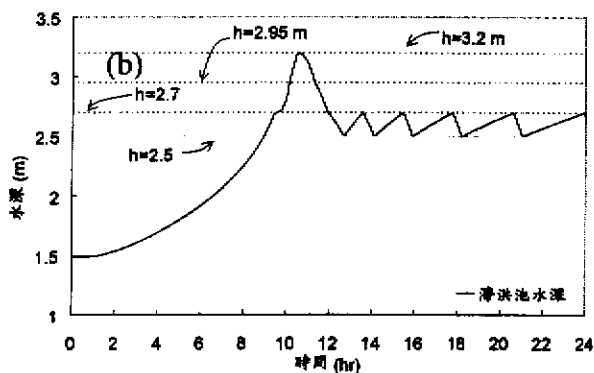
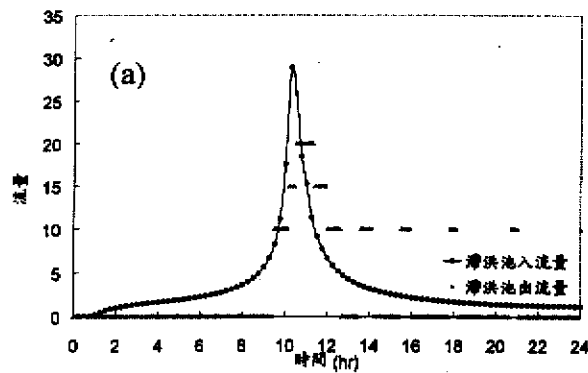


圖 4-6 重現期 100 年降雨之滯洪池 D 歷線圖

(a) 滯洪池 D 之入流、出流歷線

(b) 滯洪池 D 水深隨時間變化圖

表 4-2 滯洪池 B 之滯洪特性比較表

|                                     | 重現期<br>25 年 | 重現期<br>50 年 | 重現期<br>100 年 |
|-------------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 入流體積 (m <sup>3</sup> )              | 343,000     | 457,000     | 581,000      |
| 出流體積 (m <sup>3</sup> )              | 183,000     | 265,000     | 393,000      |
| 洪峰消滅 $\Delta Q$ (m <sup>3</sup> /s) | 59.45       | 69.17       | 50.27        |
| 洪峰稽延 $\Delta t$ (hr)                | 2.25        | 1.50        | 1.00         |



# 防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)

## —子計畫三：鹽水溪平原排水境況模擬之研究(一)

### 精簡報告

計畫編號：NSC 89-2625-Z-006-029

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

主持人：蔡長泰 教授

研究人員：蔡世瑛、謝澤楨 專任助理

陳信丞 研究生

執行單位：國立成功大學水利及海洋工程學系

### 中文摘要

本子計畫將進行鹽水溪兩岸平原地區之豪雨及暴潮時之淹水與排水現象之境況模擬，探討地面水流與排水系統及河系之匯聚渲洩，以及沿海漲潮對河流及排水系統渲洩洪水之影響，以提供相關單位規劃及改善整體性防洪排水系統之依據，及相關各子計畫建立基本資料庫及防洪決策支援系統之利用。

第一年度中，本計畫完成研究地區之水系洪流演算模式及擬似二維淹水模式之結合，並用以模擬研究地區在豪雨期間排水洩洪之過程。

**關鍵詞：**境況模擬、排水過程、淹水模式、洪流演算模式

### Abstract

The purpose of this subproject is aimed at scenario simulation in inundated and drained processes due to rainstorms and storm surge for southern and northern plains of Yen-Shoie River to discuss the interaction between drainage network, river network and surface flow. Also, the effect of high tide on the flow in rivers and drainage network can be discussed. The planning and improving for flood control and drainage systems of related organizations can utilize the aforementioned research results. Furthermore, the establishment of database in related subprojects and decision for flood control system can be performed.

This subproject develops a combined model for quasi-two-dimensional inundation

model and river network flood routing model for study area. Then, the impact on drainage of study area caused by the processes of rainstorm, storm surge can be analyzed.

**Keywords:** Scenario simulation, Drainage process, Inundation model, Flood routing model

### 一、緣由與目的

鹽水溪為台灣廿一條主要河流之一，發源於台南縣龍崎鄉大坑尾之中央山脈南部低山地帶，並於台南市安南區與安平區間流入台灣海峽，主流全長42公里，流域面積343平方公里，涵蓋台南縣之龍崎、關廟、歸仁、山上、左鎮、新化、善化、安定、新市及永康等鄉鎮市之全部或部分，以及台南市之北、東、安南、安平等區，其地理位置分布如圖1。流域內，高程10公尺以上地區多在縱貫鐵路以東，其餘為10公尺以下之平原。鹽水溪兩岸平原北起曾文溪南岸，南至二仁溪南岸，以及縱貫鐵路以西至台灣海峽，有台灣最古老之都會區—台南市，以及嘉南平原之農業區，灌溉圳路及排水路縱橫密布，交通發達，鐵路、公路縱橫交錯，地面高程及水路系統、道路系統分別如圖2、及圖3所示。由於地勢平坦，並有多處局部低窪地區，低窪帶，大排水路如嘉南大圳排水路（鹽水溪大排）及鹽水溪本流下游即沿低窪帶蜿蜒而行，因而每逢豪雨，易肇洪泛，災情頗重。例如民國70年九三水災時，曾文溪南岸溢流，使沿低窪帶漫淹。加以河道及排水路之感潮段長，益增洪水渲洩不及之機率而加重災情。

近年來，本地區急遽轉型為高科技產

業基地，經濟部設立之台南科技工業區，國科會設立之台南科學園區，以及新吉工業區等，均接近完成，另規劃完成之南科特定區，高速鐵路工程等土地開發案及重大工程；再者，鹽水溪河口溼地及鄰近地區已成為國家級之四草野生動物保護區，等等，因而本地區已將成為都會區，高科技產業區，以及精緻農業與自然生態保育區之三種土地利用之典型發展區，豪雨洪泛淹水所造成災害，將遠大於往昔古老都會區及低度開發農業區時代之淹水災害。故消滅洪災損失，解決淹水問題已成為本地區自然生態保育及社會經濟繁榮進步之關鍵。

有鑑於鹽水溪兩岸平原消滅洪災損失，解決淹水問題之重要性，本整合型計畫總體目標之一為以鹽水溪流域為示範研究區域，預計以三年期間完成建立流域洪災防護之基本資料庫，並配合流域現況之整治工程、排水系統改善工程與氣象水文監測系統，串聯降雨、逕流與水理等模式，以研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及災害損失評估模式，最後再將流域洪災防護基本資料庫與淹水災害境況模擬結合建立一套颱風災害決策支援與展示系統，期以非工程防洪手段配合流域現有之防洪工程設施，相輔相成，以達到流域防洪減災之目的。

本子計畫即以鹽水溪兩岸平原，在不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬為主要目的，研究成果可為規劃改善防洪排水系統之依據，及建立防洪決策支援展示系統之利用，達到鹽水溪兩岸平原防洪減災之總體目標。

## 二、基本方程式與模式之建立

本子計畫進行之鹽水溪平原淹水與排水之境況模擬，除軟、硬體周邊設備外，最重要的是必須建立豪雨及暴潮期間之淹水及排水演算模式，以獲得淹水過程及排水過程之水深及流量資訊。因此不僅要收集及分析研究地區之地理及水文資料，排水系統現況資料，歷年洪泛淹水資料，更要建立淹水及排水演算模式以進行模擬演算。

本子計畫所建立之淹水—排水模式是由水系洪流演算模式及擬似二維淹水模式結合而成，分別說明如下：

### 1. 水系洪流演算模式

研究地區之水係包括河系，排水網路系統及灌溉圳路系統等。各水路之流況可以視為一維變量流時，則其基本方程式如下：

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial y}{\partial t} = q_i - q_o \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial Q}{\partial t} + 2V \frac{\partial Q}{\partial x} - V^2 B \frac{\partial y}{\partial x} - \\ & V^2 A_x' + gA \left( \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) \\ & = q_i V_i - q_o V \end{aligned} \quad (2)$$

以上各式， $t$ =時間； $x$ =沿主流方向之距離； $y$ =水深； $A$ =水深為 $y$ 時之通水面積； $R$ =水力半徑( $=A/P_w$ ， $P_w$ =濕周)； $Q$ =流量； $B$ =水深為 $y$ 時之水面寬； $Z$ =底床高程； $V$ =斷面平均流速= $Q/A$ ； $g$ =重力加速度； $q_i$ =單位河段長度之側向進流量； $q_o$ =單位河段長度之溢岸流量，假設溢岸水流沿主流方向之速度與溢流處之斷面平均流速 $V$ 相同； $V_i$ =側向進流在主流方向上之速度分量； $S_f$ =摩擦坡度，可由 Manning 公式求之； $A_x'$ =非稜柱型渠道在同一水深時，沿 $x$ 方向之斷面變化即 $A_x' = \int (\partial \xi / \partial x) dy' = (\partial A / \partial x)_y$ ， $\xi(x, y')$ 為 $x$ 處之斷面距底床 $y'$ 處之寬度。

本子計畫以數值方法求解(1)式及(2)式。將每一水路分成若干小段，應用有限差分法之線性完全隱式法(linear-fully-implicit scheme)離散化(1)式及(2)式為線性差分式。再將每一斷面之流量及水深轉換為以該水路兩端斷面之流量及水深表示。

水系由許多節點與水路組成，每一節點有若干水路交匯。水路坡度一般很小，可假設交匯處(節點)之各水路端點水位相等，而以節點水位表示之。則由每一節點之流量連續方程式可得節點水方程式[17,21,22,23,24]。故若水系有 $m$ 個節點，就有 $m$ 個水位方程式，可聯立求解各節點之水

位，此水位亦為水路在交匯點(節點)之端點斷面之水位。求得每一水路兩端之水位後，便可求解每一水路每一斷面之水位與流量。

## 2. 擬似二維淹水模式

異常豪雨或洪水氾濫時，以相當開發之平原洪泛區將因地勢高低，道路，排水路及土地利用狀況(社區，農田，魚塭，公園，綠地等)之影響，可分成若干分區(cell)，相鄰分區之間以合乎水理現象之水流連續方程式及流量律連接之，以描述洪泛區複雜地形物之淹水過程。擬似二維淹水模式之基本方程式如下：

### (1) 水流連續方程式

每一分區(如 i 分區)與其相鄰分區(如 k 分區)間之水流連續方程式如下：

$$A_{s_i} \frac{dZ_i}{dt} = P_i(t) + \sum_k Q_{i,k}(Z_i, Z_k) \quad (3)$$

上式中， $A_{s_i}$  = t 時刻 i 分區之水表面積； $P_i(t)$  = t 時刻 i 分區之降雨量(=降雨量 × i 分區之面積)； $Q_{i,k}$  = 由 k 分區(相鄰於 i 分區)流進 i 分區之流量。

### (2) 分區間之流量律

分區間水流之流動將視分區間邊界之情況分成川流型、堰流型及涵洞型等三種：

- 川流型—若相鄰分區間無局部障礙物(例如僅為與地面齊平或略低之巷弄)，則視為川流型，而由各分區水位應用曼寧公式計算此二分區間之流量  $Q_{i,k}$ 。
- 堰流型—若相鄰分區間有高出地面之街道理等障礙物，則此一障礙物如同寬頂堰，視各分區水位而採用自由堰流公式或潛沒堰流公式計算此二分區間之流量  $Q_{i,k}$ 。
- 涵洞型—若相鄰分區間之障礙物有涵洞，則應用涵洞公式計算此二分區間之流量  $Q_{i,k}$ 。

本研將應用顯式有限差分法求解以上之基本方程式而建立擬似二維淹水模式。

## 3. 水系洪流演算模式與淹水模式之結合

異常豪雨時，農田，綠地之地表逕流可越過田埂、道路漫流或流如相鄰水路或魚塭、池塘，水路及魚塭池塘積水過身亦會溢流漫淹；社區街廓之積水可流向道路或流入排水路，或道路水流流向兩側社區街廓，或排水路之水流溢岸流向兩側地區，則水系模式應與淹水模式串聯以演算淹水及排水過程。就水理基本現象而言，溢岸水流或由地表逕流側流入水路，應可以堰流現象近似之，因此本研究以寬頂堰之堰流理論結合排水網路模式與淹水模式。

若水路某段之水位為  $h_A$ ，與該段水路相鄰之分區(cell)之水位為  $h_B$ ，則以  $h_A > h_B$  之情形而言：

$$(1) \text{自由堰流型 } (h_B - h_w) < \frac{2}{3}(h_A - h_w) :$$

$$Q = \Phi \cdot (h_A - h_w)^{3/2} \quad (4)$$

$$\Phi = \mu_1 \cdot \Delta x \cdot \sqrt{2g}$$

$$(2) \text{潛沒堰流型 } (h_B - h_w) \geq \frac{2}{3}(h_A - h_w) :$$

$$Q = \Psi \cdot (h_B - h_w)(h_A - h_w)^{3/2} \quad (5)$$

$$\Psi = \mu_2 \cdot \Delta x \cdot \sqrt{2g}$$

以上二式中， $h_w$  為水路與分區交界處岸頂高程，即堰頂高程；交界處之長度  $\Delta x$  即為寬頂堰長度； $g$  為重力加速度； $\mu_1$  及  $\mu_2$  分別為堰流係數， $\mu_1 = 0.3 \sim 0.5$ ， $\mu_2 = 2.59 \mu_1^{[10,11]}$ 。

結合後之淹水—排水模式演算流程如圖 4 所示。

## 三、結果與討論

本計畫於今年度有二個主要工作項目，一為水文、地文等資料之蒐集、分析與建置；另一則為模式之建立。茲於下分述之：

### 1. 資料蒐集與建置

- (1) 排水系統：鹽水溪流域內灌溉及排水水路錯綜複雜，利用 1/50000 之電子圖檔為工作底稿，配合經濟部水利處提供之排水系統圖、行政院農委會農田水利會務所提供鹽水溪灌溉及排

水路資料及 1/25000 之地形圖，加以過濾比對，進行分析並建檔備用，流域內之主要排水系統分布如圖 2。

- (2) 高程資料：除舊有之地表高程外，因應台南科學園區內部之整地，包含滯洪池之開挖、排水路改道以及地表填方等。蒐集整地後之地貌地物現況更新部分舊有資料，並建檔備用。
- (3) 道路系統：在都會區中，道路系統對地表逕流之漫淹匯聚有極大之影響，在鹽水溪流域中，主要道路系統有縱貫鐵路、1 號國道、1 號省道、17 號省道、19 號省道及台 19 甲省道（原 177 縣道）均為南北走向，178 號縣道則為東西走向，展示於圖 3。根據調查結果，高速公路沿線之路堤高度為 2 至 8 公尺，局部低窪地點亦有較高路堤，排水路及道路以涵洞穿越高速公路。
- (4) 雨量資料：鹽水溪流域內共有台南、崎頂及虎頭埤 3 個雨量站，雨量資料之蒐集建置業已完成。
- (5) 堤防：沿鹽水溪兩岸之堤防資料業已蒐集完成，如圖 5 所示。
- (6) 潮汐資料：由於鹽水溪屬感潮河流，需考慮暴潮對研究範圍之影響，將軍地區潮位觀測資料業已建檔備用。

## 2. 模式之建立與應用

本子計畫所建立之淹水—排水模式是由水系洪流演算模式及擬似二維淹水模式結合而成。以 5 場不同降雨條件來探討模式之合理性與實用性，演算所需之資料分述如下：

### (1) 研究範圍

本計畫之研究範圍與子計畫一是以鹽水溪豐化橋為主要分野，豐化橋以上之集水區為子計畫一之研究範圍，以下則是本計畫之研究範圍，子計畫二則為台南科學園區之範圍，由圖 1 可看出子計畫一、子計畫二及本計畫研究範圍之位相關係。

### (2) 基本地形資料

地形資料為應用國立中央大學太空及遙測中心之數值地形資料(DTM)及最近完成之特定區測量資料整理而成。其中，主要進行台南科學園區範圍內之地表高程之

更動(滯洪池 A、B、C、D 之設置、排水路之變化等)以符合實際現況。

### (3) 淹水網格

本研究布置淹水格網之範圍是依據台灣地區河川流域圖找出之研究區域，其邊界之西邊為菜寮溪分水嶺，東為岸線，南以鹽水溪分水嶺及潭頂溪分水嶺為界，北以曾文溪堤防為界。

布置格網則是先依據排水路資料、水系、道路系統、堤防線及土地利用等圖加以套疊，再配合 DTM 數值高程圖而劃分各淹水網格及各網格之高程。劃分完成之淹水格網如圖 5 所示。

### (4) 雨量資料及邊界條件

與子計畫一交界處之流量歷線是由子計畫一進行降雨逕流模式所得提供作為演算模式時欲輸入之邊界條件。雨量資料及流量歷線如表 1、圖 6 所示，共有 10 年、50 年、100 年及 200 年重現期之單日 24 小時設計雨量以及一場 88 年 7 月之歷史豪雨共 5 場不同雨型。

### (5) 淹水調查

本地區淹水主要原因係天然地勢低窪，排水出口受外水頂托，重力排水困難所致。根據實地調查結果，本地區較容易產生淹水之地區包括大洲排水路左岸低窪地區、鹽水溪排水(安順寮排水匯流前)高速公路兩側、安順寮排水路右岸低窪地區。近年來發生較為嚴重之淹水災害，如民國 77 年 8 月 14 日豪雨，造成新市鄉大面積浸水，依據新市鄉公所之調查淹水深度超過 1.5 公尺，淹水面積廣達 1,600 公頃，淹水時間 2 天。民國 86 年 7 月 1 日豪雨，造成計畫區內約 2,000 公頃之淹水面積，依調查結果之最大淹水深度，座駕排水匯入大洲排水處約 1.3 公尺；大社排水匯入大洲排水處約 1.6 公尺；新市排水匯入大洲排水處約 2.3 公尺，最大淹水時間約 48 小時。

依據上述演算條件，模式分別進行 5 場不同雨型之模擬演算，其最大淹水深度圖分別如圖 7 至圖 11 所示。由圖 7 至圖 10 中可發現各不同重現期所產生之積水分布位置相似，主要位於台南科學園區外之西南側處以及接近鹽水溪下游接近出海口處。相較於實際淹水調查，結果顯示模式

模擬之淹水深度、範圍與實際淹水調查之易淹水區相近。若對照圖 2 高程圖不難發現上述之地區相較於其鄰近地區為相對低地，無法順利以重力將積水排除而導致淹水。

觀察表 1 可知民國 88 年 7 月之歷史豪雨降雨強度雖不高，然降雨集中且延時長，故在較低窪處亦因積水不易排除而導致有較深之積水產生。

#### 四、計畫成果自評

研究區之地形地物地貌直接影響淹排水過程與淹水潛勢，是故在地文資料蒐集方面應力求符合現況。在本年度執行計畫中，特別針對因應台南科學園區開發連帶產生地形地物地貌之改變，積極更新資料以提高模式模擬之精確度。

由模擬結果與實際淹水調查結果觀察比較可發現淹水潛勢相近，顯示所建立之模式模擬結果良好可進一步加以應用。

#### 五、謝誌

本研究計畫承蒙 行政院國科會永續發展研究推動委員會提供研究經費，謹此誌謝。

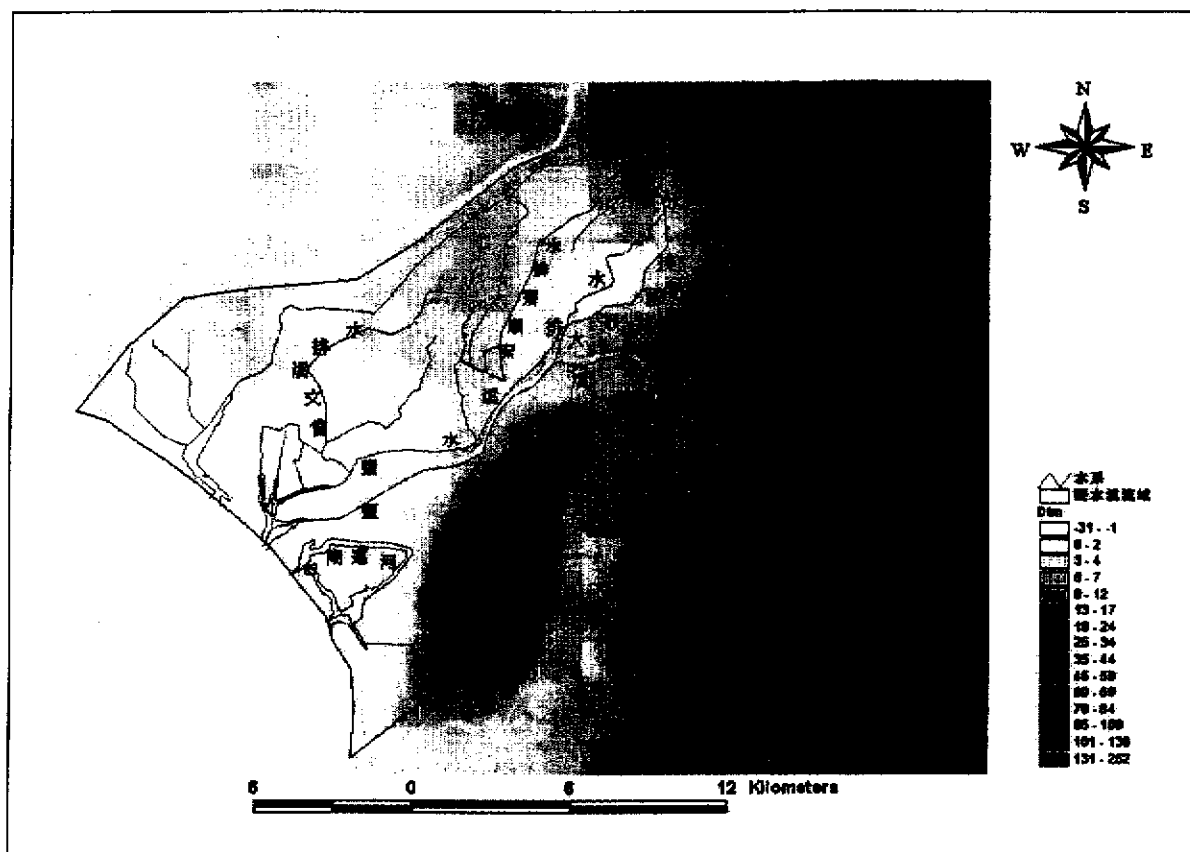
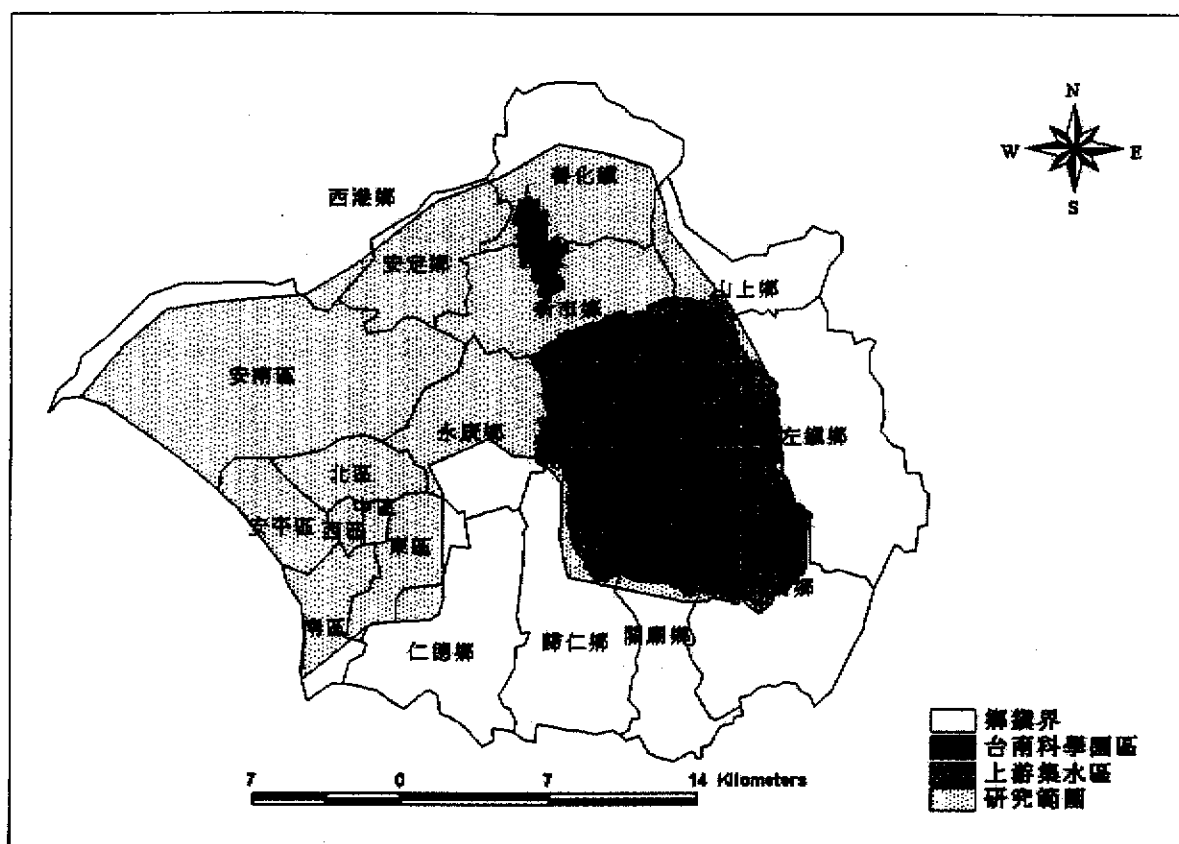
研究期間，執行上承蒙行政院農委會農田水利會務提供鹽水溪灌溉及排水路資料、台南縣政府及台南科學園區籌備處提供寶貴資料，謹致由衷之謝忱。

#### 參考文獻

- [1] 譚建國等，土木工程研究重點規劃，國科會工程技術發展處，NSC88-2217-E006-009，民國 88 年 9 月。
- [2] 呂育勳、蔡長泰、顏沛華、吳慶現，「淹水數學模式之實驗研究」，台灣水利季刊，第 43 卷，第 2 期，pp.37-44，民國 84 年 6 月。
- [3] 蔡長泰、顏沛華、林天源、吳慶現、彭文宗，「濁水溪潰堤淹水模式之研究」，行政院國科會防災報告 78-26 號，民國 78 年 10 月。
- [4] Holly Jr. F.M., J.C. Yang, P. Schwara, J. Schaefer, S.H. Hsu and R. Einbelling, "CHARIMA-Numerical Simulation of Unsteady Water and Sediment Movement in Multiply Connected Networks of Mobil-Bed Channels", Report No.343, 1990.
- [5] 林志翰、蔡長泰、郭金棟，「明渠排水網路變量流模式之研究」台灣水利季刊，第四十

四卷，第三期，pp.31-43，民國八十五年九月。

- [6] 林永德、楊錦釗、簡仲和、陳義平、許哲彥、蕭茂鎮、黃子倫，「潰堤淹水模式—DRAIN之發展研究」，農委會 79 農建-7.1-林-49(8)，台灣省水利局，民國 79 年 12 月。
- [7] 陳菁如，「淹水與排水數值模擬之研究」，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文，民國 85 年 6 月。
- [8] 蔡長泰，「八掌溪南岸淹水預報模式之研究(II)」，國科會專題研究計畫報告，民國 85 年 10 月。



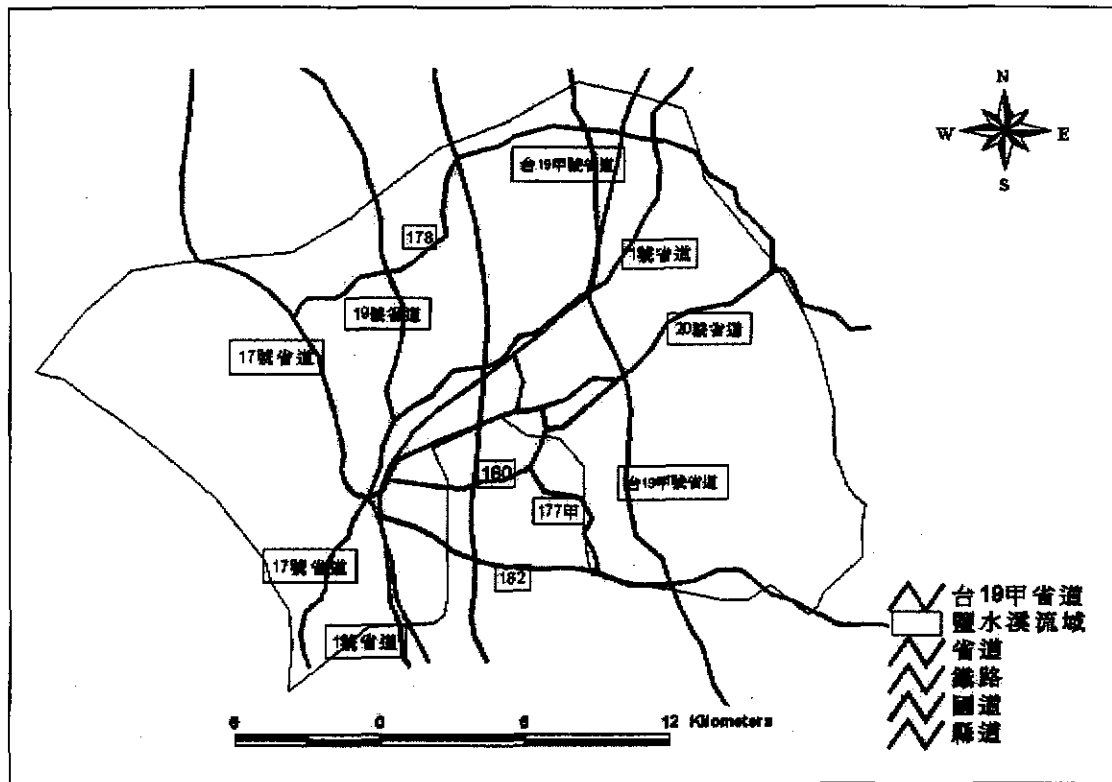


圖 3 研究範圍之交通系統示意圖

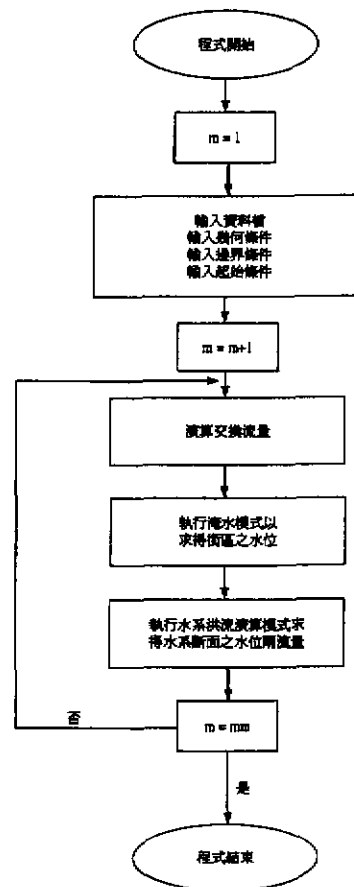


圖 4 淹水—排水模式演算流程

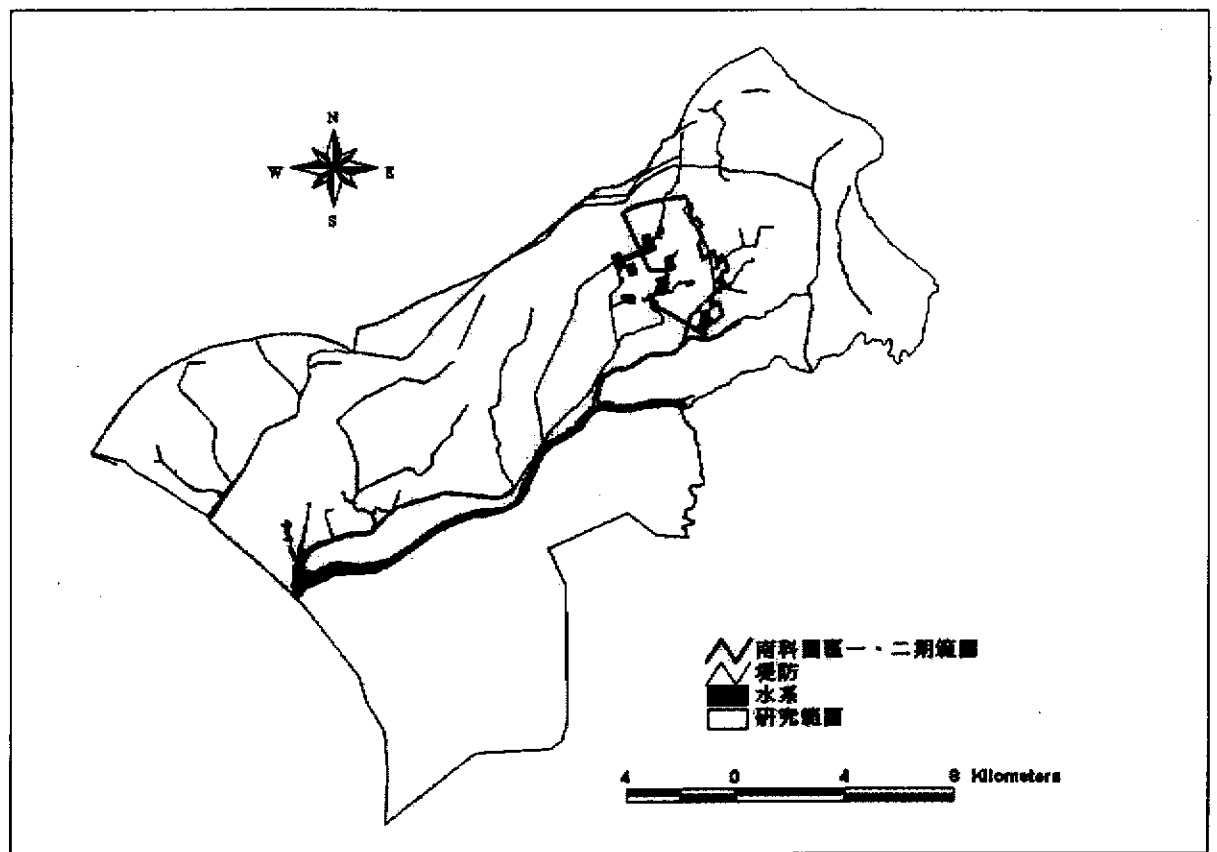


圖 5 堤防之分布圖

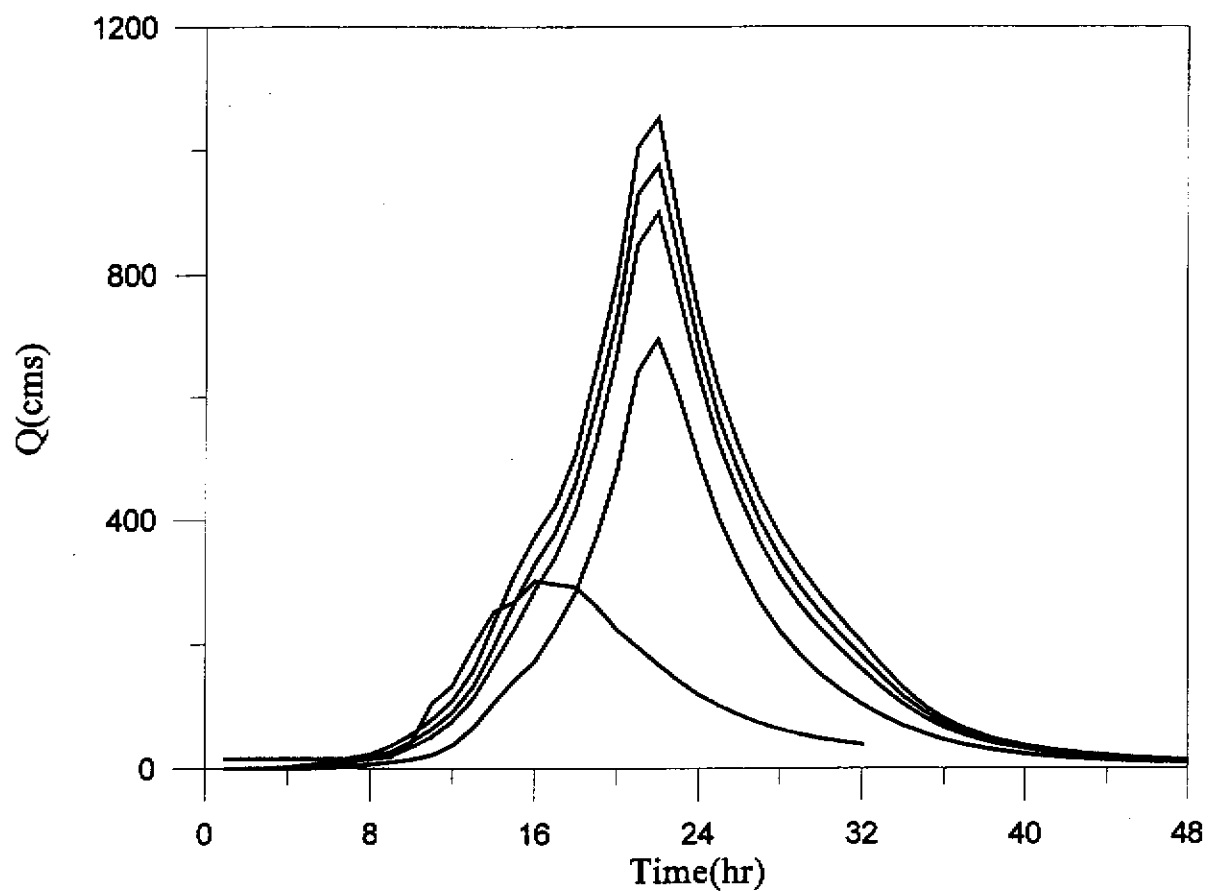


圖 6 邊界條件之流量歷線



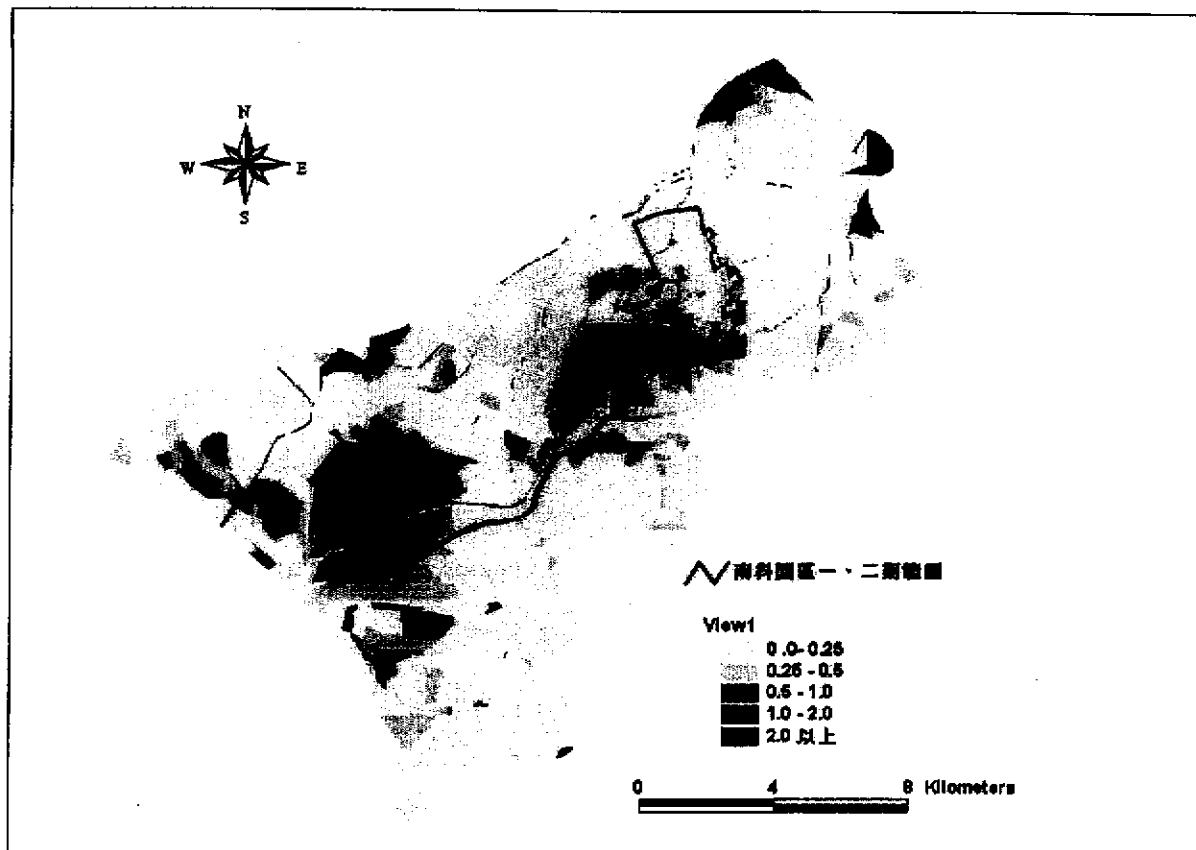


圖 7 10 年頻率之最大淹水深度圖

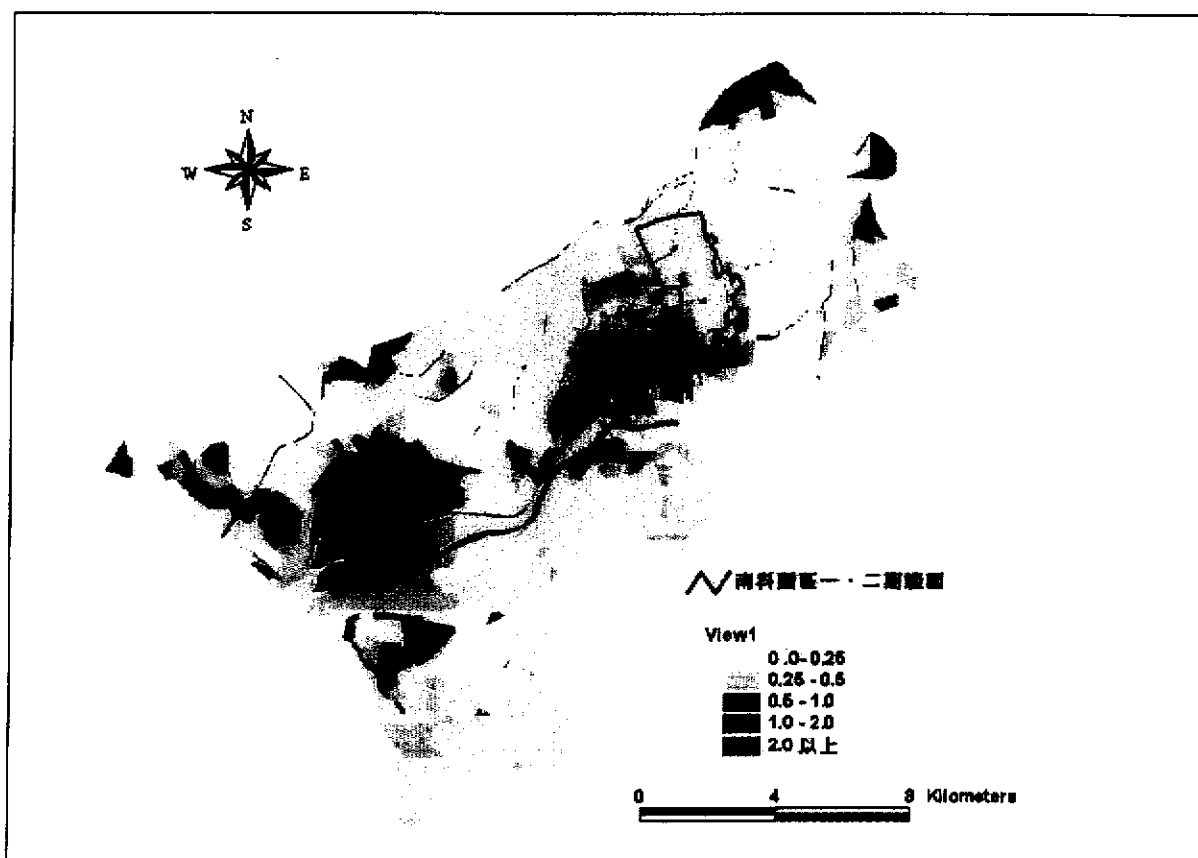


圖 8 50 年頻率之最大淹水深度圖

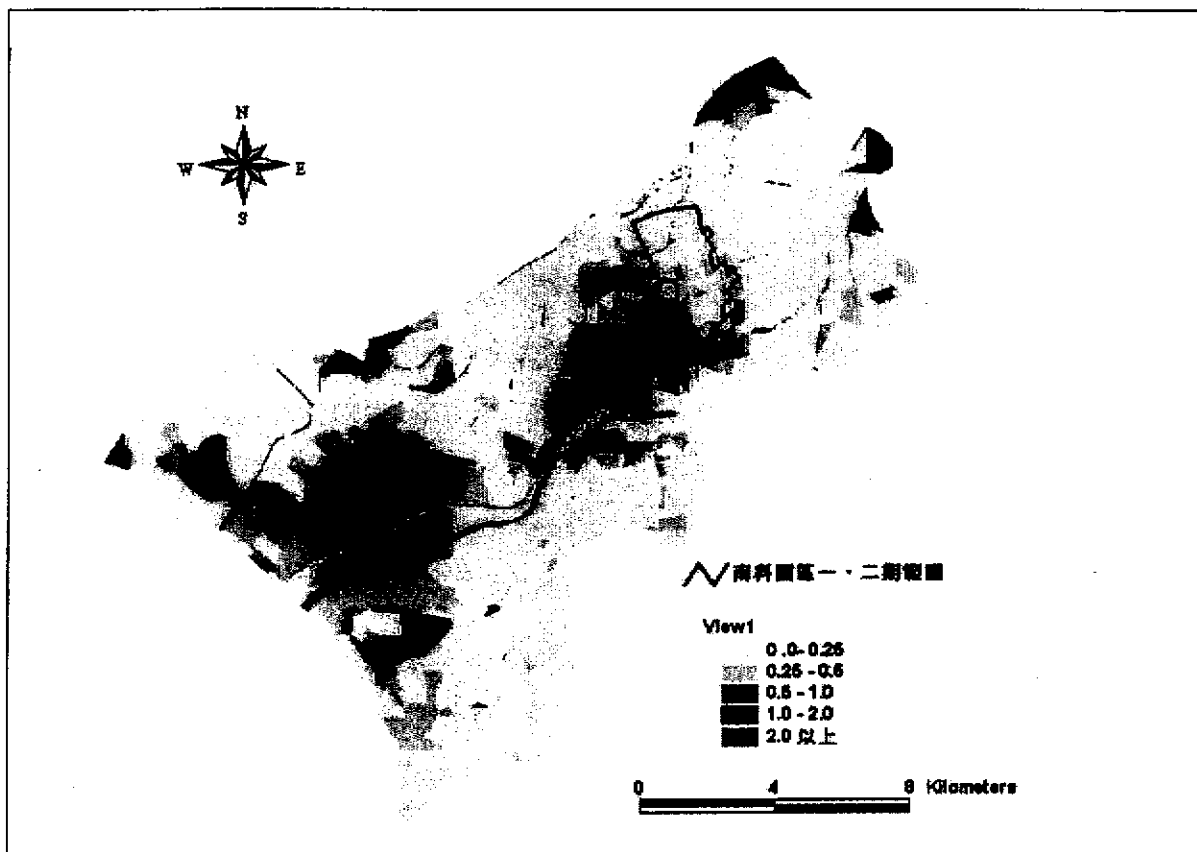


圖 9 100 年頻率之最大淹水深度圖

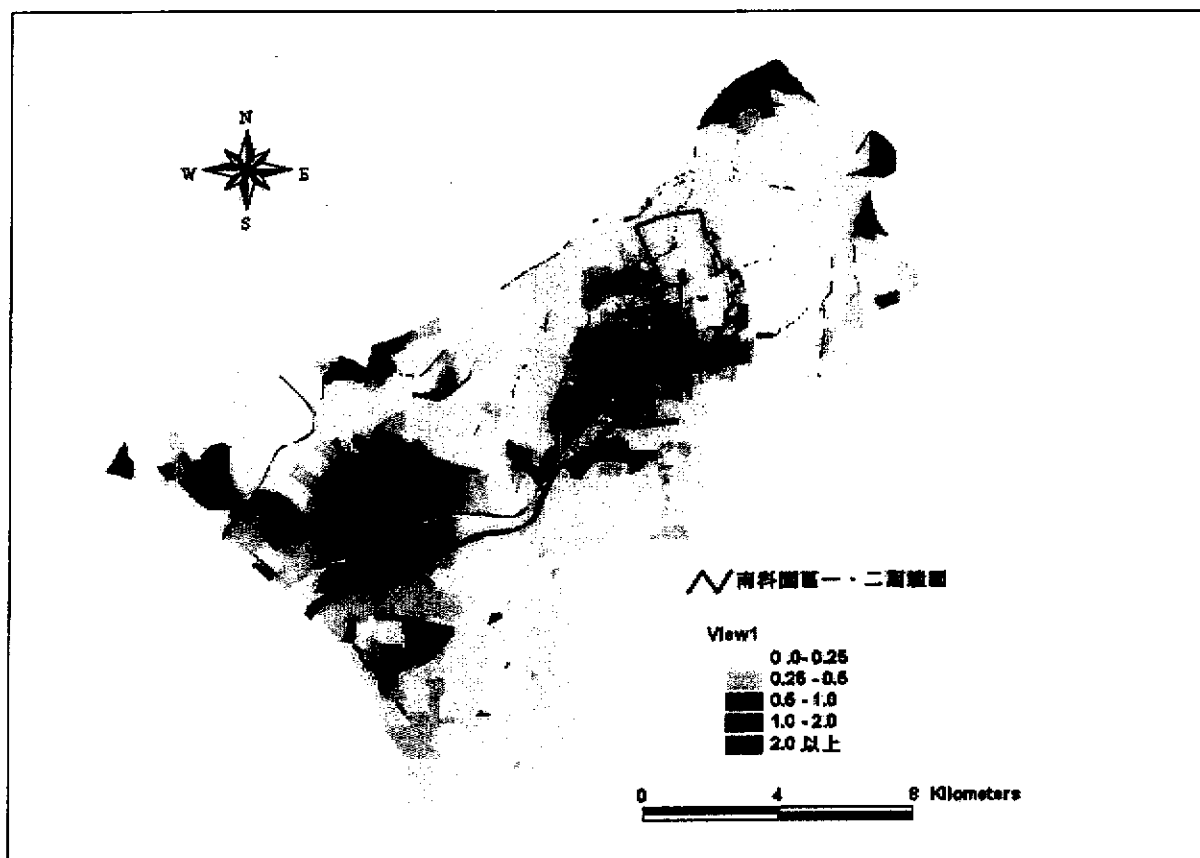


圖 10 200 年頻率之最大淹水深度圖

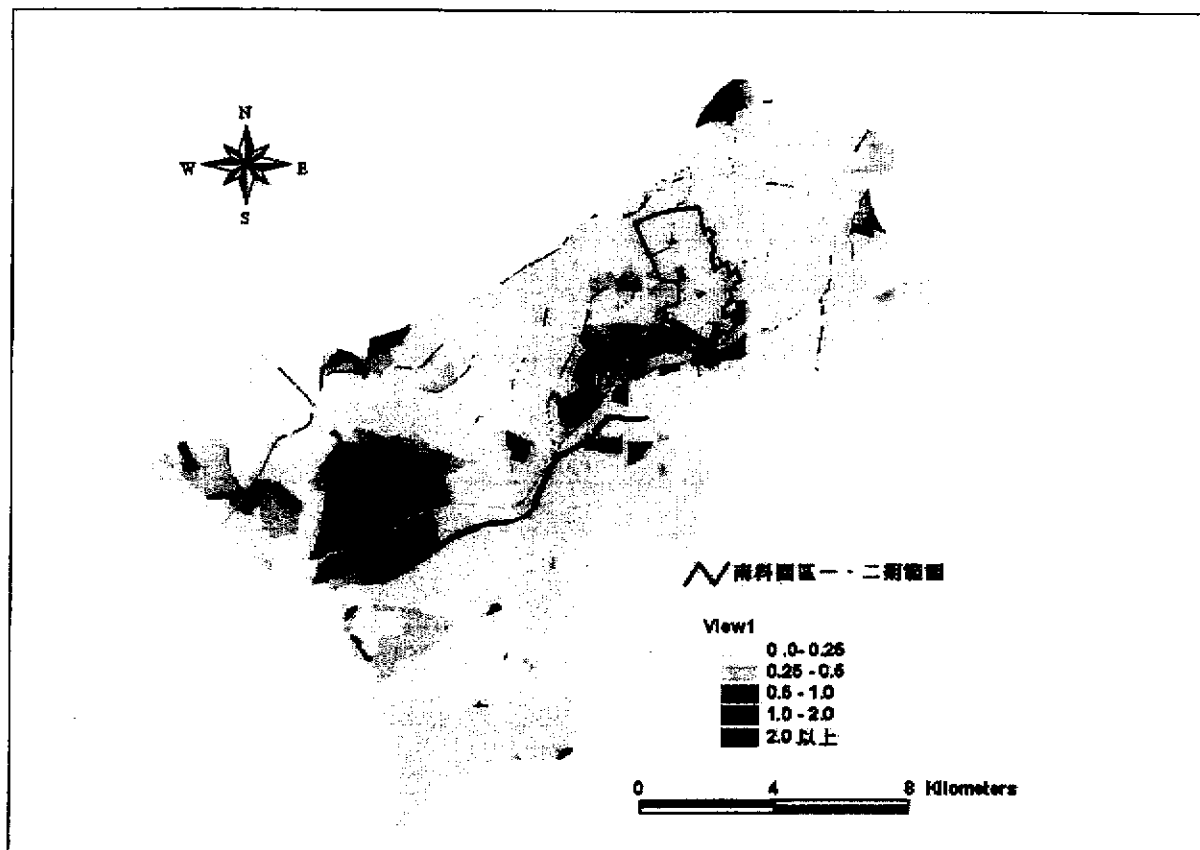


圖 11 88 年 7 月歷史豪雨之最大淹水深度圖

表 1 演算案例之雨量組體圖

| 小時 | 10 年頻率 | 50 年頻率 | 100 年頻率 | 200 年頻率 | 88 年 7 月之歷史豪雨 |
|----|--------|--------|---------|---------|---------------|
| 1  | 5.79   | 8.45   | 9.56    | 10.65   | 0             |
| 2  | 6.12   | 8.89   | 10.01   | 11.09   | 0             |
| 3  | 6.63   | 9.39   | 10.63   | 11.64   | 0.329         |
| 4  | 6.89   | 9.92   | 11.12   | 12.45   | 2.406         |
| 5  | 7.51   | 10.73  | 11.94   | 13.26   | 0.354         |
| 6  | 8.29   | 11.69  | 13.11   | 14.33   | 0             |
| 7  | 9.19   | 12.86  | 14.28   | 15.62   | 0.207         |
| 8  | 10.51  | 14.43  | 15.96   | 17.49   | 24.819        |
| 9  | 12.46  | 16.71  | 18.33   | 19.93   | 33.226        |
| 10 | 15.41  | 20.19  | 22.02   | 23.72   | 7.975         |
| 11 | 21.27  | 26.89  | 28.89   | 30.83   | 28.994        |
| 12 | 39.27  | 46.86  | 49.26   | 51.35   | 31.991        |
| 13 | 81.99  | 100.1  | 106.82  | 113.47  | 10.298        |
| 14 | 27.15  | 33.43  | 35.59   | 37.59   | 11.974        |
| 15 | 17.77  | 22.97  | 24.84   | 26.66   | 5.897         |
| 16 | 13.72  | 18.29  | 19.93   | 21.65   | 0.91          |
| 17 | 11.35  | 15.43  | 17.06   | 18.51   | 0             |
| 18 | 9.91   | 13.6   | 15.06   | 16.54   | 0             |
| 19 | 8.85   | 12.23  | 13.51   | 14.97   | 0             |
| 20 | 7.91   | 11.27  | 12.44   | 13.84   | 0             |
| 21 | 7.35   | 10.46  | 11.74   | 12.81   | 0             |
| 22 | 6.77   | 9.75   | 10.87   | 12.14   | 0             |
| 23 | 6.22   | 8.97   | 10.15   | 11.29   | 0             |
| 24 | 5.91   | 8.73   | 9.68    | 10.81   | 0             |
| 25 |        |        |         |         | 0             |
| 26 |        |        |         |         | 0             |
| 27 |        |        |         |         | 0             |
| 28 |        |        |         |         | 0             |
| 29 |        |        |         |         | 0             |
| 30 |        |        |         |         | 0             |
| 31 |        |        |         |         | 0.107         |
| 32 |        |        |         |         | 0.082         |

(單位：mm)

# 防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)

## 一子計畫四：鹽水溪流域洪災損害評估模式與資料庫建立之研究(一)

### 精簡報告

計畫編號：NSC 89-2625-Z-002-058

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

主持人：陳增壽 助理教授

研究人員：謝龍生 博士

陳宣宏 研究生

執行單位：國立台灣大學農業工程學系

### 中文摘要

行政院於民國八十六年十一月間成立防災國家型計畫，其中有關防洪工作之主要目標，在於模擬不同設計暴雨情況下台灣地區可能之淹水情況，進而評估洪災所造成之損失，作為災害減輕及防災作業之依據。計畫中並選定台北盆地及鹽水溪流域為示範區洪危害度分析之對象。本研究擬以三年期間，分年依序建立鹽水溪流域之淹水損失資料及地理資訊系統資料庫，利用地理資訊系統作為資料建置、管理與分析之工具，建立與洪災研討相關之地理資料庫，並據以建立不同設計降雨下洪災損失之評估模式。

由於淹水損失之評估具有高度之地域性，本計畫預定以鹽水溪流域作為研討之區域，更由於此區域內之人口密集，地勢低窪，每年夏秋之際暴雨飆洪來襲時，時常造成巨大之災害，因此此區域防洪治災之工作，一直是政府重要施政措施之一。鹽水溪流域近十數年來，由於南部科學園區之興建及土地利用變化快速，人口急劇成長，屬於高密度工業發展之地區，且近年來新市及永康等鄉鎮屢傳水患，因此十分適合作為洪災研討之標的。本計畫之主要目的，即是架構一套區域淹水損失之推估模式，了解不同設計暴雨洪氾區所造成之損失，以提供防災決策之參考。本計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」整合型計畫之子計畫四。研究過程中需要子計畫二及子計畫三提供之鹽水溪淹水潛勢資料，最後研究成果則可進一步提供給子計畫五之防洪決策

支援系統，以達成總計畫規劃之研究目標。

關鍵詞：鹽水溪流域、南部科學園區、淹水演算模式、地理資訊系統、淹水潛勢、洪災損失。

### Abstract

National Science and Technology Program for Hazards Mitigation was established by the Executive Yuan of the R.O.C in Nov. 1998. One of the main goals of flood hazard mitigation is to simulate inundation with different designed storms in Taiwan. The decision support system and the recovery plan of flood hazard will be based on the assessment of the flood damage. A three-year research project of the Analysis Model and Database Establishment of Flood Damages for Yen-Shui Creek Basin is ongoing with the following purposes. Firstly, the geographic information system (GIS) database of Yen Shui Creek will be set up in sequence. Then, the analysis model of flood damages will be established under various design storms.

Because the analysis model of flood damages is highly regional, the Yen-Shui Creek Basin is selected to be the demonstration area. Flood and inundation frequently occur in this area due to bountiful precipitation of upstream mountainous area as well as the mild slope and meandering of mid and downstream area of Yen-Shui Creek. Especially the typhoon and southern-western storm in summer and autumn have caused severe disasters in the past. The lowland along Yen-Shui Creek has been highly urbanized due to the population

concentration, enormous demand of land, and the establishment of the Tainan Science-Based Industrial Park. The main purpose of this study is to develop an Analysis Model and a Database of Flood Damages to assess the flood damages in the inundation zones under various designed storms. This project is the 4th sub-project of the integrated project, Inundation Scenario Simulation and Decision Support System for Flood-Damage Mitigation in Pilot Areas (I). The assessment of flood damage will be completed in this project with the inundation potentials of Yen-Shui Creek basin from the second and third sub-projects. The results can provide the 5th sub-project to establish the decision support system for flood-damage mitigation. The results can be used as a reference in proposing the strategy for hazard mitigation and recovery plan.

**Keywords:** Yen-Shui Creek Basin, Tainan Science-Based Industrial Park, Geographic information system, Inundation potential, Flood damage.

## 一、緣由與目的

台灣由於氣候及地形條件特殊，每逢夏秋兩季颱風侵台期間，河川兩岸及低窪地區常常發生洪水災害，近年來台灣工商經濟發達，土地利用日益殷切，洪水災害發生之頻率及造成生命財產之損失，有越來越嚴重之趨勢。鹽水溪流域(如圖 1-1)發源於龍崎鄉大坑尾，向西貫穿嘉南平原南側之農業區域後，於安平港附近流入台灣海峽，全長 42 公里，流域面積 343 平方公里，流域地勢為東南高而西北低，大多數地表高程約在 0~30 公尺之間，地勢相當平坦，流域介於曾文溪與二仁溪之間。流域內常因降雨量集中及中、下游河道坡度平緩與蜿蜒之影響，常有水患發生，尤其夏、秋兩季常遭颱風雨或西南氣流暴雨之侵襲，造成流域嚴重之災情[20]。

政府目前於鹽水溪流域內正進行多項之重大工程與土地開發案，例如高速鐵路之興建、新市鄉台南工業科學園區之開發、台南市安南區台南科技工業區及本洲寮新吉工業區之設置、高速公路永康交流

道附近特定區計劃、永康六甲頂地區都市計劃、新市都市計劃及太平橋附近歷史博物館等。由於國人已了解到洪災防治之工程方法，無法完全杜絕水患，為能有效降低上述各項工程及都市計劃之水患威脅，研擬一套非工程方法之防洪措施，實為刻不容緩之工作。洪災損害評估為非工程方法防洪措施之一，亦為洪災決策擬定中相當重要之工作，其主要功能在能快速準確地估算洪水災害之損失程度。

面臨洪水災害經常造成重大之經濟損失及民眾生命財產之威脅，政府相關部門每年皆投入相當之財力、人力及物力於洪災防救之工作上[15]。然而各項相關洪災防治工程之工期均相當長久，政府必須儘早即時進行災害防減之工程規劃，又因政府之財力有限，實在無法完全滿足所有防災工程之需求，為能有效利用有限之資源，優先處理危險度較高之地區，使防災之投資與其達成之效益盡量相契合，決策者必須能有效區分各區域受災之危險度，充分利用國家有限之資源，提高資源利用之效率。因此，區域洪災損失及危險度之評估，為防災決策上相當重要之工作。危險度是指某區域之災害損失與其發生機率之乘積，為能有效評估災害之危險度，必須先能快速準確估算各種災害程度下之損失，本計畫即針對鹽水溪流域之洪災損害評估模式與資料庫之建立，進行研究探討。

本計畫主要目的是建立適用於鹽水溪流域洪災損害之評估模式及相關之資料庫。如此於颱風災害侵襲之前，則可配合利用氣象預報之降雨訊息，研判流域內各鄉鎮可能發生之淹水區域及深度(淹水潛勢圖)，進一步評估研判各淹水區域之洪災損失程度，提供地方政府在救災資源上做最有效之分配運用。

## 二、資料庫之建立

本研究之目的在建立鹽水溪流域洪災損失之評估模式，配合相關之水理模式演算結果，針對各種不同降雨條件下可能造成之淹水情形，進行淹水危險度分析，以提供有關主管機關架構防救災體系之參考。為進行洪災損失評估之探討，本研究計畫第一年度之工作內容，為進行蒐集各

項相關洪災損失評估之資訊，包括：人口、住宅、交通、行政區域、工商業等相關資料。由於各項資料具有空間分布之特性，本研究並結合地理資訊系統，建置淹水損失評估之資料庫，以提供後續計畫研究分析之用。

### 1. 地理資料庫

有關地文及水文資料方面，鹽水溪全長 42 公里，區內地形如圖 1-1 所示。數值地形資料為中央大學提供之台灣地區精度 40 公尺 x 40 公尺之數值高程資料；土地利用情形(如圖 2-1)係蒐集內政部地政司之台灣省國土利用現況調查之數化資料，繪製而得。

有關水利設施部份之資料，係根據台灣省水利處第六河川局之鹽水溪治理規劃報告中之統計[20]，鹽水溪流域內共有主要橋樑 26 座，相關資料如表 2-1 所示，圖 2-2 則為鹽水溪主要水系及橋樑分布情形。防洪工程設施則有堤防 12 座，長 44,320 公尺，丁壩 23 座及水門 45 座，詳細資料如表 2-2。

有關行政區域相關資料方面，根據內政部至 89 年 12 月底之人口統計資料顯示，目前鹽水溪流域內共有 40 萬戶家庭人口約 132 萬人，各村里之分區及人口分布情形，如圖 2-3 所示。

有關防洪避難設施相關資料，包括主要交通路網，如鐵路、國道、省道及縣道與醫院設施位置等，如圖 2-4 所示。

### 2. 區域社會經濟資料庫

由鹽水溪流域土地使用分區圖(如圖 2-1)顯示，區內土地之使用情形，主要多為低密度之生活農作區，根據台南縣市政府統計要覽之資料，鹽水溪流域內之耕地面積共約 3 萬公頃，各鄉鎮市區之耕地面積，如表 2-4 所示。在工業相關資料方面，區內共有 8000 家工廠，多集中在永康市、仁德鄉及安南區，其分布情形如圖 2-5 所示。

此外，由於台南科學工業園區為高經濟密度區域，一旦發生淹水災害，將對園區內之工商業損失造成極大之影響。因此本研究特別針對台南科學園區內之相關資料，加以蒐集整理[4]。圖 2-6 即

為台南科學園區規劃分區之使用情形，表 2-5 則為台南科學園區三個專業區之預估產值、建廠用地及從業人數之統計。

## 三、流域淹水成因分析與調查

流域淹水區主要可分成兩類[12,19]，一為在豪雨發生時因地勢平坦及排水系統不良，造成局部淹水，此類型之淹水區域與降水區域之重合度高，殆豪雨結束後淹水即迅速消退，此類型之淹水稱為汎洪淹水(flash flood)，此淹水類型經常發生在都市排水之區域，因此都市排水系統之目標，即在防範汎洪淹水類型之淹水；另一類之淹水類型是因為集水區發生豪雨時，引發河川水位暴漲而淹沒洪水平原，也可能造成支流與都市排水系統受到河川水位頂拖迴水(backwater)之影響，因而造成區域之淹水，此類型之淹水區域與最大降雨區域未必相同，其淹水經常發生於集水區較下游地勢平坦之處，稱之為區域淹水，鹽水溪流域之淹水型態即是屬於此類型。

根據過去之淹水紀錄調查報告得知，鹽水溪流域經常發生之淹水地區為大洲排水、鹽水溪排水及台南科學園區等三處，因此進一步針對此三處之淹水成因進行調查，結果分述如下：

### 1. 大洲排水

大洲排水幹線起源於台南縣善化鎮，流域包括道爺村、三舍村、舍內村、大洲村等村落，支線新市排水則於新市一號橋附近，併入大洲排水幹線，最後於大洲一號橋附近匯入鹽水溪，大洲排水幹線全長約 9.5 公里，集水面積約 34.13 平方公里，其中農業區佔 78.5%、住宅區佔 14.0%、養殖區佔 3.5%、工業區佔 4.0%，集水區高地排水部分佔全流域 55.0%，低地排水部分佔全流域 45.0%，其位置如圖 3-1 所示。本區域較容易淹水之地區為大洲排水路左岸之低窪地區，造成本排水區域淹水之主要因素有[9,18]：

(1) 天然地勢低窪，排水出口易受外水頂托，重力排水極為困難。大洲排水流域最低地面標高僅約 3.5 公尺，其排水計畫重現期 10 年之計畫洪水位為 7.04 公尺，

由此可知計畫洪水位比實際地形之高程為高，因而造成此地區每逢豪雨即淹水成災。

(2) 現有排水路經常淤積阻塞，造成排水路通水斷面積不足，導致河道洪水溢堤漫淹。

(3) 各村落開發時，排水設施並未同時增建或改善，因而導致低窪地區之淹水情形，較以往更嚴重。

(4) 台南科學園區開發地面填高之後，導致左岸低地更容易淹水，淹水面積因而增加。例如園區填土後 10 年重現期之淹水範圍，如圖 3-2 所示。

## 2. 鹽水溪排水

鹽水溪排水介於曾文溪與鹽水溪之間，屬於感潮河川，感潮長度達 17.3 公里(至堤塘洪橋附近)，除西南兩邊外，其餘均有明確之分水嶺，東以大洲排水系統為界，北至善化支線及曾文溪分線，南邊緊鄰鹽水溪、西南至安平、四草沿海，集水面積約 114.45 平方公里，集水區高地排水部分約佔全流域 50.0%，其中農漁地約佔 87.0%，建地約佔 13.0%；另低地部分約佔全流域 50.0%，其中農漁地約佔 92.2%，建地約佔 7.8%，其位置圖如圖 3-3 所示。

根據鹽水溪治理規劃報告及現地訪談調查結果，本地區較容易淹水之區域，為鹽水溪排水於安順寮排水匯流前、高速公路兩側及安順寮排水路右岸低窪地區，根據水利處民國 79 年 5 月「台南縣市鹽水溪排水系統改善檢討報告」，鹽水溪排水系統改善前經常淹水之範圍，如圖 3-4 所示，淹水面積約 1,800 公頃，造成淹水之主要因素有[18,20]：

(1) 天然地勢低窪，排水出口易受外水頂托，重力排水極為困難。鹽水溪排水出海口大潮平均高潮位為 1.03 公尺，而上游距出口 16 公里之最低地面標高僅 1.5 公尺，由此可知本排水路受潮水位之影響甚鉅，導致此地區每逢豪雨即淹水成災。

(2) 上游洪水經常挾帶大量泥沙淤積於排水路出口處，以致排水功能折損而造

成淹水。由於集水區開發時排水設施並未同時增建或改善，造成低窪地區之淹水較之以往更嚴重。

(3) 台南科學園區開發填高之後，造成安順寮排水以東至園區開發邊緣以西地區，經常淹水。

(4) 鹽水溪排水系統改善後之淹水範圍，如圖 3-5 所示。

## 3. 台南科學園區

台南科學園區位於台南縣新市鄉及善化鎮境內，園區開發面積約 615 公頃，排水系統分別屬於大洲排水及鹽水溪排水。園區地形約由東北向西南傾斜，地勢東、北、西三面較高，中間較為低窪，南側又有鹽水溪阻隔，形成一天然之窪地。因地勢低窪先天排水條件極差，每遇豪雨即造成淹水，為天然之洪患區。大洲排水流域位於計畫區東側，出口易受鹽水溪外水之頂托，洪水排出受阻。鹽水溪排水流域位於計畫區西側，出口排入台灣海峽，安順寮排水支線匯流口以上地區(約高速公路兩側)地勢最低，其位置雖位於流域之中、上游，重力排水仍相當困難。

近年來由於地方建設迅速發展，園區土地開發填高後，逕流量因而增加，並且原來可以承納洪水之天然滯洪區相對減少，未開發地區之淹水情況益形嚴重。南科園區因開發填高後地勢增高，對其周圍之農地及舊有村落或社區，將造成更大之衝擊，因此園區增設滯洪池以減輕開發後對其周圍環境之影響。滯洪池容量設計係依據「非都市工業區開發審議規範」之標準，採用重現期 50 年之降雨入流量，出口設計流量以不超過園區開發前重現期 10 年之降雨流出量為原則，超過之水量則儲存於滯洪池內，避免增加下游區外排水路之負荷。

## 四、淹水損失分類及評估模式建立

建立適合於鹽水溪流域之洪災損失評估模式，是本研究之主要終極目標，本研究將配合歷年來重大降雨事件造成流域內實際淹水災害損失之資料，並利用經濟分析，建立流域內之淹水深度與淹水損失之



關係曲線，同時探討不同重現期之淹水區域災害損失估算，希冀未來從事河系水文規劃及不同土地利用開發時，可提供在規劃地區颶洪災害淹水損失潛勢及危險度評估方面之參考。茲將洪災損失之類別、淹水損失及相關資料調查、洪災損失評估模式蒐集、淹水損失與淹水深度關係之建立及利用淹水潛勢資料之初步災損分析成果，說明如下：

### 1. 淹水損失分類

洪災損失之定義意指恢復成原始狀況所需之金額[1,2]，一般進行區域淹水損失之估計方法，首先必須以該區不同類別之淹水災害損失為依據，將該區域劃分為若干不同土地使用類別，如表 4-1 所示。表中詳列各類別損失考慮之項目及各項目中可能造成損失之描述(即所謂 potential damage description)，供作進行損失之調查項目、對象及抽樣上之參考依據，同時也作為選擇不同損失計算公式之依據[1,2,3,5,10]。鹽水河流域主要之土地使用類別為住宅區、工商業區、農業用地及科學園區等四種。

由於台南科學園區之經濟產值，不同於一般之工商業地區，因此必須將其獨立考慮其遭受洪災之損失程度，目前台南科學園區引進半導體、微電子精密機械產業及農業生物技術產業等三大產業[4]，其淹水損失則著重於廠房淹水之減產、因交通運輸受阻之原料短缺及交易損失等因生產成本增加所造成之損失。

### 2. 淹水損失及相關資料調查

考量前述不同淹水損失之分類及成因後，即可依據不同之情況，進一步擬定各種損失資料之取得方式與調查方法，有效蒐集災害損失數據及其它相關之人口、戶政、稅收及經濟活動等相關資料，作為計畫地區建立淹水深度與淹水損失關係之憑藉。

資料來源可採用實地抽樣訪查、蒐集轄區鄉鎮市公所近年之相關資料、蒐集研究地區之水利相關單位報告、稅務稽徵機關之稅賦及災害損失申報資料、研究區域內之社會及經濟活動等相關資料

### 3. 洪災損失評估模式之蒐集

任何災害評估之方法，均需要大量之基礎資料，但是由於流域現有災害損失之資料缺乏，因此有時無法滿足評估方法對於資料之要求，又如對一種評估方法而言，常可能因缺乏評估之必要資料而無法得到較佳之結果，對於颶洪災害損失評估之方法，較常使用者有以下幾種，茲分述如下[11,13,14,20]：

#### (1) 經驗預測評估方法

此方法主要是透過氣象預報或已經發生之災害性暴雨資料，根據降雨強度及範圍等特性以及災害損失之專家經驗，粗略評估未來災害損失之程度。此方法之評估流程，首先蒐集氣象水文預報資訊，進一步研判可能淹水區域之範圍及深度，再將此可能之淹水結果與過去相類似之災害事件進行比對，即可研判可能災害之損失程度。

#### (2) 經濟計量評估方法

將災害損失中之各項因子(受災面積、淹水深度、直接經濟損失等)及氣象因子(如降雨範圍、強度、降雨延時等)一起考慮，以經濟計量模式表示之。

#### (3) 歷史相似評估

從歷史災損資料庫中找出與所評估颶洪事件之強度與範圍相似之案例，根據相似程度分別給予一定之權重值，並結合經濟密度化、受災體易損度變化、物價變化及相似案例之災情損失，互相比對，如此將可以得到評估災害案例之損失值。

#### (4) 數學物理模式評估方法

此方法首先蒐集研究地區過去之淹水深度、範圍及其相對應之洪災損失資料，然後建立不同土地使用類別下之淹水深度與洪災損失之關係曲線，再利用氣象水文及淹水深度與範圍等資料，建立適用於研究區域之淹水損失評估模式，由此淹水損失評估模式模擬不同降雨條件下之可能淹水深度及範圍，建立淹水潛勢資料庫，再利用所建立之淹水深度及洪災損失關係式，評估各種降雨條件下之淹水潛勢圖之可能損失程度。運用此方法於實際颶洪事件操作時，首先應預報研究分析區域未來可能之降雨

量，再從淹水潛勢資料庫中尋找相對應之淹水潛勢圖，研判可能之淹水範圍及深度，並利用淹水深度及洪災損失關係式，評估各種颱風事件對研究地區之可能洪災損失程度，以提供防救災指揮中心參考。

#### (5) 遙感監測評估模式

利用衛星、遙感飛機、雷達等即時監測資料，比較災前與災害發生中之地面景觀變化情形。此法之特點是可對災情進行追蹤，具有時效性及準確性，惟因微波遙感設備在有雲層遮蔽時，無法觀測到地面變化之情形，這是此法之最大缺點。但隨著科技之進步，遙感監測之評估方式，將會越來越受重視。

從以上各種評估方法之敘述得知，第(1)至第(3)種之洪災損失評估模式，主要係採用統計及相關分析之方式，運用颱風、降雨量強度及範圍等氣象因素，直接與災害損失(受災面積、經濟損失值)進行相關分析，找出其規律性再進行災損評估。但此三種方法之損失評估模式，缺乏洪災淹水演算及對受災地區之社會經濟衝擊等中間過程之考慮，僅能針對整體性之區域進行評估，無法對個別區域進行災損之評估。

第(4)及第(5)二種評估方法較其他方法複雜，可以對不同行政區域及土地使用類別，進行災損評估，所得評估結果亦較為精準。比較第(4)與第(5)二種方法之適用性，第(5)種遙感監測評估模式，需要衛星、遙感飛機、雷達等微波遙感設備，目前國內這方面之資源相當缺乏，因此無法有效普及且快速應用在國內地區，而本研究鹽水溪流域有關遙測之資料又相當欠缺，因此實難將此方法實際應用於鹽水溪流域之研究上，不過此種評估方法，相信未來將會是洪災損失評估研究之方向及發展目標；第(4)種之數學物理評估方法，則需要建立地形網格數值淹水模式，目前國內對於地形網格數值淹水模式之研究已有相當基礎，並且成功地應用於鹽水溪及其他流域之淹水模擬研究上[16,17]，同時本整合型計畫之其他子計畫也利用這些淹水模式，進行鹽水溪流域不同區域、不同

降雨條件之淹水模擬，以做為本研究之上游輸入條件，第(4)種之數學物理評估模式比起其他之評估模式較具適用性。因為鹽水溪流域過去發生重大颱風事件之災損資料相當欠缺，因此本研究對建立鹽水溪流域之洪災損失評估模式，擬以第(4)法之數學物理災損評估模式為主，並以第(3)法之災損評估方法為輔，將其他流域之洪災損失資料引入鹽水溪流域，建立適合於鹽水溪流域之洪災損失評估模式。

#### 4. 過去颱風事件淹水範圍及洪災損失資料庫

鹽水溪流域近年來較完整洪災範圍之調查資料，係台南縣政府提供之「台南地區排水系統圖及常淹水區域範圍」，將其近年來各次淹水事件調查之淹水範圍，予以綜合記錄，結果如圖 4-1 所示，顯示主要淹水區域分布在鹽水溪北岸新市鄉西側之大洲、安順寮排水路附近及鹽水溪南岸永康市北部地區[6]。

洪災損失部份，經濟部水資源局過去曾對鹽水溪流域進行淹水危險度分析，分別建立農業、工商業及住宅區之淹水深度~損失關係曲線，如圖 4-2 至 4-5 所示，在不同淹水深度下造成可能之淹水損失情況，加以分類評估[6]。此外，經濟部水資源局[5]及水利處[19]則對於塔寮坑溪排水、洋子厝溪排水、土庫排水、台南科學園區等不同排水流域之淹水深度~損失關係，進行研究分析，包括農業、建物、魚塢等損失，如圖 4-6 至 4-11 所示。以上相關之研究資料，皆可提供本研究日後建立洪災損失模式之參考。

#### 五、結論與後續研究

本研究於第一年度內，主要進行蒐集鹽水溪流域淹水損失評估所需之各相關資料，包含基本地理資料、區域社會經濟資料、過去颱風事件之淹水範圍、流域相關洪災損失分析等資料，需要之相關資料均已順利蒐集完成，並依各項資料之空間分布特性，配合地理資訊系統，建置完成淹水損失之資料庫；同時亦進行蒐集國內外有關洪災損失評估模式之相關研究資訊，

加以整理評估，均已達成年度之研究工作目標。

未來除持續蒐集更詳細之相關資訊，繼續充實資料庫之內容外，並將以數學物理災損評估模式為主，而以第三種之災損評估方法為輔，將其他流域之洪災損失資料引入鹽水溪流域，以建立適合於鹽水溪流域之洪災損失評估模式。此外，將根據子計畫二、三提供之洪災模擬結果，評估相對應之淹水損失，同時進行災害損失之分級，提供地方政府及防救災單位擬定防救災政策、體系以及緊急避難疏散方案決策規劃之參考。

### 參考文獻

- [1] Grigg, Neil S. and Otto J. Helweg, "State-of-The Art of Estimating Flood Damage in Urban Areas," Water Resources Bulletin, Vol. 11, No. 2, p.379-390, 1975.
- [2] Grigg, Neil S. Urban Drainage and Flood Control Projects Economic, Legal and Financial Aspects, Colorado State University, 1975.
- [3] James, L. Douglas and Robert R. Lee, Economics of Water Resources Planning, McGraw-Hill Book Company, 1971.
- [4] 中華顧問工程司，台南科學工業園區細部規劃報告，民國 86 年 6 月。
- [5] 方舟顧問有限公司，洪災保險制度(潭底洋地區)案例調查分析報告，經濟部水資源局，民國 86 年 6 月。
- [6] 台大學農業工程研究所，台北盆地及鹽水溪流域示範區颶風災害危險度分析(三)，經濟部水資源局，民國 90 年 6 月。
- [7] 台南市政府，台南市統計要覽，民國 89 年。
- [8] 台南縣政府，台南縣統計要覽，民國 89 年。
- [9] 台南縣政府，大洲排水改善規劃報告，民國 85 年 7 月。
- [10] 巨廷工程顧問公司，區域排水淹水指數研究評估計畫專題報告，民國 89 年 8 月。
- [11] 呂純濂、陳舜華，災害經濟損失估算與預測之經濟計畫模式，中國減災，民國 81 年。
- [12] 李天浩，瑞伯颶風沙止淹水原因探討與台北防洪計畫之評析，土木水利，第 25 卷第 4 期，民國 88 年 2 月。
- [13] 李吉順，1991 年安徽洪澇災害三個階段之分析，中國減災，民國 81 年。
- [14] 李桂杭，暴雨經濟損失定量評估及預測，氣

象出版社，民國 84 年。

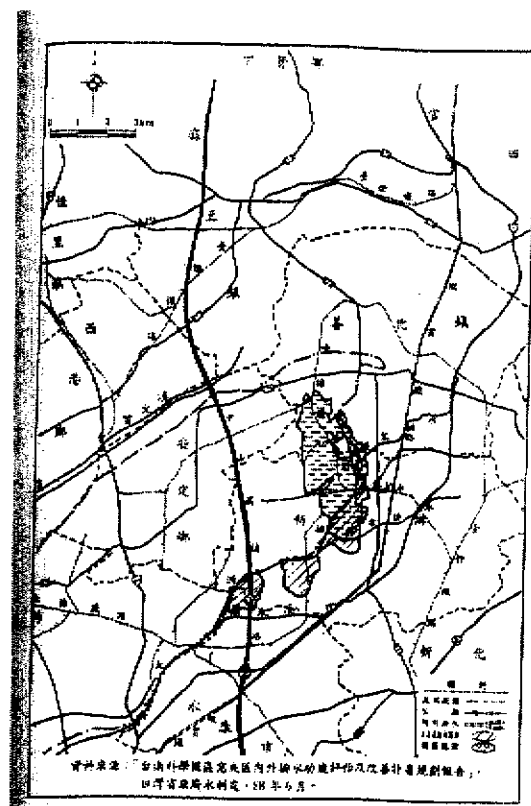
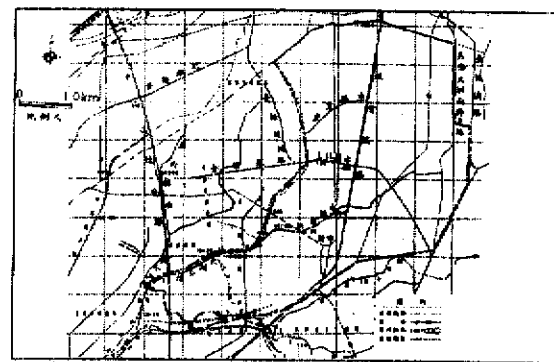
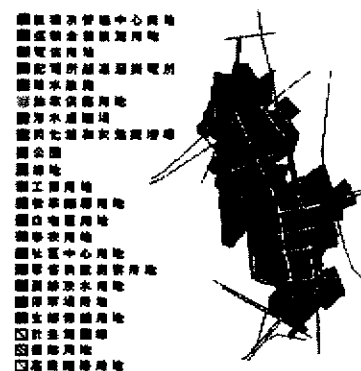
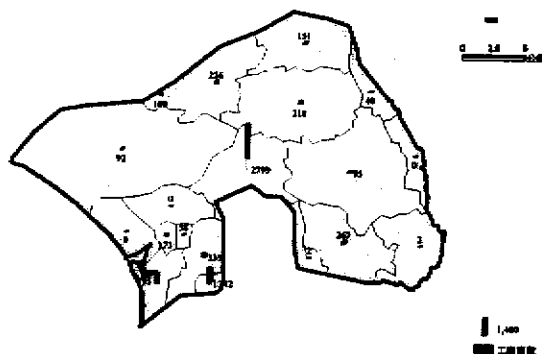
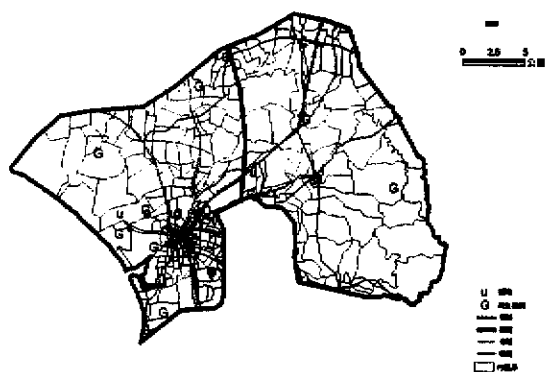
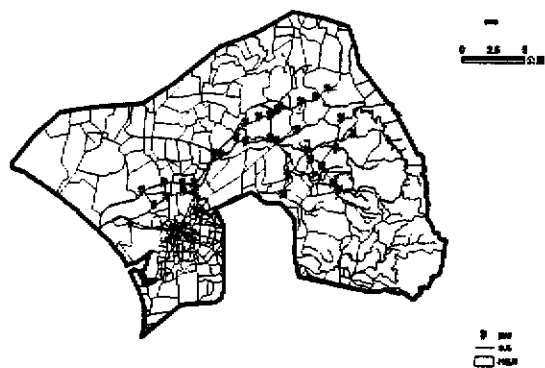
- [15] 防災國家型科技計畫辦公室，第一期防災國家型科技計畫規劃報告，民國 87 年。
- [16] 許銘熙，張倉榮，鄧懋先，黃成甲，葉森海，台南縣市淹水潛勢資料，行政院國科會防災國家型科技計畫辦公室研究報告，民國 88 年 7 月。
- [17] 許銘熙、鄧懋先、黃成甲，八掌溪北岸淹水預報模式之研究(三)，行政院國家科學委員會研究報告，國立台灣大學農業工程學研究所，民國 86 年 6 月。
- [18] 經濟部水利處，台南科學園區完成區內外排水功能評估及改善計畫規劃報告，民國 88 年 6 月。
- [19] 經濟部水利處，區域排水淹水指數研究評估計畫專題報告，民國 89 年 8 月。
- [20] 經濟部水利處第六河川局，鹽水溪治理規劃報告，民國 87 年 9 月。



圖 1-1 鹽水溪流域數值地形高程圖[6]



圖 2-1 鹽水溪流域土地使用分區圖[6]



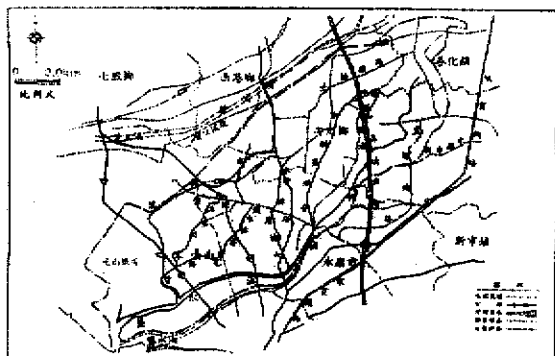


圖 3-3 鹽水河流域排水系統圖[18]

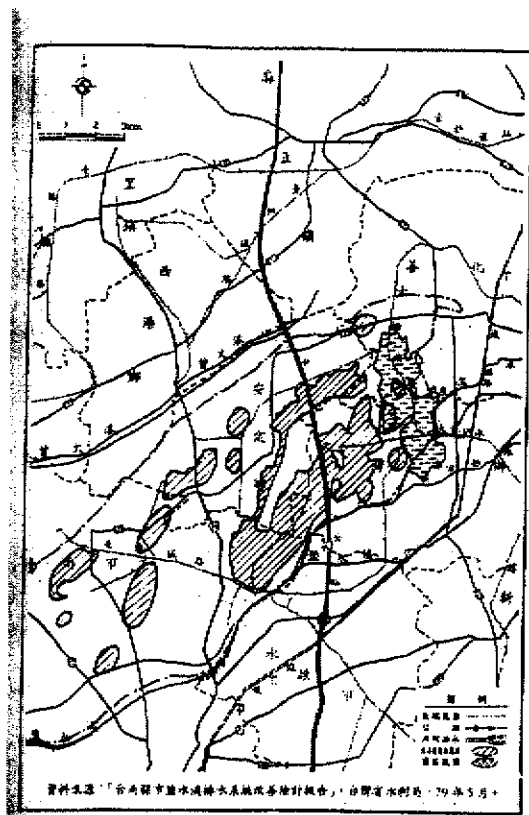


圖 3-4 鹽水溪排水系統改善前之淹水範圍[19]

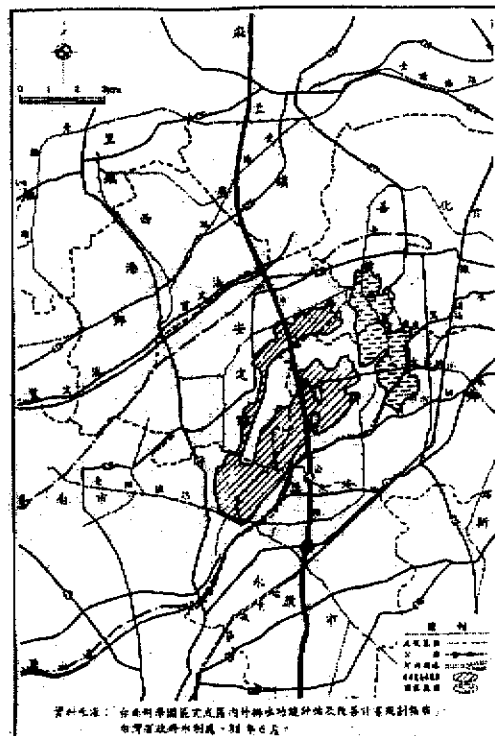


圖 3-5 鹽水溪排水系統改善後之淹水範圍[19]

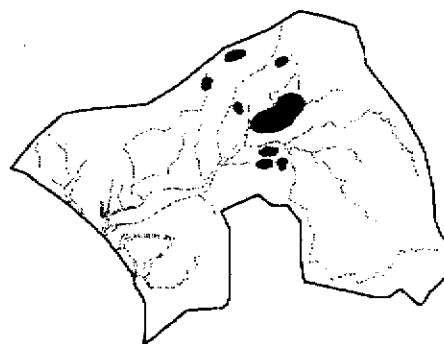


圖4-1 鹽水河流域常淹水之範圍[6]

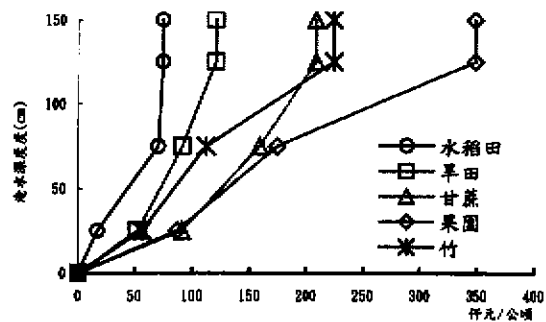


圖 4-2 鹽水河流域農作物淹水深度~損失曲線[6]

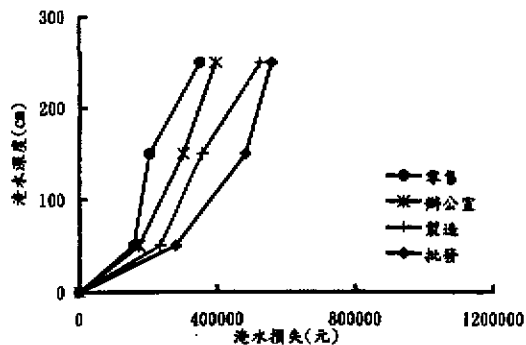


圖 4-3 台南縣工商業之淹水深度~損失曲線[6]

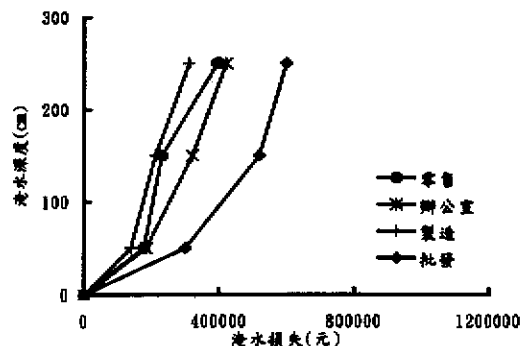


圖 4-4 台南市工商業之淹水深度~損失曲線[6]

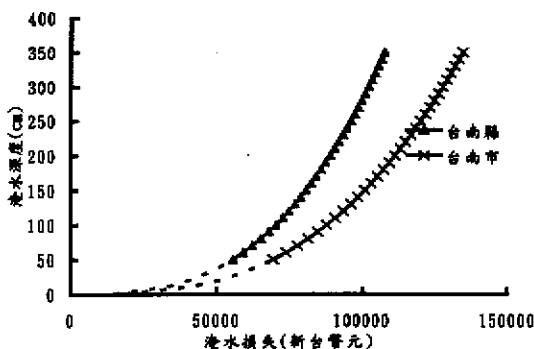


圖 4-5 台南縣市一般家庭淹水深度~損失曲線[6]

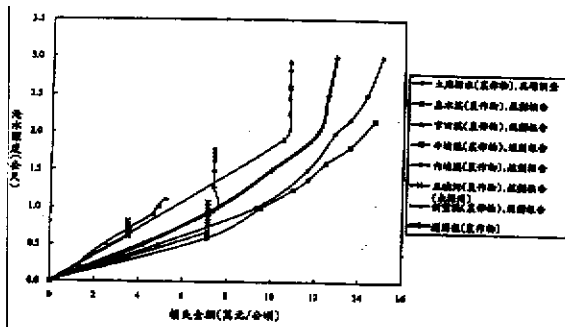


圖 4-6 不同流域農業淹水深度~損失曲線 [19]

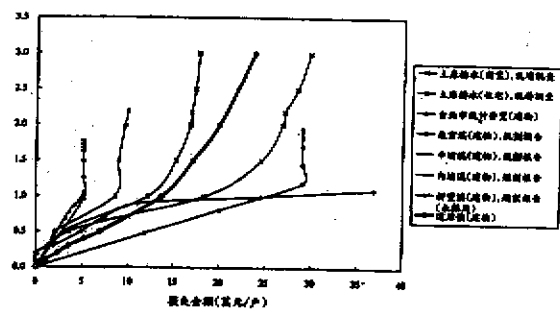


圖 4-7 不同流域建物淹水深度~損失曲線 [19]

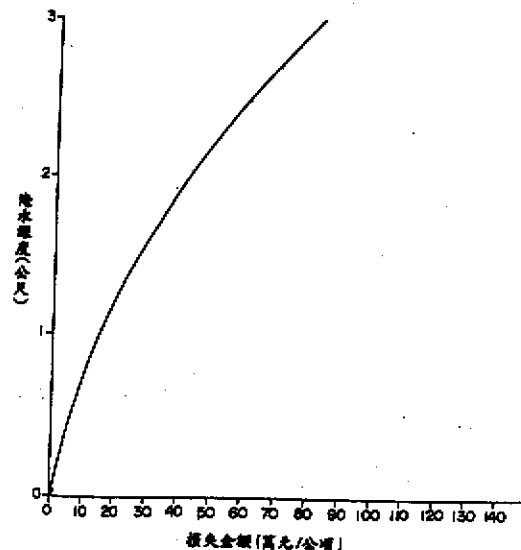


圖 4-8 潭底洋地區魚塭淹水深度~損失曲線 [19]

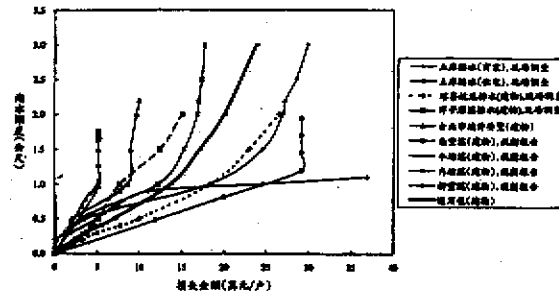


圖 4-9 塔寮坑溪排水與洋子厝排水建物之淹水損失調查結果 [19]

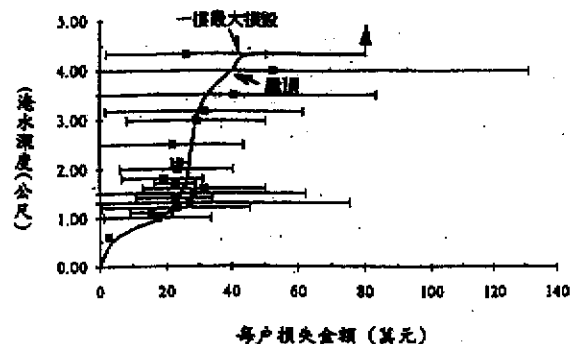


圖 4-10 潭底洋地區商用住屋之淹水深度~損失曲線 [5]

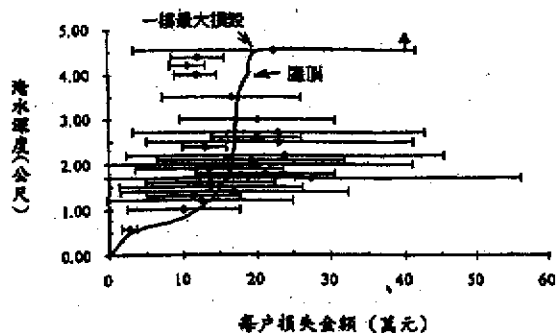


圖 4-11 潭底洋地區住宅用屋之淹水深度~損失曲線 [5]

表 2-1 鹽水河流域現有橋樑調查表[20]

| 橋樑名稱  | 斷面    | 橋長<br>(m) | 橋寬<br>(m) | 橋底<br>標高<br>(m) | 橋墩寬<br>(m)        | 橋墩<br>型式 |
|-------|-------|-----------|-----------|-----------------|-------------------|----------|
| 四草大橋  | 1     | 520.0     | 28.5      | 7.52            | 2.1X12 支<br>=25.2 | 圓柱       |
| 大港觀海橋 | 11    | 240.0     | 30.5      | 7.06            | 3.0X7 支<br>=21.0  | 圓柱       |
| 鹽水溪橋  | 14    | 210.0     | 18.4      | 5.55            | 3.2X8 支<br>=25.6  | 圓柱       |
| 光安橋   | 17-18 | 240.0     | 20.3      | 9.83            | 4.8X9 支<br>=43.2  | 圓柱       |
| 大平橋   | 20    | 204.5     | 18.0      | 6.45            | 1.0X<br>10=10.0   | 圓柱       |
| 水管橋   | 20-21 | 204.5     | 2.0       | 6.39            | 2.0X11 支<br>=22.0 | 圓柱       |
| 台糖鐵路橋 | 28-29 | 227.8     | 1.8       | 7.48            | 0.9X9 支<br>=8.1   | 長方       |
| 永安橋   | 29    | 240.0     | 20.3      | 7.70            | 3.1X9 支<br>=27.9  | 圓柱       |
| 高速公路橋 | 34    | 277.0     | 27.0      | 9.62            | 3.0X13 支<br>=39.0 | 圓柱       |
| 過水橋   | 36-37 | 101.7     | 5.0       | 2.74            | 1.0X13 支<br>=13.0 | 圓柱       |
| 台糖鐵路橋 | 38-39 | 193.2     | 1.5       | 8.73            | 0.5X20 支<br>=10.0 | 長方       |
| 豐化橋   | 40    | 220.5     | 28.0      | 10.36           | 1.9X6 支<br>=11.4  | 橢圓       |
| 板寮鐵路橋 | 40-41 | 216.5     | 6.0       | 9.10            | 1.0X9 支<br>=9.0   | 橢圓       |
| 水管橋   | 42-43 | 280.0     | 2.0       | 10.72           | 3.0X9 支<br>=27.0  | 圓柱       |
| 開運橋   | 49    | 225.3     | 19.0      | 12.41           | 3.0X8 支<br>=24.0  | 圓柱       |
| 新灣橋   | 53    | 210.8     | 8.0       | 13.86           | 3.0X6 支<br>=18.0  | 圓柱       |
| 崙頂橋   | 54-56 | 100.0     | 5.4       | 11.00           | 1.0X11 支<br>=11.0 | 橢圓       |
| 大昌橋   | 63    | 61.0      | 13.5      | 15.89           | 1.0X2 支<br>=2.0   | 橢圓       |
| 八甲橋   | 69    | 60.0      | 5.1       | 17.10           | 1.0X2 支<br>=2.0   | 橢圓       |
| 台糖鐵路橋 | 70    | 163.2     | 1.5       | 22.12           | 0.5X13 支<br>=6.5  | 長方       |
| 許厝港橋  | 75    | 99.7      | 8.0       | 30.76           | 1.2X5 支<br>=6.0   | 橢圓       |
| 新埔橋   | 76    | 75.0      | 5.0       | 30.01           | 1.2X2 支<br>=2.4   | 橢圓       |
| 北新橋   | 77    | 90.0      | 4.6       | 35.78           | 1.5X2 支<br>=3.0   | 圓柱       |
| 自治橋   | 78    | 60.0      | 4.7       | 35.49           | 1.3X3 支<br>=3.9   | 圓柱       |
| 南北寮橋  | 79    | 45.0      | 4.6       | 38.69           | 1.5X2 支<br>=3.0   | 圓柱       |
| 新南北寮橋 | 80    | 51.5      | 5.0       | 42.50           | 1.4X2 支<br>=2.8   | 圓柱       |

備註：崙頂橋集一座過水橋

表 2-2 鹽水河流域現有防洪工程設施一覽表[20]

| 岸  | 堤防名稱  | 工程內容       |           |           | 建                    | 構築 |
|----|-------|------------|-----------|-----------|----------------------|----|
|    |       | 堤防<br>(公尺) | 丁壩<br>(座) | 水門<br>(座) |                      |    |
| 左岸 | 安平堤防  | 3,100      | 11        | 7         | 36<br>51<br>73<br>75 | 土堤 |
|    | 鄭子寮堤防 | 5,870      |           | 6         | 40<br>51             | 土堤 |
|    | 鹽行堤防  | 4,820      |           | 9         | 50                   | 土堤 |
|    | 三民堤防  | 3,280      |           |           | 49                   | 土堤 |
|    | 車行堤防  | 2,850      |           |           | 43                   | 土堤 |
|    | 西勢堤防  | 2,000      |           |           |                      | 土堤 |
|    | 小計    | 21,920     | 11        | 22        |                      |    |
| 右岸 | 四草堤防  | 800        |           |           | 72                   | 土堤 |
|    | 溪心寮堤防 | 8,210      | 12        | 20        | 51<br>72             | 土堤 |
|    | 安順堤防  | 5,150      |           | 1         | 50<br>57<br>74       | 土堤 |
|    | 大洲堤防  | 3,730      |           | 2         | 49                   | 土堤 |
|    | 北勢堤防  | 1,940      |           |           | 51                   | 土堤 |
|    | 崙頂堤防  | 2,570      |           |           |                      | 土堤 |
|    | 小計    | 22,400     | 12        | 23        |                      |    |
| 合計 |       | 44,320     | 23        | 45        |                      |    |

表 2-3 鹽水河流域耕地面積統計表  
(單位：公頃)[7,8]

| 縣市  | 鄉鎮市區    | 總計       | 水田       |        |          |          | 旱田      |
|-----|---------|----------|----------|--------|----------|----------|---------|
|     |         |          | 合計       | 兩期作    | 單期作      |          |         |
|     |         |          |          |        | 一期作      | 二期作      |         |
| 台南縣 | 山上鄉     | 1496.37  | 48.15    | 48.15  | -        | -        | 1448.22 |
|     | 仁德鄉     | 2588.32  | 1658.78  | 347.62 | -        | 1311.16  | 929.54  |
|     | 永康市     | 1401.76  | 870.95   | -      | -        | 870.95   | 530.81  |
|     | 安定鄉     | 2170.9   | 1919.05  | -      | 50.9     | 1868.15  | 251.85  |
|     | 西港鄉     | 2164.82  | 1820     | -      | -        | 1820     | 344.82  |
|     | 善化鎮     | 3696.72  | 2179.61  | -      | 484.34   | 1695.27  | 1517.11 |
|     | 新化鎮     | 4248.16  | 1561.5   | 834.34 | 12.7     | 714.46   | 2686.66 |
|     | 新市鄉     | 3150.32  | 2152.79  | -      | -        | 2152.79  | 997.53  |
|     | 歸仁鄉     | 3296.3   | 1442.5   | 309.8  | 8.9      | 1123.8   | 1853.8  |
|     | 關廟鄉     | 2383.13  | 1098.45  | -      | -        | 1098.45  | 1284.68 |
| 小計  | 26396.8 | 14751.78 | 1539.91  | 556.84 | 12655.03 | 11845.02 |         |
| 台南市 | 中區      | -        | -        | -      | -        | -        | -       |
|     | 北區      | 4.85     | 0.35     | -      | 0.35     | -        | 4.50    |
|     | 安平區     | -        | -        | -      | -        | -        | -       |
|     | 安南區     | 2,787.54 | 2,360.67 | -      | 15.58    | 2,345.09 | 426.87  |
|     | 西區      | -        | -        | -      | -        | -        | -       |
|     | 東區      | 119.24   | 25.28    | 6.05   | -        | 19.23    | 93.96   |
|     | 南區      | 511.44   | 146.61   | 70.20  | 17.00    | 59.41    | 364.83  |
| 小計  | 3423.07 | 2532.91  | 76.25    | 32.93  | 2423.73  | 890.16   |         |

表 2-4 台南科學工業園區三個專業區之預估產  
值、建廠用地及從業人數統計表[4]

|                           | 預估產值<br>(台幣)                               | 預估建廠用<br>地<br>(公頃)                                                                                    | 預估從業人<br>數                                        | 產業類型                                                          |
|---------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 微電子精<br>密機械專<br>業區        | 700 億元/<br>民國 94 年<br>1250 億元/<br>民國 99 年  | 第一期 42 公<br>頃                                                                                         | 5000 人/<br>民國 94 年<br>7000 人/<br>民國 99 年          | 無線通訊、精<br>密機械、醫療<br>器材、半導體<br>製程設備、電<br>腦及週邊、微<br>機電系統等<br>產業 |
| 半導<br>體專<br>業區            | 3600 億元/<br>民國 94 年<br>7500 億元/<br>民國 99 年 | 第一期 126.3<br>公頃(估計容<br>納 IC 製造廠<br>6 家、IC 設計<br>廠 16 家及週<br>邊支援公司 6<br>家;IC 廠平均<br>每廠 10-15 公<br>頃)   | 15000 人/<br>民國 94 年<br>30000 人/<br>民國 99 年        | 微波通訊半<br>導體、電力電<br>子、特殊積體<br>電路等產業                            |
| 農業<br>生物<br>技術<br>專業<br>區 | 100 億元/<br>民國 94 年<br>185 億元/<br>民國 99 年   | 第一期 36.7<br>公頃(估計引<br>進 1-3 家花卉<br>研發公司,各<br>2-3 家生物農<br>藥研發公<br>司、畜用疫苗<br>研發公司,及<br>1-3 家水產養<br>殖公司) | 150-360 位高<br>級生物技術<br>人才,其他從<br>業人員<br>230-500 人 | 產業類型 花<br>卉及觀賞植<br>物、生物農<br>藥、畜用疫<br>苗、水產養<br>殖等產業            |

表 4-1 土地使用分類及災害潛勢表[4]

| 編號 | 土地使用分類<br>別 | 項 目                                             | 可能造成之損失                                                                                |
|----|-------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 公共設施        | 街道、橋<br>樑、下水<br>道、交通設<br>施、公園<br>等。             | 結構破壞之修復或更新重<br>建、交通中斷、淤泥清除等。                                                           |
| 2  | 住宅區         | 平房、公<br>寓、大樓。                                   | 住宅結構破壞之修復或更新<br>重建、地下室車輛及設備損<br>壞、淤泥清除、租金減少、<br>失業等。                                   |
| 3  | 商業區         | 商店、公<br>司、銀行<br>等。                              | 大樓結構破壞之修復或更新<br>重建、商業交易中斷、契約<br>賠償、地下室車輛及設備損<br>壞、淤泥清除、租金減少、<br>失業等。                   |
| 4  | 工業區         | 工廠、倉<br>庫<br>等。                                 | 廠房結構及機械破壞之修復<br>或更新重建、地下室車輛及<br>設備損壞、淤泥清除、租金<br>減少、失業、契約賠償、生<br>產中斷、原料、成品及半成<br>品之損壞等。 |
| 5  | 農業用地        | 果 農、花<br>農、茶農、<br>茶 農、水<br>稻、畜牧養<br>殖及其它作<br>物。 | 農舍損毀、農產品損失、減<br>產或停產之損失、土地流失<br>之整地、機械設備、農舍損<br>壞、畜牧養殖之動物死傷、產品<br>減產或停產等。              |
| 6  | 維生管線        | 自來水、電<br>訊、瓦斯                                   | 自來水、電訊、瓦斯等損毀<br>及修復等                                                                   |
| 7  | 其它雜項        | 移 動 之 房<br>舍、私人用<br>地、遊樂<br>區、展覽、<br>特殊使用<br>等。 | 停止營業之損失、土地破壞<br>整地。                                                                    |

表 4-2 鹽水溪流域不同降雨強度之淹水面積

(單位：公頃)[7,8]

| 縣市  | 淹水深度<br>(公尺) | 降雨強度(mm/day) |       |        |        |
|-----|--------------|--------------|-------|--------|--------|
|     |              | 150          | 300   | 450    | 600    |
| 台南縣 | 0.3-0.5      | 1,340        | 1,884 | 2,196  | 2,340  |
|     | 0.5-1.0      | 1,476        | 1,852 | 2,268  | 2,756  |
|     | 1.0-1.5      | 596          | 1,112 | 1,068  | 1,184  |
|     | 1.5-2.0      | 228          | 772   | 836    | 788    |
|     | 2.0-2.5      | 120          | 264   | 852    | 780    |
|     | 2.5-3.0      | 36           | 260   | 408    | 784    |
|     | 3.0 以上       | 24           | 228   | 632    | 1,136  |
|     | 小計           | 3,820        | 6,372 | 8,260  | 9,768  |
| 台南市 | 0.3-0.5      | 2,396        | 2,292 | 2,188  | 2,300  |
|     | 0.5-1.0      | 1,468        | 4,336 | 3,544  | 3,348  |
|     | 1.0-1.5      | 456          | 1,268 | 3,728  | 2,908  |
|     | 1.5-2.0      | 76           | 364   | 836    | 3,268  |
|     | 2.0-2.5      | 36           | 124   | 220    | 448    |
|     | 2.5-3.0      | 4            | 52    | 116    | 192    |
|     | 3.0 以上       | 8            | 12    | 52     | 120    |
|     | 小計           | 4,444        | 8,448 | 10,684 | 12,584 |



# 防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)

## —子計畫五：鹽水河流域防洪決策支援系統之研發

### 精簡報告

計畫編號：NSC 89-2625-Z-002-059

執行期間：89年8月1日至92年7月31日

主持人：陳明仁 博士

執行單位：國立台灣大學水工試驗所

### 中文摘要

本計畫建立鹽水溪淹水境況模擬及決策支援系統，結合資料庫、模式庫、地理資訊系統，經由展示界面展示監測以及決策支援相關資訊，提供決策人員之參據。

本報告為第一年之研究報告，內容為包括：1.規劃整合架構：與各相關子計畫之銜接、模式在水情災損分析、災害應變、彙整災情以及決策支援應用上之構想。2.規劃資料庫內容：包括颱風動態、雨量、水位、流域、河系、水文……避難設施等與洪災損害評估及防減災決策相關之地理資料庫及圖層等等。規劃其架構、欄位定義等。3.研發介面結合地理資訊系統(GIS)之技術，並初步完成操作介面以與GIS之結合。4.規劃及製作基本之操作界面：規劃操作界面製作之應用程式、界面架構、操作功能、界面親和性、展示圖表、與資料庫之連結關係。

關鍵詞：防洪、決策支援系統

### Abstract

The project develops the inundation simulation and decision support system. The model is integrated with Database, Geographic Information Systems and User Graphic Interface for decision maker by displaying information.

This is the first year report of three-year study. Results include: 1.Integration Planning: Connection with other relative

subprojects and application of disaster analysis and decision support system. 2.Database Planning: Content of Database, data structure, field definition, 3.developping the technique for integrating interface and Geographic Information Systems, 4.plan and develop the basic operation interface: selecting the software and designing the interface structure, function and so on.

Keywords: Flood prevention, Decision-support system.

