

# 台灣地區水資源投資施政效益-以公共給水參考指標研析為例

黃渾峰<sup>1</sup>

<<摘要>>

近年來，水資源投資經費已從建設經費為主，逐漸轉向維護、更新及管理經費，使得水資源投資效益評估應由剛性之堤防建設長度、淨水廠處理能量、水污染整治長度等工程建設面向考量，逐步納入既有設施維持經費彙整，並與政府政策目標結合，以衡量投資方向符合未來施政目標，並與國際相關指標進行評比，使得指標之量化數字轉化為民眾易於瞭解之意義，且可瞭解水資源投資是否符合國際潮流。

為評估政府施政投資效益呈現，今以台灣地區自來水系統減漏成果案例分析，針對公共給水四項相關參採指標進行研究、分析，並以日本東京都漏水率改善為標竿對象，針對國內北、中、南三大都會自來水系統之供水區域進行施政績效四E-經濟(Economy)、效率(Efficiency)、效能(Effectiveness)及公平(Equity)比較，獲致相關結論與建議，以提供水資源相關施政參考。

本主題案例研析採用既有「資本形成」、「維護管理」及「施政成效」之參考指標，針對自來水系統減漏政府施政目標設定，對應施政績效評估之績效四E 指標，可呈現時間軸(各指標歷史趨勢)、空間軸(國內不同區域及國外標竿對象)及績效成本(以評估達到政策目標需投入經費)之比較，透過「指標化」的對應，使得原本隱藏的資產(如埋在地下的輸配水管線等看不見的設備)得以顯現。

[ 關鍵詞 ]：水資源投資、施政績效評估、政策參考指標

---

<sup>1</sup>黃渾峰為國立臺北大學公共行政暨政策學系博士班研究生，亦服務於臺灣水資源與農業研究院為研究一所之研究專員，e-mail:cobowin@gmail.com。

The Benefit Analysis of Water Resources Investment Analysis in Taiwan:  
A case study on the results of the domestic water supply system' key  
indicators

Hun-Feng Huang<sup>2</sup>

Abstract

The investment for water resources construction has been gradually improved and funding for facility maintenance and management has been increased year by year. Water Resources is one of the critical elements for national development; such as water storage, flood response and emerging water resources technologies are issues needed to be considered cautiously. Therefore, the trends and effectiveness of water resources investments need to be carefully reviewed and analyzed, then coming investment strategies can be better adapted to environmental and social changes.

A case study on the results of the domestic water supply system was conducted. The study on improvement of water leakage rate in Tokyo has been used as a good practice. In the above-mentioned case study, 4 key indicators of public water supply have been analyzed. And the performance of water supply areas of 3 key Taiwanese cities have been compared. Relevant conclusions and recommendations included could be used as reference for water resources institutions.

Keywords: Water Resources Investment, Policy Evaluation, Performance Indicators

---

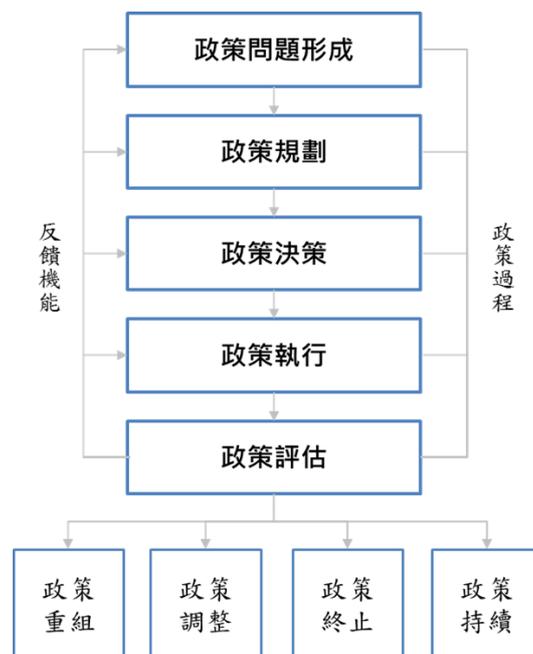
<sup>2</sup>PhD student, Department of Public Administration and Policy, National Taipei University & Research Specialist, Taiwan Research Institute on Water Resources and Agriculture, e-mail:cobowin@gmail.com



下，自來水漏水形同經濟損失及資源的浪費，故應考量其投資效益並考量是否持續予以改善。依據水利署民國 104 年修正之「新紀元水利政策綱領」施政方針，提昇用水效率及降低漏水率，為現階段推動水資源總合管理之目標，且「國家發展計畫－106 至 109 年四年計畫暨 106 年計畫」亦將「降低漏水率計畫(102 至 111 年)」列為已核定之重要計畫，但自來水管線汰換費用平均每公里 659 萬元，國家財政預算有限。因此為提供相關施政計畫推動之參考，同時與各國自來水事業發展概況進行比較，本分析就三大都會分區自來水管網建置及更新改善等執行成果，並遴選日本東京都依城市特性與台灣類似之都會地區進行比較，再輔以其他國家作法(新加坡、丹麥及香港等)進行相關指標應用及成效分析之探討。

## 貳、政策評估之應用

在現代社會中，任何一項公共政策影響人民生活的層面愈來愈廣，而國家的財源稅收有一定的數目，政府預算也有其限制；換言之，國家的資源是有限的。在國家資源有限的情形下，公共政策乃成為政府分配資源(預算)的權威性決定，而通常並非每一個人都滿意政府的政策制定，因此，如何透過政策評估來檢視國家資源分配是否達到最妥適，或者最有效率的水準，乃政策評估存在於現在民主社會的第一層意義(丘昌泰、李允傑，2009)。公共政策評估流程如圖二所示。



圖二 公共政策評估流程圖

資料來源：整理自公共政策 政策執行與評估，丘昌泰、李允傑，2009，臺北：元照。

整個政策評估活動除了政策執行績效評估，也包括執行之前與執行之中的評估（吳定，1995）。關於政策評估的方法，學者 Rossi 與 Freeman（1982）建議可以使用多元的社會科學研究方法；例如，採取量化方法的實驗設計、社會指標、民意調查；亦有採取質化方法；例如，田野調查法、專家評斷法，及主觀評鑑法等。然而現行施政評估制度存在若干的問題，如側重於進度控制(李允傑，2007)，以及部會政策規劃與評估缺乏系統性評估(國家發展委員會，2015)，且政策的規劃與提出，缺少足夠時間可進行事前、事中與事後評估。所謂績效(performance)是指一段時間內該投資行為影響，包括：數量、質量、客觀貢獻與成本費用，其包含了投入產出效率評估。而投資成效(effects)則泛指該投資行為的影響與效果，並沒有時間限制也包括不同面向的影響層面，一般而言，水利建設無論在投資規模與時間尺度上都較長，許多建設影響層面既深且廣，我們至今仍受過去許多重大水利建設的德澤，而類似都江堰等水利設施其影響更是亙古至今。由於水資源投資建設的特色，本研究所採用的投資分析參考指標除有特別說明外大多屬於成效指標。

一般之公共建設包括政策規劃、設計執行、投資建設與營運管理等階段，一項公共建設政策之執行，往往耗費鉅資及耗時，短則數月，長則數十年，對於政府財政、整體社會與經濟層面的影響既深且久。值得特別注意的是，水資源建設投資分析不能僅從計畫執行、建設與營運管理的角度分析投資成效，而必須要從政策規劃的角度出發，判斷政策方向是否適宜，而能對投資成效有更全面更整體(holistic)的瞭解(經濟部水利署，2010)。即我們在檢討水資源投資的成效時，除了檢視在建設或營運管理過程中的效率外，還需要針對政策規劃階段的問題，甚至某些更深層的核心議題，提供全面性的檢討，否則單就建設投資與營運管理的投資成效分析，並無法釐清問題全貌，更遑論對未來水資源投資策略提供一個全新的思維。

如前所述，政策評估不但在學術界獲得重視，現已成為社會科學跨科際的「顯學」；同時也受到政府部門廣泛的倚重。但不可否認的，政策評估在實際操作上仍面臨若干限制(李允傑、丘昌泰，2009)。茲分述相關限制如下：

- 一、如何將組織目標轉化為可衡量的指標(measurable indicators)：績效評估必須兼顧客觀性、不重複性及可操作性之先決條件。指標包括量化與質化兩類，除了衡量組織績效的數量（如服務人口數）外，更重要的是服務

的品質。因此在選取此類量質化的指標時，行政機關除編寫手冊外，亦需尋求專家顧問之協助。同時，衡量指標不但應重視信度、校度，更應重視其實用性，亦即對於特定機關之績效需能夠確實反映其業務性質。績效評估最困難卻也最重要的環節在於如何從組織目標（或政策目標）轉化成為績效指標。

二、政策方案與實際產生影響間之因果關係不易確定：在對一項政策或計畫作有系統的評估時，吾人所觀測的重點在探究政策行動(policy action)與實際社會情況變化之間，是否存在因果關係？然而，要確實釐清政策行動及其標的團體所發生的改變之間的因果關係，恐非易事。評估者所觀察的社會情況(依變項)，往往並非是單純受到「政策干預」(自變項)的影響；而可能是由於受到其他混合因素的影響。

三、政策的影響或衝擊常是廣泛分散而不易評估：一項公共政策的實施，除了對政策直接的受益人有所影響之外，對其他個人或團體也可能有所影響。

四、政策評估所需之資料不易取得：欲評估一項政策或預算案的執行績效，往往需要大量精確、可靠的資料，而這些資料可能分散在不同的機關單位。

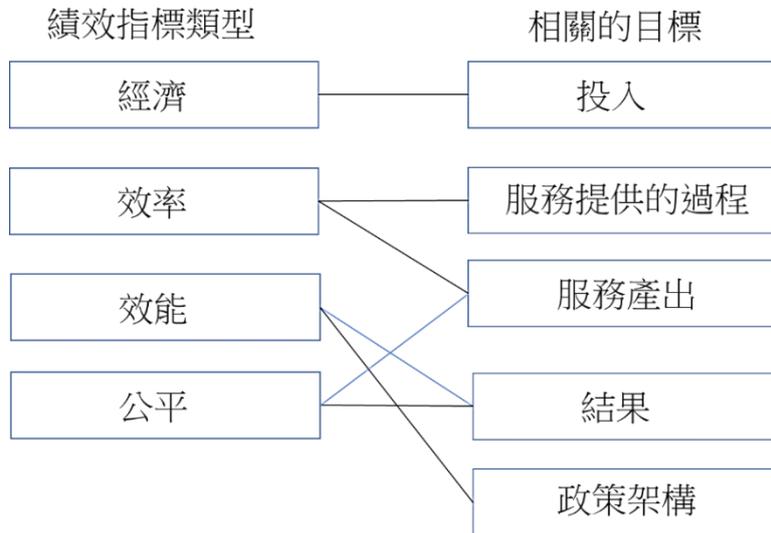
綜上所述，本研究提出可滿足政策評估所需資料及克服相關績效衡量困難之因素等水資源投資分析相關標的參考指標，並以下列案例實務應用探討如后。

### 參、參考指標之採用

公共給水相關的公共建設投資包括取水及蓄水設施、自來水淨水場、及配水管網建設與日後不定期更新。由經濟規模的論點而言，以市鎮或區域為範圍的公共給水系統最能達到單位供水直接成本的最小化，大型水資源公共建設投資往往需要龐大的預算經費。本文案例研析採用既有「資本形成」、「維護管理」及「施政成效」之參考指標(如表一)，配合政府施政目標設定，可對應施政績效評估之績效四 E 指標(如圖三)，以下則進一步說明相關投資對於自來水事業推動產生之效益。

表一 公共給水有關自來水系統減漏政策之參考指標

標的	績效四 E 指標對應	本研究採用之指標		
公共給水	經濟(Economy)	資本形成	一	淨水場累計設計出水量 (立方公尺)
	效率(Efficiency)	維護管理	二	自來水管線汰換長度 (公里)
	效能(Effectiveness)	施政成效	三	自來水漏水率 (%)
	公平(Equity)		四	自來水供水普及率 (%)



圖三 四 E 指標與投入產出與結果之間的關係

資料來源：公共政策 政策執行與評估(387 頁)，丘昌泰、李允傑，2009，臺北：元照。

考量本研究案例-「自來水系統減漏成果案例分析」對照其施政績效，可從圖一之四 E 指標與投入產出與結果之間的關係來對應說明本研究採用之指標所呈現之投資效益，如「經濟」指標與「投入」具有密切的關係，其正可對應於本研究「資本形成」所參採之指標(如淨水場累計設計出水量)，透過多年的投入淨水場之興建與擴建，才得以有今日穩定之出水量，供應國家社會發展之需求；「效率」指標與「服務提供過程和產出」都有密切的關係，本研究「維護管理」所參採之指標(如自來水管線汰換長度或汰換率)，自來水系統減漏系統服務之重要過程為管線之汰換行為，透過維護管理汰換管線長度達一定之比例將可達到良好的減漏效果，提供穩定供水之服務；「效能」指標與政策「結果」和政策本身的「架構」藍圖具有密切的關係，本研究「施政成效」所參採之指標(如自來水漏水率及自來水供水普及率)，正可對應施政目標結果之呈現及反應政策藍圖之發展參考，如不同階段之施政目標訂定或修正等；「公平」指標與「結果和產出」都有密切的關係，如自來水供水普及率之參採指標不僅反應施政之目標結果，並能對應所有國民所能獲得自來水服務產出之程度，故本研究採用之指標可對照於政策評估

