

台灣氣候變遷之 水利災害問題與因應對策

臺灣大學

水工試驗所 研究員

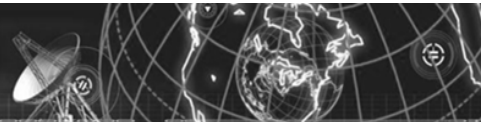
生物環境系統工程學系 兼任教授

氣候天氣災害研究中心 綜合業務組組長

賴進松 博士



氣候天氣災害研究中心
Center for Weather Climate and Disaster Research



台灣大學 水工試驗所
Hydrotech Research Institute
National Taiwan University

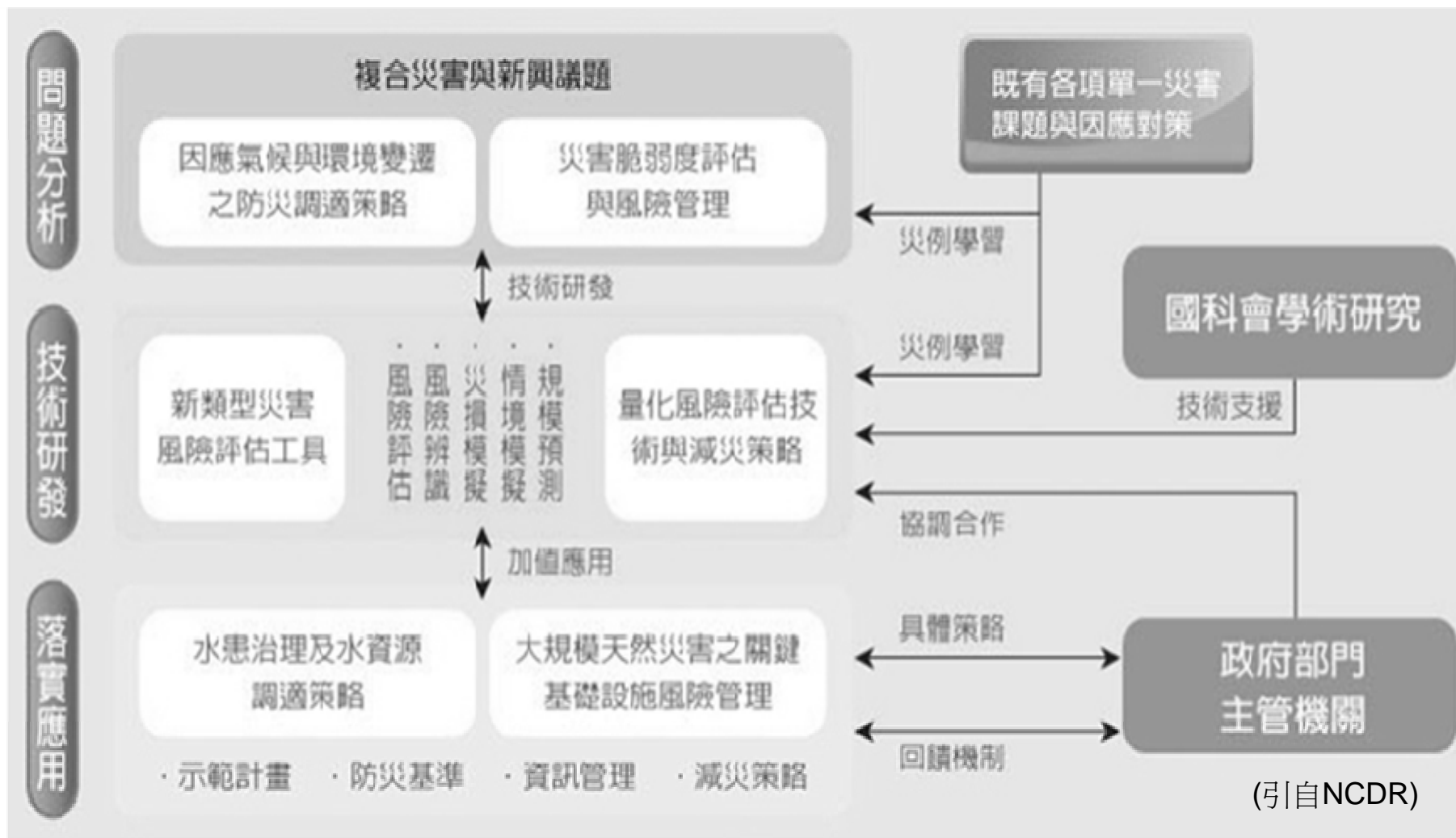


簡報大綱

- 全球災害型態與台灣天然環境
- 氣候變遷對水利設施及水資源的衝擊
- ➡ ● 複合型災害模擬與分析
- ➡ ● 水利災害問題因應對策
- 結語

複合型災害模擬與分析

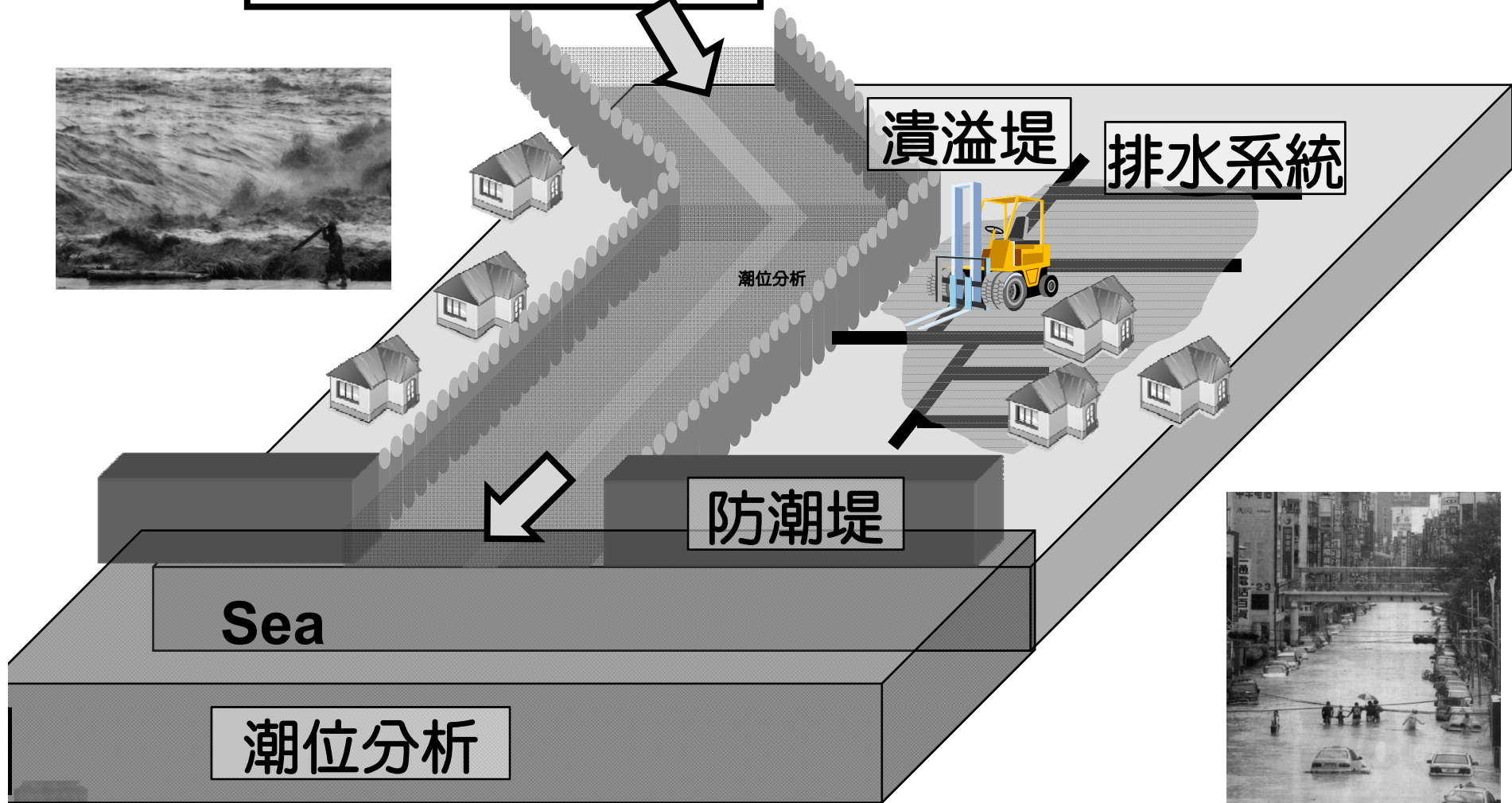
新類型災害減災研究主要係針對複合型災害（例如全球氣候變遷與環境變遷所引致災害防救工作的影響性）與新興議題的災害進行研究



極端氣候



洪水, 漂流木和淤砂



氣候變遷對台灣的主要災害威脅

自然的易致災性

- 易受颱風侵襲
- 降雨強度強
- 豐枯水期降雨不均
- 山高水急
- 西南沿海地勢低窪
- 地質脆弱、表土鬆軟



社經發展的影響

- 都市化發展引發都市防洪問題
- 都市熱島效應
- 產業發展迅速，用水量增
- 超抽地下水，地層下陷



氣候變遷的衝擊

- 溫度上升
- 颱風強度加強
- 劇烈降雨強度增強
- 降雨分佈型態改變
- 海水位上升



沿海與低窪地區淹水威脅

都市洪水災害潛在威脅

水資源調度與用水問題



莫拉克颱風災

淹水災情：



林邊鄉淹水



林邊鄉撤離



全球水資源狀況

2008來自世界各地**165**個國家和地區的**1**萬名代表參加在日本東京舉辦的第三屆世界水論壇會議時，為水資源的可持續利用獻計獻策。這一會議的背景是，全球水資源狀況迅速惡化，“水危機”日趨嚴重。

據水文地理學家的估算，地球上的水資源總量約為**13.8**億立方公里，其中**97.5%**是海水（**13.45**億立方公里）。淡水只占**2.5%**，其中絕大部分為極地冰雪冰川和地下水，適宜人類享用的僅為**0.01%**。

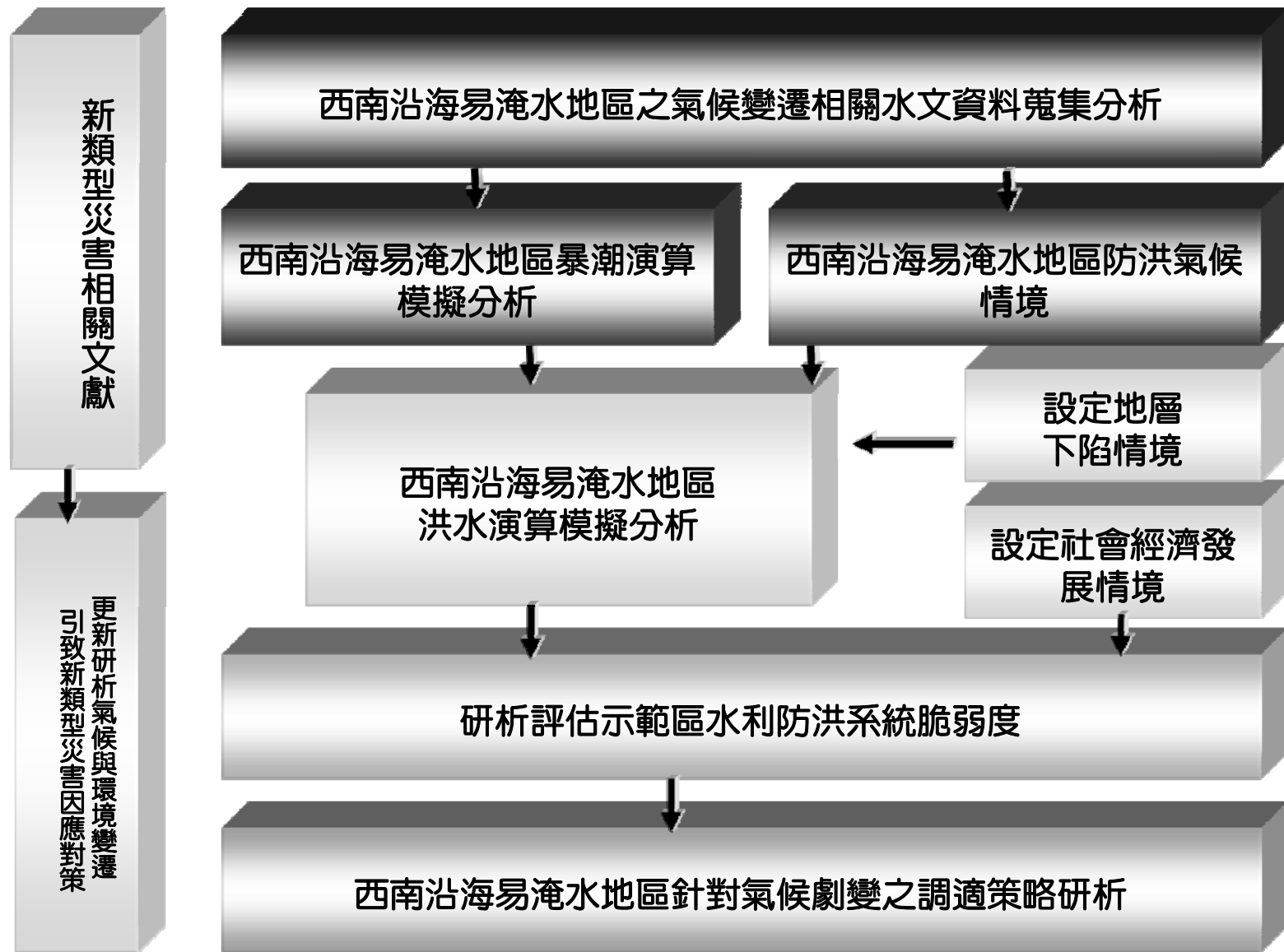
20世紀，世界人口增加了兩倍，而人類用水增加了**5**倍。世界上許多國家正面臨水資源危機：**12**億人用水短缺，**30**億人缺乏用水衛生設施，每年有**300**萬到**400**萬人死於和水有關的疾病。

到**2025**年，水危機將蔓延到**48**個國家，**35**億人為水所困。水資源危機帶來的生態系統惡化和生物多樣性破壞，也將嚴重威脅人類生存。

過去**50**年中，由水引發的衝突共**507**起，其中**37**起有暴力性質，**21**起演變為軍事衝突。專家警告：隨著水資源日益緊缺，水的爭奪戰將愈演愈烈。水資源的危機已成為全世界關注的問題。

(引自NTU)

水利防洪設施新類型災害



新類型災害相關文獻

更新研析氣候與環境變遷
引致新類型災害因應對策

西南沿海易淹水地區之氣候變遷相關水文資料蒐集分析

西南沿海易淹水地區暴潮演算
模擬分析

西南沿海易淹水地區防洪氣候
情境

設定地層
下陷情境

設定社會經濟發
展情境

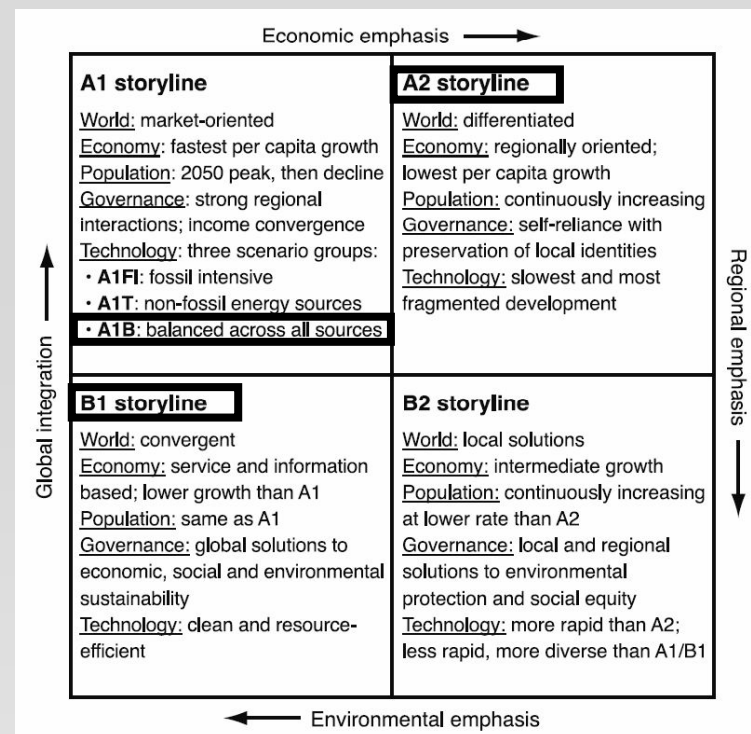
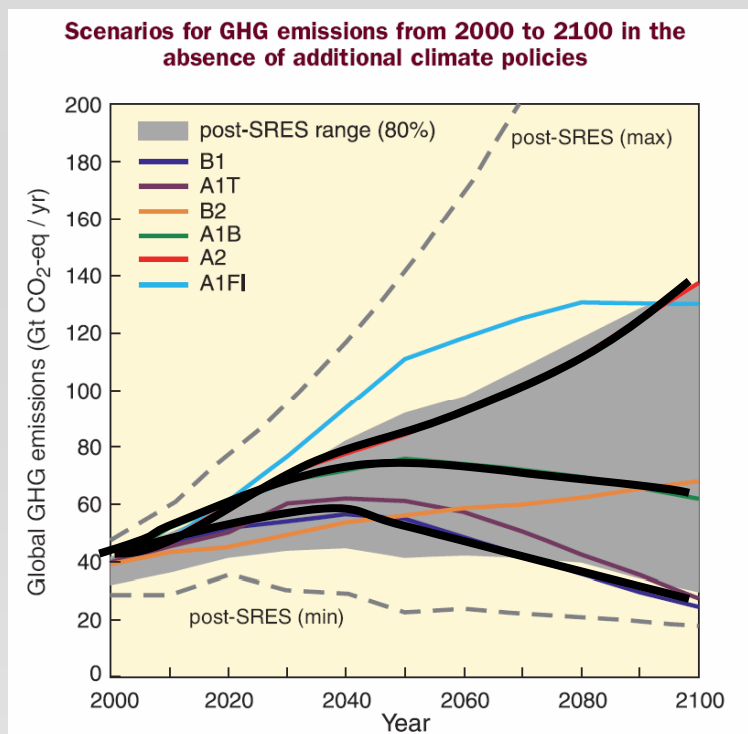
西南沿海易淹水地區
洪水演算模擬分析

研析評估示範區水利防洪系統脆弱度

西南沿海易淹水地區針對氣候劇變之調適策略研析

防 洪 氣 候 情 境

- 不同經濟、人口、環境發展將導致不同的排放情形
- 未來調適策略將影響排放程度
- 排放程度亦影響未來發展與調適策略
- 本研究考慮 A1B、A2、B1 情境



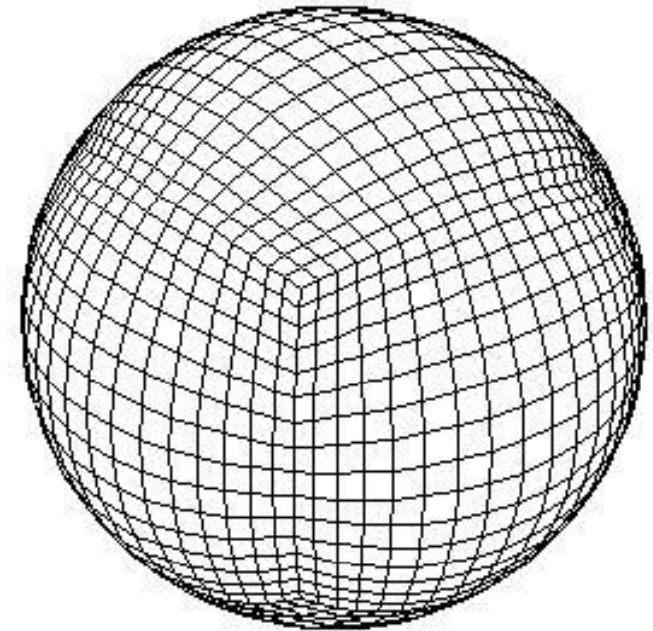
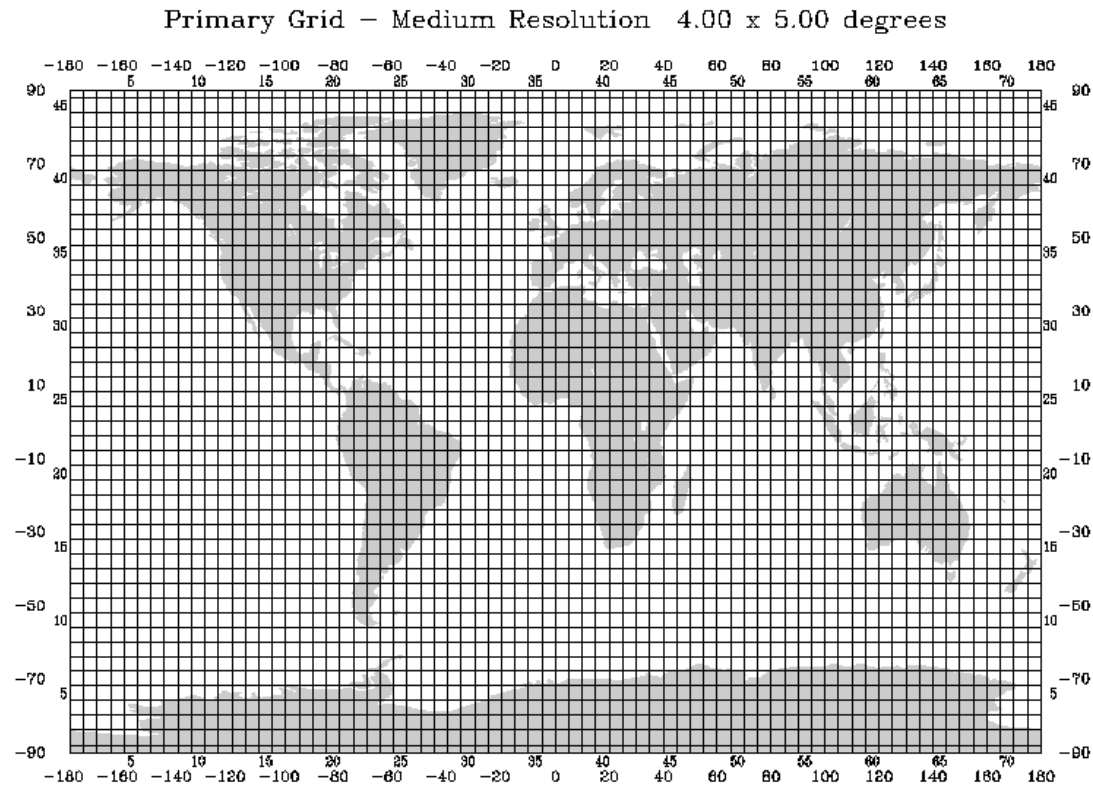
資料來源：http://www.ipcc-data.org/ar4/gcm_data.html

