

# 因應氣候變遷之大高雄水環境策略研究

The Research of Kaohsiung Waterfront Redevelopment Under the Effect of Climate Change

## 成果報告書



主辦機關：高雄市政府水利局

執行單位：國立屏東科技大學

中華民國 101 年 4 月

# 因應氣候變遷之大高雄水環境策略研究

The Research of Kaohsiung Waterfront Redevelopment Under  
the Effect of Climate Change

## 成果報告書

### 主辦機關

高雄市政府水利局

### 執行單位

國立屏東科技大學

### 計畫主持人

國立屏東科技大學 丁澈士教授

### 共同主持人

荷蘭臺夫特大學 Prof. Han Meyer

荷蘭臺夫特大學 鍾振坤

中華民國 101 年 4 月

## 摘要

近年來氣候變遷議題持續受到關注，不僅是在環境災害，特別是極端降雨的部份，還有氣候變遷所帶的經濟與社會層面的挑戰，面對快速全球化與縣市合併後新治理空間的分配，高雄都該如何整合區域空間，水資源議題與治水防洪對策，在水的利用上有宏觀的視野與具體的落實策略，是本研究所關心的核心議題。

本研究將從空間演變與制度設計這兩個面向切入，其中現況分析的方式將以圖層分析的方式，從整個高屏溪三角洲及城鎮兩個不同的尺度著眼，剖析高屏三角洲其自然水文與地景、基礎網絡設施及聚落發展間彼此互動之關連性，並以此分析為基礎，找出現階段高雄都面臨氣候變遷所迫切需要討論之議題。而關於水管理制度之分析，本計畫將以都市回復力(urban resilience)概念，將回復力在環境政策上的表現歸納為：對現況的掌握與關注、對未來趨勢的瞭解與評估、對於過去經驗的學習能力、目標設定的能力、將目標轉化為執行策略的能力、公眾參與與回應的能力，以上述六項回復力在政策面上的表現，比較台灣與荷蘭在制度層面上的差異。

本研究將提出大高雄水環境發展提供初步策略建議為

### 一、關於空間發展的策略

#### (一) 關於愛河治水的空間策略

以高雄的愛河流域而言，現階段主要的防洪對策仍以抽水站為主，事實上抽水站的做法不僅僅是將珍貴的水資源直接排進海洋，而且將城市的命運壓在幾部抽水機之上，也將提高城市水患的風險，傳統解決水患最基本的作法就是阻絕外水、排除內水，可是當氣候變遷所導致的極端暴雨使得阻絕外水的難度增加，甚至不可行時，目前整體策略已逐漸修正為，盡量阻絕外水、增加容水空間以及盡快排除內水。但是對高雄愛河，這樣的策略依舊是極大的挑戰，因為愛河目前面對的問題是：四面八方的暴雨使得阻絕外水不可能、都市密集容水空間難覓以及潮汐使得排除內水困難。面對這樣的問題本計畫以第二章的圖層分析為基礎，嘗試更進一步釐清愛河目前所面臨最關鍵之議題，並提出可能之概念與未來都市可配合整體發展之策略建議：

1. 阻斷潮汐作用對愛河的影響
2. 掌控關鍵的 6 小時
3. 高雄都百年之防洪對策

#### (二) 美濃治水的空間策略

而針對美濃水患，目前所顯現最大的問題就在於基礎資料的缺乏，甚至沒有正式的水患調查報告，在資訊不夠公開、充分的情況下，主政單位所提之計畫就常常無法科學、合理的與當地居民達成共識，而只能以推動小型設施(如：竹子門滯洪

池)、工程(如：竹子門截彎取直)，作為主要施政策略，本案以現有之資訊做判斷，為美濃提估概略式之建議。

1. 利用現有圳道系統調整部分洪峰流向
2. 嘉勵私有埤塘、農田增加滯洪空間
3. 滯洪池作為濕地公園帶動美濃區域之整合與再發展

## 二、制度檢討與後續發展建議

本案從鹿特丹及高雄市在回復力概念的政策的比較分析切入，進而從回復力的角度，提出未來高雄在因應氣候變遷之水-空間的決策與政策制定上的後續研究方向及發展建議。並從兩個都市在氣候政策的發展過程出發進行比較與發想，總結為以下幾點：

- (一) 跨界整合是氣候變遷政策能否有效執行的重要要素
- (二) 各層級決策專業者對緩解力(mitigation)與適應力(adaptation)的關心應並進
- (三) 地區性氣候適應性政策的經濟價值是重要的發展目標

鹿特丹的經驗發現，地方政府在發展氣候相關政策的議題上是相當積極且有企圖心的。建議高雄都在氣候變遷的議題上，不僅是配合中央相關政策的執行，更能積極發展成為『氣候不侵 (climate proof)』的城市，深化在國內作為氣候相關政策的領頭角色，也加強國際行銷與國際交流的可能。

## 目錄

摘要.....	I
目錄.....	III
圖目錄.....	VI
表目錄.....	IX
第一章 計畫說明 .....	1
一、計畫緣起、目的 .....	1
二、工作項目及分析方式 .....	2
第二章 高雄都水岸發展歷史及現況分析.....	3
一、圖層分析(Multi-layer Overlay Analysis)的理論架構 .....	4
二、河口三角洲尺度的高屏平原圖層分析 .....	6
(一) 自然地景層 .....	7
(二) 基礎設施層 .....	11
(三) 聚落的發展層.....	15
(四) 小結 -關於三角洲圖層疊合的綜合分析 .....	19
三、城鎮尺度的圖層分析 .....	20
(一) 美濃的圖層分析 .....	20
(二) 愛河的圖層分析 .....	27
(三) 小結 -- 關於研究區之圖層分析.....	31
第三章 高雄都水岸再發展之相關議題研議.....	33
一、鹽埕、前金與愛河沿岸區域的水文分析.....	35
(一) 水患狀況.....	35
(二) 區內現行之水資源論述及計畫 .....	38
(三) 水文分析.....	40
(四) 小結: 關鍵的 6 小時.....	43
二、美濃的水文分析 .....	44
(一) 水患狀況.....	44
(二) 區內現行之水資源論述及計畫 .....	46

(三) 水文分析 .....	48
(四) 小結 建構美濃之水圳文化.....	48
第四章 相關計畫及制度分析 .....	49
一、 都市回復力(urban resilience)概念及政策上的應用 .....	49
(一) 回復力概念之發展過程 .....	50
(二) 規劃與不確定性 .....	52
(三) 小結：空間範疇與回復力 .....	55
二、 台灣相關制度的分析研究：中央層級的討論 .....	56
(一) 現行回復力相關研究計畫 .....	56
(二) 現行政策分析.....	60
(三) 水利工程與規劃相關政策 .....	62
(四) 空間規劃相關政策.....	68
三、 高雄市水災防災政策探究與分析 .....	70
(一) 高雄市淹水事件，權責與分工 .....	70
(二) 水-空間現行政策分析.....	73
(三) 高雄市都市洪水治水議題回復力效益評估 .....	76
(四) 小結 .....	79
第五章 國外案例研析 .....	81
一、 都市回復力在鹿特丹水災防災政策上的應用 .....	81
(一) 鹿特丹水災防災制度上的轉變.....	81
(二) 氣候變遷議題所帶的水患威脅 .....	82
(三) 現行相關策略整理與分析 .....	84
(四) 鹿特丹都市洪水治水議題回復力效益評估 .....	87
(五) 小結：鹿特丹都市回復力評估 .....	96
二、 歐洲河流流域管理的觀念演進 .....	97
三、 荷蘭的還地於河 ( Ruimte voor de Rivier ) 策略 .....	99
四、 德國漢堡港口新城計畫 ( Hafencity ) .....	102
五、 日本東京之超級堤防案例 ( スーパー堤防 ) .....	108

六、澳洲坎培拉首都特區濕地計畫 .....	110
第六章 高雄都水岸再發展空間與策略建議 .....	116
一、整合性治水之空間策略 .....	116
(一) 關於愛河治水的空間策略 .....	116
(二) 美濃治水的空間策略 .....	119
二、制度檢討 .....	122
(一) 跨界整合是氣候變遷政策能否有效執行的重要要素 .....	123
(二) 各層級決策專業者對緩解力(mitigation)與適應力(adaptation) 的關心應並進 .....	123
(三) 地區性氣候適應性政策的經濟價值是重要的發展目標 .....	124
參考書目 .....	125
附錄一 知識為氣候 (Kennis voor Klimaat, Knowledge for Climate)計畫內容整理	
附錄二 報告審查意見及回覆	

## 圖目錄

圖 2-1 乾隆輿圖之高屏三角洲原始的型態 .....	7
圖 2-2 高屏三角洲之土壤分布結構 .....	9
圖 2-3 高屏平原之剖面圖 .....	9
圖 2-4 高屏平原之地質剖面圖 .....	10
圖 2-5 一百年前的高屏三角洲地形及水文系統圖 .....	11
圖 2-6 1938 年高屏溪之堤防系統 .....	12
圖 2-7 曹公圳水文系統與城市發展關係圖 .....	14
圖 2-8 日本人把高雄打造成現代化的機具 .....	16
圖 2-9 高雄之工業區發展歷程 .....	17
圖 2-10 全球化對河口三角洲自然水系之擾動 .....	18
圖 2-11 1936 南台灣地下水抽取與補注量的比較 .....	20
圖 2-12 美濃地區的高程地形圖，紅色箭頭為竹子門排水氾濫形成之淺沙丘 .....	22
圖 2-13 1904 年的美濃水文系統及高程圖 .....	22
圖 2-14 美濃水文系統及高程圖 .....	23
圖 2-15 美濃地區的圳道分佈圖 .....	24
圖 2-16 高屏溪流域圳路圖 .....	25
圖 2-17 瀾濃庄 1904 年聚落分佈圖 .....	25
圖 2-18 美濃 2001 年聚落分佈圖 .....	26
圖 2-19 愛河地區的高程地形圖，紅色箭頭寶珠溝、本和里等低窪地區 .....	27
圖 2-20 愛河地區的高程地形圖疊合 1904 年水文系統 .....	28
圖 2-21 愛河地區的高程地形圖疊合 2001 年交通系統 .....	29
圖 2-22 1936 年制定的擴大高雄市計畫圖 .....	32
圖 3-1 2001 潭美颱風高雄水患區域分布圖 .....	36
圖 3-2 2010 凡那比颱風高雄水患區域分布圖 .....	37
圖 3-3 研究區域擬設置滯洪池地點分佈圖 .....	39
圖 3-4 愛河堤岸、水位、河床及潮汐剖面關係圖(1/2) .....	41

圖 3-4 愛河堤岸、水位、河床及潮汐剖面關係圖(1/2) .....	42
圖 3-5 愛河洪峰流量歷時圖 .....	43
圖 3-6 美濃 813 水災的歷程紀錄，數字表淹水順序 .....	45
圖 3-7 美濃水庫位置圖 .....	46
圖 3-8 吉洋人工湖位置圖 .....	47
圖 3-9 竹子門排水汎濫所形成之淺沙丘，與獅子頭圳 .....	48
圖 4-1 回復力的表現：適應力循環(adaptive cycles) .....	52
圖 4-2 回復力的表現：強壯度(robustness)與即刻度(rapidity) .....	53
圖 4-3 區域回復力評估架構 .....	54
圖 4-4 國科會近五年(2007-2011)氣候變遷相關各類型研究計畫數量變化關係圖 .....	57
圖 4-5 國科會近五年(2007-2011) 在氣候變遷相關各類型研究計畫經費關係表 .....	58
圖 4-6 國科會近五年(2007-2011) 氣候變遷相關各類型研究計畫經費所佔總經費之比例關係圖 .....	59
圖 4-7 大高雄地區易淹水地區水患治理計畫圖 .....	64
圖 4-8 水災災害防救業務內容 .....	66
圖 4-9 環境資源部組織架構圖 .....	69
圖 4-10 高雄地區單日降雨大於 300mm 淹水潛勢分析 .....	71
圖 5-1 荷蘭國家水計畫重點執行區域與內容( 鹿特丹區域為重點執行範圍 ) .....	83
圖 5-2 鹿特丹區域治水政策與土地管理圖 .....	83
圖 5-3 瓦爾河奈梅亨地區還地於河計畫示意圖 .....	102
圖 5-4 德國漢堡港口新城計畫分為西區、中央區及東區三個大區域，並細分為十個鄰里單元 .....	103
圖 5-5 港口新城鼓勵人們使用環保的交通工具 .....	104
圖 5-6 水岸開放空間 .....	105
圖 5-7 利用坡度遊戲 .....	105

圖 5-8 位於 Dalmannkai district 的水岸步道 .....	106
圖 5-9 鳥瞰 Marco Polo Terraces .....	106
圖 5-10 Dalmannkai 區一景，可看出水面、水岸至建築物的高度關係 .....	107
圖 5-11 高於海平面 37 公尺的新公共廣場，夾在舊倉庫與其上新建的玻璃 建物之間 .....	107
圖 5-12 超級堤防計畫示意 .....	109
圖 5-13 東京都隅田川超級堤防 .....	109
圖 5-14 濕地計畫示意 .....	111
圖 5-15 林漢濕地居民學習製作樹木護具，在社區種植日由居民協助種植了 1200 株本土水草與灌木 .....	111
圖 5-16 狄更生濕地居民裝置樹木護具，以保護植物不被鴨或其他動物啃食 .....	112
圖 5-17 由狄更生學院陶瓷學學生製作的磁磚，將用於濕地步道鋪設 .....	112
圖 5-18 施工中的林漢濕地 .....	112
圖 5-19 2009 年七月，濕地計畫施工前 .....	113
圖 5-20 植物已然茂盛成長 .....	113
圖 5-21 女孩嚮導團正在聆聽如何監測水質 .....	113
圖 5-22 捕捉食蚊魚 .....	114
圖 5-23 計畫示意圖 .....	115
圖 6-1 沿愛河區地勢低於 1m 之低窪區，其排水深受平均高潮位 36cm 之 影響 .....	118
圖 6-2 由於日據時期的格子狀道路系統是以通向港口與愛河指向的格子狀 道路系統，若善加利用作為排水設施，將相當程度可減低潮汐對排 水之影響。 .....	118
圖 6-3 美濃溪與獅子頭圳主幹道之關係圖，紅色箭頭為兩條水流交會處 .....	120
圖 6-4 滯洪親水公園將整合美濃、福安及中壢三個美濃區主要的聚落，作 為未來整合美濃再發展重要之中介空間 .....	121

## 表目錄

表 2-1 三個圖層的分析架構及內容 .....	6
表 2-2 高屏溪與世界其他河川比較表 .....	8
表 3-1 2001 潭美颱風高雄水患成因分析 .....	38
表 3-2 愛河流域整體滯洪池容量建議方案 .....	40
表 3-3 美濃的水災大事記 .....	45
表 4-1 回復力與永續發展之比較 .....	51
表 4-2 國科會近五年(2007-2011) 氣候變遷相關各類型研究計畫數量統計	56
表 4-3 國科會近五年(2007-2011) 在氣候變遷相關各類型研究計畫經費統計表 .....	57
表 4-4 國科會近五年(2007-2011) 氣候變遷相關各類型研究計畫經費所佔總經費之比例分析表 .....	58
表 4-5 現行中央層級之洪災土地利用管理相關政策列表 .....	61
表 4-6 白皮書建議之氣候變遷情境標準 .....	67
表 4-7 2000 年代台灣及高雄地區重要水災事件整理 .....	72
表 4-8 高雄地區區域性氣候變遷水災防災相關政策列表 .....	73
表 4-9 高雄地區水災災害應變工作各階段與執行內容列表 .....	74
表 5-1 鹿特丹對應氣候變遷水議題之空間政策與規劃策略 .....	85
表 6-1 回復力在環境政策上的六大表現：鹿特丹與高雄政策發展評估整理	122

# 第一章 計畫說明

## 一、計畫緣起、目的

近年來氣候變遷議題持續受到關注，不僅是在環境災害，特別是極端降雨的部份，還有氣候變遷所帶的經濟與社會層面的挑戰，面對快速全球化與縣市合併後新治理空間的分配，高雄都該如何整合區域空間，水資源議題與治水防洪對策，在水的利用上有宏觀的視野與具體的落實策略，是本計劃所關心的核心議題。

縣市合併之後的高雄都，治理範圍幾乎涵蓋了整個高屏溪流域，特別是中上游的部份，相關治理權責機構包括水利署第七河川局、農田水利會、高雄水利局，若以水岸的所有權而論更涵蓋了林務局、台糖等機構。然而，在水患發生之時，地方政府往往是第一線的權責單位。過往台灣執政當局治理水的觀念仍偏重水壩、堤防、疏濬的方式，將水視為阻礙經濟發展，需要被阻擋於外之物，這種大量固化水岸的方式限制了水體的自然成長，降低了河流面對自然變動的容受度，這樣的觀念在氣候變遷極端降雨的現狀下受到很大的衝擊與挑戰。

氣候變遷對水議題的影響主要可分為兩個部份：突發性的干擾(disturbing event)，如極端降雨量與洪水；以及長期趨勢性的干擾(disturbing trend)，如溫度及海平面上升，這兩種干擾都可能以獨立或合併出現的方式，影響未來城市與水的關係。在台灣，一方面，極端降雨的影響對水岸空間的威脅越來越大，敏督利、海棠、莫克拉颱風，平均降雨量都屢創百年新高，另一方面，高雄的缺水問題也越來越嚴重，乾旱限水已經幾乎是每年必須面對的問題，這些都需要被審慎的處理與看待。

本研究將從空間演變與制度設計這兩個面向切入，其主要工作目標為：

(一) 藉由圖層分析的概念審視高雄水環境的發展歷程，並以三個主要圖層(水文系統、基礎網絡建設及聚落發展)的分析模式為基礎，作為後續進行高雄都整合性治水方略之參考。

(二) 就制度設計的面向，探究現行空間規劃與水管理制度，該如何在組織內與組織間調整以因應氣候變遷的挑戰，使之更具彈性(flexibility)及恢復力(resilience)。

## 二、工作項目及分析方式

本案希望藉由國內外觀念整合及組織制度之探究以擬定高雄都的水岸空間發展策略。其工作項目共包含下列五個部分：(一) 現況分析；(二) 議題研擬與分析；(三) 制度研析；(四) 國外案例研究；(五) 策略建議。

其中現況分析的方式將以圖層分析的方式，從整個高屏溪三角洲及城鎮兩個不同的尺度著眼，剖析高屏三角洲其自然水文與地景、基礎網絡設施及聚落發展間彼此互動之關連性，並以此分析為基礎，找出現階段高雄都面臨氣候變遷所迫切需要討論之議題。而關於水管理制度之分析，本計劃將以都市回復力(urban resilience)概念，將回復力在環境政策上的表現歸納為：對現況的掌握與關注、對未來趨勢的瞭解與評估、對於過去經驗的學習能力、目標設定的能力、將目標轉化為執行策略的能力、公眾參與與回應的能力，以上述六項回復力在政策面上的表現，比較台灣與荷蘭在制度層面上的差異，本計劃將以此建構出未來高雄都在制度面值得參酌借鏡之藍圖，並進一步整理國外關聯之案例，作為後續發展之參考。

根據本計畫的現況分析，案例研究，本研究將提出大高雄水環境發展提供初步策略建議為研究成果：

### (一) 都市計劃的行動策略

本計劃將以圖層分析的資料為基礎，釐清高雄都未來面對氣候變遷時，空間發展可能的策略與建議，以及未來城市的基礎建設計畫以及空間規劃，提供不同的行動策略。

### (二) 治理模式與制度發展策略研擬

就本計劃針對之議題與地區，仿效荷蘭熱點(hot spots)的觀念，整合科學議題，學術專業，與都市規劃，針對每一個熱點未來必須進行之社會的或科學的研究計畫提出建議。並藉由相關機構及資源之釐清，提供未來跨部門合作之基礎，並依據問題的急迫程度、以及不同機構間合作之意願及可能性，擬定跨部門機構可能之合作模式，並就可能的資源整合方式規劃跨部門之合作藍圖。

## 第二章 高雄都水岸發展歷史及現況分析

高雄，從十六世紀開始以「打鼓山」之名見諸史籍，1864 年因國際條約而開港，20 世紀初因為日本侵略南洋的戰略需求而被積極的建設，至今已有四百多年的歷史，戰後更由於台灣政府的加工出口政策，快速帶動高雄的發展，曾經是世界第三的貨櫃轉運港，擁有一百五十萬左右的人口，2010 年合併原高雄縣人口之高雄都，成為一個擁有兩百七十萬人口左右的都會區。高雄獨特的自然地景促使了日本人的築港計畫，與國民政府時期的加工出口區計畫，是兩個決定高雄命運最重要的轉變點，帶動了高雄在戰後快速的經濟與城市發展。1990 年代中國的改革開放政策開始了亞洲地區另一波的國際分工，台灣產業的外移造成高雄航運成長量的衰減，廢棄的港區與臨水岸的廠區被大量釋出。另一方面，氣候變遷也讓水岸安全成為必需重新考量的課題，水岸更新是否得以成為高雄城市轉型的關鍵，值此縣市合併之際成為被廣為關注的話題。

原高雄市總面積 153.5927 平方公里。市區大多為沖積平原地形，地勢較高處只有位於西子灣北側，西側緊臨海岸，標高 355 公尺的柴山（高雄山／壽山）；位於左營東側，蓮池潭東北側，標高 233 公尺的半屏山；以及位於本市與高雄縣東南邊交界處，大坪頂一帶的鳳山丘陵（鳳山水庫建於其上），其中柴山與半屏山皆因珊瑚礁隆起而形成。位於市區西南側，隔着高雄港狹長水道與前鎮相對的旗津，原本是一座沙洲半島，後來南端因興建第二港口，而以水道與紅毛港分割。此外，高雄港大致是基於該區域過去原始的潟湖地形整建而來。原高雄縣土地總面積 2,792.6642 平方公里，平地區域面積 62,743 公頃，占全縣總面積的 22.47%；山坡地區域面積 61,175 公頃，占高雄縣總面積 21.91%，高山林區面積 155,348 公頃，占全縣總面積 55.62%。整個來說是山多平原少的地理環境，平原主要集中於岡山、鳳山地區，與一部份的旗山、美濃。

合併後的高雄幅員呈東北--西南狹長走勢，北以二仁溪、南以高屏溪、荖濃溪為界。依地形地勢，約可分為高雄平原、內門丘陵、屏東平原、阿里山山脈、玉山山脈等五大區域。以高雄平原為主要聚落與工商生產。地勢落差大，自東北端的玉山、關山、三義山，向西南陡降，高差近 4000 公尺。其中以桃源鄉、三民鄉、茂林鄉三個原住民山地鄉地勢最陡，除河谷沖積平原外，坡度皆在 55% 以上。受地質成因與地殼運動的影響，造成地形斷裂破碎，包括如燕巢、田寮的青灰泥岩、泥火山、旗山等大斷層、六龜礫岩層、西南沿海的潟湖等。

旗山與美濃（旗美地區）以及鹽埕、前金與愛河沿岸是目前高雄都考量水患治理的重要區域，近年來由於氣候變遷的加劇，極端降雨成為這些地區未來地區發展時所必須嚴肅對待的課題，而近年來洲仔溼地在高雄成功的經驗，也提供了另一個不同於傳統以築堤疏濬為主要思維的方式以因應極端降雨的問題。但是，從“與水對抗”到“與水共存”，對實際的規劃行動是一大挑戰，它主要包含了兩個非常棘手的問題：其一，不同

學門間的整合，了解水文系統的特性是與水共存的基礎，在這樣的基礎之上進行基礎設施與都市計劃才有意義，亦即，在這樣的過程中至少必須整合水利、土木、都市計劃與景觀設計的知識；其二，該如何探究自然環境與人為設施間複雜的互動影響網絡？這兩個問題共同指向了另一個核心的問題：如何建立一套可操作的理論分析架構，一方面整合不同學門間的知識；另一方面也可做為不同學門間彼此溝通合作之平台。在這樣的脈絡之下，本計劃嘗試以荷蘭圖層分析的架構，將高屏溪三角洲城鎮發展與自然水系的關係重新整合至三個不同的圖層：地質層(Substratum)、基礎設施網絡層(Infrastructure Networks)和聚落層(Occupation)，從整體區域及水文發展的關係為基礎，檢視美濃地區與愛河沿岸與整個河口三角洲水系之關聯。以下將簡介圖層分析的理論架構，並以此架構重新檢視高屏三角洲一百年來港口與自然三角洲的變動過程。

## 一、圖層分析(Multi-layer Overlay Analysis)的理論架構

層(Layer)是一個在很多學科都被普遍運用概念，主要代表著地圖或圖表的分類，因此，面對不同的主題它也常常指涉不同的概念，諸如：群(group)、範疇(category)、分佈(distribution)或是分類(classification)。換言之，它代表著一個可以協助將複雜的現實現象分類並將之圖面化的工具，類似這樣的概念可以追溯到十九世紀德國地理學者 Ferdinand von Richthofen (1833-1905) 的研究，他依其動態的關聯性區分、設定三個主要的領域(domain)：土地表層(land surface)的無生物環境(abiotic milieu)、動植物群相(flora and fauna) 和人類社會(human society) 以描述一個給定的地區中諸多不同的現象特徵，並引介了地方志與地圖學兩個不同層次的分析方法，地圖學是要表現出這些不同的現象，地方志則可以進一步解釋這些諸多不同現象中彼此的互動關聯性(VU GeoMet 1996)。同一時期法國學者 Jean Brunhes(1869-1930) 在研究人造地景時也運用類似的分層觀念，將人造地景區分成三個主要的群組(group)：非農業結構物(nonagricultural human constructions, e.g. houses, roads, and villages), 農業模式(agricultural patterns including plants and animals)和 資源開發或非農業的土地使用(resource exploitation or nonagricultural land use, e.g. mining, timbering, hunting, etc.)，用自然地理學的基礎架構出他的分析結構(VU GeoMet 1996)。

“層”的概念真正以“層”的方式出現是在十九世紀末，美國地景建築師 Olmsted, Lynn Miller and Charles Eliot 開始用日光疊圖的技巧，以手繪的方式製作不同的圖層，並有系統的將這種技術運用在設計與規劃之上。之後，疊圖的技術便逐漸的成為一種普遍的分析工具，例如：1912 年德國杜塞朵夫(Dusseldorf) 的城市計畫、1929 年紐約的區域計劃以及 1943 年的倫敦郊區計畫。但關於疊圖技術的理論及知識論的建構仍然十分缺乏(Ian L. McHarg and Frederick R. Steiner 1998)。

1950 年 Jacqueline Tyrwhitt 的研究開始了圖層疊合技術在學術上的正式討論，他

將地形、水文、岩石種類和土壤排水四種地圖用相同尺度以透明紙描繪，並找出可供控制的特徵，最後整合四種地圖在一章土地特徵的地圖之上替前述的四種地圖提供一種整合性的詮釋(Ian L. McHarg and Frederick R. Steiner 1998)。McHarg 也重新釐清疊合分析的技術企圖建立其理論的基礎，他主要聚焦在一個給定的區域之內的自然與人為的特徵，將之分別圖像化在透明的圖層，最後疊合並重新依據需求建構合適的地圖，以費城 (Philadelphia) 都會區的研究為例，McHarg 以山脈、山麓和海岸三個主要的元素來描述他們與水文系統的關連性，他選了八個主要的現象，包括：地表水(surface water)、沼澤濕地(marshes)、洪泛平原(flood plains)、含水層(aquifers)、補注區(aquifer recharge areas)、農業區(prime agricultural land)、險坡(stEEP lands)、森林(FORESTS)和林地(woodlands) 作為檢視的項目，用這一系列透視的地圖互相疊和，重新創造出整合性的地圖已展現合適的土地使用(Ian L. McHarg 1969)。

這種系統化的圖層理論在二十世紀末被荷蘭學界所採用，初期是以“三個圖層(Triplex model)“的方式呈現，包含：礦物層(a-biotic)、生物層(biotic)和人造的物件(anthropogenic factors)，並發展成一種特殊的三層圖層的”架構模型(Framework Model)。這種整合性的架構把自然與人為的結構物視為一個完整的系統互相影響。這樣的架構在 1995、97 的大水之後，更進一步發展為圖層分析理論(Layer Approach, lagenbenadering in Dutch)，從國土的層級提供整合性的分析與論述以為後續空間發展的建議(Meyer & Nijhuis 2011)。

1998 年 De Hoog, Sijmons 和 Verschuren 在一次研究計畫:都會論壇(Het Metropolitane Debate)中針對大約五十個空間計畫及構想建構出整體的策略及分析架構以因應荷蘭未來的發展(De Hoog, Sijmons and Versehuren, 1998)，他們建議使用一個根植在三個主要圖層：基礎層(Substratum)、網絡層(Networks)、聚落層(Occupation)的圖層分析模式，其中土壤層包括了土壤及水系，基礎網絡包含了物理的基礎設施的網絡，聚落層則包含了都市化區域及綠地。由於這個分析架構提供了一個新的、整合性的概念，以思索城市如何面對未來氣候變遷的挑戰。之後，這三個圖層的分析模式成為荷蘭各級政府及學院內討論都市規劃的主要原則之一。

表 2-1 三個圖層的分析架構及內容(De Hoog, Sijmons and Versehuren, 1998)

		Design and planning	Approach
Layer 3	Occupation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accommodating spatial claims and shrinkage in relation to values and attractive</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 'Ecology' approach ( An ecology defined as a locally characteristic 'life-style- environment' )</li> <li>- Mold-Contramold approach (city vs. landscape )</li> </ul>
Layer 2	Networks	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Strengthening the position of the Netherlands in international networks</li> <li>- Control and steer the growth of mobility</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Complexes approach ( developing nodes for exchange of information and knowledge )</li> <li>- Corridor approach ( developing main ports and hinterland connection )</li> </ul>
Layer 1	Substratum	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dealing with the physical effects of climate change</li> <li>- Modernizing the water management system</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nature engineering</li> <li>- Civil engineering</li> </ul>
	Coherence	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Creating synergy between intervention</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- conditioning spatial planning</li> <li>- facilitating spatial planning</li> </ul>

這樣的分析概念特別對南荷蘭省的萊茵河三角洲有重要的意義，長期以來這個地區就一直是荷蘭的命脈，高度發展的都市化地區結合農業、工業的發展，並且必須同時考量水患、水資源及環境等重要的議題，尤其是近二十年來氣候變遷的影響加劇，荷蘭傳統“與水對抗(fighting against the water)”的觀念開始轉變為“與水共存(working together with water)”，這種典範(paradigm)的轉移，已經超出了傳統水利、土木工程的範疇，也同時意涵了一個更宏觀的理論架構必須被建立，三個圖層的分析模式適時的提供了概念操作的基礎。

雖然圖層分析提供了理論可行的方向，但在實際的分析操作上仍有補充的空間，尤其是在分析各層之內與之間的互動模式，由於各層之間不同的變動速率(例如土壤層的變動可能超過 100 年，而聚落層可能小於 30 年)，也增加了分析上的複雜度。從這樣的角度出發，另一種 3\*3 的圖層分析結構也逐漸成形 (Meyer & Nijhuis 2011)，這種 3\*3 的分析架構在原有的三層架構之上增加了時間與尺度的向度，換言之，透過不同時間斷面、不同尺度的地圖分析，可以進一步將抽象的互動模式轉而為具體的地圖訊息，而得以進一步為實際規劃所運用。

## 二、河口三角洲尺度的高屏平原圖層分析

從高雄建港以來，港口的發展牽動著整體區域的分工，影響著整個高屏河口三角洲聚落及基礎建設的發展，這種人為的快速發展也深深的影響了自然水系的運作方式。以下，本計劃以三個圖層的分析架構，從自然地景 (Natural Landscape)、基礎網絡設施 (Network Infrastructure) 及聚落發展 (Occupation) 三個圖層相互變動影響，檢視高屏溪自高雄建港以來一百多年高屏河口三角洲的整體變動過程。

## (一) 自然地景層

和大多數台灣的河流一樣，高屏溪在夏季豐水期與冬季枯水期的流量差異極大，每年颱風暴雨所挾帶的大量淤砂堆積在河口，受強烈的由南而北的潮汐作用而重新沿著海岸散佈、沉積而形成高屏平原及打狗灣，整個河口三角洲的型態屬於潮汐三角洲 (Tide-Dominated Delta)，高屏溪出海口附近基本上都是地勢低窪的洪水平原，由於潮汐作用所挾帶的大量沉積物會均勻沿海岸散佈，如果阻塞河道，就會造成河流改道，一般而言河川含砂量大的潮汐三角洲，由於自然的河道不斷的變動，會在出海口附近形成樹枝狀的河道分布。也因此，雖然三角洲提供了平坦的土地與肥沃的土壤，但不斷變動的河道也提升了洪患的風險，從早期的乾隆輿圖可以看到高屏三角洲原始的型態 (如圖 2-1)。



圖 2-1 乾隆輿圖之高屏三角洲原始的型態

資料來源：乾隆輿圖，三百多年前的打狗灣，大量的沉積物被由南而北的潮汐作用，均勻往北面散佈海岸線，形成打狗灣及高雄平原眾多的支流。

### 1. 潮汐三角洲的自然演變

和世界其他河川相比較，高屏溪是一條獨特的河川，流域短小卻夾帶大量的淤沙 (如表 2-2)，其每年的輸砂量是萊茵河的九十倍，平均含砂量更幾乎是萊茵河的七百倍，從清朝的輿圖中可以發現，大約三百多年前已有打狗灣，大量的淤砂堆積成帶狀沙丘(旗津半島)，屏障著高雄平原不受海潮侵襲，但即便如此，平原內遍佈的河道及聚落分佈的方式，也顯示這個區域地勢低窪，依舊有水患的威脅。

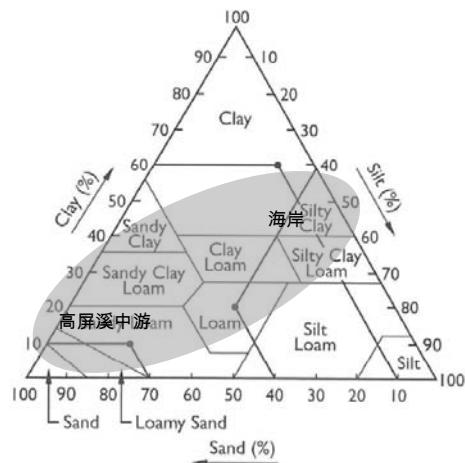
表 2-2 高屏溪與世界其他河川比較表 Mississippi (Americas), Rhine (Europe) and Kao-Ping River.

	密 西 西 比 河 Mississippi	萊茵河 Rhine	高屏溪 Kao-Ping
長度 Length	6,275 km	1,320 km	171 km
平均深 Depth-average	New Orleans: 60 m	Arnhem: 8 m	--
平均流量 Discharge-average	16,000 m <sup>3</sup> /s	2000(summer)m <sup>3</sup> /s	250 m <sup>3</sup> /s
流量峰值 Discharge-extreme	48,000 m <sup>3</sup> /s	12,000m <sup>3</sup> /s	29,100 m <sup>3</sup> /s
含砂量 Sediment transport	170 million ton/yr	0.4 million ton/yr	35.6 million ton/yr
平 均 含 砂 量 Sediment-average	0.337 kg/m <sup>3</sup>	0.0063 kg/m <sup>3</sup>	4.5 kg/m <sup>3</sup>

註：Sources: Thorne et al., 2001; Walker, 1994; Rijkswaterstaat, 2005; 高屏溪流域管理委員會 The committee of Kao-Ping River Basin, 2008 , -- 表示資料缺乏

## 2. 土壤結構

高屏三角洲土壤的沉積方式深受河川流速的轉變影響(如圖2-2) , 由於河床劇烈的高度差(如圖2-3) , 當挾帶著大量淤沙土石的河川流經山區而進入平原之後 , 由於流速陡降 , 大顆粒的岩石土塊會率先沉積 , 之後是礫石、砂石、最後是淤泥 , 以此順序形成了高屏平原主要的土壤結構 , 對照高屏平原的高程圖及地質剖面圖 , 可以明顯發現河流流出山區之後 , 沉積物開始成半圓形堆積 , 越接近出海口的附近其沉積物的顆粒就越小。根據史籍的記載 , 在高屏溪中游附近的聚落 , 由於主要的土壤層是大顆粒的礫石或砂石 , 因此土壤貧瘠 (長治鄉誌,1990)。



Three soil textures are shown on this standard USDA textural triangle: a sandy loam, loam, and clay. Also shown are the textural class names and range of allowable sand, silt, and clay values for each.

#### SOIL TRIANGLE

Source: USDA, NRCS 1993.

圖 2-2 高屏三角洲之土壤分布結構

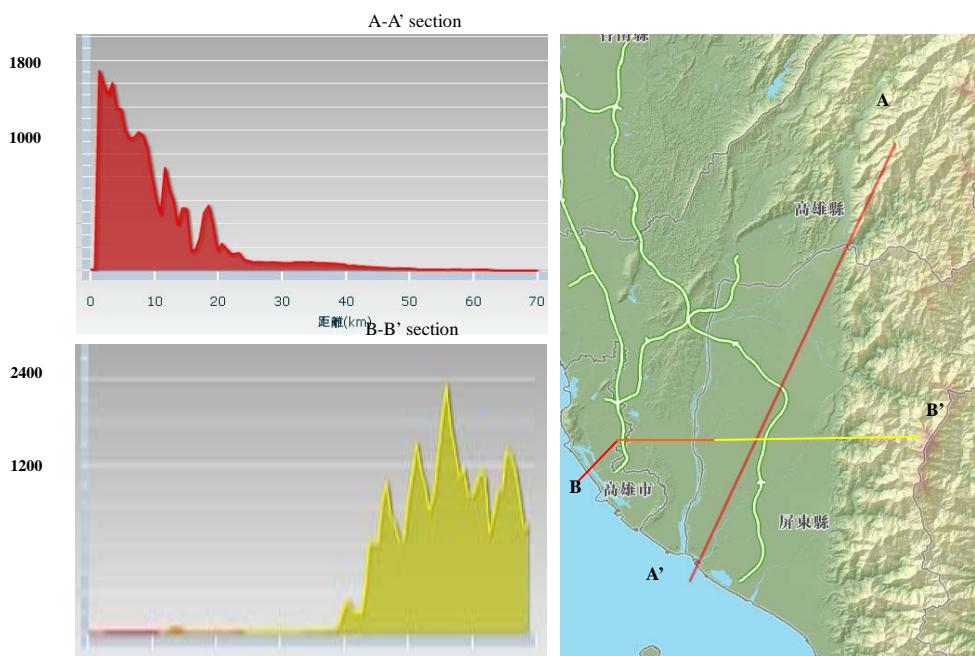


圖 2-3 高屏平原之剖面圖

Source: 水利署, 2010

### 3. 水文系統

河川夾帶的大量土石也常造成河道本身的淤積，淤積的河道會迫使水流改道另覓河道，由於整個三角洲的高程是東北高西南低，使得新舊河道由北向南並列，形成樹枝狀的支流(圖 2-6)。基本上，由於鳳山丘陵阻隔了高雄與屏東，一直要到曹公圳的興建之後，高雄才納入整個高屏溪的地表水文系統。

特殊的土壤沉積方式也造就了高屏三角洲特殊的地下水層，由於沉積在河川中游的礫石與大顆粒的砂石，使得流經此區域的河水極易滲透至地表之下，也因此在沉積平原與山區交界地帶形成了良好的地下水層的補注區，滲透至地表下的河水在土壤的孔隙中流動，形成豐沛的地下水層。從土壤的斷面圖可以發現(圖 2-5)，整個區域的地下水層水位相當高，甚至在有些地區，由於阻水層或岩層的阻擋導致水壓升高，還會形成湧泉，歷史上，湧泉提供了高屏平原區重要的水資源來源，甚至日本人在高雄港建港評估報告中，也一度考慮以湧泉供應港區內五至十萬人的計劃人口所需，雖然後來因水質過硬而作罷，但也顯見了此區域充沛的地下水層。

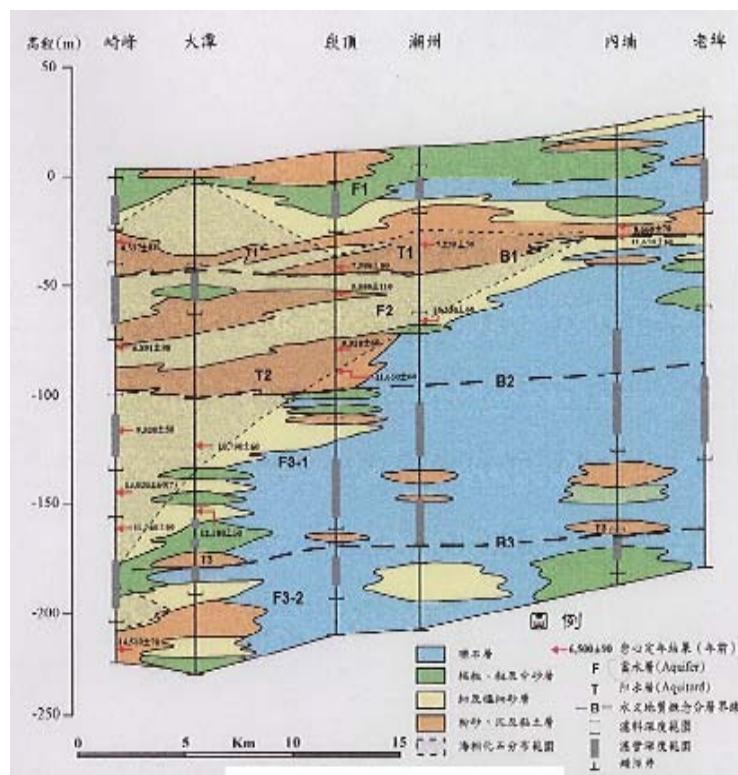


圖 2-4 高屏平原之地質剖面圖 (水利署，水利統計年報)

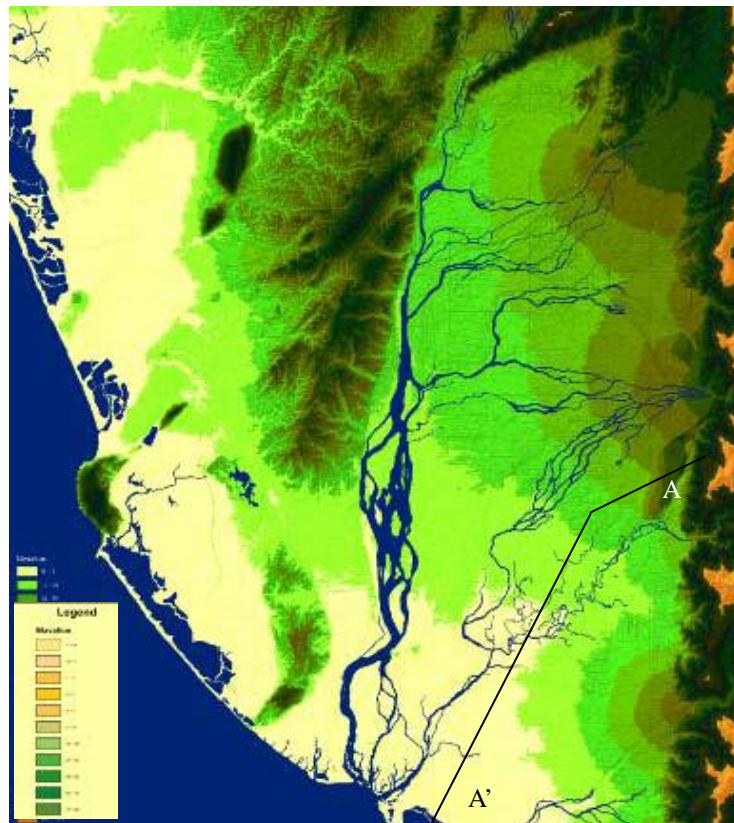


圖 2-5 一百年前的高屏三角洲地形及水文系統圖 Elevation of Kao-Ping Delta 100 years ago

Original data: 中央研究院 Districts map of Taiwan, preserved by Academia Sinica

## (二) 基礎設施層

特殊的水文系統，使得水利系統是高屏三角洲聚落發展首要考量的設施，由於鳳山丘陵阻隔高雄與屏東成兩個不同的地表水文系統，也因此分別需要不同的水利設施，1902 年完成的昌基堤防(圖 2-6)、以及 1839 開始興建的曹公圳系統(圖 2-7)，分別解決了供水與水患的問題，加速了這兩個區域農業的發展。從日本殖民把高雄視為日本侵略東南亞最重要的後勤基地開始，高雄港的興建牽動了整個高屏三角洲的區域分工，交通系統成為重要的基礎設施以便將農產品集中至高雄港，1908 年完成的西部鐵路縱貫線連接了高雄與屏東，形塑了高雄作為一個主要的輸出港與屏東做為一個主要的農產品集散中心的地區角色。

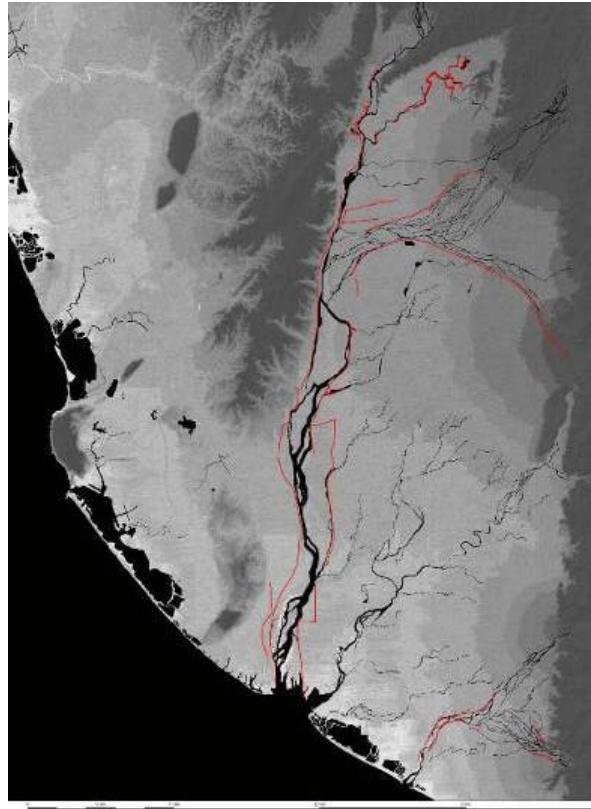


圖 2-6 1938 年高屏溪之堤防系統

原始資料：中央研究院台灣堡圖檢索系統

高雄在日本的全力開發經營之下，奠定了高雄日後成為日後國際港的基礎，日本選定高雄做為台灣南部大港，主要的考量因素有三：(1) 安平港淤積嚴重，需另尋港口以減低南部豐富農業物資運輸出口的成本，(2) 建立「南進」政策的跳板，(3) 區隔府城舊勢力，重建南部中心。因為這樣的考量，日本分別在 1899 及 1905 進行了兩次的高雄港勢調查，從資源分佈、交通和台灣各個港口--基隆、淡水、澎湖、鹿港、安平、高雄、東港等--的分析比較，(高雄市志，卷九交通志)，確定了高雄築港的政策，開始了 1908 年、1912 年及 1937 年三次的築港計畫。第三次築港計畫雖因中國戰事的膠著，以及 1941 年日本發動了太平洋戰爭而中斷，兩次的築港計畫完成已讓高雄飛快發展，尤其是第一次築港計畫時，利用浚港時的廢土，在今鹽埕埔、苓仔寮所填出的大量海埔地，成為可供發展的土地，並且，為因應市區空間的發展，日本也分別於 1908 年進行了「打狗市區改正計畫」，以及 1912 年、1921 年及 1936 年進行三次都市擴大計畫，哈瑪星與鹽埕區逐漸成為新市街中心，也確定了今日高雄市棋盤式道路發展的格局。原清末鳳山城與左營舊城因其建城之邏輯迥異日本的海洋發展思維，不在都市計畫範圍之內，卻因其軍事地位之重要性，仍將原岡山郡左營、楠梓兩庄併入高雄市，設立左營警備府，興建潛艇基地，並劃

為禁區（王魯，1984）。

二戰後，由於快速的工業化及都市化，以及加工出口區的計畫，高雄成為台灣重工業發展的中心，1978 年完成的高速公路，使的高雄城市的發展開始往北，沿著公路擴張，工業地景成為高雄最重要的意像。

早期台灣是重要的農產輸出國，蔗糖是其中一項重要的農產，依照 1910 的統計資料，當時全台灣的蔗糖生產佔了全世界產糖量的 1.5%，這也是為什麼日本將台灣視作重要的後勤補給基地的原因，因此位於嘉南與高屏兩大平原中心的高雄，成為最佳的港口設置地點。在日本殖民台灣之前，整個高屏平原除了左營與鳳山之外，多是人口 5 千人左右的小聚落，隨著高雄港的闢建，勞動力的需求使得高雄與屏東在短短的二十年間，便迅速發展為四萬及八萬人口的城市，港口的發展成為帶動整體三角洲區域分工的關鍵。

隨著港口發展所帶動的區域分工，也擠壓農業逐漸往東發展，原本的曹公圳逐漸喪失其關鍵性的角色，1933 年的大寮圳及 1949 年林園圳，顯現了此一農業發展的空間趨勢。而相反的，屏東平原不僅延續了殖民前的農業發展，並加入國家的機制推動農業發展，甘蔗、木瓜、香蕉及菸草等較耐旱且須排水良好的作物，也克服了河川中游土壤貧瘠的限制，使的整個農業區大幅度的擴張，因此如何徹底的解決長久以來屏東平原的水患問題成為最大的考驗，原有的昌基堤防已不敷所需，1920 年連兩次嚴重的大水，使的日本政府不得不正視這個問題，新的堤防系統於 1938 年興建完成，整個系統沿著原有的堤防一方面往南延伸至出海口，另一方面也延著高屏溪上溯至美濃旗山，以確保整個高屏三角洲不受水患侵襲。自此，河水被強迫往西北西流動經鹽埔、里港匯流至高屏溪主流，原本的河床成為大規模的農場或蔗田。

