

台灣都市優質水環境營造對策之探討

張楨驩⁽¹⁾ 陳文福⁽²⁾

摘要

隨著人口的增加，台灣各流域中水稻田、埤塘等之面積亦逐步被都市、建築物和人工地表所代替。由於流域與都市中之水面率（water area rate）逐漸降低，使其原有之濕地系統亦漸消失，而形成高溫化現象，使都市之微氣候發生變化，甚至造成熱島效應，並導致居住條件日益惡化，而影響了生活環境的舒適度而造成嚴重的衝擊，使人之痛苦指數日漸升高。

本文旨在探討水環境是都市環境中最具生態功能的一環之因素。藉由蒐集美國貨幣雜誌所做美國最適合居住城市之排名及英國學人期刊所做世界最適合居住城市之排名，研究其中之水環境與水面率之關係。探討台北市氣溫變化，探討水域對台北市氣溫的影響。並探討如何營造優質都市水環境與如何造就舒適之都市環境。最後研擬都市適當之水面率、研訂水環境優化指標，並提出優質水環境營造之對策與建議。

（**關鍵字**：微氣候、熱島效應、水面率、水環境優化指標）

Strategies for Developing High Quality Water Environments in the Urban Areas of Taiwan

Jen-Huan Chang⁽¹⁾, Wen-Fu Chen⁽²⁾

Professor⁽²⁾ and Graduate Student⁽¹⁾, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402.

Abstract

As the expanding of human population, the area of petty fields and various farm ponds have been gradually substituted by city, buildings and man-made ground surface. Owing to the water area rate of basin and city have been descending, the original wetland systems have been gradually disappearing and made air temperature higher, changed city microclimate, occurred heat island, made living condition worse, those will effect the suitability and cause heavy impact and make bitter index higher day by day.

The main purpose of this paper is to investigate the factor for water environment is the cycle that possesses best ecological effect. We collected American Money Magazine for the sorting of the most

(1) 國立中興大學水土保持學系研究生

(2) 國立中興大學水土保持學系教授

suitable living of American city and English scholar Journal for the sorting of the most suitable living of world city and study the relationship of their water environment vs. water area rate and investigate how to make a well city water environment and how to make a comfortable city environment. Finally, we decided a suitable water area rate of a city, water environment optimization index of a city and then suggested a making policy of good water environment.

(**Keyword:** microclimate, heat island effect, water area rate, water environmental optimization index)

前 言

隨著社會經濟的進展，國土內大型聚落都市化的進程也必將加快。但是，為了確保都市社會經濟的永續發展，都市的水資源管理是十分重要的一環。這種管理會逐步從防洪、水資源利用的量的管理走向水質管理、空間管理和生態體系的保育等綜合性的水環境管理發展。在這一轉變中，以恢復豐富、優美、清澈的水環境為目標的水環境營造是一項需要研究的重大課題。

在一些已開發國家，利用密度高的大都市，為了彌補上述的都市空間方面的不足，提高都市環境的舒適性，優先考慮增加水域空間和綠地，以恢復多姿多彩的景觀。在現有的水域週邊，增加都市新的開放空間，以形成都市綠洲，進一步改善都市的水環境。透過引進“環境用水”的概念，強化都市空間的綜合整治。

水環境與人們的生活、產業以及社會制度、風俗習慣習習相關。也可以說，水環境孕育了“水文化”。縱觀世界上的一些被稱之為“名都”的都市，大部份都是依水而建。例如，法國巴黎，就是因為有了塞納河才得以興盛發展的，並在河的兩岸形成了如此豐富的人文資源，沿河設置的猶如藝術品一樣的多姿多彩的橋樑和具有豐富內涵的人文資源，使人難以忘懷。另外，在中歐，以萊茵河和多瑙河為中心，形成了諸多的歷史名城。在東方上海也正是有了黃浦江和蘇

州河才得以發展。

營造都市環境，需要充分認識水環境所提供的的作用。可以從三個觀點評估，並對環境條件加以整治。

1. 清澈、豐沛的水是生命的源泉，是都市舒適環境全部要素存在的基礎。因此，需要保護和復育以各種水體形態存在的水環境。

2. 正常的水文循環會增加舒適感，異常的流程會帶來不快感和危險狀況。因此，需要提供條件使水文循環發揮正常的作用。

3. 對於人類，水是使他們感到心曠神怡的基本物質。因此，提供豐富且有趣的水環境、水景觀是必要的。

世界先進國家皆持續的監測水面積的消長，例如表 1 為美國洛杉磯市所公告的水環境面積比例。表 2 為美國各州土地與水域面積統計表。中國根據最新的水資源普查資料，上海市在 80 年代初的河面率為 11.1%，而到了 20 世紀末，河面率僅為 8.4%，下降了 2.7%，也就是說，近 20 年來上海市的水面積減少了約 25%，這些數據引起社會各階層高度重視。今後的規劃設計中，建立以綠色空間指標（樹木空間）和藍色空間（水域空間）指標等綜合指標為基礎的水環境評價體系已勢在必行。應該如何復育和開創都市水環境的形態為本文研究目的。本文探討（1）水環境的內涵（2）水環境在提高都市環境舒適性方面的貢獻和地位（3）台灣都市優質水環境對策。

