

應用地理資訊系統於水質測站適宜性分析 — 以台北水源特定區為例

Applying Geographic Information Systems to Assess the Suitability of Water Quality Monitoring Stations — Case Area: The Taipei Water Specific Area

逢甲大學 水利工程與資源保育學系 副教授	逢甲大學 水利工程與資源保育學系 碩士生	逢甲大學 水利工程與資源保育學系 專題生	逢甲大學 水利工程與資源保育學系 專題生
張嘉玲*	林佑澤	張緯臻	劉蔡偉
Chia-Ling Chang	You-Tze Lin	Wei-Jhen Chang	Cai-Wei Liou

摘 要

水資源永續利用是長期備受關注的問題，而水資源最大的問題即是水體受污染無法供應用水，其污染來源可分為點源與非點源污染，相較於點源污染，非點源污染難以控制且來源不確定性高，而非點源是造成環境水質惡化重要之因素，所以藉由推估污染量考量水質測站分佈是相當重要的。本研究綜合地理資訊系統中環域分析與套疊分析評估台北水源特定區內不同土地利用產生之非點源污染量對環境造成的衝擊，來評估既有水質監測站對於易造成高風險水質項目之監測是否具代表性，研究中將三種不同土地利用情況以距離、坡度、污染面積比例建立多種情境，並提出相關土地管理研判對於水質監測之適地性與即時性，以利管理。本研究分析結果顯示綜合農業、建築、崩場地等土地利用時，污染源擴散至周圍 300 m 及 500 m 時，均建議在北勢溪流域增設三個水質測站，分別落在逮魚堀溪兩處及金瓜寮溪一處；污染源影響至周圍 800 m 時需增設四個水質測站，其中有三處與污染源擴散 300 m、500 m 相同點位，而另一處建議增設點則在南勢溪流上；若考慮坡度對污染擴散的影響，給予分級的環域分析時，則建議在南勢溪一處、逮魚堀溪一處及坪林堰一處需增設水質測站。

關鍵詞：水質測站，環域分析，非點源污染，套疊分析。

*通訊作者，逢甲大學水利工程與資源保育學系副教授，40724 台中市西屯區文華路 100 號，clchang@fcu.edu.tw

ABSTRACT

Water resource management is a very important issue nowadays. Due to economic development, water quality risk increases the difficulty of water resource management. Environmental monitoring records can help us understand the variability of environmental properties. For example, water quality monitoring records provide important information which helps people understand water quality if it is below standard or if it needs improvement through management strategies. The objective of this study was to discuss the suitability of the water quality station network in the Taipei Water Specific Area. The land uses in agricultural areas, landslides and residential areas have different effects on water quality. This study applied Geographic Information Systems to assess the influence on areas of different land uses with buffer analysis. When an area is highly influenced by land use activities, the water quality in this area has higher risk and needs monitoring. This study therefore addressed the suggestion that it is necessary to first add three water quality monitoring stations in the Bei-Shih Creek Basin, and then build one more in the Nan-Shih Creek Basin. When considering the influence of basin's slope on pollutant transportation, suitable water quality monitoring network changes.

Keywords: Water quality monitoring stations, Buffer Analysis, Non-point source pollution, Overlap Analysis.

一、前言

台灣地區水資源分配不均及土地不當開發，造成台灣水質污染嚴重，集水區水源受到人類活動的影響及有機性污染、重金屬及營養鹽大量流入河川，造成公共給水上相當的威脅，在不同的土地開發型態上，使集水區有不同程度的污染輸出，進而對水體水質有不同程度的影響；當上游集水區的土地利用型態所產生的污染物經颱風或暴雨產生瞬間豪大雨，導致土壤質地變軟而流失，流入水體後，將提高水體水質風險(Yeh and Li, 1999)。

