

台灣是水資源的過路財神

賴允政

國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心

壹、前言

「3 水庫不敵老天，水情 15 年最糟」；「經長：未來一年缺水，將會是 10 年最嚴重」；「備戰乾旱，檢討用水分配」。以上是國內 2014 年 11 月份的新聞標題。政府部門發出年底即將進入缺水期，同時預測未來一年所面臨的乾旱可能是十年來最嚴重的警訊。

由於地理位置與地形等因素，台灣雖然具有世界平均 2.5 倍的豐富降雨量，但每人每年可用水量僅約為世界平均值的 1/5，因此也是名列世界第 19 名缺水國家。雖然降雨豐富但是由於地狹人稠，以及降雨空間與時間上分布不平均，年降雨量約 80% 集中於每年 5 月至 10 月，並常是以颱風所帶來的暴雨型態出現，豐水期與枯水期水量懸殊，加上地質、地形所造成的山高河短流急等因素，使得雨後即迅速流入大海；此外，又由於都市及工業的發展，使得公共給水使用量急速增加，以致台灣時有缺水的問題發生。

近年來更由於氣候變遷所帶來的「豐愈豐，枯愈枯」或「短延時，強降雨」等降雨特性，可以預見將來勢必面臨更嚴重的缺水危機。因為降雨形態的改變，不僅衝擊了水文特性、河川流量、供水系統、灌溉及用水等，例如因河川的枯水期更長會造成乾旱性的缺水，而豐水期的暴雨對水資源的影響也可能造成水庫的淤積及用水混濁而造成缺水；此外在水質方面，枯水期河川減少的流量也可能使得河川的汙染變得更為嚴重。

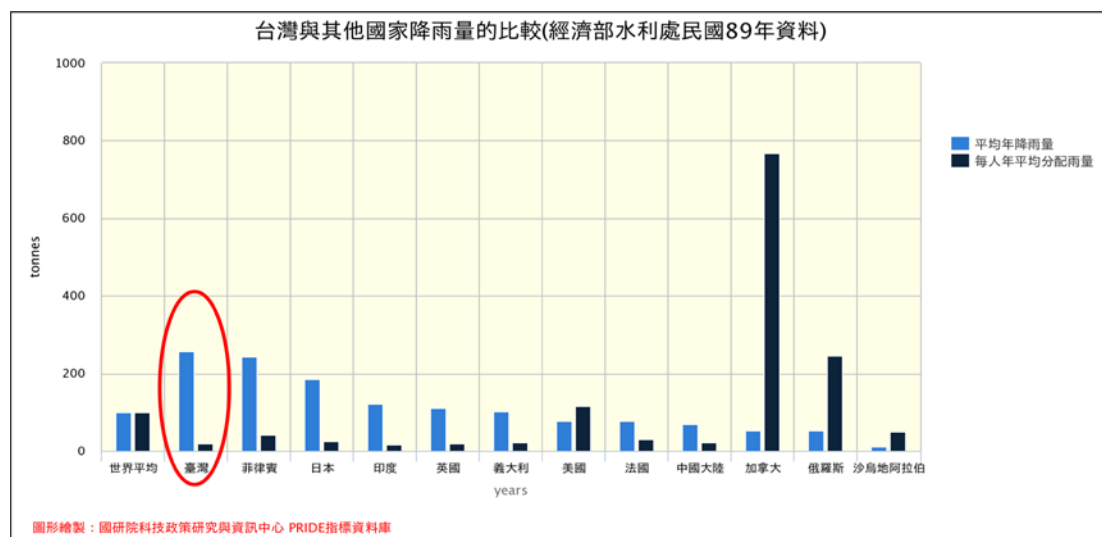
本文試圖以水資源資料之比較分析，盤點相關問題，期能提供各方節水意識推廣，以及尋求更有效的水資源開發等調適策略之參考。

貳、與國際間的比較

雖然水資源的管理與利用受到先天地理及氣候等影響，但是透過國際間的比較，從年度或是相對的關係變化仍然可以作為我國相關問題改善的借鏡或參考。

首先，根據經濟部水利處民國 89 年的統計資料「台灣與其他國家降雨量的比較」顯示，台灣的年降雨量是 2,510 公釐，約相當於世界平均年降雨量 973 公釐的 2.5 倍，就該資料所列國家而言，台灣排序第一，是屬於雨量豐沛的地區。但因地小人稠，地區人口密度高達每平方公里 610 人，相當於世界平均人口密度每平方公里 43 人的 14.2 倍，使得每人分到的水資源有限。每人每年可分配的雨量僅約 4,115 立方公尺，只有世界平均每人年平均分配雨水量 22,628 立方公尺的 18.2%。在該表排序上倒數第二。

