

生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 100 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

PG10004-0298

生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

受委託者：國立台灣海洋大學

研究主持人：廖教授朝軒

協同主持人：蔡副教授耀隆

研究助理：涂依雯、江育銓

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 100 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE

MINISTRY OF THE INTERIOR

RESEARCH PROJECT REPORT

**Rainwater Utilization System Planning
Technology for Eco-community**

By

National Taiwan Ocean University

December, 2011

目次

表次.....	V
圖次.....	VII
摘要.....	XIII
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 工作內容及進度說明.....	2
第二章 蒐集之資料、文獻分析.....	7
第一節 生態社區定義.....	8
第二節 國內外生態社區評估指標與案例介紹.....	10
第三節 屋頂雨水貯集再利用系統.....	28
第三章 國內既有生態社區調查評估.....	39
第一節 生態社區選擇.....	39
第二節 現地調查實施計畫.....	40
第三節 問題分析與評估.....	44
第四章 生態社區雨水利用規劃技術分析.....	49
第一節 社區雨水利用類型.....	49
第二節 雨水利用技術在生態社區之適宜性比較.....	52
第五章 生態社區雨水供水及保水系統規劃.....	63

第一節 雨水供水系統設計方法與步驟.....	65
第二節 雨水供水系統設置容量計算方法.....	67
第三節 保水系統設置容量計算方法.....	72
第四節 生態社區調節池.....	88
第五節 水循環系統模式比較分析	95
第六章 社區雨水利用案例分析	103
第一節 生態社區之遴選	103
第二節 雨水利用供水系統規劃	113
第三節 生態社區雨水利用系統評估指標	127
第七章 社區雨水利用規劃手冊	131
第一節 簡介.....	132
第二節 雨水利用設置之效益	133
第三節 雨水利用之型式	135
第四節 生態社區雨水利用整體規劃.....	149
第五節 效益評估.....	159
第八章 結論與建議.....	165
第一節 結論.....	165
第二節 建議.....	167
附錄一 審查會議紀錄處理情形	169

附錄二 現地勘查之表格.....	177
附錄三 社區雨水綜合規劃座談會資料	181
參考書目	189

表次

表 2-1	國外(生態)社區定義	8
表 2-2	國內(生態)社區定義	9
表 2-3	美國 LEED-ND 之評估內容	12
表 2-4	日本 CASBEE 生態社區評估內容.....	17
表 2-5	中國綠色生態小區示範點各系統及指標項目表	18
表 2-6	台灣生態社區評估系統內容	24
表 2-7	雨水貯集利用之優缺點.....	30
表 2-8	雨水利用方式	31
表 2-9	各屋頂雨水貯集系統之設置容量及功能一覽表	38
表 3-1	台灣社區	39
表 3-2	生態社區調查表	41
表 3-3	已現勘地點	42
表 3-4	生態社區案例評估總表.....	43
表 3-5	生態社區現勘相關問題表	44
表 3-6	國外永續生態社區水循環之相關項目	46
表 4-1	不同雨水利用技術優缺點比較表	62
表 5-1	國內建築類別用水量推估計算基準	67
表 5-2	北部 IV 區日平均雨量、日降雨機率及儲水天數參數表	71
表 5-3	保水設施之型式與功能一覽表	72

表 5-4	統一土壤分類與土壤最終入滲率 f 及滲透係數 k 值對照表 ..	81
表 5-5	土壤最終入滲率 f 及滲透係數 k 值簡易對照表.....	81
表 5-6	各類保水設計之保水量計算	82
表 5-7	不同土壤種類地表覆蓋及土地利用情況 之 SCS 曲線值	86
表 5-8	各國分析模式	96
表 6-1	台灣社區發展類型.....	103
表 6-2	各社區施做雨水容設施算優先順序評比表.....	105
表 6-3	萬芳區建物型式分類表.....	106
表 6-4	台灣地區家庭各用水類別之合理用水量.....	111
表 6-5	萬芳社區雨水貯集供水系統與容量規劃策略表	116
表 6-6	萬芳社區保水設施設置後保水深度與逕流曲線策略表	126
表 7-1	雨水貯集利用之優缺點.....	134
表 7-2	貯水槽的設置位置之分類.....	138
表 7-3	不同雨水利用技術優缺點比較表	148
表 7-4	台灣地區家庭各用水類別之合理用水量.....	149
表 7-5	國內建築類別用水量推估計算基準	150
表 7-6	萬不同土壤種類地表覆蓋及土地利用情況之 SCS 曲線值 ...	155
表 7-7	社區及住宅雨水貯集槽配置型式一覽表.....	158
表 7-8	萬芳社區雨水貯集供水系統與容量規劃策略表	161

圖次

圖 1-1	研究流程示意圖	4
圖 1-2	研究進度甘特圖	5
圖 2-1	永續性生態社區之三大目標	7
圖 2-2	CASBEE 框架示意圖	16
圖 2-3	美國 Village Home 社區照片	21
圖 2-4	日本世田谷 Kasawa 共生住宅社區照片	23
圖 2-5	北京東方太陽城社區照片	23
圖 2-6	金門珠山社區照片	27
圖 2-7	桃園縣龍潭渴望社區照片	28
圖 2-8	設置於日本街道之天水尊與路地尊	35
圖 2-9	肯亞之屋頂雨水貯集系統	36
圖 2-10	德國之屋頂雨水貯集系統	36
圖 2-11	泰國之「大水缸計畫」	37
圖 2-12	世界盃比賽場地之屋頂雨水貯集系統	38
圖 4-1	屋頂雨水貯集系統之組成示意圖	54
圖 4-2	屋頂雨水貯集系統結合入滲系統之示意圖	56
圖 4-3	中水回收系統示意圖	56
圖 4-4	公路逕流收集佈置方式	57
圖 4-5	公路逕流收集系統	57

圖 4-6	地形雨水截留示意圖	58
圖 4-7	區域雨水系統設置示意圖	58
圖 4-8	田間雨水貯集工程佈置方式	59
圖 4-9	Cocos (Keeling) 島嶼之入滲廊道配置圖	60
圖 4-10	開闢地雨水收集圖例(帆布收集).....	61
圖 4-11	霧氣收集系統設置示意圖	61
圖 5-1	社區水循環規劃流程圖	64
圖 5-2	供水系統規劃步驟.....	65
圖 5-3	台灣降雨分區圖	71
圖 5-4	保水設施之型式分類圖.....	74
圖 5-5	Type I 設施保水機制示意圖	76
圖 5-6	Type II 設施保水機制示意圖	76
圖 5-7	Type III 設施保水機制示意圖	77
圖 5-8	Type IV 設施保水機制示意圖	78
圖 5-9	保水系統步驟	79
圖 5-10	設置保水設施後之整體保水深度 S' 與 CN' 之關係圖.....	87
圖 5-11	社區生態調節池的概念圖	88
圖 5-12	社區之生態調節池規劃流程	90
圖 5-13	Water Balance Modelling Applications 操作示意圖	99

圖 5-14	Urban Developer 操作示意圖	100
圖 5-15	都市水平衡模式之架構.....	101
圖 5-16	都市水循環決策系統.....	102
圖 6-1	萬芳社區建築物配置圖	106
圖 6-2	萬芳社區現場圖片範例.....	107
圖 6-3	台灣北部地區選取雨量站分佈圖 (四區域)	109
圖 6-4	台灣北部地區四區域示意圖	109
圖 6-5	台灣北部地區第一區降雨型態	110
圖 6-6	台灣北部地區第二區降雨型態	110
圖 6-7	台灣北部地區第三區降雨型態	110
圖 6-8	台灣北部地區第四區降雨型態	110
圖 6-9	台灣北部第三區雨水貯集貯蓄容量設計圖 (替代率：10~50%)	112
圖 6-10	台灣北部第三區雨水貯集貯蓄容量設計圖 (替代率：60~100%) ...	112
圖 6-11	萬芳社區雨水貯集容量-替代率-年雨水供水量曲線 (5 樓公寓)	114
圖 6-12	萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率關係曲線 (7 樓公寓)	114
圖 6-13	萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率關係曲線 (12 樓公寓)	115
圖 6-14	萬芳社區雨水貯集容量-替代率-年雨水供水量曲線 (全區) ..	115
圖 6-15	萬芳社區可配置地點-貯水槽型式示意圖 (分散配置)	117
圖 6-16	萬芳社區可配置地點-貯水槽型式示意圖 (集中配置)	117

圖 6-17 基地保水配置	119
圖 6-18 設計雨型	120
圖 6-19 建築基地出流歷線圖	123
圖 7-1 雨水貯集再利用示意圖	133
圖 7-2 屋頂雨水利用系統基本組成示意圖	136
圖 7-3 雨水收集結合入滲設計示意圖	139
圖 7-4 雨水利用結合屋頂花園設計示意圖	139
圖 7-5 屋頂雨水貯集系統結合入滲系統之示意圖	141
圖 7-6 中水回收系統示意圖	142
圖 7-7 公路逕流收集佈置方式	142
圖 7-8 公路逕流收集系統	143
圖 7-9 地形雨水截留示意圖	144
圖 7-10 區域雨水系統設置示意圖	144
圖 7-11 田間雨水貯集工程佈置方式	145
圖 7-12 Cocos (Keeling) 島嶼之入滲廊道配置圖	146
圖 7-13 開闢地雨水收集圖例(帆布收集)	147
圖 7-14 霧氣收集系統設置示意圖	147
圖 7-15 保水系統步驟	152
圖 7-16 設置保水設施後之整體保水深度 S' 與 CN' 之關係圖	156

圖 7-17 萬芳社區可配置地點-貯水槽型式示意圖 (分散配置)	157
圖 7-18 萬芳社區可配置地點-貯水槽型式示意圖 (集中配置)	157
圖 7-19 萬芳社區雨水貯集容量-替代率-年雨水供水量曲線 (5 樓公寓)	159
圖 7-20 萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率關係曲線 (7 樓公寓)	160
圖 7-21 萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率關係曲線 (12 樓公寓)	160
圖 7-22 萬芳社區雨水貯集容量-替代率-年雨水供水量曲線 (全區) ..	161

•

摘 要

關鍵詞：生態社區、雨水利用、節水效益、水循環

一、研究緣起

生態社區雨水利用具有多重效益，然目前在效益評估方面尚停留於理論之定性計算層次，尚缺一評估方法以進行量化評估；而在雨水利用技術上則偏向單一建築之規劃。故本研究之目的乃是收集相關文獻及社區雨水利用調查現況，建立生態社區雨水量化效益評估模式進行「生態社區雨水利用效益量化評估」及彙整相關成果研擬「生態社區雨水利用規劃技術手冊」。

二、研究方法及過程

本計畫旨在探討生態(永續)社區雨水利用規劃技術，首先針對建研所相關報告中已挑選試評之生態社區或國內相關案例進行文獻、案例、使用概況及遭遇問題等進行資料蒐集並將各雨水利用型式與建築類型進行概要介紹，以雨水利用技術為基礎並進一步收集國內外之雨水利用設計。

台灣已有許多稱為「生態社區」，但都未進行 EEW-EC 指標之評估之認定，故本計畫針對內政部建築研究所及其他單位相關報告、專家學者推薦之 12 個社區中選取台南市菁寮社區、台南市大地莊園社區、南投縣桃米生態社區與台南市金華社區進行現勘，並提出本土生態社區雨水相關問題。國內社區尚未出現整體水循環之生態社區，部分生態社區其以施作滯洪池作為減洪設施。生態社區水循環主要以社區健康生態水循環為主，技術包含保水、雨水貯集、灰水再利用與滯洪管理等。此計畫僅針對社區雨水供水與保水為主，並提出社區主要方法理論，並以萬芳社區為案例進行生態社區雨水利用探討。依前述預期成果並召開座談會集思廣益，藉以檢視本計畫所發展理論是否合宜。本計畫彙整相關內容編撰「生態社區雨水利用規劃技術手冊」。

三、重要發現

(一) 目前國內生態社區均尚未進行 EEW-EC 指標之評估認定，僅部份生態社區施作滯洪池多數生態社區均缺乏健康水循環之概念。

生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

- (二) 本計畫已提出生態社區健康水循環觀念與內涵並針對其內容進行討論。
- (三) 建立生態社區雨水貯集供水標的整體規劃與容量設計方法。
- (四) 建立生態社區保水設施整體規劃與容量設計方法。
- (五) 收集與比較相關水循環之評估模式，並找出適合國內生態社區之評估模式。
- (六) 本計畫提出生態社區之效雨水利用定量估指標包括 3 大範疇 6 項指標。

四、主要建議事項

針對上述計畫成果，本計畫提出建議如下：

建議一

生態社區盡早完成生態評估指標評估:立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各縣市政府

- (一) 國內生態社區應加強水循環項目之研究，亦可增加地表入滲、供水、保水、緊急災備用水，並降低洪水量與相關水污染。
- (二) 國內僅少數生態社區通過國內生態社區評估指標系統，建議其餘生態社區盡早完成生態社區評估，俾利日後相關生態社區研究之選址。

建議二

增加生態社區示範點暨訂定相關獎勵與法規:中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各縣市政府

- (一) 國內生態社區有限故可增加各類型主軸之生態社區俾利量化生態社區效益。
- (二) 需成立相關生態社區雨水利用系統規劃專業團隊，提供專業知識俾利推廣，並提出相關法規及相關獎勵辦法，促進社區雨水利用之推動。

ABSTRACT

Key words: Ecological community, rainwater utilization, water saving, water recycle

Origin of Research

Rainwater utilization in the ecological communities has multi-benefits. Currently, these benefits have been evaluated based on theoretical and non-quantitative base. Also, rainwater utilization has been designed for a single building. The purpose of this research is to collect broadly related to rainwater utilization and cases on the scale of community and try to establish the quantitative methods or models for rainwater use in community. Furthermore, these results will be compiled as a reference manual for rainwater design in community.

Research Methods and Processes

Rainwater utilization technologies in ecological (sustainable) communities will be investigated. For those communities mentioned in the reports published by Architecture Technology Research Institute and other agencies will be examined for their rainwater utilization and problems encountered. Also, rainwater utilization technologies for communities and buildings from foreign countries will be collected and compared with those of domestic.

A lot of communities have named their communities as eco-community without any evaluation from EEWH-EC system. Because of this reason, this report has chose four from eleven communities, which are recommended by scholars and/or related reports, for field investigation: Chi-liau community in Tainan city, Tai-chi community in Tainan city, Tao-mi community in Nan-To county, and Chi-hua community in Tainan city. All communities have no any rainwater utilization concepts but some have install detention pond for flood mitigation. The major purpose of water management for eco-community is to maintain the healthy water cycle in the community. The technology includes water saving, rainwater utilization, grey water reuse, and storm water management which includes water storage, water retention and water quality control. This research will concentrate on the issues of rainwater utilization and water retention. The methodologies for both rainwater utilization and water retention on the scale of community will be developed. These methods will be used in the Wan-fun community for case study. For evaluate the overall water cycle condition in the community, a mathematical model is needed. In the research, water cycle models currently used have been collected and compared. Indicators for evaluating the rainwater utilization have also been recommended.

Major Findings

1. All domestic eco-communities mentioned in reports are not evaluated by EEWH-EC system and lack of healthy water cycle concept. Some communities have installed detention pond for flood mitigation purpose.
2. The sustainable water cycle management for eco-community has been defined in the research. In addition, water cycle technologies for eco-community have been discussed.
3. The planning method or procedure for rainwater harvesting for utilization purpose has been developed.
4. The planning method or procedure for rainwater retention for increasing water infiltration has been developed.
5. For evaluating the overall water management in the community, mathematical models for evaluating the water cycle have been collected and compared. The water cycle model suitable for community scale is rare.
6. Indicators for evaluating the efficiency of rainwater utilization in the eco-community have been recommended.

Major Suggestion

Through this research, following suggestions are recommended:

Suggestion 1:

Education training program for eco-community: immediate executable;

Leading organization: Architecture Technology Research Institute, MOI;

Supporting organizations: all city and county governments

- (1) Augment the concept the water management (including: water infiltration, water retention, water supply, emergency water use, flood mitigation, water quality control, etc.) toward a healthy water cycle in eco-community.
- (2) Introduce the EEWH-EC system developed by ATRI and increase the evaluation examples for the current communities.

Suggestion 2:

Increase demonstration eco-communities and related regulations: middle to long term;

Leading organization: Architecture Technology Research Institute, MOI;

Supporting organizations: all city and county governments

- (1) Increase the demonstration eco-communities for various types and quantify their benefits;
- (2) Establish a professional team for providing and planning the water cycle management in eco-community.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

壹、研究緣起

我國自 2001-2007 年執行「綠建築推動方案」，已建立良好的綠建築政策基礎，自 2008 年起擴大綠建築領域至生態都市之範疇，並於同年擬定「生態都市綠建築推動方案」目前正執行當中。內政部建築研究所已依前揭方案研訂完成生態社區評估系統 (EEWH-EC)，成為我國綠建築政策家族之一員。

內政部建築研究所已於綠建築九大評估指標系統—水資源指標，提出雨水等再生水量與總自來水用量比例之簡易評估方式；惟對應都市土地過度開發，綠地面積偏低，且不透水率偏高的都市社區環境現況。因此，本研究擬以「生態社區的雨水利用系統規劃技術研究」為主題，進行相關內容之研究。

貳、研究背景

台灣近來都市化嚴重、資源過度開發利用，人類無限制的消耗能源衍生的結果則是產生大量的二氧化碳，使得全球暖化效應嚴重，進而影響地表氣候溫度升高導致地球環境高溫化、森林面積縮減、土壤流失、空氣與水污染嚴重、都市沙漠化等現象、全世界氣候異常及生態環境破壞。全球氣候變遷對城鄉生活環境衝擊已成為生態社區規劃設計領域必須面的核心問題之一，全球氣候變遷衝擊可反映在不同尺度空間，如社區、都市、區域與全球空間尺度。

聯合國跨政府氣候變遷小組 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)2007 年及 2008 年的年度報告指出，氣候變遷可能造成衝擊降雨型態改變項目中指出，全球暖化與強烈暴風雨增加有直接關聯性，氣候暖化造成可能降雨之濕氣大量增加，因此強烈暴雨現象將更趨頻繁。根據中研院環境氣候變遷研究中心 2008 年之研究發現，過去 40 年東南亞地區降小雨天數遞減 28 天，中大雨及暴雨天數明顯增加，瞬間暴雨及豪暴雨(如台灣八八水災等)機會增加易造成土地沖刷、地貌變形、影響用水水質、農業受損、水患洪災與增加滯洪與滯留設施之需求。20 世紀的許多戰爭都是因石油而起，而到 21 世紀水將成為引發戰爭之根源。鑑此，如能將雨水利用技術擴大應用至生態

社區設計與評估階段，除能有效節約水資源外、可降低都市洪澇及減少都市淹水機率，改善都市社區居住環境品質成為現今重要議題。

第二節 工作內容及進度說明

援引研究計畫需求說明之 4 項研究內容，本研究團隊考量未來計畫產出之深度與廣度，將工作項目區分為 6 個項目，初擬如下：

(一) 調查分析綠建築與生態社區雨水利用系統現況

本計畫收集聯合國或他國已有之生態(永續)社區為案例，探討生態(永續)社區雨水利用技術，再與建築研究所已挑選試評之生態社區或國內相關案例進行文獻、案例、使用概況及遭遇之問題等資料。

(二) 探討生態社區雨水利用規劃技術

雨水利用技術具有因地制宜之應用方式，其按建築類型而有不同之設計；而若由單一建築推廣至生態社區尺度，則其影響因子更為複雜；不同之區位(都市、鄉村)、不同之社區型式(都市鄰里單元、集合住宅區、鄉村既有聚落、新社區)、不同之地文條件(平原、山坡地)等，其可能設置之型式亦有不同，以建築物雨水利用類型、區域雨水利用型式及複合型雨水系統設計，各雨水利用型式進行概要介紹，並以上述雨水利用技術為基礎，並進一步收集國內外之雨水利用設計，配合國內之設置條件，建立「社區型式、建築類型之雨水利用技術適宜性建議表」，初步內容包含：技術名稱、技術優點、技術缺點、建議地點(按不同地點，評定適用等級)。

(三) 生態社區雨水利用容量設計方法之建立

單一建築物之雨水利用，其用途偏向單一功能供水為主之設計，而若擴及社區等較大尺度，雨水之用途將趨於多元，雨水利用設施於社區產生之整體效益亦將更為顯著。雨水利用系統之容量依不同用途而有不同之設計，雨水容量設計係以軟體試算方式建立，並考量台灣各地區之降雨型態變異性分別求取設計曲線，而經妥善之設計可具有健

全生態城鄉水環境之效益。而各地區的降雨量與降雨之型態，均會影響雨水利用潛能及容量設計，因此本計畫擬針對國內之現況，考慮社區中雨水之用途，建立不同雨水利用用途之容量設計方法。

(四) 建立評估模式評估分析生態社區雨水利用系統節水效益

本研究主要以綠建築之雨水利用、基地保水、降雨逕流、區域水循環等水文相關理論與方法，考量前述之雨水利用技術，進行「生態社區雨水利用系統節水效益」之研究；其中擬以生態社區尺度區域為研究對象。除對不同生態社區雨水利用方案產生之效益納入評估外，另開發尺度改變（不同土地利用方式）對生態社區之累積衝擊亦將納入考量。

(五) 編撰生態社區雨水利用規劃技術手冊

依上述各工作項目之產出，本計畫彙整相關內容編撰「生態社區雨水利用規劃技術手冊」，本年度係研提各社區類型之雨水利用技術之通則，做為手冊主要架構。

(六) 舉辦「生態社區雨水利用技術推廣與應用座談會」

鑑於台灣生態社區雨水利用在政策面上尚處於初步推廣階段，雨水利用效益評估指標之選取原則係以資料充份且可量化項目為優先，並將召開座談會集思廣益，藉以檢視所列評估指標項目是否合宜。在技術面上則涉及建築、景觀、社區營造、水利等領域，故本計畫邀請國內外學者舉辦「生態社區雨水利用技術推廣與應用座談會」。

以下針對上述工作項目，列出研究流程如圖 1-1 所示：

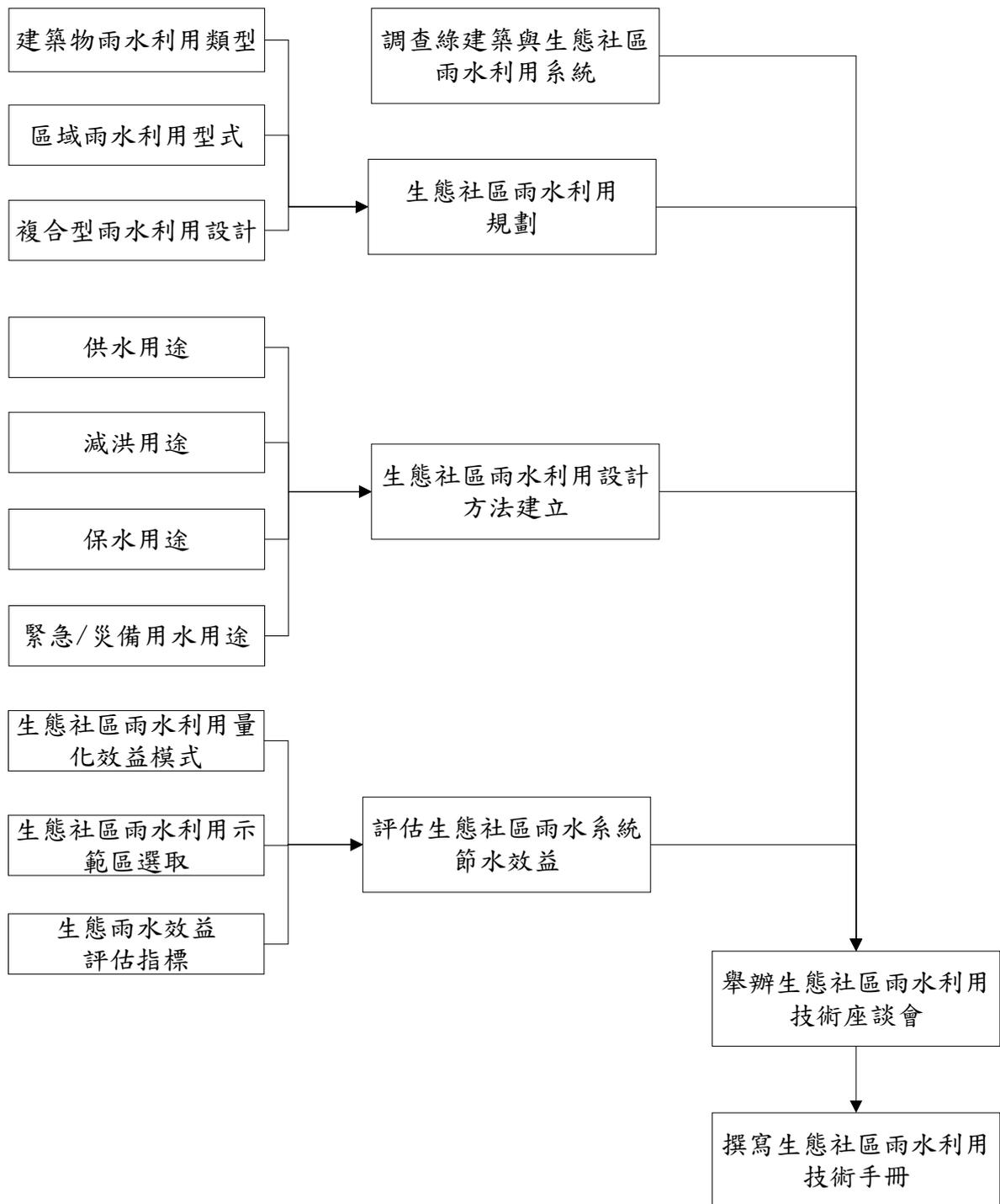


圖 1-1 研究流程示意圖

資料來源:本研究整理

本年度工作進度與實際進度甘地圖如下。

工作項目	月次											備註
	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月	第七月	第八月	第九月	第十月	第十一月	
調查分析生態社區雨水利用系統現況	■	■	■	■								
探討生態社區雨水利用規劃技術		■	■	■	■	■						
期中報告提出					■	6月30日前提出						
雨水利用容量設計方法之建立				■	■	■	■	■				
評估分析雨水利用系統節水效益						■	■	■	■	■		
舉辦座談會								■	■	■		
期末報告(初稿)提出						10月15日前提出			■			
編撰生態社區雨水利用規劃技術手冊									■	■	■	
期末成果報告								12月20日前提出			■	
預定進度 (累積數)	4	12	20	32	40	52	60	72	84	96	100	

圖 1-2 研究進度甘特圖

資料來源:本研究整理

第二章 蒐集之資料、文獻分析

進行生態社區相關規劃設計前需釐清生態社區之相關定義，在國內已有相當多相似之名詞，如：生態社區、生態社群、生態村、生態都市、生態城、田園城市、永續社區、永續建築、永續建築、永續都市、永續生態都市、綠建築、健康建築與綠社區等。「社區」定義方式常因參與者認知不同、設計理念不同與規劃方向不同，而造成規劃設計爭議。然而，永續性生態社區應包括環境之永續、經濟之永續及社會之永續，其關係如圖2-1所示。

各國生態規劃方向迥異需求，導致各國對生態社區評估指標皆有差異。以下將針對英國BREEAM、美國LEED-ND、加拿大GBT001、澳洲NABERS、日本CASBEE、中國與台灣EEWH-EC之相關生態社區評估指標進行介紹，各國生態社區評估指標中雨水貯集再利用之定量及定性標準皆迥異，為尋出符合台灣生態社區之雨水利用系統規劃技術，故本章節將針對雨水貯集再利用系統進行介紹。

綜合以上所述，將參考早期發展的英國 BREEAM 指標、具權威性的美國 LEED-ND 指標及與台灣氣候及人文背景相似的日本 CASBEE 指標，進行生態社區雨水效益評估指標方法之參考指標。以下針對生態社區定義、國內外生態社區評估指標及雨水貯集再利用系統進行相關的文獻回顧。



圖 2-1 永續性生態社區之三大目標

資料來源:改編郭瓊瑩等，2003

第一節 生態社區定義

壹、國外生態社區定義

生態社區在國外已行之有年，如英國、美國、瑞典、德國、荷蘭及日本等，為了改善居住環境及提供親近生態的都市環境，各國早已積極推動生態社區。如英國 Knowle West 社區、美國加州 Village Home 社區、瑞典 Tuggelite 社區、德國漢諾威 Kronsberg 社區、荷蘭 GWL 社區與日本世田谷 Kasawa 共生住宅社區等。但各國相關生態社區之定義略有不同，故以下針對國外生態社區之相關定義整理分類如表 2-1 所示。

表 2-1 國外(生態)社區定義

作者(年分)	名詞	定義
McHarg(1969)	生態城市	提出都市空間結構應遵循自然法則並強調自然生態與土地開發的平衡，成為 20 世紀後環境規劃者之重要理念。
Yanitsky(1984)	生態城	強調生態結合科技發展模式觀念，以得到身心與環境最大保護。
Hough(1984)	生態城市	應以家為環境教育為起點(生物多樣性、過程與經濟方式等)，建立有益環境建權之人類發展。
Register(1987)	生態城市	認為科技對永續環境經營不見得是絕對有益，應逐步回歸到自然法則。
Galman(1991)	生態村	生態村是人性規模與全面向的生活環境，將人類活動以不危害的方式與自然整合，營造出人類的健康發展及永續的未來。
Cope(1997)	社區	社區應需具備特定地理上的共同體、居住在共同體上的民眾，有組織的社會、民眾共同擁有的普遍特質及某種共同特徵及認同感。
Barton(2000)	社區	neighborhood 較偏向「鄰里」的意思，著重於鄰里環境生活機能等面向，community 則為具較多元意義的社區概念，包含社會、心理、環境設計與管理等多層面意義，其所意指包括與地理環境直接相關的實質社區及不受地理空間限制的非實質社區。
Cowan(2006)	生態社區	歸納本土化、參照生態量化資訊、依循自然法則、獎勵

		民眾參與及順應自然生態設計原則之社區。
Sarah James (2010)	社區	指一群人居住在一定範圍內，具有共同意識、活動場所及不同目標形成的一個與其他地方不同的領域。

資料來源:本研究資料整理

貳、國內(生態)社區定義

上節國外生態社區定義眾多，反觀國內生態社區定義因設計規劃方向不同，而衍生許多迥異之定義，以下針對國內相關專家學者之生態社區或社區之定義分類如表 2-2 所示。

表 2-2 國內(生態)社區定義

作者(年分)	名詞	定義
江亮演(1989)	社區	指一群人居住在一定範圍內，具有共同意識與活動場所及不同目標形成的一個與其他地方不同的領域。
陳其南(1992)	社區	除了指地緣性的社區外，也包括非地緣性的社群。且社區應具有某種程度的社區意識、適當民眾參與機制及社區學習機制。
徐震等(1996)	社區	基本上應包含共同特質，共同目標或共同利害關係的一群人、一定地理範圍及人的社會性。
林憲德(1997)	生態社區	生態社區就是消耗最少的地球資源，製造最少的廢棄物的社區環境設計，需兼具「生態品質」與「社區機能」之社區。
游以德等(1998)	生態社區	建立在生態結構平衡的觀念上，投入最少的資源，產出最少的廢棄物，確立保育、循環與負荷之基本原則之社區。
洪菁谿等(1999)	生態社區	在社區的設計上尊重自然平衡，使社區成為健康永續性環境，並致力於關懷社區及地球關係的人性生活空間。
黃書禮等(2003)	生態社區	生態社區是指一個人性規模、全面性的生活環境，將人類的活動以不危害的方式與自然整合，營造出人類的發展及永續的未來。
王凱民等(2003)	生態社區	建立於生態結構平衡，資源永續利用及民眾參與之基礎上的永續經營社區。
顧大維(2004)	生態城市	人與自然和諧發展、都市空間形態建設與自然環境建設

		相統一的人居形態總和。
彭國棟(2006)	生態社區	生態社區應具備三大特色與五大理念，「相對比較自然、物種的多樣性、以生態工法進行生態工程」是社區需具備之特色。五大理念分別為「社區居民具有生態觀，能夠意識並了解問題所在，具有物種辨認知知識，能夠有決心及行動力進行生態調查、保育及復育」。
王小璘等(2008)	生態城市	生態城市是依循生態生態學原理建立起來的一種社會、經濟、自然復合共生系統全面持續發展並一建立符合本土化、資源高效率應用、師法自然的原則，建立舒適、永續、健康的理想城市。
李永展(2009)	生態社區	生態社區是以人類生活的健康、舒適為基礎，追求與地球環境共生共榮，及人類生活環境永續發展的環境設計理念。簡單來說，就是人與自然和諧共處的社區。

資料來源:本研究資料整理

比較國內外生態社區之相關定義因規劃、設計、目地及尺度的不同，使得各國生態社區之定義有些差異。綜合而言，社區是一個跨領域之概念，常用英文為 neighborhood 也有文獻用 community，neighborhood 與 community 雖然皆有社區之意思，但兩者在範疇上仍有差別。Barton(2000)指出，neighborhood 較偏向「鄰里」的意思，著重於鄰里環境及生活機能面向；community 為具有較多元的社區概念，亦可譯為「社區」或「社群」，譯為社區強調實質環境營造與社區治理之意義。

第二節 國內外生態社區評估指標與案例介紹

隨著社會經濟與科學技術不斷發展，人類對生態需求不斷提高，使得「生態」及「綠色」建築已成為當今建築設計與研究的主要領域。國外對生態評估起步較早，迄今對生態建築評估方式大體上細分三階段(李路明，2002 等)，第一階段，進行綠色產品及技術的評估、介紹及推廣；第二階段，對於生態建築概念相關的建築熱、聲、光等物理性能，進行方案設計階段的軟體模擬與評估；第三階段，以「永續發展」為主要目標，對建築整體環境進行綜合鑑定評估。各國生態社區評估指標，因需符合各國之需求，故相關指標迥異，以下將針對英國 BREEAM(1990 年提出指標)、美國 LEED(1998 年提出第一版指

標)、加拿大 GBTool、澳洲 NABERS、日本 CASBEE(2002 年提出第一版指標)、中國與台灣 EEW-EC 之相關生態社區評估指標進行介紹。

壹、國外生態社區評估指標

一、英國 BREEAM

英國建築研究所(BRE)於 1990 年首次提出建築環境評估方法 BREEAM，是國際上第一套應用於市場與管理之中的綠色建築評估方法。針對當時英國市場需求與綠色建築發展情況進行評估，主要以英國針對英國的辦公建築，此機構為當時建築師與相關廠商提供相關技術諮詢，在國際上十分受到關注。英國於 2000 年首次發布「生態家園」(Ecohomes)是建築環境評估方法的居住版。此版本滿足近年英國市場對居住建築進行綠色評估新需求。評估內容包括能源、交通、污染、材料、水、生態、土地利用及健康等 7 大指標。具體包括二氧化碳年釋放量、採用節能型室外照明系統、家庭辦公空間和服務設施提供情形、永續木材使用狀況、可再生廢棄物儲存方式、節水量對生態建設生態價值的影響及改變程度、建築的自然採光程度和建築隔音效率等 20 多項分項。最後評價結果根據總分高低分，分為通過、好、很好及優秀四種等級。

二、美國 LEED-ND

「LEED-ND 綠色建築指標體系」如表 2-3 所示，於 1993 年美國綠色建築委員會制定，受英國 BREEAM 啟發，LEED-ND 主要用於美國建築在全成生命周期的綠色生態表現。評估指標分五個方面介紹，每個指標必須首先滿足基本條件，滿足基本條件後方能進行評分。每個評分項目按統一格式列出目地、要求、技術及對策等。部分項目為定性分析評分，其餘則定量計算後給分。LEED-ND 綠色建築指標體系項目中大致分為，合理的建築選址、節水、能源與大氣環境、材料和資源與室內環境質量等。以下針對上述五項項目分析，如下：

(一)合理的建築選址

評分細項為建築選址、發展密度、交通設施、減少施工影響、地表逕流管理、利用園林綠化及建築外部設計減少熱島效應與減少光污染等。

(二) 節水

評分細項為節水規劃、污水回收再利用技術及節約用水等。

(三) 能源與大氣環境

前提條件為基本建築體系運轉調試、最低能源消耗、減少暖氣管道系統及循環利用設備中的氟氯烴。評分細項為優化能源利用、可用再生能源、禁止使用含氟氯烴與鹵鹽等產品、測量和核准、綠色動力與能源。

(四) 材料和資源

前提條件為可回收物質收集和貯存。評分細項:現有建築之改造、施工廢棄物管理、資源再利用、可循環利用之物質、就地取材與允許使用之木材。

(五) 室內環境質量

前提條件為室內空氣需符合室內空氣品質之最低需求。評分細項為二氧化碳監測、提供通風效率、施工現場室內空氣質量管理方案、室內化學品跟污染源控制、系統控制、熱舒適度與天然採光和景色等。

LEED-ND 系統中，水循環項目亦針對洪水處理設施、暴雨管理與減少污水處理量等，作為重要水循環指標。針對不同暴雨量進行貯留，依暴雨量多寡與貯留量之比例進行給分。

表 2-3 美國 LEED-ND 之評估內容

項目	子項目	
良好區位及交通	1. 基地位置鄰近已發展社區需靠近現有交通設施	10. 降低對汽機車之依賴
	2. 接近洪水水處理設施	11. 自行車網路
	3. 瀕臨絕種生物及生態群之保護	12. 接近住宅及工作場所
	4. 濕地及水體之保育	13. 接近學校
	5. 農業用地保育	14. 保護陡峭之坡地
	6. 避開洪泛平原	15. 基地設計加入棲息或濕地保育考量
	7. 受污染之土地再開發	16. 棲息地或濕地之復原

	8. 清理受污染土地後開發	17. 保護管理棲息地或濕地
	9. 基地位置位於現有社區內	
鄰里模式與設計	1. 開放性社區	10. 降低街道網路之道路面積
	2. 緊密發展	11. 安全舒適的運輸設施
	3. 緊密發展並達到相關居住密度要求	12. 交通需求管理
	4. 使用多樣性	13. 連接周邊空地之交通
	5. 住宅型式多樣性	14. 連接開放空間之通道
	6. 負擔得起之租賃住宅	15. 連接日常活動空間之通道
	7. 負擔得起之成屋	16. 公共參與活動空間可及性
	8. 考量行人動線，減少基地地面之停車場面積	17. 社區參與
	9. 舒適的行人徒步空間	18. 提供種植農產品之空間
綠色營建與技術	1. 興建過程污染減量	12. 善用太陽能
	2. LEED 核定之綠建築	13. 基地內能源生產
	3. 建築物之能源效益	14. 基地內能源自給自足
	4. 減少水使用料	15. 地區熱空間節能
	5. 建築物重複使用	16. 降低基盤設施能源消耗
	6. 歷史建築再利用	17. 降低廢水污染
	7. 經由基地設計降低基地侵襲	18. 基盤設施使用再生材質
	8. 興建過程降低基地侵襲	19. 建築廢棄物管理
	9. 受污染土地補救過程污染物減量	20. 家戶及辦公室廢棄物減量及適當處理
	10. 暴風雨水管理	21. 降低光害
	11. 降低熱島效應	
創新設計	1. 創新並足以為模範	2. LEED 所認定之專業

資料來源:LEED for Neighborhood Development Rating System, U. S. Green Building Council, 2007

三、加拿大 GBTool

「綠色建築挑戰」(GBC)是從 1998 年由加拿大發起並有 20 幾國參加的國際合作。其主要內容為「綠色建築評估工具」(GBTool)的發展及研究，各國與各地區之綠色生態建

築的評估，提供國際化之平臺，俾利推動國際綠色生態建築發展。GBTool 其主要特點為如下所示。

(一)地區適用性與國際性相互比較與結合

GBTool 根據國際綠色生態建築發展目標提出基本評估內容，具體評估項目、評估標準與權重係數是由各國專家小組根據實際狀況訂定，因此各國皆可改編符合各國本或各地區的版本，此為 GBTool 發展之重要目標及特色之一。

(二)在現有軟體為評估工具

GBTool 是一個建立在 EXCEL 基礎上之綠色生態評估工具，其所有評估內容包括資源消耗、環境負荷、室內環境質量、服務質量、經濟、服務品質、使用前之管理與社區交通等，7 大項和安全生命周期中的能量消耗、土地使用及生態價值影響等相關子項及分項 100 多條。全部評估過程均在 EXCEL 內進行，最後評估結果依預設在軟體內公式及規則自動計算包括總體及各子項結果。

(三)評估基準

GBTool 的評估機制是先定評估指標項目，再確定評估基準，最後進行評估。他的評估基準是一套動態相對數值。任何建築成果均可在評估之標尺上找到相對位置，並與該地區內其他相關項目進行比較。這種評估目的不是為了確定生態設計等級，而是利於了解兩項目之間差距及優缺點，俾利鼓勵相關綠色建築種類比較探討。

(四)評估機制研究性及複雜性

整體而言，GBTool 兼具研究性及複雜性之綠色建築評估工具，但內容過於細膩稍顯複雜，評估過程中需輸入各類設計、模擬、計算數據及相關文字內容等，評估結果不符市場上生態評估等極需求，但因兼具國際性與地區性之特徵，GBTool 還是吸引越來越多國家加入共同研究。目前每兩年一次之國際「永續建築」會議其中重要議題正為 GBTool 小組交流該工具在各國綠色生態建築評估中之應用案例，共同討論存在問題，其目地提升 GBTool 工具完善發展。

GBTool 工具主要內容為 1. 資源消耗:生命週期能源消耗、土地利用與生態之變化、水之使用量及原料之消耗；2. 環境負荷:溫室氣體排放、破壞臭氧層之物質之排放、酸化氣體之排放、固體廢棄物、排水、雨水排放、生活污水排放與建造建築中對生態環境系

統之影響等；3. 室內環境品質:空氣質量狀況、濕度調節、污染物控制、住宅主要房間溫度、住宅主要房間平均輻射溫度、採光照明範圍、致宅日間活動區域採光與住戶間隔音等；4. 維護性能:適應性、自動控制、運行維護及停車場面積與綠化情形；5. 經濟性及6. 項目管理等。

四、澳洲 NABERS

澳洲的 NABERS 為最新研發並符合澳洲國情之綠色生態建築評估工具，主要目標包括：將來澳洲所有綠色生態建築類需符合該評估工具、該工具將同時用於新舊建築、此評估每年進行一次。NABERS 的評估機制為先確定評估指標，再確評估基準方能進行評估。此軟體主要為研究和澳洲原有建築評估系統(如:ABGRS 及澳洲綠色住宅評估系統等)，及國際現行主要綠色生態建築評估體系特點及問題的基礎上，針對現今澳洲國情與國際綠色生態評估發展之趨勢提出以下特點，如下所示：

(一)操作簡單:為了使 NABERS 簡單操作，已研發一系列由業主與使用者可以回答之問題做為評估項目，可分為兩部分，一部份關於建築稱為「建築等級」，另一部份關於建築使用者「使用等級」。

(二)採用「星級」的形式評分等級

NABERS 採用「星級」評分方式，與澳洲 ABGRS 與 NATHERS 概念均相似。其評估結構由一系列子項目構成，每個子項目可以評為 0~5 星級，項目的星級由子項目星級平均後可得。

(三)開放的系統

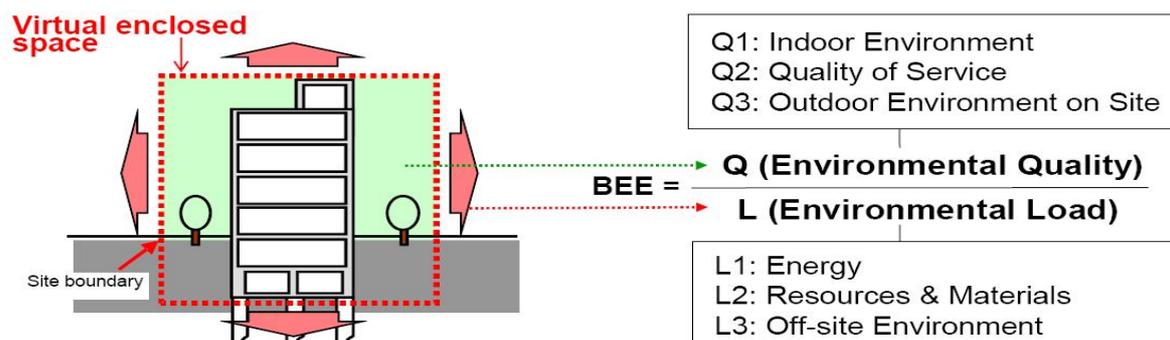
NABERS 和 GBTool 相似處，在不影響基本框架結構下，允許在項目中增加調整子項目，與反映當今綠色生態建築之技術，因此在清晰與簡易的條件下，該評估工具可以精進調整及改善。其次，NABERS 允許各區專家根據當地實情，調整評價子項目的等級。如某地區「生物多樣性」被評定為對當地極具重要指標，則該地權威機構可以異動「生物多樣性」方面必須達到某星級，才能給與其規定之標準，亦可達到因地制宜之評分標準。

五、日本 CASBEE

日本 CASBEE(Comprehensive Assessment System Building Environmental Efficiency)，建築環境綜合性能評估系統為世界上首次嘗試運用建築環境效益 BEE(Building Environmental Efficiency)其如圖 2-2 所示，此類方法的制度，以除式計算單位的环境負荷中，能產生多少的环境效益；並由政府、學界及業界共同制定評價權重。

CASBEE 針對發展規模及建物生命歷程，有不同工具進行評估，發展規模如：單一房屋規模、社區大樓規模及都市規模；生命歷程如：設計階段、新建物、既有建築及改造建築。以新建物評估工具為例，水資源佔全體總分數 4.5%，其細項分為：省水項目(Water Saving)及雨水與灰水項目(Rainwater & Gray Water)，各佔全體總分數 1.8%及 2.7%。計分採取 5 等第評分方式，根據施作項目及程度進行評分，如：若建物施作雨水回收，則可拿到 4 分；若雨水回收替代水率可達 20%時，則可拿到 5 分。

CASBEE 評估包括以下四個領域：能源效率、資源效率、本地環境及及室內環境等四目標，生態社區評估內容如表 2-4 所示。



Basic concept of Built Environmental Efficiency (BEE)

Q (品質)：假想的封閉空間建築環境質量和性能 (私有財產)。

L (載荷)：建立環境負荷 (公共財產)。

圖 2-2 CASBEE 框架示意圖

資料來源：<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>

表 2-4 日本 CASBEE 生態社區評估內容

項目	子項目		
自然環境品質	1. 微氣候(熱島效應)	1. 夏季之通風	
		2. 夏季之遮蔭環境	
		3. 綠地與水面對行人之降溫效應	
		4. 降低建築排熱對行人之衝擊	
	2. 地相保護	1. 尊重地形特性	
		2. 表土保護	
		3. 土壤污染防治	
	3. 水相保護	1. 水域環境保護	
		2. 地下水之保護(透水)	
		3. 水域水質保護(污水處理)	
	4. 生物環境保護	1. 自然環境潛力調查計畫	
		2. 自然環境保護(自然綠地、植物多樣性、綠覆率)	
		3. 生態綠網	
		4. 生態棲地保護	
	5. 其他	1. 交通空氣污染、噪音及震動防治	
		2. 防風	
		3. 日照時間	
	自然環境負荷	1. 對鄰地熱環境考慮	1. 不妨礙風道之建築配置
			2. 地面鋪面材料(透水鋪面)
			3. 建築立面材料(建築綠化、高反射率屋面)
4. 減少排熱(節能、地區冷暖防、水冷通調、熱回收)			
2. 對鄰地土壤污染地層下陷考慮		1. 鄰近土壤污染防治	
		2. 地層下陷防治(抽取地下水)	
3. 對鄰地空氣污染考慮		1. 發生源對策(地區冷暖防、電動交通)	
		2. 大氣淨化(耐污植物、光觸媒、淨化設備)	
4. 鄰地噪音、震動、臭氧考慮		1. 噪音防制	
		2. 震動防治	
		3. 臭氧防治	
5. 對鄰地風害、日照考慮		1. 風害防制	
		2. 日照侵害防制	
6. 對鄰地光害考慮		1. 照明廣告	
		2. 反射光防治	

資料來源: CASBEE-まちづくりの評価ソフト(CASBEE-UD 2007v1.0) について, 2007

六、中國大陸

中國大陸出版「中國生態住宅技術評估手冊」，該評估手冊主要以永續發展為指標，以保護自然資源、創造健康及舒適的居住環境與周遭生態環境共生。通過評估指標之建築，平均生命周期之品質提高，俾利提升中國大陸綠色生態住宅建設品質，並帶動相關經濟產業發展。主要發展目標分為以下五點分述，如下所示：

- (一)以促進住宅節約能源，如節能、節材、節水等及防止環境污染為目標。
- (二)促進科技產業提升綠色生態住宅技術創新機制形成。
- (三)指導適合綠色生態建築的新技術、新產品、新設備及推廣應用，逐步形成符合市場需求及產業化發展的綠色生態住宅體系，促進綠色生態住宅產品發展、生產及配套供應。
- (四)提高綠色生態住宅規劃設計、建築設計及建設水準，達到創新與突破之機制。

中國生態住宅技術評估手冊大致分為前言、評估指標體系及附錄與參考文獻等三大部分，前言主要探討綠色生態住宅之條件背景、發展趨勢及制定本體系必要性條件等；評估指標體系為國際上各國所制定綠色生態建築評估體系等。中國綠色生態住宅示範點各系統及指標項目表，如表 2-5 所示。

此評估系統針對水循環評估指標中，建立雨水收集與利用系統及小區綠化、景觀、洗車、道路噴灑及公共衛生等使用中水或雨水為必須實施之項目；污水處理達標準排放率及節水器具使用率應達到須達到生態小區指標 100%；管道直飲水覆蓋率(自選)須達到生態小區指標 80%；水回收利用達全小區用水量須達到生態小區指標 30%。總體而言水循環系統，在中國綠生態小區系統指標中為重要系統。

表 2-5 中國綠色生態小區示範點各系統及指標項目表

系統	指標內容	生態小區指標
能源系統	1. 新能源、綠色能源的使用率應達到小區總耗能	10%
	2. 建築節能到達	50%
	3. 其他節能措施達到	5%
水循環系統	1. 管道直飲水覆蓋率(自選)	80%
	2. 污水處理達標準排放率	100%
	3. 水回收利用達全小區用水量	30%
	4. 建立雨水收集與利用系統	
	5. 小區綠化、景觀、洗車、道路噴灑及公共衛生等使用中水或雨水	

上述針對各國生態環境評估指標介紹，得知各國生態社區評估指標略顯差異，可能基於各國規劃、設計與尺度需求不同以致指標略異。生態社區評估指標與實際落實於個案中之助益可由相關實際生態社區各案觀察，以下將針對國外生態社區之個案進行介紹。

貳、國外生態社區案例介紹

一、美國加州 Village Home 社區

Village Home 社區位於加州中央盆地戴維斯市，如圖 2-3 所示，氣候溫戴乾燥，始於 1974 年是由 Michael & Judy Corbett 所規劃，總面積為 283,280 平方公尺，共有 240 戶。社區規劃強調降低環境負荷之親自然社區生活方式，社區內擁有豐富自然生態並以有機栽培、生態道路、居民自力營造社區與親自然社區為主要發展特色。從規劃構想、發展營造施工與居民進住後之社區經營管理提供使用者參與之機會，社區開發考量之規劃設計內容包括：節能設計、社區水循環設計、有機農業設計、狹窄街道設計，為生態社區規劃設計之先河。規劃設計分以下四部分介紹，如下所示。

(一)水循環設計方面，Village Home 以自然草地取代一般的水泥排水設施。道路兩旁不設側溝，以凹下的草地作為自然排水路。雨水通至社區旁的溼地，雨量多時溼地可發揮儲水之用。

