

水質水量保護區保育技術應用與管理



主辦單位：經濟部水利署



協辦單位：臺北科技大學低碳綠能與生態社區聯合技術發展中心



執行單位：臺北科技大學水環境研究中心

2011 年 8 月 31 日

水質水量保護區保育技術應用與管理 研討會

國際間對於生態、環保之觀念已蔚為潮流並從口號轉化為行動，尤其集水區保育、土木建築及環境保護工程等皆期望將安全、生態、永續的概念付諸實行！

在人為開發密度高的地區，淹水消息時常可見，原因除了不斷破紀錄的降雨外，事實上高度開發地區的水文狀態也隨之改變，地表逕流隨不透水面積增加而升高，傳統的暴雨治理措施逐漸不敷使用。本研討會主題著重探討暴雨新治理方式-「低衝擊開發(Low Impact Development, LID)」，邀請國內外專家特就此議題交流討論。

本次研討會特別邀請美國維吉尼亞大學土木系名譽教授余嘯雷博士以及中國土木水利工程學會廖慶隆理事長，分別進行國內外經驗的專題演講，並邀請國立臺北科技大學土木系鄭光炎教授、中國文化大學土地資源系陳起鳳教授、中華經濟研究院研究員李永展教授及淡江大學水環系康世芳教授，進行保育技術的主題演講，讓 LID 落實於水質水量保護區內。

「水質水量保護區保育技術應用與管理」研討會

時間	主題	議題/主講人	主持人
08:30－09:00	報到		
09:00－09:10	貴賓致詞	經濟部水利署保育事業組組長 王藝峰 博士	台北科大 研發總中心主任 林鎮洋教授
09:10－10:30	專題演講一	《Low Impact Development》 中國土木水利工程學會 廖慶隆理事長	
10:30－10:40	茶敘		
10:40－12:00	專題演講二	《 Green Infrastructure and Low Impact Development : Theory and Practices 》 美國維吉尼亞大學土木系 余嘯雷教授	新北市環保局 局長 鄧家基博士
12:00－13:00	午餐		
13:00－14:00	主題一	《透水鋪面應用實例》 臺北科技大學土木系 鄭光炎教授	都市計畫學會 理事長 彭光輝教授
14:00－15:00	主題二	《綠屋頂發展與應用 SUSTAIN 模式簡介》 中國文化大學土資系 陳起鳳教授	
15:00－15:20	茶敘		
15:20－16:20	主題三	《保護河川從社區自主的河川管理做起》 中華經濟研究院 李永展教授	水利署保育事業組 組長 王藝峰博士
16:20－16:50	主題四	《日本琵琶湖水質管理》 淡江大學水環系 康世芳教授	
16:50－17:20	綜合討論		王藝峰博士 林鎮洋教授

日期時間：2011 年 8 月 31 日

會議地點：臺北科技大學第六教學大樓地下四樓 B424 演講廳

主辦單位：經濟部水利署

協辦單位：國立臺北科技大學低碳綠能與生態社區聯合技術發展中心

執行單位：國立臺北科技大學水環境研究中心

目錄

Low Impact Development -----	1
Green Infrastructure and Low Impact Development : Theory and Practices -----	47
透水鋪面應用實例-----	80
綠屋頂發展與應用 SUSTAIN 模式簡介-----	129
保護河川從社區自主的河川管理做起-----	156
日本琵琶湖水質管理-----	168
備忘錄 -----	188

