

易致災都市空間發展之探討：以臺北盆地都市水災形成為例

陳亮全¹ 陳海立²

論文投稿日期：95年05月30日
第一次修正日期：96年03月12日
論文接受日期：96年06月07日

摘 要

近年來國土空間的規劃逐漸受到重視，而其中「安全防災」更是新興的重要議題。都市計畫雖為其中之一環，但在災害防治議題上，仍甚少涉及「防災、減災」的課題，而多著眼於應變救災之需求，特別是為確保地震發生後緊急救災避難的功能。對於水災防治方面，在計畫層次上亦甚少涉及，但僅採取風險迴避手法或仍依賴工程的風險抑制。然而從近來水災災害損失逐漸升高的趨勢觀之，實有檢討都市計畫如何強化水災防治工作之必要。

有別於國內大多就法令規章或災害潛勢模擬來檢討空間規劃與水災防救關係的研究取向，本研究以臺北盆地都市發展歷程與水災事件作為探討對象，針對都市水災的變化及其易致災性進行分析，從而提出都市計畫在都市水災防治工作上應具備的功能之建議，期能對日後研擬國土空間規劃相關作業有所助益。

本研究發現由於都市發展改變土地使用、都市排洪能力、產業結構、建築形態與空間資本密度等，並形成水災的「易致災性」，進而提高都市水災發生的可能性、擴大水災的損失規模。因此，建議都市計畫應提升緩和災害強度、強化都市災害處理能力，以及增加災害承載量等三項功能，將可有效抑制都市環境中的易致災性，並減少災害可能造成的危害。最後，本研究認為有關災害的管制手段與公共建設終究有其強度與規模上的限度，唯有從根本促使空間規劃在防減救議題上有所作為，方能抑制災害可能造成的危害。

關鍵字：都市發展、易致災性、都市水災

1. 國立臺灣大學建築與城鄉研究所教授，國家災害防救科技中心主任。E-mail: lcchen@ntu.edu.tw。
2. 國立臺灣大學建築與城鄉所碩士，現為日本京都大學情報學研究所博士班研究生。E-mail: weirdstuffkimo@yahoo.com.tw。



Exploring Flooding Vulnerability during Urban Developing Process: Learning from the Formation of Taipei Basin Floods

Liang-Chun Chen

National Science and Technology Center for Disaster Reduction

Graduate Institute of Building and Planning, National Taiwan University

Taipei, Taiwan 10617

Hai-Li Chen

Graduate Institute of Building and Planning, National Taiwan University

Taipei, Taiwan 10617

ABSTRACT

Urban planning functions serve as an integral part of the entire spatial planning system, which is considered important in Taiwan, particularly in relation to the issues of disaster management. However, most of these discussions have focused on emergency response, which examine whether an urban area can maintain services whiling an earthquake striking. In contrast, flood studies generally utilize risk avoidance and risk control as their main strategies, and rely on how to control damage by use of hardware. Therefore, our research's aims are to discuss the function of urban planning in hazard management by clarifying flooding vulnerable space.

This study examined whether urban development causing floods through 26 major flood events in Taipei Basin rather than through regulatory reviews or scenario testings. The study then analyzed flooding vulnerability and discussed the function of urban planning in disaster management. Urban planning is found capable of relieving an impact of hazard, strengthening energy for emergency respond and improving capability of urban environment to withstand hazard. Additionally, all measures or facilities eventually have limits. The authors suggest that urban planning, as a hazard mitigation tool, should be applied for hazard reduction more than hazard prevention and emergency response. Furthermore, vulnerability should be widely analyzed and carefully suppressed via urban planning to minimize damage loss.

Keywords: Urban development, Vulnerability, Urban flood

一、前言



「空間規劃的對象雖然為實質空間環境，然其範疇卻涵蓋政治、社會與經濟等面向，其概念與環境保護、減災與永續社區相通，更為災害防救中重要減災工具」(Mileti, 1999)，而Burby et al.(1991)進一步指出空間規劃在風險管理上具有反應災害空間特性、擬定與執行減災策略等功能；另外，聯合國於「2005-2015兵庫行動綱領」³中亦強調，各國減災工作應將風險評估納入都市計畫中，同時土地使用政策與計畫應視為防災指導原則與減災監測工具，以邁向永續發展(UNISDR, 2005)。

(一)臺灣都市計畫法系中的水災防治規範

我國都市計畫法系⁴中並無直接針對特定災害防治議題進行規範，而僅有某些通則性條文可作為災害主管機關執行災害防治時的工具，如林峰田(2003)認為這些工具包括了限制土地使用項目或管制土地使用項目變更條件，或針對特定計畫區開發給予更詳細的管制；另外，都市計畫法與都市更新條例規定中，雖有為避免重大災害之發生應視實際情況進行變更，但具體上也僅有都市計畫定期通盤檢討實施辦法第七條明文規定通盤檢討時，應就防災避難場所、基礎公共設施與道路寬度等進行檢討與規劃。惟這些考量多為確保於緊急狀況時防救災資源得以確實配送、人員能迅速進行疏散避難等，而且都為地震災害而設，至於就水災防治方面仍然不甚明確(薩支平、陳亮全，2002)。相對於此建築法規方面反有明文規定，禁止在易受洪水氾濫地區內從事建築行為。

(二)臺灣都市水災防治研究之現況

近年來臺灣的都市防災研究雖有逐漸受到重視之趨勢，但亦如法規，仍多針對地震災害的防治，例如討論地震後的二次災害等相關議題，其所關注的焦點也多集中在防火遮蔽綠帶、緊急避難場所、避難道路寬度等的劃設，目的為強化都市在地震發生後的緊急狀態下，仍能維持正常運作或進行緊急救災工作。颱風豪雨所造成的水災雖為臺灣最主要的天然災害之一，近四十年災害事件總數為各類天然災害之最，而且釀災頻率也遠高於地震⁵；但不可諱言的，相較於震災防治的研究，關於水災及其防治方面的研究卻甚少受到都市計畫專業或空間規劃者的關注，長期以來此類課題多屬水利工程相關領域之研究。

從過去都市與水災相關角度進行的研究，依其研究取向可分成三類，第一類為對災害事件史料進行定性定量分析的研究，如謝信良、陳正改(1986)與古偉瀛、黃俊傑(1992)，然內容多針對颱風路徑強度與災情之間關係的分析，而較少著墨於都市發展相關議題；第二類的研究常見於降雨或逕流模式推估檢定之用的技術報告，但是多關注於地表條件狀態的變化；第三類則針對都市發展過程進行政治經濟分析的研究，如楊靜雯(2000)與殷宛之(2001)，乃藉由水災事

3. 延續1995年「橫濱策略與計畫」，聯合國於2005年日本兵庫縣所舉行的「減災世界會議(World Conference on Disaster Reduction)」中發表「兵庫宣言」與「2005-2015兵庫行動綱領」，分別表達各國參與減災之決心，並羅列各國於未來10年的減災工作重點。

4. 由於本研究乃針對都市之水災，故討論不包含非都市計畫土地的相關法規。

5. 參閱內政部統計處2002年專題分析之「淺析臺灣天然災害變動趨勢」一文。



件檢討都市失序、密集發展的過程，然就水災發生與都市發展關係而言，仍缺乏水文水理方面的論證。

(三)研究目的

基於前述國內都市計畫實務與既有研究等對於水災防治的關注皆有所不足之現況，本研究乃以水災發生頻繁，且都市發展最為顯著的臺北盆地為研究對象，具體探討都市發展與都市水災形成之間的關係，並據此分析都市水災的易致災性，進而檢討都市計畫在都市水災防治工作上應具備之功能，作為未來國土空間規劃相關作業之參考。