(二)道路設計方面，Village Home 改變美國式的 12 至 18 公尺寬汽車道為主的設計，以自行車及步道為主的交通系統取而代之，在此系統中汽車道僅只 7 米寬，降低了車流量及車速，居民可安心自在享受林蔭大道帶來的舒暢。且又因道路面積減少，等於透水草地及林蔭地的增加，亦對社區的水循環及節能有正面的貢獻。

(三)節能設計方面，Village Home 道路設計均為東西向，故住戶有最好的條件作充分的陽光運用，避免西曬，增加空調負擔。大部分的住宅採用太陽能設施；另外亦有採覆土設計的住宅，使此社區的冷暖房耗能量低過其他社區。汽車道採用淺色鋪面建材，減少太陽能的吸收與折射。

(四)其他方面，社區內植滿果樹及蜜源植物，以招誘野生鳥類及昆蟲，增加生物多樣性；並闢有有機農場。而農場及果樹的收益，則用以公共用地的維護。

二、瑞典 Undertenshöjden 社區

Undertenshöjden 社區離斯德哥模爾市中心搭公共運輸交通工具約 20 分鐘之距離，約莫 180 個年紀不同的人，來自 44 個不同家庭類型，同住在 32,375 平方公尺之土地。自 1990 年眾家庭集合起來，共同設計、建造及居住，是非常重視生態保育與親自然之生態社區，主要發展目標為生態化之生活方式，在 Undertenshöjden 社區居民表示，瑞典生態住宅著重共享生態價值，故從設計過程與決定，都是讓當地居民與建築師協商，居民決定住宅為一片相連之連棟住宅與獨立住宅，規劃設計分以下五部分介紹，如下所示。

(一)水循環設計方面，Undertenshöjden 社區鋪面，大多採用透水鋪面，讓雨水均能入滲土地，涵養水源。



圖 2-3 美國 Village Home 社區照片

資料來源：<http://www.villagehomesdavis.org/home>

(二)生態設計方面，Undertenshöjden 社區留下許多自然樹林與當地原生植物生長環境，試圖營造出親自然之生態景觀。

(三)節能設計方面，Undertenshōjden 社區用水主要使用太陽能或生物質電力加熱，每間房屋均有熱能槽，儲存太陽能加熱之熱水。

(四)使用材料方面，Undertenshōjden 社區建築物材料之材質經過謹慎挑選，避開有毒物質、化學品、包含石化燃料製作和運輸之製品。

(五)回收利用方面，Undertenshōjden 社區每戶均有回收固體垃圾機器，可將垃圾再製成有機堆肥再利用；每戶均有分尿液分離馬桶，尿液均可成為植物之肥料。

三、日本世田谷 Kasawa 共生住宅社區

世田谷區位於東京都心外緣，如圖 2-4 所示，是日本東京都首座與環境共生之住宅案例，區位條件生活機能方便與居住環境良好聞名。「國分寺高地邊緣帶」是世田谷綠地之核心，此共生住宅社區規劃強調，地球環境之維護、周邊環境之親和性及居住環境健康舒適性，並以生態、水、綠與風作為建築及景觀之基礎，並重視銀髮族之無障礙空間，規劃設計分以下四部分介紹：

1. 水循環設計方面，世田谷 Kasawa 共生住宅社區增設透水鋪面，注重自然排水與水循環再利用，並設置雨水回收再利用系統，有效達到雨水回收、淨化與再利用之目的。
2. 生態設計方面，世田谷 Kasawa 共生住宅社區設置生態滯洪池，有效達到滯洪、淨化水質與生態教育之功能。
3. 節能設計方面，世田谷 Kasawa 共生住宅社區考量日照方位與季風風向，採用誘導式生態手法，也應用科技設備降低暖房負荷量。社區中設置風力發電及風力揚水系統，以供公共電力設施之使用。
4. 社區綠化方面，世田谷 Kasawa 共生住宅社區實施建築物及環境綠化、植栽計畫及生物多樣性與設置生態走廊等設施。

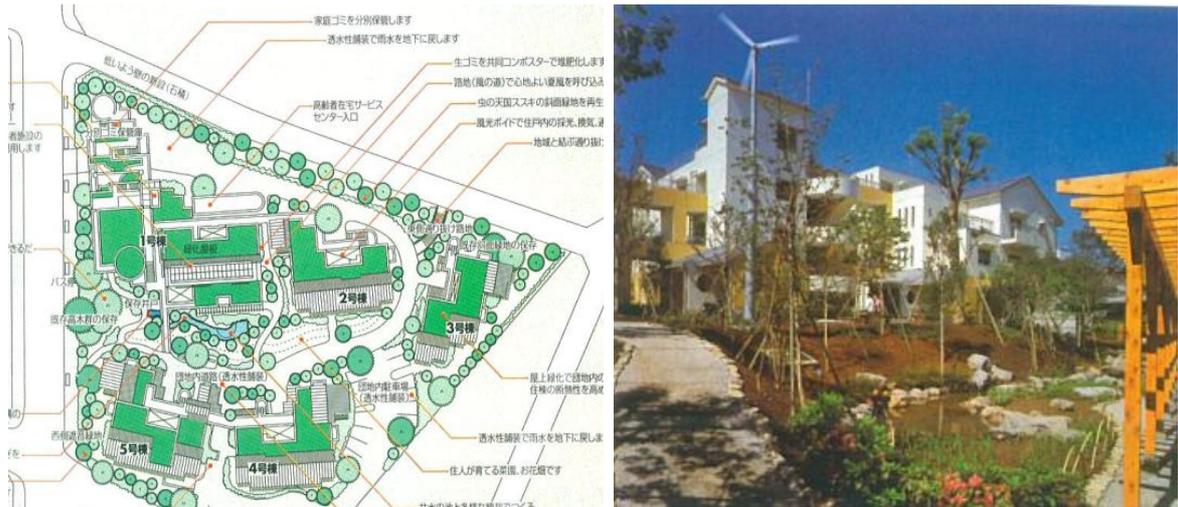


圖 2-4 日本世田谷 Kasawa 共生住宅社區照片

資料來源：日本環境共生住宅推進協議會，1999

四、中國東方太陽城社區

太陽城社區位於中國北京，是一全面性重視水循環及自然排水之生態社區，在社區內不僅設置滯洪池、生態池、天然濕地、自然排水道與下凹式綠地等，天然排水、保水與滯洪之設施，故在社區內無人工排水溝，反之是天然坡降排水溝與生態融合交錯。設計者在社區未落實前，針對雨水與排水作全面性設計，故此生態社區落實多年，鮮少發生雨洪之問題，此生態社區如下圖 2-5 所示。



圖 2-5 北京東方太陽城社區照片

資料來源：本研究室拍攝

參、國內生態社區評估指標

一、台灣 EEW-EC

EEWH-EC 的評估包括生態、節能減廢、健康舒適、社區機能與安全維護等五大範疇，評估目標如表 2-6 所示。

- (一)此評估系統需兼顧基本生活機能條件下，追求地球環保育國土永續發展之最大可能。
- (二)所有評估指標必須符合本土法令、人文背景及社會條件為原則。
- (三)評估內容盡量依內政部建築研究所與都市政策管轄範圍內之內容。
- (四)所有評估指標需能簡單量化操作，並透過工程實務、市場機制或是公共政策已達實質改善之目標。
- (五)此評估系統需具備本土適用性，並逐步提升國內現有社區生活及生態品質為目標，初步應容許國內現行前 5%最佳生態社區合格為目標。
- (六)此評估系統應採分級評估制度，並逐步提升生態社區之、誘導政府投資改善生態環境為目標。
- (七)此評估系統須兼具城鄉差距，讓城鄉社區公平取得合格認證，以誘導都市社區自然化與鄉村社區機能化為目標。

表 2-6 台灣生態社區評估系統內容

軸向	項目	子項目
生態	生物多樣性	生態綠網
		小生物棲地
		土壤生態
		照明光害
		生物移動障礙
		二氧化碳固定量
	綠化量	二氧化碳固定量
水循環	基地保水	基地保水
		社區雨水中水回收系統
	取得 ISO14000(新申請企業大樓街廓適用)	
節能建築	街廓用電等級	街廓用電等級
		綠建築數量
綠色交通	捷運	捷運
		公車
		社區公車或制度化社區汽車共乘系統
		自行車道
		自行車停車場
減廢	建築結構輕量化	建築結構輕量化
		3R 建材、生態建材
		共同歷史記憶舊建築保存或舊建築建築物再利用之建築物

		營建污染(非新社區案免評估)
	社區照明節能	過量設計路燈
	創新節能措施實績	自行提出實績證明
	再生能源	再生能源發電量比例
	資源在利用實績	自行提出實績證明
	碳中和彌補措施	造林、棲地復育、綠能生產
健康舒適	都市熱島	戶外通風
		戶外遮雨遮蔭
		地面蒸發冷卻
		地物輻射減量
		陸橋、地下道
	友善行人徒步空間	步道、廣場、門廳之去高差設計
		斜坡、階梯之扶手裝設
		戶外休息座椅區
		行人步道
	公害污染	過境道路
		噪音源
		交通震動
		畜牧污染
		河川污染
		飲水污染
下水道污染		
空氣污染		
土壤污染		
社區機能	文化教育設施	公立國小
		圖書館
		社區活動中心、文康中心
	運動休閒設施	社區公園
		兒童遊戲場
		綠地及綠色空間
		長者活動空間
		其他活動空間
	生活便利設施	購物
		飲食
		醫療
		交通
	社區福祉	老人照護
		社區托嬰
		幼兒園
	社區意識	共同意識之舊建築保存
		自然景觀資源
		社區產業
社區參與		
治安維護	空間特徵	住宅類型
		犯罪角落
		入侵住家之攀爬物
		街道維安特徵
		鄰地維安狀態
	防範設備與守望相助	公設監視器(含警方、區公所之設置)
		社區管理與社區巡守隊
		社區四周娛樂場所

資料來源:生態社區解說與評估手冊, 2010

比較國內外相關生態社區評估指標，僅少數指標針對生態社區雨水再利用進行指標評估，反觀台灣生態社區評估指標針對生態、節能減廢、健康舒適、社區機能與安全維護等五大範疇進行分類，生態社區指標已相當完整成熟，但針對生態社區雨水相關指標，只針對水循環中基地保水與社區中水為主，雨水回收再利用為輔，尚未明確針對生態社區雨水回收再利用進行評估。其餘相關生態社區相關指標，如微氣候、土壤污染防治、自然環境調查潛力、交通空氣污染、噪音、震動防治、防風、日照時間、不妨礙風道建築配置、建築立面材料、減少排熱、鄰地土壤地層下陷及鄰地空氣污染等相關指標，尚待建立。

肆、國內生態社區案例介紹

生態社區評估指標與實際落實之間尚有落差，台灣較多聲稱生態社區之社區，但大多尚未通過 EEWH-EC 之評估，故本計畫現勘選址相對困難，以下將針對國內生態社區之個案進行介紹，如下所示。

一、金門珠山社區

珠山聚落舊稱「山仔兜」，意指被山所兜護的村落，如圖 2-6 所示。聚落四周丘陵環繞，主要以薛氏宗祠及大潭為中心，冬季避風、水源易取得、聚落排水易，以民間風水信仰被稱作為「四水歸塘穴」的好風水(江柏煒，2000)，此部落為金門最富裕之聚落之一，文風鼎盛、居民水準高，居民對社區有極高認同感與向心力，但主要需面臨之問題為青壯年人口外移嚴重、產業不振與人口老化之壓力，規劃設計分以下三部分介紹，如下所示。

(一)綠化設計方面，珠山社區配合建築及外部空間形態不同，均有不同尺度的環境綠美化，包括住家前菜園、空地綠美化、四合院內中庭綠化與接像空間盆栽綠美化。菜園種植菜葉均提供居民使用，聚落周邊亦有有機栽培，形成自給自足農村部落。

(二)節能設計方面，珠山社區建築設計上應用生態建築之理念，如在建築空間上利用氣流流動之原理在屋脊上設置氣窗，發揮自然換氣之功用。部分住戶及民宿並運用太陽能讓水器，達到節約能源之目的。

(三)產業轉型方面，珠山社區傳統建築經整建維護後作為民宿使用，強調傳統聚落生活體驗及慢活之經營型態並發展微型產業，展試圖降低人口外移現象。

二、桃園縣龍潭渴望社區

龍潭渴望園區原名為宏碁渴望園區，如圖 2-7 所示，是國內第一個由高科技廠商投資開發，強調居住與工作均衡發展之科技生活社區。園區位於桃園縣龍潭鄉台地，開發基地為平坦台地，台地邊緣多為陡坡，形成良好視野景觀。經 14 年規劃與開發建設，現已完成住宅區、教育學區、工業區及公園綠地，形成一座整合工作、居住、學習及休憩之園區，住宅規劃採美式簇群是規劃，園區周遭坡度大於 30%皆為不可開發用地，故提供良好之生態環境，規劃設計分以下三部分介紹：



圖 2-6 金門珠山社區照片

資料來源：<http://blog.kmp.gov.tw/?tag=%E7%8F%A0%E5%B1%B1>

生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

(一)住宅與產業設計方面，早期規劃此社區是為了提供優質工作與居住之環境，讓工作、教育、學習均能均衡發展，降低通勤成本增加工作效率。

(二)生態設計方面，於社區周邊設置生態廊道，借已軟化社區與自然環境間空間介面，並串連社區周邊棲地，串連之綠廊與連接至公園綠地。

(三)街道空間設計方面，本社區內沒有圍籬，住宅多以低矮綠籬或盆栽來界定公私領域，街廓建築退縮，預留出完整人行空間，增加住戶與親自然之互動機會。



圖 2-7 桃園縣龍潭渴望社區照片

資料來源：

http://www.aspirepark.com.tw/template.aspx?cid=C_00000010&cname=%e7%94%9f%e6%b4%bb%e5%af%a6%e6%99%af&insid=3

第三節 屋頂雨水貯集再利用系統

雨水貯集再利用即是把降雨直接收集或是收集地表逕流過濾後貯存使用。早在 4,000 年前羅馬村落已利用雨水進行飲用，印度 Bomby 地區也發現山區岩石區利用輸水渠道與

蓄水槽收集雨水作為供水，在歐洲及亞洲雨水也被廣泛應用，但在改善自來水普及率後雨水貯集利用也逐漸勢微。由於我國經濟持續發展，工業與民生用水大幅提升，以致大量水資源開發殆盡。在開發不易，供需求量尚未達到平衡下，耗能少、污染低、取得容易之雨水貯集利用技術逐漸受到重視。故本節針對雨水貯集利用進行探討。

壹、雨水貯集再利用技術

廣義定義雨水利用泛指降水、大氣與雨水資源再次利用之水源。水資源主要貯存型式之地表水與地下水皆由雨水轉化而至，故水資源開發項目亦是雨水開發之項目，如興建水庫、灌溉系統與埤塘等開發水資源項目。

狹義定義雨水再利用泛指雨水直接利用之活動，如利用集水面收集雨水、農業生產及城市清潔等。水資源循環再生過程之雨水，以天然或是人工方式截取貯存，並精簡易淨化處理後加以利用。

雨水貯集利用亦有簡易開發水源、調配用水、節約排水與滯洪防澇等多重功能。並可用在農業灌溉，作為工業及民生用水之替代水源、建築物(如澆灌、沖廁等)或都市防洪等。

一、雨水貯集之效益

設置雨水貯集系統需考慮當地氣候環境、降雨量、其他供水水源及經濟開發程度等。雨水可透過收集屋頂所產生之逕流、當地集水區生成之逕流及當地小溪之季節性洪水等方式逕行收集。雨水貯集利用之優缺點如表 2-7 所示。

由表 2-7 所示，雨水收集貯存，不但能改善保育水資源，並可提供安全可靠之水源。若以生態、生命週期與成本觀點而言，應加強社區及住宅雨水貯集利用系統之設置。

表 2-7 雨水貯集利用之優缺點

優點	缺點
因地制宜	早期投資成本高
私有性高	水源供應量有限
降低洪峰量	若結合灰水，水質不易管理
提供節水教育	設施無一定建造規範因需求設置
設備維護容易	無
維護費用低廉	無
對環境衝擊小	無
減少旱災損失	無
減少地表逕流	無
增加地下水補注	無
施工工方法容易	無
提高水資源利用率	無
降低地下水抽取量	無
提供災備用水補給	無
促進水土資永續利用	無
減少海水入侵之機率	無
若水源乾淨水質亦良好	無
設施可視需求彈性擴張	無
供需水點近，方便取用	無
減少地下水系統處理量	無
提供人、農業灌溉、牲畜用水	無
透過集水區管理提升水資源保育	無

資料來源：本研究整理

二、雨水貯集利用之型式

各國雨水貯集利用系統目標皆有不同，主要收集美國、日本、泰國、印度、香港、新加坡與菲律賓各國之目標。如美國夏威夷島由火山岩構成，岩質土地滲透性小，地下水少，根據調查全島有七千戶以上民眾，利用雨水貯及系統當成家庭用水來源，占全島用水量百分之二十以上，故雨水貯集利用系統極為普及。在新加坡及香港等人口密度集中之海島型國家，則積極從事機場雨水貯集利用系統之研究，Appan(1987)將貯存之雨水使用於姑車站之洗車用水及部分用水，並對於高層建築雨水貯留系統作為經濟及效益分析與評估，並提出適當的水質管理方法。

泰國應用雨水貯集系統已有幾千年的歷史，泰國政府在 1990 年完成著名大水缸計

畫，共建造九萬個大水缸，受益人口達一千八百萬人(霍雨時，1990)。在印度尼西亞沿海較貧窮鄉村地區，因地下水受鹽化不適飲用，故該地區以竹材建造屋頂集水系統，作為該地區飲用水之補充水源。Lo(1990)在菲律賓沿海缺飲用水的 Capiz 地區，考慮當地經濟、人文、地理等各項因素，以雨水貯及系統解決飲用水之初步規劃。

日本雨水貯集系統應用包含 Waller(1989)在 Osaka 地缺將雨水貯及系統作為沖廁補給；東京樂園的巨蛋棒球場將活動式屋頂一半面積設計成集水面積，將收集雨水淨化後供該球場沖廁、環境維護與災備用水等項目。

雨水貯集系統除了能供應一般用水外，還具其他多目標功能，Chu and Fok(1991)提出雨水貯集系統能做為高層建築及偏遠鄉村之災備用水，並指出美國科羅拉多丹佛市利用雨水貯集系統降低都市排洪量，成效顯著。雨水貯集利用系統之型式，隨居民生活方式、特殊地形、地貌、水文及氣候等不同條件產生，可收集到各種雨水利用方式，臚列如下表 2-8 所示。由上述得知隨氣候、地貌、地形、環境等因素，雨水利用方式也不盡相同，故將依建築物集水與雨水利用等不同型態進行評估，建築物集水主要是利用建築物屋頂雨水貯集系統，作為後續雨水利用評估之依據。參考台灣雨水利用協會(2006)離島地區雨水貯集利用規劃報告之中建築物與水利用系統說明如下。屋頂雨水貯集系統是利用建築物之屋頂之排水系統與屋頂面積配合應用，但雨水與飲用水水塔需分別貯存。

表 2-8 雨水利用方式

序號	雨水利用方式
1	入滲廊道
2	地表水收集
3	霧氣收集系統
4	區域雨水應用
5	開闊地雨水收集
6	屋頂雨水貯留系統
7	田間雨水貯留工程
8	公路逕流收集系統
9	雨水收集結合入滲系統
10	雨水收集結合污水回收系統

資料來源:本研究整理

屋頂雨水貯集系統包含四個主要組成部分:集水系統、貯存系統、導管系統及水質處

理系統，其中貯存系統包含儲水槽、溢流系統及雨水/自來水自動切換系統；水質處理包含排除初期雨水系統及雨水水質處理系統。

貳、雨水貯集利用相關研究及案例

一、雨水貯集利用相關研究

雨水資源再利用近幾年逐漸受到重視，以下針對各專家學者雨水利用相關研究進行收集。

Fewkes (1999)研究英國部分地區家庭，利用屋頂雨水貯蓄作為沖廁(非人體接觸)之關係，並建立相關設計曲線，作為雨水貯蓄設計之參考。經研究發現，雨水回收及與風速及風向並無顯著的關係。

朱壽銓(1997)分別對雨水貯集供水系統進行定義、效能演算、設置、貯水、供水、注意事項及維護管理項入進行說明，建立雨水貯留供水系統最適化或設計技術準則。

廖朝軒(1997)檢討理想雨水貯集系統水文設計中主要影響因素與建立以最低成本下之住家雨水貯集系統模式，影響雨水貯集供水系統最主要因素包含:降雨型態、逕流係數、可靠度、需水型態、系統模擬計算方式及取水方式等，此因素會影響雨水貯集供水系統供水能力改變，並利用生產理論探討貯留容量與屋頂面積之最佳組合。

廖朝軒等(1997)探討針對雨水貯集供水系統水文設計中的主要影響因素與建立考慮在經濟成本最小情況下，得到雨水貯集系統最佳組合設計模式，但影響貯水貯集供水系統之主要因素包括：系統模擬計算方式、逕流係數、可靠度、需水型式、降雨資料年限、取水方式等，上述因素皆會對雨水貯集供水系統造成供水能力之改變，並利用生產理論探討貯蓄容量與屋頂集水面積之最佳組合。

歐陽嶠暉(1998)指出都市人口密集，產業發達都市畫嚴重，故影響都市之保水及貯水能力，以致洪水逕流增加，洪峰到達時間縮短發生災害。因此改善都市排水與整治河川時，應確保都市具有保水及貯水能力，抑制雨水逕流。

李士畦 (1999)針對雨水貯集供水系統設計實務暨設置實例探討，以雨水貯集供水系統設計模擬、規劃、設計過程中必須注意之重點，進行相關經驗探討。

劉豐壽(1999)針對雨水貯集系統在台灣地區發展已由過去大小型農塘，擴大為農

業、工業與民生用途多目標系統的發展趨勢，探討雨水貯集供水系統近年來在國內外之應用情形，分析國內發展情況與推廣成效。

陳瑞鈴等(2000)在建築物規劃設計中導入雨水貯集供水系統，內容包括雨水利用系統設計技術及發展背景與變遷，系統設計與模擬解析，並針對國內導入雨水貯集利用系統之規劃案進行收集及分析。

廖朝軒等(2000)探討需水量貯集體積與區域平均降雨量之無因次關係圖，並以北部區域進行案例分析，利用動態聚類法將北部區域依降雨量分四小區域，並分別建立個小區域之雨水貯集容量設計圖，題供設計參考並進一步評估在不同區域下，雨水貯集供水系統在建築物節約用水造成之成效。

Zaizen et al. (2000)認為在日本地區對於雨水貯集利用有兩大方向，小規模的雨水貯蓄大多為一般住家的屋頂收集雨水；大規模的雨水貯蓄大多為運動場的屋頂收集雨水。針對日本東京、名古屋以及福岡等巨蛋體育館作為探討對象，利用屋頂作為雨水貯集面積並於館內興建滯留槽，並結合中水系統作為體育館之廁所沖洗及植物澆灑之水源，以有效節省水資源之浪費與控制逕流以降下水道系統之負荷。以福岡體育館為例，實際上雨水利用約為75%。

高靜儀(2001)對建築物導入雨水貯集利用系統設計與模擬評估進行探，俾利建築物導入雨水利用系統設計條件資料，並利用電腦輔助進行運算與評估，以提供設計者各建築類型，評估適合雨水貯集槽容量，尋求最佳環境與經濟效益。

游清煌(2002)對都市計畫區雨水貯集措施法制化可行性進行研究，並探討地球暖化、都市水資源等問題，可藉由雨水貯集措施入滲及滯留加以改善，如此將可延遲地表逕流排出時間、減低洪峰流量且可改善都市暖化現象，減緩都市洪患及增加入滲補助。

盧光輝(2002)認為海島地形，雖然雨量豐富但面積狹小，很難依靠大型水利工程解決供水問題，而屋頂雨水貯集系統，因其規模較小且分佈分散，不易造成環境破壞且有利於生態環境的保護，所以利用屋頂作為雨水貯集之空間，不但可減輕下游的防洪負擔，亦可提供水源供民眾使用。

Liaw and Tsai (2004)以供水為標的，利用經濟學之無差異效用曲線理論結合水文模擬建立單一住宅之雨水設施設計曲線，以探討區域雨水利用設施最佳容量設計方

式。

丁家偉(2006)由建築基礎構造中，常見的「筏式基礎」構造型式，其底部可供貯水空間特性，進而將雨水利用系統延伸導入置計有建築的範疇，利用既有建築龐大優勢，必定能夠提升水資源替代運用效益。

宋長紘(2008)以國立台灣海洋大學為案例，將工學院內已建置風力發電機，藉以 Visual Basic 6.0 軟體運算雨水供水與再生能源結合之可行性，探討泵浦用電量與雨水系統供水的替代率，藉此模式提供後續雨水供水與小型風力發電系統規劃設計之參考。

國外雨水利用已行之有年，如巴西水資源極為豐富佔全世界資源 11%，佔南美洲的 50%，雖然豐富但降雨分布不均。Enedir(2004)在巴西 5 個不同地理位置上透過雨水潛能來代替自來水使用，並宣導雨水利用的好處，收集巴西地區之降雨資料、每年自來水需求量、建築樓地板面積及每戶住宅的平均人口數來計算雨水利用潛能及雨水替代自來水率。

由以上文獻探討，雨水利用對於城鄉水環境之效益是顯著而多樣，然其效益多需經長時間量測而得，在設施容量設計方面，國內係以「綠建築解說與評估手冊」(內政部建築研究所，2009)之設計公式為依據，惟屬於經驗公式，而相關研究多偏向單一建築之雨水利用研究。若將單一建築雨水利用推廣至生態社區尺度，則其影響因子更為複雜，不同之區位、社區、建築型式等，皆可能設置系統之性能。

單一建築物之雨水利用，其用途偏向單一功能供水為主之設計，而若擴及社區等較大尺度，雨水之用途將趨於多元，雨水利用設施於社區產生之整體效益亦將更為顯著。然而，前述相關應用技術、理論與效益評估方法等則尚未見有系統之彙整與深入之探討，故本計畫「生態社區的雨水利用系統規劃技術研究」為一值得研究探討之課題。

二、雨水貯集利用相關案例

(一)日本

日本東京的 Ryogoku Kokugikan 競技場利用達 8400 平方公尺的屋頂集水區面積來集水，所收集到的雨水被導入在地面下容量 1,000 立方公尺的儲水槽，而使用用途在於廁所清洗和空氣調節。東京 (Makoto Murase, 2000) 到目前為止尚未充份利用雨水資源，

為確保城市供水，尤其遇到巨大天然災害，更有必要改變以往全依賴自來水從較遠處引水方式，而多開發就近水資源，以福岡市為例，即在住家、社區廣設置所謂「天水尊」或「路地尊」（如圖 2-8 所示）來儲集雨水，一來可提供作為日常澆花洗車之用，二來一旦遇有地震或火災緊急事件發生可作為備用水之用；近期在日本及台灣發生的大地震便是很好的例子，在地震發生後，災區達數月完全無自來水供應。「線」狀的供水方式應變更為「點」狀的供水方法，城市周圍應多設置小型雨水或地下水供水系統，以備重大災難如地震發生所需。



(a) 天水尊



(b) 路地尊

圖 2-8 設置於日本街道之天水尊與路地尊

資料來源：經濟部水利署，2002

(二) 非洲肯亞

肯亞為解決當地用水問題，在醫院、學校等公共場所及私人住宅建造數千座 10~100 立方公尺之貯水槽（圖 2-9 所示），以建築物之屋頂收集雨水，大大的減輕了當地水源缺

乏問題。

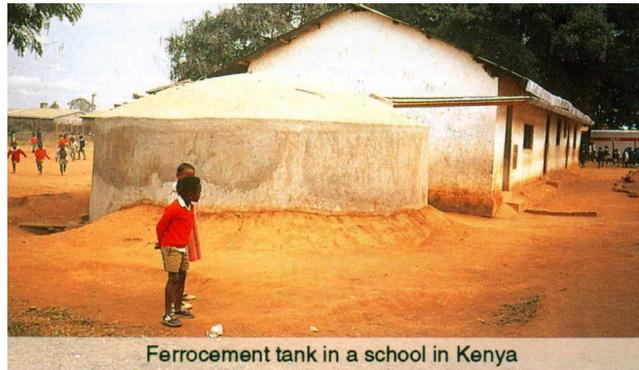


圖 2-9 肯亞之屋頂雨水貯集系統

資料來源：經濟部水利署，2002

(三)德國

德國築物大多設置雨水貯集系統以減少基地流出之逕流量，並作為減輕自來水之補充用水；圖 2-10 為德國住宅之雨水貯集系統設置案例，該系統主要以 6 立方公尺之地下貯水槽，搭配 128 平方公尺之屋頂收集雨水，經水質處理後可供給該住宅三個廁所之廁所沖水、洗衣機用水及庭院灑掃用水。

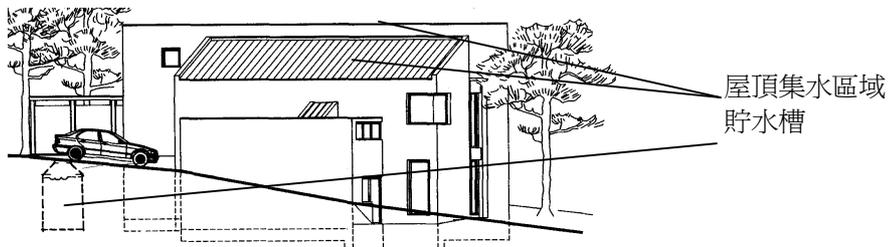


圖 2-10 德國之屋頂雨水貯集系統

資料來源：經濟部水利署，2002

(四)泰國

泰國著名的的大水缸計畫，在泰國政府推動下，於1990年完成，共建造九百萬個大水缸（如圖2-11所示），受益人口達一千八百萬人（霍雨時，1990），泰國的大水缸貯水計畫利用分散經營水資源的概念而達到巨大的成效，藉由雨水資源解決了當地鄉村的飲水問題。菲律賓 CAPIZ 省最初是在1989年由加拿大國際發展研究中心（IDRC）協助，製作了約500個容量2~10立方公尺的雨水貯存槽，這些裝置用來補助鄉村的用水。



圖 2-11 泰國之「大水缸計畫」

資料來源：經濟部水利署，2002

(五)韓國

位於東北亞的韓國，降雨集中在6~9月，其年平均降雨量為1274公釐，僅為台灣的一半，其降雨量扣除蒸發量僅剩59%轉換為逕流量，其中約31%直接奔流入海，十分可惜；加上韓國近年來經濟發展迅速，故面臨極大之缺水壓力，故韓國相關單位極力推廣設置雨水貯集供水系統以紓解供水壓力。上屆世界盃在韓國舉行，為紓解球賽期間之供水壓力，故韓國政府於各比賽場地設置屋頂雨水貯集系統，將屋頂設計成集水區域收集雨水，收集的雨水淨化後供該球場的廁所沖洗、景觀維護等用水與防洪使用，各場地如圖2-12所示；各場地貯集系統之容量與系統之功能如表2-9所示。

表 2-9 各屋頂雨水貯集系統之設置容量及功能一覽表

場地名稱	貯蓄容量(m ³)	功能
Incheon	600	景觀用水
Suwon	24,500	防洪
Dajeon	200	景觀用水
Junju	710	景觀用水
Jeju	500	景觀用水、廁所用水

資料來源：經濟部水利署，2002

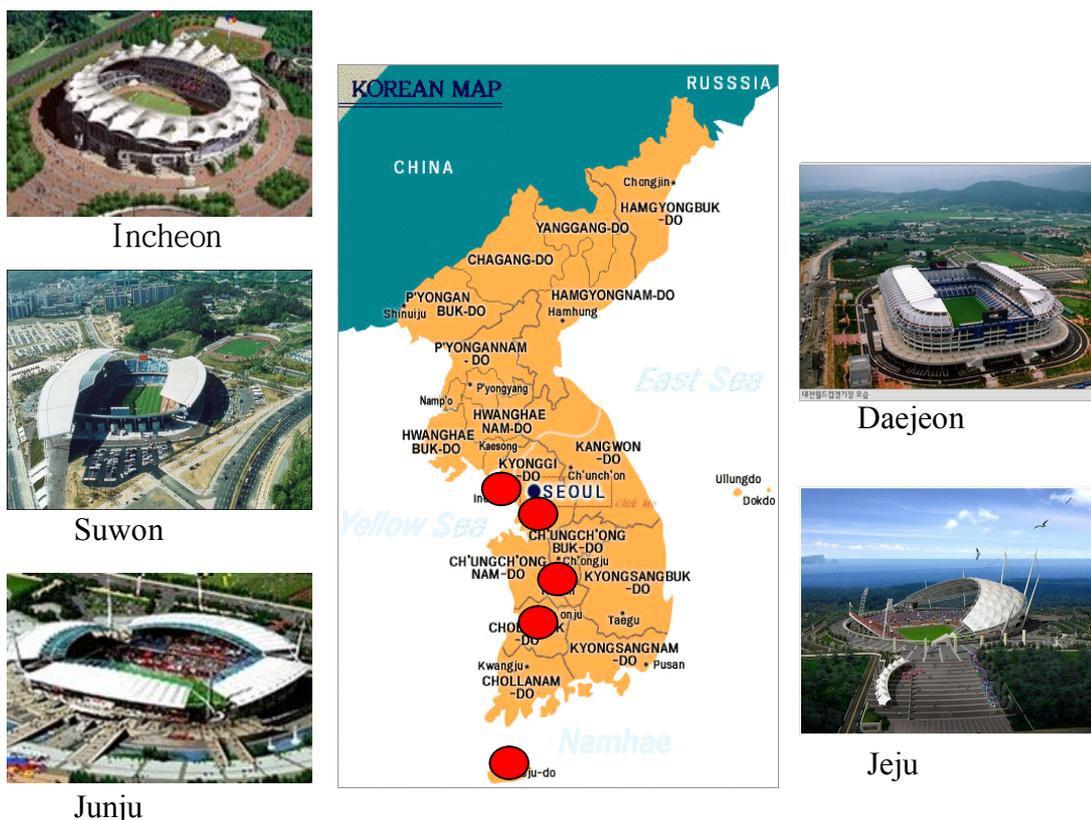


圖 2-12 世界盃比賽場地之屋頂雨水貯集系統

資料來源：經濟部水利署，2002

由上述得知，各國已有許多發展相當完整之生態社區，反觀國內，已有許多聲稱「生態社區」之相關案例，國外之生態社區對於水循環與排水尤為重視，亦可能在生態社區開發前先作全面性排水與保水之設施，而雨水再利用尤為重要。

下章節將針對國內「生態社區」，進行現地調查及評估，俾利了解國內「生態社區」之問題。

第三章 國內既有生態社區調查評估

台灣已有許多所謂「生態社區」，如台南縣菁寮社區、台南縣大地莊園社區、南投縣桃米生態社區、台南市金華社區、桃園縣龍潭渴望園區及金門珠山社區等，但尚未通過EEWH-EC指標之評估，以致現勘選址尚有難度，故本計畫針對內政部建築研究所相關報告建議、專家學者推薦及現有稱為「生態社區」進行現勘並分析相關現存在問題，以為後續興建參考資料。在此對既有生態社區調查評估相關內容說明如下。

第一節 生態社區選擇

本計畫將收集已完成生態社區，由於過去生態社區相關個案數有限，尚有許多社區正在轉型生態社區，但截至目前為止已收集到下列12個社區資料，如表3-1所示：

表 3-1 台灣社區

編號	社區名稱
1	台南市金華社區
2	台南市崇明社區
3	台南市漁光里社區
4	台南縣菁寮社區
5	台南縣大地莊園社區
6	台南縣篤加社區
7	台南縣大灣社區
8	台北市萬芳社區
9	南投縣桃米生態社區
10	桃園縣龍潭渴望園區
11	金門珠山社區
12	台南縣八翁社區

資料來源:本研究整理

壹、現地調查表格設計

於既有生態社區之調查評估，本計畫除收集彙整相關書面及圖面資料外，並進行現地調查，經計畫人員現地調查，俾瞭解生態社區之實際情形，為提升調查效率及降低錯誤，統一現場調查人員之作業程序，設計「生態社區調查表」主要以計畫人員現地勘查方式勾選，俾利瞭解個案及後續建立生態社區工作之進行，其內容包括下列項目如表3-2所示。

第二節 現地調查實施計畫

壹、現場調查地點之選取

由前述相關資料可之收集之資料數量有限，在考慮本計畫工作項目要求選取部分個案例與工作團隊人力分配，故擬訂下列篩選因子，做為選定調查之依據。

- 一、內政部建築研究所相關報告之建議社區。
- 二、專家學者建議。
- 三、生態社區中較具代表性者。
- 四、可獲得較詳細資料。

本計畫擬依據上列篩選因子，對前述收集既有生態社區資料篩選出並進行調查，主要分基本資料、各項調查確認及使用情況，將所收集資料進行調查分析現存問題、建立生態社區技術提升之用。

貳、現場調查作業流程

本計畫為提升調查效率及一致性及降低因人為疏失而造成調查結果不完整及錯誤，特擬定現場標準作業調查作業之流程，說明如下。

- 一、目的：本調查標準作業程序是用於內政部建築研究所委辦「生態社區的雨水利用系統規劃技術研究」計畫中，相關依據準則以「服務建議書」為準。為提升調查效率及減低錯誤，本計畫擬定標準作業流程，且於第一次現勘時，各小組將會勘現場並於會勘完畢後開會檢討，統一現場調查之作業程序。

表 3-2 生態社區調查表

生態社區基本資料		照片
<input type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南		
生態社區名稱		
社區總面積		
生態社區發展背景		
社區背景		
社區地理位置		
社區發展方向		
其他		
生態社區規劃理念		
生態社區推動方向		
目前面臨問題		
現勘日期	調查人員	

資料來源:本研究整理

二、調查前製作業：資料收集及設備整備、人員編組與行前訓練、行程路徑規畫、行前資料與設備確認。

三、調查作業：調查範圍、調查方式、現場調查記錄。

四、調查後資料之整理：調查資料正確性與調查資料之彙整。

五、現場調查之行程安排：本工作團隊依照台灣地區之地理區域及工作團隊之人力，安排現場調查之行程，於三月~六月進行現勘，已現勘之行程表如表 3-3 所示。

目前國內生態社區案例有限，對於其效能評估目前相關方法有限，因此本工作團隊嘗試對生態社區相關組成因子進行歸類，並設計「生態社區調查表」等表做為評估之依據，其中將生態社區分為四大主要因子進行探討，該表格除提供評估生態社區相關問題外，另外亦可作為後續設計與管理者自我評估參考之依據。

表 3-3 已現勘地點

現勘日期	社區名稱	位置
3/18	金華社區	台南市
3/22	大地莊園社區	台南市
3/22	菁寮社區	台南市
3/25	桃米生態社區	南投縣

資料來源：本研究整理

參、調查結果整理評估

一、案例描述：社區名稱、系統照片。

二、主要系統要項分析：

- (一) 生態社區基本資料：位置、生態社區名稱。
- (二) 生態社區發展背景：社區背景、社區地理位置、社區發展方向與其他。
- (三) 生態社區規劃理念
- (四) 生態社區推動方向
- (五) 目前面臨問題

三、綜合評述：針對上述內容進行探討與分析並給予相關建議，現勘整理資料如表 3-4 所示。

表 3-4 生態社區案例評估總表

社區名稱	社區照片	社區發展背景	社區規劃理念	社區推動方向
金華社區 (台南市)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 居民陳情，力保社區公園 2. 居民自籌經費加強社區凝聚力 3. 陸續推動社區活動，改善空間設置社區服務，逐步引導居民參與，俾利推動社區公共事務 	先改善現有環境及空間，再推動相關活動，如老人關懷及照顧、相關藝文活動等。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 空地代轉成停車空間 2. 閒置空間再利用 3. 資源回收 4. 社區增加生態水景 5. 增加社區花園
大地莊園社區 (台南縣)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 共四期開發，已完成三期開發 2. 基地近真理大學、台南科學園區及近二高等特色 3. 住戶多為高收入群、退休及藝文工作者居多 	社區規劃理念強調節能、生態、慢活及健康社區環境為主	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增設生態景觀滯洪池 2. 積極綠化社區及建築節能 3. 人車分流 4. 增加社區公共活動空間 5. 街道景觀及設計
菁寮社區 (台南縣)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 社區因種植「菁仔」，故為社區名 2. 當地水資源豐富，農田灌溉容易 3. 農舍多以低矮紅瓦合院之傳統建築 4. 為台灣少數傳統農村特色部落 	社區規劃理念以農村文化維護、社區營造及景觀環境改造為主	<ol style="list-style-type: none"> 1. 環境綠美化 2. 開放空間資源管理 3. 維護農村部落特色 4. 社區營造與文化維護 5. 積極開發社區觀光民宿
桃米生態社區 (南投縣)		<ol style="list-style-type: none"> 1. 早期該地缺乏米糧，因交通不便需借由人力挑米，故被稱「挑米坑仔」 2. 典型農村部落 3. 曾經歷 921 地震重創，經重建努力而重生 	社區規劃理念主要結合有機農業、生態觀光及生態保育為主	<ol style="list-style-type: none"> 1. 保育濕地並以生物多樣性為設計概念 2. 社區多以親近自然手法設計 3. 閒置空間再利用 4. 民眾積極參與社區活動

資料來源:本研究整理

第三節 問題分析與評估

依現勘訪談表(附錄二)，使用者提出

相關之生態社區之問題，問題分類如下：

表 3-5 生態社區現勘相關問題表

社區	項目	內容	
金華社區 (台南市)	生態社區已考慮內容	1. 社區防災規劃 2. 設置滯洪池 3. 生態旅遊 4. 社區行銷 5. 社區自發性環境維護管理 6. 社區培力	7. 參與式設計社區規劃 8. 垃圾減量 9. 廢棄物回收再利用 10. 複合式植物混種設計 11. 大眾運輸系統 12. 行人友善空間
	生態社區未考慮內容	1. 相關綠能再利用(如:風力發電與太陽能蓄電等) 2. 社區中水處理 3. 立面及屋頂綠美化 4. 生態道路 5. 生態區域(如:居住與工作均衡等) 6. 生物多樣性(如:棲地保護與生態廊道設計等)	
大地莊園社區 (台南縣)	生態社區已考慮內容	1. 設置滯洪池 2. 生態旅遊 3. 社區行銷 4. 社區自發性環境維護管理 5. 社區培力 6. 太陽能利用 7. 垃圾減量	8. 廢棄物回收再利用 9. 社區中水系統 10. 社區雨水貯集再利用系統 11. 行人友善空間 12. 社區綠化 13. 親自然空間規劃 14. 生態廊道
	生態社區未考慮內容	1. 社區防災規劃 2. 參與式設計 3. 風力發電 4. 生態道路	

表 3-5 生態社區現勘相關問題表(續)

		5. 生態區域(如:居住與工作均衡等)	
		6. 棲地保護	
		7. 大眾運輸系統	
菁寮社區 (台南縣)	生態社區已考慮內容	1. 設置滯洪池 2. 生態旅遊 3. 參與式設計 4. 垃圾減量 5. 廢棄物回收再利用	6. 複合式綠美化 7. 行人友善空間 8. 親自然規劃設計 9. 棲地保護 10. 配合地區之生態基盤
	生態社區未考慮內容	1. 社區防災規劃 2. 社區行銷 3. 社區自發性環境維護管理 4. 社區培力 5. 社區水循環	6. 立面及屋頂綠美化 7. 大眾運輸系統 8. 生態道路 9. 生態廊道 10. 居住與工作均衡
桃米生態社區 (南投縣)	生態社區已考慮內容	1. 社區防災規劃 2. 設置滯洪池 3. 生態旅遊 4. 社區行銷 5. 社區培力 6. 參與式設計社區規劃 7. 風力發電	8. 垃圾減量 9. 廢棄物回收再利用 10. 複合式植物混種設計 11. 生態道路 12. 行人友善空間 13. 生物多樣性 14. 生物區域
	生態社區未考慮內容	1. 社區自發性環境維護管理 2. 大眾運輸系統 3. 相關綠能再利用(如:風力發電與太陽能蓄電等) 4. 社區水循環 5. 複合式植物混種設計	

資料來源:本研究整理

相較於國外社區規劃設計概念已超過 30 餘年長期發展，台灣生態社區規劃之專業設計雖僅有 10 餘年之推動歷程，但在社區決策民主與地方社區規劃全面性操作，仍屬起步階段，在長期政府政策與專業者主導下，社區自發性環境營造仍顯不足。

表 3-5 與國外各案相比較，國外相關生態社區規劃方向較多元化及深具整體性，居民對於永續生態社區之觀念與認同感較為深遠，反觀，台灣永續生態社區大多因政府推動政策方

向與房地產而影響生態社區之推動，然而台灣部分生態社區尚未通過相關生態社區之評估指標，以致生態社區發展並非全然之「永續生態社區」，台灣永續生態社區大多以「部分」生態為主。

比較國內外相關永續生態社區之社區水循環中，不論是瑞典 Undertenshöjden 社區、瑞典 Brandmästaren 公寓、美國 Village Home 社區、德國 Kronsberg 社區、荷蘭 GWL 社區與日本世田谷 Kasawa 社區等，均有考量社區整體水循環。反觀台灣，僅有金華社區與大地莊園社區，考量部分整體水循環機制。相關國外永續生態社區水循環之相關項目如表 3-6 所示。

表 3-6 國外永續生態社區水循環之相關項目

國家	社區名稱	水循環之項目
瑞典	Undertenshöjden 社區	戶外地面主要鋪設透水鋪面俾利雨水入滲，補給地下水源。
	Brandmästaren 公寓	特製屋頂吸收雨水，達到建築物隔熱之作用，此外另設置了雨水貯集桶作為澆灌之使用。
美國	Village Home 社區	全社區採用開放自然式滲透排水系統，主要以草地代替不透水鋪面，並以下凹式窪型草地作為自然排水管道，生態池塘亦有滯留池之效果。全社區增加透水層師設計手法，讓每戶居民省下 800 美元之雨水下水道工程費用。
德國	Kronsberg 社區	此社區主要加強雨水回收貯集再利用及土地透水率，道路設計主要以生態草溝，活動空間以卵石與草地作為自然排水道路，並設計生態池作為滯洪設計，並在屋頂上設置綠屋頂使雨水可貯集再利用。
荷蘭	GWL 社區	社區主要設置雨水貯集再利用系統，將雨水導入排水溝，經由共通管道回收再利用。在土地方面亦加強透水鋪面鋪設，增加土地涵養水源之功用。
日本	世田谷 Kasawa 社區	主要以增設透水鋪面、設置雨水貯集再利用系統與設置生態池作為水循環之項目。

資料來源：參考 The Natural Step for Communities, 2004、Theory and Practice of Sustainable and Ecological Communities, 2009 與本研究整理

由表 3-5 與表 3-6 比較結果分析中得知，國內生態社區雨水規劃利用技術尚未完全發展，然而生態社區雨水利用技術非簡易公式方能適用在不同生態社區各案上，應因地制宜。現勘之生態社區建議雨水設置方式如下，金華社區為既成社區，建築櫛比鱗次設置獨棟雨水空間有限，但社區多公園、開闊空地及畸零空地，故應可設置「多棟建築雨水系統」，即利用空地設置儲存設施，收集鄰近區域建築雨水，可將各建築物收集之雨水集中運用，互相支援，可供應區域需水量；菁寮社區為鄉村社區，社區新舊、現代傳統建築夾雜。因為鄉村社區建築周圍多有空地，且多以天溝明管排水，故應可於落水管末端設置儲水槽收集雨水；大地莊園已有良好生態景觀設計池，若再能利用各建築之屋頂進行雨水貯集再利用之收集，必定能得到更加雨水利用之效果；桃米生態社區尚未設計水循環之相關設備，此社區綠地比例高，若能利用綠地進行透水與生態滯洪池之雨水貯集再利用，必定能達到水循環之良好成效。

國內生態社區雨水貯集再利用之相關規劃設計技術、雨水利用之相關適宜性、生態社區雨水規劃原則、合理替代率與容量設計原則等資料有限，故下節將針對上述之相關議題進行討論。

第四章 生態社區雨水利用規劃技術分析

雨水利用技術具有因地制宜之應用方式，其按建築類型而有不同之設計，而若由單一建築推廣至生態社區尺度，則其影響因子更為複雜，本章將針對生態社區之雨水利用規劃技術進行分析，如下所示。

第一節 社區雨水利用類型

不同之區位（都市、鄉村）、不同之社區型式（都市鄰里單元、集合住宅區、鄉村既有聚落、新社區）、不同之地文條件（平原、山坡地）等，其可能設置之型式亦有不同，以下就其各雨水利用型式進行概要介紹。

壹、建築物雨水利用類型

一、低樓層建築雨水系統

單一建築物、具樓層低、用水人口少之特性，如：住家等。此類型藉由建築物屋頂收集雨水以供使用，儲水槽可置於陽台或地面，管線設計較為簡單。

二、高樓建築雨水系統

收集屋頂雨水，將其導入高層雨水貯水槽，再以重力式給水分送至各用戶之可替代用水管路，或導入地面上之雨水貯水槽，再以水泵送至各用戶。

三、多棟建築雨水系統

在鄰近區域內，若有 2 棟以上之建築物具雨水收集條件，可將各建築物收集之雨水集中運用，互相支援，可供應較大之需水量。

貳、區域雨水利用型式

一、地面雨水收集

設置擋水堰或掩埋式收集管於鄰近山溝底床或低窪處以收集地表水，進而以重力排水管路或抽水系統引至貯水槽以供使用。若社區具有廣大之開闊地表，如：綠地、休耕農田等，可考慮此方式進行收集。

二、建築物結合地面雨水系統

如已設置屋頂雨水貯留系統，但尚不能供給其需求，此時可自所在地之集水區之地表收集雨水，導水至貯水槽收集儲存，再輸水至需水地點。如此可將屋頂貯留系統與地表收集系統相結合，以增加水資源的供水量，使水資源能更有效的利用。

參、複合型雨水系統設計

此型式為雨水利用系統與其他系統結合，以增加雨水利用之附加效益。

一、雨水收集結合入滲設計

雨水貯留系統之貯水槽滿水時，必須使溢流之雨水迅速排出，因此可於儲水槽頂端安裝溢流管。故屋頂雨水貯留系統可配合入滲系統進行配置，使其具有供水、保水效益。

二、雨水利用結合屋頂花園設計

屋頂植生所需的水源，可結合屋頂雨水貯集系統進行澆灌，解決屋頂花園澆灌問題，使雨水得以充分利用，提高雨水利用於水環境之效益。

三、雨水利用結合再生能源系統之節能設計

雨水利用系統可為重力給水，也可設計為機械給水，若在偏遠濱海社區或山坡社

區，可考慮將雨水利用結合再生能源系統以充分利用能源，供應系統所需之電能，減少輸水過程之電力消耗。雨水利用結合再生能源之設計型式可概分為：

(一)獨立型系統 (Stand-Alone)

運用於市電不易輸送之地區，由再生能源系統發電，並供負載及蓄電池充電，可以自給自足。若有需要，可併聯其他發電設備，如柴油發電機等系統。

(二)市電併聯型 (Grid-Connected) 系統

市電與再生能源系統併聯發電，並供負載，不夠的電由市電供電。當再生能源系統產生之電力大於負載時可回售於市電，增加雨水利用效益。

(三)緊急防災型 (獨立/併聯混合型) 系統

市電與再生能源系統併聯發電，並供負載及充電。遇颱風時期或下大雨電力中斷時，仍有足夠的蓄電池可以安排救災，直到市電恢復。此型式適用於有防災需求之公共設施，但缺點為因包含兩種系統建置成本較高，系統較複雜。