該表之相關數據資料經重製如圖 1。圖中藍色部分表示平均年降雨量相對於世界平均年降雨量百分比(%);黑色部份表每人年平均分配雨水量相對於世界平均每人年平均分配雨水量百分比(%)。由圖可知，台灣水資源看似豐沛但其實不足的矛盾性。



資料來源：經濟部水利處

圖 1 台灣與其他國家降雨量的比較

此外，由於水資源的管理與利用也是國際競爭力比較的重要項目之一，透過瑞士洛桑國際管理學院（International Institute for Management Development, IMD）之 World Competitiveness Yearbook 資料，我們可以觀察我國近年來與其他 60 個國家之間在水資源方面的變化與比較。

IMD 競爭力評比細項中與水資源相關的指標包括：水資源(Water resources)、有水可用(Access to water)、耗水強度(Water consumption intensity)、廢水處理廠(Waste water treatment plants)等三項，分述如下：

水資源(Water resources)指標

水資源(Water resources)指標，意指「每一立方公尺的水中可以提供的再生水」(Total internal renewable per capita in cubic meters)。

為進行國內外比較，本文選擇前述經濟部水利處所探討的國家，以觀察其間排名關係；年度則根據可獲得資料之年度，包括：2002、2007、2008、2009、2011 及 2012 等六個年度表列(如圖 2)。

下圖顏色越深表示排名越前面，可從國家或年度看出相對性的比較關係。從結果觀察可知，以各年度之平均排名而言，我國在 60 個國家中在 6 年間大約在 28 至 37 名之間，因此，雖然我們有世界 2.5 倍的平均降雨量，但是可以看到與可用之水資源不成比例。

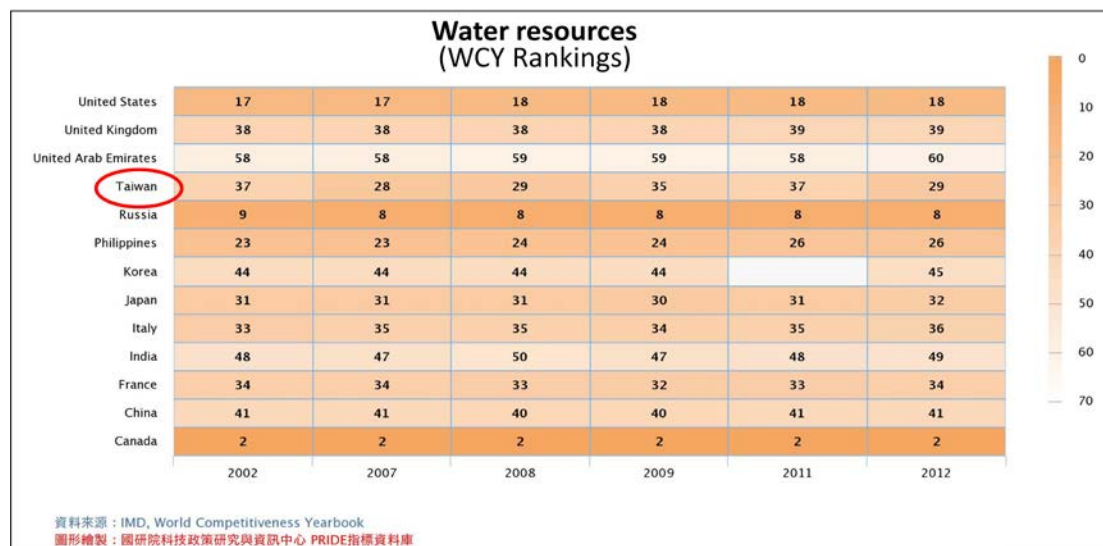


圖 2 台灣與世界國家水資源(Water resources)指標的比較

水資源的可取得性(Access to water)指標

IMD 提供的另一個指標是「水資源的可取得性」(Access to water)，指標意涵係指國家之間在自然資源與管理之下水資源的可取得性 (Access to water is adequately ensured and managed)。本文仍是以上述相同的國家作比較，資料期間則是自 2008 至 2014 年，共計六年間的評比資料(如圖 3)。

藉由折線圖的方式觀察各國在「水資源的可取得性」在各年度以及各國相互間的變化關係。雖然歷年來各國表現略有波動，但仍可大致看出在表列國家中以日本的表現最佳，印度水資源的可取得性在各國間顯得最困難；台灣水資源的取得能力約居於各國之間，雖較印度、

