

MARSH

GUY CARPENTER

財政部九十三年度委託研究計畫

(二)

颱風洪水風險評估

與

精算之修正

研究計畫名稱：颱風洪水保險制度之運作

科資編號： PG9306-0322

委託單位：中華民國財政部

研究單位：美商達信保險經紀人股份有限公司

編印日期：中華民國 九十四 年 六 月 二十四日

目錄

第二章 颱風洪水風險評估與精算之修正

2.1 颱風洪水風險評估模型之修正.....	3
2.2 颱風洪水最大可能損失之修正.....	9
2.3 合理保險費率之修正.....	30
2.4 颱風洪水風險評估資料庫之更新與維護.....	33

圖目錄

圖 2-1 洪水風險評估方法.....	3
圖 2-2 全或然率之洪水風險評估模型架構.....	5
圖 2-3 國科會淹水潛勢圖-桃園地區.....	7
圖 2-4 淹水損失之網格化推估概念圖.....	10
圖 2-5 家戶資料網格化映射流程圖.....	11
圖 2-6 淹水災害損失超越機率關係示意圖.....	12
圖 2-7 各流域代表性雨量站位置圖.....	24
圖 2-8 各流域代表性雨量站雨量記錄圖例.....	24
圖 2-9 各流域代表性雨量站雨量關聯係數矩陣.....	25
圖 2-10 各流域代表性雨量站降雨記錄圖例.....	26
圖 2-11 各流域代表性雨量站降雨關聯係數矩陣.....	26
圖 2-12 AEP 曲線 Monte Carlo 模擬流程圖.....	27
圖 2-13 淡水河流域暴露量推估結果.....	34
圖 2-14 淡水河流域淹水災害損失賠償推估結果.....	35
圖 2-15 二仁溪流域暴露量推估結果.....	36
圖 2-16 二仁溪流域淹水災害損失賠償推估結果.....	37
圖 2-17 國科會淡水河流域重現期 115 年淹水潛勢圖.....	39
圖 2-18 水利署淡水河流域重現期 100 年淹水潛勢圖.....	39
圖 2-19 國科會二仁溪流域重現期 15 年淹水潛勢圖.....	40
圖 2-20 水利署二仁溪流域重現期 10 年淹水潛勢.....	40

表目錄

表 2-1 本研究所用臺灣地區洪水潛勢圖之流域分佈.....	6
表 2-2 台灣地區 33 個河川流域與重現期降雨之對照表.....	8
表 2-3 淹水災害保險賠償模擬.....	14
表 2-4 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S1.....	15
表 2-5 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S2.....	17
表 2-6 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S3.....	18

表 2-7 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S4	19
表 2-8 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S5	20
表 2-9 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S8	21
表 2-10 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S9	22
表 2-11 臺灣地區 33 個流域不同降雨量之受災戶數估計數	29
表 2-12 情境模擬之結果—AAL 與基本費率	31
表 2-13 淡水河流域國科會資料推估結果	34
表 2-14 淡水河流域水利署資料推估結果	34
表 2-15 二仁溪流域國科會資料推估結果	36
表 2-16 二仁溪流域水利署資料推估結果	36

第二章 颱風洪水風險評估與精算之修正

2.1 颱風洪水風險評估模型之修正

洪水風險之評估可以不同複雜及精確程度之方法來達成，圖 2-1 所示為不同洪水風險評估模型建構之成本及時間需求圖，由圖中可知洪水風險評估，可以最簡單的利用歷史水災事件建立危害分佈圖的方式來達成，亦可以最複雜的全或然率評估方法來達成。

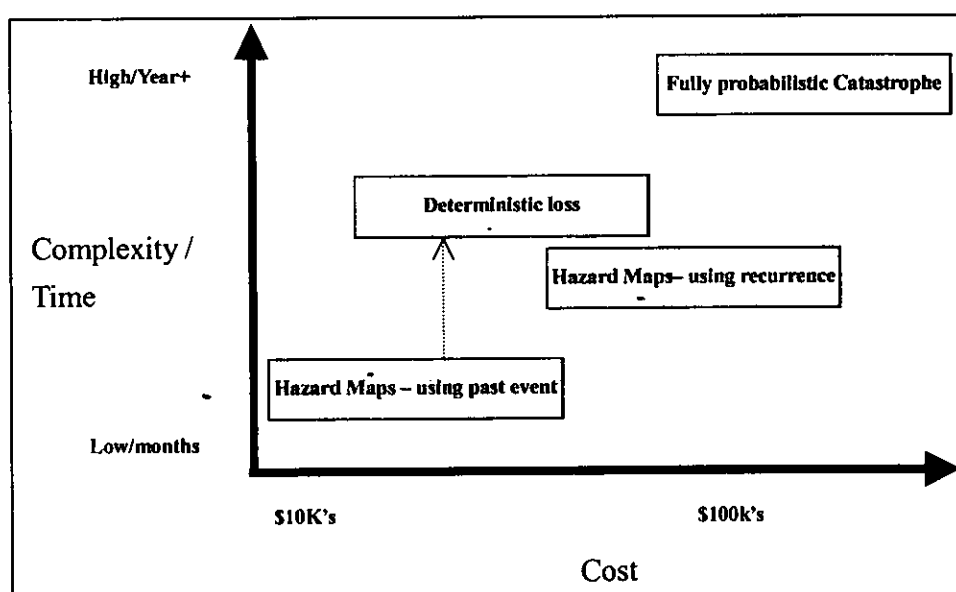


圖 2-1 洪水風險評估方法

臺灣因為颱風洪水歷史資料之不足，只能就近年來所發生的重大颱風事件之資料來進行風險分析，因此本研究團隊在去年度的前期計畫中參照上述架構，依照以往本團隊研究地震保險之經驗，並參考美國 RMS 公司所發展出的巨災模型技術及 Guy Carpenter 在英國建立洪災模型之經驗，結合國內現有研究成果，利用國科會防災國家型科技計畫辦公室許銘熙教授所建立的台灣淹水潛勢資料庫以及王如意等所開發之淡水基隆河流域的水災損失估算模式，建立台灣地區全或然率洪災損失評估模型。

本年度本研究團隊將上述模型作進一步之修正，去年度因為資料與時間等限制，主要是根據北部地區之淹水潛勢資料來進行風險評估模型之建構與分析，當時的重點在於模型架構之完成。今年度本研究團隊進一步加強資料庫的完整性與全國性之分析，首先將臺灣全島重新按河川地形之分

佈分為 33 個流域，加上一些修正條件¹後，分別按照一日降雨總雨量 150、300、450、600mm 四種條件重新繪製洪水潛勢圖。接著再利用主計處住宅人口普查資料、財政部財稅中心資料、及營建署土地利用現況等調查資料，以地理資訊系統進行全省性的圖層套疊分析，建構全台灣之洪水風險曝露量(exposure)資料庫，再加上各地區之淹水深度與損失關係曲線以及 Monte Carlo Simulation 方法，完成全台灣地區之洪水風險評估分析，並計算不同重現期之最大可能損失(Probable Maximum Loss；PML)以及平均每年總損失 (Aggregate Annual Loss；AAL)，以釐訂合理費率。

在前期計畫中，本研究團隊已經完成如圖 2-2 所示之或然率之洪水風險評估模型之建構，並完成北台灣地區之洪水損失評估。根據本研究團隊去年以北部地區為對象所做之研究成果，發現臺灣因淹水次數較為頻繁，加上地理環境與地狹人稠之特性，模擬結果所計算出來之保費明顯偏高²，一般民眾根本無法負擔，加上容易產生明顯逆選擇等問題，故必須搭配某種程度之強制性以及自負額與理賠上限，此保險制度方具有可行性。因此，在今年進行全省之模擬時，除了將模擬之範圍擴充至全省所有縣市外，本研究也按照不同的強制程度、起賠點、及理賠上限等設計不同的情境來進行保費設計之模擬。

¹ 修正之主要考量包括：一、國科會原始資料是以縣市為單位而非流域，二、國科會原始資料是以總降雨量為模擬條件而非降雨頻率，三、原先國科會所繪製的淹水潛勢圖未考慮防洪排水機制，但本研究所重新繪製的已經將排水機制納入考慮。

² 北部地區住宅之 AAL 為 42.8 億元，假設北部地區所有一樓住戶均強制投保，共計有 115 萬個保單，採取單一費率制，且平均每戶之最高理賠金額為 25 萬元，無起賠點（自負額），則基本保費為每戶每年 3,700 元。

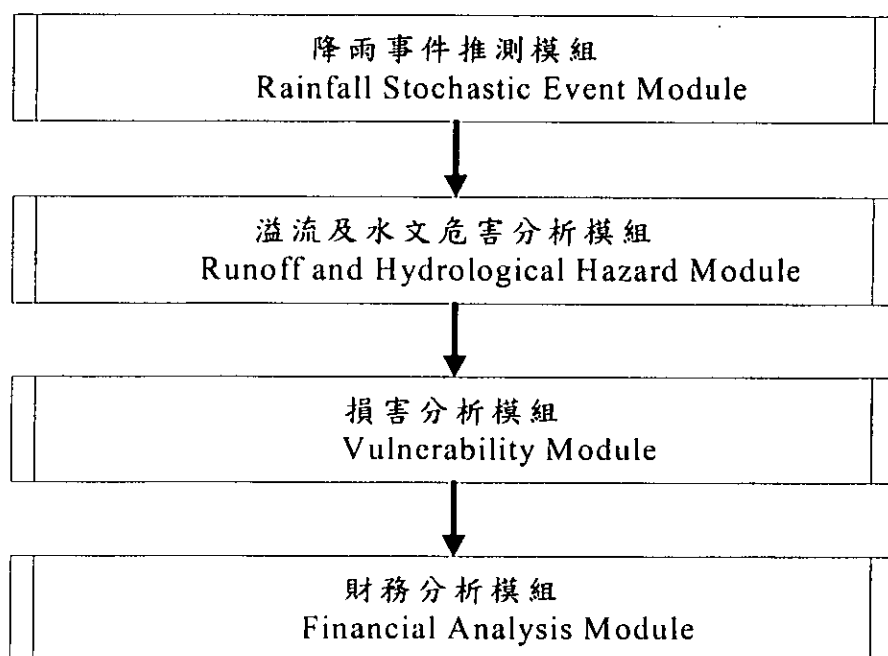


圖 2-2 全或然率之洪水風險評估模型架構

在本期計畫中，本研究團隊依據前期計畫所建立之評估模型及分析流程，將臺灣地區按照河川地形之分佈分為 33 個流域（如表 2-1 所示），利用國科會提供之全省 32 個流域³的淹水災害潛勢數值檔資料，據以推估各流域淹水災害損失。

這些淹水潛勢的模擬條件是假設全流域均勻降雨，用 24 小時累積降雨量為 150mm、300mm、450mm 與 600 mm 的條件下，分別模擬各流域的淹水區域與深度，輸出結果為各流域內最大淹水深度的資料。圖 2-3 為以桃園地區為範例所顯示的四種降雨條件下之淹水潛勢圖。

³因為位於東部地區的豐濱沿海河系流域在四種降雨事件均不淹水，故只有 32 個流域的淹水潛勢資料。

表 2-1 本研究所用臺灣地區洪水潛勢圖之流域分佈

	流域名稱	分佈區域
1	北海岸河系流域	北區
2	淡水河流域	北區
3	桃園沿海河系流域	北區
4	頭城沿海河系流域	北區
5	頭前溪流域	北區
6	蘭陽溪流域	北區
7	竹南沿海河系流域	中區
8	後龍溪流域	中區
9	大安溪流域	中區
10	大甲溪流域	中區
11	烏溪流域	中區
12	彰化沿海河系流域	中區
13	濁水溪流域	中區
14	北港溪流域	中區
15	朴子溪流域	南區
16	曾文溪流域	南區
17	八掌溪流域	南區
18	高屏溪流域	南區
19	急水溪流域	南區
20	鹽水溪流域	南區
21	二仁溪流域	南區
22	高雄沿海河系流域	南區
23	東港溪流域	南區
24	林邊溪流域	南區
25	南屏東河系流域	南區
26	南澳沿海河系流域	東區
27	太魯閣河系流域	東區
28	花蓮溪流域	東區
29	豐濱沿海河系流域	東區
30	秀姑巒溪流域	東區
31	海岸山脈東側河系流域	東區
32	卑南溪流域	東區
33	南台東河系流域	東區

