

自來水水源保護區之經營管理問題

The Management of Water Resources Conservation Districts

駱尚廉*

摘 要

自來水水源水質水量保護區究竟多大比例為宜，並不是光能從數字上去爭執的，而「水量夠不夠」、「水質好不好」仍是兩項重大的指標，現階段兩項指標都不合格，並沒有解禁水源保護區的條件。為要獲得自來水水源保護區經營管理之正當性，必須要有合理的補償制度與讓當地居民參與。現有法令規定之補償也過於狹窄，無法充分消彌社會成本之不公平負擔，應予以修正，透過財務理論與計量經濟方法研究，或依「原土地之利用權力」為依據當可建立合理的補償制度，而讓當地居民與代表參與水源保護區管理委員會與實際管理工作，為另一可行的替代方案。

一、前 言

臺灣地區估計到民國125年時，將必需再增加供水量23~41億立方公尺，而地盤下陷等因素勢必也將管制地下水年抽水量少抽22億立方公尺，即使將所有可能的庫址興建水庫，供水量最多可再多供給10~19億立方公尺，這部份最多也僅彌補地下水資源之欠缺而已。但未來水庫興建的成本也是非常昂貴的，每立方公尺容量的成本預計將達50~150元（現值），水庫因泥沙的淤積所造成年損失水庫容量也與水庫集水區之水土保持有很大的關連，黃(1991)估計水庫水源承受淤沙之環境成本也達1.20~3.30元/m³。

剩下不足的35~44億立方公尺勢必要來自河川逕流量的引用，本來以經濟性為考慮之水資源利用順序，第一就是地表川流水（表1），利用攔河堰及進水工程就可取用水源，但台灣地區各河川中、下游都已受污染，尤其是西部河川污染更是嚴重，因此在衛生下水道系統之興建

*國立臺灣大學環境工程學研究所教授

仍相當緩慢的情況下，要利用下游河段之水資源幾乎是不可能的，而上游河段的水資源利用就與水庫水源者類似，劃定水源保護區，加強水土保持及涵養水源，變成增加其可靠水源與保障水質的唯一解決之途（駱，1992）。

表1 水資源利用之優劣比較

比較	經濟性	目前污染狀況	保護需求	社會公平性
水資源類別				
地表川流水	成本最低	中、下游已污染	興建衛生下水道	全民負擔與受益
地下水	成本低	可能已有污染	地下水污染調查	仍應統籌利用
水庫調增水源	成本高	部份已優養	劃定水源保護區	應有補償制度
廢污水再用	成本甚高	家庭污水仍未處理	毒性物質管制	全民負擔與受益
海水淡化	成本極高	部份沿岸已污染	污染源4控制	全民負擔與受益

二、水源質的需求

表2所示為我國河、川、湖、潭、庫水體水質標準與用途，若要符合公共給水要求及採用一般通用之淨水處理方法，則水源至少要符合乙類水質標準；除冷卻用水以外之工業用水則要

表2 我國河川湖潭庫水體水質標準與用途

項目	甲類	乙類	丙類	丁類	戊類
pH	6.5~8.5	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0	6.0~9.0
DO(mg/l)	≥6.5	≥5.5	≥4.5	≥2.0	≥2.0
大腸菌類(/100ml)	50	5,000	10,000	—	—
SS(mg/l)	25	25	40	100	—
BOD ₅ (mg/l)	1.0	2.0	4.0	—	—
NH ₃ -N(mg/l)	0.1	0.3	0.3	—	—
P(mg/l)	0.01	—	—	—	—
CN ⁻ , 酚類, 重金屬	∨	∨	∨	∨	—
農藥, ABS	∨	∨	∨	—	—
硫化氫(mg/l)	—	0.05	0.05	—	—
導電度(umho/cm/25°C)	—	—	—	750	—
一級公共給水	○	×	×	×	×
二級公共給水一級水產用水	○	○	×	×	×
三級公共給水、二級水產用水、一級工業用水	○	○	○	×	×
灌溉用水、二級工業用水	○	○	○	○	×

