

國立交通大學

工學院工程技術與管理學程

碩士論文

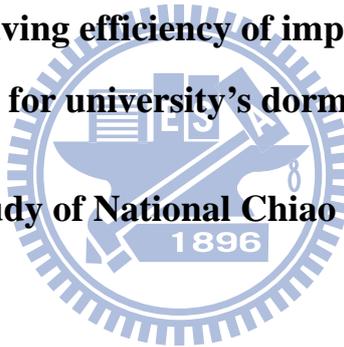
大專院校宿舍用水設備改善節水效率之研究評估

以國立交通大學為例

Assessment of water-saving efficiency of improving the water equipments

for university's dormitory

A Case Study of National Chiao Tung University



研究生：楊光立

指導教授：郭一羽 博士

中華民國九十九年六月

大專院校宿舍用水設備改善節水效率之研究評估
以國立交通大學為例

Assessment of water-saving efficiency of improving the water equipments for
university's dormitory

A Case Study of National Chiao Tung University

研 究 生：楊光立

Student：Yang Kuang-Li

指導教授：郭一羽

Advisor：Dr. Kuo Yi-Yu

國 立 交 通 大 學

工學院工程技術與管理學程

碩 士 論 文



Degree Program of Engineering Technology and Management
College of Engineering

National Chiao Tung University

in partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

In

Program of Engineering Technology and Managment

June 2010

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十九年六月

大專院校宿舍用水設備改善節水效率之研究評估

以國立交通大學為例

研 究 生：楊光立

指導教授：郭一羽 博士

國立交通大學工學院工程技術與管理學程

摘要

近年來由於全球氣候的異常變化，使得世界各國開始重視如何減少碳量的產生，因此所謂的節能減碳便造就了全民話題，鑑於如何降低碳量的產生，首重目標當是節約能源，而水的資源亦是目前需要注重的問題。故本研究以目前省水設備器材如何應用於校園建築物內，並以其有效之節水率來達到減少水資源浪費及節省經費為目的。

蒐集調查校園宿舍建築物內之用水設備與使用者習慣之影響因子 (Impact factors)，以及使用者用水量調查，構建日後規劃作業上之資料參考，如此可以避免盲目更換而造成不必要之成本浪費、增加學校經費負擔。其次，透過省水設備之有效節水率及其組合，將水資源能夠有效節省運用，且不造成使用者日常生活之影響，此成果可供校園規劃改善時能有一參考模式，以提昇未來決策方向。

關鍵詞：學校建築、使用者用水量、節水率

Assessment of water-saving efficiency of improving the water equipments for university's dormitory

A Case Study of National Chiao Tung University

Student : Yang Kuang-Li

Advisor : Dr. Kuo Yi-Yu

Degree Program of Engineering Technology and Management
College of Engineering National Chiao Tung University

Summary

Due to the recent global abnormal climate, it is important to reduce carbon emission. In view of the measures of reducing carbon emission, the first important option is to save energy, while water resources are also needed to focus on. The purpose of this study is to present how to apply water-saving equipment for the school building, with the goal of raising water-saving rate and money saving accordingly.

This case study is based on surveying impact factors of water equipment of dormitory building on the campus and the custom of users and water volume, hereby avoiding unnecessary replacement and cost burden. Secondly, through the combinations of water-saving equipment, it will effectively save the consumption of water resources, and do not affect the life of user. To sum up, the results could be referred to improve the water equipments for campus planning in the future, meanwhile increasing the quality of decision.

Keywords: school building, the user water consumption, water rate

誌 謝

本論文得以能夠順利地完成，首先要感謝恩師郭一羽教授在學業上的教誨與悉心指導。在論文撰寫過程中，老師在百忙之中不厭其詳地在學術文獻資料與撰寫邏輯上提供相當多寶貴經驗與建議，使得學生在論文寫作上得以嚴謹態度面對研究及撰寫，在此獻上由衷的敬意與感謝。另外還須感謝黃世昌教授及余文德教授給予學生在論文指導上精闢的建議及指正，使本論文能更加至臻完善，謹以致上最誠摯之謝意。

在論文撰寫期間要感謝副總務長王旭斌先生、營繕組長楊黎熙先生及同事鄭水樹、葉明裕、王可欣先生提供校園水資源設備相關文件與資訊並熱心協助及指導，得以順利完稿，除給予我精神上很大的鼓勵外，更讓我在撰寫瓶頸時還能有力量支持，得以完成本論文。

最後謹以本論文獻給我敬愛的爸媽及岳父母，其次是愛妻惠珍默默對我的支持和鼓勵，無怨無悔地細心照顧家庭與教導小孩，還有吾兒晨佑能夠體貼為父讀書的辛苦，另外還有許多默默相助的親朋好友、同事們，於此一併致謝，希望與你們一同分享這份的成果與喜悅。

楊光立 謹誌

2010/06 於 國立交通大學

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
誌謝	III
目錄	IV
圖目錄	VII
表目錄	VIII
第一章 緒論	P1
1.1 研究動機	P1
1.2 研究目的	P2
1.3 研究方法	P2
1.4 研究流程	P3
1.5 研究架構	P5
第二章 文獻回顧	P7
2.1 綠建築的指標	P7
2.1.1 綠建築標章之推動	P7
2.1.2 綠建築評估指標	P9
2.1.3 水資源指標	P12
2.1.4 水資源指標計算基準	P14
2.2 用水政策-省水標章的制訂	P17
2.2.1 節水器材之種類及適用範圍	P18

2.2.2 節水率的定義	P21
2.3 用水效率管理	P23
2.3.1 國內合理水價之探討	P25
2.3.2 合理水價之建議	P29
2.4. 小結	P31
第三章 校園宿舍用水量調查	P32
3.1 學校生活用水量推估	P32
3.1.1 省水設備以往調查資料	P32
3.1.2 學校用水設施調查	P34
3.1.3 校園宿舍省水器材之適用性	P37
3.2 學生屬性分析	P39
3.2.1 男生宿舍屬性調查	P39
3.2.2 女生宿舍屬性調查	P41
3.3 宿舍生活用水量調查	P43
3.3.1 小便斗/馬桶類耗水量之調查	P43
3.3.2 水龍頭類耗水量之調查	P45
3.3.3 蓮蓬頭類耗水量之調查	P50
3.4 校園宿舍總用水量統計	P52
第四章 案例分析與效益評估	P53
4.1 改善手法	P53
4.1.1 換裝省水型馬桶及感應型小便斗設備	P54
4.1.2 換裝省水型水龍頭設備	P55

4.1.3 換裝省水型蓮蓬頭設備·····	P56
4.1.4 每日生活用水可節省之總水量及水費 ·····	P57
4.2 效益評估·····	P58
4.2.1 研一舍換裝效益評估 ·····	P59
4.2.2 女二舍換裝效益評估 ·····	P62
第五章 結論與建議 ·····	P65
5.1 結論·····	P65
5.2 後續研究建議·····	P66
參考文獻 ·····	P67



圖目錄

圖 1、研究流程圖	P 4
圖 2、節約用水方法架構圖	P21
圖 3、校園用水平衡圖	P35
圖 4、校園生活用水量調查	P36
圖 5、研一舍用水設備數量統計	P39
圖 6、研一舍用水設備平均使用人數	P40
圖 7、研一舍同學宿舍生活作息時間	P40
圖 8、女生第二宿舍用水設備數量統計	P41
圖 9、女二舍用水設備平均使用人數	P41
圖 10、女二舍同學宿舍生活作息時間	P42
圖 11、一天當中於宿舍上小號之使用次數	P43
圖 12、一天當中於宿舍上大號之使用次數	P44
圖 13、一天當中於宿舍洗手之使用次數	P45
圖 14、每次平均洗手一次所需之時間	P46
圖 15、每日刷牙之次數	P47
圖 16、每日刷牙一次所用水量	P47
圖 17、平均洗臉之次數	P48
圖 18、平均洗臉一次所用水量	P48
圖 19、平均洗澡之次數	P50
圖 20、平均洗澡一次所需之時間	P51

表目錄

表 1、國際間既有綠建築評估工具簡介	P10
表 2、綠建築評估指標群評估項目及單位	P11
表 3、水資源指標架構分類表之建立	P12
表 4、水資源指標評估表【綠建築解說與評估手冊】	P16
表 5、「省水標章」審查及發證基本概況	P17
表 6、美國用水器具用水量標準表	P18
表 7、美國各項用水設備用水標準之演進與比較	P19
表 8、我國一般型用水器材與省水器材的用水量/節水率之比較	P20
表 9、家庭節水 SCD	P22
表 10、臺灣省自來水公司水費價目表	P25
表 11、各口徑自來水基本費率	P27
表 12、台灣地區各供水區每人每日用水量	P29
表 13、大專院校於省水設備汰換下合理用水量推估表	P33
表 14、用水設施調查項目表	P34
表 15、常用節水型省水器材水量參考指標	P37
表 16、每日生活用水量統計情形表	P52
表 17、用水設備之省水率	P53
表 18、每日生活用水可節省之總水量及水費	P57
表 19、研一舍換裝省水設備評估結果表	P59
表 20、研一舍換裝不同組合省水設備評估結果表	P60

表 21、女生第二宿舍換裝省水設備評估結果表.....P62

表 22、女生第二宿舍換裝不同組合省水設備評估結果表.....P63



第一章 緒 論

1.1 研究動機

近年來因為大自然氣候的劇烈變化，使得世界各國各地方最近出現天候異常現象產生，時而下起豪大雨、淹水成災，時而乾旱、造成農作物減產，寒冬時節更有大雪淹沒道路成災發生，更有應下雪之城市卻出現雪荒現象，如：加拿大。因此世界各國在各個國際會議議題上都極力呼籲要重視此一自然氣候異常轉變的危機現象。

尤其在考慮全球暖化下造成全球資源不再是隨手可得的狀況下，更有可能如石油一般的日漸枯竭情況。鑑於避免此一危機發生，因此世界各地專家、學者沒不疾呼，努力不懈地鑽研如何有效減少當前水資源的浪費以及加強水資源的回收與再利用，以期使大家能在同一地球上，共盡心力、尊重大自然，善用並維護任何水資源，以求讓地球能永續生存。

而根據一些學者專家調查，皆認為當前對於人類生活所需陽光、空氣、水這三大類，而影響甚劇的就屬以「水」最為重要。鑑於目前海水面積約佔地球的 70%，淡水部分僅約佔有地球的 2.5%，而其中又大部分是以冰雪、雨水和地下水之其他形式出現外，所以實際上真正能夠用來讓人類飲用的水是不足全球淡水總量的 1%。更何況世界的人口增加以及全球的暖化，造成目前全球淡水水資源的需求用量比起以往就足增長了約有 2 倍之多，但是在中東、北非與南亞地區確是呈現嚴重的持續缺水國家當中。【陳永森、陳章波】

由此可見，世界各國會因為礙於先天地理環境位置、人口數量多寡與社會發展經濟程度的不同，會造成世界各國對於淡水資源的需求、耗費量和取得水資源上，有極度的不平衡。亦即，愈是開發、經濟強盛的國家，對於水資源耗費量會越大，而愈是開發、經濟較弱的國家，對於水資源耗費量也相對地愈小。所以目前聯合國

已經將水資源危機列為未來 10 年內人類面臨的最嚴重挑戰之一，因此當前要審慎思考如何加強使水資源可以永續的發展，如何喚醒大家重視水資源的開發、節用、保護與管理之責。

1.2 研究目的

在考量世界各地人口急遽增加下，對於日常生活用水產生也日益相對增加之情況下，要如何以最有效及改善與週遭生活習習相關的用水設備來達成節省水資源。此時，直接且有效的便是以建築物當中的用水設備來改變人的用水習慣和改用節水設備，以期有效的降低用水量，減少耗費水資源的產生。此其研究目的如下：

- 一、將目前學生在校住宿生活習性中加以詳細調查一天當中之生活用水習慣，以推估一天當中所需之用水量。
- 二、藉由目前水利署所研訂完成並公告之省水器材規格標準，包括一段式省水馬桶、二段式省水馬桶、省水龍頭、省水蓮蓬頭及節水器、馬桶水箱用二段式省水沖水器等項，作為改善評估手法達到校園省水目標。
- 三、以交通大學為探討對象，對於將現有學生宿舍用水設備更換，如何採用最佳節水設備組合，以建構節水效能之可行性分析。
- 四、又以管理維護者之立場，應如何於事前明確規劃及應採用節水設備，以善盡使用管理與維護責任，避免日後更換成本增加下，造成學校之負擔。

1.3 研究方法

一、文獻回顧與實務訪談

藉由蒐集文獻方式來綜整歸納人為不當使用及設備維護上的績效指標，並找出相關影響因子，以探討績效指標與影響因子之關係及架構。實務案例中則參考建築設備管理維護單位及相關人員，瞭解實務中節水設備之使用狀況，以及對於輔助決策與管理上的需求及建議。

二、效能評估模式之建立

利用績效評估的概念及步驟方式來建立起效能評估與影響因子，作為日後校園節水設備節水指標評估要件及檢視功能。

三、校園用水量實作分析與說明

透過利用過去之實際案例，來說明實際用水量與採用節水器材後之差異比較。

1.4 研究流程

本研究以如圖 1 所示之研究流程進行，首先確立研究方向為「大專院校宿舍用水設備改善節水效率之研究評估」後，便著手蒐集有關介面的相關文獻及案例，以了解綠建築之水資源指標與校園節水評估之情況，並針對目前實際校園使用節水系統等場所之效能與缺失部分作探討，因此決定將研究目的與範圍鎖定在校園內人數最多、使用量最大之廁所與水龍頭、蓮蓬頭改善設備的建立，來達到省水節能的目標。