### 一、前言

本研究計畫係為「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」之子計畫五：鹽水河流域防洪決策支援系統之研發。本整合型計畫之總體目標係以鹽水河流域及基隆河流域為示範研究區域，預計以三年期間完成建立流域洪災防護之基本資料庫，並配合流域現況之整治工程、排水系統改善工程與氣象水文監測系統，串聯降雨逕流、淹水及災損計算等模式，以研析各頻率年累積降雨下所致之淹水境況及其災害模擬。進而在不同颱風降雨事件，可以儘速查詢估計所致之淹水境況及災害評估，最後再將流域防洪基本資料庫與淹水災害境況模擬結合建立一套境況模擬決策支援系統，期以非工程防洪手段配合流域現有之防洪工程設施，相輔相成，以達到流域防洪減災之目的。

本計畫第一年度完成：1.鹽水河流域淹水境況模擬決策支援系統之整合規劃；2.規劃鹽水河流域防洪決策支援系統之資料庫；3.研發介面結合地理資訊系統之技術；4.規劃及製作基本之鹽水河流域淹水境況模擬決策支援系統之展示介面。

## 二、鹽水溪概述

鹽水溪為台灣主要河川之一，位處台灣西南部，發源於台南縣龍崎鄉大坑尾之中央山脈南部低山地帶，並於台南市之安南區與安平區間流入台灣海峽，主流自大坑尾至河，全長 42 公里，流經台南縣之龍崎鄉、關廟鄉、新市鄉、永康市及台南市之安南區等地；流域面積 343 平方公里，涵蓋台南縣之龍崎、關廟鄉、歸仁鄉、山上鄉、左鎮鄉、新化鎮、善化鎮、安定鄉、新市鄉及永康市，以及台南市之北、東、安南、安平等地區。流域地勢為自東南而西北降低，大多數地表高程約在 0~30 公尺之間，地勢相當平坦及低窪，流域內降雨量相當集中，加上河道坡度平緩與蜿蜒，以致常有水患發生，造成流域內嚴重之災情。

目前政府於鹽水河流域內規劃並興建多項重大工程與土地開發案，例如新市鄉之台南科學園區(如圖一)、高速鐵路之興建安案、台南市安南區之科技工業區等。倘能配合建立淹水境況模擬決策支援系統，以非工程方法作為預警，可以提供緊急防救災時之迅速取得正確資訊、爭取時效。

## 三、規劃整合架構

### 1. 整合架構

本子計畫結合子計畫一模擬 150、300、450、600mm 之各累積降雨逕流成果、子計畫二、三之在各累積降雨下，鹽水河流域之科學園區內外之淹水成果(範圍、深度)，以及結合子計畫四之在各累積降雨下之淹水災害損失。本計畫結合相關子計畫之整合示意如圖二，結合上述成果，針對任一降雨事件可以事先建置之資料庫比對，以預先研判可能之災情與損失。

其他子計畫所採用之模式分析為離線(off-line)，將來若於現場能配合即時水情監測資料可更新為在線(on-line)。其他相關考慮如下：

在水情與災損分析方面，輸入降雨量，演算得到逕流量、河川水位、堤內淹水及災損等，其用途為洪災事件檢討評估、防洪對

策研擬與設施規劃。

在洪災應變方面，由降雨監測資料與事先分析建置資料庫(逕流量、河川水位、堤內淹水及災損等)比對，可預先研判可能發生災情供緊急因應決策參考。若結合水情監測系統，並完整串接各模擬分析模式，則本系統可進一步用於即時水情模擬與災損分析。

在彙整災情方面，設計災情彙整界面，可將災情通報資訊(含淹水範圍、重大災情、人員傷亡、房屋毀損、設施毀損、交通受阻等)予以定位，結合 GIS 系統展示查詢。

在提供決策支援參考資訊方面，包括流域水文(含雨量頻率分析、設計雨型等)、環境(地形、河川水系等)、人文(行政區界、土地利用、人口、設施、交通等)、水災歷史資料(發生時間、水災原因、降雨強度、淹水深度及範圍、災損記錄等)與救災資源資料(救災設施、器材、物資、疏散路徑分析、緊急應變作業流程、防救單位與人員聯絡名冊)等資料。

### 2. 規劃資料庫架構

資料庫內容包括水文監測資料：颱風動態、雨量、水位，流域基本資料：流域、河系、水文測站站況、排水路、防洪設施、數值地形、土地交通人口資料：道路網、行政區、土地使用分區、土地利用、人口、建物、避難設施等與洪災損害評估及防減災決策相關之地理資料庫及圖層等等。

資料庫軟體之選擇上，則以軟體穩定、普遍通用，軟體製作公司支援能力為考量，而選以 Microsoft 公司之 SQL 資料庫軟體。

### 3. 規劃操作界面

規劃操作界面上考慮：製作之應用程式、界面架構、操作功能、界面親和性、展示圖表。

預報系統模式之好壞，一半決定於操作界面之規劃設計是否實用及易於使用。界面製作之應用程式之選擇考慮將來長久之維護，界面架構訂定考慮使用者能夠易於掌握以及維護，操作功能以及界面親和性規劃考

慮是否簡潔讓使用者學習快而不易出錯。展示之圖表，則規劃結合地理資訊系統作展示。

製作操作介面軟體之選擇上，則以軟體穩定、普遍使用，軟體製作公司支援能力為考量，而選以 Microsoft 公司之 Visual Basic 軟體。

#### 四、規劃資料庫

規劃資料庫之表格名稱如表 1，資料包括：使用者基本資料、雨量站基本資料、水位站基本資料、流域基本資料、雨量站水情、水位站水情、淹水、洪水通告、災害損失、指令追蹤、指令種類清單。

上述各表格建立其欄位名稱、型態及長度，以雨量基本資料、水位站基本資料為例，其欄位定義如表 2、表 3 所示。如表 3 所示，水位站基本資料定義之欄位有：站號、站名、低水位範圍、高水位範圍、基高、警戒水位、東經、北緯、站址、河系等。

#### 五、研發結合地理資訊系統技術

##### 1. GIS 之運用架構

地理資訊系統 (Geographic Information Systems; GIS) 為結合地理資訊及科技之應用系統，將真實世界之資料相連結，可改善各項土地利用與提昇環境資源之使用效率，並可針對各個應用領域，將這些工具加以組合起來所得到之應用系統，以電腦為輔助基礎，進行空間資料之建立、存取、管理、分析及展示等，並與其它資料相連結，而成為一整合型之系統。

由於近年來專家系統與人工智慧技術和 GIS 軟體結合，是 GIS 應用系統發展之趨勢之一，各先進國家在 GIS 資料庫陸續建立完成之後，更著重提昇決策之品質。而決策支援系統乃是用來支援決策主管解決複雜之半結構化問題，它不是用來代替決策者，是作為決策者之輔助工具及智囊團，提供決策者正確之資訊與判斷。GIS 軟體能提供完整之地理資料庫建立與管理之功能，因

此應用 GIS 技術作為本計畫之主要系統。本年度並規劃所需地理資訊系統資料列如表 4。

地理資訊系統在本計畫中之功能如下：

- (1) 數位化輸入之工具：將收集到之地理資料，諸如紙質地圖、各種相關表格報表放入 GIS 之資料庫之中，以及和已有的、外購的各種來源之資料加以整合轉換為資料格式。
- (2) 資料管理工具：所有之資訊中，大約有八成左右是和空間位置有關的，GIS 能整合為數相當多之資料庫，其功效將遠超過現今之任何一個資料庫。
- (3) 資料之分析與處理工具：GIS 係運用資料庫之技術來進行管理，各種地圖、CAD 繪圖、掃描影像圖、統計資料、多媒體資料等，均可納入管理，可大大之提高資料之整合性，降低資料之重複性，且圖形和非圖形之資料可以結合同時處理，資料之安全性亦可有效之加以管制。
- (4) 資料之輸出與展現工具：可將多個圖層套疊成一個圖層後，加以文字之述及比例尺說明輸出，所生產之圖資也可供後續之分析處理之用。

##### 2. 系統之選擇

MapObject 及 ArcView 為美國 ESRI 公司研發之地理資訊系統，能夠建立地圖資料和屬性資料，可以整合數值地圖、掃描影像及遙測資料，進行查詢、統計分析及展示資料，並且適用於不同之工作平台。

##### (1) ArcView 之特點：

a. 圖形之使用介面；b. 圖資展示和編輯工具；c. 可擴充式軟體架構；d. 支援各種工作平台 (PC、MAC 及 UNIX)；e. 可整合多種資料 (ARC/INFO 及資料庫 DBMS 系統)；f. AVENUE 物件導向語，可自行設

計 GIS 分析功能；g. 支援多種輪式(EPS、BMP、WMF、CGM)；h. 線上輔助說(ON LINE HELP)

## (2) MapObject

a. 可成為 VB 之元件；b. 對話框之編輯工具；c. 可擴充式軟體架構；d. 支援各種工作平台(PC、MAC 及 UNIX)；e. 可整合多種資料(ARC/INFO 及資料庫 DBMS 系統)；f. 可將 GIS 之圖資包裝成一完成產品置入 VB 介面中；g. 支援多種輪式(EPS、BMP、WMF、CGM)；h. 線上輔助說(ON LINE HELP)

## 六、規劃及建置基本之展示介面

製作操作介面軟體之選擇上，則以軟體穩定、普遍使用，軟體製作公司支援能力為考量，而選以 Microsoft 公司之 Visual Basic 軟體。

介面設計採用視窗下拉式選單方式，便於操作者掌握整體操作架構。操作親和性方面，考慮依照功能(操作按鈕、選項、展示)作畫面位置區分、依據操作步驟對畫面作適當排列、處理使每個畫面據相當之一致性等。

介面架構設計如表5，包括：系統設定、氣象/水情、水情通告/警報、災情通報、救災資源、潛勢災損評估等六個主選項。

展示介面如圖3~圖8所示，圖中結合地理資訊系統之圖層，但確實所需之完整圖層，需俟下年度完成整合其他相關子計畫蒐集之圖層。由圖3~圖8可知，展示圖表位置主要於圖右方、操作按鈕及選項則大多置於圖左方。由圖5至圖8可知，介面可以複選方式，選擇搭配所需之地理資訊系統圖層。

## 七、結論

1. 本研究完成(1)鹽水河流域淹水境況模擬決策支援系統之整合規劃；(2)鹽水河流域防洪決策支援系統之資料庫規劃；(3)研發介面結合地理資訊系統之技術；及(4)規劃及製作基本之鹽水河流域淹水境況模擬決策支援系統之展示介面。
2. 本研究整合規劃本模式與各相關子計

畫之銜接，以及在水情災損分析、災害應變、彙整災情以及決策支援應用上之內容以及重點構想。

3. 本年度已完成規劃資料庫之水文資料、流域基本資料以及土地交通人口資料等之內容、資料庫欄位名稱格式定義，以及選用資料庫軟體之考慮。
4. 本研究完成介面結合地理資訊系統之技術，評估合適軟體，藉以建立地圖資料和屬性資料，可以整合數值地圖、掃描影像及遙測資料，進行查詢、統計分析及展示資料，並已成功與本計畫製作之介面結合。
5. 本年度規劃以 VB 作為操作界面製作之應用程式，並完成規劃界面架構、操作功能、界面親和性、展示圖表、與資料庫之連結關係，並完成製作基本之操作界面。
6. 後續下年度將結合子計畫一、二、三、四之成果，根據所處理降雨事件之累積雨量，藉由與預先建好資料庫比對，以研判可能之災情及損失。最後一年度將擴充建置完整之決策支援功能。

## 參考文獻

- [1] Ming-jen Chen, Hsin-ya Ho, Chin-lien Yen, 'Flood Forecast System Model for Tanshui River Basin(V) : Integration with Decision-Support Model,' 4th International Conference on Hydroinformatics 2000, Cedar Rapids, Iowa State, July 23-27, 2000.
- [2] 經濟部水利處第六河川局，「鹽水溪治理規劃報告」，1998
- [3] 陳明仁，「淡水河洪水預報系統模式之建立」，第三屆海峽兩岸水利科技交流研討會，1997 年 7 月。
- [4] 顏清連、李天浩、王如意、楊德良、許銘熙、陳明仁、何興亞，「淡水河整體洪水預報系統模式之研發」，八十七年度防災專案計畫成果研討會論文集，1999 年 4 月。
- [5] 蔡長泰、陳明仁、楊品儒、林志翰，「洪氾防災預警」，都市與自然災害防災專題講座專輯，中華防災學會，1999 年 9 月 7-9 日。
- [6] 林國峰、陳明仁、吳幸璋、陳儒賢，「建立為流域洪水預警系統之評估以及初步規劃」，88 年農業工程研討會論文集，1999。

- [7] 陳明仁、何興亞、顏清達，「淡水河洪水預報系統模式之整合建置」，第五屆海峽兩岸水利科技交流研討會論文集，2000 年 10 月。
- [8] 陳明仁、吳舜菁，「防洪水情及決策支援介面設計探討」，第六屆海峽兩岸水利科技交流研討會論文集，2001 年 9 月。
- [9] 顏清達、王如意、楊德良、許銘熙、李天浩、陳明仁、何興亞，「淡水河整體洪水預報系統模式之研發」總結報告，1998。
- [10] 顏清達、王如意、楊德良、許銘熙、李天浩、陳明仁、何興亞，「淡水河整體洪水預報系統模式之研發」總結報告附件-技術手冊，1998。
- [11] 顏清達、王如意、楊德良、許銘熙、李天浩、陳明仁、何興亞，「淡水河整體洪水預報系統模式之研發」總結報告附件-操作手冊，1998。
- [12] 顏清達、王如意、楊德良、許銘熙、李天浩、陳明仁、何興亞，「淡水河整體洪水預報系統模式之研發」展期報告，1998。
- [13] 林國峰、陳明仁、李天浩，「建立烏溪流域洪水預警系統(一)」，1999。
- [14] 許銘熙、李天浩、陳明仁等，「淡水河整體洪水預報系統模式之後續維護擴充」，2000,12 月。
- [15] 林國峰、陳明仁、李天浩，「建立烏溪流域洪水預警系統(二)」，2000,12 月。

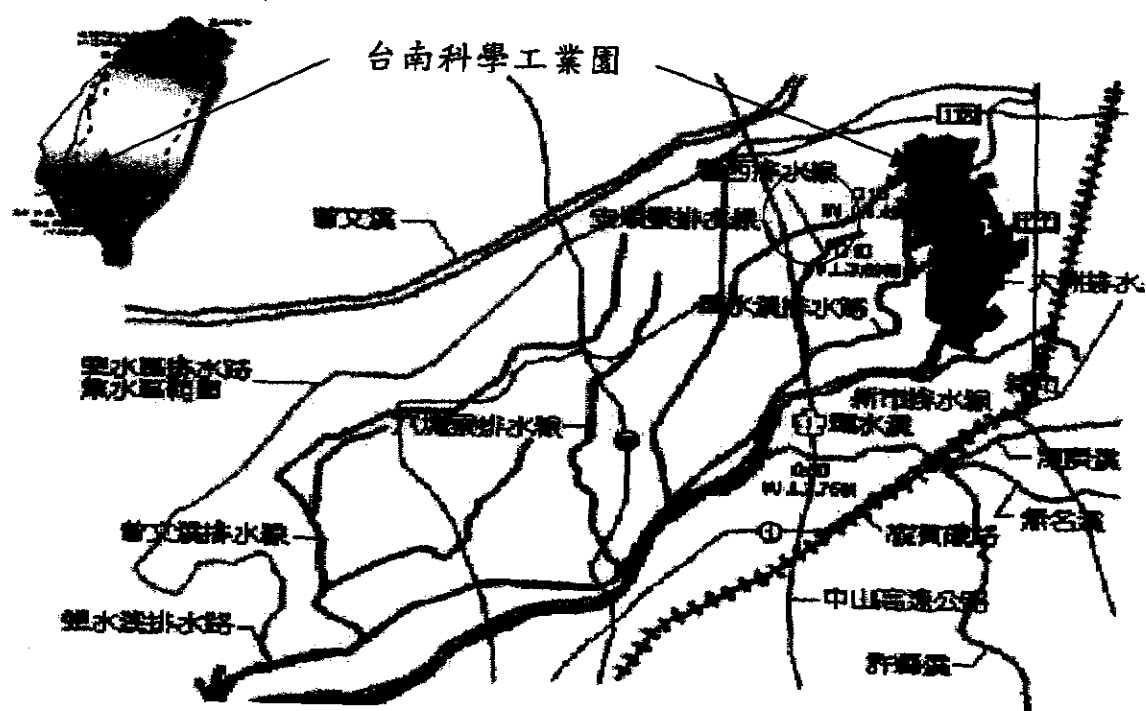


圖 1 台南科學工業園鄰近排水系統分佈

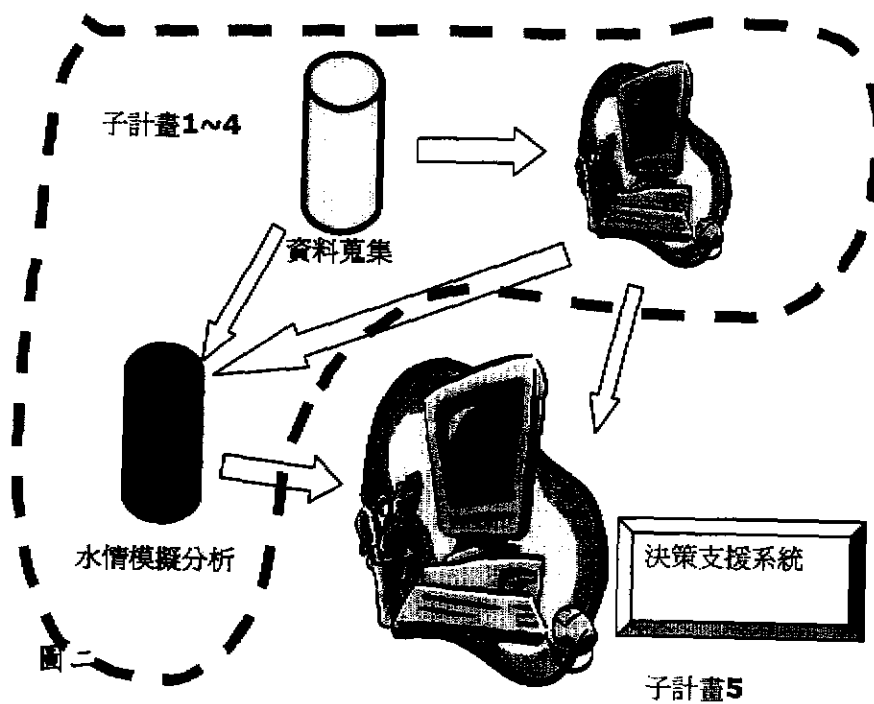


圖 2 本計劃與相關子計劃之整合示意

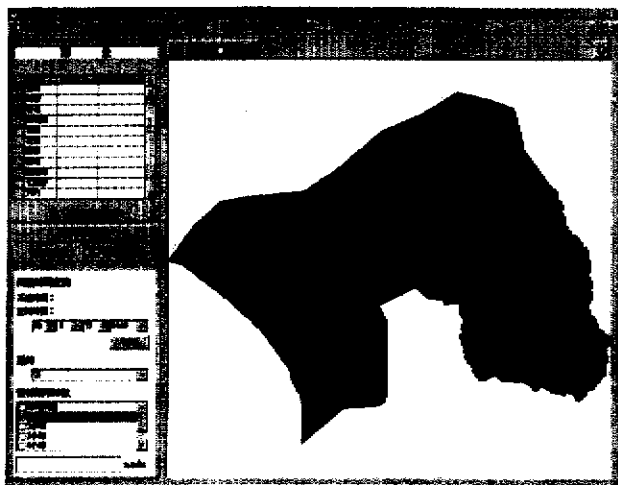


圖 3 展示介面—雨量

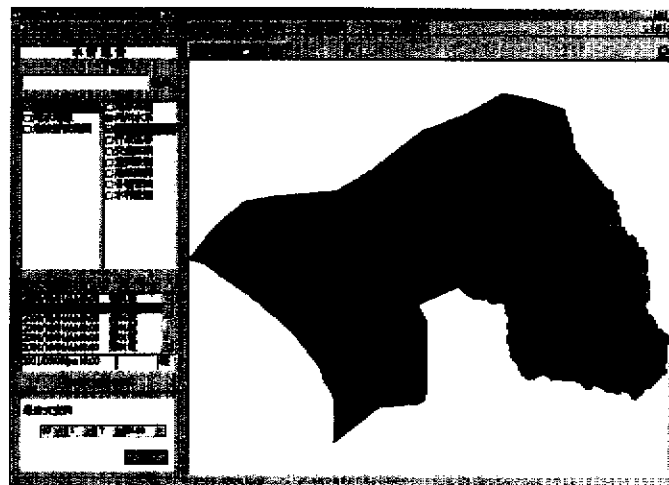


圖 6 展示介面—水情通告

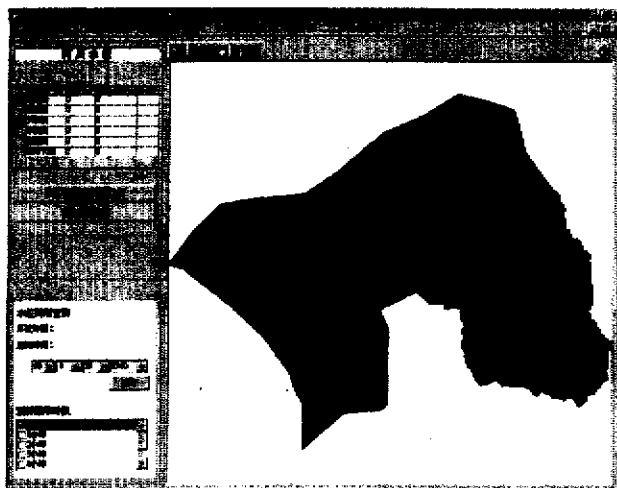


圖 4 展示介面—河川水位

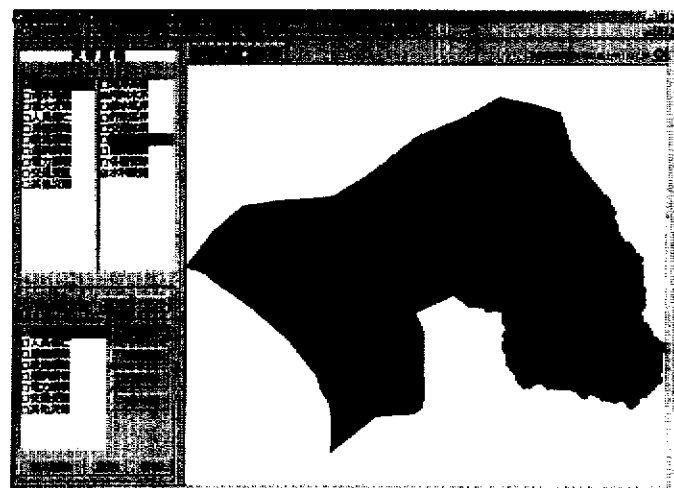


圖 7 展示介面—災情通報

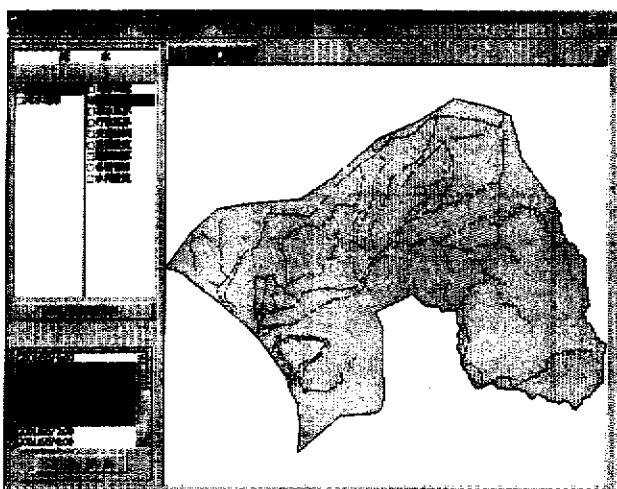


圖 5 展示介面—淹水



圖 8 展示介面—流域淹水範圍及深度

表 1 資料庫表格名稱

| 編號 | 表格名稱    | 表格名稱       | 索引名稱                  | 字數/欄數   | 字數        |
|----|---------|------------|-----------------------|---------|-----------|
| 1  | 使用者基本資料 | USRID      | USERCODE              | 40      | 2,080     |
| 2  | 雨量站基本資料 | RST_P_BASE | RST_CODE              | 8       | 320       |
| 3  | 水位站基本資料 | WST_P_BASE | WST_CODE              | 13      | 884       |
| 4  | 基本資料    |            |                       |         |           |
| 5  | 雨量站水情   | RST_P      | RST_DATE,<br>RST_CODE | 70,080  | 1,331,520 |
| 6  | 水位站水情   | WST_P      | WST_DATE,<br>WST_CODE | 113,880 | 2,505,360 |
| 7  | 觀水區淹水   | RPT_FLD    |                       |         |           |
| 8  | 觀水區洪水通告 | RPT_NOTE   |                       |         |           |
| 9  | 災害損失    |            |                       |         |           |
| 10 | 指令追蹤表   | 指令追蹤表      |                       | 錄數      | 錄數*56     |
| 11 | 指令種類清單  | 指令種類清單     |                       | 3       | 69        |

表 2 雨量基本資料

| 雨量站基本資料 (2) |            |             |               |    |
|-------------|------------|-------------|---------------|----|
| 檔案名稱        | RST_P_BASE | 資料庫名稱       | ANTI_FLOOD    |    |
| 索引名稱        | 索引值        | 容量需求(字):    | 18 站*40 Bytes |    |
| RST_CODE    | RST_CODE   | = 720 Bytes |               |    |
| 中文欄位名稱      | 英文欄位名稱     | 型態          | 長度            | 小數 |
| 雨量站號        | RST_CODE   | CHAR        | 3             |    |
| 雨量站名        | RST_NAME   | CHAR        | 8             |    |
| 東經          | RST_ELONG  | CHAR        | 9             |    |
| 北緯          | RST_NLATI  | CHAR        | 8             |    |
| 雨量站地址       | RST_ADDR   | CHAR        | 12            |    |

表 3 水位站欄位

| 水位站基本資料 (3) |            |          |                                   |            |
|-------------|------------|----------|-----------------------------------|------------|
| 檔案名稱        | WST_P_BASE |          | 資料庫名稱                             | ANTI_FLOOD |
| 索引名稱        | 索引值        |          | 容量需求(字): 6 站*68 Bytes = 408 Bytes |            |
| WST_CODE    | WST_CODE   |          |                                   |            |
| 中文欄位名稱      | 英文欄位名稱     | 型態       | 長度                                | 小數         |
| 水位站站號       | WST_CODE   | CHAR     | 3                                 |            |
| 水位站站名       | WST_NAME   | CHAR     | 8                                 |            |
| 低水位範圍       | WST_LRANGE | SMALLINT |                                   |            |
| 高水位範圍       | WST_HRANGE | SMALLINT |                                   |            |
| 最高          | WST_HIGH   | FLOAT    |                                   |            |
| 警戒水位        | WST_WARN   | FLOAT    |                                   |            |
| 東經          | WST_ELONG  | CHAR     | 9                                 |            |
| 北緯          | WST_NLATI  | CHAR     | 8                                 |            |
| 水位站地址       | WST_ADDR   | CHAR     | 12                                |            |
| 河系          | WST_RIVER  | CHAR     | 6                                 |            |

表 4 所需地理資訊系統資料

|                 |           |         |
|-----------------|-----------|---------|
| (一)水文、地文<br>及管線 | 河川集水區範圍圖  |         |
|                 | DTM 數值高程圖 |         |
|                 | 河川水系分佈圖   |         |
|                 | 水利設施圖     | 雨量站     |
|                 |           | 水位站     |
|                 |           | 抽水站     |
|                 |           | 水門      |
|                 |           | 閘門      |
|                 |           | 堤防      |
|                 | 各種管線資料圖   | 污水管線    |
|                 |           | 自來水管線   |
|                 |           | 雨水管線    |
| (二)交通、地標<br>及人口 | 土地利用現況圖   |         |
|                 | 行政界(村里)圖  |         |
|                 | 交通路網圖     |         |
|                 | 道路街廓圖     |         |
|                 | 重要地標圖     | 學校      |
|                 | 人口資料      | 醫院      |
|                 |           | 捷運車站    |
|                 |           | 消防隊     |
|                 |           | 警察局     |
|                 |           | 衛生所     |
|                 |           | 安養院     |
|                 |           | 體育館     |
|                 |           | 公園      |
|                 |           | 橋樑      |
|                 |           | 發生時間    |
| (三)水災歷史<br>資料   | 颱風災害位置圖   | 水災原因    |
|                 | 歷史颱風災害    | 降雨強度    |
|                 |           | 淹水深度及範圍 |
|                 |           | 災損記錄    |



表 4(續) 所需地理資訊系統資料

|              |             |                   |
|--------------|-------------|-------------------|
| (四)水災歷史資料    | 颱風災害位置圖     |                   |
|              | 歷史颱風災害      | 發生時間              |
|              |             | 水災原因              |
|              |             | 降雨強度              |
|              |             | 淹水深度及範圍           |
| (五)救災資源      | 避難場所        | 緊急應變流程            |
|              |             |                   |
|              | 救災設施        | 消防設施分佈圖           |
|              |             | 醫療設施分佈圖           |
|              |             | 戰備水源及公私設深水井       |
|              | 救災器材        | 救災機具分佈與內容         |
|              | 救災物質        |                   |
|              | 疏散路徑分析      |                   |
|              | 緊急應變作業流程    |                   |
|              | 防救單位與人員聯絡名冊 |                   |
| (六)災害潛勢/災損評估 | 流域淹水範圍及深度   | 降雨強度<br>150mm/day |
|              |             | 降雨強度<br>300mm/day |
|              |             | 降雨強度<br>450mm/day |
|              |             | 降雨強度<br>600mm/day |
|              |             | 各重現期降雨強度          |
|              |             |                   |

|  |          |                   |
|--|----------|-------------------|
|  | 重要地標淹水情形 | 降雨強度<br>150mm/day |
|  |          | 降雨強度<br>300mm/day |
|  |          | 降雨強度<br>450mm/day |
|  |          | 降雨強度<br>600mm/day |
|  |          | 各重現期降雨強度          |
|  | 災損估計     | 降雨強度<br>150mm/day |
|  |          | 降雨強度<br>300mm/day |
|  |          | 降雨強度<br>450mm/day |
|  |          | 降雨強度<br>600mm/day |
|  |          | 各重現期降雨強度          |

**防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)**  
**—子計畫六：基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究(一)**  
**精簡報告**

計畫編號：NSC 89-2625-Z-002-056

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

主持人：王如意 教授

研究人員：周建明 研究生

鄭思蘋 研究生

執行單位：國立台灣大學農業工程學系

### 中文摘要

基隆河流域屬河谷地形，兩岸支流交錯，坡陡流促，其下游匯入台北盆地，地勢低窪，感潮情況甚為明顯。隨著近數十年來之經濟蓬勃發展，流域沿岸市鎮工商業鼎盛，人口快速集中，土地利用大幅改變，都市化開發影響水文效應相當彰顯。每年夏秋之際，颱風暴雨來襲，常洪流直瀉，一雨成災，對國計民生影響甚大。

本計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」目標導向整合型計畫之第六子計畫，擬以三年期間深入研析基隆河流域水文環境之歷年變化歷程，推求及修正河系沿岸逕流量，以提供子計畫七、八颱風發生淹水境況模擬之必要輸入條件與子計畫九、十洪災損失評估及決策支援展示系統所需之水文資訊。

本研究首先蒐集基隆河流域內雨量站及水文站歷年來之降雨及水文資料，查勘河系沿岸之地形地貌及支流分布，建立合適之氣象、水文、地文及土地利用、人口政經資料檔，從事降雨頻率分析，建立降雨強度—延時—頻率關係及合適雨型設計，並應用克利金法，評估站網設置。再利用地理資訊系統，將基隆河沿岸集水區劃分適宜個數之核胞，應用半空間分布並聯型水庫概念模式推求沿岸河段之逕流量。研究中亦採用瞬時單位歷線法探討水文參數與土地利用改變之關係，研析都市化演變對水文之效應。最後考慮不同防洪

治理方案，評估及修正沿岸重要測站之設計流量，以提供基隆河防洪示範區水文規劃設計之應用。

關鍵詞：降雨分析、逕流模擬、站網設計、都市化演變、境況模擬、決策支援系統、水文規劃。

### Abstract

The objectives of this research project are aimed to study the hydrological characteristics and set up adequate rainfall-runoff model for estimating the runoff discharges along Keelung River for the application of flood mitigation in the project area. Due to rugged valley in its topography, meandering river course, steep slope and complicated tributaries, Keelung River flows into low-lying plain of Taipei Basin. Following the rapid economic development and booming business in recent decades, many residents populated increasingly along banks of Keelung River, great change in land use and high degree of hydrological impact by the urban development can be significantly seen as a result. Severe flood and inundation damages caused by storm or typhoon hitting occur in Keelung River every year.

This research, the sixth subtopic of the objective-oriented and integrated project entitled, "Inundation Scenario Simulation and Decision Support System for Flood-Damage Mitigation in Pilot Areas," is accordingly proposed to study the hydrological environment, execute the

detailed analysis for the deterministic rainfall-runoff process, set up the adequately hydrological models to simulate the flood behavior and finally adjust the design discharge for hydrological planning along Keelung River Basin. The results obtained in this study can provide No. 7 and 8 research projects of scenario simulation as the necessary input condition, also to No. 9 and 10 research projects of flood damage and decision support system as the essential information for application.

To begin with the research procedure, rainfall, flood records and the related data are proposed to collect, analyze and store in the appropriate data bank. Several field surveys to the project sites are expected to accomplish to understand the present status of watersheds along the banks of Keelung River. Frequency analyses of rainfall in Keelung River Basin are scheduled to finish, rainfall intensity-duration-frequency curves are drawn, and the adequate rainfall pattern can be formed. The adequacy of rainfall network is also investigated by Kriging approach. Furthermore, ARC/INFO analysis of Geographical Information System are applied for analysis the geomorphologic characteristics of river network and watershed topography of Keelung River Basin. Suitable cell structures of every tributary can thus be organized. Semi-spatial distributed with parallel typed reservoirs conceptual model is theoretically derived, model parameters are reasonably optimized, and the resulting flood hydrographs can be simulated for different design conditions. Moreover, the hydrological effects due to urban development along the project areas are analyzed as the functional relationship between the physical parameters and the land-use variation by applying the concept of instantaneous unit hydrograph. Finally, by considering different layout conditions of flood-mitigation plans, the design discharge for the important locations along Keelung River can be modified for the hydrological planning of the pilot area.

Keywords: Rainfall analysis, Runoff simulation, Network design, Urban development, Scenario simulation, Decision support system, Hydrological planning.

## 一、前言

基隆河流域為台灣北部淡水河系中三大支流之一，發源於台北縣平溪鄉石尾林西邊標高 519 公尺之菁桐山，西鄰景美溪，南接坪林溪，各支流匯集後朝向東北流至瑞芳再向西折，沿路流經四腳亭、暖暖、八堵、五堵、汐止、南港、士林、北投，於社子關渡蜿蜒匯入淡水河。主流長為 86 公里，流域面積為 501 平方公里。

基隆河流域內近二、三十年來因河川兩岸土地過度開發利用，導致逕流增加、河道淤積，沿河岸高樓林立，到處呈現與水爭地之現象，造成低窪地區常遭洪水氾濫成災。例如民國 76 年 10 月 24 日琳恩颱風侵襲五堵、汐止、南港、松山一帶，到處汪洋，災情慘重。民國 87 年 10 月下旬瑞伯、芭比斯兩次颱風來襲，汐止地區十天內淹水三次，造成汐止人口稠密市區 23 個里，760 公頃地區淹水，受災居民達一萬戶，萬戶停電，五堵火車站甚至淹水至車站屋頂，造成重大之經濟及社會損失。又民國 89 年 11 月 1 日象神颱風更造成基隆、瑞芳、汐止、內湖、木柵各處土石流及廣大之淹水災情，死亡 64 人、受傷 65 人、失蹤 25 人，農漁業及民生物資損失難以估計，災情空前慘重。

本計畫擬以三年期間，廣泛蒐集並研析基隆河歷年來之氣象、水文、地文及人文資料，建立水文環境資料庫，從事基隆河流域氣象站、雨量站、水位站、抽水站之站網評估，研析降雨頻率、強度—延時—頻率及合適雨型設計等。建立適宜之水文模式，探討集水區內降雨—逕流之定率/序率關係，研析都市化演變對水文之效應，不同水利建置方案（如員山子分洪、中山橋拆除與否、沿岸支流整治及抽水站增設）條件下對水文環境之影響程度及推估不同降雨狀況下沿岸之設計流量。

## 二、本研究對整合型計畫之貢獻

本研究計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型計畫之第六子計畫，係針對基隆河流域數十年來由於快速都市化演變而形成水文環境之變化作一系列之水文研究，屬於目標導向之計畫，可據以提供子計畫七、八、九及十從事基隆河防洪示範區淹水境況模擬、洪災損失估計、決策支援及展示研發之必要水文資訊，並探討及修正基隆河流域沿岸重要水文站之設計流量，可提供基隆河流域水資源開發及洪災整治之應用。

## 三、研究方法與步驟

本研究所採用之方法主要包括水文資料庫之建立、降雨分析、降雨—逕流模式之研析、站網評估及都市化演變對水文效應之影響探討及設計洪水歷線之模擬等六要項。

### 1. 水文資料庫之建立

為進行「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型目標導向計畫，本子計畫屬於水文資訊之先驅研究，為優先且重要之工作項目。本計畫擬廣泛蒐集基隆河流域內氣象測候站、雨量站、水位站、抽水站、橋樑、水門、雷達站、人口、土地利用、工商業普查及歷年洪災損失等資料，加以建檔、研析，並建立資料庫，檢討基隆河河系演變、基隆河下游段截彎取直、八堵—汐止段治標計畫，過去、現況及未來之地貌、河道及沿岸水文環境之變化等。

### 2. 降雨分析

暴雨為一種強度劇烈、延時急瞬且具災害性之降雨型態，時常釀成一地區重大之洪澇損失，因此無論對其雨量分布、深度、強度及延時，均為從事水利工程規劃與設計所需具備之重要資料，研析方法如下：

#### (1) 雨量資料之蒐集與研析：

本研究首先蒐集基隆河流域內經濟部水利處所轄屬各雨量測站歷年來年最大值選用法所得之降雨資料依不同延時加以整理。

#### (2) 不同延時之降雨頻率分析[4,9]：

本研究採用對數皮爾遜第三類分布法，分析並求取不同延時及不同重現期距所對應之降雨量。

#### (3) 降雨強度—延時—頻率曲線之分析[1]：

本研究採用台灣地區常被引用之 Horner 三參數公式，並取迴歸時之最小相對誤差，以推求台北都會區各雨量測站不同重現期距下之降雨強度—延時—頻率曲線公式。

#### (4) 兩型設計[12]：

本整合型計畫考慮降雨具有發生機率觀念，乃探討區域重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年，於空間上均勻分布且降雨延時為 24 小時之降雨條件下，基隆河流域內設計洪水歷線之模擬。所以對於兩型設計之研究，本子計畫擬將求取各研究區域重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年，於空間上均勻分布且降雨延時為 24 小時之設計兩型。

### 3. 降雨—逕流模式之研析

#### (1) 理論簡介[1,2,3,7]

本研究針對基隆河流域之地形複雜、河道曲折，具有高度水文空間變異之特性，採用半空間分布並聯型水庫概念模式，以模擬基隆河流域一旦發生暴雨時各集水區之降雨—逕流歷程，期能了解沿岸集水區漫地流流動之特性。茲將擬採用之水文模式理論之架構簡述如下：

本模式乃視一集水區可由  $n$  個不等之概念線性水庫所比擬。若第一個水庫瞬間降下一單位之有效雨量，則第  $n$  個水庫之逕流歷線即為線性水庫模式之瞬時單位歷線，其表示方式為[8]：

$$U_n(t) = q_n(t) = \int_0^t U_{n-1}(\tau) \frac{1}{K_n} e^{-\frac{(t-\tau)}{K_n}} d\tau$$

$$= \begin{cases} \frac{1}{K_1} e^{-\frac{t}{K_1}}, N=1 \\ \sum_{i=1}^N \frac{K_i^{N-2}}{\prod_{j=1, j \neq i}^N (K_i - K_j)} e^{-\frac{t}{K_i}}, N \geq 2 \end{cases}$$

其中， $k_n$  為第  $n$  個線性水庫之蓄水常數。

假設一單位之有效降雨量瞬間均勻地落在集水區上，則其降雨在集水區中，遵循多條流路流達出口處。為便於模式之闡釋，茲以以下集水區為例予以說明，其降雨落於各核胞上流至集水區出口處之流路有以下數條途徑[10,11]：

- 流路 1： $O_{11} \rightarrow S_{11} \rightarrow S_{13} \rightarrow S_{15}$
- 流路 2： $O_{22} \rightarrow S_{22} \rightarrow S_{23} \rightarrow S_{25}$
- 流路 3： $O_{33} \rightarrow S_{33} \rightarrow S_{35}$
- 流路 4： $O_{44} \rightarrow S_{44} \rightarrow S_{45}$
- 流路 5： $O_{55} \rightarrow S_{55}$

以上  $O_{mn}$  表示流路  $n$  第  $m$  個核胞之漫地流； $S_{mn}$  表示流路  $n$  第  $m$  個核胞之河渠流。

模式中將每一流路中之各核胞之漫地流與河渠流視為不同之狀態，每一流路可比擬為由數個不同狀態所串聯而成，而每一狀態則係利用一線性水庫予以比擬。因此每一流路之反應是由數個不同線性水庫串聯之結果，而該集水區出口處之流路反應乃是由所有流路之反應並聯線性疊加而成。

## (2) 資料蒐集及模式之檢定

針對基隆河流域五堵上游集水區所蒐集之資料與分析過程分述如下：

### A. 地文資料之蒐集

針對研究集水區，以五萬分之一比例尺之集水區地形圖，依據河川網路與土地覆蓋利用等資料再予以細分，並自上而下給予每一小分區一個編號，且應用地理資訊系統 ARC/INFO 軟體予以數化，則可求得各研究集水區內每一小分區之集水面積、主河道長度及主河道平均坡度等地文

資料。

### B. 水文資料之蒐集與研析

目前淡水河洪水預報系統係以電傳雨量站資料為輸入值，因此本研究乃針對電傳雨量站之降雨資料為研析對象。基隆河之五堵上游集水區：其電傳雨量站計有五堵、坪林等兩站，並以五堵流量記錄為模式檢定之憑藉。

### C. 颱風事件之選取

為確定半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式應用於研究地區之合適性，本研究於基隆河之五堵上游集水區選用自民國 68 年至 83 年間 19 場颱風事件予以校驗。

### D. 模式參數最佳化分析

本研究於逕流模式之參數最佳化分析中嘗試以新近研發之洗牌複演進法 (shuffled complex evolution algorithm, 簡稱 SCE 法)[6] 整體性最佳化方式對逕流模式進行參數之率定。

### E. 模式合適性之檢定

為探討模式於研析集水區之合適性，本研究乃分別以效率係數 (Coefficient of Efficiency)、峰值誤差 (Error of Peak Discharge) 及峰值到達時刻誤差 (Error of Time to Peak) 等三項標準予以校驗，使能客觀地評估研擬模式之合適性。

## 4. 站網評估

基隆河流域內目前設置有電傳雨量站五站，水位流量站六站。雨量測站之配置必須考慮測站之代表性，一個觀測站之支配面積以及考慮在颱風發生時，該測站如故障或缺漏時之處理方式。而水位站之配置，則必須考慮對感潮河段以及對整治區間河川水位、氾濫情況之掌握。本計畫應用克利金法之區域化變數理論，假設降雨為一種二維隨機變量域，且以具時變性及空間分布性之半變異圖來描述降雨之空間變異特性。本研究採用一般克利金法及去除平均趨勢法，分析基隆河流域歷年來累

積月雨量及颱風時雨量，並推估流域內規劃地區之設計降雨量，作為流域內未設測站雨量估計之依據。

#### 5. 都市化演變對水文效應之影響探討

隨著近數十年來之經濟蓬勃發展，基隆河系沿岸人口集中，人文薈萃，土地利用大幅改變，都市開發影響水文效應頗為明顯。都市開發效應之於都市集水區之主要改變乃在於直接逕流體積增加、洪峰流量加大及到達尖峰時間縮短。一般而言，人口成長、道路面積與住宅開發之擴大、森林與農地之減少以及土地利用等人文、地文因子均會造成都市集水區之入滲量減少及逕流係數加大，其皆可視為都市開發效應之因子。然上述諸都市開發因子，彼此相互影響，產生錯綜複雜之效應，對於都市開發過程中所造成水文特性之變異，實有作深入探討之必要。

本研究係研析都市化過程中，不透水面積增減與概念化水文模式物理參數間之關係及其於不同重現期距之設計雨型下，所模擬洪水歷線之尖峰流量、直接逕流體積與到達尖峰流量時刻等水文量之變化趨勢，臻以提供各項水利工程設施之參考與應用。

本研究擬應用瞬時單位歷線原理與特性，根據過去歷年來颱風事件之記錄降雨與逕流資料，應用動差法計算歷年颱風場次那徐模式之參數作為參數優選之起始值，再以洗牌複演進法求出相對於該年土地利用改變之模式參數值，藉以分析都市化前、後對研究集水區水文特性之影響程度。應用迴歸分析探討基隆河沿岸集水區近三十年來土地利用改變與瞬時單位歷線間之相互關係，並研析水文模式中有關參數隨著年代變化之因果關係。

#### 6. 設計洪水歷線之模擬

本研究採用之半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式係將研析集水區各分割成若干個核胞。每一核胞可輸入不相同之降雨資料，以展現降雨於空間分布之特性。

俟求得不同研析集水區各核胞之有效降雨量後，再套配半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式，以從事基隆河流域之設計洪水歷線模擬，以為其它子計畫執行水理演算之邊界輸入條件。

#### 四、研究結果

茲將本研究所獲致之研究結果分述如下：

##### 1. 水文資料庫之建立

本年度所建立之水文資料庫已完成如下具體之成果：

- (1) 已完成淡水河流域（包含基隆河流域）內現有抽水站之資料建檔及抽水站分布圖之繪製。
- (2) 已完成淡水河流域（包含基隆河流域）內現有橋樑断面之資料建檔及橋樑分布圖之繪製。
- (3) 已蒐集建檔基隆河流域內台北縣平溪、瑞芳、汐止歷年之土地利用資料。
- (4) 已蒐集建檔基隆河流域內台北市南港、松山、內湖、中山、大同、士林及北投歷年之土地利用資料。
- (5) 已蒐集建檔基隆河流域內基隆市七堵、暖暖歷年之土地利用資料。
- (6) 已蒐集建檔基隆河流域內台北縣平溪、瑞芳、汐止歷年之人口數、人口密度統計數據。
- (7) 已蒐集建檔基隆河流域內台北市南港、松山、內湖、中山、大同、士林及北投歷年之人口數、人口密度統計數據。
- (8) 已蒐集建檔基隆河流域內基隆市七堵、暖暖歷年之人口數、人口密度統計數據。
- (9) 已完成基隆河流域水文測站狀況之資料建檔。
- (10) 已蒐集建檔基隆河流域歷年現有堤防、護岸之長度及丁壩之座數。

## 2. 降雨分析

- (1) 本研究以對數皮爾遜第三類分布進行頻率分析，並預估各測站在重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年下不同延時之降雨量，其結果選其代表如表 1 所示。
- (2) 降雨資料經頻率分析後，即可進行各測站不同重現期距下降雨強度—延時—頻率曲線公式之推求。本研究係採臺灣地區較常被引用之 Horner 三參數型公式，並取迴歸時之最小相對誤差，以推求基隆河流域各測站不同重現期距下之降雨強度—延時—頻率曲線公式。
- (3) 基隆河流域計有五堵、台北、竹子湖、瑞芳及火燒寮等 5 個雨量站。本研究以交替區塊法從事兩型之設計；並配合頻率分析與降雨強度—延時—頻率關係之研究成果為兩型設計之依據；及以重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 年及 200 年等八類降雨總量，與 24 小時降雨延時之組合從事兩型設計。
- (4) 採用交替區塊法之設計兩型，選取總降雨延時為 24 小時，重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 年及 200 年之設計降雨總量，分別求出設計降雨之時間分布；最後，再應用高度平衡多邊形法(height-balance polygons method)，即可求得各流域不同重現期距與不同降雨延時組合下之流域平均設計兩型雨量。應用交替區塊法所求得之平均設計兩型，選其結果代表如圖 1 所示。基隆河流域內各雨量站平均之暴雨前進係數 $\bar{F}$ ，為求設計兩型之簡化，係取各雨量站 $\bar{F}$ 之算術平均值為該流域之平均暴雨前進係數 $\bar{F}$ 代表值。

## 3. 降雨—逕流模式之研析

半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模

式係以集水區河川網路與土地覆蓋利用等資料將集水區劃分成多個核胞，然後依據降雨落於各個核胞上流至集水區出口處之不同流路再與以並聯線性疊加而成之模式。以半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式套配 SCE 參數優選方法應用於基隆河五堵上游集水區作洪水估測之結果分述如下：

- (1) 基隆河之五堵上游集水區之模擬結果，選其代表如圖 2 所示。其平均效率係數為 0.878，峰量誤差平均在 11.48%之內，峰時誤差時刻小於 2 小時。
- (2) 由模擬結果所使用之參數值表中可得知，參數 $N_c$ 之值似有偏低之情形，其原因為模式架構係採用並聯型核胞方式，用以尋求每一核胞與集水區出口處間之直接關係，因此對於每一條流路之模擬流況與實際之流況並不相同，而且比實際流量為小，但為達到擬合峰時與峰量之目的，只有降低參數 $N_c$ 值以達到模擬目的。
- (3) 綜合言之，利用半分布並聯型線性水庫概念逕流模式模擬基隆河五堵上游集水區之結果，尚令人滿意。

## 4. 站網評估

- (1) 關於雨量站網之規劃設計，既有雨量站網之分析中以重覆法(iterative method)所得結果選其代表如表 2 所示。其中，月累積雨量最大之三個測站分別為編號 15、17、24 之淡水(1)測站、瑞芳(2)測站及大桶山測站，而颱風時雨量為編號 6、11、20 之福山(3)測站、瑞芳(2)測站及淡水(1)測站。這些測站均有較高之尺度估計變異數，其在空間上較具代表性，故應予以保留。擬增設雨量站網之分析中，台北市考慮長期性降雨影響(月累積雨量)，擬建議增設 18 個雨量測站，而考慮短期性降雨影響(颱風時

雨量),擬建議增設 18 個雨量測站。並可依其尺度估計變異數之高低作為擬增設雨量測站之先後順序。台北縣地區考慮長期性降雨影響(月累積雨量),擬建議增設 13 個雨量測站,而考慮短期性降雨影響(颱風時雨量),擬建議增設 13 個雨量測站。並可依其尺度估計變異數之高低作為擬增設雨量測站之先後順序。

- (2) 關於水文站網之規劃設計,既有水文站網之分析中以重覆法(iterative method)所得結果,其中以介壽橋站、福山站及三鶯橋站等三站具有較高之尺度估計變異數,無法由其它既有選用測站資料獲致較準確推估值,故其於空間上較具代表性而應予以保留。擬增設水文站網之分析中本研究建議增設之測站為承德橋、南湖大橋、高速公路內湖橋與參帥二號橋等四個水文監測站;此外,並可依其尺度估計變異數之高低作為擬增設測站之先後順序。

#### 5. 都市化演變對水文效應之影響探討

- (1) 本研究中,五堵水文站依颱風降雨事件不同特性,分別以單峰或複峰基流分離法分離出直接逕流,而以 $\Phi$ 指數法求取超滲降雨,經由動差法計算那徐模式之兩參數  $N$  與  $K$ 。
- (2) 人口密度與不透水面積乃呈現逐年增加,此變化趨勢頗符合都市開發之趨勢。因此,應用多維灰色動態分析  $GM(1,3)$ ,以不透水面積與人口密度為作用因素,分別對行為因素一參數  $N$  與參數  $K$  代入協調方程式予以分析之。應用多維灰色動態分析  $GM(1,3)$  分析基隆河流域之都市開發。
- (3) 由評判分析,參數  $N$  與參數  $K$  之模式之擬合誤差百分比皆屬於合理範圍,而參數  $N$  與參數  $K$  之模式精度等級皆為合格。因此,中所推估之那徐模式之參數  $N$  與參數  $K$  推估值予

以線性迴歸,求取歷年瞬時單位歷線之洪峰流量( $U_m$ ),如圖 3 所示。圖 3 中可說明,由於歷年人文因子與地文因子之變異,造成洪峰流量之增加。

#### 6. 設計洪水歷線之模擬

本研究關於設計洪水歷線之模擬,係以交替區塊法進行降雨延時為 24 小時且重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年之兩型設計,並由徐昇氏多邊形法求取研析集水區於各核胞之各類型之平均設計兩型雨量,進一步利用  $\Phi$  指數求取各核胞之有效降雨量,然後套配由半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式所校驗之參數建議值,以從事研析地區之設計洪水歷線模擬。

- (1) 對於基隆河流域五堵上游集水區之設計洪水歷線模擬之結果選其代表如圖 4 所示,而基隆河流域五堵上游集水區與鄰近殘流域等研析地區設計洪峰流量則列如表 3 所示。
- (2) 本研究對基隆河流域於五堵站 200 年重現期距之最大設計洪峰流量值皆大於 3000cms,而經濟部水資源統一規劃委員會所規劃設計之最大設計洪峰流量值為 2300cms[17],可知於五堵站曾發生紀錄最大洪水量為 2630cms,由此可見當時規劃設計之洪峰流量值有明顯偏小。推敲其原因係當時整個大台北防洪工程之規劃保護重心較偏向於大漢溪流域與新店溪流域,然三十年都市化演變,滄海桑田事過境遷,基隆河流域之蓬勃發展已儼然成為大台北都會區之人文、經濟重心,因此對基隆河流域最大設計洪峰流量之採用,似乎應有重新檢討之必要。
- (3) 本研究計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型計畫之第六子計畫,係針對基隆河流域數十年來由於快速都市化演變而形成水文環境之變化作一系列之



水文研究，屬於目標導向之計畫，可據以提供子計畫七、八、九及十從事基隆河防洪示範區淹水境況模擬、洪災損失估計、決策支援及展示研發之必要水文資訊，並探討及修正基隆河流域沿岸重要水文站之設計流量，可提供基隆河流域水資源開發及洪災整治之應用。以象神颱風為例，本子計畫提供予子計畫八各個核胞(銜接範圍如圖 5)之側入流量如圖 6 所示。

## 五、結論

在第一年之研究過程中，本計畫已蒐集基隆河流域內雨量站及水文站歷年來之降雨及水文資料，查勘河系沿岸之地形地貌及支流分布，建立合適之氣象、水文、地文及土地利用、人口政經資料檔，從事降雨頻率分析，建立降雨強度—延時—頻率關係及合適雨型設計，並應用克利金法，評估站網設置。再利用地理資訊系統，將基隆河沿岸集水區劃分適宜個數之核胞，應用半空間分布並聯型水庫概念模式推求沿岸河段之逕流量。研究中亦將採用瞬時單位歷線法探討水文參數與土地利用改變之關係，研析都市化演變對水文之效應。最後結合雨型設計與半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式，從事基隆河流域五堵上游集水區與鄰近殘流域等研析地區之設計洪水歷線模擬，其內容詳實、步驟清晰，且研究成果亦屬相當豐碩。針對研究成果，本研究已獲致以下之結論：

1. 本研究已選定基隆河流域內 5 個雨量測站，推求其降雨強度—延時—頻率曲線公式，並繪製 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年重現期距及 24 小時降雨延時組合下之等雨量線圖，所獲致之研究成果可提供台北近郊未設站或缺乏觀測資料地區從事水利工程規劃設計之應用。
2. 本研究係採用交替區塊法從事台北都會郊區各雨量測站之設計雨型，並配合各雨量站所推得之降雨強度—延時—頻率曲線公式，且選取總降雨延時為 24 小時，

重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 年及 200 年，分別求出基隆河流域內各集水區於設計降雨之時間分布。此等研究成果對未來基隆河流域內之水利工程規劃設計，可做為規劃設計時之依據。

3. 半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式係以集水區河川網路與土地覆蓋利用等資料將集水區劃分成多個核胞，然後依據降雨落於各個核胞上流至集水區出口處之不同流路再予以劃分，且可將每一核胞輸入不同之降雨資料，以展現降雨於空間上分布之特性，因此此模式已改進傳統水文模式將集水區視為單一輸入函數之缺點，而更具完備之理論基礎。
4. 半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式中，以 SCE 複洗牌參數優選法，客觀推求模式之參數，可節省檢驗時間與提高精確度。
5. 本研究係以半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式理論研析基隆河五堵上游集水區降雨與逕流之轉換關係，經以 19 場颱風事件對此模式加以檢驗，其結果相當良好；因此本研究所研發之半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式，對基隆河五堵上游集水區與鄰近地區於水資源規劃與防洪預報系統上，可提供參考應用。
6. 於研究過程中，發現對同一重現期距與相同時間區段，其設計洪峰流量具有隨著降雨延時增加而增加之趨勢；且對於同一重現期距與相同時間區段，設計雨型平均  $\Phi_{index}$  損失量值隨著降雨延時增加而減少。
7. 在雨量站網規劃方面，以克利金法針對基隆河流域進行站網評估。由於考慮測站土地取得之不易，故選取基隆河流域內之中、小學為測站位址，並依長、短期降雨不同之特性，分別加以分析，結果顯示台北市地區建議增設 18 個雨量測站；而台

北縣地區則建議增設 13 個雨量測站。關於水文站網規劃，係以克利金法理論及比流量之概念來規劃站網。研析結果建議增設承德橋、南湖大橋、高速公路內湖橋與參帥二號橋等 4 個水文監測站較為合適。

8. 本研究應用瞬時單位歷線之原理與特性，分析都市開發前、後對集水區水文特性之影響程度。研究中，對整個基隆河流域之都市開發影響逐一探討分析，選取五堵站可用之颱風事件之記錄降雨與逕流資料。相關都市開發因子合併建物基地、寺廟用地、鐵道用地、道路、溝渠與堤防用地為不透水面積因子，是為地文因子，而人文因子則為人口密度因子與各水文站上游沿岸抽水站之抽水量。文中，應用多維灰色動態分析 GM(1,n)，以不透水面積、人口密度與抽水量為作用因素，分別對行為因素—參數 N 與參數 K，以協調方程式分析之。最後，應用那徐模式之參數 N 與參數 K 推估值，推估歷年瞬時單位歷線之洪峰流量。由研究結果顯示，都市開發效應對水文設計流量增量於基隆河流域之五堵上游集水區與鄰近殘流域為 16%。

9. 本研究係以交替區塊法進行重現期為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年與降雨延時為 24 小時組合下各自記雨量站之兩型設計，並套配由半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式所校驗之參數建議值，以從事基隆河流域五堵上游集水區與鄰近殘流域等研析地區之設計洪水歷線模擬，其研究成果可提供此研究地區內之水利工程規劃設計之參考應用。

## 參考文獻

- [1] 王如意、易任，應用水文學，上下冊，國立編譯館出版，茂昌圖書有限公司發行，民國 68 年 10 月。
- [2] 王如意、謝龍生，「半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式之研究」，第八屆水利工程研討會論文集，民國 85 年 7 月。
- [3] 李光敦、顏本琦，「地面及河渠糙度係數對地相瞬時單位歷線模擬之影響」，第七屆水利工程研討會論文集，民國 83 年 7 月。
- [4] 郭朝雄、黃月娟、曠育呈，「臺北地區降雨強度—延時—頻率分析之研究（一）」，臺灣水利第 35 卷第 2 期，民國 76 年 6 月。
- [5] 經濟部水資源統一規劃委員會，「台北地區防洪計劃檢討報告」，民國 59 年 6 月。
- [6] Duan, Q., S. Sorooshian and V. K. Gupta, "Effective and Efficient Global Optimization for Conceptual Rainfall-Runoff Models", *Water Resources Research*, 28(4), pp. 1028, 1987.
- [7] Eagleson, P. S, Chap. 16 "The Catchment", *Dynamic Hydrology*, pp. 362-369, 1970.
- [8] Nash, J. E., "The Form of the Instantaneous Unit Hydrograph", *IASH Publication No. 45, Vol. 3-4*, pp. 114-121, 1957.
- [9] Phien, H. N. and T. Jivajirajan, "Applications of the Log Pearson Type-3 Distribution in Hydrology", *J. of Hydrology*, 73, pp.359-372, 1983.
- [10] Rodriguez-Iturbe I. and J. B. Valdes, "The Geomorphologic Structure of Hydrologic Response", *Water Resources Research*, 15(6), pp. 1409-1420, 1979.
- [11] Rodriguez-Iturbe, G. D. and J. B. Vades, "Discharge Response Analysis and Hydrologic Similarity : The Interrelation between the Geomorphologic IUH and the Storm Characteristics", *Water Resources Research*, 15(6), pp. 1435-1444, 1979.
- [12] Chow, V. T., D. Maidment and L. W. Mays, Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Company, 1988.

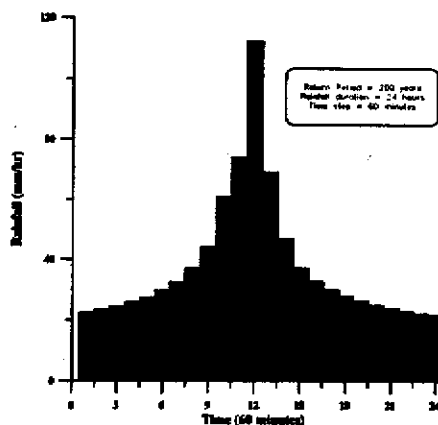


圖 1 基隆河流域重現期距 200 年及降雨延時 24 小時之平均設計雨型圖

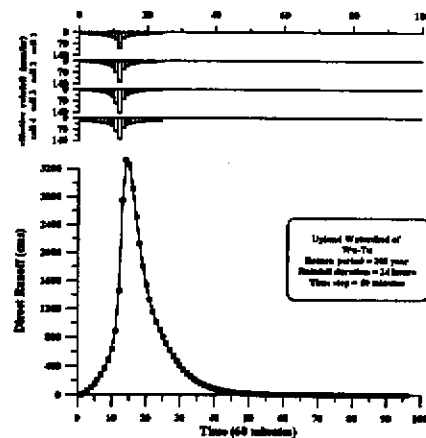


圖 4 五堵上游集水區重現期距 200 年及降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖

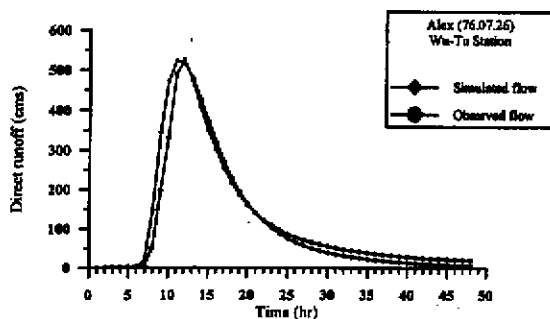


圖 2 五堵上游集水區之亞力士颱風洪逕流歷線檢定圖

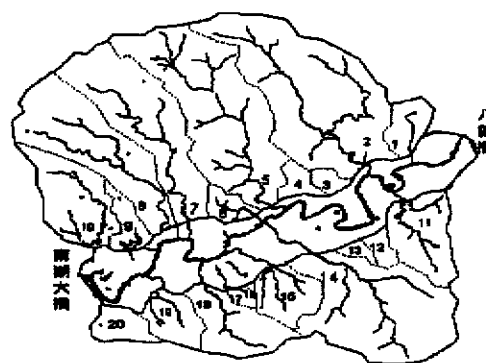


圖 5 子計畫六與子計畫八之模擬銜接範圍圖

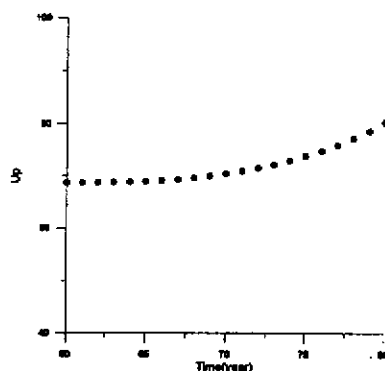


圖 3 五堵水文站上游瞬時單位歷線 Um 值隨時間變化圖

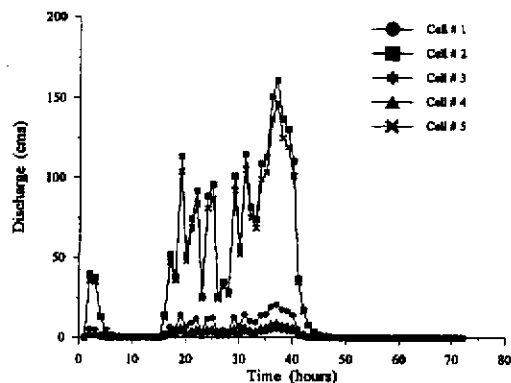


圖 6 象神颱風核胞 1~5 之模擬逕流歷線圖

表 1 五堵站不同延時降雨量之頻率分析結果表

單位：公釐

| 重現期距<br>降雨 (年)<br>延時(分) | 1.1   | 2     | 5     | 10    | 25    | 50    | 100   | 200    |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1440                    | 152.1 | 231.2 | 346.7 | 451.0 | 623.0 | 786.8 | 987.7 | 1234.6 |
| 1080                    | 142.3 | 225.1 | 328.3 | 412.  | 538.6 | 649.1 | 775.1 | 919.3  |
| 720                     | 129.6 | 192.3 | 269.2 | 331.0 | 423.0 | 502.6 | 592.8 | 695.3  |
| 360                     | 82.2  | 141.9 | 200.4 | 240.2 | 291.4 | 330.2 | 369.6 | 409.7  |
| 240                     | 68.3  | 119.3 | 165.7 | 195.5 | 232.0 | 258.4 | 284.2 | 309.6  |
| 60                      | 31.5  | 58.2  | 77.1  | 86.8  | 96.6  | 102.5 | 107.4 | 111.6  |
| 40                      | 23.4  | 49.3  | 60.8  | 64.3  | 66.2  | 66.8  | 66.9  | 67.0   |
| 30                      | 20.1  | 40.9  | 48.5  | 50.4  | 51.1  | 51.2  | 51.2  | 51.3   |
| 20                      | 14.6  | 31.6  | 38.7  | 40.6  | 41.6  | 41.8  | 41.8  | 41.8   |
| 10                      | 9.2   | 19.0  | 23.8  | 25.4  | 26.4  | 26.8  | 27.0  | 27.1   |

表 2 颱風時雨量既有站網重覆法結果表

| 編號 | 測站名稱   | 尺度估計變異數 |
|----|--------|---------|
| 23 | 竹子湖(1) | 1.792   |
| 4  | 坪林(3)  | 2.037   |
| 14 | 雙峻頭    | 2.065   |
| 7  | 大桶山    | 2.131   |
| 9  | 中正橋    | 2.318   |
| 13 | 竹子湖(2) | 2.542   |
| 16 | 福山(2)  | 2.570   |
| 3  | 坪林(4)  | 2.808   |
| 19 | 新龜山    | 2.938   |
| 8  | 石碇(2)  | 3.148   |
| 18 | 粗坑     | 3.209   |
| 24 | 基隆(1)  | 3.405   |
| 15 | 乾溝(1)  | 3.595   |
| 2  | 大豹     | 3.646   |
| 12 | 五堵     | 3.831   |
| 10 | 火燒寮    | 4.159   |
| 17 | 孝義(1)  | 4.194   |
| 21 | 鞍部(2)  | 4.369   |
| 22 | 台北(1)  | 4.881   |
| 5  | 碧湖     | 6.323   |
| 1  | 三峽     | 6.850   |
| 20 | 淡水(1)  | 9.289   |
| 11 | 瑞芳(2)  | 9.330   |
| 6  | 福山(3)  | 10.497  |

表 3 不同重現期距下基隆河流域所模擬之設計洪峰量值表

單位：立方公尺/秒

| 重現期<br>距(年) | 1.1   | 2     | 5      | 10     | 25     | 50     | 100    | 200    |
|-------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 核胞          |       |       |        |        |        |        |        |        |
| 五堵站         | 431.4 | 865.7 | 1300.6 | 1626.3 | 2081.2 | 2438.5 | 2796.6 | 3311.3 |
| 核胞 5        | 6.1   | 11.1  | 14.0   | 15.4   | 16.8   | 17.6   | 18.2   | 21.5   |
| 核胞 6        | 76.2  | 159.5 | 206.4  | 229.1  | 250.4  | 261.6  | 268.9  | 315.6  |
| 核胞 7        | 6.2   | 11.9  | 15.1   | 16.7   | 18.0   | 18.8   | 19.4   | 22.8   |
| 核胞 8        | 51.0  | 113.1 | 148.1  | 164.2  | 180.0  | 188.5  | 194.16 | 232.2  |
| 核胞 9        | 45.9  | 99.0  | 129.0  | 143.0  | 156.2  | 163.6  | 168.4  | 200.6  |
| 核胞 10       | 8.9   | 18.0  | 23.3   | 25.8   | 28.1   | 29.3   | 30.2   | 35.7   |
| 核胞 11       | 27.8  | 58.8  | 76.4   | 84.8   | 92.6   | 96.7   | 99.6   | 118.5  |
| 核胞 12       | 2.8   | 5.1   | 6.5    | 7.1    | 7.8    | 8.1    | 8.4    | 10.0   |
| 核胞 13       | 5.7   | 12.7  | 16.7   | 18.4   | 20.1   | 21.0   | 21.7   | 25.8   |
| 核胞 14       | 17.8  | 32.6  | 41.2   | 45.3   | 49.2   | 51.4   | 53.0   | 62.6   |
| 核胞 15       | 0.5   | 0.9   | 1.1    | 1.2    | 1.3    | 1.4    | 1.5    | 1.7    |
| 核胞 16       | 1.7   | 3.1   | 4.0    | 4.4    | 4.8    | 5.0    | 5.2    | 6.1    |
| 核胞 17       | 26.4  | 49.9  | 63.4   | 69.7   | 75.5   | 78.8   | 81.1   | 95.6   |
| 核胞 18       | 13.5  | 25.6  | 32.6   | 35.8   | 38.8   | 40.5   | 41.6   | 49.1   |
| 核胞 19       | 15.0  | 28.0  | 35.5   | 38.9   | 42.2   | 44.1   | 45.4   | 53.5   |
| 核胞 20       | 41.2  | 79.4  | 101.4  | 111.6  | 120.9  | 126.1  | 129.7  | 153.1  |
| 核胞 21       | 29.6  | 52.8  | 68.3   | 76.9   | 86.4   | 92.6   | 125.1  | 143.9  |
| 核胞 22       | 2.0   | 3.1   | 3.9    | 4.3    | 4.7    | 4.9    | 6.6    | 7.4    |
| 核胞 23       | 3.8   | 6.0   | 7.5    | 8.2    | 9.0    | 9.4    | 12.7   | 14.1   |
| 核胞 24       | 3.7   | 5.9   | 7.3    | 8.0    | 8.7    | 9.1    | 12.2   | 13.6   |
| 核胞 25       | 6.0   | 9.4   | 11.6   | 12.7   | 13.8   | 14.4   | 19.3   | 21.4   |
| 核胞 26       | 3.6   | 5.7   | 7.1    | 7.8    | 8.5    | 8.9    | 11.9   | 13.2   |
| 核胞 27       | 2.5   | 3.9   | 4.9    | 5.4    | 5.9    | 6.2    | 8.3    | 9.3    |
| 核胞 28       | 1.0   | 1.6   | 2.0    | 2.2    | 2.4    | 2.6    | 3.4    | 3.8    |

防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)  
—子計畫七：基隆河流域整治段颱風災害淹水境況模擬(一)  
精簡報告

計畫編號： NSC 89 - 2625 - Z - 002 - 060

執行期間： 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人： 張倉榮 助理教授

研究人員： 黃美玉、李昌益

執行單位： 國立台灣大學農業工程學系

中文摘要

台北都會區為一盆地地形，區內人口密集，淡水河及其主要支流新店溪、大漢溪、基隆河匯流於盆地內。由於盆地內地勢本屬低窪，造成每年颱風時期，洪水氾濫成災。為求能減除洪災，政府自民國 71 年起分三期在大台北地區實施「台北地區防洪計畫」，以人口較為密集之淡水河主幹流、大漢溪、新店溪及基隆河在台北縣市界之南湖大橋以下地區為實施範圍，修築可抵禦 200 年重現期洪水之高標準堤防。然而，基隆河在南湖大橋以上之地區，包括台北縣汐止市、瑞芳鎮及基隆市七堵、暖暖區，過去由於人口較為稀少，並無堤防之保護。在歷經二、三十年之都市化演變與急速發展，市鎮發展與水爭地，該地區基隆河主河道兩側高樓林立，兩岸過度開發造成河道斷面減少。因此，在洪水期間高漲之基隆河水位沿峽谷地形漫淹到該地區，引發更嚴重之淹水災害。如民國 87 年 10 月 15 日瑞伯颱風侵襲台灣，連續 24 小時最大降雨量未滿 20 年重現期降雨，但卻造成汐止五堵地區嚴重之水患，淹沒了汐止市最繁榮、人口最密集之 23 個里；十日後，芭比絲颱風外圍環流過境台灣，在 25 日及 26 日兩天之內，再次造成汐止五堵地區接連兩次淹水。另一方面，靠近基隆河岸，但已獲 200 年重現期高標準堤防保護之台北市南港、內湖、松山區，此次並無重大淹水災情。由此可見，汐止五堵地區之淹水與基隆河外水溢岸氾濫息息相關，故值得進一步分析與研究河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低而互動之關係。

本計畫為「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」整合型計畫之子計畫七，其計畫之主要目的在於探討基隆河治理工程方案中之整治範圍在不同降雨條件下之淹水境況，以做為防洪決策支援之依據。研究範圍為經濟部基隆河治理推動小組所提出之基隆河初期治理工程整治範圍，從上游之基隆市八堵暖暖橋至台北縣市交界之南湖大橋，全長 23 公里，研究範圍面積共約 60 平方公里。初期計畫方案係以河道疏浚為主要整治工程，期以能通過 10 年重現期之洪水量為目標，本研究依該地區之水理特性，結合一維河川變量流模式與二維漫地流淹水模式，建立基隆河流域整治段河川主流與洪水平原間之互動式二維地表淹水模式，以了解河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低之變化而產生之互動關係。在河川變量流模式方面，係以一維動力波方程式為基礎，利用非線性完全隱式差分法建立模式；二維漫地流淹水模式則以二維零慣性模式為基礎，利用交替方向顯式差分法建立模式。河川主流與洪水平原漫地流之水位互動，則考慮河川-洪水平原之內外水位差，依自由堰或潛沒堰公式計算。研究中並針對初期計畫方案，進一步模擬瑞伯、芭比絲、象神颱風等事件對研究地區之淹水境況，以探討整治河段疏浚後之改善程度。本研究選定 87 年瑞伯颱風與芭比絲颱風及 89 年象神颱風等三場颱風事件之淹水資料作為模式之驗證，以數值模式為演算工具，期有效正確地完成淹水境況模擬，研究成果可提供有關單位訂定防洪措施之參考。

關鍵詞：淹水境況模擬、溢淹洪水、洪水平

## Abstract

Metropolitan Taipei is located in Taipei basin where is densely populated. Tansui River and its tributaries, Hsindan Creek, Tahan Creek, and Keelung River run through it. Due to the topographic characteristics in the basin, the lowlands along Tansui River and its tributaries were frequently inundated. As a result, the Central government has conducted the Taipei Flood Prevention Project to reduce the flood risk since 1982. According to the project, the levees with 200-year protection level were exhaustively constructed along the Tansui River and its tributaries to confine flood flow and prevent inundation disaster except the upstream region of Keelung River like Shiji-Wudo, Zuifan town of Taipei County, and Chidou, Nannan district of Keelung City. Fast economic development in those region increase flood risk. Serious inundation disasters occurred in Shiji-Wudo area along Keelung River in 1998. On the other hand, the area along Keelung River in the portion of Taipei City was safe during Typhoon Zeb event since it is protected by 200-year levees. Overbank flooding from Keelung River mainly influences inundation in Shiji-Wudo area. Therefore, it is necessary to investigate the relationship between channel flow in rivers and overland flow in floodplains, especially the flow stage interaction.

The project belongs to the NSC three-year integrated project entitled "Inundation Scenario Simulation and Decision Support System for Flood-Damage Mitigation in Pilot Areas (I)" as its 7<sup>th</sup> subproject. The main objective of this study is to simulate the interaction between flooding and inundation of Shiji-Wudo area where is under the short-term project of channel improvement for 10-year protection level managed by Ministry of Economic Affairs. The study area, starting at Nannan bridge of Keelung City and ending at Nanhui bridge of Taipei County, is 23 kilometers long and its floodplain is 60 square kilometers. A two-dimensional flooding inundation model associated with dynamic interaction between channel flow in

rivers and overland flow in floodplains will be developed in the project. In the simulation, a two-dimensional inundation model is used to simulate overland flow in floodplains, whereas a one-dimensional river routing model is adopted for channel flow using nonlinear finite difference method. The dynamic interaction between Keelung river and its adjacent floodplains is computed based on the difference between river stage and inland water stage, and is taken into account in the model simulation by using the weir or orifice formula. The two-dimensional inundation model is based on the zero-inertia concept for computation of inundation zones and depths. The effectiveness of the short-term project is also evaluated. Typhoon Zen and Babs in 1998 and Xangsang in 2000 are used for model verification. The results of inundation scenario simulation can be used for flood mitigation measure and decision support system for government agencies.

Keywords: Inundation Scenario Simulation, Overbank Flooding, Floodplain, Inundation Zone.

## 一、前言

台北都會區屬淡水河流域，流域面積為 2,726 平方公里，為台灣第三大河川，由大漢溪、新店溪及基隆河等三主要支流匯集於台北盆地。盆地內屬台灣首善之都會區，超過五百萬人居住於此。由於盆地內地勢本屬低窪，又因淡水河出海口附近之關渡隘口河槽狹窄，整個台北盆地水系呈壺口狀。造成每年颱風時期，洪水無法順利宣洩而在低窪處氾濫成災。為求能一勞永逸滅除洪災，政府自民國 49 年起即著手研究規劃，最後訂定「台北地區防洪計畫」，自民國 71 年起分三期在大台北地區實施。該計畫之目標是以人口較為密集之淡水河主幹流、大漢溪、新店溪及基隆河在台北縣市界之南湖大橋以下地區為實施範圍，修築可抵禦 200 年重現期洪水之高標準堤防。故近年來，上述地區除少數重大颱風事件因部分堤防尚未完成或水門未及關閉，而造成溢淹之情形，河水溢岸氾濫之現象已屬罕見。

然而，基隆河在南湖大橋以上之地區，包括台北縣汐止市、瑞芳鎮及基隆市七堵、暖暖區，過去由於人口較為稀少，除極少數沿河岸小型社區築有抵禦局部洪水之小型堤防外，其餘大部份地區並無堤防之保護。在歷經二、三十年之都市化演變與急速發展，市鎮發展與水爭地，該地區基隆河主河道兩側高樓林立，兩岸過度開發造成河道斷面減少。因此，在洪水期間高漲之基隆河水位沿峽谷地形漫淹到該地區，引發更嚴重之淹水災害。民國 76 年 10 月琳恩颱風來襲，降雨集中在基隆河流域，水利處五堵雨量站之連續 24 小時最大雨量高達 891 公厘，基隆河沿岸之台北縣汐止五堵、七堵、暖暖等地區遭受嚴重之積水；而基隆河下游之台北市南港、內湖、松山區等精華區域，亦因當時該區 200 年重現期高標準堤防尚未完成而遭受洪水淹沒，其總淹水面積超過三千公頃[1]。另民國 87 年 10 月 15 日瑞伯颱風侵襲台灣，降雨集中在台灣東北部山區，五堵雨量站之連續 24 小時最大降雨量雖僅有 492 公厘，但卻造成汐止五堵地區繼琳恩颱風以來最嚴重之水患，淹沒了汐止市 46 個里中人口最密集之 23 個里，並造成三人溺水死亡，受淹水影響之住戶超過一萬戶，其中五堵車站附近地區更有達 4 公尺之淹水情形[2]。十日後，芭比絲颱風外圍環流過境台灣，在 10 月 25 日及 26 日兩天之內，五堵雨量站之連續 24 小時最大降雨量約 319 公厘，再次造成汐止五堵地區接連兩次淹水，淹水規模雖無瑞伯颱風之大，但淹水範圍亦幾乎涵蓋整個汐止市中心[3]。最近民國 89 年 11 月 1 日象神颱風更造成基隆、瑞芳、汐止各處廣大之淹水災情，死亡六十四人、受傷六十五人、失蹤二十五人，農漁業及民生物資損失難以估計，災情空前慘重[4]。另一方面，靠近基隆河岸，但已獲 200 年重現期高標準堤防保護之台北市南港、內湖、松山區，此次並無重大淹水災情。由此可見，汐止五堵地區之淹水與基隆河外水河水溢岸氾濫息息相關，該如何治理及保護沿岸居民之生命財產安全，值得進一步分析與研究。目前以築堤約束洪水之工程方法，雖有助於減少災害規模，但仍無法徹底解決台北都會區之水患問題，為防

範水患並降低洪災損失，實有必要以非工程預警方法來減少台北都會區之水患損失。因此，完成建立基隆河流域之洪災防護基本資料庫，並配合流域之現況整治工程、排水系統改善工程與水文氣象監測系統，應用降雨、逕流與水理等模式，串聯研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，有其必要性。

近年來由國內外防洪經驗所獲得之結論指出：單靠工程之手段非但無法解決洪水問題，反而會為其所保護之地區帶來更高危險性之災害，況且任何現存之硬體結構物，其防洪功能上亦有其極限，不可能完全免除洪災，因此除以硬體工程為手段外，還必須配合適用於當地之非工程措施，才能有效地降低災害損失。政府目前之防洪手段仍停留在以工程治洪為主之階段，例如興建攔洪水庫、堤防、防洪牆與河道截彎取直等限制洪水之工程設施，估計平均每年各項防洪工程之經費高達 109 億元。工程手段常帶給人民一種安全之假象，使居民誤認為工程手段可以一勞永逸免除水患；同時由於防洪工程計畫皆屬於政府之公共建設，造成居民觀念上之偏差，認為防洪工作完全是政府之職責。基於上述對鹽水溪與基隆河流域之防洪治理有其急迫性，加上此二河川之流域氣象水文特性、開發背景與引致洪災因素不盡相同，例如鹽水溪尚屬於低度開發之平坦農業地區，但其流域內規劃多項重大開發案及建設；而基隆河是屬於已高度開發之峽谷流域，但其流域內若干河段之防洪設施仍嫌不足，因此本三年期整合型防災計畫乃選取鹽水溪與基隆河兩種不同流域特性為研究之示範區，探討以非工程防洪措施配合兩流域現有防洪工程設施之減災效果，做為往後其它流域防洪治理之參考依據。本計畫為此三年期整合型計畫之子計畫七，計畫之目的主要在探討基隆河流域在不同重現期降雨條件下之洪災境況，模擬及預測在各種降雨條件下，所可能造成流域之淹水情況。當颱風來襲之時，立刻可從資料庫查詢其相對應下游都會區可能之淹水範圍及程度，使低窪地區之居民及行政機關得先了解未來可能淹水情況，提早加以防範，而防災單位亦可據以快



速擬定應變措施，期以非工程預警方法減少流域之水患損失。

政府目前已投資防洪經費約 120 億，實行經濟部基隆河治理推動小組所提出之「基隆河初期治理工程實施方案」，進行基隆河汐止、五堵等地區之主河道整治工程，整治段從八堵暖暖橋至南湖大橋，其方案之主要內容計有[5,6]

1. 河槽通洪斷面不足之河段(北山大橋(二)至長安橋段約 7,500 公尺)先予以疏濬，並配合疏濬河段，兩岸設置護岸，期以計畫整治河段能通過 10 年重現期之洪水量。
2. 兩岸未充分開發且洪泛區範圍不大之區段，協調洪泛區之地主先以疏濬土方填高，以防止洪水氾濫；或洪泛區管制土地開發，以減少災害。

從上述方案內容可得知，初期計畫方案係以河道疏濬為主要整治工程，期以能通過 10 年重現期之洪水量為目標。因此，本研究將結合一維河川變量流模式與二維地表漫地流淹水模式，建立基隆河流域整治段河川主流與洪水平原間之互動式二維地表淹水模式，以其了解河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低之變化而產生之互動關係，並針對初期計畫方案，蒐集初期整治河段疏濬前後之斷面資料，進一步模擬瑞伯颱風、芭比絲颱風及象神颱風等事件對研究地區衝擊，探討整治河段疏濬後之改善程度。

此外，關於長期治理方案之內容，目前尚未完全定案，本研究係根據過去基隆河治理規劃之報告，將「員山子分洪治理方案」提出以進行評估[5,6,7,8,9]。民國 59 年經濟部水資源統一規劃委員會曾針對基隆河流域上游員山子分洪方案做一探討，其分析重點偏向於基隆河分洪對淡水河之影響，研究結果顯示基隆河員山子分洪對淡水河之效益不大。民國 76 年發生琳恩颱風，造成台北市、台北縣及基隆市等地區相當嚴重水患，當時省主席立即裁示重新研擬員山子分洪方案之可行性，其後經前台灣省水利局規劃總隊於民國 78 年之研究指出：經統計民國 51 年至 76 年之降雨事件，其降雨中心位於下游陽明山山區約為 64%，發生於上游火燒寮約為 36%。當降雨中心發生於陽明山山區時，員

山子分洪則未發揮分洪效果；若發生於上游火燒寮時，員山子分洪才能發揮分洪效果，惟分洪量愈往下游愈遞減，對防洪效益不彰。近年來，基隆河汐止、五堵等地區急遽開發，沿河兩岸高樓林立，因此與水爭地與日俱增，連帶使此地區之防洪治水問題更加複雜，民國 87 年之瑞伯、芭比絲颱風及 89 年之象神颱風事件，使此地區之防洪問題更暴露其嚴重性與急迫性。前台灣省水利局規劃總隊於民國 78 年員山子分洪方案之研究，至今也已十年餘，因此本研究擬蒐集近年之颱風事件資料予以分析，或許可為基隆河汐止、五堵等地區之防洪治水提供一新之解決之道。

本三年期整合型計畫之第一年計畫重點為建立基隆河流域整治段河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式，藉由一維河川變量流模式及二維地表漫地流淹水模式之結合，模擬河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低而互動之關係。本研究利用 87 年瑞伯、芭比絲颱風事件來進行模式調整與驗證，並進而探討基隆河流域整治段在遭受上述颱風事件時之洪水流向、淹水時間、範圍與深度。本研究第二年度計畫將針對初期計畫方案，以驗證完成之基隆河流域整治段河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式探討整治河段疏濬後之改善程度。在初期計畫方案評估過程中，乃首先蒐集初期整治河段疏濬前後之斷面資料，進一步應用子計畫六所提供之各重現期降雨延時 24 小時事件之上游邊界入流量與殘流域入流量，並配合下游邊界條件、河道斷面資料與研究地區之降雨量等資料，輸入互動式二維地表淹水模式以進行模擬，完成基隆河流域整治段在十年重現期護岸(初期計畫方案)完工後之各重現期降雨之淹水境況模擬。同時，本研究並分析基隆河流域整治段在初期計畫方案完工後之洪水瓶頸位置，完成洪水瓶頸地區之「主流—洪水平原(汐止市區)」二維動態淹水境況模擬。除此之外，為因應 89 年 11 月 1 日象神颱風對基隆、瑞芳、汐止等地區之嚴重淹水災情，本研究亦針對象神颱風進行動態淹水境況模擬。本研究第三年度計畫將針對長期計畫方

案中之「員山子分洪計畫」，進行模式之改進，工作重點為模擬研究區域在員山子分洪計畫完工後之各重現期降雨之淹水境況，分析基隆河洪水瓶頸位置，並進行瓶頸地區之「主流—洪水平原(汐止市區)」二維動態淹水境況模擬，以期了解汐止市區在遭受基隆河洪水襲擊後，河川主流與市區漫地流之水位互動關係、市區之洪水流向、淹水時間，範圍可能之淹水情況，提供防災單位決策支援之參考應用。

## 二、研究方法與流程

本文主要在模擬基隆河流域整治段因河川水位高漲或暴雨宣洩不及所造成之淹水情況。上游山區因地勢高坡度陡，降雨產生之逕流量會快速流入基隆河流域中、下游地區，故使用山區逕流模式計算上游地區逕流量。中、下游之基隆河流域地區則建立基隆河流域整治段河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式，藉由一維河川變量流模式及二維地表漫地流淹水模式之結合，模擬河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低而互動之關係。另一目的是依據經濟部基隆河治理推動小組所提出之基隆河初期與長期治理工程方案，探討初期與長期整治方案對汐止、五堵等地區之影響程度，以提供基隆河治理之參考依據。

本文為使模擬結果更接近於實際淹水狀況，考慮了地表排水出口流量受河川外水位之影響，故結合一維河川變量流洪水演算模式與二維漫地流模式，使地表淹水與河川水位進行水理之交互作用，使得進出流量能夠符合二者水位變化之關係，探討河川洪水與地表淹水之相互動態關係。本計畫之研究方法介紹如下：

### 1. 山區逕流模式

山區逕流量計算採用美國陸軍工兵團所發展之 HEC-1 模式，配合山區集水區面積、形狀、坡度等地形特性及設計降雨量推估之，並將山區逕流歷線作為都市雨水下水道排水模式與二維漫地流淹水模式之上游側入流邊界條件。

### 2. 一維河系變量流模式

河川之洪流演算係採用一維渠道變量流之動力波傳遞理論為依據，即利用迪聖凡納氏 (de Saint Venant) 所導出之緩變量流方程式來描述河川中水流之動態：

$$\begin{aligned} \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial X} - q_n + q_d &= 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial X} \left( \frac{Q^2}{A} \right) - gA(S_0 - \frac{\partial Y}{\partial X} - S_f) \\ - q_n V_1 + q_{d2} \left( \frac{Q}{A} \right) &= 0 \end{aligned}$$

式中， $A$  為河川通水斷面積， $Q$  為河川流量， $q_n$  表單位河川長度之側入流量， $q_d$  為單位堤防長度之溢頂流量， $t$  為時間座標， $X$  表沿水流方向之距離座標， $S_0$  為河川底床坡度， $Y$  為河川之水深， $S_f$  為摩擦坡度， $R$  為水力半徑， $n$  為河床之曼寧糙度係數， $V_1$  為河川側流平均流速在水流方向之分量。

### 3. 二維漫地流淹水模式

對於一般之漫地流而言，變量流方程式中加速項之大小級次 (order of magnitude) 通常遠小於重力項或摩擦項。假設洪水歷線上升平緩，且忽略科氏力、風力及加速項之影響，則地表漫地流況可用二維零慣性模式予以描述，其控制方程式可簡化如下：

$$\begin{aligned} \frac{\partial d}{\partial t} + \frac{\partial (ud)}{\partial x} + \frac{\partial (vd)}{\partial y} &= q \\ -\frac{\partial h}{\partial x} &= u \left[ \frac{n_x^2 |u|}{d^{4/3}} + \frac{q}{dg} \right] \\ -\frac{\partial h}{\partial y} &= v \left[ \frac{n_y^2 |v|}{d^{4/3}} + \frac{q}{dg} \right] \end{aligned}$$

式中， $x, y$  表示模擬地模區標示之迪卡兒空間座標， $t$  為時間座標， $d$  為模擬區地表水深， $u, v$  分別為沿  $x, y$  方向之平均流速， $n_x$  為沿  $x$  方向之曼寧糙度值， $n_y$  為沿  $y$  方向之曼寧糙度值， $h (d+z)$  為地表水位， $z$  為地表高程， $g$  為重力加速度， $q$  為有效降雨強度。

### 4. 都會區雨水下水道模式

為解決台北都會區內之排水問題，目前台北都會區設有雨水下水道排水系統，其管路排水容量是依五年重現期暴雨強度設計。本文為掌握水流在雨水下水道系統之流動狀

況，採用美國環保署所發展之都市暴雨經理模式(SWMM, Storm Water Management Model)來模擬台北市區雨水下水道排水系統之水流情形。SWMM模式主要依據變量流理論，以一維連續方程式與動力波理論為基礎，依水流流程之特性，將模式分成地表逕流與排水幹管輸水兩部份。地表逕流是指雨量降落地面後，流入各排水幹管前之水流狀況，模擬方式是經由動力波逕流演算，計算匯入排水人孔之水流流量歷線；幹管輸水部份則是利用疊代法求解動力波方程式，計算各排水幹管系統之流量以及溢出人孔之水量。

#### 5. 地表漫地流出口與河川之匯流

本研究為使模擬結果更接近於實際淹水狀況，考慮了地表排水出口流量受河川外水位與抽水站和閘門操作之影響，並結合一維河系變量流與二維漫地流淹水模式，以探討河川洪水與地表淹水之間之相互關係。

在地表漫地流出口與河川之匯流之處理方式上，本研究依抽水站與閘門之操作情況，將匯流處之地表格網與河川斷面間之流量計算分為重力排水與抽水站動力抽水兩種來考慮，而地表漫地流出口格網之出流量則以 $Q_{11}$ 來表示。當水流由地表格網流向河川時，地表格網之出流量 $Q_{11}$ 為正值；而當水流由河川流向地表格網時，則地表格網之出流量 $Q_{11}$ 為負值。

#### 6. 模式之銜接

使用山區逕流模式所計算之上游地區逕流量，是以上游側入流邊界條件代入平地淹水模式(包括都市雨水下水道排水模式與二維漫地流淹水模式)。在平地淹水模擬方面，本文為模擬更接近於真實情況之都會區淹水狀況，考慮先以都市雨水下水道排水模式承受上游地區逕流量與市區降雨量，若有發生人孔溢流之情況，則將人孔溢流量代入二維漫地流淹水模式中，以探討地表淹水之深度與範圍。另外，二維漫地流淹水模式中各抽水站之操作設定是以各排水系統最終出口流量大小為依據；當出口流量小於該站設計總抽水量時，抽水站即以出口流量操作；當出口流量大於該站設計總抽水量時，抽水站即

以設計總抽水量操作。

模式銜接之流程係以山區逕流模式先行演算山區逕流量，求得山區逕流歷線；其次以都市雨水下水道排水模式接納山區逕流量及市區降雨量，再演算雨水下水道管線之水流狀況及人孔溢流量；最後，以二維漫地流淹水模式計算下水道管線之人孔溢流及部份山區逕流所引起之地表淹水情形。

另外，在處理疏散閘門未及時關閉，因堤防外水量藉由閘門灌入市區內所造成之淹水，除了按照上結採用山區逕流模式、二維漫地流淹水模式(含抽水站操作)與雨水下水道排水模式來進行模擬結合外，尚須考量河川洪水與地表淹水間之相互關係。因此，藉由一維河系變量流動力波模式及二維零慣性波漫地流淹水模式在每一演算時距相互迭代河川內外水位進行模擬，並將疏散閘門之入流量根據閘門尺寸及內外設計水位差，依堰或孔口流之公式計算。

本文應用上述之模式銜接方法，已成功銜接整個都會區淹水模式，本文將以銜接完成之模式來進行各降雨事件在不同閘門與抽水站操作情況下之洪水及淹水模擬，期以此洪水與淹水演算模式能真實地反應出河川水位與研究區域之地表淹水流況，使得模擬結果與實際情形能更加符合。

### 三、基隆河流域水文地文資料

本文在進行基隆河流域之淹水模擬時，為考慮能符合實際之淹水流況，必須儘量蒐集真實地形、地貌、氣象及構造物等流域現況資料。針對降雨、地形與雨水下水道排水系統等資料之整理與輸入詳述如下。

#### 1. 模擬區域概述

基隆河為台灣北部淡水河系之三大支流之一，發源於台北縣平溪鄉石底林西邊之菁桐山(標高 519 公尺)，西鄰景美溪，南接坪林溪，各支流匯集後由東北流至瑞芳再向西折，一路流經八堵、七堵、五堵、汐止、南港、士林及北投，主流長約為 86 公里，流域面積約為 501 平方公里，於社子島、關渡附近蜿蜒匯入淡水河。其主要支流自上而下有東勢格溪、平溪、東勢坑溪、暖暖溪、大武

崙溪、拔西猴溪、瑪陵坑溪、鹿寮溪、保長坑溪、康誥坑溪、北港溪、叭哩溪、大坑溪、外雙溪及貴子坑溪等。基隆河流經之行政區域包括台北市之北投、士林、大同、中山、內湖、松山、南港等七區，緊接台北縣之汐止、瑞芳、平溪三鄉鎮以及基隆市之七堵、暖暖二地區，共達十二鄉鎮，流域位置如圖 3-1 所示。由該圖可知基隆河流域中上游屬於峽谷地形，然而歷經二、三十年來之都市化演變及急遽發展，到處呈現與水爭地之現象，目前沿著基隆河主河道兩岸高樓林立，致使基隆河流域之水文環境存在相當複雜之問題，例如防洪排水設施嚴重不足、兩岸過度開發、河道通水斷面積逐年減少、橋樑阻礙河川水流、支流多且集中分布於中上游以及流域管理事權不一等問題。

## 2. 暴雨降雨量頻率分析

由水文分析得知，颱風雨是造成台灣地區各流域淹水之主因，其致災降雨延時約為 24 小時，故本文以 24 小時延時之颱風雨為研究標的。台灣北部地區之平均年雨量達 2,850 公厘，為全台雨量最豐沛之地區，每年五月至十月為豐水期，雨量來自於五、六月間之梅雨及夏季之颱風豪雨，豐水期雨量佔全年雨量之 62%，雨量主要集中在幾場颱風或西南氣流引發之豪雨。依據統計結果，基隆河流域各重現期之 24 小時延時降雨量如表 3-1 所示，表中顯示 5 年重現期之降雨量為 363 公厘，10 年重現期為 433 公厘，100 年重現期為 678 公厘，200 年重現期為 763 公厘。

## 3. 數值地形資料與土地利用資料

臺灣地區 DTM 資料由國立中央大學太空及遙測研究中心提供，其資料型態為 ASCII 碼，資料內容含各點之 UTM 國際座標與高程資料。由於不同之土地利用型態會有不同之變率  $n$  值，因此本文根據內政部地政司之台灣省國土利用現況調查數位化資料，將格網分為農業用地、水利用地、建築用地等，並依各網格之土地利用型態來決定其變率  $n$  值。

## 4. 地理資訊資料庫之建立

本文因採用小格網之數值模擬，模式所

需資料量十分龐大，且需同時考慮地形之幾何與屬性資料，另外所利用之地圖種類亦很多，包括臺灣地區 1/25,000 地形圖、河川流域圖、區域排水系統調查圖、兩水下水道系統圖等。為整合上述各種來源之資料，需要引用地理資訊系統 (Geographic Information System, 簡稱 GIS) 之技術，建立地理資料庫。

地理資料庫中，由 DTM 資料建立之點屬性資料為空間間距 40 公尺之高程資料，可滿足 40 公尺×40 公尺數值模擬格網所需。格網間距大小對模式模擬之影響甚大，故參考以往之研究成果，以採用 40 公尺×40 公尺之數值模擬格網較為恰當，故本文使用 GIS 之資料庫管理功能，將 DTM 之 40 公尺間距之高程資料做為該格網之代表高程。

## 四、基隆河流域過去淹水紀錄

### 1. 八十七年十月瑞伯颱風與芭比絲颱風

瑞伯颱風(Zeb)，係於民國 87 年 10 月 10 日 12Z 在關島西南方海面形成，以偏西之路徑前進，於 14 日至 16 日影響台灣，而在 10 月 16 日 18Z 減弱為輕度颱風，往日本方向移動，生命期約 8 天。瑞伯颱風侵襲台灣時，中心並未登陸，僅沿著東部近海北行，然而伴隨而來之豐沛雨量對台灣地區造成嚴重之災害。除了中南部平地外其他地區皆有豪雨出現，全台降雨分布如圖 4-1 所示，茲舉列部分最多降雨地區如下：陽明山 921 公厘、福山 821 公厘(台北縣山區)、太安 805 公厘(花蓮縣山區)、花蓮市 548 公厘、火燒寮 723 公厘(台北縣山區)、台北市 506 公厘、池端 691 公厘(宜蘭縣山區)、宜蘭市 542 公厘、台東 525 公厘。

#### a. 瑞伯颱風與芭比絲颱風發生歷程

瑞伯颱風是民國 87 年氣象局發布之第 10 個颱風警報，當颱風形成後，開始以偏西方向移動，同時期強度和暴風範圍亦逐漸增大，至 12 日 00Z 其路徑均位在北緯 10 度到 11 度間移動，並於 12 日 00Z 增強為中度颱風，此時位置在台灣東南方約 1700 公里海面上，並開始轉向西北移動，朝巴士海峽接近。13 日 06Z 瑞伯颱風升級為強烈颱風，且強度

有繼續增加之趨勢，颱風中心在呂宋島東方海面，七級風暴風半徑亦達 350 公里，氣象局遂發布海上颱風警報，並於警報中強調北部地區、東半部地區、及恆春半島將有豪雨發生。13 日 12Z 預測其將對全台灣地區構成嚴重威脅，遂級發布海上陸上颱風警報，呼籲各地皆應嚴防強風豪雨。隨後瑞伯颱風登陸呂宋島，在呂宋島滯留近 12 小時，其強度受地形影響減弱為中度，14 日晚起瑞伯開始偏北移動，朝台灣南端接近，暴風圈略為縮小，15 日 02Z 時七級風暴風半徑降至 300 公里，中心通過巴士海峽，進入台灣東部近海，於 15 日 19Z 起暴風圈籠罩全台灣地區，颱風開始轉向北北東移動。16 日起颱風移動速度逐漸加快，暴風圈逐漸脫離北部及東北部陸地，然台東地區於 16 日 03Z 至 13Z 出現焚風。當颱風中心在彭佳嶼東北方海面，對台灣地區威脅解除，因此於當地時間 17 日凌晨 2 時解除陸上颱風警報，颱風持續往東北移動，台灣附近海域已脫離暴風圈，氣象局遂於 17 日 6 時解除海上警報[8]。

#### b. 瑞伯颱風與芭比絲颱風侵台期間降雨分析

瑞伯颱風中心並未直接登陸台灣，其颱風眼通過台灣東部近海地區，強度由原來之強烈轉為中度，由於颱風環流雲系範圍大（七級風暴風圈直徑達 700 公里），籠罩台灣陸地時間長，給台灣各地區帶來豪雨。茲就瑞伯颱風造成台灣各地之一日降雨量分布進行分析。瑞伯颱風降雨多集中於 10 月 15、16 兩日，根據中央氣象局之火燒寮、瑞芳及南港等雨量站與台灣省水利處之五堵雨量站，分別於瑞伯颱風與芭比絲颱風侵台期間之時雨量實測資料，顯示瑞伯颱風於上述四個雨量站之降雨量峰值，大多集中於 10 月 15 日晚上與 16 日清晨。

由於地理上五堵雨量站較接近台北縣汐止鎮，本文將進一步以五堵雨量站進行降雨頻率分析。五堵雨量站於 10 月 15 日 23 時之時雨量峰值為 57mm，比較五堵雨量站瑞伯颱風、芭比絲颱風與琳恩颱風（民國 76 年 10 月 24 日）侵台期間之降雨量，其中琳恩颱風之時雨量峰值為 79mm，較瑞伯颱風時雨量高出 22mm，而芭比絲颱風時雨量峰值

最小為 37mm。根據瑞伯、芭比絲與琳恩颱風侵台期間五堵雨量站之實測降雨量資料，則可推求上述三場颱風造成五堵雨量站降雨量之重現期。瑞伯、芭比絲與琳恩颱風侵台期間五堵雨量站之頻率分析結果與三者之比較，顯示連續 24 小時最大降雨量，瑞伯颱風為 492mm 達 15 年重現期，芭比絲颱風之降雨量較小，連續 24 小時最大降雨量分別為 319mm，重現期未達 10 年，而琳恩颱風幾乎達到 90 年重現期[8]。

#### c. 瑞伯颱風與芭比絲颱風調查積水範圍

民國 87 年 10 月 15、16 日瑞伯颱風侵襲台灣期間，由於降雨集中在台灣東北部山區，五堵氣象站之連續 24 小時最大降雨量約 492 公厘，造成基隆河流域嚴重淹水災情，其中台北縣汐止地區為繼民國 76 年 10 月琳恩颱風以來最嚴重之水患，共淹沒了汐止鎮四十六個里中最繁榮、人口最密集之二十三個里，淹水面積達到二百九十一公頃左右，並造成三人溺水死亡，受淹水影響之住戶超過一萬戶，停電戶數亦超過五萬戶，造成重大經濟、社會損失。十日後，芭比絲颱風外圍環流過境台灣，在 10 月 25 日及 26 日兩天之內，再度造成汐止地區接連兩次淹水，淹水規模雖無前次瑞伯颱風之大，但淹水範圍亦達到二百八十六公頃左右，整個汐止市區再度浸泡水中。兩次颱風之淹水地區主要集中在汐止大同路、汐萬路、中興路、長安路、五堵車站、樟樹灣附近等地區，其中五堵車站附近地區最為嚴重，有達 4 公尺之淹水情形。根據經濟部水利處淡水河流域防洪指揮中心之現地調查，此兩次颱風之淹水範圍詳細位置如圖 1 及圖 2 所示。

#### 2. 八十九年十一月象神颱風

象神颱風(Xangsane)為民國 89 年編號第 20 號之颱風，台灣地區受到此颱風及東北季風鋒面雙重影響，全省各地均有局部性豪大雨發生，依據中央氣象局之資料，自 10 月 30 日 0 時至 11 月 1 日 17 時出現較大累積雨量地區如下：花蓮縣玉里 1054 公厘、大屯山鞍部 963 公厘、台北縣大坪 913 公厘、台北縣火燒寮 816 公厘、宜蘭縣古魯 759 公厘、台東縣池上 600 公厘、基隆五堵 716 公厘、

屏東縣滿州 479 公厘、高雄縣排雲 462 公厘。

#### a. 象神颱風發生歷程

象神颱風(Xangsane)原為位於菲律賓東方海面之熱帶性低氣壓，於 10 月 26 日 14 時增強為輕度颱風，中心氣壓 998 百帕，26 日 14 時之中心位置在北緯 10.2 度，東經 131.4 度，即在馬尼拉東南東方約 1230 公里之海面上，預計向西移動，時速 22 公里，中心附近最大風速每小時 65 公里（即每秒 18 公尺），相當於 8 級風，瞬間最大陣風每小時 90 公里（即每秒 25 公尺），相當於 10 級風，7 級風暴風半徑 150 公里。台灣地區自 29 日起受鋒面及象神颱風外圍環流雙重影響，北部及東半部地區有局部性降雨發生。象神颱風於 10 月 30 日增強為中度颱風，中心氣壓 965 百帕，30 日 14 時之中心位置在北緯 16.6 度，東經 118.7 度，即在東沙島南南東方約 500 公里之海面上，向北北東移動，時速 9 公里，中心附近最大風速每小時 130 公里（即每秒 35 公尺），相當於 12 級風，瞬間最大陣風每小時 165 公里（即每秒 45 公尺），相當於 14 級風，7 級風暴風半徑增大為 250 公里，10 風暴風半徑 100 公里。象神颱風於 10 月 31 日深夜由恆春掠過，從東部海面上北上，並和東部陸地保持二十至三十公里之距離，而在北上之過程中，颱風中心逐漸遠離台灣陸地，11 月 1 日 17 時 45 分之中心位置在北緯 27.4 度，東經 123.9 度，即在台北之東北方約 360 公里之海面上。

#### b. 象神颱風影響台灣期間降雨分析

每年入秋之後九月至翌年三月間，東亞地區大氣環流型態有顯著改變，台灣地區常盛行東北季風；再加上台灣地區地形影響，在東北部迎風面地區常有顯著降雨。在此期間，若有颱風行經台灣東方或南方附近海面，綜觀氣流場將有顯著輻合作用，且因氣壓梯度增大，台灣北部及東北部地區風速明顯加強；颱風外圍暖濕氣流因受地形與東北季風冷空氣舉升，常於台灣北部或東北部迎風面地區發生豪雨，此乃所謂颱風與東北季風共伴之環流型態。象神颱風之降雨特徵即屬上述之類型，且其路徑與民國 87 年 10 月之瑞伯颱風 (Zerb) 極為相似；當時瑞伯颱風

同樣為台灣東部、東北部及北部地區帶來大量降雨，釀成嚴重水患。

根據中央氣象局之火燒寮、瑞芳及南港等雨量站與台灣省水利處之五堵雨量站，分別於象神颱風侵台期間之時雨量實測資料，顯示象神颱風於上述四個雨量站之降雨量峰值，大多集中於 11 月 1 日上午。由於地理上五堵雨量站較接近台北縣汐止市，且火燒寮雨量站位於基隆河汐止五堵段之上游，本文將進一步以五堵雨量站及火燒寮雨量站進行降雨頻率分析，以了解汐止五堵地區淹水災因，然而由於二雨量站在 11 月 1 日上午 11 時後雨量站無法正確傳回，故由鄰近各雨量站如瑞芳站補遺而得。五堵雨量站於 11 月 1 日上午 3 時及 10 時分別發生降雨尖峰，且以上午 10 時之時雨量峰值為 49mm 為最；火燒寮雨量站則於 10 月 31 日晚上 10 時及 11 月 1 日上午 8 時分別發生降雨尖峰，且以上午 8 時之降雨量峰值為 59mm 為最，但 10 月 31 日晚上 10 時之降雨量峰值亦有 45mm。換言之，由實測降雨量資料比較顯示，火燒寮降雨量峰值發生時間站較五堵站早約 1 至 3 小時，所以基隆河上游降雨所造成之洪峰，將和五堵發生降雨尖峰時所產生局部之洪峰交會。

比較五堵雨量站及火燒寮雨量站象神風、瑞伯颱風 (民國 87 年 10 月 15 日)、芭比絲颱風 (民國 87 年 10 月 25 日) 與琳恩颱風 (民國 76 年 10 月 24 日) 侵台期間之降雨量，其中琳恩颱風之五堵站時雨量峰值為 79mm，較象神颱風時雨量高出 30mm，而瑞伯颱風也較象神颱風時雨量高出 8mm。但在分析火燒寮雨量站記錄時，則發現琳恩颱風時雨量峰值為 61mm，僅象神颱風之 59mm 多出 2mm，而瑞伯颱風與象神颱風時雨量相近。

#### c. 象神颱風調查積水範圍

象神颱風淹水地區與 87 年之瑞伯與芭比絲颱風之淹水範圍大致相當，淹水面積稍大而達到三百四十六公頃左右，各地淹水深度亦較瑞伯與芭比絲颱風之淹水深度略有不同。根據經濟部水利處淡水河流域防洪指揮中心之調查，此次颱風之淹水範圍詳細位置

詳如圖 3 所示。

## 五、洪災境況模擬模式驗證

本淹水模式是由山區逕流、一維河系變量流模式、都市雨水下水道排水模式及二維漫地流淹水(含抽水站、閘門操作)等四個模式組成，模式中包含若干參數，如地表漫地流曼寧  $n$  值、山區逕流出口流量、漫地流排水出口堰高、堰寬、堰流係數、與堰外水位等。其中山區逕流出口流量與漫地流排水堰高、堰寬、堰流係數、及堰外水位可由「台北地區防洪計畫」中水利設施資料計算而得；地表漫地流曼寧  $n$  值雖可由過去使用經驗值配合基隆河流域土地使用狀況進行推估，例如水利用地曼寧  $n$  值採 0.10，建築、工業用地採 0.20，農業、交通、遊憩、礦業、軍事、及其他用地則採 0.13。但上述各參數值仍需進行本區模式驗證，以確保模擬結果之準確性。

### 1. 八十七年十月瑞伯颱風與芭比絲颱風

圖 4 及圖 5 為使用瑞伯與芭比絲颱風降雨事件及上列驗證參數值所模擬之基隆河汐止地區淹水範圍結果，其雨量資料是根據經濟部水利處五堵雨量站之實測時雨量，並將各小時之降雨歷線輸入模式中以進行淹水模擬，圖中並與經濟部水利處之調查淹水範圍進行比對。比較二者範圍可知，模擬結果與調查淹水範圍相當吻合。因此本研究所使用之模式已能反映汐止以上河段之洪患特性。

### 2. 八十九年十一月象神颱風

圖 6 為使用象神颱風降雨事件及上列驗證參數值所模擬之基隆河汐止地區淹水範圍結果，其雨量資料亦是根據經濟部水利處五堵雨量站之實測時雨量。比較圖 6 與圖 3 之經濟部水利處調查淹水範圍可知，模擬結果與調查淹水範圍相當吻合。

比較上述之颱風事件調查積水範圍與模式計算淹水範圍可知，本文所建立之淹水模式提供可靠之淹水潛勢資訊，並且模擬過程中使用之各項參數可應用於其他降雨事件之汐止地區淹水模擬。

## 六、結論

本文之內容主要為建立基隆河流域整治

段河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式，藉由一維河川變量流模式及二維地表漫地流淹水模式之結合，模擬河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低而互動之關係。本研究利用 87 年瑞伯、芭比絲颱風事件來進行模式調整與驗證，並進而探討基隆河流域整治段在遭受上述颱風事件時之洪水流向、淹水時間、範圍與深度。為因應 89 年 11 月 1 日象神颱風對基隆、瑞芳、汐止等地區之嚴重淹水災情，本研究亦針對象神颱風進行淹水境況驗證。比較上述之颱風事件調查積水範圍與模式計算淹水範圍可知，本文所建立之淹水模式提供可靠之淹水潛勢資訊，並且模擬過程中使用之各項參數可應用於其他降雨事件之汐止地區淹水模擬。

## 參考文獻

- [1] 台灣省水利局第十工程處，淡水河系長期水理觀測暨洪水預報計畫：基隆河琳恩颱風專題報，民國 76 年 12 月。
- [2] 台灣省淡水河流域防洪指揮中心，瑞伯颱風淡水河洪水報告，民國 87 年 12 月。
- [3] 台灣省淡水河流域防洪指揮中心，芭比絲颱風淡水河洪水報告，民國 87 年 12 月。
- [4] 經濟部淡水河流域防洪指揮中心，象神颱風淡水河洪水報告，民國 89 年 12 月。
- [5] 台灣省水利局，基隆河治理規劃檢討報告(南湖大橋至介壽橋)，民國 76 年 11 月。
- [6] 台灣省水利局，基隆河治理基本計畫(南湖大橋至暖暖八德橋)，民國 78 年 7 月。
- [7] 顏清連，許銘熙，謝龍生，鄧慰先，簡名毅，基隆河治理方案之水理與水文評估，國科會防災國家型科技計畫研究報告第 88-17 號，行政院國科會，民國 89 年 3 月。
- [8] 許銘熙，張倉榮，鄧慰先，黃成甲，葉森海，87 年汐止淹水災因分析與建議初步報告，防災國家型科技計畫辦公室專案研究報告第 87-02 號，行政院國家科學委員會，台北市，民國 87 年 12 月。
- [9] 許銘熙，張倉榮，汐止泡湯，肇劃整治大計，營建資訊，第 191 期，第 17-24 頁，民國 87 年 12 月。

- [10] 顏清連等，台北都會區大眾捷運系統防洪排水設計之研究，國立台灣大學水工試驗所研究報告第100號，台北市，民國78年12月。
- [11] 顏清連，許銘熙，陶偉麟，淡水河系洪水演算模式（一）現況河道模式之建立驗證，行政院國科會，防災科技研究報告72-08，台北市，民國72年9月。
- [12] 顏清連，許銘熙，段鏞，淡水河系洪水演算模式（二）二重輪洪道完成後淡水河系洪流演算模式，行政院國科會，防災科技研究報告73-06，台北市，民國73年10月。
- [13] 顏清連，許銘熙，唐建章，淡水河系洪水演算模式（三）與運流模式之銜接，行政院國科會，防災科技研究報告74-26，台北市，民國74年12月。
- [14] 顏清連，許銘熙，陳相憲，賴進松，淡水河系洪水演算模式（四）堤防潰決洪流模式之建立，行政院國科會，防災科技研究報告75-19，台北市，民國75年9月。
- [15] Huber, W. C. et al., "Storm Water Management Model: User's Manual Ver. IV", U.S. Environmental Protection Agency, Virginia, 1984.
- [16] 沈榮茂，楊德良，流域之漫地流有限元素模式及穩定度分析之研究，第六屆水利工程研討會論文集，新竹市，民國81年7月，pp.82-93。
- [17] 吳啟瑞，八掌溪流域之淹水模擬，國立台灣大學農業工程研究所碩士論文，民國82年6月。
- [18] 許銘熙，鄧慰先，黃成甲，嘉義地區逕流及淹水模式之研究（四），台灣省水利局，民國85年10月。
- [19] 許銘熙，鄧慰先，黃成甲，八掌溪流域北岸洪水與淹水預報模式之研究（二），行政院國科會，台北市，民國85年8月。
- [20] 許銘熙，鄧慰先，黃成甲，八掌溪流域北岸洪水與淹水預報模式之研究（三），行政院國科會，台北市，民國86年8月。
- [21] 許銘熙，鄧慰先，盧重任，黃成甲，葉森海，抽水站與閘門操作對都會區淹水影響之研究（一），行政院國科會，台北市，民國87年8月。
- [22] 許銘熙，張倉榮，鄧慰先，陳宜宏，林洙宏，傅金城，抽水站與閘門操作對都會區淹水影響之研究（二），行政院國科會，台北市，民國88年8月。
- [23] Teng, W.H., M.H. Hsu, C.J. Lu and T.J. Chang, "Simulations of Flood and Inundation Affected by Pumping-Station Flood-Gate Operations." 26<sup>th</sup> Annual Water Resources Planning & Management Conference, American Society of Civil Engineers, Tampe, Arizona, U.S.A, 1999.

[24] Hsu, M.H., S.H. Chen and T.J. Chang, "Inundation Simulation for Urban Drainage Basin with Storm Sewer System." Journal of Hydrology, Vol. 234, Issue 1-2, 21-37, 2000.

[25] Chang, T.J., M.H. Hsu, W.H. Teng and C. J. Huang, "A GIS-Assisted Distributed Watershed Model for Simulating Flooding and Inundation." Journal of the American Water Resources Association, Vol. 36, No. 5, 975-988, 2000.

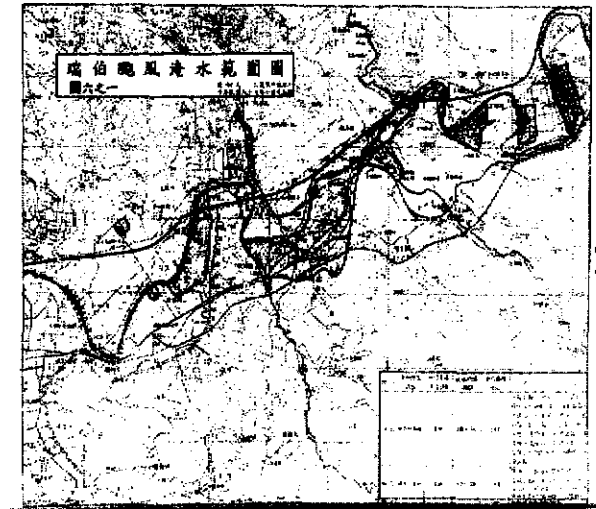


圖1瑞伯颱風汐止地區調查積水範圍

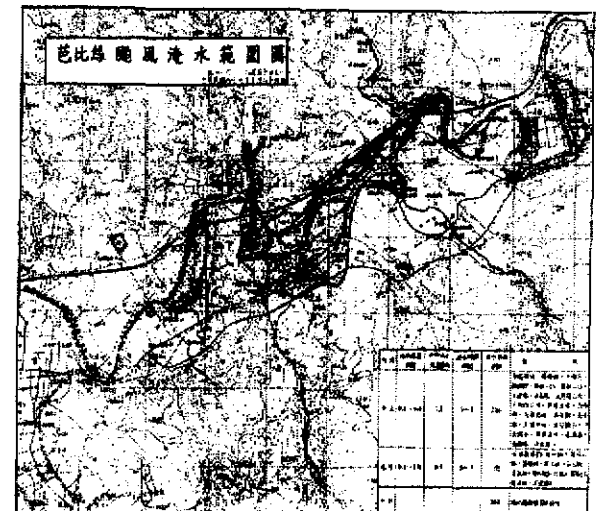


圖2 芭比絲颱風汐止地區調查積水範圍



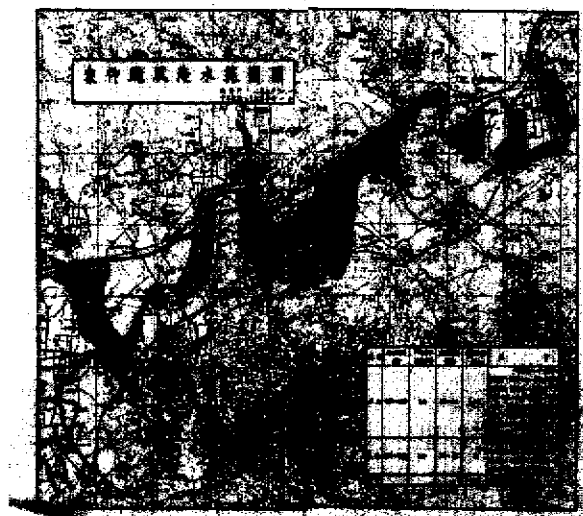


圖3 象神颱風調查積水範圍

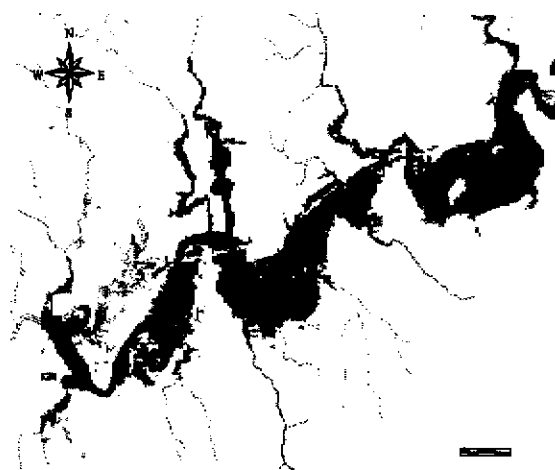


圖6 象神颱風模擬淹水範圍

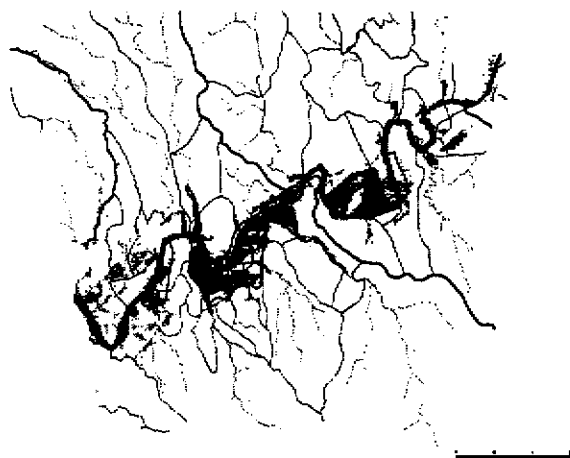


圖4 瑞伯颱風汐止地區模擬淹水範圍

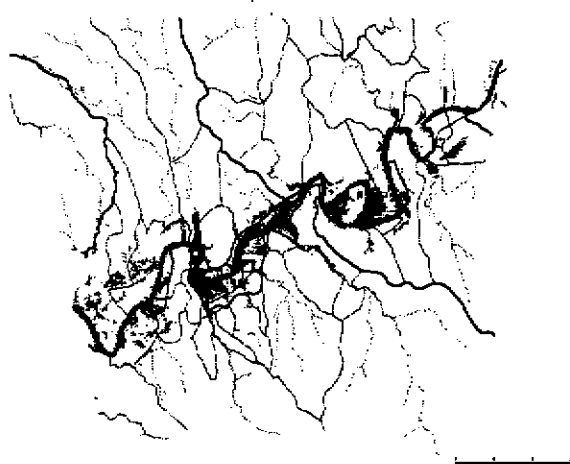


圖5 芭比絲颱風汐止地區模擬淹水範圍

防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)  
—子計畫八：基隆河流域颱風洪發生潰溢堤災害之境況模擬  
精簡報告

計畫編號： NSC 89 - 2625 - Z - 002 - 061

執行期間： 89年8月1日至90年7月31日

主持人： 賴進松 助理研究員

執行單位： 台灣大學水工試驗所

### 中文摘要

台灣地區河川短促，陡坡流急，每當颱風暴雨來臨，河川中水位高漲，河川沿岸地勢低窪之洪泛平原每每氾濫成災；且若颱風或豪雨形成大洪水時，水位一旦高出堤防漫溢而下，奔流而入高速大量之洪水即刻可能造成嚴重之災害。

為了探討都市區內因颱風或豪雨所造成之洪流流況及淹水情況，本子計畫模擬研究區範圍洪流之傳遞現象以及可能之淹水深度與淹水範圍。

本研究計畫為整合型計畫：「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」之一子計畫，將以基隆河流域為研究對象，收集研究區域之降雨資料與地文資料，將透過平面二維淹水模式之研發，利用有限差分法建立二維零慣性淹水模式，以模擬瑞伯颱風事件下，基隆河流域中游段汐止、五堵地區之可能淹水範圍與淹水深度。

另外，將針對模擬演算結果做初步之分析，輸出研究區域內三個代表性地區，長安國小、汐止國小及汐止鎮公所之淹水歷線，將其模擬演算結果與淹水範圍調查結果進行比較。

關鍵詞：二維零慣性淹水模式。

### Abstract

Due to high intensity of rainfall in watersheds, severe flood damages caused by storms or typhoons happened often in Taiwan. As one of the subprojects for the three-year project, this study of flood inundation is mainly focused on the urban region in the Taipei metropolitan area.

The tasks of this study are to apply a numerical model, the 2D zero-inertia inundation model, and carry out inundation simulations for Keelung basin in the river reach between Shi-Chi and Wu-Du. The urban inundation model is applied to simulate the surface inundation in the study area for the Typhoon Zeb event, and the probable inundation depth and area in the study area are predicted. The inundation duration and max inundation depth are calculated to provide the flooding data for damage estimation

Keywords: 2D zero-inertia inundation model.