註：∨表示有限制標準；○表示可以作為水源；×表示不能作為水源

符合丙類以上的水源；而丁類水源祇能作為灌溉用水與工業冷卻用水。由於未來之農業用水量及工業冷卻用水量，預計不會再增加，因此工業用水增加的部份要符合丙類以上的水質，而生活用水增加的部份要符合乙類以上的水質，兩者之用水增加量顯然又以生活用水為最大宗。因此，新開發的水資源之水質要求，反而是最高的，考慮水資源利用之優劣比較（表1），「上游地表川流水」或「水庫調增水源」是其可能之水源來源，而避免其可能之再污染，劃定這些區域為「水源水質水量保護區」是必然的趨勢。

水源集水區即意指取水口上游之雨水匯集區，通常以山脊為界。民國69年國內有12%以上的地區被劃定為水源水質水量保護區，但近十年來臺灣河川污染的現象並沒有改善，反而陸續加速惡化，而工業、農業之供水穩定性需求也明顯化，公共給水之量與質也逐漸亮起紅燈，因此水源水質水量保護區也就一直擴大，至今已有96處，總面積9200平方公里，約佔全台灣面積的四分之一。

三、自來水水源保護區問題

劃定水源保護區，必會產生社會公平性的質疑，也有人會認為四分之一的面積過大，但究竟多少比例才合理呢？光從數字上去爭執，恐怕是很難得到大家一致的認同的，但「水量夠不夠？」、「水質好不好？」仍是兩項重大的指標，若兩項都不合格，就根本沒有開放水源保護區的條件。

有人會提出淨水技術的改良是不是可以解決水質的污染問題？但是許多事實證明傳統淨水技術的改良並不是意味著水源水質的保護可以放鬆了，特別是工程設施所具有的一項特徵為：追求高效率就得犧牲高彈性。例如高效率的傾斜管沉澱池雖可縮短沉降距離與減小土地面積，但相對地其容納污泥量的能力就大幅降低，因此若水源地水土保持不良，每遇大雨就造成坍塌或嚴重沖刷，而使水中濁度突升至數百度，甚至上千、上萬度，一定造成傾斜管沉澱池的阻塞而喪失功能。其他各類改良技術也有類同的情況，使得改良技術或新型態處理單元所能處理的對象，更趨向特定化與單純化，其應付水質變化的彈性也大打折扣（駱，1991）。

另有人主張「飲」與「用」分離，將「飲」的兩公升維持高品質飲水，「用」的部份就放寬為遷就目前的狀況即可，如此水源保護區也可針對比較少的地區集中加強管理。持這種論調者與堅持不可能放鬆水源保護區者，卻同時分別出現在環保署的兩個處，也讓部份民眾與投資者無所適從。

水源污染雖為自來水事業所深惡痛絕者，但自來水事業對水源污染的取締祇有舉發權，污染源的消除與取締、處罰則仍賴環保單位的執行。基於公平處理的原則，環保單位的監測取締工作不可能將重點全放在水源地區，也難對污染較輕的水源地區污染源加以重罰，因此水源污染乃有愈來愈嚴重之趨勢。

公共給水的成本支付常呈現兩類型態，一為劃定水源保護區，嚴格限制各種開發與經建活動，另一則為以更週全、更昂貴的處理設施去處理已污染的水源（駱，1991）。大台北地區的自來水系統就比較偏向於第一類型，因此其處理所支付的成本較低，但也因過去並沒有將水源保護區內因經建活動與開發受限制而使當地居民遭受到利益損失的成本列入總生產成本內，當地居民也因不甘利益受損而一直意圖遊說民意代表，放寬水源保護區內的開發限制。台灣省大部份地區則比較偏向於第二種類型，因此自來水廠處理水的成本比較高，例如澄清湖與鳳山水庫，水源污染問題已非常嚴重，必需投入大量資金以添購預先處理設備，而其許多有三鹵甲烷與重金屬污染的水廠，勢必也要增加高級處理設備，以改善供水品質。

相形比較之下，台灣省自來水漲價之需求似乎要比台北自來水處要高，但若計入水源保護的成本，應該仍是比較接近的。水源保護是屬於較前衛、較保險的防護辦法，可以確保供水的品質，也可維護水源地區的自然生態，常留環境資源給後代；以處理方式去改善供水水質屬於實在不得已的做法，也無法保證供水品質的穩定性，更容易受到新污染物的影響而造成災害，因此，水源保護應為公共給水之更優先考慮原則。

