

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

建立區域颱風災害風險分析模式與保險制度之可行性分析- -子計畫:區域颱風災害風險之空間分佈分析模式(I) 研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型
計畫編號：NSC 95-2625-Z-002-015-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：國立臺灣大學生物環境系統工程學系暨研究所

計畫主持人：蘇明道

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理：張齡方、林美君
碩士班研究生-兼任助理：謝心怡、潘麒帆、許閩婷

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年07月03日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

洪災風險評估系統之研發-基隆河流域案例研究 (I) 子計畫二 區域洪災風險評估系統中損害評估模組之建立

計畫編號：NSC 93-2625-Z-002-035-

執行期限：94 年 8 月 1 日至 95 年 7 月 31 日

主持人：台灣大學生物環境系統工程系 蘇明道

計畫參與人員：台灣大學生物環境系統工程系 糠瑞林、林美君

中文摘要

近年來台灣之天然災害相當頻繁，加上工商經濟發達及生活水準提昇，災害發生時常造成非常嚴重之生命與財產損失，因此使風險管理成為一項重要議題。災害之損害評估與風險分析是風險管理的重要基礎，因為淹水並不一定會致災，必須涉及社會經濟活動才有災損，因此需針對洪災進行暴露量分析，評估損失最後並作相關之財務因應規劃。本研究計畫擬針對不同土地利用建立淹水損失推估曲線，配合社會經濟普查資料，建立區域性洪災損失評估模式，並經由系統模擬的方式建立區域洪災損失之超越機率曲線，以取代一般以事件為基礎之災損超越機率曲線，提供後續風險管理應用參考。

關鍵詞：洪水災害、災害損失評估、風險、損失超越機率

Abstract

Taiwan encounters many natural disasters such as earthquakes, typhoon, and flood, etc. every year because her geographic location and fragile geological condition. These hazards usually cause major loss of assets and casualties from the high density of population and intensive land usage. Risk management for natural hazard becomes a serious issue. The loss assessment and risk analysis is the basis for sound risk management. The objectives of this project are to establish a model for regional flood damage assessment. Different stage-damage curves were used for different land uses for vulnerability analysis. The census data was used for exposure analysis to estimate the socio-economic activities that were affected by the flood. System simulation was used to construct the exceedance probability curve for flood loss for use in regional risk management decisions.

Keywords: Flood Damage, Damage Assessment, Risk, Damage Exceedance Probability

一、緣由與目的

台灣天然災害發生的頻率相當高，主要是因為受地理位置、氣候、地形以及地質之影響，除了受西太平洋區形成的颱風影響外，因地處地層板塊交接處，地震之陰影經常籠罩民眾心中。天然災害之發生一般雖難以完全避免，但如發生在人口密集、經濟發展度較高的區域，則往往造成相當嚴重之生命損失與財產之損害。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」中的定義，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，其中山地面積約佔三分之二，台灣的河川具有河川長度短、上游坡度大等特性，此山高坡陡、源短流急的特徵，使得每每大雨的發生雨水很快就流入海；而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，加上河川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，每逢颱風、豪雨之際，經常造成部分下游區域嚴重的水患。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次的颱風與多次豪雨，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的損害，可謂台灣相當嚴重的天然災害。以2000年的損失為例，防洪設施、海堤設施、灌溉排水設施的損失共約201億元（依據2001年的幣值估算）。

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的財力、人力、物力進行防減災與救災工作。因各項相關防災工程之工期均相當長，政府必須應儘早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，常需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風險，以充分利用國家有限的資源，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。所謂風險(Risk)是指某區域所有可能發生之災害的其發生機率與其相對應產生之災害損失乘積的總和，亦即該區域未來某段時間（一般指未來的一年）內之災害損失期望值。

一個完整的洪災損失之風險分析架構應如圖1-1所示，其中包含四個主要的模組：序率分析模組(Stochastic Module)，災害評估模組(Hazard Module)，暴露評估模組(Exposure Module)，損害分析模組(Vulnerability/Financial Module)。”序率分析模組”主要針對導致洪水之暴雨的事件大小與機率關係，接下來的”災害評估模組”評估各種暴雨事件所產生之淹水範圍及深度的分佈狀況，但是因為淹水並不一定會致災，淹水事件必須發生於社會經濟活動區內才會有災損發生，因此必須交由”暴露評估模組”評估各項淹水事件的暴露量，在這裡所謂的暴露量是指遭受洪水侵襲的社會經濟活動量，最後針對暴露於災害之社會經濟資料進行損害評估，並作相關之財務因應規劃。



圖1-1. 洪災損害之風險分析

目前對於第一部份的序率分析模組及第二部份的災害評估模組均有相當的研究成果，王如意(2001,2003)針對不同之雨型進行暴雨特性分析並建立降雨逕流模式，許銘熙等(1999)及黃成甲(1987)建立二維淹水模式模擬計算暴雨事件之淹水情況；但是一般工程人員對損害之評估較為生疏，因為災害損失之涵蓋面向廣泛，涉及之資料相當龐雜，其估算非常不易，傳統上洪災損失的推估方法，多以單位面積之淹水損失乘上淹水面積來進行估算 (Grigg, Botham, and Rice 1975, 蔡長泰1995, 台灣水利規劃試驗所1998, 方舟顧問公司 1997)，但近年來因為風險管理日益受到重視，因此也有部分較深入之淹水損害評估之研究成果。目前雖然有許多淹水災損估算之方法，但均有其各自之缺陷，最常使用的是以淹水損失經驗曲線法所建立之災害損失與淹水深度關係曲線最為大多數研究者所採用(蘇明道2002)。Smith (1994) 提及淹水損失曲線觀念的建立始於1964年，而由美國聯邦保險署 (Federal Insurance Agency) 依美國的國家洪水保險法案 (National Flood Insurance Act) 最早於1968年開始應用於洪水保險方面，英國學者 Penning-Rowse & Chatterton (1977) 將建物分為21類，並分別求出各類型建物在兩種延時下四種社會型態的淹水損失曲線；Smith (1994) 亦指出澳洲學者於1993年針對商業區的建物進行淹水損失調查，將建物分為小型 (<168m²)、中型 (168m²~650m²)、大型 (>650m²) 三種類別，同時將各淹水深度之損失值分為五等級；Smith (1994) 並於針對澳洲雪梨的洪水進行研究，求得住宅區的淹水損失曲線。國內在921地震之後亦開始注意到水災損害之評估，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的損失資料，並分析整理繪得住宅用屋之淹水深度損失曲線。張齡方、蘇明道 (2001) 並針對住宅區進行較深入之研討，分析各住宅類別之災害損失特性，分別針對單一住宅及集合住宅兩種類型的居住型態進行淹水深度損失曲線建立，但其中僅考慮內部家具電器等設備之損失。

除了住宅之淹水深度損失曲線，王如意(2003)並針對不同製造、服務、批發及零售等活動類別建立個別之淹水深度損失曲線，使淹水災害之損失估算逐漸完

善，不過在提案人對災損資料之分析研究發現，區域內之工商經濟活動中因為各種業別經常存在尺度規模之差異，同一種商家之規模可能有數十倍甚至數百倍之規模差異，以零售業為例，一家小商店與京華城的經營規模顯然有天地之別，但是災損資料之申報都以一家商家為單位，造成資料離散變異之程度加劇，因此必須對目前之淹水深度損失曲線作進一步之研討，以處理此類尺度規模之差異問題。再者對同一類別在同一淹水深度亦可能有歧異的現象，例如兩家零售商同樣遭受2公尺之淹水侵襲，因為營業狀況之時間差異，損失極有可能不一樣，亦即在如圖1-2之淹水深度損失曲線中，同一水深下會有相當程度的變異性，這類變異性主要來自區域內社會經濟活動之差異，必須適度包含到損害評估的模式之中。

由於洪災是一種空間分佈廣泛之天然災害，洪災損失之估算不應僅止於各種土地使用類別之淹水深度損失曲線的研討，必須進一步將此類曲線應用區域的社會經濟資料，配合前述之災害評估模組所計算出來的淹水區域與淹水深分佈狀況，計算暴露量並估算區域之災害損失，以作為後續工程設計、土地利用規劃及洪災保險財務規劃之用。目前國內之區域災害損失估算雖已由早期以單位面積為基礎之估算方式進化到顧及空間淹水深度分佈(王如意2003)，但是其並未完善的掌握社會經濟資料之空間分佈狀況，雖然已經清楚計算各種淹水深度之面積，但對於其中有多少經濟活動之掌握並不容易，台灣一般之社會經濟普查資料均以村里或鄉鎮之行政區統計，因此相關之研究目前多將社會經濟普查之資料平均的分佈在統計區域內，如此並無法確切的掌握暴露資料，需要進一步研究如何由已經加總到行政區欲的統計資料反推重建區域之洪災暴露資料是本研究計畫的另一個重點。

在建立區域損失估算之方法後，配合圖1-1中最前面的序率分析模組及災害評估模組，可以針對不同大小規模與頻率的事件進行損害估算，即可建立如圖1-2(d)中損失超越機率曲線(Exceedance Probability Curve of Damage)，該曲線下之面積即為該區域每年預期之洪災損失值，也就是一般所說的風險或災害危險度(Risk)。假設有一個地區經分析後建立之淹水損失超越機率曲線如圖1-3所示，如果曲線下的面積(即其年預期之洪災損失值)為20億，即表示長期平均下來的年平均損失為每年20億，例如50年會有1000億的損失，但由於一般工程損益之評估多以年收益與支出為基礎，因此年平均損失的概念如用於工程效益的評估應屬適當。

不過如要作為風險管理之依據則需進一步研討，因為圖1-3中所計算出之每年預期之洪災損失值是以事件為基礎(Event Based)之年損失期望值，但是因為每年會發生的洪災有可能超過一次，因此雖然長期下來的年平均損失可以如前所示來估算，但是實際發生的年度災害損失不會成如此分佈，而是有時會多(例如一年內同時發生一次100年及兩次25年之洪災事件)，有時會少(某年內可能風調雨順沒有半次洪災事件發生)，因此有必要將圖1-2中之災損

超越機率曲線增加一年內會發生多次事件的考慮（當然也會有某些年內一件事件也不發生之可能）加以調整，建立以損失為基礎的災損超越機率曲線，作為後續風險管理之參考與依據，一般常會以保險作為風險管理之重要工具，而此種以損失為基礎建立之災損超越機率曲線極為保險規劃中財務分析之重要基礎。

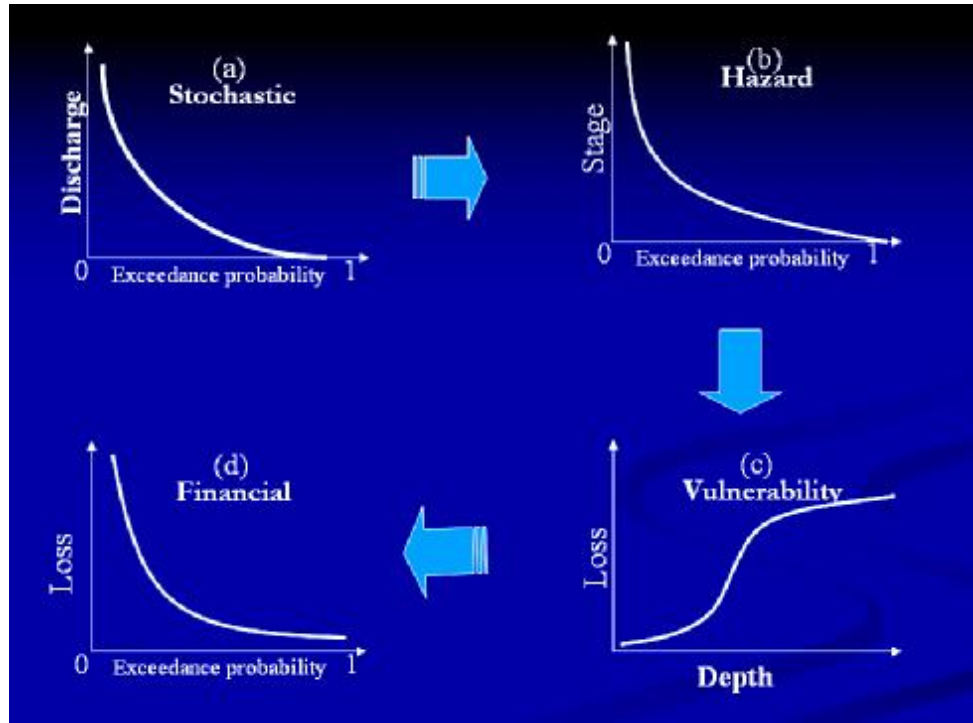


圖1-2 災損頻率分析概念圖

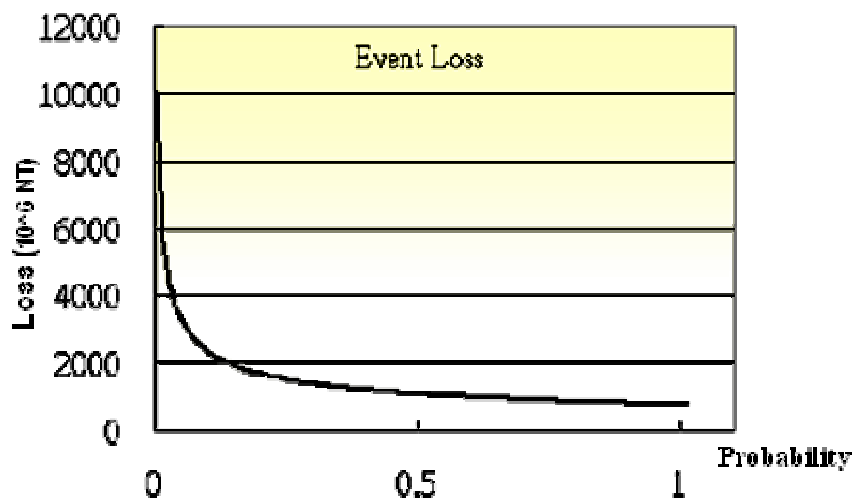


圖1-3. 淹水損失超越機率曲線例

本研究計畫之目的為：

- 1) 進一步研討改善國內目前已建立之淹水深度損失曲線，期能處理工商業尺度或規模差異的現象，以及建立能掌握同一水深之災損便異性之問題。
- 2) 進一步研討較合理之洪災暴露量推估方法，期能將目前主計單位提供之以行政區域統計之社會經濟資料，合理的分散到區域各部分，使洪災之暴露量估算更為合理。
- 3) 研討建立以損失為基礎之災損超越機率曲線，以取代一般以事件為基礎之災損超越機率曲線，提供後續風險管理應用參考。

計畫將分兩年進行，分年之預定進度如下：

第一年

1. 收集整合近數年來國內有關災損之相關研究資料
2. 收集研討目前國內淹水深度損失曲線
3. 研討建立淹水深度損失曲線之土地使用分類方式
4. 針對工商業建立不同經營規模之淹水深度損失曲線
5. 進一步改善各土地使用類別之淹水深度損失曲線
6. 建立由統計後之普查資料推估區域內洪災暴露量之模式

第二年

1. 進一步改善由統計後之普查資料推估區域內洪災暴露量之模式
2. 建立區域災害損失估算模式
3. 建立區域洪災事件發生之系統模擬模式
4. 建立區域損失超越機率曲線
5. 利用系統模擬將以事件為基礎之區域損失超越機率曲線轉化為以損失為基礎之區域損失超越機率曲線

二、研究方法

本計畫之目的在建立區域洪災風險評估系統中之損害評估模組，其中包含幾個重要之工作項目：

1. 回顧災損相關文獻並收集災損推估之相關資料
2. 進一步改善過去建立之淹水深度損失關係曲線
3. 建立社會經濟資料庫空間分佈之分配方式
4. 建立以網格為基礎之區域災損評估模組
5. 研討區域內災害損失之機率分佈

文獻回顧與資料收集整合

本子計畫在整合型計畫內的研討目標不僅在建立區域之淹水災害損失評估模式，並且希望進一步延伸研討洪災保險制度之可行性，因此本研究將在以往已經完成之研究成果上，更進一步收集災損相關應用與風險評估與管理之文獻，研討將區域災害損失評估模式與保險箱結合之相關問題。此外，因為我國在2000年所進行之工商普查與人口普查資料均已整理發佈，因此本計畫中亦將進行社會經濟資料庫之更新與整合，使區域淹水災害損失之評估更為接近事實。