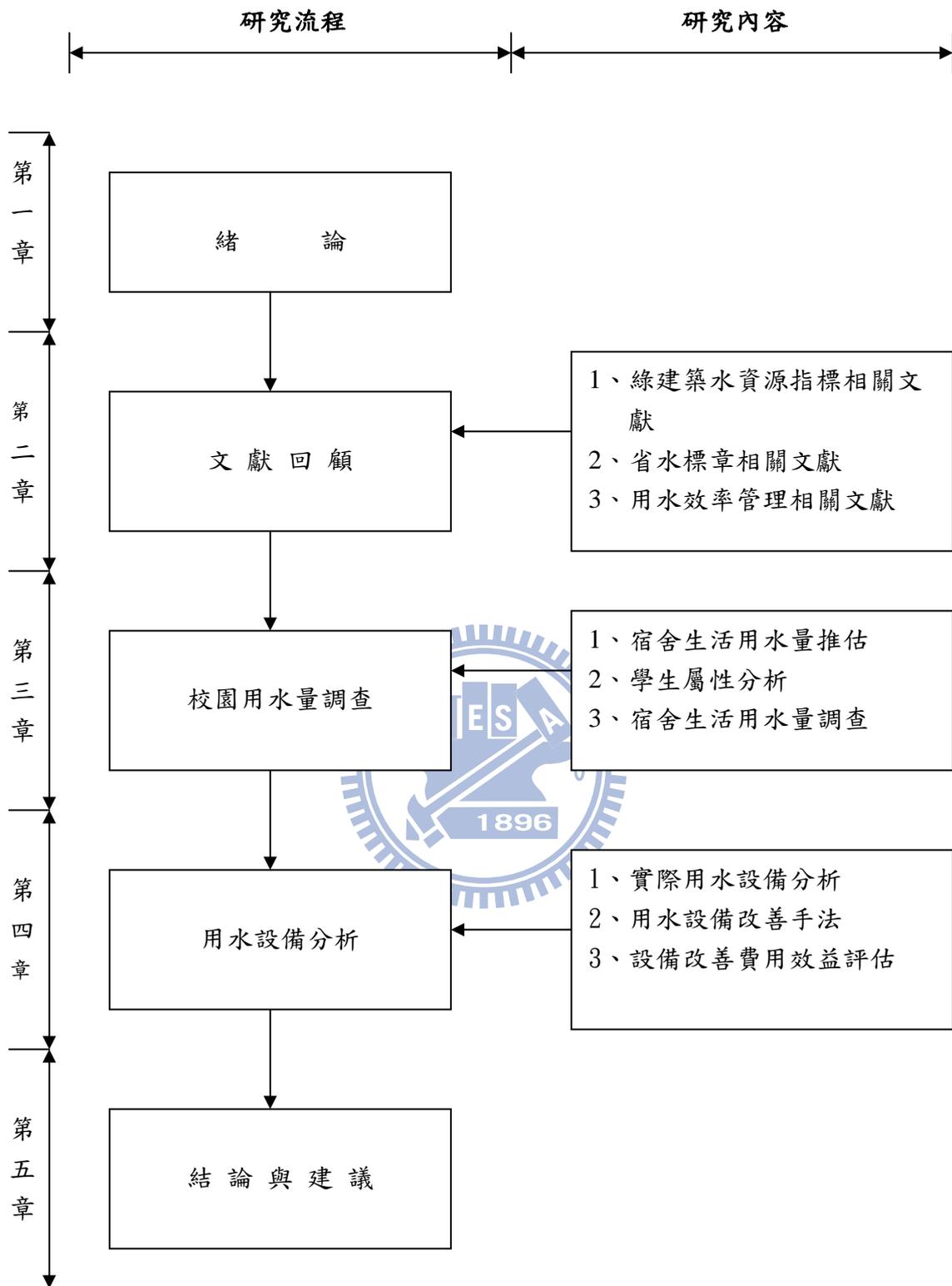


圖 1 研究流程圖

1.5 研究架構

本研究論文共分為五章，各章內容敘述如下：

第一章 緒論

主要說明本研究之研究動機、目的，及研究方法架構與流程。

第二章 文獻回顧

本章針對以往有關省水器材之期刊、論文、書籍、各項研究資料及相關節水文件，藉由回顧文獻資料中對於節水的敘述研究，再與實際採用省水器材操作比較。資料中雖有「節水」之描述，但對於應該如何選擇適當之省水器材、並降低設備成本造價條件下似乎仍未有深入探討之處，所以希望能針對此不足之處作實例研究之探討。

第三章 校園宿舍用水量調查

藉由蒐集之文獻探討學生實際生活中不當使用用水設備，同時探討在生活用水習慣上，來瞭解如何改善以達到預期之節水目標，並希望能建立起用水管理機制此預防將來在處理類似情形時可作為之參考。

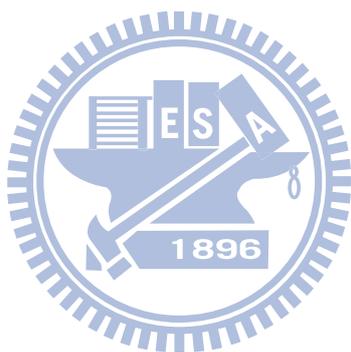
第四章 案例分析

主要是利用以交通大學男、女學生在學校住宿生活用水習慣為例，探討男、女同學因為宿舍環境而有不同的生活用水習慣。因此，本研究將針對男、女同學不同的生活用水習慣來搭配不同之節水設備組合，以達到降低校園生活用水水量及節省學校經費為目的。

第五章 結論與建議

本章節主要是針對本研究成果作一總結，再提出本研究中遭遇的問題及後續發展的

方向，以供後續研究作參考及注意。



第二章 文獻回顧

2.1 綠建築的指標

綠建築的定義，就聯合國全球永續發展宣言，在經濟與環境二個問題中有效率的利用僅有的資源並提出解決的方法，進一步改善生活的環境就是所謂的「綠建築」。而對於綠建築則由過去「消耗最少地球資源，製造最少廢棄物的建築」的消極定義，擴大為「生態、節能、減廢、健康的建築物」的積極定義【財團法人臺灣建築中心綠建築標章網頁】

2.1.1 綠建築標章之推動

依據 1999 年 8 月 18 日政府頒訂之「綠建築標章推動使用作業要點」後，開始於同年的 9 月 1 日起受理申請綠建築標章。之後，內政部並於 2000 年 3 月 1 日函送有關「綠建築解說與評估手冊」、「綠建築宣導手冊」及「綠建築標章申請作業手冊」等資料供做各級政府機關興建綠建築的參考依據。惟當時綠建築標章之申請及有關規定係屬自願性質，故相關推動之成效相當有限。

經參酌美、加、日等先進國家推動綠建築之策略方式，至 2001 年內政部頒訂「綠建築推動方案」中規定，中央機關或受其補助工程金額達二分之一以上，且工程總造價需在新台幣 5,000 萬元以上之公有新建建築物，自 2002 年 1 月 1 日起，應先行取得候選綠建築證書，始得申請建造執照。因此，乃由政府部門之公有建築物率先實施，以鼓勵民間企業效仿跟進，形成綠建築產業之市場機制及環境【內政部建築研究所】。所以內政部營建署也透過「營建白皮書」正式對外宣示，將全面推動綠建築政策【綠建築推動方案，2001.3】。

而按照我國目前執行的綠建築標章中，依優先順序可分成「候選綠建築證書」與「綠建築標章」兩種：

1、「候選綠建築證書」：是為鼓勵已取得建造執照，但尚未完工領取使用執照之新建建築物，凡是規劃設計合於綠建築評估指標標準之建築物，即頒授候選綠建築證書，為一「準」綠建築之代表。

2、「綠建築標章」：係為取得使用執照或既有合法建築物中，合於綠建築評估指標標準頒授之獎章。

依據建研所統計，截至 2009 年 10 月底共有二千三百餘座建築物獲得綠建築標章或是候選證書。這些建築物發揮的效能，相當可觀，累計共省下七億六千九百萬度電，省水量亦高達三千三百萬噸，相當於六.三座供應竹科用水的寶山水庫蓄水量。



2.1.2 綠建築評估指標

1993 年聯合國「永續發展委員會」(United Nations Commission on Sustainable Development, UNCED)，展開全面性的地球環保運動。1997 年 12 月的「京都議定書」，更制定了各先進國二氧化碳排放減量的目標，正式要求英、美、日等國承諾降低二氧化碳排放，此係首度納入國際文件為具有法律約束力的約定。2002 年在南非約翰尼斯堡的「第二次地球高峰會議」檢驗地球環保國際合作之成果。這些均顯示了地球環保的問題已成為國際要務，同時也顯示綠建築的意義在於強調人類與自然環境的共同生活，不是盲目開發、破壞自然，造成的結果就是明顯日益嚴重的地球溫室效應、全球暖化結果。

【林憲德 主編，2003】

在我國稱謂「綠建築」之名詞，在日本稱之為「環境共生建築 (Environmental Symbiosis Building)」，歐美國家則稱之為「生態建築 (Ecological Building)」或「永續建築 (Sustainable Building)」，美國、加拿大則稱之為「綠建築 (Green Building)」。

然而，關於所謂的綠建築或是其他名詞，當然不是字意上解釋只是在建築物及周邊公設環境上做些植栽及綠美化而已，而是更須讓規劃設計者能以全面性、有效化的節能、減碳方式，以日常生活環境保護理念中作為永續建築設計的理念為基礎。所以在參考世界各國所提出的綠建築技術中，日本建築綜合研究所「環境共生建築的技術與計畫」就有詳述 77 種技術，日本建築中心的「建築環境技術要項」亦提出 55 種技術，加拿大於 1998 年「綠建築的挑戰」國際會議中更將動物棲地、誘鳥誘蟲植栽等生態綠地品質納入評估，如表 1 所示，其主要皆是強調生態平衡、生態效益、物種多樣化、資源回收再利用、再生能源及節能、降低環境負荷及親近自然環境，確保全球永續發展，如表 1 所示。

表 1 國際間既有綠建築評估工具簡介

評估工具	研發國家	施行國家	評估指標內容
BREEAM	英國建築研究所	英國、澳洲、歐盟、香港	以建築物整體發生的環境議題，評估新建與既有之建築物，採用查核表單方式，進行評分比較。
Eco-Quantum	荷蘭	荷蘭	以建築物生命週期之觀點配合電腦軟體輔助，進行環境負荷之定量評估。
LCA-Tools	澳洲	澳洲	希望藉由工具軟體的應用，提供給建築師作為設計環保綠建築的策略建議，該資料庫的來源係由當地研究機構所蒐集彙整而得。
LCE、LC02	日本	日本	以生命週期的觀點評估建築物能源消耗與 CO2 的排放量，並對於建築物的種類、建築材料、居住者的生活方式等都作加以評估。
LEED V2.0	美國綠建築協會	美國	以建築生命週期的觀點，輔以查核表單方式，進行評分比較。該評估系統有六大分類，共計 69 個評分點，若建築物超過一定比例的得分，即通過綠建築之評估。
GBTool	加拿大	加拿大	評估項目包括能源消耗、環境負荷、室內空氣品質、服務品質、使用前管理與經濟性等評估。
臺灣「綠建築評估及標章制度」	內政部建築研究所	臺灣	以科學化的計算公式計算之，符合基準值的建築物給予一個標章，共有九個指標項目，評估對象包括新建的建築物，而且傾向於設計階段的評估，要符合申請「綠建築標章」或「候選綠建築證書」。

【資料來源：林敬智 2002】

依 1998 年我國內召開之「全國能源會議」結論，內政部建築研究所乃訂定「綠建築與居住環境科技計畫」並據以執行，考量以台灣亞熱帶氣候的研究為基礎，將國內建築物的耗能、耗水、排水、環保之特性，訂定出國內綠建築評估指標系統，其中包括「綠化」、「基地保水」、「水資源」、「日常節能」、「CO₂減量」、「廢棄物減量」、「污水垃圾改善」等七大評估指標，後又於 2003 年中增列了「生物多樣性」及「室內環境指標」二大評估指標，擴大為九大評估指標，如 表 2 所示。

表 2 綠建築評估指標群評估項目及單位

指 標 群		評估項目及單位
1	生物多樣性指標	綠地生態品質、水域生態、多層次生態
2	綠化量指標	CO ₂ 固定量 (CO ₂ -kg/m ²)
3	基地保水指標	保水率
4	日常節能指標	ENVLOAD、Req、PACS、其他節能措施等
5	二氧化碳減量指標	建材生產 CO ₂ 之排放量
6	廢棄物減量指標	營建空污量、棄土量、拆除營建廢棄物得分
7	室內健康與環境指標	音環境、光環境、通風換氣與室內可循環利用之建材設計
8	水資源指標	節水量 (公升/人)、節水器材使用比例
9	污水與垃圾改善指標	雜排水接管及垃圾儲放處理

2.1.3 水資源指標

綠建築中所稱之「水資源」係廣泛指地球上可用之水源，其中包含：雨水、河水、地下水等項，針對其來源與特性，用以審慎考量評估其範疇。因此，如何善用並節約水資源的改善與管理方式，則可考量優先以環境、經濟、社會及制度上來著手以建立目標。

按臺灣水資源指標的分配，依據民國 89 年經濟部水利署之統計資料顯示，各標的用水比例農業用水佔 69.13%、生活用水佔 20.37%與工業用水佔 10.5%。水資源之分配與調度，係依水利法及相關施行細則規範，由經濟部水利署，綜理水資源政策擬訂、水利事業籌劃及整合農田水利會、自來水公司及水庫管理局等單位，統籌調配水資源，如表 3 所示。

但是隨著開發程度的不同，各標的用水之比例亦不同，通常開發程度較高的地區，農業用水的比例往往會減少，生活用水、工業用水的比例會增加。以總量的觀念而言，只有移轉部分農業用水做為生活、工業用水使用，才能因應人口增加、工業發展所增加的用水量。【經濟部 水利署】

表 3 水資源指標架構分類表之建立

領域	評估範疇	驅動力指標	狀態指標	回應指標
環境	集水區保育與管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 森林的砍伐量 ● 土地利用改變率 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水庫品質指標 ● 單位水庫有效容量變動率 	<ul style="list-style-type: none"> ● 造林面積數 ● 水源水質保護區劃定
	河川環境改善與管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 點污染源 ● 肥料、農藥的使用量 	<ul style="list-style-type: none"> ● 河川總監測長度中受輕度以下污染河川比率 ● 水質指數 WQI8 ● 河川生物指標 	<ul style="list-style-type: none"> ● 污水處理率 ● 違反水污法開單件數 ● 生態工法治河比率
	地下水保育與管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 地下水抽用量 ● 污染物的入滲 	<ul style="list-style-type: none"> ● 地下水年儲藏量 ● 地層下陷面積變化率 ● 地下水水質不合格率 	<ul style="list-style-type: none"> ● 違法水井封填數 ● 地下水年補注量

經濟	多元化水資源利用與開發	<ul style="list-style-type: none"> ● 地面水利用強度 ● 地下水利用強度 ● 工業用水量 ● 農業用水量 ● 每人每年水資源利用量 	<ul style="list-style-type: none"> ● 可利用的水資源量 ● 水資源供需比例 	<ul style="list-style-type: none"> ● 供水穩定度 ● 享有安全飲用水的人口比率 ● 多元化水資源開發率 ● 灌溉回歸水開發利用率
	水資源調配與管理	<ul style="list-style-type: none"> ● 水權分配不均 ● 產業用水結構改變 	<ul style="list-style-type: none"> ● 自來水管漏水率 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水權檢討案件數 ● 地面水與地下水聯合運用率 ● 輸水管網密度 ● 水資源建設投資額占生產總額百分比
社會	旱澇災害損失減免	<ul style="list-style-type: none"> ● 自然災害的人命與經濟損失 ● 人口成長率 	<ul style="list-style-type: none"> ● 歷年洪患面積占總面積百分比 ● 歷年旱澇災害損失金額 	<ul style="list-style-type: none"> ● 每年防災治災經費 ● 每年防洪設施的維護經費
	節約用水措施推動	<ul style="list-style-type: none"> ● 每人每日生活用水量 ● 工業用水佔工業生產價值比率 	<ul style="list-style-type: none"> ● 自來水普及率 ● 飲用水不合格率 	<ul style="list-style-type: none"> ● 合理水價調整 ● 工業用水回收率 ● 回收廢水再利用 ● 雨水下水道實施率 ● 雨水貯留系統普及率
制度	水資源科技研究發展	<ul style="list-style-type: none"> ● 水利新科技引進應用程度 	<ul style="list-style-type: none"> ● 水資源科技研發投入人力成長率 ● 水資源科技研發經費百分率 	
	人力培育與愛護水資源教育	<ul style="list-style-type: none"> ● 水資源保育宣導策略 	<ul style="list-style-type: none"> ● 每萬人口可能參與的科學家與工程師 	<ul style="list-style-type: none"> ● 每萬人口在研發的科學家與工程師
	水利法及相關法規修訂	<ul style="list-style-type: none"> ● 水利法規無法跟上科技和環境的變 		

所以在面對未來水資源需求增加下，及為達成「追求水資源的永續利用」及「提供安全的基礎用水」的目標，水資源的經營管理必須多面向思考，包含提高用水效率及多元水源開發。因此，在目前要有效管理水資源，則必須節流與開源同時雙管齊下。