前人研究

1. 微氣候的概念

陳鐵如等(1993)指出，微氣候是在小範圍地區內，由下墊面性質和狀況的不同，在近地面空氣層與土壤層中出現的一種局部氣候。不同下墊面微氣候有不同特徵，其決定於地段方位、坡度、土壤種類、地被植物、敷面材質、建築物密度及水面積。在不同下墊面上具有不同輻射特性和能量交換過程，因而形成不同微氣候。下墊面能量交換不只發生在表面，經常涉及一定的深度或厚度，故又把吸收和放射能量最多，並對鄰近土壤層與空氣層的能量交換起決定作用的物質層稱為活動層或作用層。活動層的厚度與活動層的物理性質有關，如土壤的活動層對短波輻射只有幾毫米，而水體的活動層可達幾公尺到幾十公尺。水體對輻射的吸收能力使它成為影響微氣候之重要下墊面物質。

2. 土地利用與微氣候關係

人類對土地利用予以大規模改變，此行動會以氣溫增高之趨勢正持續增加最為明顯(Conover,1992, Dewey and Heim, 1993, Nasrallah and Balling, 1994)。從學理推論，土地使用分區管制對應至都市熱島氣候之影響因素，可能有：(1)都市人為熱源，涉及土地使用的耗能與熱源排放，該特質與「居住密度」、「分區劃定」、「使用項目」、「建蔽率」、「容積率」等項目有關；(2)都市材質反射率，主要是地面材料與建築物材質對太陽輻射的反射率，其與「使用項目」、「建蔽率」、「空地比」、「綠化率」、「景觀水域」、「建築色彩」、「指定建物退縮建築」等項目相關；(3)地區蒸散率，相對於「使用項目」、「綠化率」、「景觀水域」、「指定建物退縮建築」等

項；(4)都市氣候因素，「居住密度」將改變都市局部微氣候，「空地比」與「景觀水域」則將影響平均風速或空氣比熱等項目(張效通, 2003)。

地表附近溫度與蒸發散之關係:通常地底熱傳導項G,在太陽輻射之固定比率時相對於其他項目則甚小,假設為可忽略不計。因此在一定之氣候條件下,地表附近溫度Ts與蒸發散所吸收潛熱LE之關係為一線性遞減函數,亦即是當一定氣象條件下,蒸發散量愈大,LE亦愈大,地表附近呈現之溫度將降低。水面由於反射量最少蒸發量最大,其下墊面附近溫度最低。圖1為陳鈞華於2002年所測驗柏油路面對4種土地利用之溫度變化對照圖。應驗水面之低溫效果。

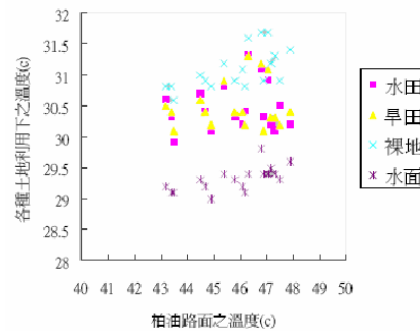


圖1. 柏油路面對4種土地利用之溫度變化對照圖(陳鈞華, 2002)

Figure 1. A Contrast illustration of temperature variation for asphalt road to 4 kinds of land.

3. 水域微氣候

陳鐵如、吳鍾玲(1995)指出，水域是指湖泊、水庫、江河等有限水體。由於水體和陸地在熱學性質方面的不同，因此在水域及其周圍就形就形成了與陸地有顯著差異的水域微氣候。水體的熱特性和熱交換特性決定了水域與陸地輻射差額和熱量平衡各分量之間的差別是很大的。水面與陸面輻射差額的差值，在很大程度上決定於它們反射率的差

別。水面的平均反射率遠小於陸面，水面為 9%，陸面為 20~30%。水面的有效輻射比陸面弱，因此水面輻射差額比陸面大，有時甚至可大一倍。水面上熱量平衡的主要支出部分是蒸發耗熱。一天之中，水面蒸發耗熱比空氣亂流交換大 10~20 倍，夜間則比亂流交換 1~2 倍。當陸面比較濕潤時，白天水、陸蒸發耗熱相差不大、而夜間蒸發耗熱，水面可比陸面超過 10 倍以上。水面上空氣的亂流交換絕對值是很小的。一天內大部分時間方向是指向水面的，它補充了水面蒸發耗熱時的熱量不足。白天因水溫低於氣溫，亂流熱交換的方向指向水面，子夜後水比空氣暖，產生了從水面向空氣的亂流熱輸送。在亂流交換的日變化上，水面和陸面正好相反，水面上亂流熱交換最強的時間是夜晚，而陸面則是白天的午間。

水體的吸熱、輸熱、儲熱能力都強於土壤，在日間和暖季，水體能吸收更多的熱能，並將它儲存在水體中，夜間和冷季又將大量熱能從水體輸向水面，再由水面釋放大氣，因此水體對氣候具有調節作用，形成水域微氣候。