進一步改善過去建立之淹水深度損失關係曲線

一般而言直接損失之推估方法有統合公式、歷史災害損失曲線、以及淹水深度-損失經驗曲線等三種方法等。所謂的統合公式乃將所有淹水損失相關因子統合於一公式中，此一方法的優缺點是忽略了淹水事件與災害損失在空間上的變化，使得區域損失之估算結果明顯的不合理。第二種將歷次發生之淹水事件之總損失換算成現值與其平均洪水水位點繪成洪水水位與淹水損失的關係曲線，稱為歷史災害損失曲線法，此一方法不但忽略空間資料之歧異性且亦忽略區域經濟發展之變化，在目前資訊科技發達之情況下益顯其缺失。因此本研究採用第三種方法，亦即美國FEMA所提出之淹水深度-損失經驗曲線（Empirical Depth-Damage Curve）法，亦是目前較常用之洪災損害估算方法，然而此方法需要可能之洪氾區內詳細的社會經濟資料，以及該洪水平原上各類型建築物之淹水深度-損失經驗曲線。

除了前述之住宅之淹水深度損失曲線外，王如意(2003)曾針對不同製造、服務、批發及零售等活動類別建立個別之淹水深度損失曲線，使淹水災害之損失估算逐漸完善，不過在提案人對災損資料之分析研究發現，對於區域內之工商經濟活動，因為各種業別經常存在尺度規模之差異，同一種商家之規模可能有數十倍甚至數百倍之規模差異，以零售業為例，一家小商店與京華城的經營規模顯然有天地之別，因此必須對目前之淹水深度損失曲線作進一步之研討，以處理此類尺度規模之差異問題。再者對同一類別在同一淹水深度亦可能有歧異的現象，例如兩家零售商同樣遭受2公尺之淹水侵襲，因為營業狀況之時間差異，損失極有可能不一樣，亦即在如圖2-1之淹水深度損失曲線中，同一水深下會有相當程度的變異性，這類變異性主要來自區域內社會經濟活動之差異，必須適度包含到損害評估的模式之中。

本計畫收集最近幾次之工商普查資料庫，先就業別受淹水產生災損之特性分類，在對其資料研討以相關之指標（如資本額、營業額等）將商家分群建立各自之淹水深度-損失經驗曲線，以處理前述之規模尺度所造成之問題，使對淹水區域之工商業之淹水損失評估更趨合理。

有關積水深度-損失曲線之建立可以採用之方法有：合成法或災害損失資料

統計分析法；所謂合成法是調查各受淹水單位之內容物，並依不同之淹水深度推估其損失程度，例如建立一標準之居家模型，模擬一般家具與內容物之擺設，並推估積水深度與損失關係（張齡方、蘇明道，2001）。此種方法用在建立住宅居家積水深度-損失曲線之雖然相當方便，但是對於工商業之積水深度-損失曲線的建立卻有其困難，因為各類別工商活動之內部設備、機具、內容物等相差頗大，所以不易建立依標準之模型，因此，對於此一部份，本計畫將採用災害損失資料統計分析法，亦即收集相關之災害損失與淹水深度之資料進行統計分析以建立各業別之積水深度-損失曲線。有關災害損失與淹水深度之資料主要將來自稅賦機關之災害損失申報與經常淹水區域之現地調查，但是因為在申報災害損失時稅賦機關並未要求填報淹水深度，因此相對應之淹水深度必須進一步分析方能獲得。因申報資料包含災害損失發生之地址，本計畫將採用GIS中門牌對位的方式推出該區域之空間位置座標，再配合相關之淹水分佈資料，如災後積水區域調查資料、二維洪災模式模擬、或衛星雷達判識資料等，推求該資料發生淹水事件時之淹水深度，進而分析建立相關經濟活動或土地利用類別之積水深度-損失曲線。

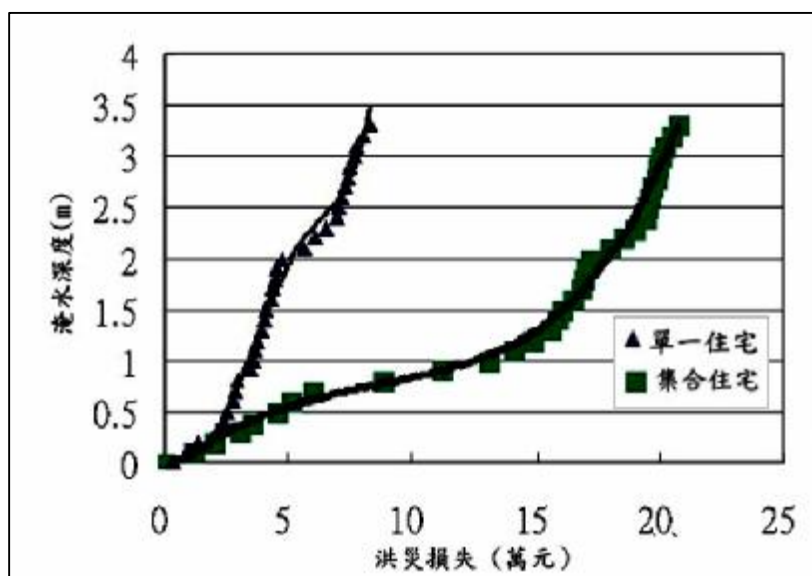


圖2-1 不同居住形式之住宅淹水損失曲線

建立社會經濟資料庫空間分佈之分配方式

以往對於所謂之風險的定義或認知大多侷限或傾向於災害事件大小發生之機率，亦即如前述圖1-1中之災害(Hazard)分析，然則淹水雖是一種天然之現象，但是必須發生在人口密集、工商活動頻繁之區域才會產生災害，因此洪災之評估會與地域性之社會經濟資料有相當大之關係。以圖2-2及圖2-3為例，圖2-2中表示某一淹水事件中淹水深度在空間分佈之情況，亦即經由災害分析所得之結果，但圖2-3中表示同一淹水事件之淹水損失的空間分佈狀況，由圖2-2及圖2-3比較可以

發現，淹水最嚴重之區域與損失最嚴重之區域並不相同，最明顯的例子是發生在圖2-2中淹水深較大的帶狀區域，其實該帶狀區域是河道經過的地方，雖然淹水深度很大，但是因為沒人居住也沒有經濟活動，因此在圖2-3中該區域之損失均為零(空白)。由圖2-2及圖2-3的例子可以瞭解，如人口分佈、工商活動、土地利用、土地價值等社會經濟資料庫在區域淹水災害損失估算與淹水風險管理機制中的重要性。

社會經濟資料之主要來源是政府每隔五年或十年進行一次之普查，包括人口、工商、農林漁牧等普查，但是政府為顧及個人隱私，提供之普查資料一般均整合至某種行政區域（例如縣市、鄉鎮或村里），而無法獲得單筆之個人、家戶或商家的資料，因此以往之研究均僅能以鄉鎮或村里之統合資料作為淹水災害評估之基礎（王如意2003）。

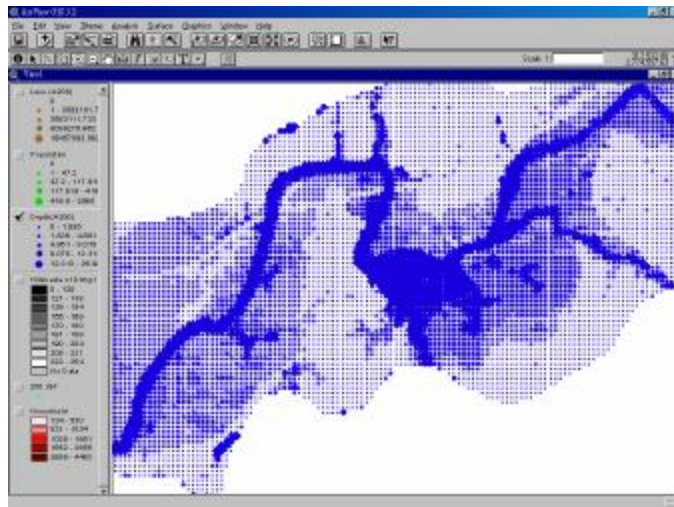


圖 2-2. 淹水深度之空間分佈

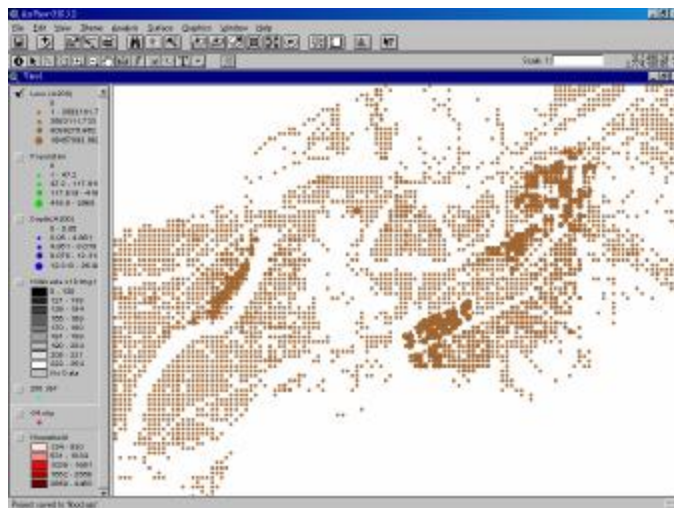


圖 2-3. 淹水損失之空間分佈

但是如果僅以鄉鎮或村里之統合資料作為淹水災害評估之基礎有欠周延，因為如此一來便無法顧及社會經濟資料在行政區內之分佈歧異的狀況，因為社會經濟活動會因為地形、標高、坡度及土地利用區分而有所不同，如將統合的統計資料平均分佈到行政區域內，可能會產生資料分佈型態之扭曲；以台北市為例，如果將北投區的人口平均分佈到北投區的面積上，則有可能低估災害損失之大小，因為北投地區因為地形以及土地使用分區的關係，有許多是沒有社會經濟活動或經濟活動強度相對較低的區域，因此有必要進一步研討較合理之洪災暴露量推估方法，期能將目前主計單位提供之以行政區域統計之社會經濟資料，合理的分散到區域各部分，使洪災之暴露量估算更為合理。

本研究目前預定以國科會防災計畫辦公室使用之淹水潛勢資料格式為依據，配合土地使用區分圖為基礎，將社會經濟之普查資料分散到個個網格內，例如假設某大部分比例（例如90%）之建物均將分配到建築用地之上，其他再分配到沿道路兩側之格點上，並且搭配如圖2-4所示之數值地形模式（DEM），遵循法規中坡度超過30%不可有主要經濟活動之規定，剔除該部分區域，如此應可掌握實際區域內之社會經濟活動之分佈，提供較合理之災害損失估算。至於上述之分配比例，將於研究中以各種套配嘗試，期能找到較合理之方法，將統合至行政區域之社會經濟資料再分散到空間之中。

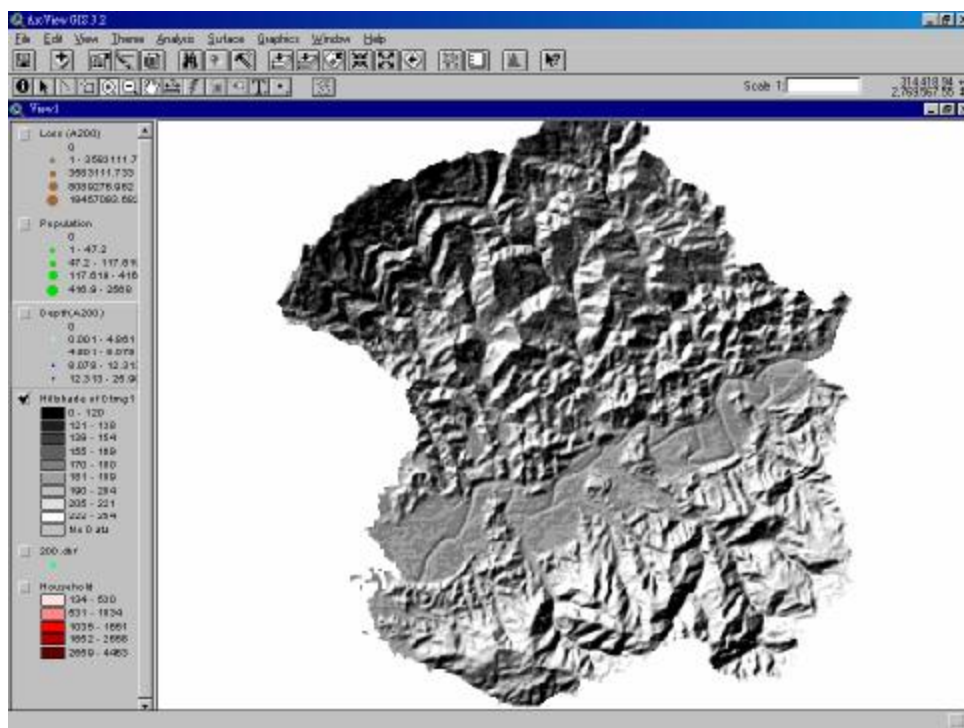


圖 2-4. 汐止地區之數值地形

建立以網格為基礎之區域災損評估模組

在如前一步驟所說明的將社會經濟資料分配到每一個網格之後，即可配合災害分析模組所產出之淹水調查或模擬資料，可以得到淹水區域之範圍以及淹水深度之分佈情況，搭配如前步驟2內所建立之各種經濟活動類別之淹水深度與損失之關係曲線，即可建立一個以網格為基礎(Cell-Based)之區域災損評估模組（如圖2-5所示），針對每一淹水事件估算出該區域內該淹水事件之損失。

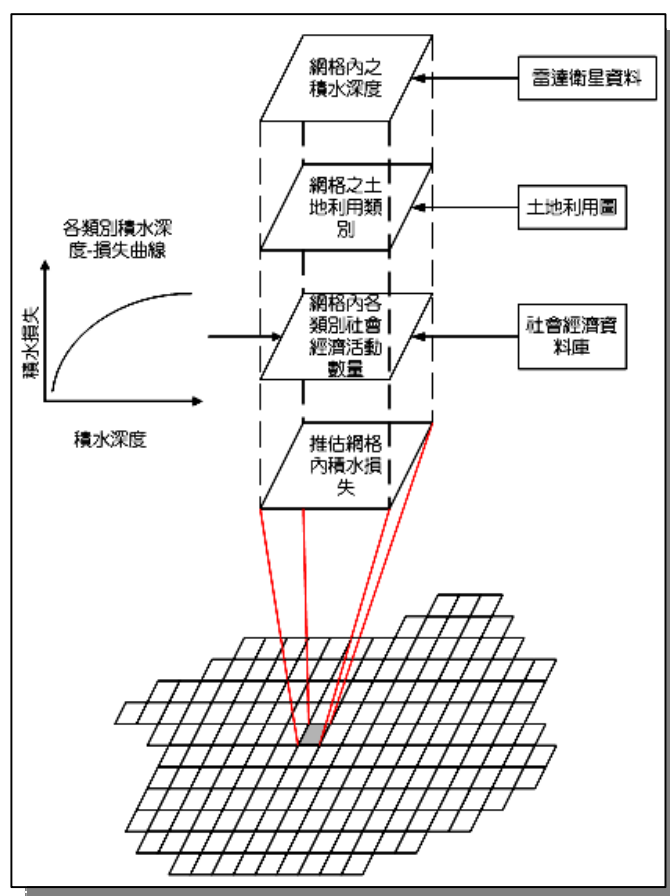


圖 2-5. 以空間網格為基礎之區域積水損失推估示意圖

研討區域內災害損失之機率分佈

上一步驟所建立之區域災損評估模組產生的是單一淹水事件之損失，但是若要作區域之淹水風險管理，除了估算單一事件的損失之外，尚須能綜觀全局，瞭解區域內各種不同重現頻率之事件所引起之損失，因此必須如圖1-1中之序率分析模組(Stochastic Module)與災害評估模組(Hazard Module)搭配分析建立各種不同重現頻率之淹水事件的淹水範圍與水深分佈資料，方能搭配如前步驟 3及步驟 4所建立之暴露評估模組(Exposure Module)與損害分析模組(Vulnerability

