

台灣地區水資源利用現況與未來發展問題

楊偉甫

經濟部水利署署長

前言

水是人類及動植物生存發展的必需品之一，水資源的建設更是提升國民生活品質及促進社會經濟持續發展的關鍵基礎建設；其不僅是產業發展與環境保護中不可或缺的有限資源，同時也直接影響產業經濟結構、社會人文與環境變遷。因此水資源不僅是國家追求永續發展的項目之一，同時也是永續發展的重要關鍵要素。長期來政府極為重視水利建設，以提供穩定且量足質優的生活與產業用水，作為台灣經濟蓬勃發展的基礎。

但是歷經 2001~2004、2009 及 2010 年降雨不足發生枯旱現象，及 2004 年、2005、2009 及 2010 年颱風豪大雨後，河川水質渾濁，造成供水緊張，顯示台灣正面臨水危機的嚴重考驗。

台灣人口稠密且經濟高度發展，惟水土資源有限，為追求國家永續發展，必須面對「生態環境承受的極限」、「資源利用的極限」及「社會經濟發展的極限」等限制，又近年來全球氣候異常，乾旱、洪水發生頻率逐年上升，加上台灣地形起伏變化大、集水區地勢陡峭不易涵養水分、及降雨豐枯分布不均等因素，除了須致力於防治水患與減輕洪災損失外，亦面臨水資源開發與調配，並需兼顧自然親水環境等多元化挑戰。

一、台灣水環境

(一)每人每年可分配雨量少

台灣四面環海，氣候溫暖潮溼，年平均降雨量約 2,467 公釐，雖為世界平均值 973 公釐的 2.6 倍，但因地狹人稠，每人每年可分配雨量僅約 4,074 立方公尺，不及世界平均值 21,796 立方公尺的五分之一（如圖 1）。

