

都市區域洪水減災調適策略之研究

The study of flood mitigation adaptive strategy in metropolitan area

主管單位：內政部建築研究所

柳文成 ¹	卓昱宏 ²	陳志鴻 ¹
Liu, Wen-Cheng	Paul Y. Chuo	Chen, Chih-Hung
蔡萬春 ²	吳澄維 ²	涂芹嬌 ¹
Tsai, Wan-Chun	Wu, Cheng-Wei	Tu, Chin-Chiao

¹ 國立聯合大學土木與防災工程學系

² 美商傑明工程顧問有限公司

摘要

全球暖化與氣候變遷所產生之極端降雨現象，近年來在世界各地造成嚴重洪患，臺灣為因應此威脅，以都市計畫的方式進行內水防治，透過調整土地使用分區或使用管制及訂定雨水下滲、貯留之規劃設計等原則，以強化區域治水防洪功能已形成共識。本計畫探討與研究綜合治水理念如何落實於都市地區，並模擬分析極端降雨對都市淹水之衝擊影響，以模擬分析結果提出現有土地使用分區管制、公共設施、滯洪空間規劃與滲透滯洪設施之調適策略。

本研究以示範區就氣候變遷下之極端降雨及都市開發對都市淹水之衝擊影響進行模擬分析，並以區域具有指標意義之納莉颱風事件進行模擬，以做為模式參數之檢定與驗證，調適策略以調整淹水地區之土地使用分區(調適策略 1)與公共設施多目標使用以提升貯流量(調適策略 2)作為因應策略。模擬結果顯示在降雨延時 24 小時條件下，未來氣候變遷比率於 10 年、25 年、100 年及 200 年重現期可能將使現況增加了 41%、43%、47% 以及 52% 的淹水面積量，然若採取調適策略 1，淹水面積範圍較氣候變遷之面積降低了 26%、24%、21% 及 20%。若採取調適策略 2，淹水面積範圍較氣候變遷之面積降低了 42%、37%、32% 及 30%，調適策略之效用隨重現期變大而減小。

關鍵詞：氣候變遷、淹水模擬、調適策略

Abstract

Extreme rainfall phenomenon of global warming and climate change causes serious flooding in many parts of the world. In Taiwan, the flooding prevention and mitigation is tried to use the concept of urban planning to cope with this threat. The urban planning is to use the adjustment of land partition and establishment the guideline of planning and design for rainwater infiltration and detention. This project investigates how to implement the concept of integrated water management in urban

areas and to analyze the impact of extreme rainfall on urban flooding. Proposed adaptive strategies include the adjustment land partition, the control of land use, public facilities, detention area, and penetration detention facilities based on model simulation results.

This study analyzed the impacts of extreme rainfall under climate change and urban development on urban flooding at the demonstration area. Typhoon Nari event is a significant flooding event in Taipei city, serving as model validation. In this study, we proposed the first adaptive strategy is to adjust land use zoning at the inundation area and the second adaptive strategy is the use of public facilities with multi-objective to enhance the detention capacity. Simulation results showed that comparison present condition between future climate change scenario under 10-year, 25-year, 100-year, and 200-year return period in 24 hours rainfall duration increased by the amount of 41%, 43%, 47%, and 52% inundation extents, respectively. However, if first adaptive strategy was adopted, inundation extents reduced by 26%, 24%, 21%, and 20%, respectively, comparing to climate change scenario. If second adaptive strategy was adopted, inundation extents reduced by 42%, 37%, 32%, and 30%, respectively, comparing to climate change scenario. We found that the effectiveness of adaptive strategies decreased with larger return periods.

Keywords : Climate change, Inundation modeling, Adaptive strategy.