水域微氣候的特徵：水域微氣候特主要表現在溫度、濕度、雲、霧、降水等方面。水域上方氣溫的變化幅度比陸面小，水體面積越大，深度越深，溫度變化幅度就越小，一般中緯度湖面溫度的日變幅平均為 2~4℃，年變幅深水湖約為 15~20℃，最高、最低溫度分別出現在 8 月和 2 月。由於水面蒸發大量失熱，白天水面溫度常低於氣溫，使氣溫的鉛直分佈現逆溫或等溫現象，使層結比較穩定。

4. 水環境與都市環境的舒適性(Amenity)

4.1 舒適性

河流是水文循環體系中的一個重要因

素。河流有三大基本功能，即是容納洪水、提供水資源利用及環境功能。其中環境功能由其空間功能、生態功能和水域環境功能，三個具有互補關係的功能組成，是都市環境中重要的一環，並在都市中提供綜合功能的樞紐作用。近年來已開發國家，對於河流的行政管理，逐步按照其基本功能，從單項的防洪管理，調整為防洪、水資源利用和河流環境整治的綜合管理。隨著經濟活動的增強以及人們對於優質水環境的要求日益提高。事實告訴我們，水環境治理必須實現由線到面的轉變，即從單一的河流治理轉變到整個流域的治理；同時，水環境的治理牽涉到社會的各種層面，因此需要“綜合治理”，繼而，水環境的內涵也得到了進展。水環境內容，在物質層面，除了保持流量(水量)、淨化水質(水質)外，還包括了生態體系的保護和資源、能源的有效利用。而在精神層面，包含了水環境的視覺效果和人文效果等，內容分述如下：

4.1.1 物質層面：

- a. 水量保持。如地下水庫、地下儲存、地下水涵養等。
- b. 淨化水質。有直接淨化、水資源調度、土壤滲透等，以及從流域角度綜合考慮的下水道對策措施等。
- c. 生態體系的保護。包括建設自然型河川、營造環境生活圈、生態體系的網路等等。
- d. 資源、能源的有效利用。主要剩餘能源的利用；包括污水處理後尾水的再利用，例如用作雜用水、都市環境用水等。

4.1.2 精神層面：

- a. 視覺效果：如都市景觀的標誌，有水岸與綠蔭、倒影、夜景；與自然的動感共存，有流動、…、河流的彎曲延伸等。

b. 人文方面的效果：作為交際、活動的場所，如廟會活動、…龍舟比賽等；作為藝文創作的場所，有音樂、繪畫、詩歌、文字等；透過地域舒適環境的建設，可作為環境教育基地等等。

4.2 都市化對水環境和都市環境的負面影響

隨著都市化的進程，基礎設施的不斷改善，道路面積擴大，商店街增多，都市空間的利用密度迅速提高；路面大量使用瀝青和水泥敷面，地面的可入滲透面積遽減；同時，隨著房屋的大量建築，農田、綠地和水面積逐漸減少。這些都會給水環境和整個都市環境帶來種種不良影響，茲將主要的後果現象列舉如下：

- 4.2.1 暴雨時，地表逕流量增多，匯流時間縮短，河流的洪水位升高，漫地流、積水區域增多。
- 4.2.2 入滲水量的減少，加之地下水的大量抽取，致使地下水位降低，並進而引起地盤下沉。
- 4.2.3 綠地、水面積和自然裸地的減少，從而，地面蒸發的水量減少，導致都市熱島效應加劇和都市能源消耗增加。這是都市設計的主要課題(Poreh, 1996)。
- 4.2.4 水質惡化，河流渠道化，導致水岸環境惡化。
- 4.2.5 水岸的綠地、空地減少，致使具豐富情趣的水岸開放空間逐步消失。

5. 城市居住適宜性與水域關係

經濟學人雜誌編撰了一個名叫生活難度的排名，這個排名包括世界 130 個主要城市。排名是以 3 個因素為基礎的：文化與環境，健康與安全，以及基礎設施。在這次排名中，北美和歐洲城市被認為是居住比較舒適的城

市。最佳城市為溫哥華，按排序為墨爾本、日內瓦、維也納、布達佩斯、阿德雷德、雪梨、蘇黎世、多倫多、卡佳利(Calgary)。溫哥華和前九名為例都是高水面率城市。排名最後的十名為摩勒斯比港、阿爾及爾、達卡、喀拉蚩港市、拉哥斯、金邊、阿比讓、哈拉雷、杜阿拉、德黑蘭。大多為沙漠區國家幾無河川湖泊水面率，其中金邊例外，它位於湄公河右岸，但是因為治安和公共設施及水質太差因此排名居後。

研究方法

1. 研究材料與工具

本研究使用研究區域內各不同比例尺之地圖、衛星照片，利用地理資訊系統作資料的輸入、管理、分析及展示。蒐集台北市最近五年大台北地區環保署空污監測站及 65 所中小學校園氣象站之 24 小時時氣溫資料加上分析。軟體：ERDAS IMAGINE 8.6 遙測影像處理軟體、ESRI ArcView3.2 地理資訊系統軟體及 Microsoft Office 2003 整合應用軟體、AutoCAD2006 電腦輔助繪圖軟體。

2. 研究步驟

問題形成（前言）→選定研究地區→資料蒐集→野外實察或衛星影像判讀（以上列研究方法）→提出假說或對策→評價分析→驗證假說或對策→依據結論提出預測（以上列推論評估）→檢討與建議。資料蒐集包括

