

# 建築設計導入雨水利用系統評估方法之研究

鄭政利\* 高靜儀\*\*

\* 國立台灣科技大學建築系  
e-mail:CCL@mail.ntust.edu.tw

\*\* 國立台灣科技大學建築系  
e-mail:kchingi@ms36.hinet.net

(收件日期:91年02月05日;接受日期:91年08月14日)

## 摘要

水資源的日益枯竭,已成為二十一世紀全球性的環境問題之一,國內近年來經濟及生活水準持續成長,使得水資源需求量快速增加,但受限於自然環境之條件,可開發的水資源愈來愈少。本論文為了提供綠建築設計實務之應用技術,擬從建築師及設計工程師的觀點,建立建築物導入雨水利用系統設計之降雨基礎資料,以提供各類型建築導入雨水利用之定量評估與設計決策參考。本研究設置之雨量計實測結果所推算之降雨量與實驗裝置累積收集雨量資料之分析檢討得知,建築物導入雨水利用系統時,集水面積設置位置之風向及鄰近建築方位高度等均會影響集水區域之收集雨水量,環境條件應該明確納入評估檢討的要項之一。根據案例試算之結果,基本上驗證本研究提出之雨水利用評估方法的可行性,並適用於建築設計上導入雨水利用系統之評估試算。本論文所提之評估方法與程序,有別於多數既有文獻以最大雨水收集利用量為判斷依據之觀念,以電腦快速運算特性及保留各種設計條件之適應彈性,可以做為建築師在實際設計應用上快速且量化之決策評估參考。

關鍵詞：水資源、綠建築、雨水利用、降雨量、設計決策、定量評估

## 一、緒論

### 1-1 研究背景與目的

國內近年來經濟及生活水準持續成長,使得水資源需求量快速增加,但受自然環境之因素限制,可開發的水資源愈來愈少。全球水資源的日益枯竭,已成為二十一世紀世界性的環境問題之一〔1〕,1997年聯合國經濟合作暨發展組織(UNOECD),於澳洲舉行之永續用水會議,達成獎勵倡導節約用水措施、提升節水技術及推動社區參與水資源開發工作等共識,因此替代水

源的開發為解決此一問題的重要方法，國內現行綠建築評估制度也特別將水資源指標列入評估，並鼓勵中水及雨水利用導入建築設計之規劃〔2〕。雨水貯留是一種具有幾千年歷史的古老實用技術，羅馬時期的別墅甚至整個城市都以雨水作為家庭供水的主要水源。古以色列、土耳其、澳大利亞以及非洲、亞洲和拉丁美洲，雨水貯蓄系統也流傳了幾千年，中國大陸黃土高原等乾旱及半乾旱地區也有悠久的雨水貯蓄利用歷史。另外，在日本以法令規範設置雨水貯留系統，而雨水利用也對於水之循環有相當之助益，同時也鼓勵結合生態保育與親水機能的雨水利用方式〔3〕。泰國的大水缸貯水計畫，藉由雨水資源解決了當地鄉村的民生用水問題。古德國也補助雨水貯留系統設置，廣泛應用於建築環境規劃中，以減少地區性洪澇及改善水質。

建築物設計導入雨水貯留利用是一種經濟實用的小型技術，如果獲得廣泛的應用，對於降低環境和生態的衝擊效益不容小覷，特別是對於缺水地區將有直接之改善效益。台灣雖然有豐沛的降雨量，年平均降雨量高達 2500 公釐以上，但是受限於先天地形與氣候環境的關係，如山坡陡直和經常集中性、不平均分佈之雨量，約 78% 之年雨量集中於五至十月，使得八成以上的降水都直接急流入海，人為降低整體水資源有效利用。古新水源開發不易之下，雨水利用系統具有不需耗用太多能源、無污染、易於取得、無水權爭議等優點，是一種既經濟又符合永續發展原則的地球資源利用方式。所謂雨水貯留供水系統，係將雨水以天然地形或人工方法予以截取貯蓄，然後經過簡單淨化處理後再利用為生活雜用水的作法〔4〕。雨水收集可以利用建築物的屋頂的落水孔將雨水導入設於地下的儲水槽，也可以興建蓄水池方式直接儲蓄雨水，經過簡易的處理後做為建築物內的馬桶沖洗、空調或澆灌等雜用水之用途。本論文為了提供綠建築設計實務之應用技術，擬從建築師及設計工程師的觀點，整合本土化之設計技術與方法，建立建築物導入雨水利用系統設計之降雨基礎資料，同時探討雨水利用系統之相關課題，以提供各類型建築之雨水利用系統時的定量評估與設計決策參考。

## 1-2 研究範圍界定與相關文獻回顧

有關於雨水利用之文獻不少，但多以運用在農業上為多，國內建築上導入雨水應用之研究較少。相關研究有「建築物雨水利用適用規模及效率之研究」〔5〕，建立台灣北、中、南、東 23 處建築物雨水貯留槽容量資料，使用評估計算方法將貯留槽視為一密閉空間，將蒸發及其他損失忽略不計。其次有「東亞雨水貯蓄利用研討會論文集」〔6、7、8〕，透過研討會方式邀請國際雨水利用專家學習共同討論，並交換雨水資源開發利用的技術與經驗，提供雨水利用貯留系統運用在農業、建築物、都市等各方面之研究成果與未來研究趨勢等課題。另外，還有工研院能資所長期之推廣與整理〔9〕，對雨水利用系統特性之介紹，包括系統設置原則以及管理維護等課題有諸多整理；其中比較學術性之探討論文則是「住宅雨水利用的研究」〔10〕，本文針對住宅類型的建築物做雨水利用解析，未提及其他類型建築物的用水情形，並以雨水利用理論及長期氣象資料來作解析。

本研究採用的方法與步驟，首先是既有文獻及相關理論資料的蒐集與整理，並檢討建築物導入雨水利用系統設計與評估之相關課題，以及國內外之相關研究成果與運用情形，整合氣象降雨相關資料導入實際建築設計規劃中。同時，整理台灣歷年之降雨氣象基礎資料，作為本研

究雨水利用系統設計條件之評估基礎。降雨氣象資料方面，主要以中央氣象局 14 處氣象測站歷年監測紀錄為基本依據，利用統計方法探討台灣 14 處測站之降雨量趨勢變化與週期，建立適用於國內建築物導入雨水利用系統設計應用之參考。其次，在實體模型驗證部份，先是建置雨水利用系統實驗裝置，進行觀測記錄。為了驗證雨水利用系統在理論資料與實際應用之差異問題，本研究實際裝置雨水利用系統設施，進行雨水收集觀測及驗證評估檢討。實測部份主要內容包括雨水收集量預測之驗證與評估檢討，並透過統計與相關性分析檢討。本論文最後建立試算評估程序與電腦計算程式，以量化試算來評估建築物導入雨水利用系統之效益，包括適當之貯留槽之容量判斷、雨水利用率與自來水替代率等。

## 二、建築物雨水利用系統之基礎降雨資料整理

建築物導入雨水利用系統的計畫作業，主要在於決定其設施規模及相關配合裝置的評估，在設計雨水貯留槽時，應考慮水量的收支平衡。建築物導入雨水利用系統的評估與操作，首先必須掌握該建築物基地所在地區降雨的氣象資料，本章首先將整理台灣近百年來降雨之特性及趨勢，並分析台灣北、中、南、東各 14 處測站之降雨基本資料。

### 2-1 降雨量資料來源與選取

目前台灣中央氣象局全國共有 300 多處降雨測站，要全部予以彙整將是一件龐大的資料庫建立工作，同時過於詳細複雜之資料系統雖然可獲得相對精確之評估，但是做為建築設計導入雨水利用之實際應用，必須有適度的泛用性及簡易操作特性。因此，本研究選取台北、基隆、花蓮、宜蘭、澎湖、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、日月潭、阿里山、恆春與台東等十四個測站，大致分佈涵蓋全台灣各地區，並以最近 100 年間(1900 年~2000 年)之氣象資料為對象，以逐月及逐時雨量整理分析台灣地區之降雨趨勢及雨水利用潛力評估。本研究所得之 1900-1984 降雨資料為中央氣象局之逐月降雨量資料，1985-2000 年降雨資料為中央氣象局之逐時地面氣象資料。