大氣環流模式

- 全球環流模式 (Global Circulation Model)
 - 各國相關研究普遍採用
 - 選用IPCC對應AR4 GCM模式2個模式
 - CM2.1、HADCM3
 - 以中央氣象局24個氣象站為基準，配合簡易降尺度輸出降雨量比值
 - 西元1961年-1990年設定為基期 (Baseline)，為比較之基準
 - 短期 (西元2010年-2039年)
 - 中期 (西元2040年-2069年)
 - 長期 (西元2070年-2099年) (本研究未考慮)
 - 配合IPCC提出之溫室氣體排放情境



GCM數值分析網格示意圖

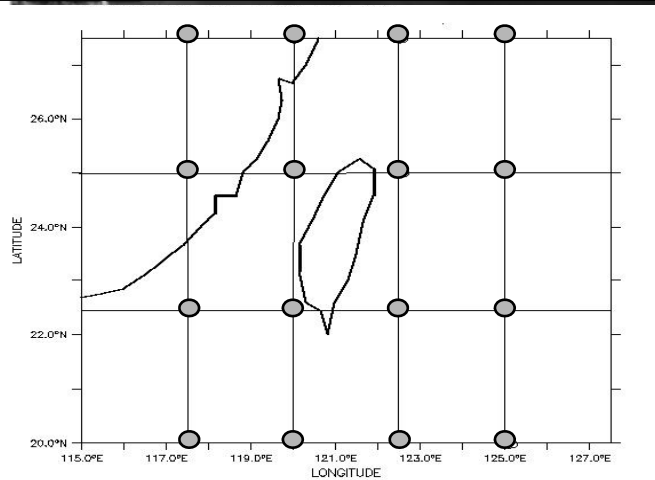


大氣模式解析度與臺灣大小示意圖

Map

Satellite

Hybrid



淡水站

25°N, 120°E

20 mi
20 km

©2007 Google - Imagery ©2007 TerraMetrics, NASA, Map data ©2007 ZENRIN, Europa Technologies - Terms of Use



氣候變遷模式輸出

各大氣環流模式、溫室氣體排放模式下短期、中期之雨量修正比值表

大氣環流模式	A2		A1B		B1	
	短期	中期	短期	中期	短期	中期
CM2.1	1.1	1.16	1.3	1.22	1.13	1.42
	短期	中期	短期	中期	短期	中期
HADCM3	1.28	1.24	1.25	1.4	1.3	1.32
	短期	中期	短期	中期	短期	中期

CM2.1之GCM氣候模式、溫室氣體排放模式下短期、中期之暴潮增加量表

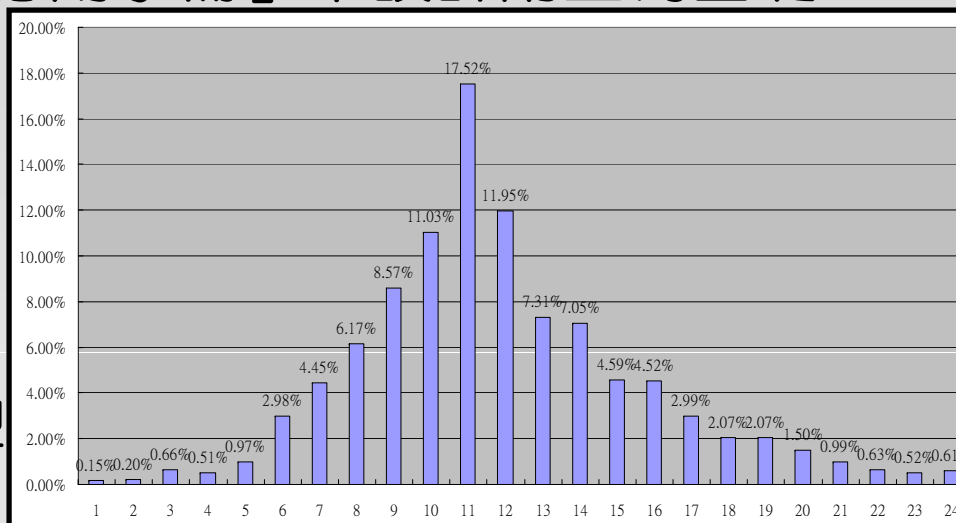
	CM2.1	情境	A2			B1			A1B		
		現況	短期	中期	長期	短期	中期	長期	短期	中期	長期
(1)	7至10月大潮平均高潮位(m)	1.64	1.66	1.71	1.75	1.66	1.70	1.73	1.67	1.72	1.76
	增加量(m)	---	0.02	0.07	0.11	0.02	0.06	0.09	0.03	0.08	0.12
(2)	5年重現期距暴潮偏差量(m)	0.55	0.61	0.67	0.76	0.62	0.65	0.68	0.62	0.7	0.75
	增加量(m)	---	0.06	0.12	0.19	0.07	0.1	0.13	0.07	0.15	0.2
(3)	20年重現期距暴潮偏差量(m)	0.66	0.75	0.83	0.95	0.76	0.8	0.85	0.76	0.87	0.92
	增加量(m)	---	0.09	0.17	0.29	0.1	0.14	0.19	0.1	0.21	0.26
(1)+(2)	200年重現期距暴潮偏差量(m)	0.83	0.96	1.06	1.21	0.97	1.02	1.08	0.97	1.12	1.18
	增加量(m)	---	0.13	0.23	0.38	0.14	0.19	0.25	0.4	0.29	0.35

設計雨量及設計雨型

- 設計雨量
 - 引用經濟部水利署「淹水潛勢圖更新前期計畫-演算資料調查及雨量預警之研究」
 - 經由圖資比對，選取北港(2)雨量站
 - 選取5、20、200年三個重現期
 - 引用上述氣候變遷情境下之雨量差值
- 設計雨型
 - 氣候變遷下之雨型研究尚屬起步階段
 - 以「水文設計應用手冊」中設計雨型為基礎

各重現期距之24小時降雨量(mm)			
站名	5年	20年	200年
北港(2)	267.38	316.9	424.52

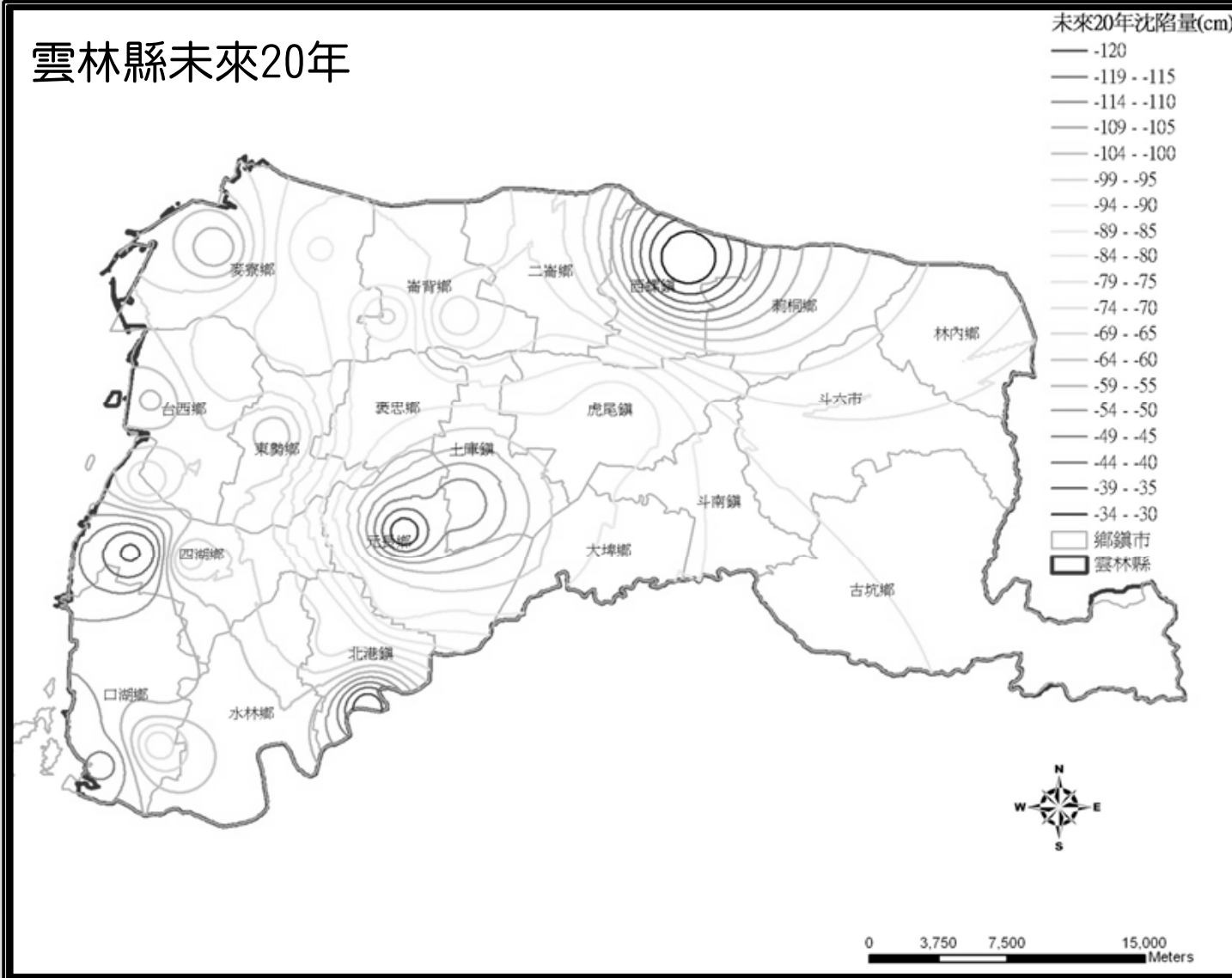
本研究設計雨量及設計雨型



地層下陷情境

未來地層下陷推估值

雲林縣未來20年



- 參考水利署「沿海洪氾警戒區域劃設及洪氾管理措施研擬之研究」之計畫成果。

社會經濟情境因子推估

人口密度

土地利用

人口
自然
增加率

社經情境

經濟產值

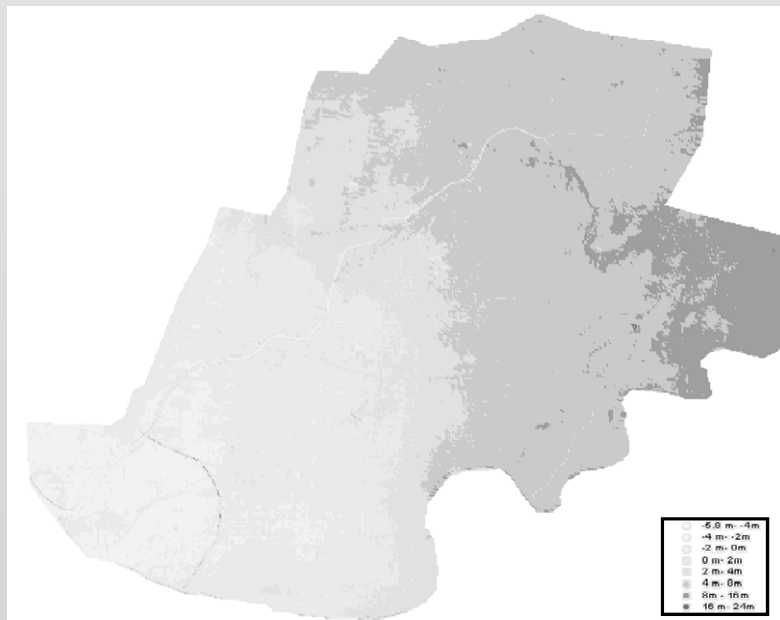
人口
社會
增加率



Farm ? Factory ?

社經情境	人口	經濟
短期-社A	低成長	重視工業
短期-社B	低成長	重視農業
中期-社A	零成長	重視工業
中期-社B	零成長	重視農業
長期-社A	負成長	重視工業
長期-社B	負成長	重視農業

示範區概述

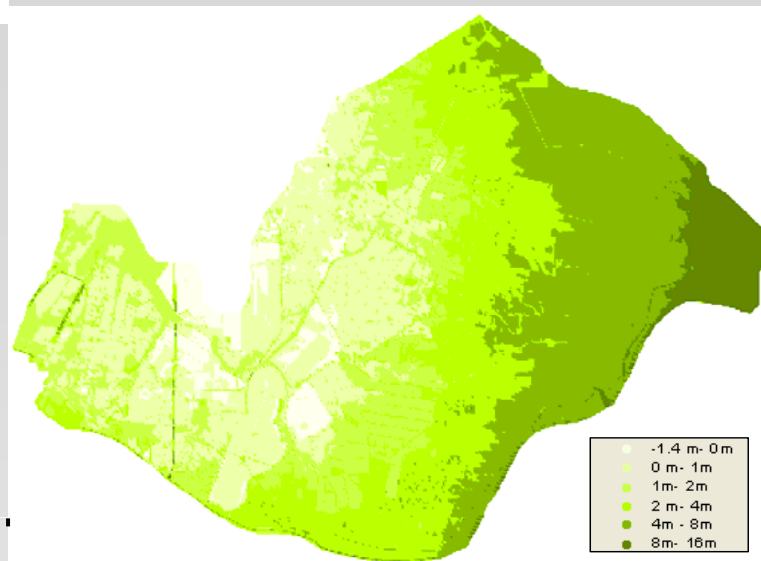


雲林示範區

- 面積：17048.16公頃
- 住宅區面積：1116公頃
- 工商面積：178公頃
- 農業面積：11542公頃

嘉義示範區

- 面積：11401.28公頃
- 住宅區面積：405.28公頃
- 工商面積：1054.56公頃
- 農業面積：4647.68公頃

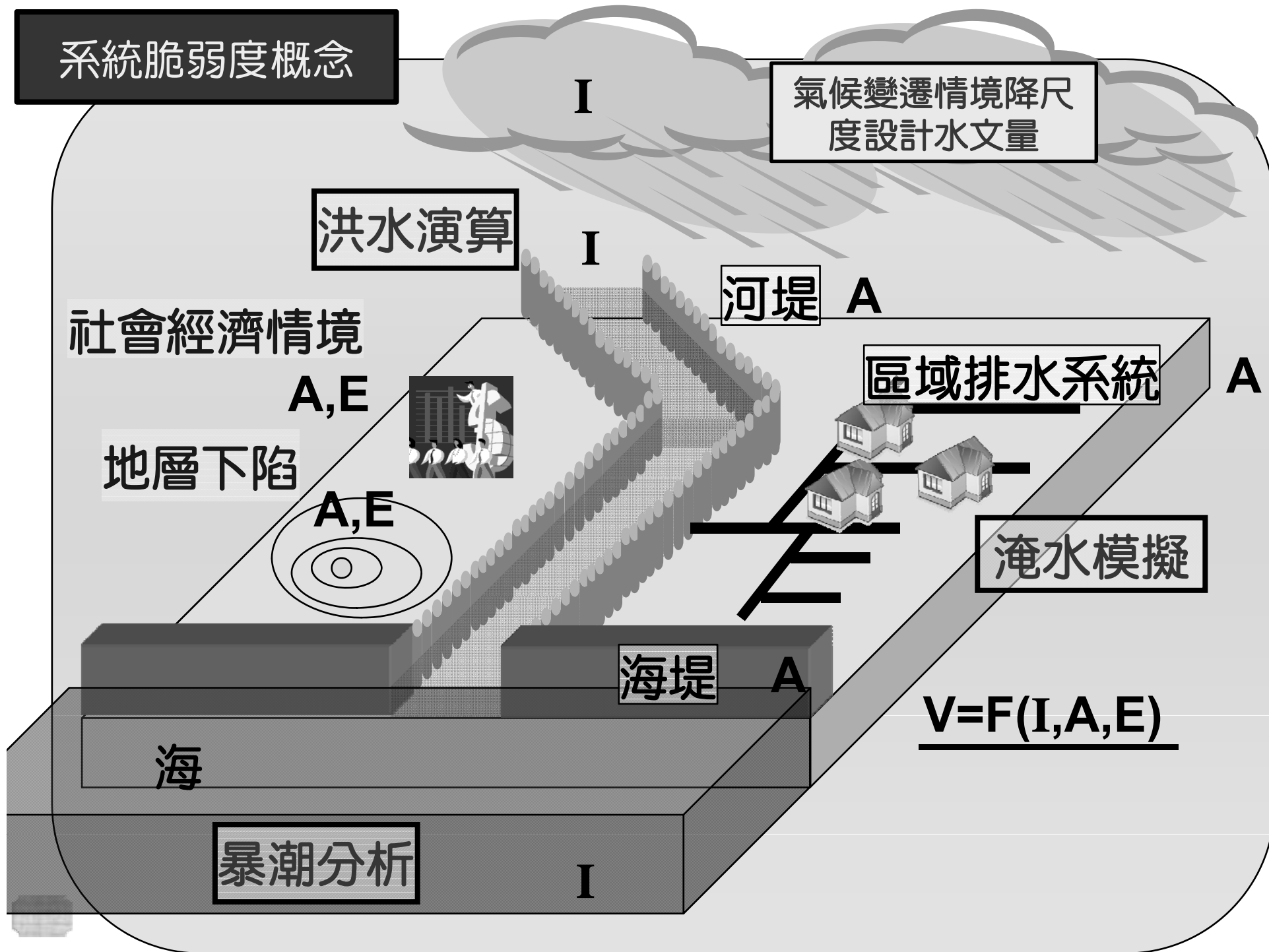


雲林縣未來社經情境

	現況	未來重視第二級產業 (至2040年)	未來重視第一級產業 (至2040年)
總人口數	132,598 人	518,400 人	510,000人
人口增長率	-6‰	平均每年-6.0‰	平均每年-7‰
土地利用情況	第一級產業之土地利用為主 第二級產業用地集中於北港鎮附近 村落零散散佈於大範圍中	第一級產業減少 增加數個輕工業區 都市範圍擴大 農地整併 零碎的農地消失	廢耕土地再利用 工業區數量未增加 都市範圍較小 農地整併 零碎的農地消失

	現況	未來重視第二級產業 (2040至2069年)	未來重視第一級產業 (2040至2069年)
總人口數	132,598 人	460,000 人	495,000人
人口增長率	-6‰	平均每年-4.0‰	平均每年-1‰
土地利用情況	第一級產業之土地利用為主 第二級產業用地集中於北港鎮附近 村落零散散佈於大範圍中	都市範圍擴大 人口開始回流 商業化耕作	人口變化逐漸穩定 農地整併減緩 農業從業人口維持一定比例

系統脆弱度概念



區域系統脆弱度

考慮之因子：淹水深度、人口密度、經濟活動

$$V_{Grid(i,j)} = k \cdot (d_{max(i,j)} - d_{threshold(i,j)}) \frac{t_{flood(i,j)}}{t_{retention(i,j)} + t_{flood(i,j)}} \cdot \frac{P_d \cdot E_d}{\bar{P} \cdot \bar{E}}$$

淹水因子

V_{Grid} ：網格點之脆弱度值

d_{max} ：網格點上之最大淹水深 (cm)

$d_{threshold}$ ：依土地利用不同之可容忍淹水深 (cm)

$$\frac{t_{flood}}{t_{retention} + t_{flood}}$$

：淹水之時間/總模擬時間

經濟因子

E_d ：網格點上之經濟活動密度
(元/km²)

\bar{E} ：區域之平均經濟活動密度
(元/km²)

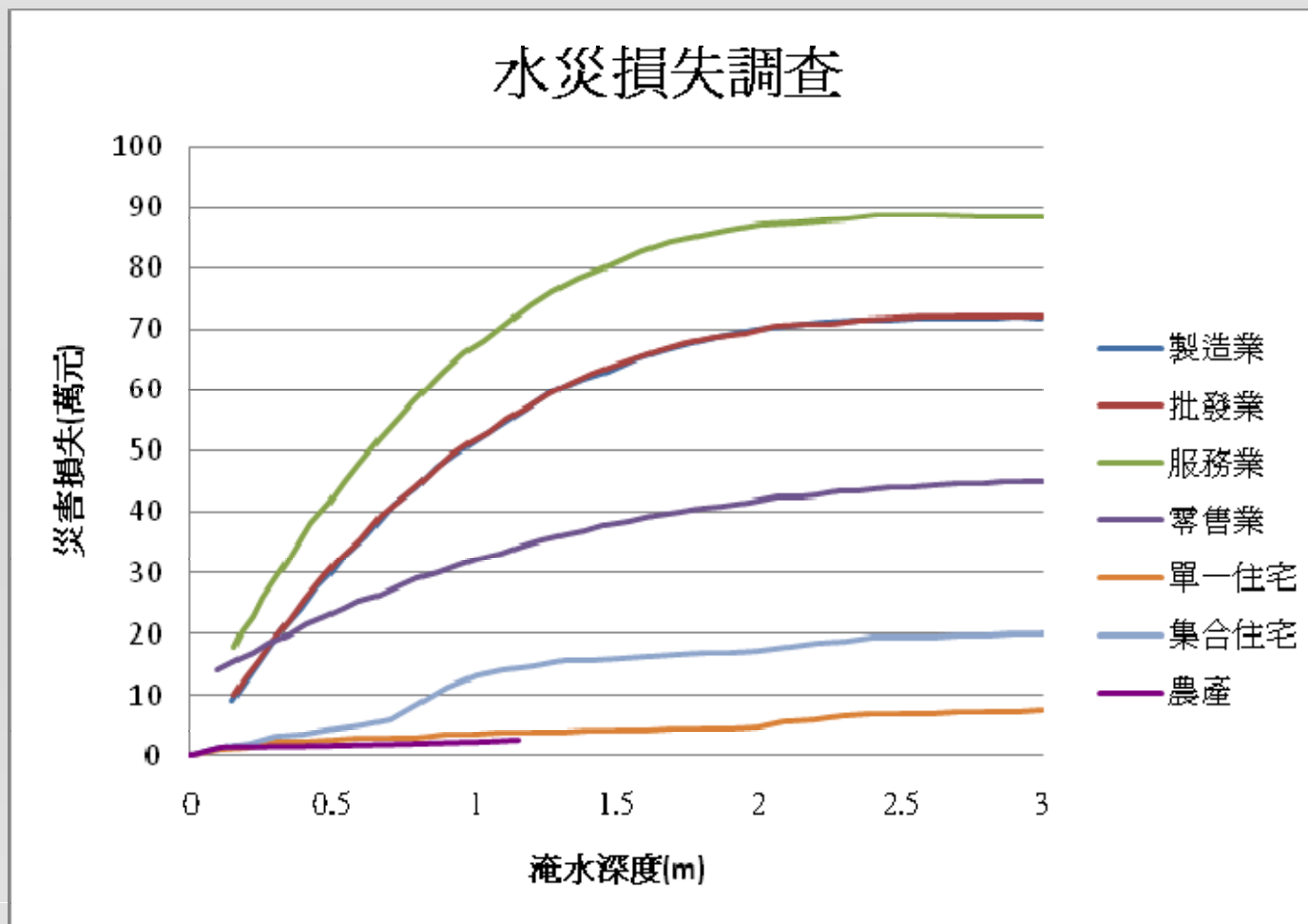
人口因子

P_d ：網格點上之人口密度 (人/km²)