肆、雨水利用結合亞熱帶建築環境設計

台灣位於亞熱帶，夏季平均溫度高達 28~29°C，而隨著氣候變遷，夏季變長、冬季縮短的特殊現象，也使得民眾開冷氣時間延長，消耗更多能源。雨水利用技術除供水功能外，經適當之設計，可利用「水」之吸熱功能，冷卻建築物外牆之溫度，創造舒適之室內生活環境，亦可節省能源消耗。

本計畫擬以上述雨水利用技術為基礎，並進一步收集國內外之雨水利用設計，配合國內之設置條件，建立「社區型式、建築類型之雨水利用技術適宜性建議表」，初步內容包含：技術名稱、技術優點、技術缺點、建議地點（按不同地點，評定適用等級）。

第二節 雨水利用技術在生態社區之適宜性比較

壹、雨水利用之可行性

雨水利用即是把降雨直接收集利用或收集村落、農場、市鎮等所生成之地表逕流，並將之過濾後貯存及使用。

雨水利用的歷史則可追溯到古代，自屋頂、自然表面、公路、庭院及一些人工集水區等地方收集雨水。羅馬的村落在 4,000 年前已利用雨水充當飲用水之供水系統，在印度 Bomby 地區也有發現在山區岩石地區利用輸水渠道與蓄水槽收集雨水提供當地全年之供水，在歐洲及亞洲也被廣泛應用於飲用水，特別是在鄉村地區，但改善自來水的普及率之後，雨水利用也逐漸勢微。目前在部分熱帶地區的小島上，雨水依然是必須的供水水源，這些情形在乾旱及半乾旱地區更是視之為唯一水源，一些開發中國家也視雨水為自來水之補充水源。

一、故雨水可透過下列方式進行收集：

- (一) 收集屋頂所生成之逕流
- (二) 收集當地集水區生成之逕流
- (三) 收集當地小溪之季節性洪水

二、收集之雨水具有下列功能及效益：

- (一) 供給人或牲畜用水
- (二) 供給農業灌溉用水
- (三) 增加地下水補助
- (四) 減少地表逕流流量、減少洪水流量及下水道系統處理流量
- (五) 透過集水區管理而提升水資源保育
- (六) 減少海水入侵之機率

此外，如能控制地表逕流以減少土壤沖蝕與保持土壤肥力，且能予以收集貯存，則不

但能改善保育水土資源，並可進而提供安全可靠之水資源。是以自生態、財務及政治觀點而言，加強建立住宅及社區之雨水貯集利用系統是必需的。

生態社區之雨水最大利用潛勢係以(降雨收集效率係數*年平均降雨量*集水面積)進行估算，為理論上可以收集到的最大雨水利用量。

貳、生態社區之雨水貯集利用技術

生態社區之雨水貯集利用的型式與居民的生活方式，特殊的地形、地貌、氣候及水文等不同條件而衍生，本節收錄十種不同的雨水貯集方式並分析於生態社區之適用性，茲分別說明如后。

一、屋頂雨水貯留系統

建築物的屋頂，本來就具有將所降的雨水通過集水管溝儘速排入下水道管渠等基本目的，故屋頂本身就剛好成為收集或滯留雨水之場所，雨水需與飲用水水塔分開貯存以作為非飲用水或其他用途；對大型建物及缺乏地形集水區域來說，本方式不失為最具效用的方法。

屋頂雨水貯留系統包含四個主要組成部分，如圖 4-1 所示：(一)集水系統、(二)貯存系統、(三)導管系統及(四)水質處理系統；其中貯存系統包含儲水槽、溢流系統及雨水/自來水自動切換系統；水質處理系統包含初期雨水排除系統及雨水水質處理系統。

(一)集水系統：屋頂原本即用來排水，使水不能滲入屋內，因此逕流係數很高，而且在收集雨水後就能馬上提供屋內使用者的用水，一般言多為平頂或斜頂之混凝土屋頂。

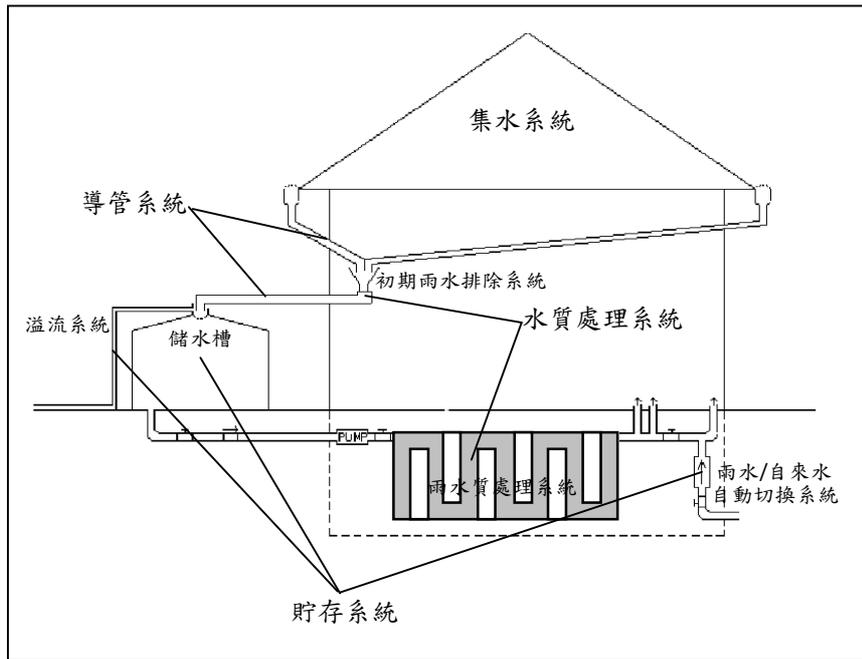


圖 4-1 屋頂雨水貯集系統之組成示意圖

資料來源：經濟部水利署，2004

(二)貯存系統：可分為地上式及地下式儲水槽。所謂地上式儲水槽與一般常用之水塔類似，成本較為便宜但佔空間，對於社區居民而言是可接受的，而社區中學校及政府單位建築具有設置空間，建議使用地上式貯水槽。地下式儲水槽即是將儲水槽設置在地面下，所以不會佔地表空間，但維護較麻煩。如可利用建築物的筏基，則可減少設置成本且易於維護。儲水槽需裝設雨水/自來水自動切換系統，雨水補充系統要和自來水供水系統分離設立，以確保水中的微生物不會污染到一般的供水系統網路。

(三)導管系統：溝槽和落水管必須有效的將屋頂所收集的水送進儲水槽，其設置需注意四點：材料表面光滑、質輕、防滲漏和易於連接。生態社區老舊建築物若無落水管則須加以銑洞接管，斜屋頂若無天溝則須另行加裝。

(四)水質處理系統：降雨初期，降雨會沖刷堆積在屋頂上面的灰塵和一些植物的碎片等，故需將降雨初期混濁的雨水排出儲水槽；在排除初期雨水後，雨水水質已經不如地面收集雨水的髒，而各個用途之用水，對於水質各有不同之要求，故必須依雨水之用途及集水區域，決定相對應之雨水水質處理處理流程及相關處理系統。

二、生態社區之雨水收集結合入滲系統

當屋頂雨水貯集系統之貯留槽滿水時，必須使溢流之雨水迅速排出，因此可於儲水槽頂端安裝溢流管。溢流之水可考慮其他的用途，如：灌溉及補充地下水源等，故屋頂雨水貯留系統可配合入滲系統進行配置，以使過剩之雨水有效率的入滲至地下；一般常用的入滲系統有：滲透側溝、滲透陰井滲透排水管、草溝、生態入滲池及透水鋪面等(內政部建築研究所，2003)，圖 4-2 為屋頂雨水貯留系統結合入滲系統之示意圖。

圖 4-2 為結合滲透側溝，亦即將一般雨水排水溝側溝底部及側面填充碎石等透水性材料使雨水可由底部及側面滲透。雨水排水溝通常設置於建築物周圍來收集屋頂的排水或是使用於小型的排水區域之中，故可將其改為滲透側溝並與屋頂雨水貯集系統搭配使用，另也可將「滲透側溝」與「滲透排水管」及「滲透陰井」組成整個基地貯留滲透排水系統，為一極佳的雨水利用方式。

三、雨水收集結合污水回收

在乾旱地區或離島地區因降雨不均勻，而且自屋頂或地表所收集之雨水不能有效穩定的提供用水之需，故將較大型社區或建築物所排出之污水經過人工開挖或使用擋水設施建構之地面或地下式之人工濕地(Constructed wetlands)或水質處理系統處理污水後，可與屋頂及地面所收集之雨水混合之後，提供灌溉或雜用水之用。

建議在已設置中水回收系統加裝雨水收集管線及雨水水質處理系統，可有效降低雨水貯集系統之設置成本。如：台南縣大地莊園社區、義守大學及慈濟醫院，中水回收系統如圖 4-3 所示

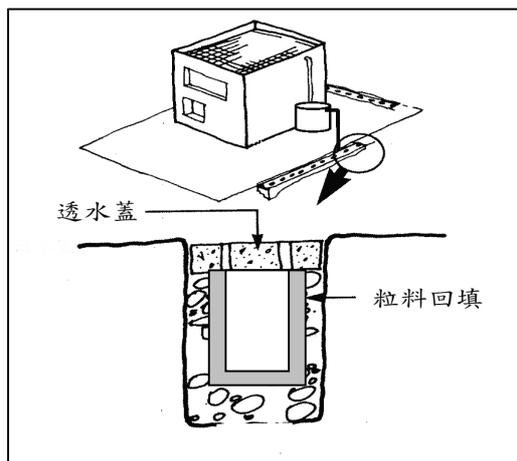


圖 4-2 屋頂雨水貯集系統結合入滲系統之示意圖

資料來源：本研究整理

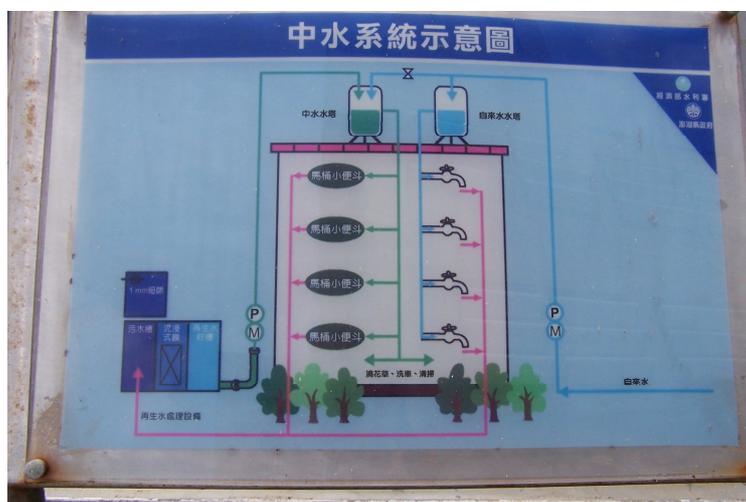


圖 4-3 中水回收系統示意圖

資料來源：經濟部水利署，2004

四、公路逕流收集系統

另一雨水利用方式為沿著公路方向設置截水工程，利用重力流方式收集雨水，並於公路兩旁空地設置地下或地面貯水系統，如圖 4-4(A)所示；或設置暗渠集水設施收集。當需水地點距收集面有一段距離，則需另修建輸水渠，把水引到需水地點附近空地貯存，並可收集沿線之雨水以構成一網狀之雨水收集系統，如圖 4-4(B)所示，國內目前已有國內離島地區部分公路使用此方式收集雨水至水庫以供使用，如圖 4-5 所示。未來應可推廣至本島社區使用。

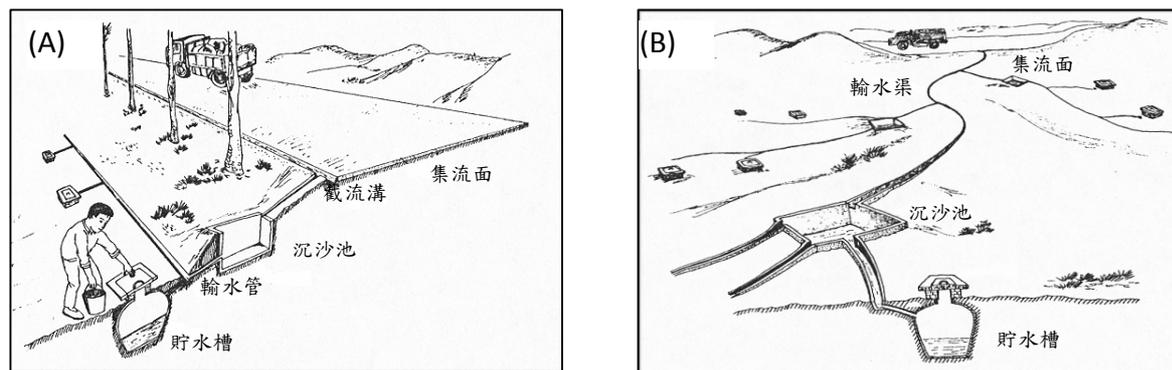


圖 4-4 公路逕流收集佈置方式

資料來源：經濟部水利署，2004



圖 4-5 公路逕流收集系統

資料來源：經濟部水利署，2004

五、地表雨水截留

設置擋水堰或掩埋式收集管系統於鄰近山溝底床或低窪處以收集地表水，進而以重力排水管路或抽水系統引至貯水槽以供使用，如圖 4-6 所示。這類型技術較不需要大型之開挖，故其相對之取水成本及操作維護成本較低。坡地社區可採用此方式進行雨水收集。

六、區域雨水系統

如已設置屋頂雨水貯集系統，但尚不能供給其需求，此時可自所在地之集水區之地表收集雨水，經由快濾、慢濾過程最後至貯水槽收集儲存，再輸水至需水地點，收集過程如圖 4-7 所示。如此可將屋頂貯留系統與地表收集系統相結合，以增加水資源的供水量，使水資源能更有效的利用。此雨水收集型式適用於高需水量之社區，並具有地形給水潛式區域。

七、田間雨水貯留工程

在耕地之外的荒坡上佈置集流面集水，需要長距離輸水，不僅造價高，而且輸水會產生一定之水量損失。有些地方之農民創造了一種稱之為「四分輪休」的集流面佈置方法，把一塊地分成四份，其中一塊鋪設塑膠布，用於集雨；另三塊則正常耕作，第二年再調換另一塊當集流面，這時每年有 1/4 的土地為集流面，不能耕作，但由於集水灌溉減少了成本，故為農民所接受，相關示意圖如圖 4-8 所示。鄉村地區社區與農村聚落之一般輪耕農地皆可採用此方式收集雨水。

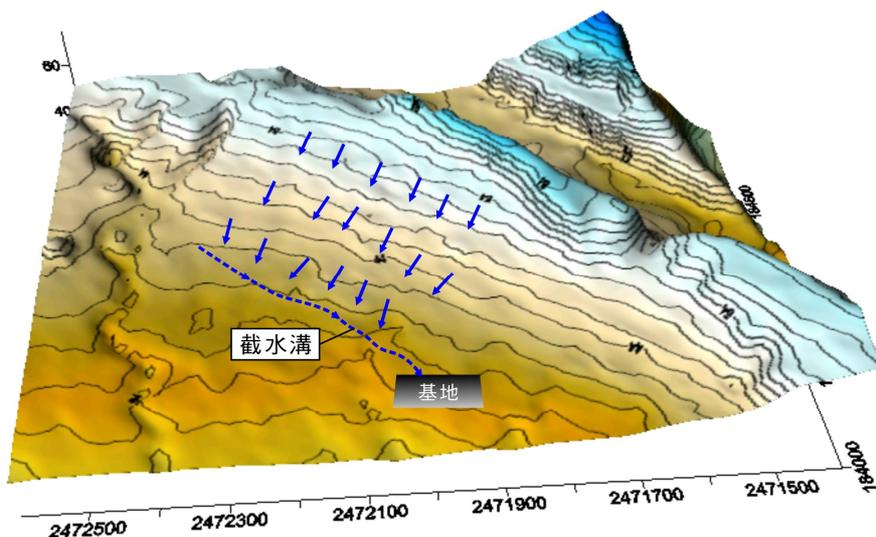


圖 4-6 地形雨水截留示意圖

資料來源：經濟部水利署，2004

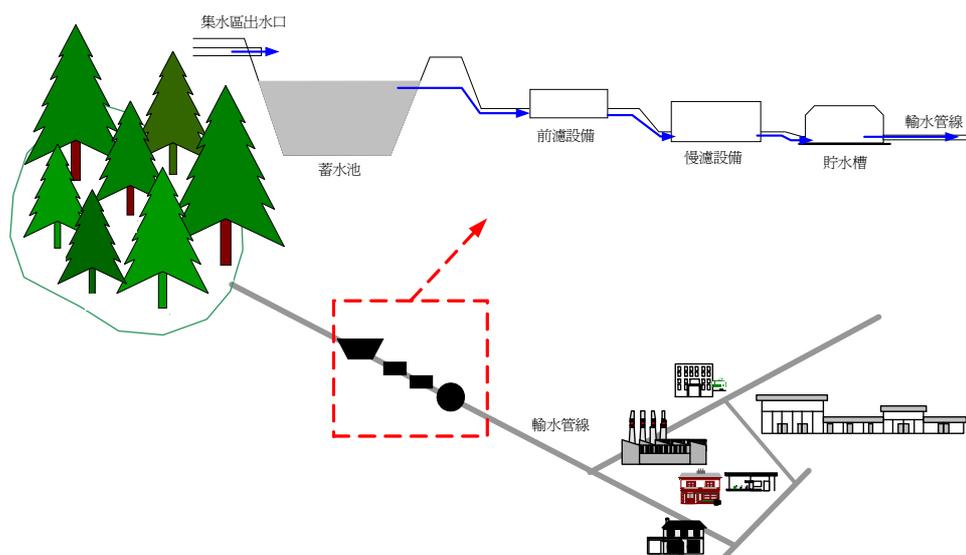


圖 4-7 區域雨水系統設置示意圖

資料來源：本研究整理

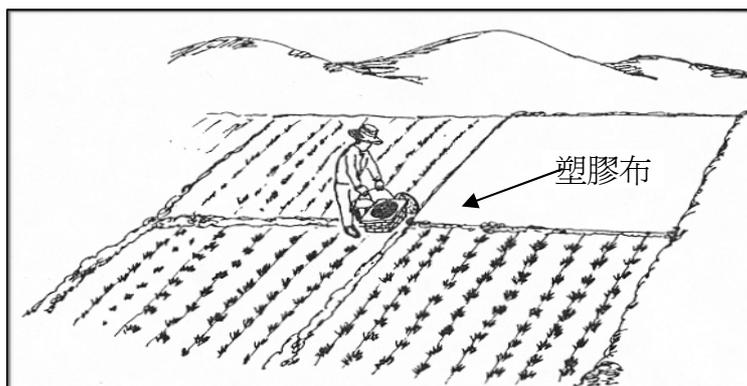


圖 4-8 田間雨水貯集工程佈置方式

資料來源：經濟部水利署，2004

八、入滲廊道(Infiltration Galleries)

本技術適用在地下水抽水量較大之小型珊瑚礁岩之地區，其主要的目的為分擔抽水，避免集中抽水而造成之海水入侵或地層下陷的現象。基本上其利用的方法可分為二大類；明渠方式或地下埋入管渠。明渠方式一般使用於地下水位離地表 1~3m，且其建造之技術與複雜性較低。

地下埋入式管渠如，最早之明渠式入滲廊道建造在 1950 年代的 Kritimati (Christmas Island)。Kritimati 提供當地百姓之供水，這些技術直到 1980 年代依然被廣泛的使用。而地下埋入式管渠則在太平洋及印度洋的小島上被廣泛的應用，例如在太平洋的島國 Kwajalein, Republic of the Marshall Islands；Tarawa, Republic of Kiribati；及 Aitutaki Cook Islands，印度洋則有 Cocos (Keeling) Islands(圖 4-9)。入滲廊道之初期建造成本較高，但尚須由其它因素決定，而其所需之操作維護成本則較低。此方法適合在濱海區使用。

九、開闊地雨水收集(Open Sky Rainwater Harvesting)

一般雨水收集係利用屋頂或集水區地表收集雨水回收再利用，然而在開闊地無建築物或無地表收集雨水設施時，印度婦女利用布、帆布或塑膠布等材料，在開闊地張開布或帆布充當集水面積，並在中間預留一通水孔，並在其下方配置收集系統收集雨水，以提供平時飲用水，如圖 4-10 所示。此方法設立簡易，成本低廉，而且收集之雨水水量較少，雖然

不易提供大規模用水之需，然而具備機動性與彈性，適合多數社區使用，特別是缺乏集雨條件之區域。

十、霧氣收集系統(Fog collection)

霧氣收集系統已成功的在世界各地使用，特別是在霧氣較豐富之沿海地區或高山地區，其是利用較細密的網子豎立在水氣通過的途徑上，當水氣通過網的細小孔而凝結，霧氣收集網是由尼龍繩編織而成的細小孔隙網所組成，再收集凝結水供給當地飲用水之需，其佈置情形如圖 4-11 所示。

此系統的設置成本低，而且技術與操作維護簡易，供水水質較佳，但其供水量較少，而且較不穩定，需與其它水源搭配使用。台灣因地形因素，冬春兩季經常會發生大霧，固可考慮此方式收集雨水，此方式在鄉村及開闢區域尤為適合。

參、雨水利用技術在生態社區之適宜性比較

本節就依上述之雨水利用方法，就其優點、缺點、適合性及建議設置點進行比較如下表所示，表中就此四項因子提出在生態社區之可行性高低。

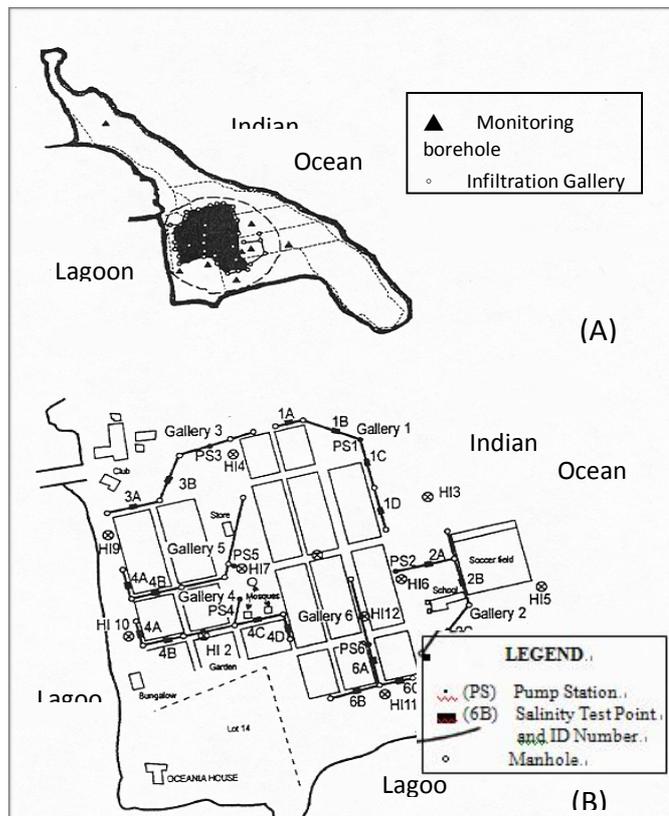


圖 4-9 Cocos (Keeling) 島嶼之入滲廊道配置圖

資料來源：經濟部水利署，2004

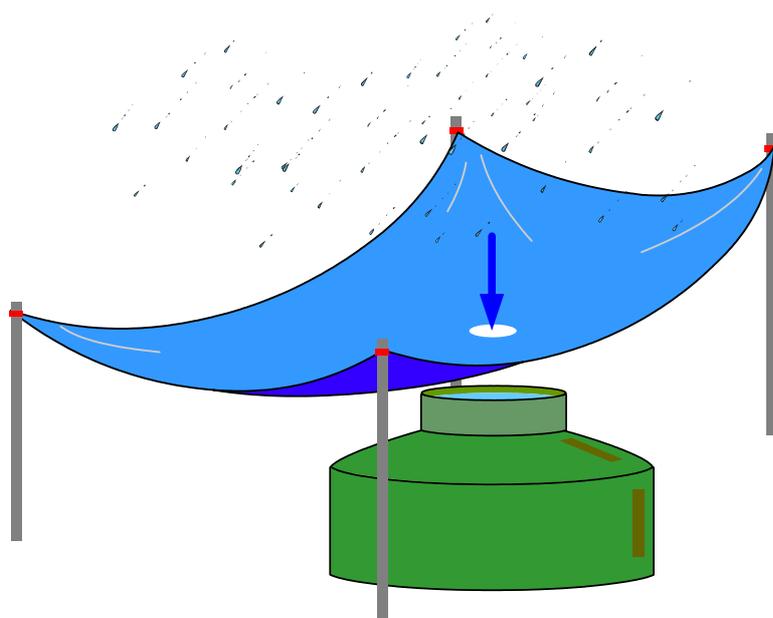


圖 4-10 開闊地雨水收集圖例(帆布收集)

資料來源：本研究整理

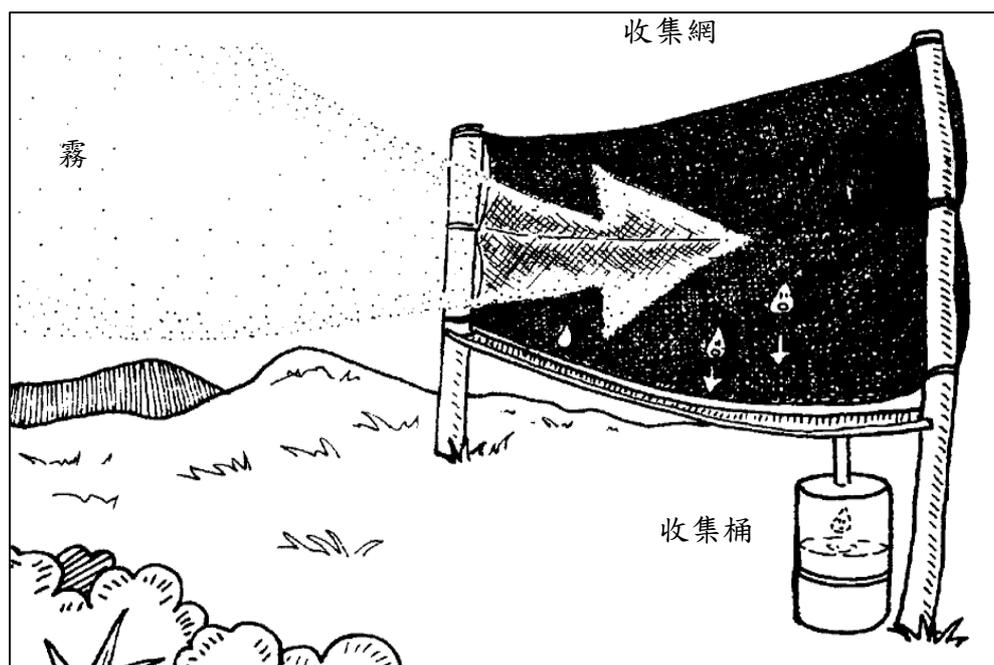


圖 4-11 霧氣收集系統設置示意圖

資料來源：經濟部水利署，2004

依上述之雨水利用方法，就其優點、缺點、適合性及建議設置點進行比較如下表所示，表中就此四項因子提出在生態社區之可行性高低。

表 4-1 不同雨水利用技術優缺點比較表

技術類別	優點	缺點	適合地區
屋頂雨水貯集系統	<ul style="list-style-type: none"> 提供額外水源 自行操作管理 水質較地下水好 	<ul style="list-style-type: none"> 供水量與降水關係大 集水面易污染 乾旱管理制度需建立 	都市鄰里單元社區、集合住宅社區與鄉村社區等既成社區及新社區
雨水收集結合入滲系統	<ul style="list-style-type: none"> 提高額外水源 減少地表逕流 保育水土資源 減少地下水位降低 	<ul style="list-style-type: none"> 需更詳盡之地下水與地質資訊 入滲設施必須維護 	都市鄰里單元社區、集合住宅社區與鄉村社區等既成社區及新社區，低地下水位無污染地下水之虞
雨水收集結合污水回收	<ul style="list-style-type: none"> 有效利用水資源並予循環使用 穩定供水 	<ul style="list-style-type: none"> 需較大面積 需較高建設技術及成本 公共健康風險較大 需訓練操作維護人員 	既成社區、新社區，社區中有大型或公有建築物、學校及政府單位等。
公路逕流收集系統	<ul style="list-style-type: none"> 成本低 減少逕流量與非點源污染 較高之操作維護成本 	<ul style="list-style-type: none"> 水質較差 	坡地社區，需與民生污水分開
地行雨水截留	<ul style="list-style-type: none"> 提供中度或高度之水資源量 較高之操作維護成本與技術 	<ul style="list-style-type: none"> 建造成本高 有失敗風險 有環境與公共健康問題 水質變化極大 	坡地社區
區域雨水應用	<ul style="list-style-type: none"> 有效利用地表水資源 能提供較穩定供水 	<ul style="list-style-type: none"> 需較精確之規劃 輸水管線較長並且管理較複雜 成本可能較高 	高需水量用水之社區，並具地形集水之潛勢
開闊地雨水收集	<ul style="list-style-type: none"> 水質佳 雨水收集具機動性 集水面積可依需水量而改變 	<ul style="list-style-type: none"> 集水量少 	<ol style="list-style-type: none"> 缺乏集雨條件之既成社區 多數社區增加雨水收集量
田間雨水貯留工程	<ul style="list-style-type: none"> 簡易、成本低 與供水近可減少運輸成本 	<ul style="list-style-type: none"> 集水量少 需較大集水面積 	鄉村社區與農村聚落
入滲廊道	<ul style="list-style-type: none"> 提高水質但不減少出水量 可廢止地下水井 少量之維護 	<ul style="list-style-type: none"> 初期建造成本高 需較大之建造面積 	濱海社區
霧氣收集系統	<ul style="list-style-type: none"> 水質優良 成本較低 	<ul style="list-style-type: none"> 供水量較不均勻 供水量較小 	鄉村及開闊區域社區

資料來源：本研究整理

第五章 生態社區雨水供水及保水系統規劃

因全球氣候環境變遷使得水循環與洪災管理將面臨更為嚴重之衝擊與壓力，如：(1)環境衝擊、(2)社會衝擊、(3)經濟衝擊與(4)政策上之衝擊等。環境衝擊需(1)面臨水質惡化、(2)未來氣候鉅變、(3)洪澇成災與(4)長期乾旱等壓力；社會與經濟衝擊需(5)面臨水源過度消耗與(6)都市耗水量增加之壓力；政策衝擊需(7)面臨調整水循環架構、(8)都市污水處理、(9)雨水逕流管理與(10)民生用水改善等壓力。由上述 4 項水循環之衝擊與 10 項水循環壓力，已顯示出水循環之議題將日趨重要且將面臨極大之挑戰，水循環改變亦影響二氧化碳之產生量，如：工業用水、家庭洗澡用水與廚房用水皆需消耗大量能源(如改變水溫度等)，每減少 1 度電亦可減少 0.625 公斤二氧化碳排放量，故降低用水量亦可減少用電量與碳排放量，降低二氧化碳排放量亦可減緩熱島效應。

由上述得知，水循環管理問題對政府政策而言將是極為嚴峻之挑戰，不論獎勵辦法、技術規範與相關法規等皆有改善空間。規劃水循環技術需朝向永續與節水管理概念發展並盡可能貯存可利用之水源，如：使用省水馬桶、省水水龍頭、省水蓮蓬頭、檢查漏水、灰水回收再利用與雨水貯集利用等。然而，雨水已成為節水之重要水源，在澳洲已有超過百萬用戶仰賴雨水作為飲用水之水源；在美國有超過 20,000 座雨水貯集設備被廣泛運用在農業用水之水源；在德國也有超過 100,000 座雨水貯集設備被廣泛運用在非飲用水之水源中。雨水貯集再利用效益除前述民生相關用水外，貯存之雨水亦有保水與防洪之效益，因此，本章將針對社區供水與保水系統進行規劃並評估其效益。

單一建築物之雨水利用，其用途偏向單一功能供水為主之設計，而若擴及社區等較大尺度，雨水之用途將趨於多元，雨水利用設施於社區產生之整體效益亦將更為顯著。雨水利用系統之容量依不同用途而有不同之設計，而經妥善設計可具有健全生態城鄉水環境之效益。而各地區的降雨量與降雨之型態，均會影響雨水利用潛能及容量設計。因此本計畫擬針對國內之現況，考量台灣北部地區之降雨型態變異性分別求取設計曲線，建立不同雨水利用用途之容量設計方法，並進一步研擬區域保水系統成效推估方法。考慮社區水循環規劃流程首先需分析社區水量平衡資料(如社區用水量、降雨量與公共建築需水量等)，並確立社區供水保水雨洪管理系統等，並分析社區水循環技術，讓社區民眾加入參與社區水循環，再進步建立水循環評估模式與水循環評估指標，再評估是否達到目標，若達到目標計畫俾利執行，若未達成目標需再次確立社區供水保水雨洪管理系統等。社區水循環規劃

流程如圖 5-1 所示。

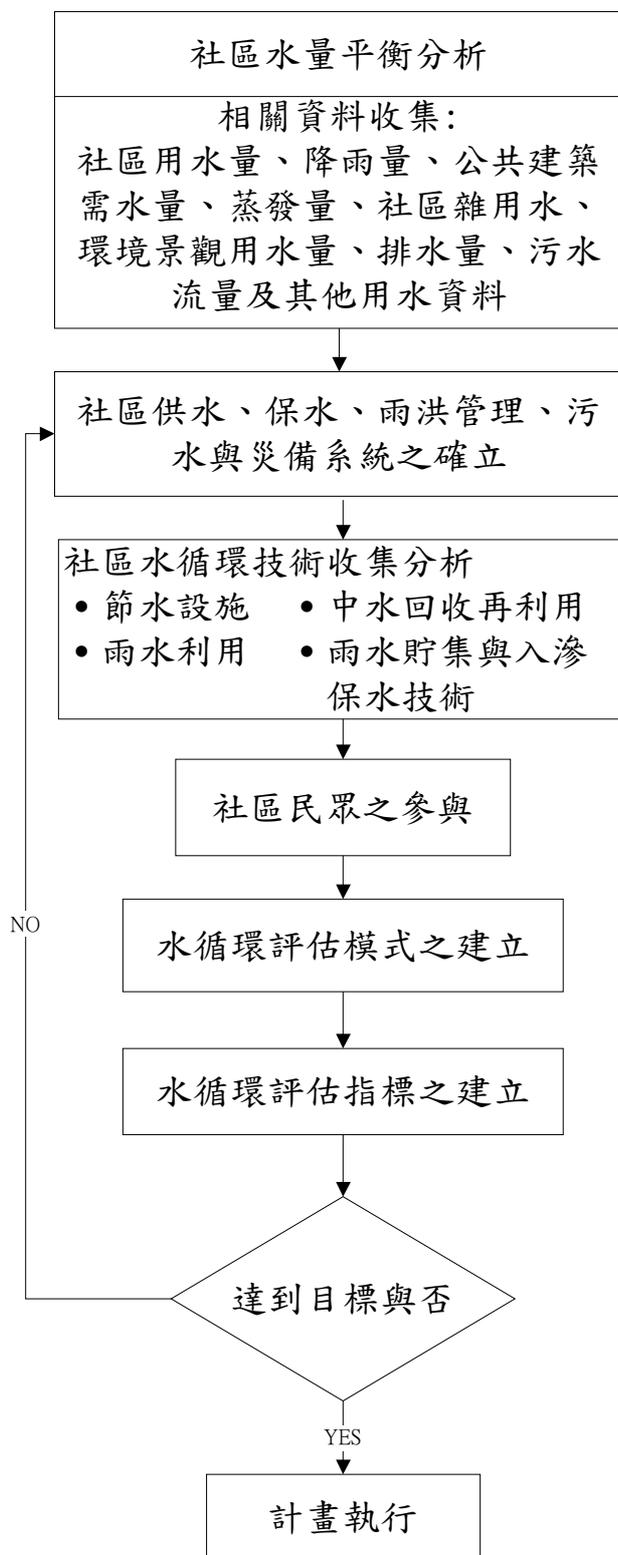


圖 5-1 社區水循環規劃流程圖

資料來源：本研究資料整理

第一節 雨水供水系統設計方法與步驟

社區雨水再利用規劃首先需收集土地利用、社區配置水文項資料之資料，再依社區分區與分區之原則(如建築物型式、供水系統與供水標地等)訂定社區，同時將進步了解社區有無雨量資料，若社區有雨量資料則可逕自建立供水系統模擬模式，若社區無雨量資料，則可利用區域雨水貯集系統貯容量設計圖進行評估，並依據雨量資料建立各分區雨水貯集系統容量-替代率-年降雨供水量關係圖，並建立合理雨水替代率與雨水貯蓄設置容量，進一步推估雨水替代自來水量之效益，顧社區雨水供水系統規劃步驟流程如下圖 5-2 所示。

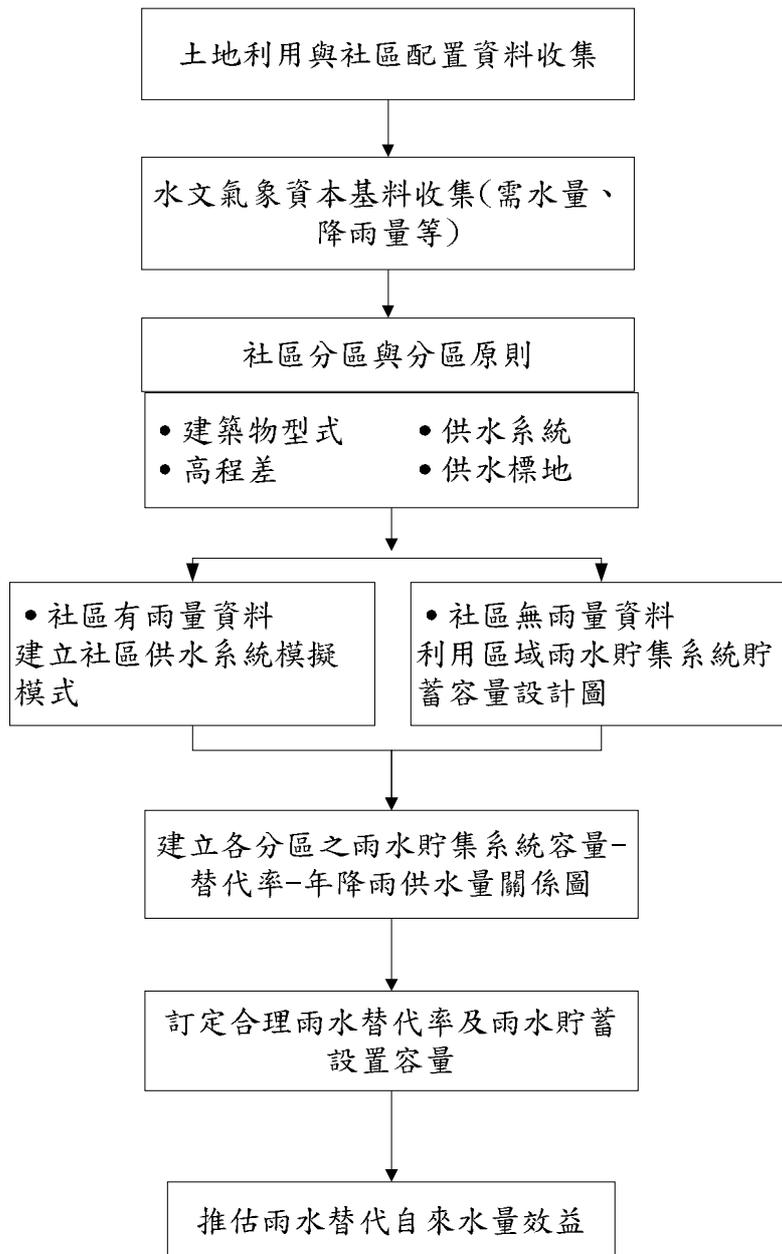


圖 5-2 供水系統規劃步驟

資料來源:本研究資料整理

壹、土地利用與地形資料收集

土地利用與地形資料等收集方面，本計畫擬以下列方式步驟進行：

- 一、室內作業：生態社區的雨水利用系統規劃技術研究，以作為選定試驗區域之基本資料建檔及對該地土地利用情形初步瞭解；並利用地裡資訊系統配合 AutoCAD 等相關軟體，進一步劃分試驗區域土地利用情形，以進一步推估地形、地物之概略面積，作為後續現勘之佐證依據。
- 二、現場比對：實際前往試驗區，依據土地利用情形，進行各試驗區比對工作，鑑於本計畫挑選之試驗區域均為都會型態，配置方式即以屋頂貯集系統為主要考量，因此在比對項目上，計畫人員重點著重在劃分試驗區之建築物類型（如水泥或磚造等建物型式），以及與前述收集之圖檔建物型式是否擬合等比對工作。
- 三、圖相建檔：利用現場比對的同時，對重要地點拍照建檔以利後續雨水貯集措施配置之用。

貳、需水量資料收集

本計畫試驗區需水量資料可用下列二方法獲得，首先可由用戶實際用水量資料收集整理，惟此方式較費時且需大量的人力投入；另一則可利用國內外相關文獻之統計資料值作為試驗區內各類型建築之用水量推估依據，國內建築類別用水量推估計算基準如表 5-1 所示中之住宅類用水量推估計算基準，此方式較為簡易且可直接推估得大面積建物之用水量，故本計畫利用此方式作為試驗區需水量推估的依據。

表 5-1 國內建築類別用水量推估計算基準

建築類別	規模類型	單位面積用水量 Wf (公升/m ² ·日)	全棟建築總用水量 Wt (公升/日)
辦公類 ^(註1)	一般專用	7	$Wt = Wf \times Af$ 其中，Af 為停車場、機械室、倉庫等空間除外之總樓地板面積 (m ²) ^(註2)
	複合使用	9	
百貨商場類	有餐飲設施	20	
	無餐飲設施	10	
旅館類	都市商務旅館	15	
	一般複合型旅館	20	
	中大型休閒旅館	25	
醫院類	地方診所、療養院	15	
	綜合醫院	21	
	教學大型醫院	24	
學校建築	行政及教學大樓	10	
	其他	比照其他類	
宿舍類	----	10	
住宅類	----	----	$Wt = 250 \text{ 公升}/(\text{人} \cdot \text{日}) \times 4.0 (\text{人}/\text{戶}) \times Nf$ ， 其中，Nf：住宅總戶數(戶)，亦即統一以每戶四人計算用水量。
其他類	----	----	根據建築實際用水量需求計算之。
註1.辦公類建築物中有咖啡廳、廚房或容許範圍之其他使用時則屬複合使用類型。 註2.單位面積用水量Wf資料主要參考日本空氣調和、衛生工學便覽第12版(1995.03)，以及工研院節水服務團之部分調查資料(2002.02)補充修正而成。			

資料來源：建築物雨水貯留利用設計技術規範，2009

第二節 雨水供水系統設置容量計算方法

壹、社區雨水系統規劃原則

本節將依據社區雨水貯集系統之供水特性，參考彙整相關規定及統計資料，擬定社區之雨水用水標的及目標需水量，最後初擬社區雨水貯留容量規劃原則。

社區雨水貯集即是將水文循環中的雨水以天然形式或人工方法予以截取貯存，作為農業灌溉或民生及工業用水之替代水源、消防用水、減輕都市洪澇與保育生態環境。由於雨水貯集利用不需耗用能源且無污染、易於取得、無水權爭議、水質亦佳，是一種既經濟又永續的水資源利用模式。

一般而言，雨水貯集供水系統之特性包括：

(一)雨水水質佳、易於取得、且收集貯集的水和用水所在地一致，沒有水權爭議的問題。

(二)雨水貯集供水系統是獨立的，且雨水貯存器的型式和建材多樣化，可依現場狀況作適當的設置。

(三)雨水貯集供水系統，多數是私人興建和維護，可減少公共給水系統的負擔，進而收到節約用水的成效。

(四)只要些許的教導使用者或擁有者便可自己維護此系統，非常易於維護。

(五)建設雨水貯集供水系統，並不需投資太多額外費用，一般來說，其興建費低廉、建造工時短，是一項經濟又實惠的水源開發方式。

(六)雨水貯集供水系統可結合其他供水系統提高供水率，減低單一系統的缺失。

另外屋頂雨水貯集效益尚有：

(一)都市建築構造物增加大量之不透水面積，截斷了原來天然地面之降雨入滲量，造成地面逕流增加，以致排水問題愈來愈嚴重，但透過屋頂雨水貯集系統可將雨水截取、貯存，並透過適當設施可補充用水、減低洪澇、增加地下水補注、改善水質及提供親水遊憩等功能。

(二)屋頂雨水貯集利用推廣，可減少公共給水的支出，亦可減少傳統水資源之開發投資（如興建大壩、攔河堰等），使環境品質有所改善；若雨水利用能配合省水設備，則每年省下的水更是可觀。

屋頂雨水貯集在供水系統上可類比為一小型的給水系統，水庫即指貯水槽，而集水區在此處為屋頂，而雨水在屋頂被截取後流入貯水槽，所以屋頂必須有適當的斜度使逕流易於產生，其包括下列三個基本組成部分：

(一)集水區域：屋頂雨水貯集系統的集水區域隨著雨水貯集的型態不同而有所不同，可為屋頂或地面式，而屋頂材質的使用，應以堅固耐久的材料為主，不僅可增長使用壽命，更可減少維護負擔，大致來說以鍍鋅浪板、不銹鋼板及玻璃纖維浪板等較佳的材料為之，但應避免使用對人體有害的材質如石綿板。

(二)導管系統：所謂導管系統是指屋頂的排水管及與貯水槽之接水管等管線系統。

(三)貯水槽：即貯存雨水的容器，貯水槽一般可分為三種型式，1.半地上式貯水槽；2.地上式貯水槽及3.地下式貯水槽，其設置應把握因地制宜的原則，將貯水槽所佔空間減至最低，且貯水槽應加以覆蓋以防止灰塵、蟲等雜物進入，因為在使用一段時間後貯水槽底部會有淤積雜物，所以設計時須注意使其易於清理和維護，若有實際需要則需設置抽水機。

鑑於本計畫是以社區為主要配置地點，在規劃配置雨水貯集系統設施型式上，對供水方面的規劃僅利用屋頂收集雨水及貯水槽作為主要供水配置措施考量。

貳、社區雨水貯集系統供水潛能分析

一、社區供水容量計算

雨水貯集容量規劃原則，影響屋頂雨水貯集系統的容量大小，通常包括下列主要影響因素：（一）降雨量資料和分佈型態；（二）屋頂面積的大小；（三）降雨收集效率係數的變化（依材質、傾斜度、降雨量大小不同而變化）及（四）需水量的多寡等。一般而言推估系統容量的方法，可概分為下列三類不同計算方法：

1. 由需求面推估

這方法主要是由計算需水量來推求所需的貯蓄容量，使用前提是降雨量必須要大於需水量，但僅就特定區域使用，這方法考慮之因素極少，對屋頂面積的大小、需水量的變動及降雨型態的改變等都無考慮，會使計算之結果與實際使用上有極大差距，是獲得貯集容量最簡單但也是最粗糙的估計方式。

2. 由供給面推估

由供給面推估主要是考慮需水量與降雨量之關係。假設需水量是固定不變的，利用歷史之降雨記錄找出研究區域之降雨量與需水量之關係，將降雨量大於需水量之月份定為濕季，否則為乾季，再以濕季累積之降雨量減去濕季累積之需水量最大之體積差，即為該區域度過乾季所需之最小貯蓄容量。由供給面推估的優點是有考慮到降雨型態的改變，缺點是需水量採固定不變，且以月為計算間距，與實際的取水狀況有所差距。

3. 從數學模式推估

在分析雨水貯集系統之供水可靠度方面，一般常用的方法有模擬法與累積曲線法；模擬法是利用歷史記錄之入流量代入連續方程式模擬貯集系統容量的連續性變化；累積曲線法為將系統淨入流量的累積點繪圖，則需水曲線與累積曲線的最大差距代表要滿足所需的貯集系統容量。

模擬法是利用歷史記錄之入流量代入連續方程式模擬貯蓄系統容量的連續變化，連續方程式可表如下式：

$$Z_{t+1} = Z_t + Q_t - D_t - \Delta E_t - L_t \quad 0 \leq Z_t, Z_{t+1} \leq C \quad (5-1)$$

式中：

Z_{t+1} ：第 t+1 時刻的貯蓄量； Z_t ：第 t 時刻的貯蓄量； Q_t ：第 t 時刻的入流量； D_t ：第 t 時

刻的放水量； ΔE_t ：第 t 時刻的蒸發損失； L_t ：其他損失； C ：貯蓄系統容量。

模擬法簡單明瞭，考慮到季節性、序列相關性，各相關變量如時間間距、需水量及集水面積等因素，很容易依實際情況加以改變，可清楚的看出系統運轉的情況，惟計算需要長期距之雨量資料，往往需要電腦模擬方可進行計算。

4、綠建築雨水貯留利用規劃

目前國內之綠建築解說與評估手冊中，亦提供了雨水貯集容量的評估方法與原則，該方法是以自來水替代率 R_C 為評估依據，而 V_S 必須滿足下式(5-3)之判斷。

$$R_C = \text{自來水替代水量}(W_S) \div \text{總用水量}(W_t) \quad (5-2)$$

$$V_S \geq N_S \times W_S \quad (5-3)$$

式中： W_S ：推估自來水替代量； N_S ：儲水天數。

而其中 W_S 則以日集雨量(W_r)及雨水利用設計量(W_d)較小者為標準，亦即：

$$W_r = R \times A_r \times P \quad (5-4)$$

$$W_d = \sum R_i \quad (5-5)$$

式中： R ：日平均雨量； A_r ：集雨面積； P ：日降雨機率； R_i ：第 i 用途別雨水量。

而推估自來水替代量(W_S)由下式判斷：

$$\text{當 } W_r \leq W_d, \text{ 則 } W_S = W_r \quad (5-6)$$

$$\text{當 } W_r > W_d, \text{ 則 } W_S = W_d \quad (5-7)$$

其中，日平均雨量、日降雨機率及儲水天數參數則依據降雨分區為判斷依據，北部 IV 區參數及降雨分區圖如下所示。

表 5-2 北部 IV 區日平均雨量、日降雨機率及儲水天數參數表

行政區	鄉鎮	日平均雨量	日降雨機率	儲水天數
新北市	三重市、汐止市、萬里鄉、平溪鄉、瑞芳鎮、貢寮鄉、雙溪鄉、深坑鄉、蘆洲鄉	9.76 mm	0.53	5.67
台北市	全部			
基隆市	全部			
宜蘭縣	宜蘭市、頭城鄉、壯圍鄉、五結鄉、羅東鎮、冬山鄉、蘇澳鎮、南澳鎮			

資料來源：內政部建築研究所與本研究修改，2008

綜合上述計算方法與規劃原則，模擬法簡單明瞭，考慮到季節性、序列相關性，各相關變量如時間間距、需水量及集水面積等因素，很容易依實際情況加以改變，可清楚的看出系統運轉的情況。比較前述推估法，故使用數學模式推估法進行推估。