Low Impact Development

主持人簡介

林鎮洋教授



現任

國立臺北科技大學土木系教授

國立臺北科技大學研發總中心主任

國立臺北科技大學水環境研究中心主任

國立臺北科技大學低碳綠能與生態社區聯合技術發展中心主任

國立臺灣大學環境工程學研究所兼任教授

學歷

德國卡薩爾大學土木學院環境水利所博士

國立臺灣大學環境工程所碩士

國立臺灣大學土木工程系學士

經歷

國立臺北科技大學總務長

德國 Kassel 大學水及環境研究所訪問研究

美國加州 UC Davis 大學道路生態中心訪問學者

國立臺灣大學環境工程研究所兼任副教授

國立臺北科技大學土木系副教授

國立台北技術學院土木系講師

國立臺灣大學國科會博士後研究

德國 HPC 顧問公司工程師

益鼎工程公司副工程師

專長領域

生態工法

集水區 管理（非點源）

地下水/水資源工程

環境規劃與管理

主講人簡介

廖慶隆理事長

現任

中國文化大學建築及都市設計學系教授

中華顧問工程司董事長

中國土木水利工程學會理事長

學歷

臺灣大學土木工程學博士

經歷

內政部營建小組(營建司前身)技士

台灣工業技術學院(台灣科技大學前身)營建系副教授、教授

台灣工業技術學院(台灣科技大學前身)電算中心主任

台北捷運局電腦中心主任、總工程司、副局長、局長

交通部高鐵局局長





都市基盤工程



Planters

Green Roofs

Swales

Pervious Pavement

Rain Garden

都市保水與降低都市暴雨衝擊之綠公共設施

Urban Water Content and Urban Deluge with Green infrastructure

財團法人中華顧問工程司 董事長
中國文化大學建築及都市計畫研究所 教授
廖慶隆 博士



綠建築九大評估指標

- 基地綠化指標
- 基地保水指標
- 水資源指標
- 生物多樣性指標
- 日常節能指標
- 二氧化碳減量指標
- 廢棄物減量指標
- 汙水垃圾改善指標
- 室內環境指標

基地防洪指標?



都市保水

- 基地的保水性能係指建築基地內自然土層及人工土層涵養水分及貯留雨水的能力。基地的保水性能愈佳，基地涵養雨水的能力愈好，有益於土壤內微生物的活動，進而改善土壤之活性，維護建築基地內之自然生態環境平衡。



基地保水之目的

- 以往建築基地環境開發常採用不透水鋪面設計，造成大地喪失良好的吸水、滲透、保水能力，減弱滋養植物及蒸發水分潛熱的能力，無法發揮大地自然調節氣候的功能，甚至引發居住環境日漸高溫化的「都市熱島效應」。
- 綠建築之「基地保水指標」即是藉由促進基地的透水設計並廣設貯留滲透水池的手法，以促進大地之水循環能力、改善生態環境、調節微氣候、緩和都市氣候高溫化現象。



基地保水之規劃設計

- 基地保水性能與土壤的透水效率有關，基地保水指標僅針對透水性較好的粉土、砂土土壤而評估；至於透水性不良的黏土土壤，則因其保水性能惡劣，實施相關保水設計並無實質意義。
- 應包含有雨水「貯留」及「滲透」兩種功能。



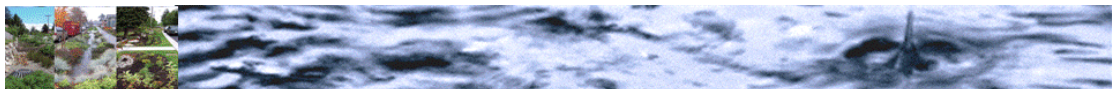
加強基地保水性能的手法

- 大致可分為四大類：
 - 增加土壤地面 - 可增加雨水的直接入滲效果，通常土壤地面用來作為種植植栽的綠地，屬於最自然、最環保的保水設計。
 - 增加透水鋪面 - 一般良好透水鋪面的透水性能相當於裸露土地，可以增加透水鋪面積。
 - 貯留滲透設計 - 就是讓雨水暫時貯存於水池、低地，再慢慢以自然滲透方式滲入大地土壤之內的方法，是一種兼具防洪功能的生態透水設計。
 - 花園雨水截留設計 - 指設置於建築物屋頂、陽台及有地下室地面等人工地盤上的花園植栽槽，採用截留雨水的設計，以達到部分保水的功能。