二、都市水災的社會易致災性

(一)環境、易致災性⁶與災害

Sidle et al.(2004)認為災害(hazard)影響人類的文化、經濟生活，反映出實質環境與社會環境中容易導致災害的特性，包含異常自然現象的程度、頻率、持續時間、延伸範圍、速度、空間傳播與時間間隔；而從環境敏感度(sensitivity)的角度，「特性」代表環境系統對於長期或是短期衝擊反應(impact -response)的彈性；從適應性能(adaptive capacity)的角度，則代表環境系統對災害的容受力或是面對災害可處理的最大限度。

Alcántara-Ayala(2002)認為這些特性即為易致災性(vulnerability)的概念，災害防救工作的目的就是在抑制環境中的易致災性，以減少災害可能造成之危害。而且易致災性會隨社會、經濟、政治與文化等條件而有所不同，不完全是人類活動或選擇的結果，而是環境中受到自然條件影響的「自然易致災性(biophysical vulnerability)」及與社會條件相關的「社會易致災性(social vulnerability)」之間相互作用的結果(圖一)，因此當災害作用於不同時間或地區時，所造成的災情將呈現出不同樣貌，亦即易致災性同時具有空間與時間兩個向度的特性，所以Cutter(2001)認為藉由比較各時期或各地的災害(disaster)，將有助於探討環境或人如何促成災害的易致災性，而如此概念亦成為本研究架構與流程設計的依據。

(二)都市發展與都市水災

宮村忠(1999)認為「都市水災」的概念尚無詳細且明確的定義，但其顯然不同於海岸地區水災(coastal flood)、河流水災(river flood)或迅洪(flash flood)等型態的水災，一般都市水災多指「人口密集都市地區的洪水災害(Kawata, 2002)」，或「都市化地區或都市下水道計畫區域的

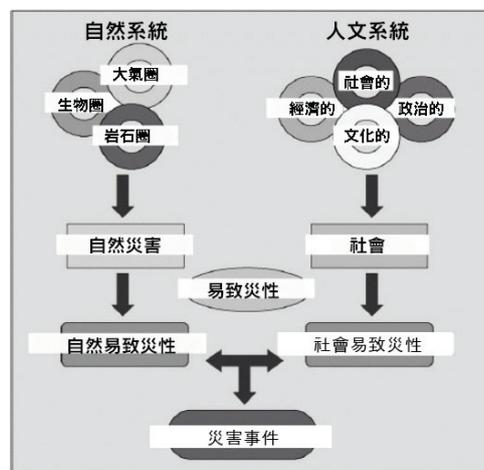
6. 此易致災性為Vulnerability的翻譯，一般譯Vulnerability為「脆弱性」，但本文因考量這些特性會導致災害的發生或擴大，故將其譯為易致災性。



外水或內水水災⁷」。

相較於其他自然災害，雖然都市水災也是由異常氣候現象造成，但所造成的危害卻不全然由自然條件所決定(Mitchell, 1998)，部分研究更進一步指出「都市發展」所造成的社會易致災性，對於都市水災的災害發生頻度與災害損失幅度的改變更具相當程度的影響；例如山崎憲治(1994)分析東京地區1974年起20年間的水災後認為，都市發展所導致都市地區實質環境的改變增加了都市地區中內水水災的發生頻率與範圍；而高橋裕(1988)分析過去日本的著名都市水災事件後發現，都市機能的複合化發展以及高度資訊化等現今都市發展趨勢，皆與都市水災損失規模增加有著密切的關係。

雖然許多研究都指出都市發展會導致水災惡化，也試圖研擬各類減災措施，但是災害並非機械論般的說法，是由一連串自然與社會條件的連鎖反應所造成的偶然事件，每次災害事件都有其都市發展的背景。因此在既無法讓災害再發生一次，也沒有能力模擬出同一場災害實況的前提下，笹本正治(1994)認為必須從過去災害事件著手分析，才能正確地理解災害與環境的關係。因此本研究認為若能從過去災害事件中，掌握都市水災的特性，進而從都市發展過程中，分析社會易致災性與都市水災之間的關係，才能具體討論都市計畫在都市水災防治工作上應具備的功能；同時應以過去史料為研究題材，並掌握歷時性分析易致災性的原則，而且還要藉助水文水理計算，才能避免研究流於純假設式的探討或是脫離現實的災情分析(笹本正治, 1994)。



圖一 天然災害的構成

本研究翻譯自Alcántara-Ayala(2002)

7. 關於內水水災與外水水災的概念，請參考日本於2003年頒布「特定都市河川浸水被害對策法案」，該法案目的為防治流經都市部分的河川流域中因發生水災而造成的的人民生命及財產損失，其中「流經都市部分的河川流域」所指的區域包含扣除河口的都市河川區間，以及都市雨水下水道的排水區域。



三、研究架構與方法

本研究之進行，首先透過文獻回顧，釐清都市發展、社會易致災性與都市水災三者間的關係後，再回顧臺北盆地1960年至2001年間的水災事件，彙整出都市水災的特性。其次，針對汐止地區進行更詳細的水文水理估算，進一步探討因都市發展所造成的社會易致災性對於都市水災特性之影響，最後從易致災性抑制的觀點，檢討都市計畫在都市水災防治工作上宜具有的功能，並歸納上述分析結果與檢討提出建議。

在研究方法方面，有關臺北盆地歷年水災事件的分析，採用「敘述性統計方法」分析水災分布區位與災情，並掌握水災現象的變化；而汐止地區的詳細水文水理估算，則以「經驗式推估法」並援用相關研究之經驗公式，來比較不同時期的估算結果，檢討導致都市水災的「社會易致災性」。以下再就前述二項研究方法詳加說明：

(一)敘述性統計方法

本研究將藉由王如意等人(1997)所整理之臺北盆地過去40年間水災相關的數據與圖表，予以組織化與表述，並利用各種圖表與統計計算進行分析說明，以達成掌握臺北盆地水災變化以及都市水災特性之目的。

(二)經驗式推估法

基於臺北盆地水災變化的分析結果，選定盆地內某一適合進一步估算的區域與時間點，並藉由該區域之空照圖、災害調查報告等資料的輔助，模擬該區域於不同時期的都市發展狀態以及當期實際發生水災事件的狀況，接著引用後述兩研究的經驗公式，作為檢討都市發展可能導致之社會易致災性的基礎。以下再扼要說明本研究所援用之經驗公式：

1.洪峰增加量推估之經驗公式

本研究為推估洪峰增加量，引用黃心慧(2000)之研究，從逕流曲線值計算結果，求得某集水區於某一時期相較於完全未開發狀態時的洪峰增加量；換言之，若能藉由集水區於不同時期之逕流曲線值(CN值)⁸變化的觀察，將有助於了解土地使用改變與洪峰量變化之關係。