### 一、前言

國內經濟之迅速成長，人口急遽成長，使得近年來各地區都市化之現象日益顯著；因之，都市水文有關問題亦日趨重要。台灣地處亞熱帶，因其地理與氣候條件特殊，河川短促，降雨量之分布不均，集中於夏秋兩季；並且常遭颱風或豪雨之侵襲，造成嚴重之水災。近年來由於都會區人口密度增加，土地需求殷切，故河川沿岸地勢低窪之邊際土地多被開發利用，相對地洪災所可能造成之災害大幅提高。

基隆河流域中游屬於峽谷地形，然而歷經二、三十年來之急遽都市化之演變及發展，到處呈現與水爭地之現象。目前沿著基隆河主河道兩岸高樓林立，特別是經過汐止沿基隆河兩岸地區，致使基隆河流域之水文環境因都市化快速產生相當複雜之問題；例如防洪排水設施嚴重不足、兩岸過度開發、河道通水斷面積逐年減少、橋樑阻礙河川水流、支流多且集中分布於

中上游，以及流域管理事權不一等問題，因而導致基隆河流域每逢豪雨即氾濫成災，例如民國八十七年十月間接連發生瑞伯與芭比絲兩個颱風侵襲此流域，造成汐止、五堵等地區十天之內三次淹水，生命財產損失難以估算。

基隆河為一感潮河川，其中汐止、五堵所在之中游段其流況不僅受到集水區上游入流量之影響，且受到下游潮水回溯之影響，加上基隆河河道蜿蜒曲折，導致研究區域之流況更為複雜。因此，為研析如此複雜之流況，使用平面二維洪流演算模式，進行基隆河流域(汐止、五堵河段)之淹水模擬。

## 二、演算模式

通常在決口處之水流其流速在時間及空間上變化極大，因此動量方程式中之慣性項之影響十分重要而不可忽略；然而，當水流遠離決口時，則地表之高程坡降及摩擦阻力漸成為控制水流運行之主要因素[5]。本研究將應用忽略慣性力之二維零慣性淹水模式，利用 MAC(marker & cell)之差分觀念，以交替方向顯式法(alternating direction explicit scheme)來求解，期模擬較遠離決口處洪水運行之過程[1,2]。以下將簡要說明模式中之基本方程式及其數值解法[3]。

### 2.1 二維性洪水之基本方程式

基於緩變量流之假設，不計科氏力、風力和紊流擴散項之影響，忽略垂直方向速度分量，將納維爾-史托克方程式沿水深方向積分，可推導出二維水深平均變量流方程式，對於一般之漫地流而言，二維動量方程式中加速項之大小級次(order of magnitude)遠小於重力項及摩擦項，且若洪水波之歷線上升相當平緩時，除決口處附近之水理現象外，洪氾區內洪水波傳播現象，可用忽略加速項之二維零慣性方程式予以描述，則二維連續及動量方程式可簡化為：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = q_t \quad (1)$$

$$-\frac{\partial(h+z)}{\partial x} = u \left[ \frac{n^2 |u|}{h^{4/3}} + \frac{q_t}{h \cdot g} \right] \quad (2)$$

$$-\frac{\partial(h+z)}{\partial y} = v \left[ \frac{n^2 |v|}{h^{4/3}} + \frac{q_t}{h \cdot g} \right] \quad (3)$$

其中  $x$ 、 $y$  為空間座標， $t$  為時間座標， $h$  為水深， $u$  為  $x$  方向分量之水深平均流速， $v$  為  $y$  方向分量之水深平均流速， $n$  為曼寧糙度係數， $z$  為地表高程， $g$  為重力加速度， $q_t$  為單位面積之側流量。

### 2.2 交替方向顯示數值差分法

假若淹水區內地表於初始時刻為無水狀態，當洪水波由決口處傳入洪氾平原後，洪流前進時地面將形成一水陸交界界面(即波鋒線位置所在)，波鋒線隨洪流之運移而變，故下游(以主流方向定義之)邊界係隨時間改變。為有效處理此種移動邊界水流狀況，本文採用標示網格(marker and cell, 簡稱 MAC)[4,6]

依 MAC 差分觀念，將(1)、(2)及(3)式中任意變量以  $f$  表示，其中  $f$  可代表式中各變量，採用之差分型式如下：

$$f_{i+1/2,j} = \frac{1}{2}(f_{i,j} + f_{i+1,j}) \quad (4-a)$$

$$f_{i,j+1/2} = \frac{1}{2}(f_{i,j} + f_{i,j+1}) \quad (4-b)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{f_{i,j}^{m+1} - f_{i,j}^m}{\Delta t} \quad (4-c)$$

$$\frac{\partial f_{i,j}^m}{\partial x} = \frac{f_{i+1/2,j}^{m+1} - f_{i-1/2,j}^m}{\Delta x} \quad (4-d)$$

$$\frac{\partial f_{i,j}^m}{\partial y} = \frac{f_{i,j+1/2}^{m+1} - f_{i,j-1/2}^m}{\Delta y} \quad (4-e)$$

式中， $\Delta x$ 、 $\Delta y$  代表沿  $x$ 、 $y$  方向之網格距離； $\Delta t$  代表演算時間間距； $m$  為時間指標；在本節中  $i$ 、 $j$  分別為沿  $x$ 、 $y$  方向之空間指標。

本研究採用交替方向顯示法，將演算時距( $\Delta t$ )等分為兩個時階，且每前進一個時階即分別交替求解流速  $u$  及  $v$ 。(1)、(2)及(3)式之差分方程式可依第一、二時階分別列出，其第一時階( $m+1/2$ )所得之差分式如下：

$$h_{i,j}^{m+1/2} = h_{i,j}^m - \frac{1}{2} \Delta t [(h^m u^{m+1/2})_{i+1/2,j} - (h^m u^{m+1/2})_{i-1/2,j}] / \Delta x + [(h^m v)_{i,j+1/2}^m - (h^m v)_{i,j-1/2}^m] / \Delta y - q_{u,j}^{m+1/2} \quad (5-a)$$

$$[(h+z)_{i,j}^{m+1/2} - (h+z)_{i+1,j}^{m+1/2}] / \Delta x = \{u^{m+1/2} [(n_x)^2 |u^{m+1/2}| / (h^m)^{1/2} + q_t^{m+1/2} / (h^m \cdot g)]\}_{i+1/2,j} \quad (5-b)$$

$$[(h+z)_{i,j}^{m+1/2} - (h+z)_{i,j+1}^{m+1/2}] / \Delta y = \{v^{m+1/2} [(n_y)^2 |v^{m+1/2}| / (h^m)^{1/2} + q_t^{m+1/2} / (h^m \cdot g)]\}_{i,j+1/2} \quad (5-c)$$

式(5-a)為 $(i, j, m+1/2)$ 座標點之連續方程式，式(5-b)、(5-c)則分別為 $(i+1/2, j, m+1/2)$ 座標點沿 $x$ 方向之運動方程式及 $(i, j+1/2, m+1/2)$ 座標點沿 $y$ 方向之運動方程式。求解時先將式(5-b)及式(5-c)兩式聯立解出 $u$ 及 $h$ ，再代入式(5-a)中解出 $v$ ，如此可得 $m+1/2$ 時階之 $u$ 、 $v$ 及 $h$ 。第二時階 $(m+1)$ 之重點是將式(5-a)待求流速分量 $u$ 更替為 $v$ ，並將式(5-b)、(5-c)之 $u$ 、 $v$ 互換。由第一及第二時階可交替解出每一演算時距 $\Delta t$ 中之 $u$ 、 $v$ 及 $h$ 三個未知變數。

### 2.3 起始與邊界條件

初始條件係依臨前水文條件(antecedent hydrologic condition)而定，若不考慮降雨和入滲因素，則於洪氾淹水區域為無水狀態，亦即水深及流速均為零。

利用數值方法求解二維性變量流方程式時，對於如何給予邊界條件之問題更應注意，因為不適當或錯誤之邊界條件，將隨演算時間及空間之增展而使誤差擴大。本研究建立模式之邊界可分為三種型式：開放邊界、閉合邊界以及移動鋒線邊界。其中開放邊界為模擬區域內水流進出之邊界，其給定條件可為流量歷線、水位歷線、流速歷線或者為前兩者之組合，欲精確計算入流量體積，必須採用流量歷線作為數值模擬之開放邊界條件。

### 三、淹水模擬

民國 87 年 10 月 15 日瑞伯颱風侵襲台灣，由於降雨集中在台灣東北部山區，五堵氣象站之連續 24 小時最大降雨量約 492 公厘。造成基隆河流域嚴重淹水災情，其中台北汐止地區遭遇民國 76 年 10 月琳恩颱風以來最嚴重之水患，共淹沒了汐止鎮中最繁榮、人口最密集之二十三個里，並造成三人溺水死亡。

本研究之模擬研究區域選定為基隆河流域之中游段(汐止、五堵)，如圖 1 所示。其中將山區降雨—逕流模式模擬區，共劃分了 20 個集流核胞分區，淹水演算時以側流方式與基隆河淹水模擬邊界銜接；圖 2 為基隆河模擬應用區域之地形等高線圖，其中並標示出重要地點之位置，以供模擬結果與淹水調查結果進行比較分析。

本研究採用 40x40 公尺解析度之 DTM 數值資料，以此高程資料作為該格網之代表高程，並將模擬區劃分為 15361 個網格。曼寧  $n$  值初步由過去使用經驗值配合台北市土地使用狀況進行推估。另外，加大匯流處之曼寧  $n$  值以適切之估算能量損失效應。

對於邊界條件之設定，模擬區域之入流邊界條件設定於基隆河主河道之八德橋處，出流邊界條件設定於基隆河段之南湖大橋處；模擬區之入流邊界條件為八德橋之流量歷線，如圖 3 所示。出流邊界條件採用南湖大橋之水位歷線，如圖 4 所示。

在水文條件方面，本研究選用五堵雨量站之瑞伯颱風事件下為模式輸入雨量資料，其降雨組體圖如圖 5 所示。此外，山區降雨逕流以側流方式流入淹水模擬區內，其中圖 6 為保長坑溪及康誥坑溪之側入流歷線。

### 四、模擬結果

整理瑞伯颱風事件之雨量資料與地文資料，並於模式中給定邊界條件，進行基隆河流域之淹水模擬，模擬時間為民國 87 年 10 月 15 日上午 12 點至 10 月 17 日上午 7 點，共 56 小時。圖 7 為模擬演算至 22 小時(87/10/15/9:00PM)之淹水模擬結果，圖中顯示智慧里已有明顯之淹水現象。圖 8 為模擬演算至 26 小時(87/10/16/1:00AM)

之淹水模擬結果，圖中顯示百福社區之百福里，千祥橋下游堵南里與堵北里之淹水嚴重，淹水深可達 2 至 3 公尺。另外，圖 9 代表模擬演算至 32 小時(87/10/16/7:00AM)之淹水模擬結果，圖中顯示隨著最大尖峰流量過後，康誥坑溪下游之智慧里及北岸之江北里，淹水現象尚未減少，且淹水深高達 3 公尺以上。圖 10 為模擬演算至 48 小時之淹水模擬結果，圖中顯示淹水之趨勢與範圍已隨流量之減少而有明顯之降低。

圖 11 為模擬演算時間內最大之淹水深分布結果，其中實線所框繪之範圍為台灣省水利處之瑞伯颱風基隆河流域(汐止、五堵)淹水範圍調查結果。結果顯示智慧里、江北里、百福里、堵南里及堵北里處之模擬淹水結果與淹水範圍調查結果極為吻合；另外，保長坑溪下游左右岸之長安里與保長里處，以及茄苳溪下游之橋東里之淹水趨勢亦是與淹水範圍調查結果相近。另外，模擬演算最後輸出三個地點處之淹水歷線。圖 12、13 與 14 分別代表長安國小、汐止國小及汐止鎮公所之模擬淹水歷線與淹水範圍調查之平均淹水位比較結果。經由淹水範圍調查之結果顯示，於汐止國小及鎮公所處，淹水時間 10 至 16 小時內，淹水深度為 0.5 至 4 公尺，平均淹水深度為 2 公尺，並將其調查結果繪於圖 13 與圖 14，與淹水模擬結果比較，結果顯示淹水水深相近。至於，長安國小之淹水範圍調查結果為淹水時間 12 至 18 小時，淹水深度為 0.5 至 2 公尺，平均淹水深度為 1 公尺，結果與圖 12 接近。

## 五、結論

本研究根據標示網格法之差分觀念，利用交替方向顯示差分法，求解二維零慣性方程式，建立平面二維淹水模式，配合降雨資料及地文資料，以及山區降雨逕流歷線，進行於瑞伯颱風事件下之基隆河流域地區淹水模擬；結果發現，汐止與五堵區之智慧里、江北里、百福里、堵南里、堵北里、橋東里、保長里及長安里等處之淹水潛勢與淹水範圍調查結果吻合。所以經由其結果顯示本研究所建立之淹水模式，確實能反應及模擬基隆河水理特性。

因此本研究所建立之模式，對基隆河中上游集水區之防洪規劃與洪水預報系統上，可提供參考應用。

## 六、參考文獻

- [1] 許銘熙、吳富春、鄧慰先、吳啟瑞，「八掌溪北岸淹水預報模式之研究(一)」，行政院國科會研究計畫報告，1995 年。
- [2] 賴進松，「堤防潰決後二維性洪流演算模式」，國立台灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國 75 年 6 月。
- [3] 顏清連、許銘熙、陳昶憲、賴進松，「淡水河系洪水演算模式(四)堤防潰決洪流模式之建立」，行政院國科會研究計畫報告，1986 年。
- [4] 顏清連、許銘熙、賴進松，「洪氾區二維變量流模擬-ADE 與 SES 法之比較」，民國七十八年電子計算機於土木水利工程應用研討會，台北市，1989 年。
- [5] Mahmood, K., and V. Yevjevich, "Unsteady Flow in Open Chanel," Vol.2, Water Resources Publications, Inc., Fort Collins, Colorado, 1975.
- [6] Xanthopoulos, T. and C. Koutitas, "Numerical Simulation of a Two-Dimensional Flood Wave Propagation due to Dam Failure", Journal of Hydraulics Research, ASCE, Vol.14, 1976, pp.321-431.

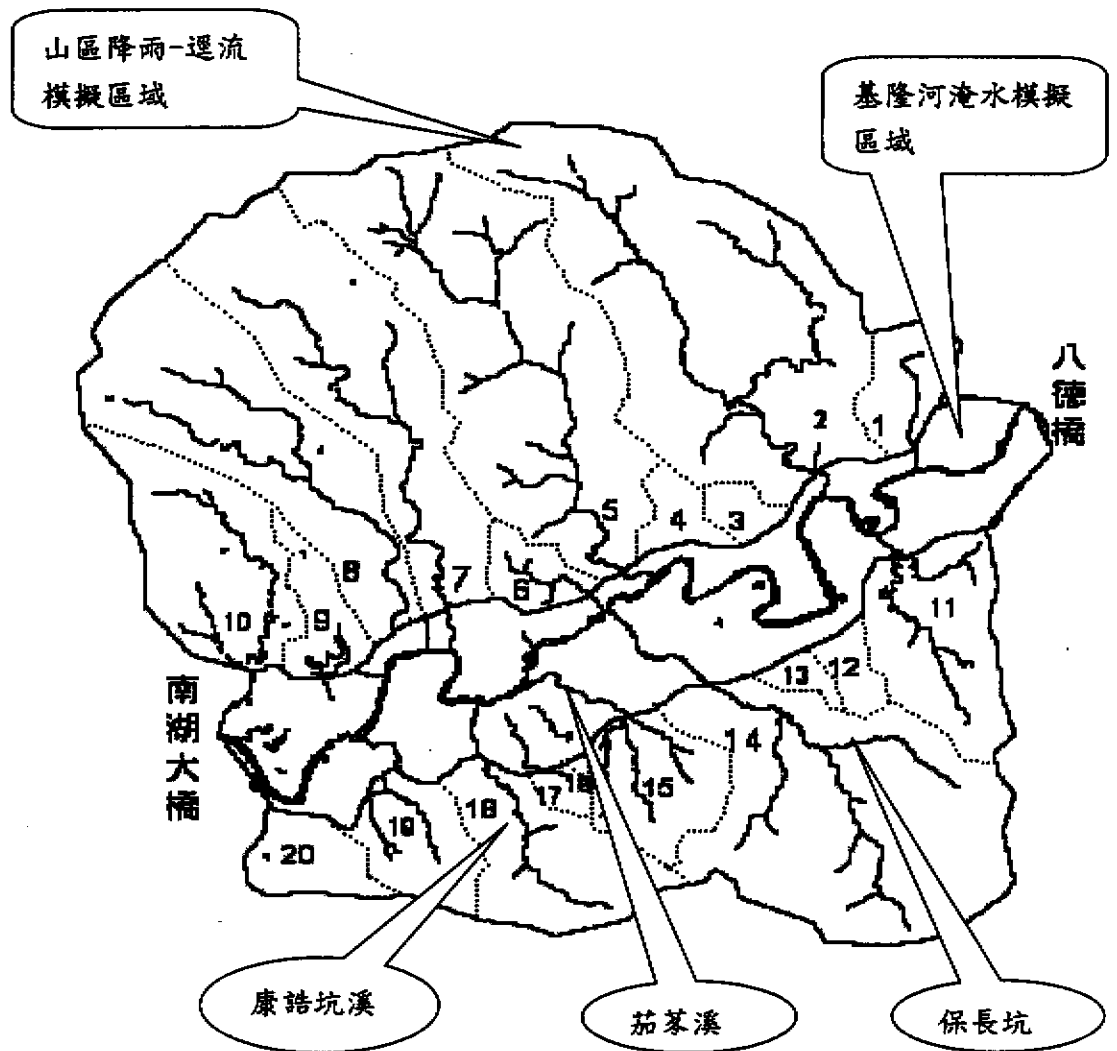
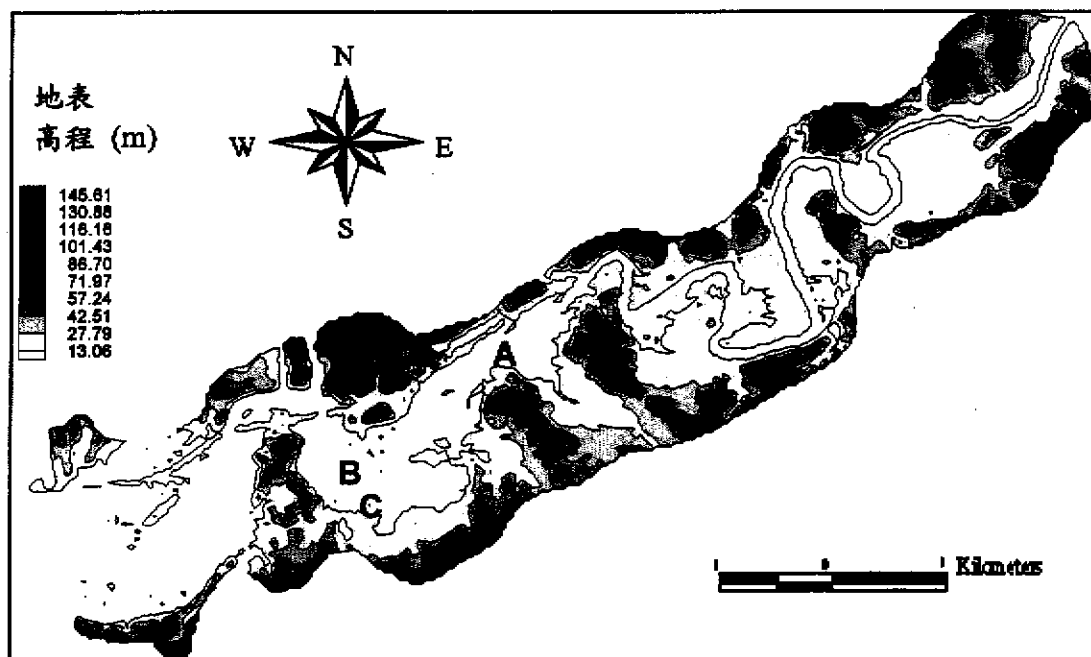


圖 1 淹水模式模擬區



| 編號 | 地點    |
|----|-------|
| A  | 長安國小  |
| B  | 汐止國小  |
| C  | 汐止鎮公所 |

圖 2 基隆河流域汐止、五堵地區之地表高程圖

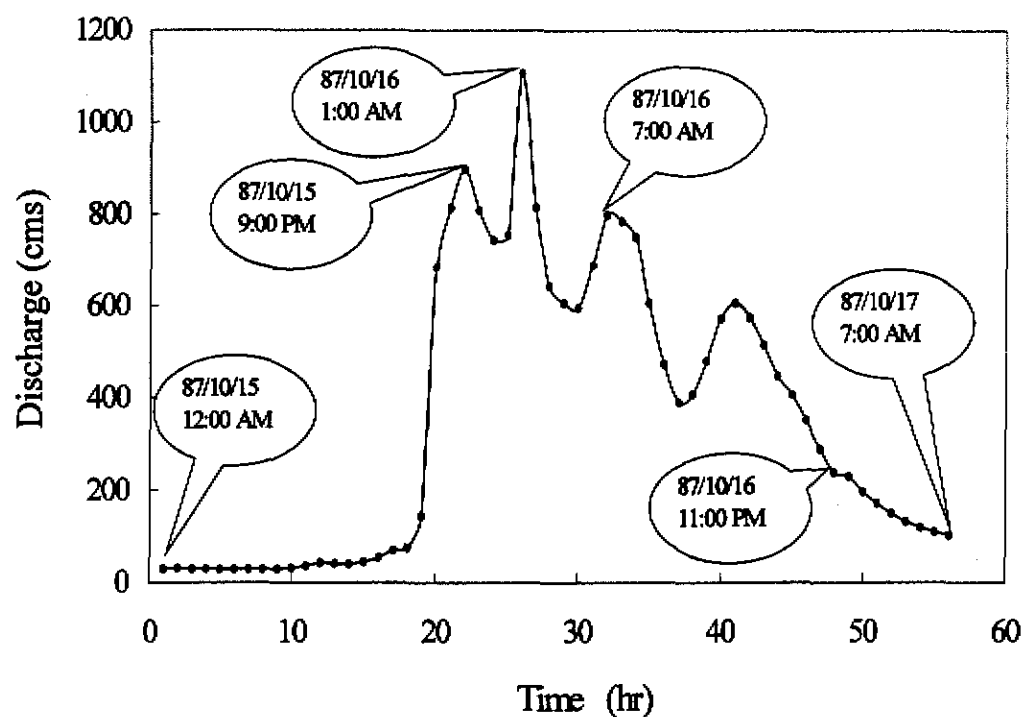


圖 3 基隆河流域八德橋處，瑞伯颱風事件下之流量歷線

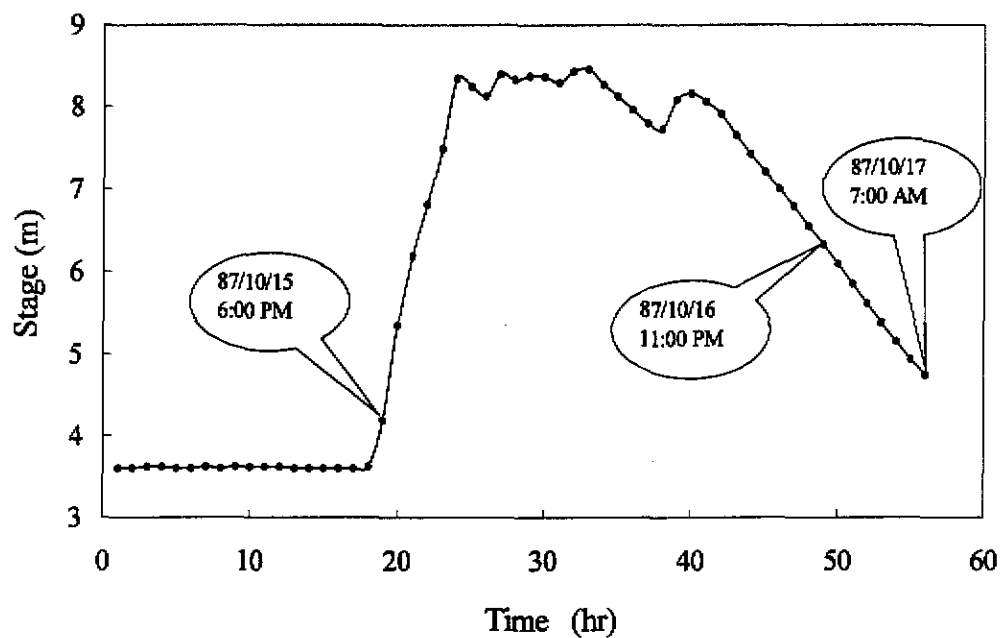


圖 4 基隆河流域南湖大橋處，瑞伯颱風事件下之水位歷線



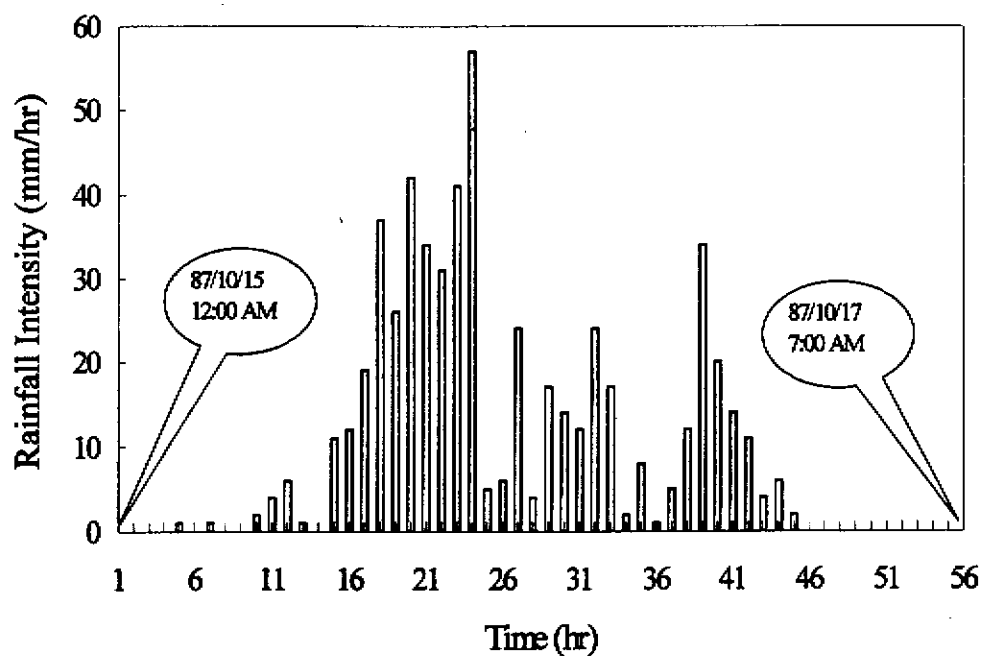


圖 5 基隆河流域五堵雨量站，瑞伯颱風事件下之降雨組體圖

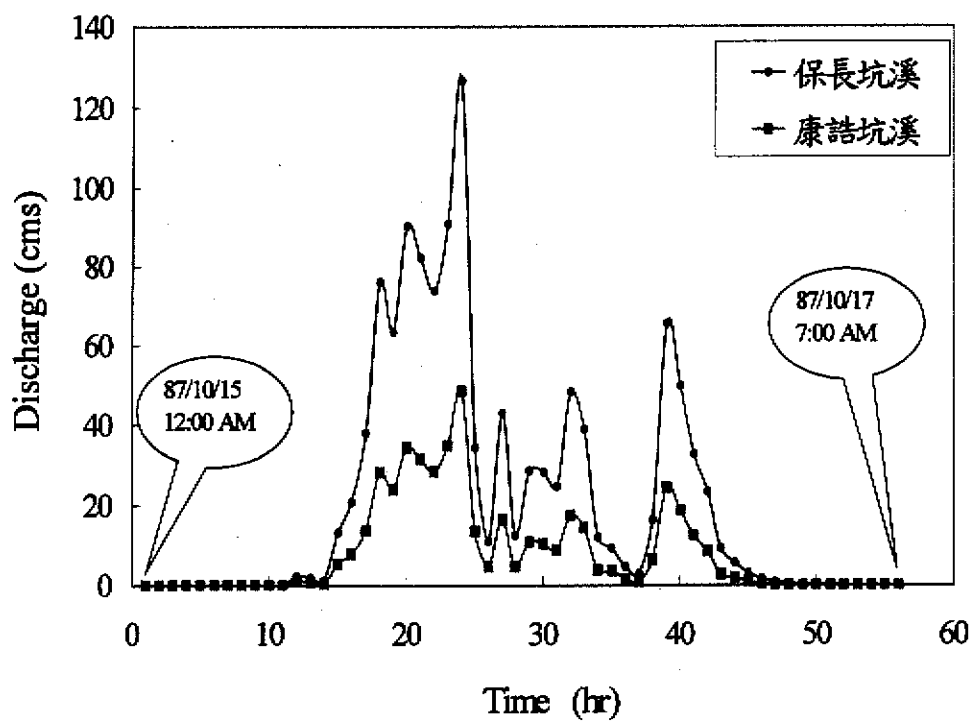


圖 6 基隆河流域保長坑溪及康諾坑溪，瑞伯颱風事件下之側流歷線

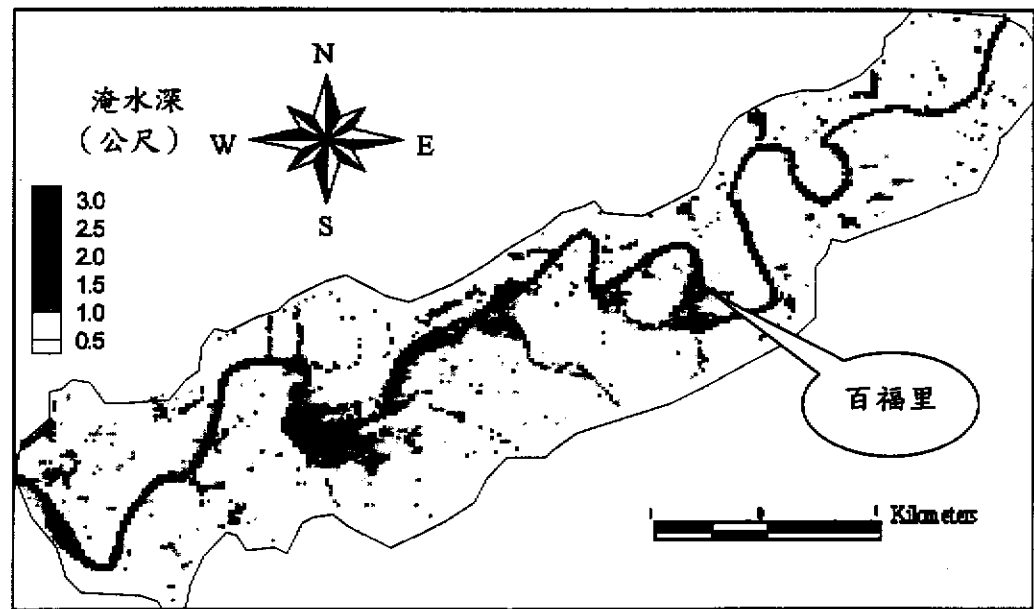


圖 7 模擬演算至 22 小時之淹水深分布圖

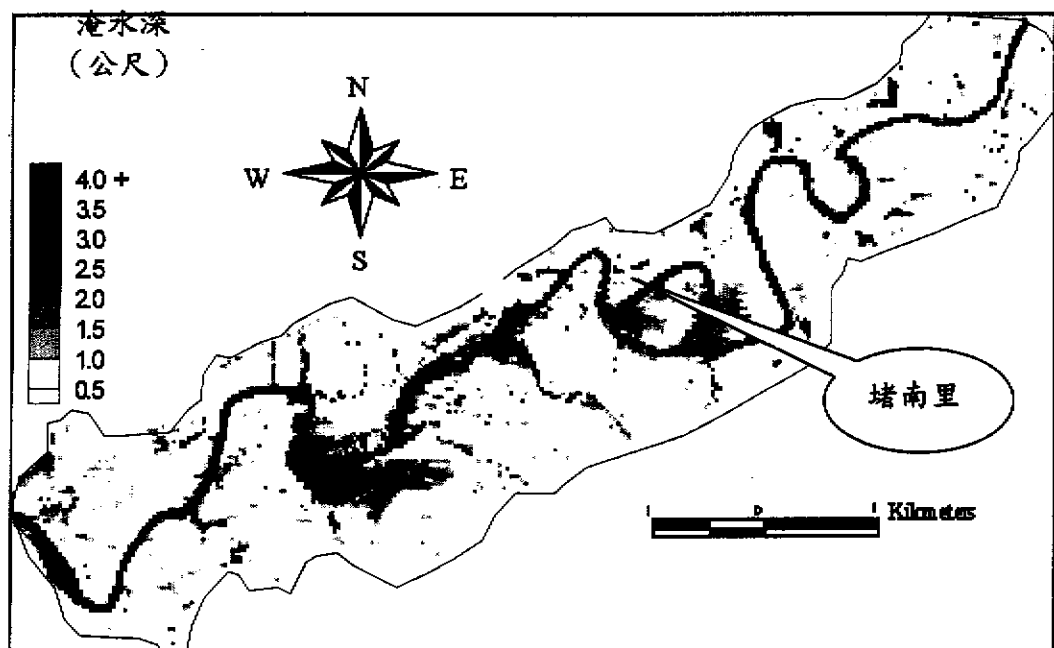


圖 8 模擬演算至 26 小時之淹水深分布圖

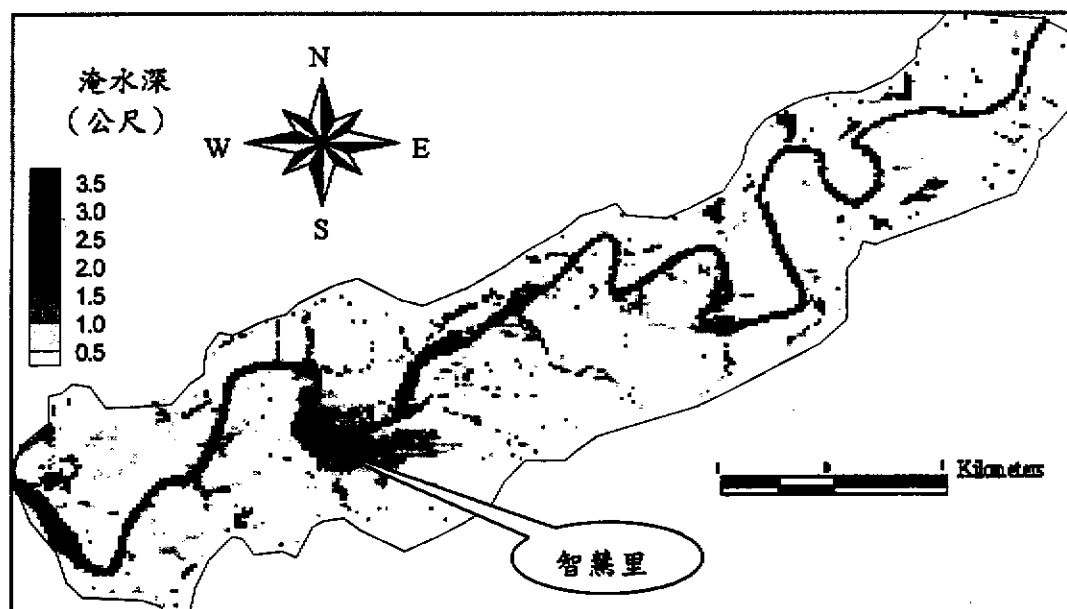


圖 9 模擬演算至 32 小時之淹水深分布圖

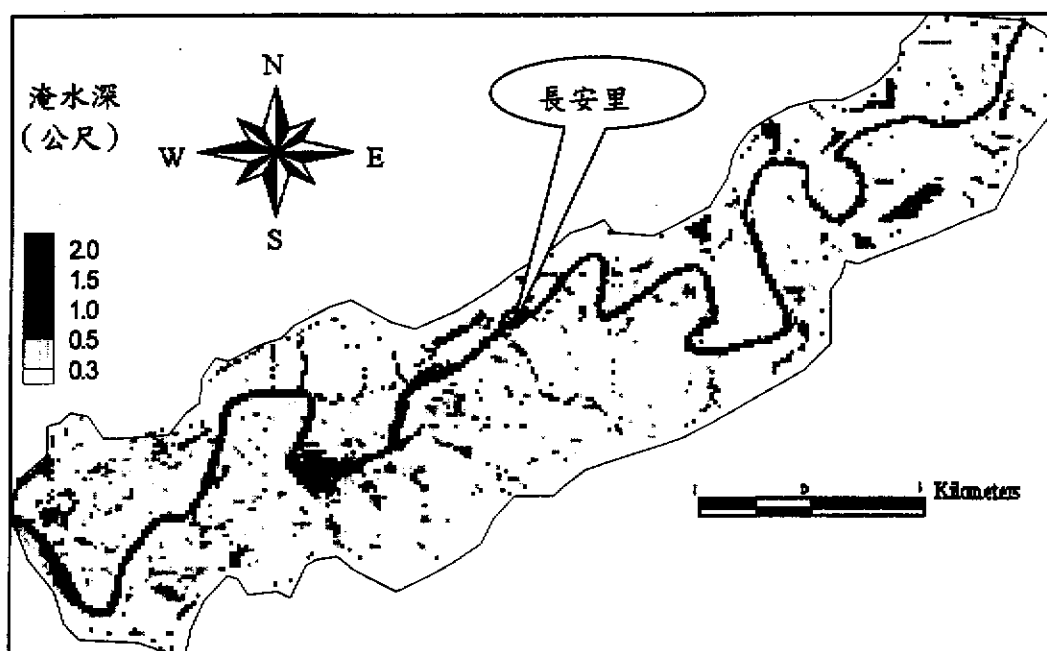


圖 10 模擬演算至 48 小時之淹水深分布圖

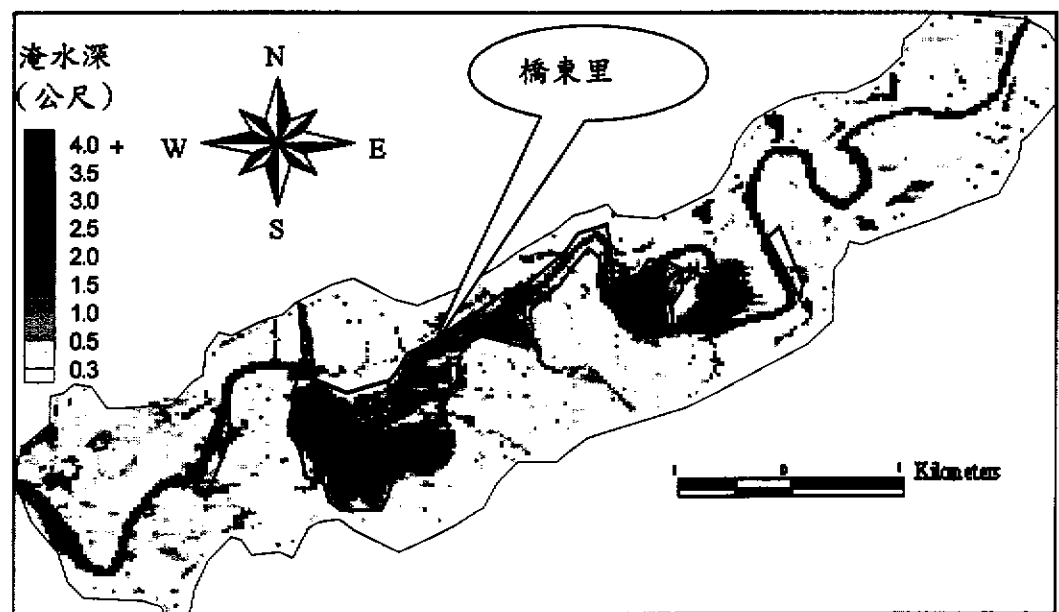


圖 12 模擬演算 1 至 56 小時，最大淹水深分布結果

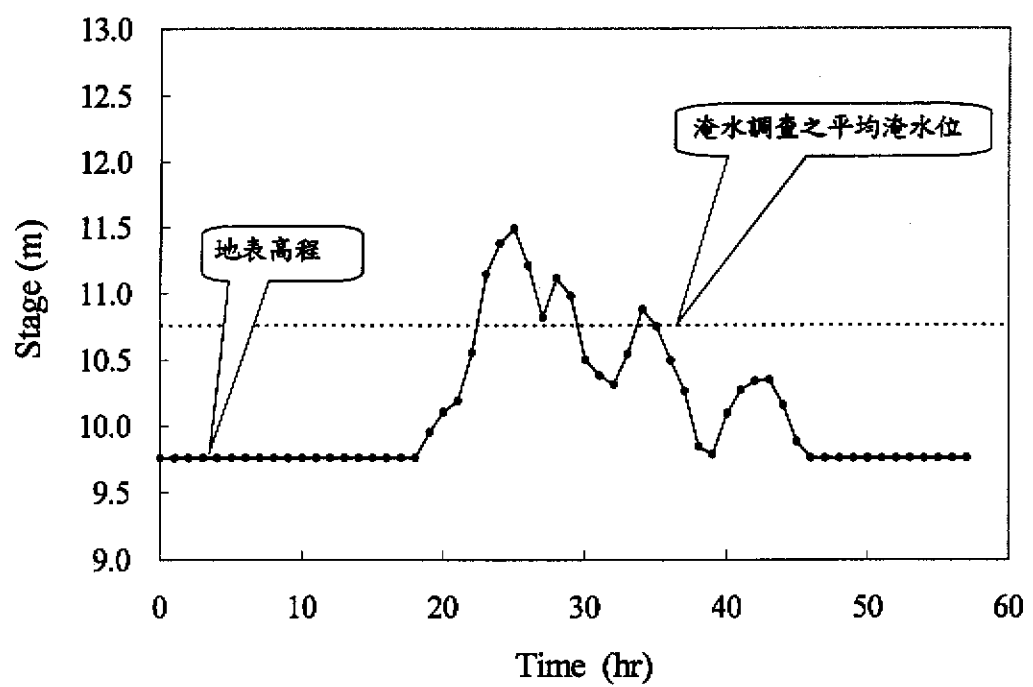


圖 13 長安國小之淹水調查平均水位與模擬之淹水歷線結果比較

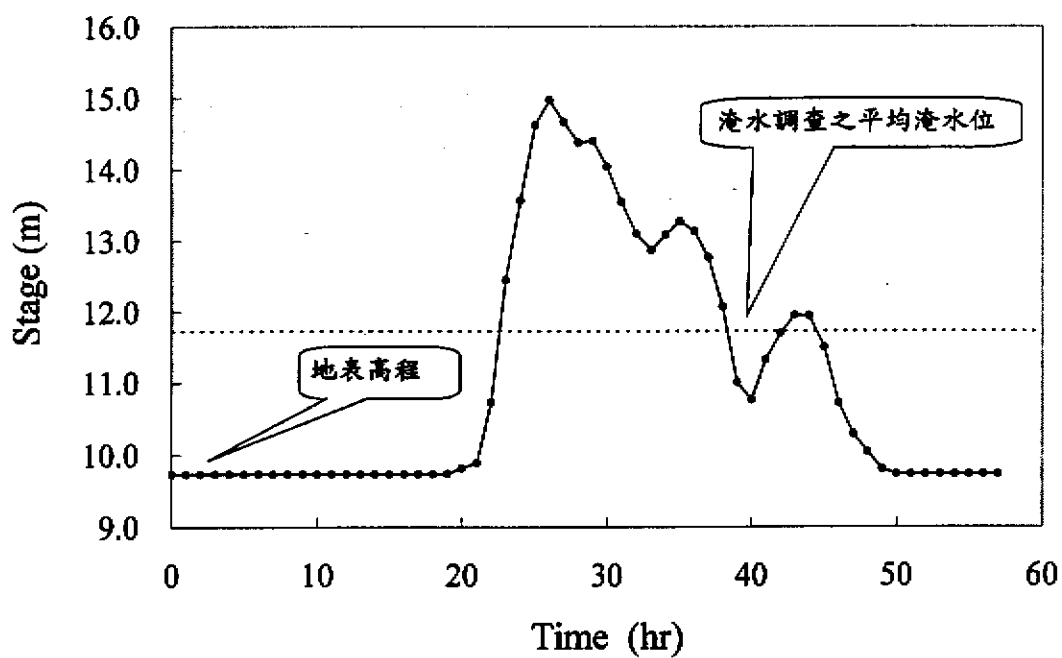


圖 14 汐止國小之淹水調查平均水位與模擬之淹水壓線結果比較

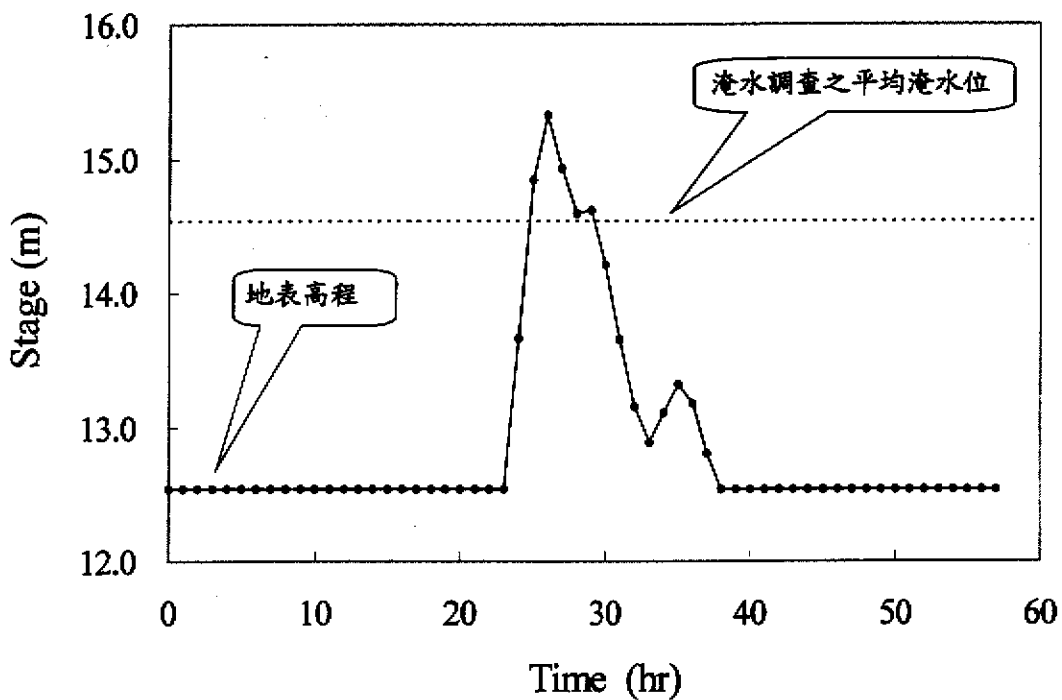


圖 15 汐止鎮公所之淹水調查平均水位與模擬之淹水壓線結果比較

**防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)**  
**—子計畫九：基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究(一)**  
**精簡報告**

計畫編號：NSC 89-2625-Z-002-062

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

主持人：蘇明道 教授

研究人員：張齡方 楊麗鳳

執行單位：國立台灣大學農業工程學系

**中文摘要**

因為地理位置、氣候以及地形之關係，台灣一直是天然災害頻傳之地區，加上近年來台灣工商經濟發達及生活水準提昇，災害發生時常造成相當嚴重之生命財產之損害，政府常面臨民間要求進行災害防減之工程規劃，但是政府財源有限，無法一次滿足所有防災工程之需求，為能有效利用有限資源，優先處理危險度高之區域，以使防災之投資與其所達成之效益相擬，因此區域災害危險度之評估是防災決策上相當重要之工作。所謂危險度是指某區域災害損失與其發生機率之乘積，為有效評估災害危險度，必須先能快速準確之估算各種災害此度下之區域損失程度，本計畫乃是在建立洪災之區域淹水損失之模式。由於淹水損害之評估具有地域之特性，基隆河流域近十數年來工商業發展及土地利用變化快速，人口急劇成長，屬於都會型發展地區，且近年來屢傳水患，十分適合作為洪災研討之標的，本研究計畫預定以基隆河流域作為研討之區域。

洪災之損害評估涉及大量之地理分布資料，如地形、交通及人口工商業等社會經濟資料，因此有關洪災之區域淹水損失之模式需具備空間分析能力，本計畫擬利用地理資訊系統作為資料建置、管理與分析之工具，建立與洪災研討相關之地理資料庫，並據以建立區域性之洪災災損評估模式。除上述之資料外並將收集與防減災決策相關之地理資料，如堤防、抽水機、水門等防洪設施，以及相關之避難救難資源，建立防減災地理資料庫，與相關之研究配合架構完整之淹水境況模擬與洪災防救決策支援系統，供決策者設定各種災害

狀況，並利用系統提供之相關損失資訊進行更有效合理之決策。

**關鍵詞：**洪災、災害損失評估、危險度、地理資訊、空間資料。

**Abstract**

Because the geological location, Taiwan encounters many natural disasters such as earthquakes, typhoon, flood, etc. every year. The hazards usually cause major loss of assets and casualty from the high density of population and intensive land usage. The government invests huge budget to mitigate the damage from the disasters. The investment of disaster mitigation should be proportion to the risk of area so that the economical efficiency can be maintained. The risk assessment is based on a sound model for regional damage estimation. The estimation of regional flood damage involves a tremendous amount of data and most of them are spatially distributed, such as population, road network, administration and land use zoning, building type and distribution, etc. This project is to implement a spatial data base for regional flood damage estimation using Geographic Information System (GIS) as a spatial data management tool. KeeLung River basin is chosen as pilot area for its high residential density and intense commercial and industrial activities.

Related data such as population, commercial and industrial activities, building type and distribution, digital terrain, dike and pumping stations, etc. will be collected and integrated into a spatial

database. Functions relating damages to inundation depth will be found for different type of activities and land use types. Finally, regional flood damage will be assessed spatially. The results from other related sub-project such as inundation study will be used for computation of the flooding risks. The results are useful for decision support for regional flood damage mitigation planning.

Keywords: Flood, Damage assessment, Risk, GIS, Spatial data.

## 一、緣由與目的

台灣因受地理位置、氣候以及地形之影響，一直是天然災害頻傳之地區，除了受西太平洋颱風系統之影響外，因地處地層板塊交接處，地震之陰影經常籠罩民眾心中，加上近年來台灣工商經濟發達及生活水準提昇，災害發生時常造成相當嚴重之生命財產之損害。根據1999年行政院「重大天然災害搶救復建經費簡化會計審計手續處理要點」中之定義，所謂天然災害包括風災、水災、及震災等。以水災而言，台灣地區總面積約36000平方公里，其中山地面積約佔四分之三，而台灣之河川具有流域面積小、河川長度短、且上游坡度大等特性，山高坡陡、源短流急；台灣年平均降雨量約2500公厘，山區之年平均降雨量則高達3000~5000公厘，但在時間與空間上分布並不均勻。在上游坡度極為陡峻而下游地區相對坡度急遽減緩之情形下，逢颱風、豪雨之際，經常造成下游區域嚴重之水患。

根據86年台灣省水利處統計資料顯示，近百年來台灣地區共發生了約350次颱風，平均每年發生3.5次之颱風與多次豪雨，使得農業、漁業、水利工程、房屋、交通設施、電力、電信以及經濟活動等接受到嚴重之損害，可謂台灣相當嚴重之天然災害。根據統計在1961-1991年期間所造成之損失，平均每年達142億元（依據1991年之幣值估算），約為國民生產毛額之0.68%。

面臨天然災害經常造成重大之經濟損失及對民眾生命威脅，政府相關部門，每年皆投入了相當之財力、人力、物力於防

救災害之工作。各項相關防災工程之工期均相當長，政府必須儘早即時進行災害防減之工程規劃，但因政府財源有限，無法一次滿足所有防災工程之需求，為能有效利用有限資源，優先處理危險度高之區域，以使防災之投資與其所能達成之效益相擬，決策者必須能有效區分各區域受災之危險度，以充分利用國家有限之資源，提高資源利用之效率。因此區域災害損失及危險度之評估是防災決策上相當重要之工作，危險度是指某區域災害損失與其發生機率之乘積，為有效評估災害危險度，必須先能快速準確之估算各種災害程度下之區域損失，本計畫之目的乃是在建立洪災之區域淹水損失之估算模式。

本研究之目的，即是架構一套區域淹水損失推估模式，以了解不同重現期距下颱風事件或暴雨之洪氾區域所造成之損失，配合水文及水理模擬及分析之結果，進行區域洪災之危險度分析，建立之災害危險度曲線，提供防災決策之參考。在第一年度之計畫重點在於收集相關之損失評估資料，包括：人口、住宅、交通、行政區域、經濟因子（如收入賦稅等）、工商業等相關資料。由於各項資料多具有空間分布特性，計畫中將利用地理資訊系統建立淹水損失評估地理資料庫，並依下列之步驟建立水災災損評估模式。

## 二、災害損失評估模式及文獻資料收集研討

### 1. 災害損失之定義及分類

損失之定義乃意指恢復成原始狀況所需之金額（Grigg and Heiweg, 1974）。江澤欽、洪鴻智（1999）應用行政會國家科學委員會與經濟部經由技術合作所發展之地震災害評估決策支援系統HAZ-Taiwan中提出地震可能引發之災害有三：第一類為地震所引發之直接實質損害，包含結構物損害、重要設施損壞、維生管線（交通運輸系統損害與維生管線）、公共管線設施損壞等；第二類之損害為引發實質之損害，包括地震可能引發之洪水、火災、有害物質、土石廢棄物等可能造成之損害；第三類損害為直接與間接社會經濟損害，

包括：地震發生後對人員傷亡、庇護所損壞、及所引發之直接經濟損失與間接經濟損失。

有關洪災之損失分類方面，方勁松、方樂潤（1997）詳細探討洪災風險分析與防洪保險費率，文中對洪災風險識別與洪災進行必要之分類，並將洪災損失分為直接損失、間接損失與淨收入損失等三類。Breaden（1973），Grigg and Heiweg（1975），Grigg et.（1976）針對洪水災害所產生之淹水損失分類為直接損失（Direct Damages）、間接損失（Indirect Damages）、次要損失（Secondary Damages）、無法量化之損失（Intangible Damages）及不確定損失（Uncertainty Damages）等五大類，分別簡述如下：

#### (1) 直接損失：

主要包括建築物(如住宅工廠等)及公共設施(如交通、水電及各種服務設施)。建築物相關之損失與其使用類型有很大之關係，本研究將分住宅區、工業區及商業區進行探討。

#### (2) 間接損失

包括交通路線改變、延遲等、以及為減輕困苦、維持健康提供防護措施等有關之損失（Breaden, 1973）。事實上此一部份之損失很難個別定義出詳細之範圍，因此本研究擬依文獻中之建議（Kates, 1965 年）將間接損失以直接損失之某一百分比進行推估。

#### (3) 次要損失

在洪水發生造成經濟損失後，為了重整解決災後之情形，許多社會服務低落(Breaden 1973)所產生之損失，一般而言就整體社會經濟而言，此部分之損失可與社會利益相抵。例如因淹水造成該區之零售業休業之經濟損失可能會被清理業務之增加引起之經濟效益抵銷。

#### (4) 無形損失

包括如環境品質、社會價值觀、美學上之損害等引起之損失，計劃中

暫不列入。

#### (5) 不確定損失

因為恐懼災害而引起之不確定感(如參予保險等)所產生之損失，計劃中暫不列入。

### 2. 土地使用之分類

即使相同之淹水深度，淹水損失會隨著土地使用不同而有所差異，因此要進行區域性之淹水損失研討，需針對區域內土地使用類別進行劃分。Kates（1965）將土地使用情況分為住宅區、商業區、工業區、農業區、公用事業、公共設施、高速公路、鐵路等。王如意等（1999）則依據洪水災害不同類別之損失潛能，將土地分為住宅區、商業區、工業區、農業用地、畜牧養殖、公共設施、其他（包括移動之房舍、私人用地、遊樂區、展覽、特殊使用）等七大類。

### 3. 建築物類型之分類

當一區域發生颱風災害時，該區域主要之直接損失多發生在人口活動區域，其損失與建物之類型及使用方式有很大之關係，因此建築物類型之劃分，實為重要之課題。江澤欽、洪鴻智（1999）為了評估地震災害損失，將美國 HAZ 系統本土化後，將建物分為 31 類。Grigg and Heiweg（1974），為了推估洪水之淹水損失，則將建築物之類型分為無地下室、有地下室、活動屋（mobile home）三大類。方舟顧問公司（1997）研究發現，由於研究區域之房屋建材多為二或三樓式磚造，內容物部分之損失又遠過於建物結構部份之損失，因此主要針對住宅及商用住屋進行探討。

### 4. 損失之推估

江澤欽、洪鴻智（1999）將損失分為直接損失及間接損失，並依照五種不同損害之程度（無損害、輕微損害、中等、嚴重、以及完全損害）進行震災之損失推估。

Grigg, Botham, and Rice（1975）考量淹水深度與損失之關係，並以單位面積之損失計算低密度住宅區之淹水損失。蔡長泰等（1994, 1995）應用地理資訊系統於



嘉義地區建立淹水預警系統與淹水災害評估模式，其研究中將淹水損失分為農業、漁業、鹽業與住宅損失等四類，並利用洪災實際資料或洪水模擬取得淹水深度資料，配合土地使用狀況各類別之淹水深度與損失率之關係圖，及各類別之單位面積資產或產值求得各土地使用類別之淹水損失。台灣省政府水利處第六河川局（1998）針對鹽水溪流域分析洪災成因，由洪水演算結果之各重現期距發生之淹水狀況，配合像片基本圖 1/5000 之等高線補測，推得各頻率之淹水面積、深度、及其範圍內之農田、魚塭、建物等，並調查淹水區域主要之土地使用狀況、各項資產之淹水損失率與單位面積產值，從而估計淹水區域之洪災損失。但因一般人民所申報之淹水損失或深度資料，往往因個人因素之影響而無法確實代表區域之經濟特性，加上住宅區內涵蓋了各種不同特性之建物之類別，若僅以單位面積之產值作為淹水損失推估之機制恐有失偏頗，故本研究將針對建築物類型進行分類，並分別探討各類型建物可能造成之淹水損失項目，再配合市場調查所建立之淹水深度損失經驗曲線推估住宅區之淹水損失。

Grigg and Heiweg (1975) 提出直接損失之推估方法有統合公式 (Aggregate Formula)、歷史災害損失曲線 (Historical Damage Curve)、以及淹水深度損失經驗曲線 (Empirical Depth-Damage Curve) 等三種方法。

所謂之統合公式乃將所有淹水損失相關因子統合於一公式中，可表示為：

$$C_D = K_D U M_s h A$$

式中  $C_D$ ：某一洪水事件之淹水損失 (元)

$K_D$ ：為一係數，單位淹水深度建築物洪水損失之百分比 (元/m·元)

$U$ ：該淹水面積內都市發展區域百分比

$M_s$ ：建築物淹水部分之市場價值 (元/km<sup>2</sup>)

$h$ ：淹水區域平均淹水深度 (m)

$A$ ：淹水面積 (km<sup>2</sup>)

因為歷史災害損失曲線法，由於一洪泛區域在歷史上不同年間可能陸陸續續發生過不同洪水水位之淹水事件，而每一場洪災

之發生都有其對應之淹水損失，為了掌握該區域洪水水位與淹水損失之關係，可考慮通貨膨脹等因子後，將歷年之損失換算為現值，並將換算成現值之淹水損失與其洪水水位點繪成洪水水位與淹水損失之關係曲線如圖 2-1 所示，稱為歷史災害損失曲線法。由圖中可發現淹水損失將隨著洪水水位之增高而增加。

第三種也是最常見之方法為淹水深度損失經驗曲線法，乃利用區域經濟資料，以推求各種類型建築物之淹水深度損失經驗曲線。在 Smith (1994) 之文中提及淹水損失曲線觀念之建立始於 1964 年，1968 年由美國聯邦保險機構 (Federal Insurance Agency) 掌管之國際洪水保險組織 (National Flood Insurance Act) 最早開始應用淹水損失曲線於洪水保險方面，1977 年英國 Penning-Rowse、Chatterton 兩位學者將建物分為 21 類，並分別求出類型建物在 2 種延時下及 4 種社會型態之淹水損失曲線共 168 條，圖 2-2 為加權平均之結果；澳洲學者於 1993 年針對商業區之建物進行淹水損失調查，將建物分為小 (<168m<sup>2</sup>)、中 (168m<sup>2</sup>~650m<sup>2</sup>)、大 (>168m<sup>2</sup>)，同時將各淹水深度之損失值分為 1~5 五等級，圖 2-3 為其研究之結果；Smith 於 1990 針對澳洲雪梨之洪水進行研究，求得住宅區之淹水損失曲線如圖 2-4 所示。此外美國聯邦緊急事務管理總署 (Federal Emergency Management Agency，簡稱 FEMA) 曾針對住宅區一般一樓無地下室之淹水深度與損失之關係進行研究，並繪得其關係曲線如圖 2-5 所示。方舟顧問公司 (1997) 蒐集了高雄縣岡山鎮之潭底洋地區於 1994 年八三及八一二水災所造成之損失資料，並分析整理繪得之商用住戶及住宅用屋之淹水深度損失曲線如圖 2-6 及 2-7 所示。

## 5. 淹水損失在時間上之調整

Edward McBean(1986)曾經針對淹水損失指數及不同年間損失值之比較進行研討。該研究中列出各項住宅區可能造成項目及損失，並以各類損失所佔之百分比推求淹水損失指數，由於淹水損失指數(FDPI)

與消費者物價總指數(All-Items CPI)之關係如圖 2-8 所示，故不同年代之淹水損失量可以消費者物價總指數作調整。

### 三、基隆河流域颱風淹水歷史資料之收集

基隆河為台灣北部淡水河系之三大支流之一，發源於台北縣平溪鄉石底林西邊之菁桐山(標高 519 公尺)，西鄰景美溪，南接坪林溪，各支流匯集後由東北流至瑞芳再向西折，一路流經八堵、七堵、五堵、汐止、南港、士林及北投，主流長約為 86 公里，流域面積約為 501 平方公里，於社子關渡附近蜿蜒匯入淡水河。其主要支流自上而下有東勢格溪、平溪、東勢坑溪、暖暖溪、大武崙溪、拔西猴溪、瑪陵坑溪、鹿寮溪、保長坑溪、康誥坑溪、北港溪、叭噠溪、大坑溪、外雙溪及貴子坑溪等。基隆河流經之行政區域包括台北市之北投、士林、大同、中山、內湖、松山、南港等七區，緊接台北縣之汐止、瑞芳、平溪三鄉鎮以及基隆市之七堵、暖暖二地區，共達十二鄉鎮。基隆河流域中上游屬於峽谷地形，然而歷經二、三十年來之都市化演變及急速發展，到處呈現與水爭地之現象，目前沿著基隆河主河道兩岸高樓林立，致使基隆河流域之水文環境存在相當複雜之問題，例如防洪排水設施嚴重不足、兩岸過度開發、河道通水斷面積逐年減少、橋樑阻礙河川水流、支流多且集中分布於中上游以及流域管理事權不一等問題，因而導致基隆河流域每逢豪雨即氾濫成災。

政府目前之防洪手段仍停留在以工程治洪為主之階段，例如興建攔洪水庫、堤防、防洪牆與河道截彎取直等限制洪水之工程設施，估計平均每年各項防洪工程之經費高達 109 億元。工程手段常帶給人民一種安全之假象，使居民誤認為工程手段可以一勞永逸免除水患；同時由於防洪工程計畫皆屬於政府之公共建設，造成居民觀念上之偏差，認為防洪工作完全是政府之職責。近年來由國內外防洪經驗所獲得之結論指出：單靠工程之手段非但無法解決洪水問題，反而會為其所保護之地區帶來更高危險性之災害，況且任何現存之硬

體結構物，其防洪功能上亦有其極限，不可能完全免除洪災，因此除以硬體工程為手段外，還必須配合適用於當地之非工程措施，才能有效地降低災害損失。

本文整理了台灣省水利處對過去重大之颱風事件在流域內之淹水災情調查表如表 3-1 所示。

### 四、基隆河流域洪災損失評估地理資料庫之建立

#### 1. 道路路網建置

本計畫為顧及資料之正確性，在台北市內採用農林航測所發行之五千分之一航照圖為底圖，台北縣乃採用戶外生活出版之那路灣地圖集內之十萬分之一台灣全圖，進行掃描產生電子檔，基於效率與適用性之考量，採用解析度 150dpi 之解析度及 256 色之掃描方式，如此不僅可以清晰分辨出圖上之道路，同時圖檔大小適當，不影響系統讀圖及處理之效率。

掃描完成後之地圖，利用影像處理軟體(如 Photoshop 或 PhotoImpact)，進行圖檔編修及縫圖，製作研究區域之底圖。為使數化之圖層具有正確之地理座標，並將影像以五千分之一航照圖為依據，採用之 TM 二度分帶地理座標進行影像定位。在底圖定位後，則對其上之道路網絡進行數化，包括深紅色之國道、紅色之省道、綠色之線道及黃色之主要聯絡道路。並將道路交叉點之地名及主要之橋樑以點圖層之方式數化。在 ArcView 中數化建立之 Shape File 與 ARC/INFO 之 Coverage 不同，無法直接提供 ARC/INFO 使用，並且不具基本之屬性資料及位相關係，需透過 UNIX 或 NT 版 ARC/INFO 將其轉換成圖層(Coverage)並建立相關位相關係。因數化之誤差會產生兩種錯誤，其一線段端點突出稱為懸掛線段(Dangle Arc)，可選定將小於設定之懸掛長度值(Dangle Length)之線段予以消除；若原應接連兩點，因數化時誤差造成分離，可以設定模糊容忍度(Fuzzy Tolerance)將其接合。最後再以指令 Clean 建立位相關係。

圖 4-1 為路網圖層數化之結果，以台北市之道路路網為例，道路路網共分成四

種類型：國道、省道、縣道及主要道路，於圖之左上角有顯示說明深紅色為國道，紅色表省道，綠色表縣道，黃色表主要道路。

## 2. 數值高程之建置

地理資訊系統在表示之資料格式方面，一般分為網格資料格式以及向量資料格式。而數值高程模式之資料表現方式常見者有三種：不規則三角網格(triangulated irregular network, TIN)，數值等高線(digital contour)以及正交網格(regular grid)。正交網格之資料型態為較被廣泛使用者，其於一組正交之網格上，每一網格點均有其高程資料，這些高程資料便成為一規則之矩陣結構。本研究中，主要蒐集由中央大學提供之臺灣地區之數值高程資料，為  $40m \times 40m$  之精度之數值高程資料（如圖 4-2 所示）。基於直觀易於瞭解且容易使用之優點，因此本文採用網格式之數值高程資料進行數值高程模式中資料結構之建立。

## 3. 防洪措施資料庫之建置

在防災體系當中，無論是在颱風時期之操作、規劃階段之水理模擬，防洪措施扮演著相當重要之地位。本研究在研究區域颱風淹水歷史資料之資料收集中發現，淹水之成因不只有暴雨、溢堤或排水不良，有時是因為防洪措施之操作不當或損毀所造成，故防洪措施之地理資料庫之整理與建置，將有助於洪災減災體系之管理。本研究所蒐集並建置成防洪措施之地理資料庫包括溢洪道、雨量站、疏洪道、提防、抽水站等資料，其圖層如圖 4-3 所示。藉由防洪措施地理資料庫之建立，亦可作為相關子計畫之研究基礎。

## 4. 土地利用地理資料庫之建置

由於土地使用類別不同，即使相同之淹水深度，其淹水之災害損失亦不相同，且淹水損失之評估隨著區域之土地利用型態種類愈多，其損失推估益形複雜，故若能針對土地利用情形進行調查，將有助於淹水損失之推估。

本計畫收集之土地利用地理資料庫為於民國八十六年由內政部所公布之國土現況調查報告及五千分之一之土地利用圖層。在土地利用地理資料庫中之土地利用

現況（如圖 4-4 所示）分類可分為三級，其中第一級分為十類，第二級分為四十五類，第三級分為九十三類。土地利用圖層之屬性表如表 4-1 所示，由於損失推估方式將隨著土地利用之不同而異，傳統上之損失推估，尚未考量土地利用之差異，而以一單位面積之損失值進行推估，此推估方式有失偏頗，故此土地利用地理資料庫之建立，除了有助於區域產業型態、都市化程度之分析，亦可作為洪災損失推估地理資料庫之基礎。

## 五、社會經濟資料之收集與建置

為在災害發生時能迅速掌握災情以便應變，並於在後估算損失規畫復建，必須建立區域內之社會經濟資料，如人口之數量及分布，建物之數量型態、工商業活動及尺度、地價或稅收等相關之經濟資料，政府雖經常進行相關社會經濟資料之統計或普查，但目前這部分之資料散落各機關且未和地理資料結合，對於災害發生時之緊急應變緩不濟急，需加以整合並與空間資料結合，方能適時發揮決策支援之功能。

### 1. 工商普查資料

工商普查旨在蒐集台灣地區工商及服務業經營概況、資源分布、主要設備、資本運用、生產結構、產銷變動及其他有關經濟活動基本資料，經整理統計與分析後，可提供政府規劃工商及服務業發展計畫，釐定有關經貿政策及產業發展策略之參據，以輔導產業改善、生產結構與經營體質，俾邁向資技密集工商與現代化服務業發展。本計畫自行政院主計處第四局第二科購得最近（民國八十五年）之工商普查資料，因原始資料為純文字格式，而計畫建立之地理資訊系統作業程序皆在 Windows 環境下作業，所以將原始檔案匯入至 Microsoft Access 資料庫中，成為 Access 資料檔案格式，以利日後與 GIS 結合方便分析處理資料。

原始工商普查資料分為 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K 共有十一個大類表示（如表 5-1），其下又可細分至中類、小類及細類，由於資料之購置需先行決定分類之基礎，計畫中顧及產業之分級若太

細，日後之應用將過於繁雜，並考慮經費之負擔，因此以行業類別中類為基礎購買資料，中類共七十三類，資料庫中並以村里為最小分析單位。又因主計處普查局普查之項目相當眾多，故僅取其中與洪災相關之項目作為分析社會工商經濟活動之標準，包括各類別單位家數之總計、土地面積之總計、樓地板面積之總計、營建工程價值之總計、在職人數之總計、員工全年薪資之總計、各項支出之總計、資產總計之總計、實收資本額之總計、生產總值之總計等。以單位家數為例，圖 5-1 為各村里各產業類別之單位家數分布情形。

## 2. 戶口及住宅普查資料

戶口及住宅普查是一種基本國勢調查，其目的在於蒐集普查標準時刻之人口質量與戶之組成，以及住宅質量與居住狀況等有關資料，以應政府施政、人力運用、居住改善、各項建設及學術研究之需要。最近一次之普查工作已於民國八十九年十二月底完成，然而其報告將於民國九十一年六月三十一日整理完成，故在戶口及住宅普查資料之收集方面，本計畫自行政院主計處第四局第二科購得民國七十九年戶口及住宅普查資料，待最新之資料出爐後，本研究將予以進行資料更新。所收集之原始資料為純文字格式，本研究已將原始檔案匯入至 MicroSoft Access 資料庫中，成為 Access 資料檔案格式，以利日後與 GIS 結合方便分析處理資料。

取得之戶口及住宅普查資料為民國七十九年戶口及住宅普查村里檔資料，其資料內容皆以村里為資料分析之基本單位，與工商普查資料之基本單位相同，有利於分析社會經濟資料之統一；戶口及住宅普查資料共分七個普查大類，分別為 15 歲以上人口經濟狀況、六十五歲以上老人狀況、住戶狀況、住宅狀況、一般人口狀況、遷徙狀況、十五歲以上有偶婦女狀況等，其中有多項資料重複編列，或與計畫中有關洪災之社會經濟分析無關，或分類過於煩細，故在整理後，將戶口及住宅普查分成一般人口狀況、住宅狀況及住戶狀況三個資料庫，其中住宅狀況之內容如表 5-2 所示。圖 5-2 為各村里住宅分布情形，住

宅之種類有傳統農村式、獨院雙拼式、連棟式、一至五樓公寓、六至十二樓公寓、十二樓公寓、十三樓以上公寓，經由地理資料庫之建立，可查閱各村里各建物類型之分布情形；圖 5-3 為各村里人口分布圖，圖中每一點代表 500 人，由點之分布情形可看出各鄉鎮市人口密度。

## 3. 建管資料庫建置

區域內之建物分布與區域洪災之淹水損失息息相關，隨著建物種類之不同，其損失亦相異。為了瞭解各類型建築物之特性以作為淹水損失推估之基本資料，本研究共蒐集了二十八萬多筆之台北市建管資料，予以統合分析及研究，所建置資料庫有建築物基本資料庫、停車位及昇降設備資料庫、樓層資料庫三大類，各個資料庫間之資料可藉由使用執照號碼之連結予以分析研究。

## 4. 鄉鎮市地價資料庫建置

鄉鎮市平均區段地價乃分別調查住宅區、商業區、工業區三種使用分區之中價位區段之地價，並分別予以面積加權平均計算而得。將所得之三種使用分區之鄉鎮市平均區段地價與鄉鎮市圖層結合，可得各鄉鎮縣市之住宅區、商業區、工業區之平均區段地價（如圖 5-4 所示）。

## 5. 物價指數資料庫建置

由於不同年間之相同損失值，將隨著各年度物價指數不同，其代表意義也相異，故不同年間之損失值需經由物價指數之調整後再進行比較，故本研究蒐集了歷年來之物價指數資料，以作為物價調整之依據。物價指數資料庫之建置乃以民國八十五年物價指數為基期，其中包括民國四十八年至民國九十年之消費者物價指數、民國四十一年至民國九十年躉售物價指數、民國六十五年至民國九十年進出口物價指數、以及民國八十年至民國九十年營造工程物價指數四部分，歷年來各個物價指數之關係如圖 5-5 所示。

## 六、結果與討論

本研究計畫目標在於區域性防洪地理資料庫之建立，包括區域之數值高程地

形、土地利用、交通、水系、人口及社經資料等等，以提供相關資訊給防洪淹水模式作為洪災之模擬及應變之參考。洪災防治所需之相關地理資訊如區域之數值高程地形、土地利用、交通、人口及社經資料等等相當龐雜，各資料圖層之資料量龐大且所採用之格式互異，需加以適當規畫及整合方能發揮其效能。本研究第一年度之計畫除了相關文獻之蒐集外，已完成三大部分之工作重點，第一部分為基隆河流域颱風淹水歷史資料之蒐集，第二部分為基隆河流域洪災損失評估地理資料庫之建立，包括道路路網、數值高程、防洪措施資料庫、土地利用資料庫之建立等，第三部分為社會經濟資料庫之建立，包括工商普查資料、戶口及住宅普查資料、建管資料、鄉鎮市地價資料、物價指數資料等。集結洪災防減決策相關資料之建立，可提供相關研究計畫、行政決策單位等參考。

未來將整合研討區域淹水災、災損評估地理資料庫、建立資料庫查詢介面、確立住宅及工商業分類原則、建立區域性洪災損害評估模式、進行各種淹水情境之模擬、並推估區域水災之危險度以提供區域防洪規劃決策參考。

## 七、計畫成果自評

本計畫第一年度之研究重點在於收集相關之損失評估資料，包括：人口、住宅、交通、行政區域、經濟因子(如收入賦稅等)、工商業等相關資料，並利用地理資訊系統建立淹水損失評估地理資料庫。本研究已於預定進度完成第一年度相關之研究工作如下：

1. 災害損失評估模式及文獻資料收集研討
2. 基隆河流域颱風淹水歷史資料收集
3. 建立研討區域洪災損害評估之地理資料庫  
包括數值地形、道路網、行政區、土地使用分區、土地利用、人口、建物、防洪設施、避難設施等與洪災損害評估及防減災決策相關之地理資料庫及圖層。
4. 建立區域社會經濟資料庫  
收集並建立研討區域內之工商業經

濟活動，包括類別、數量、規模及其相關之數據如員工數、廠房面積、資產總值等。

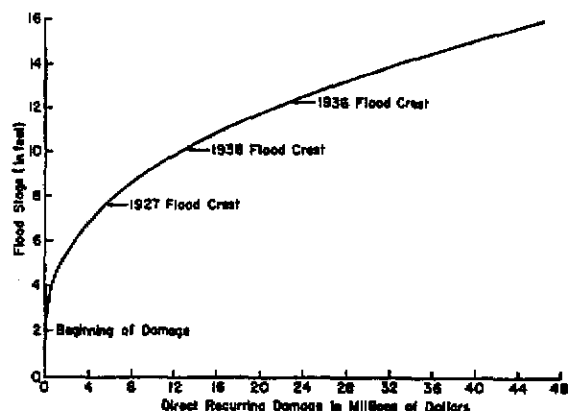
此研究成果可作為相關子計畫之基礎地理資料庫，或作為區域淹水損失評估模式之研究基礎。

## 參考文獻

- [1] Breaden, J. P., *The generation of flood damage time sequences*, University of Kentucky Water Resources Institute Paper, NO.32, 1973.
- [2] Dennis J Parker, Colon H Green, and Paul M Thompson, *Urban Flood Projection Benefits - a project appraisal guide*, Gower Technical Press, 1987.
- [3] DU PLESSIS LA and VILJOEN MF, *Estimation of total flood damage in the lower Orange River area with the aid of a flood simulation model: A GIS approach*, Water SA 24 (3), pp. 201-204, 1998.
- [4] DU PLESSIS LA and VILJOEN MF (1999), *Calculation of the secondary effects of floods in the lower Orange River area - A GIS approach*, Water SA 25 (2), pp.197-204.
- [5] DU PLESSIS LA and VILJOEN MF, *Determining the benefits of flood mitigation measures in the lower Orange River: A GIS application*, Water SA 25 (2), pp.205-213, 1999.
- [6] Edward McBean, Michael Fortin, and Jack Gorrie, "A critical analysis of residential flood damage estimation curves," Canadian Journal of Civil Engineering Vol. 13, 1986.
- [7] Grigg, N. S. and O. J. Heiweg, *Estimating direct residential flood damage in urban areas*, Colorado State University, 1974.
- [8] Kates, R. W., "Industrial flood losses: damage estimation in the Lehigh Valley," Univ. of Chicago, Water Res. Paper, No.98, Univ. of Chicago Press, 1965.
- [9] Nell S. Grigg and Otto J. Heiweg, *State-of-the-Art of estimating flood damage in urban areas*, Water Resources Bulletin, American Water resources association, Vol 11, NO. 2, 1975.
- [10] Neil S. Grigg, Leslie H. Botham, Leonard Rice, W.J. Shoemaker, and L. Scott Tucker, *Urban Drainage and Flood Control Projects Economic, Legal and Financial Aspects*, Hydrology paper, Colorado State University Fort Collins, Colorado, February, 1976.
- [11] Nell S. Grigg, *Water Resources Planning*, McGraw-Hill, 1985.
- [12] Peuquet, Donna J., and Duane F. Marble,

Introductory Readings in Geographic Information Systems, Taylor & Francis, pp. 371,1990.

- [13] D. I. Smith, "Flood damage estimation- A review of urban stage-damage curves and loss function," Water SA Vol.20 No.3 July 1994.
- [14] 方舟顧問有限公司, 洪災保險制度(潭底洋地區)案例調查分析, 經濟部水資源局, 1997。
- [15] 行政院經濟建設委員會人力規劃處, 中華民國台灣地區民國87年至140年人口推計, 1999。
- [16] 台灣省水利規劃試驗所, 區域排水規劃, 台灣省政府水利處, 1998。
- [17] 台灣大學農業工程研究所, 台北盆地及鹽水河流域示範區洪災受害危險度分析(一), 經濟部水資源局, 1999。
- [18] 台灣大學農業工程研究所, 台北盆地及鹽水河流域示範區洪災受害危險度分析(二), 經濟部水資源局, 2000。
- [19] 江澤欽、洪鴻智, HAZ-Taiwan 地震災害損失成本及其比率推估-以建築結構物破壞引起之直接損失為探討對象, 內政部營建署, 1999。
- [20] 蔡長泰、游保杉等, 地理資訊系統在港水城營上之應用(二), 國立成功大學水利暨海洋工程學系, 1994。
- [21] 蔡長泰、游保杉等, 地理資訊系統在港水城營上之應用(三), 國立成功大學水利暨海洋工程學系, 1995。
- [22] 台灣省政府水利處第六河川局, 鹽水溪治理規畫報告, 1998。



資料來源：Neil S. Grigg (1975)  
圖 2-1 歷史洪災損失曲線

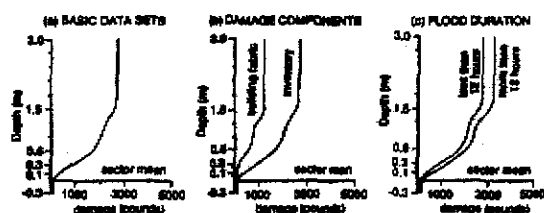


Figure 2  
Examples of standard depth/damage curves (Ponning-Revelant and Chesser, 1977)

資料來源：Smith (1994)  
圖 2-2 英國住宅之加權平均淹水損失曲線

| TABLE 1<br>COMMERCIAL POTENTIAL DIRECT STAGE-DAMAGE CURVES IN AUSTRALIAN DOLLARS<br>AT 1990 VALUES |        |        |               |         |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|---------------|---------|---------|
| Site 1 (4286 m <sup>2</sup> )                                                                      |        |        |               |         |         |
| Over-floor depth                                                                                   | 1      | 2      | Value class 3 | 4       | 5       |
| 0.00 m                                                                                             | 0      | 0      | 0             | 0       | 0       |
| 0.25 m                                                                                             | 1 751  | 3 510  | 7 886         | 14 640  | 26 080  |
| 0.75 m                                                                                             | 4 386  | 8 772  | 17 550        | 35 140  | 70 200  |
| 1.25 m                                                                                             | 6 581  | 13 162 | 26 325        | 52 650  | 105 300 |
| 1.75 m                                                                                             | 7 315  | 14 630 | 29 260        | 58 520  | 117 000 |
| 2.00 m                                                                                             | 7 750  | 15 500 | 31 000        | 62 000  | 124 000 |
| Site 2 (385 to 400 m <sup>2</sup> )                                                                |        |        |               |         |         |
| Over-floor depth                                                                                   | 1      | 2      | Value class 3 | 4       | 5       |
| 0.00 m                                                                                             | 0      | 0      | 0             | 0       | 0       |
| 0.25 m                                                                                             | 1 336  | 11 113 | 22 236        | 44 460  | 88 920  |
| 0.75 m                                                                                             | 13 455 | 26 910 | 53 820        | 107 640 | 215 280 |
| 1.25 m                                                                                             | 26 675 | 53 350 | 106 700       | 213 400 | 426 800 |
| 1.75 m                                                                                             | 22 668 | 45 336 | 90 672        | 181 344 | 362 688 |
| 2.00 m                                                                                             | 24 131 | 48 262 | 96 524        | 193 048 | 386 096 |
| Site 3 (455m <sup>2</sup> )                                                                        |        |        |               |         |         |
| Over-floor depth                                                                                   | 1      | 2      | Value class 3 | 4       | 5       |
| 0.00 m                                                                                             | 0      | 0      | 0             | 0       | 0       |
| 0.25 m                                                                                             | 3      | 4      | 13            | 25      | 30      |
| 0.75 m                                                                                             | 16     | 32     | 60            | 120     | 150     |
| 1.25 m                                                                                             | 33     | 66     | 133           | 266     | 333     |
| 1.75 m                                                                                             | 54     | 108    | 216           | 432     | 540     |
| 2.00 m                                                                                             | 65     | 130    | 260           | 520     | 650     |

資料來源：Smith (1994)  
圖 2-3 澳洲商業區直接淹水深度損失關係表

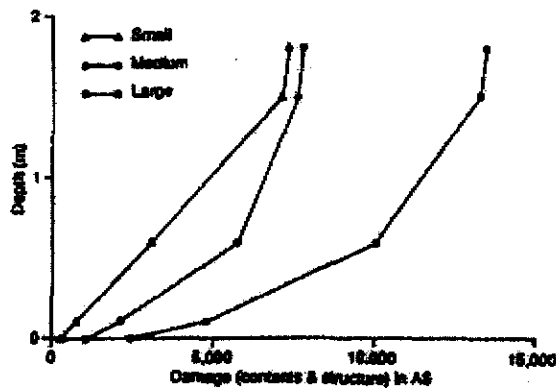
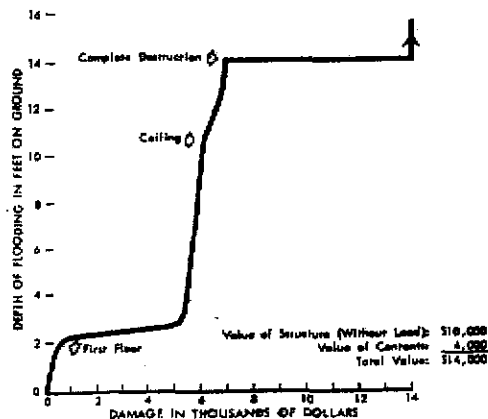


Figure 2  
Actual direct damage residential stage-damage curves (contents and structure) for differing residential classes, Sydney 1986  
(from Smith et al., 1990)

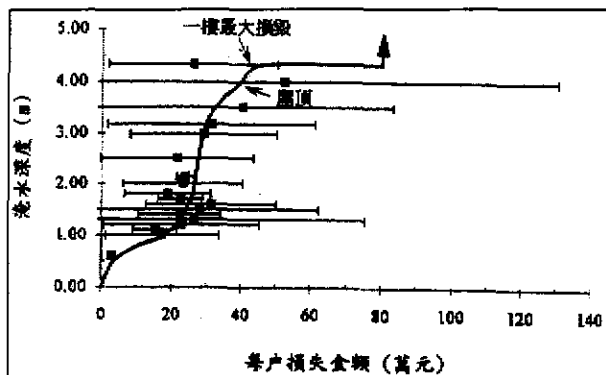
資料來源：Smith (1994)

圖 2-4 澳洲雪梨住宅區之淹水損失曲線圖



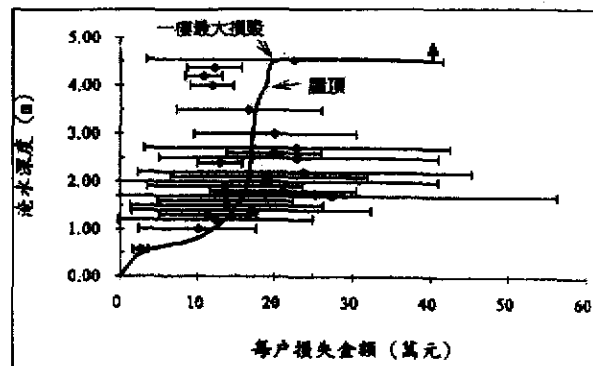
資料來源：方舟顧問公司 (1997)

圖 2-5 FEMA 一般一層樓無地下室之淹水深度損失曲線



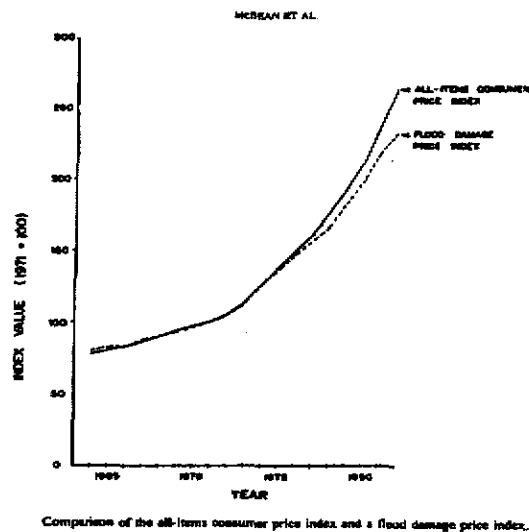
資料來源：方舟顧問公司 (1997)

圖 2-6 潭底洋地區商用住戶之淹水深度損失曲線



資料來源：方舟顧問公司 (1997)

圖 2-7 潭底洋地區住宅用屋之淹水深度損失曲線



Comparison of the all-items consumer price index and a flood damage price index.

資料來源：Edward McBean(1986)

圖 2-8 淹水損失指數與消費者物價總指數之比較

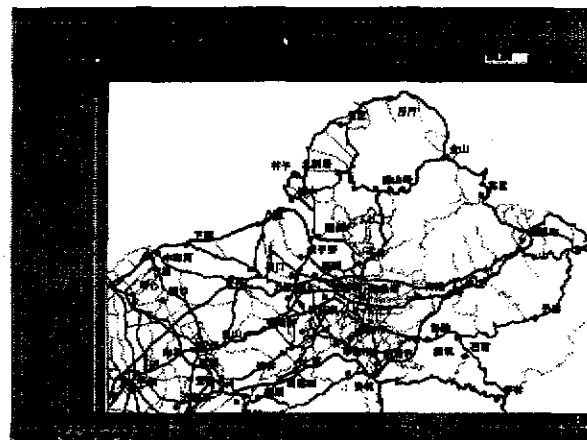


圖 4-1 北部地區路網展示圖



圖 4-2 基隆河流域數值高程圖

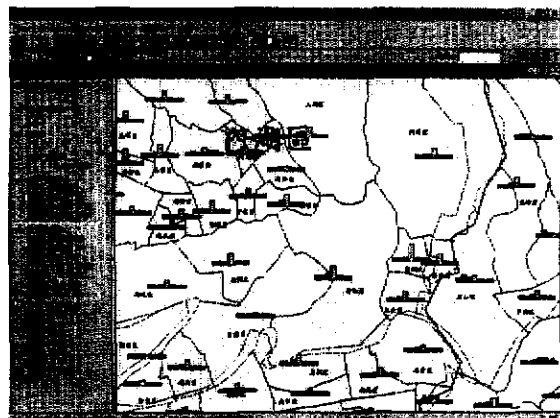


圖 5-2 各村里住宅分布情形

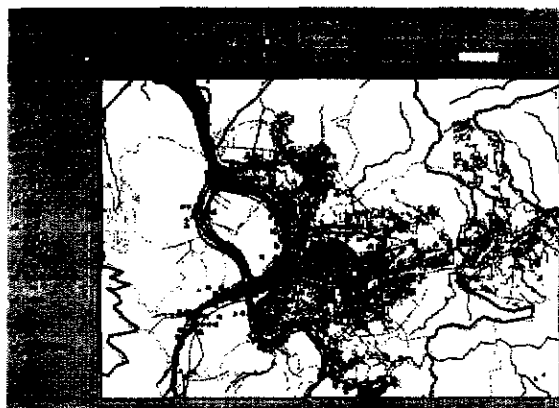


圖 4-3 防洪設施圖層

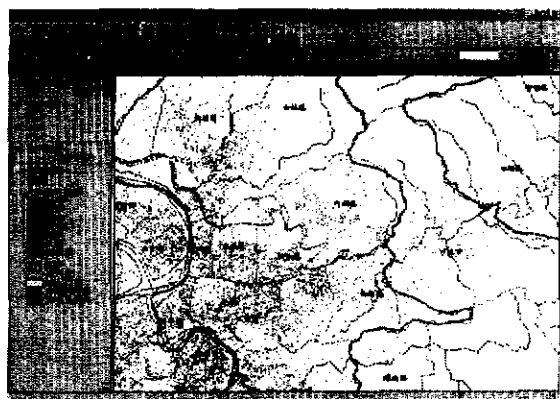


圖 5-3 各村里人口分布圖



圖 4-4 土地使用圖層

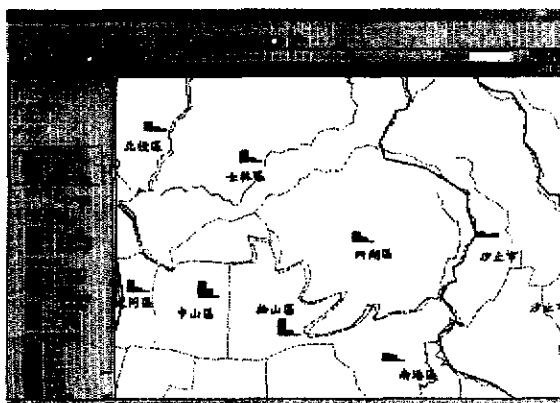


圖 5-4 各鄉鎮市地價

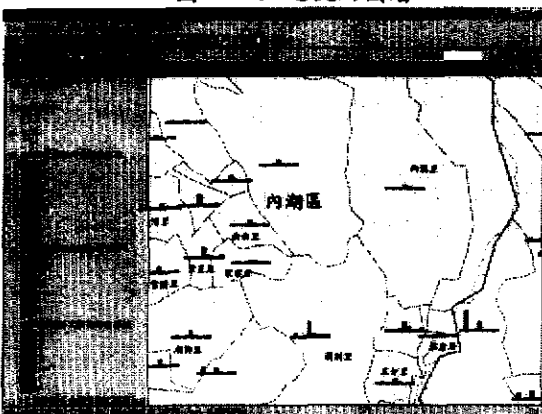


圖 5-1 各村里各大類單位家數

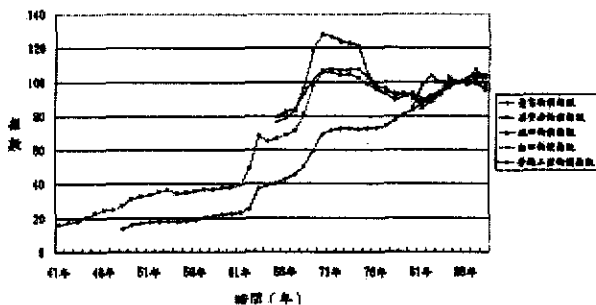


圖 5-5 歷年之物價指數曲線圖



表 3-1 台北地區近年來重大颱風淹水事件調查表

| 民國   | 日期                  | 原因                  | 降雨量分析 (mm)                                                                                                                                 | 主要淹水區域                                                                                              | 備註                          |
|------|---------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 76 年 | 10/23<br>~<br>10/27 | 梅思颱風<br>(中度)<br>西北  | 最大陣雨量: 79 (五堵站)<br>最大日雨量: 886 (五堵站)<br>連續 24 小時最大陣雨量 886<br>(五堵站)<br>總降雨量: 1646 (五堵站)                                                      | 台北市: 松山、<br>內湖、南港、中<br>山、士林<br>台北縣: 汐止、<br>五股、板橋、三<br>芝、蘆洲                                          | 河床淤積<br>排水不良                |
| 79 年 | 8/30<br>~<br>9/1    | 西伯颱風<br>(中度)<br>西北  | 最大陣雨量: 475 (台北站)<br>最大日雨量: 1644 (台北站)<br>連續 24 小時最大陣雨量 1644<br>(台北站)<br>總降雨量: 3435 (台北站)                                                   | 台北市: 松山、<br>內湖、南港、中<br>山<br>台北縣: 板橋、<br>土城、新莊、五<br>股、蘆洲                                             | 河床淤積<br>排水不良                |
| 83 年 | 8/10<br>~<br>8/11   | 達維颱風<br>(中度)<br>西北  | 最大陣雨量: 236 (台北站)<br>最大日雨量: 109 (台北站)<br>連續 24 小時最大陣雨量 1576<br>(台北站)<br>總降雨量: 1842 (台北站)                                                    | 台北市: 松子島<br>台北縣: 林口、<br>板橋、龜山、土<br>城、新莊                                                             | 排水不良                        |
| 85 年 | 7/31<br>~<br>8/1    | 賀伯颱風<br>(強烈)<br>西北  | 最大陣雨量: 346 (台北站)<br>最大日雨量: 2083 (台北站)<br>連續 24 小時最大陣雨量 2385<br>(台北站)<br>總降雨量: 225 (台北站)                                                    | 台北市: 松子<br>島、萬華、北投、<br>陽明、內湖、松<br>山<br>台北縣: 汐止、<br>板橋、新莊、中<br>和、永和、土城、<br>新莊、瑞芳、三<br>芝、蘆洲、板橋、<br>五股 | 地層鬆動<br>排水不良<br>淹水範圍<br>門封閉 |
| 86 年 | 7/1<br>~<br>7/7     | 泰瑞                  | 最大陣雨量: 50 (台北站)<br>最大日雨量: 685 (台北站)<br>連續 24 小時最大陣雨量 685<br>(台北站)<br>總降雨量: 2156 (台北站)                                                      | 台北市: 中山、<br>陽明山、忠孝東<br>路、復興區<br>台北縣: 汐止、<br>中和、永和                                                   | 河床淤積<br>排水不良                |
| 86 年 | 8/17<br>~<br>8/19   | 溫妮颱風<br>(中度)<br>西北西 | 最大陣雨量: 265 (台北站)<br>最大日雨量: 176 (台北站)<br>連續 24 小時最大陣雨量 2045<br>(台北站)<br>總降雨量: 234 (台北站)                                                     | 台北市: 內湖、<br>松子島、北投、<br>士林、中山、文<br>山、陽明山<br>台北縣: 板橋、<br>新莊、汐止、中<br>和、永和                              | 河床淤積<br>排水不良                |
| 86 年 | 8/27<br>~<br>8/31   | 安琪颱風<br>(中度)<br>西北西 | 最大陣雨量: 16 (台北站)<br>最大日雨量: 935 (台北站)<br>連續 24 小時最大陣雨量 935<br>(台北站)<br>總降雨量: 935 (台北站)                                                       | 台北市: 老康里<br>台北縣: 新莊、<br>汐止、坪林                                                                       | 地層鬆動<br>排水不良                |
| 87 年 | 10/15<br>~<br>10/16 | 瑞伯颱風<br>(中度)<br>西北  | 最大陣雨量: 635 (台北站)、<br>57 (五堵站)<br>最大日雨量: 2265 (台北站)、<br>402 (五堵站)<br>連續 24 小時最大陣雨量 4355<br>(台北站)、402 (五堵站)<br>總降雨量: 508 (台北站)、<br>508 (五堵站) | 台北市: 南港、<br>內湖、松子島、<br>北投、士林、中<br>山、大湖、景美<br>台北縣: 板橋、<br>土城、新莊、汐<br>止、中和、板橋、<br>石碇、三芝、永<br>和        | 地層鬆動<br>排水不良<br>河床淤積        |
| 87 年 | 10/25<br>~<br>10/26 | 芭比颱風<br>(中度)<br>西北西 | 最大陣雨量: 37 (台北站)、<br>37 (五堵站)<br>最大日雨量: 215 (台北站)、<br>319 (五堵站)<br>連續 24 小時最大陣雨量 215<br>(台北站)、319 (五堵站)<br>總降雨量: 316 (台北站)、<br>585 (五堵站)    | 台北市: 內湖<br>台北縣: 汐止、<br>瑞芳                                                                           | 地層鬆動<br>排水不良<br>河床淤積        |
| 88 年 | 6/5<br>~<br>6/6     | 瑪姬颱風<br>(中度)<br>西北西 | 最大陣雨量: 1 (瑞芳站)<br>最大日雨量: 93 (瑞芳站)                                                                                                          | 台北市: 內湖<br>台北縣: 五股                                                                                  | 地層鬆動<br>排水不良                |
| 89 年 | 10/31<br>~<br>11/2  | 象神颱風<br>(中度)<br>東北  | 最大陣雨量: 18 (五堵站)、<br>395 (瑞芳站)<br>最大日雨量: 67 (五堵站)、<br>1473 (瑞芳站)                                                                            | 台北市: 老康<br>里、板橋、內湖<br>台北縣: 汐止、<br>蘆洲、五股                                                             | 地層鬆動<br>排水不良<br>河床淤積        |

表 5-1 工商業普查各大類代號及其名稱

| 代號 | 名稱        | 代號 | 名稱         |
|----|-----------|----|------------|
| A  | 農林漁牧業     | G  | 運輸倉儲及通信業   |
| B  | 礦業及土石採取業  | H  | 金融保險及不動產業  |
| C  | 製造業       | I  | 工商服務業      |
| D  | 水電燃氣業     | J  | 社會服務及個人服務業 |
| E  | 營造業       | K  | 公共行政業      |
| F  | 批發、零售及餐飲業 |    |            |

表 5-2 住宅狀況之欄位名稱及說明

|          |                   |
|----------|-------------------|
| 縣市代號     | 以兩位數表示，欄位性質為文字。   |
| 鄉鎮代號     | 以三位數表示，欄位性質為文字。   |
| 村里代號     | 以三位數表示，欄位性質為文字。   |
| 統一代號     | 為上述之字串相加，欄位性質為文字。 |
| 傳統農村式    | 家宅建築類型。           |
| 獨院或雙拼式   | 家宅建築類型。           |
| 連棟式      | 家宅建築類型。           |
| 五樓以下公寓   | 家宅建築類型。           |
| 六—十二樓公寓  | 家宅建築類型。           |
| 十二樓公寓    | 家宅建築類型。           |
| 十三樓以上公寓  | 家宅建築類型。           |
| 家宅專用     | 有人居住家宅用途。         |
| 兼工廠用     | 有人居住家宅用途。         |
| 兼商業用     | 有人居住家宅用途。         |
| 兼其他用     | 有人居住家宅用途。         |
| 34 以前竣工  | 有人居住家宅竣工年份。       |
| 34-49 竣工 | 有人居住家宅竣工年份。       |
| 50-59 竣工 | 有人居住家宅竣工年份。       |
| 60-69 竣工 | 有人居住家宅竣工年份。       |
| 70-74 竣工 | 有人居住家宅竣工年份。       |
| 75 竣工    | 有人居住家宅竣工年份。       |
| 76 竣工    | 有人居住家宅竣工年份。       |
| 77 竣工    | 有人居住家宅竣工年份。       |
| 78 竣工    | 有人居住家宅竣工年份。       |
| 79 竣工    | 有人居住家宅竣工年份。       |
| 平均每人居住面積 | 單位為坪數。            |

表 4-3 土地利用地理資料庫屬性表

| 欄位名稱       | 資料型態 | 欄位長度 | 欄位說明    |
|------------|------|------|---------|
| Class1     | 數值型態 | 1    | 第一級分類代號 |
| Classname1 | 文字型態 | 14   | 第一級類別名稱 |
| Class2     | 數值型態 | 3    | 第二級分類代號 |
| Classname2 | 文字型態 | 14   | 第二級類別名稱 |
| Class3     | 數值型態 | 4    | 第三級分類代號 |
| Classname3 | 文字型態 | 14   | 第三級類別名稱 |

# 防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)

## —子計畫十：基隆河流域防洪決策支援系統之研發(一)

### 精簡報告

計畫編號：NSC 89-2625-Z-002-063

執行期間：89年8月1日至90年7月31日

主持人：何興亞 技正

執行單位：國立台灣大學水工試驗所

### 中文摘要

本研究利用地理資訊系統(GIS)結合資料庫與模式庫，並考慮災害事件之減災、整備、應變、復建等各階段實務工作需求，以基隆河流域為例，研發防洪決策支援系統。首先規劃建置之地形、交通、建築、公共設施、人口與工商業等社會經濟資料庫，以及河川斷面、水文測站、水庫、橋樑、堤防、抽水站與水門等防洪相關資料庫，再配合水文、水理與災損評估等分析模式，運用地理資訊處理技術，迅速提供防救災相關單位緊急應變、防洪整治計畫評估、防洪計畫擬訂等工作所需資訊，並可供政府推動防洪相關建設與措施參考運用。

本研究全程計畫執行期間為三年，第一年(本年度)主要成果包括：防洪決策支援系統架構與功能規劃、展示與操作畫面規劃與設計、資料庫規劃與初步建置(包括：數值地形資料、流域周界、河川斷面、流量水位率定曲線、水文記錄、雨量站、水位站、抽水站、排水系統、防洪設施等資料)，同時已初步完成與其他子計畫之功能整合。

關鍵詞：防洪、決策支援系統、減災、整備、應變、復建。

### Abstract

Techniques of GIS combine with database and analysis models are well developed, we can use them to provide important information to our government for driving construction or to deliberate relative policy. In this project, we will construct the database of geography, traffic, building, public facilities, population,

economic, river cross-section, hydrologic station, reservoir, bridge, levee, pumping station and gate etc., and combine with hydrological, hydraulic and flood-damage estimation models by GIS technique, to build up decision support system. It is helpful to evaluate the project of flood-damage mitigation in Keelung River watershed.

This project will establish the decision support system for flood-damage mitigation in Keelung River watershed within three years. In the process of researching and developing, we will consider the four stages demands: mitigation, preparedness, response and recovery, to operate in coordination with practical business, collecting database and analysis models, and then establish practical decision support system, to spread the achievements, and applied in relative departments.

Keywords: Flood mitigation, Decision support system, Mitigation, Preparedness, Response, Recovery.