基地保水指標

- 藉由促進基地的透水設計，並廣設**貯留滲透**水池的手法，來促進大地之水循環能力、改善生態環境、調節微氣候、緩和都市氣候高溫化現象。
- 改善建築基地內自然土層及人工土層涵養水分及貯留雨水的能力。基地涵養雨水的能力愈好，將有益於土壤內微生物的活動，進而改善土壤之活性，並維護建築基地內之自然生態環境平衡。



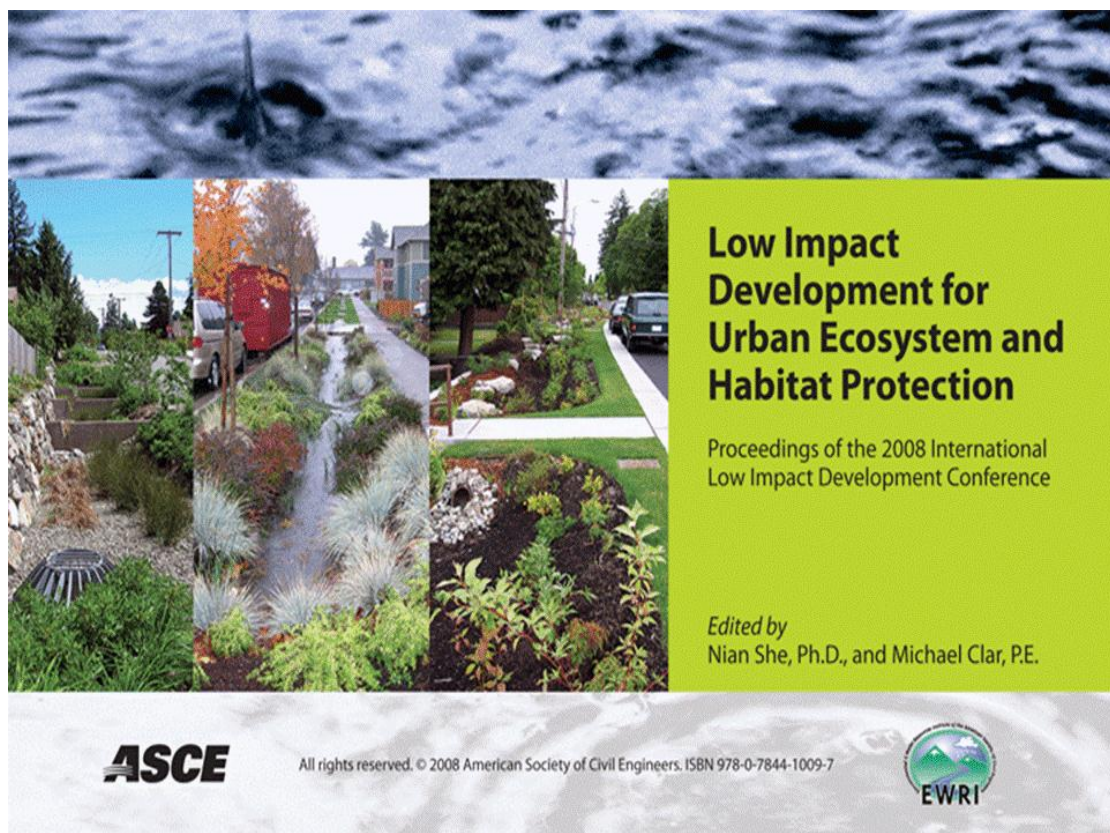
都市防洪

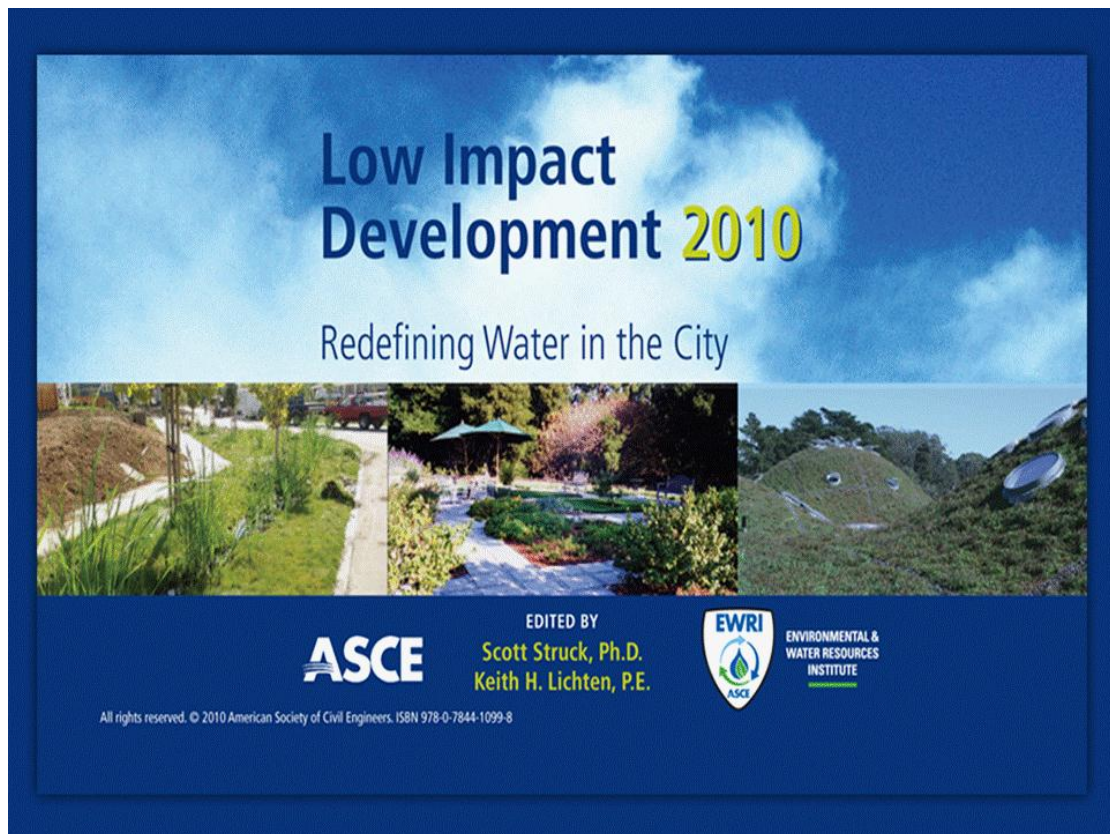
- 過去的都市防洪觀念，都希望把建築基地內的雨水盡速往鄰地排出或引流至都市公共下水道系統，造成都市公共排水設施極大的負擔，形成低窪地區每到大雨即淹水的窘境。
- 與保水之規模不同
- 更大尺度之保水規畫？
- 隨著乾旱與暴雨的頻繁出現，都市建築必須由雨水回收，進展到保水防洪，如此每一棟建築才真正像一顆樹，而都市才可能成為一座森林。
- 譬如更進一步設計建築能儲蓄雨水到地下水庫，到地上滯洪池，到每層樓的雨水回收設施中。如此，才能降低暴雨時都市排水系統所需處理的洪水量，也就會讓廣大的地區免於洪災。



基地保水與都市防洪

- 建築要作基地保水，是否可以兼作都市防洪？(規模不同)
 - 就是要更進一步設計建築能儲蓄雨水到地下水庫，到地上滯洪池，到每層樓的雨水回收設施中。如此，才能降低暴雨時都市排洪系統所需處理的洪水量
 - 納莉颱風時台北大淹水的景況，當時捷運成為地下河川，捷運以南所有地下室都成為緊急儲水庫，如此才讓另一半的台北免於洪災。
 - 2010年凡那比颱風在高雄肆虐，由岡山鎮往南到三民區，多少地下室都被淹沒。其實，暴雨洪災時，地下室必定被犧牲，為何不能事前規劃運用，同時進行儲水抗旱防洪的工作？