之績效指標來論述運用，亦同時考量可進一步建立作為「政策指標」，有助於客觀評估施政績效，並進而提升政策品質。此所謂「政策指標」，根據麥克瑞的定義，政策指標係指可將公共統計數值用於公共政策議題的衡量工具(MacRae,1985:31)；它主要的目的在於利用公共部門的統計來協助政策利害關人制訂妥適的政策。依據李允傑與丘昌泰(2009)指出政策指標與社會指標最重要的區別在於：社會指標大多是具有經濟意義的統計數值，如國民平均所得、失業率、醫療普及率等；而政策指標則包含三種類型的價值(end values)—即可包括純經濟效益(net economic benefit)、主觀性福祉(subjective well-being)、以及公平性(equity)。

茲分別說明本案例研析所參採之指標呈現狀況如后:

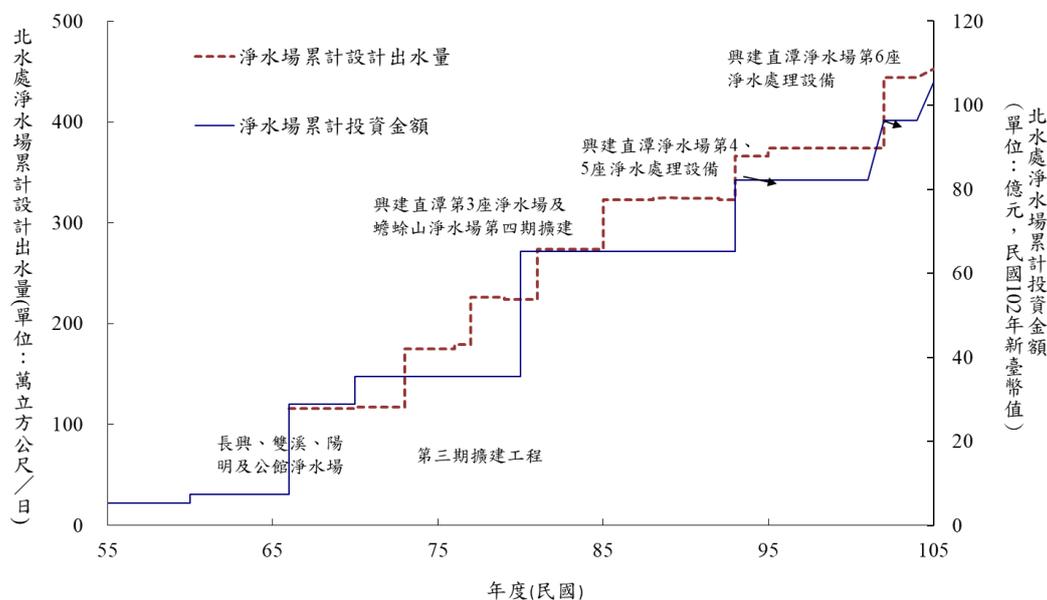
#### 一、淨水場累計設計出水能力（立方公尺）

定義	淨水設備完工當年設計出水量之加總
說明	1.淨水場設計出水量：指淨水設備設計出水能力，或因改善或損壞而增減之實際淨水能力 2.台灣自來水公司自民國 93 年起將「設計出水量」定義為「出水能力」
資料來源	臺北自來水事業處，2017a，臺北自來水事業統計年報。 台灣自來水公司，2017a，台灣自來水統計年報。

自來水係由「原水」經淨水場各種處理程序後，可供人所使用，故自來水事業單位為確保及提升供水系統穩定與應變能力，降低供水風險，即逐年擴建或興建淨水場以提高出水能力，而臺北自來水事業處至今已投入淨水場之興建與擴建經費達新台幣 105.51 億元，以滿足用水需求。

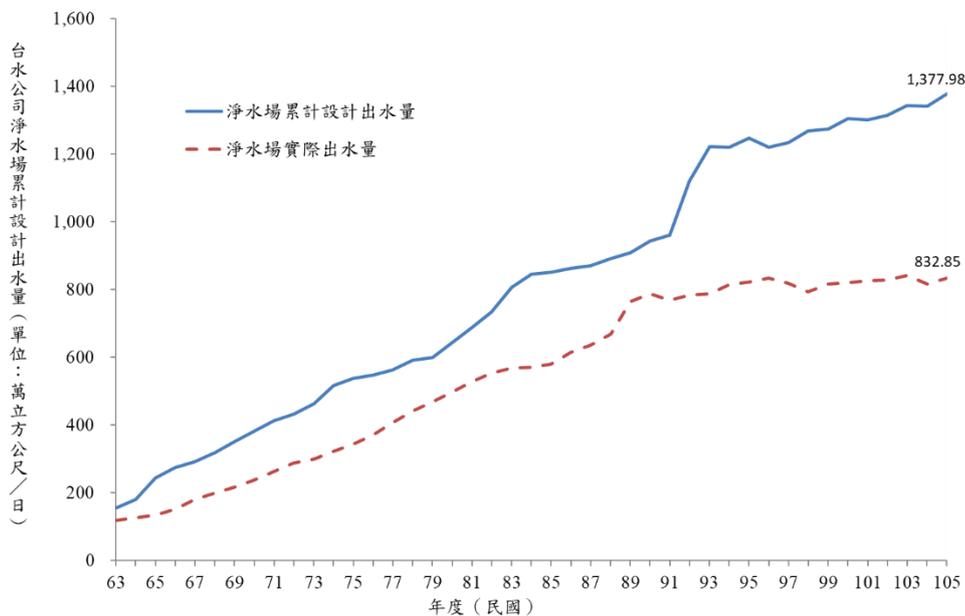
臺北水處於民國 105 年底淨水場累計設計出水能力達 453.7 萬立方公尺/天，相較民國 66 年底 116 萬立方公尺/天，增加約 338 萬立方公尺/天，成長達 3.9 倍，如圖四，而其設備利用率(日平均出水量/設計出水量)近 10 年來從民國 96 年之 68.4%逐年下降至民國 105 年僅 46.97%，備載空間已提高至 50%以上；而台灣自來水公司於民國 105 年底淨水場出水能力達 1,378 萬立方公尺/天，相較民國 63 年底 155 萬立方公尺/天，增加 1,223 萬立方公尺/天，成長達 8.89 倍，如圖五，另從台水公司歷年淨水場累計設計出水量及實際出水量(即日平均出水量)之趨勢比較顯示其落差已逐年擴大，若亦換算為設備利用率(日平均出水量/設計出水量)，

從民國 96 年之 68.23% 逐年下降至民國 105 年為 60.44%，此可顯示淨水場出水能力之備載空間亦相對提高。



圖四 臺北自來水事業處淨水場累計出水能力

資料來源：臺北自來水事業處，2017a。



圖五 台灣自來水公司淨水場累計出水能力及實際出水量

資料來源：台灣自來水公司，2017a。

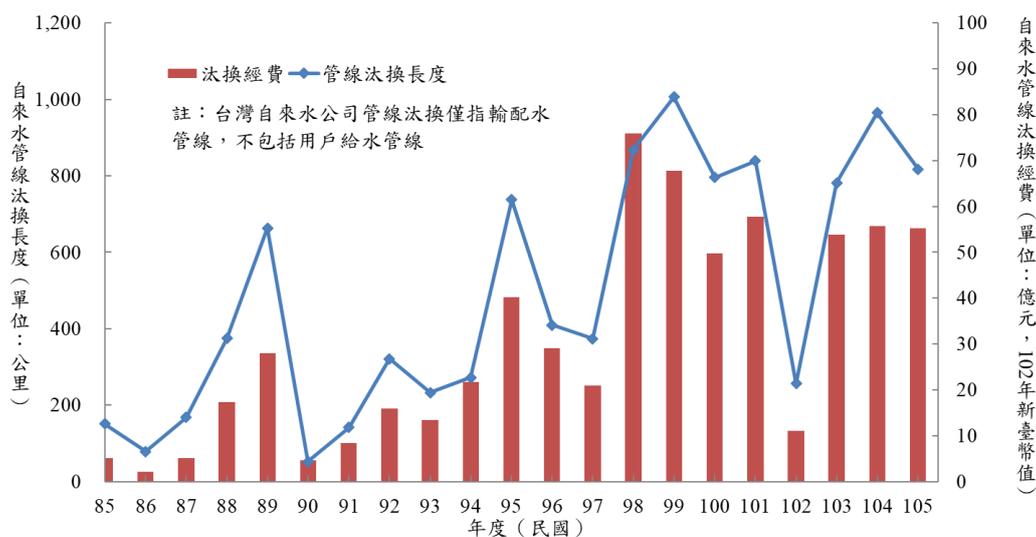
## 二、自來水管線汰換長度（公里）

定義	當年輸配管線汰換長度
說明	1.台灣自來水公司在自來水管線汰換統計資料中，僅計算輸配水管之汰換長度，未納入用戶給水管線之汰換長度；臺北自來水事業處，則有納入用戶給水管線之汰換長度。 2.用戶給水管線非屬自來水事業單位權責，係屬用戶財產，需由用戶自行管理維護。 3.一般發生於用戶給水管之漏水案件，雖個別案件中漏水量較少，但發生之案件數量多；而發生於輸配水管之漏水案件則漏水量大，但發生案件數量較少。
資料來源	台灣自來水公司，2017a，台灣自來水統計年報。 台灣自來水公司民國 85-105 年經費與汰換長度：台灣自來水公司函覆提供。 臺北自來水事業處民國 85-105 年度汰換經費與長度：臺北自來水事業處函覆提供。
公式	$\text{自來水管線汰換率}(\%) = (\text{當年管線汰換長度} / \text{當年管線總長度}) \times 100\%$

臺灣自來水事業單位透過取水、導水、淨水、配水等四個程序，將自來水配送至各用戶。「自來水管線汰換長度」係指自來水以管線配送至各家戶過程，因管線老舊、受損導致管線漏水，故需進行自來水管線汰換之行為。依北水處營業章程第十四條：「用戶用水設備發生漏水時，其外線部分由本處負擔費用代為修理，其內線部分由用戶自行雇用合格自來水管承裝商辦理」；台水公司營業章程第十六條：「用戶用水設備發生漏水時，其外線部分由本公司負擔費用代為修理，惟於施工必要範圍內，必須挖掘用戶地面或拆損其構造物時，除漏水係可歸責於本公司之事由外，僅由本公司回復至原有使用功能。內線部分漏水，由用戶自行雇用合格自來水管承裝商辦理。」故用戶給水管線非屬自來水事業單位權責，係屬用戶財產，需由用戶自行管理維護。

為持續降低漏水率，台灣自來水公司自 93 年起陸續推動「降低漏水率計畫」（93-97 年）及「加速辦理降低自來水漏水率及穩定供水計畫」（98-101 年）等計畫，另於 102 年 11 月 4 日奉行政院核定辦理「降低漏水率計畫（102 至 111 年）」。「降低漏水率計畫（102 至 111 年）」預計於 10 年內由水公司自籌 795.96 億元辦理，其中 645 億元為「固定資產投資專案計畫」，辦理汰換舊漏管線 6,000 公里及建置 3,428 個分區計量管網；其餘 150.96 億元，由水公司相關費用科目預算支應，辦理地理資訊系統建置、檢漏作業、修漏作業及擴大民間參與技術服務等工

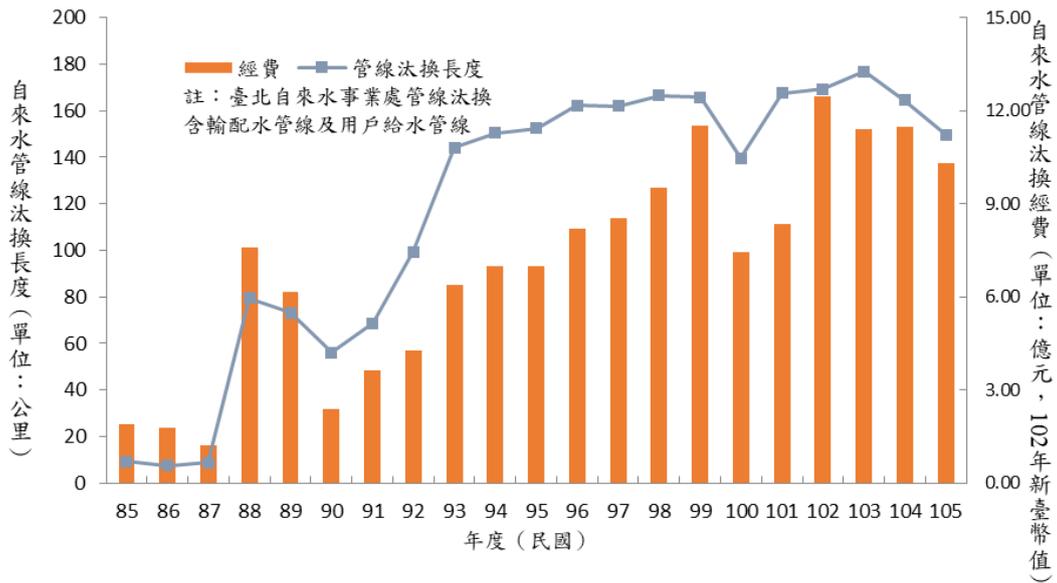
作。根據台灣自來水公司自來水管線汰換長度統計資料（僅指輸配水管線長度，並不包括用戶給水管線長度），自民國 85 年至 105 年止，自來水管線累計汰換長度達 10,310 公里，其累計管線汰換經費為 639.56 億元，如圖六所示，換算其每公里管線汰換約 620 萬元。為因應民國 98、99 年受全球金融風暴影響，國內經濟蕭條，配合政府實施振興經濟方案，於民國 98、99 年，中央分別補助台灣自來水公司 41 億及 45 億元，而 100 年度中央補助下降，補助經費減少為 13 億元，因而造成管線汰換長度較上年度減少。