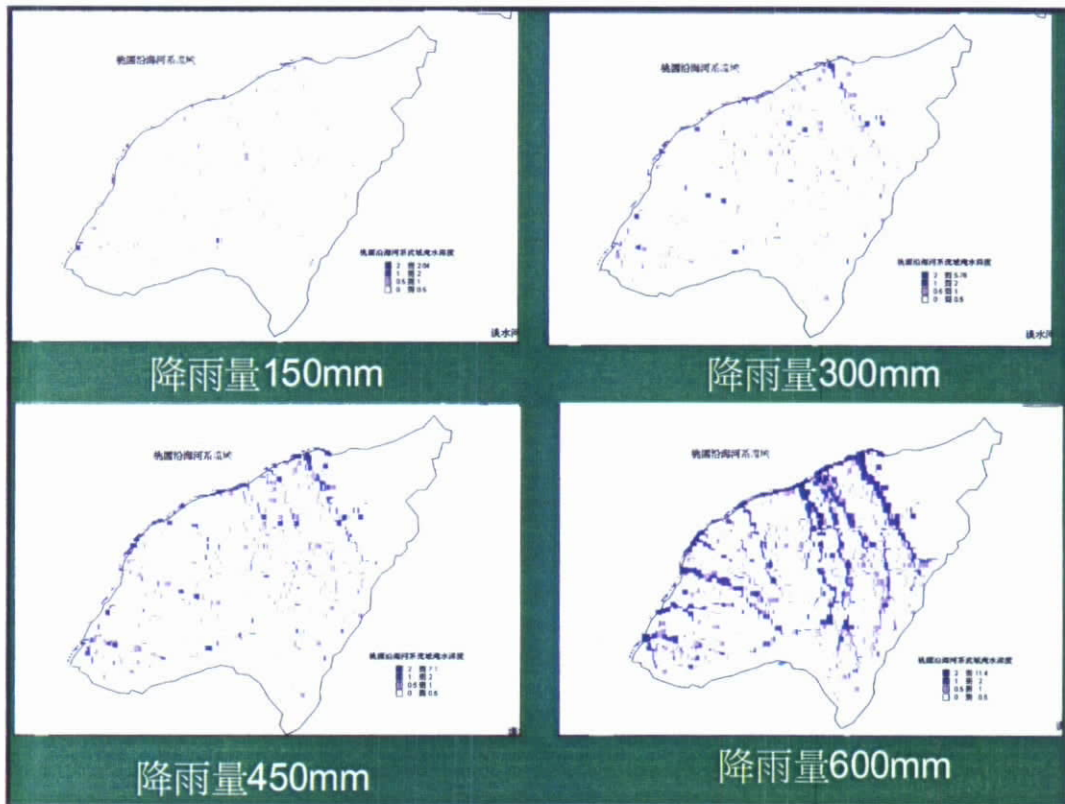


圖 2-3 國科會淹水潛勢圖-桃園地區

表 2-2 則是國家災害防救科技中心⁴所提供的 33 個流域⁵之重現期與降雨量之對照。表中顯示各流域的差異頗大，例如：450 公厘的一日降雨量在中部地區的烏溪、彰化等流域之重現期超過 350 年重現期，在北部的淡水河流域重現期大約為 115 年，但在南部的曾文溪、高屏溪、南屏東河等以及東部的卑南溪、秀姑巒溪等流域之重現期卻不到 20 年。

⁴ 此中心目前隸屬於災害防救委員會與國科會之下。

⁵ 此處仍有 33 個流域之對照是因為豐濱沿海河係流域雖在四種降雨量條件下均不會淹水，但四種降雨量仍有對應的重現期。

表 2-2 台灣地區 33 個河川流域與重現期降雨之對照表

流域名稱	重現期降雨對照表			
	150 公厘	300 公厘	450 公厘	600 公厘
二仁溪流域	0.45 年	2.1 年	15 年	290 年
卑南溪流域	0.36 年	1.8 年	11 年	67 年
八掌溪流域	0.47 年	3.4 年	19 年	130 年
大甲溪流域	0.57 年	3.8 年	29 年	170 年
大安溪流域	1.05 年	6.6 年	55.0 年	560 年
太魯閣河系流域	0.38 年	1.3 年	5 年	20 年
北海岸河系流域	2.26 年	10 年	64 年	570 年
北港溪流域	0.77 年	19 年	188 年	610 年
朴子溪流域	0.44 年	3.2 年	25 年	190 年
竹南沿海河系流域	1.03 年	6.0 年	35 年	460 年
秀姑巒溪流域	0.36 年	1.8 年	11 年	67 年
東港溪流域	0.66 年	3.8 年	23 年	110 年
林邊溪流域	0.68 年	4.3 年	27 年	130 年
花蓮溪流域	0.38 年	1.3 年	5 年	20 年
南台東河系流域	0.36 年	1.8 年	11 年	67 年
南屏東河系流域	0.63 年	2.9 年	16 年	84 年
南澳沿海河系流域	0.38 年	1.3 年	5 年	20 年
後龍溪流域	1.04 年	6.3 年	43 年	480 年
急水溪流域	0.48 年	4.5 年	33 年	230 年
桃園沿海河系流域	0.58 年	12 年	155 年	615 年
海岸山脈東側河系流域	0.36 年	1.8 年	11 年	67 年
烏溪流域	3.21 年	80 年	360 年	780 年
高屏溪流域	0.36 年	2.2 年	17 年	132 年
高雄沿海河系流域	0.32 年	2.1 年	15 年	112 年
淡水河流域	0.54 年	8 年	115 年	510 年
曾文溪流域	0.43 年	2.9 年	20 年	140 年
彰化沿海河系流域	3.69 年	90 年	410 年	820 年
濁水溪流域	0.75 年	17 年	158 年	530 年
頭前溪流域	0.51 年	6 年	95 年	470 年
頭城沿海河系流域	0.27 年	1.1 年	4.2 年	17 年
豐濱沿海河系流域	0.38 年	1.3 年	5 年	20 年
蘭陽溪流域	0.28 年	1.6 年	5.4 年	23 年
鹽水溪流域	0.47 年	3.4 年	29 年	190 年

2.2 颱風洪水最大可能損失之修正

因為臺灣地狹人稠，住宅區為目前台灣遭受洪災侵襲時受災最嚴重之土地利用型態之一，且由於受災害影響之人口及戶數眾多，因此是洪災損失估算非常重要的一類。

本研究利用主計處戶口及住宅普查資料、財政部財稅中心資料、TREIP 投保資料及營建署土地利用現況調查資料，建構全台灣之洪水風險曝露(exposure)資料庫。因為 2000 年主計處的戶口及住宅普查資料均已整合到村里或鄉鎮等行政層級，因此為配合淹水損失之網格化資料(汐止七堵地區尺度為 40 公尺*40 公尺，台北市尺度為 120 公尺*120 公尺，其他地區尺度為 200 公尺*200 公尺)，本研究利用內政部國土利用現況調查資料及台大地理系數值地形圖，以地理資訊系統工具，將相關的普查統計資料，分配到每個網格中，進行圖層套疊分析，完成全台灣地區之洪水風險評估分析。圖 2-4 所示為淹水損失之網格化分析概念。

本研究所關心的暴露量為一般住戶，所以網格內的住戶數量與淹水深度是影響淹水災害損失推估結果之重要因子。淹水深度可由淹水災害潛勢資料取得，但是暴露量或是住戶數目目前並無法取的完整的住家位置與面積等資料，所以本研究是利用主計處 2000 年的人口與住宅普查資料，統計各村里之有人居住之住宅數，按下列之流程來推估。

首先根據網格化之土地利用資料，配合工商普查資料與台灣特性，將製造業與批發業先映射(mapping)至工業用地。若有多餘的製造業與批發業家數，則映射至建築用地上。若仍有多餘建築用地，則映射零售業與服務業，最後剩餘的建築用地再映射一般家戶。

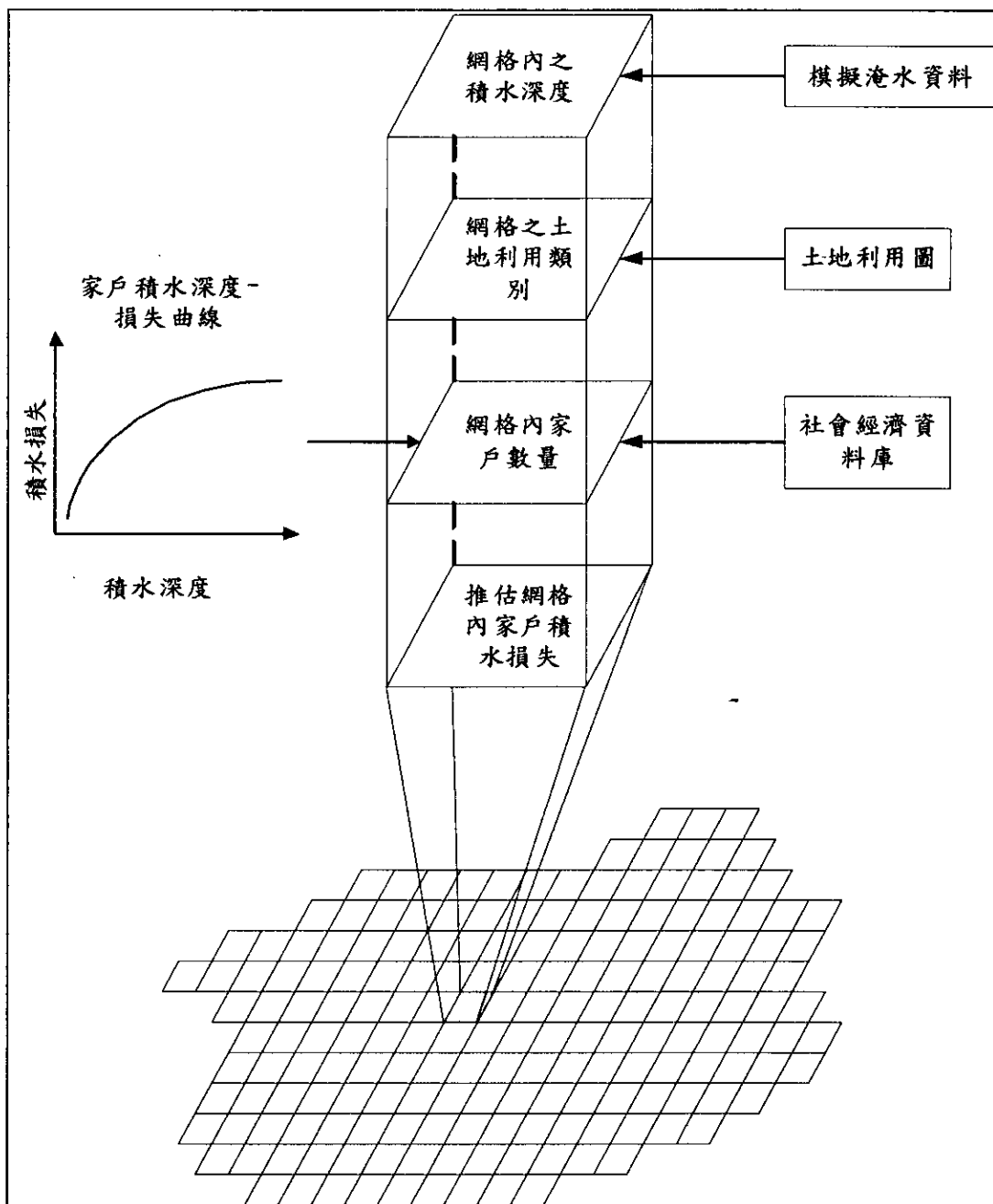


圖 2-4 淹水損失之網格化推估概念圖

若村里內有農業用地，則分配部分住宅至農業用地上。在分配這些工商業與一般住家至工業用地或建築用地過程中，均考慮平均一層樓的樓地板面積，若土地面積不足以容納這些家戶數時，假設其餘工商業或家戶位於二樓以上，普查資料映射流程如圖 2-5 所示。