飲用分離的想法，若是在水污染防治工作不力，水源日益惡化之勢無法阻止，或是受到民代與居民的壓力而意圖放寬水源保護區的限制等情況下所想出的應變措施，實在不可取。讓所有的溪流、湖、庫水都清澈才是環境保護的目標，推行飲與用分離似乎是環境保護目標的又一次退縮，也可能造成水源保護區的解禁理由。因此，除非在特殊已污染地區，在不得已的情況下實施飲用分離，但同時水源的污染改善工作仍應更加強進行，一旦水源水質改善後，仍應取消飲用分離之措施。

飲用分離時，不可能所有的自來水廠都生產專供「飲」與專供「用」的兩種水，因此需選擇一、兩處水源無污染或污染甚低的自來水廠，專門生產供全台灣地區「飲」用的飲水，並以較高級的人力、處理設備及充裕的財力去確保飲水的安全衛生。此時，這一、兩處水源保護的問題仍然存在，水源保護區的居民更會質疑為什麼選擇他們去犧牲權益而保障大眾的飲水安全？

一般的自來水廠在大眾焦點轉移之後，對取締或維護自來水水源更會有力不從心的感覺；

更缺乏調整合理水價的機會，致使需更新設備的水廠無力改善供水品質，員工士氣低落；自來水的定義、法規與水質標準勢必也將修改、放寬。因此，自來水的供水品質也將大幅滑落，有錢的人可能不僅飲合格的飲水，而與飲食有關的洗米、洗菜及與身體接觸的洗臉、漱口及洗澡等也可能花錢購買高品質的飲水來用；低收入者祇好除飲水外，仍用低品質的自來水。

飲水採瓶裝方式出售，以每人每天兩公升計算，全台灣地區每天需運送的瓶裝水即達四萬噸，以市場需儲存一個月的份量計，每月即達一百二十萬噸，約需各類瓶子二十億以上，可能用的瓶子又是玻璃瓶或寶特瓶，瓶子的回收、清洗又是大問題，勢必也會有一定比例的瓶子廢棄，造成大量的廢棄物污染問題。裝瓶、運輸、銷售等成本也會使飲水成本大幅提高，公營方式雖可能壓低售價，但要獲得廉價的瓶裝飲水仍是不可能的。

民眾的接受程度也是一個考驗，長期以來大家已習慣使用自來水，雖在自來水水質漸漸惡化的情況下，但因國人本無生飲自來水的習慣，燒開水使用所佔的比例極高，因此要全民都出門買水喝，必會遭到極大的反彈與不滿。

飲水不再由自來水系統供應之後，看似可確保民眾飲水水質不受老舊管線、骯髒水塔的污染。但在過去種種與飲水安全有如此密切關係之情況下，用水設備的衛生問題都沒有辦法引起民眾高度的關切，因此，在飲用分離之後，這些用水設備的衛生問題勢必更沒有人關心，用水水質更將惡化，更會引起民眾對自來水是否也能洗滌、洗澡的疑惑。

倡導飲用分離的主要理由之一，是「飲」水部分祇佔了每人每日自來水使用量400公升中的兩公升而已，為這兩公升的飲水而需將所有的水都處理成飲水，在處理技術、設備的投資上都是一大浪費，尤其是抽水馬桶、洗車、洗衣服、澆花等，並不需要高品質的飲水。

如前所述，許多洗滌用水或與身體接觸的用水，仍與我們的衛生與健康有極密切的關係，仍需高品質的公共給水，而許多科學研究也證實許多污染物（尤其是油溶性或脂溶性者）會從皮膚進入人體；衣物若由水質不佳的水洗滌，也容易損壞質料或造成皮膚敏感。

對於實在不需要高品質用水的部份，可透過改良式工程設計的方式，加添可再回收利用的儲水槽與管線，例如日本部份地區已開始設計利用的「中水道」，將較清潔的洗滌用水部份回收再次使用於抽水馬桶、澆花、洗車等。

四、自來水水源之涵養經營

我國一向規定水資源為國家所有，取得使用受益之權必須先申請登記，政府乃可控制分配，及統籌水源之合理使用。水資源雖已被多數人視為資源，但其之循環與再生顯然又與一般的資源（例如土地資源、人力資源、石化能源等）不同，而且其之乾旱或洪患又常是連工程設施都無法控制者，加之水資源之使用對象與影響幾乎是全國性的，因此必須視為國家所擁有。