圖六 台灣自來水公司歷年自來水管線（僅指輸配水管線，不包括用戶給水管線）汰換長度與經費

資料來源：台灣自來水公司，2017b。

臺北自來水事業處之自來水管線汰換長度，除輸配水管線長度，亦包括用戶給水管線長度。自民國 95 年起推動「供水管網改善及管理計畫」第 1 階段，後續亦因應「振興經濟新方案-擴大公共建設投資」所執行「加速辦理臺北地區漏水改善及穩定供水計畫」，故將第一階段計畫擴展至民國 101 年，合計經費 77.46 億元。101 年起接續推動「供水管網改善及管理計畫」第 2 階段。自民國 85 年至 105 年止，自來水管線累計汰換長度共達 2,473.2 公里，其累計管線汰換經費為 148.50 億元，如圖七，換算其每公里管線汰換約 600 萬元。其中因中央於民國 100 年起不補助「加速辦理臺北地區漏水改善及穩定供水計畫」，因此供水管網改善已回歸臺北自來水事業處 20 年汰換計畫，因此經費降低而有汰換長度較上一年度減少之情形。

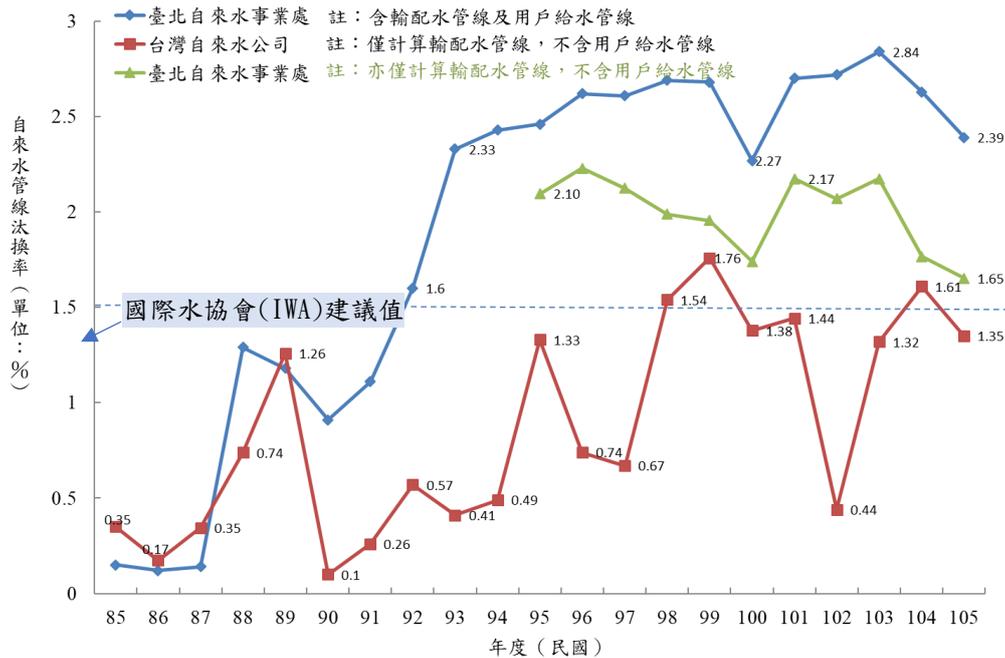


圖七 臺北自來水事業處歷年自來水管線（含輸配水管線及用戶給水管線）汰換長度與經費

資料來源：臺北自來水事業處，2017b。

此外，將自來水管線總長度與管線汰換長度計算處理得自來水管線汰換率。台灣自來水公司自來水管線汰率由民國 85 年 0.35%，至民國 105 年已提升為 1.35%，但 102 年度因經費僅 11.04 億元，汰換率降低至 0.44%；臺北自來水事業處自來水管線汰換率由民國 85 年 0.15%，至民國 105 年提升為 2.39%。依國際水協會 2007 年出版之自來水事業績效指標報告，國際間自來水事業每年之管線汰換率，50%在 0.25~1.3%，平均值 0.91%，並依其營運收入決定管線更新經費比例，台水公司近十年之平均每年汰換率為 1.16%，已符合國際一般水準；北水處因管轄區域相對較小，自民國 95 年至 105 年止，不管自來水管線是否含輸配水管線及用戶給水管線，其管線汰換率皆達國際水協會(IWA)所建議 1.5%之目標，如圖八。

然每年汰換率之變化，除受經費考量外，亦需考量汰換管材之成本及汰換地區施工便利性。為因應地震、車輛壓損、腐蝕等因素，近年已採用防蝕、耐震、耐衝擊較佳之球狀石墨延性鑄鐵管 (DIP)，作為輸配水管汰換之管材，而給水管線則以更換為不銹鋼管 (SSP) 為原則，其費用皆較傳統之塑膠管高，且管線汰換時，易受區位空間的限制，無法直接開挖更換，其等因素皆會影響工程進度與所需經費，故每年汰換投入經費與汰換管線長度亦無法呈正向關係。



圖八 臺灣地區自來水事業歷年管線汰換率

資料來源：臺北自來水事業處，2011；2017a；台灣自來水公司，2011；2017b。

註：臺北自來水事業處管線汰換率計算含輸配水管線及用戶給水管線，另一曲線自民國 95-105 年亦僅計算輸配水管線，不含用戶給水管線，台灣自來水公司管線汰換率僅計算輸配水管線，不含用戶給水管線。

### 三、自來水漏水率 (%)

定義	漏水量即無效水量（含不明水量）。但不包括可計費水量（售水量或抄見量）及未計費水量（如水表不感度、違章竊水、消防用水及工程事業用水等量）。
公式	台灣自來水公司：(配水量－售水(抄見)量－未計費有效水量) / 配水量 × 100% 其中未計費有效水量包括消防用水、事業用水量、水表不感量、違章竊水量，及其他等。其無費水率之計算 89-95 年等於(1-抄見率);96 年以後改採(1-售水率) 臺北自來水事業處：管線漏水量 / 配水量 × 100% 其中「管線漏水量」為「配水量-售水量-合法未計費水量-帳面損失水量-其他」。
備註	依台灣自來水公司水量產銷分析，配水量分為有效水量及無效水量。有效水量又分為計費水量與未計費水量；無效水量即為管線漏水量（含不明水量）。 依臺北自來水事業處水量產銷分析，係參照國際水協會水平衡式(如表 2)，將配水量分為合法水量與損失水量。合法水量再依計費與否，區分為售水量與未計費合法水量。損失水量區分為帳面損失（含非法用水、表差）與實際損失（含管線漏水、其他）。
資料來源	台灣自來水公司，2017a，台灣自來水統計年報。 臺北自來水事業處，2017a，臺北自來水事業統計年報。 台灣自來水公司民國 85-105 年自來水漏水率統計表為台灣自來水公司函覆提供。

本文所稱漏水量定義即係參照國際水協會(IWA)水平衡表(如表二)關係建構，國內兩大自來水事業單位其自來水漏水率公式定義均參自此表，僅有些微之差異，故依此相似計算基礎進行比較台灣自來水公司及臺北自來水事業處歷年漏水

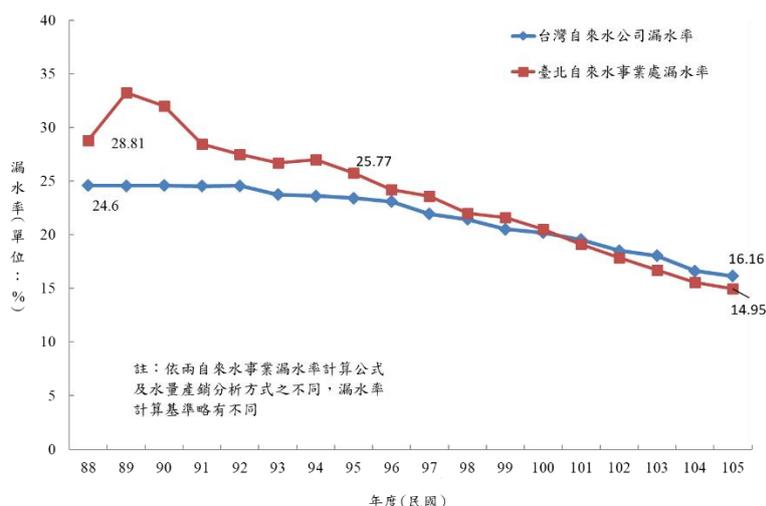
率如圖九所示。為能更有效降低自來水漏水率，台灣自來水公司自 93 年起陸續推動「降低漏水率計畫」(93-97 年)及「加速辦理降低自來水漏水率及穩定供水計畫」(98-101 年)等計畫，漏水率逐年降低，至 105 年底漏水率已下降為 16.16%。而臺北自來水事業處為加速整頓供水管網系統，亦自民國 95 年起推動「供水管網改善及管理計畫」之中、長程計畫，以 20 年為目標，預計投入 230 億元推動漏水防治，至民國 114 年(西元 2025 年)目標年將漏水率降低到 10%以下。期間亦結合「振興經濟新方案-擴大公共建設投資之加速辦理臺北地區漏水改善及穩定供水計畫」，至民國 105 年底漏水率已下降至 14.95%，相較民國 95 年的 25.77%，減少 10.82%。

表二 國際水協會(IWA)水平衡表

系統 進水量 (供水量)	合法 用水量	計費	計費裝表計量用水量	售水量	有計費 水量
		合法用水量	計費未裝表計量用水量		
		未計費	未計費未裝表計量用水量	有效 未計費 水量	未計費 水量 (NRW)
		合法用水量	未計費裝表計量用水量		
	帳面 損失水量	未計費非法使用量(竊水)			
		水表不準度及 數據資料處理誤差			
		實際 損失水量	送配水管之漏水量	漏水 量	
	用戶接管至水表間之漏水量				
	配水池之漏水及溢流				

註：漏水量 = 供水量 - 售水量 - 有效未計費水量 (台水公司所採用公式)

漏水率 = 100% - 售水率 - 有效未計費水率(其等於實際損失水量/供水量,與北水處雷同)



圖九 臺灣地區自來水事業歷年漏水率

資料來源：監察院，2011；江春盛，2012；臺北自來水事業處，2011；2017a；

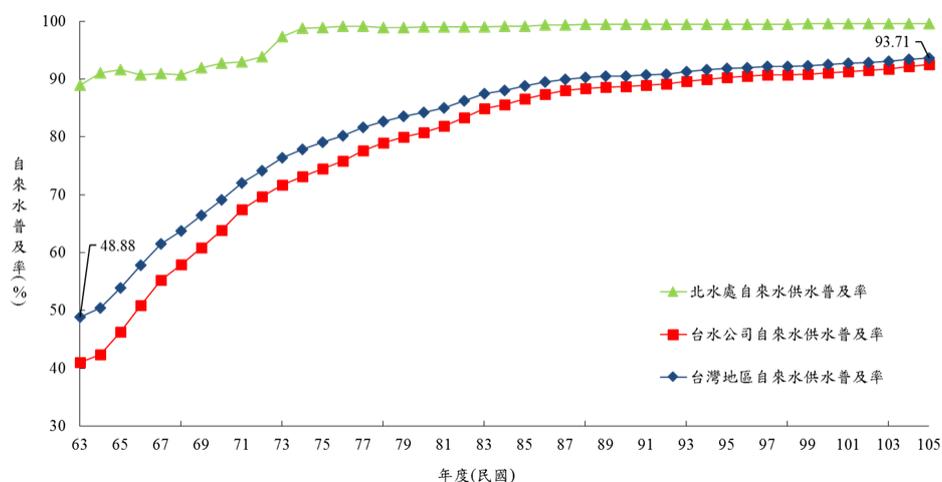
台灣自來水公司，2017b。

註：依兩自來水事業漏水率計算公式及水量產銷分析方式均依 IWA，漏水率計算基準亦雷同。

#### 四、自來水供水普及率（%）

定義	當年供水人口數占總人口數之百分比
公式	$(\text{當年供水人口數}/\text{當年戶籍登記人口數}) \times 100\%$
資料來源	台灣自來水公司，2016a，台灣自來水事業統計年報。 臺北自來水事業處，2016a，臺北自來水事業統計年報。 前瞻基礎建設計畫--水環境建設「無自來水地區供水改善計畫第三期」第一次修正(核定本)

