

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

總計畫：循環型社會之策略研究()

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2621-Z-002-027-

執行期間：93 年 08 月 01 日至 94 年 09 月 30 日

執行單位：國立臺灣大學環境工程學研究所

計畫主持人：於幼華

計畫參與人員：許郁昌、陳婉婷、林松瑾、杜偉榮、商能洲

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 11 月 21 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

『循環型社會之策略研究(II)』總計畫暨子計畫一：

循環型社會之策略研究(II)

計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

計畫編號：NSC-93-2621-Z-002-027

執行期間：93 年 8 月 1 日至 94 年 9 月 31 日

計畫主持人：於幼華 教授

計畫參與人員：許郁昌、陳婉婷、林松瑾、杜偉榮、商能洲

成果報告類型：☐精簡報告 ☒完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- ☐赴國外出差或研習心得報告一份
- ☐赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- ☐出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- ☐國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢。

涉及專利或其他智慧財產權，☐一年☐二年後可公開查詢。

執行單位：國立臺灣大學環境工程學研究所

中 華 民 國 九 十 四 年 十 一 月 二 十 日

摘要

本計畫研究範圍以台北地區水資源作為研究主題，以物質流方法進行調查、分析與研究，探討水資源之質、量在大台北地區的進出與循環狀況。

工業生態學中之物質流分析，是提供產品和物質從人類經濟活動到環境之中流動過程資訊的分析工具，這些資訊可被用來開發更全面的物質管理策略，以有效減低物質的使用量。物質流分析建構了國家（區域）物質代謝過程，使得決策者可系統性了解物質於國家（區域）製造、運輸、消費與廢棄情況，並藉以描述特定物質在特定區域內之傳輸，從物質的生成階段立即加以監測與追蹤，得知其廢棄至環境中或出口至其他地方之影響。因此，本研究以大台北地區自來水水資源為主題，探討三項課題，包括：南北勢溪對大台北區域供水現況、漏水現況調查及改善方案探討分析、以臺大校園為例探討區域性自來水物質流。

本研究完成新店溪流量、進水量（取水量與淨水量）、送水及配水、用水統計等資料收集與彙整後，整理繪製大台北地區供水結構圖。由圖示及研究結果，最大用水用戶為家庭用水台北自來水事業處、台灣省自來水公司第一區及第十二區管理處；供水系統中最大的損耗為無費水量，又從自水量產銷分析得知無費用水損失的主要型式為漏水量，而其中給水管線漏水的情形又最為嚴重。在臺大校園的自來水物質流方面，93年自來水使用總消耗約202萬噸，倘以用水效率而言，校園內之供水效率僅有76.7%，尚有許多可以改善的空間。

關鍵詞：循環型社會、工業生態學、物質流分析、大台北區域供水、臺大校園、漏水、無費水量。

Abstract

This study was undertaken to investigate the material flexes of water resource by using the Material Flex Analysis (MFA) in the Taipei metropolitan area. This research revealed the subjects included the water supply system in Nan-Shih and Bei-Shih River, investigation of water leakage and the MFA of tap water in the campus of National Taiwan University. The results showed that the amounts of water supply to the Taipei metropolitan area was 945,933,191 M³ from the Nan-shih and Bei-shih River in 2003. The users were the Taipei Water District of Taipei city, the 1st area (northern Taipei County and Keelung City) and the 12th area (southern Taipei County) of Taiwan Water Corporation. The finding indicated that the unaccounted-for water was serious problem in the water supply system of the Taipei metropolitan area. The water leakage caused high unaccounted-for water and the mainly reason due to the damage of the water pipelines, especially the PVC pipes. In addition, the amounts of water usage were 2,019,520 M³ in the National Taiwan University in 2004. The problem of water leakage was still serious and the efficiency of water usage was 76.7%.

Keywords: Recycle-oriented Society, Industrial Ecology, Material Flux Analysis (MFA), Water Supply System, Taipei, Water Leakage, Unaccounted-for Water, National Taiwan University.

一、前言

台灣的缺水問題嚴重，台北市過去三年(91-93年)的春末都出現限水的危機，水資源供不應求的問題已經引起政府與相關學者高度的重視。然而，缺水問題不僅在於水資源供應不足，從整個供水配水系統作業、水資源的有效分配、到個人的用水習慣等，都是整體水資源利用的影響因子。為使水資源管理朝向永續性，在總體規劃上，必須掌握可用水資源之數量；在治本方面，必須解決民眾用水浪費的習慣，包括積極推廣各項節約用水計畫，如省水標章認證、省水器材標準、補助國中小學換裝省水器材等；在治標方面，藉由追蹤改善減少無費水量，包括漏水、表差、竊水、市政消防及業務施工等，以提高用水效率。

本研究以大台北地區自來水水資源為主題，探討三項課題，包括：南北勢溪對大台北區域供水現況、漏水現況調查及改善方案探討分析、以臺大校園為例探討區域性自來水物質流。

就取水而言，大台北區域為淡水河流域，主要河川包含基隆河、新店溪及大漢溪，以目前供水系統區分，基隆河乃為基隆市及台北縣北部、東北部之水源，新店溪主要供台北市之水源，大漢溪則為台北縣西南部（板新地區）之水源。目前新店溪水源除供應台北市外並支援台北縣及基隆市之部份用水，以供應面言，可謂為大台北區域中最重要之水源。而新店溪上游又分為北勢溪及南勢溪二支流（翡翠水庫屬於北勢溪流域），對於大台北區域之供水皆具顯著之影響。

就漏水現況調查及改善方案來說，無費用水中以漏水量所佔比例最高，對於給水系統而言，無費用水是無法完全避免的，並可由水量產銷分析表的組成元素分析無費用水中各成分所佔的比例。另針對配水給水管種對漏水損失影響，以了解不同管種管材與漏水之關係。

就探討區域性用水問題來看，校園可說是生活圈的雛型，其每天供應教職員生在校生活與學術研究各種需求之用水。其中，大學院校之用水型態具多元與複雜之性質，可藉此了解實際生活圈內自來水使用概況。本研究選擇所在地臺灣大學，經由系統化的物質流分析方法，以了解校園中自來水之流向與流量。