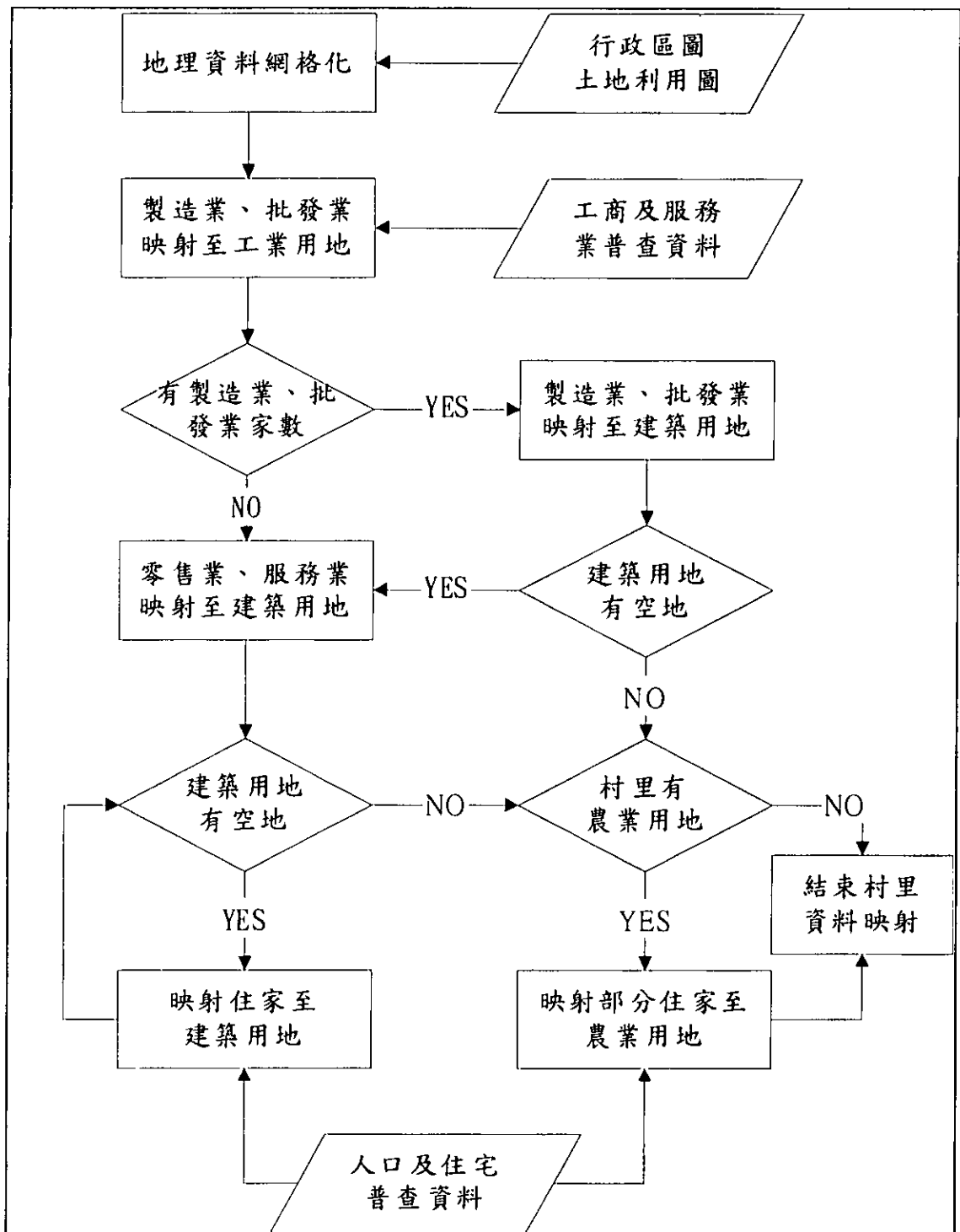


圖 2-5 家戶資料網格化映射流程圖

接著，本研究以 cell-based data method 推估區域淹水災害損失，每一網格內均假設為相同的淹水深度，而各網格內的淹水災害損失可以式 (1) 表示：

$$Loss = E \times D$$

(1)

其中 E：暴露量 (exposure)；D：損害程度 (damage)。

各流域四種降雨量均有相對應之重現期，本研究推估出各流域在四種降雨量下的淹水災害損失後，利用表 2-2 所示各流域所對應的重現期，去分別建立各流域淹水災害損失與超越機率之關係函數式 (2)，並繪製淹水災害損失超越機率關係圖，如圖 2-6 所示。

$$Loss = f(P)$$

(2)

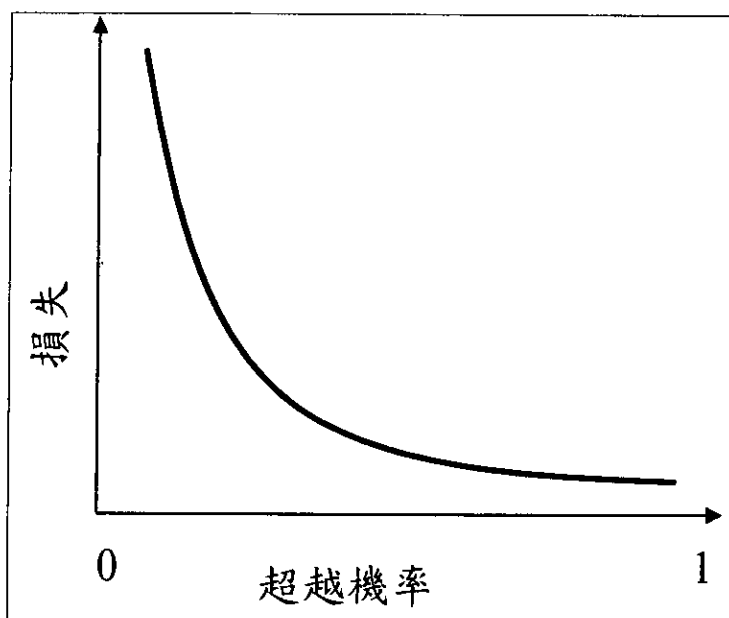


圖 2-6 淹水災害損失超越機率關係示意圖

在模擬情境之設計上，本研究同時考慮強制、半強制、及自願三種狀況，理賠之標的物以內容物與生活費用為對象，不包括建物的部分。起賠點係參考以往與現行各級政府災害救助金之發放標準⁶，理賠上限則是按現行統一之救助金額度⁷5 倍或 10 倍來安排：

1. 強制或自願——

- 強制 (Mandatory purchase)、
- 半強制 (火險附加；Endorsement to fire policy)、
- 自願但保險公司不得拒保(Mandatory offer)⁸

2. 起賠點——分為

- 30 公分
- 50 公分

3. 理賠上限——依淹水深度設立不同之理賠上限，分為高、低兩組，採定額給付方式計算理賠金額。

- 高補償組——三級分別為 10 萬、15 萬、20 萬元。
- 低補償組——三級分別為 5 萬、10 萬、15 萬元。

根據上述之考量本研究設計表 2-3 所列的 11 種情境來進行模擬。

⁶ 這種起賠點的作法與傳統產險所用的自負額不同，主要是考量每次洪水通常涉及好幾百或幾千以上的保戶，最好以理賠與勘查迅速方便為優先，且通常無法一下子調度足夠的勘查人員實際到現場進行勘查，而事後認定也容易引起爭議，故以淹水深度替代自負額比較可行。

⁷ 根據 93 年行政院所公告的住戶淹水救助標準，住屋淹水達 50 公分以上，未達 100 公分者發給救助金新台幣 1 萬元；淹水達 100 公分以上者發給救助金新台幣 2 萬元。如住屋毀損達不堪居住程度，家戶戶內人口每人發給新臺幣 2 萬元安遷救助金，以 5 口為限，且以實際居住者為限。

⁸ 這是參考國外的保險制度而來，例如美國佛羅里達州的颶風保險制度 (Florida Hurricane Catastrophe Fund)，由佛州州政府成立基金，提供私人保險公司再保容量，但立法要求所有保險公司有義務要提供居民颶風洪水保險，賠償標的物除了建物損失外，也涵蓋內容物損失與生活費用。

表 2-3 淹水災害保險賠償模擬

情境 ID	強制/半強制/自願	起賠點與上限級距
1	強制 / 半強制	30 公分以下不理賠。 定額賠 20 萬元。
2	強制 / 半強制	30 公分以下不理賠。 定額賠 15 萬元。
3	強制 / 半強制	30 公分以下不理賠。 定額賠 10 萬元。
4	強制 / 半強制	30 公分以下不理賠。 超過 30 公分至 100 公分賠 10 萬元；超過 100 公分至 200 公分賠 15 萬元；超過 200 公分以上賠 20 萬元
5	強制 / 半強制	50 公分以下不理賠。 定額賠 20 萬元。
6	強制 / 半強制	50 公分以下不理賠。 定額賠 15 萬元。
7	強制 / 半強制	50 公分以下不理賠。 定額賠 10 萬元。
8	強制 / 半強制	50 公分以下不理賠。 超過 50 公分至 100 公分賠 10 萬元；超過 100 公分至 200 公分賠 15 萬元；超過 200 公分以上賠 20 萬元
9	強制 / 半強制	50 公分以下不理賠。 超過 50 公分至 100 公分賠 5 萬元；超過 100 公分至 200 公分賠 10 萬元；超過 200 公分以上賠 15 萬元
10	自願	僅位於 20 年重現期之內淹水區的住戶投保 50 公分以下不理賠。 定額賠 20 萬元。
11	自願	僅位於 20 年重現期之內淹水區的住戶投保 50 公分以下不理賠。 超過 50 公分至 100 公分賠 10 萬元；超過 100 公分至 200 公分賠 15 萬元；超過 200 公分以上賠 20 萬元

表 2-4 至 2-10 為在不同情境的賠償費率下，本研究所模擬建立的各流域之淹水災害損失超越機率函數式。如比較三個以 50 公分為起賠點但固定理賠金額不同的 S1、S2、及 S3 之結果可發現，因為各流域在相同淹水潛勢下，不管淹水深度多少只賠償固定金額，所以函數式的常數項與賠償金會成一種線性關係，例如 S1 所建立的函數式常數係數為 S3 常數係數的

兩倍，可比較表 2-4 與 2-6。故以 50 公分為起賠點的 S6,與 S7 之函數式可根據 S5 直接推估建立，不需另外模擬。

表 2-4 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S1

流域	函數式
二仁溪流域	Loss = 2986613466*P ^{-0.1493171}
八掌溪流域	Loss = 456937436*P ^{-0.2977671}
大甲溪流域	Loss = 464979388*P ^{-0.2581526}
大安溪流域	Loss = 4285705*P ^{-0.5908795}
太魯閣河系流域	Loss = 1880779*P ^{-0.5412778}
北海岸河系流域	Loss = 543244361*P ^{-0.1093447}
北港溪流域	Loss = 2157922692*P ^{-0.2730861}
朴子溪流域	Loss = 1515441640*P ^{-0.3021198}
竹南沿海河系流域	Loss = 1422961828*P ^{-0.1489485}
秀姑巒溪流域	Loss = 12325378*P ^{-0.3653450}
卑南溪流域	Loss = 18145155*P ^{-0.3927619}
東港溪流域	Loss = 970997834*P ^{-0.1500934}
林邊溪流域	Loss = 43452840*P ^{-0.2793027}
花蓮溪流域	Loss = 584328861*P ^{-0.2080406}
南台東河系流域	Loss = 287224120*P ^{-0.1842638}
南屏東河系流域	Loss = 165990535*P ^{-0.1851582}
南澳沿海河系流域	Loss = 18557909*P ^{-0.6087503}
後龍溪流域	Loss = 1270550278*P ^{-0.1848749}
急水溪流域	Loss = 1813333650*P ^{-0.3328425}
桃園沿海河系流域	Loss = 2929253930*P ^{-0.2920663}
海岸山脈東側河系流域	Loss = 16140692*P ^{-0.0365526}
烏溪流域	Loss = 2679265182*P ^{-0.2874784}
高屏溪流域	Loss = 2001314686*P ^{-0.2184284}
高雄沿海河系流域	Loss = 9992285034*P ^{-0.2946438}
淡水河流域	Loss = 8943649171*P ^{-0.2058581}
曾文溪流域	Loss = 71208871*P ^{-0.3981645}
彰化沿海河系流域	Loss = 1882904644*P ^{-0.3533555}
濁水溪流域	Loss = 556120981*P ^{-0.2556924}
頭前溪流域	Loss = 673416191*P ^{-0.1879070}
頭城沿海河系流域	Loss = 396188870*P ^{-0.5169378}
蘭陽溪流域	Loss = 1173614249*P ^{-0.6452226}

鹽水溪流域

$$\text{Loss} = 7479008822 * P^{-0.1884722}$$

表 2-5 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S2

流域	函數式
二仁溪流域	Loss = 2239960099*P ^{-0.1493171}
八掌溪流域	Loss = 342703077*P ^{-0.2977671}
大甲溪流域	Loss = 348734541*P ^{-0.2581526}
大安溪流域	Loss = 3214279*P ^{-0.5908795}
太魯閣河系流域	Loss = 1410584*P ^{-0.5412778}
北海岸河系流域	Loss = 407433270*P ^{-0.1093447}
北港溪流域	Loss = 1618442019*P ^{-0.2730861}
朴子溪流域	Loss = 1136581230*P ^{-0.3021198}
竹南沿海河系流域	Loss = 1067221371*P ^{-0.1489485}
秀姑巒溪流域	Loss = 9244034*P ^{-0.3653450}
卑南溪流域	Loss = 13608866*P ^{-0.3927619}
東港溪流域	Loss = 728248376*P ^{-0.1500934}
林邊溪流域	Loss = 32589630*P ^{-0.2793027}
花蓮溪流域	Loss = 438246645*P ^{-0.2080406}
南台東河系流域	Loss = 215418090*P ^{-0.1842638}
南屏東河系流域	Loss = 124492901*P ^{-0.1851582}
南澳沿海河系流域	Loss = 13918432*P ^{-0.6087503}
後龍溪流域	Loss = 952912708*P ^{-0.1848749}
急水溪流域	Loss = 1360000238*P ^{-0.3328425}
桃園沿海河系流域	Loss = 2196940448*P ^{-0.2920663}
海岸山脈東側河系流域	Loss = 12105519*P ^{-0.0365526}
烏溪流域	Loss = 2009448886*P ^{-0.2874784}
高屏溪流域	Loss = 1500986015*P ^{-0.2184284}
高雄沿海河系流域	Loss = 7494213775*P ^{-0.2946438}
淡水河流域	Loss = 6707736878*P ^{-0.2058581}
曾文溪流域	Loss = 53406653*P ^{-0.3981645}
彰化沿海河系流域	Loss = 1412178483*P ^{-0.3533555}
濁水溪流域	Loss = 417090736*P ^{-0.2556924}
頭前溪流域	Loss = 505062143*P ^{-0.1879070}
頭城沿海河系流域	Loss = 297141652*P ^{-0.5169378}
蘭陽溪流域	Loss = 880210687*P ^{-0.6452226}
鹽水溪流域	Loss = 5609256616*P ^{-0.1884722}