### 2-2 台灣地區降雨特性

依據中央氣象局之台北、基隆、花蓮、宜蘭、澎湖、新竹、台中、嘉義、台南、高雄、日月潭、阿里山、恆春、台東等 14 處降雨測站，自 1941-2000 年降雨量資料，台灣地區年降雨量統計資料如圖 1 所示。平均 60 年間的總降雨量為 2203mm，年總降雨量以 1947 年達到 3258mm 為最大降雨量，1980 年的 1420mm 為降雨最少的年度，其他年總降雨量約在 1800-2500mm 之間。以年雨量之偏差大於 400mm 作為「濕年」與「乾年」之標準，年降雨量超過 2600mm 為濕年，年降雨量不足 1800mm 則為乾年，台灣在 1940-2000 年內總共 7 個濕年，分別是 1947、1951、1953、1956、1974、1990 及 1998 年；乾年則有 5 個，分別是 1946、1963、1980、1993 及 1995 年。

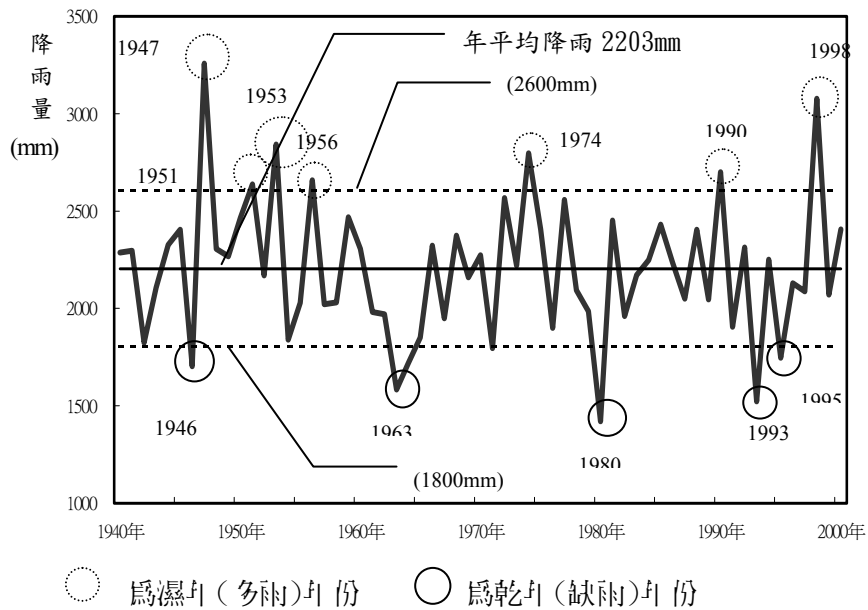


圖 1 台灣年總降水量(1941 年-2000 年)

### 2-3 台灣地區長期降雨量之趨勢變化與週期

本論文統計台灣地區十四個測站降雨量，如表 1 所示，初步發現台北、基隆、花蓮、宜蘭、新竹、台東測站有呈現上升趨勢。台中、嘉義、台南、高雄、日月潭、阿里山、恆春、澎湖測站呈下降趨勢，其中以阿里山下降趨勢最為顯著，近六十年來台灣東部、北部降雨量都有增加之現象，中、西南部降雨量呈減少的現象，此結果與既有文獻之論述大致吻合[11]。造成降雨量變化的現象除了人為因素造成溫室效應影響外，自然現象週期性的變動也是重要影響的原因[12]。

表 1 十四個測站年降雨量 5、10、30、50、100 年平均(1901-2000 年)

平均值	台北	基隆	花蓮	宜蘭	澎湖	台南	高雄	嘉義	台中	阿里山	新竹	恆春	日月潭	台東
近100年	2123.7	*	*	*	996.8	1736.2	*	*	1701.3	*	*	2168.4	*	1830.1
近50年	2198.7	3727.1	2159.3	2797.6	962.6	1636.2	1707.9	*	1636.4	3898.4	1721.4	2064.4	2349.5	1841.0
近30年	2324.7	3755.0	2156.8	2815.2	950.6	1673.9	1784.8	1725.9	1647.3	3909.6	1782.8	2015.8	2397.2	1855.9
近10年	2404.9	3708.8	2139.0	2861.5	885.0	1706.2	1846.4	1706.6	1622.9	3586.7	1596.3	2018.7	2244.2	1807.4
近5年	2787.1	4144.6	2381.0	3230.3	1001.0	1749.5	1998.5	1853.0	1788.9	3758.5	1714.0	2259.1	2470.9	1905.6

\* 無記錄資料

本研究以北部、中部、南部、東部區域，具代表性且有百年降雨資料之測站進行台中、台南、台東百年之週期性分析，並以 5 年移動平均，以期能夠消除週期之波動。台北 100 年平均降雨量為 2123.71mm，5 年移動平均可看出 100 年之降雨變化，長期趨勢而言，10、20 年及 30 年之平均，都較看不出有逐漸增多或減少之波動，與年平均降雨量為 2124mm 差距較小，波動較明顯之週期最長為 5 年。台中 100 年平均降雨量為 1690mm，5 年移動平均可看出 100 年來

之降雨變化，長期趨勢而言，20、30 年之平均，較看不出有逐漸增多或減少之波動，與年平均降雨量為 1690mm 差距較小，波動較明顯之週期最長為 10 年。台南 100 年平均降雨量為 1737mm，5 年移動平均，由於台南降雨量變動起伏大，20、30 年之平均無法呈現趨平現象，波動較明顯之週期最長為 10 年。台北 100 年平均降雨量為 1831mm，5 年移動平均，長期趨勢而言，20 年及 30 年之平均，都較看不出有逐漸增多或減少之波動，與年平均降雨量為 1831mm 差距較小，波動較明顯之週期最長為 10 年。

台灣降雨量因地形與氣候之影響，降雨量變動性大，精確掌握其各地之降雨週期有其實際上之困難。但是，經由上述之百年降雨趨勢之週期性分析，大致推估 5~10 年為各地降雨一般之循環週期，因此古建築設計的應用上，以 10 年期之降雨資料作為依據，大致可以滿足設計決策之評估參考，同時也兼顧簡易操作之要求。建築物古導入雨水利用系統時必須考慮設置地區之降雨量資料，降雨量及降雨特性對於雨水利用是重要的影響因素。古雨水利用模擬計算方面，以月降雨量與日降雨量作為雨水利用計算，由於誤差太大一般僅做為設計上集雨面積或雨水貯留容積之初步決策依據。逐時降雨量理論上可以提供更精確之評估依據，但是由於計算參數的增加，計算評估的時間及計算過程的複雜度將人為提高，以評估方法而言效益並不高。通常以日降雨量作為雨水利用量化的評估依據，大致上兼顧計算操作簡便性及評估之大致準確性，相關文獻也大多推薦使用日降雨量作為評估之基礎資料。

### 三、實驗裝置與實測記錄分析

一般氣象資料中所謂的某地區降水量，實際上是氣象局該測候站的位置所量測的資料，古相同的氣候區域內不同地區位置的降水狀況可能會有所不同。為了驗證雨水利用系統古氣象資料的引用與實際應用之微氣候差異程度，本研究特別裝置了實驗用雨水利用系統，進行雨水收集觀測及驗證評估檢討。

#### 3-1 實驗方法與實驗設備

本研究之實驗裝置包括集雨設施、管路系統、貯留設備、氣象監測儀器。雨水集水管之立管及橫管管徑計算，係參考日本給排水設備基準（HASS 206）之建議規定，並依各地區實際每小時最大降雨量推估換算，本實驗根據日本相關文獻〔3〕查表計算，集雨面積為 48.46m<sup>2</sup>，雨水排水管徑為 80mm。本論文之實驗裝置係利用既有大樓頂樓設置雨水利用系統設施，實驗用雨水利用系統如圖 2 所示，集雨面積約 48m<sup>2</sup>，降落古集雨面之雨水經由導管系統流入過濾設施，經由粗砂及細砂之初步過濾貯留古雨水貯留槽內。雨水利用系統之實體模型裝置設備之平面、立面圖如圖 3~5 所示，利用簡易之設施，來進行驗證實際集雨量與推估值之差異。