臺灣早期因較缺乏公共給水建設，在民國 63 年自來水普及率較偏低，約 48.88%（本計畫所研析之自來水供水普及率尚不包含簡易的自來水供水）。近年來經濟發展迅速，國民生活水準隨之提高，自來水普及率升高，至民國 105 年自來水普及率已達 93.71%，其包括台灣自來水公司(92.5%)與臺北自來水事業處(99.62%)自來水供水普及率之綜合如圖十。而自來水管線尚無法到達的主要原因為地處偏遠地區，因用戶分散造成供水成本較高，且部分山區用戶因使用地下水源而無意申裝，造成偏遠地區自來水安裝率較低，水利署為解決尚未接用自來水地區的飲水問題，從 91 到 94 年辦理「偏遠地區供水改善計畫」，其投入經費為 9.53 億元；民國 95 年至 98 年續推動「無自來水地區供水改善計畫」，其投入經費為 12.29 億元；民國 98 年至 101 年配合行政院振興經濟擴大公共建設計畫推動「加強辦理無自來水地區供水改善計畫」，投入經費 22 億元；民國 101 年至 105 年續推動「無自來水地區供水改善計畫第二期(101-105)」，總經費為 39.89 億元。未來將配合前瞻基礎建設計畫之水環境建設接續辦理「無自來水地區供水改善計畫第三期(106-110 年)」，所需經費為 85.46 億元。



圖十 臺灣地區自來水事業歷年自來水供水普及率

資料來源：台灣自來水公司，2017a；臺北自來水事業處，2017a。

#### 肆、國內自來水事業發展現況

自來水係指水廠將取自湖泊、河流、水井或水庫等水源之淡水，經過混凝、沉澱、過濾、消毒等淨水工序，最後通過輸配水管道供給用戶的水。因此自來水事業單位為確保及提升供水系統穩定與應變能力，降低供水風險，除興建淨水場提高出水能力，增加自來水供水普及率以滿足用水需求外，亦須針對系統老舊管線進行汰換以降低漏失水量。

目前除臺北自來水事業處負責區域，以及金門縣、連江縣各自有自來水廠負責供水外，台灣地區大部分之自來水供應係由台灣自來水公司負責。由於全台尚有 50.5 萬戶未納入自來水系統，為解決無自來水地區供水問題，改善民眾飲水品質及配合政府照顧弱勢政策，水利署自民國 91 年起至 94 年止辦理「偏遠地區供水改善計畫」，針對自來水普及率低於台灣省平均普及率之偏遠鄉鎮市，辦理供水改善工程。95 年至 98 年再辦理「無自來水地區供水改善計畫」，以繼續解決民眾供水問題。其後亦持續推動「加強辦理無自來水地區供水改善計畫」、「無自來水地區供水改善計畫第二期(101~105 年)」及未來將配合行政院前瞻基礎建設計畫之水環境建設接續辦理「無自來水地區供水改善計畫第三期(106-110 年)」等計畫，以增加自來水供水受益戶，提升自來水普及率。依最新實施成果，自來水供水普及率已由民國 90 年之 90.53% 提昇至 105 年之 93.71%。

為減少自來水老舊管網漏水，降低漏水率，台水公司及北水處多年來已分別執行多項漏水改善計畫，內容著重於「管線資料數化及建檔」、「分區計量管網建置及營管」、「監控系統整合及建置」與「老舊管線汰換更新」等。但因缺乏綿密的管理水表建置，亦缺乏建置淨水場內管理用之水量計自動讀表系統，及大用水戶(含集合住宅總表)自動讀表系統，致尚無法進行管網動態水壓管理及淨水場智慧配水的功能，故未來亦將配合「行政院前瞻基礎建設計畫-水環境建設」中經濟部水利署所研提「推廣水資源智慧管理系統及節水技術計畫」之「自來水智慧型水網推廣計畫」，透過自來水管網內重要閥類線上監控、淨水場供水資料分析、水壓管理等技術即時察覺異常漏水，有效減少水資源浪費。隨著網路發展及科技進步，為運用物聯網連結水利科技，水利署導入智慧管理工具來應變未來環境變遷的影響，提出智慧水管理藍圖、智慧水管理整體執行策略、水資源智慧管理策略及水資源智慧管理相關計畫如圖十一至圖十四。讓自降雨、取水、供水到用水，

透過資通訊技術及水資源物聯網平台匯流整合各類水利數據，掌握水源來向與去向，應用大數據及雲端運算分析，發揮水資源供需調度最大效益。



圖十一 水利署智慧水管理藍圖

資料來源：推廣水資源智慧管理系統及節水技術計畫，經濟部，2017b。



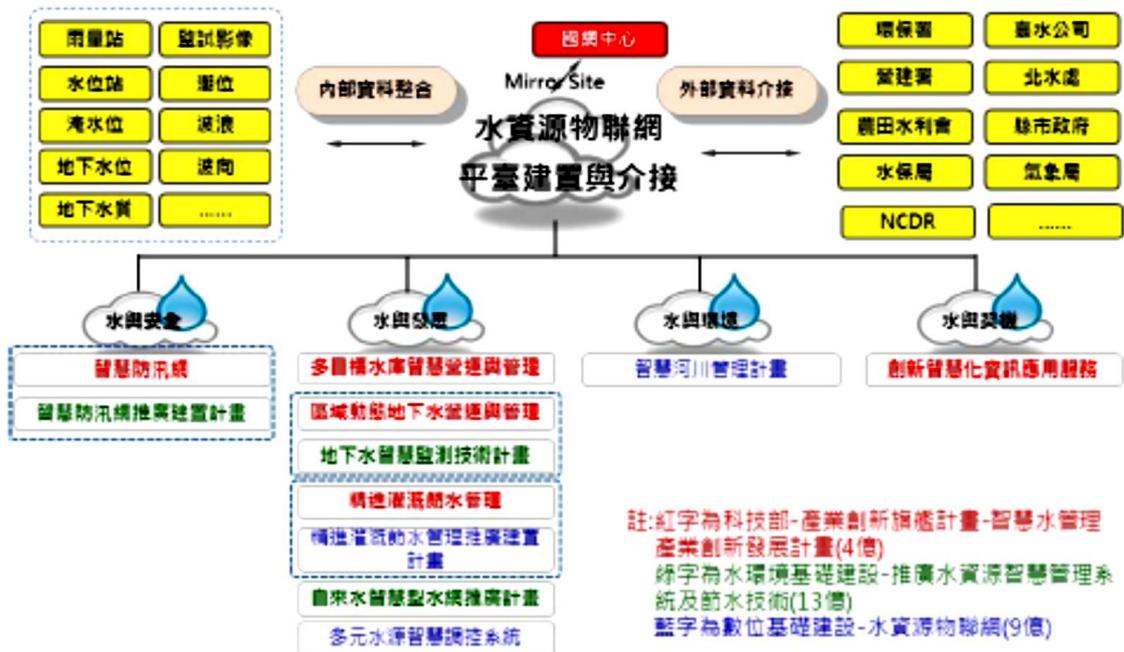
圖十二 智慧水管理整體執行策略

資料來源：推廣水資源智慧管理系統及節水技術計畫，經濟部，2017b。



圖十三 水資源智慧管理策略

資料來源：推廣水資源智慧管理系統及節水技術計畫，經濟部，2017b。



圖十四 水資源智慧管理相關計畫

資料來源：推廣水資源智慧管理系統及節水技術計畫，經濟部，2017b。

## 伍、自來水減漏進程策略推動目標

依據台灣自來水公司之實施目標，至 111 年全公司漏水率須降至 14.25%，並依據各區管理處供水轄區環境個別概況就 101 年漏水率為比較年採減漏進程策略依分區(12 個區處)、分階段(第一階段至 105 年全公司降至 17%以下，第二階段至目標年降至 15%以下)，故設定各分年目標如表三所示。而至 105 年為止之執行情形，目前全公司實際漏水率已降至 16.16%，已超越 105 及 106 年原設定執行目標。另臺北自來水事業處自民國 95 年推動「供水管網改善及管理計畫」之中、長程計畫，以 20 年為目標，預計於 114 年將漏水率降低到 10%以下，截至 105 年漏水率已降低至 14.95%。前述策略近程目標之推動需透過相關經費投入之搭配，台灣自來水公司則於 10 年內自籌 795.96 億元辦理「降低漏水率計畫(102 至 111 年)」，臺北自來水事業處亦於「供水管網改善及管理計畫」中預計投入 230 億元推動漏水防治，逐步分階段改善漏水情形，避免水資源之浪費，原期望至民國 120 年能達成全台自來水漏水率均降低至 12%之目標，復於 106 年底行政院因應五缺方案已督促台水公司及北水處積極辦理自來水減漏，二單位合計投入約 1,000 億元，預定至 109 年將我國自來水漏水率由現況約 16%降至 14%，後續再持續投入經費，目標係改於 120 年將我國自來水漏水率降至 10%以下。

表三 台灣自來水公司各區處降低漏水率計畫(102 至 111 年)分年目標

單位:%

區處	104 年 漏水率	103 年 漏水率	各區管理處降低漏水率計畫(102 至 111 年)之分年目標									
			102 年	103 年	104 年	105 年	106 年	107 年	108 年	109 年	110 年	111 年
一區	28.17	29.00	31.26	30.22	27.96	28.14	27.18	26.38	25.73	25.08	24.44	23.80
二區	16.79	17.62	18.30	17.69	17.07	16.47	15.90	15.43	15.05	14.67	14.29	13.91
三區	14.8	15.36	16.96	16.41	14.92	15.31	14.80	14.38	14.03	13.69	13.35	13.01
四區	21.6	23.38	24.51	23.47	22.34	21.39	20.43	19.63	18.98	18.33	17.69	17.05
五區	14.92	16.17	17.99	17.38	15.68	16.16	15.59	15.12	14.74	14.36	13.98	13.60
六區	9.19	10.70	9.87	9.70	10.48	9.36	9.20	9.07	8.96	8.85	8.74	8.64
七區	12.41	14.70	14.83	14.22	13.91	13.00	12.43	11.96	11.58	11.20	10.82	10.44
八區	17.82	18.59	19.09	18.48	17.92	17.26	16.69	16.22	15.84	15.46	15.08	14.70
九區	22.48	23.80	25.20	24.28	22.88	22.44	21.59	20.88	20.31	19.74	19.18	18.62
十區	24.16	26.63	27.79	26.93	25.68	25.21	24.42	23.76	23.23	22.70	22.17	21.65
十一區	16.26	16.82	18.26	17.65	16.3	16.43	15.86	15.39	15.01	14.63	14.25	13.87
十二區	10.74	11.91	12.49	12.06	11.63	11.20	10.80	10.47	10.21	9.95	9.69	9.42
全公司	16.63	18.04	18.90	18.25	17.39	16.95	16.35	15.85	15.45	15.05	14.65	14.25

資料來源：「降低漏水率計畫(102 至 111 年)」(核定本)，經濟部，2013。

## 陸、自來水減漏投入經費及其效益

本研究依蒐納自來水供水管網及漏水改善經費，統計 98-105 年台灣自來水公司及臺北自來水事業處辦理降低漏水率及供水管網改善等專案計畫投入經費約 541 億元及 102.5 億元（表四、表五），在投入經費改善後，漏水率分別降低 5.79% 及 8.66%<sup>3</sup>。以 98-105 年期間總合配水量估計，則總節水量各約為 14.45 億及 5.84 億立方公尺。即換算每減少 1 立方公尺漏水量所需成本各約為 37.44 元及 17.55 元，台水公司約為北水處之 2 倍，此可反應出都會人口密集區與鄉村型態人口密度較低區域所需投入資源之差異，於下節將進一步透過不同案例區特性來比較說明。

依據「降低漏水率計畫（102 至 111 年）」其計畫效益預估可降低 5.30% 漏水率，即每天約減少 45.74 萬立方公尺漏水量（約達半座石門水庫每日供水量），相當於 152 萬人用水。並評估 10 年內可減少漏水 10.01 億立方公尺（約達 5 座石門水庫有效容量），平均每年節水量約可達一億噸，且未來減少漏水之效益仍可持續。若以節省水源開發及處理成本（雙溪水庫每立方公尺約 14.1 元；供水成本 11.14 元）概略計，相當於每年節省 25.24 億元，但此評估必須考量實際分散於各區處之減漏節水量是否能滿足當地用水供需之缺口，必需再進一步探討了解，如以台水一區處為例其達目標年約降 8.5% 漏水率，以民國 110 年每日 44.1 萬噸供水能力來計算概估每日節水約 3.7 萬噸，仍難以平衡原每日由臺北新店溪水源供應 10 萬噸支援水量之區域供水需求。若再依其計畫內部財務分析，投資報酬率低於資金成本率、淨現值為負值，投資效益不高，但就外部效益而言，除可減少水資源開發成本，及提升政府不缺水之施政目標外，尚包含創造就業機會（約 12 萬人次之工作提供）及減少破管挖路造成之社會成本等社會經濟效益。若以我國 105 年總體經濟目標設定之三大項目考量「一、經濟成長率 2.1%~2.7%。二、消費者物價上漲率維持在 2.0% 以下。三、失業率 3.7%~3.9%。」，試略概述如后：依此計畫效益及成本分析計算，考量減少漏水損失、減少破管維修費以及減少淨水場及下游管線投資等內部效益，再併同減少水源開發費用其 105 年效益合計約計算為 37.8 億元，估算其佔 105 年國內生產毛額 GDP(171,186.94 億元)約 0.0221%，相較

