

ISBN 978-986-01-7382-6 (平裝)

氣候變遷下之臺灣都市災害型態與衝擊評估
先期研究計畫



內政部建築研究所研究報告

中華民國 97 年 12 月

氣候變遷下之臺灣都市災害型態與衝擊評估 先期研究計畫



研究主持人：何明錦 所長

協同主持人：詹士樑 教授

研究員：林育慈、黃國慶

研究助理：章佩如、張濱懷

內政部建築研究所研究報告

中華民國 97 年 12 月

目錄

表目錄-----	III
圖目錄-----	V
摘要-----	VII
ABSTRACT-----	IX
第一章 緒論-----	1
第一節 研究緣起與計畫目的-----	1
第二節 計畫內容-----	3
第三節 研究方法與流程-----	5
第二章 文獻回顧-----	7
第一節 氣候變遷之現象-----	7
第二節 氣候變遷之衝擊-----	14
第三節 國際組織之氣候變遷相關專案研究-----	17
第三章 氣候變遷與都市防災系統-----	27
第一節 台灣氣候變遷模擬現況-----	27
第二節 都市災害型態與衝擊-----	45
第三節 都市特性與氣候變遷衝擊-----	55
第四章 都市防災對氣候變遷影響之因應策略-----	65
第一節 各國都市對氣候變遷之因應做法-----	65
第二節 都市防災因應氣候變遷之策略-----	74
第三節 都市防災因應氣候變遷各期程工作規劃-----	88
第五章 都市防災空間規劃之調整-----	93
第一節 都市防災空間規劃內容與程序-----	93
第二節 因應氣候變遷之調整架構-----	110
第三節 調整內容與建議-----	116
第六章 結論與建議-----	123
第一節 結論-----	123
第二節 都市防災因應氣候變遷之研究課題建議-----	125
附錄一：期初審查意見回覆表-----	127
附錄二：第一次專家學者座談會會議紀錄-----	129
附錄三：期中審查委員意見回應-----	131

附錄四：第二次專家學者座談會會議紀錄-----	135
附錄五：期末審查委員意見回應-----	137
附錄六：各國都市對氣候變遷之因應做法-----	143
附錄七：氣候變遷影響熱點地區 (hot spot) 檢核表-----	169
參考文獻-----	175



表目錄

表 2-1-1	2090-2099 年與 1980-1999 年預測之氣溫差距-----	10
表 2-3-1	全球變遷人文面向研究主題表-----	19
表 2-3-2	GLP 主要研究議題-----	22
表 2-3-3	GLP 近期合作研究案-----	23
表 3-1-1	GCM 模式名稱與發展模式之氣象機構-----	34
表 3-1-2	SRES-A2 下五種氣候模式之變化表-----	36
表 3-1-3	SRES-B2 下五種氣候模式之變化表-----	36
表 3-2-1	氣候變遷對都市地區之衝擊-----	51
表 3-2-2	氣候變遷對都市設施/部門之衝擊-----	53
表 3-3-1	台灣現有之科學園區整理表-----	62
表 4-1-1	各國因應氣候變遷措施綜合整理表-----	71
表 4-2-1	都市地區相關重要部門調適策略表-----	77
表 4-2-2	防災科技研究中長期規劃研究重點-----	85
表 4-3-1	都市防災因應氣候變遷衝擊之研究課題規劃-----	90
表 5-1-1	都市防災間系統規劃程序之變遷-----	94
表 5-1-2	各都市防災系統規劃示範地區研究成果一覽表-----	99



圖目錄

圖 1-3-1	研究流程-----	6
圖 2-1-1	溫室氣體增加趨勢-----	8
圖 2-1-2	地表增溫概況-----	9
圖 2-1-3	2090-2099 年與 1980-1999 年預測之氣溫差距-----	10
圖 2-1-4	2090-2099 年與 1980-1999 年之降雨變化-----	11
圖 2-1-5	氣溫、海平面、海冰變化趨勢-----	12
圖 2-3-1	都市化與全球環境變遷 (UGEC) 架構-----	20
圖 3-1-1	統計降尺度流程-----	30
圖 3-1-2	統計降尺度 PMR 之流程圖-----	31
圖 3-1-3	IPCC 第三次報告依六種情境全球溫室氣體濃度和排放量的模擬趨勢圖-----	33
圖 3-1-4	SRES-A2 之全台灣年平均溫度-----	37
圖 3-1-5	SRES-B2 之全台灣年平均溫度-----	37
圖 3-1-6	SRES-A2 之全台灣雨季平均日降雨量-----	37
圖 3-1-7	SRES-A2 之全台灣乾季平均日降雨量-----	37
圖 3-1-8	SRES-B2 之全台灣雨季平均日降雨量-----	38
圖 3-1-9	SRES-B2 之全台灣乾季平均日降雨量-----	38
圖 3-1-10	台灣地區年平均溫度分布圖 (SRES-A2) -----	41
圖 3-1-11	台灣地區年平均溫度分布圖 (SRES-B2) -----	41
圖 3-1-12	台灣地區夏季平均溫度分布圖 (SRES-A2) -----	41
圖 3-1-13	台灣地區冬季平均溫度分布圖 (SRES-A2) -----	42
圖 3-1-14	台灣地區夏季平均溫度分布圖 (SRES-B2) -----	42
圖 3-1-15	台灣地區冬季平均溫度分布圖 (SRES-B2) -----	42
圖 3-1-16	台灣地區雨季平均降雨量分布圖 (SRES-A2) -----	43
圖 3-1-17	台灣地區乾季平均降雨量分布圖 (SRES-A2) -----	43
圖 3-1-18	台灣地區雨季平均降雨量分布圖 (SRES-B2) -----	43
圖 3-1-19	台灣地區乾季平均降雨量分布圖 (SRES-B2) -----	44
圖 3-2-1	重要衝擊與全球平均溫度增幅之關係圖-----	46
圖 3-2-2	各層級受氣候變遷影響之關聯圖-----	49
圖 3-3-1	都市計畫分布圖-----	55
圖 3-3-2	災害潛勢分布圖-----	55
圖 3-3-3	災害潛勢區劃設準則整合流程圖-----	56
圖 3-3-4	都市計畫災害潛勢區 2090 年 SRES-A2 平均溫度分布圖-----	58
圖 3-3-5	都市計畫災害潛勢區 2090 年 SRES-A2 雨季降雨量分布圖-----	58
圖 3-3-6	東亞地區大城市分布圖-----	60
圖 3-3-7	各類型都市與災害潛勢分布圖-----	63

圖 4-2-1	氣候變遷衝擊影響層面與十五個調適行動之議題-----	79
圖 4-2-2	國家氣候變遷調適專責單位之功能建議(中長期規劃)-----	83
圖 4-3-1	氣候變遷之衝擊評估與調適因應設計-----	88
圖 4-3-2	都市地區調適之成本效益綜合評估概念-----	89
圖 5-2-1	加州總體規劃運用理性規劃的過程-----	112
圖 5-3-1	都市防災空間系統規劃流程圖-----	121



摘要

氣候變遷議題近年來已成為全球共同關注的議題之一，氣候變遷的現象主要包括了氣溫上升、降雨變遷、海平面上升及冰雪覆蓋量減少及極端氣候事件的發生等，這些現象可能造成諸多影響，自然災害的頻率與強度為其中之一。都市地區因人口產業聚集，受氣候變遷衝擊影響更為明顯，經濟合作暨發展組織（OECD）即指出亞洲超大型城市人口不斷成長，其沿海都市居民將是全球暖化最大受害者。世界銀行亦針對東南亞地區各大都市進行氣候變遷回復能力之專案討論（Climate Resilient Cities），以期減低在未來氣候變遷趨勢下對都市地區居民生命財產之衝擊。台灣在經濟成長帶動高度都市化的過程中、隨著都市發展及各種土地的開發，使得土地利用型態產生改變增大雨水逕流量，洪災發生機率也相對的提升。因此，國際重要組織嘗試透過人類與環境複合系統的互動、都市地區生活方式與消費型態、土地使用與地表覆蓋變遷情形等都市過程，來探討全球氣候變遷之減緩(mitigation)與調適(adaptation)策略與方法，以達到永續發展的願景。

都市防災為內政部建築研究所的主要業務目標之一，其任務包括建立都市防災整合研究，拓展新興災害防治技術，而累積過去的研究成果，展望未來，在氣候變遷的大趨勢下，如何延續研究方向，繼續在都市防災的範疇累積貢獻，應有一系統性的規劃，本研究主要目的，即在透過討論氣候變遷對都市的自然災害之影響，及國外各大都市之調適作為，並綜整國內對於未來氣候變遷因應之規劃，初步提出未來工作規劃構想以及對防災空間規劃程序之調整，作為後續進行都市防災規劃之研究與策略提出之參考。

關鍵字：氣候變遷、調適、都市防災、防災空間規劃



ABSTRACT

The issue of climate change has been the global focus for recent years. The recent IPCC Fourth Assessment Report (AR4) indicates that the human activities are one of the main factors of the global climate change over the past 50 years. The major phenomena include temperature rise, precipitation change, high variation, extreme weather events, and sea level rise. These phenomena could cause the frequency and magnitude change of natural hazard and bring significant disaster. Due to the high concentration of population and industry in the urban areas, the damage will be more severe. In the reports of OECD and the World Bank both pointed out the importance of strategies for mitigating the influence climate change on the coastal urban areas. Many international institutes, including IGBP(International Geosphere-Biosphere Programme) and IHPD(International Human Dimensions Programme), have been devoting themselves to the related researches with which the interaction of environmental and social systems and global climate change can be understood so as to discuss the possible mitigation and adaptation strategy. Due to the geographical characteristics, Taiwan is very sensitive to the impact of climate change. With the concern of climate change impact, there have been some researches on the simulation of climate change of Taiwan. Since it is one of the main responsibilities of the Architecture and Building Research Institute (ABRI) to promote the disaster prevention for cities, the purpose of the research is to propose systematic future works under the consideration of climate change. The suggested works are divided into short and long term, and include the categories of architecture, flood and water resource, infrastructure, transportation, land use planning, institution of disaster management, etc. The adjustment of the process of spatial planning for disaster prevention is proposed as well in the research.

Keywords: climate change, adaptation, urban disaster prevention, spatial planning



第一章 緒論

第一節 研究緣起與計畫目的

一、研究緣起

根據聯合國「跨國氣候變遷小組」(IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change)的氣候變遷評估報告(Fourth Assessment Report, AR4),認為21世紀全球暖化的趨勢是非常明確的,並指出氣候變遷將引致全球性的環境與生態變遷。而在探討氣候變遷的問題中,除全球暖化的研究受到重視,「氣候變異性」(climate variability)的問題更吸引國際間的注意。由於氣候的變化,並非是緩慢平滑地進行,而是呈現大幅度震盪,再逐步往全球暖化的趨勢發展,因此對於人類生活與環境的影響,變得更加難以掌握。經濟合作暨發展組織(OECD)2007年12月18日發表研究報告指出,全球溫室效應導致海平面升高問題,2070年可能導致全球136個沿海城市,1億5千萬名居民,35兆美元財產,活在淹水恐懼中,而亞洲超大型城市人口不斷成長,其沿海都市居民將是全球暖化最大受害者。世界銀行(World Bank)2008年亦針對東南亞地區各大都市進行氣候變遷回復能力之專案討論(Climate Resilient Cities),以期減低在未來氣候變遷趨勢下對都市地區居民生命財產之衝擊。

台灣在經濟成長帶動高度都市化的過程中、隨著都市發展及各種土地的開發,使得土地利用型態產生改變增大雨水逕流量,洪災發生機率也相對的提升。根據統計資料顯示,台灣因洪水、澇災所造成的嚴重災害,例如民國48年的「八七」水災、民國76年的琳恩颱風、民國83年「八一二」水災、民國85年的賀伯颱風、民國86年的溫泥颱風、民國87年的瑞伯颱風與芭比絲颱風、民國89年10月31日的象神颱風、民國90年的納莉颱風以及民國93年也發生了兩起洪災,均造成嚴重的傷亡與損失。謝龍生等(2004)利用台灣北、中、南主要河川模擬未來全球氣候變遷對台灣流域防洪系統之衝擊影響,研究結果顯示台灣主要河川的洪峰流量在未來2025年、2055年與2085年皆有升高的趨勢,洪峰流量平均增加率則分別為20.14%、16.03%與34.63%,並進一步提出除了應重新檢討流域防洪系統功能缺失並研擬改善對策、防洪工程設計規範之修訂以及洪災保險制度之建立等短、中、長程調適策略外,亦提出對易淹水區域之土地加強使用管

理、洪水平原規劃及土地使用限制等空間面向之改善建議。

目前全球環境變遷人文面向研究(IHDP)與國際地圈生物圈計畫(IGBP)等國際重要組織正積極進行相關計畫與研究，並企圖透過人類與環境複合系統的互動、都市地區生活方式與消費型態、土地使用與地表覆蓋變遷情形等都市過程，來探討全球環境變遷之減緩(mitigation)與調適(adaptation)策略與方法，以達到永續發展的願景，而在研提減災與調適策略之前，應從環境變遷角度預測各種可能之都市災害型態，繼而提出現行都市防災規劃之課題，從而預先因應環境變遷可能需新增或重新評估之規劃要項，作為後續進行都市防災規劃之研究與策略提出之參考。

二、研究目的

基於上述對氣候變遷影響之認識，本計畫之執行目的在於：

1. 提出氣候變遷影響下之都市災害型態特性；
2. 討論上述氣候變遷下都市災害之衝擊評估方法；以及
3. 透過分析提出後續在都市防災應深入討論的課題。

透過本計畫的執行，亦可進一步瞭解當執行防災空間系統規劃時，應重視氣候變遷衝擊、都市災害型態特性、各評估指標意涵、須蒐集的資料以及具體可行的分析方式，最終之成果期望可提供相關研究單位研究參考或地方政府，在後續執行防災空間規劃時應考量之重點，並且提醒相關部門重視新型態災害之影響程度。

第二節 計畫內容

一、全球氣候變遷相關研究之文獻回顧

透過國內外文獻之蒐集與分析，整理有關氣候變遷之意義與本質，討論因氣候變遷所帶來自然與人文層面的衝擊。氣候變遷相關研究可分為自然科學層面及人文社會層面，由自然科學層面的相關研究中討論現今氣候變遷程度、氣候變遷之災害現象進行分析。而後，將討論是什麼樣的消費習慣、生活模式、政策措施或社會結構等，致使現今氣候變遷加劇，透過對人文社會層面相關研究的整理，來加以討論氣候變遷所帶來的影響。

二、整理氣候變遷之現象與模擬成果

對於因全球暖化而造成的氣候變遷現象進行歸納整合，並就氣候變遷所引發之現象間相互分析其互動關係。因氣候變遷所造成之現象有：全球暖化、能量使用效率、流行病傳播、生物多樣性、劇烈氣候影響等現象，藉由氣候變遷現象之歸納與互動分析，以利後續對於都市系統的互動與反應進行探討。另外，對於目前國內的模擬資料進行收集與整理，以利未來應用。

三、探討都市化過程、潛在都市災害、與都市防災之關係

從都市成長觀點分析都市化過程與都市防災間關係，藉由對都市化過程的了解，與環境變遷之關連性，預測各種可能之都市災害型態，如：人口結構與災害弱勢族群分析、都市快速成長、土地使用變遷、人口老化、公共衛生議題、建築型態改變等，提供都市防救災規劃及策略上，進一步的調整方向。

四、探討氣候變遷與都市系統之互動與反應

藉由文獻回顧成果、氣候變遷模擬結果、氣候變遷現象歸納等研究過程後，在本研究過程中，將釐清氣候變遷在人類與都市系統間互動與影響關係、都市生活圈之反應，並接續本計畫下一階段研究方法，如焦點團體座談、專家問卷與諮詢等，能提出重要性程度、議題分析、都市系統互動與反應現況等具體說明，期焦點團體、專家學者針對氣候變遷與都市化議題充分了解後，在座談與諮詢的過程中，更能聚焦都市防災主題提出具體意見。

五、整理氣候變遷衝擊都市體系與都市防災因應做法

內容包含：(1)國內外面對氣候變遷所採取的行動；(2)氣候變遷與都市防災體系適用關係；(3)氣候變遷與都市防災體系變遷；(4)城鄉發展面對氣候變遷之具體作為等。氣候變遷與都市化將成為人類社會未來發展最嚴酷的考驗，氣候變

遷與都市化相互作用結果，即突顯出都市防災體系建構課題。藉由國內外文獻蒐集與整理成果，整理都市防災面對氣候變遷的創新思維與具體行動之評估參考。

六、氣候變遷之防災新課題之討論

前述一至五項研究過程中，提出氣候變遷與都市系統互動及反應現象歸納整理。為求更深入瞭解氣候變遷所帶給都市防災體系的改變，將召開焦點團體座談會，邀請關心氣候變遷與都市化議題之相關團體組織共同商議；另外，針對氣候變遷影響之專業與技術性課題，亦藉由專家諮詢等方式，徵詢專家學者之多元、多面向意見，針對本議題進行更深入的討論並具體提出都市防災新課題。此外，透過此新課題之整理，回顧防災空間規劃程序，提出可能的調整之方向。

七、研擬都市防災策略研究方向

本研究過程中，據第五項與第六項研究成果，將氣候變遷與都市化之都市防災新課題彙整。針對新課題的產生亦透過焦點團體座談會與專家學者諮詢的方式，面對氣候變遷下都市災害型態影響與衝擊進行評估，研擬具創新思維之具體解決對策，並透過多元意見整合以提高都市防災體系之健全與策略執行之可行性與合理性。

第三節 研究方法與流程

本研究依據計畫性質與內容，後續進行將採以下研究方法與步驟進行之。

一、研究方法

本研究於都市防災議題在操作上，應全球性氣候變遷越來越劇烈，透過對氣候變遷與都市化互動關係之了解，提出氣候變遷下都市災害型態與衝擊評估課題之研究，並提供現行都市防災空間計畫程序修正方向之建議。研究計畫應用之方法與流程分述如下：

- 1、文獻檔案研究：本研究將蒐集國外全球氣候變遷研究，並瞭解其如何影響都市化與都市防災等相關文獻，此外，亦蒐集國內目前受到全球氣候變遷之影響、因應對策與方法以及國土空間規劃之機制、管理等相關文獻與資訊，並加以整理分析，以利後續研究之進行。
- 2、專家訪談：針對全球氣候變遷所產生的溫室效應、水資源、海岸與洪旱災害等各方面影響，本研究將採用專家訪談方式，透過訪談相關研究領域之專家學者，以深入探討上諸影響對於都市防災所造成的影響與課題。
- 3、專家諮詢：本研究擬透過專家諮詢與座談的方式，邀集國內專家學者及相關團體人員針對目前國內都市防災對於全球氣候變遷之應變程度與減緩能力等課題與策略提供意見，並討論衝擊評估方法。
- 4、團體腦力激盪：針對全球氣候變遷與都市防災規劃所產生之交互複雜問題，本研究將透過團體腦力激盪的方式，以刺激出多樣、創新的都市防災規劃策略與方法。

二、研究步驟與流程

本計畫操作流程圖如圖 1-3-1 所示：

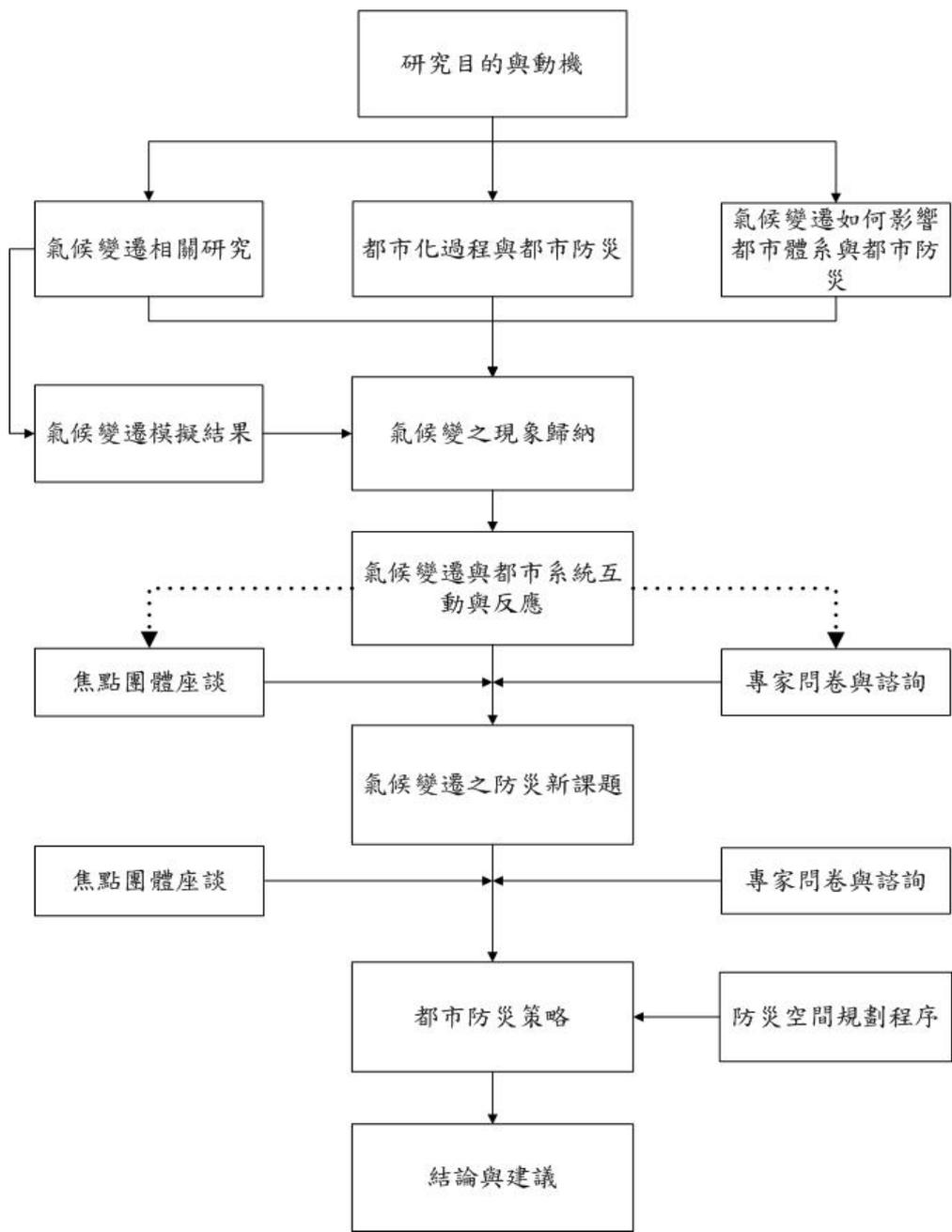


圖 1-3-1：研究流程
資料來源：本研究繪製

第二章 文獻回顧

本研究之文獻回顧內容將依據跨政府氣候變遷小組 (Intergovernmental Panel Climate on Change, IPCC) 所公布的氣候變遷綜合報告書內容為主，IPCC 對於氣候變遷的研究與預測及趨勢的探討皆有詳盡的說明與介紹，本章內容亦將以 IPCC 於 2007 年所發佈的第四版報告書 (Assessment Report Four) 的相關內容綜合整理出：氣候變遷的現象、氣候變遷衝擊、氣候變遷所產生的議題等項目進行說明與討論。

第一節 氣候變遷之現象

對於氣候變遷的探討，在許多的報告當中皆以工業革命為人類活動對大氣影響的起始點，在過程中，追尋著重要論證為氣候變遷為自然演替或是人類活動所致，而 IPCC 的報告中也無法百分之百完全地確定其看法，只能以八種不同的「可能」程度來闡釋研究報告中氣候變遷與人類活動的關係。不過，由 IPCC 第四版的報告指出，全球氣候變遷的現象越來越明顯，人類活動對大氣系統的影響越來越深刻，甚至取代了自然演替作用，並且，報告中亦認定人類活動「非常可能」為氣候變遷的主因。

在回顧 IPCC 第四版資料中，如下圖 2-1-1 即可發現出溫室氣的巨幅成長的轉折時間點恰巧約為工業革命時期的 1750 年後才開始，在 1750 年之前約為 275-285ppm，但是，從 1750 年至 2005 年二氧化碳的濃度卻增加到 379ppm，在短短的時間之內約莫增加了 100ppm，每年約增加有 2-3ppm。

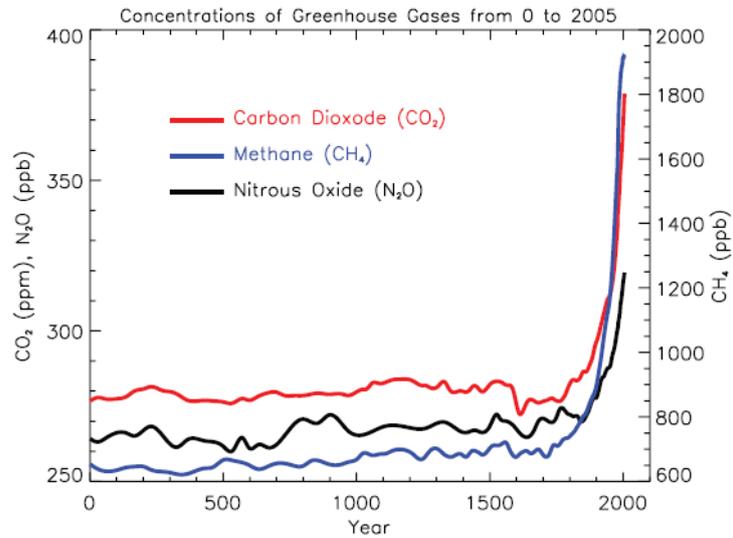


圖 2-1-1：溫室氣體增加趨勢

資料來源：IPCC (2007)

導致氣候變遷的原因指向為人類開始大量利用生態資源、化石燃料以產生溫室氣體，但也有多方認為絕大數的溫室氣體是來自於海洋，為自然演替為冰河時期的現象，但不論如何溫室氣體的產生改變了地球大氣循環與運行狀態，而產生了過去在有科學氣象記錄以來未曾出現過的氣候異常現象，以及未來各地區氣候變化趨勢的改變，氣候變遷現象眾多且不斷有新的現象出現，以下針對氣溫上升、降雨變遷、海平面上升、極端天氣等項目進行簡要說明：

一、氣溫上升

工業革命隨之而來的是高速的工業化與科技的發展，工業化的過程也是都市化的過程，大量的溫室氣體充斥於大氣之中再加上都市熱島效應，很直接的讓一般民眾感受到的氣候變遷現象為越來越熱了。依據全球地表溫度監測資料，從 1995 年至 2006 年的 12 年裡，共有 11 個年份被列為最溫暖的年份中(自 1850 年以來)，最近的 100 年(1960 至 2005 年)，氣溫共上升攝氏約 0.74 度，但是在 1901 年制 2000 年只有上升攝氏 0.6 度。自 1861 年起全球地表及海水面的平均溫度開始增加，在近 20、30 年中氣溫約上升 0.6°C，其中 1910-1945 年與 1976-2000 年是 20 世紀中主要的增溫期（圖 2-1-2），以海水面平均溫度來測量之原因為充分反應海陸熱對流下，地球的氣溫狀態。氣溫上升為一最直接的氣候變遷現象，並接續產生其他變遷現象如後氣溫上升之降水變遷、海平面上升甚至極端天氣產生等。

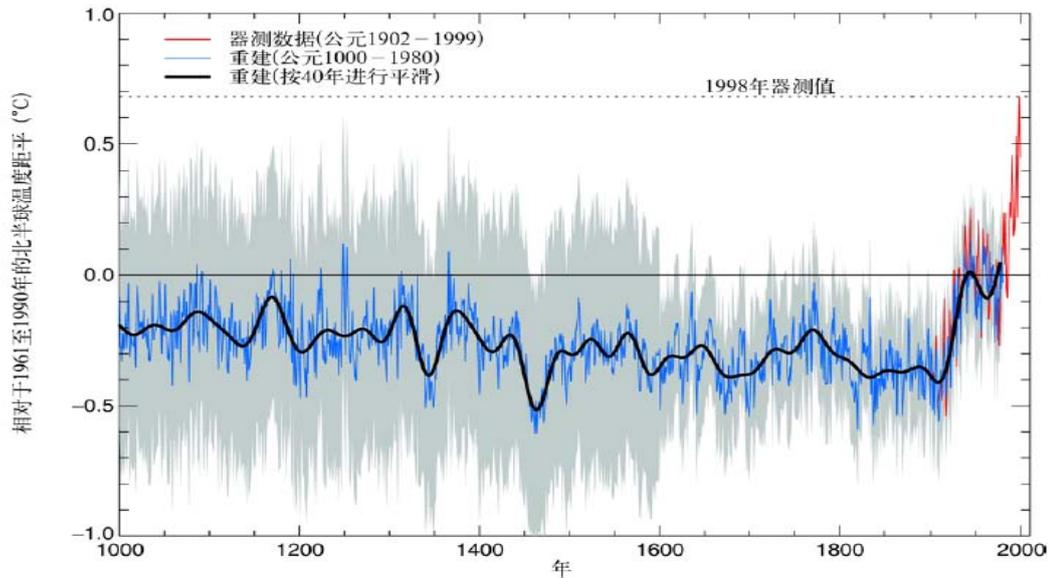


圖 2-1-2：地表增溫概況

資料來源：IPCC (2001)

在 IPCC 的研究報告中針對未來人類面臨氣候變遷的發展模擬產生四個情境：

- 1、A1：為一個經濟快速發展的未來世界，全球人口在世紀中達到頂端後開始下降，新的更高的技術被迅速採用，隨著區域間平均所得差異縮小，基本活動主題主要表現，地區間的融合增加，能力建設增強，以及文化和社會間增加的交互作用。A1 情境可分為三個組合描述 A1 系統中技術變化分別：A1F：化石能源、A1T：非化石能源、A1B：所有資源平衡協調利用（不過份依賴某一種）；
- 2、A2：此為一個非常不均衡的世界，主要為自給自足以地方性經濟為主的情境，人口、經濟持續的成長，技術的進步較其他情境緩慢且零散；
- 3、B1：全球人口達到顛峰開始下降，經濟結構趨向於服務業為主的社會，經濟變化迅速，材料密集程度下降，並且採用清潔、高效資源技術，強調經濟、社會、環境的持續性，包括增加平等性等方面的全球性解決方案；
- 4、B2：焦點集中於社會、經濟、環境持續發展的地方性方案，隨著低於 A2 速率的持續性人口增長，經濟發展則處於中等水平，與 A1、B1 相比，技術變更緩慢且種類增多，主要強調地方和區域性水平的層次。

IPCC 第四次的報告中對此四種情境下進行模擬，並在不同的社會、經濟與科技發展程度下，預測在四種情境下 2100 年時的二氧化碳含量，見表 2-1-1 與

圖 2-1-3，預測結果發現若將 2090 至 2099 年溫度與 1980 至 1999 年之平均溫度相比較，可估計地表溫度將升高 1.8°C 至 4°C，而四個情境當中以 B1 情境增溫的情形較為緩和，A2 情境增溫的幅度最大。而升溫狀況將視 2100 年前有多少二氧化碳進入大氣層而定，IPCC 當二氧化碳濃度增加至工業革命前的兩倍左右（550ppm）時，全球平均氣溫增加 4.5°C 甚至更高。

表 2-1-1：2090-2099 年與 1980-1999 年預測之氣溫差距

Case	Temperature Change (°C at 2090-2099 relative to 1980-1999) ^a		Sea Level Rise (m at 2090-2099 relative to 1980-1999)
	Best estimate	Likely range	Model-based range excluding future rapid dynamical changes in ice flow
Constant Year 2000 concentrations ^b	0.6	0.3 – 0.9	NA
B1 scenario	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
A1T scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
B2 scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
A1B scenario	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
A2 scenario	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
A1FI scenario	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

資料來源：IPCC (2007)

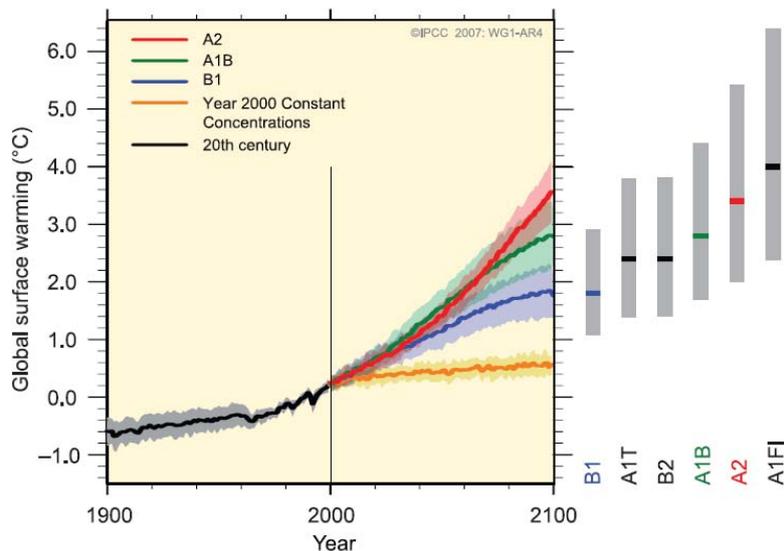


圖 2-1-3：2090-2099 年與 1980-1999 年預測之氣溫差距

資料來源：IPCC(2007)

二、降雨變遷

除了氣溫上升之外，另一項令民眾感覺也很直接的是降水的狀態產生改變，

其原因是在於全球氣溫上升的情況下，北半球的豪大雨頻率增加許多，時常可以在國際媒體上看到歐洲地區與北美地區的水患災害新聞，下圖 2-1-4 即表示若未來社會為一個資源使用均衡、對環境衝擊較小的社會與經濟狀態下（SRES A1B 情境），由 IPCC 所預測出未來的與降雨變化，比較兩圖可發現，由於氣溫不斷上升，連帶著雨線也跟著北移而改變了過去的行星風系狀態，中高緯度大部分區域降水每 10 年增加 0.5% 至 1% 的降雨量；另外，在熱帶地區每 10 年增加 0.2% - 0.3% 的降雨量，由於熱帶地區本身就是氣溫高的地方因此增幅較不明顯。不過，就亞熱帶地區而言，降水量卻普遍減少約每 10 年減少 3%，愈來愈顯得乾旱，而南半球降水改變則沒有顯著的變化。

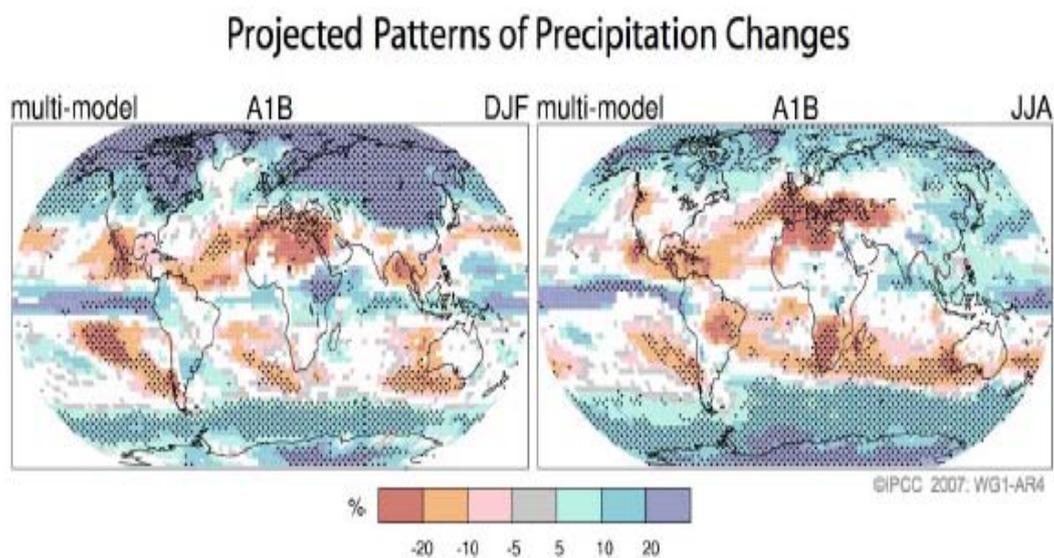


圖 2-1-4：2090-2099 年與 1980-1999 年之降雨變化
資料來源：IPCC (2007)

三、海平面上升及冰雪覆蓋量減少

從 1961 年以來的觀測資料，全球海洋平均溫度的增加已擴及到更深海的區域，這顯示海洋體系正不斷的容納陸地上所產生的熱能約達 80%，由於熱能能夠讓水體膨脹，並且也因為海水的洋流循環也讓南北半球極地冰川與積雪大量融化快速崩解以推升了海平面的高度。而北半球高緯度地區湖面與河川的結冰期時間縮短、非極地地區的高山融雪速度增快且冬季的結冰期縮短、夏秋之際極地海域之結冰厚度變薄皆為氣候變遷下海平面上升冰雪覆蓋量減少的現象。

在上一世紀也就是 20 世紀中，由於海洋的熱容量不斷增加，水體膨脹使得平均海平面上升了 0.1 至 0.2 公尺，在 1961 至 2003 年間的觀測，全球海平面每

年平均上升 1.8 毫米，在 1993 年至 2003 年間，上升的高度迅速竄升至每年平均 3.1 毫米。近 100 年來，北極平均溫度上升的度數，幾乎是全球的兩倍。IPCC 在第四版報告書中，亦對於四種情境進行模擬與預測，但整體來說，海平面在本世紀可能上升區間是 28 至 43 公分之間，上升的多寡將可決定於人與環境之間的合諧程度。

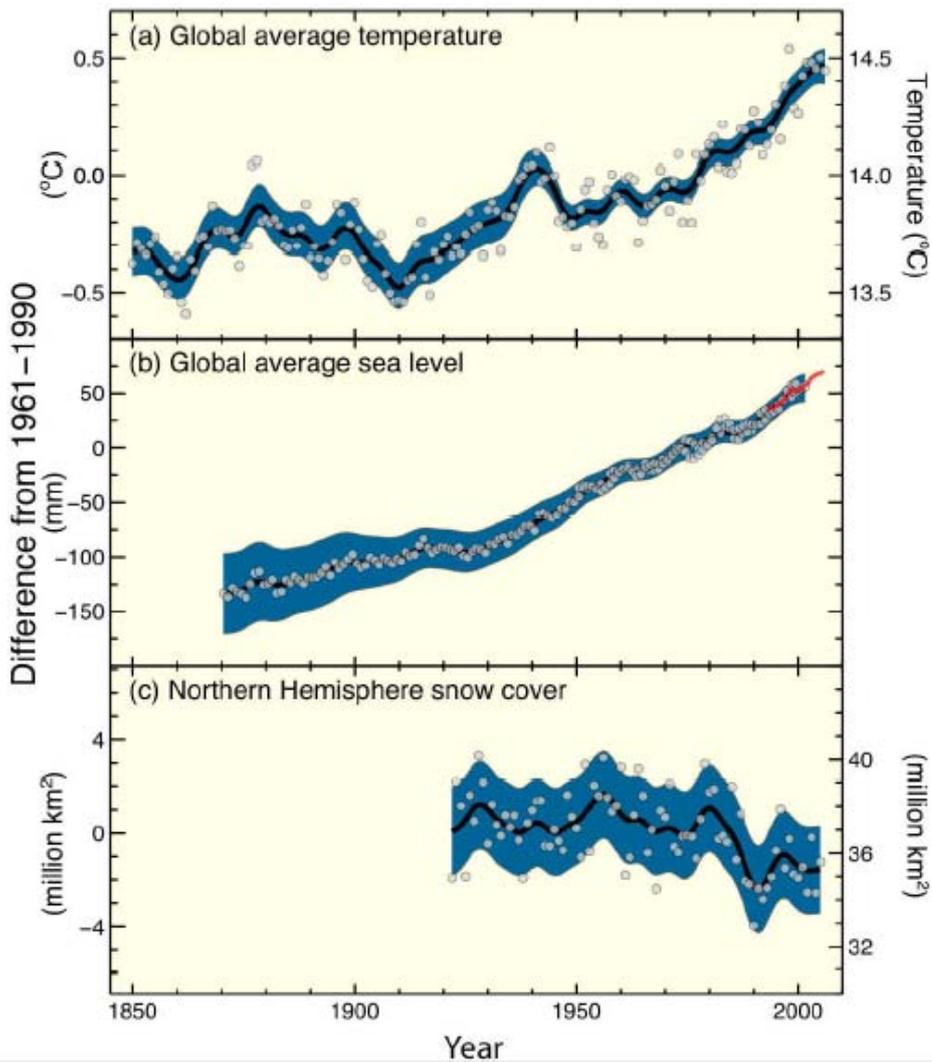


圖 2-1-5：氣溫、海平面、海冰變化趨勢

資料來源：IPCC (2007)

四、極端天氣發生

在北美和南北東部、西北歐洲、亞洲北部與中部等中高緯度地區皆發現有降水量顯著增多的現象，相反的在亞洲南部部分地區、非中南部及地中海地區等亞熱帶地區則有降水量不足漸趨減少地現象。極端天氣所代表的是在大範圍氣候變

遷之下，容易增加劇烈氣象的產生，如華中華南地區大雪災、華南大水災、緬甸風災、紐奧良卡翠娜風災等都是劇烈天氣發生的實證，另外，聖嬰現象(El-Nino)的異常天氣出現加上大氣環流與海洋洋流的循環，不僅在中南美洲產生大範圍的影響如熱浪、乾旱等，近年更有反聖嬰現象的出現。IPCC 於第四版報告書中指出世界各地的災害強度與頻率均會增加。熱浪和豪雨極可能會越來越頻繁，積雪減少，颱風和颶風將會較少出現但威力更強大。平均氣溫上升 3 度的話，在亞洲一年之中將有 7 百萬人以上將面臨洪水危機，全球有 1 億人以上將面臨糧食不足窘境。如果上升 4 度的話，北極海的冰將減少百分之三十五，使每 5 人之中就有 1 人會受到洪水的影響，且地球約有 30 億人口將面臨缺水困境，有更多的水生生物將絕跡，北美地區受熱浪侵襲的次數將增為 3 到 8 倍。災害強度急速暴增。



第二節 氣候變遷之衝擊

IPCC 的第四版評估報告不僅僅在國外引起眾人的關注，在國內研究全球氣候變遷的組織及專家學者，也對第四版的評估報告進行不同面向的分析。IPCC 將氣候變遷會造成的現象與相關影響在報告內容中也有所說明，對極端的變化將會產生土石流、土壤流失、洪水暴風、極端乾旱、能源運輸的衝擊，面對中度變化時將會影響農業生產、水利設施、沿海土地使用。台灣大學全球變遷中心對 IPCC 第四版報告書也摘要相關內容並就亞洲部分的氣候變遷衝擊進行分析，透過對相關現象的了解之後，提出氣候變遷將造成農業、糧食短缺和水資源有匱乏之虞、海洋與海岸生態系統可能受到海平面上升和暖化影響、生物多樣性產生威脅、氣候變遷將對人類健康產生威脅。不僅如此，氣候變遷所造成的衝擊非常多，美國植物學者認為氣候變遷可能使加州原生植物在下個世紀變成「植物難民」，因為它們要尋找更適宜的棲息地。日本國土交通省的一項估計指出，地球暖化在本世紀末期造成的海平面上升，若再加上超級強烈颱風襲擊東京灣的話，將可能對東京都和神奈川縣的四個港口及周圍地區造成高達 29 兆日圓（約 8 兆 2000 億新台幣）經濟損失。氣候變遷將對能源造成爭奪也可能帶來國與國間的衝突；一些海島國家因氣候變遷導致部份或全部領土喪失，也可能造成領土與海岸邊界權的紛爭。聯合國開發計畫署（UNDP）也提出警告，氣候變遷可能摧毀貧窮國家的農業系統、惡化缺水情況、提高災害發生的風險，並可能因為持續的水災及暴風雨引起大量遷移等，因而對世界最貧困的國家造成衝擊。

從氣溫上升、降水變遷、海平面上升、冰雪消融以及極端天氣的產生如此氣候變遷所產生的現象，對人類社會無論經濟、生活亦或環境社會之自然生態、物種保育、景觀等等皆帶來前所未有的影響。氣候變遷即為一種改變，改變的過程當中將直接或間接的對系統產生衝擊，而在系統的各層面中亦對於不同現象的產生有不同的衝擊發生，以下將對於氣候變遷所帶來的衝擊進行說明（馮正民、詹士樑等，2007）：

一、疫病傳染

在過去，許多疫病的傳染地區為東南亞、中南美洲等低緯度或是低海拔地區，由於在這些地區氣溫較高，容易經由蚊蟲等媒介進行散播，而成為疫病傳染的主要地區。但是，近年來因為氣溫上升，過去中緯度地區氣候較為溫和而乾燥的地區逐漸變得較為潮濕且溫暖，由於蚊蟲等傳染媒介無法在高海拔且低溫的環

境下生存，因此瘧疾等疾病在山區會有一定的區域性，一旦氣溫上升，傳染分佈線亦隨之上移。另外，由於新的疫病轉移至新的環境，對新環境而言因未能有足夠的防範措施，容易造成疫病大流行而造成重大的損失，對於疫病衝擊不僅僅存在於人類，在動物、家禽、家畜、農作物、生態環境的防疫與檢疫也增加許多衝擊壓力。

二、能源供給變遷

從京都議定書發佈之後已有許多國家紛紛簽訂，或相繼以京都議定書所訂定的時程為其對國際社會溫室氣體排放的減量目標。煤、碳與石油等燃燒產生溫室氣體會造成全球暖化，因而在各國國內紛紛開始改變化石燃料的使用狀態，期望以更有效率的燃燒、替代能源的產生、低耗能、減碳的產品提供而引發對能源使用意識上的改變，近年也逐漸產生碳權、碳交易以及節能減碳技術的研發與移轉，期望能透過減少溫室氣體的排放來減緩氣溫的上升，進一步的降低氣候變遷所造成的影響。

三、洪患乾旱頻率、強度改變

由於氣溫上升促使過去如颱風此種破壞力強的災害，其影響範圍將因為氣溫的上升而擴大，根據 IPCC 第四版報告顯示洪患與乾旱強度與頻率會越來越強、越來越不穩定。不僅僅是颱風、大西洋的颶風、歐美洲的溫帶氣旋與暴風雨也將會因為氣候變遷而有極有機會產生規模更大災損更嚴重的洪災。而另一方面，有水的地方因為溫度的提高而增加水量的涵納，缺水的地區則會因為氣候更加的炎熱而更加乾旱，並且會隨者時序的遷移或大氣的變遷而不斷的增加造成嚴重的旱災機率。

四、土壤沖蝕流失

地表土壤為經濟、生活以及生存不可或缺之資源，而氣候變遷所帶來的影響下，降水型態的變遷將促使雨水的沖蝕力增加，讓土壤的流失量增多。另外，在過於乾旱的地區由於氣候炎熱乾燥，會使土壤變得鬆散、固著力降低，使得雖然在同樣的降水強度下，仍會增加雨水的沖蝕能力。

五、土石流

近幾年土石流的發生越來越頻繁，必且在國外也時有所聞。土石流的構成因素包括有土、石與足夠坡度之外，最重要的因子足夠的水分。氣候的變遷造成暴雨頻繁，且發生的機率提高。一旦暴雨挾帶著大量水分而來，不僅加強對於土壤的沖蝕力，更成為大量的土石沖刷的介質，將土石雨水沖刷至下游地區而造成災

情。

六、水資源供給問題

氣候變遷帶來大量的雨水與降雨，為何還會有水資源供給的問題，其實，水與土壤得大量沖刷造成水利設施的大量破壞，不僅在台灣地區有如此之情況，國外其他地區亦有相同的狀況產生。另外，海平面上升造成淡水鹽化，河川流域中的水、養分與沉積物將受到影響。並且，暴雨及乾旱的衝擊產生所代表的是降水量與降水頻率極不穩定，對於水資源供給的質與量上都造成相當程度的影響與衝擊。

七、生態系統破壞

氣溫的變化改變了中高緯度森林的林向，有許多森林面積大量擴張，擴張的結果是乾旱時期容易發生森林大火，對地區居民生活與大氣皆造成嚴重的危害。高山地區的森林向也因為氣溫的上升，大量的樹群產生死亡的現象。海洋地區的水生植物或珊瑚群，也因為海平面的上升、氣溫的上升而改變分部區域與分布型態，間接的改變微生物質的提供，最終影響到整體海洋區域的生態系營養供給。氣候變遷造成棲地環境的改變，而使得特殊位階的植被難以生存因而滅亡或瀕臨滅種的衝擊。

八、海水倒灌

氣候變遷造成海平面上升，直接產生的影響是海岸線退縮。而水體面積的增加對於海岸線的侵蝕能力也將增加。近年來，海岸線的受蝕、流失日益嚴重，造成海岸產生退縮危機，每當大潮來襲擊容易造成海水倒灌，或是因為無法有效的交換海水而改變河口生態系的棲地，另外，人口多集中於三角洲地區、河海港邊而此類地區又具有許多地勢低窪的地區，每當海水倒灌皆對這些地區造成莫大的衝擊。

九、農林漁牧衝擊

氣候變遷對經濟系統所造成的影響與衝擊以農林漁牧業首當其衝。對農林業而言，播種與收成的時期完全被氣候的異常現象混亂，生產期遭打亂而產生產量過剩或是大量減產的問題，而雨水不足或過多的問題也讓耕作更加不易，成本大為提升。而對畜牧、漁產業而言，暖冬使得豬、牛等畜產品與水產品生長緩慢等，養殖發達的沿岸地形也遭受影響，遠洋漁業也因為環流的改變有所變動，產量銳減、收成量少。

第三節 國際組織之氣候變遷相關專案研究

基於前述對於氣候變遷的現象、衝擊的了解，實際反映至人類社會上將產生了許多待解決或是即將發生的問題，此類問題皆為由氣候變遷所產生的相關議題。從 IPCC 科學家們的研究報告指出，傳染病滋生與全球暖化的關連性不容忽略，因為全球各地類似的情節不斷的發生。八大工業國組織及主要新興國家的部長及代表在 2008 年日本的集會，也試圖為聯合國領導的氣候變遷議題進行談判磋商，並且八大工業國在 2008 年 7 月舉行高峰會時，認為廢氣減排為當前因應全球氣候變遷的主要議題。氣候變遷威脅沿海基礎建設、食物和飲水供應，並影響全球居民健康。UNEP 執行主任史坦納(Achim Steiner)認為：「氣候變遷將嚴重影響魚類資源。這不僅是環境議題，同時也是國家發展和經濟議題；數百萬人民(包括開發中國家)以捕魚維生，約有 26 億人民以魚類為主要蛋白質來源。」IPCC 提到「有害的衝擊...對於極區傳統原住民的生活方式。」但是根據會議組織之一的牛津環境變遷研究中心人員表示：「原住民直接在前線遭受氣候變遷的迫害。」不僅 IPCC 所提出的報告，國際相關組織與研究單位及計畫也提出許多氣候變遷下所引發的議題，本節首先將介紹幾個研究氣候變遷議題且與空間環境發展有關的研究組織，並從這些研究組織的研究項目與 IPCC 第四版的研究報告中歸納出相關氣候變遷下所產生的議題。