\bar{P} ：區域之平均人口密度 (人/km²)

水災損失調查

K & 災害損失



水災損失曲線圖（「水災損失評估系統模式之建立」，水利署，2003）

兩示範區海堤高度檢視

箔子寮海堤在CM2.1之GCM模式及A2情境下

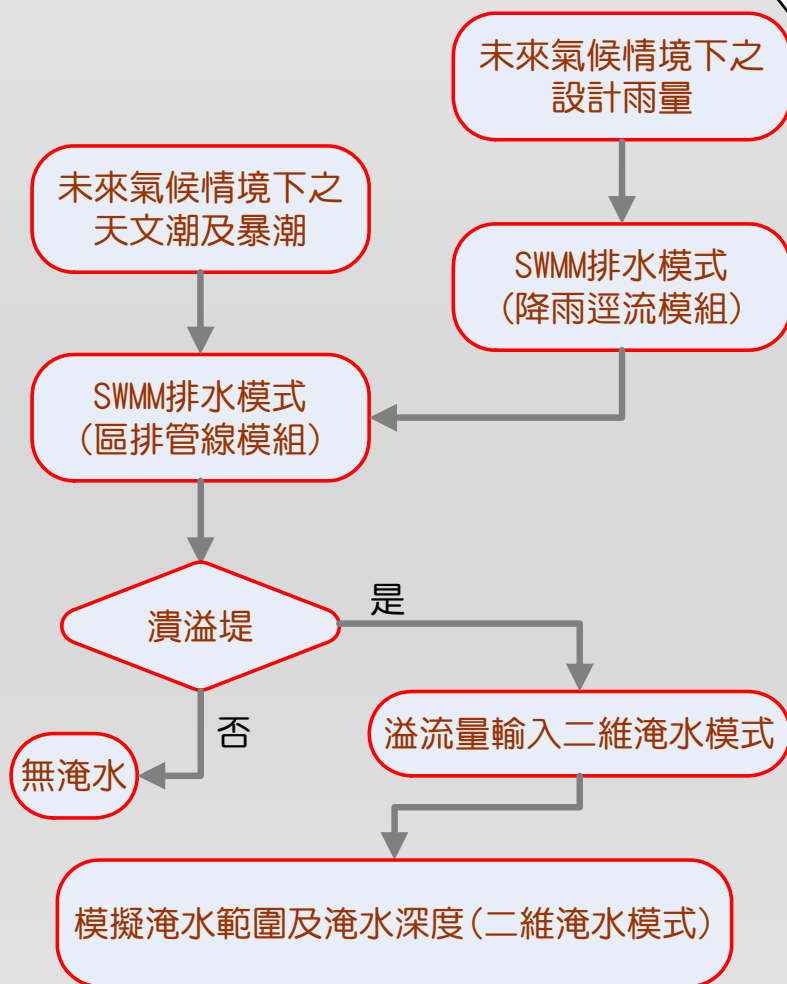
- 短期設計海堤高度為3.83公尺。
- 中期設計海堤高度為4.11公尺。
- 長期設計海堤高度為4.41公尺。
- 目前箔子寮海堤高度6.5公尺，不論在現況或是氣候變遷預設情境下尚無溢堤之疑慮。
- HADCM3與CCSM3模式結果與CM2.1模式結果相似。

好美海埔地事業堤CM2.1氣候變遷預設情境A2情境

- 短期設計海堤高度為3.75公尺
- 中期設計海堤高度為4.03公尺
- 長期設計海堤高度為4.33公尺
- 目前好美海埔地事業海堤高度6.5公尺，不論現況或氣候變遷預設情境下尚無溢堤之疑慮。
- HADCM3與CCSM3模式結果與CM2.1模式結果相似。

SWMM排水及二維淹水模擬

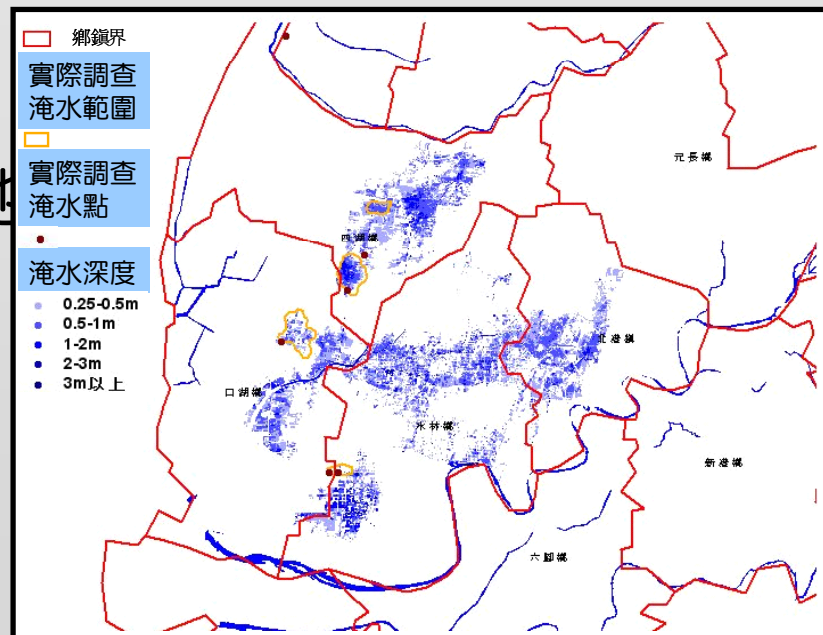
- SWMM
 - 暴雨水流管理模式
 - Saint-Venant之緩變量流方程式
- 二維淹水模擬
 - 已多次引用於水利署相關研究報告
 - 二維零慣性淹水模式



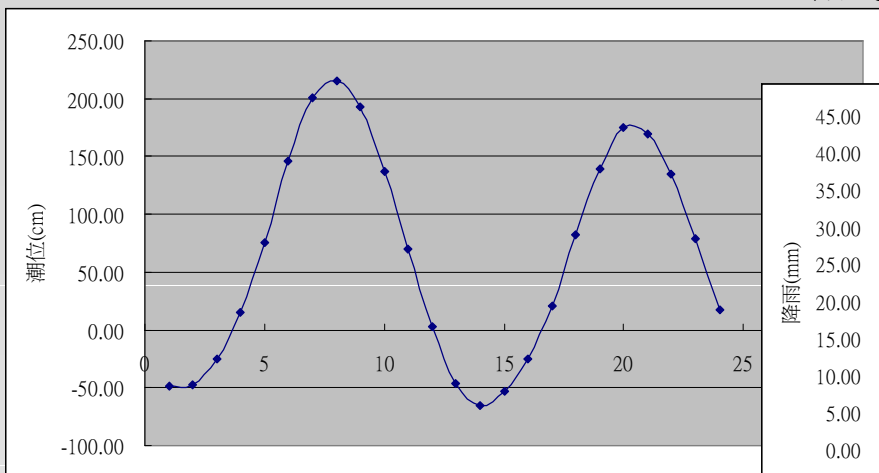
二維淹水模式驗證

96/08/18 聖帕颱風

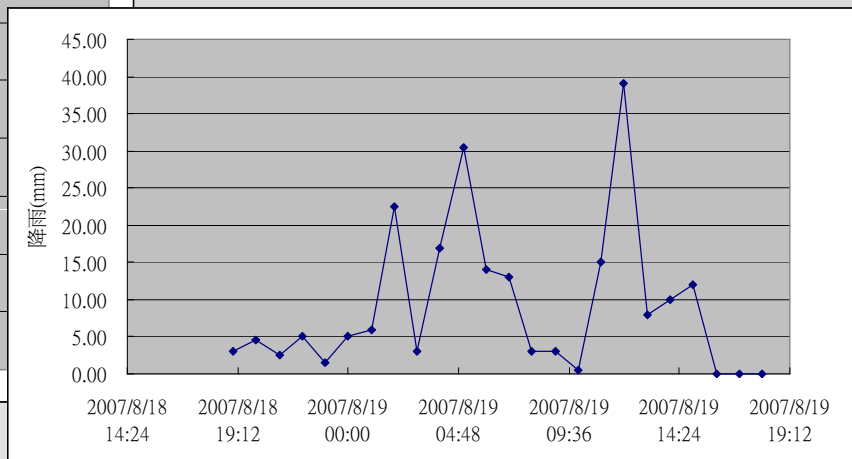
- 40×40公尺之DTM數值地形資料
- 106613個計算網格點
- 17058.08公頃
- 曼寧參數檢定比對



檢定模擬96/08/18暴雨事件之淹水範圍圖

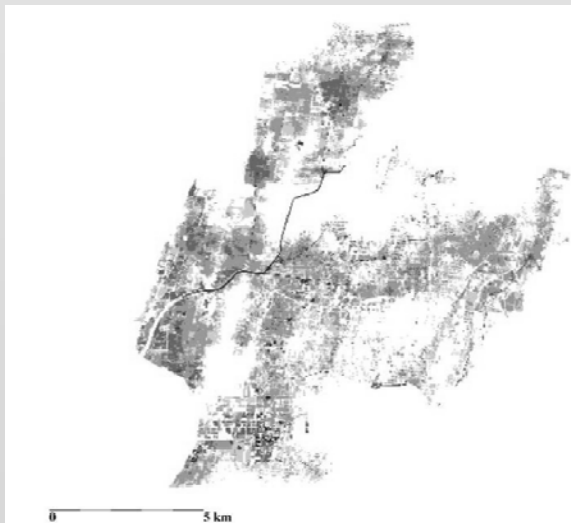


96/08/18 箔子寮潮位站實測資料

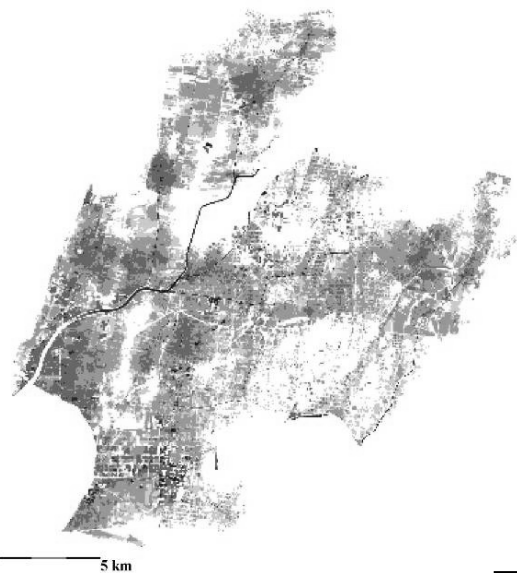


96/08/18 暴雨事件之雨量組體圖

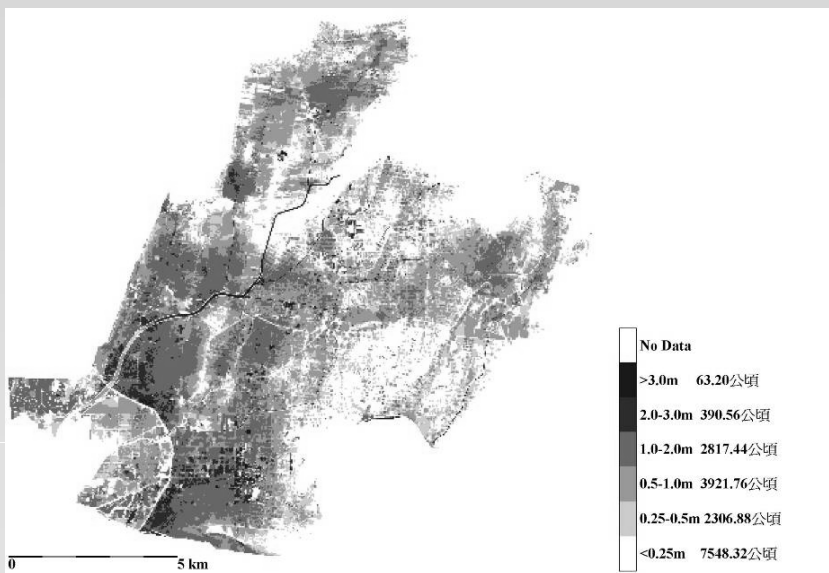
模擬現況淹水-雲林為例



5年



20年

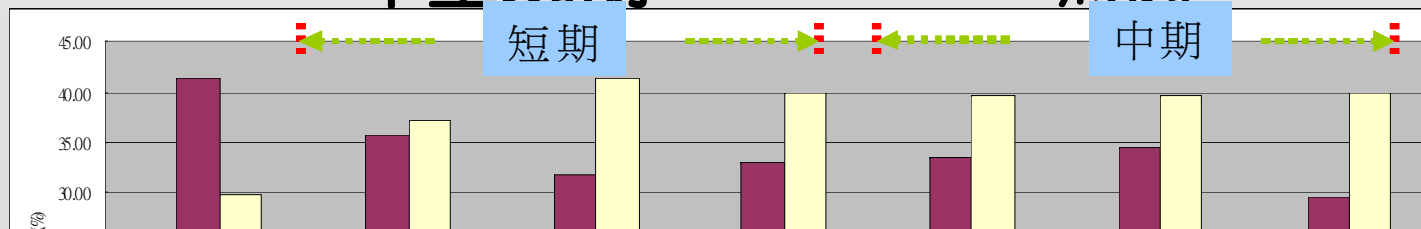


200年

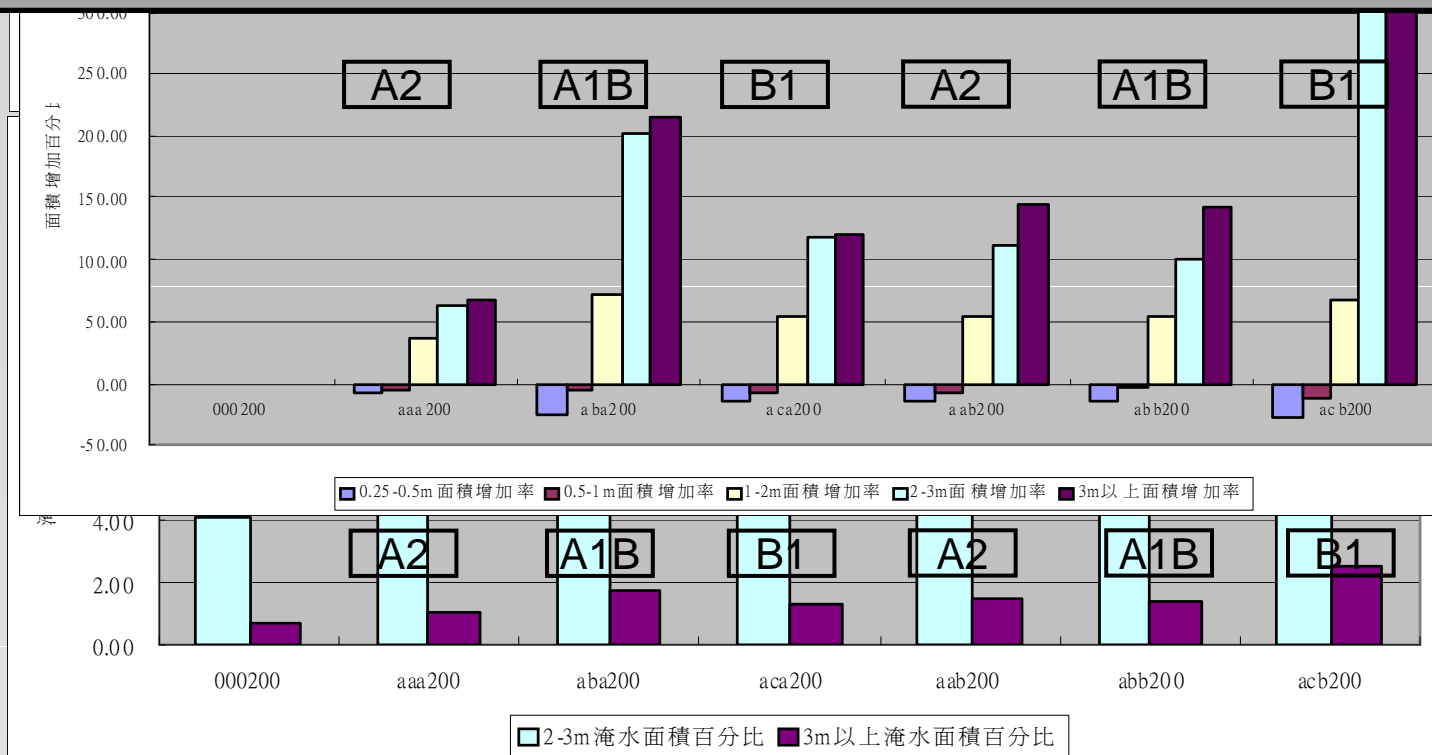


模擬淹水結果—以雲林為例

200年重現期、HADCM3為例

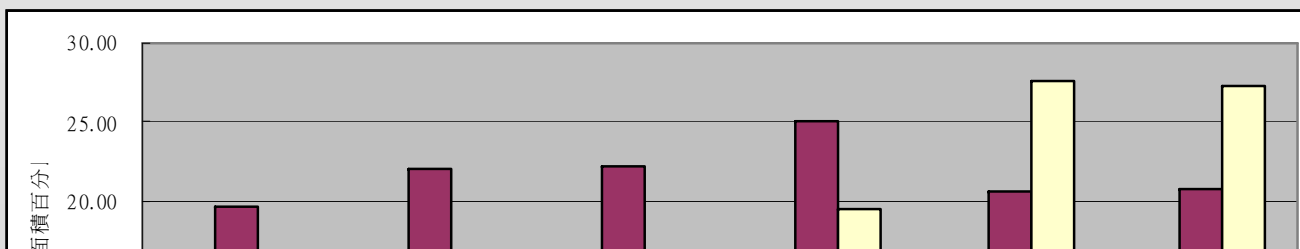


• 不論是CM2.1或是HADCM3兩個GCM模式下，不論是短期下或是中期，A1B及B1兩個溫室氣體排放情境將導致較嚴重之淹水情形

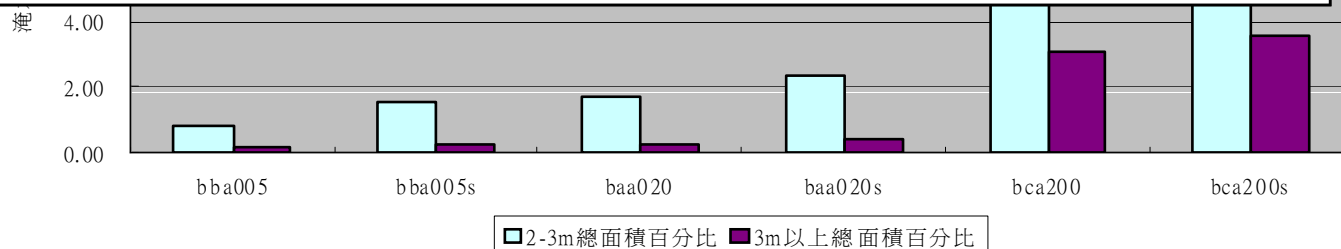
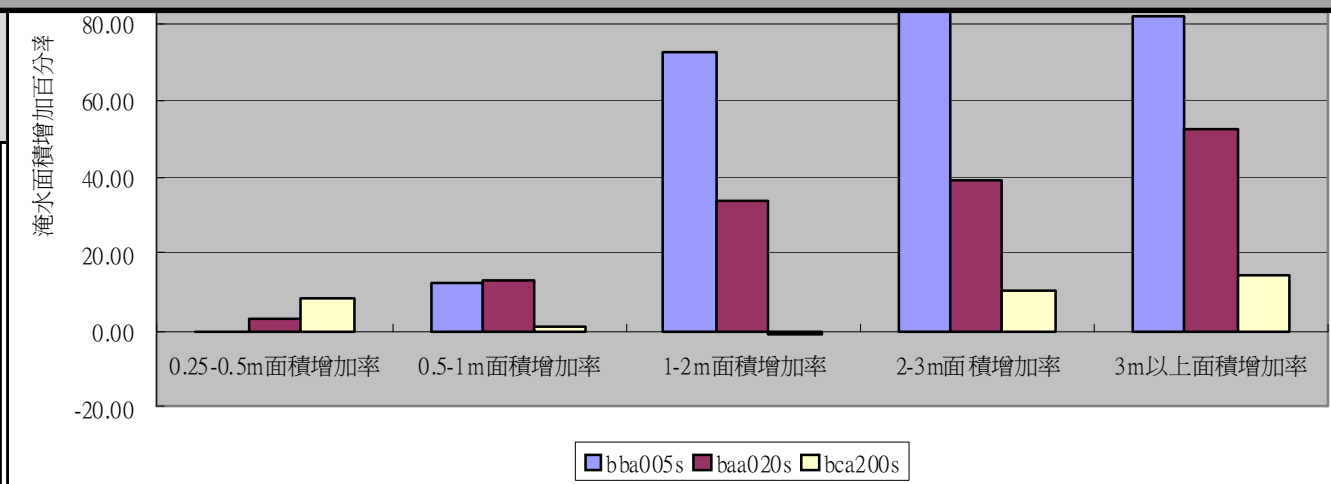