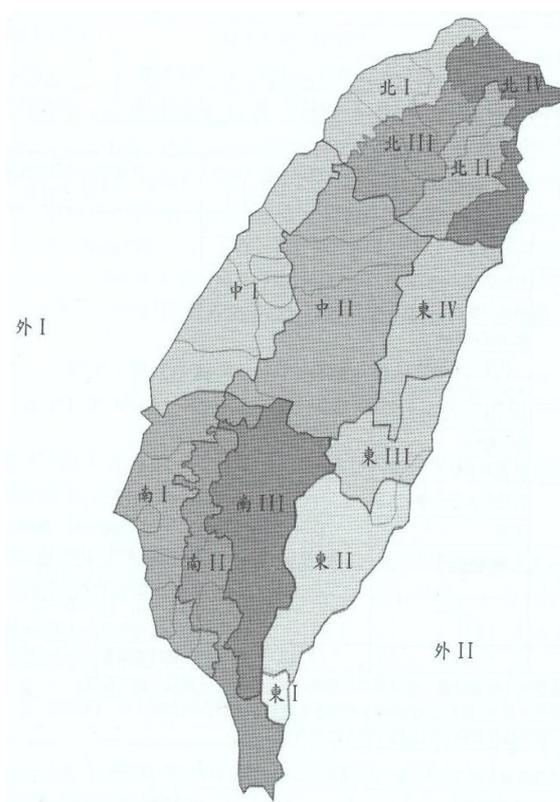


圖 5-3 台灣降雨分區圖

資料來源：內政部建築研究所，2008

第三節 保水系統設置容量計算方法

壹、社區雨水貯集系統保水效果推估

因開發造成之社區水環境問題，大部分皆肇因於基地保水能力改變所致，可藉由在基地中以微管理及源流控制的概念設置基地保水設施，以減少都市化之衝擊，達到永續城鄉水環境的目的。

當雨水落於基地形成逕流，在逕流到達排水區（Drainage Area）出口之間，可提供作為雨水貯留及滲透的地點很多，而於逕流的流路（Flow Path）上設置基地保水貯留及滲透設施，可充分發揮逕流滯蓄的效果，且其工法因使用及設置方式而有多樣的種類，以下就概略介紹基地保水貯留及滲透設施之分類方式。

(一)以逕流調節機制區分

依據保水設施之逕流調節機制，可概分為滯洪（Detention）、滯留（Retention）二種型式其型式與功能概如表 5-3 所示。

表 5-3 保水設施之型式與功能一覽表

型式		功能						
		減少尖峰流量	減少逕流體積	入滲	維持河川基流量	改善水質	縮短高流量延時	供水
滯留	入滲功能	●	●	●	●	●	●	◐
	無入滲功能	●	●			●	●	●
滯洪		●				◐		

資料來源：本研究整理

滯洪型設施其調節逕流機能係限定在一定期限內的調節，以其設施容量暫時儲存上游來水，並以滯洪口控制出流量使水慢慢排去，可延遲洪水波到達下游時間並削減洪峰流量；一般而言，滯洪設施僅為控制出流量之水工結構物，在雨停後不久即將池中蓄水完全排除，並無減少逕流體積的功能。

滯留型設施主要是結合現有或人工的池塘、窪地予以儲存部分之洪水體積，具有減少逕流體積、尖峰流量及延遲洪水波之功效；一般而言，滯留池之蓄水並不排放至下游，除減洪功能外尚可維持水生生態系統的穩定性。

滯留型設施可設計為具有入滲雨水之功能，同時具有入滲、滯留的能力，同時具有減少逕流體積、降低尖峰流量、水質淨化與地下水涵養的優點，且其大多為小型設施，可充分配合現場之環境予以規劃設置，即使在高密度的都市區域仍可充分利用。本計畫之研究對相「屋頂雨水供水系統」即屬於此型式。

滯留型設施可同時減少逕流體積與尖峰流量，在水質改善上也頗具功效，因此在進行區域逕流管理規劃時，首先考慮設置此型式之設施，但在減少尖峰流量上相對於滯洪設施則需較大之設置容量(Ferguson, 1995)。因此若設置滯留型設施仍無法將洪峰流量減低到預定目標，則需規劃以滯洪為主之滯洪設施，因此藉由不同型式設施之搭配應用，可同時減少逕流體積與尖峰流量(Liaw et al., 2000)，而削減了此二因素的影響，流量延時也可得到適當的控制，而由各設施的特性使得其具有自然生態環境資源改善等附加效益。

(二)以雨水貯留方式區分

日本則將保水設施依據雨水貯留方式，概分為滲透、貯留及具有滲透及貯留的貯留滲透三種型式，並進一步依據其滲透及雨水貯留的方式分為擴水法、井戶法及原址貯留(On-site)及離址貯留(Off-site)四種類型。

滲透設施之滲透方式，可概分為使雨水分散入滲的擴水法，即以「線」及「面」的方式入滲；與直接使用垂直式的輔助滲透設施，使雨水入滲地表的井戶法，即以「點」的方式入滲(如滲透井)；通常一滲透排水系統常以「點」、「線」及「面」的搭配組合方式以促進設施之滲透效率，如以滲透陰井作為各滲透設施間連接的節點，可容納排水過程中之污泥雜物以方便維護及保持通暢。

若以貯留方式區分，可概分為原址貯留及離址貯留；原址貯留與離址貯留，二者係相對、比較性的分類法。所謂離址貯留是指若降雨落於地面後，以自然或人工方式先予以收集，然後再輸送至一適當地點貯存，故其逕流貢獻區域(Contribution Area)可能並非貯存地點所在集水區，而為其鄰近區域；而在降雨區域對該區之雨水收集並貯存是為原址貯留，原址貯留係將雨水的移動減至到最小並貯留於降雨區域(現場)，即在土地利用計畫中於綠地或各設施中加上貯留現場雨水的機能，故通常其控制之集水區較小，常位於流域之中、上游，本計畫之研究對相「屋頂雨水供水系統」即為原址貯留。

綜合前面的探討，將基地保水設施，依據逕流調節機制、雨水貯留方式、工法及對應之保水產品歸納如圖 5-4 所示。圖 5-4 之分類僅為一且在概括、相對上之原則，因為有些保水設施並不能很明確的分類，且在實務上保水設施並非拘泥於某種單一型式，可依現場狀況適當配置以達設計之目的，若地質狀況許可，貯留設施也可設計成具有入滲之功能。

由表 5-3 及圖 5-4 之歸納顯示保水設施具有滯洪、滯留等功能，滯洪設施可減少洪峰流量但無減少逕流體積的功能，而滯留設施具有減少逕流體積、尖峰流量及高流量延時控制的功能，但卻需要較大的設置容量。因此應以異於以往「單一設施」、「單一地點」之單一規劃設置方式，而是利用不同型式之保水設施，以「整體規劃」之方式搭配形成「基地保水系統」，才可同時降低逕流體積與峰值，也可使區域水環境回復到近開發前的狀態。

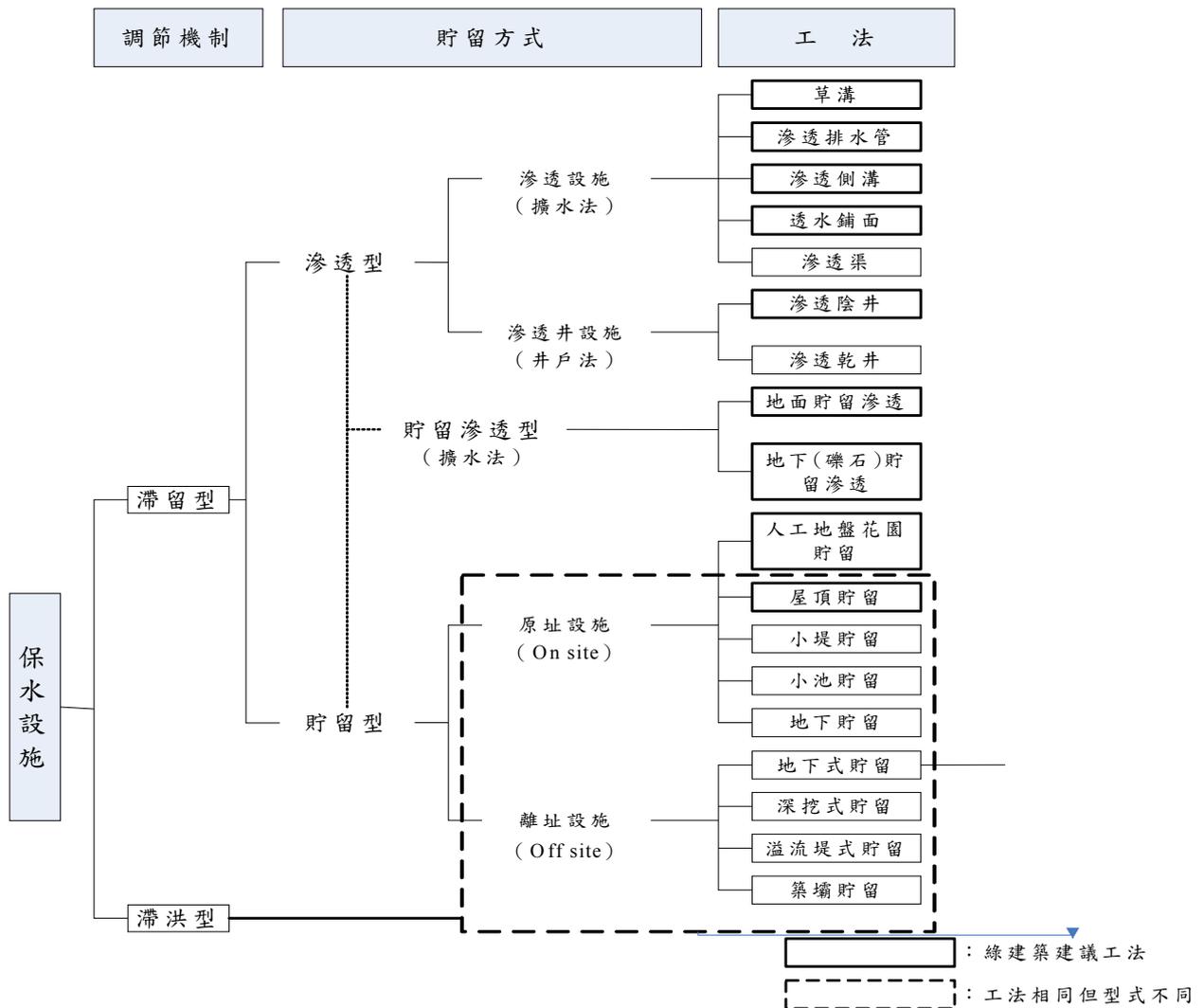


圖 5-4 保水設施之型式分類圖

資料來源：本研究整理

貳、保水設施保水機制分析

經由前面的探討，可知保水設施可概分為滯留型及滯洪型，且可因應現場實際狀況作彈性設計與搭配。下將依據其貯蓄、入滲雨水之方式分析其保水機制。

保水設施依據其貯蓄與入滲雨水之方式，初步可歸納為四種型式，分別為：Type I：貯集槽；Type II：貯集槽＋排水孔；Type III：貯集滲透槽＋排水孔；及 Type IV：貯集滲透槽等四種類型，以下將分別說明。

一、Type I：貯集槽

保水設施本體為一貯集槽，側面及底部無滲透雨水之功能，且滯留之雨水並不排放到下游，僅排放溢流之雨水，例如：滯留池、部分型式之貯留設施等，通常用於不具雨水滲透條件之基地。如設施之貯水容量夠大，可同時減少逕流體積與回復開發前之逕流峰值，否則只可減少初期的降雨，對減少尖峰的效果幫助不大。

圖 5-5 為此類型之保水機制示意圖，雨水 (Q_i) 流入設施後，便貯存在設施中，設施之容量為 V ，設施滿水後則以 Q_c 之容許放流量溢流。此處之容許放流量為尖峰流量，可為開發前之洪峰量，也可視相關法規標準或現地狀況訂定。

二、Type II：貯集槽＋排水孔

此類型設施為現行末端處理排水方式中常用之類型，但通常為較大型之設施；保水設施則為較小型之設施，但二者保水機制相似。

保水設施本體為一貯集槽，側面及底部無滲透雨水之功能，但滯留之雨水可以一排水孔排放到下游，具有調節洪峰流量的功能例如：滯洪池、滯洪設施等，通常用於不具雨水滲透條件之基地。此類型設施雖具有降低逕流峰值之功能，但對於逕流體積之消滅極微。如是較大型之設施，會在排水孔下方至槽底處設計為「永久池」，作為貯存來自排水區域初期沖刷逕流 (First Flush)，具有改善水質的功能，通常對於逕流體積之消滅功能不大。

圖 5-6 為此類型之保水機制示意圖，雨水 (Q_i) 流入設施後，便貯存在設施中，設施之容量為 V ；而雨水在流入同時，也以 Q_0 之流量排放至下游。若設施之容量及排水孔設計適當，則可將逕流峰值抑制至 Q_c 之容許放流量排放，此處之容許放流量可為逕流之尖峰流量，可為開發前之洪峰量，也可視相關法規標準或現地狀況擬定。

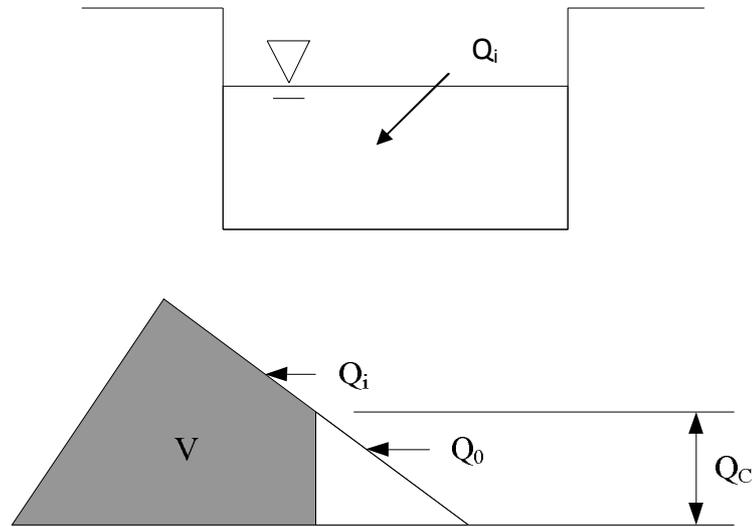


圖 5-5 Type I 設施保水機制示意圖

資料來源：本研究整理

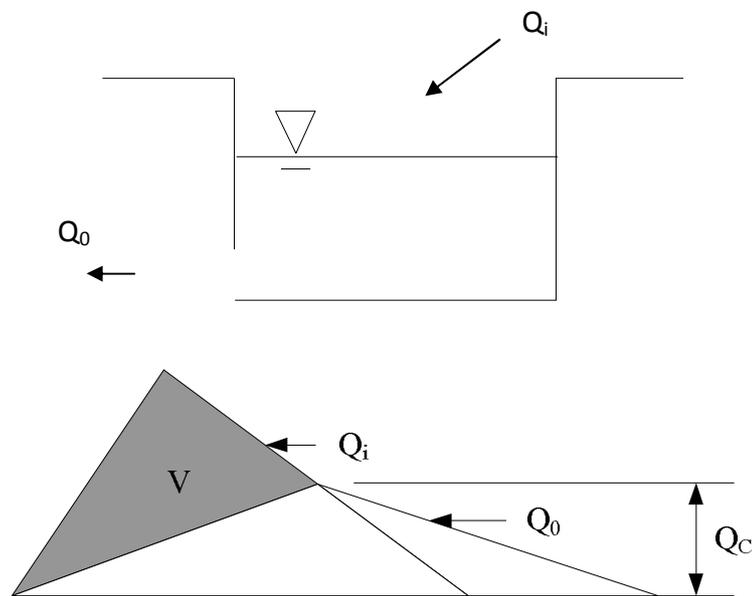


圖 5-6 Type II 設施保水機制示意圖

資料來源：本研究整理

三、Type III：貯集滲透槽+排水孔

若基地條件允許滲透雨水，可將 Type II 類型之貯集槽，將側面或底部設計為具有滲透雨水之功能；故流入設施之雨水除滲透之外，滯留之雨水可以一排水孔排放到下游；即利用滲透進行雨水的前處理，利用儲存設施調節無法完全滲透的雨水，具有減少逕流體積與調節洪峰流量的功能，例如：滲透側溝、滲透排水管、入滲池等。

此類型設施往往需要設置前處理設施（Pre-treatment Practices），以過濾來自排水區域初期沖刷逕流，防止泥土進入設施本體阻塞設施，也可具有穩流之作用，以維護設施之穩定。此類型設施也可將排水孔設置於具槽底一定距離，以增加滯留、入滲之雨水量，惟在池蓄時間（Ponding Time）之決定上需注意。池蓄時間涉及到現地之土壤入滲能力及設施池蓄深度之設計，池蓄時間通常不超過 24 小時。

圖 5-7 為此類型之保水機制示意圖，雨水 (Q_i) 流入設施後，便貯存在設施中，設施之容量為 V ；而雨水在流入時，同時以 Q_0 之流量排放至下游，以及 I 之量入滲。若設施之容量及排水孔設計適當，則可將逕流峰值抑制至 Q_c 之容許放流量排放，此處之容許放流量可為逕流之尖峰流量，可為開發前之洪峰量，也可視相關法規標準或現地狀況擬定。

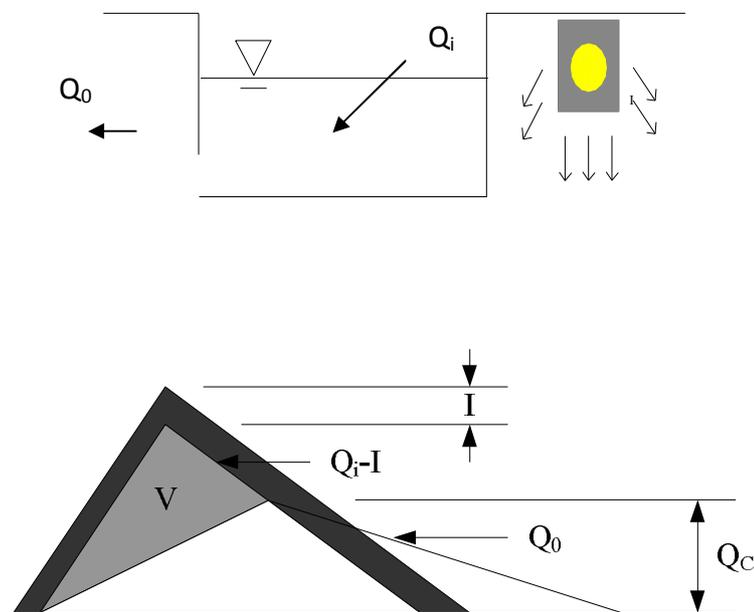


圖 5-7 Type III 設施保水機制示意圖

資料來源：本研究整理

四、Type IV：貯集滲透槽

保水設施本體為一貯集槽，側面及底部具有滲透雨水之功能，且滯留之雨水並不排放到下游，僅排放溢流之雨水，例如：入滲池、部分型式之貯留設施等，通常用於不具雨水滲透條件之基地。如設施之貯水容量夠大，可同時減少逕流體積與回復開發前之逕流峰值，否則只可減少初期的降雨，對減少尖峰的效果幫助不大。

圖 5-8 為此類型之保水機制示意圖，雨水 (Q_i) 流入設施後，便貯存在設施中，設施之容量為 V ，然後以 I 之量入滲。設施滿水後則以 Q_c 之容許放流量溢流。此處之容許放流量可為逕流之尖峰流量，可為開發前之洪峰量，也可視相關法規標準或現地狀況擬定。

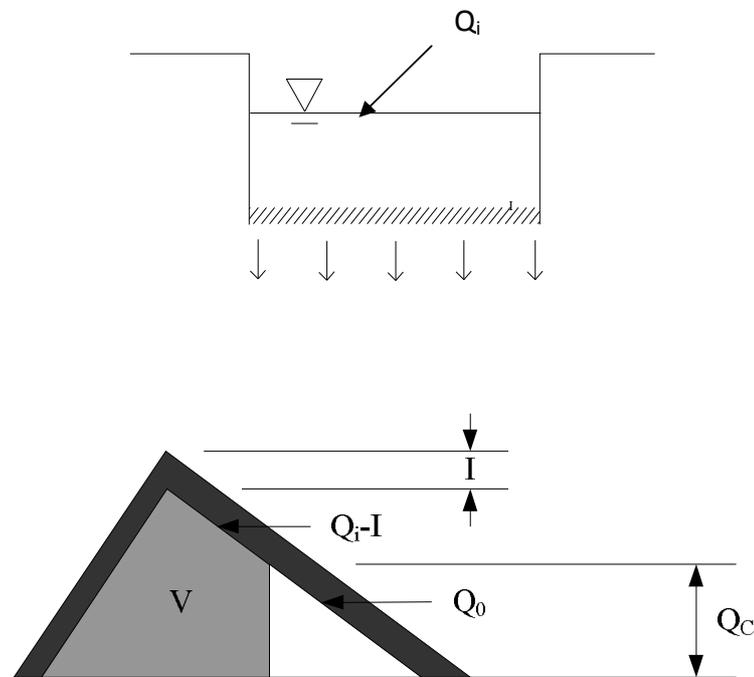


圖 5-8 Type IV 設施保水機制示意圖

資料來源：本研究整理

經由前面之探討，保水設施之保水機制依其保水貯蓄機制及入滲與否，可概分為 4 種型式，而本計畫之研究對象「屋頂雨水供水系統」屬於 Type I 型式，即所貯留之雨水以供水為主要標的，多餘之雨水即排放至下游，而其貯集槽即具有保水之功能。

參、保水設施容量設計方法

保水設施整體配置涉及設置前的基本資料調查，保水系統的水文設計，以及保水目標的校核三部份，初步擬訂之保水設施整體配置步驟，步驟說明如圖 5-9 所示。

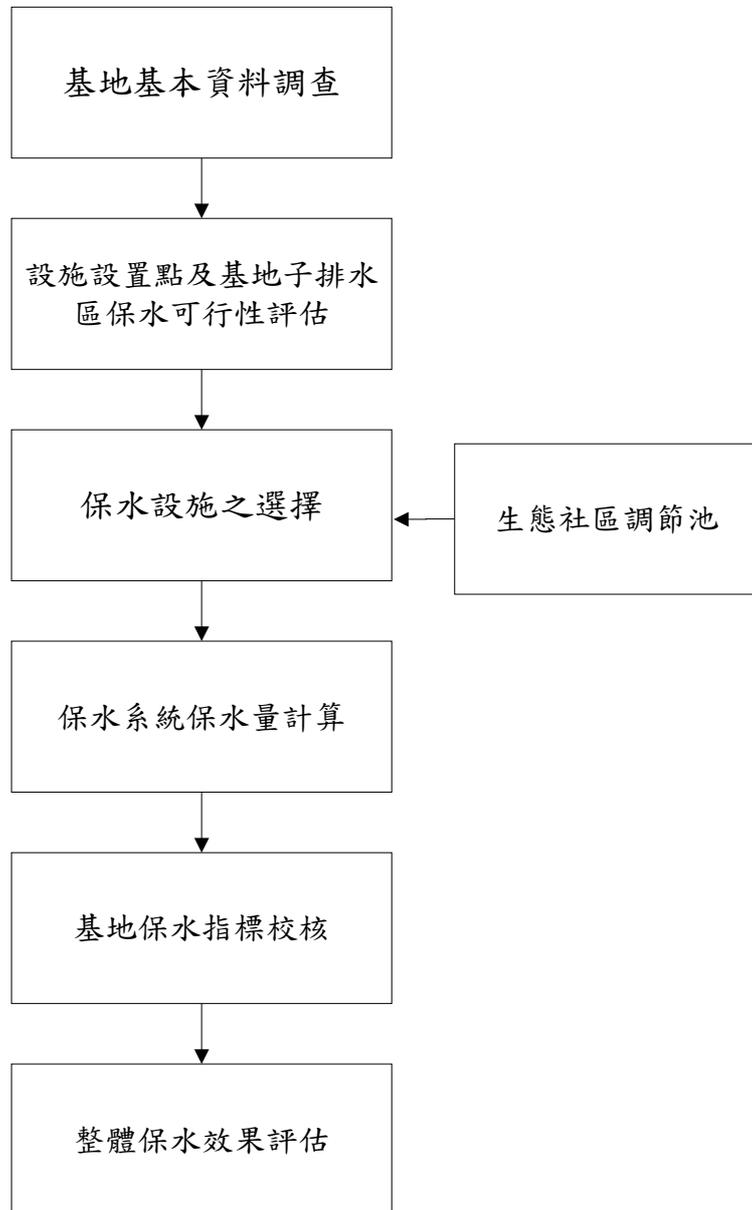


圖 5-9 保水系統步驟

資料來源：本研究整理

一、綠建築保水設計方法

目前「綠建築解說與評估手冊」已以工法為區分，提供一系列各型式設施容量之設計

方法；而若以保水機制來區分，保水設施依其型式可分為滯留型及滯洪型。滯留型設施可儲存部分逕流不排放至下游，而滯洪型設施為控制出流量之水工結構物，僅能暫時儲存上游來水。綠建築解說與評估手冊中將保水設施分為：常用保水設計與特殊保水設計，常用保水設計包含：綠地、被覆地、草溝；透水鋪面；花園土壤雨水截留，特殊保水設計包含：貯集滲透空地或景觀貯集滲透水池；地下礫石滲透；滲透排水管；滲透陰井；滲透側溝。手冊並依據各工法之型式提出保水量設計公式，而其基本概念可以下式描述：

$$\text{保水量} = \text{設施之貯水量} + \text{設施之滲透量} \quad (5-8)$$

故在設計時，可依據設施之型式選用相對之設計公式，依據設施之設置數量評估其保水量。

以下將依據「綠建築解說與評估手冊」之保水設計方法進行說明。

建築基地保水指標如下所示：

$$\lambda = \frac{Q'}{Q_0} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{A_0 \cdot f \cdot t} \geq \lambda_c \quad (5-9)$$

式中： λ ：基地保水指標，無單位； λ_c ：基地保水指標基準，學校校園整體評估採 0.5，其他建築基地及學校局部基地分割評估時，採 $\lambda_c = 0.8 \times (1 - r)$ ； r ：法定建蔽率，無單位， $r > 0.85$ 時，令 $r = 0.85$ ； Q' ：各類保水設計之保水量總和 (m^3)； Q_0 ：原土地保水量 (m^3)， $Q_0 = A_0 \times f \times t$ ； f ：基地土壤最終入滲率 (m/s)，以表層 2m 以內土壤認定之，應先依建築技術規則建築構造篇第 64 條的規定做鑽探調查，將鑽探結果中表層 2m 以內土壤之「統一土壤分類」(unified classification) 得 f 值；未符合本條規定而無需做鑽探調查者，則可由經驗判斷其表土可能之土質取得 f 值； A_0 ：基地總面積 (m^2)； t ：最大降雨延時 (s)，取 86400s (24hr)。

表 5-4 統一土壤分類與土壤最終入滲率 f 及滲透係數 k 值對照表

土層分類描述	粒徑 D_{10} (mm)	統一土壤分類	最終入滲率 f (m/s)	土壤滲透係數 k (m/s)
不良級配礫石	0.4	GP	10^{-3}	10^{-3}
良級配礫石		GW	10^{-4}	10^{-4}
沈泥質礫石		GM		
黏土質礫石		GC		
不良級配砂		SP	10^{-5}	10^{-5}
良級配砂	0.1	SW		
沈泥質砂	0.01	SM	10^{-6}	10^{-7}
黏土質砂		SC		
泥質黏土	0.005	ML	10^{-7}	10^{-8}
黏土	0.001	CL		10^{-9}
高塑性黏土	0.00001	CH		10^{-11}

註：屬於相同土壤統一分類的不同土質，會因為緊密程度以及組成的不同，其滲透係數的值會有所差異，最大會有 $\pm 10'$ 的誤差。本表為求評估上之客觀，乃是取其最小值，可使評估結果較為保守可信。

資料來源：生態社區解說與評估手冊，2010

表 5-5 土壤最終入滲率 f 及滲透係數 k 值簡易對照表

土 質	砂土	粉土	黏土	高塑性黏土
最終入滲率 f (m/s)	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-7}
土壤滲透係數 k (m/s)	10^{-5}	10^{-7}	10^{-9}	10^{-11}

資料來源：生態社區解說與評估手冊，2010

各類保水設計之保水量總和為：

$$Q' = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (5-10)$$

式中： Q_i ：各類保水設計之保水量 (m^3)，其保水量計算方式如表 5-6 所示。

λ 值越大，代表保水性能越佳，反之則越差。 $\lambda=1.0$ 時，代表土地開發行為完全無損於原來自自然裸露土地的保水功能，但是所有開發均多少會損及土壤保水性， λ 通常會小於 1.0，最後計算的基地保水指標 λ 必須大於基準值 λ_c 才符合綠建築的要求。

表 5-6 各類保水設計之保水量計算

項目	各類保水設計之保水量 Q_i (m^3)	保水量 Q_i 計算公式	變數說明
常用保水設計	綠地、被覆地、草溝保水量 Q_1	$Q_1 = A_1 \cdot f \cdot t$	A_1 ：綠地、被覆地、草溝面積 (m^2)，草溝面積可算入草溝立體周邊面積。
	透水鋪面設計保水量 Q_2	$Q_2 = A_2 \cdot f \cdot t + 0.1 \cdot h \cdot A_2$	A_2 ：透水鋪面面積 (m^2) h ：透水鋪面基層厚度 (m) ≤ 0.25
	花園土壤雨水截留設計保水量 Q_3	$Q_3 = 0.05 \cdot V_3$	V_3 ：花園土壤體積 (m^3)
特殊保水設計	貯集滲透空地或景觀貯集滲透水池設計保水量 Q_4	$Q_4 = A_4 \cdot f \cdot t + 0.2 V_4$	A_4 ：貯集滲透空地面積或景觀貯集滲透水池可透水面積 (m^2) V_4 ：貯集滲透空地可貯集體積或景觀貯集滲透水池高低水位間之體積 (m^3)
	地下礫石滲透貯集保水量 Q_5	$Q_5 = (A_5 \cdot f \cdot t) + 0.2 V_5$	A_5 ：礫石貯集設施地表面積 (m^2) V_5 ：礫石貯集設施體積 (m^3)
	滲透排水管設計保水量 Q_6	$Q_6 = (8 \cdot x^{0.2} \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.1 \cdot L)$	L ：滲透排水管總長度 (m) x ：為開孔率 (%) k ：基地土壤滲透係數 (m/s)
	滲透陰井設計保水量 Q_7	$Q_7 = (3.0 \cdot f \cdot n \cdot t) + (0.015 \cdot n)$	n ：滲透陰井個數
	滲透側溝保水量 Q_8	$Q_8 = (a \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.1 \cdot L)$	L ：滲透側溝總長度 (m) a ：側溝材質為透水磚或透水混凝土為 18.0，紅磚為 15.0；若為滲透係數 k_g (m/s) 之新滲透材質時， $a=40k_g^{0.1}$ 。 k ：基地土壤滲透係數 (m/s)
其他保水設計 Q_n		由設計者提出設計圖與計算說明並經委員會認定後採用之	

資料來源：生態社區解說與評估手冊，2010

Q_4 ~ Q_8 之保水量計算公式中均有兩項保水量因子，前者為直接滲透部分的保水量，後者為空間貯集部分的保水量，這是保水指標與一般單純考量直接滲透指標不同的地方，保水之意義乃兼顧讓雨水暫時留置於基地上，然後再以一定流速讓水滲透循環於大地的功能，是較生態的考量。

Q_5 ~ Q_8 的保水量計算公式中，有關空間貯集的部分乃是利用礫石間的孔隙來涵養雨水， Q_5 ~ Q_8 所採用的碎石粒徑約在 20~30mm，其碎石的有效空隙率約為 20%。它可利用廢棄混凝土再生骨材作為材料，以達廢棄物再生利用之目的。

上述「滲透排水管」 Q_6 、「滲透陰井」 Q_7 、「滲透側溝」 Q_8 的公式均以一個標準尺寸的設施來做為設計與計算上的依據，如實際尺寸與標準圖差異過大，則需另行做認定及計算。

「滲透排水管」 Q_6 、「滲透陰井」 Q_7 、「滲透側溝」 Q_8 是利用雨水排水路徑的保水

設計法，這些透水管路設計法必須在無雨水污染與雨污水嚴格分流的情況下始得進行，否則污染了地下土壤反而得不償失。台灣目前在家庭洗衣水、雜排水混入雨水系統，餐飲業、洗車業污水排入雨水系統的情形下，最好勿嘗試透水管路設計。如果要以此申請基地保水指標時，必須先獲得第九項污水指標通過，同時也必須提出防止孔隙阻塞之網罩設計與清理維修計畫。然而在雨污水分流完備且居民環保規範良好的全新生態社區，應極力設置此一生態水循環設計法。

二、SCS 逕流曲線法

在社區雨水貯集設施容量推估方面，原則上可應用現行之保水設計方法，現行一般常用推估雨水貯集系統保水減洪功能的方法為 SCS 逕流曲線法，介紹如下。

SCS 逕流曲線法則是考慮地貌型態及土地使用方式改變對於地表逕流產生的影響，估算其所需滯蓄的逕流量，各參數關係可表示如下：

$$Q = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S) \quad P \geq 0.2S \quad (5-11)$$

式中：Q 為地表逕流累積量；P 為降雨量及 S 土壤水分最大儲存能力，而土壤覆蓋依不同土地利用、水文條件及土壤種類而不同，土壤水分最大儲存能力則為逕流曲線值（Runoff Curve Number, CN）之函數，其定義如下：

$$S = [25.4 (1000/CN - 10)] \quad (5-12)$$

逕流曲線值（CN）乃綜合土壤水文分類、土壤表面覆蓋與土地使用方式及土壤臨前降雨條件（Antecedent Moisture Conditions, AMC）等因素所求出之常數值，若 CN 愈大表示土壤儲水能力愈小，土壤水文特性越差，則所產生的地表逕流愈多，其各決定條件詳如表 5-7 所示。

SCS 逕流曲線貯集容量推估法可適切的反應開發程度，明確且清楚地將土地開發的影響量化呈現，其優點為：

- 可輕易得到開發前後所需設置容量。

- 以降雨逕流模式計算而得，比現行規劃方法理論基礎較強且較符合現況。
- 將地表狀況歸結於一特性參數 (Curve Number, CN)，適切反應開發程度。

綜上所述，SCS 逕流曲線貯集容量推估方法為一簡便且可適切反應開發前後變化之貯集容量推估方法，故本研究初步考慮使用此方法進行保水容量之研究，但是 SCS 逕流曲線貯集容量推估方法是依據美國之水文、地文資料發展之模式，欲於台灣使用必須進一步評估其適用性；故本研究將容量推估方法修正為台灣適用之都市開發雨水貯集容量推估模式，並建構以逕流體積抑制發展不同開發強度下，暴雨逕流與雨水貯集措施設置面積比例關係。

三、區域保水系統整體保水評估法

以下將依據「綠建築解說與評估手冊」之保水設計方法，並結合 SCS 逕流曲線法提出保水設施整體保水成效評估之方法。

指標計算公式中，各類保水設計之保水量 Q_i (m^3) 係利用保水設施將雨水滲透於土壤中或貯留於基地內，可視為屋頂保水設施後之整體保水潛勢；故若將此保水潛勢以深度，即單位面積之保水量表示，可表示為：

$$S'_i = \frac{Q_i}{A_i} \quad (5-13)$$

式中： S'_i 為屋頂保水設施後之保水深度 (m)； A_i ：各類保水設計之控制屋頂排水面積 (m^2) (Contributed Drainsge Area, m^2)。

而保水系統之總保水深度 S' (m) 可以下式計算：

$$S' = \sum_{i=1}^n S'_i \quad (5-14)$$

依據式(5-12)之概念，可將式(5-13)表示為：

$$CN' = \frac{1000}{40S'+10} \quad (5-15)$$

式(5-15)中之 CN' 為屋頂保水設施後，基地經設施貯留及滲透雨水後，所代表之逕流曲線值，而此曲線值可由表 5-7 對照查得其代表之土地利用狀況。例如：設置保水設施前，基地為不滲透區域，基地土壤屬於 D 類；故依據表 5-7 其 CN 為 98，若設置設施後 CN' 為

87，則表示基地之整體保水狀況由完全不滲透恢復到都市草地開放空間之狀態。

在 CN 的決定上，若基地中包含多種土地利用型態，可利用表 5-4 查得各土地型態下之 CN (CN_j)，然後以各型態面積 (A_j) 所佔總面積之比重予以計算綜合之 CN (CN_C)，如式 (5-16) 所示。

$$CN_C = \frac{\sum_{j=1}^n CN_j A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (5-16)$$

在實際應用時，也可將基地分為滲透區域與不滲透區域，若已知基地滲透區域百分比 (P_{IMP})，再對照表 5-7 查滲透區域對應之 CN (CN_{CPER})，則計算基地 (包含滲透區域與不滲透區域) 綜合之 CN (CN_C)。

$$CN_C = CN_{CPER} + \left(\frac{P_{IMP}}{100} \right) (98 - CN_{CPER}) \quad (5-17)$$

依據上述設計方法，可將屋頂設置保水設施後之整體保水深度 S' 與 CN' 之關係以圖 5-9 之設計曲線表示。因此，根據圖 5-9，若欲對一基地進行開發，則可依據基地保水指標計算保水指標，然後依據上述公式及圖 5-9，則可得到基地開發後之 CN ，即土地利用狀態 (保水狀態) 以及屋頂設置保水設施後，基地恢復至何種土地利用狀態 (保水狀態)。

社區基地整體保水效果包含「保水量」及「尖峰逕流量抑制」，且其均取決於基地的利用型態，故為易於現場應用與瞭解，此指標 (CN) 可進一步以反應土地利用型態之方式呈現，如此則可輕易地比較基地開發後及設置保水設施後，基地的整體保水狀態改變程度。

根據前節之方法探討，SCS 逕流曲線法將土地開發與使用歸結於 CN 之表現，且 CN 為一可反應地表整體保水能力之因子，易與目前之基地保水指標作轉換以進行保水設施之水文設計。因此本研究將採用此方法進行設計方法之建構。

表 5-7 不同土壤種類地表覆蓋及土地利用情況
之 SCS 曲線值

土地利用情形	土壤分類*			
	A	B	C	D
都市區域：				
開放空間：空地、公園、高爾夫球場等				
— 草地覆蓋率				
- >75%	39	61	74	80
- 70%	45	65	76	82
- 65%	51	68	79	84
- 60%	56	72	81	86
- 55%	62	75	84	87
- <50%	68	79	86	89
商業區(85%面積不透水)	89	92	94	95
工業區(70%面積不透水)	81	88	91	93
住宅：				
— 不透水區域				
- 70%	77	85	90	92
- 60%	72	82	88	90
- 50%	66	79	86	88
- 40%	61	75	83	87
- 30%	57	72	81	86
- 20%	51	68	79	84
不透水區域：停車場、屋頂等	98	98	98	98
道路：				
— 不透水鋪面				
- 混凝土、柏油道路	98	98	98	98
— 透水鋪面				
- 連鎖磚道路	83	89	92	93
- 碎石道路	76	85	89	91
- 泥土道路	72	82	87	89
自然區域：				
空地：				
— 稀疏、覆蓋少、無覆蓋物	72	81	88	91
— 覆蓋良好	62	78	78	81
牧草地或放牧地：				
— 稀疏、覆蓋少、無覆蓋物	68	79	86	89
— 覆蓋良好	39	61	74	80
草地：良好情況	30	58	71	78
森林：				
— 稀疏、覆蓋少、無覆蓋物	45	66	77	83
— 覆蓋良好	30	55	70	77
* 土壤分類係按照土壤入滲率之高低分為四類，各土壤種類為： A 類土壤：砂 (Sand)、壤土質砂 (Loamy Sand) B 類土壤：砂質壤土 (Sandy Loam)、壤土 (Loam) C 類土壤：粉質壤土 (Silt Loam)、砂質黏壤土 (Sandy Clay Loam) D 類土壤：黏壤土 (Clay Loam)、砂質黏土 (Sandy Clay)、黏土 (Clay)				

資料來源：SCS, 1986 與本計畫修改

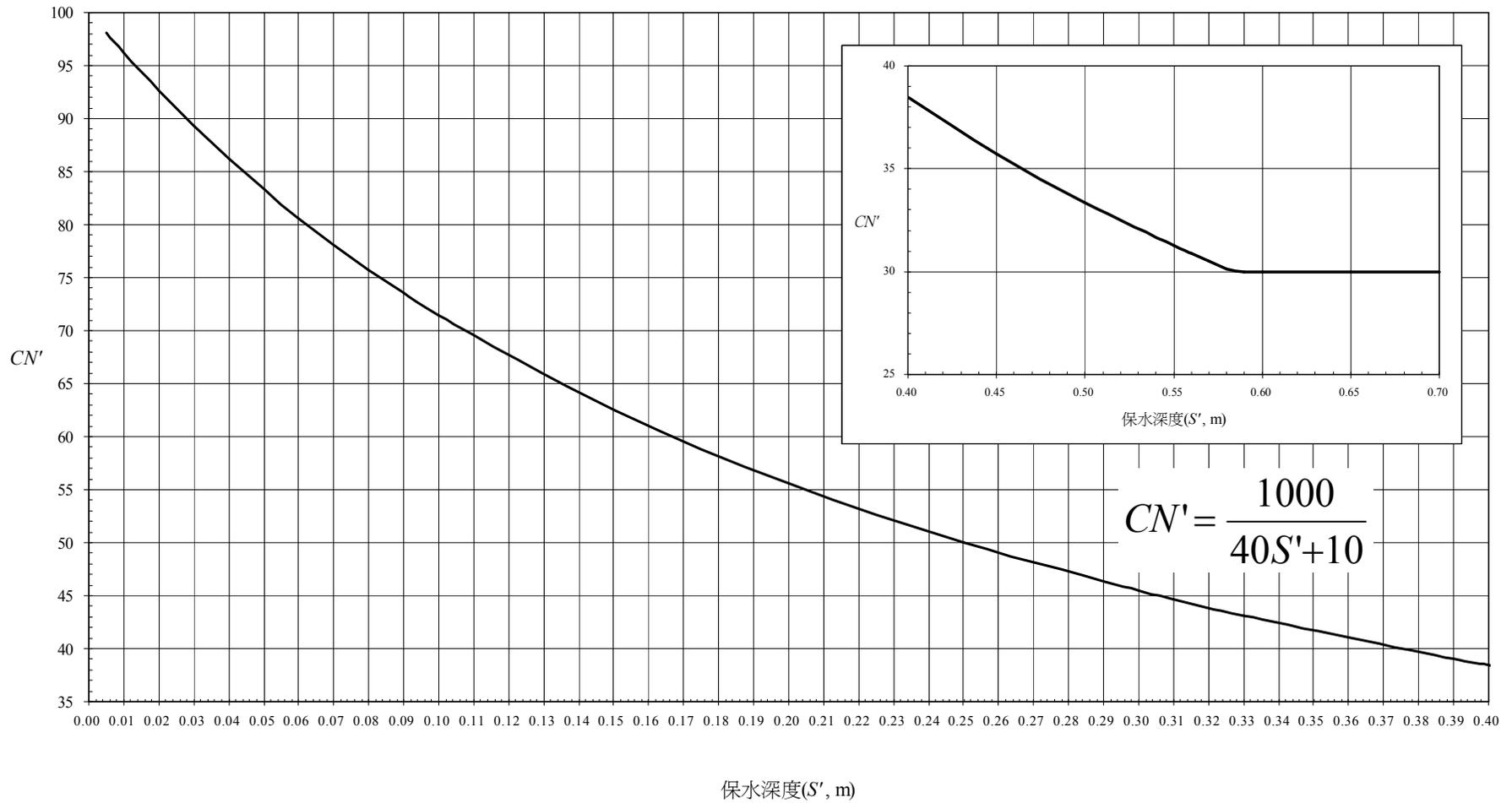


圖 5-10 設置保水設施後之整體保水深度 S' 與 CN' 之關係圖

資料來源：本研究整理

第四節 生態社區調節池

社區生態調節池之定義為能維持調節池原本擔負的抑制逕流功能，同時能提供都市有效開放空間，即定義為社區生態調節池。其具下列特性及可表示如圖 5-11 所示：

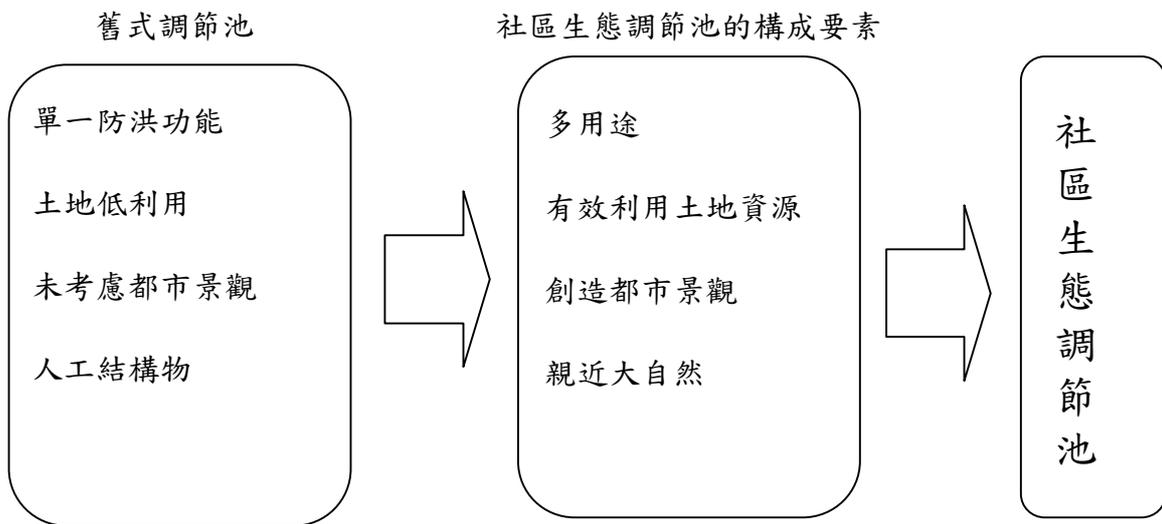


圖 5-11 社區生態調節池的概念圖

資料來源：社團法人雨水貯集留浸透技術協會，1998

- 一、屬於社會資本的調節池，若屬於僅具備防洪功能的設施時，就只能在水災時發揮作用，因而讓許多居民將調節池視為「沒有必要的東西」。另一方面，相較於防洪單一功能設施，社區調節池的作用較容易受到社區的瞭解與接受。
- 二、都市地區土地有限，設置於開發地區內的調節池，則需佔有限的土地資源。若採用社區生態調節池，無論是土地的使用密度與使用效率，皆高於防洪單一功能設施效益顯著。
- 三、單一防洪功能設施因混凝土牆面與高度的防護圍牆，而妨礙都市景觀。今後的設施必須與都市景觀互相調和，創造都市景觀。

四、隨著民眾對大自然的高度關注，可望社區生態調節池提供接近大自然的場所，而與自然公園、都市公園與野鳥公園呈現互為一體的規劃。讓都市居民瞭解到社區生態調節池在接觸自然及作為注重自然空間的重要性。

舊式調節池，材質主要以混凝土為主，且周圍架設高圍牆，因此與周圍環境相較之下極為突兀。近年來，因地價居高不下、不易取得用地，故須有效利用土地，因此將公園或網球場等用作調節池的案例也日益遽增。再者，除了新設施之外，也已逐漸擴大到既有設施。規劃設計社區生態調節池之步驟概包括基本資料調查、用途的確定、整體規劃、設計與維護管理，其流程如圖 5-12 所示。

一、基本資料調查

考量土地用途、社區民眾需求、社區的自然、社會特性及調節池防洪空間特性，並針對擬定用途展開基本資料調查，調查項目內容如下。

1. 自然、社會與景觀資料

一般而言，自然資料的調查包括下列項目：

- (1)區域概況(地形、地質、土壤、降雨量、含水層、地下水位等)；
- (2)平時與發生水災時的水量、水位、水質與底質等；
- (3)魚介類、鳥類、昆蟲類等動植物的棲息情況。

一般而言，社會資料的調查包括下列項目：

- (1)土地利用情況；
- (2)民眾實際參與狀態及動向；
- (3)歷史環境及文化環境。

同時為了保護與營造生態調節池，應與週邊景觀互相調和，就必須充分調查

調節池與週邊景觀。

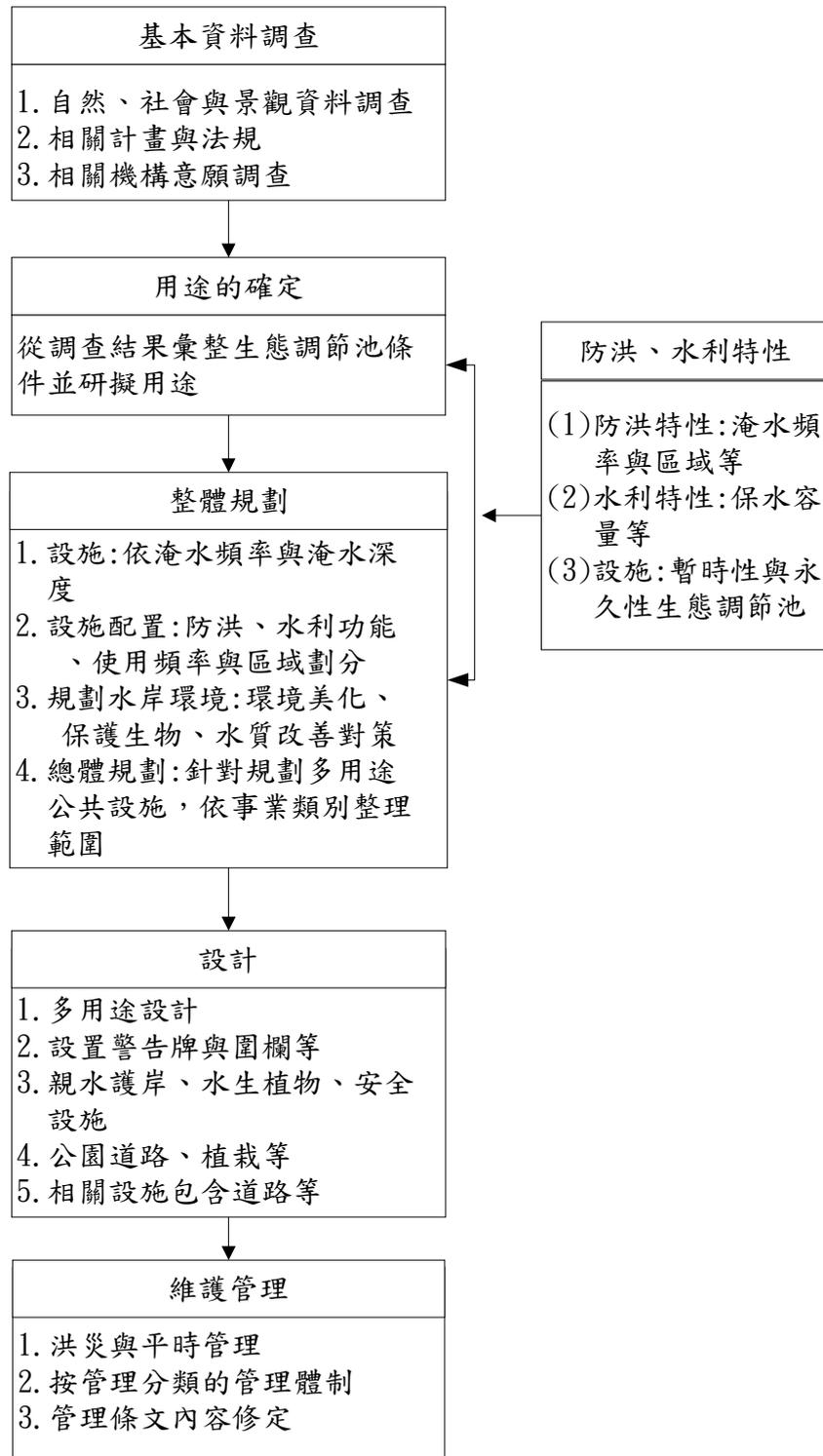


圖 5-12 社區之生態調節池規劃流程

資料來源：社團法人雨水貯集留浸透技術協會，1998

2. 相關計畫與法規

一般而言，相關計畫的調查包括下列項目：

- (1) 整體計畫；
- (2) 都市計畫；
- (3) 河川相關計畫；
- (4) 調節池的防洪計畫。

3. 相關機關意願調查

為了提供多用途計畫的參考，因而需掌握相關機構參與多用途事業的意願，相關部門包括：

- (1) 公園部門(公園綠地等)；
- (2) 都市計畫部門(汽車停車場等)；
- (3) 建築、住宅部門(社區等)；
- (4) 教育部門(學校、圖書館等)；
- (5) 市民部門(文化中心、體育館等)；
- (6) 防災部門(避難場所、防災用水等)。