#### 3-2 實驗裝置降雨量實測記錄檢討

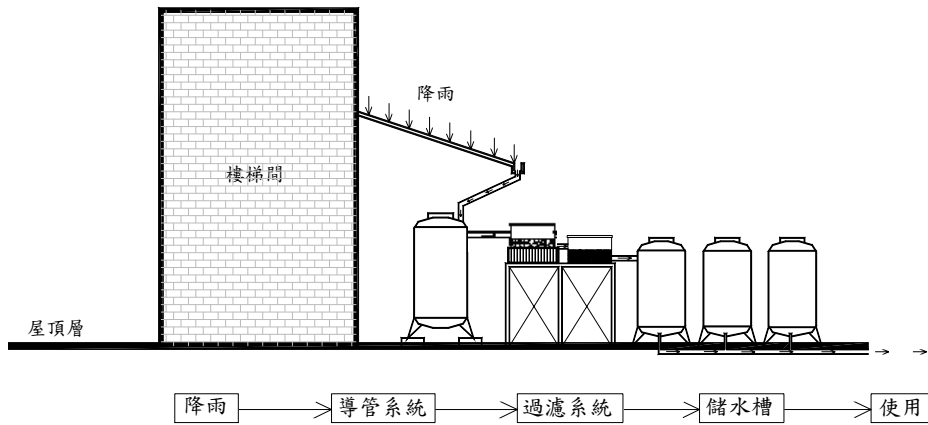


圖 2 雨水利用系統實驗裝置之概念圖

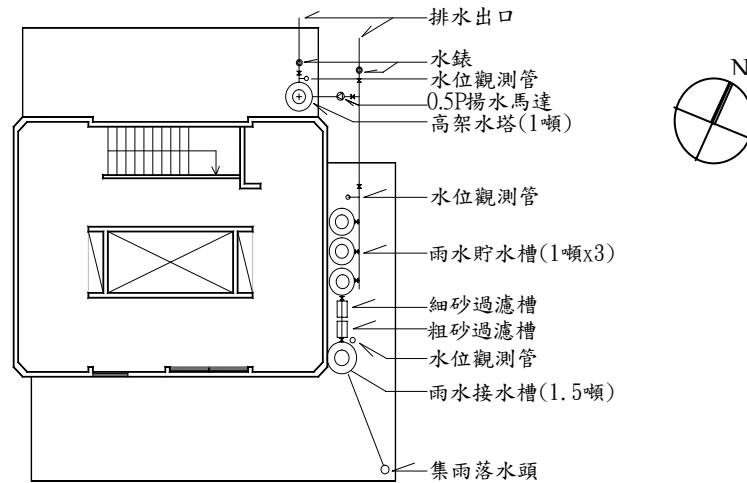


圖 3 雨水利用系統實驗裝置之平面圖

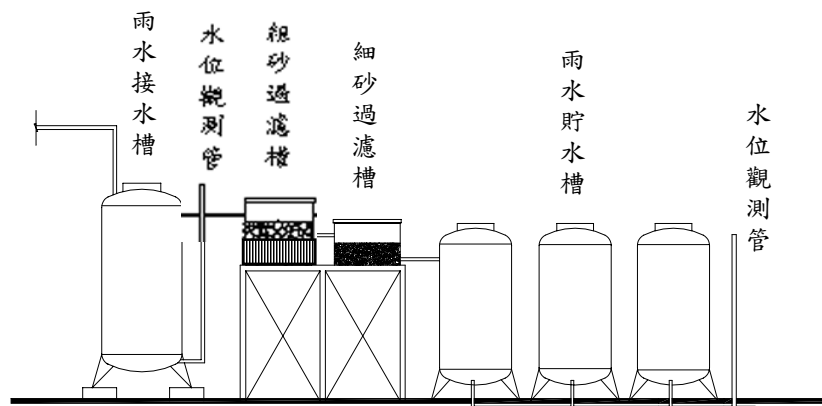


圖 4 雨水利用系統實驗裝置之立面



圖 5 雨水利用系統實驗裝置及集雨區域之現場照片

降水量會隨著地區位置不同而有所差異，為了確認微氣候造成降雨量的差異程度，本論文分為兩部份進行檢討，一為氣象局降雨量資料與實驗裝置位置降雨量實測資料之比較檢討，其次為雨量計降雨量換算收集雨量與實體模型累積收集雨量之比較檢討。

#### 1. 氣象局降雨量資料與實驗裝置位置降雨量資料之比較

兩組資料比較之目的在於瞭解同一降雨行政區內不同位置之降雨量差異，本研究觀測記錄時間選定雨量集中且雨量較多之四月至九月進行觀測記錄，氣象局台北測站與實驗裝置位置降雨量情形可由圖 6 得知，大致上氣象局台北測站各月累積降雨量較實驗裝置位置雨量計各月累積降雨量稍多，但五月累積降雨量兩者均為 84mm，而四月相差 92.5mm 是相差較多的月份，其餘兩者間之降雨量相差大約在 20% 以下。另外，利用統計相關分析探討，氣象局台北測站降雨量資料與實驗裝置位置雨量計降雨量資料之相關性，其分析結果如圖 7 所示，兩者降雨量資料呈現正相關，其相關係數為 0.928，顯示降水量多寡會隨著地域位置的不同而有所差異，但同一降雨行政區內之降雨量大致呈現一致之降雨趨勢與特性，建築物古設計雨水利用系統時，可選用與該建築基地所屬之氣象局測站區域降雨量資料，會有某些程度之差異，但在規劃階段作為設計決策之參考，可以獲得大致不差之評估。

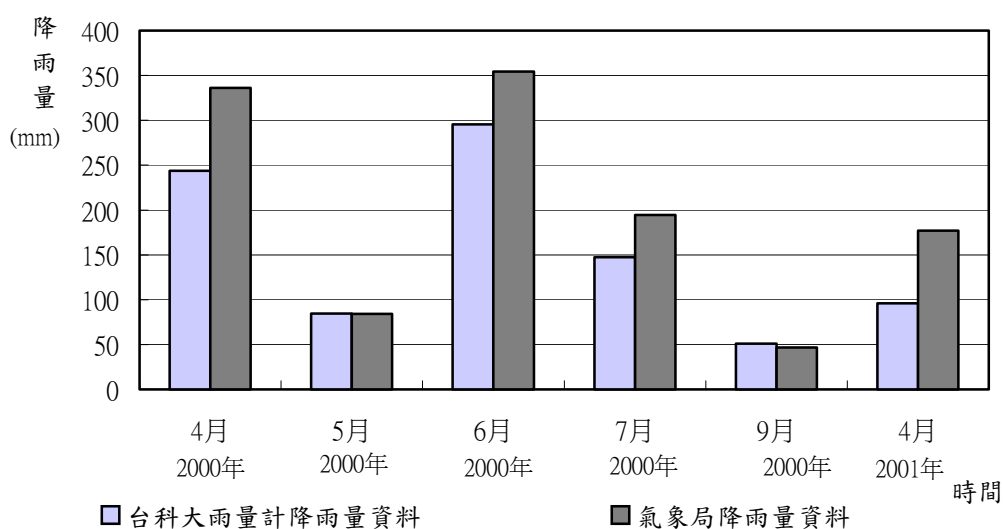


圖 6 氣象局台北測站與實驗裝置位置降雨量情形

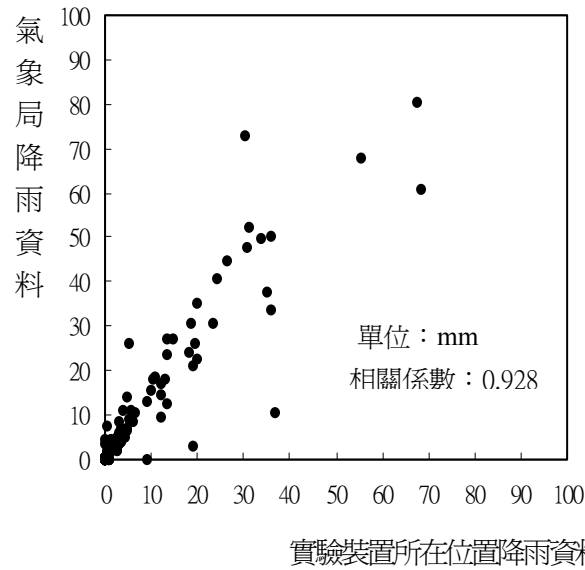


圖 7 氣象局台北測站與實驗裝置位置降雨資料之相關性

2. 雨量計降雨量換算收集雨量與實體模型收集雨量之比較

雨量計降雨量換算收集雨量與實體模型收集雨量之比較分析，目的在於瞭解雨量計降雨資料與實際收集到的雨水量之間的關係，觀測時間範圍為 4 月至 7 月，其觀測結果如圖 8 所示，顯示雨量計換算收集雨量與實驗裝置實測之逐日降雨量，實際上兩者之逐日降雨量有不吻合之情況。從實驗裝置環境來檢討，由於集雨設施裝置於既有建物屋凸面南及東北兩側，降雨時風向及屋凸牆面之集雨乃是此差異現象之主要因素。由風速計記錄顯示，當風向為東、東北時實驗裝置實測降雨量較雨量計推算之降雨量多，屋凸壁面可能成為集水面積的一部份。因此，水平集水區域及垂直壁面集水區域，應該分別進行評估與分析，才能獲得接近實際之降雨資料。