水質監測可以被看作是一個複雜的電路系統，在水環境必須考慮許多水文因子和特徵且正確地利用水資源，水質監測站能蒐集河流系統中水質的變化，能依據水質的變化因應各類的決策分析(甯蜀光，2001)。以往評估水質大部份均透過定期監測，來了解水質的變化，對於水質測站架設點位是否能完全掌控到該集水區各流域非點源污染對河川水質造成的影響，而建立評估水

質監測系統適宜性分析是有其必要性，國內對於水質監測站網設計多以南部河川流域為主，而北部流域在水質監測站上的研究並不多，因此本研究選以台北水源特定區作為水質站網設計的研究區域。

水質監測站網設計的歷史傾向於使用經驗、直覺和主觀判斷，需要有系統的評估監測站適宜性，以探討在研究區域內周圍土地利用開發造成環境非點源污染(甯蜀光，2001)；本研究蒐集相關土地開發情況並嘗試以GIS地理資訊系統評估區內非點源污染擴散程度，以及既有水質監測站位對於易造成高風險水質項目之監測是否具有代表性，並提出相關土地管理研判對於水質監測之適地性與即時性，以利管理。

二、研究方法

2.1 研究流程

隨著水質模擬模式率定及驗證上的高準確率及多種統計方法，例如：資訊熵理論(Theil, 1967; Thomas, 1981)、克利金推估法(鄭克聲，1997)，

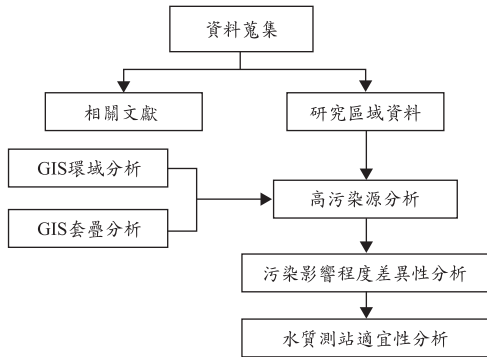


圖 1 研究流程圖

評估非點源污染負荷並建立一個能有效管理集水區河川水質的水質監測站網是能實現的，環域分析被廣泛應用於空間系統分析，也有使用於崩塌潛勢分析及河川土地利用污染負荷等相關文獻內，本研究嘗試利用地理資訊系統中環域分析、套疊分析等工具，評估不同土地利用可能影響範圍以便調整水質測站分佈，並提供作為規劃或制定管理策略的參考依據，詳細分析流程如圖 1 所示。

2.2 研究區域

台北水源特定區位於台灣地區東北隅，面積達 717 平方公里，區內涵蓋新店、烏來及坪林三個都市計畫區；又翡翠水庫上游之北勢溪及逮魚堀溪集水區有北宜高速公路部分路段經過，使集水區內之流動人口增加，再加上此區域之地質脆弱，水土保持不易，故水質可能遭受到潛在的威脅(張社國，2010)，翡翠水庫為供應大台北地區民生用水之主要水庫，但因新水源開發不易，水庫淤積逐年增加，民衆對水源的要求也大幅提高(翡翠水庫管理局，2009)。本研究區域約有九成以上為林地組成，而農業耕作多沿着河道密集的分佈，且鄰近道路附近也較多人為開發的建地。台北水源特定區管理局設置 22 處水質測站，如圖 2 所示，北勢溪流域分為主流 7 個測站與支流 4 個測站；南勢溪流域分為主流 5 個測站與支流桶後溪 2 個測站；新店溪不分主流支流共計 4 個測站(駱尙廉等人，2008)。