/Financial Module，請參考圖1-1)進行區域災損估算，最後建立如圖1-2(d)所示之淹水損失超越機率曲線。

但是如圖1-2(d)或圖1-3所示之淹水損失超越機率曲線是指針對一淹水事件而言之超越機率曲線，曲線下之面積即為該區域內淹水損失之年平均值，如前所述，如果假設有一個地區經分析後之年預期之洪災損失值為20億，亦即表示長期平均下來的年平均損失為每年20億，例如50年會有1000億的損失（如果說100年會有2000億的損失就更正確一些），但由於一般工程損益之評估多以年收益與支出為基礎，因此年平均損失的概念如用於工程效益的評估應屬適當。

不過如要作為風險管理之依據，圖1-3中所計算出之每年預期之洪災損失值是以事件為基礎(Event Based)之年損失期望值，但是因為每年會發生的洪災有可能超過一次，因此雖然長期下來的年平均損失可以如前所示來估算，但是實際發生的災害損失不會成均勻分佈，有時會多(例如一年內同時發生一次100年及兩次25年之洪災事件)，有時會少(某年內可能風調雨順沒有半次洪災事件發生)，因此有必要將圖1-2中之災損超越機率曲線增加一年內會發生多次事件的考慮(當然也會有某些年內一事件也不發生之可能)加以調整，建立以損失為基礎的災損超越機率曲線，作為後續風險管理之參考與依據，一般常會以保險作為風險管理之重要工具，而此種以損失為基礎建立之災損超越機率曲線極為保險規劃中財務分析之重要基礎。

本計畫中採用系統模擬(System Simulation)之方式，利用Poisson分佈建立以長時期(如一千年)為基礎之洪災事件模擬系統，以研討建立以損失為基礎之災損超越機率曲線，以取代一般以事件為基礎之災損超越機率曲線，提供後續風險管理應用參考。

三、台灣的淹水災害損失研究資料

台灣水文地文特性

台灣為一海島，四面環海，屬亞熱帶季風區之氣候，氣候溫暖潮溼，年平均雨量達2,510公釐，為台灣水資源之主要來源。台灣年平均降雨量約2,510公釐，不過降雨的時空分佈卻很不平均。台灣本島的總面積約僅3.6萬平方公里，惟標高1,000公尺以上的山區即佔總面積的31.5%，100~1,000公尺的坡地也高達31.3%，100公尺以下的平地不過佔37.2%。山區更有中央山脈南北縱走，高峰許多超過3,000公尺，造成台灣河川大都東西流向，分別注入太平洋及台灣海峽。又因東西最寬處也不過150公里，故河川皆坡陡流急，降雨後逕流入海，甚難蓄存。且河谷狹窄，庫容有限，故水庫雖多，總容量卻不大(經濟部水利署, 2004)。

位處菲律賓海板塊與歐亞板塊交界的台灣，板塊的相對運動與擠壓，形成陡峻的山脈。根據統計，台灣本島土地總面積為三六〇多萬公頃，其中山坡地佔二六五萬多公頃，約占總面積的四分之三，也就是說高山、丘陵及台地佔了台灣本島的大部分面積，並具有地表破碎、地質複雜脆弱且斷層多的特殊現狀，山脈多的地形往往具有短且急的河川，其沖刷山坡地下切形成山高谷深的特殊地形(蔡勳雄, 2001)。

台灣的氣候

根據民國前15年(1897)至民國85年(1996)這100年的資料，一共有348次颱風侵襲臺灣(註：颱風中心在臺灣登陸；或雖未登陸，僅在臺灣近海經過，但陸上有災情者)，平均每年有3.4個颱風侵襲台灣，但最多曾達到一年有八次颱風侵襲(民國3年)，也有二年無颱風侵襲(民國30年及53年)(交通部中央氣象局 2005)。

台灣的天氣型態大致可分為七種。東北季風是每年九月中、下旬，位於蒙古高原的極地大陸冷高壓開始建並逐漸加強南下遷入台灣地區，到十二月到隔年一、二月為東北季風的極盛時期，並一直延續到五、六月。台灣受東北季風影響，當雲系南下遇到地形抬升時，在北部常有降水。春季高壓大多發生在大陸高壓減弱後產生，台灣位於高壓槽下，常有雲帶伴隨，易有短暫性降水的生成。太平洋高壓控制(局部降水)六月下旬，西太平洋高壓明顯西伸並控制台灣地區，東北季風型的天氣型態結束。此時太平洋高壓與西南季風為影響台灣天氣的主因，此種天氣型態將一直維持至九月中旬東北季風再度南下為止。台灣地區在太平洋高壓控制下，由於夏季溫度較高，對流旺盛，局部地區常有午後雷暴雨產生。春天及梅雨季鋒面發生在每年的五、六月，通常在華南生成，常有一狹長的鋒面雲帶自大陸東南延伸至日本，而後逐漸東移至台灣後逐漸消散，台灣地區常有暴雨或雷雨產生。秋冬季鋒面與東北季風產生之季節頗為類似，台灣地區常有暴雨或短暫雨。夏季發生在華南及南海低壓，隨著西南氣流，帶來旺盛的水汽，台灣地區常有暴雨或雷雨生成。颱風外圍環流發生在夏秋季，颱風外圍環流之雨帶常給台灣地區帶來大量之降水(交通部中央氣象局 2005)。

颱風發源於海洋，攜來大量水汽，颱風範圍內上升氣流旺盛，使水汽升至上空，遇冷凝結成雨。所以颱風來時常有暴雨，尤其在中心經過之處雨量最多，颱風帶來豪雨，使大量雨水在短時期內傾盆下降，臺灣地形平原較少，山脈高峻，河流短小坡度甚大，不能容納大量雨水，故一遇颱風常引發山洪暴發，致使平原地帶、較低地區氾濫成災，故氣象條件(颱風)與地理環境(山脈、河流)實為臺灣水災之主要原因(交通部中央氣象局, 2004)。

根據中央氣象局統計1897-1996年百年資料，颱風中心在台灣登陸或雖然台灣中心未登陸台安，但造成台灣陸上災情者，共有348次颱風事件，平均一年3.5約次颱風侵襲台灣，有全年皆無颱風侵襲的紀錄，但最多亦有一年8個颱風侵襲

的紀錄如圖3-1所示，每年4-11月均有颱風侵襲的可能，其中以7-9月颱風次數最多如圖3-2所示(交通部中央氣象局 2005)。

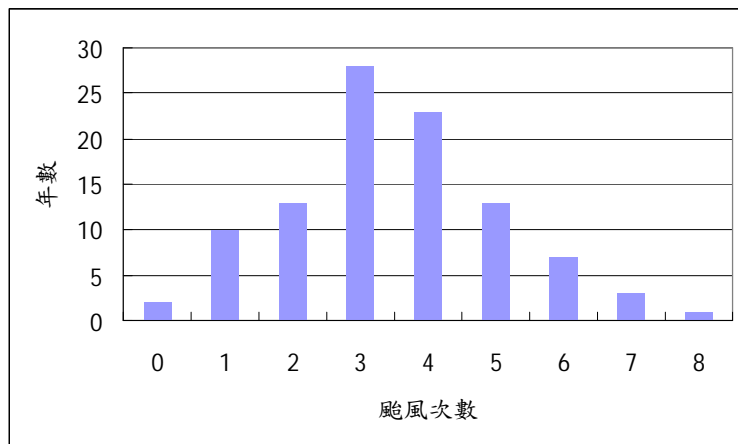


圖 3-1 颱風侵台次數與年數

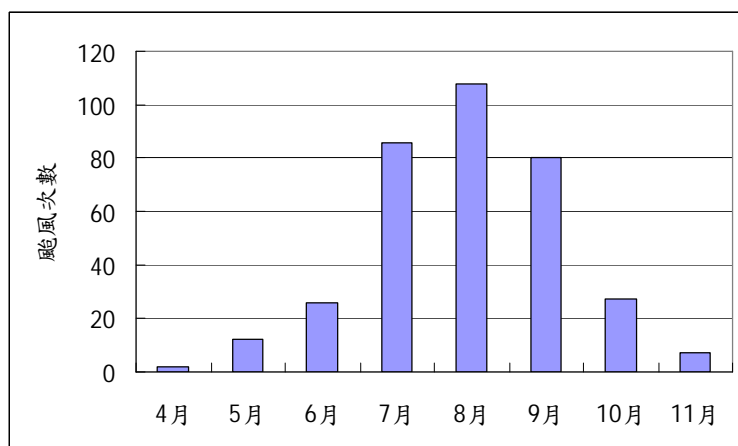


圖 3-2 各月份颱風侵台次數累積

除了颱風，豪雨亦有可能造成淹水與災害事件，根據內政部消防署的歷年天然災害損失統計，從1959-2004年的46年間，有紀錄42次水災或豪雨等造成人員傷亡或房屋損毀之事件，平均一年約0.9次的非颱風型的淹水災害(內政部消防署2004)。

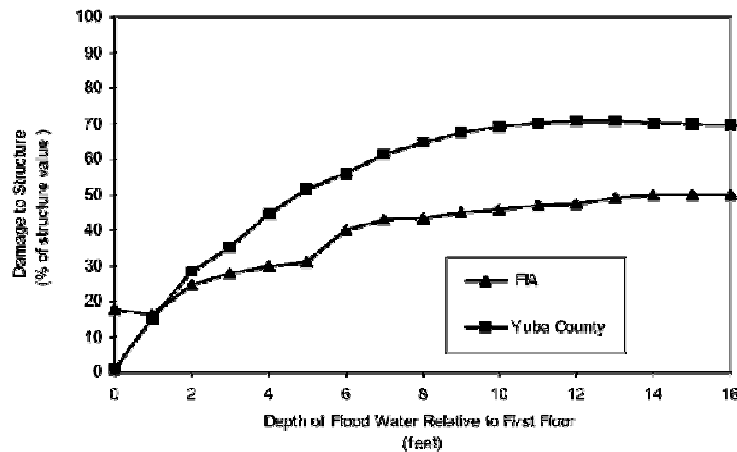
台灣發生過的大洪水及災害，包括了中部地區民國48年的「八七」水災，民國49年的「八一」水災；北部地區民國76年10月24日的琳恩颱風，民國85年7月31日的賀伯颱風，民國86年8月18日的溫妮颱風；南部地區則有民國83年「八一二」水災。這些水災皆造成生命及財產極大的損失。台灣地區近年來因經濟成長

快速，若發生水患，其損失金額也相對地提高(郭振泰, 1999)。

四、台灣的淹水深度損失曲線

各類型建築物之淹水深度-損失曲線有其地域性，例如建築材料(以木造為主或以磚造為主等)、建築式樣(有無地下室或挑高等建築設計習慣)或內裝家具(例如地面鋪地毯或磁磚等裝潢習慣，寒帶地區屋內裝設暖氣等等)，但以外國資料推估建立之淹水深度-損失曲線，並不適用於推估台灣區域之淹水災害損失。以一般住家之建築物為例，在美國至少區分為有地下室與無地下室兩種(USACE 1999)，而且因為美國之建築物多為木造建築，所以需要考慮建物損失與內容物損失，分別如圖4-1所示，此外，圖4-1與中”FIA”曲線是美國聯邦保險管理部門公佈之結構與內容物全國平均之淹水深度-損失曲線，”Yuba County”是USACE調查1997年Yuba County淹水事件後，調查該區域之淹水災害損失所建立之淹水深度-損失曲線，從圖中可以發現，Yuba之區域損失低於全國平均損失。

台灣如果要推估區域淹水損失，首先即需要根據台灣之區域淹水災害損失資料，建立屬於台灣地區的淹水深度-損失曲線。而台灣在這方面的相關研究起步較晚，可參考使用的淹水深度-損失曲線不多，可在政府單位委託計畫案所建立之資料或期刊論文中發現。

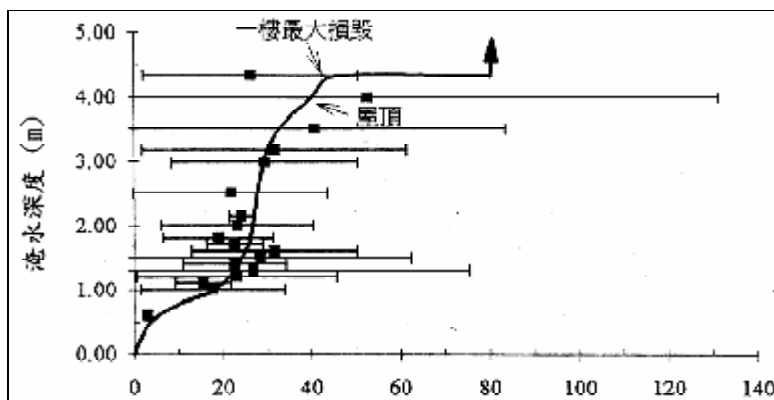


資料來源：(USACE 1999)

圖 4-1. 美國一樓無地下室建築結構淹水深度-損失曲線

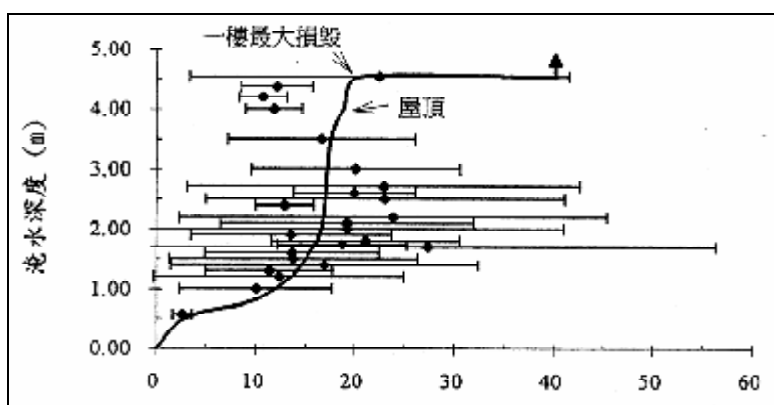
在國內文獻中，最早建立之區域淹水深度-損失曲線是經濟部水資源局於1997年之委託計畫案「洪災保險制度(潭底洋地區)案例調查分析」(經濟部水資源局 1997)，該計畫中收集潭底洋地區1994年淹水事件之淹水災害損失資料，分別建立商用住戶與一般住戶之淹水深度-損失曲線，如圖4-2與圖4-3所示，該曲線仿照美國FEMA建立之淹水深度-損失曲線，如圖4-4 所示，在淹水深度超過建物高

度(約3.5公尺)後，商用建築有一段直接由40%增加到80%，一般建築有一段直接由20%增加到40%之淹水災害損失，且超過該淹水深度後損失不再增加，是誤用了FEMA淹水深度-損失曲線的概念，FEMA曲線標註建築結構與內容物總價值是14,000 USD，該曲線在淹水深度14英尺時，淹水災害損失由6,000 USD直接增加到14,000 USD，是因為木造房屋全毀所導致，所以，該損失如果換算成淹水災害損失百分比，應該是100%，而在台灣，大部分房屋是磚造或鋼筋混凝土造的情況下，屋倒全毀的情況不易發生，淹水深度超過建物高度時，不至於產生淹水災害損失急遽增加的情況。該計畫收集淹水災害損失資料後，發現相同淹水深度下，淹水災害損失資料變異性很大，所以並未利用一般迴歸方式建立曲線，而是標示出每組淹水深度下損失資料之平均數與標準偏差，在這些資料中畫出淹水深度-損失曲線。這些曲線建立的過程與結果也許不盡理想，但仍提供了台灣淹水災害損失部分資訊。