自來水事業單位為維護水源的水質與水量，可依自來水法第11條規定劃定公布水質水量保護區，禁止一切貽害水源之行爲，而目前經劃定為水質水量保護區的面積幾佔全省土地面積的1/4，因此在都會區邊緣的水源保護區，經常發生「土地開發」與「水源保護」間的衝突，而土地開發所具有的高獲利誘惑也常導致水源保護的被犧牲與被忽視。

山坡地菜園、茶園及果園的耕作問題亦值得重視，其水土流失量大，施肥及噴灑農藥量也隨耕作面積之增加而增加，小規模畜養牲口、家禽也帶來廢污問題，社區開發亦造成垃圾及廢污之堆積，這些在晴天雖不會對溪流水質造成影響，但在雨季或暴雨時段，均成為非點源污染的重要來源。

由於森林有調節暴雨與涵養水源的功能，在暴雨時森林可調節河川流量及洪峰以減輕洪災，在乾旱季節則可藉涵養的水源流入河川以減輕乾旱的程度，因此水源涵養林之經營為提高水資源有效利用之重要手段（胡，1991）。雖然過去的集水區試驗(Bosch and Hewlett, 1982)證實砍伐森林可以增加河川流量，造林則導致溪流流量的減少，但增加的流量若加諸於洪峰流量上，而儲存於地表或土壤的保留量減少，則可被利用的水資源量反而會大幅減少，也加劇洪水的災害。

土地使用方式對洪峰流量及洪峰到達時間也有極大的影響，陳(1990)進行小集水區域試驗，獲知森林砍伐比例達20%時，洪峰流量增為兩倍，洪峰到達時間提早1.4倍；溫(1991)利用周氏法(Chow's method)舉例將水源地的林地改開發為高爾夫球場時，在降雨量為100公厘的情況下，洪峰量將增加20%。

水源涵養也與土壤沖蝕與水源水質有很大的關連，一般而言，天然林地與人工林地的沖蝕量很低，約在0.02~6.2噸/公頃/年；但若林地被擾動或焚燒，沖蝕量將增加數十倍，而達5.9~104.8噸/公頃/年；一般農樹作物若有良好的覆蓋，沖蝕性雖較大但與人工林相近；但若覆蓋不良或除草，則沖蝕量大增（溫，1991）。土壤沖蝕不僅威脅到水庫的淤積與壽命，影響水資源的利用，而經由土壤流失進入水庫的氮與磷也會大增，吳(1991)研究指出德基水庫與翡翠水庫因土壤流失而進入的總磷量相當高，而影響土壤流失率之各因素中，僅土地利用部分可以人為方式加以改變控制，其預估之影響如表3所示。林與劉(1991)研究則指出藉由集水區非點源氮的輸出量估計模式，可由土壤流失量及溶解性氮鹽之背景值推估得該集水區之總氮輸出量，德基水庫目前總氮輸出量為 2.07×10^4 T/year，而翡翠水庫集水區總氮輸出量為 6.27×10^3 T/

year，由於進入水庫之氮鹽仍以土壤沖蝕所帶來者最大，故對水庫集水區加強水土保持工作以防止表土氮鹽流失仍為首要工作。

五、水源保護區之管理

水源保護區之管理通常應包含三大策略，第一為經濟誘因制度，第二為管制措施，第三為社會公德心的宣導。國內過去對水源保護區之管理僅用到後兩種策略，即透過法令規章去限制保護區內之各項開發與活動，並經大眾傳播宣導水源保護之神聖與公益性質，個人應犧牲小我的私利，以成全大我的公益。雖然水庫淹沒區或被徵收地有補償，但其他受管制的未徵收地，至今尚無具經濟誘因的補償制度。

從管理觀點言，水源保護區的管理問題實為「市場失靈」(market failure)與「政府失靈」(government failure)兩個因素的相乘效應（消基會，1991）。

表3 吳(1991)預估德基與翡翠水庫流域改變土地利用後對總磷輸出量之影響

	德基水庫		翡翠水庫	
	土壤流失率 (T/ha-year)	土地利用改變後 土壤流失率比值	土壤流失率 (T/ha-year)	土地利用改變後 土壤流失率比值
維持作物 原始狀態	26.50	1	12.2	1
將蔬菜茶園 變更為造林	21.51	0.95	—	—
將1/2果園變更 為造林	—	—	9.9	0.81
將果園變更 為造林	17.78	0.67	7.7	0.63
將果園、蔬菜 及茶園一半變 更為造林	25.51	0.81	—	—
將果園、蔬菜及 茶園皆變更為造 林	16.53	0.62	—	—

