

國家關鍵基礎設施安全防護之威脅分析 —以供水安全威脅為例

Taiwan Water Supply Security Threats Analyses

沈明室 博士

國防大學戰爭學院戰略研究所專任助理教授

提 要

在國家關鍵基礎設施維護的計畫中，供水安全是主要的項目之一。臺灣地區因為自然環境因素限制，使得水、旱災情不斷，水資源的管理及其相關設施的防護日益重要。在現有國家關鍵基礎設施安全防護中，對於水資源防護的權責可以區分為水資源管理機關，以經濟部水利署與農委會水保局為主；供水基礎設施之管理機構則為臺灣自來水公司及水庫、水壩之管理權責單位。但受到各項天然及人為因素的影響，我國供水安全仍須面對既有的安全威脅。

關鍵詞：關鍵基礎設施安全、供水安全、威脅、風險、災害防救

Abstract

The water supply security is one of sectors in the critical infrastructure protection plan. It's getting more and more important that water protection in Taiwan, for the extreme climate and environment factors leading natural disaster frequently. When speaking of water resources protection in Taiwan, the authorities are Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs, Soil and Water Conservation Bureau, Taiwan Water Corporation, and the bureau of reservoirs or dams. Because of the natural and human reasons, Taiwan's water supply still faces the threats and risk that already existed.

Keywords: critical infrastructure security, water supply security, threat, risk, disaster relief

壹、前 言

當氣候變遷成為非傳統安全治理的重要議題時，因氣候變遷所造成的可能災難與威

脅，將成為重要的安全議題。各地的水文系統將因為冰河的加速溶解，極端天候，導致水量不穩，下游地區水資源品質受到影響，引發水資源衝突的危機。¹水資源的稀有性及

1 Isabel Hilton, "The Reality of Global Warning: Catastrophies Dimly Seen," World Policy Journal, Vol. 25, No.1, 2008, pp.1-8.

人民用水需求量的增加，再加上環境及生態的變遷，水資源短缺問題，世界各國時有所聞，臺灣亦不例外。²

臺灣是一個高度現代化的國家，不論是在工業生產、商業交易，或日常生活中，都高度的依賴水、電、能源、通訊、網路、金融、交通等設施，這些設施或系統一旦因為天然災害或人為破壞而中斷，對整體社會的運作和國家安全，將會產生極大的傷害。

由於世界水環境一再隨地球暖化之變遷而日趨惡劣，極端氣候事件不斷增加，造成全球各地屢屢傳出水災及旱災災情，為澈底解決臺灣的水資源問題，有必要因應世界水環境變化之衝擊，重新檢討目前水資源與國土利用的策略，建構一套完整的水資源管理策略。

另外，水資源的安全維護與國家經濟發展及國土安全，臺灣是一個經濟高度發展的國家，不論在工業生產、商業交易、或日常生活中都高度依賴水、電、資通訊、金融、交通等關鍵基礎設施(Critical Infrastructure, CI)，這些設施或系統一旦因為天然災害或人為破壞造成中斷，對整體社會的運作和國家安全將會產生極大的衝擊與傷害。

綜合而言，臺灣的水文條件基本上呈現水量很多，但時空分布極不平均，不但一年之中的水量豐枯季節分明，水量分配懸殊之外，長期降雨的豐枯也不平均，造成水資源利用困難。³尤其臺灣地區因為具有地勢陡峭、河流坡陡流急、降雨與時空分布不均

等自然限制因素，再加上全球氣候變遷，近年來極端氣候事件不斷增加，使得臺灣地區水、旱災災情不斷。⁴

另外，因為產業迅速發展、人口集中都市化及土地超限利用等，造成社會對水資源的容忍度大幅下降，水、旱災災情更形嚴重。如近年臺灣北部地區嚴重乾旱，使水利部門警覺到，水資源管理應該要有所調整，以能因應未來更大的挑戰。在國家關鍵基礎設施維護的計畫中，供水安全是主要的項目之一，本文先闡明供水部門安全資源與設施的現況，可能面臨之威脅及整合性因應作為，以做為日後法制修正與政策執行的參考。

貳、臺灣供水安全資源及設施現況

供水安全之所以成為關鍵基礎設施，主要是因為水資源不僅是產業與經濟發展的重要元素，水資源供給的穩定與否亦直接影響民生與社會穩定。更重要的是，水資源與其他部門具有高度的相依性(interdependency)，一旦供水中斷，將導致其他部門受到影響而停止運作。如水資源的保護與供應與一個國家的農業發展、日常生活需求、工業建設、經濟產業需求、生態環境維持、疫病衛生等息息相關，使得供水系統的維護與正常運作，對國土安全甚至是國家安全的敏感度非常高。⁵因此，才會列為國家關鍵基礎設施部門計畫發展的優先事項。

2 虞國興、蔡宜樺譯，《21世紀水資源管理》（臺北：俊傑書局，2004年5月），初版，頁1-22。

3 黃金山、華昌宜，〈氣候變遷對水文環境及國土之衝擊〉，《氣候變遷對臺灣總體安全的衝擊》（臺北：遠景基金會，2010年），頁51。

4 歐陽橋暉，〈永續水資源〉，《生態環保》（臺北：國家展望文教基金會，2004年），頁275-293。

5 黃金山、華昌宜，〈氣候變遷對水文環境及國土之衝擊〉，頁51-68。

在關鍵基礎設施的供水系統概念下，可分為兩大範疇，其一是水資源條件，另一則是關鍵基礎設施。水資源條件包含未來天氣展望、河川水流量、水庫進水量、水庫蓄水率、可供水日數、地下水水位等，這些內容較易預警，且目前已有水資源預警燈號的設立。⁶關鍵基礎設施包含蓄水設施、引水設施、輸水設施、淨水設施、配水設施、調度及備援系統，這些設施及系統不容易進行預警，因其風險為天災、戰爭或恐怖攻擊、人為的操作錯誤等。有關供水管理機關概述也區分水資源及關鍵基礎設施兩類。