而在估算洪峰增加量前，首先需蒐集某集水區之土壤組成(i)與其面積(A_i)，某時期的土地利用組成(j) 與其面積(A_j)，並依式1與式2可算得該集水區於該時期的逕流曲線值。

$$CN_j = \sum_{i=1}^1 CN_{ij} A_i \quad (1)$$

$$CN = (\sum_{j=1}^m CN_j A_j) / A \quad (2)$$

8. CN值(curve number)為美國水土保持局發展的SCS入滲率損失法所產生的概念，CN值由土壤覆蓋種類、臨前水文條件所決定，用於計算某一特定雨量下所產生的地表逕流量扣除量。



其中：

CN_j ：土地使用類別 j 的逕流曲線加權曲線值

CN_{ij} ：土壤類別 i 土地使用 j 的逕流曲線值

CN ：逕流曲線值

A_i ：土壤類別 i 的土地面積

A_j ：土地使用類別 j 的土地面積

i ：土壤類別($i=1, \dots, l$)⁹

j ：土地使用類別($j=1, \dots, m$)¹⁰

其次，依集水區在完全未開發的逕流曲線值(CN_0)與完全開發的逕流曲線值(CN_{100})，利用內插法可算出該集水區的開發度(d)如式3所示，接著引用黃心慧(2000)之研究，將開發度代入其研究結果中的迴歸式，得到該集水區於某特定開發狀態下相對於完全未開發時洪峰量的增加量(X) 如式4所示。

$$CN = (1-d) CN_0 + d CN_{100} \quad (3)$$

$$d = -58.84X^2 + 137.5X \quad (4)$$

最後，依照式5可計算出前後時間點洪峰增加量(X_n 及 X_{n-1})之變化幅度(ΔX_n)，如此可評估一特定時期內，其土地利用改變所造成在河川水理上的效應。

$$\Delta X_n = (X_n - X_{n-1}) / X_{n-1} \quad (5)$$

2.水災損失推估之經驗公式

臺灣有關災情歷史資料多為統計數據或是文字紀錄，且統計對象與時間範圍不一，多只針對公部門所認定的損失加以統計，無法反映出災區實際受災的狀況與特性。因此本研究除了整理災情文字與一般統計數據資料外，尚擬自行引用相關方法估算過去水災事件的損失，以求較精確地掌握不同時期都市發展與水災損失內容之間的關係。本研究引用之推估方法乃為王如意、蘇明道(2001)從災後損失調查所建立的「土地使用(j)-淹水深度(k)-淹水損失(d)」的關係式¹¹，並將該關係式整理成一水災損失推估關係式如式6所示：

$$D = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n A_{jk} U_{jk} d_{jk} \quad (6)$$

其中：

D =颶風事件總損失， j =土地使用類別¹²， k =淹水深度別¹³， A =淹水面積，

9. 林務局農航試驗所將土壤分為ABC三種，不同成分的土壤會依據土地利用會對應到一CN值。
10. 根據農委會水土保持局土地利用分類表之定義，地表使用狀態可依「粗糙程度」分為建築用地、遊憩用地、交通用地、荒地、水田、旱田、果園、林地、草地、水利用地、河川湖泊、水池。
11. 關係式住宅損失由家庭設備損失與機電設施損失組成，工商業損失分為四大產業分別為辦公室業、製造業、批發業、零售業，詳細定義內容詳見王如意、蘇明道(2001)之研究。
12. 見附註10，其中建築用地考慮住商混合與建築形式分為一般住宅、13樓以上高層住宅與工商用地。



U =單位土地面積家庭或商家單元量， d =每家庭或商家單位的損失金額

一般而言，颱風事件中淹水損失，與「淹水深度與範圍」、「受災對象之數量」以及「受災對象之內容」三項特性有很大的關係，因此估算損失時需要建立淹水面積的土地使用組成(A)、單位面積住家商家家數(U)、單位住家商家損失金額(d)組成三者的對應關係。在三項特性中前兩者的對應關係，本研究利用「映射(mapping)」的概念，假設住宅區內各類建築物類型比例或是工商業區內工商業業種比例皆呈均勻分布；其中住宅區單位面積的各種住宅類型的戶數比例可依照戶口普查中的各類建築物總戶數比例與住宅類型面積表換算而得，工商業區單位面積各類產業商家數則依照工商普查中各類商家家數與持有土地面積比例換算而得。在三項特性中後兩者的對應關係，則參考王如意、蘇明道(2001)的災後損失調查結果推得。

四、臺北盆地歷年水災分析

(一)臺北盆地歷年水災與治水事業概要

臺北盆地內河川交錯蜿蜒，且河川進入盆地後河床坡度驟降，每逢颱風暴雨往往造成河川氾濫，特別又以溪流匯流地區如板橋或木柵等，以及河道蜿蜒處如基隆河下游等區域最為嚴重(陳三井，1981)；根據水利署第十河川局的記錄，臺北盆地自1960年代起至2001年間共發生26場因颱風或暴雨導致的重大水災事件¹⁴。其間，1960年到1980年間水災發生相當頻繁，特別密集的時期為1968到1972年，以及1976到1984年兩個時段，而自1987年琳恩颱風後的十年間臺北盆地僅出現少數幾場較嚴重的水災。然而到了1996年後水災發生頻率再度提高，五年間共發生了六場較大規模的水災。

另一方面，臺北盆地於日治時期就開始在淡水河部分河段配置堤防及護岸設施。到了1950年代的「肇始規劃治理階段」(許銘熙等人，2000a)則以限制淡水河左岸洪泛平原發展與提高淡水河右岸防洪強度兩項措施為主，爾後行政院於1970年代末期決議在臺北地區防洪計畫中，優先施作二重疏洪道，並逐期提高淡水河擋水牆的設計強度到200年洪水頻率。同時，改制後的臺北市也大力推動下水道與支流整治的工作，1988年起的第三期臺北地區防洪計畫則開始加強都市雨水下水道工程，並緊接著在臺北地區防洪計畫結束後開始基隆河治理工程，並且持續增加市區排水設施量，並將整治範圍擴大到基隆河中上游河段地區。

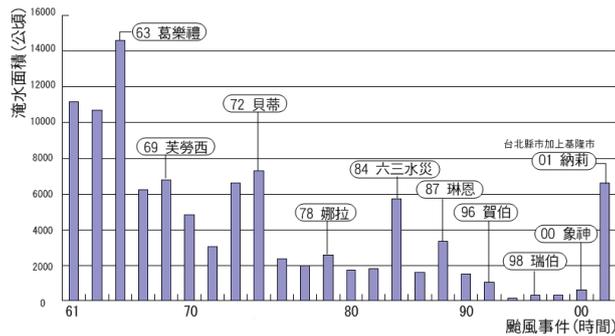
(二)歷年水災淹水面積與區位變化

13. 該研究將淹水深度分為分別為0.5公尺(低於1公尺)、1.5公尺、2.5公尺(2公尺以上)。

14. 分別為1962愛美、1963葛樂禮、1968艾琳、1969艾爾西、1969英勞西、1970英安、1971艾妮絲、1971貝絲、1972貝蒂、1976畢莉、1977薇拉、1978娜拉、1980諾瑞斯、1981莫瑞、1982西仕、1984六三水災、1985尼爾遜、1987琳恩、1990揚希、1990亞伯、1996賀伯、1997溫妮、1998瑞伯、1998芭比絲、2000象神、2001納莉。



三重、社子、蘆洲、五股等淡水河下游地區由於地勢低窪排水不易，且防洪工程一直多集中在臺北市周邊的淡水河東岸、南岸等原因，往往導致因河川氾濫造成大面積的淹水；在1960到1970年代水災事件中，淹水面積超過6千公頃以上的水災計有七次(圖二)，當中以面積達1萬5千公頃的葛樂禮颱風最為嚴重(圖三)。



圖二 臺北盆地歷年水災淹水面積圖

資料來源：本研究整理自王如意等人(1997)



圖三 葛樂禮颱風淹水分布圖



圖四 六三水災淹水分布圖



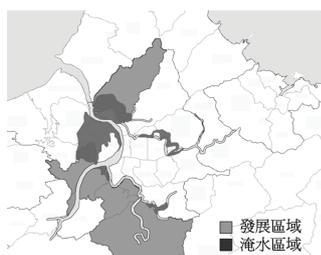
圖五 納莉颱風淹水分布圖

隨著二重疏洪道等臺北地區防洪計畫工程逐漸完成後，淡水河下游河道的負擔獲得有效紓解，使下游低窪地區大面積淹水情形得以減少(鄭政誠，1996)。雖然臺北市區內仍出現多處零