### 一、前言

隨著經濟與科技之快速發展，都市化程度及人口密度相對之提高，在自然資源與緩衝空間日漸被侵蝕之情況下，潛在之環境災害愈來愈嚴重，災害所造成之社會、經濟、環境等各層面之損失也愈來愈大。根據國際紅十字組織聯盟於1996年所做之估計，全球因災害所導致之經濟損失，平均每年達四千四百億美元。台灣地區隨著都市化及工業化之進展，人與自然爭地之情況愈演愈烈，忽視環境之承载力與永續發展，許多山坡地及洪泛平原之不當開發與建置之佔用，使得

災害之頻率、規模與損失有逐年增加之趨勢。尤其在都市地區，由於都市人口密度增加，災害所造成之嚴重性及損失也相對之提高，以台灣之颱風暴雨災害為例，年平均有形損失已高達新台幣 170 餘億元。

基隆河是台灣北部淡水河之三大支流之一，發源於台北縣平溪鄉石底林西邊之菁桐山，西鄰景美溪，南接坪林溪，各支流匯集後朝向東北流至瑞芳再向西折，一路流經八堵、五堵、汐止、南港、士林、北投，主流長約為八十六公里，流域面積約為五百零一平方公里，於社子關渡附近蜿蜒匯入淡水河，如圖 1 所示。基隆河下游受到海洋潮汐之影響很大，每逢大潮時，潮水逆流而上，經關渡、士林、松山、南港，最遠可達汐止之社後橋，長約三十一公里，因河床坡度平緩，集水區地勢低窪，感潮河段相當長。因近年來流域內兩岸土地過度開發利用，導致逕流增加、河道淤積，造成低窪地區常遭洪水氾濫成災，故除應積極進行各項防洪整治工程外，推動非工程防洪措施亦為工作重點之一。

基隆河流域近十數年來，沿岸工商業快速發展，人口急遽成長，建築物密度大幅增加，流域之水文與水理特性亦產生極大之變化。民國 87 年瑞伯颱風與芭比絲颱風、民國 89 年象神颱風、民國 90 年納莉颱風，均造成汐止地區嚴重淹水，多人死亡與受傷，財物與經濟損失難以估計。為了改善汐止地區之淹水情況，政府擬投入大量資源，規劃推動多項工程整治方案，並配合非工程措施，期能減輕爾後洪水所造成之損失。

本研究希能善用科技與資訊技術並結合災害管理之業務需求，以三年期間，規劃建置基隆河流域之地形、交通、建築、公共設施、人口與工商業等社會經濟資料庫，以及河川斷面、水文測站、水庫、橋樑、堤防、抽水站與水門等防洪相關資料庫，配合水文、水理與災損評估等分析模式，充分考慮實際業務於平時減災、災前整備、災時應變及災後復建四個災害防治階段工作需求，並與基隆河流域防洪工作相關之防災業務計

畫與地區防災計畫密切結合，運用地理資訊處理技術予以整合，建立基隆河流域防洪決策支援系統。同時，利用網際網路傳播相關資訊，供相關業務單位與社會大眾參考運用，期能藉以提昇政府與民眾之災害處理能力，有效之減緩全面性之災害，保護資源、減少人員傷亡與財物損失。

## 二、本研究與整合型計畫之關係

本研究為「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型計畫中第十個子計畫，整合型計畫之總體目標係以鹽水溪流域及基隆河流域為示範區，預定以三年期間研發完成淹水境況模擬與決策支援系統。主要工作包括：規劃建置流域防洪基本資料庫、建立流域降雨逕流與水理模擬模式、研發災害損失評估模式、進行淹水災害境況模擬與災損分析、建立災害潛勢資料、研擬減災應變措施、建立防洪決策支援系統等，期以非工程手段配合流域現有之防洪工程設施，達到流域防洪減災之目的。

本研究為整合型計畫之下游計畫，主要工作為結合「基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究」、「基隆河流域整治段颱風災害淹水境況模擬」、「基隆河流域發生潰溢堤災害之境況模擬」、「基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究」等子計畫之研發成果，規劃建置防洪決策支援系統與相關資料庫，期能充分利用資訊技術，開發操作便捷之界面，以簡明清晰之展示畫面，迅速提供防洪應變作業與重要措施決策所需資訊。因而，本研究對整合型計畫整體成果之展現與應用極為重要，若能研發建立妥適之防洪決策支援系統，可使各子計畫研發成果更能有效落實應用於實際業務。

## 三、研究方法與步驟

由於災害事件常導致多樣性之破壞，進而引發其他災害之發生，故在本質上非常複雜，難以用單一之線性流程關係表示。例如：淹水災害除了導致建築物與車

輛泡水損失外，同時也會衍生環境污染，或因斷水、斷電及人員傷亡所造成之衛生問題。所以從災害之本質而言，災害事件是針對受到環境情勢所影響之各個構成因子彼此間相互之關係，且從預防因應到事件發生，再由災後處理學取教訓，加強防範措施。目前美日等先進國家，在推動災害防救工作多年之後，對災害事件之本質與防治對策已有深刻瞭解，並逐漸將災害防治工作，分為平時減災(Mitigation)、災前整備(Preparedness)、災時應變(Response)及災後復建(Recovery)等四個階段，如圖 2 所示。

應用資訊相關技術發展防洪決策支援系統，首要步驟乃是明確地瞭解四個災害防治階段之內涵，以及資訊處理系統與災害防治體系在相關資訊處理需求上之發展、傳播與分析，並且需對災各階段內部元件與界面之間之動態關係有詳細之認識。只有在仔細瞭解之後，才可能將過程和原始技術解決方案建立在災害管理之模型上。此外，防洪業務是一個具有邏輯性並需對相關資訊做處理及發布之活動，為了有效地從事這些活動，必須對災害資訊需求及特性有全盤之掌握，並規劃建構能夠符合實際工作需要之作業系統。各階段災害防治工作之業務與決策支援所需資訊如下：

### 1. 平時減災階段

平時減災階段主要是掌握區域之災害情勢，進行危險度分析與環境境況模擬，據以提出各種可能之減災策略與行動方案，以減輕災害所可能造成之人命與財產損失。因此本階段需要有專業學術研究之強力支援，依據自然環境之特性及人口、公共設施之分布狀況，檢討各種災害可能發生之地點、規模及強度，以及其可能造成之人命財產損失。這些研究成果可作為政府及社區民眾研擬防災對策之依據。由於平時減災階段之工作在時間上之壓力相對較輕，因此資訊需求主要為能方便地取得所需之各項資料，並建立群體決策之支援系統，讓各行動主體能充分之交換意見，以達成減災之共識，讓政府、企業、

民眾均能充分瞭解防災進展狀況，以共同監督之制度來落實減災計畫之確實執行，故而網際網路是一個極佳之減災資訊發展環境。

### 2. 災前整備階段

此階段是針對可能發生之災害，進行緊急救災之各項準備工作，包括緊急救災計畫之研擬、分配各個救災人員之任務、事先配置所需之救災物資、定期做緊急救災之演習演練，讓救災人員均能熟習其任務，並可檢討救災物資之儲備是否充足。由於災害發生時，電力可能中斷，資訊網路亦可能受損故障，因此必須建立可靠之通訊網路，讓急救人員可以在最短之時間內動員起來，並能充分掌握災區環境資訊及救災物資儲備狀況，無線通訊系統及可攜式電腦將是救災人員之最佳工具。

### 3. 災時應變階段

災時應變階段是災害管理之重要關鍵時間，作業所需之基本圖、災害研究、設備裝置、人力資源、以及基金專款等資料都需要立即可得。快速、可靠、具體且可控制連結之通訊網路是使一個災害管理網路之充分有效率地運作之重要機制，而此網路主要之挑戰來自於在劇烈災害時所造設備之損壞、網路流量到達頂峰時如何維持災害通訊網路正常運作、以及行動數據使用者和敏感資料之接收處理和品質管理，為了加強管理設備資產及其災害損失狀況、資源資訊和特殊回應等級，需要不同於傳統之公眾電信網路之專屬網路才可以做得到。

### 4. 災後復建階段

此階段所需要之資料包括重建、指揮程序和建立備忘錄，回溯至減災程序及歷史資料庫可防止相同錯誤再發生之可能性。網際網路雖然適用於減災及災後復建階段，但相對於需要即時通訊資料之防救災工作，則略顯不足。目前，對電信設備之需求是希望能提供快速回應及可活動式系統，如手提式衛星電話、無線通訊設備、活動基地台等。雖然現有之通訊網路不斷地進步，但加

強快速賑災之能力也是不容忽視之重要課題。

配合洪水災害防治之實際業務需要，本研究利用地理資訊系統（GIS）技術，整合資料庫與模式庫，並配合洪災防治各階段工作之需求，規劃建置基隆河流域防洪決策支援系統，其概念架構如圖3所示，包括平時減災、災前整備、災時應變、災後復建等決策支援子系統。

本研究規劃防洪決策支援系統之目標包括：配合防救災業務需求建立系統、妥善整合防救災資訊並規劃建置資料庫、有效傳播防救災相關資訊。為了達成此等目標，工作進行步驟如下：

#### 1. 資料蒐集與調查分析

為進行基隆河流域防洪決策支援系統研發工作，擬先詳加瞭解基隆河之流域水文與地文特性，以及基隆河流域雨量及水文站目前運作情況，相關資料蒐集與調查分析工作包括：

##### (1) 地形與行政區域資料

地形與行政區域資料是防洪決策支援系統之基本資料，應優先蒐集分析，地形以現有之DTM資料為原則，行政區域則以各縣、市、鄉、鎮、村、里等行政區域之邊界資料為主，此等資料可配合運用於防洪設施規劃、防災計畫研擬等。

##### (2) 基隆河流域集水區

基隆河流域於南湖大橋以上是屬於河谷地型，本項工作內容將包含集水區現地調查、流域地型分析與集水區分區研析等，其目的為了解基隆河流域集水區之地文特性，並適當反應於洪水預報與淹水預警作業系統中。

##### (3) 降雨分布及逕流狀況

本研究針對基隆河流域集水區內現有電傳自計雨量站之分布進行調查與雨量資料蒐集，同時亦一併調查現有之電傳水位流量站與蒐集過去流量資料，以分析集水區

之降雨分布趨勢與逕流量特性。

##### (4) 地形及河道斷面

近年來由於都市發展快速，沿河兩岸之洪水平原與山坡地高樓林立，人口聚集，許多與民生息息相關之重要交通道路與橋樑建設，如中山高與北二高亦交匯於此區域。本項工作內容將包含疏浚前後河道斷面與跨河構造物等相關資料之調查。

##### (5) 水利設施

近年來由於基隆河流域土地利用需求殷切，許多沿岸低窪地區與高淹水潛勢區域大多已被開發利用，需藉由水利設施以保護當地居民，為確保基隆河洪水預報與淹水預警作業系統用作之正確性，蒐集詳細之現有抽水站、水門與防洪疏散門等水利設施調查實有其必要性。

##### (6) 人口與社經資料

為能正確評估洪災造成之損失，供防洪相關之防災業務計畫、地區防災計畫參考運用，擬向相關業務單位蒐集人口、土地利用與工商業活動等社經資料，做為災害損失評估之依據。

##### (7) 交通、建築及公共設施資料

逃生、避難與搶救等緊急應變工作之規劃，需有交通、建築及公共設施等資料為基礎，始能確實掌握人員與環境狀況，研訂有效之防災應變計畫。此項工作擬配合防洪業務計畫與地區防災計畫之需要蒐集建置。

##### (8) 其他相關資料

廣範蒐集基隆河防洪工作相關之防救災相關法規、防災體系運作、防災業務計畫、地區防災計畫、防洪工程措施及國內外相關研究等資料，供防洪決策支援系統與資料庫規劃建置參考，藉以加強研發成果之落實運用。

#### 2. 規劃防洪決策支援系統架構

妥善之災害管理所憑藉之首要條件，乃是一個有效之資訊整合及傳輸之機

制，能夠依災害防治週期中不同階段之任務需求，將災害相關資訊做有系統之建置、推估、分析、蒐集與傳播。在平時減災及災前整備階段，需要為建置防救災相關資料庫、研發分析模式、進行災害潛勢分析及不同案例之境況模擬，並且經由地圖、報告、公告、電腦網路及其他方式之傳遞災害資訊，加強防災教育之推廣。在災時應變階段，需透過快速之通訊與資訊傳輸機制，蒐集並掌握即時災情資訊，參考已建置資料庫及境況模擬結果，做出適當之因應對策，以減少災害所造成之損失。災後復建階段，應詳實記錄災害類別、災害發生原因、災情資料、救災應變決策與程序等資訊，並予以有系統之整理，一方面作為輔助災後復建之工作參考，另一方面則可供後續防救災相關研究運用。

本研究配合實際防洪業務於平時減災、災前整備、災時應變及災後復建四個災害防治階段工作需求，進行防洪決策支援系統功能之規劃。同時，考慮水文、水理、災損評估及預警通報等分析模式，以及實際作業所需資訊之展示內容與方式，規劃資料庫架構與內容，運用地理資訊處理技術整合資料庫與模式庫，並與基隆河流域防洪工作相關之防災業務計畫與地區防災計畫密切結合。同時，充分利用網際網路功能，有效傳輸相關資訊，供相關業務單位與社會大眾參考運用。

### 3. 建置資料庫

由於防洪工作涉及層面甚廣，所需之資訊也相對之非常多樣化，目前在相關業務上最大之障礙乃在於資訊取得與應用缺乏共同之標準與相互間協調及整合機制。本研究配合相關單位之資料產製項目進行分析，瞭解資料來源與內容，再透過資料庫項目與格式之定義，建立資訊整合之共同標準。針對防洪業務在平時減災、災前整備、災時應變及災後復建等四個階段任務之資料需求上，分別詳予考量，研訂適切之資料蒐集、檢核、維護、更新機制，將基隆河流域之地形、交通、建築、公共設施、人口、社經、河川斷面、水文測站、水庫、橋樑、堤

防、抽水站與水門等防洪相關資料陸續納入資料庫，期能確保資料之正確性，穩定地提供系統操作所需相關資料。

### 4. 防洪決策支援系統研發

防救災業務相關單位，在工作上對資訊之需求具有下列特性：

- 適時性—及時之傳送資料和資訊以作為決策之依據。
- 一致性—將資料和資訊以一致而統一之方式遞送。
- 易懂性—以最適合且易懂之方式將資料及資訊傳送給資料及資訊之接收單位。
- 準確性—量測和觀察時要精確。
- 適應性—在多種環境能保持其適用性。

為了配合防救災作業之實際需要，本研究研發之防洪決策支援系統，在人機界面上將以操作簡易為主要原則，展示畫面則以清晰易懂為首要考量。同時，配合資訊傳輸之需要，擬進一步開發 GIS 在網際網路上運用之相關技術，期能有效且快速之傳送防救災決策所需之重要資訊。

### 5. 系統整合

本研究利用地理資訊系統、SQL Server、VB 等系統開發工具，整合「基隆河流域水文環境評估及沿岸逕流量推測之研究」、「基隆河流域整治段颱風災害淹水境況模擬」、「基隆河流域颱風發生潰溢堤災害之境況模擬」、「基隆河流域淹水損害評估模式與相關資料庫建立之研究」等子計畫之研發成果，主要用途包括：

- (1) 利用各子計畫成果，依降雨強度建置淹水範圍、淹水深度、災害損失等資料庫，在發生颱風或豪雨事件時，配合雨量監測資料，及早研判可能致災範圍，供通報、警戒、人員疏散與撤離等緊急應變作業參考運用。
- (2) 運用防洪決策系統建置之基本資料庫與淹水範圍、災損評估等套疊展示，可有效掌握淹水地區之致災原因、損失程

度，進而有助於重要防洪措施之決策擬訂。

- (3) 若能進一步結合颱風動態、降雨與水情監測等系統，完整串接各子計畫模擬分析模式，則可在發生颱風或豪雨事件時，進行較為詳細之即時動態水理模擬，供緊急應變作業參考運用。

#### 四、研究結果

##### 1. 資料庫規劃建置

「災害防救法」於民國 89 年 7 月 19 日頒佈施行，第二條中之定義，災害防救乃指災害之預防、災害發生時之應變措施及災後之復原重建，此與本研究規劃考量之減災、整備、應變、復建等四個災害管理週期完全契合。

經過進一步檢視災害管理各個階段之特性並分析其資料需求，本研究將防洪決策支援系統資料庫依其性質區分為靜態資料與動態資料兩大類，如圖 4 所示。靜態資料可包括：(1) 人文、地理、社會及經濟等各項基本資料；(2) 各種災害潛勢分析資料；(3) 救災應變知識、標準作業程序以及各類救災資源等相關資料。動態資料則包括：(1) 即時氣象資料；(2) 即時水情資料；(3) 即時災情與應變資料等。

依上述資料基本分類架構，在防救災相關資料庫之設計上可進一步依照一般環境資訊、救災資源資訊以及災害資訊，將防洪決策支援系統資料庫劃分為三大類，分別是防救災基本資料庫、災害緊急應變管理資料庫以及即時與長期監測資料庫，其資料庫設計分類架構如圖 5 所示。

防救災基本資料庫包括環境資料庫、人文社經資料庫、公共設施資料庫、災害潛勢資料庫、歷史颱風資料庫及救災資料庫(含救災設施資料庫與救災資源資料庫)，屬於靜態資訊，是進行災害預警、急難救助、任務派遣之基本決策資料。即時資料庫包括災情現況資料庫、救援現況資料庫、氣象即時觀測

資料庫及水情即時監測資料庫等，是透過不同層級災害防救中心與各相關權責單位之資訊傳遞，經由處理整合，以提供最正確之災害緊急應變決策依據。長期監測資料庫除包括自然環境與人文環境之變遷過程及各項指標參數之觀察外，災後復原重建之時間序列記錄也是重要之資料，透過長期監測資料之分析研究，可持續修訂相關防救災政策、法令或是重建措施，以符合實際狀況之需求。災害緊急應變管理資料庫則是配合災害發生時救災指揮派遣之動態管理，根據實際救災與災害緊急應變決策支援系統之需求，結合基本資料庫中之部分資料與相關即時資料而產生。然而，此處需特別指出之是，在緊急救災之動態管理過程中，資料庫之內容將隨時間而改變，為避免在使用時破壞靜態基本資料庫中之資料內容，因此災害緊急應變管理資料庫乃是將部分之靜態基本資料庫複製加以利用，同時為能有助於災後對緊急應變措施進行檢討，藉以提升未來之緊急應變效能，此資料庫應將整體緊急應變之流程隨時間序列完整記錄儲存，並在災害緊急應變階段告一段落後，將所記錄之資料匯入靜態基本資料庫中，成為一靜態之災害緊急應變歷史性資料。

根據前述資料庫設計架構，本研究目前除自行蒐集外，亦透過整合型計畫其他子計畫之協助提供相關資料，目前已蒐集資料包括：

- (1) 抽水站：共計 46 座，各站所含資料包括抽水站名稱、所屬區域、設施日期、總抽水量、台數及總馬力等。
- (2) 橋樑資料：共計 62 座，各座所含資料包括所屬行政區、長度、寬度、孔數及橋樑底高等。
- (3) 蒐集基隆河流域現有堤防、護岸之長度與丁壩之座數。
- (4) 土地利用歷年資料：台北市之北投、士林、大同、中山、內湖、松山、南港等七區，台北縣之汐止、瑞芳、平溪三鄉鎮以及基隆市之七堵、暖暖二區等行政地區之土地利用歷年資料。

- (5) 河道斷面資料：民國 58~89 年間之河道斷面資料，並進一步蒐集目前整治河段疏浚前後之河道斷面資料。
- (6) 雨量站資料：基隆河流域內五堵、瑞芳、火燒寮、基隆、竹子湖與台北等站之歷年降雨資料。
- (7) 流量站資料：流域內五堵與瑞芳(介壽橋)等站之歷年流量資料。
- (8) 水位資料：民國 81~88 年間之水位資料。
- (9) 人口密度資料：台北縣之汐止、瑞芳、平溪三鄉鎮以及基隆市之七堵、暖暖二行政區人口密度歷年資料。
- (10) 洪災損失調查資料：汐止市民國 87 年瑞伯、芭比絲颱風淹水受災申報統計資料。
- (11) 蒐集過去有關基隆河整治規劃、防洪治理、防洪檢討與水工模型試驗等相關報告，詳如參考文獻。

## 2. 模式庫規劃建置

本研究結合整合型計畫中其他子計畫所研發之模式，規劃建置防洪決策支援系統模式庫，進行相關水文及水理分析。目前初步設計之基隆河流域防洪決策支援系統模式庫架構如圖 6 所示，包括：逕流分析模式、河川洪水分析模式、淹水分析模式及災損評估分析模式等，各模式簡要概述於下。

### (1) 逕流分析模式

利用 1957 年 Nash 提出之觀念，將集水區視為若干個線性水庫所串聯，模擬因降雨而產生之地表逕流。

### (2) 河川洪水分析模式

基隆河南湖大橋以上河段屬台北縣或基隆市轄區，低窪地區常遭洪水氾濫成災，其洪水波之流動情況係以一維河川變量流水理模式進行模擬。

### (3) 淹水分析模式

先以一維變量流洪水演算模式計算各河川斷面之水位，再以此水位作為淹水模擬區域之相對應匯流處網格之邊界水位，同時以堰流公式計算流量，作為二維地表漫地流淹水模式各演算區域之灌入流量，並納入河川與淹水模擬區域匯流處水位流量之水理交互作用，以同步完成河川洪水與地表淹水之模擬。

### (4) 災損評估分析模式

利用歷年災害損失調查資料，經由統計分析，建立淹水深度與災損關係，並可進一步配合淹水境況模擬結果，推估對應之災害損失。

## 3. 防洪決策支援系統規劃建置

本研究規劃建置之「基隆河流域防洪決策支援系統」，進入系統之畫面如圖 7 所示，主要功能包括：「系統維護/基本資料庫」、「氣象/水情」、「水情通告/警報」、「災情通報」、「救災資源」及「潛勢/災損評估」等六部份，其各項功能與展示內容分別概述於下：

### (1) 系統維護與基本資料庫

此項功能包括：「時間設定」、「流域設定」與「檔案存取」三子項功能，基本資料展示畫面如圖 8 所示，包括：「水文、地文及管線」、「交通、地標及人口」及「水災歷史資料」三項子功能，可展示 DTM 數值高程圖、雨量站與水位站等資料，分別如圖 9~11 所示。

### (2) 氣象與水情

此項功能內含：「颱風」、「雨量」、「河川水位」、「水門/抽水站」、「水庫」及「淹水」等六子項功能，如圖 12~15 所示。

### (3) 水情通告與警報

此項功能包含：「水情通告」及「警報文輔助製作」二子項功能，可用於輔助製作洪水警報與通告，供傳送給防洪相關業務單位參考運用。



#### (4)災情通報

此項功能包括：「淹水範圍」、「淹水地標」、「重大災情」、「人員傷亡」、「房屋損毀」、「設施損毀」、「通訊損壞」、「電力損壞」、「交通受阻」及「其他損失」等功能，以達到災情自動化查報、監視與複查，減少非必要之人力與物資動員。

#### (5)救災資源

此項功能包含：「避難場所」、「救災設施」、「救災器材」、「救災物質」、「疏散路徑分析」、「緊急應變作業流程」、「防救單位與人員聯絡名冊」、「民間救難團體聯絡名冊」及「救災資源分布圖」等功能。可迅速提供急難救助、任務派遣等作業所需資料。

#### (6)潛勢與災損評估

此項功能包括：「流域淹水範圍及深度」、「重要地標淹水情形」及「災損估計」等三項子功能。可於颱風或豪雨事件發生時，配合雨量監測資料，及早研判可能致災範圍，供通報、警戒、人員疏散與撤離等緊急應變作業參考運用。

### 五、結論

基隆河流域沿岸低窪地區，近年淹水情形日趨嚴重，常造成重大人員傷亡與財物損失，亟待整治改善。然而，利用防洪工程措施所保護之程度有限，必需配合非工程措施，強化該地區之抗災能力。本研究研發之防洪決策支援系統，為非工程保護措施中極為重要之一環，可用以迅速提供防救災相關單位緊急應變、防洪整治計畫評估、防洪計畫擬訂等工作所需資訊，並可供政府推動防洪相關建設與措施參考運用。同時，本系統採用彈性模組方式規劃設計，可移植性較高，在系統建置與應用測試完成後，可移轉至其他流域運用。

### 謝誌

本研究承蒙行政院國家科學委員會補助經費；計畫執行期間王教授如意、蘇教授明道、張教授倉榮、賴進松博士等，鼎力協助，提供寶貴資料；陳明仁博士、李文正博士、吳上煜先生、林珣瑩小姐、吳舜菁小姐等協助資料彙整與系統研發等工作，謹此敬致謝忱。

### 參考文獻

- [1] FEMA Internet Web Site, <http://www.fema.gov/impact/>.
- [2] James Farley, 1999, "OGC Discussion Paper - Disaster Management Scenarios," Open GIS Project Document 99-004.
- [3] National Research Council, 1994, "Facing the Challenge: The U.S. National Report to the IDNDR World Conference on Natural Disaster Reduction, Yokohama, Japan, May 23-27, 1994", National Academy Press.
- [4] 淡水河防洪治本計畫書，台灣省水利局，民國 53 年 6 月。
- [5] 淡水河防洪治本計畫修訂方案，台灣省水利局，民國 54 年 8 月。
- [6] 對台北地區防洪治本計畫審議報告書，台灣省水利局，民國 54 年 4 月。
- [7] 淡水河水工模型試驗報告，經濟部水資源統一規劃委員會，民國 55 年 4 月。
- [8] 淡水河全模型變量流驗證試驗報告，經濟部水資源統一規劃委員會，民國 56 年 1 月。
- [9] 淡水河防洪治本計畫規劃概略，台灣省水利局，民國 57 年 8 月。
- [10] 台北地區防洪計劃檢討報告，經濟部水資源統一規劃委員會，民國 59 年 6 月。
- [11] 台北地區防洪計劃專案工作小組技術小組水工模型試驗報告，經濟部水資源統一規劃委員會，民國 61 年 11 月。
- [12] 台北地區防洪計劃審議報告(中譯本)，美國陸軍工程師團，民國 62 年 11 月。
- [13] 台北地區防洪計劃建議方案(草案)，經濟部，民國 62 年 12 月。
- [14] 對周文德先生「台北地區防洪計劃審議意見」之研究報告，經濟部水資源統一規劃委員會，民國 63 年 11 月。
- [15] 台北地區防洪計劃初期實施方案，經濟部水資源

- 統一規劃委員會，民國 65 年 8 月。
- [16] 台北地區防洪計劃簡報，經濟部水資源統一規劃委員會，民國 66 年 4 月。
- [17] 基隆河省市界附近水工模型試驗報告，經濟部水資源統一規劃委員會，民國 70 年 4 月。
- [18] 社子島水工模型試驗報告，經濟部水資源統一規劃委員會，民國 70 年 7 月。
- [19] 基隆河水理特性之研究，國立台灣大學土木所水利組，民國 72 年 9 月。
- [20] 基隆河治理規劃報告，省水利局，74 年 8 月。
- [21] 台北地區防洪初期實施計劃執行報告，省水利局，74 年 9 月。
- [22] 淡水河及基隆河河道斷面圖，國立台灣大學土木所水利組，民國 74 年 9 月。
- [23] 七十五年淡水河系長期水理觀測計畫工作報告，經濟部水利處，民國 75 年。
- [24] 基隆河治理規劃檢討報告(南湖大橋至介壽橋)，省水利局，76 年 11 月。
- [25] 基隆河大直橋至渡口段河道清理工程初步設計報告書，塞蒙斯李顧問工程有限公司，76 年 11 月。
- [26] 淡水河長期水理觀測計畫暨洪水預報計畫基隆河琳恩颱風專題報告，台灣省水利局，民國 76 年 12 月。
- [27] 琳恩颱風動災調查報告，行政院國科會，民國 76 年 12 月。
- [28] 基隆河水文概況，經濟部水資源局，民國 77 年。
- [29] 台北地區防洪第二期實施計劃執行報告，省水利局，77 年 6 月。
- [30] 基隆河貢山子分洪規劃研究報告，省水利局，78 年 6 月。
- [31] 基隆河水理暨水質特性之研究(一)截流系統對河川水理之影響，國立台灣大學農工所，民國 78 年 12 月。
- [32] 台北市「基隆河中山橋至成美橋段河道整治計畫」，台北市工務局養護工程處，民國 79 年 5 月。
- [33] 基隆河中山舊橋改建水工模型試驗報告，經濟部水資源統一規劃委員會，民國 79 年 6 月。
- [34] 基隆河沿岸低窪地區淹水模式(一)模式之建立與驗證，台灣大學農工系，民國 79 年 6 月。
- [35] 基隆河沿岸低窪地區淹水模式(一)市區排水設施納入模式中，台灣大學農工系，民國 80 年 8 月。
- [36] 中山高速公路汐止五股段高架拓寬工程橋墩設置對淡水河系水理影響之研究(二)(淡水河與基隆河部份)，台灣大學水工所，民國 80 年 11 月<sup>8813</sup>。
- [37] 基隆河中山橋至成美橋段河道整治計畫環境說明書，台北市工務局養護工程處，民國 81 年 12 月。
- [38] 磺港溪等與基隆河匯合處規劃工程，台北市工務局養護工程處，民國 83 年 6 月。
- [39] 流動的希望—基隆河整治專刊，台北市工務局養護工程處，民國 83 年 9 月。
- [40] 基隆河八堵五堵段河道整治水理特性之研究，國立台灣大學水工試驗所，85 年 2 月。
- [41] 基隆河中山舊橋處理方式之研究，國立台灣大學，85 年 2 月。
- [42] 社子島地區保護頻率洪水提高為 200 年對淡水河系水理影響之分析，台北市工務局養護工程處，民國 85 年 6 月。
- [43] 關渡堤防北移對水理與環境影響之研究，台北市工務局養護工程處，民國 85 年 6 月。
- [44] 1996 賀伯颱風紀實—水利工程災修實錄，省水利處，86 年。
- [45] 基隆河治理工程初期實施計畫，省水利處，86 年 5 月。
- [46] 溫妮颱風工作報告，淡水河防洪指揮中心，民國 86 年 8 月。
- [47] 基隆河治理基本計畫，經濟部水利處，民國 87 年。
- [48] 台北防洪整體檢討計畫，經濟部水資源局，民國 87 年。
- [49] 淡水河整體洪水預報系統模式之研發，台灣大學水工試驗所研究報告，第 307 號，民國 87 年。
- [50] 台北防洪整體檢討計畫(三)，經濟部水資源局，民國 87 年 6 月。
- [51] 關渡平原及社子島地區防洪高保護設施布置對淡水河系水理影響之檢討，台北市工務局養護工程處，民國 87 年 9 月。
- [52] 87 年汐止淹水災因分析與建議初布報告，防災國家型科技計畫辦公室，民國 87 年 11 月。
- [53] 瑞伯颱風汐止淹水原因探討與台北防洪計畫之評析，土木水利，第 25 卷，第四期，第 89-99 頁，民國 88 年 2 月。
- [54] 八十七年度防災國家型科技計畫報告：計畫辦公室設置與運作計畫報告(一)，防災國家型科技計畫研究報告，NAPHM 87-03，民國 88 年。
- [55] 瑞伯颱風與芭比絲颱風災因分析及防救災體系檢討報告，防災國家型科技計畫研究報告，NAPHM 88-05，民國 88 年。
- [56] 災害管理決策支援系統架構規劃與雛型系統之建置，防災國家型科技計畫研究報告，NAPHM 民國 89 年。

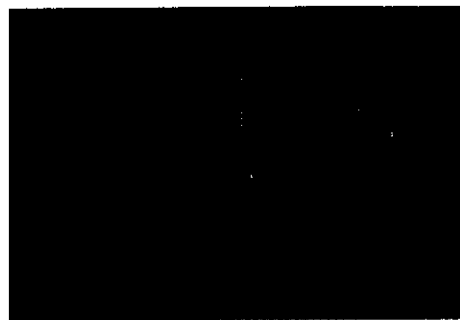


圖 1 基隆河流域地形圖



圖 2 四階段災害防治工作內容

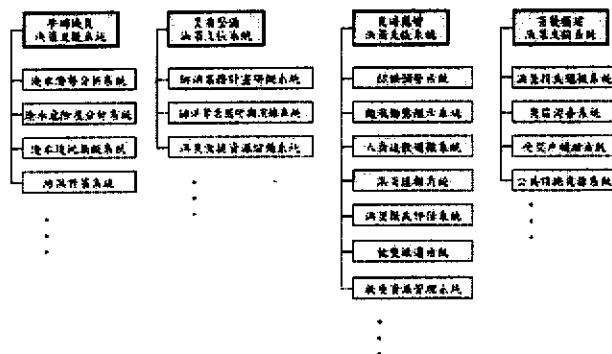


圖 3 防洪決策支援系統概念架構

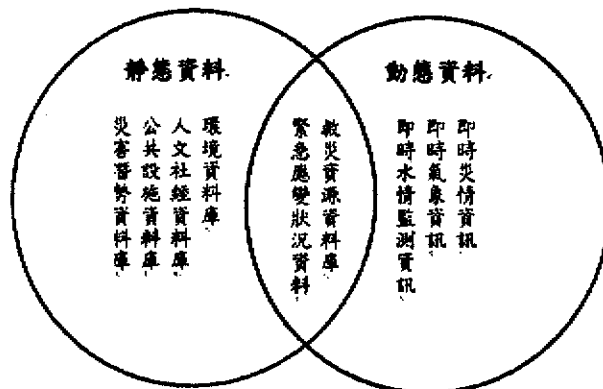


圖 4 防洪決策支援系統資料庫基本分類架構

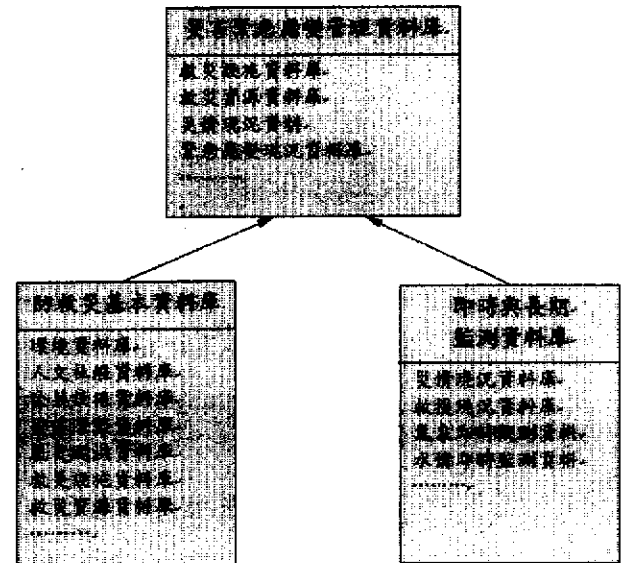


圖 5 防洪決策支援系統資料庫設計分類架構

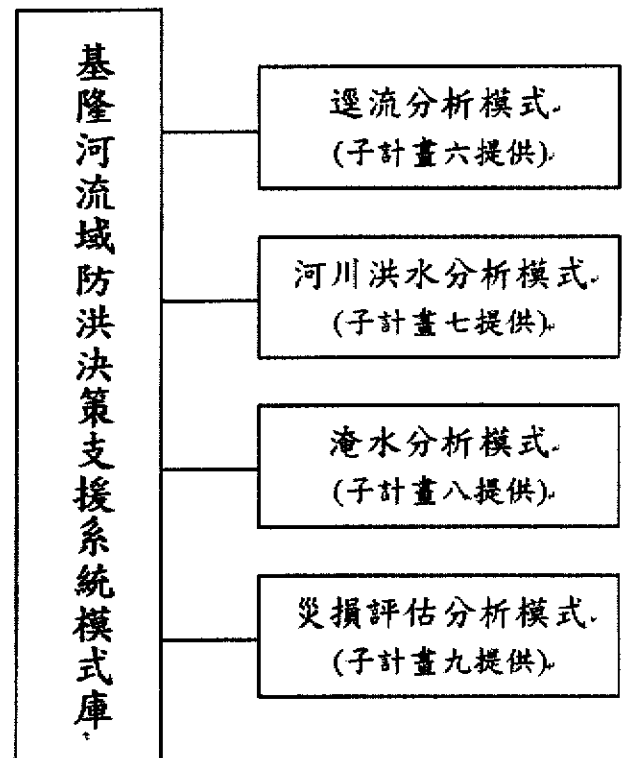


圖 6 防洪決策支援系統模式庫架構



圖 7 防洪決策支援系統進入畫面

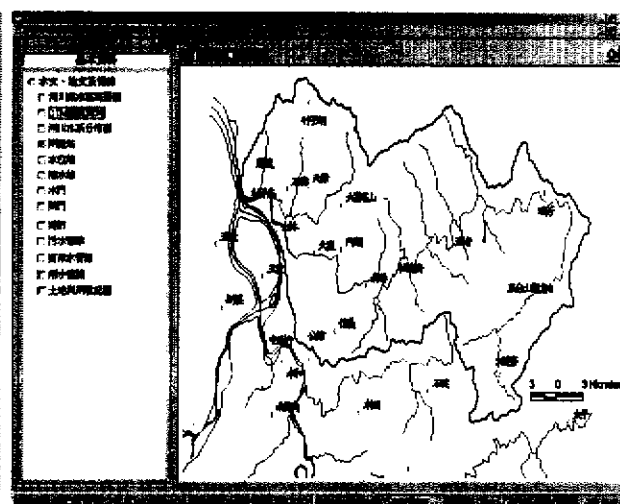


圖 10 基隆河流域雨量站分布圖



圖 8 基本資料展示畫面

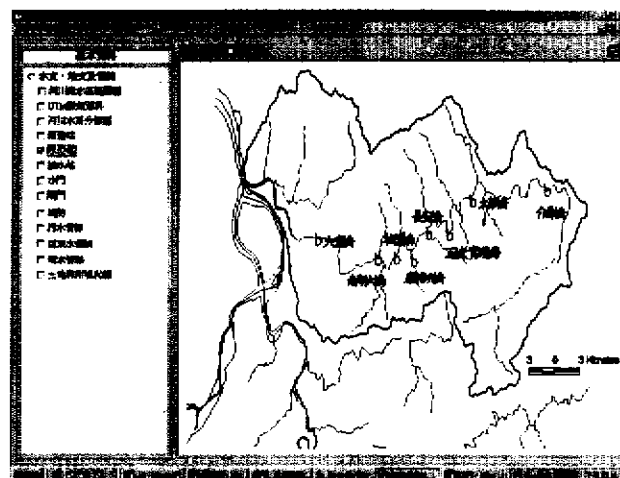


圖 11 基隆河流域水位站分布圖

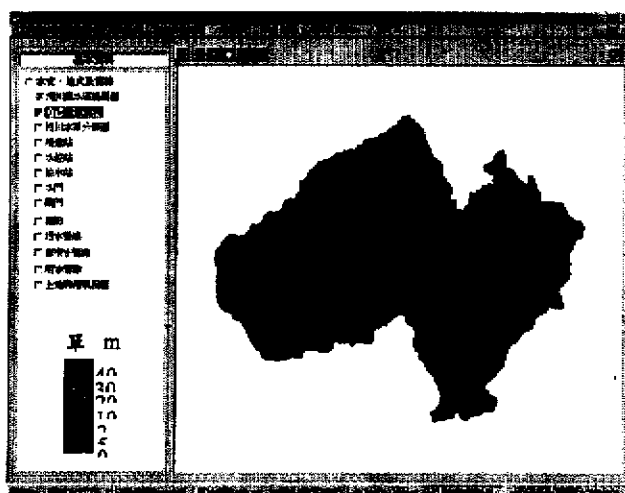


圖 9 基隆河流域及 DTM 數值高程圖



圖 12 衛星雲圖展示畫面

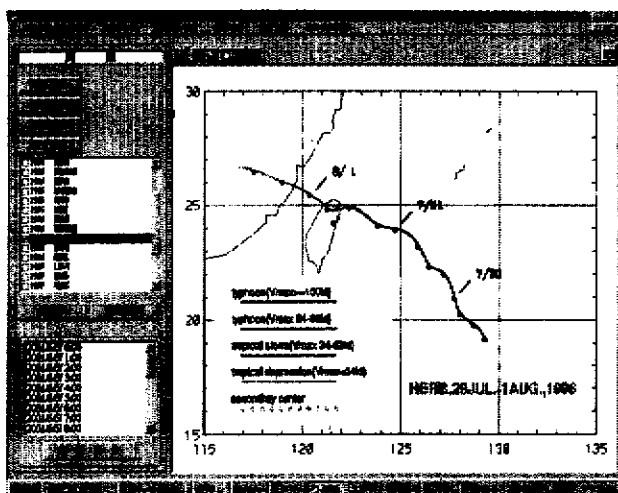


圖 13 歷史颱風路徑展示畫面

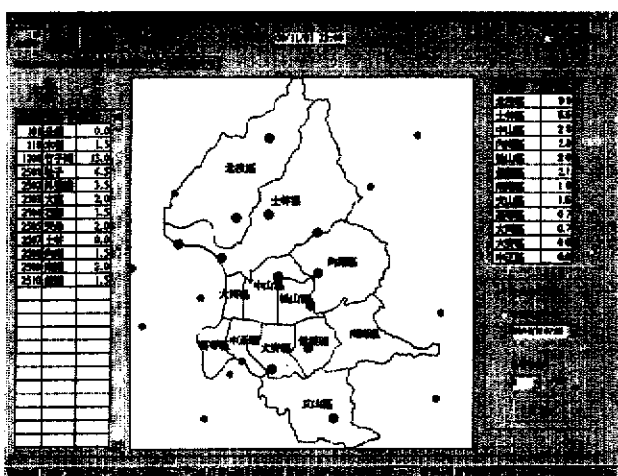


圖 14 累積雨量分布展示畫面

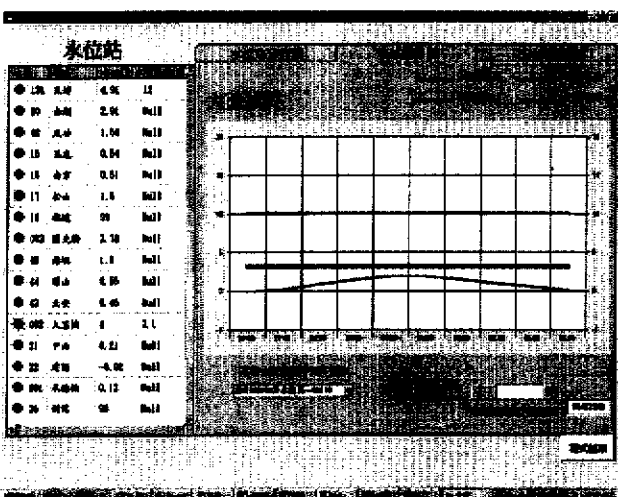


圖 15 水位動態展示畫面

## 附錄 C

### 工作討論會會議記錄

國科會「台北都會區淹水區域預測之研究(三)」整合型研究計畫第六次工作  
討論會暨「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」第一次  
工作討論會 綜合會議記錄

---

時 間：民國八十九年八月十一日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系 204 室

主 持 人：王如意教授

出席人員：王如意教授

蔡長泰教授 (蔡世瑛小姐代)

游保杉教授

許銘熙教授

蘇明道教授

陳增壽助理教授

吳富春助理教授 (請假)

張倉榮助理教授

賴進松助理研究員

何興亞博士

陳明仁博士

鄧慰先博士 (請假)

謝龍生博士

周建明研究助理

紀 錄：周建明

記錄內容：

### 一、主持人報告

王如意教授：「台北都會區淹水區域預測之研究(三)」整合型計畫已結束，請各子計畫主持人準時完成預定之研究工作與各項報告之撰寫。其中，篇幅 4 頁之報告及各子計畫之完整報告，由各子計畫主持人在規定期限內經由各系所正式繳交至國科會永續會；另篇幅 12 頁之報告請於九月十五日前繳交至總計畫以彙整成總計畫之完整報告。

### 二、議題討論

#### (一) 「台北都會區淹水區域預測之研究(三)」整合型計畫

游保杉教授：完成各項預定之研究工作，配合總計畫提供賀伯、溫妮、瑞伯及芭比絲四場颱風日總降雨量預報之資料，以進行淹水模擬及驗證之工作。

王如意教授：子計畫二已完成報告初稿之撰寫。

賴進松博士：可按預期完成不同重現期距之淹水模擬。

許銘熙教授：可按時完成預定之研究工作及各項報告之撰寫及印製。

蔡世瑛小姐：本子計畫目前已完成模式之建立，另加入抽水站之考量，以模擬研析區域淹水之境況。

張倉榮教授：不同重現期距 1.1、2、5、10、25、50、100、200 年之淹水模擬工作量頗大，因重現期距為 1.1 及 2 年時不會造成淹水之情形，所以從重現期距 5 年開始進行淹水之模擬。目前完成台北中央區洪災境況模擬之研究及提出洪災應變措施示範區—台北市木柵地區之應變措施建議。

陳增壽教授：完成淹水境況模擬及避難路線之擬定。

## (二) 「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」整合型計畫

王如意教授：新申請之「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」整合型計畫已被核准，惟研究期間由四年縮短為三年，另經費被大幅刪減。各子計畫專任助理及博士班獎助學金請經由各系所申請，另專任助理考慮保險問題。鹽水溪流域及基隆河流域兩研究群，請各子計畫主持人密切保持聯繫及協調各項研究工作。

蘇明道教授：已開始蒐集淹水損害評估模式之相關資料及文獻。

游保杉教授：已開始蒐集各項資料。

何興亞博士：決策支援系統需蒐集各子計畫研發模式之功能、輸入及輸出格式，以密切配合及規劃系統功能及資料庫架構。

陳明仁博士：擬透過參與各子計畫之工作討論會議、經由參訪相關業務單位等進行系統規劃。

王如意教授：關於舊的整合型計畫，請各位子計畫主持人準時完成報告之撰寫；而新的整合型計畫，請各子計畫主持人開始辦理人員之聘用手續、資料蒐集及相關文獻研讀等先期準備工作。預定每二~三月召開一次綜合工作討論會，平時請各子計畫間保持聯繫、相互交流。謝謝各位子計畫主持人撥冗參與今天的會議。

## 三、臨時動議

無

## 四、散會

下午 14:00



國科會「台北都會區淹水區域預測之研究(三)」整合型研究計畫第七次工作  
討論會暨「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」第二次  
工作討論會 綜合會議記錄

---

時 間：民國八十九年十月六日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系二樓會議室

主 持 人：王如意教授

出席人員：王如意教授

許銘熙教授

蘇明道教授

蔡長泰教授（蔡世瑛小姐代）

游保杉教授

陳增壽助理教授

吳富春助理教授

張倉榮助理教授

賴進松助理研究員

何興亞博士

陳明仁博士

鄧慰先博士（請假）

謝龍生博士

周建明先生

鄭思蘋小姐

陳宣宏先生

高銘佐先生

江俊生先生

紀 錄：周建明

記錄內容：

### 一、主持人報告

王如意教授：今天會議重點主要分成兩部分，一是「台北都會區淹水區域預測之研究（三）」各子計畫之研究成果報告；另一是「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究（一）」各子計畫之工作進度及協調事項。關於「台北都會區淹水區域預測之研究（三）」整合型計畫部分，請各子計畫主持人，以申請機構之名義，於89年10月31日截止日期之前，繳交四頁及

完整報告至國科會，並送一本完整報告至總計畫主持人處。另感謝各子計畫主持人已繳交十二頁報告至總計畫，將於近日彙整成總計畫之完整報告，於 89 年 10 月 31 日前，繳交至國科會。成果發表會日期國科會尚未決定。關於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究（一）」整合型計畫部分，因研究時間由四年縮短為三年，因此請各位子計畫主持人將原先所提預定四年完成之工作目標，縮短成三年。目前計畫已經開始執行，請各子計畫將核准之人事案向學校報備，完成各項人員聘用之手續。預計每二~三月召開一次工作討論會，各子計畫之研究助理彼此之間請保持聯繫。年底即將提出第二年度計畫構想，請各位子計畫主持人思考如何修正架構，若有任何問題請以電話或 E-mail 聯絡總計畫主持人。

## 二、議題討論

### （一）「台北都會區淹水區域預測之研究（三）」整合型計畫

王如意教授：請各位子計畫主持人簡單地將第三年度之研究成果進行重點簡報。

王如意教授：總計畫部分蒐集賀伯、溫妮、瑞伯及芭比絲四場颱風之實際淹水圖，由子計畫一預測之日總降雨量，換算成合適重現期之雨量（換算資料由子計畫二提供）；對照由子計畫三、四、五及六所提供不同重現期之淹水潛勢圖，可進行各時刻不同研析區域之淹水範圍之預測並與實際淹水圖比較。若遇颱風來襲之時，降雨預報模式適時預報可能受災集水區未來 3 小時與過去 21 小時之累積總降雨量，則防災單位根據此 24 小時之總降雨量，立刻可從資料庫查詢其相對應下游都會區可能之淹水範圍及程度，提供防災單位快速擬定應變措施，期以非工程預警方法減少台北都會區之水患損失。

游保杉教授：本計畫主要探討颱風期間之雨量預報，分別建立短延時（3 小時）與長延時（24 小時）之雨量預報模式。在短延時雨量預報方面，利用灰色系統理論與單一時間距預報技巧，進行三小時之雨量預報。再結合前 21 小時降雨觀測總量，以提供颱風期間 24 小時降雨量預測值。分析結果顯示本模式能合理預報颱風事件之 24 小時雨量組體圖。

王如意教授：本研究係採用交替區塊法從事台北都會郊區各雨量測站之設計雨型，並配合各雨量站所推得之降雨強度—延時—頻率曲線公式，計算重現期距分別為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年、降雨延時為 24 小時之設計雨型。其次將所有雨量站設計雨型依徐昇氏多邊形法求出研究地區之平均設計雨型，以提供子計畫三、四、五及六模擬不同重現期距下研究區域範圍可能之淹水情況。本計畫成果可提供下游四個淹水模式之地表側入流量，提供資料包括重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年與降雨延時為 24 小時組合下每一核胞分區之設計洪水歷線，將此成果彙集於整合型計畫中，以建立研究集水區之設計洪水歷線資料庫，提供政府水利單

位於河川治理規劃之參考依據。子計畫二另提供賀伯、溫妮、瑞伯及芭比絲四場颱風之各研析區域平均雨量予子計畫一，以進行預報結果之驗證工作。

賴進松博士：本研究計畫以台北都會區為研究對象，透過潰堤溢流二維淹水模式之研發，利用有限差分法建立二維零慣性淹水模式，模擬不同重現期距之降雨條件下，三重蘆洲及新莊樹林兩區域之淹水情形。為能精確掌握堤防萬一發生潰決或潰堤後洪水流況及淹水狀況，對防災科技而言殊屬重要。因此，本計畫假設潰堤溢流之入流歷線，模擬水流在潰堤後之運行，及對淹水情況之影響，以計算淹水深度，提供淹水潛勢之模擬結果。

吳富春教授：本研究目的在針對基隆河北岸地區進行淹水模擬做為未來台北都會區防洪規劃之依據。本年度針對北投、士林、大直與內湖區域之防洪排水體系進行淹水模擬，並配合各子計畫之研究成果進行整合。

許銘熙教授：本研究以台北中央區(含台北市原市區、南港區及文山區)、台北縣新店市及汐止五堵地區為研究對象，在將降雨及流量資料輸入後，配合地文資料與抽水站及閘門之操作情況進行地表淹水與雨水下水道之模擬演算，以 87 年 10 月發生之瑞伯颱風作為模式驗證之依據，並完成進行 5 年、10 年、25 年、50 年、100 年及 200 年單日重現期降雨條件條件下之三種不同抽水站與閘門操作情況下之地表淹水模擬，包括(1)所有抽水站與疏散閘門均正常操作，(2)新生、雙園及撫遠抽水站無法正常操作，(3)淡水河三號、基隆河四號及基隆河九號疏散閘門未及時關閉等三種情況，研究結果顯示出本模式具有良好之精度，並可提供水利相關單位研擬水災防救措施。

蔡長泰教授：近年來有感於每逢異常暴雨都會區便頻傳災情，建立一預警系統已成為刻不容緩之課題。本年度工作進度則為模擬由第二子計畫所提供重現期為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年，降雨延時 24 小時總降雨量之逕流資料條件下，以模擬預報研究區域範圍可能之淹水情況。

張倉榮教授：本子計畫之目的主要在探討台北市中央區在不同重現期降雨條件下之洪災境況及其相關應變措施。台北市中央區洪災境況模擬是藉由一維河川變量流動力波模式、山區逕流模式、二維零慣性波漫地流淹水模式及 SWMM 都市雨水下水道模式之結合演算，將都市雨水下水道系統出口之抽水站與地表漫地流出口處之閘門操作納入考慮，進行不同重現期降雨事件下之地表淹水模擬，及抽水站或閘門未發揮功能時對研究範圍淹水之影響，以充分考慮台北市中央區洪災發生時之各種可能情況。在洪災應變措施部份，本文以文山木柵地區為例，依據洪災境況模擬成果及該地區之地域特性，訂定都會區洪災應變措施之內容與判定方法，並規劃其洪災避難措施，包括「緊急應變體系」、「緊急應變中心通訊系統」、「疏散避難計畫」與「救援及醫療物資」等內容。使淹水區域行政機關可藉由本研究成果，規劃居民疏散方式、路徑及疏散安置地點，儲備民生應用物資於避難安置場所；

而淹水區域居民亦可經由本研究成果，確實知道一旦發生淹水，有多久應變時間，應至何處避難等，以期能減少水患之損失。

## (二) 「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」整合型計畫

王如意教授：本整合型計畫執行期間自民國 89 年 8 月 1 日至民國 92 年 7 月 31 日，由原先所申請之四年縮短為三年，請各子計畫主持人將原先預定四年完成之工作時程做適當調整；另年底請準備提出整合型計畫第二年度之構想。為保持各子計畫間之聯繫及協調工作，請各子計畫儘速將研究助理或研究生助理之通訊資料（含電話及 E-mail）以 E-mail 方式傳送給周建明助理(d4622002@ms.cc.ntu.edu.tw)。

謝龍生博士：賴博士詢問能否給予基隆河之相關資料，如網格建置等，當作計畫輸入之資料。

賴進松博士：因目前計畫經費有限，且商請國家高速電腦中心幫忙需支付部分費用，若能引用現有資料，如基隆河網格建置等相關資料，當作計畫輸入之資料，可節省部分人力物力。

王如意教授：當初整合型計畫提出鹽水河流域及基隆河流域兩個研析區域，各有其優缺點，故採用並行（重）之架構，顯示鹽水河流域及基隆河流域同等重要。另資料蒐集及文獻研讀等，請縮短時程，將原先預計完成之工作，平均分配至三年期間內執行。

謝龍生博士：建議各子計畫參與研究工作之研究助理每月召開一次聯繫及工作協調會議。

何興亞博士：在計畫剛開始執行時，建議多花功夫在資料蒐集方面。另請各子計畫列出執行研究工作時所需資料之清單，可避免各子計畫重複蒐集資料，以提高效率。

王如意教授：請各子計畫儘速將所需資料清單（有什麼資料？缺什麼資料？）以 E-mail 方式傳給周建明助理。另有任何參考文獻亦請一併提出，以達資源共享之目的。

許銘熙教授：決策支援系統應先規範其他各子計畫之輸入及輸出相關格式，即預先制定統一架構及格式並加以說明，然後要求各子計畫執行研究工作時確實遵守。如此若其他子計畫完成相關研究工作後，決策支援系統隨即可有成果展示，而不必再花費時間去處理未統一之輸入及輸出格式與資料，以提高研究工作效率。

何興亞博士：會事先考量各種情形，提出初步之架構，並請各子計畫指正。

許銘熙教授：鹽水溪流域已有初步之相關研究結果，例如 DTM 資料等，但當初因未考慮滯洪池、排水系統、抽水站及高程改變等，希望本次計畫能再有更精進之成果。

許銘熙教授：請各位子計畫主持人踴躍將研究成果投稿至台灣水利、農工學報或農業工程研討會。

王如意教授：多謝各位子計畫主持人及研究群之參與及贊助，希望本整合型計畫可以順利進展，圓滿地達致預期之目標。

### 三、臨時動議

無

### 四、散會

下午 14:00

國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」  
第三次工作討論會 會議記錄

---

時 間：民國八十九年十二月八日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系二樓會議室

主 持 人：王如意教授

出席人員：王如意教授

許銘熙教授

蘇明道教授

蔡長泰教授(楊昌儒先生、蔡世瑛小姐代)

游保杉教授

陳增壽助理教授

張倉榮助理教授

賴進松助理研究員

何興亞博士

陳明仁博士

謝龍生博士

周建明先生

鄭思蘋小姐

陳宣宏先生

高銘佐先生

江俊生先生

記 錄：周建明

記錄內容：

#### 一、主持人報告

王如意教授：非常感謝各位子計畫主持人於年底最忙碌的時刻撥冗參加今天整合型計畫之會議。本整合型計畫於10月6日曾召開第二次綜合工作討論會，會議記錄如附件所示。為落實研究工作，各子計畫之研究助理每個月召開一次研究助理綜合工作協調會，第一次研究助理綜合工作協調會已於11月17日召開，會議記錄如附件所示。本整合型計畫自8月1日開始至今已進行四個月，89年初整合型計畫及各子計畫所提出之計畫書，除所提計畫經費被刪減外，以鹽水溪及基隆河流域二示範區為研究重點之目標已被核可，請各位子計畫主持人瞭解國科會整體之考量。另外，計畫之研究期間亦由四年縮短為三年，第一年請按工作進度實施，第二、三及四年之研究內容請濃縮成二年，以達成預期之目標。本整合型計畫預計於12月15

日前提出第二、三年度之整體構想，12月20日下午向國科會永續會進行簡報，請各位子計畫主持人於12月12日前，提出重點式構想並將資料E-mail至周建明助理。預期第二年度所提出之整體構想應該可被認可，但經費可能會被刪減。另外，鹽水河流域之研究內容比較沒有問題，但是基隆河流域因11月1日象神颱風造成嚴重災害，所以可能增加象神颱風等相關研究。

## 二、議題討論

### (一) 探討八、九、十及十一月近四個月來各子計畫之工作內容

王如意教授：本整合型計畫自8月1日開始至今已進行四個月，請各位子計畫主持人簡單地將第一年度目前之工作進度進行重點簡報。

王如意教授：總計畫部分提供子計畫一鹽水河流域之DTM資料及經濟部水利處所屬測站之降雨與逕流資料，另提供子計畫八基隆河流域數值地形資料。迄今已召開二次綜合工作討論會及一次研究助理綜合工作協調會，掌握各子計畫之研究進度及合作配合事項，進而協助解決各子計畫於執行期間所面臨之問題，確保各子計畫之研究品質及成果。另外，收集象神颱風等相關資料。民國89年11月1日中度颱風象神，造成基隆河一帶台北縣汐止市三分之二以上地區皆被洪水所淹沒及百福地區七堵地區人員傷亡慘重。所收集資料包含颱風歷程、水文分析、災情彙整與淹水歷程調查、災因分析與檢討等。

游保杉教授：子計畫一目前完成資料收集、雨量分析結果及視窗化降雨—逕流模式之初步發展架構。

許銘熙教授：子計畫二目前完成資料蒐集研析、國內外淹水模式比較及台南科學園區重現期距100年情況下園區內有無下水道之淹水模擬。

蔡長泰教授：子計畫三目前完成研究地區之資料蒐集及研析。

陳增壽教授：子計畫四目前完成鹽水河流域洪災損害歷史資料之蒐集及研究內容之架構。

何興亞博士：子計畫五目前完成預定之工作進度，包括資料庫架構及決策支援系統之規劃。關於決策支援系統方面，鹽水河流域與基隆河流域之預警時間並不相同，但基本架構類似，可進行分工及合作。另需要各子計畫之計畫書及構想，瞭解各子計畫所收集之資料並加入象神颱風相關資料之考量。

王如意教授：子計畫六目前完成資料收集及研析、降雨分析、雨型設計、逕流模式之初步發展及都市化演變對水文效應之影響探討。

張倉榮教授：子計畫七目前完成結合河川變量流模式及二維地表漫地流模式，初步建立基隆河流域整治段互動式二維地表淹水模式。

賴進松博士：子計畫八目前完成汐止地區相關地文及堤防資料之蒐集、網格之建立及初步建立二維淹水模式。

蘇明道教授：子計畫九目前完成基隆河流域颱風淹水歷史資料收集及完成預定進度之災害損失評估模式、文獻資料收集研討及建立研討區域洪災損害評估之地理資料庫，包括道路網及數值高程。

陳明仁博士：子計畫十目前完成資料蒐集、研析、部分資料庫建置及防洪決策支援系統之初步研擬。

## （二）研討各子計畫第二年度之新構想（請簡單提出書面構想）

王如意教授：本整合型計畫預計於 12 月 15 日前向永續會提出第二年度之整體構想，12 月 20 日下午進行簡報，請各位子計畫主持人於 12 月 12 日前，提出第二、三年度之構想，並將資料 E-mail 至周建明助理。

謝龍生博士：關於象神颱風之相關資料，水利處目前有河川斷面資料可供參考。

王如意教授：多謝各位子計畫主持人及研究群之參與及贊助。目前整合型計畫已進行四個多月，十分順利。關於資料提供及銜接部分，希望各子計畫之間加強聯繫。本整合型計畫如嚴格執行，預期將有相當良好之成果，可提供防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之依據。

## 三、臨時動議

無

## 四、散會

下午 14:00



# 國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」

## 第四次工作討論會 會議記錄

---

時 間：民國九十年三月九日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系二樓會議室

主 持 人：王如意教授

出席人員：王如意教授

許銘熙教授

蘇明道教授

蔡長泰教授 (蔡世瑛小姐代)

游保杉教授

陳增壽助理教授

張倉榮助理教授

賴進松助理研究員

何興亞博士

陳明仁博士 (請假)

謝龍生博士

周建明先生

鄭思蘋小姐

高銘佐先生

江俊生先生

記 錄：周建明

記錄內容：

### 一、主持人報告

王如意教授：感謝各位子計畫主持人在百忙之中撥冗參加今天整合型計畫第四次之工作討論會。本整合型計畫於89年12月8日曾召開第三次綜合工作討論會，90年1月12日及2月23日分別召開第二次及第三次研究助理綜合工作協調會，會議記錄如書面資料所示。近三個月來與整合型計畫有關之事項主要有以下三點：

1. 本整合型計畫第二年度之整合構想，經國科會初步審查後原則上已通過，並於一月底前由服務機關提出第二年度之申請書。而針對審查會中二點建議提出以下細部計畫：(1) 參照 Haz-Taiwan 系統之機制，建立淹水損害之評估系統，並完成示範區防洪決策支援系統與危害度分析與災害損失模式之整合工作，此等模式與整合經驗可供其他相關業務與研究工作參考。(2) 配合國土資訊系統之整合應用，建置與整合

示範區防洪決策支援資料庫與模式庫，完成實用鹽水溪流域示範區之防洪決策系統，並舉辦座談會向相關業務單位詳加介紹，可供政府評估、擬訂防洪計畫與洪水時期緊急應變計畫等運用。

2. 90年2月8、9日配合鹽水溪流域相關子計畫之需要，總計畫暨子計畫一~子計畫五主持人及相關研究人員共二十人，參訪經濟部水利處第六河川局、台南縣政府及台南科學工業園區開發籌備處，並順利蒐集相關研究資料。此行特別現地勘查台南科學工業園區最近一、二年增建部分、廠房填土抬高地基及滯洪池預定地等，並由中華顧問工程司派員解說。
3. 去年度國科會「台北都會區淹水區域預測之研究(三)」整合型計畫，於90年2月15、16日防災國家型科技計畫辦公室所舉辦之八十九年度防災專案計畫成果研討會中，順利完成研究成果之發表。

## 二、議題討論

### (一) 探討近三個月來各子計畫之工作內容

王如意教授：請各位子計畫主持人簡單地將第一年度近三個月來之工作進度進行重點簡報。

王如意教授：總計畫部分提供子計畫一鹽水溪流域之DTM資料及經濟部水利處所屬測站之降雨與逕流資料，提供子計畫八基隆河流域數值地形資料，並提供子計畫七及子計畫八89年基隆河最新斷面資料。迄今已召開三次綜合工作討論會及三次研究助理綜合工作協調會，掌握各子計畫之研究進度及合作配合事項，進而協助解決各子計畫於執行期間所面臨之問題，確保各子計畫之研究品質及成果。另外，蒐集象神颱風等相關資料。90年2月8、9日總計畫暨子計畫一~子計畫五主持人及相關研究人員共二十人，參訪經濟部水利處第六河川局、台南縣政府及台南科學工業園區開發籌備處，並順利蒐集相關研究資料。

游保杉教授：子計畫一目前完成資料蒐集、雨量分析結果及視窗化降雨—逕流模式之初步發展架構，另準備模式基本資料，包括基本格網圖、格網平均高程、坡度、土壤圖及土地利用圖等。將以豐化橋為界，提供入流歷線給子計畫二及子計畫三。

許銘熙教授：子計畫二目前完成台南科學工業園區整地後資料之蒐集及研析、二維人孔座標之訂定，另模擬不同重現期距園區內初步之淹水狀況，檢討排水路之情形，包括滯洪池與入流水文資料，並以滯洪池為新的動態模擬對象。所採用網格精度將以20公尺×20公尺為目標。

蔡長泰教授：子計畫三目前蒐集之資料包括流域範圍五千分之一像片基本圖、將軍、安平地區逐時潮位資料、沿岸堤防、水文站、流量站分布、1990~2000年襲台之颱風事件、鹽水溪計畫及現況2、5、10、20、50、100年重現期之

水理演算成果。另將目前所建置使用之模式進行重組以利模式視窗化之進行。未來預計以 VB 配合 Arc View 做為設計系統使用介面之應用軟體。

陳增壽教授：子計畫四目前完成資料之蒐集整理，包括地文、水文、人口及農工商資料，並持續蒐集鹽水河流域颱風事件之損失資料及國內外災損評估理論研究資料。

王如意教授：子計畫六目前完成資料之蒐集及研析、現地勘查、資料庫建檔、降雨分析、雨型設計及站網評估。因時空關係，基隆河中、下游段都市化效應相當明顯，未來將對員山子分洪進行初步之分析。

張倉榮教授：子計畫七目前完成瑞伯、芭比絲及象神颱風等資料之研析，並以五堵站流量為輸入資料、南湖大橋採假設之資料初步完成上述三場颱風淹水情形之驗證及淹水模式動態展示。另根據 89 年基隆河最新斷面資料，將進行模式更新之工作。

賴進松博士：子計畫八目前已將近年來國內外淹水模式之發展與應用相關文獻加以蒐集整理，並建立二維淹水模式。另蒐集本研究計畫淹水區域內，相關之地文、水文資料，包括地面高程、邊界入流歷線(流量)與出流(水位)歷線、降雨、抽水站位置及容量，以作為模式輸入資料、模式驗證及架構虛擬實境之應用。本研究之模擬區域為基隆河流域之中游段(汐止、五堵)，採用 40 公尺×40 公尺解析度之 DTM 數值地形資料建立劃分二維數值網格，並且使用瑞伯或象神颱風資料作為現況模擬，以檢定參數進行模擬分析。

蘇明道教授：子計畫九目前完成基隆河流域颱風淹水歷史資料蒐集及完成預定進度之災害損失評估模式、文獻資料蒐集研討及建立研討區域洪災損害評估之地理資料庫，包括道路網、數值高程、防洪措施及土地利用。

何興亞博士：子計畫五及子計畫十目前完成決策支援系統規劃及資料庫規劃建置，包括鹽水溪、基隆河流域 DTM 資料、地形影像圖、路網、基本圖層(行政區界、道路、鐵路、水系、街廓、建物、地名等)、農業土地利用現況、山坡地土壤圖與地籍圖、公司登記資料、工廠登記資料、工商普查資料等。另 GIS 技術與介面研發方面，主要包括系統規劃及 MAPOBJECT 介紹等相關講習與訓練，並完成系統開發與程式套配。

## (二) 協調各子計畫之合作配合事項

許銘熙教授：關於鹽水河流域格區之劃分，子計畫一、子計畫二及子計畫三應互相配合，才能產生套疊一致之結果。

陳增壽教授：希望防災辦公室能提供淹水潛勢資料以進行災損之評估。

許銘熙教授：目前台南縣市之淹水潛勢圖已報備驗查，應可支援國科會相關計畫。但以前之研究採用 200 公尺×200 公尺之網格，較為粗糙，本整合型計畫應可進行更詳盡之研究，並結合各子計畫完成成果之展示。

王如意教授：關於相關參考資料之引用，希望不要有失真之情形，對資料之詮釋不同，易造成困擾，例如淹水損失之資料，應註明在何種水文條件下所造成之淹水損失。

何興亞博士：防災國家型科技計畫辦公室目前正從事各項資料之整理工作及防災、救災資料庫之建立與維護，與防洪有關之研究單位若需要相關資料，可提出書面申請，經審查核可後即可提供本單位所蒐集之各項資料。至於非防災國家型科技計畫辦公室所管轄之資料，請逕向各單位申請及索取。

賴進松博士：高鐵之計畫內容有部分防洪措施之章節可供台南科學工業園區參考應用。

王如意教授：本整合型計畫目前工作進行順利，且已有若干具體之成果，樂觀地希望第二年之計畫可被核准，以達到預期之目標。目前所欠缺一些資料，將再次蒐集台南科學園區防洪排水措施及基隆河員山子分洪等相關資料，並以互惠交流原則與有關單位進行聯繫，預期本整合型計畫將有相當可觀成果可供防災應用。

王如意教授：謝謝各位子計畫主持人之參與。

### 三、臨時動議

無

### 四、散會

下午 14：50

國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」  
第五次工作討論會 會議記錄

---

時 間：民國九十年六月二十九日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系二樓會議室

主 持 人：王如意教授

出席人員：王如意教授

許銘熙教授

蘇明道教授

蔡長泰教授

游保杉教授

陳增壽助理教授(請假)

張倉榮助理教授(請假)

賴進松助理研究員

何興亞博士

陳明仁博士

謝龍生博士

蔡世瑛小姐

周建明先生

鄭思蘋小姐

王耀慶先生

黃欣怡小姐

記 錄：周建明

記錄內容：

### 一、主持人報告

王如意教授：各位子計畫主持人午安，勞駕各位參加國科會整合型計畫第五次工作討論會。本整合型計畫於90年3月9日曾召開第四次綜合工作討論會，90年4月20日及5月18日分別召開第四次及第五次研究助理綜合工作協調會，會議記錄如書面資料所示。目前與本整合型計畫有關之事項主要有以下三點：

1. 下星期四、五(7月5、6日)將於成功大學舉行第十二屆水利工程研討會，前期國科會「台北都會區淹水區域預測之研究」整合型計畫之研究成果，將於7月5日下午1:30~4:20於成大水利系D室進行一序列之發表。雖然曾於90年2月15、16日防災國家型科技計畫辦公室所舉辦之八十九年度防災專案計畫成果研討會中，順利完成研究成果

之發表，但此仍為本整合型計畫之重大事件，請各位子計畫主持人更進一步呈現三年來之研究成果。

2. 本整合型計畫第二年度之計畫申請，大致上已通過國科會之核定，請各位子計畫主持人上網查詢相關事項，並按核准之細目，準備延聘研究助理或其他人事案。
3. 第一年度之計畫預訂於 7 月 31 日結束，請各子計畫於 8 月 31 日前，按照第一年度之預訂進度完成篇幅 4 頁之報告及完整之報告，依規定程序由各申請機構繳交國科會；另需完成篇幅 12 頁之報告，繳交至總計畫彙整。煩請各位子計畫主持人，利用暑假期間完成預期之成果，因本整合型計畫頗受國科會重視，請盡心盡力完成研究之目標。

## 二、議題討論

### (一) 探討近三個月來各子計畫之工作內容

王如意教授：請各位子計畫主持人簡單地將第一年度近三個月來之工作進度進行重點簡報。

王如意教授：總計畫部分調查本計畫與各子計畫所需之資料內容、格式及來源，進而分工與蒐集，以免除往後因資料不一致之整合時間。另協調與界定各子計畫之研究區域範圍與各子計畫間之資料傳輸格式與內容，以確保各子計畫間之連續性。提供子計畫一鹽水河流域之 DTM 資料及經濟部水利處所屬測站之降雨與逕流資料，提供子計畫八基隆河流域數值地形資料，提供子計畫七及子計畫八 89 年基隆河最新斷面資料，並提供子計畫六~十「象神颱風淡水河洪水報告」及象神颱風相關資料。本計畫目前共召開四次綜合工作討論會，掌握各子計畫之研究進度、方向及合作配合事項，進而協助解決各子計畫於執行期間所面臨之問題，以確保各子計畫之研究成果品質。本計畫每月定期與各子計畫研究人員橫向聯繫，目前共召開五次研究助理綜合工作協調會，以檢討子計畫間之整合工作事項。感謝各位子計畫主持人及研究助理之熱心參與，盼能配合子計畫五及子計畫十提早完成預訂之工作進度，以最理想方式展示。

游保杉教授：子計畫一大致完成各項研究成果，目前進行報告之整理，包括計畫目標、研究區域概況、雨量與設計雨型之分析、視窗型降雨—逕流模式、降雨—逕流模式之分析結果、結論與建議。

許銘熙教授：子計畫二之研究範圍較小，集中在台南科學工業園區，園區內之道路及排水系統仍在陸續建置中，花費多數時間於資料蒐集及建檔。目前完成模擬不同重現期降雨情況下園區內初步之淹水狀況，檢討排水路之情形，包括滯洪池與入流水文資料，並以滯洪池為新的動態模擬對象。模式之驗證方面，814 暴雨事件採用二維漫地流模式，瑞伯颱風則採用排水系統淹水模式。

- 蔡長泰教授：子計畫三因地理資訊系統裝置有點延誤，導致劃分演算格區方面之進度有點落後，另繁多之灌溉及排水渠道不易區分也是造成進度落後的原因之一。目前完成 85 年賀伯颱風等 10 場颱風事件之演算案例。
- 陳增壽教授（謝龍生博士代替報告）：子計畫四目前完成資料之蒐集整理，並完成不同降雨強度之災害損失評估。子計畫四承接子計畫二、三之研究成果，並提供子計畫五 150、300、450 及 600mm/day 四種降雨條件之圖層及圖說。第一年度於淹水潛勢評估方面，以防災辦公室所提供之資料為主。
- 王如意教授：子計畫六目前完成資料研析、集水區調查、雨量資料之蒐集及研析、水文站網評估、都市化演變對水文效應之影響探討及沿岸側流量之推估。另持續蒐集員山子分洪之相關資料。
- 張倉榮教授（書面資料）：子計畫七目前進行基隆河流域整治段中河川主流與洪水平原（汐止市區）間之互動式二維地表淹水模式之建立，藉由河川變量流模式及二維地表漫地流模式之結合，模擬河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低而互動之關係。蒐集及研析過去歷史淹水資料，利用 76 年琳恩颱風、87 年瑞伯、芭比絲颱風及 89 年象神颱風事件來進行模式驗證。
- 賴進松博士：子計畫八之模擬區域為基隆河流域之中游段（汐止、五堵），應用忽略慣性力之二維零慣性淹水模式，以交替方向顯式法來求解，模擬較遠離洪水運行之過程。採用 40×40 公尺解析度之 DTM 數值資料，將模擬區劃分為 15361 個網格。另外，曼寧 n 值初步由過去使用經驗值配合土地使用狀況進行推估。目前完成瑞伯颱風之淹水模擬結果。
- 蘇明道教授：子計畫九目前依第一年度之預定進度進行，完成災害損失評估模式及文獻資料蒐集研討、建立研討區域洪災損害評估之地理資料庫，包括防洪措施及土地利用。另蒐集並建立區域社會經濟資料。
- 何興亞博士：子計畫五及子計畫十目前完成決策支援系統規劃（整體功能與架構）、研發地理資訊系統技術（GIS 運用、系統選擇及操作展示架構）及基本資料庫建置。以 GIS 為主之架構較具有彈性，可直接應用至其他地區。

## （二）協調各子計畫之合作配合事項

- 蘇明道教授：可提供子計畫三嘉南平原地區灌溉、排水及灌排渠道已區分之圖層。
- 王如意教授：子計畫四中不同降雨條件下淹水深度統計以圓圈圖示易生混淆，建議以 GIS 之網格表示之。另於淹水總損失及分級方面，台南市淹水總損失 40 億元以上區分為第四級，而台南縣淹水總損失 20 億元以上區分為第四級，如此以行政區劃分似有不妥之處，建議再慎重考慮淹水分級與類別。
- 蘇明道教授：子計畫四淹水總損失及分級方面，不應區分危險度之分級，而建議以損失值乘以機率來代替危險度分級。另淹水深度不深但總損失值卻相當高，容易將淹水損失與淹水深度二者混淆。

許銘熙教授：子計畫四淹水總損失及分級方面，150、300、450 及 600mm/day 不同降雨條件之損失差距並不大，但降雨強度愈大，理應總損失會很高？且常見的 150mm/day 降雨條件下，台南市之總損失之總和超過 100 億元，建議調查歷史資料是否有超過 100 億元？

王如意教授：子計畫四中許多假設條件尚待重新檢核，例如未考慮間接損失等，暫且不要區分危險度之分級。

賴進松博士：目前仍缺象神颱風南湖大橋水位出流歷線資料。

何興亞博士：參考台北市防災計畫辦公室及國科會防災型科技計畫辦公室共同研發之水情資訊開發介面。未來配合規劃架構所建立之決策支援展示系統，其用途包括（1）由歷史資料事件檢定，利用頻率分析，進行淹水潛勢分析；（2）可進一步由淹水潛勢資料與及時之監測資料，對應淹水範圍圖，採取必要因應措施。

王如意教授：鹽水河流域及基隆河流域基本設施不同，鹽水河流域由於資料較為缺乏，恐會影響鹽水溪內相關子計畫之研究結果。

王如意教授：請各位子計畫主持人，朝向第一年度之研究目標，完成預定之工作。再次謝謝各位子計畫主持人之參與。

### 三、臨時動議

無

### 四、散會

下午 14:10



國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」  
第六次工作討論會 會議記錄

---

時 間：民國九十年八月二十四日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系二樓會議室

主 持 人：王如意教授

出席人員：王如意教授

許銘熙教授

蘇明道教授

蔡長泰教授（蔡世瑛小姐代）

游保杉教授（王毓麟先生代）

陳增壽助理教授

張倉榮助理教授

賴進松助理研究員（郭文達先生代）

何興亞博士

陳明仁博士

謝龍生博士（請假）

周建明先生

鄭思蘋小姐

王耀慶先生

黃欣怡小姐

記 錄：周建明

記錄內容：

### 一、主持人報告

王如意教授：感謝各位撥冗參加國科會整合型計畫第六次工作討論會。本整合型計畫於90年6月29日曾召開第五次綜合工作討論會，90年7月27日召開第六次研究助理綜合工作協調會，會議記錄如書面資料所示。目前與本整合型計畫有關之事項主要有以下四點：

1. 本整合型計畫第一年度按合約書已於七月底結束。第一年度共召開六次綜合工作討論會及六次研究助理綜合工作協調會，於各子計畫協調配合方面相當成功。請各位子計畫主持人於規定期限內，按照第一年度之預訂進度完成篇幅4頁之報告及完整之報告，並由各申請機構以公文方式繳交至國科會。
2. 總計畫煩請各位子計畫主持人於8月31日前完成篇幅12頁之報告，並繳交至總計畫，以利彙整及總計畫報告之撰寫。

3. 本整合型計畫第二年度之計畫書已獲致通過，並於 7 月中旬核可下來。原先預定 4 年之研究期間縮短為 3 年，第一年度仍依預定之計畫書進行研究，請各位子計畫主持人將原先第二、三及四年之工作，濃縮成第二年及第三年之研究內容，即早籌劃並加以掌控。
4. 今天的議程並無正式簡報，請各位子計畫主持人就第一年研究成果及資料支援方面提出檢討。

## 二、議題討論

王如意教授：請各位子計畫主持人簡單地將第一年度之研究進度進行重點報告，並就子計畫五及子計畫十所提「各子計畫提供資料調查表」探討各種資料之配合情形。

何興亞博士：如何展示整合型計畫之成果為目前之重點，請各位子計畫主持人將第一年度之研究成果，依「各子計畫提供資料調查表」上所列之內容及格式彙整至決策支援展示系統。研析鹽水河流域之子計畫一至子計畫四，及研析基隆河流域之子計畫六至子計畫九，個別子計畫所採用之模式分析為離線(off-line)，若配合水情監測資料可更新為在線(on-line)。系統規劃簡述如下：

1. 在水情與災損分析方面，輸入為降雨量，輸出為逕流量、河川水位、堤內淹水及災損等，其用途為洪災事件檢討評估、防洪對策研擬與設施規劃。
2. 在洪災應變方面，由降雨監測資料與事先分析建置資料庫(逕流量、河川水位、堤內淹水及災損等)比對，可預先研判可能發生災情供緊急因應決策參考。若結合水情監測系統，並完整串接各模擬分析模式，則本系統可進一步用於即時水情模擬與災損分析。
3. 在彙整災情方面，設計災情彙整界面，可將災情通報資訊(含淹水範圍、重大災情、人員傷亡、房屋毀損、設施毀損、交通受阻等)予以定位，結合 GIS 系統展示查詢。
4. 在提供決策支援參考資訊方面，包括流域水文(含雨量頻率分析、設計雨型等)、環境(地形、河川水系等)、人文(行政區界、土地利用、人口、設施、交通等)、水災歷史資料(發生時間、水災原因、降雨強度、淹水深度及範圍、災損記錄等)與救災資源資料(救災設施、器材、物資、疏散路徑分析、緊急應變作業流程、防救單位與人員聯絡名冊)等資料。

王如意教授：子計畫五及子計畫十之內容相當豐碩，應可展示出可觀之成果。

游保杉先生(王毓麒先生代)：子計畫一已完成報告之撰寫，包括篇幅 4 頁及 12 頁之精簡報告，而關於子計畫五所提「各子計畫提供資料調查表」上之各項資料均可配合提供。

許銘熙教授：子計畫二目前已完成第一年度預定之工作進度，而關於子計畫五所提「各子計畫提供資料調查表」上之各項資料均可配合提供。另有新的整地資料可提供其他子計畫之參考。

蔡長泰教授（蔡世瑛小姐代）：子計畫三目前因有新的整地方案資料，擬將這些更新之資料列入第一年度報告中，所以進度有點落後。已模擬案例但尚未有具體結果。關於子計畫五所提「各子計畫提供資料調查表」上之各項資料均可配合提供。

陳增壽教授：子計畫四已完成報告之撰寫，並完成各項災損之分析研究，而關於子計畫五所提「各子計畫提供資料調查表」上之各項資料均可配合提供。

王如意教授：子計畫六目前已完成報告之初稿，關於子計畫十所提「各子計畫提供資料調查表」上之各項資料均可配合提供。

張倉榮教授：子計畫七目前已完成第一年度預定之工作進度，而關於子計畫十所提「各子計畫提供資料調查表」上之各項資料均可配合提供。另所提供資料應與子計畫八所提供資料有所區隔。

賴進松博士（郭文達先生代）：子計畫八已完成報告之撰寫，包括篇幅 4 頁及 12 頁之精簡報告，而關於子計畫十所提「各子計畫提供資料調查表」上之各項資料，因欠缺象神颱風之南湖大橋水位資料，目前係以瑞伯颱風之資料提供給子計畫十，其餘資料均可配合提供。

蘇明道教授：子計畫九已按計畫書進度完成報告之撰寫，另完成篇幅 4 頁及 12 頁之精簡報告，並置於報告之附錄中。關於子計畫十所提「各子計畫提供資料調查表」上之各項資料，淹水圖層只有汐止地區，欠缺整個基隆河流域之圖層，另缺北市街廓圖等 4 種資料，其餘資料均可配合提供。

王如意教授：感謝各位所提供相當圓滿之報告。請各位子計畫主持人完成各項報告之撰寫並依規定時限呈交至國科會。另於 8 月 31 日前擲下篇幅 12 頁之報告，以便彙整成總計畫之報告。請各位持續進行第二年度之研究工作。再次謝謝各位子計畫主持人之參與及辛勞。

### 三、臨時動議

無

### 四、散會

下午 14:10

國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」  
第一次研究助理綜合工作協調會 會議記錄

---

時 間：民國八十九年十一月十七日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系 204 室

主 持 人：謝龍生博士

出席人員：謝龍生博士

王毓麒先生

蔡世瑛小姐

林玗萱小姐

郭文達先生

周建明先生

鄭思蘋小姐

陳宣宏先生

張齡方小姐

高銘佐先生

江俊生先生

陳欣怡小姐

紀 錄：周建明

記錄內容：

### 一、主持人報告

謝龍生博士：召開本次會議之主要目的，係整合截至目前為止各子計畫所蒐集之資料及相關參考文獻。

### 二、議題討論

議題一：各子計畫現有及所需資料與參考文獻之彙整。

謝龍生博士：總計畫部分提供子計畫一 DTM 資料及水利處降雨和逕流資料，另提供子計畫八基隆河流域數值地形資料。

王毓麒先生：子計畫一現有水利處時雨量、時流量、日雨量及 DTM 資料。尚需要土壤圖、土地利用資料、河道斷面資料、氣象局時雨量資料、航照影像及航照圖。

陳欣怡小姐：子計畫二目前採用之網格精度目前為  $20 \times 20$ 。另需要雨型設計之資料。

蔡世瑛小姐：子計畫三現有 DTM 資料、道路、河系及流域範圍資料。尚需要設計雨型資料、河道斷面資料。

陳宣宏先生：子計畫四目前完成鹽水溪流域洪災損害歷史資料之蒐集。另建立合適之洪災損害評估模式時，是否需與子計畫九相同？

周建明先生：子計畫六現有基隆河流域內雨量站、水位站、抽水站、橋樑、水門、人口、土地利用等資料。尚需要雷達站、工商業普查及歷年洪災損失資料。

郭文達先生：子計畫八現有基隆河流域數值地形資料。

張齡方小姐：子計畫九現有淹水圖層、工商業普查等資料。目前預訂針對汐止地區因象神颱風所造成之淹水情形設計問卷調查，邀請其他子計畫參與問卷調查內容之設計。

謝龍生博士：子計畫四與子計畫九之洪災損害評估模式，第一年度不必相同。基隆河流域目前採用之網格精度為 1/5000，即 40×40；而鹽水溪流域所採用之網格精度於科學園區之內網格可精密些，園區外則無需如此精密。

議題二：決策支援系統架構說明與相關各子計畫資料格式之整合。

林玗瑩小姐：關於鹽水溪流域及基隆河流域防洪決策支援系統之研發，目前依照工作進度進行中，其中資料庫之建立預訂於民國 90 年 2 月結束。而輸入、輸出資料之定義與測試將於第二年系統測試時完成，目前將與各子計畫密切配合規劃系統功能與資料庫架構。

謝龍生博士：會後請各子計畫研究助理將目前所有之資料及參考文獻於下星期五（89 年 11 月 24 日）下午 5 時前，將檔案傳送至總計畫處（研究助理周建明 d4622002@ms.cc.ntu.edu.tw）。

### 三、臨時動議

謝龍生博士：本研究助理綜合工作協調會，原則上每個月召開一次，日期為每個月第四個星期五中午 12 時。下次開會時，請各子計畫研究助理報告每個月之工作進度，並提出需要其他子計畫提供或配合之相關資料。另請於開會前三日，將簡報資料以 PowerPoint 檔案格式傳送至總計畫處（研究助理周建明）。

謝龍生博士：多謝各位子計畫研究助理之參與。

### 四、散會

下午 14:00

國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」  
第二次研究助理綜合工作協調會 會議記錄

---

時 間：民國九十年一月十二日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系會議室

主 持 人：謝龍生博士

出席人員：何興亞博士

陳明仁博士

李文正博士

蕭翰文博士

王毓麟先生

蔡世瑛小姐

林玕瑩小姐

吳舜菁小姐

郭文達先生

周建明先生

鄭思蘋小姐

陳宣宏先生

張齡方小姐(請假)

高銘佐先生

江俊生先生

陳欣怡小姐(請假)

吳毓庭先生

紀 錄：周建明

記錄內容：

### 一、主持人報告

王如意教授：感謝各位女士先生百忙之中抽空參加今天的會議。本整合型計畫係由台灣大學、成功大學及水工試驗所等所組成之團隊，其中五位子計畫主持人從事鹽水河流域之相關研究，另五位子計畫主持人則負責基隆河流域之相關研究。計畫之研究期間原先預定為四年，後來更改縮短為三年。研究助理會議之召關係由民國89年10月6日「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」第二次計畫主持人工作討論會中建議召開。十一月份(第一次)研究助理綜合工作協調會已於民國89年11月17日召開；十二月份(第二次)研究助理綜合工作協調會因適逢「中國農業工程學會民國八十九年會員代表大會及研討會」而取消。民國89年12月27日國

科會永續會審查會通過第二年度計畫整合構想，其中建議(1)以 Haz-Taiwan 系統為基礎，建立淹水損害評估系統；(2)細部計畫書中應詳述如何將淹水災損資料庫與國土資訊系統整合應用之方式。總計畫已將計畫書中表 C004 及表 C014 傳送給各子計畫主持人，請各子計畫由服務機關在規定期限內提出申請。本整合型計畫如嚴格執行，預期將有相當良好之成果，可提供防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之依據。感謝各位撥冗參加今天的會議。

謝龍生博士：第二年度計畫整合構想已通過，提醒各位於規定期限內(國科會之截止日期為 90 年 1 月 31 日 24 時)將計畫書繳交至國科會。

## 二、議題討論

議題一：各子計畫目前之研究進度。

謝龍生博士：總計畫部分提供子計畫一 DTM 資料及水利處降雨和逕流資料，另提供子計畫八基隆河流域數值地形資料。

王毓麒先生：子計畫一目前在資料蒐集狀況、雨量分析結果及降雨—逕流模式發展狀況方面均按照既定工作進度進行。已收集之資料包括鹽水溪流域日雨量、時雨量、時流量、DTM 資料及土地利用圖。收集中之資料為土壤圖、河川斷面資料、衛星遙測影像及航照圖等。

陳欣怡小姐：(陳宣宏先生代替報告書面資料)子計畫二目前比較南部科學園區施工中之下水道及滯洪池資料與中華顧問工程司當初所給資料之差異所在。

蔡世瑛小姐：子計畫三現有的資料包括 DTM 資料、鹽水溪河系資料排水路資料、1/5000 像片基本圖及兩型資料等。缺乏的資料包括衛星影像資料、航照圖、海岸線資料、潮位歷線、歷史暴雨資料、土地利用及堤防等相關資料。在水系洪流演算模式方面，以現有之數值模式為基礎，初步進行模式視窗化之架構規劃與改寫。

陳宣宏先生：子計畫四目前主要蒐集國外相關文獻之分析處理、控制點洪峰流量水位及重現期關係之分析。

周建明先生：子計畫六目前廣泛蒐集基隆河流域內氣象測候站、雨量站、水位站、抽水站、橋樑、水門、雷達站、人口、土地利用、工商業普查及歷年洪災損失等資料，加以建檔、研析，以建立資料庫。所選用之雨量測站計有中央氣象局所轄屬五指山測站及水利處淡水河洪水預報中心所屬五堵、瑞芳、火燒寮及竹子湖等五站；採用對數皮爾遜第三類分布法，分析並求取不同延時及不同重現期距所對應之降雨量。並採用交替區塊法完成設計雨型。

張毓庭先生：子計畫七目前進行基隆河流域整治段中河川主流與洪水平原(汐止市區)間之互動式二維地表淹水模式之建立，藉由河川變量流模式及二維地表漫地

流模式之結合，模擬河川主流與洪水平原漫地流間隨水位高低而互動之關係。並蒐集及研析過去歷史淹水資料，利用 76 年琳恩颱風、87 年瑞伯、芭比斯颱風及 89 年象神颱風事件來進行模式驗證。

郭文達先生：子計畫八目前工作進度係整理現有資料、進行基隆河流域淹水之初步模擬測試。現有資料包括 DTM 數值高程地形高程；尚需雨量站觀測記錄、各重現期之設計暴雨降雨量及模擬區域之山區逕流資料。

張齡方小姐：(周建明先生代替報告書面資料) 子計畫九均按照既定之工作進度進行，民國 90 年 1 月之工作項目共包括災害損失評估模式及文獻資料收集研討、建立研討區域洪災損害評估之地理資料庫—道路網、數值高程及防洪措施等。

何興亞、陳明仁博士：子計畫五與子計畫十工作進度為：(1)整理分析已蒐集之國內外參考文獻、研究報告與網頁資料。(2) 配合水工所水資訊小組工作推動，訂定 90 年 7 月底前工作目標，希開發建置完成決策支援與展示系統雛型架構，以及兩流域示範區水文、水利設施、測站、地形、人文環境等資料庫，並予以加值分析，透過網站展示。(3) 進行 VB 人機界面開發之教育訓練，讓專任助理能瞭解系統概況，開始設計界面。(4) 90 年 1 月底前，預定完成工作包括：(1)展示與決策支援系統功能架構規劃；(2)資料庫功能與格式規劃；(3)GIS、VB、SQL Server 等軟、硬體環境建置；(4)GIS 與 SQL Server 教育訓練。

議題二：協調各子計畫合作配合事項。

謝龍生博士：會後請各子計畫需其他子計畫配合之事項，於 90 年 1 月 29 日前 E-mail 至總計畫處。請各子計畫研究助理將目前所有之資料及參考文獻於 90 年 1 月 31 日前，將檔案燒成光碟片傳送至總計畫處。與基隆河流域相關之各子計畫，請以最新的象神颱風資料進行驗證之工作。

### 三、臨時動議

何興亞博士：蕭翰文博士預訂於民國 90 年 1 月 30 日(星期二)上午 10 點，在水工試驗所二樓會議室介紹 GIS 程式開發(Map Object)之概念與入門指引，歡迎有興趣人員參加。

周建明先生：總計畫主持人王如意教授擬於二月初(目前暫定為 2 月 13、14 日)至南部科學園區、台南縣政府及第六河川局訪問並收集相關研究資料，請與鹽水溪流域相關之各子計畫將擬參加之人員及擬蒐集之相關資料於 90 年 1 月 29 日前傳送至周建明先生處。



謝龍生博士：關於至南部科學園區現地勘查及收集資料，原則上子計畫一至子計畫五與鹽水流域相關之各子計畫請派員參加並協助相關資料之蒐集。

謝龍生博士：多謝各位之參與及配合。

#### 四、散會

下午 14:00

國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」  
第三次研究助理綜合工作協調會 會議記錄

---

時 間：民國九十年二月二十三日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系會議室

主 持 人：謝龍生博士

出席人員：何興亞博士

王毓麒先生

蔡世瑛小姐

林玢瑩小姐

吳舜菁小姐

郭文達先生

周建明先生

鄭思蘋小姐(請假)

陳宣宏先生

張齡方小姐

高銘佐先生

江俊生先生

陳欣怡小姐

吳毓庭先生

記 錄：周建明

記錄內容：

### 一、主持人報告

謝龍生博士：第二次研究助理綜合工作協調會於90年1月12日召開，會中臨時動議提及至台南科學工業園區現地勘查與蒐集資料，已於2月8、9日順利完成。此次參訪單位包括水利處第六河川局、台南縣政府及台南科學工業園區開發籌備處，參訪過程相當順利且蒐集到許多相關資料。會後可將電腦檔案提供給子計畫五，以供建立資料庫。

### 二、議題討論

議題一：各子計畫目前之研究進度。

謝龍生博士：總計畫目前可提供基隆河89年最新斷面資料給子計畫七及子計畫八。

王毓麒先生：子計畫一目前已完成雨量分析、視窗化之降雨—逕流模式架構，另準備土壤、坡度、高度及 GIS 相關資料，以供模式輸入之應用。格網之精度為  $1\text{km} \times 1\text{km}$ ，與其他子計畫之銜接過程中，不提供格網位置，而提供匯流點之座標及流量。

謝龍生博士：從鹽水溪近期之重大淹水事件中挑出某一場颱風或暴雨，以供模式檢定及模擬之應用。

陳欣怡小姐：子計畫二目前之研究重點為台南科學工業園區之防洪能力，已蒐集道路系統圖及全區排水圖，使用之格網精度為  $20\text{m} \times 20\text{m}$ 。

謝龍生博士：與其他子計畫銜接方面，請從 86 年 7 月 1 日或 87 年 6 月 8 日之淹水事件中，挑出一場次做為模式驗證之用。另整地前及整地後之淹水情形，請模擬比較之。

蔡世瑛小姐：子計畫三目前已蒐集近十年來鹽水河流域之歷史颱風及暴雨資料、中央氣象局安平及將軍測站之潮位資料。

謝龍生博士：台南科學工業園區內外之水文環境差異較大，請從所蒐集之歷史颱風或暴雨資料中來決定模式模擬及驗證所需之場次，並與子計畫一協調控制點之位置。

陳宣宏先生：子計畫四目前主要蒐集相關土地利用資料、台南科學工業園區內外災損資料及如何應用地震災害之相關資料至洪災。

周建明先生：子計畫六目前完成以對數皮爾遜第三類分布法分析並求取不同延時及不同重現期距所對應之降雨量，並採用交替區塊法完成設計雨型，另選擇半分布並聯型水庫概念模式以模擬各集水區之降雨—逕流歷程。

張毓庭先生：子計畫七目前已完成基隆河斷面資料之蒐集及瑞伯、芭比絲颱風模擬淹水範圍及實際淹水範圍之比較。

謝龍生博士：請與子計畫六協調控制點之位置。

郭文達先生：子計畫八目前工作進度係完成模式驗證及 VB 程式視窗介面，另需瑞伯及象神颱風之降雨、水位及流量資料，所使用之格網精度為  $40\text{m} \times 40\text{m}$ 。

謝龍生博士：總計畫目前已蒐集象神颱風之淹水範圍資料，基隆河流域請以象神颱風進行檢定，並可應用至下年度之規劃設計，而模式銜接之邊界則以 50 公尺等高線為界。

張齡方小姐：子計畫九目前依據既定之工作進度完成行研討區域洪災損害評估之地理資料庫—道路網，並持續蒐集災害損失評估模式相關文獻資料，另蒐集象神颱風之淹水範圍資料。

謝龍生博士：總計畫處目前已蒐集象神颱風之淹水書面資料，請比較並校正之。另儘快完成淹水損失之調查。

何興亞博士：防災國家型科技計畫辦公室於2月15、16日舉辦八十九年度防災專案計畫成果研討會，本整合型計畫將納入下一年度之研討會中，並以是否能落實應用為評鑑之重點。子計畫五與子計畫十目前之工作進度為：(1) 配合水工所水資訊小組，於1月30日請蕭翰文博士主持VB程式設計之講習訓練，(2) 增購電腦硬體相關設備，預計於3月完成安裝及資料庫之建置，(3) 4月及5月將開發介面並規劃決策支援系統。往後一個月將蒐集各子計畫第一年度及第二年度之計畫書，包括研究內容、目標及預期成果等，以方便展示系統之應用。

謝龍生博士：請各子計畫於3月8日之前將第一年度及第二年度之計畫書，以E-mail方式傳送至周建明。

#### 議題二：協調各子計畫合作配合事項。

謝龍生博士：本整合型計畫之關鍵在於展示系統，請各子計畫構思所要展示之相關內容，並與子計畫五及子計畫十進行討論。因子計畫五及子計畫十預定於4、5二月撰寫展示畫面，因此請各子計畫於3月底前擬定展示應用之初稿，繳送至林玕瑩小姐。

何興亞博士：防災國家型科技計畫辦公室目前正在進行各項資料之整理，如各子計畫欲應用各相關資料，請發文來索取。

謝龍生博士：為配合子計畫五及子計畫十之相容性，請各子計畫將目前所使用之資料格式、軟體相關資料傳送至總計畫以彙整應用。

#### 三、臨時動議

周建明先生：第十二屆水利工程研討會，將於90年7月5、6日於成功大學舉行。本次研討會中之徵文內容包括「國科會整合型研究成果」之主題，目前係以去年度國科會「台北都會區淹水區域之研究」整合型計畫參加，請該整合型計畫之相關子計畫於4月20日前將全文以打字、光碟片或磁片傳送至總計畫周建明，總計畫將於4月30日前將整合型計畫全文寄達第十二屆水利工程研討會籌備會。

謝龍生博士：3月9日中午12時將舉行第四次綜合工作討論會，請各子計畫於3月8日之前將近三個月來之工作內容以Powerpoint格式傳送至周建明處。

謝龍生博士：多謝各位之參與。

#### 四、散會

下午 14:00

國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」  
第四次研究助理綜合工作協調會 會議記錄

---

時 間：民國九十年四月二十日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系會議室

主 持 人：謝龍生博士

出席人員：陳明仁博士

王毓麟先生

蔡世瑛小姐

林玕瑩小姐

吳舜菁小姐

郭文達先生

周建明先生

鄭思蘋小姐

陳宣宏先生(請假)

張齡方小姐

高銘佐先生

江俊生先生

陳欣怡小姐

吳毓庭先生

記 錄：周建明

記錄內容：

一、主持人報告

謝龍生博士：第三次研究助理綜合工作協調會於90年2月23日召開，會中裁示請各子計畫提供(1)第一、二年度之計畫書；(2)展示畫面初稿；(3)目前所蒐集資料、使用軟體及輸出結果檔案格式。謝謝各子計畫提供相關資料供總計畫彙整，所有資料已轉交子計畫五及子計畫十參考應用。

謝龍生博士：為配合子計畫五及子計畫十之成果展示，請各子計畫再詳實列出輸出結果檔案格式，並以表格方式表示，於下星期五(4月27日)前，將相關資料傳送至總計畫。

謝龍生博士：3月9日召開各子計畫主持人第四次綜合工作討論會，會中提及關於本整合型計畫第二年度之整合構想，經國科會初步審查後原則上已通過，並於一月底前由服務機關提出第二年度之申請書。而針對審查會中二點建議提出以下細部計畫：(1)參照Haz-Taiwan系統之機制，建立淹水損害之評估系統，並完成示範區防洪決策支援系統與危害度分析與災害損失模式之整

合工作，此等模式與整合經驗可供其他相關業務與研究工作參考。(2) 配合國土資訊系統之整合應用，建置與整合示範區防洪決策支援資料庫與模式庫，完成實用鹽水溪流域示範區之防洪決策系統，並舉辦座談會向相關業務單位詳加介紹，可供政府評估、擬訂防洪計畫與洪水時期緊急應變計畫等運用。

謝龍生博士：本整合型計畫截至目前為止已執行將近九個月時間，第一年度之研究期間只剩三個月餘，且國科會預計於 90 年 11 月底舉辦成果研討會，請各子計畫提早完成第一年度之預定工作進度。總計畫於未來三個月內，將要求各子計畫於各次研究助理綜合工作協調會時，以 PowerPoint 簡報方式報告工作進度，請於各次研究助理綜合工作協調會前三日，將檔案 E-mail 至總計畫。

## 二、議題討論

議題一：各子計畫目前之研究進度。

謝龍生博士：請各位子計畫研究助理報告目前之工作進度。

王毓麒先生：子計畫一目前已完成視窗化之降雨—逕流模式之架構，經幾場颱風事件檢定結果尚屬滿意。目前格網之精度為  $1\text{km} \times 1\text{km}$ ，並未考慮池塘所產生之效應，擬將格網之精度縮小為  $500\text{m} \times 500\text{m}$  以考慮池塘所產生之效應。

陳欣怡小姐：子計畫二目前之模擬結果未考慮山區逕流量及降雨資料，請子計畫一提供雨量相關資料，並確認子計畫二及子計畫一之銜接點。目前亦將台南科學工業園區之特殊排水設施列入考慮。

謝龍生博士：請子計畫一與其他相關子計畫協調共同驗證之颱風場次，先由子計畫一列出目前所蒐集之颱風場次，再由子計畫二及子計畫三挑選共同模擬之颱風場次，此工作希望能於下星期完成。

蔡世瑛小姐：子計畫三基本水文資料建置多完成，目前進行研究範圍之格區劃分、斷面等資料之整理。另需要子計畫一提供降雨資料，子計畫二提供邊界及網格資料。展示系統為第二年度之預定工作項目，第一年度擬以模式改寫成物件導向為主。

謝龍生博士：展示畫面並不需要很複雜之架構或模擬過程，而以輸出結果之展示為主，例如不同重現期之淹水範圍等。

陳明仁博士：由於國科會預計於 90 年 11 月底舉辦成果研討會，子計畫五及子計畫十目前將儘快完成各項協調工作。目前規劃架構成果及展示，第一年度將以歷史颱風資料為主，第二年度加上頻率分析及災害損失評估模式之考量，第三年度則以決策支援系統及避難措施為主。請各子計畫以描述方式表達目

前所欲展示之內容，包括颱風事件、銜接點及具體成果等，子計畫五及子計畫十則將各子計畫之展示結果精華進行串接。

謝龍生博士：請子計畫五及子計畫十擬定出展示系統之架構，以供各子計畫之參考，例如以樹狀圖表達系統之架構，再請各子計畫填寫樹狀圖之空缺部分。

周建明先生：子計畫六目前完成降雨分析及設計雨型等，目前選擇半分布並聯型水庫概念模式以模擬集水區設計流量之推估。

謝龍生博士：目前子計畫六與子計畫七及子計畫八之銜接範圍，依基隆河治理評估報告之範圍為主，請子計畫六提供象神颱風之逕流量給子計畫七及子計畫八。

張毓庭先生：子計畫七目前已完成第一年之預定工作項目。本子計畫與子計畫六之銜接點，將再協調確認。

郭文達先生：子計畫八目前工作進度已完成二維淹水模式之測試。另模擬瑞伯颱風事件下，基隆河汐止、五堵站之淹水情形及探討滯洪池之影響。請子計畫六提供初步之分結果(瑞伯或象神颱風事件之降雨及山區逕流資料)予本子計畫，以便進行模式之初步驗證。

謝龍生博士：滯洪池位置請再確認。依基隆河治理規劃報告，建議支流小型水庫位址可視為滯洪池之位置，以探討汐止、五堵地區之減洪效果。另以象神颱風及89年基隆河最新斷面資料檢定模式相關參數，再以瑞伯或其他場次之颱風測試之。

張齡方小姐：子計畫九目前完成既定之工作進度。於淹水調查部分，問卷調查之設計較花時間，目前將以象神颱風公告之淹水範圍為調查範圍。現地訪查之問卷設計已有初步結果，將先進行試訪並檢討，再進行下一步工作。

謝龍生博士：關於象神颱風之詳細淹水範圍，各里長可能有此資料。至於水利處現地調查之淹水範圍，雖不甚清楚但可供參考，實地探訪時請以水利處報告上之範圍為準。

## 議題二：協調各子計畫合作配合事項。

王毓麒先生：為配合其他相關子計畫之銜接，目前需確認本子計畫之研究範圍、邊界及水系。

謝龍生博士：請子計畫一、子計畫二及子計畫三協調上述事項。

蔡世瑛小姐：子計畫三與子計畫一之上游邊界稍有不同，河系本子計畫採用小比例尺之地圖，與子計畫一採用DTM資料頗有差異。

謝龍生博士：上游河系由子計畫一提供，中、下游河系以子計畫三所購買之河系圖為主。成果展示時，應以顯示子計畫一、子計畫二及子計畫三銜接點之水文狀況

為主，因此太精細之顯示。研究範圍則以豐化橋為界，子計畫一需提供豐化橋上游之流量資料給子計畫三。另外，請子計畫二提供抽水站設計流量資料給子計畫三。

蔡世瑛小姐：鹽水溪以流域圖或 DTM 資料為主？

謝龍生博士：鹽水溪請以公佈之地圖相關資料為主。

王毓麒先生：雨型及設計逕流量之檔案輸出格式是否需與子計畫六相同？

周建明先生：目前係以交替區塊法完成各雨量站之設計雨型，再依徐昇氏多邊形法求取研析區域之平均設計雨型，所使用 Fortran 軟體與子計畫一相同，因此調整相關輸出參數即可一致。

謝龍生博士：各子計畫設計雨型之延時請採用 24 小時，各子計畫之設計流量歷線請採用 48 小時。

謝龍生博士：請各子計畫再將輸出結果格式及擬展示畫面初稿，於下星期五(4 月 27 日)前，將相關資料傳送至總計畫。

### 三、臨時動議

周建明先生：第十二屆水利工程研討會，將於 90 年 7 月 5、6 日於成功大學舉行。去年度國科會「台北都會區淹水區域之研究」整合型計畫將於研討會中發表，由於論文繳交之截止日期為 90 年 5 月 10 日，請該整合型計畫之相關子計畫按論文格式撰寫論文(最多 8 頁)，於 90 年 4 月 30 日前將全文、光碟片或磁片傳送至總計畫周建明，總計畫彙整後將於規定期限內將整合型計畫全文寄達第十二屆水利工程研討會論文委員會。

謝龍生博士：多謝各位之參與。

### 四、散會

下午 14:00



國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」  
第五次研究助理綜合工作協調會 會議記錄

---

時 間：民國九十年五月十八日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系會議室

主 持 人：謝龍生博士

出席人員：蘇明道教授

何興亞博士

王毓麟先生

蔡世瑛小姐

林玕莹小姐(請假)

吳舜菁小姐

郭文達先生(請假)

周建明先生

鄭思蘋小姐

陳宣宏先生

張齡方小姐(請假)

高銘佐先生

江俊生先生

陳欣怡小姐

吳毓庭先生

記 錄：周建明

記錄內容：

一、主持人報告

謝龍生博士：今天召開第五次研究助理綜合工作協調會，首先確定第四次研究助理綜合工作協調會之決議事項是否落實執行：(1) 各子計畫詳實列出輸出結果檔案格式，以表格方式表示，將相關資料傳送至子計畫五及子計畫十；(2) 去年度國科會「台北都會區淹水區域預測之研究」整合型計畫將於第十二屆水利工程研討會中發表，論文繳交之截止日期為90年5月10日，該整合型計畫之相關子計畫按論文格式撰寫論文，總計畫彙整後將於規定期限內將整合型計畫全文寄達第十二屆水利工程研討會論文委員會。

吳舜菁小姐：部分子計畫尚未將輸出結果檔案格式，以表格方式表示，繳交至子計畫五及子計畫十。

周建明先生：去年度國科會「台北都會區淹水區域預測之研究」整合型計畫全文已彙整後於90年5月9日寄達第十二屆水利工程研討會論文委員會。

謝龍生博士：本整合型計畫按照工作進度而言，已進入最後結尾階段。國科會預計於 90 年 11 月底舉辦成果研討會，請各子計畫於 90 年 7 月 31 日前，繳交成果報告、4 頁及 12 頁格式之精簡報告至總計畫，另於規定期限內繳交成果報告及 4 頁格式之精簡報告至國科會。

## 二、議題討論

議題一：各子計畫目前之研究進度。

謝龍生博士：請各位子計畫研究助理以 PowerPoint 格式簡報目前之工作進度。

王毓麟先生：子計畫一目前已完成之進度，包括雨量雨型分析、模式視窗化之建構、模式基本資料準備(1km 格網)、0.5 km 格網資料準備、事件之模擬及水庫演算相關資料之調查。後續工作為模式修正(加入水庫蓄水效應)。

陳欣怡小姐：子計畫二目前完成之進度包括雨水下水道系統 (SWMM) 及二維漫地流淹水模式之驗證，參數檢定係以 89 年 8 月碧莉絲颱風及 89 年 11 月象神颱風，完成初步之結果。

蔡世瑛小姐：子計畫三目前完成研究範圍之格區劃分、斷面等資料之整理。演算案例之颱風降雨事件包括 85 年葛樂禮颱風、賀伯颱風、87 年妮麗兒颱風、奧托颱風、88 年瑪姬颱風、89 年碧利斯颱風及象神颱風等。

陳宣宏先生：子計畫四目前完成地文資料、水文資料、人口資料及農工商資料之蒐集整理。另進行不同降雨強度之災害損失評估。

周建明先生：子計畫六目前完成降雨分析及設計雨型等，雨量資料更新至民國 88 年，另進行站網評估及選擇半分布並聯型水庫概念模式以模擬集水區設計流量之推估。

張毓庭先生：子計畫七目前完成基隆河斷面資料之蒐集及瑞伯、芭比絲颱風模擬淹水範圍及實際淹水範圍之比較，已完成第一年之預定工作項目。

郭文達先生(書面資料)：子計畫八目前採用 40 公尺×40 公尺解析度之 DTM 數值地形資料建立劃分二維數值網格，並且使用瑞伯颱風資料作為現況模擬，以檢定參數之依據進行模擬分析。模擬區域之入流邊界條件設定於基隆河主河道之八德橋處，出流邊界條件設定於基隆河段之南湖大橋處；配合以上之入流與出流邊界條件，且給定模擬區域五堵站之降雨量及山區側入流量，以進行模擬區域之淹水模擬，演算時距為 0.2 秒，模擬演算至 56 小時；並且於出流邊界處給定不同的邊界條件處理方式，以測試模擬區域內之基隆河段水位受出流邊界處理方式之影響。

蘇明道教授：子計畫九目前完成預訂之工作進度。工作重點包括建立研討區域洪災損害評估之地理資料庫—防洪設施及土地利用、收集區域社會經濟資料並建立區域社會經濟資料。收集研討區域內之工商業經濟活動，包括類別、數量、規模、員工數、廠房面積、資產總值等，另收集民國 85 年之工商普查資料。

何興亞博士：子計畫五及子計畫十 90 年 4 月份工作大綱包括決策支援系統架構規劃、資料庫規劃、GIS 技術與 VB 介面研發及單位訪談(台北市政府)。

議題二：協調各子計畫合作配合事項。

王毓麒先生：可提供五千分之一的鹽水溪地圖給總計畫。

何興亞博士：子計畫一視窗化模式每個網格都可以展示逕流量，但頻率分析及模式詳細演算過程並不列入決策支援展示系統之中，只放入輸入及控制點之輸出資料。

謝龍生博士：關於子計畫一與其他相關子計畫協調共同驗證之颱風場次，子計畫二請以 89 年碧莉絲颱風檢定模式參數，以 89 年象神颱風驗證之。子計畫三請以 85 年賀伯颱風、87 年奧托颱風、89 年碧利斯颱風及象神颱風為模擬分析之颱風場次。

蘇明道教授：研究助理綜合工作協調會應以整合型計畫之協調工作及各子計畫之銜接過程為主，而不必過於詳盡報告各子計畫之研究內容。各子計畫最後展示內容與總計畫最終之展示內容有所不同，若由子計畫五及子計畫十來彙整各子計畫之展示介面，將是非常艱困又費時之工作。因此，建議先由子計畫五及子計畫十提出統一之格式，並要求各子計畫配合執行。

何興亞博士：子計畫五及子計畫十將按照各子計畫預設之輸出結果，以架構展示系統，若各子計畫有更好之構想或表示方式，請各子計畫提出相關資料來更新展示系統。

謝龍生博士：請子計畫五及子計畫十訂定展示系統功能之需求，以方便統一並節省時間。

何興亞博士：子計畫五及子計畫十預定於下星期完成各子計畫初步之功能展示介面，並將於 6 月 1 日分送書面資料給各子計畫。

周建明先生：子計畫六已提供象神颱風之模擬區域平均雨量及 20 個核胞之側入流資料給子計畫七及子計畫八。子計畫六與子計畫七之銜接點大致上與瑞伯颱風之淹水模擬範圍相同。子計畫六與子計畫八之銜接模擬區域入流邊界為八德橋，出流邊界條件為南湖大橋；並提供五堵站之降雨量及山區側入流量，以進行模擬區域之淹水模擬。

何興亞博士：子計畫七及子計畫八主要之差異為何。

謝龍生博士：子計畫七主要著重於上游水庫之位址規劃，子計畫八則著重於河道溢堤後洪水之流動。基隆河流域及鹽水溪流域之研究模擬範圍不同，鹽水溪流域因有台南科學園區，因此劃分為園區內為子計畫二之研究區域，園區外為

子計畫三之研究區域。未來提供基隆河流域淹水模擬範圍圖時，可分配子計畫七提供事件模擬，而子計畫八提供不同重現期之淹水模擬範圍圖。

蘇明道教授：各子計畫之模擬係以網格為主，但計算淹水損失時，不太可能以網格為單位，目前計算淹水損失之最小單位為村里，台南科學園區內並無合適之計算單位。

謝龍生博士：整合型計畫第一年度之研究成果未包含水理演算之淹水潛勢資料，請子計畫四及子計畫九暫時以防災國家型科技計畫辦公室所公布之淹水潛勢資料為計算依據。第一年度災損資料展示以總降雨量150、300、450及600mm四種情況為主。

謝龍生博士：多謝各位之參與。

### 三、臨時動議

無

### 四、散會

下午 14:40

國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究(一)」  
第六次研究助理綜合工作協調會 會議記錄

---

時 間：民國九十年七月二十七日(星期五)中午十二時

地 點：台灣大學農業工程學系 204 室

主 持 人：謝龍生博士

出席人員：蘇明道教授

何興亞博士

王毓麒先生

蔡世瑛小姐 (請假)

林玗萱小姐

吳舜菁小姐

郭文達先生 (請假)

周建明先生

鄭思蘋小姐

陳宣宏先生 (請假)

陳欣怡小姐 (請假)

王耀慶先生

黃欣怡小姐

林美君小姐

吳毓庭先生

記 錄：周建明

記錄內容：

一、主持人報告

謝龍生博士：感謝各位撥空參加今天的會議，首先討論第五次研究助理綜合工作協調會之決議事項是否落實執行：「本整合型計畫按照工作進度而言，已進入最後結束階段。國科會預計於 90 年 11 月底舉辦成果研討會，請各子計畫於 90 年 7 月 31 日前，繳交成果報告 4 頁及 12 頁格式之精簡報告至總計畫，另於規定期限內繳交成果報告及 4 頁格式之精簡報告至國科會。」

謝龍生博士：因第五次主持人工作討論會另決議：「第一年度之計畫預訂於 7 月 31 日結束，請各子計畫於 8 月 31 日前，按照第一年度之預訂進度完成篇幅 4 頁之報告及完整之報告，依規定程序由各申請機構繳交國科會；另需完成篇幅 12 頁之報告，繳交至總計畫彙整。」因此，請各位按照第五次主持人工作討論會之決議於規定期限內完成預期之成果。

## 二、議題討論

議題一：各子計畫第一年度之研究成果報告。

謝龍生博士：原先預定請各位子計畫研究助理以 PowerPoint 格式簡報目前之工作進度，但因有多位研究助理有事請假，因此改以口頭報告目前之研究進度及成果。

王毓麒先生：子計畫一目前已完成預定之進度，包括設計雨量及豐化橋之設計流量，可提供子計畫二及子計畫三應用。

周建明先生：子計畫六已完成預定之進度，目前正進行報告之撰寫。

張毓庭先生：子計畫七目前已完成第一年之預定工作項目。

蘇明道教授：子計畫九目前已完成第一年度預定之工作進度。子計畫四及子計畫九初步災損估計之資料，係引用王如意教授「台北盆地及鹽水河流域示範區颱風災害危險度分析」之相關資料。目前比較缺乏工業及農業部分災損之相關資料，而台南科學工業園區局部地區災損採用面積計算之方式不是很合理。曾嘗試訪談台南科學工業園區內廠商，以推估淹水深度與損失之關係，但遭到廠商拒絕而無法進行資料蒐集。目前只能引用經濟部水利規劃試驗所有關南科部分之相關研究資料。

何興亞博士：子計畫五及子計畫十已完成預定之進度，擬於近日內將決策展示系統中所需用到各子計畫研究成果之格式發給各子計畫，並請配合於 8 月 20 日前按規定格式將研究成果傳回子計畫五及子計畫十彙整。

議題二：協調各子計畫合作配合事項。

謝龍生博士：請子計畫四與子計畫九討論第一年度之成果如何展示。

蘇明道教授：有關第一年度之成果展示，應視子計畫五及子計畫十之規劃而決定為靜態或動態展示。

何興亞博士：本整合型計畫之執行期間為三年，每年之成果展示應有所區別。第一年以個別模式建立及資料蒐集為主，第二年擬統一採用總降雨量或重現期之方式，第三年則擬採用動態整合。

謝龍生博士：整合型計畫第一年度之研究成果未包含水理演算之淹水潛勢資料，請子計畫四及子計畫九暫時以防災國家型科技計畫辦公室所公布之淹水潛勢資料為計算依據。第一年度災損資料展示以總降雨量 150、300、450 及 600mm 四種情況為主。請子計畫四及子計畫九於 8 月 20 日前將以上四種情況之災損計算結果彙整至子計畫五及子計畫十。

周建明先生：有數位研究助理詢問國科會報告之封面及內容格式是否更新。

何興亞博士：經向國科會查詢後，會將國科會報告之封面及內容格式相關資料寄至總計畫，再請總計畫通知各子計畫依最新格式撰寫報告。

謝龍生博士：會後數日內，子計畫五及子計畫十會將決策展示系統中所需各子計畫提供研究成果之資料及格式通知各子計畫，請於 8 月 20 日前按規定格式將研究成果傳送至子計畫五及子計畫十彙整。

謝龍生博士：多謝各位之參與。

### 三、臨時動議

無

### 四、散會

下午 13:20

[illegible]

執行期間：民國 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人：王如意 Ru-yih Wang  
研究助理：周建明 Chien-ming Chou  
研究助理：鄭思蘋 Suz-ping Cheng

- ☐赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐國際合作研究計畫國外研究報告書一份

中華民國 九十年 八月 三十一 日  
August 31, 2001



## 摘要

基隆河流域屬河谷地形，兩岸支流交錯，坡陡流促，其下游匯入台北盆地，地勢低窪，感潮情況甚為明顯。隨著近數十年來之經濟蓬勃發展，流域沿岸市鎮工商業鼎盛，人口快速集中，土地利用大幅改變，都市化開發影響水文效應相當彰顯。每年夏秋之際，颱風暴雨來襲，常洪流直瀉，一雨成災，對國計民生影響甚大。

本計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」目標導向整合型計畫之第六子計畫，擬以三年期間深入研析基隆河流域水文環境之歷年變化歷程，推求及修正河系沿岸逕流量，以提供子計畫七、八颱風發生淹水境況模擬之必要輸入條件與子計畫九、十洪災損失評估及決策支援展示系統所需之水文資訊。

本研究首先蒐集基隆河流域內雨量站及水文站歷年來之降雨及水文資料，查勘河系沿岸之地形地貌及支流分布，建立合適之氣象、水文、地文及土地利用、人口政經資料檔，從事降雨頻率分析，建立降雨強度—延時—頻率關係及合適雨型設計，並應用克利金法，評估站網設置。再利用地理資訊系統，將基隆河沿岸集水區劃分適宜個數之核胞，應用半空間分布並聯型水庫概念模式推求沿岸河段之逕流量。研究中亦採用瞬時單位歷線法探討水文參數與土地利用改變之關係，研析都市化演變對水文之效應。最後考慮不同防洪治理方案，評估及修正沿岸重要測站之設計流量，以提供基隆河防洪示範區水文規劃設計之應用。

關鍵詞：降雨分析、逕流模擬、站網設計、都市化演變、境況模擬、決策支援系統、水文規劃。

## ABSTRACT

The objectives of this research project are aimed to study the hydrological characteristics and set up adequate rainfall-runoff model for estimating the runoff discharges along Keelung River for the application of flood mitigation in the project area. Due to rugged valley in its topography, meandering river course, steep slope and complicated tributaries, Keelung River flows into low-lying plain of Taipei Basin. Following the rapid economic development and booming business in recent decades, many residents populated increasingly along banks of Keelung River, great change in land use and high degree of hydrological impact by the urban development can be significantly seen as a result. Severe flood and inundation damages caused by storm or typhoon hitting occur in Keelung River every year.

This research, the sixth subtopic of the objective-oriented and integrated project entitled, "Inundation Scenario Simulation and Decision Support System for Flood-Damage Mitigation in Pilot Areas," is accordingly proposed to study the hydrological environment, execute the detailed analysis for the deterministic rainfall-runoff process, set up the adequately hydrological models to simulate the flood behavior and finally adjust the design discharge for hydrological planning along Keelung River Basin. The results obtained in this study can provide No. 7 and 8 research projects of scenario simulation as the necessary input condition, also to No. 9 and 10 research projects of flood damage and decision support system as the essential information for application.

To begin with the research procedure, rainfall, flood records and the related data are proposed to collect, analyze and store in the appropriate data bank. Several field surveys to the project sites are expected to accomplish to understand the present status of watersheds along the banks of Keelung River. Frequency analyses of rainfall in Keelung River Basin are scheduled to finish, rainfall intensity-duration-frequency curves are drawn, and the adequate rainfall pattern can be formed. The adequacy of rainfall network is also investigated by Kriging approach. Furthermore, ARC/INFO analysis of Geographical Information System are applied for analysis the geomorphologic characteristics of river network and watershed topography of Keelung River Basin. Suitable cell structures of every tributary can thus be organized. Semi-spatial distributed with parallel typed reservoirs conceptual model is theoretically derived, model parameters are reasonably optimized, and the resulting flood hydrographs can be simulated for different design conditions. Moreover, the hydrological effects due to urban development along the project areas are analyzed as the functional relationship between the physical parameter and the land-use variation

by applying the concept of instantaneous unit hydrograph. Finally, by considering different layout conditions of flood-mitigation plans, the design discharge for the important locations along Keelung River can be modified for the hydrological planning of the pilot area.

**Keywords:** Rainfall analysis, Runoff simulation, Network design, Urban development, Scenario simulation, Decision support system, Hydrological planning.