表 2-6 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S3

流域	函數式
流域	淹水災害損失-超越機率方程式
二仁溪流域	Loss = 1493306733*P ^{-0.1493171}
八掌溪流域	Loss = 228468718*P ^{-0.2977671}
大甲溪流域	Loss = 232489694*P ^{-0.2581526}
大安溪流域	Loss = 2142852*P ^{-0.5908795}
太魯閣河系流域	Loss = 940389*P ^{-0.5412778}
北海岸河系流域	Loss = 271622180*P ^{-0.1093447}
北港溪流域	Loss = 1078961346*P ^{-0.2730861}
朴子溪流域	Loss = 757720820*P ^{-0.3021198}
竹南沿海河系流域	Loss = 711480914*P ^{-0.1489485}
秀姑巒溪流域	Loss = 6162689*P ^{-0.3653450}
卑南溪流域	Loss = 9072577*P ^{-0.3927619}
東港溪流域	Loss = 485498917*P ^{-0.1500934}
林邊溪流域	Loss = 21726420*P ^{-0.2793027}
花蓮溪流域	Loss = 292164430*P ^{-0.2080406}
南台東河系流域	Loss = 143612060*P ^{-0.1842638}
南屏東河系流域	Loss = 82995267*P ^{-0.1851582}
南澳沿海河系流域	Loss = 9278954*P ^{-0.6087503}
後龍溪流域	Loss = 635275139*P ^{-0.1848749}
急水溪流域	Loss = 906666825*P ^{-0.3328425}
桃園沿海河系流域	Loss = 1464626965*P ^{-0.2920663}
海岸山脈東側河系流域	Loss = 8070346*P ^{-0.0365526}
烏溪流域	Loss = 1339632591*P ^{-0.2874784}
高屏溪流域	Loss = 1000657343*P ^{-0.2184284}
高雄沿海河系流域	Loss = 4996142517*P ^{-0.2946438}
淡水河流域	Loss = 4471824585*P ^{-0.2058581}
曾文溪流域	Loss = 35604435*P ^{-0.3981645}
彰化沿海河系流域	Loss = 941452322*P ^{-0.3533555}
濁水溪流域	Loss = 278060490*P ^{-0.2556924}
頭前溪流域	Loss = 336708095*P ^{-0.1879070}
頭城沿海河系流域	Loss = 198094435*P ^{-0.5169378}
蘭陽溪流域	Loss = 586807124*P ^{-0.6452226}
鹽水溪流域	Loss = 3739504411*P ^{-0.1884722}

表 2-7 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S4

流域	函數式
二仁溪流域	Loss = 1807544585*P ^{-0.1820687}
八掌溪流域	Loss = 246450507*P ^{-0.3101847}
大甲溪流域	Loss = 235464419*P ^{-0.2642861}
大安溪流域	Loss = 2150211*P ^{-0.5909607}
太魯閣河系流域	Loss = 1087332*P ^{-0.5156063}
北海岸河系流域	Loss = 311773307*P ^{-0.1366241}
北港溪流域	Loss = 1202886521*P ^{-0.2807100}
朴子溪流域	Loss = 844776416*P ^{-0.3123119}
竹南沿海河系流域	Loss = 786887262*P ^{-0.1612879}
秀姑巒溪流域	Loss = 6231686*P ^{-0.3690190}
卑南溪流域	Loss = 9314505*P ^{-0.3999010}
東港溪流域	Loss = 567533601*P ^{-0.1823425}
林邊溪流域	Loss = 22246478*P ^{-0.3037000}
花蓮溪流域	Loss = 386412174*P ^{-0.2016732}
南台東河系流域	Loss = 157219681*P ^{-0.2069753}
南屏東河系流域	Loss = 95739870*P ^{-0.2126697}
南澳沿海河系流域	Loss = 9386356*P ^{-0.6350314}
後龍溪流域	Loss = 727844468*P ^{-0.1885309}
急水溪流域	Loss = 943353041*P ^{-0.3588198}
桃園沿海河系流域	Loss = 1485618932*P ^{-0.3117863}
海岸山脈東側河系流域	Loss = 11654308*P ^{-0.0847849}
烏溪流域	Loss = 1349853513*P ^{-0.2980124}
高屏溪流域	Loss = 1150142119*P ^{-0.2285410}
高雄沿海河系流域	Loss = 5742023180*P ^{-0.3271594}
淡水河流域	Loss = 4926241611*P ^{-0.2249176}
曾文溪流域	Loss = 40593943*P ^{-0.3991542}
彰化沿海河系流域	Loss = 924066388*P ^{-0.3658502}
濁水溪流域	Loss = 289348295*P ^{-0.2645694}
頭前溪流域	Loss = 351662555*P ^{-0.2010716}
頭城沿海河系流域	Loss = 213883724*P ^{-0.5684481}
蘭陽溪流域	Loss = 642070542*P ^{-0.6734789}
鹽水溪流域	Loss = 4014453027*P ^{-0.2157204}

表 2-8 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S5

流域	函數式
二仁溪流域	Loss = 2117414523*P ^{-0.1832599}
八掌溪流域	Loss = 192699483*P ^{-0.3775483}
大甲溪流域	Loss = 124470553*P ^{-0.3921948}
大安溪流域	Loss = 588661*P ^{-0.6570255}
太魯閣河系流域	Loss = 814808*P ^{-0.2751575}
北海岸河系流域	Loss = 366161913*P ^{-0.1410716}
北港溪流域	Loss = 1163297339*P ^{-0.3082474}
朴子溪流域	Loss = 819332083*P ^{-0.3439211}
竹南沿海河系流域	Loss = 864069663*P ^{-0.1783574}
秀姑巒溪流域	Loss = 4291196*P ^{-0.2901295}
卑南溪流域	Loss = 3452872*P ^{-0.6582536}
東港溪流域	Loss = 696495488*P ^{-0.1485353}
林邊溪流域	Loss = 20518885*P ^{-0.3608410}
花蓮溪流域	Loss = 373867970*P ^{-0.2638103}
南台東河系流域	Loss = 170125743*P ^{-0.2393296}
南屏東河系流域	Loss = 107519292*P ^{-0.1694407}
南澳沿海河系流域	Loss = 9835815*P ^{-0.5814405}
後龍溪流域	Loss = 709855977*P ^{-0.1893386}
急水溪流域	Loss = 735874603*P ^{-0.4331259}
桃園沿海河系流域	Loss = 1122185373*P ^{-0.3674482}
海岸山脈東側河系流域	Loss = 13524935*P ^{-0.0556644}
烏溪流域	Loss = 1009197343*P ^{-0.3298888}
高屏溪流域	Loss = 1231202472*P ^{-0.2220671}
高雄沿海河系流域	Loss = 5963925344*P ^{-0.3402370}
淡水河流域	Loss = 5150287077*P ^{-0.2469429}
曾文溪流域	Loss = 37112422*P ^{-0.4159971}
彰化沿海河系流域	Loss = 492249748*P ^{-0.4787863}
濁水溪流域	Loss = 251821359*P ^{-0.2932908}
頭前溪流域	Loss = 290409111*P ^{-0.2560569}
頭城沿海河系流域	Loss = 194427552*P ^{-0.7053446}
蘭陽溪流域	Loss = 574331403*P ^{-0.8019331}
鹽水溪流域	Loss = 3934740736*P ^{-0.2761244}

表 2-9 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S8

流域	函數式
二仁溪流域	Loss = 1368233918*P ^{-0.2146258}
八掌溪流域	Loss = 114321404*P ^{-0.3867432}
大甲溪流域	Loss = 65237102*P ^{-0.4006252}
大安溪流域	Loss = 301389*P ^{-0.6562255}
太魯閣河系流域	Loss = 547041*P ^{-0.2763657}
北海岸河系流域	Loss = 224137283*P ^{-0.1676707}
北港溪流域	Loss = 707358560*P ^{-0.3126577}
朴子溪流域	Loss = 497208023*P ^{-0.3512945}
竹南沿海河系流域	Loss = 508542020*P ^{-0.1903855}
秀姑巒溪流域	Loss = 2239269*P ^{-0.2994436}
卑南溪流域	Loss = 2078242*P ^{-0.6318215}
東港溪流域	Loss = 429801559*P ^{-0.1911523}
林邊溪流域	Loss = 10789774*P ^{-0.3928274}
花蓮溪流域	Loss = 281689010*P ^{-0.2366769}
南台東河系流域	Loss = 97886634*P ^{-0.2656510}
南屏東河系流域	Loss = 66667874*P ^{-0.2120247}
南澳沿海河系流域	Loss = 5027098*P ^{-0.6218814}
後龍溪流域	Loss = 447483787*P ^{-0.1942624}
急水溪流域	Loss = 402998725*P ^{-0.4655935}
桃園沿海河系流域	Loss = 591098439*P ^{-0.3928918}
海岸山脈東側河系流域	Loss = 10258412*P ^{-0.1040940}
烏溪流域	Loss = 520804698*P ^{-0.3479660}
高屏溪流域	Loss = 765003056*P ^{-0.2362656}
高雄沿海河系流域	Loss = 3703618404*P ^{-0.3764260}
淡水河流域	Loss = 3027675476*P ^{-0.2667093}
曾文溪流域	Loss = 23723902*P ^{-0.4129085}
彰化沿海河系流域	Loss = 242024461*P ^{-0.4974661}
濁水溪流域	Loss = 137605503*P ^{-0.3049621}
頭前溪流域	Loss = 159703304*P ^{-0.2718003}
頭城沿海河系流域	Loss = 109856193*P ^{-0.7642941}
蘭陽溪流域	Loss = 341848632*P ^{-0.8159101}
鹽水溪流域	Loss = 2240645164*P ^{-0.3014116}

表 2-10 各流域之淹水災害損失超越機率函數式--模擬情境 S9

流域	函數式
二仁溪流域	Loss = 838329543*P ^{-0.2324523}
八掌溪流域	Loss = 66132055*P ^{-0.3931912}
大甲溪流域	Loss = 34127597*P ^{-0.4078836}
大安溪流域	Loss = 154224*P ^{-0.6554567}
太魯閣河系流域	Loss = 342639*P ^{-0.2777274}
北海岸河系流域	Loss = 132915456*P ^{-0.1835795}
北港溪流域	Loss = 416588166*P ^{-0.3155874}
朴子溪流域	Loss = 292400343*P ^{-0.3562454}
竹南沿海河系流域	Loss = 292434108*P ^{-0.1989132}
秀姑巒溪流域	Loss = 1165497*P ^{-0.3079900}
卑南溪流域	Loss = 1200519*P ^{-0.6151081}
東港溪流域	Loss = 255218204*P ^{-0.2172029}
林邊溪流域	Loss = 5655119*P ^{-0.4189420}
花蓮溪流域	Loss = 187885191*P ^{-0.2234376}
南台東河系流域	Loss = 55251265*P ^{-0.2850992}
南屏東河系流域	Loss = 39705714*P ^{-0.2382160}
南澳沿海河系流域	Loss = 2565393*P ^{-0.6569909}
後龍溪流域	Loss = 270044893*P ^{-0.1974024}
急水溪流域	Loss = 218961091*P ^{-0.4896699}
桃園沿海河系流域	Loss = 311307155*P ^{-0.4122804}
海岸山脈東側河系流域	Loss = 6851496*P ^{-0.1266571}
烏溪流域	Loss = 269085783*P ^{-0.3629801}
高屏溪流域	Loss = 457074408*P ^{-0.2454638}
高雄沿海河系流域	Loss = 2207565096*P ^{-0.3989959}
淡水河流域	Loss = 1738968388*P ^{-0.2802707}
曾文溪流域	Loss = 14386721*P ^{-0.4115464}
彰化沿海河系流域	Loss = 119505502*P ^{-0.5139384}
濁水溪流域	Loss = 74666120*P ^{-0.3142089}
頭前溪流域	Loss = 87080324*P ^{-0.2840630}
頭城沿海河系流域	Loss = 61011428*P ^{-0.8073128}
蘭陽溪流域	Loss = 197974226*P ^{-0.8254208}
鹽水溪流域	Loss = 1257569165*P ^{-0.3190825}

