

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 民生物質永續利用—食衣住行—子計畫六：生活汙水再利用之物質流分析(II) 研究成果報告(完整版)

計畫類別：整合型  
計畫編號：NSC 95-2621-Z-002-014-  
執行期間：95年08月01日至96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  
共同主持人：張慶源  
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理：林泉興、陳婉婷、江信佑、林松  
    謹、許郁昌

報告附件：國外研究心得報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 97 年 01 月 02 日

民生物質永續利用—  
食衣住行-子計畫六：生活污水再利用之物質  
流分析(II)

於幼華、林泉興、江信佑、陳婉婷、林松瑾、許郁昌

# PART I--小尺度研究案例

## 臺大校總區之用水、污水及雨水可利用性分析

### 1.前言

在小尺度的水物質流研究案例中，我們是以臺大校總區如圖 1 所示的大部分校園，選為「水物質流」研究的區域性範圍，在此範圍內，我們則以 Substance Flow Analysis（物質流）的研究方法，來測量並比對校園的用水與污水課題。另外，有關校區雨水之再利用，我們則以目前醉月湖所在位置的地下空間設想為一個循環貯留池，初步探討了利用它來收集雨水備用的可行性。

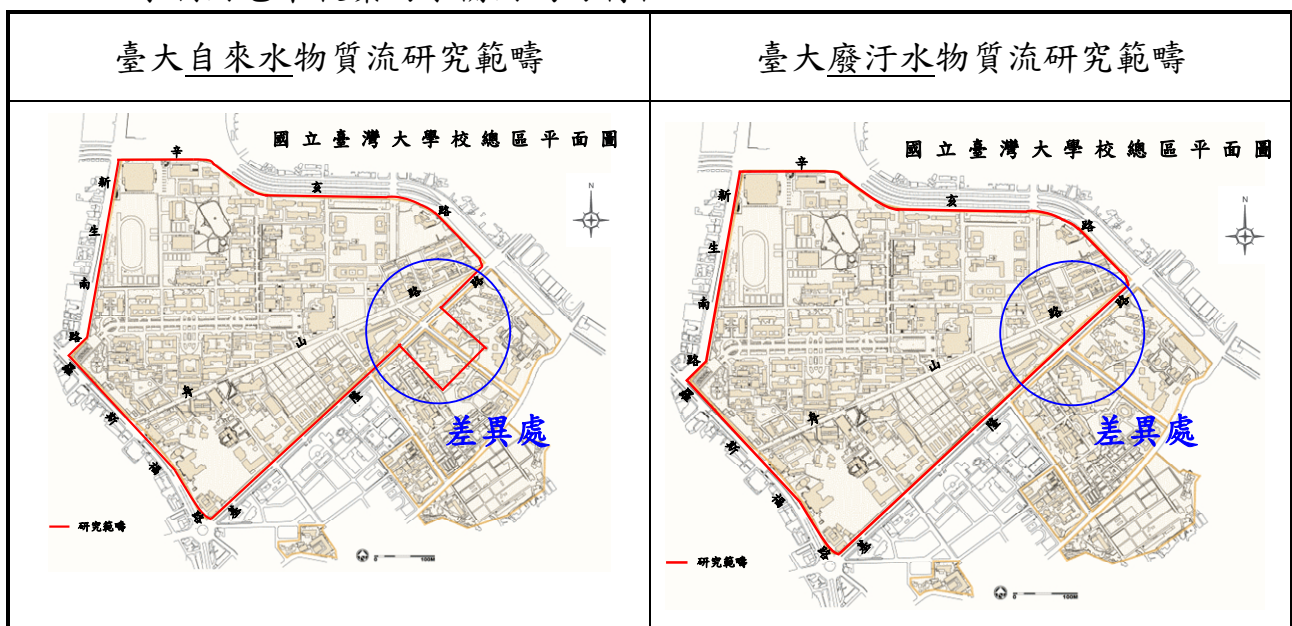


圖 1 臺大校總區水物質流研究範疇

(資料來源：陳婉婷，2005、林泉興，2006；本研究重整)

### 2.臺大校總區水物質流分析

#### 2.1 自來水物質流系統

以台大校園之 2004 年資料、圖 1 的自來水物質流研究範疇為基準，進行校總區自來水物質流研究，建構起完整的臺大校園自來水物

質流系統。研究結果顯示，該年總耗水量為 2,019,520 m<sup>3</sup>，基本生活用水佔總用量約 53.7 % (含學生宿舍)、實驗用水佔 14.9 %、體育館與游泳池佔 3.8 %、綠地澆灌佔 4.2 %、表差與幹管漏水等無效之用水量約達 23.3 %；詳如圖 2 所示。用水器材使用效率約為 76.7 %。

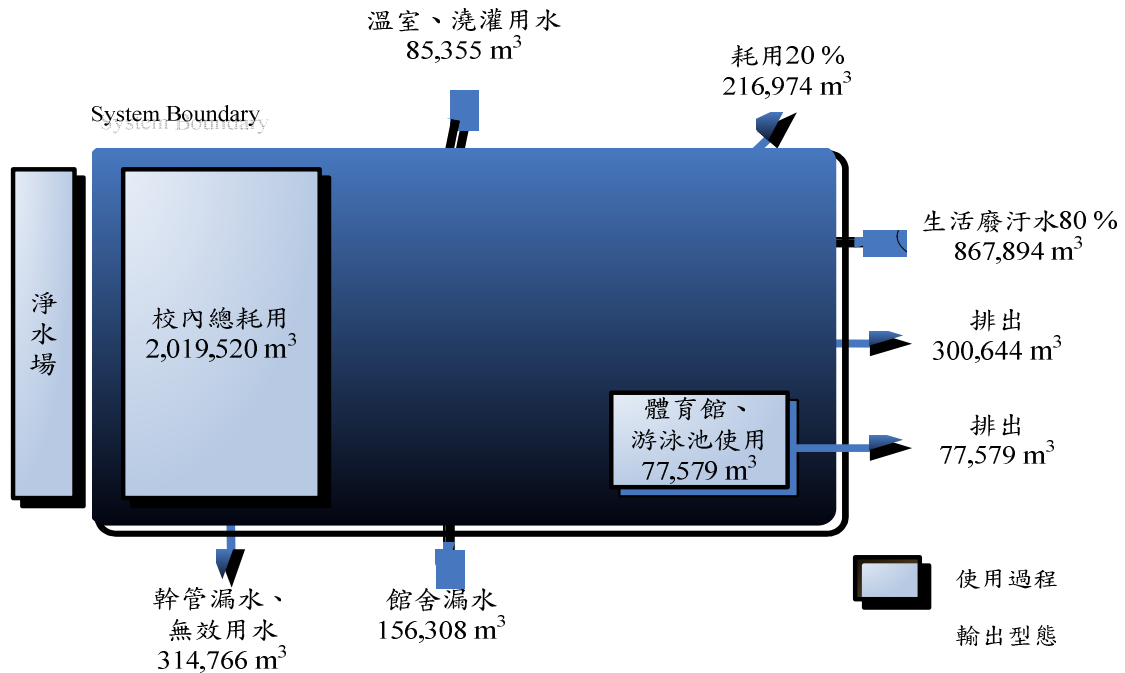


圖 2 2004 年臺大校園自來水物質流分析 (資料來源：陳婉婷，2005)

若將臺大校園用水量與國內其他大專校院比較，雖然 2004 年總用水量與每人每日用水量與往年比較係呈下降趨勢，不過與其他大專校院相較下仍屬偏高，如表 2 所示。

## 2.2 廢汗水物質流系統

依據前述成果，同樣以臺大校園、2004 年斷年資料為基準，並以物質流分析方法盤查、更新更為詳盡的校園自來水物質流系統，進行校總區廢汗水物質流之研究，建構起完整的臺大校園廢汗水物質流系統。研究結果顯示，在基隆路以西、羅斯福路以北、新生南路以東、辛亥路以南的校區，用水成長趨勢逐年減緩，2004 年水錶記錄之用水