菲律賓、俄羅斯及義大利為佳，但不如日本、法國、加拿大、韓國、美國等國。

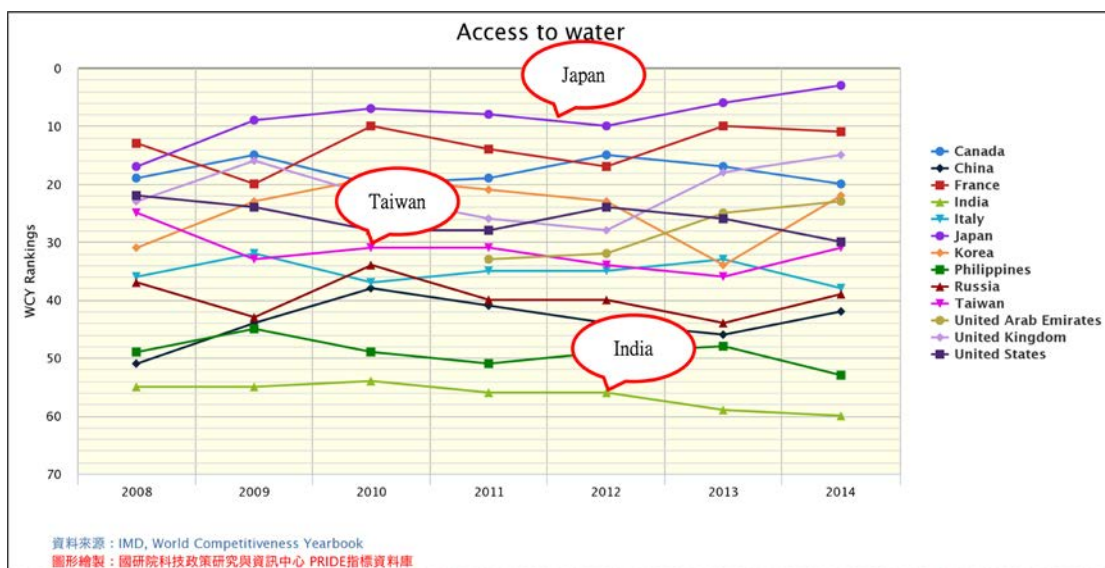


圖 3 水資源的可取得性(Access to water)指標的比較

耗水強度(Water consumption intensity)指標

耗水強度(Water consumption intensity)指的以一國家之 GDP 以 1000 美元為標準時用水每一立方公尺的成本(Water withdrawal for each 1000 US\$ of GDP in cubic meters)，本指標主要反應一國之措施或相關設施等之用水成本。由圖 4 可知，印度與菲律賓都是耗水強度相對較高的國家，若由數據分析可知，印度之耗水強度平均約 565.5m³/千元 GDP，菲律賓為 427 m³/千元 GDP，其次是中國大陸與俄羅斯。耗水強度以英國的平均 3.7 m³/千元 GDP 最低，其次為阿拉伯大公國的平均 5.7 m³/千元 GDP，以及法國平均約 12.7 m³/千元 GDP。台灣則以平均約 50m³/千元 GDP 在 13 個選取國家中排名第五。