市場失靈包括外部性成本與效益未能內部化，及產品市場的不完全競爭。前者如水源保護區的居民、農民與遊客未能將其對水源水量水質的不良影響列入其營運成本，而水源保護的受益人也未能將保護的效益反映於水價內以回饋受到使用與開發限制的居民；後者如農產品市場受到保護，使得於水源保護區內的邊際土地上生產農產品仍有利可圖，營造建築與高爾夫球場開發也明顯有過多的利潤，造成水土資源之過度使用。

政府失靈的現象則導源於政府各機關、官員與利益團體之自私本性，不但不能解決問題，有時反而會導致利益團體就政府各部門的矛盾性與法律規範之不週延性，大肆評伐與攻擊，若各決策者平日專業知識涉獵不足，臨事時又遷就其政治利害關係，多半會變成回應或容忍利益團體的索求而不敢吭聲。當然，水源保護區的土地使用政策不明確、行政管理體系紊亂以及法定規範基礎薄弱等，也都是加劇政府失靈的主要因素（消基會，1991）。

為消彌水源保護區管理的缺點，建立補償制度應是根本的解決辦法，補償價格合理，違規使用與過度開發的趨勢也必定會減緩下來，保護區內的居民也就不會輕易地聽信利益團體之鼓吹而群起要求放寬管制了。

依據自來水法第十二條：「水質水量保護區域內，原有建築物及土地使用，經主管機關會商有關機關認為有貽害水質水量者，得通知所有權人或使用人於一定期間內拆除、改善或改變使用，其所受之損失，由自來水事業補償之。前項補償金額，如雙方不能達成協議時，由主管機關核定之。」這是目前唯一可引用的補償法令依據，但其補償對象仍相當狹窄，必須要係拆除、改善或改變使用之損失，對維持原狀而不能作為其他開發或使用之損失，似乎並不適用此條款。

換言之，水源保護區內原有之垃圾場、墳墓、住宅社區、學校及栽種作物等，若可能造成水源之污染，依自來水法應予改善、拆除或改變使用，這些損失可以予以補償；但是新的開發或使用屬於新的污染源，在劃定水源水質水量保護區後是依法絕對禁止的。嚴格講，這樣做法完全合法，但社會繁榮是持續不斷的，確保水資源的質與量，實際上也支付了龐大的社會成本，讓擁有保護區的所有權人或使用人單獨去負擔這些成本，是不公平、不合理的，因此仍應修法以補償之。

除了法律層面外，從經濟層面去考量也有許多待解決的問題，例如，到底誰來補償？如何去計算這些補償費用？理論上，從受益者付費的觀點，受到水源保護區管制利益的人，就是應拿出錢來的人，而不是全國的人，若由政府經費支出，就是全國的人為這些受益者支付成本，

並不合理，也難達資源使用效率最佳化的目標。但是水源保護是不是只有自來水事業才受益呢？是不是同時也兼具生態保育、山坡地保護、國土保安，甚至其他如發電等功能呢？因此該不該祇由自來水事業來獨挑這個擔子？也是一個問題，葉(1992)指出在無法確定受益者為何人的情況下，只好用次佳的方案，即由政府經費來補助。另，目前已漸有財務理論與計量經濟方法可資運用來計算補償費用，李及林(1992)應用Fischel之財產權方法論，定性分析邊際林地利用之效率性與公平性，並輔以定量測定南投縣信義鄉山胞保留地宜林地即為成功的個案之一。但在水源水質水量保護區之社會成本支付與補方面，要做得公平、公正、合理，顯然還要儘速投入研究人力與經費才行。

另外一種可能作法就是儘量去趨近於市場的功能價值，考量保護區土地財產如果在市場流通時，其價值可能為多少？如此政府在徵收用地進行公共投資或劃定保護區範圍時，也會用很節約的方式來考慮，也使決策過程多考慮替代方案與很理性，絕不會產生過度徵收與劃定的現象。例如日本目前即採「原土地之利用權力」作為補償之根據（張，1992），而德國及幾個國家也有同樣的理念，但未必是定在法律裡面去，也就是補償仍要考量其原有利用權力與價值。當然，一塊土地為什麼價值低，是被政府劃定、編定的，但如果是屬於依自然環境的編定，或是政府原來整個規劃的結果，當然應該依「原土地之利用權力」來作為補償之依據（葉，1992）。