2.1.4 水資源指標計算基準

水資源指標之計算基準目前可分為：住宿類建築及其他類建築共兩項。而住宿類建築多偏重現有用水量調查，並以民生用水為主。因此，水資源指標對住宿類建築採用實際節水量的計算為主，其他類建築則以簡易省水器材採用率來衡量。

綠建築水資源指標計算基準係以假設每人每日生活用水量為 250 公升，訂為一般住宿類建築用水量衡量標準。住宿類建築之水資源指標（實際節水率 WR）必須低於 0.8，才符合「綠建築」獎勵水準。其他類建築因缺乏用水量調查資料，因此以省水器材採用節水率 WE 為衡量尺度，計算指標 WE 必須高於 0.8 才符合「綠建築」獎勵水準，如表 4 所示。

(一) 住宿類建築水資源指標(實際節水率 WR)：

$$\text{計算式：WR} = \frac{250 - ((13 - Q1) \times \alpha 1 + 3.43 \times (13 - Q2) \times \alpha 2 + 4.57 \times (3 - Q3) \times \alpha 3 + B \times \alpha 4)}{250 - C}$$

$$\text{(1) 合格基準判定 } WR \leq 0.8$$

(二) 其他類建築水資源指標(省水器材採用節水率 WE)：

$$\text{計算式：WE} = R + C \text{ (2) 合格基準判定 } WE \geq 0.8$$

Q1：省水馬桶大號 1 次沖水量(公升/次)，以非省水型馬桶 13 公升計算，每天大號以 1 次計算，Q1 計算水量以廠商型錄為準，若有省水標章而無沖水量數據時，以 9.0 公升/次計。

($\alpha 1$ ：省水馬桶採用率)

Q2：兩段式省水馬桶小號 1 次沖水量(公升/次)，以非省水型馬桶 13 公升計算，係數 3.43 為平均每天小號次數，Q2 計算水量以廠商型錄為準，若有省水標章而無沖水量數據時，以 4.5 公升/次計。

($\alpha 2$ ：兩段式省水馬桶採用率)

Q3：省水龍頭洗手使用水量(公升/次)，一般水龍頭每次使用 20 秒，流量以 3 公升計算，

係數 4.57 為平均天洗手次數，Q3 計算水量以廠商型錄為準，若有省水標章而無水量數據時，以 1.5 公升/次計。

($\alpha 3$ ：省水龍頭採用率)

B：省水洗澡裝置節水量(公升/人·日)，無浴缸之淋浴設備時累加 20L，一般浴缸為 ± 0 ，按摩浴缸為累加-20L，另外浴室設置有時間提醒裝置或低流量蓮蓬頭時可重複累加各 10L。

($\alpha 4$ ：省水洗澡裝置採用率)

C：雨水或中水再利用水量對總用水量之比率(-)，由於雨水或中水再利用系統均需專家設計，故本數據必須由業主連同計算書一併提出，無此設計時則為 0。R：省水器材採用率(-)，省水器材必須為經濟部水資源局「省水標章」驗證通過之產品，包括一段式省水馬桶、兩段式省水馬桶、兩段式沖水器、一般省水龍頭、自閉式水龍頭、感應式水龍頭、蓮蓬頭及省水配件等，R 係以各種省水器材之數量加權平均計算之。



表 4 水資源指標評估表

申請編號				建築物名稱								
建築物類別	住宿類	<input type="checkbox"/>	其他類	<input type="checkbox"/>								
水 資 源 設 計 概 要												
住 宅 類	省水馬桶大號一次沖水量 Q_1		L	省水馬桶使用率 α_1								
	省水馬桶小號一次沖水量 Q_2		L	二段式省水馬桶使用率 α_2								
	省水水栓使用水量 Q_3		L	省水水栓使用率 α_3								
	省水洗澡設備節水量 B		L	省水洗澡器材使用率 α_4								
其 他 類	各式用水器材	有否省水標章或 用水量規範證明		設備總數量 Y_i	省水器材採用量 X_i							
	省水器材採用率 $R(\sum X_i \div Y_i)$											
一、雨水、中水再利用率 $C =$ <input type="text"/> (未利用時設 $C=0$)												
二. 自來水節水率 WR 計算 or 省水器具採用節水率 WE 計算												
住宿類												
$WR = (250 - ((13-Q_1) \times \alpha_1 + 3.43 \times (13-Q_2) \times \alpha_2 + 4.57 \times (3-Q_3) \times \alpha_3 + B \times \alpha_4)) \div 250 -$ <input type="text"/>												
其他類												
$WE = R + C =$ <input type="text"/>												
三. 水資源指標及格基準值檢討及合格判斷式												
WR 是否 ≤ 0.8 ?				<table border="1"> <tr> <td>合格與否</td> <td>合格</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>不合格</td> <td></td> </tr> </table>			合格與否	合格			不合格	
合格與否	合格											
	不合格											
WE 是否 ≥ 0.8 ?												

2.2 用水政策-省水標章的制訂

省水標章的制訂，係經濟部水利署為推動節約用水政策所研擬的一項自發性鼓勵性制度，目的在藉由消費行為引導市場機能，鼓勵消費者選用驗證合格且產品或包裝上印有易辨圖樣之省水器材，進而激勵廠商生產相關產品，藉此制度使節約用水觀念深植人心。為配合省水標章之申請，水利署並委託工研院節水團成立「省水器材效能測試實驗室」，提供相關產品之測試服務。

省水標章作業要點與六項產品之規格標準已於 1997 年研訂完成，並於 1998 年 1 月公告實施。經濟部水利署亦委託工研院能資所節水服務團協助審核省水標章的申請，而為配合省水標章的申請，經濟部水利署也一併委託工研院能資所節水服務團成立省水器材效能測試實驗室，提供相關產品之檢測服務，如表 5 所示。【王先登、陳仁仲等 2004】

表 5 「省水標章」審查及發證基本概況

項目	實施日期	主管單位	主要依據	審查重點	核准方式	發證單位	使用年限
省水標章	87 年 1 月	經濟部水資源局	省水標章作業要點	產品需符合相關規格	工研院能資所審查，水資源局核備	經濟部水資源局	3 年

由於省水器材產品範圍涵蓋甚廣，舉凡家庭及公共給水器材、工業用及農業用相關給水設備均屬之。然而各項產品均有其特性，須分別訂定其省水標準。目前水利署所研訂完成並公告之產品規格標準，包括洗衣機、一段式省水馬桶、二段式省水馬桶、水龍頭、蓮蓬頭及馬桶水箱用二段式省水沖水器等計十項，未來將視實際情形研訂其他相關省水產品之規格標準。規格標準內容除規定各產品之省水標準外，產品品質及耐用性等亦須提出相關測試證明。另外，產品之使用條件、使用限制等亦須詳加說明，以保障消費者之權益。【省水標章網頁】

2.2.1 節水器材之種類及適用範圍

省水器材之定義：為在不影響原設計功能條件下，使用較少水量之用、控水器材，稱之為省水器材。即藉由省水器材能將無謂浪費的水省下來，又不致影響原來的用水習慣。【節約用水技術手冊】

現今水資源缺乏國家或地區已積極推動使用省水器材，如：新加坡、日本福岡、長崎、大陸北京、天津、香港、澳門、美國加州等。以美國為例，於1991年國會提出「提高用水器具效率法案」要求針對四種用水器具訂定水量使用標準：(1)馬桶(2)小便器(3)蓮蓬頭(4)水龍頭。並從1992年7月1日起規定用水器具不得超過其規定之用水量上限，如表6所示。

表 6 美國用水器具用水量標準表

用水器具	目前使用水量	規定用水量上限
馬桶 (加侖/次)	3.5-7.0	1.6
小便器 (加侖/次)	1.5-5.0	1.0
蓮蓬頭 (加侖/分)	3.0-8.0	2.75
水龍頭 (加侖/分)	2.75-7.0	2.0-2.5

省水標準的演進係因為各項用水設備在省水效率上技術發展不斷精進進步，美國EPAct規定在1994年1月1日以後製造之用水設備需符合其規定，也因為此一規定帶動省水技術的發展與應用，如表7所示。

表 7 美國各項用水設備用水標準之演進與比較 (單位：公制)

項目	1990 年以前	在 EPAct 公布前	EPAct 要求 (1994~1997)	2000 年省水型產品要求
馬桶	15.1~26.5 lpf	13.2 lpf	6.1 lpf	3.8 lpf
小便器	13.2~18.9 lpf	5.7 lpf	3.8 lpf	免沖水
水龍頭	18.9~26.5 lpm	15.1 lpm	9.5 lpm	1.9 lpm
蓮蓬頭	17~30.3 lpm	13.2 lpm	9.5 lpm	5.7 lpm
洗衣機	-	170.3~208.2 lpu	沒有要求 平均 170.3 lpu	94.6 lpu
洗碗機	-	37.9~56.8 lpu	沒有要求 平均 37.9~56.8 lpu	17~22.7 lpu

註：

lpf：liters per flush 每次沖水量 (公升)

lpm：liters per minute 每分鐘流量 (公升)

lpu：liters per use 每次使用水量 (公升)

【王先登 2000】

因為省水器材之範圍較為廣範，因此經濟部 水利署便參考各國積極推動省水器材規範下，優先以家庭之一般給水之器材及設備列為主要改善範圍並訂定省水器材之用水量及節水率標準，如包括一段式或二段式馬桶、二段式馬桶水箱配件、水龍頭、省水器材配件、淋浴蓮蓬頭、洗衣機等等以減少其耗水量，如 表 8 所示。

表 8 我國一般型用水器材與省水器材的用水量/節水率之比較

項 目	一般型用水器材	省 水 器 材	平均節水率
水龍頭	15~20 公升/分鐘	9 公升/分鐘以下	50% 以上
蓮蓬頭	15~20 公升/分鐘	10 公升/分鐘以下	50% 以上
一段式馬桶	12~14 公升/次	6 公升/次以下	50% 以上
二段式馬桶	-	第一段 9 公升/次以下 第二段 3 公升/次以下	30% ~65%
二段式沖水器	-	小號用水量約為大號的 一半	30% ~50%
省水器材配件	-	馬桶相關配件/水龍頭/ 蓮蓬頭	20% ~70%
洗衣機	35 公升/每公斤衣物	22 公升/每公斤衣物	35% 以上

【資料來源：” http://www.ftis.org.tw/water/teach/label_ch.html” >】

2.2.2 節水率的定義

依據一般建築物實際使用自來水的用水量與一般平均用水量的比率，稱之為「節水率」。而節約用水方法評估項目，主要包括水龍頭、浴室蓮蓬頭、廁所馬桶等，另外再加上雨水與中水再利用的評估項目。除在建築設計上積極採用省水器材，達到「節流」目的，更希望鼓勵採用雨水及生活雜用水之循環再利用設計來達到「開源」的功能，如圖 2 所示。

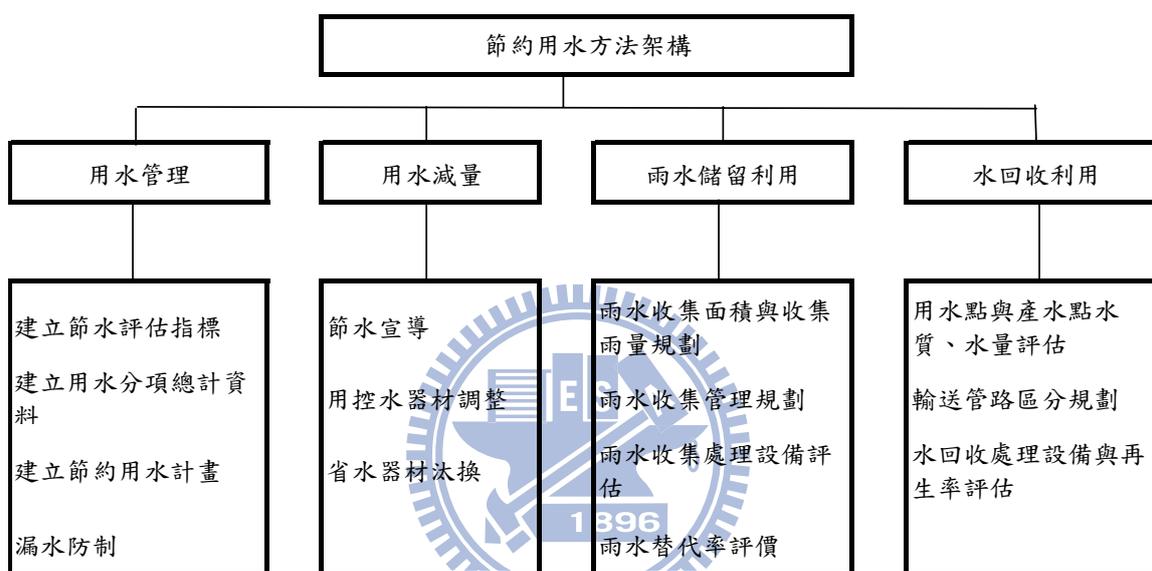


圖 2 節約用水方法架構圖【機關學校節約用水技術手冊】

國內節水政策除了積極宣導外，經濟部水利署亦加強推行家庭節水 SCD 的三項觀念，如表 9：

- 一、省水 (save)：養成良好用水習慣，使用省水器材輕鬆省水。
- 二、查漏 (check)：檢查馬桶及水龍頭是否漏水，一滴水也不浪費。
- 三、做回收 (do)：動手做回收，減少自來水用量。

表 9 家庭節水 SCD

做 法	說 明
省水 S (save)	養成良好用水習慣，使用省水器材輕鬆省水 1、用淋浴代替浴盆 2、廚房及浴室水龍頭改用省水龍頭或加裝起泡器。 3、採用或省水標章之洗衣機 4、換裝省水馬桶
查漏 C (check)	檢查馬桶及水龍頭是否漏水，一滴水也不浪費 1、沖水馬桶每分鐘微漏 50cc，每天漏水 72 公升。 2、每減少一個水龍頭漏水點，每天約可減漏水 76 公升。
做回收 D (do)	動手做回收，減少自來水用量 1、回收除濕機、冷氣機之冷凝水、逆滲透飲水機之排放水。 2、雨水收集利用。 3、生活雜排水回收利用。

【經濟部水利署 節水快遞 2009.12】

經濟部 水利署經由此做法後調查發現，以家庭一般供水佔自來水供水系統最大用戶量，幾乎約佔總供水量之六成。亦因此便依據節水計畫執行宣導節水，希望能由家庭全面配合節水政策，改變用水行為、使用省水器材，以達到降低家庭用水量之目的，間接地也可以減輕國內自來水供水系統總供水量之負擔，進而達到減少水資源的浪費。

2.3 用水效率管理

節約用水效率方法有許多，不論是在企業界依工廠設備型態或或家庭生活之建築物使用上都來進行省水，以達到有效用水管理。【機關學校節約用水技術手冊 節水概念篇】

在此一原則之下，節水的工作便可依序從下列步驟去做改善：

一、瞭解用水現況：

執行節水計畫之初，宜先蒐集、建立單位自身的用水相關資料與數據，包括近年用水費/ 水量記錄、各用水用途分項資料及實際支出等，以充分瞭解單位之各用途別的用水狀況及成本。

二、掌握用途別特性：

全面性調查，蒐集單位內各用途的用水相關資料，並清楚明瞭用水設備於單位內分佈狀況與運轉情形，為下一步構思規劃節水改善方案或降低水資源的耗用做好準備。

三、節水方案可行性評估與施行：

根據外在條件例如節水所能獲致的成果、經濟效益、器材設備使用年限等因素，客觀地評估節水方案的可行性，以及階段性所要採行的節水步驟和措施。

四、持續追蹤與改善：

持續就施行的各項節水方案/ 措施的落實情形、執行前後的相關數據資料記錄分析，列為績效追蹤的重點。同時也可藉此變更其他尚未改善的場所/設備，或獲得更佳的節水靈感或方法。