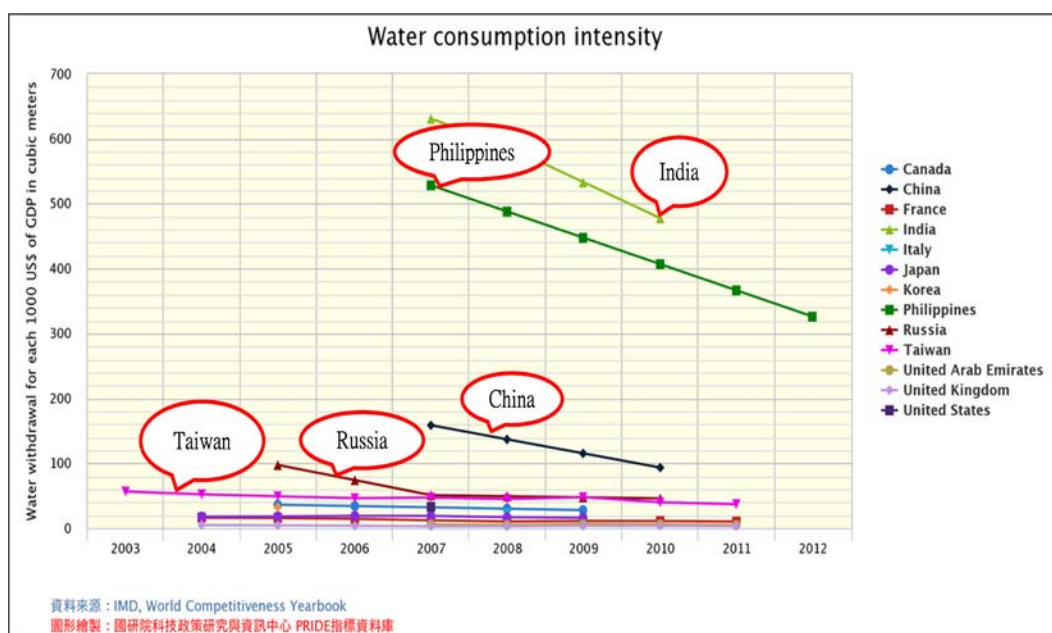


圖 4 耗水強度(Water consumption intensity)

參、國內的水資源狀況

台灣雖有世界平均值 2.5 倍的降雨量，但是降雨的最大特性是時間與空間分布的不均。約 78%降雨量集中在每年 5 月至 10 月，且多數的降雨係來自颱風，而每年 11 月至 4 月長達 6 個月的乾季降雨量則只有年降雨量的 10%；在空間分部方面，山區平均降雨大於平地，北部降雨則又大於南部。此外，又由於台灣的河川多屬既短且急，因此常在一陣短延時之強降雨之後即直流入海。

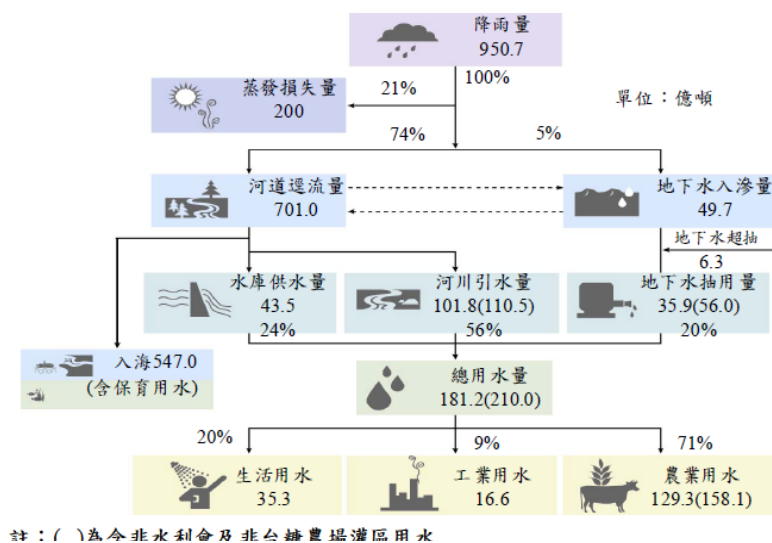
再從人口角度來看，台灣是一個人口密度高的地區，換算後每人每年所分配到的降雨量僅約 4,000 噸，而每人每年所分配到的有效水資源更只有 1,700 餘噸，是世界平均值的五分之一，屬全球水資源缺乏區域之一。

若從氣候變遷的趨勢分析觀察，根據災害領域行動方案在雨量方面的推估，台灣北、中、南、東四個主要分區的未來冬季平均雨量多

半都是減少的，約有一半的模式推估減少幅度介於-3%至-22%之間。未來夏季平均雨量變化，約有一半的模式認為未來夏季平均雨量變化介於+2%至+26%之間。這種「豐愈豐，枯愈枯」的情境預測對於台灣未來的水資源調配更是一大挑戰。

至於在水資源的供應方面，除了上述風險之外，近年來大型災害所造成的水土破壞，大量的土石崩塌所造成的淤積更使得水庫容量大為較低。此外，自來水管線及農水漏水率偏高，更是使得我們猶如面對大量的金流，卻又遭逢「口袋越來越淺，同時還有漏洞」的窘境。