完成各流域之淹水災害損失超越機率曲線與函數式之建立後，接下來要模擬全臺灣地區的淹水災害損失的 Aggregate Exceedance Probability (AEP) 曲線與函數式。模擬的目的是分析全省淹水災害損失之年超越機率。由個別流域的淹水潛勢資料可以分析流域之淹水災害損失年超越機率，但是全臺灣地區各流域間每年發生淹水災害事件並非獨立事件，也不是每個流域每年都會發生淹水災害事件，所以本研究利用 Monte Carlo 模擬的方式去建立全臺灣地區的 AEP 曲線。

建立全臺灣地區的 AEP 曲線時需考慮幾個因素，包括：各流域淹水發生次數、發生淹水事件的大小、以及各流域間淹水災害事件的關連性。例如：假設淡水河流域發生一個超越機率 0.01 的淹水災害事件，南部的高屏溪流域沒有發生淹水災害的可能性應該很高，但是鄰近的北海岸河系流域則不應該是風和日麗的好天氣，而比較可能發生超越機率亦是 0.01 左右的淹水災害事件。

目前台灣各流域間發生淹水災害事件的相關性研究付之闕如，因此，本研究利用中央氣象局所提供之各流域的代表性雨量站資料（其分佈見圖 2-7），自行估算各流域間發生降雨事件次數與降雨大小的相關性，作為模擬的限制條件，使模擬結果趨於合理。

由於中央氣象局所提供的各流域代表性雨量站降雨資料記錄的時間長度不一，經比較後，挑選出均有降雨紀錄的時段為 1997 年 7 月 2 到 2004 年 5 月，共計 2,527 天的每日降雨記錄（見圖 2-8）。本研究就直接以這些日降雨資料建立流域間降雨量大小之相關係數矩陣(correlation coefficient matrix)，作為 AEP 模擬模式中淹水災害事件大小(超越機率)之關聯矩陣（見圖 2-9）。

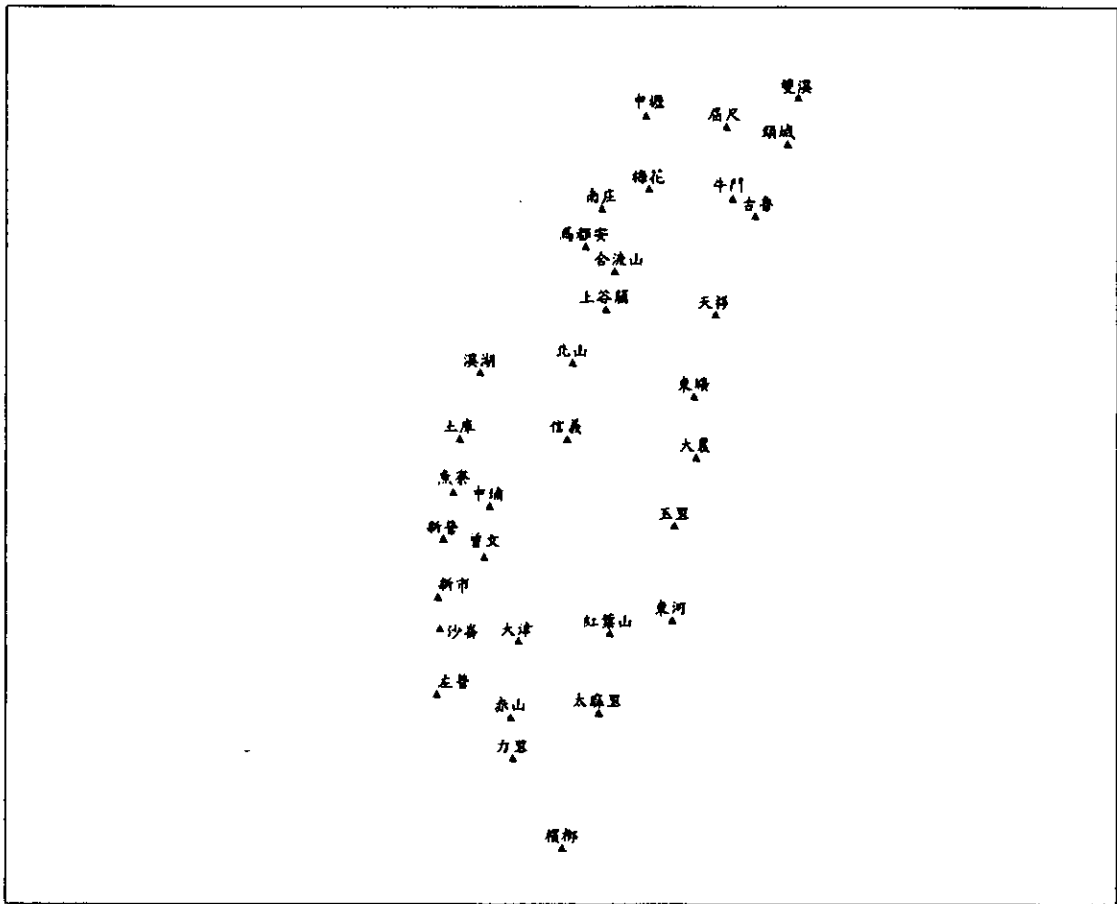


圖 2-7 各流域代表性雨量站位置圖

二仁	八掌	大甲	大安	大寮	北港	北港	朴子	竹南	秀姑	卑南	東港	林邊	花蓮	南台	南屏	南濱	後龍	龍水	梧棲	海山	海山	高屏	高屏	高屏	水會	文彰	彰化	埤水	頭前	頭前	豐濱	關丹	水尾	
167	170	41	15	7.5	0	195	226	3.5	0	1	130	152	1	3.5	105	28	9.5	339	5.5	2	44	150	103	60	310	107	45	2	5	0	11	420		
29	28	40	23	27	13	47	41	3.5	0	6	51	19	38	2.5	28	16	10	36	4.5	0.5	21	25	21	114	30	33	10	8	9.5	2.5	19	42		
0	0	2.5	4	0.5	0.5	6	7	6	13	15	0	3.5	2.5	51	37	1.5	5.5	0.5	18	86	1.5	0	0	5	0	13	2.5	2.5	0.5	1	2.5	0		
0	49	26	27	2	32	28	49	46	0.5	1	0.5	0	3.5	3.5	45	2.5	2	42	31	3.5	5.5	0	0	64	9	0	45	225	7	0.5	24	0		
0	9	64	29	14	14	0	0.5	4	7	2.5	4.5	21	4	28	23	54	17	2.5	1	3.5	14	2.5	3.5	3	3.5	1	0	3	26	16	5.5	0		
0	2.5	0.5	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0.5	0	11	74	0	23	1.5	0	0.5	0	1	0.5	0
0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	1	0	3	18	0	0	0	0	5.5	1	0	0	14	11	1.5	1	0	4	8	0	0	0	
18	1.5	2.5	0	6	1.5	0.5	5	0	62	0	44	11	3	0	32	18	0	5	0	0	56	35	19	32	3	0	3	1.5	0.5	16	0.5	7.5	0	
13	0	12	1	15	5.5	3	0	0	2	6	16	31	0	6	43	0	0	0	0	13	1.5	11	45	0	4.5	31	1	5	0.5	6.5	7	0	0	
0	0	3.5	2	22	3	0	0	45	0	3	0	0	22	15	7	44	11	0	32	1	12	0	0	17	0	0	1	0.5	5.5	0	38	0	0	
0	0	0	0	5	0	0	0	0.5	0	0.5	0	13	0	0	0	0	0	0	0	12	7	0.5	0	5.5	0	0	0	0	0	10	0	0	0	
0	17	0.5	3	6	1.5	0	0	0	51	17	4	0	4	44	3.5	2.5	0	3	0	1.5	19	13	0	113	0	0	25	1	4.5	7.5	3	0	0	
0	0	1	3	1	0.5	0.5	0	0	4	0	0	0	0	0.5	1	0.5	0.5	0	0	0	1	0	0	0	0.5	2	1	0	0	0	0	0	0	
0	46	6	56	0	0	28	18	0.5	2.5	3.5	47	0	1	0	3.5	0	1	15	0	0	3	0.5	0	13	21	0.5	7.5	23	0	0.5	0.5	0	0	
1.5	1.5	42	39	1.5	0	3.5	21	2.5	0	1.5	0	0	0	2.5	38	0	5	9.5	0	3	0.5	1.5	0	11	53	0	2.5	13	0	0	17	0		
0	34	15	37	0	0	1	0.5	60	0	0	0	0	3	1.5	52	0	52	4.5	3.5	0	6	6	0	0	13	8.5	9.5	77	0	0	1.5	0		
0	1	37	15	0	0	11	0.5	15	0.5	0.5	0	0	30	0.5	9.5	1.5	12	0	0	0	7.5	19	0	53	34	0	16	46	0	0	16	0		
1	85	15	27	0	0	17	92	24	2.5	0	0	0	0	0	0.5	10	42	0	0	72	53	0	0.5	37	16	19	54	0	0	30	3.5	0		
26	25	11	12	0	0	1	24	28	0	0	9	0	0	0	1.5	0	32	31	3	0	17	0.5	18	0	4.5	1.5	33	35	0	0	0	16		
2	8.5	7.5	41	0	0	0	10	0.5	2.5	7.5	2.5	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0.5	3	0	1.5	11	0	17	45	0	0	0	1		
0.5	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	
0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	5.5	0	0	0	0	0	0	0	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	5.5	0	0	1	50	115	2	5.5	24	0.5	0	6	0	0	0	3.5	0	0	6.5	0	0	0	0	0	21	2	5	
0	0	0	0	0	0	3.5	0	5	0.5	0	1.5	0.5	0	0.5	0	9.5	0	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	7	0	0	31	11	6	
0.5	4	5.5	0	0	6	0	0	2	0	0.5	74	20	3	0.5	1	0	37	0	0	3	0	19	9	0	15	0	0	0	0	15	0	2		
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	3.5	0.5	0	0	58	0	0	0	0	0.5	0	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	1	0.5	8	0	0	2	0	0	0	0	0	0.5	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	4	0	0	0	0	0	0	0	13	26	0	0.5	0.5	3	0	0	0	0	0	52	0	44	15	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	

圖 2-8 各流域代表性雨量站雨量記錄圖例

二仁	八掌	大甲	大安	太魯	北海	北港	朴子	竹南	秀姑	卑南	卑南	林邊	花蓮	南台	南屏	南屏	後龍	急水	桃園	海岸	烏溪	高屏	高屏	高屏	淡水	曾文	彰化	濁水	頭前	頭前	頭前	豐南	豐南	豐南	豐南	豐南			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

圖 2-10 各流域代表性雨量站降雨記錄圖例

二仁	八掌	大甲	大安	太魯	北海	北港	朴子	竹南	秀姑	卑南	卑南	林邊	花蓮	南台	南屏	南屏	後龍	急水	桃園	海岸	烏溪	高屏	高屏	高屏	淡水	曾文	彰化	濁水	頭前	頭前	頭前	豐南	豐南	豐南	豐南	豐南				
二仁	1.00	0.58	0.44	0.43	0.35	0.15	0.54	0.63	0.33	0.25	0.16	0.57	0.56	0.19	0.28	0.28	0.14	0.43	0.66	0.27	0.29	0.48	0.58	0.71	0.20	0.63	0.51	0.31	0.33	0.22	0.19	0.17	0.74							
八掌	1.00	0.48	0.50	0.40	0.15	0.59	0.69	0.40	0.26	0.17	0.52	0.47	0.19	0.24	0.24	0.12	0.50	0.65	0.26	0.25	0.56	0.56	0.53	0.21	0.69	0.55	0.61	0.42	0.22	0.17	0.17	0.58								
大甲	0.44	1.00	0.64	0.48	0.27	0.53	0.53	0.52	0.26	0.15	0.34	0.34	0.26	0.24	0.19	0.23	0.63	0.49	0.42	0.21	0.67	0.39	0.44	0.37	0.46	0.55	0.38	0.53	0.32	0.22	0.29	0.44								

