

永續水源保育與調適規劃 —以臺北水源特定區為例

駱尚廉

國立台灣大學環境工程研究所特聘教授

摘要

受到全球氣候變遷及暖化影響，臺灣降雨日數呈現減少，但極端強降雨日數激增，加上國土利用欠缺整體規劃，使水源保育與利用的困難度增高。本文以臺北水源特定區為例，說明臺北水源特定區兩期保育計畫內容，而在第二期計畫中遭受蘇迪勒颱風與杜鵑颱風侵襲，造成該水源特定區之南勢溪集水區上游邊坡崩坍，新店溪原水濁度飆高至39,300度，濁度1萬度以上的延時超過12小時，超出臺北自來水事業處淨水場可處理上限，導至大臺北家戶用水黃濁，影響民生用水品質，並衍生民眾搶購市售瓶裝水及花錢清洗水池、水塔及開飲機的窘境，引起各界關注與抱怨。本文進行關鍵問題分析，並提出永續水源保育與調適之規劃。

關鍵詞：水源保育、水源特定區、調適規劃、緊急應變。

一、前言：台灣經濟與空間發展的政治環境脈絡

全球目前約有上億人得不到安全衛生的飲水，有些地區農作物與生態系統因缺水而生產力降低，過度使用及污染水資源使濕地面積大規模減少，導致生物多樣性受威脅；水資源匱乏地區時有用水衝突，目前全球約有260個河流系統，因用水而發生衝突。聯合國研究預測，氣候變遷與全球暖化將導致水資源危機更為嚴重，喜馬拉雅山河川會因溫度上升而在2035年前消失，作為亞洲大型河流恒河、印度河、長江、黃河、湄公河、雅魯藏布江及怒江等之主要水源，中國、印度、東南亞等約20億人口將在未來數十年遭受洪水及早災影響，飲用水與灌溉用水也將受嚴重威脅(Klio, 2001, 王惟芬譯，2012)。

臺灣地區年平均降雨量達2500mm，年總降雨量近900億公噸，每年所需用水量約為180億公噸，但降雨總量並不能視為水資源總量，特別是臺灣山高坡陡，河川上游坡降多超過1/100，河川短促，造成3/4以上雨量直流入海或蒸發損失，且輸沙沙量大；河谷狹窄且地質年淺質弱，適合建壩庫地點與容量受限；降雨量雖豐但時空分布不均，而且降雨過於集中於颱風暴雨期的特殊不利因素，每當颱風暴雨達500-1000mm以上降雨量時，搶救淹水洪患唯恐不及，根本不能將之視為水資源而予以留滯，對水資源之利用甚為不利。

受到全球氣候變遷及暖化影響，臺灣極端高溫與低溫發生日數明顯增加，降雨日數呈現減少但極端強降雨日數激增。以過去100年統計，降雨日數每10年減少4天，最近30年則增至每10年減少6天，顯示降雨日減少趨勢益發明顯。全臺灣日雨量大於等於200 mm以上發生次數，1980~1989年為每年平均115次，1990~1999年平均每年118次，2000~2010年平均每年200次，顯示暴雨次數越來越多(林元鵬，2015)。因此，造成洪旱交替頻率密集，影響幅度變大，豐枯水年降雨量差已達2000mm。夏季高溫效應亦加劇水體表層水藻類繁殖快速，影響水源水質；而強降雨所造成之水源崩塌與沖刷，使河川原水濁度飆升，可用水源量降低。

除先天條件之不利因素外，臺灣國土利用欠缺整體規劃亦造成水環境之不利因素。其一為都市地區過度開發利用，使不透水區域擴大、地下水入滲量減少、地表逕流增加，而人口成長與集中於都市，使局部水源的需求量及污水量增加，造成供水與污水處理之壓力；其二為高敏感脆弱區之不當利用，推助災害頻率與範圍的增加，浪費社會成本救災，並衝擊土地涵養水源的功能；其三為城鄉地區缺乏永續發展與成長管理之理念，變成農業發展地區土地無法永續利用，衝擊農業生產及農田儲蓄水源之功能。若再加上集水區濫墾濫伐、道路過度開闢及維護不當等人為水土保持破壞；不當養殖、灌溉及其他自行抽水造成地下水嚴重超抽；集水區垃圾棄置、高山噴灑農藥及肥料耕植、家庭及工業廢污水排放污染、畜牧污水排放污染等，均使水源水質惡化，增加水質處理之成本負擔。