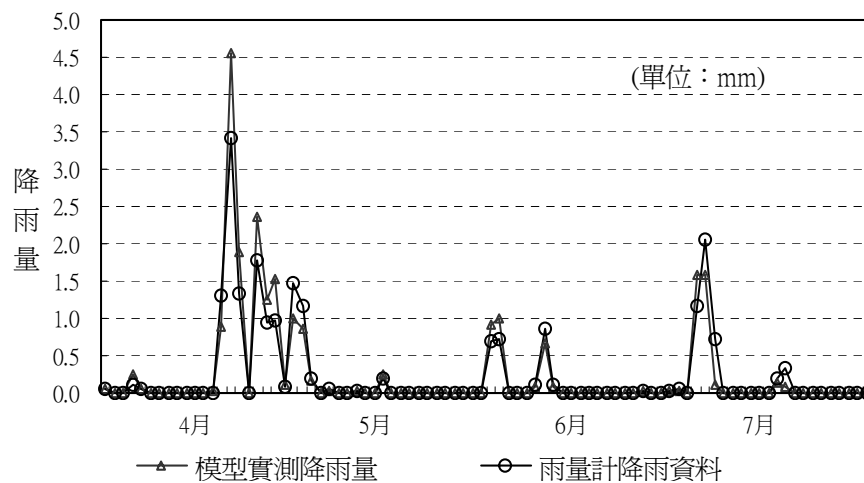


圖 8 雨量計與模型實測之逐時降雨量(2000 年 4 月至 7 月)

關於風向對收集雨量影響情況，如圖 9、圖 10 所示，逐時降雨量、風向頻率與兩者累



積降雨量，排除屋凸牆面之收集雨量，當風向為東風、東北東風且頻率達 80%時，累積日降雨量兩者相差為  $0.01\text{m}^3$ 、 $0.02\text{m}^3$ ，由此可知當風向為東、東北、東南風時，無任何阻礙物，兩者累積降雨量相當接近。

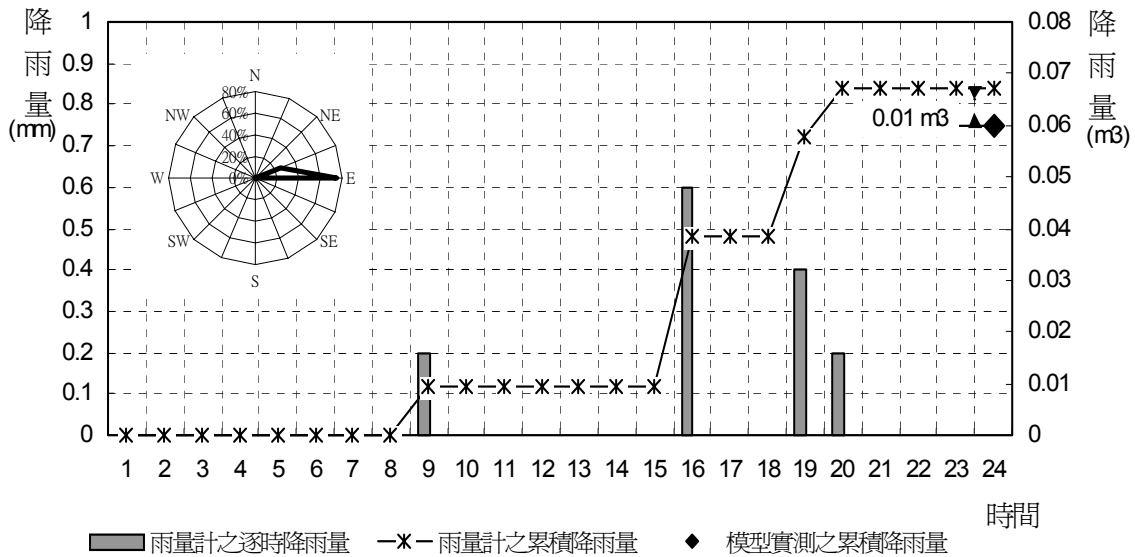


圖 9 雨量計與模型實測累積降雨量與風向之關係圖(4月11日)

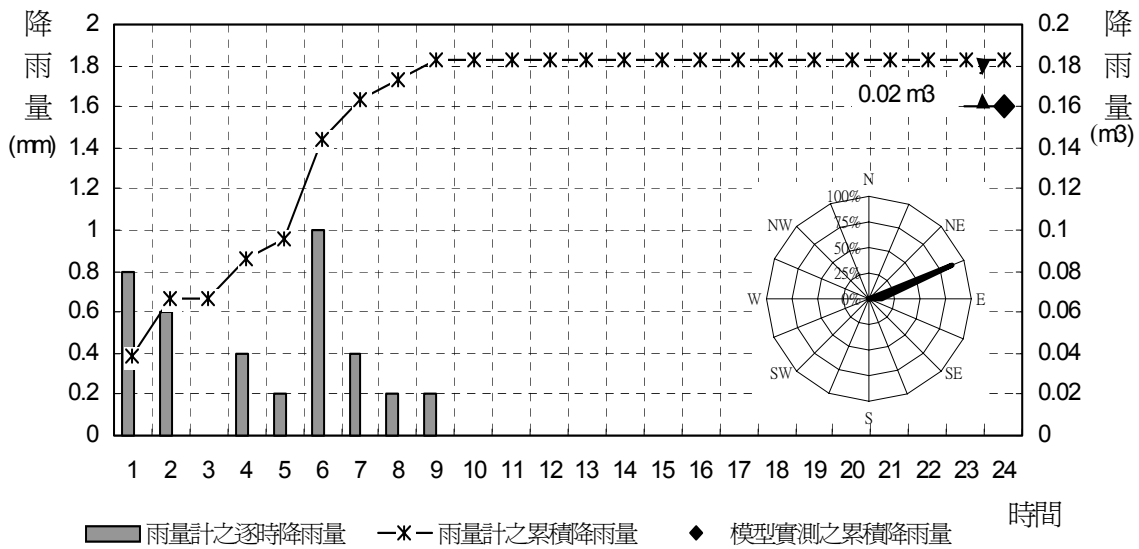


圖 10 雨量計與模型實測累積降雨量與風向之關係圖(4月12日)

如圖 11、圖 12 所示，當風向以西、西南西、西北西風向頻率居多時，兩者之累積降雨量相差高達  $0.5\text{m}^3$  及  $0.24\text{m}^3$ ，顯示當風向為西南、西、西北風時，降雨受屋凸之阻擋產生較大之差異。