低衝擊發展(LID)處理暴雨課題

- 處理 **雨水(保水)** 跟 **暴雨(防洪)** 是不同議題，過去都視為一個問題在討論
- 暴雨系統是極端氣候下，處理洪峰問題的基礎設施(濾波能力，扭力問題)，**降低衝擊**，著重調節，(以過濾等調控，兼具除汙)，是全盤性之計畫
- 雨水系統是一個綜合可持續供水的基盤設施，處理著保水、排水及供水的分配計畫
- BMPs** (Best Management Practices)之迷思
 - BMPs不可能存在?
 - Good Management Practices?
 - Low Impact Development?
- 包括選用、設計、施工、進而管理，要有**經營管理計畫**，以及**暴雨管理計畫**



綠公共設施(Green Infrastructure)

所謂「**綠公共設施**」基本上是一個以綠建設為過程及結果之基礎工程或設施，還沒有普遍地建立定義。也有廣泛地定義為能「**保存或改善**自然生態系價值和作用，可以**清潔**空氣和水，在自然區域和其他露天場所的一個互聯的**網絡**，並且提供許多好處給人和野生生物」之設施或工程。

從工程角度來說，綠公共設施比較像「**都市基盤工程**」，它提供一個以綠建設為底之基盤，可以提供建築、園藝、植栽、公共建設等設施，在極端氣候條件下，仍然可以提供適當的排水、過濾、**維持生態及承載**之功能。