(1) 蒐集、整理、處理與數化資料：圖籍及圖檔蒐集、整理相關期刊論文、研究報告與相關文獻資料，取得研究區的地形圖、數值影像資料及衛星影像資料等，取回的衛星影像資料須先作影像處理與轉檔才可使用，並進行後續分析。

(2) 影像處理與分析：使用 ERDAS IMAGINE 軟體將取得的航測影像進行鑲嵌、裁切與重

投影的處理。

(3)地形與氣溫分佈分析。

3. 都市水面率與環境優化效應假說

3.1 定義

水面率 (Wr) 之定義是都市範圍水域面積 Wa 佔都市總面積 (Wub) 百分率。臨海城市水面積含海岸線向外 1 公里海面範圍，例如表 1 為美國洛杉磯市公告之年度水面率，表 2 為美國各州水面率，表 3 為紐約貨幣雜誌 2002 年選十個美國最好的住城市之官方公告水面率彙整表，圖 9 為其排名與水面率關係圖。水面率以下式表示之：

$$Wr = \Sigma Wa / Wub \dots\dots\dots 3.1$$

水環境優化指數 (Ee) 之定義，以溫哥華水面率為基準，將水環境優化指數定為 1.0，以此推算各城市之水環境優化指數。大溫哥華水面率為 18%，waterfront 為 662Km。溫哥華都心區域為 28%。

$$Eei = Wri / 18 \dots\dots\dots 3.2$$

3.2 水面率案例研究

成功案例：由於溫哥華 (圖 2)、墨爾本 (圖 3) 等高水面率城市都有令人舒適的生活環境。近年來包括美國 EPA、德國 Senate Department of Urban Development (參議院都市發展部門) 都全力營造優質水域環境。茲以美國德州奧斯汀為例，由表 3 得知該市水面率 2.687%，水域面積 17.9 km² 排名不高但由奧斯汀都心地圖可分析出其實該市主要水域貫穿都市中心，使該市有機會營造優質水環境。奧斯汀位於德州中部丘陵地帶 (Hill Country)，在三大主要城市 (休斯頓、達拉斯和聖安東尼奧) 之間，交通十分方便。科羅拉多河 (Colorado River) 流經奧斯汀市中心奧斯汀環境優美，植被豐富，市政府對於保護自然環境不遺餘力。全市建有數條數公里長的綠色地帶，最長的 Barton Creek

Greenbelt 及 Town Lake Trail 全長分別是 11.6 公里和 10.1 公里，再加上許多公園，為市民長跑、遠足、越野自行車、划船、釣魚、攝影、休息等提供了優美的大自然場所。奧斯汀已經連續十二年為美國樹城 (Tree City USA) 了。此外，由市政府辦的電力供應正在努力減少對石油的倚賴，大量從德州西部購入風力發電，如今奧斯汀已經在全美國以永續發展能源發電量中躍居首位了。其實奧斯汀地形與台中市類似為盆地地形，穿越其間水系頗多，附近有許多人造水域，分別由幾座水庫構成，使得水面率提高許多，也因而造就了該市綠樹環境的充分條件。

3.3 都市水域與氣溫關係案例研究

溫度是城市舒適與否的關鍵。為了評估水域在調節氣溫，降低熱島效應的功能。本研究蒐集蒐集大台北地區最近五年環保署空污監測站及 65 所中小學校園氣象站 24 小時

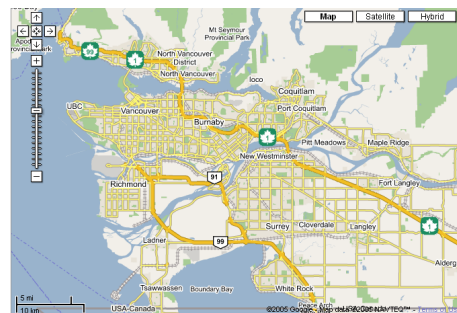


圖 2. 溫哥華之水域
 Figure 2. Water areas of Vancouver.

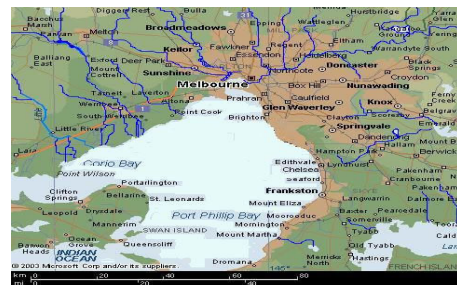


圖 3. 默爾本之水域
 Figure 3. Water areas of Melbourne. (from <http://www.bcl.com.au/melbourne/about/map02.htm>)