<sup>3</sup> 此數據為台水公司 97 年漏水率 21.95% 減 105 年 16.16% 及北水處 97 年 23.61% 減 105 年 14.95% 求得。

比例些微，但其可發揮輔助穩定供水，提升政府不缺水施政目標，隱含對產業生產經濟成長及社會民生物價穩定之背後基礎貢獻難以計量；另以此計畫評估 10 年創造就業機會約 12 萬人次，平均每年可提供 1.2 萬就業人次，僅就行政院主計處公布 105 年失業率 3.92%，失業人數平均為 46 萬人估計，則約略可增長 0.1% 之國內就業貢獻。

表四 台灣自來水公司供水管網及漏水改善投入經費及效益

年度	配水量 (億立方公尺)	漏水量 (億立方公尺)	漏水率 (%)	改善經費 (億元-100 年幣 值)	汰換管線長度 (公里)
98	30.32	6.50	21.45	86.7	868.0
99	30.95	6.35	20.51	94.1	1006.0
100	31.11	6.28	20.19	60.7	796.0
101	31.15	6.09	19.55	62.5	839.0
102	31.29	5.80	18.53	17.7	257.0
103	31.97	5.77	18.04	67.7	782.0
104	31.19	5.19	16.63	74.8	965.0
105	31.57	5.1	16.16	76.8	817.0
合計	249.56	47.08	-	541.0	6,330.0

資料來源：台灣自來水事業統計年報、台灣自來水股份有限公司審定決算書。

表五 臺北自來水事業處供水管網及漏水改善投入經費及效益

年度	配水量 (億立方公尺)	漏水量 (億立方公尺)	漏水率 (%)	改善經費 (億元-100 年幣 值)	汰換管線長度 (公里)
98	9.20	2.03	22.03	15.9	166.5
99	8.83	1.91	21.60	11.8	165.7
100	8.72	1.79	20.51	10.1	139.7
101	8.23	1.57	19.10	10.0	167.5
102	8.23	1.47	17.88	14.7	169.2
103	8.22	1.37	16.71	14.5	176.8
104	8.21	1.28	15.58	11.5	164.6
105	7.80	1.17	14.95	14.0	149.6
合計	67.44	12.59	-	102.5	1,299.6

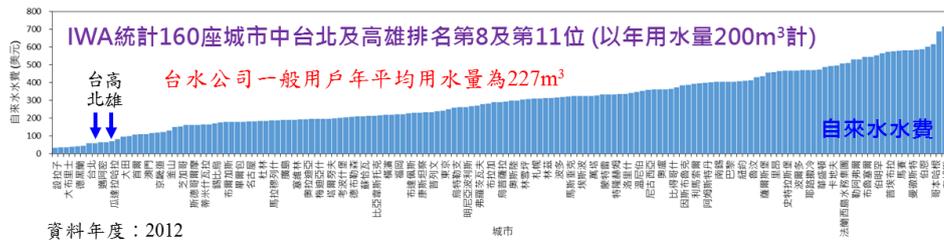
資料來源：臺北自來水事業統計年報、水資源投資分析資料管理系統。

## 柒、自來水事業國際評比

### 一、自來水普及率

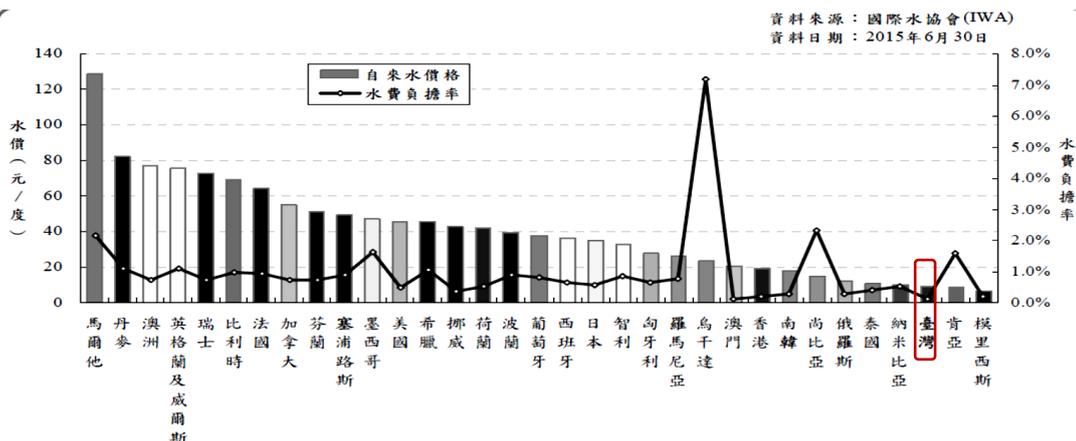
依據國際水協會(International Water Association, IWA)於西元 2012 年之統計，台灣地區(應是採用台灣自來水公司資料)自來水供水普及率僅有 20 個國家供水



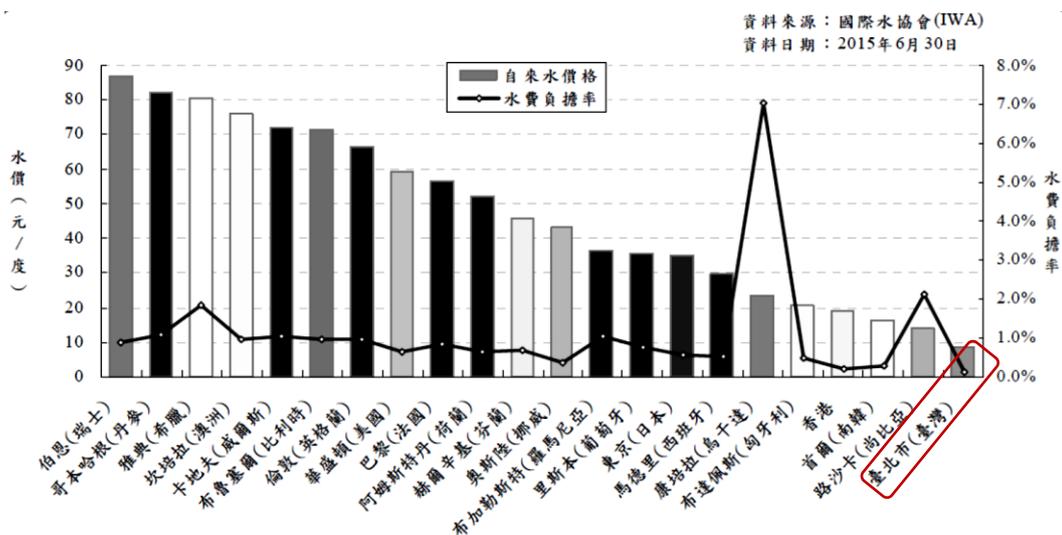


圖十七 自來水水價國際評比結果(國際水協會)

若考量產水成本、各城市購買力、年均收入或佔家庭支出比例等因素，則建議採用每年 200 立方公尺用水量之水費負擔率(家戶用水 200 度之全年自來水費用/人均 GDP)為評比基準。依據周國鼎(2017)發表「2016 國際水價現況解析」之數據，在 33 個國家(或地區)中(如圖十八)，臺灣平均單位水價排名第 31 名(倒數第 3 名)，在亞洲最低，平均每度水價為 9.23 元，僅占各國平均值 40.65 元之 23%。若以國家首府排名則臺北市水費負擔率比值為 0.11%(如圖十九)為全球參與比較的 156 個城市中最後 1 名。



圖十八 各國家戶自來水平均水價及水費負擔率(國際水協會)

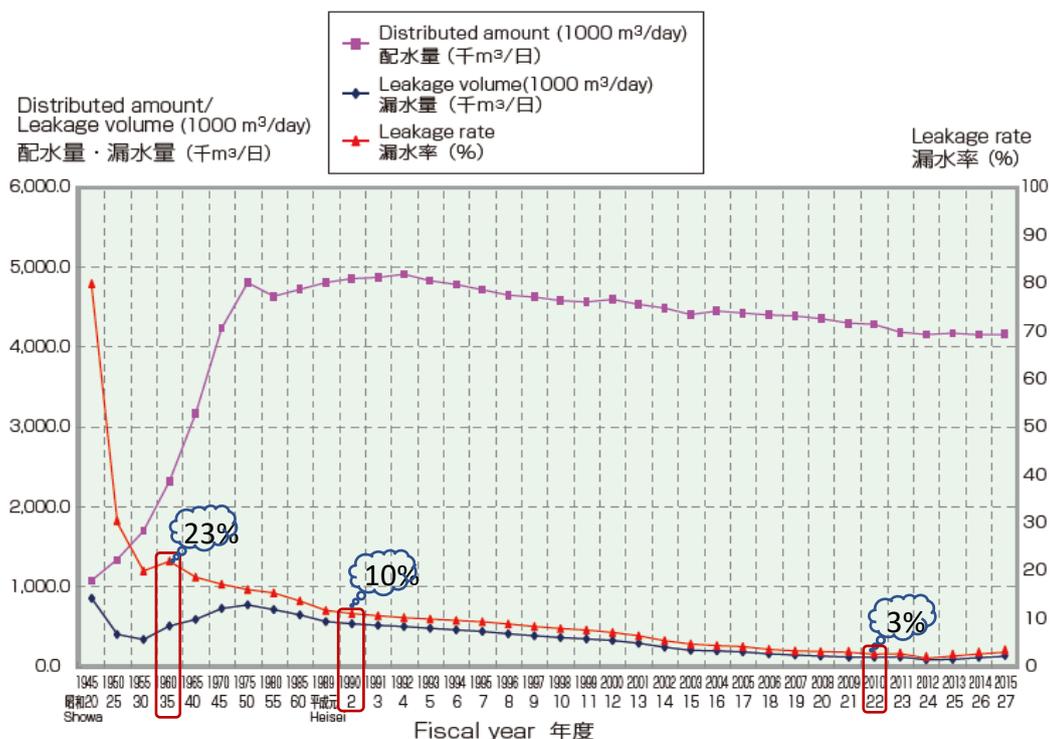


圖十九 各國首府家戶自來水平均水價及水費負擔率(國際水協會)

## 柒、與日本東京都之比較

台灣地區之自來水普及率已超過 90%，相關建設投資轉向降低漏水率為主，以提升水資源利用效率，若達成 120 年之政策目標 12% 之漏水率，台灣地區之減漏成果已接近美、日、歐等先進城市，未來是否有進一步降低漏水率之政策推動，如后探討：

以鄰近國家，考量國家地理環境(同為島國及處環太平洋地震帶)、城市特性(國家首都、人口最多及自來水系統建置之歷史背景等)，本案例擇選以日本東京都做為標竿對象及探討與台灣不同區域都會區之比較，檢視其漏水改善歷程並非短期可達成現況成果，以日本東京都漏水率下降趨勢來看，1960 年的漏水率為 23%，經過了漫長的 30 年，到了 1990 才降到 10%，而由 10% 降到 2010 年的 3% 更是經過了 20 年(如圖二十)。本文比較大台北地區(臺北自來水事業處與台灣自來水公司第十二區管理處轄區)、大高屏地區(台灣自來水公司第七區管理處轄區)以及大台中地區(台灣自來水公司第四區管理處轄區)之漏水改善相關成果評估，並輔以香港、新加坡及丹麥等相關城市概況作法綜合研析，據以進一步提出政策效益評估說明。