二、研究區域背景資料—大台北區域供水系統

大台北區域泛指台灣北部台北盆地以及北部、東北部海岸地區，在行政區域

上分屬台北市、台北縣以及基隆市所管轄，依民國九十三年底主計處資料統計，大台北區域土地面積約2,456 平方公里、佔台灣地區土地總面積之6.82%；人口數共有6,695,913 人，佔台灣地區總人口數之29.71%。本區域素為台灣地區重要之經濟、政治及產業營運中心。

台北地區其原水主要取自新店溪，佔總配水量97%以上，設有青潭及直潭二取水口。此外尚有雙溪、陽明湧泉、大坑溪及鹿角坑溪等次要水源。原水透過直潭（佔總配水量64.01%）、長興（佔總配水量20.6%）、公館（佔總配水量12.42%）、雙溪及陽明淨水場之沉澱、過濾、消毒等程序，生產清水，經由清水輸水幹管、配給水系統、各供水區加壓站、配水池，再加壓送至用戶。

台北市自來水創建於民國前三年，迄今已有九十七年之歷史，並於民國六十六年一月一日成立「台北自來水事業處」，供水區域包含台北市、台北縣所轄之三重市（二重疏洪道以東之區域）、中和市、永和市及新店市四個縣轄市與汐止市北山里、橫科里、宜興里、福山里、東勢里、忠山里、環河里等八個里，形成北台灣最大的都會區域公共給水系統，為了達成有效管理之目標，台北自來水事業處將供水區域區分為陽明山營業分處、東區營業分處、西區營業分處、南區營業分處及北區營業分處等五分處分別管理。

台北自來水事業處目前共有長興淨水場、公館淨水場、直潭淨水場、雙溪淨水場及陽明淨水場等五處淨水設施，下列為這五座淨水場水源、設備能力及供水區域之現況（台北自來水事業處，2004）：

- 1.長興淨水廠：水源來自新店溪青潭堰，淨水設備能量為每日640,000 立方公尺，供水區域主要為台北市區及鄰近縣轄市鎮。
- 2.公館淨水場：水源來自新店溪青潭堰，淨水設備能量為每日500,000 立方公尺，供水區域主要為台北市區及鄰近縣轄市鎮。
- 3.直潭淨水廠：水源為新店溪直潭壩，淨水設備能力為每日2,700,000 立方公尺，主要供水區域為台北市區及鄰近縣轄市鎮。
- 4.雙溪淨水廠：水源為內雙溪及士林湧泉，淨水設備能力為每日43,400 立方公尺，供水區域為台北市之士林、天母地區。
- 5.陽明淨水場：水源來自大坑溪、磺溪、鹿角坑溪、陽明山一、二、三、四水源湧泉、隧道湧泉、北投中正山麓湧泉及竹子湖湧泉，淨水設備能力為每日50,600 立方公尺，供水地區則為台北市士林、北投、天母及陽明山等地區。

從九十二年自來水事業處統計年報資料顯示，自五處淨水場提供之總配水量 945,933,191 噸，其中支援省水 96,497,255 噸、供應家庭用水量 366,378,321 噸、機關用水量 32,430,639 噸、營業登記用水 74,792,785 噸、其他主要為市政用水 80,444,434 噸。而不計費水量方面由自來水處所提供的資料分別為事業用水 3,713,532 噸、估計消防用水 540,486 噸、表差 86,731,200 噸和其他所包含的未查獲竊水及核減水量 9,544,401 噸。在有效使用的過程中，以計費水量之家庭用水所佔比例最高，佔總用水量的 43.13%，無效水量次之，佔 31.74%（自來水事業處統計年報，2003）。其中無效水量就是指自來水從系統傳輸的過程中，因為管線的老舊或破損而產生之滲漏；亦或是在維修管線時，因施工過程而無法避免的流失，使部分之自來水從系統邊界之流出量。資料整理顯示，在大台北地區之系統中約有 2,697 萬噸的漏水量，佔總配水量的 31.74%，相較於其他國家的漏水量來說，實屬偏高。有此可看出台北地區的自來水使用效率偏低。

一般而言，自來水公司的合理無費水量比應該在10% 左右，所謂無費水量比是指未收到費用的水量除以自來水廠實際送出之水量。而台北市自來水事業處的 43.57%（無效用水+不計費水量）有相當大的改善空間。

三、文獻回顧

3.1 物質流分析

物質流分析（Materials flow Analysis，簡稱為MFA）為一系統中針對物質流向與流量之評估方法。其基本概念基於質量守恆定理，以系統中之流進（input）、流出（output）、內部流（internal flow）及存貨（stock）之質量平衡關係，分析並評估設計「人類圈之物質代謝」（Metabolism of Anthroposphere）。物質流分析建構了國家（區域）物質代謝過程，使得決策者可系統性了解物質於國家（區域）製造、運輸、消費與廢棄情況，並藉以描述特定物質在特定區域內之傳輸，從物質的生成階段立即加以監測與追蹤，得知其廢棄至環境中或出口至其他地方之影響。

3.2 合理用水量分析

在水資源供應有限之背景下，評估合理用水量顯得格外重要。『合理用水量』是指不影響一般使用習慣與用水品質之原則，在正常供水壓力之下，採用各種流

量適當之用水設備時之用水量，同時排除因漏水所導致的水資源消耗。目前，淡江大學與經濟部水利署成立之水資源管理與政策研究中心已針對各事業之合理用水量設計一套評估模式，統計歸納分析各標的用水之用水特性及影響用水因數，並開發建置事業合理用水範圍查詢計算模組及資料庫。在其他國內針對用水量調查與討論之研究方面，其成果主要涵蓋：