此外，德國 Kassel 大學環境系統研究中心依據 1961~1995 年全球水文數據所作之統計，台灣位居世界第 19 位缺水國家，顯示台灣為水資源匱乏地區。

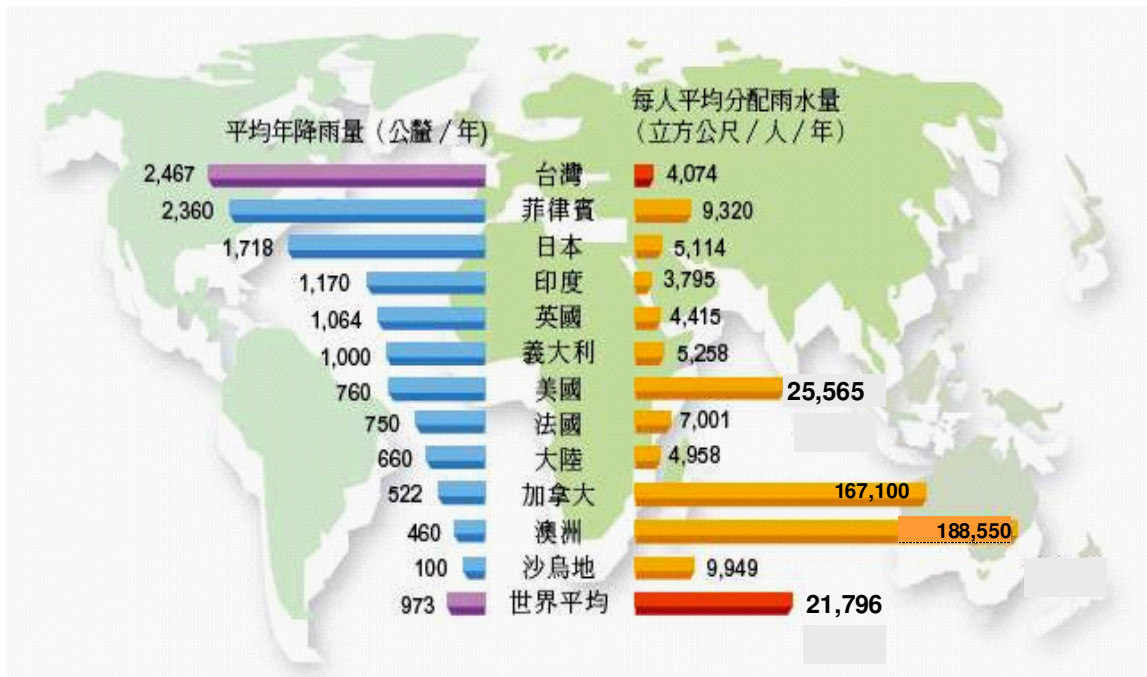


圖 1 台灣與各國每人平均分配雨量比較

(二) 降雨時空分佈不均

台灣地區雖降雨豐沛，惟在時間及空間上的分佈極不均勻，11~4 月枯水期與 5~10 月豐水期的雨量比，北部區域 4：6，中部區域 2：8，南部區域 1：9（如圖 2）。豐、枯水期雨量差異懸殊，導致枯水期長達 6 個月期間水量無法供應用水需求，需透過水庫蓄存豐水期水量。惟台灣水庫總有效容量約僅 19 億立方公尺，每年卻必須供應約 43 億立方公尺水量，平均每座水庫年運用次數超過 2 次以上才能滿足需求，石門水庫甚至超過 4 次，增加水庫營運風險。

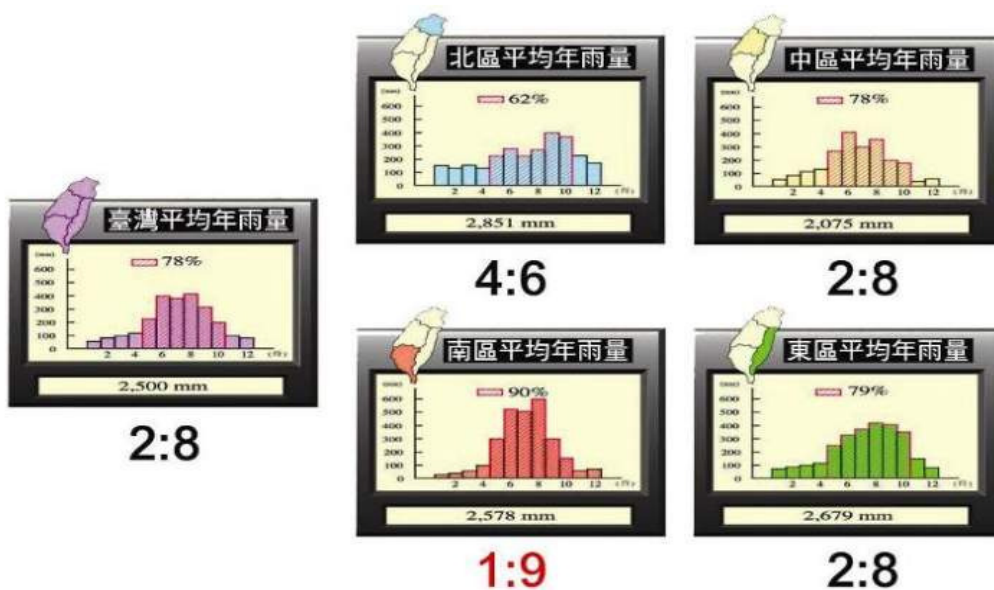


圖 2 台灣枯水期與豐水期降雨量比較

(三) 地形條件限制明顯

台灣本島總面積約 3.6 萬平方公里，惟標高 1,000 公尺以上的山區佔總面積 31.5%，100~1,000 公尺的坡地也高達 31.3%，100 公尺以下的平地不過佔 37.2%，山區有中央山脈南北縱走，造成台灣河川東西流向分別注入太平洋及台灣海峽，又因河川坡陡流急，降雨後逕流迅速入海，甚難蓄存，且河谷狹窄，庫容有限，水庫雖多，總容量卻不大。以地形來看，差不多壩高 180 公尺的水庫，台灣德基水庫容量僅有 2.3 億立方公尺，但美國加州 SHASTA 壩庫容就有 55 億立方公尺，三峽壩更有 393 億立方公尺。