地層下陷結果—以雲林為例

5年：HADCM3,A1B 20年：HADCM3,A2 200年：HADCM3,B1



• 較大之重現期下，其地層下陷之淹水總面積較無地層下陷之淹水總面積之增加百分比相較於較小之重現期下增加較不明顯



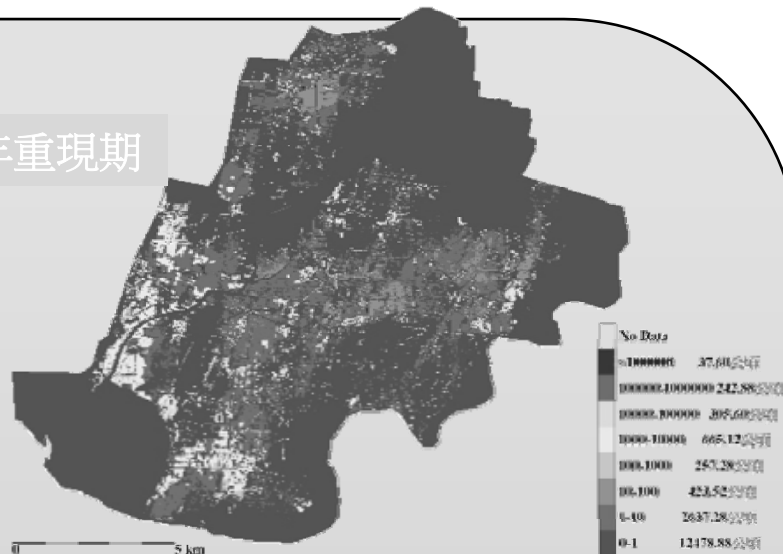
現況脆弱度

雲林示範區脆弱度地圖

5年重現期



20年重現期



200年重現期



- 魚塢
- 一般作物
- 街道
- 住宅區
- 水利用地
- 其它用地
- 耐淹水型作物
- 危險區域
- 工業用地
- 禽舍
- 牧場
- 建築用地
- 商業用地
- 重要公共設施



- (1) 脆弱度的數值與分佈面積隨著重現期的增加而增加
- (2) 脆弱度嚴重地區與土地利用相關性高

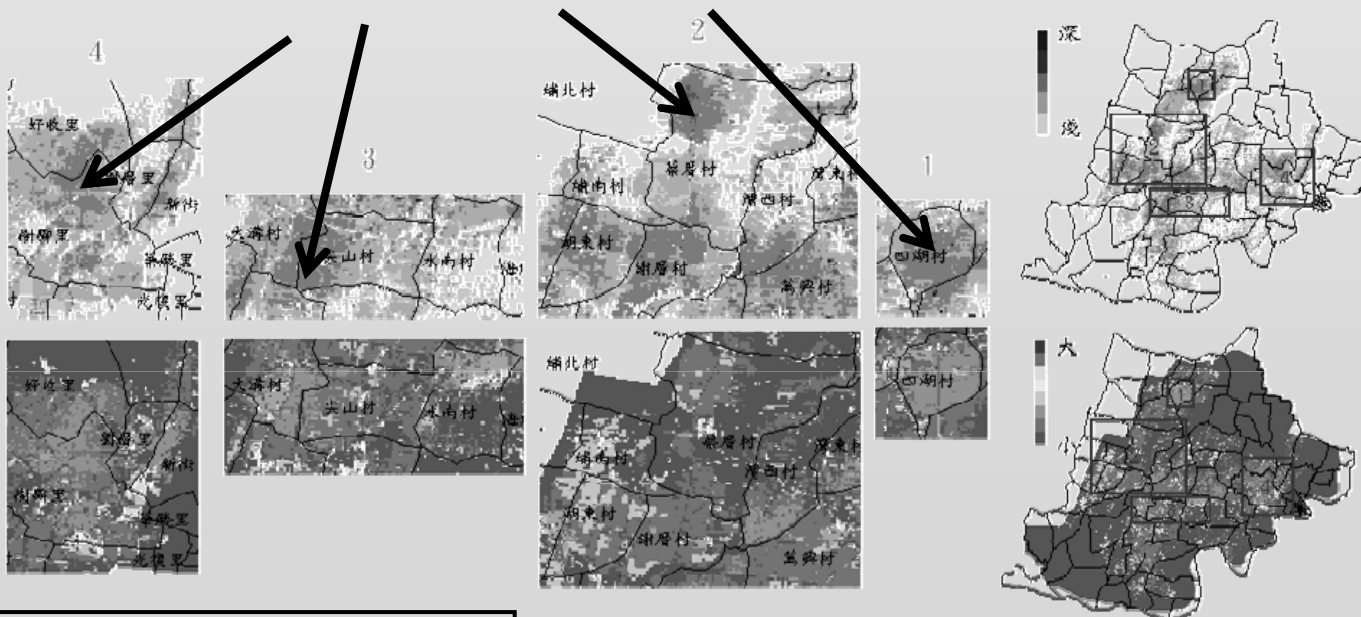
雲林縣



現況脆弱度

雲林示範區

淹水深度大的範圍為一般作物土地利用，脆弱度反而較小

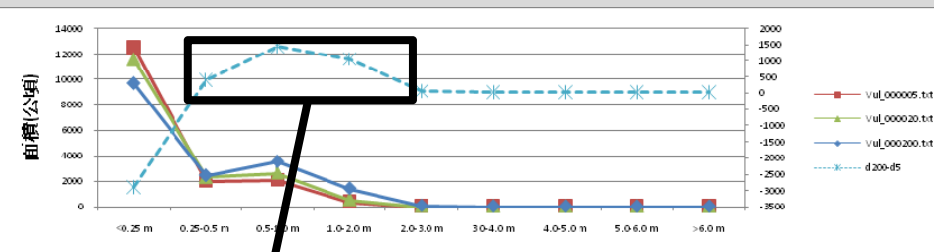


200年重現期相對於5年重現期，淹水深度0.25-3m的面積增加

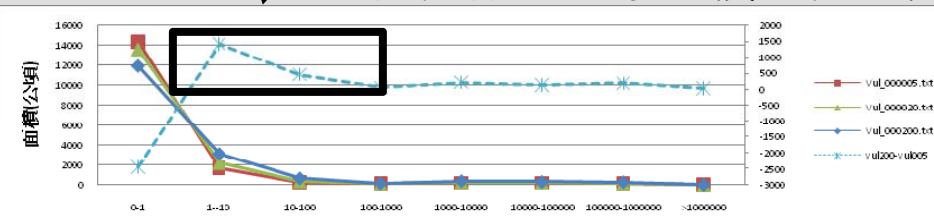
反應在脆弱度地圖中，脆弱度在1-1000的面積增加

一般作物地區淹水面積增加

淹水深度與脆弱度分佈比較圖



5、20、200年重現期降雨之淹水面積變化曲線



5、20、200年重現期降雨之脆弱度變化曲線

雲林縣



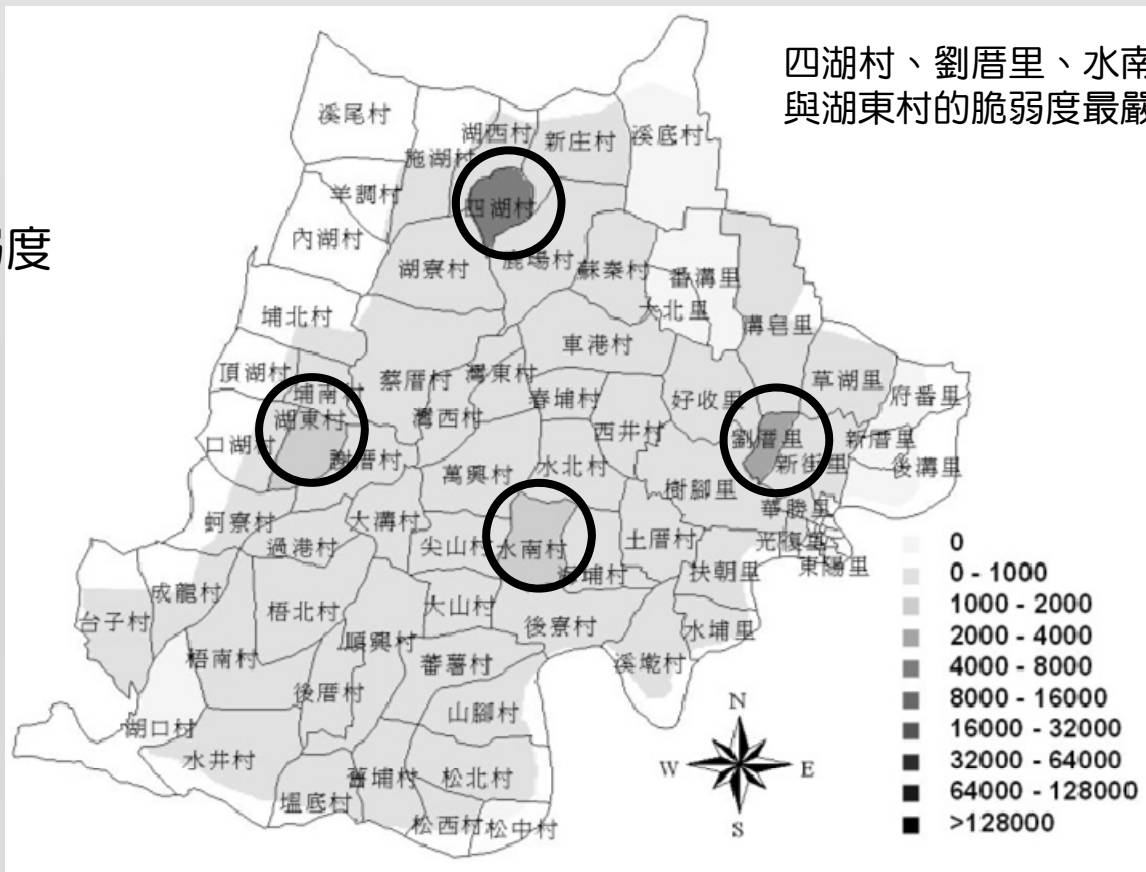
雲林示範區



雲林縣

$E(v) = \sum (v * P)$
 $E(v)$: 期望值脆弱度
 V : 脆弱度
 P : 機率

四湖村、劉厝里、水南村與湖東村的脆弱度最嚴重



期望值脆弱度地圖

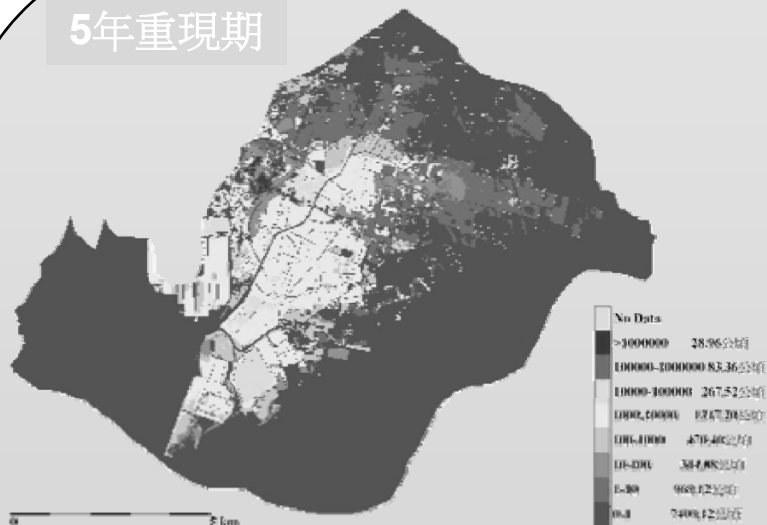
	DmaxArea(0-0.5m)%	DmaxArea(0.5-2m)%	DmaxArea(>2m)%	Tfooor(hr)	脆弱度
四湖村	1.92	0.6	97.48	13.59	5006.00
劉厝里	13.4	1.58	85.02	12.17	3376.00
水南村	18.88	1.32	79.8	10.45	1153.00
湖東村	3.2	0.1	96.7	11.82	1114.00

現況脆弱度

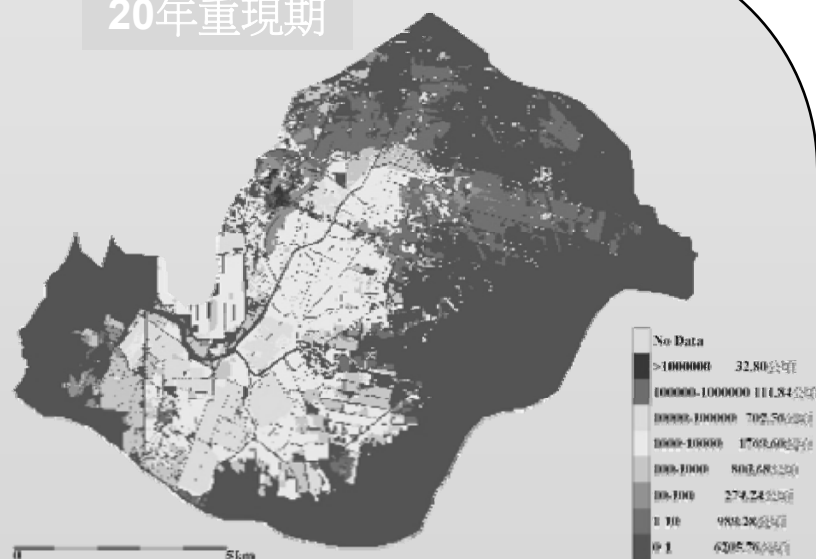
嘉義示範區

嘉義縣

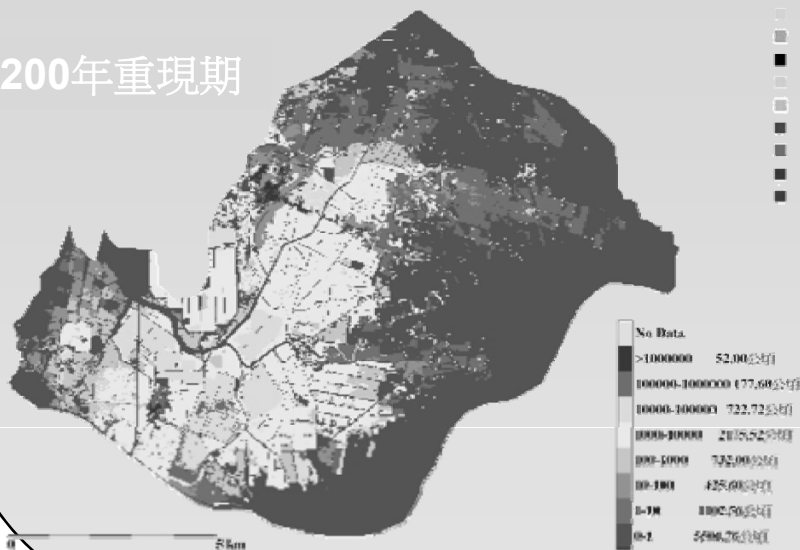
5年重現期



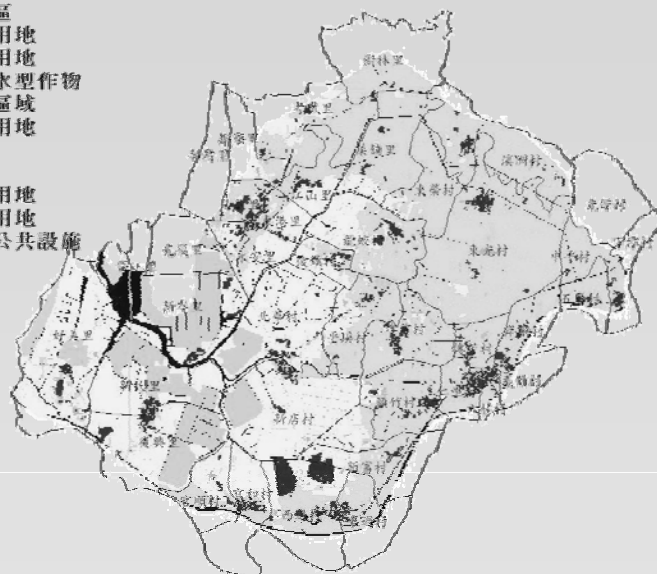
20年重現期



200年重現期



- 魚塭
- 一般作物
- 街道
- 住宅區
- 水利用地
- 其它用地
- 耐淹水型作物
- 危險區域
- 工業用地
- 禽舍
- 牧場
- 建築用地
- 商業用地
- 重要公共設施

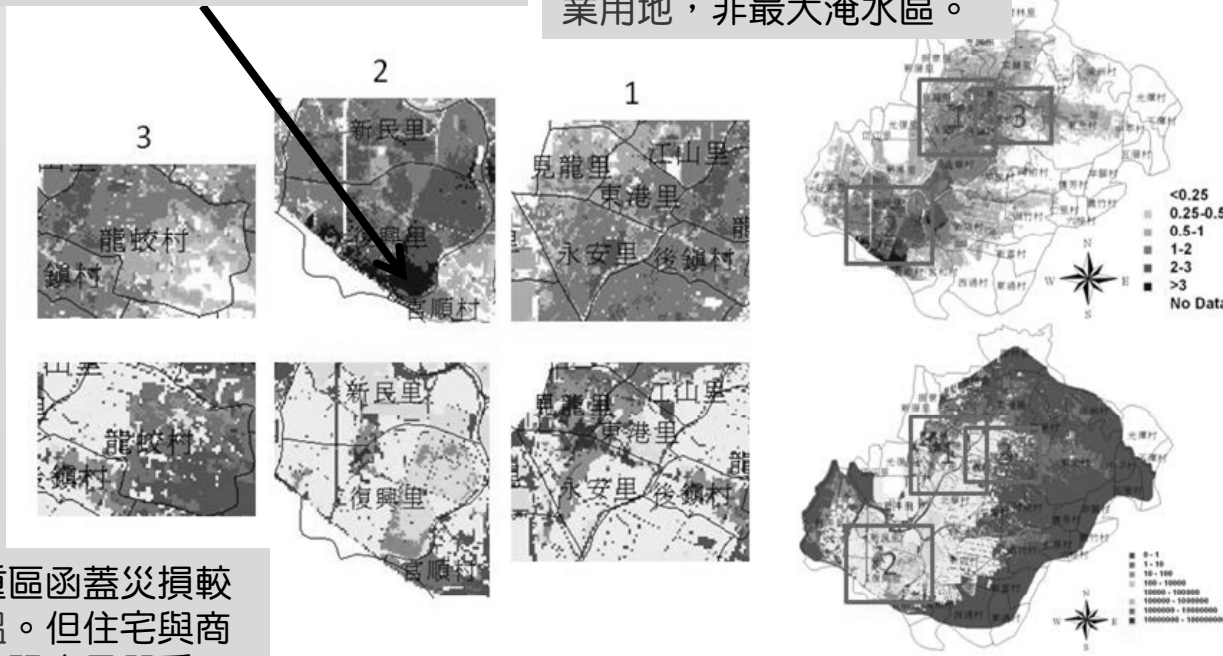


嘉義示範區

嘉義縣

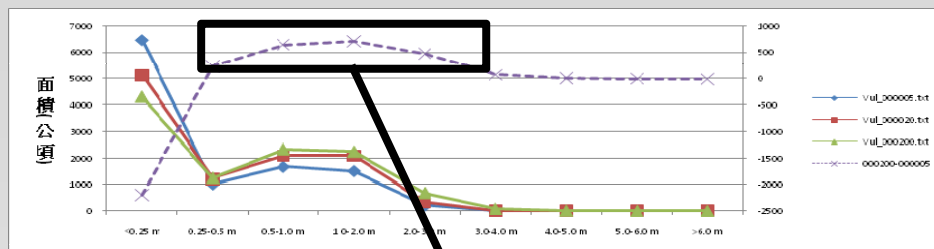
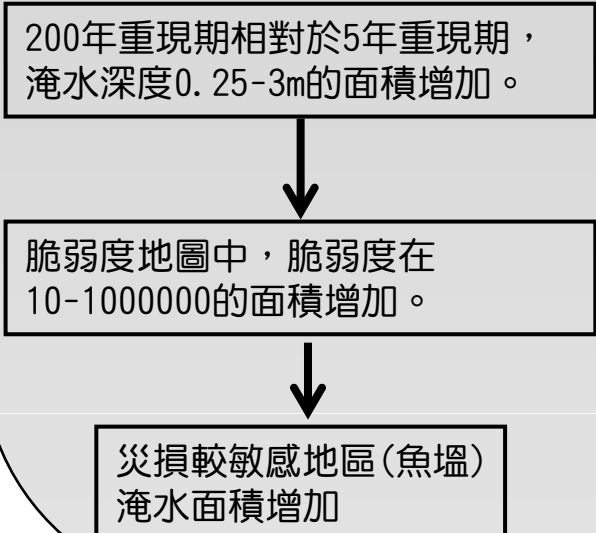
淹水嚴重區涵蓋災損敏感的工業用地