二、用途確認

規劃多用途生態調節池時，應考慮下列基本條件：

1. 從防洪設施管理人立場，可充分發揮調節池的防洪功能，並確保使用者的安全，如：

- (1) 可確保貯蓄容量；
- (2) 可確保排放功能；
- (3) 可確保流入功能。

2. 基於使用者的安全，在淹水後容易進行恢復，如：

- (1) 適當配置引進設施；

- (2)可承受淹水的設施；
- (3)可確保使用者的安全性；
- (4)淹水後容易恢復；
- (5)形成良好環境美化；
- (6)合理保護調節池的水面、植被等既有自然環境。

三、整體規劃

在整體規劃中，應考量上述條件，選定設施、配置及功能用途，並研討環境美化、保護生物、改善水量、水質等具體對策，包括：

- (1)「平面利用(底面利用)」型式是運用淹水區域，考量調節池的形狀與淹水頻率再選定設施。若已決定設施時，需一併規劃調節池的形狀。
- (2)「立體利用」型式屬於運用淹水區域及上層區域。運用淹水區域，則依「平面利用(底面利用)」的概念。關於上層空間的運用方式，則幾乎同於一般土地的運用，因此幾乎無須從防洪計畫中進行考量等。

四、設計

在設計方面，則考量安全性、經濟效益與低維護管理費用，並依調節池的使用型態類別，以下列舉設計時的注意事項：

1. 平面利用(底面利用)

必須從多用途中，針對調節池的坡面考量以下事項。

(1)堤體坡面：

- 水壩式(築堤式)調節池的堤體屬於最重要的結構物，除了管理用通道、公園、道路等之外，原則上應避免對堤體設置使用設施。
- 對堤體上流坡面實施坡面處理，預防受到波浪、雨水所侵蝕。此外，對堤體下游端坡面實施坡面處理，預防因雨水及入滲流而受侵蝕。

(2)堤體除外的淹水部坡面：

- 最理想的是不影響使用且不形成凹狀閉鎖空間的坡面坡度，可設為低於 1:3 的緩坡度。
- 為防止雨水而受侵蝕及良好的造景，故極力在坡面上植栽。
- 藉由擋土牆等結構物實施坡面處理時，可考量造景的結構物。

2. 將人工地盤進行立體利用

將調節池設置於地下時，其具有以下優點：

- (1)調節池設於地下，可獲得上層空間；
- (2)即便發生淹水，也可正常營運；
- (3)只利用上層空間時，可與調節池地下空間的使用者做區隔，因此安全性較高；
- (4)調節池的規模較大時，對淹水頻度較小的空間可善加運用。

3. 將地下貯留進行立體利用

(1)地下貯留有以下 2 種類型：

- 貯水槽方式：透過設於地下的鋼筋混凝土，或預製混凝土產品，設置貯水槽。
- 碎石空隙貯留方式：將碎石充填於地下，讓雨水貯留於碎石間空隙的方式。

不同類型需考量設計條件，且經過兩者比較後再決定。

4. 將地下貯留部出入口固定或上鎖，以防閒雜人等進入。

5. 貯水槽採用可承受上層利用的結構，且可運用上層空間，但以碎石空隙貯留方式而言，有鑑於碎石會沈陷，因此必須將上層用於設置綠地，或社區停車場等負載較小的用途。

6. 雨水貯留用途

可藉由在調節池設置不排放的貯留部分，以善加運用雨水，其可利用的方式包括：

- (1)維持河川流量的供水；

生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

- (2)親水用水(造景池、潺潺流水、噴水等)；
- (3)生活用水(馬桶沖洗用水、洗車用水、灑水、冷卻塔補給水等)；
- (4)緊急用水(消防用水等緊急用水)；
- (5)農業用水等。

五、維護與管理

列出洪水時與平時的管理內容，同時擬出適當的管理機制。為適當實施維持與管理，故需擬定以下的維護與管理計畫，其內容包括：

- (1)維護與管理的目的；
- (2)掌握管理標的物；
- (3)維護與管理項目；
- (4)維護與管理體制；
- (5)營運方式。

第五節 水循環系統模式比較分析

生態社區雨水利用具有多目標之功能與效益，故其效益評價亦須以多目標、層次化之架構項目來評定。然而評估生態社區水循環系統之重要性在於可評估社區中之供水、保水與防洪之相關效益，並量化各水量之數值，故其相關模式尤為重要，相關模式亦能評估區域節水效益、增加地下水補注及提高都市防洪能力等，以下針對生態社區之相關模式及公式進行介紹。

以下針對美國、加拿大、丹麥、英國、瑞典、日本與中國等各國進行水循環模式收集比較，如美國的 EPIC、美國的 SPUR-91、美國的 SWRRB、日本安藤虫名高橋模式、加拿大 SLURP、美國的 CREAMS、美國的 HSPF、美國的 NWSRF、美國的 PRMS、美國的 SSMRR、加拿大的 UBC、日本的 tank model、丹麥的 MIKE 11、英國的 TOPMODEL 等，並針對模式名稱、國家、分類、開發用途、特徵等要點，進行分析比較，如下表 5-8 所示。

本計畫收集國外共 28 個水循環模式，表 5-8 比較各國水循環模式如美國 SSARR 模式主要適用田園與湖泊中；丹麥 Mousenam 適用於下水道維護中；日本 Hydro-Beam 適用田園、湖泊與下水道維護中，上述 28 個水循環模式，因為適用對象與規劃尺度等因素，均不適宜於國內社區雨水利用規劃系統中，故本計畫另收集 3 個水循環模式，分別為加拿大 Water Balance Modelling Applications 之模式、澳洲 Urban Developer 模式與台灣之都市水環境決策系統，進行評估比較。

表 5-8 各國分析模式

水循環系統模式											
模式名稱 (簡稱)	EPIC	安藤、虫 明、高橋模 式	SPUR-91	SWRRB	SLURP	CREAMS	水槽模型 (tank model)	HSPF	NWSRF	PRMS	SSARR
國家名稱	美國	日本	美國	美國	加拿大	美國	日本	美國	美國	美國	美國
提出者	美國農務局	安藤義 久、虫明功 臣、高橋裕	美國農務局	美國農務局	國家水文 研究所	美國農務局	菅原	美國環保 署	美國國家 氣候服務	美國地質 調查所	美國陸軍 部工兵隊
分類	集中型	集中型	斜面要素型	斜面要素型	斜面要素 型	集中型	集中型	斜面要素 型	斜面要素 型	斜面要素 型	斜面要素 型
開發用途 開發歷程	計算農地水 分、養分及 植物成長	附加抗滲 領域的逕 流量機 構、與土壤 保水特性	呈現牧場的 生態系統	分析農地流 域的水平衡 與植物的成 長	計算已考 量土地利 用特性的 逕流量	評估非點 (non point) 污染源負 荷量	以簡易理 論提升實 際現象的 重現性	以水量以 及水質為 對象的綜 合模式	計算流域 水份收支 與流域逕 流量	計算洪水 與日單位 的全流域 水文量	以山地流 域為對象
特性	將流域假定 為均等，而 呈現朝垂 直方向分割 為數層的流 域。	針對抗滲 面積率、透 水係數等 物理常 數，設定水 槽模型常 數。可預測 未來。	由氣候、水 文、植物、 動物、經濟 模組所構 成。土壤最 多可朝垂 直方向區 分為 8 層。	依土壤、植 物區分小 型流域。還 可一併考 量植物的 成長。	在已分割 的小型流 域中，計 算各土地 利用的垂 直水平 衡。且朝 垂直方向 區分雪 層、表 層、地 下水層。	將流域假定 為均等後， 得 以用日或短 時間間格單 位進行分 析，基礎層 多可分割 為 8 層。	運用觀測 值，鑑定各 水槽參數 (孔徑與高 度)。缺乏 物理根 據、客觀 性低。	模式結構 為模型組。	對垂直 2 層 賦予一定 的貯水能 力後，通 過 上層河道 流與下層 基底流貯 存。	區分為幾 乎呈等質 的小型流 域 HRU，再 從各 HRU 水文成份 的合成中， 算出全流 域的水文 量。	計算積雪 量時，可依 標高類別 區分 Band。計 算土壤水 分後再算 出流域逕 流量。

資料來源：本研究整理

表 5-8 各國分析模式比較(續)

	水循環系統模式							
模式名稱 (簡稱)	SWMM	UBC	XINANJIANG	MIKE 11	MOUSE NAM	HBV	TOPMODEL	PLUMP 模式
國家名稱	美國	加拿大	中國	丹麥	丹麥	瑞典	英國	日本
提出者	美國環保署	UBC 大學	河海大學	丹麥水理研究所	丹麥水理研究所	SWEDEX 氣象水文研究所	Lancaster 大學	虫明功成、日本工營
分類	斜面要素型	斜面要素型	斜面要素型	斜面要素型	斜面要素型	斜面要素型	斜面要素型	斜面要素型
開發用途 開發歷程	計算都市地區的水量及水質	預測受融雪、雪冰、降雨所影響的山地流域的洪水	分析低水、高水兩用逕流量	計算河川、河口等水量、水質、土砂平流	計算已考量雪、表面、基底層地下水的逕流量	計算已考量地形、土地利用的逕流量	因應逕流量貢獻領域概念的物理模式	預測都市領域的水循環系統。考量飽和、不飽和滲透
特性	各小型劉玉飾朝垂直區分為上層(不飽和)與下層(飽和)。且一併考量水質。	將流域分割為海拔高度範圍,再依土壤水分分配地表逕流量、中間流與地下水。	以統計角度考量流域內貯存能力的空間分佈。以上層、下層、深層的土壤水模式,算出逕流量。	區分為小型流域後算出淨流量,屬 1 次元模式。	由雪、表面、基底層、地下水共 4 種貯存槽所構成。	從各小型流域的上層、下層貯存量中,算出淨流量。	在可為逕流量帶來貢獻的區域中所降下的雨,會立即成為表面流而逕流。貢獻區域則取決於平均貯水位和地形。	納入物理滲透機構的水槽模式,可整合模組型、小型流域模式。

資料來源：本研究整理

表 5-8 各國分析模式比較(續)

	水循環系統模式								
模式名稱 (簡稱)	土研改良 PRMS 模式	土研模式	MIKE SHE	IHDM	SHE/SHESED	Hydro-BEAM	PDE	WEPM	SHER
國家名稱	日本	日本	丹麥	英國	英國	日本	日本	日本	日本
提出者	深見和彥、 金木誠、寺 川陽	吉野文雄、 吉谷純一、 堀內輝亮	丹麥水理 研究所	英國水文 研究所	Newcastle 大學	小尻利治等 人	虫明功臣、 日本公營 (株)	河原、末次	兩水協會
分類	斜面要素型	分布型	分布型	分布型	分布型	分布型	分布型	分布型	斜面要素型
開發用途 開發歷程	以長期逕流 為對象，開 發出運用 GIS 的物理 常數分佈型 逕流模式	開發出可適 用於大流域 的實用性分 佈型模式	呈現流域 水文特性 的空間分 佈	計算山坡 面地中 流、表面 流、河道流	基於物理基 礎，分析水文 基本過程	評估含都市 地區的水文 現象，雨水 水質生態系 統的影響	預測都市地 區的水循環 系統。考量 飽和、不飽 和滲透	預測都市地 區的水循環 系統。考量 飽和、不飽 和滲透、熱 平衡	預測都市地 區的水循環 系統。考量 飽和、不飽 和滲透
特性	區分為幾乎 同質的小型 流域 HRU。 從各 HRU 水 文成份中， 算出所有 流域的水 文量。	將流域分割 成網孔狀， 並以垂直 向的 4 層 模塊式， 表示網孔 間的水分 移動。	為分布型 模式的代 表。流域 區分為網 狀，再以 物理式表 現各水文 基本過程。	山坡成串 聯狀。以 2 次元飽 和與不飽 和面呈 現坡面 流向。	具備將各 成組化後， 可加以整 合的功能 系統。具 機動性的 發展可能。	表層適用 已考量的 回流特性 一次元特 性曲線。下 3 層為貯 存型。此 外，也考 量都市下 水道。	對各網孔 設定土壤 物性值。由 表層、河 川、含水 層 3 部 分所構成， 設定管理 程式後，可 用差分法 進行分析。	對各網孔 設定土壤 物性值。由 表層、河 川、含水 層 3 部 分所構成， 設定管理 程式後，可 用差分法 進行分析。	依水文學 方程式， 在各地區 均等設定 土壤物性 值，而由 表層所構 成。計算 不飽和 滲透流。

一、加拿大 Water Balance Modelling Applications

本範例設計主要以優化自然排水系統，重點概念為 NDS，Natural Drainage Systems 自然排水系統，從上至下對 Venema 河集水區（切 20 塊）利用 LIFE 模型進行模擬，如圖 5-13 所示。其中，水平衡模擬結果可提供最具成本效益之規模與地點，並利用人行道、分隔島及道路旁緩衝區進行模擬與改造，設計滯留窪地、礫石層排水道等，經由模擬，年總逕流量剩不到原來的 4%。由於本軟體設計尺度較大，較不適宜與用在社區雨水利用規劃系統中，故不適用於本計畫。

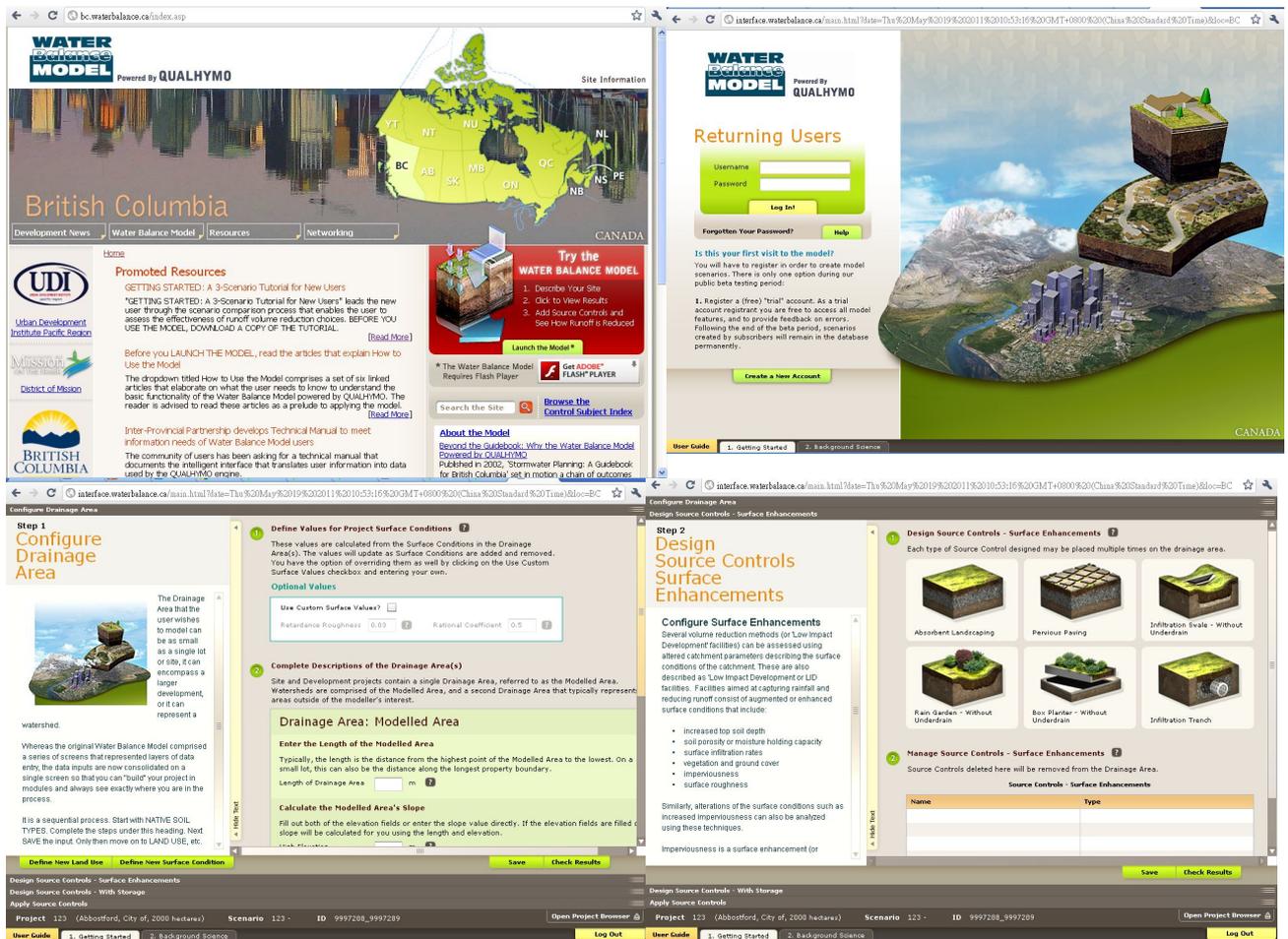


圖 5-13 Water Balance Modelling Applications 操作示意圖

資料來源：bc.waterbalance.ca/index.asp

二、澳洲 Urban Developer

都市綜合水循環的模擬工具，以利專業人員在水資源上的綜合規劃和評估週

生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

期的服務。提供了能夠模擬城市三個水循環的服務網絡（供水、雨水、污水），範圍從單一的分配到大型集群或小分支，如圖 5-14 所示。目的是為了研究、模擬、規劃、決策分析並制定模式以便了解特定的城市水資源管理問題。此軟體只適用於建築本身之相關雨水利用規劃系統中，故不適用於本計畫。

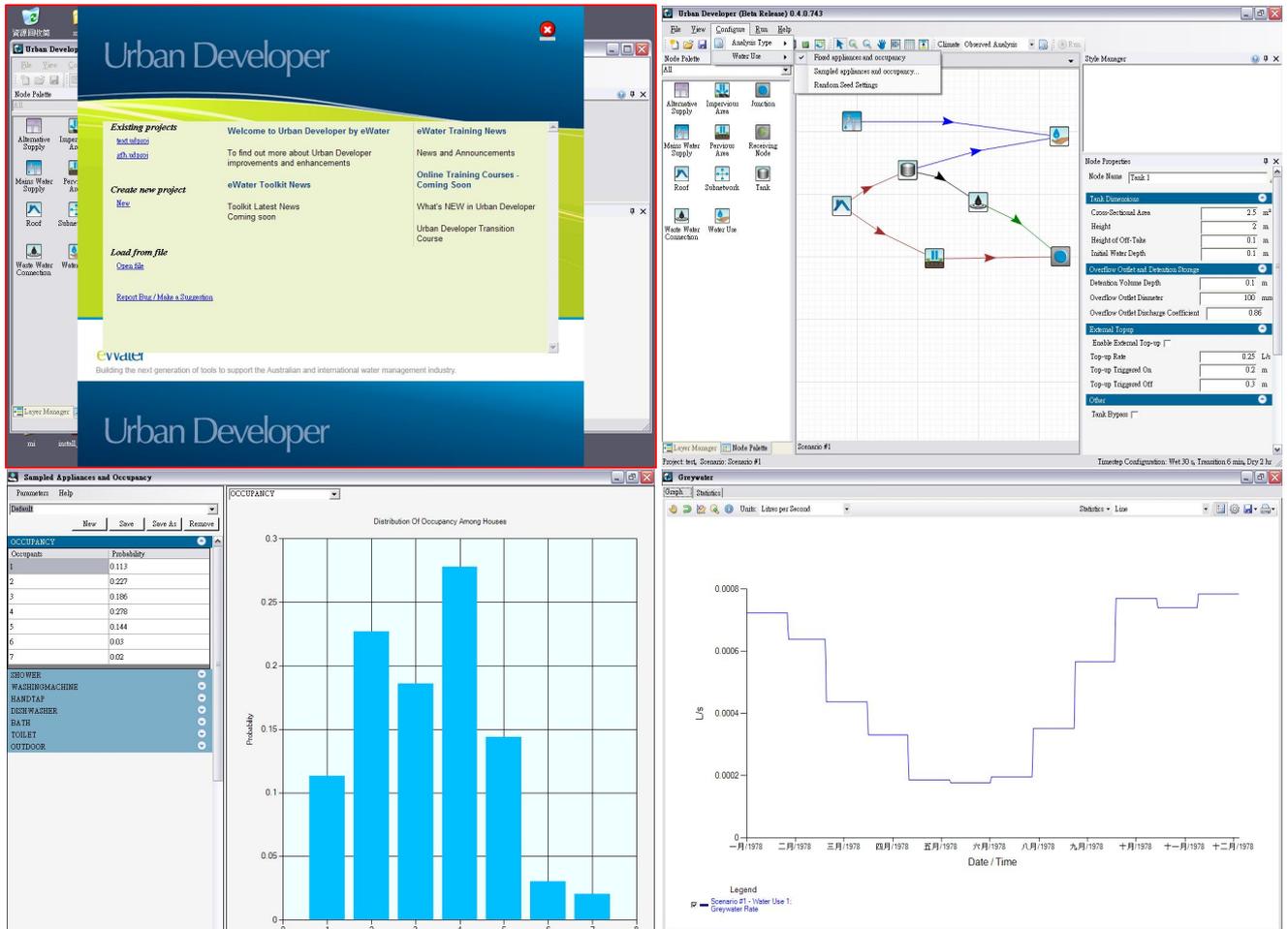


圖 5-14 Urban Developer 操作示意圖

資料來源：<http://www.urbandevelopers.com.pk/>

三、都市水環境決策系統

「都市水環境決策系統」之理論建立成視窗化程式表單，同時介紹程式中各項表單與功能，而本研究利用 Microsoft Visual Basic 6.0 程式軟體建構「都市水環境決策系統」，系統架構如圖 5-15 所示，利用視窗化方式，方便資料輸出與輸入，對於不同區域之水文、地文條件皆可進行分析，而在系統中建立都市供水與保水

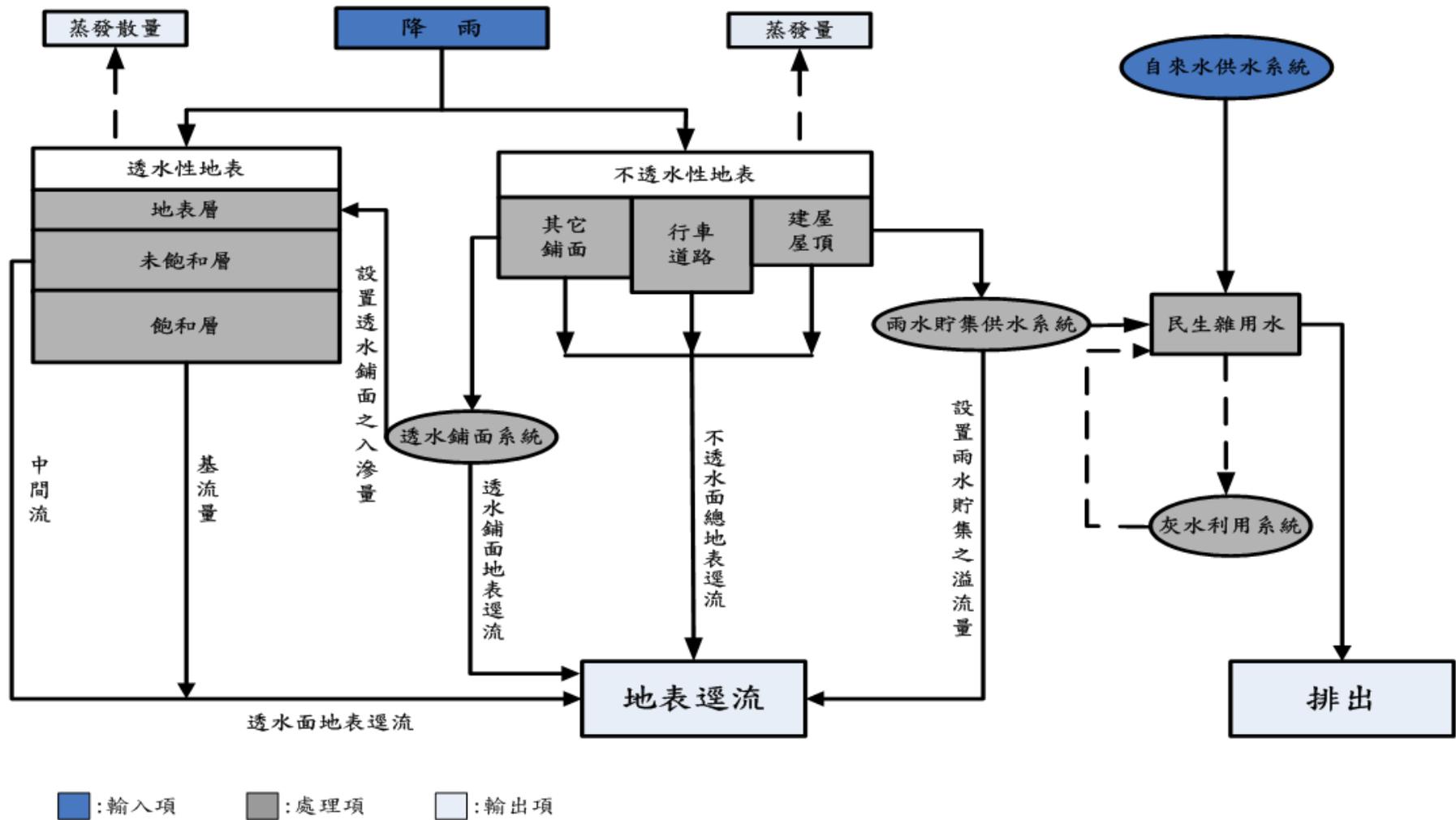


圖 5-15 都市水平衡模式之架構

資料來源：本研究整理

生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

設施，來針對都市開發與規劃提供設計之參考。

「都市水環境決策系統」之執行檔，其中撰寫之程式碼將隱藏於程式中，並在程式首選表單說明程設計者、指導教授、版權與程式開發之時間資訊，往後將申請專利，將本系統設計持續發展。而「都市水環境決策系統」視窗首選介面（見圖 5-16）雨水貯集供水系統與透水鋪面設施符合改善社區水環境之訴求。



圖 5-16 都市水循環決策系統

資料來源：本研究整理

比較上述 3 種水循環模式，加拿大 Water Balance Modelling Applications 之模式設計尺度較大，較不適宜與用在社區雨水利用規劃系統中；澳洲 Urban Developer 模式適用於建築本身之相關雨水利用規劃系統中，規劃尺度較小，較不適宜與用在社區雨水利用規劃系統中；反觀，國內自行研發之「都市水環境決策系統」較適合應用於國內生態社區水循環中，適合國內生態社區規模與尺度，但由於國內目前生態社區收集之所需參數有限，故囿限於參數設定等相關問題，故無法進行水平衡模式分析。

第六章 社區雨水利用案例分析

本研究主要以綠建築之雨水利用、基地保水、降雨逕流、區域水循環等水文相關理論與方法，考量前述之雨水利用技術，進行「生態社區雨水利用系統節水效益」之研究；其中擬以生態社區尺度區域為研究對象。

目前台灣之生態社區評估系統，可接受申請評估之社區型態如表 6-1 所示。本計畫擬擇一區域進行雨水利用設施整體配置規劃，以建立實證模式，進行「生態社區雨水利用量化效益評估」，以作為效益評估及理論修正依據。初步考慮以表 6-1 之社區型態為選擇依據。而社區選擇原則為：1. 具示範性；2. 資料收集較易且內容詳細及 3. 將選取 1 處生態社區做為示範區，進行雨水利用效益量化評估。

表 6-1 台灣社區發展類型

社區型態		說明
既成社區	都市鄰里單元社區	位於都市計畫區內，社區組成以里為單元，依內政部社會司頒佈之「社區發展工作綱要」申請劃定之社區。
	集合住宅社區	位於都市計畫區內，由單一推案或數個相鄰推案所構成之集合住宅社區。
	鄉村既有聚落	位處都市計畫範圍外之鄉村地區，包括獨立自主之農村聚落或原住民部落。
新社區	都市內或近郊新開發社區	包括都市計畫區內或毗鄰都市土地之新社區、新街區以及新開發之集合住宅區。

資料來源：生態社區解說與評估手冊，2010

第一節 生態社區之遴選

壹、社區遴選

計畫中所提及的「區域」界定在都會集水區，其大小與特性隨各地水文、環境及社會經濟條件等需求不盡相同，因此本計畫在地點選擇上，主要考慮規劃配置之成果能否落實於後續之實際執行、評審委員之建議、資料的可獲性及具宣導

功能等各種考量。最後選定 1 個試驗區進行區域性雨水貯集系統初步規劃配置。下列各節將就社區示範性、社區管理、社區防災、社區綠化、雨水收集可行性、雨水需求度、可設置貯水桶空間與資料收集度分別簡述如后，各類型社區依據上述因子篩選，初步分為三級分別為 I 級(最具執行優先潛力)、II 級(優先執行潛力)與 III 級(普通執行潛力)，I 級為 20 分、II 級為 18~20 分與 III 級為 18 分以下，各社區評分結果如表 6-2 所示。

遴選社區包括台北萬芳社區、台南市金華社區、台南市大地莊園社區、台南市菁寮社區及南投縣桃米生態社區配置試驗區，鑑於雨水貯集系統除具有供水之功效，亦具備保水之多目標效益，各試驗區之配置目的考量方向，計畫中以社區示範性、社區管理、社區防災、社區綠化、社區水循環、雨水收集可行性、雨水需求度、可設置貯水桶間及相關資料蒐集度等 9 項作為評選指標，經本計畫工作人員赴現場踏勘及與相關單位協商洽談之後，各試驗區相關規劃標的評選結果如表 6-2 所示。依現勘結果比較結果因台北萬芳社區為山坡地，故富有地形優勢收集雨水，具有潛在的節能效益，示範性高故適合作為雨水貯集系統配置規劃研究區域，此外鑑於木柵動物園雨水貯集系統成效良好，利於未來宣傳推廣之用，故即選定台北市文山區萬芳社區作為系統配置試驗區。

萬芳里於 1990 年 3 月 12 日區里行政區域調整后，由原博嘉里部份地區劃出，成立為萬芳里，里轄以 140 高地萬芳社區為主，故以為里名。萬芳社區國宅興建完成是北市首宗利用山坡地大批興建國宅最成功例子。現在萬芳里內多綠地，公共設施完善，為良好居家環境。

表 6-2 各社區施做雨水容設施算優先順序評比表

項目\社區	金華社區	大地莊園社區	菁寮社區	桃米生態社區	萬芳社區
社區示範性	1	0	0	1	2
社區管理	3	2	1	2	2
社區防災	2	1	1	2	1
社區綠化	1	2	1	1	2
社區水循環	1	2	0	0	1
雨水收集可行性	1	5	2	2	4
雨水需求度	3	1	1	1	2
可設置貯水桶空間	1	4	2	3	5
資料收集度	3	2	1	4	5
分數	16	19	18	16	24
級數	III 級	II 級	II 級	III 級	I 級

I 級(最具執行優先潛力)、II 級(優先執行潛力)與 III 級(普通執行潛力)

I 級: 20 分以上； II 級: 18~20 分； III 級: 18 以下

資料來源：本研究整理

台北市政府為整體建設全市現代化的政策，並且解決人口集中、住宅短缺、公共設施不足的問題，而選定當時木柵、景美兩區交界處之山坡地開發新社區。此山坡地跨越木柵博嘉里與景美興得里之坡地，開發前為保護區，地形自北向南傾斜，最高山頭標高 140 公尺，故開發案以此命名之。當時計畫開發預期效益為：

- (一)有助於木柵、景美的繁榮。
- (二)為市府開發山坡地之示範。
- (三)提高土地利用的價值。
- (四)以區段徵收解決國宅用地取得之困難。
- (五)解決住宅問題，並提高稅收。
- (六)完成公共設施並盡量保留自然景觀，提供良好居住環境與就業機會。

貳、試驗區社區相關資料建檔分析

本計畫利用前述所獲資料及現地調查比對後，各試驗地之地形、建物型式、建物面積、位置、需水量、集水區劃分面積以及排水系統等彙整建檔如后，並分述如下：

本計畫之雨水貯集配置以供水與保水為主，因此該區域資料收集主要以建物型式為劃分單位，依現地調查結果，該區建物型式主要可分為水泥建構 5 樓公寓計 18 棟，每層 2 戶；混凝土建構 7 樓公寓計 3 棟，每層 10 戶；混凝土建構 12 樓公寓共計 3 棟，每層 6 戶三種型式，不同建物型式其需水量推估結果如表 6-3，該區建物座落位置、試驗區地形範圍及現場圖片如圖 6-1~圖 6-2 所示。依據前經濟部水資源局的統計資料顯示及參考綠建築解說與評估手冊中顯示，台灣地區目前每人每日一般家庭用水量約為 200~300 公升（平均值為 250 公升），

表 6-3 萬芳區建物型式分類表

建物型式	建物面積 (m ²)	每層戶數	需水量 (cmd)	試驗區總戶數
水泥 5 樓公寓	196	2	*10	18×2×5=180
水泥 7 樓公寓	720	10	70	3×10×7=210
水泥 12 樓公寓	500	6	72	3×6×12=216

* 需水量 = 單位戶數人口 (人 / 戶) × 單位人數需水量 (m³/人 · 日) × 每層戶數 × 建築物樓層數

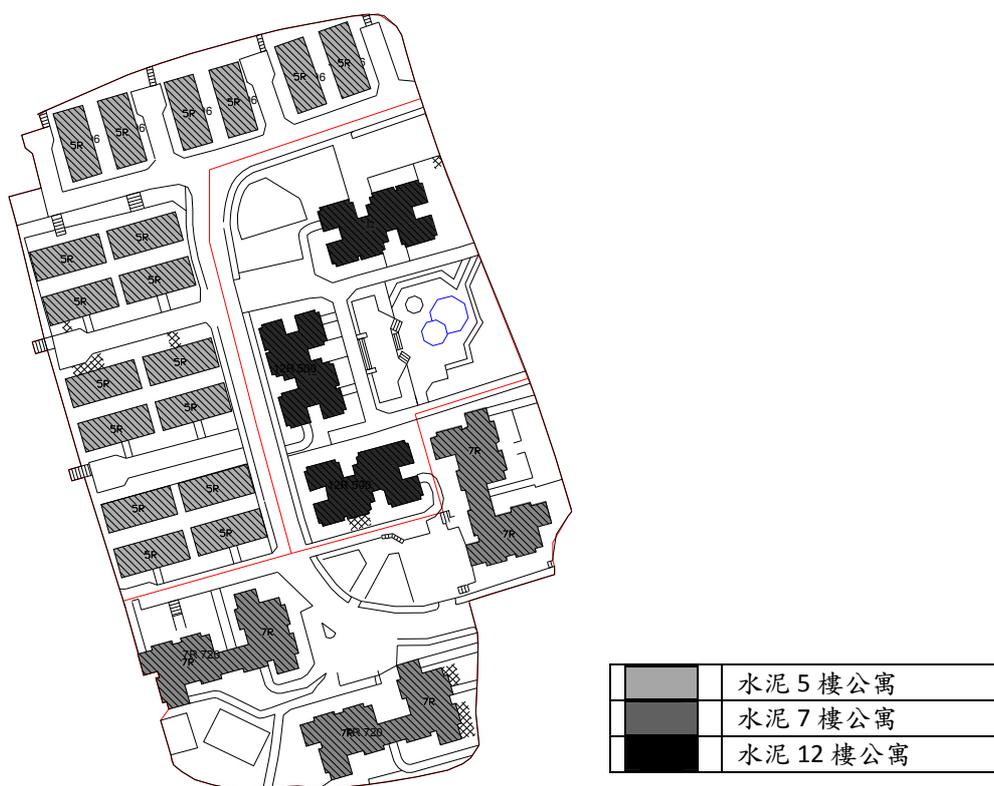


圖 6-1 萬芳社區建築物配置圖

資料來源:本研究整理



圖 6-2 萬芳社區現場圖片範例

資料來源:本研究整理

過去有關屋頂雨水貯集供水量設計方面的估算大多以單一雨量站作模擬進行設計，不考慮區域性之規劃設計；本計畫則以區域性的觀點進行分析，降雨型態往往會影響該區域雨水貯集系統的設計規模及供水效率。因此北部地區將嘗試利用聚類分析方法，將研究區域的降雨型態予以分類，進而對降雨較均勻之次區域進行系統容量計算工作，分類係利用歷年之平均旬雨量來分析其降雨統計特性，作為設計區域性雨水供水系統時之依據。

雨型分類方法主要可分成二大類，一為階層分析法（Hierarchical cluster method）又稱系統聚類法；另一為非階層分析法（Non-hierarchical cluster method）又稱動態聚類法：(1)系統聚類法是聚類分析中應用最廣泛的一種方法，凡具有數值特徵的變數和樣本都可以採用階層分析法。系統聚類法係由每一樣本各自成一群集開始，把樣本逐個地合併成一些子集，直至所有樣本都在同一個集合之內為止。(2)動態聚類法在分群過程中，則將原有之群集予以拆散組成新的集群，並重新計算距離。而因初始分類不一定合理，按最近距離原則進行修改不合理的分類，直到分類合理為止，形成一個最終的分類結果。

因動態聚類法較具彈性，因此本研究利用 SPSS 統計套裝軟體，採用動態聚類分析中的 K 均值法進行分群；資料選取上本計畫以前水資源局所列雨量站之資料為主，台灣北部地區雨量觀測資料，而分析中之變數若採用月或年之平均降雨量來作分析，所產生之結果無法明顯看出實際降雨分佈情形；採用日降雨量雖與實際用水情形較為相近，但會因資料太過龐大，增加計算的負擔，因此本計畫採用現存雨量站中記錄年數完整且連續達 40 年以上者共選取 58 站，依據經濟部水利署區域雨水貯集利用系統規劃與推廣計畫之平均旬雨量作聚類分群分析之變數，經不斷決定計算不同初始分類數，並經聚類檢定。

依上述雨量站之雨型分類分區結果，第一區為台北縣西半部、桃園縣西半部、新竹縣西半部及新竹市，年平均降雨量為 1769.1mm；第二區範圍為新北市南部及宜蘭縣東半部，年平均降雨量為 2959.7mm；第三區範圍為台北縣西南部、桃園縣及新竹縣東半部，年平均降雨量為 2034.8mm；第四區包括台北市、基隆市、台北縣東北部及宜蘭縣東半部，年平均降雨量為 3413.7mm。本計畫各區分類結果，雨量站位置及其分區範圍如圖 6-3 及圖 6-4 所示，四個區域之平均旬雨

量組體圖，繪製結果如圖 6-5 至圖 6-8 所示。本試驗區萬芳社區為第三區之降雨型態。

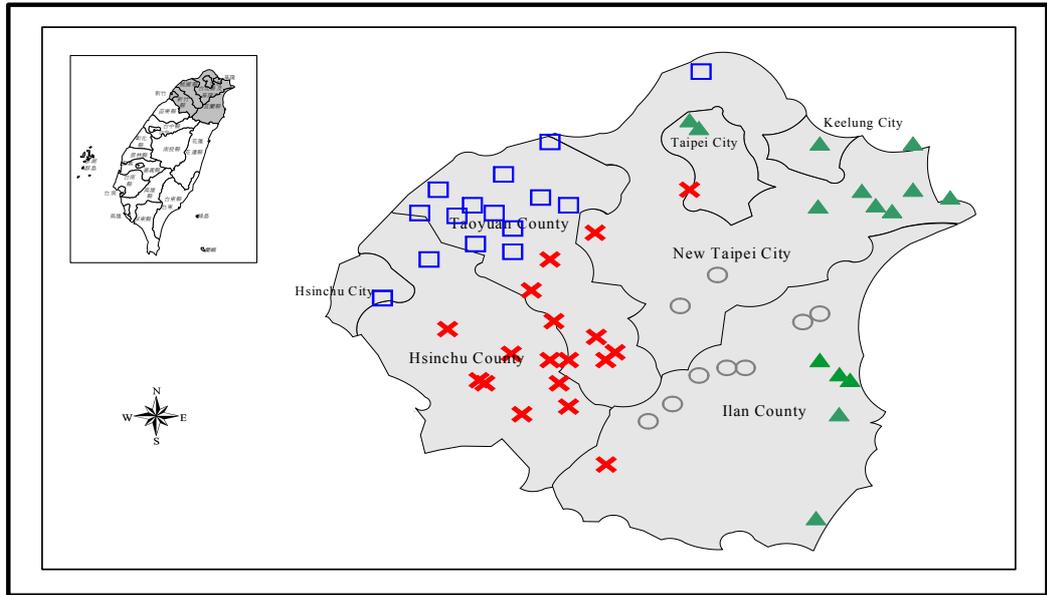


圖 6-3 台灣北部地區選取雨量站分佈圖（四區域）

資料來源:本研究整理

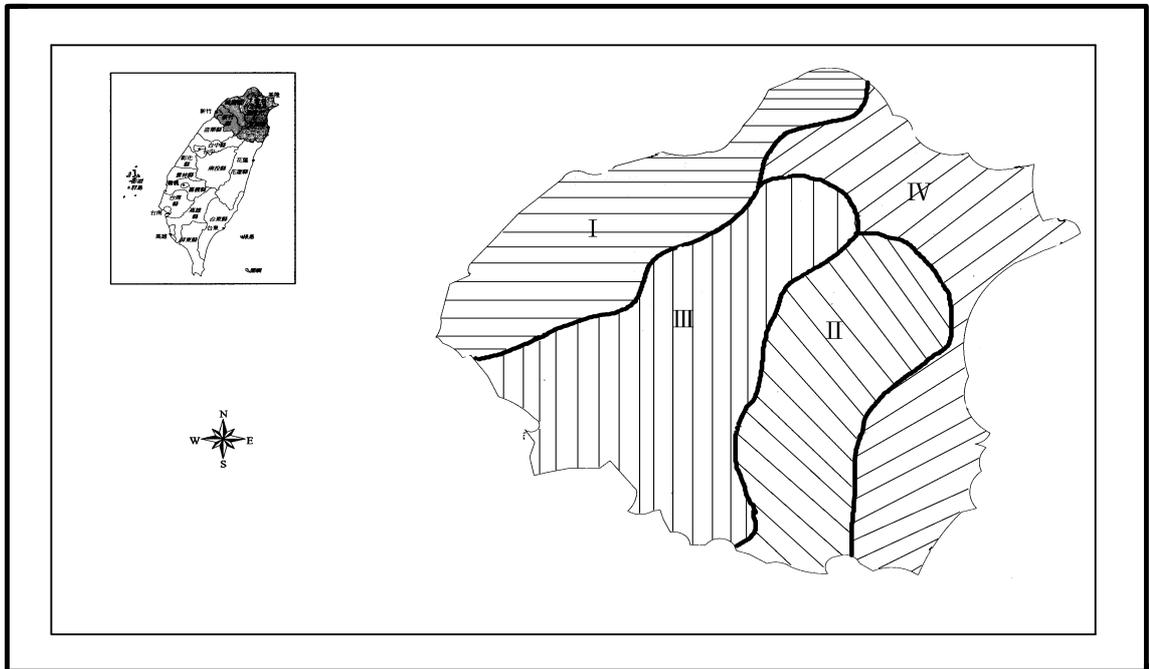


圖 6-4 台灣北部地區四區域示意圖

資料來源:本研究整理

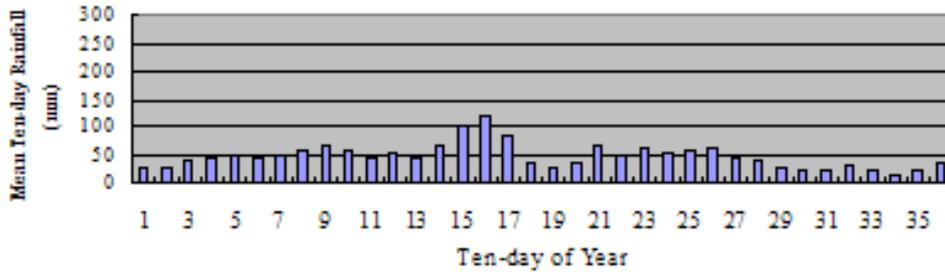


圖 6-5 台灣北部地區第一區降雨型態

資料來源:本研究整理

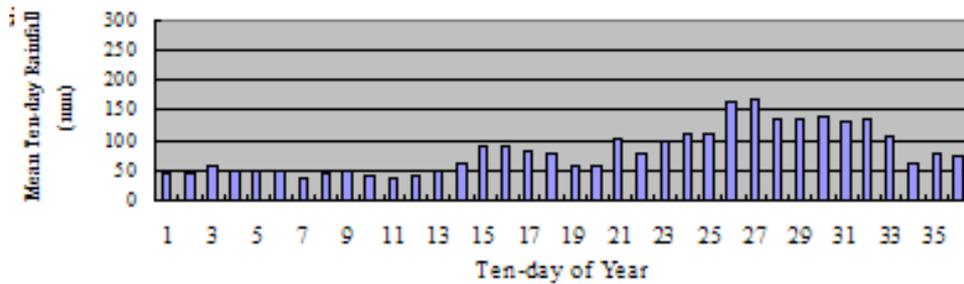


圖 6-6 台灣北部地區第二區降雨型態

資料來源:本研究整理

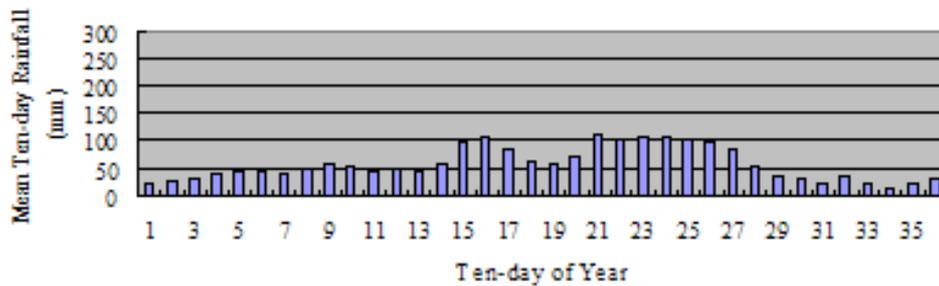


圖 6-7 台灣北部地區第三區降雨型態

資料來源:本研究整理

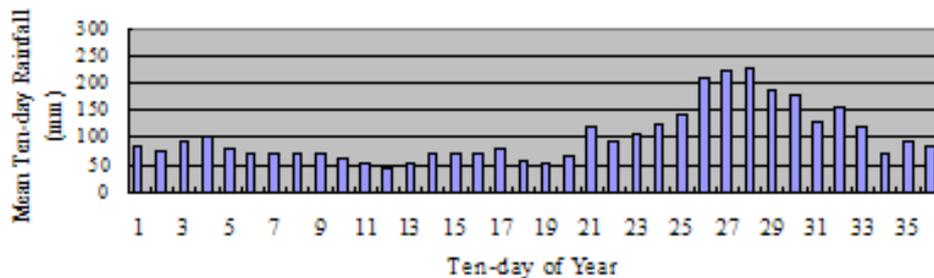


圖 6-8 台灣北部地區第四區降雨型態

資料來源:本研究整理

參、萬芳社區之評估

萬芳社區該試驗區依現地調查結果，區內建物及用水多屬一般住宅與家庭用水；依據前經濟部水資源局的統計資料顯示及參考綠建築解說與評估手冊中顯示，台灣地區目前每人每日一般家庭用水量約為 200~300 公升（平均值為 250 公升），一般家庭生活用水會因洗衣機、浴廁設備用水習慣與使用狀況的不同，其用水量也相異，若依用途劃分結果，每人每日各類別用水量分類結果可如表 6-4 所示。鑑於本計畫雨水貯集利用僅考慮將雨水應用在不接觸人體皮膚為原則，因此雨水僅以替代洗廁用水（替代用水量 40 公升）為主要評價標準，進行雨水貯集成效評估。

表 6-4 台灣地區家庭各用水類別之合理用水量

用途	沖洗廁所	沐浴	廚房	洗衣機	洗臉	清潔	其他	合計
百分比 (%)	16	17	19	30	9	4	5	100
用水量 (lpcd)	40.0	42.5	47.5	75.0	22.5	10.0	12.5	250

資料來源：內政部建研所，住宅及辦公建築用水量管制之研究

依北部地區雨型分類結果，萬芳地區雨型應屬於第三雨型區（詳圖見圖 6-7），藉由該區雨型資料，北部第三試驗區不同洗廁用水替代率下之供水需求及貯蓄容量曲線，可繪製如圖 6-9~圖 6-10 所示。

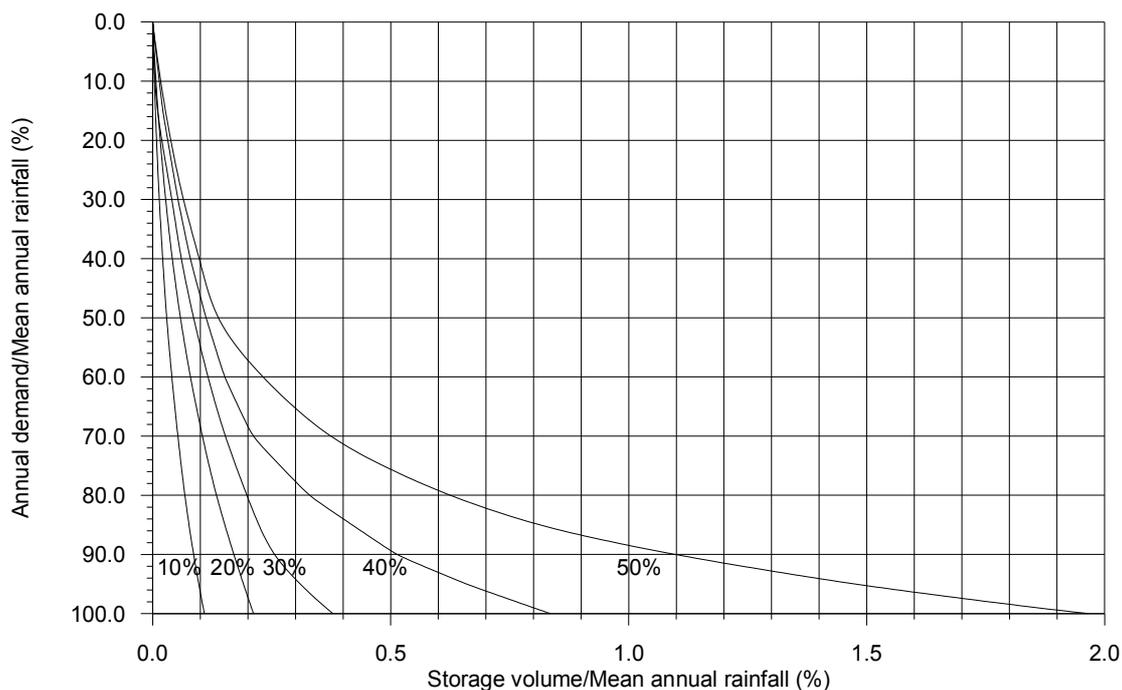


圖 6-9 台灣北部第三區雨水貯集系統貯蓄容量設計關係圖
(替代率：10%~50%)