(四)地質條件受限

台灣地質構造複雜且地層形成之年淺質弱，適合作為天然水資源開發之方案隨各開發案之推動，已逐漸減少；質優量足又價廉之水資源開發方案已不復可得。

歷經 921 大地震後，集水區的地質結構脆弱，每因豪大雨造成土壤沖蝕與裸露地增加，導致涵養水源能力降低；加上近年來受全球氣候變遷影響，降雨過於集中，對集水區衝擊與影響更加顯著，造成泥砂流入河川及水庫，衍生水質惡化、原水濁度遽增及水庫庫容減少等問題。

二、台灣水資源運用現況

台灣每年約降下 936 億立方公尺雨量，但因台灣山高坡陡、降雨分佈不均、無足夠水庫蓄存、蒸發損失與入滲地表等，致可運用水量僅約 143 億立方公尺（如圖 3）。

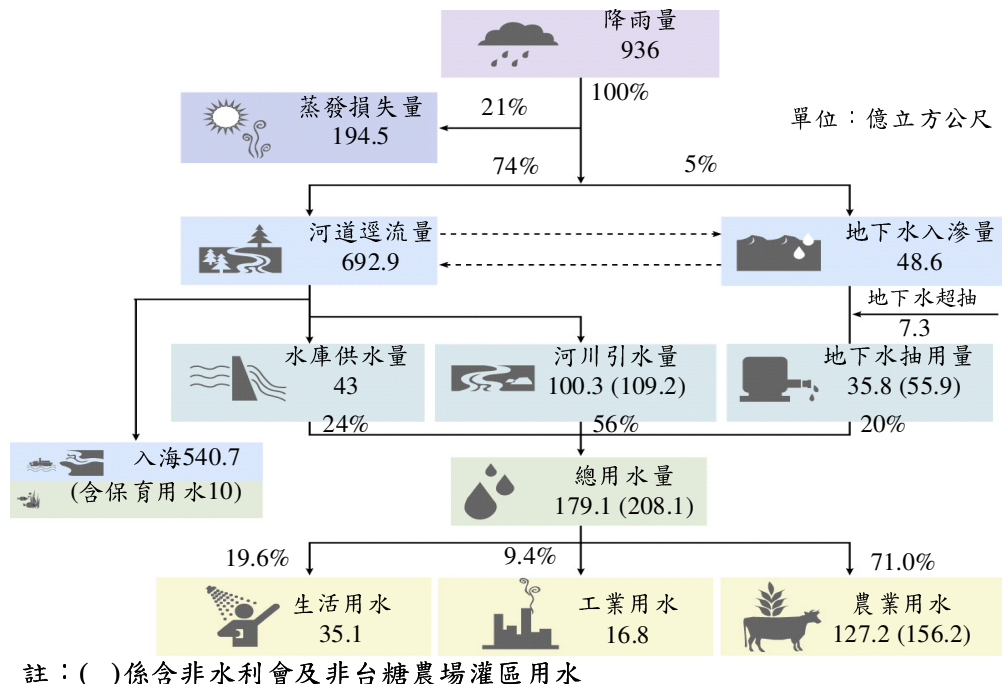


圖 3 台灣 1999~2008 年水資源運用情形

近 10 年平均年總用水量約 179 億立方公尺，其中生活用水 35 億立方公尺（佔 20%）、工業用水 17 億立方公尺（佔 9%）、農業用水 127 億立方公尺（佔 71%）。地下水總抽用量約 56 億立方公尺，已超過台灣地下水補注量，部分地區因持續超抽已導致

地層下陷、海水倒灌等負面現象。

三、台灣水環境的挑戰

(一)水太多

近年來極端水文事件頻繁，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，巨量泥砂沖入水庫，導致水庫原水濁度驟昇，遠超過淨水廠處理負荷，屢嚴重衝擊公共用水之供應，並加速水庫淤積，為水資源運用所面臨的關鍵課題。