一、氣候變遷相關專案

除上述 IPCC 的評估報告、特別報告、方法論報告外，國際地圈生物圈計畫(International Geosphere-Biosphere Programme; IGBP) 於 1986 年開始推動國際地圈生物圈計畫—全球變遷研究(International Geosphere-Biosphere Programme- A Study of Global Changes)，為全球變遷研究之濫觴。1990 年代初期，IGBP 完成由官方所發起的 5 個核心計畫，包括水文循環的生物面向(Biosphere Aspects of the Hydrological Cycle; BAHC)、全球變遷與陸域生態系統(Global Change and Terrestrial Ecosystems; GCTE)、國際全球大氣化學(International Global Atmospheric Chemistry; IGAC)、全球海洋通量協同研究(Joint Global Ocean Flux Study; JGOFS)與古全球變遷(Past Global Change; PAGES)。1990 年代末期又積極著手進行另 5 個核心計畫，即海岸帶的海陸交互作用(Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone; LOICZ)、土地利用與地表覆蓋變遷(Land-Use/Cover Change; LUCC)、全球分析、解釋及模式化(Global Analysis, Interpretation, and Modelling)、

數據與資訊系統(Data and Information System; DIS)以及分析、研究與訓練系統(System for Analysis, Research, and Training; START)。

另外，國際全球環境變遷人文社會計畫（International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, IHDP）亦為推動氣候變遷專案的重要組織。IHDP 是一個跨學科的、非政府的國際科學計畫，旨在促進和共同協調研究。IHDP 最初由國際社會科學聯盟理事會（ISSC）於 1990 年發起，當時稱為“人文社會計畫”（Human Dimensions Programme, 簡稱 HDP）。1996 年 2 月，國際科學聯盟理事會（ICSU）聯同 ISSC 成為計畫的共同發起者，計畫名稱則由 HDP 演變為 IHDP，秘書處設置在德國波昂。

IHDP 與其它 3 項全球氣候變遷計畫，即國際地理暨生物圈計畫（IGBP）、世界氣候研究計畫（WCRP）和生物多樣性計畫（DIVERSITAS），統稱“地球系統科學聯盟”（ESS-P）。計畫與計畫之間透過緊密的互動與訊息散播產生交流。IHDP 比較重於描述、分析和理解人文社會計畫與氣候變遷的關係，研究全球環境變化背景下，土地利用/土地覆蓋變化，全球環境變化的制度因素，人類安全，可持續性生產、消費系統，以及食物和水的問題、全球碳循環等重大問題，其主要研究議題如表 2-3-1。目前，IHDP 有 7 個核心科學計畫即：全球環境變遷與人類安全（GECHS）、全球環境變化的制度因素（IDGEC）、工業轉型(IT)、土地利用/土地覆蓋變遷（LUCC，與 IGBP 共同發起）、海岸地區海陸相互作用（LOICZ II），以及新成立的都市化與全球環境變遷（Urbanization and Global Environmental Change）和全球土地計畫（GLP,與 IGBP 共同發起）。各核心計畫透過 1.新的優先研究行動的確立與製定；2.國際間合作關係之促進；3. 建立決策者與科學研究工作者間溝通管道等三項機制，以各自的國際項目辦公室（IPO）協調其運作，並接受各自科學指導委員會的科學管理。

表 2-3-1：全球變遷人文面向研究主題表

分析議題	研究重點
環境與生態系統的轉變	<ol style="list-style-type: none"> 1. 土地利用變遷 2. 都市化過程與全球環境變化之交互作用 3. 人口與環境的關係 4. 人口、貧窮與環境 5. 消費與環境 6. 氣候變遷的制度(institution)面向
脆弱性(vulnerability)及適應性(adaptability)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 測量與評估脆弱性 2. 對於變遷適應能力的建立 3. 人類對於氣候變遷的認識 4. 多重壓力：在低度開發地區同時受到氣候變遷與全球化影響研究
環境管理	<ol style="list-style-type: none"> 1. 環境統領 2. 變遷管理 3. 區域合作以因應氣候變遷 4. 技術創新與環境變化：創新技術能改變人地系統以減輕環境壓力 5. 公民社會的環境決策與管理
永續發展	<ol style="list-style-type: none"> 1. 評估永續性 2. 朝向永續性發展的轉變歷程

資料來源：台大全球變遷研究中心 林冠慧、孫志鴻整理

上述國際組織近年來所推動之相關專案，已有相關研究進行整理（馮正民、詹士樑等，2007），下面就其中與土地、都市空間相關者簡要說明，提供規劃後續推動策略之參考。

(一) UGEC(Urbanization and Global Environmental Change)

都市化與全球環境變遷(Urbanization and Global Environmental Change) 2005年迄今，都市化計畫(UGEC)致力於理解全球環境變遷與都市化過程的交互關係、都市化過程的方向、速率、強度和尺度，以及全球環境變遷過程給都市功能、穩定性和永續性帶來的挑戰。都市化計畫的研究焦點包括：影響到全球環境變遷的都市化過程，全球環境變遷作用於都市系統的途徑，都市系統中的交互作用及其回應，都市系統內部相互作用對全球環境變遷的反饋。

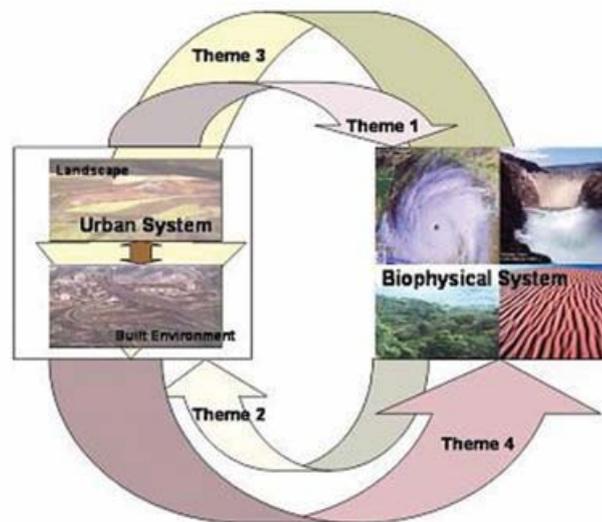


圖 2-3-1：都市化與全球環境變遷（UGEC）架構

資料來源：IHDP（2005）

(二) GLP (Global Land Project)

全球土地計畫 (Global Land Project) 2005 年~迄今，全球土地計畫是 IGBP/IHDP 聯合發起的土地利用與土地覆蓋計畫 (LUCC) 的後續研究發展計畫 (LUCC 計畫於 2005 年結束)。GLP 計畫將著重研究人類與生物圈、水陸自然資源之間的相互作用。該計畫強調對從局部到區域規模上的人-環境系統 (the coupled human-environmental system) 變化研究。人-環境系統變化會影響全球能量、水、化學元素與生物質流動的速率，而全球政治經濟活動，如國際協定、貿易自由化等等，反過來也會在局部和區域規模上影響與資源利用相關的決策。全球土地計畫的目的是測量、類比與理解人-環境系統 (陸地系統)，從而有助於更好地理解地球系統營運狀態的變化，以及隨之而來的社會、經濟與政治後果。

然而，氣候變遷下的國際研究組織中不僅僅只有以上三個，氣候變遷是一跨領域、跨國性、跨世代的研究。隨著時代變遷越來越迅速、科技快速進步的成果是人類社會的社經活動快速發展，隨之而來的破壞與資源濫用造成生活環境漸漸變得不安全。再加上降雨變遷、海水倒灌、土石流、土壤沖蝕、生態體系破壞、水資源破壞、農林漁牧收成影響等衝擊，促使我們的生存環境更處於一個脆弱而又極不確定的狀態。人類活動對環境的影響力已超過自然演替的恢復程度，人類活動已成為影響地球生態與地景的主要力量。不僅僅 IPCC 在針對氣候變遷相關

現象進行研究，氣候變遷所延伸出的議題也在 IHDP 的相關子計畫中不斷的進行。

GLP 即強調在全球觀點下，人與環境複合系統(Coupled human-environment system)的改變也同樣影響到能源、水、物質甚至動植物的循環速度，當全球政治經濟改變，如國際條約和市場自由化，亦將依次影響地方與區域層級之資源決策。全球土地計畫的研究目標，正是透過測量、模擬和瞭解的方式以研究人與環境系統互動關係，並提出地球演化過程中未來社會、經濟與政治可能改變的結果(Ojima et al, 2005)。表 2-3-2 為 GLP 的 3 個主要研究議題與內容。要瞭解全球變遷，就得先瞭解人類活動在土地生態系統結構與功能改變所扮演的角色，以及改變後對於地球系統在人類與環境複合系統中小尺度運作之衝擊。若能深入探究與土地使用管理有關的決策擬定過程，則可為人類與環境複合系統中因子影響人類活動與回饋等交互作用建立評估基礎。而表 2-3-3 為 GLP 近期合作研究案，其中，面對氣候變遷的議題下，都市的議題成為相關研究組織研究的對象，因應都市快速發展，談環境風險管理之議題即說明氣候變遷的情況之下，都市仍持續不斷的擴大發展，世界人口已不斷的增加並往都市移動，而都市是否安全且健康為相關研究單位關注的議題。並且，都市的集中於密集的特性，若產生極端的氣候發生於都市地區或因降水而引發洪水皆容易造成重大的損失。因此，鉅型城市(Mega-city)之研究即反映了大都會與都會帶連攜而形成的鉅型城市在氣候變遷的威脅下正面臨著許多的挑戰，許多在都市中所存在的舊有設施、制度、組織都應接受調整並且應朝向更具有彈性的方式以應付突發變動的氣候異常現象。另外，在對於主要都市內部的發展情況討論下，其實我們往往忽略了都市周圍鄰近農村的地區正無聲無息的受到最大的改變，這些鄰近都市(Peri-urban)地區與農村提供了都市發展的重要需求如基本維生的農產品提供或是優質的住宅提供，但過去都市的發展歷程上卻很少能將都市、鄰近都市、農村連結起來成為一個完整區域來規劃討論。

表 2-3-2：GLP 主要研究議題

主題 (themes)	內容 (contents)
1. 土地系統動態 (Dynamics of Land System)	1.1 全球化與人口改變如何影響區域與地方土地使用決策與執行？ 1.2 土地管理決策與執行的改變如何影響生物地球化學(Biogeochemistry)、生物歧異度(Biodiversity)？ 1.3 全球變遷之大氣、生物地球化學與生物歧異度等面向如何影響生態系統結構與功能？
2. 土地系統變遷的結果 (Consequences of Land System Change)	2.1 生態系統變遷對於地球系統最關鍵的回饋(Feedbacks)是什麼？ 2.2 生態系統結構與功能改變如何影響生態系統服務的傳遞？ 2.3 生態系統服務對於人類福利的關係為何？ 2.4 在不同尺度與不同背景的情況下，人類如何反應對生態系統服務的供應？
3. 土地永續發展的分析與模型整合 (Integration Analysis and Modelling for Land Sustainability)	3.1 土地系統中哪些關鍵的路徑會改變？ 3.2 土地系統的災害與擾亂等脆弱度與回復力藉由何種變化來回應人類與環境的交互作用之改變？ 3.3 哪些政策可以藉由決策擬定與管理來提升土地系統的永續發展？

資料來源：Ojima et al (2005)

表 2-3-3：GLP 近期合作研究案

名稱	研究時程	作者	所屬單位	研究地區
人居安全與地方治理：因應都市快速發展，談環境風險管理以 Yucatan(墨西哥加勒比地區)為例	2007/10~	Michael Redclift; Mark Pelling	ESRC	Yucatan (墨西哥加勒比地區)
鉅型城市的重大挑戰：全球氣候變遷下的非正常變化	2006/11~ (6 年)	Frauke Kraas	德國研究基金會 German Research Foundation	達卡(孟加拉)；珠江三角洲 (廣州、深圳、香港)
鉅型城市人居地的風險	2007~2013	Dr. Bernd Hansjurgens; Dr. Dirk Heinrichs, Helmholtz Centre for Environmental Research - UFZ	Helmholtz Association	智利聖地牙哥(拉丁美洲)
全球環境變遷與都市邊緣地區的土地使用變遷以台北桃園地區為例	2007/8~2010/7	黃書禮 博士，台北大學都市計劃研究所	行政院國科會 (National Science Council Taiwan)	台北、桃園地區(台灣)
全球永續城市發展網絡(SUD-Net)		Dr. Marco Keiner	聯合國人居署 (The United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT))	

資料來源：GLP 網站與本研究整理

二、氣候變遷相關議題彙整

整理 IPCC 第四版的評估報告、前述國際組織之專案、以及國內之前期研究中，透過對氣候變遷現象的了解，以及氣候變遷衝擊影響，馮正民等（2007）歸納出氣候變遷之相關議題並說明如下：

(一) 能源經營管理

從京都議定書的簽訂以來，國際社會開始減少石油等石化能源的利用，逐漸採以生質能、再生能源等的發展來有效的提供能源，期望尋找新的、乾淨的、永續利用的能源以延續人類社會的發展。但是，在發展新能源的過程中亦產生了許多新議題，例如種植生質作物容易破壞生態系統的物種多樣性，單一作物的中意容易促使農作物疾病的擴散，是具有風險且不完全環保的。因此，如何能有效的利用現有能源以及進行節能減碳，為各國政府近年來不斷呼籲的口號。

(二) 公共衛生防治

氣溫升高將有助於病媒蚊與病蟲的孳生，由於氣候變遷引起的氣溫升高，未來將有可能誘發日本腦炎、瘧疾與登革熱等傳染病的散播。而降雨型態改變，上游的土石流沖刷災害，不僅對水利設施帶來影響更對下游的養殖、灌溉、飲用水造成嚴重的汙染，水源的嚴重汙染容易產生腸胃道傳染病源的散佈，再加上颱風、洪水、熱浪乾旱、地表沙漠化、水源缺乏、糧食減產以及海洋暖化等因素，使得公共衛生面臨挑戰，公共衛生防治議題也將浮現。

(三) 天然災害防治

由於氣候變遷造成降雨強度增強、降雨頻率的不穩定現，因此在未來極可能洪災與旱災的現象會更加嚴重，此外降雨量增多亦會提升土石流等災害強度，強度的提升與發生頻率的不確定更增加地區的災害風險，進而引起疫病傳染的散佈。面對強度未知的災害，如何降低地區天然災害風險，天然災害防治的措施是未來面對重要課題。

(四) 土壤資源保育與管理

因為氣候變遷所造成土壤流失的現象為氣溫上升與降雨變遷。乾旱強度增加容易使土壤變鬆散，加上大雨來襲使得土壤容易被沖刷流失，而土壤流失會使物種棲地受到破壞、糧食生產地遭受破壞。減少土壤流失，減緩甚至預防造成土壤流失以保護糧食生產地的土壤層與保育生物棲地完整性。並且土壤是國土保育中重要的資源，造成土壤資源的流失原因為洪患、乾旱強度增加，使土壤沖蝕強度增加，以及土石流的產生造成大量的土砂災害。而土砂災害與洪災、旱災害亦會使物種棲地受到破壞、糧食生產地遭受毀壞。土壤資源的保育，避免土壤流失，減緩甚至預防造成土壤流失，以及保護糧食生產地的土壤層與保育生物棲地完整性，對於國土的維護是相當重要的。

(五) 水資源經營管理

氣候變遷趨勢下，洪患、乾旱的強度增加、發生的週期不固定，容易造成陸地水資源涵養量的不穩定以及水質改變，而衝擊不僅對於水資源本身破壞更會影響糧食、產業衝擊。水資源保育議題包含水質影響、水量影響、地表涵養水源等內涵。而水資源的供給產生問題，對臨海的河流而言，水流量的變化亦將會影響下游水資源的鹽度、溶氧量，直接的威脅到水中生物生存狀態，間接的影響物種的多樣性，最終會使得水體的狀況惡化，導致水質方面產生問題。河川流域為許多生物的棲息地與生育地，該區的生態環境應當被重視，所以水資源的經營管理更為重要。而世界的人口仍不斷增加，在氣候變遷的影響下，氣溫逐漸上升，暴雨與洪災的來襲將會摧毀區域的水利設施，對區域的水資源供給毫無幫助，未來恐將無法應付逐年增加的水資源需求。因此，未來水資源政策應由水源開發轉型為循環保育的發展方向。

(六) 糧食安全維護

由於受到二氧化碳濃度增加以及全球暖化影響，水稻、多種蔬果和溫帶果樹生產遭受影響，再加上病蟲害擴散，使得農產損失頻傳。此外，氣候暖化將加速土壤中有機質的分解，且為了配合高 CO₂ 環境下作物生長需求，肥料用量將增加，農藥用量也因病蟲害傳染而增加，農地生產力將因土壤品質惡化而造成減損。不穩定的水資源將使農業用水受到影響，且隨著乾旱發生頻率的增加，作物所承受的水分逆境日趨惡劣，未來農業生產受灌溉水量減少與灌溉水質惡化的影響也將更為顯著(陳守泓、姚銘輝、申雍，2005)。

海水入侵造成土壤鹽化，陸地流失，衝擊農林漁牧業，進而影響糧食生產系統。沿岸環境分隔陸地與海洋，是地球上最具動態的交界帶，雖然面積不大，但總生產量卻相當於所有陸地與大洋的總和。所以，當海岸陸地可生產面積減少，將嚴重影響糧食的供給量。另外，由於水資源供給產生問題將衝擊農林漁牧業的生產力，進而影響糧食生產。全球氣候變化將會加劇農牧業的水資源供給極不穩定，尤其對養殖漁業的水資源供給而言，將容易造成水資源的欠缺。在氣候變遷的情況下，水資源供給若產生變化將嚴重影響糧食生產與漁業生產安全。因此如何持續糧食生產時所需要的水源供給與良好的水質標準，減緩氣候變遷對農業資源的衝擊，糧食安全的維護將會是保護國家安全不容忽視的議題。

(七) 生態系統與棲地保育

都市的發展必須要有一定規模的維生系統提供都市發展的基礎服務，但在氣候變遷的情況下，氣溫上升、降雨改變將促使生物賴以維生的棲地環境產生改

變。氣溫上升促使海水鹽度、海水密度、洋流、海浪狀況發生變化，將影響遠洋漁業，物種的組成發生改變，生態系統之結構與保育功能產生變化，破壞原有的海洋生態系統，原有的物種或許會消失，取而代之的是新的生物群體的產生，導致物種組成的變化（柳中明，2001）。而過去的數十年間，暖化對生態系統所造成的破壞昭然若揭，尤其是台灣沿海地區與濕地，在全球環境變遷與人類過度開發的人為、自然雙重衝擊影響下，造成海岸濕地流失、陸地內移、海水入侵、珊瑚礁衰退、生物群聚改變以及漁業資源匱乏等問題（張睿昇、戴昌鳳，2003）。

由於水域、交界帶、陸域生態棲地的破壞，使得某些特殊位階的物種因生存環境破壞而滅絕，造成生態危機。除了物種滅絕本身問題外，也會減少生物多樣性使生態系統的穩定性變差，更由於某物種的消滅造成另一物種天敵減少或是糧食的減少，使生態系統族群暴增或是銳減的情形。如何在氣候變遷下預防生物多樣性的減少、環境生態保育等皆是生態系統保育議題所需要處理的項目。

潟湖、河口、紅樹林等濕地都是許多野生動物棲息場所，但因為海岸退縮與溼地的改變而產生逐漸滅失的狀況。海岸退縮造成海域流動的改變和生物漂移的阻滯，讓原本在此地方成長繁衍的生物，無法到達它該去的地方，很可能也會加速或擴大生態失衡的影響。尤其，會影響海岸線的穩定，破壞海岸生物的棲息環境，海中魚卵和浮游生物也可能產生變化，所以對於近海生態系穩定的維繫，更需注意（李培芬，2007）。濕地、洪水平原、河口、海灘、沙丘、沙洲、珊瑚礁，以及魚類、野生動物及其棲息地等海岸生態圈，對海岸生態環境的影響如此重要，應納入保育與保護。濕地改變也進而影響人類的生活環境及生態，海岸棲地的保育議題也是台灣在面對氣候變遷上刻不容緩的議題。

第三章 氣候變遷與都市防災系統

本章主要目的是說明對於台灣氣候變遷模擬現況之相關資料，以及氣候變遷因改變自然災害之類型或程度，進而對都市防災系統所產生之可能衝擊，最後彙整說明針對氣候變遷影響都市災害型態之議題。內容首先對於全球氣候模式與模擬情境作相關之探討，並對於模式資料選定之意涵及其選定過程作說明，且詳述台灣地區之氣候變遷資料，其次將針對都市系統與氣候變遷之關連性作簡單之說明，最後，針對台灣地理特性提出氣候變遷對都市災害型態與衝擊影響之未來重要議題。

第一節 台灣氣候變遷模擬現況

探討氣候變遷對於都市空間之影響，需先掌握第二章中所討論之各項氣候變遷現象的空間上的特性，亦即如氣溫上升、降雨變化在空間上之差異，本研究採用由國立台灣大學全球變遷研究中心¹所提供，將 IPCC 報告中之全球環流模式（General Circulation Models, GCMs）及其預設情境所模擬之結果，透過降尺度方法所產生之氣候變遷模擬資料。本節將先說明與介紹氣候模式之降尺度方法，整理情境模擬之資料概況與相關內容，並對本研究所選用之氣候模式與內容進行說明，最後針對台灣區域之氣溫及雨量模擬結果作介紹。

一、統計降尺度方法

林淑華等(2005)認為目前全球環流模式(General Circulation Models, GCMs)雖然已經被證實可以有效的模擬全球氣候變化大尺度與巨觀氣象之平均特徵，但由於約 250 公里的解析度太低，導致對於區域性的氣候模擬不佳。全球環流模式中，目前以大氣耦合氣候模式(Coupled Atmosphere-Ocean General Circulation

¹ 台灣大學全球變遷研究中心成立於民國 81 年 8 月，主要是有鑒當前國際與國內科學界對於全球變遷研究的重視，並為聯合各學門的工作者，匯集焦點、凝聚共識、訂定目標，整合相關全球變遷之人力與設備，從事全球變遷之基礎研究，並以台灣附近獨特之區域性變遷為研究重點，進行區域氣候的模擬與預測（資料來源：台灣大學全球變遷研究中心網站 <http://www.gcc.ntu.edu.tw/Chinese/Center/Mission.asp>）。本研究計畫所處理之資料為 IPCC 第三版之氣候模擬資料，臺灣大學全球變遷研究中心目前已陸續整理 IPCC 第四版之氣候變遷模擬資料，惟資料數量龐大且情境模式較第三版多，故尚未釋出第四版之相關氣候變遷模擬降尺度資料，未來待第四版之氣候變遷模擬資料釋出，方可加以更新利用之。

Model, AOGCM) 被科學界認定為模擬未來氣候變化的最佳工具，扮演著對未來氣候的最佳闡述者。但即使目前科學家可藉由 AOGCM 的模擬，對於未來地球上大區域的氣流特徵所導致的氣候變化可以有效的模擬，但是迄今為止 AOGCM 的空間分辨率仍不高，對於具有獨特性的區域型氣候特徵很難作合理的預測，特別是海島型的台灣（柳中明，2007）。

台灣不僅是區域範圍較小，處於大陸與海洋不同氣候交界之間，並且橫跨熱帶與副熱帶之間多重且複雜，又地形起伏變化極大，其氣候特徵較為特殊且變化大，在全球模式的大尺度中台灣地區的陸地特質無法完全表現出來，其模擬之氣候結果更無法滿足台灣區域氣候特徵的描述，再加上目前的全球模式中，台灣只是其中某一網格的一點，或甚至於不存在，因此為了彌補 GCMs 的不足與滿足高解析度氣候資料的需求，以提供台灣區域氣候資料以供未來氣候變遷衝擊研究之用，許多學者認為（許晃雄等，2002；于宜強等，2004；林淑華等，2005；陳圭宏等 2006；柳中明，2007）降尺度方法成為探討台灣氣候變遷議題上急切必要的工具。

目前解決全球模式氣候預測中空間解析度不佳的問題，降尺度(downscaling)方式是目前最常被使用之方法，降尺度法可分為兩種（許晃雄等，1998；林淑華等，2005；陳圭宏等 2006）：一是動力降尺度法（Dynamical Downscaling Methods），另一種為統計降尺度法（Statistical Downscaling Methods），前者與全球環流模式相似，可以描述大氣環流的動力過程，利用全球氣候模式所提供之資訊，植入區域氣候模式，進行物理內插（physical interpolation），提高解析度至數十公里尺度，以期求得更完善且更詳細之區域氣候資訊；後者是利用診斷與統計方法，比較大氣模式模擬資料與分析歷史資料並進行實際觀察，歸納統計出區域氣候與大尺度環流變化間之關係，再利用這些結果判斷區域氣候可能產生之變化，以提供對未來氣候特徵的描述。利用上述兩種降尺度方法，以解決高解析需求之氣象資料。

然而，動力降尺度之區域氣候模式雖然已經可將全球尺度降至 15 公里甚至 10 公里，對於大陸型區域或許足夠，但對台灣地區而言仍顯不足，況且動力降尺度模式對於邊界條件，地形、植被、雲等參數問題敏感，再加上需要龐大的人力和電腦資源支援，以至於模擬結果仍有很大的改善空間。相較之下，統計降尺度模式較便宜，而且技術成熟，近年來亦經常被使用，尤其在氣候變異性高的區域，其中，經驗正交函數(Empirical Orthogonal Function)、正準相關分析(Canonical

Correlation Analysis)、多變異線性回歸 (Multiple Linear Regression)、類神經網路 (Artificial Neural Networks) 等是最常被使用的統計降尺度方式，但是對台灣氣候變異性與空間關係仍有其侷限性 (林淑華等, 2005; 陳圭宏等 2006)。

目前，台灣大學全球變遷研究中心，針對台灣地區所運用之統計降尺度方法，其所模擬出之台灣區域氣候變化預測，已經成為台灣氣候變遷議題所迫切必要之資料。台灣大學全球變遷研究中心所使用的統計降尺度方式 (柳中明, 2007) 採用兩階段 (圖 3-1-1) 進行分析：第一階段是 AOGCM 與 NCEP reanalysis² 之間之調整，採用常態分布分析法，調整 AOGCM 模式的基本誤差。在此統計降尺度方法中，將假設 AOGCM 對大尺度空間與季節性的氣候模擬具有相當的準確度，只是時間序列具有高部不確定性。因此，像 NCEP reanalysis 大尺度之觀測值必須與 AOGCM 之模式數值進行分析與調整的步驟。由於氣候模式資料與觀測資料時間性的序列呈現不一致的狀況，機率分布分析成了主要連結 AOGCM 模式與觀測資料的媒介。目前假設月平均降雨與溫度分布為常態分布，因此 AOGCM 氣候輸出數值可與 NCEP reanalysis 數值進行轉換。簡易轉換公式如下：

$$R_{est} = \frac{(R_{AOGCM} - \bar{R}_{AOGCM})}{\sigma_{AOGCM}} \times \sigma_{NCEP\ reanalysis} + \bar{R}_{NCEP\ reanalysis}$$

其中，

R_{est}	AOGCM 標準化轉換之數值，以作為模式推估之使用
R_{AOGCM}	AOGCM 之輸出月平均氣候模擬值
\bar{R}_{AOGCM}	AOGCM 之氣候平均值 (climatology mean)
σ_{AOGCM}	AOGCM 之標準差
$\bar{R}_{NCEP\ reanalysis}$	NCEP reanalysis 之氣候平均值
$\sigma_{NCEP\ reanalysis}$	NCEP reanalysis 之標準差

² NCEP reanalysis 為採用美國 NOAA CDC 所提供之 NCAR/NCAR REANALYSIS PROJECT 中所產出之再分析資料。為美國國家環境預報中心 (National Centers for Environmental Prediction, NCEP) 與國家大氣研究中心 (National Centers for Atmospheric Research, NCAR) 在西元 1989 年開始合作發展氣候資料在分析計畫 (NCEP/NCAR reanalysis project)，此計劃利用西元 1948 年至今之舊有氣候觀測資料重新進行分析，並發展一套氣候資料同化系統 (Climate data assimilation system, CDAS) 用來分析現今之大氣情況，此系統納入了許多不同類型之觀測資料結果，包括地面觀測、船艦觀測、飛機觀測、無線電探空觀測、衛星觀測等，再經過數據品管 (QC) 步驟，集合成為此氣候資料同化系統 (柳中明, 2007)。

上列式子中之氣候平均值與標準差，是採用 AOGCM 和大尺度再分析資料於 1960-1989 年的平均值和標準差值。

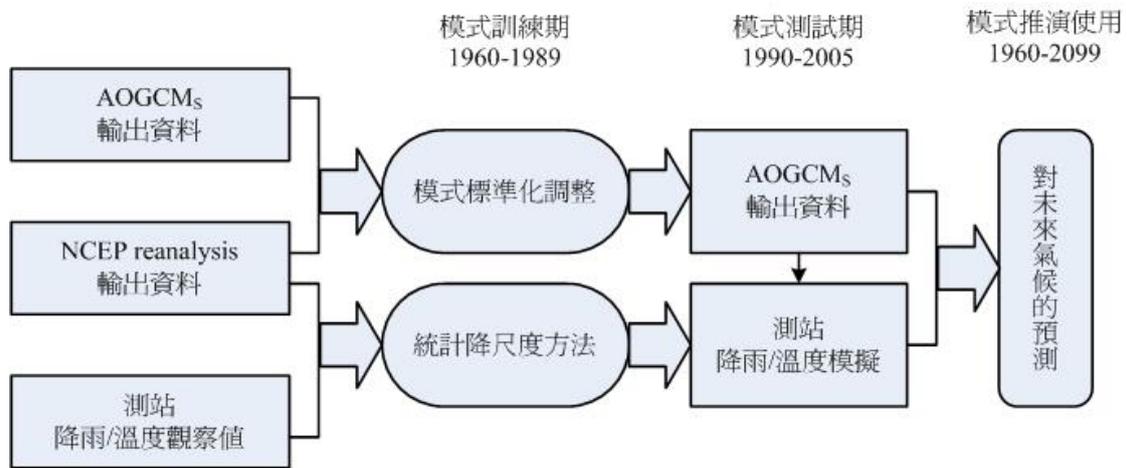


圖 3-1-1：統計降尺度流程

資料來源：柳中明（2007）

第二階段是進行建立大尺度再分析資料與氣象站觀察值之間的統計降尺度關係。運用多因子變異線性迴歸式，建立大尺度再分析資料和區域觀測站數值之統計關係，由於受限於 IPCC 所提供之資料庫中，全球模式模擬資料輸出因子種類之限制，目前採用 NCEP reanalysis 氣候模式的輸出數值（海平面氣壓、溫度、降雨）做為預測因子（Predictors），而氣象觀測站的觀測溫度與降雨量作為預報對象（Predictants），目前此一統計降尺度方法稱為 Pointwise Multivariate Regression（PMR），其流程如圖 3-1-2。首先必須將大尺度再分析資料之預測因子內差至測站點上空，並進行標準化分析後，再與測站點之觀測資料進行回歸分析，式子如下所示：

$$R_{obsr} = f(R_i, MSLP_i, T_i)$$

R_{obsr} 測站點的觀測值

R_i 大尺度再分析資料內差至測站點的降雨量

$MSLP_i$ 大尺度再分析資料內差至測站點的海平面氣壓

T_i 大尺度再分析資料內差至測站點的溫度

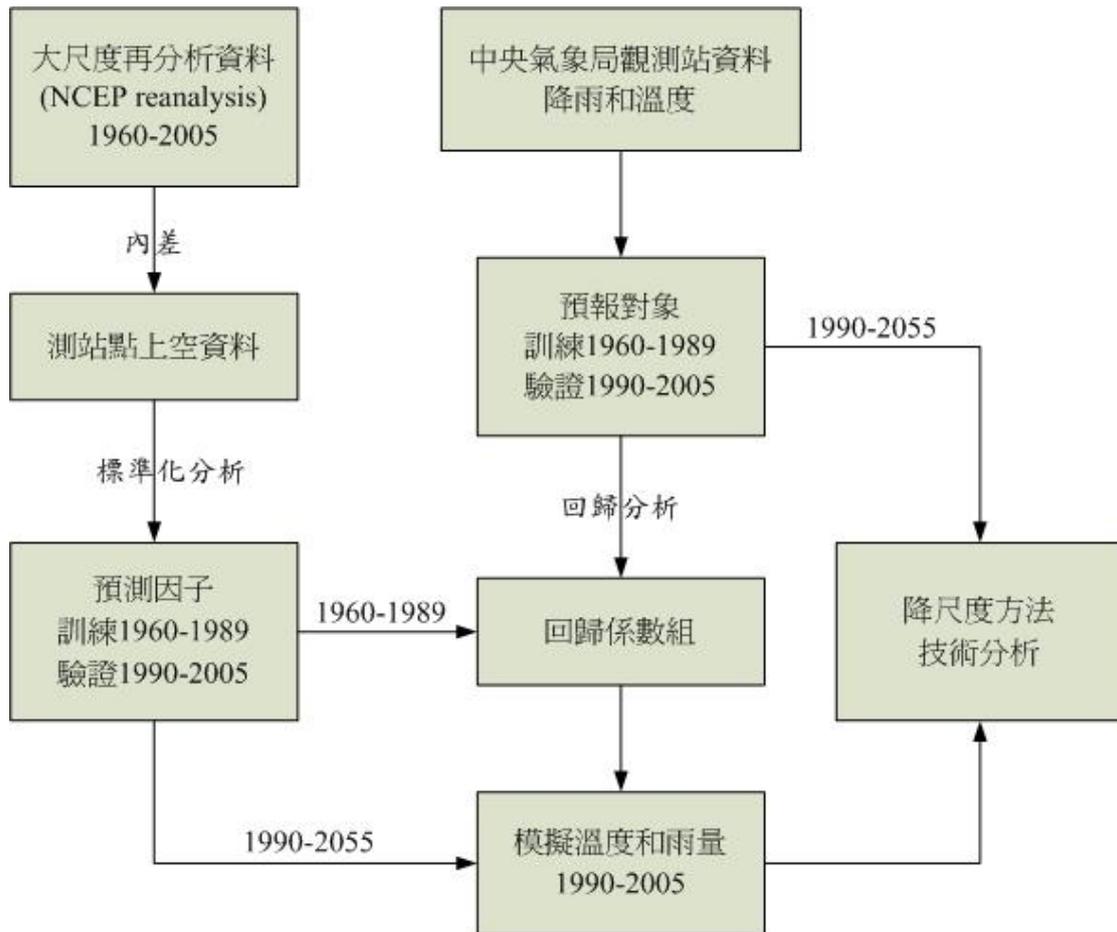


圖 3-1-2：統計降尺度 PMR 之流程圖

資料來源：柳中明（2007）

最後，將此統計關係式所產生之係數組，運用於第一階段所產生之標準化後的未來情境模擬數值，以獲得對未來氣候的模擬預測。由於台灣降雨測站密度高達 355 個觀測點，溫度測站可有 175 個觀測點，目前採用直接內差法所得到的空間格點數值，空間解析度為 0.01 度，將近 1 公里左右。

二、情境模擬資料說明

IPCC 於 1988 年開始，完成一系列之技術文件、特別報告和綜合性評估報告，並提供國際社會有關氣候變遷的科學性資訊。在溫室氣體排放的情境模擬中，IPCC 公佈一組根據社經情境模擬之數據，通稱為 SRES，其中以 SRES-A2 和 SRES-B2 情境最常被使用。

SRES (Special Report on Emission Scenarios, (溫室氣體)排放情境特別報告) 因 2000~2100 年間社會經濟程度之差異，而產生不同的 SRES 情境，聯合國跨國氣候變遷研究小組 (IPCC)，組織各國專家學者，在大量模型分析的基礎上，提

出了未來 100 年全球溫室氣體的排放模擬情境，不同的排放情境帶來不同的溫室氣體濃度情境。

SRES 被 IPCC WG1 在第三版氣候變遷綜合評估報告（Third Assessment Report, TAR）中使用，用來作為個別模式模擬氣候變遷、輻射強迫的基準線，不同的溫室氣體濃度隨時間演變，帶來不同的模擬結果。運用不同的 SRES 模擬，可以分析氣候系統對不同濃度的溫室氣體、輻射強迫的反應。

SRES 即預測未來可能之人口、環境、經濟和工業的發展趨勢，提出溫室氣體可能的排放趨勢，基本上以社經進程差異分為幾組，社經進程可以以全球化或區域化及經濟發展或環境保護二維量尺表示，將未來是致力於經濟發展，或是朝永續利用的目標，考量所帶來的影響。情境由英文字母 A、B 和數字 1、2 組合表示，A、B 分別代表注重經濟發展和環境保護，1、2 則分別為全球化和區域化，分別為 SRES-A1、SRES-A2、SRES-B1 和 SRES-B2。其中 SRES-A1 又分為三組，分別為 SRES-A1B、SRES-A1T 和 SRES-A1FI。

SRES-A1 為模擬經濟快速發展的未來世界，全球人口在二十一世紀中葉達到最高值，之後開始下降，引進更新、速率更快的新技術和高效技能。其他假設包括地區趨同性，區域間平均所得差異的縮小，地區間相當融合，能力建設增強，不同文化和社會相互滲透。

SRES-A1 底下又分為三個組合描述，SRES-A1 按能源系統內部技術變化趨勢的差異分下列三種，SRES-A1FI（高化石燃料組）：強烈依賴化石燃料能源；SRES-A1T（技術發展組）：主要依賴非化石燃料能源；SRES-A1B（各種能源平衡組）：均衡的燃料使用策略，所有資源平衡協調利用，不過分依賴某一種資源，所有能源供應和終端利用技術方面具有相似的改進速率。

SRES-A2 所描述未來世界的特徵表現為地區差異明顯，呈現一個非常不均質的世界。主要為自給自足以地方性經濟為主的情境，各地區相對分割，自行發展，強調自主和地區保護，因而各地區人口增長的差異大，使人口持續增加；各地區經濟發展不平衡，經濟成長和技術進步均較為緩慢且脆弱；能源仍舊倚賴於化石燃料。

SRES-B1 的未來世界經濟一體化程度高，人口成長型態與趨勢與 SRES-A1 相類似，在二十一世紀中葉達到巔峰值之後開始下降，但此情境更強調經濟、社會和環境的可持續性，注重公平，但不考慮減緩氣候變化的各種措施，第三產業的比例增加，經濟結構趨向於服務，經濟架構發生迅速變化，材料密集程度下降，

注重清潔、高效資源技術的引進。

SRES-B2 所模擬未來世界的地區分化明顯，各地區焦點集中於社會、經濟、環境持續發展的地方性方案，在各自地區內，注重環境保護，強調社會公平。此情境中，全球人口將持續成長，但成長率比 SRES-A2 略低，經濟發展則處於中等水平，與 SRES-A1、SRES-B1 相比，技術進步呈現多樣化，但新技術和高效技術引進推展較慢，主要強調地方和區域性水平的層次。

IPCC 對未來世界情景的描述，並沒有任何明顯地偏好，只是為了分析未來可能的發展路徑和排放狀況，為現實的認識與決策提供定量依據。圖 3-1-3 顯示六組情境模擬下，大氣中二氧化碳濃度逐年變化狀態以及二十一世紀全球社會和經濟指標變化。

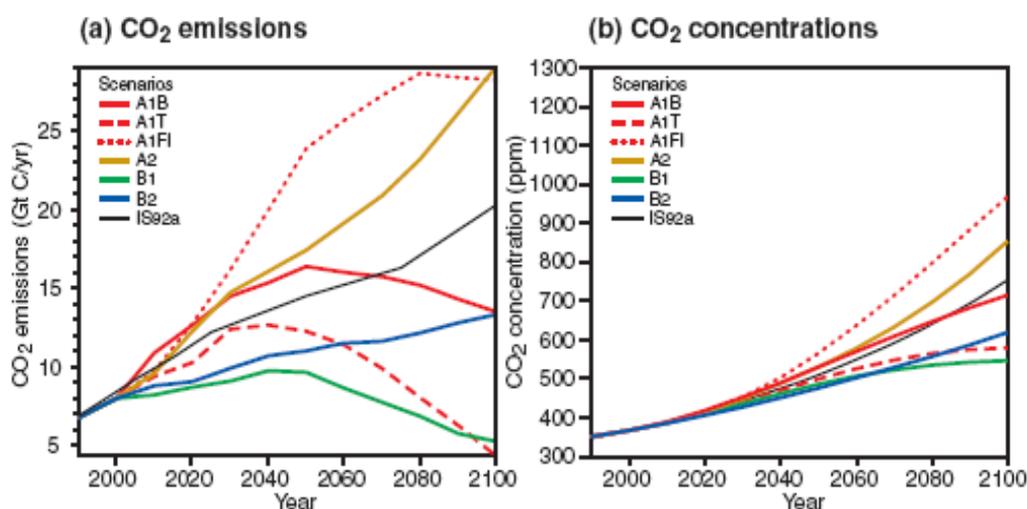


圖 3-1-3：IPCC 第三次報告依六種情境全球溫室氣體濃度量及排放量的模擬趨勢

資料來源：IPCC (2001)

三、氣候模式之選定

綜觀上述，因為人類活動的多變化，未來可能對溫室氣體排放之設計需要設定多種情境模擬，IPCC 於 2001 年第三版氣候變遷綜合評估報告書 (TAR) 與國際氣象機構合作進行數個全球模擬，並且於其網站上提供氣壓、降雨量以及溫度之月平均氣候資料與數據 (<http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>)，以供相關研究所需之資訊。氣候變遷可能對人類所產生之衝擊，必須採用多種全球模式對多種情境進行模擬，將其結果加以綜合分析以提供未來多變氣候的不確定性解釋，以利後續人類生活之助益，其中在溫室氣體排放的情境模擬中，根據 IPCC 所公佈的社經情境模擬的數據，以 SRES-A2 和 SRES-B2 最常被使用，而 SRES-A2 較 SRES-B2

之二氧化碳排放量多且對未來環境較不友善。

目前臺灣大學全球變遷中心所完成之台灣地區氣候模擬資料，為 IPCC 氣候資料庫所提供之五種全球模式模擬資料，以 SRES-A2、SRES-B2 兩項模擬情境進行台灣區域降尺度模擬（表 3-1-1），所完成之氣候因子為月平均溫度與月平均降雨量，本研究將經由五種全球模式之探討與分析，從中選其一種模擬資料成果進行後續之研究。後續將說明與介紹氣候模式之選定過程，並對本研究所選定之原因與相關內容進行說明。

表 3-1-1：GCM 模式名稱與發展模式之氣象機構

氣象機構	縮寫	模式名稱	SRES 情境(TAR)
Max Planck Institute für Meteorologie 德國	EH4	ECHAM4/OPYC3	A2 & B2
Hadley Centre for Climate Prediction and Research 英國	HAD3	HADCM3	A2 & B2
Geophysical Fluid Dynamics Laboratory 美國	GFDL	R30	A2 & B2
Canadian Center for Climate Modelling and Analysis 加拿大	CMA	CGCM2	A2 & B2
Center for Climate System Research National Institute for Environmental Studies 日本	CCS	CCSR/NIES AGCM+CCSR OGCM	A2 & B2

資料來源：柳中明（2007）

本研究全球氣候模式數據的取得，來自於台灣大學全球變遷研究中心，分別為 CCS、CMA、EH4、GFDL 與 HAD3 共五種全球氣候模式之台灣降尺度區域模擬資料，此五種氣候模式分別由日本、加拿大、德國、美國以及英國之氣象機構所研發而來。所模擬的情境為 SRES-A2、SRES-B2，其中 SRES-A2 對於未來溫室氣體的預期排放量模擬較 SRES-B2 為多。

本研究藉由上述五種氣候模式模擬出 2010 年、2050 年、2090 年三年之全台灣月平均溫度及降雨量資料，綜合整理出 SRES-A2 與 SRES-B2 此三年之年平均

溫度、乾季平均日降雨量和雨季平均日降雨量，分別如表 3-1-2 以及表 3-1-3 所示，其中乾季是指該年一月、二月、三月、四月、十月、十一月、十二月共 7 個月份；雨季是指該年五月、六月、七月、八月、九月共 5 個月份。

由表 3-1-2 和表 3-1-3 所顯示之資料可知，2010 年、2050 年和 2090 年所模擬之年平均溫度，不管是 SRES-A2 或 SRES-B2 所模擬出來之數據皆未呈現大幅度的差異，在 SRES-A2 的條件之下，五種氣候模式之最大值與最小值之差距，皆落在 1~2.2°C 之間；而 SRES-B2 的條件之下，五種氣候模式之最大值與最小值之差距範圍更是縮小在 1.3~1.6°C 之間，歧異度皆不大。另外，由圖 3-1-4 和圖 3-1-5 可知，五種氣候模式所模擬出之年平均溫度，呈現一致的趨勢，皆顯示出未來的氣溫將有逐漸上升的趨向。

在降雨量方面，五種氣候模式的模擬上，大致是呈現一致的趨勢，只是在不同情境之下，其中一、兩個模式會呈現不一致的狀態，以 SRES-A2 所模擬之結果為例，在雨季平均日降雨量（圖 3-1-6）方面，HAD3 模式呈現相當不一致的趨勢；在乾季平均日降雨量（圖 3-1-7）方面，則是 GFDL 模式與其他模式呈現較不一致的情況，而 SRES-B2 所模擬出的雨季平均日降雨量（圖 3-1-8）和乾季平均日降雨量（圖 3-1-9），並無較明顯之差異，皆有部分模式呈現相似之趨勢。而數據的部分，不管是在 SRES-A2 或 SRES-B2 的條件之下，五種氣候模式之乾季平均日降雨量最大值與最小值的差距，並不會大於 2 mm；雨季平均日降雨量的模擬方面，五種氣候模式所產生之差距較大，但皆在 4 mm 左右，只是 SRES-A2 在 2050 年的模擬值中，最大值與最小值之差距值達 6 mm，是所有模擬值中差距較大的。

以模擬結果來看，降雨量較溫度所模擬出來的數值相差較多，但在模擬趨勢上，五種氣候模式雖然並未完全呈現相當一致的情形，但皆有部分模式是呈現相似的趨勢。以雨季的平均日降雨量來看，在 SRES-A2 的情境下（圖 3-1-6），CCS 與 CMA 模式是呈現先上升在下降的趨勢，EH4 與 GFDL 模式則是呈現緩慢下降的趨勢；在 SRES-B2 的情境下（圖 3-1-8），CCS 和 HAD3 模式隨著時間呈現先上升後下降的趨勢，EH4 與 GFDL 模式則是呈現緩慢上升的趨勢。另一方面，觀察乾季的平均日降雨量，在 SRES-A2 的情境下（圖 3-1-7），CCS、CMA 和 HAD3 皆呈現逐漸增加的趨勢；在 SRES-B2 的情境下（圖 3-1-9），CCS、CMA 和 GFDL 也是呈現逐漸增加的趨勢，只是增加幅度不同，EH4 和 HAD3 則是先下降之後才逐漸升高。

表 3-1-2：SRES-A2 下五種氣候模式之變化表

年平均溫度(A2)					
	CCS	CMA	EH4	GFDL	HAD3
2010	19.7815	20.2983	19.3162	19.9410	19.5893
2050	21.4848	20.5843	20.5164	20.2800	20.5866
2090	23.4269	22.4806	22.0958	21.1684	21.5753
雨季(五月~九月)平均日降雨量(A2)					
	CCS	CMA	EH4	GFDL	HAD3
2010	10.4573	7.9585	10.0939	11.1011	12.6331
2050	14.0000	11.4094	9.7861	10.4197	7.9776
2090	12.2993	7.4615	9.3888	8.4073	10.4568
乾季(十月~四月)平均日降雨量(A2)					
	CCS	CMA	EH4	GFDL	HAD3
2010	3.1168	2.0159	2.6052	3.9104	3.3050
2050	3.8820	3.6307	4.2434	2.8379	4.1034
2090	4.4827	3.9466	4.2003	2.6895	4.1545

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製 溫度單位：°C 雨量單位：mm

表 3-1-3：SRES-B2 下五種氣候模式之變化表

年平均溫度(B2)					
	CCS	CMA	EH4	GFDL	HAD3
2010	20.4447	19.6266	19.6580	18.8171	20.0938
2050	21.0630	19.8010	20.4073	21.1365	21.0717
2090	22.3841	22.3593	21.3299	20.7846	21.2529
雨季(五月~九月)平均日降雨量(B2)					
	CCS	CMA	EH4	GFDL	HAD3
2010	8.7960	12.8473	9.4893	10.0382	9.2228
2050	12.0629	11.7423	9.6909	10.8732	13.1475
2090	9.1323	12.4163	11.0379	12.7228	10.3019
乾季(十月~四月)平均日降雨量(B2)					
	CCS	CMA	EH4	GFDL	HAD3
2010	3.4760	3.2798	3.9823	2.5919	3.0548
2050	4.6580	3.3930	3.0546	3.8617	2.8845
2090	4.8037	4.5199	3.3807	4.2413	3.4171