- 1.生活與住宅用水；
- 2.大型醫院用水量調查；
- 3.工業用水量調查。

3.3國內校園用水調查與節水經驗

隨著教育部永續校園的推動，從中小學到大學院校皆開始以永續的環境思考作為校園規劃的精神與目標。不論從外部綠色生態校園的環境改造、環境教育與社區資源的結合、學校建築省能與省資源的構築與設備運用等等，都逐漸在校園中落實。在校園節水的實際執行經驗來說，不論大學院校或國民中小學，除了換裝省水馬桶、省水龍頭，倡導正確的用水習慣外，還有許多學校紛紛加入了校園規劃雨水系統、中水系統及自來水系統整合利用的行列。

在水回收再利用方面，劉乃菱(2004)對於校園中水再利用的效益評估方法的研究成果，可區分為五個面向：「節水面向」、「經濟面向」、「綠化面向」、「風險面向」、「環境教育面向」，與七項指標：替代自來水量（ W_s ）；替代自來水率（ R_c ）；回收率（ R_r ）；省水費（ A ）；回收期（ t ）；中水澆灌面積（ A_g ）；中水再利用風險評估指標（ R ）等，將中水利用之效益作量化之評估。

3.4 漏水之分析

配水管、給水管管材目前分布概況：

國內自來水管的材質常見的有下列幾種：（1）聚氯乙烯管（PVCP）（2）鑄鐵管（CIP）（3）延性鑄鐵管（DIP）（4）石棉管（ACP）（5）玻璃纖維管（FRP）（6）聚乙烯管（PEP）（7）聚丁烯管（PBP）（8）銅管（CP）（9）預力混凝土管（PSCP）（10）鋼管（SP）（11）不鏽鋼管（SSP）。

一般自來水管線可分為：（1）用戶給水外線，管徑在 50mm 以下，通常利用水表為分界，下游部分稱為內線，由用戶自行維修；（2）配水管線，管徑在

50mm-250mm 間。(3) 輸水管線 (300mm-2600mm) (李崇正, 2002)。

管線及配件漏水的原因大致可分為下列五類：

- (1) 接頭縫隙變大。
- (2) 當管件受到過大的外力引起管材的破裂。
- (3) 腐蝕。
- (4) 閥件閉鎖不緊。
- (5) 配水池的蒸發和溢流。

四、研究方法與步驟—以南北勢溪對大台北區域供水現況為例

1. 研究目標、對象與範圍邊界之訂定

目標：建立初步大台北區域供水系統之物質流圖

研究對象：大台北區域供水系統

時間尺度：民國九十二年斷年。

起點：北、南勢溪取水點。

終點：用水戶之用水。

系統邊界：大台北區域（不考慮非自來水系統之用水及非屬臺北自來水事業處或台灣省自來水公司第一及第十二區管理處供水範圍之用水）。

2. 參考國外相關物質流研究及供水系統相關著作。繪製大台北區域供水系統概況。

3. 調查2003年含供水系統之取水、導水、淨水、配水及用水相關資料。

4. 進行大台北區域供水系統物質流架構之研擬與分析，結合上述可取得之數值資料，建立大台北區域供水物質流初步架構，並找出主要耗水標的。

5. 進行供水系統供給與需求之探討，研究大台北區域供水調度及供需平衡問題。

6. 結果討論並建議未來研究方向。

其餘「漏水現況調查及改善方案探討分析」、「以臺大校園為例探討區域性自來水物質流」兩課題研究之方法與步驟與此類同。

五、研究結果

5.1 南北勢溪對大台北區域供水現況

5.1.1 大台北區域供水結構圖

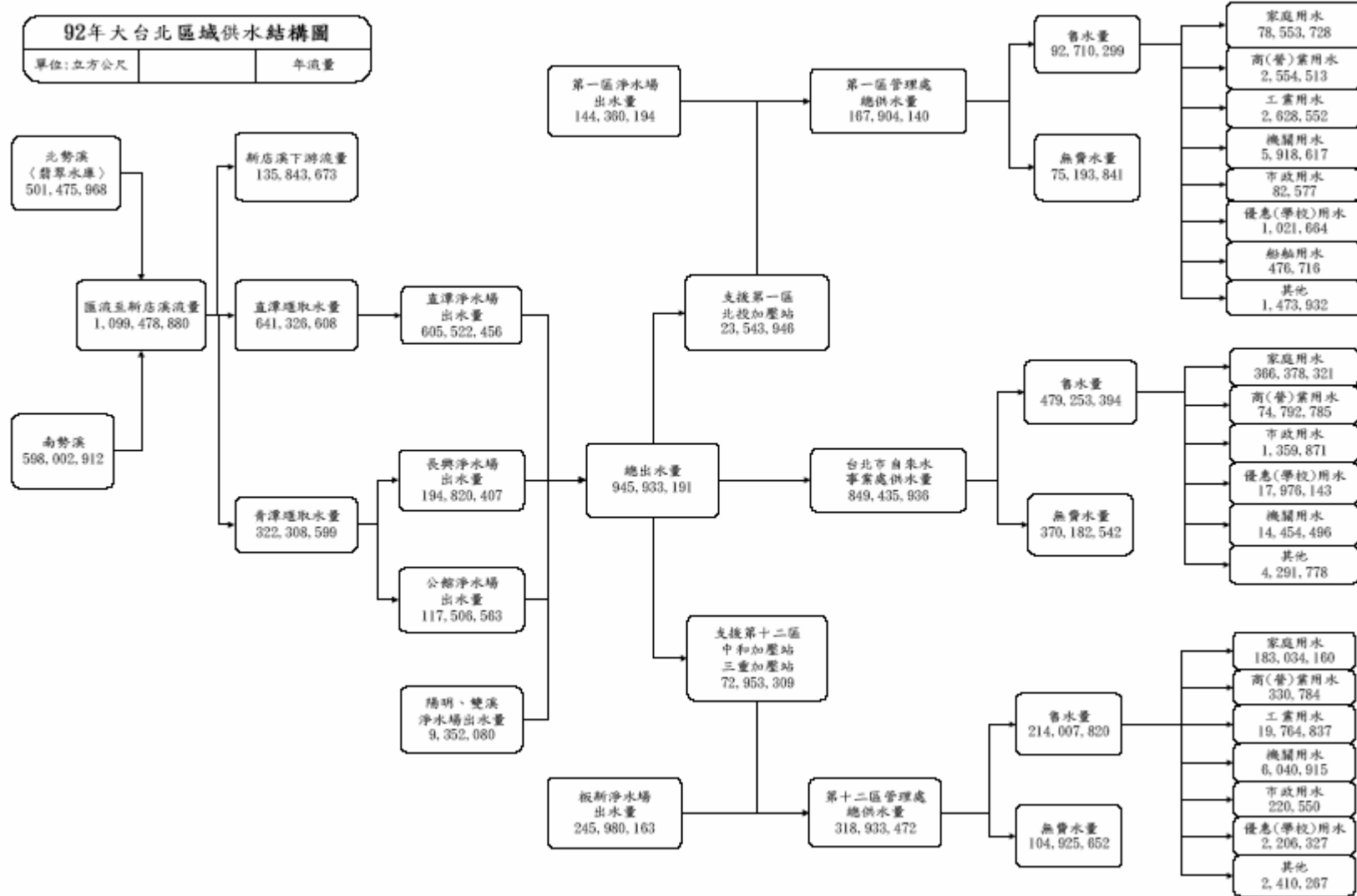
完成新店溪流量、進水量（取水量與淨水量）、送水及配水、用水統計等資料收集與彙整後，本研究整理繪製大台北地區供水結構圖如圖一所示。

