



有關綠建築的水資源指標

工研院節水團/陳仁仲、李士畦

一、前言

陽光、空氣、水是人類賴以生存的三大要素。隨著科技進步與經濟的蓬勃發展，人們為了追求更富裕、更舒適的生活，也不斷的透過各項實質建設來達到追求物質及精神文明與享受的目標，但卻也同時消耗或破壞了人類賴以生存的地球環境生態與資源，水資源自然是其中倍受關切的一部份。

在永續發展的世潮流驅動，與各先進國家紛紛倡導推動綠建築的時代趨勢下，國內政府有關建築主管部門也積極規劃推動，首先是

以榮譽鼓勵性質的示範建築為主的「綠建築標章制度」，接著強調普及化落實的法制化就隨之而展開，影響深遠的「建築技術規則—綠建築設計施工專章」也即將立法並公佈實施。

本文特別藉此篇幅介紹有關「綠建築設計施工專章」中有關水資源指標中，再生水利用與雨水貯留利用的一些思考。

二、有關再生水利用的一些探討

進入廿一世紀以後，水的再生利用已是全人類普遍建立的共識，更是水資源經營管理工作者積極努力的新方向。然而它的範籌涵括的非常廣，在不同尺度與規模的限制及思考下施為與行動自然不同。本文以建築物的水再生利用為主題，所有的探討當然以建築主體中的供排水系統，再加上再生水利用的系統為主。以日本為例，因為日本的自來水系統一般稱為「上水」，而生活污水排水稱為「下水」，所以將介於此兩者間，也就是用過的水拿來再利用的部份通稱為「中水」，如此來加以區分。惟這樣的「中水」一樣面臨是廣域的系統或是地域式的系統，還是只談建築物中的系統，系統不同立論與探討的重點自然就有差別，本文再一次強調是以建築物的角度來思考。