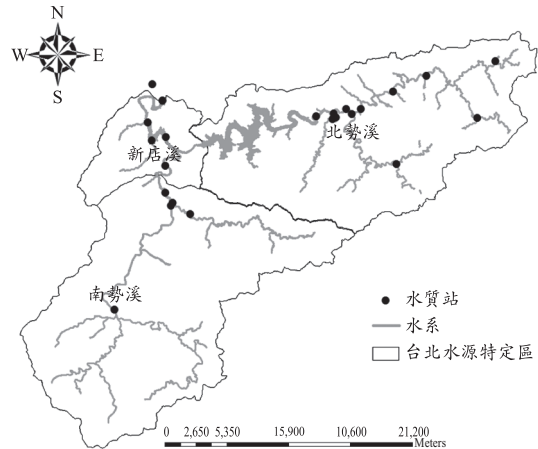


圖 2 研究區域圖

2.3 水質測站適宜性分析方法

2.3.1 土地利用對水質風險的影響

水庫集水區內之水質變化，受人為活動、土地利用、氣象及颱風事件等因素影響，台北水源特定區之土地利用型態分為崩場地、建築、農業、林地，其詳細分類及面積比例如表 1；崩場地所佔面積約為集水區之 0.05%，是三種土地利用所佔集水區面積比例最小的；建築用地包含建築、公園、道路、墓地，所佔面積約為集水區面積之 1.55%；農業用地包含旱作、果園、茶園、稻作，其中茶園和果園多分佈於北勢溪主流、逮魚堀溪和金瓜寮溪，整個農業土地利用所佔面積約為集水區面積之 3.78%。林地包含針葉林、闊葉林、竹林、針闊竹混交林、灌木林，台北水源特定區土地利用面積約有 94.63%都是林地。

崩場地因地質較為脆弱，容易造成水土流失，當發生強降雨時，大量泥沙被水流冲刷遷移，引起水質混濁(劉祐如，2006)；建築社區等不透水之區域因生活污水、人口密度的增加，垃圾、污水排放容易導致生態環境失衡(范允安，1977)；農業生產中噴灑的農藥、除草劑等物質散佈於大氣中，一旦發生降雨，這些不良物質將直接分散於各處，污染物亦會隨著地表逕流至河川水體中(鄭蕙燕，2009)，因此本研究將針對這農業、建築、崩場地等三種土地利用來調整水質測站，土地利用分佈如圖 3 所示。

表 1 土地利用面積

流域	農業		建築		崩塌地		林地		總面積 (ha)
	面積(ha)	面積比(%)	面積(ha)	面積比(%)	面積(ha)	面積比(%)	面積(ha)	面積比(%)	
北勢溪	1647.6	5.902	347.8	1.246	25.8	0.093	25896.0	92.760	27917.3
南勢溪	127.2	0.391	150.1	0.462	5.5	0.017	32216.3	99.130	32499.1
新店溪	733.0	12.193	530.2	8.818	2.0	0.033	4746.8	78.956	6012.0
總和	2507.9	3.775	1028.1	1.548	33.3	0.050	62859.1	94.627	66428.4

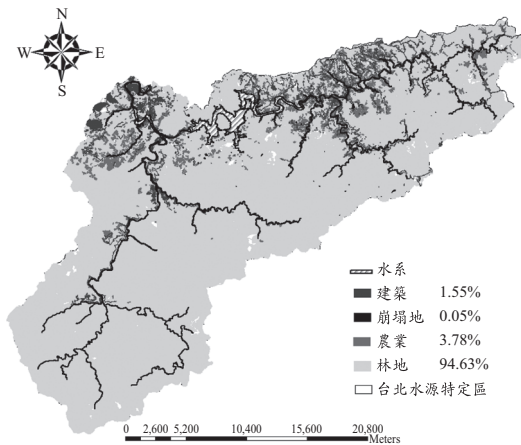


圖 3 土地利用分佈圖

2.3.2 污染潛勢分析方法

環域分析(Buffer Analysis)是 GIS 相當重要且經常被使用到的空間分析模式，環域分析的目的主要是針對所指定點、線、面向量主題圖全部或部分圖徵之空間圖形，以指定之規則把要用來進行空間套疊分析的環域(Buffer Zone)給繪製出來(Shen *et al.*, 2002)；本研究將土地利用分類為建築、農業、崩塌地，並以環域分析方法繪製周圍擴散半徑分別為 300、500、800 m 等不同污染擴散程度(張長義, 1999)。本研究共探討四種污染擴散情境，包含等擴散寬度(包含 300、500、800 m 之擴散寬度)，及差異性之污染擴散情境。