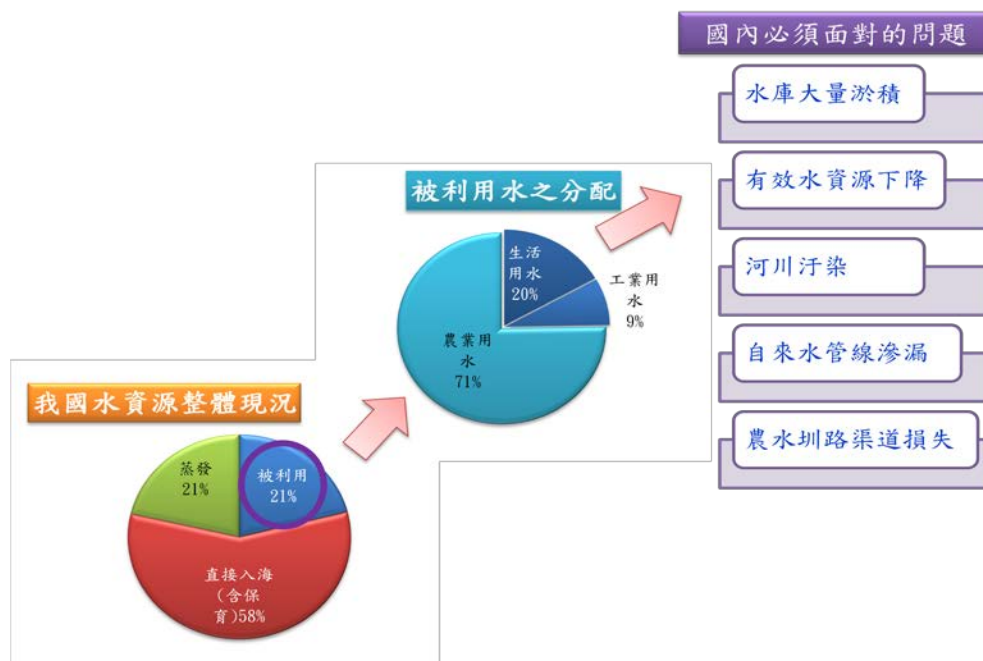
根據經濟部水利署「臺灣南部區域水資源經理基本計畫」關於臺灣地區水資源利用現況統計(如圖 5)，民國 89~98 年臺灣地區平均水資源運用情況，平均年降雨量是 950.7 億噸，其中蒸發約 200 億噸，占約 21%；被利用者包括河川及地下水，共約 203 億噸，占約 21%；而直接入海(含保育用水)共約 547 億噸，占約 58%，顯然台灣的水資源利用比例相對於蒸發與排入大海的比例相對是少的。在實際應用方面，包括水庫供水、河川引水及包含超抽地下水量共計約 210 億噸，一般民生用水約 35.3 億噸，工業用水約 16.6 億噸，農業用水約 158.1 億噸。(以上數據含非水利會及非台糖農場灌區用水)



資料來源：臺灣南部區域水資源經理基本計畫

圖 5 台灣的水資源供需狀況

綜上所述，在已被利用的水資源方面，國內必須面對的主要問題包括：水庫的淤積、有效水資源的下降、河川汙染、自來水管線滲漏、農水圳路渠到損失等，茲概略分述如後(圖 6)。