▶日本雨水人孔蓋



▶日本水道取水口



▶日本下水道人孔蓋

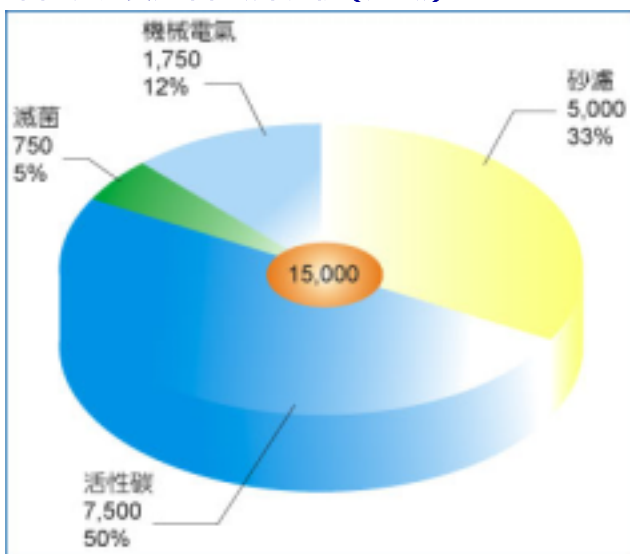


再生水系統之設置在建築設計施工上的可行性考量，大致可分下述幾點：

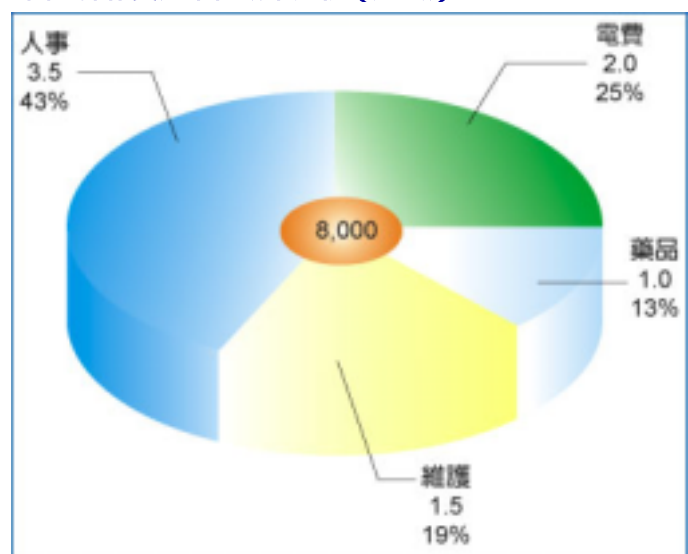
1. **經濟效益**（總用水量具經濟規模嗎？）

再生水在推動時，最令人關心的議題為「是否具經濟效益」？由於再生水的成本涉及處理水水質、水量規模、配管的難易度、管路距離、管路密度及建設資金之籌措方式等多考量因子，並不易有明確的答案；但依據工研院能資所節水服務團多年來輔導推動此類應用經驗，建置再生水處理系統若屬新建或重建之建物，且已設置污水處理系統，則略增的再生水貯槽、管路等費用，與整體建造費用相較幾乎可以忽略；至於再生水處理單元，若以日處理量 30 噸、進水水 BOD 及 SS 均為 50ppm，處理後的再生水水質則以 BOD15ppm 及 SS10ppm 為目標，則每平方公尺增加的建造費用約為 100 元（依建物別及規模而定），每噸水的處理費用更操控在 10 元以內，即使以目前偏低水價評估，仍具備設置的魅力，未來隨著水價的合理化及排污費的開徵，相信經濟效益將更為顯著，可行性自然不言可喻。有關單位水量建造費用及操作費分析如圖 1 與圖 2 所示。

▶圖 1 建造費用單位成本分析（元/噸）

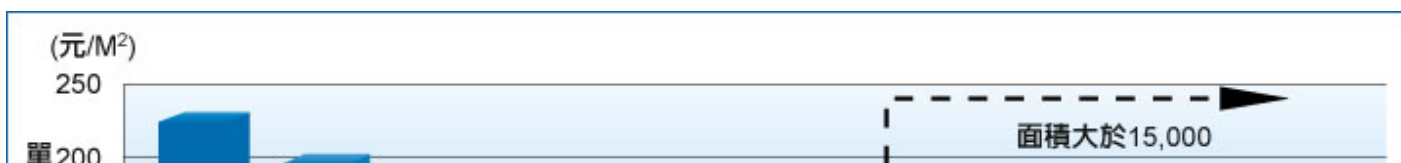


▶圖 2 操作費用單位成本分析（元/噸）



若以多大建築面積才能有效收集足夠的雜排水，供處理再生利用，依節水團過去輔導民生及公共大用水戶的經驗推估，基本上以台灣的建築型態，其實建築面積大於 15000 平方米者就具效益了，其規模效益的相關模擬如圖 3 及圖 4 所示。再反觀日本部份推動再生水的地方之規定如表 1 所示可以比較。

►圖 3 建築物單位面積再生水建造成本分析圖



團體名	名稱	主要指導對象建築物
大阪市	有關大規模建築物的建築計畫事前協調的處理要領	地面積5000m ² 以上的建築物中，1日最大使用水量在1000噸以上的建築物
福岡縣	對於福岡縣的公共或公共用建築物的水再利用設施設置綱要	福岡縣管理的公用或公共建築物中1日排出50噸以上污水，可利用最終處理水的地區的建築物
東京都	關於雜用水利用的指導方針	延伸面積30,000m ² 以上的建築物或循環利用水量1日100噸以上的建築物
埼玉縣	有關雜用水利用促進綱要	1日最大給水量130噸或以上的建築物
千葉縣	有關雜用水利用促進的指導綱要	延伸面積30,000m ² (10,000)以上的建築物或平均水使用量1日300噸(100噸)以上的建築物為個別循環時水量
香川縣	香川縣雜用水利用促進的綱要	延伸面積10,000m ² 以上的建築物

2. 技術的成熟度

若以目前再生水系統所需的處理設備而言，應該說技術都已齊配，且有關設備均已市場化普遍化，惟在系統的規劃設計與組裝建置上，國內在觀念在與經驗上稍嫌不足。致於維護與操作管理上，若配合技術昇級，自動化及無人化操作可搭配代營運與操作的服務簡單的克服。因此技術及相關機具設備的配套上已稱得上非常成熟可行。

3. 安全與衛生之設計

基本上在符合相關再生水水質規定的系統設計之下，一般不應該還有水質衛生上的考量，若為以防萬一採用連續式的滅菌設施，配合以合理貯水量的設計即可克服。惟使用再生水系統在施工或維護管理上必須要有週全的安全措施，例如為了防止錯接的顏色管理與提醒標示，或為防止逆流的必要閘門設置等等都是必須注意的小地方。

三、有關雨水貯留利用的一些探討

同樣以經濟效益、技術成熟與安全衛生設計來看，在新建建築物設置的雨水貯留利用系統較前述再生水系統有更好的社會接受度。所謂雨水貯留供水系統亦即是將水文循環中的雨水以天然地形或人工方法予以截取貯存，主要是以屋頂、地面集流為主，做為工業及民生用水之替代性補充水源、防火貯水與減低城市洪峰負荷