5.1.2 供水

大台北區域供水系統在九十二年共配送1,336,273,548 立方公尺自來水，其中台北自來水事業處完成淨水之出水量共945,933,191立方公尺，台灣省自來水公司第一區管理處出水量為144,360,194 立方公尺，而台灣省自來水公司第十二區管理處（板新淨水場）則供應了245,980,163 立方公尺之自來水；若將數量換算為比例，則台北自來水事業處約佔71%之供水，台灣省自來水公司第一區管理處約佔11%之供水，台灣省自來水公司第十二區管理處則貢獻約18%之供水，其中台北自來水事業處供水數量（比例）不但為三者中最高，而且其供水亦有部份循支援系統供給台灣省自來水公司之板新地區及第一區管理處供水區域，因此在大台北區域供水系統中應以台北自來水事業處最為重要。

台北自來水事業處共轄有五處淨水系統，以民國九十二年資料，直潭淨水場共供應了605,522,456 立方公尺自來水，長興淨水場供應了194,820,407 立方公尺，公館淨水場供應了117,506,563 立方公尺，陽明供水系統供應了18,731,685 立方公尺，雙溪供水系統則供應了9,352,080 立方公尺；若依比例而言，供水約有64%來自直潭淨水場、21%來自長興淨水場、12%來自公館淨水場、1%來自雙溪供水系統及2%來自陽明供水系統。

因此，在台北自來水事業處五處淨水系統中，陽明供水系統主要供水對象為陽明山及北投一帶用水戶，而雙溪供水系統則供應外雙溪及士林應一帶用水戶，其供水範圍及自來水用戶數量均不及其餘三處淨水場，屬於次要之淨水系統。而直潭淨水場、公館淨水場及長興淨水場等三處則貢獻台北自來水事業處 97%之供水量，其中又以直潭淨水場供水貢獻最大，比較此三處淨水場五年供水資料（民國八十八年至民國九十二年），直潭淨水場供水均佔 60%以上，其重要性不言而喻。



圖一 大台北區域供水結構圖

5.1.3 支援系統

以台北自來水事業九十二年統計年報資料觀之，台北自來水事業處供水量共為945,933,191立方公尺，並且支援台灣省自來水公司96,497,255立方公尺，其中經由北投加壓系統供應第一區管理處23,543,946立方公尺自來水，另經由中和加壓系統及三重加壓系統供應第十二區管理處72,953,309立方公尺；在比例上則台北自來水事業處有8%支援第十二區管理處，2%支援第一區管理處，另外90%則供應本身自來水用戶。

就整體比例而言，台北自來水事業處支援水量僅約總供水量之10%，而且目前台北自來水事業處淨水系統之設備能力高達每年1,435,910,000公尺，因此支援用水尚不會影響台北自來水事業對供水區域用水戶之供水。而若以台灣省自來水公司角度觀之，第一區處九十二年總供水量為167,904,140，其中23,543,946立方公尺來自支援供水，以比例而言，約有14%為支援供水，而86%為管理處自有淨水系統提供之水量。

5.2 臺北地區漏水現況調查及改善方案探討

5.2.1 無費用水損失與漏水關係

1. 無費用水的成因探討

自水量產銷分析表（表一）可知無費用水的構成。然而世界各國的無費用水中多是以漏水為大宗，表差其次，其它的原因所佔的比例甚少，故減少無費用水之最佳途徑為透過漏水檢測及大表定期檢測以控制漏水與表差。尤其漏水源頭的追溯調查更為重要：漏水的即時監控與漏水點的發現為技術困難的地方，得透過許多改善方案的交叉修護與管理，以達成減少漏水率的目標（駱尚廉、林文淵，1997）。

水量產銷分析的目的為分析產銷水量和得知其流向，在防漏措施計畫之擬定上為重要的工作項目。因此自來水事業經營者對計費水量，有效不計費水量、漏水量以及其他水量等，應儘量根據正確資料予以求算，藉以分析配水量及其實況（臺北自來水事業處，1978）。

2. 無費用水率的數值

臺北自來水歷年的無費用水率落在 35%~50%之間。無費用水率在一般的操作情況下，約為 10%~30%之間，而在操作良好的情況下，約為 10%~15%（高肇藩，1990）。