由雨量計推算降雨量與實驗裝置降雨量資料之分析檢討得知，建築物凸導入雨水利用系統時，集水面積區域之設置應考量風向及附近建築群座落方位、高度，建築基地環境條件明顯會

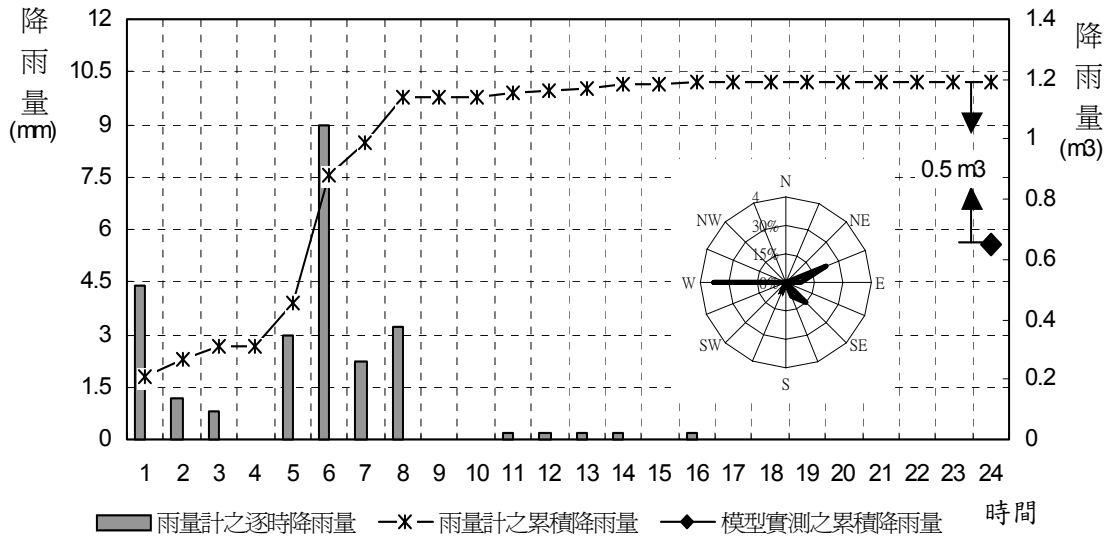


圖 11 雨量計與模型實測累積降雨量及與風向之關係圖(4月9日)

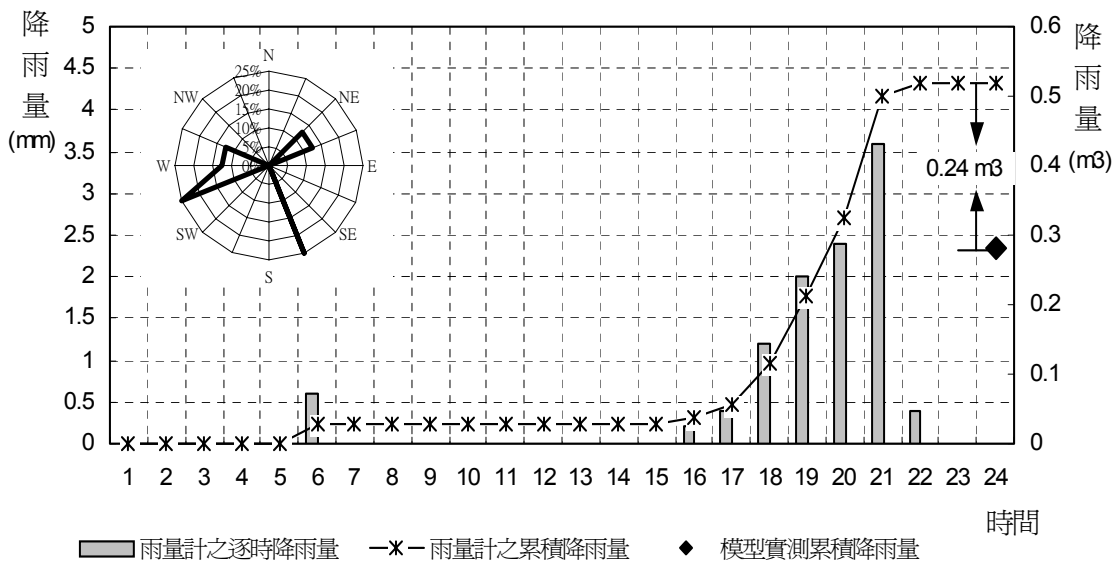


圖 12 雨量計與模型實測累積降雨量及與風向之關係圖(4月20日)

影響集雨區域之集雨量，因此應該明確納入為評估檢討的要項之一。

## 四、雨水利用系統設計與模擬計算

### 4-1 雨水利用系統規劃設計原則

建築物導入雨水利用系統之規劃，基本上可分為四個階段依序來進行。首先是建築物基地所占位置環境與設計條件之確認，包括基地給排水上下水道公共設施系統、當地降雨氣象資料

、建築用途、建築規模、建築型態、作為集雨設施之屋頂面積等等。其次是進行雨水利用效益的評估，包括自來水替代率、雨水利用率等之檢討與回饋修正，以作為設施容量及空間規劃之決策依據，並決定處理程序之等級及相關設施設置計畫，同時也包括監控裝置及設施之規劃。再其次是配管配線之安排與計畫，必須兼顧整合原有給排水系統設備之性能及基本需求。最後則是實際施工及營運維修管理計畫之執行。整體設計流程及相關工作項目規劃步驟如圖 13 所示[13]，規劃考量主要決策項目如下：

- 1、雨水利用之用途設定：建築物雨水利用系統在規劃與設計之初，應先明確決定雨水利用之用途，並以不混淆飲水系統或接觸人體使用為原則，用於沖洗廁所便器及澆花為適當之用途，其他如冷卻水塔補充水、消防用水等也可設定為雨水利用之用途，為使雨水貯流避免繁殖藻類或細菌，可以在雨水處理系統中採用加氯消毒之程序。
- 2、雨水貯留槽容量設計：依據各地區的降雨量為評估基礎資料，試算建築物導入雨水利用系統時，考慮整體規劃條件設置合適之雨水貯留槽容量。
- 3、設施系統的規劃：雨水利用系統主要包含集水設施、貯留設施、雨水處理設施及給水配管設施等，這些設施項目在選用時應考慮整體規劃條件之配合。
- 4、設施成本檢討：依據設置容量、降雨條件、使用水量等因素，配合納入建造、維護管理以及其他開銷進行設置成本分析，納入設計決策參考。

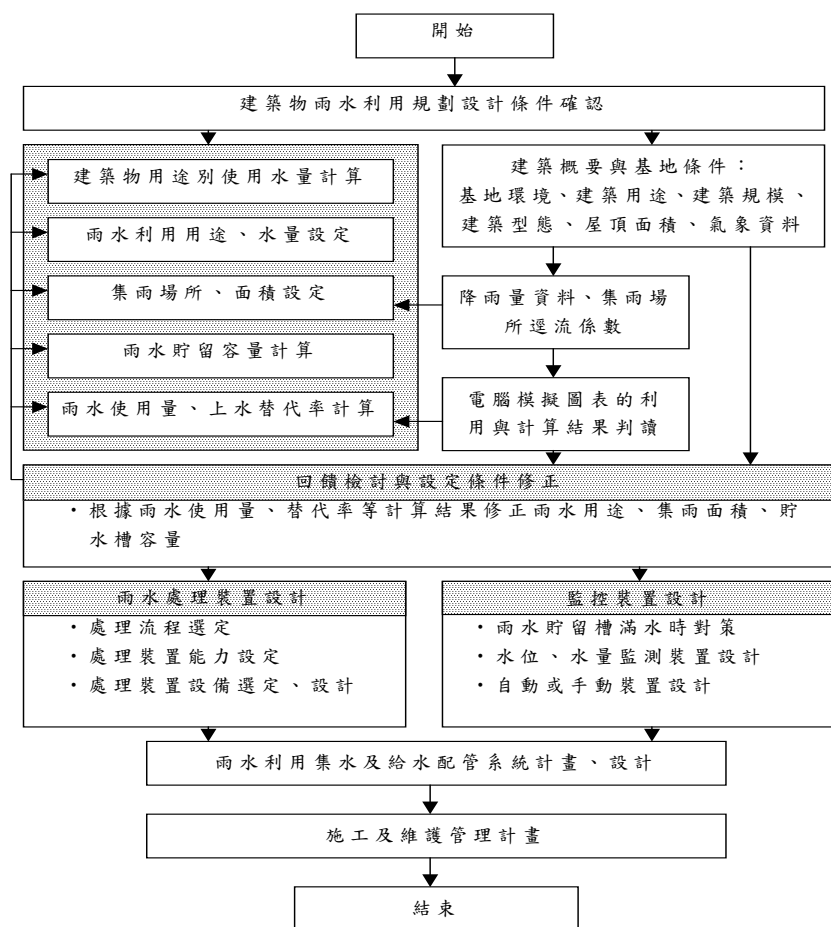


圖 13 建築物雨水利用系統規劃設計步驟與整體流程

### 4-2 設計方法理論與基礎資料整理

建築物導入雨水利用系統設計，在設計雨水貯留槽時，應考慮雨水收集量及利用量的收支平衡。歸納雨水貯留槽的收支平衡要因，主要包括流入部分的雨水集雨量與降雨不足時之自來水補給水量，流出部分為使用水量以及暴雨時之溢流水量，收支平衡關係概念如圖 14 所示 [13][14]。雨水流入量的計算必須以降雨基本資料為基礎，本研究整理降雨資料之格式以台北為例如表 2 所示；