總量共 1,694,187 m<sup>3</sup>，廢汙水總量為 1,483,371 m<sup>3</sup>，兩者比值為 0.86；研究範疇內平均日廢汙水總量推估為 4,052.93 CMD，而廢汙水收集面積分區以內的廢汙水總量推估約為 3,250 CMD。

表 2 臺大與國內大專校院用水量比較表

學校	2004 年用水量 (m <sup>3</sup> )	總人數 (人)	每人每日用水量 (Lpcd)
國立中央大學	251,002	9,702	70.7
國立臺灣師範大學	532,761	14,470	100.6
國立臺北科技大學	254,920	6,340	109.9
國立政治大學	981,738	15,816	169.6
國立清華大學	823,911	10,494	214.5
國立雲林科技大學	629,287	7,992	215.1
國立中山大學	810,562	10,141	218.4
國立臺灣大學	2,407,645	27,250	241.4

(資料來源：陳婉婷，2005、林泉興修正，2006)

倘將廢汙水收集面積分區以內的廢汙水量相關類別予以合併，並以比例表示之；實驗廢水的比例約佔分區以內廢汙水總量之 38.5%，館舍生活汙水的比例約佔 24%，宿舍生活汙水的比例約佔 20.7%，漏水的比例約佔 6.7%，泳池與體育館排水的比例約佔 6.3%，餐廳廢水的比例約佔 3.8%；詳如圖 3 所示。

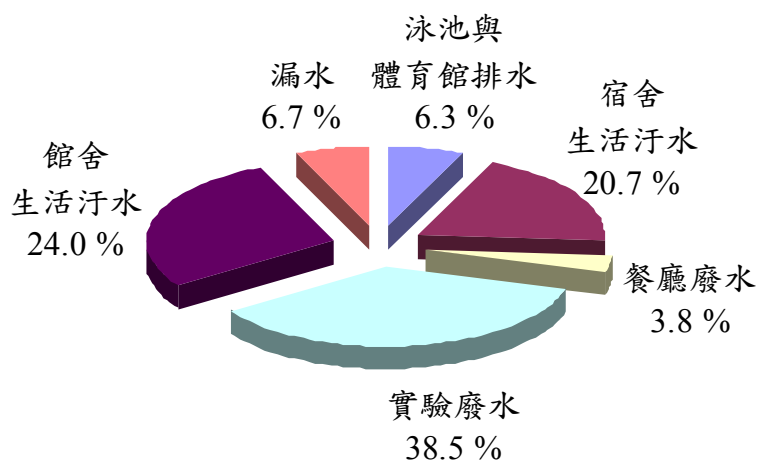


圖 3 分區以內廢汙水流量比例圖

本研究除了釐清臺大校園用水量與廢汙水量的比值，以及建構校園廢汙水物質流系統，另於研究過程中進行臺大兩處排放口與環工所的水質採樣及汙染量檢測，掌握了主要汙染濃度與性質變化，最後更將整體研究成果與歷年臺大校總區汙水下水道系統規劃進行比較，如表 3 所示。

表 3 分區以內廢汙水推估量與歷年規劃報告比較

文獻 汙染源	林泉興，2006 (物質流分析)	集美工程，2005 (按人數推估)	集美工程，2005 (按用水量推估)	中興工程，1993 (按經驗公式)
泳池與體育館	228 CMD	100 CMD	-	200 CMD
宿舍生活汙水	673 CMD	1,300 CMD	-	4,812 CMD
餐廳廢水	123 CMD	230 CMD	-	230 CMD
館舍生活汙水	975 CMD	1,150 CMD	-	1,580 CMD
實驗廢水	1,250 CMD	-	-	1,500 CMD
地下水入滲	-	417 CMD	660 CMD	-
5,500 CMD×0.8	-	-	4,400 CMD	-
合計	≈3,250 CMD	≈3,200 CMD	≈5,100 CMD	≈8,322 CMD

(資料來源：本研究整理)

表 3 顯示 1993 年中興工程推估廢汙水量，係依各汙染源用水特性及廢水產生情形，採經驗公式及自來水用量 (360 Lpcd) 等推估廢汙水量。2005 年集美工程的規劃報告，則以中興工程的資料為基礎先按人數推估，但卻不採納所得數據，主要採 2002 年至 2004 年之實際自來水用水量乘以 0.8 係數值的推估結果為準。因而，以物質流分析方法所推估校園廢汙水量的結果可以得知，倘若以較高的用水量推估出計畫目標年廢汙水量，可能會造成投資浪費，經由物質流研究方法系統化地檢視校園廢汙水的流轉概況，所得出的研究結果與文獻比較，確實較為精準而有效率。

### 2.3. 雨水再利用可行性初探

本研究調查補充 2006 年臺大校園之用水概況與水質資料，並以「醉月湖」為標的，評估、設計雨水貯留供水系統於校園內建置之合理性與可行性。

如以醉月湖為天然蓄水貯留槽，在鄰近醉月湖畔、預定供水區域內之 26 棟館舍，可提供替代沖廁、澆灌與補注用水的設計量，約為 124,373 m<sup>3</sup>/year。由 2006 年校總區總用水量為 1,965,083 m<sup>3</sup>，可得知以雨水替代之再生水用途用水量，約佔校總區總用水量之 6.9%；而預定供水區域內的總用水量為 359,717 m<sup>3</sup>，替代水量約佔其總用水量之 34.6%。以 2006 年校園水價 9 元/度計算之，可節省約 1,119,357 元之經濟效益，約佔該年總水費支出 16,956,595 元之 6.6%。

表 4 為鄰近醉月湖畔、預定供水區域內之 26 棟館舍及用水量統計。

表 4 預定供水區域內 26 棟館舍及用水量

館舍分類	館舍名稱	用水量(m <sup>3</sup> )	館舍分類	館舍名稱	用水量(m <sup>3</sup> )
一般 研究 型 館 舍	數學系	2,045	實 驗 型 館 舍	化學館	57,020
	東亞文明中心	6,634		工綜館	16,029
	心理系南北館	1,231		化工館	4,884
	視聽教育館	2,398		漁業科學館	7,500
	計資中心	6,249		土木館	19,738
	語言中心	4,179		志鴻館	7,203
	文學院	1,967		應力館	10,978
實 驗 型 館 舍	生化館	782		電機一館	4,076
	全球變遷中心	2,709		農藝館	8,038
	中研院原分所	10,783		綜 合 型 館 舍	新生大樓
	思亮館	11,174	普通大樓		8,367
	海洋所	8,333	新圖書總館		79,325
凝態物理館	48,862	第一活動中心+ 綜合大樓	26,421		
合 計					359,717 m <sup>3</sup>

(資料來源：本研究整理)

此外針對醉月湖水質進行檢測之結果，以大腸桿菌數量檢測值高

出再生水水質設計基準甚多；基於維護水質與使用之安全、衛生考量，乃建議以雨水排水系統管路收集雨水後，匯流進入醉月湖以人工濕地處理系統進行前處理，並設計慢濾池再處理後，送至 6,000 m<sup>3</sup> 之地下貯留槽貯集，最後分送至各館舍的再生水貯存桶進行貯存、利用。

如進一步以 2006 年全年至 2007 年 4 月共 16 個月的資料，經由實際模擬總收集雨量、實際利用雨量、溢流量等水量關係分析得知，倘以每日 340 m<sup>3</sup> 推算預定供水區域內之用水量，可以提供預定供水區域內實際利用水量 152,390 m<sup>3</sup>，約為預定供水區域內推估可替代用水量 164,900 m<sup>3</sup> 之 92.4%，而在豐水期間之替代率更可達到 99%。同樣以 2006 年校園水價 9 元/度計算之，估計 16 個月共可節省 1,371,510 元，約合每月 85,720 元，相當具有經濟效益。模擬雨量利用關係圖，如圖 4 所示。