圖 2-11 各流域代表性雨量站降雨關聯係數矩陣

全臺灣地區之淹水災害損失 AEP 模擬程式每次可模擬一年的淹水災害事件，流程如圖 2-12。

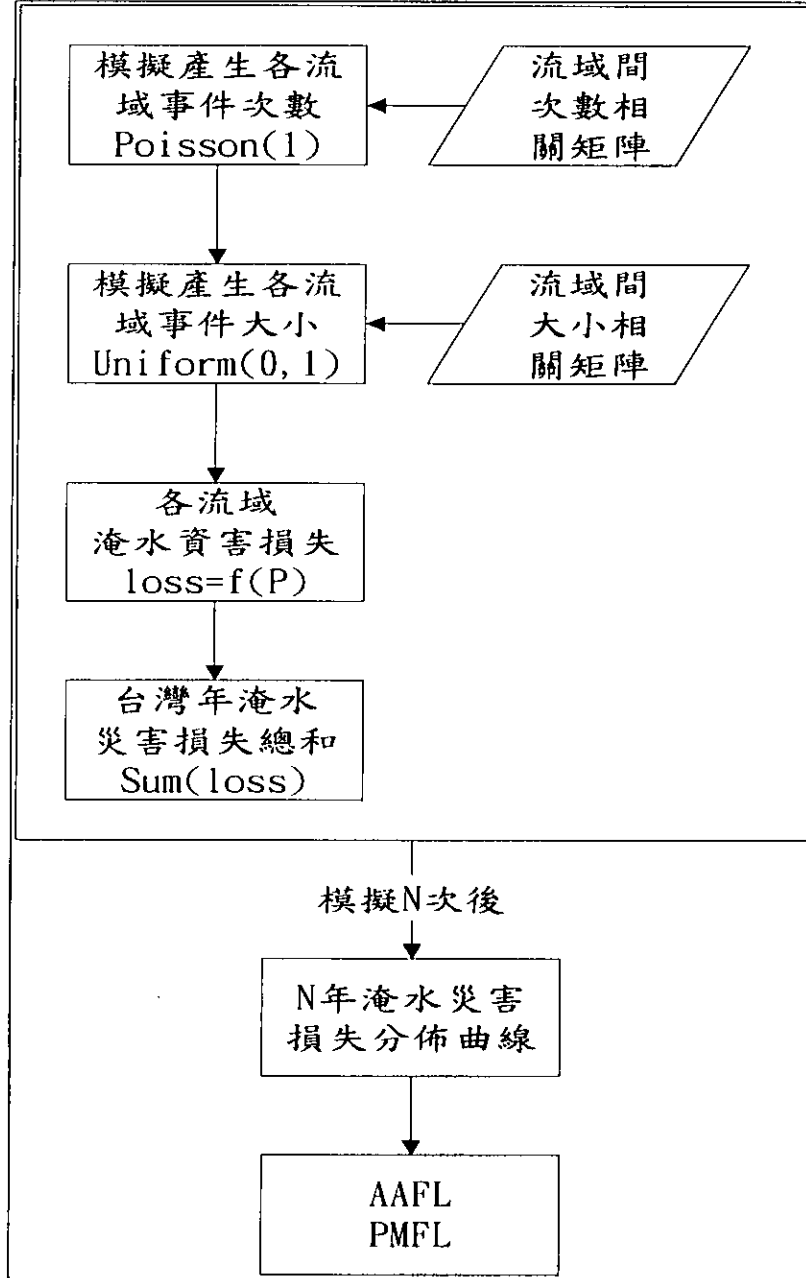


圖 2-12 AEP 曲線 Monte Carlo 模擬流程圖

假設淹水災害事件發生次數呈 Poisson 分佈，年平均發生次數 1 次，首先，根據各流域間降雨數關係矩陣，產生各流域每年淹水災害次數，接著，再根據各流域間降雨大小關係矩陣，決定淹水災害損失超越機率，最後，再利用淹水災害損失與超越機率關係函數去計算淹水災害損失值，並將各流域所有淹水災害損失加總，即得一年全臺灣的淹水災害損失值。重複上述模擬 5000 次之後，可計算平均每年的淹水災害損失，即為淹水災害之年平均損失(Average Annual Loss, AAL)，並可以不同超越機率之淹水災害損失值作為最大可能淹水災害損失值(Probable Maximum Loss, PML)，進而計算保費與建立風險分攤機制。

表 2-11 所示為利用四組淹水潛勢圖所估算的各流域淹水 30 公分以上之受災戶數。首先，依據本研究之推估，台灣地區共計有 492 萬戶住宅，其中 330 萬戶為一樓住戶，當中有 36% 集中在北部地區（見表 2-11）。在以上的基礎下，按照不同日平均降雨量所模擬之淹水潛勢圖來推估，在 150mm 的降雨量之下，北部地區僅有約 4.78% 的住宅會淹水，當降雨量增至 300mm 時，此淹水比例會提高至 11.39%，如降雨量高達 600mm 時，淹水之戶數將高達 26.37%，也就 31 萬戶，其中淡水河流域將近有 15.4 萬戶受災住戶。

表 2-11 臺灣地區 33 個流域不同降雨量之受災戶數估計數

	日平均降雨量(mm)				各流域之建築物總數 (推估數)
	150mm	300mm	450mm	600mm	
北海岸流域	2,711	3,813	4,584	5,095	44,702
桃園沿海流域	12,274	33,522	52,142	107,585	354,050
淡水河流域	36,720	76,984	118,964	154,034	619,722
頭前溪流域	2,603	5,794	7,900	9,954	74,361
頭城沿海流域	753	2,902	5,124	6,668	18,611
蘭陽溪流域	1,774	12,341	24,236	29,872	76,496
北部地區合計	56,835	135,356	212,950	313,208	1,187,940
佔建物數之%	4.78	11.39	17.93	26.37	100.00
竹南沿海流域	6,083	10,640	13,959	15,675	49,912
後龍溪流域	5,600	10,068	14,402	17,819	69,933
大安溪流域	10	154	371	517	9,566
大甲溪流域	1,821	3,813	5,531	8,341	59,883
烏溪流域	19,146	45,218	70,751	95,460	382,491
彰化沿海流域	15,163	44,784	77,185	104,595	241,406
濁水溪流域	2,394	6,738	9,710	13,278	52,978
北港溪流域	9,515	26,875	44,555	59,600	158,066
中部地區合計	59,732	148,290	236,464	315,285	1,024,235
佔建物數之%	5.83	14.48	23.09	30.78	100.00
朴子溪流域	4,771	13,656	23,601	30,683	101,233
曾文溪流域	187	820	1,297	2,081	20,706
八掌溪流域	1,615	3,752	6,116	8,656	54,603
高屏溪流域	7,012	13,802	20,198	26,298	90,842
急水溪流域	5,620	19,990	33,940	44,808	105,008
鹽水溪流域	28,067	57,106	74,114	91,193	187,708
二仁溪流域	10,494	20,792	25,829	30,567	68,798
高雄沿海流域	28,804	79,331	128,187	168,755	385,068
東港溪流域	4,019	6,833	8,677	8,677	23,532
林邊溪流域	157	427	629	697	3,221
南屏東流域	689	1,105	1,497	1,743	8,451
南部地區合計	91,444	217,614	324,085	414,158	1,049,171
佔建物數之%	8.72	20.74	30.89	39.47	100.00
南澳沿海流域	37	163	290	457	2,287
太魯閣流域	7	7	29	46	646
花蓮溪流域	2,101	3,585	4,385	4,965	13,797
豐濱沿海流域	0	0	0	0	493
秀姑巒溪流域	26	135	167	219	5,852
海岸山脈東側	78	81	90	93	2,176
卑南溪流域	45	165	263	389	4,242
南台東流域	1,125	1,672	2,407	2,928	6,588
東部地區合計	3,419	5,808	7,631	9,097	36,082
佔建物數之%	9.48	16.10	21.15	25.21	100.00
臺灣地區總計	211,430	507,068	781,130	1,051,748	3,297,428
佔建物數之%	6.41	15.38	23.69	31.90	100.00

資料來源：根據本研究之模擬與估算。

2.3 合理保險費率之修正

因為台灣的颱風洪水每年發生頻率偏高，本研究建議合理保費之計算應該比照 TREIP 模式，用風險評估模型所求得平均每年總損失(AAL)，考慮風險分擔機制規劃結果，再加上行政管理及理賠之成本，作為釐訂合理保費的主要依據，以求長期保費收入與支出之平衡。

本研究團隊將先按照單一費率的概念將不同制度下之保費費率概略計算出來。後續在第四章中，將依據問卷調查結果及風險分擔機制，分別以單一費率及差別費率進行合理險費率之分析。

計算合理費率之前必須先將可能投保戶數作一推估，本研究按照制度設計之強制性分為以下三種保戶數：

1. **強制性**：根據財政部財稅中心所提供之房屋稅籍資料，台閩地區的住宅數約為 760 萬宅。因為會淹水的絕大多數限於一樓之住戶，故必須再透過 GIS 網格套疊之推估一樓的住宅數量，套疊之結果顯示全省大約有 333 萬一樓的住宅。
2. **半強制性**：目前國內 760 萬戶住宅，投保住宅火災保險的有效件數約 342 萬件⁹，投保率接近 50%。如果這些住戶全部均強制加保，則全省之投保戶數大約會達到 342 萬戶的規模。
3. **自願性**：根據本研究利用 GIS 網格套疊之推估，全省位於 20 年重現期之內之一樓住戶數大約有 37 萬戶。

表 2-12 所示為本研究所模擬的 11 種情境之平均每年總損失 (AAL) 以及根據上述戶數初步計算之純保費 (pure premium)。

⁹ 根據中央再保公司與保發中心的計算，至 2003 年底為止，投保長期火險與短火之件數分別為 322.5 萬件及 105.0 萬件，合計為 427.5 萬件，但當中會有長火與短火之間以及因為二貸所造成之重複投保現象，本研究假設佔 2 成，因此推算出全國投保之戶數大約是 342 萬件。

表 2-12 情境模擬之結果—AAL 與基本費率

ID	情境設計	平均每年 總損失 (AAL) (百萬元)	強制一樓投保		已投保火險住戶 自動涵蓋納保	
			保戶數	基本保費	保戶數	基本保費
			(百萬戶)	(元/戶)	(百萬戶)	(元/戶)
1	30 公分以下不理賠。 定額賠 20 萬元。	21,900	3.33	6,577	3.42	6,404
2	30 公分以下不理賠。 定額賠 15 萬元。	16,500	3.33	4,955	3.42	4,825
3	30 公分以下不理賠。 定額賠 10 萬元。	10,950	3.33	3,288	3.42	3,202
4	30 公分以下不理賠。 30~100 公分賠 10 萬元；100 ~200 公分賠 15 萬元；200 公分以上賠 20 萬元	12,300	3.33	3,694	3.42	3,596
5	50 公分以下不理賠。 定額賠 20 萬元。	12,600	3.33	3,784	3.42	3,684
6	50 公分以下不理賠。 定額賠 15 萬元。	9,450	3.33	2,838	3.42	2,763
7	50 公分以下不理賠。 定額賠 10 萬元。	6,300	3.33	1,892	3.42	1,842
8	50 公分以下不理賠。 50~100 公分賠 10 萬元；100 ~200 公分賠 15 萬元；200 公分以上賠 20 萬元	7,800	3.33	2,342	3.42	2,281
9	50 公分以下不理賠。 50~100 公分賠 5 萬元； 100~200 公分賠 10 萬元；200 公分以上賠 15 萬元	4,650	3.33	1,396	3.42	1,360
10	僅位於 20 年重現期之內淹水 區的住戶投保 50 公分以下不理賠。 定額賠 20 萬元。	12,000	0.37	32,432	0.185	32,432
11	僅位於 20 年重現期之內淹水 區的住戶投保 50 公分以下不理賠。 50~100 公分賠 10 萬元；100 ~200 公分賠 15 萬元；200 公分以上賠 20 萬元	7,200	0.37	19,459	0.185	19,459

由表 2-12 可知，11 個情境中以第 9 個情境所計算之 AAL 最低，當起賠點為 30 公分時，AAL 約為 110 億元~220 億元，自負額為 50 公分時，AAL 降至 63 億元~126 億元，可見起賠點之提高對於 AAL 之減少有很大幫助，可減少一半以上。表 2-12 也顯示理賠上限每減少 5 萬元，AAL 可

減少 25%至 35%。

其次，表 2-12 顯示採強制性及半強制性之基本費率大約在 1,300~6,500 元左右，即使在 AAL 最低的情境下，基本費率仍超過為 1,300 元。如果採用自願性，只考慮最常淹水（20 年重現期之內）的地區住戶有可能投保，因為風險集中之緣故，平均每戶之保費有可能高達 2 至 3 萬元以上。

2.4 颱風洪水風險評估資料庫之更新與維護

水利署近期曾委託中興顧問工程公司重新繪製淹水潛勢圖，本小節嘗試以淡水河流域與二仁溪流域為例，比較國科會與水利署之淹水潛勢圖以及利用潛勢圖所推估之淹水災害損失之結果，並評估資料庫更新之可行性。