一、水資源條件

臺灣年平均降雨量2,510釐米，約為世界平均降雨量之2.6倍，但每人分配平均降雨量卻只有世界平均的1/6弱，而且因為河流短、地勢陡，降雨量大都直接奔流入海。民國82年為乾早年，年降雨量僅約1,640釐米。根據資料分析，約有46.2%之降雨量直接流入海中，而33.3%為蒸發散損失，使得可利用水量僅占降雨量之20.5%。每人分配之可利用水量更形稀少，因此臺灣乃屬於水資源貧乏地區。因降雨量分布不均，約80%集中於5-10月之豐水期，且大部分為颱風暴雨，因此在面臨氣候變遷威脅下，水資源調配益發困難。⁷

臺灣地區水庫總有效容量約為20億噸，平均每座水庫年運用次數須超過2次，方可滿足用水需求。重要水庫如石門及曾文等水庫除供應民生及工業用水外，尚需支應灌溉用水，以及在豐水期間肩負起防洪任務，致

使水庫蓄豐濟枯之功能大打折扣，以石門水庫為例，年運用次數須超過4次。未來枯水期之水資源供應恐轉趨失衡，致使缺水風險與日俱增。

氣候變遷造成豐水期流量增加，枯水期流量減少，豐枯水期差異擴大。果真如此，則臺灣地區恐因蓄水設施抗旱能力不足，難以有效蓄存豐水期多餘之水量供枯水期之用，影響水資源在時間（豐枯水期）與空間（跨區域）的調度。農業灌溉用水需求集中化、需求增加及蒸發散量增加，均將增加水資源需求及供應壓力。持續的氣候暖化造成水溫上升，降低水中溶氧濃度，亦可能導致水質惡化，而枯水期流量減少，將加劇水質之惡化，降低水資源之供應潛能。例如，以未來2020-2039臺灣降雨預估來看，豐枯水量豐者越豐，枯者越枯，尤其以南部地區的差異性最大。根據研究，因為空間分布不均，降雨量山區最高超過8,000釐米，平原則最低不及1,200釐米。就時間分布而言，季節性豐枯比南部達9：1，而在豐、枯水年降雨量差異達1,500釐米，往極端化的改變非常明顯。

目前臺灣河川之水資源利用率約21.6%（年約142億噸），以高屏溪流域為例，由於缺乏調蓄設施，水資源利用率僅20.0%（年平均逕流量84.55億噸，年使用量僅16.91億噸）。另外，中南部許多河川受到汙染，嚴重汙染河川計有淡水河、北港溪、朴子溪、八掌溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪、高屏溪等，有不少是重要水源地，使可用水資源質量也會受到影響。⁸另外，就水質而言，

6 以往為水寶寶的數量為預警標準，現為五個層次的燈號。

7 楊偉甫，〈因應氣候變遷水資源政策〉，《2011氣候變遷對水環境之衝擊與調適國際研討會》，2011年1月11日，<http://qihou.sinotech-eng.com/ev1/07.html>（檢索日期：2011/04/19）。

8 楊偉甫，〈因應氣候變遷水資源政策〉，《2011氣候變遷對水環境之衝擊與調適國際研討會》，2011年1月

因為多數河川中度汙染情況越來越嚴重，水質的取用殊值堪慮。⁹

(一)水資源基礎設施

水資源的關鍵基礎設施包含水源、水庫、淨水系統及供水路線四大部分。¹⁰當今之時空背景而言，興建水庫的良好壩址已不多，加上興建水庫涉及當地居民權益常遭反對。以目前規劃中之平溪水庫為例，新建平溪水庫可滿足基隆地區中長程用水需求及備用水量，對提高北部地區之水資源調度有相當之幫助。當地民眾對水庫興建仍表達反對態度；故在傳統水源開發仍有其困難度情形下，面對氣候變遷威脅，應優先推動節約用水，並強化設施有效管理及水資源彈性調度，以及配合如再生水及海淡水等多元水源開發，以強化氣候變遷下水資源之調適能力。

1. 水庫及水壩

依「水利法施行細則」第九條規定，水庫係指在地面上或地面下建造蓄水高度超過3公尺以上之壩堰，其蓄水量超過2萬立方公尺者。臺灣（包括本島北、中、南三區及金馬地區）符合上述開發條件之壩堰甚多，共計93座（如表1所示）。¹¹非都市土地工商綜合區開發審議規範第七條規定，做為供生活用水者或集水區面積大於50平方公里

之水庫或離槽水庫者為重要水庫。有關供水設施除了臺灣自來水公司的軟硬體之外，分布在全臺灣地區，包含本島及外島地區的水庫及水壩也是重要設施。另從表2可知，臺灣地區水庫及水壩依據其用途分屬不同單位管轄，如自來水單位、電力單位、縣市政府、專屬管理局、農田水利單位等。但若發生旱災必須轉用水源時，必須由跨不同部會單位合作進行調水事宜。

由於水庫的總容量非常大，可以大量累積原水，以提供作為飲用水、灌溉用水、工業用水及水力發電之用。因為功能不同，全臺灣的水庫及水壩依據功能取向而分屬不同單位管轄。例如主要的水庫由經濟部水利署地區水資源局列管，以做為機動調度使用。部分用於農田水利用水之水壩或攔河堰，則歸縣市農田水利單位管轄，水土保持局也轄部分水庫、臺灣自來水公司也負責管轄臺南的南化水庫。某些大型的水庫則成立水庫管理局或委員會來負責管理。近年來，由於水庫淤積嚴重，即使降雨量多，但因儲存有限，容留的水量極其有限。¹²

這也使得水庫及水壩的管理，依據其原始需求形成多元化的現象。但是如果依照安全防護需求而言，不同取向的水庫及水壩其有關反恐、或各種意外突發事件的防

¹¹ 11日，<http://qihou.sinotech-eng.com/ev1/07.html>（檢索日期：2012/02/15）。

⁹ 楊偉甫，〈因應氣候變遷水資源政策〉，《2011氣候變遷對水環境之衝擊與調適國際研討會》，<http://qihou.sinotech-eng.com/ev1/07.html>（檢索日期：2012/02/19）。

¹⁰ 引自《行政院國家關鍵基礎設施安全防護專業服務委外研究案》期末報告，計畫編號：99-3101-06-01-01-E1，頁22。

¹¹ 〈全國已知水庫集水區位及水庫管理機關（構）表（100年1月版）〉，《水利署》，<http://file.wra.gov.tw/public/PDF/113112283371.pdf>，（檢索日期：2012/02/25）。