脆弱度最大在住宅區與商業用地，非最大淹水區。

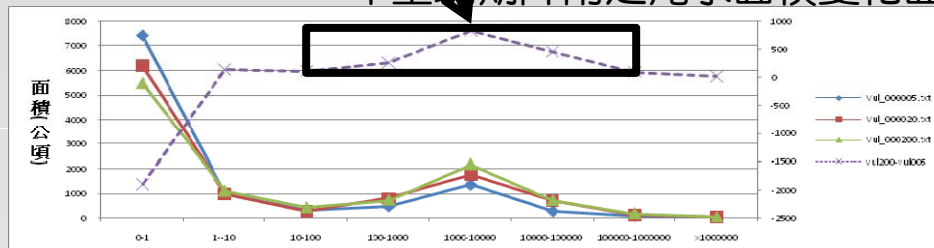


淹水較嚴重區涵蓋災損較敏感的魚塢。但住宅與商用地仍是脆弱度最嚴重。

二維淹水深度與脆弱度分佈比較圖



5、20、200年重現期降雨之淹水面積變化曲線



5、20、200年重現期降雨之脆弱度變化曲線

現況脆弱度

雲林示範區



雲林縣

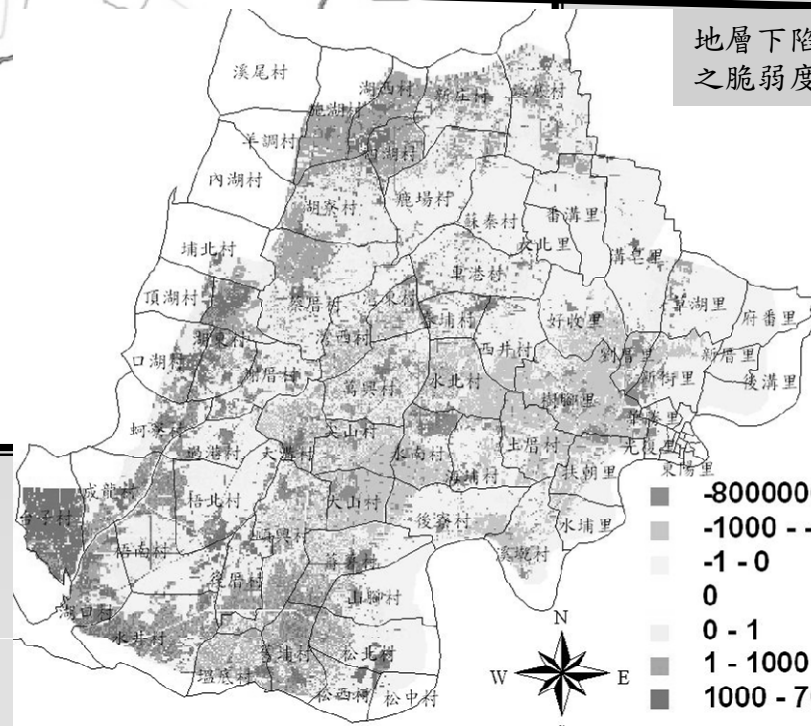
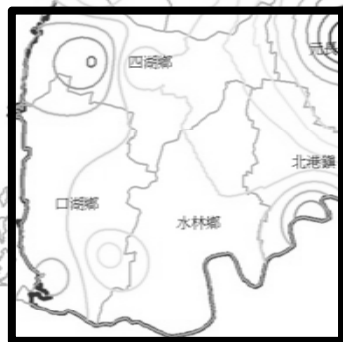
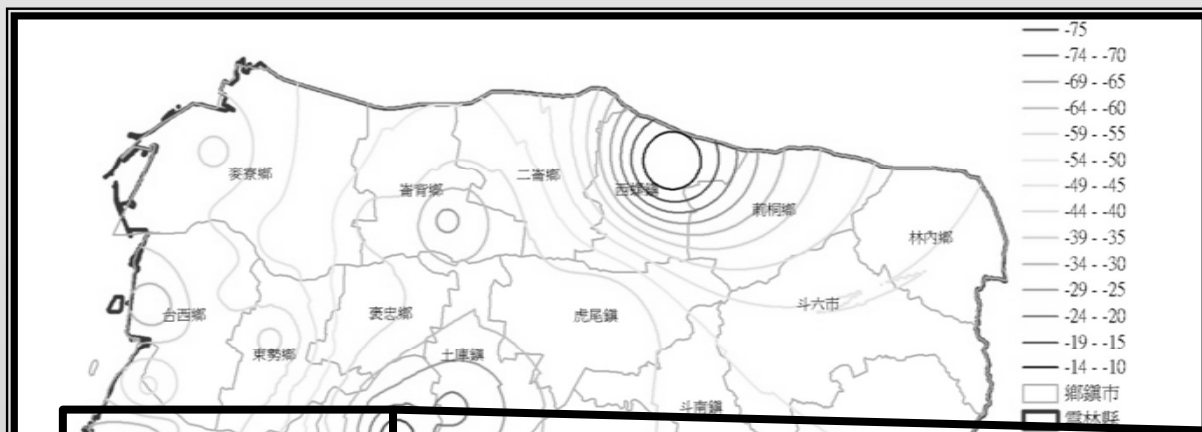
$E(v) = \sum (v * P)$
 $E(v)$: 期望值脆弱度
 V : 脆弱度
 P : 機率



期望值脆弱度地圖

	DmaxArea(0-0.5m)%	DmaxArea(0.5-2m)%	DmaxArea(>2m)%	Tfooor(hr)	脆弱度
見龍里	2.34	0.00	88.96	18.51	9077.00
東港里	3.80	0.13	96.28	19.40	4761.00
後鎮村	1.25	0.24	98.62	13.81	1827.00
永安里	3.17	0.18	96.14	18.23	1705.00

雲林示範區



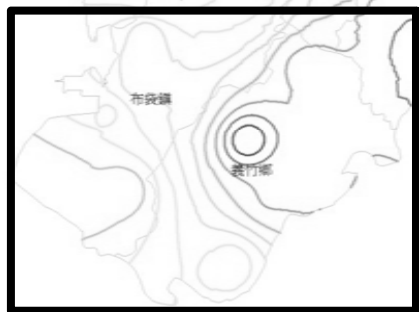
地層下陷前後之脆弱度差異

相同氣候變遷條件下的脆弱度在西半側有明顯的增加，而東半側卻略為減少。



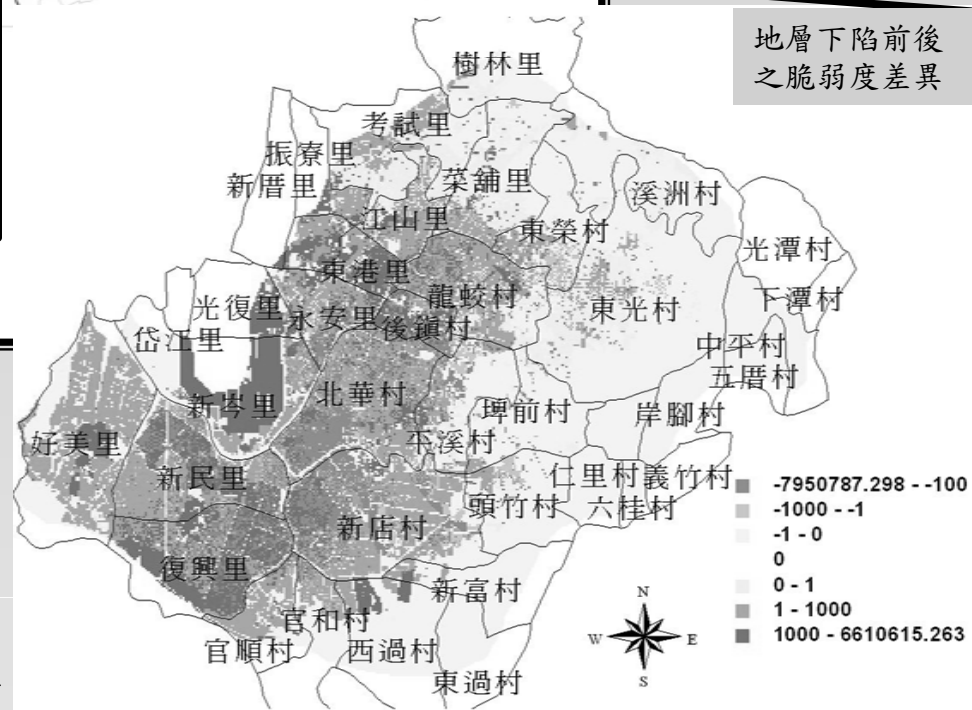
雲林縣

嘉義示範範圍



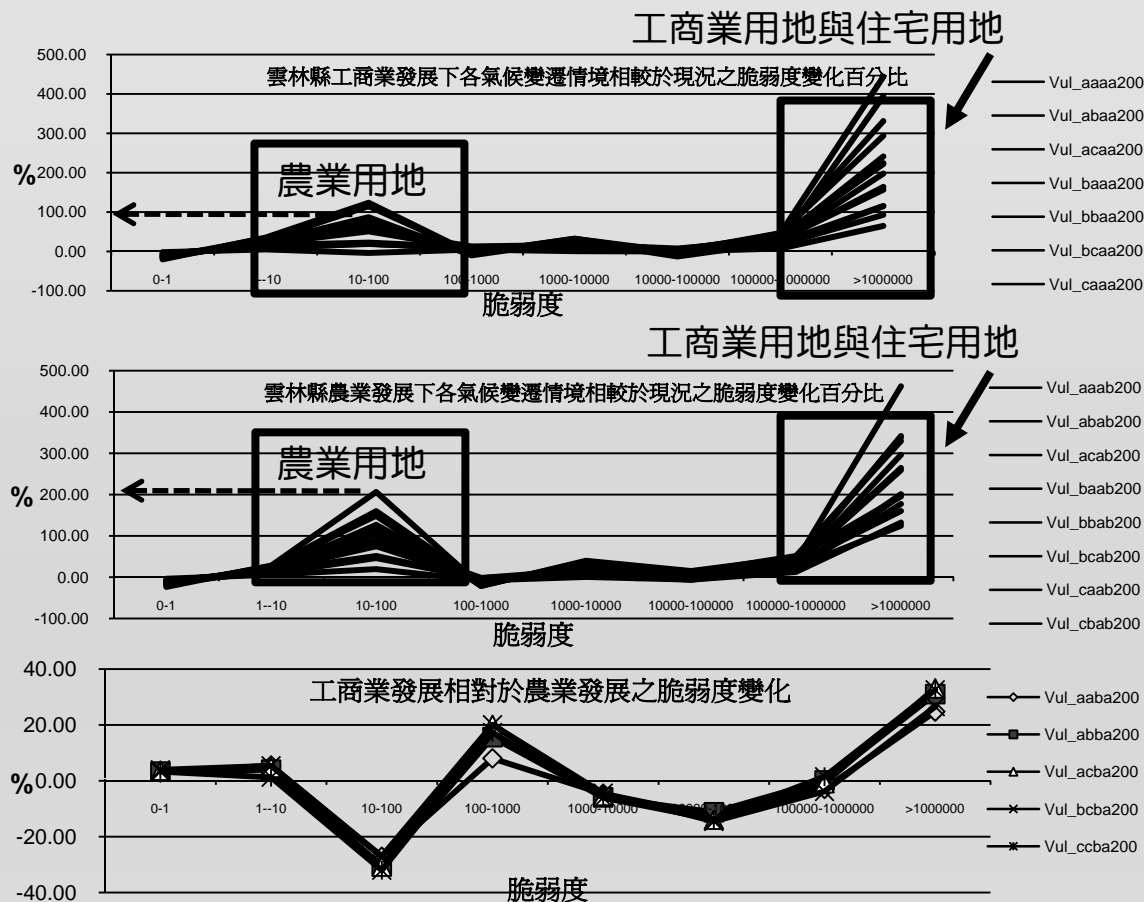
- 參考水利署「沿海洪氾警戒區域劃設及洪氾管理措施研擬之研究」之計畫成果。

地層下陷前後之脆弱度差異



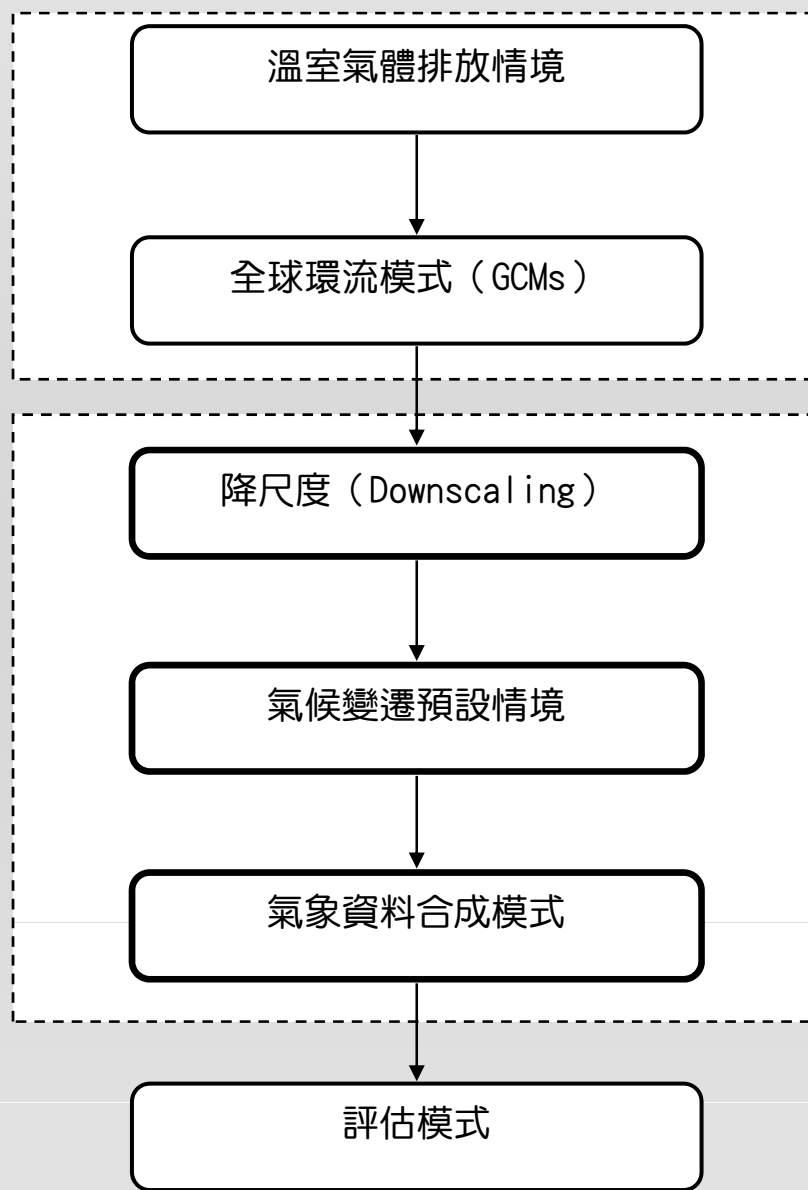
相同氣候變遷條件下的脆弱度在西半側有明顯的增加，而新店村與北華村西側可能因地層下陷改變了區域地形，使淹水情況減少而導致脆弱度降低。

雲林示範區 氣候變遷與人文地理影響之脆弱度分析



- (1) 不論在工商業發展或者是農業發展條件下的脆弱度皆比現況嚴重。
- (2) 農業發展下的脆弱度在1-1000區段的分佈面積比工商業發展較多。
- (3) 工商業發展下在住宅用地與工商業用地的脆弱度比農業發展嚴重。
- (4) 工商業發展下在農業用地的脆弱度小於農業發展。

「氣候變遷情境之建立」



此部份資料為IPCC所提供

全球環流模式輸出資料之後續處理

後續流程進行銜接



建立標準作業程序

-以「氣候變遷情境之建立」為例

程序名稱	氣候變遷情境之建立
程序目的	將全球環流模式輸出之大尺度氣象資料，轉換為小尺度研究區域之統計特性。
所需資料	<ol style="list-style-type: none"> 1. 小尺度氣象站之長期氣象統計資料（如日降雨量、氣溫...等），資料紀錄年份建議超過30年為宜。 2. GCMs之輸出之大尺度氣象資料（由IPCC所提供），可包含不同SRES溫室氣體排放情境之輸出結果，以分析各情境下之變化差異。
所需模式	<ol style="list-style-type: none"> 1. 簡易降尺度方式。 2. 統計降尺度模式（例如SDSM統計降尺度模式*註1）。
操作門檻	<ol style="list-style-type: none"> 1. 簡易降尺度方式需具備基本統計該念。 2. 統計降尺度需熟悉較為高深之統計理論；若使用SDSM模式則需要接受一定時間之模式操作學習或訓練，相關內容可參閱該模式之官方網頁。
流程銜接	<ol style="list-style-type: none"> 1. 降尺度的輸出資料一般僅為月平均之統計特性，若需要時間尺度為日的天氣資料，則必須配合氣象資料合成模式（weather generator），方能產生日尺度天氣資料。 2. 本階段所輸出之日尺度天氣資料，後續將提供給流程II（暴潮演算分析）與流程III（洪水演算分析）進行後續利用
備註	統計降尺度模式除SDSM降尺度模式外，尚有其他模式可使用，亦可根據理論或需求選用其他降尺度模式進行分析。

示範區之調適策略分析

本研究在脆弱度的計算上乃藉由脆弱度評估公式進行推求，由該計算式所採用之眾多變數為切入點進行探討，可概略性地將脆弱度的產生原因區分成三種：

1. 因淹水深度而造成之脆弱度：

若淹水事件未發生，或淹水深度並未超過該區域的災損水深 $d_{threshold}$ ，則該區域即不具備脆弱度。

2. 因淹水時間而導致之脆弱度：

有效加長淹水事件發生之羈延時間 $t_{retention}$ ，並減少淹水事件持續時間 t_{flood} ，將能夠達到抑制脆弱度增加的效果。

3. 因土地利用型態而造成之脆弱度：

影響人口密度 P_d 、經濟活動密度 E_d 、土地利用參數 k 與災損水深 $d_{threshold}$ 等參數。

降低淹水深度之調適策略

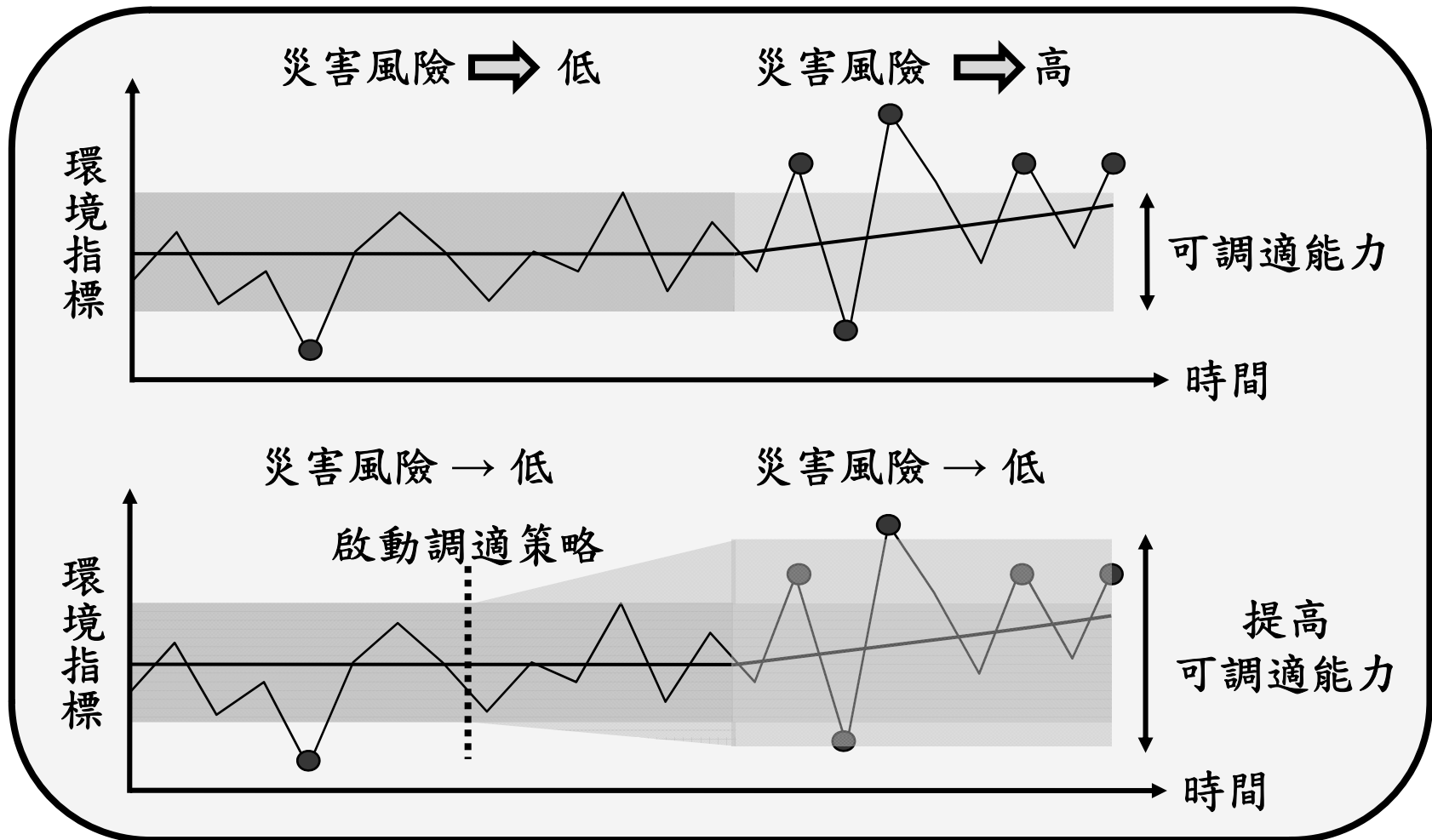
1. 檢討舊有系統之設計：對既有區域排水系統進行檢討，探討原先之設計標準能否因應氣候變遷下個類降雨事件所帶來之衝擊，並視情況對進行補強工作。
2. 舊有系統之維護管理：導入「將設施視為資產」的觀念，針對現有區排系統做好資產管理，除進行定期進行水道清淤外，也應檢驗抽水系統之機能，以確保排水系統隨時保持暢通。
3. 新排水系統之建置：若舊有系統已過於老舊，或不易以工程方式加強系統機能，則需建置新的區域排水系統。在此情況下，必須考量未來可能之氣候型態與社經發展、土地利用等情況，安排適當之排洪設計基準。
4. 其他：檢討抽水系統之運轉規則，以達到最佳效率之運用；建立危機管理系統，考慮極端水文事件發生下，防洪系統出現異常時之應對策略。

水利災害問題因應對策

- 運用科學方法評估境況
- 透過空間規劃提昇系統調適能力
- 由利益相關者共同形成決策
- 強化環境監測系統建立行動預警機制
- 加強知識與經驗之彙集與交流
- 優先執行不後悔措施

因應氣候變遷調適思維

脆弱度(Vulnerability) = F(E 暴露, I 衝擊, A 調適)



災害因應對策

ComCoast

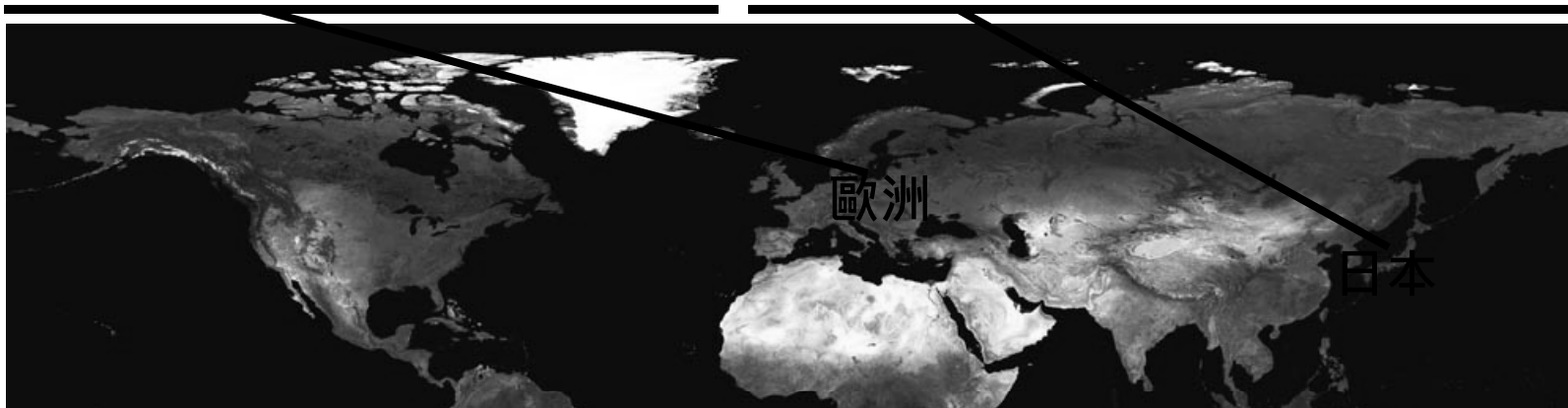
歐洲

- 歐洲跨國計畫
- 針對海岸之洪水風險管理發展之策略。
- 於海洋與陸地間創造更多緩衝地帶。
- 結合休閒與棲地創造等規劃，謀取更多的利益。

適應氣候變遷治水對策
檢討委員會

日本

- 零犧牲：以國家機能不癱瘓為重點，將損失減至最小，調適策略轉向以零犧牲者方向檢討
- 確保流域健全性：基於流域之健全性對河川進行綜合檢討
- 氣候變遷調適之內部化：適當假設外在衝擊之變化，有必要發展氣候變遷之適應機制。