在差異性污染擴散情境的部分，本研究主要考量坡度造成污染擴散範圍的差異，將集水區內坡度分為三級，坡度較平緩者為一級坡、中度坡將者為二級坡，而坡度最陡的區間為三級坡，污染擴散在一級坡的區域範圍較小，故給予 300 m 之環域範圍，二級坡的區域則為 500 m 之環域範圍，三級坡的區域則為 800 m 之環域範圍，依照坡度分級給予污染擴散分級的環域範圍，將可對污染影響範圍作較為客觀之判斷。

套疊分析(Overlap Analysis)的功能目的，是以二幅以上圖層其圖徵(Features)在空間上相互重疊的部分，進行相交、合併、切除等套疊之作用，並將指定圖層圖徵的屬性資料鑲入被套疊圖層的圖徵屬性資料中，因此不同主題圖藉著互相套疊後，可獲得更多的空間資訊，之後即可根據被套疊圖層新增之屬性資料在進行一步的空間分析(周天穎等人, 2009)。本研究針對各種土地利用之環域分析結果進行套疊功能中之交集分析，則可找出同時受到農地、建築及崩塌地污染潛在影響的範圍，而在這些範圍內之河川水體之水質風險將最大。

套疊分析(Overlap Analysis)的功能目的，是以二幅以上圖層其圖徵(Features)在空間上相互重疊的部分，進行相交、合併、切除等套疊之作用，並將指定圖層圖徵的屬性資料鑲入被套疊圖層的圖徵屬性資料中，因此不同主題圖藉著互相套疊後，可獲得更多的空間資訊，之後即可根據被套疊圖層新增之屬性資料在進行一步的空間分析(周天穎等人, 2009)。本研究針對各種土地利用之環域分析結果進行套疊功能中之交集分析，則可找出同時受到農地、建築及崩塌地污染潛在影響的範圍，而在這些範圍內之河川水體之水質風險將最大。

2.3.3 測站檢討

本研究經過環域分析，可以找出各種土地利用各別的影響範圍，透過套疊分析，可以找出受到污染綜合影響較為嚴重的區域，再藉由面積比例判斷這些區域密集的程度，受污染綜合影響嚴重區域愈密集，則對於水質測站設置的需求則愈大。本研究依污染面積比例建立 1%、5%、10% 三種不同情境，來探討水質測站設置的必要性，因此水質測站設置的條件為集水區內土地利用污染面積必須高於總污染面積比例，又水質測站主要是以人工、自動化監測器在河道內採樣分析，因此設置在河川水系上是必須的，而水質測站架設並非只考量以上兩種因素即可，由於經費上之限制，不可能全面設置監測站，最後歸納出如果要增設水質監測站必須滿足高污染面積比例、污染地區位在河川水系上、周圍尚未設有水質測站、預算編列許可等等要求。

三、結果與討論

3.1 水質風險潛勢分析

農業、建築、崩塌地三種土地利用造成周圍環境污染擴散影響範圍如表 2 所示，經由將土地利用污染擴散程度在圖層上取交集重疊部分後，如圖 4~7 所示。污染範圍為 300 m 時，建築、農業、崩塌地的非點源污染面積分別為 20492 ha、22465 ha、3107 ha，而受到三種土地利用同時污染面積為 1574 ha；污染範圍為 500 m 時，建築、農業、崩塌地的非點源污染面積分別為 27366 ha、29457 ha、6929 ha，三種土地利用同時污染面積為 4267 ha；污染範圍為 800m 時，建築、農業、崩塌地的非點源污染面積分別為 35383 ha、37750 ha、14270 ha，三種土地利用同時污染面積為 10262 ha。

在考量地表坡度變化之環域分析時，因為土地利用產生之污染，在坡度較陡的區域會對周遭產生較大的影響，此區域之環域範圍為 800 m，

表 2 污染擴散面積

污染範圍 (m)	污染擴散面積		
	建築(ha)	農地(ha)	崩塌地(ha)
300	20492	22465	3107
500	27366	29457	6929
800	35383	37750	14270