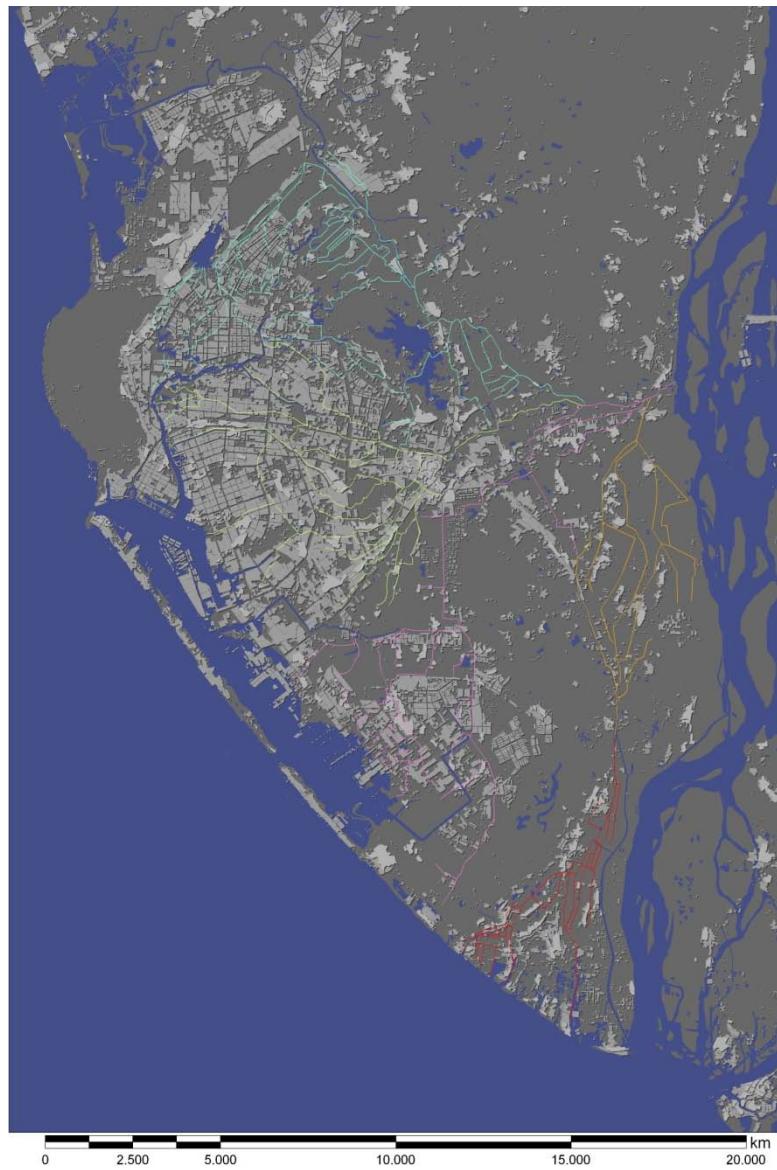


圖 2-7 曹公圳水文系統與城市發展關係圖

(資料來源：曹公圳位置-文建會曹公圳文化網

<http://cgcanal.cca.gov.tw/chinese/html/main.aspx>，本研究重繪)

### (三) 聚落的發展層

#### 1. 以屯墾與防禦為基礎的發展 ( 1895 年前 )

早期高雄港口條件並不優越，港小水淺、潮流強勁，無法容納大型海船及快船，僅供少數戎克船或漁船躲避風濤之用 ( 張守貞, 2000 )。這讓早期高雄之發展以漁業為主，荷蘭人主要還是將打狗港視作是府城的外港，對台主要的貿易與建設還是以熱蘭遮城為主，僅在打狗哨船頭附近設警戒所執行臨檢漁船的工作。1661 年明朝鄭成功攻佔熱蘭遮城後，迫使荷蘭人出降並退出台灣，打狗港由於鄰近府城，為防範荷蘭人繞道攻擊，因此在軍事上扮演重要的角色，明鄭時期的屯兵政策，打狗港僅被視作是一個天然屏障。從明鄭到清初，屯墾與防禦一直是主政者對海岸與平原最重要的考量。1719 年的康熙鳳山縣輿圖充分顯示了此一狀況，打鼓港設置了岐后汛 ( 汛-清朝軍隊的防禦單位 ) 和打鼓汛外，尚未出現街庄。早期的屯墾集中在高雄平原，鳳山是墾殖較早的地區，使得本區成為漢人較早屯墾、沿海養殖、鹽業、粗製糖的區域，鳳梨則栽培於山坡地。其中，蔗糖業是清末以來本區主要的產業，直至日治初期，舊糖廠大部份仍集中在鳳山、橋頭仔、阿公店 ( 岡山 ) 一帶。而旗山地區與屏東平原的開墾，則與客籍的移墾關係密切，先是汀州的客家人入墾內門丘陵的內門、旗山一帶；接著廣東潮州與惠州的汕頭語群、客家語群都大量湧進臺灣，開墾美濃，或越過高屏溪開發屏東一帶。雍正以後清朝才正式在打狗港附近的鳳山縣築城，從 1756 年的乾隆台灣輿圖發現，鳳山城以蛇山與龜山為屏障而築，城內府衙與廟宇具備，已稍具城鎮規模，此時高雄港周遭除砲台外仍未發展 ( 圖 2-1 )。清代台灣與大陸的貿易往來港口，有俗稱的「一府 ( 台南府 ) 、二鹿 ( 鹿港 ) 、三艋舺 ( 台北萬華 ) 」，在防禦的考量下，打狗的商務貿易並不熱絡，僅在旗后與苓仔寮有零星的漁業活動，因此並沒有機會發展為台灣典型的港口城鎮，也使得高雄的城市空間與台灣其他城市有了不同的發展脈絡。

從打狗港的開港至日本統治台灣之前，港口周邊地區的旗後街、苓仔寮和三塊厝逐漸發展成市街，洋行、領事館則主要集中於哨船頭，洋船停泊在旗後，完稅在哨船頭海關，開港後的打狗開始了國際貿易的歷史，也因為貿易活動逐漸造就了中產階級 ( 買辦 ) 的產生，讓旗後街、苓仔寮和三塊厝這三個區域開始發展，有了早期城鎮的規模。早期高屏三角洲的聚落發展是伴隨著軍事駐防點 “ 汛 ” 而發展，由於地下水源豐沛，因此聚落不需傍河而居就可以取得飲用水，除了軍事要點左營及鳳山城之外，基本上，聚落均勻散佈在三角洲之上。

#### 2. 殖民政府的出口機具 (1895-1945)

日本殖民台灣之後，原本的政治及軍事中心左營及鳳山逐漸喪失其功能，取

而代之的是高雄及屏東，日本人以港口輸出的功能性為主要的考量設計港區周邊城市及屏東，格子狀的街廓系統成為城市的主要設計邏輯，聚落的空間發展模式也以交通系統為主要之發展軸線。

三次的築港計畫、一次的街區改正計畫以及三次的都市擴大計畫，決定了現代高雄的城市風貌，並將日本當初的殖民邏輯深深的刻化在高雄的空間脈絡之中，日本人曾說：「由高雄火車站前所築之道路可通往南洋群島」（高雄市文獻委員會，1984），更展現了日本人對經營大東亞的野心，整個高雄宛如一座「現代化的機器」而不是「現代化的城市」：運輸通關業分佈於新濱町、堀江町、山下町及壽町等靠近港口、鐵路運輸之地；冷藏業分佈於旗後町、新濱町、湊町、入船町及鹽埕町；米、糖、肥料業則分佈在交通便捷的新濱町、湊町等地，入船町也進駐大型鋼鐵業及造船業，並在周遭散佈其他小型工廠；水泥業則設於田町（陳文尚，2002），最後透過高雄港，源源不絕的將高屏平原的蔗糖、香蕉、鳳梨直接或加工後運輸出去（圖 2-8）。這也造成了高雄都市空間裡住宅區與工業區的高度混雜（台大土木所都計室，1986），都市空間與人/生活的分離，庶民生活文化的缺乏，「缺乏主體性的現代性（夏鑄九，2000）」成為歷史高雄的城市基調。

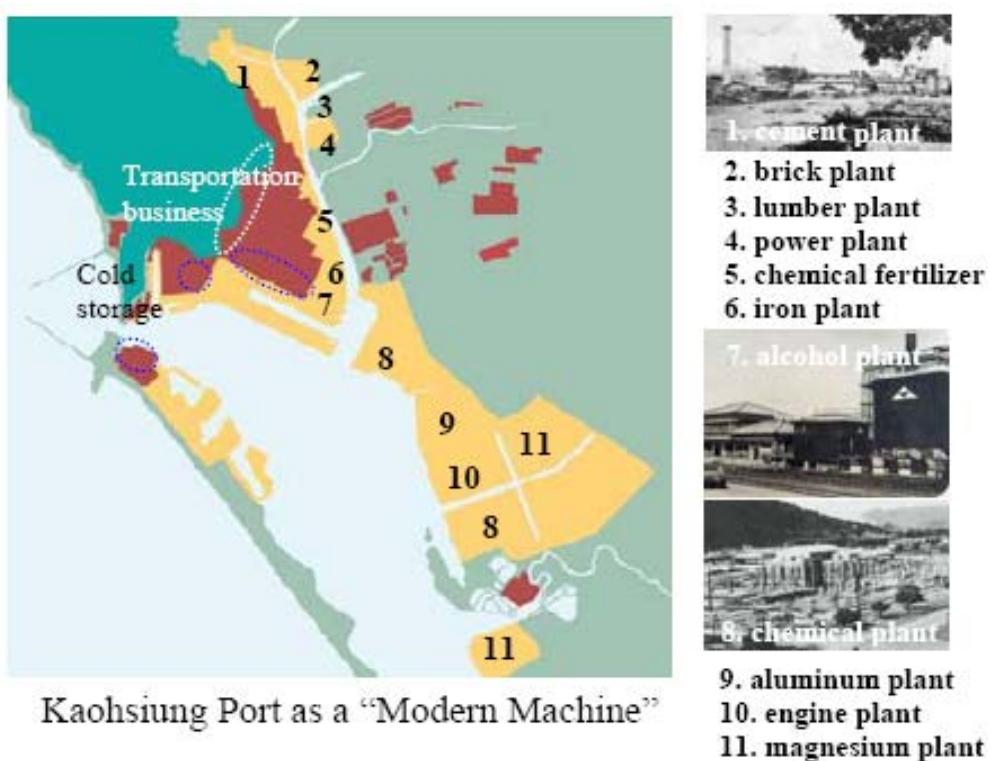
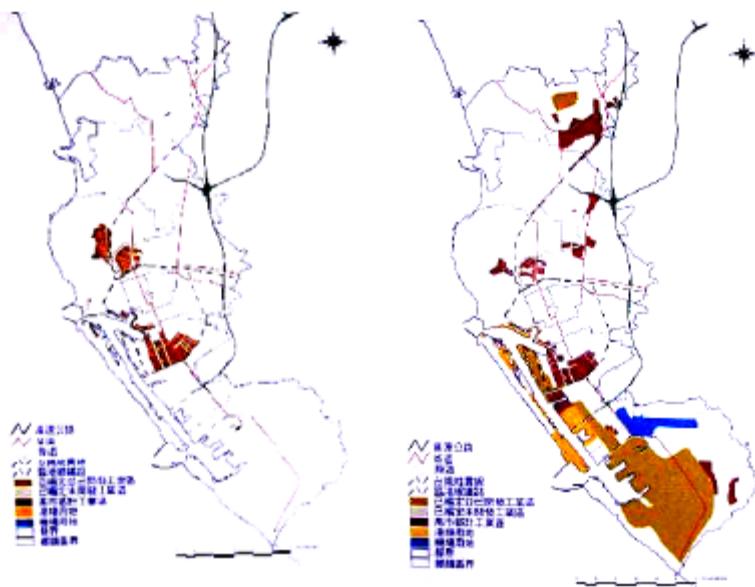


圖 2-8 日本人把高雄打造成現代化的機具

### 3.24 小時運作的工廠（1960 年代之後）

基本上，國民政府對高雄港、市空間的發展計畫，相當程度上與日本有著相同的邏輯，除了日治時期分散在鼓山、戲獅甲、前鎮一帶的大型工廠，例如：「淺野水泥」、「日本製鋁會社高雄廠」、「台灣鐵公所」、「南日本化學工業」，以及鹽埕埔的輕工業，在戰後繼續延續之外，，1953 年政府開始實施四年經濟建設計畫，將高雄列為工業經濟發展之重心，一方面建設高雄港，一方面運用國際貿易交流推動高雄市的工業化。1958 年高雄港實施 12 年擴建計畫，沿用日本人浚港、填地的方式，填築出大量土地以發展新商港區，並開闢成台灣最大之臨海工業區，1963 年再增設前鎮加工出口區，之後為擴大加工出口區的經濟效益，於楠梓後勁地區加闢楠梓加工出口區，1970 年代更由南至北設立了永安、仁武、大社、大發、小港臨海與林園工業區，隨著高雄港擴建，工業區、加工出口區的開闢，重化、重工業（中鋼、中船、中油）的相繼開發(圖 2-9)，吸引大量勞工移民移入，讓高雄市人口從終戰時（1943）的 20 萬人，到 1976 年已達 100 萬人，在短短的 30 年間增加了 5 倍。

國民政府不但從日本人手上接收了高雄這個「單一功能的高效率機器」，並且更進一步加強、擴大它的功能，在這樣的空間發展邏輯之下，城市與人的關係就越來越疏離。工廠沿著水岸興建，水岸空間變成只是生產的一環，而不是為了居住與生活。



The locations of industrial parks and port in 1955 and 1995   Source from: 《高雄市港埠發展史》

圖 2-9 高雄之工業區發展歷程 (吳連賞, 2005)

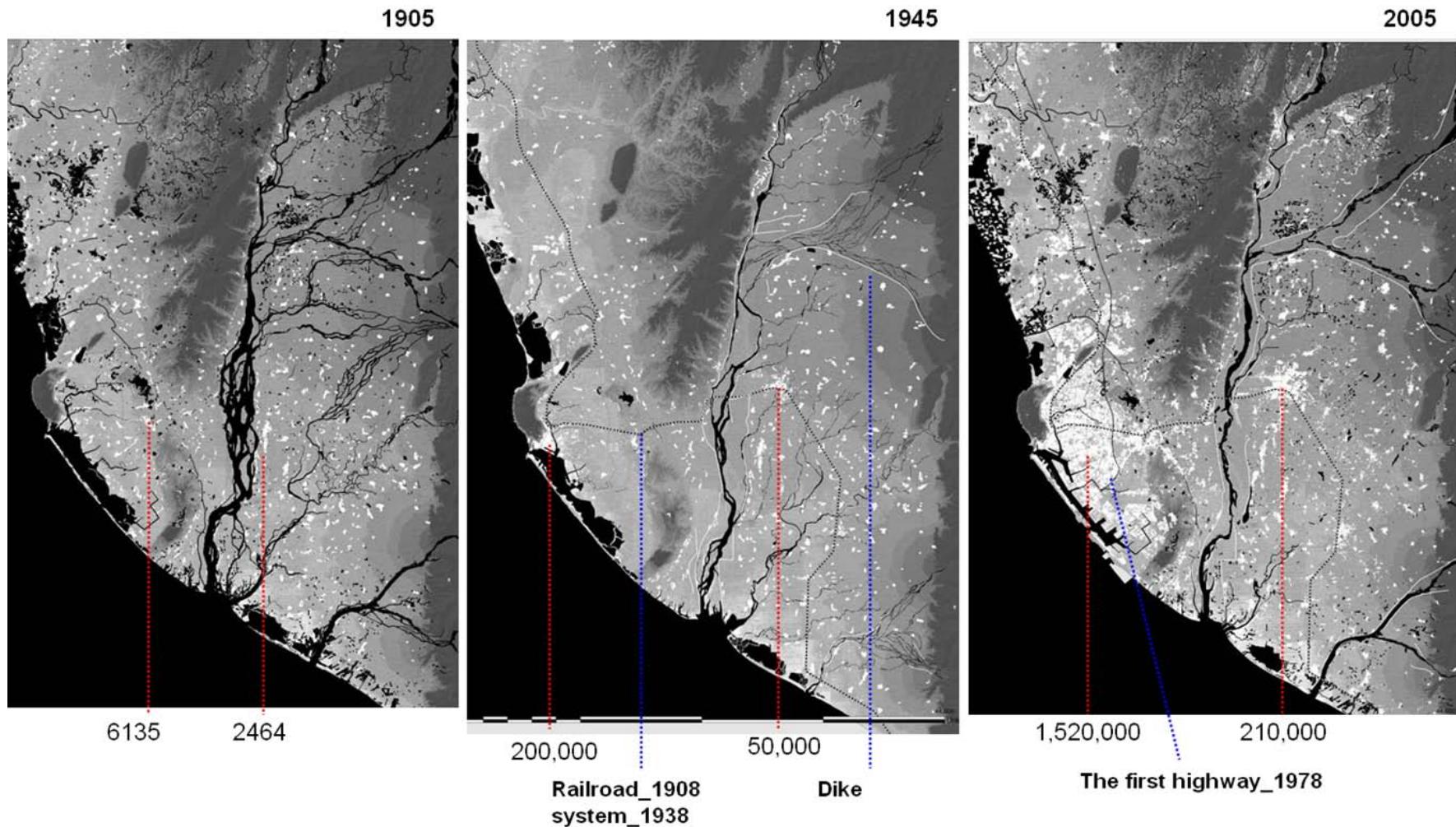


圖 2-10 全球化對河口三角洲自然水系之擾動

圖為高屏溪及高屏平原一百年來水文系統因人為設施之擾動而產生之巨大變化，白色區塊為聚落，下方數字為重要聚落之人口數，白色線段為堤防（資料來源：中央研究院 2010，台灣堡圖（聚落、水系、交通）、水利署網站（堤防））

#### (四) 小結 - 關於三角洲圖層疊合的綜合分析

從自然圖層的分析來看，流經高山、挾帶大量土石的高屏溪，在進入平原之後由於流速驟減，所挾帶的大量土石開始依小塊岩石、礫石、砂石、黏土依序堆積，這樣的堆積方式使得三角洲的扇頂區成為地下水絕佳的補助區，也使的整個高屏平原都屬於地下水豐沛的地區，其豐沛的程度甚至會在扇頂區的大雨之後，在下游或在某些地下水壓較高的山麓地區成為自流井而流出。這些被地下土層過濾後的水源，雖然對缺水情況嚴重的高雄地區，是很有價值的資源，但每當大雨過後，下游地區從自流井湧出的地下水似乎也加重了大雨時排水系統的負擔，能否建立一套有效的機制運用地下水是依大挑戰。

由於高屏溪的高含砂量以及台灣西岸強烈的潮汐作用，高屏溪三角洲在自然沉積的過程中，會形成樹枝狀的水系以及廣闊的泛洪平原，以滿足河道因淤積而不斷變動之特性。從日本殖民台灣之後的高雄築港計劃開始，高屏三角洲被建造為日本東南亞戰場重要的後勤基地，屏東平原專司農業生產，最後經由高雄輸出。在區域分工的過程中，用水及水患的問題成為首要必須解決的問題，高屏平原主要的取水設施及堤防系統也在這個時期完成雛型，高屏堰取代曹公圳成為高雄平原主要的供水系統；原有屏東平原的昌基堤防也擴大延伸至整個高屏溪中下游河段。水文系統的管線化及運河化(canalization)將原有的渠道或河道開闢成城市用地或農業用地，"水"逐漸成為被忽視的地景元素，交通系統成為主導地區發展的主要因素，格子狀、臨路發展聚落型態成為主要的空間規劃原則，也直接影響了後續水文管線的安排。

二戰後快速的都市化與工業化，整個區域的用水大幅增加，由於高屏溪枯旱季的供水並不十分穩定，使的原本豐沛、可穩定供水的地下水層成為主要的標的，以早期鳳山為例，區內約一萬四千名人口的飲用水，就是透過三口深井提供。但由於原本中游作為主要地下水層補注區的河川地，被大規模的築堤圍墾成農田，導致地下水的補注量遠不及使用量，也因此造成了這個區域嚴重的地層下陷。比對高屏溪水域一百年來的發展，河川的運河化 (canalization) 的結果，把原本的行水區開闢成河埔新生地，光是在日本統治的短短三、四十年間，就在高屏溪流域開闢了超過 160 平方公里 (約高雄市的面積)，大大限縮了水體的自然發展。二戰後快速的都市化及工業化更進一步加深這個趨勢的發展。從 90 年代開始，氣候變遷所導致的海平面上升、暴風雨的增加以及極端的降雨量，逐漸威脅海岸城市的安全，以台灣為例，在過去的十年內就歷經了 9 次規模超過百年、甚至兩百年一遇之暴雨，其所形成的水患，每每對人口密集的河口三角洲區域造成重大的災害及損失，也逐漸凸顯原有築堤防洪的方式，必須有所改變。

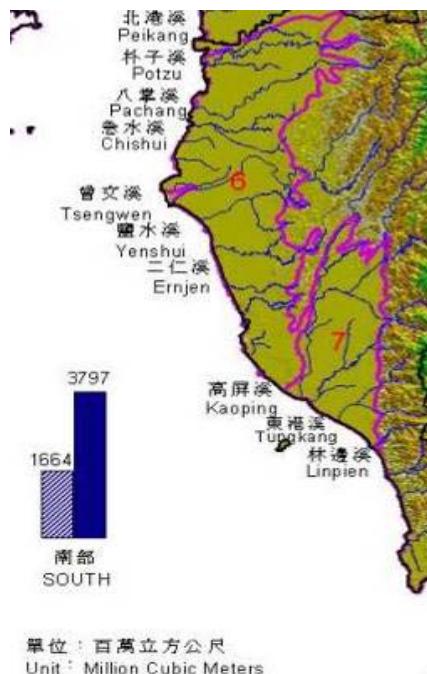


圖 2-11 1936 南台灣地下水抽取與補注量的比較

Source: 台灣水利統計報告

### 三、城鎮尺度的圖層分析

城鎮尺度的圖層分析將從小區域的自然地景分析，疊合水文系統及聚落模式，藉由瞭解小區域聚落或都市化發展與自然水流動的互動分析，以發現形成水患的潛在因子，並探求其未來在水利設施、基礎網絡建設或空間計畫得以整體規劃之策略。本案將以高雄都水患問題最為嚴重的美濃以及愛河沿岸兩個地區進行城鎮尺度之圖層分析，這兩個區域分處於三角洲下游的都會區之內及中游的郊外地區，藉由城鎮尺度之圖層分析將可整理出兩個地區不同的自然特性與空間發展模式，並以此為基礎進一步分析不同的水患特性、以及未來空間計畫可能的策略。

#### (一) 美濃的圖層分析

##### 1. 自然地景分析

美濃區南北長十五公里，東西寬約九公里，座落於屏東平原的北端、高雄都的中間偏南，北鄰杉林鄉、東接六龜鄉、南臨荖濃溪與屏東縣高樹鄉及里港鄉相鄰、西邊隔旗山溪與旗山區相對，三面環山的封閉地形愈往東北愈高，除海拔至

一百五十公尺的橫山山丘外，中央是寬闊低平的台地堆積層和沖積平原，與六龜交界的大貢占山，海拔八二三公尺是美濃全境的最高峰；其次為與杉林鄉交界的月光山，高度為六五〇公尺，其餘茶頂山、靈山、月眉山、大小龜山等均為低矮丘陵。因此，美濃的地勢由東北向西南緩緩傾斜，越往西南方越是平緩的山麓平原。

美濃區南邊以荖濃溪與屏東縣的高樹鄉和里港鄉為界；區內有三條溪，分別為雙溪、羌子寮溪(中正湖排水)和柚子林溪(竹子門排水)，三溪在「三夾(洽)水」處交會，形成美濃河水系，美濃河貫穿整個美濃區，通過福安里後，轉向南流經中壠、德興、清水等里，至旗山區後匯入楠梓仙溪。由於三面環山，僅南方無山嶺阻隔，因此夏季西南季風可以通行無阻到達此地，再加上月光山和橫山等山地之地形舉升作用，所以夏天雨量十分豐沛，是主要的降雨季節。又因為地處北回歸線以南，夏季陽光直射，故十分炎熱。冬季則因有西北月光山系橫貫本鎮，又有旗山與燕巢間丘陵縱貫於本區西方，冬季少酷寒。又因地處中央山脈之背風面，所以冬半年雨量稀少，屬於乾季(鍾湘芸等，2006)。

從高層圖進一步檢視美濃的地勢，原本看似平坦緩升的中央台地與沖積平原，在接近三夾水附近的高層卻因為河流沉積的方式而變的頗為複雜(圖 2-12)，由於地勢的關係，柚子林溪的氾濫沉積在溪的南岸形成了一塊比北岸略高的不規則的帶狀沙丘，這一塊高程約 46-48m 的沙丘促使了美濃溪出城中心之後急轉而成”匱”字型的水流路徑，也使得位於羌子寮溪與柚子林溪之間的城中心區、三夾水區域、以及美濃國中與高美醫專之間，高程約 43-46 的區塊處於相對低點。比對 1904 (圖 2-13)與 2001 (圖 2-14)的水文系統，中壠以上河段基本上在這一百年間並沒有太大的變動，在河壩埔附近及中壠以下河段則因河流自身的河水沖刷，形成更為蜿蜒的河床。

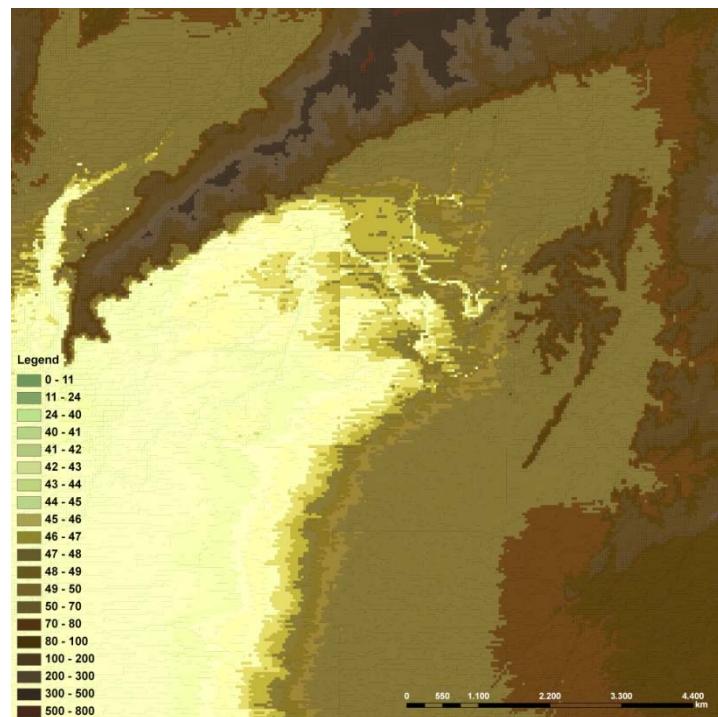


圖 2-12 美濃地區的高程地形圖，紅色箭頭為竹子門排水氾濫形成之淺沙丘

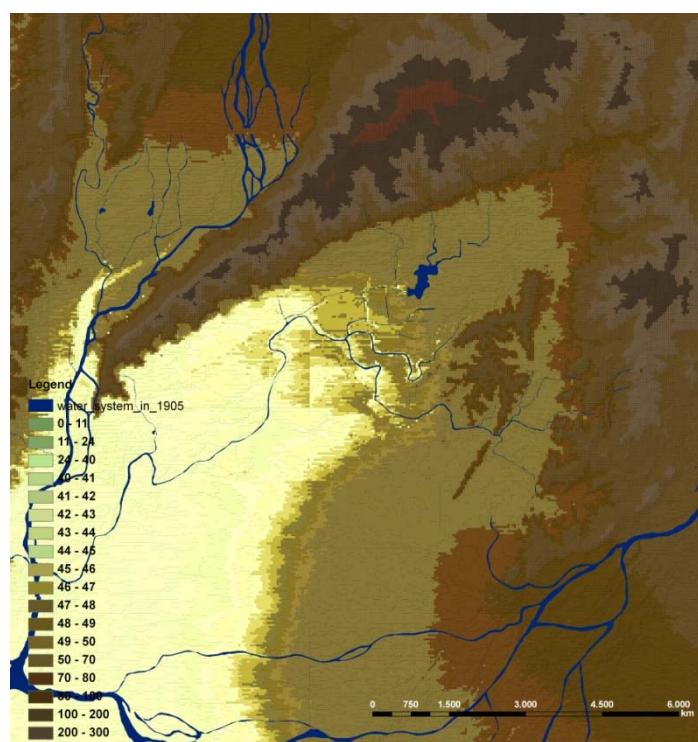


圖 2-13 1904 年的美濃水文系統及高程圖

source: 中研院台灣堡圖

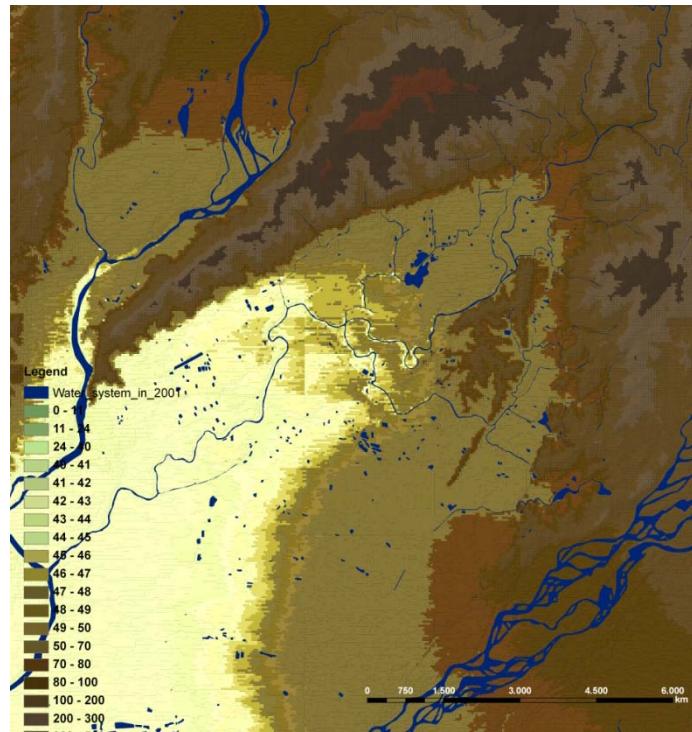


圖 2-14 美濃水文系統及高程圖

source: 2001 經建版地形圖

## 2. 美濃的基礎網絡設施

農業活動一直以來是美濃主要的經濟型態，早期以栽培水稻為主，為高雄縣的穀倉，後來更擁有「菸城美濃」之稱，在全盛時期菸草種植面積為全省之冠，產量高達全省四分之一，也因此圳道系統成為支撐美濃主要生計的命脈（圖 2-15）。美濃的圳道系統屬於高雄水利會，因地勢之關係，主要水源來自於荖濃溪，主要分為：三尖石圳、仙人圳、獅子頭圳及龜山圳四條大圳（圖 2-16）。

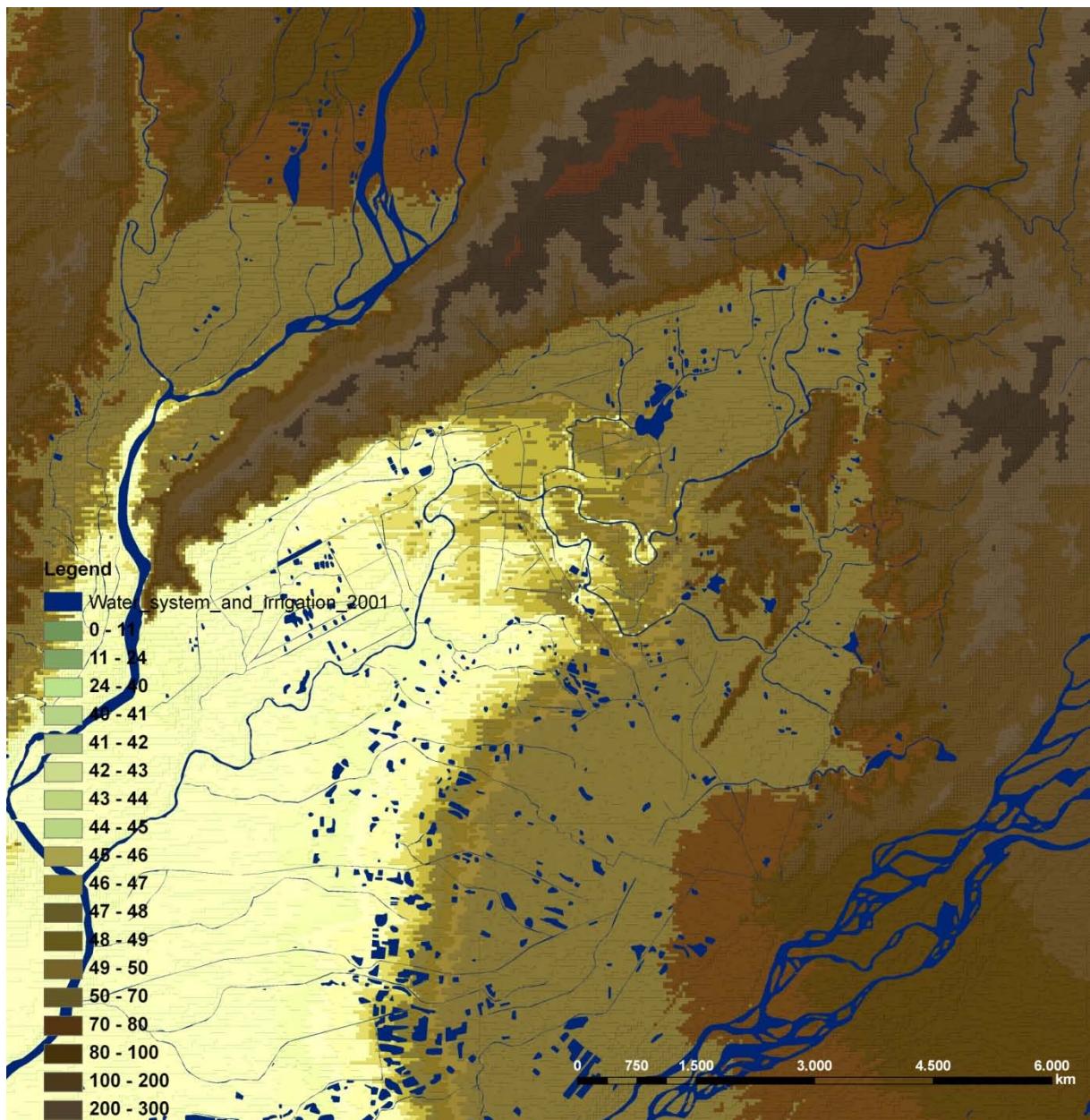


圖 2-15 美濃地區的圳道分佈圖

source: 2001 經建版地形圖

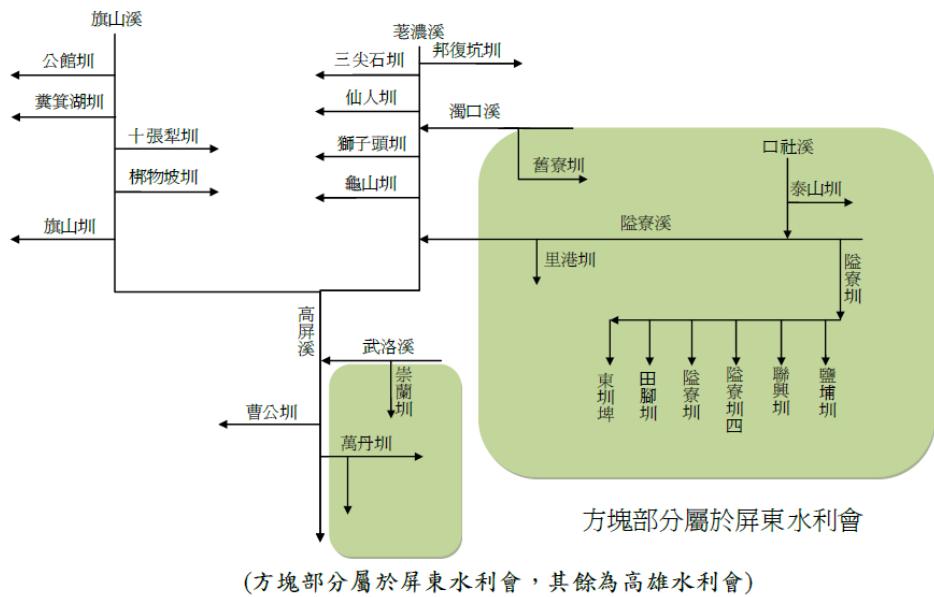


圖 2-16 高屏溪流域圳路圖(經濟部水利署水利規劃試驗所,2011)

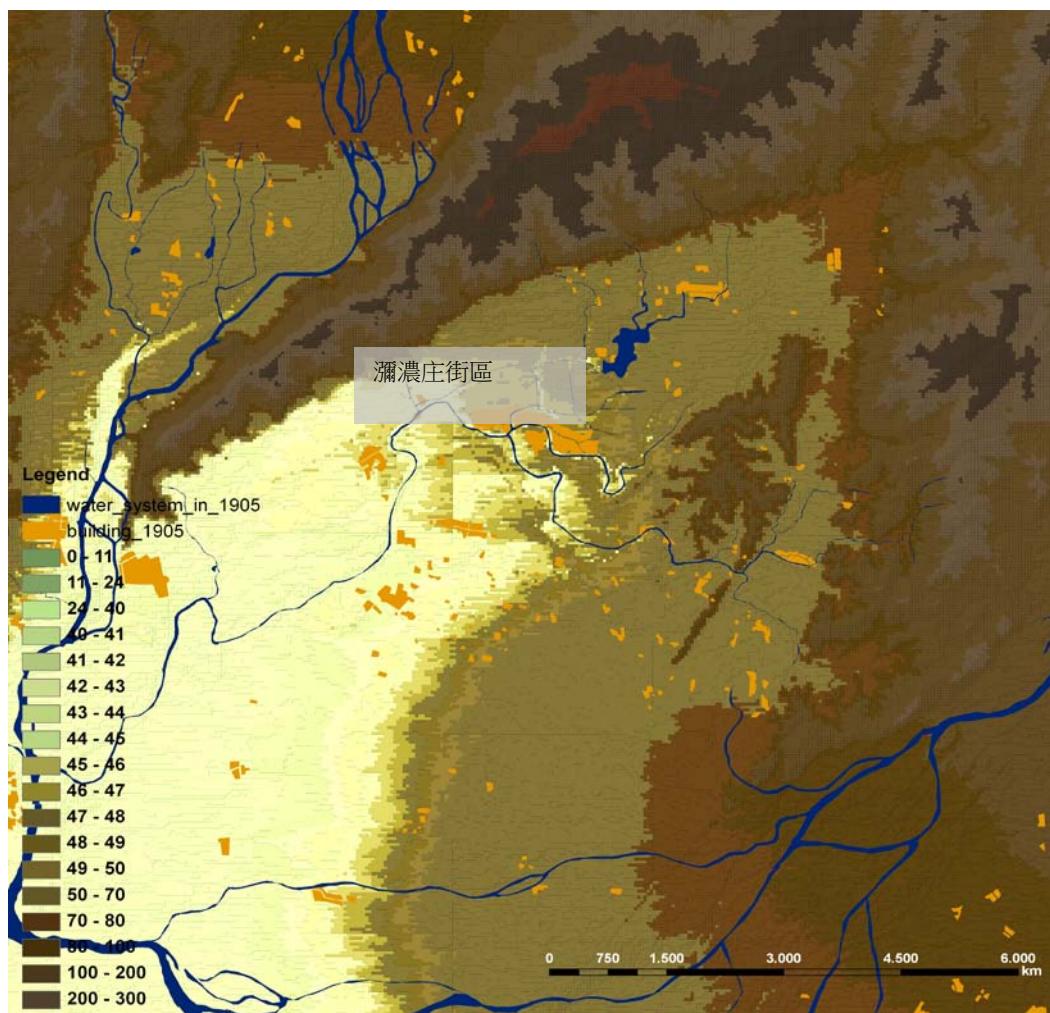


圖 2-17 瀾濃庄 1904 年聚落分佈圖

source: 中研院台灣堡圖

### 3. 美濃的聚落發展模式分析

美濃聚落的開闢始於乾隆元年（1736），墾戶於瀕濃河北岸，袖仔林溪、羌仔寮溪會合處附近建造屋舍，結聚成瀕濃庄，以此處作為定居之所，成為現今美濃地區最早出現的聚落。當時瀕濃庄主要街道有二，一是沿瀕濃河北岸而行之永安街，及由三夾水處往北指向雙峰山之橫街，即今之美興街（美濃鎮誌編纂委員會，1997）。將 1904 的聚落地圖疊合水文系統可大約判斷，瀕濃河北岸成為早期聚落發展的中心，極有可能是因為取水方便，且可避開柚子林溪的南岸易於氾濫的地區（圖 2-17）。

戰後的美濃聚落依舊以農業的生產為主，原本的美濃街區並沒有隨著地區的發展而過度擴張，而是隨著整個區域的農業發展而形成小規模的村落散佈在旗山溪及荖濃溪間平坦的緩坡之上。村落的發展主要取決於取水的方式，由於大部分的美濃地區仍處於沖積平原的扇頂沉積區，地下水位頗低、取用地下水不易，因此除了三夾水附近由於地勢平坦成為主要街區之外，一部分的村落沿著山麓發展，以方便汲取山泉水；另一部分則沿著圳道發展（圖 2-18），所以圳道文化的發展對美濃是很重要的一項維持生計的設施。

美濃由於主要為農業發展之區域，基本上仍維持早期聚落發展之規模，區域的成長是以延著河流、圳道散佈的小型集村發展為主，早期臨溪而居的住宅，長年以來由於河川主深侵蝕河床的作用，有地基不斷被掏空之危機。

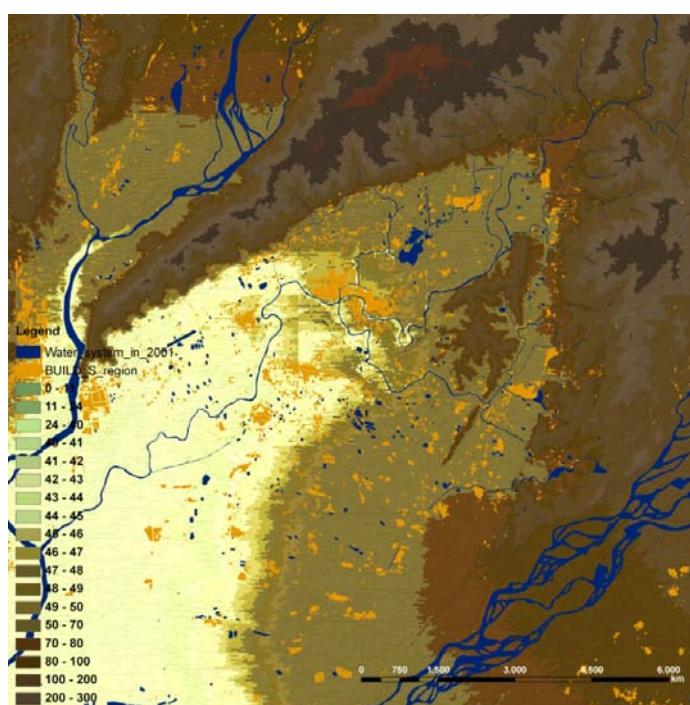


圖 2-18 美濃 2001 年聚落分佈圖

source: 經建會

## (二) 愛河的圖層分析

### 1. 愛河流域的自然地景分析

愛河發源於高雄仁武區附近與高雄都北端之半屏山於新庄仔路會合後蜿蜒流向西南，另二支流則分別來自鳳山及五塊厝之平地向南流，先後與寶珠溝及二號運河與主流會合後，貫穿高雄市中心區流入高雄港，早期的愛河周圍地帶原來是一片沼澤地，直到 400 年前左右，因為自然的沖積作用使陸地面積擴大，原始的愛河才逐漸成形。由於當時的漢人移民將能夠行駛船隻的河道稱為港，因此原本愛河由出海口到上游，被分為頭前港、後壁港、三塊厝港、新大港、烏魚港以及田尾港。到了 1895 年日治時期以後，才擁有正式名稱：打狗川。又，1920 年日本人將打狗改名高雄，因此成為高雄川。當時的愛河水深只有數公尺，之後日本擴建高雄港時，將愛河的河底挖深、河道挖寬，主要用來運送木材。現代愛河在此時才成形。

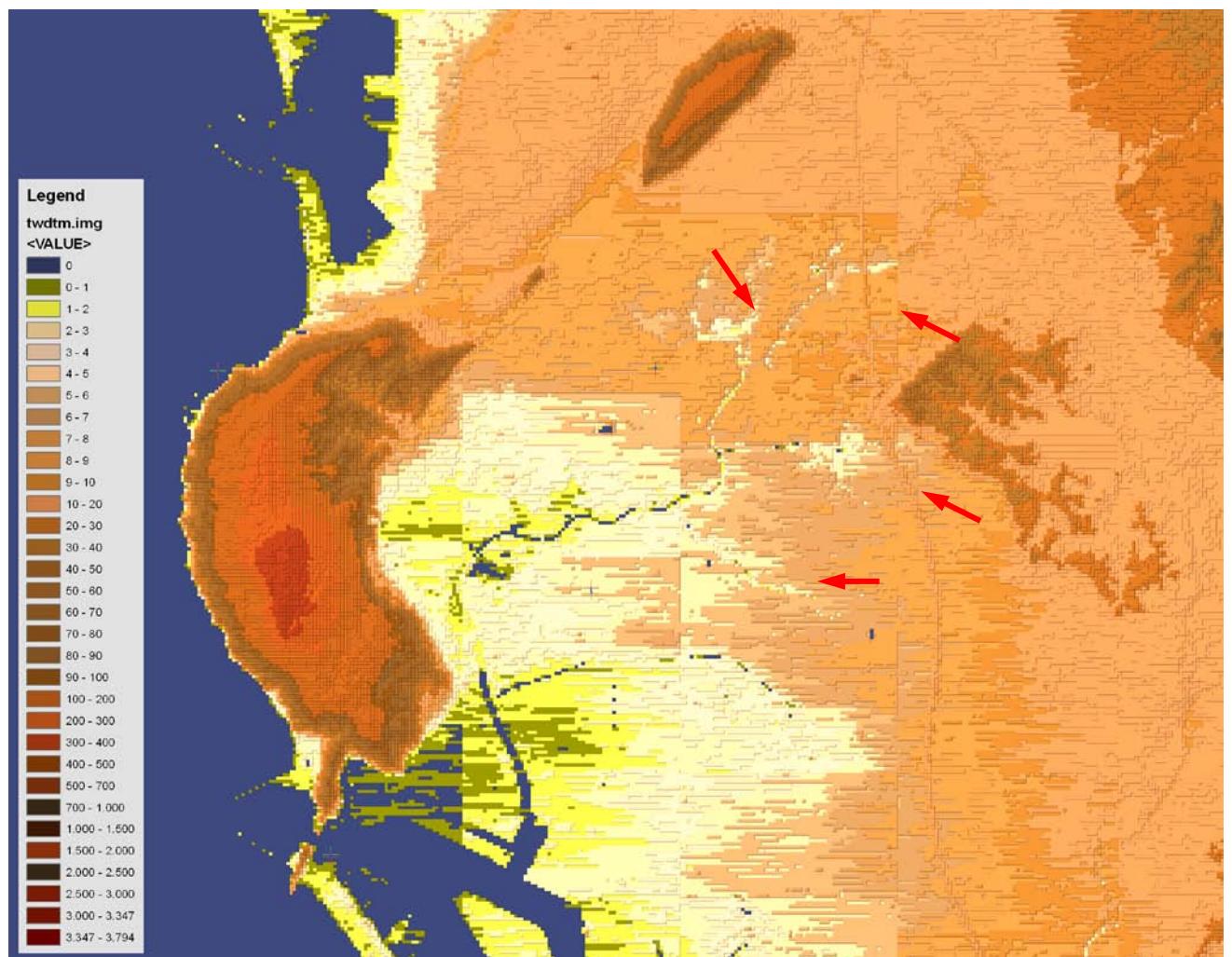


圖 2-19 愛河地區的高程地形圖，紅色箭頭寶珠溝、本和里等低窪地區

愛河的水源有兩種，一為海潮，由於是感潮型的河流，會感受潮汐的漲落，故下游水質是海水。另一水源即是上游的灌溉水及雨水，以及工廠排放的事業廢水及家庭污水，上游短而沒有固定水源，其潮流方向，漲潮時由海岸向東南流動，一港口的海水於此時在加工出口區分為兩支，一支流入高雄港的主航道，另一支即入愛河。退潮時愛河河水向西北方流出一港口，漲退潮的平均落差約 0.67 公尺，水流算平緩。[\(http://pwbgis.kcg.gov.tw/Love/\)](http://pwbgis.kcg.gov.tw/Love/)