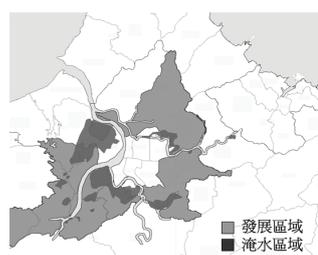


星淹水的區域，但整體而言，淹水面積自1970年代末期呈現逐漸下降的趨勢，不過1984年的六三水災(圖四)與1987年的琳恩颱風後淹水狀況卻有了改變，淹水面積雖然沒有如1960年代廣泛，但是支流氾濫與堤後積水的面積卻相對增加，呈現與過去下游大面積氾濫不一樣的水災面貌。到了1996年後，水災出現次數又逐漸增加，且不論颱風強度，皆造成不等面積的淹水(圖五)，這些淹水區域根據張石角(1988)對洪水敏感區的解釋可分為三類：中游或是支流匯集地區，如汐止、木柵等地區(象神颱風主要淹水區)；盆地邊緣平地山麓交接地區，如內湖等地區(溫妮颱風主要淹水區)；都市內低窪地區，如板橋中永和等地區(賀伯颱風與納莉颱風主要淹水區)。此幾類型的淹水區域與早期的水災受災區所反映出先地理條件劣勢的情形大不相同。

臺北盆地在經歷60年代與70年代的城鄉移民潮、70年代洪水平原開發管制的解禁與郊區化發展、80年代山坡地開發以及90年代基隆河走廊開發建設等幾個時期，40年間的環境變化十分劇烈。從歷年臺北盆地人口數量相對增加較大的新開發區域¹⁵ (圖六至圖九淡色區塊)分布之變化，可看出新開發區域乃從盆地中心鄰近區域逐漸向外圍擴張。同時，值得注意的是，圖中新開發區域與當時期颱風事件的淹水範圍(圖六至圖九深色區塊)之間，似乎可以發現存在有空間與時間上一定的關聯性。



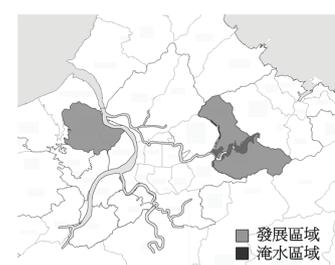
圖六 60年代發展區與艾琳颱風淹水區



圖七 70年代發展區與六三水災淹水區



圖八 80年代發展區與亞伯颱風淹水區

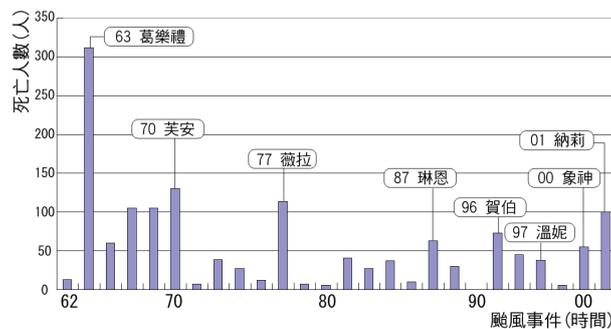


圖九 90年代發展區與象神颱風淹水區

15. 將臺北縣市各區自1960年起每五年的人口密度變化量相對增加幅度較大的區域，以及當時期發生的颱風事件之淹水位置進行套疊後而得。

(三) 歷年水災災情變化

自古以來臺北盆地深受水患之苦，民眾生命或財物的損失皆相當可觀，尤以60到70年代間因颱風事件所造成的溺斃與失蹤人口動輒百人最為嚴重(圖十)。根據臺灣銀行經濟研究室(1967)的研究，1963年的葛樂禮颱風時，淡水河水門周邊淹水深度即超過2公尺，三重蘆洲等地區更達3公尺以上，由於外水型氾濫對於生命的威脅遠超過內水型水災，加上當時建築形式老舊且較為低矮，不能提供避難功能，因而每每造成了相當嚴重的傷亡人數(陳克誠，1967)。隨著下游兩岸防洪保護強度逐漸提高，70年代末的颱風造成溺斃失蹤人數已逐漸下降，但相對的因坡地災害死亡的人數比例卻逐漸增加，如琳恩颱風時其比例即佔總死亡人數的80%；值得注意的是這些坡地災害事件多發生在臺北盆地周邊新興社區內(張石角，1988)，此亦為每次災害之整體死亡人數無法大幅下降的關鍵。



圖十 歷年水災死亡失蹤人數統計圖

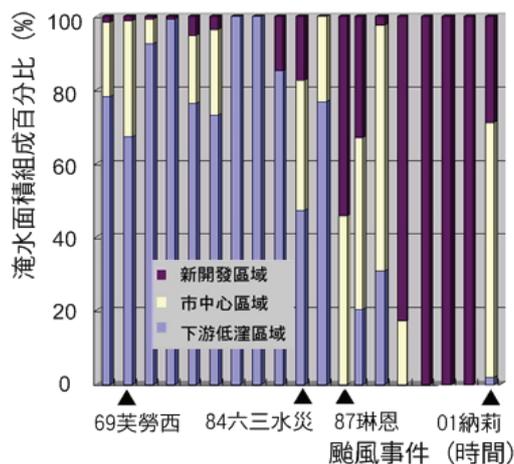
(本研究整理自王如意等人(1997))

其次，在財物損失方面，臺北盆地的單位淹水面積損失並沒有因為淹水面積縮小而下降，反從1969年芙勞西颱風的每公頃損失13萬元，提升到1984年六三水災的103萬元，1987年琳恩颱風時更達每公頃330萬元之多(臺北市政府工務局都市計畫處，1992)。這種趨勢可從圖十一颱風事件淹水面積組成百分比圖¹⁶得到解釋，由於盆地外圍新興開發區域逐漸取代了過去下游低度開發區域成為主要的淹水區域，因此雖然淹水面積不如60年代的水災事件般驚人，但災害損失卻隨淹水區位上游化與新開發區域擴散而大量提高。

90年代末期死亡失蹤人數再度攀升，但考其原因除了坡地災害、河川暴漲等原因外，還包含了都市地區的地下室溺斃事件、救災過程中的意外死亡事件，以及其他與淹水無直接關係的種種原因，充分反映出90年代的都市地下化與機能複合化的發展結果；另一方面，水災損失成長之原因與都市相關建設有關，例如納莉颱風造成臺北市3,500公頃的淹水面積，其中包含捷

16. 將臺北盆地分為60年代防洪設施尚未大量施作前的易氾濫區域、盆地中心區域以及新興開發區域等三種組成分類後，再將歷年颱風淹水區域統計數據代入而得。

運車站與地下線路等大型公共設施與近3,000棟建築物的地下室，以致整體重建粗估經費即達百億元¹⁷，也影響都市生活的甚劇，形成近年水災的特徵。雖然今日都市的淹水面積無法與過去動輒6,000公頃以上之災情相比，但其危害的嚴重程度卻遠超於過去。



圖十一 颱風事件區域別淹水面積組成百分比圖

(資料來源：陳海立(2004))

(四)小結

由以上臺北盆地過去40年水災事件回顧可知，無論淹水面積、淹水範圍的區位、死亡人數及災情內容等面向，在不同時期皆有很大差異，而這些改變與臺北盆地的都市發展過程有相當的關係。本研究認為可根據前述水災特性將臺北盆地歷年水災變化分為三期，分別為早期水災時期(1960~1980年)、水災轉變時期(1981~1995年)與都市水災時期(1996年~)，其特徵如表一所示。

五、都市發展的社會易致災性分析

本節將針對臺北盆地內多次發生水災的汐止地區，藉由經驗式推估法的計算結果與相關資料，更仔細地從都市發展的過程，探討社會易致災性對都市水災特性的影響。由於汐止從產煤煉銅小鎮迅速成長為以精密製造業為主的衛星市鎮，整體環境改變甚大。同時，汐止也從早期多因臺北盆地大淹水被波及成災的情形，變成了90年後半都市水災時期中最主要的淹水區。此外，由於天然地形條件，兩側山坡地開發所產生的排水負荷量均會直接作用在基隆河之河谷平