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製 溫度單位：°C 雨量單位：mm

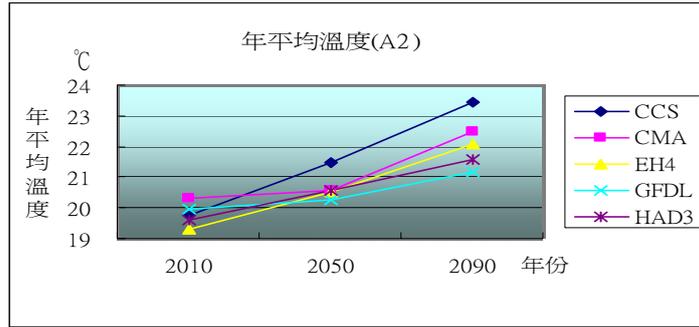


圖 3-1-4：SRES-A2 之全台灣年平均溫度

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

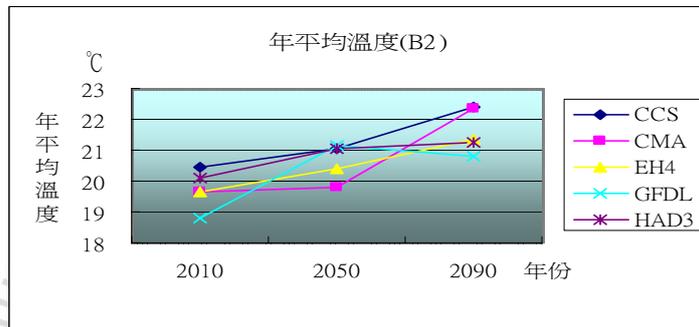


圖 3-1-5：SRES-B2 之全台灣年平均溫度

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

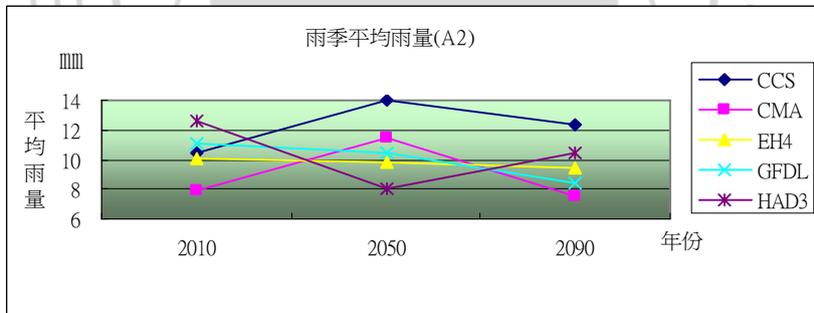


圖 3-1-6：SRES-A2 之全台灣雨季平均日降雨量

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

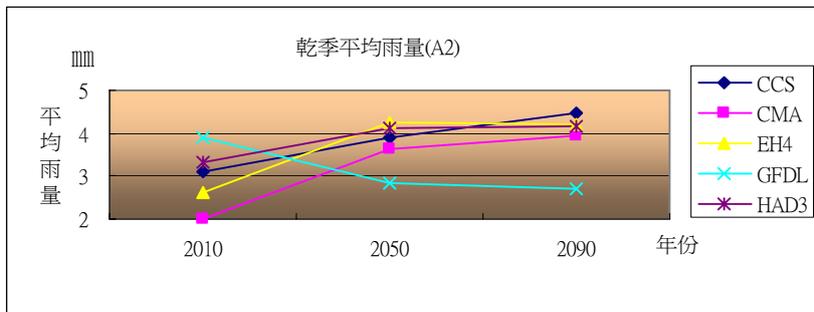


圖 3-1-7：SRES-A2 之全台灣乾季平均日降雨量

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

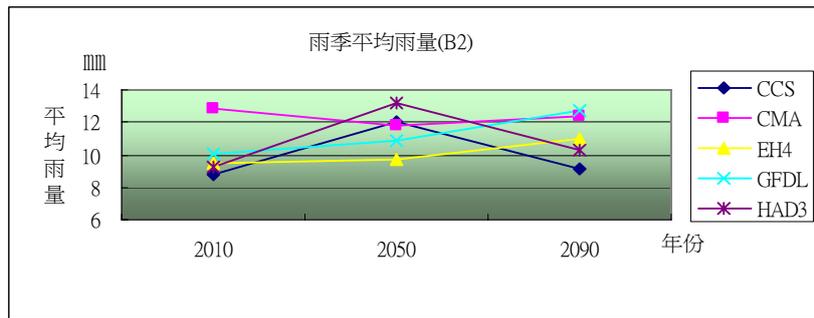


圖 3-1-8：SRES-B2 之全台灣雨季平均日降雨量

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

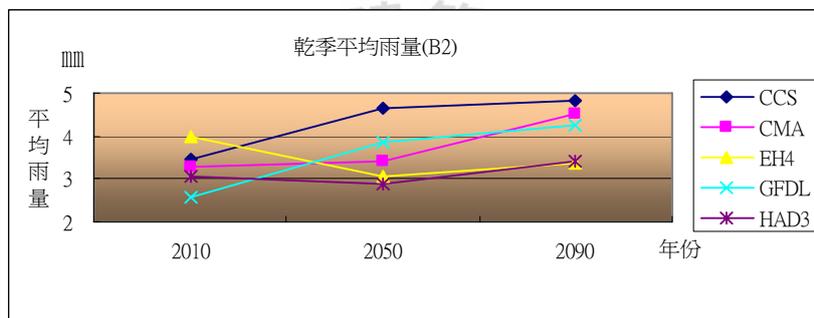


圖 3-1-9：SRES-B2 之全台灣乾季平均日降雨量

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

綜觀上述，五種氣候模式在氣溫的模擬上，並無呈現不一致之狀態，顯示此五種氣候模式在模擬未來氣溫方面，具有一定之準確度；在降雨量的模擬上，雖然較有差異性，但可由氣候模式所模擬之趨勢結果看出，CCS 模式與其他模式之趨勢相似度較高，故應具有較高之可信度，且該模式由日本氣象機構所研發，較其他四種氣候模式之發展機構，在全球區位上與台灣較相近，其地理位置以及面積大小與台灣具有較高之相似性，在探討氣候模式之適合性上，CCS 模式應該較適合台灣地區使用，因此，本研究將以 CCS 模式作為後續研究之氣候模式。

四、台灣地區氣候變遷模擬資料

氣候變遷對人類所產生之可能衝擊，必須採用多種全球模式對多種情境進行模擬，再將其結果加以綜合分析以提供未來氣候之不確定性解釋，其中在溫室氣體排放之情境模擬中，根據 IPCC 所公佈之社經情境模擬之數據，以 SRES-A2 和 SRES-B2 最常被使用，通常前者對於未來溫室氣體的預期排放量模擬較後者為多。本研究將以目前臺灣大學全球變遷中心運用日本 CCS（CCSR/NIES

AGCM+CCSR OGCM, Center for Climate System Research National Institute for Environmental Studies)模式所完成之台灣地區氣候降尺度模擬資料進行氣溫及雨量的變遷模擬，並以 SRES-A2、SRES-B2 兩個情境進行全台灣地區氣候之模擬，以下將針對台灣地區之氣溫及雨量模擬結果作說明³。

經由模擬結果可知，不管是 SRES-A2 或 SRES-B2，在溫度變化方面都有逐漸增高的趨勢，只是 SRES-A2 比 SRES-B2 升高幅度較大，溫度也都較高，主要是因為兩者對於未來生活環境之友善程度不同。從 2000 年、2050 年、2090 年的年平均溫度方面（圖 3-1-10、圖 3-1-11）來看，平原地區溫度仍是比山區較高，靠近山區之平均溫度從 2000 年之 14°C 左右上升到 2090 年將近 22°C，而平原地區則是從 2000 年氣溫大約在 22~23°C 左右，逐漸上升到 2050 年約為 23~25°C 左右，若到 2090 年年平均氣溫已將近 28~30°C，特別是台北盆地與西南沿海平原，溫度上升幅度相當大。

從整體的年平均溫度來看，不管是 SRES-A2 或 SRES-B2 的年平均溫度皆是上升，但還是生長可容忍之溫度範圍內。下面將針對夏季（6、7、8 月）平均溫度與冬季（12、1、2 月）平均溫度之模擬結果作分析說明，SRES-A2 中 2000 年、2050 年、2090 年之夏季平均溫度約落在 7~33°C 之間（圖 3-1-12），冬季平均溫度從 0~25°C（圖 3-1-13）；而 SRES-B2 中 2000 年、2050 年、2090 年之夏季平均溫度約落在 7~31°C 之間（圖 3-1-14），冬季平均溫度則是從 -2~25°C（圖 3-1-15），由此可知，在夏季平均溫度 SRES-A2 較 SRES-B2 之溫度落差較大，冬季平均溫度反而是 SRES-B2 溫差較 SRES-A2 大，由數據中可知，SRES-A2 不管是在夏季或冬季所模擬出之氣候結果，比 SRES-B2 溫度要高，且至 2090 年溫度上升幅度相當大。

由台灣地區夏季平均溫度之模擬結果（圖 3-1-12、圖 3-1-14）可看出，在 SRES-A2 和 SRES-B2 下，台灣地區平原地帶在 2050 年時，平均溫度已達到 27~29°C，若再往後 40 年到 2090 年時，平均溫度已達到 29~31°C，在 SRES-A2 的模擬下，更有部分地區之平均溫度上達 33°C，氣溫上升之速度是很驚人的，並且溫度較高之地區，多為人口集中或農作物主要生長之區域，如：台北盆地、西南沿海平原以及蘭陽平原與屏東墾丁一帶，未來確實需更加重視高溫頻率較高之地區，以防範氣候變遷所造成之危害。

³ 氣溫與雨量之模擬資料，承國立台灣大學全球變遷中心柳中明教授、林淑華博士協助提供，惟部份區域模擬之氣候資料有缺漏之處，故本研究運用插補之方式使氣候資料更趨完整性。

冬季平均氣溫方面（圖 3-1-13、圖 3-1-15），在 2000 年時，SRES-A2 與 SRES-B2 的冬季平均溫度相差不多，直到 2050 年仍然維持此現象，人口聚集之平原冬季平均溫度約 20°C 左右，當時間來到 2090 年時，SRES-A2 的平均溫度則與 SRES-B2 的平均溫度相當，約在 20~23°C 間，而兩者在中南部之平均溫度較北部地區高，北部地區除台北盆地溫度較高外，其餘皆在 20°C 左右，緯度越低溫度逐漸升高，南部地區高雄、屏東冬季平均溫度都高達 24、25°C，此現象除了顯示冬季溫度與夏季溫度一樣持續上升外，也顯示出 SRES-A2 在冬季溫度上升幅度較大，SRES-B2 在冬季溫度上升幅度較小，不過不管在哪種情境下，未來台灣地區之溫度皆是呈現持續上升的情況，是值得加以重視的，特別是在溫度上升幅度較大之地區。

降雨量之模擬主要分為雨季（5、6、7、8、9 月）平均降雨量以及乾季（10、11、12、1、2、3、4 月）平均降雨量，在雨季平均降雨量方面（圖 3-1-16、圖 3-1-18），無論是 SRES-A2 或 SRES-B2 之模擬結果，從 2000 年到 2050 年而後到 2090 年間之變化情形，大致上皆呈現降雨量逐漸上升後下降的趨勢，不過變動的幅度依模式之不同而不一，在 SRES-A2 下，從 2000 年 3mm~25mm 間，逐漸增加到 2050 年的 6mm~70mm 之間，再逐漸減少至 2090 年 4mm~31mm 間，在 SRES-B2 下，從 2000 年 4mm~23mm 間，逐漸增加到 2050 年 6mm~40mm 之間，微幅減少至 2090 年 3mm~39mm 間；在乾季平均降雨量方面（圖 3-1-17、圖 3-1-19），則無上述波動較大之情況，並且兩種模擬情境變動幅度皆不大，SRES-A2 在此三年之平均降雨量大約都落在 0mm~18mm 之間，各年間乾季平均降雨量差異不大，SRES-B2 在此三年之平均降雨量也都約落在 0mm~23mm 之間，SRES-B2 之乾季平均降雨量較 SRES-A2 要來的多。

由台灣地區降雨量之模擬結果分布圖可知，降雨量在空間分布上，無論是 SRES-A2 或 SRES-B2 大致上呈現一致的狀態，降雨量較多之地區，在未來幾年仍然維持較多之降雨量，反之亦然。在雨季方面，雨量較多之地區多位於宜蘭山區以及南部山區，西部沿海平原相對而言降雨量較少；而乾季雨量較多之地區，則位於東北角海岸地區，以及宜蘭縣地帶，乾季降雨量較少之地區與雨季相同都為西部沿海平原，比較特別的是在乾季降雨量較多之地區多位於北部區域，雨季降雨量較多之地區則多位於南部地區，未來對於水資源之規劃應謹慎考量降雨量之分布情況與變化情形。

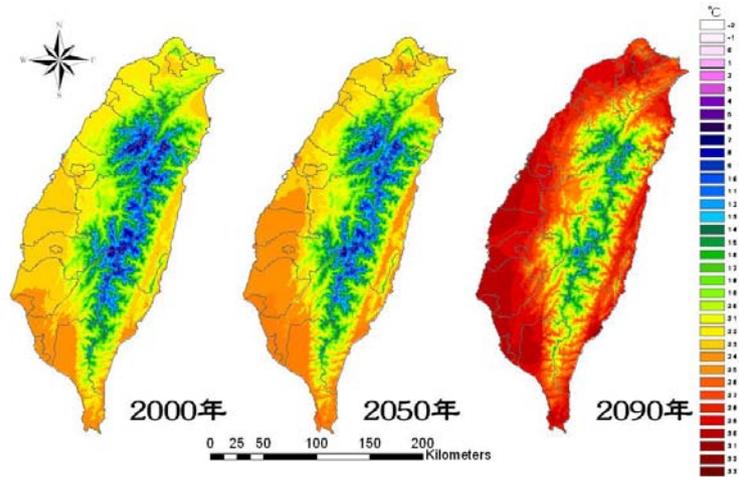


圖 3-1-10：台灣地區年平均溫度分布圖（SRES-A2）

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

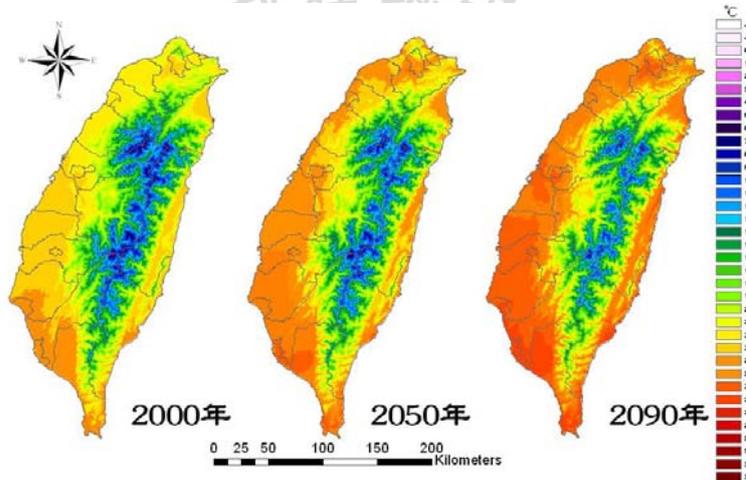


圖 3-1-11：台灣地區年平均溫度分布圖（SRES-B2）

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

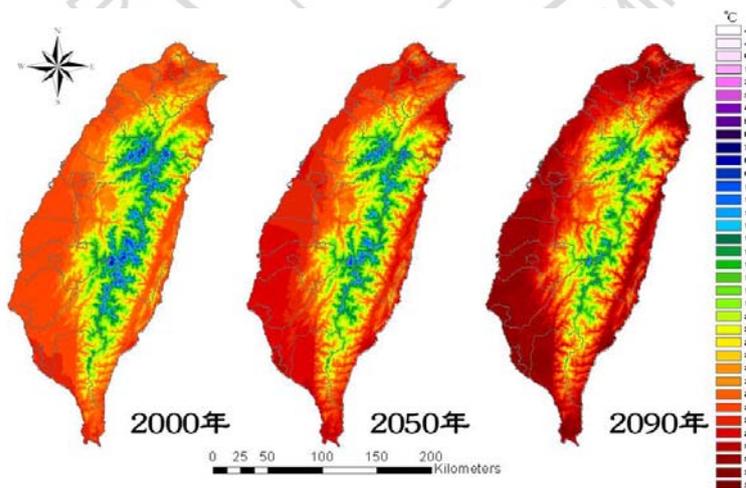


圖 3-1-12：台灣地區夏季平均溫度分布圖（SRES-A2）

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

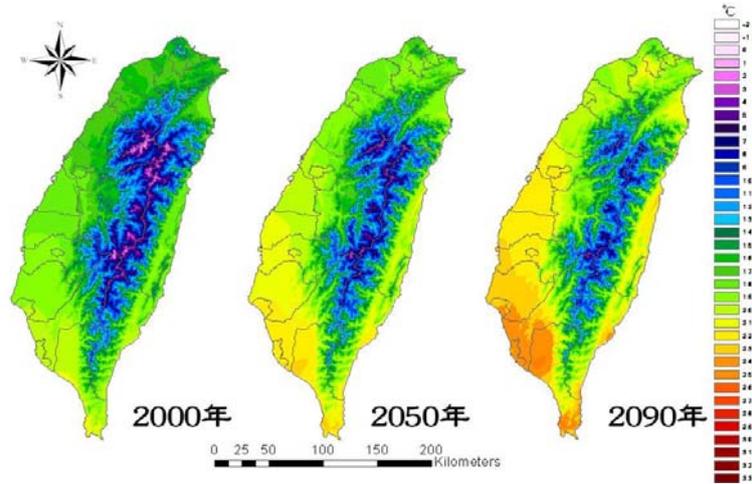


圖 3-1-13：台灣地區冬季平均溫度分布圖（SRES-A2）

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

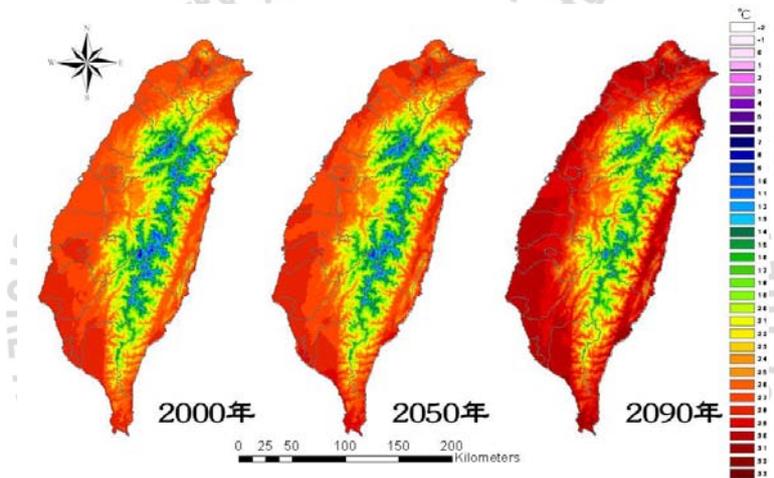


圖 3-1-14：台灣地區夏季平均溫度分布圖（SRES-B2）

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

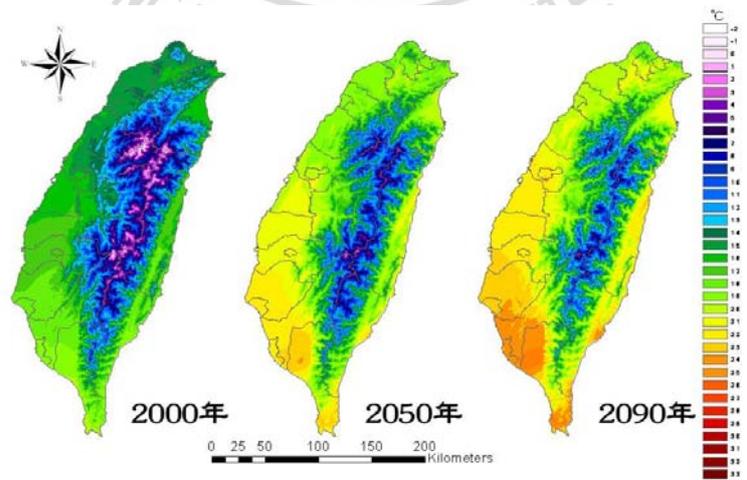


圖 3-1-15：台灣地區冬季平均溫度分布圖（SRES-B2）

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

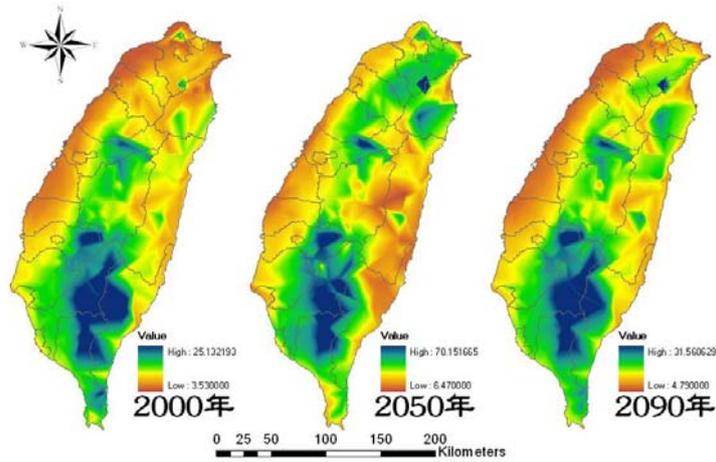


圖 3-1-16：台灣地區雨季平均降雨量分布圖（SRES-A2）

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

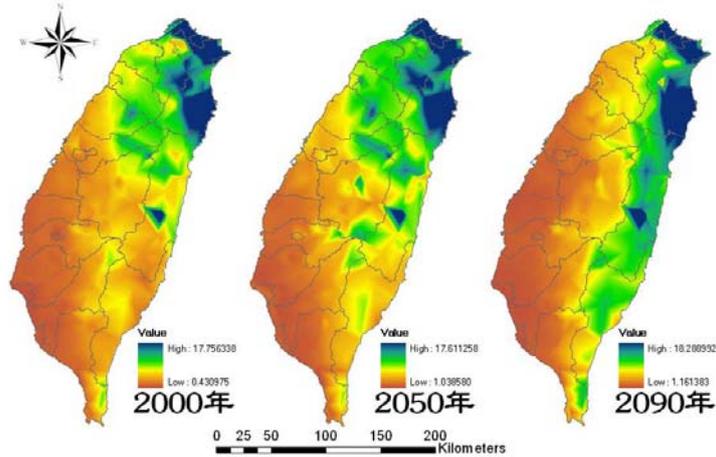


圖 3-1-17：台灣地區乾季平均降雨量分布圖（SRES-A2）

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

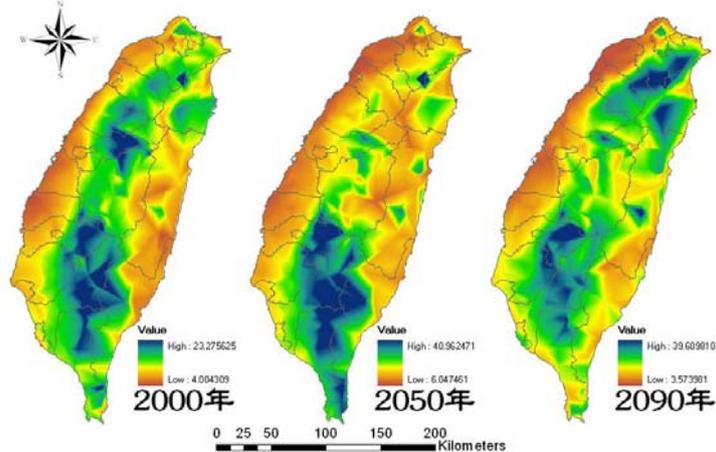


圖 3-1-18：台灣地區雨季平均降雨量分布圖（SRES-B2）

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製

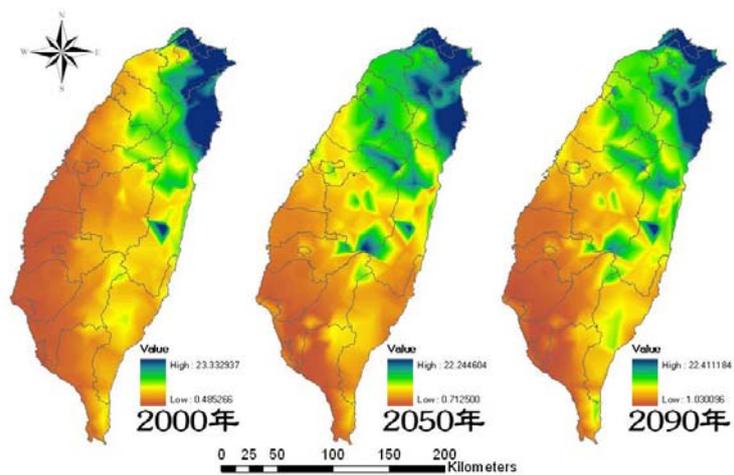


圖 3-1-19：台灣地區乾季平均降雨量分布圖（SRES-B2）

資料來源：全球變遷研究中心，本研究繪製



第二節 都市災害型態與衝擊

透過上述第二章相關文獻之整理，氣候變遷所產生之現象與衝擊，影響範圍相當廣泛，不論是在國家區域或各種產業類型皆全面受到影響，本研究主要針對都市地區所受之衝擊與災害型態進行探討，未來在氣候變遷衝擊下，都市地區中將會有許多系統受到影響，都市發展未來將承受更大之壓力，影響的型態與災害風險也相當多變，本節將論述都市地區受氣候變遷影響下之災害型態與衝擊項目。

一、氣候變遷對各系統之衝擊

目前 IPCC 第四版評估報告(AR4)的結果為國際氣候變遷科學證據與未來預估的主要依據，該組織的第二分組(working group II)負責氣候變遷之衝擊、調適與脆弱性部分。以下敘述摘錄於 AR4 的合成報告(synthesis report)，描述有關氣候變化所導致的衝擊以及各區域的衝擊預估，摘錄自國家災害防救科技中心翻譯資料。

IPCC 第四版評估報告 (AR4) 發表以來，新增許多研究，尤其是過去很少探索的領域，已使得科學界能夠更有系統地瞭解伴隨著不同的全球平均溫度變化幅度和速度，相關衝擊之強度與時機將如何受到氣候變遷與海平面上升的影響。

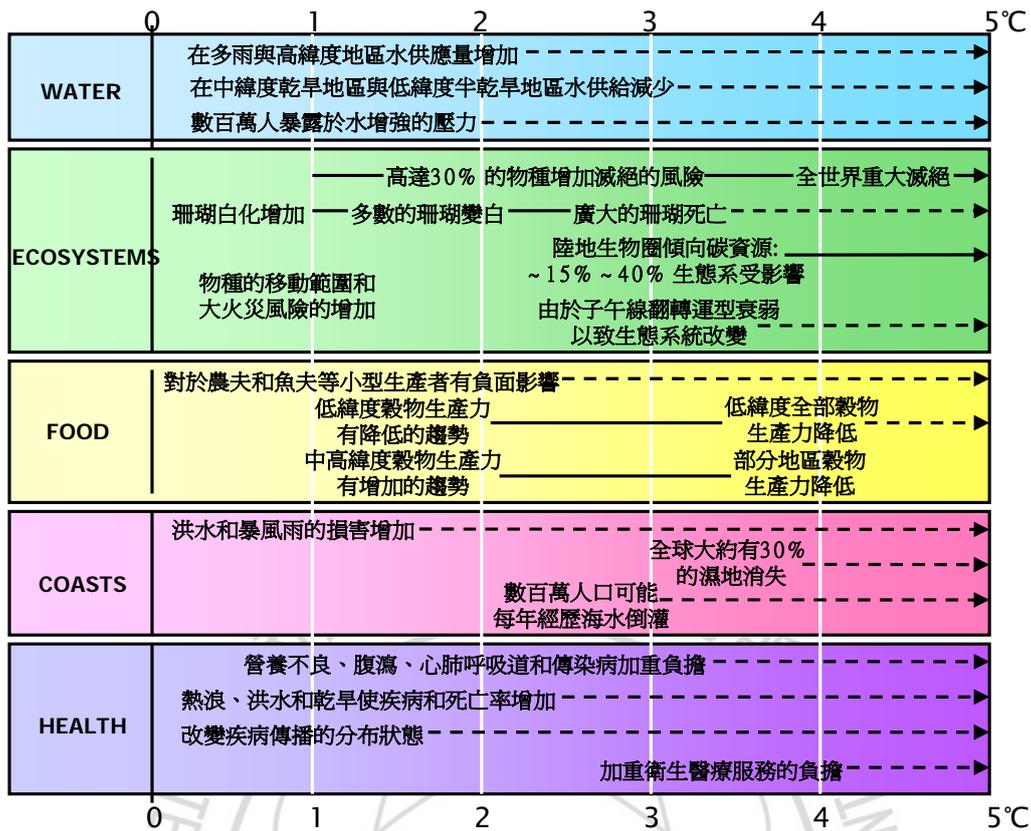


圖 3-2-1：重要衝擊與全球平均溫度增幅之關係圖

資料來源：IPCC (2007)；本研究整理

這些新的評估資訊將列於圖 3-2-1，其中項目選擇之判斷標準係根據其與人類和環境之相關性。圖中所示溫度為相對於 1980-1999 年的全球平均溫度變化，指出溫度上升之後果與影響範圍，黑線代表連接衝擊，虛線箭頭表示衝擊隨著溫度升高而持續發生，主要突顯 21 世紀全球平均地表溫度不同上升量情況下所推估氣候變遷(及相關的海平面和大氣中二氧化碳濃度變化)引發的全球衝擊之事例。

氣候變遷對各系統的衝擊影響如下：

(一)水資源

氣候變遷預計將加重目前人口增長、經濟變革和土地使用變化(包括城市化)對水資源造成的壓力。預估近幾十年冰川物質普遍損失和積雪減少的速率將會在整個 21 世紀期間加快，從而減少可用水量，降低水力發電的潛力並改變依靠主要山脈(如：興都庫什、喜馬拉雅、安第斯)融水地區河流的季節性流量，而這些地區居住著當今世界上六分之一以上的人口。另外，在較高緯度地區和部分潮濕的熱帶地區，包括人口密集的東亞和東南亞地區，依據高可信度的預估，到本世

紀中葉逕流將會增加 10%-40%；而在某些中緯度和乾燥的熱帶地區，由於降水減少且蒸發率上升，逕流量將減少 10%-30%。另有高可信度表明，許多半乾旱地區(如：地中海流域、美國西部、非洲南部和巴西東北部)的水資源將由於氣候變化而減少，預估受乾旱影響地區的範圍可能擴大，並有可能對許多行業(如農業、供水、能源生產和衛生)產生不利影響。現有的研究顯示，豪大降水事件的頻率非常可能增加，因而導致水災風險升高，由此增加的洪水風險將給社會、有形基礎設施和水質帶來挑戰，預估到 21 世紀 80 年代，可能多達 20% 的世界人口將生活在江河洪水可能增多的地區。

(二)生態系統

許多生態系統的適應彈性可能在本世紀內被氣候變遷、相關干擾(如洪澇、乾旱、森林火災、蟲害、海水酸化)和其他全球變遷驅動因素(如土地利用改變、汙染和資源過度開採)的綜合影響所超越。在本世紀，陸地生態系統的碳淨吸收可能在本世紀中葉之前達到高峰，隨後減弱甚至出現逆轉，因而擴大氣候變遷的程度。如果全球平均溫度增幅超過 $1.5^{\circ}\text{C}\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ ，目前所評估的 20% - 30% 的動植物物種可能面臨更高的滅絕風險。如果全球平均溫度增幅超過 $1.5^{\circ}\text{C}\sim 2.5^{\circ}\text{C}$ ，並伴隨著大氣二氧化碳濃度增加，生態系統結構和功能、物種的生態相互作用、物種的地理範圍等方面，預估會出現重大變化，並在生物多樣性、生態系統的產品和服務(如水和糧食供應)方面產生負面的衝擊。

(三)糧食

在某些中至高緯度地區，推估作物生產率將因局部平均溫度上升達 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ (所需的溫度增幅視不同作物而有所差異)而微幅增加，部分地區則因溫度增幅超過此範圍，反倒使作物生產率下降。在低緯地區，特別是季節性乾燥的區域和熱帶區域，即使局地溫度有小幅上升($1^{\circ}\text{C}\sim 2^{\circ}\text{C}$)，推估農作物生產力也會降低，進而導致饑荒風險增高。就全球而言，如果當地平均溫度上升幅度在 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 的範圍內，糧食生產力推估將會增加。但如果溫度增幅超出此一範圍，則糧食生產力推估將會減少。旱災及水災發生頻率增加，推估將對當地作物產量造成負面影響，特別是低緯度地區的維生作物。

(四)海岸帶

由於氣候變化和海平面上升，海岸帶預計會遭受更大風險，包括海岸帶侵蝕。再加上人為因素對海岸構成的壓力，預估情況將更形惡化。此外，珊瑚很容易受熱應力傷害，且珊瑚的適應能力也很低，除非珊瑚能具有對熱及環境更好的

適應能力，一旦海面溫度上升約 1~3°C，推估將造成更頻繁的珊瑚白化事件和珊瑚大規模死亡。海岸濕地(包括鹽沼和紅樹林)推估將因海平面上升而受到負面影響，尤其是當這些濕地被沈積物覆蓋或向陸地發展受限時。由於海平面上升預估到了 21 世紀 80 年代，每年將會增加屬以百萬計的人口遭受洪水之害。亞洲和非洲人口稠密的低窪大三角洲受影響的人口數量最多，而小島嶼則會更加脆弱。

(五)健康

暴露在氣候變遷情境下，可能影響數百萬人的健康狀況，尤其是調適能力較低者，如營養失調進而引發疾病的情況增加；因極端天氣事件導致死亡、疾病和傷害增加；腹瀉疾病增加；由於與氣候變化相關的地面臭氧濃度增加，心血管及呼吸道疾病的發病率上升；以及某些傳染病的空間分佈發生改變。氣候變遷也可能將產生某種混合效應，譬如非洲瘧疾之分布範圍與傳染潛力之增減。不過，氣候變遷可能在溫帶地區帶來某些效益，譬如因寒冷而死亡的人數減少。但總體來說，部分效益將被全球溫度上升的負面衝擊所掩蓋。

上述之五大系統受到氣候變遷影響導致全球許多地區受到影響，當然具有此五系統的都市地區也將深受衝擊，未來在探討都市受氣候變遷衝擊影響，將以此五大系統為起點，作為都市調適氣候變遷之基礎，以面對都市災害之衝擊。

二、氣候變遷對都市地區之衝擊

氣候變遷所帶來的衝擊，在人類活動密集的都市地區，所造成之經濟社會與生活影響，必定更為顯著，各系統與行業在都市區域內，也將造成相當程度之衝擊與影響，更與都市內之部門有密切之關聯。

世界銀行(World Bank)與 ISDR 共同合作之 Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities 報告書中提到，因為大氣中溫室氣體引起快速的氣候變化，使生態系統脆弱並且海平面的上升也影響生活和生計；增加風暴雨、颶風、乾旱和水災的強度；更大頻率的熱和冷；更多迅速蔓延傳播的呼吸道疾病、帶菌和飲水傳染的疾病；人口變遷；以及在稀有資源上的衝突。

氣候變遷與各系統、部門間之關連，由圖 3-2-2 可看出，溫室氣體增加與氣候暖化將影響海水面、溫度、降水以及極端事件的發生，導致水、生態系統、食物、海岸地區、健康、基礎設施、交通運輸和能源部門受到影響，進而產生許多衝擊效應，如：疾病增加、水供給減少、經濟混亂…等衝擊。氣候變遷特別在人

口數量沉重與經濟活動脆弱度高和易受影響的都市地區造成威脅，例如海岸都市、鉅型都市等。



圖 3-2-2：各層級受氣候變遷影響之關聯圖

資料來源：World Bank and ISDR (2008)

氣候變遷的主要影響可由三個高度相關的構面組成：(1) 環境：沿海和海洋系統、森林覆蓋和生物多樣性的環境變遷。(2) 經濟：威脅水資源的安全、衝擊農業和漁業、旅遊業瓦解和降低能源安全—以上這些都有可能對國內生產毛額有負面影響。(3) 社會：人口變遷、喪失生計以及增加健康問題。

以上氣候變遷影響的每個種類未來將以更嚴重和更頻繁的災難形式表現，洪水、乾旱、流行病和其他氣象的災難預計將更經常發生。氣候變遷在經濟和社會的衝擊預計顯著降低城市對地震和其他具有毀滅性的事件的應變能力，因此氣候變遷管理與城市加強災害風險管理能力需有緊密的關係。

David Satterthwaite (2008) 以不同角度闡述氣候變遷對於都市地區當前、未來的衝擊、受影響之區域或最受衝擊的群體 (表 3-2-1)，顯示各氣候現象對於都市地區所需注意之地方以及突發性氣候變化的衝擊區域，雖然此涵義還未被清楚建立，但仍值得作為都市應變災害之參考。在中低收入國家的市中心，容易因為極端天氣事件的次數和強度，如暴雨、龍捲風或颶風而增加風險。有些城市則因為所在地而增大災害風險，如沿海城市因為海平面上升與沿海洪水的侵襲，其受到暴風雨的威脅是加倍的。以下將針對 David Satterthwaite 所提之內容作一介紹。

(一) 洪水

城市地區始終存在一些風險，當洪水或降雨發生時，建築物、道路、基礎設施和其他建設為防止雨水滲透到土壤裡，卻產生更多的地表徑流。強度大或長時間的降雨所產生大量的地表水，能輕易使任何一個城市的排水系統失去作用。然而，在治理有方的城市，因為良好的配套措施，水災是一個很少見的問題，例如使用的公園和其他地區的開放空間來容納異常嚴重的洪水；在大多數城市，也有運用土地使用管理和調整，增加防洪水的管理能力。

氣候變遷會增加洪水侵襲的機率，在城市有三種途徑會增加洪水的風險，從海平面上升、暴風、嚴重的降雨或是跟過去相比較不尋常的降雨，以及透過氣候變遷，增加河川流量，如冰川融化。IPCC 指出，氣候變遷下的極端天氣可能會對供水造成影響，位於河流旁的汙水處理廠，常常是第一個受水災影響的基礎設施，電氣設備也特別容易暴露於危險之中，而嚴重的河流洪水與高流速下，管道極可能被損壞。此外，衛生也容易受到影響，洪水往往損害坑式廁所 (pit latrines) (大多數非洲國家和亞洲的城市人口依賴於坑式廁所)，洪水通常是從被污染的坑式廁所或化糞池溢流，影響人類衛生健康。

(二) 暴風雨、海平面上升和海岸都市的人口

在人口密集的亞洲三角洲地區，因海平面上升和變化而特別脆弱，如恒河的布拉馬普特拉河 (Brahmaputra) (即包括達卡)，湄公河，長江 (包括上海) 和湄南河 (曼谷)。在亞洲和非洲也有許多大城市人口和農村人口的風險特別高，像是尼羅河、塞內加爾 (Senegal) 和在美洲的密西西比 (新紐奧良 New Orleans) 等。還有人口密度日益增加的沿海國家 (如中國)，也都是受氣候變遷影響高危險之區域。

部分證據顯示，颶風風力將變得更加頻繁和激烈，颶風帶極可能向南移動。未來高度城市化的海岸具有相當大風險，因此，包括亞洲的越南、印度西部的古吉拉特邦 (Gujarat) 和印度東部的奧里薩邦 (Orissa)，以及一些主要城市地區，如：聖多明各 (Santo Domingo)、金斯敦 (Kingston) 和哈瓦那 (Havana)，皆是未來高風險之海岸都市。

(三) 限制供水和其他重要的自然資源

IPCC 指出，目前非洲直到 2020 年間，約有 250 萬到 7500 萬人預估將暴露在因氣候變遷所增加的供水威脅中。在亞洲地區，淡水供應將因氣候變遷之影響逐漸減少，特別是在大流域地區，隨著人口的增長和日益增加的需求所帶來的更

高的生活標準，可能對超過 10 億人造成負面影響。未來全球所有主要乾旱和半乾旱地區，如：智利北部、巴西東北部和北部的墨西哥、西非和埃塞俄比亞（Ethiopia）以及部分南部非洲和中國西部，水資源的供給限制將變得更加嚴峻。

（四）高溫和熱浪

在非洲、亞洲、拉丁美洲和加勒比地區的大多數城市，將經歷更多的熱浪，未來甚至有增加的趨勢。北美相關研究發現，亞洲和歐洲的熱浪使死亡率增加。而在 2003 年歐洲熱浪所導致的死亡，大多數是窮人和孤立的老人；在印度因熱浪死亡者，大多是勞動的工作者，顯示高溫熱浪對於弱勢族群有相對高的威脅性。對於高密度較大城市的“熱島”效應，相對於周邊地區的溫度差距將拉大，在熱帶城市溫差能達到 10 度。許多城市將面臨更多空氣污染物濃度增高的問題，特別是亞洲和拉丁美洲，其中有大部分的城市具有相當嚴重的空氣污染。

（五）其他和氣候變遷相關的風險

氣候變遷也可能會帶來更多的負擔，腹瀉病和改變一些傳染性疾病傳播媒介的空間分佈，例如許多熱帶疾病的發生，蚊子傳播瘧疾、登革熱和絲蟲病的生存和繁殖。近年來，由於白紋伊蚊（aedes）適應城市的條件，須特別注意登革熱迅速蔓延的個案。在印度瘧疾全面性的擴大，從目前東部和東北部的流行範圍，擴大到印度西部和南部。上述所有的健康風險，是目前大部分的城市人口所需要注意的氣候變遷影響。

極端天氣事件可能產生新的健康危害和造成公共醫療服務的干擾，導致疾病發病率增加。1998 年米奇（Mitch）颶風在中美洲造成瘧疾、登革熱、霍亂和鉤端螺旋體病案件增加導致人口與衛生條件差、基礎設施損壞和高傳染病，增加腹瀉病、霍亂和傷寒的機率。而其他健康風險，則需特別注意缺乏災前準備及準備不足之處或不善的設計和管理，導致災害事件的發生。

表 3-2-1：氣候變遷對都市地區之衝擊

氣候現象	影響/脆弱度	其他過程/ 重要性	未來的影響	受影響的區域/ 團體
颱風 熱帶氣旋 暴風	因洪水和暴風的傷亡及損害；經濟損失；交通、旅遊、基礎設施（如能源、交通）	土地使用 洪氾區人口 密度	在暴雨較多的沿海地區脆弱度較高；可能影響住宅區、健康、旅遊、經濟及運輸系統、建築物及基礎設施	沿海地區，人口與資源有限的地區，基礎設施，保險業

暴雨 河岸的洪水	侵蝕/滑坡;淹水;定居點;運輸系統;基礎設施	同沿海風浪加上排水設施	同沿海風浪加上排水設施	同沿海風浪
降雨	農業生計,海水倒灌,旅遊;水的基礎設施,旅遊,能源供應	從其他地區/部門來的競爭;水資源分配	依據地區,在某些地區受脆弱度的影響,使降水量增加(如洪水,但可以有建設性的)和在一些地區有所減少(見上述乾旱)	貧困地區和人口
熱浪 或寒流	對人類健康;社會穩定的,能源、水和其他服務(例如水或食物儲存),基礎設施(例如能源運輸)	建築設計和內部的溫度控制;社會背景和體制	使一些地區和族群的脆弱度增加;健康上的影響;能源需求的變化	中緯度地區;老人,幼年(或)非常貧困的人口
旱災	水的供應,生計,運用水的能源的生成,運移,運輸	供水系統;選擇性用水;能源需求;用水需求的限制	在受影響地區會有水資源的挑戰;人口及經濟活動的地點轉移;額外投資在供水上	乾旱和半乾旱地區,貧困和人口集中的地區;人類引起的缺水地區
氣溫	能源的需求和成本;城市空氣質量;凍土的解凍土壤;旅遊業和娛樂業;零售消費;生計;	人口和經濟的變化;土地利用變化;技術創新;空氣污染;體制能力	對能源需求的轉變;空氣質量的惡化;影響依賴融水的住區和生活區;土壤凍土層解凍會威脅一些地區的住宅區/基礎設施	非常多變化的,但在適應上有更多有限的的能力和資源的地方和人口處,有更大的脆弱度
海水倒灌	影響水基礎設施	地下水流的走向	在沿海地區增加脆弱度	地勢低窪的沿海地區,尤其是那些資源能力有限的地區
海平面上升	沿海土地使用:洪水風險,水災;水利基礎設施建設	沿海發展趨勢,新拓居地及土地使用	低窪沿海地區的長期脆弱性增加	同上述
突發的氣候變化	潛力分析	人口、經濟和技術的變化;體制發展	在特定時間區間對大部分地方和人口集中地可能有重大的影響	大部分的地區和團體

資料來源：David Satterthwaite (2008)

三、氣候變遷對都市設施/部門之衝擊

氣候變遷對都市地區帶來許多衝擊，然而都市所涵蓋之權責與部門相當大，所造成之經濟社會與生活之衝擊影響，必定相當顯著，此部分將氣候變遷對都市地區之影響細分，對於都市設施與部門所受之衝擊與因應之準備作一整理。

歐盟氣候變遷計畫第二工作小組 (ECCP WG II) (2006) 所提出的「都市計畫與建設調適部門報告 (Urban Planning and Construction Sectoral Report)」中指出，氣候變遷導致都市地區產生過熱情況形成熱島效應、降雨型態改變導致降雨分布不均，不同地區將面臨洪水與乾旱兩種不同情況，上述現象，將衝擊都市地區之衛生環境、運輸系統、水質和水量需求問題，並影響未來建築法規與結構，以及自然生態體系。

世界銀行 (World Bank) and ISDR (2008) 共同合作之報告中也提到，氣候變遷所帶來之風暴、洪水、山崩和極度溫度…等，將嚴重衝擊都市脆弱度高之地區，導致都市許多部門與功能受到衝擊，影響水資源供給不足，環境衛生與人類健康問題產生，能源系統和廢物料收集問題的浮現，並影響交通設施與生態環境系統，表 3-2-2 具體說明都市部門與功能受氣候變遷影響所可能產生之效應，令未來都市地區面對氣候變遷之減災與調適，可擬定相關功能分區之權責與應變措施。

表 3-2-2：氣候變遷對都市設施/部門之衝擊

受影響部門或設備	關鍵氣候影響	可能產生之效應	政府部門與功能
基礎設施	降雨減少、極端事件、溫度上升	水源供給安全降低、供水系統污染	環境：供水和灌溉
	降雨增加	更強烈的降雨（極端事件）將導致更多雨水流入或滲入廢水網路；雨天將增加淹水頻率與面積；更長的乾旱將增加阻塞的可能性	環境：廢水
堤防	降雨增加、海平面上升	增加氾濫的頻率；增加土石流；地下水位改變；海岸地區海水倒灌；沖積平原與郊區可能改變其特性與公共建設	緊急事件 / 環境：暴雨

氣候變遷下之台灣都市災害型態與衝擊評估先期研究計畫

交通基礎設施	極端降雨事件、颶風	由於洪水、山崩、滑落物和電線的損壞，風暴直接嚴重影響交通系統	交通基礎設施 (包括道路)
工業區、都市擴張、公共建設計畫	降雨增加、海平面上升、極端降雨事件、颶風	都市地區不適當的擴張；不完美的基礎設施	計畫/政策發展
土地使用和土地管理	降雨、風和溫度的改變	侵蝕增強；有害物種分布型態改變；火災風險增加；可用之灌溉用水減少；適宜之土地利用型態改變；蒸發量改變	環境：公園和遊憩場所
海岸發展的基礎設施管理	溫度改變導致海平面變化、極端風暴事件	海岸侵蝕與淹水；道路、通訊的混亂；私人財產和公共財的損失；水質影響	環境和緊急事件：海岸管理
緊急狀況的計畫和回應以及回復行動	極端事件	公眾安全風險提高；需管理洪水、農田大火、山崩和風暴事件的資源	國民的防禦和緊急管理
病蟲害管理	溫度和降雨改變	病蟲害種類的改變	環境和健康：生物安全
公園、室外運動場和都市開放空間制定計畫和管理辦法	溫度和降雨改變、極端風暴和降雨事件	可有效利用之水資源減少或產生變化；生物多樣性改變；害蟲種類分布與類型改變；地下水改變；沿岸地區海水倒灌；都市空間須更多避難區	開放空間和社區設備管理

資料來源：World Bank and ISDR (2008)

第三節 都市特性與氣候變遷衝擊

前一節所彙整之氣候變遷對都市之衝擊，為概括性及對於都市不同部門之說明，由於都市發展各有其地理特性與歷史根源，因此，不同的都市面對氣候變遷，亦會產生不同衝擊，需要不同的因應對策。本節將以都市範圍內之災害潛勢特性，以及都市屬性差異為基礎，說明其面對氣候變遷之差異。

一、都市災害潛勢地區

本研究運用 GIS 系統，將台灣地區之都市計畫區與災害潛勢區做套疊分析，以得出現今都市計畫區易受災害影響之地區分布情況，並透過前述氣候變遷影響之台灣地區氣溫與雨量分布圖，分析未來台灣都市地區受氣候變遷影響之情況，以利後續進行氣候變遷影響都市地區之研究分析。以下將針對台灣都市計畫區分布情形以及災害潛勢分布狀況（黃書禮、詹士樑，2006）作一介紹。

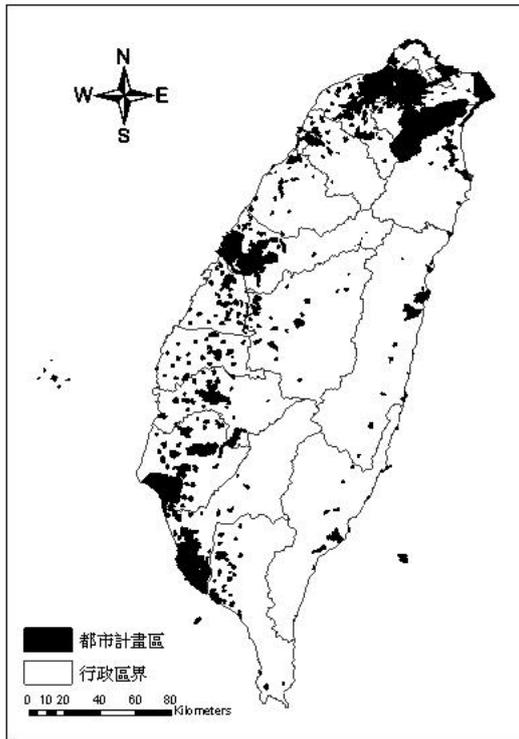


圖 3-3-1：都市計畫分布圖

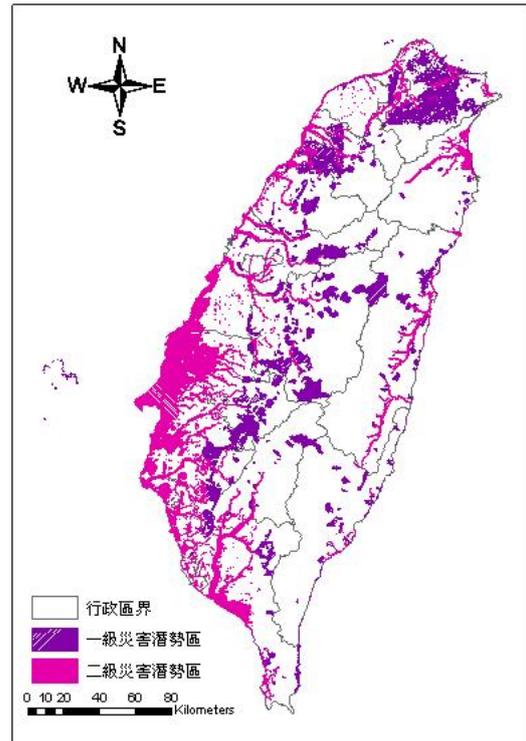


圖 3-2-2：災害潛勢分布圖

圖 3-3-1 為台灣區域都市計畫區分布圖，包含離島之都市計畫區與特定區，全台灣總共劃定 424 個都市計畫區與特定區。圖 3-3-2 為台灣地區災害潛勢分布圖，圖中分為一級災害潛勢區與二級災害潛勢區，「一級災害潛勢區」屬天然災