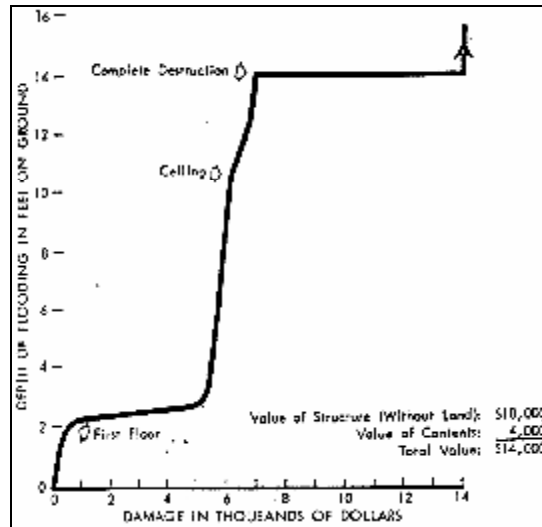
資料來源：(經濟部水資源局 1997)

圖 4-2. 潭底洋地區商用建築之淹水深度-損失曲線



資料來源：(經濟部水資源局 1997)

圖 4-3. 潭底洋地區住宅建物之淹水深度-損失曲線



資料來源：(FEMA 1977)

圖 4-4. FEMA 一層無地下室住宅淹水深度-損失曲線

台灣省政府第六河川局(台灣省政府第六河川局 1998)進行鹽水河流域治理規劃，在規劃報告書中，針對鹽水溪治理前後的工程效益需提出評估，工程效益評估的方法，即是計算鹽水溪治理前後，區域可能淹水災害損失的差異，有別於一般淹水深度-損失曲線是針對特定型態與用途之建築物，規劃報告中提出了水稻田、旱田與甘蔗等不同農業活動之單位面積淹水深度與損失百分比之關係，如表4-1所示，實際應用時，則以各類型農業單位面積產值為基準，如表4-2所示，配合淹水深度資料計算區域淹水災害損失。

農業區域的淹水災害損失推估，除了淹水深度外，還需要考慮淹水延時與淹水事件發生時作物生長階段(Berning et al. 2000)，該計畫推估之農業單位面積淹水災害損失，雖然只有考慮淹水深度，作為評估工程效益還算適當，此外，該計畫推估住宅區亦採用單位面積損失百分比的方式，是比較創新的方法，類似的方法是澳洲(Smith 1994)在大面積的商業區，推估淹水災害損失時，亦採用單位面積淹水深度-損失曲線，這種曲線在實際應用上，因為只需要面積資訊，推估過程與需要收集的資料相對簡單，但是無法推估災害暴露量是其缺點。

亦有以合成法建立台灣一般住家之淹水災害損失曲線(Chang 2000)，如圖4-5所示，合成法是兩種建立淹水深度-損失線的方法之一(Dutta et al. 2003)，合成法根據建築物構造與建築物使用類別，收集資料推估建立(Grigg and Helweg 1975)，以(Chang 2000)為例，則是建立一個一般家庭的標準模型，模擬一般家庭的家具擺設方式，推估各淹水深度的淹水災害損失，建立如圖4-5之淹水深度-損失曲線。該研究中再將分將淹水損失21萬當作最大損失，淹水深度3.3公尺當作最高淹水深度，將損失曲線轉換無因次曲線，如圖4-6所示，無因次化的目的是認為一般家庭的淹水災害損失有相同的損失趨勢，但是因為可能使用的家具新舊

或品牌有別，所以總損失會有差異，如果知道該建築物之最大可能損失與淹水深度(或淹水百分率)，則可以利用無因次曲線分別推估各家戶之淹水災害損失。

表 4-1 各土地利用別單位面積淹水深度-損失率

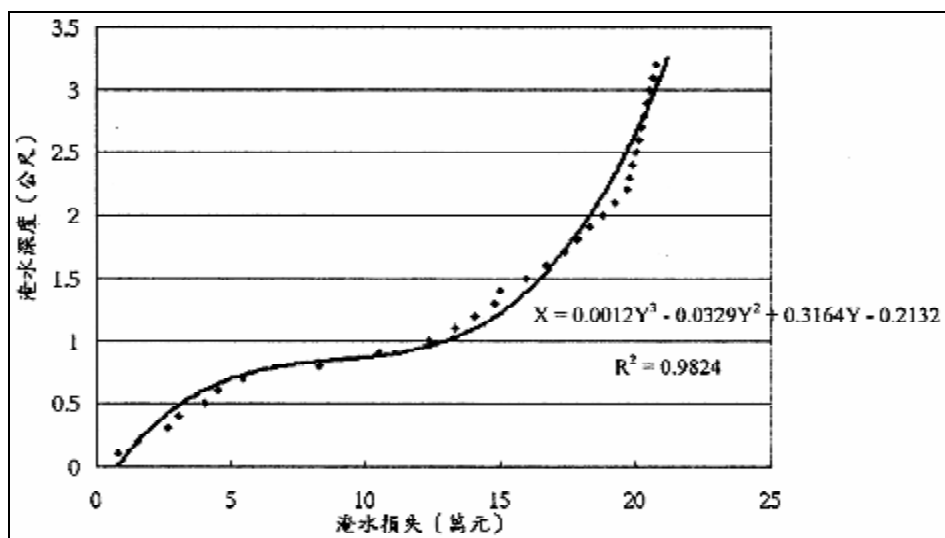
土地使用類別	淹水深度(公尺)	損失率(%)
魚池	0.0-0.5	0.0
	0.5-1.0.	0.0
	>1.0	0.0
水稻田	0.0-0.5	35.0
	0.5-1.0.	61.0
	>1.0	80.0
旱田	0.0-0.5	35.0
	0.5-1.0.	61.0
	>1.0	80.0
甘蔗	0.0-0.5	35.0
	0.5-1.0.	61.0
	>1.0	80.0
果園	0.0-0.5	10.0
	0.5-1.0.	20.0
	>1.0	40.0
竹	0.0-0.5	10.0
	0.5-1.0.	20.0
	>1.0	40.0
建地	0.0-0.5	11.0
	0.5-1.0.	18.5
	>1.0	30.0

資料來源：(台灣省政府第六河川局 1998)

表 4-2 潭底洋 1996 年各土地利用別單位面積產值

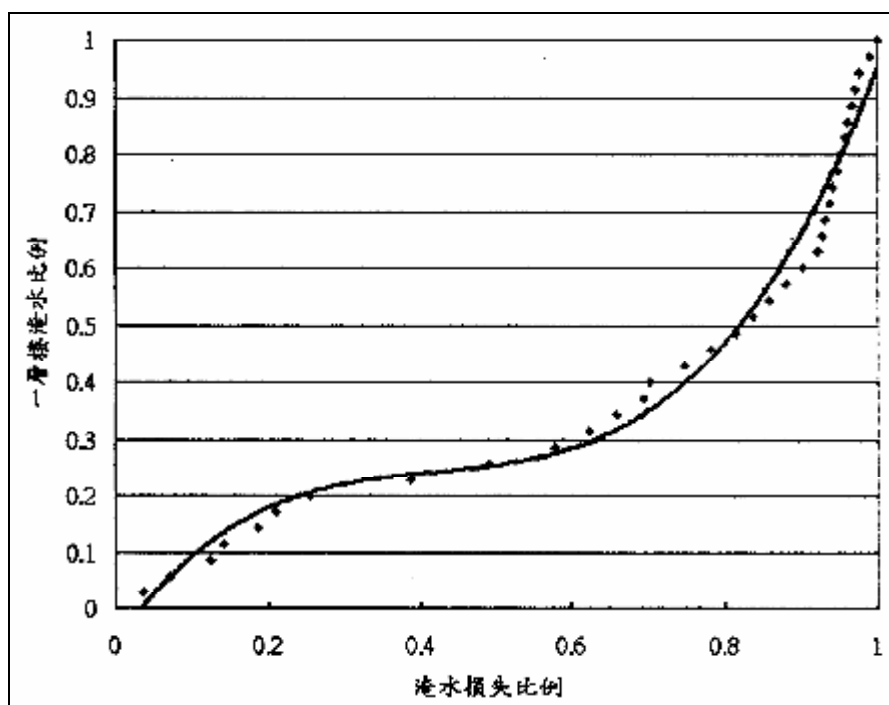
土地使用類別	單位面積產值(千元 NTS)
魚池	1100
水稻田	200
旱田	150
甘蔗	266
果園	800
竹	560
建地	45300

資料來源：(台灣省政府第六河川局 1998)



(Chang 2000)

圖 4-5. 一般家庭內容物淹水深度-損失曲線

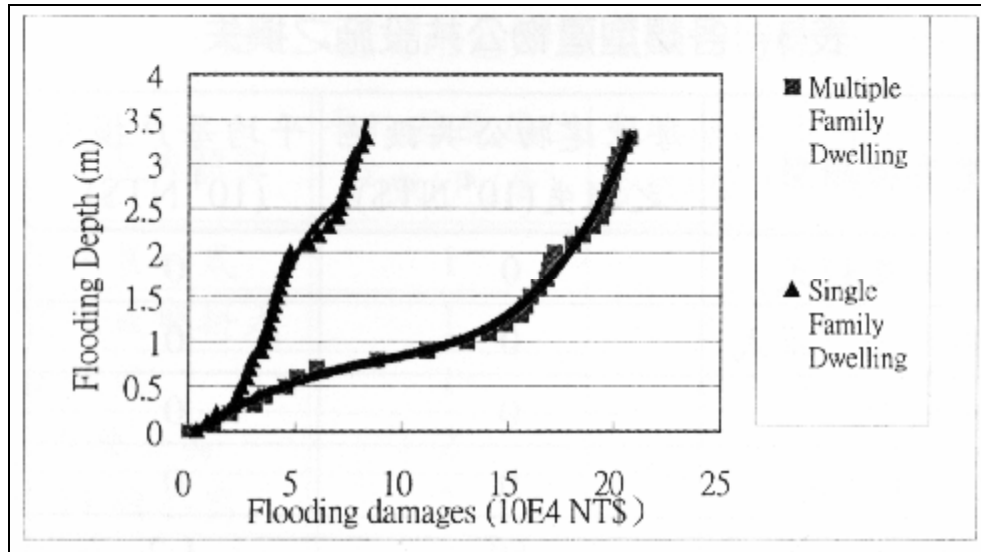


(Chang 2000)

圖 4-6. 一般家庭內容物淹水深度-損失無因次化曲線

隨後發表的論文中則利用相同的概念，建立單一住宅與集合住宅之標準模型，以類似的方法分別建立淹水深度-損失曲線，如圖4-7所示，並應用在汐止市

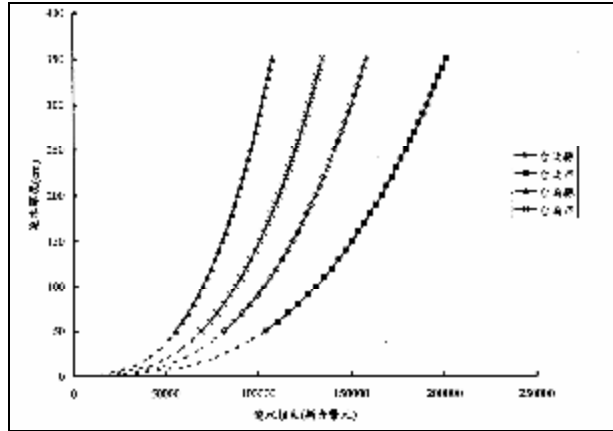
住宅區洪災危險度曲線(淹水災害損失-超越機率曲線)之推估(Chang and Su 2001)。



資料來源：(Chang and Su 2001)

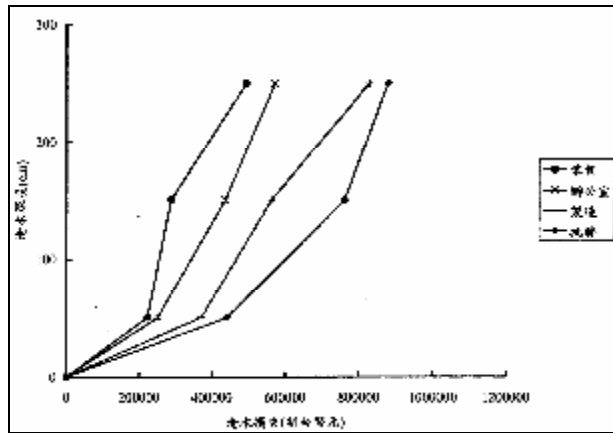
圖 4-7. 集合住宅與單一住宅淹水深度-損失曲線

台灣自1998年間成立防災國家型計畫，其中有關防洪工作之要點，在掌握台灣地區各地之淹水災害潛勢，進而評估淹水災害之風險，初期計畫是以台北盆地及鹽水河流域為示範區，進行淹水災害風險分析之探討。在計畫中是沿用合成法的概念，先建立台北縣的一般家庭淹水深度-損失曲線，然後以各縣市調查鞋類、衣物、家具、運輸通訊與雜項支出等消費差異，推估出台北市、台南市與台南縣之區域調整係數，分別為1.25，0.79與0.70，建立如圖4-8，台北縣市與台南縣市之一般家庭淹水深度-損失曲線。該計畫之工商業的淹水深度-損失曲線則是收集2000年象神颱風後，國稅局營利事業單位汐止地區之淹水災害損失申報資料，以工商業屬性分為零售業、辦公室、製造業與批發業，將淹水災害損失資料分別依淹水深度分組，計算各組之平均淹水災害損失，繪製工商業淹水深度-損失曲線如圖4-9所示。



資料來源：(經濟部水資源局 2001)

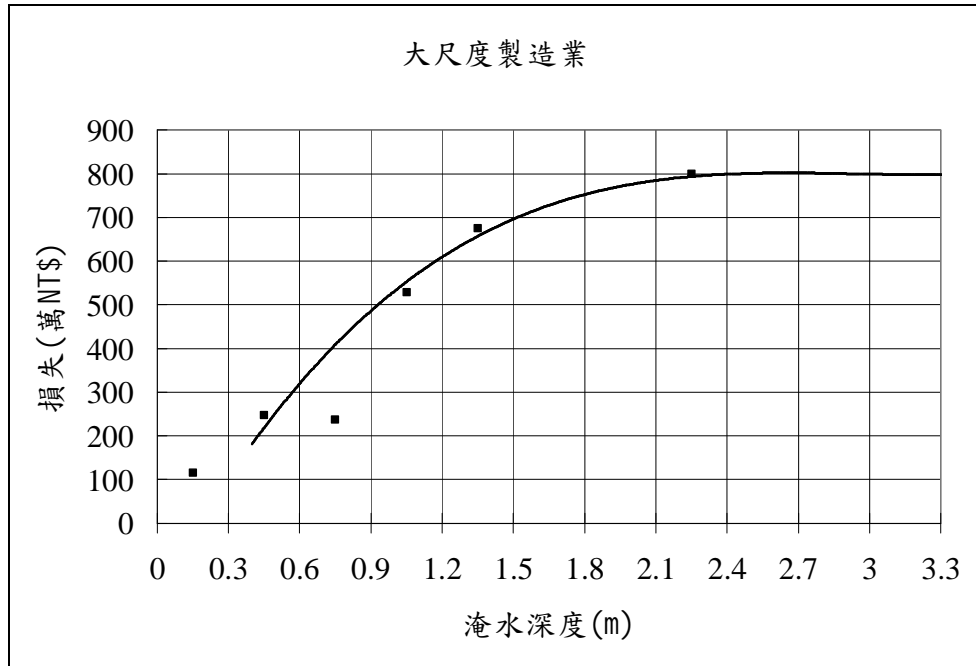
圖 4-8 洪災示範區一般家庭擺設損失淹水深度-損失曲線



資料來源：(經濟部水資源局 2001)