¹² 楊偉甫，〈因應氣候變遷水資源政策〉，《2011氣候變遷對水環境之衝擊與調適國際研討會》，2011年1月11日，<http://qihou.sinotech-eng.com/ev1/07.html>（檢索日期：2011/04/19）。

表1 臺灣地區水庫一覽表

本外島	地區	水庫名稱
本島	北部地區	新山水庫、西勢水庫、青草湖水庫、直潭壩、阿玉壩、青潭堰、桂山壩、粗坑壩、榮華壩、翡翠水庫、鳶山堰、羅好壩、石門水庫、隆恩堰、上坪攔河堰、士林壩、寶山水庫、寶山第二水庫、永和山水庫、明德水庫、劍潭水庫、鯉魚潭水庫（士林攔河堰）
	中部地區	溪畔壩、頭社水庫、龍溪壩、霧社水庫、大埔水庫、扒子岡水庫、德基水庫、青山水庫、谷關水庫、天輪調整池、馬鞍水庫、石岡水庫、北山堰堤、霧社水庫、奧萬大水庫、統櫃調整池、武界調整池、日月潭水庫、明湖下池水庫、明潭下池水庫、集集攔河堰、頭社水庫
	南部地區	仁義潭水庫、內埔子水庫、玉峰堰、甲仙攔河堰、南化水庫、高屏溪攔河堰、鹿寮溪水庫、曾文水庫、仁義潭水庫、蘭潭水庫、白河水庫、尖山埤水庫、虎頭埤水庫、烏山頭水庫、德元埤水庫、鏡面水庫、鹽水埤水庫、中正湖水庫、阿公店水庫、鳳山水庫、澄清湖水庫、觀音湖水庫、牡丹水庫、東港溪攔河堰、龍鑾潭水庫、內埔子水庫、土壠堰堤
	東部地區	酬勤水庫、木瓜壩、水簾壩、龍溪壩、南溪壩、阿玉壩、羅好壩、羅東攔河堰、溪畔壩
外島	澎湖	成功水庫、興仁水庫、東衛水庫、赤崁地下水庫、西安水庫、七美水庫、小池水庫、烏溝蓄水塘
	金門	金沙水庫、田浦水庫、慈湖、榮湖、擎天水庫、瓊林水庫、山西水庫、西湖、蓮湖、菱湖、蘭湖、陽明上湖、南莒湖、古崗湖、陵水湖
	馬祖	勝利水庫、津沙水庫、津沙一號壩、儲水沃上壩、秋桂山水庫、阪里水庫、儲水沃下壩、珠螺水庫、東湧水庫、后沃水庫

資料來源：參考〈全國已知水庫集水區位及水庫管理機關（構）表（100年1月版）〉，《水利署》，<http://file.wra.gov.tw/public/PDF/113112283371.pdf>，（檢索日期：2011/04/25）。

表2 水庫水壩管轄單位

項次	管轄單位	水庫及水壩
1	臺灣自來水股份有限公司	新山、西勢、鳶山堰、寶山、永和山、仁義潭、蘭潭、南化、鏡面、玉峰堰、澄清湖、鳳山水庫、東港攔河堰、酬勤、成功、興仁、東衛、小池、西安、烏溝蓄水塘、七美、赤崁地下水庫
2	臺灣糖業股份有限公司	鹿寮溪、尖山埤
3	臺北翡翠水庫管理局	翡翠
4	臺灣電力股份有限公司	阿玉壩、羅好壩、桂山壩、粗坑壩、士林攔河堰、德基、青山壩、谷關、天輪壩、馬鞍壩、霧社、武界壩、日月潭、明湖下池、明潭下池、統櫃壩、溪畔壩、龍溪壩、木瓜壩、水簾壩、南溪壩
5	臺北自來水事業處	直潭壩、青潭堰
6	經濟部水利署北區水資源局	榮華壩、石門、隆恩堰、寶山第二水庫、上坪攔河堰、羅東攔河堰
7	經濟部水利署中區水資源局	鯉魚潭、石岡壩、集集攔河堰
8	經濟部水利署南區水資源局	經濟部水利署南區水資源局
9	苗栗農田水利會	大埔、劍潭、明德
10	南投農田水利會	頭社
11	嘉南農田水利會	內埔子、白河、德元埤、烏山頭、鹽水埤、虎頭埤

12	屏東農田水利會	龍鑾潭
13	高雄市政府	中正湖、觀音湖
14	金門縣自來水廠	山西、擎天、榮湖、金沙、田浦、太湖、瓊林、蘭湖、蓮湖、菱湖、陽明湖、西湖、金湖
15	連江縣政府	東湧、板里、邱桂山、儲水沃、津沙、勝利、津沙一號、后沃

作者製表。

資料來源：〈全國已知水庫集水區位及水庫管理機關（構）表（100年1月版）〉，《水利署》，<http://file.wra.gov.tw/public/PDF/113112283371.pdf>，（檢索日期：2011/04/25）。

範是一致的，如果還要由不同政府單位來管轄，行政效益會受到影響。由於所屬權責不一，必須強化彼此的隸屬，以形成有效調整供水的關係。

2. 淨水場

淨水場係指當原水在進入供給用戶之前，必須先經過一段淨水消毒過程，使原水經過潔淨消毒之後，成為清水或自來水，以提供用戶。¹³淨水場有時與水庫連結在一起，每一個淨水場因為水質的差異，而有不同的處理程序。以鳳山淨水場為例，其處理流程是從原水溪流進入沉砂池沉澱泥沙，將原水中含有較大顆粒的粒狀物，藉由重力的方式進行沉降，以加設傾斜板的方式，增加較大顆粒之粒狀物去除率。再經過沉澱池第二次沉澱，將顆粒較小或膠狀的懸浮物收

集，使其沉澱。然後運用結晶過程，除去水中鈣質，將水中硬度降至標準值。另須經過快速過濾池過濾時，提供過濾物質處理，使水有足夠的時間，以進行過濾及生物硝化作用，使水質濁度符合水之限制標準。