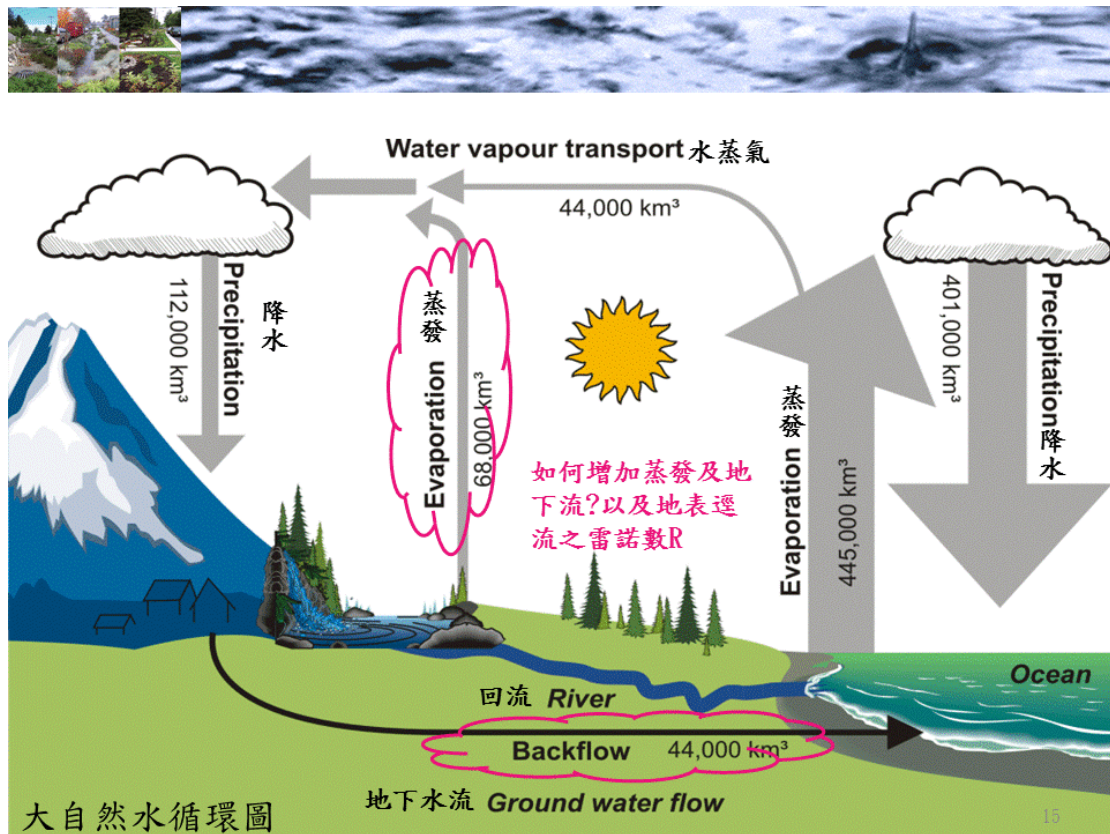


都市暴雨問題

傳統都市發展過程中，很多地面為方便人行及其他使用，常無法避免用不滲透的鋪面處理，例如路面、車道和大廈空地等大面積範圍，使這些地區的雨水不易滲入到地面下，而變成流在地表面上，行成地表逕流。尤其在暴雨來臨時，這些地表逕流從小水流到小河，會很容易侵蝕地面，導致大量的沖刷及沉積物，不但造成積水或淹水等災害，而且下雨後也產生很多污染物，污染都市之生態環境。

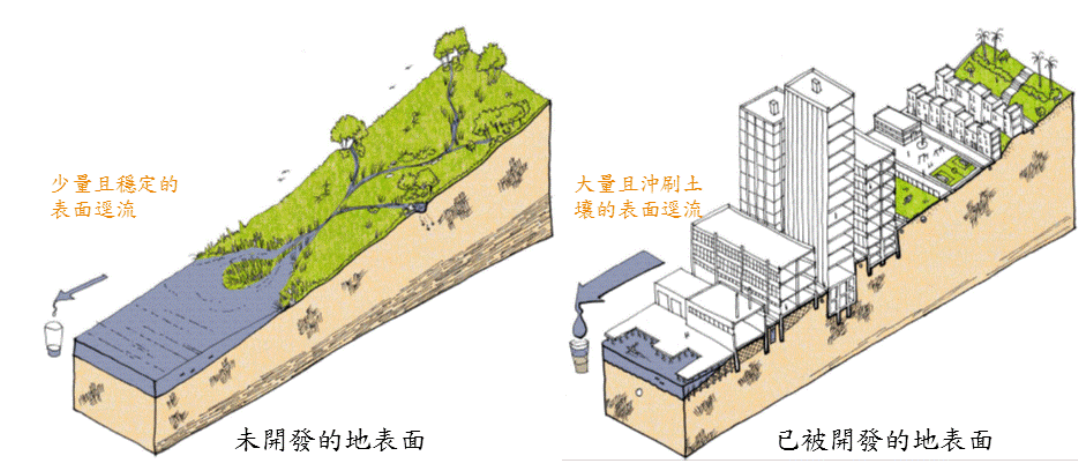
因此，國際上很多**高度發展的城市**，或是**新近開發的新市鎮**，甚至是社區，已開始尋找一些綠公共設施，以低衝擊開發方式來減少都市暴雨之問題，同時保護所屬範圍內河、湖和出海口的水質，免受發展和都市化的衝擊，發展針對都市暴雨之「綠公共設施」已經慢慢變成都市發展的重點。

台灣地區由於水流路程短，以及特有之颱風等暴雨衝擊，所有城市之都市發展更是須嚴酷面對暴雨衝擊的問題，因此發展適合台灣地區防都市暴雨之「綠公共設施」以降低**地表逕流之頻率與振幅**更是刻不容緩的問題。