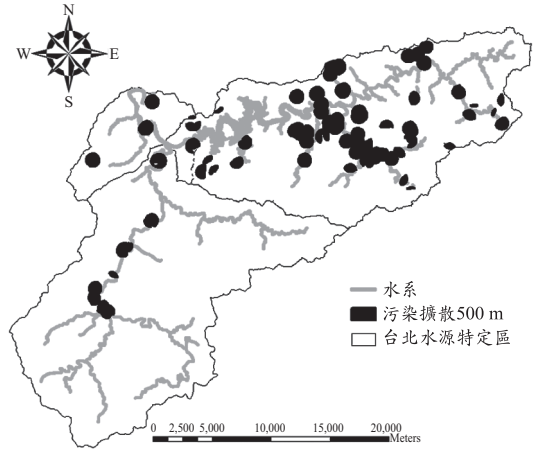


圖 5 污染擴散 500 m 套疊圖

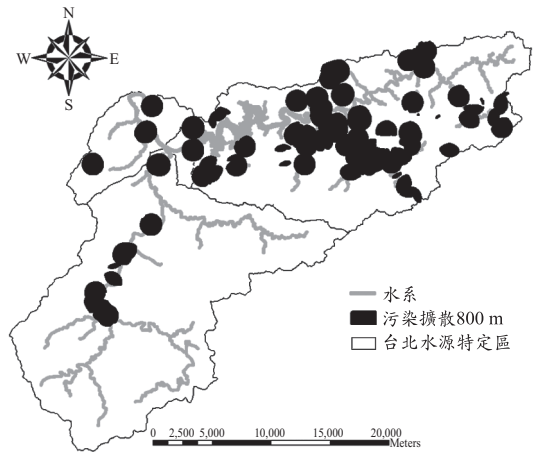


圖 6 污染擴散 800 m 套疊圖

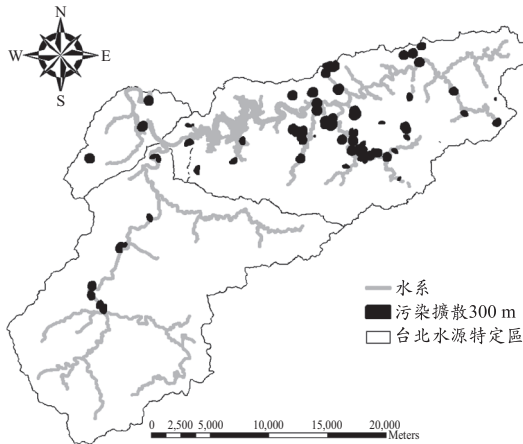


圖 4 污染擴散 300 m 套疊圖

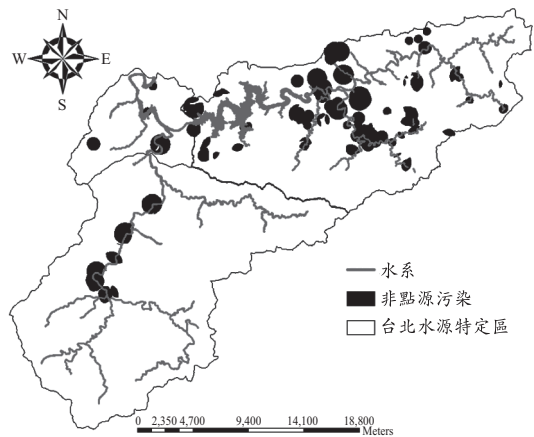


圖 7 分級污染擴散套疊圖

區域內較平緩的區域，則選用 300 m 之環域範圍，而在陡坡和緩坡之間的則用 500 m；依此原則進行分級環域分析的結果，農業、建築、崩塌地污染擴散面積分別為 31276 ha、28402 ha、9207 ha，同時受到三種土地利用污染面積為 5355 ha。