# 目 錄

|                         |      |
|-------------------------|------|
| 摘要 .....                | I    |
| ABSTRACT .....          | II   |
| 目錄 .....                | IV   |
| 圖錄 .....                | VI   |
| 表錄 .....                | VIII |
| 第一章 緒論 .....            | 1    |
| 第二章 水文資料庫之建立 .....      | 3    |
| 一、抽水站與橋樑斷面 .....        | 3    |
| 二、人文、建設及統計資料 .....      | 4    |
| 第三章 降雨分析 .....          | 6    |
| 一、雨量資料之蒐集與研析 .....      | 6    |
| 二、不同延時之降雨頻率分析 .....     | 6    |
| 三、降雨強度—延時—頻率曲線之分析 ..... | 7    |
| 四、雨型設計 .....            | 9    |
| 第四章 降雨—逕流模式之研析 .....    | 10   |
| 一、基本原理 .....            | 10   |
| 二、模式建立 .....            | 12   |
| 三、資料蒐集及模式檢定 .....       | 19   |
| 第五章 站網評估 .....          | 26   |
| 一、區域化變數理論 .....         | 26   |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 二、雨量站網之規劃設計 .....         | 35 |
| 三、水文站網之規劃設計 .....         | 36 |
| 第六章 都市化演變對水文效應之影響探討 ..... | 37 |
| 一、資料之蒐集與整理 .....          | 37 |
| 二、瞬時單位歷線理論 .....          | 38 |
| 三、灰色系統理論 .....            | 45 |
| 第七章 設計洪水歷線之模擬 .....       | 51 |
| 第八章 結果與討論 .....           | 52 |
| 一、水文資料庫之建立 .....          | 52 |
| 二、降雨分析 .....              | 52 |
| 三、降雨－逕流模式之研析 .....        | 53 |
| 四、都市化演變對水文效應之影響探討 .....   | 54 |
| 五、設計洪水歷線之模擬 .....         | 55 |
| 第九章 結論與建議 .....           | 56 |
| 一、結論 .....                | 56 |
| 二、建議 .....                | 58 |
| 謝    誌 .....              | 59 |
| 參考文獻 .....                | 60 |
| 附    圖 .....              | 63 |
| 附    表 .....              | 97 |

## 圖 錄

|        |                                 |    |
|--------|---------------------------------|----|
| 圖 1-1  | 基隆河流域地形圖.....                   | 63 |
| 圖 2-1  | 淡水河流域抽水站分布圖.....                | 64 |
| 圖 2-2  | 淡水河流域橋樑分布圖.....                 | 65 |
| 圖 3-1  | 基隆河流域雨量及水文測點之布置圖.....           | 66 |
| 圖 4-1  | 輸入函數、轉換函數與輸出函數之關係圖.....         | 66 |
| 圖 4-2  | 線性水庫概念模式之示意圖.....               | 67 |
| 圖 4-3  | 集水區示意圖.....                     | 67 |
| 圖 4-4  | 模式結構示意圖.....                    | 68 |
| 圖 4-5  | 基隆河五堵上游集水區之核胞分區圖.....           | 68 |
| 圖 4-6  | 洗牌複演進法(SCE 法)尋求最佳參數值之演算流程圖..... | 69 |
| 圖 4-7  | 競爭複演算法(CCE 法)之演算流程圖.....        | 70 |
| 圖 6-1  | 單峰逕流歷線之基流分離圖.....               | 71 |
| 圖 6-2  | 複峰逕流歷線之基流分離圖.....               | 71 |
| 圖 7-1  | 基隆河流域(台北市中央、汐止、新店區)核胞分區圖.....   | 72 |
| 圖 8-1  | 火燒寮站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖.....      | 73 |
| 圖 8-2  | 瑞芳(2)站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖.....    | 73 |
| 圖 8-3  | 台北(1)站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖.....    | 74 |
| 圖 8-4  | 五堵站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖.....       | 74 |
| 圖 8-5  | 竹子湖(1)站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖.....   | 75 |
| 圖 8-6  | 基隆河流域降雨延時 24 小時之平均設計雨型圖.....    | 76 |
| 圖 8-7  | 五堵上游集水區之亞伯颱風逕流歷線檢定圖.....        | 78 |
| 圖 8-8  | 五堵上游集水區之亞力士颱風逕流歷線檢定圖.....       | 78 |
| 圖 8-9  | 五堵上游集水區之貝絲颱風逕流歷線檢定圖.....        | 79 |
| 圖 8-10 | 五堵上游集水區之道格颱風逕流歷線檢定圖.....        | 79 |
| 圖 8-11 | 五堵上游集水區之弗雷特颱風逕流歷線檢定圖.....       | 80 |
| 圖 8-12 | 五堵上游集水區之芙瑞達颱風逕流歷線檢定圖.....       | 80 |
| 圖 8-13 | 五堵上游集水區之葛拉絲颱風逕流歷線檢定圖.....       | 81 |
| 圖 8-14 | 五堵上游集水區之歐敏颱風逕流歷線檢定圖.....        | 81 |
| 圖 8-15 | 五堵上游集水區之尼爾森颱風逕流歷線檢定圖.....       | 82 |
| 圖 8-16 | 五堵上游集水區之諾瑞斯颱風逕流歷線檢定圖.....       | 82 |
| 圖 8-17 | 五堵上游集水區之歐菲莉颱風逕流歷線檢定圖.....       | 83 |
| 圖 8-18 | 五堵上游集水區之歐拉洪逕流歷線檢定圖.....         | 83 |
| 圖 8-19 | 五堵上游集水區之莎拉颱風逕流歷線檢定圖.....        | 84 |

|           |                                           |    |
|-----------|-------------------------------------------|----|
| 圖 8-20    | 五堵上游集水區之席斯颱風逕流歷線檢定圖 .....                 | 84 |
| 圖 8-21    | 五堵上游集水區之泰德颱風逕流歷線檢定圖 .....                 | 85 |
| 圖 8-22    | 五堵上游集水區之耐特颱風逕流歷線檢定圖 .....                 | 85 |
| 圖 8-23    | 五堵上游集水區之韋恩颱風逕流歷線檢定圖 .....                 | 86 |
| 圖 8-24    | 五堵上游集水區之暴雨颱風逕流歷線檢定圖 .....                 | 86 |
| 圖 8-25    | 五堵上游集水區之艾貝颱風逕流歷線檢定圖 .....                 | 87 |
| 圖 8-26    | 剖析各流路對集水區出口處之影響成分示意圖 .....                | 87 |
| 圖 8-27    | 五堵水文站上游瞬時單位歷線 $U_m$ 值隨時間變化圖 .....         | 88 |
| 圖 8-28    | 五堵上游集水區重現期距 1.1 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖 ..... | 89 |
| 圖 8-29    | 五堵上游集水區重現期距 2 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖 .....   | 89 |
| 圖 8-30    | 五堵上游集水區重現期距 5 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖 .....   | 90 |
| 圖 8-31    | 五堵上游集水區重現期距 10 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖 .....  | 90 |
| 圖 8-32    | 五堵上游集水區重現期距 25 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖 .....  | 91 |
| 圖 8-33    | 五堵上游集水區重現期距 50 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖 .....  | 91 |
| 圖 8-34    | 五堵上游集水區重現期距 100 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖 ..... | 92 |
| 圖 8-35    | 五堵上游集水區重現期距 200 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖 ..... | 92 |
| 圖 8-36    | 子計畫六與子計畫八之模擬銜接範圍圖 .....                   | 93 |
| 圖 6-37(a) | 象神颱風核胞 1~5 之模擬逕流歷線圖 .....                 | 94 |
| 圖 6-37(b) | 象神颱風核胞 6~10 之模擬逕流歷線圖 .....                | 94 |
| 圖 6-37(c) | 象神颱風核胞 11~15 之模擬逕流歷線圖 .....               | 95 |
| 圖 6-37(d) | 象神颱風核胞 16~20 之模擬逕流歷線圖 .....               | 95 |

## 表 錄

|        |                                    |     |
|--------|------------------------------------|-----|
| 表 2-1  | 基隆河沿岸抽水站布置.....                    | 97  |
| 表 2-2  | 橫跨基隆河系之主要橋樑.....                   | 98  |
| 表 2-3  | 台北縣平溪鄉土地利用歷年資料表.....               | 99  |
| 表 2-4  | 台北縣瑞芳鎮土地利用歷年資料表.....               | 100 |
| 表 2-5  | 台北縣汐止市土地利用歷年資料表.....               | 101 |
| 表 2-6  | 台北市松山區土地利用歷年資料表.....               | 102 |
| 表 2-7  | 台北市大同區土地利用歷年資料表.....               | 103 |
| 表 2-8  | 台北市中山區土地利用歷年資料表.....               | 104 |
| 表 2-9  | 台北市內湖區土地利用歷年資料表.....               | 105 |
| 表 2-10 | 台北市南港區土地利用歷年資料表.....               | 106 |
| 表 2-11 | 台北市士林區土地利用歷年資料表.....               | 107 |
| 表 2-12 | 台北市北投區土地利用歷年資料表.....               | 108 |
| 表 2-13 | 基隆市七堵區土地利用歷年資料表.....               | 109 |
| 表 2-14 | 基隆市暖暖區土地利用歷年資料表.....               | 110 |
| 表 2-15 | 台北縣人口密度歷年資料表.....                  | 111 |
| 表 2-16 | 台北縣人口密度歷年資料表(續).....               | 112 |
| 表 2-17 | 台北市人口密度歷年資料表.....                  | 113 |
| 表 2-18 | 基隆市(淡水河流域內)人口密度歷年資料表.....          | 114 |
| 表 2-19 | 基隆河流域歷年現有堤防、護岸及丁壩之長度表.....         | 115 |
| 表 2-20 | 基隆河流域水文測站狀況表.....                  | 116 |
| 表 3-1  | 降雨分析選定測站之基本資料表.....                | 116 |
| 表 4-1  | 基隆河五堵上游集水區之地文資料.....               | 117 |
| 表 4-2  | 基隆河五堵上游集水區之徐昇多邊形法控制面積.....         | 117 |
| 表 4-3  | 基隆河五堵上游集水區各核胞之徐昇多邊形控制面積加權值.....    | 117 |
| 表 4-4  | 降雨—逕流模擬所研析之颱風事件.....               | 118 |
| 表 5-1  | 月累積雨量之選用雨量測站基本資料表.....             | 119 |
| 表 5-2  | 颱風時雨量之選用雨量測站基本資料表.....             | 120 |
| 表 5-3  | 選用水文測站之基本資料表.....                  | 121 |
| 表 6-1  | 五堵水文站選取之颱風降雨事件表.....               | 122 |
| 表 6-2  | 基隆河五堵水文站上游集水區徐昇多邊形法之控制面積與權重值表..... | 122 |
| 表 7-1  | 台北中央區、汐止區各集水區核胞之地文資料.....          | 123 |
| 表 7-2  | 台北中央、汐止區各核胞之徐昇氏多邊形控制面積加權值.....     | 124 |



|        |                                               |     |
|--------|-----------------------------------------------|-----|
| 表 8-1  | 五堵站不同延時降雨量之頻率分析結果表.....                       | 125 |
| 表 8-2  | 台北(1)站不同延時降雨量之頻率分析結果表.....                    | 125 |
| 表 8-3  | 竹子湖(1)站不同延時降雨量之頻率分析結果表.....                   | 126 |
| 表 8-4  | 瑞芳(2)站不同延時降雨量之頻率分析結果表.....                    | 126 |
| 表 8-5  | 火燒寮站不同延時降雨量之頻率分析結果表.....                      | 127 |
| 表 8-6  | 1.1 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表.....    | 127 |
| 表 8-7  | 2 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表.....      | 127 |
| 表 8-8  | 5 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表.....      | 128 |
| 表 8-9  | 10 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表.....     | 128 |
| 表 8-10 | 25 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表.....     | 128 |
| 表 8-11 | 50 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表.....     | 128 |
| 表 8-12 | 100 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表.....    | 129 |
| 表 8-13 | 200 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表.....    | 129 |
| 表 8-14 | 不同重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之評判標準值....       | 129 |
| 表 8-15 | 不同重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之評判標準值(續)..      | 129 |
| 表 8-16 | 基隆河流域各雨量站平均之暴雨前進係數 $F$ 值表.....                | 130 |
| 表 8-17 | 基隆河流域高度平衡多邊形控制面積表.....                        | 130 |
| 表 8-18 | 基隆河五堵上游集水區之模式檢定結果.....                        | 130 |
| 表 8-19 | 基隆河五堵上游集水區之模式檢定參數.....                        | 131 |
| 表 8-20 | 半分布並聯型線性水庫模式之參數建議值.....                       | 132 |
| 表 8-21 | 月累積雨量既有站網重覆法結果表.....                          | 133 |
| 表 8-22 | 颱風時雨量既有站網重覆法結果表.....                          | 134 |
| 表 8-23 | 台北市地區長期降雨影響擬建議增設測站之學校基本資料表.....               | 135 |
| 表 8-24 | 台北市地區短期降雨影響擬建議增設測站之學校基本資料表.....               | 136 |
| 表 8-25 | 台北縣地區長期降雨影響擬建議增設測站之學校基本資料表.....               | 137 |
| 表 8-26 | 台北縣地區短期降雨影響擬建議增設測站之學校基本資料.....                | 137 |
| 表 8-27 | 以最大瞬時流量資料之選用測站站網重覆法結果表.....                   | 138 |
| 表 8-28 | 以日最大平均流量資料之選用測站站網重覆法結果表.....                  | 138 |
| 表 8-29 | 建議增設水文測站之順序表.....                             | 139 |
| 表 8-30 | 五堵水文站颱風事件那徐模式之參數表.....                        | 139 |
| 表 8-31 | 五堵水文站上游灰色動態分析 GM(1,3)之行為因素與作用因素表.....         | 140 |
| 表 8-32 | 五堵水文站上游之灰色動態分析 GM(1,3)之參數 $N$ 與參數 $K$ 驗證結果表.. | 141 |
| 表 8-33 | 五堵水文站上游瞬時單位歷線之 $U_m$ 值隨時間變化表.....             | 142 |
| 表 8-34 | 不同重現期距下基隆河流域所模擬之設計洪峰量值表.....                  | 143 |
| 表 8-35 | 淡水河流域主支流各控制點於不同重現期距下之最大洪峰流量.....              | 144 |

# 第一章 緒論

基隆河流域為台灣北部淡水河系中三大支流之一，發源於台北縣平溪鄉石尾林西邊標高 519 公尺之菁桐山，西鄰景美溪，南接坪林溪，各支流匯集後朝向東北流至瑞芳再向西折，沿路流經四腳亭、暖暖、八堵、五堵、汐止、南港、士林、北投，於社子關渡蜿蜒匯入淡水河。主流長為 86 公里，流域面積為 501 平方公里，地形圖如圖 1-1 所示。其主要支流自上而下有東勢格溪、平溪、東勢坑溪、暖暖溪、大武崙溪、拔西猴溪、瑪陵坑溪、鹿寮溪、保長坑溪、康誥坑溪、北港溪、叭噠溪、大坑溪、外雙溪及貴子坑溪等。基隆河所流經之行政區包括台北縣之平溪、瑞芳、汐止、基隆市之七堵、暖暖及台北市之南港、松山、內湖、中山、大同、士林及北投，共達十二個鄉鎮區，流域人口為 210 多萬人，其中台北市佔 83.2%，台北縣佔 8.3%，基隆市佔 8.5%。

基隆河流域之下游流入台北盆地之東北角，由於盆地內地勢低窪，基隆河自汐止河段以下，感潮情況甚為明顯，但自五堵上游地勢漸入丘陵坡地，兩岸支流錯綜複雜，坡陡流短，每到夏秋之際，暴雨颱風來襲，挾帶大量雨水，洪流渲洩不及，屢次造成重大災害。

基隆河流域內近二、三十年來因河川兩岸土地過度開發利用，導致逕流增加、河道淤積，沿河岸高樓林立，到處呈現與水爭地之現象，造成低窪地區常遭洪水氾濫成災。例如民國 76 年 10 月 24 日琳恩颱風侵襲五堵、汐止、南港、松山一帶，到處汪洋，災情慘重。民國 87 年 10 月下旬瑞伯、芭比斯兩次颱風來襲，汐止地區十天內淹水三次，造成汐止人口稠密市區 23 個里，760 公頃地區淹水，受災居民達一萬戶，萬戶停電，五堵火車站甚至淹水至車站屋頂，造成重大之經濟及社會損失。又民國 89 年 11 月 1 日象神颱風更造成基隆、瑞芳、汐止、內湖、木柵各處土石流及廣大之淹水災情，死亡 64 人、受傷 65 人、失蹤 25 人，農漁業及民生物資損失難以估計，災情空前慘重。

經濟部於瑞伯及芭比斯颱風災後積極推動基隆河之治理工作，決定結合政府相關機關與學術研究單位，研擬基隆河治理工程初期實施計畫，成立基隆河治理推動小組，定時檢討基隆河各項防洪工程現況與規劃方案，並指出非工程防洪措施亦屬基隆河防洪工作之重點，擬於流域內擴充水文觀測設備，建立洪水預報及淹水預警系統，以水文演算方式預先演算河川逕流量，並配合警戒水位等水理及地文因子建立預警系統，以加強防洪工程之功能。

本整合型計畫結合國立台灣大學及成功大學兩校具有水利工程領域專長之教授專家，基於過去多年從事淡水河、曾文溪、八掌溪、台北都會區洪水預報及淹水預測之研究，達成通力合作、圓滿完成任務之經驗，再次提出「防洪示範區

淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型計畫，配合國科會永續會在氣象方面之颱風暴雨預測方法之研究及經濟部水利處之淡水河洪水預報系統更新作業，整合相關成果，提出應變措施。預計以三年期間完成建立鹽水溪與基隆河兩流域之洪災防護基本資料庫，並配合流域之現況整治工程、排水系統改善工程與水文氣象監測系統，應用降雨、逕流與水理等模式，串聯研析流域因不同颱風降雨事件所導致之淹水災害境況模擬，進而研擬出減災應變措施及洪災損失評估模式，最後再將上述示範流域之洪災防護基本資料庫、不同模式之境況模擬分析成果與應變措施，結合建立一套完整之颱風災害決策支援與展示系統，期以非工程之預警方法，減少水患之損失。

防洪示範區淹水境況模擬與決策支援展示系統之研究，依其資料蒐集、降雨、逕流、洪泛模擬、災損模式評估、應變對策研擬及決策展示等分析流程，本整合型計畫擬定出降雨及逕流模式、地表淹水境況模擬、洪災防護基本資料庫建立、災害損失評估模式與決策支援展示系統等部分之研究，各部分間具有先後因果關係，而彼此間之連接十分緊密，可掌握洪災動態情況及適時提出應變措施。

由於降雨模擬之進行，需借助洪災防護基本資料庫中水文氣象監測傳輸系統，以提供集水區颱風事件之動態訊息；而降雨資料又為逕流模式之輸入資料，逕流資料亦是地表淹水境況模擬不可或缺之邊界條件，進一步再將地表淹水境況模擬之結果提供災害損失評估模式模擬，最後彙整上述各模式之分析成果，建立一套決策支援展示系統，進而研擬及提出颱風事件之應變措施。

本研究計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援展示系統之研究」之第六子計畫，擬客觀合理研析基隆河流域氣象、水文、地文、人文特性及最近三十年水文環境之變遷歷程，據以推估沿岸逕流量，以供水理演算及淹水境況模擬之應用。

本計畫擬以三年期間，廣泛蒐集並研析基隆河歷年來之氣象、水文、地文及人文資料，建立水文環境資料庫，從事基隆河流域氣象站、雨量站、水位站、抽水站之站網評估，研析降雨頻率、強度—延時—頻率及合適雨型設計等。建立適宜之水文模式，探討集水區內降雨—逕流之定率/序率關係，研析都市化演變對水文之效應，不同水利建置方案（如員山子分洪、中山橋拆除與否、沿岸支流整治及抽水站增設）條件下對水文環境之影響程度及推估不同降雨狀況下沿岸之設計流量。

## 第二章 水文資料庫之建立

為進行「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型目標導向計畫，本子計畫屬於水文資訊之先驅研究，為優先且重要之工作項目。本計畫擬廣泛蒐集基隆河流域內氣象測候站、雨量站、水位站、抽水站、橋樑、水門、雷達站、人口、土地利用、工商業普查及歷年洪災損失等資料，加以建檔、研析，並建立資料庫，檢討基隆河河系演變、基隆河下游段截彎取直、八堵—汐止段治標計畫，過去、現況及未來之地貌、河道及沿岸水文環境之變化等。

基隆河流域於南港南湖大橋上游屬於河谷地形，兩岸支流繁多，錯綜複雜，流短坡陡，一旦暴雨發生，洪流一瀉而下，直達低窪都會區。本研究擬從事基隆河沿岸集水區之現地勘測、調查，從事地形分析及集水區地文特性之研析。

一般於水資源規劃設計之程序中，常需憑藉足夠年數且具有空間與時間分布特性之地文及氣象水文資料；惟近年來社會、經濟之快速變遷，都市化效應影響水文研析之精度日形顯著，使得土地利用及人口變化等人文資料亦須一併加以考慮。由於所需研析之資料不論於數量上或分類上均相當龐雜，傳統之資料分析與配合地圖使用之方法已無法快速獲得並滿足所需之資訊。因此，如何建立一水文資料庫之地理資訊系統以供水資源規劃上之應用，實屬急務。

本研究蒐集基隆河流域雨量站及水文站歷年來之雨量、水位及流量紀錄，尤其在颱風及暴雨時之降雨組體圖及洪水歷線，分析其設計特性。研究中亦將分析河系內各集水區之面積、河川長度、平均高程、平均坡度、形狀係數等地文因子與沿岸土地利用、人口遷移、抽水設施及行政區分等人文資料，應用地理資訊系統之分析、建檔及展示功能，建立水文資料庫，以供水資源規劃之運用。

本計畫執行時，在資料蒐集上發現多處機構所具有之資料多偏重於水文或地文資料庫之建立，而有關人文、建設及統計數據資料庫之內容頗為匱乏。本計畫擬將針對能代表都市化變遷年代效應或是對水文水理現象造成影響之各種資料廣泛蒐集，以作為屬性資料庫建立之基礎。迄今為止，本計畫已蒐集之資料包括如下諸重要項目：

### 一、抽水站與橋樑斷面：[10,13]

由於洪氾災害年甚一年，隨之防洪設施亦不斷興建，尤其是近幾年於基隆河流域內興建多座抽水站，以利洪水來臨時，能將堤內水量迅速有效地排入堤外河道中；此外，為謀求交通之改善，多處河道斷面均有橋樑興建，其橋墩所造成之阻水效應將導致水位之提高及流速之變緩。本計畫茲蒐集下列基隆河流域內之抽水站及橋樑資料並加以建檔。

1.抽水站：於基隆河流域內目前蒐集到共計 33 座抽水站。各站所含資料包括抽水站名稱、所屬區域、隸屬流域、設施日期、總抽水量、台數及總馬力等，共計總抽水量 1058.29 CMS，如表 2-1 所示。淡水河流域抽水站分布圖如圖 2-1 所示。

2.橋樑資料：本計畫擬蒐集於基隆河流域內橫跨基隆河系各橋樑之斷面資料，目前已蒐集到 11 座橋樑，其斷面資料含橋名、所經流域、所屬行政區、長度、寬度及孔數等數據以利河道模擬時應用，如表 2-2 所示。淡水河流域橋樑分布圖如圖 2-2 所示。

## 二、人文、建設及統計資料

基隆河流域為台灣北部淡水河系中三大支流之一，發源於台北縣平溪鄉石尾林西邊標高 519 公尺之菁桐山，西鄰景美溪，南接坪林溪，各支流匯集後朝向東北流至瑞芳再向西折，沿路流經四腳亭、暖暖、八堵、五堵、汐止、南港、士林、北投，於社子關渡蜿蜒匯入淡水河。主流長為 86 公里，流域面積為 501 平方公里。其主要支流自上而下有東勢格溪、平溪、東勢坑溪、暖暖溪、大武崙溪、拔西猴溪、瑪陵坑溪、鹿寮溪、保長坑溪、康誥坑溪、北港溪、叭噠溪、大坑溪、外雙溪及貴子坑溪等。基隆河所流經之行政區包括台北縣之平溪、瑞芳、汐止、基隆市之七堵、暖暖及台北市之南港、松山、內湖、中山、大同、士林及北投，共達十二個鄉鎮區，流域人口為 210 多萬人，其中台北市佔 83.2%，台北縣佔 8.3%，基隆市佔 8.5%。

配合都市開發下對水文效應影響之推估，需參考土地利用之概況、人口之變遷、城鄉之建設及其他台北地區數十年來演變所有之相關資料，以利深入探討基隆河系沿岸集水區可能增加之流量以及對現況堤防布置方案所造成之效應。故本計畫乃廣泛蒐集相關統計數據及參考諸如各行政區域之人口概況、各區土地人口數及各區人口消長、環境保護情況等各種統計表等文獻。本年度已完成建檔者計有：

1.基隆河流域內台北縣平溪、瑞芳、汐止(如表 2-3~表 2-5 所示)歷年之耕地、養魚池、池沼、礦泉地、山林、牧場、建物基地、雜種地、寺廟用地、墳墓地、鐵道用地、公園地、道路、鐵道路線、灌溉水路、溝渠、溜池、原野與堤防用地等。資料取自民國 50-85 年台北縣統計要覽。

2.基隆河流域內台北市南港、松山、內湖、中山、大同、士林及北投(如表 2-6~表 2-12 所示)歷年之耕地、養魚池、池沼、礦泉地、山林、牧場、建物基地、雜種地、寺廟用地、墳墓地、鐵道用地、公園地、道路、鐵道路線、灌溉水路、溝渠、溜池、原野與堤防用地等。資料取自民國 51-85 年

台北市統計要覽。

- 3.基隆河流域內基隆市七堵、暖暖(如表 2-13~表 2-14 所示)歷年之耕地、養魚池、池沼、礦泉地、山林、牧場、建物基地、雜種地、寺廟用地、墳墓地、鐵道用地、公園地、道路、鐵道路線、灌溉水路、溝渠、溜池、原野、堤防用地與未登錄地等。資料取自民國 51-85 年基隆市統計要覽。
- 4.基隆河流域內台北縣與台北市歷年之人口數、人口密度統計數據(如表 2-15~表 2-17 所示)。資料取自民國 50-85 年台北縣統計要覽及 51-85 年台北市統計要覽。
- 5.基隆河流域內基隆市歷年之人口數、人口密度統計數據(如表 2-18 所示)。資料取自民國 51-85 年基隆市統計要覽及 51-85 年桃園縣統計要覽。
- 6.基隆河流域歷年現有堤防、護岸之長度及丁壩之座數(如表 2-19 所示)。資料取自民國 50-85 年台灣省建設統計年鑑及台北市統計要覽。
- 7.已完成基隆河流域水文測站狀況之資料建檔，如表 2-20 所示。

### 第三章 降雨分析

暴雨為一種強度劇烈、延時急驟且具災害性之降雨型態，時常釀成一地區重大之洪澇損失，因此無論對其雨量分布、深度、強度或延時，均為從事水利工程規劃與設計時所需具備之重要資料，且此項資料尤需配合機率之考量，方能符合規劃設計之要求。

本研究首先蒐集基隆河流域內經濟部水利處所轄屬各雨量測站歷年來年最大值選用法所得之降雨資料，應用對數皮爾遜第三類分布，從事各延時之降雨頻率分析。最後，應用臺灣地區較常用之 Horner 三參數型降雨強度—延時—頻率曲線公式，以推求臺北地區之降雨強度—延時—頻率之關係，並繪製不同重現期距與不同降雨延時所組合之等雨量線圖，推求研究地區之設計雨量，以提供台北都會郊區各項水利工程建設之參考應用。

#### 一、資料之蒐集與整理

本研究所選用之雨量測站計有水利處淡水河洪水預報中心所屬五堵、台北、竹子湖、瑞芳及火燒寮等五站。圖 3-1 為基隆河流域雨量及水文測點之布置圖，基本資料，乃如表 3-1 所示。由歷年來年最大值選用法所求得雨量資料，依 10、20、30、40、60、120、180、240、360、480、600、720、1080、1440、2880、4320 分鐘等不同延時加以整理。

#### 二、不同延時之降雨頻率分析

本研究中不同延時之降雨頻率分析，係採用對數皮爾遜第三類分布以分析並求取不同延時及不同重現期距所對應之降雨量。其分析步驟如下所述[26]：

1. 將某一延時之降雨量序列取以 10 為底之對數值  $R_i$ 。
2. 求取對數後之降雨量均數  $\bar{R}$  及標準偏差  $S_r$ 。
3. 計算取對數後降雨量分布之偏度係數  $C_s$ ，如式(3-1)所示。

$$C_s = \frac{N \sum (R_i - \bar{R})^3}{(N-1)(N-2)S_r^3} \dots\dots\dots (3-1)$$

式中， $N$ ：資料個數。

4.對數皮爾遜第三類分布之頻率方程式可表示如下：

$$\log R_T = \bar{R} + K_T S_r \dots\dots\dots(3-2)$$

式中， $R_T$ ：重現期距為  $T$  年之降雨量；

$K_T$ ：頻率因子，其與不同偏度係數  $C_s$  及重現期距  $T$  之組合，可由查表得知。

5.分別選取重現期距  $T$  為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年，計算出對應之降雨量  $R_T$ 。

6.反覆步驟 1 至 5，直至所有測站不同降雨延時均處理完畢為止。

### 三、降雨強度－延時－頻率曲線公式之參數推求

本研究係採用臺灣地區最常被引用之 Horner 三參數型公式，如下式所示：

$$i = \frac{a}{(t+d)^n} \dots\dots\dots(3-3)$$

式中， $i$ ：降雨強度，mm/hr；

$t$ ：降雨延時，min；

$a$ 、 $d$ 、 $n$ ：待定係數。

其推求步驟如下所述[12]：

1.將測站某重現期距  $T$  各延時  $t_j$  之降雨量  $R_j$  轉換成降雨強度  $i_j$ ，如式(3-4)所示。

$$i_j = R_j \times \frac{60}{t_j} \dots\dots\dots(3-4)$$

2.假設一  $d$  值，並計算  $\log(t_j + d)$  及  $\log i_j$  之值。

3.利用 Horner 公式改寫成如式(3-5)所示。

$$\log i = \log a - n \log(t + d) \dots\dots\dots(3-5)$$



4.以最小二乘法，計算 $\log a$ 及 $n$ 值。

5.將 $a$ 、 $n$ 及 $d$ 代入 Horner 三參數型公式中重新計算得 $\hat{i}_j$ 。

6.計算相對誤差 ER，如下式所示。

$$ER = \sqrt{\frac{\sum \left( \frac{\hat{i}_j - i_j}{i_j} \right)^2}{N-1}} \dots\dots\dots (3-6)$$

7.重覆步驟 2 至 6，以試誤法求取最小相對誤差 ER 值之 $d$ 值及相對應之 $a$ 與 $n$ 值。

8.重覆步驟 1 至 7，直至所有測站不同重現期距之降雨強度—延時—頻率曲線公式均求得為止。

為給予所推求降雨強度—延時—頻率曲線公式合適性之客觀評鑑，本研究以標準估計誤差(standard error of estimate)及平均誤差(mean error)為評判標準[12]，茲簡述如下：

1. 標準估計誤差(SEE)

$$SEE = \left( \frac{1}{v} \sum_{j=1}^N (i_j - \hat{i}_j)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (3-7)$$

式中， $v$ ：自由度， $v = N - p - 1$ ；

$N$ ：資料個數；

$p$ ：參數個數；

$i_j$ ：觀測值；

$\hat{i}_j$ ：推估值。

當 SEE 值愈小時，表示公式推估值之總方差愈小，愈具代表性。

2. 平均誤差(ME)

$$ME = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (i_j - \hat{i}_j) \dots\dots\dots (3-8)$$

式中， $N$ ：資料個數；

$i_j$ ：觀測值；

$\hat{i}_j$ ：推估值。

當  $ME$  值接近於零時，則觀測值對稱分佈於曲線上、下。若  $ME > 0$ ，表示推估值普遍偏低；而  $ME < 0$ ，則表示推估值偏高。

#### 四、雨型設計

雨型為降雨—逕流關係中洪水歷線模擬之輸入，故以降雨—逕流模式模擬洪水歷線時，需有雨量組體圖(rainfall hyetograph)作為模式之輸入，始能進行。然而於實際降雨記錄中，每次雨型皆不盡相同；因此，在從事雨型設計時，如何決定一設計雨型，以代表該區域之一般降雨特性，實為一重要課題。

根據經濟部水資源局委託台灣大學農工研究所針對大台北整體防洪檢討之研究結果[7,8,9]，可得知以交替區塊法所設計之雨型較適用於淡水河流域，因此本研究所探討之設計雨型方法，乃以交替區塊法為主。此方法係由周文德教授所發展之設計雨型方法[29]，其主要設計步驟如下：

1. 由雨量站歷年之逐時雨量記錄資料，找出每年最大降雨量之暴雨場次，並求其延時  $T_d$ 、尖峰降雨前時間( time before the peak )  $t_a$ ，計算暴雨前進係數( storm advancement coefficient )  $r = t_a / T_d$ ，並求年平均之暴雨前進係數  $\bar{r}$ 。
2. 由降雨強度—延時—頻率曲線(IDF)，可求得各時刻之平均降雨強度及累積降雨量，再推求各時間增量所對應之降雨增量，即為該時刻之降雨強度。將各時刻之降雨量  $p_i$  除以總降雨量  $P$ ，可得  $n$  個比值  $w_i = p_i / P$ 。
3. 將  $w_i$  由大而小重新排序。由延時  $n$  小時乘以平均之  $\bar{r}$  值，可計算出第 1 平均順位  $\bar{z}_1$  所落之區間位置，另將第 2 順位  $\bar{z}_2$  排在第 1 順位  $\bar{z}_1$  之左邊，第 3 順位  $\bar{z}_3$  排在第 1 順位  $\bar{z}_1$  之右邊，依此類推，當一邊已排滿時，將剩餘之順位由大而小排在未滿之另一邊，即可求出設計雨型之時間分布，將此時間分布乘以由降雨強度—延時—頻率曲線(IDF)所得之累積降雨量，可求得該站重現期距為  $T$  年、降雨延時為  $N$  小時之設計雨型。

## 第四章 降雨—逕流模式之研析

基隆河流域之下游流入台北盆地之東北角，由於盆地內地勢低窪，基隆河自汐止河段以下，感潮情況甚為明顯；但自五堵上游地勢漸入丘陵坡地，兩岸支流錯綜複雜，坡陡流短。每到夏秋之際，暴雨颱風來襲，挾帶大量雨水，洪流渲洩不及，屢次造成重大災害。

基隆河流域內近二、三十年來因河川兩岸土地過度開發利用，導致逕流增加、河道淤積，沿河岸高樓林立，到處呈現與水爭地之現象，造成低窪地區常遭洪水氾濫成災。例如民國 76 年 10 月 24 日琳恩颱風侵襲五堵、汐止、南港、松山一帶，到處汪洋，災情慘重。民國 87 年 10 月下旬瑞伯、芭比斯兩次颱風來襲，汐止地區十天內淹水三次，造成汐止人口稠密市區 23 個里，760 公頃地區淹水，受災居民達一萬戶，萬戶停電，五堵火車站甚至淹水至車站屋頂，造成重大之經濟及社會損失。又民國 89 年 11 月 1 日象神颱風更造成基隆、瑞芳、汐止、內湖、木柵各處土石流及廣大之淹水災情，死亡 64 人、受傷 65 人、失蹤 25 人，農漁業及民生物資損失難以估計，災情空前慘重。

因此，本章乃針對基隆河流域內降雨—逕流過程，研擬適用之水文模式，以瞭解集水區發生暴雨時沿岸漫地流流動之特性，且為考慮研究區域內河道蜿蜒、地形複雜與高度空間之變異性，茲提出半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式以為研擬之水文模式。

### 一、基本原理

在降雨—逕流歷程中，常將集水區視為一系統，降雨是此系統之輸入函數，逕流是降雨在系統內部綜合運作之輸出結果，其三者之關係可以如下式及圖 4-1 所示[1]：

$$Y(t) = H(t)X(t) \dots\dots\dots(4-1)$$

式中， $Y(t)$  為系統之輸出函數； $X(t)$  為系統之輸入函數； $H(t)$  為系統之狀態轉移函數。

系統之輸入、輸出可以藉由精密之儀器觀測而得知，所以系統之狀態轉移函

數才是研究降雨—逕流歷程之重心所在，因此根據周氏[29]之研究，集水區之降雨—逕流歷程可以如下關係式表示：

$$\begin{aligned} & a_n \frac{d^n Q}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} Q}{dt^{n-1}} + \cdots + a_1 \frac{dQ}{dt} + Q \\ & = I - b_1 \frac{dI}{dt} - b_2 \frac{d^2 I}{dt^2} - \cdots - b_{m-1} \frac{d^{m-1} I}{dt^{m-1}} - b_m \frac{d^m I}{dt^m} \dots\dots\dots(4-2) \end{aligned}$$

式中， $Q$ 為逕流函數； $I$ 為降雨函數； $a_1, a_2, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_m$ 為係數。

將(4-2)式兩邊取拉普拉斯轉換(Laplace transform)，可得到如下結果：

$$\begin{aligned} & (a_n^* s^n + a_{n-1}^* s^{n-1} + \cdots + 1)Q(s) \\ & = (1 - b_1^* s - b_2^* s^2 - \cdots - b_{m-1}^* s^{m-1} - b_m^* s^m)I(s) \dots\dots\dots(4-3) \end{aligned}$$

式中， $Q(s)$ 為 $Q(t)$ 轉換後之拉普拉斯函數； $I(s)$ 為 $I(t)$ 轉換後之拉普拉斯函數； $a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*, b_1^*, b_2^*, \dots, b_m^*$ 為係數。

將上式簡化整理可得如下式所示：

$$Q(s) = \frac{M(s)}{N(s)} I(s) \dots\dots\dots(4-4)$$

式中， $M(s) = 1 - b_1^* s - b_2^* s^2 - \cdots - b_{m-1}^* s^{m-1} - b_m^* s^m$

$$N(s) = a_n^* s^n + a_{n-1}^* s^{n-1} + \cdots + a_1^* s + 1$$

假設有效降雨量延時收縮至無窮小，此時之單位歷線亦稱為瞬時單位歷線(Instantaneous Unit Hydrograph, IUH)，可以 $U(0, t)$ 表示之。則有效降雨函數 $I(t)$ ，逕流函數 $Q(t)$ 與瞬時單位歷線 $U(0, t)$ 之關係可如下式所示：

$$Q(t) = \int_0^t I(\tau) U(0, t - \tau) d\tau \dots\dots\dots(4-5)$$

上式右端稱為褶合積分(convolution integral)， $\tau$ 為此類積分之啞默變數

(dummy variable),  $U(0, t - \tau)$  為核心函數(kernel function),  $I(\tau)$  為輸入函數(input function)。若將(4-5)式兩邊取拉普拉斯轉換, 則可得如下:

$$Q(s) = U(s)I(s) \dots\dots\dots(4-6)$$

比較(4-4)及(4-6)兩式, 即可得:

$$U(s) = \frac{M(s)}{N(s)} \dots\dots\dots(4-7)$$

上式之含意即表示集水區之系統轉換函數即是瞬時單位歷線。

根據 1957 年 Nash[25]之研究結果指出, 一個集水區可視為  $n$  個線性水庫所串聯, 每一個線性水庫具有相當之蓄水常數  $K$ , 其模式結構示意圖如圖 4-2 所示。若第一個水庫瞬間降下一單位之有效雨量, 則第  $n$  個水庫之逕流歷線即為線性水庫模式之瞬時單位歷線, 其表示式如下:

$$U(t) = q_n(t) = \frac{1}{K\Gamma(n)} \left(\frac{t}{K}\right)^{n-1} e^{-\frac{t}{K}} \dots\dots\dots(4-8)$$

倘若每個水庫之蓄水常數不相等, 則其第  $n$  個線性水庫之出流歷線之通式可表示如下[6]:

$$U_n(t) = q_n(t) = \int_0^t U_{n-1}(\tau) \frac{1}{K_n} e^{-\frac{(t-\tau)}{K_n}} d\tau$$

$$= \begin{cases} \frac{1}{K_1} e^{-\frac{t}{K_1}}, N=1 \\ \sum_{i=1}^N \frac{K_i^{N-2}}{\prod_{j=1, j \neq i}^N (K_i - K_j)} e^{-\frac{t}{K_i}}, N \geq 2 \end{cases} \dots\dots\dots(4-9)$$

## 二、模式建立

為了便於模式之建立，本研究乃將集水區劃分成數個不同之核胞(cell)，其劃分原則與方法敘述如下：

1. 以研析集水區二萬五千分之一比例尺地形圖經等高線判讀出集水區分水嶺。
2. 將流域邊界圖套疊河川網路圖，並視流域內主、支流匯流點為一個節點，每兩個節點間即為一獨立河段，再由地形圖之等高線判讀即可劃分屬於該河道之集流區域。
3. 將各河段之集流區域以實際河川網路走向與相同土地利用型態再予以合併，合併時應考慮模式之需要，例如驗證流量站之位置應與核胞出口處之位置一致。
4. 每一流路之核胞串聯數目不宜過多，以免模式模擬時間過長。

假設一單位之有效降雨量瞬間均勻地落在集水區上，則其降雨在集水區中遵循多條流路流達出口處。為便於模式之闡釋，茲以如圖 4-3 所示之集水區為例予以說明，其降雨落於各核胞上流至集水區出口處之流路有以下數條途徑[27,28]：

$$\text{流路1: } O_{11} \rightarrow S_{11} \rightarrow S_{13} \rightarrow S_{15}$$

$$\text{流路2: } O_{22} \rightarrow S_{22} \rightarrow S_{23} \rightarrow S_{25}$$

$$\text{流路3: } O_{33} \rightarrow S_{33} \rightarrow S_{35}$$

$$\text{流路4: } O_{44} \rightarrow S_{44} \rightarrow S_{45}$$

$$\text{流路5: } O_{55} \rightarrow S_{55}$$

以上  $O_{nm}$  表示流路  $n$  第  $m$  個核胞之漫地流； $S_{nm}$  代表流路  $n$  第  $m$  個核胞之河渠流。

模式中可將每一流路中之各核胞之漫地流與河渠流視為不同之狀態(state)；且將每一流路比擬為由數個不同狀態所串聯而成，而每一狀態則係利用一線性水庫予以比擬。因此，每一流路之反應是由數個不同線性水庫串聯之結果，而該集水區出口處之反應乃是由所有流路之反應並聯線性所疊加而成。對圖 4-3 之集水

區，其模式結構示意圖如圖 4-4 所示。

針對流路 1 而言，其係由 4 個不同狀態所組成，即第 1 個核胞之漫地流，第 1 個核胞之河渠流，第 3 個核胞之河渠流與第 5 個核胞之河渠流等 4 個。根據上述原則，流路 1 可視為是由 4 個不同之線性水庫串聯而成，而每一線性水庫可用一蓄水常數予以模擬，因此根據前面基本原理所述，則在第 4 個線性水庫出口處之瞬時單位歷線可如下所示：

$$\begin{aligned}
 U_1(t) = & \frac{K_{O_{11}}^2}{(K_{O_{11}} - K_{S_{11}})(K_{O_{11}} - K_{S_{13}})(K_{O_{11}} - K_{S_{15}})} e^{-\frac{t}{K_{O_{11}}}} \\
 & + \frac{K_{S_{11}}^2}{(K_{S_{11}} - K_{O_{11}})(K_{S_{11}} - K_{S_{13}})(K_{S_{11}} - K_{S_{15}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{11}}}} \\
 & + \frac{K_{S_{13}}^2}{(K_{S_{13}} - K_{O_{11}})(K_{S_{13}} - K_{S_{11}})(K_{S_{13}} - K_{S_{15}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{13}}}} \\
 & + \frac{K_{S_{15}}^2}{(K_{S_{15}} - K_{O_{11}})(K_{S_{15}} - K_{S_{11}})(K_{S_{15}} - K_{S_{13}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{15}}}} \dots\dots\dots(4-10)
 \end{aligned}$$

式中， $U_i(t)$  為流路  $i$  在集水區出口處之瞬時單位歷線； $K_{S_j}$  為流路  $i$  第  $j$  個核胞之渠道蓄水常數； $K_{O_j}$  為流路  $i$  第  $j$  個核胞之漫地流蓄水常數。

同理，流路 2 對出口處之出流瞬時單位歷線可得如下：

$$\begin{aligned}
 U_2(t) = & \frac{K_{O_{22}}^2}{(K_{O_{22}} - K_{S_{22}})(K_{O_{22}} - K_{S_{23}})(K_{O_{22}} - K_{S_{25}})} e^{-\frac{t}{K_{O_{22}}}} \\
 & + \frac{K_{S_{22}}^2}{(K_{S_{22}} - K_{O_{22}})(K_{S_{22}} - K_{S_{23}})(K_{S_{22}} - K_{S_{25}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{22}}}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{K_{S_{23}}^2}{(K_{S_{23}} - K_{O_{23}})(K_{S_{23}} - K_{S_{22}})(K_{S_{23}} - K_{S_{25}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{23}}}} \\
& + \frac{K_{S_{25}}^2}{(K_{S_{25}} - K_{O_{25}})(K_{S_{25}} - K_{S_{22}})(K_{S_{25}} - K_{S_{23}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{25}}}} \dots\dots\dots(4-11)
\end{aligned}$$

流路 3 對出口處之出流瞬時單位歷線可得如下：

$$\begin{aligned}
U_3(t) &= \frac{K_{O_{33}}}{(K_{O_{33}} - K_{S_{33}})(K_{O_{33}} - K_{S_{35}})} e^{-\frac{t}{K_{O_{33}}}} \\
& + \frac{K_{S_{33}}}{(K_{S_{33}} - K_{O_{33}})(K_{S_{33}} - K_{S_{35}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{33}}}} \\
& + \frac{K_{S_{35}}}{(K_{S_{35}} - K_{O_{35}})(K_{S_{35}} - K_{S_{33}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{35}}}} \dots\dots\dots(4-12)
\end{aligned}$$

流路 4 對出口處之出流瞬時單位歷線可得如下：

$$\begin{aligned}
U_4(t) &= \frac{K_{O_{44}}}{(K_{O_{44}} - K_{S_{44}})(K_{O_{44}} - K_{S_{45}})} e^{-\frac{t}{K_{O_{44}}}} \\
& + \frac{K_{S_{44}}}{(K_{S_{44}} - K_{O_{44}})(K_{S_{44}} - K_{S_{45}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{44}}}} \\
& + \frac{K_{S_{45}}}{(K_{S_{45}} - K_{O_{45}})(K_{S_{45}} - K_{S_{44}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{45}}}} \dots\dots\dots(4-13)
\end{aligned}$$

流路 5 對出口處之出流瞬時單位歷線可得如下：



$$U_5(t) = \frac{1}{K_{O_{55}} - K_{S_{55}}} e^{-\frac{t}{K_{O_{55}}}} + \frac{1}{K_{S_{55}} - K_{O_{55}}} e^{-\frac{t}{K_{S_{55}}}} \dots\dots\dots (4-14)$$

集水區出口處之出流歷線係由各條流路之出流瞬時單位歷線與其在該集流面積上之降雨強度函數兩者經褶合積分後，再以線性疊加而成，因此出口處之出流歷線可表示如下：

$$Q_D(t) = \sum_{i=1}^N \int_0^t I_i(\tau) U_i(t-\tau) d\tau \dots\dots\dots (4-15)$$

式中， $Q_D(t)$  為出口處之出流歷線； $I_i(\tau)$  為第  $i$  條流路之第  $n$  個核胞之漫地流降雨強度函數； $U_i(t-\tau)$  為第  $i$  條流路於出口處之出流瞬時單位歷線； $N$  為集水區核胞分割數目。

式(4-15)只適用於集水區上游無水庫放水之模擬。近年來，由於人口急速增加，水資源更加寶貴，所以常在集水區之上游建造水庫以貯蓄水資源。水庫之興建，將集水區分割成兩個獨立之水文系統。對水庫上游集水區而言，降雨—逕流事件之模擬與一般集水區內水文模擬方式無異；然對水庫下游集水區內降雨—逕流事件之模擬，則必須考慮水庫放水對下游河道之影響，因此本模式亦將水庫放水視為一條獨立之流路，如圖 4-3 所示，其流路如下所述：

$$\text{水庫放水} \rightarrow S_{R1} \rightarrow S_{R3} \rightarrow S_{R5}$$

以上  $S_{Rn}$  表示水庫放水流路第  $n$  個核胞之河渠流，在模式演算過程中，其步驟如下：

1. 首先將水庫放水量轉換成均勻降落於水庫集水區之有效降雨量，如下式所示：

$$REI(t) = \frac{RQ(t)}{A_R} \dots\dots\dots (4-16)$$

式中， $REI(t)$  為水庫放水量轉換成水庫集水區之有效降雨量； $RQ(t)$  為水庫之

放水量； $A_R$ 為水庫集水區之面積。

- 對於流路之瞬時單位歷線之求取，由於水庫放水之故，因此其逕流時間係從承接水庫放水核胞之河道起算，因此圖 4-3 水庫放水流路之瞬時單位歷線可示之如下：

$$\begin{aligned}
 U_R(t) = & \frac{K_{S_{R1}}}{(K_{S_{R1}} - K_{S_{R3}})(K_{S_{R1}} - K_{S_{R3}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{R1}}}} \\
 & + \frac{K_{S_{R3}}}{(K_{S_{R3}} - K_{S_{R1}})(K_{S_{R3}} - K_{S_{R3}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{R3}}}} \\
 & + \frac{K_{S_{R5}}}{(K_{S_{R3}} - K_{S_{R1}})(K_{S_{R3}} - K_{S_{R3}})} e^{-\frac{t}{K_{S_{R3}}}} \dots\dots\dots(4-17)
 \end{aligned}$$

式中， $K_{S_{Ri}}$ 為水庫放水流路經第  $i$  核胞之渠道蓄水常數。

- 對水庫放水歷線在水庫下游集水區出口處流量歷線之求取，則是將此流路之出流瞬時單位歷線與放水量轉換後之有效雨量以褶合積分予以處理，因此水庫放水歷線在水庫下游集水區出口處之流量歷線可如下式所示：

$$Q_R(t) = \int_0^t REI(\tau) U_R(t - \tau) d\tau \dots\dots\dots(4-18)$$

- 至於水庫下游集水區出口處總流量歷線之求取，則是將水庫放水歷線於水庫下游集水區出口處之流量歷線與水庫下游集水區各核胞之流路在出口處之流量歷線予以線性疊加，如此即可得水庫下游集水區出口處之總流量歷線，如圖 4-3 集水區之總流量歷線可如下式所示：

$$Q(t) = Q_D(t) + Q_R(t) \dots\dots\dots(4-19)$$

式(4-19)適用於水庫下游集水區因水庫放水影響下之模擬。至此，整個模式理論已推衍完成。

模式中之蓄水常數  $K_{o_{ij}}$  或  $K_{s_{ij}}$ ，其實際物理意義係為洪水波峰流經所需之時間，亦即集流時間，因此其具有時間之因次。然而目前國內對於集流時間之研究不多，根據學者研究結果指出[20]，集流時間係受到流域之逕流長度、逕流坡度、糙度係數、降雨強度及其他因素所支配；基於此，本研究對於模式中之蓄水常數估算乃採用1994年李、顏[11]兩氏所推導之結果，而以V型漫地流模型分別代表每一子集水區，其漫地流之平均逕流時間可表示如下：

$$K_{o_{ij}} = \left[ \frac{N_o \overline{L_{o_{ij}}}}{\overline{S_{o_{ij}}}^{1/2} q^{m-1}} \right]^{1/m} \dots\dots\dots (4-20)$$

式中， $\overline{L_{o_{ij}}}$  為流路  $i$  第  $j$  個核胞之平均漫地流長度； $\overline{S_{o_{ij}}}$  為流路  $i$  第  $j$  個核胞之漫地流之平均坡度； $N_o$  為漫地流平均粗糙係數； $q$  為漫地流平面之均勻側入流量，在實際應用時以降雨強度代入； $m$  為運動波理論中漫地流水深之指數，若由曼寧公式之關係可得  $m=3/5$ 。

而河渠流部份之逕流時間可表示為[11]：

$$K_{s_{ij}} = \frac{B_{ij}}{2q\overline{L_{s_{ij}}}} \left[ \left( \frac{2qN_c \overline{L_{o_{ij}}} \overline{L_{c_{ij}}}}{\overline{S_{c_{ij}}}^{1/2} B_{ij}} + h_{co_{ij}}^m \right)^{1/m} - h_{co_{ij}} \right] \dots\dots\dots (4-21)$$

式中， $\overline{S_{c_{ij}}}$  為流路  $i$  第  $j$  核胞之河渠平均坡度； $N_c$  為河渠之平均糙度係數； $B_{ij}$  為流路  $i$  第  $j$  個核胞出口處之河渠寬度； $h_{co_{ij}}$  為流路  $i$  之第  $j-1$  個核胞之逕流流入第  $j$  個核胞河渠之水深，當  $j=1$  時， $h_{co_{ij}} = 0$ 。

由此可知，只要求得各條流路之地文參數及降雨強度，則各狀態之逕流時間即可加以推求，且模式中待估參數只有  $N_o$  與  $N_c$  兩個。然而進一步探討  $N_o$  與  $N_c$  兩參數之實際物理意義，可發現當集水區只劃分成一個核胞時，參數  $N_o$  與  $N_c$  即分別代表漫地流與河渠流之平均糙度係數；若將集水區劃分核胞數大於或等於兩個以上時，參數  $N_o$  仍是代表漫地流之平均糙度係數，而參數  $N_c$  即已不是河道之

平均糙度係數。其原因是模式結構係採用並聯型形式，將河道分割成數條獨立之流路，每一條流路之流量皆小於真實河道之流量，但為了模擬真實河道洪水波峰之流速與逕流時間，因此需將每一條流路之參數  $N_c$  值降低才足以模擬實際情形，所以參數  $N_c$  即已無實際物理意義，而只是一概念參數。

### 三、資料蒐集及模式檢定

本研究計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型計畫之第六子計畫，係針對基隆河流域數十年來由於快速都市化演變而形成水文環境之變化作一系列之水文研究，屬於目標導向之計畫，可據以提供子計畫七、八、九及十從事基隆河防洪示範區淹水境況模擬、洪災損失估計、決策支援及展示研發之必要水文資訊，並探討及修正基隆河流域沿岸重要水文站之設計流量，臻以提供基隆河流域水資源開發及洪災整治之應用。因此本子計畫須提供子計畫七、八淹水模擬區域之山地逕流邊界流量資料，以作為其演算之上游邊界條件。

由於研析區域內均未設有流量水位站，無法提供流量資料以檢定逕流模式之參數；為了探討此四個平地淹水模擬區域之上游山區降雨—逕流關係，本研究擬由分區上游尋找最接近之流量水位站予以檢定逕流模式之參數。因之，台北市中央區、汐止、五堵、新店及景美分區則以基隆河五堵流量站替代。其替代流量站檢定所得之參數假設適用於被替代地區之山區逕流模擬區域。進一步針對此水位流量上游集水區所蒐集之資料與分析過程分述如下：

#### 1. 地文資料之蒐集

針對每一研究集水區，以五萬分之一比例尺之集水區地形圖，依河川網路與土地覆蓋利用等資料再予以細分，並自上而下給予每一小分區一個編號，研析研究集水區之分區圖如圖 4-5 所示，且應用地理資訊系統 ARC/INFO 軟體予以數化，則可求得各研究集水區內每一小分區之集水面積、主河道長度及主河道平均坡度等地文資料，其結果如表 4-1 所示。

至於漫地流平均坡度之求法乃依照 Strahler 所分析推得之結果求取，其方式如下所示[29]：

$$\log S_o = 0.6 + 0.8 \log S_c \dots\dots\dots(4-22)$$

式中， $S_c$  為河道平均坡度， $S_o$  為漫地流平均坡度。

## 2. 水文資料之蒐集與研析

目前淡水河洪水預報系統係以電傳雨量站資料為輸入值，因此本研究乃針對電傳雨量站之降雨資料為研析對象。茲將替代水位流量站之上游集水區敘述如下：基隆河之五堵上游集水區其電傳雨量站為水利處所轄屬，計有五堵、坪林等兩站，其餘昇多邊形法控制面積加權值如表 4-2 所列，各核胞之徐昇多邊形法控制面積加權值如表 4-3 所示，並以五堵流量記錄為模式檢定之憑藉。

## 3. 有效平均雨量之求取

依據半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式之理論架構，針對每一核胞可輸入不相同之降雨資料，以展現降雨於空間分布之特性，因此每一核胞有效平均降雨量之求取如下所述：

- (1) 針對某一場颱風洪事件，利用基流分離法求取集水區之直接逕流量，對於流量歷線之基流分離，乃假定每次水文事件之基流量為一定，其對計算結果影響甚微。如受水庫放水之影響，則再將集水區出口處之累積總直接逕流量扣除水庫放水之總放流量，此處乃假設水庫放水量是無損失地流至集水區出口處，扣除後之剩餘總直接逕流量視為是此次颱風事件降落於此集水區之有效總降雨量。
- (2) 利用徐昇多邊形法求取集水區之平均降雨量，進一步將集水區之平均降雨量與剩餘總直接逕流量利用  $\Phi$  指數法求取集水區之有效平均降雨量。
- (3) 利用徐昇多邊形法求取每一核胞之平均降雨量，再將每一核胞之平均降雨量扣除步驟(2)所得之  $\Phi$  值，則可得第  $i$  個核胞之初始有效平均降雨量  $IER_i(t)$ ，此處乃假設降雨損失於空間上是均勻分布。進一步將每一核胞之初始有效平均降雨量轉換成核胞之初使直接逕流量  $IEQ_i$ 。
- (4) 為達到體積平衡之目的，將步驟(1)所得之直接總逕流量按各核胞之初始直接逕流量間之比例予以分配，各核胞分配所得之直接逕流量稱為各核胞之最終直接逕流量  $FEQ_i$ ，而第  $i$  個核胞之最終有效平均降雨量  $FER_i(t)$  之求取如下所示：

$$FER_i(t) = IER_i(t) \frac{FEQ_i}{IEQ_i} \dots\dots\dots(4-23)$$

#### 4. 颱洪事件之選取

為確定半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式應用於研究地區之合適性，本研究於基隆河之五堵上游集水區選用自民國 68 年至 83 年間 19 場颱洪事件予以校驗，如表 4-4 所示。

#### 5. 模式參數最佳化分析

本研究於逕流模式之參數最佳化分析中嘗試以新近研發之洗牌複演進法 (shuffled complex evolution algorithm, 簡稱 SCE 法) 整體性最佳化方式對逕流模式進行參數之率定。SCE 法尋求最佳參數值之演算步驟簡述如下 [19]：

- (1) 決定  $p$  與  $m$  值， $p \geq 1$  且  $m \geq n+1$ ， $p$  為分組數， $n$  為參數個數，所產生樣本大小為  $s = p \times m$ 。
- (2) 以均勻分佈法 (uniform distribution method) 於可行空間內，產生樣本  $x_1, x_2, \dots, x_s$  等  $s$  點，並計算每一點  $x_i$  之目標函數值  $f_i$ 。
- (3) 將樣本點排序。並儲存於陣列  $\underline{D}$  中， $\underline{D} = \{x_i, f_i | i = 1, 2, \dots, s\}$ ，因此， $i = 1$  為最小之目標函數值。
- (4) 分割陣列  $\underline{D}$  為  $p$  個分組， $A^1, A^2, \dots, A^p$ ，每一分組包含  $m$  個點，因此

$$A^k = \{x_j^k, f_j^k | x_j^k = x_{k+p(j-1)}, f_j^k = f_{k+p(j-1)}, j = 1, 2, \dots, m\} \dots\dots\dots (4-24)$$

- (5) 根據 competitive complex evolution 法，簡稱 CCE 法 (簡述如後)，推演每一分組  $A^k, k = 1, 2, \dots, p$ 。
- (6) 混合分組點。將推演完後之  $A^1, A^2, \dots, A^p$  置回陣列  $\underline{D}$  中，因此， $\underline{D} = \{A^k | k = 1, 2, \dots, p\}$ ，再將陣列  $\underline{D}$  加以排序。
- (7) 檢查是否收斂。若是則結束，否則重回步驟 (4)。

至於 CCE 法之演算步驟乃簡述如下：

- (1) 選定  $q$ 、 $\alpha$  及  $\beta$  值。其中  $2 \leq q \leq m, \alpha \geq 1$  且  $\beta \geq 1$ 。
- (2) 設定權重  $\rho_i$ 。

$$\rho_i = \frac{2(m+1-i)}{m(m+1)}, \quad i=1,2,\dots,m \dots\dots\dots(4-25)$$

且假設  $A^k$  具三角形機率分布，則點  $x_1^k$  乃有最高機率密度  $\rho_1 = \frac{2}{m+1}$ ，而點  $x_1^k$  有最低之機率密度  $\rho_m = \frac{2}{m(m+1)}$ 。

(3) 依上述機率分布，由  $A^k$  中選取  $q$  個相異點  $u_1, u_2, \dots, u_q$ ，此  $q$  個點定義為一子分組。將其儲存於陣列  $\underline{B}$ ， $\underline{B} = \{u_i, v_i | i=1,2,\dots,q\}$ ， $v_i$  為點  $u_i$  之目標函數值，並且儲存其在  $A^k$  之位置於陣列  $\underline{L}$  中。

(4) 根據下列之程序以產生下一代：

a. 將陣列  $\underline{B}$  及陣列  $\underline{L}$  加以排序，並計算其形心  $g = \frac{1}{q-1} \sum_{j=1}^{q-1} u_j$ 。

b. 計算一新點  $r = 2g - u_g$ 。

c. 若點  $r$  落在可行空間內，則計算目標函數值  $f_r$  且至步驟d。否則於可行空間內任意產生一點  $z$ ，計算其目標函數值  $f_z$ ，令  $r = z$ ，且  $f_r = f_z$ 。

d. 若  $f_r < f_q$ ，則  $r$  點以取代點  $u_q$ ，再到步驟f，否則計算  $c$ ， $c = \frac{g + u_q}{2}$  及  $f_c$ 。

e. 若  $f_c < f_q$  則以  $c$  點取代點  $u_q$ ，再到步驟f，否則，於可行空間內任意產生一點  $z$ ，計算其目標函數值  $f_z$ ，由點  $z$  取代點  $u_q$ 。

f. 重複步驟a.至步驟e.  $\alpha$  次。

(5) 以下一代來取代上一代。依儲存於陣列  $\underline{L}$  內之原始位置，將陣列  $\underline{B}$  放回  $A^k$  內，並將  $A^k$  予以排序。

(6) 重覆步驟(2)至步驟(5) $\beta$ 次。

整個 SCE 法之計算流程圖如圖 4-6 與圖 4-7 所示。

為能判定參數檢定過程中模式模擬值與觀測值之吻合程度，本研究以如式 (4-26) 所示之目標函數方式，訂定為參數檢定最佳化之依據[9]。

$$F_{obj} = \left\{ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T [Q_{obs,i} - Q_{est,i}]^2 \cdot W_i \right\}^{1/2} + \Delta Q_p \dots\dots\dots (4-26)$$

式中， $F_{obj}$  為目標函數值； $T$  為觀測值之延時； $Q_{obs,i}$  為第  $i$  時刻之觀測值； $Q_{est,i}$  為第  $i$  時刻之模擬值； $\bar{Q}_{obs}$  為觀測值之平均值； $Q_{est,p}$  為模擬之洪峰值； $Q_{obs,p}$  為觀測之洪峰值； $W_i$  為第  $i$  時刻之權重，其計算式如下所示：

$$W_i = \frac{Q_{obs,i} + \bar{Q}_{obs,i}}{2\bar{Q}_{obs}} \dots\dots\dots (4-27)$$

而  $\Delta Q_p$  之定義如下：

$$\Delta Q_p = \begin{cases} \frac{(Q_{obs,p} - Q_{est,p})}{T^2} & , Q_{est,p} < Q_{obs,p} \\ 0 & , Q_{est,p} \geq Q_{obs,p} \end{cases} \dots\dots\dots (4-28)$$

本模式待定之參數為  $N_o$  與  $N_c$ ，而此兩個參數之實際物理意義前已闡釋，即參數  $N_o$  代表漫地流平均糙度係數，而參數  $N_c$  由於模式架構係採用並聯型之緣故，已使其轉變成一概念參數，而不具有實值之物理意義。研究中引用 SCE 參數優選法時，將兩個參數值之值域範圍界定如下：

$$0.1 < N_o < 0.8$$

$$0.001 < N_c < 0.08$$

由於 SCE 法涵蓋以下四個觀點，故可保證其尋求得參數之整體最佳值。

(1) 結合機率與定率之概念：機率性可充分提供搜尋空間之訊息；而定率性則



可有效地利用反應平面之訊息以引導搜尋方向。

- (2) 群聚技巧：集中於最有可能之區域進行搜尋。
- (3) 各分組在全區改善方向上成系統演進：可避免落入區域最佳值。
- (4) 演進觀念：以較佳值取代原值。

## 6. 模式合適性之檢定

為探討模式於研析集水區之合適性，本研究乃分別以效率係數(Coefficient of Efficiency)、峰值誤差 (Error of Peak Discharge) 及峰值到達時刻誤差 (Error of Time to Peak) 等三項標準予以校驗，使能客觀地評估研擬模式之合適性。各項校驗標準如下所示：

- (1) 效率係數， $CE$

$$CE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [Q_{obs}(i) - Q_{est}(i)]^2}{\sum_{i=1}^n [Q_{obs}(i) - \bar{Q}_{obs}]^2} \dots\dots\dots(4-29)$$

式中， $Q_{est}$  為模式推估之流量； $Q_{obs}$  為觀測之流量； $\bar{Q}_{obs}$  為觀測流量之平均值。  
 $CE$  值愈趨近於 1，表示模擬結果與實際資料愈密合，精確度愈高。

- (2) 洪峰流量誤差， $EQ_p$

$$EQ_p(\%) = \frac{Q_{p,est} - Q_{p,obs}}{Q_{p,obs}} \times 100\% \dots\dots\dots(4-30)$$

式中， $Q_{p,est}$  為模式推估之洪峰流量； $Q_{p,obs}$  為觀測之洪峰流量。當  $EQ_p$  為正值時，表示模式推估之洪峰值大於觀測之洪峰值；而  $EQ_p$  為負值時，表示模式推估值小於觀測值。

- (3) 洪峰到達時刻誤差， $ET_p$

$$ET_p = T_{p,est} - T_{p,obs} \dots\dots\dots(4-31)$$

式中， $T_{p,est}$  為推估之洪峰到達時刻； $T_{p,obs}$  為觀測之洪峰到達時刻。 $ET_p$  值愈小，表示模式洪峰到達時刻估算愈準確。

## 第五章 站網評估

氣象水文資料之觀測及蒐集，為一地區水資源開發規劃及管理之重要依據。雨量資料常被引用為水文規劃及設計之憑據，其真確性甚為重要。若規劃地區所應用之資料代表性不夠或是不恰當，則有關之水文規劃設計就容易產生錯誤，以致往往問題叢生。故建立適當之雨量站網以蒐集相關雨量資料，頗為重要。河川水文站設置之目的乃在提供水位與流量之系統記錄，故準確之河川流量觀測與資料蒐集實為研究水文及水資源之基本依據。有關水文站網設置標準之研究，國內已有經濟部水資會於民國 54 年由聯合國專家包克士氏(S.J. Bocks)所提測站站數與研究流域人口密度成正比之關係[1,16]；水利局亦曾提出水文站設置應考慮臨近河道特性之相關程度；筆者等亦於民國 75 年在農委會委託研究計畫之研究結果中，提出水文站網設置應考慮水文變數空間變異特性[2,4]。此外，世界氣象組織(WMO)亦有若干方法可供水文站網設置之參考[30]。一般河川水文站之設置原則，或依據規範，或依序率理論求取各站推衍流量之正確性與衍生流量間之相關程度，以提供增設站數或不重要舊站撤廢可能性等各種研議之參考；然此法基本上須有較充足之資料予以配合，故對較缺乏測站資料地區，則恐不宜。

本研究中假設降雨事件為二維隨機變量域(two-dimensional random field)，以精確、條理分明之方式，分析降雨歷程(rainfall process)之季節性與空間變異特性。依據其空間變異特性考慮長時期降雨影響與短時期降雨影響，嘗試建立一雨量觀測測站設置規範模式，判定研究地區有無增設測站之必要性，作為雨量測站增設或站網調整之依據，藉以觀測更具代表性之雨量資料。水文站網則依據合理化公式(rational formula)中比流量(specific discharge)正比於降雨強度之概念及比流量之定義，並結合臨近區域既有水文測站以消除受限於研究地區既有水文測站密度不足之缺點，則可應用一般克利金法(ordinary Kriging method) [5]來規劃研究地區之水文站網。本研究即以此程序為研析方法，嘗試建立一水文觀測測站設置規劃模式，判定研究地區有無增設測站之必要性，作為水文測站增設或站網調整之依據，藉以觀測與蒐集更具代表性之水文資料。

### 一、區域化變數理論

#### 1. 區域化變數與隨機函數

對於空間現象之描述可利用一個或多個變數架構空間中某現象之分布，該變數即謂之區域化變數(regionalized variable)[22]。此類變數以空間上相對應位置  $x$

作為自變數，以隨機變數  $Z(x)$  表示在該位置上現象之物理意義。一般言之，空間上任意位置  $x$  其區域化變數  $Z(x)$  無法確實得知，故通常以  $x$  為中心取一小半徑所包含之範圍謂之「區塊」 $V$  (support)，而以區塊  $V$  上區域化變數之平均值  $Z_V(x)$  取代點  $Z(x)$  之表示法，較符合實際應用。此區域化變數具有兩種特徵：

- (1) 在任一位置點  $x$  上，現象之發生均為獨立、隨機、局部的，亦即  $Z_V(x)$  在  $V$  區塊範圍中為一隨機變數。
- (2) 在研究空間範圍內不同位置之間，可由一連串相對位置距離之統計量推導出空間結構，以模擬現象在空間中對應分布之關係。

空間中任意兩點可構成一配對(pair)，可以一向量表示之，代表其相對位置之關係。

## 2. 二階定常性與內在假設

若一隨機變量域之平均值、變異數與共變異數均滿足下列條件，稱為二階定常性(second-order stationary)：

$$\text{平均值： } E[Z(x)] = m, m \text{ 為常數} \dots\dots\dots (5-1)$$

$$\text{變異數： } Var[Z(x)] = \sigma^2, \sigma^2 \text{ 為常數} \dots\dots\dots (5-2)$$

$$\text{共變異數： } Cov(x_1, x_2) = Cov(x_1 - x_2) = C(h) \dots\dots\dots (5-3)$$

上式中， $h = |x_1 - x_2|$ ，表示空間中任意兩點之共變異數與絕對位置無關，只與相對距離有關。實際應用時，此假設經常會受到限制，因為自然界中大多數隨機變量域只能滿足一階定常性。

若一隨機變量域之一階差值  $Z(x+h) - Z(x)$  之平均值與變異數為定常性，稱為內在假設(intrinsic hypothesis)[21,22,24]，其可以表示為：

$$\text{平均值： } E[Z(x+h) - Z(x)] = m(h) \dots\dots\dots (5-4)$$

$$\text{變異數： } Var[Z(x+h) - Z(x)] = E\{[Z(x+h) - Z(x)]^2\} = 2\gamma(h) \dots\dots (5-5)$$

此假設較二階定常性為柔弱(weaker)，而  $\gamma(h)$  稱為半變異圖(semi-variogram)，代表配對之均方差隨距離  $h$  之增量而建立之函數關係。其中，

$$\begin{aligned}
C(h) &= \text{Cov}[Z(x+h), Z(x)] \\
&= E\{[Z(x+h) - m][Z(x) - m]\} \\
&= E[Z(x+h)Z(x)] - m^2 \dots\dots\dots (5-6)
\end{aligned}$$

$$\text{Var}[Z(x)] = E\{[Z(x) - m]^2\} = C(0) \dots\dots\dots (5-7)$$

$$\begin{aligned}
\gamma(h) &= \frac{1}{2} E\{[Z(x+h) - Z(x)]^2\} \\
&= \frac{1}{2} E[Z^2(x+h) - 2Z(x)Z(x+h) + Z^2(x)] \dots\dots\dots (5-8) \\
&= \frac{1}{2} E[Z^2(x+h)] - E[Z(x)Z(x+h)] + \frac{1}{2} E[Z^2(x)]
\end{aligned}$$

因為  $\text{Var}(x) = E(x^2) - [E(x)]^2$ ，所以：

$$\begin{aligned}
\gamma(h) &= \frac{1}{2} \text{Var}[Z^2(x+h)] + \frac{1}{2} m^2 + \frac{1}{2} \text{Var}[Z^2(x)] + \frac{1}{2} m^2 - E[Z(x)Z(x+h)] \\
&\dots\dots\dots (5-9)
\end{aligned}$$

重新整理式(5-6)與式(5-9)，可得：

$$\begin{aligned}
\gamma(h) &= \frac{1}{2} \text{Var}[Z^2(x+h)] + \frac{1}{2} \text{Var}[Z^2(x)] - C(h) \\
&= \sigma^2 - C(h) \dots\dots\dots (5-10) \\
&= C(0) - C(h)
\end{aligned}$$

### 3. 共變異數與半變異圖之正定條件

#### (1) 共變異數之正定條件

假設  $Z(x)$  為一期望值  $m$ ，共變異數  $C(h)$  或半變異圖  $\gamma(h)$  之定常性隨機變量域。令  $W$  為任意線性組合：

$$W = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \dots\dots\dots (5-11)$$

$$\begin{aligned}
Var[W] &= E[W - E(W)]^2 \\
&= E\left[\sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) - m\right]^2 \\
&= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j E\{[Z(x_i) - m][Z(x_j) - m]\} \dots\dots\dots (5-12) \\
&= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(x_i, x_j)
\end{aligned}$$

因為  $Var[W] \geq 0$ ，所以：

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j C(x_i, x_j) \geq 0 \dots\dots\dots (5-13)$$

## (2) 半變異圖之正定條件

依式(5-10)與式(5-13)可改寫如下：

$$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \{Var[Z(x_i)] + Var[Z(x_j)] - 2\gamma(x_i, x_j)\} \geq 0 \dots\dots\dots (5-14)$$

$$\begin{aligned}
&\sum_{j=1}^n \lambda_j \left\{ \sum_{i=1}^n \lambda_i Var[Z(x_i)] \right\} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \left\{ \sum_{j=1}^n \lambda_j Var[Z(x_j)] \right\} \\
&- 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i, x_j) \geq 0 \dots\dots\dots (5-15)
\end{aligned}$$

於內在假設下， $C(0)$ 並不存在，且  $Var[W]$ 定義在  $\sum_{i=1}^n \lambda_i = 0$  之條件下，故：

$$Var[W] = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \gamma(x_i, x_j) \geq 0 \dots\dots\dots (5-16)$$

## 4. 半變異圖分析

半變異圖乃空間上任意兩隨機變數之相對距離與其半變異數所構成之關係圖。其意義為任意兩隨機變數因配對距離改變，導致兩隨機變數相關性之趨勢。配對距離愈近者，相關性愈大，變異愈小；反之，距離愈遠者，則變異增加，相關性降低。半變異圖代表觀測資料之空間相關結構，其為克利金法之核心，並左右克利金法估計結果之良窳。

### (1) 實驗半變異圖

一般而言，理論半變異圖通常未知，故須由觀測資料予以率定，此半變異圖稱為實驗半變異圖(experimental semi-variogram)[18,23]，且於內在假設下，可知：

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} \text{Var}[Z(x+h) - Z(x)] = \frac{1}{2} E\{[Z(x+h) - Z(x)]^2\} \dots\dots\dots (5-17)$$

並因所得之觀測資料為離散型式，故上式可寫成如式(5-18)所示：

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{h_{ij}=h} [Z(x_i) - Z(x_j)]^2 \dots\dots\dots (5-18)$$

式中， $h$ ：空間中任意配對之相對距離；

$N(h)$ ：空間中相同相對距離 $h$ 之配對數；

$Z(x_i)$ ：第 $i$ 點之量測值；

$Z(x_j)$ ：第 $j$ 點之量測值。

而由於觀測資料本身所具有之隨機性(randomness)，所得之實驗半變異圖會呈現不規則之現象。然從統計觀點言之，對任意配對其相對距離 $h_{ij}$ 近似 $h$ 者，均視為與相對距離 $h$ 相同之配對，以增加其配對數，而使得半變異圖較具規律性[21]。依此概念，則式(5-18)可寫成如式(5-19)所示：

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{h_{ij} \approx h} [Z(x_i) - Z(x_j)]^2 \dots\dots\dots (5-19)$$

式中， $h$ ：空間中任意配對之近似相對距離；

$N(h)$ ：空間中近似相對距離 $h$ 之配對數。

## (2) 理論半變異圖模式

半變異圖可依式(5-19)計算求得，但其為不連續點，並不具有空間連續性(spatial continuity)。於實際應用時，可以一函數關係式予以套配。一般常用之理論半變異圖模式有四種[21,22,24]，茲簡述如下：

### a. 次冪模式

$$\gamma(h) = \omega h^a, \quad a < 2 \dots\dots\dots (5-20)$$

### b. 球面模式

$$\begin{cases} \gamma(h) = \omega \left[ \frac{3}{2} \left( \frac{h}{a} \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right], & h \leq a \\ \gamma(h) = \omega, & h \geq a \end{cases} \dots\dots\dots (5-21)$$

c. 指數模式

$$\gamma(h) = \omega \left[ 1 - \exp \left( -\frac{h}{a} \right) \right] \dots\dots\dots (5-22)$$

d. 高斯模式

$$\gamma(h) = \omega \left\{ 1 - \exp \left[ -\left( \frac{h}{a} \right)^2 \right] \right\} \dots\dots\dots (5-23)$$

由以上模式可知；當配對之相對距離  $h$  增加時，其相應之半變異圖值亦隨之增加，然相對距離  $h$  逐漸增加至某一距離後而使半變異圖值不再增加，即半變異圖維持一定值時，此時之距離增為影響距離(range)，而相對應之半變異圖值稱為閾值(sill)[21,22,24]。

## 5. 克利金法

克利金法係利用已知觀測資料之空間統計分佈（即半變異圖模式），對推估區域之統計量作分析研究。基於無偏估與最小估計變異數之最佳估計條件下，解出已知資料線性組合權重值，進而推求隨機變量域  $Z(x)$  任意未知位置之最佳線性無偏估(best linear unbiased estimator,BLUE)之估計值。線性估計值  $Z_K^*$  為  $n$  個可用資料之線性組合[21,22,24]：

$$Z_K^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \dots\dots\dots (5-24)$$

假設  $Z(x)$  為二階定常性隨機變量域，則中心點  $x_0$  體積  $V$  之平均值  $Z_{V(x_0)}$  為：

$$Z_{V(x_0)} = \frac{1}{V} \int_{V(x_0)} Z(x) dx \dots\dots\dots (5-25)$$

而量測資料  $Z(x_i)$  定義為中心點  $x_i$  體積  $v$  之平均值  $Z(x_i)$ ：

$$Z(x_i) = \frac{1}{v} \int_{v(x_i)} Z(x) dx \dots\dots\dots (5-26)$$

(1) 無偏估條件(non-bias condition)



於二階定常性假設下：

$$E[Z(x)] = m \dots\dots\dots (5-27)$$

則  $Z_V$  之期望值為：

$$E[Z_V] = \frac{1}{V} \int_{V(x_0)} E[Z(x)] dx = m \dots\dots\dots (5-28)$$

而  $n$  個可用資料之線性估計值  $Z_K^*$  之期望值為：

$$E[Z_K^*] = \sum_{i=1}^n \lambda_i E[Z(x_i)] = m \sum_{i=1}^n \lambda_i \dots\dots\dots (5-29)$$

因為滿足無偏估條件  $E[Z_V - Z_K^*] = 0$ ，則：

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \dots\dots\dots (5-30)$$

## (2) 最小估計變異數(minimum estimation variance)

估計變異數如式(5-31)所示：

$$E\{[Z_V - Z_K^*]^2\} = E[Z_V^2] - 2E[Z_V Z_K^*] + E[Z_K^{*2}] \dots\dots\dots (5-31)$$

其中，

$$\begin{aligned} E[Z_V^2] &= \frac{1}{V^2} \iint E[Z(x)Z(x')] \\ &= \frac{1}{V^2} \iint [C(x-x') + m^2] dx' dx \dots\dots\dots (5-32) \\ &= \frac{1}{V^2} \iint C(x-x') dx' dx + m^2 \\ &= \overline{C}(V, V) + m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E[Z_V Z_K^*] &= \sum_{i=1}^n \lambda_i E \left\{ \left[ \frac{1}{V} \int_V Z(x) dx \right] \left[ \frac{1}{v_i} \int_{v_i} Z(x) dx \right] \right\} \\
&= \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{1}{V v_i} \int_V \int_{v_i} E[Z(x) Z(x')] \\
&= \sum_{i=1}^n \lambda_i \frac{1}{V v_i} \int_V \int_{v_i} [C(x-x') + m^2] dx' dx \quad \dots\dots\dots (5-33) \\
&= \sum_{i=1}^n \lambda_i [\bar{C}(V, v_i) + m^2] \\
&= \sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{C}(V, v_i) + m^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E[Z_K^{*2}] &= \sum_{i=1}^n \lambda_i \sum_{j=1}^n \lambda_j E[Z(x_i) Z(x_j)] \\
&= \sum_{i=1}^n \lambda_i \sum_{j=1}^n \lambda_j E \left\{ \left[ \frac{1}{v_i} \int_{v_i} Z(x) dx \right] \left[ \frac{1}{v_j} \int_{v_j} Z(x) dx \right] \right\} \\
&= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \frac{1}{v_i v_j} \int_{v_i} \int_{v_j} E[Z(x) Z(x')] dx' dx \quad \dots\dots\dots (5-34) \\
&= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \frac{1}{v_i v_j} \int_{v_i} \int_{v_j} [C(x-x') + m^2] dx' dx \\
&= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \bar{C}(v_i, v_j) + m^2
\end{aligned}$$

由式(5-32)至式(5-34)，式(5-31)可改寫為：

$$E\{[Z_V - Z_K^*]^2\} = \bar{C}(V, V) - 2 \sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{C}(V, v_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \bar{C}(v_i, v_j) \quad \dots (5-35)$$

### (3) 拉格朗吉乘法(Lagrange's multipliers method)之運算子

根據上述，克利金法須滿足無偏估及最小估計變異數兩個條件，因此將式(5-35)估計變異數之最小值視為目標函數(objective function)，而式(5-30)為限制式(constraint)[22]：

$$\begin{array}{ll}
\text{Minimum} & E\{[Z_V - Z_K^*]^2\} \\
\text{constraints} & \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad \dots\dots\dots (5-36)
\end{array}$$

上式為一限制式為等式之非線性規劃，可寫成拉格朗吉函數：

$$L = E\left[\left(Z_V - Z_K^*\right)^2\right] - 2\mu\left(\sum_{i=1}^n \lambda_i - 1\right) \dots\dots\dots (5-37)$$

式中， $\mu$ ：拉格朗吉乘法運算子(Lagrange's multipliers)。

由式(5-37)中，未知數有 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ 與 $\mu$ 。因此為求解式(5-37)，必須將 $L$ 函數對未知數取偏微分且等於零。故可得式(5-38)與式(5-39)如下：

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_i} = -2\bar{C}(V, v_i) + 2\sum_{j=1}^n \lambda_j \bar{C}(v_i, v_j) - 2\mu = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \dots\dots\dots (5-38)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu} = \sum_{i=1}^n \lambda_i - 1 = 0 \dots\dots\dots (5-39)$$

#### (4) 一般克利金法(ordinary Kriging method) [21,22,24]

整理式(5-38)與式(5-39)可得以共變異數表示之克利金系統(Kriging system)：

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \bar{C}(v_i, v_j) - \mu = \bar{C}(V, v_i), & i = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases} \dots\dots\dots (5-40)$$

克利金估計變異數(Kriging estimated variance)則由式(5-35)可得：

$$\sigma_K^2 = \bar{C}(V, V) - 2\sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{C}(V, v_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \bar{C}(v_i, v_j) \dots\dots\dots (5-41)$$

又因為，

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \lambda_i \lambda_j \bar{C}(v_i, v_j) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{C}(V, v_i) + \mu \dots\dots\dots (5-42)$$

所以：

$$\sigma_K^2 = \bar{C}(V, V) - \sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{C}(V, v_i) + \mu \dots\dots\dots (5-43)$$

當共變異數 $C(h)$ 存在時，半變異圖 $\gamma(h)$ 同時也存在，兩者之關係如式(5-44)所示：

$$C(h) = C(0) - \gamma(h) \dots\dots\dots (5-44)$$

因此，式(5-40)與式(5-43)亦可以半變異圖表示如下：

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j \bar{\gamma}(v_i, v_j) + \mu = \bar{\gamma}(V, v_i), & i = 1, 2, \dots, n \\ \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \end{cases} \dots\dots\dots (5-45)$$

$$\sigma_k^2 = -\bar{\gamma}(V, V) + \sum_{i=1}^n \lambda_i \bar{\gamma}(V, v_i) + \mu \dots\dots\dots (5-46)$$

## 二、雨量站網之規劃設計

### 1. 既有雨量站網之分析

首先，從表 5-1 及表 5-2 既有站網中( $n=24$ )[3]選取一測站，以其餘測站推估其尺度估計變異數 $\sigma_E^{*2}$ 。同樣地，既有站網中每一測站之尺度估計變異數皆以此方式求得。然後去除月累積雨量最小尺度估計變異數之測站，及颱風時雨量最小尺度估計變異數之測站。下一步驟則以去除最小尺度估計變異數後之站網( $n=23$ )重覆上述步驟，可得月累積雨量次小尺度估計變異數之測站，上述方法稱為重覆法(iterative method)。以重覆法可求得月累積雨量最大之三個測站及颱風時雨量最大之三個測站。這些測站均有較高之尺度估計變異數，其在空間上較具代表性，故應予以保留。

### 2. 擬增設雨量站網之分析

原則上，擬增設雨量測站數愈多愈佳，但因設置經費問題，上述原則實際執行時仍有困難。本研究擬增設雨量測站位置考慮於基隆河流域內之台北市地區與台北縣地區。其分別敘述如下：

#### (1) 台北市地區

考慮土地取得之難易，選取基隆河流域內之台北市地區、鄰近流域之台北市區以及台北縣汐止市之國中、國小，共 43 所國中、24 所國小[3]。基於估計變異數低之測站應予以去除，而估計變異數高之測站應予以保留之原則，可將既有測站( $N_s=24$ )與可能增設測站( $N_p=67$ )，以重覆法重覆選擇測站。理論上，測站數增加時，其尺度估計變異數隨之降低，測站與測站間之尺度估計變異數變化亦趨平緩。因此擬建議增設雨量測站以不小於既有測站之最小尺度估計變異數為原則。故考慮長期性降雨影響（月累積雨量），擬建議增設合適之雨量測站，另考慮短期性降雨影響（颱風時雨量），亦擬建議增設合適之雨量測站。並可依其尺度估

計變異數之高低作為擬增設雨量測站之先後順序。

## (2) 台北縣地區

於基隆河流域內之台北縣地區，選取 14 所國中、48 所國小[3]。將既有測站( $N_s=24$ )與可能增設測站( $N_p=62$ )，以重覆法重覆選擇測站。擬建議增設雨量測站以不小於既有測站之最小尺度估計變異數為原則。故考慮長期性降雨影響(月累積雨量)，擬建議增設合適之雨量測站，另考慮短期性降雨影響(颱風時雨量)，亦擬建議增設合適之雨量測站。並可依其尺度估計變異數之高低作為擬增設雨量測站之先後順序。

## 三、水文站網之規劃設計

### 1. 既有水文站網之分析

於既有選用水文站網分析中，首先從表 5-3 選取站網(站數=11)之任一測站，以其餘測站推估其尺度估計變異數，且站網中每一測站之尺度估計變異數亦以同理求算；然後去除其中尺度估計變異數最小之測站；再以去除最小尺度估計變異數測站後之站網(站數=10)重覆上述步驟，可得次小尺度估計變異數之測站，繼而以相同程序逐一去站，直至站網中所有測站之尺度估計變異數均有其排序為止，此法稱為重覆法(iterative method)。以重覆法可求得具有較高之尺度估計變異數之水文測站，這些測站無法由其它既有選用測站資料獲致較準確推估值，故其於空間上較具代表性而應予以保留。

### 2. 擬增設水文站網之分析

原則上，擬增設之水文測站應是愈多愈佳；但因設置經費問題，上述原則於實際執行時乃會有所困難，且本研究係著重於基隆河流域，故擬增設之水文站位置僅限於台北市市區內基隆河主河道適宜之橋樑位置[3]。基於尺度估計變異數較低測站可予以剔除，及尺度估計變異數較高者應需加以保留之原則下，本研究將既有選用測站(站數=11)與擬增設測站(站數=9)以重覆法擇定其擬增設之水文測站。理論上，當測站數增加時，其尺度估計變異數會隨之降低，且測站間之尺度估計變異數變化亦會趨之平緩。因此，於增設水文監測站時以擬建議增設測站之尺度估計變異數不小於既有選用測站之最小尺度估計變異數為原則，故綜合以最大瞬時流量與日最大平均流量記錄為分析資料之結果，建議增設之水文測站；此外，並可依其尺度估計變異數之高低作為擬增設測站之先後順序。

## 第六章 都市化演變對水文效應之影響探討

台北都會區近幾十年來隨著經濟蓬勃發展，淡水河系沿岸人口集中，人文薈萃，土地利用大幅改變，都市開發影響水文效應頗為明顯。都市開發效應之於都市集水區之主要改變乃在於直接逕流體積增加、洪峰流量加大與到達尖峰時間縮短[29]。一般而言，人口成長、道路面積與住宅地開發之擴大、森林與農地之減少以及土地利用等人文、地文因子均會造成都市集水區之入滲量減少及逕流係數加大，其皆可視為都市開發效應之因子。然上述諸都市開發因子，彼此相互影響，產生錯綜複雜之效應，對於都市開發過程中所造成水文特性之變異實值得作深入之探討。

研究都市開發效應之方法必須考慮其資料之可用性。因此，本研究乃應用瞬時單位歷線原理與特性，利用過去歷年來颱風事件之記錄降雨與逕流資料，以分析都市開發前、後對集水區水文特性之影響程度。最後，應用灰色系統中之多維灰色動態分析探討淡水河流域沿岸地區自 1967~1996 年間人口成長、土地利用等人文、地文因子與瞬時單位歷線間之相互關係，並探討水文模式中有關參數隨著年代變化之因果體系，以提供淡水河流域地區各項水利工程建設之參考與應用。

### 一、資料之蒐集與整理

本研究係就基隆河流域之都市開發影響作一探討分析，選取五堵水文站代表五堵上游集水區與鄰近殘流域，分析其都市開發後水文設計流量之增量百分比。

五堵水文站乃應用徐模之動差法求取集水區之核心函數—瞬時單位歷線。本研究中選取解拉(56/10/17)、吉達(56/11/17)、娜定(57/07/24)、艾琳(57/09/28)、貝蒂(58/08/07)、艾爾西(58/09/26)、芙安(59/09/05)、艾妮絲(60/09/17)、貝蒂(61/08/16)、琴恩(63/07/19)、艾琳(63/10/27)、貝蒂(64/09/22)、畢莉(65/08/09)、諾瑞斯(69/08/27)、莫瑞(70/07/19)、安迪(71/07/29)、韋恩(75/08/22)、亞力士(76/07/27)、莎拉(78/09/11)、歐菲莉(79/06/23)、楊希(79/08/18)與露絲(80/10/28)等二十二場颱風降雨事件以及一場暴雨事件(73/06/02)，示如表 6-1。雨量站則選取經濟部水利處所屬之瑞芳、五堵與火燒寮等三站，並應用徐昇多邊形法求取流域之平均雨量，各雨量站之控制面積與權重值如表 6-2 所示。不同降雨事件逕流之基流分離則依其特性而採用單峰與複峰基流分離法分別予以分離出直接逕流，降雨損失則應用 $\Phi$ 指數法以獲得超滲降雨。

都市開發之改變乃是由於其上游集水區之人文因子與地文因子等都市化因

子改變，而導致瞬時單位歷線之變化。因此，本研究假設那徐模式之參數  $N$  與參數  $K$  為都市開發因子之函數。就水文觀點而言，合併建物基地、寺廟用地、鐵道用地、道路、溝渠與堤防用地為不透水面積因子，其統稱為地文因子。而人文因子為人口密度因子與各水文站上游沿岸抽水站之抽水量。有關人口密度、不透水面積與抽水站抽水量等都市開發因子五堵水文站乃取用汐止市資料。

## 二、瞬時單位歷線理論

逕流為水文研究中極重要因子，近代水文觀念視集水區為一系統，經過此一系統中水文歷程之輸入為降水，而輸出則大部分為逕流，此即為水文集塊模式(lumped model)。有關降雨與逕流之早期研究且影響久遠者，乃為 1932 年美國水文學家薛爾曼氏(Sherman)所研創單位歷線理論。單位歷線之定義為在某一特定延時  $T$  內，對時間、空間而言，直接均勻落於一集水區之單位有效降雨所形成之直接逕流歷線。因此可以集水區過去之水文記錄推算其單位歷線。單位歷線為水文學上十分重要之觀念，現代定率式水文學之所以能突飛猛進，泰半歸功於此理論之研創。

### 1. 瞬時單位歷線之特性

假設有效雨量延時  $T$  收縮至無窮小，此時單位歷線稱為瞬時單位歷線(Instantaneous Unit Hydrograph, IUH)，可以  $U(0,t)$  表示之[1,29]。瞬時單位歷線只為一種假設狀況，用以分析洪水歷線之一種觀念。由線性單位歷線之疊加原理，當一有效降雨函數  $I(\tau)$  發生時，該多場延時為等無限小之有效降雨組體圖將造成一直接逕流歷線等於  $I(\tau)$  與  $U(0,t-\tau)$  乘積之積分，即：

$$Q(t) = \int_0^t I(\tau)U(0,t-\tau)d\tau \dots\dots\dots (6-1)$$

上式右端稱為褶合積分(convolution integral)， $\tau$  為此積分之啞默變數(dummy variable)， $U(0,t-\tau)$  為核心函數(kernel function)， $I(\tau)$  為輸入函數(input function)。

瞬時單位歷線  $U(0,t)$  實際乃單位歷線  $U(T,t)$  之特殊情形，即其有效降雨延時  $T$  為 0。瞬時單位歷線之重要觀念為此歷線乃包括 1 吋或 1 公分之單位直接逕流體積，且由實際情形言之，瞬時單位歷線等於由瞬間降雨延時且強度無限大單位有效降雨所造成之逕流歷線者。

瞬時單位歷線之優點為不考慮有效降雨延時  $T$  之變化。理論言之，一線性水文系統具有唯一且形狀不變之瞬時單位歷線，且此歷線可藉助數學方法以相關水文參數表示之，此參數化歷線更可由現代電子計算機迅速加以推估獲得。

## 2. 瞬時單位歷線之概念模式

一般瞬時單位歷線乃採用概念模式(conceptual models)。此等模式可引用物理類比法或數學模擬法，將實際集水區比擬為線性水庫、線性河渠或時間—面積圖，其各具有不同之假設與理論根據。

線性水庫之概念模式較常用於推求集水區之瞬時單位歷線。此一概念最初於 1934 年由 Zoch 氏假設集水區猶如單一水庫演算。線性水庫之概念模式最具實用者為 1957 年英國水文學者那徐氏(Nash)所研創之二參數數學模式[1,29]，其假設集水區由  $n$  個串聯之線性水庫所組成。線性水庫為假想水庫以類比實際之集水區如圖 4-2 所示，其中蓄水量  $S$  與流出量  $Q$  成正比，即：

$$S = KQ \dots\dots\dots (6-2)$$

式中， $K$  為蓄水係數。

蓄水庫之入流量  $I(t)$  與出流量  $Q(t)$  間之差，應等於此水庫蓄水量  $S(t)$  對時間之變化率，即：

$$I(t) - Q(t) = \frac{dS(t)}{dt} \dots\dots\dots (6-3)$$

若將整個集水區視為一單一線性水庫，且  $K$  為常數，並將  $S=KQ$  代入上式可得：

$$I(t) - Q(t) = K \frac{dQ}{dt} \dots\dots\dots (6-4)$$

考慮第一個水庫，在某時刻瞬時注入一體積  $V$  於水庫中，且此後不在有任何之入流量，則其出流量將瞬時由零上升至  $Q_1(0)$  ( $Q_1(0) = V/K$ )，並隨時間之增長而漸次消退，可表示如下：

$$Q_1(t) = \frac{V}{K} e^{-\frac{t}{K}} \dots\dots\dots (6-5)$$

考慮第二個水庫，由於線性水庫為一串聯水庫，故第一個概念水庫之出流量為第二個蓄水庫之入流量，故第二個蓄水庫之出流量為：

$$Q_2(t) = \frac{V}{K^2} e^{-\frac{t}{K}} t \dots\dots\dots (6-6)$$

此流出量即形成進入量至第三水庫。依此類推，第  $n$  個蓄水庫之出流量為：

$$Q_N(t) = \frac{V}{K(N-1)!} e^{-\frac{t}{K}} \left(\frac{t}{K}\right)^{N-1} \dots\dots\dots (6-7)$$



或者

$$Q_N(t) = \frac{V}{K\Gamma(N)} e^{-\frac{t}{K}} \left(\frac{t}{K}\right)^{N-1} \dots\dots\dots (6-8)$$

瞬時單位歷線之洪峰流量  $U_m$  與到達洪峰時間  $t_m$  可由上式對  $t/K$  微分等於零而得：

$$\frac{1}{K\Gamma(N)} e^{-\frac{t}{K}} \left[ \left(\frac{t}{K}\right)^{N-2} (N-1) - \left(\frac{t}{K}\right)^{N-1} \right] = 0 \dots\dots\dots (6-9)$$

$$\text{即 } t_m = (N-1)K \dots\dots\dots (6-10)$$

式(6-10)代入式(6-8)得：

$$U_m = \frac{A}{K\Gamma(N)} e^{-(N-1)} (N-1)^{N-1} \dots\dots\dots (6-11)$$

如採用公制，1 公分之有效降雨深度之瞬時單位歷線則可表示如下：

$$U(0,t) = \frac{2.78A}{K\Gamma(N)} e^{-\frac{t}{K}} \left(\frac{t}{K}\right)^{N-1} \dots\dots\dots (6-12)$$

其到達洪峰時間  $t_m$  為：

$$t_m = (N-1)K \dots\dots\dots (6-13)$$

瞬時單位歷線洪峰流量  $U_m$  為：

$$U_m = \frac{2.78A}{K\Gamma(N)} e^{-(N-1)} (N-1)^{N-1} \dots\dots\dots (6-14)$$

由式(6-8)及式(6-12)可知，瞬時單位歷線為含伽瑪函數因子(gamma function argument)  $N$  與水庫蓄水常數(reservoir storage constant)  $K$  等二參數以及時間  $t$  函數之公式。此兩參數可用以決定瞬時單位歷線之形狀。

### 3. 線性水庫參數 $N$ 與 $K$ 之推求

通常對一集水區瞬時單位歷線之求解，乃利用該集水區實際水文記錄整理、分析出之有效降雨組體圖(ERH)與直接逕流歷線(DRH)，利用動差定理(moments theorem)[1]加以推求。其分析方式如下：

#### (1) 基流分離

一水文歷線下代表直接逕流及基流兩部份之總和。直接逕流大部分由超滲降雨形成，為造成洪水之主因；基流為河川在乾旱情況下所排出之流量。歷線分析及應用時，兩者必須加以分離以便分析。單峰洪水歷線之基流分離方法敘述如下[1]：

如圖 6-1 所示，由歷線之常態退水底點 B 劃一直線至退水曲線 M 點，該線至尖峰流量 D 所代表之時間處相交於 M'，M'M 之時間等於 N 日。N 之決定通常以一經驗公式  $N = 0.8A^{0.2}$  推算，其中 A 為集水區面積之平方公里數。在 BM'M 上之歷線部份為直接逕流，在 ABM'M 下之歷線為基流。

設有如圖 6-2 之複峰歷線，可視為由數個單峰歷線組成[1]。圖中之雙峰歷線，可先由 C 循以前退水歷線向下延伸，與第一個洪峰時間向上繪之直線交於 D，再由 D 點以該流域查得之  $N = 0.8A^{0.2}$  向後劃交第一歷線之常態退水歷線 AB 於 B 點，由第一場暴雨所形成之直接逕流即可析出。第二場暴雨只須利用其退水歷線之底下平整點 F 向前劃切線交 AB 於 E 點，則複合歷線 CDBEF 之上為直接逕流，其下為基流。

## (2) 入滲指數

入滲指數(infiltration index)為推求某暴雨時段平均入滲率之工具。一般乃採用  $\Phi$  入滲指數。 $\Phi$  指數之求法為雨量強度—時間曲線，即在降雨組體圖上繪出一水平直線，使線上超滲雨量等於地表逕流。該直線與橫座標之距離，以單位時間水深表示，即為  $\Phi$  指數。

## (3) 動差法

Laplace 轉換之定義如下：

$$F(s) = L[f(t)] = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \dots\dots\dots (6-15)$$

將之對 s 作一次微分，則一階原點矩為：

$$\left. \frac{\partial F}{\partial s} \right|_{s=0} = \frac{\partial}{\partial s} \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \bigg|_{s=0} = \int_0^{\infty} -tf(t)dt = -v_F^{(1)} \dots\dots\dots (6-16)$$

對 s 作二次微分，則二階原點矩為：

$$\left. \frac{\partial^2 F}{\partial s^2} \right|_{s=0} = \frac{\partial}{\partial s^2} \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \bigg|_{s=0} = \int_0^{\infty} t^2 f(t)dt = v_F^{(2)} \dots\dots\dots (6-17)$$

因此 n 階原點矩為：

$$\left. \frac{\partial^n F}{\partial s^n} \right|_{s=0} = \frac{\partial}{\partial s^n} \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \bigg|_{s=0} = \int_0^{\infty} (-1)^n t^n f(t)dt = (-1)^n v_F^{(n)} \dots\dots (6-18)$$

而褶合積分定義如下：

$$Q(s) = I(s)U(s) \dots\dots\dots (6-19)$$

對  $s$  作一次微分可得：

$$\frac{dQ}{ds} = U \frac{dI}{ds} + I \frac{dU}{ds} \dots\dots\dots (6-20)$$

二次微分亦可得：

$$\frac{d^2Q}{ds^2} = U \frac{d^2I}{ds^2} + 2 \frac{dI}{ds} \frac{dU}{ds} + I \frac{d^2U}{ds^2} \dots\dots\dots (6-21)$$

令  $\frac{d}{ds} = D$ ,  $U = D^0 U$ ,  $I = D^0 I$ , 所以：

$$\frac{d^n Q}{ds^n} = D^n Q = (DU + DI)^n \dots\dots\dots (6-22)$$

亦即，

$$\nu_Q^{(n)} = (\nu_U + \nu_I)^n \dots\dots\dots (6-23)$$

上式即所謂之矩定理(Moments Theorem)，其乃表示  $Q(t)$ 、 $I(t)$  與  $I(t)$  之原點矩間之關係。而中心矩與原點矩之關係如下：

$$\mu^{(n)} = \nu^{(n)} - \frac{n}{1!} \nu^{(n-1)} \nu^{(1)} + \frac{n(n-1)}{2!} \nu^{(n-2)} [\nu^{(1)}]^2 - \frac{n(n-1)(n-2)}{3!} \nu^{(n-3)} [\nu^{(1)}]^3 + \dots\dots\dots (6-24)$$

其中， $\mu^{(n)}$  為  $n$  階中心矩。

因為那徐模式只有兩個參數，所以只須用至二階矩，由式(6-24)得：

$$\mu^{(1)} = \nu^{(1)} - \frac{1}{1!} \nu^{(0)} \nu^{(1)} = 0 \dots\dots\dots (6-25)$$

$$\mu^{(2)} = \nu^{(2)} - \frac{2}{1!} \nu^{(1)} \nu^{(1)} + \frac{2}{2!} \nu^{(2)} [\nu^{(1)}]^2 = \nu^{(2)} - [\nu^{(1)}]^2 \dots\dots\dots (6-26)$$

經過整理之後，可得：

$$\begin{cases} \mu^{(1)} = 0 \\ \mu^{(2)} = \nu^{(2)} - [\nu^{(1)}]^2 \end{cases} \dots\dots\dots (6-27)$$

則，

$$\mu_Q^{(2)} = \nu_Q^{(2)} - [\nu_Q^{(1)}]^2 \dots\dots\dots (6-28)$$

由式(6-23)，得：

$$\begin{cases} \nu_Q^{(1)} = \nu_U^{(1)} + \nu_I^{(1)} \\ \nu_Q^{(2)} = \nu_U^{(2)} + 2\nu_U^{(1)}\nu_I^{(1)} + \nu_I^{(2)} \end{cases} \dots\dots\dots (6-29)$$

將式(6-29)代入式(6-28)，則：

$$\begin{aligned} \mu_Q^{(2)} &= \nu_U^{(2)} + 2\nu_U^{(1)}\nu_I^{(1)} + \nu_I^{(2)} - [\nu_U^{(1)} + \nu_I^{(1)}]^2 \dots\dots\dots (6-30) \\ &= \mu_U^{(2)} + \mu_I^{(2)} \end{aligned}$$

瞬時單位歷線之一階原點矩如下所示：

$$\nu_U^{(1)} = \frac{\int_0^\infty tU(t)dt}{\int_0^\infty U(t)dt} = \frac{\int_0^\infty tU(t)dt}{1} = \frac{1}{K\Gamma(N)} \int_0^\infty t \left(\frac{t}{K}\right)^{N-1} e^{-\frac{t}{K}} dt \dots\dots\dots (6-31)$$

則，

$$\nu_U^{(1)} = \frac{K}{\Gamma(N)} \int_0^\infty \left(\frac{t}{K}\right)^N e^{-\frac{t}{K}} d\left(\frac{t}{K}\right) \dots\dots\dots (6-32)$$

由伽瑪函數之定義：

$$\Gamma(n) = \int_0^\infty e^{-t} t^{n-1} dt, \quad n > 0 \dots\dots\dots (6-33)$$

則，

$$\nu_U^{(1)} = \frac{K\Gamma(N+1)}{\Gamma(N)} = NK \dots\dots\dots (6-34)$$

同理，瞬時單位歷線之二階原點矩為：

$$\nu_U^{(2)} = N(N+1)K^2 \dots\dots\dots (6-35)$$

利用式(6-29)與式(6-34)，則：

$$NK = \nu_Q^{(1)} - \nu_I^{(1)} \dots\dots\dots (6-36)$$

由式(6-28)得：

$$\mu_U^{(2)} = v_U^{(2)} - [v_U^{(1)}]^2 \dots\dots\dots (6-37)$$

因為，

$$\mu_Q^{(2)} = \mu_U^{(2)} + \mu_I^{(2)} \dots\dots\dots (6-38)$$

所以，

$$\mu_Q^{(2)} - \mu_I^{(2)} = NK^2 \dots\dots\dots (6-39)$$

故二參數那徐模式之參數 N、K 如下所示：

$$\begin{cases} N = \frac{[v_Q^{(1)} - v_I^{(1)}]^2}{\mu_Q^{(2)} - \mu_I^{(2)}} \\ K = \frac{\mu_Q^{(2)} - \mu_I^{(2)}}{v_Q^{(1)} - v_I^{(1)}} \end{cases} \dots\dots\dots (6-40)$$

因此由上式可知，只須獲得入、出流之一、二階原點矩以及二階中心矩，即可求得那徐模式之兩個參數 N 與 K，進而了解集水區瞬時單位歷線之特性。

然上述之入、出流為連續形式，而一般之降雨與流量資料為離散形式；因此，上述所提及之一、二階原點矩應改為離散形式，其如下所示：

一階原點矩：

$$v_I^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^m I_i(\tau) \tau_i}{\sum_{i=1}^m I_i(\tau)} \dots\dots\dots (6-41)$$

$$v_Q^{(1)} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i(t) t_i}{\sum_{i=1}^n Q_i(t)} \dots\dots\dots (6-42)$$

二階原點矩：

$$v_I^{(2)} = \frac{\sum_{i=1}^m I_i(\tau) \tau_i^2}{\sum_{i=1}^m I_i(\tau)} \dots\dots\dots (6-43)$$

$$v_Q^{(2)} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i(t) t_i^2}{\sum_{i=1}^n Q_i(t)} \dots\dots\dots (6-44)$$

### 三、灰色系統理論

#### 1. 灰色系統理論概述

灰色理論係大陸學者鄧聚龍教授於 1982 年首先倡議提出者[14]。於系統論與控制論中常用顏色深淺來形容對系統信息認知之完備程度。一般以「白」表示對系統之信息完全瞭解；「黑」則指對信息一無所知；而「灰」乃表示對信息之認知程度不完全或不確知。因此，若系統中有信息不完備或不確定現象者，即稱其為系統之灰色性，具此一灰色性之系統，是為灰色系統，簡稱灰系統(grey system)[14]。

#### 2. 灰色系統分析原理

灰色系統分析乃是將隨機過程視為一種灰色過程，認為一切隨機量皆可當成是一定範圍內變化之灰色量來加以處理。經灰色過程之生成程序，將具有隨機性數列轉化為較具規律性數列，因而可用少量數據(最少時只須四個數據)及存在灰色信息之情況下，以建立系統之連續微分方程模式。

##### (1) 生成程序

若將原始數列  $\{x^{(0)}\}$  中之數據  $x^{(0)}(k)$ ，按某種要求作數據處理(或數據變換)，則稱此種處理為生成程序(generating operation process)。灰色理論對灰量、灰過程之處理，並不是去尋求機率分佈或統計規律，而是以生成程序求得隨機性弱化及規律增強之新數列，此數列之數據稱為生成數。利用生成數來建立模式，乃為灰色系統理論之一重要特點。至於生成程序，依其特性可分為累加生成程序及累減生成程序，茲分述如下：

##### A. 累加生成程序(accumulated generating operation process)

若將一原始數列中第一個數據維持不變，作為新數列第一個數據；新數列第二個數據是原始第一個與第二個數據相加；新數列第三個數據為原始第一個、第二個與第三個數據相加而得，餘此類推。如此所得之新數列，即稱為累加生成數列，而此種處理方式，則稱之為累加生成程序。令

$$\{x^{(0)}\} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\} \dots\dots\dots (6-45)$$

為原始數列，記生成數列為  $\{x^{(1)}\}$ ，即

$$\{x^{(1)}\} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\} \dots\dots\dots (6-46)$$

如果  $\{x^{(0)}\}$  與  $\{x^{(1)}\}$  間滿足以下之關係，即：

$$x^{(1)}(k) = \sum_{m=1}^k x^{(0)}(m) \dots\dots\dots (6-47)$$

則稱  $\{x^{(1)}\}$  為  $\{x^{(0)}\}$  之一次累加生成數列，記為 1-AGO。類似地，若  $\{x^{(r)}\}$  與  $\{x^{(r-1)}\}$  之間滿足下列關係：

$$x^{(r)}(k) = \sum_{m=1}^k x^{(r-1)}(m) \dots\dots\dots (6-48)$$

則稱  $\{x^{(r)}\}$  為  $\{x^{(r-1)}\}$  之一次累加生成數列。顯然地，經  $r$  次累加生成程序後，有下述之關係：

$$\begin{aligned} x^{(r)}(k) &= \sum_{m=1}^k x^{(r-1)}(m) + \sum_{m=1}^{k-1} x^{(r-1)}(k) \\ &= x^{(r)}(k-1) + x^{(r-1)}(k) \end{aligned} \dots\dots\dots (6-49)$$

#### B. 累減生成程序(inverse accumulated generating operation process)

經累加生成程序後之數列，已失其原有物理意義，因此由灰色微分方程模式求解之結果須還原成原始數列，即藉累減生成程序以獲得原始數列。由於累減生成程序為累加生成程序之逆運算，故常記作 IAGO。

令  $\{x^{(r)}\}$  為  $r$  次生成數列，對  $\{x^{(r)}\}$  作  $i$  次累減，記為  $i$ -IAGO，定義為  $\alpha^{(i)}$ ，則有如下之基本關係式：

0 次累減，記為 0-IAGO，其運算式為：

$$\alpha^{(0)}[x^{(r)}(k)] = x^{(r)}(k) \dots\dots\dots (6-50)$$

即 0 次累減相當於不累減，結果仍為原數值。

1 次累減，記為 1-IAGO，其運算式為：

$$\alpha^{(1)}[x^{(r)}(k)] = \alpha^{(0)}[x^{(r)}(k)] - \alpha^{(0)}[x^{(r)}(k-1)] \dots\dots\dots (6-51)$$

2 次累減，記為 2-IAGO，其運算式為：

$$\alpha^{(2)}[x^{(r)}(k)] = \alpha^{(1)}[x^{(r)}(k)] - \alpha^{(1)}[x^{(r)}(k-1)] \dots\dots\dots (6-52)$$

依此類推， $i$  次累減，記為  $i$ -LAGO，其運算式為：

$$\begin{aligned}\alpha^{(i)}[x^{(r)}(k)] &= \alpha^{(i-1)}[x^{(r)}(k)] - \alpha^{(i-1)}[x^{(r)}(k-1)] \\ &= x^{(r-i)}(k) - x^{(r-i)}(k-1) \dots\dots\dots (6-53)\end{aligned}$$

當  $i=r$  時，則  $\alpha^{(r)}[x^{(r)}(k)] = x^{(r-r)}(k) = x^{(0)}(k)$

由此可知，累減生成程序是累加生成程序之逆生成程序，當對  $r$ -AGO 進行  $r$ -LAGO 後，則得原始數據  $\{x^{(0)}\}$ ，此即所謂還原(recovery)。

## (2) 灰導數(grey derivative)與背景值(background value)

一般白導數之定義為：

$$\frac{dx}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t}$$

若將  $\Delta t$  視為一時間單位間隔，隨計時單位之縮小， $\Delta t$  將愈來愈小，而趨近於零。當時間單位小至某一定程度時，以離散形式可表示成如(6-54)式所示。

$$\frac{dx}{dt} = x(k+1) - x(k) = \alpha^{(1)}[x(k+1)] \dots\dots\dots (6-54)$$

此乃表示  $\frac{dx}{dt}$  為  $x(k+1)$  之一次累減生成。由(6-54)式可知  $\frac{dx}{dt}$  係  $x(k+1)$  與  $x(k)$  等二元組合之等效值，稱  $x(k+1)$  與  $x(k)$  之二元組合為偶對。故  $\frac{dx}{dt}$  與偶對  $[x(k+1), x(k)]$  存在一種映射關係，根據此一關係知，若  $k$  值不同，則偶對不同， $\frac{dx}{dt}$  亦不同。事實上，每一個  $\frac{dx}{dt}$  值皆為在一定函數  $\phi(k)$  下所得者，吾人稱  $\phi(k)$  為  $k$  時刻  $\frac{dx}{dt}$  之背景值。考慮與  $\frac{dx}{dt}$  對應之背景值  $\phi$  究竟該取偶對  $[x(k+1), x(k)]$  中之何者，乃為問題之重點。

若以萊布尼茲(Leibnitz)或牛頓定義之白導數為推演過程時，則上述問題並不存在。由於  $\frac{dx}{dt}$  是在  $\Delta t \rightarrow 0$  時成立，故當  $\Delta t \rightarrow 0$  乃意指偶對  $[x(k+1), x(k)]$  已退化成為一個點，即偶對中之兩個量已重合為一。於灰色理論中，雖  $\Delta t$  甚小，甚至形式可寫成  $\Delta t \rightarrow 0$ ，然而  $\Delta t$  仍是一個時間單位，因此  $\frac{dx}{dt}$  應與那一個背景值  $\phi$  對應之問題始終存在。當對象為廣義之能量系統時，可在  $\Delta t$  足夠小之前題，及假設變量自  $x(t)$  至  $x(t + \Delta t)$  不會出現突變之狀況下，可取  $x(k+1)$  與  $x(k)$  之平均值，



作為  $\frac{dx}{dt}$  (即  $x$  之  $1-AGO$  值)在  $\Delta t$  這一時距之背景值，也就是以

$$\frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} [x(k+1) + x(k)] \dots\dots\dots (6-55)$$

作為  $k$  到  $k+1$  時段內  $\frac{dx}{dt}$  之背景值  $\phi(k+1)$  乃十分合適。

### 3. 多維灰色動態分析

多維灰色動態分析乃是以多維灰色模式  $GM(1, N)$  為基礎，分析因素間之動態關係[15]。 $GM(1, N)$  模式為系統動態協調模式，是解決系統各項因素間動態協調之工具，其常被用來觀察系統各項敏感因素之變化對系統狀態之影響程度，並分析系統各敏感因素之敏感態勢與各變量間之關係，以確定系統未來發展中各因素之狀態。

設各因素之原始序列為：

$$\{x_i^{(0)}\} = \{x_i^{(0)}(1), x_i^{(0)}(2), \dots, x_i^{(0)}(n)\} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

各因素之一次累加生成序列為：

$$x_i^{(1)}(k) = \sum_{j=1}^k x_i^{(0)}(j) \dots\dots\dots (6-56)$$

系統之協調方程式，如式(6-57)所示。

$$\frac{dx_1^{(1)}(t)}{dt} + ax_1^{(1)}(t) = b_2 x_2^{(1)}(t) + b_3 x_3^{(1)}(t) + \dots + b_n x_n^{(1)}(t) \dots\dots\dots (6-57)$$

式中，  $x_1^{(1)}(t)$  : 行為因素序列  $x_1^{(0)}(t)$  之一次累加生成；

$x_2^{(1)}(t), \dots, x_n^{(1)}(t)$  : 作用因素序列  $x_2^{(0)}(t), \dots, x_n^{(0)}(t)$  之一次累加生成；

$a$  : 自協調係數，或稱為  $x_1^{(1)}(t)$  之發展係數；

$b_2, \dots, b_n$  : 互協調係數。

其中  $b_2, \dots, b_n$  乃反應系統各因素與主因素間之動態關聯程度，當  $b_i > 0$  時，即表示該因素  $i$  對主因素有促進作用；相反地，若  $b_i < 0$ ，則表示該因素  $i$  對主因素有抑制效果。而  $a$  乃反應主因素與各因素間之協調程度，當  $a > 0$  時，表示不太協調；若  $a$  值愈大，則其不協調程度愈大。

於求取協調方程式係數前，若  $GM(1, N)$  模式之各因素在數量級上相差太懸殊時，即會導致計算過程中出現數量極大之數列過分突出，使模式產生畸變，而

無法反應出  $N$  個變量間之關係。因此，在建立  $GM(1, N)$  模式前，各數據列須經初值化處理，即對一數列之所有數據均以其第一個數除之，進而得到一新數列之方法。

至於協調方程式之係數  $\hat{B} = [a, b_2, \dots, b_n]$  可用最小二乘法予以求解，即：

$$\hat{B} = (X^T X)^{-1} X^T Y \dots\dots\dots (6-58)$$

式中

$$X = \begin{bmatrix} -0.5[x_1^{(1)}(1) + x_1^{(1)}(2)] & x_2^{(1)}(2) & \dots & x_n^{(1)}(2) \\ -0.5[x_1^{(1)}(2) + x_1^{(1)}(3)] & x_2^{(1)}(3) & \dots & x_n^{(1)}(3) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -0.5[x_1^{(1)}(t-1) + x_1^{(1)}(t)] & x_2^{(1)}(t) & \dots & x_n^{(1)}(t) \end{bmatrix}$$

$$Y = [x_1^{(0)}(2), x_1^{(0)}(3), \dots, x_1^{(0)}(t)]$$

故此系統協調方程式之通解，如式 (6-59) 所示。

$$x_1^{(1)}(k+1) = \left[ x_1^{(0)} - \frac{1}{a} \sum_{i=1}^n b_i x_i^{(1)}(k+1) \right] e^{-ak} + \frac{1}{a} \sum_{i=1}^n b_i x_i^{(1)}(k+1) \dots\dots\dots (6-59)$$

最後，再將結果以累減生成程序得其推估值  $\hat{x}_1^{(0)}$ ，並分析模式之適用性。

於灰色系統分析中，常以模式之擬合誤差百分比  $\varepsilon(k)$  及後驗差比值  $c$  為評判模式適用性之依據，茲分述如下：

(1) 擬合誤差百分比  $\varepsilon(k)$ ：

對  $GM(1, N)$  模式檢驗其誤差狀況，乃是將推估值  $\hat{x}_1^{(0)}(k)$  與觀測值  $x_1^{(0)}(k)$  代入式 (6-60) 中得其誤差百分比數列  $\{\varepsilon\} = \{\varepsilon_{(1)}, \varepsilon_{(2)}, \dots, \varepsilon_{(n)}\}$ 。

$$\varepsilon(k) = \frac{x_1^{(0)}(k) - \hat{x}_1^{(0)}(k)}{x_1^{(0)}(k)} \times 100\% \dots\dots\dots (6-60)$$

若所得誤差百分比數列中各項符號為正負相間或分段正負相間者，即視為模式可用；否則，應將模式予以修正。因誤差百分比數列中各項符號相間，乃表示觀測值有些高於推估值，某些低於推估值，此說明模式之擬合曲線從中穿過實際觀測曲線，故該模式之規律即為其基本規律，其發展趨勢便是系統之發展趨勢。因此，若以此模式從事分析或推估，所得結果至少不會離譜。

(2) 後驗差比值  $c$ ：

後驗差比值  $c$  乃為殘差數列離均差  $S_e$  與實際數列離均差  $S_x$  之比值。顯然地，殘差之離均差愈小，其推估精度愈高，但其數據大小與實際數據大小有關，因此在為取得統一衡量標準下，取兩者之比為評判準則，示如式(6-61)。若  $c < 0.35$ ，乃視模式精度等級為優良； $c < 0.50$  為合格； $c < 0.65$  為勉強，而當  $c \geq 0.65$  時，則屬不合格等級，須重新檢討模式之結構是否有誤。

$$c = \frac{S_e}{S_x} \dots\dots\dots (6-61)$$

式中，  $S_e^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N [e(i) - \bar{e}]^2$

$$S_x^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N [x_1^{(0)}(i) - \bar{x}_1^{(0)}]^2$$

$e(i)$  : 殘差數列， $e(i) = x_1^{(0)}(i) - \hat{x}_1^{(0)}(i)$

$\bar{e}$  :  $\bar{e} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e(i)$  殘差數列之平均值，

$\bar{x}_1^{(0)}$  : 實際數列之平均值， $\bar{x}_1^{(0)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_1^{(0)}(i)$

$N$  : 資料個數。

## 第七章 設計洪水歷線之模擬

本研究計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型計畫之第六子計畫，係針對基隆河流域數十年來由於快速都市化演變而形成水文環境之變化作一系列之水文研究，屬於目標導向之計畫，可據以提供子計畫七、八、九及十從事基隆河防洪示範區淹水境況模擬、洪災損失估計、決策支援及展示研發之必要水文資訊，並探討及修正基隆河流域沿岸重要水文站之設計流量，可提供基隆河流域水資源開發及洪災整治之應用。

根據本研究所採用之半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式，其係將基隆河流域分割成若干個核胞，其編號及位置如圖7-1；地文資料則如表7-1所示。每一核胞可輸入不相同之降雨資料，以展現降雨於空間分布之特性。俟求得各研析集水區各雨量測站之雨量設計後，利用徐昇氏多邊形法求取研析集水區各核胞之平均設計雨量，而各核胞之徐昇氏多邊形法控制面加權值如表7-2所示。再進一步將各核胞之平均設計雨量扣除平均入滲損失量( $\Phi$ 指數)以求取各核胞之有效降雨量，此處平均入滲損失量( $\Phi$ 指數)之求法係視各研析集水區之平均逕流係數為已知，利用試誤法予以求取，其中根據相關研究之報告[7,8,9]得知，平均逕流係數於基隆河流域為0.74。

俟求得各研析集水區各核胞之有效降雨量後，再套配半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式，以從事基隆河流域之設計洪水歷線模擬，以為其它子計畫平地水理演算之邊界輸入條件。

於設計洪水歷線模擬之過程中，本計畫分別演算24小時降雨延時重現期距為1.1、2、5、10、25、50、100與200年之設計雨量，再套配半分布並聯型水庫概念降雨—逕流模式，即可得到各集水區於不同總雨量下之設計洪水歷線。至於降雨—逕流模式參數之選用，乃是引用與基隆河五堵上游集水區相同降雨—逕流模式參數設計洪水歷線。

## 第八章 結果與討論

### 一、水文資料庫之建立

本年度所建立之水文資料庫已完成如下具體之成果：

1. 已完成淡水河流域（包含基隆河流域）內現有抽水站之資料建檔及抽水站分布圖之繪製。
2. 已完成淡水河流域（包含基隆河流域）內現有橋樑斷面之資料建檔及橋樑分布圖之繪製。
3. 已蒐集建檔基隆河流域內台北縣平溪、瑞芳、汐止歷年之土地利用資料。
4. 已蒐集建檔基隆河流域內台北市南港、松山、內湖、中山、大同、士林及北投歷年之土地利用資料。
5. 已蒐集建檔基隆河流域內基隆市七堵、暖暖歷年之土地利用資料。
6. 已蒐集建檔基隆河流域內台北縣平溪、瑞芳、汐止歷年之人口數、人口密度統計數據。
7. 已蒐集建檔基隆河流域內台北市南港、松山、內湖、中山、大同、士林及北投歷年之人口數、人口密度統計數據。
8. 已蒐集建檔基隆河流域內基隆市七堵、暖暖歷年之人口數、人口密度統計數據。
9. 已完成基隆河流域水文測站狀況之資料建檔。
10. 已蒐集建檔基隆河流域歷年現有堤防、護岸之長度及丁壩之座數。

### 二、降雨分析

1. 本研究以對數皮爾遜第三類分布進行頻率分析，並預估各測站在重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年下不同延時之降雨量，其結果列如表 8-1 至表 8-5。

2. 降雨資料經頻率分析後，即可進行各測站不同重現期距下降雨強度—延時—頻率曲線公式之推求。本研究係採臺灣地區較常被引用之 Horner 三參數型公式，並取迴歸時之最小相對誤差，以推求基隆河流域各測站不同重現期距下之降雨強度—延時—頻率曲線公式，其迴歸曲線如圖 8-1 至圖 8-5 所示，所推求之參數及其合適性評判標準，則列如表 8-6 與表 8-15。
3. 基隆河流域計有五堵、台北、竹子湖、瑞芳及火燒寮等 5 個雨量站。本研究以交替區塊法從事兩型之設計；並配合頻率分析與降雨強度—延時—頻率關係之研究成果為兩型設計之依據；及以重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 年及 200 年等八類降雨總量，與 24 小時降雨延時之組合從事兩型設計。
4. 採用交替區塊法之設計兩型，取總降雨延時為 24 小時，重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 年及 200 年之設計降雨總量，分別求出設計降雨之時間分布；最後，再應用高度平衡多邊形法(height-balance polygons method)，即可求得各流域不同重現期距與不同降雨延時組合下之流域平均設計兩型雨量。應用交替區塊法所求得之平均設計兩型，如圖 8-6 所示。基隆河流域內各雨量站平均之暴雨前進係數  $\bar{F}$ ，列於表 8-16，為求設計兩型之簡化，係取各雨量站  $\bar{F}$  之算術平均值為該流域之平均暴雨前進係數  $\bar{F}$  代表值。各流域應用高度平衡多邊形法之控制面積分別列於表 8-17。

### 三、降雨—逕流模式之研析

半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式係以集水區河川網路與土地覆蓋利用等資料將集水區劃分成多個核胞，然後依據降雨落於各個核胞上流至集水區出口處之不同流路再與以並聯線性疊加而成之模式。以半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式套配 SCE 參數優選方法應用於基隆河五堵上游集水區作洪水估測之結果分述如下：

1. 基隆河之五堵上游集水區之模擬結果如表 8-18 所列，並示如圖 8-7 至圖 8-25。其平均效率係數為 0.878，峰量誤差平均在 11.48% 之內，峰時誤差時刻小於 2 小時。模擬所使用之參數如表 8-19 所示。
2. 由模擬結果所使用之參數值表中可得知，參數  $N_c$  之值似有偏低之情形，其原因為模式架構係採用並聯型核胞方式，用以尋求每一核胞與集水區出口處間之直接關係，因此對於每一條流路之模擬流況與實際之流況並不相同，而且比實際流量為小，如圖 8-26 所示，但為達到擬合峰時與峰量之目的，只有降低參數  $N_c$  值以達到模擬目的。
3. 綜合言之，利用半分布並聯型線性水庫概念逕流模式模擬基隆河五堵上

游集水區之結果，尚令人滿意。對基隆河五堵上游集水區之參數建議值如表 8-20 所示。

#### 四、站網評估

1. 關於雨量站網之規劃設計，既有雨量站網之分析中以重覆法(iterative method)所得結果如表 8-21 及表 8-22。其中，月累積雨量最大之三個測站分別為編號 15、17、24 之淡水(1)測站、瑞芳(2)測站及大桶山測站，而颱風時雨量為編號 6、11、20 之福山(3)測站、瑞芳(2)測站及淡水(1)測站。這些測站均有較高之尺度估計變異數，其在空間上較具代表性，故應予以保留。擬增設雨量站網之分析中，台北市考慮長期性降雨影響（月累積雨量），擬建議增設 18 個雨量測站，詳見表 8-23，而考慮短期性降雨影響（颱風時雨量），擬建議增設 18 個雨量測站，詳見表 8-24。並可依其尺度估計變異數之高低作為擬增設雨量測站之先後順序。台北縣地區考慮長期性降雨影響（月累積雨量），擬建議增設 13 個雨量測站，詳見表 8-25，而考慮短期性降雨影響（颱風時雨量），擬建議增設 13 個雨量測站，詳見表 8-26。並可依其尺度估計變異數之高低作為擬增設雨量測站之先後順序。
2. 關於水文站網之規劃設計，既有水文站網之分析中以重覆法(iterative method)所得結果示如表 8-27 及表 8-28，其中以介壽橋站、福山站及三鶯橋站等三站具有較高之尺度估計變異數，無法由其它既有選用測站資料獲致較準確推估值，故其於空間上較具代表性而應予以保留。擬增設水文站網之分析中本研究建議增設之測站為承德橋、南湖大橋、高速公路內湖橋與麥帥二號橋等四個水文監測站，如表 8-29 所示；此外，並可依其尺度估計變異數之高低作為擬增設測站之先後順序。

#### 五、都市化演變對水文效應之影響探討

1. 本研究中，五堵水文站依颱風降雨事件不同特性，分別以單峰或複峰基流分離法分離出直接逕流，而以 $\Phi$ 指數法求取超滲降雨，經由動差法計算那徐模式之兩參數 N 與 K，其結果示如表 8-30。
2. 由表 8-31 可知，人口密度與不透水面積乃呈現逐年增加，此變化趨勢頗符合都市開發之趨勢。因此，應用多維灰色動態分析 GM(1,3)，以不透水面積與人口密度為作用因素，分別對行為因素—參數 N 與參數 K 如式 (5-57) 之協調方程式予以分析之。應用多維灰色動態分析 GM(1,3) 分析基隆河流域之都市開發，其驗證結果可如表 8-32 所示。

3. 由表 8-32 之評判分析，參數 N 與參數 K 之模式之擬合誤差百分比皆屬於合理範圍，而參數 N 與參數 K 之模式精度等級皆為合格。因此，由表 8-32 中所推估之那徐模式之參數 N 與參數 K 推估值予以線性迴歸，所得之迴歸結果即可利用式(5-14)求取歷年瞬時單位歷線之洪峰流量( $U_m$ )，如表 8-33 與圖 8-27 所示。表 8-33 與圖 8-27 中可說明，由於歷年人文因子與地文因子之變異，造成洪峰流量之增加。

## 六、設計洪水歷線之模擬

本研究關於設計洪水歷線之模擬，係以交替區塊法進行降雨延時為 24 小時且重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年之兩型設計，並由徐昇氏多邊形法求取研析集水區於各核胞之各類型之平均設計兩型雨量，進一步利用  $\Phi$  指數求取各核胞之有效降雨量，然後套配由半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式所校驗之參數建議值，以從事研析地區之設計洪水歷線模擬。

1. 對於基隆河流域五堵上游集水區之設計洪水歷線模擬之結果如圖 8-28 至圖 8-35 所示，而基隆河流域五堵上游集水區與鄰近殘流域等研析地區設計洪峰流量則列如表 8-34 所示。
2. 本研究對基隆河流域於五堵站 200 年重現期距之最大設計洪峰流量值皆大於 3000cms，而經濟部水資源統一規劃委員會所規劃設計之最大設計洪峰流量值為 2300cms[17]，且從表 8-35 可知於五堵站曾發生紀錄最大洪水量為 2630cms，由此可見當時規劃設計之洪峰流量值有明顯偏小。推敲其原因係當時整個大台北防洪工程之規劃保護重心較偏向於大漢溪流域與新店溪流域，然三十年都市化演變，滄海桑田事過境遷，基隆河流域之蓬勃發展已儼然成為大台北都會區之人文、經濟重心，因此對基隆河流域最大設計洪峰流量之採用，似乎應有重新檢討之必要。
3. 本研究計畫屬於「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型計畫之第六子計畫，係針對基隆河流域數十年來由於快速都市化演變而形成水文環境之變化作一系列之水文研究，屬於目標導向之計畫，可據以提供子計畫七、八、九及十從事基隆河防洪示範區淹水境況模擬、洪災損失估計、決策支援及展示研發之必要水文資訊，並探討及修正基隆河流域沿岸重要水文站之設計流量，可提供基隆河流域水資源開發及洪災整治之應用。以象神颱風為例，本子計畫提供予子計畫八各個核胞（銜接範圍如圖 8-36）之側入流量如圖 8-37 所示。



## 第九章 結論與建議

### 一、結論

在第一年度之研究過程中，本計畫已蒐集基隆河流域內雨量站及水文站歷年來之降雨及水文資料，查勘河系沿岸之地形地貌及支流分布，建立合適之氣象、水文、地文及土地利用、人口政經資料檔，從事降雨頻率分析，建立降雨強度—延時—頻率關係及合適雨型設計，並應用克利金法，評估站網設置。再利用地理資訊系統，將基隆河沿岸集水區劃分適宜個數之核胞，應用半空間分布並聯型水庫概念模式推求沿岸河段之逕流量。研究中亦採用瞬時單位歷線法以探討水文參數與土地利用改變之關係，研析都市化演變對水文之效應。最後結合雨型設計與半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式，從事基隆河流域五堵上游集水區與鄰近殘流域等研析地區之設計洪水歷線模擬，其內容詳實、步驟清晰，且研究成果亦屬相當豐碩。針對研究成果，本研究已獲致以下之結論：

1. 本研究已選定基隆河流域內 5 個雨量測站，推求其降雨強度—延時—頻率曲線公式，並繪製 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年重現期距及 2 與 24 小時降雨延時組合下之等雨量線圖，所獲致之研究成果可提供台北近郊未設站或缺乏觀測資料地區從事水利工程規劃設計之應用。
2. 本研究係採用交替區塊法從事台北都會郊區各雨量測站之設計雨型，並配合各雨量站所推得之降雨強度—延時—頻率曲線公式，且選取總降雨延時為 24 小時，重現期距為 1.1、2、5、10、25、50、100 年及 200 年，分別求出基隆河流域內各集水區於設計降雨之時間分布。此等研究成果對未來基隆河流域內之水利工程規劃設計，可做為規劃設計時之依據。
3. 半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式係以集水區河川網路與土地覆蓋利用等資料將集水區劃分成多個核胞，然後依據降雨落於各個核胞上流至集水區出口處之不同流路再予以劃分，且可將每一核胞輸入不同之降雨資料，以展現降雨於空間上分布之特性，因此此模式已改進傳統水文模式將集水區視為單一輸入函數之缺點，而更具完備之理論基礎。
4. 半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式以 SCE 複洗牌參數優選法，客觀推求模式之參數，如此可節省檢驗時間與提高精確度。

5. 本研究係以半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式理論研析基隆河五堵上游集水區降雨與逕流之轉換關係，經以 19 場颱風事件對此模式加以檢驗，其結果相當良好；因此本研究所研發之半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式，對基隆河五堵上游集水區與鄰近地區於水資源規劃與防洪預報系統上，可提供參考應用。
6. 於研究過程中，發現對同一重現期距與相同時間區段，其設計洪峰流量具有隨著降雨延時增加而增加之趨勢；且對於同一重現期距與相同時間區段，設計兩型平均  $\Phi_{index}$  損失量值隨著降雨延時增加而減少。
7. 在雨量站網規劃方面，以克利金法針對基隆河流域進行站網評估。由於考慮測站土地取得之不易，故選取基隆河流域內之中、小學為測站位址，並依長、短期降雨不同之特性，分別加以分析，結果顯示台北市地區建議增設 18 個雨量測站；而台北縣地區則建議增設 13 個雨量測站。關於水文站網規劃，係以克利金法理論及比流量之概念來規劃站網。研析結果建議增設承德橋、南湖大橋、高速公路內湖橋與參帥二號橋等 4 個水文監測站較為合適。
8. 本研究利用瞬時單位歷線之原理與特性，分析都市開發前、後對集水區水文特性之影響程度。研究中，對整個基隆河流域之都市開發影響逐一探討分析，選取五堵站可用之颱風事件之記錄降雨與逕流資料。相關都市開發因子合併建物基地、寺廟用地、鐵道用地、道路、溝渠與堤防用地為不透水面積因子，是為地文因子，而人文因子則為人口密度因子與各水文站上游沿岸抽水站之抽水量。文中，應用多維灰色動態分析 GM(1,n)，以不透水面積、人口密度與抽水量為作用因素，分別對行為因素—參數 N 與參數 K 以協調方程式分析之。最後，應用那徐模式之參數 N 與參數 K 推估值，推估歷年瞬時單位歷線之洪峰流量。由研究結果顯示，都市開發效應對水文設計流量增量於基隆河流域之五堵上游集水區與鄰近殘流域為 16%。
9. 本研究係以交替區塊法進行重現期為 1.1、2、5、10、25、50、100 與 200 年與降雨延時為 24 小時組合下各自記雨量站之兩型設計，並套配由半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式所校驗之參數建議值，以從事基隆河流域五堵上游集水區與鄰近殘流域等研析地區之設計洪水歷線模擬，其研究成果可提供此研究地區內之水利工程規劃設計之參考應用。

## 二、建議

本研究水文模擬基隆河流域五堵站 200 年重現期距之最大設計洪峰流量值皆大於 3000cms，而經濟部水資源統一規劃委員會於「台北防洪計畫」中所規劃設計之最大設計洪峰流量值為 2300cms，且五堵站曾於民國 15 年發生紀錄最大洪水量為 2630cms，由此可見當時規劃設計之洪峰流量值有明顯偏小。三十年來都市化演變結果造成基隆河下游沿岸已形成台北都會區之重心，因此對基隆河流域之最大設計洪峰流量，似乎應有重新檢討之必要。

## 謝 誌

本研究計畫承蒙 行政院國科會永續發展研究推動委員會提供研究經費，謹此誌謝。

研究期間，多承國科會「防洪示範區淹水境況模擬與決策支援系統之研究」整合型研究計畫群台灣大學農工系許銘熙教授、蘇明道教授、陳增壽教授、張倉榮教授、水工試驗所賴進松研究員、何興亞博士、陳明仁博士、成功大學水利系蔡長泰教授、游保杉教授及多位子計畫之研究助理共同參與及定時研商，謹致由衷之謝忱。

## 參考文獻

1. 王如意、易任，應用水文學，上下冊，國立編譯館出版，茂昌圖書有限公司發行，民國 68 年 10 月。
2. 王如意、郭王珍、劉治中：「河川流量空間分佈模式之建立及其應用於台灣水文站網修訂方式之研究」，行政院農委會研究計畫報告，民國 75 年 12 月。
3. 王如意、許銘熙、顏清連等：「基隆河整治對河川影響及監測系統之評估（三）—研究子題一：基隆河整治對水文之影響（三）」，台北市政府工務局養護工程處委託計畫研究報告，民國 84 年 1 月。
4. 王如意、劉治中、鄭昌奇：「水文變數空間變異序率分析對水文站網設計之研究」，行政院農委會研究計畫報告，民國 75 年 12 月。
5. 王如意、鄭士仁、黃欣怡：「台北近郊坡地集水區土地利用改變與水文特性關係之研究」，行政院農委會研究計畫報告，民國 88 年 9 月。
6. 王如意、謝龍生，「半分布並聯型線性水庫降雨—逕流模式之研究」，第八屆水利工程研討會論文集，民國 85 年 7 月。
7. 王如意等，「台北防洪整體檢討計畫(一)」，台灣大學農工所，民國 85 年 6 月。
8. 王如意等，「台北防洪整體檢討計畫(二)」，台灣大學農工所，民國 86 年 6 月。
9. 王如意等，「台北防洪整體檢討計畫(三)」，台灣大學農工所，民國 87 年 6 月。
10. 台北市政府，「台北統計要覽」，民國 85 年。
11. 李光敦、顏本琦，「地面及河渠糙度係數對地相瞬時單位歷線模擬之影響」，第七屆水利工程研討會論文集，民國 83 年 7 月。
12. 郭朝雄、黃月娟、曠育呈，「臺北地區降雨強度—延時—頻率分析之研究（一）」，臺灣水利第 35 卷第 2 期，民國 76 年 6 月。
13. 陳俊，「台灣地區道路發展史」，交通部運輸研究所，民國 76 年 10 月。
14. 鄧聚龍，多維灰色規劃，大陸華中理工大學出版社，1989 年 8 月。
15. 鄧聚龍，灰色系統控制，大陸華中理工大學出版社，1984 年 12 月。
16. 經濟部水資會：「水文觀測手冊」，民國 56 年。
17. 經濟部水資源統一規劃委員會，「台北地區防洪計劃檢討報告」，民國 59 年 6 月。
18. Bastin, G., Lorent, B., Duque, C. and Gevers, M., "Optimal Estimation of The Average Rainfall and Optimal Selection of Raingauge Locations," Water Resources Research, 20(4), 463-470, 1984.
19. Duan, Q., S. Sorooshian and V. K. Gupta, "Effective and Efficient Global Optimization for Conceptual Rainfall-Runoff Models", Water Resources Research, 28(4), pp. 1028, 1987.