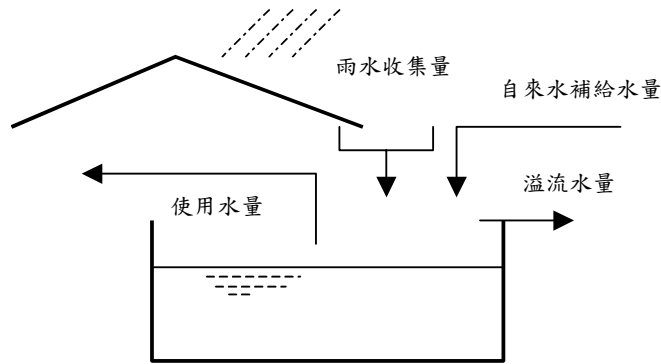


圖 14 雨水利用與貯留收支平衡之概念

表 2 台北地區 2000 年日降雨量基礎資料與評估格式

單位：mm

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1日	0.0	2.2	18.7	18.3	3.5	0.0	0.0	0.3	2.0	0.0	225.7	0.5
2日	0.0	1.9	17.9	0.0	30.5	0.0	0.0	8.6	0.0	0.0	0.5	0.0
3日	0.0	0.2	0.0	9.1	0.0	0.0	1.0	23.5	0.0	0.0	0.4	0.0
4日	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0
5日	0.0	0.8	0.0	15.5	0.0	9.4	0.2	0.0	0.0	0.0	3.5	0.1
6日	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	26.9	1.3	31.7	0.0	0.0	1.2	0.0
7日	0.1	0.0	11.4	0.8	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
8日	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	3.0	0.0	7.1	0.0
9日	0.0	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	67.6	0.0	13.2	0.0	20.7	0.0
10日	0.0	0.0	0.0	3.6	4.5	0.5	23.5	0.0	14.4	0.0	0.0	0.0
11日	0.0	0.0	35.4	1.0	0.0	27.3	0.0	10.0	2.0	0.0	5.2	0.6
12日	0.0	0.0	10.8	0.2	0.0	50.0	0.0	50.5	3.9	0.0	8.5	13.3
13日	0.0	0.0	14.5	0.8	0.0	50.1	0.0	0.9	2.4	4.4	3.8	80.1
14日	0.4	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9	0.2	0.0	17.5
15日	0.3	0.0	0.0	18.9	0.0	6.9	0.0	103.7	0.0	10.5	0.4	0.0
16日	0.1	3.7	9.8	0.0	0.0	33.5	0.0	23.0	0.0	0.4	0.5	1.3
17日	0.9	3.8	3.5	0.0	0.0	37.5	8.3	54.0	0.0	7.0	0.1	6.7
18日	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	30.5	8.5	0.0	0.0	0.1	0.0	2.3
19日	0.4	1.9	0.0	0.0	3.5	18.5	0.0	0.0	0.0	6.1	0.0	2.3
20日	0.0	51.5	0.0	0.0	0.0	61.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	11.3
21日	0.0	62.4	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	3.4
22日	0.0	38.8	0.0	26.3	6.7	0.1	4.5	101.7	0.0	0.0	1.0	0.0
23日	0.1	56.0	0.0	24.2	0.0	0.0	0.0	15.4	0.0	0.0	0.0	0.0
24日	3.8	32.9	0.2	80.4	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
25日	11.1	27.0	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	2.0	0.0	0.0
26日	2.6	1.5	0.0	12.8	14.0	0.0	0.0	72.9	0.0	2.8	0.0	0.0
27日	0.6	21.2	0.0	22.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28日	0.0	21.6	0.0	52.3	11.1	0.0	0.0	21.0	0.0	6.4	0.0	0.1
29日	3.7	0.9	0.0	5.1	10.5	0.0	66.9	47.6	0.0	0.3	0.0	0.4
30日	5.6	*	0.0	44.9	0.0	0.0	5.6	3.2	0.0	17.7	0.0	25.3
31日	0.1	*	0.0	*	0.0	*	0.0	7.5	*	108.2	*	11.5
合計	35.7	329.1	124.1	360.1	84.3	354.3	194.3	582.7	46.8	166.1	289.1	177.4

### 4-3 雨水貯留槽容量設計

建築物在導入雨水利用設施的規劃階段，設計者首先必須針對集雨量及利用量進行評估與決定，而支配集雨量及利用量的要因則為集雨面積及貯水槽容量決定。雨水貯留系統容量的決定為設計上之決定要因，一般在建築物雨水利用系統中，集雨面積通常是建築物的一部份如屋頂、壁面等，雨水貯留系統則是必須特別留設的部份，而容量的大小不僅影響整個系統的效益，也會影響到整體建築物的設計問題。針對不同類型的建築物，在設計階段導入雨水利用系統時，必須考慮配合當地降雨條件、使用水量與設置型態等因素，在繁複的計算過程中，本研究利用電腦計算程式，提供簡易的操作界面以利應用與評估，雨水利用模擬計算程式流程如圖 15 所示，本論文使用之建築物雨水利用評估電腦程式計算顯示畫面如圖 16 所示。

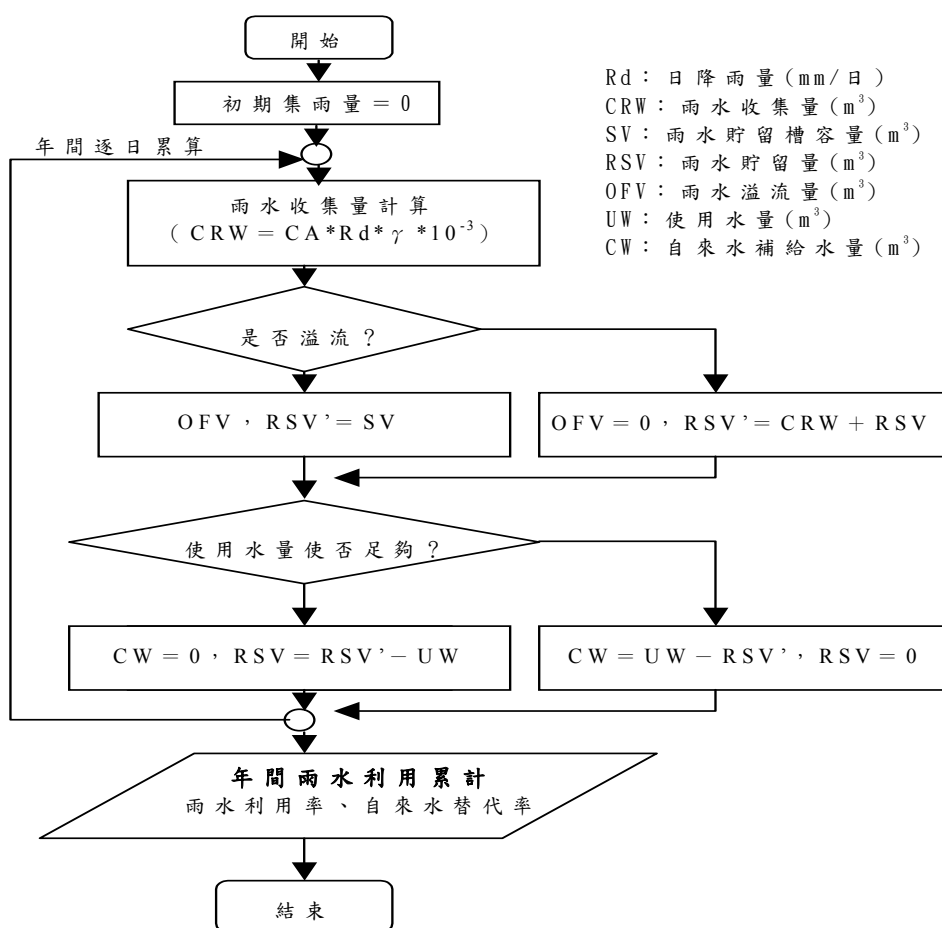


圖 15 雨水利用模擬計算流程圖

建築設計之決策程序包含複雜之因素考量與環境條件判斷，一般文獻之建議評估方式均以最大量之雨水利用效率，作為最適雨水槽容量之決定因素，事實上最大量之雨水利用效率不一定能夠符合設計條件之需求，例如都市型建築受限於昂貴的土庫成本或使用空間限制，根據最大量之雨水利用評估貯水容量空間，可能反而不符合整體經濟成本效益，建築師必須根據實際環境條件來決定合理之雨水利用設施規模。本論文提供之評估試算程式，利用電腦高速計算功