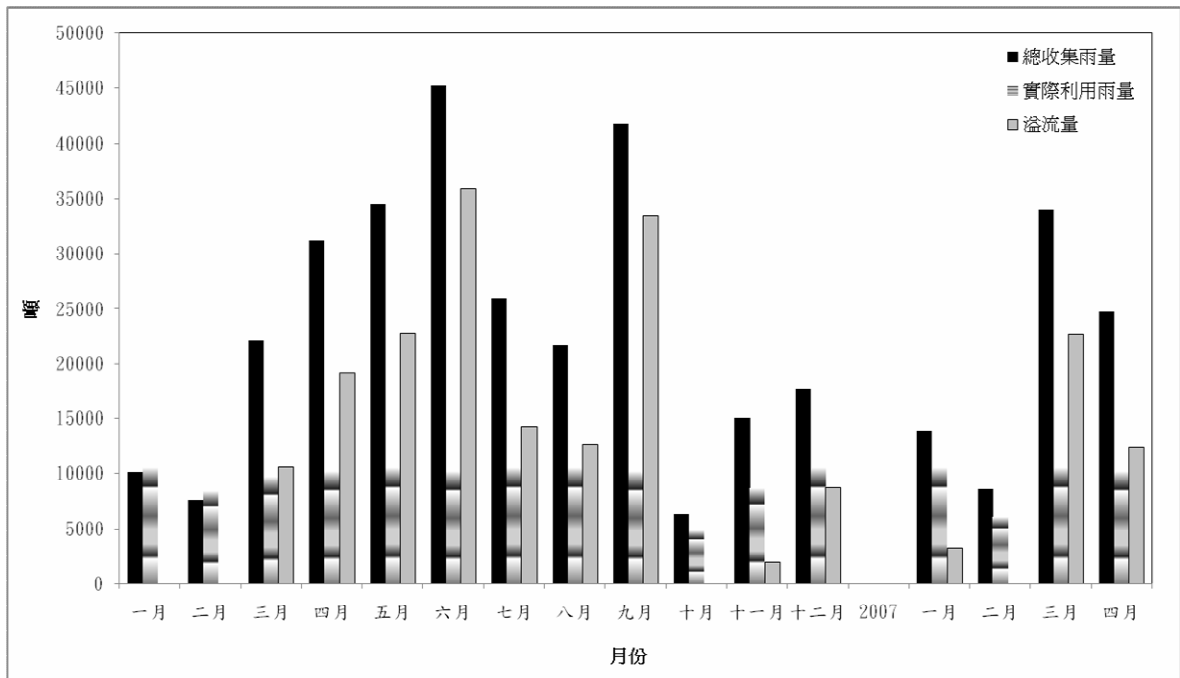


圖 4 模擬雨量利用關係圖

(資料來源：江信佑，2007)

### 3.小結

根據臺大總務處用水統計資料，可彙整 2002 年至 2006 年教職員生用水情形如表 5 所示。倘 2006 年校總區總人數以 30,500 人計，則每人每日用水量為 181.3 Lpcd，顯見校園節用水與修漏工作成效顯著，用水量有逐年降低之趨勢，且已低於大專校院合理用水量現況統計之研究值 184 Lpcd [7]。

表 5 2002 年至 2006 年臺大校總區教職員生用水情形

年	校總區水費 (元)	用水量 (m <sup>3</sup> )	校總區總人數 (人)	平均水費 (人/年/元)	每人每日用水量 (Lpcd)
2002	24,837,382	3,021,721	25,640	968.70	322.9
2003	23,441,831	2,819,751	26,614	879.92	290.3
2004	20,081,494	2,407,645	27,250	736.94	241.4
2005	17,408,030	2,056,161	29,142	597.35	193.3
2006	17,952,712	2,017,805	採計 30,500	588.61	181.3

(資料來源：本研究整理)

### 4.結語

有鑑於臺大過往在水資源經營管理暨節用上，可能宥於具有歷史性的校園建築、地下管線，甚或是缺乏對應的改善方案、執行措施；而今在永續校園的信念下展開行動，配合整體規劃及改善期程，應能有效率地推行，從而落實、達成既定目標。

本文作者，特別感謝國科會歷年來之物質流研究計畫支援，以及本校總務處營繕組在我們研究與調查過程中所提供的資料與人力配合。

## PART II—大尺度研究案例

### 物質流方法分析大台北地區的供水系統

#### 1. 前言

臺灣地區年平均降雨量約為 2,510 公釐，約為世界平均值的 2.6 倍，屬於降雨量豐富的地區。但由於受到降雨時間不均及地理空間上的限制，可利用的水量僅約總降雨量的 15 %（水利署, 2002），每人平均分配到的水資源量亦十分有限，平均而言每年每人所能分配之降雨量僅約 4,500 立方公尺，大約為世界平均值的六分之一左右，使得台灣地區成為全球排名第 18 位的缺水地區，可供利用之水資源相當有限，因此是水資源的永續利用是臺灣推動永續發展所必須注意的課題。

水資源可以被視為是一種可重複使用的再生性資源。欲使任何資源可永續使用，就必須考慮該資源的供需之間的均衡關係。近年來政策不斷在「開源」面向上提出各式水資源開發政策，諸如：海水淡化、人工湖等等，然而卻甚少節流或資源使用效率面來檢討以往在水資源需求上可以樽節與加強之處，深入考量以需求面及供給面平衡關係檢視水資源問題。

所以究竟目前臺灣地區水的供給與需求情形是如何，而水資源供需現況應如何在總量管制前提下達成最佳平衡，本研究即以大台北地區為例，取用物質流分析方法來幫助我們達到此平衡目標的水供需關係上的瞭解。

#### 2. 大台北地區供水系統

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，在行政劃分上分屬台北市、台北縣以及基隆市所管轄。供水系統則分別由台北自來水事業處及台灣省自來水公司（第一及第十二區管理處）所營運，地區範圍內供水單位及供水區域如下列：

## 一、台北市自來水事業處：

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，並於民國六十一年一月一日成立「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，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、新店市與汐止市部分地區。

## 二、台灣省自來水公司

台灣省自來水事業始於民國前十六年之淡水自來水系統，並於民國六十三年成立台灣省自來水公司，俟後分批合併全台 128 個水廠，並依區域將台灣地區為十二個區管理處，分別管理各區域供水業務。

第一區管理處共有基隆供水系統、六堵供水系統、坪林供水系統、淡水供水系統、金山供水系統、瑞芳供水系統、萬里供水系統、三芝供水系統、烏來供水系統、雙溪供水系統、深坑石碇供水系統及平溪供水系統等十二處供水系統，供水地區包含基隆市、台北縣所轄之汐止市（不含台北自來水事業處所供水區域）、坪林鄉、淡水鎮、瑞芳鎮、萬里鄉、金山鄉、三芝鄉、石門鄉、烏來鄉、雙溪鄉、深坑鄉、石碇鄉、貢寮鄉及平溪鄉等。

第十二區管理處供水系統為板新區供水系統，水源主要來自泰山深井、石門水庫、大漢溪、永和深井、板新深井及三峽河抽水站，供水地區包含中和市（中和員山路以西連城路以北）、板橋市、樹林市、土城市、新莊市、三重市（二重疏洪道以西）、三峽鎮、鶯歌鎮、泰山鄉、五股鄉、蘆洲市、八里鄉、林口鄉太平村、桃園縣龜山鄉龍壽村及桃園縣八德市大仁里、大安里部分等傳統稱為板新地區之區域轄管台北縣西南部供水。

以 2003 統計資料，大台北地區供水面積約 2,400 平方公里；供水區域人口數共有 6,641,000 人，本研究即對於大台北地區二處供水

單位所屬之三個供水系統由取水、導水、淨水、配水以迄於用水之過程探討，並計算各階段水量及流向。

### 3. 大台北地區供水現況分析

本研究範圍起於新店河流域（上游為南勢溪及北勢溪），河川經由集水工程及導水工程將原水導入淨水場進行淨水程序，原水經淨水完成後即透過配水系統導送，首先進入大管徑之清水輸送幹管，接著進入各地之加壓站或配水池，最後經由各種小管徑之輸水管將自來水送入用戶，並可依用水標的不同而將用水戶區分。