時氣溫資料。城市的氣溫變化平均而言是以日曬高點的時間有一段稽延時間後為最高點。在任何地方，氣溫決定於三個因素：(1) 氣層和地表之間的熱交換(2)和大水體的相對位置(3)氣團的活動(Michael Ritter, 2005, 12)。水體比陸地能吸引更多熱能，水體受熱後可以上下循環將深層較冷的水流往上層，土地則無此功能。另外，依據比熱的定義，每一公克物質，每升高攝氏一度所需要吸收的總熱能，水的比熱是土壤的五倍，也就說每升高攝氏一度，水體比土地需要五倍的能量。因此，以毗連的土地和水體，受到相同的日曬 (insolation) 水體比土地升溫慢得多，水體釋放熱量比陸地慢得多。上述差別顯示。氣溫在水面上方更通常比臨近的土地低。當這更涼爽的水上空氣吹向岸上時，在土地上方的氣溫將被降低。但降溫範圍不會深入內陸。圖 4 顯示沿海城市舊金山與內陸中央 Wichita 市及東岸吹西風的 Norfolk 市 (背風) 溫度的季節性變化。舊金山有明顯的季節性稽延 (seasonal temperature lags)。印證氣溫和大水體的相對位置的效應。以上論述，確定城市氣溫可以因水體之佈置而獲得改善，水體的位置影響降溫範圍，水體透明度越好，流量越高，循環越好，比熱越高則調節氣溫的能力越好。

台北市的氣溫資料以最近五年統計，共收集有 3547800 筆，故依據以上論述及文獻，選擇食實測 2005 年 7 月 13 日 12 時 (2005 年最熱日) 為樣本，整理成表 4，由各氣象站的位置分佈，繪製以衛星影像圖為背景，同一時間之等溫線圖 (Isotherms)，由等溫線

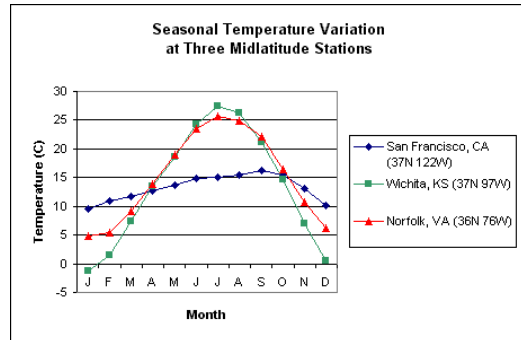


圖 4. Comparison of seasonal temperatures for three sites.

圖可以獲知台北市的溫度分佈，及其相對低溫位置 (圖 5)。由圖 5 可知林口台地地勢較高成為低溫中心，相對低溫分布於淡水河水域及二重疏洪道，最高溫出現在龍山國中站 37.0°C，36°C 等溫線區涵概萬華區、中正區、大安區、大同區、中山區、松山區、信義區、士林區等都心地帶。由水域降溫之能力推估，如果在沿新生南路南北向一線可以布置一寬度約 50 公尺水域及濱水綠帶，可以將 36°C 等溫線區破壞產生降溫效果。這是以 2005 年最熱日評估。圖 7 顯示淡水河水域附近中午為相對低溫區，下午 6 時以後反成相對高溫區域，顯示水域調整晝夜溫度功能，同時印證水體日落後散熱較慢成為夜間長波輻熱源。

3.4 假說

1. 若以溫哥華水面率為基準，將水環境優化指數定為 1.0，以此推算各城市之水環境優化指數。
2. 由美國最適居住城市水面率分析，將美國舒適都市前 10 名之水面率整理去除舊金山市後 (水域面積高於陸地面積)，排序取平均值，再依水環境優化指數 Ee 之定義計算，得水環境優化指數 0.6 為目標值。為各都市計畫訂定水面率之標準。如以此標準，目前台北市水面率約 10%，水環境優化指數約 0.55。

3.以甲乙兩類水質之水域為環境優化有效水域。其他類水質之水域不計。

對策探討

1.推動營造多樣化自然型水環境

「多樣化自然環境的概念」在 70 年代中期萌芽，歐洲的德國進行了關於自然的保護與創造的嘗試，並被稱之為“Naturnahe”(重新自然化)，不久，這一做法便傳到了周邊諸國，如瑞士、奧地利等。就這樣，在這些國家的都市、地區規劃和河流規劃的各個領域中，貫徹了這一理念，並確實地為營造生態型的環境作出了努力。

從那時起，在德國的全國範圍內開始拆除被混凝土溝渠化的河道，將河流恢復到接近自然的狀況。原來的垃圾處理場和採石場等，通過對自然生態的恢復，使這些原來令人厭惡的設施變成了復育用地。就這樣，一時間，“重新自然化”風靡了全德國。

在相鄰的瑞士，於 1983 年也頒佈的河流保護的法規中也明確規定，在河流整治的各種方法中，從生態學的觀點出發，應採用如下的優先順序：(1)生物材料方法(植物)；(2)混合方法(植物與木才或石料合用)；(3)剛性材料方法(木材、石料、混凝土)。

在需要實施河道整治工程時，對生態學和景觀方面存有缺陷的河流部分，必須同時盡力予以改善，例如，增加植被，或者在水流中拋石，為魚類營造藏身之處等。80 年代中期，日本開始認識到“生態體系保護、恢復和創造”，以及“淨化環境”的重要性，特別在水環境領域中，引進了有關河流整治的一些新理念，即“考慮河流固有的適宜生物生育的良好環境，同時，要保護和創造出優美的自然景觀”，社會上對於河流的“重

新自然化”的關心日益強烈。在日本建設省河川局關於“推進多自然型河川建設”的法規中規定：(1)尊重自然所具有的多樣性；(2)保障和創造出滿足自然條件的良好的水路系統；(3)水系和綠地形成網路，避免小生態系孤立存在。