圖二十 日本東京都漏水率歷年下降之趨勢

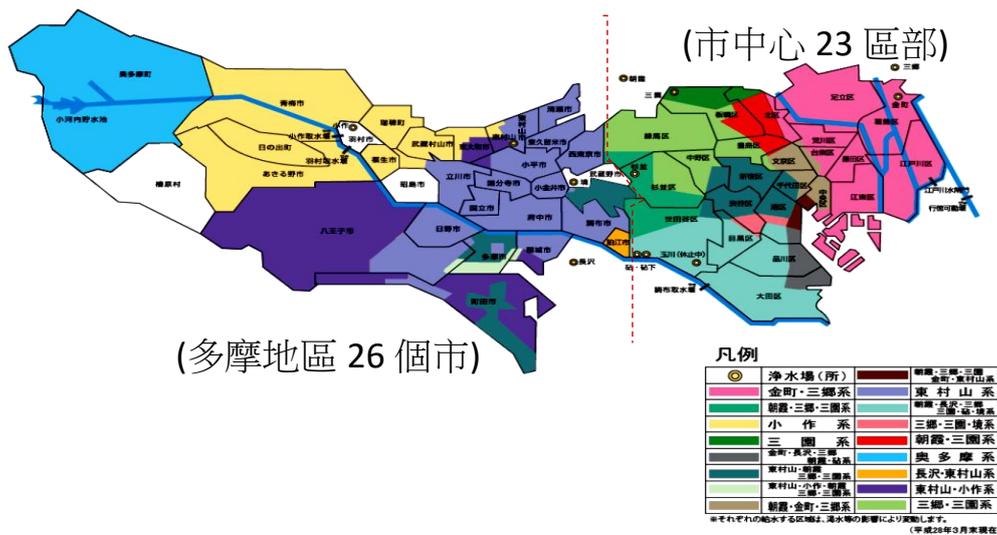
資料來源：東京都水道局，2016a。

一、基本資料概況及公平指標比較(如表六)

表六 日本東京都及我國案例都會區基本資料及公平指標概況

		2015年基本資料				公平指標(施政成效)	
		供水區面積 (平方公里)	供水人口 (萬人)	行政區人口 (萬人)	人口密度 (人/平方公里)	供水普及率 (%)	水費負擔率 (%)
日本東 京都	都內23區部(東京都水道局)	626.7	927.3	927.3	14,797	100	5.6
	多摩地區26市(東京都水道局)	612	390	390	6,373	100	
	合計	1,238.65	1,317.28	1,317.29	10,635	100	
大台北 地區	臺北市(臺北水處) 2015年	434	394	395	9,111	99.6	0.11
	新北市及其他(台水第12區處)	427	207.8	209.8	4,913	99.08	
	合計	861	602	605.4	7,031	99.44	
大台中 地區	台中市(台水第4區處)	2215	264.6	276.7	1249	95.63	
	南投縣(台水第4區處)	4106	41.9	50.5	123	79.38	
	合計	6321	307	327.2	518	93.66	
大高屏 地區	高雄市(台水第7區處)	2952	274	278	942	95.81	0.13
	屏東縣(台水第7區處)	2776	41	84	301	49.39	
	合計	5727	317	362	631	87.69	
全台灣 地區	2015年	35349	1788	1939	549	92.18	0.12
	台灣自來水公司轄區 2016年	35349	1799	1944	550	92.5	

從表六我們可了解，日本東京都供水區域(如圖二十一)包括核心區(都內 23 區部)及鄰近周邊城鎮區(多摩地區 26 市)均由單一自來水單位(東京都水道局)來負責 1,317 萬人口之供水服務，其供水普及率均已達 100%，已符合公平績效指標之最高目標，但其水費負擔率高達 5.6%為臺北市(0.11%)之 50 倍以上，約為全台灣地區(0.12%)之 47 倍。反觀台灣三大都會區域亦有其供水環境相似之處，如大台北地區亦包括核心區(台北市)及鄰近市區(新北市部分區)供水人口約 602 萬、大台中地區核心區(台中市)及鄰近城鎮區(南投縣)供水人口約 307 萬、大高屏地區核心區(高雄市)及鄰近城鎮區(屏東縣)供水人口約 317 萬，除大台北地區分由兩個自來水單位(臺北水處及台水公司第 12 區管理處)服務供水外，大台中地區(台水公司第 4 區管理處)及大高屏地區(台水公司第 7 區管理處)均由單一水公司來提供自來水事業服務。由自來水供水普及率之公平績效指標來看，大台北地區(平均約 99.44%)已接近日本東京都 100%之服務標竿，而比較大台中地區(平均約 93.66%)及大高屏地區(平均約 87.69%)則呈現北、中、南區域之供水績效指標之落差，若再細觀其鄰近區域則反應更大之落差變化情形，大台中地區之南投縣其供水普及率僅 79.38%，而大高屏地區之屏東縣更只有 49.39%還不及日本東京都供水普及率之一半，為全國之末。



圖二十一 日本東京都供水全區域地圖

資料來源：東京都水道局，2016b。

二、經濟指標(資本形成)(如表七)與效率指標(維護管理)(如表八)

本研析將前述績效指標類型之經濟指標對照於資本形成之「淨水場累計設計出水量」及與其相關自來水系統供(配)水量以「年供水量」及將其以供水人口再換算為「人日均供水量」數據做為參考比較，而效率指標則對照於維護管理之「自來水管線汰換長度」及與其相關之「輸配水管總長度」、「自來水管線汰換率」等數據做為參考比較。從表七我們可進一步了解我國案例都會區與日本東京都之自來水供水相關經濟指標(資本形成)與效率指標(維護管理)之比較，並試探討其隱含之效益關係。

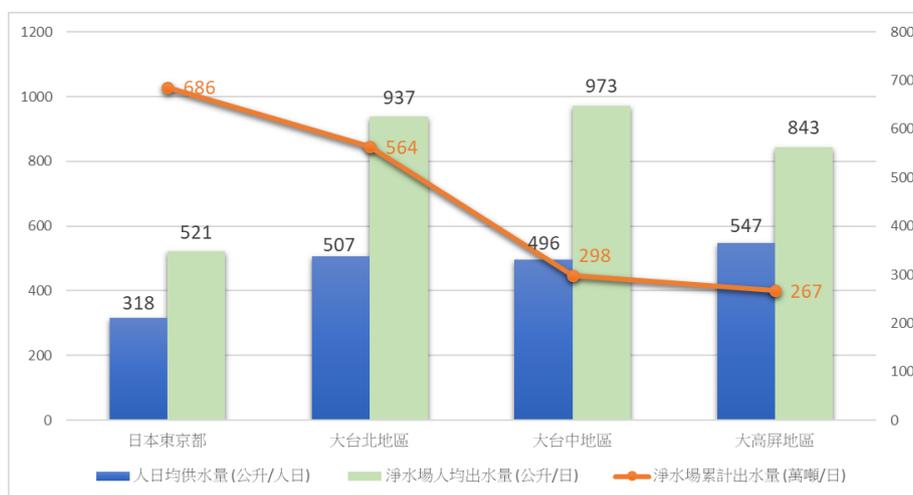
表七 日本東京都及我國案例都會區自來水供水之經濟指標比較

		經濟指標(資本形成)				
		年供水量	人日均供水量	人均供水量	淨水場累計出水量	淨水場人均出水量
		(萬噸)	(公升/人日)	(噸/人年)	(萬噸/日)	(公升/日)
日本東京都	都內23區部(東京都水道局)	110,862	327.9	119.7		
	多摩地區26市(東京都水道局)	41,793	293.7	107.2		
	(2015年)合計	153,030	318.3	116.17	685.95	521
大台北地區	臺北市(臺北水處) 2015年	82,143	571.3	209	444	1,127
	新北市及其他(台北第12區處)	29,202	385.0	140.53	120.22	579
	合計	111,345	506.7	184.96	564.22	937
大台中地區	台中市(台北第4區處)	49265	510.1	186		
	南投縣(台北第4區處)	6242	408.1	149		
	合計	55507	496.2	181.1	298.08	973
大高屏地區	高雄市(台北第7區處)	56152	561.3	204.9		
	屏東縣(台北第7區處)	7114	472.2	172.3		
	合計	63266	546.7	199.6	267.295	843
全台灣地區	台灣自來水公司轄區 2015年	311891	478.0	174.5	1341.47	750
	(不包括北水處轄區) 2016年	315749	480.9	175.5	1377.98	766

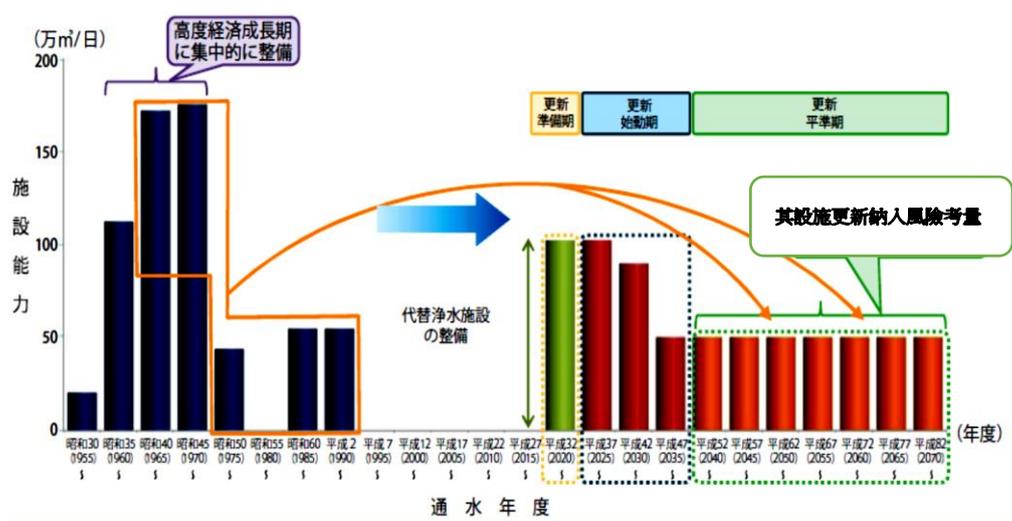
在經濟指標方面，日本東京都年供水量約 15 億 3,030 萬噸，人日均供水量約 317.5 公升，其淨水場累計出水能力達 685.95(萬噸/日)，概估其設備利用率約 61%；相較於本研析之三大都會區，大台北地區其年供水量約 11 億 1,345 萬噸，人日均供水量約 506.7 公升，淨水場累計出水能力達 564.22(萬噸/日)，概估其設備利用率約 54%；大台中地區其年供水量約 5 億 5,507 萬噸，人日均供水量約 496.2 公升，淨水場累計出水能力達 298.08(萬噸/日)，概估其設備利用率約 51%；大高屏地區其年供水量約 6 億 3,266 萬噸，人日均供水量約 546.7 公升，淨水場累計出水能力達 267.30(萬噸/日)，概估其設備利用率約 65%，顯示出水備載空間均達 30%以上。若以人日均供水量比較，則供水人口達 1,317 萬之日本東京都人日均供水量約 318 公升均低於本研析之三大都會區，台灣地區呈現北部(507 公升)、中部(496 公升)低於南部(547 公升)供水之現象，若進一步觀察其核心及鄰近區域，則北部核心區(臺北市 571 公升)高於中部(台中市 510 公升)及南部(高雄市 561 公升)，均大幅高於日本東京都核心區(約 318 公升)。而以「淨水場累計設計出水量」比較，則東京都之 686(萬噸/日)均高於我國三大都會區，大台北地區之淨水場累計設計出水量 564.2(萬噸/日)次之，其供水人口 602 萬人，可將其換算為淨水場人均出水量約 937(公升/日)；再次之為大台中地區淨水場累計設計出水量 298(萬噸/日)，供水人口 307 萬，換算淨水場人均出水量約 973(公升/日)；最末為大高屏地區淨水場累計設計出水量 206.4(萬噸/日)，供水人口 317 萬，換算淨水場人均出水量約 843(公升/日)。若以淨水場人均出水量比較則我國三大都會區均高於東京都之 521(公升/日)，且大台中地區高於大台北及大高屏地區(如圖二十二)。

從上述之比較結果，以資本形成所投入累積之相關建設成果顯示我國之人均年供水量及淨水場人均出水量均高於日本東京都，歷年來投資供水及淨水設施讓民眾享有較多分配量之產出效益。但以日本東京都近十年來其設施能力均能維持於 686(萬噸/日)之淨水場累計設計出水量，且年供(配)水量可從 2006 年約 16 億 641 萬噸到 2015 年之 15 億 3,030 萬噸，而其供水人口數從 2006 年約 1,235 萬人至 2015 年成長為約 1,317 萬人，且供水普及率均達 100%，再對照於前述圖二十顯示其漏水率近十年來已降至約 4%以下，其有效配水量

均可達 96%以上，此意味著日本於人口密集之都會區，其於自來水供水及淨水等相關基礎設施已達成熟，原著重於資本形成之投入已漸趨轉向淨水場設施更新(如圖二十三)等自來水設備之生命週期維護管理面向(其他如自來水管線汰換及供水管網之管理等效率類型之績效施政目標)。



圖二十二 人日均供水量、淨水場累計出水量及人均出水量比較



圖二十三 日本自 2018 年起將開始淨水場設施全面更新及改善

資料來源：東京都水道局，2016b。

在效率指標方面(如表八)，2015 年日本東京都輸配水管總長度約 26,915 公里(其包含用戶給水管)，換算人均輸配水管長度為 2.04(公尺/人)，而自來水管線汰換率自 2010 年之 1.18%逐年成長至 2015 年之 2.01%，其自來水管線汰換長度約為 556 公里；再比較本研析案例 2015 年大台北地區輸配水管總長度