隨著政府日常宣導注意用水效率、減少廢水量、以及業者其他節約技術引進，和強制要求業者嚴格實施節約用水措施，促使企業界必須減少製造成本，因此，相對增加發

展新的製造技術，避免昂貴的水源管理和污染控制技術所需支出費用，故而已有效降低企業成本和高的水資源回收效率。

而政府目前核定之節水行動方案中與推動省水器材相關的具體措施包括：

- 一、政府機關、學校及公共場所全面換裝省水器材。
- 二、缺水地區全面換裝省水器材。
- 三、鼓勵民間研發及生產省水型設備。
- 四、加速省水標章制度推動。
- 五、制訂省水型用供水設備標準規格。

如此，可知國內在政策宣導實施節約用水方法下，亦需輔以有效的省水器材，以降低用水的成本，並制訂省水設備標準，鼓勵民間研發生產，才能有效地減少水資源的浪費。



2.3.1 國內合理水價之探討

國內自來水合理水價的問題長久以來一直是爭論探討的話題，究竟是應該做些調整或是仍然維持原來費率，使的自來水公司苦不堪言。而依據自來水法第 59 條第 1 項規定：「自來水水價之訂定，應以水費收入抵償其所需成本，並獲得合理之利潤。其計算法式及詳細項目，由省（市）主管機關擬定，報請中央主管機關核定之。」。由此，合理水價的訂定應參考以自來水水費的收入抵償其所需成本（如：營運所需之各項費成本...等等），並藉以獲得應合理之利潤。

查臺灣省自來水公司自精省以後，水價費率之計算仍然沿用原「自來水法臺灣省施行細則」之規定以計算水價，如表 10 所示。

表 10 臺灣省自來水公司水費價目表

段 別		第一段	第二段	第三段	第四段
每度單價		7	9	11	11.5
每月抄表	實用度數	1-10 度	11-30 度	31-50 度	51 度以上
	累積差額（元）	0	-20	-80	-105
隔月抄表	實用度數	1-20 度	21-60 度	61-100 度	101 度以上
	累積差額（元）	0	-40	-160	-210

【王禮忠、賴祐 中華水資源管理學會季刊】

以臺灣省自來水公司水價政策目前係採用統一水價方式，不分地區及用戶種類，均按不同水表口徑訂定基本度數並收取基本水費，超出基本度數之部分，則依實際用水量採取四段累進費率計收水費，其平均單價水費為每度 9.0 元。

臺灣省自來水公司水價計算方式：

$$\text{平均單價水位} = \frac{(\text{成本} + \text{合理利潤})}{\text{售水度數}}$$

其中，合理利潤＝指業主權益乘投資報酬率加所得稅。

售水度數＝各該年度之售水度數

成本＝指營運所需之各項費用，包括給水成本、業務費用、管理費用、其他營運費用及財物費用。

而目前臺北自來水事業處亦比照臺灣省自來水公司模式採用統一水價政策，不分地區及用戶種類，均按不同水表口徑（11種等級）收取基本水費，並依實際用水量採取五段累進費率計收水費，其平均單價水費為每度 7.7 元，但是其中包含 0.2 元作為回饋臺北水源特定區居民地方公共建設之費用。

臺北自來水事業處水價計算方式：


$$\text{平均單價水位} = \frac{(\text{各項營運成本} + \text{投資})}{\text{售水量}}$$

其中，投資報酬＝指業主權益報酬，其目的在於提供經常性之設備擴充或工程之擴建費，以及債務還本之需。

售水量＝各該年度之售水度數

各項營運成本，包含：

- a、營運費：維持營運之支出，包括出水、供水成本、業務費、人事及其他費用。
- b、維護費：固定資產修理保養費用。
- c、稅捐：營業稅、土地房屋稅及其他費用。
- d、財務支出：債務利息支出。

綜上，如該投資報酬率依據「自來水法臺灣省施行細則」第 20 條之 4 第 1 項規定為百分之五至百分之九時，如果調整水價時，漲幅太高則民眾無法適應，增加調整水價之困難，但當遲遲不調整水價時將造成水價偏低，便無法以價制量方式，促使民眾珍惜水資源，間接地造成自來水事業經營困難，而必須不斷興建水庫、並尋找開發新水源的壓力，另一方面則無法持續全面汰換舊、漏水管線之設備、來有效地提升國內自來水供水之品質。【王禮忠、賴祐 中華水資源管理學會季刊】

按照臺灣省自來水公司目前所採用各口徑自來水基本費率方式，有關不分地區及用戶種類，均按不同水表口徑，訂定基本度數並收取基本水費，如表 11 所示。

表 11 各口徑自來水基本費率

水表口徑(公厘)		100	150	200	250	300
每月抄表	基本費 (元)	1,819	5,049	10,030	17,714	27,795
隔月抄表	基本費 (元)	3,638	10,098	20,060	35,428	55,590

說明：

1、用水費、營業稅、清除處理費計算方式：

(1)基本費＝依上表各口徑基本費標準計收。

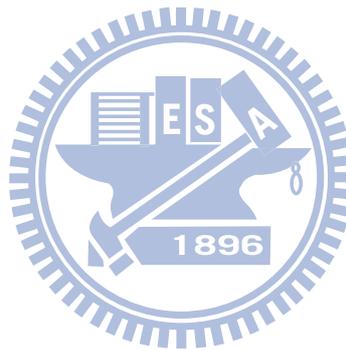
(2)用水費＝(每度單價 × 實用水量－累進差額)

(3)營業稅＝(基本費＋用水費) × 5% (角以下四捨五入)，如屬非營業用戶，該稅額分別併入各項費用欄內，依法不另列示。

(4)清除處理費＝依照環保單位核定各採掩埋或焚化處理方式之每度單價 × 實用水量(角以下四捨五入)代徵。

- 2、用戶應繳之費用包括基本費、用水費、營業稅及清除處理費或污水處理費。
- 3、市政用水及原水照總水費減 50%計收。
- 4、臨時用水照總水費增 50%計收。
- 5、本表各分段價目內均不含營業稅。
- 6、總水費之計收至元為止，角以下四捨五入。
- 7、水源保育與回饋費(95 年 3 月起)，用水費 5%。

因此，根據經建會的統計彙編資料，有關臺灣地區的水費支出比率應在 1% 以下，而世界衛生組織則認為水價的支出，應該佔家庭消費支出的 2% 至 4% 。在此相比較之下，以臺灣目前國人的所得額度及經濟消費能力而言，自來水水價的確是有檢討之必要性。【胡思聰】



2.3.2 合理水價之建議

按經濟部水利署提供「台灣地區各供水區每人每日用水量」，如表 12 所示，78 年至 91 年間發現每人每日用水量有逐年遞增上升之趨勢，在加上目前國內自來水水費偏低下，將增加水資源的浪費，因此要如何有效編列合理水價，達到節水目的，將是一個重要課題。

表 12 台灣地區各供水區每人每日用水量（單位：公升）

年 度	全國	台北市	第 1 區	第 2 區	第 3 區	第 4 區	第 5 區	第 6 區	第 7 區	第 8 區	第 9 區	第 10 區	第 11 區	第 12 區
			基隆市 台北縣	台北縣 桃園縣	新竹市 新竹縣 苗栗縣	台中市 台中縣 南投縣	嘉義縣 雲林縣	台南市 台南縣	高雄縣 屏東縣	宜蘭縣	花蓮縣	台東縣	彰化縣	台北縣
78 年	253	353	252	239	217	247	188	213	213	237	201	187	180	274
79 年	265	370	268	249	219	258	197	223	225	241	213	197	185	290
80 年	274	379	278	258	229	273	205	229	230	246	220	212	190	301
81 年	274	379	278	258	229	270	198	223	236	230	221	187	180	282
82 年	285	382	293	261	236	280	224	241	238	248	237	218	196	301
83 年	285	363	309	252	235	274	234	243	241	261	244	222	194	306
84 年	283	359	326	262	237	276	246	250	252	262	253	216	196	262
85 年	294	356	348	265	246	281	248	249	262	272	256	220	195	301
86 年	288	358	329	263	245	279	239	252	262	276	255	223	199	293
87 年	285	364	311	264	255	277	226	249	260	231	245	215	196	281
88 年	261	369	288	252	197	237	218	250	213	205	200	165	181	277
89 年	264	373	296	268	202	229	222	252	216	208	204	170	183	280
90 年	360	375	519	351	339	449	300	315	334	280	371	389	268	393
91 年	347	348	517	343	329	434	295	292	334	292	374	373	272	356

【用水計畫書審查技術規範之研擬】

參照行政院 88 年 8 月 31 日召開研商內政部所提「水價調整機制建議方案」之二點原則：(一) 水價調整不影響人民基本生活。(二) 以價制量達到節約用水之目標。而提出之建議：

- 一、訂定基本生活用水量。
- 二、加大分段累進費率。
- 三、對水源缺乏之高成本地區之用水應予以限制。
- 四、透過修法取消優待水費。
- 五、水價中應包含水質水量保護區之回饋金與污染源遷移之補償費。

惟我國目前自來水事業處採用統一水價作法，雖然具有計價收費方便，但也造成制度面及技術上之問題【胡思聰】，如：

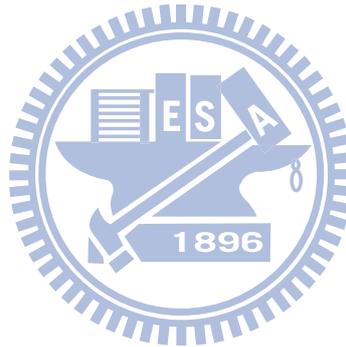
- 一、各區生產成本不同、季後變化造成成本差異，統一價格未盡公平。
- 二、造成實質上累退費率效應，反優惠超大型用水戶。
- 三、部分半價優惠用水單位或交叉補貼的措施，形成實質上的不公平。

因此，自來水公司要在如何兼顧營收利潤與使用者合理付費條件下，確實避免產生實質上的不公平，而又可以將合理之利潤做為汰換老舊自來水管線的維護工作費用，使有效減少漏水的浪費，降低水資源的再開發，將是管理者未來需要面對重要的問題。

2.4 小結

自 1990 年以來台灣平均用水量調查之情況發現，國內目前仍有許多節約用水的空間，因此，政府自 1994 年以來，便積極的推動相關綠建築及節水措施，並自 1995 年度起陸續推動相關計畫，如：「推動節約用水措施實施計畫(1995 年度至 1998 年度)」、「推動節約用水措施第二階段實施計畫(1999 年度至 2008 年度)」及「節約用水行動方案之階段性節水量化目標及相關配套策略(2000 年至 2002 年)」與「節約用水行動方案(2000 年至 2011 年)」之政策，以期國人配合節省水資源。

所以，在今後環保節能要求下，對於綠建築節水指標之建築物的省水設計勢將做為全民共同的課題，更希望能夠在建築設計規劃上積極採用省水器具(節流)，以達到節約水資源的目的。



第三章 校園宿舍用水量調查

3.1 學校生活用水量推估

3.1.1 省水設備以往調查資料

經濟部水利署為推動全國中、小學校園內進行省水器材之換裝，分別於 1998 年到 2001 年撥款補助全國各縣市的國中、小學及部分高中職校，來全面更換省水龍頭與馬桶水箱二段式沖水器配件。其目的除實際幫助學校節省水費、降低水資源浪費外，更追蹤探討執行其成效以建立節水器材之知識庫。而在完成將近 1,600 所學校之省水器材換裝工作中，有約佔國中、小學之 49%，其節省水效果可達 35%。【經濟部水利署網頁】

鑑於目前國內大專院校校園學生人數眾多，其生活用水量相對較大且多，約佔校園 40%~50% 之總用水量以上，又主要用水範圍經調查區分可使用行為：一、洗手用水。二、廁所用。三、清潔用水。四、景觀澆灌用水。五、生活飲用水等等。

所以，經濟部水利署希望能夠學校儘量利用綠建築水資源指標，能積極地將校園內耗水設備全面汰換為省水器材，並希望爾後之校園建築物上儘量設計並採用省水器具來達到合理用水量之目的，亦因此調查大專院校內主要用水設備種類，合理使用時間、次數、人數，並建議其合理使用水量，如表 13。

表 13 大專院校於省水設備汰換下合理用水量推估表

設備名稱	合理值	採用值	使用時間、次數 或人次	採用值	合理用水量 (公升/日. 人)	備註
衛浴設備						
水龍頭	5~9 公升/分鐘	6	2~5 分	3	18 公升/日.人	
馬桶	6~12 公升/次	9	4~6 公升/日.人	5	45 公升/日.人	
蓮蓬頭	6~10 公升/分鐘	8	5~10 分	8	64 公升/日.人	
餐廳設備			2.1~11.3 公升 人.日	5.9	6 公升/日.人	實際調查值
洗衣設備	20 公升/公斤	20	0.6~0.8 公斤/ 人.日	0.7	14 公升/日.人	
空調設備	14~15.6 公升/小時.冷 凍噸	14.8	0.14~1.01 冷凍噸/人	0.4	59 公升/日.人	註
游泳池	58~108 公升/立方公 尺.日	83	0.2~0.4 立方公尺/人	0.2	17 公升/日.人	
其他用水			5.2~29.7 公升/ 人.日	13	13 公升/日.人	實際調查值
總計					236 公升/日. 人	

註：單位用水人數係指全校教職員及學生人數。

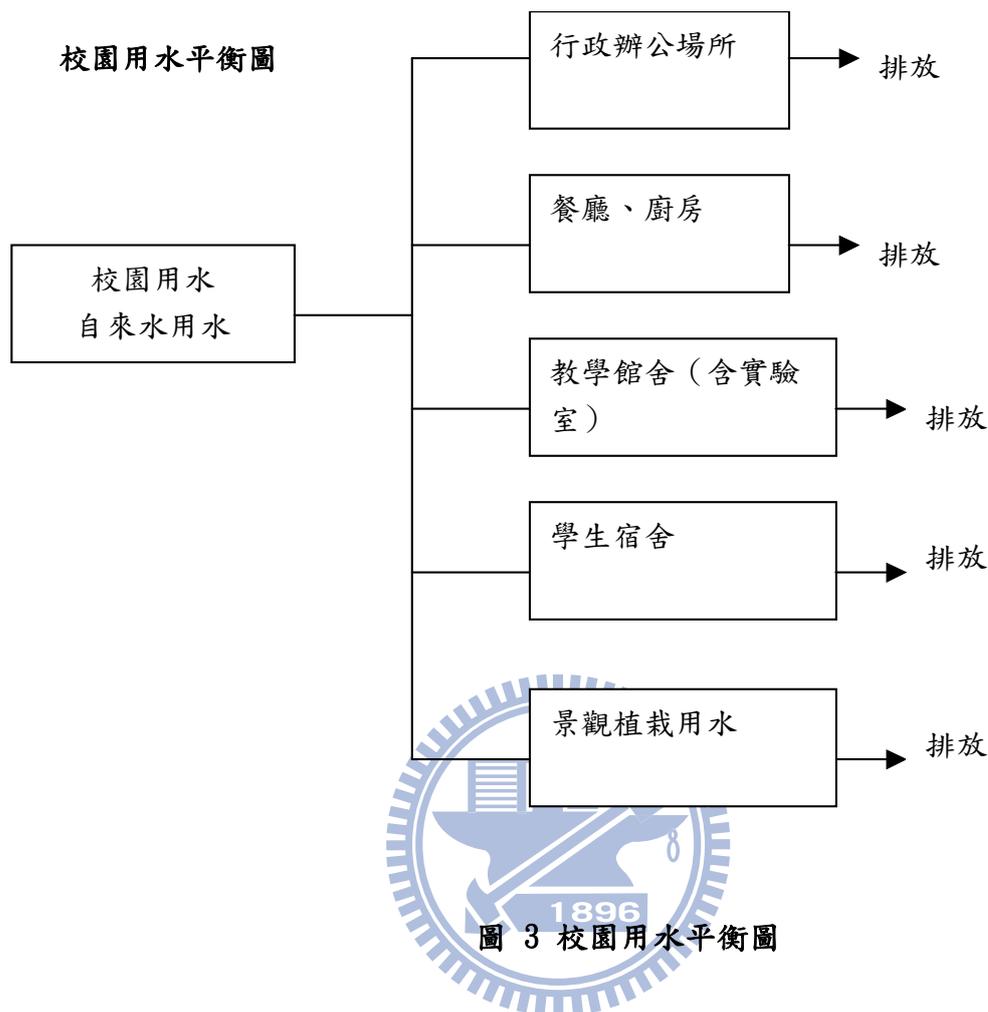
3.1.2 學校用水設施調查

根據大專院校校園內之生活用水點設施調查，同時考量目前國立交通大學校園內因為各系所專業教室的不同、建築使用類型及用水設備也不盡相同，其用水點也不相同，因而對其主要用水項目亦需加以詳細調查使用水概況、用途、用水量、類型等項，以利區分可節水效率之功效，如表 14 所示。