經臭氧消毒池時，以臭氧足夠劑量去除病菌與細菌，並進行微小汙染源的自由基氧化作用，對病毒殺菌、殘餘有機物的氧化，去除殺蟲劑等效果特別顯著。活性碳消毒可吸附水中短鏈複合物，並有活性碳附著分解有機物質，可去除殺蟲劑、有機物，並且掃除味道及微汙染物，最後送至用戶。¹⁴

二、供水管理機關

（一）經濟部水利署

民國90年10月26日配合「臺灣省政府功能業務與組織調整」，進行修編，並為促

表3 臺灣淨水場分布

地 區	淨水場
北 部	臺北公館、基隆新山、臺北板新、桃園龍潭、桃園平鎮、新竹寶山
中 部	臺中鯉魚潭、臺中豐原、彰化第三
南 部	嘉義水上、公園淨水場、臺南潭頂、臺南南化、高雄鳳山、高雄坪頂、拷潭淨水、臺南潭頂淨水場、澄清湖淨水、大岡山淨水、林內淨水廠
東 部	宜蘭深溝、花蓮娑婆礁、臺東利嘉
外離島	澎湖成功淨水場、金門榮湖

資料來源：《臺灣自來水公司》<http://www.water.gov.tw/>（檢索日期：2011/04/19）。

13 鳳山淨水場流程，<http://www.dhvplanetek.com.tw/fongshan-5.html>（檢索日期：2011/04/18）。

14 參考鳳山淨水場流程，<http://www.dhvplanetek.com.tw/fongshan-5.html>（檢索日期：2011/04/18）。

使水利機關事權統一及提升效率，經濟部將原有分立之水資源局、水利處、臺北水源特定區管理委員會等水利機關予以整併，於91年3月28日成立水利署。經濟部水利署主要負責水資源的部分，依據經濟部水利署組織條例第二條規定，水利署對於水資源的管理，主要辦理水利與自來水政策、法規之擬訂、水利與自來水事業之調查、規劃及興辦之審議、協調與督導等事項。¹⁵

從這些業管事項看來，經濟部水利署主要負責原水的部分，包括河川、水利、水道、水權等，另外，水利署也是中央災害應變體系重要機構，有關水旱災的處理及因應，也屬於水利署的權責。另外，在經濟部98-101的中程施政計畫中，¹⁶從43項至46項，分別提及未來必須增加供水能力，確保水源無缺；落實節約用水，推廣節水科技；推動生態防洪，改善水岸環境；提升水利科技、加強防災能力；推動砂石料源多元化開發供應，逐年減少依賴河川砂石供應。可見經濟部水利署的功能，仍偏重在水利、水源與防災方面。

因此，在經濟部中程施政的績效目標當中，也提出下列的工作計畫，希望在民國101年前，達成這些實施計畫。計畫項目如下：

1. 曾文水庫越域引水工程計畫。
2. 湖山水庫工程計畫。
3. 水資源經營管理規劃作業。
4. 深層海水資源利用及產業發展實施計畫。

5. 高屏大湖工程計畫。
6. 離島地區供水改善計畫。
7. 桃園海水淡化廠計畫。
8. 隘寮溪下游集水工程暨輸水工程（第1階段）。
9. 天花湖水庫。
10. 烏溪大度攔河堰。¹⁷
11. 烏溪烏嘴潭堰工程計畫。
12. 板新地區供水改善計畫二期工程。
13. 無自來水地區供水改善計畫。
14. 大安大甲溪水源聯合運用輸水工程計畫。
15. 積極推動節約用水計畫。
16. 水資源科技發展。
17. 石門水庫及其集水區整治計畫。
18. 屏東大潮州人工湖補注工程計畫—國土復育策略行動計畫。
19. 臺北水源特定區保育實施計畫。
20. 臺北水源特定區公私有地處理實施計畫。
21. 地下水觀測網維護管理及規劃利用計畫（第1期）。
22. 第三期地層下陷防治執行方案。
23. 重要河川環境營造計畫。
24. 海岸環境營造計畫。
25. 區域排水整治及環境營造計畫。
26. 易淹水地區水患治理計畫。
27. 高屏溪整治。
28. 推動砂石管理與遏止陸上盜濫採土石。
29. 臺灣地區地下水區水文地質調查及

15 參見水利署首頁之署務簡介，<http://www.wra.gov.tw/lp.asp?CtNode=2436&CtUnit=308&BaseDSD=7#a3>。

16 經濟部，〈98-101年經濟部中程施政計畫〉，《經濟部網頁》，<http://file.wra.gov.tw/public/Data/92231663771.pdf>（檢索日期：2011/04/15）。

17 因國光石化計畫取消，烏溪大度堰計畫也中止。

地下水資源評估。

從這些工作項目看來，其實水利署功能已經超過水力界定，只要有關水資源的重要議題，都涵括在水利署的業務範圍內。因為如此，經濟部水利署的組織架構充分反映出其功能。

水利署共轄北中南三個水資源局、一個臺北市水源特定區管理局、十個河川局。水資源局主要業管北中南三區，區域內水資源工程規劃、設計、施工，與所轄水庫、水壩及攔河堰之營運管理及區域水資源調配。河川局則是辦理轄區內中央管轄河川、跨縣市區域排水及海堤之調查、治理、規畫與管理；且辦理水災之防汛搶險的工作。臺北市水源特定區管理局為原有翡翠水庫管理局，位於大臺北都會區東南隅，面積廣達717平方公里，行政區域包含坪林、烏來全鄉及部分石碇鄉、雙溪鄉與新店市等5市鄉，約占臺北縣1/3；負責供應大臺北地區近400萬人口自來水水源區。除了一級單位之外，另外也督導自來水事業團體與農田水利團體。

(二)農委會水土保持局

在原水業務方面，農委會水土保持局也負責部分相關業務。依據行政院農業委員會水土保持局組織法，水土保持局負責掌理水土保持與山坡地保育利用政策、法規、計畫之擬訂、執行及督導等事項。從上述任務看來，水土保持局比較著重在河川水資源的上游水土保持、治山防洪及土石流預警防治工作。因為管轄範圍甚廣，水土保持局也

區分地區分局，協助執行相關任務。地區分局業務負責集水區保育治理、水庫集水區保育、治山防災、野溪治理、邊坡穩定、土石流防治與崩場地處理等工程之規劃、設計及執行等。¹⁸