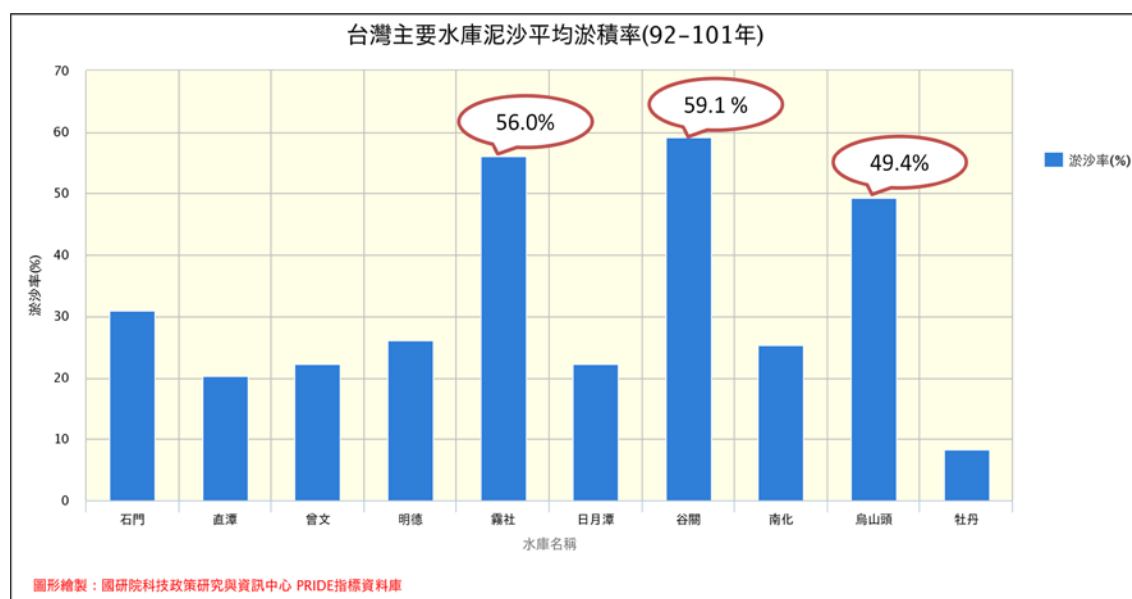
資料來源：本研究整理

圖 6 我國水資源的利用與問題

國內水庫淤積的問題

台灣在總降雨量之被利用的 21% 的用水量中,除了河川引水(56%)及地下水(20%)之外,有 24% 的水資源主要是靠水庫所提供,但是,由於先天地形上的山高水急,以及近年來多次強降雨形態所造成的大量崩塌及土石流,使得台灣水庫的淤積益形嚴重,各主要水庫的蓄水容量及功能日漸減少,因此更增加了台灣缺水的風險。

根據水利署民國 92 至 101 年來台灣主要水庫泥沙淤積統計(如圖 7),國內水庫大都呈現淤積嚴重的現象。其中以霧社 56.0%、谷關 59.1%、烏山頭 49.3% 三個水庫的泥沙淤積最為嚴重。北部重要的石門水庫亦達 30.9%,南部曾文水庫亦有 22.2% 的淤積比率。



資料來源：經濟部水利署

圖 7 台灣主要水庫泥沙淤積統計

水庫清淤是一個浩大的工程,以 98 年的莫拉克風災為例,從上游冲刷下來的土石,讓台南市的曾文與南化等兩大水庫的淤積量合計多達 1 億 1000 萬立方米,水利單位經過約一年半的時間,也只能清除約

165 萬立方米，完成率僅 1.5%。因此台灣在先地理條件及氣候變遷的因素下如何減緩水庫淤積的問題的確是我們必須面對的重要議題。

有效的水資源

水庫的淤積使得水庫容量變小，而有效水資源則是降雨量及水庫間的關係，因此，進一步根據行政院國家永續發展委員會民國 102 年度發表的「2012 永續發展指標系統評量結果」中水庫的「有效水資源」指標可以觀察台灣近年來實際可用水資源的變化。

根據永續會指標系統評量的說明，所謂「有效水資源」指標係指：「水庫總有效容量」除以「水庫數量」。由數據分析得知，台灣自 1988 至 2012 年期間的有效水資源平均約 51.4(百萬立方公尺/座)。進一步由圖 8 觀察，除 1993 及 2004 有較明顯的增加之外，其餘時間呈現逐年下降的趨勢，尤其是 2009 至 2012 年間更急遽下降。