(二)水太少

台灣年總用水量約 179 億立方公尺，由水庫供水量約 43 億立方公尺，目前水庫有效容量僅 19 億立方公尺，佔全年用水量的 11%，遠低於鄰國日本水庫 36%（如圖 4）。另從水源運用的穩定度來看，台灣人均庫容可能幾為世界之末，平均每個人只分到 83 立方公尺庫容，約僅為美國 1/36、中國 1/4.5、日韓 1/3、英國 1/2（如圖 5）。可靠的水資源極為不足，若氣象水文情況不佳，即顯現缺水危機。

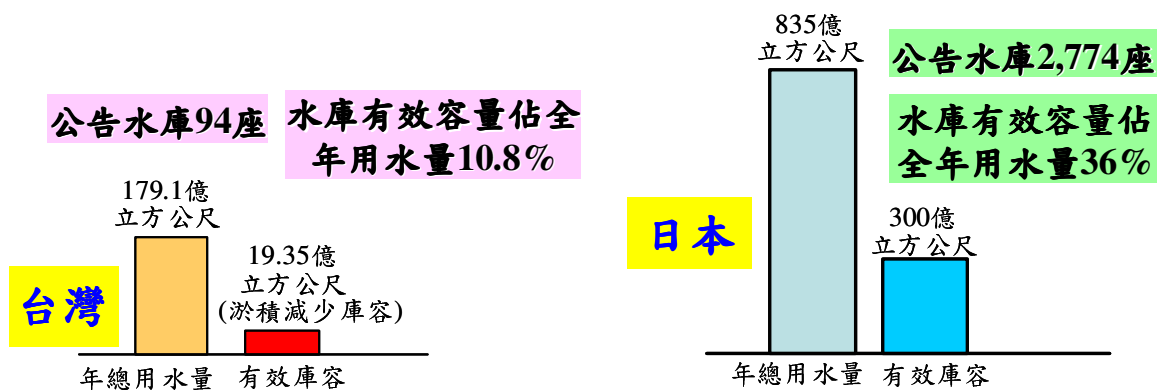


圖 4 台灣及日本水庫運用概況

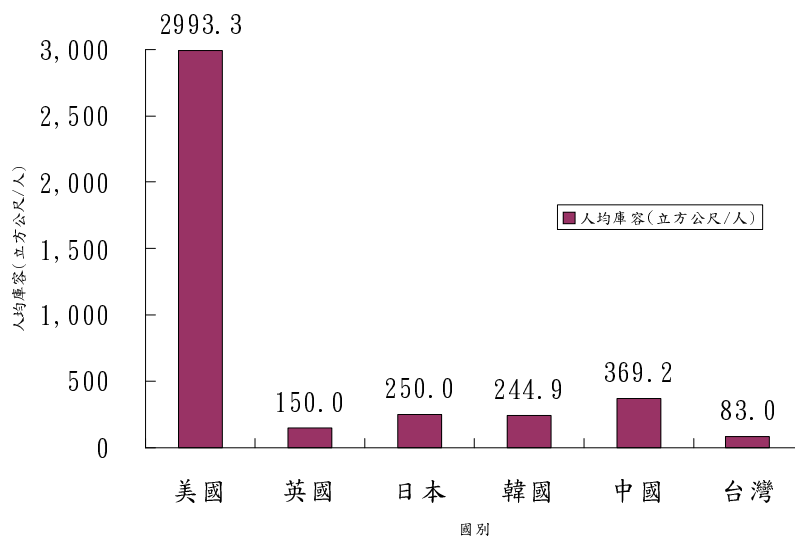


圖 5 台灣人均庫容量與其他國家比較

(三)水太髒

由於工業蓬勃發展，人口成長迅速，加以過往缺乏環保意識情況下，台灣河川水質遭受污染。依 2007 年統計資料，50 條重要河川全長 2,904.2 公里中，未受污染河段 1,746.5 公里，約佔 60%；輕度污染河段 436.4 公里，約佔 15%；中度污染河段 555.2 公里，約佔 19%；嚴重污染河段 166.1 公里，約佔 6%。遭受污染之河川水資源即無法有效利用，亟待加強環保稽查與投資建設污水處理廠及污水下水道，以保育河川水質。