資料來源：Climate Change 2007:Impact,. Adaptation and Vulnerability
(IPCC, 2007)

氣候變遷對台灣的主要災害威脅

自然的易致災性

- 易受颱風侵襲
- 降雨強度強
- 豐枯水期降雨不均
- 山高水急
- 西南沿海地勢低窪
- 地質脆弱、表土鬆軟



社經發展的影響

- 都市化發展引發都市防洪問題
- 都市熱島效應
- 產業發展迅速，用水量增
- 超抽地下水，地層下陷



氣候變遷的衝擊

- 溫度上升
- 颱風強度加強
- 劇烈降雨強度增強
- 降雨分佈型態改變
- 海水位上升



沿海與低窪地區淹水威脅

都市洪水災害潛在威脅

水資源調度與用水問題

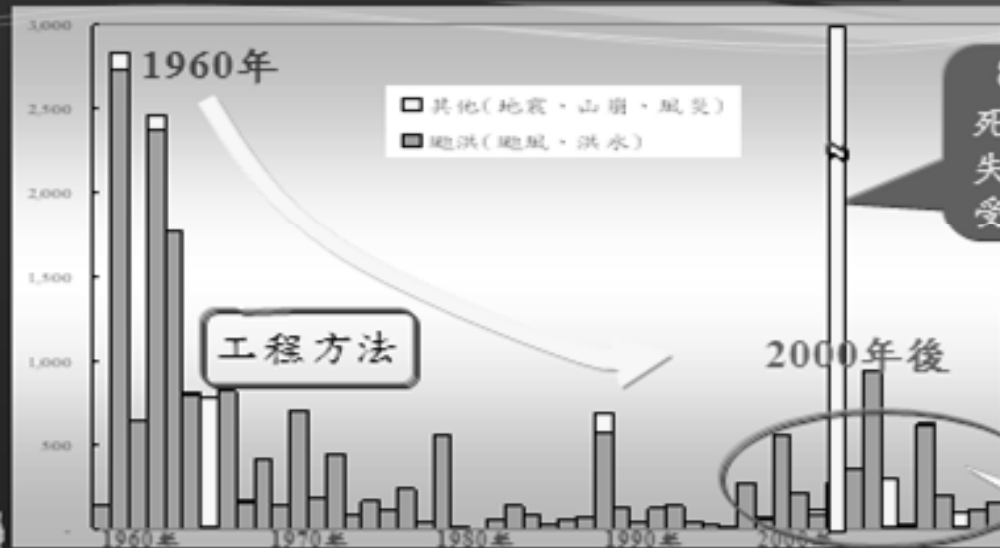


脆弱度及風險地圖分析

緣起及目的

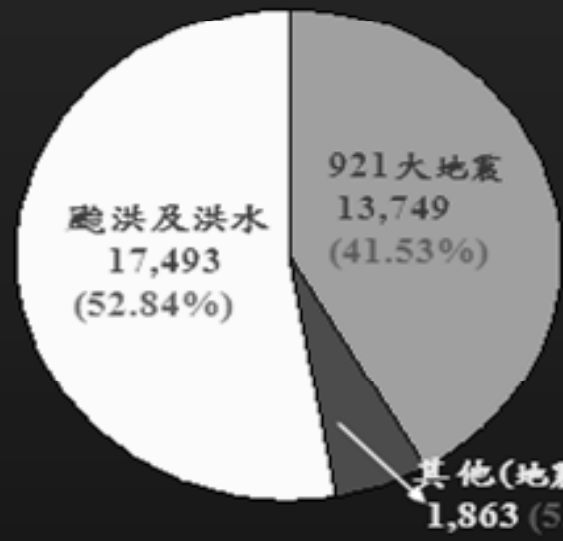
台灣天然災害損失統計

傷亡人數(人)－1958~2008年



88年9月21日大地震
 死亡：2,415人
 失蹤：29人
 受傷：11,305人

需靠
非工程方法



資料來源：內政部消防署網站
 (2009.03.25)
 本研究彙整

計畫緣起

防災地圖之演進及應用

演進	88年	95年	96年	97年	98年
製作單位	NCDR	台灣大學	中興工程顧問	中興工程顧問	中興工程顧問
範圍	全台灣	彰雲嘉南	高屏中投	新竹苗栗	嘉南
精度	200m × 200m	40m × 40m	40m × 40m	40m × 40m	40m 10m × × 40m 10m
數量	4幅/縣	120幅/縣	192幅/縣	192幅/縣	42幅/縣

應用	96年	97年	98年	99年
新聞	88年5月26日【新聞】水利署公開淹水潛勢圖資 加強防汛			
分析(1/2)	水利防洪設施受新類型災害之脆弱度與調適度分析(1/2)	水利防洪設施受新類型災害之脆弱度與調適度分析(2/2)		
研究			脆弱度及風險地圖分析方法之研究	
示範				高屏溪、東港溪及高雄市、高雄縣、屏東縣脆弱度及風險地圖製作示範



水利署95年起更新之淹水潛勢圖

考量風險管理概念
加值分析災害曝露量、脆弱度

繪製風險圖運用至水利防災業務

風險圖製作注意事項、手冊之應用

1. 防災應變、預警、疏散規劃。
2. 供給國土規劃、都市規劃更新及治水等單位參考研擬防災計畫(縣市、區域)

依據內政部消防署制定之「防災地圖作業手冊」並參酌保全計畫等資料製作水災防災地圖

目前 僅標明淹水深度及範圍。

實際應變需求

1. 淹水區域是否即為災害發生區域。
2. 災害發生亦會受到洪水流速、水上升之速度之影響。

屏東縣水災防災地圖



時間流程與演進

美國洪水保險

1968

議會通過國家洪水保險法，確立洪水保險計畫

1969

正式實施洪水保險法

1973

美國國會通過洪水災害防治法

1979

成立了聯邦緊急事務管理署
(Federal Emergency Management Agency, FEMA)

1994

修訂國家洪水保險法

2003

政府撥款1.5億美元從事於洪水危險圖現代化

2009

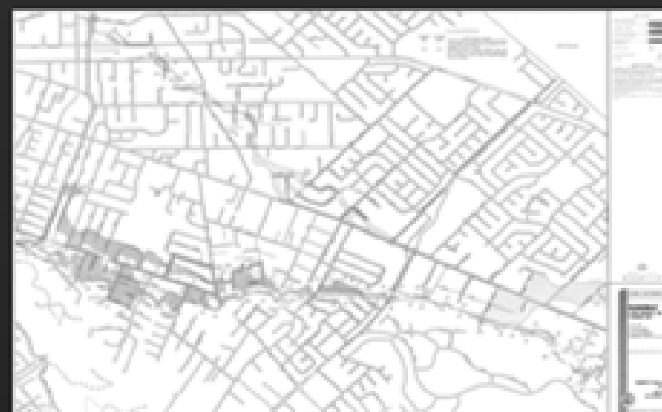
進行資料更新，並確保國家中百分之八十之洪水災害圖經過更新或仍然有效

風險圖之種類及內容

以城鎮、社區、郡 (Town, Community, County) 為基本單位，分為

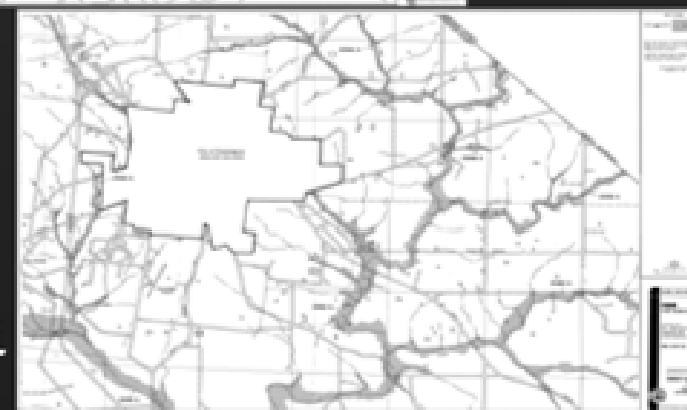
洪水淹沒邊界及洪水通道圖 (Flood Boundary and Floodway Map)

標示100年一遇及500年一遇洪水淹沒邊界，以及調節性洪水通道。



洪水危險區邊界圖 (Flood Hazard Boundary Map)

根據歷史洪水資料繪製，確定特定洪水危險區。用陰影區表示100年一遇洪水的淹沒範圍，標示出淹沒範圍內的街道、資產限度及河流。



洪水保險費率圖 (Flood Insurance Rate Map)

利用洪水危險區邊界圖確定洪水危險範圍，透過水文、水力學計算，確定基本洪水水位、水深分佈，據此進行洪水保險危險區劃。

日本 — 洪水危險地圖

1956

Dr. Ohya繪製木曾川下游之濃尾平原(Nodiplain)的洪水圖，並在1959年Ise-wan颱風發生得到驗證。

1981

公告了約500條河川的歷史淹水區域圖。

1988

公告鶴河川等河流，可能發生淹水之危險區域的洪水危險區域圖。

1990

利用地形高程資料繪製出嚴重地層下陷區域範圍。

1996

彙編了洪水危險地圖製作規範手冊。

1998

開始推廣與使用洪水危險地圖。

2001

政府明文規定了洪水對抗策略，規定地方政府有義務製作洪水危險地圖，並主導地方之洪水相關策略。

2005

規定了強制疏散撤離法規，並且要求各地方政府訂定河川警戒水位，和預測溢潰堤所導致的淹水範圍及淹水深度。

日本

居民避難

！ 豪雨の時には地下階は危険です！

地下室では外の様子
がわかりません。

水でドアは開きま
せん。

浸水すると電灯が消
えエレベーターは止
まります。

浸水すると一気に水
が溢れ込みます。

地下室等は浸水す
る恐れがあります。

浸水のおそれがあるときは早めに避難しましょう。

	避難所	Evacuation Center 避難所
	福祉避難施設	Welfare Evacuation Facilities 福祉避難施設
	病院	Hospital 病院
	警察関係	Police Facilities 警察関係
	消防署	Fire stations 消防署
	消防団詰所	Local fire brigades 消防団詰所
	地下道	Underground Passage 地下道
	避難方向	Evacuating Direction 避難方向



	水位観測所	Water Level Observatory 水位観測所
	ヘリポート	Helipad ヘリポート
	防災避難屋外子母 (屋外スピーカー)	Disaster Evacuation Outside Secondary Route Station (屋外スピーカー)
	鉄道	Railway 鉄道
	高速道路	Highway 高速道路
	緊急交通路	Emergency Traffic Route 緊急交通路
	市町村界	Municipal Border Line 市町村界

	急救医院
	需救护者施設
	主要公共施設
	地区防災中心
	铁路
	主要道路干线

地下道(アンダーパス) ! 避難時は車を使用しないでください

大雨・洪水の時、地下道は真っ先に浸水してしまします。地域の地下道の場所を把握し、もしもの時に備えて迂回路を頭に入れておきましょう。地図内では、マークで示しています。

普通自動車の場合、約30cmの浸水で走行困難になります。

123 洪水時因浸水太深无法利用避难设施

決避難地點

永久避難地點

歐盟最新洪氾管理制度介紹

因WFD無洪氾管理規定，而於2007年立法增訂歐盟洪水風險管理與評估的指令摘要(EUFlood Directive)，引進風險管理概念，分三階段完成：

(一)洪水風險估定：於2011年底前完成，包括對人類健康、環境、經濟活動、文化傳承等衝擊均應評估。

(二)洪水風險劃設：於2013年底前完成，依洪水發生機率劃設三級洪氾區，除中級為100年洪水重現期距外，另外二級由各國自行決定。劃設方式分為淹水範圍圖 (Flood Hazard Map) 與淹水風險圖 (Flood Risk Map)

(三)洪水風險管理計畫：於2015年底前完成。除一般熟知之「Prevention, Protection, Preparedness」及早期洪水預警系統建制外，並應盡可能推動非工程防洪措施以減少洪水災害。

防洪措施

包括初步洪災風險評估、洪災風險地圖的繪製以及訂定洪災管理計畫三部份

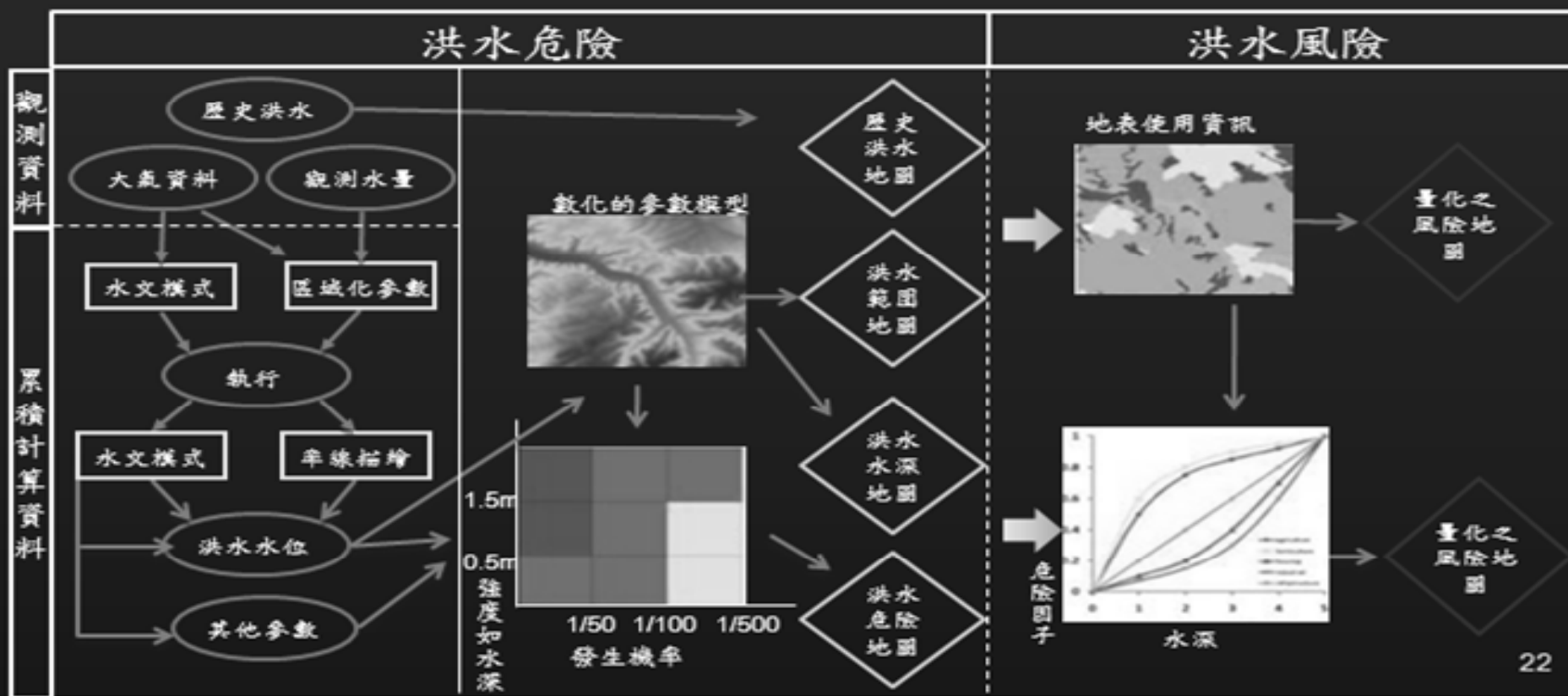
特色

規範計畫內容、實施完成日期及更新時間，可以統一內容及確保淹水資訊之更新。

歐盟最新洪氾管理制度介紹

歐洲國家聯盟是由多個國家所組成，淹水危險地圖在歐盟國家中各有不同的用途。歐盟委員會的洪水管理規程所製作的淹水危險地圖之內容包括洪水危險性、脆弱度、和曝露量等資訊，可應用於(1)緊急事件規劃、(2)國土規劃、(3)洪水風險普及、(4)洪水保險、(5)洪水風險的深入研究等。

2009年H. de Moel等人整理了歐洲29個國家，洪水評估之架構：



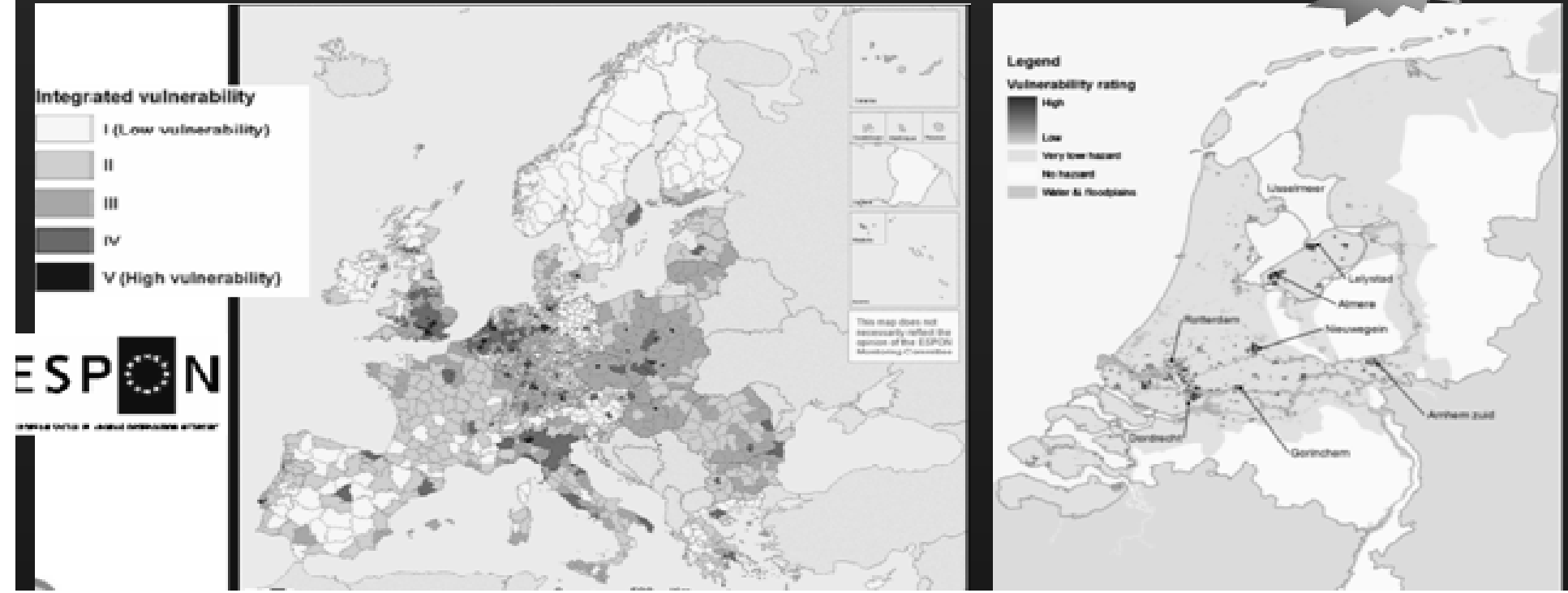
歐洲脆弱度圖之種類

European Spatial Planning
Observation Network (ESPON)
歐盟空間規劃觀察網絡

資料來源：(Schmidt-Thomé, 2006)



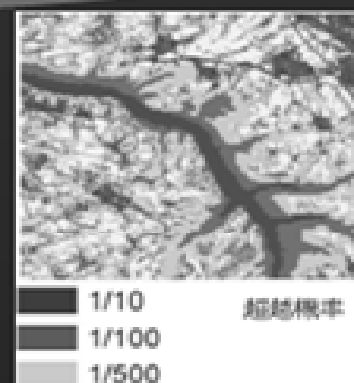
荷蘭



歐洲危險圖之種類

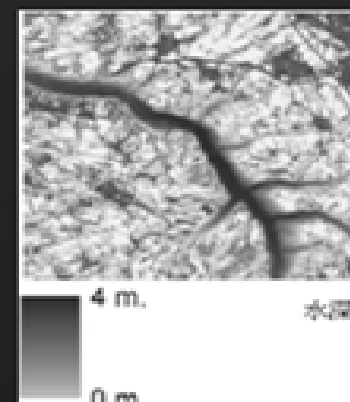
洪水範圍圖 (Flood extent maps)

最常見的洪水危險地圖(共有23個國家使用)，顯示特定事件淹沒地區。



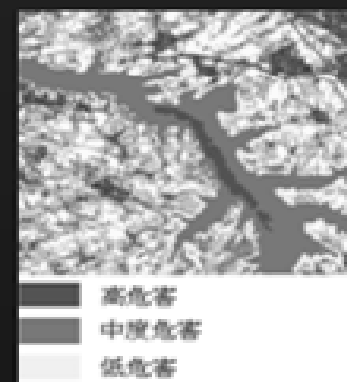
洪水深度圖 (Flood depth maps)

在特定重現期距下的洪水範圍圖將水深資料獨立出來繪製圖層，以不同淹水深度進行分區。



洪水危險地圖 (Flood danger maps)