害高危險地區、應積極避免天然災害導致生命與財產損失為目的，「二級災害潛勢區」則是天然災害危險地區，應有妥當之因應措施能避免天然災害導致生命與財產損失，並經評估可消滅災害潛勢之疑慮者，始得作相容性使用。

一級災害潛勢區主要透過特定水土保持區（土石流、崩塌地）、保安林（土砂捍止、飛砂防止、墜石防止、防風、水害防備、潮害防備）、地質災害高敏感區、土石流高潛勢區套疊分析得出，另外，地質災害高敏感區、土石流高潛勢地區、河川區域（中央管河川）、嚴重地層下陷地區、高淹水潛勢地區、海岸侵蝕防護區、暴潮溢淹防護區、洪氾溢淹防護區、地層下陷防護區結合分析為二級災害潛勢區，其一、二級災害潛勢區劃設準則整合流程圖，詳見圖 3-3-3。

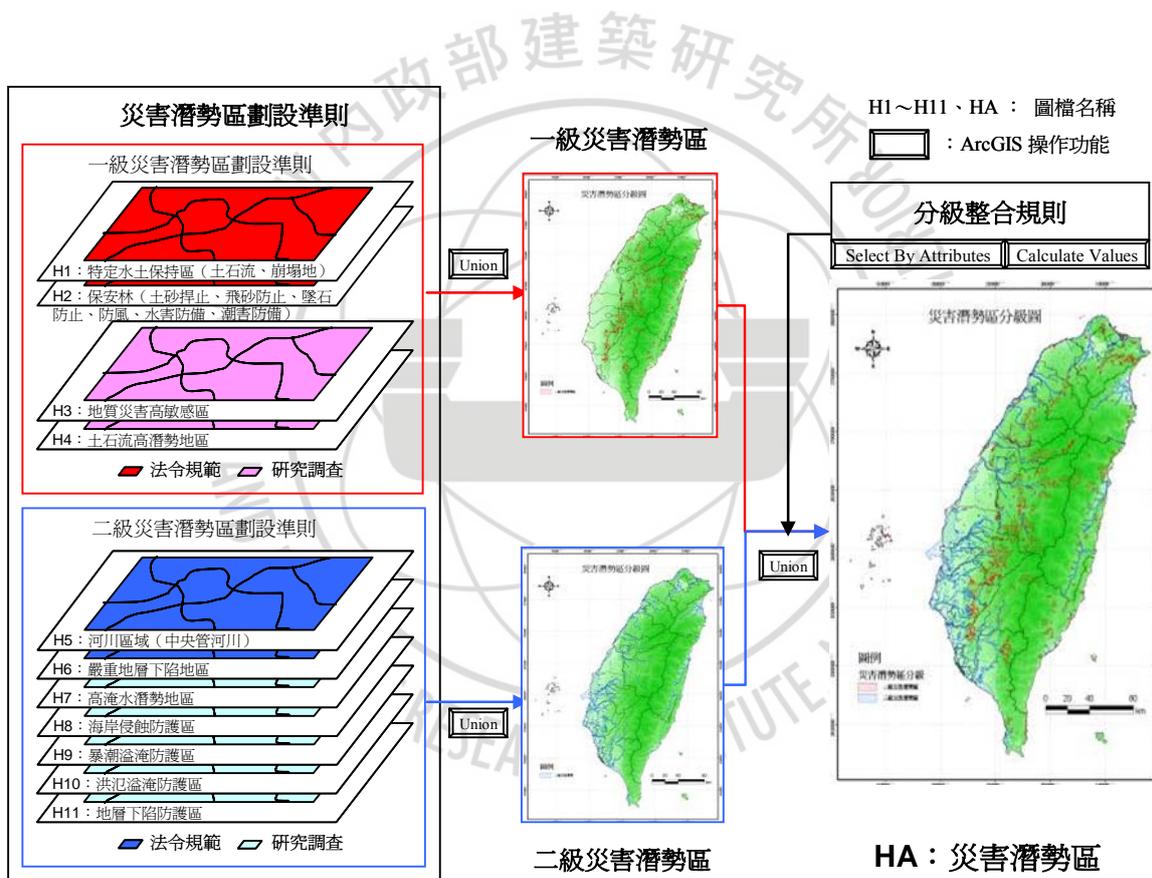


圖 3-3-3：災害潛勢區劃設準則整合流程圖

資料來源：黃書禮、詹士樑（2006）

由圖 3-3-2 可看出，一級災害潛勢區，主要分布在台北縣及新竹縣的山坡地帶和苗栗、台中及南投之中高海拔地區，以及南部的嘉義、台南、高雄及屏東之中高海拔地區。

而二級災害潛勢區則主要是中央管河川區域之帶狀分布，以及各類海岸防護

區沿海岸分布，其餘為高淹水潛勢區之零星分布。再者，南部地區除了中央管河川區域之帶狀分布、沿海地區之海岸防護區及嚴重地層下陷地區分布，相較於其他區域，南部區域有許多高淹水潛勢地區分布在地勢低窪處，恰巧與近兩年每遇豪大雨、都在南部地區造成大淹水之情形吻合。此外，南部區域有部分在嘉義外海分布之災害潛勢區，係海岸防護區之海岸侵蝕防護區。

東部區域之災害潛勢區比其他區域少，除了土石流高潛勢地區、特定水土保持區及保安林之分布形成一級災害潛勢區，其餘是中央管河川區域及少數高淹水潛勢區形成之二級災害潛勢區。

本研究將圖 3-3-1 都市計畫分布圖與圖 3-3-2 台灣地區災害潛勢分布圖，結合上一章節所彙整之台灣未來受氣候變遷之氣溫和雨量分布圖，整合出都市地區受氣候變遷衝擊下，溫度和降雨量所受之影響。

本研究提出林口特定區與台北市都市計畫區兩個都市計畫區結合災害潛勢區與 2090 年 SRES-A2 之年平均溫度和雨季平均降雨量分布狀況作舉例說明。由圖 3-3-4 可看出，林口特定區一級災害潛勢區主要分布於沿海地帶、二級災害潛勢區位於該特定區之東部，林口特定區在 SRES-A2 情境下，2090 年之年平均溫度將達到 28-29°C，另外台北市都市計畫區東部地區多位在二級災害潛勢區，此地區在 SRES-A2 情境下，2090 年之年平均溫度將達到 29°C 左右，兩個都市地區未來之年平均溫度皆相當高，在受氣候變遷影響後，溫度逐漸上升，在都市地區亦產生熱島效應，也易造成許多社會經濟之衝擊，此部份之分析結果將可得出，未來都市計畫區中災害潛勢地區，受氣溫影響之狀況，進而提出未來都市地區受氣溫變化之調適方法。

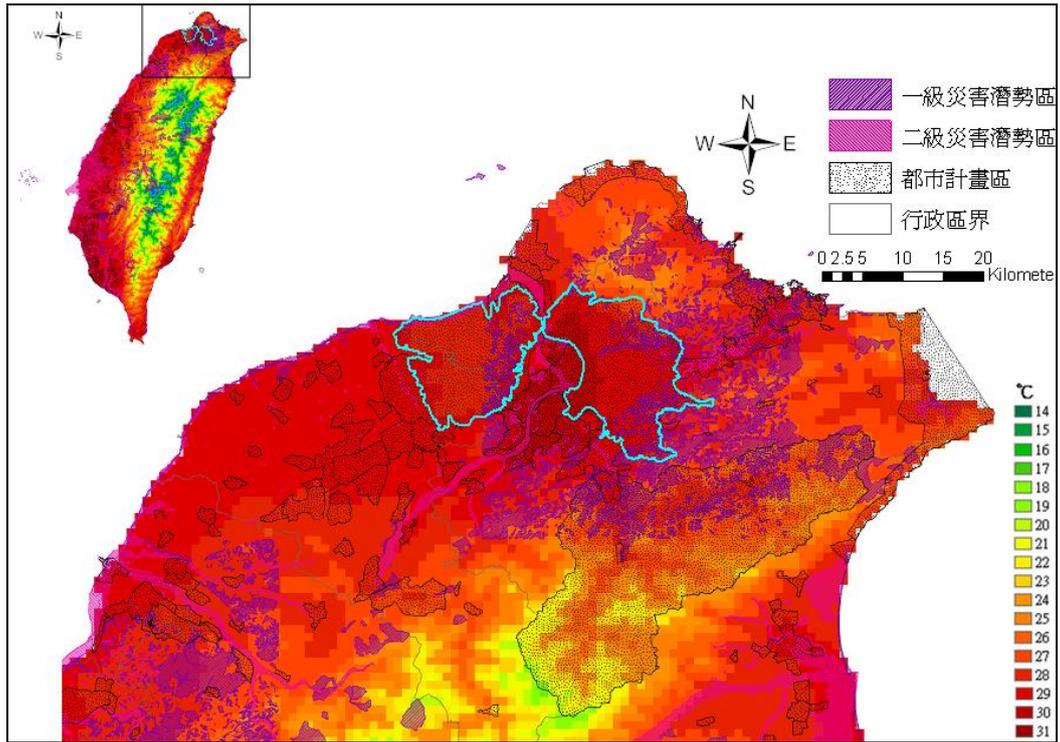


圖 3-3-4：都市計畫災害潛勢區 2090 年 SRES-A2 平均溫度分布圖

資料來源：黃書禮、詹士樑（2006）；本研究繪製

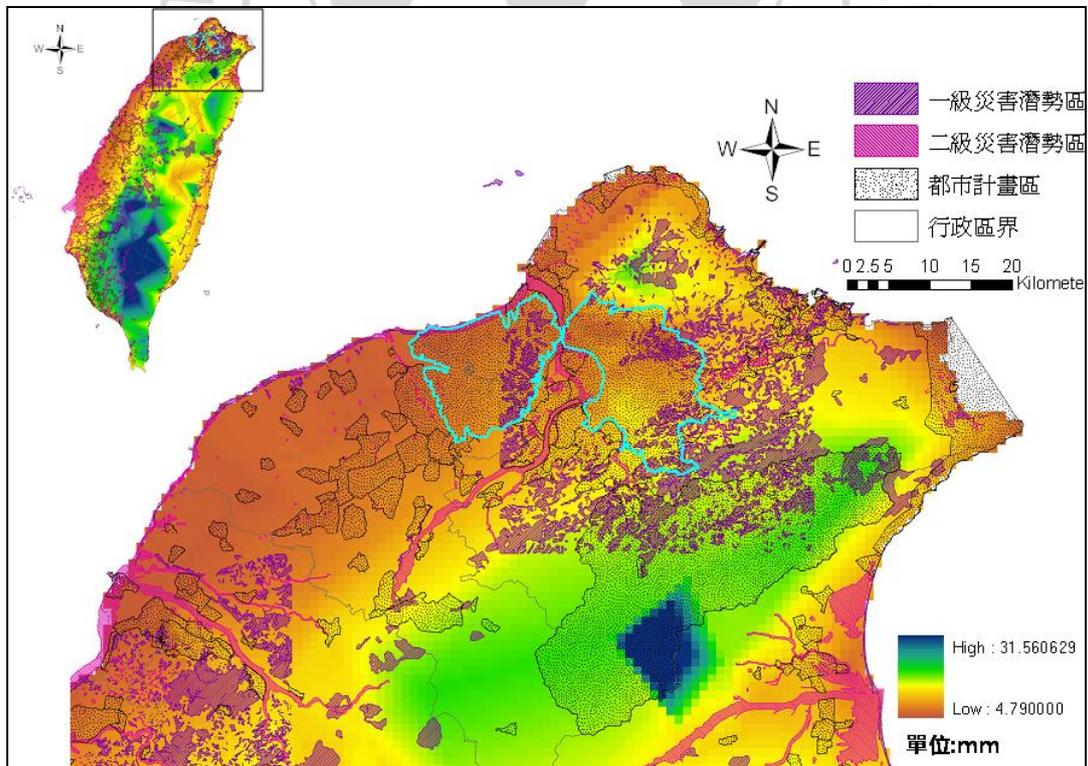


圖 3-3-5：都市計畫災害潛勢區 2090 年 SRES-A2 雨季降雨量分布圖

資料來源：黃書禮、詹士樑（2006）；本研究繪製

圖 3-3-5 之分布圖顯示出，林口特定區沿海一級災害潛勢地區，在 SRES-A2 情境下，2090 年之雨季平均降雨量並不多，約 5-6 mm 左右；林口特定區東部二級災害潛勢區也只有 7mm 左右。而另一台北都市計畫區，在 SRES-A2 情境下，2090 年之雨季平均降雨量較西部之林口特定區多，雨季平均降雨量約 8-10mm，未來這兩個都市地區在雨季時降雨量並不多，可利用在 SRES-A2 或 SRES-B2 情境下，2090 年之雨季平均降雨量和乾季平均降雨量與現今之降雨量相比較，藉由此部份的分析可獲得，未來都市計畫區在乾季和雨季平均降雨量之分布情況，配合災害潛勢地區，將可彙整分析未來都市地區受降雨量影響之情況，以利未來都市地區對於水災或乾旱等防救災之規劃與防備。

二、都市屬性與氣候變遷影響

近數十年來全球自然災害的風險似乎有所增加，其中因素包含：人口的迅速增長、都市化及人類活動擴大到沿海地區和其他危險地區。不過，了解有關脆弱度之情況，並由空間特性或地理的角度來分析災害的脆弱度，將提高備災工作以便實現長遠的復甦。

此部分將透過不同之都市屬性，建構各都市面臨氣候變遷所須著重之問題與調適，以下將分別依據不同屬性之都市作說明。

(一) 鉅型都市 (megacities)

都市化和大城市的成長已成為下個世紀主要的全球挑戰，在下個世紀時，歷史上將有更多的人口居住在城市中比在農村還多。在 20 世紀初，只有 11 個大都市區 (metropolitan) 有一百多萬居民居住在工業化世界中；在 20 世紀末，預期約有超過 400 的城市居民人口數超過 100 多萬，其中約有 28 個大城市 (Megacity) 超過八百萬人，其中有三分之二是在發展中國家 (Uitto, 1998)。

災害事件和系統在未來可能變得更加複雜和難以理解，未來相對於其他主要城市面對問題所需之成本，將提高在高度不確定的社會文化、政治、經濟和技術背景。其中鉅型都市易受影響因素為 (Uitto, 1998) (1) 城市居民居住在危險地區 (災害曝露程度增加)：例如，在 2000 年有一半的城市居民在世界上的 50 個最大城市，此外，90% 的人口處於危險的發展中國家。(2) 城市組成複雜 (大量的人、建築物、工業、金融)：都市災害不純粹只是自然、技術、工業、社會或生物所產生的問題，未來將越來越難以確定城市災害所發生之類型，特別是在互動關係高的大城市。(3) 區位 (政治和經濟中心)：假使災害發生在東京對整個

世界金融體系有相當的影響。

鉅型都市人口集中，自然增加其風險與市民的脆弱，東亞地區有超過 30 座鉅型都市（人口數超過五百人），其中台灣之台北與高雄兩大會區（詳見圖 3-2-6），也被認為是鉅型都市，未來受氣候變遷影響，應詳加注意兩大區會趨之應變能力（World Bank and ISDR, 2008）。

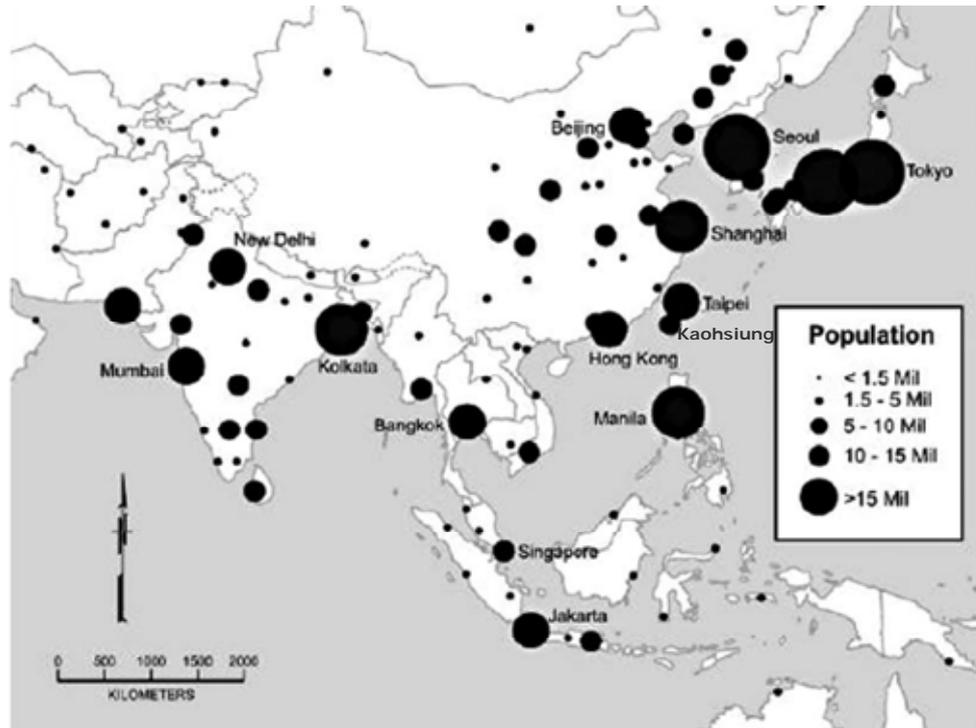


圖 3-3-6：東亞地區大城市分布圖

資料來源：World Bank and ISDR（2008）

（二）沿海/河岸都市

氣候變遷所導致之溫度升高與海平面上升將直接衝擊沿海及河岸之都市地區，對於沿海/河岸都市將帶來強烈之洪水、湧潮以及海水倒灌之危險，海岸地區的三角洲、低窪地區、沙灘、離岸沙洲島、沿岸溼地、河口、瀉湖、珊瑚礁、環狀珊瑚島及野生動物棲地會受到較大的衝擊，這些土地的沈沒將使得精華區變成汪洋，而讓原本已經負荷過重的地球環境帶來更嚴重的威脅。尤其是島嶼的衝擊更劇，包括：南亞、東南亞、非洲、南地中海沿岸、印度洋及太平洋的小島將會受到嚴重的影響。

由圖 3-3-6 可知，許多受氣候變遷影響脆弱性高之都市，多位於沿海地區，可見沿海之都市，未來在應變氣候變遷災害之功能上，應加強防範與謹慎為之。

(三) 科技產業都市

近年來，都市系統與產業結構多變，我國逐漸邁入知識經濟國家，知識產業或科技產業扮演在現今相當重要的角色，而其發展要素有其特殊性，結合資金、技術、人力及產業基礎之優勢，在都市地區建造出高科技產業都市。高科技產業都市構築創投業與科技產業交流的場域，吸引國內外的創業者與高科技產業參與，協助新創企業在籌資及尋求技術合作夥伴上獲得足夠成長資源，達成促進投資、帶動技術轉移、人才引進，進而提升產業競爭力之目的。

不過，未來此一重要經濟科技產業都市，也將面對氣候變遷之衝擊影響，須承受氣候變遷所帶來之風險，科技產業都市為國家主要經濟及科技人才聚集之地區，有許多競爭市場與國際交流之平台，將來所需承擔氣候變遷之風險將提高，更需審慎面對，以減少脆弱性。

本研究將上述整理之都市類型，透過 GIS 系統，將台灣地區之都市計劃區分為一般都市以及鉅型都市，並標示出全台灣之科學園區代表科技產業都市，結合前述之全臺灣一、二級災害潛勢區分布圖，將可以得出台灣各類型都市受災害衝擊之分布區位（圖 3-3-7）。

圖 3-3-7 所指之鉅型都市分別為大台北鉅型都市，包含基隆、台北縣市；大台中鉅型都市，包含台中縣市；大高雄鉅型都市，包含高雄縣市，總共三個鉅型都市。而本研究以科學園區代表上述所指之科技產業都市，因科學園區以開發高技術和開拓新產業為目標，促使研發、教育與生產相結合，透過技術的革新帶動國內的經濟發展。而圖 3-3-7 所指之一般都市為除基隆市、臺北縣市、台中縣市、高雄縣市已列為鉅型都市之地區外，本研究將台灣地區已劃設為都市計畫範圍之地區列為一般都市。另外，科學園區設置之目的在引進高級科技工業及科技人才，帶動我國工業技術之研究創新，促進高科技產業生根發展，以加速我國之經濟建設（陳季媛，2005），故我國之科學園區符合科技產業都市之特性。我國政府早在民國 69 年 12 月 15 日開始推動科學園區，現今已有十四座科學園區（表 3-3-1），且多位於災害潛勢較高之西半部（圖 3-3-7）。

表 3-3-1：台灣現有之科學園區整理表

名稱	所在縣市	面積
1. 南港軟體工業園區	台北市南港區	8.2 公頃
2. 內湖科技園區	台北市內湖區	150 頃
3. 新竹科學工業園區 龍潭園區	桃園縣龍潭鄉 平鎮市與楊梅鎮交界處	106.94 公頃(龍潭鄉 99.64 公頃、平鎮市 7.30 公頃)
4. 新竹科學工業園區	新竹市東區 新竹縣寶山鄉	1,400 公頃
5. 新竹科學工業園區 竹南園區	苗栗縣竹南鎮、頭份鎮	123 公頃
6. 新竹科學工業園區 銅鑼園區	苗栗縣銅鑼鄉	350 公頃
7. 後龍科技園區	苗栗縣後龍鎮	362 公頃
8. 中部科學工業園區	台中市西屯區 台中縣大雅鄉	413 公頃
9. 中部科學工業園區 后里園區	台中縣后里鄉	246 公頃
10. 中部科學工業園區 虎尾園區	雲林縣虎尾鎮	96 公頃
11. 南部科學工業園區	台南縣新市鄉	1038 公頃
12. 南部科學工業園區	高雄縣路竹鄉	
13. 台南科技工業區	台南市安南區	709 公頃
14. 高雄軟體園區	高雄市前鎮區	569.99 公頃

資料來源：科學工業區管理局，<http://www.sipa.gov.tw/index.jsp>

透過圖 3-3-7 所顯示之資料可知，大台北鉅型都市地區因為大部分之地區處於坡地，故位在一級災害潛勢區之面積範圍相當廣泛，位於二級災害潛勢區多數是在北部沿海地區以及淡水河流域，未來受氣候變遷衝擊加劇需加強警戒災害潛勢地區；大台中鉅型都市中一級災害潛勢區主要落在台中縣的中、高海拔地區，行政區位約是在台中縣和平鄉，而沿著主要流域之範圍多為二級災害潛勢區，此部份區域仍是未來需多加關切注意的地區；大高雄鉅型都市一級災害潛勢區之範圍不大，主要落在屬高雄縣之田寮鄉與桃源鄉兩鄉鎮，皆是位在坡地地區，除較易受土石流災害外，未來氣候變遷所造成之極端氣候衝擊應加強警戒，此外，大高雄鉅型都市二級災害潛勢範圍多為沿海地區，因地層下陷影響較易受海水位上

升與海水倒灌之影響，未來應設立相關防災因應措施，以降低鉅型都市之脆弱度。

此外，全台灣之一般都市相當多，由行政區界來看，位在一級災害潛勢區的都市多是屬於新竹縣之一般都市，可能與新竹縣地形多屬丘陵山坡地為主有關，較易形成土石流災害，形成地質高敏感之地區。而二級災害潛勢區就屬雲林縣之一般都市受影響最大，幾乎全縣之都市皆位在二級災害潛勢區，而嘉義縣與台南縣也有相同之情形，此狀況可能與此部分縣市之都市多位於沿海較低窪之地區以及嚴重地層下陷區之關係，未來氣候變遷衝擊之下，位在災害潛勢區之都市，將是必須優先思考防災措施以及相關災害應變方案之地區（詳見圖 3-3-7）。

而全台灣十四座科學園區，其中位於北部的南港軟體工業園區、內湖科技園區、新竹科學工業園區、新竹科學工業園區竹南園區，此四個科學園區緊鄰一級災害潛勢地區，是需要多加關切之區域；而位於南部的南部科學工業園區、台南科技工業區、高雄軟體園區，也是緊鄰二級災害潛勢區，將來海平面逐漸上升，靠近海岸之科學園區將面臨海水位上升之衝擊，應加強防範之。

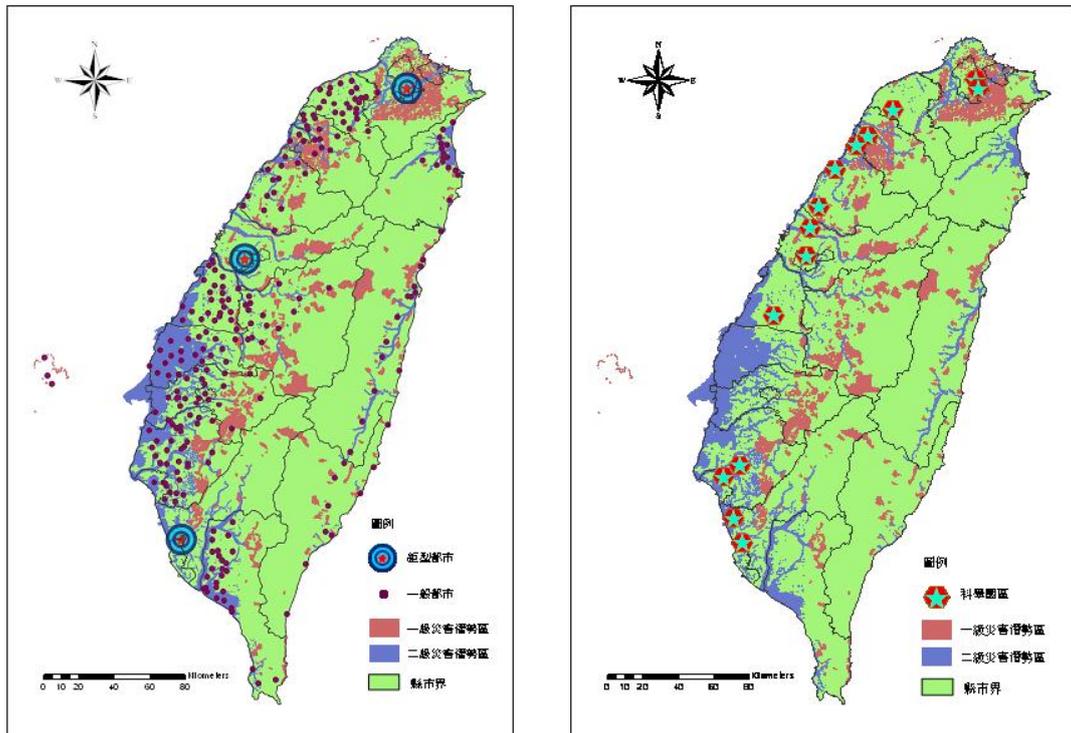


圖 3-3-7：各類型都市與災害潛勢分布圖

資料來源：黃書禮、詹士樑（2006）；本研究繪製



第四章 都市防災對氣候變遷影響之因應策略

本章主要說明在前述氣候變遷衝擊類型下，各國都市因應氣候變遷的衝擊所採行的作法，以及國際相關專案對於都市地區因應氣候變遷的關注，藉以作為研擬後續因應作為的參考；另外，國內政府部門針對氣候變遷，亦投入相當之關注，持續進行因應策略之規劃，本章亦將彙整目前進行之初步規劃構想，綜合整理以資參考，最後提出本所在未來因應氣候變遷衝擊之各期程工作規劃構想。

第一節 各國都市對氣候變遷之因應做法

氣候變遷的議題包含了能源經營管理、公共衛生防治、天然災害防治、土壤資源保育、水資源經營管理、糧食安全維護、生態系統保育及海岸棲地保育等八項；本節主要在介紹對於氣候變遷的各項議題，世界各國是如何因應及其施行政策，以及各國對氣候變遷的減災及調適政策之內容大綱（詳細案例內容請參閱附錄六），以利後續研究參考。

一、能源經營管理

（一）綠色洛杉磯計畫

在美國，綠色能源從最大的市政公用事業開始，目標是到 2010 年，增加 20% 來自太陽能，風能，生物質能，地熱資源的可再生能源，及到 2020 年增加 35%。並不再續簽與進口燃煤發電廠合作，塑造洛杉磯成為一個能源效率的城市，完成城市中所有樓宇的能源效率改造，以滿足減少 20% 或以上的能源消耗，幫助洛杉磯節約能源。

（二）香港再生能源的使用

在香港，太陽能、廢物轉化能源及風能有潛力更廣泛使用。目前，政府已有進一步發展可再生能源的計畫，希望帶來更直接的得益。直接應用可再生能源，如鼓勵香港市民安裝家用的太陽能熱水器。

二、生態系統保育

(一) 香港新自然保育政策

政府在 2004 年 11 月公佈了新的自然保育政策，以期更有效達到自然保育目標。新自然保育政策旨在顧及社會及經濟的考慮，以可持續的方式規範、保護和管理對維護本港生物多樣性至為重要的天然資源。更具體的保育措施包括：

- 1、確認、指定和管理適當的地區作為郊野公園、特別地區、海岸公園及海岸保護區，以保護天然環境。
- 2、保護重要的海洋動植物。
- 3、就發展建議、規劃策略及環境影響評估工作提出建議。
- 4、負責環保法例的執法工作。
- 5、確認和管理具有特殊科學價值的地點。
- 6、監測米埔內後海灣拉姆薩爾濕地的自然生態。
- 7、發展和管理香港濕地公園。
- 8、透過公眾宣傳和教育工作，提高市民保育意識及鼓勵參與自然保育工作。

三、天然災害防治

(一) 香港防洪計畫

香港政府進行了一系列的防洪策略研究，研究結果提供了一個大綱，讓政府可積極和有系統地制定有效的防洪策略。這套策略需考慮技術和管理方面的可能性，透過結構性和非結構性措施展現出來。在制定策略的過程中，要考慮到一些限制和目的，包括社會和經濟壓力、財政和法律限制、地理環境條件、組織管理的限制和發展計劃。這套策略由多個部分組成，會按下列各項目分別討論：公共雨水排放系統的新防洪標準、長遠改善措施—雨水排放系統整體計畫、預防性維修及土地用途管理。

(二) 日本東京：下水道設施管理

東京對於下水道設施管理的第一步是更新下水道設施，東京的現代排水系統工程開始於 1884 年。因此，區內所有下水道中，將近 13% 的下水道管，大約有 2000 公里的部分，超過了 50 年的有效使用期。都心地區的水管尤其老化嚴重，有 80% 多的水管超過了法定使用年限。老化和破舊的水管能夠導致路面下沉和引發其它問題。第二他們增加防洪措施，採取措施增強雨水排

水設施能力，整備控制雨水溢出的設施。最後改進下水道為合流式，這種方式在暴雨時會導致一部分被稀釋的污水經過洩洪口或抽水站，注入到河流或海洋。

(三) 日本東京：暴雨集中期的防災對策

針對近年來的地區性集中暴雨，經常遭受浸水之害地區在制定相應對策的同時，實施預防土砂災害的緊急措施，確保東京居民的安全。對於洪水：基於 2007 年制定的“東京都暴雨對策基本方針”，針對暴雨災害，制定例如重點地區計畫等，推進有效的整合河流及下水道的洪水控制政策。對於土砂災害：緊急修繕有坍塌危險的泥石牆，確保居民安全，同時防止坍塌造成的道路封鎖及社區孤立。並指定土砂災害警戒區域，提供警戒訊息等，建立迅速避難體系。

四、公共衛生防治

(一) 日本東京：通過危機管理系統，保護東京居民的健康

強化健康危機管理體系：建立“健康危機管理中心”進行危機管理與建立“救護運送監管”機制。且開發更有效的緊急救護體系：建立“急救諮詢中心”。

五、水資源經營管理

(一) 澳洲墨爾本節約用水計畫

到 2020 年，墨爾本城市的人口預計將增加 141%。由於人口的增加，居民現在使用 22 % 的水，將可能增長到大約 36%。節水目標，是確保墨爾本市，在 2020 年並不需要供應額外的飲用水。商業部門是迄今為止最大的用水戶，使用全市 69% 的水。工業界使用 3% 的水。這兩個行業構成的製造業，辦公室，醫院，公寓，大學，飲食業，零售業和娛樂業。計畫分為住宅與商業用水二大部份作探討（詳細案例內容請參閱附錄六）。

六、海岸棲地保育

(一) 澳洲維多利亞海岸發展策略

此計畫為適應氣候變化以海洋規劃、管理和解決防止城市蔓延沿海一帶。維多利亞州沿海策略是針對有關氣候變化的影響。以遠景與核心原則的策略以保護海岸為宗旨。這一策略涵蓋了沿海公家和私人土地，影響範圍從視覺

到排水的影響。內容包括了三生：關懷環境、經濟發展與社會責任。計畫原則針對計畫整個體系，是關於私人和公用土地發展的決定。沿海發展必須考慮「保護」為最重要特色，計畫的意圖是要保證可持續的概念。滿足上述這些要求，發展合適的社區發展。

七、糧食安全維護

(一) 美國從「糧食安全 (Food Security)」轉到「社區糧食安全 (Community Food Security)」(糧食安全維護)

美國會由「糧食安全」轉到「社區糧食安全」，主要也是在因應美國 1970 年代中期後，所冒出的諸多有關糧食及農業方面的議題。如：農產品價格過低，對永續農業的覺悟，關心糧食與健康的關聯，著重貧窮社區／族群的溫飽等。於是學界及社會活動人士，就用「社區糧食安全」來概括有關：居家溫飽、糧食生產、以及與糧食生產、分配有關的社會、生態環境等議題。

「社區糧食安全」是指：著重在地的單位或方式：農業、社區發展、公共衛生、公家單位等，來為當地社區保障充裕的糧食。其原則包括：降低飢餓狀況，改進健康、關心任何影響糧食體系、協助社區建立當地所需的糧食來源、協助社區居民發展生產當地糧食的能力、在地農業、綜合交叉等六項。

八、氣候變遷綜合計畫

(一) 菲律賓氣候變遷地方行動計畫

菲律賓氣候變遷地方行動計畫主要針對建築物、運輸、產業和廢棄、物綠色以及開放空間、後續政策等五項進行。建築物部分，菲律賓政府購買風力能源，始能源使用量從 2006 年到 2010 年，減少五個百分點；運輸部分，透過都市政府管理車輛，自 2006 年至 2010 年減少車輛油料消耗達到 5%；產業和廢棄物部分，從掩埋場產生的沼氣及焚化爐的燃燒過程，減少廢棄物的溫室氣體排放量，綠色以及開放空間部分，保持都市 15% 的林蔭率並且設置綠色及開放空間，幫助城市適應氣候變遷及氣溫變暖的影響；後續政策的部分，設置永續與環境部門，強化社區整體運動，發展一個後續監督議程。

(二) 氣候變遷對倫敦運輸系統之影響及因應之道

為因應氣候變遷對倫敦所造成之影響，倫敦市政府特別成立倫敦氣候變遷同盟(London Climate Change Partnership, LCCP)，以協助倫敦市針對氣候變

遷及早進行準備。針對氣候變遷對於運輸系統之影響：(1) 目前泰晤士河通道區倫敦聯盟已開始進行一項策略性的風險分析，針對潛在的洪災風險進行評估，以作為當地開發位置與開發型態的指引。(2) 倫敦地鐵公司針對重要的車站，使用實體的防洪擋板等，以協助進行水災風險管理，另外，鐵路系統正在進行研究，以探討氣候變遷所造成的地震、侵蝕及水災等風險之影響。(3) 運輸研究實驗室 (Transport Research Laboratory) 正在研究有關降低過熱與道路損壞的相關方法。(4) 目前正在進行的行動—地鐵降溫計畫：倫敦地鐵公司透過民眾參與方式，訂購具有空氣冷卻功能的電聯車，並將於 2009 年開始使用。

九、健全的實踐調適和減災

多數的城市直到最近才開始實施因應氣候變遷及災害風險管理的措施。有些城市知道如何透過當地的專家尋找適當的技術和技能去評估他們對於氣候變遷的風險和脆弱性，他們還學會了如何依靠國內的市場克服金融資源的瓶頸、創新的金融工具和找尋國際捐助者的額外資金，其措施有以下七項。

(一) 組織結構和基礎資訊

發展氣候變遷影響和災害管理風險計畫的第一步是建立一個堅實的訊息基礎。從各種來源 (環境、危機管理、會計和其他) 透過各種手段 (訪談、會議、檔案和專家) 以及各地區廣泛的研究將所有的資訊匯集起來。其計畫是必須透過共同參與及團隊的努力 (詳細案例內容請參閱附錄六)。

(二) 體制機制

在氣候變遷的背景下，意味著，城市實施和氣候影響相關的措施來解決這些影響必須是融入現有的和未來的政策和計畫。在城市的層級，議會、政府各部會、機構或政府各部門、民間社會和私營部門輪流負責氣候變遷和災害管理。不過，為了確保不會導致調適及減災的努力變得支離破碎，需要一個委員會作為多方利益的協調機制。另一個重要的步驟是促進相關利益者的對話，包括國家政府 (氣候變遷和災害風險管理聯絡點) 與捐助者、非政府組織和私營部門，以確保一個組織更協調、有效和持續的運作 (詳細案例內容請參閱附錄六)。

(三) 垂直部門的職權

所有城市的氣候變遷影響和災害風險管理多是專業的，且往往是各部門互相合作。垂直部門人員被認為是技術工作組，而實施程式通常由市議會定訂。如果

他們不認為氣候變遷是在其職權範圍內，垂直門執行時可能會猶豫。有關減災和調適的行動，一個垂直部門的結構應作為一個活動的部門。

在大部分的情況下，即使當只有一個政府機關正式承諾氣候變遷和/或災害風險管理，就會使幾個垂直部門參與這一過程。總體目標是一樣的，都是氣候變遷和災害風險管理，有時市府各部門會關注資源給相關的組織及城市內的各部門。跨部門的合作不是一個可自我維持的關係，它需要組織和管理。舉例來說，米蘭和紐約市已成功擁有城市之間的合作，但卻持續與其他很多城市合作。以這種概念來說，跨部門合作違背了大部分的政府系統、委員和人員；常理來說，許多地區和專業團體可能要捍衛自己部門的利益而相互競爭。當談到氣候變遷和自然災害，競爭關係被認為是一種特點，實際上合作才可能是最有利的，因此跨部門的障礙也就不存在了。新加坡，馬卡蒂市和東京城提供了部門間合作的例子，確保妥善協調各機構之間和所有垂直部門的能力和權力。

（四）編寫一份氣候變遷策略

制定氣候變遷的策略，將有助於城市優先發展的規劃，透過減災、調適和知識管的政策及行動，可以減少氣候變遷的影響。由於大多數的 EAP 國家正處於發展自己國家策略的早期階段，因此城市可能會想要收集及統整現有的資料。對這些國家策略來說，先進國家者或國際間的機構能捐助相關的檔和其他的政策及法規。一項策略有需遵循的重要步驟，詳細如下：（一）確定主要的資訊，特別是在可能的物理條件（水文，地質等）及氣候變遷在城市地區的可變性，環境、衛生和社會衝擊；（二）確定在不同的氣候下，主要的社會、經濟和環境預期的影響；（三）描述已進行的程式和評價其目前和未來的能力，以提出有效的解決方案和所需的投資；（四）找出在發展和訊息傳遞中最迫切應採取的行動，政策的變化、能力建設、以及查明並設計適當的體制結構和獎勵措施；（五）在地方或國家找到贊同策略的人；（六）與其他國家的程式有一致性；（七）為年度規劃提供一個框架（詳細案例內容請參閱附錄六）。

（五）發展公眾意識

一般民眾對氣候變遷的認識是低的，這個問題似乎與民眾每日的生活不太相關，無論是其影響或調適氣候變遷的行動。因此，發展公眾意識是一個明確的優先事項，以提高公眾對氣候變遷的認識，讓民眾可以選擇在家裡或工作時發揮行動，最終透過簡單變化生活的方式作為減緩氣候變遷的行動。因城市範圍廣闊，公眾意識的政策可能會因地制宜，然而一些措施是共同的：（一）訊息、教育和

訓練；(二)公眾和利益相關者的參與；(三)賦予人民權力和動機，使其對氣候變遷的影響採取有效行動（詳細案例內容請參閱附錄六）。

(六) 統計和減災報告：溫室氣體詳細項目

如果你不能衡量，就不能管理；如果一個城市不知道的溫室氣體的生產總額，就不能正確的擬定政策。環境報告鼓勵適當地公布一個組織的環境績效和提高資訊透明度。統計和環保的報告越來越重要，以降低成本，改善流程，並滿足利益相關者的期望，尤其是在油價居高不下的環境（相關案例請參閱附錄六）。

(七) 考慮到氣候變遷的影響，發展災害風險管理系統

多數的危害導致災害是無法避免，但是，其嚴重程度是可以被減少或減輕的。減災規劃，並不是一個新問題。國際社會已做了許多重大努力，透過自然和技術方法，減少災害對人民的生計的影響。許多技術的準備，可以減少可能造成的損失，以及應付和調適危害。災害可能破壞任何開發帶來的建設，且計畫不周的開發可能加劇自然災害的影響。因此，防災規劃是一個必要的步驟，以實現千年發展目標和永續發展。此外，認識氣候以及其他自然危害造成的多種災害，將可提出一個更強有力的綜合方法，以減輕災害衝擊。

十、小結

經由上述各案例介紹後，本研究將其綜合整理為表 4-1-1，並列舉各案例可參考之處。

表 4-1-1：各國因應氣候變遷措施綜合整理表

議題	城市	因應做法	可參考之處
能源經營管理	洛杉磯	綠色洛杉磯計畫	<ul style="list-style-type: none"> ● 從公用事業開始。 ● 提高能源效率。 ● 節約能源。
	香港	香港再生能源的使用	應用及發展可再生能源
生態系統保育	香港	香港新自然保育政策	維護生物多樣性。
天然災害防治	香港	香港防洪計畫	<ul style="list-style-type: none"> ● 設置防洪標準。 ● 改善排水系統。 ● 設置警告系統。 ● 定期維護措施。

氣候變遷下之台灣都市災害型態與衝擊評估先期研究計畫

			<ul style="list-style-type: none"> ● 土地使用管理。
	東京	日本東京：下水道設施管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 更新老舊下水道。 ● 合流式下水道。
		日本東京：暴雨集中期的防災對策	土砂災害應急措施。
公共衛生防治	東京	日本東京：通過危機管理系統，保護東京居民的健康	<ul style="list-style-type: none"> ● 建立“健康危機管理中心”。 ● 建立“救護運送監管”機制。
水資源經營管理	墨爾本	澳洲墨爾本節約用水計畫	依住宅與商業分別訂定不同的節水政策。
海岸棲地保育	澳洲	澳洲維多利亞海岸發展策略	三生發展。
糧食安全維護	美國	美國從「糧食安全 (Food Security)」轉到「社區糧食安全 (Community Food Security)」	著重在地的單位或方式，為當地社區保障充裕的糧食。
氣候變遷綜合計畫	菲律賓	菲律賓氣候變遷地方行動計畫	從建築物、產業、廢棄物及開放空間四大面向著手進行減碳政策。
氣候變遷綜合計畫	倫敦	氣候變遷對倫敦運輸系統之影響及因應之道	針對交通系統受到氣候變遷衝擊的各類情形（過熱或毀壞等），提供因應之道。
健全的實踐調適和減災	<ul style="list-style-type: none"> ● 美國，西雅圖/金恩郡 ● 美國紐約市 	組織結構和基礎資訊	建立一個堅實的訊息基礎。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 新加坡 ● 美國紐約市 ● 菲律賓馬卡蒂市 ● 菲律賓達古潘市 ● 菲律賓阿爾拜省 	體制機制	制定多方利益的協調機制。
	米蘭和紐約市	垂直部門的職權	城市之間的合作。
	<ul style="list-style-type: none"> ● 日本東京 ● 義大利米蘭 ● 美國新墨西哥州，阿爾伯克基 	編寫一份氣候變遷策略	制定氣候變遷的策略，將有助於城市優先發展的規劃。

<ul style="list-style-type: none"> ● 美國西雅圖圖金恩郡 ● 越南承天省順化 		
<ul style="list-style-type: none"> ● 美國洛克維爾/馬里蘭 ● 新加坡 ● 菲律賓馬卡蒂市 ● 菲律賓達古潘市 ● 菲律賓阿爾拜省 	發展公眾意識	透過簡單變化生活的方式減緩氣候變遷的行動。
<ul style="list-style-type: none"> ● 新加坡 ● 義大利米蘭 ● 菲律賓馬卡蒂市 	統計和減災報告：溫室氣體詳細項目	提高資訊透明度。
<ul style="list-style-type: none"> ● 新加坡 ● 美國紐約市 ● 日本東京 	考慮到氣候變遷的影響，發展災害風險管理系統	成立氣候變遷專門小組。

資料來源：本研究整理

第二節 都市防災因應氣候變遷之策略

聯合國報告指出，世界都市人口將於 2008 年超越鄉村人口，且將於 2030 年達到 60%，其中亞太地區的成長速度，亦將高於其他地區。這些都市中部份的人口暴露於氣候變遷所帶來與即將帶來的風險下，如：暴風雨、洪水、山崩及熱浪。在脆弱度極高之都市，因極端氣候導致的相關災害是非常普遍的。對於海平面上升，中國與印度有超過世界上四分之一的都市人口和世界上最大的都市人口位於低海拔的沿海地帶，如果沒有應變措施，氣候變遷可能會造成意外死亡及受傷的人數增加，並日益嚴重損害人的生計，財產，環境品質和未來的繁榮。

不過，減緩和調適措施之因應可以相輔相成共同解決部分氣候變遷的風險。調適不管是短期或長期都是有必要的，以應付產生氣候暖化的衝擊，甚至於達到 IPCC 所評估之最低碳穩定情境之標準，這其中所產生之障礙、限制和成本雖沒有完全被理解，但未來仍要朝此方向努力，以達到此目的。此章節本研究將分別提出國外各都市間之調適策略及作法以及行政院經濟建設委員會目前委託國土規劃及不動產資訊中心所提出之相關因應計畫，最後，整體出本委託機關內政部建築研究所此部門針對我國面臨氣候變遷衝擊所需因應之策略。

一、國外因應氣候變遷之調適策略

The World Bank and ISDR (2008) 整理出國外各都市地區之重要部門因應氣候變遷所提出之相關減緩策略以及提出實施之主要限制條件和機會，表 4-2-1 共整理出，在都市地區，水、基礎設施、健康、旅遊、運輸和能源六大部門適應氣候變遷所作之因應策略。

在水資源方面上，以擴大雨水蓄集面積與容量增加淡水之使用與儲存、加強水資源的貯存和保護技術、強化水資源再利用之科技將家庭或工業污水等廢水循環再利用、運用海水淡化功能將水資源利用擴及海洋、節約水資源的使用和灌溉效率之提升，作為水資源之調適策略。配合國家基礎政策架構，水資源政策應結合水資源之管理以及與水資源之相關災害管理，以達因應之目的，其中也提出實施前述措施將會遇到財政、人力資源和物質上的障礙，未來應克服此部份之阻礙，並結合其他部門透過水資源管理達到共同增效之功能。

基礎設施此一部門，需特別關注都市人口居住地區之影響，未來沿海地區需

配合人口遷移策略以降低受海平面上升之衝擊、加強海堤和風暴湧浪的屏障以及沙丘強化以降低海水倒灌與沿海地區土地流失之風險、徵用土地和創造沼澤濕地作為對海平面上升和洪水災害的緩衝區、增強保護現有天然屏障之技術，達到保護國家財產與人民居住地之安全。未來政府施政架構也須配合將氣候變遷納入標準法規設計裡，落實國家整體政策一致性，在土地使用政策和建築法規上，針對基礎設施部分也須有相關配套措施，加強居住地區之安全性也可將保險之觀念納入，以降低災害所造成財產損失之風險。此部門未來在政策推動上，此項措施須優先考量到資金以及技術上的困難，避免落入無法推行之局面，藉由政策和管理整合整體之國土利用，朝永續發展目標前進。

人類健康部門，主要是透過熱健康行動計畫來降低因氣候暖化所帶來之健康危害、加強急救之應變與技術以適應未來多項醫療服務項目、改進敏感氣候的疾病監測和控制以達到追蹤相關病症之傳染路徑與控制、改善飲水安全以防透過飲水傳染病菌擴大災情、加強衛生條件之宣導降低人類健康受危害。在政策上加以確認氣候所帶來之風險、加強都市各地區衛生保健服務以及醫療衛生服務、建立與其他都市地區和國際間的合作，以強化都市地區區民之身體健康與醫療服務。不過，此項目的推動仍需注意人類對於弱勢群體容忍的界線，以及知識強化的侷限性，並且對於衛生醫療供給等財政的能力，都是推行策略上所會遇到的挑戰，相對而言，健康部門也將升級醫療衛生之服務以及提高都市人民之生活品質。

旅遊方面，主要是靠得天獨厚之天然景觀或氣候環境來吸引觀光人潮，未來氣候變遷衝擊下，需藉由多樣化的旅遊景點來增強旅遊收入、透過下雪吸引人潮之都市須轉移滑雪場到更高海拔或冰河地區以獲取更利潤。政府可以透過整合計畫與其他部門相連結創造更高的旅遊效益或透過財政獎勵政策，如：補貼和稅額減免，來帶動旅遊發展，避免此部門之沒落。不過，實施促進旅遊效益之發展，將面對資金的挑戰以及其他部門的潛在不利影響，例如：人工造雪政策可能會增加能源使用…等等負效益情形產生，但推動觀光旅遊確實可增加新景點的銷售與更廣泛的利益團體加入，未來將帶動相關經濟效益。

在交通運輸部門上，未來因應氣候變遷之衝擊，藉由重新調整都市道路、鐵路和相關交通路線之配置以提高災後應變路線和相關替代道路、檢討其他基礎設施的設計標準和規劃，其功能是否足以應付氣候暖化所需之大量排水，以降低災害之發生。在基礎政策架構上，需將氣候變遷納入國家交通運輸政策、研究開發特殊情況的投資，例如：永凍土地區…等，以因應所受之衝擊。在搭配交通運輸

部門之政策，未來仍需面臨財政和技術上的障礙，不過，透過交通運輸部門之調適策略將減少脆弱路線的可用性、改進相關技術以及整合關鍵部門，如：能源，來達到節能減碳、降低災害風險之遠景。