為 5,666 公里，換算人均輸配水管長度為 0.94(公尺/人)，自來水管線汰換長度(不含用戶給水管)約為 97 公里，自來水管線汰換率約 1.72%；大台中地區輸配水管總長度為 8,577 公里，換算人均輸配水管長度為 2.80(公尺/人)，自來水管線汰換長度(不含用戶給水管)約為 80 公里，自來水管線汰換率約 0.93%；大高屏地區輸配水管總長度為 10,534 公里，換算人均輸配水管長度為 3.32(公尺/人)，自來水管線汰換長度(不含用戶給水管)約為 84 公里，自來水管線汰換率約 0.08%；2015 年全台灣地區(台水公司轄區)輸配水管總長度為 59,972 公里，換算人均輸配水管長度為 3.35(公尺/人)，自來水管線汰換長度(不含用戶給水管)約為 965 公里，自來水管線汰換率約 1.61%；而 2016 年全台灣地區(台水公司轄區)輸配水管總長度為 60,539 公里，自來水管線汰換長度(不含用戶給水管)約為 817 公里，自來水管線汰換率約 1.35%。

另可再進一步觀察臺北水處轄區其 2015 年輸配水管總長度為 3,954 公里，換算人均輸配水管長度約為 1.00(公尺/人)，自來水管線汰換長度(不含用戶給水管)約為 70 公里，自來水管線汰換率約 1.77%，若包含用戶給水管則其自來水管總長度為 6,259 公里，換算人均輸配水管長度約為 1.59(公尺/人)，自來水管線汰換長度約為 164.6 公里，自來水管線汰換率約 2.63%。

表八 日本東京都及我國案例都會區自來水供水之效率指標比較

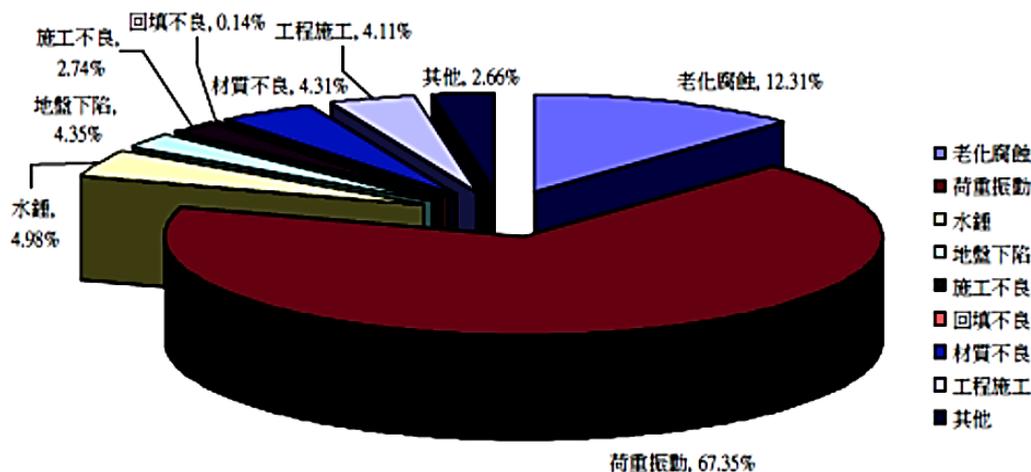
		效率指標(維護管理)				
		輸配水管總長度	人均輸配水管長度	單位管長服務人口	自來水管線汰換長度	自來水管線汰換率
		(KM)	(公尺/人)	(人/公里)	(KM)	(%)
日本東京都	都內23區部(東京都水道局)				JWRC(2009)75%	1.16
	多摩地區26市(東京都水道局)				JWRC(2009)95%	2.36
	(2015年)合計	26915	2.04	489.42	556.48	2.015
大台北地區	臺北市(臺北水處) 2015年	(包含用戶給水管) 6259	1.59	629.33	164.6	2.63
		3954	1.0	996.21	69.8	1.77
	新北市及其他(台水第12區處)	1712	0.8	1213.79	27.6	1.61
		5666	0.94	1062.48	97.36	1.72
大台中地區	台中市(台水第4區處) 2015年					
	南投縣(台水第4區處) 合計	8577	2.80	357.36	80	0.93
大高屏地區	高雄市(台水第7區處) 2015年					
	屏東縣(台水第7區處) 合計	10534	3.32	300.96	84	0.08
全台灣地區	台灣自來水公司轄區 2015年	59,972	3.35	298.08	965	1.61
	(不包括北水處轄區) 2016年	60,539	3.37	297.12	817	1.35
					IWA建議	1.5

就自來水管總長度之人均輸配水管長度比較來說，以供水普及率達 100% 之日本東京都其人均輸配水管長度 2.04(公尺/人)可視為參考標竿而大台北地區低於此標竿意味著仍有成長空間，但大台中地區、大高屏地區及全台灣地

區均高於此標竿，此可能隱含著偏遠人口密度較低的地區(如南投、屏東縣及花東等地區)，基於照顧國民之公平性，故台灣地區輸配水管線鋪設之效率服務其人均分配產出長度高於日本東京都，此可將埋藏於地底下之自來水輸配水管網服務資產得以顯現，亦可呈現維護管理效率服務過程及產出。但若以單位管長服務人口數(供水人口/輸配水管總長度)來觀察，臺北水處轄區換算為輸配水管長度服務人口約 996(人/公里)，本研究案例大台北地區，換算其單位管長度服務人口約為 1,062(人/公里)，大台中地區換算其單位管長度服務人口約為 357(人/公里)，大高屏地區換算其單位管長度服務人口約為 301(人/公里)，全台灣台水轄區則約 298(人/公里)。而就自來水管總長度之單位管長服務人口數比較來說，以供水普及率達 100%之日本東京都其單位管長服務人口數則僅約為 489(人/公里)，低於本案例大台北地區及臺北水處轄區，此意味著我國人口密集之都會區自來水管線鋪設單位平均服務成果仍高於日本東京都，但就其他鄉村型之區域單位管長服務人口數則仍有成長之空間。

管線汰換對於漏水率改善為最直接有效之作業，由前述章節圖八之臺灣地區自來水事業歷年管線汰換率及前述表八之數據顯示，大台北地區已接近日本東京都近幾年自來水管線汰換率之成長趨勢，若以臺北水處轄區考量其維護管理效率已達東京都之水準，但就中、南部其他都會區則仍有加強之空間，需持續不斷進行並搭配效率維護管理。但自來水輸配水管網中是最易於無端消耗水資源的環節，超過使用年限的老舊管線更換工程、漏水檢修工作的系統化及改善對策的研擬，是自來水事業改善漏水率之基礎方針。依據台水公司 97-101 年依不同管材之漏水比例分析，發現塑膠管類佔漏水管種比例高達 92.87%，而修漏案件統計分析發現荷重振動佔 67.35%、老化腐蝕佔 12.31% 及材質不良約 4.31%，其共計佔漏水件數之 83.97%(詳圖二十四)，由此可知，管線老舊及塑膠管材比例高，致道路受重車輾壓而產生破管漏水之情形。因此，台水公司依據汰換管線實施要點，評選漏水頻繁且已逾使用年限或尚未達使用年限惟漏水嚴重者，優先辦理汰換。參考日本東京都之經驗係由水道局自 2003 年起以全面廢除老舊管線為目標執行「K-0 (zero) 計畫」，其自 2005 年起積極抽換改用延性鑄鐵管之 DIP(其使用年限為 40 年)，至 2007 年底，其

都內之配水管約 99%均為 DIP，自 2008 年日本東京都漏水率已降至 3.1%之後於 2012 年甚至降至 2%。除定期實施自來水管網修漏與汰換管線之工作外，亦可參考世界先進國家之漏水改善策略，如搭配資產生命週期管理、智能管網或整體供水系統管理等，以達降漏之服務提供及最佳產出之效率目標。



圖二十四 台灣自來水公司修漏案件統計分析

資料來源：「降低漏水率計畫（102 至 111 年）」(核定本)，經濟部，2013。

### 三、效果指標(施政成效)與投入成本比較(如表九)

從表九我們可了解，日本東京都及我國案例都會區效果指標與投入成本之比較。

表九 日本東京都及我國案例都會區效果指標與投入成本比較

		效果指標(施政成效)				目標年	績效	成本			
		當年漏水率	起始值	達到值	降漏成果			日供水量	減少漏水量	降漏成本	投入經費
		(%)	(%)	(%)	(%)			(萬噸)	(萬噸/日)	(億元/降低1%)	(億元)
日本東京都	都內23區部(東京都水道局)	3.2									
	多摩地區26市(東京都水道局)	3.2	1950年前	2004年			66	156.7	6723		
	(2015年)合計	3.2	47.3	4.4	42.9	418					
大台北地區	臺北市(臺北水處) 2015年	15.58	2006年	2025年	20年		34	13.54	230		
	新北市及其他(台水第12區處)	10.74	26.99	10	16.99	225					
			12.92	9.42	3.5	82	2.87				
合計					307						
大台中地區	台中市(台水第4區處)		2013年	2022年	10年	150	12.8	9.41	80		
	南投縣(台水第4區處)										
	合計	21.6	24.44	15.94	8.5	170	14.5				
大高屏地區	高雄市(台水第7區處)		2012年	2022年	10年	160	8	14	70		
	屏東縣(台水第7區處)										
	合計	12.41	15.44	10.44	5	180	9				
全台灣地區	台灣自來水公司轄區 2015年	16.63	2012年	2022年	10年			121.7	645		
	(不包括北水處轄區) 2016年	16.16	19.55	14.25	5.3	863	45.74				

日本東京都由 1950 年前至 2004 年間所投入之供水管線汰換金額折合台幣為 6,723 億元，減少漏水率 42.9%，平均每降低 1%需要 156.7 億元，顯示改

善漏水之工程需長期推動辦理，且需充足的經費來規劃進行。我國為改善自來水漏水問題亦從 2003 年以來由兩大自然水事業單位分別努力進行各項降漏措施，台灣自來水公司自 2003 年至 2012 年止，投入約 364.92 億元，減少漏水率 5.03%，平均每降低 1%需要 72.5 億元，目前刻正實施之「降低漏水率計畫（102 至 111 年）」預計於 10 年內投入 645 億元，將漏水率由 2012 年之 19.55%降低至 2022 年 14.25%之目標，減少漏水率 5.3%，平均每降低 1%需要 121.7 億元，績效目標預計每日可減少約 45.74 萬噸之漏水量。臺北自來水事業處為加速整頓供水管網系統，自 2006 年起推動「供水管網改善及管理計畫」之中、長程計畫，以 20 年為目標，預計投入 230 億元推動漏水防治，將漏水率由 2006 年之 26.99%降低至 2025 年目標將漏水率降低到 10%以下，減少漏水率 16.99%，平均每降低 1%需要 13.54 億元。再比較其他中、南部兩大都會區來看，大台中地區配合台水公司「降低漏水率計畫（102 至 111 年）」之實施，預計投入 80 億元，將漏水率由 2013 年之 24.44%降低至 2022 年 15.94%之目標，減少漏水率 8.5%，平均每降低 1%約需 9.41 億元，績效目標預計每日可減少 14.5 萬噸之漏水量。大高雄地區(不包括屏東縣)亦配合台水公司「降低漏水率計畫（102 至 111 年）」之實施，預計投入 70 億元，將漏水率由 2013 年之 15.44%降低至 2022 年 10.44%之目標，減少漏水率 5%，平均每降低 1%約需 14 億元，績效目標預計每日可減少 8 萬噸之漏水量，約可供應 24 萬人之用水，此對於水源開發困難之高雄地區雖難以滿足未來成長需求之缺口，但仍可發揮部分虛擬水源之穩定功能。

從上述數據可顯示國內都會型區域之減漏成本低於全台灣區之實施成本，且從台水公司降漏實施之歷史趨勢，每降低 1%漏水率成本可能會逐步提高，相較日本之經驗，未來降漏投資成本需考量此邊際遞增之情況，但若以各別都會區考量來實施減漏經費投資可能比全區實施較符合經濟效益。

由日本漫長之降低漏水率經驗，其以超過 50 年之努力始達今日漏水率保持於 3%~3.2%上下，比較國內施政努力之目標及投入之成本顯示，均已漸趨達致日本及其他先進國家之自來水系統減漏之水準，未來進一步降漏管理亦可參考其他國家之經驗。

## 玖、其他國家城市相關作法參考

### 一、新加坡

新加坡無收費水量(UFW)比例從 1989 年之 10.8%到近二年(2015-2016 年)均保持於 5%，其主要透過公用事業局(PUB)運用「整合供水管網管理」之策略(如圖二十五)，從良善供水網路系統及效率管理(維護管理)開始，選擇適當管線規格，使用品質良好及耐腐蝕管材、正確定位閘栓及優化管網設計；嚴格監造及控制良好管線鋪設施工品質，重視管網管理維護作業，持續管網體質之優化，再以主動漏水控制方式，使用先進的漏水檢測、管線狀況評估技術，並導入智慧水網管理系統平台，及投資增設現代化操作控制中心，構建客戶關係管理服務，此做法不僅提高供水系統之透明度，也大幅降低破管件數，達到降低漏水效果。