17. 全文見財訊236期11月號，<http://monthly.wealth.com.tw/236/23660.htm>，(2004年9月13日)。

原(經濟部水利處水利規劃試驗所, 2000), 所以本研究選擇汐止作為進一步分析都市發展、社會易致災性與都市水災之間關係的對象。其次, 分別以80年代末期該地區山坡地開發熱潮, 與90年代中期基隆河河谷平原積極開發作為研究時間分段點, 並藉由相關災後調查報告與研究, 依據各時期都市發展狀態與當期主要的颱風事件(表二), 來推估汐止各支流集水區的洪峰量與水災事件的推估損失金額。

表一 臺北盆地各時期水災特徵比較表

水災分期	1960~1980年 早期水災時期	1981~1995年 水災轉變時期	1996年~ 都市水災時期
颱風數量	颱風每年侵臺數量與過去50年統計平均數接近	颱風每年侵台數量與過去50年統計平均數接近	數量不變, 但颱風規模與降雨強度增加
重大水災多發年度	1961~1963年 1968~1972年 1976~1978年	1984年 1987年 1990年	1996~1998年 2000~2001年
淹水區位	下游地區、河川匯集河段與低洪水防禦區域	低洪水防禦區域為主, 出現淹水區域上游化現象	持續轉移至支流, 盆地坡地周邊與堤後低窪地區易淹水
淹水形態	外水水災	外水水災與內水水災	內水水災與外水水災
死亡失蹤人數與原因	高死亡人數, 以河川氾濫溺斃為主	人數逐年下降, 以溺斃與坡地災害受災為主	人數再度提高, 含坡地災害、地下空間溺斃與救災意外等諸多原因
災害損失特性	農業損失與物價上漲為主要影響	都市地區單位面積的災害損失金額快速增加	高度發展區域淹水, 單位面積損失大大提高, 災情影響面亦擴大

資料來源：本研究整理

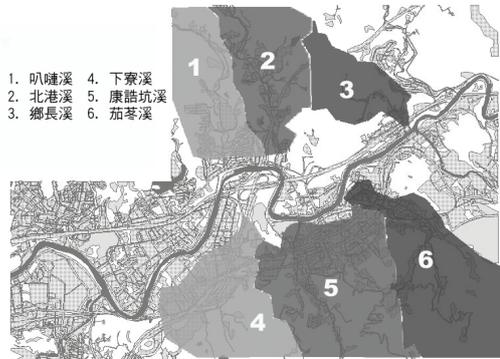
表二 估算汐止地區水災損失用颱風事件與空照圖年期表

時間劃分	颱風事件	空照圖年期
山坡地開發熱潮前	1987年琳恩颱風	1986年空照圖
河谷地開發熱潮前	1997年溫妮颱風	1994年空照圖
山坡地與河谷地開發後	2000年象神颱風	2002年空照圖

(一) 洪峰增加量與水災損失推估結果

本研究依前述時間分段點, 將汐止三個時期的空照圖依照土地使用類別進行數值化後, 分別代入式1至式4, 可得到汐止境內六條溪流(圖十二)在不同時間點相對於原始開發狀態之洪峰增加量, 並依式5可得到洪峰增加量之變化(表三); 其中, 除叭噠溪外其餘溪流之洪峰增加量的變化均呈現逐年增加, 且集中在1986年到1994年間, 如以山坡地社區分布最為密集的北港溪、茄苳溪及下寮溪流域, 顯示因山坡地開發導致逕流增加的效應早於1990年代初期就已經形成。



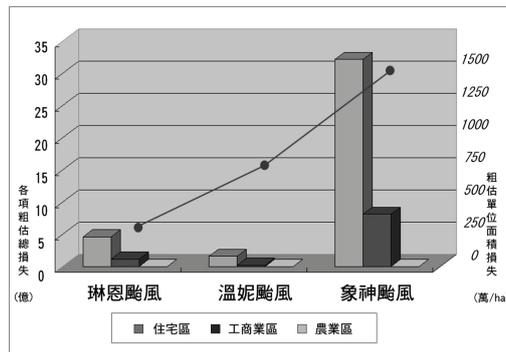


圖十二 汐止地區各集水區分布圖

表三 集水區洪峰增加量之變化表

集水區 \ 年代	1986年	1994年	2002年
叭嘽溪	15%	17.8%	17.0%
北港溪	14.1%	16.5%	16.5%
鄉長溪	5.9%	9.6%	13.3%
下寮溪	22.6%	28.8%	31.3%
康誥坑溪	24.3%	27.7%	28.6%
茄苳溪	17.7%	20.5%	20.7%

將汐止不同時期各類土地使用面積與相關統計，與三場颱風事件淹水深度的範圍¹⁸，代入式6可得水災損失推估結果；從圖十三中黑線的變化可知，琳恩颱風所造成的災害損失粗估為每公頃230萬元¹⁹，溫妮颱風時為720萬，象神颱風則上升到1,400萬元²⁰，說明水災損失增長顯然受到都市環境改變的影響。



圖十三 琳恩颱風、溫妮颱風與象神颱風損失組成與單位面積推估損失比較

(二)都市發展所造成的社會易致災性

- 請參見蔡清彥(1987)、許銘熙(1998)、陳亮全等人(2000)、許銘熙(2000b)與防災國家型科技計畫辦公室(2002)之水災災後調查報告。
- 本研究應用調整係數的概念(王如意、蘇明道, 2001)，以照當年度臺北縣市物價統計資料，將琳恩颱風造成汐止的損失統計數據轉換為臺北市則為303萬元，與實際統計數據330萬雖有段差距，但由於臺北市東區一帶本屬精華地區，因此應可接受。
- 象神颱風住家損失約為32.2億元，而王如意、蘇明道(2001)推估住宅區損失為22億元，可能因為以79年戶口普查中全臺北縣加總資料為主，而本研究採空照圖直接數化，比較接近汐止高度密集開發的現實，另一個原因為國稅局申報與核定淹水損失之標準較嚴格之處。

延續對於都市水災特性的探討，本節將基於汐止地區的都市發展與上小節計算結果，進一步分別就土地開發方式、都市排洪能力、產業結構、高層住宅建築形態與都市資產等五個面向，來分析都市水災與社會易致災性的關係。

1. 土地開發方式

臺北盆地的郊區化發展帶動山坡地開發，汐止地區的山坡地大規模整地與排水設施造成了洪峰量大增(表三)；雖然80年代末期開發建設熱潮期間沒有遭遇颱風豪雨，但是增加低地排水負荷的效應實已形成。到了90年代後半，屬於低地排水區的基隆河兩岸河谷平原進入開發熱潮，集合住宅、精密製造業工廠與公共設施取代過去大型煉鋼廠房或是天然滯洪區(表四)；因此當因過去山坡地開發增加的逕流量流入近年密集開發的都市化區域，造成的損失當然是前所未有的。除了汐止地區之外，同樣的情形也發生於臺北盆地周邊的新興開發區域，如溫妮颱風侵臺時發生的內湖大湖山莊淹水事件，也是土地開發結果的呈現。

表四 基隆河兩側100公尺地區土地使用別面積百分比表

年代	1986	1994	2001
土地使用			
住宅區	5 %	6 %	8 %
工商業區	4 %	8 %	9 %
公共設施	8 %	14 %	22 %
農用地	5 %	2 %	4 %
荒地	2 %	6 %	16 %
草地竹林	69 %	54 %	31 %
其他(含水體)	7 %	10 %	10 %
總計	100%	100%	100%