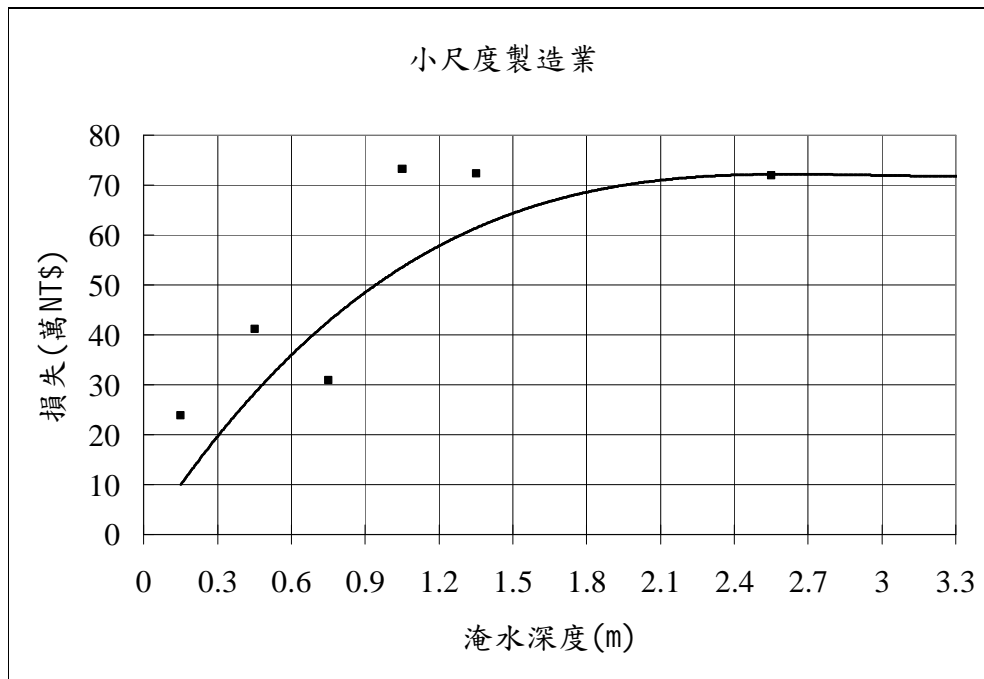
圖 4-9 台北市不同工商類別淹水深度-損失曲線

工商業的淹水災害損失金額，除了淹水深度外，和工商業本身的規模亦息息相關，(Kang et al. 2005)收集 2001 年納莉颱風後，台北市營利事業單位淹水災害損失申報資料，將資料加以分類之後，建立了大尺度製造業、小尺度製造業、大尺度批發業、小尺度批發業、大尺度零售業、小尺度零售業、大尺度服務業與小尺度服務業四種行業類別，各兩種營業規模之淹水深度-損失曲線如圖 4-10 至圖 4-17 所示。



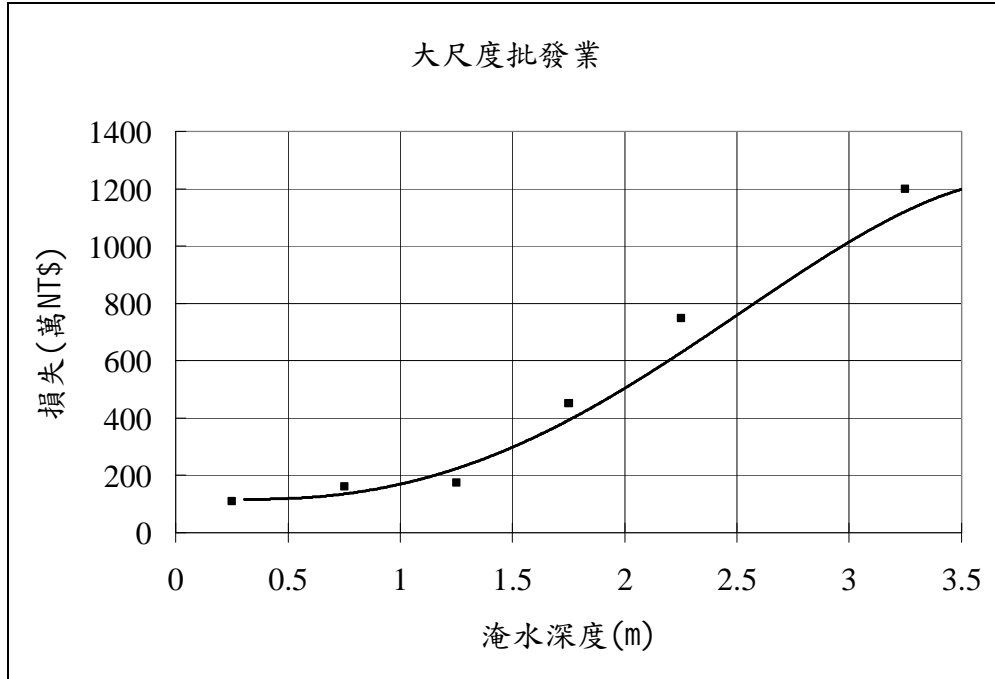
資料來源：(Kang et al. 2005)

圖 4-10. 大尺度製造業淹水深度-損失曲線



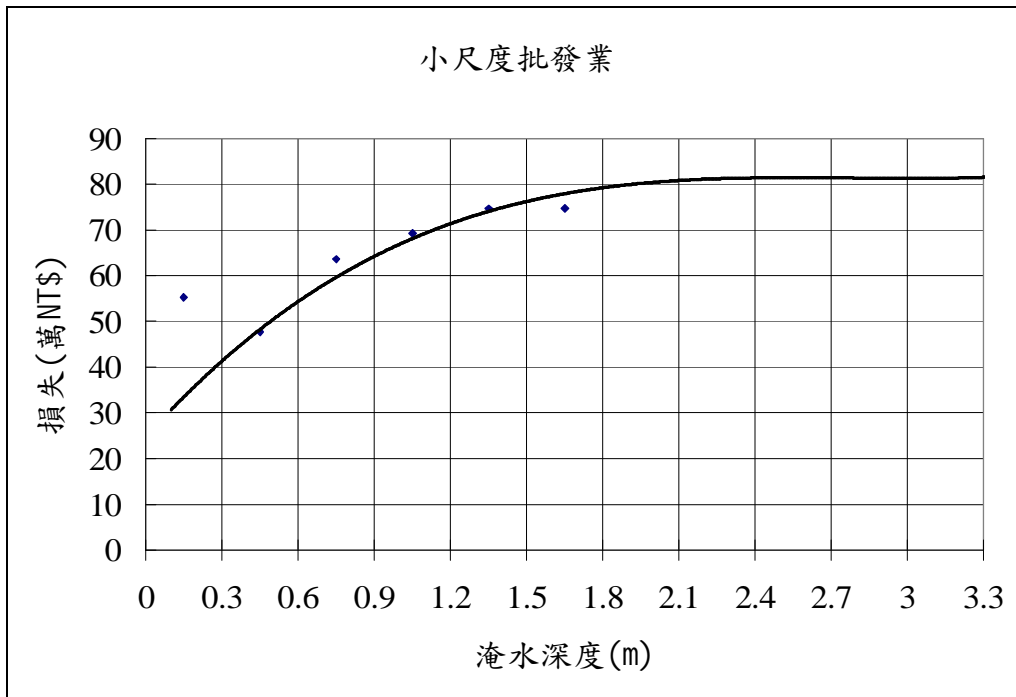
資料來源：(Kang et al. 2005)

圖 4-11. 小尺度製造業淹水深度-損失曲線



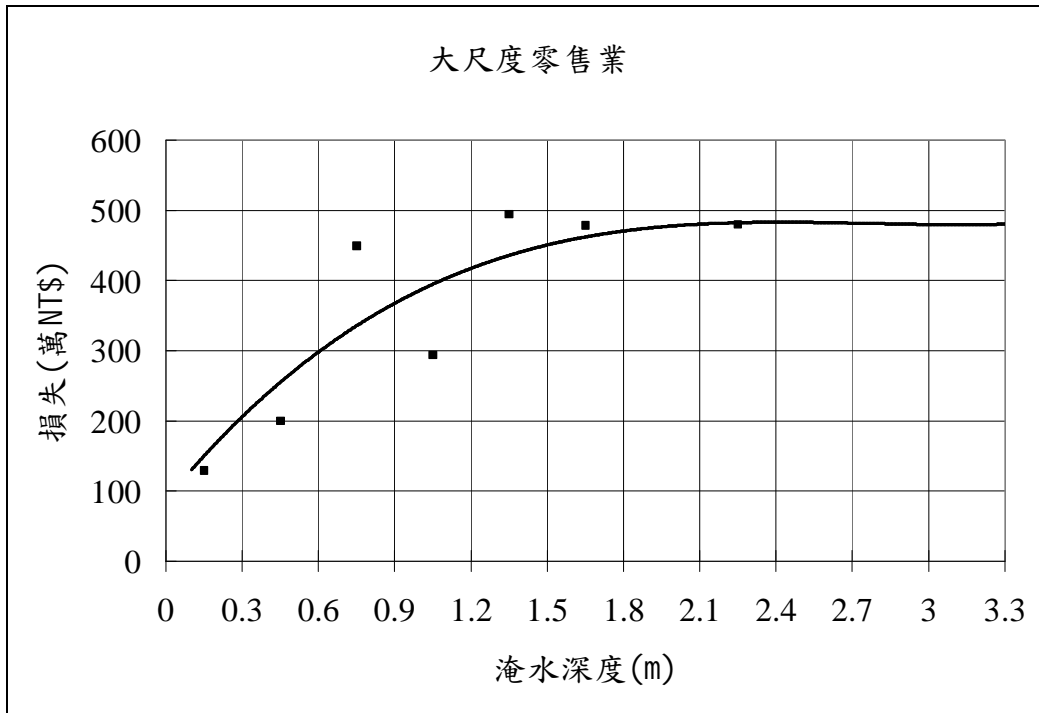
資料來源：(Kang et al. 2005)

圖 4-12. 大尺度批發業淹水深度-損失曲線



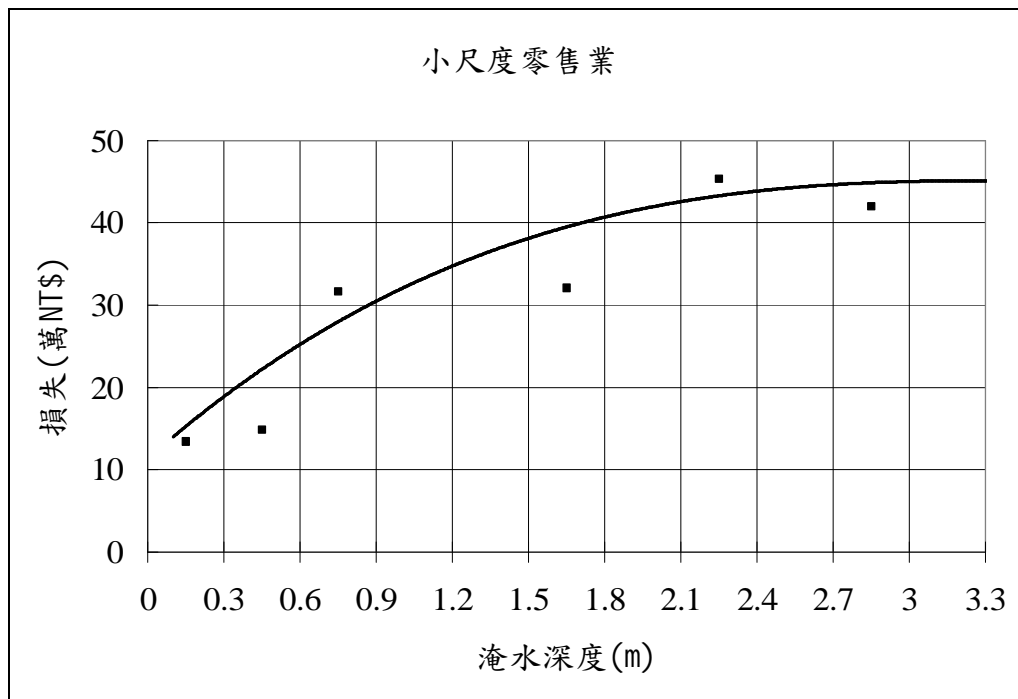
資料來源：(Kang et al. 2005)

圖 4-13. 小尺度批發業淹水深度-損失曲線



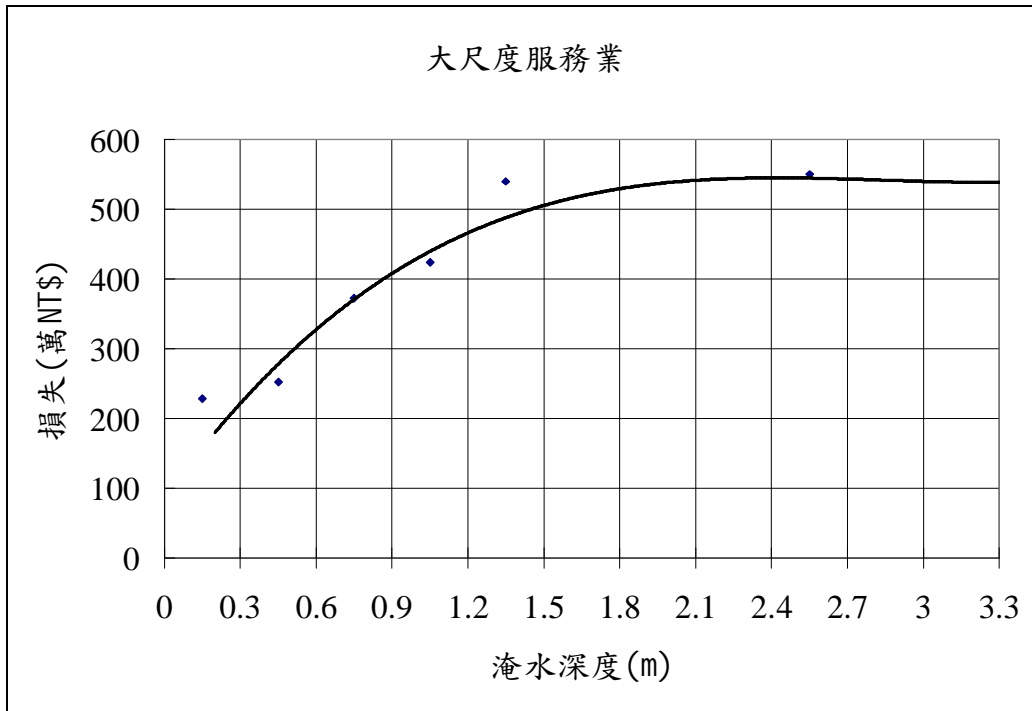
資料來源：(Kang et al. 2005)

圖 4-14. 大尺度零售業淹水深度-損失曲線



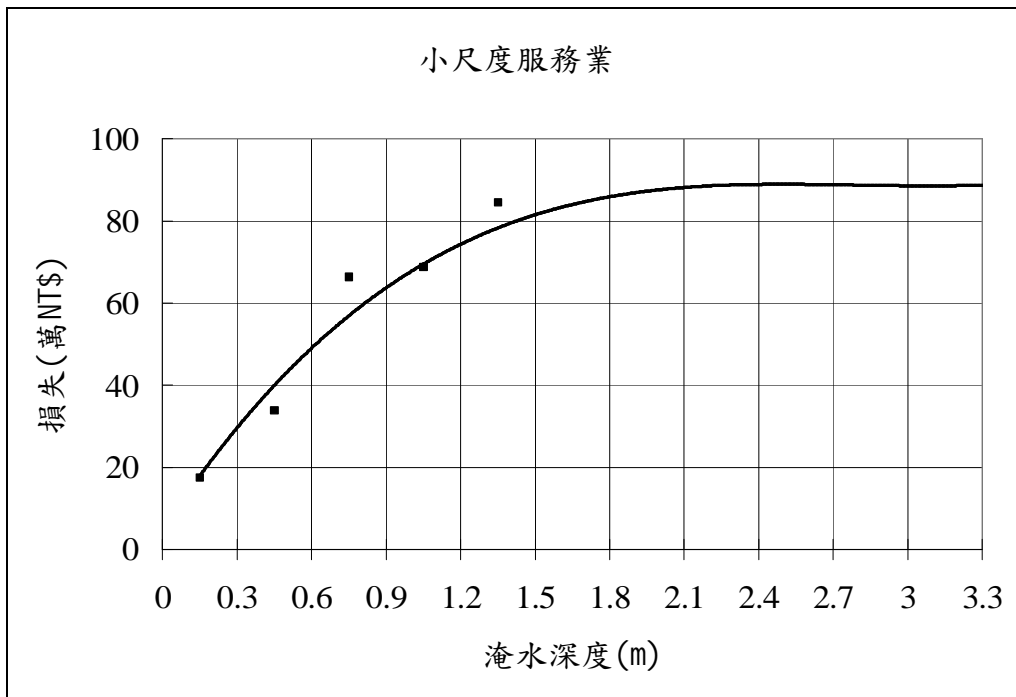
資料來源：(Kang et al. 2005)