表 14 用水設施調查項目表

用水點位置	用水設備	項目及種類
衛浴、廁所設備	小便斗、馬桶、水龍頭、蓮蓬頭	類型、數量、流量、檢查是否裝有省水設備
飲用水設備	一般用飲水機、逆滲透飲水機	類型、數量
實驗室用水設備	水龍頭、蓮蓬頭	類型、數量、流量、檢查是否裝有省水設備
空調設備	冷卻水塔、冰水主機	類型、數量、使用時間、循環水量、排放水量
校園餐廳廚房用水設備	水龍頭、洗碗機	使用時間、數量、流量、檢查是否裝有省水設備

因此，本研究分析先對校園實際需用水場所範圍調查用水分佈的情況，並分析該目前用水場所所用水量所佔校園之比例，以此可列出目前校園實際用水場所之校園用水平衡圖，其目的可供此次明瞭目前校園實際用水範圍之概況，如圖 3 所示。



根據本校校園 90 年度 ~ 93 年度之實際用水量調查範圍，主要可以區分為：餐廳及外租場所、行政辦公場所、教學館舍、學生宿舍場所，共計有四處。其中，校園內游泳池因係歸屬於學校教學館舍範圍內，故不單獨列出探討。而景觀植栽用水則因所佔校園實際總用水量不到 1.5%，也不列入本次研究討論範圍。因此，將針對校園內部之實際用水量之四處場所做用水量情況調查分析結果發現，其中：一、餐廳及外租場所佔校園總用水量之 10%，二、行政辦公場所佔校園總用水量之 20%，三、教學場所佔校園總用水量之 24%，四、宿舍場所佔校園總用水量之量 46%，如圖 4 所示。【本研究資料統計】

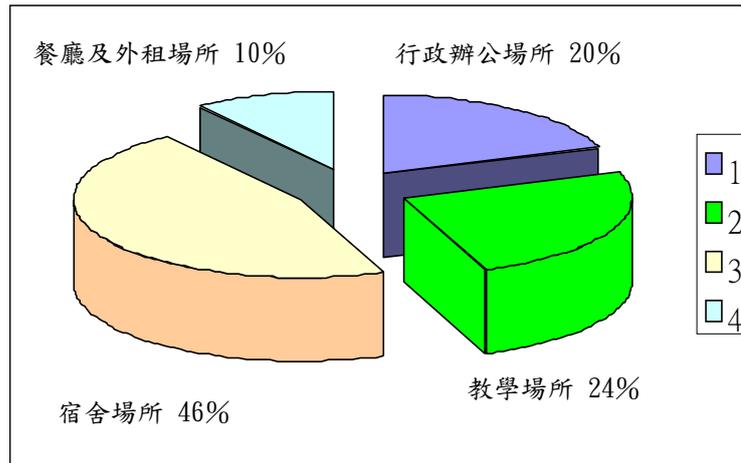


圖 4 校園生活用水量調查

經調查後發現校園宿舍場所所實際用水量為何會佔校園實際用水量之 46%，約為全校園一半之實際用水量？究其原因發現，因全校師生、教職員人數約為 12,000 左右，其中學生人數約為 10,000 人，而住宿學生則約為 7,100 人。學生住宿人數所佔比例相當高，且住宿生活形態與一般家庭生活形態相似，所以校園住宿生活用水習性與一般家庭生活用水量情況也相似。因此，本研究將參考一般家庭生活用水量情形並以宿舍內之生活用水設備部分作為調查研究目標。

3.1.3 校園宿舍省水器材之適用性

考量目前校園建築物用水點地方選定為學生宿舍後，因發現學生宿舍屬於較高耗水區域，又生活用水設備則以經常性使用之小便斗、馬桶、水龍頭、淋浴設備之蓮蓬頭為主，亦因此將以該上述用水設備列為主要之改善標的。因此，參考經濟部水利署常用節水型省水器材水量參考指標，例如將省水型用水器材與一般傳統型用水器材相比較下，約可節省一半以上的耗水量，如果再配合平時用水習慣的改變，宿舍生活用水節水率將可有節省一半以上的耗水量，如表 15 所示。

表 15 常用節水型省水器材水量參考指標

項目	一般型	省水型	每次使用水量	備註
水龍頭	12 公升/分鐘	6 公升/分鐘	1 公升	每次使用以 10 秒計
馬桶	12 公升/次	6 公升/次	6 公升	-
蓮蓬頭	15 公升/分鐘	10 公升/分鐘	25 公升	每次使用以 5 分鐘計
小便器	6 公升/次	4 公升/次	2 公升	-

【經濟部水利署網頁】

因此，本研究以校園內宿舍建築物之用水設備作為改善目標，換裝之省水設備則包括：新式水龍頭與節水型水栓、省水馬桶、兩段式馬桶、省水淋浴器具（蓮蓬頭）等項。

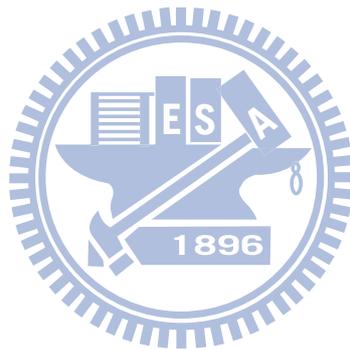
研究分析改善目標種類及換裝方式如下：

一、水龍頭其改善及汰換可分二種方式：1、如避免經費增加下，考慮局部加裝省水器材配件。2、若經費許可，可將舊有之水龍頭汰換為具有合格標章之省水龍頭。

二、馬桶之改善方式，則需考量使用者之行為模式，如：男生與女生同學使用目的、頻率之不同。因此，可考量如經費許可，可選擇將整座舊有馬桶換裝為省水馬桶，或於舊有馬桶更換為兩段式沖水器以改善其省水效率，惟需注意原馬桶之形式。

三、蓮蓬頭之改善方式則較為簡便，僅需對該蓮蓬頭部分換裝為省水型之蓮蓬頭，或於省水器材安裝於軟管與主體之間即可，且其更換簡單、經費亦不高。

四、省水器材則是換裝簡單，種類亦較多，坊間廠商甚有多種研發針對水龍頭（則有水柱式、氣泡式、觸控式、節水片等形式）、馬桶（則有二段式水壓沖水器、二段式油壓沖水器等形式）、蓮蓬頭（則有蓮蓬頭省水器、按壓式省水蓮蓬頭、一般型省水蓮蓬頭等）作簡單之DIY換裝方式，以節省經費。



3.2 學生屬性分析

依據此次受訪對象為針對學生宿舍後，將分別採男生宿舍(研一舍)與女生宿舍(女二舍)作為男、女同學生活用水習慣方式分類，屬性問卷調查項目分別為：受訪人數統計與生活作息、宿舍用水設備之種類、生活用排水量之調查，共三大項。其目的用以瞭解實際宿舍內男、女同學之生活用水概況及受訪對象在使用用水設備習慣，以找出可達成節水之效率及方法。

3.2.1 男生宿舍屬性調查

研一舍部分為地下1層、地上4層之建築物，馬桶、小便斗及洗臉台於每層之南、北二側皆有設置，浴室則於每一層設置於南側位置。男同學部分以博士班為主，宿舍房間數共計106間、208個床位數。經調查整棟建築物內之用水設備，其中水龍頭部分共計有60個、馬桶計有40座、小便斗計有50座、浴室蓮蓬頭計有30個，如圖5所示。

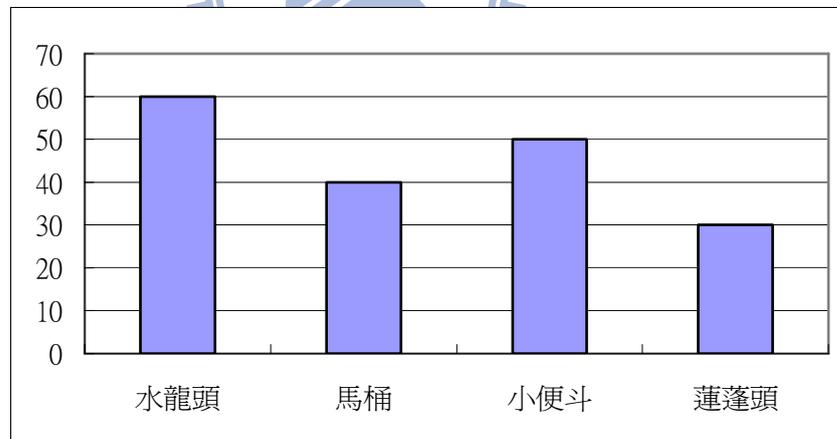


圖 5 研一舍用水設備數量統計

將該208個床位數與研一舍建築物內之用水設備平均後，該各用水設備平均使用人數頻率為：水龍頭部分有3.5人使用，馬桶部分有5.2人使用，小便斗部分有4.2人使用，浴室蓮蓬頭部分有6.9人使用，如圖6。

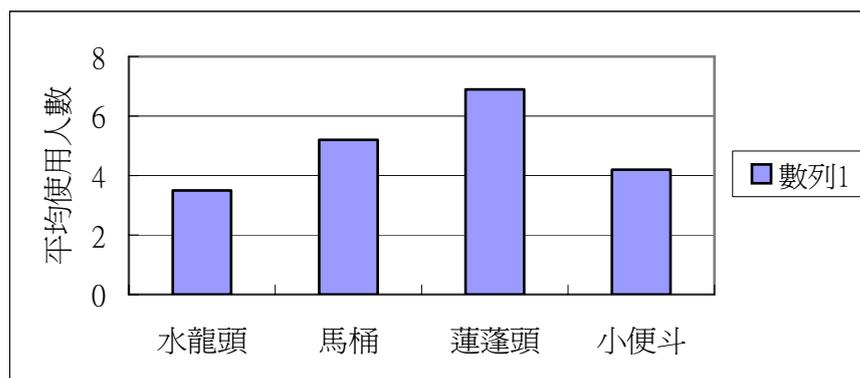
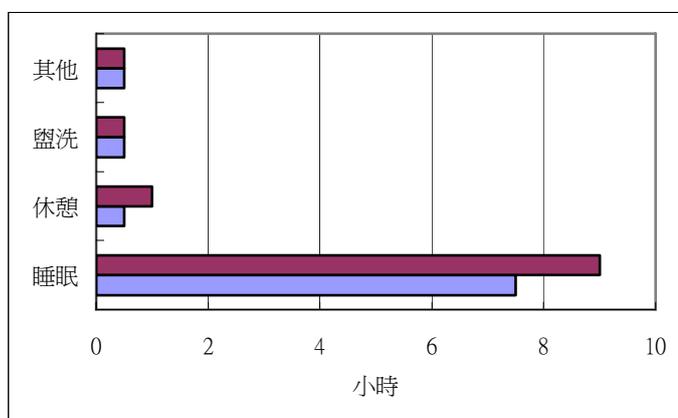


圖 6 研一舍用水設備平均使用人數

宿舍內用水設備類型未改善前之調查情形：

- 一、水龍頭部分因洗臉、刷牙、洗手與洗衣同為共用之檯面，故水龍頭器材之用水設備相同，皆無省水功能。
- 二、馬桶部分則分有：傳統一段式高水箱、傳統一段式低水箱二種。
- 三、浴室內蓮蓬頭為一般傳統性之用水設備不具節水功效。
- 四、小便斗部分則屬傳統按壓水小便斗。

男同學於宿舍生活作息時間，以 24 小時為例，經調查於宿舍佔用時間約為 9~11 小時，其原因發現在於學生屬性多為博士班學生，大多數時間在研究室內活動，宿舍部分僅做為盥洗及睡眠、休憩時間，故本次改善將針對馬桶、小便斗、蓮蓬頭及水龍頭為省水器材設備之改善項目，如圖 7。



如圖 7 研一舍同學宿舍生活作息時間

3.2.2 女生宿舍屬性調查

女生第二宿舍為地上 10 層之建築物，其中地上 1 層為供餐廳及便利商店使用，此次地上 1 層部分則不列入調查範圍。女同學部分依學生性質則以大學部同學比例為最多、研究生次之，宿舍房間數共計 310 間 1,098 個床位數。浴廁及洗臉台於每層之各有二處位置，經調查其中水龍頭部分共計有 242 個、馬桶計有 124 座、浴室蓮蓬頭計有 282 個，如圖 8。

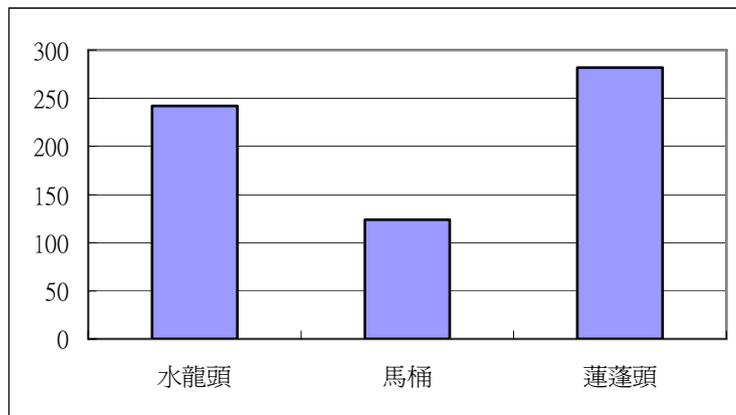


圖 8 女生第二宿舍用水設備數量統計

將該女生第二宿舍共 1,098 個床位數與該建築物內之用水設備平均後，得知該各用水設備平均使用人數頻率為：水龍頭部分計有 4.5 人使用，馬桶部分有 8.9 人使用，浴室蓮蓬頭部分有 3.9 人使用，如圖 9。