資料來源:本研究整理

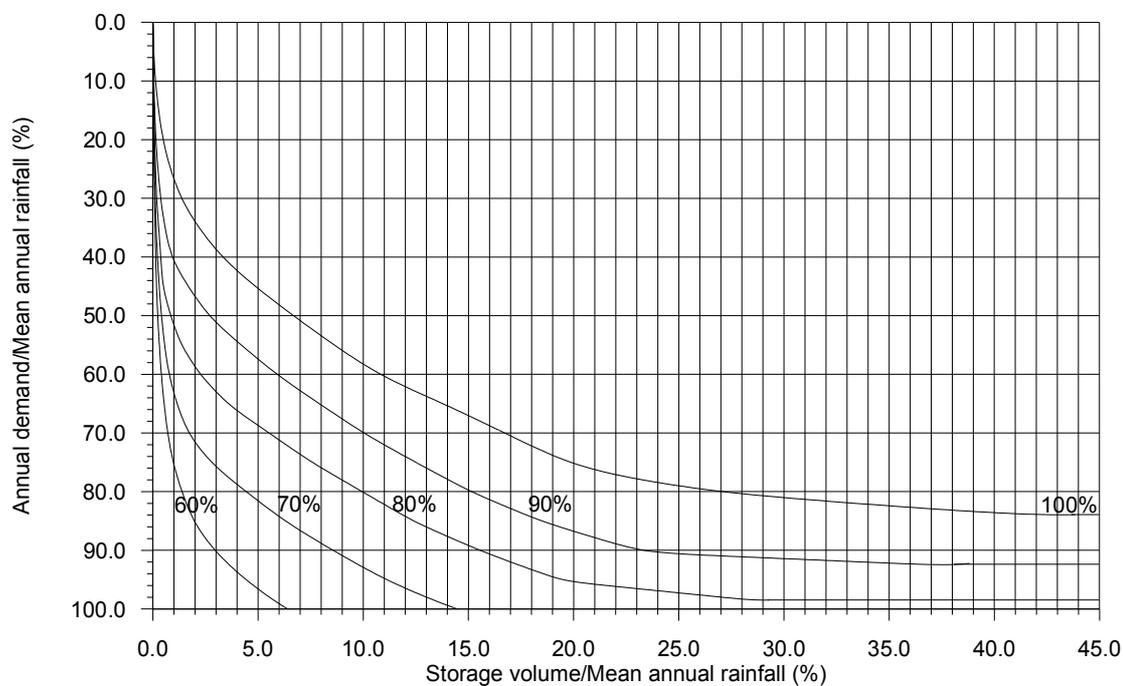


圖 6-10 台灣北部第三區雨水貯集系統貯蓄容量設計關係圖
(替代率：60%~100%)

資料來源:本研究整理

第二節 雨水利用供水系統規劃

壹、系統規劃

一、系統容量與效益

建構雨水利用系統可增加社區水資源供給途徑，減緩公共供水系統壓力，雨水可用於沖廁、澆灌、災變等用水，提高水資源利用效率，節省水資源相關投資成本及居民用水開支。

在供水成效評價上，利用建物型式分類結果，該區主要可分成兩種配置方式，第一為利用各建物(依建物型式)分散配置：利用各類建物屋頂面積為配置區域，分棟各別配置；該區建物型式主要可分為 5 樓建物、7 樓建物及 12 樓建物三種，鑑於不同型式建物有不同之供水需求；本計畫在推估過程中依據內政部建築研究所「住宅及辦公建築用水量管制之研究」研究成果，每戶平均採 4 人計算，每戶個人用水量需求為 250 升/日，進而可推估各建物之需水量，並繪製不同建物之雨水貯集系統容量-替代率-年雨水供水量關係曲線，繪製結果如圖 6-11~圖 6-13 所示。第二為全區規劃配置方式：利用該社區建物總面積為配置區域，以整體考量規劃配置。該區建物總屋頂面積約 7,188 m²，推估其建物需水量後，繪製該區整體之雨水貯集系統容量-替代率-年雨水供水量關係曲線，繪製結果如圖 6-14 所示。

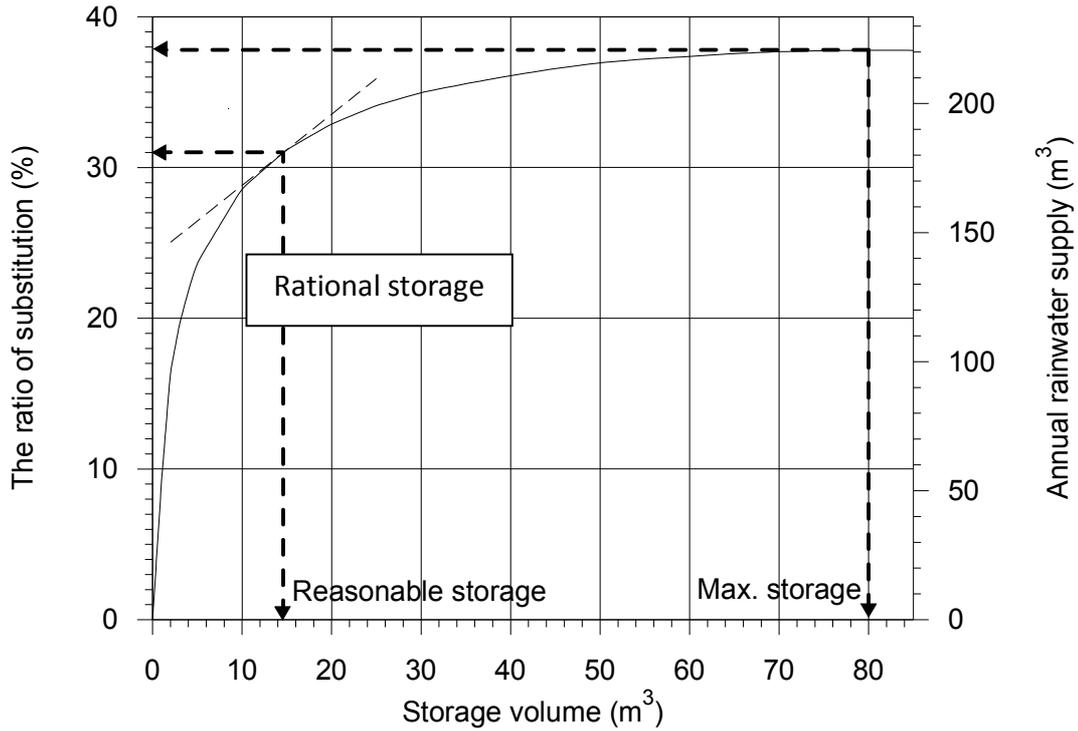


圖 6-11 萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率-年雨水供水量關係曲線 (5 樓公寓)

資料來源:本研究整理

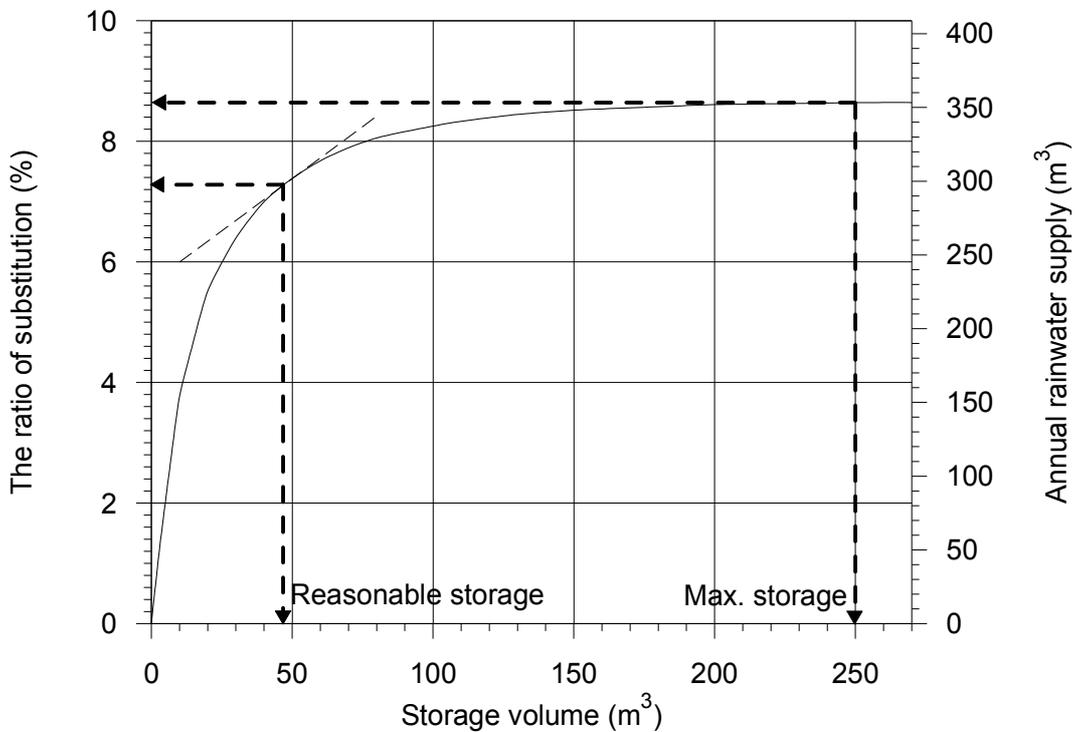


圖 6-12 萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率關係曲線 (7 樓公寓)

資料來源:本研究整理

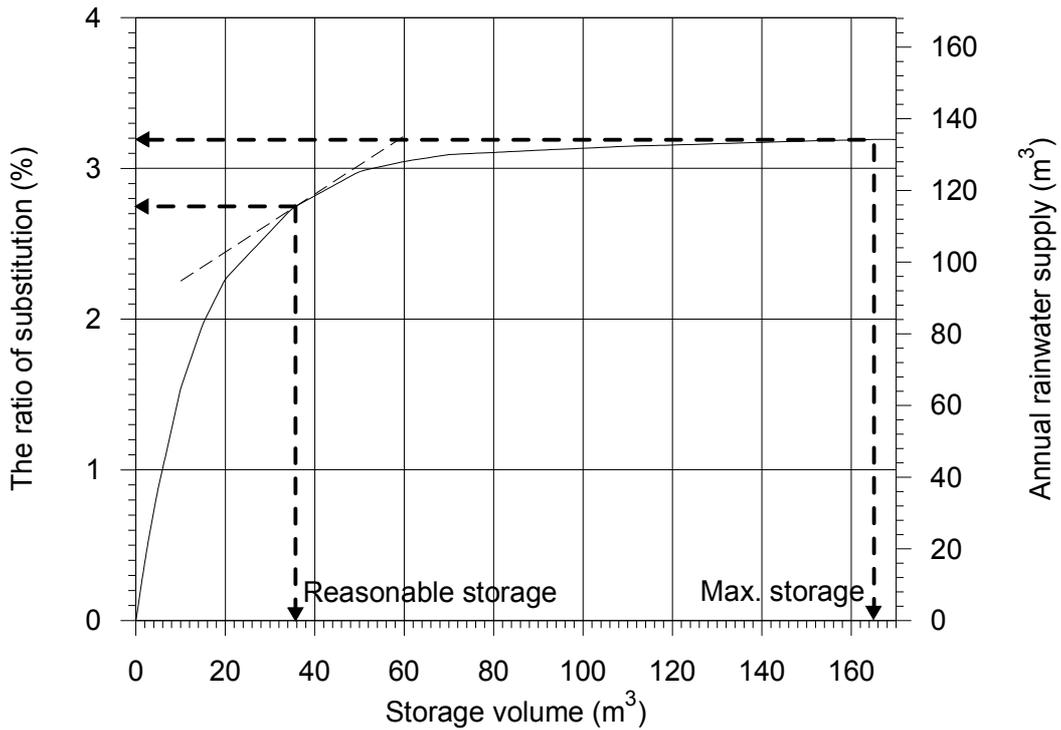


圖 6-13 萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率關係曲線 (12 樓公寓)

資料來源:本研究整理

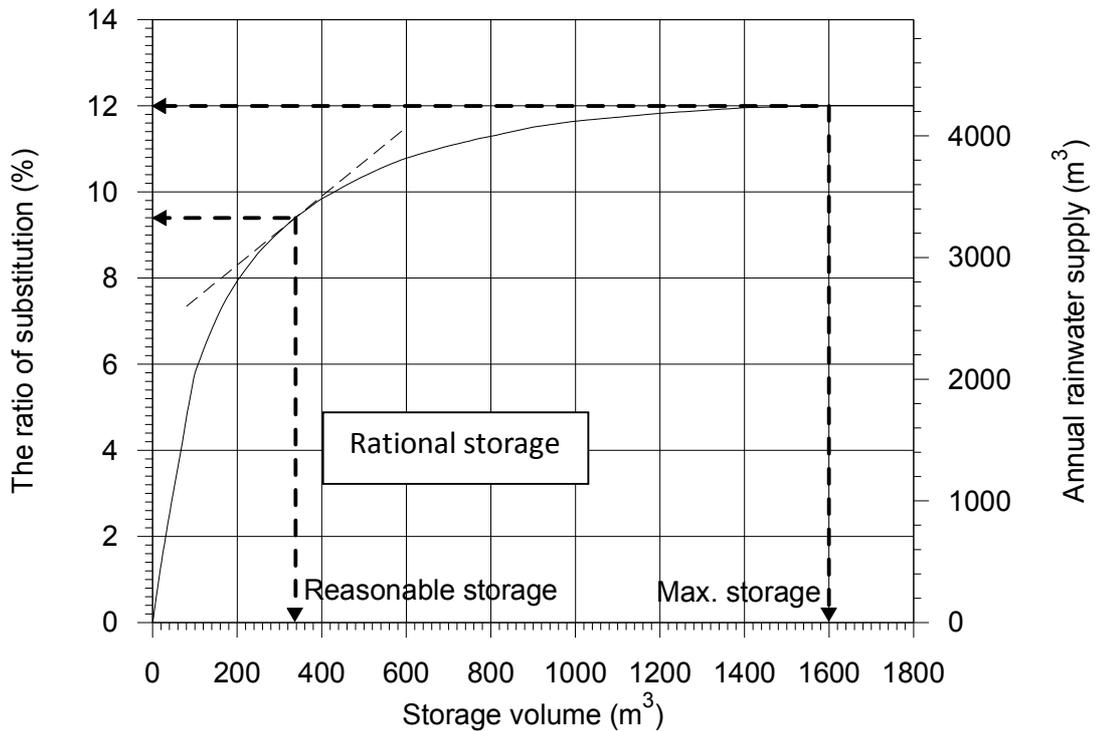


圖 6-14 萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率-年雨水供水量關係曲線 (全區)

資料來源:本研究整理

該區之最大設置容量及合理設置容量彙整結果如表 6-5 所示。

表 6-5 萬芳社區雨水貯集供水系統與容量規劃策略表

建物型式 規劃	住宅型式				最大設置容量		合理設置容量	
	樓數	屋頂面積 (m ²)	戶數	棟數	設置容量 (m ³ /棟)	替代率 (%)	設置容量 (m ³ /棟)	替代率 (%)
建物型式 規劃	5	196	10	18	80.00	37.76	14.50	31.00
	12	500	72	3	165.75	3.19	35.90	2.75
	7	720	70	3	250.00	8.64	46.00	7.30
	總設置容量 (m ³)				2687.25		506.70	
	雨水替代量 (m ³ /year)				5431.30		4500.88	
	住宅型式				最大設置容量		合理設置容量	
全區 規劃	屋頂面積 (m ²)	戶數		設置容量 (m ³)	替代率 (%)	設置容量 (m ³)	替代率 (%)	
	7188	606		1600.00	12.00	340.00	9.20	
	雨水替代量 (m ³ /year)				4246.85		3255.92	

資料來源:本研究整理

如考慮利用各建物(依建物型式)分散規劃配置：5 樓建物型式配置結果，最大設置容量為每棟 80.0 m³，替代率可達 37.8%；合理設置容量每棟 14.5 m³，替代率為 31.0%。12 樓建物型式配置結果，最大設置容量為每棟 167.8 m³，替代率達 3.2%；合理設置容量每棟 35.9 m³，替代率為 2.8%。7 樓建物配置結果，最大設置容量為每棟 250.0 m³，替代率達 8.7%；合理設置容量每棟 46.0 m³，替代率為 7.3%。如考慮全區規劃配置：該區建物總屋頂面積規劃配置結果，最大設置容量為 1600 m³，替代率達 12.0%；該區合理設置容量為 340 m³，替代率為 9.2%。

依建築型式規劃，每年最大設置容量共可節省自來水 5431.30 噸；每年合理設置容量可節省自來水 4500.88 噸；全區規劃每年最大設置容量共可節省自來水 4246.85 噸；每年合理設置容量可節省自來水 3255.92 噸。

參考現地調查結果及土地利用資料，該區可設置貯水槽地點及容量可參考圖 6-15 及圖 6-16 所示。

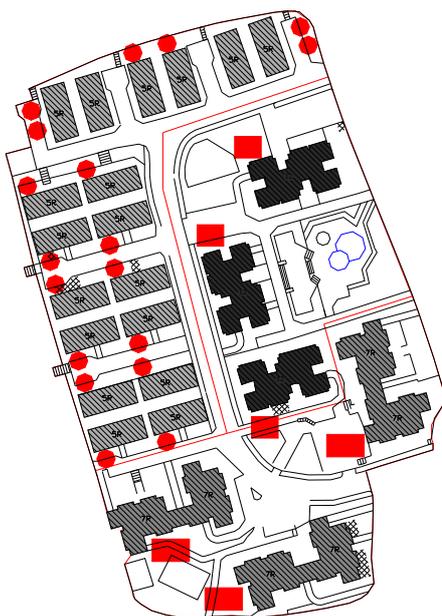


圖 6-15 萬芳社區可配置地點-貯水槽型式示意圖（分散配置）

資料來源:本研究整理

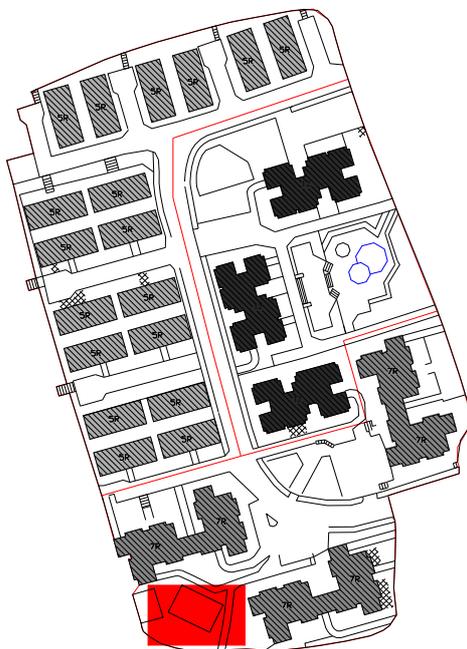


圖 6-16 萬芳社區可配置地點-貯水槽型式示意圖（集中配置）

資料來源:本研究整理

二、保水系統規劃

保水設施可依據其型式的不同，於基地中根據其適用區域，如：空間大小等，分散配置形成基地保水系統而增加整體的保水量；若從前章土地利用型態來看，則是使開發後之基地回復較自然的狀況，即降低整體的 CN 值。欲回復土地原有的保水狀態或增加土地之保水能力，其涉及複雜的水文演算。本計畫目前已將此演算過程轉換為可供查核對照的設計曲線，本節擬以現行的保水設計方法及本計畫發展之區域保水系統整體保水效果評估法，進行整體設計探討，然後據以推估社區雨水利用系統之整體保水成效。

(一) 案例：基地保水指標及逕留尖峰量抑制評估

以下以一案例，採用目前之基地保水指標評估方法進行設計。配置計算之主要評估設置設施後之整體保水效果，評估項目為：

- 基地保水指標
- 檢核設置設施後之基地出流量

計算案例與步驟如下：

1. 建築基本資料

建築型式：都市計畫區內一般住宅

基地面積：400m²

法定建蔽率：60%

鋪面：不透水

土壤特性：基地無鑽探資料，經判斷屬於基地土壤為粉土(SM, $k=10^{-7}$ m/s,
 $f=10^{-6}$ m/s)

2. 保水設計概要

- (1) 滲透排水管：36m，開孔率 90%之滲透網管。住宅周圍設置滲透排水管，收集屋頂之雨水。
- (2) 滲透陰井：3 座。滲透排水管轉則處及與滲透側溝銜接處設置滲透陰井。
- (3) 滲透側溝：5m，紅磚，透水混凝土襯砌。基地排水出口，設置滲透側溝收集滲透排水管及地面之雨水，然後排入公共下水道。
- (4) 降雨延時 24hr。

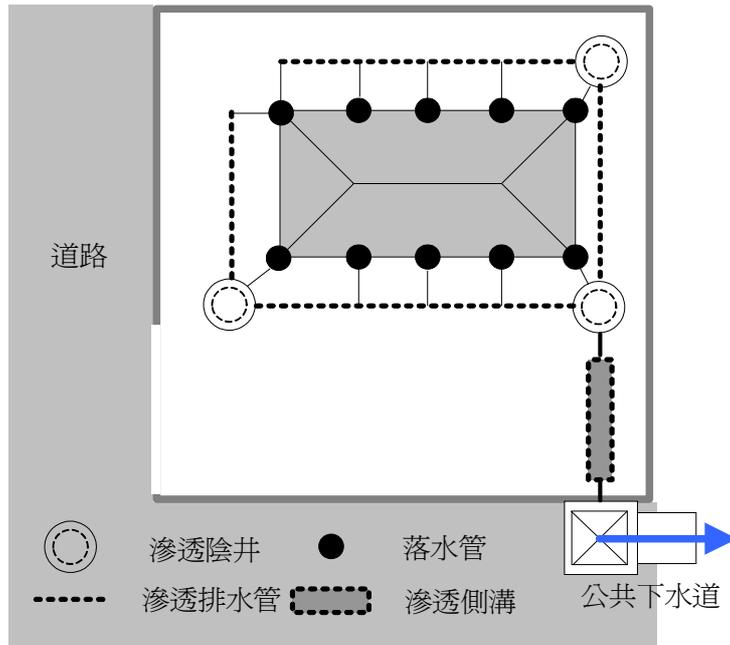


圖 6-17 基地保水配置

資料來源:本研究整理

3. 保水指標計算與檢討

(1) 保水設施設計保水量計算

a. 滲透排水管

$$\begin{aligned} Q_6 &= (8 \cdot x^{0.2} \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.1 \cdot L) \\ &= (8 \times 90^{0.2} \times 10^{-7} \times 36 \times 86400) + (0.1 \times 36) \\ &= 9.7 \text{m}^3 \end{aligned}$$

b. 滲透陰井

$$\begin{aligned} Q_7 &= (3.0 \cdot f \cdot n \cdot t) + (0.015 \cdot n) \\ &= (3.0 \times 10^{-6} \times 3 \times 86400) + (0.015 \times 3) \\ &= 0.8 \text{m}^3 \end{aligned}$$

c. 滲透側溝

$$\begin{aligned} Q_8 &= (a \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.1 \cdot L) \\ &= (15 \times 10^{-7} \times 5 \times 86400) + (0.1 \times 5) \\ &= 1.2 \text{m}^3 \end{aligned}$$

(2) 保水指標計算

a. 保水設計之保水量總和

$$Q' = \sum Q_i = Q_6 + Q_7 + Q_8 = 9.7 + 0.8 + 1.2 = 11.7 \text{m}^3$$

b. 原土地保水量

$$Q_0 = 400 \times 10^{-6} \times 86400 = 34.6 \text{ m}^3$$

c. 基地保水指標

$$\lambda = \frac{Q'}{Q_0} = \frac{11.7}{34.6} = 0.34$$

(3) 保水指標校核

$$\lambda_c = 0.8 \times (1 - r) = 0.8 \times (1 - 0.6) = 0.32$$

$\lambda = 0.34 > \lambda_c$ 故本基地保水指標合格

4. 基地出流量計算

降計降雨延時：24hr（建築基地保水指標之設計值）

設計降雨深度：250mm（台北市 5 年頻率 24 小時降雨深度）

設計雨型：中央集中型雨型（台灣常見的降雨雨型）

依據上述條件，設計降雨之型態如圖 6-18 所示。而由前面保水指標計算與檢討，設置保水設施後，建築基地在降雨延時 24hr 內之保水量為 11.7 m³，則此保水系統單位面積之滲透強度 ϕ 為 1.23mm/hr。基地出流量計算如表 6-6 所示。依據表 6-6，基地開發後之出流歷線及設置保水設施後之出流歷線如圖 6-19 所示。

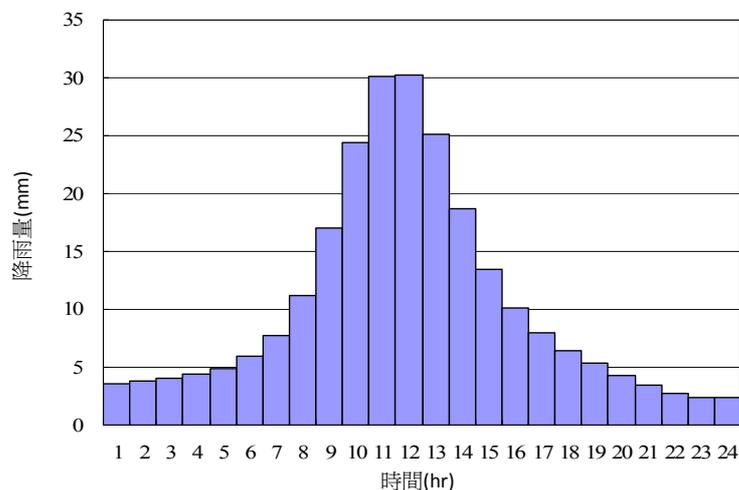


圖 6-18 設計雨型

資料來源:本研究整理

5. 整體配置效果校核

整體配置效果擬以二個效標進行校核，分別為：

效標 1：保水指標（為必須滿足項目）

$\lambda = 0.34 > \lambda_c = 0.32$ \therefore 本基地之保水整體配置符合綠建築規範。

$\lambda = 0.34$ \therefore 本基地之保水系統可保有開發前土地保水量之 34%。

效標 2：出流量抑制效果

在符合效標 1 之情形下，開發後的尖峰出流量為 $10.89\text{m}^3/\text{s}$ ，設置設施後之出流量為 $10.44\text{m}^3/\text{s}$ ，故此基地保水系統之出流量抑制效果約為 4.1%。

由前面的案例探討，可知雖然保水效果已符合基地保水指標之要求，保水系統可保有開發前土地保水量達 80%；但出流量抑制效果僅約為 4.1%，在出流量抑制方面是否如保水效果一樣，可幾乎回復開發前之狀況則無法一併評估；而若要評估出流量抑制效果則需經過複雜的水文演算方可評估。因此，後續將以本計畫建立之整體評估方法，以一實際案例進行基地整體保水效果評估。

表 6-6 基地逕流歷線計算表

時間 (hr)	降雨量 R(mm/hr)	保水系統滲透 強度 ϕ (mm/hr)	設置保水系統 後之有效降雨 (mm/hr)	出流量(m ³ /hr)	
				開發後	設置保水系統後
1	3.54	1.23	2.31	1.27	0.83
2	3.78		2.54	1.36	0.92
3	4.04		2.81	1.46	1.01
4	4.39		3.15	1.58	1.14
5	4.92		3.69	1.77	1.33
6	5.90		4.66	2.12	1.68
7	7.76		6.53	2.79	2.35
8	11.24		10.01	4.05	3.60
9	16.98		15.75	6.11	5.67
10	24.36		23.13	8.77	8.33
11	30.08		28.85	10.83	10.38
12	30.24		29.01	10.89	10.44
13	25.16		23.93	9.06	8.62
14	18.68		17.45	6.72	6.28
15	13.51		12.28	4.86	4.42
16	10.10		8.87	3.64	3.19
17	7.93		6.70	2.86	2.41
18	6.45		5.22	2.32	1.88
19	5.30		4.07	1.91	1.47
20	4.31		3.08	1.55	1.11
21	3.44		2.21	1.24	0.80
22	2.73		1.50	0.98	0.54
23	2.40		1.17	0.86	0.42
24	2.35		1.12	0.85	0.40

資料來源:本研究整理

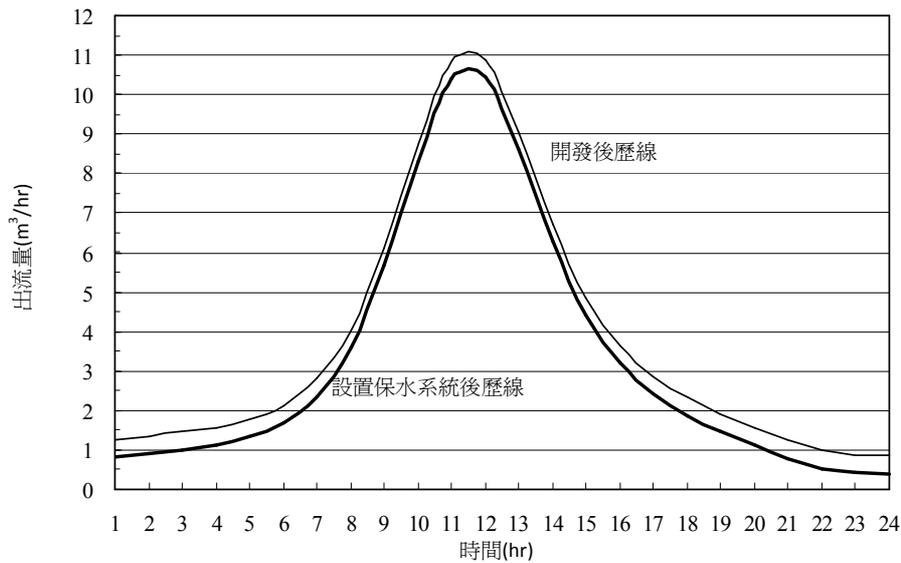


圖 6-19 建築基地出流歷線圖

資料來源:本研究整理

(二) 案例：基地整體保水效果評估

以下以一案例，以本計畫提出之評估方法進行整體保水效果評估，計算案例與步驟如下：

1. 建築基本資料

基地面積：約 7000m²

停車場面積：約 1200m²

大樓屋頂面積：約 1400m²

鋪面：不透水

土壤特性：基地無鑽探資料，經判斷屬於基地土壤為粉土(SM, $k=10^{-7}$ m/s,

$$f=10^{-6}$$

2. 保水設計概要

(1) 透水鋪面：原不透水鋪面之停車場，面積約 1200m²，改建為透水鋪面，基地及透水鋪面。

(2) 設計降雨延時：24hr。

3. 保水指標計算與檢討

(1) 透水鋪面設計保水量計算

$$\begin{aligned}Q_2 &= A_2 \cdot f \cdot t + 0.1 \cdot h \cdot A_2 \\&= (1200 \times 10^{-6} \times 86400) + (0.1 \times 0.18 \times 1200) \\&= 32.0 \text{ m}^3\end{aligned}$$

(2) 保水指標計算

a. 原土地保水量

$$\begin{aligned}Q_0 &= A_0 \cdot f \cdot t \\&= 7000 \times 10^{-6} \times 86400 \\&= 600.5 \text{ m}^3\end{aligned}$$

b. 基地保水指標

$$\lambda = \frac{Q' = Q_2}{Q_0} = \frac{32.0}{600.5} = 0.21$$

(3) 保水指標校核

$$\begin{aligned}\lambda_c &= 0.8 \times (1 - r) \\&= 0.8 \times (1 - 0.8) = 0.16\end{aligned}$$

$\lambda = 0.21 > \lambda_c$ 故本基地保水指標合格

4. 整體效果評估

(1) 計算保水深度

由式(5-11)：

$$S' = \frac{Q'}{DA}$$

$$= \frac{34.4}{1200}$$

$$= 0.1044 \text{ m}$$

(2) 計算 CN'

a. 方法一：

由式(5-13)：

$$CN' = \frac{1000}{40S' + 10}$$

$$= \frac{1000}{40 \times 0.104 + 10} = 70.54$$

b. 方法二：

$$S'=0.03$$

由基地土壤種類判定屬於 D 類，查圖 5-6，得 $CN'=89$

(3) 保水成效校核

原基地保水狀況： $CN=98$ ，為完全不透水區域

設置設施後保水狀況： $CN'=71$ ，相當於都市區域之開放空間草地

→原基地為完全不透水區域，經設置透水鋪面後，達到保水指標要求標準，而其整體保水效果由完全不滲透狀態恢復到都市草地開放空間之狀態。

(三) 萬芳社區雨水利用系統整體保水成效推估

由前述二案例之探討，以基地保水指標進行保水推估，雖可進行綠建築基地保水效果之評估，然無法確切量化保水成效，若擬進一步評估基地設置保水設施後之逕流體積與尖峰流量之減少效果，則須進行複雜之水文演算方可評估。

若以本計畫發展之「區域整體保水效果評估法」進行保水效果評估，可將保水成效、逕流體積與尖峰流量之減少效果、以及土地水文狀況之改變以一綜合性之指標 CN 值進行評估。此法可將區域設置保水系統後之保水效果以「回復到土地自然利用狀況之程度」表示；以案例二為例，其設置保水設施後可將原不透水之地表恢復到草地開放空間之保水狀態。

因此，本計畫將以上述方法，計算萬芳社區設置雨水利用系統後之區域整體保水成效。

若欲對評估社區設置雨水供水系統後之保水效果，則可依據表 5-4，得到社區之土地利用近況之 CN (保水狀態)以及社區設置供水設施後，社區恢復至何種土地利用狀態 CN' (保水狀態)，假設原始狀態 CN 均為 98。由表 6-6 計算結果得知，萬芳社區基地面積約 $30,000\text{m}^2$ 計算社區施作保水設施後，依建物型式規劃最大保水量為 2687.25 m^3 最大設置容量之逕流曲線約 73；合理設置容量之保水量為 506.70 m^3 逕流曲線約 92.5；依全區規劃最大設置容量之保水量 m^3 逕流曲線約 83；合理設置容量之保水量為 340 m^3 逕流曲線約 96，依上述結果得知，依建物型式規劃最大設置容量保水量最高而逕流曲線 CN' (保水狀態) 數值下降最多，故保水效益最高。

表 6-6 萬芳社區保水設施設置後保水深度與逕流曲線策略表

建物型式規劃	社區基地面積 (m ²)	雨水供水系統最大設置容量		雨水供水系統合理設置容量	
		保水量 (m ³)	社區保水設施設置後之逕流曲線值 (CN')	保水量 (m ³)	社區保水設施設置後之逕流曲線值(CN')
	30,000	2687.25	73	506.70	92.5
全區規劃	社區基地面積 (m ²)	雨水供水系統最大設置容量		雨水供水系統合理設置容量	
		保水量 (m ³)	社區保水設施設置後之逕流曲線值 (CN')	保水量 (m ³)	社區保水設施設置後之逕流曲線值(CN')
	30,000	1600	83	340	96

資料來源:本研究整理

依建築型式規劃，每年最大設置容量可保水 2687.25 噸；每年合理設置容量可保水 506.70 噸；全區規劃每年最大設置容量可保水 1600 噸；每年合理設置容量可保水 340 噸。

三、提高都市防洪能力

雨水利用可減少暴雨逕流之排放量，降低洪峰流量、延遲洪峰出現之時間等，減輕區域排水系統之負荷。針對新建社區，可以「零增量」之標準消滅尖峰流量與逕流體積，使暴雨逕流回復到開發前狀態；若是針對既成之社區，則可提高區域現有排洪設施之減洪標準。

美國環境保護署曾針對費城都市化之水環境影響進行觀測 (FISRWG, 1998)，結果顯示由原始的自然地表覆蓋改變至75%~100%的不滲透表面，佔總降雨量10%的逕流增至55%、入滲則從50%減至15%，顯示一地區經都市化後，破壞了原有逕流、入滲之關係。在德國柏林將滯洪與貯留設施分散設置於都市開放空間中，以「源頭消滅逕流」(Source Control) 的方式處理都市水問題，其效率較傳統的管線末端處理 (End-of-pipe) 處理方式效果較高 (Klaus et al.,2000)。日本都市區域則廣泛設置滯洪與貯留設施，東京地區的設置數佔全日本之77.5%，洪峰流量減少了40% (Katsuyoshi et al.,1993)。因此，在利用都市區域之開放空間，設置滯洪與貯留設施，形成區域的雨水滯蓄系統，有助於減輕都市化造成之水環

境改變。

綠建築之保水設施具有滯洪及貯留洪水的功能，因此可以綜合治水之觀念於都市中廣泛設置保水設施，目前「綠建築解說與評估手冊」(內政部建築研究所，2007)中已針對相關設施提出容量設計公式，惟是以保水(滲透)及節水為設計依據，對於減洪則未加著墨。Liaw and Tsai et al. (2005)將都市化程度以CN表示，以同時減少都市開發增加之尖峰流量及逕流體積為原則，並考慮不同設施之逕流機制，建立區域貯留設施容量設計方法。廖與蔡等(2006)則進一步對於雨水滯蓄設施在城鄉減洪及其水文機制進行初探。目前在都市排水規劃上，大多還是以集中末端處理之方式設計，且只考慮滯洪之單目標利用，而在綠建築設計上則是以保水或節水為出發點進行設計，未考慮滯洪結合貯留洪水再利用之多目標利用課題。

第三節 生態社區雨水利用系統評估指標

生態社區之效益評估指標主要目的在於量化生態社區相關參數，由指標量化生態社區相關參數後，俾利後續相關生態社區之決策，以下針對生態社區3大範疇下6項指標作為效益評價之依據，如下所示。

雨水利用具有多目標之功能與效益，故其效益評價亦須以多目標、層次化之架構項目來評定。本計畫初步擬以3大範疇下6項指標作為效益評價之依據，評估指標體系列示如下：

- 一、**生態範疇**：單位面積保水量、逕流削減率
- 二、**經濟範疇**：降雨利用率、雨水替代率
- 三、**社會範疇**：社區參與率、人均設施容量

本節針對單位面積保水量、逕流削減率、降雨利用率、雨水替代率、社區參與率、人均設施容量指標進行定義與解釋，如下所示。

一、生態範疇

(一) 社區雨水貯蓄量系數：社區既有建築物雨水貯蓄容量、生態池容量與社區滯洪池容量等與社區面積之比值

$$R_q = \frac{\sum Q_i}{300A} \quad (6-1)$$

式中 Q_i : 包括社區既有建築物雨水貯蓄容量、生態池容量與社區滯洪池容量等 (立方公尺); A : 社區面積 (公頃)。

(二) 逕流削減率定義: 社區逕流削減量與原逕流量之比值百分比

$$V = \frac{V_b - V_a}{V_b} \times 100\% \quad (6-2)$$

式中: V 為逕流削減率 (%); V_b : 設置雨水利用設施前社區逕流體積 (m^3); V_a : 設置雨水利用設施後社區逕流體積 (m^3)。

二、經濟範疇

(一) 降雨利用率定義: 年降雨貯蓄量與年降雨量之比值百分比

$$P = \frac{V_s}{V_p} \times 100\% \quad (6-3)$$

式中: P 為降雨利用率 (%); V_s : 年雨水貯蓄量 (m^3); V_p : 年降雨量 (m^3)。

(二) 雨水替代率定義: 雨水貯蓄量與總需水量之比值百分比

$$R = \frac{V_s'}{D} \times 100\% \quad (6-4)$$

式中: R 為降雨利用率 (%); V_s' : 雨水貯蓄量 (m^3); D : 總需水量 (m^3)。

三、社會範疇

(一) 社區參與率定義: 已施作社區雨水利用設施之戶數與社區總戶數之比值百分比

$$PA = \frac{P_b}{P_c} \times 100\% \quad (6-5)$$

式中: PA 為社區參與率 (%); p_b : 已施作社區雨水利用設施之戶數 (戶);

P_c ：社區總戶數（戶）。

(二) 人均設施容量定義：雨水貯蓄容量與供水服務人口之比值百分比

$$C = \frac{V'_s}{P'} \times 100\% \quad (6-6)$$

式中： C 為人均設施容量（%）； V'_s ：雨水貯蓄量（ m^3 ）； P' ：供水服務人口（人）。

上述為 3 大範疇下 6 項指標作為效益評價，將成為雨水利用設施在生態社區中參照之指標，指標助於雨水之相關設施在社區中之量化。

第七章 社區雨水利用規劃手冊

依上述各工作項目之產出，本計畫擬彙整相關內容編撰「生態社區雨水利用規劃技術手冊」，本年度係研提各社區類型之雨水利用技術之通則，做為手冊主要架構，如下所示。

目次

第一節 簡介

第二節 雨水利用設置之效益

第三節 雨水利用之型式

(一) 雨水利用系統基本組成

(二) 建築物雨水利用型式

(三) 區域雨水利用型式

(四) 複合型雨水系統設計

(五) 社區型式、建築類型之雨水利用技術適宜性評估

第四節 生態社區雨水利用整體規劃

(一) 雨水利用設施設置目的與標準之研擬

1. 用水標的之決定

2. 替代率之決定

(二) 社區雨水利用計畫

1. 需水量計算

2. 容量計算

3. 社區雨水貯集系統保水效果推估

4. 系統配置設計

第五節 效益評估

參考文獻

「生態社區雨水利用規劃技術手冊」之目次如上所示，共分為5節從雨水利用設置效益、雨水利用型式、生態社區雨水利用整體規劃、評估效益等，主要包括完整生態社區雨水利用規劃手冊細項內容如下所示。

第一節 簡介

水循環在生態社區中扮演極為重要之角色，主要影響水循環之因素為環境因素、社會因素、經濟因素與政策因素等4項影響因子，如環境因素：水質、氣候變遷、洪澇與乾旱等；社會與經濟因素：用水需求增加與改變貯水方式；政策因素：分別針對循環架構、污水、洪災與浴室用水等相關用水建立政策指導方針，影響層面廣泛。因環境氣候變遷使得在政策層面上，如何有效管理水資源與降低都市洪澇成為當今重要之議題。

依據經濟部水利署的推估，我國在十年內將面臨水資源短缺的問題，故也在積極開發新興水源並將雨水再利用列入新興水源的一種。由於雨水再利用具有耗用較少能源、產生較少污染且易於取得等優點，故雨水貯集再利用作為替代水源是一種實用及可行的方法。

廣義定義雨水利用泛指降水、大氣與雨水資源再次利用之水源。水資源主要賦存型式之地表水與地下水皆由雨水轉化而至，故水資源開發項目亦是雨水開發之項目，如興建水庫、灌溉系統與埤塘等開發水資源項目。

狹義定義雨水再利用泛指雨水直接利用之活動，如利用集水面收集雨水、農業生產及城市清潔等。水資源循環再生過程之雨水，以天然或是人工方式截取貯存，並精簡易淨化處理後加以利用。

雨水貯集利用亦有簡易開發水源、調配用水、節約排水與滯洪防澇等多重功能。並可用在農業灌溉，作為工業及民生用水之替代水源、建築物(如澆灌、沖廁等)或都市防洪等。

雨水貯集利用即是把降雨直接收集或是收集地表逕流過濾後貯存使用。早在 4,000 年前羅馬村落已利用雨水進行飲用，印度 Bomby 地區也發現山區岩石區利用輸水渠道與蓄水槽收集雨水作為供水，在歐洲及亞洲雨水也被廣泛應用，但在改善自來水普及率後雨水貯集利用也逐漸勢微。由於，我國經濟持續發展，工業與民生用水大幅提升，以致大量水資源開發殆盡。在開發不易，供需求量尚未達到平衡下，耗能少、污染低、取得易之雨水貯集利用技術逐漸受到重視，故下節針對雨水貯集利用設置效益探討。

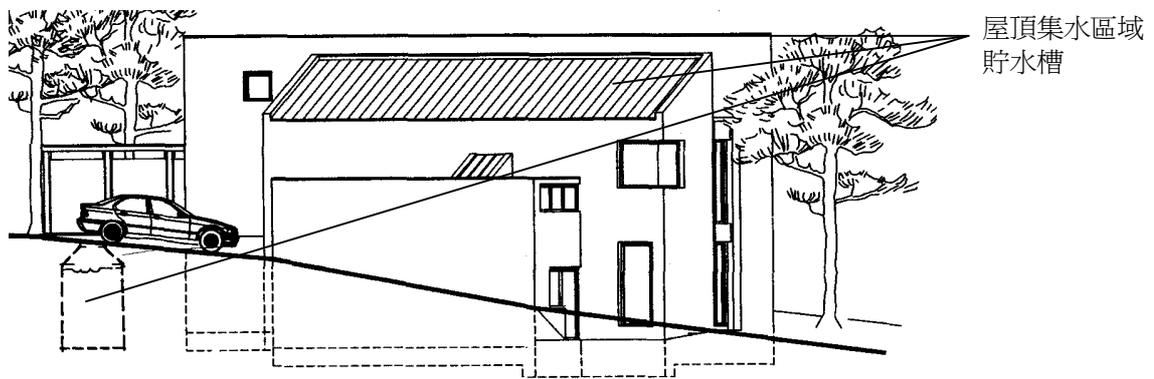


圖 7-1 雨水貯集再利用示意圖

資料來源：經濟部水利署，2002

第二節 雨水利用設置之效益

設置雨水貯集系統需考慮當地氣候環境、降雨量、其他供水水源及經濟開發程度等。雨水可透過收集屋頂所產生之逕流、當地集水區生承之逕流及當地小溪之季節性洪水等方式逕行收集。雨水貯集利用之優缺點如 表 7-1 所示。

一、現地供水，不需要由遠地取水

世界上許多都市的供水都來自很遠的地區，甚至達到 100km 遠地區，但是這樣倚賴上游供水並非是永續的方式。

二、以分散生存點的方式，取代傳統生存線的方式當都市對遠距離的供水倚賴程度增加時，需倚賴輸送的供水管線，一旦因不可抗拒之因素就會導致供水系統損壞，故在大規模自然災害發生時，由大型集中供水控制的供水系統，其供水能力將受危害。

三、都市水循環的恢復因都市化的快速成長，許多世界上大都市面臨都市洪災的問題。不同區域的水文循環規模，倚賴氣候、地理和生物因子的不同而變化。降雨期間，雨水藉著滲透到地底而形成地下水，並補助溪流及湧泉的水量。都市的混凝土建物與瀝青地面破壞了水文循環，減少了地下水的入滲量，而使地表面的逕流量和流速加大，在短時間內就使排水系統與河道流量急遽增加。

由下表所示，雨水收集貯存，不但能改善保育水資源，並可提供安全可靠之水源。若以生態、生命週期與成本觀點而言，應加強社區及住宅雨水貯集利用系統之設置。

表 7-1 雨水貯集利用之優缺點

優點	缺點
因地制宜	早期投資成本高
私有性高	水源供應量有限
降低洪峰量	若結合灰水，水質不易管理
提供節水教育	設施無一定建造規範因需求設置
設備維護容易	無
維護費用低廉	無
對環境衝擊小	無
減少旱災損失	無
減少地表逕流	無
增加地下水補注	無
施工工方法容易	無
提高水資源利用率	無
降低地下水抽取量	無
提供災備用水補給	無
促進水土資永續利用	無
減少海水入侵之機率	無
若水源乾淨水質亦良好	無
設施可視需求彈性擴張	無
供需水點近，方便取用	無
減少地下水系統處理量	無
提供人、農業灌溉、牲畜用水	無
透過集水區管理提升水資源保育	無

資料來源:本研究整理

第三節 雨水利用之型式

各國雨水貯集利用系統目標皆有不同，主要收集美國、日本、泰國、印度、香港、新加坡與菲律賓各國之目標。雨水貯及系統除了能供應一般用水外，還具其他多目標功能，Chu and Fok(1991)提出雨水貯及系統能做為高層建築及偏遠鄉村之災備用水，並指出美國科羅拉多丹佛市利用雨水貯及系統降低都市排洪量，成效顯著。雨水貯集利用系統之型式，隨居民生活方式、特殊地形、地貌、水文及氣候等不同條件產生，在此將前述收集到各種雨水利用方式，臚列如下表所示。

一、雨水利用系統基本組成

屋頂雨水貯留系統是利用建築物之屋頂之排水系統與屋頂面積配合應用，但雨水與飲用水水塔需分貯存。本方式是用於對大型建築物缺乏地形及水之區域。屋頂雨水貯存系統包含四個主要組成部分：集水系統、貯存系統、導管系統及水質處理系統，其中貯存系統包含儲水槽、溢流系統及雨水/自來水自動切換系統；水質處理包含排除初期雨水系統及雨水水質處理系統。

(一)集水系統

排水為屋頂功能之一阻隔雨水入滲至屋內，故逕流係數高。雨水收集後能快速提供屋內使用端使用，台灣除非都會區傳統老式斜屋頂外，都會區中多為平屋頂或鐵皮搭建之混凝土屋頂。

(二)貯存系統

集水系統可分為傳統式集水槽、水牆式集水槽、囊狀式集水槽兩地底式集水槽，分述如下。傳統式集水槽外觀呈圓柱形，體積與容積選擇性多，價格低廉，容量 300~50,000 公升。水牆式集水槽為組合式集水槽，有 1,200 和 2,400 公升兩種大小，數個水槽可相互串連，達使用端之需求量。因具備有效利用簷下或空調設備間隙等空間死角之優勢，故為澳洲最廣泛使用之類型。囊狀式集水槽形狀

像式大型水床，優點為可安裝在架高的屋子底下，也適合安裝在沒有後院和腹地的都市小公寓裡，部分囊狀式水槽可設置在地上，但大部分還是需離地裝置在支架上，後者價格較昂貴，安裝複雜。囊狀式水槽最大優點為貯留雨水量比傳統是水槽多。地底式水槽主要優點為隱蔽性高及貯存量較大，缺點為需支付額外之挖地費用。鄉村地區因空間大，設置地上型貯水槽容易，但在市區大型水槽只能往地下發展，水槽材料分為混凝土、塑膠或玻璃纖維等，塑膠承载力不足易崩塌。

(三)導管系統

溝槽與落水管需有效將屋頂收集之雨水送往貯水槽，其設置需注意材料表面光滑、質輕、防滲漏與易連結等項目。平屋頂式建築若無落水管或因管線老舊阻塞需加以洗洞接管；斜屋頂式建築若無天溝則另行加裝。此外，若系統設置標的若為古蹟，則須優先考慮古蹟保護及美觀後，在加以判定是否安裝。

(四)水質處理系統

初期雨水因含帶大量屋頂沖刷堆積之灰塵、植物落葉與動物排泄等，故需將初期雨水排出貯水槽，確保雨水水質。然而用水標的不同，所需水質不盡相同，故需依雨水用途及集水區之區域特性，決定雨水水質處理流程及相關系統設置。