量等目標用途的系統。以建築物為主的雨水貯留設備（屋頂式），其主要目的是確保自己水源的穩定供應或形成節水的效果，但是，對區域而言，除了具有供水的功能外，在防災、環境與利水也有相當的功效。因此，在系統施設計畫擬定之初，必須具備總合性的雨水利用觀念。事實上，廣義性的雨水貯留利用是包括以人工方式將雨水補注淺層地下水在內的。也就是必須配合基地保水的相關設備進行設計，方可達到最佳的設置效果。

1. 經濟效益

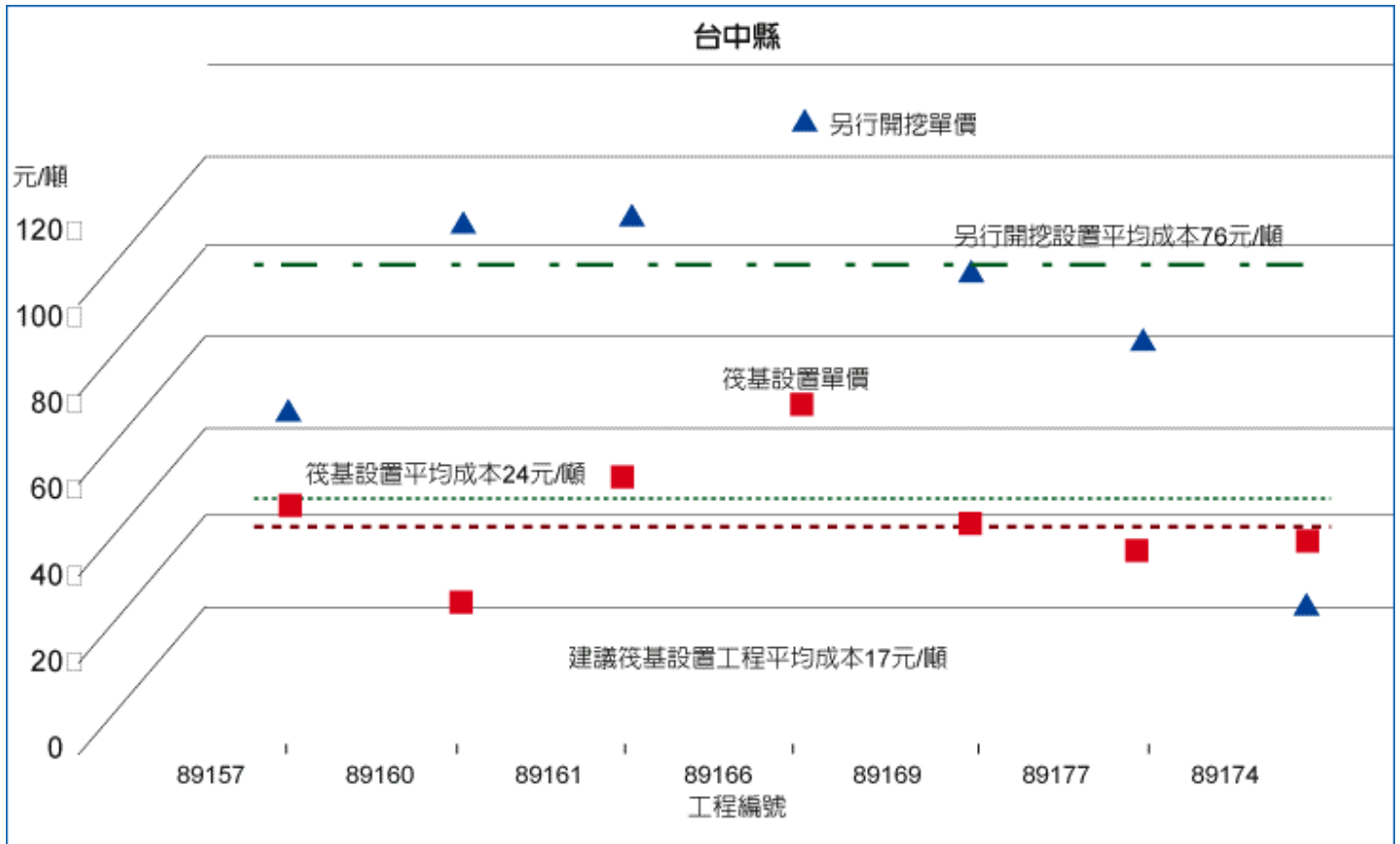
依據節水服務團輔導業界設置建築物雨水貯留系統之統計資料顯示，建築物設置雨水利用系統最大的成本來源在於貯水槽的設置，由於系統供水量的大小取決於設置區域雨量的多寡及降雨的變異性，而需水量的多寡取決於需求面的不同，不同區域所必須投入的成本也不一。圖 5 及圖 6 所示為南投及台中地區案例設置成本分析例。