綜合而言，水土保持局的工作是在水利署的源頭，如果水土保持工作沒有做好，原水品質堪慮，更容易造成旱災的發生。水庫雖由水利署的水資源局管理，但其上游集水區卻是由水土保持局負責保育。例如為確保石門水庫營運功能、上游集水區水域環境之保育及有效提升其供水能力，保障民眾用水權益，立法院業於民國95年1月13日三讀通過「石門水庫及其集水區整治特別條例」，並於民國95年1月27日公告實施（總統華總一義字第09500012581號令）。為因應近年洪颱豪雨災害造成原水濁度驟升，屢次影響淨水廠淨水功能及減少泥砂產量，特依本條例第三條研擬石門水庫及其集水區整治計畫，以加快水庫治理速度，降低缺水風險及延長水庫壽命。¹⁹

(三)臺灣自來水公司

臺灣自來水公司於民國63年元旦成立，將臺灣省及高雄市之128個水廠，分三期併入。重新編組，統一營運制度至民國65年3月1日全部合併完成。原屬臺灣省政府經營，精省後，已成國營機關，但受經濟部水利署督導。

由於臺灣自來水公司屬於國營事業的形態，由董事會經營，所以水利署與臺水公司之間屬於協調關係。其任務有四項：供

18 資料來源：《農委會水土保持局》，[http://www.swcb.gov.tw/\(2011/10/19\)](http://www.swcb.gov.tw/(2011/10/19))。

19 〈石門水庫集水區保育管理計畫〉，《行政院農委會水土保持局網站》，<http://smr.swcb.gov.tw/guide.asp?block=1>（檢索日期：2011/04/15）。

應全省公共給水及工業用水。開發自來水水源，建設供水設施，促進全省自來水之普及。自來水相關事業之經營與投資。食品飲料之製造、批發與零售。²⁰

從臺水的組織架構來看除了本身的行政與專業處級有四個單位外，最重要的單位是各區的十二個管理處與三個工程處。各區管理處的職責是水庫集水區與水源保護區保育工作之規劃及執行事項等。²¹

從管理處職掌可以看出，其主要銜接水利署原水處理後，透過各種取水設施與輸水設施，將原水淨化處理後成為自來水，供給用戶使用。其所管轄的設施既有部分攔水壩、淨水場、大圳、供水系統等。各區工程處工作職掌主要在水源開發及區域性自來水系統，水庫下游自來水工程及供水須全盤性考慮之新市鎮、工業區供水工程之規劃、設計、施工；自來水系統重大新擴建工程之設計、施工及其他行政事項。

(四)農田水利會聯合會

農田水利會聯合會原屬臺灣省農田水利會聯合會，1999年因應農田水利事業多元化之需求及配合政府組織再造改制為全國性『農田水利會聯合會』，其任務如農田水利會共同性業務之興辦或協助等。²²

農田水利會聯合會主要的業務都與水利有關，比較偏重在農業用水的獲得與管理，輸送及調整等。多數的農業用水水庫及大排水圳均由農田水利會管理。企劃組的工作則包含水質保持、旱作灌溉及地理資訊系統的運用等。²³其組織架構主要以會長、副

會長領導，並下轄數個業務組，承接水利署交辦工作。

參、臺灣供水安全威脅

一、安全威脅

(一)水資源及環境的安全威脅

由於自然、社會、國際政經情勢等內、外在環境的快速變遷，導致各種風險日益增加，包括自然環境異常之風險、科技風險、社會風險與全球化之衍生風險等，所有風險變遷皆可能產生危害、緊急事件與危機。民國94年8月行政院頒布「行政機關風險管理推動方案」，目的在培養行政院所屬各機關風險管理意識，促使各部會清楚了解與管理施政之主要風險，以形塑風險文化。就供水關鍵基礎設施而言，全世界的淡水總量只占全世界水量的2.5%約3,500萬立方公尺，其中又有大約68.9%被封存在南北兩極和高山的冰雪中；雖然地下水的蘊藏量可達全世界淡水量的30.8%，但是深度超過800公尺以下的地下水，在使用上仍然非常困難。我們取用方便的湖水和河水只占全世界淡水量的0.3%約10.5萬立方公尺，可見淡水資源彌足珍貴。臺灣雖然降雨豐沛，但在水文條件、環境變遷、土地利用及經濟發展等因素影響下，在水資源的安全威脅如下：

1.高度水文不確定性

臺灣地區年平均雨量約達2,515公厘，但降雨時空分布不均，山區年降雨量可達3,000-5,000公厘，甚至部分地區高達7,500-8,500公厘，部分西海岸平地地區僅約1,200

20 〈臺灣自來水公司任務〉，http://www.water.gov.tw/01about/abo_e_main.asp?bull_id=26（檢索日期：2011/04/14）。

21 〈臺灣自來水公司簡介〉，http://www.water.gov.tw/01about/abo_d_main.asp（檢索日期：2011/04/14）。

22 〈農田水利會聯合會〉，<http://www.tjia.gov.tw/about-mission.asp>（檢索日期：2011/04/19）。

23 〈農田水利會聯合會〉，<http://www.tjia.gov.tw/about-org.asp>（檢索日期：2011/04/19）。

公厘，澎湖更低於1,000公厘。降雨時間分布不均表現在兩方面，一方面為長時期分布不均，降雨量最豐富時，平均年降雨量高達3,250公厘，降雨量最少時僅有1,600公厘，年際差異達2倍多；另一方面為短時期之分布不均，每年5月至10月半年間之雨季期間，平均降下1,960公厘之雨量，而11月至隔年4月半年之旱季期間，落下之雨量僅有550公厘，年間的差異性達3倍多，臺灣地區水文氣象極具不確定性。而溫室效益造成全球的氣候變遷，以氣象局基隆站為例，平均每日約增加暴雨量50%，臺灣北部地區百年來紀錄顯示，有降雨延時縮短，降雨強度增大的趨勢，全臺水文氣象近年頻頻傳出極端值，使得水資源管理困難度更形增大。