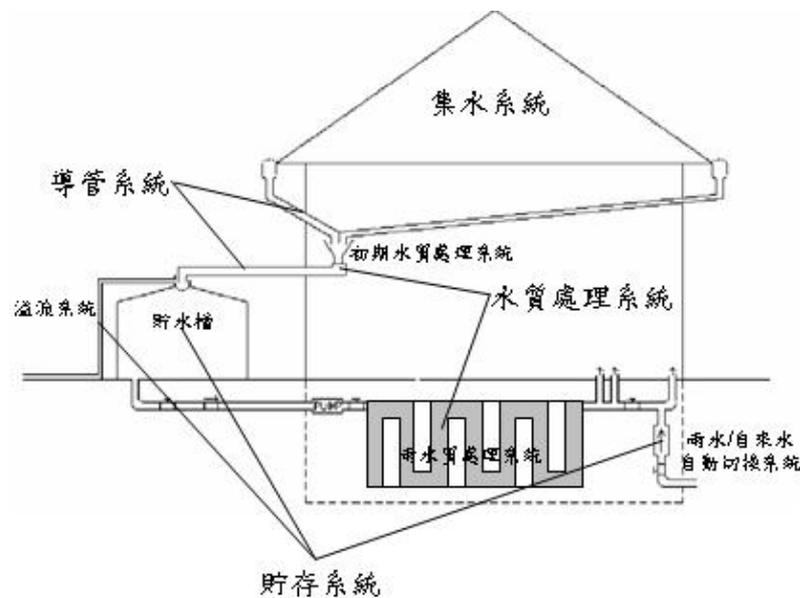


圖 7-2 屋頂雨水利用系統基本組成示意圖

資料來源:本研究整理

二、建築物雨水利用型式

建築物雨水利用型式分為低樓層建築雨水系統、高樓建築雨水系統、多棟建築雨水系統與雨水貯水槽設置位置如下所示。

(一)低樓層建築雨水系統

單一建築物、具樓層低、用水人口少之特性，如：住家等。此類型藉由建築物屋頂收集雨水以供使用，儲水槽可置於陽台或地面，管線設計較為簡單。

(二)高樓建築雨水系統

收集屋頂雨水，將其導入高層雨水貯水槽，再以重力式給水分送至各用戶之可替代用水管路，或導入地面上之雨水貯水槽，再以水泵送至各用戶。

(三)多棟建築雨水系統

在鄰近區域內，若有 2 棟以上之建築物具雨水收集條件，可將各建築物收集之雨水集中運用，互相支援，可供應較大之需水量。

建築物雨水利用型式之貯水槽可以放在屋頂（包括陽台）、地面或地下。獨棟住戶通常可在屋頂或地面安裝移動式雨水貯水槽。有時也可以把房屋的鋼筋混凝土筏式基礎作成一個可以儲存雨水的地方，或在門廊、一樓台階、車庫的地下埋設雨水貯水槽。有些小型的雨水貯水槽也可以放在樓梯下閒置的空間裡。

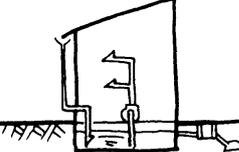
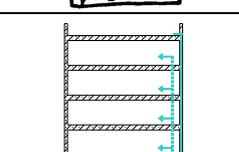
通常，較大的雨水儲存槽多放置在地下或樓房最底層。而置於地下的雨水貯水槽通常無法靠重力溢流方式排除多餘的雨水，需要藉助抽水馬達抽水排除，如表 7-2 所示。

三、區域雨水利用型式

(一)地面雨水收集

設置擋水堰或掩埋式收集管於鄰近山溝底床或低窪處以收集地表水，進而以重力排水管路或抽水系統引至貯水槽以供使用。若社區具有廣大之開闊地表，如：綠地、休耕農田等，可考慮此方式進行收集。

表 7-2 貯水槽的設置位置之分類

按設置位置分類	模式	適用建築物	備註
屋頂設置型		住宅 小規模辦公廳	1.節省能源給水而需動力 2.維護管理容易 3.須將荷種加以計算
地面裝置		住宅 辦公廳	1.維護管理容易節省能源 2.給水時需要動力
地下式 (溢流水自流入地下)		住宅 學校 辦公廳	1.適用於建築物 2.基礎、地中樑可利用
地下式 (溢流水用抽水馬達送入下水道)		大型建築物 地下雨水庫	位於地下的雨水貯水槽要有限制，一定以上雨水進入的安全裝置。
地下式 (筏基)		住宅 學校 辦公廳	利用建築物筏基空間貯集雨水，再經由水泵送至各用戶之可替代用水管路。

資料來源:本研究整理

(二)建築物結合地面雨水系統

如已設置屋頂雨水貯留集系統，但尚不能供給其需求，此時可自所在地之集水區之地表收集雨水，導水至貯水槽收集儲存，再輸水至需水地點。如此可將屋頂貯集系統與地表收集系統相結合，以增加水資源的供水量，使水資源能更有效的利用。

四、複合型雨水系統設計

此型式為雨水利用系統與其他系統結合，以增加雨水利用之附加效益。

(一)雨水收集結合入滲設計

雨水貯集系統之貯水槽滿水時，必須使溢流之雨水迅速排出，因此可於

儲水槽頂端安裝溢流管。故屋頂雨水貯集系統可配合入滲系統進行配置，使其具有供水、保水效益。

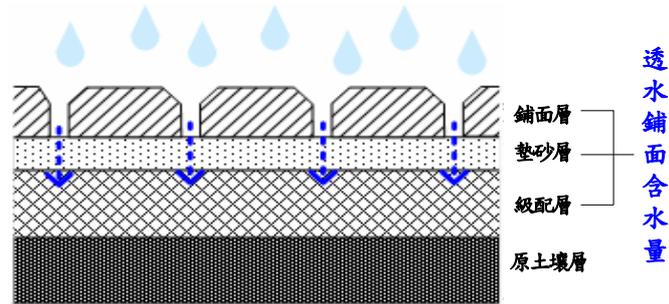


圖 7-3 雨水收集結合入滲設計示意圖

資料來源:本研究整理

(二)雨水利用結合屋頂花園設計

屋頂植生所需的水源，可結合屋頂雨水貯集系統進行澆灌，解決屋頂花園澆灌問題，使雨水得以充分利用，提高雨水利用於水環境之效益。

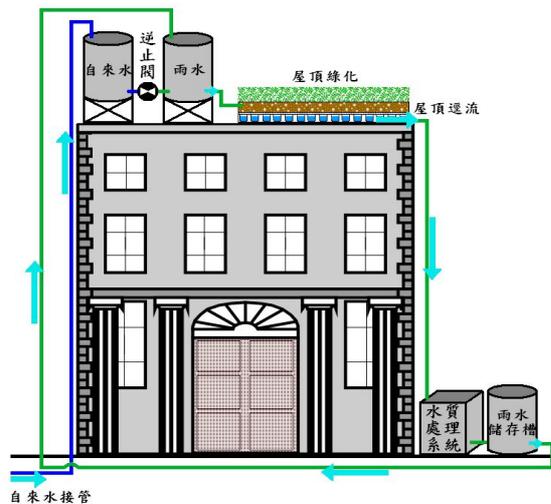


圖 7-4 雨水利用結合屋頂花園設計示意圖

資料來源:本研究整理

(三)雨水利用結合再生能源系統之節能設計

雨水利用系統可為重力給水，也可設計為機械給水，若在偏遠濱海社區或山坡社區，可考慮將雨水利用結合再生能源系統以充分利用能源，供應系統所需之電能，減少輸水過程之電力消耗。雨水利用結合再生能源之設計型式可概分為：

1.獨立型系統 (Stand-Alone)

運用於市電不易輸送之地區，由再生能源系統發電，並供負載及蓄電池充電，可以自給自足。若有需要，可併聯其他發電設備，如柴油發電機等系統。

2.市電併聯型 (Grid-Connected) 系統

市電與再生能源系統併聯發電，並供負載，不夠的電由市電供電。當再生能源系統產生之電力大於負載時可回售於市電，增加雨水利用效益。

3.緊急防災型 (獨立/併聯混合型) 系統

市電與再生能源系統併聯發電，並供負載及充電。遇颱風時期或下大雨電力中斷時，仍有足夠的蓄電池可以安排救災，直到市電恢復。此型式適用於有防災需求之公共設施，但缺點為因包含兩種系統建置成本較高，系統較複雜。

五、社區型式與建築類型之雨水利用技術適宜性比較

當屋頂雨水貯集系統之貯留槽滿水時，必須使溢流之雨水迅速排出，因此可於儲水槽頂端安裝溢流管。溢流之水可考慮其他的用途，如：灌溉及補充地下水源等，故屋頂雨水貯留系統可配合入滲系統進行配置，以使過剩之雨水有效率的入滲至地下；一般常用的入滲系統有：滲透側溝、滲透陰井滲透排水管、草溝、生態入滲池及透水鋪面等(內政部建築研究所，2003)，圖 7-5 為屋頂雨水貯集系統結合入滲系統之示意圖。

圖 7-5 為結合滲透側溝，亦即將一般雨水排水溝側溝底部及側面填充碎石等透水性材料使雨水可由底部及側面滲透。雨水排水溝通常設置於建築物周圍來收集屋頂的排水或是使用於小型的排水區域之中，故可將其改為滲透側溝並與屋頂雨水貯集系統搭配使用，另也可將「滲透側溝」與「滲透排水管」及「滲透陰

井」組成整個基地貯集滲透排水系統，為一極佳的雨水利用方式。

(一) 雨水收集結合污水回收

在乾旱地區或離島地區因降雨不均勻，而且自屋頂或地表所收集之雨水不能有效穩定的提供用水之需，故將較大型社區或建築物所排出之污水經過人工開挖或使用擋水設施建構之地面或地下式之人工濕地(Constructed wetlands)或水質處理系統處理污水後，可與屋頂及地面所收集之雨水混合之後，提供灌溉或雜用水之用。

建議在已設置中水回收系統加裝雨水收集管線及雨水水質處理系統，可有效降低雨水貯集系統之設置成本。如：台南市大地莊園社區、義守大學及慈濟醫院，中水回收系統如圖 7-6 所示。

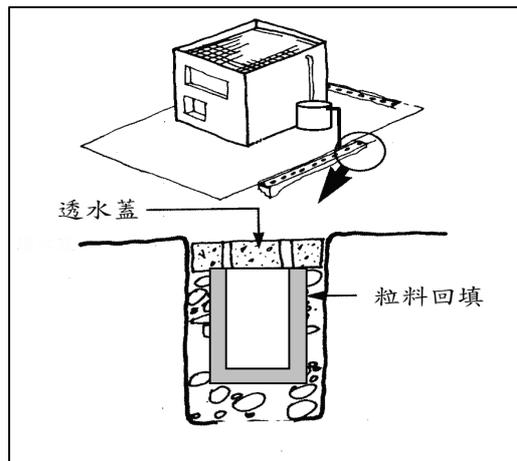


圖 7-5 屋頂雨水貯集系統結合入滲系統之示意圖

資料來源：本研究整理

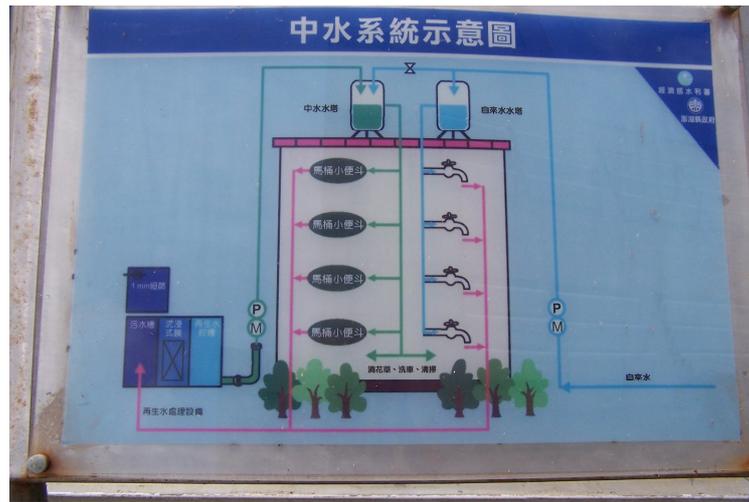


圖 7-6 中水回收系統示意圖

資料來源：經濟部水利署，2004

(二)公路逕流收集系統

另一雨水利用方式為沿著公路方向設置截水工程，利用重力流方式收集雨水，並於公路兩旁空地設置地下或地面貯水系統，如圖 7-7(A)所示；或設置暗渠集水設施收集。當需水地點距收集面有一段距離，則需另修建輸水渠，把水引到需水地點附近空地貯存，並可收集沿線之雨水以構成一網狀之雨水收集系統，如圖 7-7(B)所示，國內目前已有國內離島地區部分公路使用此方式收集雨水至水庫以供使用，如圖 7-8 所示。未來應可推廣至本島社區使用。

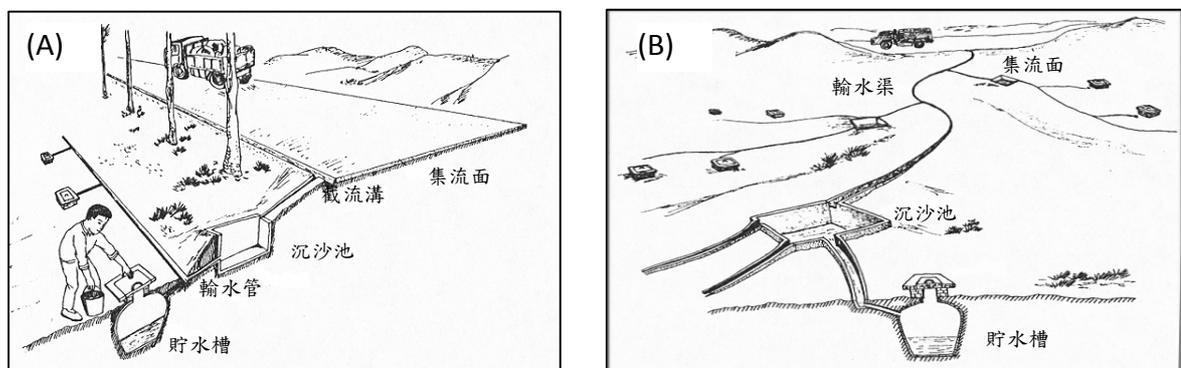


圖 7-7 公路逕流收集佈置方式

資料來源：經濟部水利署，2004



圖 7-8 公路逕流收集系統

資料來源：經濟部水利署，2004

(三)地表雨水截留

設置擋水堰或掩埋式收集管系統於鄰近山溝底床或低窪處以收集地表水，進而以重力排水管路或抽水系統引至貯水槽以供使用，如圖 7-9 所示。這類型技術較不需要大型之開挖，故其相對之取水成本及操作維護成本較低。坡地社區可採用此方式進行雨水收集。

(四)區域雨水系統

如已設置屋頂雨水貯集系統，但尚不能供給其需求，此時可自所在地之集水區之地表收集雨水，經由前濾、慢濾過程最後至貯水槽收集儲存，再輸水至需水地點，收集過程如圖 7-10 所示。如此可將屋頂貯留系統與地表收集系統相結合，以增加水資源的供水量，使水資源能更有效的利用。此雨水收集型式是用於高需水量之社區，並具有地形給水潛式區域。

(五)田間雨水貯留工程

在耕地之外的荒坡上佈置集流面集水，需要長距離輸水，不僅造價高，而且輸水會產生一定之水量損失。有些地方之農民創造了一種稱之為「四分輪休」的集流面佈置方法，把一塊地分成四份，其中一塊鋪設塑膠布，用於集雨；另三塊則正常耕作，第二年再調換另一塊當集流面，這時每年有 1/4 的土地為集流面，不能耕作，但由於集水灌溉減少了成本，故為農民所接受，相關示意圖如圖 7-11

所示。鄉村地區社區與農村聚落之一般輪耕農地皆可採用此方式收集雨水。

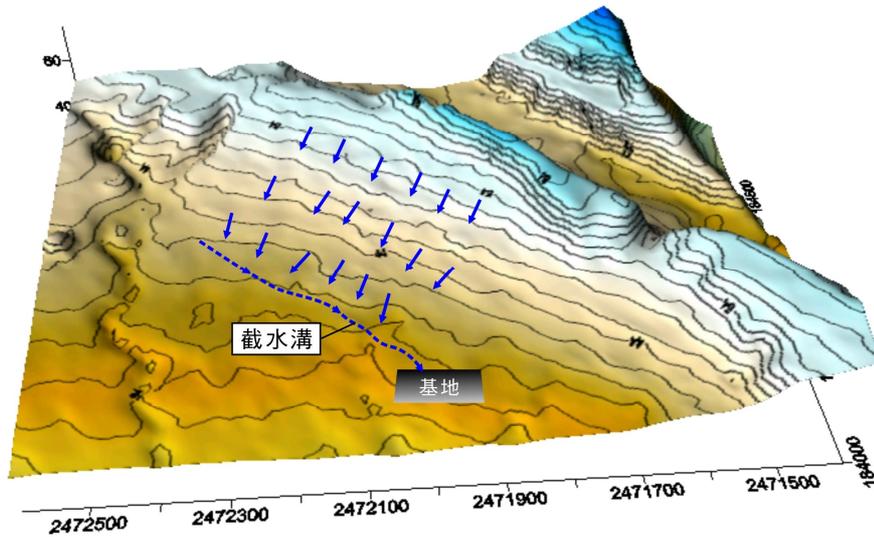


圖 7-9 地形雨水截留示意圖

資料來源：經濟部水利署，2004

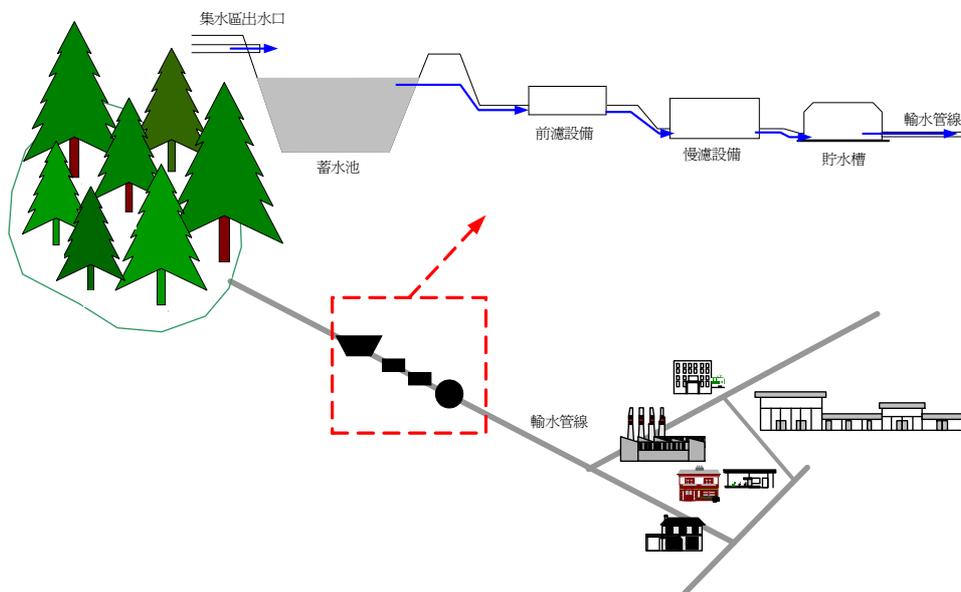


圖 7-10 區域雨水系統設置示意圖

資料來源：本研究整理

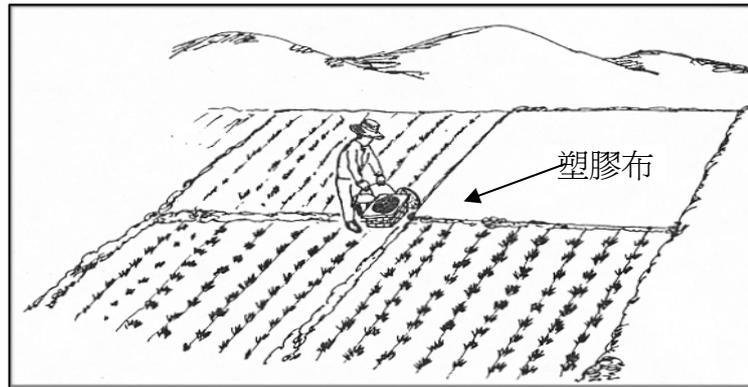


圖 7-11 田間雨水貯集工程佈置方式

資料來源：經濟部水利署，2004

(六)入滲廊道(Infiltration Galleries)

本技術適用在地下水抽水量較大之小型珊瑚礁岩之地區，其主要的目的為分擔抽水，避免集中抽水而造成之海水入侵或地層下陷的現象。基本上其利用的方法可分為二大類；明渠方式或地下埋入管渠。明渠方式一般使用於地下水位離地表 1~3m，且其建造之技術與複雜性較低。

地下埋入式管渠如，最早之明渠式入滲廊道建造在 1950 年代的 Kritimati (Christmas Island)。Kritimati 提供當地百姓之供水，這些技術直到 1980 年代依然被廣泛的使用。而地下埋入式管渠則在太平洋及印度洋的小島上被廣泛的應用，例如在太平洋的島國 Kwajalein, Republic of the Marshall Islands；Tarawa, Republic of Kiribati；及 Aitutaki Cook Islands，印度洋則有 Cocos (Keeling) Islands(圖 7-12)。入滲廊道之初期建造成本較高，但尚須由其它因素決定，而其所需之操作維護成本則較低。此方法適合在濱海區使用。

(七)開闢地雨水收集(Open Sky Rainwater Harvesting)

一般雨水收集係利用屋頂或集水區地表收集雨水回收再利用，然而在開闢地無建築物或無地表收集雨水設施時，印度婦女利用布、帆布或塑膠布等材料，在開闢地張開布或帆布充當集水面積，並在中間預留一通水孔，並在其下方配置收集系統收集雨水，以提供平時飲用水，如圖 7-13 所示。此方法設立簡易，成本

低廉，而且收集之雨水水量較少，雖然不易提供大規模用水之需，然而具備機動性與彈性，適合多數社區使用，特別是缺乏集雨條件之區域。

(八)霧氣收集系統(Fog collection)

霧氣收集系統已成功的在世界各地使用，特別是在霧氣較豐富之沿海地區或高山地區，其是利用較細密的網子豎立在水氣通過的途徑上，當水氣通過網的細小孔而凝結，霧氣收集網是由尼龍繩編織而成的細小孔隙網所組成，再收集凝結水供給當地飲用水之需，其佈置情形如圖 7-14 所示。

此系統的設置成本低，而且技術與操作維護簡易，供水水質較佳，但其供水量較少，而且較不穩定，需與其它水源搭配使用。台灣因地形因素，冬春兩季經常會發生大霧，固可考慮此方式收集雨水，此方式在鄉村及開闢區域尤為適合。

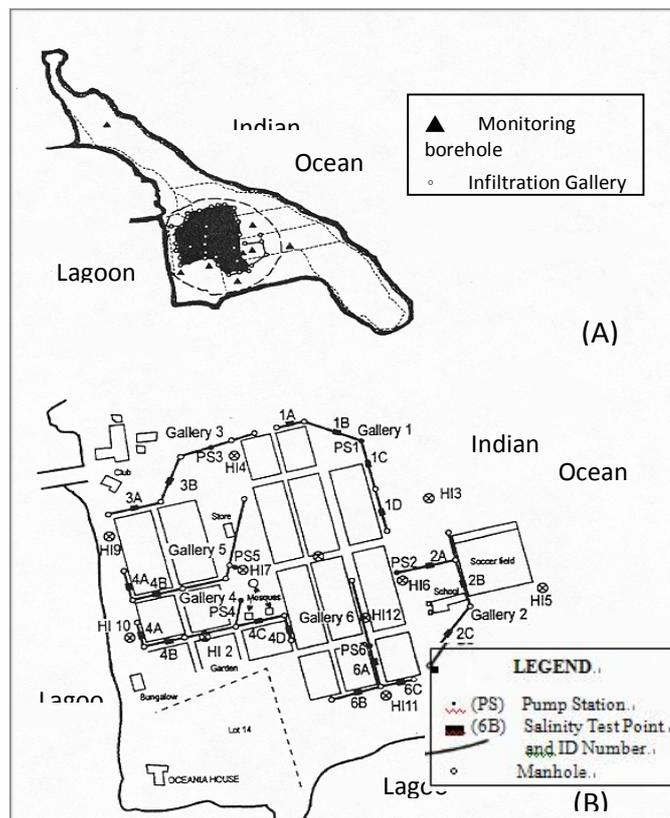


圖 7-12 Cocos (Keeling) 島嶼之入滲廊道配置圖
資料來源：經濟部水利署，2004

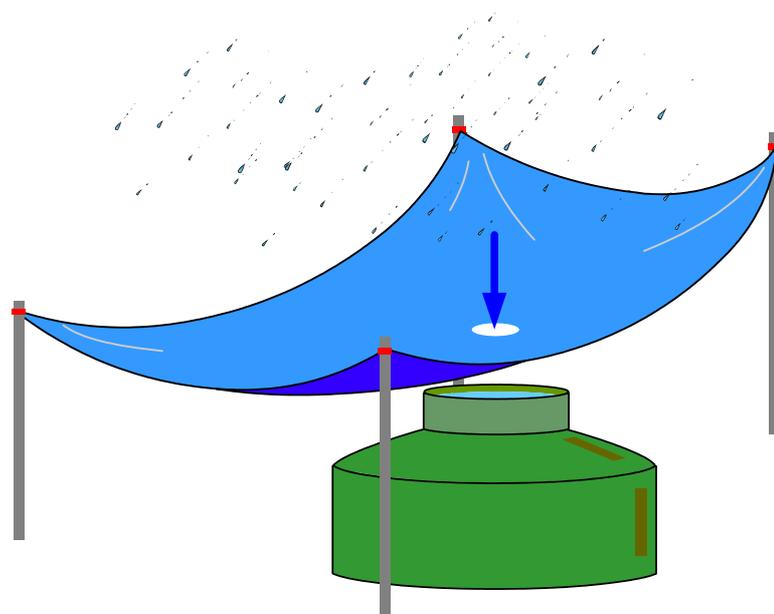


圖 7-13 開闊地雨水收集圖例(帆布收集)

資料來源：本研究整理

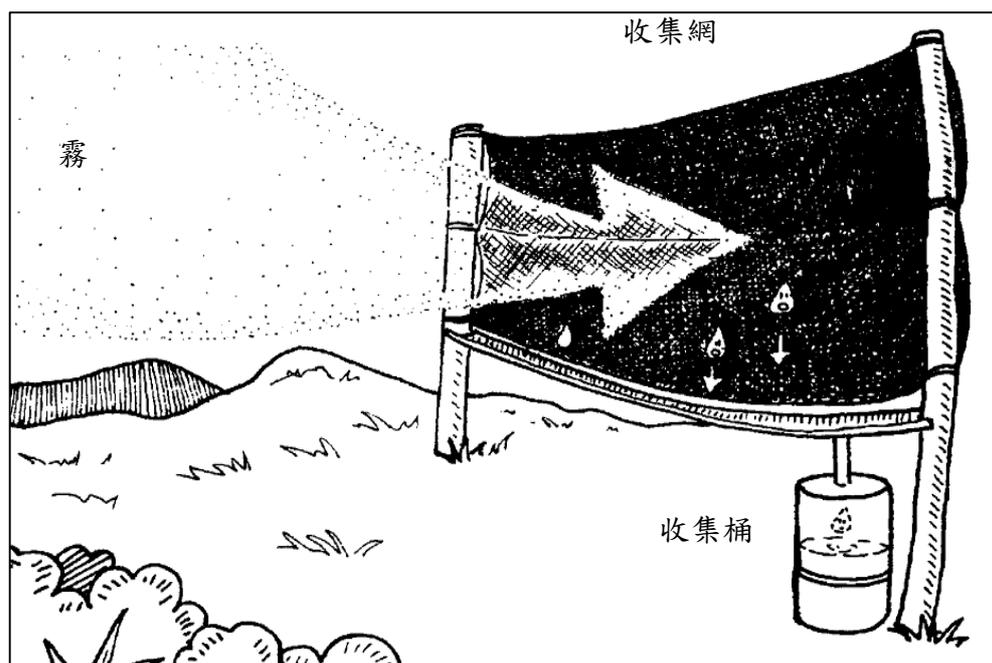


圖 7-14 霧氣收集系統設置示意圖

資料來源：經濟部水利署，2004

依上述之雨水利用方法，就其優點、缺點、適合性及建議設置點進行比較如表 7-3 所示，表中就此四項因子提出在生態社區之可行性高低。

表 7-3 不同雨水利用技術優缺點比較表

技術類別	優點	缺點	適合地區
屋頂雨水貯集系統	<ul style="list-style-type: none"> • 提供額外水源 • 自行操作管理 • 水質較地下水好 	<ul style="list-style-type: none"> • 供水量與降水關係大 • 集水面易污染 • 乾旱管理制度需建立 	都市鄰里單元社區、集合住宅社區與鄉村社區等既成社區及新社區
雨水收集結合入滲系統	<ul style="list-style-type: none"> • 提高額外水源 • 減少地表逕流 • 保育水土資源 • 減少地下水位降低 	<ul style="list-style-type: none"> • 需更詳盡之地下水與地質資訊 • 入滲設施必須維護 	都市鄰里單元社區、集合住宅社區與鄉村社區等既成社區及新社區，低地下水位無污染地下水之虞
雨水收集結合污水回收	<ul style="list-style-type: none"> • 有效利用水資源並予循環使用 • 穩定供水 	<ul style="list-style-type: none"> • 需較大面積 • 需較高建設技術及成本 • 公共健康風險較大 • 需訓練操作維護人員 	既成社區、新社區，社區中有大型或公有建築物、學校及政府單位等。
公路逕流收集系統	<ul style="list-style-type: none"> • 成本低 • 減少逕流量與非點源污染 • 較高之操作維護成本 	<ul style="list-style-type: none"> • 水質較差 	坡地社區，需與民生污水分開
地行雨水截留	<ul style="list-style-type: none"> • 提供中度或高度之水資源量 • 較高之操作維護成本與技術 	<ul style="list-style-type: none"> • 建造成本高 • 有失敗風險 • 有環境與公共健康問題 • 水質變化極大 	坡地社區
區域雨水應用	<ul style="list-style-type: none"> • 有效利用地表水資源 • 能提供較穩定供水 	<ul style="list-style-type: none"> • 需較精確之規劃 • 輸水管線較長並且管理較複雜 • 成本可能較高 	高需水量用水之社區，並具地形集水之潛勢
開闊地雨水收集	<ul style="list-style-type: none"> • 水質佳 • 雨水收集具機動性 • 集水面積可依需水量而改變 	<ul style="list-style-type: none"> • 集水量少 	缺乏集雨條件之既成社區，多數社區增加雨水收集量
田間雨水貯留工程	<ul style="list-style-type: none"> • 簡易、成本低 • 與供水近可減少運輸成本 	<ul style="list-style-type: none"> • 集水量少 • 需較大集水面積 	鄉村社區與農村聚落
入滲廊道	<ul style="list-style-type: none"> • 提高水質但不減少出水量 • 可廢止地下水井 • 少量之維護 	<ul style="list-style-type: none"> • 初期建造成本高 • 需較大之建造面積 	濱海社區
霧氣收集系統	<ul style="list-style-type: none"> • 水質優良 • 成本較低 	<ul style="list-style-type: none"> • 供水量較不均勻 • 供水量較小 	鄉村及開闊區域社區

資料來源：本研究整理

第四節 生態社區雨水利用整體規劃

一、雨水利用設施設置目的與標準之研擬

(一) 用水標的之決定

社區內建物及用水多屬一般住宅與家庭用水；依據前經濟部水資源局的統計資料顯示及參考綠建築解說與評估手冊中顯示，台灣地區目前每人每日一般家庭用水量約為 200~300 公升（平均值為 250 公升），一般家庭生活用水會因洗衣機、浴廁設備用水習慣與使用狀況的不同，其用水量也相異，若依用途劃分結果，每人每日各類別用水量分類結果可如表 7-4 所示。鑑於本計畫雨水貯集利用僅考慮將雨水應用在不接觸人體皮膚為原則，因此雨水僅以替代洗廁用水（替代用水量 40 公升）為主要評價標準，進行雨水貯集成效評估。

表 7-4 台灣地區家庭各用水類別之合理用水量

用途	沖洗廁所	沐浴	廚房	洗衣機	洗臉	清潔	其他	合計
百分比 (%)	16	17	19	30	9	4	5	100
用水量 (lpcd)	40.0	42.5	47.5	75.0	22.5	10.0	12.5	250

資料來源：內政部建研所，住宅及辦公建築用水量管制之研究

(二) 替代率之決定

用水替代率之決定如上表 7-4 所示之台灣地區家庭各用水類別用途項目，如沖洗廁所、沐浴、廚房、洗衣機、洗臉、清潔與其他等之百分比，選擇雨水替代用途標的，依據內政部建築研究所之住宅及辦公建築用水量管制之研究所公布之百分比，決定替代率。

二、社區雨水利用計畫

(一) 需水量計算

社區需水量資料可用下列二方法獲得，首先可由用戶實際用水量資料收集整理，唯此方式較費時且需大量的人力投入；另一則可利用國內外相關文獻之統計資料值作為試驗區內各類型建築之用水量推估依據，國內建築類別用水量推估計

算基準如表 7-5 所示中之住宅類用水量推估計算基準，此方式較為簡易且可直接推估得大面積建物之用水量，故本計畫利用此方式作為試驗區需水量推估的依據。

表 7-5 國內建築類別用水量推估計算基準

建築類別	規模類型	單位面積用水量 Wf (公升/m ² ·日)	全棟建築總用水量 Wt (公升/日)
辦公類 ^(註1)	一般專用	7	$W_t = W_f \times A_f$ 其中， A_f 為停車場、機械室、倉庫等空間除外之總樓地板面積 (m ²) ^(註2)
	複合使用	9	
百貨商場類	有餐飲設施	20	
	無餐飲設施	10	
旅館類	都市商務旅館	15	
	一般複合型旅館	20	
	中大型休閒旅館	25	
醫院類	地方診所、療養院	15	
	綜合醫院	21	
	教學大型醫院	24	
學校建築	行政及教學大樓	10	
	其他	比照其他類	
宿舍類	----	10	
住宅類	----	----	$W_t = 250 \text{ 公升}/(\text{人} \cdot \text{日}) \times 4.0 (\text{人}/\text{戶}) \times N_f$ ， 其中， N_f ：住宅總戶數(戶)，亦即統一以每戶四人計算用水量。
其他類	----	----	根據建築實際用水量需求計算之。

註1.辦公類建築物中有咖啡廳、廚房或容許範圍之其他使用時則屬複合使用類型。
 註2.單位面積用水量Wf資料主要參考日本空氣調和、衛生工學便覽第12版(1995.03)，以及工研院節水服務團之部分調查資料(2002.02)補充修正而成。

資料來源：建築物雨水貯留利用設計技術規範，2009

(二)容量計算

影響屋頂雨水貯集系統的容量大小，通常包括下列主要影響因素：(一)降雨量資料和分佈型態；(二)屋頂面積的大小；(三)降雨收集效率係數的變化(依材質、傾斜度、降雨量大小不同而變化)及(四)需水量的多寡等。一般而言推估系統容量的方法，可概分為下列三類不同計算方法：

1. 由需求面推估

這方法主要是由計算需水量來推求所需的貯蓄容量，使用前提是研究區域之降雨量必須要大於需水量，但僅就特定區域使用，這方法考慮之因素極少，對屋

頂面積的大小、需水量的變動及降雨型態的改變等都無考慮，會使計算之結果與實際使用上有極大差距，是獲得貯蓄容量最簡單但也是最粗糙的估計方式。

2. 由供給面推估

由供給面推估主要是考慮需水量與研究區域降雨量之關係。假設需水量是固定不變的，利用歷史之降雨記錄找出研究區域之降雨量與需水量之關係，將降雨量大於需水量之月份定為濕季，否則為乾季，再以濕季累積之降雨量減去濕季累積之需水量最大之體積差，即為該區域度過乾季所需之最小貯蓄容量。由供給面推估的優點是有考慮到降雨型態的改變，缺點是需水量採固定不變，且以月為計算間距，與實際的取水狀況有所差距。

3. 從數學模式推估

在分析雨水貯集系統之供水可靠度方面，一般常用的方法有模擬法與累積曲線法；模擬法是利用歷史記錄之入流量代入連續方程式模擬貯集系統容量的連續性變化；累積曲線法為將系統淨入流量的累積點繪圖，則需水曲線與累積曲線的最大差距代表要滿足所需的貯集系統容量。

模擬法簡單明瞭，考慮到季節性、序列相關性，各相關變量如時間間距、需水量及集水面積等因素，很容易依實際情況加以改變，可清楚的看出系統運轉的情況。比較此三項推估法，故使用數學模式推估法，進行推估。

(三)社區雨水貯集系統保水效果推估

在雨水貯集措施容量推估方面，原則上可應用現行之保水設計方法：現行一般常用推估雨水貯集系統保水減洪功能的方法為 SCS 逕流曲線法，此法保水系統步驟如下圖 7-15 所示。

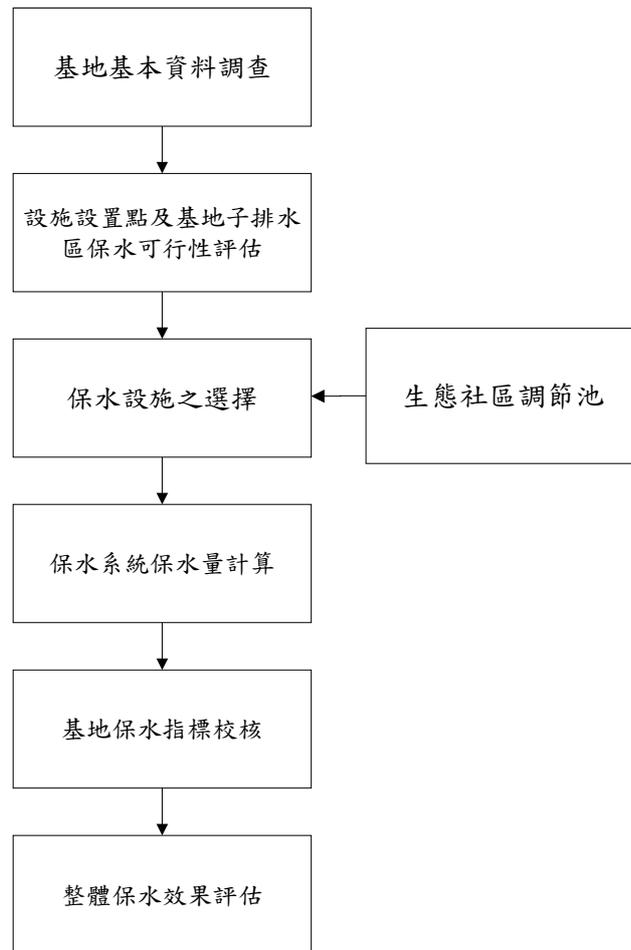


圖 7-15 保水系統步驟

資料來源:本研究整理

SCS 逕流曲線法則是考慮地貌型態及土地使用方式改變對於地表逕流產生的影響，估算其所需滯蓄的逕流量，各參數關係可表示如下：

$$Q = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S) \quad P \geq 0.2S \quad (7-1)$$

式中：Q 為地表逕流累積量；P 為降雨量及 S 土壤水分最大儲存能力，而土壤覆蓋依不同土地利用、水文條件及土壤種類而不同，土壤水分最大儲存能力則為逕流曲線值(Runoff Curve Number, CN)之函數，其定義如下：

$$S = [25.4 (1000/CN - 10)] \quad (7-2)$$

逕流曲線值 (CN) 乃綜合土壤水文分類、土壤表面覆蓋與土地使用方式及

土壤臨前降雨條件 (Antecedent Moisture Conditions, AMC) 等因素所求出之常數值，若 CN 愈大表示土壤儲水能力愈小，土壤水文特性越差，則所產生的地表逕流愈多，其各決定條件詳如表 5-2 所示。

SCS 逕流曲線貯集容量推估法可適切的反應開發程度，明確且清楚地將土地開發的影響量化呈現，其優點為：

- 可輕易得到開發前後所需設置容量。
- 以降雨逕流模式計算而得，比現行規劃方法理論基礎較強且較符合現況。
- 將地表狀況歸結於一特性參數 (Curve Number, CN)，適切反應開發程度。

綜上所述，SCS 逕流曲線貯集容量推估方法為一簡便且可適切反應開發前後變化之貯集容量推估方法，故本研究初步考慮使用此方法進行保水容量之研究，但是 SCS 逕流曲線貯集容量推估方法是依據美國之水文、地文資料發展之模式，欲於台灣使用必須進一步評估其適用性；故本研究將容量推估方法修正為台灣適用之都市開發雨水貯集容量推估模式，並建構以逕流體積抑制發展不同開發強度下，暴雨逕流與雨水貯集措施設置面積比例關係。

保水指標計算公式中，各類保水設計之保水量 Q_i (m^3) 係利用保水設施將雨水滲透於土壤中或貯留於基地內，可視為屋頂保水設施後之整體保水潛勢；故若將此保水潛勢以深度，即單位面積之保水量表示，可表示為：

$$S'_i = \frac{Q_i}{A_i} \quad (7-3)$$

式中： S'_i 為屋頂保水設施後之保水深度 (m)； A_i ：各類保水設計之控制屋頂排水面積 (m^2) (Contributed Drainsge Area, m^2)。

而保水系統之總保水深度 S' (m) 可以下式計算：

$$S' = \sum_{i=1}^n S'_i \quad (7-4)$$

依據式(7-2)之概念，可將式(7-3)表示為：

$$CN' = \frac{1000}{40S' + 10} \quad (7-5)$$

式(7-5)中之 CN' 為屋頂保水設施後，基地經設施貯留及滲透雨水後，所代表之逕流曲線值，而此曲線值可由表 7-5 對照查得其代表之土地利用狀況。例如：設置保水設施前，基地為不滲透區域，基地土壤屬於 D 類；故依據表 7-5 其 CN 為 98，若設置設施後 CN' 為 87，則表示基地之整體保水狀況由完全不滲透恢復到都市草地開放空間之狀態。

在 CN 的決定上，若基地中包含多種土地利用型態，可利用表 7-5 查得各土地型態下之 CN (CN_j)，然後以各型態面積 (A_j) 所佔總面積之比重予以計算綜合之 CN (CN_C)，如式(7-6)所示。

$$CN_C = \frac{\sum_{j=1}^n CN_j A_j}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad (7-6)$$

在實際應用時，也可將基地分為滲透區域與不滲透區域，若已知基地滲透區域百分比 (P_{IMP})，再對照表 7-6 查滲透區域對應之 CN (CN_{CPER})，則計算基地（包含滲透區域與不滲透區域）綜合之 CN (CN_C)。

$$CN_C = CN_{CPER} + \left(\frac{P_{IMP}}{100} \right) (98 - CN_{CPER}) \quad (7-7)$$

依據上述設計方法，可將屋頂設置保水設施後之整體保水深度 S' 與 CN' 之關係以圖 7-16 之設計曲線表示。因此，根據圖 7-16，若欲對一基地進行開發，則可依據基地保水指標計算保水指標，然後依據上述公式及圖 7-16，則可得到基地開發後之 CN ，即土地利用狀態（保水狀態）以及屋頂設置保水設施後，基地恢復至何種土地利用狀態（保水狀態）。

表 7-6 萬不同土壤種類地表覆蓋及土地利用情況之 SCS 曲線值

土地利用情形	土壤分類*			
	A	B	C	D
都市區域：				
開放空間：空地、公園、高爾夫球場等				
— 草地覆蓋率				
- >75%	39	61	74	80
- 70%	45	65	76	82
- 65%	51	68	79	84
- 60%	56	72	81	86
- 55%	62	75	84	87
- <50%	68	79	86	89
商業區(85%面積不透水)	89	92	94	95
工業區(70%面積不透水)	81	88	91	93
住宅：				
— 不透水區域				
- 70%	77	85	90	92
- 60%	72	82	88	90
- 50%	66	79	86	88
- 40%	61	75	83	87
- 30%	57	72	81	86
- 20%	51	68	79	84
不透水區域：停車場、屋頂等	98	98	98	98
道路：				
— 不透水鋪面				
- 混凝土、柏油道路	98	98	98	98
— 透水鋪面				
- 連鎖磚道路	83	89	92	93
- 碎石道路	76	85	89	91
- 泥土道路	72	82	87	89
自然區域：				
空地：				
— 稀疏、覆蓋少、無覆蓋物	72	81	88	91
— 覆蓋良好	62	78	78	81
牧草地或放牧地：				
— 稀疏、覆蓋少、無覆蓋物	68	79	86	89
— 覆蓋良好	39	61	74	80
草地：良好情況	30	58	71	78
森林：				
— 稀疏、覆蓋少、無覆蓋物	45	66	77	83
— 覆蓋良好	30	55	70	77
* 土壤分類係按照土壤入滲率之高低分為四類，各土壤種類為： A 類土壤：砂 (Sand)、壤土質砂 (Loamy Sand) B 類土壤：砂質壤土 (Sandy Loam)、壤土 (Loam) C 類土壤：粉質壤土 (Silt Loam)、砂質黏壤土 (Sandy Clay Loam) D 類土壤：黏壤土 (Clay Loam)、砂質黏土 (Sandy Clay)、黏土 (Clay)				

資料來源：SCS, 1986 與本計畫修改

(四)系統配置設計

考慮利用各建物(依建物型式)分散規劃配置，可分為分散配置與集中配置兩種方式。下圖 7-17~圖 7-18 分別為社區分散配置與集中配置之系統配置設計圖，分散配置主要收集雨水桶與供水之相關距離較近，但設置成本會因需求設備多寡

而成本有高低，分散配置之損壞風險亦可分散；反觀，集中配置主要收集雨水桶與供水之相關距離較遠，但設置成本會因需求設備容量大小而成本有高低，集中配置之損壞風險將不可分散，設置系統損一旦損壞講影響全社區之供水與保水效益。

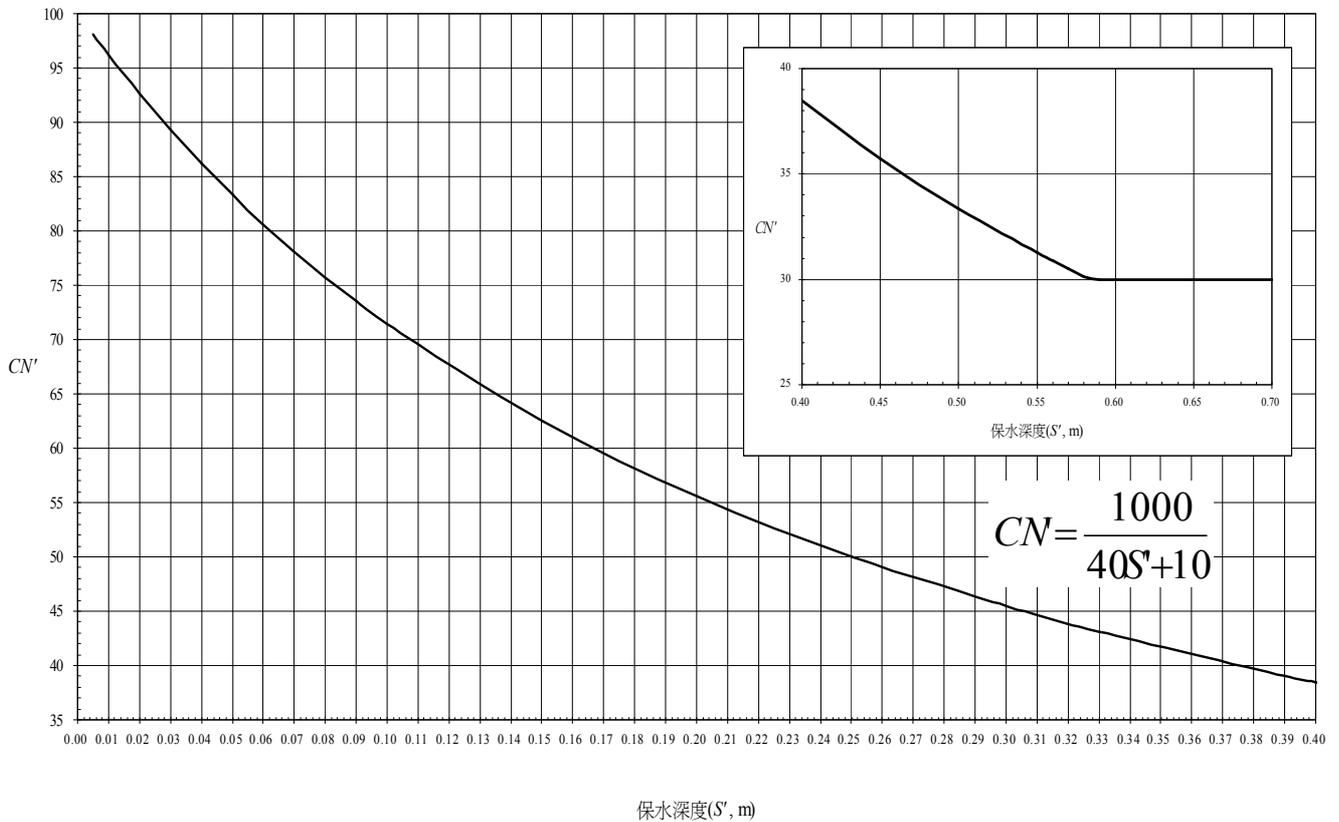


圖 7-16 設置保水設施後之整體保水深度 S' 與 CN' 之關係圖

資料來源:本研究整理

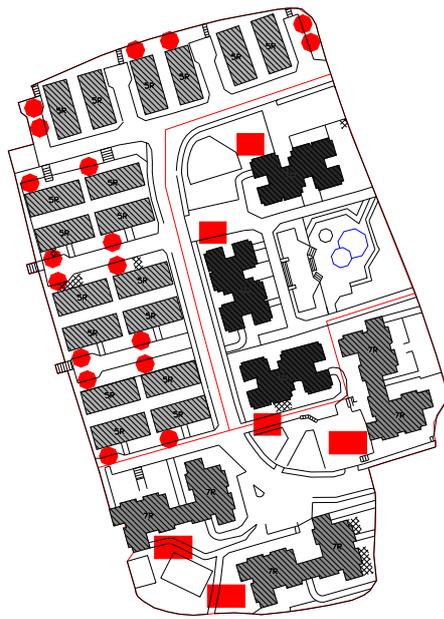


圖 7-17 萬芳社區可配置地點-貯水槽型式示意圖（分散配置）

資料來源:本研究整理

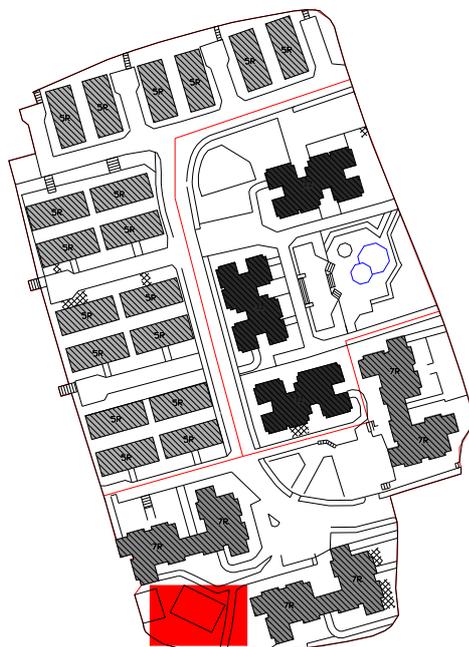
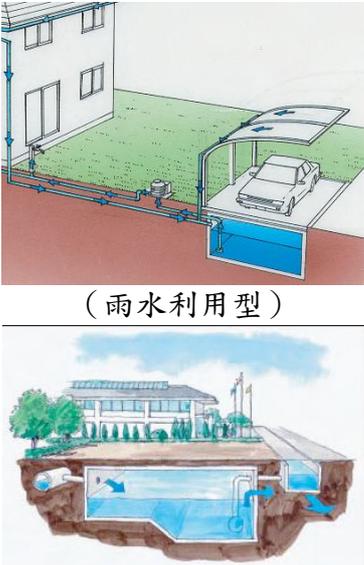