這些規定不單純考慮自然的保護，而且是“積極地推進旨在不斷恢復自然的水岸環境建設”。具體的做法，在河流整治時，利用自然石料和水生植物恢復水體的自淨能力。在河岸的高水位淹沒處增加綠化，保障魚和動物的棲息環境，在確保河流的防洪、水資源利用功能的同時，創造出優美的自然環境，並實現與充滿魅力並和諧共生的都市景觀。

2000 年在美國環保署頒佈的“水生生物資源生態恢復指導性原則”中指出：一個完整的生態系統的長像和體質，即能適應外部的影響與變化，能自我調節和持續發展，其主要生態系進程，諸如食物鍊、遷移、水位、流動型態，以及泥沙沖刷和沉積的動態變化等完全是在自然變化的範圍內進行的。在同一區域內，其多樣性的植物與動物自然共生是生物學方面最好例證。地形結構上，例如河道尺寸的動力穩定之類的自然特徵也是為使生態修復能加速，實現生態完整性的目標。在流域範圍內，採取有利於自然演替和自然共生的規劃方案，即是隨著時間的推移，仍能保持原有生態系。以上敘述的就是“近自然”的概念。

2.“多樣化自然環境”的構成要素解析與營造對策

在建設多樣化自然型的河流中，重點是形成具有魅力的水岸生態系。這也是水環境內涵的一種延伸。使人與水和大自然可以接觸的水岸環境，大致由空間環境、生物環境和水環境三部分組成。其中，

2.1. 空間環境

令人心曠神怡、富有情趣的環境包括：景觀功能(水岸景觀的綜合構思、探索歷史和人文的水景觀)；散步功能(林蔭小道和休閒設施的建設)；親水功能(親水通道、水陸界面護岸的建設)；休閒娛樂功能(與洪泛區及散步便道形成一體的多功能廣場的建設)。

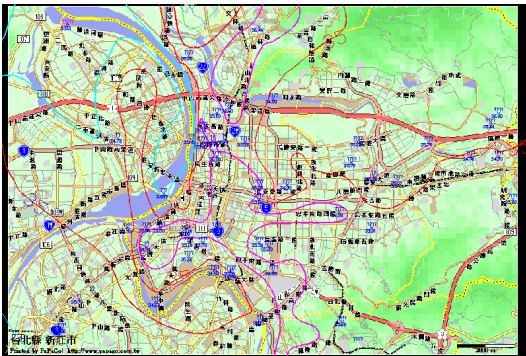


圖 5. 2005 年 7 月 13 日 12 時(最熱日)台北市都市中心區等溫線圖

Figure 5. Temperature contour of Taipei city on 2005/7/13 PM12.

2.2. 生物環境

適宜水岸生物生存的環境包括：動物棲息功能(適宜魚、水鳥、水生昆蟲生存的小溪、深水槽等的恢復和建設)；植物生長培育功能(具有豐富水岸植被的河邊林帶的建設)；自然環境保護功能(與周邊自然環境的連續性)。

2.3. 水域環境

清澈、豐富的水域環境包括：淨化水質功能(水岸自然淨化功能的保護和建設)；確保水量功能(雨水收集、儲存、滲透等集水功能的確保)。所謂“多樣化自然環境”的組成要素是在空間環境具有的親水性和與水量、水質有關的水域環境功能中，加上動植物的生育環境，這是水岸生態系不可缺少的主要功能。

營造水岸的自然環境，需考慮“植物茂

盛”、“生物多樣”、“水質乾淨”等條件，其組成要素具有如下特點：

- (1) 保護和創造水岸“自然景觀”。
- (2) 營造生物的多樣性空間。
- (3) 在河川設計多樣化，營造流速和水深各異的多樣環境。
- (4) 利用“自然材料”之間的空隙，形成多孔的空間。
- (5) 確保水域和綠地的連續性，形成與陸域之間的廊道。
- (6) 提高河流的蓄水功能和自淨能力，確保其水量和水質。
- (7) 在野生動物的棲息地與堤內地之間做一道“屏障”，為生物營造一個安全的空間。

3. 多樣化自然型河川營造方法

多樣化自然型河川營造方法是目前國際上比較流行的一種河道環境綜合整治的新方法，它是一項複雜的工程，涉及生態學、水生生物學、水文與水力學、氣象學、地貌學、工程營建、規劃、資訊技術與社會科學等諸多學科。

多樣化自然型河川建設方法是把水環境作為多種生物棲地的核心，並把河流建設成儘量接近自然的形態，即把自然河流的狀況作為樣本，在確保防洪安全的基礎上，努力創造出具有豐富自然的水岸環境。為此，需要按以下原則加以考慮。

3.1. 創造出多樣的、豐富的环境條件

河流，如果其河道的形式是單一的話，河道中的水的流動也將是一樣的，環境也十分單調，而且，這樣形成的生態體系也是不穩定的。但是，河流一旦象自然的河流那樣，具有結構方面的多樣性，就可以創造出多樣的、豐富的环境條件，形成豐富、穩定的生態體系。一般，自然的河流具有如下的特徵：