一、前言

臺灣位處太平洋與歐亞大陸交界地帶，深受海洋與大氣交互影響，加上島內地形垂直變遷度大，氣候變遷影響甚為顯著。過去 100 年(1906~2005 年)，全球平均表面溫度上升速率為 $0.074^{\circ}\text{C}/10$ 年，臺灣過去 30 年暖化速度 $0.25^{\circ}\text{C}/10$ 年，是百年上升幅度($0.15^{\circ}\text{C}/10$ 年)的 1.7 倍。此外根據潮位資料統計，1961-2003 年間東亞地區臺灣附近之海平面上升速度約 2.4 公釐/年，較同時期的全球平均海平面上升速率 1.8 公釐/年為高。

參考 2011 年「臺灣氣候變遷科學報告」(許晃雄等, 2011)顯示，台灣地區年平均溫度變化近年有上升之趨勢，在 2000 年以前臺灣發生極端強降雨颱風的頻率約 2 年一次左右；2000 年以後發生頻率增加為 1 年至少發生一次以上的極端強降雨颱風，臺灣為因應此氣候變遷之威脅，以都市計畫的方式進行內水防治，透過調整土地使用分區或使用管制及訂定雨水下滲、貯留之規劃設計等原則，以強化區域治水防洪功能已形成共識。

二、國內外文獻回顧

為了因應全球環境的快速變遷，各國家及相關部門，都必須透過「調適」及「減緩」手段來面對氣候變遷的挑戰，如何採取對應的新思維及因應調適措施，將是最重要的工作(賴炳樹、白仁德, 2012)。減災將為災害風險管理工作中的重要基石，但氣候變遷所導致的後果，使都市的人口與經濟發展對於適應洪災風險有很大的不確定性存在，國際上尚未有統一的做法來因應全球氣候變遷下之衝擊，多數皆以評估衝擊為優先，再逐步發展適合自己國家之調適策略(吳杰穎等, 2006；雷人傑, 2012)，最終目標使災害風險能趨緩或減輕。

透過執行有效的不同調適策略，以達到減少災害可能產生的危害與損失，執行的程序可包含災害潛勢分析、脆弱度分析、災害危險度評估、災害境況模擬與減災策略的評估與執行等步驟(詹士樑等, 2009)。而現今災害防救的理念，較強調災害發生前的積極性土地使用管理與規劃策略及都市成長管理等非工程方式，已非單純能一次性解決之工程方式(Nye et al., 2011)。

謝龍生等(2004)以三種 GCM 氣候變遷模式預測情境，評估氣候變遷趨勢對於台灣集水區防洪系統之整體性衝擊影響，再針對此影響結果提出未來短中長程之調適策略，短程之調適策略主要以改善工程技術方面為主，如流域洪水預警系統、排水系統之管理；中程主要是以法規之修訂或是管理制度面為主，如制定建築物雨水貯留設施設計規範、評估高淹水災害區域民眾遷移之可行性；長程則以長期性工作或防洪願景為主，如建立洪災保險制度、推動防災教育宣導，達到非工程之調適。謝宜君(2012)研究結果顯示，流域整體治理與土地管制為重要策略，並使用工程措施有效降低洪峰流量，與促使民眾建立正確防災避災觀念。

三、研究方法說明

本研究以示範區就氣候變遷下之極端降雨及調適策略對都市淹水之衝擊影

響進行模擬分析，研究方法及內容簡述如下：

3.1 蒐集彙整有關都市計畫中綜合治水相關規定與案例，研提都市區域調適策略

在界定淹水區域之後，配合淹水區附近之公設用地、國營事業用地等資料，依既有法規可操作面向進行調適策略研擬，可引用「都市計畫定期通盤檢討實施辦法」第 6 條之規定『...應依據都市...災害潛勢情形...進行規劃及檢討，並調整土地使用分區或使用管制』；示範區淹水區域週邊無相鄰之非都市發展用地，因此無法採用將鄰近非都市發展用地檢討納入都市發展用地，並設置公共設施以提升治水功能之策略。