資料來源：整理自本研究計算結果

2. 都市排洪能力

土地使用變化除了加重都市排洪系統的負擔外，同時也減少了天然排洪與滯洪的能力，例如農田對於高地排水具有緩衝作用，田埂、水池與圳道可以有效發揮滯洪作用，但這些天然排洪或滯洪能力，皆因為都市發展而喪失。另一方面，臺北盆地內排水相關的公共建設可分為中央層級的「主要河川治理」建設，與地方層級的「區域排水」設施兩部分。然而，前述的新興開發區域卻多位處非優先治理河段，地方層級的區域排水設施規劃量不足與建設進度延宕²¹，造成人工排洪能力無法隨著都市發展相對提升以彌補天然排洪能力的喪失，加上部分區域由於鄰近的非都市計畫區人口增加迅速，帶來額外的排水負擔，因此更提高了此等新興區域的易致災性。

3. 產業結構

21. 根據臺北縣統計要覽數據，汐止地區排水設施在90年代每年新增管線長度僅為0到500公尺不等，直到2000年才大幅增加，但是此時的汐止已經發生4場水災。



除了土地使用項目改變造成的效應外，因都市發展而帶來產業結構的變化亦反映在水災損失內容與金額上。汐止80年代以前屬於工商業使用項目之土地以製造業佔70%左右為主，特別是基隆河兩岸低窪地區建有如鍊銅業的大面積製造業廠房。近年來隨著產業升級，逐漸轉為以技術導向與高科技為主的產業(沈發惠，1998)，單位面積投入產值不斷提升(表五)，但卻也因此提高可能的損失金額。另外，產業區位選擇亦是影響損失的關鍵；80年代末期起大量的電子工廠陸續遷入土地價格較為便宜的社後地區，這些地區不僅地勢本屬低窪，且為1987年琳恩颱風時的淹水範圍。因此2000年象神颱風時的淹水面積與範圍，雖與琳恩颱風時相差不遠，但由於產業結構改變、資本與產值提高，工商業的推估損失金額乃從每公頃130萬元提高至900萬元之多(圖十三)。

表五 汐止地區製造業之變化表

年代	1986年	1996年	2001年
製造業			
總家數 (家)	685	1,451	1,693
每家廠房面積	2,094	746	506
單位面積產值	18,678	64,180	132,676

資料來源：本研究整理自該年度之工商及服務業普查

4.住宅建築形態

高層集合住宅社區²²為90年代起臺北盆地內各地新建住宅的主要形態，而住宅區損失更是都市地區水災推估損失的主要部份(王如意、蘇明道，2001)，雖就單位面積地面層住戶數(直接損失受災戶)而言，高層集合住宅社區與密集連棟街屋或雙拼公寓間無太大差別，但對於都市水災損失的影響卻有很大不同。

首先高層集合住宅都設有機電設備，這些設備價格不貲且多設於地下室空間，淹水時最易受損；從表六可看出機電設備損失佔住宅區損失比例逐漸增加，成為不可忽略的部分。其次，高層集合住宅的大面積地下室空間，除作停車與設備空間外，尚可提供作社區活動等多用途使用；然而地下室空間逃生方式及其困難度不同於地面，在象神颱風與納莉颱風時，皆有因為搬運貨物、舉辦活動或搶救過程緩慢造成地下室集體溺斃事件，此為早年琳恩颱風時不曾發生之事故。此外，高樓層住戶雖然不會因淹水而造成家庭設備的直接損失，但其生活機能甚至房價皆可能受到影響，因此間接損失²³隨著高樓層集合住宅的出現而逐漸增加；例如汐止地區在象神颱風的住家損失中，推估的間接損失已經接近直接損失的金額，然而這並無法反映在公部門的災情統計或民眾向國稅局申報損失的數據上；此類狀況已成為都市水災損失的特性之一。

5.都市資產

22. 本研究根據戶口普查與統計要覽的統計分類，指「高層集合住宅」為13樓以上的住宅。

23. 鄭思蘋(2003)研究納莉颱風受災戶資料後推估每戶接淹水損失約為直接損失的50%，損失項目中以房價下跌的比例最大，其他依序為租金下降、斷水斷電、交通受阻、停止上班等因素。

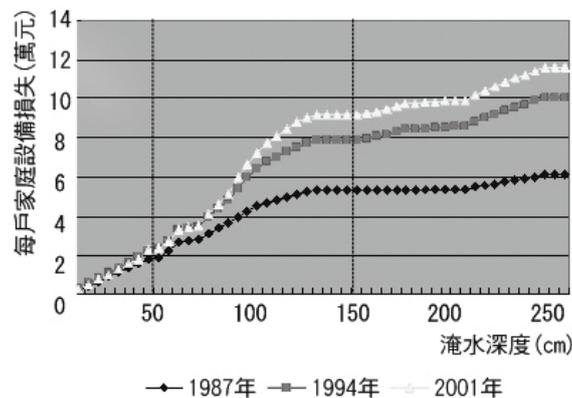
都市資產包含了公共與私有兩部份。首先都市公共設施設備損失的嚴重性不同於私部門的住宅與工商業損失，因為公共設施設備除了承受直接的財物損失外，更連帶會使災情規模擴大；例如象神颱風、納莉颱風時，汐止地區皆因淨水廠、變電所、電信設備與聯外交通遭到淹沒而導致整個地區機能陷入癱瘓；不僅災害資訊傳遞出現問題，也使救災資源的投入效率大打折扣，而且災後復建更耗費相當長的時間，徒增許多社會成本。

資產設備水準的提升更直接反映在損失金額的增加上，以都市資產中的個人家庭設備損失為例，隨著新式家庭設備不斷推陳出新，電子類家電產品也越來越普及，但由於這些新類型資產設備的抗洪能力並沒有相對提升，因而反成為住宅區損失大幅提升的關鍵因素之一。由圖十四²⁴可知，當淹水深度為150公分時，1987年當時的每戶家庭設備損失約5萬多元，但到2001年則增加到9萬多元；而當淹水深度約達一層樓高度時，每戶損失的差距接近1倍。

表六 住宅區損失概況表

損失項目 \ 颱風名	琳恩颱風	溫妮颱風	象神颱風
淹水戶數	11,741	2,567	36,429
影響戶數	32,516	9,579	141,346
損失(萬元)	46,082	15,780	315,428
機電損失占總損失比例	0.01 %	0.04%	2.14%

資料來源：整理自本研究計算結果



圖十四 汐止地區淹水深度與家庭設備損失對應曲線圖

(資料來源：整理自本研究計算結果)

24. 損失對應曲線概念請參考王如意、蘇明道(2001)根據調查得到的「一般家庭基本配備淹水損失表」，而普及率則參考北縣歷年統計要覽與臺灣地區家庭收支調查，最後進行各項物品的損失加總，即可以得到一般家庭在不同年代不同淹水高度的損失金額對應曲線。



6.小結

歸納本小節有關都市發展所造成都市水災的易致災性之探討，易致災性可概分為三類：第一類乃導因於土地使用，土地使用項目的改變會影響到都市水災發生頻率與形式，而都市發展的區位會影響受災對象具不同的特性，進而造成災情損失規模的差異；第二類則與公共設施有關，防洪相關公共設施的不足不僅會提高災害發生的可能，更可能擴大災害的損失規模；第三類則屬都市發展所帶來的易致災性，如產業升級、高層集合住宅增加、都市生活水平提高、高度資訊化等現象，雖與水災的發生無直接關係，但會提升淹水區域直接損失金額，對擴大間接損失影響範圍、人員死亡組成與災後復建的難易等亦產生相當重要的影響。

(三)從易致災性檢視都市計畫應有之功能

都市計畫的目的之一為合理的土地規劃，而主要是透過土地使用項目與公共設施等之規劃管制，來確保良好的都市環境品質。事實上，任何開發活動多少帶有風險，只是被認為沒有風險的活動多半是因為人們身在這個環境而不自覺，或其程度被認為低於可能造成災害的門檻(Tansel,1995)；因此若能針對都市發展過程可能產生的易致災性，有效運用都市計畫工具加以減緩或抑制，應能降低都市水災可能造成的危害。綜合以上各節之探討，本研究認為都市計畫在水災防治上應具「緩和災害的強度」、「強化處理災害的能力」與「增強承載災害的能力」三項功能，並依此嘗試提出對臺北盆地可能的建議以供參考。