- (1) 河岸線不規則，河道橫斷面寬窄不一。
- (2) 河流有沖有淤。
- (3) 縱斷面和橫斷面的坡度有緩有急，並形成淺灘和深潭。
- (4) 在不同的河段，均有與之相適應的植物、動物的生存，可促進優美景觀的形成。

3.2. 儘量順應自然的動力

混凝土護岸使環境條件模式化，並使生物種類單一化。如果順應河岸的沖刷和淤積，就可以對新的生物物種提供生存的可能性，儘管這是十分困難的。為了建設多樣的、豐富的河流，為了順應自然的動力，需要保留十分充裕的河流區域面積。

3.3. 建立水系和綠地的網路

如果如樹林那樣點狀的局部生態體系，這些環境物件分別孤立地存在的話，作為生態體系而言，就顯得十分單調，而且會威脅生物物種的生存。但是，如果它們之間透過水系和綠地實現網路化的話，生物物種就會變得豐富和穩定。因此，在都市中，除了進一步增加綠地外，需要使護岸和河床三面均使用混凝土的河道恢復其自然狀態，把暗渠改為明渠。這樣，也可以提高都市的環境舒適程度。這種近自然型河川建設其基本思路不是單純的保護自然，而是在積極推動水岸環境建設的同時，讓豐富的自然環境物件回到水岸。

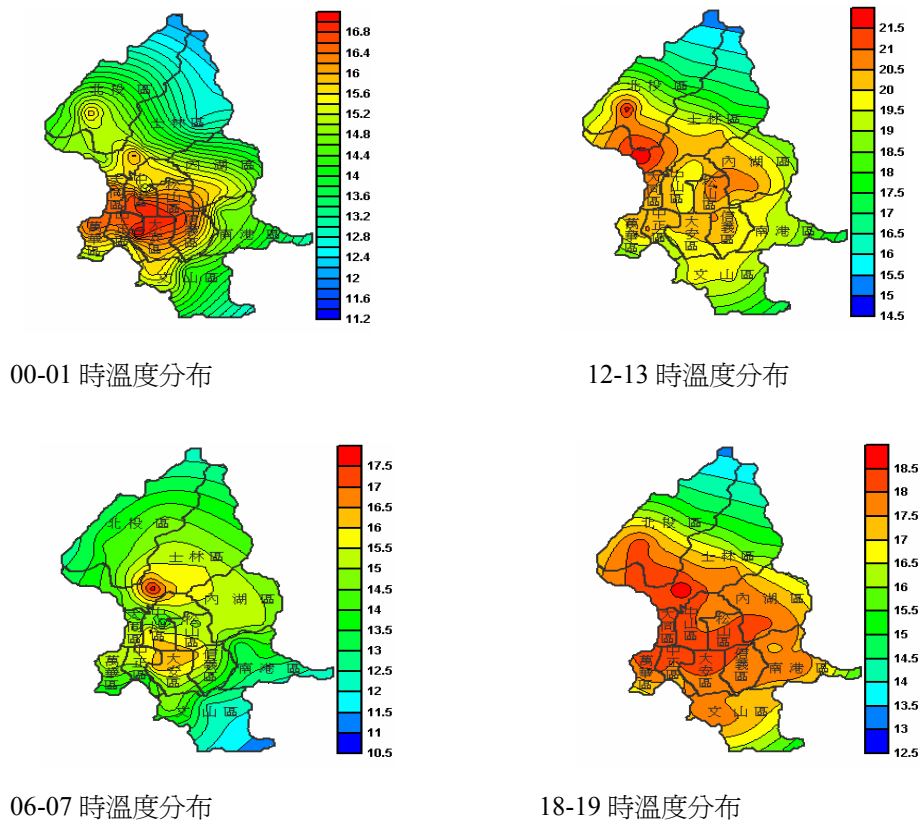


圖 6. 台北市一日溫度分布變化圖（以 2006/02/10 為例）

Figure 6. Variation diagram for temperature profile of Taipei city on a day.

表 1. Los Angeles County 水域陸域比較表
Table 1. Comparison of water and land areas on Los Angeles County.

| Area | Acres | Square Miles | Square Kilometers | Percent of Total |
|--------------|-----------|--------------|-------------------|------------------|
| Land | 2,598,400 | 4,061 | 10,518 | 86% |
| Water | 443,100 | 692 | 1,791 | 15% |
| Total | 3,041,480 | 4,752 | 12,309 | 100% |

Source: California Dept. of Water Resources

表 2. 美國適居城市水面率
Table 1. Water area rate of U.S.A top ten livability city.

| City | State | Total | Land | Water | Percent of Total |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | km ² | km ² | km ² | % |
| San Francisco | California | 601 | 121 | 480 | 80 |
| Seattle | Washington | 369 | 217 | 152 | 41 |
| New York City | New York | 1214 | 800 | 414 | 34 |
| Chicago | Illinois | 726 | 588 | 138 | 19 |
| Los Angeles | California | 12308 | 10518 | 1791 | 15 |
| Minneapolis | Minnesota | 147 | 129 | 18 | 12 |
| Austin | Texas | 669 | 651 | 18 | 3 |
| Sacramento | California | 257 | 252 | 5 | 2 |
| Denver | Colorado | 401 | 397 | 4 | 1 |
| Charlotte | North Carolina | 629 | 627 | 2 | 0.25 |
| Phoenix | Arizona | 1231 | 1230 | 1 | 0.05 |