為掌握大台北地區供水現況並使之易於了解運用，本研究首要工作便是繪製供水結構圖，本結構圖將由南、北勢溪為起點，一步一步建構大台北地區由取水、淨水、配水以至於用水之供水架構。

首先為新店溪流量計算，由於新店溪是由北勢溪及南勢溪所組成，因此新店溪流量計算上便分別計算北勢溪流量及南勢溪流量，最後再加總而得出。在現況上北勢溪構築了翡翠大壩，河川逕流由大壩攔水，並每日放流發電後尾水流入北勢溪，因此北勢溪流量主要來自翡翠水庫放流水，本研究在計算北勢溪流量即由翡翠水庫管理局網站取得放流量資料，並將原始資料（單位為  $\text{m}^3/\text{sec}$ ）換算為日流量後加總 2003 年所有資料而得出北勢溪年流量；在南勢溪方面，由於南勢溪上游經由桂山壩攔水，並經由引水渠道輸送至桂山水力發電廠發電後放流至南勢溪，因此水利署雖於南勢溪設有多處流量測站，卻因為部份水流已直接引流至桂山電廠，而無法真正顯示南勢溪流量，本研究在計算南勢溪流量工作上，經參考水利署多份有關北部區域水資源規劃報告，並經了解桂山電廠雖為無人電廠，但其流量資料已考量南勢溪主流量、側流量及桂山水力發電廠放流量資料，足以代表南勢溪流量，因此由翡翠水庫管理局網站及水利署台灣地區水資源總量管制機制規劃報告中取得桂山水力發電廠流量資料，並將原始資料（單位

為  $\text{m}^3/\text{sec}$ ) 換算為日流量後加總 2003 年所有資料而得出南勢溪年流量。最終將北勢溪及南勢溪年流量加總而得新店溪年流量資料。

接著進入淨水量資料收集與計算，淨水量資料應分為取水量及淨水量二方面探討。當北勢溪及南勢溪匯流為新店溪後，為了有效集水而構築了三座攔河堰，其地理位置由上而下分別為屈尺堰、直潭壩及青潭堰，其中屈尺堰攔水後將水經由渠道引至粗坑水力發電廠發電，發電尾水於直潭壩及青潭堰間匯流入新店溪，其主要功能為水力發電設施；直潭壩之攔水則經由原水輸送管渠輸送至直潭淨水場；而青潭堰之攔水經由原水輸送管渠輸送至長興淨水場及公館淨水場；直潭壩及青潭堰之功能則主要為供水系統設施。

而在收集取水及淨水資料方面，主要重點為：直潭壩取水量、青潭堰取水量與直潭、長興及公館三座淨水場之出水量。直潭壩及青潭堰之取水設施為台北自來水事業處所操作，因此即由台北自來水事業處取得取水量資料，至於淨水場之出水量已載於自來水事業統計年報，本研究即由台北自來水事業 2003 年統計年報取得相關資料。

緊接著便須統計送水及配水資料，而此階段所需統計資料已牽涉台北自來水事業處支援台灣省自來水公司之供水量。在送、配水過程，首先將自來水由二條清水輸水幹管送至各地之配水池及加壓站，接著進入用戶配水系統，而支援系統亦是經由不同供水系統交界處之加壓站進行供水支援工作，目前送、配水資料可由台北自來水事業 2003 年統計年報及台灣省自來水公司 2003 年統計年報取得，惟在支援水量方面二份統計年報數值略有不同但誤差值極小，推測可能為計量誤差所致，本研究採用之支援水量係由台北自來水事業處統計資料並配合水利署水利規劃試驗所之統計資料計算而得。

最後在用水資料部份，由於水費為供水單位重要之財務收入，因此台北自來水事業統計年報及台灣省自來水公司統計年報均對用水資料有詳盡分析，但在資料表示上仍略有不同（例如：台灣省自來水

公司習以抄見率來表示用戶用水概況，而台北自來水事業處就使用售水率)，本研究為使供水結構圖之數據具統一基準，需將二個供水單位用水資料做適度整合，以使資料具一致性。

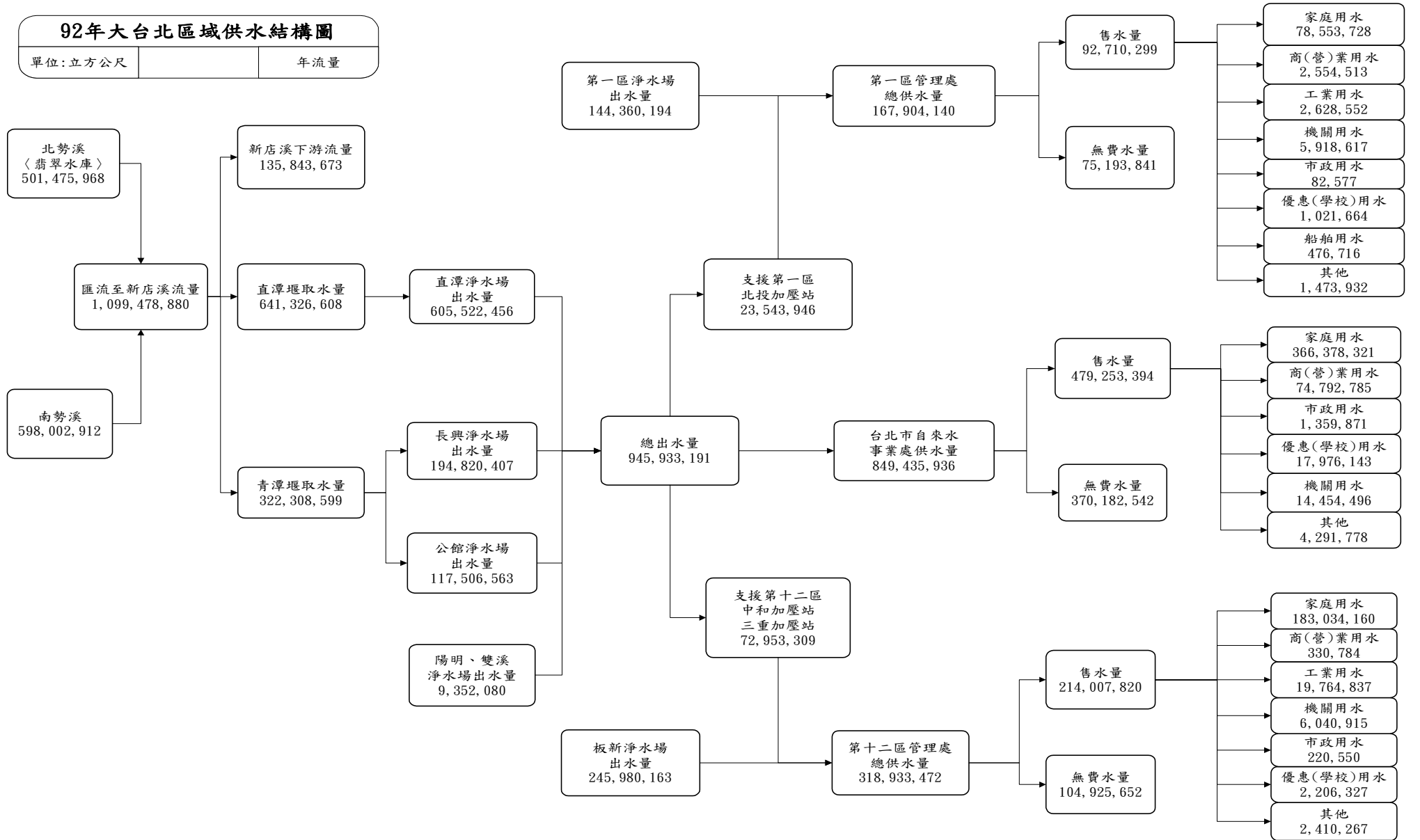
依據上述過程計算後，可得到大台北地區由取水、導水、淨水、配水至用水各階段資料，圖一即為繪製完成之大台北地區供水結構圖，由結構圖便可明確了解大台北地區供水系統各階段水量及流向。