圖 4-15. 小尺度零售業淹水深度-損失曲線



資料來源：(Kang et al. 2005)

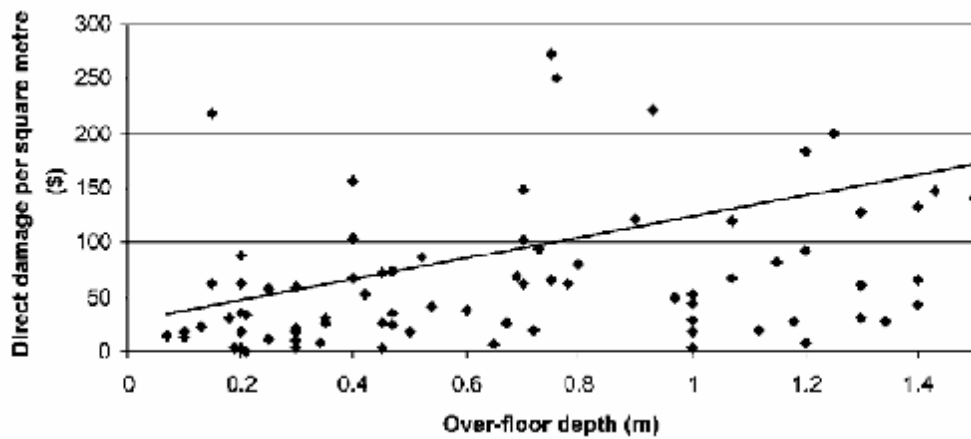
圖 4-16. 大尺度服務業淹水深度-損失曲線



資料來源：(Kang et al. 2005)

圖 4-17. 小尺度服務業淹水深度-損失曲線

(經濟部水資源局 2001)與(台北市政府工務局養護工程處 2004)計畫中所建立的淹水深度-損失曲線，有一個共同的特點是，將淹水損失資料依淹水深度範圍分組，推究可能的原因是，將所有淹水災害損失資料與淹水深度繪製在直角座標系統(Cartesian coordinate system)上，和(Gissing and Blong 2004)所做的淹水災害損失資料(如圖4-18所示)有類似的情形，這一份澳洲的商業淹水災害損失資料分析結果，淹水深度對淹水災害損失的解釋力只有6%左右，本研究取得納莉事件後，台北市製造業淹水災害損失與淹水深度資料，進行線性迴歸分析，如圖4-19所示，迴歸方程式的R-Square亦只有0.059，顯示國內外收集的淹水災害損失資料有類似的問題。



資料來源：(Gissing and Blong 2004)

圖 4-18. Kempesy 商業淹水災害損失資料

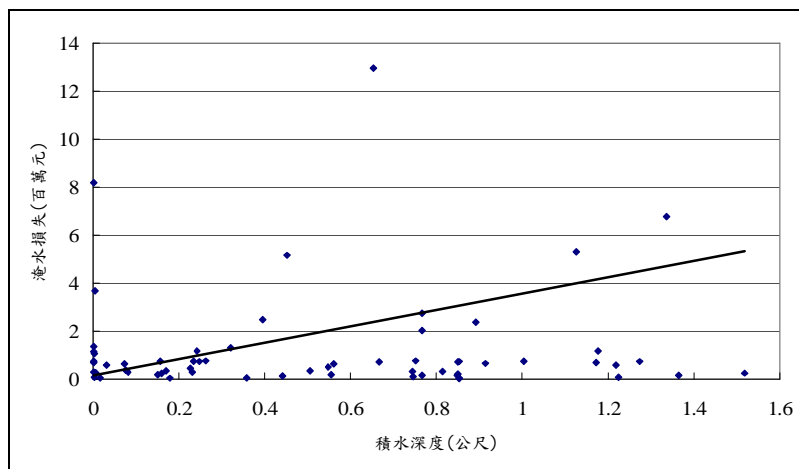
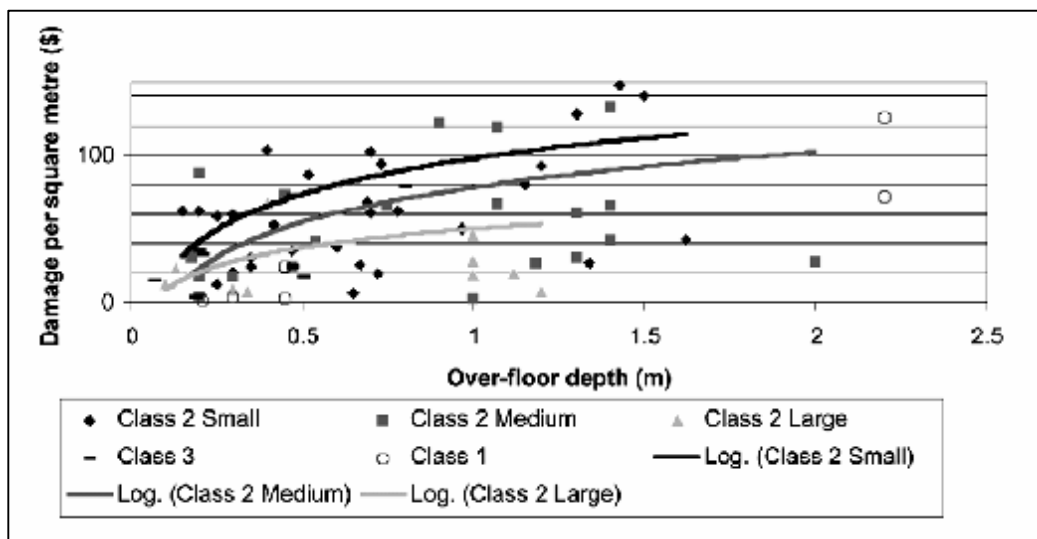


圖 4-19. 納莉事件後台北市製造業淹水損失申報與淹水深度

(Gissing and Blong 2004)也嘗試將淹水災害損失資料依淹水深度範圍分類 (Class1, Class2, and Class3)分群(每25公分一群),取各群淹水災害損失之平均值進行迴歸分析,如圖4-20所示,但判定係數R-Square仍低於0.15。本研究的經驗是,利用分群平均數或中位數的點資料,進行迴歸分析,不管用線性、對數或多項式迴歸,因為資料點數少,判定係數都很高,如果把所有原始資料帶入迴歸方程式計算R-Square,所得結果不會比用所有資料迴歸的R-Square高,換句話說,用原始資料檢驗分組平均值的迴歸方程式是多此一舉。



資料來源:(Gissing and Blong 2004)

圖 4-20. Kempsey 淹水資料分群平均迴歸圖

淹水災害損失資料依水深分組後,已經忽略了該淹水範圍內的水深差異,淹水災害損失資料代表的就是該淹水範圍內的損失特性,不應該利用這些平均值或中位數迴歸,建立所謂的淹水深度-損失曲線,在這種情況下所建立的,應該是一個淹水範圍-損失表,換句話說,如果將淹水損失資料依淹水深度每0.5公尺分為一組,0.5-1公尺的淹水損失資料平均數是5萬元,則後續應用時,如果淹水深度是0.8或0.6公尺,都是以平均損失5萬元推估,雖然在上述迴歸線中,可能可以找到0.8公尺損失5.5萬元,0.6公尺損失4.5萬元,但這是沒有意義的(Hsia 2005)。

由於工商業行業類別繁多,政府單位已針對各類型工商業進行分類,由行業分類標準之大類分類可知:A大類為農業類、B大類為礦業及土石採取業、C大類為製造業、D大類為水電燃氣業、E大類為營造業、F大類為批發、零售及餐飲業、G大類為運輸倉儲及通信業、H大類為金融保險及不動產業、I大類為工商服務業與J大類為社會服務及個人服務業。但是由於該分類是以稅收為目的之分類方式,本計畫目的在推估積水災害損失,所以將災害損失特性類似之大類予以合併,如金融、保險及不動產業、工商服務業與社會服務業及個人服務業等皆歸類

為服務業，批發業與零售業則從F大類中區分開，最後分成四大類，分別是製造業、批發業、零售業與服務業。稅務之行業分類與本計畫之行業分類對照如表4-3所示。

表 4-3. 行業分類標準代號與本計畫工商業分類對照表

稅務行業標準代號分類			本計畫分類名稱
大類	中類	名稱	
A		農業	農業
B		礦業及土石採取業	服務業
C		製造業	製造業
D		水電燃氣業	服務業
E		營造業	服務業
F	51,52	批發業	批發業
F	53,54,55	零售業	零售業
F	56	國際貿易業	服務業
	57	餐飲業	
G	62	倉儲業	倉儲業
G	61,63	運輸及通信業	服務業
H		金融、保險及不動產業	服務業
I		工商服務業	服務業
J		社會服務業及個人服務業	服務業

五、暴露量分析

暴露量是一般家庭或工商業等遭受淹水災害之數量，會直接影響受災損失之大小，進行區域淹水災害損失推估必須建立暴露量分析模組。如果能建立建物之地理資訊系統圖層與包括建物類型、使用別、人口數或內裝價值等屬性資料，則可以直接套疊淹水災害圖推估暴露量，但是建立這些資料需要花費甚高之經費，台灣目前這些相關資料是分散在政府各個不同的單位，要取得與整合這些資料並不容易；在沒有取得詳細資料的情況下，可利用門牌地址座標資料、土地利用圖、人口普查資料、住宅品質調查資料等相關資訊，推估淹水災害區之建物分佈狀況，再套疊淹水災害圖推估淹水災害暴露量。

暴露量分析所需之資訊包括淹水資料、建物位置與使用類別，因為不同之建物使用方式，在遭受淹水災害時之損失特性並不一樣，所以需要建物使用類別用來判斷該選用的淹水災害-損失曲線；而建物之位置主要在找出該處之淹水深度，一般是利用GIS套疊淹水深度資料與建物位置資料，以推估每一棟建物之淹水深度。以台灣目前可以收集到的資料，有下列兩種方式可以推估暴露量：

- (1)第一種是利用門牌地址座標資料庫與淹水資料套疊之後，即可判斷遭受淹水災害之門牌號碼。
- (2)第二種方式是利用社會經濟普查資料(例如工商與服務業普查資料或人口

與家戶普查資料)，配合土地利用圖、都市計畫圖或相關背景資料，將建物或工商活動，合理的映射到區域的土地上，再與淹水資料套疊，推估可能的淹水災害暴露量。

目前只有如台北市、台中市、高雄市等重要都會區與台北縣部分區域及嘉義市建有地址座標資料庫，且資料庫並不包括該地址建築物之使用類別，無法判斷受災建物適用之淹水深度-損失曲線類別，所以研究中主要是以第二種方法推估淹水災害暴露量。

普查資料

普查資料是研究中推估淹水災害暴露量分析之基礎，因為淹水事件若發生在社會活動密集的地區，則可能的淹水災害暴露量較多，一般家戶與工商業活動是本研究關心的暴露量，所以研究中使用戶口及住宅普查資料作為推估一般家戶之暴露量基礎，工商及服務業普查資料則是推估工商業暴露量之基礎。

人口家戶普查

戶口及住宅普查係行政院依據統計法規定，定期舉辦之基本國勢調查，普查之目的在於了解全國人口之質量、家庭結構、就學就業及住宅使用狀況，以供為政府研訂施政計畫、規劃國家建設發展之主要參據(行政院主計處 2004)。

本研究所使用之人口資料是行政院主計處2000年全國人口家戶普查資料，初步統計結果如下，台閩地區常住人口（含外國籍人口）2,216萬7千人；其中男性1,134萬9千人占51.2%，女性1,081萬8千人占48.8%；平均年齡33歲。普通住戶數647萬戶；平均每戶人口數為3.3人。宅數為699萬，其中有123萬空宅，空屋率為17.6%。

普通住戶係以家庭份子為主體，在同一處所同一主持人之下營共同生活之親屬及戶內受雇人與寄居人所組成之戶、以船為家之船戶、單獨居住一處所而獨立生活者、二人以上非親屬之個人共同居住於公共處所以外之同一處所者及經常居住於公共處所內之家庭均屬普通住戶。住宅係指專供一戶或多戶家庭居住為目的之房屋，如公寓、大廈、別墅、機關團體之眷舍等。

人口家戶普查資料包括各單筆資料所在之縣市、鄉鎮市區與村里行政區，所以根據行政區統計可得各縣市、鄉鎮市區或村里之人口與家戶數，研究中以村里為單位統計人口與家戶數，作為淹水災害暴露量推估之基礎。

工商及服務業普查

工商及服務業普查係行政院為應經建計畫需要依照我國統計法規定，定期舉辦之工商業活動調查，首次於1954年舉辦；嗣為配合各階段經、社建設等多元化用途，遂建立每隔5年辦理一次之規制，於2001年辦理者為第十次普查。舉辦普

查之目的係為蒐集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，普查結果除供為政府衡量施政成果及規劃工商產業政策外，亦有助於工商業者研訂投資策略與風險管理，達到政府與民間共同追求經濟繁榮與社會安和樂利之目標(行政院主計處 2004)。

本研究所收集之工商資料是行政院主計處2001年之工商普查資料共978667筆資料，研究中以該資料之最小行政單位-村里為空間單元，並依業別分為製造業、批發業、服務業與零售業，以對應研究中所建立之製造業、批發業、零售業與服務業之淹水深度-損失曲線，分別統計區域內之工商業家數、總員工數、土地面積、樓地板面積與總資產等各項資訊，作為區域工商業暴露量推估之基礎。

空間資料

天然災害一般均具有致災範圍大之特性，淹水災害亦不例外，因此研究中乃利用地理資訊系統來處理相關之空間資料(例如家戶分佈與淹水範圍等)。研究中所需之空間資料包括行政邊界與土地利用圖。

- (1)行政邊界圖：人口與家戶、工商業或農林漁牧普查等各項普查資料都是以行政區為空間統計單元，所以行政邊界圖是映射相關統計資料至空間之重要依據，本研究所使用之行政邊界圖是國土資訊系統資料庫中2001年版台灣村里邊界圖(內政部資訊中心 2005)。
- (2)土地利用圖：土地利用圖是分配行政區內社會經濟活動數量之重要依據，研究中所使用之土地利用圖是內政部自1994年起，利用1/5000航照圖數化產生之國土利用現況調查資料，傳統是採將社會經濟活動平均分配在行政區內的作法，例如某村里總家戶數100戶，該村里總面積100公頃，淹水面積20公頃，在不考慮土地利用狀況下，因為平均每一公頃有一戶，因此會推估有20戶遭受淹水災害；但若考慮土地使用狀況時，會因為遭受淹水災害的土地利用狀況而異，如果遭受淹水的20公頃均為無家戶之水利河川地，則推估沒有一般家戶遭受淹水災害，若淹水發生在住宅區，則推估遭受淹水災害之家戶數應大於不考慮土地利用狀況下推估的20戶淹水災害暴露量。土地利用圖範圍涵蓋為台灣之平地區域，不包括山地與軍事機密地區，但是因為本研究區域為汐止七堵地區，土地利用圖範圍恰可滿足本研究之需求，惟國土利用現況在資料製作之後每年仍會有大小程度不一的變化，迄今已歷經10年的時間，若能有更新版之國土利用現況調查資料與圖資，當更能適切反應當下國土利用狀況。

土地使用分類

國土利用現況調查，調查範圍包括台灣地區國有林班地以外之全部地區，資料來自各縣市地政事務所調查繪製之國土利用現況調查圖。在都市計畫區內採用五百分一、六百分一、一千分一或一千二百分一地籍藍晒圖為底圖；非都市計畫