調適策略設定值係參考台北市總合治水的概念(羅俊昇，2005)，以文教用地、公園綠地等作為貯留設施用地，增加都市地區之貯留量。公共設施貯留量的調整乃依據台北市工務局水利工程處於民國 100 年 8 月所研議修訂之「台北市雨水下水道設施規劃設計規範」，其基地貯留、排放標準設定基地單位面積貯流量為 $0.078\text{m}^3/\text{m}^2$ (此貯流量值為尖峰雨量削減值)。

另考量示範區的淹水區域附近皆有部分機關及學校用地，因此可引用「都市計畫公共設施用地多目標使用辦法」第 2-1、3 條規定，將地下空間規劃作為下水道相關設施或滯洪設施使用。

3.2 以示範區模擬極端降雨及調適策略對都市淹水之影響

地文環境變化使水量產生變化，地形地貌的改變影響地表逕流量，當不透水面積增加、地表植被減少，將降低入滲率、土壤保水機能、森林植被截流能力，暴雨後地表匯流速度加快，水土流失，不但增加了洪峰流量，又造成河床淤積。

考慮氣候變遷條件造成之極端降雨及調適策略對都市淹水衝擊影響進行模擬(林國峰，2011；陳建忠等，2011；張仁豪，2011；張倉榮等，2013；廖俊哲，2011；Crichton，2001)，分析模式包含極端降雨對降雨逕流影響之「水文模式」、以及對易淹水地區淹水影響之「二維淹水模式」。

(1)水文模式：包含日雨量頻率分析、頻率分析理論、降雨強度-延時-頻率分析、重現期流量分析、應用集水區水文模式進行集水區逕流模擬等。

(2)二維淹水模式：模式考慮降雨逕流、河川渠流、雨水下水道、二維地表漫地流等模擬條件。本研究採用模式進行一維渠道流演算、雨水下水道演算及二維漫地流演算。

四、基本資料蒐集與整理

本文蒐集基本資料與整理，分別就淹水模擬區域概述、地文與水文資料等，分述如下：

4.1 淹水模擬區域概述

臺北市中央區內人口總數約 200 萬人，為臺灣之重要經濟、文化、政治中心，人口密集，土地需求殷切，原本滲透性良好之田野平原，多數皆已開發為不透水之建築用地，滲透面積大幅減少，土地利用型態普遍為住宅區，而商業區則集中

於西側及主要道路兩側，區內經濟活動密集，但由於地勢低窪，為有效利用土地，河川沿岸多築堤束洪，以防範水患。「臺北地區防洪計畫」自 1985 年起實施至今，已在臺北市中央區沿河岸地帶構築能抵禦 200 年重現期降雨之高標準堤防，區內既有之雨水下水道系統，系統管線下游設有調節池及抽水站，以利洪水來臨時，能將市區雨水迅速有效的集中於調節池，並由抽水機將雨水排入堤外河道中。

4.2 地文與水文資料

目前臺北市政府防災中心已完成臺北市颱風災害淹水潛勢區之分析(經濟部水利署，2010)，本研究整合大臺北地區降雨頻率分析資料與淹水潛勢分析成果，提出示範區臺北市南港區之淹水潛勢模擬資訊分析成果。運用成熟之淹水境況模擬模式及技術，目前針對臺北盆地之中央模擬區進行淹水潛勢模擬更新作業，圖 1 為臺北盆地平地淹水及山區逕流模擬區域規劃佈置圖，其中編號 1 者即為臺北盆地之中央區淹水境況模擬範圍，示範區臺北市南港區位於此範圍內。

以臺北市中央區為實際地形模擬區域，此區域位於大臺北盆地之中央，行政區域範圍涵蓋臺北市大同、中山、大安、中正、文山、松山、南港、信義及萬華等區，如圖 2 所示，背山鄰河，地勢低窪，集水面積大，淡水河及其主要支流新店溪、大漢溪、基隆河匯流其中，面積約 110 平方公里，其數值地形高程如圖 3 所示，顯示地勢低窪區域大多位於淡水河與基隆河沿岸，且區域內地勢由東南逐漸向西北降低，坡度約千分之一。