為了加深人們對於洪水危險的印象通常只顯示一個洪水危險因子，將其計算之後以不同危險程度的洪水量化分級。



淹水損失之計算

淹水模擬圖層

土地利用圖層

計算各淹水家戶之損失

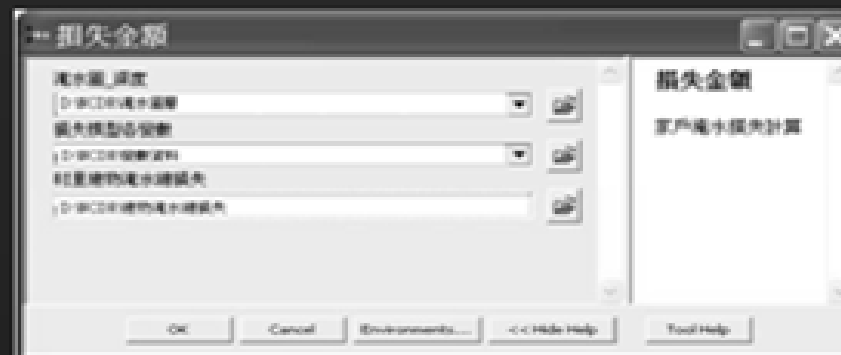
淹水深度

淹水面積

將損失資料以行政單位統計
(縣市或鄉鎮)

最後結果呈現

$$\ln(\text{家戶損失}) = -0.421 + 1.875 \ln(\text{淹水深度}) - 1.060(\text{房屋自有}) + 0.736 \ln(\text{家戶人口數}) + 0.159 \ln(\text{家庭每人所得}) + 0.637 \ln(\text{區域淹水延時}) - 0.834(\text{建物類型}) - 0.028(\text{居住年數})$$



損失計算結果



危險度地圖(Hazard Map)

將造成淹水災害因子，加值成為共同作用的單一危險度值，據此繪成危險度地圖。

脆弱度地圖(Vulnerability Map)

考量災害發生時造成傷害的對象，將其加值為單一的脆弱度值，並據此繪製脆弱度地圖。

風險地圖(Risk Map)

淹水風險地圖是綜合淹水危險度地圖及脆弱度地圖之結果所繪製出之地圖，可同時捕捉危險度及脆弱度兩者的綜合訊息反應。

高風險區 高危險度及高脆弱度地區，可優先將救災資源投入此區。

中風險區 高危險、低脆弱 應加強避難規劃、防汛演練。

中風險區 低危險、高脆弱 應加強災害宣導、避難規劃。

低風險區 低危險度及低脆弱度地區，可最後再將救災資源投入此區。

專有名詞

定 義

危險
(Hazard)

具有潛在破壞力的自然事件、現象，它們可能造成人的傷亡、財產損害、社會經濟混亂或環境退化。

曝露量
(Exposure)

表現出受到潛在危險的單元。

脆弱度
(Vulnerability)

災害發生時，造成傷害或破壞的對象，包含人類傷害和財產破壞；由於各區自然、社會、經濟和環境因素或活動條件不同，脆弱度的評估即為估算災害受災範圍內所有生命財產的損失。

風險
(Risk)

受某一種危險威脅衝擊而引致預期損失或損害（生命，人受傷，財產受損，經濟活動中斷）等，一般以數值0-1表示。（由危險、暴露、脆弱性和適應能力組成）。

層級分析法AHP-方法

➔ AHP (Analytic Hierarchy Process)是將複雜問題以階層次序分級，使其系統化、單純化的一種方法。將各層面與要素之間則透過成對比較(pairwise comparison)，利用主觀判斷給予數值求得各層級及要素之權重值；經一致性檢定後來決定哪一個層級、變數有最高優先權，以幫助決策者思考而得到結論。

- 建立階層次序結構
- 建立各層級之成對比較矩陣
- 求解各層級準則的權重值
- 檢定一致性
- 方案的排序與選擇

生命風險度評估

1. 各因子資料分級並給予特定分數，
計算出各災害的危險度數值，
區分危險度、脆弱度等級，相乘計算風險度。

2. 模式計算單位：以40m×40m網格(grid)進行計算。

3. 洪水風險度計算以下式表示：

$$R = H \times V$$

其中，R：風險(Risk)，
以風險矩陣表示

H：危險度(Hazard)

V：脆弱度(Vulnerability)

脆弱度

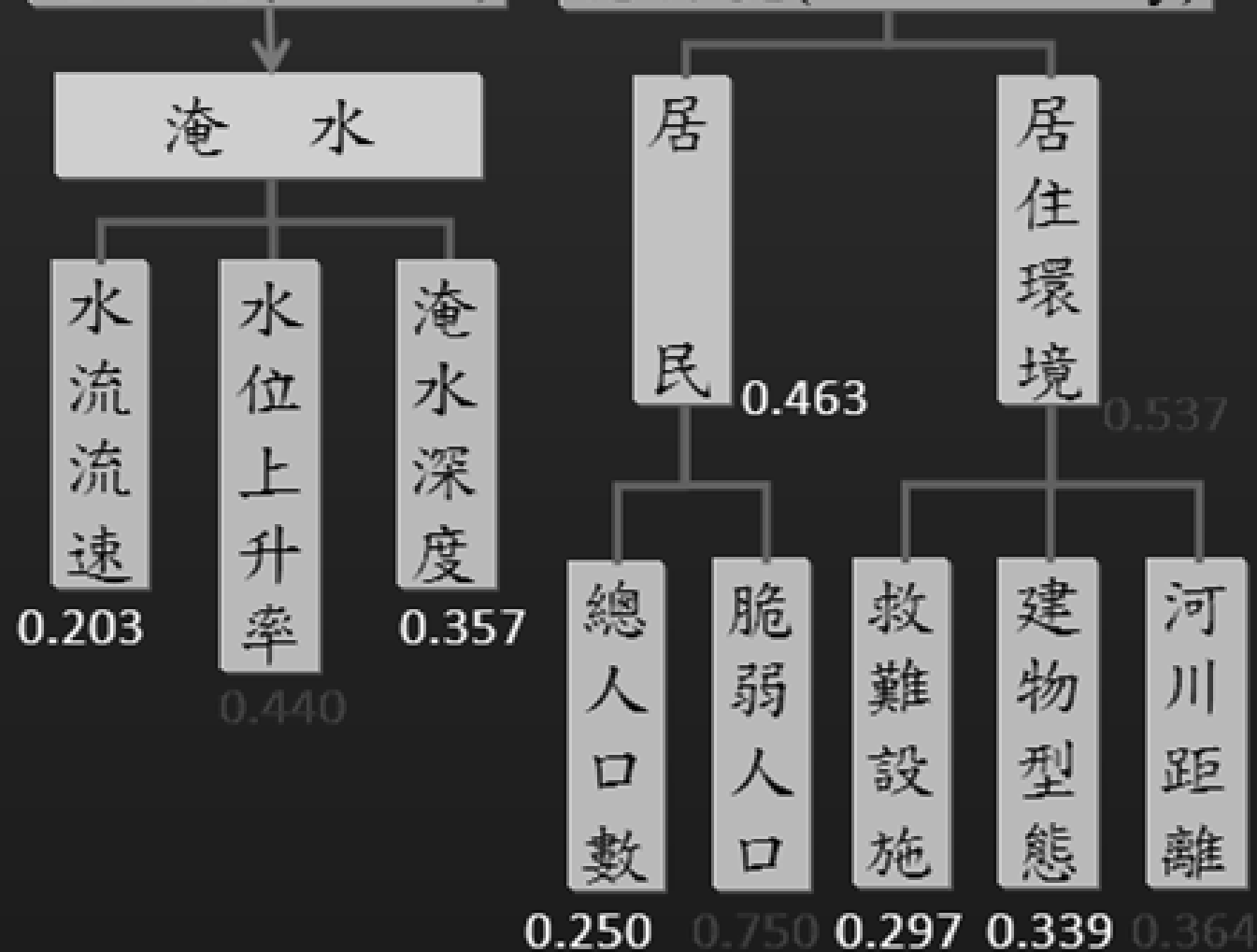
危險度

	輕微	普通	嚴重
不會	低	低	中
一般	低	中	高
非常	中	高	高

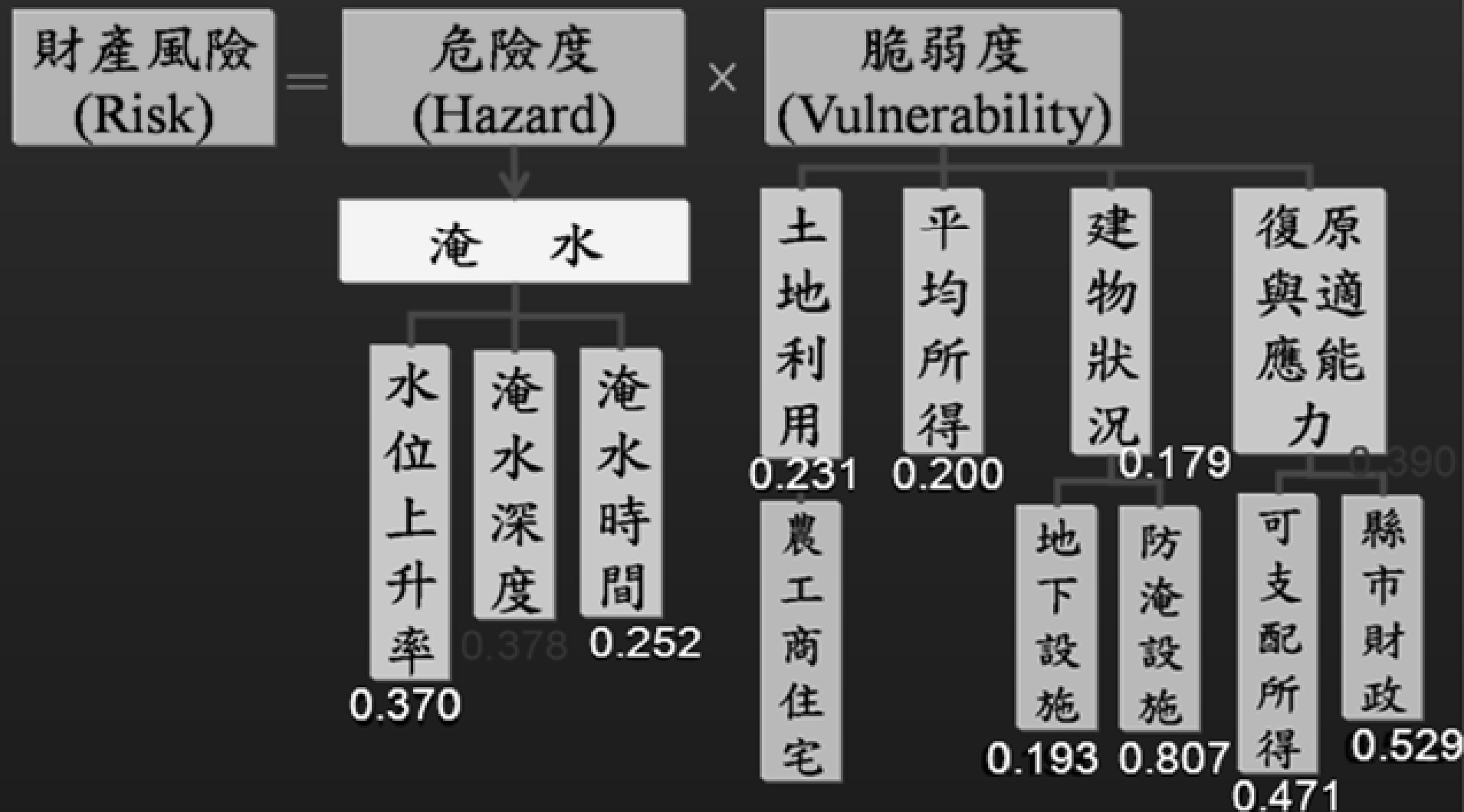
(配合88水災後，疏散避難分級)

AHP層級分析法-分析結果(生命)

$$\text{生命風險(Risk)} = \text{危險度(Hazard)} \times \text{脆弱度(Vulnerability)}$$

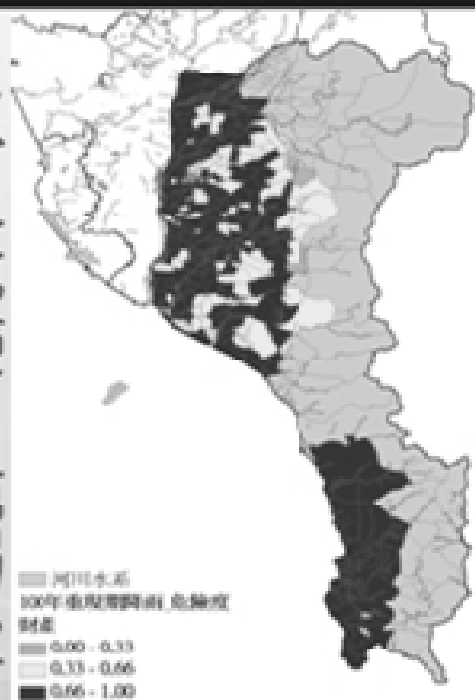


AHP層級分析法-分析結果(財產)



屏東縣(財產面向，情境：100年)

水災危險、脆弱及風險地圖—財產



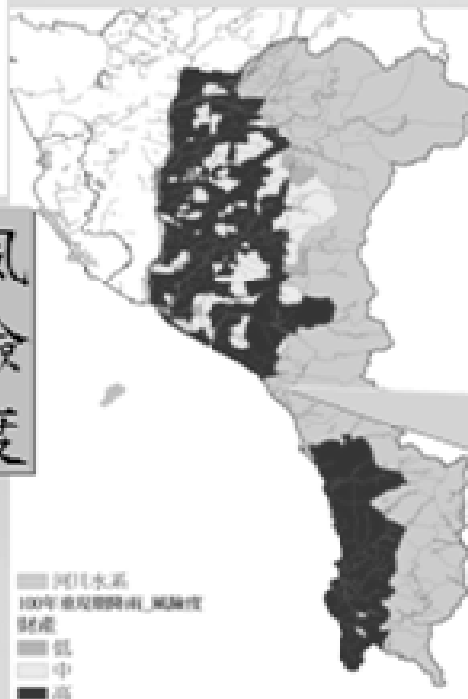
危險度

風險矩陣

脆弱度



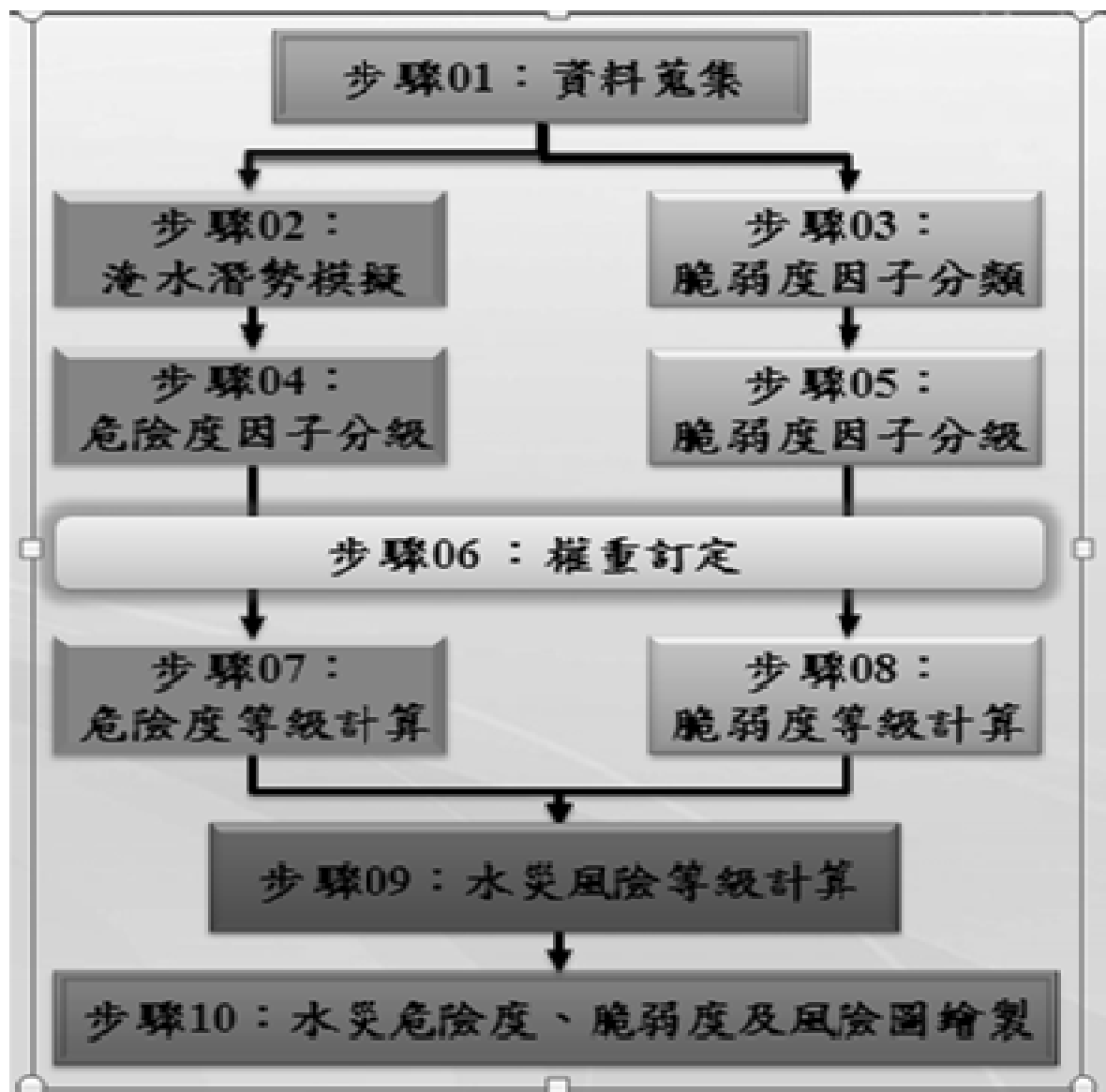
風險度



半數以上村里為高風險區域之鄉鎮：

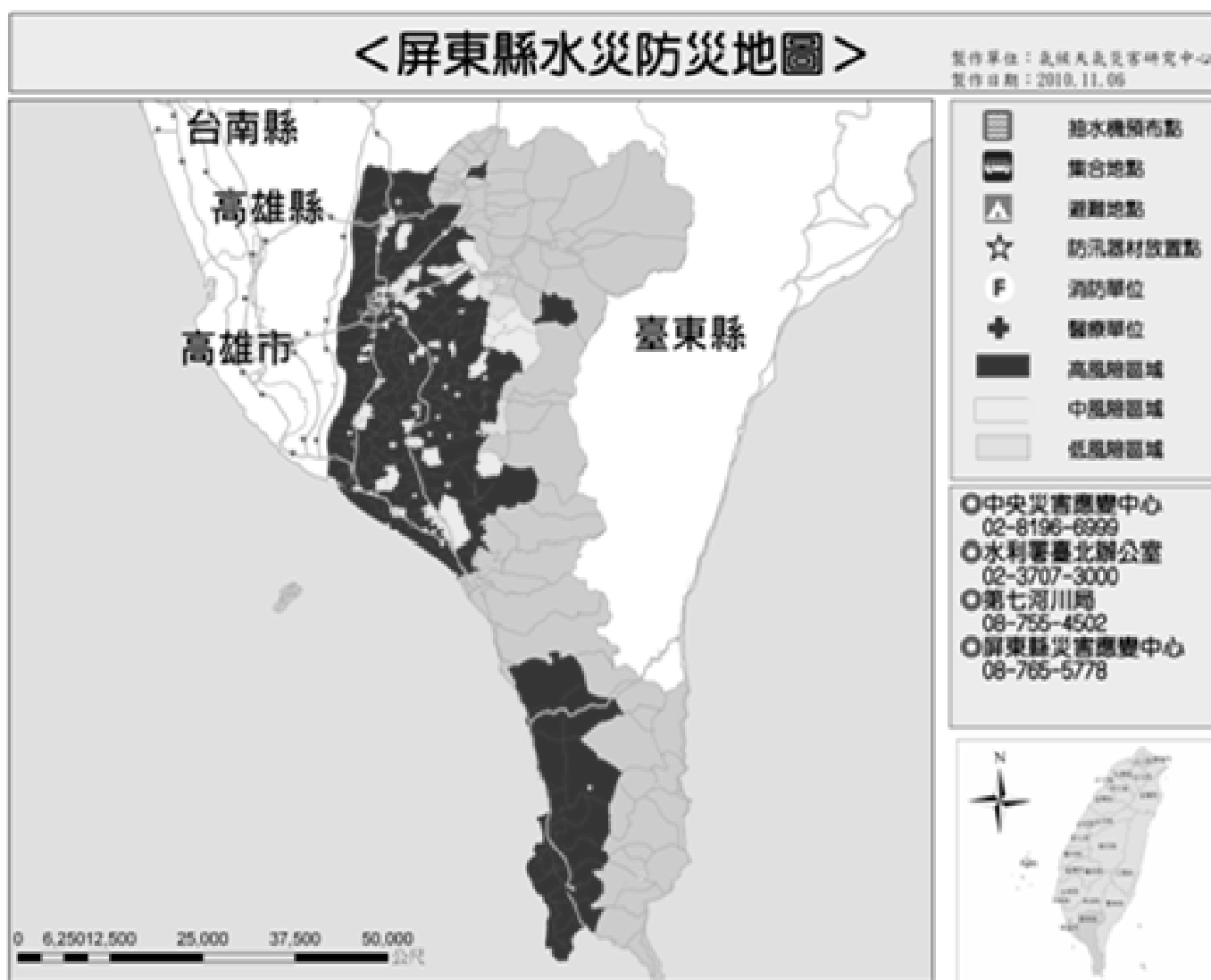
- 九如鄉、佳冬鄉、內埔鄉、屏東市、崧頂鄉、恆春鎮、新園鄉、新埤鄉、東港鎮、枋寮鄉、潮州鎮、獅子鄉、竹田鄉、萬丹鄉、萬巒鄉、車城鄉、里港鄉、鹽埔鄉、麟洛鄉