2. 中、下游都市化影響，造成對水、旱災容忍度低

臺灣過去產業以農業為主，生活型態主要為農村生活，不僅農業用水彈性較大，農村及田間對淹水容忍度亦高，因此相對水、旱災災情損失較少。隨著人口大幅成長，經濟突飛猛進，產業轉型為工業，人口集中都市，不僅稍遇缺水，就可能造成重大損失，淹水的容忍度也大幅降低，對水源供應及防洪防災措施造成不小之影響。都市化對水資源之不利影響有下列數項：如由於綠地面積減少，使得土地保水及水源涵養能力降低。水田及蓄水面積減少，造成地表滯留雨水量減少。不透水區域擴大，地下水入滲減少、地表逕流增加，並且迅速集中。都市人口的迅速成長與集中，使得都市區域內之用水需求量大增。都市排放污水量增加，造成下游河川之污染。

因此臺灣發生淹水的地區從過去的「地層下陷地區」、「地勢低窪地區」及

「海岸侵蝕發生潮害地區」，近年漸有轉變至「過度開發及超限利用地區」的情形。另外人口經濟成長快速，造成水源需求增加，可靠度降低，而且都市化缺水容忍度大幅降低，水源供應可靠度降低。如都市化後農業用水比例逐漸減少，工業及民生用水比例大幅增加，造成用水標的需求改變；又各地區經濟發展不同，增加工業區的開發及或發展新市鎮，將使得各區域用水量的改變，因此水資源供應必須重新規劃定位。

3. 流域上游集水區土地的過度開發

臺灣由於河川短、坡陡流急，再加上降雨急驟，強度大，因此集水區涵蓄水源能力低。而且山區地形陡峭，水庫蓄水容量有限。加上流域上游土地過度開發且未做好水土保持工作，不僅嚴重影響水庫的淤積及水庫河川的水質；另外上游森林及土壤因土地開發而降低水源涵養能力，每逢豪雨洪水，大量逕流夾帶土砂傾洩而下，平時則只剩涓滴水流，豐枯差距加大，不僅增加中、下游防洪的困難度，也使得水資源運用更加不易。

4. 營造良好水岸環境的迫切需求

臺灣地區早期以人為考量，忽視自然環境共存共榮，水岸土地不當開發利用，造成環境的嚴重破壞，而各種治水利水設施，在以堅固安全為惟一目標考量下，大量使用混凝土，設置人工設施，更是加劇環境惡化，例如都市化土地緊鄰水岸，甚至與水爭地。集水區土地超限使用，保育經營不足，致河川水文環境嚴重惡化。河道治理人工溝渠化，改變水流自然特性，影響水岸生物生存環境。水質污染，破壞水中生物及水岸生物生存環境。棄置廢棄物、濫墾漁塢、過量採砂及違規種植等問題，毀損河道原貌等。

5. 水量缺少及原水濁度的影響

近年來，因極端氣候及水文事件頻傳，異常氣候增加降雨強度，由於水庫防洪空間需求增加，可操作之蓄水空間更加受限。又集水區沖蝕及崩塌增加，巨量泥沙沖入水庫，導致水庫原水濁度驟升，遠超過淨水場處理負荷，嚴重衝擊公共用水之供應，加速水庫淤積。另外，由於臺灣總用水量達179億立方公尺，水庫供水量僅約43億立方公尺，水庫有效容量19億立方公尺，占當年用水量的11%，可靠的水資源不足，若氣象水文不佳，即顯缺水危機。²⁴

隨著國民生活水準的日益提升，民眾對於生活空間的需求日增，因此除了確保生命財產之安全外，為能利用河川空間，可以綠美化高灘地、淨化河川環境。近年來更隨著全球性永續發展之思潮，對生態與環境保護之要求日高，營造良好之河川水域環境，成為今後水資源與環境的重點工作。

6. 水源輻射汙染

受到日本核電廠災變影響，海洋及空氣是否受到輻射汙染成為各國關注焦點。就水源問題而言，國內水源是否受到空氣中所夾帶輻射的汙染，也是未來必須面對的問題。水利署在3月26日至3月31日進行水質輻射檢測，協調臺肥、東潤以及光隆三家花蓮深層海水業者，送交國立清華大學實驗室進行化驗，結果顯示並無受到輻射感染。如果國內飲用水源不幸遭到輻射汙染，水利署已

經備妥因應方案，包括海淡水、水庫水、地下水與河川水各種水源可以替代使用，遭到輻射汙染的水源，可以透過RO逆滲透處理。²⁵

(二) 關鍵基礎設施的安全威脅

1. 壩體承受壓力不足的潰壩

部分水庫及水壩從日據時代就已建造，雖經過補強施工與整建，其整體結構之抗壓性恐會受到影響。水資源關鍵基礎設施的安全威脅必須考量壩體強度的問題，並且成立全天候監控系統，以免潰壩造成重大損失。

2. 恐怖攻擊的因素

供水系統屬於民生設施，一般而言，恐怖份子不會將其列為攻擊目標。但是這僅為合理推論而已。如果恐怖主義者完全不考慮人道因素，而以多數人生命為要脅時，供水之硬體設施必須納入恐怖主義攻擊的安全威脅。尤其是大型的水庫翡翠水庫、石門水庫、曾文水庫等，都須先建構相關的因應能力。

3. 反社會人士的偏激行為

臺灣因為政黨對立，或是意識形態的因素，無法避免極少數偏激者也激烈手段攻擊關鍵基礎設施。尤其供水設施，除了硬體設備之外，從水源開始，到管線末端都存在遭受攻擊的可能性。如金門水庫曾經發生過遭下毒的情況，如果再度發生，其他小型水壩及水庫有無能力處理殊值商榷。²⁶

24 楊偉甫，〈臺灣地區水資源利用現況與未來發展〉，<http://www.ctci.org.tw/public/Attachment/01021151519774.pdf>（檢索日期：2011/04/14）。

25 〈首次水質輻汙檢驗 全臺都合格〉，《自由電子報》，2011年4月8日，<http://www.libertytimes.com.tw/2011/new/apr/8/today-life8.htm>（檢索日期：2011/04/25）。

26 莊志偉，〈金門抽溪水找毒藥 又見三包伏滅鼠〉，《TVBS》，http://www.tvbs.com.tw/news/news_list.asp?no=tzeng20040622130543（檢索日期：2011/04/14）。