1.緩和(relieve)災害的強度

從臺北盆地的歷年水災區位與洪水平原發展之間的探討可以了解，都市水災的高風險淹水區域並非僅由先天的自然條件所決定，而是會隨著都市發展而不斷改變；從汐止的洪峰量與損失推估實證案例亦可明顯發現，土地使用內容會改變地表粗糙度與流域逕流量，進而影響水災發生的可能性、區位與形式，並且進而促使新的土地使用內容產生不同的易致災作用，形成一循環狀態。

因此在都市發展用地有限的條件下，都市計畫必須要動態地顧及開發需求與災害風險的考量，不論是採取管制還是有限度開發等策略，都需要建立空間規劃與災害防救工作相互檢核的前提，來進行都市整體的土地使用規劃，減少高強度使用導致高風險區的形成，其具體手法如進行定期的都市通盤檢討時，必須與基於易淹水潛勢評估結果而制定的地區災害防救計畫間相互結合，或是都市計畫的管制對象與內容應隨水災型態或區位的改變而隨時檢討，而非一成不變地僅依照早期劃設的行水區、淹水敏感區等既定規範進行規劃，避免將土地管理與災害防救業務完全切開進行。

而在土地使用的具體內容方面，應著重於整體逕流量的控制，尤其對於災害高潛勢區的管理，可以透過土地使用與強度的管制，或設置逕流量的調節設施，來避免或降低因開發可能升高的尖峰逕流量驟增的現象。此外，由於堤後低窪地區域的內水積水成為都市水災的主要淹水型態之一，不僅發生時間短且造成局部地區高額的損失與死傷，因此以小區域作為都市計畫單



元的檢討作業是必要的。

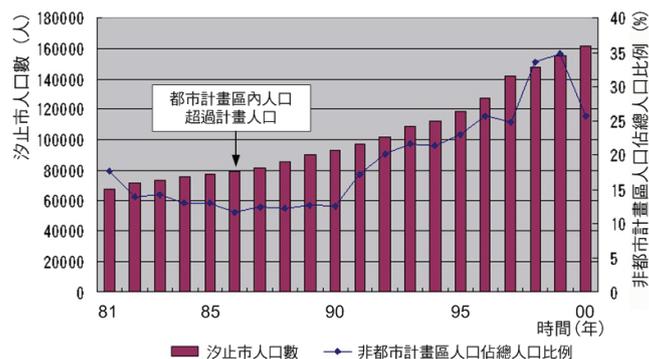
前述都市計畫功能的增強手法都可供台北縣市參考；而具體上例如宜儘速基於過去與未來二、三十年，臺北盆地因發展而改變或可能將改變的高淹水潛勢區位(推估)資料，進行都市計畫(含分區通盤與整體)之檢討與修訂，以達緩和災害強度之目標。

2.強化處理災害的能力

都市計畫中公共設施的規劃量不僅需反應服務人口數量，更是代表都市地區於緊急狀態下所能處理災害的能力，因此作為地區公共設施規劃依據的都市計畫，與都市處理災害能力有著密不可分的关系。

從汐止歷年人口變化與計畫人口間之關係(圖十五)可以了解，由於該地區快速成長，實際人口早已超出原先計畫的人口，亦即依都市計畫建設之公共設施的量已不及實際服務人口的需求，而且防洪排水類公共設施之施作進度遠不及於都市發展，加上鄰近之非都市計畫區也發展迅速，以致都市計畫區內防洪排水的公共設施會因負荷過多的排水量而無法發揮應有的功效，大大增加地區的易致災性。因此當發現都市發展強度有可能或已超出過去的規劃預期時，就應適時檢討、提高相關公共設施的配置與數量，甚至限制都市發展速度，以確保公共設施處理災害的能力。

除了對於量的規範與管制外，各類公共設施的建設進度應確實隨都市發展「均衡」施作，並且根據過往災害發生區位與災害潛勢等資訊，適切調整處理災害之公共設施的配置區位，如作為緊急狀態時的指揮中心與民眾的避難場所等必須逐年檢討是否坐落於高危險潛勢區，以確保都市計畫能夠具備處理災害能力的功能。而有關於此一功能的強化，就臺北縣市而言，具體可為的是應基於近年的都市發展結果，儘速重新檢討既訂的「臺北地區防洪計畫」，確認其處理水災災害的各種能力。



圖十五 汐止地區歷年人口與非都市計畫地區人口比例變化圖

(資料來源：本研究整理自台北縣統計要覽)

3.增強承載災害的能力



都市地區不斷發展，連帶提升了土地的集約使用，以及公共建設投資與家庭資產水準等現象，也就是都市空間的資本累積。從臺北盆地歷年水災損失變化分析或是汐止水災損失估算可以發現，空間資本的累積對於單位面積損失金額提升的影響並不亞於實質環境改變所造成的影響；若再考量未來氣候變遷的不確定性，或是考慮都市機能複合化發展與高度資訊化的趨勢，則因災害而造成未來的間接損失也可能愈來愈高；然而這些可能遭受災害的建築空間或公共設施並未因此增強其因應災害的承載能力，亦即整體都市環境呈現日益脆弱化的趨勢，水災將造成未來都市地區更為嚴重的威脅。

針對整體都市環境日益脆弱化的現象，應積極思考導致脆弱化的原因，進而提出增強環境或空間災害承載能力的對策，來全面降低未來都市水災的威脅。雖然，與前面緩和災害的強度與強化處理災害的能力兩項功能相比，本項功能與都市計畫規範或管制規定似乎較無直接的關係，但仍可從都市計畫以至社區規劃，並配合建築或公共設施的規劃設計、施工等方面，就災前、災時，甚至災後等不同階段，如何達成全面性增強災害承受能力的課題來思考、著力。換言之，亦即應朝向建構一耐災(disaster resilience)或抗災(disaster resistance)的城市來邁進。

具體上，首先在臺北縣市的都市計畫的層次上，應避免繼續將都市機能或土地使用強度過度集中配置，減少因大量資產累積或投資在萬一發生水災時可能形成的鉅大損失，或是降低災後復原重建的困難。另一方面，在具有水災高潛勢或高風險之地區應降低其土地使用強度，甚至禁止其使用以利防洪相關設施之配置與建設，例如沿河兩側應劃設充分之緩衝空間，作為高水位之行水區、滯洪池或堤防、抽水站等設施，強化都市對水災的承受能力。其次，在社區層次則可考慮進行社區防災空間規劃，例如利用社區公園、校園等開放空間規劃緊急之滯洪設施，以減低集中豪雨或萬一發生河川溢流時造成對社區的威脅。最後，在建築物、公共設施或基礎設備方面，都應在規劃、設計上，納入耐災、抗災的概念與作為，例如減少易暴露於淹水風險的無設防地下室空間設計，或變更地下室機電設備的樓層位置，以增加建築空間或設施的災害承受能力；甚至亦應加強行政人員與擴大市民的防救災教育與訓練，來促成都市整體的耐災能力。

最後，考量未來全球氣候變遷與極端氣象的趨勢，有可能帶來更強烈颱風或海水面上升等鉅災(catastrophic disaster)。因此，都市計畫應更著眼於長遠的發展，致力於減緩或導正都市整體環境的脆弱化，例如現行法令規章、計畫擬定與落實執行皆要有所變革，如此才能增強未來臺北盆地整體的災害承載能力。