最後，能源此部門面對氣候變遷之調適策略，透過加強架空輸電系統和配電基礎設施、設置多用途的地下電纜降低海平面上升及暖化之衝擊，提高能源使用效率以達到節約能源之功效、加強可再生能源的使用避免無謂的能源浪費、減低仰賴單一能源以防能源危機導致無能源使用之窘境。藉由國家能源政策、規章和財政、金融獎勵等基礎政策之推動，以鼓勵使用其它的替代能源，並將氣候變遷納入能源設計之標準，以強能源部門之功能與減少能源之浪費。不過，能源部門在實行上與前述幾項都會遇到財政和技術上障礙，皆是未來需克服的問題，但未來將有可利用之替代性能源，以及對於新技術的接受與刺激和利用當地資源的機會產生，使能源部門達到減緩氣候變遷之影響，另外創造一番新契機。



表 4-2-1：都市地區相關重要部門調適策略表

部門	調適選擇/策略	基礎政策架構	實施(-)限制條件和(+) 機會的關鍵
水	擴大雨水蓄集；水貯存和保護技術；水資源再利用；海水淡化；水的使用和灌溉效率	國家水政策結合水資源管理；與水相關的災害管理	(-)財政、人力資源和物質上的障礙；(+) 結合水資源管理；與其他部門協同增效
基礎設施和居住地	人口遷移；海堤和風暴湧浪的屏障；沙丘強化；徵用土地和創造沼澤濕地作為對海平面上升和洪水的緩衝；保護現有的天然屏障	將氣候變化納入標準和法規設計；土地使用政策；建築法規；保險	(-)金融和技術上的障礙；(+) 遷移空間，整合政策和管理，朝永續發展目標前進
人類健康	熱健康行動計畫，急救服務，改進敏感氣候的疾病監測和控制，改善飲水安全和衛生條件	確認氣候風險；加強衛生保健服務；加強醫療衛生服務；與地區和國際間的合作	(-)人類容忍的界線(弱勢群體)；(-) 知識的侷限性；(-)財政能力；(+) 升級醫療衛生服務；(+) 提高生活品質
旅遊	多樣化的旅遊景點和收入，轉移滑雪場到海拔和冰河地區	整合計畫(例如：承载力、其他部門連接)；財政獎勵(例如：補貼和稅額減免)	(+)新景點的吸引跟銷售；(-) 資金的挑戰；(-) 其他部門的潛在不利影響(例如，人工造雪政策可能會增加能源使用)；(+) “新”景點的收入；(+) 更廣泛的利益團體加入
交通運輸	重新調整/配置道路、鐵路和其他基礎設施的設計標準和規劃以應付氣候暖化和排水	將氣候變化納入國家運輸政策；研究開發特殊情況的投資，(例如：永凍土地區)	(-)財政和技術上障礙；(+) 較少脆弱路線的可用性；(+) 技術改進；(+) 整合關鍵部門(例如：能源)
能源	加強架空輸電和配電基礎設施，多用途的地下電纜，能源效率，可再生能源的使用，減低仰賴單一能源	國家能源政策、規章和財政、金融獎勵鼓勵使用其它的替代能源；將氣候變遷納入設計標準	(+)使用可行的替代能源；(-) 財政和技術上障礙；(-) 新技術的接受；(+) 刺激新技術；(+) 利用當地資源

資料來源：The World Bank and ISDR (2008)

二、國內相關部門因應策略研擬

行政院「經濟建設委員會」於近期規劃推動我國之氣候變遷長期評估與衝擊調適策略，由「財團法人國土規劃及不動產資訊中心」組成工作團隊，經多方意見交流、專家會議與各相關部會討論、修改等，提出綱要計畫建議草案，以期成

為我國未來因應氣候變遷的主要策略與行動方案之基礎。本研究依據所提出之內容整理如下（財團法人國土規劃及不動產資訊中心，2008）：

此篇報告提出我國氣候變遷綱要計畫架構，依層次分為兩大目標、五大策略、十大措施以及十三個各部門的行動方案概要。目標是此架構的建立基礎，策略則是未來可進行因應的方向，相對於這些策略，十大措施建議則是完成策略的具體方法。最後，為使各部門能夠積極落實，另外提出不同議題下的行動方案概要。行動方案概要為針對不同議題的細部作法，此部份須透過特定專家與公部門的討論，因此召開專家學者會議，透過諮詢，提出方案概要，作為各部門執行任務的參考。未來各部會再依可行性評估，完成最後各部會的行動方案。

其中行動方案是考量前述政策綱領原則與行動策略而提出，就各級政府部門可進行的工作，提出先期規劃。原則上，氣候變遷衝擊非短期內可以一勞永逸地完成因應工作，而是需以建立因應能力為首要目標，組織、法令、機制與認知改善等，都是為長期因應調適而進行。此行動方案概要，乃作為各部會推動此綱要計畫之參考，真正的行動方案，則仍待各部會提出。

此行動方案之規劃，採取專家諮詢與部會溝通協調二步驟進行之。首先經由計畫團隊召開專家學者座談，就氣候變遷影響的各層面，提出我國需要改善以及可以進行的方案，以達到各領域的氣候變遷調適目的。

行動方案所涵蓋的議題，以氣候變遷衝擊主要影響為主，如圖 4-2-1 所示。氣候變遷由溫室氣體濃度上升所造成，觀察到的氣候變化包括氣溫上升、暴雨頻繁、海平面上升等現象，這些氣候變遷帶來的衝擊包括熱浪、乾旱、異常氣象、土石流、洪災、暴潮、國土流失、海水酸化、空氣品質惡化、海溫上升等，影響部門則涵蓋氣候、防災、生態系統、農林漁牧業等，這些主要衝擊，將進一步影響國家的永續發展、社會經濟變動與教育。人類社會的基本結構，將因應氣候變遷帶來的衝擊而產生變化。

因此，因應氣候變遷衝擊行動計畫所建議的議題，包括圖 4-2-1 所列的十一項，分別為：(1)氣候變遷研究；(2)農糧安全及農地利用；(3)森林保育與國土保安；(4)漁業資源管理；(5)畜牧業管理；(6)河川洪氾與都市水災；(7)水資源與流域治理；(8)臨海地區與海岸管理；(9)坡地災害防治；(10)生態系統保育；(11)公共衛生防疫體系等。同時，這些議題的因應，非單一部會可以處理，需跨部會協調合作，以及全民教育宣導協助，更且非僅是負面議題因應，尚包括正面產業發展，與社會經濟衝擊調整，所以包括具綜合性的四項議題：(12)社會經濟；(13)

產業革新；(14)國土及區域；(15)教育與宣導等。建議未來六年應規劃百億等級的行動計畫，以啟動此未來百年的重要工程。

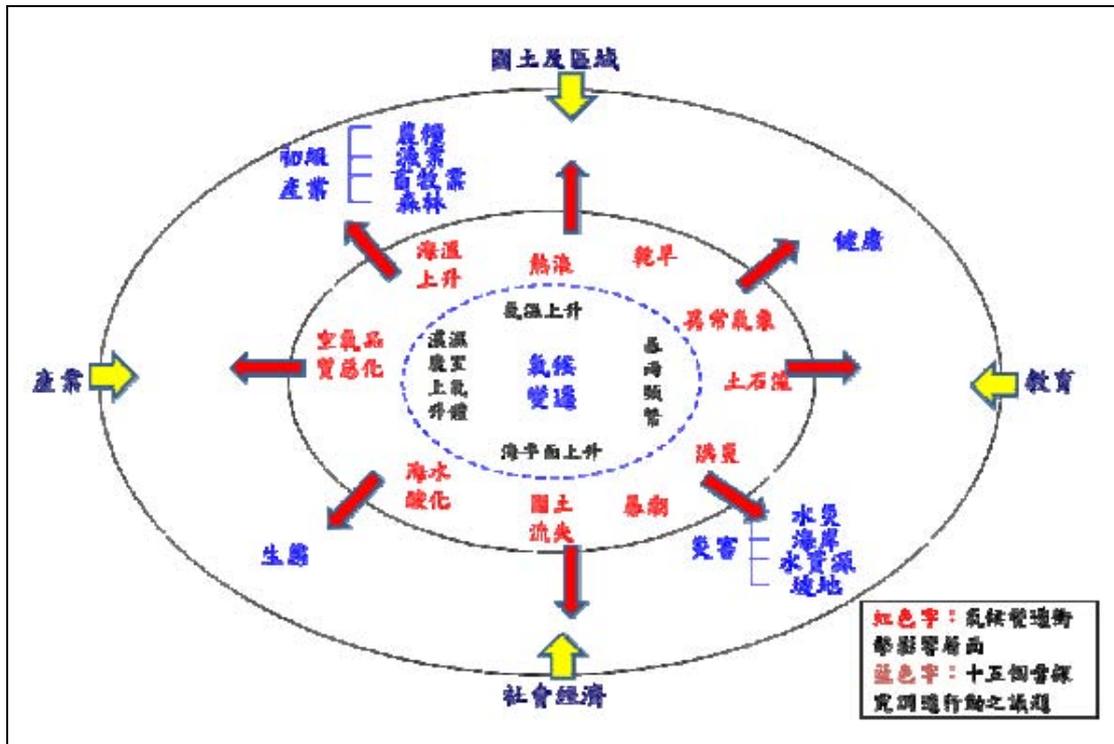


圖 4-2-1：氣候變遷衝擊影響層面與十五個調適行動之議題

資料來源：財團法人國土規劃及不動產資訊中心（2008）

行動計畫的研擬涵括氣候變遷對不同部門的直接衝擊影響，以及整體規劃思考，即圖 4-2-1 中的由內而外與由外而內，兩種不同面向的考量。調適行動計畫，需考慮異常氣象、洪災等氣候變遷帶來的直接衝擊，同時在研擬調適策略時，必須將國土及區域、教育、社會經濟、產業等國家整體性發展方面的因應行動，包含在內。其中，由於能源政策已在國家的溫室氣體減量行動中，有完整的規劃，且已經在進行當中。此報告所提出的國家氣候變遷調適綱要計畫，不再重複能源政策。此綱要計畫中強調的產業革新，在於初級產業的調整與更新，因應衝擊與低碳時代而定。

行動方案的重心在調適能力的加強，所以主要工作重點就設定在研擬各種調適策略。初期乃就已觀察到的世界發展趨勢，進行相關的無悔調適工作，未來則待更完整與詳盡的衝擊評估與脆弱性分析等，進行更明確的調適工作。其次，節能減碳乃為現階段國家政策的重點，因此次要目標為各議題下可能的溫室氣體減量策略建議，但顯然非所有議題均會涵蓋此課題。最後，當強化國內氣候變遷的衝擊評估，推動研究發展，強化國內相關的科學證據。在此三項工作重點下，乃

列出任務以及具體工作內容，部分工作內容又細分不同項目作為參考。任務與工作內容、項目的研擬依各議題而異。綜合來看，主要任務可區分為：了解氣候變遷對各議題的衝擊影響、研擬氣候變遷下各議題的調適策略、以及提供溫室氣體減量策略建議。在「了解氣候變遷對各議題的衝擊影響」部分，主要為極端氣候事件、平均氣候改變對各議題的衝擊評估，包括直接與間接的衝擊評估；預警系統的建立，包括加強評估資料的監測、預警指標的建立、整合性資料庫建立等。在「研擬氣候變遷下各議題的調適策略」部分，則為脆弱性分析與改善，包括鑑別各議題的脆弱性、因應機制之建構等；改善現有環境與設備，包括篩選適應性高的物種，加強氣候變遷調適能力；產業調適；預警系統的操作與維護；加強教育宣導與國際合作。

以上主要任務中，以第一與二項之衝擊與調適，為本研究所著重之處，接下來針對該研究報告書中，對於衝擊與調適之初步構想，整理如下，以作為本研究研擬都市防災調適之未來工作參考。

(一) 衝擊評估

衝擊評估主要是了解氣候變遷對各議題的衝擊影響，針對氣候變遷所產生之極端氣候事件、平均氣候改變對各議題的衝擊評估。首先，加強國內氣候變遷模擬預測分析是相當重要的工作，包括對全球氣候變遷資料的蒐集，進行降尺度與資料再分析，力求取得高解析度的資料，以適用於國內使用需求。

另外，在其他議題上，則需依其各議題設定影響衝擊評估項目。在農業安全上，針對平均氣候與異常氣候對作物之生理、生長及生產之評估，以及農業脆弱性指標建立與分析，並加上國際貿易的影響。針對森林保育則需對森林變遷、森林健康、森林土壤變遷、森林水文變遷、森林產業變遷研究等進行評估。異常氣象等事件影響遠洋漁業、沿近海漁業、養殖漁業、漁業設施以及河口與淡水域資源與生態系統衝擊評估，則是漁業衝擊不可缺少的評估項目。畜牧業之影響則必須了解氣候變遷對畜禽之生理、生長與生產影響，以及對飼料品質與飼養環境之影響和畜禽健康之衝擊評估。生態系統所涵蓋的範圍相當廣，其衝擊評估可分為陸域生態、淡水生態、海域(包括河口)生態、生物產業四大面向，其中應包含生物物候學、分布、豐度、群聚、地景等改變的觀察與評估。

而以下幾個衝擊評估與本研究所著重之焦點較相近，在河川洪氾、都市水災與水資源管理衝擊評估方面，需加強地面水、地下水、海平面上升、標的用水、降雨型態、洪旱災害等方面評估工具的發展，和氣候變遷情境與趨勢之設定以衡

量評估準則，以及社會發展情狀等等的評估，並針對不同分區、不同產業之脆弱度加以分析討論，以供後續相關策略擬定之使用。而海岸地區則要加強對鄰海低窪區之脆弱性分析與衝擊評估，易受氣候變遷衝擊影響之臨海低窪區、工業區、離島、港灣、河海堤與臨海交通幹線也需要進行評量。坡地災害方面，則加強氣候變遷對坡地/土石流、坡地社區、山區道路、河口淤積等衝擊評估，以減少災害衝擊。環境衛生衝擊評估則以極端氣象事件之衝擊(寒害、熱浪、豪大雨、颱風)以及慢性病、傳染性疾病、食物中毒以及空氣污染等健康衝擊評估為衡量主體。

(二) 調適策略

- 1.氣候變遷研究：擬定氣候變遷之情景，預測未來氣候變化，並加強跨領域之溝通協調，提供各領域所需要的氣候資料，加以解釋運用，未來定期出版『氣候變遷評估報告』。
- 2.農業安全與農地利用：糧食、園產、特作等農產量穩定，和飲食習慣調整的調適，農地利用方式之修正，並建立農業監測與生產預警指標與系統模式，另外，推廣減碳栽培以及生質能生產策略調整產業結構。
- 3.森林保育與國土保安：林地利用的調整和改善森林脆弱性，建立相關指標與因應系統，以及森林監測和預警機制的建立。調整森林經營之方式，進行碳吸存功能研究以及造林計畫等產業調適。
- 4.漁業資源管理：漁業管理策略之調整、最適養殖魚種之研究、漁業設施之調適、養殖漁業之防護措施(防寒、防災)等，以及預警與應變機制之建立和漁業脆弱性指標建立與因應。
- 5.畜牧業管理：飼養管理與環境之調適、適應性良好之畜禽動物篩選以及動物疫情預警系統建立，包括適當溫度、濕度、日照條件之探討、飼料配方之調整等。
- 6.河川洪氾與都市水災：相關技術規範、管理辦法與作業準則、相關法規等修正，結合國土復育與規劃、環境生態保育、產業革新及流域治理等整體性的調適策略規劃，環境監測與資料整合分析、建立行動預警機制、強化認知與共識、決策模式推動機制等，都是調適河川洪泛與都市水災的重點。
- 7.水資源與流域治理：主要工作項目與河川洪泛與都市水災相同，但內容針對水資源調適，如多元化水資源開發、提高用水效率、改善用水品質、災害處理與防禦機制等無悔方案，不過，須加強對氣候變遷的掌握與了解，建立修

定機制，增加水資源調配的調適能力。

8. 臨海地區與海岸管理：調適策略規劃是首要重點，包括自然緩衝區的調整、現有河海堤檢討與改善、臨海工業區與都會區的評估、離島的防治措施以及加強災害預警、災害防治機制體系等。各項防洪設施的設計標準應進行檢討與改善、環境監測與資料整合分析、建立行動預警機制、強化認知與共識、決策模式推動機制，也是在海岸管理上不可或缺的。
9. 坡地災害防治：主要在於坡地及土石流防治工程技術之提升、示範區的模擬與風險管理模式、與國土流失、洪水災害等綜合防治對策研擬等調適策略規劃。其他如監測與資料整合分析、行動預警機制、強化認知與共識、決策模式推動機制等建議，亦包含在行動計畫中。
10. 生態系統：生態系統的氣候變遷調適策略包括生態棲息地復育與保護、自然保護區的再評估與落實、生物多樣性之長期監測、預測與預警以及生物產業因應等。
11. 公共衛生防疫體系：建立國家型氣候變遷與健康行動計畫、建立公共衛生與健康的預警系統、教育宣導與國際合作三項主要調適策略。
12. 產業革新：政策法令以配合或鼓勵新興產業發展進行調整與檢討、建立氣候相關新興產業發展、未來發展情境分析等調適策略。
13. 國土及區域：國土及區域規劃，為國家氣候變遷調適策略的一大重點。除了相關政策法令檢討外，永續國土利用政策規劃為主要方向，在相關策略研擬前須先檢討現行政策的適合性，針對經濟效益評估、現行政策計畫與建設因應氣候變遷衝擊影響加以檢討。
14. 社會經濟：氣候變遷對社會經濟之影響屬間接性，社會經濟的影響在於氣候變遷對於其他產業的衝擊後，調適策略包括產經的影響與因應、社經預警指標建立以及低碳社會之建造。
15. 教育與宣導：在教育工作上，需增進社區因應及動員，以建立預警傳播機制、地方調適人員培訓、落實民眾參與及社區動員、運用民間社團與志工培力、健全政府因應能力等調適策略增進，並強化學校體系、社會學習與大眾傳播來提升民眾認知與學習。

在綱要計畫的相關推行上，建議應成立跨部會推動小組，整合並監督各項任務的執行。目前國內並無類似的組織，因此財團法人國土規劃及不動產資訊中心工作團隊建議在短期內，可先成立『氣候變遷因應辦公室』，此辦公室可成立在

行政院經建會下，負責推動氣候變遷因應與調適的相關工作。除短期可成立氣候變遷辦公室外，中長期應擴大該辦公室業務與執行能力，成立『國家氣候變遷調適專責單位』，此專責單位整合各單位人力以及專業人才，負責四大任務：氣候變遷預估、氣候變遷調適、氣候變遷衝擊評估以及氣候變遷教育宣導等，如圖 4-2-2 所示。

在經費需求方面，參考國外初期推動所預計之經費，以及行動方案概要的工作項目與規模，建議推動此綱要計畫的經費為六年壹佰億台幣，其中並不包括基礎建設如治水防洪、興建水庫等，主要在於氣候變遷適應能力的加強與加強社會及民眾認知，所以當視之長期永續性工作的機制建立。總計『氣候變遷調適行動方案』，在未來六年，包括三項工作重點、十三個議題，預估需壹佰億經費來進行之，期望能增強我國的氣候變遷調適能力，並就下一階段的調適工作提出更佳規劃。

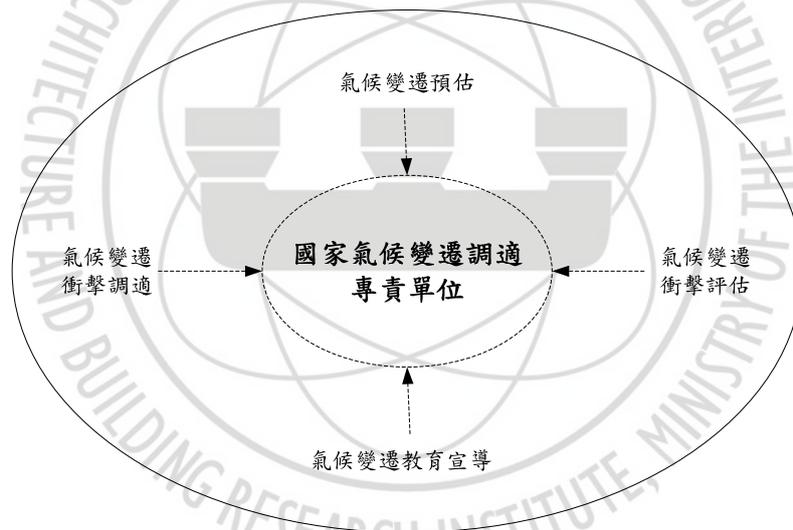


圖 4-2-2：國家氣候變遷調適專責單位之功能建議(中長期規劃)

資料來源：財團法人國土規劃及不動產資訊中心（2008）

國科會自然處永續學門為能及早針對防災面向之長程前瞻課題進行全盤性的研究，提出實證結果，供政府做為施政參考，成為政府前瞻永續政策之智庫。經由相關學門召集人充分討論研議，考量我國未來可能面臨之災害境況與重要因應措施，以及提昇抗災能力的關鍵因素與重要技術及方法，工作小組透過國內外相關資料蒐集分析、我國以往防災科技研究技術盤點、辦理專家座談會與訪談、調查防救災相關單位未來重要計畫等作業，據以形成規劃內容，擬透過「防災科

技研究五年中程規劃整合型計畫」，審慎規劃國科會永續會 98-102 年度之防災科技研究課題，並研擬執行成效檢討評估機制。期能在現有基礎上，詳予評估我國未來可能面臨災害境況，加強推動強化工作所需之重要技術及方法相關研究，並透過行政部門將研究成果逐步落實應用，以提高社會整體抗災能力，減輕災害損失與衝擊。

防災科技研究五年中程規劃課題之概念主要由三個主軸形成，包括：(1)檢視以往研究工作成效，進行技術盤點及相關研究成果之落實應用檢討。(2)針對未來可能面臨災害境況，探討因應對策，以及所需之技術與方法。(3)研析國際防災科技發展，瞭解進展情形，掌握重點與趨勢。再綜合考量問題之重要性與迫切性、技術之可行性、有限資源之最佳配置等因素，進行 98-102 年度防災科技研究課題之規劃。

透過國內、外防災科技研究與落實應用相關資料之蒐集分析，以及我國未來可能面臨災害境況之評估，考量提昇我國抗災能力的關鍵因素與重要技術方法之需求。並以(1)健全災害風險評估及決策與管理體制—加強減災技術、設計規範與相關管理體制，以及災損評估、災害保險、資源配置、災後復建機制、高災害潛勢地區土地使用管理等研究，以健全災害風險評估及決策與管理體制。(2)提昇災害應變預警精度與作業效能—建立災害機率預警方法、決策支援模組，研究改善運作體制與災情評估作業，並利用遙測等先進技術，提昇災害應變預警精度與作業效能，上述三項為防災科技研究五年中程規劃之目標，共分為氣象、洪旱、坡地、地震及體系等五組進行規劃。

上述五大組規劃課題，與本計畫主題較為相關者為洪旱、坡地以及體系三組，故本計畫僅整理洪旱、坡地以及體系之防災科技研究中長期規劃研究重點(詳見表 4-2-2)，作為本計畫擬定防災規劃因應策略之借鏡，以提高整體社會經濟之抗災能力。

表 4-2-2：防災科技研究中長期規劃研究重點

	研究重點	98-100 年度	100-102 年度
洪旱組	氣候變遷對洪旱災害之影響	氣候變遷情況下降雨時間與空間分布變異分析、氣候變遷對設計水文量之影響評估與因應對策研擬、氣候變遷情況下之海岸溢淹災害風險評估、氣候變遷情況下之海岸保護因應策略研擬	氣候變遷情況下降雨時間與空間分布變異分析、氣候變遷對設計水文量之影響評估與因應對策研擬、氣候變遷情況下之海岸溢淹災害風險評估、氣候變遷情況下之海岸保護因應策略研擬
	都市化趨勢對洪災之影響	都市防洪預警系統研擬、都市洪水災害風險分區劃設、都市洪峰消減方案研擬	都市防洪排水設施設計及保護程度檢討、區域排水水文設計準則修訂
	因應環境與社會變遷之洪旱防災政策、法令修訂研擬	-	洪氾區域劃設與災害高風險區管理原則訂定、水權與乾旱時期配水政策
	先進科技應用於監測技術研發	採用先進技術量測河川水位與流速、採用先進技術判識淹水區域、採用先進技術量測地形與河川斷面、採用先進技術量測河川輸砂量	即時資料傳輸技術研發、採用先進技術量測河川水位與流速、採用先進技術判識淹水區域、採用先進技術量測地形與河川斷面、採用先進技術量測河川輸砂量
	改進水文水理模式預測精度與提昇模式演算效能	結合 1-3 小時降雨預報，發展即時校正之逕流演算模式、結合 1-3 小時逕流預報模式，發展即時校正之河道洪水演算模式、提昇二維淹水模式演算效能、結合暴潮模式建立沿海低地淹水預警模式	結合 1-3 小時降雨預報，發展即時校正之逕流演算模式、結合 1-3 小時逕流預報模式，發展即時校正之河道洪水演算模式、提昇二維淹水模式演算效能、結合暴潮模式建立沿海低地淹水預警模式
	提昇水庫系統操作與水資源調度能力	颱風時期水庫防洪排淤最佳操作方式、乾旱時期用水分配模式	-
	防災數位境況決策支援系統之建立	決策支援系統防災資料庫與系統架構之研擬	高解析衛星遙測於洪氾災害緊急應變系統之應用、決策支援系統防災資料庫與系統架構之研擬、洪災損失快速評估系統
	結合民間資源推動天然災害保險	天然災害保險(洪災部分)推動之配套措施研擬	整合其他類型災害推動天然災害保險機制
坡地	坡地災害綜合防治分析、技	-	結合相關單位進行土砂災害綜合防治技術、對策

組	術、對策研究		
	坡地防治工程技術之提升	推動高解析與大型模型坡地災害及防治工法實驗	建立坡地及土石流之防治措施效能之預估及評估模式
	坡地災害/土石流監測技術之研究提升	推動開發即時、非接觸性及高解析度監測科技之技術、監測元件與資料傳輸技術與系統，從而提升現有山區道路邊坡、土石流監測系統及通報系統之效能。	推動開發即時、非接觸性及高解析度監測科技之技術、監測元件與資料傳輸技術與系統，從而提升現有山區道路邊坡、土石流監測系統及通報系統之效能
	坡地災害/土石流機制與預測技術之改進	新演算法及分析工具的研發，針對坡地災害潛勢區調查、脆弱度及災害發生之預測提供更有精確的分析。	新演算法及分析工具的研發，針對坡地災害潛勢區調查、脆弱度及災害發生之預測提供更有精確的分析
	坡地災害/土石流預警時間、空間基準之修訂	-	持續災害預警之時間與空間基準之修訂，以及坡地災害發生時之危害圍之確立劃定之研究
	結合氣象預報系統，發展坡地災害/土石流預警系統	新一代的結合激烈天氣預報之坡地/土石流預警通訊系統	預警系統之分析效能與準確度提升
	示範區坡地災害境況模擬與風險管理模式	災害境況模擬能力的提升，開發更適合的坡地/土石流災害風險管理模式	開發結合預警監測系統之災害風險管理模組
	坡地災害/土石流保險制度之研究	-	開發可提供保險業之專業坡地災害風險評估模型與保險精算模型
體系組	高科技產業防災技術應用的結合與開發	-	針對相關產業防災所需之坡地防災之工程、監測、預警之整合，進行技術應用之結合與開發
	災害防救體系與法規之檢討與改善	全災害防救體系建構、土地使用規劃管理與防災結合機制	大規模天然災害管理政策與相關法規檢討改善
	災害防救認知與弱勢族群照護	災害防救中的政府、社會與個人伙伴關係	災害心理與災害風險認知、弱勢族群安全照顧方法與技術
	特殊空間災害管理與避難搶救技術研發	長隧道交通運輸系統災害管理與避難搶救、地下場站災害管理與避難搶救	超高建築物災害管理與避難搶救、超大型購物廣場災害管理與避難搶救
	災害管理監測技術研發與應用	監測技術於環境與重要設施監測、致災因子判釋與災害潛勢分析應用	監測技術於災害預警與勘災調查之應用
	化學災害潛勢	化學災害潛勢分析方法與成	化學災害預警技術與安全管

分析與預警技術	果應用方式	理
災害風險管理與效益評估	公私部門災害防救能力之評估、災害風險評估方法與模式研發	減輕災害風險的體制基礎與政策設計、災害防救工作投入資源之效益評估
災害管理資訊系統研發與應用	災害防救資訊共享與整合應用之研發	資訊技術於災害模擬與演練之研發與應用
社區防災工作推動與強化之研究	社區防災工作結合社區發展持續運作之研究、自主防災社區之建構與持續運作	防災社區結合民間資源之運用與操作方式
企業持續營運與危機管理技術之建立	災害事件對企業造成衝擊與影響之評估方法研究、災害事件後企業快速恢復營運之能力評估方法	企業因應災害事件減輕營運風險之管理體制

資料來源：國科會自然處永續學門（2008）



第三節 都市防災因應氣候變遷各期程工作規劃

都市防災為內政部建築研究所的主要業務目標之一，其任務包括建立都市防災整合研究，拓展新興災害防治技術；加強防災成果應用，推動防災社區規劃；強化永續防災理念，打造安全永續防災家園等。累積過去的研究成果，展望未來，在氣候變遷的大趨勢下，如何延續研究方向，繼續在都市防災的範疇累積貢獻，應有一系統性的規劃，透過國外各大都市之調適作為，以及綜整上述國內對於未來氣候變遷因應之規劃，本研究初步提出未來工作規劃構想，以下區分工作構想的基本理念與分期程規劃說明。

(一) 架構理念

對於未來因應氣候變遷之作為，本研究以衝擊評估與調適策略為主體，如圖 4-3-1 所示，其對於因應氣候變遷的效果，則以圖 4-3-2 為例，簡要說明概念，圖中對於氣候變遷所造成的衝擊與影響以縱軸表示，橫軸則為氣候變遷現象之程度，圖示中之線型代表調是對於衝擊影響之效果，依序自下而上為固有之影響，為調適因應作為所無法解決的部份；其次為有調適作為時可能的損害程度；最上端代表無調適作為時的最大損害。透過此一圖示，可以進一步界定調適作為對於氣候變遷衝擊之淨效果。

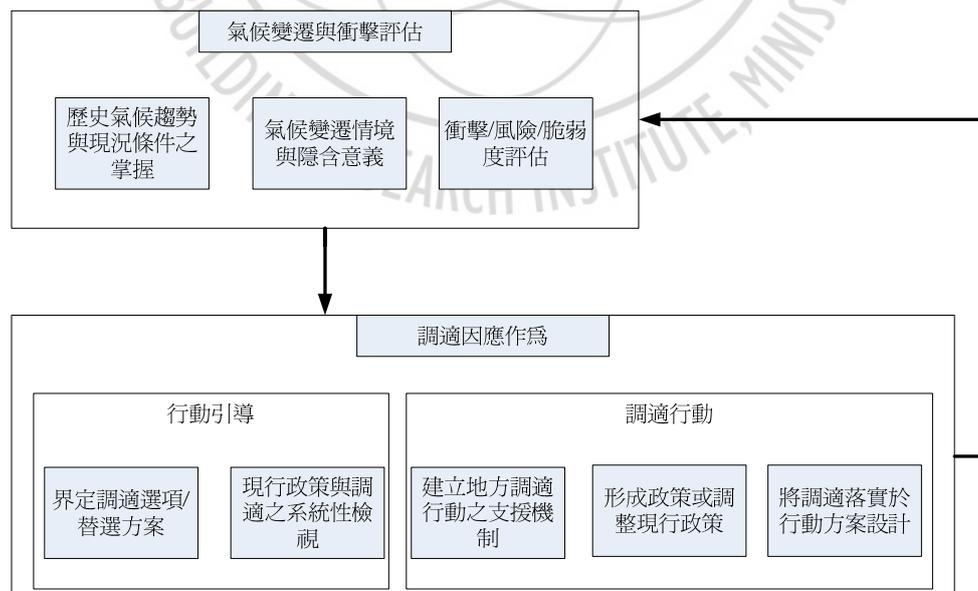


圖 4-3-1：氣候變遷之衝擊評估與調適因應設計

資料來源：Frédéric and Agrawala (2006)

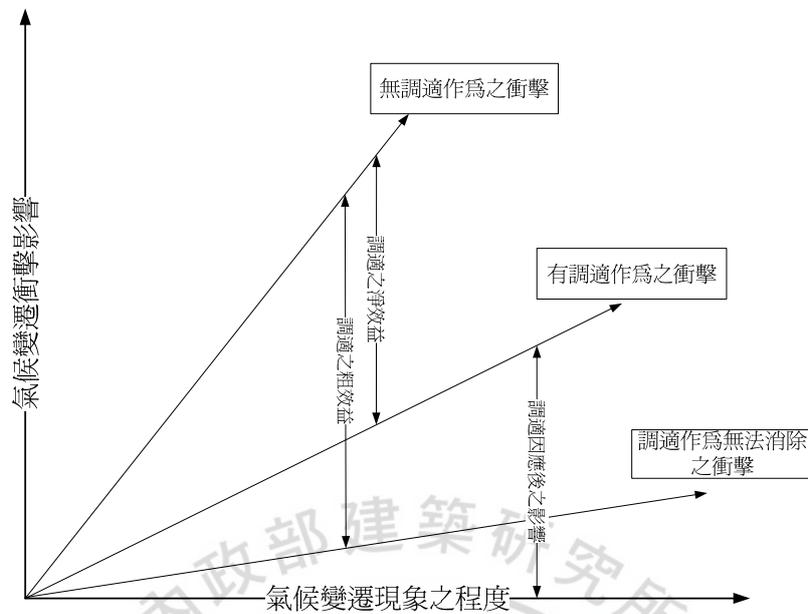


圖 4-3-2：都市地區調適之成本效益綜合評估概念

資料來源：World Bank and ISDR (2008)

上述的調適作為效益，由於氣候變遷衝擊的規模、頻率等資訊，就目前而言，仍有相當的不確定性，因此，在因應方案設計的基本理念上，與一般政策設計的思維有所差異 (CAG Consultants, 2004)，分述如下，本研究在初擬未來工作項目時，將考量此等理念：

1. 立即行動 (act now)：氣候變遷的影響雖為長期效果，為其中之累積性，不可輕忽，因此應該建立積極的態度，透過立即的行動方案，方能收到防範於未然的效果。
2. 建立關聯 (make links)：氣候變遷的影響非為單一部門，通常可以連結到常態性的政策，例如對水資源的衝擊，通常可以連接到環境保育部門的資源保育政策，加以擴充。
3. 廣泛宣導 (spread the words)：對於氣候變遷的因應，建立民眾意識與覺醒，透過由下而上的努力，方能收到較佳的效果。
4. 善用現有工具 (make the best use of the existing tools and instruments)：由於前述的不確定性，政策設計必須考量成本效益，因此若有現行的作為或工具，例如環境影響評估、開發審議等，均可以擴充利用，作為因應氣候變遷行動之憑藉。

(二) 各期程工作規劃

根據上述之架構理念，以下將未來都市防災再因應氣候變遷之衝擊評估與調適作為，以類別與期程遠近，建立工作規劃內容，如表 4-3-3 所示。表中所區分之類別，目的在呈現工作項目的主要性質，就實質的工作項目內容而言，彼此間存在相互關連，未來在執行時，應參酌內容之關連度調整配合。此外，表中所建議之項目，未來與其他部會單位在因應氣候變遷之工作，可能存在相互協調配合空間，亦應一併考量。

表 4-3-1：都市防災因應氣候變遷衝擊之研究課題規劃

類別	近程工作項目	遠程工作項目
建築物	<ol style="list-style-type: none"> 1. 探討建築物(如：結構、建材、型態、座向、地景等面向)對於溫度上升之因應的基礎研究*。 2. 探討建築物(如：結構、型態、座向、地景等面向)對於大規模都市洪災之因應的基礎研究*。 3. 建築、營建業者對氣候變遷認知與因應技術之探討。 4. 都市洪災高風險地區建築規劃議題。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 因應氣候變遷之建築法規技術規則配合調整研究。 2. 特殊建築或場所(如：地下場站、交通轉運站、超高建築、大型商場等)如何因應氣候變遷衝擊影響*。 3. 建築物能源使用相關議題之基礎研究*。
水資源與洪災	建物與社區雨水回收再利用設計之研究。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 未來極端氣候條件下都市洪氾損失的影響評估方法建構與實作研究*。 2. 因應極端降雨，建物透水層與地下空間使用相關議題。
基盤設施與公共服務	都市關鍵設施受氣候變遷影響之風險分析。	都市綠資源生態服務受氣候變遷之效益分析。
交通運輸	都市交通設施受溫度上升與極端雨量影響之風險分析。	道路防救災服務功能在氣候變遷衝擊下之檢討分析。
土地使用規劃	<ol style="list-style-type: none"> 1. 坡地開發、都市水患緩衝地區對氣候變遷效益之研究。 2. 氣候變遷影響熱點地區(hot 	1. 土地使用空間配置與氣候變遷之減量、調適關係(例如：都市綠地及其區位檢討)，提供都

	<p>spot)辨識之方法建構與氣候變遷影響熱點辨識之示範計畫。</p> <p>3. 因應氣候變遷影響透過發展權移轉，遷移設施或建築機制之討論。</p> <p>4. 防災所需之坡地防災之工程、監測、預警之整合，進行技術應用之結合與開發。</p> <p>5. 氣候變遷下雨水排放系統與都市防洪、滯洪設計（如：社區開發與個案變更之蓄水的功能、公園地下層使用方式、都市地區下水道清淤、下水道分段滯洪等）之研究。</p> <p>6. 都會區因應氣候變遷之空間規劃調整研究。</p> <p>7. 海岸都市因應氣候變遷之空間規劃調整研究。</p>	<p>市計劃與通盤檢討之參考。</p> <p>2. 熱島效應在建築、社區、都市層級對應氣候變遷之研究*。</p> <p>3. 都市空間型態對於降溫效果之研究*。</p> <p>4. 都市化過程與氣候變遷之互動影響。</p>
都市防災體制	<p>1. 天然災害保險(洪災部分)推動之配套措施研擬。</p> <p>2. 因應極端氣候災害之大規模疏散計畫。</p> <p>3. 建立氣候變遷與社區防災之意識與覺醒；結合民間資源之運用與操作方式研擬。</p> <p>4. 坡地/土石流高災害風險都市/社區之監測。</p> <p>5. 都市緊急救援服務功能因氣候變遷衝擊喪失之因應方式*。</p>	<p>1. 整合不同災害類型，推動天然災害保險機制。</p> <p>2. 進行建管部門對氣候變遷災害防救能力之評估*。</p> <p>3. 氣候變遷對都市災害風險評估方法與模式研發。</p> <p>4. 氣候變遷影響下，避難場所選址準則與實作研究。</p> <p>5. 氣候變遷影響下，避難場所內部設計方法研究。</p> <p>6. 物資儲存場所對氣候變遷衝擊之因應方式（如：區位與形式等）。</p>
其他	氣候變遷對不動產金融市場之影響*。	

標示*者屬衝擊評估類型，餘為因應作為類型。

資料來源：本研究整理



第五章 都市防災空間規劃之調整

本章說明目前都市防災空間規劃以及防災六大系統，並提出因應氣候變遷的影響下，在防災空間規劃程序及內容調整的建議。本章首先對都市防災空間規劃內容與程序做歷史性的回顧，並針對 2007 年的規劃程序內容做詳細的介紹；其次整理與比較內政部建築研究所歷年來的都市防災空間示範計畫及介紹其 6 大系統，配合前述國內外案例進行檢討，提出調整架構；最後，針對現行之程序與內容進行實質上之建議。

第一節 都市防災空間規劃內容與程序

內政部建築研究所在 2000 年版的「都市計畫防災規劃手冊彙編」，主要以都市的實質環境為出發點，以地震災害的整備與應變為基礎，分別就防災空間系統規劃作業的內容與程序，建構以六大空間（避難、道路、醫療、物資、消防與警察）設施系統為主軸的都市防災體系。此版手冊主要是依據（1）建研所歷年關於都市安全與防災的研究成果，（2）「台北市都市計畫防災系統之規劃」的計畫成果，及（3）日本地域防災計畫（李威儀等，1997；何明錦、李威儀，2000）編撰而成的。依其內容，可將都市防災空間規劃程序歸納為五項。

依據何明錦、黃定國（1997）與何明錦、李威儀（2000）的研究基礎，及根據 2000 年版手冊敘述之應強化之事項。李威儀、丁育群在 2003 年時將都市防災空間規劃作業程序，透過「都市防災空間規劃手冊」的研擬，提出首冊修訂的第二個版本，將防災空間系統規劃擴充為十四個步驟。

2007 年建研所參酌文獻回顧與建研所防災空間系統規劃示範區計畫的經驗，在原有兩版本手冊的基礎上，更強化天然災害風險（含危險度）分析、防災設施需求估計與減災層面的程序建議。其「都市防災空間系統」規劃的界定，是指「區域的都市防救災系統計畫」。規劃的方式，是以土地使用與空間規劃的方式呈現，較強調防救災設施的規劃，而其他土地使用計畫、土地使用管制或建築管理，則為其配合措施，目的在強化防災空間系統規劃內容的落實與功效。

表 5-1-1：都市防災空間系統規劃程序之變遷

	第一版（2000 年）	第二版（2003 年）	第三版（2007 年）
程序	<ol style="list-style-type: none"> 1. 都市防災規劃基本原則、規劃範圍與設施的擬定。 2. 都市防災資源調查與確認。 3. 防災空間系統的規劃與劃設。 4. 資源與設施的評估與檢討。 5. 擬訂都市防災建設計畫。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 制定防災規劃指導原則。 2. 劃定規劃範圍。 3. 確認防災環境資源。 4. 進行災損評估模擬。 5. 避難需求與供給量檢討。 6. 進行防災空間系統之配置與劃設。 7. 整合規劃非都市化地區之防災空間。 8. 繪製防災空間系統計畫圖。 9. 實施建築物耐震評估作業。 10. 評估災害防救據點的防災力。 11. 評估防救災通道系統之現況。 12. 研擬防救災據點整備計畫。 13. 研擬防救災通道整備計畫。 14. 研擬防災建設計畫。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 制定防災規劃規劃目標與指導原則。 2. 劃定規劃或計畫範圍。 3. 防災環境資源調查、確認與分析。 4. 災害情境設定模擬與風險損失評估。 5. 防救災設施需求分析。 6. 防救災設施與資源提供與供給現況檢討。 7. 防災空間系統配置與劃設。 8. 課題發掘與配合對策的研擬。

資料來源：2007 年都市防災空間系統手冊

一、2007年都市防災空間系統規劃程序調整

(一) 第一步驟：制定防災規劃目標與指導原則

本步驟須依據規劃地區之城鄉發展特性相關的天然與社會經濟環境、發展現況、地方特性與願景、相關法令與城鄉規劃的上位計畫。另亦須考慮地區災害防救計畫、相關的防災作業原則、災害特性、防災需求特性等，擬訂都市防災規劃短、中、長期之基本目標與原則，作為後續步驟之防災空間系統規劃的基礎。

(二) 第二步驟：劃定規劃或計畫範圍（根據空間性質，對應氣候變遷因子的考量）

在前二個版本的空間系統手冊，乃建議以縣市內未擬定防災空間系統的都市計畫地區、人口集中的城鎮，或行政區劃作為規劃的重心與範圍。在2007年第三版乃延續前二個版本對於此步驟的建議，惟較強調應納入全區型（區域觀點）綜觀災害風險特性，考慮規劃區周邊鄉鎮或縣市的特性，並參考歷史的災害紀錄，佐以各類災害潛勢疊圖初步的分析結果，配合人口集中、密集或行政區劃，擇定規劃（計畫）範圍。

(三) 第三步驟：防災環境資源調查、確認與分析（該收及如何資料）

進行防救災設施需求分析與防救災空間系統配置之前，需針對前述劃定的規劃區域，進行災害防救條件的供給面分析。主要工作包含災害環境的分析、土地使用及防救災相關設施的調查與評估，及確認與瞭解規劃區現有的災害防救資源與設施的特性與空間分析的特性，詳細工作內容包含：

- 1、確認可能的致災因子，包含斷層、液化潛能、山崩潛感、淹水潛勢與土石流潛勢溪流等自然地理條件、地區災害特性與災害歷史條件的分析（包含：不同災害的特性、受災規模、型態、形成原因及因應對策等）及危險建物或設施調查與評估，以作為後續進行各類災害潛勢分析、地理資訊系統疊圖相關分析與劃定區域危險度分級的基礎。
- 2、社會經濟資料蒐集與調查：包含日、夜間人口、戶數、性別比、老年人、嬰幼兒等災害弱勢族群比率、年齡結構、教育程度比、低收入戶人口比、商業與工業發展、鄉村/都市等進行調查與分析，及分析及空間區位分布之特性。另應針對民眾避難行為及地方特色產業，如古蹟、觀光遊憩等進行調查與分析，作為後續評估地區防救災設施需求特性之基礎。
- 3、都市計畫與相關計畫：包含區域與都市計畫之上位計畫與相關法令所賦予

規劃（計畫）範圍之土地使用及防救災之功能、定位與規範。此部分的分析，有助於防災分區或防災生活圈的劃設，及作為整合土地使用與防災空間系統規劃的基礎。

- 4、防災與相關公共設施調查：調查與分析之內容含防救災據點與防救災相關設施之現況、周圍環境與防救災條件的評估。
- 5、土地使用調查：包含土地使用現況與可支援防救災用地的相關調查，以作為整合上述（一）至（四）項工作的基礎，及作為篩選並標定可符合防救災需求之設施、資源與相關用地的基礎。
- 6、交通運輸現況調查：包含計畫與已開闢道路之調查與現況評估，並進行道路層級分級與震後交通設施阻斷可能性（機率）的相關評估，作為後續救災與避難路徑空間系統規劃的基準。

（四）第四步驟：災害情境設定模擬與風險損失評估

本步驟主要工作，包含規劃區之各種災害潛勢模擬與預測災損（或災害風）的評估或模擬。進行此工作，首先需進行災害情境的設定。災害情境設定後，除可藉之模擬不同地區的災害潛勢，亦可選用適當之災損或災害危險度評估模組、電腦軟體或方法，估計災害損失或損害。

都市計畫或土地使用計畫乃針對計畫目標年的發展預測項目，包含人口預測、土地使用分派與分區管制規則，但前述災損評估模擬乃針對現況進行分析。因而在城鄉防災計畫與城鄉土地使用規劃的過程，需整合兩種計畫。特別是將災害潛勢與預期災損的分析成果，納入土地使用規劃的過程，以降低錯誤規劃與決策所導致的易致災性、災害風險或預期災害損害上升。

（五）第五步驟：防救災設施需求分析

本步驟主要目的，在於估計與分析各項防救災設施的需求。防救災需求。防救災需求估計，需考慮不同防救災設施的潛在需求者，及影響需求的相關因素，以助於分析需求特性與估計需求量。考量項目包含：

- 1、災害潛勢與風險因素：土地使用規劃與防救災設施需求分析，應結合區域各項災害潛勢或危害度分級與災害危險圖、風險區進行分析。
- 2、地區的需求特性：影響地區防救災設施需求特性，包含地區的人口規模與特性、社會經濟因素、防救災與避難特性、公共設施的供給條件等。可透過專家諮詢或針對民眾進行問卷調查，以更深入瞭解。
- 3、防救災設施的需求特性：可透過文獻回顧或相關法令的規定，瞭解各項防

災空間系統設施的需求特性。估計過程可透過檢討規劃區內救災避難收容所、物資、疏散、醫療設施、設施周圍的人口分布等條件，評選避難之有效面積與服務範圍。其次再綜合個人之平均避難單位面積的估計成果，以預估需要的避難點數量與相關之需求。

上述考慮的影響需求因素，可以納入需求分析過程，進行需求特性與需求量的分析與估計。需求量的估計，除可參考規劃區歷年的災害經驗設定相關的估計參數外，亦可引用統計方法或多變量分析進行估計，以提升估計的精確度。

(六) 第六步驟：防救災設施與資源提供與供給現況檢討

防救災設施與資源提供與供給現況檢討包含：(1) 依各類災害潛勢與覆蓋敏感範圍，評估防救災據點位置適宜性；(2) 評估各項防救災的阻斷路徑風險特質，包含可及性、有效寬度、高度、道路現況評估等；(3) 進行建物耐災力評估，包括建物或據點的結構與安全性評估；(4) 進行據點通達性、安全性評估，並估計實際可供避難之有效面積（包含開放空間與室內空間）。除此之外，此步驟亦須根據傷亡人口、避難收容之估計成果，計算臨時避難、臨時收容與中長期收容所及醫療、救援與物資支援的需求，並藉之檢討規劃區防救災整備的現況。結合第五步驟的分析結果，進行供需契合檢討，作為後續避難設施規劃與劃設的基準。

(七) 第七步驟：防災空間系統配置與劃設

規劃內容包含：(1) 劃設防災通道、救援輸送通道、指定消防與輔助通道系統及避難路徑的劃設與配置；(2) 劃設防災避難圈；(3) 指定災害防救據點；包含避難生活據點、物資支援據點、消防據點、醫療據點與景察據點的指定。此步驟需整合第三至第六步驟的分析結果，再依災害風險分布特性、規劃區的城鄉發展特性與周邊鄉鎮的發展與支援特性，擬定防災空間系統計畫。

(八) 第八步驟：課題發掘與配合對策的研擬

依第七步驟的規劃成果，可擬定下列之配合措施：(1) 土地使用防災規劃策略；(2) 災害管理與防減災策略；(3) 救災、整備與重建策略。都市計畫與防災空間系統計畫的整合，可依據前述的空間系統計畫規劃結果選擇適當計畫方案，研擬防救災計畫草案，並將土地使用計畫、公共設施計畫、分區管制規則及交通運輸計畫，納入空間系統計畫之防災避難圈、防救災據點、防災設施與救災路線，使空間系統計畫能融入都市計畫或都市計畫通盤檢討的過程，以建構安全都市。

二、歷年都市防災空間系統規劃示範計畫成果

內政部建築研究所自民國 84 年起即由建立都市防災體系的角度，進行多項

基礎研究並逐年累積研究成果。首先以台北市都市空間之實質環境現況為條件，由地震災害之緊急應變對策思維中，架構初步的都市防災空間系統，防災機能之檢測及操作等方法，並彙整規劃一套作業程序，供選定台灣之數個都市已開發地區，於建構完整都市計畫防災系統的操作過程上，逐年落實於優先選定的示範地區中。