區則大多採用糧食局提供之五千分一耕地圖為底圖。將土地使用現況依劃分粗系之程度分為三級，各級分類方式與代碼如表5-1所示。

表 5-1. 土地使用分類表

第 I 級		第 II 級		第 III 級	
類 別	代 碼	類 別	代 碼	類 別	代 碼
農業用地	0	農作	001	稻作	0011
				旱作	0012
				廢耕地	0013
		林業	002	林業	0020
		養殖	003	養殖	0030
		畜牧	004	畜禽舍	0040
				牧場	0041
		農業附帶設施	005	農業附帶設施	0050
交通用地	1	機場	101	民用機場	1010
				鐵路	102
			專用鐵路線	1022	
			捷運鐵路線	1023	
			鐵路車站	1024	
			鐵路相關設施	1025	
		公路	103	國道	1031
				省道	1032
				縣道	1033
				鄉道	1034
				市區道路	1035
				其他道路	1036
				公路車站	1037
				停車場	1038
				公路相關設施	1039
		港口	104	商港	1041
				漁港	1042
				專用港	1043
		水利用地	2	河道	201
減河	2012				
運河	2013				
堤防	2014				
溝渠	202			溝渠	2020
蓄水池	203			水庫	2031
				湖泊	2032
				其他蓄水	2033
禦潮地	204	禦潮地	2040		
建築用地	3	商業	301	零售批發	3011
				服務業	3012
		住宅	302	一層住宅	3021
				低層住宅	3022
				中層住宅	3023
				高層住宅	3024
		機關團體	303	機關團體	3031
				機關	3032
				團體	3033
		學校	304	托兒所、幼稚園	3041
				小學	3042
				中學	3043
				大專院校	3044
				特種學校	3045
		文教藝術	305	文教藝術館	3050
衛生醫療	306	醫療院所	3060		

第 I 級		第 II 級		第 III 級	
		慈善福利	307	慈善福利院	3070
		宗教	308	寺廟	3081
				教堂	3082
				宗祠	3083
				其他宗教建築	3084
		公用事業	309	郵政電信	3091
				氣象	3092
				電力	3093
				瓦斯	3094
				自來水	3095
				加油站	3096
				雨水抽水站	3097
		其他公用事業	3098		
		環保設施	310	環保設施	3100
喪葬設施	311	墳墓	3111		
		殯儀館、火葬場	3112		
消防安全設施	312	消防安全設施	3120		
興建中	313	興建中	3130		
古蹟	314	古蹟	3140		
工業用地	4	工業	401	製造	4010
		工業相關設施	402	工業相關設施	4020
		倉儲	403	倉儲	4030
		公園綠地廣場	501	公園綠地廣場	5011
遊憩用地	5	陸上遊憩設施	501	體育場所	5012
				動、植物園	5013
				戶外遊樂場	5014
				水域活動場所	5020
水岸遊憩設施	502	水域活動場所	5020		
遊憩服務設施	503	遊憩服務設施	5030		
鹽業用地	6	鹽田	601	鹽田	6010
		鹽業設施	602	鹽業設施	6020
礦業及土石用地	7	礦業	701	礦場	7011
				礦業設施	7012
		土石	702	土石採取場	7021
				土石設施	7022
軍事用地	8	軍事用地	800	軍事用地	8000
其他用地	9	濕地	901	濕地	9010
		草生地	902	草生地	9020
		裸露地	903	裸露地	9030
		灌木荒地	904	灌木荒地	9040
		災害地	905	災害地	9050
		棄土地	906	棄土地	9060
		空置地	907	未使用地	9071
人工改變中土地	9072				
測量標	9073				

因為淹水深度-損失曲線通常是針對特定的社會經濟活動，單一建物所建立之淹水深度與淹水災害損失關係，所以應用淹水深度-損失曲線推估區域淹水災害損失的時候，需要有各受災建物之使用類別及淹水深度，利用相對應之災損曲線估計每一棟受災建物之損失值後，再加總產生區域之淹水災害損失。

內政部國土利用調查資料之土地利用分類超過 80 種以上，研究中考慮淹水災害損失型態，將土地利用分為農業、工業、建築、公共、水利與其他六種類別，作為普查資料分配之空間依據，農業用地用來分配部分住家，工業與建築用地用

來分配工商業與住家活動數量，公共用地與其他用地應該有淹水災害損失，但目前沒有適當的淹水深度-損失曲線可用，所以予以分類保留，水利用地則理論上沒有淹水災害損失，如表 5-2 所示 CLASS3_N 是內政部分類，MYCLASS 是研究中重新分為上述六類。

表 5-2 土地使用類別對照

CLASS3_N	MYCLASS	CLASS3_N	MYCLASS	CLASS3_N	MYCLASS
稻作	農業	低層住宅	建築	殯儀館、火葬場	其他
旱作	農業	中層住宅	建築	消防安全設施	公共
廢耕地	農業	高層住宅	建築	興建中	建築
林業	農業	機關	建築	古蹟	其他
養殖	農業	團體	建築	製造	工業
畜禽舍	農業	托兒所、幼稚園	建築	工業相關設施	工業
牧場	農業	小學	建築	倉儲	工業
農業附帶	農業	中學	建築	公園綠地廣場	公共
民用機場	公共	大專院校	建築	體育場所	公共
一般鐵路線	公共	特種學校	建築	動、植物園	公共
專用鐵路線	公共	文教藝術館	公共	戶外遊樂場	公共
捷運鐵路線	公共	醫療院所	建築	水域活動場所	水利
鐵路車站	公共	慈善福利院	建築	遊憩服務設施	公共
鐵路相關	公共	寺廟	建築	鹽田	公共
國道	公共	教堂	建築	礦場	其他
公路車站	公共	宗祠	建築	礦業設施	其他
停車場	公共	其他宗教建築	建築	土石採取場	其他
公路相關	公共	郵政電信	公共	土石設施	其他
商港	公共	氣象	公共	軍事用地	其他
漁港	公共	電力	公共	濕地	水利
河川	水利	瓦斯	公共	草生地	其他
堤防	水利	自來水	公共	裸露地	其他
水庫	水利	加油站	公共	灌木荒地	其他
湖泊	水利	雨水抽水站	公共	災害地	公共
禦潮地	水利	其他公用事業	公共	棄土地	其他
零售批發	建築	其他公用事業	公共	未使用地	其他
服務業	建築	環保設施	建築	人工改變中	其他
一層住宅	建築	墳墓	其他	測量標	公共

圖 5-1 為社會經濟資料網格化映射流程，根據普查資料推估區域製造與批發業之平均家戶土地面積，製造與批發業映射分配至工業區；若仍有工業用地無法容納之製造業與批發業，或行政區內有製造或批發業登記，但沒有工業用地類別，則將製造與批發業資料映射至建築用地，這種情形在台灣相當普遍，因為有部分的工商活動是存在不符合土地利用分區上的。接下來根據普查資料估算區域

零售業與服務業之平均家戶土地面積，並將其映射至建築用地上，最後根據普查資料處理一般住家的資料，當分配家數之總樓地板面積大於網格之土地面積時，即將多餘之工商業商家或一般住家之家戶堆置到二樓以上之建物，如果區域內有農業用地，則將區域內之一般住家總數的 10% 分配到農業用地，以顯示農業用地內農戶分佈之情況。

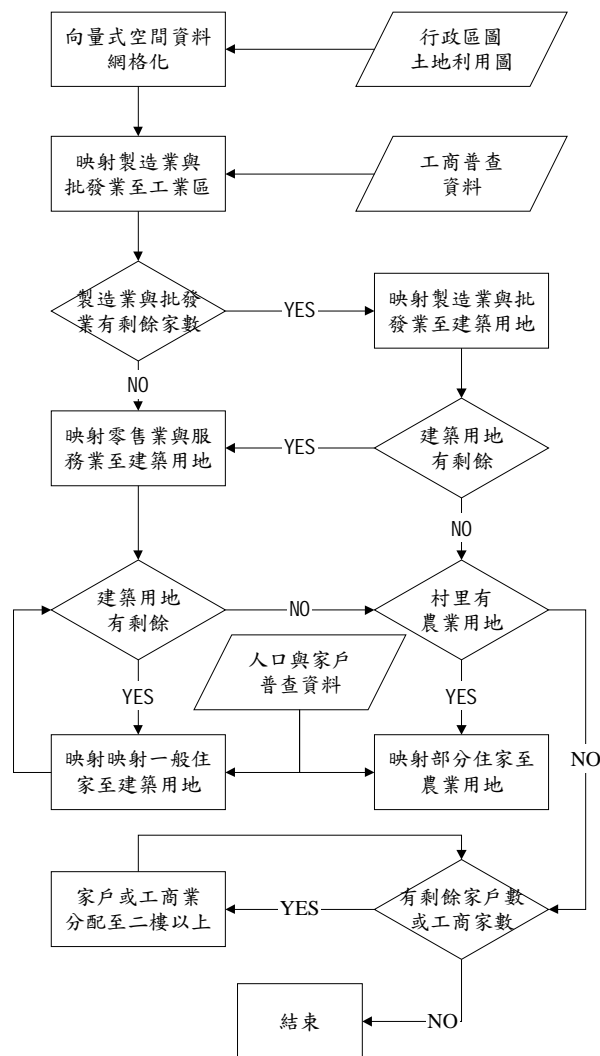


圖 5-1. 社會經濟資料網格化映射流程

研究中將行政邊界、土地利用與社會經濟資料網格化之後，是以資料表的形式記錄與計算基本資料，一個是村里基本資料表，資料表之欄位名稱與欄位內容如表 5-3 所示，首先紀錄各村里之普查統計資料(欄位 2-6)與土地利用網格數(欄

位 7-9)，根據網格化流程，推估各工商業類別與一般家戶在村里一樓之數量(欄位 10-16)，計算各村里工業與建築物等類別一個網格之數量(欄位 17-24)；另一個是網格基本資料表，資料表之欄位名稱與欄位內容如表 5-4 所示，包括村里代碼、網格中心點座標與土地利用類別，後續應用時是以村里代碼連結村里基本資料與網格基本資料，資料表連結之後，如表 5-5 所示，包括每個網格中心點座標、村里代碼、土地利用別、工商業家數或家戶數等各網格之資訊。

表 5-3 各村里基本資料表

欄位編號	欄位名稱	資料說明
(1)	NEW	村里代碼
(2)	製造業	製造業家數
(3)	批發業	批發業家數
(4)	零售業	零售業家數
(5)	服務業	服務業家數
(6)	家戶	一般家戶數
(7)	工業	工業用地網格數
(8)	建築	建築用地網格數
(9)	農業	農業用地網格數
(10)	製造-工業	製造業分配至工業用地之家數
(11)	批發-工業	批發業分配至工業用地之家數
(12)	製造-建築	製造業分配至建築用地之家數
(13)	批發-建築	批發業分配至建築用地之家數
(14)	零售-建築	零售業分配至建築用地之家數
(15)	服務-建築	服務業分配至建築用地之家數
(16)	家戶-建築	一般家戶分配至建築用地之家數
(17)	工業-製造	每個工業用地網格之製造業家數
(18)	工業-批發	每個工業用地網格之批發業家數
(19)	建築-製造	每個建築用地網格之製造業家數
(20)	建築-批發	每個建築用地網格之批發業家數
(21)	建築-零售	每個建築用地網格之零售業家數
(22)	建築-服務	每個建築用地網格之服務業家數
(23)	建築-家戶	每個建築用地網格之一般家戶數
(24)	農業-家戶	每個農業用地網格之一般家戶數

表 5-4 網格基本資料表

欄位名稱	資料說明
NEW	村里代碼
X	網格中心點 X 座標
Y	網格中心點 Y 座標
MYCLASS	土地使用類別

表 5-5 連結網格資料表

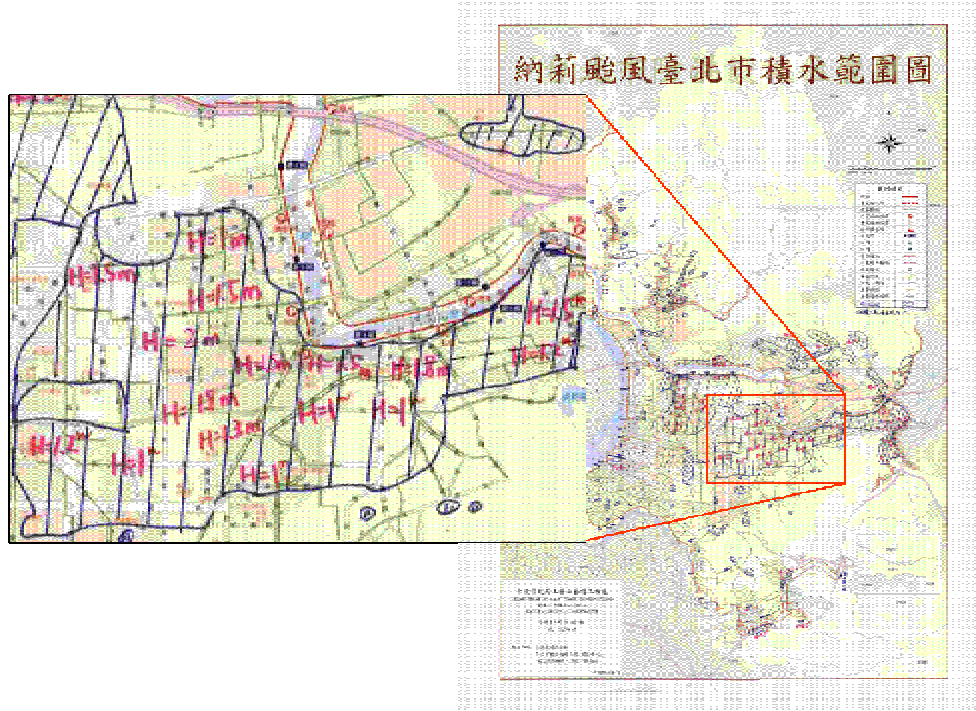
欄位名稱	資料說明
X	網格中心點 X 座標
Y	網格中心點 Y 座標
NEW	村里代碼
MYCLASS	土地使用類別
工業-製造	工業用地網格之製造業家數
工業-批發	工業用地網格之批發業家數
建築-製造	建築用地網格之製造業家數
建築-批發	建築用地網格之批發業家數
建築-零售	建築用地網格之零售業家數
建築-服務	建築用地網格之服務業家數
建築-家戶	建築用地網格之一般家戶數
農業-家戶	農業用地網格之一般家戶數

前述相關的社會經濟資料可以依照上述之方法將以村里行政單元統計之普查資料，分配到個個空間網格之中，這些網格可以和下面所描述之淹水災害模式所產生之淹水潛勢網格套疊，進行相關的暴露量分析，並可再進一步進行洪災損害評估。

淹水災害資料

無論哪種淹水災害暴露量分析，都需要套疊淹水資料，淹水災害(flood hazard)資料包括淹水範圍與淹水深度資料，可能來源包括：(1)淹水災害事件後的實地調查，如圖5-1是2001年納莉事件後，台北市政府的調查資料；(2)利用淹水災害發生時的遙測資料判釋洪水災害範圍(Brivio et al. 2002; Islam and Sado 2000; Islam and Sado 2000)，如圖5-2所示，如果利用多幅不同大小淹水事件之遙測影像可判定淹水潛勢區遭受淹水災害之頻率高低(Islam and Sado 2002)；與(3)利用數值模式模擬區域不同重現期之淹水範圍與淹水深度(Hsu et al. 2000)，如圖5-3所示，均可獲得區域淹水災害資訊。