興建水庫或蓄水埤塘雖然是增加可調節水資源量的方法之一，但相對於日本而言，我國水庫蓄水容量佔全年用水量之比例要低很多，日本目前有2774座水庫，有效容量為300億噸，佔全年用水量(835億噸)的36%；我國公告水庫有96座，水庫有效容量為19.1億噸，佔全年用水量(180億噸)的10.6%，雖然平均運用率可達2.3次/年，每年水庫供水量最多為43.3億噸。而且完全仰賴水庫蓄水以度過每年的枯水季節，仍有相當大的乾旱風險，只要有連續數月不下雨，或預期的暴雨沒有來，水庫馬上就有見底的可能。加上水庫用地取得越來越困難，蓄水成本大幅上升，而可以興建水庫的地點也愈來愈少，再加水庫每年遭受淤積影響減少一部份蓄水容量，因此，近年來臺灣地區靠水庫調節供水的量，已變成負成長，將草地或荒地改為蓄水埤塘則可彌補此負值(楊偉甫，2015)。

尋求其他水源調節、提倡節約用水、污水再利用及海水淡化等，均是永續水資源必須重視與規劃檢討的。配合綠建築與生態城鄉設計，可以增加雨水入滲量，地下水資源若能運用管理得當，每年會有40~50億公噸的水資源，超過目前水庫之總調節水量。可惜臺灣昔日對此大量的水資源既未投資經營，也任由各行各業亂抽用，目前雲嘉地區的地層下陷也威脅到高速鐵路的行駛安全，而西南沿海地下水的超抽也造成海

水入侵問題，若進入「紅色警戒」的限水第三期，臨海的工業區改抽地下水供應，將會發現水質鹽化不適用的問題，造成工廠停爐減產的鉅額損失。

水資源既然被稱之為資源，資源與價格之關係不得不重視，而其基本法則為「資源愈有限者，價格應愈高」，而水又是屬於「價格彈性」極低的必需品，因此鼓勵節約用水應以「反應資源價格及兼顧低收入用戶」為原則，但要全面降低用水量，仍應依「機制設計理論」，以二元供水系統方式，將飲用水與廁所及消防用水分離，以回收水、雨水或海水（離島地區）作為後者的水源，才能做好抗旱及調適氣候變遷的準備工作（駱尚廉，2011；蕭代基、黃德秀，2011）。

二、臺北水源特定區兩期保育計畫

臺北水源特定區包含翡翠水庫集水區（位於新店溪上游支流北勢溪，總蓄水容量四億噸）與南勢溪集水區，並於新店龜山匯流至青潭堰，為大臺北地區主要自來水水源並兼具發電功能，其供水範圍包括臺北市及新北市之新店、中和、三重、淡水與三芝等地區，其水源水質水量直接影響大臺北地區約六百萬人口之民生用水。

相對於臺灣其他水源保護區，臺北水源特定區的水質水量管理成效尚稱良好，但近十多年受到北宜高雪隧通車、溫泉法實施配合溫泉區劃設、烏來餐飲業蓬勃發展及坪林包種茶需求量增加等因素，加上受到全球氣候變遷及極端強降雨增高等影響，集水區原本脆弱地質、容易受到暴雨沖蝕而造成水土流失、崩塌及水體混濁之情形，為避免集水區之水源水質水量轉劣並兼顧地方發展之需求，經濟部分別於2008年及2012年報行政院核定辦理兩期十年「臺北水源特定區保育實施計畫」，分別編列經費31億5,522萬餘元及13億622萬餘元，第一期計畫主要工作項目包括：水土生態環境保育（環境生態調查監測、水質與水量監測網建置、適用治理保育工法與材料研究、水土保持工程、河川環境營造及緊急災害治理工程）經費7億1,561萬餘元、削減非點源污染（規劃、設

計、設置BMP 7處及監測) 1億7,700萬元、提升污水處理效率(翡翠及新烏系統) 11億503萬餘元、溫泉排放水處理(烏來) 7億3,246萬元、建築管理資訊e化3,300萬元、農委會林務局(林班地及劣化地治理復育) 2億2,219萬元、交通部公路局水土保持工程1億元及翡翠水庫管理局水土保持6,992萬元。第二期計畫包括：加強集水區保育5億1,201萬餘元、污水處理效率提升4億6,986萬元、推動非點源污染削減1億2,085萬元、強化土地及建築管理5,500萬元、持續水質、水文及泥沙監測6,850萬元，其他管理8,000萬元。

該計畫2008、2009年度經費係由公務預算支應，2010年以後回歸由水源保育與回饋費支應，但實際至2015年9月底止，第一期及第二期計畫僅分別編列公務預算8億5,846萬餘元及1億4,530萬餘元支應，未依行政院指示以水源保育與回饋費支應，不敷辦理原規劃之整治項目，而於第二期計畫中之2015年8月蘇迪勒颱風及同年9月杜鵑颱風侵襲，造成該水源特定區之南勢溪集水區上游邊坡崩坍，新店溪原水濁度飆高至39,300度，濁度1萬度以上的延時超過12小時，超出臺北自來水事業處淨水場可處理上限，導致大臺北家戶用水黃濁，影響民生用水品質，並衍生民眾搶購市售瓶裝水及花錢清洗水池、水塔及開飲機的窘境，引起各界關注與抱怨。