圖 7-18 萬芳社區可配置地點-貯水槽型式示意圖（集中配置）

資料來源:本研究整理

下表針對社區雨水貯集槽配置之設施型式、概要、特徵與維護管理，進行介紹。

表 7-7 社區及住宅雨水貯集槽配置型式一覽表

設施型式	概要、特徵	維護管理
<p>雨水貯集設施（地上型） （分散配置多適用）</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在建築物附近連結既有的天溝及落水管，把雨水把雨水貯集到預設的貯水槽。 2. 貯集槽大致可分為塑料製和不鏽鋼製的桶槽等。 3. 一般家用是 200 公升左右，依土地利用型態及需求也有設置 1,000 公升以上的大型貯集桶。 4. 積蓄的雨水，可作為雜用水（樹木、花園的澆灌等）以及用來沖廁用水。 5. 此類的貯集桶設置方式設置空間要求較少，設置容易，由於比較簡單的工程能設置。 6. 因為貯集容量僅有 200 公升左右，雨水流出抑制效果較不明顯。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適時將排水口之污泥、沉積物排除及清洗，維護管理容易。 2. 如果有設置過濾設備，應按時清洗且定時維護，消耗係過濾器材應定時更新替代。
<p>雨水貯集設施（地下型） （集中或者較大型配置適用）</p>  <p>（雨水利用型）</p> <p>（雨水流出抑制型）</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 以在停車場和庭園等，有較大空間處之地下 設置雨水貯集設施。 2. 早期貯水槽材料多為混凝土製等，近年來有較簡易的套裝塑料性工程製品。 3. 設置之主要目的以雨水利用或雨水流出抑制的 2 大類區分。 4. 雨水利用類型所積蓄的雨水，可作為雜用水（樹木、花園的澆灌等）以及用來沖廁用水等。但為了確保亦能有雨水流出抑制效果，必須槽體內使之殘存一定的空間以備貯集暴雨雨水。 5. 另一方面，雨水流出抑制型則是以社區開發後雨水流出抑制為目的，以收集儲存社區建物、通道、停車場等流出之雨水；達到逕流削減之目的。 	

資料來源：雨水貯留浸透技術協會，2010

第五節 效益評估

建構雨水利用系統可增加生態社區水資源供給途徑，減緩公共供水系統壓力，雨水可用於沖廁、澆灌、災變等用水，提高水資源利用效率，節省水資源相關投資成本及居民用水開支。

在供水成效評價上，利用建物型式分類結果，該區主要可分成兩種配置方式，第一為利用各建物(依建物型式)分散配置：利用各類建物屋頂面積為配置區域，分棟各別配置；該區建物型式主要可分為 5 樓建物、7 樓建物及 12 樓建物三種，鑑於不同型式建物有不同之供水需求；本計畫在推估過程中依據內政部建築研究所「住宅及辦公建築用水量管制之研究」研究成果，每戶平均採 4 人計算，每戶個人用水量需求為 250 升/日，進而可推估各建物之需水量，並繪製不同建物之雨水貯集系統容量-替代率-年雨水供水量關係曲線，繪製結果如圖 7-19 所示（僅列舉 5 樓公寓為例）。第二為全區規劃配置方式：假設該社區建物總面積為配置區域，以整體考量規劃配置。該區建物總屋頂面積約 7,188 m²，推估其建物需水量後，繪製該區整體之雨水貯集系統容量-替代率-年雨水供水量關係曲線，繪製結果如圖 7-22 所示。

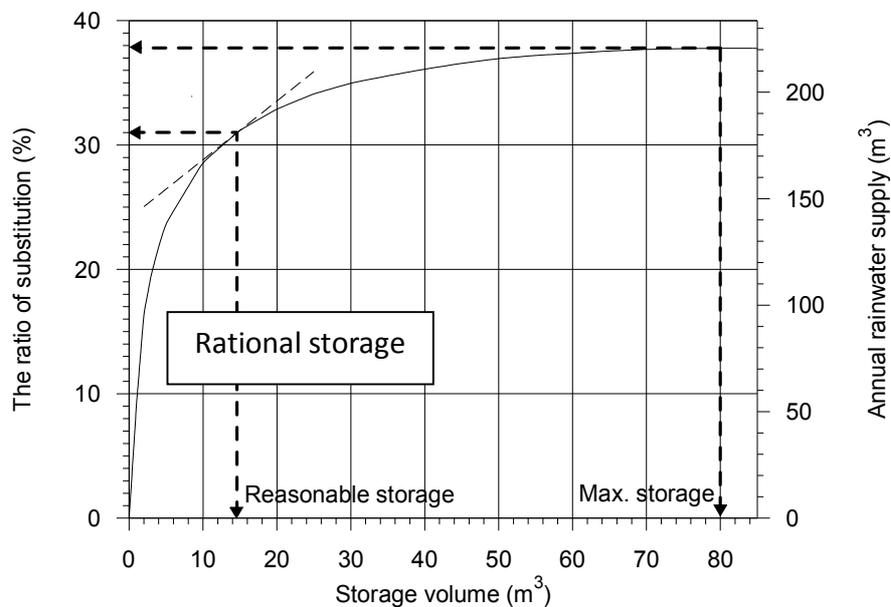


圖 7-19 萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率-年雨水供水量關係曲線
(5 樓公寓)

資料來源:本研究整理

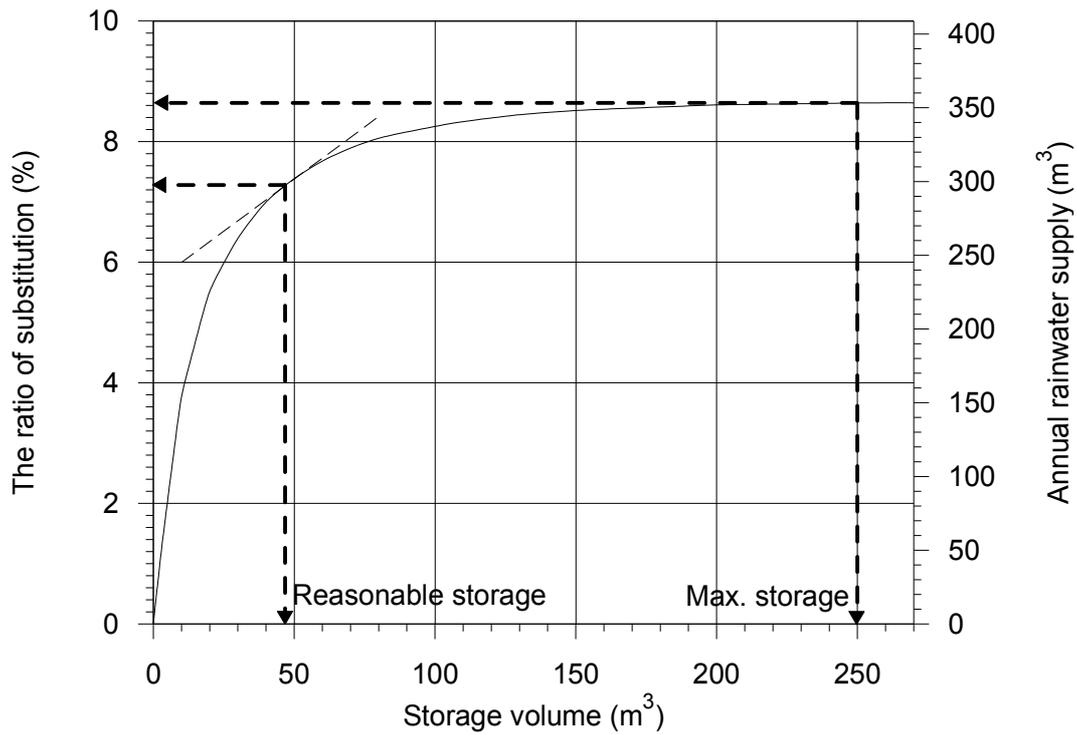


圖 7-20 萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率關係曲線 (7樓公寓)

資料來源:本研究整理

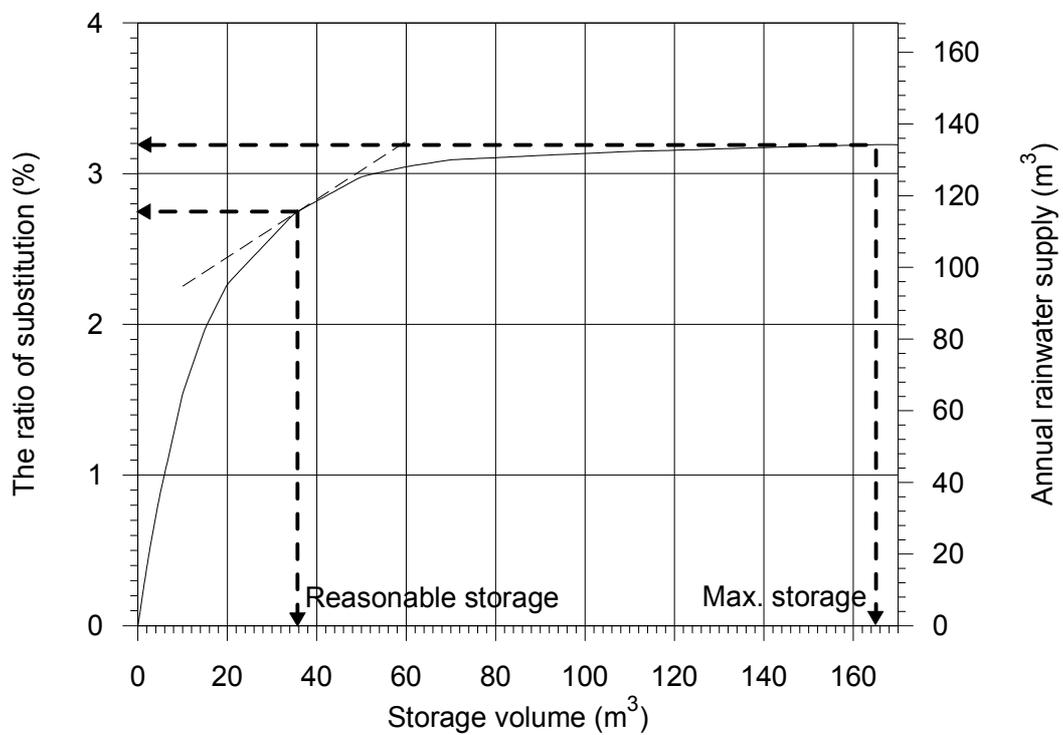


圖 7-21 萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率關係曲線 (12樓公寓)

資料來源:本研究整理

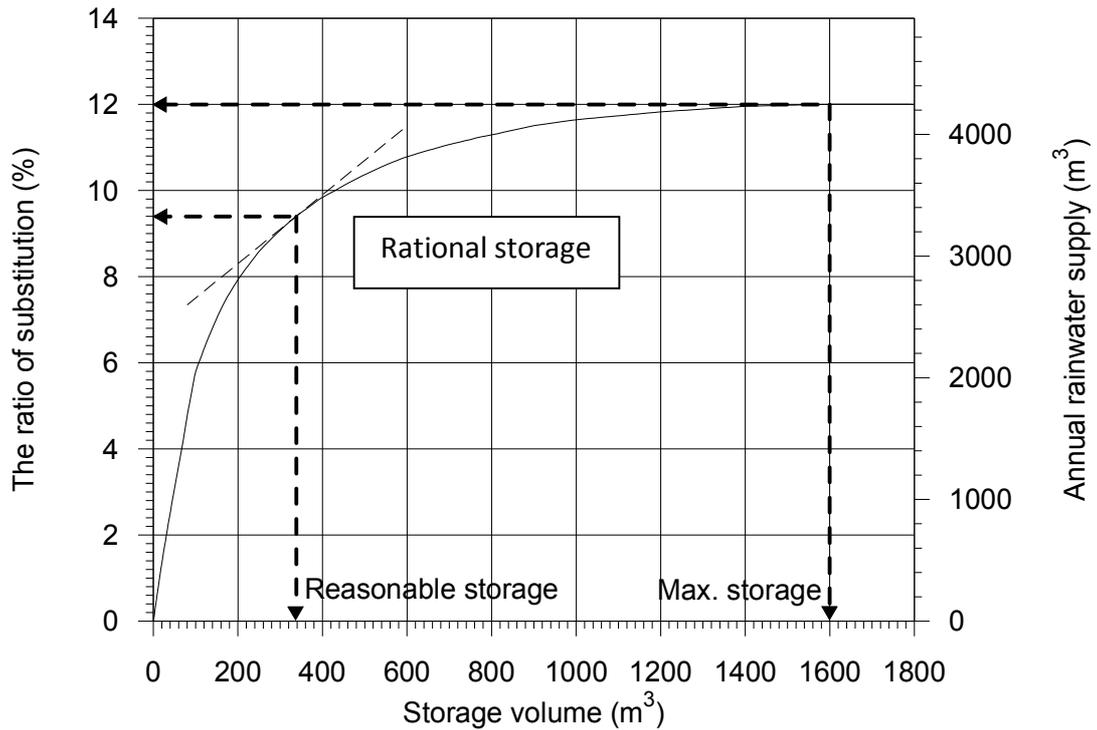


圖 7-22 萬芳社區雨水貯集系統容量-替代率-年雨水供水量關係曲線 (全區)

資料來源:本研究整理

該區之最大設置容量及合理設置容量彙整結果如表 7-8 所示。

表 7-8 萬芳社區雨水貯集供水系統與容量規劃策略表

建物型式 規劃	住宅型式				最大設置容量		合理設置容量	
	樓數	屋頂面積 (m ²)	戶數	棟數	設置容量 (m ³ /棟)	替代率 (%)	設置容量 (m ³ /棟)	替代率 (%)
	5	196	10	18	80.00	37.76	14.50	31.00
	12	500	72	3	165.75	3.19	35.90	2.75
	7	720	70	3	250.00	8.64	46.00	7.30
	總設置容量 (m ³)				2687.25		506.70	
	雨水替代量 (m ³ /year)				5431.30		4500.88	
全區 規劃	住宅型式				最大設置容量		合理設置容量	
	屋頂面積 (m ²)	戶數			設置容量 (m ³)	替代率 (%)	設置容量 (m ³)	替代率 (%)
	7188	606			1600.00	12.00	340.00	9.20
	雨水替代量 (m ³ /year)				4246.85		3255.92	

資料來源:本研究整理

如考慮利用各建物(依建物型式)分散規劃配置：5樓建物型式配置結果，最大設置容量為每棟 80.0 m³，替代率可達 37.8%；合理設置容量每棟 14.5 m³，替代率為 31.0%。12樓建物型式配置結果，最大設置容量為每棟 167.8 m³，替代率達 3.2%；合理設置容量每棟 35.9 m³，替代率為 2.8%。7樓建物配置結果，最大設置容量為每棟 250.0 m³，替代率達 8.7%；合理設置容量每棟 46.0 m³，替代率為 7.3%。如考慮全區規劃配置：該區建物總屋頂面積規劃配置結果，最大設置容量為 1600 m³，替代率達 12.0%；該區合理設置容量為 340 m³，替代率為 9.2%。

參考文獻

中文部分

- 內政部建築研究所，生態社區解說與評估手冊，2010。
- 內政部建築研究所，生態社區評估系統之研究，2000。
- 內政部建築研究所，綠建築評解說與評估手冊，2003。
- 內政部建築研究所，生態社區評定制度建立及推廣應用，2010。
- 王小璘等，生態都市設計準則應用之研究，2009。
- 江亮演，社區組織原則與工作，1989。
- 吳綱立，永續生態社區規劃設計的理論與實踐，2009。
- 住宅科技，綠色生態建築小區建設要點技術規則，2001。
- 林憲德，城鄉生態，1999。
- 林憲德，綠色建築/生態、節能、減廢、健康，2006。
- 陳瑞鈴、王小璘，都市計畫通盤檢討結合生態城市概念之研究，2008。
- 陳其南，社區總體營造的意義與使命，1996。
- 郭瓊瑩，水與綠網路規劃理論與實務，2003。
- 彭國棟、何貞青，綠色桃米，2003。
- 游以德等，農村地區發展生態社區選址評估模式之研究，2003。
- 廖朝軒，屋頂雨水貯集供水系統試驗研究。行政院國科會專題研究計畫成果報告，1997。

- 廖朝軒等，工業用水合理回收率訂定之研究，財團法人工業技術研究院委託計劃，1997
- 廖朝軒等，市鎮雨水收集供水系統之有效研發技術，工程技術通訊(公共工程)，第二十六期，頁75~78，1997。
- 廖朝軒、蔡耀隆等，「雨水貯集系統在台灣可行性之探討」。東亞2000雨水貯蓄利用研討會，2000。
- 廖朝軒、蔡耀隆，「雨水貯集設施在都市集水區減洪規劃評估」。雨水貯集利用技術推廣研討會，2002。
- 廖朝軒、蔡耀隆，「從健全都市水環境談雨水滯蓄措施之應用」。水資源管理學刊第四卷第二期，2002。
- 廖朝軒、蔡耀隆、黃偉民、陳茂松，「雨水滯蓄措施在城區減洪之水文機制及容量分析研究」。水科學進展，17(4)：538~542，2006 (EI)。

外文部分

- Calthorpe, P. (1993), *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream*. New York: Princeton Architectural Press.
- Liaw, C.H. and Y.L. Tsai, "A Simplified Approach to Estimate the Water Retention Capability of Infiltration Gutters at Construction Site," *Building and Environment*, 2007 (in press, SCI).
- Liaw, C.H. and Y.L. Tsai, "Optimum Storage Volume of Rooftop Rainwater Harvesting Systems for Domestic Use," *J. of American Water Resources Association*, 40(4): 901~912, 2004 (SCI).
- Liaw, C.H., M.S. Cheng and Y.L. Tsai, "Low-impact Development : An Innovative Alternative Approach to Stormwater Management," *J. of Marine Science and Technology*, 8(1): 41~49, 2000 (EI).
- Liaw, C.H., Y.L. Tsai, and M.S. Cheng, "Assessing Flood Mitigation Alternatives

- in Shijr Area in Metropolitan Taipei,” J. of American Water Resources Association, 42(2): 311~322, 2006 (SCI).
- Liaw, C.H., Y.L. Tsai, and M.S. Cheng, “Hydrologic Analysis of Distributed Small-Scale Stormwater Control Systems,” J. of Hydrosience and Hydraulic Engineering, 23(1): 1~12, 2005 (EI, 1983-1988).
 - Liaw, C.H., Y.L. Tsai, W.M. Huang, C.Z. Huang, and J.L. Chen, “On-site Test on the Permeability of an Infiltration Gutter,” Building and Environment, 2005 (submitting, SCI).
 - Liaw, C.H., Y.L. Tsai, W.M. Huang, C.Z. Huang, and J.L. Chen, “Pilot On-Site Tests to Evaluate the Permeability of Infiltration Gutters,” Water Environment Research, 79(8): 821-827, 2007 (SCI).
 - Rumming, K. (2006), Sustainable Urban Development-the Ecologically Exemplary New Settlement of Hannover-Kronsberg. Hannover City Council, Hannover, Germany.
 - Sarah, J., Torbjörn, L. (2004), *The Natural Step for Communities: How Cities and Towns Can Change to Sustainable Practices*.
 - Urban Ecology (1990), *1990 Eco-city Conference Report*. Berkeley, CA: Urban Ecology.

網頁部分

- <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>
- <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>
- <http://www.nabers.com.au/>
- <http://www.breeam.org/>
- <http://sustainable-city.org/>

第八章 結論與建議

第一節 結論

(一) 國內生態社區建議雨水設置方式之提出

針對國內 4 個生態社區進行現勘評估，現勘之生態社區建議雨水設置方式如下，金華社區為既成社區應可設置「多棟建築雨水系統」，即利用空地設置儲存設施，收集鄰近區域建築雨水，可將各建築物收集之雨水集中運用，互相支援，可供應區域需水量；菁寮社區為鄉村社區應可於落水管末端設置儲水槽收集雨水；大地莊園社區若再能利用各建築之屋頂進行雨水貯集再利用之收集，必定能得到更佳雨水利用之效果；桃米生態社區若能利用綠地進行透水與生態滯洪池之雨水貯集再利用，必定能達到水循環之良好成效。

(二) 社區雨水利用規劃技術

本計畫已提出 10 種社區雨水利用規劃技術，如屋頂雨水貯集系統適用於都市鄰里單元社區、集合住宅社區與鄉村社區等既成社區及新社區；雨水收集結合入滲系統適用於都市鄰里單元社區、集合住宅社區與鄉村社區等既成社區及新社區；雨水收集結合污水回收適用於既成社區、新社區，社區中有大型或公有建築物、學校及政府單位等；公路逕流收集系統適用於坡地社區；地行雨水截留適用於坡地社區；區域雨水應用適用於高需水量用水之社區，並具地形集水之潛勢；開闢地雨水收集適用於多數社區需增加雨水收集量；田間雨水貯留工程適用於鄉村社區與農村聚落；入滲廊道適用於濱海社區與霧氣收集系統適用於鄉村及開闢區域社區。

(三) 收集各國都市水平衡模式並選取適合國內社區之模式

依國內生態社區提出社區供水與保水之容量計算與效益，並收集國內外共 31 組水循環模式，評估國內生態社區。分析發現，國內自行發展「都市水平衡模式」最適用於國內生態社區模與尺度，但由於國內目前生態社區收集之所需參數有限，故囿限於參數設定等相關問題，故無法進行水平衡模式分析。

生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

(四) 建立社區水環境之規劃程序與內容

(五) 建立社區雨水供水規劃流程與步驟

(六) 建立社區雨水保水規劃流程與步驟

(七) 萬芳社區案利研擬成果

(1) 考慮利用各建物(依建物型式)分散規劃配置：5 樓建物型式配置結果，最大設置容量為每棟 80.0 m^3 ，替代率可達 37.8 %；合理設置容量每棟 14.5 m^3 ，替代率為 31.0 %。12 樓建物型式配置結果，最大設置容量為每棟 167.8 m^3 ，替代率達 3.2 %；合理設置容量每棟 35.9 m^3 ，替代率為 2.8 %。7 樓建物配置結果，最大設置容量為每棟 250.0 m^3 ，替代率達 8.7 %；合理設置容量每棟 46.0 m^3 ，替代率為 7.3 %。如考慮全區規劃配置：該區建物總屋頂面積規劃配置結果，最大設置容量為 1600 m^3 ，替代率達 12.0 %；該區合理設置容量為 340 m^3 ，替代率為 9.2 %。

(2) 用 SCS 逕流曲線法計算施作保水設施後之 CN' （保水狀態）值研究發現，對評估社區設置雨水供水系統後之保水效果， CN (保水狀態) 假設原始狀態均為 98，屋頂施作保水設施後，社區恢復至何種土地利用狀態 CN' 約 73，故社區設置雨水供水系統後之保水效益均提高。

(八) 訂定生態社區之效益評估指標

本計畫發展出生態社區之效益評估指標 3 大範疇下 6 項指標，主要目的在於量化生態社區相關指標，俾利後續相關生態社區之決策。

(九) 本計畫編撰生態社區雨水利用規劃手冊，俾利生態社區設置雨水利用設施。

第二節 建議

建議一

生態社區盡早完成生態評估指標評估:立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各縣市政府

(一)國內生態社區應加強水循環之項目之研究，亦可增加地表入滲、供水、保水、緊急災備用水，並降低洪水量與相關水污染。

(二)國內僅少數生態社區通過國內生態社區評估指標系統，建議其餘社區盡早完成生態社區評估，俾利日後相關生態社區研究之選址。

建議二

增加生態社區示範點暨訂定相關獎勵與法規:中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各縣市政府

(一)國內生態社區有限故可增加各類型主軸之生態社區，俾利量化生態社區效益。

(二)需成立相關生態社區雨水利用系統專業團隊，提供專業規劃設計知識俾利推廣，並提出相關法規及相關獎勵辦法，促進社區雨水利用之推動。

附錄一 審查會議紀錄處理情形

期初審查會議記錄及處理情形

時間：99年12月16日(星期四)上午9時30分

地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：鄭召集人元良

出席人員：鄭元良組長、羅時麒研究員、徐文志先生、張尚文先生、黃士賓先生等(依姓名筆畫排序)。

項次	審查委員意見	廠商回應
1	預計調查那些生態社區雨水利用案例，有無困難，並建議現場調查之準則及內容，可提出更詳細資料；另案例調查建議能以清晰相片，輔以CAD或3D圖片說明。	初步以聯合國或他國已有之生態(永續)社區為案例，探討生態(永續)社區雨水利用技術，再與貴所業已挑選試評之生態社區或國內公認較佳之案例進行比較；並盡量收集相關資料。
2	本研究係以綠建築雨水利用技術為基礎，擴大至生態社區之設計，請說明雨水利用在綠建築與生態社區二者之差異，以及與都市防洪之區別。	綠建築係以單一建築之雨水再利用或基地保水為主要目的，而生態社區係以水循環為主要觀點，進行規劃，兩者概念有所不同。
3	生態社區雨水利用容量設計方法，是否有評估之軟體或方法。	雨水容量設計可以利用軟體試算方式建立，並考量台灣各地區之降雨型態變異性分別求取設計曲線。
4	生態社區雨水利用效益評估指標有三大範疇，請說明公共設施之用水替代率如何納入評估指標，並建議詳述評估過程及困難點以回饋後續評估指標修正。	將選取1處生態社區做為示範區，進行雨水利用量化效益評估，俾供回饋修正理論及效益評估指標。
5	生態社區範圍業已涵蓋公共設施及	雨水利用效益評估指標之選取原

生態社區的雨水利用系統規劃技術研究

	道路等既有設施，因應氣候變遷強降雨現象，建議將上開因素及公共設施之雨水系統設計參數納入考量。	則係以資料充份且可量化項目為優先，並將召開座談會集思廣益，藉以檢視所列評估指標項目是否合宜。
6	建議技術手冊分別列出新設社區之設計原則及舊社區之改造技術，以提供適用之雨水利用技術。	本年度係研提各社區類型之雨水利用技術之通則，做為手冊主要架構。
7	預期成果或效益部分，請先敘明預期成果，再說明預期效益。	現場調查內容、預期成果及研究經費配置等，如獲評選得標將配合於研究計畫書中修正。
8	本案計畫書中擬增加之工作項目及座談會經費，如貴廠商獲得標案，請納入研究計畫修正。	感謝委員建議，遵照辦理。

期中審查會議記錄及處理情形

時間：100年7月6日(星期三)上午9時30分

地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：鄭召集人元良

出席人員：李常務理事華琛、林簡任技正之瑛、洪代表晉鈺、張建築師俊哲、張建築師矩墉、陳建築師俊芳、練協理文旭、鄭教授政利、蔡建築師仁毅、蔡建築師仁毅、顏副秘書長世禮等(依姓名筆畫排序)。

項次	審查委員意見	廠商回應
1	<p>1. 本案完成文獻蒐集與案例調查分析，並建立「雨水利用量化效益評估」模式，預期提出相關規劃技術手冊等成果，原則支持。</p> <p>2. 鑑於國內水價偏低現況，可考量區域範圍之雨水利用投資效益進行研究，探討地表入滲，供水、保水及降低洪水量與污染，或提升至區域尺度加強水循環等項目，俾利公部門先行參採應用。</p> <p>3. 偏遠地區之自來水供給成本高昂，建議本研究將雨水利用替代簡易自來水供給之可行性併予納入考量。</p>	<p>1. 感謝委員支持。</p> <p>2. 感謝委員建議。</p> <p>3. 感謝委員建議。</p>
2	<p>建議就現地勘查案例所採用之生態社區規劃設計技術，對照現況面臨問題並探討因果關係，使研究提出之規劃技術更具可行性。</p>	<p>遵照辦理。</p>
3	<p>1. 本研究除著重雨水利用外，建議兼顧防災(淹水)設計及規劃。</p> <p>2. 建議增加雨水回收利用設計不良而導致雨水蓄積等失敗案例探討。</p>	<p>1. 本計畫偏重環境雨水利用功能等，故相關防災設計較屬安災組業務。</p> <p>2. 此個案研究不在本研究範圍。</p>
4	<p>1. 建議增加雨水回收利用技術維護使用方式之論述，並探討設備後續維護成本，俾利釐清該類設備閒置成因。</p> <p>2. 本研究範疇建議針對土地或大型建設等區域性開發之環境雨水利用，而非侷限於單一建築基地保水及雨水回收等技術探討。</p>	<p>1. 雨水回收利用相關技術及文獻資料，目前係以全面收集為原則，將依臺灣本土條件篩選適用於我國建築特性之技術。</p> <p>2. 本研究之範疇係針對大型建設區域之環境雨水利用。</p>
5	<p>1. 本研究擷取多國案例進行分析，惟</p>	<p>1. 研究中盡量收集相關資料。</p>

	<p>臺灣係以中高層建築為主，建築物容積較高，相較之下屋頂面積較小且空地較少等本土特性，與相關國外案例之間條件差異性及手法是否適用，建議詳予探討分析。</p> <p>2. 雨水利用相關技術之效益與適用情境應有更深入分析與說明，俾便提供使用者相關資訊，作為實際操作之參考。</p> <p>3. 生態社區並非藉由整體規劃興建成形，除考量區域整合之技術部分外，凝聚共同參與社區意識，緩步建立生態社區之過程，建議併予考量。</p>	<p>2. 感謝委員建議。</p> <p>3. 研究中也會收集社區民眾參與之要項要點。</p>
6	<p>1. 國內外案例建築類型之相關描述，建議採用如：獨棟、雙併、連棟或(高、低層)集合住宅等習慣用語，俾利明確描述案例之建築類型。</p> <p>2. 國內案例如金華、大地莊園等社區均已考量整體水循環，建議補充相關案例示意圖說，將有助於建築師瞭解相關設計技術。</p> <p>3. 報告書 P. 47「若能利用綠地進行透水鋪面…」該節似鼓勵將綠地轉為設置透水鋪面，建議審酌再予修正。</p> <p>4. 建議技術手冊納入雨水設施如沉砂池、沉澱池設置原則，以及需求量估算之物理性手法等相關技術性內容。</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 遵照辦理。</p> <p>3. 感謝委員建議。</p> <p>4. 感謝委員建議。</p>
7	<p>1. 生態社區個案訪查如能著重於效益量化分析，更有助於未來教育推廣。</p> <p>2. 可強化未來效益分析及益本比(benefit/cost)等項論述，對於產業應用更具有參考價值。</p> <p>3. 針對家庭、建築、社區、鄉鎮乃至城市或國家等不同範疇，可採用技術、資源及獲得效益均隨應用尺度有所不同，本案係以社區為主，建議考量就不同區域環境，歸納可供應用之各項技術。</p>	<p>1. 感謝委員建議。</p> <p>2. 感謝委員建議。</p> <p>3. 遵照辦理。</p>
8	<p>1. 本研究期中成果符合預期要求，值得肯定支持。</p> <p>2. 相關系統規劃技術，建議增加檢討水質標準及安全監控系統等項。</p> <p>3. 建請納入法規探討並研提合理修訂建議。以避免研究產出成果，因不合時宜之法令局限，而無法推廣應用。</p>	<p>1. 感謝委員鼓勵。</p> <p>2. 此二項不在今年工作要項，日後可善於增加辦理。</p> <p>3. 感謝委員建議。</p>

期末審查會議記錄及處理情形

時間：100 年 11 月 9 日(星期三)上午 9 時 30 分正

地點：內政部建築研究所簡報室

主持人：何所長明錦

出席人員：王副主任興毅、江建築師星仁、林簡任技正之瑛、張建築師矩墉、陳建築師俊芳、鄭理事長正仁、練協理文旭、顏副秘書長世禮(依姓名筆畫排序)。

項次	審查委員意見	廠商回應
1	<p>1. 本案符合預期成果，原則可行，有關規劃技術手冊部分請再補充修訂，俾利結案。</p> <p>2. 本研究已建立雨水循環利用整體架構，可據以運用於防洪保水；至於「供水再生使用」部分，建議補充儲水、淨化再利用、衛生安全、可行性及效益面等評估建議資料。</p> <p>3. 本案配合 EEWH-EC 生態社區評估系統辦理，請補充說明研究成果與該評估系統如何整合應用。</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 感謝委員建議。</p> <p>3. 本計畫將提出 3 大範疇 6 項指標，將與林憲德教授討論後，再進行本計畫指標與 EEWH-EC 之整合應用。</p>
2	<p>1. 報告書 P. 65 表 5-1 有關國內建築類別分類項目，建議參考建築技術規則之建築分類修正。</p> <p>2. 報告書 P. 98 列舉案例，其中水泥 7 樓公寓按戶數推估應為小套房型態，如以每戶 4 人估算需水量恐有高估疑慮，建議再予釐清。</p>	<p>1. 遵照辦理。</p> <p>2. 感謝委員建議。</p>
3	<p>1. 建議除著重雨水利用層面外並兼顧雨水防災規劃。</p> <p>2. 請說明雨水回收利用流程中，有關預防污染以及病媒防治等措施。</p>	<p>1. 本計畫偏重環境雨水利用功能等，故相關防災設計較屬安災組業務。</p> <p>2. 感謝委員建議。</p>

	<p>3. 雨水回收貯集之後續利用及配套措施，請提供案例參考或納為後續研究方向。</p>	<p>3. 遵照辦理。</p>
4	<p>1. 本研究符合我國日漸重視環保及觀光休憩趨勢，整體研究架構完整。</p> <p>2. 本研究提出2項建議均需仰賴中央與地方政府合作始能達成；惟報告書僅於P.125-126述及效益部分，為提升各縣市政府參與意願，建議除研擬更具體之效益說帖外，並請於技術手冊完整闡述，俾利縣市政府或有意參與生態社區建置單位參酌應用。</p>	<p>1. 感謝委員鼓勵。</p> <p>2. 感謝委員建議。</p>
5	<p>1. 屋頂雨水收集系統為防止污染，故排除初期雨水收集。建議考量以沉澱、過濾等方式取代，避免短時間降雨因排除導致水資源流失。</p> <p>2. 各種雨水貯集方式除屋頂雨水收集外，周遭環境之背景污染皆可能影響社區收集雨水水質，請就雨水貯集利用手法確保水質部分補充說明。</p> <p>3. 基地保水除個別基地保水外，對於公共設施部分的保水措施亦應重視，建議可將運量旅次較低之次要道路改設透水鋪面，將公共、私有設施納入基地保水範疇。</p> <p>4. 生態社區如自規劃設計初始即予納入雨水利用系統，本研究所列技術應屬可行；惟目前國內生態社區多屬既成社區，請補充說明該類型社區可應用之改善技術。</p>	<p>1. 感謝委員建議。</p> <p>2. 感謝委員建議。</p> <p>3. 感謝委員建議。</p> <p>4. 感謝委員建議。</p>
6	<p>1. 報告書 P. 80 表 5-6 各類保水量計算公式，請配合最新版本綠建築評估手冊修訂。</p>	<p>1. 遵照辦理，資料來源以配合生態社區解說與評估手冊2010年版。</p>

	<p>2. 報告書 P. 111 滲透排水管 Q_6 計算式中 x 係開孔率，惟算式所列數值為 90 應屬筆誤，請查明修正。</p> <p>3. 報告書 P. 116 透水鋪面設計保水量 Q_2 計算式中 f 值為 10^{-7} 係屬筆誤，應修正為 10^{-6}，並請配合修正 Q_2 計算結果。</p>	<p>2. 感謝委員意見，經查證後，開孔率 90 無誤。</p> <p>3. 感謝委員意見，遵照辦理。</p>
7	<p>1. 報告書 P. 62 表 4-1 已將技術類別優缺點詳盡比較；惟就業者評估與應用角度，建議能依不同背景、案場條件分類(如家庭、獨棟或集合住宅)，並給予適用技術建議分析，俾利應用參考。</p> <p>2. 有關研究成果之成本效益分析 (benefit/cost) 請再補充論述，將更有益於業者評估採用。</p>	<p>1. 感謝委員建議。</p> <p>2. 感謝委員建議。</p>
8	<p>1. 建議於手冊增列整體規劃設計原則，並依基地類型、規模之適用技術及既有社區改善手法等提供選項建議，俾利手冊後續推廣應用。</p> <p>2. 請補充說明水循環、逕流減量等公共效益，以及自來水使用合理替代率之推估方式。</p>	<p>1. 感謝委員建議。</p> <p>2. 感謝委員建議。</p>

.

附錄二 現地勘查之表格

生態社區基本資料		照片
<input type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input checked="" type="checkbox"/> 南		
生態社區名稱	台南市金華社區	
生態社區地址	702-台南市南區慶南街 201 號	
社區總面積	279,600 平方公尺	
生態社區發展背景		
社區背景	1. 居民陳情，力保社區公園 2. 居民自籌金費加強社區凝聚力 3. 陸續推動社區活動，改善空間置社區服務，逐步引導居民參與，俾利推動社區公共事務	
社區地理位置	本社區位於台南市南區西北面，東毗金華路二段與再興社區為界，西抵中華西路一段與安平工業區為鄰，南接新孝路與國宅社區、新興國中相對，北以健康路二段與文南社區為界，矗立於台南新都會中心圈，區域四方完整，交通便捷。	
社區發展方向	社區環保、交通、治安、終身學習與休閒育樂創造共同享受之利益，在互動過程中衍生出之行為正為社區發展之方向，致力成為健康社區。	
生態社區規劃理念		
先改善現有環境及空間，再推動相關活動，如老人關還及照顧、相關藝文活動等		
生態社區推動方向		
1. 空地代轉成停車空間 2. 閒置空間再利用 3. 資源回收 4. 社區增加生態水景 5. 增加社區花園		
目前面臨問題		
1. 如何達到資源平均分配? 2. 如何規劃親自然之設計，避免過多人為設計? 3. 如何維持居民對社區之營造與維護，推廣永續生態社區之觀念? 4. 如何將此本土化之社區成功之經驗推廣至其他生態社區?		
現勘日期	調查人員	
3/18	蔡耀隆	

資料來源:本研究整理

生態社區基本資料		照片
<input type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input checked="" type="checkbox"/> 南		
生態社區名稱	台南縣大地莊園社區	
生態社區地址	台南縣麻豆鎮港尾里客子寮	
社區總面積	165,290 平方公尺	
生態社區發展背景		
社區背景	1. 共四期開發，已完成三期開發 2. 基地近真理大學、台南科學園區及近二高等特色 3. 住戶多為高收入群、退休及藝文工作者居多	
社區地理位置	本社區近真理大學旁，距中山高速公路麻豆交流道約 5 分鐘，距台南科學園區約 15 分鐘，鄰近東西快速道路，易銜接南二高。	
社區發展方向	不僅親自然方式開發，亦相當注重住宅品質，健康舒適生活環境，希望以低成本之綠建築為發展方向。	
其他		
生態社區規劃理念		
社區規劃理念強調節能、生態、慢活及健康社區環境為主		
生態社區推動方向		
1. 增設生態景觀滯洪池 2. 積極綠化社區及建築節能 3. 人車分流 4. 增加社區公共活動空間 5. 街道景觀及設計		
目前面臨問題		
1. 社區僅為管制森嚴，很難讓此社區與鄰近地方容合 2. 生活機能有限 3. 社區指實施部分永續生態社區 4. 公共設施提供之公平性		
現勘日期	調查人員	
3/22	涂依雯	

資料來源:本研究整理

生態社區基本資料		照片
<input type="checkbox"/> 北 <input type="checkbox"/> 中 <input checked="" type="checkbox"/> 南		
生態社區名稱	台南縣菁寮社區	
生態社區地址	731 台南縣後壁鄉菁寮村 6 鄰菁寮	
社區總面積	7.1*10 ⁷ 平方公尺	
生態社區發展背景		
社區背景	1. 社區因種植「菁仔」，故為社區名 2. 當地水資源豐富，農田灌溉容易 3. 農舍多以低矮紅瓦合院之傳統建築 4. 為台灣少數傳統農村特色部落	
社區地理位置	位於台南縣最北端，現今隸屬於後壁鄉，後壁鄉民國初年裁併入台南縣之轄區內，在此之前為嘉義縣的一部分，為八掌溪與濁水溪沖積而成之狹長平原。	
社區發展方向	守護文化資產及農村再生計畫之觀光行銷，及長者之相關手工藝品。	
其他		
生態社區規劃理念		
社區規劃理念以農村文化維護、社區營造及景觀環境改造為主		
生態社區推動方向		
1. 環境綠美化 2. 開放空間資源管理 3. 維護農村部落特色 4. 社區營造與文化維護 5. 積極開發社區觀光民宿		
目前面臨問題		
1. 社區開發相當依賴政府政策及專業團隊協助，易限制社區成長及自發性營造特色之機會 2. 如何培養當地民眾之永續生態之觀念及本地專業團隊？ 3. 是否先改善當地經濟狀況，推行原有農村生活之生態觀光，經濟穩定之後再加強居民生態永續之相關觀念，讓生態觀光推動此社區之永續生態之自覺性。		
現勘日期	調查人員	
3/22	涂依雯	

資料來源：本研究整理

生態社區基本資料		照片
<input type="checkbox"/> 北 <input checked="" type="checkbox"/> 中 <input type="checkbox"/> 南		
生態社區名稱	南投縣桃米生態社區	
生態社區地址	南投縣埔里鎮桃米里桃米巷	
社區總面積	1.8*10 ⁷ 平方公尺	
生態社區發展背景		
社區背景	1. 早期該地缺乏米糧，因交通不便需借由人力挑米，故被稱「挑米坑仔」 2. 典型農村部落 3. 曾經歷 921 地震重創，經重建努力而重生	
社區地理位置	桃米里位於埔里鎮西南方約 5 公里處，人口 120 多人，海拔高度介於 420~800 公尺之間，是中潭公路往日月潭必經之地，區內林木遍佈綠意盎然，蜿蜒的桃米坑溪、種瓜坑溪及大小支流孕育桃米豐美的生態樣貌。	
社區發展方向	不僅以親自然之永續生態為主要發展方向外，亦推動生態旅遊，傳承已將失傳之手工藝。	
其他		
生態社區規劃理念		
社區規劃理念主要結合有機農業、生態觀光及生態保育為主		
生態社區推動方向		
1. 保育濕地並以生物多樣性為設計概念 2. 社區多以親近自然手法設計 3. 閒置空間再利用 4. 民眾積極參與社區活動		
目前面臨問題		
1. 過多親自然設計，以適中親自然設計及可。 2. 社區過度依賴政府相關單位及專業團隊，需培養在地社區專業團隊 3. 資源分配缺乏公平性。 4. 過度生態導致遊客隨之而來之問題尚待解決。		
現勘日期	調查人員	
3/25	蔡耀隆	

資料來源:本研究整理

附錄三 社區雨水綜合規劃座談會資料

一、座談會議程

「社區雨水綜合規劃座談會」

開會時間：100年10月21日（星期五）上午09時30分

開會地點：內政部建築研究所（大坪林聯合開發大樓15樓第2會議室，新北市新店區北新路3段200號）

主持人：廖教授朝軒

出席者：方課長越琦、林教授憲德、林副教授文欽、邱助理教授奕儒、邱技正志強、徐教授年盛、鄭教授政利（依筆畫排列）

列席人：蔡副教授耀隆、涂專任助理依雯、江兼任助理育銓

議程：

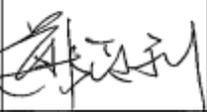
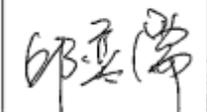
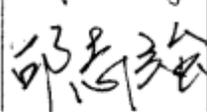
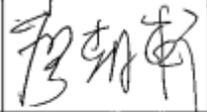
時間	講題	主講人
9:00~9:30	報到	
9:30~9:40	座談會緣起與目的	廖教授朝軒
9:40~10:00	社區雨水利用系統規劃技術之簡報	-
10:00~11:00	綜合討論	-
11:00~11:15	結論	-
11:15	散會	-

討論議題：

1. 生態社區水循環之重要性
2. 社區雨水供水之方法論
3. 社區雨水保水之方法論
4. 生態社區之雨水效益評估指標及模式

二、座談會簽到表

內政部建築研究所 100 年度生態社區的雨水利用系統規劃技術研究
「社區雨水綜合規劃」
專家學者座談會議簽到簿

時間：100 年 10 月 21 日 (星期五) 上午 0930 點			
地點：內政部建築研究所 15 樓第 2 會議室			
主席：廖教授朝軒		紀錄：涂依雯	
出席人員	簽到處	簽到處	簽到處
中華大學建築與都市計畫學系 林文欽 副教授			
台北市政府中山區公所經建課 方越琦 課長			
國立成功大學建築學系 林憲德 教授			
國立台灣科技大學建築系 鄭政利 教授			
國立台灣大學土木工程學系 徐年盛 教授			
慈濟大學通識教育中心 邱奕儒 助理教授			
新北市水利局污水設施科 邱志強 技正			
國立台灣海洋大學河海工程學系 廖朝軒 教授			

三、專家委員建議

專家姓名	審查委員意見
<u>林文欽</u>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 水循環中，社區與都市中間可增加區域排水的分區 2. 雨水利用可考量利用重力供水，避免將用抽水機 3. 社區→(區域排水)→都市 scale 4. 效益評估:利用社區高程差以動力流供水 5. EIA:須考慮下流排水容量→上流開發零增量不得增加下流。
<u>林憲德</u>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 社區水循環的評估最好可以簡單計算，期待簡化評估指標後納入評估手冊 2. 6 個指標，簡化加入 EEWH-EC 手冊。
<u>邱志強</u>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 目前氣候變遷，降雨量瞬間增加的量體增加，時間縮短，都市內的社區就水的循環相對地較往年重要，尤其是防止積淹水，以及蓄水的水資源利用 2. 以水耕水可就區域排水，下水道之相關輸入因子於方法論，無論是合理化公式或是曼寧公式都可以作相關研究。 3. 雨水保水部分可於滯洪池，地下雨水貯留槽地下停車場兼滯洪池使用之設製的方法就深度的研究。 4. 效益評估指標，就自然條件應以地質、氣候作考量，以及都市開發之區域計畫下發展的人為配合因素，可就人工智慧等偵測模式依可行性評估後，依其值得大小，再就 FMEA 模式作指標評估。
<u>邱奕儒</u>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生態社區中的民眾參與指標化，即社會資本 (social capital) 可納入。如果保水設施或雨水設施是由民眾在專家協助下自行裝設，社區民眾就可自行維護。 2. 目前農村這領域非常被忽略，然而其經費卻是非常大，「農村在生條例」因此若能建立更簡易設計指標，也可與農村規劃原則。 3. 農村除了建築屋頂雨水外還有灌溉用水可用。 4. 尺度可以社區可操作原則劃分，例如：社區管理委員會。 5. 山坡地社區在貯雨要求上更要高。
<u>鄭政利</u>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ”社區雨水綜合規劃” 納入綠建築生態社區評估體系來指導社區生態小循環理念的實踐，是一個可行且務實的方向，值得肯定支持。 2. 評估指標的建立必然會有生態社區定義、規模的適用對象問題，或許針對不同之指導對象屬性，建立不同指標或基準，應該有其可以思考的地方。 3. 目前國內政策推動及政府施政基本上會以民意為依歸及動機，為了讓社區雨水利用能被政府納入管制，務必讓民眾及社區居民認同及理解與支持，才能化解推動阻力。

方越琦

1. 如果在社區建設中，注意發展雨水收集和利用工程，把原有被排走的雨水留下來利用，既可增加水資源也是節約自來水的好方法。
2. 但如何將雨水留下來，往往是一個難題，以臺北市372個鄰里社區型公園為例，在辦理公園改造時，以收集雨水設置生態池之方式，常面臨生態池長時間需以人工注入水源方式填補，而失去原有構想，肇因於在雨水來臨時，無法有效保留，致提供回收再利用，故雨水利用系統如何規畫有效回收利用，值得深思之課題。

四、會議情況





參考書目

中文部分

- 內政部建築研究所，生態社區解說與評估手冊，2010。
- 內政部建築研究所，生態社區評估系統之研究，2000。
- 內政部建築研究所，綠建築評解說與評估手冊，2003。
- 內政部建築研究所，生態社區評定制度的建立及推廣應用，2010。
- 王小璘等，生態都市設計準則應用之研究，2009。
- 江亮演，社區組織原則與工作，1989。
- 吳綱立，永續生態社區規劃設計的理論與實踐，2009。
- 住宅科技，綠色生態建築小區建設要點技術規則，2001。
- 林憲德，城鄉生態，1999。
- 林憲德，綠色建築/生態、節能、減廢、健康，2006。
- 陳瑞鈴、王小璘，都市計畫通盤檢討結合生態城市概念之研究，2008。
- 陳其南，社區總體營造的意義與使命，1996。
- 郭瓊瑩，水與綠網路規劃理論與實務，2003。
- 彭國棟、何貞青，綠色桃米，2003。
- 游以德等，農村地區發展生態社區選址評估模式之研究，2003。
- 廖朝軒，屋頂雨水貯集供水系統試驗研究。行政院國科會專題研究計畫成果報告，1997。
- 廖朝軒等，工業用水合理回收率訂定之研究，財團法人工業技術研究院委託計劃，1997。
- 廖朝軒等，市鎮雨水收集供水系統之有效研發技術，工程技術通訊(公共工程)，第二十六期，頁75~78，1997。
- 廖朝軒、蔡耀隆等，「雨水貯集系統在台灣可行性之探討」。東亞2000雨水貯蓄利用研討會，2000。
- 廖朝軒、蔡耀隆，「雨水貯集設施在都市集水區減洪規劃評估」。雨水貯集利用技術推廣研討會，2002。

- 廖朝軒、蔡耀隆，「從健全都市水環境談雨水滯蓄措施之應用」。水資源管理學刊第四卷第二期，2002。
- 廖朝軒、蔡耀隆、黃偉民、陳茂松，「雨水滯蓄措施在城區減洪之水文機制及容量分析研究」。水科學進展，17(4)：538~542，2006 (EI)。

外文部分

- Calthorpe, P. (1993), *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream*, New York: Princeton Architectural Press.
- Liaw, C.H. and Y.L. Tsai, "A Simplified Approach to Estimate the Water Retention Capability of Infiltration Gutters at Construction Site," *Building and Environment*, 2007 (in press, SCI).
- Liaw, C.H. and Y.L. Tsai, "Optimum Storage Volume of Rooftop Rainwater Harvesting Systems for Domestic Use," *J. of American Water Resources Association*, 40(4): 901~912, 2004 (SCI).
- Liaw, C.H., M.S. Cheng and Y.L. Tsai, "Low-impact Development : An Innovative Alternative Approach to Stormwater Management," *J. of Marine Science and Technology*, 8(1): 41~49, 2000 (EI).
- Liaw, C.H., Y.L. Tsai, and M.S. Cheng, "Assessing Flood Mitigation Alternatives in Shijr Area in Metropolitan Taipei," *J. of American Water Resources Association*, 42(2): 311~322, 2006 (SCI).
- Liaw, C.H., Y.L. Tsai, and M.S. Cheng, "Hydrologic Analysis of Distributed Small-Scale Stormwater Control Systems," *J. of Hydroscience and Hydraulic Engineering*, 23(1): 1~12, 2005 (EI, 1983-1988).
- Liaw, C.H., Y.L. Tsai, W.M. Huang, C.Z. Huang, and J.L. Chen, "On-site Test on the Permeability of an Infiltration Gutter," *Building and Environment*, 2005 (submitting, SCI).
- Liaw, C.H., Y.L. Tsai, W.M. Huang, C.Z. Huang, and J.L. Chen, "Pilot On-Site

Tests to Evaluate the Permeability of Infiltration Gutters,” *Water Environment Research*, 79(8): 821-827, 2007 (SCI).

- Rumming, K. (2006), *Sustainable Urban Development-the Ecologically Exemplary New Settlement of Hannover-Kronsberg*. Hannover City Council, Hannover, Germany.
- Sarah, J., Torbjörn, L. (2004), *The Natural Step for Communities: How Cities and Towns Can Change to Sustainable Practices*.
- *Urban Ecology* (1990), *1990 Eco-city Conference Report*. Berkeley, CA: Urban Ecology.

網頁部分

- <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>
- <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>
- <http://www.nabers.com.au/>
- <http://www.breeam.org/>
- <http://sustainable-city.org/>