本淹水潛勢之計算係根據內政部於 2006 年完成的國土利用現況調查數化資料，將模擬區分為農業用地、交通用地、水利用地、建築用地、工業用地、遊憩用地、養殖用地、礦業用地、軍事用地及其他用地等(圖 4)，再以不同土地利用狀況來決定曼寧 n 值。一般而言，不同土地利用的型式會對地表粗糙度產生不同的影響，也造成不同的地表逕流流況，因此每個地區之淹水潛勢與土地利用型式有著一個相對應之關係。為了有效將土地利用型式加入於淹水潛勢分析模式，提升淹水模擬之精確度，本淹水潛勢模式以不同地表曼寧糙度來代表各種不同土地利用之型式，於應用模式前先參考過去之相關國內外文獻建議值(表 1)。

「臺北地區防洪計畫」自 1982 年起實施至今，已在臺北市中央區沿河岸地帶構築能抵禦 200 年重現期降雨之高標準堤防，圖 5 說明在區內建有排水容量依 5 年重現期暴雨強度設計之雨水下水道系統，以解決暴雨期間之排水問題，管線下游設有調節池及抽水站，以利洪水來臨時，能將市區雨水迅速有效的集中於調節池，並由抽水機將雨水排入堤外河道中(陳宣宏，2003)。目前臺北市中央區沿淡水河、基隆河、新店溪及景美溪岸共有 25 座抽水站，總抽水量為 859 CMS。一般而言，當降雨規模低於 5 年重現期的設計標準，若所有抽水站與疏散閘門均正常操作，且無河川外水流入時，臺北市中央區應無淹水之虞；反之若降雨規模大於 5 年，雖河水不溢岸至堤防內市區，但抽水站及雨水下水道系統仍將受排水容量之限制，無法將降雨有效排出市區，此時市區之降雨將在地勢平坦的區域形成淹水。

五、結果討論與分析

以區域具有指標意義之納莉颱風事件進行模擬，以做為模式參數之檢定與驗證，結果調查區域相符，並指出河川外水位溢堤與抽水站故障對市區淹水影響相當嚴重，因此若能及時將堤防缺口處完成封堤，避免河水入侵，則市區內淹水情形將獲得大幅的改善。

調適策略以調整淹水地區之土地使用分區(調適策略 1)與公共設施多目標使用以提升貯流量(調適策略 2)作為因應策略(宋長虹等，2012；邱建勳，2011；內政部建築研究所，2009)。綜合比較現況、氣候變遷、調適策略 1 與調適策略 2 等四種淹水情境模擬，以淹水深度達 0.3 公尺以上之淹水面積統計結果整理如表 2 所示。

模擬結果顯示在降雨延時 24 小時條件下，未來氣候變遷比率於 10 年、25 年、100 年及 200 年重現期可能將使現況增加了 41%、43%、47% 以及 52% 的淹水面積量，然若採取調適策略 1，淹水面積範圍較氣候變遷之面積降低了 26%、24%、21% 及 20%。若採取調適策略 2，淹水面積範圍較氣候變遷之面積降低了 42%、37%、32% 及 30%，調適策略之效用隨重現期變大而減小。

六、結論

本研究經諮詢專家建議選定臺北市南港區為示範區，針對現況及氣候變遷降雨事件參考相關報告之水文頻率分析成果設定為模式降雨輸入條件，選定降雨延時 24 小時之重現期 10 年、25 年、100 年以及 200 年事件進行淹水模擬並比較其淹水面積變化程度。

以二維漫地流模式為基礎整合國土利用現況調查之土地利用分類，透過地理資訊系統空間圖層套疊分析，以決定網格點之曼寧糙度值等模式參數，同時納入一維渠流模式、山區逕流模式及雨水下水道模式以模擬區域中於降雨時之淹水情況。以區域具有指標意義之納莉颱風事件進行模擬，以做為模式參數之檢定與驗證，結果調查區域相符。