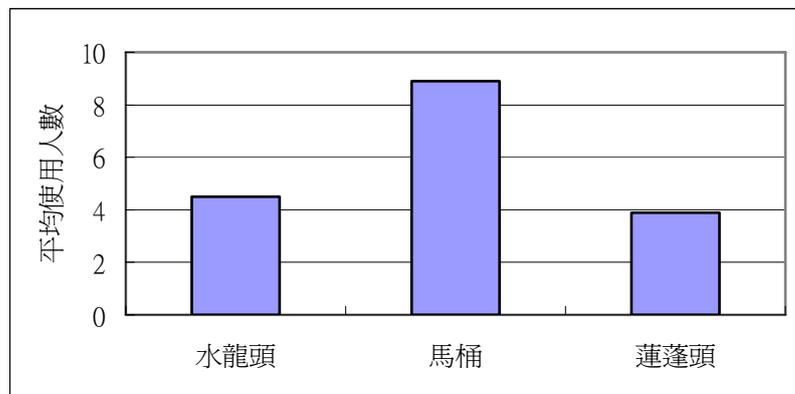


圖 9 女二舍用水設備平均使用人數

在用水設備類型未改善前之調查情形：

- 一、水龍頭部分因洗臉、刷牙、洗手與洗衣同為共用之檯面，故水龍頭器材之用水設備相同，且皆無省水功能。
- 二、馬桶部分則分有：傳統高水箱、低水箱與快沖式三種，無省水功能。
- 三、浴室內蓮蓬頭為一般傳統性之用水設備不具節水功效。

調查女生同學於學校宿舍生活作息時間，以 24 小時為例，於宿舍佔用時間約為 12~14 小時，其調查原因發現在於學生多屬大學部學生，除白天上課外，宿舍部分多有早上盥洗、中午休憩及晚上休憩、盥洗與睡眠時間。因此，發現如果在宿舍所待時間愈久，相對用水時間也就愈長。其次，因為女性在生理、心理上與男性構造不同，所以在使用水量時間上也比較相對耗水，故本次改善將針對馬桶、蓮蓬頭及水龍頭作為省水器材之改善項目，亦是此次改善之重點項目，如圖 10。

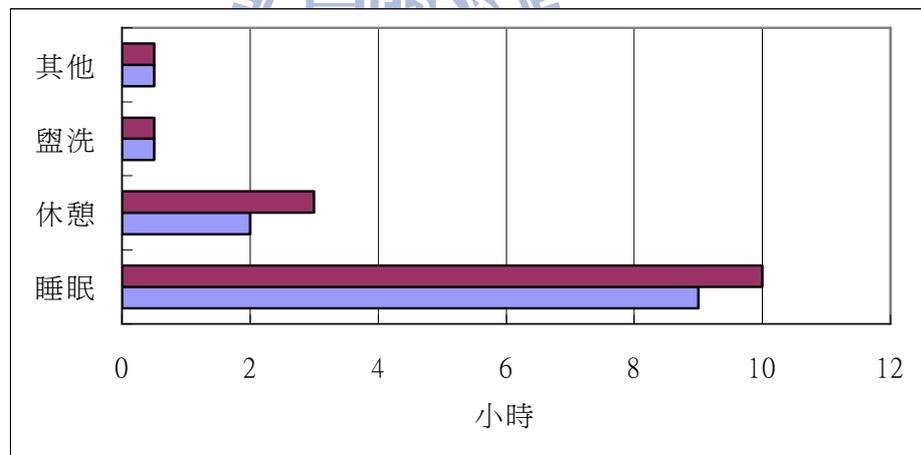


圖 10 女二舍同學宿舍生活作息時間

3.3 宿舍生活用水量調查

經實地調查本校 91~93 年度學校研一舍每日實際平均用水量為 33.48 (噸/天) 度，女生第二宿舍每日實際平均用水量為 355.5 (噸/天)。依此本問卷共計發出 300 份調查，其中男同學有 150 份，女同學有 150 份；回收件數共計 160 份，其中男同學為 77 份，女同學為 93 份。又研一舍與女生第二宿舍每分鐘實際平均流水量調查為 12.15 (公升/分)，依此數據將作為本研究之參考，從而瞭解發現男、女同學在一天生活當中於宿舍裡面所產生之生活用水量、用水習慣及相對耗水之差異分析。

3.3.1 小便斗/馬桶類耗水量之調查

(一)、一天當中於宿舍平均上小號之使用次數

參考回收問卷資料統計發現一天當中於宿舍平均上小號之使用次數，男同學部分有 53% 人在宿舍內以 3-5 次為最多，女同學方面有 55% 人在宿舍內以 3-5 次為最多，如圖 11。

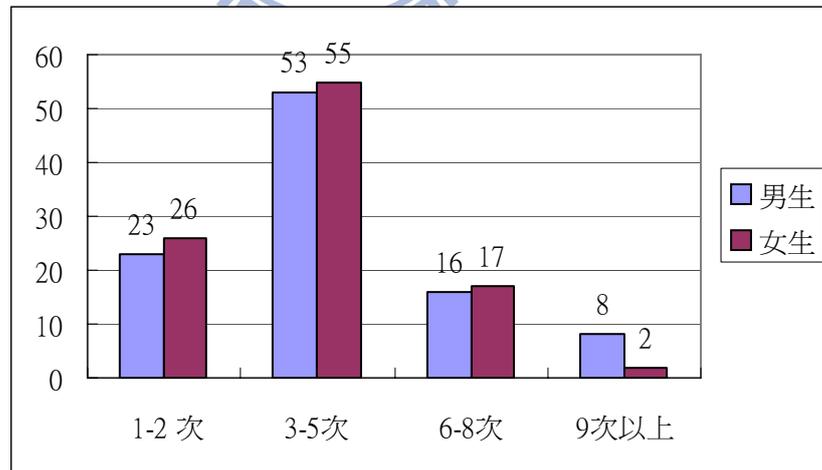


圖 11 一天當中於宿舍上小號之使用次數

使用行為次數調查：男、女同學在最低使用次數為：起床後、休憩、睡眠前各 1 次，共計 3 次。使用行為次數調查最高為：起床後、睡眠前各 1 次、休憩 3

次，共計 5 次。

依表 15 在小號流量上計算上，男同學在小號（小便斗）器材設備上每次需排放水流量以 6 公升計算。女同學在小號（馬桶）部分，以傳統之馬桶每次需排放沖水流量 12 公升計算。而依圖 11 在計算上以採用平均值為考量，故男、女同學部分每日小號之次數以 4 次為採用值。

共計每日小號之耗水量：

男同學部分： $4 \text{ 次} \times 6,000\text{cc} = \underline{24,000\text{cc}}$

女同學部分： $4 \text{ 次} \times 12,000\text{cc} = \underline{48,000\text{cc}}$

（二）、一天當中於宿舍平均上大號之使用次數：

經參考回收問卷資料統計發現，此次一天當中於宿舍使用馬桶（大號）次數統計：男同學部分有 44% 人，女同學部分亦有 48% 人，皆以 1 次為最多，如圖 12。

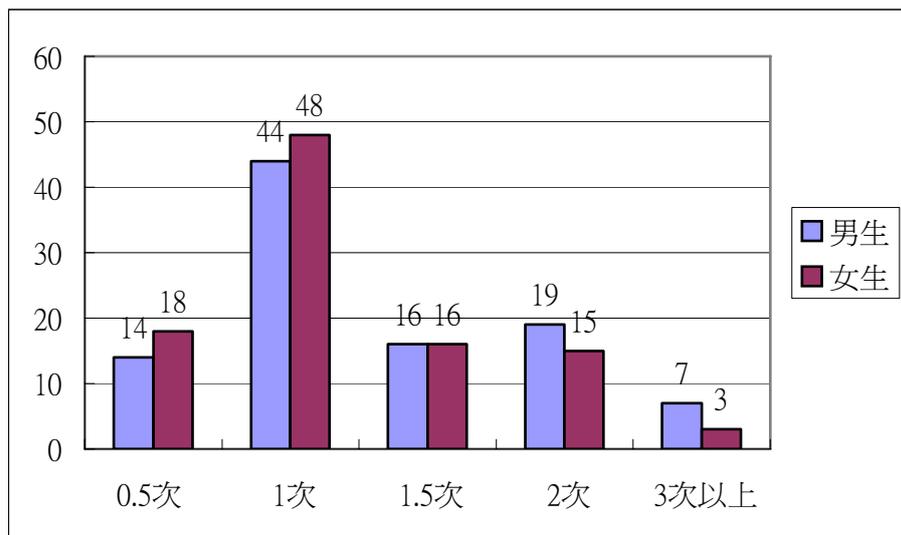


圖 12 一天當中於宿舍上大號之使用次數

依圖 12 男、女同學因每日使用相同之耗水量

故馬桶（大號）每日使用之耗水量為：

$$1 \text{ 次} \times 12 \text{ 公升} = \underline{12,000\text{cc}}$$

3.3.2 水龍頭類耗水量之調查

(一)、一天當中於宿舍洗手所需之水量調查：

經綜整統計問卷調查資料發現，一天當中於宿舍內使用水龍頭洗手之使用次數：男同學部分有 38% 人，女同學部分也有 44% 人，以 5-10 次為最多，如圖 13。

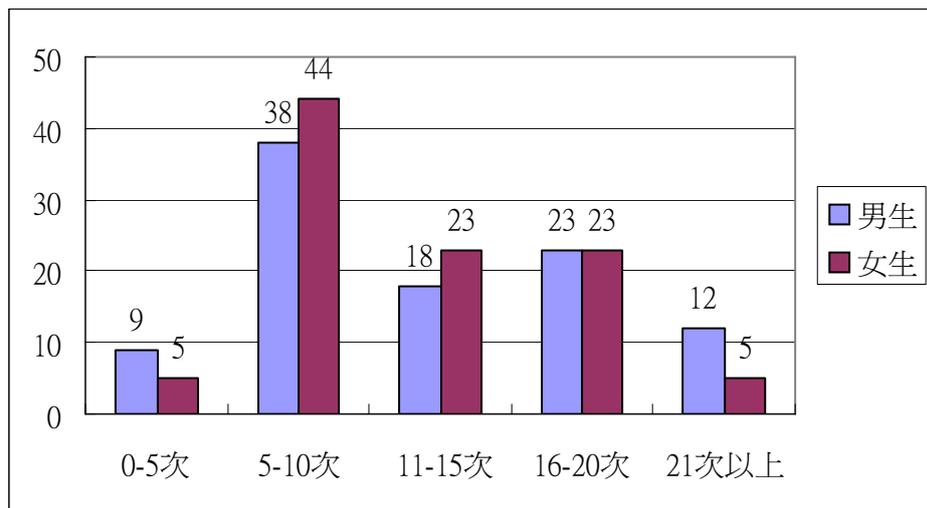


圖 13 一天當中於宿舍洗手之使用次數

由統計問卷調查資料中，一天當中於宿舍內使用水龍頭洗手每次所需之時間調查發現：男同學部分有 44% 人，女同學部分也有 39% 人，以 0-10 秒為最多，如圖 14。

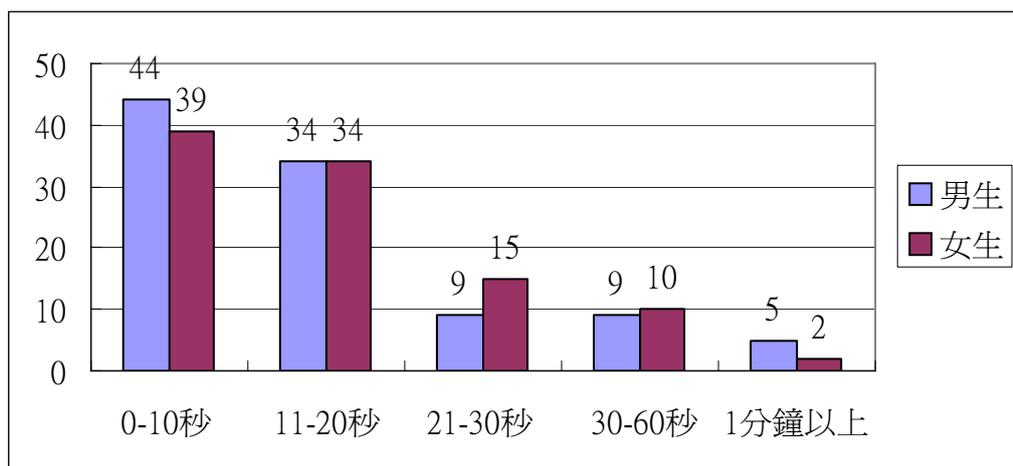


圖 14 每次平均洗手一次所需之時間

因此，在計算上以採用平均值為考量，故男、女同學部分每次洗手之使用次數以 7.5 次為採用值，又每次所需之時間以 5 秒為採用值。

因此依圖 13、圖 14 計算男、女同學耗水量情形
故每日洗手之耗水量為：

$$7.5 \text{ 次} \times 5 \text{ 秒} \times 12,150\text{cc}/60 \text{ 秒} = 7,594\text{cc}$$

(二)、一天當中於宿舍刷牙所需之水量調查

由統計問卷調查資料中，一天當中於學生宿舍刷牙之次數：男同學部分有 36 % 人，以早、晚共 2 次刷牙為最多。女同學部分也有 31% 人，以早、中、晚共 3 次刷牙為最多，如圖 15。

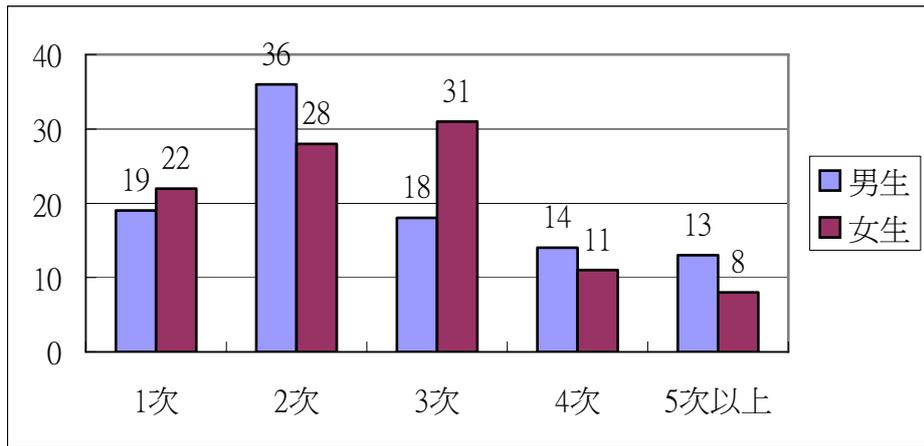


圖 15 每日刷牙之次數

此次綜整調查資料發現，一天當中於宿舍每次刷牙所耗之水量：男同學部分有 47% 人，女同學部分有 42% 人，皆以 750cc 使用水量為最多，如圖 16。

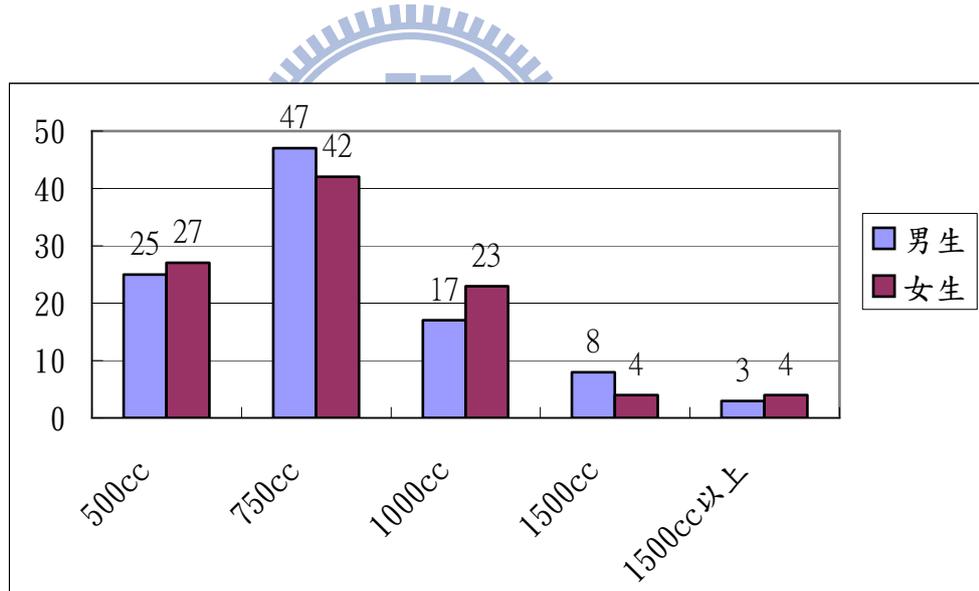


圖 16 每日刷牙一次所用水量

依圖 15、圖 16 整理後計算每日刷牙耗水量：

男同學部分： $2 \text{ 次} \times 750\text{cc} = \underline{1,500\text{cc}}$

女同學部分： $3 \text{ 次} \times 750\text{cc} = \underline{2,250\text{cc}}$

(三)、一天當中於宿舍洗臉所需之水量調查

由統計問卷調查資料中，在一天當中於宿舍平均洗臉之次數：男同學部分有 32% 人，女同學部分有 37% 人，皆以 2 次使用水量洗臉為最多，且調查發現多為早、晚各洗臉一次為原則，如圖 17。