(四)水太濁

台灣經歷 921 地震後，水土流失問題加劇，颱風豪雨即造成原水濁度飆升，影響供水。例如 2004 年艾莉颱風造成石門水庫濁度飆升，桃園地區停水 19 天，營業損失及增加用水成本約 48 億元。2009 年莫拉克颱風期間高屏攔河堰抽水設備遭洪水泥砂及漂流木淹沒，且原水濁度飆高，影響高雄縣市約 30 萬戶用水。

(五)土砂問題

水庫受特殊水文事件及集水區自然沖蝕致泥沙淤積嚴重，供水能力逐年衰退。以莫拉克颱風為例，曾文水庫集水區崩塌面積由 250 公頃增加至 1,467 公頃（如圖 6），南化水庫崩塌面積由 559 公頃增加至 810 公頃（如圖 7），帶來曾文水庫淤積量 9,162 萬立方公尺，南化水庫 1,706 萬立方公尺，致水庫容量急速降低（如圖 8），其他水庫也因歷年颱風豪雨造成嚴重淤積，影響供水穩定。

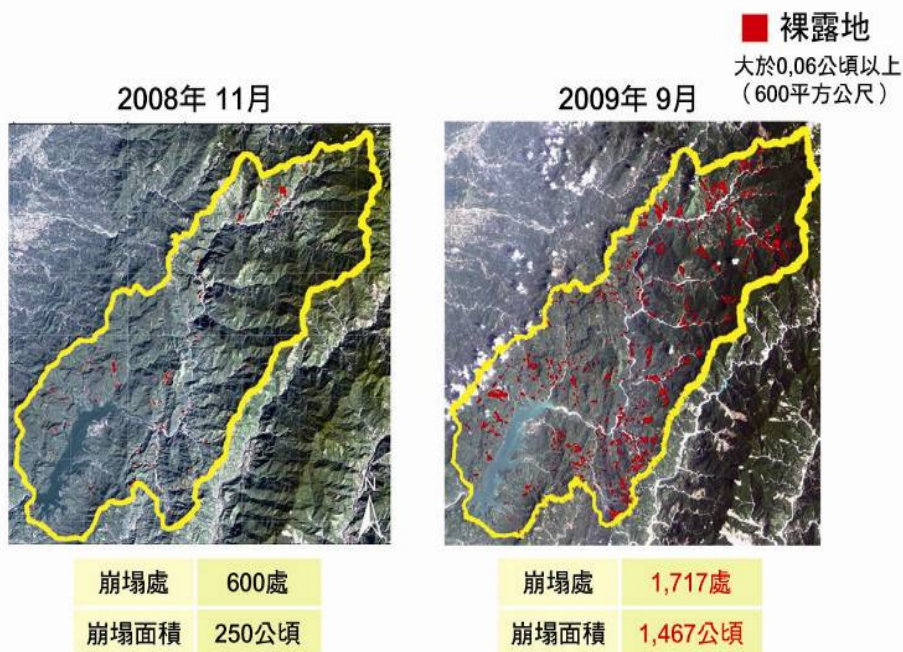


圖 6 曾文水庫集水區崩塌情形

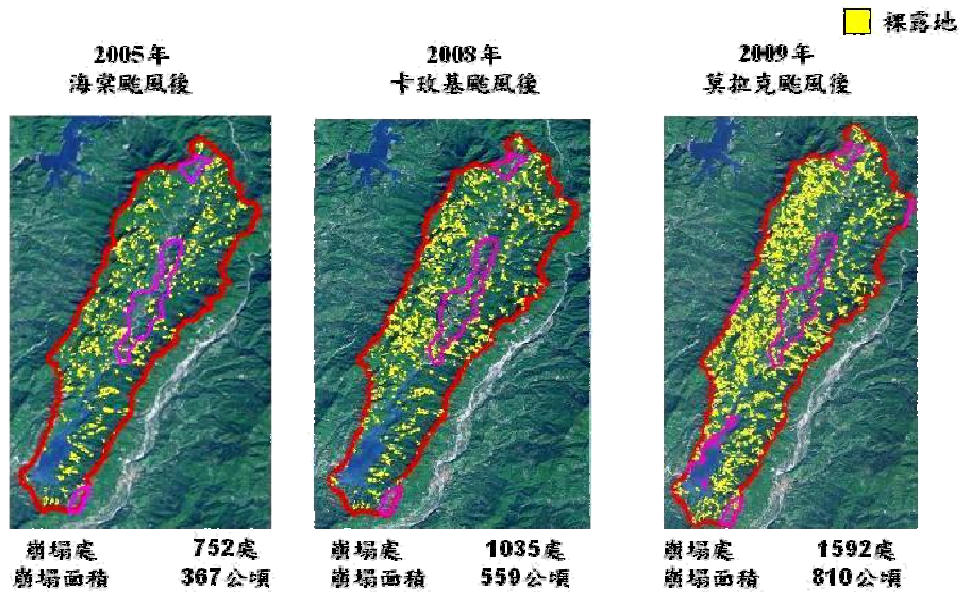


圖 7 南化水庫集水區崩塌情形