3. 無費用水與漏水關係

無費用水量與漏水量（表二）呈現正相關之趨勢，以九十二年度為例，無費用水及漏水量分別佔總配水量之 39.13%及 28.5%，可知漏水量佔無費用水 72.83%。

表一、臺北自來水事業處九十二年產銷水量分析表

內 容		水 量(m ³)	構 成 比(%)
配水量 (A+B)		945,933,191	100.00
A.有效水量 (C+D)		676,280,268	71.49
C.計費水量		575,750,649	60.87
	家庭用水	366,378,321	38.73
	營業用水	74,792,785	7.91
	機關用水	14,454,496	1.53
	學校用水	17,976,143	1.90
	市政用水	1,359,871	0.14
	支援省水 (躉售台灣省自來水公司之水量)	96,497,255	10.20
	其他用水 (92 年以後含工程用水、停水、空屋)	4,291,778	0.45
D.不計費水量		100,529,619	10.63
	表差 (水表公差及不感水量)	86,731,200	9.17
	消防用水 (消防局、救災、訓練及演習用水)	540,486	0.06
	事業用水	3,713,532	0.39
	其他 (未查獲竊水)	9,544,401	1.01
B.無效水量 (水管受損破裂或不明水量)		269,652,923	28.51

(資料來源：臺北自來水事業處及本研究整理)

表二、配水量與漏水量及漏水率之數據

年 度	配 水 量	漏水量(無效水量)	漏 水 率 (%)
84	896,420,963	259,571,239	28.96
85	908,397,907	233,072,451	25.66
86	866,056,893	213,014,326	24.60
87	883,928,831	230,282,863	26.05
88	971,650,052	279,955,497	28.81
89	1,102,095,760	364,086,503	33.04
90	1,074,666,494	339,479,111	31.59
91	952,216,678	280,231,684	29.43
92	945,933,191	269,652,923	28.50

(資料來源：臺北自來水事業處 單位：立方公尺/年)

4.減少無費用水的方法

由於無費用水主要由真實漏損 (俗稱漏水量) 所構成，且漏水量佔無費用水

72.83%，故減少無費用水量應把重心朝向改善漏水量，而漏水是無法避免的，故應如何改善漏水及改善至何種地步，須研擬管理措施。台北地區目前實屬高漏水率之區域，在減少無費用水方面有以下幾種方法：

- (1) 目前表差（推估值）在有效不計費水量中佔將近九成，可考慮逐步更新為準確度較高之水表，減少計量的誤差。而長期用水量偏低之大型用戶，可改為適當口徑的小表，以提高水表計量之靈敏度，減少因水表不感度所造成的表差。
- (2) 對於用戶水表的品質要確實掌握，並加強水表維護，汰換逾齡水表，以提高水表品質，減少表差與不感水量。而水表裝設時也要注意其施工品質，儘量維持其水平與固定（駱尚廉、林文淵，1997）。
- (3) 未來將水表和管線全面透過地理資訊系統建檔，並採遠端紅外線電腦化功能取代人力抄表，不僅可自動檢視用水量是否有異常狀況，並減少讀表與記錄的誤差。
- (4) 持續加強查緝竊水，要求員工主動調查並研究預防與查緝竊水行為。提供取締獎金，鼓勵民眾檢舉可能竊水事件（郭瑞華、郭復勝，2002）。

5.2.2 配水給水管種對漏水損失影響

1. 在配水管管種分布方面，機械接頭 MJP、白口接頭 CIP 及延性 DIP 三種皆為鑄鐵管，佔配水管種 91%，而塑膠管和其他分別佔 7% 及 2%。考量水密性、強度、韌性、抗壓能力等因素，以 DIP 效果最好，目前佔 63%，未來配水管線會逐漸採用 DIP。
2. 在給水管管種分布方面，聚氯乙烯佔總數 36%、其他 25%、鉛管 22%、不銹鋼管 10% 及聚乙烯管 5%。不銹鋼管由於管材較優，目前只佔給水管管種 10%，未來如果逐步取代其他管種，將可減少漏水量和無費用水量。

3. 輸配水管及給水管漏水件數分布圖與給水管各管線及配件修漏分布圖

在輸、配、給水管漏水件數分布比例方面，可知給水管線修漏件數為漏水之大宗（高達九成以上）。

在給水管各管線及配件修漏分布方面，可知給水管線修漏件數所佔 57.14%，配件（止水栓、表由令及其他）修漏件數佔 42.86%。

4. 給水管管種修漏的機率

不同給水管管種修漏的機率：PVC 塑膠管 > LP 鉛管 > SSP 不鏽鋼。建議未來給水管全面採用 SSP 不鏽鋼。

5. 各管種龜裂漏水與腐蝕漏水比較

在不同管種之龜裂比例方面，得知 PVC 塑膠管 > PB 聚丁烯管 > LP 鉛管 > GIP 鍍鋅白鐵管 = CIP、MJP 鑄鐵管 > DIP 延性鑄鐵管 > SSP 不鏽鋼管。

在不同管種之腐蝕比例方面，得知 LP 鉛管 > PVC 塑膠管 > GIP 鍍鋅白鐵管 > PB 聚丁烯管 > CIP、MJP 鑄鐵管 > SSP 不鏽鋼管 > DIP 延性鑄鐵管。

藉由瞭解不同管種對龜裂與腐蝕敏感性，可作為工程埋設的參考、不同材質對漏水產生的影響，及管種材料選擇之依據。

6. 管線及配件漏水原因分布與管線及配件修復情形分布

在管線及配件漏水原因分布方面，管線漏水主要的原因為龜裂漏水（約佔 40.8%）與腐蝕漏水（佔 18%），而配件以墊片漏水佔 29.5% 為大宗。

在管線及配件修復情形分布方面，自斷管、止漏待換、汰換及其他管線漏水修復約佔 46.7%，漏水量最大或不易尋找漏水處。目前推測將近一半以上須汰換管線，另國際水協(IWA)建議管線年汰換率應大於 1.5%（管線總長度），才能保持漏水率不致惡化。