20. Eagleson, P. S, Chap. 16 "The Catchment", Dynamic Hydrology, pp. 362-369, 1970.
21. Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M., Applied Geostatistics, Oxford University Press, New York, 1989.
22. Journel, A. G. and Huijbregts, C. J., Mining Geostatistics, Academic Press, New York, 1978.
23. Lebel, T., Bastin, G., Obled, C. and Creutin, J. D., "On The Accuracy of Areal Rainfall Estimation: A Case Study," *Water Resources Research*, 23(11), 2123-2134, 1987.
24. Matheron, G., The Theory of Regionalized Variables and Its Application, Cahiers du Centre de Morphologic Mathematique, Ecole des Mines, Fountainbleau, France, 1971.
25. Nash, J. E., "The Form of the Instantaneous Unit Hydrograph", IASH Publication No. 45, Vol. 3- 4, pp. 114-121, 1957.
26. Phien, H. N. and T. Jivajirajan, "Applications of the Log Pearson Type-3 Distribution in Hydrology," *J. of Hydrology*, 73, pp. 359-372, 1983.
27. Rodriguez-Iturbe and J. B. Valdes, "The Geomorphologic Structure of Hydrologic Response", *Water Resources Research*, 15(6), pp. 1409-1420, 1979.
28. Rodriguez-Iturbe, G. Devoto and J. B. Vades, "Discharge Response Analysis and Hydrologic Similarity : The Interrelation between the Geomorphologic IUH and the Storm Characteristics" *Water Resources Research*, 15(6), pp. 1435-1444, 1979.
29. Ven Te Chow, David Maidment and Larry W. Mays, "Applied Hydrology", McGraw-Hill Book Company, 1988.
30. World Meteorological Organization, "Guide to Hydrometeorological Practices", 1965.

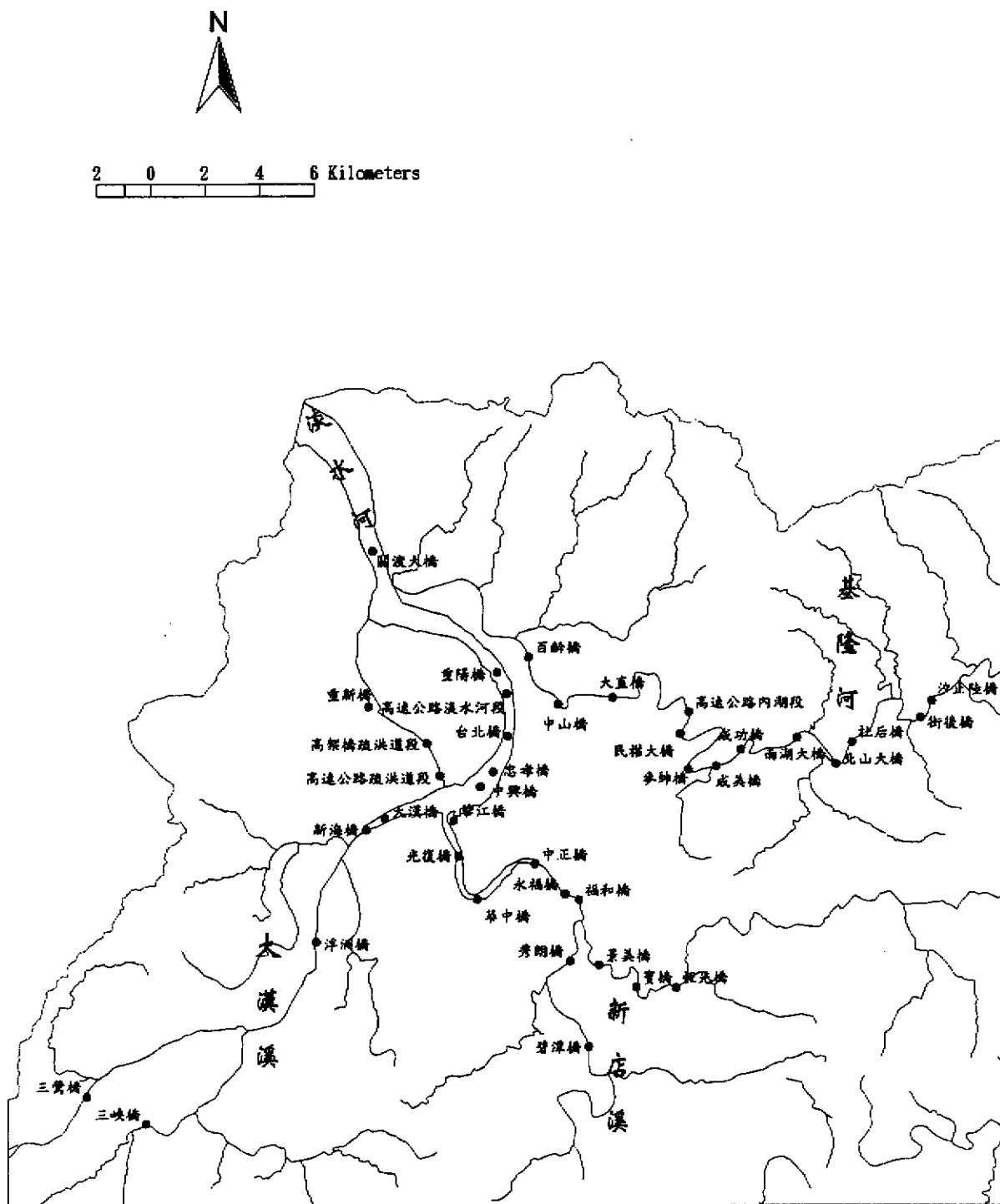
# 附圖



圖 1-1 基隆河流域地形圖







圖例

●：橋樑

圖 2-2 淡水河流域橋樑分布圖



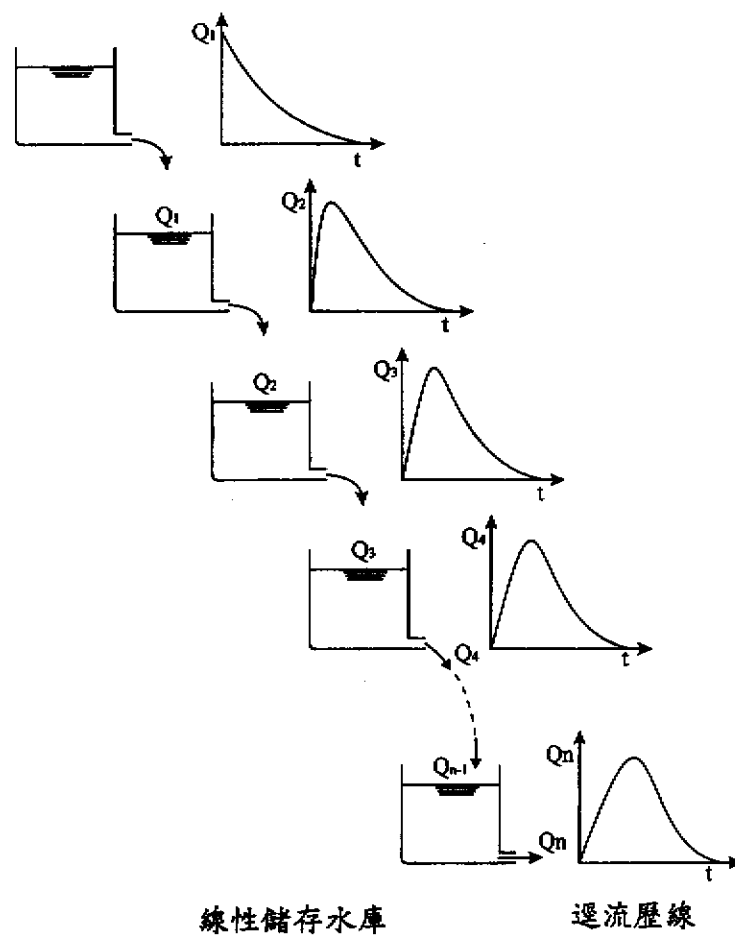


圖 4-2 線性水庫概念模式之示意圖

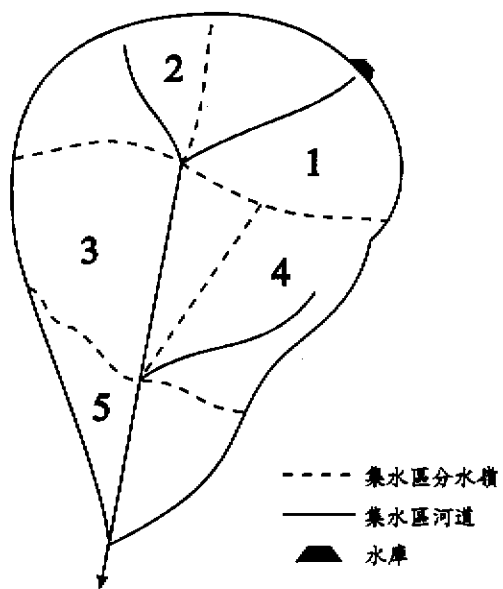


圖 4-3 集水區示意圖

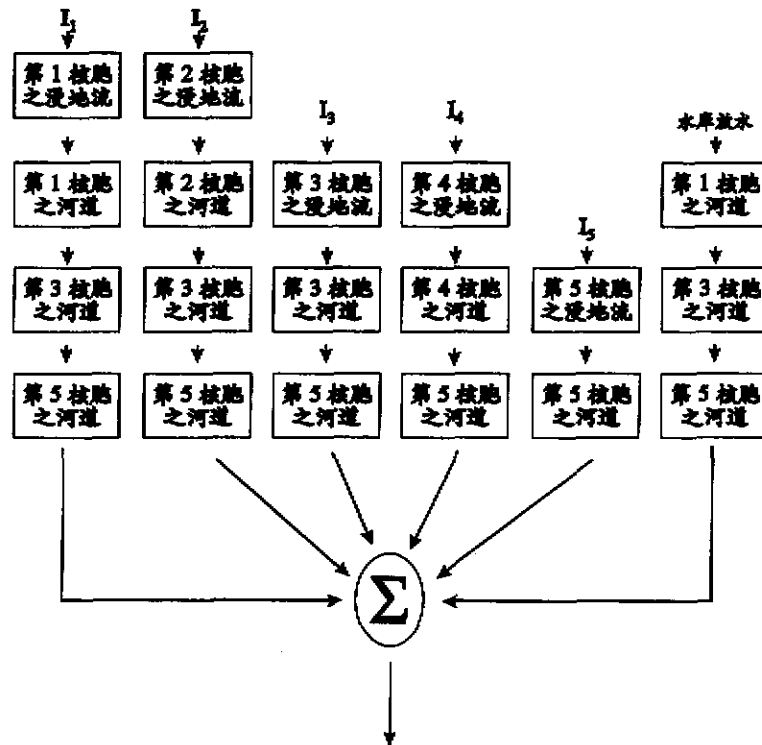
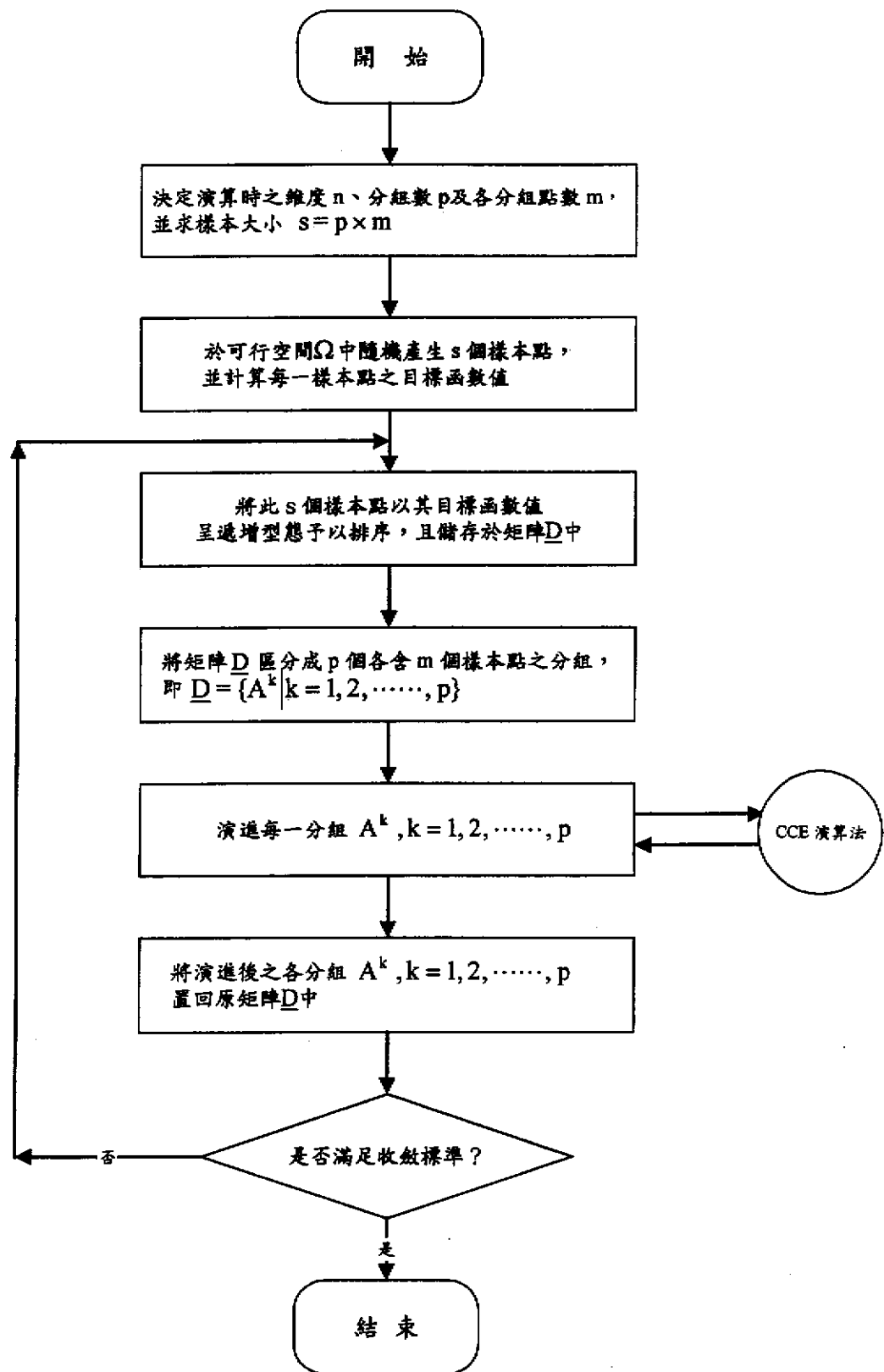


圖 4-4 模式結構示意圖

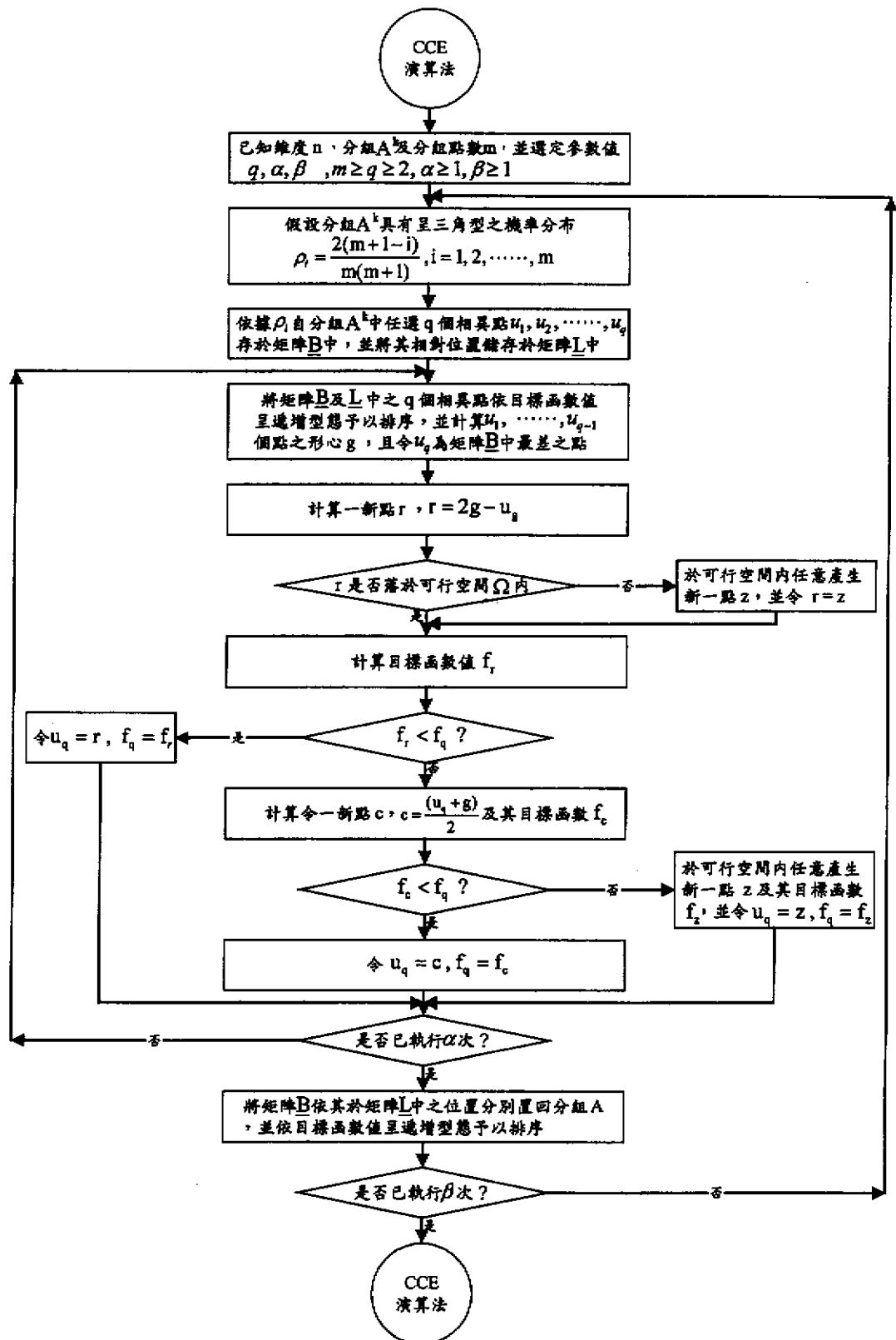


圖 4-5 基隆河五堵上游集水區之核胞分區圖



來源：Duan, Q., S. Sorooshian and V. K. Gupta, "Effective and Efficient Global Optimization for Conceptual Rainfall-Runoff Models," Water Resour. Res., 28(4), pp.1027, 1987.

圖4-6 洗牌複演進法(SCE法)尋求最佳參數值之演算流程圖



來源：Duan, Q., S. Sorooshian and V. K. Gupta, "Effective and Efficient Global Optimization for Conceptual Rainfall-Runoff Models," Water Resour. Res., 28(4), pp.1028, 1987.

圖4-7 競爭複演算法(CCE法)之演算流程圖

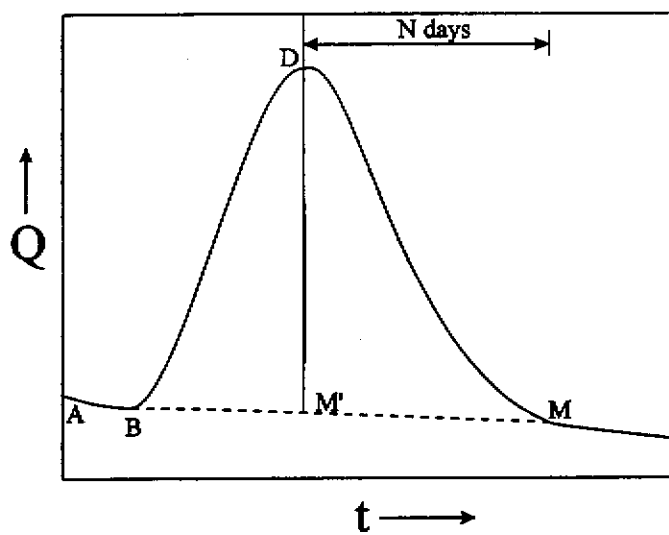


圖6-1 單峰逕流歷線之基流分離圖

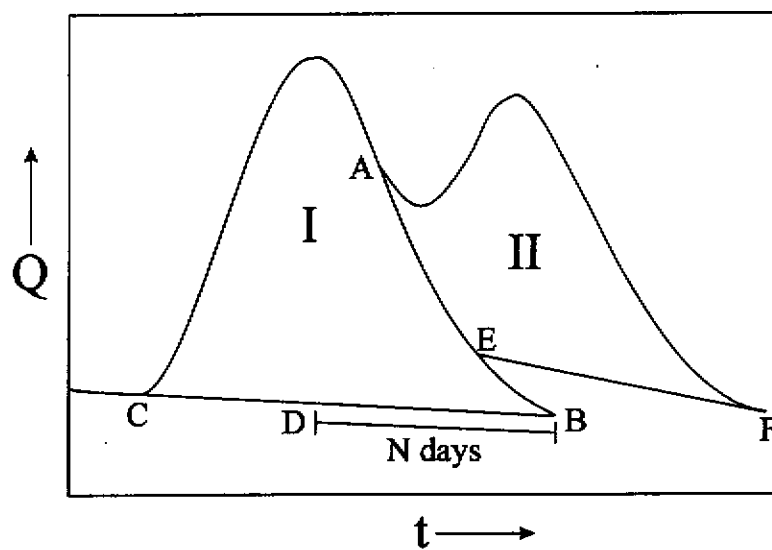


圖6-2 複峰逕流歷線之基流分離圖



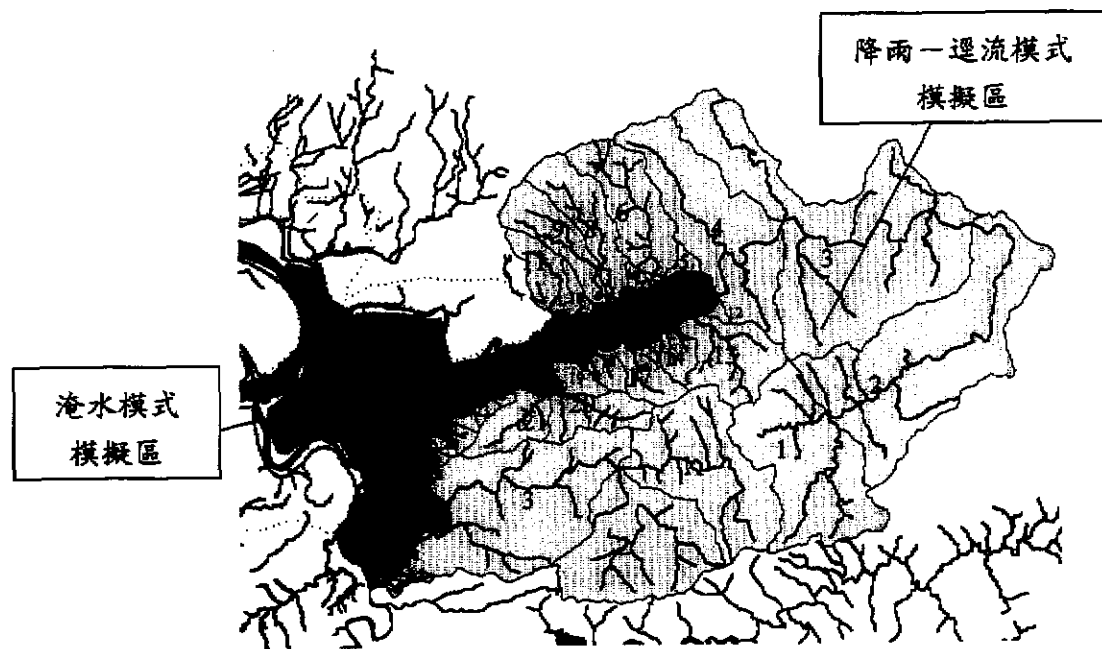


圖 7-1 基隆河流域（台北市中央、汐止、新店區）核胞分區圖

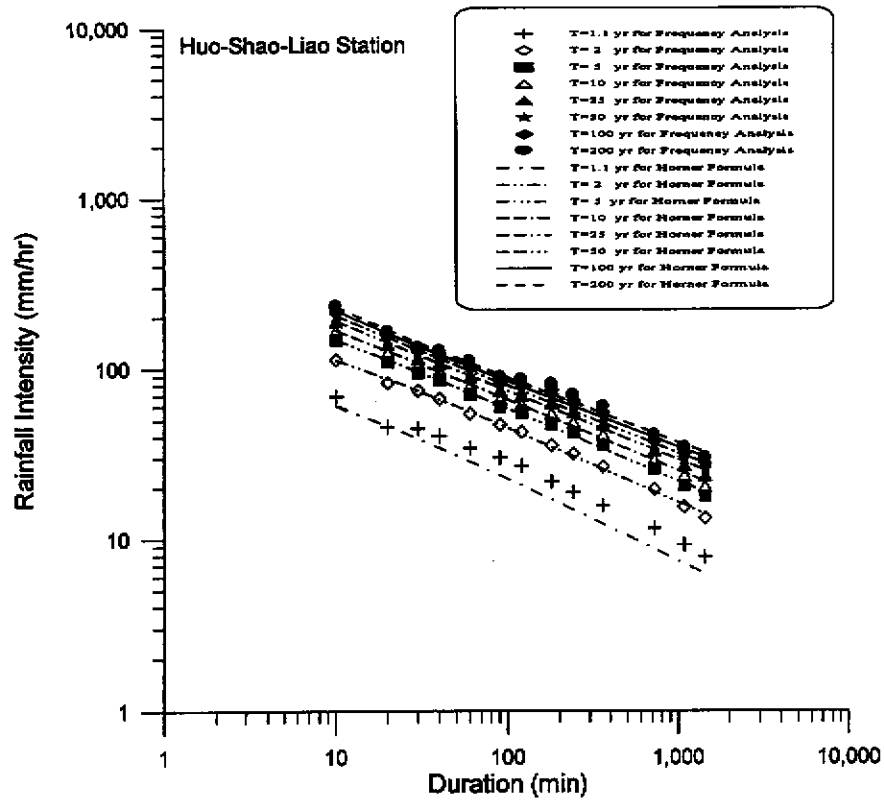


圖 8-1 火燒寮站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖

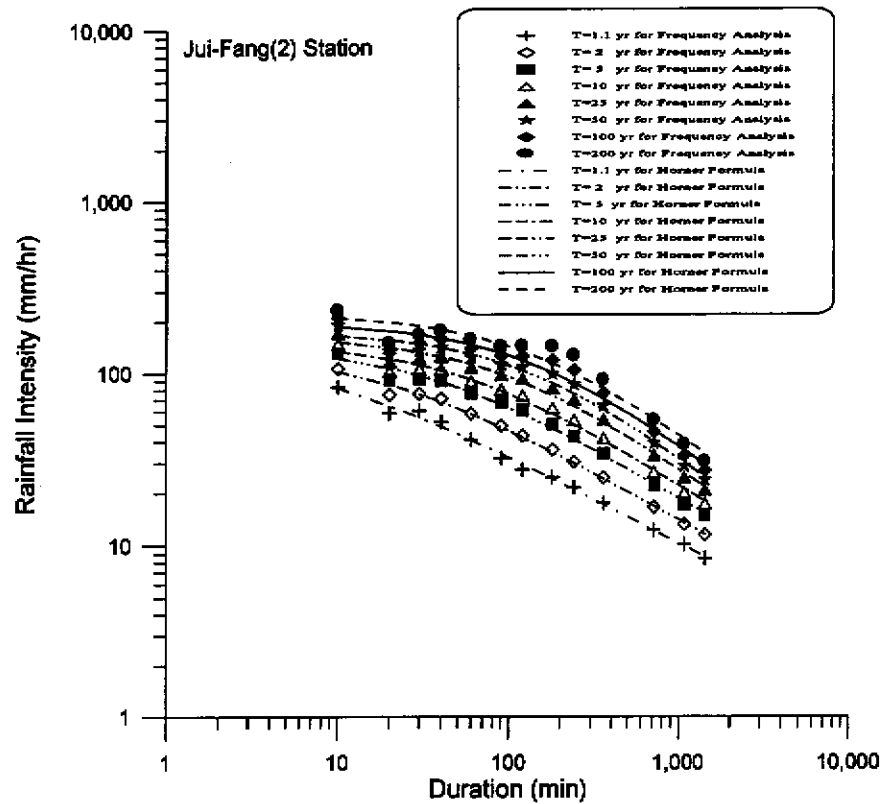


圖 8-2 瑞芳(2)站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖

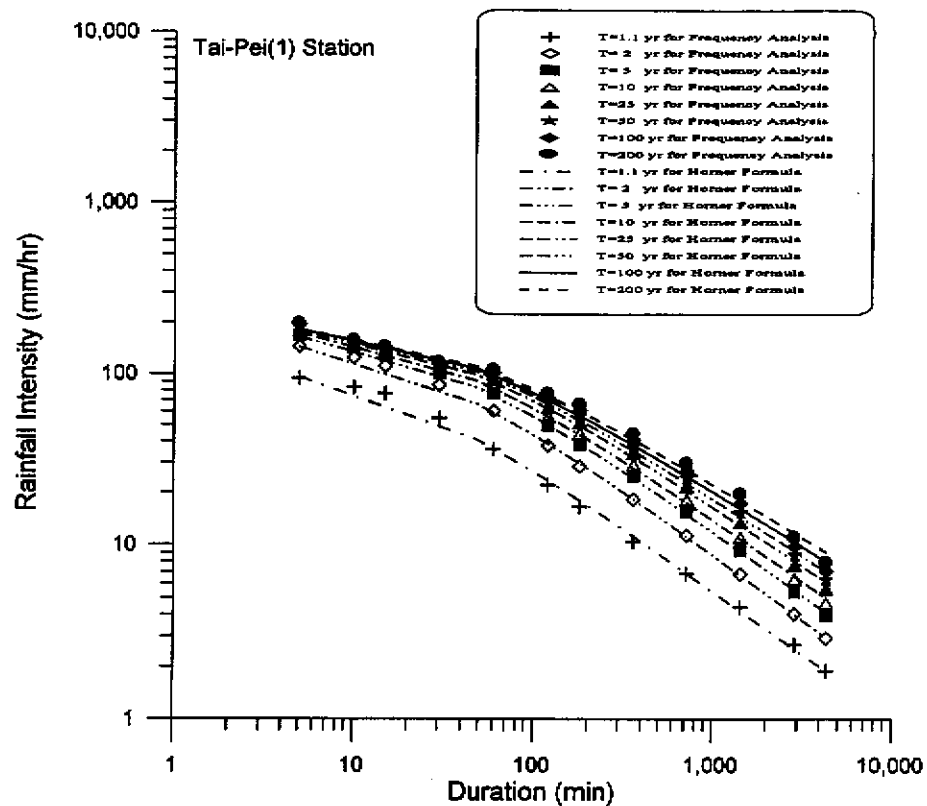


圖 8-3 台北(1)站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖

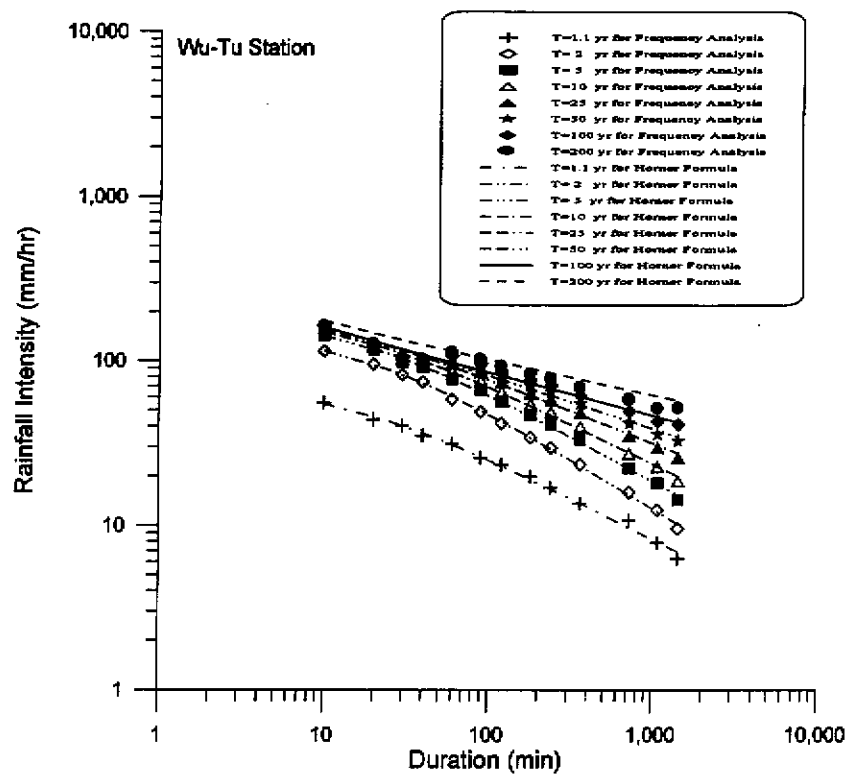


圖 8-4 五堵站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖

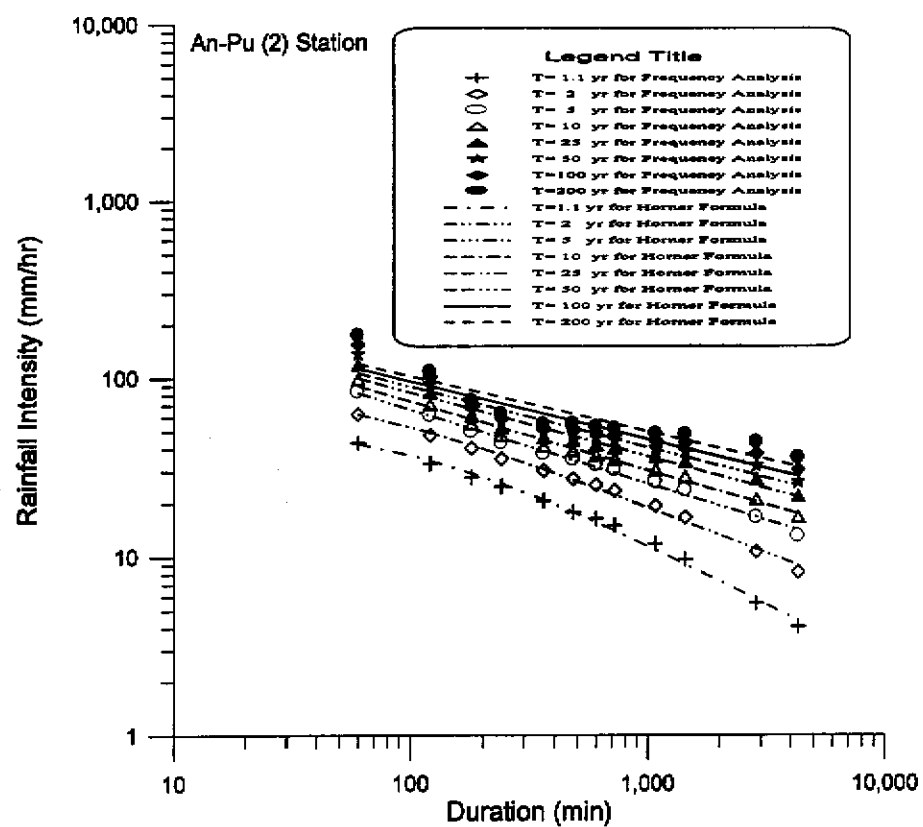


圖 8-5 竹子湖(1)站不同重現期距之降雨強度—延時曲線圖

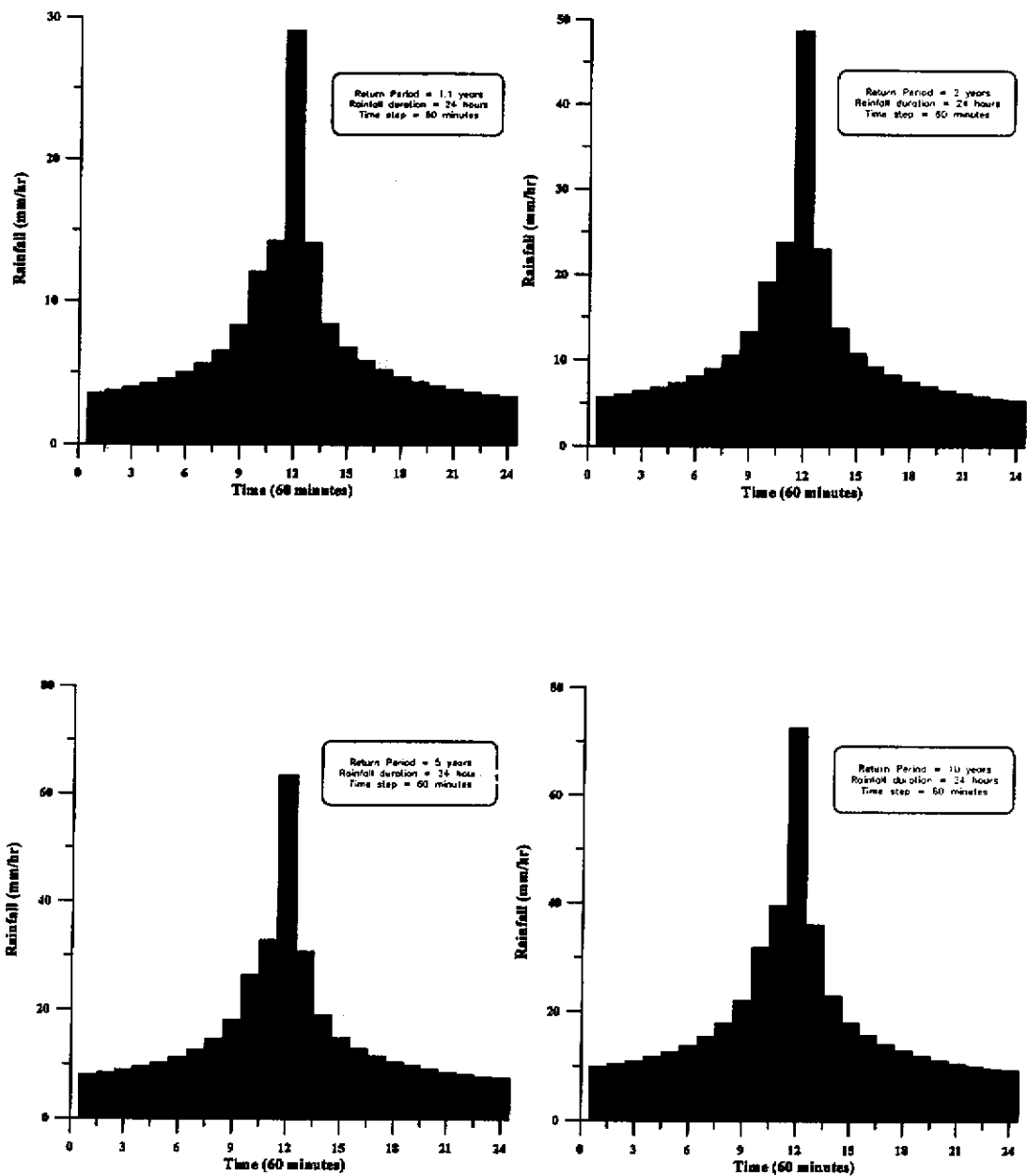
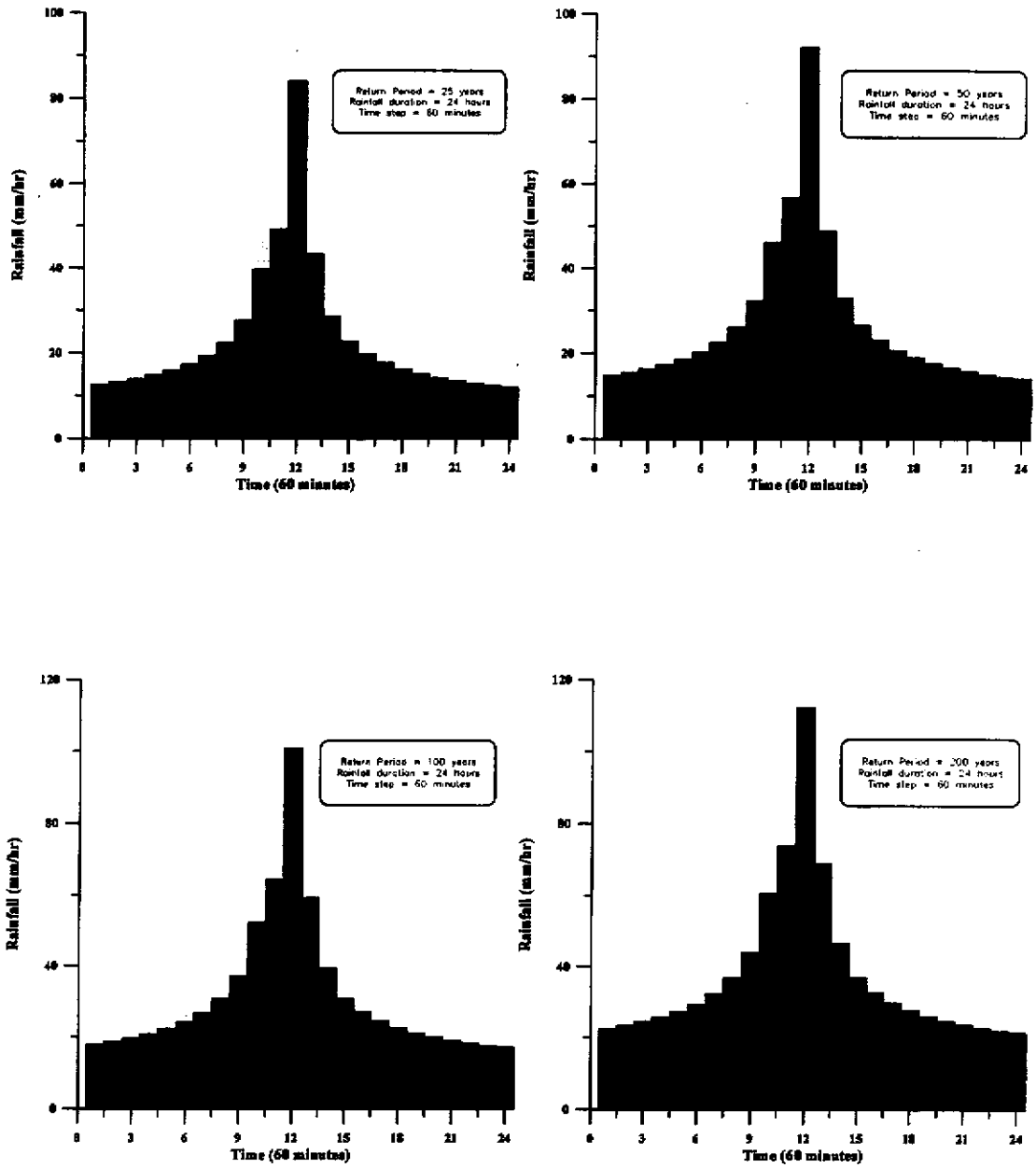


圖 8-6 基隆河流域降雨延時 24 小時之平均設計雨型圖



續圖 8-6 基隆河流域降雨延時 24 小時之平均設計雨型圖

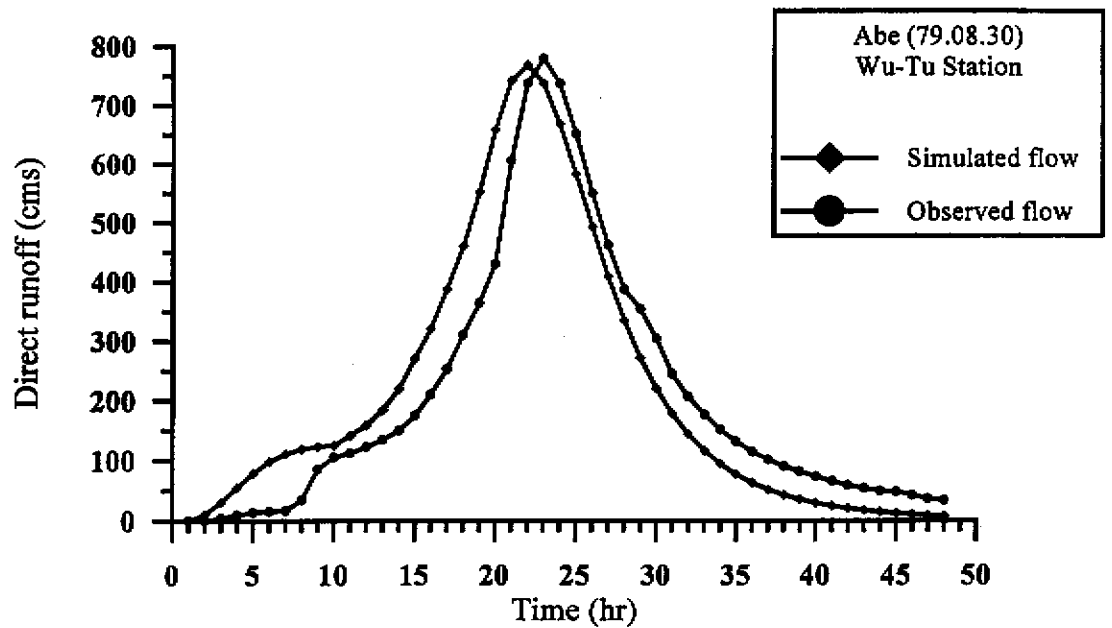


圖 8-7 五堵上游集水區之亞伯颱風洪逕流歷線檢定圖

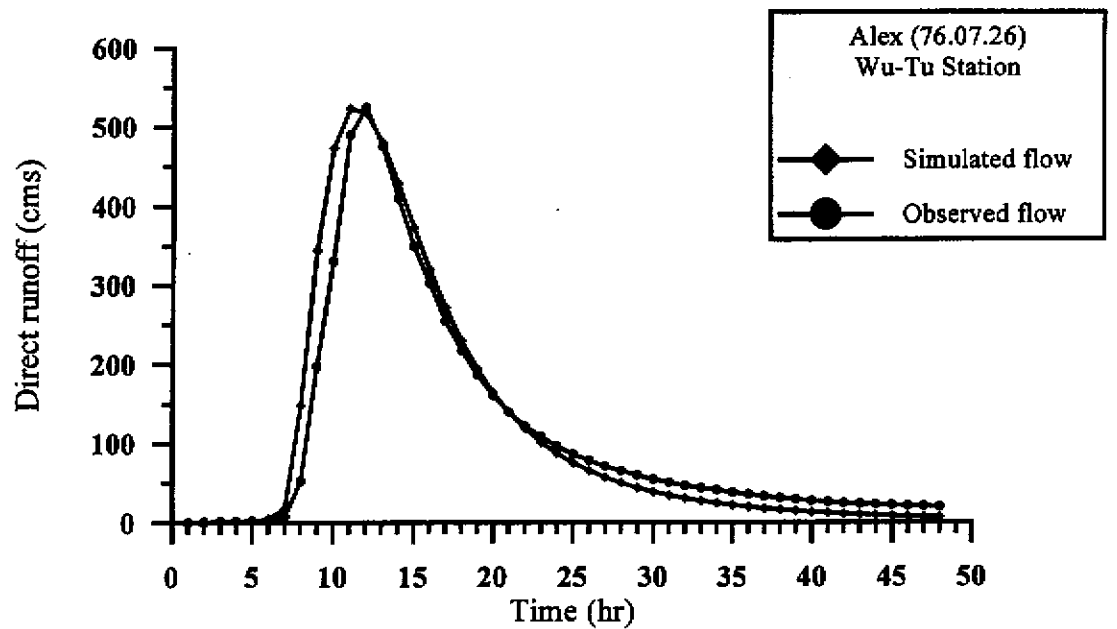


圖 8-8 五堵上游集水區之亞力士颱風洪逕流歷線檢定圖

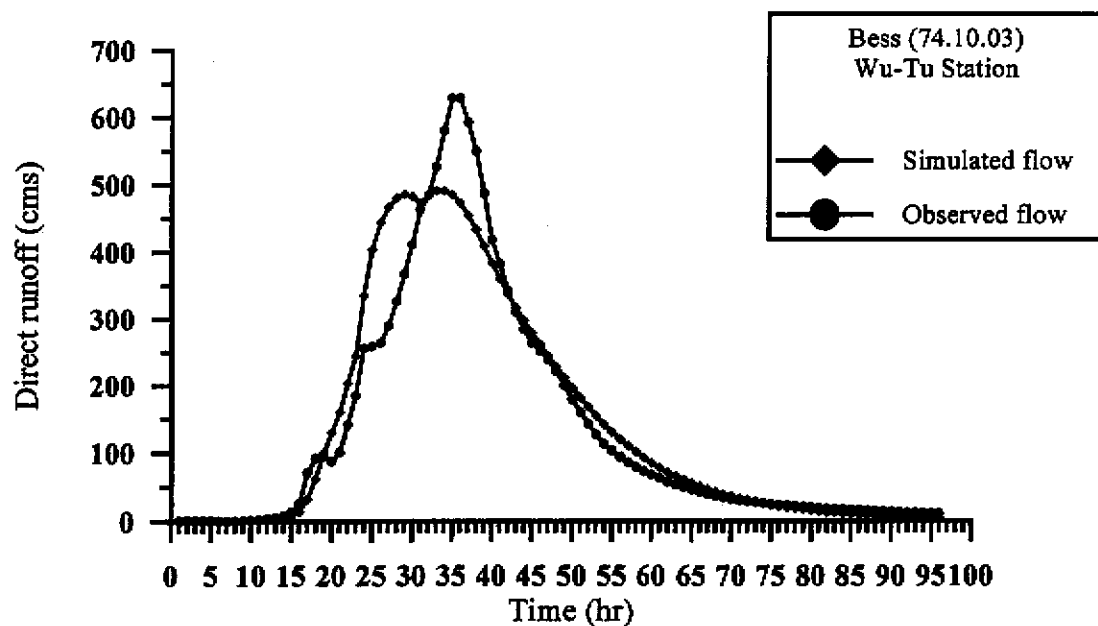


圖 8-9 五堵上游集水區之貝絲颱風逕流歷線檢定圖

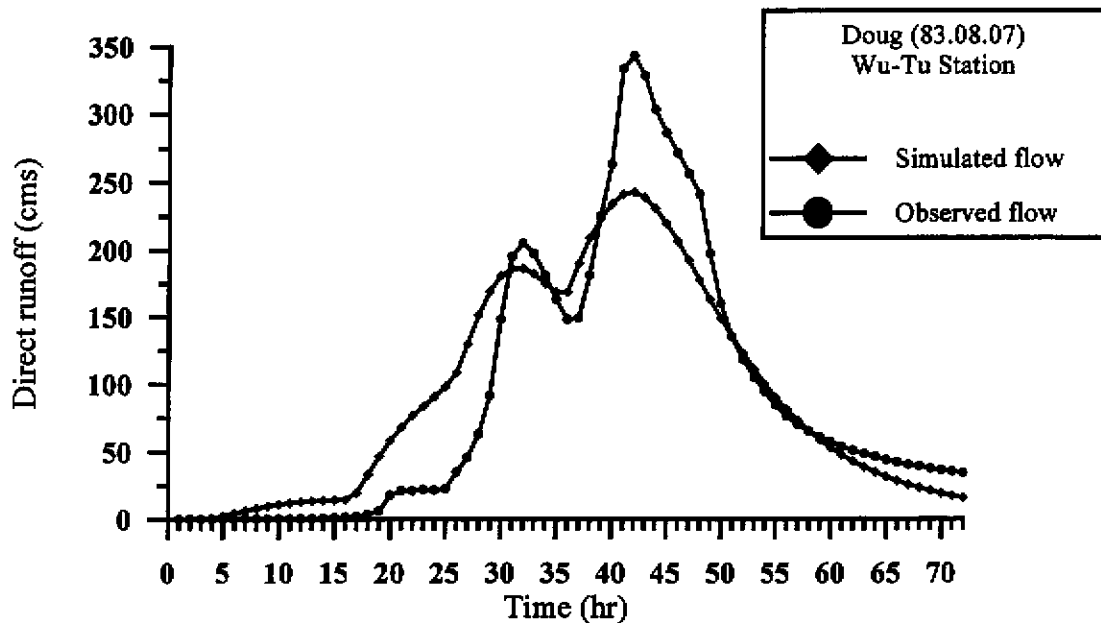


圖 8-10 五堵上游集水區之道格颱風逕流歷線檢定圖



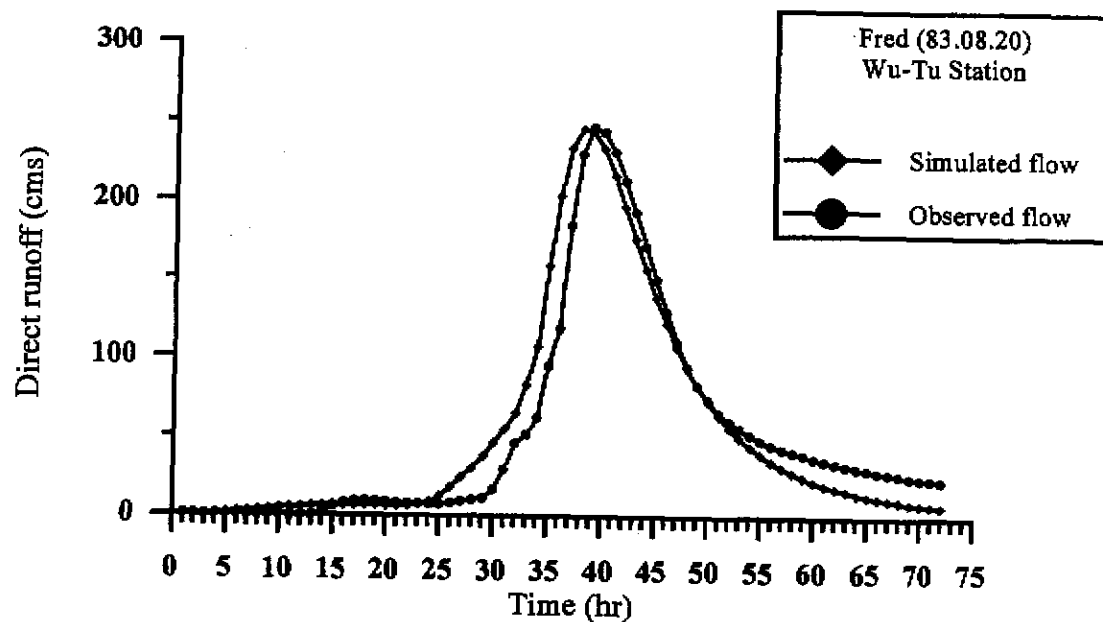


圖 8-11 五堵上游集水區之弗雷特颱風洪逕流歷線檢定圖

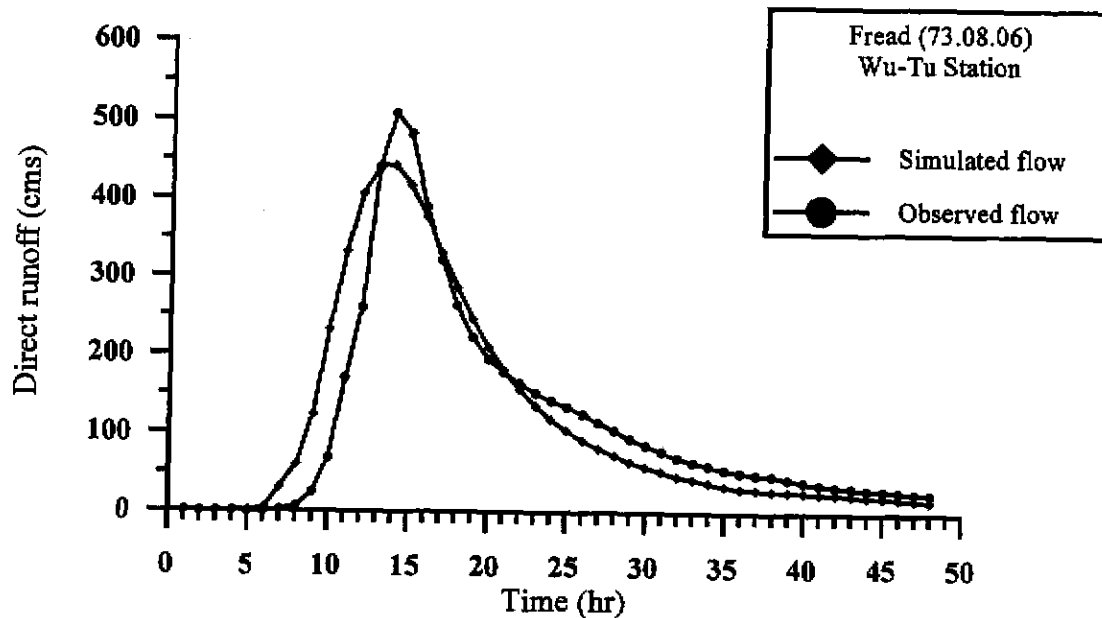


圖 8-12 五堵上游集水區之芙瑞達颱風洪逕流歷線檢定圖

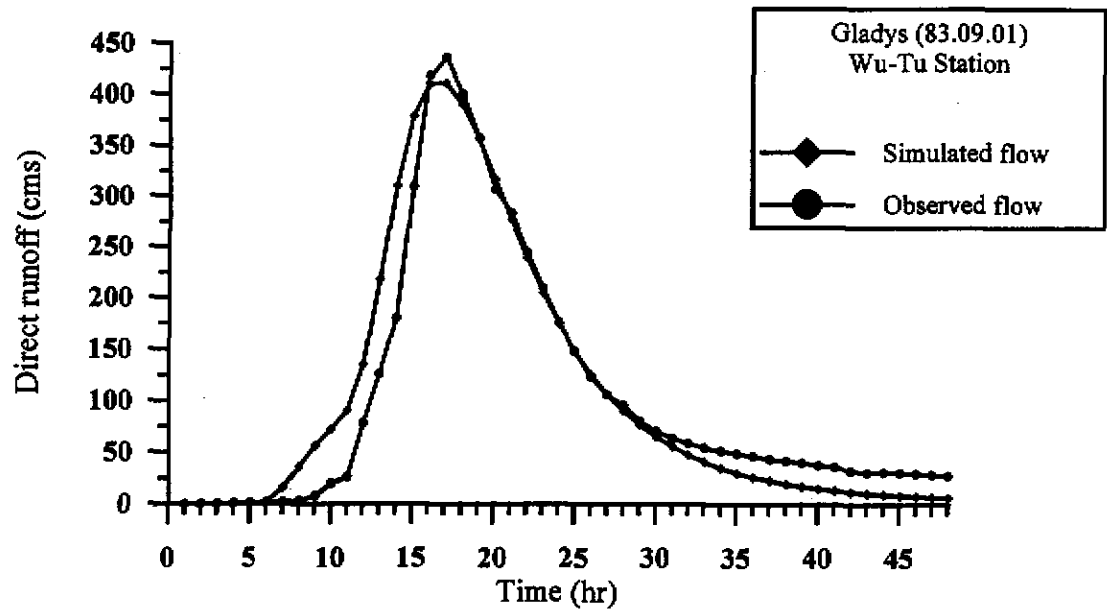


圖 8-13 五堵上游集水區之葛拉絲颱風洪逕流歷線檢定圖

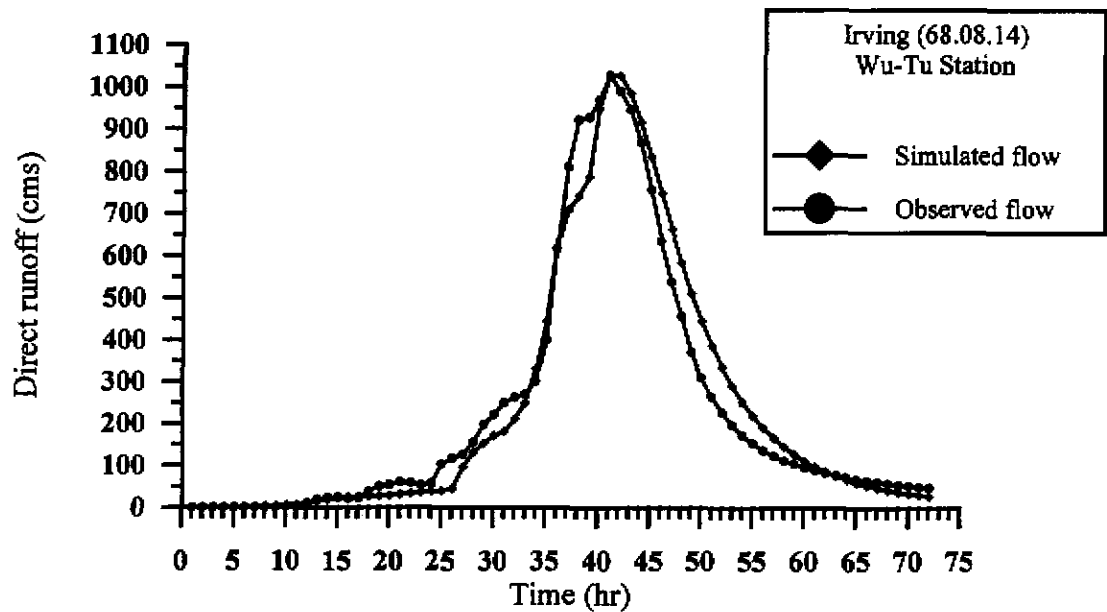


圖 8-14 五堵上游集水區之歐敏颱風洪逕流歷線檢定圖

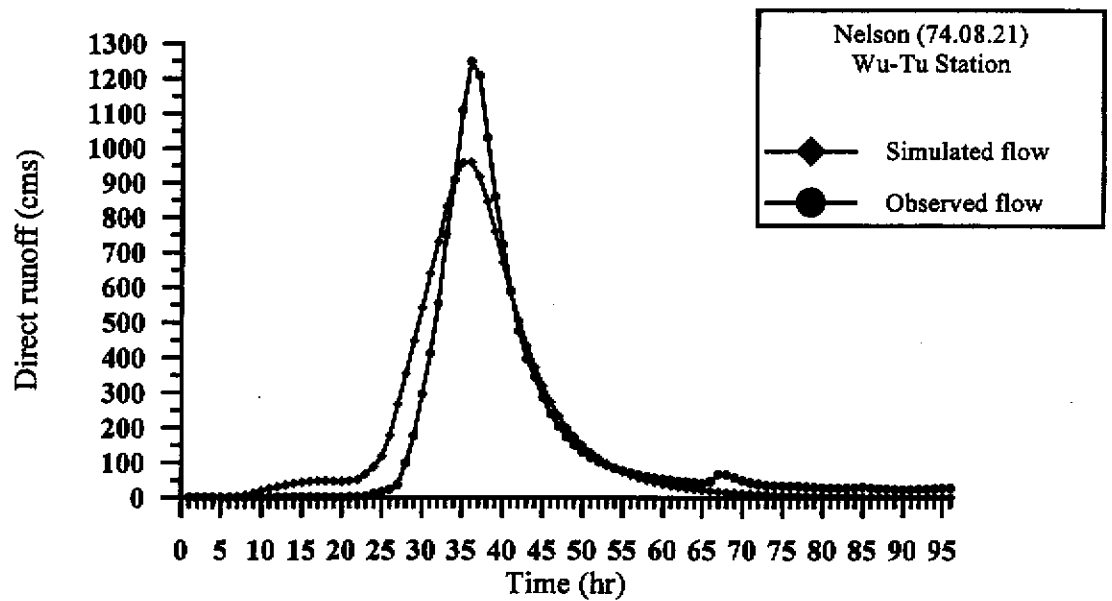


圖 8-15 五堵上游集水區之尼爾森颱風洪逕流歷線檢定圖

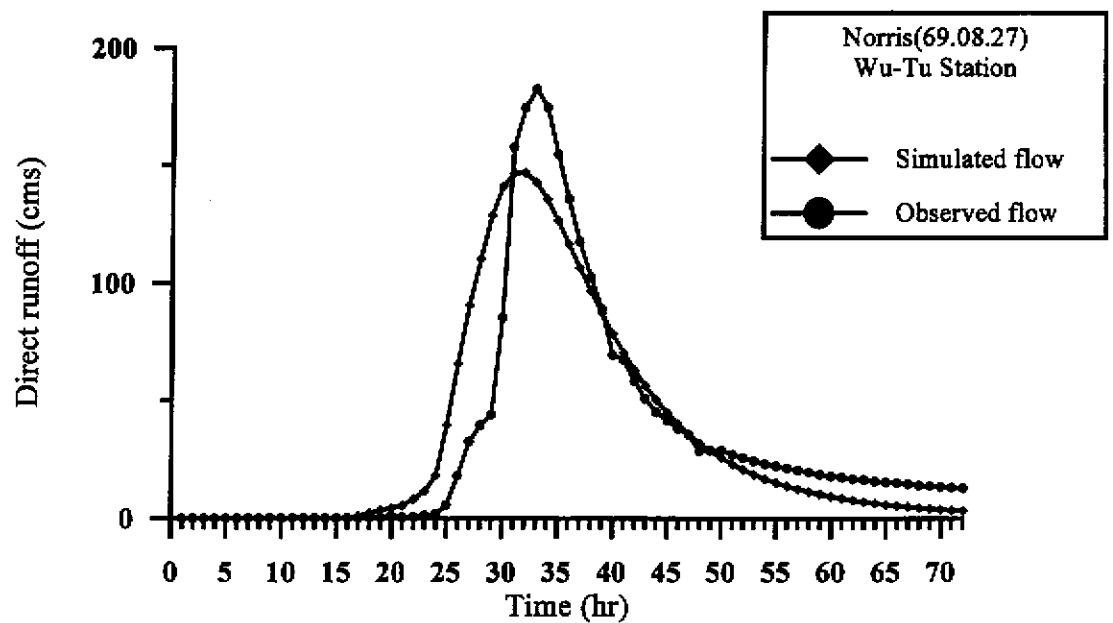


圖 8-16 五堵上游集水區之諾瑞斯颱風洪逕流歷線檢定圖

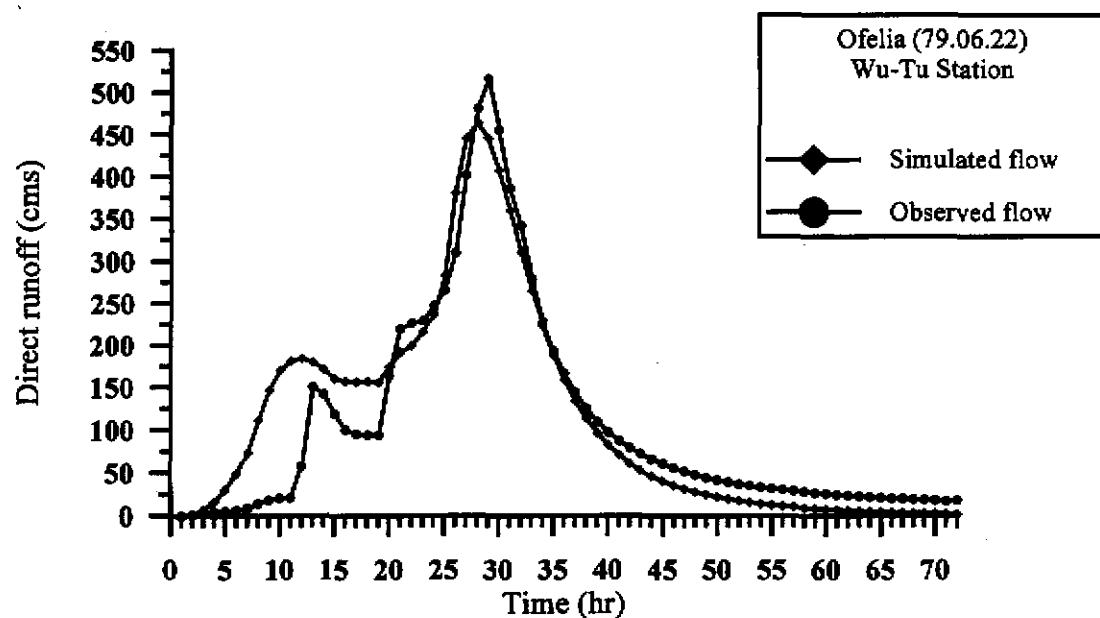


圖 8-17 五堵上游集水區之歐菲莉颱風洪逕流歷線檢定圖

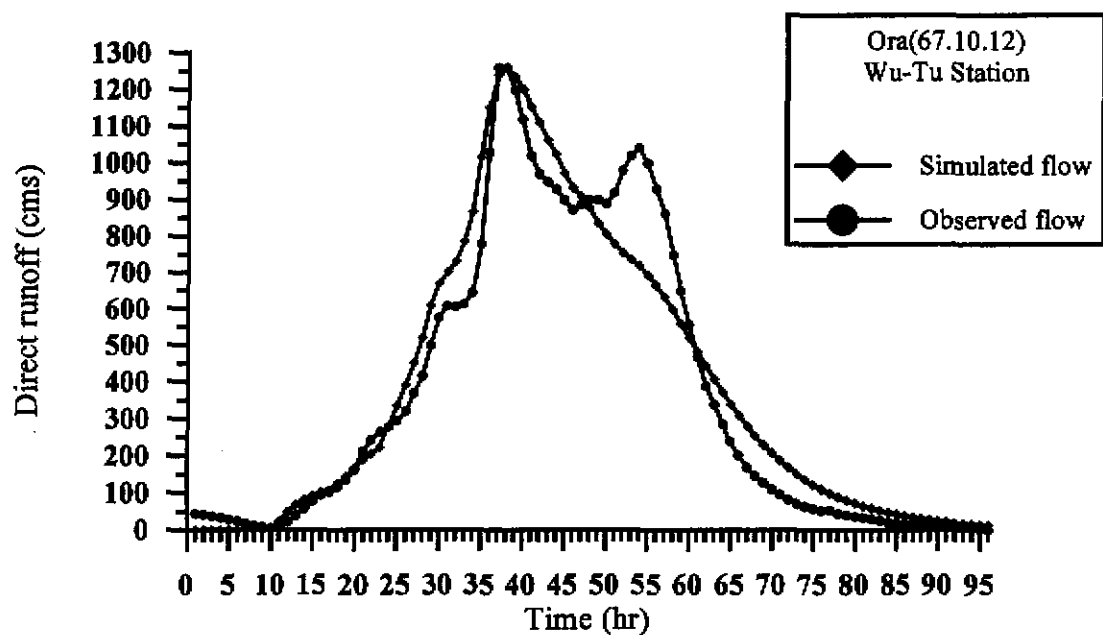


圖 8-18 五堵上游集水區之歐拉洪逕流歷線檢定圖

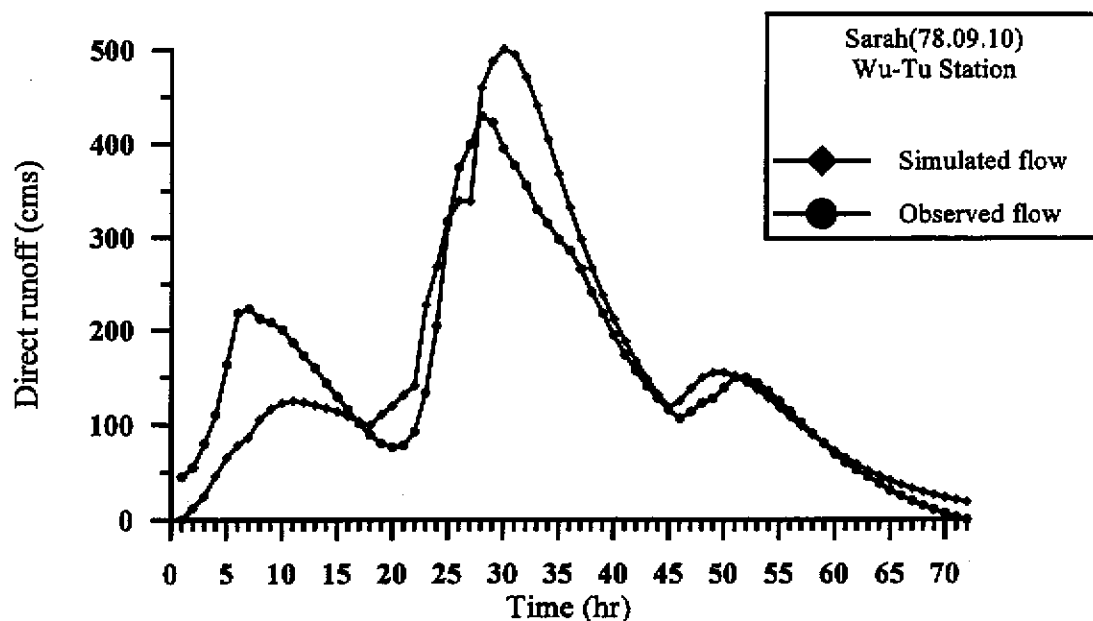


圖 8-19 五堵上游集水區之莎拉颱風逕流歷線檢定圖

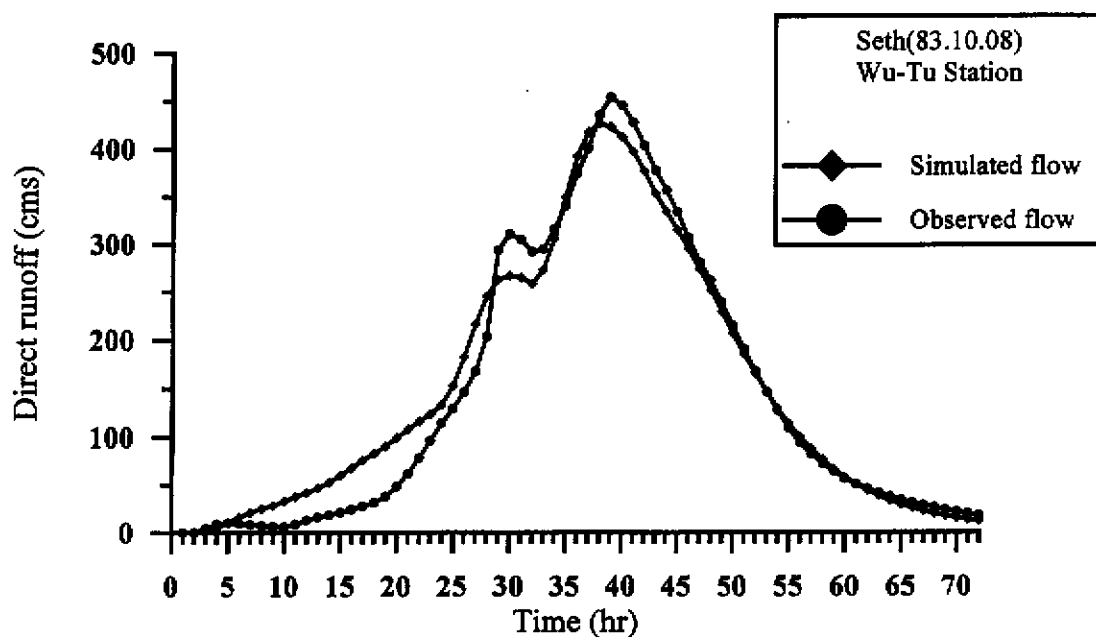


圖 8-20 五堵上游集水區之席斯颱風逕流歷線檢定圖

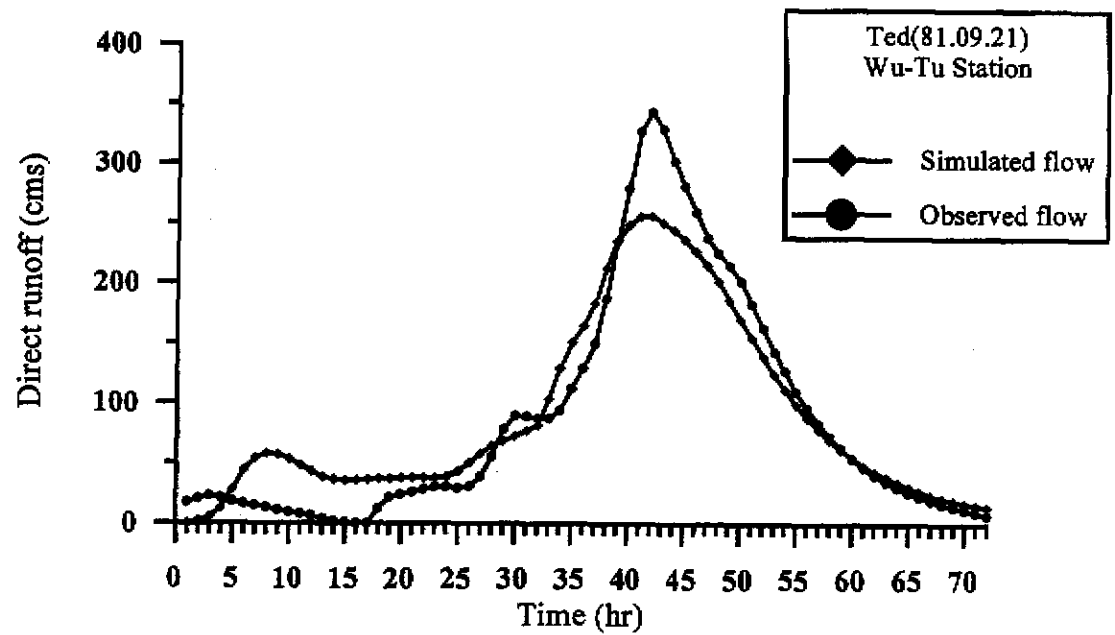


圖 8-21 五堵上游集水區之泰德颱風逕流歷線檢定圖

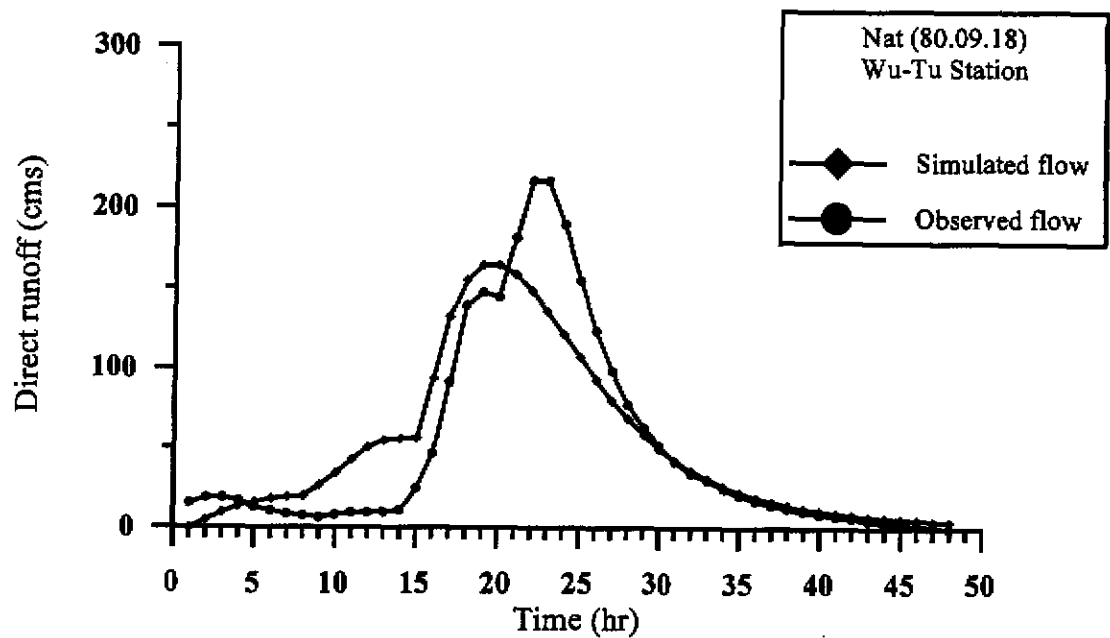


圖 8-22 五堵上游集水區之耐特颱風逕流歷線檢定圖

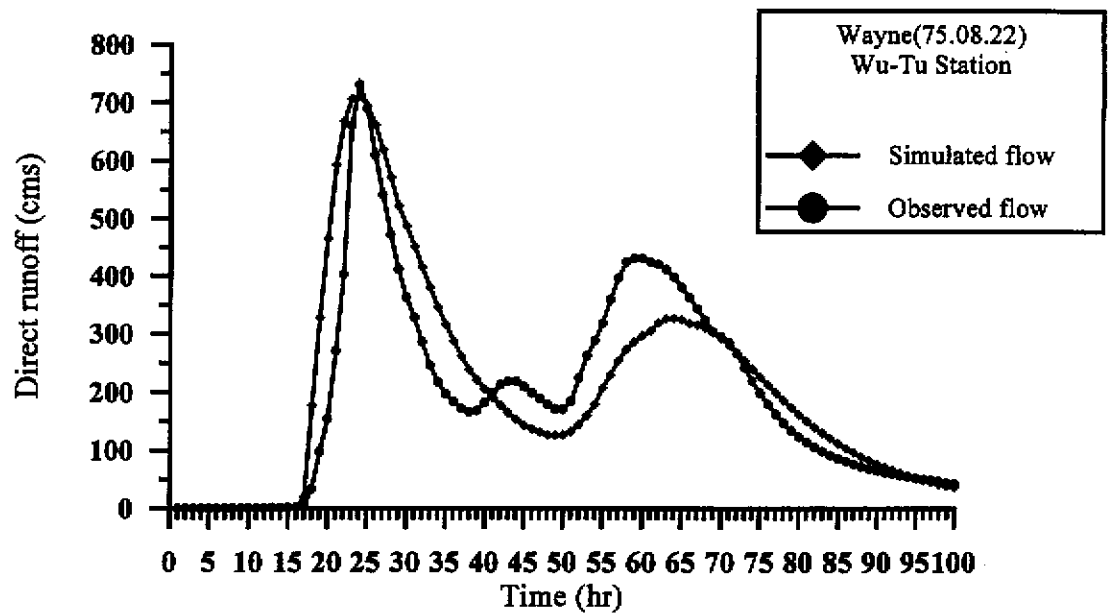


圖 8-23 五堵上游集水區之韋恩颱風逕流歷線檢定圖

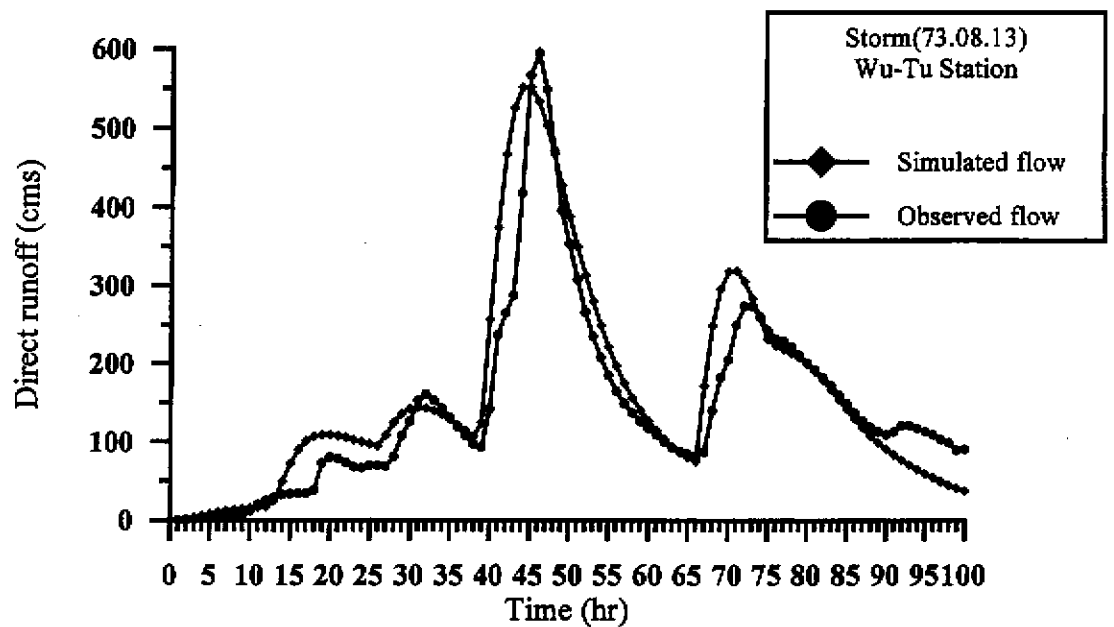


圖 8-24 五堵上游集水區之暴雨颱風逕流歷線檢定圖

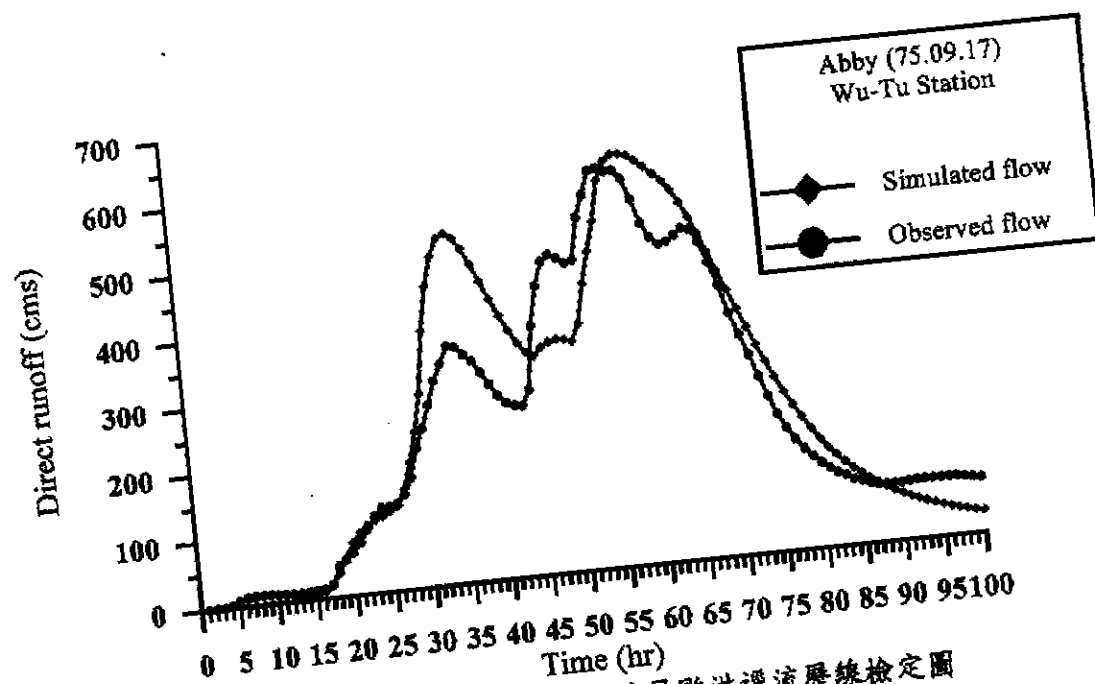


圖 8-25 五堵上游集水區之艾貝颱風洪逕流歷線檢定圖

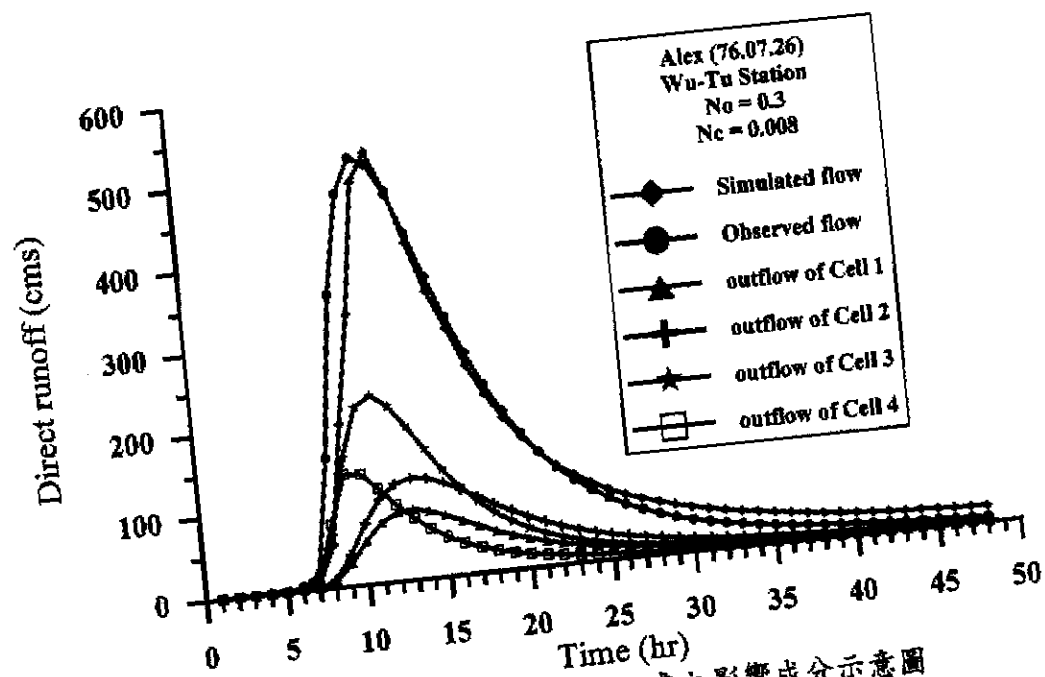


圖 8-26 剖析各流路對集水區出口處之影響成分示意圖



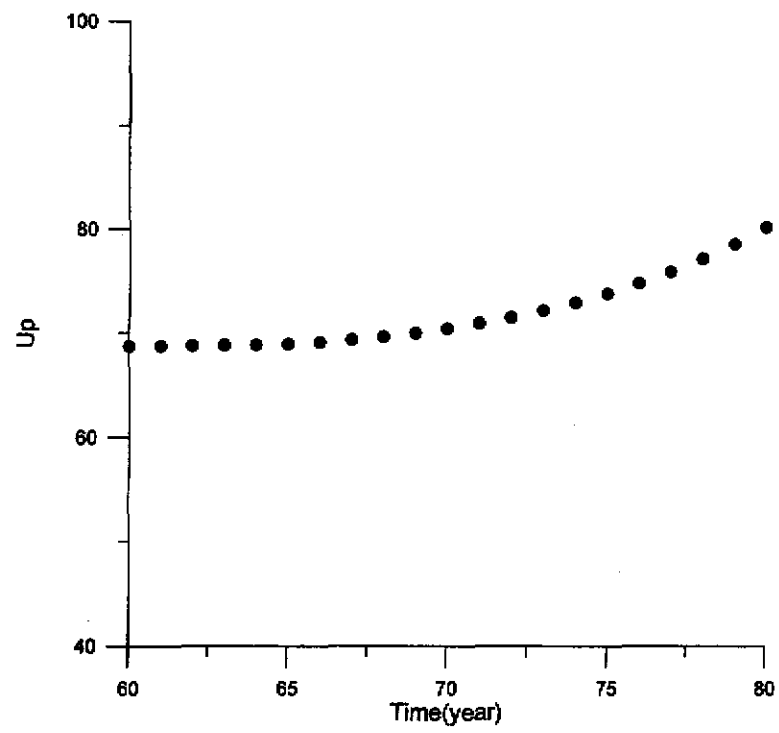


圖8-27 五堵水文站上游瞬時單位歷線 $U_m$ 值隨時間變化圖

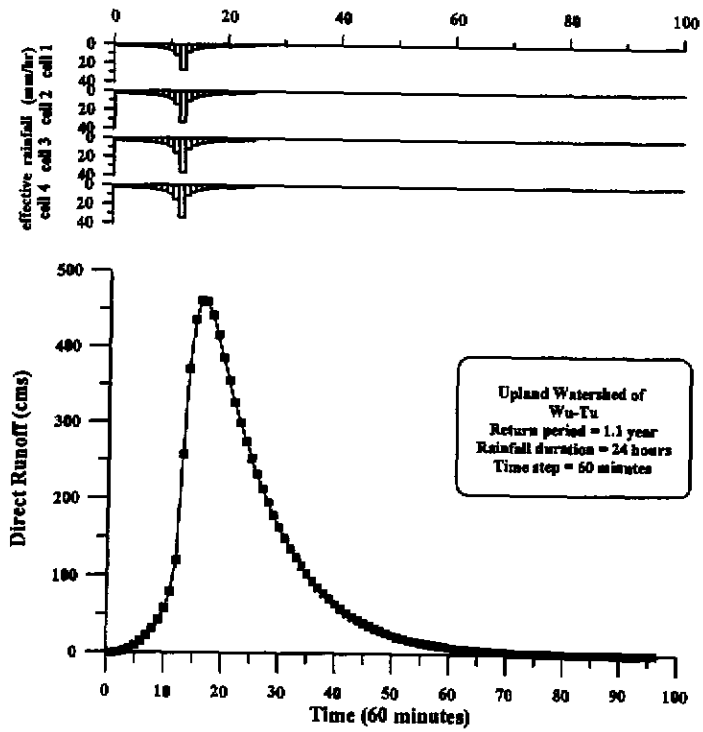


圖 8-28 五堵上游集水區重現期距 1.1 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖

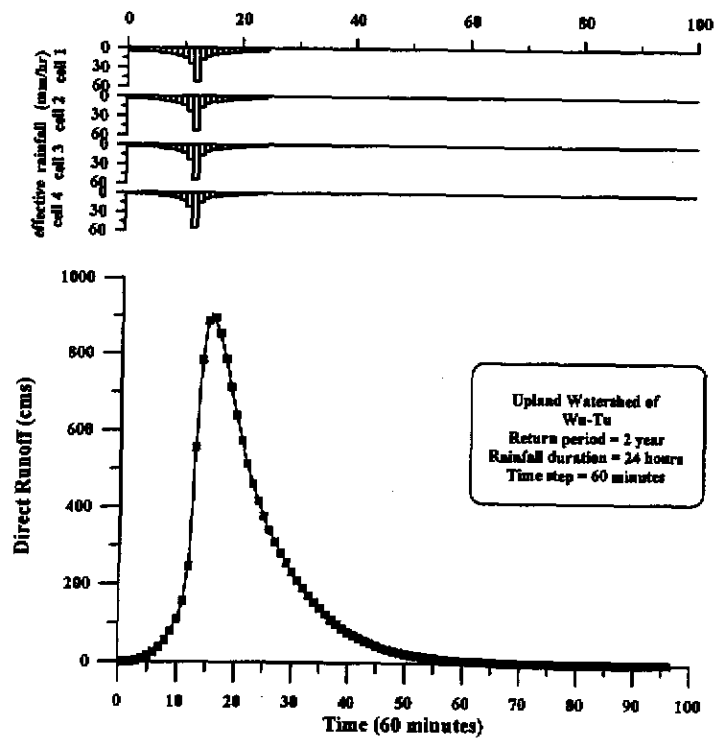


圖 8-29 五堵上游集水區重現期距 2 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖

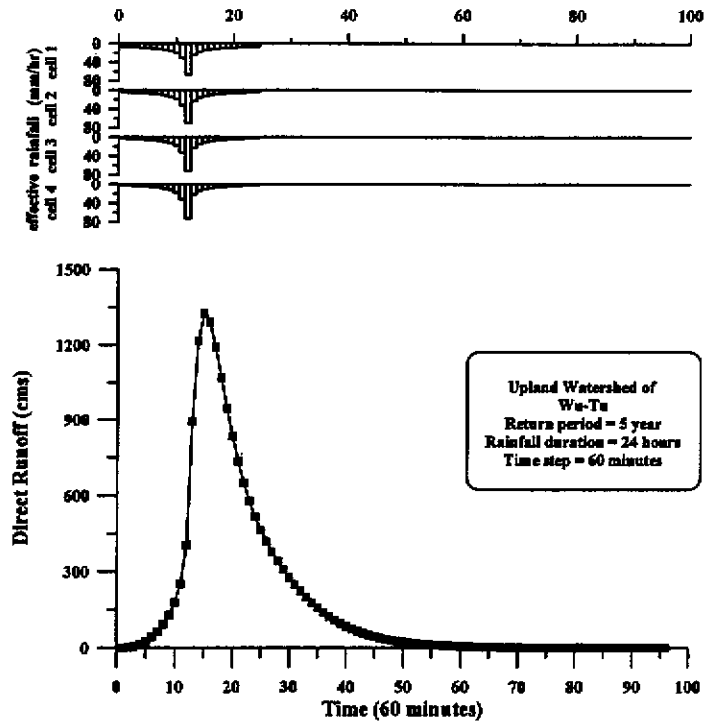


圖 8-30 五堵上游集水區重現期距 5 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖

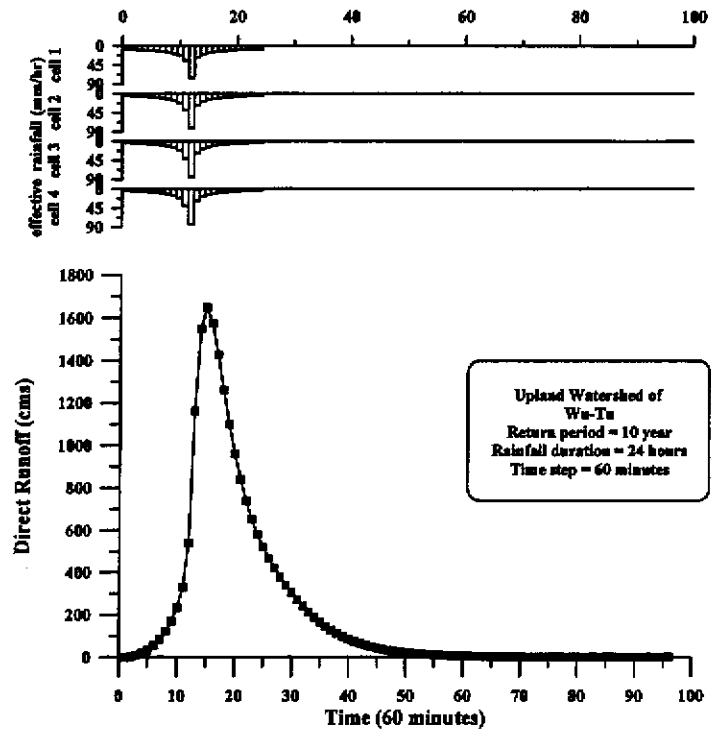


圖 8-31 五堵上游集水區重現期距 10 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖

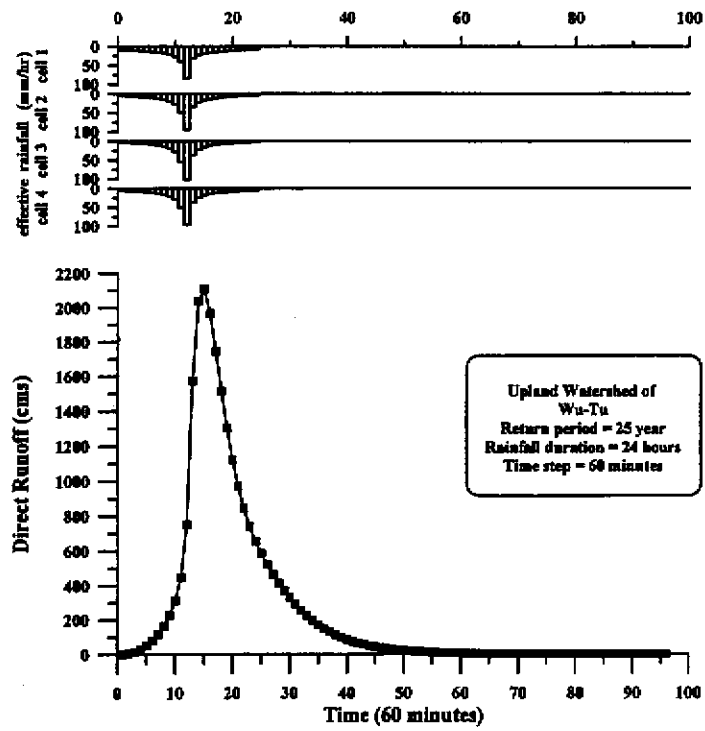


圖 8-32 五堵上游集水區重現期距 25 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖

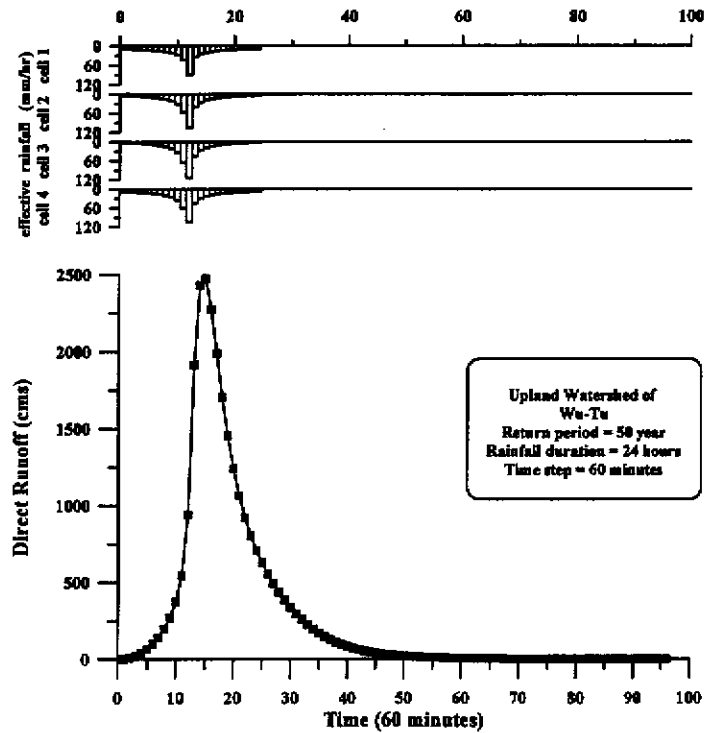


圖 8-33 五堵上游集水區重現期距 50 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖

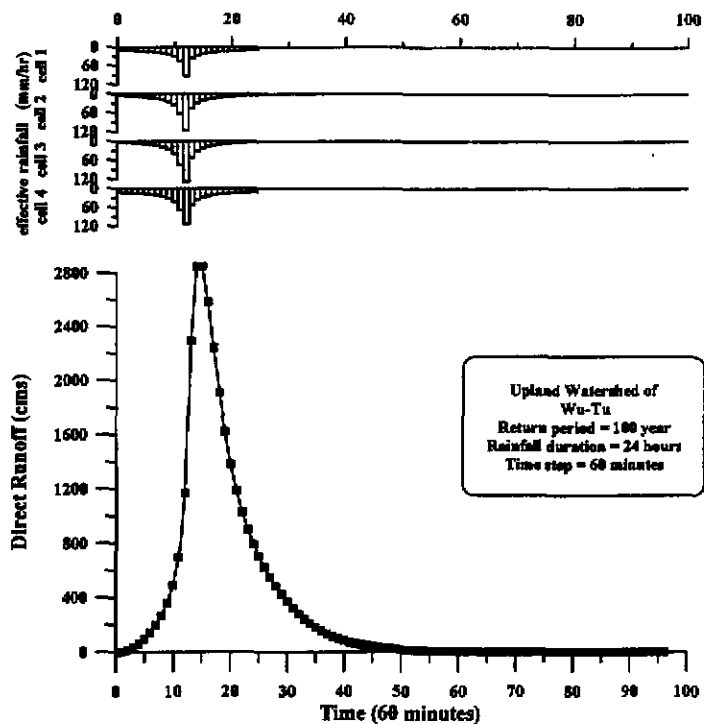


圖 8-34 五堵上游集水區重現期距 100 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖

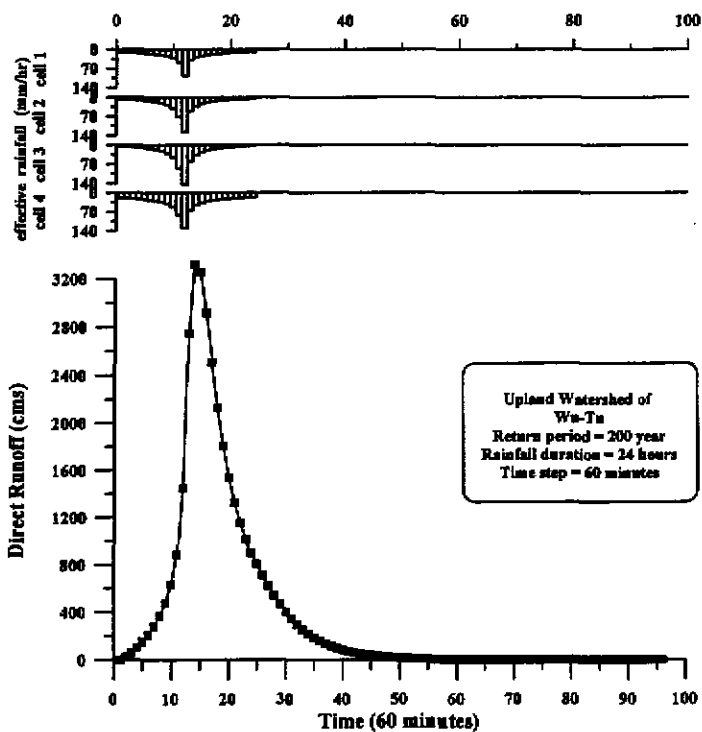


圖 8-35 五堵上游集水區重現期距 200 年降雨延時 24 小時之洪水歷線模擬圖

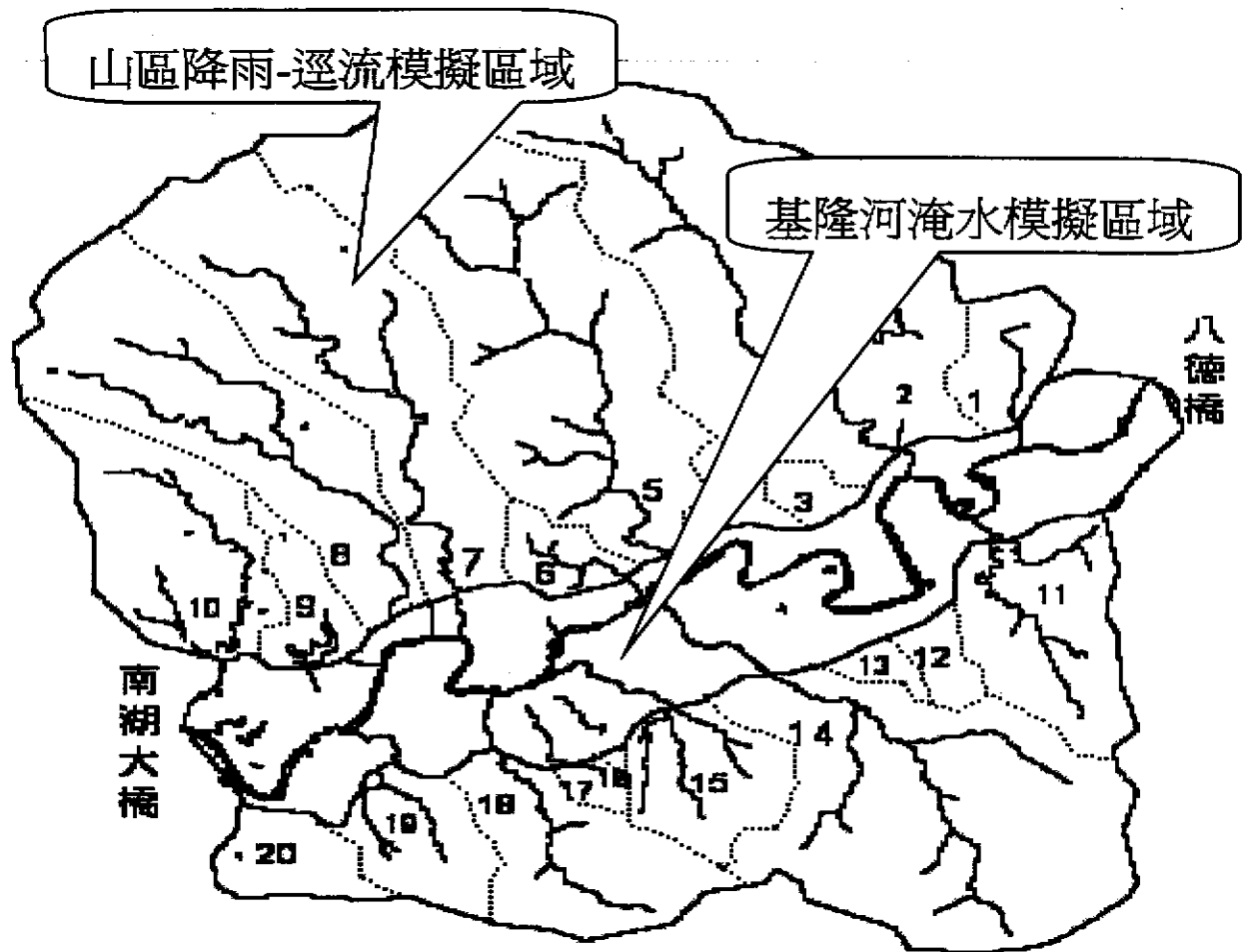


圖 8-36 子計畫六與子計畫八之模擬銜接範圍圖

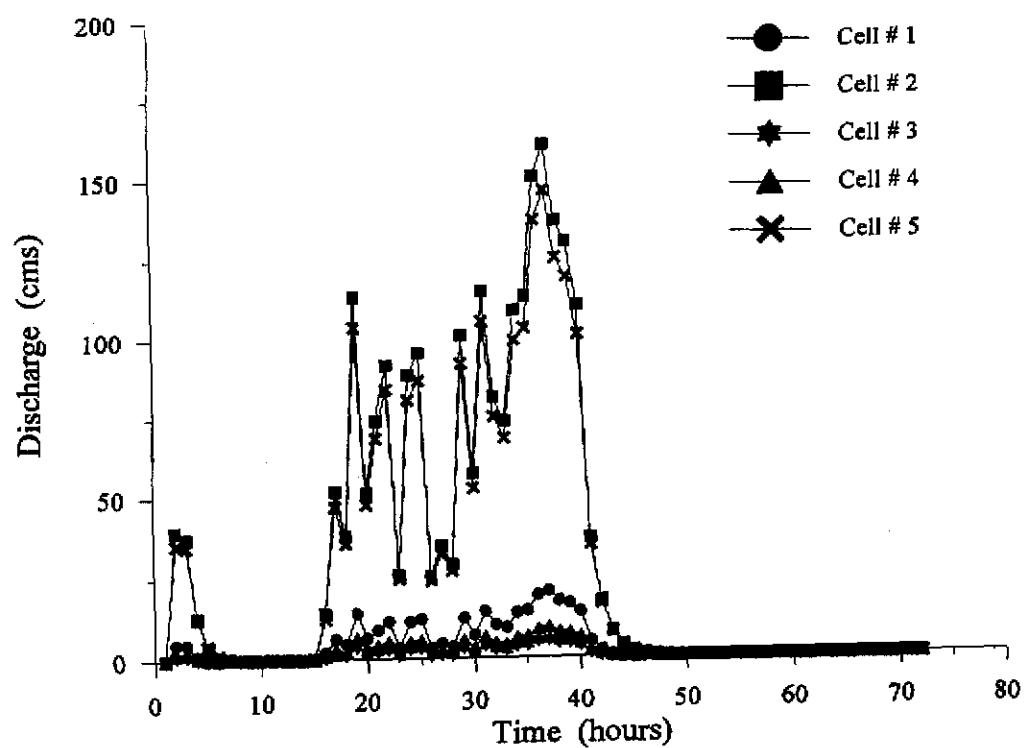


圖 8-37(a) 象神颱風核胞 1~5 之模擬迴流歷線圖

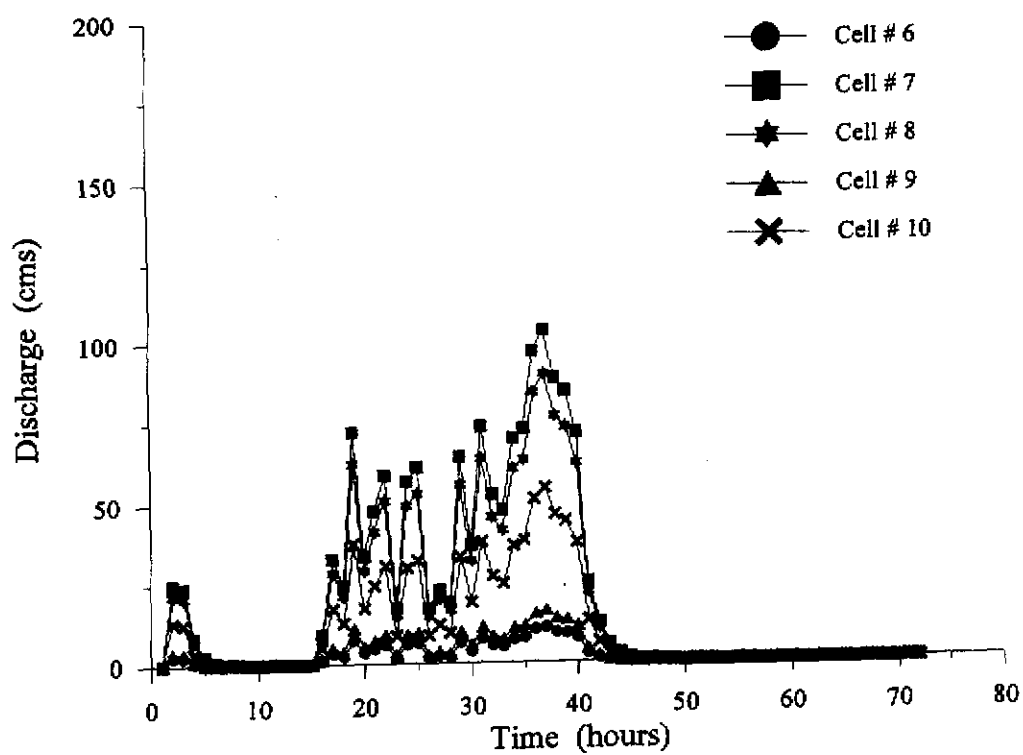


圖 8-37(b) 象神颱風核胞 6~10 之模擬迴流歷線圖

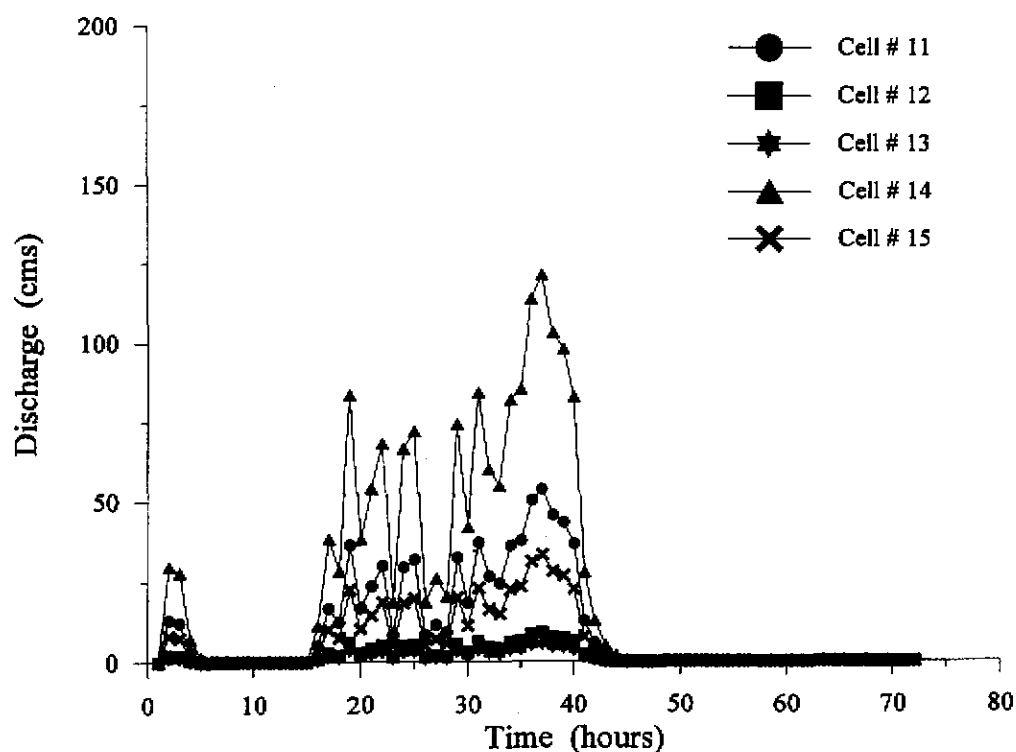


圖 8-37(c) 象神颱風核胞 11~15 之模擬逕流歷線圖

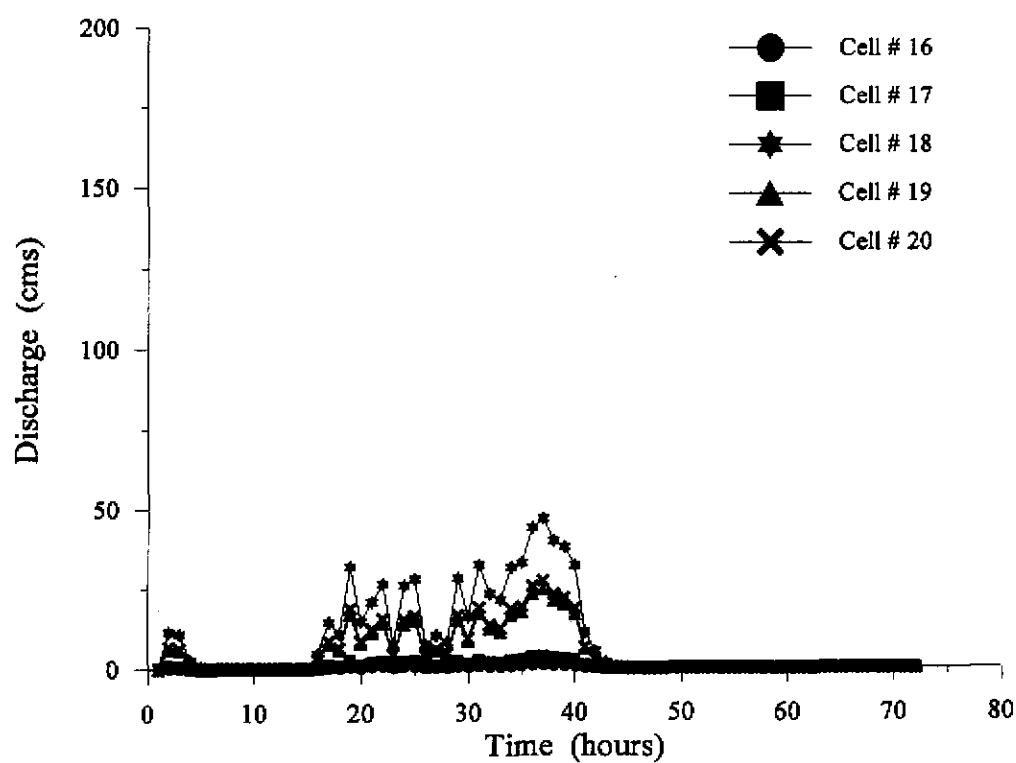


圖 8-37(d) 象神颱風核胞 16~20 之模擬逕流歷線圖



# 附 表

表 2-1 基隆河沿岸抽水站布置

| No. | 抽水站<br>名 稱 | 所屬區域 | 隸屬流域  | 設施日期<br>(年-月-日) | 總抽水量<br>(CMS) | 台 數<br>(台) | 總馬力<br>(H.P.) |
|-----|------------|------|-------|-----------------|---------------|------------|---------------|
| 14  | 林 森        | 中山區  | 基隆河流域 | 76-06-00        | 42.00         | 6          | 4,344         |
| 15  | 長 安        | 中山區  | 基隆河流域 | 58-08-00        | 9.09          | 3          | 822           |
| 16  | 長 春        | 中山區  | 基隆河流域 | 68-12-00        | 1.00          | 2          | 100           |
| 17  | 民 生        | 中山區  | 基隆河流域 | 58-08-00        | 12.62         | 5          | 1,052         |
| 18  | 民 權        | 中山區  | 基隆河流域 | 59-08-00        | 3.90          | 1          | 280           |
| 19  | 錦 州        | 中山區  | 基隆河流域 | 78-00-00        | 7.00          | 5          | 760           |
| 20  | 圓 山        | 中山區  | 基隆河流域 | 76-04-00        | 24.00         | 6          | 3,000         |
| 21  | 新 生        | 中山區  | 基隆河流域 | 71-11-00        | 53.00         | 4          | 3,800         |
| 22  | 建 國        | 中山區  | 基隆河流域 | 71-11-00        | 82.98         | 6          | 6,900         |
| 23  | 南 港        | 南港區  | 基隆河流域 | 85-09-00        | 20.00         | 4          | 6,704         |
| 24  | 南 湖        | 南港區  | 基隆河流域 | 85-09-00        | 15.00         | 3          | 5,028         |
| 25  | 長 壽        | 南港區  | 基隆河流域 | 85-12-00        | 23.00         | 4          | 2,095         |
| 26  | 成 功        | 南港區  | 基隆河流域 | 85-12-00        | 32.00         | 4          | 4,000         |
| 27  | 成 美        | 南港區  | 基隆河流域 | 83-06-00        | 15.00         | 3          | 1,650         |
| 28  | 玉 成        | 南港區  | 基隆河流域 | 76-12-00        | 184.10        | 7          | 21,000        |
| 29  | 南 京        | 松山區  | 基隆河流域 | 79-05-00        | 9.00          | 3          | 1,110         |
| 30  | 松 山        | 松山區  | 基隆河流域 | 70-08-00        | 8.00          | 2          | 450           |
| 31  | 民 權        | 內湖區  | 基隆河流域 | 84-07-00        | 74.00         | 10         | 10,782        |
| 32  | 撫 遠        | 松山區  | 基隆河流域 | 81-06-00        | 25.00         | 5          | 4,150         |
| 33  | 陽 光        | 松山區  | 基隆河流域 | 86-05-00        | 71.00         | 11         | 7,472         |
| 34  | 港 墘        | 內湖區  | 基隆河流域 | 85-01-00        | 55.00         | 8          | 6,372         |
| 35  | 環 山        | 內湖區  | 基隆河流域 | 84-05-00        | 39.00         | 6          | 6,513         |
| 36  | 北 安        | 內湖區  | 基隆河流域 | 84-07-00        | 55.00         | 8          | 6,322         |
| 37  | 濱 江        | 松山區  | 基隆河流域 | 71-03-00        | 10.00         | 2          | 550           |
| 38  | 大 直        | 中山區  | 基隆河流域 | 71-07-00        | 23.60         | 6          | 1,660         |
| 39  | 中 山        | 中山區  | 基隆河流域 | 71-03-00        | 44.00         | 6          | 4,640         |
| 40  | 大 龍        | 大同區  | 基隆河流域 | 64-05-00        | 16.00         | 4          | 2,040         |
| 41  | 劍 潭        | 士林區  | 基隆河流域 | 74-10-00        | 12.00         | 3          | 1,730         |
| 46  | 文 昌        | 士林區  | 基隆河流域 | 75-01-00        | 12.00         | 3          | 1,635         |
| 47  | 士 林        | 士林區  | 基隆河流域 | 81-03-00        | 59.00         | 12         | 8,000         |
| 48  | 社 子        | 士林區  | 基隆河流域 | 63-12-00        | 8.00          | 3          | 980           |
| 50  | 奇 岩        | 北投區  | 基隆河流域 | 80-03-00        | 12.00         | 4          | 1,052         |
| 51  | 中 洲        | 北投區  | 基隆河流域 | 72-08-00        | 1.00          | 2          | 100           |
| 52  | 百 齡        | 北投區  | 基隆河流域 | 計畫中             | -             | -          | -             |
| 53  | 社淡一        | 北投區  | 基隆河流域 | 計畫中             | -             | -          | -             |
| 54  | 社淡二        | 北投區  | 基隆河流域 | 計畫中             | -             | -          | -             |
| 55  | 社淡三        | 北投區  | 基隆河流域 | 計畫中             | -             | -          | -             |
| 56  | 大 業        | 北投區  | 基隆河流域 | 計畫中             | -             | -          | -             |

|    |     |     |       |     |   |   |   |
|----|-----|-----|-------|-----|---|---|---|
| 57 | 社基一 | 北投區 | 基隆河流域 | 計畫中 | - | - | - |
| 58 | 社基二 | 北投區 | 基隆河流域 | 計畫中 | - | - | - |
| 59 | 社基三 | 北投區 | 基隆河流域 | 計畫中 | - | - | - |
| 59 | 社基三 | 北投區 | 基隆河流域 | 計畫中 | - | - | - |