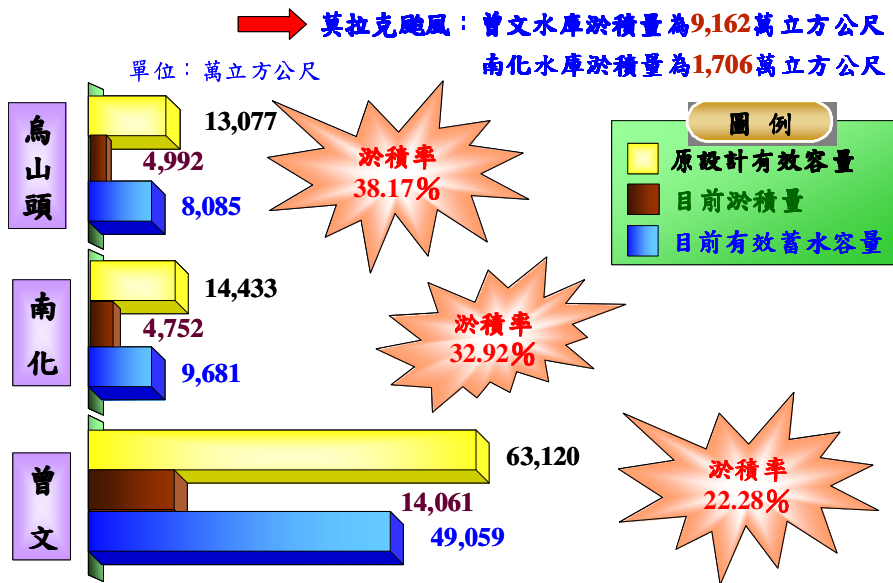


圖 8 曾文、烏山頭及南化水庫淤積情形

(六)地層下陷

台灣發生地層下陷區域大多分布於西南沿海地區，主要係因長期抽取地下水超出補注量。地層下陷多位於沿海地區，其地勢原本低窪，發生地層下陷後，更加深積水無法重力排出，成為災害潛勢頗大的地區。又唯恐有海水入侵地下水層之虞，且影響公共建設設施及國土安全，亟待保育地下水及復育國土。

(七)氣候變遷

美國時代雜誌(TIME)公布 2007 年度全球十大自然災難事件，其中水旱災即佔 7 成，台灣也難以倖免。依據中央氣象局「近百年來(1897-2008)台灣氣候變化統計報告」

資料顯示，近些年來北部平地降雨略有增加，南部和山區則稍減，總降雨量雖無明顯變化，但由於總降雨時數減少，表示降雨強度有增強趨勢。加上全球氣候變遷影響，台灣南旱北澇、降雨時間持續減少、降雨集中且強度愈來愈強等情勢日益明顯，未來豐水時期水量可能更加豐沛，枯水期水量則更加減少，乾旱與洪水致災的情形將更為加劇、頻繁（如圖 9），使水資源利用更加困難。