一. 淡水河流域

1. 資料來源說明：

國科會淹水潛勢圖包括定量降雨 150, 300, 450, 與 600 mm 之淹水潛勢圖，對應之事件重現期分別為 1.4, 14.2, 115.2, 與 510.6 年；水利署委託計畫之淹水潛勢圖則是有計畫提防下，事件重現期分別為 25, 50, 100, 與 200 年。

2. 模擬條件：

以淹水深度 50 公分以下無賠償，淹水深度 50-100 公分賠償 10 萬元，淹水深度 100-200 公分賠償 15 萬元，淹水深度超過 200 公分賠償 20 萬元之保險機制推估淹水災害之暴露量與總賠償金額，並計算年平均淹水災害賠償金額。

3. 模擬結果：

利用國科會資料與水利署資料推估暴露量與賠償金額分別如表 2-14 與 2-15 所示，保險賠償金額對應之事件重現期如圖 2-20 所示。

以事件重現期倒數計算事件超越機率，繪製超越機率與保險賠償金額之關係如圖 2-21 所示，繪製最適曲線分別為 $Loss = 254938430P^{-0.6586}$ 與 $Loss = 2318658905P^{-0.3139}$ ，並據以計算年平均保險賠償金，結果分別為 33.8 億（國科會）與 7.47 億（水利署）。

表 2-13 淡水河流域國科會資料推估結果

重現期 (年)	住家暴露量 (戶)	保險賠償 (NT\$)
1.4	20,487	2,348,797,727
14.2	49,076	6,155,180,644
115.2	81,923	10,518,098,673
510.6	115,311	15,263,154,476

表 2-14 淡水河流域水利署資料推估結果

重現期 (年)	住家暴露量 (戶)	保險賠償 (NT\$)
25	14,984	1,877,886,316
50	32,016	3,888,185,395
100	45,812	5,691,066,010
200	60,494	7,574,891,393

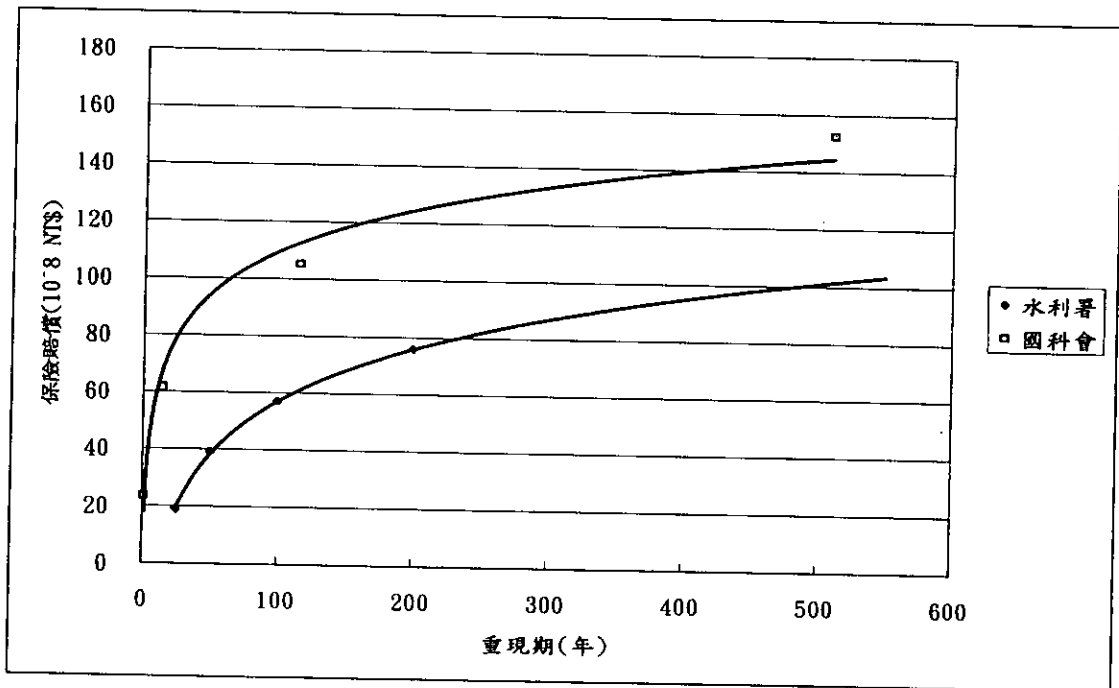


圖 2-13 淡水河流域暴露量推估結果

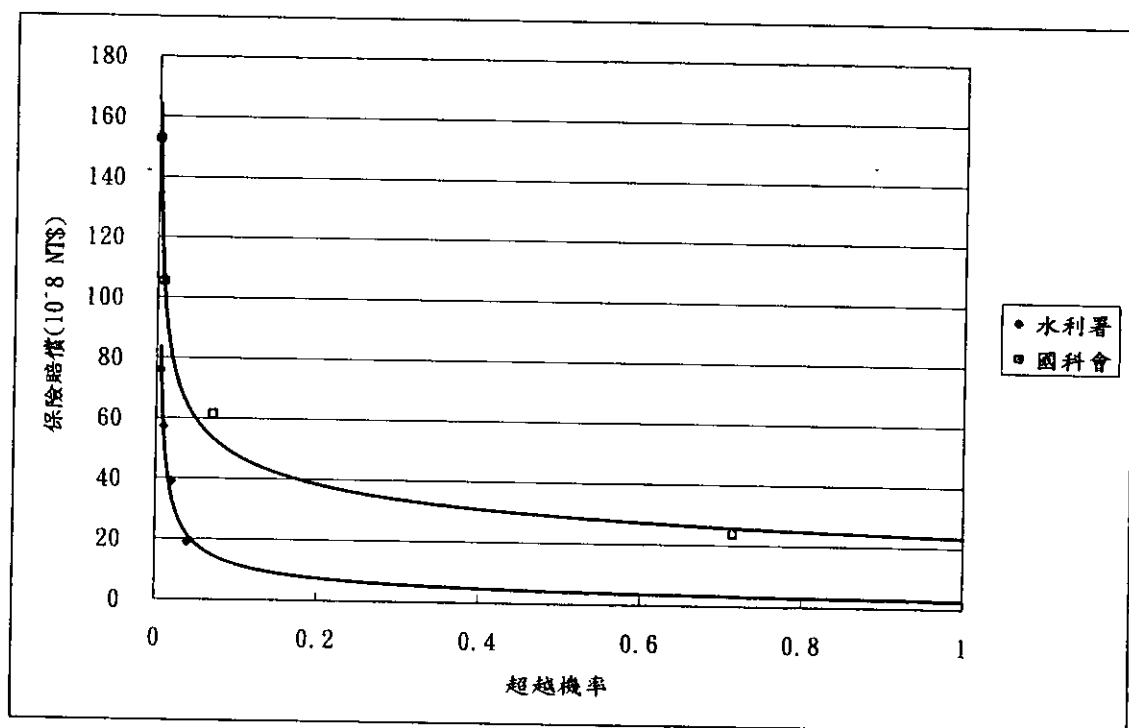


圖 2-14 淡水河流域淹水災害損失賠償推估結果

二. 二仁溪流域

1. 來源資料說明：

國科會淹水潛勢圖包括定量降雨 150, 300, 450, 與 600 mm 之淹水潛勢圖，對應之事件重現期分別為 0.45, 2.1, 15, 與 290 年；水利署委託計畫之淹水潛勢圖則是有計畫提防下，事件重現期分別為 10, 25, 50, 與 100 年。

2. 模擬條件：

以淹水深度 50 公分以下無賠償，淹水深度超過 50 公分至 100 公分賠償 10 萬元，淹水深度超過 100 公分至 200 公分賠償 15 萬元，淹水深度超過 200 公分賠償 20 萬元之保險機制推估淹水災害之暴露量與總賠償金額，並計算年平均淹水災害賠償金額。

3. 模擬結果：

利用國科會資料與水利署資料推估暴露量與賠償金額分別如表 2-16、2-17 所示，保險賠償金額對應之事件重現期如圖 2-22 所示。以事件重現期倒數計算事件超越機率，繪製超越機率與保險賠償金額之關係如圖 2-23 所示，繪製最適曲線分別為 $Loss = 1368233918P^{-0.2146}$ 與

$Loss = 130846292P^{-0.6093}$ ，並據以計算年平均保險賠償金分別為 17.4 億與 3.35 億。

表 2-15 二仁溪流域國科會資料推估結果

重現期 (年)	住家暴露量 (戶)	保險賠償 (NT\$)
0.45	6,908	860,116,889
2.1	15,530	2,062,175,289
15	21,274	3,054,536,446
290	25,294	3,858,813,435

表 2-16 二仁溪流域水利署資料推估結果

重現期 (年)	住家暴露量 (戶)	保險賠償 (NT\$)
10	4,100	485,962,072
25	8,467	1,037,647,885
50	11,623	1,542,746,244
100	13,842	1,955,213,195

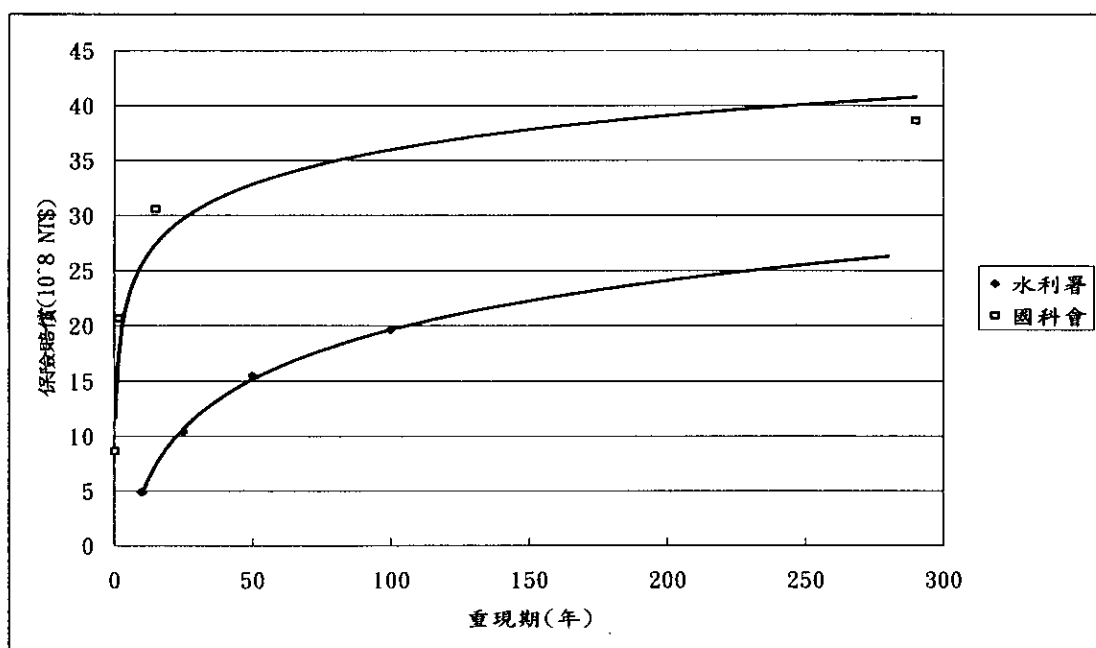


圖 2-15 二仁溪流域暴露量推估結果

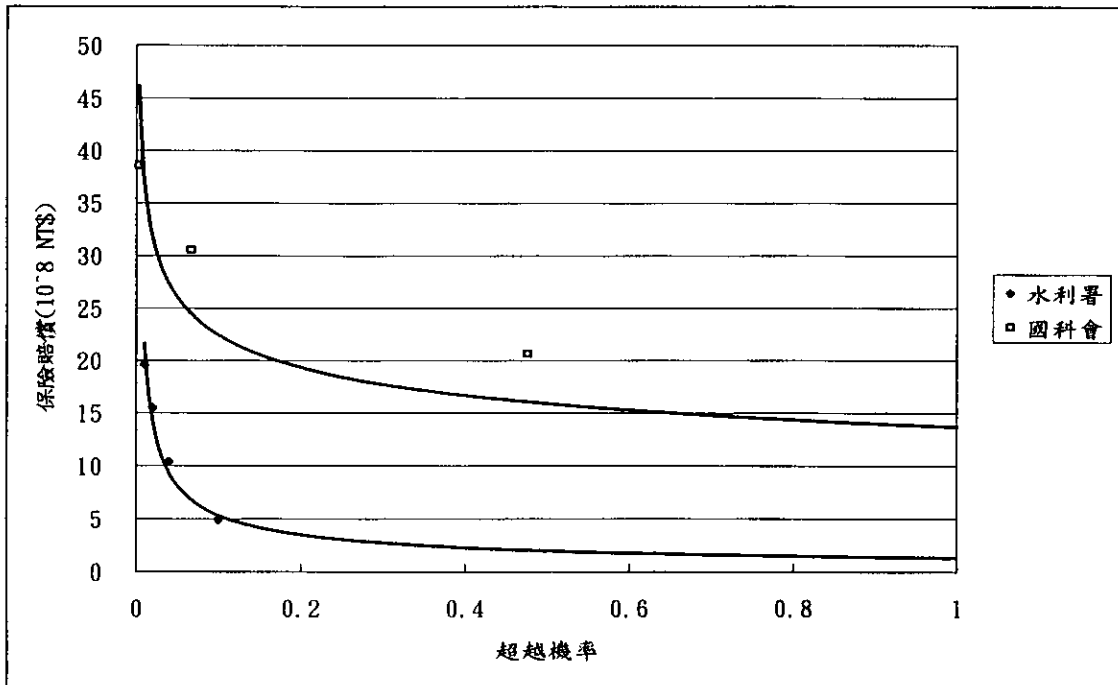


圖 2-16 二仁溪流域淹水災害損失賠償推估結果

三. 綜合討論

從前述之結果可知，不論是淡水河流域或二仁溪流域，應用不同單位之淹水災害潛勢資料，在相同的社會經濟資料、淹水災害風險推估方法與保險理賠條件下，所模擬出來的暴露量、索賠戶數、賠償金額、年平均賠償金額等結果均有 3~5 倍的差異，整理可能的差異原因如下：