調適策略以調整淹水地區之土地使用分區(調適策略 1)與公共設施多目標使用以提升貯留量(調適策略 2)作為因應策略，模擬結果顯示若採取調適策略，淹水面積範圍較氣候變遷之面積降低了 20%-42%，惟調適策略之效用隨重現期變大而減小。

國內目前有關淹水潛勢模擬技術與都市計畫通盤檢討結合推動之資料較為匱乏，其主因乃淹水潛勢模擬係屬水利專業，與都市計畫分屬不同專業領域，在極端氣候衝擊日趨嚴重且都市地區用地有限的情況下，跨部門合作將更加重要。

誌謝

本研究計畫承蒙內政部建築研究所鼎力支持，得以順利完成，特此申謝。

參考文獻

1. 宋長虹、高立新、陳葦庭、林君怡，2012，氣候變遷下都市地區滯洪空間之規劃，內政部建築研究所委託研究報告。
2. 吳杰穎、鄭春發、鄭國泰，2006，都市計畫通盤檢討防災規劃之新作法，環境與世界 vol.14，71-92。
3. 林國峰，2011，氣候變遷水文環境風險評估研究 (2/2)，經濟部水利署。
4. 邱建勛，2011，建蔽率對都市淹水影響之模擬，臺灣大學生物環境系統工程學研究所學位論文。
5. 內政部建築研究所，「利用公園及學校設置滯洪設施及貯留洪水再利用之研究」。台北市：內政部建築研究所，2009
6. 經濟部水利署，淡水河流域及台北市、新北市、桃園縣與基隆市淹水潛勢圖更新研究，2010，經濟部水利署。
7. 陳宣宏，2003，漫地流與雨水下水道水流之交互動態模擬，國立臺灣大學生物環境系統工程研究所博士論文。
8. 陳建忠、吳杰穎，2011，氣候變遷下災害風險評估指標系統之建立，中華民國建築學會「建築學報」，第 75 期，43-60。
9. 張仁豪，2011，全球暖化對臺灣極端降雨量影響之評估，臺灣大學生物環境系統工程學研究所學位論文。
10. 張倉榮、林國峰、柳文成，2013，氣候變異與都市化對台中盆地洪災之影響研究，自然科學簡訊，25(1)，16-21。
11. 許晃雄、陳正達、盧孟明、陳永明、周佳、吳宜昭，2011，臺灣氣候變遷科學報，台北行政院國家科學委員會。
12. 雷人傑，2012，氣候變遷下本土化海岸地區脆弱度評估與調適策略之研究，臺灣海洋大學河海工程學研究所學位論文。
13. 詹士樑、黃書禮、蕭婷允，2009，氣候變遷下都市防災空間規劃程序調整之研究，建築與規劃學報，10(3)，183-200。
14. 廖俊哲，2011，全球暖化對台灣地區降雨特性之影響，臺灣大學生物環境系統工程學研究所學位論文。
15. 賴炳樹、白仁德，2012，因應氣候變遷之洪災調適策略規劃，Journal of Disaster Management Vol, 1(1), 81-100.
16. 謝宜君，2012，河川工程因應極端氣候衝擊與調適策略之研究，中央大學營建管理研究所學位論文。
17. 謝龍生、柳文成、童慶斌，2004，未來氣候變遷趨勢對台灣流域防洪系統整體性潛在衝擊影響及其調適策略之研究，Journal of National United University vol.24.
18. 羅俊昇，2005，臺北市總合治水計畫推動概況，The Promotion of Comprehensive Flood Control Planning Measures in Taipei.
19. Crichton, D. 2001. The implications of climate change for the insurance industry. Building Research Establishment. UK.
20. Nye, M., Tapsell, S., & Twigger-Ross, C. 2011. New social directions in UK flood risk management: moving towards flood risk citizenship? Journal of Flood Risk Management, 4(4), 288-297.