表 2-2 橫跨基隆河系之主要橋樑

| 橋 名     | 所 經 流 域 | 長度<br>(公尺) | 寬度<br>(公尺) | 孔數 | 平均橋高<br>(公尺) |
|---------|---------|------------|------------|----|--------------|
| 汐止陸橋    | 基隆河流域   | 23.3       | 9.2        | 1  | 6.2          |
| 街後橋     | 基隆河流域   | 7.6        | 14.2       | 1  | 5.8          |
| 北山大橋    | 基隆河流域   | 600.1      | 12.5       | 21 | 11.5         |
| 南湖大橋    | 基隆河流域   | 75.2       | 6.5        | 3  | 11.5         |
| 成功橋     | 基隆河流域   | 276        | 11         | 8  | 12           |
| 成美橋     | 基隆河流域   | 119.1      | 15         | 5  | 10.35        |
| 麥帥橋     | 基隆河流域   | 356        | 21         |    | 15.46        |
| 民權大橋    | 基隆河流域   | 704.4      | 26.5       | 18 | 15.69        |
| 高速公路內湖段 | 基隆河流域   | 400        | 56.2       | 11 | 13           |
| 中山橋     | 基隆河流域   | 100        | 25         | 3  | 11.22        |
| 百齡橋     | 基隆河流域   | 392        | 38         | 12 | 6.361        |

表 2-3 台北縣平溪鄉土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年<br>代 | 總<br>計  | 耕<br>地 | 養<br>魚<br>池 | 池<br>沼 | 礦<br>泉<br>地 | 山<br>林  | 牧<br>場 | 建<br>物<br>基<br>地 | 雜<br>種<br>地 | 寺<br>廟<br>用<br>地 | 墳<br>墓<br>地 | 鐵<br>道<br>用<br>地 | 公<br>園<br>地 | 道<br>路 | 鐵<br>道<br>綠<br>地 | 灌<br>溉<br>水<br>路 | 溝<br>渠 | 湖<br>池 | 原<br>野 | 堤<br>防<br>用<br>地 |
|--------|---------|--------|-------------|--------|-------------|---------|--------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|------------------|
| 50     | 5517.86 | 815.39 | —           | —      | —           | 4598.31 | —      | 35.57            | 4.47        | 0.17             | 15.81       | 6.69             | —           | 1.12   | 13.33            | 0.01             | —      | 3.46   | 23.52  | —                |
| 51     | 5517.95 | 814.62 | —           | —      | —           | 4595.47 | —      | 36.67            | 7.25        | 0.17             | 15.83       | 6.69             | —           | 1.12   | 13.42            | 0.01             | —      | 2.95   | 23.76  | —                |
| 52     | 5518.42 | 822.14 | —           | —      | —           | 4587.87 | —      | 36.75            | 7.73        | 0.17             | 15.83       | 6.69             | —           | 1.12   | 13.42            | 0.01             | —      | 2.95   | 23.76  | —                |
| 53     | 5523.64 | 814.43 | —           | —      | —           | 4595.47 | —      | 36.86            | 12.94       | 0.17             | 15.83       | 6.69             | —           | 1.12   | 13.42            | 0.01             | —      | 2.95   | 23.76  | —                |
| 54     | 5523.64 | 814.41 | —           | —      | —           | 4595.49 | —      | 36.86            | 12.94       | 0.17             | 15.83       | 6.69             | —           | 1.12   | 13.42            | 0.01             | —      | 2.95   | 23.76  | —                |
| 55     | 5523.64 | 814.41 | —           | —      | —           | 4595.49 | —      | 36.86            | 12.94       | 0.17             | 15.83       | 6.69             | —           | 1.12   | 13.42            | 0.01             | —      | 2.95   | 23.76  | —                |
| 56     | 5525.76 | 827.39 | —           | —      | —           | 4580.64 | —      | 37.26            | 16.19       | 0.17             | 15.80       | 4.32             | —           | 1.12   | 15.78            | 0.01             | —      | 3.19   | 23.89  | —                |
| 57     | 5525.53 | 826.38 | —           | —      | —           | 4581.47 | —      | 37.34            | 16.08       | 0.17             | 15.80       | 4.27             | —           | 1.15   | 15.77            | 0.01             | —      | 3.19   | 23.90  | —                |
| 58     | 5525.31 | 825.37 | —           | —      | —           | 4582.29 | —      | 37.43            | 15.96       | 0.17             | 15.80       | 4.22             | —           | 1.18   | 15.76            | 0.01             | —      | 3.19   | 23.91  | —                |
| 59     | 5525.08 | 824.37 | —           | —      | —           | 4583.12 | —      | 37.52            | 15.85       | 0.17             | 15.80       | 4.16             | —           | 1.22   | 15.75            | 0.01             | —      | 3.18   | 23.93  | —                |
| 60     | 5524.86 | 823.36 | —           | —      | —           | 4583.95 | —      | 37.61            | 15.74       | 0.17             | 15.80       | 4.11             | —           | 1.25   | 15.74            | 0.01             | —      | 3.18   | 23.94  | —                |
| 61     | 5524.63 | 822.35 | —           | —      | —           | 4584.78 | —      | 37.69            | 15.63       | 0.17             | 15.80       | 4.06             | —           | 1.28   | 15.73            | 0.01             | —      | 3.18   | 23.96  | —                |
| 62     | 5524.41 | 821.34 | —           | —      | —           | 4585.60 | —      | 37.78            | 15.51       | 0.17             | 15.80       | 4.00             | —           | 1.32   | 15.71            | 0.01             | —      | 3.18   | 23.97  | —                |
| 63     | 5524.18 | 820.33 | —           | —      | —           | 4586.43 | —      | 37.87            | 15.40       | 0.17             | 15.80       | 3.95             | —           | 1.35   | 15.70            | 0.01             | —      | 3.18   | 23.98  | —                |
| 64     | 5523.96 | 819.32 | —           | —      | —           | 4587.26 | —      | 37.96            | 15.29       | 0.17             | 15.80       | 3.90             | —           | 1.38   | 15.69            | 0.01             | —      | 3.18   | 24.00  | —                |
| 65     | 5523.73 | 818.32 | —           | —      | —           | 4588.09 | —      | 38.04            | 15.18       | 0.17             | 15.80       | 3.85             | —           | 1.42   | 15.68            | 0.01             | —      | 3.17   | 24.01  | —                |
| 66     | 5523.79 | 808.82 | —           | 0.14   | —           | 4595.58 | —      | 39.21            | 15.75       | 0.17             | 15.80       | 3.85             | —           | 1.48   | 15.68            | 0.01             | —      | 3.17   | 24.12  | —                |
| 67     | 5524.15 | 806.20 | —           | 0.14   | —           | 4596.59 | —      | 40.07            | 16.83       | 0.17             | 15.80       | 3.85             | —           | 1.53   | 15.68            | 0.01             | —      | 3.17   | 24.12  | —                |
| 68     | 5524.15 | 805.22 | —           | 0.14   | —           | 4597.49 | —      | 40.14            | 16.83       | 0.18             | 15.80       | 3.85             | —           | 1.53   | 15.68            | 0.01             | —      | 3.17   | 24.12  | —                |
| 69     | 5527.17 | 844.01 | —           | 0.14   | —           | 4515.44 | —      | 52.73            | 18.98       | 0.11             | 16.45       | 3.80             | —           | 14.92  | 16.17            | 0.01             | —      | 3.06   | 41.35  | —                |
| 70     | 5527.27 | 843.69 | —           | 0.14   | —           | 4515.44 | —      | 53.05            | 19.08       | 0.11             | 16.45       | 3.80             | —           | 14.92  | 16.17            | 0.01             | —      | 3.06   | 41.35  | —                |
| 71     | 5527.31 | 842.63 | —           | 0.14   | —           | 4516.22 | —      | 53.42            | 19.08       | 0.11             | 16.45       | 3.80             | —           | 14.92  | 16.17            | 0.01             | —      | 3.06   | 41.30  | —                |
| 72     | 5539.10 | 820.75 | —           | 0.14   | —           | 4577.35 | —      | 40.24            | 17.97       | 0.11             | 15.80       | 4.07             | —           | 20.11  | 15.68            | 0.01             | 0.11   | 2.94   | 23.81  | —                |
| 73     | 5539.15 | 820.78 | —           | 0.14   | —           | 4577.23 | —      | 40.36            | 17.97       | 0.11             | 15.80       | 4.07             | —           | 20.13  | 15.68            | 0.01             | 0.11   | 2.94   | 23.81  | —                |
| 74     | 5539.17 | 820.77 | —           | 0.14   | —           | 4577.23 | —      | 40.38            | 17.97       | 0.11             | 15.80       | 4.07             | —           | 20.15  | 15.68            | 0.01             | 0.11   | 2.94   | 23.81  | —                |
| 75     | 5539.17 | 820.73 | —           | 0.14   | —           | 4577.23 | —      | 40.42            | 17.97       | 0.11             | 15.80       | 4.07             | —           | 20.15  | 15.68            | 0.01             | 0.11   | 2.94   | 23.81  | —                |
| 76     | 5539.17 | 819.47 | —           | 0.14   | —           | 4577.87 | —      | 40.97            | 17.97       | 0.11             | 15.80       | 4.07             | —           | 20.21  | 15.68            | 0.01             | 0.11   | 2.94   | 23.81  | —                |
| 77     | 5539.17 | 811.36 | —           | 0.14   | —           | 4585.98 | —      | 40.97            | 17.97       | 0.11             | 15.80       | 4.07             | —           | 20.21  | 15.68            | 0.01             | 0.11   | 2.94   | 23.81  | —                |
| 78     | 5566.89 | 810.72 | —           | 0.14   | —           | 4585.89 | —      | 40.96            | 29.07       | 0.11             | 15.80       | 4.16             | —           | 22.14  | 15.68            | 13.00            | 2.50   | 2.94   | 23.79  | —                |
| 79     | 5566.89 | 810.60 | —           | 0.14   | —           | 4586.01 | —      | 40.96            | 29.07       | 0.11             | 15.80       | 4.16             | —           | 22.14  | 15.68            | 13.00            | 2.50   | 2.94   | 23.79  | —                |
| 80     | 5566.89 | 810.60 | —           | 0.14   | —           | 4585.99 | —      | 41.02            | 29.02       | 0.11             | 15.80       | 4.16             | —           | 22.14  | 15.68            | 13.00            | 2.50   | 2.94   | 23.79  | —                |
| 81     | 5567.05 | 810.51 | —           | 0.14   | —           | 4585.99 | —      | 41.12            | 29.18       | 0.11             | 15.80       | 4.16             | —           | 22.14  | 15.68            | 13.00            | 2.50   | 2.94   | 23.79  | —                |
| 82     | 5567.05 | 810.43 | —           | 0.14   | —           | 4585.88 | —      | 41.30            | 29.18       | 0.11             | 15.80       | 4.16             | —           | 22.14  | 15.68            | 13.00            | 2.50   | 2.94   | 23.79  | —                |
| 83     | 5567.85 | 810.43 | —           | 0.14   | —           | 4585.84 | —      | 41.32            | 29.36       | 0.11             | 15.80       | 4.16             | —           | 22.77  | 15.68            | 13.00            | 2.50   | 2.94   | 23.79  | —                |
| 84     | 5569.88 | 810.43 | —           | 0.14   | —           | 4587.49 | —      | 41.35            | 29.71       | 0.11             | 15.80       | 4.16             | —           | 22.77  | 15.68            | 13.00            | 2.50   | 2.94   | 23.79  | —                |
| 85     | 5572.76 | 810.26 | —           | 0.14   | —           | 4587.49 | —      | 42.36            | 30.73       | 0.11             | 15.80       | 4.16             | —           | 22.79  | 15.68            | 13.00            | 3.51   | 2.94   | 23.79  | —                |

註：民國 57 年至 64 年之資料為內插所求得。

表 2-4 台北縣瑞芳鎮土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年<br>代 | 總<br>計  | 耕<br>地 | 養<br>魚<br>池 | 池<br>沼 | 廢<br>棄<br>地 | 山<br>林  | 牧<br>場 | 建<br>物<br>基<br>地 | 辦<br>理<br>權<br>地 | 寺<br>廟<br>用<br>地 | 墳<br>墓<br>地 | 鐵<br>道<br>用<br>地 | 公<br>園<br>地 | 道<br>路 | 鐵<br>道<br>線<br>路 | 灌<br>溉<br>水<br>路 | 溝<br>渠 | 溝<br>池 | 原<br>野 | 堤<br>防<br>用<br>地 |
|--------|---------|--------|-------------|--------|-------------|---------|--------|------------------|------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|------------------|
| 50     | 5904.12 | 750.40 | —           | —      | —           | 4647.84 | —      | 182.52           | 37.35            | 2.86             | 35.26       | 25.63            | —           | 20.47  | 24.35            | 3.61             | —      | 3.72   | 170.12 | —                |
| 51     | 5904.12 | 732.90 | 0.11        | —      | —           | 4694.35 | —      | 195.28           | 41.57            | 3.01             | 35.18       | 25.68            | —           | 20.32  | 26.29            | 3.61             | —      | 3.49   | 122.32 | —                |
| 52     | 5906.39 | 653.24 | 0.11        | —      | —           | 4774.76 | —      | 196.08           | 43.39            | 3.01             | 35.18       | 25.68            | —           | 20.38  | 26.29            | 3.19             | —      | 3.49   | 121.60 | —                |
| 53     | 5906.55 | 654.07 | 0.11        | —      | —           | 4772.81 | —      | 197.14           | 43.64            | 3.01             | 35.18       | 25.68            | —           | 20.44  | 26.29            | 3.19             | —      | 3.49   | 121.50 | —                |
| 54     | 5906.67 | 649.74 | 0.11        | —      | —           | 4772.56 | —      | 197.09           | 43.80            | 3.01             | 35.17       | 25.68            | —           | 25.12  | 26.29            | 3.19             | —      | 3.49   | 121.43 | —                |
| 55     | 5906.67 | 644.21 | 0.11        | —      | —           | 4776.13 | —      | 198.34           | 44.43            | 3.01             | 35.17       | 25.68            | —           | 25.22  | 26.29            | 3.19             | —      | 3.49   | 121.41 | —                |
| 56     | 5907.32 | 675.00 | 0.11        | —      | —           | 4772.31 | —      | 207.78           | 55.26            | 3.01             | 33.02       | 26.25            | —           | 26.46  | 26.17            | 3.21             | —      | 3.41   | 123.34 | —                |
| 57     | 5896.35 | 662.11 | 0.14        | 0.01   | —           | 4718.74 | —      | 212.47           | 54.76            | 3.15             | 33.22       | 26.47            | —           | 27.49  | 27.96            | 3.20             | —      | 3.36   | 123.27 | —                |
| 58     | 5885.38 | 649.22 | 0.17        | 0.01   | —           | 4713.16 | —      | 217.16           | 54.27            | 3.30             | 33.42       | 26.69            | —           | 28.52  | 29.76            | 3.19             | —      | 3.31   | 123.19 | —                |
| 59     | 5874.41 | 636.33 | 0.20        | 0.02   | —           | 4707.58 | —      | 221.85           | 53.77            | 3.45             | 33.62       | 26.90            | —           | 29.56  | 31.55            | 3.19             | —      | 3.26   | 123.11 | —                |
| 60     | 5863.44 | 623.44 | 0.23        | 0.02   | —           | 4702.01 | —      | 226.54           | 53.27            | 3.60             | 33.83       | 27.12            | —           | 30.59  | 33.35            | 3.19             | —      | 3.21   | 123.04 | —                |
| 61     | 5852.47 | 610.55 | 0.26        | 0.03   | —           | 4696.43 | —      | 231.23           | 52.78            | 3.74             | 34.03       | 27.34            | —           | 31.63  | 35.14            | 3.18             | —      | 3.16   | 122.96 | —                |
| 62     | 5841.50 | 597.66 | 0.30        | 0.04   | —           | 4690.85 | —      | 235.92           | 52.28            | 3.89             | 34.23       | 27.56            | —           | 32.66  | 36.93            | 3.18             | —      | 3.11   | 122.88 | —                |
| 63     | 5830.53 | 584.77 | 0.33        | 0.04   | —           | 4685.28 | —      | 240.61           | 51.78            | 4.04             | 34.43       | 27.78            | —           | 33.69  | 38.73            | 3.17             | —      | 3.06   | 122.81 | —                |
| 64     | 5819.56 | 571.88 | 0.36        | 0.05   | —           | 4679.70 | —      | 245.30           | 51.29            | 4.19             | 34.64       | 28.00            | —           | 34.73  | 40.52            | 3.17             | —      | 3.00   | 122.73 | —                |
| 65     | 5808.59 | 558.99 | 0.39        | 0.06   | —           | 4674.12 | —      | 250.00           | 50.79            | 4.33             | 34.84       | 28.22            | —           | 35.76  | 42.32            | 3.16             | —      | 2.95   | 122.66 | —                |
| 66     | 5808.64 | 553.60 | 0.39        | 0.06   | —           | 4675.76 | —      | 251.48           | 51.62            | 4.33             | 34.84       | 28.45            | —           | 36.06  | 43.33            | 3.16             | —      | 2.95   | 122.62 | —                |
| 67     | 5830.70 | 546.91 | 0.39        | 0.06   | —           | 4691.33 | —      | 254.65           | 57.82            | 4.33             | 34.84       | 28.45            | —           | 38.93  | 44.33            | 3.16             | —      | 2.95   | 122.56 | —                |
| 68     | 5901.69 | 537.90 | 0.39        | 0.06   | —           | 4734.34 | —      | 258.81           | 62.29            | 3.09             | 34.45       | 28.45            | —           | 49.06  | 44.33            | 3.16             | —      | 2.95   | 122.42 | —                |
| 69     | 5905.30 | 574.15 | 0.24        | 0.37   | —           | 4728.44 | —      | 249.84           | 63.38            | 2.99             | 36.09       | 28.84            | —           | 49.62  | 44.92            | 2.57             | 0.01   | 2.94   | 120.88 | —                |
| 70     | 5908.16 | 567.94 | 0.24        | 0.37   | —           | 4731.75 | —      | 251.90           | 65.64            | 2.99             | 36.09       | 28.84            | —           | 51.22  | 44.92            | 2.54             | 0.01   | 2.90   | 120.82 | —                |
| 71     | 5908.48 | 560.39 | 0.24        | 0.37   | —           | 4734.60 | —      | 256.07           | 66.62            | 2.99             | 36.09       | 28.84            | —           | 51.25  | 44.92            | 2.54             | 0.01   | 2.90   | 120.65 | —                |
| 72     | 6360.46 | 525.97 | 0.24        | 0.42   | —           | 5107.97 | —      | 258.05           | 150.38           | 1.74             | 33.25       | 29.22            | —           | 71.79  | 46.88            | 2.82             | 1.14   | 2.91   | 127.67 | —                |
| 73     | 6370.96 | 525.48 | 0.24        | 0.42   | —           | 5107.15 | —      | 258.18           | 151.49           | 1.70             | 33.55       | 29.20            | —           | 81.88  | 46.88            | 2.82             | 1.49   | 2.91   | 127.57 | —                |
| 74     | 6371.10 | 524.66 | 0.24        | 0.42   | —           | 5100.56 | —      | 261.33           | 147.01           | 2.58             | 33.44       | 29.18            | —           | 85.21  | 51.97            | 2.77             | 1.49   | 2.91   | 127.32 | —                |
| 75     | 6371.09 | 524.44 | 0.24        | 0.42   | —           | 5094.22 | —      | 264.86           | 144.77           | 2.57             | 33.44       | 29.18            | —           | 85.21  | 57.27            | 2.76             | 1.49   | 2.91   | 127.30 | —                |
| 76     | 6371.65 | 524.25 | 0.24        | 0.42   | —           | 5094.29 | —      | 269.82           | 140.01           | 2.57             | 33.37       | 29.18            | —           | 85.80  | 57.27            | 2.76             | 1.49   | 2.91   | 127.25 | —                |
| 77     | 6371.75 | 523.01 | 0.24        | 0.42   | —           | 5094.49 | —      | 271.13           | 138.40           | 2.57             | 34.76       | 29.18            | —           | 85.81  | 57.27            | 2.75             | 1.57   | 2.91   | 127.23 | —                |
| 78     | 6378.82 | 522.52 | 0.24        | 0.42   | —           | 5099.84 | —      | 276.05           | 134.09           | 2.57             | 34.76       | 29.18            | —           | 87.22  | 57.27            | 2.95             | 1.57   | 2.91   | 127.22 | —                |
| 79     | 6380.76 | 522.37 | 0.24        | 0.42   | —           | 5092.37 | —      | 283.99           | 134.18           | 2.57             | 34.76       | 29.18            | —           | 87.68  | 57.27            | 4.10             | 1.57   | 2.85   | 127.21 | —                |
| 80     | 6584.81 | 522.37 | 0.24        | 0.42   | —           | 5092.38 | —      | 286.40           | 142.18           | 2.57             | 34.76       | 29.18            | —           | 91.26  | 57.27            | 4.10             | 2.81   | 2.85   | 316.01 | —                |
| 81     | 6584.94 | 522.28 | 0.24        | 0.42   | —           | 5092.29 | —      | 286.76           | 142.18           | 2.57             | 34.76       | 29.18            | —           | 91.26  | 57.27            | 4.10             | 2.81   | 2.85   | 315.97 | —                |
| 82     | 6586.89 | 521.15 | 0.24        | 0.42   | —           | 5092.16 | —      | 289.12           | 141.55           | 2.57             | 34.76       | 29.18            | —           | 91.46  | 57.27            | 4.10             | 4.08   | 2.85   | 315.97 | —                |
| 83     | 6589.31 | 520.70 | 0.24        | 0.42   | —           | 5092.02 | —      | 289.80           | 141.72           | 2.57             | 34.76       | 29.16            | —           | 91.98  | 57.27            | 4.10             | 5.77   | 2.85   | 315.94 | —                |
| 84     | 6591.84 | 520.61 | 0.24        | 0.42   | —           | 5091.62 | —      | 290.34           | 144.20           | 2.57             | 34.76       | 29.16            | —           | 91.99  | 57.30            | 4.10             | 5.77   | 2.85   | 315.90 | —                |
| 85     | 6592.32 | 520.39 | 0.24        | 0.42   | —           | 5090.51 | —      | 291.71           | 144.45           | 2.57             | 34.76       | 29.16            | —           | 92.08  | 57.30            | 4.10             | 5.87   | 2.85   | 315.89 | —                |

註：民國 57 年至 64 年之資料為內插所求得。

表 2-5 台北縣汐止市土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年<br>代 | 地<br>址  | 耕<br>地  | 養<br>魚<br>池 | 池<br>沼 | 填<br>桑<br>地 | 山<br>林  | 牧<br>場 | 建<br>物<br>基<br>地 | 綠<br>地 | 寺<br>廟<br>用<br>地 | 墳<br>墓<br>地 | 鐵<br>道<br>用<br>地 | 公<br>園<br>地 | 道<br>路 | 鐵<br>道<br>棧<br>路 | 灌<br>溉<br>水<br>路 | 溝<br>渠 | 湖<br>池 | 原<br>野 | 堤<br>防<br>用<br>地 |
|--------|---------|---------|-------------|--------|-------------|---------|--------|------------------|--------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|------------------|
| 50     | 6861.95 | 2110.93 | 2.38        | 0.02   | —           | 4385.50 | —      | 134.16           | 39.45  | 1.92             | 41.63       | 1.70             | —           | 7.72   | 16.64            | 1.64             | —      | 63.24  | 55.01  | 0.02             |
| 51     | 6861.95 | 2102.00 | 2.38        | 0.02   | —           | 4390.74 | —      | 136.94           | 40.36  | 1.86             | 41.63       | 1.70             | —           | 7.78   | 16.64            | 1.64             | —      | 63.24  | 55.01  | 0.02             |
| 52     | 6861.95 | 2092.91 | —           | 0.02   | —           | 4395.76 | —      | 139.11           | 41.86  | 1.86             | 41.63       | 1.70             | —           | 8.20   | 16.64            | 1.64             | —      | 65.61  | 55.00  | 0.02             |
| 53     | 6861.95 | 2086.84 | —           | 0.02   | —           | 4398.19 | —      | 140.07           | 44.24  | 1.86             | 41.63       | 1.70             | —           | 8.27   | 16.64            | 1.64             | —      | 65.64  | 55.21  | 0.02             |
| 54     | 6861.95 | 2074.55 | —           | 0.02   | —           | 4407.30 | —      | 142.86           | 44.42  | 1.86             | 41.63       | 1.70             | —           | 8.27   | 16.64            | 1.64             | —      | 65.64  | 55.40  | 0.02             |
| 55     | 6861.95 | 2065.22 | —           | 0.02   | —           | 4409.72 | —      | 144.19           | 50.23  | 1.85             | 41.63       | 1.70             | —           | 8.33   | 16.64            | 1.64             | —      | 65.37  | 55.40  | 0.02             |
| 56     | 6902.41 | 2066.55 | —           | —      | —           | 4412.76 | —      | 148.04           | 41.24  | 7.90             | 43.41       | 11.51            | —           | 34.70  | 14.81            | 2.02             | —      | 64.98  | 54.47  | 0.02             |
| 57     | 6903.25 | 2053.86 | —           | —      | 0.02        | 4413.39 | —      | 154.10           | 43.40  | 7.90             | 43.37       | 11.51            | —           | 39.33  | 14.33            | 1.96             | —      | 64.73  | 55.31  | 0.03             |
| 58     | 6904.08 | 2041.17 | —           | —      | 0.03        | 4414.02 | —      | 160.17           | 45.57  | 7.90             | 43.33       | 11.52            | —           | 43.96  | 13.85            | 1.89             | —      | 64.47  | 56.14  | 0.05             |
| 59     | 6904.92 | 2028.48 | —           | —      | 0.05        | 4414.65 | —      | 166.24           | 47.73  | 7.91             | 43.29       | 11.52            | —           | 48.59  | 13.37            | 1.83             | —      | 64.22  | 56.98  | 0.06             |
| 60     | 6905.76 | 2015.80 | —           | —      | 0.07        | 4415.29 | —      | 172.31           | 49.90  | 7.91             | 43.25       | 11.53            | —           | 53.22  | 12.89            | 1.76             | —      | 63.96  | 57.81  | 0.07             |
| 61     | 6906.59 | 2003.11 | —           | —      | 0.09        | 4415.92 | —      | 178.38           | 52.06  | 7.91             | 43.21       | 11.53            | —           | 57.85  | 12.41            | 1.70             | —      | 63.71  | 58.64  | 0.09             |
| 62     | 6907.43 | 1990.42 | —           | —      | 0.10        | 4416.55 | —      | 184.45           | 54.23  | 7.91             | 43.17       | 11.54            | —           | 62.48  | 11.93            | 1.64             | —      | 63.45  | 59.48  | 0.10             |
| 63     | 6908.27 | 1977.73 | —           | —      | 0.12        | 4417.18 | —      | 190.51           | 56.39  | 7.91             | 43.12       | 11.54            | —           | 67.11  | 11.45            | 1.57             | —      | 63.20  | 60.31  | 0.11             |
| 64     | 6909.10 | 1965.04 | —           | —      | 0.14        | 4417.81 | —      | 196.58           | 58.56  | 7.91             | 43.08       | 11.55            | —           | 71.75  | 10.97            | 1.51             | —      | 62.95  | 61.15  | 0.13             |
| 65     | 6909.94 | 1952.35 | —           | —      | 0.15        | 4418.44 | —      | 202.65           | 60.72  | 7.91             | 43.04       | 11.55            | —           | 76.38  | 10.49            | 1.44             | —      | 62.69  | 61.98  | 0.14             |
| 66     | 6910.01 | 1938.40 | —           | —      | 0.15        | 4418.38 | —      | 215.23           | 62.32  | 7.84             | 42.98       | 11.55            | —           | 76.98  | 10.49            | 1.52             | —      | 62.21  | 61.83  | 0.14             |
| 67     | 6911.32 | 1915.97 | —           | —      | 0.15        | 4431.02 | —      | 224.41           | 62.98  | 7.81             | 42.96       | 11.55            | —           | 77.83  | 10.49            | 1.52             | —      | 61.70  | 62.79  | 0.14             |
| 68     | 6912.91 | 1886.70 | —           | —      | 0.15        | 4433.67 | —      | 251.44           | 62.88  | 7.81             | 42.93       | 11.55            | —           | 80.14  | 10.49            | 1.49             | —      | 60.51  | 59.92  | 0.02             |
| 69     | 6782.53 | 1893.58 | —           | 1.00   | 0.15        | 4224.08 | —      | 232.38           | 64.28  | 1.68             | 44.35       | 1.77             | —           | 167.57 | 19.37            | 1.88             | —      | 60.80  | 64.75  | 0.02             |
| 70     | 6783.08 | 1847.32 | —           | 1.00   | 0.15        | 4214.79 | —      | 292.30           | 63.32  | 1.68             | 44.26       | 1.77             | —           | 169.67 | 19.37            | 1.82             | —      | 60.30  | 64.75  | 0.02             |
| 71     | 6783.35 | 1825.37 | —           | 1.00   | 0.15        | 4195.14 | —      | 335.01           | 61.81  | 1.68             | 44.08       | 1.77             | —           | 171.09 | 19.37            | 1.82             | —      | 59.80  | 72.35  | 0.02             |
| 72     | 6860.33 | 1715.41 | —           | 0.97   | 0.15        | 4393.71 | —      | 370.62           | 69.07  | 1.67             | 40.71       | 1.77             | —           | 120.86 | 18.71            | 3.51             | —      | 59.47  | 71.95  | 0.02             |
| 73     | 6874.45 | 1706.98 | —           | 0.97   | 0.15        | 4398.21 | —      | 374.93           | 70.31  | 1.60             | 40.68       | 1.77             | —           | 122.69 | 19.64            | 5.07             | —      | 59.47  | 71.95  | 0.02             |
| 74     | 6878.36 | 1700.07 | —           | 0.97   | 0.15        | 4389.84 | —      | 391.14           | 72.93  | 1.60             | 40.65       | 1.77             | —           | 123.09 | 19.64            | 5.07             | —      | 59.47  | 71.95  | 0.02             |
| 75     | 6879.57 | 1691.16 | —           | 0.97   | 0.15        | 4390.11 | —      | 399.48           | 73.21  | 1.60             | 40.61       | 1.77             | —           | 123.89 | 19.64            | 5.12             | —      | 59.38  | 72.47  | 0.02             |
| 76     | 6894.75 | 1659.93 | —           | 0.97   | 0.15        | 4410.78 | —      | 411.55           | 75.80  | 1.60             | 40.61       | 1.77             | —           | 134.98 | 19.64            | 5.10             | —      | 59.38  | 72.47  | 0.02             |
| 77     | 6920.87 | 1642.74 | —           | 0.97   | 0.15        | 4417.19 | —      | 422.67           | 75.68  | 1.60             | 40.60       | 1.77             | —           | 137.66 | 19.64            | 28.36            | —      | 59.35  | 72.47  | 0.02             |
| 78     | 6925.13 | 1622.70 | —           | 0.97   | 0.15        | 4421.06 | —      | 440.94           | 73.58  | 1.60             | 40.53       | 1.77             | —           | 138.55 | 19.64            | 31.81            | —      | 59.33  | 72.47  | 0.02             |
| 79     | 6935.29 | 1623.76 | —           | 0.97   | 0.15        | 4421.06 | —      | 443.29           | 73.51  | 1.60             | 40.53       | 1.77             | —           | 138.87 | 19.64            | 38.22            | 0.02   | 59.41  | 72.47  | 0.02             |
| 80     | 7205.56 | 1623.96 | —           | 0.97   | 0.15        | 4421.06 | —      | 445.56           | 73.62  | 1.60             | 143.77      | 1.77             | —           | 245.23 | 17.33            | 77.87            | 0.02   | 82.15  | 72.47  | 0.02             |
| 81     | 7216.97 | 1623.00 | —           | 0.97   | 0.15        | 4419.40 | —      | 462.39           | 76.66  | 1.60             | 143.98      | 1.77             | —           | 244.67 | 17.33            | 78.95            | 0.02   | 81.49  | 74.03  | 0.02             |
| 82     | 7104.54 | 1618.51 | —           | 0.97   | 0.15        | 4301.94 | —      | 462.68           | 76.55  | 1.60             | 144.00      | 1.77             | —           | 244.85 | 17.33            | 79.30            | 0.02   | 81.10  | 74.46  | 0.02             |
| 83     | 7106.16 | 1618.29 | —           | 0.97   | 0.15        | 4303.05 | —      | 464.26           | 75.79  | 1.60             | 144.00      | 1.77             | —           | 245.78 | 17.33            | 79.17            | 0.02   | 81.01  | 73.48  | 0.02             |
| 84     | 7106.24 | 1617.24 | —           | 0.97   | 0.15        | 4303.66 | —      | 464.26           | 75.79  | 1.60             | 144.00      | 1.77             | —           | 245.78 | 17.33            | 79.17            | 0.02   | 81.01  | 73.48  | 0.02             |
| 85     | 6957.77 | 1551.26 | —           | 0.93   | 0.15        | 4371.12 | —      | 563.20           | 66.59  | 1.60             | 40.21       | 1.77             | —           | 153.17 | 18.66            | 60.95            | —      | 57.11  | 71.03  | 0.02             |

註：民國 57 年至 64 年之資料為內插所求得。

表 2-6 台北市松山區土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年<br>代 | 總<br>計  | 耕<br>地 | 養<br>魚<br>池 | 池<br>沼 | 礦<br>泉<br>地 | 山<br>林 | 牧<br>場 | 建<br>物<br>基<br>地 | 耕<br>種<br>地 | 寺<br>廟<br>用<br>地 | 墳<br>墓<br>地 | 鐵<br>道<br>用<br>地 | 公<br>園<br>地 | 道<br>路 | 鐵<br>道<br>線<br>路 | 灌<br>溉<br>水<br>路 | 溝<br>渠 | 湖<br>池 | 原<br>野 | 堤<br>防<br>用<br>地 |
|--------|---------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|------------------|
| 51     | 1886.21 | 881.87 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.44 | —      | 335.17           | 233.21      | 0.34             | 13.00       | 2.28             | —           | 20.60  | 10.58            | 29.99            | 0.14   | 15.38  | 8.90   | —                |
| 52     | 1886.54 | 878.98 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.44 | —      | 337.54           | 233.66      | 0.47             | 12.91       | 2.28             | —           | 21.00  | 10.58            | 29.95            | 0.14   | 15.38  | 8.90   | —                |
| 53     | 1918.13 | 875.85 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.43 | —      | 339.78           | 234.44      | 0.47             | 12.82       | 2.28             | —           | 21.37  | 10.58            | 29.95            | 21.74  | 15.31  | 8.78   | —                |
| 54     | 1917.66 | 875.20 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.43 | —      | 340.45           | 234.58      | 0.47             | 12.80       | 2.28             | —           | 21.41  | 10.58            | 29.93            | 21.11  | 15.31  | 8.78   | —                |
| 55     | 1917.72 | 873.57 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.43 | —      | 341.82           | 234.51      | 0.47             | 12.80       | 2.28             | —           | 21.84  | 10.58            | 29.90            | 21.11  | 15.31  | 8.77   | —                |
| 56     | 1908.88 | 871.25 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.43 | —      | 335.14           | 234.56      | 0.47             | 12.73       | 2.28             | —           | 22.03  | 10.58            | 29.89            | 21.11  | 15.31  | 8.77   | —                |
| 57     | 1910.92 | 860.48 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.43 | —      | 346.28           | 235.25      | 0.47             | 12.69       | 2.28             | —           | 23.18  | 10.58            | 29.77            | 21.11  | 15.31  | 8.76   | —                |
| 58     | 1910.93 | 860.48 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.43 | —      | 346.30           | 235.25      | 0.47             | 12.69       | 2.28             | —           | 23.18  | 10.58            | 29.77            | 21.11  | 15.31  | 8.76   | —                |
| 59     | 1910.95 | 846.78 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.42 | —      | 357.68           | 235.22      | 0.58             | 12.65       | 2.28             | —           | 26.06  | 10.58            | 29.27            | 21.11  | 15.27  | 8.73   | —                |
| 60     | 1910.95 | 846.78 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.42 | —      | 357.68           | 235.22      | 0.58             | 12.65       | 2.28             | —           | 26.06  | 10.58            | 29.27            | 21.11  | 15.27  | 8.73   | —                |
| 61     | 1910.95 | 822.19 | 0.17        | 0.16   | —           | 344.52 | —      | 383.17           | 232.70      | 0.58             | 12.56       | 2.28             | —           | 27.86  | 10.58            | 29.08            | 21.11  | 15.16  | 8.72   | —                |
| 62     | 1910.95 | 805.66 | 0.10        | 0.16   | —           | 342.84 | —      | 399.15           | 231.94      | 0.58             | 12.53       | 2.28             | —           | 29.62  | 10.58            | 28.83            | 21.11  | 15.16  | 8.72   | —                |
| 63     | 1911.72 | 784.11 | 0.10        | 0.16   | —           | 342.84 | —      | 421.46           | 230.28      | 0.58             | 12.53       | 2.28             | —           | 32.97  | 10.58            | 28.83            | 21.11  | 15.16  | 8.72   | —                |
| 64     | 1913.31 | 774.99 | 0.10        | 0.16   | —           | 342.84 | —      | 432.17           | 230.28      | 0.58             | 12.53       | 2.28             | —           | 32.97  | 10.58            | 28.83            | 21.11  | 15.16  | 8.72   | —                |
| 65     | 1913.45 | 774.99 | 0.10        | 0.16   | —           | 342.84 | —      | 432.17           | 230.42      | 0.58             | 12.53       | 2.28             | —           | 32.97  | 10.58            | 28.83            | 21.11  | 15.16  | 8.72   | —                |
| 66     | 1914.28 | 774.99 | 0.10        | 0.16   | —           | 342.84 | —      | 433.13           | 230.29      | 0.58             | 12.53       | 2.28             | —           | 32.97  | 10.58            | 28.83            | 21.11  | 15.16  | 8.72   | —                |
| 67     | 1922.70 | 522.94 | 0.03        | 0.10   | —           | 318.65 | —      | 637.63           | 231.03      | 0.53             | 11.53       | 3.52             | 25.17       | 111.05 | 8.95             | 27.24            | 15.26  | 10.40  | 8.17   | 0.51             |
| 68     | 1943.48 | 522.94 | 0.03        | 0.10   | —           | 318.65 | —      | 637.63           | 231.03      | 0.53             | 11.53       | 3.52             | 25.17       | 111.05 | 8.95             | 27.24            | 15.26  | 10.40  | 8.17   | 0.51             |
| 69     | 1954.27 | 514.99 | 0.03        | 0.10   | —           | 318.65 | —      | 679.53           | 216.15      | 0.53             | 11.53       | 3.52             | 25.17       | 117.44 | 8.95             | 26.00            | 15.26  | 9.31   | 6.61   | 0.51             |
| 70     | 1980.69 | 514.99 | 0.03        | 0.10   | —           | 318.65 | —      | 695.28           | 224.25      | 0.53             | 11.53       | 3.52             | 25.17       | 119.65 | 8.95             | 26.00            | 15.62  | 9.31   | 6.61   | 0.51             |
| 71     | 1983.27 | 509.38 | 0.03        | 0.10   | —           | 318.06 | —      | 708.16           | 220.96      | 0.53             | 11.39       | 3.52             | 24.49       | 119.88 | 8.95             | 25.79            | 15.62  | 9.31   | 6.60   | 0.51             |
| 72     | 1986.17 | 504.27 | 0.03        | 0.10   | —           | 318.65 | —      | 719.20           | 217.44      | 0.53             | 11.16       | 3.52             | 24.49       | 120.03 | 8.95             | 25.79            | 15.62  | 9.31   | 6.60   | 0.51             |
| 73     | 1986.17 | 501.46 | 0.03        | 0.10   | —           | 315.33 | —      | 727.49           | 215.63      | 0.53             | 11.13       | 3.52             | 24.49       | 120.07 | 8.95             | 25.58            | 15.55  | 9.31   | 6.50   | 0.51             |
| 74     | 1986.17 | 497.64 | 0.03        | 0.10   | —           | 314.76 | —      | 731.56           | 215.21      | 0.53             | 11.09       | 3.52             | 26.63       | 120.37 | 8.95             | 25.44            | 15.46  | 7.88   | 6.49   | 0.51             |
| 75     | 1986.17 | 491.93 | —           | 0.10   | —           | 312.30 | —      | 740.16           | 207.82      | 0.53             | 11.00       | 3.72             | 26.63       | 127.39 | 9.01             | 25.32            | 15.44  | 7.84   | 6.49   | 0.51             |
| 76     | 1992.36 | 327.96 | 0.06        | 0.11   | —           | 324.57 | —      | 690.80           | 314.52      | 0.58             | 6.41        | 2.60             | 47.77       | 237.12 | 7.56             | 15.07            | 2.56   | 5.21   | 6.76   | 2.58             |
| 77     | 1965.91 | 293.20 | 0.06        | 0.11   | —           | 325.73 | —      | 712.01           | 296.98      | 0.66             | 6.04        | 2.69             | 49.10       | 239.35 | 7.82             | 14.62            | 3.88   | 5.21   | 6.76   | 1.70             |
| 78     | 2052.18 | 330.40 | 0.06        | 0.11   | —           | 325.67 | —      | 726.60           | 317.21      | 0.66             | 6.43        | 2.69             | 49.10       | 251.39 | 7.81             | 15.72            | 3.90   | 5.16   | 6.75   | 2.54             |
| 79     | 1050.14 | 221.37 | 0.05        | 0.11   | —           | 0.16   | —      | 400.76           | 259.85      | 0.57             | 3.27        | 0.01             | 21.99       | 123.63 | 2.82             | 8.63             | 1.14   | 2.71   | 1.06   | 2.01             |
| 80     | 1050.14 | 220.52 | 0.05        | 0.11   | —           | 0.16   | —      | 385.99           | 262.13      | 0.61             | 3.23        | 0.01             | 21.99       | 137.32 | 2.89             | 8.41             | 1.14   | 2.43   | 1.16   | 2.00             |
| 81     | 1050.14 | 215.05 | 0.05        | 0.11   | —           | 0.16   | —      | 402.66           | 261.58      | 0.61             | 3.23        | 0.01             | 21.99       | 127.24 | 2.89             | 8.36             | 1.14   | 1.97   | 1.06   | 2.04             |
| 82     | 1050.14 | 215.04 | 0.05        | 0.11   | —           | 0.16   | —      | 406.54           | 258.80      | 0.61             | 3.23        | 0.01             | 21.86       | 127.40 | 2.89             | 8.34             | 0.05   | 1.97   | 1.06   | 2.04             |
| 83     | 1050.14 | 215.38 | 0.05        | 0.11   | —           | 0.16   | —      | 406.90           | 258.21      | 0.61             | 3.23        | 0.01             | 21.86       | 127.28 | 2.89             | 8.34             | 0.05   | 1.97   | 1.06   | 2.04             |
| 84     | 822.01  | 138.15 | —           | 0.08   | —           | 0.16   | —      | 333.65           | 194.59      | 0.63             | 3.65        | 0.05             | 24.10       | 111.93 | 2.31             | 8.52             | 0.05   | 1.92   | 0.12   | 2.10             |
| 85     | 887.18  | 46.53  | —           | 0.08   | —           | 0.09   | —      | 321.97           | 351.31      | 0.62             | 0.99        | 0.05             | 21.69       | 134.18 | 2.31             | 4.45             | 0.05   | 0.19   | 0.59   | 2.07             |

表 2-7 台北市大同區土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年<br>代 | 總<br>計 | 耕<br>地 | 養<br>魚<br>池 | 池<br>沼 | 礦<br>產<br>地 | 山<br>林 | 牧<br>場 | 建<br>物<br>基<br>地 | 辦<br>理<br>地 | 寺<br>廟<br>用<br>地 | 墳<br>墓<br>地 | 鐵<br>道<br>用<br>地 | 公<br>園<br>地 | 道<br>路 | 鐵<br>道<br>棧<br>路 | 灌<br>溉<br>水<br>路 | 溝<br>渠 | 湖<br>池 | 原<br>野 | 堤<br>防<br>用<br>地 |
|--------|--------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|------------------|
| 51     | 204.97 | 65.44  | 0.81        | —      | —           | 0.20   | —      | 113.94           | 4.63        | 2.87             | 0.79        | 0.37             | —           | 9.01   | 2.87             | 1.65             | —      | 1.57   | 0.83   | —                |
| 52     | 205.32 | 65.12  | 0.81        | —      | —           | 0.20   | —      | 114.64           | 4.61        | 2.87             | 0.79        | 0.37             | —           | 9.05   | 2.87             | 1.64             | —      | 1.52   | 0.83   | —                |
| 53     | 204.72 | 64.84  | 0.81        | —      | —           | 0.20   | —      | 114.75           | 4.07        | 2.87             | 0.79        | 0.37             | —           | 9.17   | 2.87             | 1.64             | —      | 1.50   | 0.83   | —                |
| 54     | 205.32 | 64.71  | 0.80        | —      | —           | 0.20   | —      | 114.59           | 4.64        | 2.87             | 0.78        | 0.37             | —           | 9.52   | 2.87             | 1.64             | —      | 1.50   | 0.83   | —                |
| 55     | 205.32 | 64.71  | 0.80        | —      | —           | 0.20   | —      | 114.60           | 4.63        | 2.87             | 0.78        | 0.37             | —           | 9.52   | 2.87             | 1.64             | —      | 1.50   | 0.83   | —                |
| 56     | 205.36 | 64.10  | 0.80        | —      | —           | 0.20   | —      | 115.25           | 4.63        | 2.87             | 0.78        | 0.37             | —           | 9.52   | 2.87             | 1.64             | —      | 1.50   | 0.83   | —                |
| 57     | 205.82 | 64.53  | 0.80        | —      | —           | 0.20   | —      | 115.29           | 4.65        | 2.87             | 0.78        | 0.37             | —           | 9.52   | 2.87             | 1.64             | —      | 1.48   | 0.83   | —                |
| 58     | 205.82 | 64.32  | 0.80        | —      | —           | 0.20   | —      | 115.49           | 4.60        | 2.87             | 0.78        | 0.37             | —           | 9.59   | 2.87             | 1.63             | —      | 1.48   | 0.83   | —                |
| 59     | 206.64 | 60.32  | 0.79        | —      | —           | —      | —      | 120.43           | 4.43        | 2.87             | 0.78        | 0.37             | 0.20        | 9.65   | 2.87             | 1.63             | —      | 1.48   | 0.83   | —                |
| 60     | 206.68 | 60.13  | 0.79        | —      | —           | —      | —      | 120.71           | 4.47        | 2.87             | 0.78        | 0.37             | 0.20        | 9.58   | 2.87             | 1.60             | —      | 1.47   | 0.83   | —                |
| 61     | 206.68 | 59.77  | 0.79        | —      | —           | —      | —      | 121.27           | 4.65        | 2.87             | 0.75        | 0.37             | 0.20        | 9.60   | 2.87             | 1.36             | —      | 1.35   | 0.83   | —                |
| 62     | 206.68 | 59.25  | 0.79        | —      | —           | —      | —      | 121.82           | 4.63        | 2.87             | 0.75        | 0.37             | 0.20        | 9.63   | 2.87             | 1.36             | —      | 1.32   | 0.83   | —                |
| 63     | 206.89 | 59.07  | 0.79        | —      | —           | —      | —      | 111.54           | 4.63        | 2.87             | 0.75        | 0.37             | 0.20        | 20.31  | 2.87             | 1.36             | —      | 1.32   | 0.83   | —                |
| 64     | 206.89 | 58.96  | 0.79        | —      | —           | —      | —      | 111.62           | 4.60        | 2.87             | 0.75        | 0.37             | 0.20        | 20.37  | 2.87             | 1.36             | —      | 1.32   | 0.83   | —                |
| 65     | 226.91 | 78.95  | 0.79        | —      | —           | —      | —      | 113.37           | 3.03        | 2.87             | 0.75        | 0.37             | 0.20        | 20.32  | 2.87             | 1.36             | —      | 1.21   | 0.83   | —                |
| 66     | 226.92 | 78.86  | 0.79        | —      | —           | —      | —      | 112.72           | 3.04        | 2.87             | 0.75        | 0.37             | 0.20        | 21.07  | 2.87             | 1.36             | —      | 1.21   | 0.83   | —                |
| 67     | 229.63 | 24.72  | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 138.05           | 11.22       | 3.40             | 0.08        | 2.20             | 0.75        | 39.82  | 4.83             | 0.52             | —      | 0.08   | 0.02   | 3.88             |
| 68     | 229.63 | 24.62  | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 138.11           | 11.20       | 3.40             | 0.08        | 2.20             | 0.75        | 39.88  | 4.83             | 0.52             | —      | 0.08   | 0.02   | 3.88             |
| 69     | 229.63 | 24.27  | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 138.30           | 11.20       | 3.40             | 0.08        | 2.20             | 0.75        | 40.04  | 4.83             | 0.52             | —      | 0.08   | 0.02   | 3.88             |
| 70     | 229.77 | 24.16  | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 138.42           | 11.21       | 3.40             | 0.08        | 2.20             | 0.75        | 40.15  | 4.83             | 0.52             | —      | 0.08   | 0.02   | 3.88             |
| 71     | 229.86 | 24.09  | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 138.47           | 11.20       | 3.40             | 0.08        | 2.20             | 0.75        | 40.29  | 4.83             | 0.51             | —      | 0.08   | 0.02   | 3.88             |
| 72     | 230.30 | 24.06  | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 138.51           | 11.20       | 3.40             | 0.08        | 2.19             | 0.75        | 40.73  | 4.83             | 0.51             | —      | 0.08   | 0.02   | 3.88             |
| 73     | 230.50 | 23.85  | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 138.65           | 11.32       | 3.40             | 0.08        | 2.18             | 0.75        | 40.89  | 4.83             | 0.51             | —      | 0.08   | 0.02   | 3.88             |
| 74     | 230.76 | 23.75  | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 138.37           | 11.28       | 3.40             | 0.08        | 2.18             | 1.31        | 41.06  | 4.83             | 0.46             | —      | 0.08   | 0.02   | 3.88             |
| 75     | 230.84 | 23.64  | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 138.54           | 11.30       | 3.40             | 0.08        | 2.18             | 1.31        | 41.06  | 4.83             | 0.46             | —      | 0.08   | 0.02   | 3.88             |
| 76     | 218.32 | 9.12   | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 137.55           | 10.85       | 3.41             | 0.08        | 2.11             | 1.31        | 44.34  | 4.80             | 0.76             | —      | 0.02   | —      | 3.91             |
| 77     | 245.65 | 9.45   | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 141.46           | 11.28       | 3.41             | 0.08        | 2.38             | 1.31        | 66.14  | 4.83             | 0.82             | —      | 0.02   | 0.02   | 4.38             |
| 78     | 245.65 | 9.45   | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 141.51           | 11.28       | 3.38             | 0.08        | 2.38             | 1.31        | 66.14  | 4.83             | 0.82             | —      | 0.02   | 0.02   | 4.38             |
| 79     | 386.03 | 9.55   | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 257.45           | 11.38       | 4.25             | 0.09        | 2.38             | 2.92        | 84.40  | 8.22             | 0.84             | 0.08   | 0.02   | 0.02   | 4.38             |
| 80     | 386.29 | 8.57   | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 259.01           | 11.25       | 4.25             | 0.09        | 2.38             | 2.92        | 84.22  | 8.22             | 0.84             | 0.08   | 0.02   | 0.02   | 4.38             |
| 81     | 386.39 | 8.57   | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 259.00           | 11.25       | 4.25             | 0.09        | 2.38             | 2.92        | 84.37  | 8.22             | 0.80             | 0.08   | 0.02   | 0.02   | 4.38             |
| 82     | 385.48 | 8.07   | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 257.58           | 11.67       | 4.26             | 0.09        | 2.78             | 2.90        | 85.97  | 7.18             | 0.82             | 0.08   | 0.02   | —      | 4.01             |
| 83     | 386.07 | 8.08   | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 258.01           | 11.67       | 4.26             | 0.09        | 2.78             | 2.90        | 86.12  | 7.18             | 0.82             | 0.08   | 0.02   | —      | 4.01             |
| 84     | 409.42 | 8.07   | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 258.17           | 12.16       | 4.26             | 0.09        | 2.78             | 3.01        | 108.73 | 7.18             | 0.82             | 0.08   | 0.02   | —      | 4.01             |
| 85     | 409.38 | 8.07   | —           | —      | —           | 0.05   | —      | 258.44           | 12.11       | 4.09             | 0.07        | 2.78             | 3.00        | 108.74 | 7.10             | 0.82             | 0.08   | 0.02   | —      | 4.01             |



表 2-8 台北市中山區土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年<br>代 | 總<br>計  | 耕<br>地 | 養<br>魚<br>池 | 池<br>沼 | 礦<br>產<br>地 | 山<br>林 | 牧<br>場 | 建<br>物<br>基<br>地 | 農<br>業<br>地 | 寺<br>廟<br>用<br>地 | 墳<br>墓<br>地 | 鐵<br>道<br>用<br>地 | 公<br>園<br>地 | 道<br>路 | 鐵<br>道<br>株<br>路 | 灌<br>溉<br>水<br>路 | 溝<br>渠 | 海<br>池 | 原<br>野 | 堤<br>防<br>用<br>地 |
|--------|---------|--------|-------------|--------|-------------|--------|--------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|------------------|
| 51     | 1271.11 | 561.40 | 1.11        | —      | —           | 106.39 | —      | 363.68           | 49.23       | 46.34            | 31.10       | 2.62             | 13.18       | 32.47  | 8.05             | 20.69            | 14.65  | 18.35  | 1.81   | 0.02             |
| 52     | 1271.75 | 558.49 | 1.11        | —      | —           | 106.39 | —      | 364.78           | 51.44       | 46.53            | 31.10       | 2.62             | 13.18       | 32.62  | 8.05             | 20.60            | 14.65  | 18.35  | 1.81   | 0.02             |
| 53     | 1272.29 | 555.65 | 1.11        | —      | —           | 106.39 | —      | 366.22           | 51.94       | 46.53            | 31.10       | 2.62             | 13.18       | 34.09  | 8.05             | 20.57            | 14.65  | 18.35  | 1.81   | 0.02             |
| 54     | 1272.75 | 553.85 | 1.11        | —      | —           | 106.39 | —      | 367.66           | 52.35       | 46.53            | 31.10       | 2.62             | 13.18       | 34.70  | 8.05             | 20.53            | 14.65  | 18.20  | 1.81   | 0.02             |
| 55     | 1273.22 | 553.83 | 1.11        | —      | —           | 106.39 | —      | 367.72           | 52.79       | 46.53            | 31.10       | 2.62             | 13.18       | 34.70  | 8.05             | 20.52            | 14.65  | 18.20  | 1.81   | 0.02             |
| 56     | 1278.70 | 552.16 | 1.11        | —      | —           | 106.39 | —      | 374.38           | 53.33       | 46.53            | 31.06       | 2.62             | 13.18       | 34.78  | 8.05             | 20.41            | 14.65  | 18.20  | 1.81   | 0.02             |
| 57     | 1278.32 | 550.76 | 1.11        | —      | —           | 106.39 | —      | 375.15           | 53.33       | 46.53            | 31.06       | 2.62             | 13.18       | 35.08  | 8.05             | 20.41            | 14.65  | 18.20  | 1.81   | —                |
| 58     | 1278.32 | 546.66 | 1.11        | —      | —           | 106.39 | —      | 379.35           | 54.33       | 46.53            | 31.06       | 2.62             | 13.18       | 36.18  | 8.05             | 18.19            | 14.65  | 18.20  | 1.81   | —                |
| 59     | 1279.97 | 535.82 | 1.11        | —      | —           | 104.40 | —      | 387.28           | 54.35       | 46.53            | 30.95       | 2.62             | 19.58       | 36.94  | 8.05             | 17.86            | 14.65  | 18.03  | 1.81   | —                |
| 60     | 1279.98 | 531.09 | 1.11        | —      | —           | 104.40 | —      | 392.80           | 54.14       | 46.23            | 30.93       | 2.62             | 19.58       | 37.24  | 8.05             | 17.68            | 14.64  | 17.68  | 1.78   | —                |
| 61     | 1279.98 | 526.11 | 1.11        | —      | —           | 104.40 | —      | 398.28           | 53.88       | 46.23            | 30.93       | 2.62             | 19.58       | 37.34  | 8.05             | 17.44            | 14.61  | 17.60  | 1.78   | —                |
| 62     | 1279.99 | 520.94 | 1.11        | —      | —           | 104.40 | —      | 404.28           | 53.60       | 46.08            | 30.91       | 2.62             | 19.58       | 37.43  | 8.05             | 17.20            | 14.57  | 17.43  | 1.77   | —                |
| 63     | 1280.00 | 509.99 | 1.11        | —      | —           | 104.40 | —      | 403.35           | 69.66       | 46.08            | 30.91       | 2.62             | 19.58       | 48.64  | 8.05             | 2.21             | 14.57  | 17.17  | 1.65   | —                |
| 64     | 1280.72 | 499.58 | 1.11        | —      | —           | 103.55 | —      | 414.30           | 69.66       | 46.08            | 30.91       | 2.62             | 19.58       | 49.27  | 8.05             | 2.21             | 14.57  | 17.17  | 1.65   | —                |
| 65     | 1300.72 | 506.26 | 1.11        | —      | —           | 104.40 | —      | 416.42           | 81.44       | 46.08            | 30.89       | 2.62             | 19.58       | 48.88  | 8.05             | 2.00             | 14.53  | 16.84  | 1.63   | —                |
| 66     | 1300.83 | 498.16 | 1.11        | —      | —           | 104.40 | —      | 416.69           | 83.08       | 46.08            | 30.89       | 2.62             | 19.58       | 48.62  | 8.05             | 2.00             | 14.53  | 16.84  | 2.19   | —                |
| 67     | 1307.28 | 432.95 | 0.94        | —      | —           | 100.76 | —      | 488.30           | 60.01       | 46.06            | 40.41       | 0.67             | 25.23       | 71.87  | 4.97             | 9.64             | 13.46  | 10.60  | 1.39   | 0.02             |
| 68     | 1314.24 | 428.70 | 0.94        | —      | —           | 100.76 | —      | 494.82           | 63.14       | 46.06            | 40.41       | 0.67             | 25.23       | 73.23  | 4.97             | 9.64             | 13.75  | 10.51  | 1.39   | 0.02             |
| 69     | 1314.59 | 421.89 | 0.94        | —      | —           | 100.70 | —      | 501.21           | 63.72       | 46.06            | 40.41       | 0.67             | 25.52       | 73.36  | 4.97             | 9.55             | 13.75  | 10.42  | 1.39   | 0.02             |
| 70     | 1315.19 | 419.91 | 0.94        | —      | —           | 100.70 | —      | 503.60           | 63.79       | 46.06            | 40.41       | 0.67             | 25.52       | 73.72  | 4.97             | 9.46             | 13.69  | 10.35  | 1.39   | 0.02             |
| 71     | 1315.19 | 413.33 | 0.94        | —      | —           | 100.70 | —      | 510.45           | 63.59       | 46.06            | 40.41       | 0.67             | 25.52       | 73.93  | 4.97             | 9.33             | 13.69  | 10.25  | 1.33   | 0.02             |
| 72     | 1315.36 | 406.21 | 0.94        | —      | —           | 100.63 | —      | 517.83           | 63.40       | 46.06            | 40.41       | 0.67             | 25.52       | 74.29  | 4.97             | 9.22             | 13.63  | 10.23  | 1.33   | 0.02             |
| 73     | 1315.37 | 398.41 | 0.94        | —      | —           | 100.58 | —      | 527.05           | 62.35       | 46.06            | 40.41       | 0.67             | 25.54       | 74.36  | 4.97             | 9.02             | 13.57  | 10.09  | 1.33   | 0.02             |
| 74     | 1318.96 | 394.14 | 0.94        | —      | —           | 100.51 | —      | 535.04           | 60.54       | 46.06            | 40.41       | 0.67             | 25.55       | 76.62  | 4.97             | 8.81             | 13.46  | 9.89   | 1.33   | 0.02             |
| 75     | 1319.04 | 392.10 | 0.94        | —      | —           | 100.45 | —      | 538.09           | 60.13       | 46.06            | 40.41       | 0.67             | 25.55       | 76.67  | 4.97             | 8.69             | 13.46  | 9.80   | 1.04   | 0.02             |
| 76     | 1087.92 | 123.96 | 0.70        | —      | —           | 100.46 | 0.13   | 495.64           | 22.05       | 43.46            | 28.34       | 1.05             | 57.26       | 196.91 | 2.64             | 3.93             | 6.59   | 4.12   | 0.24   | 0.44             |
| 77     | 1153.74 | 63.72  | 0.70        | —      | —           | 0.25   | 0.13   | 800.34           | 32.42       | 2.40             | 0.19        | 0.64             | 56.28       | 183.55 | 2.64             | 3.83             | 4.02   | 1.83   | 0.14   | 0.67             |
| 78     | 1154.10 | 57.64  | 0.70        | —      | —           | 0.24   | 0.13   | 827.31           | 31.26       | 2.37             | 0.18        | 0.62             | 50.92       | 169.05 | 2.64             | 4.10             | 4.38   | 1.68   | 0.12   | 0.73             |
| 79     | 1149.97 | 73.91  | —           | —      | —           | 25.08  | —      | 730.79           | 47.65       | 1.61             | 3.05        | 0.60             | 55.14       | 181.86 | 0.01             | 3.55             | 4.66   | 0.86   | 0.21   | 0.98             |
| 80     | 1149.95 | 81.01  | —           | —      | —           | 25.08  | —      | 743.08           | 47.28       | 2.74             | 3.05        | 0.60             | 55.14       | 181.71 | 0.01             | 3.47             | 4.72   | 0.87   | 0.21   | 0.98             |
| 81     | 1150.04 | 84.87  | —           | —      | —           | 49.48  | —      | 666.23           | 52.45       | 29.56            | 16.90       | 0.60             | 55.34       | 184.63 | 0.01             | 3.36             | 4.66   | 0.88   | 0.21   | 0.98             |
| 82     | 1151.99 | 85.03  | —           | —      | —           | 49.81  | —      | 666.43           | 49.51       | 29.52            | 16.90       | 0.60             | 55.34       | 188.75 | 0.01             | 3.35             | 4.66   | 0.89   | 0.21   | 0.98             |
| 83     | 1155.25 | 127.97 | —           | —      | —           | 98.63  | —      | 514.21           | 48.27       | 43.74            | 28.46       | 0.60             | 58.36       | 221.20 | 0.07             | 3.03             | 6.42   | 3.02   | 0.31   | 0.98             |
| 84     | 1155.54 | 127.83 | —           | —      | —           | 98.62  | —      | 505.20           | 49.27       | 43.74            | 28.54       | 0.60             | 59.95       | 227.25 | 0.07             | 3.02             | 7.17   | 3.00   | 0.31   | 0.98             |
| 85     | 1301.84 | 104.22 | —           | —      | —           | 98.62  | —      | 500.18           | 204.46      | 43.74            | 28.54       | 0.60             | 49.78       | 256.96 | 0.07             | 2.92             | 7.71   | 2.81   | 0.24   | 0.98             |

表2-10 台北市南港區土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年  | 地       | 耕      | 養    | 池    | 礦    | 山      | 牧    | 建      | 綠      | 寺    | 墳     | 鐵     | 公    | 道     | 鐵    | 灌    | 溝     | 湖     | 原     | 堤    |
|----|---------|--------|------|------|------|--------|------|--------|--------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 代  | 計       | 地      | 魚    | 沼    | 地    | 林      | 場    | 物      | 地      | 廟    | 墓     | 道     | 園    | 路     | 道    | 溉    | 渠     | 池     | 野     | 防    |
| 51 | —       | —      | —    | —    | —    | —      | —    | —      | —      | —    | —     | —     | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 52 | —       | —      | —    | —    | —    | —      | —    | —      | —      | —    | —     | —     | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 53 | —       | —      | —    | —    | —    | —      | —    | —      | —      | —    | —     | —     | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 54 | —       | —      | —    | —    | —    | —      | —    | —      | —      | —    | —     | —     | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 55 | —       | —      | —    | —    | —    | —      | —    | —      | —      | —    | —     | —     | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 56 | —       | —      | —    | —    | —    | —      | —    | —      | —      | —    | —     | —     | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 57 | 2087.43 | 836.02 | —    | 0.08 | 2.20 | 857.71 | —    | 212.78 | 46.63  | 0.56 | 16.64 | —     | —    | 20.93 | 6.24 | 1.32 | —     | 44.90 | 41.43 | —    |
| 58 | 2087.43 | 836.02 | —    | 0.08 | 2.20 | 857.71 | —    | 212.78 | 46.63  | 0.56 | 16.64 | —     | —    | 20.93 | 6.24 | 1.32 | —     | 44.90 | 41.43 | —    |
| 59 | 2087.43 | 832.59 | —    | 0.08 | 2.20 | 857.70 | —    | 214.68 | 48.23  | 0.56 | 16.64 | —     | —    | 21.01 | 6.24 | 1.21 | —     | 44.90 | 41.39 | —    |
| 60 | 2087.43 | 832.59 | —    | 0.08 | 2.20 | 857.70 | —    | 214.68 | 48.23  | 0.56 | 16.64 | —     | —    | 21.01 | 6.24 | 1.21 | —     | 44.90 | 41.39 | —    |
| 61 | 2087.43 | 826.31 | —    | 0.08 | 2.20 | 857.70 | —    | 220.57 | 48.63  | 0.56 | 16.64 | —     | —    | 21.01 | 6.24 | 1.21 | —     | 44.88 | 41.39 | —    |
| 62 | 2087.43 | 813.16 | —    | 0.08 | 2.20 | 857.70 | —    | 233.76 | 48.63  | 0.56 | 16.64 | —     | —    | 20.98 | 6.24 | 1.21 | —     | 44.88 | 41.39 | —    |
| 63 | 2086.52 | 806.42 | —    | 0.08 | 2.20 | 856.52 | —    | 239.95 | 47.42  | 0.56 | 16.64 | —     | —    | 23.01 | 6.24 | 1.21 | —     | 44.88 | 41.39 | —    |
| 64 | 2086.79 | 802.42 | —    | 0.08 | 2.20 | 856.52 | —    | 244.21 | 47.42  | 0.56 | 16.64 | —     | —    | 23.01 | 6.24 | 1.21 | —     | 44.88 | 41.39 | —    |
| 65 | 2086.74 | 802.42 | —    | 0.08 | 2.12 | 856.52 | —    | 244.22 | 47.44  | 0.56 | 16.64 | —     | —    | 23.01 | 6.24 | 1.21 | —     | 44.88 | 41.39 | —    |
| 66 | 2087.60 | 802.42 | —    | 0.08 | 2.12 | 850.52 | —    | 251.08 | 47.44  | 0.56 | 16.64 | —     | —    | 23.01 | 6.24 | 1.21 | —     | 44.88 | 41.39 | —    |
| 67 | 2098.59 | 717.10 | —    | 0.08 | 1.29 | 865.57 | —    | 309.00 | 85.27  | 0.57 | 16.87 | —     | —    | 26.58 | 6.28 | 0.62 | 0.33  | 32.55 | 36.50 | —    |
| 68 | 2135.79 | 717.10 | —    | 0.08 | 1.29 | 865.57 | —    | 351.91 | 80.64  | 0.57 | 16.87 | —     | —    | 32.69 | 6.28 | 0.62 | 0.33  | 30.29 | 31.57 | —    |
| 69 | 2141.29 | 709.71 | —    | 0.08 | 1.29 | 865.57 | —    | 367.31 | 75.64  | 0.57 | 17.34 | —     | —    | 41.72 | 6.28 | 0.62 | 0.33  | 27.79 | 27.07 | —    |
| 70 | 2141.95 | 705.19 | —    | 0.08 | 1.29 | 865.57 | —    | 372.41 | 75.72  | 0.57 | 17.34 | —     | —    | 41.72 | 6.28 | 0.62 | 0.33  | 27.79 | 27.07 | —    |
| 71 | 2143.69 | 691.72 | —    | 0.08 | 1.29 | 864.47 | —    | 374.06 | 75.86  | 0.57 | 16.97 | —     | —    | 75.34 | 6.28 | 0.62 | 0.33  | 27.79 | 27.07 | —    |
| 72 | 2148.45 | 677.36 | —    | 0.08 | 1.29 | 864.47 | —    | 376.25 | 75.68  | 0.57 | 16.97 | —     | —    | 75.73 | 6.28 | 0.62 | 0.33  | 27.79 | 27.07 | —    |
| 73 | 2152.69 | 675.58 | —    | 0.08 | 1.29 | 863.73 | —    | 378.71 | 75.19  | 0.57 | 16.97 | —     | —    | 75.87 | 6.28 | 0.60 | 1.62  | 27.51 | 29.95 | —    |
| 74 | 2152.69 | 669.81 | —    | 0.08 | 1.29 | 863.33 | —    | 380.28 | 74.43  | 0.57 | 16.97 | —     | —    | 75.77 | 6.28 | 0.55 | 2.54  | 26.98 | 28.46 | —    |
| 75 | 2152.69 | 662.83 | —    | 0.08 | 1.29 | 863.33 | —    | 380.28 | 74.43  | 0.57 | 16.97 | —     | —    | 75.77 | 6.28 | 0.55 | 2.54  | 26.98 | 28.46 | —    |
| 76 | 2064.49 | 659.17 | 0.38 | —    | 2.65 | 775.15 | 0.54 | 347.35 | 111.59 | 0.66 | 15.76 | 18.89 | 3.82 | 55.72 | 5.21 | 0.75 | 4.81  | 31.07 | 30.99 | —    |
| 77 | 2129.86 | 661.96 | 0.38 | —    | 2.65 | 807.47 | 0.54 | 354.47 | 115.09 | 0.65 | 15.81 | 19.52 | 3.82 | 58.28 | 5.23 | 0.81 | 12.35 | 36.30 | 34.52 | —    |
| 78 | 2129.87 | 661.26 | 0.38 | —    | 2.65 | 807.34 | 0.54 | 355.47 | 114.93 | 0.65 | 15.81 | 19.52 | 3.82 | 58.15 | 5.23 | 0.81 | 12.51 | 36.30 | 34.47 | 0.04 |
| 79 | 2130.18 | 661.10 | 0.38 | —    | 2.65 | 808.71 | —    | 355.07 | 115.07 | 0.65 | 15.82 | 19.52 | 4.02 | 59.59 | 5.77 | 0.90 | 13.06 | 36.54 | 34.44 | 0.04 |
| 80 | 2130.18 | 665.38 | 0.39 | —    | 2.65 | 815.72 | —    | 359.94 | 115.23 | 0.65 | 15.48 | 19.52 | 3.82 | 57.59 | 5.77 | 0.90 | 13.04 | 35.83 | 34.44 | 0.04 |
| 81 | 2128.47 | 659.17 | 0.39 | —    | 2.65 | 804.00 | —    | 357.70 | 115.22 | 0.65 | 15.21 | 19.52 | 4.06 | 57.55 | 5.82 | 0.90 | 14.73 | 35.83 | 33.85 | 0.54 |
| 82 | 2128.47 | 659.80 | 0.39 | —    | 2.65 | 804.02 | —    | 358.00 | 115.11 | 0.65 | 15.21 | 19.52 | 4.06 | 57.52 | 5.82 | 0.90 | 14.89 | 35.83 | 33.85 | 0.54 |
| 83 | 2128.47 | 659.59 | 0.39 | —    | 2.65 | 803.92 | —    | 397.96 | 141.33 | 0.56 | 15.10 | 20.49 | 5.14 | 59.25 | 5.94 | 0.94 | 18.34 | 36.03 | 33.92 | —    |
| 84 | 2128.72 | 646.65 | —    | —    | 2.65 | 744.42 | —    | —      | —      | —    | —     | —     | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 85 | 2154.51 | 642.77 | —    | —    | 2.65 | 806.98 | —    | 344.17 | 135.30 | 0.56 | 14.94 | 20.49 | 5.14 | 65.69 | 5.94 | 5.15 | 34.27 | 35.96 | 34.50 | —    |

表 2-9 台北市內湖區土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年<br>代 | 總<br>計  | 耕<br>地 | 養<br>魚<br>池 | 池<br>沼 | 礦<br>泉<br>地 | 山<br>林  | 牧<br>場 | 建<br>物<br>基<br>地 | 庫<br>棧<br>地 | 寺<br>廟<br>用<br>地 | 墳<br>墓<br>地 | 鐵<br>道<br>用<br>地 | 公<br>園<br>地 | 道<br>路 | 鐵<br>道<br>線<br>路 | 灌<br>溉<br>水<br>路 | 溝<br>渠 | 湖<br>池 | 原<br>野 | 堤<br>防<br>用<br>地 |
|--------|---------|--------|-------------|--------|-------------|---------|--------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|------------------|
| 51     | -       | -      | -           | -      | -           | -       | -      | -                | -           | -                | -           | -                | -           | -      | -                | -                | -      | -      | -      | -                |
| 52     | -       | -      | -           | -      | -           | -       | -      | -                | -           | -                | -           | -                | -           | -      | -                | -                | -      | -      | -      | -                |
| 53     | -       | -      | -           | -      | -           | -       | -      | -                | -           | -                | -           | -                | -           | -      | -                | -                | -      | -      | -      | -                |
| 54     | -       | -      | -           | -      | -           | -       | -      | -                | -           | -                | -           | -                | -           | -      | -                | -                | -      | -      | -      | -                |
| 55     | -       | -      | -           | -      | -           | -       | -      | -                | -           | -                | -           | -                | -           | -      | -                | -                | -      | -      | -      | -                |
| 56     | -       | -      | -           | -      | -           | -       | -      | -                | -           | -                | -           | -                | -           | -      | -                | -                | -      | -      | -      | -                |
| 57     | 3061.49 | 967.55 | 0.47        | 0.16   | -           | 1812.23 | -      | 99.15            | 44.50       | 0.12             | 21.81       | -                | -           | 28.15  | -                | 4.16             | -      | 69.55  | 13.38  | 0.24             |
| 58     | 3061.49 | 967.55 | 0.47        | 0.16   | -           | 1812.23 | -      | 99.15            | 44.50       | 0.12             | 21.81       | -                | -           | 28.15  | -                | 4.16             | -      | 69.55  | 13.38  | 0.24             |
| 59     | 3061.49 | 963.26 | 0.47        | 0.16   | -           | 1810.96 | -      | 101.31           | 47.80       | 0.12             | 21.81       | -                | -           | 28.36  | -                | 4.16             | -      | 69.45  | 13.38  | 0.24             |
| 60     | 3061.49 | 963.26 | 0.47        | 0.16   | -           | 1810.96 | -      | 101.31           | 47.80       | 0.12             | 21.81       | -                | -           | 28.36  | -                | 4.16             | -      | 69.45  | 13.38  | 0.24             |
| 61     | 3061.49 | 960.58 | 0.47        | 0.16   | -           | 1810.96 | -      | 104.50           | 47.62       | 0.12             | 21.81       | -                | -           | 28.37  | -                | 4.16             | -      | 69.43  | 13.07  | 0.24             |
| 62     | 3061.49 | 959.95 | 0.47        | 0.16   | -           | 1810.76 | -      | 105.31           | 47.62       | 0.12             | 21.81       | -                | -           | 28.38  | -                | 4.16             | -      | 69.43  | 13.07  | 0.24             |
| 63     | 3061.37 | 957.80 | 0.47        | 0.16   | -           | 1809.77 | -      | 105.68           | 46.62       | 0.12             | 21.81       | -                | -           | 32.03  | -                | 4.16             | -      | 69.43  | 13.07  | 0.24             |
| 64     | 3061.37 | 957.34 | 0.47        | 0.16   | -           | 1809.77 | -      | 106.12           | 46.62       | 0.12             | 21.81       | -                | -           | 32.06  | -                | 4.16             | -      | 69.43  | 13.07  | 0.24             |
| 65     | 3061.37 | 957.34 | 0.47        | 0.16   | -           | 1809.77 | -      | 106.12           | 46.62       | 0.12             | 21.81       | -                | -           | 32.06  | -                | 4.16             | -      | 69.43  | 13.07  | 0.24             |
| 66     | 3061.49 | 957.34 | 0.47        | 0.16   | -           | 1809.77 | -      | 106.24           | 46.62       | 0.12             | 21.81       | -                | -           | 32.06  | -                | 4.16             | -      | 69.43  | 13.07  | 0.24             |
| 67     | 3062.97 | 797.86 | 0.70        | 0.36   | -           | 1841.58 | -      | 135.60           | 85.63       | 0.12             | 71.00       | -                | -           | 48.54  | -                | 3.09             | -      | 65.69  | 12.51  | 0.28             |
| 68     | 3071.93 | 797.86 | 0.70        | 0.36   | -           | 1841.58 | -      | 145.87           | 80.69       | 0.12             | 71.00       | -                | -           | 56.43  | -                | 3.09             | -      | 63.73  | 10.22  | 0.28             |
| 69     | 3075.68 | 793.83 | 0.70        | 0.36   | -           | 1841.58 | -      | 156.30           | 76.06       | 0.12             | 71.00       | -                | -           | 61.83  | -                | 3.09             | -      | 61.56  | 8.97   | 0.28             |
| 70     | 3078.49 | 784.07 | 0.70        | 0.36   | -           | 1839.83 | -      | 168.84           | 76.46       | 0.12             | 70.99       | -                | -           | 63.40  | -                | 3.08             | -      | 61.30  | 8.93   | 0.28             |
| 71     | 3078.71 | 776.57 | 0.70        | 0.32   | -           | 1838.92 | -      | 177.47           | 75.96       | 0.12             | 70.99       | -                | -           | 64.07  | -                | 3.08             | -      | 61.30  | 8.93   | 0.28             |
| 72     | 3085.51 | 764.86 | 0.70        | 0.32   | -           | 1836.17 | -      | 193.55           | 74.43       | 0.12             | 70.97       | -                | -           | 66.08  | -                | 3.05             | 5.16   | 60.87  | 8.93   | 0.28             |
| 73     | 3087.33 | 753.53 | 0.54        | 0.32   | -           | 1835.19 | -      | 207.37           | 72.54       | 0.12             | 70.97       | -                | 1.75        | 67.85  | -                | 3.05             | 5.83   | 59.05  | 8.92   | 0.28             |
| 74     | 3096.21 | 745.17 | 0.55        | 0.32   | -           | 1835.84 | -      | 223.91           | 72.34       | 0.12             | 70.89       | -                | 1.75        | 69.06  | -                | 3.04             | 5.80   | 58.22  | 8.92   | 0.28             |
| 75     | 3102.03 | 745.30 | 0.55        | 0.33   | -           | 1830.72 | -      | 240.08           | 65.36       | 0.12             | 70.88       | -                | 1.75        | 69.88  | -                | 3.05             | 6.29   | 58.53  | 8.92   | 0.28             |
| 76     | 2925.07 | 681.64 | 0.35        | 0.33   | 0.14        | 1633.37 | -      | 272.81           | 106.54      | 0.13             | 21.35       | -                | 17.48       | 127.35 | 0.01             | 4.30             | 7.27   | 44.77  | 11.00  | 0.10             |
| 77     | 3039.21 | 696.07 | 0.35        | 0.36   | 0.14        | 1671.68 | -      | 315.35           | 106.23      | 0.13             | 22.16       | -                | 17.48       | 141.83 | 0.01             | 4.30             | 7.38   | 44.08  | 10.90  | 0.28             |
| 78     | 3153.29 | 608.58 | 0.35        | 0.39   | 0.14        | 1824.98 | -      | 342.32           | 110.56      | 0.13             | 22.16       | -                | 17.48       | 155.64 | 0.01             | 4.33             | 7.58   | 44.81  | 11.33  | 0.10             |
| 79     | 3038.75 | 689.89 | 0.35        | 0.36   | 0.14        | 1668.85 | -      | 323.68           | 106.90      | 0.13             | 22.27       | -                | 17.48       | 141.69 | 0.01             | 4.30             | 7.38   | 44.08  | 10.90  | 0.28             |
| 80     | 3036.26 | 682.16 | 0.35        | 0.36   | 0.14        | 1666.98 | -      | 333.99           | 99.97       | 0.13             | 22.27       | -                | 17.48       | 141.79 | 0.01             | 4.35             | 7.05   | 43.70  | 10.90  | 0.28             |
| 81     | 3035.70 | 681.02 | 0.35        | 0.36   | 0.14        | 1665.35 | -      | 340.29           | 99.97       | 0.13             | 22.27       | -                | 17.48       | 142.05 | 0.01             | 4.04             | 6.98   | 42.56  | 10.82  | 0.28             |
| 82     | 3038.46 | 677.12 | 0.35        | 0.36   | 0.14        | 1663.88 | -      | 363.10           | 85.68       | 0.13             | 22.27       | -                | 18.21       | 144.97 | -                | 3.31             | 6.40   | 34.42  | 10.46  | 0.10             |
| 83     | 3023.27 | 641.10 | 0.35        | 0.38   | 0.73        | 1648.23 | -      | 407.55           | 77.66       | 0.13             | 20.76       | -                | 27.31       | 181.01 | -                | 8.43             | 21.84  | 30.55  | 9.89   | 0.10             |
| 84     | 3059.09 | 544.61 | 0.35        | 0.35   | 0.73        | 1642.07 | -      | 405.00           | 164.24      | 0.13             | 18.06       | -                | 27.31       | 181.01 | -                | 8.43             | 21.84  | 30.55  | 9.89   | 0.10             |
| 85     | 3116.47 | 392.30 | 0.35        | 0.35   | 0.73        | 1627.73 | -      | 402.08           | 410.81      | 0.13             | 17.46       | -                | 27.72       | 166.91 | -                | 7.83             | 21.54  | 30.55  | 9.89   | 0.10             |

表 2-11 台北市士林區土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年<br>代 | 總<br>計  | 耕<br>地  | 養<br>魚<br>池 | 池<br>沼 | 礦<br>產<br>地 | 山<br>林  | 牧<br>場 | 建<br>物<br>基<br>地 | 雜<br>植<br>地 | 寺<br>廟<br>用<br>地 | 墳<br>墓<br>地 | 鐵<br>道<br>用<br>地 | 公<br>園<br>地 | 道<br>路 | 鐵<br>道<br>線<br>路 | 灌<br>溉<br>水<br>路 | 溝<br>渠 | 湖<br>池 | 原<br>野 | 堤<br>防<br>用<br>地 |
|--------|---------|---------|-------------|--------|-------------|---------|--------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|------------------|
| 51     | —       | —       | —           | —      | —           | —       | —      | —                | —           | —                | —           | —                | —           | —      | —                | —                | —      | —      | —      | —                |
| 52     | —       | —       | —           | —      | —           | —       | —      | —                | —           | —                | —           | —                | —           | —      | —                | —                | —      | —      | —      | —                |
| 53     | —       | —       | —           | —      | —           | —       | —      | —                | —           | —                | —           | —                | —           | —      | —                | —                | —      | —      | —      | —                |
| 54     | —       | —       | —           | —      | —           | —       | —      | —                | —           | —                | —           | —                | —           | —      | —                | —                | —      | —      | —      | —                |
| 55     | —       | —       | —           | —      | —           | —       | —      | —                | —           | —                | —           | —                | —           | —      | —                | —                | —      | —      | —      | —                |
| 56     | —       | —       | —           | —      | —           | —       | —      | —                | —           | —                | —           | —                | —           | —      | —                | —                | —      | —      | —      | —                |
| 57     | 4537.82 | 2393.94 | —           | 0.44   | 1.82        | 1574.67 | —      | 409.29           | 24.45       | 1.60             | 30.02       | —                | —           | 38.17  | 8.00             | 10.09            | 0.22   | 1.20   | 36.47  | 7.45             |
| 58     | 4537.86 | 2384.46 | —           | 0.44   | 1.82        | 1571.88 | —      | 420.03           | 24.48       | 1.73             | 30.03       | —                | —           | 39.54  | 8.00             | 10.09            | 0.22   | 1.20   | 36.50  | 7.45             |
| 59     | 4538.48 | 2365.13 | —           | 0.38   | 1.82        | 1567.67 | —      | 444.01           | 24.01       | 1.73             | 30.03       | —                | —           | 41.34  | 8.00             | 10.09            | 0.22   | 1.20   | 35.37  | 7.45             |
| 60     | 4538.53 | 2340.83 | —           | 0.68   | 1.82        | 1563.49 | —      | 448.84           | 25.75       | 1.73             | 30.03       | —                | —           | 48.96  | 8.00             | 9.48             | 0.22   | 1.20   | 32.59  | 24.91            |
| 61     | 4538.53 | 2328.79 | —           | 0.68   | 1.82        | 1556.15 | —      | 465.43           | 24.90       | 1.73             | 29.29       | —                | —           | 55.30  | 8.00             | 8.47             | 0.22   | 1.20   | 31.64  | 24.91            |
| 62     | 4538.53 | 2316.43 | —           | 0.68   | 1.82        | 1556.15 | —      | 477.89           | 24.90       | 1.73             | 29.29       | —                | —           | 55.20  | 8.00             | 8.47             | 0.22   | 1.20   | 31.64  | 24.91            |
| 63     | 4538.53 | 2304.22 | —           | 0.68   | 1.82        | 1554.31 | —      | 488.22           | 24.90       | 1.73             | 29.29       | —                | —           | 58.92  | 8.00             | 8.47             | 0.22   | 1.20   | 31.64  | 24.91            |
| 64     | 4540.55 | 2286.51 | —           | 0.68   | 1.82        | 1553.22 | —      | 507.11           | 24.90       | 1.73             | 29.29       | —                | —           | 60.85  | 8.00             | 8.47             | 0.22   | 1.20   | 31.64  | 24.91            |
| 65     | 4556.15 | 2300.42 | 0.08        | 0.70   | 1.82        | 1553.53 | —      | 507.83           | 25.14       | 1.73             | 29.34       | —                | —           | 61.06  | 8.00             | 8.47             | 0.22   | 1.20   | 31.64  | 24.95            |
| 66     | 4654.93 | 2275.03 | 0.08        | 0.70   | 1.82        | 1554.40 | —      | 628.27           | 27.48       | 1.73             | 29.34       | —                | —           | 62.91  | 8.00             | 8.47             | 0.22   | 1.16   | 31.64  | 23.68            |
| 67     | 5701.75 | 2200.42 | —           | 0.40   | 0.88        | 2430.49 | —      | 749.77           | 42.72       | 1.88             | 26.78       | 7.44             | —           | 97.08  | —                | 10.31            | 4.63   | 0.79   | 35.87  | 92.29            |
| 68     | 5736.35 | 2207.34 | —           | 0.40   | 0.88        | 2423.57 | —      | 777.21           | 44.59       | 1.88             | 26.78       | 7.44             | —           | 102.36 | —                | 10.31            | 4.63   | 0.79   | 35.87  | 92.29            |
| 69     | 5745.86 | 2200.40 | —           | 0.40   | 0.88        | 2423.57 | —      | 787.04           | 44.61       | 1.88             | 26.78       | 7.44             | —           | 104.67 | —                | 10.31            | 4.63   | 0.79   | 35.87  | 96.58            |
| 70     | 5745.98 | 2155.78 | —           | 0.70   | 1.82        | 2423.57 | —      | 806.50           | 49.60       | 1.88             | 26.78       | 7.44             | —           | 120.67 | —                | 9.73             | 4.27   | 1.08   | 32.69  | 102.64           |
| 71     | 5881.84 | 2153.98 | —           | 0.70   | 1.82        | 2423.78 | —      | 909.70           | 50.95       | 1.88             | 26.78       | 7.44             | —           | 155.18 | —                | 8.93             | 4.27   | 1.08   | 32.69  | 102.64           |
| 72     | 6081.25 | 2151.88 | —           | 0.70   | 1.82        | 2425.28 | —      | 1002.93          | 59.08       | 1.88             | 26.78       | 7.44             | —           | 254.06 | —                | 8.72             | 4.27   | 1.08   | 32.69  | 102.64           |
| 73     | 6157.24 | 2141.13 | —           | 0.70   | 1.82        | 2366.19 | —      | 1090.91          | 59.85       | 1.88             | 26.74       | 7.44             | 6.19        | 305.31 | —                | 8.76             | 4.27   | 1.04   | 32.19  | 102.81           |
| 74     | 6220.03 | 2135.96 | —           | 0.70   | 1.82        | 2417.39 | —      | 1100.25          | 59.04       | 1.88             | 26.73       | 7.44             | 6.19        | 308.65 | —                | 8.78             | 9.04   | 1.04   | 32.18  | 102.95           |
| 75     | 6246.59 | 2124.72 | —           | 0.70   | 1.82        | 2454.57 | —      | 1108.10          | 42.96       | 1.88             | 26.72       | 7.44             | 6.19        | 314.76 | —                | 11.57            | 8.99   | 1.04   | 32.18  | 102.95           |
| 76     | 5056.63 | 2049.49 | —           | 0.23   | 1.73        | 1770.64 | —      | 707.41           | 158.61      | 2.32             | 25.24       | 6.89             | 7.57        | 152.38 | 0.68             | 8.78             | 8.99   | 1.04   | 32.18  | 102.95           |
| 77     | 5834.96 | 2154.77 | —           | 0.23   | 36.33       | 2344.01 | —      | 754.50           | 137.31      | 2.32             | 25.40       | 7.52             | 6.85        | 161.99 | 0.68             | 9.43             | 56.52  | 0.94   | 40.73  | 95.43            |
| 78     | 5836.52 | 2152.18 | —           | 0.23   | 36.33       | 2329.11 | —      | 773.41           | 137.21      | 2.32             | 25.40       | 7.51             | 6.57        | 162.31 | 0.68             | 9.44             | 57.00  | 0.94   | 40.43  | 95.45            |
| 79     | 5609.74 | 2027.63 | 0.70        | 0.23   | 1.73        | 2294.76 | —      | 781.64           | 103.09      | 2.97             | 25.38       | 7.54             | 6.70        | 165.49 | 2.66             | 9.88             | 43.24  | 0.95   | 39.92  | 95.21            |
| 80     | 5705.97 | 2028.73 | 0.70        | 0.23   | 1.73        | 2392.76 | —      | 776.71           | 103.00      | 2.97             | 25.40       | 7.54             | 6.70        | 166.45 | 2.69             | 9.97             | 44.47  | 0.64   | 39.96  | 95.21            |
| 81     | 5749.71 | 2019.98 | 0.70        | 0.23   | 1.81        | 2436.14 | —      | 780.18           | 108.81      | 2.97             | 25.38       | 7.54             | 6.70        | 166.32 | 2.69             | 10.07            | 84.97  | 0.64   | 39.88  | 95.21            |
| 82     | 5808.78 | 2017.87 | 0.70        | 0.23   | 1.81        | 2436.14 | —      | 789.26           | 107.47      | 2.97             | 25.40       | 7.55             | 6.70        | 176.23 | 2.69             | 14.45            | 120.76 | 0.60   | 40.43  | 91.50            |
| 83     | 5805.06 | 1899.07 | 0.70        | 0.23   | 1.81        | 2493.22 | —      | 792.17           | 111.70      | 2.64             | 25.02       | 7.55             | 13.11       | 187.54 | 2.57             | 14.44            | 121.01 | 0.60   | 40.43  | 91.49            |
| 84     | 5831.36 | 1899.42 | 0.70        | 0.23   | 1.81        | 2517.10 | —      | 795.38           | 110.98      | 2.64             | 21.86       | 9.86             | 13.11       | 187.71 | 2.57             | 14.44            | 121.01 | 0.60   | 40.43  | 91.49            |
| 85     | 5844.74 | 1884.63 | 0.70        | 0.23   | 1.81        | 2519.96 | —      | 799.18           | 128.79      | 2.84             | 24.27       | 7.51             | 16.48       | 187.46 | 2.57             | 14.71            | 121.00 | 0.60   | 40.50  | 91.50            |

表 2-12 台北市北投區土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年  | 地       | 耕       | 養    | 池    | 礦    | 山       | 牧 | 建      | 牌      | 寺    | 墳     | 鐵     | 公     | 道      | 鐵     | 灌     | 溝      | 湖     | 原     | 堤    |
|----|---------|---------|------|------|------|---------|---|--------|--------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| 代  | 計       | 地       | 魚    | 沼    | 泉    | 林       | 場 | 物      | 樓      | 廟    | 墓     | 道     | 園     | 路      | 道     | 水     | 渠      | 池     | 野     | 防    |
| 51 | -       | -       | -    | -    | -    | -       | - | -      | -      | -    | -     | -     | -     | -      | -     | -     | -      | -     | -     | -    |
| 52 | -       | -       | -    | -    | -    | -       | - | -      | -      | -    | -     | -     | -     | -      | -     | -     | -      | -     | -     | -    |
| 53 | -       | -       | -    | -    | -    | -       | - | -      | -      | -    | -     | -     | -     | -      | -     | -     | -      | -     | -     | -    |
| 54 | -       | -       | -    | -    | -    | -       | - | -      | -      | -    | -     | -     | -     | -      | -     | -     | -      | -     | -     | -    |
| 55 | -       | -       | -    | -    | -    | -       | - | -      | -      | -    | -     | -     | -     | -      | -     | -     | -      | -     | -     | -    |
| 56 | -       | -       | -    | -    | -    | -       | - | -      | -      | -    | -     | -     | -     | -      | -     | -     | -      | -     | -     | -    |
| 57 | 3581.17 | 2035.88 | 3.37 | 1.49 | 0.29 | 1099.23 | - | 286.71 | 16.31  | 2.84 | 34.03 | -     | 6.92  | 32.05  | 23.00 | 14.95 | 1.03   | 13.26 | 6.15  | 3.66 |
| 58 | 3581.18 | 2021.37 | 3.37 | 1.49 | 0.29 | 1099.61 | - | 300.19 | 16.56  | 2.84 | 33.88 | -     | 6.92  | 32.46  | 23.00 | 14.95 | 1.03   | 13.25 | 6.31  | 3.66 |
| 59 | 3582.13 | 1992.60 | 3.37 | 1.07 | 0.29 | 1098.50 | - | 331.40 | 16.47  | 2.97 | 33.88 | -     | 6.91  | 32.86  | 23.00 | 14.95 | 1.03   | 13.02 | 6.14  | 3.66 |
| 60 | 3582.13 | 1975.67 | 3.37 | 1.07 | 0.42 | 1088.11 | - | 347.96 | 19.58  | 2.97 | 34.05 | -     | 6.91  | 41.04  | 23.00 | 14.12 | 1.03   | 13.02 | 6.14  | 3.66 |
| 61 | 3582.13 | 1966.45 | 3.37 | 1.07 | 0.42 | 1081.34 | - | 361.63 | 18.38  | 2.97 | 34.05 | -     | 6.91  | 45.43  | 23.00 | 13.36 | 1.03   | 13.02 | 6.03  | 3.66 |
| 62 | 3582.13 | 1944.50 | 3.37 | 1.07 | 0.42 | 1081.34 | - | 383.58 | 18.38  | 2.97 | 34.05 | -     | 6.91  | 45.43  | 23.00 | 13.36 | 1.03   | 13.02 | 6.03  | 3.66 |
| 63 | 3582.13 | 1925.84 | 3.37 | 1.07 | 0.42 | 1078.62 | - | 394.88 | 18.38  | 2.97 | 34.05 | -     | 6.91  | 55.51  | 23.00 | 13.36 | 1.03   | 13.02 | 6.03  | 3.66 |
| 64 | 3584.16 | 1911.02 | 3.37 | 1.07 | 0.42 | 1077.42 | - | 410.78 | 18.38  | 2.97 | 34.05 | -     | 6.91  | 57.66  | 23.00 | 13.36 | 1.03   | 13.02 | 6.03  | 3.66 |
| 65 | 3589.10 | 1913.03 | 3.37 | 1.08 | 0.42 | 1077.45 | - | 413.01 | 18.46  | 2.97 | 34.05 | -     | 6.91  | 58.25  | 23.00 | 13.36 | 1.03   | 13.02 | 6.03  | 3.66 |
| 66 | 3591.15 | 1899.39 | 3.37 | 1.08 | 0.42 | 1077.38 | - | 427.99 | 20.12  | 2.97 | 34.05 | -     | 6.91  | 59.07  | 23.00 | 13.36 | 1.03   | 11.74 | 6.03  | 3.23 |
| 67 | 4604.65 | 2300.56 | 1.85 | 1.17 | 0.26 | 1534.54 | - | 545.80 | 33.83  | 2.88 | 48.03 | 16.43 | 10.47 | 78.41  | -     | 10.35 | 1.20   | 8.93  | 7.65  | 2.30 |
| 68 | 4615.36 | 2300.56 | 1.85 | 1.17 | 0.26 | 1534.54 | - | 556.76 | 30.69  | 2.88 | 48.03 | 16.43 | 10.47 | 83.98  | -     | 10.34 | 1.20   | 7.89  | 6.02  | 2.30 |
| 69 | 4618.29 | 2292.98 | 1.85 | 1.17 | 0.26 | 1534.54 | - | 565.40 | 30.72  | 2.88 | 48.03 | 16.43 | 10.47 | 85.81  | -     | 10.34 | 1.20   | 7.89  | 6.02  | 2.30 |
| 70 | 4681.48 | 2267.10 | 1.85 | 1.08 | 0.83 | 1541.41 | - | 591.89 | 64.41  | 2.88 | 48.03 | 16.43 | 11.91 | 93.26  | -     | 16.07 | 5.49   | 7.53  | 8.09  | 3.23 |
| 71 | 5077.56 | 2266.20 | 1.85 | 1.08 | 0.83 | 1553.40 | - | 802.08 | 80.50  | 2.88 | 48.03 | 16.43 | 11.91 | 249.53 | -     | 18.61 | 5.49   | 7.44  | 8.09  | 3.23 |
| 72 | 5124.03 | 2266.13 | 1.85 | 1.07 | 0.83 | 1554.45 | - | 832.10 | 88.06  | 2.88 | 48.03 | 16.43 | 11.91 | 258.06 | -     | 18.45 | 5.49   | 7.44  | 7.63  | 3.23 |
| 73 | 5144.57 | 2256.47 | 1.85 | 1.07 | 0.83 | 1570.56 | - | 839.12 | 88.12  | 2.88 | 48.03 | 16.43 | 12.90 | 259.82 | -     | 18.30 | 6.08   | 11.25 | 7.63  | 3.23 |
| 74 | 5155.46 | 2255.08 | 1.85 | 1.07 | 0.83 | 1589.77 | - | 840.70 | 78.35  | 2.88 | 48.02 | 16.43 | 13.36 | 260.41 | -     | 18.27 | 6.35   | 11.25 | 7.63  | 3.23 |
| 75 | 5227.43 | 2252.49 | 1.85 | 1.07 | 0.83 | 1658.58 | - | 843.94 | 79.73  | 2.88 | 48.02 | 16.43 | 13.36 | 260.67 | -     | 18.26 | 7.13   | 11.16 | 7.63  | 3.42 |
| 76 | 4210.94 | 1726.18 | 3.02 | 0.79 | 0.48 | 1595.98 | - | 546.82 | 114.63 | 1.73 | 30.63 | 15.39 | 8.96  | 115.56 | 5.48  | 14.28 | 10.99  | 8.12  | 5.91  | 6.01 |
| 77 | 4676.29 | 1752.08 | 3.03 | 0.97 | 0.48 | 1943.79 | - | 554.93 | 125.42 | 1.73 | 30.74 | 21.55 | 11.69 | 123.13 | 5.48  | 16.25 | 17.01  | 8.40  | 54.07 | 6.01 |
| 78 | 4740.49 | 1747.05 | 2.98 | 1.75 | 0.58 | 1991.92 | - | 562.88 | 121.30 | 2.53 | 32.11 | 20.36 | 11.77 | 126.11 | 5.47  | 15.52 | 17.84  | 8.24  | 65.87 | 6.70 |
| 79 | 4970.14 | 1872.82 | 2.90 | 2.06 | 0.58 | 2008.20 | - | 634.20 | 140.37 | 3.13 | 34.76 | 20.36 | 11.77 | 127.36 | 5.47  | 17.23 | 33.19  | 7.97  | 66.02 | 6.80 |
| 80 | 5038.64 | 1864.31 | 2.68 | 2.06 | 0.58 | 2111.69 | - | 583.59 | 141.18 | 3.13 | 34.77 | 20.27 | 11.77 | 127.36 | 5.47  | 17.29 | 33.34  | 7.97  | 66.79 | 6.80 |
| 81 | 5045.78 | 1864.96 | 2.68 | 2.05 | 0.58 | 2116.77 | - | 610.17 | 146.02 | 3.13 | 31.67 | 20.27 | 11.76 | 131.22 | 5.47  | 17.53 | 40.75  | 7.95  | 65.72 | 6.81 |
| 82 | 5062.19 | 1860.98 | 2.68 | 2.05 | 0.58 | 2097.43 | - | 677.25 | 130.57 | 1.69 | 28.09 | 21.95 | 12.28 | 164.57 | -     | 15.27 | 112.02 | 8.05  | 65.54 | 4.02 |
| 83 | 5545.40 | 1846.37 | 2.42 | 2.21 | 0.10 | 2453.00 | - | 681.52 | 129.77 | 1.69 | 28.09 | 21.95 | 12.28 | 134.45 | -     | 6.42  | 114.79 | 2.08  | 63.35 | 4.02 |
| 84 | 5509.13 | 1847.77 | 2.49 | 2.21 | 0.21 | 2456.05 | - | 683.25 | 134.79 | 1.69 | 28.13 | 21.95 | 12.57 | 165.55 | -     | 17.79 | 115.44 | 8.05  | 65.66 | 4.02 |
| 85 | 5582.67 | 1849.97 | 2.49 | 2.21 | 0.21 | 2468.91 | - | 683.25 | 134.79 | 1.69 | 28.13 | 21.95 | 12.57 | 165.55 | -     | 17.79 | 115.44 | 8.05  | 65.66 | 4.02 |