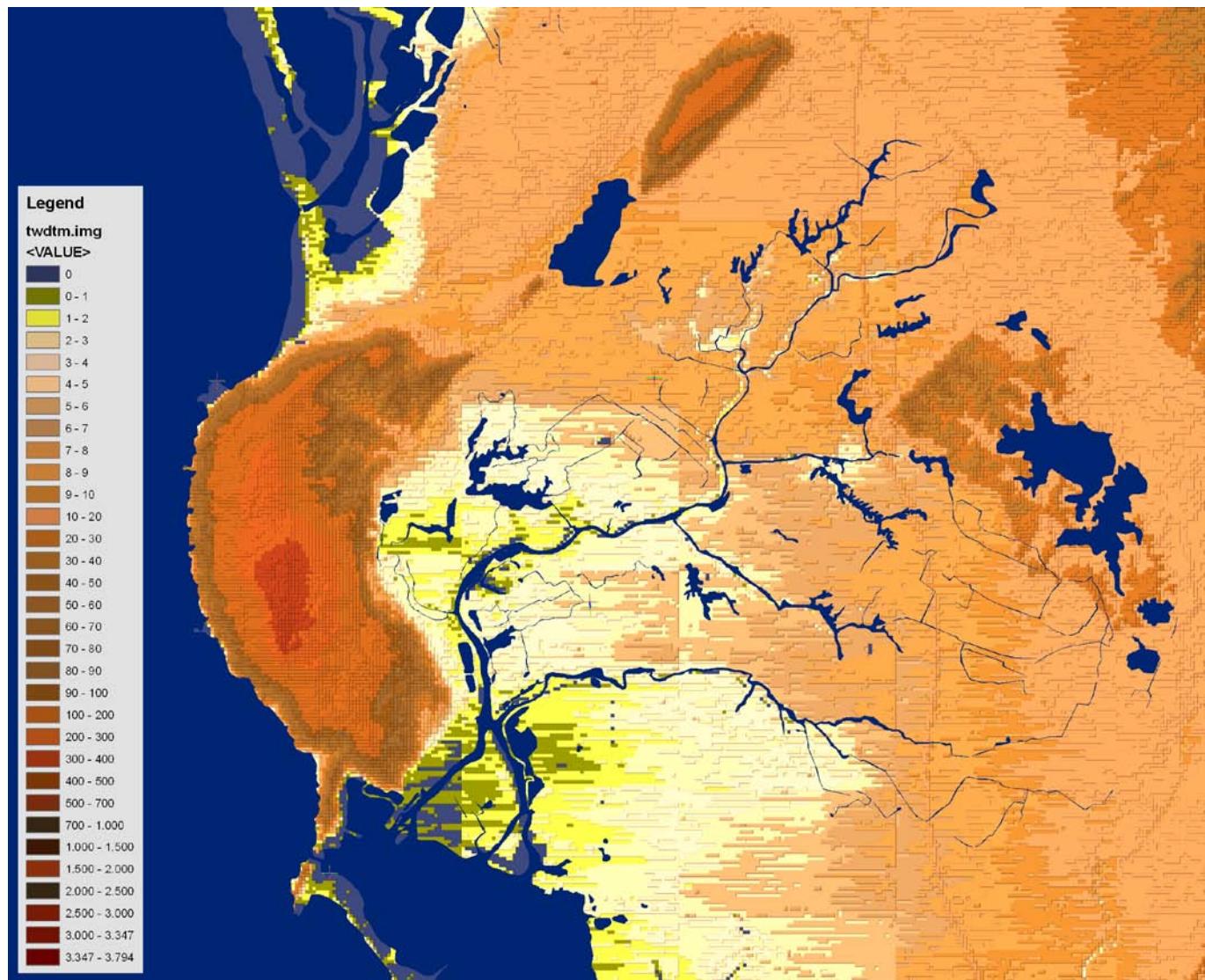


圖 2-20 愛河地區的高程地形圖疊合 1904 年水文系統

除了澄清湖一帶及半屏山、壽山之外，整個愛河區域都是海拔高程在 10m 以下的低漥平原，尤其是鹽埕、前金、以及中都及內惟埤區域，地勢更在 1m 以下(圖 2-19)。整個愛河流域比較特殊的地形起伏是在本館、寶珠溝、新庄子及文藻學院一帶，雖然這些地區的高程均在 4-5m 之間，但由於周邊地區的高程均在 6 – 9m 之間，使的這些地區形成封閉的、相對高程較低的低窪盆地。(圖 2-20) 比照一百年前的台灣堡圖可以發現，這些低窪的地區原本就是舊河道或濕地，由於地勢低

溼，使得溪水流經此區域時就很容易積水成溼地。

## 2. 愛河流域的基礎網路設施

從高雄港建港以來，整個愛河區域開始了快速都市化之歷程，早期日據時代以格子狀街道系統發展的都市計劃邏輯也大致沿用下來，整個區域從原本農業為主的發展邏輯轉而成為港口繼而工業發展的邏輯，早期以曹公圳為主要架構的基礎網路也轉而成為以鐵路及高速公路為主軸發展的密集道路網路，也因此原本的埤塘、圳道網路也逐漸被道路網路取代而被填平或是棄置(圖 2-21)。隨著工業區沿著高速公路逐漸開闢，一塊一塊的格子狀路網也逐漸延著愛河而開發。

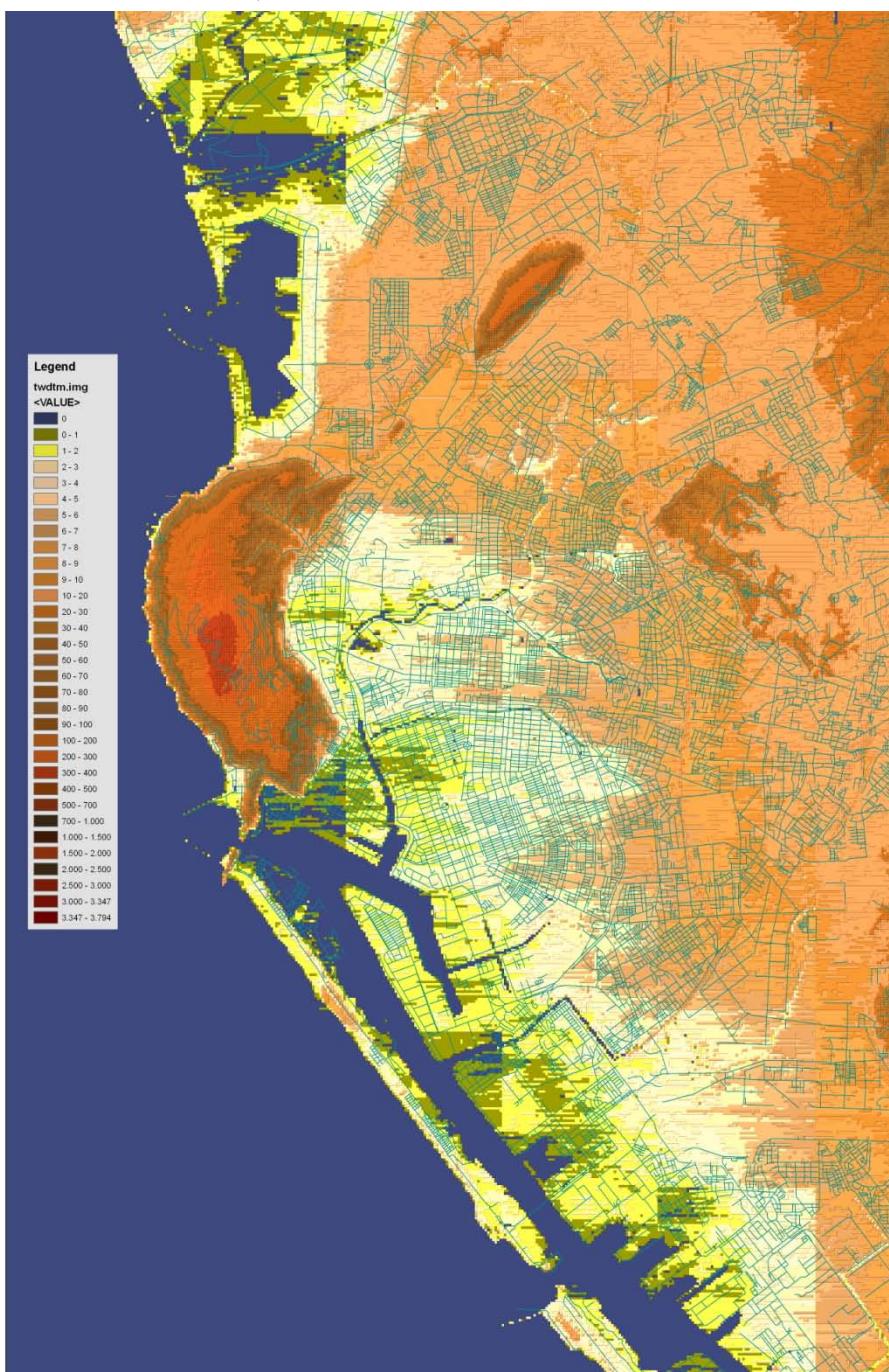


圖 2-21 愛河地區的高程地形圖疊合 2001 年交通系統

### 3. 愛河流域的聚落模式發展

早期高屏三角洲的聚落發展是伴隨著軍事駐防點“汛”而發展，由於地下水資源豐沛，因此聚落不需傍河而居就可以取得飲用水，除了軍事要點左營及鳳山城之外，基本上，聚落均勻散佈在三角洲之上。

日本殖民台灣之後，原本的政治及軍事中心左營及鳳山逐漸喪失其功能，取而代之的是高雄及屏東，日本人以港口輸出的功能性為主要的考量設計港區周邊城市及屏東，格子狀的街廓系統成為城市的主要設計邏輯，聚落的空間發展模式也以交通系統為主要之發展軸線。

從日本人建港之後，除原本的舊城區域之外，原本的農業聚落發展的模式完全被工業化的城市地景所取代，1908 年的「打狗市區改正計畫」日本採用了 5 間 (1 間約等於 1.818 公尺) 與 10 間兩種道路寬度，隨著改正計劃的完成，高雄港的出口量也大增，整體交易量達到一億日圓，其中超過 66% 是砂糖。之後隨著都市的擴張，街道的寬度也隨之增加，在 1936 年的都市擴大計畫中，已採用 10m, 15m, 20m, 25m, 30m, 40m, 50m 以及 60m 的園道，道路系統加速了貨物的流通，也增加了港口的效能。以交通系統為基礎，日本人以三種不同的街廓尺度作為第一次市區改正計畫之標準，分別是 72m\*109m, 72m\*136m 和 72m\*163m，之後隨著汽車運送的普及，街廓尺度也隨之增加為 300m\*500m 和 400m\*600m 以及 70m\*100m，所有街廓的長邊均指向港口方向，以利貨物之運送(圖 2-22)。

以交通運輸為主要考量的格子狀街廓系統，基本上忽略了與現存水文紋理的分布，以管線化的方式重新安排城市的給、排水設施，原有的水利渠道則被填平或是遭到忽略棄置。格子狀的街道也影響了水利設施的格子狀排列，也強迫水流以格子狀的方式移動，當城市不斷的快速發展，城市因降雨產生的排水逕流量增加，大量的水匯集到垂直的節點時就容易發生問題。各種維生管線的空間需求也會隨著快速擴張，擠壓原有水利設施之空間需求，並且，城市的擴張也會增加給排水的需求量，而造成後續管線擴充之困難度，這也是現階段高雄的雨水下水道僅有 5 年的防洪頻率且幾乎沒有提升可能的主要原因。

### (三) 小結 -- 關於研究區之圖層分析

從自然地景之圖層分析可以發現，愛河流域與美濃地區主要的地層構成是河流的沖積平原，基本上是平緩的平原及坡地，主要的高程愛河流域約在 10m 以下、美濃沖積平原約在 40 – 50m，如果我們在這兩個高層範圍內，作更細緻的地形分析可以發現，這兩個區域由於河流不斷的氾濫、改道、沉積，其地形的起伏變化並不是如目視般平坦，也因此除了低絕對高程的原因之外(如鹽埕、前鎮、中都及鼓山一帶)、局部河流的沉積或侵蝕所圍閉出如淺碟的低窪區域 (如愛河流域的寶珠溝、本館里、新庄子或美濃的三夾水及美濃國中一帶)，也是易淹水區域，藉由高程圖與一百年前自然水系圖的疊合，可以輕易的辨識出當水流經此區域時，流水最有可能停留聚集的地點。由於這些如淺碟般的區域均有一定的海拔高程，因此造成水患最主要的因素在於瞬間雨量過大以致雨水無法宣洩，而通常的水患型態則是大水來的極快，但水退的速度也很快，淹水的時間歷時約在 5-6 個小時。

而從基礎網絡的分析可以發現，由於工業化地區分工之發展，愛河沿岸與美濃各自發展出不同的地區特性，愛河流經的高雄市中心區域，由於快速的都市化發展，使得原有的圳道、埤塘被填平、地下管線化或棄置，地區的基礎網絡是建構在以鐵道與高速公路為主軸的交通路網。早期的都市計劃由於自動車的發展並不普遍，街廓設計多在 60m 以下，之後隨著汽車運送的普及，最大街廓的設計才擴大 300m\*500m 和 400m\*600m 以及 70m\*100m，但基本上大多數愛河流經過的區域，都市化程度非常高，人口密度約在 30,000 人/ 每平方公里左右，小街區、高密度的都市發展，也使得此區缺乏大尺度的公共綠地，這對未來城市功能的調節產生很大的困難。美濃由於仍然是以農業發展為其地區發展的主軸，圳道系統到目前為止都還是美濃維繫地區發展的重要因素，由於地勢由東北往西南傾斜，因此圳道的水源主要來自荖濃溪，並且，為了灌溉整個美濃沖積平原，主要的圳道系統可以分為垂直緩坡的西北--東南走向，與平行地勢的東北—西南走向。以其中的一條主要的幹圳獅子頭圳即為西北--東南走向，幾乎與竹子門排水平行流動。

藉由基礎網絡層與自然水系的疊合分析可以發現，愛河地區完全忽視水文系統的道路系統規劃邏輯，對強降水時的排水效能似乎有很強之負相關。由於兩個地區主要之基礎網絡不同，如何思考就不同地區的發展邏輯發展相關之公共建設，已形塑地區特色，是值得進一步討論之方向。



圖 2-22 1936 年制定的擴大高雄市計畫圖

### 第三章 高雄都水岸再發展之相關議題研議

根據上述分析，面對未來氣候變遷的威脅，高雄都未來的水環境發展將面臨四個主要的議題：

- **海岸侵蝕 (Coastal Erosion)**

高屏溪的每年挾帶的大量泥沙、與台灣海峽強勁的海流是旗津半島形成的主因，也由於旗津半島的存在，保障了高雄港灣免於海洋的直接威脅，但自從日據政府的高屏溪堤防工程及高屏堰的取水工程，大大限縮了高屏溪輸沙至河口的能力，及至第二港口的興建，突堤效應更惡化了旗津半島與西子灣海岸侵蝕的問題，面對海平面上升以及極端暴雨，如何將海岸工程結合城市景觀設計及地區發展計畫將是未來重要的課題。



高雄海岸的消波塊



荷蘭的人造沙灘

荷蘭在長達數個世紀與海爭地的歷史之中發展出修補與充實海岸砂丘的技術，並以結合景觀設計的方式，消除原本河海工程中防範海岸侵蝕時巨大且單調的結構物，以人為的技術形塑出彷彿自然優美的海岸景觀，如何借鏡荷蘭，結合水利、河海工程、景觀設計及地區發展，重塑高雄海岸的發展對未來將是一大挑戰。

- **極端暴雨與容水空間 (Space for Water)**

極端暴雨，如 2010 年重創高雄的凡那比颱風，六個小時超過六百多豪米的雨量，這樣驚人的暴雨量在台灣越來越常見，2009 年的莫克拉颱風、2008 年的薔蜜颱風、2007 年的科羅莎颱風、2005 年的海棠颱風、2004 年的敏督利颱風、以及 2001 年的納莉颱風及桃芝颱風，這十年來台灣就發生了九次降雨規模達到百年甚至兩百年的暴雨頻率。幾乎已經變成台灣普遍的自然條件之一。在這樣的條件下，高雄既有的都市紋理(格子狀的市區街道系統)和建成環境必須進一步檢討，來因應這樣的極端暴雨條件。

另外，高屏溪堤防集中在中下游處，早期主要防範河川暴漲所可能造成之水患。近年來極端暴雨的頻率增加與都市化程度的提升，大幅限制了雨水在土地的逕流量，也

增加了提防內區域水患的壓力，並且早期高屏溪中游聚落多臨水而建，如何重新調整類似的水岸空間結構，檢討河川中上游的易泛洪區，結合水利、土木及都市、景觀計畫，一方面適度的增加河川的容水空間，另一方面也重塑宜人的水岸親水空間，才能同時兼顧水岸安全與美化之議題。



荷蘭的還地於河、水岸重塑的經驗

#### ■ 水岸與都市再發展 (Waterfront Redevelopment)

長期以來高雄的都市發展與水岸活動是斷裂的，而近年來逐漸釋出的大面積都市水岸空間，不但位於都市的核心，並且優美的水岸空間也是型塑海洋首都意像的關鍵，不過，也通常位於都市面對氣候變遷挑戰的第一線，如何結合水利工程、基礎建設、空間規劃及景觀設計，把原本水利設施巨大而笨重的建築量體，成功的結合都市設計的方法融合在都市景觀之中，藉由都市設計與政策規劃的手段，加強都市水體，市民生活與產業發展的連結，同時增加對氣候變遷與極端降雨的容受力，是高雄發展城市競爭力的關鍵要素之一。

#### ■ 水資源利用與永續發展 (Sustainable Development of Water Resource)

面對氣候變遷所帶來的不確定性，治水不能再單從水利工程的角度切入，水資源管理與統籌分配需要不同專業的共同合作與協調，來確保水質與水量的穩定供應。水資源管理也是回應氣候變遷，都市水紋理以及都市用水的關鍵課題。長期以來穩定優良的水資源供應一直是高雄地區重要的議題，面對氣候變遷所導致的極端降雨與乾旱，也導致原本的問題更加惡化，如何更安全、效率的取水方式，如地下水、伏流水等等，並結合都市景觀的規劃，是未來重要的課題。

面對高雄都在環境水議題上的挑戰，由於海岸侵蝕問題，市政府已委託其他團隊進行相關分析，本計畫擬挑選極端暴雨、水岸發展、與水資源利用三個主要的議題，並以美濃及愛河沿岸地區為範例進行深入討論。以下將就此二地區做深入之水文分析：



建築設計與都市開放空間設計的氣候變遷調適 / 阿姆斯特丹東岸碼頭再開發計畫

## 一、鹽埕、前金與愛河沿岸區域的水文分析

### (一) 水患狀況

高雄市是由瀉湖地形所發展而成，先天地勢低窪排水不易，長久以來，鹽埕、前金與愛河沿岸區域之排水問題就一直為市政府當局所重視，環三面的丘陵在暴雨來襲時匯流至此區域由愛河出海，這個區域也成為自然的集水中心，由於面海岸，並且河川的坡度平緩又受感潮，排洪能力先天不足，遇高潮位時排水就更容易發生問題甚至造成海水倒灌而積水(廖哲民，2004)。2001 年的潭美颱風造成包括左營、三民、苓雅、前鎮、鼓山、前金及鹽埕等 7 個行政區的大淹水(圖 3-1)；2010 凡那比颱風所造成的水災，雖然鹽埕、前金、苓雅幾乎安然無恙，但沿愛河沿岸仍然積水嚴重(圖 3-2)。除了快速都市化造成城市與水逕流量增加，排水區分不當、依格子狀街道設計之排水管線所造成的主匯流角度不當、局部瓶頸也是主因。

目前此區域的防洪對策以排水抽水設施為主，雨水下水道雖然已幾近全面完工，但只有 5 年不溢岸的防洪標準，並不敷使用。因此設置滯洪池是另一個廣為討論的議題，然以目前此區域高密度土地使用與人口聚集，能否有足夠的經費找到妥適的地點是另一大挑戰。此區域的水患特性是來的快、去的也快，所以市政府當局最擔心的是每小時降雨量；如果時降雨量在 70 毫米以內，高雄市區排水尚能即時宣洩，否則就會有積水之虞。另外，目前在鹽埕區所設的三座截流站，晴天時關閉閘門截取污水，除了可以減少愛河的汙染，且可以減低海水倒灌之機會，雨天時使用抽水機將暴雨逕流抽到愛河，也可以減少水患。

高雄市三民區本和里、本館里一帶低窪地區，適位於覆鼎金、金獅湖、小 K 幹線和 K 幹線交匯口區域，每逢颱風暴雨來臨即容易淹水，早期此低窪地區為瀉湖地形，於都市發展過程中，凡較晚期開發街廓者，大多將基地填高使用，先行興建之

舊社區，自然相對成為低窪地區，此一情形之於寶珠溝民族橋北側二號運河兩岸及鹽埕地區均屬之，這些區域於 711 水災時均是淹水嚴重的地區，高雄市 711 水災積水原因經高雄市水利技師公會整理如表 3-1。

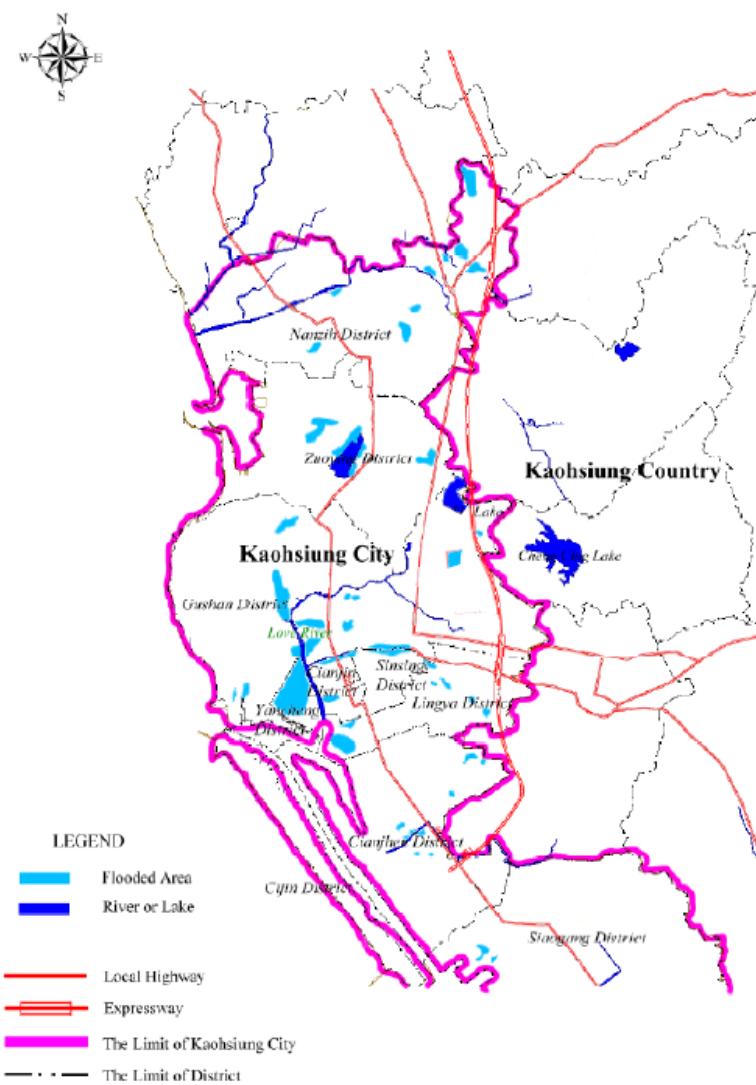


圖 3-1 2001 潭美颱風高雄水患區域分布圖 ( 葉佳典 , 2004)

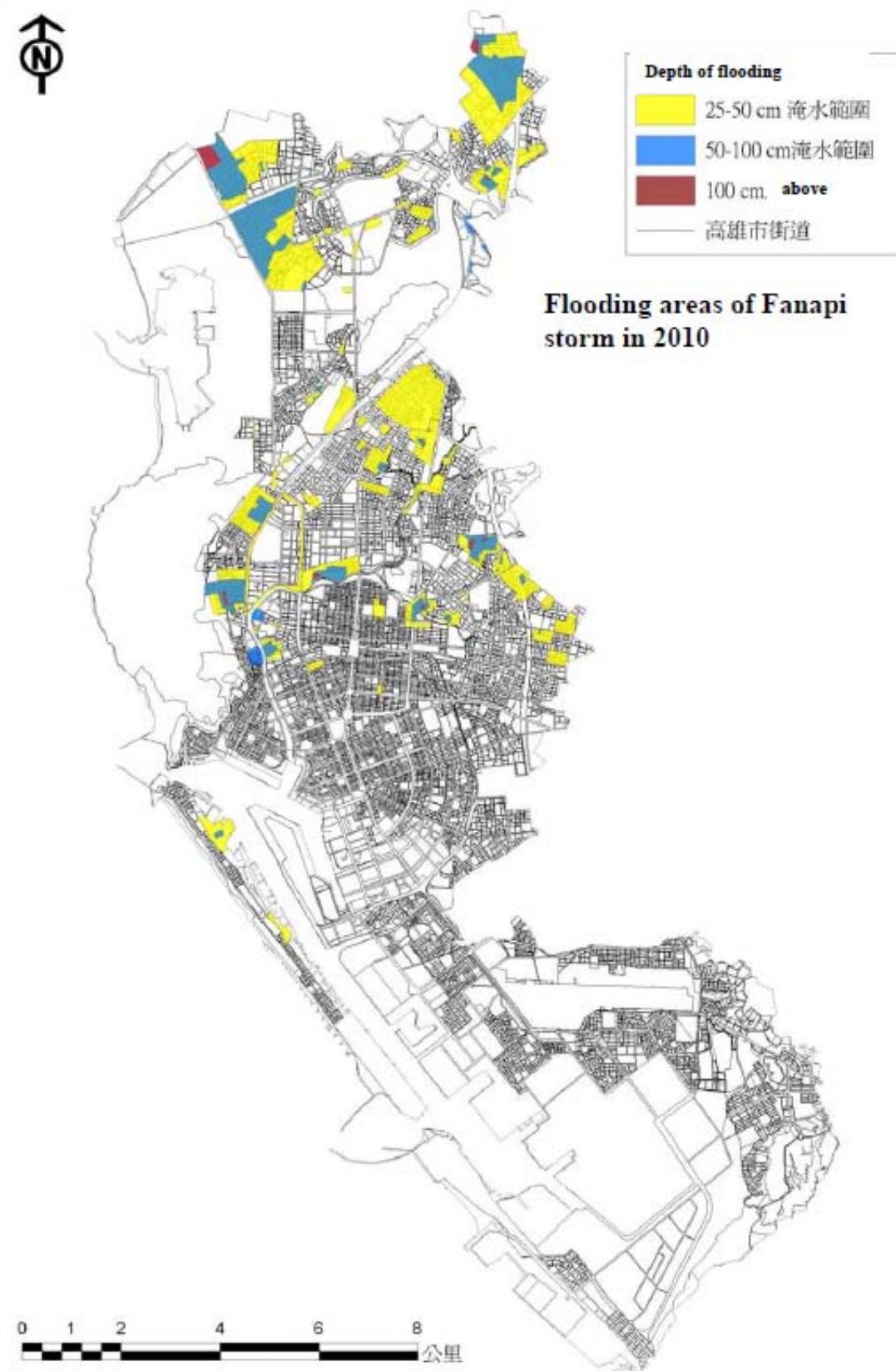


圖 3-2 2010 凡那比颱風高雄水患區域分布圖

表 3-1 2001 潭美颱風高雄水患成因分析

整體性原因分析		區域性原因分析	
主要淹水區原因	說明	主要淹水區地圖	說明
降雨量超過都市排水防洪設計標準，致既排水設施無法排放暴雨量。	1.於 90.07.11pm05:00 ~ 90.07.12am03:00 左營雨量站連續 24hr 單日累積雨量 579mm, > 310.8mm(原規劃設計五年一次單降雨量)。 2.同日左營雨量站 1hr 最高降雨量 126.5mm, 已接近 100 年暴雨頻率 130mm, 3hr 連續雨量最高 329mm, 發生於 11 日晚上 6~9 時間, 更超過 200 年暴雨頻率 300mm。	鹽埕區地勢低窪，緊鄰愛河之下游感潮河段及第二、四船渠。	1.適遇高潮位，100 年發生頻率之超量暴雨。 2.最深積水在藍橋里、壽星里一帶，約 80~90 cm。
暴雨發生之洪峰量，適遇高潮位，致愛河出口排放受阻。	致使二號運河、鼓山運河、寶珠溝等排水幹線洪水回堵，湧流形成市區低窪地區積水。	二號運河(民族路至出水口兩岸 100 公尺範圍內)。	1.二號運河為愛河最大排水幹線，經過市區精華地段，建築密集，此次豪雨使運河幾近滿水位，並溢頂，街廓雨水幹線滿流回堵，並經邊溝流出。 2.順昌里一帶積水最深達 80~100cm。
高雄縣境大灣、大華、澄清湖等排水區湧入超量設計容量外之洪水。	加重鄰近低窪地區積水。	本館里。	最大淹水深度達 145cm，在大裕路及明誠路口。
		本和里。	係舊社區，為本市淹水最嚴重地區，在大豐一路 480 巷淹水最深達 210cm。
都市化人口集中產生水塘效應。	1.新社區競逐填高基地，致使舊部落巷道相對低窪。 2.原有蓄洪、滯洪埤塘及滲透面層減少，改變地形地貌。	寶珠溝(民族路至出水口)兩岸 100 公尺範圍內。	淹水嚴重地區，為舊社區，民族巷一帶積水最深達 165cm，新建大樓有數棟淹水。

## (二) 區內現行之水資源論述及計畫

「711 水災事件」之後，高雄市政府主管機關曾邀集地方學界及專業團體多所研討原因調查及防治方案研擬。成大防災中心在“高雄市愛河流域排洪檢討規劃”報告中檢討水患的原因認為(高雄市水工處，1999):

- 愛河主流及排水幹線之溢淹原因
  1. 感潮效應：愛河水系及排水幹線多處於感潮河段內。
  2. 設計強度不夠：降雨強度超過設計排洪頻率年(高雄市為 20 年頻率年)。
  3. 主支流交匯角度過大，造成阻塞雍水現象，使排洪能力下降。
  4. 排水幹線之局部瓶頸現象，包括：排水斷面不足、河道淤積、邊溝阻塞等。
- 歸納各集水分區淹水之因素
  1. 降雨排水不良：包括局部低窪地區雨水下水道進水口容量不足或阻塞。

- 2. 雨水下水道溢流：包括下水道設計排水斷面不足泥沙淤積或垃圾阻塞。
  - 3. 主支流交匯口壅水阻塞：包括感潮現象及愛河設計排洪能力不足。
  - 高市水系外來水之處理

有效阻絕低窪地區或河川中下游都市水患之一，便是「阻止外來水進入」，要落實可非易事，因豪雨是由上而下，四面八方湧進滲入，況乎尚有人為因素，從實地調查分析文件顯示：此次 711 水患於高雄市接攘之低窪社區，就是如此。若能於都市外圍地區，藉由闢建溝渠導水至鄰近水系或規劃滯洪施(池)，便可有效降低都市最大水患災害潛勢(Urban Damage Potential)。

#### ▪ 淹水區排水系統之檢討改善

本市各集水分區排水現況與當初規劃配流系統分佈已有大幅落差，加以都市發展變化，致使有些集水區面積擴大，排水量大增，有些分區則否，導致某些區域特別容易淹水，故應加強通盤檢討排水分區跨區分洪，祈使本市排水系統發揮良好功效。

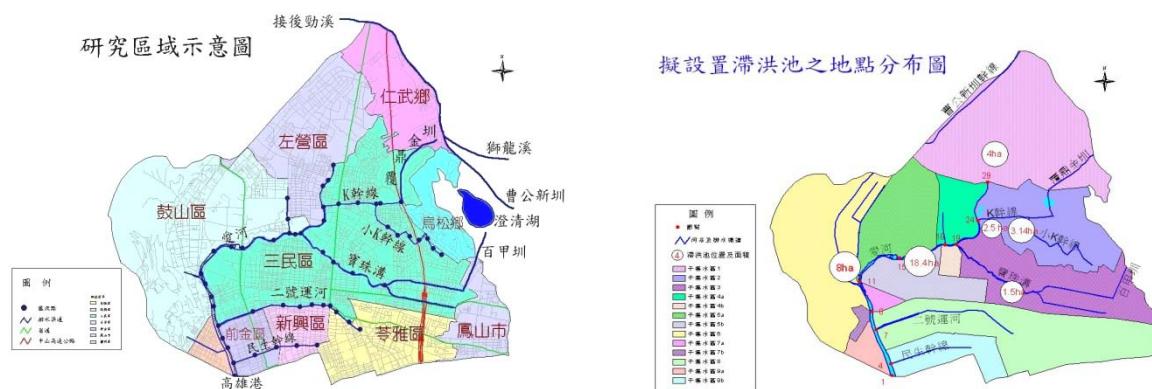


圖 3-3 研究區域擬設置滯洪池地點分佈圖

- 幹線設計排水能力不足及下游匯口壅水阻塞改善方案
    1. 集水區增加綠地。
    2. 上游區設置滯洪池。
    3. 重新檢討都市排水分區。

據成大防災中心依各集水區淹水量作滯洪池容量規劃及整體成效評估後，得到愛河流域整體滯洪池容量建議方案如下

表 3-2 愛河流域整體滯洪池容量建議方案

設置地點	規劃滯洪池面積(ha)	規劃滯洪池深度(m)	規劃滯洪池容量(m <sup>3</sup> )
愛河上游集水區	4.00	3.0	120,000
莊敬國中預定地	3.14	3.0	94,200
科工館停車場	1.50	3.0	45,000
三民一號公園	18.40	2.0	368,000
台泥礦區	8.00	2.0	160,000

### (三) 水文分析

成大的報告將所有可能造成 711 水患的原因以表列的方式詳述，其中最重要的兩項是潮汐作用與設計強度標準的設定，他們的建議是興建 35 公頃的滯洪池，以達到愛河 20 年不溢岸之標準。其中滯洪池之計畫，愛河之心亦應屬於三民一號公園滯洪池，另寶珠溝上游目前興建中之寶業里滯洪池係科工館停車場滯洪池的替代方案，配合本和里滯洪池計有三處，但凡納比風災時此本和里依舊為淹水區，主要原因為降雨超過計劃容許值，並且適逢漲潮，致使積水無法排至愛河。由於愛河潮汐終點依實測觀測應可達到民族路以東區域(即文藻學院一帶)由此可見潮汐對整條愛河報與時的關鍵影響。

如果我們依據水利署水利規劃實驗所 2004 年對愛河水系的檢討規劃報告中對愛河堤岸、河床及水位的觀測紀錄為基礎，並加上高雄的潮汐資料，就可以看到潮汐對整條愛河排水的決定性影響(圖 3-4)。其中，藍色線段表示愛河真正感潮的部分，淺藍色是平均的高潮位線，深藍色則是年度最高潮位線，虛線則表示愛河的計畫水位，當漲潮時，事實上愛河的有效排水斷面是嚴重的不足，以平均海拔均在 1m 以下的鹽埕區來說，如果扣除排水幹管 75cm 的表面覆土，這表示排水幹管的高程幾乎只有 25cm，也就是說，幾乎只要是漲潮，所有的排水系統就會失去功用，這樣的推論是否準確？我們可以從 2010 的凡納比颱風得到驗證，919 當天本和里的暴雨是從下午開始，當滯洪池失靈時，下午 6 時左右本和里開始淹水，淹水一直持續到午夜才逐漸退去，依據中央氣象局的潮汐資料，919 當天下午 6 點正是漲潮的頂峰，午夜 12 時潮退到最低點，而當天漲潮的峰值僅是 7cm，遠低於 36 的平均值，這樣一個平常的漲潮，搭配上暴雨，就可以讓高雄受到這麼嚴重的傷害。



## Section of main stream of Ai River (1/2)

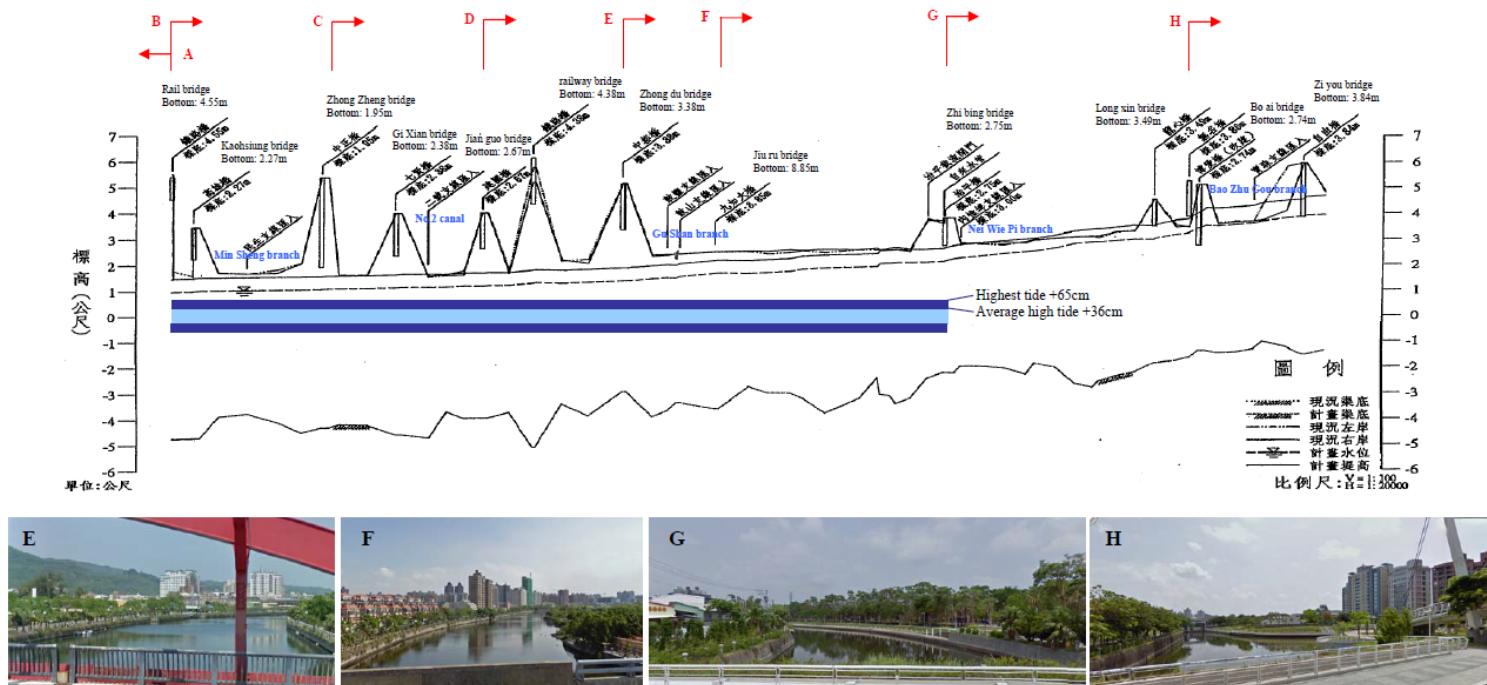


圖 3-4 愛河堤岸、水位、河床及潮汐剖面關係圖(1/2)

資料來源：水利署、中央氣象局



Section of main stream of Ai River (2/2)

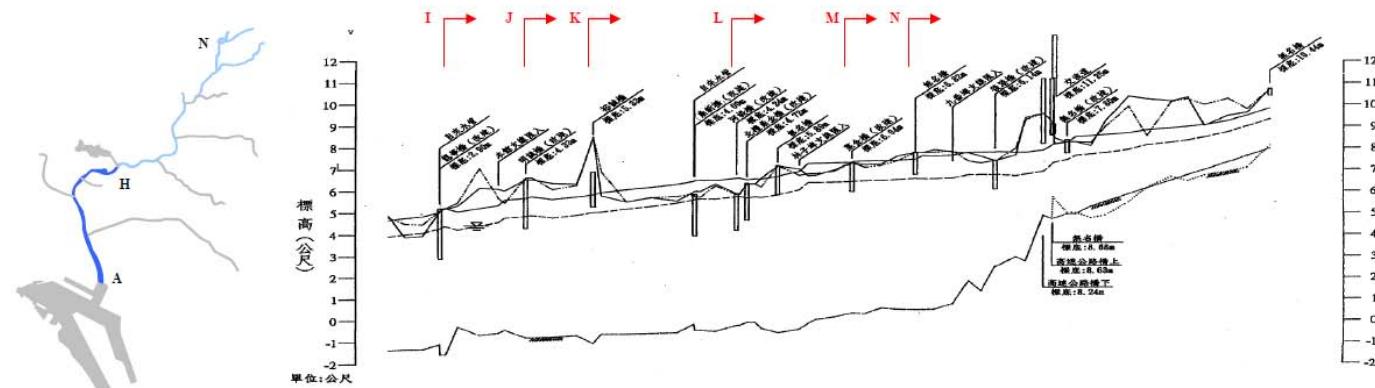


圖 3-4 愛河堤岸、水位、河床及潮汐剖面關係圖(1/2)

資料來源：水利署、中央氣象局

#### (四) 小結：關鍵的 6 小時

如果我們再疊合加入洪峰歷時的資料 (如圖 3-5，)(水利署水規所，2004)，從暴雨開始從愛河支流匯入，到愛河口產生最大逕流約需 6 小時的時間，而這關鍵的 6 小時也是我們解決愛河水患的線索，亦即如果暴雨開始的第六個小時適逢漲潮，水患就幾乎無法避免，但如果是在漲潮峰值時開始暴雨，其構成的威脅就會減低，如何以水利設施或都市區域畫設置洪池的方式爭取到這 6 小時，這是我們跟暴雨的一場競賽。

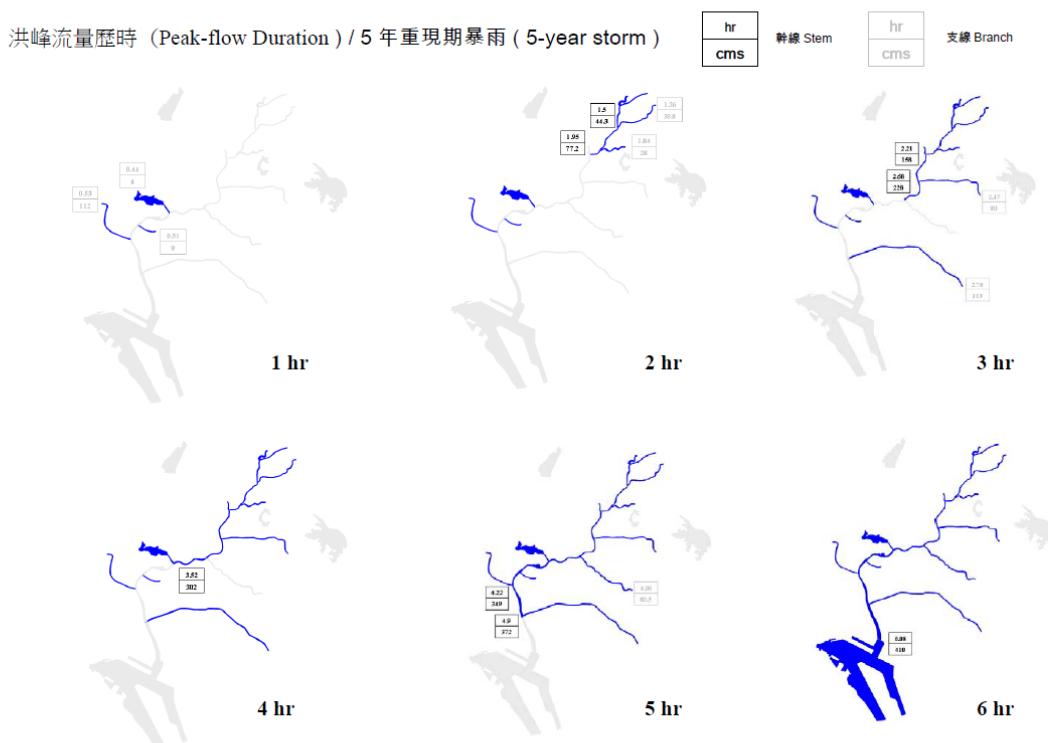


圖 3-5 愛河洪峰流量歷時圖

資料來源：水利署

## 二、美濃的水文分析

### (一) 水患狀況

美濃溪流域由於正處山區及急流洪水開始進入平原的河階地與沖積平原，因此一直是水患頻仍的區域。挾帶大量沙泥的河水，由於流速趨緩使的砂石開始沉積，沉積的砂石不斷的干擾河水的流向，也形塑出河道蜿蜒的自然水文地景。蜿蜒的河道通常代表了這個區域的地勢平緩、並且土壤肥沃，因此，這些區域也成為高屏溪中游聚落與農業發展密集之地區。早期聚落發展為求取水便利多沿河而居，並以築堤的方式進一步擴大土地的利用，堤防限縮了原本水體的發展，增加了河水氾濫的機會。

2007 年美濃發生 50 年來最嚴重的水患(圖 3-6)，事實上，在此之前水患就已是這個區域嚴重的問題(表 3-3)，目前爭論的焦點集中於如何解決美濃溪、竹子門排水以及中正湖引水道所匯集的「三夾水」的疏洪功能，這個區域正處於三面環山的集水中心，也是目前美濃人口與土地使用最密集之處，如何面對暴雨來時的滔滔江水是一大挑戰。

2009 莫克拉颱風過境，美濃鎮僅中圳、獅山里受創，旗山鎮則災情慘重，夾帶大量土石的河水造成旗山溪、荖濃溪、濁口溪及其支流河道嚴重的淤積，面積甚至約達三十萬公頃，若以目前每年清淤量約五百萬立方公尺計算，至少要五十六年才能清運完成。這種規模的地形地質變化，「疏濬」成為一大挑戰。目前水利署對美濃地區的防洪對策主要集中在築堤、疏濬、分洪與滯洪。而由水利署所主導的計畫，也常由於與地方居民的落差太大而遭受巨大抗爭，如：「美濃水庫」、「吉洋人工湖」、「中正湖排水泰順橋分洪工程」等。以高雄市政府的立場則傾向以排水、抽水站等基礎工程做起，改善美濃地區的水患，目前市府以平均 25 年不溢堤的防洪標準結合疏濬、抽水站、閘門工程，設計旗山、美濃地區的區域排水計畫，也就是能承載累積 24 小時降雨量 340 毫米的排水量。

此外部份學者與當地居民也有主張，將地區的排水系統，結合美濃地區錯綜複雜的水圳系統，也是值得考慮的方式。



圖 3-6 美濃 813 水災的歷程紀錄，數字表淹水順序

Source: 葉冠銘、鄒諺廷，魯台營、黃春蓉，2008 中小學科展作品說明書

表 3-3 美濃的水災大事記

美濃淹水大事紀 美濃愛鄉協進會提供

46年 6月 25日	佛琴尼颱風	大量豪雨，造成美濃月光山前（現今墳地）山洪爆發，40多人死亡，當時中正湖崩潰。
48年 8月 7日	連日豪雨	在幾乎沒有任何防範的情形之下，豪雨造成瀰濃庄聚落（美濃市區）全部淹水。（八七水災）
66年 7月 25日	賽洛瑪颱風	美濃地區損失慘重，所幸無人死亡。但造成許多傳統磚瓦建築的大量損害，影響之後傳統建築的保存甚鉅。
71年 7月 1日	晚上一陣大雨	泰安橋附近商家、中正路至第一戲院市區淹水。
71年 8月	強颱安迪	房屋、作物、工程部分受損。
72年 8月 24日	連日大雨	美濃市區成水鄉澤國，對外交通一度中斷。
73年 7月 3日	中颱過境豪雨	泰安橋一帶淹水數尺，多處低洼成澤國。
74年 6月 22日	海爾颱風	三天後帶來豪雨，美濃淹水，對外交通中斷 4 小時。
77年 8月 14日	豪雨	美濃多處淹水，造成 2 條人命及 52 項災情。
79年 6月 23日	歐莎莉颱風	多處路段水 1 公尺，農田淹沒，笨箕窩首見災情。
79年 8月 21日	中颱	西門大橋差點淹沒，美濃多處交通要道皆淹水。
81年 8月 30日	寶莉颱風	美濃市區淹水。
81年 9月 5日	歐馬颱風	民生路、中山路廣善堂前、美濃國中前淹水，淺則及胸，深則二公尺。大水沖刷造成高美大橋出現危機。
83年 8月 3日	凱特琳颱風	兩天兩個颱風侵襲，豪雨成災，農地流失嚴重。尤其東門里東和橋半個月內淹水 50 次。
83年 8月 4日	道格颱風	
85年 8月	賀伯颱風	強風豪雨<高美大橋>與<里港大橋>封橋。
88年 7月 20日	午後大雨	美濃溪溪水暴漲，幾乎淹沒東門庄頭伯公。
88年 8月 9日	荖濃溪水暴漲	荖濃溪沖毀高美大橋橋墩基礎成 V 形橋，暫時封閉。
89年 6月 15日	荖濃溪水暴漲	荖濃溪水面接近便橋暫封閉，高美大橋修復完工延期
90年 7月 29日	桃芝颱風	荖濃溪水造成高美大橋上下游兩岸駁坎幾乎潰堤。
92年 8月 30日	一陣大雨	溪水暴漲美濃市區淹水多淤泥。
93年 7月 2日	敏督利颱風	豪雨造成市區積水，多處路段淹水難行，農業受創。
94年 6月 12日	連日豪雨	深夜淹水，美濃市區多處交通要道難通行。
94年 6月 13日		午後淹水，美濃市區多處交通要道難通行。
94年 6月 14日	連日豪雨	美濃市區晚間淹水，幾天來最嚴重。
94年 6月 15日		大量雨量造成旗山橋、旗尾橋一度封閉。
94年 8月 31日	泰利颱風	美濃市區（中山路兩側各約五十公尺）淹水一公尺高