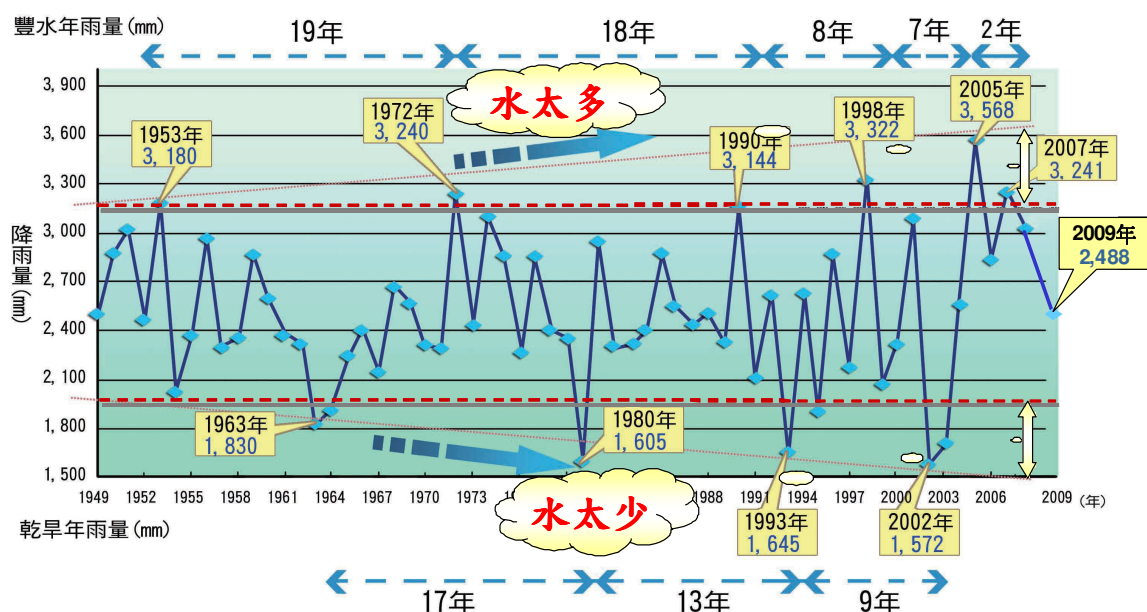


圖 9 台灣年平均降雨量旱澇加劇趨勢

四、台灣未來水資源對策及展望

(一) 加強水庫集水區保育治理

目前已訂有「水庫集水區保育綱要」，透過整體性規劃，研擬分年分期治理與管理策略，加強土地管理、坡地保育與棲地改善、造林植生與水流涵養、野溪與坑溝治理、土石流防治、保護林帶設置及防砂壩清淤等工作，由各水庫持續辦理。

(二) 水庫既有設施更新改善

新水源開發不易情況下，既有水庫應永續經營利用，如果石門水庫不能再使用，將對北部造成莫大影響，而南部水庫亦面臨相同問題，應優先更新改善現有水庫，確保穩定供水。更新改善水庫之作法包含：

1. 增設溢洪道，增加排洪量。
2. 水庫加高，提升供水、調洪能力。
3. 以水力、繞庫或虹吸等方式排砂，加強水庫排淤、清淤及減淤。
4. 因應氣候變遷檢討操作規線，彈性調整蓄水空間及防洪操作。

(三) 加強區域水資源調配

為加強區域水資源靈活調度，將透過區域聯絡管線設置，進行區域性水資源聯合運用；考量輸水管線加壓操作、漏水損失及成本效益等因素，目前係以北、中、南三個區域水資源調配相互支援為主。