現階段若政府不願意擬定實施水源保護區之補償制度，則讓當地居民去參與管理工作，也是可行的替代方案，例如，台北地區有台北水源特定區管理委員會，其委員組成就應一半以上為當地居民的代表，而執行工作的人員也應以聘請當地居民為原則，由當地居民自己去取締管理各種危害水源之開發與活動，並藉此管理工作之報酬達到回饋與補償之意義，其生活也可獲得改善與保障。

六、結論與建議

1. 公共給水的成本支付，一為劃定水源保護區，嚴格限制各種開發與經建活動，另一則為以更週全、更昂貴的處理設施去處理已污染的水源。相形比較之下，水源保護是屬於較前衛、較保險的防禦辦法，可以確保供水的品質，也可維護水源地區的自然生態，常留環境資源給後代。因此，水源保護應為公共給水之最優先考慮原則，而將保護區內居民因而所受到的利益損失也應列入總生產成本內，以合理補貼保護區內受損之地主。
2. 台灣地區是一個水資源相當貧乏的地帶，加上中、下游河川相繼被污染，因此水源保護區之

經營管理益發顯得重要，如何加強水源涵養以維護僅存的、珍貴的水源之水量與水質，為目前相當重要的工作。

3. 積極規劃與建造水源涵養林，加強水源區之育林與經營管理，以達沖蝕控制及確保水源水量與水質之目的。限制保護區內遊憩場所之設置，並以保護林帶或工程設施攔阻非點源污染進入水體。
4. 為要獲得水源水質水量保護區管制之正當性，必須要有合理的補償與讓當地居民來參與，但究竟政府那一個部門或單位來負責辦理補償事宜，為一亟待解決的問題。集水區內應形成一自給自足的利害與共關係，所有利與益的調整也應發生在這個範圍內，得利的人付出代價，付出的人也得到補償，因此實有必要訂定「集水區管理法」，根據此法再做各個集水區的細部規劃設計，才能解決各項問題。

七、參考文獻

1. 李國忠、林俊秀，(1992)，「邊際林地使用管制之效率性與公平性—信義鄉山胞保留地之一例」，中華林學季刊，Vol.24, No.3, pp. 45~61。
2. 吳先琪，(1991)，「水庫中磷的質量平衡及控制策略研究」，台大環境工程研究報告，No. 267, pp. 82~83。
3. 林正芳、劉振宇，(1991)，「水庫中氮的質量平衡及控制策略研究」，台大環境工程研究報告，No.280, pp. 97~100。
4. 胡弘道，(1991)，「水源涵養林之經營與水源問題探討」，河川環境與水源保護學術研討會，pp. 57~65。
5. 消基會環境委員會，(1991)，「大台北水源水質保護的檢討與建議」。
6. 陳信雄，(1990)，「上游集水區土地利用對流量歷線影響之研究（四）」，農委會78年度水土保持及集水區經營研究計畫成果彙編，pp. 211。
7. 張石角，(1992)，「高爾夫球場開發階段的環境影響」，第一屆水源水質水量保護區管理研討會論文集，pp. 31-41。
8. 黃金山，(1991)，「廿一世紀水源區之經營管理」，工程環境，Vol.13, pp. 97~107。
9. 溫清光，(1991)，「水源區土地開發及利用對水資源之衝擊」，河川環境與水源保護學術研討會，pp. 3~19。

- 10.葉俊榮，(1992)，「水源保護區開發活動之管制」，第一屆水源水質水量保護區管理研討會論文集，pp. 151-156。
- 11.駱尚廉，(1991)，「飲用分離之問題與困難」，公元2000年飲用水水質與管理問題研討會，pp. 40~46。
- 12.駱尚廉，(1991)，「水源保護區之經營管理與水質水量之維護」，工程環境，Vol.13，pp. 59~68。
- 13.駱尚廉，(1992)，「水源水質水量保護區之經營管理」，第一屆水源水質水量保護區管理研討會論文集，pp. 189-207。
- 14.Bosch, J.M. and Hewlett, J.D., (1982), J.D., (1982), "A Review of Catchment Experiments to Determine the Effect of Vegetation Changes on water Yield and Evapotranspiration", J. of Hydrology, Vol.55, p. 3.