▶圖 5 以南投地區為例之雨水貯留設置成本分析

台中縣

▶圖 6、以台中地區為例之雨水貯留設置成本分析

圖 6、以台中地區為例之雨水貯留設置成本分析



於建築物建設時將雨水貯水槽設置於筏式基礎內，設置成本平均約在每噸水 9.5-24 元之間，降雨越平均的地區設置成本越便宜。若貯水槽為另行開挖設置於地下，則平均設置成本在 52 元/噸左右。而操作成本僅為電力成本，約在每度 2.2 至 3.6 元左右包含於上述設置成本內。使用筏基貯存雨水之設計，其雨水平均建置成本較使用另行開挖或設置於地面方式之成本平均降低 70%左右。

2. 技術成熟度

建築物(含建築基地)內納入雨水貯留系統作為替代水源並與現有供水系統進行聯合應用所需之技術人力，必須由建築師整合包括水電專業、水處理專業從業人員或營造廠共同完成。藉由建築技術規則附擬之建築技術規範作為設計參考以及在分工技術能力支援無虞下，本項工程之技術可謂相當成熟可行。

3. 安全衛生之設計

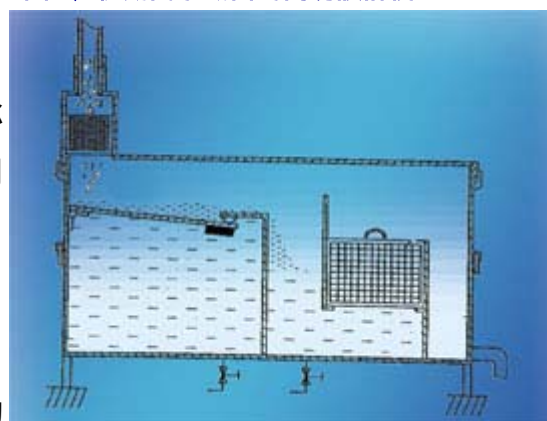
依據節水服務團近 10 年之研究，初期降雨對貯存之雨水水質有最大的影響，總括而言，初期降雨所含之污染物約佔同一場降雨總污染物的 85%以上。因此，在建築物雨水貯留系統中設計初期雨水排除設備是必須的，而初期雨水之定義則建議為初期降雨之有效降雨 1mm 深度內之降雨量。

有關管路及貯槽供水之細項安全設施，則與再生水系統大致相同。唯建築物雨水收集多以屋頂為主，除收集區域為建築基地開放空間、或綠地等易帶入較多污染物與泥沙的收集面外，以初期雨水排除系統加上簡易過濾設施（必要時再加上沉澱或沉砂設施）即可得到不錯的供水品質。並可考慮與再生水系統分開供水標地來進行應用。

四、結語

雖然建築物的雨/再生水利用可提供的水量與大型水利工程建設所能提供的水量比較，是杯水車薪微不足道的小數字，然在積少成多理念下經由落實綠建築水資源相關指標後，以後每年由建築物的有效節約用水的水量保守估計將可達 2,700 萬噸，儘管它比不上一座大型水庫的庫容，但相較於新竹科學園區水源命脈的寶山水庫庫容卻有五倍之多，2,700 萬噸的水也是趨近於新竹科學園區所有高科技工廠一整年的取用水量，況且這樣粗略的比較是還沒有再探究它對整環境生態與社會面的效益下的比擬。相信建築技術規則有關綠建築專章的立法與推行對國內水資源的有效利用將造成深遠的影響，建立節水型社會的願景又將往前邁進一大步。

►圖 6、初期雨水截留的簡易設計例



►表 2、初期雨水截留水質檢測記錄示意表

		水溫	導電度	pH	TS	TDS	SS	硫酸根	二價鐵	色度	濁度
降雨深度	採樣時間	℃	us/cm	—	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	鉑鈷	FTU
1mm	No1	23.1	124.4	5.51	124.1	62.1	62	27	0.10	231	39
	No2	25.2	158.6	5.99	110.3	79.3	31	38	0.14	77	11
	平均值	24.2	141.5	5.75	117.2	70.7	47	33	0.12	154	25
2mm	No1	23.3	24.7	5.78	17.4	12.4	5	2	0.04	28	3
	No2	25.3	20.6	6.25	33.3	10.3	23	4	0.02	52	5
	平均值	24.3	22.7	6.02	25.4	11.4	14	3	0.03	40	4

取樣地點：工研院能資所 24 館 取樣檢測人員：李士畦、陳伯榕