## (二) 區內現行之水資源論述及計畫

### 1. 美濃水庫計畫

基於高屏地區經濟建設的用水需求，經濟部於民國 55 年成立「高屏溪流域規劃工作處」，專責進行研究規劃工作。民國 59 年提出的《高屏溪流域開發規劃報告》中，提出了包括包括美濃水庫在內四個多目標水庫計畫及兩個單目標水庫計畫。民國 65 年，政府決議採第一優先的美濃水庫為水資源開發計畫。民國 76 年委託中興工程顧問社進行規劃，79 年將計畫提於環保署進行環境影響評估審查，依審查結論再進行為期二年的再評估，直到民國 81 年通過環評，同年 11 月通過行政院的核定，即組成「美濃水庫建設委員會」，開始推動水庫建設。

規劃中的美濃水庫為一具有灌溉、給水、發電功能的多目標水庫，壩址位於美濃區廣林里附近，為一離槽水庫，採用土石壩設計，蓄水高度為 147 公尺，主要水源是來自美濃溪上游集水區及荖濃溪築壩攔截引水，完成後單獨運轉日供水量可達 110 萬噸。

目前當地居民對水庫的安全、經濟效益及生態影響與中央想像仍有極大的落差仍待溝通。



圖 3-7 美濃水庫位置圖

## 2. 吉洋人工湖計畫

吉洋人工湖預定開發面積 700 公頃，蓄水面積 588 公頃。開挖深度達 12 公尺，週邊堤高 3 公尺，有效蓄水深度 10 公尺。從高美大橋上游設置攔河堰引取荖濃溪水注入湖中，估算引水量每秒 30 立方公尺，出水量每日 34 萬噸。併入「高屏溪攔河堰與南化水庫聯通管線」供水計畫，將原水引入高屏溪攔河堰取水口，導入自來水廠，初步概算總工程費約需 243 億元。

此方案為美濃水庫之替代方案之一，但同樣由於爭議過大，地方居民針對：

- (1) 施工所需出土量頗大，搬運棄置所衍生之環境，如噪音、空氣污染、交通等問題。
- (2) 對地下水層可能的破壞。
- (3) 地下水補注的效果。

等影響，與中央主管機構仍有極大之落差，由於地方強大的反對力量，此計畫雖已通過環評，仍未動工。

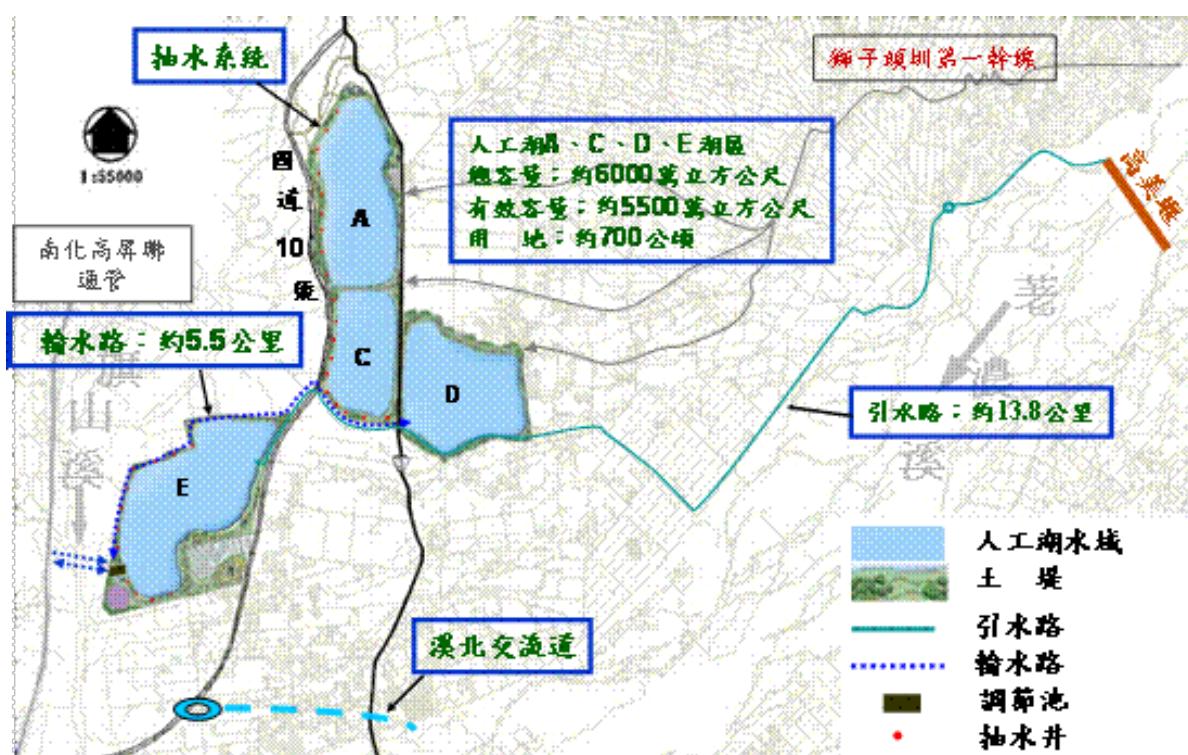


圖 3-8 吉洋人工湖位置圖

### (三) 水文分析

由於美濃的產業仍舊以農業為最主，供農田灌溉的圳道系統幾乎可視為一維生命脈，其中獅子頭幹圳就正沿著美濃三夾水的下緣流過，並在三夾水交匯處下游不遠處匯入美濃溪，以目前的資料判讀，美濃鎮的淹水與柚子林溪氾濫所形成之沙丘有密切的關連性。目前美濃水患缺乏正式報告，根據在地居民自主調查，並配合地形疊合分析，可大略推斷主要水患成因與地形有很大的關連性，其中最先淹水的區塊再美濃國中到高美醫專之間，處於相對高程的低處(圖 3-9)，接著是三夾水與美濃、福安、中壠三個村落之間的農田，一直到相對高程較高的中壠為止，因為農田把原有的低緩沙丘整平，使的此區域的高程幾乎與三夾水一致，所以也幾乎同時淹水。當初中壠會成為聚落的地點，也極有可能是因為位於相對高程的高點、不易淹水之故。在竹子門排水南岸、高美醫專附近民居仍可觀察到其略高的相對高程。因此，除了滯洪池的設置之外，是否可以利用美濃鎮現有的圳道系統，透過精細的水流操控來排出沙丘以北所壅積的降水成為另一種可能的解決方式。

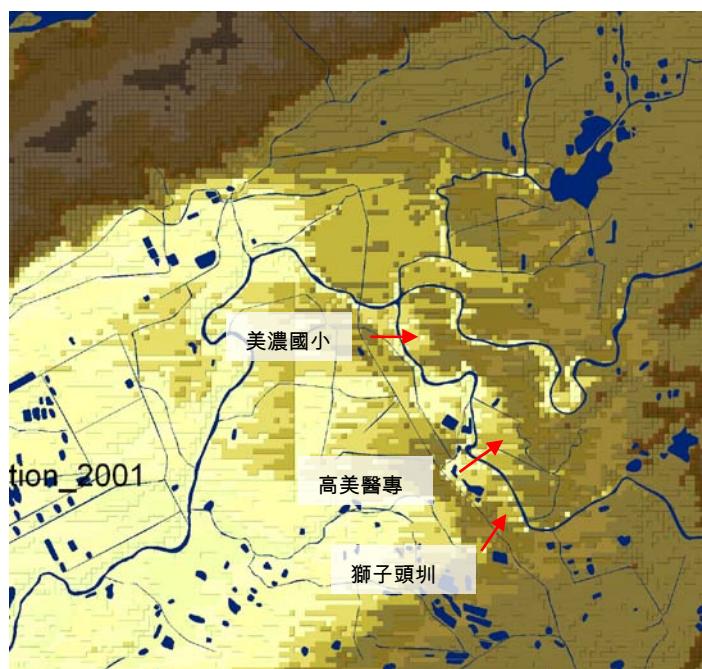


圖 3-9 竹子門排水氾濫所形成之淺沙丘，與獅子頭圳

### (四) 小結 建構美濃之水圳文化

如何利用精細的水文知識一方面協助暴雨的分洪；另一方面也會在美濃建立豐富的水圳文化，美濃的經驗將因此成為解決極端暴雨、適應氣候變遷的典範區域，水患將在美濃化危機為轉機，也可進一步發展生態觀光事業。

## 第四章 相關計畫及制度分析

近年來，日益頻繁的極端氣候與其所致使得環境災害，喚起了空間規劃專業者對氣候變異的關注，以及對相關概念，如緩解力(mitigation)，適應性(adaptation)，與回復力(resilience)的重視。相對於以往以『避災』為主的思維邏輯，如何『處理』氣候變異所帶來的物理環境擾動及社會經濟層面的影響，成為重要的課題。以達到 65%荷蘭國家國民生產總額(GNP)的 Randstad 地區 (the Randstad region) 為例，由於平均高程低於海平面，無可避免的暴露於氣候變遷所帶來之不確定性的威脅之中，急切需要新的空間規劃與環境管理策略(Delta Commissie, 2008)。

然而，理論知識與政策制定的關係為何？在都市防洪的議題上，是否已經有適應氣候變異的地區規劃配套？對於不確定性的反應為何？而決策者之間，由於其背景與專業訓練的差異，對相關理論的瞭解也可能有所不同。以都市回復力這個概念為例，儘管自 1970 年代起，已經有許多研究在討論回復力在環境發展（早期以生態發展為主）上的應用，專業者與決策者仍可能依其訓練背景與經驗來理解何為『都市回復力』，因此造成了片斷與不同的理解與想像，以及都市回復力概念應用於空間專業上的限制。因此，如何將理論研究轉換成為『共通的語言』，不僅會影響理論概念應用在政策制度上深度與廣度，也是政府決策者與相關專業團體（民間專業者）在溝通時重要的一環。

有鑑於對不確定性的挑戰，本章從政策制定的角度出發，討論都市空間與水管理政策在氣候變遷『不確定性』下所面臨的困境與挑戰，以及在決策過程上轉變的可能性。本文第一部份探討目前國內外相關文獻（理論研究）分析，特別是都市回復力的概念與在空間政策上的應用，針對上述對理論概念不同的解釋，本研究從專家訪談，政策分析以及經驗研究之中，提出一套具體且可執行之回復力評估標準。第二部份為國外發展制度研究與案例分析，以荷蘭鹿特丹的經驗為例，探討都市回復力概念如何落實於鹿特丹市都市防洪議題上的規劃政策之中，從『地方政府』的角色中，發展出城市因應氣候變遷的洪災管理政策。第三部份為國內（中央層級）發展制度的分析研究與建議，從政策制定的角度，連結第四部份對高雄都空間政策現況進行分析與判讀，包含現行上位政策，規劃架構，以及回復力評估之研究。其目的在瞭解高雄都目前的對應氣候變遷都市洪災議題之政策發展方向，並提出針對高雄因應氣候變遷都市洪災議題的環境政策發展方向。

### 一、都市回復力(urban resilience)概念及政策上的應用

儘管生態學上對回復力的研究開始於 1970 年代，對空間規劃而言，回復力是一個新發展中的概念。都市專業瞭解回復力為『一個面對危機，特別是未知範疇不確定性的概念 (White, 2010)。』都市回復力可簡單的定義為，『一個空間能夠承受擾動亦持

續保有其基本的功能與結構的能力(The ability for a city to carry outward disturbances and remain functions)。』廣義的都市回復力可包含社會，經濟與環境等方面（如環境心理，都市教育等），然而，本研究僅針對回復力在氣候變異之洪水風險上進行討論。本章節從都市回復力的發展，特別是在空間專業上的影響開始發展，延伸至研究假設，回復力指標的設定，以及後續在研究方法與回復力評估上的討論與界定。

### （一）回復力概念之發展過程

關於回復力的探討開始於 1970 年代在生態學上的經驗研究，認為回復力是一種『系統能吸收各種程度，時間，可預測與不可預測性的環境擾動，以保持平衡的能力 (Holling, 1973)。』回復力強調動態，時間軸上持續性的變化，以適應非線性 (non-linear) 及不可預期的變異(CSIRO et al., 2007)。社會科學對回復力的研究始於 1980 年代，認為人類社會與文化發展並不是固定的，而是隨著時間動態的演進 (Vayda and McCay, 1975, Zimmerer, 1994)。相關研究（如文化人類學與環境心理學等）特別強調在時間尺度上的變化，以及文化回應環境擾動上的速度(speed of return)與多元性(Pimm, 1984)。

直至 1990 年代晚期，都市規劃學者才開始進入對回復力的討論，如以強化對環境威脅之容受力為目標的回復力社區 (Resilient communities, e.g., Federal Emergency Management Agency, FEMA)，以及在社會與制度面上的適應性，如鄰里單元與社區關係的改善等(Mileti, 1999)。儘管如此，在都市洪患的範疇上，空間策略著重在物理環境與工程技術上的改善，以達到『避災』的目的，缺乏對『適應』與『回復』的討論。2000 年後，學界關注回復力作為『適應性迴圈(adaptive cycles)』的範疇，一『具回復力的城市』表現在物理環境與人際網絡上自我維持 (self-sustain) 與自我組織(self-organise)的能力，來回應未知的擾動(Holling, 2001, Walker et al., 2004, Folke, 2006, Gunderson, 2000, Walker and Salt, 2006, Folke et al., 2004, Godschalk, 2003, Fleischhauer, 2008)，回復力與適應性的高度相關性因此成為空間策略的發展目標。

相對於較為熟知的永續發展(sustainable development)概念，兩者皆起源於 1970 年代生態學的研究，在 1980 年代中後期開始，被應用在文化地理學，人類學，與環境心理學的研究，且在 1990 年代末期開始進入空間規劃專業的討論範疇。然而，永續發展始於對環境議題（如環境污染和生態保育）的關心，藉由長期，有效的資源分配與管理，試圖達到社會，環境，與經濟發展上的平衡(Munn, 1992, Gibbs, 1997)。回復力則開始於特定物種在經歷外在擾動（如森林大火）後所發生的結構性變化，強調對不可預期的事件所能提供的回應能力，以及事件對原本結構所產生的變化(Walker and Salt, 2006)。對永續發展與回復力的整理如表 4-1。

表 4-1 回復力與永續發展之比較

表現在	永續發展	回復力
起始點	環境保護	特定物種面對外界影響的適應能力
在理論概念上的討論	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 環境容受力(carry capacity)：藉由資源的再分配與有效管理，減緩環境變異所帶來的影響</li> <li>- 相關概念的討論如緩解力(mitigation)，有效自我維持(self-maintenance)的能力等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 環境適應力(adaptive capacity)：從改變中學習，並在持續的改變中強化對外界變異的適應能力</li> <li>- 相關概念的討論關心緩解力(mitigation)與適應力(adaptation)的相互配合與作用，以及自我組織(self-organisation)的能力</li> </ul>
在國際協議上的討論	如里約地球高峰會議(The Rio Earth Summit)，京都議定書(The Kyoto Protocol)，聯合國氣候變化框架公約(The UNCCC conferences)等	概念發展中
在空間規劃上的討論	如永續發展(sustainable communities)，永續城市(sustainable cities)，永續發展指標(assessment indicators)以及在再生能源(clean energy)與能源使用(energy-efficiency)效益上的討論	相關討論於回復力社區(resilient communities)，回復力城市(resilient cities)，及防災與風險管理(risk management)等

由於回復力的研究取徑關注都市在物理與社會架構上的強化，以適應外在的衝擊，這樣的概念對氣候變異下之洪災管理提供了一個新的討論平台，跳脫了過往從單一面向(如：加高堤防，加強排水)的討論，尋求水利工程手段(硬體)與空間規劃(軟體)上的整合，以及跨領域協調間的彈性。換言之，既然『絕對安全』在氣候變遷條件下已經變得不可能(且過於昂貴)，回復力的概念除了對防禦策略(mitigation strategies)的要求，還包含對適應性的討論(adaptive strategies)，從科學的角度與現況環境中，找尋『常民生活』與『洪災危險』間的『緩衝(buffering)』。在這裡，所謂的『緩衝』包含了政策制定與空間規劃應用上的彈性，以減低都市洪災所造成的可能風險與災害。也因此，都市回復力的概念可作為後續對氣候變遷所帶來的都市水患議題討論上的平台。關於回復力在空間政策上的研究闡述如下。

## (二) 規劃與不確定性

回復力的核心討論為適應力循環(adaptive cycles)，為一由生態生產力(productive ecosystem)所衍生出來的概念(Gunderson and Holling, 2002)。如圖4-1所示，相對於系統(如生態系，社會系統，或經濟狀態)穩定而不震蕩的解釋，適應力循環的概念嘗試瞭解系統中生產與發展(R: growth and exploitation)，延續(K: conservation)、崩解( $\Omega$ : collapse or release)，及恢復與再組織( $\alpha$ : renewal and reorganisation)間連續性的循環，並各間期之間持續性(如發展，延續，再組織)和即刻(如崩解)的轉變。因此，促成變異的因素不必然是負面的，亦提供了組織內轉變與重新組構的契機(Gunderson and Holling, 2002, Walker and Salt, 2006, Walker et al., 2004)。

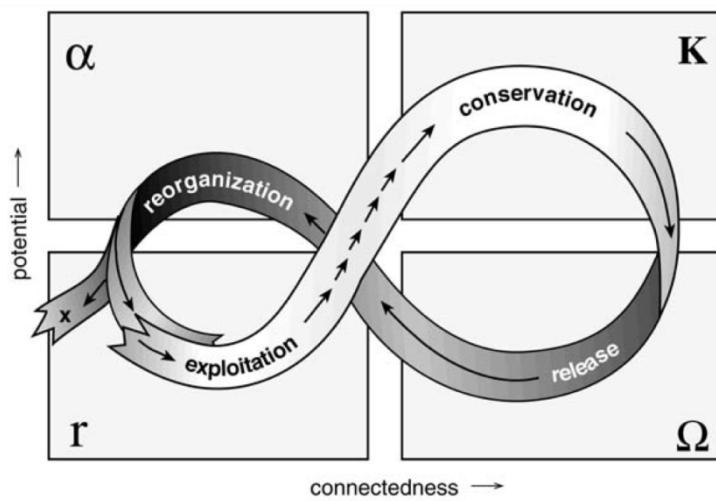


圖 4-1 回復力的表現：適應力循環(adaptive cycles)

Source: adopted by Walker and Salt (2006), Walker et al., (2004), Gunderson and Holling (2002)

對應氣候變遷所帶來的未知以及洪災風險，適應性迴圈的概念將其看作是一持續變化，而非在個別時間基期內獨立的策略，因此強調決策過程中知識累積與傳輸的關係，包含在空間經驗與理論探究等面向。也就是說，『崩解( $\Omega$ : collapse or release)』即使在短時間看來是負面的(對都市空間的傷害)，長期與持續性卻可能是一種正面的，修正與累積的契機(具適應力的政策得以發展)，而帶入一個新個循環。適應性迴圈的討論也使回復力的概念保持著模糊(fuzzy)的概念與更多的可能。然而，這樣的特性突破既有空間研究僵化的發展思維，反而能提供地區治理與區域特殊性的研究一立論的基礎與平台。

對『回復速度(speed to return)』的討論(Pimm, 1984)點出了回復力在時間軸的表現，包含了崩解前(災前)的預備以及崩解後(災後)的回應與應變能力。這部份的討論回應了社會經濟學研究上對回復力的兩個面向：強壯度(robustnesss)

與即刻度(rapidity)。前者強調空間中的環境承受力(carry capacity)，如，該城市有多『強壯』？能夠承受與吸收多少預期外的擾動？卻仍然維持其基本的都市運作與系統內的平衡。後者則討論該空間回復的速度與回復能力，如，都市回應未預期災變的能力，或是達到一個新平衡的基期需要多久的時間 (Linnenluecke and Griffiths, 2010)。(圖 4-2)，強壯度關心一空間(水災防災政策)對於災害的承受力，也就是『承受擠壓的能力』，表現如 Y 軸所示的反彈力，即刻度則表現在 X 軸上，減短受災的時間，並強化回復( 或是達到另一個新的平衡 )的速度與能力。換言之，災變過後的穩定，可以等同於災前的穩定，也可以是一個全新的發展與運作邏輯。

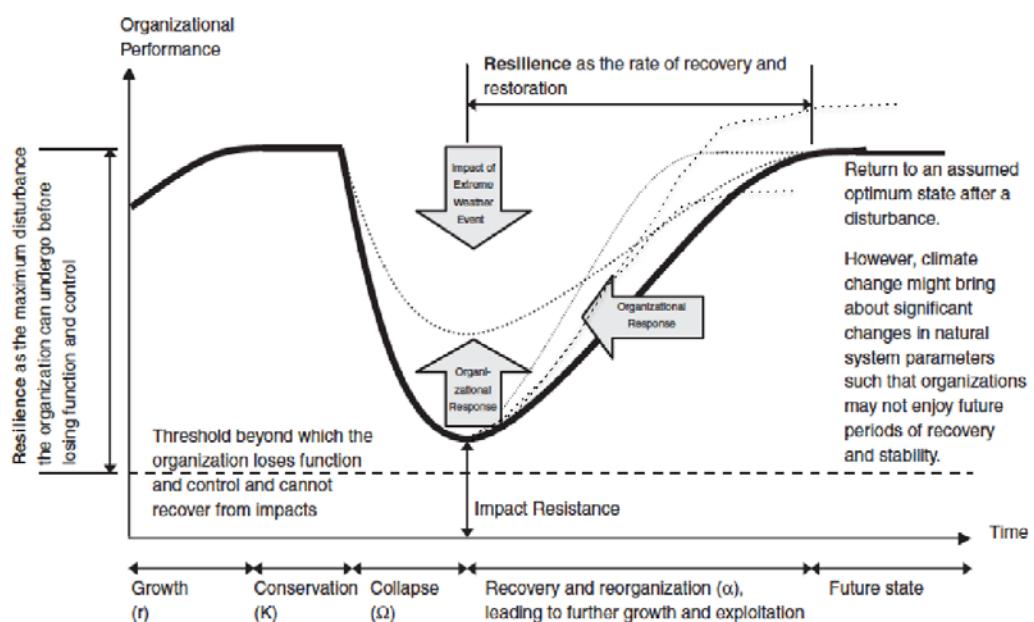


圖 4-2 回復力的表現：強壯度(robustness)與即刻度(rapidity)

Source: refer to Linnenluecke and Griffiths (2010)

從哪些方面，都市規劃系統能反應並提出都市回復力的建議呢？Foster (2006) 將回復力在空間專業的表現界定為二：準備回復力(preparation resilience)，包含評估(assessment)與預備(readiness)，以及表現回復力(performance resilience)，包含在超過零界點後的回應(response)與恢復(recovery)能力(Foster, 2006)。如圖 4-3 所示，一個具回復力的城市，應具備對不確定災害事前評估與預備的能力，面對災害時能有適宜的回應，並在短時間內回復到有效率的城市運作機制( 可能是回到之前的運作方式，或是轉變進入新的階段 )。這樣的迴圈持續進行著，以確保城市能妥善的回應各種潛在災害。

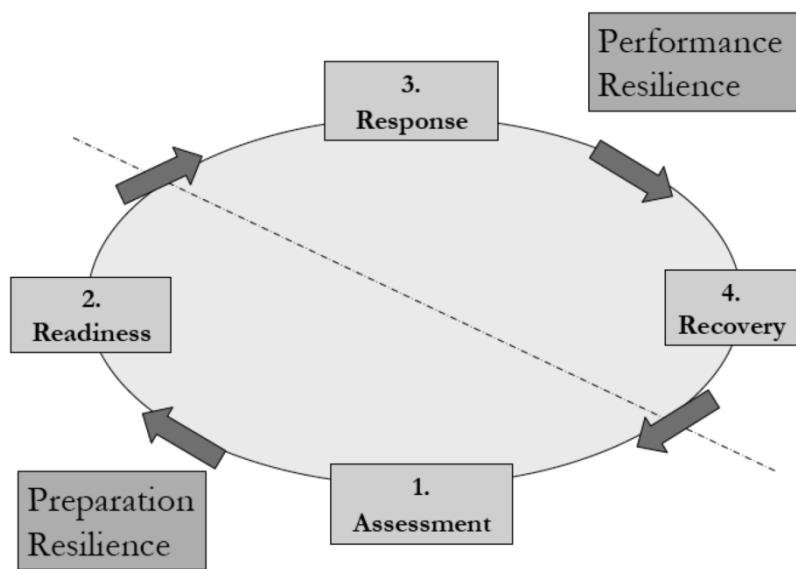


圖 4-3 區域回復力評估架構

Source: adopted by Foster (2006)

綜合 Foster (2006)與社會經濟學對回復力的討論(Linnenluecke and Griffiths, 2010)，我們知道回復力的研究是一個災前-災中-災後的長時間評估。然而，為避免混淆，以下對水災防災政策的探討將限定在災前『準備回復力』的向度（同時也是空間規劃主要的考慮範疇），對都市水災防災政策在評估(assessment)和準備(readiness)兩個面向進行討論。另外，必須要注意的是，準備回復力與表現回復力並非總是相互依存，反之，也可能以獨立的方式存在。都市區域可以藉由高度發展的準備回復力避免或降低衝擊，在這個向度上，空間政策是藉由科學研究和模擬(而非真實災害)進行預測以獲得災變後過度到常態的能力。相對的，都市也能藉由強化其發展災後應變與處理的能力，以減少災害所造成的衝擊。

從風險，破壞性，氣候變遷，社會回復力(social resilience)，適應性與調適性的文獻回顧中 (Vale and Campanella, 2005, Holling, 2001, Godschalk, 2003, Walker and Salt, 2006, Fleischhauer, 2008, Gunderson and Holling, 2002, Adger, 2006, Hutter, 2011, 2010, Hutter and Schanze, 2008, Muller, 2010)，可以將回復力在環境政策上的表現歸納為以下六類：

- 對現況的掌握與關注：包含對現有水文及空間環境的監測，以及現行防洪設備的檢視與評估。
- 對未來趨勢的瞭解與評估：包含對未來環境趨勢的研究，空間中所能承受的衝擊，以及預報能力的發展與提升。

- 對於過去經驗的學習能力：從過去經驗中（包含天然災害及人文疏失）學習的能力。
- 目標設定的能力：對未來發展即可承受力作量化標準訂定的能力。
- 將目標轉化為執行策略的能力：執行的能力，包含預計工程內容以及計畫逐步達成之政策擬定。
- 公眾參與與回應的能力：對公共意見回應及回饋的能力。

上述六項回復力在政策面上的表現，會作為以下第二部份在鹿特丹案例中的討論依據，以及最後在大高雄未來發展之可行性建議。

### （三）小結：空間範疇與回復力

本階段探討都市回復力在空間規劃上的表現。總結來說，回復力被視為一種持續的，藉由不斷的改變的過程，達到適應外在變異的能力。雖然目前在工程的角度上，回復力被看作是災後之恢復速度與力度，然而，從空間規劃的角度，回復力應被視為『韌性』，廣泛的表現在災前，災中及災後的各項因應措施之中，以因應氣候變遷所帶來之新的挑戰。在氣候變遷所帶來的水患議題方面，回復力的概念除了關注空間上對災變的緩解力，還有如何適應外界擾動，並維持空間既有運作機能的能力。可分為兩個面向：強壯度(robustness)偏重於準備階段（包含評估與準備），即刻度(rapidity)則關心災後回復階段上的表現，如災變有效的回應與後續的能力。準備回復力與表現回復力可相互獨立存在。對一個以準備回復力為主的都市而言，空間策略著重在藉由事前的準備與評估，減少災變發生並過度到回應與恢復的階段，因此，都市政策是由科學研究和模擬（而非真實災害）來評估。

因此，本研究根據相關的研究與理論上的討論，提出對空間水災防災策略上都市回復力的六項關鍵表現，作為本文後續在鹿特丹經驗與高雄現況之分析依據。本文以下將依序討論回復力在鹿特丹的表現，以及目前在台灣相關研究計畫，以及政策發展上的發展與影響，以期能對高雄市未來水災防災政策提出建議。

## 二、台灣相關制度的分析研究：中央層級的討論

本計劃對國內現行關於氣候變遷與回復力制度的探討可粗分為中央層級與地方層級兩面，以鹿特丹目前的氣候變遷調適與回復力相關政策的討論為基礎，對目前台灣在氣候變遷議題上之政策與相關研究計畫作一系統性的整理。第一部份針對研究計畫進行討論，為求研究公平性，以國科會 2007-2011 年氣候變遷相關研究計畫為分析資料。第二部份則針對目前中央層級相關之政策，水利與空間發展策略進行分析，並綜合以上所得，勾畫出回復力概念在台灣的發展現況與趨勢。

### (一) 現行回復力相關研究計畫

為求研究的公平性，本章節以國科會近五年來（2007-2011）氣候變遷相關計畫為分析資料(表 4-2)。總計 2007-2011 氣候變遷相關研究計畫由 2007 年的 18 件提高至 2011 年的 72 件，總金額由 2007 年的 NTD 23,262,000，大幅上升至 2011 年的 NTD 206,920,000。若依計畫類型區分為純科學型計畫（如氣候變遷本身，在大氣，海洋及自然環境上的改變），應用型研究（如氣候變遷對公共衛生，空間規劃，河海工程等的影響），及制度與政策型研究（如政策面的檢討，國際氣候公約等）等三類(表 4-2，圖 4-4)，則可以發現，純科學研究近五年來在案件數量上的變化不大，維持在 10 件左右，應用科學數量變化趨勢隨著氣候變遷相關計畫總量的上升而變化，由 2007 年的 8 件上升至 2011 年的 51 件。制度與政策面的研究則由 2007 年的 1 件大幅提升至 2011 年的 11 件，同事也是近兩年相關計畫中唯一在案件數量上有所增加的案件類型。從案件數量的變化中可以發現，關於氣候變遷在制度與政策面的研究已逐漸受到重視(圖 4-4)。

表 4-2 國科會近五年(2007-2011) 氣候變遷相關各類型研究計畫數量統計表

年度 Year	國科會氣候變遷相關計畫 (NCU climate-related projects)	純科學型計畫 (pure-science)	應用科學型計畫 (applied-science)	制度與政策型計畫 (institutional study)
2007	18	9	8	1
2008	18	7	10	1
2009	34	10	21	3
2010	67	9	51	7
2011	72	10	51	11

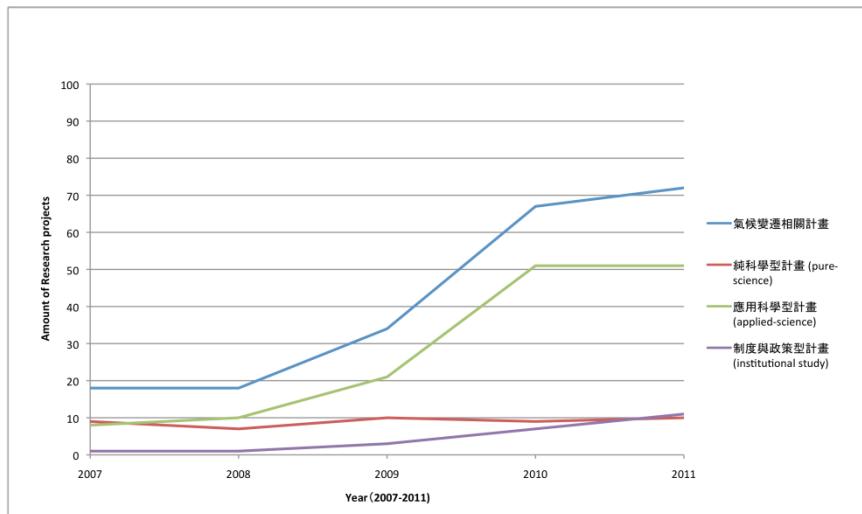


圖 4-4 國科會近五年(2007-2011)氣候變遷相關各類型研究計畫數量變化關係圖

在經費上，純科學與應用科學的研究經費大致都隨著整體氣候變遷研究費用的趨勢增加，然而，制度及政策型計畫的研究經費，除了 2009 年因國立科工館之『2010 科學季：氣候變遷展~行動愛地球』有較大筆的計畫經費之外 ( NTD39,888,000 )，成長趨勢明緩較其他類型研究來的緩慢(表 4-3，圖 4-5)。

表 4-3 國科會近五年(2007-2011) 在氣候變遷相關各類型研究計畫經費統計表

年度 Year	國科會氣候變遷相關計畫費用 (NCU climate-related projects)	純科學型計畫 (pure-science)		制度與政策型 計畫費用 (institutional study)	
		費用	費用	費用	費用
2007	23,262,000	9,004,000	13,561,000	697,000	
2008	20,770,000	9,393,000	10,505,000	872,000	
2009	90,792,000	20,358,000	29,404,000	41,030,000	
2010	115,721,000	26,332,000	84,592,000	4,797,000	
2011	206,920,000	46,633,000	151,938,000	8,349,000	

註：單位: NTD

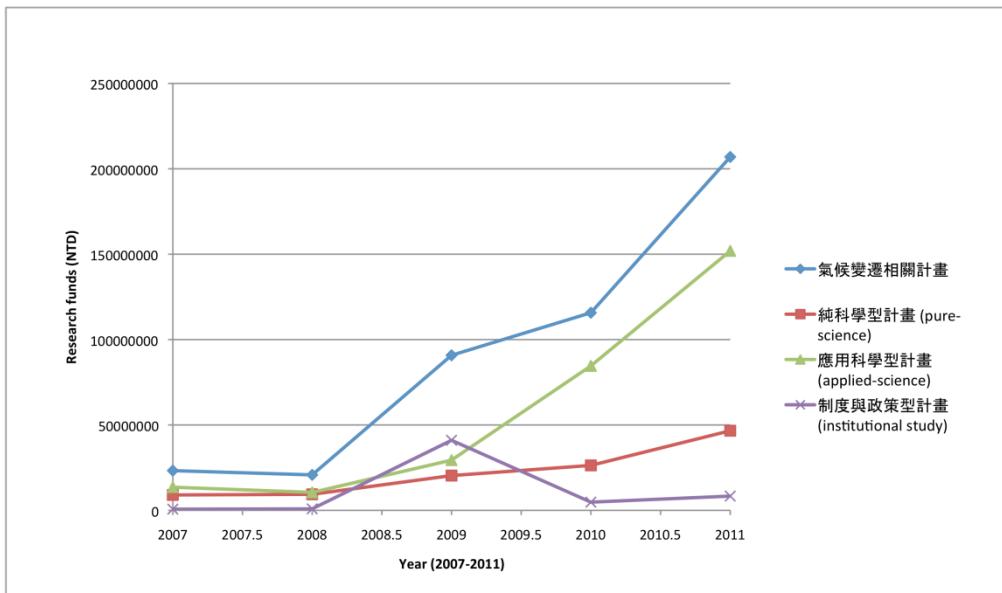


圖 4-5 國科會近五年(2007-2011) 在氣候變遷相關各類型研究計畫經費關係表

比較各類型研究所佔總預算比例(表 4-3，圖 4-5)，可以發現，純科學研究經費有略微下降的趨勢 (由 39% 降至 23%)，應用科學型研究大致維持在總經費的一半以上，並逐年增加 (除 2009 年之外)，2010 年起，各類應用科學型研究已達到總經費的七成以上。制度性研究僅占總經費的 3%~4% (除了 2009 年占年度總經費約四成的科學展之外)，也顯示，制度及政策類型計畫的研究經費並未隨著計畫量的增加 (由 2007 年的 1 件增加至 2011 年的 11 件) 而有大幅度的增加。

表 4-4 國科會近五年(2007-2011) 氣候變遷相關各類型研究計畫經費所佔總經費之比例  
分析表

年度 Year	純科學型計畫 (pure-science)	應用科學型計畫 (applied-science)	制度與政策型計畫 (institutional study)
2007	39%	58%	3%
2008	45%	51%	4%
2009	22%	32%	45%
2010	23%	73%	4%
2011	23%	73%	4%

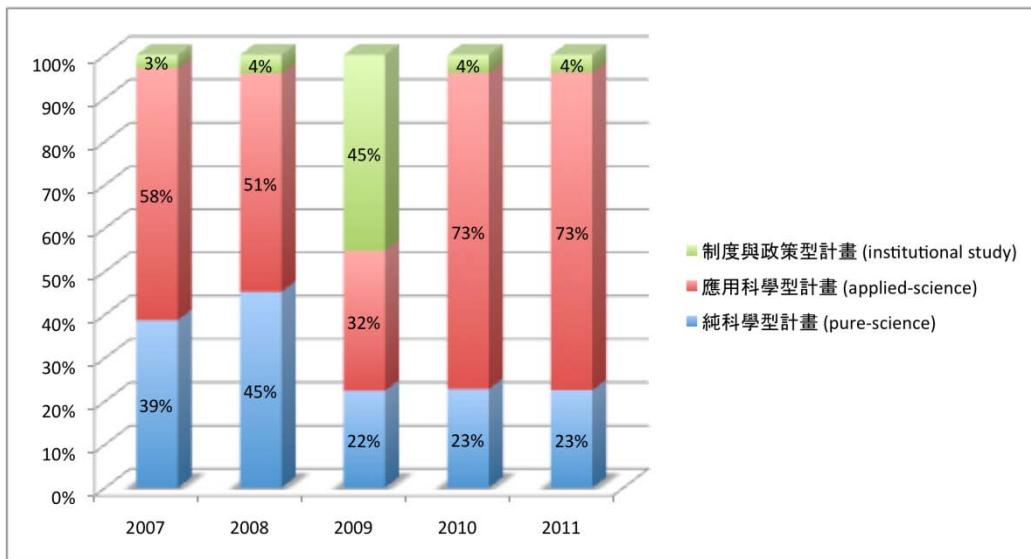


圖 4-6 國科會近五年(2007-2011) 氣候變遷相關各類型研究計畫經費所佔總經費之比例關係圖

整體而言，近五年氣候變遷相關的研究案在數量上增加了約四倍，研究經費則增加了約十倍左右，顯示氣候變遷議題的討論已廣泛的在不同學術專業中受到重視。單就研究案件數來看，主要的案件增加量落在『應用科學型計畫』以及『制度與政策型計畫』兩類，應用科學型計畫在 2009 及 2010 兩年，研究案件數都較前一個年度有倍數的成長，2010 年及 2011 年則保持不變。制度與政策研究從 2007 年的 1 件持續成長至 2011 年的 11 件，已接近純科學研究計畫量(10 件)，顯示氣候變遷在制度面上的討論與決策上之影響已愈益重要。然而，制度面研究的案件數增加並未伴隨著研究經費的提升，除了 2009 年因舉辦科學展所邊列的高額預算之外，制度型研究經費僅占總經費的 4%，顯示研究案在屬性上已經從 2007 年的單一計畫逐漸拆列為各個小型計畫。純科學研究雖然在數量上沒有明顯增加，在經費預算上確有逐年減少的趨勢，至 2011 年僅占總經費的 23%。相對的，應用科學的研究無論在研究案件數量及經費上都逐年上升，成長趨勢與整體成長幅度較接近，顯示氣候變遷在各專業的影響，以及跨領域跨學門的整合性研究，乃是目前在氣候變遷研究上的主流 (2011 年總計 51 項應用型研究計畫占總經費之 73%)。

從國科會研究計畫的分析中可以發現，制度面的研究從單一，全面性的檢視，轉向較小範圍，地區性且針對單一議題的細緻性討論，如氣候論述與國際態度的討論 (從抗拒到承諾：中國應對全球氣候變化的立場與論戰 - 一個「氣候話語權」的觀點，中華人民共和國應對氣候變遷之國內政策與法制)，氣候公約 (全球氣候治理：以後京都氣候談判為例) 以及歐盟對氣候變遷決策研究(氣候變遷的規範模式：以歐洲聯盟為例論其與 WTO 規範之互動) 等。應用科學的研究則逐漸由單一學科的討論 (如公共衛生，特定疾病，森林學，工程強度，財稅保險等) 轉往跨領域的

整合性研究（如氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究），像是都市化地區淹水議題，氣候變遷之水文影響在觀光發展與原住民社群的影響，氣候性商品制定與定價，易淹水地區發展等等。顯示氣候變遷議題在應用端（跨界整合的決策）上的發展，將是未來重要的發展方向。

## （二）現行政策分析

討論現行以空間規劃與土地管理的考量之水患治理相關政策，在中央層級方面主要可以分為『國土規劃相關計畫（如國土城鄉防災綱要計畫，氣候變遷調適政策綱領，國土空間發展策略計畫等）』與『易淹水地區水患治理計畫與相關計畫』等兩大主軸。前者以空間發展與土地利用為出發，藉由土地利用的重新分配進行資源重整與環境災害管理，後者則針對水議題（特別是水患議題）進行討論，目前所執行的政策以水患防禦工程為主，然而相關的土地管理政策（如易淹水地區水患治理之非工程措施規劃，水患治理非工程措施 99 至 104 年綱要計畫草案等）也逐漸發展之中。地方層級方面，高雄市現行的水災防災政策由水利局為主要單位，除了防洪與滯洪的工程設施之外，結合消防與警察單位之救難資源，以強化災中及災後應變為主要方向。現行中央層級之相關政策條列於下表 4-5，並簡述如下。

表 4-5 現行中央層級之洪災土地利用管理相關政策列表

時間	計畫類型	政策名稱	主要執行單位	其他合作單位
2011	水利工程 與規劃	易淹水地區水患治理計畫III (2011-2013)	經濟部水利署，內政部營建署，行政院農委會(水保局，農田水利會)	-
2010		易淹水地區水患治理之非工程措施規劃	經濟部水利署	經濟部水利署水規所
2010		水患治理非工程措施99至104年綱要計畫草案	經濟部水利署	-
2010		水利建設因應全球氣候變遷白皮書 (RRPG980701)	經濟部水利署	中興工程顧問公司
2008		易淹水地區水患治理計畫II (2008-2010, delay to 2011)	經濟部水利署，內政部營建署，行政院農委會(水保局，農田水利會)	-
2006		易淹水地區水患治理計畫I (2006-2007)	經濟部水利署，內政部營建署，行政院農委會(水保局，農田水利會)	-
2005		易淹水地區水患治理綱要計畫 (2006-2014)	經濟部水利署	-
2010		氣候變遷調適政策綱領	經建會住都處	都市計劃協會
2010		國土空間發展策略計畫	經建會住都處	行政院 (GPN 1009901948 ISBN 978-986-02-3780-1)
2009		都市土地使用因應氣候變遷衝擊之減災與調適策略研究 (RRPG090203)	內政部建研所	財團法人國土不動產資訊中心
2004	都市計劃 與土地管理	國土計畫法(未通過執行)	-	-
2003		國土城鄉防災綱要計畫	內政部營建署	財團法人台慶科技教育基金會

### (三) 水利工程與規劃相關政策

水利工程與規劃相關政策主要包含以易淹水計畫為主的相關計畫群，如『易淹水地區水患治理綱要計畫』，『易淹水地區水患治理計畫 I, II, III』，『易淹水地區水患治理之非工程措施規劃』，『水患治理非工程措施99至104年綱要計畫草案』以及為瞭解氣候變遷對水文環境影響所執行之研究案『水利建設因應全球氣候變遷白皮書』等等。在易淹水相關計畫群方面，為避免2005年梅雨季所造成的大災害再度發生，經濟部水利署制定了『易淹水地區水患治理綱要計畫』，也就是通稱的8年800億治水預算（其後加入內政部60億與農委會300億預算，總金額為1160億）。儘管該計畫分為規劃檢討，治理工程，應急工程，非工程措施，與研究發展等方面，主要還是以防洪治水工程為主，依照各縣市政府的財物狀況進行補助分配，進行防洪設備更新（如抽水機），防洪空間管理（如防災社區，水災避難演練），與新建與維護（如堤防，排水系統等）。該計畫分為3階段進行：第1階段（2006-2007）主要工作內容為疏濬、規劃及瓶頸段工程。第2階段(2008-2010) 進行前述之治理工程、部分後續規劃及治理計畫公告等工作，因計畫期間莫拉克風災的影響，延長至2011年6月。第3階段(2011-2013)實施計畫主要工作內容為完成綱要計畫其他必須治理之流域，並藉由前期研究，提出未來改善之具體計畫。

該計畫之工程設施標準如下：

- 縣(市)管河川以25年重現期洪水設計出水高1公尺，或 50 年重現期不溢堤為目標。
- 縣(市)管區域排水以10年重現期洪水設計，25年重現期不溢堤為目標。
- 縣(市)管事業海堤設計標準以50年重現期暴潮、波浪高及溯升高度總和為準，並預估5年地層沉陷量為目標。
- 縣(市)管河川及區域排水中，上游部分，考量崩塌因子，依行政院農委會水土保持局現有設計標準辦理。
- 市區雨水下水道部分，以內政部營建署現有下水道設施設計標準辦理。
- 農田排水部分，依行政院農業委員會現有農田排水設施設計標準辦理。
- 不同設施銜接段，以保護標準較高者為設計標準，並以漸變方式妥善銜接。
- 地層下陷區之河川、排水改善，應考量地層沉陷量問題。

並且，因應降雨日數減少及降雨量及強度逐漸增加之趨勢，未來將以流域或系統內整體考量，除工程設施設計標準採上述目標外，於人口密集聚落或重大建設地區，將另增加規劃以搭配滯洪、蓄洪、分洪、墊高基地等方式治理，使民眾居住地區之外水保護程度達50 年~100年重現期為目標。如因現有地形或土地利用無法充分達成時，則輔以避洪及減災規劃等非工程措施因應。

在經費方面，水利署所投入的 800 億主要作為防禦與維護工程使用，內政部經費以都市計劃排水下水道為主要目標，農委會之 300 億經費則作為山地地區防洪預算使用。在高雄地區，該計畫主要落實在林園排水系統，寶典溪，後勁溪，鳳山溪，與土庫排水系統(請參考圖 9)等區域。整體而言，易淹水計畫群對氣候變遷之不確定性的回應以加強( 加速 )排水為主，偏重『防禦(mitigation)』的概念發展，對於適應性(adaptation)及相關概念的討論較少。

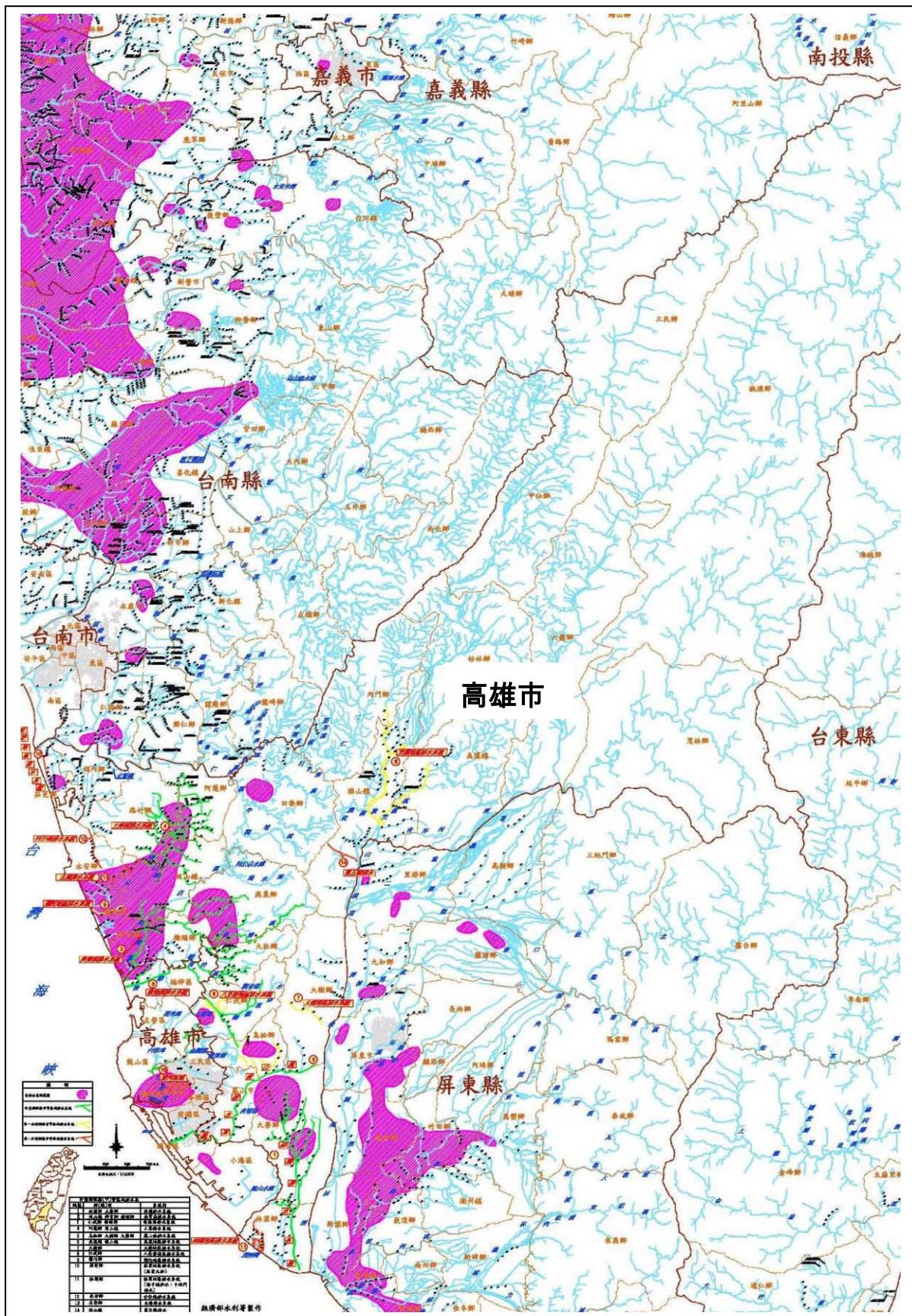


圖 4-7 大高雄地區易淹水地區水患治理計畫圖

Source: adopted by 易淹水地區水患治理計畫第 3 階段(100~102 年)實施計畫

由於其相關政策眾多，針對水文與空間規劃的議題，以下研究以計畫中之非工程子計畫（易淹水地區水患治理之非工程措施規劃，2010 與水患治理非工程措施99至104年綱要計畫草案，2010）為政策分析對象。二者均為2010年底提出，整合空間發展，土地管理機制與地區性水文環境，以發展氣候調適相關政策的制定與執行，在環境因素上，由於全球氣候變遷的影響，使得氣候的不確定性明顯增加。根據台灣各氣象站近百年的降雨資料統計分析，年總降雨量逐年增加，而年總降雨日數卻逐年減少，亦即有降雨強度增大及降雨集中的趨勢。隨著極端降雨事件發生機會增加，原來依據歷史降雨事件所計算的防洪標準而建造的防洪構造物將有可能無法滿足實際的防洪需求。而定量降雨預報的不確定性亦造成洪水預報與警報的困難，即使近幾年來在行政院國科會、交通部中央氣象局、經濟部水利署及農委會水保局等單位積極推動下，颱風的動力理論與路徑預報、洪水預報及坡地災害預警等研究已有良好的基礎。但是對於路徑及定量降雨和預報的準確度，則仍無法完全達到防救災工作的需求，而多樣的地形使目前定量降雨預報的困難，也連帶降低了洪水預報與警報的可信度。若能提昇降雨觀測及預報精度，將能準確預測中、下游河川洪峰時間及市區可能淹水範圍，作為地方政府發佈人員疏散及相關災害應變措施之依據，方能有效降低不確定性所造成的危害，並訂定相關之適應性空間發展策略。