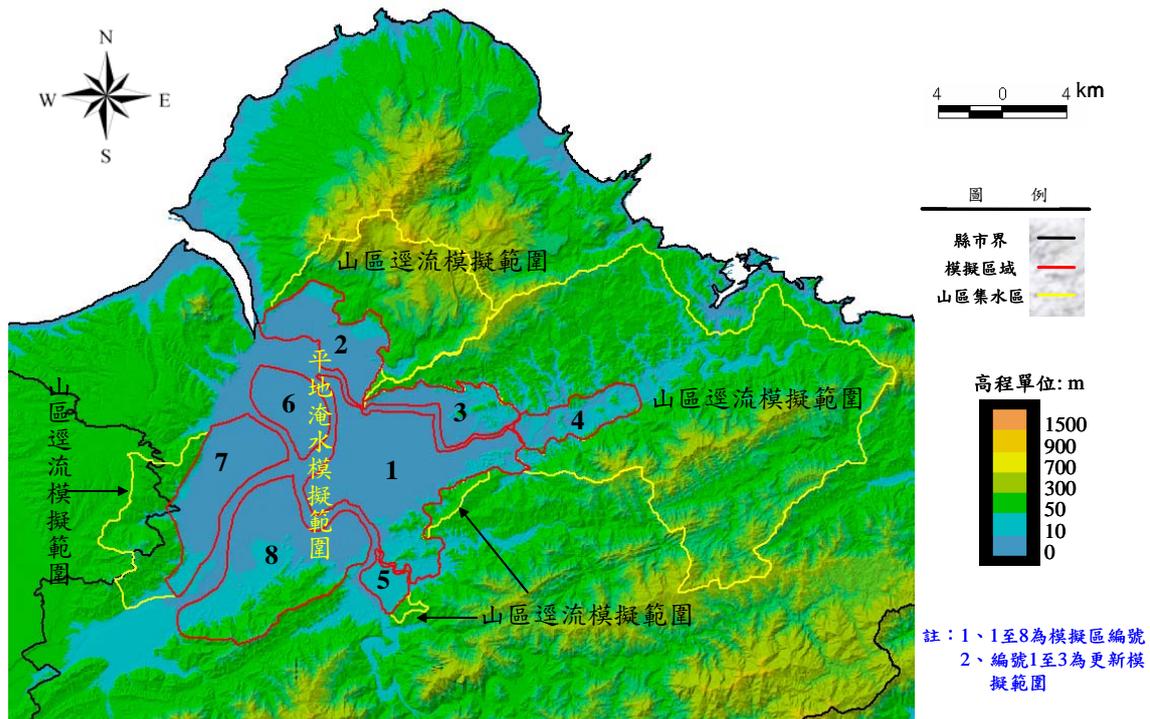


圖 1 臺北盆地平地淹水及山區逕流模擬區域規劃佈置圖



圖 2 淹水模擬邊界與臺北市中央區之行政區示意圖

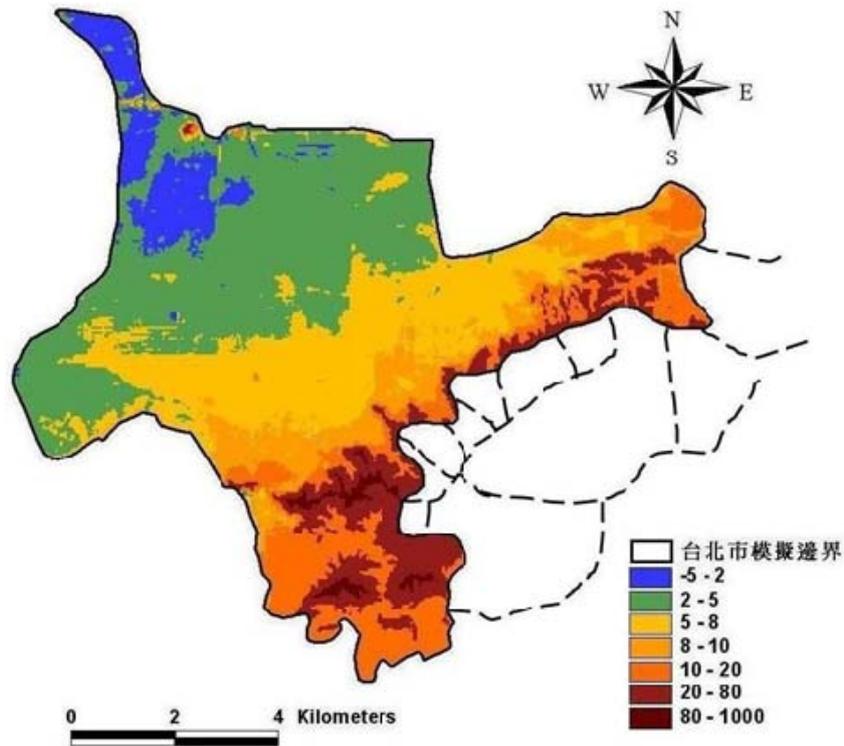


圖 3 臺北市中央區數值地形高程

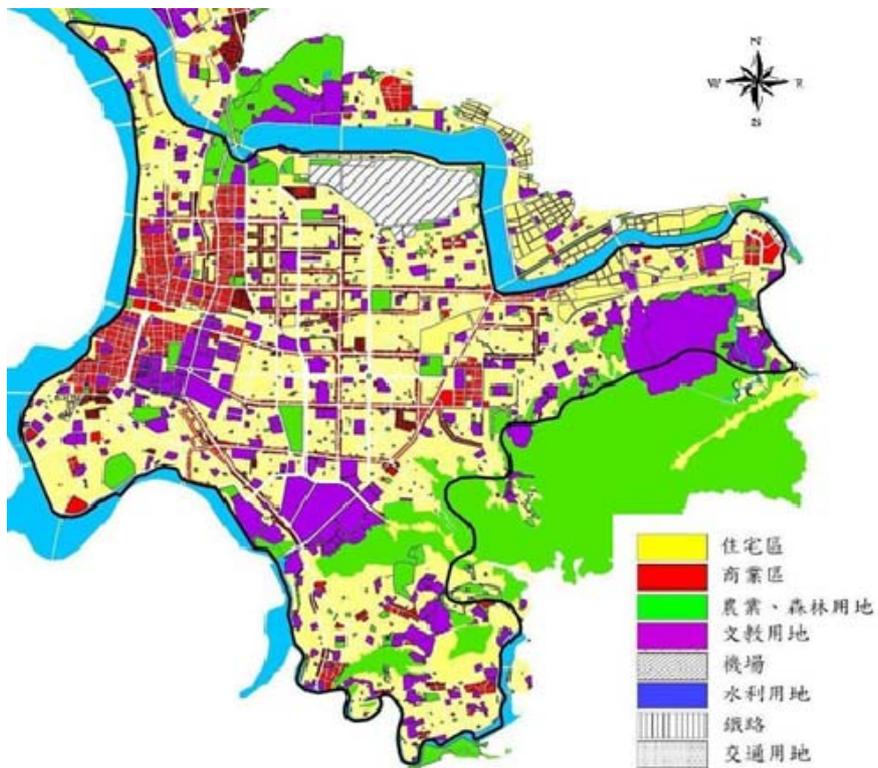


圖 4 臺北市中央區土地利用分區

	(A)	(B)	1(C)	2(D)			
10 年	5.92	8.32	6.72	5.76	1.41	1.15	0.99
25 年	14.08	20.16	16.80	14.88	1.43	1.19	1.06
100 年	23.84	35.04	30.08	27.36	1.47	1.26	1.15
200 年	41.28	62.72	54.56	50.40	1.52	1.32	1.22

(資料來源：本研究整理)