從民國 86 年開始，率先以台北市作為優先地區進行防災空間規劃，並自民國 89 年到民國 95 年間總共選取了 18 個示範區計畫，進行都市防災空間系統規劃之實際應用操作。以下將各示範計畫，依地區特性、研究內容及研究成果分別比較，可提供本研究後續更完整之參考。



表 5-1-2：各都市防災系統規劃示範地區研究成果一覽表

示範地區名稱	計畫主持人 (年份)	地區特性	研究內容	研究成果
台北市	李威儀、錢學陶等(民國 86 年)	1.台北市為台灣各都市化程度最高者。 2.都市機能複雜。	1.擷取日本防災規劃經驗與成果，擬訂台北市都市計畫防災系統。 2.依據本身的地理區位及空間設施條件，分別訂定直接避難區域級階段避難區域。	1.訂定都市防災空間六大系統。 2.依緊急避難廠所的條件，將台北市劃分為 96 個直接避難圈及 66 個緊急避難圈。
嘉義市	蕭江碧、張益三(民國 89 年)	1.嘉義市為 921 震災受創嚴重地區之一。 2.地震發生頻率極高之地區。	1.依步行距離將嘉義市分為三種層及避難圈域。 2.結合地理資訊系統及台灣災害管理系統，建構都市防救災據點之資料庫。	1.整合嘉義市軟硬體防災資源，建構嘉義市防救災資訊網資料庫。 2.建構嘉義市都市防救災體系組織與事務分派權責。
斗六市	陳建忠、文一智(民國 91 年)	1.斗六市為 921 震災嚴重毀損地區之一。 2.為雲林縣人口聚集區域。	1.以斗六市都市計畫區為研究地區。 2.採用檢討都市計畫公共設施用地的方式調查該市現有開放空間之數量和面積。	1.將斗六市依不同屬性劃設三種層及避難圈：鄰里避難生活圈、地區避難生活圈及特殊避難生活圈。 2.提出斗六市全市防災公園構想。
南投市	蕭江碧、李永龍等(民國 91 年)	1.南投市為 921 震災損害最為嚴重地區。 2.地勢多為丘陵。 3.土石流災害危險地區之一。	1.針對該市防災空間系統，採兩階段評估法，先劃定震災危險地進行第一階段「總體性防災評估」；接著選取危險程度較高地區，進行「個別性防災評估」。	1.透過「蒙地卡羅機率模式」選出南投是災害危險度較高之地區。 2.針對危險度較高的地區，進一步進行個別防災評估，以反映整體都市防災系統。

資料來源：內政部建築研究所，本研究整理。

表 5-1-2：各都市防災系統規劃示範地區研究成果一覽表（續）

示範地區名稱	計畫主持人 (年份)	地區特性	研究內容	研究成果
大里市	陳建忠、彭光輝等（民國 91 年）	<ol style="list-style-type: none"> 1.大里市為 921 震災嚴重毀損地區之一。 2.大里市是台中縣所有鄉鎮市中規模最大的地區。 3.境內有車籠埔斷層通過。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.先期以地震防災空間規劃為主，研究範圍則以大里市行政區為中心，向鄰近鄉鎮及台中市做延伸，最後在境內都市計畫區作為案例模擬區域。 2.以「中長期收容據點」為劃設防災圈考量因子。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.大里市防災空間系統規劃後，於執行面落實，擬定短中長期執行計畫，最為部門施政依據。 2.依據中長期收容據點，以其為核心劃設出 14 個防災避難生活圈。
台中市	何明錦、李威儀等（民國 91 年）	<ol style="list-style-type: none"> 1.區域內有車籠埔斷層帶通過。 2.都市計畫範圍幅員遼闊，限制發展區比例大。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.以台北市及花蓮市防災規劃為主體，透過台中市都市結構的整理分析，研擬台中市都市計畫實質環境防災系統。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立防災大分區及區域中心概念。 2.提供作為非都市計畫地區防災規劃之參考。
苗栗市	蕭江碧、黃建二（民國 92 年）	<ol style="list-style-type: none"> 1.苗栗縣治所在，是政治、經濟、文化及教育中心。 2.丘陵都市。 3.鄰近斷層，北有斗換坪斷層、東西獅潭斷層，南有神卓山斷層。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.苗栗市防災系統資源調查與檢討。 2.劃設苗栗市災害救助防災生活圈。 3.地區危險度之評估與檢討。 4.震災損失模擬推估。 5.苗栗市防災空間系統規劃與實施計畫。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.擬訂苗栗市都市防災系統規劃。 2.苗栗市都市防災空間資源資料之建構。 3.建議苗栗市都市防災空間系統規劃緊急和中長期實施事業。

資料來源：內政部建築研究所，本研究整理。

表 5-1-2：各都市防災系統規劃示範地區研究成果一覽表（續）

示範地區名稱	計畫主持人 (年份)	地區特性	研究內容	研究成果
宜蘭縣 礁溪鄉	陳建忠、張 隆盛（民國 92 年）	<ol style="list-style-type: none"> 1.著名溫泉鄉假日遊客約 5000 人，都市計畫區有 11600 人，外來遊客與在地人之比約 1:2。 2.人口約一萬人的小聚落。 3.位於太平洋沿岸地震帶，地震頻繁。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.礁溪鄉都市發展現況調查與分析。 2.檢討礁溪鄉都市防災課題與內容。 3.針對礁溪鄉溫泉特性，就防災應變計畫，於都市計畫體系中全面檢討，並將建議納入第四次通盤檢討。 4.建議礁溪鄉都市防災系統之具體行動方案。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.礁溪地區都市空間防災應變情況之調查。 2.國內都市防災相關文獻的彙整與分析。 3.礁溪鄉都市計畫範圍內都市防災空間應變系統與架構建立。 4.礁溪鄉都市防災體系之建立。 5.礁溪鄉都市防災應變計畫之行動方案。
嘉義縣 太保市 及朴子市	陳建忠、張 隆盛（民國 93 年）	<ol style="list-style-type: none"> 1.此二市為縣治所在地。 2.地勢平坦，地勢由東向西傾，地勢標高 10~15 公尺之間。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.對於太保市及朴子市之防災據點、災害潛勢、發展現況等，及朴子市都市計畫範圍內之建築物進行現況調查與分析。 2.建議 2.檢討太保市及朴子市防災空間定位、全縣防災指揮中心—縣治所在範圍內，以及地區性防災定位下的朴子市都市計畫範圍內防災空間課題。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.建立太保市及朴子市之防災空間架構。 2.經由防災空間架構規劃，朴子市防災計畫納入都市計畫建議中。

資料來源：內政部建築研究所，本研究整理。

表 5-1-2：各都市防災系統規劃示範地區研究成果一覽表（續）

示範地區名稱	計畫主持人 (年份)	地區特性	研究內容	研究成果
嘉義縣 太保市 及朴子市	陳建忠、張 隆盛（民國 93 年）	3.太保市人口快速 成長，朴子市人 口呈現輕微衰 退現象。	4.擴大縣治都市計畫 範圍及朴子市都 市計畫範圍之具 體行動。	3.完成朴子市都市計 畫範圍都市空間 防災規劃，如下 列：(1) 防救災動 線劃設；(2) 防救 災據點指定；(3) 評估與檢討工 作，確定據點與動 線之安全性；(4) 實施防災設施建 設之優先順序。
台南市	何明錦、張 益三（民國 93 年）	1.台南市周邊斷層 帶分部主要有 西南邊的後甲 里斷層，與西邊 的新化斷層。 2.地勢平坦，地形 北闊南尖，略呈 三角形。 3.台南市目前為台 灣省面積最 大，人口較多的 省轄市。	1.國內外防救災相關 文獻資料彙整。 2.災害防救體系及避 難區域機能體系 之探討。 3.台南市都市救災資 料庫管理系統建 置。 4.台南市都市防救災 系統規劃。	1.與台南市配合協助 建立工作聯繫窗 口，全力進行防災 計畫之研究，以利 落實教育訓練及 技術轉移。 2.台南市危險據點及 災害潛勢對避難 據點影響評估之 規劃。 3. 建置台南市都市 避難空間資料庫。
鳳山市	陳建忠、黃 建二（民國 93 年）	1.為高雄縣人口聚 集區域。	1.鳳山市都市防災系 統的資源調查及 建立系統的資料 庫。 2.鳳山市都市計畫中 的土地利用計 畫，配合都市防災 規劃手冊之檢討。	1.鳳山市都市防災空 間系統規劃之擬 定。 2.鳳山市都市防災空 間資源資料之建 構。

資料來源：內政部建築研究所，本研究整理。

表 5-1-2：各都市防災系統規劃示範地區研究成果一覽表（續）

示範地區名稱	計畫主持人 (年份)	地區特性	研究內容	研究成果
鳳山市	陳建忠、黃建二(民國93年)	2.鳳山市有斷層經過東北角的地方，是西北朝東南走向，離鳳山市較近的斷層有右昌斷層、仁武斷層、鳳山斷層、旗山斷層及潮州斷層等五條斷層。	3.鳳山市都市防災資源檢討。 4.研擬鳳山市災害救助的防災生活圈劃設。 5.指定不燃化及耐震地區。 6.研擬防災間計畫實施的短、中長期計畫。	3.建議鳳山市都市防災空間規劃中，緊急和中長期的實施事業。
台東市	王聖銘、葉世文(民國94年)	1.台東市為進出台東縣境內各地區及各知名景點的主要門戶。	1.台東市都市防災系統的資源調查及建立系統化資料庫建置。 2.台東市都市計畫防災規劃指導原則之確立。 3.台東市防災資源限制及分析。 4.台東市防災空間系統劃設。 5.擬定台東市都市防災建設計畫。 6.推廣並落實災害防救教育及安全都市之觀念。	1.可大幅提昇台東地區的在災害預防、緊急應變及重建復原各階段的作業能力及具體作為。 2.彙整與建置地理資訊系統基礎資料庫及台東縣防救災相關社會、經濟及人口資料。 3.建立台東地區性災害管理研究能力與基礎。 4.有助於未來台東縣政府內地理資訊系統應用分析的推廣。 5.供計畫範圍內完整防救災資訊。

資料來源：內政部建築研究所，本研究整理。

表 5-1-2：各都市防災系統規劃示範地區研究成果一覽表（續）

示範地區名稱	計畫主持人 (年份)	地區特性	研究內容	研究成果
台東市	王聖銘、葉世文（民國94年）	(例如：知本溫泉特定區、東海岸國家風景特定區、東部海岸山脈國家風景特定區等)	7.提出台東市都市防災空間系統規劃中，短期和中長期的實施策略與目標建議。	6.將現有在台灣西部推動的經驗與成果推廣至東部。 7.建立全民重視居住安全與防災應變之觀念。
永康市	李泳龍、何明錦（民國94年）	1.永康市為過去10年臺南縣人口數成長最快，且人口密度最高的地區。	1.針對台南縣永康市過去發生災害歷史進行檢視，並參考都市特性優先選定：(1)地震及可能導致的土壤液化，(2)火災與(3)水災等自然災害做為都市防災空間系統示範計畫工作範疇。 2.協助永康市進行都市防災規劃，協助制定都市防災綱要計畫。 3.規劃都市防災空間系統架構，做為都市計畫通盤檢討及防災設施規劃建置參考。	1.檢討與建構針對永康市防災空間系統，完成防災路線、避難、消防、警察、醫療及物資集散等六大防災空間系統計畫圖。 2.完成永康市整體都市防災空間系統的成果展示書圖，以供地方政府參考。 3.因應不同災害類型為永康市劃設防災生活圈，並因應不同災害類型的社區生活圈，協助永康市居民參與規劃。
岡山鎮	張益三、何明錦（民國94年）	1.岡山鎮之東邊有一小崗山斷層，而鎮內嘉興里與為隨里地勢低窪，造成素有潭底洋之稱，每遇豪雨成災。	1.國內外防救災相關文獻資料彙整。 2.災害防救體系及避難圈域系統規劃之探討。	1.整合岡山鎮之防救災據點資訊，建立一套地區性防救災據點管理體系與計畫。 2.岡山鎮都市防災規劃及探討。

資料來源：內政部建築研究所，本研究整理。

表 5-1-2：各都市防災系統規劃示範地區研究成果一覽表（續）

示範地區名稱	計畫主持人 (年份)	地區特性	研究內容	研究成果
岡山鎮	張益三、何明錦（民國94年）	2.阿公店溪穿越鎮內，亦曾宣洩不及，造成鎮內淹水嚴重。	3.岡山鎮都市防災規劃與探討。	3.與岡山鎮配合協助建立工作聯繫窗口，全力進行防災計畫之研究。
桃園縣石門地區	洪鴻智、陳建忠（民國94年）	1.石門都市計畫區緊鄰石門水庫特定區。 2.石門地區有多重災害，包括水災、地震及土石流等。	1.文獻回顧。 2.進行示範區之地震防災資源確認與調查。 3.進行地震災損與危險度評估模擬。 4.進行地震防災設施需求估計與供給檢討。 5.擬定地震防災空間系統計畫與繪製相關計畫圖。 6.各項地震防災整備與策略計畫之研擬。	1.完成資料蒐集、資料庫建立與相關之土地使用現況與設施調查。 2.完成規劃區之地震防災資源確認與調查。 3.完成地震災損與風險評估模擬。 4.完成地震防災設施需求估計與供給檢討。 5.擬定防災空間系統計畫與繪製相關計畫圖。 6.提出各項地震防災整備與策略計畫研擬方向建議。
新莊市	宋立堦、陳建忠（民國94年）	1.新莊市為台北縣新發展地區（副都市中心地區）。	1.針對新莊市都市的特性，作一全面性的分析檢討。 2.研擬以震災為主之都市防災規劃。 3.進行都市計畫防災空間架構之初步規劃作業。	1.新莊市都市計畫防災空間系統之規劃。 2.將都市空間防災計畫納入當地的都市計畫作業內容之中。

資料來源：內政部建築研究所，本研究整理。

表 5-1-2：各都市防災系統規劃示範地區研究成果一覽表（續）

示範地區名稱	計畫主持人 (年份)	地區特性	研究內容	研究成果
新莊市	宋立堯、陳建忠（民國94年）	2.主要災害為地震災害。	4.劃設里鄰防災避難生活圈，及防救災設施建設之優先順序建議。 5.就新莊市不同都市發展特性地區，分別研擬適宜的都市防災規劃構想。	3.完成新莊市都市計畫範圍都市空間防災規劃架構系統。
頭份鎮 竹南鎮	何明錦、黃健二（民國95年）	1.頭份鎮舊市區過於飽和，市區有不斷向外擴張的趨勢。 2.頭份鎮為都市計畫型鄉鎮，為苗栗縣山線重鎮。 3.竹南鎮東與頭份鎮毗鄰，西臨台灣海峽，形如扁蒲。 4.竹南鎮是縱貫鐵路山海線的分岔點，也是中港溪流域的重心。	1.頭份鎮與竹南鎮都市防災系統的資源調查及建立有系統的資料庫。 2.頭份鎮與竹南鎮都市計畫中的土地利用計畫，配合都市防災規劃手冊之檢討。 3.頭份鎮與竹南鎮都市防災資源之檢討。 4.研擬頭份鎮與竹南鎮災害救助的防災生活圈劃設。 5.指定不燃化及耐震地區。 6.研擬防災空間計畫實施的短、中長期計畫。	1.擬定頭份鎮與竹南鎮都市防災系統規劃。 2.建構頭份鎮與竹南鎮都市防災空間資源資料。 3.提供頭份鎮與竹南鎮都市計畫通盤檢討有關防災空間系統規劃、緊急和中長期的實施事業之建議。

資料來源：內政部建築研究所，本研究整理。

表 5-1-2：各都市防災系統規劃示範地區研究成果一覽表（續）

示範地區名稱	計畫主持人 (年份)	地區特性	研究內容	研究成果
嘉義縣 民雄鄉	陳建忠、文 一智（民國 95 年）	1.人口數七萬一千餘人，居嘉義縣之首。 2.位於嘉義縣中心，地處嘉南平原之中，海拔 25 公尺。	1.文獻回顧。 2.研究對象及範圍界定。 3.民雄地區都市防災規劃、管理體系之研擬及地理資訊系統建構。 4.民雄地區防災空間系統實質規劃與探討分析。 5.建立民雄地區都市防災公園設計概念。	1.建立民雄鄉防救災指揮系統和防救災中心。 2.建立民雄鄉潛在災害和危險因子之初期資料庫。 3.彙整民雄鄉都市防災空間資源和人力資源。 4.建構防救災道路系統和替代道路系統。 5.建構防救災醫療救護體系和人力配置。 6.建構防救災物資集散和供應據點。 7.建構大型外援後送據點。 8.建構臨時避難和長期收容據點示範點。 9.劃設廢棄物堆置場和處理系統。 10.劃設以中小學為中心的里鄰避難生活圈。 11.建構災後復建之維生管線修復與供給系統。 12.罹難遺體收容及殯葬處理系統之建構。

資料來源：內政部建築研究所，本研究整理。

二、防災空間系統規劃內容

防災空間系統規劃包含了六大空間設施系統：有（1）防救災與避難支援系統；（2）都市防救災道路系統；（3）都市防救災醫療系統；（4）都市防救災物資系統；（5）都市防救災消防系統及（6）都市防救災警察系統，詳述如下：

（一）防救災與避難支援系統

可供防救災與避難支援系統，包含公園、廣場、綠地、兒童遊戲場、體育場用地、學校用地、停車場等開放空間使用之土地，上述土地使用資料皆可從都市計畫書取得。

（二）都市防救災道路系統

防救災道路系統可劃分成三個層級。

1、緊急道路（路寬 ≥ 20 公尺）

此為第一級之災害防救道路系統，乃供都市災害發生時，避難逃生之用。其需為可通達轄區主要防救災指揮中心、醫療救護中心及外埠支援大型集散中心之幹道系統，災害發生時需優先保持通暢，為使道路系統之功能可充分發揮，另需搭配替代道路輔助。

2、輸送、救援道路（ 20 公尺 $>$ 路寬 ≥ 15 公尺）

此為第二級防救災道路系統，乃供各種救災、救助、救急、輸送之用。使救災人員能迅速到達需救助之地區，以作為消防與避難據點之物資運送，及緊急道路系統的輔助與預備系統。特別是一級道路系統發生阻斷或交通容量超過負荷時，可作為交通調度與輔助的預備系統。

3、避難道路（ 15 公尺 $>$ 路寬 ≥ 8 公尺）

第三級之災害救助與避難道路系統，主要在於提供人員前往臨時避難場所，進行消防搶救與傷患運送的地區性道路。

依據不同的防救災需求，需有不同等級的聯外及區內聯絡道路，供緊急救援與輸送之用，這些資料可從工務局、都市計畫書及各縣市統計要覽等獲得。

（三）都市防救災醫療系統

醫療空間體系可區分為臨時醫療場所與中長期醫療場所，其中臨時醫療場所可指定體育場、廣場、空地、學校、地方救災單位等，亦即每一臨時收容場所，主要符合安全或庇護所設置的基本條件，皆為作為臨時醫療場所之指定據點，須肩負短期、機動與簡易緊急救護之醫療工作。除此之外，亦可指定規劃區內之診所、地區醫療院等作為短期與緊急的醫療站。

中長期醫療場所，則可指定綜合醫院以上層級醫院（包含醫學中心、區域醫院或定合醫院），作為醫療支援體系。因此，中長期之醫療體系除需檢視現有醫療服務量外，應針對所屬區位，檢討各醫療救護中心相對區位及與防救災道路系統的聯繫關係，進行綜合性規劃，方能滿足災害防救醫療體系規劃的需求。

防救災醫療系統的設備及數量，攸關災時傷患救護之成效，此數據資料可從各縣市統計要覽或衛生局取得。

（四）都市防救災物資系統

災後災民維生有賴救援物資的發放，故救援物資系統之配置，在災後復建置與重置期間，對災民生活之維持實屬重要。其中可供作為物資及散場所包含：零售市場、批發賣場、百貨公司、農會超市等，上述資料可從都市計畫書、縣市統計要覽、內政部營建署建築物公共安全檢查資訊系統網站取得。

（五）都市防救災消防系統

消防救災系統應包含各消防局消防分隊及民間救難團體，這些資料可從各縣市消防局、縣市統計要覽、縣市社會局等取得。

消防據點之空間規劃，可配合防災避難圈的單元劃設，以每一區分派一消防分隊為原則。

（六）都市防救災警察系統

警察系統對於災時應變指揮，災後治安維護，均極為重要，警察系統包含各警察分局及派出所，相關資料可從警政署或警察局網站取得。

警察據點的規劃與檢討標準，包括（1）可及性：各警察據點 1000 公尺服務範圍內需涵蓋整個研究範圍；（2）空間區位分佈是否均衡；（3）平均每位員警服務人數。

第二節 因應氣候變遷之調整架構

因應本研究所整理之全球氣候變遷對都市空間所產生的影響，上述都市防災空間系統規劃程序及內容均須有所調整，以達到減災與防災的目的，而首先必須了解現行規劃程序所需調整及缺少的部份。本節主要以內政部建築研究所 2007 年所彙編的都市防災空間系統規劃為基礎，參考前述氣候變遷的衝擊、相關專案報告以及國外案例與各國因應氣候變遷的做法，進行調整的工作，以使程序能進一步因應氣候變遷的特性。

一、基本調整構想

進行都市防災空間系統規劃，首先必須界定防災空間系統擬定的空間範圍，在 2007 版的手冊提到，可以都市計畫地區或人口集中的城鎮作為規劃中心。此空間範圍的界定，主要是源於日本的地域防災計畫的經驗，確實可符合台灣的實際都市發展需求，亦確實是都市空間系統規劃擬定之必要性較高的地區。然在氣候變遷影響範圍通常為廣域範圍之特性，都市地區雖然是較適合的空間範圍，可以考慮跨鄉鎮市（或跨都市計畫區），同時包含都市與非都市地區的區域作為空間範圍，甚或以都會或區域為空間範圍，較適合做為防災空間系統規劃的標的，亦有利於相關資料的搜集與資料庫建立。

以往在進行都市防災空間系統時，主要係基於都市計畫通盤檢討第 7 條、災害防救法第 17-18 條與第 20 條、台北市都市計畫防災系統之規劃與日本地域防災計畫，這些相關法令與計畫，雖有改善以往只考慮供給面的問題，增加需求面的考量，但仍以既往發生於都市的災害（如颱風、地震及土石流等）為評估的指標，並未考量到如氣候變遷之未來性災害的衝擊。

基於上述之背景，本研究對於都市防災系統規劃的界定，除了奠基在 2007 版的範圍外，主要將氣候變遷的因子及衝擊納入調整的因素，而第二章及第四章已有諸多對氣候變遷現象及其衝擊與國外案例的分析及探討，故在防災空間系統規劃程序及內容的調整，乃參酌第二章及第四章的分析，在原有的 2007 版的基礎上，本研究希望能更強化氣候變遷的風險分析、減災及調適層面的建議。以使本研究調整的防災空間系統規劃程序與方法，不但能考慮既有之 2007 版的優點，亦能納入建研所執行防災空間系統規劃示範區的經驗，以及考慮全球氣候變遷下的防救災工作推動。

二、主要調整方向

綜合上述背景說明，可涵蓋本研究調整都市防災空間系統規劃程序與內容的主要構想。

(一) 氣候變遷因子考量

本研究主要的架構是建立在前述第二章與第四章的內容，氣候變遷的現象包含氣溫上升、降雨改變、海平面上升，冰雪覆蓋率減少及極端氣候的發生，而氣候變遷的衝擊包含疫病傳染、能源供給變遷、洪患乾旱頻率、強度改變、土壤沖蝕流失、土石流、水資源供給問題、生態系統破壞、海水倒灌及農林漁牧衝擊等九項，如何調適這些氣候變遷的現象？減少這些衝擊造成的災害損失？將這些氣候變遷的風險因子納入都市防災空間系統規劃程序內。因此本研究與 2007 版最大的不同便是，將氣候變遷的風險因子納入考量與分析，降低未來災害造成的衝擊與損失。

(二) 調適的理性規劃程序

理性規劃的概念是奠基在應用社會學的科學家和專家的思維上，在理性的判斷下，包括數據分析、建模、預測和監測，設定前瞻性的目標，預測替選方案的影響，然後選擇最佳的替代方案和實現公共目標，以回饋公共利益。這一概念提供了一種正式的行動方針，大多數規劃過程有一定遵循的基礎步驟。如果參與者需有條不紊地進行理性規劃，他們將遵循下列步驟：

- 1、找出問題、機會和設想。
- 2、制定目標，而社區領導人和民眾幫助制定的遠景。
- 3、收集和分析所有可能的替選方案的數據。
- 4、修改目標，並確定目標。
- 5、由規劃者和顧問小組發展和評估替代方案的成果，以實現目標。
- 6、參與者和規劃者在解決問題的共識上，選出首選的替代方案。
- 7、實施這一計畫，其中土地使用計畫的實施，通常作為一個全面的計畫。
- 8、監測其進步和發展是否符合該計畫的目標，並修改計畫。

許多規劃者認為，理性規劃模型提供了目標和政策的一致性，使用邏輯和現有的最佳證據來分析相關的問題和給予政策建議。它也是有吸引力的，因為選擇實現目標的方法和提供了一致且明確的行動。

支持理性規劃的模型從 20 世紀 50 年代以後開始出現，使得理性規劃被廣泛的應用。如圖 5-2-1，加州總體規劃的模型過程，表現出 20 世紀 50 年代的步驟，

社區規劃，計畫通常反應及預測潛在的問題，例如，除非採取一些行動，否則會有住房短缺；除非處理雨水徑流，不然就會有水污染的情形；如果沒有運輸計畫，將會有過多的交通阻塞。大多數計畫今天強調理性，因為其過程主要包含列舉設施和土地的要求、有必要適應預期的變化、人口、經濟、旅遊格局、住房需求以及自然資源條件。

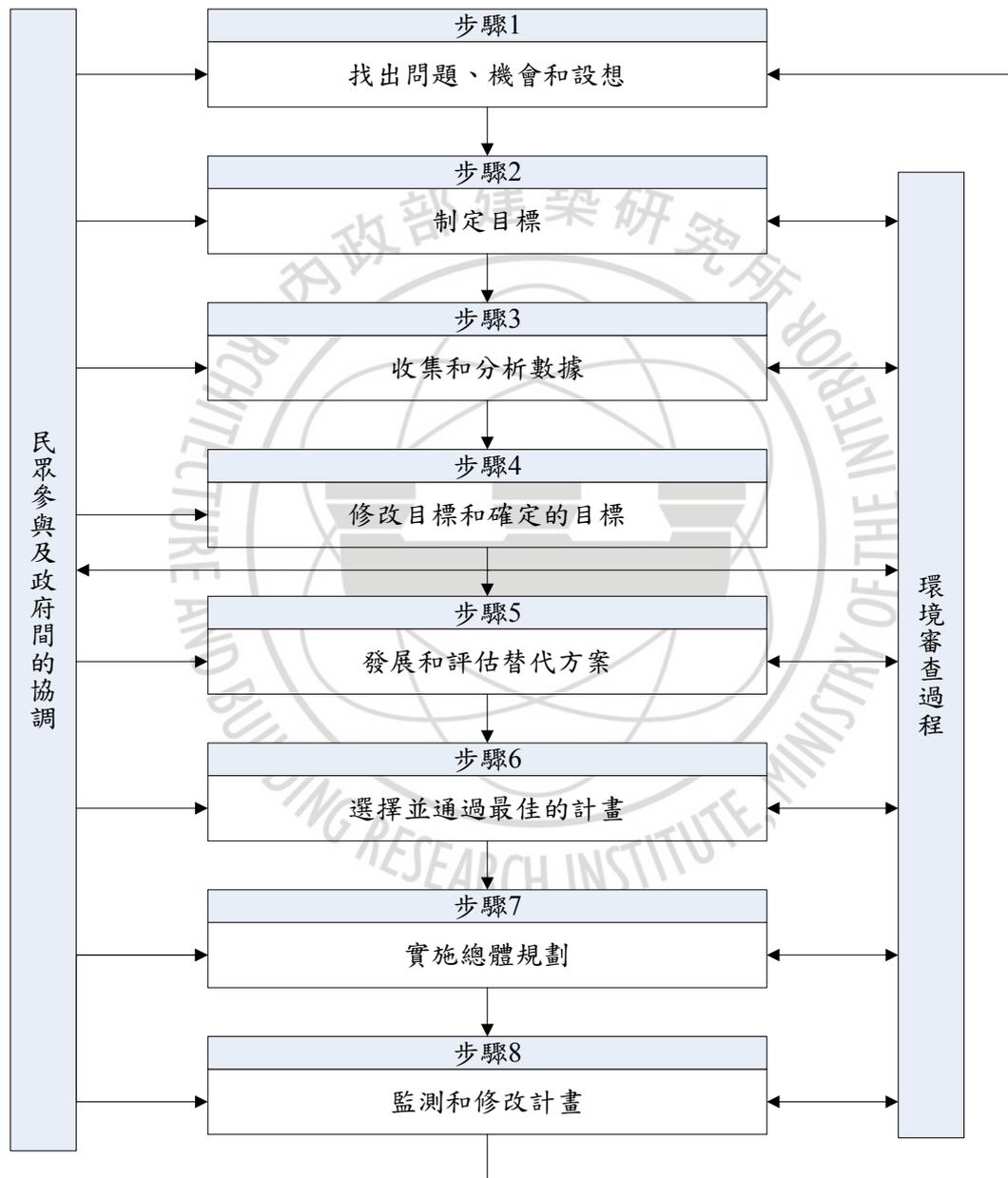


圖 5-2-1：加州總體規劃運用理性規劃的過程

由上述理性規劃的介紹及加州總體規劃案例可知，理性規劃的重點在於民眾

參與、良好的溝通媒介及可信的資料數據三大項，本研究後續之調整架構也將奠基於此理論上，將其納入調整架構，增加架構的合理性。

三、調整項目

根據上述背景界定與特色分析，並將前述第二章與第四章之內容綜合分析整理後，本研究統整出四項調整架構，這四項架構都亦是目前世界各國非常注重且常用的因應氣候變遷的防災措施，將詳述如下：

(一) 建立資料庫

由第二章第一節可知道台灣在未來的八十年將會受到氣候變遷何種影響，基於完整的統計及訊息，便可提早進行調適的政策，因此發展氣候變遷影響和災害管理風險計畫的第一步是建立一個完善的訊息資料庫，目前美國的金恩郡及紐約市已有建立資料庫的措施，資料庫內容來自各種部門，例如：環境、危機管理、會計和其他，透過各種手段（訪談、會議、檔案和專家）以及各地區廣泛的研究將所有的資訊匯集起來。除了上述項目外，溫室氣體的統計資料也是資料庫內不可或缺的，溫室氣體是導致全球氣候變遷的主要因素，一個城市必須先了解自己溫室氣體的生產總額，才能正確的擬定相關政策。資料庫的建置以日趨重要，它可以幫助城市了解風險、擬定計畫、降低成本，改善流程，並滿足利益相關者的期望。

如本研究在第三章第一節藉由台灣大學全球變遷研究中心 CCS 氣候模式，模擬出 2010 年、2050 年、2090 年三年之全台灣月平均溫度及降雨量資料，綜合整理出 SRES-A2 與 SRES-B2 此三年之年平均溫度、乾季平均日降雨量和雨季平均日降雨量，分別如表 3-1-2 以及表 3-1-3 所示，其中乾季是指該年一月、二月、三月、四月、十月、十一月、十二月共 7 個月份；雨季是指該年五月、六月、七月、八月、九月共 5 個月份。氣候變遷對人類所產生之可能衝擊，必須採用多種全球模式對多種情境進行模擬，再將其結果加以綜合分析以提供未來氣候之不確定性解釋，更顯示出建立其資料庫之重要性。

(二) 增加民眾認知

多數的一般民眾對於氣候變遷的認識不太多，因為這個問題似乎與民眾每日的生活不太相關，無論是其影響或調適氣候變遷的行動。但民眾是一切減災及調適行動的基礎，在前述第二章第二節提到能源使用改變為氣候變遷的衝擊之一，若能增加民眾對於氣候變遷的認知，可以讓民眾可以在家裡或工作時，透過簡單的變化日常生活方式，減少溫室氣體的排放，便可提高減緩氣候變遷行動的效

果。民眾對於氣候變遷認知的增加，除了幫助減緩氣候變遷外，也可以促進調適行動及政策的實行，例如：政府發布相關政策時，民眾的配合度及意願也會提高，政策便能夠如期的推動，且民眾本身對氣候變遷具有認知的話，在災害發生時或發生後，能提高應變及復原能力。因此民眾認知可以幫助減緩氣候變遷並降低其帶來的衝擊。

例如菲律賓馬卡蒂市已開始了若干計畫來提高公眾對氣候變遷的認識，並鼓勵人民參與管理氣候變遷的行動，失學兒童、家庭、商戶及供應商和其他利益相關者為其特別宣導的目標。該市還制定了計畫來減少這些利益相關者排放的溫室氣體。其他公眾意識項目包括環境月份、世界地球日和地球小時。這些相關的資訊、教育和宣傳材料，會定期分發給城市居民以提高公眾的認識。

（三）氣候變遷因子風險分析

風險分析是災害預防非常重要的步驟，若能準確推估災害的衝擊，便能增加災害預防的效率，減少災害損失；但現行之都市防災系統規劃程序內的風險分析，主要是針對台灣都市地區既有之災害，如地震、水災及土石流等，但氣候變遷為一未來性的災害，有許多災害是未來才會發生於台灣的都市地區，根據第三章第二節的分析，氣候變遷對於都市的衝擊更會加劇其災害的損失，因此應將氣候變遷的因子考量進風險分析內評估及推測，可幫助擬定正確的防災計畫、配置防災設施及應變對策。世界銀行研究報告中建議到，以下二項準備措施，可以幫助氣候變遷因子更完整的評估：

1、氣候變遷小組的選擇

建議都市政府確認氣候變遷小組基礎為都市準備。在氣候變化影響和災害風險管理方面取決於都市進行中的活動，氣候變遷小組不一定要是一個新成立的組織，可以擴大現有組織的責任範圍，例如災害風險管理組。團隊負責人需有足夠的權力使團隊在政策和各政府部門方案上的建議能夠實行。團隊成員應包含能處理環境、計畫、建設、交通和基礎架構的部門以及受氣候變遷衝擊的其他部門。城市亦鼓勵包括其他從科學和技術機構和民間社會的利益相關者。完成氣候變遷衝擊和災害風險管理評估工作後，後續的相關活動該團隊都能成為核心。都市氣候變遷小組的選擇也能用來透過參與部門的組成使不同程序的執行變得容易。

2、氣候變遷影響熱點（hot spot）之判斷

透過上項小組或工作群，配合基本資料收集，舉辦關座談或討論會，初

期目的是將優先次序、可用的數據與其他相關問題達到共識。更重要的是，關鍵資源資料應該被收集並且幫助提供完整城市類型和風險特徵矩陣，協助判斷規劃地區是否為氣候變遷影響熱點（hot spot）（詳見附錄七），作為專題討論會制定計劃的重要參考，這些過程也能將幫助官員和其他參與者理解議題的重要性。

（四）跨部門合作

目前包含了米蘭、紐約、新加坡、菲律賓及日本都有在實行跨部門的合作，因為防災工作之因應，並不是單一部門能夠完成的，尤其是在加入了氣候變遷的因素後，例如前述第二章第二節提到的氣候變遷包含了疾病、能源、洪患、乾旱、土石流、水資源供給等衝擊，每個衝擊從預防、減災、應變到復原，每個時期每個階段都牽扯到眾多的政府部門（如衛生署、能源局、水利署及農委會等）或學術團體（擬定減災政策），如果沒完善的組織及管理，部門在面臨災害時會猶豫，將會導致生命及財產損失增加。良好的部門合作，不但能降低災害風險，部門間也能教學相長，互相學習及鼓勵，促進調適氣候變遷行動發展及實施。

第三節 調整內容與建議

經由上述氣候變遷現象及衝擊、氣候變遷與都市空間的互動關係以及國內外全球氣候變遷因應措施之綜整後，本節將整合國內外相關文獻，並歸納出現行都市防災空間規劃程序因應氣候變遷之調整建議，首先將對程序之實施順序進行建議，除步驟外，也將對程序內容進行建議，主要將針對現行之步驟與氣候變遷影響，做進一步的連結，其詳細說明如下：

一、總體程序之調整

若以兩階段區分現行之程序，前四步驟可視為規劃準備，後四步驟則為實質規劃，對於規劃準備工作之調整，主要以氣候變遷衝擊影響之納入考量為主，因為必須先評估該地區是否會受到災害影響(尤其是氣候變遷)，再針對評估的結果實施妥善的防災系統規劃，針對核心問題進行解決方案，而不只是受限於已劃定之都市計畫區或行政區的界線，先選定地點再以歷史災害為基礎，進行災害風險評估，但氣候變遷為一未來性的災害，無法以歷史資料作為評估依據，因此建議先了解地區之災害特性及災害潛勢，再對於高風險之地區進行更進一步的防災空間系統規劃。

至於實質規劃部分，則依調適理性規劃程序之概念，加入民眾意識溝通與建立，一方面可以將需求面之資訊納入規劃考量，延續第三版修正之基本精神，另一方面，防災意識或對氣候變遷的意識建立，關乎防災規劃之落實甚巨，透過民眾的參與，期能提高防災規劃成果之落實。

氣候變遷影響和災害風險管理具高度專業，且往往需各部門互相合作。在氣候變遷的背景下，都市實施相關的措施來解決這些影響，必須是融入現有的和未來的政策和計畫。政府各部門、民間社團和私部門應合作，形成一個團隊。不過，為了確保不會導致調適及減災的努力變得零散，需要一個專責委員會(如氣候變遷因應小組)，作為相關多方利益的協調平台。

二、劃定規劃或計畫範圍(根據空間性質，對應氣候變遷因子的考量)

(一) 內容

在前二個版本的空間系統手冊，乃建議以縣市內未擬定防災空間系統的都市

計畫地區、人口集中的城鎮，或行政區劃作為規劃的重心與範圍。在 2007 年第三版乃延續前二個版本對於此步驟的建議，惟較強調應納入全區型（區域觀點）綜觀災害風險特性，考慮規劃區周邊鄉鎮或縣市的特性，並參考歷史的災害紀錄，佐以各類災害潛勢疊圖初步的分析結果，配合人口集中、密集或行政區劃，擇定規劃（計畫）範圍。

（二）建議調整：確認都市地理位置及人口規模和主要特性

現行程序多以已劃定的都市計畫區或行政區為規劃範圍，或是參考歷史災害紀錄來選定規劃範圍，但並未考慮到已劃定之計畫區是否其地區特性是否需要防災系統規劃，或該地區以往鮮少有災害發生，但因為受到氣候變遷的影響，導致其變成容易受到衝擊的地區，未來的演變是無法用歷史紀錄來判斷的；因此確認都市的地理位置，有助於識別出氣候變遷影響和自然災害可能性高的地區，可以幫助氣候變遷影響和災害風險管理與城市地理連結（如：沿海都市和海平面上升）。確認地區之人口規模和主要特性，如：長住人口、流動人口、人口密度及成長率等，通常大規模、密度高和迅速成長的都市對於氣候變遷和災害風險有較高的脆弱度，因此，若是符合上述之地理條件或地區特性，則應略過都市計畫區或行政區的界線，優先劃定為都市防災空間系統規劃之規劃區。

三、防災環境資源調查、確認與分析

（一）內容

進行防救災設施需求分析與防救災空間系統配置之前，需針對前述劃定的規劃區域，進行災害防救條件的供給面分析。主要工作包含災害環境的分析、土地使用及防救災相關設施的調查與評估，及確認與瞭解規劃區現有的災害防救資源與設施的特性與空間分析的特性，詳細工作內容包含：

- 1、確認可能的致災因子，包含斷層、液化潛能、山崩潛感、淹水潛勢與土石流潛勢溪流等自然地理條件、地區災害特性與災害歷史條件的分析（包含：不同災害的特性、受災規模、型態、形成原因及因應對策等）及危險建物或設施調查與評估，以作為後續進行各類災害潛勢分析、地理資訊系統疊圖相關分析與劃定區域危險度分級的基礎。
- 2、社會經濟資料蒐集與調查：包含日、夜間人口、戶數、性別比、老年人、嬰幼兒等災害弱勢族群比率、年齡結構、教育程度比、低收入戶人口比、商業與工業發展、鄉村/都市等進行調查與分析，及分析及空間區位分布之特性。

另應針對民眾避難行為及地方特色產業，如古蹟、觀光遊憩等進行調查與分析，作為後續評估地區防救災設施需求特性之基礎。

- 3、都市計畫與相關計畫：包含區域與都市計畫之上位計畫與相關法令所賦予規劃（計畫）範圍之土地使用及防救災之功能、定位與規範。此部分的分析，有助於防災分區或防災生活圈的劃設，及作為整合土地使用與防災空間系統規劃的基礎。
- 4、防災與相關公共設施調查：調查與分析之內容含防救災據點與防救災相關設施之現況、周圍環境與防救災條件的評估。
- 5、土地使用調查：包含土地使用現況與可支援防救災用地的相關調查，以作為整合上述 1 至 4 項工作的基礎，及作為篩選並標定可符合防救災需求之設施、資源與相關用地的基礎。
- 6、交通運輸現況調查：包含計畫與已開闢道路之調查與現況評估，並進行道路層級分級與震後交通設施阻斷可能性（機率）的相關評估，作為後續救災與避難路徑空間系統規劃的基準。

（二）建議調整：增加城市治理結構分析

現行之程序內容主要是以實質之防災資源為調查對象，但有許多無形的防災資源並未被考慮到。城市治理結構與災害防救的關係相當緊密，對於氣候變遷影響之因應，為長期工作，以現行體制而言，地方首長以選舉方式產生，並有其任期，許多的短期作為可能會抑制長遠規劃的進行，若該城市政府體認到氣候變遷的重要性，優先擬定相關防災計畫，則也可視為無形之防災資源。其他項目還包括地方政府辦事處是否設有災害風險管理部？氣候變遷管理部？是否有明確的責任歸屬？如果災害風險和氣候變遷為同樣部門處理，則可增加發展計畫和程序相連結的機會，災害風險管理和氣候變遷部門的存災，是整合地方政府其他部門的重要指標，若是設有專門部門及明確的責任歸屬，便可提高當地之防災能力，因此也可歸為無形之防災資源。

四、災害情境設定模擬與風險損失評估

（一）內容

本步驟主要工作，包含規劃區之各種災害潛勢模擬與預測災損（或災害風）的評估或模擬。進行此工作，首先需進行災害情境的設定。災害情境設定後，除可藉之模擬不同地區的災害潛勢，亦可選用適當之災損或災害危險度評估模組、

電腦軟體或方法，估計災害損失或損害。

都市計畫或土地使用計畫乃針對計畫目標年的發展預測項目，包含人口預測、土地使用分派與分區管制規則，但前述災損評估模擬乃針對現況進行分析。因而在城鄉防災計畫與城鄉土地使用規劃的過程，需整合兩種計畫。特別是將災害潛勢與預期災損的分析成果，納入土地使用規劃的過程，以降低錯誤規劃與決策所導致的易致災性、災害風險或預期災害損害上升。

(二) 建議調整：增加氣候變遷相關考量因子。

現行之程序多以歷史災害為主要評估對象，但氣候變遷之衝擊會持續到未來，因此應增加氣候變遷相關因子（詳見附錄七）加以評估，風險分析將更為完善，其詳細項目如下：

1、建築環境

主要是關於都市之建成環境，此訊息有助於建立都市的物力脆弱度，且建築環境的好壞，也會影響氣候變遷的強弱，例如：依循建築標準所形成之建築環境其災害風險和脆弱度會比非正規之建築物來得低；因此其評估項目包括：城市是否有總體發展計畫？城市是否有城市發展規劃和土地利用計畫？是否有城市建築法規？在過去自然災害觀察到的建築物脆弱度高低與否？歷史建物數量多寡？新的高脆弱度建築物佔總數之百分比？以上問題若否定越多則城市建築環境脆弱度越高。

2、政治和經濟影響

如果城市是一個行政中心、金融和經濟指標的或重要服務的提供地區，當這些城市受到氣候變遷衝擊的時候，影響可能會高於一般都市，因此必須考慮的評估因子包含：是否為大量國家決策者的居住地？是否可能會影響到城市的政治活動？是否為經濟活動中心？以上問題若是肯定越多則城市受到災害衝擊時之災害損失越大。

3、自然災害的威脅

現行程序內容已將歷史災害列為評估因子之一，但除既有之災害外，必須增加考量因氣候變遷影響所造成的自然災害是否會影響規劃地區，例如：風暴、洪水或極端降雨、海嘯、乾旱、火山爆發、地滑、大浪及極端氣候等自然災害之威脅，災害威脅越多則規劃區之災害風險越高。

4、災害應變系統

除了考慮災害風險及災害損失的因子外，若是有減少災害損失及風險的因

子，應將一併列入評估準則內，以免造成評估的誤差。而其項目包括：城市是否有災害應變系統？應變系統是否能有效防止自然災害？災害應變系統是否有定期演練？災害應變系統是否有定期更新？以上問題之肯定越多，則越可減輕氣候變遷帶來的衝擊。

五、需求檢討、供給現況與配置劃設

如上所述，都市各有其特性，在需求檢討、供給現況與配置劃設這個階段，工作內容亦有差異，惟制定明確氣候變遷的策略，將有助於闡明城市優先的路線，通過減災、調適和知識管理的政策和活動以減少影響。一個都市在訂定策略時的重要步驟，包括：確定主要衝擊；確定不同的氣候下主要預期的社會、經濟和環境的影響；描述行動或活動已進行的程序和評價其目前和未來的能力，以提出有效的解決方案和所需的投資；找出在發展和傳播訊息最迫切應採取的行動，政策的變化、能力建設、以及查明並設計適當的體制結構和獎勵措施等。這些步驟的確實執行將有助於建立一個都市的調適因應措施。

雖然前述氣候變遷近年受到高度關注，但一般民眾對氣候變遷的認識是較淺薄的，因此，提高公眾對氣候變遷的認識，是具有其必要與優先性，最終方得以透過簡單變化生活的方式作為減緩氣候變遷的行動。城市因橫跨廣泛，公眾意識的政策可能會有所變動，然而一些措施是共同的，包括：訊息、教育和訓練；公眾和利益相關者的參與；賦予人民權力和動機，對氣候變遷的影響採取有效行動。因此在此階段的實質規劃過程中，適度設計參與機制，提供民眾參與表達意見以及接受教育的管道，對於氣候變遷之因應有正面效果。

經由上述調整與分析後，本研究將調整後的都市防災空間系統規劃之流程整理於圖 5-3-1。

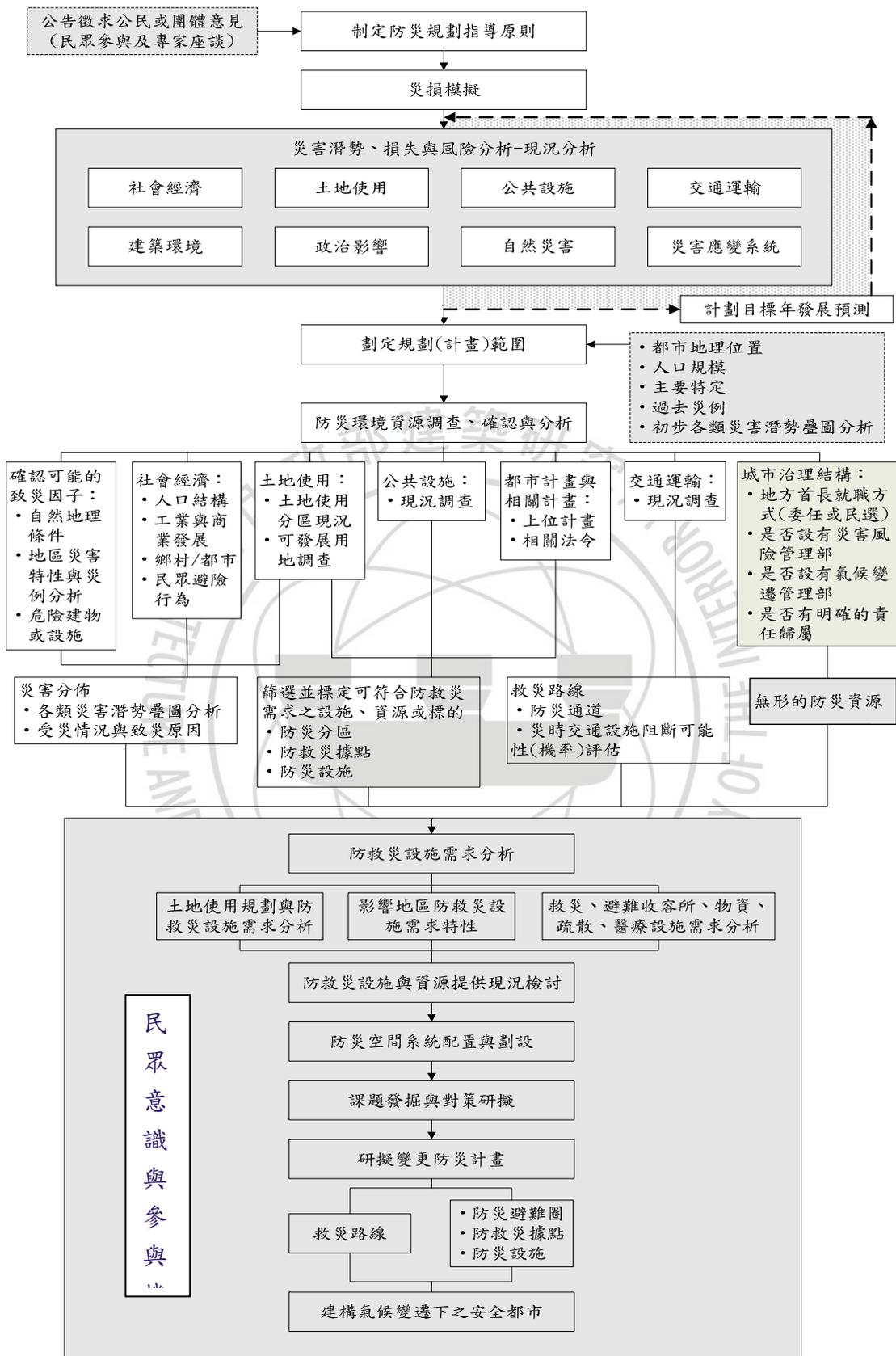


圖 5-3-1：都市防災空間系統規劃流程圖

資料來源：內政部建築研究所、本研究繪製



第六章 結論與建議

第一節 結論

氣候變遷議題近年來已成為全球共同關注的議題之一，IPCC 的報告指出 21 世紀全球暖化的趨勢是非常明確的，並提醒氣候變遷將引致全球性的環境與生態變遷。氣候變遷的現象主要包括了氣溫上升、降雨變遷、海平面上升及冰雪覆蓋量減少及極端氣候事件的發生。近年來因為氣溫上升，過去中緯度地區氣候較為溫和而乾燥的地區逐漸變得較為潮濕且溫暖，導致傳染分佈線亦隨之上移，容易造成疫病大流行，對於環境衛生及人體健康帶來嚴重影響。氣溫的上升也促使過去如颱風、颶風此種破壞力強的災害，發生頻率增加，影響範圍更為擴大。溫度的變化更改變了中高緯度森林的林向，有許多森林面積大量擴張，擴張的結果是乾旱時期容易發生森林大火，對地區居民生活與大氣皆造成嚴重的危害。都市地區因人口產業聚集，受氣候變遷衝擊影響更為明顯。