社會發展方面，報告中提及，由於一般民眾普遍缺乏防災意識，並對工程措施普遍存在依賴心態，認為各項防洪工程設施（如建築提防、護岸、抽水機等）是減低水災的發生最有效的方法。事實上，防禦（mitigation）措施的工程成本鉅大，設計標準卻僅能在有限重現期的洪水災害上發揮效益，防災工程成本鉅大，卻只能防禦有限重現期的洪水災害，對於氣候變遷不確定性的因應能力有限。並且，工程大部份需仰賴政府投資，也造成政府在財政預算與執行面上的困難。站在資源分配效益的立場上，報告中指出，除了緩解力（mitigation）的強化外，充足的災害資訊，應變教育，以及防災社區的建置，才是回復力（resilience）在台灣防災策略上需著重發展的一環。比較水利署『水災災害防救標準作業程序』（圖4-8）在防災策略上的發展概念與回復力概念（圖4-3），可以發現兩者都將水災災害治理分為四個階段：減災/評估（assessment），整備/準備（readiness），應變/回應（response）與復健/回復（recovery），制定其配套方案與執行策略。



圖 4-8 水災災害防救業務內容

Source: adopted by 水利署水災災害防救標準作業程序, 易淹水地區水患治理之非工程  
措施規劃(2010)

另一水利所屬單位執行之防災政策為『水利建設因應全球氣候變遷白皮書(2010)』，為經濟部水利署於2010年委託中興工程顧問公司所進行的研究，以氣候變遷情境(表4-6)為環境依據，對台灣未來的水文環境進行評估，以氣候監測與知識管理為基礎進行政策與規範的研擬與訂定。這個計畫預計在2018年確定因應氣候變遷的災害管理基準，2030年以前完成大部份流域的因應計畫，2050年完成全國因應策略，預計在2090年邁入『與氣候變遷共存』的階段。該計畫從未來氣候環境的分析基礎下，訂定了短，中，長程的水利相關配套計畫，是因應氣候變遷重要的政策制定基礎。然而以全島為計畫範圍，並非對特定區域(如高雄地區或高屏溪流域)作降尺度(downscaling)的研擬，對區域性政策的制定與效益則仰賴後續特地區域之研究計畫。

表4-6 白皮書建議之氣候變遷情境標準

目標年	短程:2030年	中程:2050年	長程:2090年	依據標準
溫度	+0.7°C	+1.6°C	+2.3°C	日本 MRI-CGCM2_3_2 A1B
暴雨強度	+20%	+25%	+30%	
平均年雨量	不變	不變	不變	歐洲 MPI-M-ECHAM5 A1B
豐水期雨量	+6.1%	+7.3%	+9.2%	
枯水期雨量	-15.8%	-18.8%	-21.1%	
海水位上升	+18cm	+35cm	+59cm	成功大學
國土損失(海平面上升)	37.8km <sup>2</sup>	73.5km <sup>2</sup>	135.1km <sup>2</sup>	國土損失依據環保署『氣候變遷海平面上升對我國之衝擊評估與適應策略(2001)』之資料推估

#### (四) 空間規劃相關政策

空間規劃相關政策是指『國土計畫法』相關的各項前置計畫，以及以發展調適性策略為主軸的空間策略等。首先，『國土城鄉防災綱要計畫』是為制定『國土計畫法』所作的先期綱要計畫，由營建署委託財團法人台慶科技教育發展基金會製作。主要研究在災害風險分析，防災科技與決策系統建構，以及防災管理。概念發展上可粗分為災前保護(pre-disaster protection)以及災害復原(post-disaster recovery)兩個面向，前者(preparation resilience stages)包含採取措施、累積資料評估風險以及損失計算等，以提供工程建設、保險與土地使用上長期、損失影響和減輕危險等不同種類評量使用，後者(performance resilience stages)則包含在災害發生後的黃金時間或幾天內所採取的減輕階段，如因災害發生導致維生系統受損而危及生命生存的處理、災害發生地區正常運作受到阻礙的復原、道路或其他因災害而受損之碎物的移除與因應食物短缺而提供災區糧食等等。防災科技與決策系統建構方面，該計畫配合國科會『國家型防災科技計畫』，對地震，颱風，洪水及土石流等常見天然災害的管理（包含減災，整備，應變與復原等四個階段）與科技決策支援系統的建構。由於該計畫以空間減災為重點，其工作重點為災害潛勢分析（如洪水潛勢，集水區淹水模擬，相關基本圖套疊等），危險度分析，災害境況模擬，與減災對應系統（如國土管理，水利設施配製，相關保險推動等）。

防災管理方面，該計畫提出防災分級與土地開發管理的構想。操作上減少以往禁建，限建的管制手段，盡量以土地徵收或土地補償的方式來管理高災害風險地區，並取得所需的防災用地（包含防災緩衝用地與防災設施用地等）。

『國土城鄉防災綱要計畫』提出了結合國土安全，科學評估，與防災管理的一套土地利用發展原則，並提出了配套的落實方向，對於防災空間治理上有很大的進展。然而，該計畫仍維持了以往防災政策上『中央主導，地方配合』的傳統思維，無形間限制了地方政府（與地方民間組織）在制度發展上的彈性。此外，由於迄今『國土計畫法』仍未通過，也使得國家防災計畫無法具體實現。此外，為了將強對氣候變遷所帶來之不確定性的調適程度，經建會也於2010年公布『氣候變遷調適政策綱領』，並配合『國土空間發展策略計畫』，希望利用2012年起各部會權責重新分配的機會，配合『環境資源部』的組織成立，推動並強化跨領域合作的政策制定機制(圖4-9)。

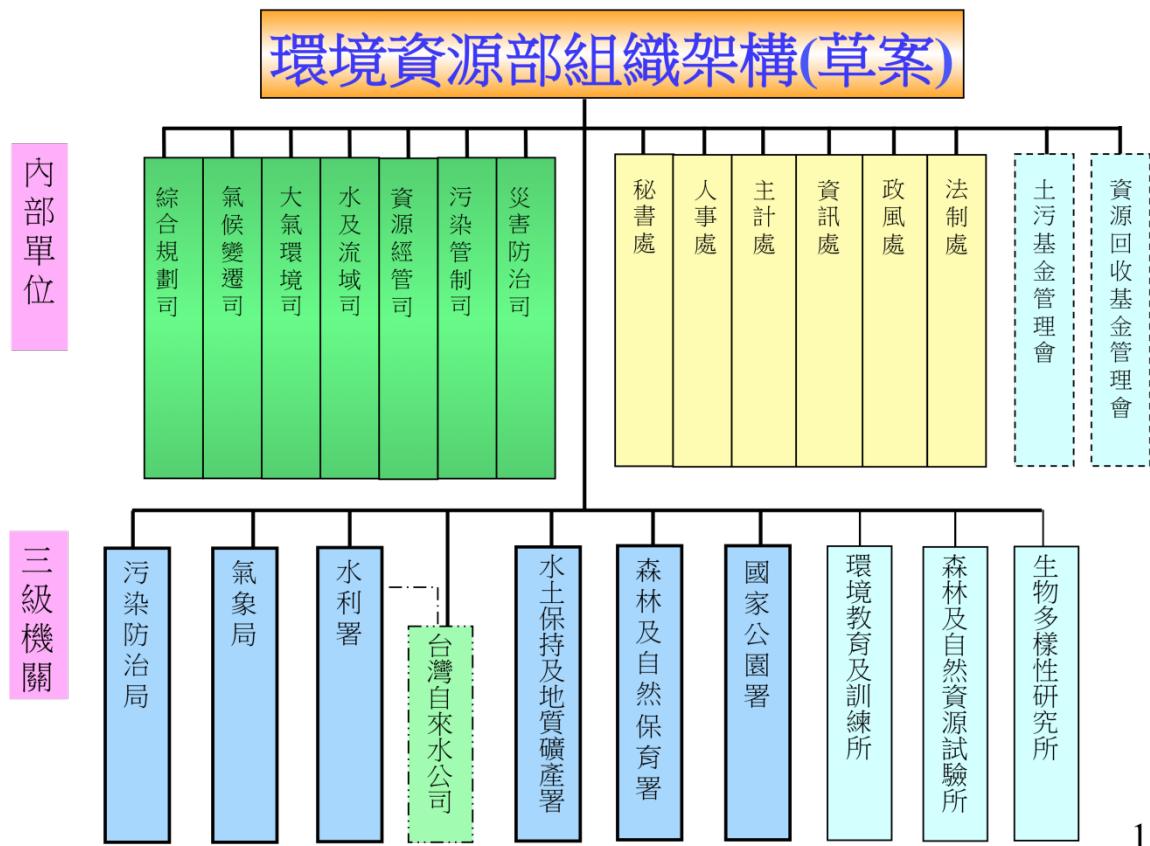


圖 4-9 環境資源部組織架構圖

Source: [http://ivy5.epa.gov.tw/enews/fact\\_Newsdetail.asp?inputtime=0990921154701](http://ivy5.epa.gov.tw/enews/fact_Newsdetail.asp?inputtime=0990921154701)

簡言之，現行中央相關政策可粗分為水利與空間兩大面向，早期(2000中期)水利政策集中在防禦工程上的配套，爾後則逐漸推進至與空間規劃的整合性思維。空間規劃企圖從整體土地重新再分配的角度作全面性的檢討，以搭配水文與水利工程之相關配套措施，然受限於相關因素，迄今在具體落實面上仍顯的較為缺乏。無論如何，跨領域(空間-水文)的整合性思維以廣泛出現在中央層級的政策制定程序之中，也是了未來水利空間發展政策上的目標與展望。

### 三、高雄市水災防災政策探究與分析

承續前章對台灣整體氣候變遷相關政策發展的分析，本章節聚焦在高雄市地區目前之水災防災相關政策，並以回復力概念為分析架構進行討論。在都市防洪的議題上，原高雄市由於地勢較高（相較於其他南部區域如臺南，嘉義等），加上都市排水系統設備相對完善，除了原高雄縣市交界一帶之外，淹水問題並不顯著。直至近年來（2000 年代後期）幾次颱風造成的超大豪雨，淹水的議題才開始高雄地區造成損害。以下的討論分為幾個階段，首先對合併後的高雄市都市現況與水患威脅進行討論，並延續至對現行政策的掌握，利用回復力概念的分析架構進行制度面的探討，並以此作結。

#### （一）高雄市淹水事件，權責與分工

高雄市防洪策略大致上仰賴各項水利排水與防禦工程，縣市合併之後由於行政範圍擴大，防洪政策所觸及的相關權責單位眾多，也讓跨部會的協調與合作成為政策能否順利（且有效）執行的決定性因素。總體來說，相關單位包含經濟部（水利工程與水資源管理），內政部（排水、自來水及下水道）、交通部（水運、港灣工程建設及管理）、農委會（森林保護、造林、集水區治理經營、水土保持、治山防洪及農田水利）及環保署（水污染防治）等目的事業主管機關，處理水資源之政策、法規、制度與重大計畫之擬定、規劃、審議與協調等事項；市府內建設局、農業局、環保局、水利局、工務局及縣（市）政府公務單位辦理，主要負責地區建設計畫、巡防、取締、水權檢定及設施維護與農田水利會（農田灌溉及排水），自來水公司（自來水營運管理）及台電公司（水力電源開發）等。

為提升各部會間協調合作的機會，根據行政院組織改造規劃架構，計畫於 2012 年開始成立『環境資源部』，統整環境保護、環境監測；森林保育、國家公園及生態保育；水利、水土保持；地質、礦業，以及氣象等五大區塊。其他議題如國土規畫、水資源規畫、自來水及農田水利、以及海洋管理等，也將逐步列入環境資源部的權責範圍，成立『國家氣候變遷調適辦公室』以進行跨部會協調（參考 <http://www.rdec.gov.tw/mp14.htm>）。高雄市也在縣市合併後，承接原高雄市政府工務局下水道工程處、高雄縣政府水利處及農業處水土保持科之業務，成立『高雄市水利局』。在水災管理方面，強化全市雨水下水道，豪大雨期間之閘門監控及防洪應，以及山坡地水土保持為主要辦理業務。組織架構上的改變提供了在洪水分管理政策面與制度面上改變的可能，以及從土地管理的角度來面對氣候不確定性與都市洪水議題的契機。

圖 4-9 為依據水利署委託成大防災研究中心研究所作的高雄市淹水潛勢分析，可以發現，一但 24 小時降雨量達到 300 公釐，大部份的高雄市市中心及近台南一帶（圖中黃色區域）都將面臨嚴重的淹水課題，更遑論山地地區因豪雨與水土保持

失當等因素所造成的土石鬆動。與土石流危機。此外，由表 9 所整理的歷年來水災事件紀錄可以發現，連續兩年高雄地區所遭受的重大水災（2009 年 Morakot 及 2010 年 Fanapi 颱風），其單日降雨量都遠超過 300 公釐，遠超過以往的防洪標準，也造成了市中心地區與部份低窪地區嚴重的水災，顯示超大豪雨已不再能僅當作是『意外』，應該藉由不同面向的強化與深化，加強對豪大雨降雨的容受度，以降低經濟與社會損失。

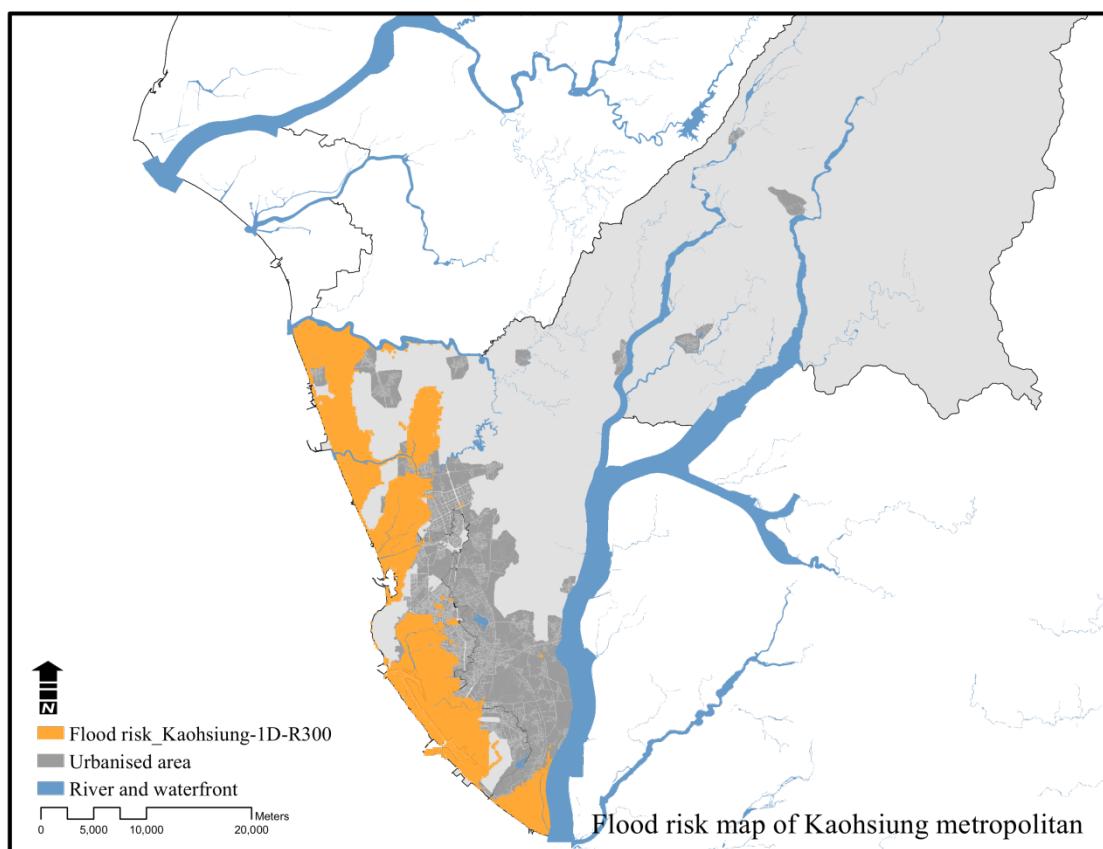


圖 4-10 高雄地區單日降雨大於 300mm 淹水潛勢分析

Source: 經濟部水利署水文與降雨資料 <http://www.dprc.ncku.edu.tw/download/>

相較於圖 4-7 由易淹水計畫所制定之『高雄縣市易淹水地區水患治理計畫圖』，不難發現與圖 4-10 在淹水地區的差異。這是由於圖 4-7 為評估候所提出的需治理範圍，而圖 4-9 則為經濟部水利署委託成大水利系所致訂之『風險評估地圖』，在各種參數的設定下，評估如果 24hours 降雨量大於 300mm 的時候所可能淹水的範圍。然而，這似乎也點出了台灣現行氣候相關政策在『政策制定』與『氣候評估』上的斷層與落差，也是爾後資訊整合與評估分析上可繼續努力的方向。

表 4-7 2000 年代台灣及高雄地區重要水災事件整理

時間	淹水事件	高雄地區降雨情形 (mm)	全台災情與經濟損失
2000	Bilis颱風	145.5	15人死亡 經濟損失達NTD 7,629,070,000
2001	Toraji颱風	5	214人死亡 經濟損失達NTD 14,693,705,000
2001	Nari颱風	216.5	經濟損失達NTD 5,691,986,000
2004	Minduli颱風及0702水災	180	41人死亡 經濟損失達NTD 6,516,458,000
2005	612水災		18人死亡 經濟損失達NTD 1,901,667,000
2005	Haitang颱風	273	15人死亡 經濟損失達NTD 9,831,405,000
2006	0609 豪大雨	N/A	3人死亡 經濟損失達NTD 4,373,375,000
2008	Kalmaegi颱風	328	26人死亡 經濟損失達NTD 3,381,220,000
2008	Fungwong颱風	136	3人死亡 經濟損失達NTD 2,918,475,000
2008	Sinlaku颱風	60	22人死亡 經濟損失達NTD 5,643,770,000
2008	Jangmi颱風	141.5	5人死亡 經濟損失達NTD 7,547,679,000
2009	Morakot颱風	537.5	703人死亡 經濟損失達NTD 47,668,881,000
2010	Fanapi颱風	490.5	2人死亡 經濟損失達NTD 12,221,278,000

Source: based on the reports from Central Weather Bureau, Taiwan  
[\(<http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/hazards/meteo-hazards-data.htm>](http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/hazards/meteo-hazards-data.htm) , <http://photino.cwb.gov.tw/tyweb/hazards/meteo-hazards-r.htm>)

環境現況揭示了高雄目前的淹水風險與過去幾次由於極端降雨所帶來的災情，接下來，本文將以回復力的概念，對對現行相關政策進行分析研究，以瞭解高雄地區在氣候變遷的不確定風險下，都市水患議題在政策制定與執行面上的發展概況。

## (二) 水-空間現行政策分析

在高雄市目前眾多的水利相關政策之中，以水-空間規劃為出發點進行探討，以因應氣候變遷之不確定性的政策仍處於先期研究規劃階段(如委託成功大學水利工程學系所作的『大高雄治水政策白皮書』等)，尚未有具體的政策發表。本文在此針對已完成(審定)之相關政策如下表 4-8，並簡述如下。

表 4-8 高雄地區區域性氣候變遷水災防災相關政策列表

時間	政策名稱	規劃層級	主要執行單位	其他合作單位
2011	100 至 103 年度高雄市政府水利局中程施政計畫	地方層級	高雄市政府水利局	高雄市政府相單單位
2011	高雄市政府水利局災害應變作業手冊	地方層級	高雄市政府水利局	高雄市政府相單單位
2006	高雄市環境政策白皮書民間版	地方層級	高雄市教師會生態教育中心、高雄市柴山會、高雄市野鳥學會、台灣溼地保護聯盟、長鬃山羊單車俱樂部，高雄市舊城文化協會、高雄市綠色協會	

### 1. 100 至 103 年度高雄市政府水利局中程施政計畫(2011)

『100 至 103 年度高雄市政府水利局中程施政計畫』從縣市合併後都會治理的角度為出發，探討縣市合併後高雄在地理環境方面上之多元性(山、海、河、港等)所面臨的課題，以及水利專業所屬之角色與責任分工。由與此計畫並非針對氣候變遷議題所制定，其工作內容較為全面，包含污水下水道建設，排水防洪建設，水災預警，防災監控，救災應變作業程序等等。面對氣候變遷所帶來的不確定性，在滯洪方面，預計完成於 2012 年完成典寶溪滯洪池 A 區及寶業里滯洪池工程。並協助經濟部水利署第六河川局辦理山仔頂排水滯洪池用地取得作業以及爭取辦理典寶溪 B 區滯洪池等。

排水防洪方面，預計辦理『仁武區村落截流改善工程(第二期)』、『鳳山溪幹線改善工程(博愛橋~大智陸橋第一標)』等工程，以提升仁武、鳳山、岡山、美濃等區之排水防洪效能，並同時加強區域排水疏濬，水路整理及清疏工作，補助公所辦理中小排水及雨水下水道清疏工作，以每年清理市管區域排水 30 公里為目標，且協助河川局進行高屏溪流域河砂之疏濬。防水護岸方面，以每年提升排水護岸

6000 公尺為目標，同時持續辦理防洪維護設施、機械設備養護及各截匯流站、抽水站機電設備維護工作，針對各項機電設施維修增設並增加抽水站內水位預警系統及設置自動監控功能。

此外，配合水利署各項緊急應變作業，並建構防災社區（參考水利署水災災害防救標準作業程序，易淹水地區水患治理之非工程措施規劃等），建立防救災意識並提昇社區抗災、避災、減災之預防措施，以加強民眾自主防災及因應災變的能力。

## 2. 高雄市水利局災害應變作業手冊(2011)

『高雄市水利局災害應變作業手冊』為因應區域內之水災、旱災、坡地災害(崩塌、地滑)、及土石流等相關災害所制訂的防救計畫，在水災方面，主要權責為災前下水道幹線設施維護，水利設施維護、搶修、搶墳、復舊及災情蒐報、釀災原因與受損情況回報，以及河川水位、洪水預警資情，積水抽水調度與疏散預警等事宜。特別是災中安置，災後的復原配套與各部會合作，對災前的防禦及適應性則著墨較少，而以其他相關政策為主，其計畫內容摘要於表 4-9。

表 4-9 高雄地區水災災害應變工作各階段與執行內容列表

階段	權責及應變內容	執行工作
整備與會議階段	應變中心與應變小組 開設訊息發佈	災害應變中心與小組開設時間與地點決定 後應連繫各分組代表或首班輪值人員進駐
	召開應變整備會議	召開災害應變整備會議，說明颱風動態、雨量預測、可能淹水區位、土石流警戒等狀況
水情監測階段	颱風、水位、降雨量 之監測	持續監看各類型防災資訊系統，注意颱風動態、降雨量、河川水位警戒等防災情報
警戒通報階段	淹水警戒與淹水區位 評估	災中應變時定時依各種方式評估可能淹水區位
	淹水警戒訊息通報	將評估出之可能嚴重受災區位訊息通報各區公所與市災害應變中心，並給予警戒線佈置、避難疏散或撤離等建議。
災情處置階段	發佈警戒與災情訊息	擬定淹水、土石流、堤防溢堤、潰堤等警戒或災情訊息文稿，交由行政資源組將相關訊息以電視跑馬燈形式發佈。
後續處置階段	災情彙整	針對行政資源組彙整之災情進行整體災情分析並繪製災情分佈圖。

Source: adopted by 高雄市水利局災害應變作業手冊, 2011

### 3. 高雄市環境政策白皮書民間版(2006年初稿)

『高雄市環境政策白皮書』為一由民間發起之綜合性地方發展建議，參與的民間團體包括高雄市教師會生態教育中心、高雄市柴山會、高雄市野鳥學會，台灣溼地保護聯盟、長鬃山羊單車俱樂部，高雄市舊城文化協會、高雄市綠色協會等。民間團體建議，應利用生態滯洪池（如本和里滯洪池等）的發展方式，加強水文網絡（河川）與生態廊道（溼地）的關聯性。該計畫特別指出河川上游在整治上的缺失，要求以整體水文網絡污染整治、景觀親水、區域防洪和生態重建為一體的整合性規劃，減少水利與農業部門管理權責的切割，以生態工法重建民眾親水空間與自然棲息環境。在水患治理的空間議題方面，該計畫要求強化縣市之間的區域防洪合作（計畫案提出當時縣市並未合併），重新評估縣市邊界地區及仁武廣達十餘公頃之八卦寮埤填平開發計畫，避免提高水患的潛在風險，並建議以集水區滯洪的方式取代加大箱涵的技術性調節，變更都市土地利用，徵收土地還給河川行水區，以『與水共存』取代『治水』。『高雄市環境政策白皮書』表現了高雄地區民間組織對環境（治水）議題的關注與參與，這種地方自主性的態度是非常珍貴且值得肯定的。相關執行單位應適當的將地方民間組織納入政策發展的決策過程之中，整合『地方專業』的力量，必能對高雄市的洪災政策發展有所幫助。

綜合上章對中央政策的分析及上述對地方政策的討論，可以發現，相對於空間規劃（都市計劃）因『地方自治條例』所擁有的高度地方自主性，治水議題主要以『由上而下 (top-down)』的決策邏輯來進行操作，無論是國土城鄉防災綱要計畫，易淹水地區水患治理綱要計畫或水利建設因應全球氣候變遷白皮書，都是國家層級的治理計畫，多數以中央各部會專業者以專案方式進行預算編列及工程執行等作業。地方政府則較偏重於災中及災後應變方面(performance resilience stages)，如高雄市水利局災害應變作業手冊 (2011)，100 至 103 年度高雄市政府水利局中程施政計畫(2011)等。在中央政策主要以災前防禦(mitigation)為主，地方政策強調災中回應(response)與災後回應(recovery)的現況下，整體策略在『適應性(adaptation)』上的討論顯得較為薄弱。然而，高雄市擁有來自不同面向，不同專業的地方民間組織，在政策制定面上也許不如行政體系內的專業者來的具體（受限於資料取得與專業研判），卻是政策落實(implementation) 時成功與否極重要的一環。也是強化『氣候適應性』的關鍵角色。以下的分析以第一章所談到的回復力概念，以及落實在空間政策上的六個面向為架構，評估高雄地區因應氣候變遷洪災風險之政策與執行計畫（包含中央及地方層級相關政策），以瞭解高雄目前之回復力表現。

### (三) 高雄市都市洪水治水議題回復力效益評估

根據前述所提出之回復力表現，進行下列的討論。

#### 1. 對現況的掌握與關注

表現在目前高雄市對現況的監測上，在中央層級之易淹水地區水患治理之非工程措施規劃(2010)，國土城鄉防災綱要計畫(2003)與水患治理非工程措施 99 至 104 年綱要計畫草案(2010)等政策，都指出目前在中央各部會間所存在之協調與整合等問題，以及整合性空間與水利發展規劃的重要。例如，在政策制定上，中央所屬水利單位與規劃單位可能委託不同研究團體進行研究，彼此之間因為缺乏交流，造成對現況瞭解與掌握的落差與不同面向的缺漏。而國土城鄉防災綱要計畫(2003)作為國家計畫法(未通過)之先期研究計畫，提出以『效益評估』的角度，探討『人』與『自然環境』間所存在的差異，並提出統合性之土地管理計畫，以及未來在制度面上的可行性改變。即將成立之『環境資源部』，也希望能藉由部會重組的機會，重新建構空間環境資源與災害(水災害)管理的可能性。

地方層級方面，從高雄市政府水利局災害應變作業手冊(2011)，高雄市環境政策白皮書(2006)與專業者訪談中，都指出高雄都目前對回復力之土地管理，主要偏重在災中與災後的範疇，對災前回復力概念的討論較少出現在政策與決策者之中。

維護相關洪災防禦設備方面，經濟部水利署所編列之『易淹水地區水患治理綱要計畫』計畫群，預計在 2006-2014 年間投入八百億水利預算(其後加入內政部 60 億與農委會 300 億預算，總金額為 1160 億)進行洪災防禦設備加強與維護，如堤防加強與加高，疏通河道等，大部份為工程計畫。而由本年度開始之第三期計畫，逐漸加入以空間與土地管理為主體之非工程洪水防禦及適應性的研究，後續內容及效益值得觀察。地方層級則較關注於區域性(地方性)防災保護措施與防災意識的提升，如高雄市政府水利局災害應變作業手冊(2011)等。

#### 2. 對未來趨勢的瞭解與評估

對未來趨勢的掌握包含預測區域發展趨勢，定義並檢討對災害或變異的承受能力以及預測的能力。在區域發展趨勢的研究上，除了國土城鄉防災綱要計畫(2003)外之中央層級政策均以此為主要發展方向，如水工技術上的研究與改善(易淹水地區水患治理之非工程措施規劃，2010 與水患治理非工程措施 99 至 104 年綱要計畫草案，2010)，全球性之未來環境趨勢探討(氣候變遷調適政策綱領，2010)，決策過程上的改變與轉型(都市土地使用因應氣候變遷衝擊之減災與調適策略研究，2009)以及未來環境變化的情境研究(水利建設因應全球氣候變遷白皮書，2010 以及氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究，2010)等。

根據水利建設因應全球氣候變遷白皮書(2010)之研究，未來台灣地區極端降雨的發生頻率至 2090 年會有 30%的增加量，約三分之一的人口密集都會區域會面臨水災災害與土地使用上的衝擊，特別是在沿海聚落及南台灣之台南，高雄都會區一帶，然而，這些資訊並未藉由降尺度的研究進入地方決策的範疇之中，地方政策則鮮少提及對未來趨勢的評估與對應策略的探討，而強調未來高雄市因應洪水事件之災後因應對策（高雄市政府水利局災害應變作業手冊, 2011）。

在定義並檢討對災害或變異的承受能力方面，以經建會主導，空間為出發點的中央政策（氣候變遷調適政策綱領，2010 與國土空間發展策略計畫，2010）特別關心政策執行所造成的經濟影響以及氣候變遷水災風險上之空間發展（可能造成的損失）。國土城鄉防災計畫(2003)則特別檢討災害對空間的影響。水利單位及國科會所主導之政策（如氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究, 2010，水利建設因應全球氣候變遷白皮書，2010，易淹水地區水患治理之非工程措施規劃，2010 與水患治理非工程措施 99 至 104 年綱要計畫草案，2010）則偏重對潛在風險的研究與評估標準的制定，以作為地方政府在政策制定上的參考依據。在預測與事前評估則以水利相關政策（如，水利建設因應全球氣候變遷白皮書, 2010, 易淹水地區水患治理之非工程措施規劃，2010 與水患治理非工程措施 99 至 104 年綱要計畫草案，2010）為主。其他中央層級政策及高雄市地方政策及並未對此提出對策。這顯示，雖然地方團體受訪對象認為應建立一以地方資源為主的氣候與水災預測平台，水災預測在落實上，仍舊以技術專業為導向。

### 3. 對於過去經驗的學習能力

過去的水災災害經驗的學習能力包含對天然災害所造成之影響的掌握，以及人為與工程技術所造成之損失。研究發現，僅氣候變遷調適政策綱領(2010)與高雄市環境政策白皮書(2006)對過去天然災害所造成之政策上的影響有所分析，其餘政策偏向將過去的水災事件列為因人為所造成的災禍，換言之，決策制定與檢討較關注於『人為因素（如管理疏失，工程上的缺漏等）』上的缺失，也因此較關注於工程技術上的加強，而缺少對超強豪大雨及氣候變遷本身在科學研究上的討論。這部份與鹿特丹研究中以『天然因素』為主的討論有顯著不同，也顯示兩地在因應氣候變遷相關影響上本質的不同。

### 4. 目標設定的能力

對設定目標的能力包含優先順序的評估以及新標準的制定。可以發現，相關政策對優先順序的評估(priority)表現在對未來都市空間，流域水文系統，及水地景等面向。國土空間發展策略計畫(2010)強調都市空間未來在永續發展與經濟成長上的統合性發展，而其它策略則較偏重對水災害（國土城鄉防災綱要計畫, 2003），

淹水風險（氣候變遷調適政策綱領，2010，都市土地使用因應氣候變遷衝擊之減災與調適策略研究，2009 以及氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究，2010）和水利發展策略（易淹水地區水患治理之非工程措施規劃，2010 與水患治理非工程措施 99 至 104 年綱要計畫草案，2010）等。地方政策則以易淹水地區增加排水能力（與可承受度），災中救災與災後重建為主要目標（高雄市政府水利局災害應變作業手冊，2011 以及 100 至 103 年度高雄市政府水利局中程施政計畫，2011），地方團體則重視區域水文景觀以及居住適宜性等議題（高雄市環境政策白皮書，2006）。

在新標準的制定上，易淹水相關計畫（易淹水地區水患治理之非工程措施規劃，2010 與水患治理非工程措施 99 至 104 年綱要計畫草案，2010）在防洪標準（防禦工程）上，要求縣市管河川以 25 年重現期洪水設計出水高 1 公尺，或 50 年重現期不溢堤為目標。海堤設計以 50 年重現期暴潮、波浪高及溯升高度總和為準，並預估 5 年地層沉陷量為目標，區域排水則以 10 年重現期洪水設計，25 年重現期不溢堤為目標。這類的標準均以統計的降雨頻率為依據，雖加強了對洪災的工程性防禦，卻未對氣候變遷的不確定性（過去的統計基本是否需調整）作討論，對新型態洪災風險的討論與適應性研究相當有限。

## 5. 將目標轉化為執行策略的能力

將目標轉化為執行策略的能力包含了如投資並發展風險評估相關的科學研究與情境模擬，相關決策單位規劃制度上的交流，有計劃的進行相關公共投資與建設，合作研擬準備方案，創新合作及具有經濟效益的行動策略以及推動並增加相關策略執行等面向。

-科學研究的投資與發展上，水利建設因應全球氣候變遷白皮書(2010) 對科學研究與未來環境變化的情境模擬有詳細的分析（見前文），國科會相關計畫（如：氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究, 2010 等）亦對氣候變遷之未來水文狀況進行模擬與推演，換言之，科學與情境模擬的關注與投資主要以水利署與國科會為主，都市空間相關單位則以發展對應措施為主，關心水文變異對經濟成長與空間發展之影響。

-決策單位的交流上，雖然相關決策單位規劃制度上的交流與跨領域整合能力出現在大部份的國家政策之中( 易淹水地區水患治理之非工程措施規劃, 2010 , 水患治理非工程措施 99 至 104 年綱要計畫草案, 2010 , 氣候變遷調適政策綱領 , 2010 , 國土空間發展策略計畫 , 2010 以及國土城鄉防災綱要計畫 , 2003 ), 洪災管理(flood risk management)目前仍舊是一個以專業者為主的決策空間，鮮少有跨部會的整合與民眾的參與。特別是易淹水相關計畫目前為水利工程之主要上位計

畫，縣市政府半泰以配合執行為主，相關之空間發展政策也以其防洪要求為主要依據。

-計劃性相關公共投資與建設的議題方面，水利及公共投資在台灣目前仍以中央投資為大宗，地方政府逐年編列預算配合以達成目標。雖然高雄由於歷史發展背景的影響，由上到下的政策思維較不顯著（地方政府擁有較高的政策自主性），部份水利投資仍以中央預算為主（特別是過去高雄縣範圍），地方政策較偏重防災與災變因應的方面。政策研擬的合作方面，可以粗分為兩大方面：水利工程及土地管理策略。由於國土計畫法遲遲無法通過，相關的國土管理策略即使已討論多年，仍停留在協商與建議參考階段，實質的空間效益相當有限。相對於土地管理計畫相關政策的延宕，水利工程計畫（如易淹水計畫）自 2005 年 612 水災之後大力推動並順利進入執行程序。第二階段由於莫拉克風災的影響延遲半年，自今年起已進入第三階段計畫，其軟硬體工程也正配合實施中。然而，無論是水利或土地管理政策，決策者仍舊以單一機關為主，跨部會的整合協調仍有待加強。

-創新合作及具有經濟效益的行動策略方面，中央政策如國土空間發展策略計畫(2010)在計畫內容及強調環境防災與經濟發展間須平衡且依循穩定的發展模式（但缺少落實建議）。規劃專業者重視空間發展後之經濟發展與連帶經濟效益，水利專業者及其計畫則較關心防災策略所『創造』之土地安全性及其『確保』的經濟價值，二者在政策目標上有其差異。地方都市洪災管理政策較偏重應變措施，未對提及政策之經濟效益。換言之，現行相關政策以水利工程相關政策的推動，執行，與檢討為主，對空間及經濟發展等議題的探討較為缺乏。

## 6. 公眾參與與回應的能力

公眾參與能力主要表現在不同層級空間治理團隊間的經驗分享與社會合作以及公民意識與教育之中。雖然高雄市擁有活躍的在地組織與地方團體，積極推動各項公共參與與政策議題上的回應，但實際參與政策制定的機會仍不顯著，半泰僅能以『建議』的角度加入討論（如高雄市環境政策白皮書，2006）。行政體系內部的經驗分享以『水利相關』與『空間相關』為兩軸，進行交流與互動，特別是涉及都市水體與土地利用相關議題時。廣泛的公民意識及教育的推動則以中央政策為主，各類民眾教育的行動方案正逐步實施中。

### (四) 小結

現行政策在回復力之六個面向的評估，可以總結為二：首先，跨界整合的能力仍須強化，研究發現，水利專業與空間專業之間，儘管有各自的執行方向，發展重點及資訊推廣的配套方案，在『水』與『空間』的策略連結仍顯得薄弱。此議題或許可以藉由新成立之『環境資源部』得到改善，藉由組織再造的機會，結合水利專

業在氣候變遷的科學研究與防禦工程的投資，以及空間專業者在區域發展與經濟成長的整合性思維。這部份仍須視其權責分配及配套方案而定，後續的長期性觀察實屬必要。

再者，無論在中央或地方層級，制度面上對『適應性 (adaptation)』的探討仍舊缺乏具體的方案政策，主要原因可能有二：對未來環境掌握的局限性（科學研究與知識傳遞），以及缺乏對可執行策略的討論（對關鍵地區的整合性討論）。建議未來在中央政策方面，除了既有對洪災防禦力的探討外，應加強對具體適應性策略的討論，地方政策則可奠基於目前所致力於發展之災變時期即時性決策與災後復原的能力，從水利設施，防災設計與空間規劃等面向，加強對災前適應力的研究，以強化制度面上對回復力概念的落實與執行。

## 第五章 國外案例研析

本章蒐集相關之國外案例，作為本計劃擬定相關對策時之參考，其中由於荷蘭現階段就氣候變遷之議題反映在城市整體防災策略之執行較為完整，本計劃將以較多支篇幅介紹荷蘭相關之經驗及作法。此外，也加入部分歐洲其他國家之作法經驗及澳洲、日本的案例作為補充。

### 一、都市回復力在鹿特丹水災防災政策上的應用

水災害一直是荷蘭空間規劃的重要議題，長期以來，都市政策關注並投資了許多與水相關的策略，也讓荷蘭成為因應水相關議題之空間策略發展上的翹楚。本章部份就荷蘭的討論分為三個階段：首先檢視荷蘭社會，特別是鹿特丹地區在上個世紀所經歷的都市水災與政策轉變，進而利用表 2 之回復力評估架構，探討目前鹿特丹空間規劃在『災前』回復力（包含評估階段與預備階段）的表現，以作為對高雄空間政策探討的基石。

#### （一）鹿特丹水災防災制度上的轉變

二十世紀以來，荷蘭分別在 1953 及 1993，1995 年間發生兩次嚴重的水災，都在空間治理上造成很大的轉變，茲列述如下。

##### 1. 1953 年的洪水

發生在 1953 年的暴雨和暴潮侵襲荷蘭沿海地區，造成約兩千人死亡，並淹沒了超過二十萬公頃的土地。為此，三角洲委員會(The Delta Commission)在隔年成立，並發佈了三角洲計畫(The Delta Plan)，對海岸地區作嚴密的防護。如，數個海閘，大壩，以及在南部地區出海口一帶的三島串聯計畫，以確保由海來的暴潮不再侵襲國土(Ven, 2004, Berg, 2010)。在 1956 年，荷蘭交通，公共建設與水管理部門(The Ministry of Transport, Public Works and Water Management, V&W)，也就是最高層級的統整部會，著手開始進行相關計畫。

儘管擁有公部門的支持與資源，三角洲治水計畫在 1960 年代有相當大的爭議，特別是在環境與生態保育方面的批評。由於計畫以安全與經濟發展為導向，忽略了對出海口及沿海地區重要的環境與生態所造成的影響(Meijerink, 2005)，一些漁民及環保團體在 1960 年代中期起而反對，並逐漸得到如科學家，學者，非營利組織，以及隨後越來越多政治人物的支持。修正後的三角洲計畫公佈於 1970 年代初期，藉由在工程科技上的突破，興建一個具彈性，開放式的 Estuary 大壩，來調節外水與內水。Estuary 大壩平時保持開啓，遇到緊急狀況（海水位過高）時則可以關閉，以保障國土安全。改良後的計畫終獲得決策者及地方團體的支持而得以興建，成為荷蘭水利工程史上一個極重要的轉捩點。至此，水利決策無法單就經濟或安全的層面作考量，而需要尋求環境，生態，社會，以及工程技術等議題間

平衡發展的一種手段(Disco, 2002, Ven, 2004, Meijerink, 2005)。水利事件逐漸從『專業優先』轉變成一個公民可參與討論的議題，防洪不再被當作是唯一的考量，而是各種可能性中需協調的一環。

## 2. 1993 及 1995 年兩次近洪水事件

最近一次的水災威脅發生於 1993 及 1995 年初，當時，由於萊茵河與瑪士河水位暴漲幾乎溢堤，超過二十五萬人口及牲畜因安全的理由進行疏散。儘管沒有釀成巨大的災害，這次的衝擊卻讓荷蘭傳統上『與水爭地 (fight against the water)』的思維方式產生很大的轉變，決策者開始思考『還地於水 (room for the water)』的可行性，以及在空間發展上（如新市鎮開發）與水環境關係必須進行的檢討與配合。相關計畫，如『還地於河 (the Ruimte voor de Rivier, Room for the River)』在 2007 年開始執行。這個計畫從河流管理的角度，對河流的各個斷面進行檢討，確保河流在高水位時期仍保有需要的流量，將河道加寬，加深，或加上次河道等。並利用都市規劃的手段進行土地管理，設定洪患區範圍，規劃在新河流標準下的新市鎮都市發展（如：Nijmegen），以達到都市空間與洪災安全的雙贏。同時也鼓勵地方團隊推動各種與水共生的創新性研究。

### (二) 氣候變遷議題所帶的水患威脅

近年來，氣候變遷所帶來的不確定性成為水患議題上的新威脅。KNMI 研究報告指出，至 2100 年，荷蘭地區的海平面會上升 0.35 至 0.85 公尺(Royal Netherlands Meteorological Institute, 2006)。若加上地層下陷的因素（荷蘭沿海的土地會隨著土壤內水抽乾而下陷），海平面上升將達到 2.5 至 5 公尺，以 3.25 公尺為平均(Hurk et al., 2006)，屆時，鹿特丹的水患威脅較目前升高十倍以上，而 Maastluit 和 Oosterschede 海閘將無法有效保護鹿特丹及 Randstad( 包含阿姆斯特丹，鹿特丹，海牙，及烏特勒支 ) 區域，將嚴重影響荷蘭的經濟發展與國家安全。KNMI 為此提出警告，並建議積極尋找統合性的水患治理方案。2008 年開始，中央層級的三角洲委員會開始推動氣候變遷適應性與緩解性相關的研究與空間策略，將氣候變遷的威脅分為兩大類：海平面上升，以及極端降雨導致河川水位暴漲，兩者可能同時發生，致使情況愈益嚴重。因此，國土西側靠海地區，特別是鹿特丹一帶應積極進行防洪準備，相關的策略與空間方案可見圖 5-1，5-2。

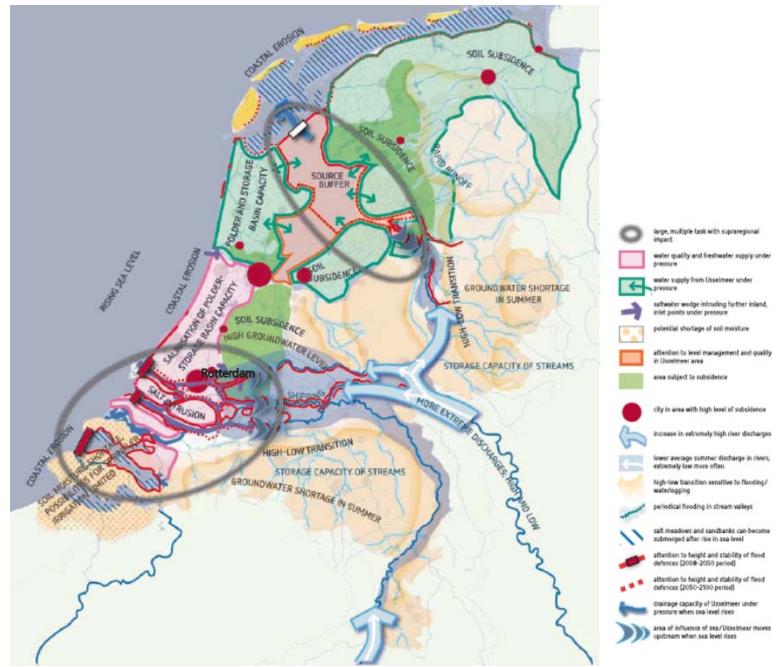


圖 5-1 荷蘭國家水計畫重點執行區域與內容 (鹿特丹區域為重點執行範圍)

Source: adopted by the National Water Plan (2009)

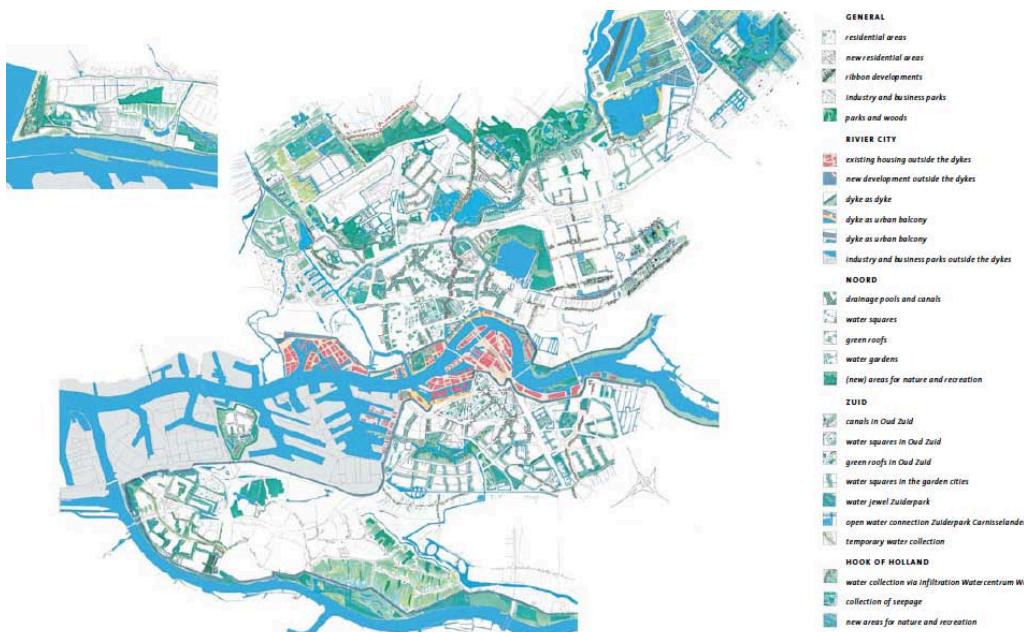


圖 5-2 鹿特丹區域治水政策與土地管理圖

Source: adopted by the Waterplan2 Rotterdam (2007)