4. 管線逾齡破漏

臺灣自來水公司許多自來水管線逾齡漏水爆管事件頻傳。除了流失珍貴的水資源外，人民飲用水的品質也會受到影響，甚至衛生安全都會產生隱憂。況且在無法事先預測及防漏情況下，只能被動的善後處理。不僅損失水資源，也犧牲許多社會成本。如何減少漏水率，增加用戶受水量，也是必須面對的問題。

肆、國家關鍵基礎設施供水安全的防護目標

可以想見的，能夠維持正常供水是國家關鍵基礎設施防護有關供水安全的基本目標。而我國水資源的政策願景在滿足民眾及各種產業的用水需求，使水資源能夠達到供需平衡，以避免氣候變遷下乾旱或水災的風險。另外，對於既存的供水系統，必須建置備援供水網絡，以提升國人用水安全度，並進一步健全用水的循環體系，而成為一個節水型的社會。

為了追求供水關鍵基礎設施的安全防護目標，首先應該評估供水關鍵基礎設施的脆弱度，並提高分屬不同營運及管理單位的風險意識。另外，為了整合供水關鍵基礎設施單位的運作能力及資源，必須發展即時、可靠、安全的資訊分享機制，以提升相關政府部門彼此間信任與合作，以共同推動關鍵基礎設施的安全維護。

最後，因應行政院組織變革，除了經由法制檢討，明定供水關鍵基礎設施安全防護的權責外，可以經由部會合作、府際協調、公私協力等機制，提升供水關鍵基礎設施安全防護的效率及效能。此外，還須透過災害防救演練，提升供水關鍵基礎設施的可靠性

與緊急應變能力，進而強化供水安全的危機處理機制，提升民眾對政府領導與施政的信心。

伍、國家關鍵基礎設施供水安全的相依性與部門整合

有關供水關鍵基礎設施防護安全的落實，有賴系統相依性與部門安全夥伴的密切協調合作。因為水資源的保存或是關鍵基礎設施的防護，不能只靠單一部門或系統，不能只靠一個部門執行，必須在整合的情況下，方能克竟其功。

一、系統相依性

系統相依性即意味著不同的系統間，其實因為國土安全的鏈結，以及不同部門的相互影響，而產生相依性的現象。因此，更新改善供水設施外，並積極推動節約用水及抗旱措施，確保民生及產業用水穩定供應；推動河川流域綜合治理，強化水患防治能力。其具體內涵如下：(1)強化水資源管理加強節約用水；(2)彈性調度及多元開發確保供水穩定；(3)加速辦理防洪及禦潮工程。要落實水資源綜合管理調適策略必須結合從經濟部水利署、農委會水土保持局、臺水公司、各水庫水壩主管及管理機關等。當一個部門或次部門面對可能造成災害或威脅的風險時，除了個別解決問題之外，應該有相依性的考量，預先通報可能受到影響的部會，或事先建立防火牆，避免連動的影響。

另外，以水資源災害的預警通報來說，當水利災防中心值班人員從災情中心或是中央氣象中心獲得可能災情資訊時，必須先對所屬應變中心、可能災區的縣市應變中心、氣象局人員完成通報及查證工作。爾後則是災情狀況成立應變中心，或進入中央災變中

心，整合其他部會災害救援的資源與功能。而那些並未立即受到災情影響的部會，或是國家安全相關單位，則同樣先期完成各種最嚴重狀況的準備，避免災害的影響及威脅因子因為相依性的因素而擴散，不能加以有效管控。（圖1水資源災害預警通報）

二、部門安全夥伴

有關部門協調、資訊分享及公私夥伴關係部分，以農業用水調度使用協調為例，現行法規對於此僅有水利法第18條第1項及第20條之1之規定。水利法施行細則並未進一步規定移用之細節。目前作法係依經濟部

訂頒之「農業用水調度使用協調作業要點」辦理，並以協商為主，協議不成時，需調用水量者，雖得再報請經濟部邀請有關單位再行協商，但仍然欠缺完整的法律規範及配套制度，未來宜針對移用之要件、主體、移用範圍及其限制、移用補償計算公式及爭議的解決機制等，以法律明確規定，以解決水資源移用之糾紛。