#### 4. 用水分析

大台北區域供水結構圖完成後，將進一步闡述供水系統各階段水的流向及流量，並比較過去五年間相關數據變化情形，並希望由其中分析大台北區域供水問題癥結，冀由尋找問題、分析問題進而改善問題之程序，為大台北區域供水問題尋求未來效率精進等課題改善之道。

##### 4-1 導水及淨水

大台北區域供水系統在 2003 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。



圖一、大台北地區供水結構圖

台北自來水事業處共轄有直潭淨水場、長興淨水場、公館淨水場、陽明淨水系統及雙溪淨水系統等五處淨水系統，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，台北自來水事業處之供水約有 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。

台北自來水事業處為大台北區域供水系統最重要之供水來源，而直潭淨水場又可稱為台北自來水事業處供水之樞紐，而若將大台北區域之供水單位所有淨水系統納入考量，則發現直潭淨水場仍佔 45% 之供水量，其非但為供應量最大之淨水場，且供水比例亦大於台灣省第一區管理處及第十二區管理處之總和，若再加計長興淨水廠及公館淨水場之供水比例，此三處淨水廠已佔大台北區域供水系統 69% 之水量。

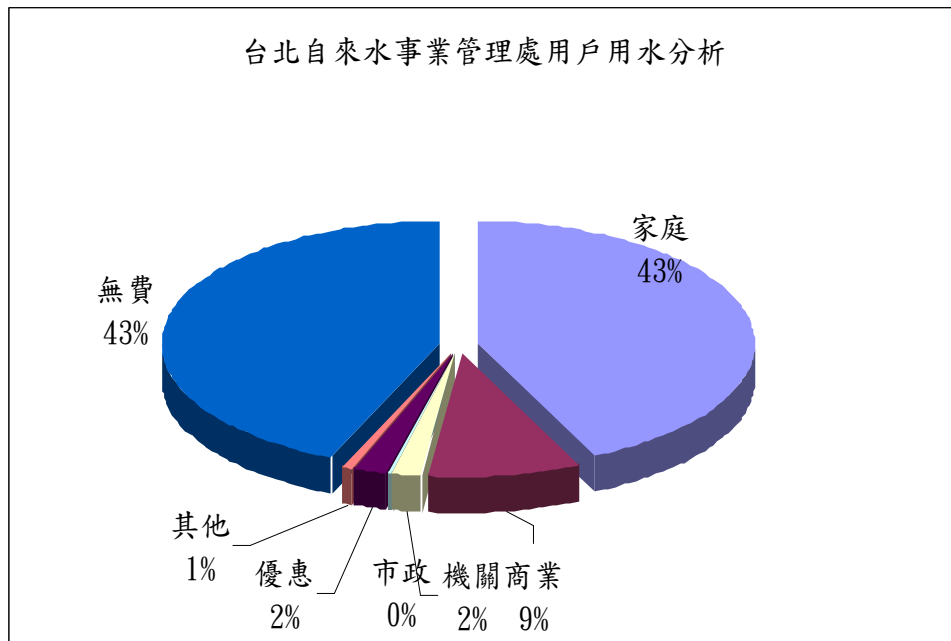
若再推究直潭淨水場、公館淨水場及長興淨水場之共同點，發現此三者原水均來自新店河流域，因此亦可說明新店河流域為大台北區域供水最主要來源。

#### 4-2 配水及用水

在大台北區域供水系統物質流分析中，當原水由取水設施進入系統後，即進入封閉系統在系統內流佈，而水要離開大台北區域供水系統共有三個流向，首先為淨水損耗，其次為供水系統漏水損失，最後為用戶用水使用，本節將對配水系統及用水狀況分析，以充分了解大台北區域供水流向。

首先在台北自來水事業處方面，依據九十二年資料，以售水量統計，家庭用水共 366,378,321 立方公尺、商(營)業用水共 74,792,785 立方公尺、市政用水共 1,359,871 立方公尺、優惠(學校)用水共

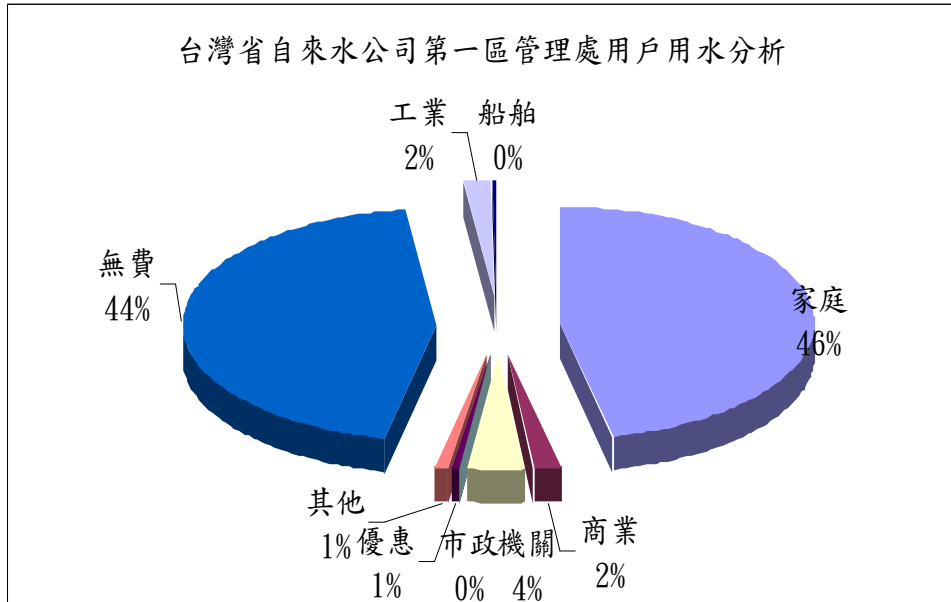
17,976,143 立方公尺、機關用水共 14,454,496 立方公尺、其他用水 4,291,778 立方公尺及無費水量 370,182,542 立方公尺。依比例而言，以無費水量 43% 及家庭用水佔 43% 為最高，其次為商（營）業用水的 9%，另市政用水由於比例過低已趨近 0%。台北自來水事業處用戶用水分析如圖 2 所示。



圖二、台北自來水事業處用戶用水分析  
 (資料來源：台北自來水事業處、本研究整理)

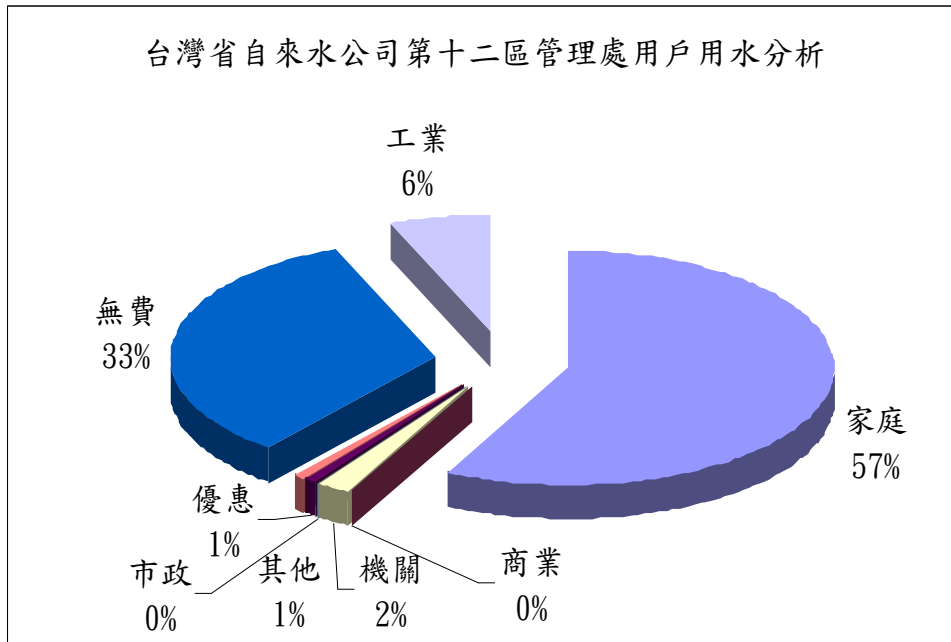
接著在臺灣省自來水公司第一區管理處方面，依據九十二年資料，以售水量統計，家庭用水共 78,553,728 立方公尺、商（營）業用水共 2,554,513 立方公尺、市政用水共 82,577 立方公尺、優惠（學校）用水共 1,021,664 立方公尺、機關用水共 5,918,617 立方公尺、其他用水 1,473,932 立方公尺、工業用水 2,628,552 及無費水量 75,193,841 立方公尺，另因基隆港位於本供水系統供水區域內，因此仍有船舶用水 476,716 立方公尺。依比例而言，以家庭用水佔總售水量 46% 及無費水量佔 44% 為最高，其次用水比例均非常低，而市