水議題在鹿特丹的空間規劃上一直有著高度的政策不確定性，模糊的責任分工，以及其他議題在決策協調整合的困難 (Wardekker et al., 2009)，這使得回復力概念在鹿特丹的空間策略發展上有其研究價值。本研究檢視 2000 年代後期在歐盟層級(Commission of the European communities, 2009)，國家層級(Communities,

2004, Ministry of Housing et al., 2006, Ministry of Housing Spatial Planning and the Environment et al., 2007b, 2007a, Ministry of Economic Affairs et al., 2004, Ministry of Transport Public Works and Water Management et al., 2009, Ministry of Transport Public Works and Water Management, 2007, Ministry of Transport Public Works and Water Management et al., 2010, Ruimte voor de Rivier afdeling Communicatie, 2007), 區域層級(Ministry of Housing Spatial Planning and the Environment et al., 2008, Province of Zuid-Holland, 2009), 以及地方層級(Province of Zuid-Holland and Gemeente Rotterdam, 2005, Rotterdam Climate Initiative, 2010, 2008, Gemeente Rotterdam et al., 2004, Gemeente Rotterdam, 2007, Rotterdam et al., 2007)的空間政策和都市發展策略，詳列如表 5-1。

### (三) 現行相關策略整理與分析

鹿特丹目前因應氣候變遷水災洪災管理的政策包含歐盟層級，國家層級，區域層級(Zuid Holland)與地方層級 (Rotterdam municipality)。歐盟層級主要處理跨國間流域治理 (如萊茵河) 與國際合作的議題，中央層級包含知識創新，工程計畫，與空間發展等三個面向，由國家交通，公共事物及水管管理部(Ministry of Transport, Public Works and Water Management, V&W)，國家住宅，空間規劃與環境部 (Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, VROM)為主要的執行單位，合作部會包含三角洲委員會 (Delta Commission)，國家農業，自然及食品部 (Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, LNV)，國家經濟事務部 (Ministry of Economic Affairs, EZ)，省政府組織 (Association of Provincial Authorities, IPO)，地方政府組織 (Association of Netherlands Municipalities, VNG)，與區域水利組織 (Association of Water Boards ,UvW)等。目前致力於推動氣候變遷水災洪災管理的相關政策如表 3。

此外，由於荷蘭『跨界治理 (multi-level governance)』的傳統，各不同執行單位間並不絕對存在著從屬關係，而是以專業導向，共同制定未來的行動方針。

表 5-1 鹿特丹對應氣候變遷水議題之空間政策與規劃策略

年代	政策名稱	空間治理層級	主要負責部會	合作部會
2009	歐盟規劃白皮 (EU White Paper on Adapting to climate change: Towards a European framework for action)	歐盟層級	歐盟 (European Commission, DG-ENV)	
2010	國家治水知識與創新章程 (National Knowledge and Innovation Agenda for Water)	國家層級	國家交通 , 公共事物及水管理部(Ministry of Transport, Public Works and Water Management ,V&W)	三角洲委員會 (Delta Commission)
2009	國家水計畫2009-2015 (National Water Plan, 2009-2015)	國家層級	國家交通 , 公共事物及水管理部(Ministry of Transport, Public Works and Water Management ,V&W)	- 國家住宅 , 空間規劃與環境部 (Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, VROM) - 國家農業 , 自然及食品部 (Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, LNV)
2008	三角洲委員會報告(Delta Commission Report)	國家層級	三角洲委員會 (Delta Commission)	國家交通 , 公共事物及水管理部 (V&W)
2007	國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 : 政策報告 (National Programme on Climate Adaptation and Spatial Planning: inter-administrative policy paper, ARK)	國家層級	國家住宅 , 空間規劃與環境部 (VROM)	- 國家交通 , 公共事物及水管理部 (V&W) - 國家農業 , 自然及食品部 (LNV) - 國家經濟事務部 (Ministry of Economic Affairs, EZ) - 省政府組織 (Association of Provincial Authorities, IPO) - 地方政府組織 (Association of Netherlands Municipalities, VNG) - 區域水利組織 (Association of Water Boards ,UvW)
2007	國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 : 政策備忘錄 (National Programme on Climate Adaptation and Spatial Planning: policy memorandum, ARK)	國家層級	國家住宅 , 空間規劃與環境部 (VROM)	- 國家交通 , 公共事物及水管理部 (V&W) - 國家農業 , 自然及食品部 (LNV) - 國家經濟事務部 (EZ) - 省政府組織 (IPO) - 地方政府組織 (VNG) - 區域水利組織 (UvW)
2007	還地於河 (Ruimte voor de Rivier, Room for the River)	國家層級	Ruimte voor de Rivier afdeling Communicatie	
2007	水願景 (Water Vision)	國家層級	國家交通 , 公共事物及水管理部 (V&W)	
2004	國家空間策略 (Nota Ruimte, National Spatial Strategy)	國家層級	國家住宅 , 空間規劃與環境部 (VROM)	- 國家農業 , 自然及食品部 (LNV) - 國家交通 , 公共事物及水管理部 (V&W) - 國家經濟事務部 (EZ)
2009	南荷蘭省水計畫2010-2015 (Provinciaal Waterplan Zuid-Holland 2010-2015)	區域層級	南荷蘭省政府 (Province of Zuid-Holland)	

2008	Randstand 2040 (Structuurvisie Randstad 2040, Randstad 2040 structural vision)	區域層級	國家住宅，空間規劃與 環境部 (VROM)	- 國家農業，自然及食品部 (LNV) - 國家交通，公共事物及水管理部 (V&W) - 國家經濟事務部 (EZ)
2010	鹿特丹氣候不侵策略2010 (Rotterdam Climate Proof 2010)	地區層級	鹿特丹氣候變遷組織 (Rotterdam Climate Initiative)	- 鹿特丹市政府 (City of Rotterdam) - 鹿特丹港 (Port of Rotterdam) - 鹿特丹工會組織 (Rotterdam employers' organization, Deltalinqs) - 環境保護聯盟 (Environmental Protection Agency Rijnmond, DCMR)
2009	鹿特丹氣候不侵策略2009 (Rotterdam Climate Proof 2009)	地區層級	鹿特丹氣候變遷組織 (Rotterdam Climate Initiative)	- 鹿特丹市政府 (City of Rotterdam) - 鹿特丹港 (Port of Rotterdam) - 鹿特丹工會組織 (Rotterdam employers' organization, Deltalinqs) - 環境保護聯盟 (Environmental Protection Agency Rijnmond, DCMR)
2007	鹿特丹城市願景2030 (Stadsvisie Rotterdam 2030, Rotterdam city vision 2030)	地區層級	鹿特丹市政府 (City of Rotterdam)	
2007	鹿特丹水計畫2 (Waterplan 2 Rotterdam)	地區層級	鹿特丹市政府 (City of Rotterdam)	- Hollandse Delta Water Board - Schieland en de Krimpenerwaard Water Board - Delfland Water Board
2005	鹿特丹區空間計畫2020 (Ruimtelijk Plan Regio Rotterdam 2020 , Spatial plan in Rotterdam region 2020)	地區層級	南荷蘭省政府 (Province of Zuid-Holland)	鹿特丹市政府 (City of Rotterdam)
2004	鹿特丹港願景報告 (Rotterdam Port Vision)	地區層級	鹿特丹港 (Port of Rotterdam)	- 鹿特丹市政府 (City of Rotterdam) - 環境保護聯盟 (Environmental Protection Agency Rijnmond, DCMR)

#### (四) 鹿特丹都市洪水治水議題回復力效益評估

以下探討回復力概念在鹿特丹現行空間及水利政策之表現，以前述之六項表現為分析架構。

##### 1. 對現況的掌握與關注

現況掌握主要指的是對現況的監測，以及評估並維持洪災防禦設備的能力。在歐盟層級，歐盟規劃白皮書 (2009) 提出『創造可信賴資訊以回應氣候變遷』的必須性，以『達到社會與經濟面向的穩定平衡與適應性發展(p.7)。』國家層級的規劃政策亦強調對現有狀況的監測與管理。例如，國家水計畫 2009-2015 (2009) 和水願景 (2007) 都提到新計量標準與空間要求，以因應氣候變遷所帶來的水災風險，特別是在沿海地區及鹿特丹一帶。相對的，區域層級空間發展策略顯得較為薄弱，僅南荷蘭省水計畫 2010-2015 (2009) 對環境監測提出建議，然仍停留在粗略與概念上的要求。Randstad 2040 (2008) 則主要關心在區域經濟與社會的發展，從現況監測的角度來看，區域層級的空間策略對氣候變遷的水災議題著墨甚少。

地區規劃則關心可行的具體落實策略(practical strategies)，鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009) ,鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) ,鹿特丹水計畫 2 (2007) ,以及鹿特丹港願景報告 (2004) 等。其他政策如鹿特丹城市願景 2030 (2007) ,鹿特丹區空間計畫 2020 (2005) 則未提及對現況監測的看法。各政策之間亦有不同的關注面向，例如，鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009) 提及都市區域內水患侵襲風險與二氧化碳排放兩者的監測與控管，鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) 則以水患侵襲風險為政策執行主軸。鹿特丹水計畫 2 (2007) 強調未來水災風險的評估管理，而 以及鹿特丹港願景報告 (2004) 則關心水災風險可能造成在港口經濟效益上的不確定擾動。

總體而言，對現況監測的評估似乎仍保持了由上而下的空間思維邏輯。中央層級之空間策略強調因應氣候變遷水災的新評估標準與環境要求，落實在地區層級，幾個目標性策略，如鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009) ,鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) ,鹿特丹水計畫 2 (2007) 等，均執行符合新標準的監測系統，並對幾個未能符合新標準的區域提出改善建議。地區層級的監測則有不同的面向，例如，不同於對鹿特丹市區環境評估的要求，鹿特丹港的地區監測主要強調氣候變遷之水議題對港口競爭力與經濟發展所造成的影響。

評估並維持洪災防禦設備的能力的表現則以國家層級為主，相關政策如國家水計畫 2009-2015(2009) ,三角洲委員會報告(2008) , 還地於河(2007)以及水願景(2007)等，都各別對防洪設備提出看法。空間規劃主導的計畫如國家回應氣候

變遷空間規劃適應策略(2007) , 國家空間策略(2004)則為對此提出看法。區域層級方面 , 南荷蘭省水計畫 2010-2015(2009) 提出對防禦工程進行維護與設備加強 , 以區域整合的概念保障土地利用的安全。地方策略則只有鹿特丹水計畫 2 (2007) 提出對防洪設備的養護與土地整合規劃的概念。

## 2. 對未來趨勢的瞭解與評估

對未來趨勢的掌握與評估 , 包含了相關議題如預測區域發展趨勢 , 定義並檢討對災害或變異的承受度 , 以及預測的能力。在預測氣候變遷的水患趨勢上 , 國際間的區域預測主要關注跨界合作的可行性與發展性 , 相關策略如歐盟層級的萊茵河流域管理計畫(Water Framework Directive, 2010)等。中央及區域層級的政策決定主要對水在空間發展及生活品質上的發展提出建議 , 如在 Randstad 2040 (2008) 中提出的『藍-綠三角洲計畫 (the green-blue structure)』, 國家治水知識與創新章程 (2010) 的『水體空間發展歷程 (water formation in spatial development process)』, 還地於河(2007) 的『容水空間品質 (water space and quality)』, 與南荷蘭省水計畫 2010-2015 (2009) 對『回復力水系統(resilience water system)』的概念等。地區性預測評估策略有以下兩大目標 : 其一 , 強化社會經濟發展 (鹿特丹港願景報告, 2004; 鹿特丹城市願景 2030, 2007; 鹿特丹區空間計畫 2020, 2005) 。以及其二 , 氣候變遷 , 特別是在水災上的評估 (鹿特丹氣候不侵策略 2009, 2009; 鹿特丹水計畫 2, 2007) 。奠基於 2009 年的研究基礎 , 鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) 並未提及預測方面的議題 , 偏重於強化地區性與經驗性的探討 , 如多功能使用的公園和堤防下的停車空間等。鹿特丹市政府亦整合防洪策略與都市更新計畫 , 應用於部份堤防外 , 易受水患威脅的更新區 , 如 Stadshavens (鹿特丹氣候不侵策略 2009, 2009) 和 Heijplaat (鹿特丹氣候不侵策略 2010, 2010) 等地。整體來說 , 地方決策比中央或區域政府更強調政策的可執行性與確定性。

定義並檢討對災害或變異的承受能力 (A3)的討論上 , 歐盟及中央層級策略對未來的變異與發展可行性的強調 , 出現在 , 歐盟規劃白皮書 (2009) , 三角洲委員會報告 (2008) , 國家水計畫 2009-2015 (2009) , 國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007) 和水願景 (2007) 中。還地於河 (2007) 強調落實在空間上的具體改善 , 以確保河川流量在 2015 年可以達到要求標準 , 國家治水知識與創新章程 (2010) 則強調知識整合之規劃決策過程的重要及各項議題的優先順序。然而 , 國家空間策略 (2004) 並未對災害或變異的承受能力多做討論。區域層級方面 , 南荷蘭省水計畫 2010-2015 (2009) 強調風險評估及部份操作行建議 , 而本議題並未列入 Randstad 2040 (2008) 中。地區策略對洪災評估的要求以堤防外都市地區為

主，如 Stadshavens (鹿特丹氣候不侵策略 2009, 2009)和 Heijplaat (鹿特丹氣候不侵策略 2010, 2010)等地。在訪談中也發現，地區政府目前正著力於這些位在市中心，有開發潛力卻飽受水災威脅地區的新制度與決策。鹿特丹城市願景 2030 (2007)，鹿特丹區空間計畫 2020 (2005)，鹿特丹港願景報告 (2004) 與鹿特丹水計畫 2 (2007)並未觸及本議題。

在預測方面，歐盟層級之歐盟規劃白皮書 (2009)中，將水患預測整合在跨國合作架構如 WFD，MSFD，以及 ICZM 之中。而在國家計畫，僅三角洲委員會報告(2008)，國家治水知識與創新章程(2010)，水願景(2007)，和國家水計畫 2009-2015(2009)提出預測計畫與發展策略。相關策略並未出現在國家回應氣候變遷空間規劃適應策略(2007)，國家空間策略(2004)，與還地於河(2007)等。在區域與地方層級，無論是訪談或規劃報告都沒有觸及預測議題。可能的原因在於，預測是一個較大尺度，且傳統上在規劃專業之外的範疇，然而細緻的原因仍待討論。

總言之，儘管還地於河 (2007) 具備創新思維與工程突破的計畫，鹿特丹的地理條件讓中央與區域層級對鹿特丹的風險評估與規劃對策，多半以減緩災害，如堤防加高加寬等方式為主。相對而言，鹿特丹地方政府與相關單位較強調洪災適應性的空間規劃策略，並且在市區堤外的幾個區域著手進行實驗。

### 3. 對於過去經驗的學習能力

考量到過去的水災災害經驗，研究發現，儘管過去水災經驗（特別是 1993 與 1995 兩次近淹水事件）廣泛的出現在受訪者的談話中，在政策方面，只有國家空間策略 (2004) 與還地於河 (2007) 提及過去的淹水經驗，以強調與水共生之生活態度的重要性。地區規劃者與受訪者也指出，目前正在執行中的經驗學習與國內外城市的合作（鄰近的 Dordrecht 市與德國漢堡）。然而，這並不代表各層級政策制定的過程中不考慮過去的災變經驗，反之，從『與海爭地』到『還地於河』的發展策略轉變，可以瞭解到過去經驗對政策制定及發展概念上的影響。

此外，對於過去水災經驗的討論主要以自然因素為主，無論是訪談或政策分析，對人為因素造成之水災經驗都著墨甚少，只有國家空間策略 (2004) 與還地於河 (2007) 提及過去的淹水經驗，以強調與水共生之生活態度的重要性。這並不代表相關單位不重視人為因素所造成之水患風險及災害，相反的，改善及發展建議主要轉化為後續的空間整合規劃策略。

### 4. 目標設定的能力

目標設定的能力所指的是優先順序的評估能力，以及新標準的設定。首先，歐盟及國家層級的規劃政策特別注重社會，經濟與環境的平衡發展。歐盟規劃白皮書 (2009) 中提到，『氣候適應性 (climate adaptability)』對跨界治理的影響，

應付出的代價與政策執行方向。在國家層級，政策決定強調恢復容受度(resilient capacity)以及國家在水利安全，生活品質及經濟利益上的永續發展。如國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007) 的空間整合發展(spatial cohesions)，三角洲委員會報告 (2008) 的水安全，國家水計畫 2009-2015 (2009) 氣候阻擋與回復力策略，國家治水知識與創新章程 (2010) 的水患防治之創新知識研究，還地於河 (2007) 的創新空間容受力，以及水願景 (2007) 和國家空間策略 (2004) 中強調的經濟與生活機能上氣候不侵的新作法。

區域計畫方面，Randstad 2040 (2008) 關注 Randstad 地區之經濟發展與區域競爭力，其對氣候相關水患風險的考量，也是以此為出發，避免經濟受到不確定性的威脅。南荷蘭省水計畫 2010-2015 (2009) 列出四項優先辦理目標為水安全，水文地景，再生淡水供應，以及強創句回復力的水系統，關注水利科技的應用，對經濟與規劃決策則著墨較少。

地區權屬單位則以防洪管理與社會經濟發展為優先考量。鹿特丹水計畫 2 (2007) 以強化都市洪災防禦與增加親水空間為目標，鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009) 及鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) 則試圖將水患的威脅轉化為都市發展的新契機，積極發展地方氣候知識，規劃工作，以及鹿特丹作為『氣候變遷專業』的專業形象。這樣的思維也與其他地方政策，如鹿特丹城市願景 2030 (2007) ，鹿特丹區空間計畫 2020 (2005) ，鹿特丹港願景報告 (2004) 等追求經濟發展與城市競爭力的策略相互影響配合。然而，受訪者也指出不同權責團體在技術整合和意見溝通上的困難，像是在都市水岸的議題上，執政團隊希望夠創造更多親水設施與親水活動來增加都市活力，而從水運安全的角度，這樣的策略卻可能會造成船運及運作上的困難。

在設定新標準的評估上，歐盟規劃白皮書 (2009) 以整合空間策略與氣候適應性發展為主，並未對『設定目標』進行討論。國家層級方面，國家治水知識與創新章程(2010)，國家水計畫 2009-2015 (2009)，三角洲委員會報告 (2008)，國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007)，還地於河(2007)與水願景(2007)等，都提出了因應氣候變遷洪災之新執行標準 (或參用其他政策之評估標準)。區域層級僅南荷蘭省水計畫 2010-2015(2009) 對此有所提及，而地方政策則以氣候變遷相關策略如鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009)，鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) 以及鹿特丹水計畫 2 (2007) 為主。

## 5. 將目標轉化為執行策略的能力

將目標轉化為執行策略的能力，包含了投資並發展風險評估相關的科學研究與情境模擬，相關決策單位規劃制度上的交流，有計劃的進行相關公共投資與建

設，合作研擬準備方案，提出創新合作及具有經濟效益的行動策略以及推動並增加相關策略執行的能力等等，分述如下。

### (1) 科學研究與情境模擬方面

目前所有的規劃治理層級都對科學研究與防洪知識發展進行投資。在跨國計畫方面，歐盟規劃白皮書 (2009) 關心跨國合作與區域性水文環境治理的議題，如整合性海岸區域管理(the Integrated Coastal Zone Management (ICZM)。中央計畫方面，科學投資為目前的重要投資範疇，如國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007) 架構下的科學研究計畫『知識為氣候(Kennis voor Klimaat, Knowledge for Climate) 1』，就結合了學術界，中央政府與地方政府，對特定的氣候議題進行研究，以在空間決策上作可行性建議 (Berg, 2010)。這個計畫目前執行於荷蘭境內八個熱點(hotspots)，鹿特丹為其中之一。從主題 (theme) 與熱點 (hotspot) 兩個面向切入，對氣候變遷相關的議題與高風險 (高參與度) 區域進行評估，作為跨層級，跨領域，與跨尺度的科學研究平台 (請參閱附件一)。

而『與水共生(Leven met Water, Living with Water)』計畫則關注以知識為基礎的空間決策制定，以兼顧水文安全與生活品質。相關的策略如國家空間策略 (2004) 的水文監測，國家治水知識與創新章程 (2010) 中對未來氣候的模擬，情境設定與防洪標準檢討，以及還地於河 (2007) 計畫進行的改善方案。區域計畫方面，Randstad 2040 (2008) 提到策略性的成長與從國家計畫中得到的創新科硏計畫，如『藍-綠三角洲計畫 (the green-blue structure)』，以『整合性思維，統整性海岸與交通運輸發展等(p.64)』。科學研究並未在南荷蘭省水計畫 2010-2015 (2009) 中提及。地方層級則相當重視科學研究與投資。首先，國家整合性計畫『知識為氣候』強化了空間決策與氣候學術研究的合作關係。這個整合形計畫影響了如鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009)，鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) 發展，成為地方尺度氣候適應性創新研究的利基。規劃者指出，『知識為氣候』計畫不僅在現況瞭解上，也在政策執行與未來發展預測上有所貢獻。儘管鹿特丹水計畫 2 (2007) 並無科學研究投資，該計畫提出了許多因應氣候變遷水患議題的操作型建議，並整合了稍早公佈的鹿特丹區空間計畫 2020 (2005)。鹿特丹港願景報告 (2004) 與鹿特丹城市願景 2030 (2007) 則沒有科學研究投資。

---

<sup>1</sup> 『知識為氣候 (Knowledge for climate)』為『國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (ARK)』底下的一個研究型計畫，其目的在整合科學研究與實際環境操作，分為以『主題 (theme)』與『地點 (hotspots)』兩方面進行。雖然在計畫內容上與其他政策互相配合，在權屬上為各自獨立的政策，有個別的投資單位，目標及方向。

## (2) 相關決策單位規劃制度上的交流上

歐盟規劃白皮書 (2009) 有提到歐盟尺度的交流方案，像是適應性行動方案綱要(The framework for Action on Adaptation, FAA)，水綱要計畫(The Water Framework Directives, WFD)，海洋策略綱要(The Marine Strategy Framework Directive, MSFD)，以及整合行海岸區域管理計畫(The Integrated Coastal Zone Management, ICZM)。國家計畫的制定也多半採合作方式進行：三角洲委員會報告 (2008)，國家水計畫 2009-2015 (2009)，國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007) 與國家空間策略(2004)共享類似的概念，如地區為主的空間計畫參與，給與氣候更多的空間等。還地於河 (2007) 是一個針對氣候變遷水議題的特定執行計畫，其相關策略也與水願景(2007) 相互整合，而將科學研究的部份獨立於後續的國家治水知識與創新章程(2010) 中，尋求以科學研究為基礎的空間決策機制。此外，制度交流在區域計畫層級並不顯著。所回顧的兩個區域計畫間並無因應氣候變異的水患風險有明確的合作，而國家計畫的發展架構亦遺失在區域計畫中。從計畫整合與合作的評估來看，區域層級的角色相對模糊。相對的，地區性計畫與中央層級計畫則有較多的交流。鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009)，鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) 以及鹿特丹水計畫 2 (2007)都與國家計畫國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007)，國家水計畫 2009-2015 (2009)，水願景(2007)，國家治水知識與創新章程(2010)有緊密的關連。地區計畫之間的合作也很頻繁，鹿特丹城市願景 2030 (2007) 與鹿特丹區空間計畫 2020 (2005)分享相似的策略發展取徑，而鹿特丹港願景報告 (2004)則相對獨立於中央或地方的交流之外。

## (3) 計劃的進行相關公共投資與建設方面

歐盟尺度的歐盟規劃白皮書 (2009) 較強調制度上的合作，僅一小部份提及實體公共建設項目。國家計畫在公共建設的投資，依其屬性可以分為防洪防禦性投資 ( 國家回應氣候變遷空間規劃適應策略,2007 )，防洪系統改善 ( 三角洲委員會報告,2008 )，防洪要求設定 ( 國家治水知識與創新章程, 2010 )，防禦技術 ( 國家水計畫 2009-2015, 2009 )，容水空間和水岸活動 ( 還地於河, 2007; 國家空間策略, 2004 )，和氣候不侵水系統 ( 水願景, 2007 )。水利工程計畫多半為中央層級計畫範圍。南荷蘭省的區域工程建設主要在防洪與海域保護方面。Randstad 願景 2040 (2008)提出『以設計為導向的區域防洪策略(p.37)』，然而在執行面上缺乏實際的建議。南荷蘭省水計畫 2010-2015(2009)提出三項目前正在進行的工程計畫，如『弱連結 (The Weak Links)』，『砂引擎 (The Sand Engine)』，以及『Delfland海岸的整合性開發 (The Integrated Development of the Delfland

Coast)』。鹿特丹地區則以堤防外的都市更新為關注重點。如，在鹿特丹城市願景 2030 (2007)中強調防洪的『VIP地點』<sup>2</sup>，以及鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009) 和鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) 計畫在 Stadhavens 和 Heijplaat 地區，利用公共工程緩解潛在洪患，以增加都市氣候適應性的種種策略。儘管建設計畫並沒有在鹿特丹水計畫 2 (2007) 出現，該計畫提出了許多地區性的可執行策略，部份在水計畫策略 A, B (Waterplan Low Res A and B) 中有深入討論。其餘的政策 (鹿特丹港願景報告, 2004, 鹿特丹區空間計畫 2020, 2005) 則沒有提及公共建設在準備階段的內容。總言之，中央權屬單位主導並推動各面向的建設工程項目，區域政府 (南荷蘭省) 則負責計畫上的執行，特別是在堤防，橋梁與護岸工程上。目前的地區尺度建設計畫和都市更新有緊密的連結，利用工程緩解特定地區 (如堤防外 Stadhavens 與 Heijplaat 地區) 的洪患壓力，以增加都市空間對氣候變異不確定性適應的能力。

#### (4) 合作研擬準備方案方面

歐盟規劃白皮書 (2009) 關注跨界整合的溝通與協調，如萊茵河流域管理 (The Rhine River Basin management) 等。中央計畫同樣也很重視在洪災預備上的合作。誠如三角洲委員會報告 (2008) 所強調在洪患回復力行動中跨界整合與合作的重要。國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007) 提到，『科學研究與政策上的合作，有助於建構以未來為導向的空間治理策略 (p.24)』不同治理層級 (levels of governance) 的合作也表現在國家空間策略 (2004)，國家水計畫 2009-2015 (2009)，還地於河 (2007)，和水願景 (2007) 中，但在國家治水知識與創新章程 (2010) 未被提及。區域計畫方面，Randstad 願景 2040 (2008) 十分強調跨部會與規劃單位整合的決策過程，有助於社會經濟上的發展，但對氣候變遷的洪水議題著墨甚少。南荷蘭省水計畫 2010-2015 (2009) 則並未對整合性規劃有所討論。合作性思維在地方層級的空間規劃上則顯得相當重要。鹿特丹水計畫 2 (2007) 著力於市府，水力單位 (waterboards)，專業者與都市設計者共同參與，以制定並落實空間政策的過程 (p.14)，這樣的做法也出現在由鹿特丹市府與鹿特丹港共同執行的鹿特丹港願景報告 (2004) 中。在氣候變遷的都市水患議題上，受訪者與空間政策都表現出該城市在合作關心上的努力和效益，也使得鹿特丹得以在國際展現其水利與氣候適應性的專業者形象。跨界合作同時也有助於空間策略上的整合。例如，國家水計畫 2009-2015 (2009) 中對於水管理的執行策略與歐盟層級 WFD 的合作，以及由國家與地方政府所共同執行的鹿特丹氣候變遷組織 (Rotterdam

<sup>2</sup> 所謂 VIP 地區，是指急切需處理氣候變遷議題所帶來之新挑戰與不確定之區域 (如堤外開發區等)，如 Stadhaven 與 Heijplaat 等。

Climate Initiatives)及其空間政策如鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009) , 與鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) 等。

#### (5) 創新行動策略方面

創新與具經濟效益之行動策略在歐盟及國家計畫中廣泛的被考量。例如，在三角洲委員會報告 (2008) 提到的『容水空間』，國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007)所強調的『新思維與創新計畫』，國家水計畫 2009-2015 (2009) 公部門及民間合作的『PPP 模式(public-private partnership)』，以及在國家治水知識與創新章程(2010)與水願景(2007)中對科學探索，技術發展與專業行銷上的推動。其中，水願景(2007)提出了『三角洲科技』與『水利科技』兩個創新架構，以整合研究與產業發展(p.49)。相關的行動方案在區域計畫中相對薄弱，Randstad 願景 2040 (2008)粗略的提到創新策略和城市-區域間的經驗交流與成長，南荷蘭省水計畫 2010-2015(2009)則以洪水防禦策略上的創新為主，並未觸及經濟與社會發展的面向。地方計畫在創新策略與具經濟效益的行動上的表現則相當積極，如：城市競爭力 ( 鹿特丹港願景報告, 2004; 鹿特丹城市願景 2030, 2007; 鹿特丹區空間計畫 2020, 2005 ), 國際形象 ( 鹿特丹氣候不侵策略 2010, 2010 ), 以及以知識為基礎的氣候變遷洪患因應策略( 鹿特丹氣候不侵策略 2009, 2009;鹿特丹氣候不侵策略 2010, 2010; 鹿特丹水計畫 2, 2007 )等。地方政府致力於整合『都市水患防災』，『治水專業形象』，與『城市經濟發展』，將其對氣候變遷水患風險的發展策略作為都市特色，以利用其在水議題上的專業，作為城市行銷的利器。以鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010)為例，其策略性的利用上海世博(2010)的機會，像國際行銷『漂浮屋 (floating pavilion)』等適應性概念，成功的獲得國際專業形象與城市交流的利基。有異於將氣候議題作為一待解決的困境，鹿特丹市更積極利用這樣的威脅，發展其知識經濟和國際貿易的潛力。

#### (6) 在推動與相關策略執行方面

在歐盟相關計畫整合於既有的組織如 WFD , MSFD 與 ICZM 之中。國家計畫方面，如國家治水知識與創新章程(2010) , 水願景(2007) , 國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007) 等，都是在兩千年後期因應氣候變遷所發展的規劃策略，還地於河 (2007) , 三角洲委員會報告 (2008) , 以及國家水計畫 2009-2015 (2009) 則偏重於空間性的策略發展與具體落實建議。區域層級方面，南荷蘭省水計畫 2010-2015(2009)有針對因應氣候變遷在水計畫上的討論，Randstad 願景 2040 (2008)則強調在社會經濟面向上的空間發展。地區計畫的發展可以概分為三個面向，鹿特丹市的專業形象與國際地位，市區北側的文化與科學發展，以及南側的都市更新策略。然而，儘管鹿特丹市積極於行銷其在氣候緩解力與適應

力上的發展與『氣候不侵』的空間策略，部份受訪者也指出，從『與水爭地』到『與水共生』，在落實上，特別是在民眾溝通上的困難，一些案例中可以發現，因於安全的理由，一些社區民眾並不享受兼顧遊憩與滯洪的鄰里空間。

簡言之，意識到氣候變遷所帶來的潛在風險與不確定性，無論是歐盟層級，國家層級，區域層級或地方層級，鹿特丹都努力推動跨部會及跨專業領域的整合與協商，以增加政策能有效落實的強度與效度，在執行面上的積極整合應可看作是鹿特丹經驗中特殊且值得借鏡的一環。

## 6. 公眾參與與回應的能力

公眾參與能力主要表現在不同層級空間治理團隊間的經驗分享與社會合作。歐盟規劃白皮書(2009)強調跨國層級的各部會協調的重要性，以尋求均衡的氣候決策。在國家層級，各規劃決策也保持著傳統上，由一個部會領導，相關部會配合的運作機制（見表 3）。例如，國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007) 是由國家住宅，空間規劃與環境部(VROM) 主導，協同國家交通，公共事物及水管理部(V&W)，國家農業，自然及食品部(LNV)，國家經濟事務部(EZ)，省政府組織(IPO)，地方政府組織(VNG)，區域水利組織(UvW)等共同辦理。國家水計畫 2009-2015 (2009) 則為 V&W 協同 VROM 與 LNV 共同制定。區域計畫方面，Randstad 2040 (2008) 由 VROM 提出，和 LNV, V&W 與 EZ 合作。而南荷蘭省水計畫 2010-2015 (2009) 則僅由荷蘭省規劃單位獨立進行。

地方計畫方面，除了鹿特丹城市願景 2030 (2007) 是由鹿特丹市政府獨立進行之外，地方政策多半與中央及區域層級有緊密的合作關係。例如，鹿特丹氣候變遷組織(The Rotterdam Climate Initiative)就是一個由 VROM 與 V&W 共同投資的非永久性跨部會組織。結合鹿特丹港，工會(Deltalingqs)，與環保團體聯盟(DCMR)合作制定鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009) 與鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010)等計畫。地區規劃者強調，中央與地方的緊密合作，能提供一個有彈性及協商空間的決策氛圍，有助於決策的全面性與執行上的有效性。同樣的，區域決策在跨界整合的議題仍然相當抽象。

公民意識與教育方面則主要為中央計畫的範疇，如水願景(2007)，受訓練的水管理方案，以及線上公民章程，在國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007) 中對洪水知識的推動，國家治水知識與創新章程(2010)中的堤防外風險意識，以及國家水計畫 2009-2015 (2009)的水紀錄(water logging)。此外，三角洲委員會報告 (2008)強調環境意識在政策管理與制度面上的配套方案，如三角洲基金(The Delta Fund)，三角洲行動計畫(The Delta Act)，與議會委員會(The Parliamentary Committee)等。公共意識與民眾參與則並未在其他國家計畫中被提及。區域與地

方決策在公民教育的評估上較為薄弱，僅鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010) 提及民眾教育的重要與影響力，特別是在堤防外區域如 Maasvlakte2, stadhavens 以及 Heijplaat 等地。

#### (五) 小結：鹿特丹都市回復力評估

鹿特丹都市回復力評估之結果可以整理如下。首先，氣候變遷的不確定性，使得都市規劃的決策過程從參考過去經驗，轉而關注氣候知識，水文環境，工程發展，以及對未來環境的科學模擬。儘管鹿特丹過去的水患經驗普遍在訪談中被討論，僅國家空間策略(2004)和還地於河(2007)對過去 1993 及 1995 年的近水災經驗有所描述，大部份的空間政策以未來發展為導向（歐盟規劃白皮書，2009；三角洲委員會報告，2008；國家回應氣候變遷空間規劃適應策略，2007；國家水計畫 2009-2015, 2009；水願景，2007），以強化並因應在氣候變異條件下的空間需求。空間規劃與環境科學（如水文，土木，地質等）的整合變得相當重要，政策制定者應積極尋求科學研究與情境模擬對未來環境的預測，並以此為政策制定及衡量之依據。

此外，跨界整合的決策過程在氣候變遷所帶來的水患議題中顯得愈益重要。由於荷蘭在空間規劃的治理方式並非絕對的『top-down』或『bottom-up』，地方層級的空間政策並不一定直接連結於區域層級或中央層級的發展方向，中央政府的策略也可能跳過區域層級的發展方向而直接連結於地方政府（與台灣的發展經驗有很大的不同），雖然由上而下的政策觀念仍出現在上述部份的評估之中，但各層級政府間的合作關係是相當具有彈性的。也由於水患議題本身並非只是單純的水文事件，更是牽涉了土地利用，經濟發展與社會協調等，這樣的彈性思維在議題發展與解套的方想上提供了很大的幫助，也是整合性規劃(integrated-planning)之關鍵。

從訪談與政策分析中都不難看出，鹿特丹積極尋求整合環境安全，生活品質，與城市競爭力的整合性發展策略。跨界整合的趨勢顯著表現於地區計畫之中，如鹿特丹氣候不侵策略 2009 (2009)，鹿特丹氣候不侵策略 2010 (2010)，鹿特丹水計畫 2 (2007)，三者都強調跨領域，跨部會的協商機制與知識交流的必要性，以強化鹿特丹的國際形象與經濟表現。

跨部門的合作表現在概念（技術，行動計畫）的經驗分享，環境監測，以及未來趨勢評估等面向。上位計畫如歐盟政績及推動的萊茵河流域共管計畫。國家計畫則著力於工程建設與知識生產兩方面的投資，其中，一部份整合區域及地區相關單位配合執行，如還地於河(2007)，水願景(2007)，另一部份則致力於決策過程中的制度與知識生產上的投資，如國家回應氣候變遷空間規劃適應策略 (2007)，國家治水知識與創新章程(2010)，三角洲委員會報告 (2008)，國家水計畫 2009-2015 (2009)等。在與地方政府的配合上，受訪者特別指出整合國家資源，學術專業與地

方規劃專業的『知識為氣候』和『與水共生』兩個計畫，中央政府與區域政府的配合則偏向水利工程與洪患各項防禦計畫。

準備階段表現出中央與地方政府相對的積極態度。藉由氣候知識，推動治水專業和城市行銷在鹿特丹的案例中十分顯著，特別是在地方政策的制定與執行方面。整體而言，地方政策推動氣候相關政策有三個面向：在氣候變異與水災風險上的知識生產（鹿特丹氣候不侵策略 2009, 2009；鹿特丹氣候不侵策略 2010, 2010；鹿特丹水計畫 2, 2007），增加城市競爭力（鹿特丹港願景報告, 2004；鹿特丹城市願景 2030, 2007；鹿特丹區空間計畫 2020, 2005），以及豎立全球治水都市典範的專業形象的都市行銷（鹿特丹氣候不侵策略 2010, 2010）。具體的都市行銷策略如參與上海世界博覽會(2010)與強化與全球三角洲城市（如 Hamburg, New York, Dorecht 等）的交流等。歐盟及中央層級的空間政策也以氣候變遷的知識經濟為長期發展目標。然而，儘管各單位致力於發展氣候適應性策略，受訪者也表示，適應性策略試圖轉變一般使用者從『與水爭地』到『與水共生』的態度，在落實上仍待努力，需藉由長時間的推動與教育上著手改進。例如，在一些社區結合滯洪與遊憩的案例中可以發現，因於安全的理由，一些社區民眾並不享受兼顧遊憩與滯洪的的鄰里空間。

鹿特丹作為一個氣候調適性空間發展的領先城市，其回復力的表現能提供一個高雄都在未來發展上的借鏡與參考。本文後續將針對台灣（國家研究單位及中央政府）與高雄市（NGO 組織，在地團體與地方政府），在制度與政策執行環境的研究上進行回復力評估，以期在最後提出策略制定上的建議並掌握關鍵因素。

## 二、歐洲河流流域管理的觀念演進

萊茵河雖是歐洲第四大河，但它卻是經濟上最為重要的流域。許多應用於其中的管理措施兼顧了經濟發展與洪水預防目標，也被歐洲其他流域所採用。然而它也意外引發了流水型態上的效應，影響了自然水流系統，河邊棲地逐漸消失，流域的水文回復能力(hydrological resilience)也減低了。當今降雨量的高低，立即就會在極端的高低河流水位上反映出來。為了達到流域的永續使用與管理，我們需要新的管理思維。一個同時包含預防與復原的新思維。

從過去經驗理解到，水與河流管理的驅動力量是安全與經濟，之後才進一步考慮自然與美學價值；而干預自然水文系統常引發不可預期的副作用，導致必須用昂貴的管理措施來彌補，例如濕地排水、洪水平原上升或水力發電水壩的興建；而歐洲各國也體認到洪水防範與水污染控制唯有透過國際合作才會成功，因為流域涵蓋多國而且關係各種部門；近年的歐洲經驗也顯示，決策過程中的公眾支持，在長期措施的成功上扮演十分重要的角色。

未來如何將使用者需求融入自然水系統中，將成為研究發展重點之一。然而因應迫切的洪水威脅課題，還需要其他更能在短期發揮效果的補充手段。以下是幾個在歐洲流域管理中重要的發展主題，它們提供了同時達成防洪、生態或者經濟等多重目標的機會。

- 支流的自然復育規劃

水岸植被增加了洪水平原的水流阻礙。因此它通常被水利當局視為防洪的不利因素，在上游當是如此。但是它在下游所形成如同阻塞水管的作用，以另一個角度來看，卻可用來調整河流系統的水流。因而同時也能夠考量在下流盆地區域進行自然復育規劃，它將能增加洪水平原的價值。未來進行水利工程之前，應在電腦模擬時同時納入水利與生態的資料。

- 低窪地管理

尤以德國與荷蘭堤防內低窪地管理經驗最為豐富。過去部分做為農業使用的做法，被認為可能為農業本身或區域動植物環境帶來負面影響，區域內的動植物也很難在不定期洪氾的條件下在這些低窪地生存。將其轉而成為濕地將能夠避免這些問題，濕地生態將較有能力應付偶發的洪氾。

- 洩洪道與支流

在歐洲已普遍意識到，過去的堤防設置過於靠近河道。興建在堤防邊的城市，於是成為水流的瓶頸點。解決之道在於將防洪規劃結合建設支流、洩洪道與自然復育。過去在堤防築起之後，依賴緩慢水流的水生棲地幾乎無法存在，兩棲動物與水生植物因此無法存續。但如今將生態利益納入防洪考量的新思維帶來轉機。在荷蘭某些地方正研究在城市周圍建設支流，除了達到防洪目標，也同時創造新的生態區。為了降低砂石開採成本，有些案例並同時考慮在周圍設計出被河濱公園環繞的豪華公寓。

- 洪水平原的降低

回復水的動力是河岸自然重建中最重要的工作。在有些案例中，能夠在達成這個目標的同時也促進防洪與經濟利益。因為沉積而上升的洪水平原，將其上的沙石移除將可以增加河水的流瀉能力並修復生態，甚至減低洪水平原上層動植物吸收汙染物的風險。在規劃相關計畫時，有機會能夠同時考量防洪、生態與經濟的多目標。

借鏡過去可以學習到如何應付當今課題。然而若是沒有考量問題所在的現實條件而逕自複製其他流域的成功管理經驗，則是缺乏對下一個世代應有的責任感。政府部門應該促進河流管理新思維的發展，而且採取考量整個流域的更廣的視野。我們在干預河流之前，仍應先考量如何將使用者需求融入自然水系統，而這需要環境與工程專家及其他各部門的緊密互動合作。（資料來源：Working together with water, Delta Commissie）

### 三、荷蘭的還地於河 ( Ruimte voor de Rivier ) 策略

荷蘭的河流空間在過去幾個世紀以來持續地減少。河流被侷限在高聳的河堤之間，而愈來愈多的人居住在河堤之後。於此同時，堤防後的土地卻也因為土壤沉陷而往下陷落。此外，由於雨量增加且降雨頻率也增加，河流需要往大海排放更大量的水。在如此的現況條件下，一場洪水將會讓四百萬人遭受到威脅。

荷蘭政府推動的還地於河計畫，由十七個團體共同執行，包括各地的省政府、市政府、水資源局處與公共事務與水管理部等，中央政府的基礎設施與環境部部長則為最高統籌。

計畫的主要目的在於給予河流更多的空間，以能面對更高的水位。預計在超過三十個地點，採取不同計劃措施以讓河水在未來能夠安全地氾濫，而這些措施在設計的同時，也都將鄰近環境品質的提升納入考量。還地於河計畫預計將於 2015 年完工。由於在 1993 年與 1995 年二次異常高水位的驚險考驗時，堤防僅剛剛好能夠完成防護，政府部門更下定決心要讓計畫如期完工，並提升流水能力至能夠完全容納預測的未來可能水量，以期能以不發生洪氾為目標。

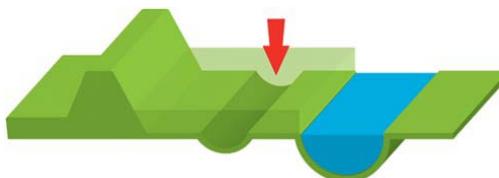
計畫的第一個目標，在於增加荷蘭境內萊茵河流域的河川流量，以期在 2015 年時能夠安全達到 16,000 每秒立方米的流量。由於未來的設計流量為 18,000 每秒立方米，因此針對河床與洪水平原則需要有更進一步的措施，當然也包括沿岸堤防的鞏固。

第二個目標則是在這些措施擬訂之時，除了增加安全，也要增進整體區域的環境品質。最後則是為了面對氣候變遷下所預測的未來更高的流量，為了河川所保留的這些空間，在未來也必須能夠永久的保留。

相較於還地於河計畫，繼續鞏固堤防也可以是另一個選項。然而持續現況的結果是一但真的發生洪水，將會帶來更大的災害。因為更多的水將會湧入堤防後方下陷的土地。因此為了營造一個真正安全舒適的居住環境，荷蘭政府決定打破常規，還地於河。

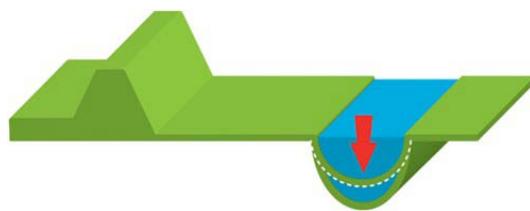
這個計畫共採取九種類型的手段：

#### (一) 降低洪水平原



降低 ( 挖掘 ) 洪水平原的部分區域，以增加高水量時的河流空間。

## (二) 加深夏季河床



利用河床表面挖掘增加河床深度。加深的河床將能增加河流的行水空間。

## (三) 儲水空間



如 Volkerak-Zoommeer 湖提供了暫時的儲水空間。

## (四) 堤防遷移



將堤防往內移動，以增加洪水平原的寬度，以提供河流更多的空間。

## (五) 降低防波堤



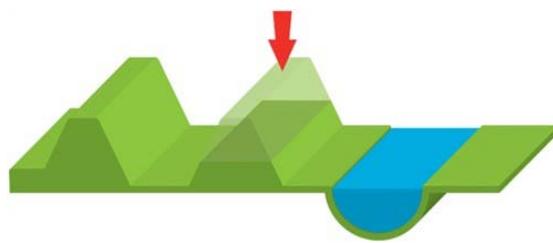
防波堤有助於穩定河流位置並確保河流維持現有深度。然而，高水位的防波堤將可能干擾河流的水流。降低防波堤可以增加河流的流量。

## (六) 高水位渠道



高水位渠道指的是築堤形成的渠道，能將河水自主河流分流自不同路徑排放。

### (七) 去除低窪開拓地



將原有低窪開拓地 ( polder ) 的河堤往內遷移，使得在高水位期間河水得以溢流至此區域。

### (八) 移除障礙



移除或修改河床上的障礙物，以增加河流的流量。

### (九) 鞏固堤防



在不可能再增加河流空間的地區，強化堤防。

#### ● 案例

##### 瓦爾河 ( Waal ) 奈梅亨地區 ( Nijmegen )

瓦爾河以急彎形態流經奈梅亨，同時在此變窄而形成瓶頸，氾濫的可能性顯而易見。因此必須採取適當的手段來保護居民免於洪水威脅。在此案例中，瓦爾河的原有堤防被往內遷移，並在洪水平原建設一條輔助河道。



##### 應用堤防遷移手段

藉此，瓦爾河中央將會形成一座小島，並在奈梅亨打造一個獨一無二的河流公園，創造新的居住、休閒活動、文化、水與自然的空間。依計畫將於 2013 年開始挖鑿工作，

於 2016 年實現小島的藍圖，並在接下來的數年裡，發展居住與其他都市功能設施。



1. 現況
2. 將堤防內移 350 公尺
3. 挖掘輔助渠道以增加行水空間，同時創造出一做細長形小島
4. 建造橫跨輔助渠道的橋梁



圖 5-3 瓦爾河奈梅亨地區還地於河計畫示意圖

資料來源：Ruimte voor de Rivier

#### 四、德國漢堡港口新城計畫 ( Hafencity )

位於漢堡的港口新城計畫，是現今歐洲最大的內城發展計畫案，它的發展綱要計畫在 2000 年正式被核定通過，預計在 2020 至 2030 年間完工。

除了部分碼頭地區與廊道以外，整個計畫區域將會建築在高於海平面約 8 公尺的人工壓實土丘之上。港口新城的土地與水將會有緊密的互動關係，而不會是一個被堤防圍繞而與水斷絕關連的都市空間。它創造出的特色地形，同時也在極端洪水侵襲時保護著城市。

有異於多數大城市阻擋洪水的概念，漢堡透過港口新城的設計容許洪水氾濫，但將這個區域準備好可以在洪水侵襲下具有復原能力。不僅擁有防水的停車場，並在距離街道 20 英呎高的地方設置緊急人行步道系統，並在地面層避免居住單元的設置。甚至區