由表 2 各種土地利用下污染擴散分析結果可知，崩塌地對周圍環境造成的污染在面積擴增程度是所有土地利用差距最大的，從原先佔集水區土地利用面積只有約 33.3 ha，經由 GIS 工具以 300 m、500 m、800 m 分析三種不同污染擴散距離造成的污染潛勢，發現集水區內崩塌地污染面積分別是原先土地利用面積的 92、207、427 倍；建築與農業在集水區內佔有土地利用面積相差約有一倍，而在 300 m、500 m、800 m 不同程度影響分析後可發現兩種不同土地利用造成的污染擴散程度並不會因為原有土地利用面積相差一倍，而在污染潛勢擴散上有所差異。

3.2 水質測站綜合檢討

本研究探討三種土地利用產生污染擴散的四種情境分析，找出同時受到各種污染影響的區域，並評估受污染影響範圍的集中性，因此我們將以污染擴散面積佔總污染面積 5% 為準則來判定該區域是否有增設水質測站的必要性，以 5% 做為評估水質測站適宜性指標，主要因素是 1% 有太多處不在河系上且皆已有水質測站監測；10% 則是因為分析後污染面積佔 10% 的數量皆只有 1 處，這樣情況容易忽略其他比例較小的污染面積區塊；圖 8~10 為在各種污染擴散情境下所建議增設水質測站的位置分佈圖。

污染擴散程度在 300 m 和 500 m 建議增設水質測站的點位相同，分別在逮魚堀溪 2 處及金瓜寮溪 1 處；當污染程度擴大至 800 m 時，建議設有水質測站的地區為逮魚堀溪 2 處及金瓜寮溪 1 處，南勢溪流域也因為污染程度越高，而有新增 1 處水質測站的必要性；當加入坡度及高程資料，並依坡度給予不同距離環域分析時，建議在南勢溪、逮魚堀溪及坪林堰均需增設水質測站。綜合四種污染擴散情境之環域分析結果，可知在