表 2-13 基隆市七堵區土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年  | 地       | 耕       | 養 | 池 | 礦 | 山       | 牧 | 建      | 礦      | 牛    | 墳     | 鐵     | 公    | 道      | 鐵     | 溝     | 溝    | 湖     | 原     | 堤    | 未      |
|----|---------|---------|---|---|---|---------|---|--------|--------|------|-------|-------|------|--------|-------|-------|------|-------|-------|------|--------|
| 代  | 計       | 地       | 魚 | 沼 | 表 | 林       | 場 | 物      | 後      | 廟    | 墓     | 道     | 園    | 路      | 道     | 派     | 渠    | 池     | 野     | 防    | 登      |
|    |         |         | 池 |   | 地 |         |   | 基      | 地      | 用    | 地     | 用     | 地    | 路      | 路     | 水     |      |       |       | 用    | 錄      |
| 51 | 6270.28 | 1444.57 | — | — | — | 4253.80 | — | 80.91  | 38.91  | —    | 15.11 | —     | —    | 39.46  | —     | 2.97  | 0.01 | 30.30 | 45.35 | —    | 318.91 |
| 52 | 6270.28 | 1434.30 | — | — | — | 4259.71 | — | 83.46  | 40.00  | —    | 15.11 | —     | —    | 40.18  | —     | 2.97  | 0.01 | 30.30 | 45.35 | —    | 318.91 |
| 53 | 6270.28 | 1431.02 | — | — | — | 4259.28 | — | 86.46  | 40.89  | —    | 15.11 | —     | —    | 39.98  | —     | 2.97  | 0.01 | 30.30 | 45.35 | —    | 318.91 |
| 54 | 6270.28 | 1377.89 | — | — | — | 4256.11 | — | 130.60 | 42.21  | —    | 15.06 | —     | —    | 45.11  | —     | 2.97  | 0.01 | 29.54 | 45.28 | 6.59 | 318.91 |
| 55 | 6270.28 | 1366.14 | — | — | — | 4243.61 | — | 145.41 | 52.00  | —    | 15.06 | —     | —    | 45.11  | —     | 2.97  | 0.01 | 29.19 | 45.28 | 6.59 | 318.91 |
| 56 | 6270.28 | 1365.35 | — | — | — | 4243.61 | — | 146.14 | 52.00  | —    | 15.06 | —     | —    | 45.17  | —     | 2.97  | 0.01 | 29.19 | 45.28 | 6.59 | 318.91 |
| 57 | 6273.05 | 1363.87 | — | — | — | 4238.78 | — | 148.95 | 52.25  | —    | 15.08 | 2.18  | —    | 50.88  | —     | 2.95  | 0.01 | 29.19 | 45.40 | 6.59 | 316.91 |
| 58 | 6275.81 | 1362.38 | — | — | — | 4233.94 | — | 151.76 | 52.51  | —    | 15.11 | 4.36  | —    | 56.40  | —     | 2.93  | 0.01 | 29.19 | 45.52 | 6.59 | 314.91 |
| 59 | 6278.58 | 1360.90 | — | — | — | 4229.10 | — | 154.58 | 52.77  | —    | 15.14 | 6.55  | —    | 62.31  | —     | 2.91  | 0.01 | 29.18 | 45.65 | 6.59 | 312.91 |
| 60 | 6281.35 | 1359.42 | — | — | — | 4224.26 | — | 157.39 | 53.02  | —    | 15.16 | 8.73  | —    | 68.02  | —     | 2.88  | 0.01 | 29.18 | 45.77 | 6.59 | 310.91 |
| 61 | 6284.11 | 1357.94 | — | — | — | 4219.43 | — | 160.20 | 53.28  | —    | 15.19 | 10.91 | —    | 73.74  | —     | 2.86  | 0.01 | 29.18 | 45.89 | 6.59 | 308.90 |
| 62 | 6286.88 | 1356.45 | — | — | — | 4214.59 | — | 163.01 | 53.54  | —    | 15.22 | 13.09 | —    | 79.45  | —     | 2.84  | 0.01 | 29.17 | 46.01 | 6.59 | 306.90 |
| 63 | 6289.65 | 1354.97 | — | — | — | 4209.75 | — | 165.82 | 53.79  | —    | 15.24 | 15.27 | —    | 85.16  | —     | 2.82  | 0.01 | 29.17 | 46.13 | 6.59 | 304.90 |
| 64 | 6292.41 | 1353.49 | — | — | — | 4204.91 | — | 168.63 | 54.05  | —    | 15.27 | 17.45 | —    | 90.88  | —     | 2.80  | 0.01 | 29.17 | 46.26 | 6.59 | 302.90 |
| 65 | 6292.41 | 1290.74 | — | — | — | 4198.89 | — | 184.93 | 96.42  | —    | 12.38 | 17.45 | 1.02 | 105.02 | —     | 2.65  | 0.01 | 28.73 | 46.87 | 6.59 | 300.72 |
| 66 | 6292.41 | 1282.82 | — | — | — | 4200.69 | — | 187.26 | 100.43 | —    | 12.38 | 17.45 | 1.02 | 105.11 | 14.90 | 2.65  | 0.01 | 28.73 | 46.82 | 6.59 | 285.54 |
| 67 | 6292.41 | 1268.20 | — | — | — | 4198.22 | — | 193.25 | 112.31 | —    | 12.38 | 17.45 | 1.02 | 105.14 | 14.90 | 2.65  | 0.01 | 27.96 | 46.82 | 6.59 | 285.52 |
| 68 | 6255.36 | 1209.83 | — | — | — | 4210.59 | — | 240.10 | 86.59  | —    | 11.79 | 18.02 | 1.02 | 97.12  | 14.90 | 2.64  | 0.01 | 25.43 | 45.21 | 6.61 | 285.45 |
| 69 | 6257.11 | 1201.69 | — | — | — | 4207.76 | — | 246.66 | 89.90  | —    | 11.79 | 18.02 | 1.02 | 100.26 | 14.90 | 2.64  | 0.01 | 25.43 | 45.17 | 6.61 | 285.22 |
| 70 | 6256.25 | 1194.19 | — | — | — | 4199.03 | — | 253.02 | 90.85  | —    | 11.79 | 19.36 | 1.02 | 107.30 | 14.90 | 5.24  | 0.35 | 25.27 | 45.07 | 6.61 | 282.20 |
| 71 | 6253.59 | 1184.46 | — | — | — | 4186.10 | — | 261.81 | 94.61  | —    | 11.79 | 19.36 | 1.02 | 115.38 | 14.90 | 5.24  | 0.35 | 25.27 | 45.02 | 6.61 | 281.64 |
| 72 | 5842.60 | 1002.91 | — | — | — | 4175.76 | — | 310.37 | 88.98  | —    | 11.73 | 20.88 | 1.02 | 134.19 | 14.74 | 5.19  | 0.35 | 24.99 | 44.87 | 6.59 | —      |
| 73 | 5876.74 | 1002.34 | — | — | — | 4175.11 | — | 311.80 | 92.00  | —    | 11.73 | 20.88 | 1.02 | 134.78 | 14.74 | 35.58 | 0.35 | 24.91 | 44.85 | 6.59 | —      |
| 74 | 5877.81 | 1001.70 | — | — | — | 4173.36 | — | 316.01 | 91.24  | 0.02 | 11.63 | 21.00 | 1.02 | 134.78 | 14.74 | 35.58 | 0.35 | 24.91 | 44.85 | 6.59 | —      |
| 75 | 5878.08 | 1000.68 | — | — | — | 4167.55 | — | 324.99 | 87.91  | 0.02 | 11.63 | 21.00 | 1.02 | 136.28 | 14.71 | 35.58 | 0.42 | 24.81 | 44.85 | 6.59 | —      |
| 76 | 5878.04 | 1000.34 | — | — | — | 4167.44 | — | 325.76 | 87.78  | 0.02 | 11.63 | 21.00 | 1.02 | 136.39 | 14.40 | 35.57 | 0.82 | 24.81 | 44.85 | 6.59 | —      |
| 77 | 5891.07 | 998.23  | — | — | — | 4166.39 | — | 327.33 | 89.01  | 0.04 | 11.62 | 21.00 | 1.02 | 149.35 | 14.40 | 35.57 | 0.82 | 24.81 | 44.85 | 6.59 | —      |
| 78 | 5891.88 | 997.24  | — | — | — | 4166.26 | — | 328.61 | 89.47  | 0.04 | 11.62 | 21.00 | 1.02 | 149.41 | 14.40 | 35.57 | 0.95 | 24.81 | 44.85 | 6.59 | —      |
| 79 | 5897.13 | 995.23  | — | — | — | 4167.97 | — | 330.50 | 88.79  | 0.04 | 11.62 | 21.00 | 1.02 | 150.65 | 14.40 | 38.45 | 1.43 | 24.55 | 44.85 | 6.59 | —      |
| 80 | 5900.98 | 992.72  | — | — | — | 4167.72 | — | 332.53 | 88.51  | 0.04 | 11.62 | 21.00 | 1.02 | 151.88 | 14.40 | 38.45 | 5.08 | 24.55 | 44.85 | 6.59 | —      |
| 81 | 5891.34 | 993.85  | — | — | — | 4168.72 | — | 329.76 | 87.60  | 0.04 | 11.66 | 21.00 | 1.02 | 150.66 | 14.40 | 38.31 | 2.18 | 20.60 | 44.75 | 6.75 | —      |
| 82 | 5899.89 | 991.57  | — | — | — | 4167.47 | — | 331.89 | 87.67  | 0.04 | 11.66 | 21.00 | 1.02 | 151.34 | 14.40 | 41.31 | 4.75 | 22.51 | 46.47 | 6.75 | —      |
| 83 | 5904.26 | 987.22  | — | — | — | 4165.93 | — | 336.18 | 90.08  | 0.10 | 12.26 | 21.00 | 1.02 | 153.10 | 14.38 | 41.72 | 5.54 | 22.45 | 46.47 | 6.75 | —      |
| 84 | 5900.84 | 980.72  | — | — | — | 4165.55 | — | 337.46 | 91.82  | 0.10 | 12.26 | 21.00 | 1.02 | 153.04 | 14.61 | 41.88 | 5.74 | 22.35 | 46.48 | 6.75 | —      |
| 85 | 5696.35 | 875.58  | — | — | — | 4165.55 | — | 275.01 | 71.27  | 0.52 | 12.94 | 18.95 | 1.02 | 146.75 | 17.14 | 39.68 | 5.32 | 18.75 | 41.43 | 6.40 | —      |

註：民國 57 年至 63 年之資料為內插所求得。

表 2-14 基隆市暖暖區土地利用歷年資料表 (單位：公頃)

| 年<br>代 | 總<br>計  | 耕<br>地 | 養<br>魚<br>池 | 池<br>沼 | 礦<br>泉<br>地 | 山<br>林  | 牧<br>場 | 建<br>物<br>基<br>地 | 雜<br>糧<br>地 | 寺<br>廟<br>用<br>地 | 墳<br>墓<br>地 | 鐵<br>道<br>用<br>地 | 公<br>園<br>地 | 道<br>路 | 鐵<br>道<br>線<br>路 | 灌<br>溉<br>水<br>路 | 溝<br>渠 | 湖<br>池 | 原<br>野 | 堤<br>防<br>用<br>地 | 未<br>發<br>展<br>地 |
|--------|---------|--------|-------------|--------|-------------|---------|--------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-------------|--------|------------------|------------------|--------|--------|--------|------------------|------------------|
| 51     | 2282.83 | 193.70 | —           | —      | —           | 1872.45 | —      | 29.70            | 24.99       | 0.40             | 3.36        | 10.48            | —           | 9.45   | 9.09             | 0.02             | —      | 9.56   | 12.94  | —                | 106.69           |
| 52     | 2282.83 | 193.65 | —           | —      | —           | 1872.45 | —      | 29.75            | 24.99       | 0.40             | 3.36        | 10.48            | —           | 9.45   | 9.09             | 0.02             | —      | 9.56   | 12.94  | —                | 106.69           |
| 53     | 2282.83 | 192.05 | —           | —      | —           | 1872.40 | —      | 31.05            | 25.24       | 0.40             | 3.36        | 10.48            | —           | 9.55   | 9.09             | 0.02             | —      | 9.56   | 12.94  | —                | 106.69           |
| 54     | 2282.83 | 189.61 | —           | —      | —           | 1872.23 | —      | 33.57            | 25.34       | 0.40             | 3.36        | 10.48            | —           | 9.55   | 9.09             | 0.02             | —      | 9.56   | 12.94  | —                | 106.69           |
| 55     | 2282.83 | 173.85 | —           | —      | —           | 1867.78 | —      | 52.85            | 26.62       | 0.40             | 3.36        | 10.48            | —           | 9.55   | 9.09             | 0.02             | —      | 9.21   | 12.94  | —                | 106.69           |
| 56     | 2282.83 | 173.69 | —           | —      | —           | 1867.71 | —      | 53.08            | 26.62       | 0.40             | 3.36        | 10.48            | —           | 9.55   | 9.09             | 0.02             | —      | 9.21   | 12.94  | —                | 106.69           |
| 57     | 2275.56 | 173.27 | —           | —      | —           | 1858.18 | —      | 53.79            | 27.00       | 0.40             | 3.35        | 10.43            | —           | 10.39  | 10.61            | 0.02             | —      | 9.19   | 12.76  | —                | 106.17           |
| 58     | 2268.30 | 172.84 | —           | —      | —           | 1848.66 | —      | 54.50            | 27.38       | 0.40             | 3.34        | 10.39            | —           | 11.24  | 12.12            | 0.02             | —      | 9.17   | 12.58  | —                | 105.64           |
| 59     | 2261.03 | 172.42 | —           | —      | —           | 1839.13 | —      | 55.21            | 27.76       | 0.39             | 3.33        | 10.35            | —           | 12.09  | 13.63            | 0.02             | —      | 9.16   | 12.40  | —                | 105.12           |
| 60     | 2253.77 | 171.99 | —           | —      | —           | 1829.61 | —      | 55.93            | 28.15       | 0.39             | 3.32        | 10.31            | —           | 12.94  | 15.15            | 0.02             | —      | 9.14   | 12.23  | —                | 104.60           |
| 61     | 2246.50 | 171.57 | —           | —      | —           | 1820.08 | —      | 56.64            | 28.53       | 0.38             | 3.32        | 10.27            | —           | 13.78  | 16.66            | 0.02             | —      | 9.12   | 12.05  | —                | 104.07           |
| 62     | 2239.23 | 171.15 | —           | —      | —           | 1810.56 | —      | 57.35            | 28.91       | 0.38             | 3.31        | 10.23            | —           | 14.63  | 18.18            | 0.02             | —      | 9.11   | 11.87  | —                | 103.55           |
| 63     | 2231.97 | 170.72 | —           | —      | —           | 1801.03 | —      | 58.07            | 29.29       | 0.38             | 3.30        | 10.19            | —           | 15.48  | 19.69            | 0.02             | —      | 9.09   | 11.69  | —                | 103.03           |
| 64     | 2224.70 | 170.30 | —           | —      | —           | 1791.51 | —      | 58.78            | 29.68       | 0.37             | 3.29        | 10.14            | —           | 16.33  | 21.21            | 0.02             | —      | 9.07   | 11.51  | —                | 102.50           |
| 65     | 2224.70 | 162.04 | —           | —      | —           | 1791.43 | —      | 65.17            | 32.34       | 0.37             | 3.28        | 10.14            | —           | 16.38  | 21.21            | 0.02             | —      | 9.07   | 11.04  | —                | 102.21           |
| 66     | 2224.70 | 160.36 | —           | —      | —           | 1791.40 | —      | 66.32            | 33.07       | 0.37             | 3.28        | 10.14            | —           | 16.35  | 25.54            | 0.02             | —      | 9.07   | 10.93  | —                | 97.85            |
| 67     | 2224.70 | 147.20 | —           | —      | —           | 1786.45 | —      | 64.63            | 50.18       | 0.35             | 3.18        | 10.14            | 0.31        | 21.66  | 25.54            | 0.02             | —      | 7.79   | 10.37  | —                | 96.88            |
| 68     | 2282.49 | 139.85 | —           | —      | —           | 1858.48 | —      | 65.99            | 55.75       | 0.38             | 2.82        | 10.89            | 0.31        | 20.02  | 13.42            | 0.02             | —      | 7.70   | 10.16  | —                | 96.70            |
| 69     | 2282.49 | 138.94 | —           | —      | —           | 1858.27 | —      | 67.23            | 56.18       | 0.38             | 2.78        | 10.89            | 0.31        | 20.01  | 13.42            | 0.02             | —      | 7.69   | 10.13  | —                | 96.23            |
| 70     | 2282.49 | 138.26 | —           | —      | —           | 1858.22 | —      | 70.13            | 53.53       | 0.38             | 2.78        | 10.89            | 0.31        | 20.51  | 13.42            | 0.02             | —      | 7.69   | 10.13  | —                | 96.21            |
| 71     | 2256.12 | 128.06 | —           | —      | —           | 1854.50 | —      | 64.55            | 54.26       | 0.38             | 2.76        | 10.42            | 0.31        | 21.57  | 13.21            | 12.04            | —      | 7.14   | 8.69   | —                | 78.25            |
| 72     | 2195.93 | 131.04 | —           | —      | —           | 1848.60 | —      | 90.16            | 58.76       | 0.35             | 2.75        | 10.78            | 0.31        | 22.16  | 13.19            | 0.23             | —      | 7.24   | 10.36  | —                | —                |
| 73     | 2207.65 | 130.96 | —           | —      | —           | 1848.28 | —      | 90.61            | 58.63       | 0.35             | 2.75        | 10.78            | 0.31        | 22.16  | 13.19            | 11.97            | 0.88   | 6.41   | 10.36  | —                | —                |
| 74     | 2208.30 | 131.14 | —           | —      | —           | 1847.82 | —      | 90.62            | 58.42       | 0.35             | 2.75        | 10.78            | 0.31        | 22.68  | 13.80            | 11.97            | 0.88   | 6.41   | 10.36  | —                | —                |
| 75     | 2208.33 | 131.13 | —           | —      | —           | 1847.80 | —      | 90.68            | 58.42       | 0.35             | 2.75        | 10.78            | 0.31        | 22.68  | 13.80            | 11.97            | 0.88   | 6.41   | 10.36  | —                | —                |
| 76     | 2208.31 | 131.12 | —           | —      | —           | 1847.50 | —      | 91.01            | 58.24       | 0.35             | 2.75        | 10.78            | 0.31        | 22.65  | 13.98            | 11.97            | 0.88   | 6.41   | 10.36  | —                | —                |
| 77     | 2208.38 | 131.07 | —           | —      | —           | 1847.46 | —      | 91.45            | 57.79       | 0.35             | 2.75        | 10.78            | 0.31        | 22.81  | 13.98            | 11.97            | 0.88   | 6.41   | 10.36  | —                | —                |
| 78     | 2210.77 | 131.07 | —           | —      | —           | 1846.66 | —      | 92.00            | 58.09       | 0.40             | 2.75        | 11.51            | 0.31        | 24.04  | 13.98            | 11.97            | 0.88   | 6.41   | 10.36  | 0.34             | —                |
| 79     | 2210.77 | 130.87 | —           | —      | —           | 1846.64 | —      | 93.47            | 56.86       | 0.40             | 2.75        | 11.51            | 0.31        | 24.03  | 13.97            | 11.97            | 0.88   | 6.41   | 10.36  | 0.34             | —                |
| 80     | 2213.07 | 130.49 | —           | —      | —           | 1849.49 | —      | 93.49            | 56.78       | 0.40             | 2.75        | 11.51            | 0.31        | 24.03  | 13.97            | 11.97            | 0.88   | 6.32   | 10.35  | 0.34             | —                |
| 81     | 2218.68 | 132.38 | —           | —      | —           | 1846.29 | —      | 94.40            | 57.92       | 0.38             | 2.75        | 11.51            | 0.31        | 25.03  | 13.98            | 11.97            | 1.12   | 7.55   | 12.65  | 0.42             | —                |
| 82     | 2217.23 | 129.94 | —           | —      | —           | 1849.05 | —      | 95.67            | 57.79       | 0.38             | 2.75        | 11.51            | 0.31        | 25.12  | 13.98            | 11.96            | 0.19   | 6.75   | 11.41  | 0.42             | —                |
| 83     | 2217.92 | 127.88 | —           | —      | —           | 1848.98 | —      | 95.93            | 59.95       | 0.37             | 2.83        | 11.51            | 0.31        | 25.30  | 13.98            | 12.06            | 0.24   | 6.75   | 11.41  | 0.42             | —                |
| 84     | 2217.63 | 125.67 | —           | —      | —           | 1848.38 | —      | 96.98            | 60.78       | 0.37             | 2.83        | 11.51            | 0.31        | 25.39  | 14.29            | 12.22            | 0.28   | 6.80   | 11.41  | 0.42             | —                |
| 85     | 2367.54 | 136.78 | —           | —      | —           | 1960.01 | —      | 110.68           | 73.12       | 0.40             | 2.87        | 11.51            | 0.30        | 25.39  | 15.72            | 12.22            | 0.28   | 6.44   | 11.41  | 0.42             | —                |

註：民國 57 年至 63 年之資料為內插所求得。

表 2-15 台北縣人口密度歷年資料表 (單位：每平方公里人數)

| 年代 | 台北縣全區   | 板橋市      | 樹林鎮     | 鶯歌鎮     | 三鶯鎮    | 永和市      | 中和市      | 土城市     | 淡水鎮     | 汐止鎮     | 南港鎮     | 內湖鄉     | 八里鄉    | 三芝鄉    | 石門鄉    | 瑞芳鎮     | 萬里鄉    |
|----|---------|----------|---------|---------|--------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|---------|--------|
| 50 | 407.22  | 2676.75  | 871.54  | 1063.35 | 191.52 | 7883.00  | 1532.27  | 694.88  | 566.74  | 460.28  | 1326.07 | 667.60  | 255.13 | 220.21 | 202.77 | 874.46  | 232.75 |
| 51 | 428.00  | 2865.11  | 900.52  | 1091.47 | 197.33 | 8170.15  | 1624.25  | 728.20  | 586.85  | 483.56  | 1388.78 | 716.76  | 262.40 | 227.17 | 204.86 | 900.56  | 241.18 |
| 52 | 449.80  | 3014.89  | 934.59  | 1134.54 | 201.45 | 9214.09  | 1781.79  | 744.69  | 607.28  | 509.08  | 1457.34 | 766.26  | 268.45 | 230.91 | 210.71 | 926.31  | 250.76 |
| 53 | 472.08  | 3183.32  | 971.03  | 1162.95 | 207.01 | 10094.82 | 1950.74  | 793.89  | 614.37  | 527.23  | 1566.94 | 809.95  | 274.70 | 235.08 | 216.76 | 943.96  | 258.30 |
| 54 | 496.41  | 3130.89  | 1014.56 | 1218.19 | 213.43 | 11139.31 | 2283.90  | 831.71  | 628.31  | 544.67  | 1655.23 | 911.33  | 282.48 | 239.35 | 218.85 | 966.06  | 263.69 |
| 55 | 525.31  | 3305.60  | 1048.03 | 1258.28 | 216.64 | 12476.29 | 2477.88  | 861.27  | 645.67  | 558.77  | 1730.58 | 1030.33 | 289.39 | 239.79 | 224.95 | 983.41  | 267.64 |
| 56 | 549.43  | 3511.77  | 1089.29 | 1312.30 | 221.07 | 13148.63 | 2677.22  | 907.72  | 650.50  | 565.43  | 1798.19 | 1118.68 | 293.52 | 239.02 | 224.56 | 999.24  | 271.19 |
| 57 | 532.89  | 3819.83  | 1154.10 | 1326.45 | 227.43 | 14059.72 | 2982.24  | 931.73  | 668.12  | 588.66  | —       | —       | 298.10 | 239.34 | 223.72 | 1013.80 | 274.72 |
| 58 | 569.88  | 4313.83  | 1276.77 | 1354.33 | 236.01 | 15004.38 | 3421.87  | 992.88  | 684.75  | 615.07  | —       | —       | 310.53 | 242.56 | 232.09 | 1032.83 | 283.27 |
| 59 | 604.47  | 4895.38  | 1334.91 | 1396.32 | 241.91 | 15951.71 | 3926.03  | 1035.71 | 703.73  | 650.20  | —       | —       | 316.97 | 245.25 | 234.80 | 1057.24 | 283.73 |
| 60 | 634.16  | 5421.38  | 1378.59 | 1440.06 | 246.34 | 17478.35 | 4280.62  | 1087.51 | 711.36  | 671.97  | —       | —       | 330.18 | 249.11 | 236.67 | 1039.32 | 285.96 |
| 61 | 664.06  | 6222.16  | 1427.40 | 1480.91 | 249.27 | 18422.83 | 4739.97  | 1118.90 | 725.07  | 693.88  | —       | —       | 336.87 | 253.05 | 236.75 | 1038.29 | 288.91 |
| 62 | 703.91  | 7403.18  | 1540.68 | 1514.95 | 250.98 | 20475.01 | 5362.40  | 1150.83 | 734.64  | 724.81  | —       | —       | 343.43 | 255.63 | 238.74 | 1029.50 | 289.00 |
| 63 | 746.14  | 8765.27  | 1596.50 | 1550.17 | 252.42 | 22747.55 | 5869.15  | 1186.58 | 746.13  | 742.00  | —       | —       | 349.50 | 255.72 | 238.02 | 1023.35 | 282.64 |
| 64 | 793.78  | 10330.07 | 1667.37 | 1603.52 | 257.08 | 24714.55 | 6638.00  | 1220.88 | 775.78  | 758.33  | —       | —       | 351.86 | 253.73 | 234.67 | 1020.21 | 288.13 |
| 65 | 856.21  | 12053.49 | 1771.15 | 1684.32 | 256.62 | 26811.73 | 7767.63  | 1290.73 | 807.57  | 781.85  | —       | —       | 356.49 | 252.97 | 235.52 | 1016.02 | 289.59 |
| 66 | 912.02  | 13442.35 | 1889.90 | 1761.39 | 257.57 | 29059.63 | 8918.21  | 1364.41 | 837.67  | 803.62  | —       | —       | 359.99 | 252.60 | 234.28 | 1005.90 | 291.57 |
| 67 | 977.82  | 14911.60 | 2012.24 | 1857.30 | 260.04 | 31857.53 | 10463.88 | 1490.53 | 862.72  | 815.81  | —       | —       | 358.92 | 251.34 | 228.72 | 986.08  | 292.99 |
| 68 | 1040.28 | 16118.24 | 2128.00 | 2002.29 | 262.28 | 34416.51 | 11953.93 | 1656.34 | 893.56  | 846.70  | —       | —       | 364.64 | 247.34 | 217.15 | 968.17  | 295.95 |
| 69 | 1100.58 | 17208.41 | 2209.17 | 2178.86 | 268.09 | 36663.69 | 13276.71 | 1853.33 | 917.45  | 915.68  | —       | —       | 372.29 | 249.66 | 207.41 | 945.83  | 299.45 |
| 70 | 1147.41 | 18028.27 | 2335.67 | 2313.39 | 273.84 | 38176.93 | 14188.94 | 2045.01 | 942.43  | 953.83  | —       | —       | 376.27 | 251.55 | 204.43 | 929.73  | 299.51 |
| 71 | 1191.39 | 18793.36 | 2458.65 | 2426.20 | 279.95 | 39518.21 | 14947.79 | 2352.65 | 969.25  | 1010.03 | —       | —       | 385.84 | 252.34 | 199.61 | 914.78  | 299.62 |
| 72 | 1225.04 | 19423.88 | 2580.72 | 2523.05 | 283.04 | 40525.19 | 15445.46 | 2592.40 | 991.88  | 1025.85 | —       | —       | 393.76 | 253.70 | 199.40 | 892.59  | 297.03 |
| 73 | 1261.20 | 19970.63 | 2698.23 | 2666.91 | 287.99 | 41082.34 | 16025.22 | 2862.93 | 1012.63 | 1064.82 | —       | —       | 399.41 | 256.61 | 195.50 | 869.84  | 295.11 |
| 74 | 1297.88 | 20482.71 | 2789.54 | 2777.35 | 289.31 | 41521.99 | 16485.54 | 3165.02 | 1031.48 | 1081.08 | —       | —       | 408.75 | 257.70 | 195.63 | 845.69  | 292.79 |
| 75 | 1328.98 | 20993.89 | 2884.41 | 2856.17 | 291.37 | 42621.65 | 16979.35 | 3486.54 | 1050.84 | 1112.30 | —       | —       | 413.99 | 254.90 | 194.11 | 829.34  | 289.38 |
| 76 | 1364.73 | 21612.92 | 2981.00 | 2934.56 | 294.22 | 43260.06 | 17422.07 | 3751.42 | 1076.48 | 1136.46 | —       | —       | 415.08 | 251.90 | 189.16 | 803.54  | 285.89 |
| 77 | 1407.34 | 22185.63 | 3105.55 | 2992.74 | 298.32 | 43912.93 | 18031.46 | 4072.61 | 1107.29 | 1192.37 | —       | —       | 419.24 | 250.08 | 184.61 | 775.13  | 281.35 |
| 78 | 1447.23 | 22673.67 | 3228.34 | 3057.12 | 305.09 | 44275.61 | 18529.93 | 4382.14 | 1133.57 | 1265.27 | —       | —       | 431.95 | 252.17 | 185.35 | 762.92  | 286.13 |
| 79 | 1485.16 | 23010.49 | 3380.53 | 3121.17 | 313.03 | 44596.51 | 18992.34 | 4636.22 | 1174.50 | 1308.86 | —       | —       | 439.49 | 256.60 | 184.49 | 756.43  | 292.74 |
| 80 | 1514.02 | 23180.76 | 3488.84 | 3181.76 | 321.84 | 44197.40 | 19277.93 | 5014.86 | 1247.26 | 1432.45 | —       | —       | 446.86 | 261.16 | 184.38 | 751.75  | 295.93 |
| 81 | 1540.68 | 23487.29 | 3625.70 | 3231.98 | 329.03 | 43115.79 | 19038.72 | 5275.68 | 1297.01 | 1522.96 | —       | —       | 455.90 | 264.28 | 192.34 | 748.17  | 303.19 |
| 82 | 1570.05 | 23490.96 | 3768.84 | 3286.61 | 337.18 | 43008.68 | 19224.78 | 5725.68 | 1297.01 | 1522.96 | —       | —       | 497.98 | 272.14 | 194.13 | 751.20  | 308.36 |
| 83 | 1588.63 | 23277.15 | 3900.53 | 3297.88 | 346.62 | 42196.79 | 19219.42 | 5811.16 | 1334.53 | 1577.81 | —       | —       | 527.79 | 280.60 | 192.53 | 747.30  | 304.72 |
| 84 | 1610.48 | 22883.72 | 4084.72 | 3356.62 | 365.57 | 40792.82 | 19179.26 | 6371.21 | 1376.43 | 1669.66 | —       | —       | 564.70 | 290.59 | 193.41 | 744.06  | 301.78 |
| 85 | 1634.68 | 22638.48 | 4229.25 | 3422.52 | 383.71 | 40381.88 | 19048.60 | 6854.24 | 1432.27 | 1795.79 | —       | —       | 610.71 | 305.48 | 194.75 | 726.05  | 296.89 |



表 2-16 台北縣人口密度歷年資料表(續)(單位：每平方公里人數)

| 年代 | 金山鄉    | 電燈鄉    | 貢寮鄉    | 平溪鄉    | 新店市     | 景美鎮     | 深坑鄉    | 石碇鄉   | 坪林鄉   | 木柵鄉     | 新莊市      | 三重市      | 蘆洲鄉      | 五股鄉     | 林口鄉    | 泰山鄉     | 烏來鄉   |
|----|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|-------|-------|---------|----------|----------|----------|---------|--------|---------|-------|
| 50 | 296.24 | 134.76 | 164.51 | 200.08 | 496.66  | 3405.57 | 296.81 | 79.71 | 48.49 | 873.99  | 1283.95  | 7011.77  | 2132.18  | 376.17  | 257.88 | 479.35  | 8.65  |
| 51 | 302.78 | 139.06 | 168.03 | 206.96 | 519.77  | 3671.00 | 305.46 | 83.53 | 49.27 | 937.70  | 1345.46  | 7717.60  | 2211.40  | 392.37  | 266.02 | 501.49  | 8.93  |
| 52 | 311.87 | 141.85 | 175.64 | 213.57 | 556.89  | 3705.51 | 316.15 | 85.50 | 49.53 | 983.61  | 1413.41  | 8259.36  | 2279.46  | 401.85  | 285.35 | 536.92  | 9.13  |
| 53 | 322.47 | 144.60 | 177.12 | 218.90 | 586.28  | 3859.41 | 323.39 | 88.15 | 50.00 | 1022.94 | 1494.22  | 8947.17  | 2337.16  | 428.20  | 292.77 | 573.60  | 9.30  |
| 54 | 334.34 | 148.56 | 181.50 | 222.03 | 610.86  | 4027.24 | 326.21 | 90.40 | 50.59 | 1076.34 | 1584.16  | 9703.01  | 2407.37  | 484.90  | 306.89 | 615.18  | 9.07  |
| 55 | 340.76 | 151.90 | 184.96 | 226.44 | 652.15  | 4278.60 | 328.30 | 92.43 | 50.79 | 1126.10 | 1657.73  | 10675.61 | 2522.76  | 585.35  | 327.85 | 649.41  | 9.15  |
| 56 | 344.48 | 152.12 | 187.85 | 232.65 | 668.76  | 4500.30 | 328.74 | 92.74 | 49.94 | 1183.78 | 1757.14  | 11704.30 | 2632.24  | 609.86  | 344.78 | 682.03  | 9.25  |
| 57 | 348.89 | 152.94 | 189.69 | 236.18 | 696.96  | —       | 335.01 | 93.07 | 47.91 | —       | 1983.28  | 12580.68 | 2821.62  | 650.66  | 363.49 | 714.64  | 9.21  |
| 58 | 361.29 | 153.90 | 193.03 | 236.91 | 743.20  | —       | 343.27 | 91.23 | 48.27 | —       | 2237.15  | 13558.67 | 3019.73  | 702.06  | 396.51 | 787.64  | 9.14  |
| 59 | 365.39 | 153.16 | 195.42 | 234.61 | 787.85  | —       | 345.79 | 89.90 | 46.42 | —       | 2661.84  | 14443.03 | 3309.84  | 743.25  | 413.13 | 882.57  | 9.46  |
| 60 | 368.97 | 153.79 | 197.32 | 231.26 | 794.29  | —       | 353.72 | 88.23 | 45.31 | —       | 2934.79  | 15324.45 | 3550.19  | 764.98  | 422.95 | 956.04  | 9.76  |
| 61 | 378.19 | 152.15 | 195.16 | 224.62 | 867.06  | —       | 363.09 | 85.59 | 43.69 | —       | 3104.58  | 15740.70 | 3701.09  | 775.36  | 424.61 | 1018.19 | 9.78  |
| 62 | 377.50 | 147.65 | 193.61 | 210.77 | 947.98  | —       | 366.59 | 78.11 | 41.33 | —       | 3390.00  | 16107.80 | 3798.74  | 787.02  | 424.83 | 1169.87 | 10.04 |
| 63 | 381.95 | 144.28 | 191.89 | 205.02 | 1027.67 | —       | 369.12 | 79.58 | 38.25 | —       | 3827.98  | 16496.17 | 3960.00  | 799.98  | 426.10 | 1248.07 | 10.24 |
| 64 | 383.45 | 140.06 | 191.48 | 194.02 | 1089.41 | —       | 371.99 | 76.96 | 36.60 | —       | 4379.97  | 16863.09 | 4280.37  | 813.74  | 422.61 | 1320.18 | 10.28 |
| 65 | 387.13 | 136.04 | 188.53 | 189.31 | 1181.83 | —       | 381.75 | 74.47 | 35.12 | —       | 5318.76  | 17452.35 | 4606.13  | 841.49  | 422.41 | 1410.06 | 9.79  |
| 66 | 392.86 | 131.66 | 186.14 | 184.64 | 1213.88 | —       | 401.63 | 73.29 | 34.04 | —       | 6313.79  | 17951.16 | 4932.68  | 863.51  | 423.72 | 1494.78 | 9.91  |
| 67 | 397.07 | 124.50 | 179.68 | 172.57 | 1273.04 | —       | 412.27 | 69.96 | 33.38 | —       | 7228.36  | 18790.59 | 5369.93  | 890.68  | 426.10 | 1643.79 | 9.81  |
| 68 | 397.47 | 118.94 | 177.12 | 158.23 | 1336.63 | —       | 419.61 | 66.81 | 32.66 | —       | 8064.96  | 19484.95 | 5750.43  | 937.33  | 434.98 | 1825.11 | 9.66  |
| 69 | 396.60 | 114.08 | 172.60 | 148.13 | 1385.50 | —       | 455.18 | 63.81 | 31.87 | —       | 9020.01  | 20040.51 | 6221.30  | 980.81  | 442.20 | 2011.95 | 9.63  |
| 70 | 397.54 | 111.04 | 171.85 | 146.92 | 1426.22 | —       | 516.07 | 61.96 | 39.39 | —       | 9681.45  | 20513.94 | 6532.26  | 1021.81 | 442.71 | 2114.13 | 9.81  |
| 71 | 395.79 | 108.32 | 169.65 | 138.75 | 1483.32 | —       | 511.79 | 60.20 | 33.61 | —       | 10245.79 | 20872.77 | 7114.09  | 1048.52 | 449.80 | 2181.55 | 9.70  |
| 72 | 396.34 | 105.11 | 164.12 | 133.17 | 1532.88 | —       | 527.49 | 57.58 | 32.82 | —       | 10804.37 | 21019.80 | 7638.77  | 1066.73 | 452.85 | 2244.28 | 9.40  |
| 73 | 393.72 | 100.97 | 160.86 | 126.52 | 1562.11 | —       | 547.26 | 54.52 | 43.71 | —       | 11293.78 | 21445.55 | 8187.92  | 1096.17 | 478.89 | 2316.81 | 9.49  |
| 74 | 391.60 | 103.17 | 162.58 | 120.09 | 1586.60 | —       | 573.55 | 57.80 | 48.71 | —       | 11777.36 | 21692.53 | 8844.13  | 1123.40 | 502.77 | 2340.20 | 9.72  |
| 75 | 389.25 | 97.95  | 156.63 | 114.41 | 1649.42 | —       | 556.64 | 52.77 | 48.71 | —       | 12348.30 | 21990.07 | 9554.95  | 1158.95 | 521.32 | 2396.37 | 9.59  |
| 76 | 382.28 | 92.96  | 150.28 | 108.03 | 1707.44 | —       | 563.74 | 50.51 | 45.62 | —       | 13123.28 | 22195.93 | 10500.73 | 1198.28 | 531.90 | 2426.38 | 9.47  |
| 77 | 380.51 | 89.27  | 145.89 | 102.75 | 1756.12 | —       | 583.22 | 48.56 | 37.18 | —       | 13981.35 | 22480.79 | 11893.32 | 1239.91 | 546.16 | 2521.15 | 9.46  |
| 78 | 378.37 | 87.62  | 143.84 | 106.21 | 1804.53 | —       | 603.34 | 48.87 | 34.16 | —       | 14574.64 | 22774.39 | 13163.78 | 1281.76 | 567.34 | 2627.03 | 9.99  |
| 79 | 380.55 | 84.78  | 142.13 | 99.57  | 1877.46 | —       | 627.79 | 48.90 | 33.92 | —       | 15158.80 | 23043.21 | 14118.44 | 1347.78 | 591.31 | 2709.25 | 9.94  |
| 80 | 381.02 | 83.04  | 141.70 | 97.69  | 1942.07 | —       | 651.60 | 48.94 | 33.73 | —       | 15620.85 | 23190.35 | 15139.00 | 1398.84 | 629.85 | 2795.74 | 10.11 |
| 81 | 384.29 | 82.40  | 142.93 | 97.07  | 2000.89 | —       | 683.86 | 50.23 | 34.10 | —       | 15957.81 | 23411.35 | 16052.78 | 1447.17 | 662.65 | 2897.66 | 10.31 |
| 82 | 395.36 | 82.57  | 142.97 | 101.43 | 2045.30 | —       | 725.46 | 53.16 | 35.75 | —       | 16311.94 | 23530.24 | 16931.85 | 1505.31 | 695.08 | 2990.30 | 11.29 |
| 83 | 395.54 | 77.67  | 141.33 | 96.09  | 2069.63 | —       | 767.06 | 53.16 | 35.36 | —       | 16655.84 | 23446.10 | 17747.71 | 1560.76 | 709.76 | 3044.63 | 10.94 |
| 84 | 403.57 | 75.39  | 139.01 | 92.63  | 2084.08 | —       | 853.31 | 53.28 | 35.12 | —       | 17181.98 | 23294.66 | 18658.39 | 1635.45 | 761.08 | 3107.99 | 10.90 |
| 85 | 409.00 | 73.31  | 138.52 | 88.86  | 2113.35 | —       | 902.92 | 53.05 | 35.13 | —       | 17536.06 | 23135.26 | 19655.96 | 1698.58 | 831.48 | 3120.36 | 10.91 |

表 2-17 台北市人口密度歷年資料表 (單位：每平方公里人數)

| 年代 | 台北市全區 | 松山區   | 大安區   | 城中區   | 古亭區   | 雙園區   | 龍山區   | 建成區   | 延平區   | 大同區   | 中山區   | 內湖區  | 南港區  | 木柵區  | 景美區   | 士林區  | 北投區  | 信義區   | 中正區   | 萬華區   | 文山區  |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 51 | 14616 | 4708  | 14040 | 19318 | 20193 | 16218 | 51084 | 72552 | 48250 | 30079 | 11943 | —    | —    | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 52 | 15341 | 5198  | 14695 | 19912 | 20845 | 17444 | 52251 | 74315 | 48910 | 31534 | 12686 | —    | —    | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 53 | 16199 | 5691  | 15594 | 20168 | 22138 | 18596 | 53149 | 76026 | 49598 | 32841 | 13784 | —    | —    | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 54 | 16951 | 6236  | 16456 | 20384 | 23532 | 19573 | 53455 | 76884 | 49953 | 34077 | 14480 | —    | —    | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 55 | 17539 | 6875  | 17397 | 19856 | 24190 | 20987 | 52377 | 75257 | 48651 | 34807 | 15106 | —    | —    | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 56 | 18282 | 7541  | 18547 | 20239 | 24766 | 23121 | 53339 | 76198 | 49457 | 35604 | 15705 | —    | —    | —    | —     | —    | —    | —     | —     | —     | —    |
| 57 | 5886  | 8357  | 19634 | 20868 | 25602 | 21929 | 51698 | 75913 | 49563 | 36201 | 16225 | 1261 | 1899 | 1357 | 5102  | 1678 | 1315 | —     | —     | —     | —    |
| 58 | 6209  | 9318  | 20427 | 21063 | 26039 | 24311 | 50726 | 76197 | 49445 | 36857 | 17123 | 1389 | 2023 | 1548 | 6069  | 1835 | 1424 | —     | —     | —     | —    |
| 59 | 6502  | 10234 | 22593 | 20168 | 27023 | 25218 | 50109 | 75176 | 48263 | 37405 | 17259 | 1466 | 2136 | 1678 | 6884  | 1958 | 1568 | —     | —     | —     | —    |
| 60 | 6760  | 11079 | 23405 | 19484 | 27212 | 26338 | 50689 | 75490 | 48365 | 37942 | 17990 | 1520 | 2214 | 1733 | 7397  | 2129 | 1707 | —     | —     | —     | —    |
| 61 | 7015  | 12299 | 23916 | 18880 | 27272 | 27129 | 50179 | 72687 | 47659 | 38052 | 18538 | 1581 | 2342 | 1787 | 8090  | 2303 | 1900 | —     | —     | —     | —    |
| 62 | 7196  | 13495 | 24529 | 18084 | 26746 | 27420 | 47610 | 65851 | 44925 | 37248 | 18728 | 1603 | 2498 | 1826 | 8831  | 2471 | 2163 | —     | —     | —     | —    |
| 63 | 7362  | 14435 | 25026 | 17536 | 26382 | 27574 | 46000 | 62656 | 43268 | 36375 | 18838 | 1625 | 2705 | 1888 | 9457  | 2625 | 2369 | —     | —     | —     | —    |
| 64 | 7508  | 15217 | 24754 | 17550 | 26544 | 27679 | 44083 | 59569 | 41031 | 35870 | 18650 | 1616 | 2984 | 2044 | 10543 | 2763 | 2557 | —     | —     | —     | —    |
| 65 | 7677  | 16011 | 25097 | 17420 | 26818 | 27448 | 42598 | 57114 | 39084 | 35130 | 18461 | 1675 | 3338 | 2231 | 11400 | 2870 | 2737 | —     | —     | —     | —    |
| 66 | 7818  | 16705 | 25496 | 16837 | 26410 | 27385 | 40717 | 54720 | 37023 | 34189 | 18370 | 1740 | 3580 | 2414 | 12384 | 2987 | 2919 | —     | —     | —     | —    |
| 67 | 7950  | 17426 | 26054 | 16512 | 25833 | 27198 | 38739 | 51568 | 34631 | 32783 | 18069 | 1918 | 3761 | 2618 | 12970 | 3122 | 3106 | —     | —     | —     | —    |
| 68 | 8070  | 17850 | 26080 | 16050 | 26065 | 26678 | 37177 | 48917 | 33928 | 31571 | 17715 | 2165 | 3898 | 2751 | 13615 | 3298 | 3316 | —     | —     | —     | —    |
| 69 | 8159  | 18121 | 25755 | 14802 | 26237 | 26256 | 35741 | 45968 | 31301 | 30772 | 17715 | 2522 | 3946 | 2813 | 14542 | 3454 | 3435 | —     | —     | —     | —    |
| 70 | 8345  | 18382 | 26544 | 14656 | 26910 | 26154 | 36821 | 46105 | 31455 | 30331 | 17826 | 2731 | 4116 | 2892 | 15028 | 3586 | 3571 | —     | —     | —     | —    |
| 71 | 8553  | 18862 | 27252 | 14403 | 27249 | 25982 | 37093 | 45526 | 30952 | 29814 | 18087 | 3095 | 4291 | 3025 | 15709 | 3717 | 3680 | —     | —     | —     | —    |
| 72 | 8775  | 19420 | 27897 | 14327 | 27007 | 26213 | 37743 | 45247 | 30470 | 29883 | 18519 | 3465 | 4521 | 3203 | 16466 | 3834 | 3770 | —     | —     | —     | —    |
| 73 | 9001  | 19981 | 28452 | 14291 | 26912 | 26315 | 36918 | 44268 | 29669 | 28726 | 18937 | 4011 | 4627 | 3335 | 17247 | 3963 | 3902 | —     | —     | —     | —    |
| 74 | 9213  | 20390 | 29069 | 14200 | 26890 | 26258 | 36255 | 42835 | 29068 | 28352 | 19425 | 4583 | 4797 | 3391 | 17612 | 4120 | 4000 | —     | —     | —     | —    |
| 75 | 9475  | 20870 | 29929 | 14274 | 28065 | 25527 | 35991 | 42130 | 28402 | 28036 | 19943 | 5075 | 4966 | 3516 | 19210 | 4275 | 4100 | —     | —     | —     | —    |
| 76 | 9703  | 21412 | 31023 | 14343 | 28312 | 25348 | 35518 | 41318 | 28074 | 27930 | 20257 | 5556 | 5083 | 3633 | 19523 | 4377 | 4222 | —     | —     | —     | —    |
| 77 | 9868  | 21699 | 31643 | 14327 | 28581 | 25320 | 35305 | 40515 | 28236 | 27741 | 20502 | 5958 | 5154 | 3745 | 19630 | 4455 | 4330 | —     | —     | —     | —    |
| 78 | 9945  | 21902 | 31701 | 14302 | 28614 | 25332 | 34977 | 39988 | 28640 | 27389 | 20504 | 6229 | 5190 | 3832 | 19737 | 4464 | 4410 | —     | —     | —     | —    |
| 79 | 10007 | 20531 | 31477 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 30930 | 19265 | 6499 | 5267 | —    | —     | 4701 | 4250 | 22390 | 25254 | 29719 | 7254 |
| 80 | 10001 | 20457 | 31247 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 30649 | 19158 | 6725 | 5295 | —    | —     | 4702 | 4264 | 22409 | 25037 | 29446 | 7230 |
| 81 | 9919  | 20108 | 30329 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 30176 | 18892 | 6741 | 5296 | —    | —     | 4710 | 4237 | 22617 | 24705 | 29138 | 7247 |
| 82 | 9762  | 20056 | 29817 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 28830 | 18412 | 6760 | 5183 | —    | —     | 4669 | 4219 | 22392 | 23891 | 28183 | 7168 |
| 83 | 9763  | 20094 | 29934 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 28267 | 18395 | 6879 | 5104 | —    | —     | 4680 | 4250 | 22544 | 23815 | 27766 | 7142 |
| 84 | 9687  | 25297 | 29242 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 27638 | 15960 | 6916 | 5058 | —    | —     | 4666 | 4238 | 22257 | 23290 | 27301 | 7293 |
| 85 | 9586  | 22603 | 27919 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 23618 | 15786 | 7346 | 5115 | —    | —     | 4720 | 4235 | 21433 | 21939 | 23846 | 7299 |

表 2-18 基隆市(淡水河流域內)人口密度歷年資料表  
(單位：每平方公里人數)

| 年代 | 基隆市全區<br>(淡水河流域內) | 七堵區    | 暖暖區    | 安樂區    | 信義區    |
|----|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| 51 | 852.6             | 371.3  | 678.4  | 2074.9 | 2605.2 |
| 52 | 897.4             | 389.8  | 668.1  | 2178.4 | 2852.7 |
| 53 | 935.7             | 409.4  | 720.4  | 2285.6 | 2888.3 |
| 54 | 969.0             | 427.1  | 746.7  | 2364.8 | 2974.7 |
| 55 | 1017.8            | 439.8  | 800.8  | 2509.4 | 3109.1 |
| 56 | 1055.0            | 454.9  | 839.9  | 2573.3 | 3239.8 |
| 57 | 1077.5            | 488.0  | 876.7  | 1938.5 | 3411.1 |
| 58 | 1129.7            | 515.0  | 918.7  | 2036.0 | 3552.2 |
| 59 | 1165.3            | 534.7  | 946.9  | 2109.3 | 3630.7 |
| 60 | 1196.6            | 552.7  | 977.9  | 2188.2 | 3658.9 |
| 61 | 1228.4            | 562.1  | 996.7  | 2282.2 | 3741.5 |
| 62 | 1257.0            | 578.7  | 1024.6 | 2331.9 | 3804.2 |
| 63 | 1286.3            | 602.3  | 1016.5 | 2403.6 | 3874.5 |
| 64 | 1305.8            | 613.8  | 1013.3 | 2459.9 | 3927.4 |
| 65 | 1332.8            | 631.9  | 1000.1 | 2528.7 | 4020.3 |
| 66 | 1349.4            | 652.5  | 995.4  | 2566.5 | 4023.9 |
| 67 | 1373.6            | 695.0  | 980.9  | 2594.4 | 4021.2 |
| 68 | 1443.4            | 831.1  | 969.1  | 2609.3 | 3981.1 |
| 69 | 1489.9            | 922.6  | 956.3  | 2660.8 | 3890.0 |
| 70 | 1532.0            | 995.7  | 975.4  | 2677.8 | 3848.7 |
| 71 | 1574.3            | 1046.9 | 1011.4 | 2728.3 | 3839.8 |
| 72 | 1624.0            | 1112.4 | 1048.3 | 2782.6 | 3819.7 |
| 73 | 1661.4            | 1151.0 | 1073.3 | 2829.5 | 3861.3 |
| 74 | 1671.7            | 1162.0 | 1077.7 | 2850.7 | 3861.6 |
| 75 | 1677.9            | 1174.7 | 1080.7 | 2862.1 | 3829.5 |
| 76 | 1687.8            | 1187.6 | 1093.1 | 2876.3 | 3809.3 |
| 77 | 1603.8            | 872.9  | 1096.2 | 3219.9 | 3814.0 |
| 78 | 1560.3            | 819.1  | 1112.9 | 3278.1 | 3847.9 |
| 79 | 1590.2            | 836.9  | 1140.6 | 3326.8 | 3920.3 |
| 80 | 1682.0            | 922.1  | 1162.6 | 3347.2 | 3987.3 |
| 81 | 1721.4            | 950.0  | 1193.6 | 3429.7 | 4032.6 |
| 82 | 1761.7            | 968.5  | 1229.3 | 3518.3 | 4115.6 |
| 83 | 1792.8            | 979.1  | 1270.3 | 3622.4 | 4110.7 |
| 84 | 1845.5            | 991.5  | 1343.5 | 3739.5 | 4223.4 |
| 85 | 1920.1            | 998.5  | 1453.9 | 3915.7 | 4405.7 |

表 2-19 基隆河溪流域歷年現有堤防、護岸及丁壩之長度表

| 年<br>代 | 基 隆 河    |       |       |          |       |       |         |     |     |
|--------|----------|-------|-------|----------|-------|-------|---------|-----|-----|
|        | 堤 防 (公尺) |       |       | 護 岸 (公尺) |       |       | 丁 壩 (座) |     |     |
|        | 台灣省      | 台北市   | 總 合   | 台灣省      | 台北市   | 總 合   | 台灣省     | 台北市 | 總 合 |
| 50     | 5179     | —     | 5179  | 3146     | —     | 3146  | 29      | —   | 29  |
| 51     | 5179     | —     | 5179  | 3146     | —     | 3146  | 29      | —   | 29  |
| 52     | 5179     | —     | 5179  | 3146     | —     | 3146  | 29      | —   | 29  |
| 53     | 7259     | —     | 7259  | 3146     | —     | 3146  | 27      | —   | 27  |
| 54     | 7259     | —     | 7259  | 3146     | —     | 3146  | 27      | —   | 27  |
| 55     | 22032    | —     | 22032 | 5125     | —     | 5125  | 56      | —   | 56  |
| 56     | —        | —     | —     | —        | —     | —     | —       | —   | —   |
| 57     | 14733    | 14773 | 29506 | 1979     | —     | 1979  | 29      | —   | 29  |
| 58     | —        | 15821 | 15821 | —        | —     | —     | —       | —   | —   |
| 59     | —        | 14237 | 14237 | —        | 2736  | 2736  | —       | —   | —   |
| 60     | —        | 14237 | 14237 | —        | 3061  | 3061  | —       | 10  | 10  |
| 61     | —        | 14237 | 14237 | —        | 3077  | 3077  | —       | 29  | 29  |
| 62     | 7340     | 14237 | 21577 | 2235     | 3271  | 5506  | 59      | 33  | 92  |
| 63     | 7340     | 17693 | 25033 | 2235     | 3328  | 5563  | 59      | 57  | 116 |
| 64     | 7340     | 22472 | 29812 | 2235     | 4293  | 6528  | 173     | 58  | 231 |
| 65     | 7340     | 22472 | 29812 | 1175     | 4529  | 5704  | 173     | 58  | 231 |
| 66     | —        | 23246 | 23246 | 1331     | 4529  | 5860  | 7       | 64  | 71  |
| 67     | 187      | 25985 | 26172 | 1331     | 4529  | 5860  | 7       | 64  | 71  |
| 68     | 243      | 25985 | 26228 | 1331     | 5057  | 6388  | 7       | 64  | 71  |
| 69     | 243      | 26277 | 26520 | 1759     | 5057  | 6816  | 7       | 64  | 71  |
| 70     | 243      | 26458 | 26701 | 1759     | 5057  | 6816  | 7       | 64  | 71  |
| 71     | 15       | 29942 | 29957 | 1759     | 5057  | 6816  | 7       | 64  | 71  |
| 72     | 15       | 29942 | 29957 | 1759     | 5124  | 6883  | 7       | 64  | 71  |
| 73     | 1028     | 29942 | 30970 | 1759     | 5222  | 6981  | 7       | 64  | 71  |
| 74     | 1028     | 29942 | 30970 | 2474     | 5222  | 7696  | 7       | 65  | 72  |
| 75     | 1263     | 30701 | 31964 | 650      | 5222  | 5872  | —       | 65  | 65  |
| 76     | 1263     | 30701 | 31964 | 650      | 5222  | 5872  | —       | 65  | 65  |
| 77     | 1263     | 30701 | 31964 | 1932     | 5222  | 7154  | —       | 66  | 66  |
| 78     | 1263     | 31038 | 32301 | 2047     | 5222  | 7269  | —       | 66  | 66  |
| 79     | 1636     | 31038 | 32674 | 2567     | 5222  | 7789  | —       | 66  | 66  |
| 80     | 1636     | 31038 | 32674 | 3465     | 5222  | 8687  | —       | 66  | 66  |
| 81     | 1636     | 32423 | 34059 | 3465     | 11362 | 14827 | —       | 66  | 66  |
| 82     | 2036     | 33397 | 35433 | 3465     | 12569 | 16034 | —       | 66  | 66  |
| 83     | 2229     | 36517 | 38746 | 3465     | 19429 | 22894 | —       | 66  | 66  |
| 84     | 1979     | 38603 | 40582 | 3465     | 25392 | 28857 | —       | 66  | 66  |
| 85     | 1979     | 38603 | 40582 | 3465     | 26873 | 30338 | —       | 66  | 66  |

表 2-20 基隆河流域水文測站狀況表

| 水文站<br>代號 | 站 名   | 縣市名稱<br>鄉鎮名稱 | 集水區名稱   | 集水區面積<br>(平方公里) | 高度<br>(公尺) | 觀測機關   |
|-----------|-------|--------------|---------|-----------------|------------|--------|
| 300620    | 瑞芳(1) | 台北縣瑞芳鎮       | 基隆河集水區  | 94.03           | 3          | 經濟部水利處 |
| 300625    | 介壽橋   | 台北縣瑞芳鎮       | 基隆河集水區  | 94.75           | 43         | 經濟部水利處 |
| 300630    | 瑞芳(2) | 台北縣瑞芳鎮       | 基隆沿海集水區 | 98.68           | 99         | 台灣電力公司 |
| 300640    | 五堵(3) | 台北縣汐止市       | 基隆河集水區  | 200.89          | 3          | 經濟部水利處 |
| 300650    | 五堵(2) | 台北縣汐止市       | 基隆河集水區  | 204.41          | 3          | 經濟部水利處 |
| 300660    | 五堵(4) | 基隆市七堵區       | 基隆河集水區  | 204.41          | 3          | 經濟部水利處 |
| 300670    | 五堵(1) | 台北縣汐止市       | 基隆河集水區  | 204.09          | 3          | 經濟部水利處 |
| 300680    | 松山    | 台北市松山區       | 基隆河集水區  | 332.77          | -1         | 經濟部水利處 |

表 3-1 降雨分析選定測站之基本資料表

| No. | 站名     | 隸屬機構   | 位置       |         | 標高<br>(公尺) | 資料使用狀況   |          |
|-----|--------|--------|----------|---------|------------|----------|----------|
|     |        |        | 東經       | 北緯      |            | 使用<br>年限 | 缺失<br>年份 |
| 3   | 竹子湖(1) | 中央氣象局  | 121° 32' | 25° 09' | 607.1      | 49-78    | 無        |
| 4   | 台北(1)  | 中央氣象局  | 121° 30' | 25° 02' | 5.5        | 27-79    | 無        |
| 6   | 瑞芳(2)  | 經濟部水利處 | 121° 48' | 25° 07' | 101.0      | 61-80    | 無        |
| 7   | 火燒寮    | 經濟部水利處 | 121° 45' | 25° 00' | 380.0      | 46-80    | 49       |
| 8   | 五堵     | 經濟部水利處 | 121° 42' | 25° 05' | 16.0       | 54-80    | 55       |

表 4-1 基隆河五堵上游集水區之地文資料

| 核 胞 編 號<br>No. | 面 積<br>(平方公里) | 河 道 長 度<br>(公里) | 河 道 坡 度 |
|----------------|---------------|-----------------|---------|
| 1              | 34.44         | 5.365           | 0.00932 |
| 2              | 57.76         | 16.99           | 0.00882 |
| 3              | 73.87         | 11.81           | 0.00211 |
| 4              | 36.51         | 7.345           | 0.00027 |

表 4-2 基隆河五堵上游集水區之  
徐昇多邊形法控制面積

| 雨量站名               | 五 堵    | 坪 林    |
|--------------------|--------|--------|
| 控制面積<br>( $km^2$ ) | 174.07 | 18.76  |
| 權 重                | 0.9027 | 0.0973 |

表 4-3 基隆河五堵上游集水區各核胞之  
徐昇多邊形控制面積加權值

| 雨量<br>站名 \ 核胞<br>編號 | 1     | 2     | 3     | 4     |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| 五 堵                 | 0.498 | 0.972 | 1.000 | 1.000 |
| 坪 林                 | 0.502 | 0.028 |       |       |

表 4-4 降雨—逕流模擬所研析之颱風事件

| 集水區分區    | 颱風名稱        | 發生日期        |
|----------|-------------|-------------|
| 基隆河上游集水區 | 艾 貝(Abby)   | 民國 75.09.17 |
|          | 亞 伯(Abe)    | 民國 79.08.30 |
|          | 亞力士(Alex)   | 民國 76.07.26 |
|          | 貝 絲(Bess)   | 民國 74.10.03 |
|          | 道 格(Doug)   | 民國 83.08.07 |
|          | 弗雷得(Fred)   | 民國 73.08.06 |
|          | 芙瑞達(Fread)  | 民國 83.08.20 |
|          | 葛拉絲(Gladys) | 民國 83.09.01 |
|          | 歐 敏(Irving) | 民國 68.08.14 |
|          | 尼爾森(Nelson) | 民國 74.08.21 |
|          | 諾瑞斯(Norris) | 民國 69.08.27 |
|          | 歐菲莉(Ofelia) | 民國 79.06.22 |
|          | 歐 拉(Ora)    | 民國 67.10.12 |
|          | 莎 拉(Sarah)  | 民國 78.09.10 |
|          | 席 斯(Seth)   | 民國 83.10.08 |
|          | 泰 德(Ted)    | 民國 81.09.21 |
| 五 堵      | 耐 特(Nat)    | 民國 80.09.18 |
|          | 韋 恩(Wayne)  | 民國 75.08.22 |
|          | 暴 雨(Storm)  | 民國 73.08.13 |

表 5-1 月累積雨量之選用雨量測站基本資料表

| 編號 | 測站名稱   | 測站站號   | 經辦單位   | 位置      |        | 參考座標   |        | 標高<br>(m) | 類別 |
|----|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-----------|----|
|    |        |        |        | 東經      | 北緯     | X 座標   | Y 座標   |           |    |
| 1  | 大油礦    | 010003 | 台灣電力公司 | 121°35' | 25°11' | 58.135 | 57.288 | 370.0     | 自記 |
| 2  | 基隆(1)  | 012001 | 中央氣象局  | 121°45' | 25°08' | 74.745 | 51.744 | 3.0       | 自記 |
| 3  | 海山     | 030034 | 桃園水利會  | 121°27' | 25°02' | 44.847 | 40.656 | 8.0       | 普通 |
| 4  | 新莊     | 030035 | 桃園水利會  | 121°26' | 25°03' | 43.186 | 42.504 | 9.0       | 普通 |
| 5  | 新龜山    | 030042 | 台灣電力公司 | 121°33' | 24°54' | 54.813 | 25.872 | 52.0      | 自記 |
| 6  | 四堵     | 030044 | 文山林管處  | 121°44' | 24°55' | 73.084 | 27.720 | 500.0     | 普通 |
| 7  | 乾溝(1)  | 030050 | 台灣電力公司 | 121°37' | 24°55' | 61.457 | 27.720 | 120.0     | 自記 |
| 8  | 粗坑     | 030055 | 台灣電力公司 | 121°32' | 24°59' | 53.152 | 35.112 | 57.0      | 自記 |
| 9  | 新店(1)  | 030056 | 瑠公水利會  | 121°31' | 24°57' | 51.491 | 31.416 | 30.8      | 自記 |
| 10 | 台北(1)  | 030065 | 中央氣象局  | 121°31' | 25°02' | 51.491 | 40.656 | 8.0       | 自記 |
| 11 | 火燒寮    | 030069 | 經濟部水利處 | 121°44' | 24°59' | 73.084 | 35.112 | 380.0     | 自記 |
| 12 | 竹子湖(1) | 030080 | 中央氣象局  | 121°32' | 25°11' | 53.152 | 57.288 | 600.0     | 自記 |
| 13 | 鞍部(2)  | 030081 | 中央氣象局  | 121°31' | 25°11' | 51.491 | 57.288 | 836.0     | 自記 |
| 14 | 雙峻頭    | 030082 | 經濟部水利處 | 121°27' | 25°10' | 44.847 | 55.440 | 76.0      | 自記 |
| 15 | 淡水(1)  | 030083 | 中央氣象局  | 121°26' | 25°10' | 43.186 | 55.440 | 19.0      | 自記 |
| 16 | 暖暖(2)  | 030095 | 自來水公司  | 121°44' | 25°06' | 73.084 | 48.048 | 44.0      | 普通 |
| 17 | 瑞芳(2)  | 030105 | 經濟部水利處 | 121°47' | 25°06' | 78.067 | 48.048 | 101.0     | 自記 |
| 18 | 五堵     | 030106 | 經濟部水利處 | 121°41' | 25°04' | 68.101 | 44.352 | 16.0      | 自記 |
| 19 | 台北(12) | 030118 | 台灣省糧食局 | 121°31' | 25°03' | 51.491 | 42.504 | 16.0      | 普通 |
| 20 | 石碇(2)  | 030124 | 經濟部水利處 | 121°39' | 24°59' | 64.779 | 35.112 | 140.0     | 自記 |
| 21 | 碧湖     | 030128 | 經濟部水利處 | 121°44' | 24°53' | 73.084 | 24.024 | 360.0     | 自記 |
| 22 | 中正橋    | 030135 | 經濟部水利處 | 121°30' | 25°01' | 49.830 | 38.808 | 5.0       | 自記 |
| 23 | 坪林(4)  | 030138 | 經濟部水利處 | 121°42' | 24°56' | 69.762 | 29.568 | 200.0     | 自記 |
| 24 | 大桶山    | 030140 | 經濟部水利處 | 121°33' | 24°52' | 54.813 | 22.176 | 916.0     | 自記 |

註：參考座標原點為東經 121°10' 北緯 24°40'，比例尺 1/110000，座標單位為 km。



表 5-2 颱風時雨量之選用雨量測站基本資料表

| 編號 | 測站名稱   | 測站站號   | 經辦單位   | 位置      |        | 參考座標   |        | 標高<br>(m) | 類別 |
|----|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-----------|----|
|    |        |        |        | 東經      | 北緯     | X 座標   | Y 座標   |           |    |
| 1  | 三峽     | 030030 | 經濟部水利處 | 121°20' | 24°56' | 33.220 | 29.568 | 33.0      | 自記 |
| 2  | 大豹     | 030125 | 經濟部水利處 | 121°24' | 24°56' | 39.864 | 29.568 | 600.0     | 自記 |
| 3  | 坪林(4)  | 030138 | 經濟部水利處 | 121°42' | 24°56' | 69.762 | 29.568 | 200.0     | 自記 |
| 4  | 坪林(3)  | 030127 | 經濟部水利處 | 121°43' | 24°57' | 70.759 | 31.416 | 220.0     | 自記 |
| 5  | 碧湖     | 030128 | 經濟部水利處 | 121°44' | 24°53' | 73.084 | 24.024 | 360.0     | 自記 |
| 6  | 福山(3)  | 030139 | 經濟部水利處 | 121°31' | 24°46' | 51.491 | 11.088 | 500.0     | 自記 |
| 7  | 大桶山    | 030140 | 經濟部水利處 | 121°33' | 24°52' | 54.813 | 22.176 | 916.0     | 自記 |
| 8  | 石碇(2)  | 030124 | 經濟部水利處 | 121°39' | 24°59' | 64.779 | 35.112 | 140.0     | 自記 |
| 9  | 中正橋    | 030135 | 經濟部水利處 | 121°30' | 25°01' | 49.830 | 38.808 | 5.0       | 自記 |
| 10 | 火燒寮    | 030069 | 經濟部水利處 | 121°44' | 24°59' | 73.084 | 35.112 | 380.0     | 自記 |
| 11 | 瑞芳(2)  | 030105 | 經濟部水利處 | 121°47' | 25°06' | 78.067 | 48.048 | 101.0     | 自記 |
| 12 | 五堵     | 030106 | 經濟部水利處 | 121°41' | 25°04' | 68.101 | 44.352 | 16.0      | 自記 |
| 13 | 竹子湖(2) | 030136 | 經濟部水利處 | 121°32' | 25°10' | 53.152 | 55.440 | 600.0     | 自記 |
| 14 | 雙峻頭    | 030082 | 經濟部水利處 | 121°27' | 25°10' | 44.847 | 55.440 | 76.0      | 自記 |
| 15 | 乾溝(1)  | 030050 | 台灣電力公司 | 121°37' | 24°55' | 61.457 | 27.720 | 120.0     | 自記 |
| 16 | 福山(2)  | 030037 | 台灣電力公司 | 121°30' | 24°47' | 49.830 | 12.936 | 420.0     | 自記 |
| 17 | 孝義(1)  | 030038 | 台灣電力公司 | 121°34' | 24°51' | 56.474 | 20.328 | 215.0     | 自記 |
| 18 | 粗坑     | 030055 | 台灣電力公司 | 121°32' | 24°59' | 53.152 | 35.112 | 57.0      | 自記 |
| 19 | 新龜山    | 030042 | 台灣電力公司 | 121°33' | 24°54' | 54.813 | 25.872 | 52.0      | 自記 |
| 20 | 淡水(1)  | 030083 | 中央氣象局  | 121°26' | 25°10' | 43.186 | 55.440 | 19.0      | 自記 |
| 21 | 鞍部(2)  | 030081 | 中央氣象局  | 121°31' | 25°11' | 51.491 | 57.288 | 836.0     | 自記 |
| 22 | 台北(1)  | 030065 | 中央氣象局  | 121°31' | 25°02' | 51.491 | 40.656 | 8.0       | 自記 |
| 23 | 竹子湖(1) | 030080 | 中央氣象局  | 121°32' | 25°11' | 53.152 | 57.288 | 600.0     | 自記 |
| 24 | 基隆(1)  | 012001 | 中央氣象局  | 121°45' | 25°08' | 74.745 | 51.744 | 3.0       | 自記 |

註：參考座標原點為東經 121°10' 北緯 24°40'，比例尺 1/110000，座標單位為 km。

表 5-3 選用水文測站之基本資料表

| 編號 | 測站站號   | 測站名稱 | 河流名稱 | 集水面積<br>(平方公里) | 位置      |        | 經辦單位   |
|----|--------|------|------|----------------|---------|--------|--------|
|    |        |      |      |                | 東經      | 北緯     |        |
| 1  | 030H10 | 福山   | 南勢溪  | 160.04         | 121°30' | 24°47' | 台灣電力公司 |
| 2  | 030H48 | 三峽   | 三峽河  | 125.34         | 121°20' | 24°56' | 經濟部水利處 |
| 3  | 030H49 | 橫溪   | 橫溪   | 52.88          | 121°33' | 24°56' | 經濟部水利處 |
| 4  | 030H58 | 五堵   | 基隆河  | 204.01         | 121°41' | 25°04' | 經濟部水利處 |
| 5  | 030H62 | 景美   | 景美溪  | 114.95         | 121°31' | 24°59' | 經濟部水利處 |
| 6  | 030H66 | 秀朗橋  | 新店溪  | 750.04         | 121°31' | 24°59' | 經濟部水利處 |
| 7  | 030H67 | 三鶯橋  | 大漢溪  | 842.00         | 121°20' | 24°56' | 經濟部水利處 |
| 8  | 030H68 | 屈尺   | 新店溪  | 654.65         | 121°32' | 24°55' | 經濟部水利處 |
| 9  | 030H72 | 桶後溪  | 桶後溪  | 160.04         | 121°35' | 24°51' | 台灣電力公司 |
| 10 | 030H78 | 介壽橋  | 基隆河  | 160.04         | 121°47' | 25°06' | 經濟部水利處 |
| 11 | 030H82 | 寶橋   | 景美溪  | 160.04         | 121°32' | 24°58' | 經濟部水利處 |

註：參考座標原點為東經 121°10' 北緯 24°40'。

表 6-1 五堵水文站選取之颱洪降雨事件表

| 颱洪名稱       | 發生日期     | 颱洪名稱        | 發生日期     |
|------------|----------|-------------|----------|
| 解拉(Carla)  | 56/10/17 | 畢莉(Billie)  | 65/08/09 |
| 吉達(Gilda)  | 56/11/17 | 諾瑞斯(Norris) | 69/08/27 |
| 娜定(Nadine) | 57/07/24 | 莫瑞(Maury)   | 70/07/19 |
| 艾琳(Elaine) | 57/09/28 | 安迪(Andy)    | 71/07/29 |
| 貝蒂(Betty)  | 58/08/07 | 暴雨(Storm)   | 73/06/02 |
| 艾爾西(Elsie) | 58/09/26 | 韋恩(Wayne)   | 75/08/22 |
| 芙安(Fran)   | 59/09/05 | 亞力士(Alex)   | 76/07/27 |
| 艾妮絲(Agnes) | 60/09/17 | 莎拉(Sarah)   | 78/09/11 |
| 貝蒂(Betty)  | 61/08/16 | 歐菲莉(Ofelia) | 79/06/23 |
| 琴恩(Jean)   | 63/07/19 | 楊希(Yancy)   | 79/08/18 |
| 艾琳(Elaine) | 63/10/27 | 露絲(Ruth)    | 80/10/28 |
| 貝蒂(Betty)  | 64/09/22 |             |          |

表 6-2 基隆河五堵水文站上游集水區徐昇多邊形法之控制面積與權重值表

| 雨量站名稱                  | 瑞芳     | 五堵     | 火燒寮    |
|------------------------|--------|--------|--------|
| 控制面積(km <sup>2</sup> ) | 64.25  | 81.21  | 58.95  |
| 權重值                    | 0.3143 | 0.3973 | 0.2884 |

表 7-1 台北中央區、汐止區各集水區核胞之地文資料

| 核 胞 編 號<br>No. | 面 積<br>(平方公里) | 河 道 長 度<br>(公里) | 坡 度       |             | 備 註   |
|----------------|---------------|-----------------|-----------|-------------|-------|
|                |               |                 | 漫 地 流 坡 度 | 河 道 坡 度     |       |
| 1              | 34.57582      | 5.365           | 0.094522  | 0.00932     | (河道)  |
| 2              | 57.76237      | 16.99           | 0.090443  | 0.00882     | (河道)  |
| 3              | 73.86841      | 11.81           | 0.028802  | 0.00211     | (河道)  |
| 4              | 34.59371      | 7.345           | 0.00556   | 0.00027     | (河道)  |
| 5              | 1.289213      | 1.422           | 0.170018  | ——          | (漫地流) |
| 6              | 16.60861      | 8.84206325      | 0.367559  | 0.050893099 | (河道)  |
| 7              | 1.227265      | 1.7082468       | 0.197518  | 0.02341582  | (河道)  |
| 8              | 12.12541      | 9.0271643       | 0.295674  | 0.038771865 | (河道)  |
| 9              | 10.4655       | 8.091081        | 0.322737  | 0.043257508 | (河道)  |
| 10             | 1.865537      | 1.56738         | 0.069801  | 0.006380074 | (河道)  |
| 11             | 6.154652      | 4.538           | 0.16496   | 0.018694973 | (河道)  |
| 12             | 0.6071        | 1.061           | 0.185418  | ——          | (漫地流) |
| 13             | 1.344677      | 5.5490508       | 0.647702  | 0.103328301 | (河道)  |
| 14             | 3.655081      | 1.9998681       | 0.802213  | 0.135008904 | (河道)  |
| 15             | 0.1055696     | 0.555           | 0.315503  | ——          | (漫地流) |
| 16             | 0.383183      | 0.594           | 0.145816  | ——          | (漫地流) |
| 17             | 5.25266       | 3.4941499       | 0.543557  | 0.082995867 | (河道)  |
| 18             | 2.684942      | 2.196922        | 0.308988  | 0.040966407 | (河道)  |
| 19             | 2.982091      | 3.064           | 0.11423   | ——          | (漫地流) |
| 20             | 8.222393      | 4.874           | 0.517033  | 0.0779647   | (河道)  |
| 21             | 7.457193      | 4.497           | 0.158538  | 0.0177896   | (河道)  |
| 22             | 0.436049      | 0.494           | 0.398559  | ——          | (漫地流) |
| 23             | 0.827495      | 0.658           | 0.512221  | ——          | (漫地流) |
| 24             | 0.78198       | 0.994           | 0.409165  | ——          | (漫地流) |
| 25             | 1.181692      | 0.798           | 0.709298  | 0.115754    | (河道)  |
| 26             | 0.75343       | 1.215           | 0.428266  | ——          | (漫地流) |
| 27             | 0.544897      | 0.490           | 0.414938  | ——          | (漫地流) |
| 28             | 0.226674      | 0.305           | 0.236967  | ——          | (漫地流) |

表 7-2 台北中央、汐止區各核胞之徐昇氏多邊形控制面積加權值

| Cell 編號<br>No. | 五堵     | 台北   | 竹子湖    | 瑞芳     | 火燒寮    | 備註 |
|----------------|--------|------|--------|--------|--------|----|
| 1              | 0.0301 |      |        |        | 0.9699 |    |
| 2              | 0.0027 |      |        | 0.5129 | 0.4844 |    |
| 3              | 0.4233 |      |        | 0.5448 | 0.0319 |    |
| 4              | 1      |      |        |        |        |    |
| 5              | 1      |      |        |        |        |    |
| 6              | 1      |      |        |        |        |    |
| 7              | 1      |      |        |        |        |    |
| 8              | 0.9965 |      | 0.0035 |        |        |    |
| 9              | 0.9875 |      | 0.0125 |        |        |    |
| 10             | 1      |      |        |        |        |    |
| 11             | 1      |      |        |        |        |    |
| 12             | 1      |      |        |        |        |    |
| 13             | 0.9785 |      |        |        | 0.0215 |    |
| 14             | 1      |      |        |        |        |    |
| 15             | 1      |      |        |        |        |    |
| 16             | 1      |      |        |        |        |    |
| 17             | 1      |      |        |        |        |    |
| 18             | 1      |      |        |        |        |    |
| 19             | 1      |      |        |        |        |    |
| 20             | 1      |      |        |        |        |    |
| 21             | 0.27   | 0.73 |        |        |        |    |
| 22             |        | 1    |        |        |        |    |
| 23             |        | 1    |        |        |        |    |
| 24             |        | 1    |        |        |        |    |
| 25             |        | 1    |        |        |        |    |
| 26             |        | 1    |        |        |        |    |
| 27             |        | 1    |        |        |        |    |
| 28             |        | 1    |        |        |        |    |

表 8-1 五堵站不同延時降雨量之頻率分析結果表

單位：公厘

| 重現期距<br>降雨<br>延時(分) | 1.1 年 | 2 年   | 5 年   | 10 年  | 25 年  | 50 年  | 100 年 | 200 年  |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1440                | 152.1 | 231.2 | 346.7 | 451.0 | 623.0 | 786.8 | 987.7 | 1234.6 |
| 1080                | 142.3 | 225.1 | 328.3 | 412.  | 538.6 | 649.1 | 775.1 | 919.3  |
| 720                 | 129.6 | 192.3 | 269.2 | 331.0 | 423.0 | 502.6 | 592.8 | 695.3  |
| 360                 | 82.2  | 141.9 | 200.4 | 240.2 | 291.4 | 330.2 | 369.6 | 409.7  |
| 240                 | 68.3  | 119.3 | 165.7 | 195.5 | 232.0 | 258.4 | 284.2 | 309.6  |
| 60                  | 31.5  | 58.2  | 77.1  | 86.8  | 96.6  | 102.5 | 107.4 | 111.6  |
| 40                  | 23.4  | 49.3  | 60.8  | 64.3  | 66.2  | 66.8  | 66.9  | 67.0   |
| 30                  | 20.1  | 40.9  | 48.5  | 50.4  | 51.1  | 51.2  | 51.2  | 51.3   |
| 20                  | 14.6  | 31.6  | 38.7  | 40.6  | 41.6  | 41.8  | 41.8  | 41.8   |
| 10                  | 9.2   | 19.0  | 23.8  | 25.4  | 26.4  | 26.8  | 27.0  | 27.1   |

表 8-2 台北(1)站不同延時降雨量之頻率分析結果表

單位：公厘

| 重現期距<br>降雨<br>延時(分) | 1.1 年 | 2 年   | 5 年   | 10 年  | 25 年  | 50 年  | 100 年 | 200 年 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 4320                | 136.8 | 211.1 | 285.0 | 336.3 | 403.8 | 456.0 | 510.1 | 566.3 |
| 2880                | 129.1 | 193.7 | 259.7 | 306.4 | 369.0 | 418.4 | 470.0 | 524.5 |
| 1440                | 105.8 | 163.3 | 222.8 | 265.3 | 322.5 | 367.8 | 415.5 | 465.9 |
| 720                 | 82.1  | 135.6 | 185.4 | 218.3 | 259.6 | 290.2 | 320.8 | 351.5 |
| 360                 | 62.4  | 109.2 | 149.5 | 174.3 | 203.4 | 223.8 | 243.1 | 261.6 |
| 180                 | 49.4  | 85.0  | 114.9 | 133.0 | 154.1 | 186.6 | 182.4 | 195.5 |
| 120                 | 44.1  | 75.2  | 98.8  | 111.8 | 126.0 | 135.2 | 143.4 | 150.8 |
| 60                  | 35.8  | 60.2  | 76.4  | 84.4  | 92.4  | 97.2  | 101.1 | 104.4 |
| 30                  | 27.3  | 42.8  | 50.4  | 53.3  | 55.6  | 56.7  | 57.4  | 57.8  |
| 15                  | 19.0  | 27.6  | 31.6  | 33.2  | 34.5  | 35.1  | 35.5  | 35.7  |
| 10                  | 13.8  | 20.6  | 23.6  | 24.6  | 25.3  | 25.6  | 25.8  | 25.9  |

表 8-3 竹子湖(1)站不同延時降雨量之頻率分析結果表

單位：公厘

| 重現期距<br>降雨<br>延時(分) | 1.1 年 | 2 年   | 5 年    | 10 年   | 25 年   | 50 年   | 100 年  | 200 年  |
|---------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 4320                | 307.5 | 643.6 | 1003.6 | 1257.3 | 1591.7 | 1848.6 | 2111.2 | 2380.6 |
| 2880                | 285.3 | 564.9 | 856.9  | 1061.3 | 1329.1 | 1534.3 | 1743.8 | 1958.7 |
| 1440                | 239.5 | 431.3 | 615.6  | 738.2  | 892.9  | 1007.7 | 1122.2 | 1237.0 |
| 1080                | 215.7 | 372.5 | 522.2  | 622.0  | 748.3  | 842.5  | 936.9  | 1031.9 |
| 720                 | 184.5 | 301.9 | 405.9  | 472.0  | 552.5  | 610.6  | 667.3  | 723.1  |
| 600                 | 171.7 | 268.5 | 356.2  | 413.0  | 483.7  | 535.8  | 587.4  | 639.0  |
| 480                 | 160.3 | 327.1 | 304.7  | 347.9  | 401.0  | 439.9  | 478.1  | 516.2  |
| 360                 | 141.9 | 196.4 | 244.4  | 275.2  | 313.3  | 341.4  | 369.2  | 397.1  |
| 240                 | 115.4 | 148.9 | 181.9  | 204.7  | 234.7  | 258.0  | 282.0  | 307.1  |
| 180                 | 94.7  | 120.7 | 147.9  | 167.3  | 193.6  | 214.4  | 236.4  | 259.7  |
| 120                 | 68.8  | 90.7  | 116.2  | 135.6  | 163.4  | 186.5  | 211.9  | 239.9  |
| 60                  | 41.7  | 59.7  | 78.7   | 92.4   | 111.1  | 126.1  | 142.0  | 159.0  |

表 8-4 瑞芳(2)站不同延時降雨量之頻率分析結果表

單位：公厘

| 重現期距<br>降雨<br>延時(分) | 1.1 年 | 2 年   | 5 年   | 10 年  | 25 年  | 50 年  | 100 年 | 200 年 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1440                | 203.0 | 277.6 | 359.5 | 420.2 | 504.8 | 573.8 | 648.1 | 728.7 |
| 1080                | 183.7 | 238.9 | 308.2 | 363.6 | 445.7 | 516.2 | 595.8 | 685.7 |
| 720                 | 147.7 | 200.3 | 266.3 | 319.5 | 398.8 | 467.5 | 545.5 | 634.2 |
| 360                 | 105.6 | 148.0 | 203.7 | 250.2 | 321.5 | 385.1 | 458.9 | 544.8 |
| 240                 | 86.4  | 121.4 | 170.4 | 212.8 | 280.3 | 342.3 | 416.2 | 504.6 |
| 180                 | 74.2  | 107.1 | 150.8 | 187.7 | 244.7 | 296.0 | 356.0 | 426.4 |
| 120                 | 54.7  | 86.3  | 121.6 | 148.2 | 185.7 | 216.6 | 250.2 | 286.8 |
| 90                  | 47.7  | 73.8  | 100.9 | 120.4 | 146.7 | 167.6 | 189.7 | 213.2 |
| 60                  | 40.9  | 57.9  | 76.2  | 89.6  | 108.2 | 123.3 | 139.5 | 156.9 |
| 40                  | 34.6  | 47.2  | 60.5  | 70.2  | 83.5  | 94.1  | 105.4 | 117.6 |
| 30                  | 30.1  | 37.9  | 46.3  | 52.6  | 61.1  | 68.0  | 75.3  | 83.2  |
| 20                  | 19.4  | 25.0  | 30.4  | 34.1  | 38.8  | 42.4  | 46.1  | 49.9  |
| 10                  | 13.8  | 17.7  | 21.8  | 24.7  | 28.6  | 31.8  | 35.1  | 38.5  |

表 8-5 火燒寮站不同延時降雨量之頻率分析結果表

單位：公厘

| 重現期距<br>降雨<br>延時(分) | 1.1 年 | 2 年   | 5 年   | 10 年  | 25 年  | 50 年  | 100 年 | 200 年 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1440                | 187.3 | 315.3 | 421.9 | 486.1 | 560.9 | 612.6 | 661.3 | 707.6 |
| 1080                | 165.3 | 275.2 | 366.2 | 420.9 | 484.4 | 528.3 | 569.6 | 608.8 |
| 720                 | 137.6 | 232.6 | 306.7 | 348.8 | 395.7 | 426.7 | 455.0 | 481.0 |
| 360                 | 93.1  | 158.4 | 211.9 | 243.9 | 280.9 | 306.3 | 330.1 | 352.6 |
| 240                 | 74.7  | 125.7 | 167.2 | 191.8 | 219.9 | 239.1 | 257.0 | 373.8 |
| 180                 | 64.7  | 105.7 | 140.5 | 161.9 | 187.2 | 205.0 | 222.0 | 238.4 |
| 120                 | 53.5  | 84.5  | 108.8 | 122.9 | 138.9 | 149.7 | 159.8 | 169.1 |
| 90                  | 44.9  | 70.7  | 88.6  | 99.1  | 110.6 | 118.2 | 125.0 | 131.3 |
| 60                  | 34.1  | 54.2  | 69.9  | 78.9  | 89.1  | 95.9  | 102.2 | 108.1 |
| 40                  | 26.8  | 44.1  | 56.7  | 63.5  | 70.9  | 75.6  | 79.7  | 83.5  |
| 30                  | 22.2  | 37.0  | 47.0  | 52.0  | 57.2  | 60.3  | 62.9  | 65.1  |
| 20                  | 15.1  | 27.3  | 36.3  | 41.0  | 45.9  | 49.0  | 51.6  | 53.9  |
| 10                  | 11.4  | 18.7  | 24.4  | 27.7  | 31.4  | 33.8  | 36.1  | 38.2  |

表 8-6 1.1 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表

| No. | 測站名稱   | Hornor 公式中<br>之參數 a | Hornor 公式中<br>之參數 d | Hornor 公式中<br>之參數 n |
|-----|--------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 11  | 火燒寮    | 215.732             | 3.688               | 0.488               |
| 12  | 瑞芳(2)  | 334.520             | 6.505               | 0.502               |
| 14  | 五堵     | 268.899             | 14.029              | 0.502               |
| 19  | 台北(1)  | 809.273             | 14.278              | 0.723               |
| 20  | 竹子湖(1) | 1819.592            | 118.710             | 0.712               |

表 8-7 2 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表

| No. | 測站名稱   | Hornor 公式中<br>之參數 a | Hornor 公式中<br>之參數 d | Hornor 公式中<br>之參數 n |
|-----|--------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 11  | 火燒寮    | 345.287             | 2.901               | 0.442               |
| 12  | 瑞芳(2)  | 608.296             | 16.769              | 0.543               |
| 14  | 五堵     | 814.152             | 16.240              | 0.600               |
| 19  | 台北(1)  | 1521.071            | 18.814              | 0.745               |
| 20  | 竹子湖(1) | 787.752             | 84.413              | 0.523               |



表 8-8 5 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表

| No. | 測站名稱   | Hornor 公式中之參數 a | Hornor 公式中之參數 d | Hornor 公式中之參數 n |
|-----|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 11  | 火燒寮    | 414.422         | 1.489           | 0.427           |
| 12  | 瑞芳(2)  | 1073.842        | 31.877          | 0.583           |
| 14  | 五堵     | 798.404         | 14.311          | 0.542           |
| 19  | 台北(1)  | 1834.792        | 22.457          | 0.728           |
| 20  | 竹子湖(1) | 387.035         | 4.931           | 0.382           |

表 8-9 10 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表

| No. | 測站名稱   | Hornor 公式中之參數 a | Hornor 公式中之參數 d | Hornor 公式中之參數 n |
|-----|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 11  | 火燒寮    | 440.753         | 0.480           | 0.415           |
| 12  | 瑞芳(2)  | 1678.886        | 48.610          | 0.621           |
| 14  | 五堵     | 656.694         | 11.798          | 0.479           |
| 19  | 台北(1)  | 1875.037        | 23.958          | 0.708           |
| 20  | 竹子湖(1) | 374.940         | -2.499          | 0.353           |

表 8-10 25 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表

| No. | 測站名稱   | Hornor 公式中之參數 a | Hornor 公式中之參數 d | Hornor 公式中之參數 n |
|-----|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 11  | 火燒寮    | 463.737         | -0.604          | 0.401           |
| 12  | 瑞芳(2)  | 3490.478        | 82.191          | 0.693           |
| 14  | 五堵     | 469.093         | 7.039           | 0.389           |
| 19  | 台北(1)  | 1854.775        | 25.916          | 0.682           |
| 20  | 竹子湖(1) | 405.665         | -2.499          | 0.338           |

表 8-11 50 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表

| No. | 測站名稱   | Hornor 公式中之參數 a | Hornor 公式中之參數 d | Hornor 公式中之參數 n |
|-----|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 11  | 火燒寮    | 475.460         | -1.265          | 0.392           |
| 12  | 瑞芳(2)  | 6700.316        | 118.710         | 0.762           |
| 14  | 五堵     | 357.361         | 2.561           | 0.321           |
| 19  | 台北(1)  | 1812.865        | 27.468          | 0.663           |
| 20  | 竹子湖(1) | 436.845         | -2.499          | 0.332           |

表 8-12 100 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表

| No. | 測站名稱   | Hornor 公式中之參數 a | Hornor 公式中之參數 d | Hornor 公式中之參數 n |
|-----|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 3   | 竹子湖(1) | 474.338         | -2.499          | 0.328           |
| 4   | 台北(1)  | 3536.505        | 37.096          | 0.728           |
| 6   | 瑞芳(2)  | 6945.463        | 118.710         | 0.744           |
| 7   | 火燒寮    | 481.156         | -2.005          | 0.382           |
| 8   | 五堵     | 276.886         | -1.807          | 0.258           |

表 8-13 200 年重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之參數值表

| No. | 測站名稱   | Hornor 公式中之參數 a | Hornor 公式中之參數 d | Hornor 公式中之參數 n |
|-----|--------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 3   | 竹子湖(1) | 518.515         | -2.499          | 0.327           |
| 4   | 台北(1)  | 4146.803        | 37.512          | 0.736           |
| 6   | 瑞芳(2)  | 7162.360        | 118.710         | 0.727           |
| 7   | 火燒寮    | 488.106         | -2.499          | 0.375           |
| 8   | 五堵     | 269.710         | -2.499          | 0.213           |

表 8-14 不同重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之評判標準值

| 重現期距<br>測站名稱 | 1.1 年 |        | 2 年   |        | 5 年   |        | 10 年  |        |
|--------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
|              | SEE   | ME     | SEE   | ME     | SEE   | ME     | SEE   | ME     |
| 火燒寮          | 2.558 | -0.075 | 1.766 | -0.095 | 1.759 | -0.125 | 2.288 | -0.519 |
| 瑞芳(2)        | 2.347 | 0.049  | 3.836 | -0.048 | 6.399 | -0.082 | 8.036 | -0.087 |
| 台北(1)        | 2.499 | 0.389  | 0.996 | 0.073  | 2.777 | -0.268 | 4.581 | -0.470 |
| 五堵           | 0.984 | -0.050 | 1.05  | -0.026 | 2.179 | -0.148 | 3.958 | -0.177 |
| 竹子湖(1)       | 1.706 | -0.139 | 1.810 | -0.073 | 2.497 | -0.083 | 3.197 | 0.432  |

表 8-15 不同重現期距下各測站降雨強度-延時公式(Hornor 式)之評判標準值  
(續)

| 重現期距<br>測站名稱 | 25 年   |        | 50 年   |        | 100 年  |        | 200 年  |        |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|              | SEE    | ME     | SEE    | ME     | SEE    | ME     | SEE    | ME     |
| 火燒寮          | 3.998  | 1.128  | 7.252  | 2.647  | 11.338 | 4.407  | 14.577 | 5.690  |
| 瑞芳(2)        | 10.442 | -0.048 | 13.002 | 0.009  | 16.478 | -0.091 | 20.970 | -0.111 |
| 台北(1)        | 6.517  | -0.636 | 7.670  | -0.705 | 8.914  | -0.769 | 9.792  | -0.784 |
| 五堵           | 6.032  | -0.129 | 6.728  | -0.074 | 7.361  | 2.301  | 8.781  | 2.738  |
| 竹子湖(1)       | 5.116  | 0.632  | 6.951  | 0.819  | 9.079  | 1.047  | 11.518 | 1.322  |

表8-16 基隆河流域各雨量站平均之暴雨前進係數 $\bar{r}$ 值表

| 雨量站名      | 五 堵   | 台 北   | 竹子湖   | 瑞 芳   | 火燒寮   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\bar{r}$ | 0.489 | 0.415 | 0.508 | 0.499 | 0.475 |

表8-17 基隆河流域高度平衡多邊形控制面積表

| 雨量站名           | 五 堵    | 台 北    | 竹子湖    | 瑞 芳    | 火燒寮    |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 所佔面積( $km^2$ ) | 84.32  | 59.06  | 18.15  | 118.26 | 94.01  |
| 權重             | 0.2255 | 0.1580 | 0.0486 | 0.3164 | 0.2515 |

表 8-18 基隆河五堵上游集水區之模式檢定結果

| 項目 \ 颱風           |                    | 艾 貝<br>75.09.17 | 亞 伯<br>79.08.30 | 亞力士<br>76.07.26 | 貝 絲<br>74.10.03 | 道 格<br>83.08.07 | 弗雷得<br>73.08.06 |
|-------------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 觀 值<br>測          | $Q_p(\text{cms})$  | 597.80          | 779.80          | 524.40          | 627.40          | 342.92          | 508.26          |
|                   | $T_p(\text{hrs})$  | 55              | 23              | 12              | 35              | 42              | 14              |
| 模 式<br>演 算<br>結 果 | $Q_p(\text{cms})$  | 616.09          | 769.02          | 523.35          | 489.97          | 242.41          | 441.89          |
|                   | $T_p(\text{hrs})$  | 57              | 22              | 11              | 34              | 42              | 14              |
|                   | CE                 | 0.858           | 0.872           | 0.937           | 0.911           | 0.843           | 0.862           |
|                   | $EQ_p(\%)$         | 3.06            | -1.38           | -0.20           | -21.90          | -29.31          | -13.06          |
|                   | $ET_p(\text{hrs})$ | 2               | -1              | -1              | -1              | 0               | 0               |

續表 8-18 基隆河五堵上游集水區之模式檢定結果

| 項目 \ 颱風           |              | 芙瑞達<br>83.08.20 | 葛拉絲<br>83.09.01 | 歐 敏<br>68.08.14 | 尼爾森<br>74.08.21 | 諾瑞斯<br>69.08.27 | 歐菲莉<br>79.06.22 |
|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 觀值<br>測           | $Q_p$ (cms)  | 246.84          | 435.52          | 1027.48         | 1248.92         | 182.48          | 515.00          |
|                   | $T_p$ (hrs)  | 39              | 17              | 41              | 36              | 33              | 29              |
| 模 式<br>演 算<br>結 果 | $Q_p$ (cms)  | 224.93          | 410.29          | 1027.38         | 958.47          | 146.69          | 462.93          |
|                   | $T_p$ (hrs)  | 39              | 17              | 41              | 36              | 32              | 28              |
|                   | CE           | 0.956           | 0.926           | 0.962           | 0.910           | 0.811           | 0.870           |
|                   | $EQ_p$ (%)   | -8.88           | -5.79           | -0.01           | -23.26          | -19.61          | -10.11          |
|                   | $ET_p$ (hrs) | 0               | 0               | 0               | 0               | -1              | -1              |

續表 8-18 基隆河五堵上游集水區之模式檢定結果

| 項目 \ 颱風           |              | 歐 拉<br>67.10.12 | 莎 拉<br>78.09.10 | 席 斯<br>83.10.08 | 泰 德<br>81.09.21 | 耐 特<br>80.09.18 | 韋 恩<br>75.08.22 | 暴 雨<br>73.08.13 |
|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 觀值<br>測           | $Q_p$ (cms)  | 1257.00         | 429.20          | 454.10          | 343.4           | 216.40          | 730.32          | 594.52          |
|                   | $T_p$ (hrs)  | 37              | 28              | 39              | 42              | 22              | 24              | 46              |
| 模 式<br>演 算<br>結 果 | $Q_p$ (cms)  | 1256.25         | 500.71          | 426.19          | 256.33          | 164.39          | 711.04          | 551.91          |
|                   | $T_p$ (hrs)  | 38              | 30              | 38              | 42              | 20              | 24              | 45              |
|                   | CE           | 0.936           | 0.77            | 0.971           | 0.910           | 0.815           | 0.747           | 0.810           |
|                   | $EQ_p$ (%)   | -0.06           | 16.66           | -6.15           | -25.36          | -24.03          | -2.14           | -7.17           |
|                   | $ET_p$ (hrs) | 1               | 2               | -1              | 0               | -2              | 0               | -1              |

表 8-19 基隆河五堵上游集水區之模式檢定參數

| 參數 \ 颱風 | 艾 貝<br>75.09.17 | 亞 伯<br>79.08.30 | 亞力士<br>76.07.26 | 貝 絲<br>74.10.03 | 道 格<br>83.08.07 | 弗雷得<br>73.08.06 |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $N_0$   | 0.20            | 0.50            | 0.40            | 0.45            | 0.50            | 0.48            |
| $N_c$   | 0.0135          | 0.004           | 0.0077          | 0.0126          | 0.0075          | 0.0053          |

續表 8-19 基隆河五堵上游集水區之模式檢定參數

| <div> <div>颱風</div> <div>參數</div> </div> | 歐 敏<br>68.08.14 | 尼爾森<br>74.08.21 | 諾瑞斯<br>69.08.27 | 歐菲莉<br>79.06.22 | 芙瑞達<br>83.08.20 | 葛拉絲<br>83.09.01 |
|------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $N_o$                                    | 0.20            | 0.58            | 0.50            | 0.45            | 0.48            | 0.49            |
| $N_c$                                    | 0.0115          | 0.007           | 0.0055          | 0.0047          | 0.0067          | 0.0062          |

續表 8-19 基隆河五堵上游集水區之模式檢定參數

| <div> <div>颱風</div> <div>參數</div> </div> | 歐 拉<br>67.10.12 | 莎 拉<br>78.09.10 | 席 斯<br>83.10.08 | 泰 德<br>81.09.21 | 耐 特<br>80.09.18 | 韋 恩<br>75.08.22 | 暴 雨<br>73.08.13 |
|------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $N_o$                                    | 0.212           | 0.10            | 0.45            | 0.40            | 0.3             | 0.3             | 0.38            |
| $N_c$                                    | 0.0137          | 0.007           | 0.0056          | 0.0055          | 0.005           | 0.015           | 0.0083          |

表 8-20 半分布並聯型線性水庫模式之參數建議值

| <div> <div>參數</div> <div>流域分區</div> </div> | $N_o$  |       | $N_c$   |          |
|--------------------------------------------|--------|-------|---------|----------|
|                                            | 平均值    | 標準偏差  | 平均值     | 標準偏差     |
| 基隆河五堵上游集水區                                 | 0.3880 | 0.132 | 0.00801 | 0.003447 |

表 8-21 月累積雨量既有站網重覆法結果表

| 編號 | 測站名稱   | 尺度估計變異數 |
|----|--------|---------|
| 10 | 台北(1)  | 1.856   |
| 14 | 雙峻頭    | 2.137   |
| 3  | 海山     | 2.411   |
| 12 | 竹子湖(1) | 2.435   |
| 6  | 四堵     | 2.569   |
| 22 | 中正橋    | 2.700   |
| 16 | 暖暖(2)  | 2.701   |
| 5  | 新龜山    | 2.726   |
| 8  | 粗坑     | 2.954   |
| 23 | 坪林(4)  | 3.080   |
| 20 | 石碇(2)  | 3.549   |
| 2  | 基隆(1)  | 3.705   |
| 13 | 鞍部(2)  | 3.717   |
| 7  | 乾溝(1)  | 3.914   |
| 19 | 台北(12) | 3.985   |
| 18 | 五堵     | 4.303   |
| 9  | 新店(1)  | 4.596   |
| 11 | 火燒寮    | 4.788   |
| 4  | 新莊     | 5.815   |
| 1  | 大油礦    | 6.208   |
| 21 | 碧湖     | 7.286   |
| 24 | 大桶山    | 10.910  |
| 17 | 瑞芳(2)  | 10.983  |
| 15 | 淡水(1)  | 11.062  |

表 8-22 颱風時雨量既有站網重覆法結果表

| 編號 | 測站名稱   | 尺度估計變異數 |
|----|--------|---------|
| 23 | 竹子湖(1) | 1.792   |
| 4  | 坪林(3)  | 2.037   |
| 14 | 雙峻頭    | 2.065   |
| 7  | 大桶山    | 2.131   |
| 9  | 中正橋    | 2.318   |
| 13 | 竹子湖(2) | 2.542   |
| 16 | 福山(2)  | 2.570   |
| 3  | 坪林(4)  | 2.808   |
| 19 | 新龜山    | 2.938   |
| 8  | 石碇(2)  | 3.148   |
| 18 | 粗坑     | 3.209   |
| 24 | 基隆(1)  | 3.405   |
| 15 | 乾溝(1)  | 3.595   |
| 2  | 大豹     | 3.646   |
| 12 | 五堵     | 3.831   |
| 10 | 火燒寮    | 4.159   |
| 17 | 孝義(1)  | 4.194   |
| 21 | 鞍部(2)  | 4.369   |
| 22 | 台北(1)  | 4.881   |
| 5  | 碧湖     | 6.323   |
| 1  | 三峽     | 6.850   |
| 20 | 淡水(1)  | 9.289   |
| 11 | 瑞芳(2)  | 9.330   |
| 6  | 福山(3)  | 10.497  |

表 8-23 台北市地區長期降雨影響擬建議增設測站之學校基本資料表

| 編號 | 學校名稱   | 行政區域   |
|----|--------|--------|
| 91 | 北港國小分校 | 台北縣汐止市 |
| 86 | 舊莊國小   | 台北市南港區 |
| 25 | 桃源國中   | 台北市北投區 |
| 78 | 平等國小   | 台北市士林區 |
| 34 | 民權國中   | 台北市大同區 |
| 76 | 博嘉國小   | 台北市文山區 |
| 90 | 長安國小   | 台北縣汐止市 |
| 58 | 民生國中   | 台北市松山區 |
| 73 | 湖田國小   | 台北市北投區 |
| 72 | 石牌國小   | 台北市北投區 |
| 80 | 碧湖國小   | 台北市內湖區 |
| 68 | 大屯國小   | 台北市北投區 |
| 40 | 至善國中   | 台北市士林區 |
| 87 | 汐止國小   | 台北縣汐止市 |
| 68 | 瑠公國中   | 台北市信義區 |
| 55 | 芳和國中   | 台北市大安區 |
| 38 | 格致國中   | 台北市士林區 |
| 81 | 東湖國小   | 台北市內湖區 |

註：依建議設站之先後順序排列。



表 8-24 台北市地區短期降雨影響擬建議增設測站之學校基本資料表

| 編號 | 學校名稱   | 行政區域   |
|----|--------|--------|
| 91 | 北港國小分校 | 台北縣汐止市 |
| 34 | 民權國中   | 台北市大同區 |
| 25 | 桃源國中   | 台北市北投區 |
| 86 | 舊莊國小   | 台北市南港區 |
| 78 | 平等國小   | 台北市士林區 |
| 73 | 湖田國小   | 台北市北投區 |
| 58 | 民生國中   | 台北市松山區 |
| 90 | 長安國小   | 台北縣汐止市 |
| 76 | 博嘉國小   | 台北市文山區 |
| 30 | 陽明國中   | 台北市士林區 |
| 80 | 碧湖國小   | 台北市內湖區 |
| 68 | 大屯國小   | 台北市北投區 |
| 38 | 格致國中   | 台北市士林區 |
| 87 | 汐止國小   | 台北縣汐止市 |
| 68 | 瑠公國中   | 台北市信義區 |
| 40 | 至善國中   | 台北市士林區 |
| 36 | 中正國中   | 台北市中正區 |
| 81 | 東湖國小   | 台北市內湖區 |

註：依建議設站之先後順序排列。

表 8-25 台北縣地區長期降雨影響擬建議增設測站之學校基本資料表

| 編號 | 學校名稱   | 行政區域   |
|----|--------|--------|
| 83 | 欽賢國中   | 台北縣瑞芳鎮 |
| 26 | 北峰國小   | 台北縣汐止市 |
| 43 | 暖暖國小分校 | 基隆市暖暖區 |
| 42 | 武崙國小分校 | 基隆市安樂區 |
| 32 | 北港國小分校 | 台北縣汐止市 |
| 86 | 平溪國中   | 台北縣平溪鄉 |
| 36 | 五堵國小   | 基隆市七堵區 |
| 84 | 侯硐國小   | 台北縣瑞芳鎮 |
| 34 | 瑪陵國中   | 基隆市七堵區 |
| 46 | 暖暖國小   | 基隆市暖暖區 |
| 28 | 汐止國小   | 台北縣汐止市 |
| 80 | 義芳國小   | 台北縣瑞芳鎮 |
| 78 | 瑞芳國小   | 台北縣瑞芳鎮 |

註：依建議設站之先後順序排列。

表 8-26 台北縣地區短期降雨影響擬建議增設測站之學校基本資料表

| 編號 | 學校名稱   | 行政區域   |
|----|--------|--------|
| 83 | 欽賢國中   | 台北縣瑞芳鎮 |
| 26 | 北峰國小   | 台北縣汐止市 |
| 42 | 武崙國小分校 | 基隆市安樂區 |
| 86 | 平溪國中   | 台北縣平溪鄉 |
| 32 | 北港國小分校 | 台北縣汐止市 |
| 29 | 崇德國小   | 台北縣汐止市 |
| 84 | 侯硐國小   | 台北縣瑞芳鎮 |
| 34 | 瑪陵國中   | 基隆市七堵區 |
| 46 | 暖暖國小   | 基隆市暖暖區 |
| 80 | 義芳國小   | 台北縣瑞芳鎮 |
| 43 | 暖暖國小分校 | 基隆市暖暖區 |
| 36 | 五堵國小   | 基隆市七堵區 |
| 78 | 瑞芳國小   | 台北縣瑞芳鎮 |

註：依建議設站之先後順序排列。

表 8-27 以最大瞬時流量資料之選用測站站網重覆法結果表

| 編號 | 測站站號   | 測站名稱 | 河流名稱 | 尺度估計變異數 |
|----|--------|------|------|---------|
| 5  | 030H62 | 景美   | 景美溪  | 0.637   |
| 2  | 030H48 | 三峡   | 三峡河  | 0.695   |
| 11 | 030H82 | 寶橋   | 景美溪  | 0.822   |
| 3  | 030H49 | 橫溪   | 橫溪   | 0.878   |
| 8  | 030H68 | 屈尺   | 新店溪  | 0.956   |
| 6  | 030H66 | 秀朗橋  | 新店溪  | 1.153   |
| 4  | 030H58 | 五堵   | 基隆河  | 1.229   |
| 9  | 030H72 | 桶後溪  | 桶後溪  | 1.280   |
| 7  | 030H67 | 三鶯橋  | 大漢溪  | 1.722   |
| 1  | 030H10 | 福山   | 南勢溪  | 1.731   |
| 10 | 030H78 | 介壽橋  | 基隆河  | 2.149   |

表 8-28 以日最大平均流量資料之選用測站站網重覆法結果表

| 編號 | 測站站號   | 測站名稱 | 河流名稱 | 尺度估計變異數 |
|----|--------|------|------|---------|
| 5  | 030H62 | 景美   | 景美溪  | 0.505   |
| 2  | 030H48 | 三峡   | 三峡河  | 0.562   |
| 11 | 030H82 | 寶橋   | 景美溪  | 0.701   |
| 3  | 030H49 | 橫溪   | 橫溪   | 0.750   |
| 8  | 030H68 | 屈尺   | 新店溪  | 0.847   |
| 6  | 030H66 | 秀朗橋  | 新店溪  | 1.070   |
| 4  | 030H58 | 五堵   | 基隆河  | 1.134   |
| 9  | 030H72 | 桶後溪  | 桶後溪  | 1.190   |
| 7  | 030H67 | 三鶯橋  | 大漢溪  | 1.680   |
| 1  | 030H10 | 福山   | 南勢溪  | 1.692   |
| 10 | 030H78 | 介壽橋  | 基隆河  | 2.216   |

表 8-29 建議增設水文測站之順序表

| 增設<br>順序 | 測站名稱    | 河流<br>名稱 | 位置        |          | 參考座標  |       |
|----------|---------|----------|-----------|----------|-------|-------|
|          |         |          | 東經        | 北緯       | X 座標  | Y 座標  |
| 1        | 承德橋     | 基隆河      | 121°30.8' | 24°04.7' | 33.50 | 45.50 |
| 2        | 南湖大橋    | 基隆河      | 121°36.2' | 24°03.9' | 43.88 | 43.75 |
| 3        | 高速公路內湖橋 | 基隆河      | 121°33.7' | 24°04.6' | 40.13 | 45.25 |
| 4        | 麥帥二號橋   | 基隆河      | 121°33.8' | 24°03.2' | 40.25 | 42.75 |

註：參考座標原點為東經 121°10' 北緯 24°40'，座標單位為 km。

表 8-30 五堵水文站颱風事件那徐模式之參數表

| 颱風名稱        | 發生時間     | 參數 N  | 參數 K  |
|-------------|----------|-------|-------|
| 解拉(Carla)   | 56.10.17 | 1.733 | 2.635 |
| 吉達(Gilda)   | 56.11.17 | 2.369 | 2.781 |
| 娜定(Nadine)  | 57.07.24 | 1.101 | 3.098 |
| 艾琳(Elaine)  | 57.09.28 | 3.342 | 1.253 |
| 貝蒂(Betty)   | 58.08.07 | 4.985 | 1.430 |
| 艾爾西(Elsie)  | 58.09.26 | 3.637 | 1.540 |
| 芙安(Fran)    | 59.09.05 | 4.735 | 1.526 |
| 艾妮絲(Agnes)  | 60.09.17 | 1.152 | 3.766 |
| 貝蒂(Betty)   | 61.08.16 | 2.907 | 1.672 |
| 琴恩(Jean)    | 63.07.19 | 3.182 | 2.330 |
| 艾琳(Elaine)  | 63.10.27 | 1.194 | 3.169 |
| 貝蒂(Betty)   | 64.09.22 | 3.083 | 3.365 |
| 畢莉(Billie)  | 65.08.09 | 4.225 | 1.691 |
| 諾瑞斯(Norris) | 69.08.27 | 2.735 | 1.650 |
| 莫瑞(Maury)   | 70.07.19 | 3.222 | 1.583 |
| 安迪(Andy)    | 71.07.29 | 2.650 | 1.882 |
| 暴雨(Storm)   | 73.06.02 | 1.453 | 2.666 |
| 韋恩(Wayne)   | 75.08.22 | 1.584 | 3.281 |
| 亞力士(Alex)   | 76.07.27 | 1.599 | 2.674 |
| 莎拉(Sarah)   | 78.09.11 | 1.466 | 3.183 |
| 歐菲莉(Ofelia) | 79.06.23 | 2.241 | 2.152 |
| 楊希(Yancy)   | 79.08.18 | 1.228 | 3.397 |
| 露絲(Ruth)    | 80.10.28 | 1.333 | 3.940 |

表 8-31 五堵水文站上游灰色動態分析 GM(1,3)之行為因素與作用因素表

| 颱洪名稱 | 發生時間     | 參數 N  | 參數 K  | 人口密度    | 不透水面積 (%) |
|------|----------|-------|-------|---------|-----------|
| 解拉   | 56.10.17 | 1.733 | 2.635 | 565.43  | 2.929     |
| 吉達   | 56.11.17 | 2.369 | 2.781 | 565.43  | 2.929     |
| 娜定   | 57.07.24 | 1.101 | 3.098 | 588.66  | 3.084     |
| 艾琳   | 57.09.28 | 3.342 | 1.253 | 588.66  | 3.084     |
| 貝蒂   | 58.08.07 | 4.985 | 1.430 | 615.07  | 3.239     |
| 艾爾西  | 58.09.26 | 3.637 | 1.540 | 615.07  | 3.239     |
| 芙安   | 59.09.05 | 4.735 | 1.526 | 650.20  | 3.394     |
| 艾妮絲  | 60.09.17 | 1.152 | 3.766 | 671.97  | 3.549     |
| 貝蒂   | 61.08.16 | 2.907 | 1.672 | 693.88  | 3.704     |
| 琴恩   | 63.07.19 | 3.182 | 2.330 | 742.00  | 4.014     |
| 艾琳   | 63.10.27 | 1.194 | 3.169 | 742.00  | 4.014     |
| 貝蒂   | 64.09.22 | 3.083 | 3.365 | 758.33  | 4.169     |
| 畢莉   | 65.08.09 | 4.225 | 1.691 | 781.85  | 4.322     |
| 諾瑞斯  | 69.08.27 | 2.735 | 1.650 | 915.68  | 5.948     |
| 莫瑞   | 70.07.19 | 3.222 | 1.583 | 953.83  | 6.862     |
| 安迪   | 71.07.29 | 2.650 | 1.882 | 1010.83 | 7.512     |
| 暴雨   | 73.06.02 | 1.453 | 2.666 | 1064.82 | 7.288     |
| 韋恩   | 75.08.22 | 1.584 | 3.281 | 1112.30 | 7.657     |
| 亞力士  | 76.07.27 | 1.599 | 2.674 | 1136.46 | 7.976     |
| 莎拉   | 78.09.11 | 1.466 | 3.183 | 1265.27 | 8.417     |
| 歐菲莉  | 79.06.23 | 2.241 | 2.152 | 1308.86 | 8.443     |
| 楊希   | 79.08.18 | 1.228 | 3.397 | 1308.86 | 8.443     |
| 露絲   | 80.10.28 | 1.333 | 3.940 | 1364.35 | 9.607     |

表 8-32 五堵水文站上游之灰色動態分析 GM(1,3)之參數 N 與參數 K 驗證結果表

| 颱風名稱    | 參數 N  | 參數 N<br>推估值 | 擬合誤差<br>百分比(%) | 參數 K  | 參數 K<br>推估值 | 擬合誤差<br>百分比(%) |
|---------|-------|-------------|----------------|-------|-------------|----------------|
| 解拉      | 1.733 | 1.733       | 0.000          | 2.635 | 2.635       | 0.000          |
| 吉達      | 2.369 | 3.080       | -29.996        | 2.781 | 2.144       | 22.903         |
| 娜定      | 1.101 | 2.033       | -84.650        | 3.098 | 2.191       | 29.282         |
| 艾琳      | 3.342 | 3.031       | 9.238          | 1.253 | 1.954       | -55.946        |
| 貝蒂      | 4.985 | 3.358       | 32.638         | 1.430 | 2.108       | -47.413        |
| 艾爾西     | 3.637 | 2.980       | 18.050         | 1.540 | 2.256       | -46.486        |
| 芙安      | 4.735 | 2.908       | 38.596         | 1.526 | 2.369       | -55.26         |
| 艾妮絲     | 1.152 | 2.864       | -148.586       | 3.766 | 2.408       | 36.067         |
| 貝蒂      | 2.907 | 2.821       | 2.955          | 1.672 | 2.448       | -46.365        |
| 琴恩      | 3.182 | 2.725       | 14.374         | 2.330 | 2.551       | -9.483         |
| 艾琳      | 1.194 | 1.755       | -46.985        | 3.169 | 2.619       | 17.356         |
| 貝蒂      | 3.083 | 2.694       | 12.638         | 3.365 | 2.559       | 23.932         |
| 畢莉      | 4.225 | 2.647       | 37.354         | 1.691 | 2.609       | -1.798         |
| 諾瑞斯     | 2.735 | 2.403       | 12.135         | 1.650 | 2.491       | 0.262          |
| 莫瑞      | 3.222 | 2.348       | 27.136         | 1.583 | 2.218       | -40.122        |
| 安迪      | 2.650 | 2.243       | 15.343         | 1.882 | 2.19        | -16.362        |
| 暴雨      | 1.453 | 2.117       | -45.737        | 2.666 | 2.609       | 2.138          |
| 韋恩      | 1.584 | 2.024       | -27.811        | 3.281 | 2.678       | 18.395         |
| 亞力士     | 1.599 | 1.981       | -23.88         | 2.674 | 2.643       | 1.18           |
| 莎拉      | 1.466 | 1.711       | -16.674        | 3.183 | 3.126       | 1.802          |
| 歐菲莉     | 2.241 | 1.616       | 27.901         | 2.152 | 2.967       | -37.872        |
| 楊希      | 1.228 | 1.536       | -25.081        | 3.397 | 3.354       | 1.251          |
| 露絲      | 1.333 | 1.53        | -14.77         | 3.940 | 3.045       | 22.708         |
| 後驗差比值 c | 0.485 |             |                | 0.473 |             |                |
| 精度等級    | 合格    |             |                | 合格    |             |                |

表 8-33 五堵水文站上游瞬時單位歷線之  $U_m$  值隨時間變化表

| 時間(年) | 參數 N 推估值 | 參數 K 推估值 | $U_m$  |
|-------|----------|----------|--------|
| 60    | 2.917    | 2.279    | 68.704 |
| 61    | 2.856    | 2.315    | 68.719 |
| 62    | 2.796    | 2.352    | 68.737 |
| 63    | 2.735    | 2.388    | 68.785 |
| 64    | 2.675    | 2.425    | 68.817 |
| 65    | 2.614    | 2.469    | 68.903 |
| 66    | 2.554    | 2.497    | 69.075 |
| 67    | 2.493    | 2.534    | 69.305 |
| 68    | 2.432    | 2.570    | 69.595 |
| 69    | 2.372    | 2.606    | 69.949 |
| 70    | 2.311    | 2.643    | 70.373 |
| 71    | 2.251    | 2.679    | 70.870 |
| 72    | 2.190    | 2.716    | 71.447 |
| 73    | 2.130    | 2.752    | 72.112 |
| 74    | 2.069    | 2.788    | 72.874 |
| 75    | 2.009    | 2.825    | 73.741 |
| 76    | 1.948    | 2.861    | 74.727 |
| 77    | 1.887    | 2.898    | 75.847 |
| 78    | 1.827    | 2.934    | 77.118 |
| 79    | 1.766    | 2.970    | 78.563 |
| 80    | 1.706    | 3.007    | 80.209 |

表 8-34 不同重現期距下基隆河流域所模擬之設計洪峰量值表

單位：cms

| 重現期距<br>(年)<br>核胞 | 1.1   | 2     | 5      | 10     | 25     | 50     | 100    | 200    | 備註 |
|-------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 五堵站               | 431.4 | 865.7 | 1300.6 | 1626.3 | 2081.2 | 2438.5 | 2796.6 | 3311.3 |    |
| 核胞 5              | 6.1   | 11.1  | 14.0   | 15.4   | 16.8   | 17.6   | 18.2   | 21.5   |    |
| 核胞 6              | 76.2  | 159.5 | 206.4  | 229.1  | 250.4  | 261.6  | 268.9  | 315.6  |    |
| 核胞 7              | 6.2   | 11.9  | 15.1   | 16.7   | 18.0   | 18.8   | 19.4   | 22.8   |    |
| 核胞 8              | 51.0  | 113.1 | 148.1  | 164.2  | 180.0  | 188.5  | 194.16 | 232.2  |    |
| 核胞 9              | 45.9  | 99.0  | 129.0  | 143.0  | 156.2  | 163.6  | 168.4  | 200.6  |    |
| 核胞 10             | 8.9   | 18.0  | 23.3   | 25.8   | 28.1   | 29.3   | 30.2   | 35.7   |    |
| 核胞 11             | 27.8  | 58.8  | 76.4   | 84.8   | 92.6   | 96.7   | 99.6   | 118.5  |    |
| 核胞 12             | 2.8   | 5.1   | 6.5    | 7.1    | 7.8    | 8.1    | 8.4    | 10.0   |    |
| 核胞 13             | 5.7   | 12.7  | 16.7   | 18.4   | 20.1   | 21.0   | 21.7   | 25.8   |    |
| 核胞 14             | 17.8  | 32.6  | 41.2   | 45.3   | 49.2   | 51.4   | 53.0   | 62.6   |    |
| 核胞 15             | 0.5   | 0.9   | 1.1    | 1.2    | 1.3    | 1.4    | 1.5    | 1.7    |    |
| 核胞 16             | 1.7   | 3.1   | 4.0    | 4.4    | 4.8    | 5.0    | 5.2    | 6.1    |    |
| 核胞 17             | 26.4  | 49.9  | 63.4   | 69.7   | 75.5   | 78.8   | 81.1   | 95.6   |    |
| 核胞 18             | 13.5  | 25.6  | 32.6   | 35.8   | 38.8   | 40.5   | 41.6   | 49.1   |    |
| 核胞 19             | 15.0  | 28.0  | 35.5   | 38.9   | 42.2   | 44.1   | 45.4   | 53.5   |    |
| 核胞 20             | 41.2  | 79.4  | 101.4  | 111.6  | 120.9  | 126.1  | 129.7  | 153.1  |    |
| 核胞 21             | 29.6  | 52.8  | 68.3   | 76.9   | 86.4   | 92.6   | 125.1  | 143.9  |    |
| 核胞 22             | 2.0   | 3.1   | 3.9    | 4.3    | 4.7    | 4.9    | 6.6    | 7.4    |    |
| 核胞 23             | 3.8   | 6.0   | 7.5    | 8.2    | 9.0    | 9.4    | 12.7   | 14.1   |    |
| 核胞 24             | 3.7   | 5.9   | 7.3    | 8.0    | 8.7    | 9.1    | 12.2   | 13.6   |    |
| 核胞 25             | 6.0   | 9.4   | 11.6   | 12.7   | 13.8   | 14.4   | 19.3   | 21.4   |    |
| 核胞 26             | 3.6   | 5.7   | 7.1    | 7.8    | 8.5    | 8.9    | 11.9   | 13.2   |    |
| 核胞 27             | 2.5   | 3.9   | 4.9    | 5.4    | 5.9    | 6.2    | 8.3    | 9.3    |    |
| 核胞 28             | 1.0   | 1.6   | 2.0    | 2.2    | 2.4    | 2.6    | 3.4    | 3.8    |    |



表 8-35 淡水河流域主支流各控制點於不同重現期距下之最大洪峰流量

| 流域或控制點 \ 重現期距年 | 500   | 200   | 100   | 50    | 記錄最大   |
|----------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 基隆河 員山子        | 1120  | 1000  | 900   | 820   | 1000*  |
| 五堵             | 2550  | 2300  | 2100  | 1940  | 2630   |
| 中山橋            | 3600  | 3200  | 3000  | 2760  |        |
| 關渡             | 4400  | 4000  | 3800  | 3400  |        |
| 景美溪            | 2000  | 1700  | 1510  | 1300  | 1450*  |
| 新店溪 萬華         | 1220  | 10800 | 10200 | 9300  | 9900*  |
| 大漢溪 江子翠        | 15500 | 13800 | 11500 | 10400 | 13600* |
| 淡水河 台北橋        | 26000 | 23500 | 20800 | 19000 | 16680  |
| 關渡             | 28000 | 25000 | 23000 | 20000 |        |

註：

1. 單位為 cms。
2. \* 係根據記錄最大雨量推算。
3. 資料來源為「台北地區防洪計劃檢討報告」，03-(洪)-10，經濟部水資源統一規劃委員會，民國 59 年。