域內的公園都設計成能夠承受巨浪的侵襲，部分能夠隨著水位上升而浮起，或是在水消退之後只需清洗工作即可復原。

雖然目前開發尚未完成，但它已然成為歐洲水岸城市發展的新典範。計畫中的港口新城將被打造成一個充滿海洋氛圍的地區，在計畫面積為 157 公頃的區域內，結合商業辦公、住宅、文化、休閒、觀光與零售等各種設施。生態永續概念也是計畫的核心價值之一，漢堡能夠獲得 2011 年歐洲綠色首都 ( European Green Capital 2011 ) 的榮耀，也歸功於港口新城計畫的施行。



圖 5-4 德國漢堡港口新城計畫分為西區、中央區及東區三個大區域，並細分為十個鄰里單元

圖片：M. Korol；來源：HafenCity Hamburg GmbH

它將是一個嶄新的建築區域，將會創造超過二百三十萬平方米的樓地板面積。目前正在興建大約五千八百個住宅單位，以提供一萬二千個居民進駐。另外還有預計能提供超過四萬五千個工作機會的商業場所，包括辦公室、店面、休閒設施、餐廳與酒吧、文化教育設施，外加公園、廣場與廊道。廣泛使用的磚造建築素材，配合碼頭舊倉庫等設施的再利用，也讓整個區域保有港口氛圍。

### (一) 永續的概念

港口新城以成為都市永續發展新標竿為目標。舊碼頭與工業區域的再利用，為漢堡市擴張了百分之四十的面積，為原有受四週綠地限制了發展空間的城市，帶來新契機。這個新發展的地區，奠基于生態、經濟與社會發展的綜合考量上，因此在未來將能協助漢堡市達成它的氣候目標，在 2020 年達到二氧化碳減量百分之二十。在港口新城創新的能源供給下，甚至可以樂觀預期減量百分之四十。

港口新城地區不鼓勵車輛使用，預計在交通上使用個人機動車輛的比率在此將

能降至百分之三十以下（漢堡的平均值為百分之四十七）。自行車道與行人步道將會宜人而密集地交織在其中，其中有百分之三十緊靠水岸，也有百分之七十的設計與車道分隔，藉其能輕易連通港口新城與漢堡市舊中心。為了方便使用，也設立了數個腳踏車租借處。



圖 5-5 港口新城鼓勵人們使用環保的交通工具

圖片：Daniel Barthmann；來源：HafenCity Hamburg GmbH

在 2007 年港口新城有了自己的永續建築認證系統，它針對建築計畫的生態、經濟與社會的永續性進行評估，並發給金、銀二等級的生態標章。未來目標是港口新城中央區與東區的建築至少有百分之五十能獲得金級生態標章。

港口新城的建設是由其西面開始，進而逐漸向東邊推展。港口新城西邊的建築都連結到地區的暖氣網絡，由於結合了燃料電池科技、地熱能源與太陽能，使得二氧化碳排放量大為降低至  $175\text{g/kWh}$ ，較之傳統天然氣加熱供給減少了百分之二十七。至於港口新城東邊，在邀請遍及歐洲的廠商競標後，在未來將能建設一個地區的能源供給網絡，以創新科技將地區的暖氣供給二氧化碳排放量降低至  $89\text{g/kWh}$ 。

## （二）開放空間

港口新城開放空間的土地面積佔有整個區域百分之二十四的比率。而所有的開放空間，無論公園或廊道，都是依水而存在並交織在一起。水岸共延伸有 10.5 公里長。港口與易北河的水面都帶來新鮮空氣，並開放了空間的視野。另有額外百分之十三的私人開放空間，也提供公眾進入。



圖 5-6 水岸開放空間

圖片：ELBE&FLUT；來源：HafenCity Hamburg GmbH



圖 5-7 利用坡度遊戲

來源：HafenCity Hamburg GmbH

### (三) 防洪

港口新城並沒有採用興建堤防做為防洪的手段。開發者將能在洪水復原的概念運用在道路、建築與公共空間上，意圖在面對洪氾風險的同時也為居民創造宜人的水岸空間。港口新城的防洪公共空間大約可分為五個層次：

#### 1.水面上

港口採用的浮橋隨著潮汐的變動而浮沉。城市在此感知到水位、碼頭護牆與邊緣、船舶與建築之間時刻都在變動的關係。

#### 2.水岸廊道

岸邊的人行步道與自行車道設置在大約在高於海平面 4 到 5.5 公尺的地方。



圖 5-8 位於 Dalmannkai district 的水岸步道

圖片 : ELBE&FLUT ; 來源 : HafenCity Hamburg GmbH

### 3. 梯形地

利用梯型概念連結高處的都市發展區與水岸，並在這些連結處形成大型的都市公共空間。



圖 5-9 鳥瞰 Marco Polo Terraces

圖片 : T. C. Kraus ; 來源 : HafenCity Hamburg GmbH

### 4. 街道

所有街道與建物，都建築在人工升高的防洪地基上，距離海平面大約 7.5 至 8 公尺。



圖 5-10 Dalmannkai 區一景，可看出水面、水岸至建築物的高度關係

圖片：T. C. Kraus；來源：HafenCity Hamburg GmbH

## 5.街道上方

除了一般街道高度的設施，海港新城在高處也創造出精彩的公共與私人空間。



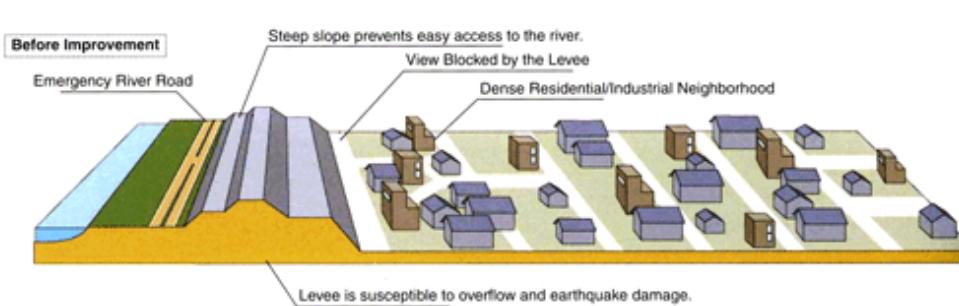
圖 5-11 高於海平面 37 公尺的新公共廣場，夾在舊倉庫與其上新建的玻璃建物之間

圖片：Herzog & de Meuron；來源：Elbphilharmonie 音樂廳網站

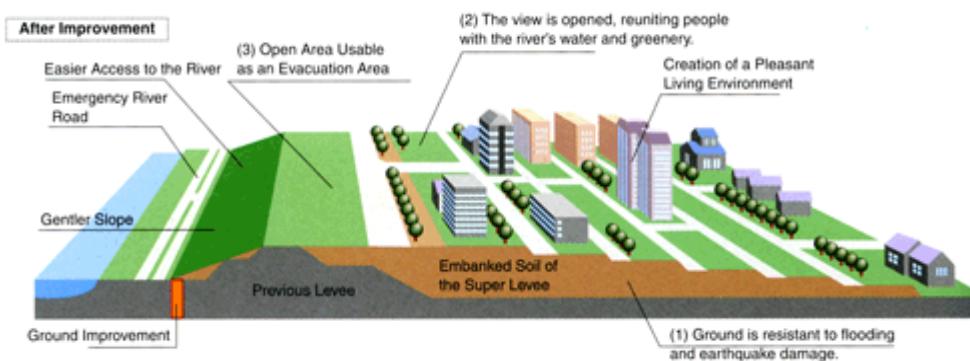
( 資料來源：HafenCity Hamburg GmbH、Worldchanging.com )

## 五、日本東京之超級堤防案例（スーパー堤防）

超級堤防的概念，是堤防寬度大約為高度的三十倍（約 200 至 300 公尺），如此一來，氾濫之時也不會發生決堤，因為洪水將會緩慢通過大面積的堤頂地面。



一般堤防



超級堤防建設後

在使用一般堤防的狀況下，堤防外臨河面的土地可做為緊急道路使用，堤防與河流之間則設置陡坡，以免太過輕易可以親近河流。在此形式的堤防，堤防邊的陸地由於堤防的阻擋而失去視野，而堤防本身則存在因為洪水氾濫或因地震而造成損害的風險。

超級堤防的建設，則通常會與都市更新或都市土地用途變更計畫一起執行，如此將能以特定區的形式解除發展限制而規劃為一般都市使用用途。超級堤防的設計也通常約占管轄堤防長度的 15%，大約在河流二岸都各約 60 公里長。

超級堤防建設後，堤防外土地仍可做為緊急道路使用，但堤防與河流之間則改為緩坡設計，轉而以能親近水岸為概念，原有堤防的位置則規劃做為緊急疏散區使用的開放空間。而填土升高的寬廣新堤防區，則規劃做為住宅或其他都市活動使用，除有開放的視野之外，還能讓人群在水岸與綠地包圍的環境中聚集，成為愉快的新都市空間。



圖 5-12 超級堤防計畫示意

來源：國土技術政策總合研究所簡報資料

超級堤防經規劃提供都市一般用途使用之後，能有效提升堤岸土地利用。一般堤防至多僅能做為道路使用，但是超級堤防可以增加都市舒適空間，並且消除原有堤岸邊閒置或無景觀的低利用空間。新創造出的水岸空間，在未來也能轉化成為親水或具備河岸景觀的都市居住與休閒區域。因此是一個兼具防洪、都市空間改善與經濟開發的設計概念。



圖 5-13 東京都隅田川超級堤防（來源：國土技術政策總合研究所簡報資料）

（資料來源：荒川下流河川事務所、Seacity 2100）

## 六、澳洲坎培拉首都特區濕地計畫

### (一) 都市濕地

許多類型的土壤擁有如海綿或天然水盆的作用，它們能夠在暴雨來臨時吸收或滯留大量的水，然後以緩慢穩定的形式再將這些水釋放，其上的植被則能增加作用的表面積顯著提升保水能力。相較之下，現代都市堅實光滑的地表則失去吸收力，常常伴隨著都市發展而來的，也使得水在地表更加快速而大量溢流。低漥或沼澤地區接收了這些水，如果沒有排出或排出十分困難，就會形成濕地。這些濕地不但有緩衝洪水的功用，同時也扮演了淨化都市污染物角色。

人造濕地的概念在許多城市中被採用，都會公園或景觀道路有時也會經營一些濕地，它們為環境提供了多重功能。除了減輕洪水、攔截都市廢棄物與淨化水質之外，這些濕地還可能兼有美學、休閒開放空間、自然教育、提供動植物棲地、支持外部生態系統等功能。在部分案例中，若維持良好植被，它們能提升穩定土地並避免侵蝕。

坎培拉首都特區政府正在進行幾項都市濕地計畫，利用人工濕地對都市達成多目標功能。此案例由政府主導規劃與建設，過程中結合社區居民的意見與力量，藉由社區居民參與研討，針對濕地設計及其安全與維護交換意見與計畫改進，完成有利生態環境同時也符合居民居求的設計，值得借鏡。

### (二) 蘇利文溪 (Sullivans Creek) 濕地重建

在都市化之前，蘇利文溪原本擁有自然的生態環境，包括岩石河道、洪水平原與散落周邊的湖塘。由於伴隨都市擴張而來的郊區開發，河流被修築的混凝土水道所代替，以求快速改道通過。原本的自然植被被移除，代以人工草皮與適合在坎培拉氣候的外來樹種。坎培拉政府部門決定要重塑蘇利文溪，回復它的自然生態系統功能，並計畫以人工重建的方式在河流周邊打造五個濕地。這些濕地的打造並非仰賴個別的獨立規劃，而是以統整考量住宅社區與水文，進行人工濕地建設，以改善區域的水質與生態系統，並促進生態多樣化與整個墨雷達令流域 ( Murray-Darling Basin ) 的生態居住健康。計畫將打造五個濕地區域，利用植被做為媒介而串聯起來，藉此大幅提升包括生態上的各種功能。



圖 5-14 濕地計畫示意

(來源：ACT Government)

### (三) 狄更生與林漢濕地 Dickson and Lyneham wetland

濕地的打造配合種植多種本土植物，為了增強它的集水功能，狄更生濕地另設管線將多餘雨水引導至儲水池，這些水將可提供利用，取代原有的自來水。狄更生濕地並由政府協助設置由百人組成的狄更生濕地關懷團體，未來除了植物種植外，還擔任協助監測水質與青蛙生態記錄的任務。



圖 5-15 林漢濕地居民學習製作樹木護具，在社區種植日由居民協助種植了 1200 株本土水草與灌木

(來源：ACT Government)



圖 5-16 狄更生濕地居民裝置樹木護具，以保護植物不被鴨或其他動物啃食

(來源：ACT Government)



圖 5-17 由狄更生學院陶瓷學學生製作的磁磚，將用於濕地步道鋪設

(來源：ACT Government)



圖 5-18 施工中的林漢濕地

(來源：ACT Government)

#### (四) 班西亞街濕地 Banksia St Wetland

已於 2010 年二月完工。此區域的濕地包括二個區，其一為中央深度大約為 1400 毫米的池塘，另一區則是水深隨季節變動在 0 至 300 毫米的調節區。變動的淺區域在降雨時節將被注滿，在夏季時則會乾涸，種植能夠同時適應潮濕與乾燥環境的多刺莎草、寬葉植物或其他本土植物。



圖 5-19 2009 年七月，濕地計畫施工前

( 來源 : ACT Government )



圖 5-20 植物已然茂盛成長

( 來源 : ACT Government )



圖 5-21 女孩嚮導團正在聆聽如何監測水質

( 來源 : ACT Government )



圖 5-22 捕捉食蚊魚

( 來源 : ACT Government )

食蚊魚意外闖入濕地繁殖，捕食本土魚類、蝌蚪等生物，生態學家評估後決定撒網捕捉，並持續進行監控。

#### (五) 岡加林山谷池塘 The Valley Ponds, Gungahlin 計畫

另一個執行中的案例，為由坎培拉政府出資設計與建設，計畫將打造三個相互串連的岡加林山谷池塘濕地系統，本計畫預計在 2012 年完工，預算為六千五百萬澳元。

這些濕地將扮演多重角色，包括：為岡加林城鎮地區的雨水提供集水功能、改善雨水品質、增進都市的生物多樣性，並在未來提供區域灌溉。由於這些濕地的位置鄰近多個學校與童子軍團等文教機構，因此最後濕地設計將加入戶外教室、浮橋、碼頭與解說牌。

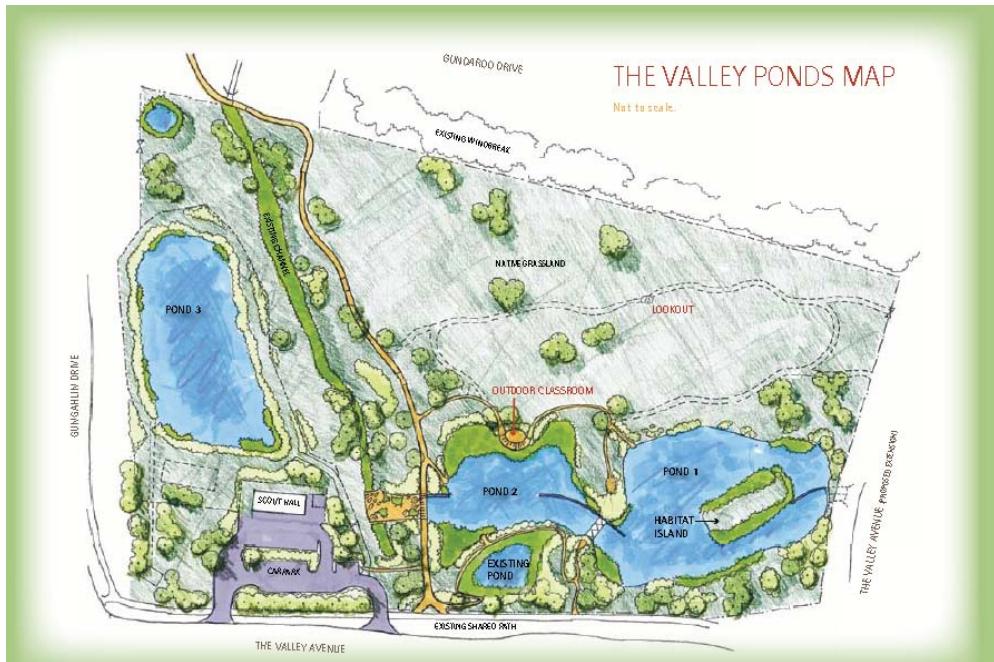


圖 5-23 計畫示意圖

( 來源 : ACT Government )

在進行涵蓋資產保存、地下水研究與植被研究等項目的基地調查後，由工程顧問與建築公司共同完成實際規劃。工程施工受影響區域的土壤，將取樣保存研究，並在日後恢復於原址。( 資料來源 : Environment and Sustainable Development Directorate, ACT Government )

坎培拉借由創造人工濕地的方式，將河川的自然樣貌逐漸恢復，除了增進水與居住生活的自然關係，還結合水利、生態、教育等各種專業考量，多重改善了都市環境。高雄同樣因為都市化而逐漸將自然的水流以人工混凝土掩蓋或限制，這裡的成功經驗非常值得我們借鏡。

## 第六章 高雄都水岸再發展空間與策略建議

長期以來台灣執政當局治理水的觀念仍偏重水壩、堤防、疏濬的方式，這種大量固化水岸的方式限制了水體的自然成長，也降低了河流面對自然變動的容受度，這種人定勝天的水治理方式，近年來已逐漸被許多國家修正，以治水技術聞名世界的荷蘭，在1993、95河岸高水位的「近水患 (near flooding)」，已經不單只靠水利工程來解決未來氣候變遷所可能遭遇的問題，而是著重城市規劃該如何適應自然，與水共存「working together with water」成為新的指導方針，其中“還地於河(room for the river)”的計畫更是成為目前全世界治水的新典範，荷蘭的萊茵河三角洲由於河川特殊的沖積方式形成特殊的土壤結構，這種特殊的自然環境結構深深影響了荷蘭城鎮結構乃至於城市系統的發展，“水”是荷蘭人生存首要必須迫切面對的議題，從傳統的與水爭地、築堤造陸的觀念，到最新與水共存、還地於河的觀念，荷蘭人在數百年與水對話的過程當中逐漸摸索出與水應有的相處之道，並藉由水利、土木以及都市計劃技術的整合，以及圖層分析技術的運用，將這些抽象的概念轉而為具體的策略及行動，本計劃以圖層分析與制度分析的方式，仿效荷蘭熱點的方式，以美濃與愛河區域為例，分析其自然地景、基礎網絡及聚落模式發展之間的關連性，藉以釐清未來高雄都水與水岸發展之相關議題，並就未來高雄都的水岸發展提出空間策略與制度建議：

### 一、整合性治水之空間策略

高雄不只有水患的問題，高雄缺水的問題也十分嚴重，依據2011水利署水規所作之民國120年生活用水風險度地圖分析，高雄都沿海岸線一帶之區域，都是用水高風險地區，所以面對暴雨，下策是單純的排洪，上策則是蓄洪、將暴雨轉換成可資利用之水資源。目前關於蓄洪的方法主要有水庫、滯洪池及地下水補注，由於台灣特殊的水文地形，除了縮短水庫使用的年限，水庫在台灣對生態的破壞，更是因此為在地居民激烈抗爭之主因；而由於地下水補注的歷時性較長，雖然可得到較高品質之水資源，但如何解決極端暴雨所形成之瞬間雨量卻仍力有未逮；因此，現階段滯洪池的設置是目前非工程考量的防洪對策最常被提及的作法。但如何決定滯洪池之區位、以及如何在都市密集區取得合適土地是很大的挑戰。

#### (一) 關於愛河治水的空間策略

以高雄的愛河流域而言，現階段主要的防洪對策仍以抽水站為主，事實上抽水站的做法不僅僅是將珍貴的水資源直接排進海洋，而且將城市的命運壓在幾部抽水機之上，也將提高城市水患的風險，尤其是對於極端暴雨，抽水的方式並不能為城市的相關單位爭取到任何解決問題的時間餘裕，亦即當抽水機開動之時亦是城市即將面臨水患之臨界，因此相較於抽水站，滯洪池不但能為高雄爭取到本研究第三章

所提及之預防水患的關鍵 6 小時，暴雨也能進一步成為可親近之水資源。但是，以高雄現階段所面臨潮汐與都市密度過高的問題，由於一方面，滯洪池滿溢之後最終排放地點仍是愛河，只要愛河漲潮，依 2010 凡那比的經驗，滯洪池所能發揮的功能亦很有限；另一方面，如何在擁擠的都市土地中找到合適的地點是更大的挑戰，而這似乎也是成大防災中心所訂定之滯洪池計畫無法完成的主要原因。

傳統解決水患最基本的作法就是阻絕外水、排除內水，可是當氣候變遷所導致的極端暴雨使得阻絕外水的難度增加，甚至不可行時，目前整體策略已逐漸修正為，盡量阻絕外水、增加容水空間以及盡快排除內水。但是對高雄愛河，這樣的策略依舊是極大的挑戰，因為愛河目前面對的問題是：四面八方的暴雨使得阻絕外水不可能、都市密集容水空間難覓以及潮汐使得排除內水困難。面對這樣的問題本計劃以第二章的圖層分析為基礎，嘗試更進一步釐清愛河目前所面臨最關鍵之議題，並提出可能之概念與未來都市可配合整體發展之策略建議：

### 1. 阻斷潮汐作用對愛河的影響

目前愛河下游河段幾乎全為海水，水患主要成因為漲潮阻礙內水排出，鼓山與鹽埕區由於抽水站的設置可將雨水排至港區，使得凡那比風災時免於水患威脅，但其他非臨海區域即便有抽水站也無處可排，而導致淹水。我們可以從 2010 的凡納比颱風得到驗證，919 當天本和里的暴雨是從下午開始，當滯洪池失靈時，下午 6 時左右本和里開始淹水，而滯洪池失靈的原因，依據相關機關正式之新聞說明，並非由於機具故障，而是因為當時適逢漲潮，想排也排不出去，淹水一直持續到午夜才逐漸退去，依據中央氣象局的潮汐資料，919 當天下午 6 點正是漲潮的頂峰，午夜 12 點潮退到最低點，而當天漲潮的峰值僅是 7cm，遠低於 36 的平均值，這樣一個平常的漲潮，搭配上暴雨，就可以讓高雄受到這麼嚴重的傷害。因此如何阻斷潮汐對愛河的影響是主要思考的方向。

阻斷潮汐影響的最直接方式就是築活動堤防阻隔愛河與港區，築堤之後的愛河將直接成為一個將近 60 公頃的巨大滯洪池，所蓄積之雨水可考慮提供為工業用水所需。活動閘門可於枯水期開啟，維持愛河水位。目前愛河兩岸已完全固化，幾無感潮生態存在，故閘門對生態影響極微，如果可進一步完全阻隔污水截流系統進入愛河，愛河水質將大幅改進。目前引愛河的水進入都市幾不可能，主要是海水會造成都市土壤的鹽化，破壞城市的綠化，因此，當愛河成為滯洪池，豐水期間可將部分蓄積之雨水引導入城區，營造親水空間，塑造高雄海洋首都為主要意像之城市發展。水閘門之設計可搭配港區之更新而設計作為高雄適應氣候變遷之地標。

## 2. 掌控關鍵的 6 小時

如果我們再疊合加入洪峰歷時的資料 (請參考第三章圖 3-4 ,)(水利署水規所 , 2004) , 從暴雨開始從愛河支流匯入 , 到愛河口產生最大逕流約需 6 小時的時間 , 而這關鍵的 6 小時也是我們解決愛河水患的線索 , 亦即如果暴雨開始的第六個小時適逢漲潮 , 水患就幾乎無法避免 , 但如果是在漲潮峰值時開始暴雨 , 其構成的威脅就會減低 , 如何以水利設施或都市區域設置滯洪池的方式爭取到這 6 小時 , 這是我們跟暴雨的一場競賽。

在愛河沿岸高程低於 2m 的低窪區域 , 不管明溝或暗管 , 漲潮時都會影響到排水斷面 , 如果直接利用道路表面排水 , 反而可以避免潮汐的影響(圖 6-1) , 由於早期高雄格子狀道路系統的安排主要指向港區與愛河(圖 6-2) , 也有利於排水 , 道路系統也可全面搭配腳踏車道設計 , 提高都市品質。

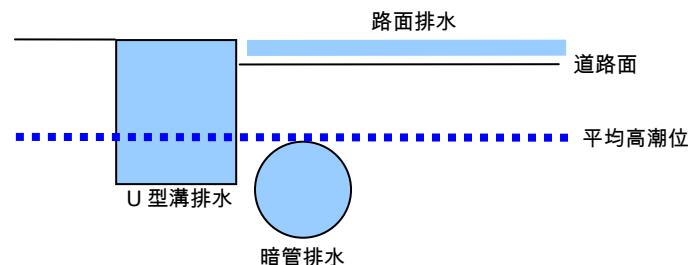


圖 6-1 沿愛河區地勢低於 1m 之低窪區 , 其排水深受平均高潮位 36cm 之影響

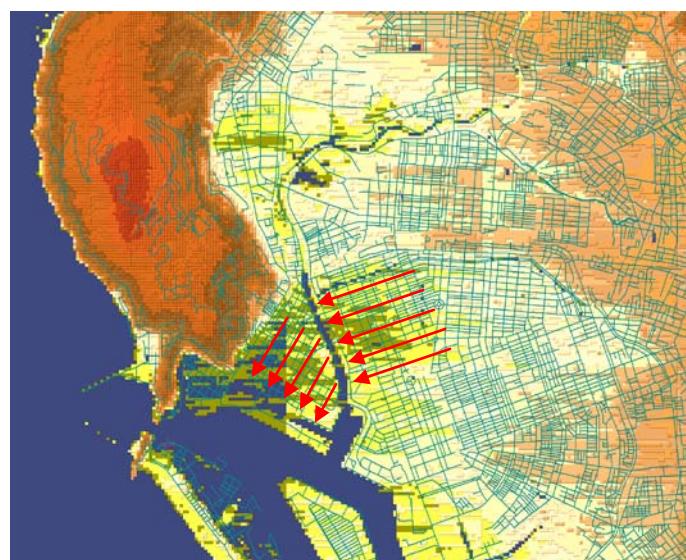


圖 6-2 由於日據時期的格子狀道路系統是以通向港口與愛河指向的格子狀道路系統 , 若善加利用作為排水設施 , 將相當程度可減低潮汐對排水之影響。

事實上，指向港區或愛河之格子狀道路系統，未來除了暫時性的排水功能之外，未來更應該考慮以道路系統作為滯洪池的概念。舉例而言，如果將道路兩邊的人行道搭配腳踏車道墊高 20cm，車型道路將可蓄積 20cm 的洪水量，但仍舊可行使車輛，以目前台灣人均擁有道路面積 12 平方公尺粗估，愛河流域的道路面積約 12 平方公尺 \* 50 萬人口 = 60 萬平方公尺，可蓄洪的水量以 20cm 計算，則粗估蓄洪量 120 萬噸，約是原本滯洪池計劃 78 萬噸的 1.5 倍。由於未來氣候變遷的不確定性，面對未來可能出現比莫拉克、凡那比更強大的暴雨量，類似的思考方向將可做為制定高雄百年治洪對策的最後一道防線。

### 3. 高雄都百年之防洪對策

作為海洋首都，城市的防洪標準不該只有 25 年不溢岸的超低標準，因為雖然愛河只是縣管排水，但卻流經經濟繁榮、人口稠密的地區，其重要性不該只是參考中央統一之標準，更何況在氣候變遷的影響之下，台灣暴雨的紀錄已經迭創新高，原有標準極待修正。事實上作為一個海洋首都，防洪不僅僅只建立一單一標準，並且因就可能的暴雨強度設定多道防線並搭配救災體系成為高雄都百年之防洪策略，舉例而言，如果愛河水閘門關閉可以抵抗 200 年暴雨頻率如莫拉克的洪水，則超過 200 年規模的暴雨就需要以全市的道路系統作為滯洪設施（亦即全市適度淹水，但交通基礎網絡仍能運作）來因應，未來海洋首都更該做為全國之表率，提出在地的防洪對策與中央對談。

## （二）美濃治水的空間策略

而針對美濃水患，目前所顯現最大的問題就在於基礎水患資料的缺乏，甚至沒有正式的水患調查報告，在資訊不夠充分的情況下，主政單位所提之計畫就常常無法科學、合理的與當地居民達成共識，目前以推動小型設施（如：竹子門滯洪池）、工程（如：竹子門截彎取直），為主要策略，本案以現有之資訊做判斷，位美濃提估概略式之建議。

### 1. 利用現有圳道系統調整部分洪峰流向

美濃區至今仍以農業為地方主要產業發展，因此相較愛河流域多數之水圳被填平、棄置，圳道系統仍是當地主要的基礎網絡設施，目前美濃所有的圳道均屬於高雄農田水利會，美濃溪屬於水利署第七河川局管轄、竹子門與中正湖排水則屬於高雄市政府管轄，因此當七河局擬定美濃溪的水患治理計畫時並不包含美濃豐富的水圳系統，但若我們仔細的比對交疊河流與圳道系統發現，圳道系統也可以在河川治理上扮演相當關鍵的角色。以獅子頭圳為例，基本上獅子頭圳之主要流向與竹子門排水平行，其中分別再美濃國小、三夾水下游約 400m、福安及福安外緣處匯入竹子門圳及美濃溪（圖 6-3），也因此可以合理推斷藉由現有圳道之調整

與再設計，當可相當程度的調節洪峰之流向與流量，然相關資料之整合與分析仍有待相關部門之進行深入之研究。基本上來說，如果能透過既有圳道之調整與再設計，重新規劃美濃全區之防洪策略，當可作為美濃區短程之計畫，以節省大筆支出。

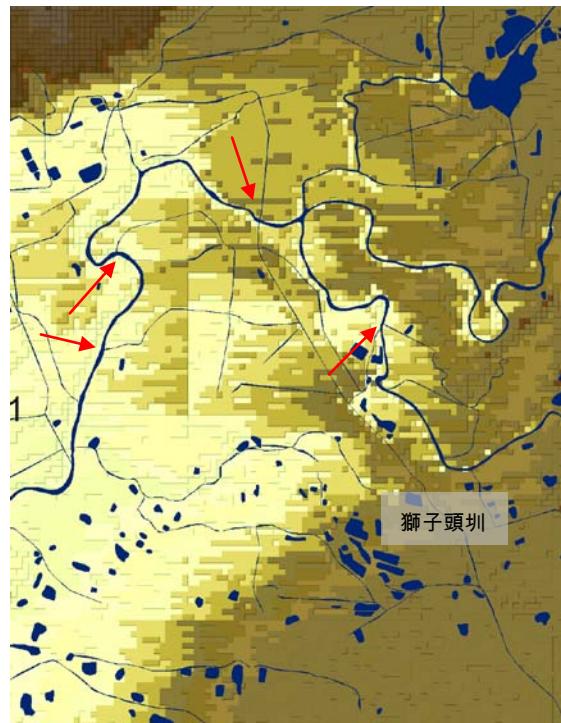
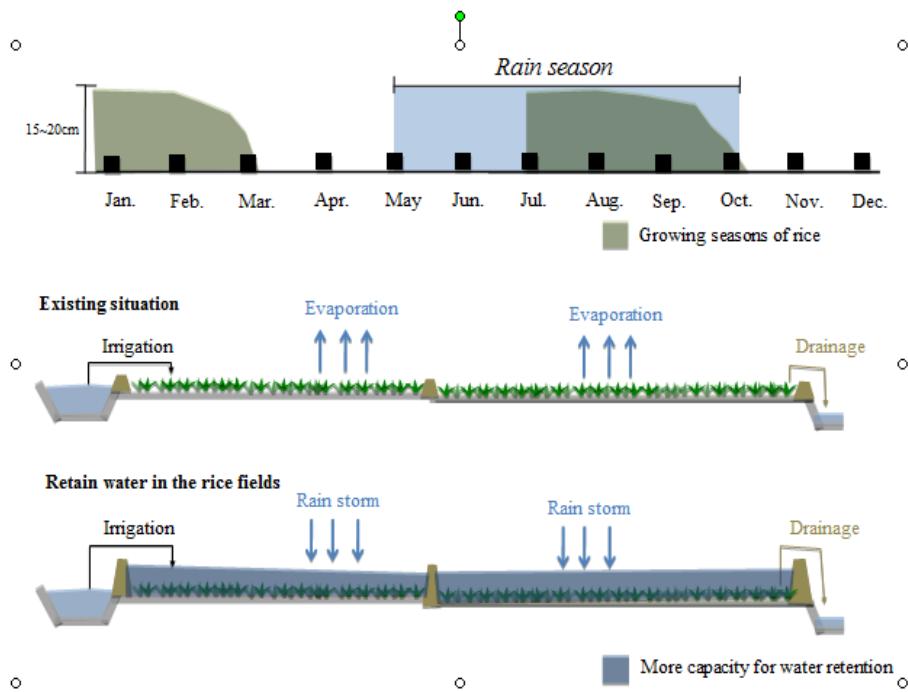


圖 6-3 美濃溪與獅子頭圳主幹道之關係圖，紅色箭頭為兩條水流交會處，資料來源：經建會 2001 版地圖

## 2. 鼓勵私有埤塘、農田增加暴雨滯洪能力



在美濃溪中游附近，由於美濃主要產業以農業為主，農田面積遼闊約四千公頃，若能利用現有約佔區域百分之四十面積的稻田，將田埂加高，只需加高十五到三十米，我們估計就幾乎可以積蓄在當地帶來水患的水量。透過部分洪患時間的補償，或其他農民可接受的手段，我們建議可以盡可能協調相關單位，突破法令或其他限制，進行全面推動建置。

### 3. 滯洪池作為濕地公園帶動美濃區域之整合與再發展

由於中壠所在位置位於竹子門排水汎濫而形成之南面淺沙丘之上，其主要水患地點集中在中壠以北至三夾水周邊、相對高程之低點區域，因此，美濃、福安及中壠之間的農田似乎是設置滯洪池的適合地點，就水利之觀點來看，一方面可滯洪、接收三夾水的洪峰；另一方面當滯洪池即將滿溢之時，也可輕易將水排入美濃溪之中、下游。另外，此區域亦位於三個美濃區的主要聚落之間，可將此區域視為未來可串連這三個聚落發展的親水公園，農田徵收可搭配土地使用變更，回饋地主部分住宅區或商業區使用，將可大幅降低徵收成本，並帶動美濃整體之發展。

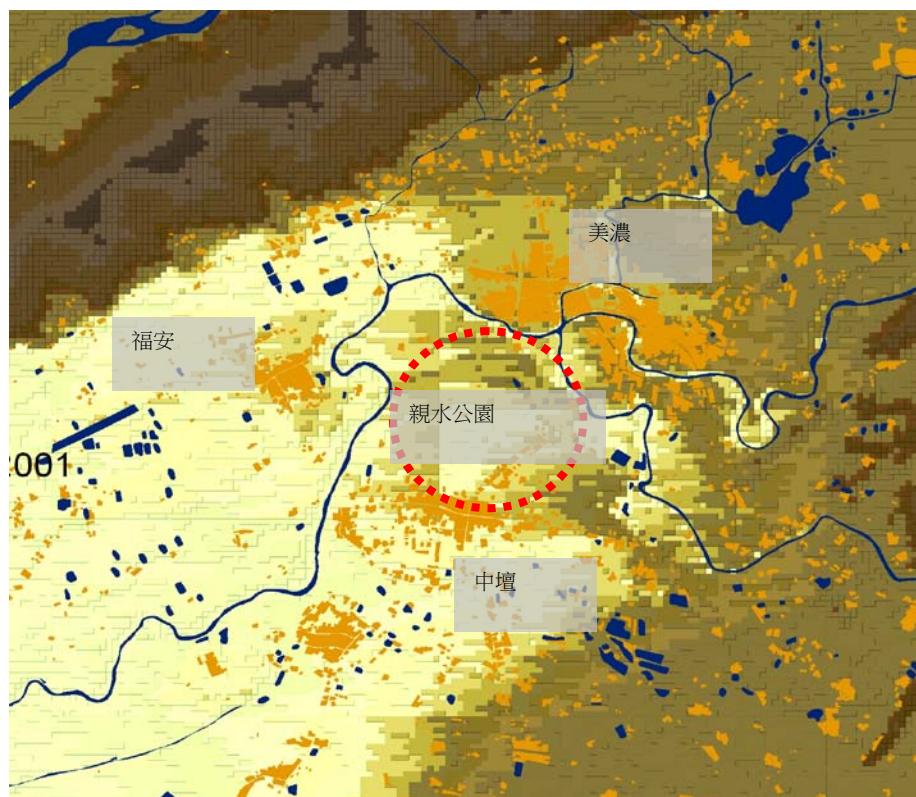


圖 6-4 滯洪親水公園將整合美濃、福安及中壠三個美濃區主要的聚落，作為未來整合美濃再發展重要之中介空間

## 二、制度檢討

本案從鹿特丹及高雄市在回復力概念的政策的比較分析切入，進而從回復力的角度，提出未來高雄在因應氣候變遷之水-空間的決策與政策制定上的後續研究方向及發展建議。具體內容可參考表 6-1 對回復力六項特質在兩城市之相關政策之整理。必須再次強調的是，跨國比較的關注點在於兩個城市在因應氣候變遷之政策制定上的發展，而非探究其氣候條件與國情差異。

表 6-1 回復力在環境政策上的六大表現：鹿特丹與高雄政策發展評估整理

回復力特質	荷蘭鹿特丹	台灣高雄
對現況的掌握與關注	整合歐盟與國家資源，對氣候變遷在水議題所可能產生的各項變化進行科學研究與評估。藉由相關計畫（如『知識為氣候』）的推動，讓氣候情境(scenarios)能確實成為地方決策之依據。	由國科會及經濟部水利署主導，對氣候變遷的效應與衝擊範圍進行評估，但仍缺少降尺度的研究。
對未來趨勢的瞭解與評估	科學研究單位 (如IPCC, KNMI) 長期進行各種氣候變遷知情關係 (scenarios)	中央層級之研究單位 (如國科會, NCDR等)長期進行各項研究，並制定scenarios
對於過去經驗的學習能力	普遍將氣候災害視為『自然因素』所造成的災害，並加強對氣候變化的瞭解	氣候災害(如超大豪雨所造成的淹水)普遍被視為『人為因素』所造成的災害，以加強工程防禦為主。
目標設定的能力	整合水利與空間專業，設定短，中，長期目標，由各部會合作執行	水利與空間專業分別設定短，中，長程目標，各自編列預算逐年落實
將目標轉化為執行策略的能力	整合水利與空間議題，長時間逐步執行	容易受極端事件的影響 (如政治環境，社會觀點，突發的災害事件等 )
公眾參與與回應的能力	相關團體及地方組織有機會進入決策核心進行在地性的討論	相關團體及地方組織多半以『建議』方式表達意見

文末，從兩個都市在氣候政策的發展過程出發進行比較與發想，總結為以下幾點：

### **(一) 跨界整合是氣候變遷政策能否有效執行的重要要素**

儘管對都市政策有不同的願景，鹿特丹各層級（中央，區域，地方政府）的水利與空間規劃策略都不同程度的表現了回復力的概念。例如，相對於過往從發展經驗中學習的都市計劃傳統，氣候變遷所帶來的不可確定性，使得目前鹿特丹的決策過程更偏重於仰賴科研知識專業對未來環境的模擬，既然科研知識成為氣候時代空間規劃決策中越來越重要的一環，隨著對科研的投入與合作日益增加，科學研究本身也成為水利與空間專業在資訊整合與協商的一個平台，相關的案例如『知識為氣候 (Knowledge for climate)』等跨部會跨學門的長期國家型計畫。除了跨專業的合作之外，空間專業間的跨界合作，包含層級內的水平協商與跨層級間的協調，也是回應氣候變遷水災決策過程中的核心。藉由跨界合作的機制與各部會間的協調，建立較有彈性的規劃決策與協商機制，保持體制內的開發性，以面對氣候變遷不確定性的衝擊。台灣目前在跨界整合的工作上偏重行政體系的整合，如即將成立的『環境資源部』，對於水利與空間專業在科學研究上的合作仍嫌不足，大多數的科研計畫以特定目標為服務對象（如水利建設因應全球氣候變遷白皮書，2010）。建議未來可以藉由科學研究的機會，增加水利與空間（以及其他專業）領域合作與交流的機會，加強跨領域整合之深度與廣度，以科學研究落實跨界交流的可能。

因此，本研究建議參考荷蘭『熱點 (hotspot)』的概念，先以高雄市最需解決水環境風險的地點出發（如旗山美濃一帶，愛河沿岸等），以現況為題，先尋求科學研究上的解決方法（需合乎當地的文化，環境，制度背景等），再尋求跨部會的協商與合作，方能真正建立『有效』的解決策略。

### **(二) 各層級決策專業者對緩解力(mitigation)與適應力(adaptation)的關心應並進**

在氣候變遷的條件下，『絕對安全 (100% safeness)』的要求，不是代價過於高昂，就是不可能實現（永遠都有更強豪大雨發生的可能）。因此，由防禦性水利工程轉向多功能發展的新思維就顯的非常重要（多功能發展也深化了對跨界整合的需求）。水患防禦的思維不應只單就都市安全的角度出發，還需考量土地利用，經濟發展，與社會協調等面向，換言之，都市水災不再被視為獨立事件，而是一個複雜的社會議題。鹿特丹基於其水利工程與土地發展密切合作的規劃邏輯，在多功能發展 (multi-function development)的議題上本身就有其優勢所在。台灣傳統上，都市發展與水利工程兩專業的互動較少，水利專業者往往專注於防洪，滯洪，排水等議題而忽略了空間發展的潛值，規劃專業者則專注於都市的社經發展，鮮少考慮都市發展本身對洪災的影響（如不透水層增加，地貌及高度的改變等）。此外，從

現行政策的檢討中可以發現，中央層級相關政策主要以防禦為主（特別是工程性的防禦），地方政府則專注於加強災中回應與災後重建的速度與效益，兩者對加強災前適應性的討論都較為抽象，且缺乏具體落實的策略與配套方案。建議未來無論在中央或地方的政策制定上，都可以以多功能發展為考量，以創造親水，安全，永續又具經濟效益的『多贏』策略。

### （三） 地區性氣候適應性政策的經濟價值是重要的發展目標

鹿特丹的經驗發現，地方政府在發展氣候相關政策的議題上是相當積極且有企圖心的。例如，與中央政府配合推動的氣候知識研發，與區域政府合作的水患防禦工程，以及本身與國際間的城市交流。地方政府靈活的運用其角色，建立鹿特丹的氣候專業形象，其環境特質（氣候不確定性的水災風險）所制訂的各項相關政策，不僅可作為防災之用，本身也具有國際交流與經濟分享的價值。藉由推動適應氣候變遷的知識經濟，強化城市作為水利專業的跨國合作與國際行銷。雖然發展政策的經濟效益並非台灣水利與規劃專業的傳統思維邏輯，對政策制定的正面態度（轉危機為都市發展的機會）仍值得借鏡。建議高雄都在氣候變遷的議題上，不僅是配合中央相關政策的執行，更能積極發展成為『氣候不侵（climate proof）』的城市，深化在國內作為氣候相關政策的領頭角色，也加強國際行銷與國際交流的可能。

## 三、後續研究建議

針對本計畫最後的結論，本案建議大高雄地區後續為因應氣候變遷極端暴雨對聚落與城市空間之影響，必須持續進行後續之相關計畫研究，其中針對大高雄地區，應進行：

大高雄地區整體治水綱要計畫之擬定，目前大高雄地區委託成功大學進行之治水綱要計畫，主要是針對水利相關工程之檢討，然未來治水之方向仍應朝向整合性治水，即應結合都市計劃、基礎設施及土地利用作一通盤性之檢討。並且藉由此一綱要計畫之擬定，高雄市將更清楚未來要如何爭取、回應或修正中央政府所提之治水政策。

而針對美濃地區，則應進行：

- 美濃區重大水患之調查報告
- 美濃區水文系統之調查，包含：美濃溪、排水、水圳以及地下水之定性及定量分析，以了解地表水與地下水在美濃區流動之情形，以協助後續防洪對策之擬定。

而針對愛河沿岸，則應進行：

- 愛河潮汐之研究，包含潮汐動力模式與水閘門阻斷潮汐之模擬研究

## 參考書目

1. 鍾湘芸、王秋原、趙健雄，2006，全球在地化下美濃地方特色之重塑，華岡地理學報，第 19 期
2. 「高雄市愛河流域排洪檢討規劃」，高雄市政府水工處，委託國立成功大學防災研究中心，1999.12
3. 水利署水利規劃試驗所，2003，愛河水系改善檢討規劃報告
4. 高雄第一科技大學，2010，高雄 990919 凡那比(FANAPI)風災機水範圍量策繪圖
5. 葉佳典，2004，都市低窪地區於暴雨期間滯洪池排水操控模擬之研究，屏東科技大學土木工程系碩士論文
6. 廖哲民，2004，高雄市防洪暴雨頻率檢討，高雄市政府工務局水工處
7. 丁澈士，剖析吉洋人工湖
8. Hon, In Shen 洪英聖/ 編著, 2002a, 《畫說康熙台灣輿圖》，聯經，台北
9. Hon, In Shen 洪英聖/ 編著, 2002b, 《畫說乾隆台灣輿圖》，聯經，台北
10. Academia Sinica, 2010, 中央研究院, Taiwan Historic Map System in 20centry 台灣百年歷史地圖系統，人社中心地理資訊科學研究專題中心，<http://digiarch.sinica.edu.tw/index.jsp>, including: 日治台灣堡圖 1898 ~ 1904, 日治五萬分之一蕃地地形圖 1907~1916, 日治二萬五千分一地形圖 1921~1928, 日治五萬分一地形圖 1924~1944, 日治三十萬分一台灣全圖 1924, 二萬五千分一經建版地形圖(第一版)1985~1989, 二萬五千分一經建版地形圖(第二版) 1992~1994, 二萬五千分一經建版地形圖(第三版)1999~2001, 二萬五千分一經建版地形圖(第四版) 2003
11. Chong, Shou Chen 張守貞, 2000, 《旗津漁業風華》，Literature Committee of Kaohsiung 高雄市文獻委員會
12. Literature Committee of Kaohsiung 高雄市文獻會, 1984, 《高雄市志卷九交通志(第三篇港口)》
13. Hsia, Chu-joe 夏鑄九 (2000) 〈殖民的現代性營造〉，《台灣社會研究季刊》，40 期，pp.47-82
14. Water Resources Agency 經濟部水利署, 2010, Water resources GIS Portal, <http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/>
15. Water Resources Agency 經濟部水利署, 2000, Hydrologic Book of Taiwan 水文年報
16. Water Resources Agency 經濟部水利署, 1936, Hydrologic Book of Taiwan 水文年報
17. Chen, ChenSiang 陳正祥, 1993, 《台灣地誌》，南天書局，台北
18. Bureau of Cultural Affair 高雄市文化局, 2005, 《高雄地圖樣貌集》
19. Wu, Lian Shun 吳連賞, 2005, 《高雄市港埠發展史》，Literature Committee of Kaohsiung 高雄市文獻委員會

20. Cheng, Wen Shun 陳文尚等, 2002, 《高雄學專題規劃》,高雄市政府研考會
21. History of Chun Je towship 長治鄉誌, 1990, p.28
22. Dawa News 大華晚報, 2010-10-12
23. Newsletter of Pingdong City 屏東市政, vol.299
24. TDELS, Taiwan Database for Empirical Legal Studies 台灣法實證研究資料庫, College of Law of Taiwan University 台灣大學法學院, <http://tcsd.lib.ntu.edu.tw/>
25. Industrial Technology Research Institute 工業技術研究院能源與資源研究所, 2003, 『Monitor, analysis and survey of subsidence land in Taiwan 台灣地區地層下陷之監測、調查及分析 ( 3/4 )』, 經濟部水利署
26. 氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究-總計畫-氣候變遷對災害防治衝擊調適與因應策略整合研究(III)研究成果報告(完整版), 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告. 國立成功大學水利及海洋工程學系(所).
27. American Planning Association, 2006, Planning and urban design standards, John Wiley & Sons, Inc
28. ADGER, W. NEIL 2006. Vulnerability. Global Environmental Change, 16, 268-281.
29. ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE, MINISTRY OF THE INTERIOR and INFORMATION, INSTITUTE FOR PHYSICAL PLANNING & 2009. Research of mitigation and adaptation strategies for the impacts of climate change in urban areas 都市土地使用因應氣候變遷衝擊之減災與調適策略研究.
30. BERG, MAYA M. VAN DEN 2010. Climate change adaptation in Dutch local communitites. Enschede: Twente centre for studies in technology and sustainable development
31. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, COM 2009. White Paper Adapting to climate change: Towards a European framework for action. Commission of the European communities.
32. COMMUNITIES, EUROPEAN 2004. INTERIM Territorial cohesion report-preliminary results of ESPON and EU Commission studies.
33. CONSTRUCTION AND PLANNING AGENCY, MINISTRY OF THE INTERIOR and YEN TJING LING INDUSTRIAL RESEARCH INSTITUTE, NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY 2003. National Hazard Mitigation Plan 國土城鄉防災綱要計畫 In: 內政部營建署 (ed.).
34. CSIRO, AUSTRALIA, et al. 2007. A Research Prospectus for Urban Resilience-A Resilience Alliance Initiative for Transitioning Urban Systems towards Sustainable Futures.
35. De Hoog, M., Sijmons, D, & Verschuren, S., 1998b, Herontwerp van het Laagland. In: D.H. Frieling (ed.) *Het Metropolitane Debat*. Bussum: THOTH.
36. DELTA COMMISSIE 2008. Working together with water- A living land builds for its future.