5.3 臺大校園自來水物質流

5.3.1 校內供水系統

校園內部的供水系統概況可由舟山路區分為南北兩大區域。舟山路以北的校內各館舍所使用的水表皆在校園四周，共計有 56 個大小水表。為考慮各館舍用水之充裕及臨時狀況的相互供配支援，校內的自來水供水管線大多屬於連通的管線，因此呈現系統網路的分布型態。舟山路以南之建築在許多地下管線的配置與舟山路以北之校地不相連接，供水設備亦屬後期興建。這些位於舟山路以南的台大校舍分布零散，由獨立的水表紀錄用水量，地下管線與幹管獨立直接連接，並無交錯的管線網，利用自來水帳單即可直接觀察館舍之用水概況，在用水量和漏水量的監控上較為方便。

此外，許多校地建設未收回前是以租借的方式讓非本校單位所使用，包含原委會、國立編譯館、慶齡工業基金會等館舍。

5.3.2 校內用水管理現況

臺大校園近年來因生命科學館、學生第二活動中心、新圖書館、凝態物理館、綜合體育館等校舍相繼增建，用電用水量隨之激增。鑑此，總務處於九十年邀請校內外專家成立「水電規劃推動小組」針對此問題提供諮詢與建議。另在教育部補助下，水

工所譚義績教授與機械系黃秉鈞教授於九十二年底執行「臺灣大學節約水電規劃與評估」計畫，並提供臺大校園執行相關工作之參考。

總務處於九十三年二月成立「水電節約小組」，其工作項目包含定期召開會議、訪視校區各館舍、推動校區各館舍及各學生宿舍裝設水/電分表、輔導各館舍成立水電節約小組、推動水電管理人制度及教育訓練、擬定水電節約方案等。在校園用水量的主動管理上，主要分為監督與訪查兩大層面，並大幅降低台大校園的漏水量。不僅節省校園經費、有效利用資源，在整體校園用水的管理上更進入系統化與資訊化的一步。

5.3.3 用水量之調查與分析

依「水電節約小組」之抄表記錄，可將校內建築分成「一般研究型館舍」、「實驗型館舍」、「綜合型公共空間」、「學生宿舍」等。其他館舍尚包諾體育館、溫室、教職員宿舍等。

一般研究型館舍是指非實驗室用途之校舍建築，一般多為文、法、商、社會等學院之系館為主。這些館舍之規模與設備與一般辦公大樓類似，提供師生研究與教學所需，供水設備也以基礎生活用水所需為主要設計；除空調冷卻系統外，並無其他大型耗水設施。以資料顯示，此19棟館舍中，人類館、農業陳列館、管院教研館、數學系四棟建築都有漏水之問題。經過資料修正與分析之後，可以得到一般研究型館舍在93年度總共耗水量54,094噸，其中實際用水量為53,508噸，佔總耗水量的98.9%；漏水量為586噸；佔總耗用量的1.1%。綜合資料來看，一般研究型館舍之平均用水量為0.542 噸 / 年·m²，由於其提供之用水方式單純，因此即可作為台大校園內一般基礎生活用水量之當量面積用水量的推估參考。

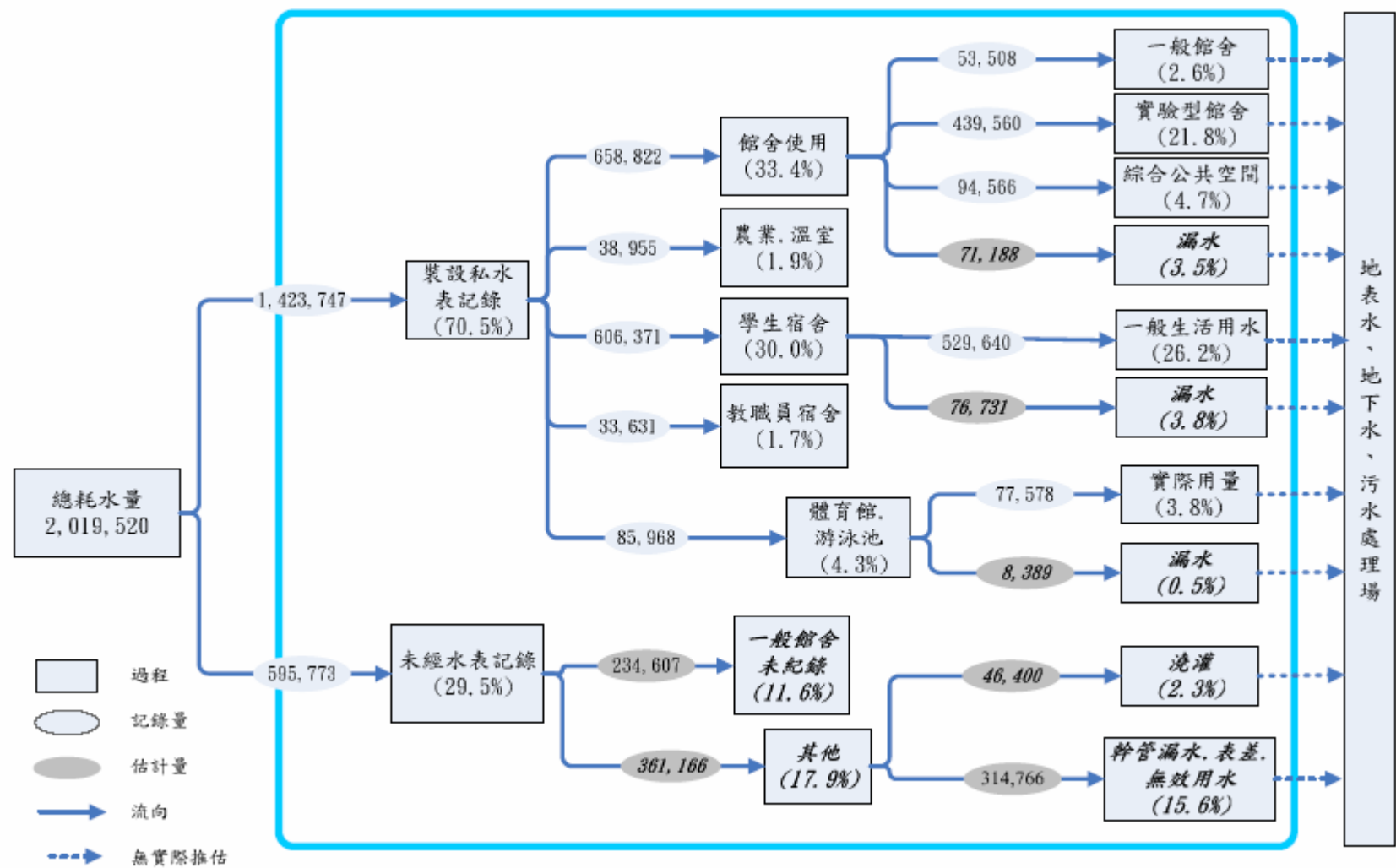
實驗型館舍是指在館舍的配置上具有實驗室的校內建築，多以工、理、農等學院之館舍為主。區分實驗型館舍主要目的在於比較與一般型館舍在實驗用水量的差異。根據整理的資料顯示：在此實驗型館舍中有10棟有發生漏水的現象，以致當月用水量突增，經整理後估計漏水量為64,403噸，佔實驗型之總用水量的12.8%。本研究假設一般館舍的平均面積當量用水量即可視為校園內師生基礎生活用水之估計參考。因此，由實驗型館舍之總樓地板面積255,609平方公尺，可以推算約138,916噸的基礎生活消耗用水，其餘之300,644噸之自來水則多以提供實驗課程及實驗研究之用為主。實驗型館舍整體而言，排除新農化與化學館兩棟館舍不計，其單位樓地板面積用水量1.38噸 / m²，較一般研究型館舍的0.54噸 / m²多了0.84噸 / m²。將兩組單位面積用水量的樣本數