由於新加坡城市快速發展，自來水設備及管網系統越趨複雜，再加上都會區自來水及其他管線縱橫交錯，傳統操作及管理方式已無法滿足用戶需求，故新加坡政府自 2013 年開始建置智慧水網管理系統(或稱為智能管網)。



圖二十五 新加坡透過整合供水管網管理來達到降低漏水效果

資料來源：PUB, Singapore's national water agency, 2011

### 二、丹麥

丹麥平均城市供水漏損率(NRW)已降至 7%，其第二大城奧胡斯更降至 6%。首都哥本哈根 11%的供水管道已經使用了 100 多年，76%已經超過了 60 年，其雖然供水管道陳舊，哥本哈根的供水產銷差卻低於 5%。其證明了如果供水系統維護和管理得當，即便是非常陳舊的管網依然可以運行良好，供水

漏損率的高低不一定與管道的管齡有關。總供水量與總收費水量之間的差值稱為供水產銷差（NRW）或供水漏損，該比例一般為全球供水總量的 25%到 50%。產銷差的形成主要是由不準確的計費和計量系統、管網質量問題引起的漏水、管網水壓過高、蓄水池溢出、不必要的沖洗以及非法截取供水管網等原因所造成。

### 三、香港

為減少水管滲漏情況，香港水務署自 2000 年起對全港總長 7,800 公里的水管實施更換及修復計畫，簡稱為 R&R 計畫(Replacement and Rehabilitation Project)，更換及修復計畫完成後，水管滲漏率將由 2003 年的 25.8%下降至 2015 年的 15%。R&R 計畫共分 4 個階段，為期 15 年，其投入 236 億港幣(換算台幣約 907.11 億)，完成更換及修復長達約 3,000 公里的水管，概估每公里經費超過 3,000 萬元，其亦採取 IWA 整合管理多管齊下策略，除了更換管線，更進行檢修漏、水壓管理、小區計量等工作。而台水公司於執行「降低漏水率計畫(102-111 年)」時也參採 IWA 及國際間辦理降低漏水率之策略，包括「水壓管理」、「修漏之速度及品質」、「主動漏水控制」、「管線及資產管理」(如圖二十六)，預計總投入 795.96 億元台幣，10 年內漏水率將由 102 年的 19.55%下降至 111 年的 14.25%，規劃管線維護汰換長度共計 6,000 公里，概估每公里更換經費約 1,326 萬元遠低於香港之實施經驗。



圖二十六 國際間採用之漏水管控方案

資料來源：「降低漏水率計畫（102 至 111 年）」(核定本)，經濟部，2013。

## 拾、結論與建議

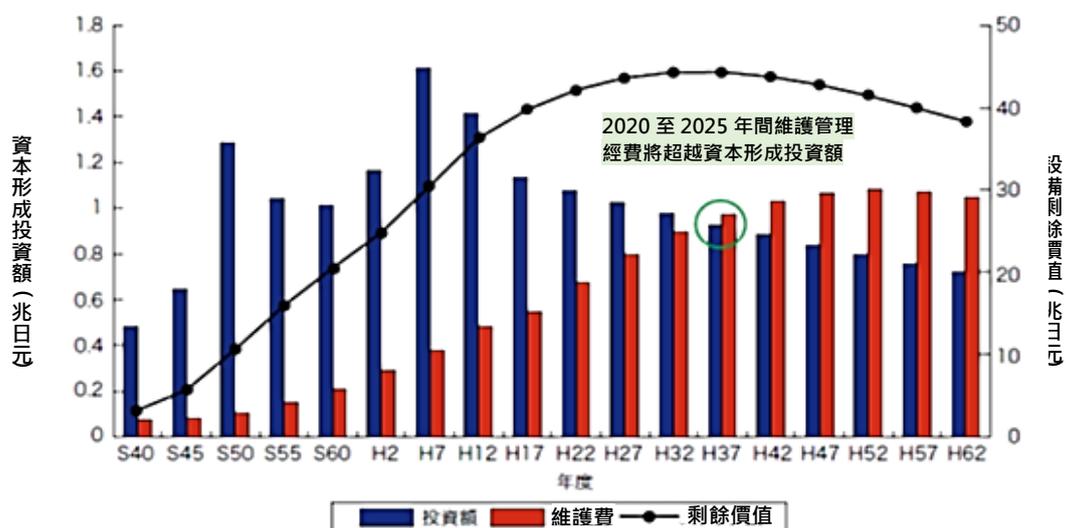
本案例研析採用既有「資本形成」、「維護管理」及「施政成效」之參考指標，針對自來水系統減漏政府施政目標設定，對應施政績效評估之績效四 E 指標：經濟(Economy)、效率(Efficiency)、效能(Effectiveness)及公平(Equity)，可呈現時間軸(各指標歷史趨勢)、空間軸(國內不同區域及國外標竿對象)及績效成本(以評估達到政策目標需投入經費)之比較，透過「指標化」的對應，使得原本隱藏的資產(如埋在地下的輸配水管線等看不見的設備)得以顯現。建議未來可進一步研究提升作為「政策指標」，有助於客觀評估施政績效，並進而提升政策品質。

公共給水相關的公共建設投資包括「資本形成」：取水及蓄水設施、自來水淨水場、及「維護管理」-配水管網建設與日後不定期維護管理及管線更新，進而達成「施政成效」對照於「效能」及「公平」雙 E 績效之發揮。針對自來水系統減漏政策以績效成本的論點而言，本研析結果呈現出以市鎮或區域為範圍的減漏系統投資最能達到單位降漏成本的最小化(如三大案例都會區均大幅低於全台灣地區)，但由日本東京都長期推動降漏之經驗呈現，當降漏目標達一定門檻(低於 10%)後，後續仍需長期投入維護及更新改善經費，但漏水率之改善幅度逐步變小或持平震盪等，故以長時間考量其單位降漏成本將會提高。根據日本厚生勞動省的估計，假定對供水設施的投資每年減少 1%，到了 2020 至 2025 年期間投資於供水設施有關資本形成的資金將會低於設備維護所需之費用(如圖二十七)。故建議可配合「行政院前瞻基礎建設計畫-水環境建設」中有關之「自來水智慧型水網推廣計畫」，透過自來水管網內重要閥類線上監控、淨水場供水資料分析、水壓管理等技術即時察覺異常漏水，有效減少水資源浪費。並進一步從他國實施整體管網智慧管理經驗交流及全面掌控供水管網設施之生命週期維護管理等，以人口密集之都會區來考量將能有效將漏水率朝向低於 10%之未來政策目標設定，但就偏遠鄉村型之供水服務區域則建議依其環境特性維持於適當之降漏目標即可。

透過減漏配水設施之公共建設投資，可增加降低漏水率之水源調度空間(如高雄地區每日 8 萬噸之降漏目標績效)，其所節省出來的水量可視為為另一種虛擬水源，但各分區達降漏目標節省之水量能否平衡該地區原供水需求之不足，則需要再進一步深入探討，並可延伸瞭解從上游水源區取水到淨水場之原水供應風險(如水源量不足、暴雨濁度過高及地震斷管等事件)，建議可再進一步對照貯蓄

水設施相關投資應考量強化備載空間及備援能力，以風險管理的觀點來進行自來水設備的更新，透過生命週期成本（Life Cycle Cost, 簡稱 LCC）計算方式，來計算維護及更新現存設備的花費，以達到經費妥適利用的要求。另針對修漏案件統計分析結果，建議未來新都市計畫自來水管線鋪設應避免路壓之路線設計，以期能有效減低荷重震動所造成之漏水事件。

另從施政績效公平性觀點，我國水費負擔率不管首府都會區或全國之比較均遠低於其他先進國家，在尋求照顧全體人民相關之公平性(如供水普及率的提升)或追求民意期待之施政效果(如漏水率的降低)，未來均面臨邊際成本遞增之趨勢，如何兼顧施政績效與投入成本之平衡，亦即反應全體國民的資金（即稅收）投資於社會資本，進行相關設備的更新及維護工作，並可配合落實資訊公開的工作，讓全體國民瞭解資金的運用方式；而這項目標跟資產指標化的工作實屬相輔相成。建議水費負擔率應可納入未來之參考指標，以客觀反應各國相關基礎設施之投資施政成效與水費負擔率的相關性，此可反應台灣自來水長期水價偏低，涉及複雜的社會、政治及歷史文化背景，隱含政府分擔了較大的成本(在資本形成及維護管理投資部分)，其為政府補貼策略，可供做為國家規劃水資源政策架構藍圖之參考。



圖二十七 日本於 2020 至 2025 年間維護管理經費將超越資本形成投資額

資料來源：日本厚生勞動省，2007。

## 參考文獻

- 台灣自來水公司 (2011)。「漏水率是否偏高？實情如何？未來有無改善計畫？」，網址：[http://www.water.gov.tw/04service/com\\_b\\_main.asp?bull\\_id=224](http://www.water.gov.tw/04service/com_b_main.asp?bull_id=224)。
- 台灣自來水公司 (2017a)。台灣自來水事業統計年報。
- 台灣自來水公司 (2017b)。臺北自來水事業處覆函提供民國 105 年汰換管線長度及經費。
- 江春盛 (2012)。台灣自來水公司漏水率之探索，《自來水會刊》，31 (3) : 68。
- 李丁來、陳光辰 (2014)。自來水事業績效國際評比及標竿探討，《自來水會刊》，33 (1) : 59。
- 李允傑 (2007)。政策評估與新績效預算：廿一世紀的新趨勢。
- 李允傑、丘昌泰 (2009)。公共政策 政策執行與評估，臺北：元照。
- 吳定 (1995)。公共政策辭典，臺北：五南圖書。
- 周國鼎 (2017)。2016 國際水價現況解析，《自來水會刊》，36 (2) : 79。
- 國家發展委員會 (2015)。部會落實政策評估與運用機制之規劃。
- 經濟部 (2013)。降低漏水率計畫(102 至 111 年)(核定本)。
- 經濟部 (2017a)。前瞻基礎建設計畫--水環境建設「無自來水地區供水改善計畫第三期」第一次修正(核定本)。
- 經濟部 (2017b)。前瞻基礎建設計畫--水環境建設「推廣水資源智慧管理系統及節水技術計畫」(核定本)。
- 經濟部 (2017c)。臺灣北部地區水資源經理基本計畫(核定本)。
- 經濟部 (2017d)。臺灣中部地區水資源經理基本計畫(核定本)。
- 經濟部 (2017e)。臺灣南部地區水資源經理基本計畫(核定本)。
- 經濟部水利署 (2010a)。水資源投資分析資料檢討及應用之研究(2/2)。
- 經濟部水利署 (2010b)。公共給水配水管網之管理及維護技術提升計畫 (2/3)。
- 經濟部水利署 (2011)。公共給水產業發展前瞻性之研究 (2/2)。
- 經濟部水利署 (2015)。建構安全永續公共給水系統評估體系之研究。
- 經濟部水利署 (2016)。水資源投資分析指標研析與年報管理系統 (2/2)。
- 經濟部水利署 (2017 a)。臺灣地區水資源投資分析 105 年度報告。
- 經濟部水利署 (2017 b)。水資源投資效益研析與水資源投資分析年度報告出版作業。
- 臺北自來水事業處 (2011)。臺灣與世界各國自來水事業經營之比較演講簡報。
- 臺北自來水事業處 (2017a)。臺北自來水事業統計年報。
- 臺北自來水事業處 (2017b)。臺北自來水事業處覆函提供民國 105 年汰換管線長度及經費。
- 監察院 (2011)。北市地下水管漏水案調查意見。
- 審計部 (2014)。臺灣地區自來水漏水管理與改善執行情形。
- 韓瑋 (2016)。丹麥降低無收益水量(Non-Revenue Water)經驗，《自來水會刊》，35 (1) : 74。

丹麥水資源論壇(Danish Water Forum) & 綠色國度(State of Green) (2015)。「減少  
城市供水漏損－控制供水產銷差」, Think Denmark (綠色轉型白皮書)。網  
址：<http://stateofgreen.com/cn/water>.

日本厚生勞動省 (2007)。水道ビジョンフォローアップ検討会，網址：  
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/suido/vision2/one1.html>.

東京都水道局 (2016a)。東京の漏水防止(日本平成 28 年度版)。

東京都水道局 (2016b)。東京水道施設整備マスタープラン(日本平成 28 年度  
版)。

香港水務署 (2017)。更換及修復水管計畫(Replacement and Rehabilitation  
Project)。網址：[http://www.wsd.gov.hk/tc/core-businesses/major-infrastructure-  
projects/r-r-projects/index.html](http://www.wsd.gov.hk/tc/core-businesses/major-infrastructure-projects/r-r-projects/index.html).

MacRae, Duncan Jr. (1985). Policy Indicators. Chapel Hill, N. C.: University Press of  
North Carolina.

PUB, Singapore's national water agency (2011). UFW Guidebook. from  
[http://www.pub.gov.sg/Documents/UFW\\_Guidebook.pdf](http://www.pub.gov.sg/Documents/UFW_Guidebook.pdf)

Rossi, P. H. & Freeman, H. E. (1982). Evaluation: A Systematic Approach. Beverly  
Hills: Sage Publications.