37. DEPARTMENT OF URBAN AND HOUSING DEVELOPMENT, COUNCIL FOR ECONOMIC PLANNING AND DEVELOPMENT 2010. Strategic Plan for National Spatial Development 國土空間發展策略計畫 In: 行政院經濟建設委員會 (ed.).
38. DEPARTMENT OF URBAN AND HOUSING DEVELOPMENT, COUNCIL FOR ECONOMIC PLANNING AND DEVELOPMENT and PLANNING, TAIWAN INSTITUTE OF URBAN 2010. Policy guidelines for climate change adaptation strategy 氣候變遷調適政策綱領.
39. DISCO, CORNELIS 2002. Remaking 'Nature': the ecological turn in Dutch water management. *Science, Technology & Human Values*, 27, 206-235.
40. EDUCATION, KAOHSIUNG TEACHERS' ASSOCIATION FOR ECOLOGICAL, et al. 2006. The white paper of environmental strategies of Kaohsiung 高雄市環境政策白皮書民間版 (2006 年初稿) [Online]. Kaohsiung. Available: [http://trdc.kta.kh.edu.tw/ktaeec/eco\\_kc/white-book/white-book-index.files.htm](http://trdc.kta.kh.edu.tw/ktaeec/eco_kc/white-book/white-book-index.files.htm) [Accessed].
41. FLEISCHHAUER, MARK 2008. The Role of Spatial Planning in Strengthening Urban Resilience. In: H. J. PASMAN, A. I. A. K. (ed.) *Resilience of Cities to Terrorist and other Threats*. Springer.
42. FOLKE, CARL 2006. Resilience: The emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, 16, 253-267.
43. FOLKE, CARL, et al. 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35, 557-581.
44. FOSTER, KATHRYN A. 2006. A Case Study Approach to Understanding Regional Resilience. In: FOSTER, K. A. (ed.) *Annual Conference of the Association of Collegiate Schools of Planning*, Fort Worth. Texas.
45. GEMEENTE ROTTERDAM 2007. *Stadsvisie Rotterdam 2030*.
46. GEMEENTE ROTTERDAM, et al. 2004. *Port vision 2020: space for quality*.
47. GIBBS, DAVID 1997. Urban sustainability and economic development in the United Kingdom: exploring the contradictions. *Cities*, 14, 203-208.
48. GODSCHALK, DAVID R. 2003. Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities. *Natural Hazards Review*, 4, 136-143.
49. GUNDERSON, LANCE H. 2000. Ecological resilience-in theory and application. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31, 425-439.
50. GUNDERSON, LANCE H. and HOLLING, C.S. 2002. *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems*, Washington, DC, Island Press.
51. Han Meyer, 2009, "Reinventing the Dutch Delta- Complexity and conflicts", *Built Environment-Cities & Floods* – December
52. Han Meyer & Steffen Nijhuis, 2011, "Towards a typology of urbanizing deltas " not yet published
53. Han Meyer, 2011, "Atlas van Initiatieven – Verzameling plannen, projecten, ontwerpen en visies over de toekomst van de Rijn- Schelde Delta", TUDelft Press

54. HOLLING, C. S. 2001. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4, 390-405.
55. HOLLING, C.S. 1973. Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Ssstematics*, 4, 1-23.
56. HURK, BART VAN DEN, et al. 2006. KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01. De Bilt: Royal Netherlands Meteorological Institute, KNMI.
57. HUTTER, GERARD 2010. Planning for risk reduction and organising for resilience in the context of natural hazards. In: MULLER, B. (ed.) *German Annual of Spatial Research and Policy*.
58. HUTTER, GERARD 2011. Organizing social resilience in the context of natural hazards: a research note. *Nat Hazards*.
59. HUTTER, GERARDand SCHANZE, JOCHEN 2008. Learning how to deal with uncertainty of flood risk in long-term planning. *International Journal of River Basin Management*, 6, 175-184.
60. Hori K and Saito Y, 2007, Classification, Architecture, and Evolution of Large-River Deltas. In: Gupta A (ed.) *Large Rivers. Geomorphology and Management*. John Wiley & Sons, New York, etc.
61. Ian L. McHarg and Frederick R. Steiner, 1998, “To Heal the Earth – Selected Writings of Ian L. McHarg” Island Press
62. Ian L. McHarg, 1969, “Design with nature”, Garden City: Natural History Press
63. KAOHSIUNG MUNICIPALITY 2011a. Booklet of hazard reaction strategies 高雄市政府水利局災害應變作業手冊. In: 水利局 (ed.). 高雄市.
64. KAOHSIUNG MUNICIPALITY 2011b. The mid-term government plan in 2012-2014 高雄市政府水利局 101-103 年中程施政計畫. In: 高雄市政府水利局 (ed.). 高雄市政府.
65. LINNENLUECKE, MARTINAand GRIFFITHS, ANDREW 2010. Beyond Adaptation: Resilience for Business in Light of Climate Change and Weather Extremes. *Business & Society*, 49, 477-511.
66. MEIJERINK, SANDER 2005. Understanding policy stability and change. the interplay of advocacy coalitions and epistemic communities, windows of opportunity, and Dutch coastal flooding policy 1945-2003. *Journal of European Public Policy*, 12, 1060-1077.
67. MILETI, D. 1999. *Disasters by Design*, Joseph Henry Press.
68. MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS, EZ, et al. 2004. National Spatial Strategy (Nota Ruimte): creating space for development
69. MINISTRY OF HOUSING, SPATIAL PLANNING AND THE ENVIRONMENT, VROM , et al. 2006. National Programme for National Programme for Spatial Adaptation to Climate Change, ARK.
70. MINISTRY OF HOUSING SPATIAL PLANNING AND THE ENVIRONMENT,

- VROM, et al. 2008. Structuurvisie Randstad 2040.
71. MINISTRY OF HOUSING SPATIAL PLANNING AND THE ENVIRONMENT, VROM, et al. 2007a. National Programme on Climate Adaptation and Spatial Planning: inter-administrative policy paper
72. MINISTRY OF HOUSING SPATIAL PLANNING AND THE ENVIRONMENT, VROM, et al. 2007b. National Programme on Climate Adaptation and Spatial Planning: policy memorandum.
73. MINISTRY OF TRANSPORT PUBLIC WORKS AND WATER MANAGEMENT, V&W 2007. The 'Safeguarding our Future' Water Vision.
74. MINISTRY OF TRANSPORT PUBLIC WORKS AND WATER MANAGEMENT, V&W, et al. 2009. National Water Plan 2009-2015.
75. MINISTRY OF TRANSPORT PUBLIC WORKS AND WATER MANAGEMENT, V&W, et al. 2010. National Knowledge and Innovation Agenda for Water.
76. MULLER, BERNHARD 2010. Urban and Regional Resilience – A New Catchword or a Consistent Concept for Research and Practice? Remarks Concerning the International Debate and the German Discussion. German Annual of Spatial Research and Policy.
77. MUNN, R. E. 1992. Towards sustainable development. *Atmospheric Environment*, 26A, 2725-2731.
78. PIMM, STUART L. 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 307, 321-326.
79. PROVINCE OF ZUID-HOLLAND 2009. Provinciaal Waterplan Zuid-Holland 2010 - 2015.
80. PROVINCE OF ZUID-HOLLAND and GEMEENTE ROTTERDAM 2005. Ruimtelijk Plan Regio Rotterdam 2020.
81. ROTTERDAM CLIMATE INITIATIVE 2008. Rotterdam Climate Initiative 2008 Report - Summary.
82. ROTTERDAM CLIMATE INITIATIVE 2010. Rotterdam Climate Proof 2010.
83. ROTTERDAM, GEMEENTE, et al. 2007. Waterplan 2 Rotterdam.
84. ROYAL NETHERLANDS METEOROLOGICAL INSTITUTE, KNMI 2006. Climate in the 21st century: Four Scenarios for the Netherlands. De Bilt: Royal Netherlands Meteorological Institute.
85. RUIMTE VOOR DE RIVIER AFDELING COMMUNICATIE 2007. Room for the river. Utrecht.
86. Sijmons D, Hoekstra JD, et al., 1999, De Driehoek in Beeld. Gebiedsuitwerking Leiden-Haarlem- Amsterdam 2010-2030. H+N+S, Utrecht
87. Teunissen, A., Dynamiek Gerichte Plenning, In: Stichting Planologische Diskussiedagen (ed) *De Steden Begrensd. Plandag 2002*. Amsterdam: Stichting Planologische Diskussiedagen,

88. VALE, LAWRENCE J.and CAMPANELLA, THOMAS J. 2005. The resilient city: how modern cities recover from disaster, Oxford, Oxford University Press.
89. VAYDA, A. P.and MCCAY, B. J. 1975. New Directions in the Ecology and Ecological Anthropology. Annual Review of Anthropology, 4, 293-306.
90. VEN, P.G. VAN DE 2004. The Netherlands and its water management from about 1800 to present. In: VEN, G. P. V. D. (ed.) Man-made lowlands: history of water management and land reclamation in the Netherlands. Utrecht: ICID.
91. Veen Joh. van, 1950, Dredge, Drain, Reclaim. The Art of a Nation, The Hague: Martinus Nijhoff
92. Ven G.P. van de, editor 2004, Man-Made lowlands: History of water management and land reclamation in the Netherlands, Utrecht
93. Vries J. de, Woude A. van der, 1997, The First Modern Economy. Success, failure and perseverance of the Dutch economy 1500 – 1815, Cambridge (UK): Cambridge University Press
94. VU GeoMet, 1996, The Profession of Geography. Germany, France, and Great Britain. Available from <http://www.valpo.edu/geo/courses/geo466/topics/germany.html> (accessed January 2011)
95. Wal C. van der, 1998, In Praise of Common Sense - Planning the ordinary. A physical planning history of the new towns in the IJsselmeerpolders, Rotterdam: 010 Publishers
96. <http://www.ruimtevoorderivier.nl/meta-navigatie/english> (accessed May 2011)
97. WALKER, BRAIN, et al. 2004. Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. Ecology and society, 9.
98. WALKER, BRAINand SALT, DAVID 2006. Resilience thinking: sustaining ecosystems and people in a changing world, Washington DC, Island Press.
99. WARDEKKER, J. ARJAN, et al. 2009. Operationalising a resilience approach to adapting an urban delta to uncertain climate changes. Technological Forecasting and Social Change.
100. WATER FRAMEWORK DIRECTIVE 2010. The EU Water Framework Directive.
101. WATER RESOURCE AGENCY, MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS and SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD. 2010. White book on water infrastructure strategies to climate change 水利建設因應全球氣候變遷白皮書.
102. WATER RESOURCE AGENCY, MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS and WATER RESOURCE PLANNING INSTITUTE, WATER RESOURCE AGENCY, MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS 2010a. Draft planning guidelines for non-structural flood risk management 2010-2015 水患治理非工程措施 99 至 104 年綱要計畫草案.
103. WATER RESOURCE AGENCY, MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS and WATER RESOURCE PLANNING INSTITUTE, WATER RESOURCE AGENCY,

MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS 2010b. Non-structural measures planning for regulation project of flood-prone Area

104. 「易淹水地區水患治理計畫」第 1 階段實施計畫-易淹水地區水患治理之非工程措施規劃.

105. WATER RESOURCE AGENCY, MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS and DEPARTMENT OF HYDRAULIC AND OCEAN ENGINEERING, NATIONAL CHENG KUNG UNIVERSITY 2010. The integral research project of adaptive strategies for climate-related disasters

106. WHITE, IAIN 2010. Principles of intervention. Water and the city, risk, resilience and planning for a sustainable future. Oxon: Routledge.

107. ZIMMERER, KARL S. 1994. Human Geography and the 'New ecology': The Prospect and Promise of Integration. *Annals of the Association of American Geographer*, 84, 108-125.

**附錄一知識為氣候 (Kennis voor Klimaat, Knowledge for  
Climate)計畫內容整理**

『知識為氣候』計畫分為主題(theme)和熱點(hotspot)兩方面執行，其分述如下：

### 1. 主題 (theme)

- Climate Proof Flood Risk Management/ 氣候不侵洪水風險管理

This project aims to build up methods and guidance of long-term decision-making framework of flood risk management in the Netherlands. The assessments of strategic alternatives include not only from a risk reduction point of view, but also socioeconomic perspectives like social equity, economic efficiency and ecological integrity. The study particularly focuses on regions where may be opened to the sea for adaptive reasons like the Rijnmond in the South-west Delta and the Wadden islands as the hinterlands of the Wadden sea.

Consortium leader	Financial supports	Hotspots and stakeholders	Key issues
<p>dr. Frans Klijn Senior Specialist Flood Risk Management and Adaptation to Global Change t: +31 (0)15 285 8585 e:Frans.Klijn(at)deltares.nl</p> <p>Deltares Rotterdamseweg 185 2629 HD Delft (NL) Postbus 177, 2600 MH Delft</p>	<p>Approved Budget €3.660.000,00</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Knowledge for Climate: €2.050.000,00</li> <li>Contribution of the participating knowledge institutes: €915.000,00</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Rotterdam Region</b></li> <li>Major Rivers</li> <li>South-West Netherlands Delta</li> <li>Wadden Sea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scientific studies and methods/ 科學監測與研究方法</li> <li>Coastal dunes management/ 沿海沙洲地區防洪管理</li> <li>Embankment management/ 河岸管理</li> <li>Socioeconomic strategies/ 符合未來社會經濟發展的空間策略(如,建築設計準則,區域管理等)</li> <li>International comparisons/ 國際案例分析討論 (特別針對英國防災保險制度,德國與其他歐盟國家防災策略進行討論,以發展出符合荷蘭空間與治理特性的策略)</li> <li>Robustness strategies in Dutch contexts/ 荷蘭強壯度策略</li> </ul> <p>(especially focuses on the future conditions if the Rijnmond in the South-west Delta and the Wadden islands are open to the sea for better climate adaptability/ 水災管理計畫特別針對荷蘭北側 the Wadden islands 及南側萊茵河河口,未來可能因應適應性策略開放所造成的各種現象進行評估與策略研擬)</p>

- Climate Proof Fresh Water Supply/ 氣候不侵淡水供應研究

The project focuses on adaptation strategies for fresh water supply and water quality under the changing conditions in evaporation, precipitation, river discharges, sea level rises, and salt water intrusion. Investigations and decision-making include three directions: improving buffering and allocation of fresh water within the region by water management; using water technologies like underground storage, desalination techniques and re-use of local available sources (e.g. waste water); and adaptation of land use, agriculture and nature, to changing fresh water availability. Three case study areas are 'Haaglanden' (fresh water supply for greenhousing and industry), 'Zuidwestelijke

Delta' (horticulture and (underground) waterstorage) and 'Groene Ruggengraat' (nature and agriculture under increasing salinisation and droughts).

Consortium leader	Financial supports	Hotspots and stakeholders	Key issues
<p>Prof. Eelco van Beek, Senior Specialist Water Resource Management e: Eelco.vanBeek(at)delt ares.nl t: +31 (0)88 335 8419</p> <p>Dr. Ad Jeuken, Expert advisor, climate, water and spatial planning e: Ad.Jeuken(at)deltas .nl t: +31 (0)88 335 7715</p> <p>Deltas Rotterdamseweg 185, 2629 HD Delft (NL) Postbus 177, 2600 MH Delft (NL)</p>	<p>Approved Budget €4.975.000</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Knowledge for Climate: €2.500.000</li> <li>The contribution of the participating knowledge institutes: €1.358.750</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rotterdam Region</li> <li>South-West Netherlands Delta</li> <li>Haaglanden region</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Scientific studies for expected conditions in the Rhine and Meuse Rivers, and the impacts of economic vulnerability in different levels of governance/萊茵河與馬士河未來預期環境研究, 以及不同層級淡水資源未來在經濟上的影響性評估</li> <li>Adaption strategy-making and implementations to sustain water-dependent functions/ 淡水供應適應性策略制定與落實評估</li> <li>Saline situation management/ 針對土壤鹽化的研究與管理</li> <li>Self-sufficiency studies in the fresh water supply/ 淡水供應管理自主管理系統研究</li> <li>Decision-making for long-term water supply to deal with uncertainties/ 因應氣候不確定性之淡水供應決策</li> <li>Case studies/ 案例研究</li> </ul>

#### - Climate Adaptation for Rural Areas/ 非都市區域氣候適應性研究

This research programme aims to assess the effects of climate change and adaptive strategies on agriculture, nature and other land-use functions in rural landscape areas, in order to ensure the ecological structure can meet high standards of national climate proof targets, to remain proper conditions in agriculture and land-use functions, and to enhance overall functionalities of Dutch landscape in terms of water management, biodiversity, agriculture, drinking water and recreation usages.

Consortium leader	Financial supports	Hotspots and stakeholders	Key issues
<p><b>Prof.dr.ir. Adri van den Brink (WUR)</b>  <b>Contact persons</b>  <i>Prof.dr.ir. Adri van den Brink (WUR)</i>  Building 101, B217.  Droevendaalsesteeg 3,  6708 PB Wageningen  (NL)  P.O. Box 47, 6700 AA  Wageningen (NL)  t: +31 (0) 317 482784  f: +31 (0) 317 419000  <i>Dr. Martha Bakker (WUR)</i>  Building 101, B121.  Droevendaalsesteeg 3,  6708 PB Wageningen  (NL)  P.O. Box 47, 6700 AA  Wageningen (NL)  t: +31 (0) 317 482420  f: +31 (0) 317 419000</p>	<p>Approved Budget:  € 3.000.000  Contributions:  <ul style="list-style-type: none"> <li>Knowledge for Climate: €1.700.000</li> <li>Other partners: €1.300.000</li> </ul> </p>	<p>Hotspots:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Shallow waters and peat meadow areas</li> <li>Dry rural areas</li> <li>South-West Netherlands Delta</li> <li>Hotspot Wadden Sea</li> </ul> <p>Stakeholders are involved at many levels and at all stages of the research:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>on individual level: (farmers and nature managers) and co-operations of individual stakeholders and companies (LTO and Natuurmonumenten; drinking water companies)</li> <li>governmental institutions: (Staatsbosbeheer, provinces, Netherlands Environmental Assessment Agency The Netherlands (PBL), and water boards / STOWA), to ministries (LVN, VROM, and V&amp;W)</li> </ul> <p>Currently the following stakeholders have already expressed their interest in our proposal:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>the provinces of Zuid-Holland, Utrecht, Gelderland and Noord-Brabant</li> <li>Water board Aa en Maas</li> <li>drinking water companies Brabant Water and Vitens</li> <li>the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality (LVN)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Establish integrated adaptation strategies for multifunctional land use/ 建構符合多功能土地利用的整合性氣候適應策略</li> <li>Monitor and remain proper water and biodiversity conditions in the future climate/ 監測並維持符合未來氣候狀況的水文與生物多樣性環境</li> <li>Build up applicable drivers and consequences of adaptation in agriculture/ 建立可落實的農業適應性策略</li> </ul>

#### - Climate Proof Cities/ 氣候不侵城市

The climate proof cities project aims to strengthen the adaptive capacity (to reduce the vulnerability of urban systems from climate disturbances) by developing strategies and policy instruments in city and building levels. This research framework contains, first, the impacts of city itself in local climate; Second, the vulnerability of Dutch cities under threats of climate change; Third, possible measures and strategies to improve and enhance the adaptive capacity of cities; and finally, the implementations of adaptive measures in urban areas.

Consortium leader	Financial supports	Hotspots and stakeholders	Key issues
<p><i>Ir. Ronald Albers</i> MPA(TNO) e: ronald.albers(at)tno.nl</p> <p><b>Contact persons</b> <i>MSC. Vera Rovers</i> e: vera.rovers(at)tno.nl t: +31 88 8664245</p> <p><i>Drs. Peter Bosch</i> e: peter.bosch(at)tno.nl t: +31 88 8662150</p> <p>TO Princetonlaan 6 3584 CB Utrecht</p>	<p>Approved Budget € 6.750.000.</p> <p>Contributions:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge for Climate €3.800.000</li> <li>• Consortium Partners €1.600.000</li> <li>• Hotspots and other stakeholders €1.350.000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotterdam Region</li> <li>• Haaglanden Region</li> <li>• Amsterdam</li> <li>• Brabantstad/ Tilburg</li> <li>• Arnhem/Nijmegen/Tiel Region</li> <li>• STOWA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Understand urban climate system/ 都市氣候系統研究</li> <li>• Analyse urban sensitivity, vulnerability, and impacts of climate change/ 都市敏感度,危險度與氣候變遷影響分析</li> <li>• Provide adaptation measures and strategies in urban regions/ 提供都市地區氣候變遷適應性測量與對策研擬</li> <li>• Indicate governance system for adaptive capacities in cities and metropolitan areas/ 提出都會地區適應性空間治理方針</li> <li>• Integrated assessment and adaptive strategy-making/ 提出整合性空間治理策略與後續評估方式</li> </ul>

### - Infrastructure and Networks/ 工程與網絡

The infrastructure and networks programme is expected to gain insight into the effects of climate change on the topic of infrastructure (e.g., transportation, energy, ICT, and water infrastructures) to develop robustness strategies. This study also addresses in networks to maintain the functions (including formal and informal aspects) and adapt the impacts of climate disturbances.

Consortium leader	Financial supports	Hotspots and stakeholders	Key issues
<p><i>prof. dr. ir. L.A. Tavasszy</i> TNO t: +31 15 269 6844 e: lori.tavasszy(at)tno.nl</p>	<p>Approved Budget € 3.450.000.</p> <p>Contributions:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Knowledge for Climate: €1.850.000.</li> <li>• Third parties: €600.000.</li> <li>• Consortium partners: €1.000.000.</li> <li>• Other stakeholders €1.350.000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotterdam Region</li> <li>• Ministry of Transport, Waterways and Public Works</li> <li>• ProRail</li> <li>• Waternet</li> </ul> <p>International research partners:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation</li> <li>• Southern Cross University, Tweed Heads, Australia</li> <li>• Purdue University School of Aeronautics &amp; Astronautics, U.S.A.</li> <li>• Louvain School of Management, FUCam (Mons Campus), Belgium</li> <li>• Massachusetts Institute of Technology and US Geological Survey, U.S.A.</li> <li>• University of Michigan Center for Sustainable Systems, U.S.A.</li> <li>• Tottori University and Arid Land Research Center, Japan</li> <li>• Swedish Geotechnical institute, Linköping, Sweden</li> <li>• Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Germany</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Availability and quality of infrastructure (including structural and functional performances of infrastructure components)/ 工程設施的效益與品質</li> <li>• The performance and robustness of infrastructure networks/ 工程設施與配套網絡的強壯度與表現</li> <li>• Economic performance in decision making of infrastructure and networks/ 工程與配套網絡決策的經濟表現</li> </ul>

## - High-quality Climate Projections/ 高品質氣候研究

This research programme addresses in producing high quality information on regional climate in the Netherlands, now and in the future, for developing national and regional adaptation strategies. This programme aims to, first, perform and analyse regional and global climate model simulations (scenarios); second, provide case studies of the impacts of future weather situations (with high resolution); third, provide coherent timeframes and estimate of extremes and uncertain ranges; four, apply climate projections to various sectors; and last, generate communicate frameworks of climate change and potential impacts to decision-makers (e.g., different coalitions and stakeholders).

Consortium leader	Financial supports	Hotspots and stakeholders	Key issues
<p><b>Dr. Arnout Feijt, KNMI</b></p> <p><b>Contact person</b>  <b>Dr. Peter Siegmund</b>  e: siegmund(at)knmi.nl  t: 030-2206798</p> <p>Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)  P.O. Box 201, 3730 AE De Bilt (NL)  Visiting address: Wilhelminalaan 10, De Bilt (NL)  w: www.knmi.nl</p>	<p>Approved Budget: €4.684.000 Contributions:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Knowledge for Climate: €3.050.000</li> <li>Hotspots: €430.000</li> <li>Consortium partners: €1.204.000</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schiphol Mainport</li> <li>Major rivers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Climate scenario development: mechanisms of local climate change in the Netherlands/ 荷蘭地區性未來氣候環境模擬</li> <li>Climate scenario development: time series, extremes and probabilities/ 針對實踐序列，氣候極端現象與概率的環境模擬</li> <li>Scenario development for climate change impact/ 氣候影響下的情境推估</li> <li>Climate services/ 氣候服務 (作為不同決策單位的溝通平臺)</li> </ul>

## - Governance of adaptation/ 適應性治理

The governance of adaptation programme is an interdisciplinary research programme aims to integrate existing climate knowledge from different fields (e.g., public administration, economics, political science, spatial planning, law, environmental studies, and psychology) toward adaptive ways of spatial management. This research aims to develop and test governance arrangements in developing and implementing adaptation options to increase adaptive capacity of Dutch society.

Consortium leader	Financial supports	Hotspots and stakeholders	Key issues
<p><b>Prof. dr. ir. C.J.A.M. (Katrien) Termeer</b>  Professor of Public Administration and Policy, Wageningen University  P.O. Box 8130  6700 EW Wageningen (NL)  t: +31 317 482907 / 482957  e: Kvkgovernance.pap(at)wur.nl  w: www.pap.wur.nl</p>	N/A	<ul style="list-style-type: none"> <li>Haaglanden Region</li> <li><b>Rotterdam Region</b></li> <li>Major Rivers</li> <li>South-West Netherlands Delta</li> <li>Shallow Waters and peat meadow area</li> <li>Dry Rural Areas</li> <li>Wadden Sea</li> <li>Ministry of Infrastructure and the Environment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Collaborative action research/ 合作式行動研究</li> <li>Organising connectivity/ 組織各部會間的串聯性</li> <li>(Re)allocating responsibility and risks/ 風險責任(再)分配</li> <li>Normative principles for adaptation/ 制定規範性原則以達到適應力</li> <li>Comparative analysis/ 比較分析</li> </ul>

## - Decision Support Tools/ 決策支援工具

The decision-support tools programme aims to improve tools for designing and evaluating of adaptation strategies. This study focuses on spatial planning and cross-cutting issues in relation to formulate of adaptation tasks based on climate scenarios and economic development; to develop and visualise adaptation strategies in the Netherlands in general and hotspots and case study areas in particular; and to evaluate and monitor tools for assessing adaptation strategies in terms of various indicators (e.g., costs and benefits, side effect analysis, equity issues, and efficiency) in different levels of decision-making.

Consortium leader	Financial supports	Hotspots and stakeholders	Key issues
<p><i>Prof. Dr. E.C. van Ierland</i>  Environmental Economics and Natural Resources, Social Sciences Group, Wageningen University, P.O. Box 8130, 6700 EW Wageningen (NL)  <i>visitors address</i>  De Leeuwenborch, room 1105, Hollandseweg 1 6706 KN Wageningen (NL)  t: +31 317 484307/484255  f: +31 317 484933  e: ekko.vanierland(at)wur.nl  w: www.enr.wur.nl</p>	<p>Approved budget and amount contributed by Knowledge for Climate project and the other partners:  €2.600.000  Co-financiering: €1.350.000</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dry rural areas</li> <li>Major rivers</li> <li>Haaglanden region</li> <li>Shallow waters and peat meadow areas</li> <li>Several provinces and municipalities</li> <li>Interdepartmental Adaptation, Space and Climate programme (ARK), led by the Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM)</li> <li>Delta Programme</li> <li>Stakeholders at the regional level</li> <li>Insurance companies, such as Aon Re</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Improve spatial models and socioeconomic scenarios/ 改善空間發展模型與社會經濟發展模擬</li> <li>Offer improved assessment of flood risks and disturbing effects of floods in regional scale, to enable policy makers to anticipate on increases in flood risks/ 提供決策者在決策過程中最新的洪患評估方式與區域尺度上可能的水災風險</li> <li>Make results of all work packages available for use in interactive design and evaluation of adaptation strategies/ 強化研究成果的可及性，作為氣候適應力決策過程的依據</li> <li>Provide visualization tools and guidelines for stakeholders and policymakers/ 決策參考資料的視覺化與評估依據建議</li> <li>Improve climate-proof freshwater system in the Netherlands/ 改善荷蘭氣候不侵淡水供應評估系統</li> <li>Cost-benefit analysis and other evaluation tools in the context of the optimal timing of policy measures/ 視決策需要，提供效益與其他相關評估</li> <li>Propose appropriate strategies and well-designed indicator/ 提供合適的分析策略與指標</li> </ul>

## 2. 热點 (Hotspots) 與相關計畫整理列表

Hotspots	Key issues	Relevant research projects
Schiphol mainport (Schiphol airport and the surrounding area)	<ul style="list-style-type: none"> <li>water management, in particular water quantity and quality</li> <li>spatial design, in particular the reliability of airport capacity in the long term</li> <li>the airport operation, in particular reliability in the short term</li> <li>related issues, such as maintenance activities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HSMS01: WindVisions - an airport Wind and Visibility Monito-ring System for critical weather conditions in a changing climate</li> <li>HSMS02: Climatology and climate scenarios Mainport Schiphol</li> <li>HSMS03: The impact of climate change on the critical weather conditions at Schiphol airport</li> <li>HSRS01: Climate scan Schiphol region</li> </ul>
Haaglanden region (The Hague and a high concentration of greenhouse cultivation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>water storage and drainage capacity in the case of extreme precipitation in the urban environment</li> <li>the coastal position and the security aspect</li> <li>the position of greenhouse cultivation in a changing climate</li> <li>the consequences of climatic effects for the investment climate and the surroundings</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HSHL01A: Climate in spatial decision making</li> <li>HSHL02: Future of the fen meadow area</li> <li>HSHL05/HSRR04: Region specific climate information for Haaglanden and Rotterdam</li> <li>HSHL06/HSHL12: Broad, region specific reconnaissance of effects of climate change in relation to future scenarios and trends</li> <li>HSHL08: Demonstration project multifunctional landuse for water storage in the greenhouse sector</li> </ul>
Rotterdam region	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>changes in the risk of and the effects of flooding from the sea and the river and the influence these have on development in the port and urban areas</b></li> <li><b>changes in river drainage and water level systems and their influence on the transport link with the rest of the country</b></li> <li><b>changes in climate-related conditions, constraints and processes which have an effect on living, working and recreation in urban areas</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HSRR01: Urban development - Urban water systems</li> <li>HSRR02: Flood risk in unembanked areas</li> <li>HSRR03b: closing the open Rijnmond - waterfront Rijnmond</li> <li>HSHL05/HSRR04: Region specific climate information for Haaglanden and Rotterdam</li> <li>HSRR05: Heat stress in the city of Rotterdam</li> <li>HSRR06: Safe and multifunctional urban levees</li> <li>HSRR07/HSGR08: Relationship between perceived flood risks, problem ownership and household and business adaptation choices</li> <li>HSRR08: Consequences of climate change for inland shipping</li> <li>HSRR09: Adaptive strategies for the urban floodplain of Hotspot Rotterdam</li> </ul>
Major rivers	<ul style="list-style-type: none"> <li>Biesbosch-Haringvliet: clarify what climate change will mean for the Biesbosch and Haringvliet areas and surroundings</li> <li>Betuwe-Lower Rhine: investigate to what extent it is possible to implement measures further upstream in the German Lower Rhine area in order to reduce flooding in the Netherlands</li> <li>Kampen/IJssel delta: assess deepening of main river</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>HSGR02: Assesment of upstream flood risk in the Rhine Basin</li> <li>HSGR06: Adaptation to Meuse flood risk</li> <li>HSGR07</li> <li>HSRR07/HSGR08: Relationship between perceived flood risks, problem ownership and household and business adaptation choices</li> </ul>

	channel, bypass and master plan for the Kampen/IJssel delta, in the light of climate change	
The South-West Netherlands Delta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• communication and efficient incorporation of climate proofing in planning and implementation phases in the South-West Netherlands Delta, through cooperation</li> <li>• effects of climate on estuarine dynamic restoration strategies</li> <li>• new comprehensive methods for coastal defence</li> <li>• climate change and its effect on spatial design, water availability and water quality</li> <li>• climate as a business opportunity (saline agriculture, aquaculture, recreation and fishing)</li> </ul>	N/A
Shallow waters and peat meadow areas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• research into the effects of physical-chemical and microbiological processes related to re-wetting, land reclamation, water stress and peat decomposition</li> <li>• research into the influence of the expected rise in temperature on lake ecosystems</li> <li>• assessment of user scenarios for their implications for a range of user objectives</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HSOV1a: Climate effects on decomposition in drained peat meadows</li> <li>• HSOV1b: Climate influence on water quality: which trends are already apparent?</li> <li>• HSOV1c: Managing climate effects in peat meadows and shallow lakes</li> </ul>
Dry rural areas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• effects of water storage and effectiveness of measures on agricultural areas</li> <li>• effects of water stress and effectiveness of measures</li> <li>• effects of climate change (incl. water stress) on the realisation of the spatial national ecological network (connectivity) and biodiversity protection</li> <li>• investigate at a regional level how climate-related risks can be incorporated into the planning process and the regional decision-making process</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HSDR01: An inventory of strategies to cope with climate change in dry rural sandy areas with a temperate climate: a case study in the Province of Gelderland</li> <li>• HSDR02: Combining spatial claims of land use functions and adaptive strategies to climate change in densely populated rural areas</li> </ul>
The Wadden Sea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• the Wadden Sea as climate and safety buffer: the influence on and the relationship with coastal and nature conservation</li> <li>• changes in the Wadden Sea food web and ecosystem</li> <li>• the influence of a changing climate on economic activities in the area, e.g. recreation (tourism), fishing</li> </ul>	N/A

	and aquaculture	
Delta Alliance	<ul style="list-style-type: none"> <li>• envisioning and defining resilience for deltas</li> <li>• measuring and monitoring resilience</li> <li>• reporting and creating pressure for improved resilience</li> <li>• providing inspiration for improved resilience</li> <li>• providing assistance for improved resilience</li> </ul>	<p>Semi-independent research programmes</p> <p><a href="http://www.delta-alliance.org/gfx_content/documents/meetings/Delta%20Alliance%20Strategic%20Framework.pdf">http://www.delta-alliance.org/gfx_content/documents/meetings/Delta%20Alliance%20Strategic%20Framework.pdf</a></p>

## 附錄二 報告審查意見及回覆

「因應氣候變遷之大高雄水環境策略研究」期中審查會議日期：101/1/20

審查委員	審查意見	辦理情形
周志儒委員：	1.文中蒐集國外資料及案例相當豐富唯高雄市及台灣部分仍相當需要補強以期提供外來經驗得合宜融入高雄水環境政策。	本計劃將參酌國外案例經驗，並藉由圖層分析之方式分析台灣狀況，以發展適合台灣狀況之策略
	2.文中列舉 2003~2011 中央政府對於高雄市相當多且重要之綱要、治理、規劃與策略等計畫成果報告，請團隊詳加分析/歸納，使本研究得更正確因應關鍵變遷。	遵照辦理
	3.意見彙整與圖書資料整合(第四章)於報告中僅提供主要執行架構及簡要做法，請於期末報告完整提供。	遵照辦理
	4.第五章請於期末報告改提告/標題為結論與建議。	已於期末報告做結論與建議
彭合營委員：	1.P1, P2 第一章計畫目的敘述之字眼請酌修，目的之論述請加強。因本章節說明仿荷蘭之因應議題較似策略，請再酌。(移到後面)	遵照辦理
	2.計畫報告內容有部分重覆，請重新再檢視。另外，圖表及目錄也再編排。	遵照辦理
	3.P.9 國內文獻分析部分-歷史沿革請以大高雄地區來說明，較宜不要僅侷限在原高雄市，文中有許多高雄縣之說明，請以目前納入大高雄，可用地區來敘述。另外 2.2.2 節水文網路系統重覆部分可精節，另 P42 又有水文系統。	期末報告已修正

審查委員	審查意見	辦理情形
彭合營委員：	4.P.52 水資源論述及計畫，建議將大高雄地區之水資源設施包含灌排做綜合性之說明，而美濃及吉洋大湖僅其中之部分而已，並非本計畫之主要議題。	遵照辦理
	5.P.56 國外部分之資料蒐集著墨詳細，部分與後面有重覆，尤其荷蘭部分，建議請將IPCC(聯合國跨政府氣候變遷小組)之一些資料也納入。	重複部份已改正
	6.P.105 還地於河究高雄市大環境下見請將空間策略先檢討才有還地於河之議題。	已在期末報告做整體分析
	7.P.130 請用一架構圖來檢視分工及權責較易了解。	遵照辦理
	8. 文字與圖表修正部分 P.87,P106,P6 圖表來源年分。 P.10 圖 2-1 不清楚。 P.44 第二行”汛”。 P.84 無內容。 P.88 Estuary 大壩是否防潮場。 <b>P.106 倒數第三行，下本章第三部分。</b> P.107 倒數第七行，2011 年的 11 件同”事”.....改為”時”。 P.117 倒數第二行。比較水利署.....至 P.118 前三行之說明。 P.123 第三行由”表 9”整理。 P.126 倒數第五航，搶修、搶”奧”復舊，請改為”險”。 P.128 倒數第三行分析以第一章，請再查。 <b>P.129 第二行根據第一章提出，請再查。</b> P.137 倒數第三行河川中上游為”易泛洪區”。	期末報告已重新編排訂正

審查委員	審查意見	辦理情形
環保局：	1.本局對於水利局及屏科大執行本計畫非常認同。因氣候變遷仍目前極為重要的議題，且報告中國外資料蒐集豐富。然如何具聚焦或實際應用於大高雄可多墨。報告中略少，但在簡報中較為豐富。	已在期末報告加強
	2.本計畫議題偏向水資源議題及治水防洪策略並非本局專業。故針對其執行較無意見，錦文中提及之相關水路及排水系統工程未來皆需依法辦理。	
	本議題屬於氣候變遷調適相關，建議未來報告書印製可採用雙面列印，以實際行動支持節能減碳。	遵照辦理
研考會陳克文委員：	1.建議就暖化造成海平面上昇及海岸侵蝕議題進一步研析，提出策略。例如:是否提高海堤。	海岸侵蝕非本計劃針對之目標，已於期末報告中說明
	2.有關美濃、旗山地區之研究探討，建議以計畫中所列還地於河之概念，對鄰近水系之疏濬提出未來做法。	遵照辦理
第七河川局蘇郁涵委員：	1.P.6 請持續更新水文量至2010年。	
	2.P.48 提到美濃”三夾水”地區，於水利署易淹水計畫進行竹子門排水截彎取直工程，請更新資料。	
	3.P48~P.49 有關水利署之論述，用字請酌修。	已修正

審查委員	審查意見	辦理情形
都市發展局:	1. 本報告提出仿效荷蘭熱點(hot spots)觀念及擬定跨部門機構合作模式(P.146)，但案例分析中較少提及荷蘭熱點之作法與合作模式或制度設計，建議補充相關資料令上開作法或模式適用於台灣流域治理之具體建議，亦請一併補充。	已在期末報告補充
	2. 有關報告案例分析中所臚列之都市型河川、鄉村型河川以及原野生態型河川等治水作法(P.56~P.78)，建議本案應加以評估適用於本市的可行性方式，並提出較具體之建議做法。	遵照辦理
	3. 建請補充論述本案針對高雄溪三角洲進行圖層分析之重要發現；另本案似認為該三角洲第代與現有都會區以及旗美地區有其連動關聯，亦請補充說明該連動性與治水策略之關係。	遵照辦理
	4. 本案檢報 P.15 曹公圳水閭網絡系，過去的水路地圖，若對照現新的高雄都會發展型態，整體水環境的地圖(如都市內及都市外水路分布；進水、用水、排水的水系統循環圖等)，建議評估納入本案圖層分析乙節。	遵照辦理
	5. 建議本案能提供具體的災害潛勢區域或空間位置，俾利都市計畫通檢及區域計畫規劃時參考。	具體之災害潛勢地區非本計劃所針對之主題，本計劃著重不同空間治水概念之策略研擬
水利行政科黃怡君	1. 本案應與「大高雄地區水患治理綱要計畫」配合相輔相成。P.140 與 P.141 最後提到該計畫以工程之防禦手段為考量，在適應性的方面為缺點。本案是否應對「適應性」之策略有所著墨，提出更具體的策略。	已在期末報告加強該部分論述

審查委員	審查意見	辦理情形
水利行政科黃怡君	2.大高雄環境之變遷需考量整體河川排水系統。本案主要重空間設計及制度規畫兩個主軸切入，在空間設計上應研擬整個大高雄上、中、下游、山坡地、河川、海洋及海平面上升，各不同區段界面探討規劃，短中長期實務面之應用。	本計劃僅為示範計畫性質，主要針對地點在美濃與愛河沿岸，山坡地、海岸上升等議題並不在本計劃範圍之內
	3.P.70 4.日本東京...請加字”案例”	已修正
	4.內文中論及圖號及表號，搭配有誤，例:P.84 圖 2，P.85 圖 3。	遵照辦理
	5.國外文獻資料應精簡扼要重點整理。例:P.94~P.104 鹿特丹恢復力、效益評估、內容多所重複。	遵照辦理
	6.內容部分重覆，例如:P.114 內容跟 P.141 一樣，請酌刪。	遵照辦理
	7.P.124 之表高雄地區降雨情形(mm)，是否為總雨量值，數字請再確認。	期末報告已修正
	8.P.144 策略建議太薄弱。	已在期末報告加強
	9.P.6 表 2.1 表格是否應填滿。	期末報告已重新修正
	10.雙面列印，節能減碳。	遵照辦理

「因應氣候變遷之大高雄水環境策略研究」期末審查會議日期：101/2/24

審查委員	審查意見	辦理情形
周志儒委員	1. 圖 6.1 為民國 120 年生活用 水風險地圖其與本研究之關 係請與前述各章節連結/說 明。	與前述章節之關連性較小，已酌予 刪除
	2. 阻斷潮汐所需之工程費巨 大且對於環境生態之影響亦 大，是否有所考量/研析為宜？	愛河兩岸已水泥化，因此阻斷潮汐 對現有潮間生態之影響不大。工程 費之問題非本案主要考量範圍，但 相較徵地之成本，工程費並不昂貴。
	3. 報告中採用之圖/表如為引 用請明確提供出處。	遵照辦理
	4. 報告排版請統一。	遵照辦理
	5.「摘要」請精要撰寫(目前版 本較像計畫工作及目標....等) 陳舖本研究	遵照辦理
經濟部水利署南區水 資源局	1. P.36 報告文述美濃水庫壩 址所在位置共有五條斷層，地 質脆弱...、美濃水庫集水區兩 側坡地主要為容易風化的頁 岩，與烏山頭水庫所在地質一 樣，所以美濃水庫同樣無法逃 避迅速淤積的命運，以上資料 有誤，請查證後修正。	已修正
	2. P.37 美濃水庫現階段發展 文述「中央相關部會仍不時將 相關預算以夾帶方式闖關，試 探反對力量的強度」，此段敘 述請修正，避免民眾誤解。因 為中央與地方政府為大高雄 地區發展尋找穩定水源須共 同努力，水庫為多元水源開發 之一，蓋不蓋水庫政府與民間 是可以公開理性討論。	已修正

審查委員	審查意見	辦理情形
經濟部水利署南區水資源局	<p>3. 報告中引用許多圖表資料，除標示出處外亦應交代時間，因為許多過去資料隨時空變遷已有更新，所以引用資料時間點很重要，避免判讀誤解。</p>	已修正
	<p>4. P.55 圖 4-9source:經濟部水利署水文與降雨資料 <a href="http://www.dprc.ncku.edu.tw/download/">http://www.dprc.ncku.edu.tw/download/</a>，資料來源網址為成功大學(NCKU)，中文說明卻是水利署資料，此為何時何單位之分析資料?是否為正式報告資料?這些淹水資料公開須慎重。</p>	此為水利署委託成功大學之研究資料
	<p>5. 本報告在時空變遷上蒐集了許多大高雄的珍貴圖形資料，惟圖幅太小不清，建議單張以 A4 單頁展圖，以利判識解讀。</p>	遵照辦理
	<p>6. P.98 文述愛河兩岸已完全固化，建議於愛河河口阻斷潮汐蓄水形成滯洪池，該蓄水將成靜水區若再加上上游未截流汙水匯入，愛河的水質會有惡化發臭之虞。</p>	原始構想為活動閘門，僅於暴雨期間關閉
	<p>7. P.99 利用路面排水對於排水末端之道路會有水位匯聚壅高之風險及道路高程若比兩邊住宅要高時，請問如何克服該項問題。</p>	道路排水最後應引導排水流入愛河；對於道路高程高於兩邊住宅之地區，可考量加高人行步道或加設自行車道，為上述建議仍需另案規劃。

審查委員	審查意見	辦理情形
經濟部水利署第六河川局	1. 有關愛河治水對策之擬定，建議納入排水總量管制之原則，針對都市土地開發或變更使用計畫面積達 2 公頃以上，應提送排水計畫書至權責單位審查，因開發行為增加之逕流量應改用減洪、滯洪或雨水儲留等方法承納，不得造成下游排水系統之負擔。	遵照辦理
經濟部水利署第七河川局	1.建議 貴團隊可以蒐集水利署「美濃溪治理規劃報告」及易淹水美濃地區排水、竹子門排水規劃報告等資料。上述報告皆有流量分析、淹水災害調查....等，故 p.100 (二)美濃治水的空間策略資料缺乏等文字請修正。另 P.100 中(二)美濃治水的空間策略中提及只能聊以推動小型設施.....以安撫地方水患之後的民怨...等文字，建議修改如，尚須籌備經費及取得當地居民共識等，分期推動之。	已修正
	2.圳道及田埂加高以農田滯洪，建議可向業務單位(農田水利會)洽詢意見。令田埂加高的建議於報告中未見，請補充。	已補充修正
	3.P.100 最後一段，第三行文字請修正美濃溪為第七河川局管轄，於竹子門、中正湖排水為高雄市政府管轄。	遵照辦理

審查委員	審查意見	辦理情形
高雄市政府都市發展局	1. 本案雖整理國外治水案例作法，結論卻較少提及外來經驗適用於台灣之可行作法或模式，建議可再加強補充相關論述，例如回復力或熱點等觀念運用的具體方案。	補充附件一，詳述相關觀念運用之具體方案
	2. 整體水環境治理規劃涉及不同大小的空間範圍、上下位計畫的指導關係，以及各部門間分工作法等，建議本案可評估都市型、鄉村型及原野生態型等流域可行的治水策略性想法，提出本市整體性的治水策略，而不僅止於愛河或美濃。	本計畫主要以愛河及美濃為示範研究地區，其他地區之研究須另案處理
	3. 報告書附圖大部分都模糊不清晰，且不易閱讀，建議盡量補充解析度較高圖檔，俾利後續參考運用；另有關審查意見參採情形，建議加註頁數以茲對照查詢。	遵照辦理
高雄市政府環境保護局	1. 針對報告 P.44 彙整近五年國科會氣候變遷相關計畫，建議可做報告成果之摘述彙整分析，尤其與本計畫有關針對水資源之相關研究，亦可針對各計畫之主題做統整及分析，有利業務單位更進一步了解近年國內研究氣候變遷相關計畫之趨勢以及研究成果，研擬及規劃本市因應氣候變遷於大高雄水岸環境之相關策略。	已於結論 P102 補充論述

審查委員	審查意見	辦理情形
高雄市政府環境保護局	<p>2.圖 3-1、3-2 標示不明，圖 3-4 流量歷時數據引用為何？針對水患區域建議應局部放大並做進一步分析及說明。P.31 擬設置滯洪池之地點分佈圖亦不夠清晰。</p>	已增大圖例，圖 3-4 引用資料為水利署 2003 之愛河水系改善檢討規劃報告
	<p>3.P.51 引用水利署 2010 年所作之「水利建設因應全球氣候變遷白皮書」內容引述建議可再詳實，尤其針對台灣未來之水文環境所套用之氣候變遷情境(表 4-6)建議可詳加介紹、摘述於附錄中以供業務單位後續或可研究如何以降尺度套用在模擬氣候變遷下之高雄地區水文環境變化。</p>	於結論中建議後續研究
	<p>4.呼應本計畫之標的因應氣候變遷的大高雄水岸環境再發展策略研究，惟本研究針對近年氣候變遷造成之降雨強度之改變及災害方面數據資料不夠完整詳實，亦無相關之統計資料及分析，無法有效看出氣候變遷與高雄水岸環境改變之間的關連性，建議此方面應再加強，以利業務單位後續之策略規劃及研擬。</p>	於結論中建議後續研究

審查委員	審查意見	辦理情形
高雄市政府水利局	1.愛河之心亦應屬於三民一號公園滯洪池，另寶珠溝上游目前興建中之寶業里滯洪池係科工館停車場滯洪池的替代方案，配合目前執行中的本和里滯洪池計有三處，請修正 P.31 之敘述。	遵照辦理
	2.愛河潮汐終點依實測觀測應可達到民族路以東區域(即文藻學院一帶)。	已修正
	3.凡那比高雄市區淹水最主要原因是降雨量過大，與潮汐影響較無關係，請修正 P.31 倒數第五行所述。	遵照辦理
	4.P.49 請修正高雄縣市為大高雄地區，並取消縣改為高市。	遵照辦理
	5.內容格式段落行高應統一，例如第四章與第五章明顯不一致。	遵照辦理
	6.第五章文中提及計畫名稱，部分斜體，部分正體請統一格式。	遵照辦理
	7.P.48 最後一段「易淹水計畫群對氣候變遷”織”不確定性...」織是否應為”之”。	已修正
	8.P.50(圖 3)?(圖 4-3) 。	已修正
	9.P.54 文末「...以經濟與社會損失」？	已修正
	10.P.64 非「贏」利組織？	已修正
	11.P.99”置”洪池？請修正為滯洪池。	已修正