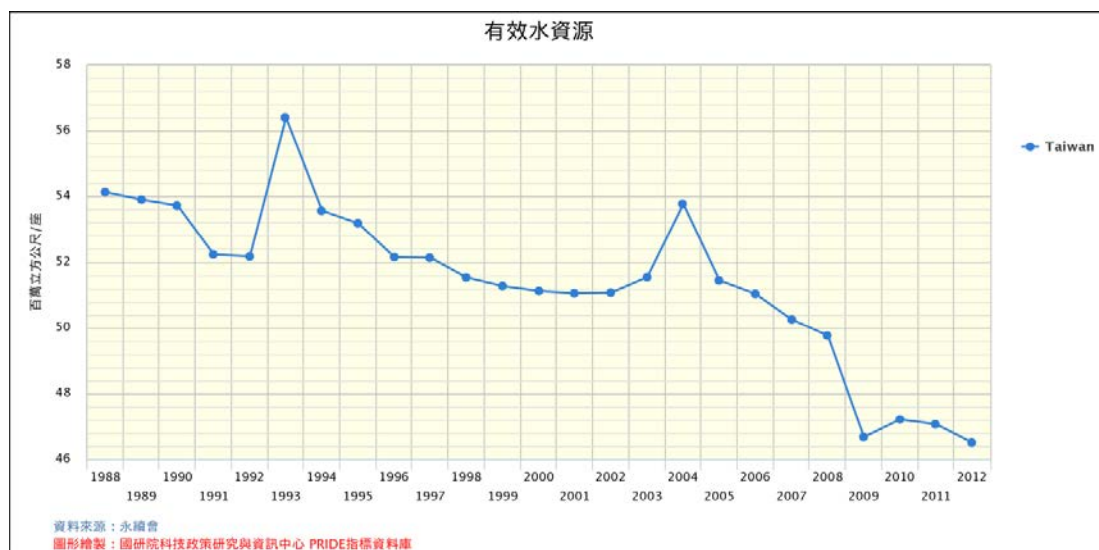


圖 8 我國有效水資源

水質的問題

由於現代工商業迅速發展及都市不斷擴張，造成各河川水體承受許多環境污染物，除了影響水中生態並會影響水體用途。水質資源問題除了量的問題之外，河川上下游水的品質也是必須被關注的議題。根據英國《每日郵報》的報導，亞洲地區自來水可生飲國家中，台灣即被列入「不安全」之列。

在「2012 永續發展指標系統評量結果」中「受輕度以下污染河川比率」指標係以「未受污染河川長度+受輕度污染河川長度）/河川總監測長度」為公式統計台灣河川的污染比率。以各年度平均值而言，台灣受輕度以下污染河川比率約 74%。(如圖 9)，換言之，台灣在水資源缺少之下，不論包括上游或下游，仍有 26%的河川水質是必須被進一步監測及尚待改善。

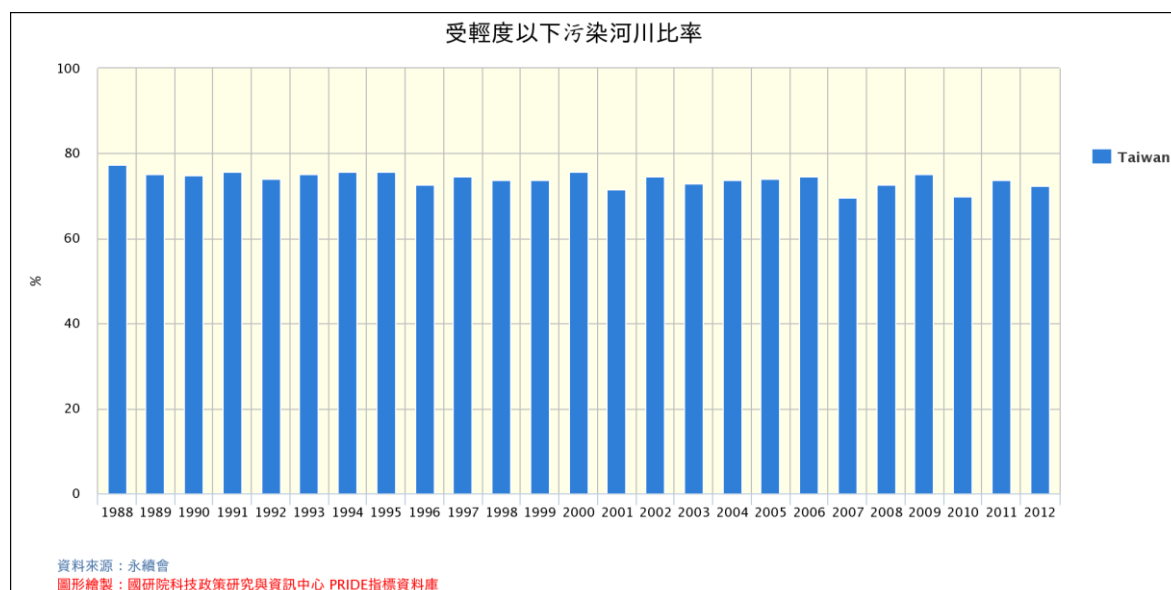


圖 9 我國受輕度以下污染河川比率

自來水管線滲漏

我國自來水漏水率偏高，以 2010 年為例，全台用水約三十九億噸，漏水率約百分之二十點五，一年漏掉約八億噸用水，相當於全台兩千三百萬人兩個月又十六天的用水量，每年全台光是漏水就漏掉 3.6 座石門水庫，足見問題的嚴重性。

根據水利署公告資料，近 10 年來，台灣的自來水漏水率高達 23.66%。雖然行政院於 102 年 11 月審議通過「降低漏水率計畫」，預計於 10 年內投入 645 億元辦理汰換舊漏管線，但每年管線汰換率僅達 0.62%，與先進國家比較仍屬偏低。(如表 1)

表 1 各國管線汰換率比較

	日本	美國	德國	瑞士	台灣	香港	西班牙	葡萄牙
漏水率	5.00	14.50	9.00	9.10	23.66	22.00	28.00	30.00
管線汰換率	7.10	3.50	1.50	1.45	0.62	0.20	0.85	0.65