水災危險度、脆弱度及風險地圖製作流程



↓ 縣市層級

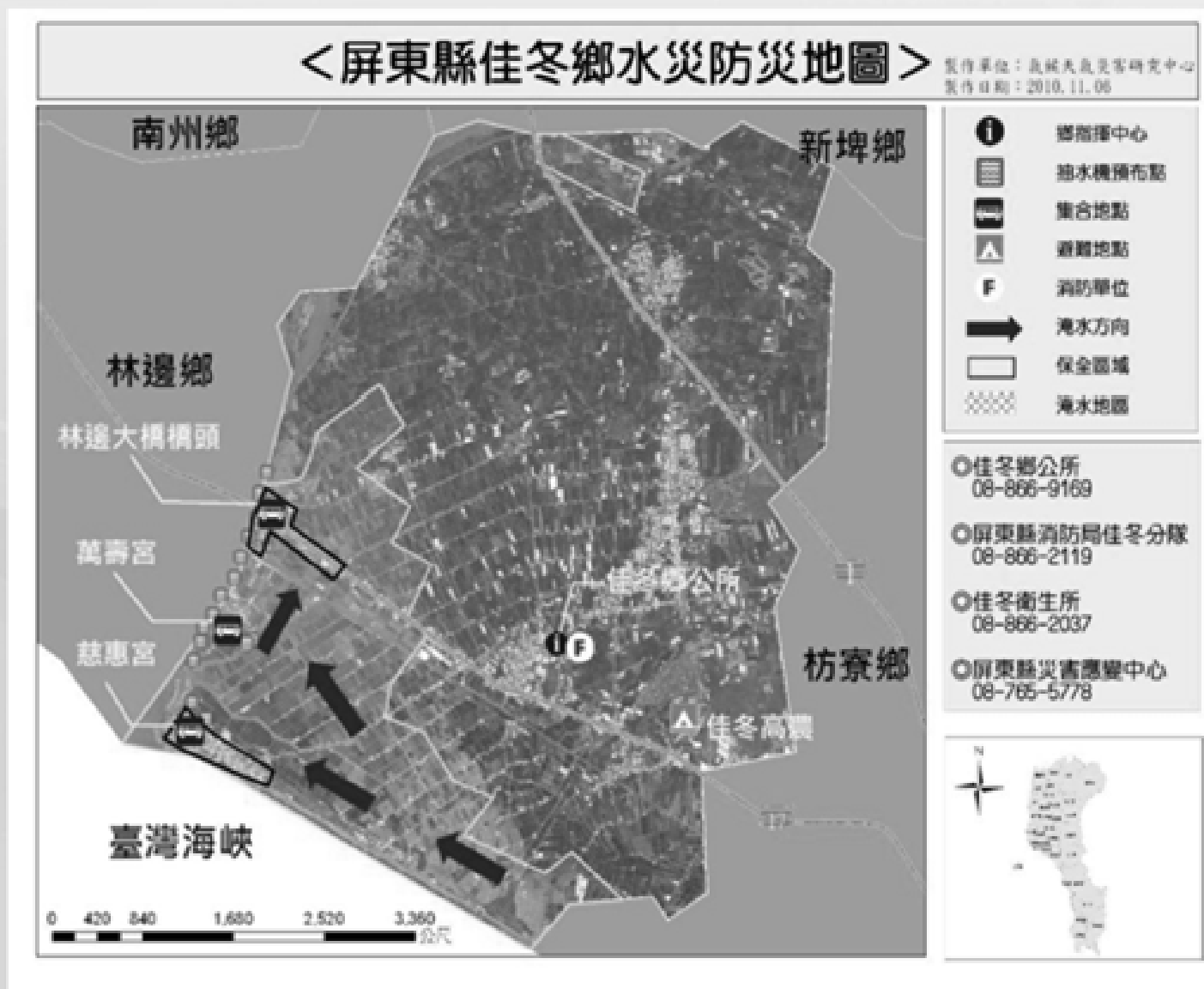
目的：縣市政府進行救災作業時，需掌握轄區內易淹水致災地點、救援人力與設備配置狀況及物資存放位置，以便即時調動救援。



水災防災地圖製作－鄉鎮層級

↓鄉鎮層級

目的：鄉鎮公所進行救災作業時，需即時掌握災情、協助民眾，即時處理狀況。並向縣市政府提供最新資訊以協助決策。

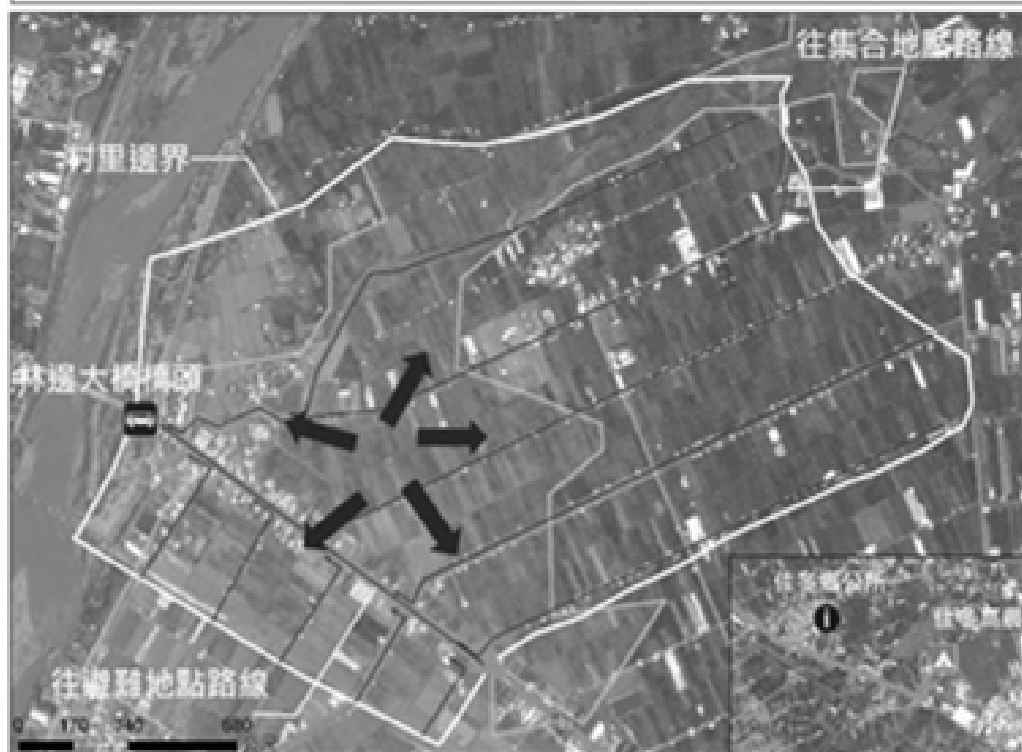


↓村里層級

目的：主要使用者為一般民眾，與縣市層級及鄉層層級之指揮者不同，使用者需要知道鄰近地區之淹水狀況以及集合或避難處所，以便在災害來臨時迅速進行避難。

<屏東縣佳冬鄉美園村水災防災地圖>

製作單位：高雄防災管理研究中心
製作日期：2011.11.09



- 鄉指揮中心
- 集合地點
- 避難地點
- 往集合地點路線
- 往避難地點路線
- 淹水方向
- 淹水地區

◎緊急聯絡人
陳品昌村長
0917-162-991

◎佳冬鄉公所
08-866-9169

◎屏東縣消防局佳冬分隊
08-866-2119

◎佳冬衛生所
08-866-2037

◎屏東縣災害應變中心
08-765-5778



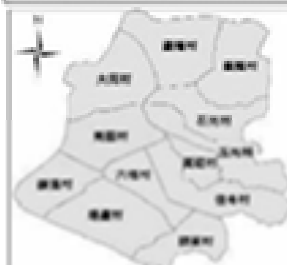
鄉指揮中心—佳冬鄉公所



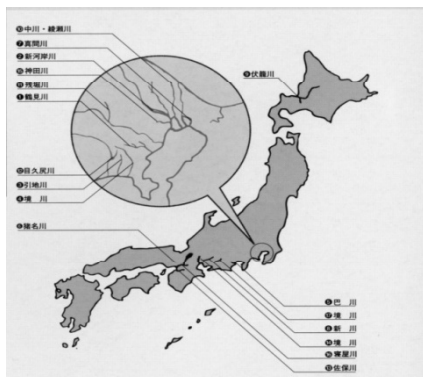
集合地點—林邊大橋橋頭



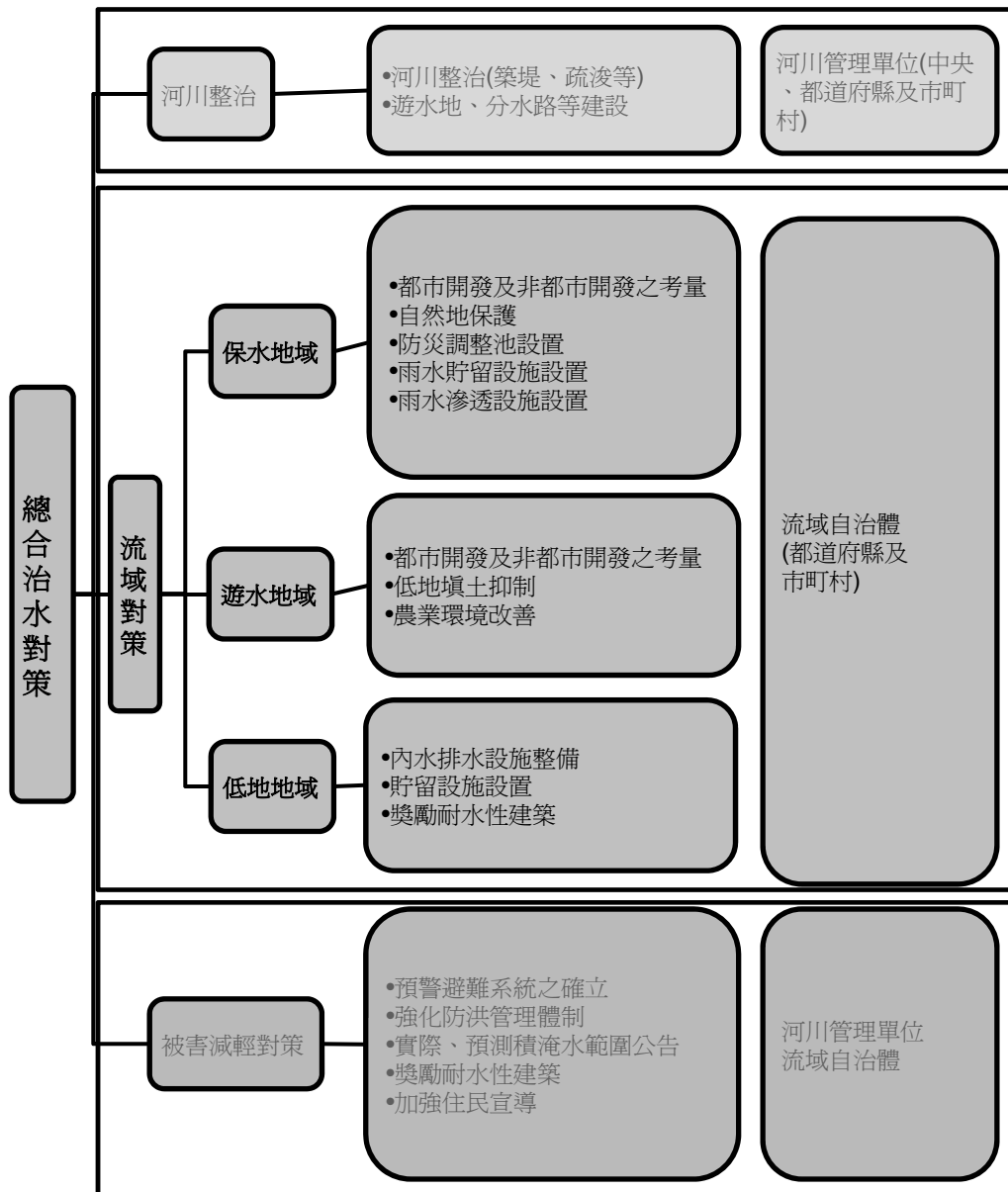
避難地點—佳冬高農



都會型治水調適策略

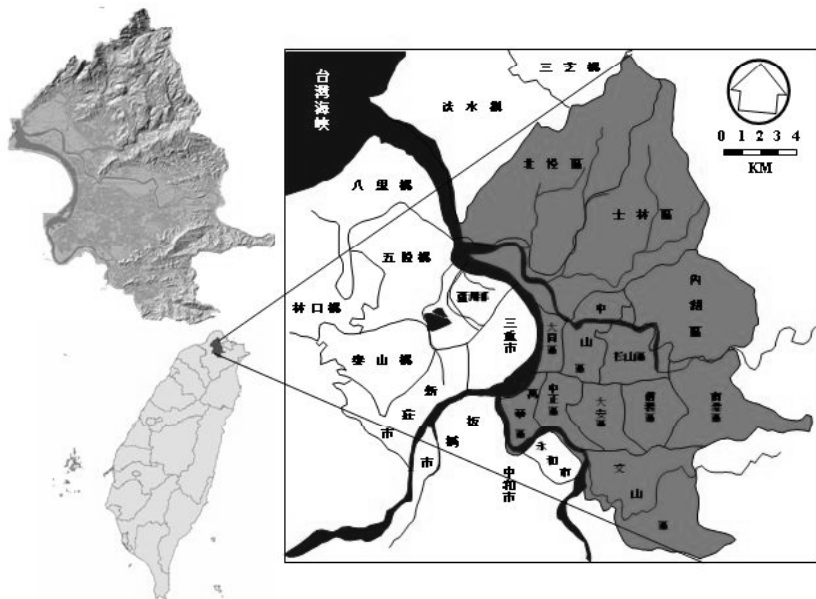
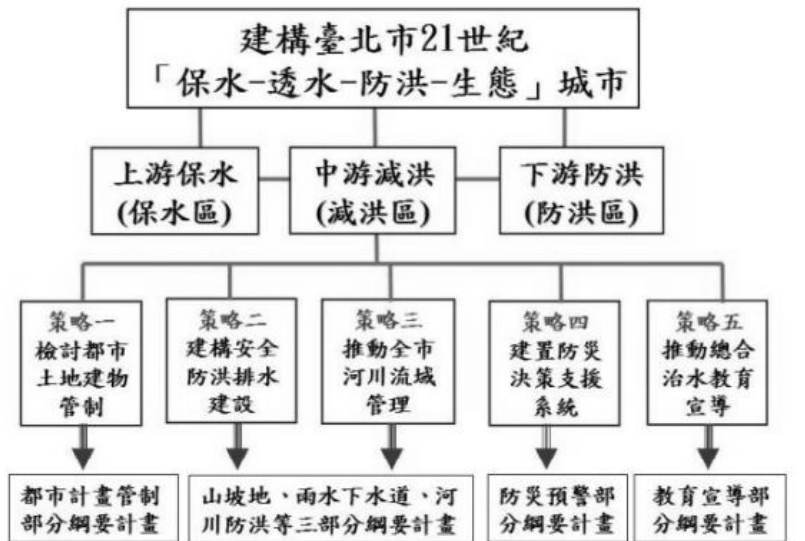


日本
東京灣、伊勢灣、大阪灣等都會區17條河川



都會治水對策

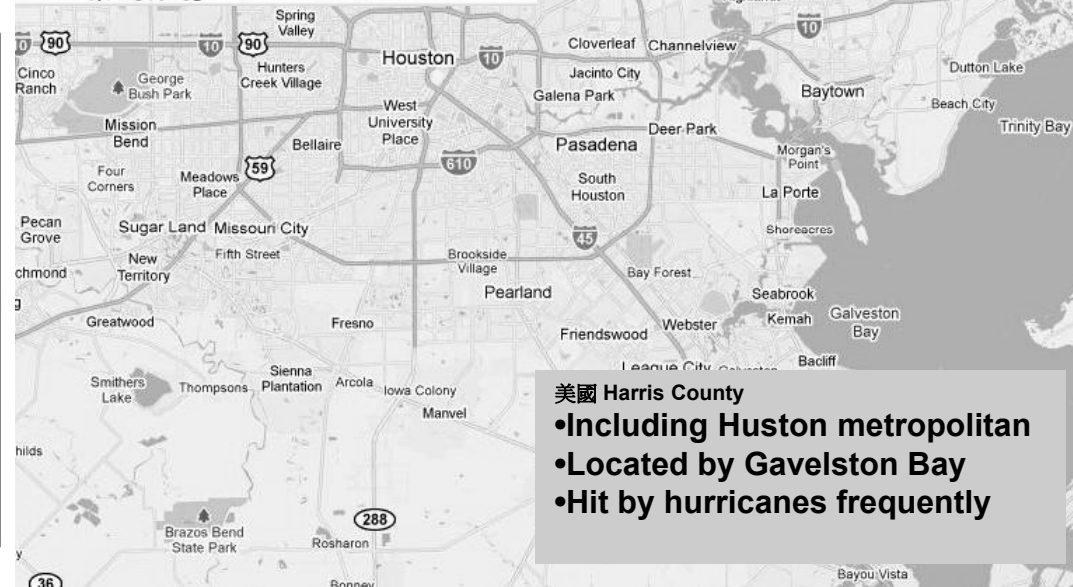
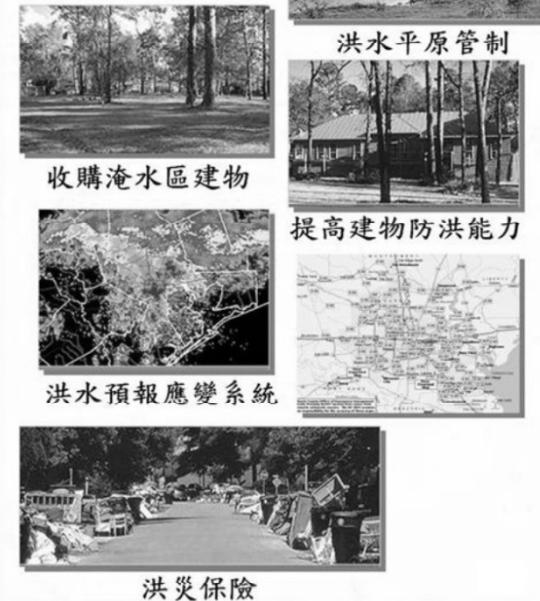
台北市總合治水



工程方法

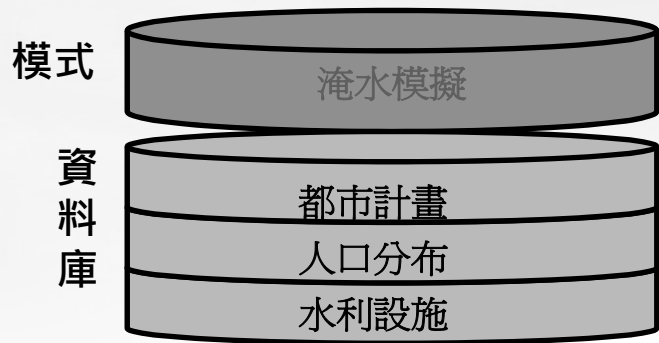


非工程方法



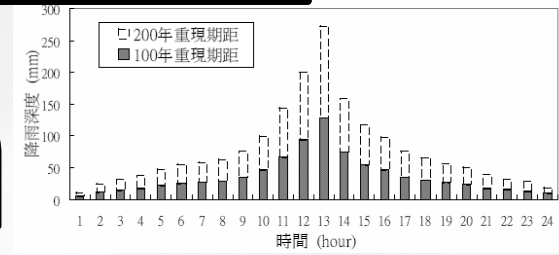
美國 Harris County
 • Including Houston metropolitan
 • Located by Gavelston Bay
 • Hit by hurricanes frequently

建立評估工具與預警系統



設計雨型

分析精度



淹水潛勢

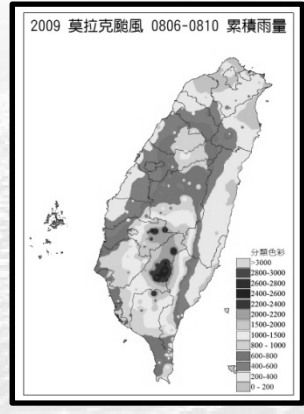
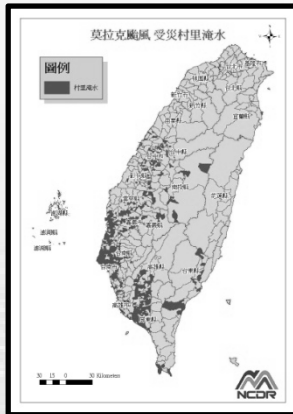
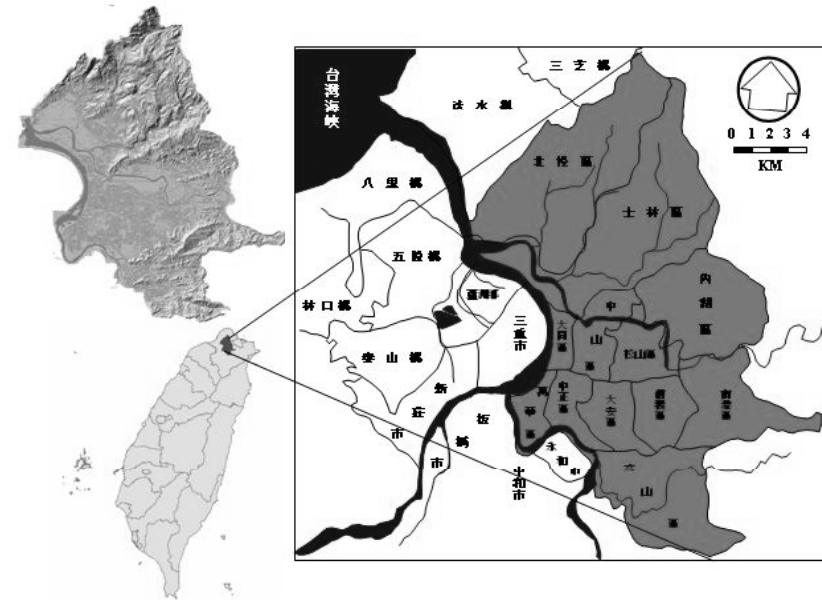
災損評估

治理規劃

淹水預報

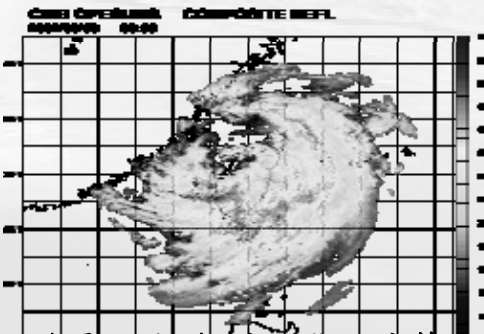
水位預報

預警



計算效能

定量降雨預報



因應氣候變遷—都會型巨災調適策略

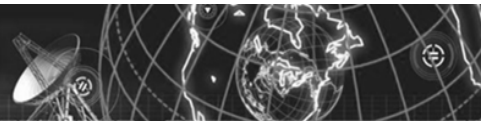


簡報完畢

敬請指教



氣候天氣災害研究中心
Center for Weather Climate and Disaster Research



台灣大學 水工試驗所
Hydrotech Research Institute
National Taiwan University