1. 淹水模式不同：

國科會資料使用的模式包括美國工兵署之 HEC-2 一為淹水模式與二維零慣性淹水模式，水利署委託中興工程顧問公司所使用之模式則是自行研發之 SEC-HY11 一維模式與 SEC-HY21 二維模式；不同的模式處理的項目有些差異，例如 SEC-HY11 處理變量流但簡化橋墩壅水，HEC-2 則處理橋墩壅水但簡化變量流處理(中興工程顧問公司本計畫報告)。

2. 輸入參數差異：

輸入參數的差異不只是因為模式不同，對參數項目要求不同，例如雨水下水道，還有因為時間造成的差異，例如地表糙度是一般淹水模式都需

要的重要參數，但因為國科會資料完成時間較早，中興工程顧問公司承接該計畫時，許多地面覆蓋情形已經有所改變。此外，每年進行的防洪工程設施，例如疏洪道、抽水站或分洪設施等，亦會改變區域淹水潛勢。

3. 數值地形高程資料不同：

因應模式計算需求或部分區域有較準確之數值地形高程資料，這兩個研究團隊都有對內政部經建版 40x40 數值地形資料進行內差或聚合重新採樣，或替換局部數值地形高程資料，所以正確地來說，兩個團隊所使用的數值地形高程資料是不一樣的。

4. 設計雨型不同：

降雨延時內，均勻降雨或中央集中雨型的假設，造成的淹水潛勢亦會有差異。

5. 降雨頻率與降雨強度推估結果和控制範圍不同：

雖然水利界推估降雨頻率方式相同，但國科會只採用中央氣象局雨量站資料，中興工程顧問公司則採用中央氣象局雨量站以外單位的雨量站資料，例如經濟部水利署或台灣電力公司的雨量站資料，因此國科會每一個雨量站控制範圍較大，中興工程顧問公司每一個雨量站控制範圍應該比較小，此外各雨量站間相同頻率之降雨強度差異亦頗大，例如中央氣象局淡水雨量站資料推估 200 年重現期之降雨強度為 551mm，經濟部水利署之坪林(4)雨量站資料推估之 200 年重現期之降雨強度為 720mm。

最後，因為國科會資料只有定量降雨模擬淹水災害潛勢，相對降雨頻率是應本計畫需求推估，所以不是常見的 2, 5, 10, 50 等重現期，圖 2-24～圖 2-28 是選取國科會與水利署兩個單位重現期相近的淹水災害潛勢圖，提供各界參考比較。

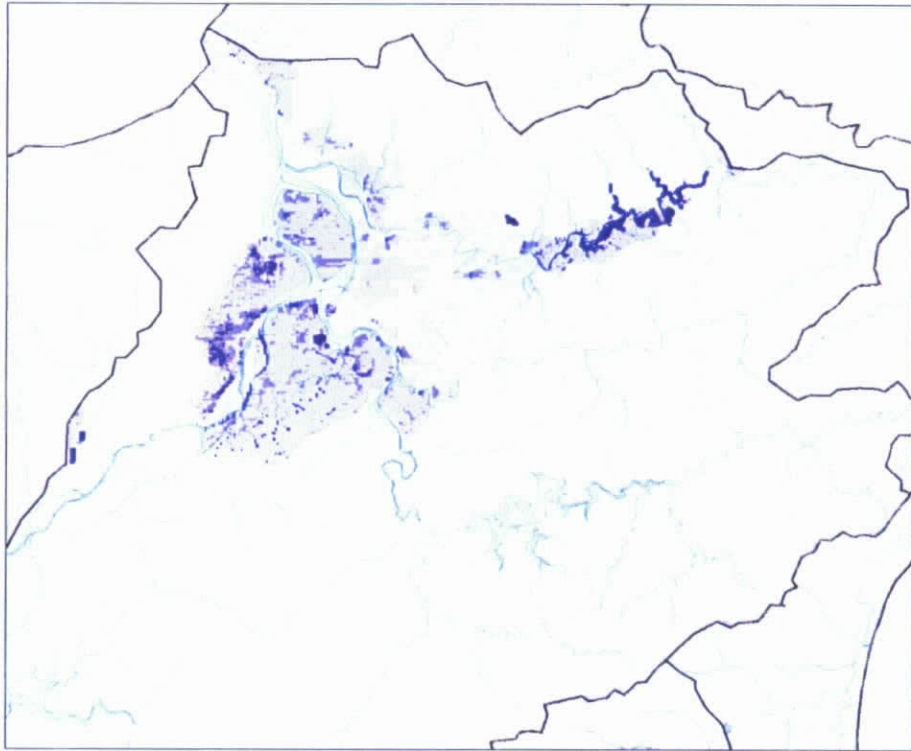


圖 2-17 國科會淡水河流域重現期 115 年淹水潛勢圖

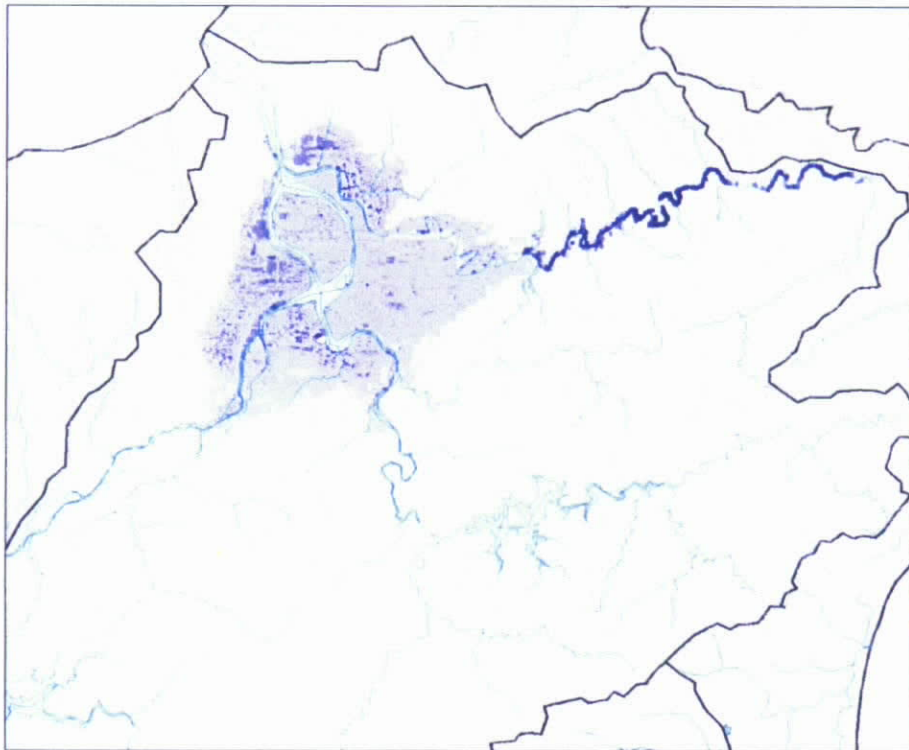


圖 2-18 水利署淡水河流域重現期 100 年淹水潛勢圖

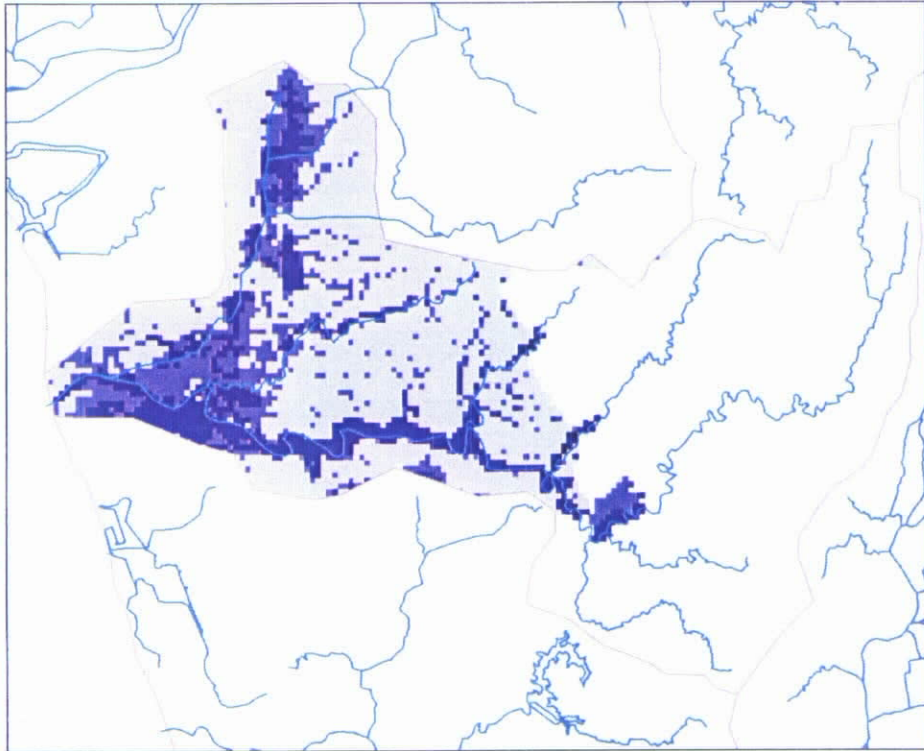


圖 2-19 國科會二仁溪流域重現期 15 年淹水潛勢圖

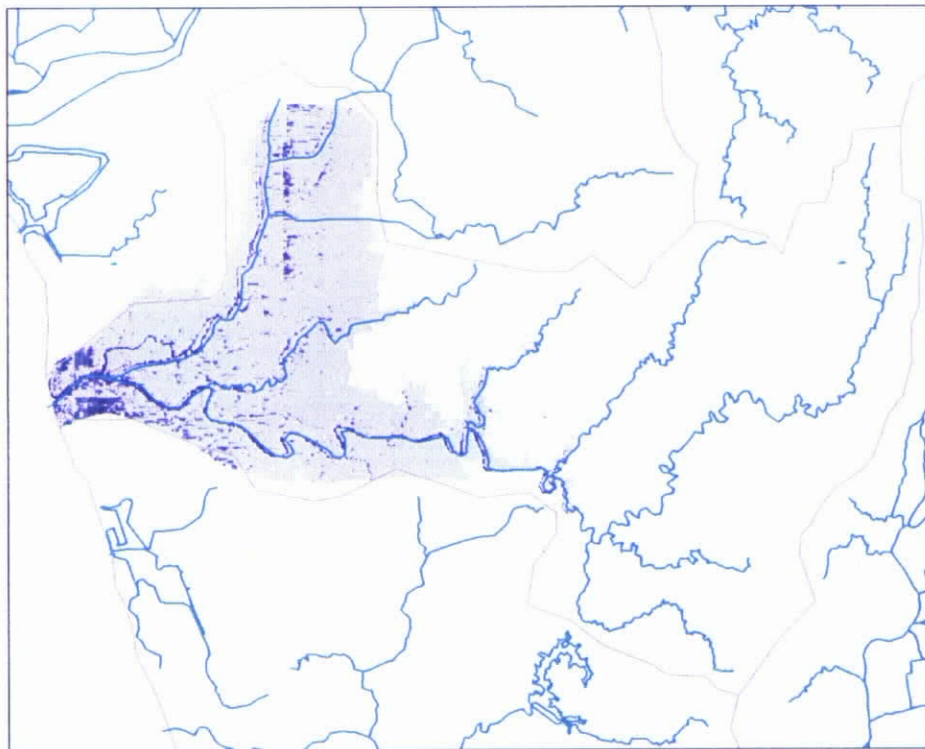


圖 2-20 水利署二仁溪流域重現期 10 年淹水潛勢圖