六、邁向減災的國土空間規劃

近年來天然災害發生頻繁，政府相關部會無不視災害與風險管理為重要課題，尤以水災與土石流防治為最，然而都市計畫在水災防治議題上，尚甚少涉及，若有亦僅採風險迴避措施(如劃設行水區)，以及風險抑制措施(如洪水平原管制、防洪工程與排水設施的建設)，然而從近年



來水災損失日益嚴重的現況，過去的對應方式顯然無法有效處理今後可能更加頻發的水災。

本研究以臺北盆地與汐止地區作為實證案例進行分析後得知，都市水災具有動態風險的特性，亦即都市發展與都市水災兩者存有互為變動的關係，都市人口、產業發展、建築形態之改變或資產密度的提昇等現象，皆密切反應在都市水災發生頻度、區位與損失幅度上面；同時，都市計畫作為空間規劃的一環，應該運用其規劃策略與管制工具，來緩和災害的強度與強化都市處理災害的能力，同時更應積極地改善環境脆弱化的現象，增強環境承載災害的能力，來減少都市水災可能造成的危害。

面對天然災害的威脅，臺灣已開始檢討過去的空間規劃，例如在國土計畫法草案中，就訂有劃設保育區與強化已建成地區之防災計畫的條文，目前也在國土規劃先期作業中，嘗試研擬國土防災綱要計畫；而本研究之分析結果與建議，都可提供前述不同層級空間防災計畫或其作業時之參考。從1995年聯合國防災會議倡議的「橫濱策略與計畫」到2005年的「兵庫宣言」中可知，國際間災害防治的觀念仍延續、強調災害減少(reduction)的作為；有關於此，河田(2006)指出「災害減少與災害預防(prevention)間最大的差別，在於世人體認到實現災害損失值極小化是不可能的」，換言之，任何管制手段皆有強度上的限度，任何損失抑制的建設亦有規模上的侷限，因此如何掌握災害特性來減少環境中的易致災性，進而降低災害頻率與損害強度，相信是國土與都市空間規劃領域共同的目標與挑戰。

參考文獻

1. 山崎憲治(1994)，「都市型水害と過疎地の水害」，東京：築地書館株式会社。
2. 王如意、許銘熙、李鴻源(1997)，「臺北防洪整體檢討計畫(二)」，台北：經濟部水資源局。
3. 王如意、蘇明道(2001)，「臺北盆地及鹽水河流域示範區颱風災害危險度分析(二)」，台北：經濟部水資源局。
4. 古偉瀛、黃俊傑(1992)，「嘉南平原的水災:定量與定性的分析1895~1990」，行政院國家科學委員會防災科技研究報告，80-40號。
5. 防災國家型科技計畫辦公室(2002)，「納莉颱風災因分析及綜合檢討評估報告」，台北：防災國家型科技計畫辦公室。
6. 沈發惠(1998)，「汐止鎮志」，台北：臺北縣汐止鎮公所。
7. 林峰田(2003)，「國土城鄉防災綱要計畫」，台北：內政部營建署。
8. 河田惠昭(2006)，減災学の確立，「京都大學防災研究所」，http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_index_topics.html，(2006年12月28日)。
9. 高橋裕(1988)，「都市と水」，東京：岩波書店。
10. 宮村忠(1999)，都市型水害はなぜ起きるのか？，「変動すると地球環境と異常気象の発生形態」，<http://www.milt.go.jp/river/saigai/1999/htm>，(2003年2月1日)。



11. 許銘熙(1998),「87年汐止淹水災因分析與建議初步報告」,台北:防災國家型科技計畫辦公室。
12. 許銘熙、謝龍生、簡名毅(2000a),「基隆河治理方案之水理與水文評估」,台北:防災國家型科技計畫辦公室。
13. 許銘熙(2000b),「縣市淹水潛勢分析與1998汐止淹水」,台北:防災國家型科技計畫辦公室。
14. 殷堯之(2001),「流動的希望/災難? 基隆河整治的政治經濟學分析」,臺灣大學建築與城鄉研究所碩士論文。
15. 臺北市政府工務局都市計畫處(1992),「臺北市綜合發展計畫2010」,台北:臺北市政府工務局都市計畫處。
16. 臺灣銀行經濟研究室(1967),「臺灣自然災害之研究」,台北:臺灣銀行經濟研究室。
17. 陳克誠(1967),「臺灣水災之研究」,台北:臺灣銀行經濟研究室。
18. 陳三井(1981),「臺北市發展史」,台北:臺北市文獻委員會。
19. 陳亮全、許銘熙、林美聆、孫志鴻、何興亞、李明旭、李清勝、謝龍生、陳天健、丑倫彰、鄧慰先、蕭翰文、賴美如、翁進登(2000),「象神颱風對基隆河水患初步災因分析及檢討」,台北:防災國家型科技計畫辦公室。
20. 陳海立(2004),「人文易致災因子對都市水災影響之研究—以臺北縣汐止地區為例」,臺灣大學建築與城鄉研究所碩士論文。
21. 笹本正治(1994),防災史の視点,「京都大學防災研究所年報」,第37号B-2,第127-138頁。
22. 黃心慧(2000),「開發行為對山坡地逕流效應與敏感度分析」,國立中興大學水土保持系碩士論文。
23. 張石角(1988),「臺北盆地都市化程度與其自然災害關係之研究(第二期報告)」,台北:國立臺灣大學地理學系。
24. 蔡清彥(1987),「琳恩颱風勘災調查報告」,台北:行政院國家科學委員會。
25. 經濟部水利處水利規劃試驗所(2000),「基隆河整體治理計畫支流排水工程配合工程規劃報告」,台北:經濟部水利署。
26. 楊靜雯(2000),「投機城市與災害空間生產:汐止個案研究」,國立臺灣大學建築與城鄉研究所碩士論文。
27. 謝信良、陳正改(1986),「臺灣地區氣象災害之調查研究(II)」,台北:行政院國家科學委員會。
28. 鄭政誠(1996),「三重埔的社會變遷」,台北:臺灣學生。
29. 鄭思蘋(2003),「都會區颱風災害損失之分析與評估」,國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所博士論文。
30. 薩支平、陳亮全(2002),「都市洪災防治策略之整合型規劃研究(一)」,台北:內政部建築



研究所。

31. Alcántara-Ayala, I.(2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries, *Geomorphology*, 47: 107-124.
32. Burby, R. J., Cigler, B. A., French, S. P., Kaiser, E. J., Kartez, J., Roenigk, D., Weist, D. and Whittington, D.(1991). *Sharing Environmental Risk*, Boulder, Colorado: Westview Press.
33. Cutter, S. L. (2001). *American Hazardscapes: The Regionalization of Hazards and Disasters*, Washington DC: Joseph Henry Press.
34. Kawata, Y. (2002). Potential of high flood disasters in density populated urban areas in Japan, *The 2nd Workshop on The Development of Integrated Disaster Reduction Systems on Compound Urban Floodings*, Kobe, 23-27.
35. Mitchell, J. K.(1998). Hazards in changing cities, *Applied Geography*, 18(1): 1-6.
36. Mileti, D. (1999). *Disaster by Design: A Reassessment of Natural Hazards in the United States*, Washington DC: Joseph Henry Press.
37. Sidle, R. C., Taylor, D., Liu, X X., Adger, W N., Lowe, D J., de Lange, W P., Newnham, R M. and Dodson, J R.(2004). Interaction of natural hazard and society in Austral-Asia: Evidence in past and recent records, *Quaternary International*, 118-119: 181-203.
38. Tansel, B. (1995). Natural and manmade disaster: Accepting and managing risks, *Safety Science*, 20: 91-99.
39. UNISDR(United Nation International Strategy for Disaster Reduction)(2005). Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters, *World Conference on Disaster Reduction*, Kobe, <http://www.unisdr.org/wcdr/intergover/official-doc/L-docs/Hyogo-framework-for-action-english.pdf>, (Dec 28, 2006).