美國適居城市水面率分佈圖

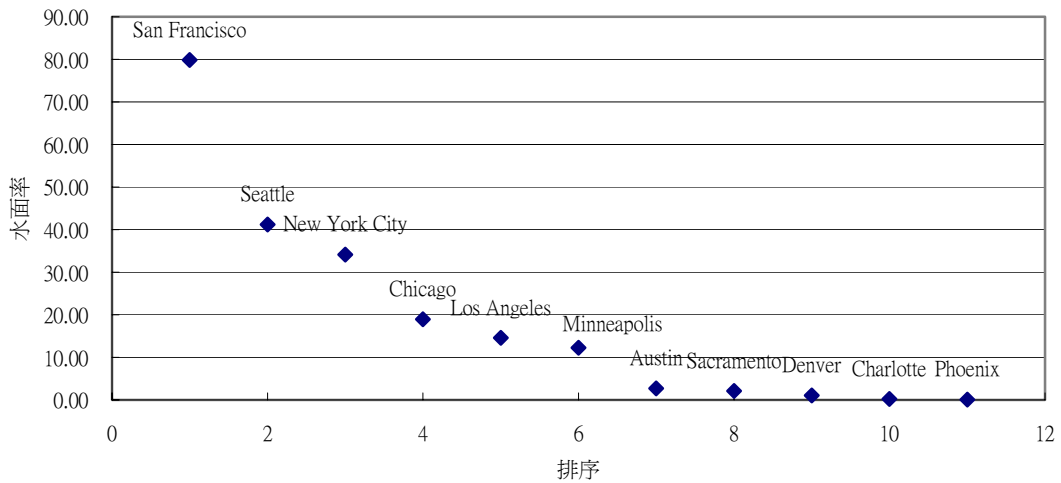


圖 7. 美國適居城市水面率分佈圖

Figure 7. Diagram of Water area rate of U.S.A livability city .

檢討與建議

1. 隨著水環境內涵的進一步拓展，水環境治理從單純的水域治理到水域及其周邊陸域的綜合治理，並從單一的河流治理到流域的綜合治理。因此，水環境的治理和建設具有綜合性的特點，牽涉到社會的諸多層面，具體實施必須強調總體性，特別要加強總體規劃，參與水環境治理和建設的各方應通力合作。
2. 水環境在調節水岸區域的微氣候和營造都市環境的舒適性上，有其獨特的、無法替代的作用和地位。正因為如此，一些已開發國家已經開始在水環境規劃中考慮其對周邊微氣候的調節作用，並設定具體的數值目標，例如，訂定水面率，儘可能獲得溫度和熱環境的舒適性，以及在地區開發和建築物建造前後，要保持這些舒適性不變等。因此，針對台灣地區水面積正在減少的現狀，應引起社會各層重視，特別是在今後加速實現都市化的進程中，不能再讓以犧牲水面積來換取局部經濟利益的事情發生。在這方面，建議在深入研究的基礎上，確定科學、合理的水面率，在相關的法規中予以明確，作為規劃和管理的依據。而當前，在水面率方面，宜確定一個考慮現狀的、能夠保證最低資源水準的底線，作為近期控制的依據。目前台北市水域約 2807.4377 公頃水面率約 10%。尚有提昇空間。
3. 目前，國內在水循環及與水害的關係方面，實用技術性的研究還較少。實際上，釐清水循環的規律，在水環境治理中能積極地從改善水循環出發，減少都市中人類活動對正常水循環的影響，並研究出這方面的控制技術，是十分必要的。日本在 1999 年度開始實施的第二個河流技術發展五年

計畫中，對水循環管理技術問題積極進行大量的研究工作，著重於“水循環的評估技術”、“減少都市中各種活動對水循環影響的技術”、“地球環境變化對水循環影響的控制技術”等。在方面很值得我們借鑒。

4. 從長遠看，多樣化自然型的河流應該成為城市水環境的主流，這是建成生態都市的重要基礎。但是，我國城市目前的河道情況比較複雜，市區的河道，基本上是被硬質護岸結構溝渠化了，而郊區的河道，一部分是混凝土和漿砌塊石的護岸結構，還有相當多的河道，未經整治，水質惡化。市區的河道，特別是在中心城區的河道，由於城市發展歷史的原因，河道兩側已經建成密集的建築物，河道與兩側建築物之間的空地比較少。另外，堤防型式多數為直立式的防洪牆，因此，改造的難度較大。對於市區有條件的河段和郊區的大部分河道，建議在綜合治水中，透過研究案樣區段的試驗，大力推動多樣化自然型河川的建設，恢復河流的生態環境，以期根本改變城市水環境的形象。為了確保這項生態復育工程的有序實施，可以在充分調查研究的基礎上，頒佈必要的法規，引入河道綜合治水的新的理念，對於關鍵的環節，例如，護岸所使用的材料、生物的多樣性、水和綠網絡化等方面，作明確的規定，以指導規劃、設計和施工的進行。

95 年 10 月 18 日 收稿

95 年 12 月 13 日 修改

95 年 12 月 27 日 接受