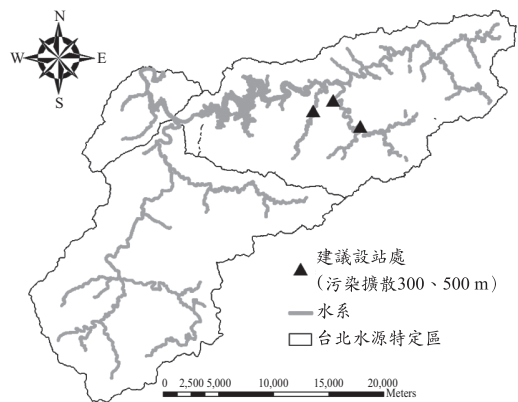


圖 8 300 m、500 m 污染影響需增設水質測站點位

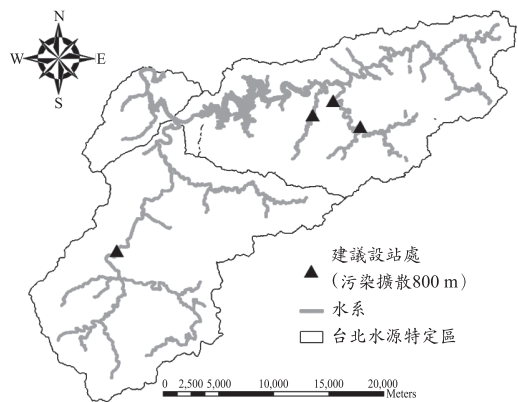


圖 9 800 m 污染影響需增設水質測站點位

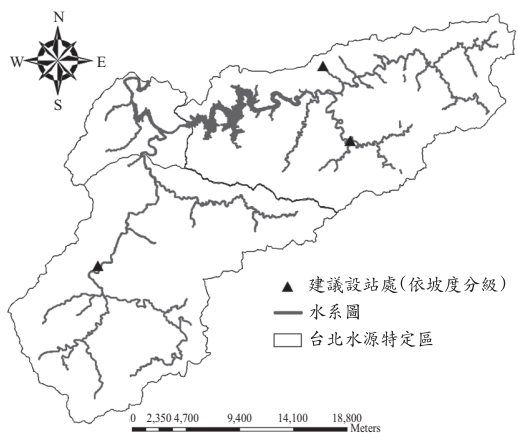


圖 10 坡度分級影響需增設水質測站點位

台北水源特定區內，逮魚堀溪有必要優先增設水質測站。

四、結論與建議

1. 本研究探討台北水源特定區內，農業、建築、崩塌地三種土地利用行為造成之污染的各別影響範圍，及綜合影響範圍，應用 GIS 技術可以對環境特性作多元的分析。
2. 本研究在污染影響範圍的部分，採用等寬度之污染擴散及差異性污染擴散，共分析四種情境，各種情境考量的重點略有差異，所建議增設之水質測站位置亦稍有不同。水質測站增設需考量的因素眾多，本研究提出數種情境，可提供有關單位作客觀的參考。
3. 在等寬度環域分析的情境下，建議可以在北勢溪流域先增設三個水質測站，當經費有餘裕時，可在南勢溪再增設另一處水質測站。若考慮坡度對於污染擴散的影響，仍建議在北勢溪流域之逮魚岬溪子流域支流處，增設水質測站，而南勢溪流域也有必要增設一處水質測站。綜合各種情境分析，本研究建議逮魚岬溪為台北水源特定區內最應優先增設水質測站的位置。
4. 本研究之水質測站適宜性分析方法以環域分析評估土地利用造成區域的污染潛勢，而未來可與其他統計分析方法來比較其結果差異，如克利金法、資訊商等分析方法。污染擴散的部分，未來亦可考慮採用集水區模式作較詳盡之模擬。

參考文獻

1. 周天穎、葉美伶、洪正民、吳政庭(2009)，輕輕鬆鬆學 ArcGIS9，儒林圖書公司。
2. 范允安(1977)，台灣的環境污染，科學月刊 92 期。
3. 張長義(1999)，土地利用與環境災害關係之探討(II)，地理環境資源學系研究計畫，國立臺灣大學地理環境資源學系暨研究所。

4. 張祉國(2010)，氣候變遷對集水區水量及水質之衝擊評估-以翡翠水庫集水區為例，碩士論文，國立台灣大學。
5. 甯蜀光(2001)，河川水質監測站網最佳化規劃，博士論文，國立成功大學。
6. 臺北翡翠水庫管理局(2009)，翡翠水庫永續經營白皮書。
7. 劉祐如(2006)，台灣中部崩塌地植生復育影響因素之探討，碩士論文，國立中興大學。
8. 鄭克聲(1997)，雨量站網設計中地形高程效應之影響，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
9. 鄭蕙燕(2009)，農業非點源污染防治經濟誘因機制之研究，碩士論文，國立中興大學。
10. 駱尚謙、闕培德、張嘉玲(2008)，新店溪青潭自來水水源水質保護區水質管理技術提升書，經濟部水利署台北水源特定區管理局。
11. Shen, G., 2002. Fractal dimension and fractal growth of urbanized areas. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.* 16(5), 419-437.
12. Shen, J.F., Wong, K.Y., Feng, Z.Q., 2002. State-sponsored and spontaneous urbanization in the Pearl River Delta of south China, 1980-1998. *Urban Geogr.* 23, 674-694.
13. Theil, H., 1967. *Economics and Information Theory*. North-Holland, Amsterdam, p. 488.
14. Thomas, R.W., 1981. *Information Statistics in Geography*. W.H. Hutchins & Sons, Norwich, p. 42.
15. Yeh, A.G.O., Li, X., 1999. Economic development and agricultural land loss in the Pearl River Delta, China. *Habitat. Int.* 23(3), 373-390.

收稿日期：民國 100 年 8 月 16 日

修正日期：民國 100 年 9 月 30 日

接受日期：民國 100 年 10 月 27 日