政用水及船舶用水由於比例過低已趨近 0%。台灣省自來水公司第一區管理處用戶用水分析如圖 3 所示。



圖三、台灣省自來水公司第一區管理處用戶用水分析  
(資料來源：台灣省自來水公司、本研究整理)

最後是台灣省自來水公司第十二區管理處，依據九十二年資料，以售水量統計，家庭用水共 183,034,160 立方公尺、商(營)業用水共 330,784 立方公尺、市政用水共 220,550 立方公尺、優惠(學校)用水共 2,206,327 立方公尺、機關用水共 6,040,915 立方公尺、其他用水 2,410,267、工業用水 19,764,837 及無費水量 104,925,652 立方公尺。依比例而言，以家庭用水佔總售水量 57% 最高，其次為無費水量佔 33% 及工業用水 6%，其餘之用戶用水比例均非常低，而市政用水及商業用水由於比例過低已趨近 0%。台灣省自來水公司第十二區管理處用戶用水分析如圖 4 所示。



圖四、台灣省自來水公司第十二區管理處用戶用水分析  
(資料來源：台灣省自來水公司、本研究整理)

## 5. 供水問題分析

承上節所分析資料，大台北區域供水系統供水流向佔最大比例為無費水量及家庭用水，本節將對此二種供水流向進一步討論，期能對大台北區域供水改善及未來供水供需平衡二方面提供建言。

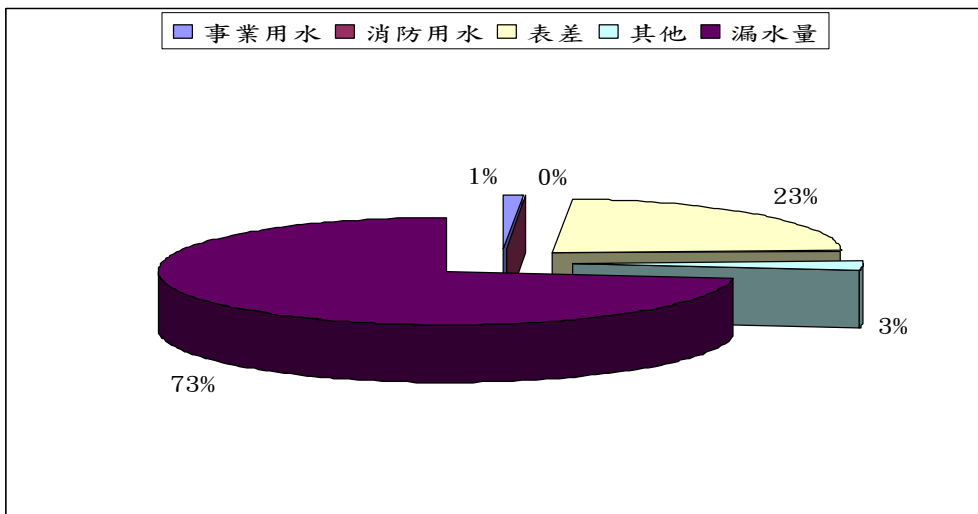
### 5-1 無費水量

由於台北自來水事業處對於無費水量統計較為詳盡，將無費水量再區分為事業用水、消防用水、表差、其他及漏水等五大項，因此本節將以台北自來水事業處所提供之資料分析無費水量問題。

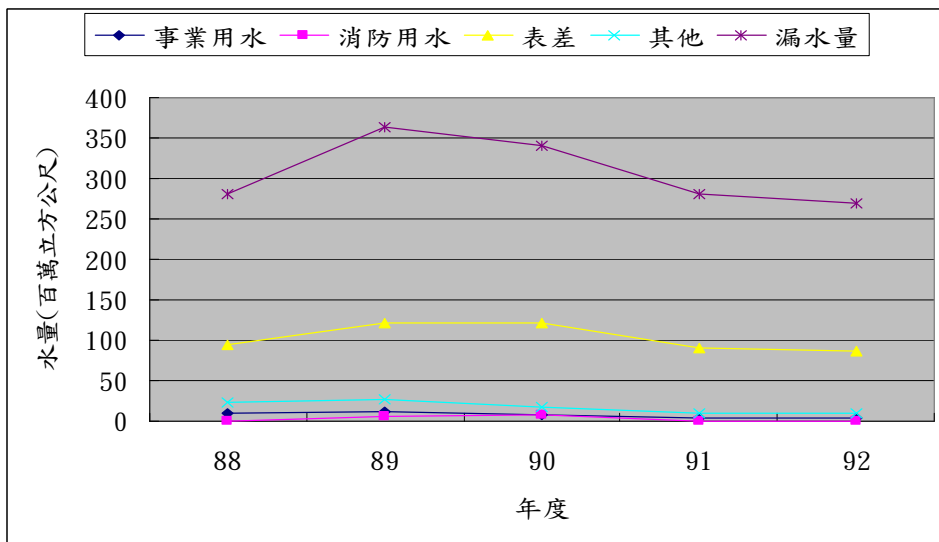
無費水量共分為五大類，事業用水係指自來水事業於提供自來水過程中所必須損耗之水量、消防用水指消防單位因救災所需而不計費之水量、表差係供水計量設備誤差所造成、其他這一項則包含未查獲竊水及核減水量，最後一項則為輸配水線路管線流失之漏水量。在台北自來水事業處 2003 年所統計資料，事業用水共 3,713,532 立方公尺、消防用水共 540,486 立方公尺、表差為 6,731,200 立方公尺、其他則有 9,544,401 立方公尺，以及漏水量共 269,652,923 立方公尺；

若換算為比例，則以漏水所佔 73% 為最高、表差佔 23% 次之，其餘三項所佔比例合計僅 4%，其中消防用水甚至以低於 1% 而經四捨五入後比例顯示為 0%。各類無費水量佔總無費水量比例如圖 5 所示。

而在無費水量的議題上，對於了解各類無費水量變化趨勢亦為重要工作，本研究收集過去五年（1999 年至民國 2003 年）資料，並分析其變化情形，冀由各類無費水量歷史資料推究其變化原因，並由此獲得改善之道。圖 6 則為各類無費水量變化折線圖。