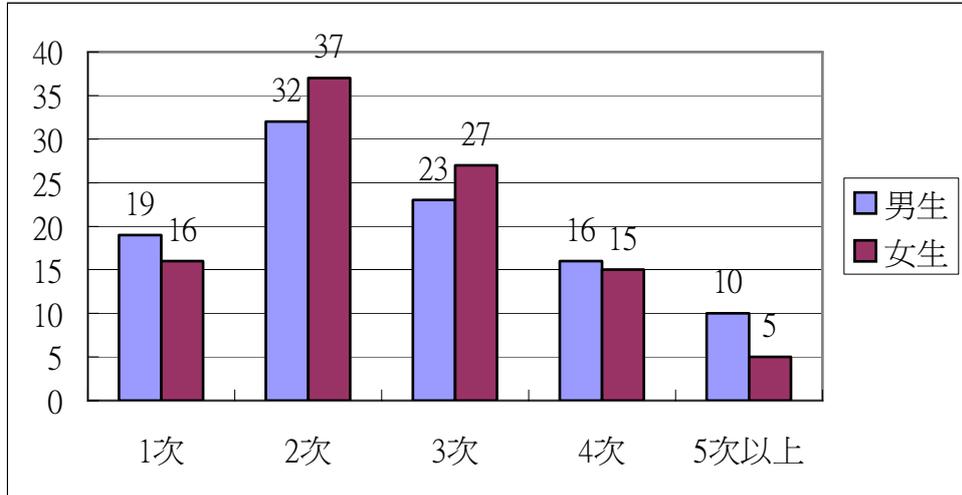


圖 17 平均洗臉之次數

經調查資料發現，一天當中於宿舍內平均每次洗臉所需之水量發現：男同學部分有 47% 人，以 2,000cc 用水量為最多。女同學部分也有 42% 人，以 2,500cc 用水量為最多，如圖 18。

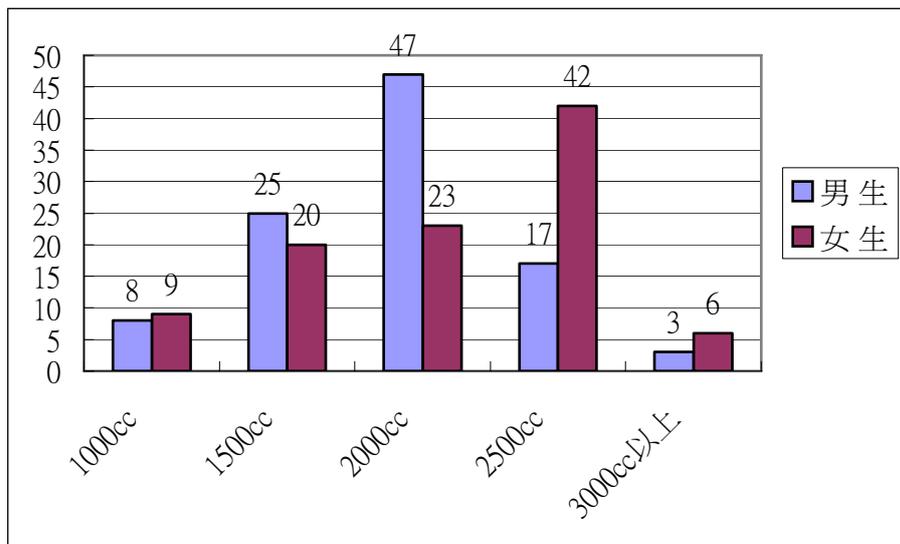


圖 18 平均洗臉一次所用水量

經習性調查：在男同學部分每日洗臉方式多以清水清洗，而女同學部分洗臉方式則因多會較為注重臉部保養保濕，因此使用卸妝及洗面乳液等清潔用品之清洗，故使用水量較男同學為多。

依圖 17、圖 18 整理後每日洗臉耗水量：

男同學部分：

$$2 \text{ 次} \times 2,000\text{cc} = \underline{4,000\text{cc}}$$

女同學部分：

$$2 \text{ 次} \times 2,500\text{cc} = \underline{5,000\text{cc}}$$



3.3.3 蓮蓬頭類耗水量之調查

(一)、一天當中於宿舍洗澡所需之水量調查

由統計問卷調查資料中，在一天當中學生於宿舍洗澡所需之次數：男同學部分有 68% 人，女同學部分有 59% 人，皆以每日洗澡 1 次使用水量為最多，如圖 19。

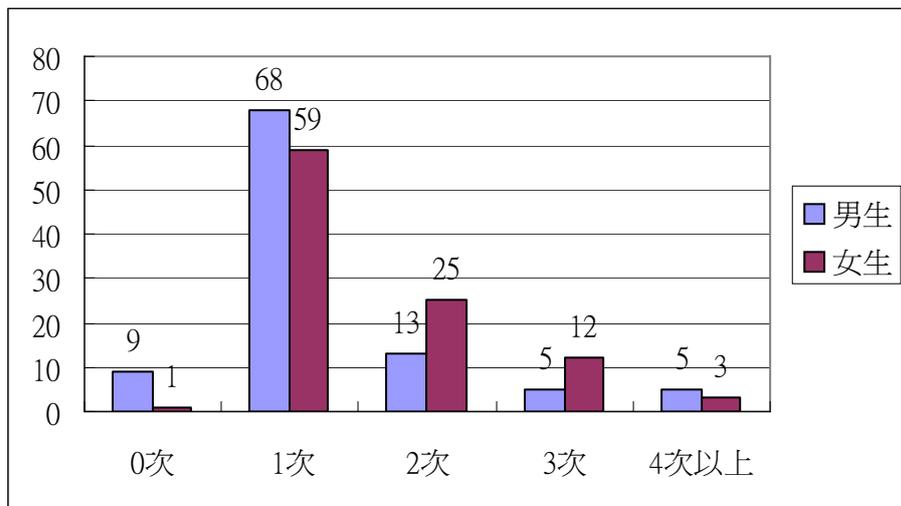


圖 19 平均洗澡之次數

(二)、一天當中於宿舍洗澡所需之時間調查

經調查資料發現，一天當中於宿舍內平均每次洗澡所需之時間（含沐浴及洗髮時間）：男同學部分有 48% 人，以 5-15 分鐘完成洗澡時間為最多。而女同學部分則有 44% 人，以 16-30 分鐘完成洗澡時間為最多，如圖 20 所示。

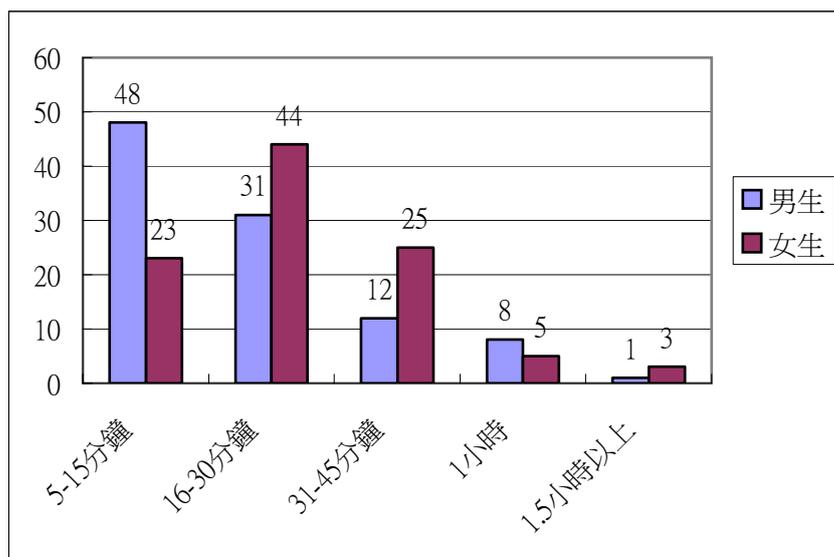


圖 20 平均洗澡一次所需之時間

因此，在計算上以採用平均值為考量，故男同學部分洗澡 1 次所需使用時間以 10 分鐘為採用值，女同學部分則洗澡 1 次所需使用時間以 22.5 分鐘為採用值計算。

依圖 19、圖 20 整理後每日洗澡 1 次所耗之水量：

男同學部分：

$$1 \text{ 次} \times 10 \text{ 分} \times 12,150 \text{ cc} = \underline{121,500 \text{ cc}}$$

女同學部分：

$$1 \text{ 次} \times 22.5 \text{ 分} \times 12,150 \text{ cc} = \underline{273,375 \text{ cc}}$$

3.4 校園宿舍總用水量統計

在校園宿舍建築用水設備規劃策略擬定中，執行節水計畫之初，需先經由蒐集建立用水相關資料與數據，包括近年用水水量紀錄、用水用途分項等資料，以充分瞭解單位之各用途別的用水狀況及成本亦因此在省水效率越佳情況下，則省水目的越容易達到。

故經此次問卷調查結果數據統計出，男同學部分在宿舍內每日生活用水量使用統計調查共計 170.592 公升，而女同學部分在宿舍內每日生活用水量共計 360.22 公升，如表 16 所示，將作為日後宿舍規劃省水設備改善目標。

表 16 每日生活用水量統計情形表

實際用水量	水龍頭 (公升)	馬桶 (公升)	小便斗 (公升)	蓮蓬頭 (公升)	合計 (公升)
男同學	13.094	12.0	24.0	121.50	170.59
女同學	14.844	72.0	—	273.375	360.22

第四章 案例分析與效益評估

4.1 改善手法

本研究之改善案例取樣，以現階段參考經濟部水利署頒行之用水設備及坊間業界之省水率作為改善方法依據，如表 17 所示。

表 17 用水設備之省水率

項 目	省水型馬桶	省水型小便斗	省水型水龍頭	省水型蓮蓬頭
省水率	小號 50% 大號 25%	感應式 33%	穩流型(自行關閉式) 55% 節水器式 50%	節水器 50% 省水型 50%

規劃上因省水型水龍頭種類多樣，包含自行關閉式及感應式，出水方式分為層流式(laminar-flow)、氣泡式(aerated-flow)及噴灑式(spray-flow)三種，惟噴灑式經同學反應效果不佳，故本次研究不予討論。因此，擬將校園宿舍用水設備實地調查結果與經濟部水利署頒行之用水設備之省水率數據進行分析，由此可知若是將本校光復校區研一舍、女生第二宿舍之原來用水設備更換為符合省水標章之省水器材時，可發現其用水設備越多則更換改善後節水效果越是顯著，但是當省水裝置若無法確實落實規劃與執行，其投資回收期將無法顯現，成本效益做法亦無法彰顯。

4.1.1 換裝省水型馬桶及感應型小便斗設備

一、換裝省水型馬桶後之省水量

(1) 依據表 17 小號部分可省水率為 50% ，即每人用水 1 次可節省 6 公升水量

女：依圖 11 每人每日平均用水 4 次，故共可節省 24 公升水量，

依圖 9 每一個馬桶有 8.9 人使用故：

$$24 \text{ 公升} \times 8.9 = 213.6 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 213.6 公升即 0.21 噸水量。

(2) 依據表 17 大號部分可省水率為 25%

男：依圖 12 每人每日用水 1 次可節省 3 公升，故共可節省 3 公升水量，

依圖 6 每一個馬桶計有 5.2 人使用故：

$$3 \text{ 公升} \times 5.2 = 15.6 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 15.6 公升即 0.02 噸水量。

女：依圖 12、每人每日用水 1 次可節省 3 公升，故共可節省 3 公升水量，

依圖 9 每一個馬桶計有 8.9 人使用故：

$$3 \text{ 公升} \times 8.9 = 26.7 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 26.7 公升即 0.03 噸水量。

二、將非省水型小便斗更換為符合省水標章之省水感應型小便斗：

男：依據表 17 小號可省水率達 33% ，即每人每日用水 1 次時可省 2 公升水量。

依圖 11 男同學每人每日平均用水 4 次，故共可節省時可省 8 公升水量。

依圖 6 每一個小便斗有 4.2 人使用故：

$$4.2 \times 8 \text{ 公升} = 33.6 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 33.6 公升即 0.03 噸水量。

4.1.2 換裝省水型水龍頭設備

一、依表 17 穩流型水龍頭省水率可達 55% ，即每分鐘 12.15 公升流量時，可以節省 6.68 公升水量。

男：依表 16 每人每日使用水 13.094 公升，故共可節省 7.20 公升水量

依圖 6 每日有 3.5 人使用故：

$$3.5 \times 7.2 \text{ 公升} = 25.2 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 25.2 公升即 0.03 噸

女：依表 16 每人每日使用水 14.844 公升，故共可節省 8.16 公升水量

依圖 9 每日有 4.5 人使用故：

$$4.5 \times 8.16 \text{ 公升} = 36.72 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 36.72 公升即 0.04 噸

二、加裝節水器水龍頭省水率達 50% ，即每分鐘 12.15 公升流量時，可省 6.08 公升水量。

男：依表 16 每人每日使用水 13.094 公升，故共可節省 6.55 公升水量

依圖 6 每日有 3.5 人使用故：

$$3.5 \times 6.55 \text{ 公升} = 22.93 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 22.93 公升即 0.02 噸

女：依表 16 每人每日使用水 14.844 公升，故共可節省 7.42 公升水量

依圖 9 每日有 4.5 人使用故：

$$4.5 \times 7.42 \text{ 公升} = 33.39 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 33.39 公升即 0.03 噸



4.1.3 換裝省水型蓮蓬頭設備

一、裝設省水型蓮蓬頭時依表 17 省水率達 50%：

男：依表 16 每人每日使用水 121.500 公升，故可節省 60.75 公升水量

依圖 6 每日有 6.9 人使用故：

$$6.9 \times 0.75 \text{ 公升} = 419.18 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 419.18 公升即 0.42 噸