本研究透過文獻彙整方式，綜整國際組織 IPCC、IGBP、IHDP 以及世界銀行等之專案計畫與報告，以及國內近年來針對氣候變遷影響所進行之研究計畫中，對於未來政府部門因應氣候變遷的長期規劃構想，並透過兩次焦點團體座談（氣候變遷主題以及都市防災空間規劃主題），以都市防災為主要對象，了解氣候變遷對都市之主要影響層面，針對都市防災未來在衝擊評估與調適策略提出構想，整理所獲致之結論如下：

- 一、台灣氣候變遷現象主要由氣溫上升、降雨改變以及海平面上升構成，而上述之現象，將造成「能源使用改變」、「疾病傳染」、「洪旱災害」、「土砂災害」、「水供給問題」、「農業資源衝擊」、「生態系統改變」、「海岸退縮」、「濕地改變」九項衝擊，透過此九項衝擊項目，延伸出在氣候變遷影響下之相關議題，議題共分為「能源經營管理」、「公共衛生防治」、「天然災害防治」、「土壤資源保育」、「水資源經營管理」、「糧食安全維護」、「生態系統保育」、「海岸棲地保育」八項議題，這些議題部分可進一步延伸至都市地區，依據都市地區之空間特性，形成都市地區面對氣候變遷之議題。
- 二、氣候變遷之因應，需要較為確切之氣候模擬資料，以及衝擊評估資料，以為基礎，目前已有台大全球變遷中心完成之 IPCC 第三版與第四版模擬成果，

本研究將第三版成果轉換為 GIS 格式，可以直接與相關國土資訊中之相關圖資，以及目前空間規劃之環境與社會經濟因素圖層疊合應用，隨著模擬技術的發展，未來若有更精確之科學研究資料，將更有助於了解氣候變遷對不同區位都市之衝擊，進而擬定更有效之策略。

三、都市地區為氣候變遷影響的重要空間，都市隨發展之區位與型態不同，所受氣候變遷之影響亦有差異，國際目前關注有二，即超大/鉅型都市與海岸河岸都市。超大/鉅型都市 (mega-cities) 非常容易受到各種環境災害的影響，因其城市組成複雜 (包括建築物及人口密度高、人口組成複雜及政治經濟中心所在地)，因此當此城市受到災害衝擊時，影響的層面將相當廣泛，不在只是自然、技術、工業、社會或生物問題；另外全球許多城市都位居海濱或河岸，當海平面上升、降雨產生變化與極端氣候發生時，海水倒灌與地下水鹽化之問題，將第一個衝擊位於此區位之都市。除上述之關切型態外，高科技產業都市為產業重鎮，假使受到災害衝擊，會對全國產業造成莫大的衝擊甚至直接與間接經濟損失。應針對氣候變遷與都市空間的互動及反應作為研究目標，進行深入之探討，以掌握不同之都市空間型態對於氣候變遷之衝擊所受影響程度之差異。

四、世界銀行 (World Bank) 與 ISDR 共同研究合作之 Climate Resilient Cities: A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities 一文中提到，氣候變遷所帶來之風暴、洪水、山崩和極端溫度，將衝擊都市脆弱度高之地區，導致水資源供給不足，環境衛生與人類健康問題的產生，能源系統和廢料收集問題的浮現，並影響交通設施與生態環境系統。因此如何辨識都市對於氣候變遷是否為高脆弱度，或為氣候變遷之影響熱點(hot spots)，可透過風險檢核表或風險檢核矩陣處理，藉以辨識應優先擬定調適計畫之地區。

五、民眾意識建立之重要性，雖然氣候變遷近年受到關注，但一般民眾對氣候變遷的認識是較淺薄的，因此，提高公眾對氣候變遷的認識，是具有其必要與優先性，最終方得以透過簡單變化生活的方式作為減緩氣候變遷的行動。因城市橫跨廣泛，公眾意識的政策可能會有所變動，然而一些措施是共同的，包括：訊息、教育和訓練；公眾和利益相關者的參與；賦予人民權力和動機，對氣候變遷的影響採取有效行動。

第二節 都市防災因應氣候變遷之研究課題建議

一、建構氣候變遷影響之資訊基礎，發展氣候變遷影響和災害管理風險計畫的第一步，是建立一個完整的資訊基礎，可從各種來源將所有的訊息匯集（環境、危機管理、會計和其他），透過各種手段（訪談、會議、檔案和專家），以及來自各地區的廣泛的大規模研究。這些資訊有助於協助判斷都市是否為氣候變遷影響的熱點(hot spot)，以進一步擬定適當的策略。

二、都市防災因應氣候變遷之研究建議

- (一) 建築物類別之近程研究建議包括從建築結構、型態、座向、地景等面向，探討對於溫度上升之因應的基礎研究；從建築結構、型態、座向、地景等面向，探討對於（大規模）都市洪災之因應的基礎研究；建築物建材隔熱效果或對於溫度上升之因應的基礎研究；以及建築、營建業者對氣候變遷認知與因應技術之探討。遠程研究項目包括因應氣候變遷之建築法規配合調整研究；特殊建築或場所（地下場站、交通轉運站、超高建築、大型商場等）如何因應氣候變遷衝擊影響；以及建築物能源使用相關議題之基礎研究。
- (二) 水資源與洪災類別之近程研究建議包括雨水排放系統與都市防洪、都市洪災高風險地區建築規劃議題；建物雨水回收再利用設計之研究。遠程研究項目包括未來極端氣候條件下都市洪氾損失的影響評估方法建構與實作研究；因應極端降雨，建物透水層與地下空間使用相關議題。
- (三) 基盤設施與公共服務類別之研究建議包括都市關鍵設施對氣候變遷影響之風險分析；都市綠資源生態服務對氣候變遷之效益分析。
- (四) 交通運輸類別之研究建議包括都市交通設施對溫度上升與極端雨量影響之風險分析；道路防救災服務功能在氣候變遷衝擊下之檢討分析。
- (五) 土地使用規劃類別之近程研究建議包括坡地開發、都市水患緩衝地區對氣候變遷效益之研究；氣候變遷影響熱點地區(hot spot)辨識之方法建構；因應氣候變遷影響透過發展權移轉，遷移設施或建築機制之討論；防災所需之坡地防災之工程、監測、預警之整合，進行技術應用之結合與開發；雨水排放系統與都市防洪、都市洪災高風險地區土地使用規劃議題；都會區因應氣候變遷之空間規劃調整研究；海岸都市因應氣候變遷之空間規劃調整研究。遠程研究項目包括土地使用空間配置與氣候變遷之減量、調適

關係，提供都市計劃與通盤檢討之參考；氣候變遷影響熱點辨識之示範計畫；熱島效應在建築、社區、都市層級對應氣候變遷之研究；空間型態對於降溫效果之研究；都市化過程與氣候變遷之互動影響。

(六) 都市防災體制類別之近程研究建議包括天然災害保險(洪災部分)推動之配套措施研擬；因應極端氣候災害之大規模疏散計畫；建立氣候變遷與社區防災之意識與覺醒。結合民間資源之運用與操作方式研擬；坡地/土石流高災害風險都市/社區之監測；都市緊急救援服務功能因氣候變遷衝擊喪失之因應方式。遠程研究項目包括整合不同災害類型，推動天然災害保險機制；進行建管部門對氣候變遷災害防救能力之評估；氣候變遷對都市災害風險評估方法與模式研發；氣候變遷影響下，避難場所選址準則與實作研究；氣候變遷影響下，避難場所設計方法討論；物資儲存場所對氣候變遷衝擊之因應方式（區位與形式等）。

(七) 其他：氣候變遷對不動產金融市場之影響。

三、防災空間規劃程序調整建議

若以兩階段區分現行之程序，前四步驟可視為規劃準備，後四步驟則為實質規劃，對於規劃準備工作之調整，主要以氣候變遷衝擊影響之納入考量為主，因為必須先評估該地區是否會受到災害影響(尤其是氣候變遷)，再針對評估的結果實施妥善的防災系統規劃，針對核心問題進行解決方案，而不只是受限於已劃定之都市計畫區或行政區的界線，先選定地點再以歷史災害為基礎，進行災害風險評估，但氣候變遷為一未來性的災害，無法以歷史資料作為評估依據，因此建議先了解地區之災害特性及災害潛勢，再對於高風險之地區進行更進一步的防災空間系統規劃。

至於實質規劃部分，則依調適理性規劃程序之概念，加入民眾意識溝通與建立，一方面可以將需求面之資訊納入規劃考量，延續第三版修正之基本精神，另一方面，防災意識或對氣候變遷的意識建立，關乎防災規劃之落實甚巨，透過民眾的參與，期能提高防災規劃成果之落實。

附錄一：期初審查委員意見回覆表

「氣候變遷下之台灣都市災害型態與衝擊評估先期研究計畫」

期初審查委員意見回應

委員	意見	回應
陳永明 博士	1. 都市體系因應氣候變遷的策略可分為減災、調適兩大方向，如東京、倫敦因應氣候變遷的減災策略呈現在 C40 Cities 的網站上。	1. 依建議辦理。
	2. 第一案側重在都市調適策略的探討上，因此必須清楚定義都市脆弱度，考量海平面上升、熱浪、公共衛生等方面的衝擊，設想如果台北市下雪的話，台北市因應雪災的能力是非常脆弱的；再者，地下街如何因應豪雨，地下管線如何因應過冷、過熱等問題。以上需要有因應巨災的都市防災策略。	2. 本研究後須將依台灣氣候特性，著重都市災害之調適策略方向進行。
	3. 第一案以「焦點團體座談」方式蒐集各領域對氣候變遷之建議是很好的研究方法，可根據不同氣候變遷情境，將不同的建議與想法回饋給氣象學界參考。	3. 感謝委員認同，後續依計畫構想辦理。
台北市 建築師 公會代表	1. 建議考量不同的都市特性，提出不同的衝擊評估。	1. 研究過程將考量都市屬性分別探討。
何興亞 博士	1. 經建會、國科會永續會、國家災害防救科技中心、水利署均有因應氣候變遷之衝擊與政策研究計畫，建議參考上開研究成果，並有所區隔。	1. 依建議辦理，將重點放在建築研究所本身之業務特性。
	2. Clinton Foundation 發起之 C40 Cities 網站有很多國外城市因應氣候變遷之計畫可供參考，本案對國內、外相關資料予以綜整分	2. 依建議辦理。

	析，對於國內政策參考與後續研究方向將有很大之助益。	
張吉佐 博士	1. 針對本土性的氣候變遷加強研究。	1. 依建議辦理。
	2. 各都會有其災害特性，產生的風災、暴雨型態不同，建議考量不同的都市特性。	2. 研究過程將考量都市屬性分別探討。
陳宗禮 董事長	1. 以氣候變遷切入探討臺灣都市的災害，宜就臺灣島國特性、都市特性、地質特性，分別探討個別都市災害特性，如北、中、南、沿海都市、坡地都市，予以建議以避免籠統之敘述。	1. 依建議辦理。
	2. 有另一派學者反而認為氣候演變將導致海平面下降，回復到以前的氣候，而氣候變遷以評估50-100年內變化較具意義。	2. 本研究所整理之氣候變遷模擬資料，將以100年為期間整理。
衛萬明 教授	1. 本案為建研所先驅性之研究，針對全球氣候變遷與臺灣都市災害資料蒐集完整，惟探討氣候變遷與災害管理間關連性之文獻原本就比較少，氣候變遷與洪水、風災較具關聯性，然而在哪些都市較常發生？因應策略、避難方法、設施區位重新配置方式為何甚具重要性。	1. 防災空間規劃為本研究進行調整之重點，依建議辦理。
	2. 以焦點座談為研究方法可以蒐集各領域之專家意見，建議歸納整合性之議題供各領域專家提供策略，以形成知識庫。	2. 感謝委員認同，後續依計畫構想辦理。
陳建忠 組長	1. 建議計畫案名於末尾加上「先期研究」。	1. 依建議辦理。

附錄二：第一次專家學者座談會會議紀錄

「氣候變遷下之臺灣都市災害型態與衝擊評估先期研究計畫」

第一次專家學者座談會 會議紀錄

會議地點：內政部建築研究所 討論室（一）

會議日期：97年07月16日（星期三）下午2時30分

會議紀錄：

何明錦 所長：氣候變遷所影響之議題相當廣泛，需系統化之整理，以利防救災系統空間之運作與規劃。

馮正民 教授：1. 研究範疇與尺度需界定清楚，災害種類與影響大小需作歸納。
2. 本計劃所欲評估之衝擊為何，須明確說明。
3. 預警系統→維護、管理→救災，各程序之因應措施。

何興亞 顧問：1. 在策略上，建議提高一般民眾之認知與宣導，
2. 研究範疇需確定，水災是建研所需注重之課題，建議由法規中規範。
3. 節能減碳更有發揮之空間，建議未來研究計畫可擴大不只是侷限在防災。
4. 資料之建置，整合各部會，建立知識庫。

林淑華 博士：1. 在研究計畫中，將衝擊與調適作清楚之界定，以免混淆。

陳永明研究員：1. 提高都市系統之容忍度。
2. 巨災雖機率很小，也應在研究計畫中提出該如何調適。
3. 從使用者角度設定情境模擬。

張琪如 教授：1. 納入災害發生之時程。
2. 災害總類須加以分門別類，進而提出調適之方法。
3. 需有前瞻性之思考，以及預防性措施。

黃俊能 教授：1. 在防災規劃上，電力和水資源系統，是需加強之部分。
2. 人口集中度高之區域，和高風險地區，須評估其防護能力。

洪鴻智 教授：1. 建立災害類型、災害的暴露因子與脆弱度的調適力與評估系統。
2. 以需求導向為準，了解風險高的地區→作減災→預警。

石榮豐研究員：1. 人為行為可能影響區域之氣候。
2. 氣候變遷除衝擊也有機會，例如：綠建築、綠建材回收，建議由法律作規範。

陳天健 教授：1. 維持經常性與極端性之氣候，應變之態度是否不一。

2. 氣候變遷與人為發展，何者影響大？再說明如何應變。
3. 建議未來評估空間須發展氣候變遷之評估工具

詹士樑 教授：1. 報告書中會將定義說明清楚，並針對議題部份作切割。

(回應)

2. 災害類型，目前仍以全災害作為研究主體。
3. 在氣候變遷對應都市系統上，不同的都市類型將會以不同對應方式呈現，依屬性與區位作歸納劃分。



附錄三：期中審查委員意見回覆表

「氣候變遷下之台灣都市災害型態與衝擊評估先期研究計畫」

期中審查委員意見回應

委員	意見	回應
黃金山 顧問	1. 建議掌握(1)都市災害型態;(2)衝擊評估兩大部分，產出必須明確界定。	1. 後續將以水災與增溫為災害型態主體進行討論，衝擊評估部分則以調適策略為主。
	2. 依題目似無 mitigation 與 adaptation，但聽簡報似有，又有都市活動對氣候變遷的貢獻，範圍似乎太大，恐不易得出具體的結論。	2. 同上述意見之回應。
	3. 建議針對題目儘量利用國內已有的研究成果，以 Impact 為主，如能略涉及 mitigation 及 adaptation 更好，但恐無法完整。	3. 衝擊部分將於報告書中提出應進行之研究項目。
	4. 援引 IPCC 之 Impacts 項目及相關議題時，建議以都市、城鄉地區為限。	4. IPCC 報告主要為全球趨勢之理解，城鄉與都市地區之討論將以 IHDP 與世界銀行之報告為參考對象。
華昌宜 教授	1. 從都市研究的角度來看，臺灣西岸的幾個城市聚集也可視為 Mega-City，而都市與國土規劃之關係密不可分，本研究題目指涉之「都市」範圍為何？可從國土規劃之方向考量，愈廣愈好，再予以收斂。	1. 依委員建議進行。
	2. 都市防災與調適，可朝都市型態是要朝緊縮或擴散發展之觀點出發予以探討。	2. 依委員建議納入中長期研究項目。
柳中明 教授	1. 本次會議中有兩個先期研究，著重在未來研究課題之建議與後續	1. 將與主辦單位討論之。

	<p>政策推動之參考，其計畫名稱可考慮改為種子計畫。</p>	
	<p>2. 現況與氣候變遷後之脆弱性不同，建議對災害先予定義，再評估現況與氣候變遷衝擊，繼而利用風險管理之方式降低災損。並建議參考相似國家之案例，如：日本、荷蘭、新加坡、英國。</p>	<p>2. 依委員建議辦理。</p>
	<p>3. IPCC 是以長期約 100 年的眼光來看氣候變遷，從氣溫、降雨變化評估衝擊，其中溫室氣體減量是為下世代。災害屬局部性、區域性的問題，建議本案引用國內已有的氣候變遷資料，評估衝擊與都市災害，整合出都市調適策略。</p>	<p>3. 參考經建會委託國土規劃及不動產研究中心之氣候變遷長期影響評估及因應策略研議計畫彙整提出本研究之建議。</p>
<p>國家災害防救科技中心代表</p>	<p>1. 應衡量出都市災害中，哪些災害是受到氣候變遷之衝擊，其受災之規模，訂其定義與準則，以利後續政策發展。</p>	<p>1. 依主辦單位建研所之業務性質，以建成環境為主體，災害類型則以增溫與水患為主。</p>
<p>李怡先 研究員</p>	<p>1. 整理相關資料或研究，氣候變遷是否已經影響產生都市災害，目前的颱風與降雨是否由氣候變遷所造成。</p>	<p>1. 目前都市災害是否由氣候變遷所造成或影響，不易明確辨別，從國外經驗彙整國內應進行之調整。</p>
<p>陳建忠 組長</p>	<p>1. 氣候變遷所致衝擊很多，請著重在都市災害的型態。</p>	<p>1. 依建議辦理。</p>
	<p>2. 本案收集資料豐富，但請選擇氣候變遷下典型情境，作為都市災害模擬基礎。</p>	<p>2. 本案以 A2/B2 為氣候變遷之情境，為現今氣候變遷資料中主要模擬情境。</p>
	<p>3. 本案屬先期研究，應請研提將來（4-5 年內）可供研究之課題、提案單或計畫書，作本所中長期計畫課題之規劃依據。</p>	<p>3. 依建議提出規劃結果。</p>
	<p>4. 以往都市防災中綱科技計畫是含都市防災、坡地災害、施工災害、洪水災害為架構，而本案是氣候</p>	<p>4. 本研究將以都市防災之中綱計畫架構配合經建會委託國</p>

	<p>變遷的都市防災，如何建構新的科技計畫，請予考慮。</p>	<p>土規劃及不動產研究中心之氣候變遷長期影響評估及因應策略研議計畫之綱要計畫內容提出最後建議。</p>
--	---------------------------------	--





附錄四：第二次專家學者座談會會議紀錄

「氣候變遷下之臺灣都市災害型態與衝擊評估先期研究計畫」

第二次專家學者座談會 會議紀錄

會議地點：內政部建築研究所會議室

會議日期：97年11月19日（星期三）下午1時30分

會議紀錄：

洪鴻智 教授：1. 可針對氣候變遷模擬資料以及災害潛式資料提供方法論，作為後續研究之建議，對於規模較小之都市空間，有很大的助益。
2. 防救災空間系統以及都市設施標準，可容忍之門檻如何調適因應，需審慎考量。
3. 民眾溝通目前多以宣導教育，風險溝通機制是需要被建立起來的。
4. 提供不同都市類型所因應之不同策略，或建立透過何種方式選出較高危險的都市類型。

陳永明研究員：1. 透過由下而上的方式，藉由民眾參與將界定出必須優先解決之問題，再由相關單位提出解決之方法。
2. 極端事件所產生之災害雖機率很小，但都市系統是否可能夠承受以及該如何調適，須審慎評估之。

吳杰穎 教授：1. 氣候變遷之災害多為複合性災害，須將影響系統建構明確，以提供防災空間規劃者更明確之規劃方向。
2. 現階段之災害潛式資料與實際使用仍有落差，未來如何補足以及與氣候災害連接，可提出相關建意。
3. 目前多以審查引導規劃，審查程序之調整應嚴格看待之。

洪啟東 教授：1. 從人的角度來看災害。
2. 經濟與政治將是未來防災重要的一環，建議將政治與經濟因素納入。
3. 藉由非政府組織，提供相關建議與意見。
4. 都市防災攻堅系統所建構出之六大系統，如何與氣候變遷之因果關係連結，需考量之。

黃智彥 教授：1. 不同都市地區應有不同枝管制方式，可利用都市分區防災管理之概念。
2. 極端氣候將造成人口之集中，應考量其聚集或疏散配套措施及維生系統。
3. 氣候變遷及活動行為改變，其建物之設計以及救災配備也須有

所變更。

4. 政治上加強風險意識並訂定社區安全標準；經濟可提出防災產業；社區安全及社區防災教育之建立。

林文苑 教授：1. 如後續仍有座談會，應邀請其他領域之專家加入對話。

2. 民眾參與機制須加強如何讓住民之意見納入，以及將其操作模式透明化。

詹士樑 教授：1. 方法論的部份對於後續研究相當有幫助，將會納入考量。

(回應)

2. 由下而上的方式，讓從事都市防災者或居民將意見以及所需資料提出，使防災規劃更完善。

3. 都市防災與氣候變遷之議題，將聚焦在建築、體制與土地使用，具體落實在委託單位之權責上。

4. 審查過成之缺失，將提出相關法令政策之檢討，給予相關建議以及提供後續相關研究之課題。

5. 社區安全方面，可利用競賽之方式建立意識。

6. 關於產業方面之衝擊，因國土規劃及不動產中心以及經建會方面，已有相關研究，本計畫主要以委託單位權責部份相關之以建築之建材為主。

附錄五：期末審查委員意見回覆表

「氣候變遷下之台灣都市災害型態與衝擊評估先期研究計畫」

期末審查委員意見回應

委員	意見	回應
王价巨 教授	1. 資料蒐集非常豐富且完整。	1. 感謝委員肯定。
	2. 議題探討項目多相對較為發散，涵蓋氣候變遷、永續發展及災害管理，是否做些分類整理或簡單結論，以便閱讀。	2. 依建議調整第三章與第四章結構，以利閱讀。
	3. 建研所及其他研究均有對於都市災害成因及趨勢的探討，是否可以再加以分類整理其方法及結論，依據新的資料再加以衍生新的成果。	3. 第五章第三節之建議調整項目即針對氣候變遷與過去鍵研所成果所建議之調整，後續可以透過地區防災示範計劃模擬修正。
	4. 第四章提供很多的國外資料，目前呈現看似個別陳述，是否可以增加部份相互探討或表格歸納，以便於未來探索。	4. 已新增彙總表格，原始敘述調整至附錄，以利閱讀。
	5. 建議簡單說明臺灣都市環境特質。	5. 第三章即針對台灣氣候變遷模擬結果與台灣需因應氣候變遷之都市性質做概要之說明，後續可針對個別類型進一步深入討論。
國家災害 防救科技 中心代表	1. 本案對氣候變遷下都市災害型態與衝擊評估進行探討，十分有意義，蒐集文獻資料相當豐富，並提出都市防災空間規劃程序之調整建議與衝擊影響，建議能進一步系統化彙整，以力研究運用。	1. 感謝委員肯定。
	2. 提出九項衝擊(八項議題)，建議應進一步說明都市地區受衝擊的區域為何(hot spot)? 程度為何? 如何因	2. 本研究所提之氣候變遷 hotsopt 辨識，後續可以透過示範

	應？等幾個面向深入探討，可由影響社會經濟層面較大的水患、坡地和熱衝擊新進行示範計畫。	地區計畫，依據台灣地理調整需考慮之項目與資料。
柳中明 教授	1. 全變中心資料已有更新版本。	1. 後續研究可視資料可及性調整使用。
	2. 全變中心已能提出 2090 年的逐日氣溫、降雨等資料，可用以探討極端氣候”逐日”之可能性，以供未來加強研究。	2. 後續視資料之公布情形，可參考第三章之內容提供防災規劃應用。
	3. 目前的因應策略規劃非常廣泛，能否提供優先性、困難性、可行性等，以利後續。	3. 本研究研提後續之工作建議區分為近程與遠程，本所可依業務需求與預算審酌優先性
	4. 建議在氣候變遷研究仍有待努力下，能否將評估都市各項建設所能承受之衝擊極限、因應、監測與監測等作為建議規劃原則。並區分中央與地方之因應差異。	4. 納入工作項目。
孫志鴻 教授 書面意見	1. 理論背景與文獻資料整理上：本研究對於氣候變遷的背景知識以 ipcc 的評估報告為基礎，並廣納相關國際組織之專案計畫與研究議題，立意良好。對於台灣現階端氣候變遷模式之進展有最新的掌握。然文獻回顧內容過於疊贅，不斷重複提到氣候變遷對各系統的影響，其內容相似，卻在全文最重要的「氣候變遷對都市的衝擊」上，僅用一般化的方式來概述都市之衝擊，建議由於本研究之目的在了解台灣都市在氣候變遷下之災害與衝擊，因此應該在文獻回顧與分析上加強國內已有的研究，理解台灣都市系統的特性(包含都市化、都市空間結構、社會經濟屬性)，以深入、詳實、具體探討台灣都市在氣候變遷下之災害與衝擊。	1. 已就第三章與第四章之內容，進行調整，將重複贅述部分簡化，以利閱讀。

	<p>2. 整體架構上：對於氣候變遷與都市系統之互動與災害衝擊型態之整理因為流於一般化，而造成研究內容有繁雜空洞之感。然根據本研究末章之結論與建議，方才明瞭此研究之目的應是從「制度(institution)」的角度對現行都市防災規劃之程序提出建議，因此建議研究報告之脈絡應針對此點，根據台灣都市的特性，在都市災防的架構上具體說明：名列甚麼是新型態的災害與挑戰？台灣過去的災防體系為何？有哪些無法因應新型態災害與風險之處？在這些內容都掌握之後，再參考國外的做法並建議新的體系如何架構在舊的體系上，並執行。</p>	<p>2. 本研究屬先期研究性質，目的並非對各項議題進行實質探討，而是對後續氣候變遷影響下之都市防災規劃程序提出架構性調整建議，如第四章第三節內容。</p>
	<p>3. 研究方法上：焦點團體座談會為本研究重要之研究方法之一，但卻未明確交代其對象與座談會之目標。</p>	<p>3. 詳見附錄中會議記錄。</p>
	<p>4. 應用性：須思考並提出如何在台灣現行的體制內逐步落實所提之都市防災空間規劃程序之建議。</p>	<p>4. 詳見第五章第三節對防災空間規劃程序之建議調整建議。</p>
<p>林育慈 助理 研究員</p>	<p>1. 本研究案目的在於分析歸納出氣候變遷與都市防災之關連性、衍生之都市防災課題，除作為修正都市防災空間系統規劃程序與內容外，更以先期研究的角度提出未來都市與建築管理因應氣候變遷衝擊的調適減災研究方向，期末報告的四~六章整理的內容符合預期研究成果。</p>	<p>1. 進一步調整章節，使研究結果更易閱讀。</p>
	<p>2. 第三章有關都市屬性與氣候變遷的影響，是從人口數、區位、產值的角度提出鉅型都市、沿海/河岸都市、科技產業都市的災害風險較高，因此很多城市可能同時具有上述屬性，因此在衡量風險高低時建議有一個明確的劃分原則；其次，</p>	<p>2. 依建議調整第五章第三節內容。</p>

	<p>除了廣泛歸納有關氣候變遷衝擊的國外文獻，建議收斂地指出台灣受到不同類型衝擊的代表城市、衝擊項目，作為後續進一步分區、分年探討都市防災因應策略的標的。(或者呼應 P.48 及 P.97，以都市計畫區的空間區位為原則，大略指出哪些區域的都市具有高脆弱性，再據以予以延伸)。</p>	
	<p>3. 建管與其法規方面：發電與維生系統移到高樓層與否？是否不提倡斜屋頂等，都可反映在後續建築設計規劃與法規檢討的研究課題。</p>	<p>3. 依建議調整加入第五章第三節。</p>
	<p>4. 都計法規方面：都市綠地及其區位檢討、滯洪的觀念帶到都市計畫，社區開發與個案變更都要有蓄水的功能；公園地下不能興建停車場、都市地區下水道清淤；下水道分段滯洪...等，建議亦整理納入表 4-3-3 「都市防災因應氣候變遷衝擊各期程工作規劃」，以及結論建議中。</p>	<p>4. 已綜合納入表 4-3-3 內容。</p>
	<p>5. 氣候變遷的「衝擊」與「影響」何異 (P.104 亦提到)，建議於第一章將衝擊予以定義釐清；衝擊除了負面的部分，也有正面效果，增列使其具有完整性；建議將氣候變遷對台灣不同都市型態的主要衝擊項目，再於最後一章摘要表列。</p>	<p>5. 依建議調整用語為衝擊。</p>
	<p>6. 第四章增加「小結」，摘要說明可供我國參考之因應策略與影響的都市類型。</p>	<p>6. 增加表 4-1-1 說明。</p>
	<p>7. P.114-115，部門之間有交叉關係、單一災害衝擊牽涉不同部門因應，若以「部門」類別分類，內容尚有跨部門的近程、遠程工作項目再補充。</p>	<p>7. 已於 4-3-3 說明文字中補充。</p>
	<p>8. P.4 刪除「專家問卷」；P.11：3%「月」；P.15 機「會」、倒數第二句</p>	<p>8. 已修正。</p>

	<p>「將」土「石」；P.19「已」相關研究...；P.21「舊」有設施有 P.72 最後一段的簡體字請更正；2、P.82 第七行「方顯」-「風險」；P.138 完「整」的評估；P.149 透水「規劃」；以上誤植請予以更正。</p>	
<p>9. 能供規劃者使用的都市災害風險資料庫，需要整合哪些災害潛勢資料？</p>		<p>9. 第三章內容所提及資料以及附錄辨識 hotspot 資料，為基本項目，其他需要之資料，除延續過去之示範計劃外，後續研究建議可以專案討論之。</p>





附錄六：各國都市對氣候變遷之因應做法

一、能源經營管理

(一) 綠色洛杉磯計畫

1、在美國，綠色能源從最大的市政公用事業開始

(1) 到 2010 年，增加 20% 來自太陽能，風能，生物質能，地熱資源的可再生能源，及到 2020 年增加 35%。

(2) 不再續簽與進口燃煤發電廠合作。

2、塑造洛杉磯成為一個能源效率的城市

(1) 完成城市中所有樓宇的能源效率改造，以滿足減少 20% 或以上的能源消耗。

(2) 到 2010 年前，每年對城市建築物安裝相當於 50 個酷屋頂 (cool roofs)。

(3) 在飲用水處理和配電設施提高能源效率。



圖 1 使用酷屋頂前達華氏 178 度



圖 2 使用酷屋頂後降溫成華氏 93 度

資料來源：<http://www.consumerenergycenter.org/coolroof/>。2008.5.25 瀏覽。



圖 3 酷屋頂樣式 1



圖 4 酷屋頂樣式 2

資料來源：<http://www.consumerenergycenter.org/coolroof/>。2008.5.25 瀏覽。

3、幫助洛杉磯節約能源

(1) 派發 2 個小型螢光燈管給城市每個家庭。

(2) 為節約電器能源，窗戶，照明，加熱和冷卻系統，增加回饋措施。

(二) 香港再生能源的使用

1、現正採取的措施

香港政府在使用可持續能源方面擔任領導的角色，並已使用太陽能逾 20 年之久。自 1980 年開始，有些游泳池就有採用太陽能來供應溫水。自 80 年代以來，小型光伏系統一直為香港的自動氣象站供電。近年，灣仔政府大樓、科學園及機電工程署總部紛紛採用光伏系統發電，以補充傳統供電。根據機電工程署於 2000 進行的研究，在香港，太陽能、廢物轉化能源及風能有潛力更廣泛使用。目前，政府已有進一步發展可再生能源的計畫，希望為我們帶來更直接的得益。

2、可再生能源的應用

香港大部分時間天氣晴朗，太陽能資源非常豐富，因此政府鼓勵香港市民安裝家用的太陽能熱水器。

二、生態系統保育

(一) 香港新自然保育政策

政府在 2004 年 11 月公佈了新的自然保育政策，以期更有效達到自然保育目標。新自然保育政策旨在顧及社會及經濟的考慮，以可持續的方式規範、保護和管理對維護本港生物多樣性至為重要的天然資源。更具體的保育措施包括：

- 1、確認、指定和管理適當的地區作為郊野公園、特別地區、海岸公園及海岸保護區，以保護天然環境。
 - 2、保護重要的海洋動植物。
 - 3、就發展建議、規劃策略及環境影響評估工作提出建議。
 - 4、負責環保法例的執法工作。
 - 5、確認和管理具有特殊科學價值的地點。
 - 6、監測米埔內后海灣拉姆薩爾濕地的自然生態。
 - 7、發展和管理香港濕地公園。
 - 8、透過公眾宣傳和教育工作，提高市民的保育意識及鼓勵參與自然保育工作。
- 透過以上行動，使現在及將來的市民均可共享天然環境資源。

三、天然災害防治

(一) 香港防洪計畫

香港政府進行了一系列的防洪策略研究，研究結果提供了一個大綱，讓政府可積極和有系統地制定有效的防洪策略。這套策略需考慮技術和管理方面的可能性，透過結構性和非結構性措施展現出來。在制定策略的過程中，要考慮到一些限制和目的，包括社會和經濟壓力、財政和法律限制、地理環境條件、組織管理的限制和發展計劃。這套策略由多個部分組成，會按下列各項目分別討論：

1、公共雨水排放系統的新防洪標準

防洪策略的主要構成部分之一是一套防洪標準，用以策劃及設計公共雨水排放系統。在發展這些標準時，經已考慮到土地用途發展方案、經濟增長、社會經濟需要、水患帶來的後果及紓緩水患措施的利益/成本分析。結果是排水系統中不同的部分有不同的防洪標準。

在新發展區的雨水所有排放設施的設計，都必須能抵禦在「平均重現期」（約在該期間內發生一次）發生的一次嚴重的水浸事件，詳情如下：

表 1 香港雨水排放設施設計表

排水系統類別	年期
市區排水幹渠系統	200
市區排水支渠系統	50
主要鄉郊集水區防洪渠	50
鄉村排水系統	10
密集使用農地	2 - 5

資料來源：香港渠務署。http://www.dsd.gov.hk/home/index_c.htm，2008.5.6 瀏覽。

2、長遠改善措施—雨水排放系統整體計畫

結構性措施是防洪策略的一個基本組成部分。渠務署目前正按下列類別進行基本排水系統改善工程，這些工程現正處於不同的策劃、設計和建造階段。

(1) 蓄洪

蓄洪池或蓄洪缸可用作儲存高地集水區的水流，減低下游的排水系統的高峰徑流。

(2) 雨水隧道

雨水隧道系統可將高地集水區的水流直接引到大海，而不須流經下游的市區。這樣，可紓緩市區排水系統的排水壓力。

(3) 水泵

水泵的作用是将容易受水浸影响地区的水位降低，并以压力管道将雨水直接排出大海。

(4) 擴張現有系統

這個方案藉由擴大或更換現有的排水系統，為管道、河流、明渠或暗渠進行局部改善工程。

(5) 鄉村防洪計畫

這個計畫為低窪地區的鄉村設置泵房連防洪堤堰，將其圍封。堤堰可防止洪水進入村內，而水泵可將村內的雨水抽出鄉村範圍。

選擇改善方案要視乎個別集水區的特點而定。我們需要考慮各方面的因素，如排水系統的組合、土地需求、環境因素、交通影響、與其他工程計劃的銜接、主要公共設施和地下結構物的位置等。然後，我們制定最符合經濟效益的應急和長遠改善措施，以達到現有的防洪標準和應付將來的需要。

3、持續不斷的改善及維修

(1) 地區排水改善

A、地區排水改善工程

當局在新界正進行一系列的地區排水改善工程計劃。這些工程計劃主要集中於改善地區性渠道及鄉村排水渠。這些工程將疏緩易淹水地區的水患情況。



圖 5 香港排水改善工程

資料來源：香港渠務署。http://www.dsd.gov.hk/home/index_c.htm，2008.5.6 瀏覽。

B、應急措施

香港當局正迅速設計及實施應急措施，以便為淹水地點提供即時的紓緩作用。措施包括增加道路溝渠、路旁水道，以及清理水道及管道內的阻礙物。

(2) 洪水警告系統

在完成長遠改善工程之前，為減少水浸的損失，採取了過渡性的措施，在易受水浸鄉村安裝地區性洪水警告系統，當洪水水平達到某一個預定的發出警報水平，便會向村民示警。警報的傳播方式是透過水浸警報器或透過自動電話致電村代表。在緊急情況下，亦全為大部分水浸影響的居民提供足夠的安全網。

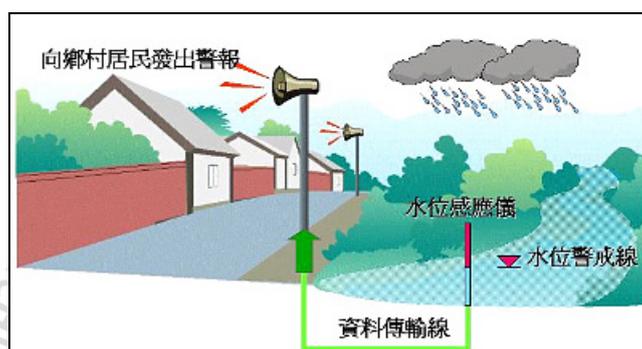


圖 6 香港洪水警告系統

資料來源：香港渠務署。http://www.dsd.gov.hk/home/index_c.htm，2008.5.6 瀏覽。

4、預防性維修

香港當局每年都進行一次檢查防洪裝置(包括洪氾抽水站及洪水警告系統)特別計畫，以確保這些裝置在暴雨期間能完全運作正常。政府有關部門已互相協調保持道路清潔以免垃圾阻塞路旁集水溝及集水井。



圖 7 香港防洪設施檢查情形（閉路電視檢查排水渠內的情況）

資料來源：香港渠務署。http://www.dsd.gov.hk/home/index_c.htm，2008.5.6 瀏覽。

5、土地用途管理

過去，經常有一些個別的私人發展在新界區進行，並未有注意到對該區的排水系統所造成的負面影響。洪泛平原範圍內的水塘和低窪地區被填土及

改建為貨場，令地面徑流增加，或阻塞排水道。要解決這個問題，須實施土地用途管理措施，確保目前的水浸情況不會因新界區洪泛平原的進一步發展和都市化而惡化。

藉執行分區計劃大綱圖、城市規劃條例及渠務影響評估的規定，發展管制因而得以實施。所有需要更改分區計劃大綱圖或其他政府發展計劃所訂明的土地用途的發展項目，必須得到城市規劃委員會的批准。假如有關工程計劃會嚴重影響排水情況，則需要進行渠務影響評估，以證明在實施建議的緩解措施下，不會增加有關地區的水浸危險。這些管理措施對於決定擬實行的結構性措施的需要、範圍和時間是十分重要的；同時，在長遠措施實行期間，對於幫助洪泛平原區的適當發展和管制，亦很重要。

(二) 日本東京：下水道設施管理

1、更新下水道設施

東京的現代排水系統工程開始於 1884 年。因此，區內所有下水道中，將近 13% 的下水道管，大約有 2000 公里的部分，超過了 50 年的有效使用期。都心地區的水管尤其老化嚴重，有 80% 多的水管超過了法定使用年限。老化和破舊的水管能夠導致路面下沉和引發其它問題。



圖 8 日本下水道更新



圖 9 日本東京暴雨的街道

資料來源：香港渠務署。http://www.dsd.gov.hk/home/index_c.htm，2008.5.6 瀏覽。

2、防洪措施

都市化高度進展中的東京，使雨水滲入地面愈發困難。短時間內，大部分的雨水流入下水道，即使下水道普及的地區也會發生浸水。

因此，下水道局和抽水站正採取措施增強雨水排水設施能力，整備控制雨水溢出的設施。

3、合流式下水道的改進

將近 82%的東京都地區採用合流式排水系統，廢水和雨水被引入同一管道。然而，這種方式在暴雨時會導致一部分被稀釋的污水經過洩洪口或抽水站，注入到河流或海洋。

為了保全公共流域的水質，正在加大往水再生中心輸送降雨初期的特別髒的污水的管道，構建蓄水設施來存儲那些在雨天沒能被處理的髒水。



圖 10 合流式下水道（平時）



圖 11 合流式下水道(暴雨時)

資料來源：香港渠務署。http://www.dsd.gov.hk/home/index_c.htm，2008.5.6 瀏覽。

（三）日本東京：暴雨集中期的防災對策

1、目的

針對近年來的地區性集中暴雨，經常遭受浸水之害地區在製定相應對策的同時，實施預防土砂災害的緊急措施，確保東京居民的安全。

2、針對暴雨災害制定新措施

- （1）基於 2007 年制定的“東京都暴雨對策基本方針”，針對暴雨災害，制定例如重點地區計畫等，推進有效的整合河流及下水道的洪水控制政策。
- （2）對於地下商場及其他易遭浸水破壞的設施，制定地下空間防浸水優先措施，例如製定“地下空間浸水對策”。

3、土砂災害應急措施

- （1）緊急修繕有坍塌危險的泥石牆，確保居民安全，同時防止坍塌造成的道路封鎖及社區孤立。
- （2）為了保護東京居民的生命安全，對於土砂災害多發地區，將在土砂災害防止法的基礎上，指定土砂災害警戒區域，提供警戒訊息等，建立迅速避難體系。與此同時，為了保證避難者的安全，將與地區市政當局及其他組織合作，在避難設施所在地加強防止土砂災害。

4、浸水災害應急措施

- （1）在妙正寺川和善福寺川流域，加強防洪措施，優先採取防止嚴重洪災的應急措施，包括修建護岸、調節池等。

- (2) 爭取在 2007 年完成杉并区内下水道貯留設施（堀之内一、二丁目主要支線），推進緊急整備，力爭早日減緩浸水損失。爭取在 2007 年完成杉並區內下水道貯留設施（堀之内一、二丁目主要支線推進緊急整備，力爭早日減緩浸水損失。

四、公共衛生防治

（一）日本東京：通過危機管理系統，保護東京居民的健康

1、強化健康危機管理體系

- (1) 為了加強應對新型流感、新型傳染病的威脅和生化恐怖襲擊，東京都將重審當前東京都公共健康研究中心的組織機構，建立“健康危機管理中心”進行危機管理，它將具備對應傳染病傳播的危機管理措施，強化有關健康危機信息的收集和分析功能。
- (2) 建立“救護運送監管”機制。在急救運送途中，迅速收集和分析病人的症狀等信息。這將可能探查到異常傳染病及其他疾病的爆發，並提醒相關組織將損失最小化。

2、開發更有效的緊急救護體系

- (1) 在減輕東京居民急病、受傷時的焦慮的同時，東京都將擴展“消防電話服務”的功能，建立“急救諮詢中心”，努力實現救護車的恰當使用。另外，配備急救專家、護士和醫生，提供急救處理、諮詢（如介紹醫院等），建立諮詢中心和其他醫療機構諮詢服務之間的電話轉接系統，這些將使東京居民在生活上得到更多便利。
- (2) 配合以上措施，為了讓居民們熟悉這個諮詢電話號碼“7119”將開展普及宣傳活動。

五、水資源經營管理

（一）澳洲墨爾本節約用水計畫

到 2020 年，墨爾本城市的人口預計將增加 141%。由於人口的增加，居民現在使用 22 % 的水，將可能增長到大約 36%。節水目標，是確保墨爾本市，在 2020 年並不需要供應額外的飲用水。

商業部門是迄今為止最大的用水戶，使用全市 69% 的水。工業界使用 3% 的水。這兩個行業構成的製造業，辦公室，醫院，公寓，大學，飲食業，零售業和娛樂業。計畫分為住宅與商業用水二大部份作探討：

1、住宅用水

到 2020 年，墨爾本市居民，每人每日用水量減少到 178 公升。自 1999 至 2000 年度，每人僅低於 200 公升，水的利用已下降 296 公升。

- (1) 為了一分鐘節省 6 公升的水，安裝 AAA 的花灑器。
- (2) 減少水龍頭的水壓力
- (3) 安裝雙抽水馬桶
- (4) 掃而不是沖洗混凝土
- (5) 種植不需要多水植物物種，安裝使用最少的水的灌溉系統，；
- (6) 購買的 AAA 評級前端裝載的洗衣機。他們使用的水較頂級裝載機少約 90 公升的。
- (7) 政府提供給居民回饋。包括退稅安裝節水高效的電器、雨水截流系統等。

2、商業用水

鼓勵企業進行用水審計，查明在何處用多少水，可以使他們減少水的消費和他們的運行成本。

- (1) 雙抽水馬桶代替舊的廁所，可保存平均 4.5 公升沖水量。
- (2) 安裝的 AAA 洗碗機，升級電器，安裝流量控制的監管，在商業廚房，盡量減少使用垃圾處理單位和打掃地板，以節約用水。
- (3) 安裝 AAA 前線加載洗衣機，確保水洗器具的效率。
- (4) 安裝雨水回用裝置。重複使用的水最好是用於花園和沖廁。
- (5) 安裝高效率的空調或使用遮蔭設計的建築物，以減少需要空調。
- (6) 教育員工如何充分的利用水分。

六、海岸棲地保育

(一) 澳洲維多利亞海岸發展策略

1、前言

此計畫為適應氣候變化以海洋規劃、管理和解決防止城市蔓延沿海一帶。維多利亞州沿海策略是針對有關氣候變化的影響。以遠景與核心原則的策略以保護海岸為宗旨。

2、計畫策略

提供一個願景，為沿海未來 100 年及以後的發展，提出一個新的行動，為未來五年的重點可能是出現新的挑戰，如氣候變化。下圖顯示維多利亞海岸策略如何有助於實現這些目標和遠景。

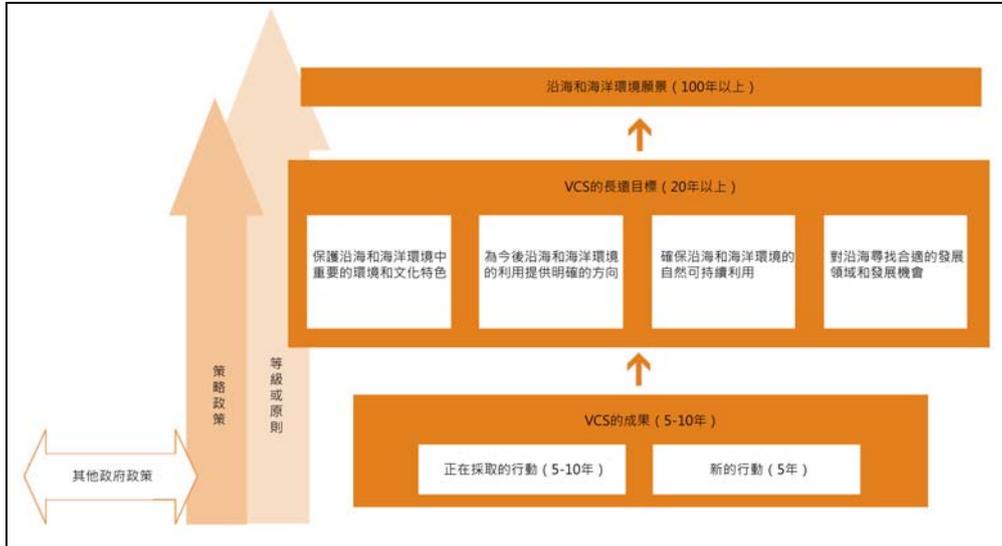


圖 12 維多利亞海岸未來發展策略圖
資料來源：Victorian Coastal Council

這一策略涵蓋了沿海公家和私人土地，這些影響範圍從視覺到排水的影響。維多利亞海岸是個有價值的海岸，一個充滿活力的環境，支撐各種不同的生態系統，沿海有 2000 公里長度。南海岸的澳大利亞是唯一的面南方的海岸線，在世界上已被孤立了大約六千五百萬年。這種隔離意味著許多物種只存在於南方。

3、永續生態發展

永續生態發展係沒有未來需求對於當前需求之妥協，包括了關懷環境、經濟發展與社會責任，統稱為三生。

(1) 生態系統導向發展

生態系統導向發展已成為近來研究海岸與海洋之方法，主要目標是保護並管理自然環境，此方法認為人們與人性係為一個系統，它試圖處理人類對生態系統之衝擊，從海洋的各種面向，不論是生態區到地方出海口。

(2) 整合海岸土地分區管制

整合海岸土地分區管制係藉由整合海岸規劃與處理陸與海、私人及公共土地。之手段，此一方法整合以下分區：

A、沿海岸區之各樣政府機構、工廠、非政府組織及社群（水平整合）。

B、公共設施、中央及地方政府、社區（垂直整合）。

(3) 適宜性管理

從管理活動學習以改善下一階段管理，最大的挑戰是事如何處理在未有充足資訊下處理新興問題，意謂著適應性管理是有系統性的持續不斷改善我們的計畫與管理方法。

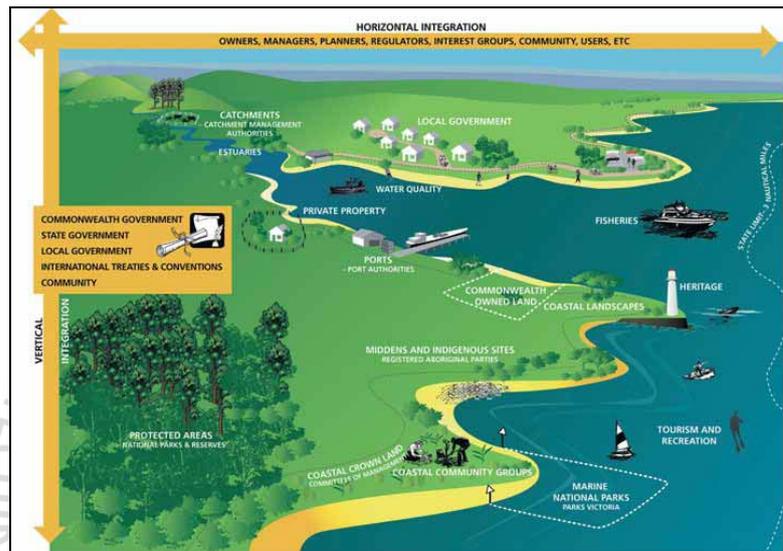


圖 13 維多利亞海岸管理保育範圍分布圖
資料來源：Victorian Coastal Council

4、計畫原則

原則針對計畫整個體系，是關於私人和公用土地發展的決定。沿海發展必須考慮「保護」為最重要特色，計畫的意圖是要保證可持續的概念。滿足上述這些要求，發展合適這的社區發展。