資料來源：水利署，台灣水資源經營管理策略，2010 年 6 月

農水圳路渠道的用水損失

除了自來水的漏水問題之外，由於農業用水比例占總用水量的 75%，因此農水渠道的損失也是一個不容忽略的問題。

根據全國各農田水利會在 93 年、94 年灌溉計畫書資料中整理之「全國各水利會所屬的圳路渠道損失水量表」可以看到農水輸送過程的損失情形，本研究經進一步整理分析如表 2。由表可知全國平均的農水渠道損失約 30%。其中又以台中 39%、雲林 41%及台東 45%等水利會之比例最高。

表 2 水利會各圳路渠道損失水量表

水利會別	宜蘭	桃園	石門	苗栗	新竹	台中	彰化	南投	雲林	嘉南	屏東	台東	花蓮	平均
損失	25%	26%	15%	32%	30%	39%	34%	27%	41%	25%	20%	45%	29%	30%

資料來源：各農田水利會 93 年、94 年灌溉計畫書，本研究整理

肆、結語

綜上所言，我國猶如一個水資源的過路財神，雖然降雨豐沛，但是可用之水資源卻相對缺乏。原因除了山高水急的地理特性之外，季節分布不均、山區與平地分布不均、南北分布不均等特殊現象，使得我們水資源的取得在先天上就具有複雜與不確定性的風險。而在人為建設與設施方面，水庫的大量淤積、有效水資源的下降、河川的汙染現象、自來水的管線滲漏、農水圳路渠道的損失等問題更是使我們猶如雖然面對金流，但是卻又必須同時面對「口袋變小並且還有漏洞」的問題。

近年來則以日趨明顯的氣候變遷因素，使我們必須在降雨之豐枯及強度都越趨於極端的型態之下面對更嚴峻的水資源挑戰。因此，不論是水資源有效的開發或是節流都是國內重要的議題，尤其是如何在我們豐沛的降雨中多留下可用的資源更是我們可以進一步思考的方向。

參考文獻

經濟部水利署南區水資源局(2014)。水資源教育。上網日期：103 年 10 月 22 日，取自：

<http://www.wrasb.gov.tw/CustomPage/WaterCollect.aspx?no=257&pno=>

經濟部水利處(2000)。水利統計簡訊，上網日期：103 年 9 月 22 日，取自：<http://file.wra.gov.tw/public/PDF/5131392571.pdf>

經濟部水利署(2013)。多元化水資源經營管理，上網日期：103 年 9 月 25 日，取自：<http://www.wra.gov.tw/ct.asp?xItem=30421&ctNode=1967>)

科技部(2014)。災害領域行動方案 102-106 年。台北市：科技部

經濟部水利署(100)。臺灣南部區域水資源經理基本計畫。台北市：經濟部水利署。

丁澈士、蔡欣恬、杜永昌(2008)。生態台灣季刊，(20)。上網日期：103 年 10 月 6 日，取自：

<http://ecology.org.tw/publication/20/water20-1.htm>

陳永森，陳章波。臺灣水資源環境空間永續利用，上網日期：103 年 10 月 8 日，取自：<http://e-info.org.tw/issue/sustain/sustain-00112301.htm>

國家發展委員會(2014)。共築方舟。上網日期：103 年 10 月 8 日，取自：<http://www.tcap.ndc.gov.tw/water-resources.html>)。

經濟部(2011)。降低漏水率標準檢驗局修訂「延性鑄鐵管」國家標準保障輸水工程品質。上網日期：103 年 10 月 8 日，取自：

[http://www.moea.gov.tw/Mns/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40
&news_id=23576](http://www.moea.gov.tw/Mns/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=23576)

自由時報(2011)。上網日期：103 年 10 月 8 日，取自：環境資訊中心
<http://e-info.org.tw/node/69131>

經濟部水利署(2014)。蓄水設施統計-泥沙淤積統計上網日期：103 年 10 月 8 日，取自：<http://wuss.wra.gov.tw/sediment.aspx>

中國時報(2014)。台灣水不合生飲。上網日期：103 年 10 月 15 日，取自：<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20141014001208-260408>

曾志超(2011)。從水荒問題論水資源之利用。上網日期：103 年 10 月 16 日，取自：<http://www.npf.org.tw/post/3/9208>

經濟部台灣自來水公司(2013)。上網日期：103 年 10 月 16 日，取自：http://www.moea.gov.tw/Mns/populace/news/News.aspx?kind=1&menu_id=40&news_id=34314