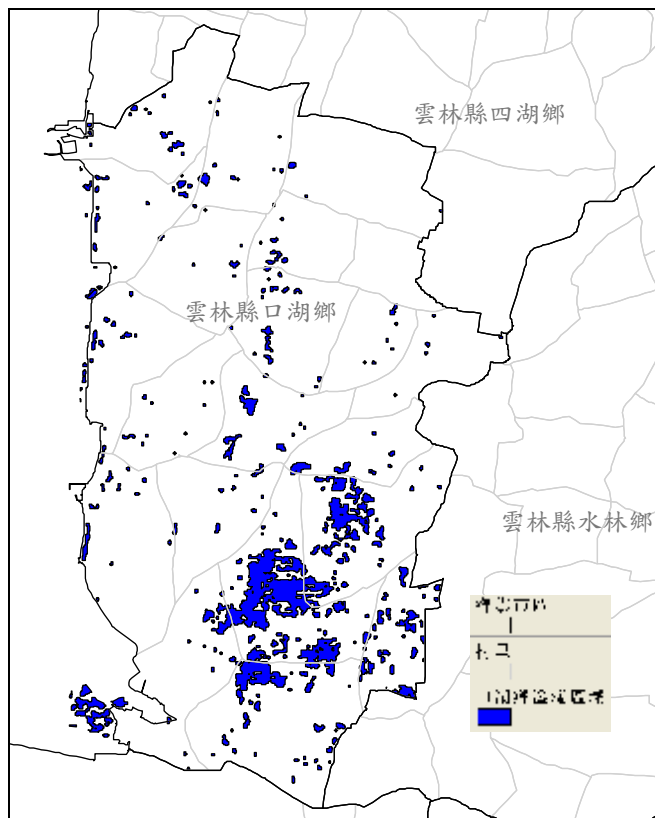
- (1)災害事件後的調查資料，因受限於時間短促及人力短缺，一般是比較粗略的，通常是圈出一個大略的淹水範圍，然後標示這個範圍內調查所得之最高或平均淹水深度，雖然目前的災後調查資料不太精確，但如果可以加強調查人員的訓練與素質，配合區域數值地形資料檢核校正淹水深度與範圍，水災後的調查資料品質與可靠度應該可以大幅提高。



資料來源：(台北市政府工務局養護工程處 2004)

圖 5-1. 納莉颱風台北市積水範圍圖

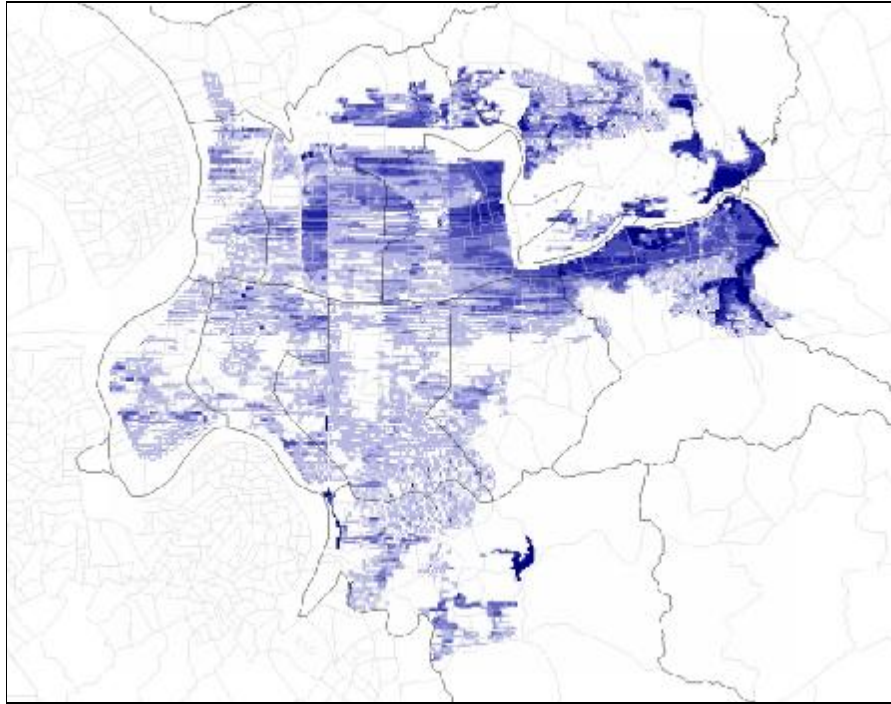
- (2)遙測資料的優點是可以監測大範圍區域，且不受交通限制，對於災害發生時，無法進入的地區一樣可以進行遙測收集資料，但目前利用遙測資料判釋淹水範圍與深度的方法或應用都還仍在研發階段，雖可使用雷達衛星之主動式偵測穿透雲層，但因受限於衛星之運行軌道與頻率，通常不易掌握到淹水事件最嚴重之時間點。



資料來源：(經濟部水利署 2003)

圖 5-2. 衛星雷達應用於水災監測及淹水範圍圖

(3)利用數理模式模擬淹水災害資料是本研究採用的資料來源，因為模擬模式除了可以模擬實際發生過的淹水災害事件外，也可以輸入推估區域特定重現期的雨量及雨型資料，以模擬未發生之淹水災害事件，建立一組「區域淹水災害潛勢資料」，提供區域淹水災害風險分析；目前有許多不同的淹水模擬模式，因其基本假設與輸入資料需求不盡相同，所得到的結果也互異(經濟部水利署 2004)。例如的2001年納莉颱風事件，國科會、水利署與中興工程顧問公司之模擬模式所得之結果及台北市政府兩個單位的現地調查資料，所產生的五組淹水資料，展現的淹水範圍與淹水深度都不一致，因此有關淹水模式之外部輸入資料(例如DTM)的精度或是理論與假設(例如是否考慮雨水下水道或抽水設備的排水效果)都還有改進的空間。



資料來源：(台北市政府工務局養護工程處 2004)

圖 5-3 納莉事件台北市淹水災害模擬圖

暴露量推估結果

如圖 5-4 所示是汐止七堵地區之普查資料，以土地使用為依據映射分散到 40 公尺乘 40 公尺的網格後之家戶數與家戶分佈圖，採用 $40m \times 40m$ 網格之原因是目前台灣較普遍使用之數值地形及淹水數值模擬模式均採用此一精度，如再與同一地區之淹水災害潛勢圖(如圖 5-5)之後，即可得到如圖 5-6 之淹水災害暴露量圖，可推估該淹水事件下各淹水深度之家戶暴露量，各網格暴露量資料亦可加總成爲各村里或鄉鎮之暴露量，以利各項行政作業之決策，如表 5-6 所示爲無員山子分洪工程之重現期 200 年淹水災害潛勢下之各村里之家戶淹水災害暴露量。

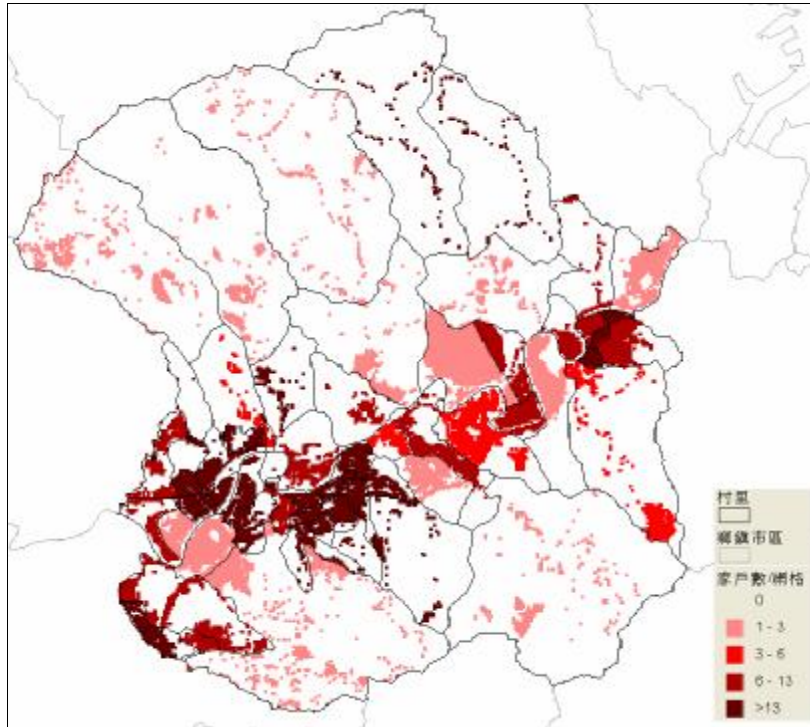


圖 5-4. 汐止七堵地區網格家戶數與家戶分佈圖

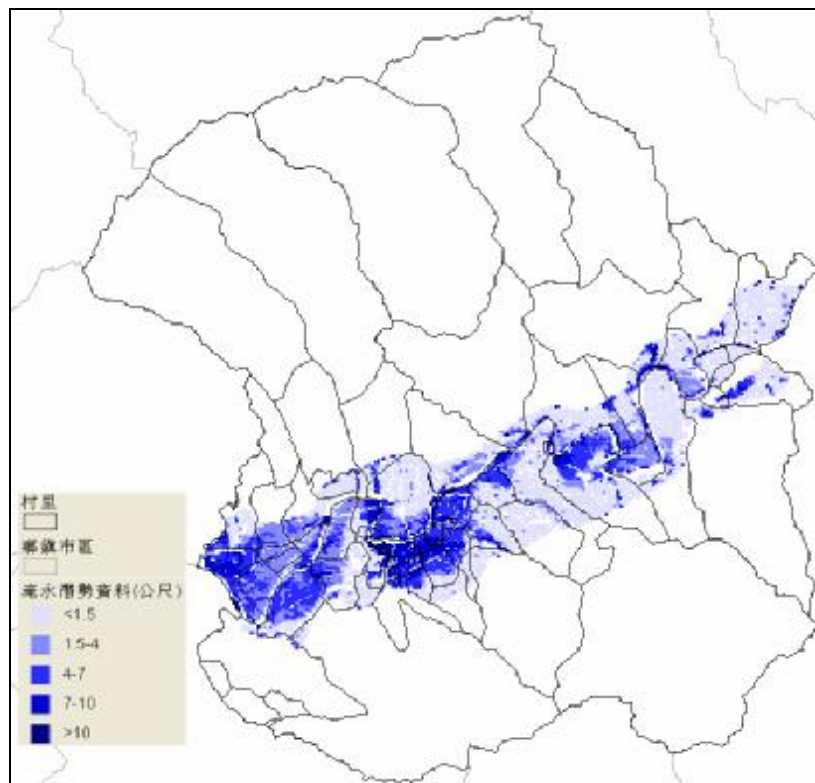


圖 5-5. 汐止七堵地區無員山子分洪工程之 200 年重現期淹水潛勢圖

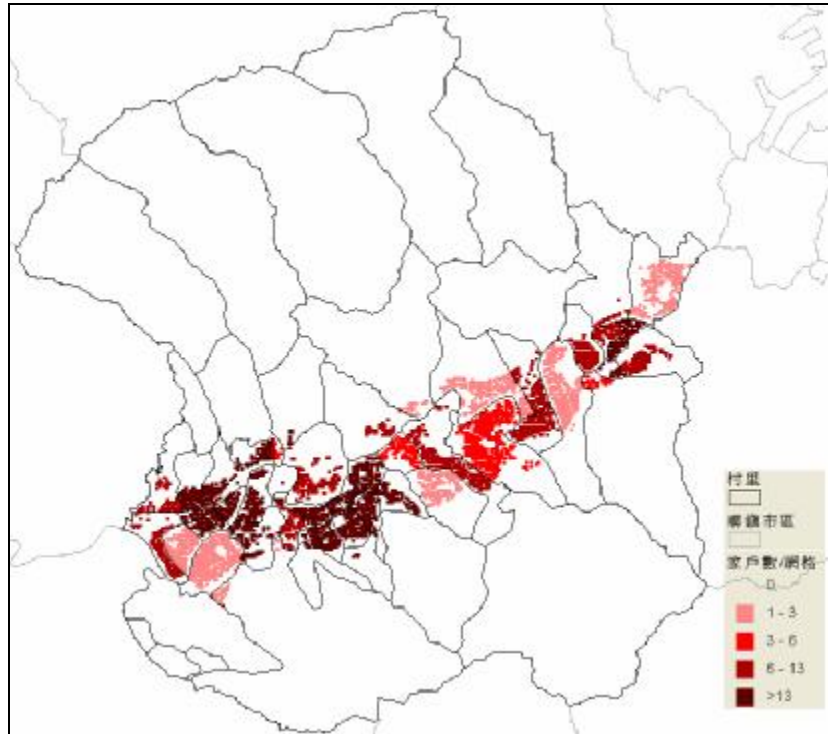


圖 5-6. 淹水災害暴露量推估圖

表 5-6. 各村里家戶淹水災害暴露量統計表

單位：家戶

八德里	大同里	山光里	中興里	仁德里	六堵里	友一里	文化里	北山里
109	325	410	1070	286	171	20	121	317
正光里	正明里	永平里	永安里	白雲里	江北里	百福里	自強里	秀山里
291	287	314	406	34	664	392	719	557
秀峰里	忠山里	忠孝里	金龍里	長安里	長青里	長興里	信望里	保安里
171	544	1009	620	193	37	506	87	105
保長里	厚德里	拱北里	茄苳里	泰安里	堵北里	堵南里	崇德里	康福里
680	946	51	0	53	102	448	497	496
富民里	復興里	智慧里	湖光里	湖興里	鄉長里	新昌里	義民里	實踐里
487	1017	612	553	356	164	857	325	647
瑪南里	福安里	福德里	樟樹里	橫科里	橋東里	興福里	環河里	禮門里
0	314	523	257	3	1839	519	146	188

六、本年度成果

本年度計畫已依預定進度完成國內淹水深度損失曲線之收集與整合、依洪災損失特性對不同土地類別之再分類、收集各項普查資料並將其網格化建立洪災之暴露量分析模式，配合洪災模擬模式所產生之區域淹水潛勢資料，即可有效展現災害風險之空間分佈特性，初步掌握風險之空間分佈歧異。下一年度之計畫中將對普查資料網格化之流程進行驗證與改善，並建立區域災害損失估算模式，完成區域單一洪災事件損失估算之模式。隨後將利用國科會已完成之區域內多洪災事件之潛勢資料，建立區域損失超越機率曲線，最後利用系統模擬將以事件為基礎之區域損失超越機率曲線轉化為以損失為基礎之區域損失超越機率曲線，提供洪災風險管理決策之參考。

參考文獻

- Berning, C., Viljoen, M. F., and Du Plessis, L. A. (2000). "Loss functions for sugar-cane: Depth and duration of inundation as determinants of extent of flood damage." *Water SA*, 26(4), 527-530.
- Chang, L. F. (2000). "Flood damage estimation for residential area (in Chinese)," National Taiwan University, Taipei.
- Chang, L. F., and Su, M. D. (2001). "Application of spatial data to damage estimations in flood (in Chinese)." *Journal of Chinese Agricultural Engineering*, 47(1), 20-28.
- Dutta, D., Herath, S., and Musiakke, K. (2003). "A mathematical model for flood loss estimation." *Journal of Hydrology*, 277, 24-49.
- FEMA. (1977). "Reducing flood damage through building design: a guide manual - elevated residential structures." F. E. M. Agency, ed.
- Gissing, A., and Blong, R. (2004). "Accounting for variability in commercial flood damage estimation." *Australian Geographer*, 35(2), 209-222.
- Grigg, N. S., and Helweg, O. J. (1975). "State-of-the-art of estimating flood damage in urban areas." *Water Resources Bulletin*, 11(2), 379-390.
- Hsia, I. S. (2005). "Personal communication."
- Kang, J. L., Su, M. D., Chang, L. F., and Lin, M. J. (2005). "Depth-Damage curves for flood loss assessments in industrial and commercial sectors (in Chinese)." *Journal of Taiwan Water Conservancy*.
- Smith, D. I. (1994). "Flood damage estimation - A review of urban stage-damage curves and loss function." *Water SA*, 20(3), 231-239.
- Su, M. D., Kang, J. L., Chang, L. F., and Chen, A. S. (2005). "A Grid-Based GIS Approach to Regional Flood Damage Assessment." *Journal of Marine Science and Technology*. (in print)

USACE. (1999). "Post-flood assessment." S. District, ed., US Army Corps of Engineers.

內政部消防署. (2004). "歷年天然災害損失統計."
<http://www.nfa.gov.tw/stats1/stats.aspx>.

台北市政府工務局養護工程處. (2004). "台北市排水系統調查檢討及資料建檔-雨水下水道設施標準評析之初期計畫." 期末報告.

台灣省政府第六河川局. (1998). "鹽水溪治理規劃報告." 期末報告.

交通部中央氣象局. (2005). "<http://www.cwb.gov.tw/V4/index.htm>."

經濟部水資源局. (1997). "洪災保險制度(潭底洋地區)案例調查分析." 期末報告.

經濟部水資源局. (2001). "台北盆地及鹽水河流域示範區颱風災害危險度分析(三)." 期末報告.