- (1) 原則一保護重要的環境和文化特色
- (2) 原則二為將來給予明確的方向
- (3) 原則三資源的使用以自然的沿海資源可承受的
- (4) 原則四在沿海地區適當的發展

5、沿海計畫方向

- (1) 整合政府和集結各項規定。
- (2) 以當地或地區水平訂定明確的目標。
- (3) 一個沿岸領導代理。
- (4) 遵循 ESD (Environmental Sustainable Development) 原則。

- (5) 用最好的科學方法，確認當地發展限制。
- (6) 有意義的社區介入。
- (7) 適當的使用資源。
- (8) 集合沿海計畫和政策，本計畫的策略主要解決在地方沿海問題。
- (9) 鼓勵使用成本回收和用戶支付選擇服務和設備。
- (10) 辨認解決界限。

七、糧食安全維護

(一) 美國從「糧食安全 (Food Security)」轉到「社區糧食安全 (Community Food Security)」(糧食安全維護)

1、緣起

美國會由「糧食安全」轉到「社區糧食安全」，主要也是在因應美國 1970 年代中期後，所冒出的諸多有關糧食及農業方面的議題。如：農產品價格過低，對永續農業的覺悟，關心糧食與健康的關聯，著重貧窮社區／族群的溫飽等。於是學界及社會活動人士，就用「社區糧食安全」來概括有關：居家溫飽、糧食生產、以及與糧食生產、分配有關的社會、生態環境等議題。

2、定位

最早為「社區糧食安全」定位的，是密西根州立大學的漢姆 (Michael Hamm)：「一種透過那能增強社區自給自足及社會正義的永續糧食體系，來讓所有居民得到安全、與文化習俗貼近、營養充份的飲食。」

「社區糧食安全」也因此是指：著重在地的單位或方式：農業、社區發展、公共衛生、公家單位等，來為當地社區保障充裕的糧食。

3、六大原則

- (1) 低收入社區住戶的溫飽：降低飢餓狀況，改進健康。
- (2) 目標放大：關心任何影響糧食體系、社區發展及環境生態的大問題。如：窮人人數增多、農地及小農的減少、農村解體、糧食產業運作中引發水及空氣的污染等。
- (3) 社區優先：協助社區建立當地所需的糧食來源：農民市場、農園、運輸、在地的食品加工，以及都市菜園等。
- (4) 自立／培力：協助社區居民發展生產當地糧食的能力。
- (5) 在地農業：協助當地農民有更多進入市場的管道；農地規劃與保護，避

免過度開發；拉近農民與消費者的距離。

(6) 綜合交叉：與不同領域、各種單位合作。

八、氣候變遷綜合計畫

(一) 菲律賓氣候變遷地方行動計畫

1、建築物

從建築界所產生的溫室氣體 (GHG) 排放量包含能源產品的使用和相關基礎設施的暖氣，空調，照明系統 (包括路燈)，通風，冷氣，家電，電腦，和其他設備。努力減少溫室氣體排放量從建築物將減少能源使用內部的建築物和增加可再生能源的份額中使用的建築物。菲律賓政府為減少從建築物排放出的二氧化碳量，而實施以下十項政策：

- (1) 購買風力能源，以滿足到 2010 年時，至少供應五%的電力需求。
- (2) 需要購買美國環保局能源之星 (ENERGY STAR) 合格的上市產品。
- (3) 一般、航空、水利建設和重大修繕項目超過一萬平方英尺的總樓地板面積。需要低能認證。
- (4) 從 2006 年到 2010 年，減少能源使用量五個百分點。
- (5) 制定和實施工作守則及發展策略為「大眾運輸發展導向」和「綠建築」。
- (6) 增加過冬程序的援助。
- (7) 評估在城市國有設施上安裝太陽能和其他非溫室氣體生產系統預算上的可行性。
- (8) 在城市公用事業上推廣共同的供電系統。
- (9) 由地方公用事業推動實施需求管理 (DSM)。
- (10) 促進建築物使用含碳量較低的燃料。

2、運輸

從運輸部門所產生的溫室氣體排放量主要為消費燃料的運輸車輛，包括汽車，各種形式的材料運輸，和所有形式的公共交通工具。因為運輸所排放的廢氣估計佔 25% 的溫室氣體排放量。努力減少從運輸所排放的溫室氣體總量，將從減少車輛總英里數、使用較少污染的來源和混合燃料的運輸及提高工作效率的各種運輸方式，細部政策包含以下七項，但這一初步的地方行動計畫並不包括飛機的溫室氣體排放量。

- (1) 確定在運輸營運以及基盤建設尚能夠滿足需求以及符合預算。

- (2) 透過都市政府管理車輛，自 2006 年至 2010 年減少車輛油料消耗達到 5%。
- (3) 非都市部分通行車輛油耗亦同樣自 2006 年至 2010 年減少車輛油料消耗達到 5%。
- (4) 發展並改善停車制度和法規。
- (5) 擴大反空轉的措施。
- (6) 增進全市自行車和步行可及性。
- (7) 投資大眾運輸和私人運具的基盤建設，增進運輸部門的發展。

3、產業和廢棄物

從產業和廢棄物所產生的溫室氣體排放量，包含工業生產過程（包括能源生產）和危險廢物、建設和拆建廢料等都市固體廢棄物的管理。工業生產過程，包括轉換燃料，使用重型機械、污水處理和污染控制。從產業面向努力減少溫室氣體排放量，將減少污染源或混合燃料，並在過程中使用工作效率較高的設備。廢物所產生的溫室氣體排放量通常是從掩埋場產生的沼氣及焚化爐的燃燒過程，減少廢棄物的溫室氣體排放量，包含盡量減少廢物量、資源回收、加以管理和從廢棄物中回收更多的能源等以減緩氣候變遷的影響。除了上述作法外，菲律賓政府實行政策還包含以下五項：

- (1) 增加都市住宅廢棄物回收率，在2010年自六%成長到十%。
- (2) 在都市給水策略以及廢棄物策略上促進具成本效益的能源回收策略。
- (3) 管理在都市基盤設施結構上使用的運具以及設備的必要排放量。
- (4) 把氣候變遷的標準納入城市的建議書（RFPs）、處置都市固體廢物（MSW）和建築業拆建廢料(C&D)。
- (5) 鞏固都市政策，去購買綠色產品以及都市營運所需原料。

4、綠色以及開放空間

保養良好的樹木、灌木、草和公園面積可提高生活水準，綠化及開放空間也能減少溫室氣體排放量。通過植物吸收二氧化碳的能力，減少溫室氣體排放量，而從樹木遮蔭，幫助降低冷卻能源的需求。有效管理綠化和開放空間可以發揮重要的作用，幫助城市適應氣候變遷及氣溫變暖的影響，其重要政策為以下二項：

- (1) 保持都市15%的林蔭率。
- (2) 透過規劃與設計減少建設能源需求，並且設置綠色及開放空間。

5、政策、教育以及後續

政策，教育和後續拓廣是必要的其他計畫的基本內容。溫室氣體削減的政策和教育行動是難以衡量的，但維持溫室氣體排放量總體削減是需要實現這些行動，包括下述四項：

- (1) 設置永續與環境部門。
- (2) 建立觀測以及年度回報責任機制，並且依據永續性和氣候變遷的程序進行。
- (3) 強化社區整體運動，增進公共意識及永續性的參與減少溫室氣體的排放。
- (4) 發展一個後續監督議程，去指導大眾和私人活動在地方活動規劃(Local Action Plan)中的每一個元素。

(二) 氣候變遷對倫敦運輸系統之影響及因應之道

為因應氣候變遷對倫敦所造成之影響，倫敦市政府特別成立倫敦氣候變遷同盟(London Climate Change Partnership, LCCP)，以協助倫敦市針對氣候變遷及早進行準備。針對氣候變遷對於運輸系統之影響，LCCP於2005年發表了「氣候變遷與倫敦運輸系統」(Climate change and London's transport systems)報告書，內容主要針對氣候變遷對運輸系統造成的影響進行情境分析，並提出因應之建議。

1、潮汐與河水氾濫影響泰晤士河通道區之基礎建設

(1) 現況

泰晤士河通道區之開發，有很大比例位於沖積平原，受氣候變遷影響，隨著海平面上升，海嘯發生的風險提高，發生海水氾濫的風險及受影響的面積也隨之增加。再者，因豪雨發生的頻率及強度增加，亦使得發生河水氾濫的風險提高。

(2) 目前正在進行的行動

目前泰晤士河通道區倫敦聯盟已開始進行一項策略性的風險分析，針對潛在的洪災風險進行評估，以作為當地開發位置與開發型態的指引。

2、因地區淹水而造成基礎設施損壞與車站關閉

(1) 現況

在氣候變遷下，預期報與事件的發生將更去頻繁，強度也將更強，發生突發淹水事件的風險乃因而增加，在冬季發生淹水的情況也將變得越來越常見，此將改變水災的分布並增加淹水的機率，並可能導致鐵路系統、地鐵、及公路的中斷，因此，針對排水系統進行顯著的改善實有其必要性。

(2) 目前正在進行的行動

倫敦地鐵公司針對重要的車站，有一些緩和的方法，例如使用實體的防洪擋板等，以協助進行水災風險管理，目前倫敦地鐵公司正在界定後續的工作範圍，以評估未來因應氣候變遷造成的水災風險，另外，鐵路系統正在進行研究，以探討氣候變遷所造成的地震、侵蝕及水災等風險之影響。

倫敦地鐵公司的量化評估 (Quantified Risk Assessment, QRA) 已將與水相關的危害納入模式中，此模式可針對近期被檢視過的風險，辨識出可降低風險之可行工程項目及操作策略。

3、在炎熱天候中基礎設施損壞

(1) 現況

炎熱天氣對於道路網將可能成為一嚴重的問題，潛在的問題將包括車轍、路堤坍塌、混凝土劣化、伸縮接頭發生問題、道路揚塵增加、以及抗滑度降低等。而炎熱的氣溫對於路網造成的間接影響，例如因粘土層熱漲冷縮造成地下管線需進行維修而必須開挖路面之情況，也可能增加。

(2) 目前正在進行的行動

鐵路系統目前正採取許多措施以改善安全性，這些改善措施也將可增加系統對於高溫的容受性，有助於避免與熱浪有關的問題。目前運輸研究實驗室 (Transport Research Laboratory) 正在研究有關降低過熱與道路損壞的相關方法；泰晤士河水公用事業有限公司則正在著手進行倫敦自來水幹管的更換工作，以降低漏水並對需求的成長進行管理，因氣候變遷造成夏季更為乾燥使此項工作更具急迫性，該公司相信此項工作將可使未來發生管線爆裂或滲漏的可能性降低，並可使因路面開挖造成的交通中斷降到最小。

4、乘客在地鐵的舒適性

(1) 現況

倫敦地鐵為世界最老的地下鐵路系統，其站內溫度可能較地面環境溫度高出 11°C。在氣候變遷下，尤其在地鐵環境溫度無法獲得改善時，炎熱的天氣將改變旅客的偏好，使旅客增加公車系統的使用，而在更糟的情況下，甚至可能轉移到使用具有空調的小客車，進而使得目前已相當繁忙的公路運輸系統更加惡化。

(2) 目前正在進行的行動—地鐵降溫計畫

A、目前已成立一由風扇與通風能量工程師所領導之稽核小組。

B、倫敦地鐵公司目前也已開始著手針對現有路線可增加通風系統容量的地點進行確認。

C、目前已設計了可中央操作與遠端控制的風扇與分區域冷卻系統。

D、倫敦地鐵公司目前整與南岸大學合作，針對分區域冷卻系統之安裝進行實驗，並已在 2006 年選定一處現場測試地點。

E、倫敦地鐵公司透過民眾參與方式，訂購具有空氣冷卻功能的電聯車，並將於 2009 年開始使用於 sub-surface 路線之 Circle 線、District 線、Hammersmith & City 線及 Metropolitan 線。

九、健全的實踐調適和減災

多數的城市直到最近才開始實施因應氣候變遷及災害風險管理的措施。有些城市知道如何透過當地的專家尋找適當的技術和技能去評估他們對於氣候變遷的方顯和脆弱性，他們還學會了如何依靠國內的市場克服金融資源的瓶頸、創新的金融工具和找尋國際捐助者的額外資金。

在本文選定的城市裡，這些城市調適氣候變遷的過程、做法、措施和制度是健全的，特別是在氣候變遷的影響下及災害風險管理的領域裡改善一個城市的性能和效率。這些成功的城市被選為例子，透過這些例子，說明該市在不同的方式和不同的時間下所採取的行動和程式。

(一) 組織結構和基礎資訊

發展氣候變遷影響和災害管理風險計畫的第一步是建立一個堅實的訊息基礎。從各種來源（環境、危機管理、會計和其他）透過各種手段（訪談、會議、檔案和專家）以及各地區廣泛的研究將所有的資訊匯集起來。其計畫是必須透過共同參與及團隊的努力。

1、美國，西雅圖/金恩郡（King County）

這個城市制定了具體的問卷，著重於敏感性評估（氣候變遷如何影響自然和環境）；適應能力評估（規劃區內自然和人類系統的建成能力，以承受氣候變遷與最低中斷或額外的費用）；脆弱性評估（氣候變遷的影響，造成一個系統的損害）；和跨機構和跨部門的互動評估（訊息交流和資料庫合作）。城市還提出了一項有效的策略，以有限的手段，匯集資源和與鄰國地方政府合作，這種做法不僅提供的利益，分擔費用，也能透過區域規劃，發展和應用氣候變遷預測的資料。

2、美國紐約市

紐約市已制定了一個關於“縮小”氣候變遷的影響的全面性的科學研究。縮小的範圍包含一個一般影響的潛勢地區及特定的城市。市政府與特定機構（環境保護署、聯邦緊急管理署、美國軍隊的公司的工程師）在該地區與學術界（哥倫比亞大學）和其他研究機構（美國太空總署）收集所有必要的數據，調整現有的計算機模型，並運行特定的軟體以縮減大都市的分析規模。

（二）體制機制

在氣候變遷的背景下，意味著，城市實施和氣候影響相關的措施來解決這些影響必須是融入現有的和未來的政策和計畫。在城市的層級，議會、政府各部委、機構或政府各部門、民間社會和私營部門流輪負責氣候變遷和災害管理。不過，為了確保不會導致調適及減災的努力變得支離破碎，需要一個委員會作為多方利益的協調機制。另一個重要的步驟是促進相關利益者的對話，包括國家政府（氣候變遷和災害風險管理聯絡點）與捐助者、非政府組織和私營部門，以確保一個組織更協調、有效和持續的運作。

1、新加坡

由於氣候變遷的影響，新加坡已經制定了國家氣候變遷策略，包括許多經濟和社會部門，透過協商，取得多方利益的做法。新加坡在發展因應氣候變遷的策略時，徵詢了相關利益者和廣大市民的意見。氣候變遷委員會的主席由新加坡副總理領導，將所有主要部門和部委列入部長級小組。這可確保國家氣候變遷策略，將有強有力的體制支持，以及政策將充分得到政府和其他利益相關者的重視。由於大部分的城市發展涉及多個部門，新加坡根據國家委員會設立了四個小組委員會（建築物、家庭、工業和交通運輸）和四個工作組（電子、晶圓製造、醫藥，以及研究與發展）。

2、美國紐約市

市長 Michael R. Bloomberg 創建長期規劃和永續發展的辦公室，以解決在未來 25 年內住房、交通和其他基礎設施的需求，作為辦公室廣泛任務的一部分，它也將協調發展一個適應氣候的策略。它參考了其他城市的機構，包括環境保護部及建築部，新的長期規劃辦公室與 100 多個倡導組織會見，在每個行政區進行社區會議，並透過網站收集上千萬的個人電子郵件，以界定氣候調適和減災策略（行動計畫）。負責之辦公室及顧問公司制定了“利益相關者的互動方式”，與環境保護局、聯邦緊急管理署、美國陸軍工程兵部隊、

國家公園管理處、國家遊樂區、新紐約和新澤西州的港務局、紐約市環境保育、紐約能源研究和發展管理局、紐約市環境保護部、紐約衛生署、紐約市的都市規劃、紐約市的設計與施工、紐約市的公園和遊樂場、大都會運輸管理局和區域計畫協會建立聯繫。

3、菲律賓馬卡蒂市 (Makati City)

馬卡蒂市為促進氣候變遷採取的行動和災害風險管理已成立了強有力的體制機制。全市已成立了馬卡蒂市災害協調委員會 (MCDCC)，作為這個城市規劃災害風險管理的最高機構。該市還成立了馬卡蒂城市環境保護會 (MCEPC)，作為規劃環境和氣候變遷管理的最高機構。除了 MCEPC 外，MCDCC 在各有關部門的國家和城市政府中具有代表性；同樣地，除了 MCDCC，MCEPC 也在各有關部門的國家和城市政府中具有代表性。這兩個機構的體制結構，有利於協調規劃，也是確保該跨領域問題的處理是完全符合兩個地方議會。

4、菲律賓達古潘市 (Dagupan City)

達古潘市已從他們的城市災害協調理事會成立一個技術工作組，專門為氣候變遷的影響執行整備和減災行動。技術工作組成員包括所有城市相關的主要部門。由於災害風險管理和氣候變遷管理雙方有同樣的期望後，城市也改變了政策，要求所有災害風險管理程式，將適應氣候變遷納入其計畫。

5、菲律賓阿爾拜省 (Albay Province)

阿爾拜省已成立了對氣候初步調適的研究中心 (CIRCA) 作為一個公共和私營部門的夥伴關係，以幫助制定調適的優先事項，和協助其實施。各省和各地方政府的有關部門都隸屬於此中心下。它也參與學術機構和公司部門。在此制度化下，政府也將其開支，作為一個強制性的預算項目。地方的村莊是提供災害風險管理和調適氣候變遷計畫預算最弱的地方。

(三) 垂直部門的職權

所有城市的氣候變遷影響和災害風險管理多是專業的，且往往是各部門互相合作。垂直部門人員被認為是技術工作組，而實施程式通常由市議會定訂。如果他們不認為氣候變遷是在其職權範圍內，垂直門執行時可能會猶豫。有關減災和調適的行動，一個垂直部門的結構應作為一個活動的部門。

在大部分的情況下，即使當只有一個政府機關正式承諾氣候變遷和/或災害風險管理，就會使幾個垂直部門參與這一過程。總體目標是一樣的，都是氣候變

遷和災害風險管理，有時市府各部門會關注資源給相關的組織及城市內的各部門。跨部門的合作不是一個可自我維持的關係，它需要組織和管理。舉例來說，米蘭和紐約市已成功擁有城市之間的合作，但卻持續與其他很多城市合作。以這種概念來說，跨部門合作違背了大部分的政府系統、委員和人員；常理來說，許多地區和專業團體可能要捍衛自己部門的利益而相互競爭。當談到氣候變遷和自然災害，競爭關係被認為是一種特點，實際上合作才可能是最有利的，因此跨部門的障礙也就不存在了。新加坡，馬卡蒂市和東京城提供了部門間合作的例子，確保妥善協調各機構之間和所有垂直部門的能力和權力。

（四）編寫一份氣候變遷策略

制定氣候變遷的策略，將有助於城市優先發展的規劃，透過減災、調適和知識管理的政策及行動，可以減少氣候變遷的影響。由於大多數的 EAP 國家正處於發展自己國家策略的早期階段，因此城市可能會想要收集及統整現有的資料。對這些國家策略來說，先進國家者或國際間的機構能捐助相關的檔和其他的政策及法規。一項策略有需遵循的重要步驟，詳細如下：（一）確定主要的資訊，特別是在可能的物理條件（水文，地質等）及氣候變遷在城市地區的可變性，環境、衛生和社會衝擊；（二）確定在不同的氣候下，主要的社會、經濟和環境預期的影響；（三）描述已進行的程式和評價其目前和未來的能力，以提出有效的解決方案和所需的投資；（四）找出在發展和訊息傳遞中最迫切應採取的行動，政策的變化、能力建設、以及查明並設計適當的體制結構和獎勵措施；（五）在地方或國家找到贊同策略的人；（六）與其他國家的程式有一致性；（七）為年度規劃提供一個框架。

1、日本東京

東京氣候變遷策略的基本政策是一個有抱負的承諾，由東京都政府於 2007 年 1 月推出了為期 10 年的東京碳減項目。它闡明瞭一個基本的框架：東京都政府有意在未來十年進行的減緩氣候變遷的策略。主要的措施，目的是要妥善處理氣候變遷。政府減緩氣候變遷的策略一項研究指出這項政策的方向，東京都環境局準備修訂一份中期報告提交安理會，名為東京都環境總綱計畫（Tokyo Metropolitan Environmental Master Plan）。

基本上，日本政府首要的責任是進行減緩氣候變遷措施。從根本上說，日本政府的運作應與國家的策略方針和目標合作，以解決氣候變遷問題。不

過，東京政府已經注意到，日本政府一直未能想出中期和長期的減排目標或有效和具體措施。東京政府代表日本政府在其東京氣候變遷的策略上擁有世界級的水準，並在減緩日本氣候變遷的措施上率先採取行動。比起日本在京都議定書的承諾，東京調適氣候變遷的策略，其目標和範圍更加具有理想及抱負。東京都政府的承諾這一策略的結果，就是要改善城市的未來。

2、義大利米蘭

米蘭致力於大幅度減少其溫室氣體的排放量。以 2000 年作為一個基點，它計畫減少 15% 的溫室氣體，到 2012 年減少 20%。米蘭氣候計畫的重點是從住宅能源使用和運輸減少排放量，但它是一個綱領性的做法，考慮到所有因素、生產、收集、吸收和排放的廢氣。米蘭對二氧化碳的策略，目的是減少溫室氣體，針對其排放量的來源：家庭能源使用和運輸部門進行減量。

米蘭市也正在促進其自身到 2015 年的氣候計畫。米蘭不僅打算減少各種過程中排放的廢氣，還準備採用分期和善後工作的機制，以抵消這些排放量，更具體地提出新的機制和產生廢氣的實驗項目，使其他國家也能導出最先進的技術、做法和技能。

米蘭促進了京都議定書（碳基金計畫）的設計與真正應用，與其他歐洲城市和發展中國家共用和共同執行的。米蘭的實驗建議，超越了京都議定書的計畫年期，同時還保持了歐洲聯盟計畫的辦法、時間範圍、大小和承諾。

3、美國新墨西哥州，阿爾伯克基（Albuquerque）

阿爾伯克基市長 Martin J. Chávez 是第一位簽署美國市長會議—氣候保護協議的市長，作為其領導的承諾。

4、美國西雅圖（Seattle）/金恩郡（King County）

察覺氣候的差異，金恩郡開始努力在調適氣候變遷的影響。該地區到 2050 年將看到氣候穩定或減少與目前相比 80% 的溫室氣體排放量，這是一個大膽的目標。2007 年，金恩郡氣候計畫是第一個回應全球暖化的計畫。2006 年 3 月的準備工作及 2006 年 10 月金恩郡議會的 12362 項議案，主旨都在減少溫室氣體排放量及減輕和適應未來氣候變遷的影響。環境、行政、自然資源和公園、公共衛生和運輸的政府機關和發展部門組成氣候變遷小組，有趣的是，緊急事故管理並沒有被包含在團隊。

5、越南承天省順化（Thua Thien Hue Province）

自 1999 年以來，越南中部就開始舉辦研討會，以幫助社區減輕他們的脆

弱度和與氣候有關的災害，包括強風、洪水、熱帶風暴和颱風。氣旋強度似乎在不斷的增加，並在各種社會和經濟的基層造成脆弱度的增加，城市、農村社區都受到與氣候有關的災害影響，特別是在風險和脆弱條件都極差的二種社會團體。政府企圖透過臨時房屋更換計畫以紓緩和改善那些災害的衝擊，但風險損失和損害的房屋越來越多，因為一般家庭沒辦法負擔耐風暴性建築（使用不會被輕易摧毀的昂貴的材料和結構）的費用，後續城市將走向一個形式的房屋（非常平坦的屋頂）降低高風險的損害。

因歐洲聯盟委員會的支持，越南得以發展研討會，促進在越南中部的現有和新建房屋應用抗風暴的原則。2006年10月象神颱風造成非常多的財產的損害，但許多家庭在他們的重建工作裡已運用抗風暴的原則。該承天省順化當局決定於2006年10月，指示地方當局和人口適用耐風暴性建設的原則。這一措施開始在社區層級顯示出如何預防災害以及預防項目，但有一個重要的關鍵，就是家庭需要有財政和技術的援助。

（五）發展公眾意識

一般民眾對氣候變遷的認識是低的，這個問題似乎與民眾每日的生活不太相關，無論是其影響或調適氣候變遷的行動。因此，發展公眾意識是一個明確的優先事項，以提高公眾對氣候變遷的認識，讓民眾可以選擇在家裡或工作時發揮行動，最終透過簡單變化生活的方式作為減緩氣候變遷的行動。因城市範圍廣闊，公眾意識的政策可能會因地制宜，然而一些措施是共同的：（一）訊息、教育和訓練；（二）公眾和利益相關者的參與；（三）賦予人民權力和動機，使其對氣候變遷的影響採取有效行動。

1、美國洛克維爾（Rockville）/馬里蘭（Maryland）

洛克維爾的委員會促進了社會的對話和討論環境永續性的問題。洛克維爾公共工程部，在年度環境和永續發展的報告上，對永續性的問題給予深遠的建議和目標。該市還成立了一個“綠色建築特色獎”，給予建築師和自願在住宅和商業樓宇納入綠色功能的開發商肯定，它還贊助了綠色藝術展覽和綠色藝術研討會作為促進、保護永續性觀念的手段。所有參與的部門、城市社區團體、民間組織、商會和學校可將永續發展及環保城市的觀念推廣給居民。

2、新加坡

2006年4月22日世界地球日，環境部和水資源部（MEWR）提出氣候變遷的調適項目。氣候變遷調適項目是由新加坡環境理事會、國家環境局以

及氣候變遷組織和石油公司帶頭進行的，是一個真正能聯繫公部門和私部門的機制。該計畫旨在提高新加坡人透過簡單的日常生活習慣，節省能源和金錢，並減少溫室氣體排放量。有關氣候變遷項目的案例請參考網站

www.everydaysuperhero.com.sg。

3、菲律賓馬卡蒂市 (Makati City)

馬卡蒂市已開始了若干計畫來提高公眾對氣候變遷的認識，並鼓勵人民參與管理氣候變遷的行動，失學兒童、家庭、商戶及供應商和其他利益相關者為其特別宣導的目標。該市還制定了計畫來減少這些利益相關者排放的溫室氣體。其他公眾意識項目包括環境月份、世界地球日和地球小時。這些相關的資訊、教育和宣傳材料，會定期分發給城市居民以提高公眾的認識。

4、菲律賓達古潘市 (Dagupan City)

達古潘市的城市災害協調委員會的技術工作組是由各有關部門組成的。術工作組之間密切合作，在公共生活中灌輸社會安全文化的觀念。該團體還努力在八個高風險地區成立巴朗艾災害協調委員會 (Barangay Disaster Coordinating Council) (社區理事會)。在高風險地區的人們也會評估自己的風險，在城市災害協調委員會的協助下，也包括編制地區的風險圖 (地震、洪水、海嘯和颱風)，以便他們明確的了解他們的脆弱性。這座城市在 2007 年的這些努力被授予 Kalasag 獎予以肯定。

5、菲律賓阿爾拜省 (Albay Province)

公眾資訊和訓練是阿爾拜省氣候變遷倡議的基本原則之一，720 多個村莊官員一直在接受災害風險管理和適應氣候變遷的訓練，該省的學童也經歷頻繁的氣候變遷的影響和災害風險管理計畫的宣導。

(六) 統計和減災報告：溫室氣體詳細項目

如果你不能衡量，就不能管理；如果一個城市不知道的溫室氣體的生產總額，就不能正確的擬定政策。環境報告鼓勵適當地公布一個組織的環境績效和提高資訊透明度。統計和環保的報告越來越重要，以降低成本，改善流程，並滿足利益相關者的期望，尤其是在油價居高不下的環境。

1、新加坡

新加坡的公司和機構，如新加坡航空公司、ST 微電子、索尼電子、城市發展有限公司和新加坡理工學院的環境問題，已經在前文中對他們的溫室氣體排放量做過說明。鑑於這些機構對環境所帶來的挑戰和引起氣候變遷，政

府計畫，鼓勵企業在其 GenCos 中報告二氧化碳排放量，以及利用大型能源的企業，提高能源的使用和提高效率。

2、義大利米蘭

倫巴第區 (Lombardy Region) 出版了一份詳細的大氣排放清單，倫巴第區是米蘭一個高度工業化的地區，約 900 萬居民，出版了 2001 年和 2003 年的大氣排放清單，不久將出版 2007 年的。該清單是以一個資料庫為基礎，命名為 INEMAR (INventario EMISSIONI in ARia)，其中認為約有 220 種活動和 12 個污染物會增加溫室氣體排放，包括：二氧化硫 (SO₂)、氮氧化物 (NO_x)、非甲烷揮發性有機化合物 (揮發性有機化合物)、甲烷 (CH₄)、一氧化碳 (CO)、二氧化碳 (CO₂)、氨 (NH₃)、氧化亞氮 (N₂O)、懸浮顆粒物 (TSP)、10 微米粒子 (PM₁₀)、2.5 微米粒子 (PM_{2.5}) 及多氯二苯和呔喃 (PCDD/Fs)。在過去幾十年來，這座城市開始監督、統計和報告污染物的排放量。米蘭市溫室氣體排放量在 2005 年達到 5803.47 噸二氧化碳，這筆二氧化碳的排放量來自各個部門，如農業機械、工業、非工業燃燒、製造業、發電和轉化、公路運輸、廢物處理和溶劑等。

3、菲律賓馬卡蒂市 (Makati City)

馬卡蒂市在 2004 年開始統計其溫室氣體的清單並給予國際理事會地方環境倡議 (ICLET) 協助。該市認為，減少溫室氣體量要從運輸部門、廢棄物及降低能源消耗著手。市政府正依據溫室氣體清單的數據，從大的排放源實施減災計畫。

(七) 考慮到氣候變遷的影響，發展災害風險管理系統

多數的危害導致災害是無法避免，但是，其嚴重程度是可以被減少或減輕的。減災規劃，並不是一個新問題。國際社會已做了許多重大努力，透過自然和技術方法，減少災害對人民的生計的影響。許多技術的準備，可以減少可能造成的損失，以及應付和調適危害。災害可能破壞任何開發帶來的建設，且計畫不周的開發可能加劇自然災害的影響。因此，防災規劃是一個必要的步驟，以實現千年發展目標和永續發展。此外，認識氣候以及其他自然危害造成的多種災害，將可提出一個更強有力的綜合方法，以減輕災害衝擊。

1、新加坡

新加坡民防部隊 (Civil Defense Force) 為城市救災的主要機構，其為內務部職權管轄範圍內，在專員領導下，民防部隊提供滅火、救援、緊急救護

服務、以及制定、實施，並執行規定的消防安全和民防措施。民防部隊已成立了一個遍及全島範圍的災害管理系統，以應對各種自然和人為災害。主要的職責是遵循新加坡四個主要的制度：警告、保護、搶救及 3Cs（指揮，控制，通信）。

2、美國紐約市

紐約市環境保護部（NYCDEP）原是負責管理紐約市的供水、污水和廢水處理系統，目前已透過其氣候變遷工作小組，開發氣候風險管理框架。市政府與大學合作，以確保紐約市環境保護部所做的策略和資本規劃有考慮到潛在且危險的氣候變遷現象，如：海平面上升、較高的溫度、增加的極端事件、乾旱和洪水頻率的強度增加及改變降雨模式對城市的供水系統造成影響。這種辦法將使紐約市環境保護部和其他機構得以調適、管理、投資、決定政策及規劃行動。該框架包括九項調適及評估的程序，潛在的氣候變遷調適項目，分為管理、基礎設施、政策類別和評估其相關性、氣候變遷時限（立即，中期和長期）、資本循環、費用和其他風險。該方法的重點是在紐約的供水、污水和廢水處理系統，目前已廣泛應用在其他城市地區，特別是在沿海的位置。

在 2006 年，紐約制定了緊急應變計畫，如果必須實施這一計畫時，將超過 34000 名的城市員工一起動員工作，幫助居民撤離住所及整個城市。消防部門將協助疏散老人和醫院及療養院的體弱者。撤離過程中，軌道交通將免收通行費。

3、日本東京

該市有效利用防火宣傳計畫和提高了防火建築的補貼制度，並鼓勵聯合重建老舊建築。東京都政府已劃定優先防火區，市長計畫建設一個耐火城市和促進市區重建、災害預防、提倡地區消防活動，此一方法適用於每個地區。東京洪水問題主要是發生在小型和中型河流沿岸的山手地區（東京的丘陵區）和多摩地區。

防洪問題，主要是因為流域旁越來越多的住宅使用，導致水源保持能力下降；此外還經常出現較高頻率的洪水，因此需要防洪措施。東京都政府已計畫採取相關的措施，例如修復河堤，使河水能夠處理每小時高達 50 毫米的降雨量。政府還計畫改善和擴大調節水庫、引水渠道和污水處理，以迅速消除危險的洪水。為了及時且正確的調節降水量變化和危險的漲潮，政府決定

建設有效使用的綜合防洪警報系統，同時擴大改善河流和污水排放，東京都政府正在建造設施來儲存雨水和輔助滲透到周圍的公共場所，如：道路、公園和規模較大的私人設施，以減少流域壓力。另外還有一種補貼制度，以幫助個人改善家園的排水功能。

4、菲律賓馬卡蒂市 (Makati City)

馬卡蒂市的災害管理是透過馬卡蒂市災害協調會(Makati City Disaster Coordinating Council, MCDCC)來調整管理。MCDCC 包含所有都市相關的部門，並且提供火災救援、警報以及緊急醫療服務。MCDCC 管理都市的緊急回報派遣中心，並負責對政策發展、政策執行以及密切地與馬卡蒂市負責氣候變遷管理的環境保護協會共同作業。

5、越南河內 (Hanoi)

在越南災害協調管理的主要是由中央委員會的暴雨洪水控制 (CCSFC) 與農業和農村發展部的堤防管理和洪水及暴潮控制部所負責。CCFSC 負責收集數據，監測洪水和潮汐活動，發布官方警告並協調救災和減災措施。CCSFC 是由各相關部會組成的，包含堤防管理、洪水和暴潮控制、水文氣象服務及越南紅十字會。在區及鄉等層級的都市，CFSCs 負責幫助地方委員會在其領土執行洪水和暴潮的措施、建造堤防、洪水和暴潮的準備工作、減災和參與洪水相關的復原和重建工作。

河內預定在 2001 至 2020 年期間，制定第二個國家減災及管理的策略和行動計畫。策略指出其中一個基本原則：必須與中央政府、地方政府、國家機構、非政府組織合作，一般公眾必須充分利用自下而上的組織，從基層開始。同樣，合作和協調的外部援助需要加強且積極推行。

附錄七：氣候變遷影響熱點地區 (hot spot) 檢核表

A. 城市描述	
1. 城市的位置	
a. 在沿海地區? (Y or N)	
b. 山區或附近? (Y or N)	
c. 內陸平原? (Y or N)	
d. 內陸高原? (Y or N)	
e. 河流附近? (Y or N)	
f. 地震斷層線附近? (Y or N)	
B. 城市的大小特徵	
1. 居住人口 (VH, H, M, or L)	
VH = 大於 10,000,000	
H = 2,000,000 到 10,000,000	
M = 500,000 到 2,000,000	
L = 500,000 以下	
2. 過去十年的人口成長(H, M, or L)	
H = 大於 10%	
M = 2%到 10%	
L = 少於 2%	
3. 流動人口 (VH, H, M, or L)	
VH = 大於 30%的居住人口	
H =居住人口在 20%到 30%間	
M =居住人口在 10%到 20%間	
L =少於 10% 的居住人口	
4. 面積 (km ²)	
5. 最高的人口密度 (白天或晚上) (H, M, or L)	

H = 大於每平方公里 2000 人	
M = 每平方公里 1000 至 2000 人	
L = 少於每平方公里 1,000 人	
C. 相關災害風險管理的治理結構	
1. 獲委任的政府首長(Y or N)	
a. 任期轉讓(Years)	
2. 民選的政府首長 (Y or N)	
a. 民選官員的任期(Years)	
3. 當地政府辦事處的結構：是否有...	
a. 災害風險管理部？ (Y or N)	
b. 環境、永續發展或氣候變遷處？ (Y or N)	
c. a 及 b 是否在同一個部門？ (Y or N)	
4. 其他政府辦公室的結構（州，國家）：是否有...	
a. 是否有災害風險管理部門？(Y or N)	
b. 環境、永續發展或氣候變遷處？ (Y or N)	
c. a 及 b 是否在同一個部門？ (Y or N)	
D. 城市氣候變遷管理和災害風險管理	
1. 是否有明確的責任劃分？ (Y or N)	
2. 負責管理氣候變遷的部門建立了沒？(Y or N)	
3. 負責災害風險管理的部門建立了沒？(Y or N)	
4. 管理機構是否有簽約服務(Y or N)	
E. 財政資源	
1. 總預算	
2. 當地的稅收和徵費佔總預算的百分比？(%)	
3. 政府補助金 (%)	
4. 國內市場-債券及貸款 (%)	

5. 國際市場 (%)	
6. 外部或貸款機構(%)	
F. 建成環境	
1. 城市是否有總體計畫？(Y or N)	
2. 城市是否有城市發展規劃和土地利用計畫？(Y or N)	
a. 人口發展佔總百分比？(%)	
b. 僑胞人口數佔總百分比？(%)	
c. 在僑居地的人口密度？(H, M, or L)	
H=僑胞人口大於總數的 20%	
M=僑胞人口小於總數的 20%但大於 10%	
L=僑胞人口小於總數的 10%	
d. 在舊建成區的人口發展佔總數？(% or H, M, or L, 標準同 2c)	
3. 是否有城市建築法規？(Y or N)	
a. 遵守的程度？(符合標準之建築物佔總建築物%)	
4. 在過去的自然災害觀察到的建築物脆弱度（建設功能上）	
a. 非正式建築物 (H, M, or L)	
H=高脆弱度的非正式建築物大於總數的 15%	
M=高脆弱度的非正式建築物介於總數的 5%~15%	
L=高脆弱度的非正式建築物小於總數的 5%	
b. 具有歷史價值的建築物 (H, M, or L, 標準同 4a)	
c. 新發展 (H, M, or L)	
H=新的高脆弱度建築物大於總數的 5%	
M=新的高脆弱度建築物介於總數的 1%~5%	
L=的高脆弱度建築物小於總數的 1%	
G. 政治災害的影響	

1. 是國家的城市/省會城市或地方，大量的決策者的居住地 (Y or N)	
2. 受災害衝擊的城市，是否可使政治活動的地區，遠離受影響的範圍 (Y or N)	
H. 經濟災害的影響	
1. 是城市經濟活動的一大中心？(Y or N)	
2. 以下部門是否為城市主要經濟活動重心？	
a. 工業？ (Y or N)	
b. 服務業？ (Y or N)	
c. 金融業？(Y or N)	
d. 旅遊及飯店業？ (Y or N)	
I. 自然災害的威脅	
1. 地震？ (Y or N)	
2. 風暴？ (Y or N)	
3. 防洪？ (Y or N)	
4. 洪水或極端降雨？(Y or N)	
5. 海嘯？(Y or N)	
6. 乾旱？(Y or N)	
7. 火山？(Y or N)	
8. 地滑？(Y or N)	
9. 大浪？(Y or N)	
10. 極端氣候？ (Y or N)	
J. 災害應變系統	
1. 城市是否有災害應變系統？(Y or N)	
2. 應變系統和裝備可防止所有的自然災害？(Y or N)	
3. 災害應變系統是否有定期演練？ (Y or N)	

4. 災害應變系統是否有定期更新？(Y or N)	
K. 氣候變遷的影響	
1. 城市對氣候變遷影響是否有認知？(Y or N)	
2. 以下行業是否容易受到氣候變遷的影響？	
a. 建築環境？(Y or N)	
b. 文化和宗教遺產？(Y or N)	
c. 當地商業、工業和經濟？(Y or N)	
d. 發電和配電系統？(Y or N)	
e. 保健設施？(Y or N)	
f. 土地使用？(Y or N)	
g. 交通系統？(Y or N)	
h. 公園和休閒場所？(Y or N)	
i. 旅遊業？(Y or N)	
3. 氣候變遷的評估是根據當地的研究，而非區域/全球模式(Y or N)	
4. 是否有一個城市的氣候變遷策略（也許是國家政策的一部分）？(Y or N)	
5. 城市是否有氣候變遷的程序？(Y or N)	
6. 如果有的話，氣候變遷的程序是否有考慮到以下：	
a. 減災？(Y or N)	
b. 調適？(Y or N)	
c. 復原？(Y or N)	



參考文獻

一、中文部份

1. 于宜強、柯文雄、許晃雄，2004，普度區域氣候模式之發展與應用成果，「全球變遷通訊雜誌」，第41期，第19-24頁。
2. 白姍燕，2006，水與全球氣候變遷：對美國水資源的潛在衝擊，全球氣候變遷通訊雜誌，51期，第22-39頁，台灣。
3. 朱純孝、蘇昭郎、范國恕，2007，氣候變遷對倫敦運輸系統之影響及因應之道，國家災害防救科技中心，台北。
4. 江宜錦，2007，台灣天然災害統計指標體系建構與分析，2007「土地與環境規劃」青年論壇，銘傳大學媒體空間設計研究所，桃園。
5. 何明錦、李威儀，2000，都市計畫防災作業規劃手冊彙編，內政部建築研究所研究計畫成果報告，台北。
6. 何明錦、黃定國，1997，都市計畫防災規劃作業之研究，內政部建築研究所研究計畫成果報告，台北。
7. 吳明進，2008，第十一章 區域氣候推測，IPCC 第二工作組第四次評估報告解析，第五屆全球變遷與永續發展研習營，台灣大學全球變遷研究中心，台北。
8. 李威儀、錢學陶、李咸亨，1997，台北市都市計畫防災系統之規劃，台北市政府都市發展局委託，台北。
9. 周佳，2008，第九章 瞭解氣候變遷及其原因，IPCC 第二工作組第四次評估報告解析，第五屆全球變遷與永續發展研習營，台灣大學全球變遷研究中心，台北。
10. 林冠慧、孫志鴻，2004，全球變遷人文面向研究的新發展-IHDP 2003 open meeting 的回顧，全球變遷通訊雜誌，台灣大學全球氣候變遷研究中心，台灣。
11. 林淑華，2008，第十章 亞洲氣候變遷衝擊分析，IPCC 第二工作組第四次評估報告解析，第五屆全球變遷與永續發展研習營，台灣大學全球變遷研究中心，台北。
12. 林淑華、柳中明、陳正達，2005，近地面氣溫模擬場之統計降尺度方法發展，氣候變遷、衝擊、因應與永續發展研究進展 2005，柳中明編著，初版，國立臺灣大學全球變遷研究中心，臺北。

13. 林瑋翔、吳明進，2007，人類是全球氣候變遷的罪魁禍首？IPCC AR4 WG1 摘要報告評介，全球變遷通訊雜誌，第 53 期，第 20-28 頁，台灣。
14. 柳中明，2007，因應氣候變遷及京都議定書水利政策調整之研究(2/2)，經部水利署 (MOEAWRA0950119)。
15. 徐嘉君、林淑華，2008，全球氣候變遷模式推估與情境模擬簡介，林業研究專訊，第 15 卷，第 2 期，第 5-7 頁，台灣。
16. 國土規劃與不動產資訊研究中心，2008，氣候變遷長期影響評估及因應策略研議委托辦理計畫 (期中報告書)，行政院經濟建設委員會。
17. 國立台北大學不動產與城鄉環境學系，2007，都市防災空間系統手冊彙編增修，內政部建築研究所。
18. 國科會自然處永續學門，2008，防災科技研究中程規劃，國科會專題研究計畫 (NSC96-2625-Z-002-034)。
19. 許晃雄、柯文雄、隋中興、曾仁佑、盧孟明、余嘉裕、陳正達、周佳，2002，本地變遷趨勢、衝擊評估、長期基礎資料調查與因應策略整合模式之氣候研究構想，「全球變遷通訊雜誌」，第 34 期，第 50-58 頁。
20. 許晃雄、盧孟明、陳圭宏，1998，我國氣候研究與預報的未來發展，行政院環境保護署 (EPA-87-FA03-03-08)。
21. 陳圭宏、申雍、賈新興、李炳和，2006，氣候變遷對台灣地區水稻生產影響之情境模擬研究，行政院農業發展委員會 (95-農科-9.2.1-糧-Z1(3))。
22. 陳季媛，2005，科學工業園區關鍵成功因素之研究—以中部科學工業園區台中園區為例，碩士論文，中華大學科技管理研究所，新竹。
23. 陳昭宏，2001，亞太港埠競爭力與核心能力指標之研究，「運輸學刊」，第 13 卷，第 1 期，第 1-25 頁。
24. 馮正民、詹士樑、白仁德、陳彥仲、康熙宗，2007，全球化與氣候變遷下國土規劃之研究，國科會專題研究計畫 (NSC95-2625-Z-009-006)。
25. 黃良志、謝松益、張炳騰，2001，三種模糊德爾菲法之比較--以銀行員甄選因素之評估為例，「工業工程學刊」，第 18 卷，第 1 期，第 74-86 頁。
26. 黃書禮、詹士樑，2006，國土規劃前置作業辦理計畫—子計畫 10 國土保育地區防災空間規劃策略之整合型規劃(第一期)，內政部營建署市鄉規劃局，台北。
27. 葉金玲，2004，農地資源變更為城鄉發展使用之研究 — 法規體系完備性之

檢視，碩士論文，國立台北大學地政學系，台北。

二、英文部分

1. David Satterthwaite, 2008, *Climate Change and Urbanization : effects and implications for urban governance*, United Nations Secretariat.
2. ECCP, 2006, *Urban Planning and Construction Sectoral Report:ECCP WGII Impacts and Adaptation*. European Commission.
3. Gordon McBean and Dan Henstra ,2003, *Climate Change, Natural Hazards and Cities for Natural Resources Canada*, ICLR Research Paper Series,31.
4. Gagnon-Lebrun, Frédéric and Shardul Agrawala (2006), *Progress on Adaptation to Climate Change in Developed Countries; An Analysis of Broad Trends*, ENV/EPOC/GSP(2006)1/FINAL, OECD, Paris.
5. IPCC, 2001, *Climate Change 2001 : The Scientific Basis*, Edited by J. H. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson, Cambridge University Press, Cambridge.
6. IPCC, 2007, *Climate Change 2007 : The Physical Science Basis*, Edited by Susan Solomon, Dahe Qin, Martin Manning, Melinda Marquis, Kristen Averyt, Melinda M.B. Tignor, Henry LeRoy Mill.
7. *Local Action Plan for Climate Change,2007*, city of Philadelphia, sustainability working group
8. Murnunghan, J.K.,1981,*Group Decision Making*.
9. Murray, T. J., Pipino, L. L. & vanGigch, J. P.,1985,A pilot study of fuzzy setmodification of Delphi, *Human Systems Management*, 5(1), 6-80.
10. The World Bank, 2008, *Climate Resilient Cities- A Primer on Reducing Vulnerabilities to Climate Change Impacts and Strengthening Disaster Risk Management in East Asian Cities*, Washington, D.C..
11. CAG Consultants, 2004, *The Planning Response to Climate Change Advice on Better Practice*, Oxford Brookes University, London.
12. Uitto, J. I., 1998, *The Geography of Disaster Vulnerability in Megacities*, *Applied Geography*,18(1),7-16.

三、網站

1. 內政部建築研究所，2008，年度研究計畫。

- <http://www.abri.gov.tw/utcPageBox/CHIMAINHP.aspx?ddsPageID=CHIM> ,
2008.7.11 瀏覽。
2. 日本東京都政府，2008，通過危機管理系統，保護東京居民的健康。
<http://www.metro.tokyo.jp/index.htm>，2008.5.4 瀏覽。
 3. 日本東京都政府，2008，暴雨集中期的防災對策。
<http://www.metro.tokyo.jp/index.htm>，2008.5.4 瀏覽。
 4. 東京都下水道局，2008，下水道設施管理。
<http://www.metro.tokyo.jp/CHINESE/PROFILE/policy10.htm>，2008.5.4 瀏覽。
 5. 洛杉磯政府，2008，綠色洛杉磯計畫。<http://www.lacity.org/mayor/index.htm>，
2008.5.25 瀏覽。
 6. 科學工業區管理局，<http://www.sipa.gov.tw/index.jsp>，2008.11.28 瀏覽。
 7. 香港政府，2008，香港新自然保育政策。<http://www.gov.hk/tc/residents/>，
2008.5.6 瀏覽。
 8. 香港渠務署，2008，香港防洪計畫。http://www.dsd.gov.hk/home/index_c.htm，
2008.5.6 瀏覽。
 9. 墨爾本市政府，2008，澳洲墨爾本節約用水計畫。
<http://www.melbourne.vic.gov.au/info.cfm?top=23&pg=966>，2008.5.6 瀏覽。
 10. 環境資訊中心，2008，美國糧食安全。<http://e-info.org.tw/node/15292>，2008.5.25
瀏覽。
 11. Consumer Energy Center，2008，cool roofs。
<http://www.consumerenergycenter.org/coolroof/>，2008.5.25 瀏覽。
 12. Victorian Coastal Council，2008，澳洲維多利亞海岸發展策略。
<http://www.vcc.vic.gov.au/>，2008.5.25 瀏覽。



氣候變遷下之臺灣都市災害型態與衝擊評估先期研究計畫

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：台北縣新店市北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：何明錦、詹士樑

出版年月：97 年 12 月

版(刷)次：初版

ISBN：ISBN 978-986-01-7382-6 (平裝)