女：依表 16 每人每日使用水 273.38 公升，故共可節省 136.69 公升水量

依圖 9 每日有 3.9 人使用故：

$$3.9 \times 136.69 \text{ 公升} = 533.09 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 355.41 公升即 0.53 噸

二、裝設節水器蓮蓬頭時之省水率達 50%：

男：依表 16 每人每日使用水 121.500 公升，故可節省 60.75 公升水量

依圖 6 每日有 6.9 人使用故：

$$6.9 \times 0.75 \text{ 公升} = 419.18 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 419.18 公升即 0.42 噸

女：依表 16 每人每日使用水 273.38 公升，故共可節省 136.69 公升水量

依圖 9 每日有 3.9 人使用故：

$$3.9 \times 136.69 \text{ 公升} = 533.09 \text{ 公升}$$

每日可節省水量 355.41 公升即 0.53 噸

4.1.4 每日生活用水可節省之總水量及水費

將宿舍之用水設備規劃換裝成省水器材後，依據每一個省水器材使用人數及經濟部水利署頒行之用水設備省水率數值，用以換算每日生活用水可節省之總水量及水費，經統計歸類如表 18 所示。

表 18 每日生活用水可節省之總水量及水費

項次	名稱	省水率%	可節省水量 (噸)		可節省水費 (元)	
			男生	女生	男生	女生
一	省水型馬桶					
	小號	50%	-	0.21	-	2.31
	大號	25%	0.02	0.03	0.22	0.33
二	省水型小便斗					
	感應式	33%	0.03	-	0.33	-
三	省水型水龍頭					
	穩流型	55%	0.03	0.04	0.33	0.44
	節水器	50%	0.02	0.03	0.22	0.33
四	省水型蓮蓬頭					
	省水型	50%	0.42	0.53	4.62	5.83
	節水器	50%	0.42	0.53	4.62	5.83

※水費計算：以每度 11.0 元計算。

4.2 效益評估

既知裝設省水器材可達到該省水效益時，今便應對該成本經費予以評估回收效益。

因此，省水器材設備換裝項目如下：

- 一、馬桶：男同學部分，在原有馬桶水箱 12 公升之容量下，考量設備老舊無法換裝省水水箱容量，故將以新設一段式省水馬桶為更換重點，小便斗則是加裝感應設備。女同學部分，在換裝馬桶設備規劃使用上則以新設二段式省水馬桶及改換二段式沖水器為主要考量。因為在女二舍馬桶設備（大、小號部分）上如果採用一段式馬桶，則無法在小號使用上達到節水目的。
- 二、水龍頭：設備更換規劃上需考量洗臉與洗衣為共用一檯面，因此學生經常性之換洗衣物洗滌，則不選擇以噴霧式及感應式水龍頭為主要更換項目。因為噴霧式水龍頭有使用不便及疑有洗不淨之習慣感覺，而感應式水龍頭則有經費較高及設備維護問題，較不適宜於宿舍浴室使用。
- 三、蓮蓬頭：在換裝省水設備器材上，因為男、女學生宿舍淋浴用水器材皆相同一致，因此考量設備管理統一維護方便及備品立即更換之優點，因此換裝重點將以蓮蓬頭節水器及一般省水型蓮蓬頭為主。

4.2.1 研一舍換裝效益評估

經規劃換裝省水設備後便需評估其效益，有關省水設備之初設成本不含工錢之費用，因此在研一舍各樓層內換裝省水設備後經評估結果，如表 19 所示。

表 19 研一舍換裝省水設備評估結果表

項次	名稱	省水型馬桶	省水型小便斗	省水型水龍頭		省水型蓮蓬頭	
		一段式	感應式	穩流型	省水器	省水型	節水器
1	初設成本 (元)	4,550	2,520	385	235	525	280
2	每天可節省 水量(噸)	0.02	0.03	0.03	0.02	0.42	0.42
3	年節省水費 (元)	80	121	121	80	1,686	1,686
4	使用年限 (年)	10	5	3.5	3	3.5	3
5	投資效益	0.18	0.24	1.10	1.02	11.24	18.06

投資效益 = (年節省水費 * 使用年限) / 初設成本
水費成本：以每度 11 元計算。

由表 19 得知，當根據經濟部水利署省水器材之節水率評估及在初設成本費用上考量，可得知在初設成本費用相對越高其投資效益也相對越低。亦因此規劃上如全數更換，將會增加校內經費負擔，因此在未來規劃上必須考慮將節水條件相同下，評估採用水設備不同之方式組合，以評估回收效益及可節省之經費，因此依圖 5 經研一舍目前用水設備總數量調查後，估算總成本費用經計算結果，統計資料如表 20 所示。

表 20 研一舍換裝不同組合省水設備評估結果表

編號	項 目 組 合	設備成本 (元)	年節省金額 (元)	成本效益
1	一段式馬桶+小便斗+水龍頭+蓮蓬頭	346,850	67,090	0.19
2	一段式馬桶+小便斗+水龍頭(省水器)+蓮蓬頭	337,850	64,630	0.19
3	一段式馬桶+小便斗+水龍頭+蓮蓬頭(節水器)	339,500	67,090	0.20
4	一段式馬桶+小便斗+水龍頭(省水器)+蓮蓬頭(節水器)	330,500	64,630	0.20
5	一段式馬桶+小便斗+水龍頭	331,100	16,510	0.05
6	一段式馬桶+小便斗+水龍頭(省水器)	322,100	14,050	0.04
7	一段式馬桶+小便斗+蓮蓬頭	323,750	59,830	0.18
8	一段式馬桶+小便斗+蓮蓬頭(節水器)	316,400	59,830	0.19
9	一段式馬桶+水龍頭+蓮蓬頭	220,850	61,040	0.28
10	一段式馬桶+水龍頭+蓮蓬頭(節水器)	213,500	61,040	0.29
11	一段式馬桶+水龍頭(省水器)+蓮蓬頭	211,850	58,580	0.28
12	一段式馬桶+水龍頭(省水器)+蓮蓬頭(節水器)	204,500	58,580	0.29
13	小便斗+水龍頭+蓮蓬頭	164,850	63,890	0.39
14	小便斗+水龍頭(省水器)+蓮蓬頭	155,850	61,430	0.39

15	小便斗+水龍頭+蓮蓬頭(節水器)	157,500	63,890	0.41
16	小便斗+水龍頭(省水器)+蓮蓬頭(節水器)	148,500	61,430	0.41
17	水龍頭+蓮蓬頭	38,850	57,840	1.49
18	水龍頭(省水器)+蓮蓬頭	29,850	55,380	1.86
19	水龍頭+蓮蓬頭(節水器)	31,500	57,840	1.84
20	水龍頭(省水器)+蓮蓬頭(節水器)	22,500	55,380	2.46

成本效益 = 年節省金額 ÷ 設備成本

經上表 20 得知，在不同的一組省水設備組合下其「設備成本」上與「年節省金額」之比較，可發現雖然「設備成本」是影響效益評估項目之一，但是因為馬桶及小便斗感應裝置成本較高，所以回收時間較長影響較大，因此在不同省水設備組合上佔有較大之比重，所以如僅改善水龍頭(省水器)與蓮蓬頭(節水器)此組合其效益評估最高。因為在水龍頭設備使用上，發現學生人數多寡及使用年限越長下將會有影響其效益，其次是蓮蓬頭部分如果在能夠在使用上有效縮短洗澡時間，則省水效果將是非常顯著。

4.2.2 女二舍換裝效益評估

經規劃換裝省水設備後便需評估其效益，有關省水設備之設置成本不含工錢之費用僅以成本為考量，因此在女生第二宿舍各樓層內換裝省水設備後經評估結果，如表 21 所示。

表 21 女生第二宿舍換裝省水設備評估結果表

項次	名稱	省水型馬桶		省水型水龍頭		省水型蓮蓬頭	
		二段式	二段式沖水器	穩流型	省水器	省水型	節水器
1	初設成本 (元)	4,850	665	385	235	525	280
2	每天可節省 水量(噸)	0.24	0.24	0.04	0.03	0.53	0.53
3	年節省水費 (元)	964	964	161	121	2,128	2,128
4	使用年限 (年)	10	3	3.5	3	3.5	3
5	投資效益	1.99	4.35	1.46	1.55	9.63	15.48

投資效益 = (年節省水費 * 使用年限) / 初設成本

水費成本：以每度 11 元計算。

由表 21 得知，當根據經濟部水利署省水器材之節水率評估及在初設成本費用上考量，可得知在初設成本費用相對越高其投資效益也相對越低。因此在未來規劃上必須考慮將節水條件相同下，評估採用用水設備不同之方式組合，以評估回收效益及可節省之經費，依圖 8 經女二舍目前用水設備總數量調查後，估算總成本費用計算結果統計資料結果如表 22 所示。

表 22 女生第二宿舍換裝不同組合省水設備評估結果表

編號	項 目 組 合	設備成本(元)	年節省金額 (元)	成本效益
1	二段式馬桶+水龍頭+蓮蓬頭	842,620	758,594	0.90
2	二段式馬桶+水龍頭(省水器)+蓮蓬頭	806,320	748,914	0.93
3	二段式馬桶+水龍頭+蓮蓬頭(節水片)	773,530	758,594	0.98
4	二段式馬桶+水龍頭(省水器)+蓮蓬頭(節水片)	737,230	748,914	1.02
5	二段式馬桶(沖水器)+水龍頭+蓮蓬頭	323,680	758,594	2.34
6	二段式馬桶(沖水器)+水龍頭(省水器)+蓮蓬頭	287,380	748,914	2.61
7	二段式馬桶(沖水器)+水龍頭+蓮蓬頭(節水片)	254,590	758,594	2.98
8	二段式馬桶(沖水器)+水龍頭(省水器)+蓮蓬頭(節水片)	218,290	748,914	3.43
9	二段式馬桶+水龍頭	694,570	158,498	0.23
10	二段式馬桶+水龍頭(省水器)	658,270	148,818	0.23
11	二段式馬桶(沖水器)+水龍頭	175,630	158,498	0.90
12	二段式馬桶(沖水器)+水龍頭(省水器)	139,330	148,818	1.07
13	二段式馬桶+蓮蓬頭	749,450	719,632	0.96
14	二段式馬桶+蓮蓬頭(節水片)	680,360	719,632	1.06

15	二段式馬桶（沖水器）+蓮蓬頭	230,510	719,632	3.12
16	二段式馬桶（沖水器）+蓮蓬頭（節水片）	161,420	719,632	4.46
17	水龍頭+蓮蓬頭	241,220	639,058	2.65
18	水龍頭（省水器）+蓮蓬頭	204,920	629,378	3.07
19	水龍頭+蓮蓬頭（節水片）	172,130	639,058	3.71
20	水龍頭（省水器）+蓮蓬頭（節水片）	135,830	629,378	4.63

成本效益 = 年節省金額 ÷ 設備成本

經上表 22 得知，在不同組省水設備組合下發現設備成本愈高其回收年限愈長，可見在本案中「設備成本」為決定影響效益評估之項目之一。探究原因為女二舍學生人數較研一舍學生人數為多，而且由於馬桶部分可以二段式沖水器作為快速改善方式，且不致造成使用者不便，亦無須與研一舍馬桶作設備全面更新，故在設備成本上可以大幅降低經費支出。其次在於女二舍學生由於淋浴時間花費較多時間，相對用水時間較長，所以將淋浴省水設備配合在其他不同設備組合下，皆能有較高的效益評估結果。

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究係為檢討校園宿舍用水設備管理及使用，目的在決定推行節水改善工作之前，能否掌握自身的用水結構與適用對象。

因此研究發現男、女同學因用水習慣及作息時間不同，而直接影響其用水結構，又以如在停留宿舍時間愈長，相對用水時間愈多，顯示目前在規劃上須有配套選用省水器材，才能順利達成節水目標。

經本研究分析結果發現不論男、女同學在淋浴使用時間較長所耗水量最多，亦因此在規劃設計評估時，應選擇其效益評估最高者作為優先改善，例如研一舍部份應優先改善項目為水龍頭（省水器）與蓮蓬頭（節水器）之組合。女二舍部份則發現馬桶使用量相當高，故應可選擇優先改善水龍頭（省水器）與蓮蓬頭（節水器）之組合或二段式馬桶（沖水器）與蓮蓬頭（節水片）之組合，除可樽節經費支出且可立即達到省水效益。

鑑於校園學生宿舍皆較為老舊，如果要一次全面更換用水設備將是一項大工程，而且礙於設備成本經費問題，更是增加學校負擔致使無法全面更換新省水設備使用之理由。因此惟有透過多方面組合下評估分析選擇適合之用水設備，方能降低改善設備成本費用並減少水費支出。

5.2 後續研究建議

本研究過程中有幾項未來仍有些問題需要被關注，在此提出建議：

- (1) 校園內部除了學生宿舍用水情形較高外，其次是教學館舍用水，惟因館舍內部實驗室之多寡及實驗耗水性質之不同，因此建議後續對於不同型態用水設備之改善能有進一步分析與探討。
- (2) 本研究僅係對於學生宿舍用水情形之調查，惟水資源的耗費亦包含用水設備之老舊及漏水所致，因此建議機關學校在設備管理上須評估分析如何管理及維護。
- (3) 建議校園未來在用水管線上應要定期檢查及更換，而相關之定期檢查應有所機制以建立更完整評估方法，避免水資源的耗費。

這三個議題，是希望能夠作為爾後研究討論方向，使校園用水能更有效率達到節水目的。



參考文獻

1. 陳永森、陳章波，「臺灣水資源環境空間永續利用」，1999.12
2. 財團法人臺灣建築中心 (<http://www.cabc.org.tw>) 綠建築標章網頁
3. 內政部建築研究所，「綠建築標章申請審核認可及使用作業要點」，2009.10.20
4. 內政部營建署，綠建築推動方案，2001.03
5. 林憲德，「建築節能法規解說」營建署，2003
6. 林敬智，「居住品質的環境化設計-綠建築」，「永續產業發展雙月刊」，2002.08
7. 經濟部水利署，「臺灣地區水資源永續發展綜合性評估」，2003.12
8. 內政部建築研究所，「綠建築解說與評估手冊」，1999.09
9. 林憲德，「綠建築解說與評估手冊 2005 更新版」，內政部建築研究所，2005
10. 內政部建築研究所及中華建築中心，「綠建築宣導手冊」，2000.04
11. 經濟部水利署，(<http://www.waterlabel.org.tw>) 省水標章網頁
12. 經濟部水利署，「省水標章制度簡介」，經濟部水利署
13. 經濟部水資源局，「機關學校節約用水技術手冊」，1998
14. 王先登、陳仁仲、王金方、黃序文、林金梓等，「省水標章制度之執行與成效」，第14屆水利工程研討，2004
15. 王先登，「用水設備省水標準演進與技術發展趨勢」，節水服務團，研究報告，2006
16. 經濟部水利署，「節水快遞」，2009.12
17. 經濟部水利署，「機關學校節約用水技術手冊-節水概念篇」，2000.08
18. 經濟部水資源局，「節約用水措施推動計畫期末報告」，2000.11
19. 經濟部水資源局，「省水標章作業要點及產品規格」(修正本)，2001.08
20. 胡思聰，「臺灣地區水資源利用現況與自來水合理水價探討」，研究報告，財團法人國家政策基金研究會
21. 王禮忠、賴祐，「合理水價之探討」，中華水資源管理學會季刊，第六期
22. 經濟部水利署，【用水計畫書審查技術規範之研擬】，2000

23. 陳仁仲、黃佩貞、傅孟台，「生活用水合理用水指標體系增修之研究」，研究報告，
工研院節水服務團，2002.12