圖五、各類無費水量佔總無費水量比例（資料來源：台北自來水事業處、本研究整理）



圖六、各類無費水量 1999 年至 2003 年變化情形

（資料來源：台北自來水事業處、本研究整理）

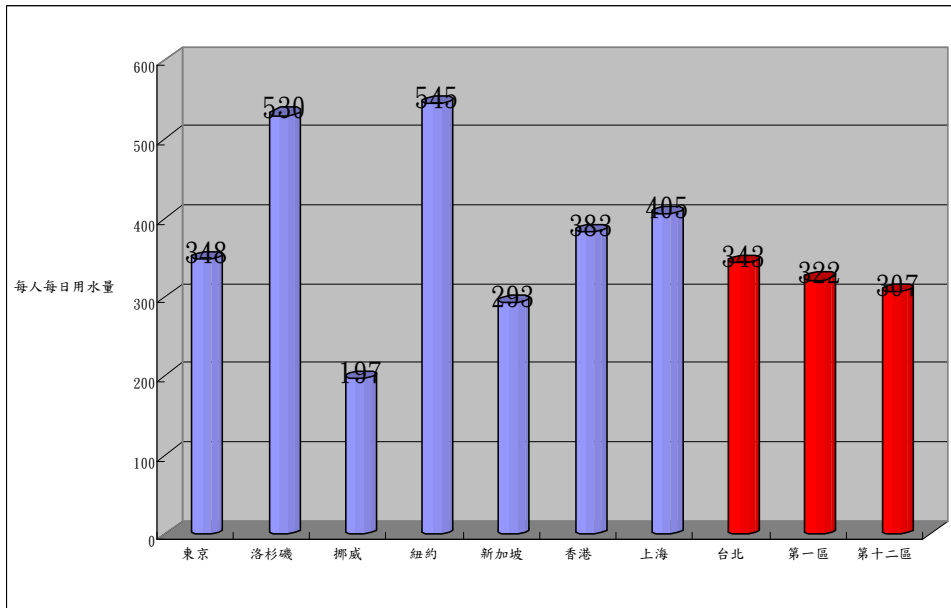
由統計資料發現，在這五類無費水量之中，除消防用水外，其餘四類均在 2000 年上升，而後逐年下降，最後在 2003 年時，甚至已低於 1999 年之水準；推測其原因應有下列二點：首先為台北自來水事業處維修工程較為積極，近年台北自來水事業處推動抽換老舊管線及分區檢漏工作不遺餘力，因此反應在無費水量的變化上應趨於下降趨勢，而在 2000 年呈現增加方面，推測應為地震影響，在 1999 年 9 月 21 日台灣地區發生了「集集地震」，大台北地區雖非震央，但依舊受地震影響，而導致諸多管線設施毀損，因此無費水量在次年產生激增情況。

## 5-2 家庭用水

三個供水單位資料中，家庭用水所佔比例極高，台北自來水事業處達供水比例 43%，台灣省自來水公司第一區管理處為 46%，台灣省自來水公司第十二區管理處更高達 57%，由此顯示大台北地區用水行為仍以家庭中用水為主，因此本節將對於家庭用水部份再深入說明。

在評估用水量議題上，常用的方法是計算每人每日用水量，亦即將總用水量除以供水人口。依據九十二年資料，若以售水量為基準（售水量/供水人口），在台北自來水事業處及台灣省自來水公司第一區及第十二區管理處每人每日用水量分別為 343 公升、322 公升以及 307 公升，若與世界其他城市相比，則大台北地區每人每日用水量約與東京相當，但高於挪威、新加坡，低於洛杉磯、紐約、香港及上海。圖七為世界城市每人每日用水比較。

在每人每日用水量議題上，若改以家庭用水量為基準（家庭用水量/供水人口），則台北自來水事業處、台灣省自來水公司第一區及第十二區管理處之每人每日用水量分別為 262 公升、273 公升及 263 公升，與售水量為基準所計算者分別差距 81 公升、49 公升及 44 公升，而這個差距也代表供水人口須分擔非家庭用水之水量，例如：台北自



圖七、每人每日用水比較（資料來源：各國統計局網站、本研究整理）

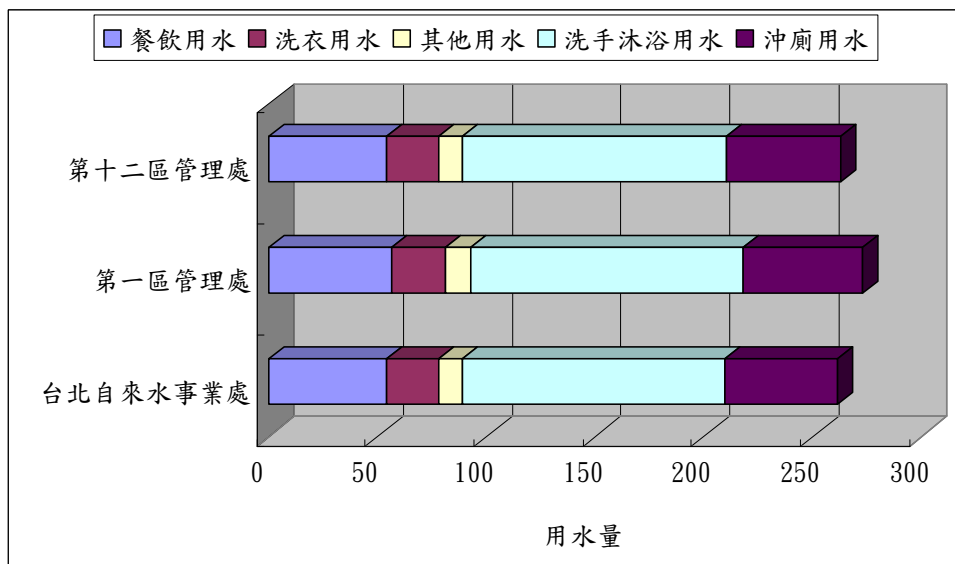
來水事業處供水人口每人須分擔 81 公升非家庭用水（機關用水、商業用水、市政用水等），而數據也反應台北自來水事業處供水範圍內，供水用戶是必須分擔較多的非家庭用水。

目前在家庭用水議題上，對於每人每日用水量有諸多研究，但對於合理用水量卻無一致性結果，因此本研究在家庭用水課題上，下一步便是要將每人每日用水量再進一步細分，以了解家庭用水的最終用途究竟為何，並可由研究成果對此方面建言。

依據水利署對於家庭用水戶所做調查，台灣地區住宅用水共可分為餐廳用水、洗衣用水、衛浴用水（含洗手沐浴及沖廁）及其他用水等四大類，而各項所佔比例分別為 20.7%、9.2%、66%及 4.1%，其中以衛浴用水所佔比例最高，其次分別為餐廳用水、洗衣用水及其他用水。

若將台北自來水事業處、台灣省自來水公司第一區及第十二區管理處之每人每日用水量分別為 262 公升、273 公升及 263 公升，依據水利署調查統計資料再細分，則可得知家庭用水最終流向，經計算後得知，在三個供水單位之用戶餐廳用水介於 54~57 公升、洗衣用水約

24~25 公升、其他用水 10~11 公升、洗手沐浴用水為 120~126 公升以及沖廁用水約 52~55 公升，由此也可發現衛浴用水中之洗手沐浴用水為用水量最大項目，因此如要節約家庭用水也必須由衛浴用水方面著手。圖八為各項用水以圖表方式堆疊表示。



圖八家庭用水項目統計分析（資料來源：本研究整理）

## 5. 議題討論

- 一、在水資源的供給議題上，依據水利署統計新店溪流域水文資料，指出當南勢溪與翡翠水庫聯合運用時，進行水庫與攔河堰供水能力分析，新店溪流域供水能力可達每日 321 萬立方公尺（[經濟部水利署、2004](#)），供水可靠度及穩定度極高。而台北市目前人口已呈現負成長趨勢，而台北縣成長率亦已趨緩，若可有效控制家庭用水量並降低無費水量比例，新店溪流域水量應足以供應此二區域之供水。
- 二、在水資源需求議題上，當討論控制用水的議題時，除了呼籲民眾節約用水外，最常提出的論點即是節水器材的推廣使用，在此部分經濟部水利署已於 1997 年起推動「省水標章制度」，迄今共有