(四)提升農業、工業、生活用水效率

1.農業用水技術改良

農業用水佔台灣年總用水量 71%，將協調行政院農業委員會研議農業節水技術，如加強灌溉管路管理、節水型水稻與耕作時期調整等，並輔以農業生產政策之檢討，以增加供水穩定度。例如桃園（15 公頃）及嘉南（585 公頃）地區推廣省水管路灌溉，每年即可節約 3 百萬立方公尺水量，成效良好。

2.工業廢水再生利用

台灣工業廢水每日約 58 萬立方公尺，考量國內未來主要的用水增加量來自工業用水，如何提供工業用水效率，為當前水資源開發利用之重點課題。在工業區綜合廢水再生利用方面，以楠梓加工區再生水模廠為示範計畫，將於 100 年 1 月起每日供應 1800 噸之低導電度軟水予區內廠商試用。至於工廠廢水個案再生推動，水利署與工業局自 98 年起合作推動 WASCO（Water Service Company）機制，藉由政府扶植、整合水再生產業關鍵技術，媒合不同性質水再生產業業者合作參與工廠廢水再生利用個案，落實由民間力量進行廢水再生利用。冀由面與點之廢水再生利用策略，提高工業廢水使用率，確保工業用水之穩定度。

3.生活污水再生利用

台灣地區目前運轉中都市污水廠共 61 座，每日生活污水約 272 萬立方公尺，都市污水處理廠放流水具有水質與水量穩定的特性，如能妥善將都市污水處理廠放流水結合水再生功能或污水廠直接提供再生水，專供工業區使用，可降低自來水供應壓力、提高區域供水備載量。為推動生活污水回收再利用，水利署於台中市福田水資源回收中心辦理再生水模廠測試，自 98 年起每日產水 150 立方公尺，提供鄰近地區生活次級用水、環境景觀用水、工業用水等使用，以建立用水者信心，未來規劃將福田水資源回收中心放流水供應台中港工業專業區使用。惟目前初估再生水成本約 20 元/立方公尺，遠高於現行自來水價，面對政府財政日益困難，再生水補貼政策推行可行性低，如何提升再生水經濟誘因，則是必須克服之問題。

(五)推動三全節約用水

2009 年底旱象，總統於 2009 年 12 月召開小型國安會因應，裁示推動「全國」、「全民」、「全面」的「三全」節約用水運動（如圖 10），希望透過中央與地方政府協力推動，民間與政府攜手努力，各行各業每一個人共同參與，共同型塑節水型社會。

例如工廠用水可透過檢討製程合理用水及回收再利用，生活上需使用的馬桶、洗衣機、水龍頭採用符合省水標章之產品，農業推廣省水管路灌溉、養殖用水循環再利用及耕作方式改變等，均可節省用水量。



圖 10 推動三全節約用水

(六)推動多元化水資源開發

在氣候變遷水文狀況不確定，及現有各種條件限制與保育自然環境前提下，有必要以多元化方式開發新水源因應，除規劃川流水、水庫水及地下水等傳統方式外，尚需推動雨水收集貯留、海水淡化、生活污水再生利用、工業廢水再生利用、灌溉排水再生利用等新興水源開發。

結語

台灣高科技產業群聚與產業轉型效應、土地利用、社經環境快速變化，用水需求快速成長，缺水風險值亦有加遽趨勢，水資源穩定供應需求日加殷切。惟台灣水資源受限於天然地形及水文條件，雨量雖豐沛但水資源條件不佳，加上氣候變遷影響，大乾旱、大風暴、大洪水發生頻率不斷創紀錄，如何與以新思維與自然共生、適應未來環境、永續利用水資源，成了國家發展最重要指標之一。

近年來，水利署除加強集水區治理、水庫清淤及更新改善、推廣節約用水、改善漏水率、區域彈性調度、流域整體規劃、水資源開發總量管制等工程及非工程措施，期能提升整體用水效率及因應各地區用水需求。並參考國外先進國家的新興水資源運用經驗，積極開發再生水、海淡水、貯留雨水等，及早因應極端氣候時的水資源短缺問題。面對地球日益嚴苛之環境條件，政府需與民間合作永續利用資源，化危機為轉機，才能建立安心、無虞、優質生活環境。