依臺灣自來水公司各類災害及緊急事件速報作業規定，臺灣自來水公司對於各類災害及緊急事件，分成甲乙丙不同狀況，分別律定其縱向通報及橫向通報機制，其通報連

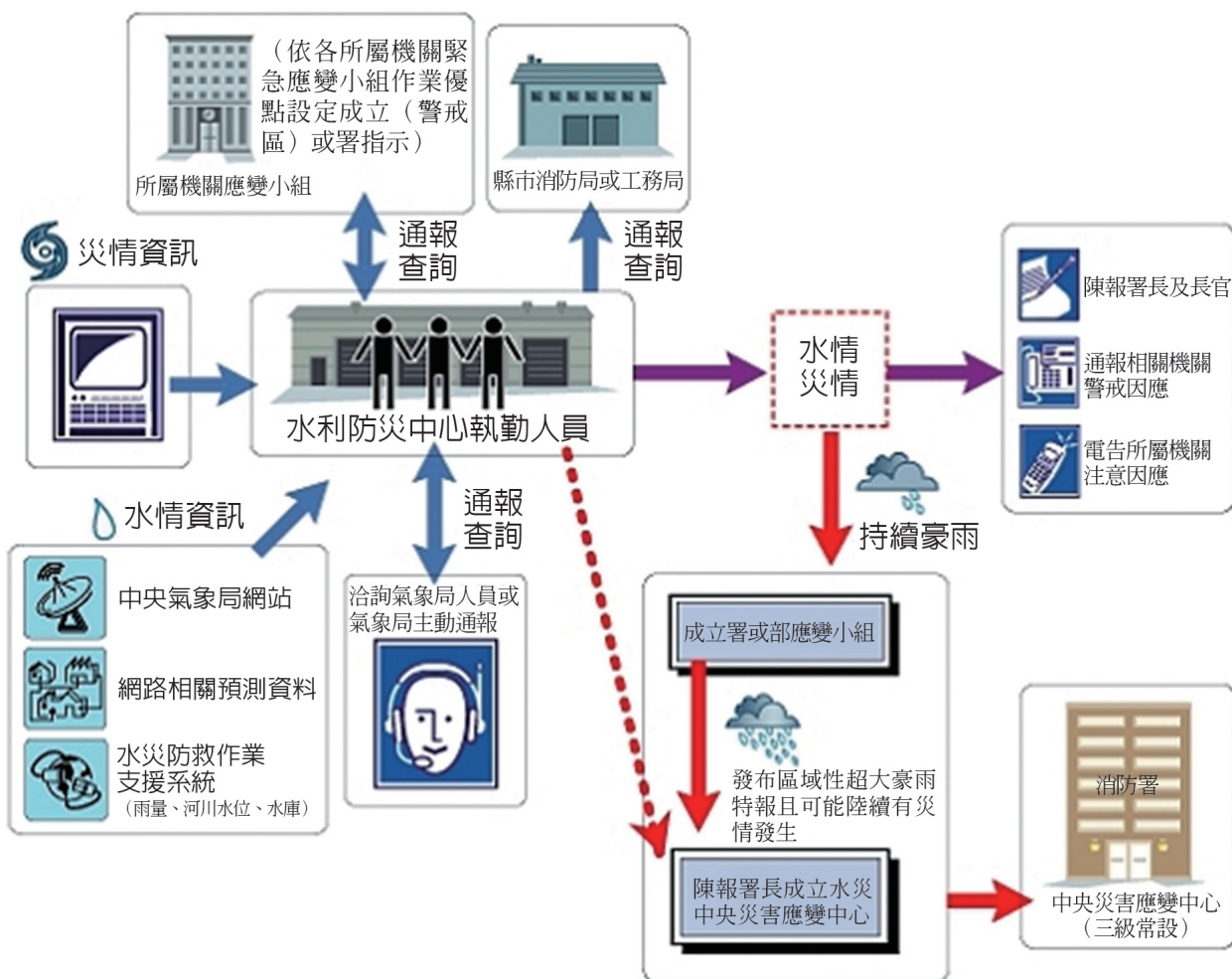


圖1 水資源災害預警通報

資料來源：《水利署》，<http://www.wra.gov.tw/>（檢索日期：2011/04/19）。

繫作業規範相當完備，藉此資訊分享，相關機關及單位得即時採取必要應變措施。如能建置資訊分享之資訊管理系統，則更能符合資訊化社會之需求。

臺灣自來水公司訂定「乾旱時期水源短缺緊急應變供水計畫」及「臺灣自來水股份有限公司乾旱時期停止及限制供水執行標準與措施作業要點」各一種，可以因應乾旱時期水源短缺之問題。基於旱災與其他災害性質不同，並不會一瞬間發生，可以預先藉由氣象預報、水文觀測及水庫蓄水量變化情況，預作防範。災害防救法第35條第1項即有得發布災害警報之規定，旱災預警警報系統亦有建立之必要性及可行性。

自來水法對於公私夥伴關係之規範，包括：1. 河川道路等之使用；2. 公私土地之使用；3. 不得拒絕請求供水；4. 消防用水免付費及公共用水之優待；5. 水價之訂定及停水之損失賠償；6. 自用自來水餘水轉為供水等面向。其中除水價之訂定及停水之損失賠償較具爭議性之外，其餘規範尚屬允當。自來水價一直是臺水公司的問題，現在又比以前嚴重許多。自來水公司屬公營事業，兼負經濟性、社會性與政策性等任務，致水價無法依市場價格機能運作、調整，並衍生水價低廉而僵固，降低水資源之配置效率。未反映水源開發成本，造成全民負擔投資報酬過低，未能反映財務需求。水價之累進幅度太小，違反公平、效率原則等疑慮。可見合理的水價機制，不可不加以重視。

自來水法規定，自來水用戶對於自來水事業停止供水，不得要求任何損失賠償。但具體實踐上，在用戶抗爭之下，自來水公司仍會斟酌具體狀況，減免其水費，以求問題之解決。但如此問題解決方式，似有違公

平原則，故有無必要將損失賠償制度或水費減免制度納入自來水法予以規範，即值得重視。

除了自來水公司之外，農委會水土保持局、農田水利會聯合會都是與供水有關的部門安全夥伴分別負責集水區安全防護以及農業灌溉用水的建設與防護。這幾個部門的合作是息息相關的。原本這些部門夥伴須透過既有法制或標準作業程序進行協調與合作，但是在行政院組織變革完成後，部分功能已經結合在一起，成為既定機制。不論水源、水庫、淨水系統及供水網絡均由新組成的環境資源部負責。另有一些尚未完成整合的部分，仍需依賴過去合作默契，與未來法制建構，以強化部門安全夥伴的合作關係。

陸、結 語

供水安全管理，不但關係到國家經濟的蓬勃發展，也關係到自然環境的永續利用。未來的水資源管理，除了須滿足人類防災、用水基本需求外，更必須同時確保生態體系的完整性及人類的永續發展。展望未來的水資源管理及供水關鍵基礎設施防護安全，首重水資源須與國土規劃相互配合，尋求水、土間平衡點，既可促進土地利用與社會經濟繁榮且兼顧水資源永續發展。

水岸自然生態環境之維持，將是水資源管理的重要工作之一，為能落實推動上述工作，還有賴政府各部門強化水利事業人力、修訂水利法與相關法規，並籌措水利建設經費，妥善規劃辦理各項水利計畫等事宜，以提高國民之生活品質與提升國家之競爭力，達到現代化政府服務人民及邁向水資源永續經理的最終目的。雖然目前有關水資源的權責分屬農保、水利及地方政府體系，但在行

政院組織變革之後，將統歸環境資源部管轄。由於硬體設施牽涉範圍廣泛，參與政府單位包含不同部會，整合較為不易，不論是水資源的保存或是相關基礎設施的防護，仍須整合中央及地方政府、環境資源及經濟發展、設施維護警力與應變武力等的密切協調合作，尤其在組織簡併之後，應該透過各種狀況演練及標準作業程序擬定的步驟，建構日常運作及緊急應變的標準作業程序。

收件：101年02月03日

修正：101年03月23日

接受：101年03月27日

作者簡介

沈明室博士，陸軍官校74年班、陸軍步校正規班、政治大學東亞研究所碩士、陸院87年班、政戰學校政治學博士；現任職於國防大學戰爭學院戰略研究所專任助理教授。