值做t 檢定分析，得到了極顯著性的差異($P=0.00$)，表示實驗型館舍與一般研究型館舍在用水量上的確有明顯的差異性。

一般綜合型公共空間顧名思義即是指校園內不限定進出人員的館舍，其中包含校內各系所學生上課為主之教學大樓、提供社團活動之學生活動中心、處理各項事務之行政中心以及圖書館等。整體而言，綜合性的開放空間的總耗水量包括漏水量在內約100,765噸，實際年用水量僅94,566噸，與原始水表紀錄資料上的差異並非漏水之現象；而確實統計之漏水量約為6,199噸。

學生宿舍是校園中另一個耗水量很大的單位。住宿學生的所有生活起居幾乎皆是由宿舍提供，包含一般生活盥洗、沖廁、洗衣等用水，使用量與使用方式和一般家庭用水相仿。在校總區周圍之學生專用宿舍有10處，提供大學部及研究所共七千多位學生使用。整體宿舍用水而言，總耗水量為606,371噸，其中包含漏水量76,731噸（數化研究生宿舍及男一、三、五舍），佔總宿舍耗水量的12.7%；實際用水僅約529,640 噸。依據每棟宿舍提供的住宿學生人數統計，(扣除漏水量不計)平均每人每日用水量為203.3 L。

經由以上資料彙整，可得臺大校園93年度自來水物質流系統分布圖（圖二）。



圖二 臺大校園93年度自來水物質流系統分布圖

六、結論與建議

6.1 南北勢溪供水研究

- 1.新店溪流域為大台北區域最主要供水來源，佔總供水量69%，而新店溪流域又以直潭淨水場出水量佔大台北區域供水45%為最高。新店溪流域之流中又以南勢溪流量佔54%高於北勢溪之46%。
- 2.供水系統中最大損耗為無費水量，台北自來水事業處、台灣省自來水公司第一區及第十二區管理處分別為370,182,542立方公尺、75,193,841 立方公尺及104,925,652 立方公尺，分別佔各供水單位供水總量之43%、44%及33%。而無費水量最大原因為漏水及表差，分別佔無費水量之73%及23%。
- 3.最大用水用戶為家庭用水台北自來水事業處、台灣省自來水公司第一區及第十二區管理處分別為366,378,321立方公尺、78,553,728 立方公尺及183,034,160 立方公尺，分別佔各供水單位供水總量之43%、46%及57%。佔家庭用水最大比例者則為衛浴用水。
- 4.在新店溪水源方面，以八十八年至九十二年資料而言，南勢溪流量均大於北勢溪流量，且由於南勢溪上游即為烏來風景區，溫泉及餐飲業者眾多，因此在南勢溪上游水質保護及管制工作仍須妥善研議。
- 5.受限於新店溪有效供水為每日321 萬立方公尺現況，應儘速擬定降低無費水量策略。另目前大台北區域供水已有45%來自直潭淨水廠，供水重要性十分明顯，對於直潭淨水場之維護工作應相對重視。相對而言，對於單一來供水源倚賴過大亦有增加風險之虞，為避免供水危機產生應規劃輔助供水措施。
- 6.在污水再利用方面，目前僅內湖污水廠提供每日三萬立方公尺，運用上仍有改善空間，可規範水質符合規定之處理水用於城市雜用水及工程用水。

6.2 台北地區漏水研究

- 1.給水管線為漏水之大宗，佔所有漏水件數百分比高達九成以上。另給水管線修漏件數佔 57.14%，配件修漏件數佔 42.86 %。其中配件修漏中止水栓佔 34.83%，表由令佔 7.87%。而管種的修漏機率：PVC 塑膠管>LP 鉛管>SSP 不鏽鋼。
- 2.不同管種之龜裂比例：PVC 塑膠管>PB 聚丁烯管>LP 鉛管>GIP 鍍鋅白鐵管=CIP、MJP 鑄鐵管>DIP 延性鑄鐵管>SSP 不鏽鋼管。不同管種腐蝕之比例：LP 鉛管