468 件產品獲得省水標章，並分布於水龍頭、馬桶、蓮蓬頭等等產品。下表即為省水器材與非省水器材之用水比較。

表一、省水及非省水器材用水量比較

		非省水器材	省水器材
洗衣機		>35 公升/公斤	<22 公升/公斤
一段式馬桶		>12 公升/次	<6 公升/次
二段式馬桶	小號	>12 公升/次	<3 公升/次
	大號	>12 公升/次	<6 公升/次
水龍頭		>15 公升/每分鐘	<9 公升/每分鐘
蓮蓬頭		>75 公升/五分鐘	<6 公升/五分鐘

資料來源：節約用水資訊網 <http://www.wcis.itri.org.tw/>、本研究整理

依據台灣地區用水行為統計結果，不含其他用水之合理用水量應為 233 公升，而目前三個供水單位之每人每日家庭用水量，若不計其他用水，則介於 252 公升至 262 公升之間，仍高於合理用水量平均值，因此在家庭用水方面，仍應致力減少用水。

三、漏水問題改善為大台北地區供水系統亟需改善問題，以台北自來水事業處而言，自 1999 年起管線汰換率分已達 1.49%，如以第二十屆國際自來水年會建議：「管線最低年汰換率須達 1.5%，始能維持漏水情形不再惡化」而言，台北自來水事業處已可達漏水情形不再惡化之標準。惟台灣地區位處地震帶，經常性的地震亦常造成地下管線的破壞，由前章資料亦可明確了解 921 地震確實造成漏水量增加，因此除了持續管線汰換外，台北自來水事業處亦進行小區計量檢修漏及汰換水表等工作，期對漏水問題有效控制並持續改善。

## 6. 結論與建議

1、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。

- 2、在污水再利用方面，目前僅內湖污水廠提供每日 3 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。
- 3、目前管線汰換工作雖已持續進行，惟對於管線分布情形仍無法掌握精確，對於老舊管線建議供水單位進行詳實調查，並可配合地理資訊系統建置管線資料庫，藉由資料庫控管並提高汰換老舊水管頻率，以減少供水損失。
- 4、目前許多用水量仍為估計值（例如：消防用水、市政用水等），建議應盡速完成計量設施規劃及設置，以使供水計算準確度提高。
- 5、由於研究係以民國九十二年斷年資料為準，所有數據均以年為單位計算，因此並無法顯現短期缺水時之供水情況，未來可對於短期缺水狀況進行物質流分析，以深入瞭解缺水時期之供水結構，並從而解析問題。

#### 附錄 名詞定義

供水系統：係指自水源起，包括導水、淨水、送水以及配水等設備之整體，所稱一個系統乃指在同一配水管網下供水之系統，大部分每一自來水事業（廠所）擁有二個以上之供水系統，亦有少數規模較大之供水系統為二個以上之廠所所共用。

設計出水量：係指導水路或其他水力構造物在某種水力情況下之最大處理輸送流量。

出水量：係指經水源地總水管輸出之水量，即送配水水量計之計水量。

出水率：係指平均每日生產之水量與年中設計出水量（（上年底設計出水量 + 本年底設計出水量）÷2）之百分比。

配水量：係指經輸水管通過各配水系統分水表之總和水量。（對無輸水管及配水管之分或未設置分表之供水系統，則其出水量等於配水量）。

售水量：係指實際計收水費之水量（即計費度）。

抄見量：係指由各用戶水表計出實際水量之和。

售水率：係指售水量占配水量之百分比。

抄見率：係指抄見量占配水量之百分比。

行政區域戶口數：係指供水系統所屬管理單位以行政界限（縣市、鄉鎮（市）區、村里）為劃分對象所涵蓋區域範圍內之戶口數。

供水區域戶口數：係指自來水管線已到達之區域範圍之戶口數（包括未申請飲用自來水之人口數）。

供水戶口數：係指供水系統區域範圍內已實際用水之戶口數。

供水普及率：係指在自來水行政區域內，供水戶口占區域內總戶口之比率，即供水戶口÷行政區域戶口×100%。

用戶數：係指使用自來水之計費用戶數。

水費收入：係指計費水量之收入（含基本費）。

管線：係指串通之送水、配水管道以使流體通過（不包括用戶進水、受水管線）。

送配水水量計：係指為各處理廠（場）計量出（配）水量之水量計。

用戶用表：係指為用戶給水管線上計量用戶用水量之量水表。

收費率：係指實際已收水費與查定應收水費之百分比。

給水平均單位售價：係指一定期間內每一度計費水量（含基本費）之平均售價。  
即該期間內之給水收入÷售水量

## 參考文獻

1. 台北自來水事業處，”台北自來水事業九十二年統計年報”（2004）。
2. 台北自來水事業處，”台北自來水事業九十一年統計年報”（2003）。
3. 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）。
4. 經濟部水利署，”[水資源總體經濟模式](#)”（2001）。
5. [經濟部水利署](#)，”[台灣地區水資源總量管制機制規劃](#)”（2004）。
6. 監察院，”水資源之開發、調配及管理專案調查研究報告”（2002）。
7. 鄧喬明，”住宅合理用水量之研究”，私立中原大學土木工程研究所，碩士論文（2000）。
8. 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。
9. 林泉興，「校區廢汙水之物質流研究—以臺大為案例」，國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文，2006。
10. 江信佑，「臺大校園雨水再利用課題初探」，國立臺灣大學環境工程學研究所碩士論文，2007。
11. OECD Working Group on Environmental Information and Outlooks (WGEIO), *Special Session on Material Flow Accounting*, Paris, 24 October 2000.

12. Baccini P. and Brunner P. H., *Metabolism of the Anthroposphere*, Springer Verlag, Berlin, 1991.
13. Zessner M.; Kaas T.; Brunner P. H.; and Fleckseder H., “Regional Materials Accounting of Nitrogen in Upper Austria” , *Water Science and Technology*, 89-97, 1996.
14. 黃金山、謝政道、陳仁仲、傅孟臺、黃珮貞，「滴水惜無限，節水意念間—民生用水節水管理」，永續產業發展雙月刊第九期，2003。

#### 網站資料

1. Tokyo Metropolitan Government Bureau Of General Affairs Statistic Division Management and Coordination Section  
<http://www.toukei.metro.tokyo.jp/tnenkan/tn-eindex.htm>
2. the official New York City Web site. <http://www.nyc.gov/html>
3. singov. <http://www.gov.sg/sitemap.htm>
4. <http://www.pub.gov.sg/NEWater>
5. <http://www.bjwatergroup.com/>
6. <http://www.shanghai.gov.cn/>
7. [http://www.lacity.org/ead/EADWeb-WNR/drinking\\_water.htm](http://www.lacity.org/ead/EADWeb-WNR/drinking_water.htm)
8. [http://www.ssb.no/english/subjects/01/04/20/vann\\_koetra\\_en/index.html](http://www.ssb.no/english/subjects/01/04/20/vann_koetra_en/index.html)
9. 台北自來水事業處，<http://www.twd.gov.tw/>。
10. 台灣省自來水公司，<http://www.water.gov.tw/sample1/index.asp>。
11. 翡翠水庫管理局，<http://www.feitsui.gov.tw/>。
12. 經濟部水利署，<http://www.wra.gov.tw/>。
13. 節約用水資訊網，<http://www.wcis.itri.org.tw/>。
14. 水文水資源資料管理供應系統，<http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/>

## 赴國外研究心得報告

計畫編號	95-2621-Z-002-014-
計畫名稱	民生物質永續利用—食衣住行-子計畫六：生活汙水再利用之物質流分析(II)
出國人員姓名 服務機關及職稱	於幼華 台大環工所教授
出國時間地點	96.1.29-96.2.7 舊金山
國外研究機構	

### 工作記要：

趁本校寒假期間前往已開學的美國大學校園共三座參訪與物質流研究或校園水回收研究有關之 research teams。

- (一) 拜訪史丹福大學土木與環境系以及環境規劃研究室。
- (二) 拜訪 UC Berkeley 與 UC Davis 土木與環工系。
- (三) 拜訪華美基金會成員，如王義苑與鄭期霖博士等。