三、關鍵問題分析

(一)原兩期保育計畫所需經費44億6,144萬餘元，但截至2015年9月底止，總計編列10億376萬元，是否為造成蘇迪勒颱風與杜鵑颱風水質混濁的主要原因之一？

此次崩坍地係位於南勢溪上游東扎孔溪流域、地勢險峻，很難以一般水土保持工程處理，而兩期保育計畫項目多以平日水質維護及減輕污染負荷為主，雖編有2億9,280萬餘元水保工程預算，但均與東扎孔溪流域水土保持無關。兩期保育計畫所花掉的10億餘元，確實也在翡翠與新烏污水處理系統及溫泉排放水處理發揮了功效，但在削減非點源污染

部分，投入較少，成效也較弱。因此，水質混濁與兩期保育經費減少應無直接關連。

(二)本特定區水質、水量整體監測網及河川輸沙量等水文觀測數據是否未發揮功能？

原兩期保育計畫以交通部國道新建工程局既設之北勢溪水質監測站（河川6站、水庫3站）結合北水處直潭壩與青潭堰水質水量監測站、翡翠局水庫資料等以監控該區域水質水量，另增設南勢溪阿玉壩、羅好壩兩水量監測站、福山、桶後、攬勝橋、烏來堰、屈尺堰及平廣等水質水量監測站，這些部分為人工採樣施測方式，新設者多採自動水質監測及泥沙觀測技術，但仍受限於某限值之暴雨與高流量、高濁度範圍，若遇超大暴雨所造成之崩坍，大量土石與泥沙衝擊河道斷面及監測設施，幾乎無法發揮監測功效，要因應未來氣候變遷所造成臺灣暴雨之劇烈變化，勢必要再以衛星監測資料配合研發監測網分析決策資訊管理系統，以能對南勢溪上游山區發揮崩坍及高濁度預報之功效。

(三)蘇迪勒颱風及杜鵑颱風侵襲時，造成臺北水源特定區之南勢溪集水區邊坡崩坍，使原水濁度超出臺北自來水事業處淨水場可處理上限，但仍供應黃濁水至用戶管線，影響大臺北地區民生用水品質，自來水處理之緊急應變措施是否有待加強之處？

依據筆者與台大團隊2009、2010年經濟部水利署「公共給水緊急應變管理系統及高濁度原水處理應變技術之建立」計畫報告（駱尚廉等，2009，2010），直潭、板新、平鎮、林內與坪頂五座淨水場均經由此計畫建立高濁度原水處理緊急應變標準流程(SOP)，且水利署與自來水單位及淨水場相關人員，均共同參與擬定。以直潭淨水場為例，從中央氣象局發布海上颱風或大豪雨警報前12小時開始準備各項應變工作，當原水濁度升高至500~1000 NTU，即應視沉澱池淤泥量調減進水量至90%~65%；在1000~1500 NTU範圍進水減量至80%~55%；在1500~2000 NTU則減量至70%~45%；2000~6000 NTU範圍則機動調整進水量、調減快濾池

進水閥開度及進行沉澱池緊急排泥等措施；原水濁度6000 NTU以上則需停止取水。報告也指出直潭淨水場缺乏快速排泥設備，必須增設之並加強颱風暴雨前之清淤作業，才能增加淨水場對高濁度原水的應變能力。

(四)是否可從翡翠水庫大量放水稀釋，以降低直潭進水口之濁度，儘快恢復淨水場處理及供水？

黃濁自來水引發民怨及嚴重影響淨水場功能後，臺北自來水事業處一度仰賴從翡翠水庫大量放水稀釋，希望降低原水濁度至500 NTU以下，但幾天下來已耗損一億噸的蓄水，嚴重影響翡翠水庫原有功能，因此各種多元取水應變方案再次被提出及討論。臺北市原有不少地下水井，但多已年久失修，必須再投入約15億工程費以提供每日約75萬噸的水源；在溪流河床採取伏流水源，每處約可提供每日10噸的水量，但工程費用也待視選取地點而評估；以直潭二原延伸工程方式，直接從翡翠水庫引專管供應濁度不高的原水，每日供應270萬噸水量，總工程經費及土地費用合計約需20億元，另加可行性評估費500萬元，預計可在2023年底完工，但若加速環境影響評估作業(約兩年多)，可縮短作業期程。由於南勢溪上游崩塌地之植生復育非常艱難，要達到水保效果遙遙無期，因此遇暴雨則導致水質黃濁的情形在一、二十年內無法避免，針對不同暴雨雨量強度所需之緊急應變供水，估計每次最多不會超過十天專管供應水源，使翡翠水庫原有調配功能不致受到太大的影響。運用此段期間之水源保育與回饋費，加上北市水價調漲後之盈餘，足可支付此筆緊急工程費用。