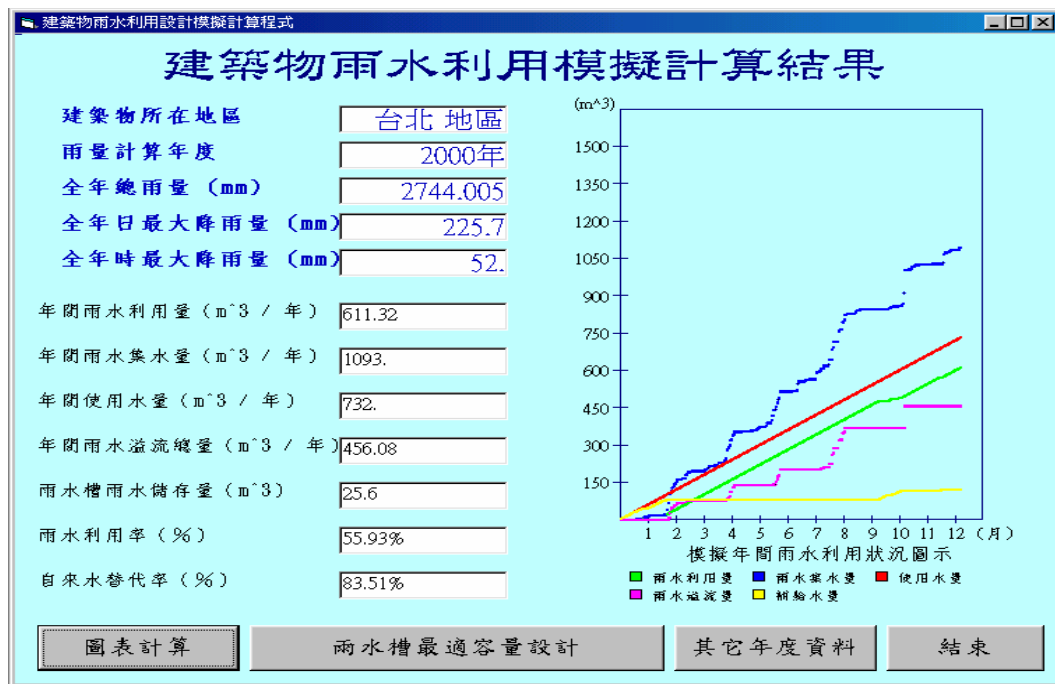


圖 16 建築物雨水利用電腦程式計算顯示畫面

能，以流入部分的雨水集雨量、自來水補給水量，以及流出部分的使用水量以及溢流水量達成平衡為試算條件，迅速算出自來水替代率及雨水利用率，提供建築師導入雨水利用系統時，各種條件下之效益評估指標值，以協助最適容量設計決策之判斷參考。

本論文針對三種不同類型之建築物，包括住宅類建築物、學校類建築物、辦公類建築物，根據上述之試算程序，以雨水利用率或自來水替代率為雨水槽容量評估的決策參考指標，以台北地區建築為例，整理雨水貯留槽容量參考一覽表。基礎降雨資料係以最接近 60 年平均年降雨量之 1994 年為模擬年度，計算結果說明如下。

### 1. 住宅類建築物

住宅類建築物之規劃，雨水利用系統之用途一般設定為沖洗廁所馬桶為主，本文之案例試算以戶數為單位，設定每一戶 4 人，每人每日用水量 40 公升計算，屋頂面為集雨區域，假定用水量及集雨面積，利用試算程式求得雨水槽容量，如表 3 所示。

### 2. 學校類建築物

根據教育部「各級各類私立學校設立標準」法規第三條及第四條規定校地面積，由於學校建築的建築物屋頂、運動場等都可作為集雨區域，因此假設校園基地面積皆可用於收集雨水，試算各種規模之國小及國中校園合理之參考雨水槽容量。

#### (1) 國民小學校園

根據教育部「各級各類私立學校設立標準」法規第三條規定學生人數在一百八十人以上之學校，其校地可開發使用面積至少應有一千七百平方公尺。學生人數逾一百八十人之學校，每增加一名學生至少應增加十二點五平方公尺之校地面積。根據上述規定設定不同大小之集雨面積，並依學生班級數為單位，以每班 30 人計算，並設定用於沖馬桶其用水量為每

人 10.5 公升，利用模擬試算程式求得參考雨水槽容量，如表 4 所示。

表 3 台北地區住宅類建築物試算雨水槽容量 單位：m<sup>3</sup>

集雨面積 (m <sup>2</sup> ) (屋頂面積)	每日用水量推估值(公升/日)													
	160 (1戶)	800 (5戶)	1600 (10戶)	2400 (15戶)	3200 (20戶)	4000 (25戶)	4800 (30戶)	5600 (35戶)	6400 (40戶)	7200 (45戶)	8000 (50戶)	8800 (55戶)	9600 (60戶)	10400 (65戶)
100	8	29	16	16	15	14	13	12	12	12	12	12	12	12
150	8	54	34	24	23	22	22	21	20	19	18	18	17	17
200	7	51	56	41	31	31	30	29	28	27	27	26	25	24
250	7	49	80	60	48	39	38	37	37	36	35	34	33	33
300	6	46	107	84	67	54	46	46	45	44	43	42	42	41
350	6	43	104	107	87	74	61	54	53	52	52	51	50	49
400	6	41	101	143	111	93	80	68	61	61	60	59	58	57
450	5	38	99	160	135	115	100	87	75	69	68	67	67	66
500	5	36	96	157	159	139	119	106	94	82	76	76	75	74
550	4	35	93	154	208	162	142	126	113	100	89	84	83	82
600	4	34	90	151	212	186	166	146	132	120	107	96	91	91
650	4	34	88	149	209	220	190	170	152	139	126	114	102	99
700	4	33	85	146	207	270	213	193	173	158	146	133	121	109
750	4	33	82	143	204	265	237	217	197	178	165	152	139	127
800	4	33	80	140	201	262	285	241	221	201	185	172	159	146

表 4 台北地區國小校園試算雨水槽容量 單位：m<sup>3</sup>

集雨面積 (m <sup>2</sup> ) (校地面積)	每日用水量推估值(公升/日)												
	1890 (6班)	4410 (14班)	6930 (22班)	9450 (30班)	11970 (38班)	14490 (46班)	17010 (54班)	19530 (62班)	22050 (70班)	24570 (78班)	27090 (86班)	29610 (94班)	
2700	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5700	42	161	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8700	36	135	254	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11700	36	110	228	347	-	-	-	-	-	-	-	-	
14700	36	85	203	321	440	-	-	-	-	-	-	-	
17700	36	82	177	296	414	533	-	-	-	-	-	-	
20700	36	82	153	271	389	507	626	-	-	-	-	-	
23700	36	81	129	245	364	482	600	719	-	-	-	-	
26700	36	81	128	220	338	457	575	694	812	-	-	-	
29700	36	81	128	196	313	431	550	668	787	905	-	-	
32700	36	81	127	175	287	406	524	643	761	880	998	-	
35700	36	81	127	175	263	381	499	617	736	854	973	1091	

(2)國民中學校園

根據教育部「各級各類私立學校設立標準」法規第四條規定學生人數在二百人以上之學校，其校地可開發使用面積至少應有二千三百六十平方公尺。學生人數逾二百人之學校，每增加一名學生至少應增加十二點五平方公尺之校地面積。根據上述規定設定不同大小的集雨面積，並依學生班級數為單位，以每班 45 人計算，並設定用於沖馬桶其用水量為每人每日 7.5 公升，利用模擬試算程式求得參考雨水槽容量，如表 5 所示。