＞PVC 塑膠管＞GIP 鍍鋅白鐵管＞PB 聚丁烯管＞CIP、MJP 鑄鐵管＞SSP 不鏽鋼管＞DIP 延性鑄鐵管。

- 3.管線漏水主要的原因為龜裂漏水（佔 40.8%）與腐蝕漏水（佔 18%），而配件以墊片漏水佔 29.5%為大宗。斷管、止漏待換、汰換及其他管線漏水修復約佔 46.7%，通常漏水量最大且不易尋找不明漏水處。
- 4.北水處輸配水管線未來應逐步全面採用延性鑄鐵管，而新設用戶給水管線則採用不鏽鋼管，以減少漏水發生。同時加速老舊管線之更新，並大規模進行測漏工作，以止漏或整段管線抽換方式處理，以提昇售水率。
- 5.漏水控制的方案宜採多目標進行，如小區計量檢修漏、汰換給水管線、更新水表等。目前屬高漏水率者應採檢漏，而低漏水率者則應採預防漏水的措施。因為台灣管線老舊、地震頻繁，由材質劣化造成漏水現象普遍，建議應全面汰換為不鏽鋼管(SSP)，並將地理資訊系統納入管線配置規劃中。
- 6.針對漏水較嚴重之區域投入小區計量與優先修漏，以減少漏水率和提高售水率。在不同區域應採取不同的防漏措施，如陽明區域因地形較特殊，可配合最合適經濟水壓的調查及研究，分階段有目標逐年降低漏水率。其他漏水較不嚴重之區域應繼續維護及控制漏水率，不致使漏水復發量大於每年檢修漏量。
- 7.自水量產銷分析得知無費用水損失的主要型式為漏水量，而給水管線漏水的情形又最為嚴重。藉由配水給水管種對漏水損失影響之探討可作為未來選擇管材的依據。

6.3台大校園自來水物質流

- 1.93年自來水使用總消耗約202萬噸，供應教職員與學生宿舍所佔比例最高，約27.9%；校園內各館舍之基礎用生活用水量次之，佔25.8%。其次為實驗室用水量(不含生活用水)約佔14.9%；包含農業研究之澆灌和游泳池耗用量共佔8%；其餘23.3%則為無效與漏水量。以單位面積用水量作館舍之用水指標來看，一般研究型館舍0.54噸/ $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ ；實驗型館舍1.38 噸/ $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ ；綜合型公共空間1.03噸/ $\text{m}^2 \cdot \text{年}$ 。
- 2.以用水效率而言，台大校園內之供水效率僅有76.7%。民國93年整年度校總區內有428,817噸的無效用水與漏水量，平均一天浪費了1,175 噸的自來水而無發揮效用，相當於三分之二座標準游泳池的蓄水量。若能在五年後使漏水比例降低至10%，預計平均每年將可替學校省約200 萬的水費支出。
- 3.就系統循環的目標來看，很可惜的是，台大的用水系統中並無回收的循環過程。在

空間資源分配有限的情況下，建議能朝各館舍各自回收利用的方向進行規劃。例如，實驗型的大樓在使用冷凝設備或蒸餾水製造時所使用大量的冷卻水，可經由統一管線的設計流至大樓樓頂儲存，採定時噴灑系統以作為頂樓降溫之用，或庭園澆灌等用途，不但達到消暑降溫更兼具省能效益。不需大型的汙水處理設備亦能達到水資源回收的功能。

七、參考文獻

1. Baccini, P. and Brunner, P. H., "Metabolism of the Anthroposphere", Springer-Verlag Berlin Heidelberg (1991)。
2. Daly, Herman, "Toward Some Operational Principles of Sustainable Development", *Ecological Economics*, 2, pp1-6 (1990)。
3. Zessner M., Kaas T., Brunner P. H., and Fleckseder H., "Regional materials accounting of nitrogen in upper Austria," *Water Science and Technology*, Vol 33, No 4-5, pp. 89-97(1996)。
4. 台北自來水事業處，"台北自來水事業九十一年統計年報"(2003)。
5. 台北自來水事業處，"台北自來水事業九十二年統計年報"(2004)。
6. 台北自來水事業處，防止漏水措施指南，第8頁(1978)。
7. 台灣省自來水公司，"台灣省自來水公司九十二年統計年報"(2004)。
8. 李崇正，自來水管線震害災損分析，自來水會刊第二十一卷第四期(2002)。
9. 李怡蒼，"台灣地區物質流分析系統動態評估模型與應用"，國立台北大學資源管理研究所碩士論文(2002)。
10. 杜偉榮，"以物質流分析淡水河流域內有機物質與懸浮固體"，國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文(2005)。
11. 林松瑾，"南、北勢溪對大台北區域供水現況之物質流研究"，國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文(2005)。
12. 高肇藩，衛生工程給水〈自來水〉篇〈二〉(1975)。
13. 許郁昌，"臺北地區漏水現況調查及改善方案探討分析"，國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文(2005)。
14. 郭瑞華、郭復勝，八十七年專題研究計劃：如何減少無計費水量之研究，中華民國自來水協會(2002)。
15. 陳必晟，"台灣地區鉻之物質流分析與風險評估"，國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文(2004)。
16. 陳明業，"淡水河水資源系統動力模式與永續管理策略之研究"，國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文(2002)。
17. 陳婉婷，"區域性自來水物質流之研究-以臺大校園為例"，國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文(2005)。
18. 黃聖授，"高屏溪涵容能力之評估"，中山大學環境工程學研究所，碩士論文(2000)。
19. 廖本富，"物質流分析架構與量制系統之探討"，國立台北大學資源管理研究所碩士論文(2001)。

- 20.劉乃菱，”校園中水應用及其績效評估指標”，國立東華大學環境政策研究所碩士論文，(2004)。
- 21.駱尚廉、林文淵、陳奕能、楊昆霖、廖悖延，八十六年專題研究計劃{減少漏損及無費用水之經濟研究}，中華民國自來水協會（1997）。
22. 台北自來水事業處，<http://www.twd.gov.tw/>。
23. 台灣省自來水公司，<http://www.water.gov.tw/sample1/index.asp>。
24. 節約用水資訊網，<http://www.wcis.itri.org.tw/>。
25. 經濟部水利署，<http://www.wra.gov.tw/>。
26. 翡翠水庫管理局，<http://www.feitsui.gov.tw/>。