(五)相關權責機關是否有未妥為因應及需採行之措施？

水源保育法規與政策制訂及相關權責機關的協調、資源整合之主管機關為經濟部；兩期保育計畫提報、預算編列、效益考核及氣候變遷調適之主辦機關為經濟部水利署；臺北水源特定區管理局則為計畫之執行機關，對土地使用分區、崩塌情形管理、監測設施維護管理、污染削減、保育工作執行、土地建管及績效指標達成等均為其權責；林務局負

責集水區內林班地經營管理與劣化地復育等部分；交通部公路總局負責道路邊坡崩塌與公路水土保持；臺北翡翠水庫管理局負責水源保育與回饋費運用於特定區內之水保與環境生態保育、泥沙資料庫建置及保育宣導工作。相對於臺灣其他水源水質水量保護區，臺北水源特定區之保育工作應是比較周詳的，但各權責機關仍普遍缺乏對氣候變遷的調適規劃，翡翠水庫專管工程計畫可算是調適方案的第一步，但其幸運之處為北勢溪上游的地勢與崩坍與南勢溪情況完全不同，因而有此專管調配水源之可能，但各權責機關（應加上目前未納入的北水處）仍然應積極針對平日及暴雨不同情境，就硬體工程設施與軟體的監測、管理維護系統作好其調適規劃，為大臺北六百萬居民的生命泉源嚴格把關。

四、結論與建議：永續水源保育與調適規劃

有鑑於水資源的有限與氣候變遷下水文事件之極端化效應，永續水源利用應以新思維「以供定需」來代替過去「以需定供」的策略，即以水資源總量管制方式，要求用水者節約用水與循環再利用，強化用水計畫審查暨查核制度，提供產業升級之經濟誘因，鼓勵水再生處理效率與新穎技術，及提升製造業單位用水量之生產價值。積極研究替代水源，增加用水調配及再生利用技術等，推動水資源開發利用之總量管制策略、區域水源及農業、生活及工業用水之聯合調度運用及相關之多元化水資源經營與管理措施。積極規劃開發對環境影響較小的離槽水庫、大型河川下游之河槽水庫。淤積量較嚴重的水庫採用上游減淤（集水區保育、攔沙）、中游導淤（分洪排沙、疏濬）、庫區排淤（水力排沙、抽泥）及下游放淤（河道復育、放流排沙）等方式。

規劃城市外廓雨水地下貯集渠道及河口人工湖，以增加供水量。鼓勵學校、社區與大樓設置雨水收集利用系統，以增加對雨水貯集利用之容量與應變洪災、乾旱之能力。因應氣候變遷，應加強水質、水量、輸沙及崩坍之整合監測技術（包括人工、自動及衛星監測）、集水區保育

與水庫防淤、水文資料統計更新、水資源調適方法及能力之分析、探討，並推動水足跡標章法制化。調整各類用水之合理水費，汰換舊漏管線，宣導水資源之節約與循環使用，以建立節水型社會。

引用文獻

1. Klio, N., 2001, *Water Resources and Conflict in the Middle East*, Routledge, Oxfordshire, England.
2. 王惟芬譯，2012，「水資源地圖」，譯自：Black M. and King, J. "The atlas of water: mapping the world's most critical resource" ,聯經，ISBN 978-957-08-3995-1。
3. 林元鵬，2015，「氣候變遷下水資源經理策略」，水資源管理會刊，第17卷，第2期，24-35。
4. 楊偉甫，2015，「面對旱象找到契機」，土木水利，第42卷，第2期，4-8。
5. 駱尚廉，2011，「永續水資源利用」，科學月刊，第499期，492-493。
6. 駱尚廉、闕蓓德、胡景堯、張嘉玲，2009，「公共給水緊急應變管理系統及高濁度原水處理應變技術之建立(1/2)」經濟部水利署計畫報告。
7. 駱尚廉、闕蓓德、胡景堯、張嘉玲，2010，「公共給水緊急應變管理系統及高濁度原水處理應變技術之建立(2/2)」經濟部水利署計畫報告。
8. 蕭代基、黃德秀，2011，「台灣水資源需求面管理策略之探討」，編於歐陽嶠暉「氣候變遷下水之水資源管理」15-28，財團法人中技社出版。