3.辦公類建築物

雨水利用系統在辦公類建築物之用途以沖洗廁所馬桶為主，使用水量之試算以人數為單位

表 5 台北地區國中校園試算雨水槽容量

單位：m<sup>3</sup>

集雨面積 (m <sup>2</sup> ) (校地面積)	每日用水量推估值(公升/日)											
	1575 (5班)	3075 (10班)	4575 (14班)	6075 (18班)	7575 (23班)	9075 (27班)	10575 (32班)	12075 (36班)	13575 (40班)	15075 (45班)	16575 (50班)	18075 (54班)
3360	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6060	30	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8760	30	72	142	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11460	30	58	120	190	-	-	-	-	-	-	-	-
14160	30	57	97	167	238	-	-	-	-	-	-	-
16860	30	57	85	144	215	285	-	-	-	-	-	-
19560	30	57	85	123	192	263	333	-	-	-	-	-
22260	30	57	84	113	170	240	310	381	-	-	-	-
24960	30	57	84	112	148	217	287	358	428	-	-	-
27660	30	57	84	112	140	195	265	335	406	476	-	-
30360	30	57	84	111	140	173	242	312	383	453	524	-
33060	30	57	84	111	139	168	220	289	360	430	501	571

，每人每日用於沖廁水量 30 公升計算，並以建築物屋頂面積為集雨區域，根據不同需求的用水量及屋頂集雨面積之設定，利用試算程式求得參考雨水槽容量，如表 6 所示。

表 6 台北地區辦公類建築物試算之參考雨水槽容量

單位：m<sup>3</sup>

集雨面積 (m <sup>2</sup> ) (屋頂面積)	每日用水量推估值(公升/日)													
	15000 (500人)	30000 (1000人)	45000 (1500人)	60000 (2000人)	75000 (2500人)	90000 (3000人)	105000 (3500人)	120000 (4000人)	135000 (4500人)	150000 (5000人)	165000 (5500人)	180000 (6000人)	195000 (6500人)	200000 (7000人)
200	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
250	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
300	36	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
350	45	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
400	53	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
450	61	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
500	69	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
550	78	63	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
600	86	71	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
650	94	79	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
700	103	88	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76
750	111	96	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81	81
800	119	104	89	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86

根據上述案例試算之結果，基本上驗證本研究提出之雨水利用評估方法的可行性，並適用於建築設計上導入雨水利用系統之評估試算。本論文提供之評估方法與程序，有別於多數既有文獻以最大雨水收集利用量為判斷依據之觀念，以電腦快速運算特性及保留各種設計條件之適應彈性，可以做為建築師在實際設計應用上快速且量化的決策評估參考。

## 五、結論與建議

本論文為了提供綠建築設計實務之應用技術，從建築師及設計工程師的觀點，建立建築物導入雨水利用系統設計之降雨基礎資料，以提供設計者在規劃各建築類型之雨水利用系統時之



設計決策參考。獲致之研究成果簡要歸納如下：

1. 建築物在設計雨水利用系統時，可選用與該建築基地所屬之氣象局測站區域降雨資料，在規劃階段作為設計決策之參考，可以獲得大致不差之評估，本研究選取台灣 14 處測站之逐日降雨資料，做為國內本土化建築物雨水利用系統設計之評估試算基礎。
2. 由雨量計推算降雨量與實驗裝置降雨量資料之分析檢討得知，建築物在導入雨水利用系統時，集水面積設置位置之風向及附近建築群座落方位高度，均會影響集水區域之收集雨量，環境條件應該明確納入為評估檢討的變項之一。
3. 採用日降雨量作為雨水利用系統評估試算之基礎資料，利用電腦高速計算功能，根據案例試算之結果，基本上驗證本研究提出之雨水利用評估方法的可行性，並適用於建築設計上導入雨水利用系統之評估試算。

本論文提供之評估方法與程序，有別於多數既有文獻以最大雨水收集利用量為判斷依據之觀念，利用電腦快速運算特性及保留各種設計條件之適應彈性，做為建築師在實際設計應用上快速且量化之決策評估參考。在雨水集雨區域設定部份，除了屋頂平面可以集雨外，建築物壁面亦可成為集雨區域之一，高層建築利用大面積之牆面集雨，導入雨水利用系統有相當大的利用潛力，同時有關水質控制維護設施方面，也是未來建築物雨水利用研究上，值得關注與進一步整理探討的課題。

## 參考文獻

1. 徐亨崑，2000，二十一世紀台灣雨水利用的願景，東亞 2000 雨水貯蓄利用研討會論文集，1-11 頁，台北。
2. 陳仁宗、許正暉、陳仁仲，1997，雨水貯留供水系統簡介，節省用水季刊，第 5 期，34-38 頁。
3. 陳國彥，1980，台灣地區年降雨量的長期趨勢，台灣師範大學地理學研究報告，第六期，38-44 頁。
4. 陳瑞鈴、鄭政利、劉芳平，2000，建築物雨水利用系統設計範例之研究，內政部建築研究所，台北。
5. 黑田 晃翁，1998，雨水利用手冊，日本雨水貯留浸透技術學會，pp.110-112。
6. 程萬里、蕭布宜、陳煥祥，1995，台灣地區氣候環境之變化趨勢，東海學報，36 卷，29-54 頁。
7. 歐陽喬暉，1995，水資源的有效利用，水資源永續發展研討會論文集。
8. 鄭政利，2000 年，建築物雨水利用設計量估與模擬分析探討，建築學會第十二屆成果發表會論文集，台北。
9. 羅時麟，2000，建築物雨水利用適用規模及效率之研究，內政部建築研究所，台北。
10. CHENG Cheng-li, 2000.09, Rainwater Use System in Building Design---A Case Study of Calculation and Efficiency Assessment System, CIB-W62 International Symposium, Rio de Janeiro, Brazil.
11. Hsien-Te Lin, Chiang-Pi Hsiao, Jui-Ling Chen ; " The Evaluation System of Green Building in Taiwan ", APEC PROJECT EWG 6/2000 , A Showcase Workshop, 16-18 October, 2000, Taipei, Taiwan.
12. K.T. Huang, H.T. Lin, 1996, Research on rainwater utilization of housing, Journal of Architecture, No.19, pp.71-83。
13. Makato Murase , 2000 , Promoting a Rainwater Utilization Based Society for Sustainable Development in Urban Areas , East Asia 2000 Regional Symposium on Rainwater Utilization , pp27-34, Taipei 。
14. Yu-Si Fok , 2000 , Prospects of 21<sup>st</sup> Century Rainwater Utilization in East Asia , East Asia 2000 Regional Symposium on Rainwater Utilization , pp13-17, Taipei 。

## 誌謝

本研究為國科會專案研究計畫（NSC 87-2218-E-011-026）以及內政部建築研究所委託研究之部分成果，感謝此兩個單位對本研究計畫之經費補助以及參與實驗調查學生之協助，謹此致謝。

# Evaluation Method of Rainwater Use System for Building Design

Cheng-Li Cheng\*      Zen-Yee Kau\*\*

\* Department of Architecture, National Taiwan University of Science and Technology  
e-mail:CCL@mail.ntust.edu.tw

\*\* Department of Architecture, National Taiwan University of Science and Technology  
e-mail:kchingi@ms36.hinet.net

(Date Received : February 5,2002 ; Date Accepted : August 14,2002)

## Abstract

Owing to the exhaust of water resource, water shortage had become one of the critical global issues in twenty-one century. On the other hand, the domestic water demand is also increasing under the serious situation of water shortage. This paper focuses on the application of rainwater use system for green building concept and offered an evaluation method in practical building design for architect or designer. At first, we arrange the local precipitation as the calculation base and conform the feasible parameters. According to the experimental results, we found that the surroundings of building and situation of wind would affect the quantity of rainwater collection for utilization. After the cases study and practical calculation, we verified the submitted calculation process and evaluation method in this paper are workable. We also conformed its speedy and flexible character in quantitative evaluation for the application of decision-making in building design, and that is quite different consideration from previous research and documents.

Keywords: water resource, green building, rainwater use, precipitation, decision-making, quantitative evaluation