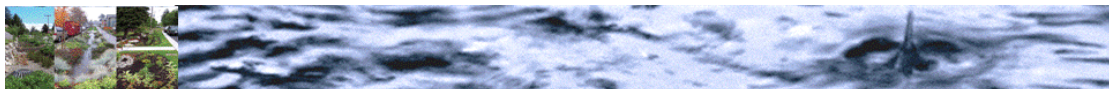
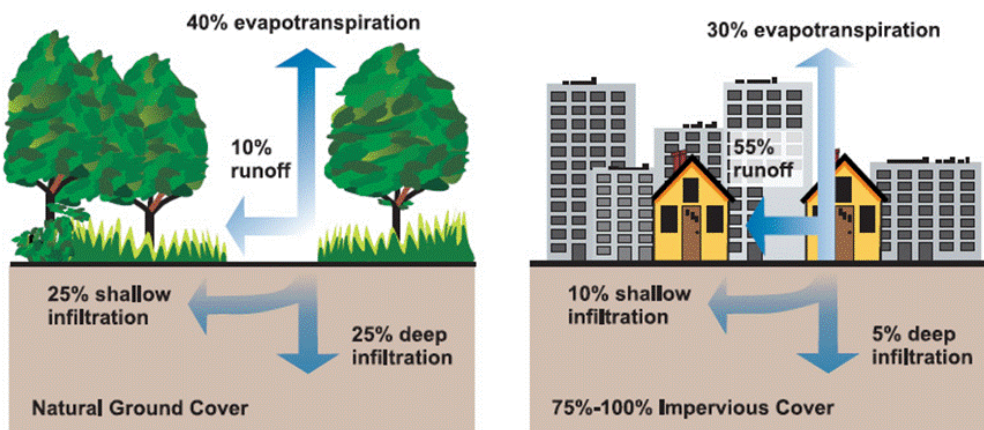
逕流(runoff):

大量的降水無法完全為土壤吸收時，便匯集而為逕流。除了地表的土粒會將被逕流夾帶而走，還會繼續沖蝕土壤。因重力影響，若坡度增加，沖蝕情況會更劇烈。大多數的水土保持措施都是針對地表逕流的控制而產生。下列以水岸都市地表面改變為例：





地表變化



Green Control

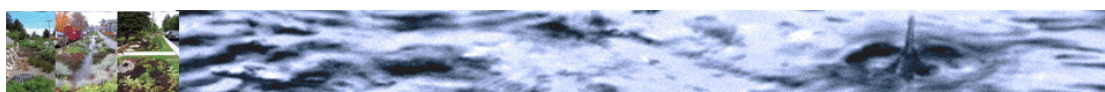
- 管好水就好?使地表逕流在穩流範圍。
- 地球水的總量固定，因此管好水是管好水的循環
- 水的循環影響天氣
- 滋養大地還是沖刷大地



降低都市暴雨衝擊之都市基盤工程發展目標

- 增加滲流量
- 減少地表徑流速度
-
- 增加地下水或地表水之水路長度
- 增加過濾污染物能力
-
- 分散規模
-

19



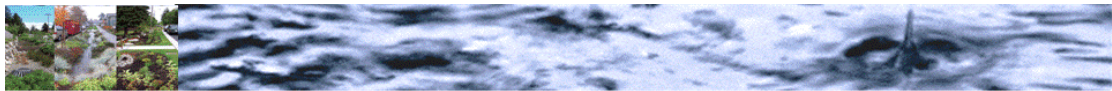
舊金山綠建築節水10年案例：

A階段，常規使用外，並無使用雨水來減輕非飲用水的需求。
 B階段，用雨水來供應100%的生活屋頂灌溉用水，共解決37萬公升用水量。
 C階段，完整使用建築內部和外部所收集的雨水，可以緩解431萬公升用水量
 D階段，最大限度地利用雨水，增加集水表面進入**雨水管理系統**，將收集並使用4482萬公升雨水，將可負擔100%的非飲用水使用。

十幾年來，已節省了相當的水資源成本，並增加了基礎設施的使用需求。

方案	雨水利用	雨水使用量	非飲用水需求	10年節省量 (公升)
A	不使用	0	44,826,846	0
B	在屋頂使用	378,541	44,448,305	378,541
C	室內室外使用	4,319,154	40,132,935	4,319,154
D	最大擷取與使用	44,826,846	0	44,826,846

20



綠公共設施之推廣項目

Rain Gardens 滯水花園

Green Streets 綠街道

Green Roofs 綠屋頂

Rain Barrel 滯水桶

Permeable Pavement 吸水鋪面

21



滯水花園

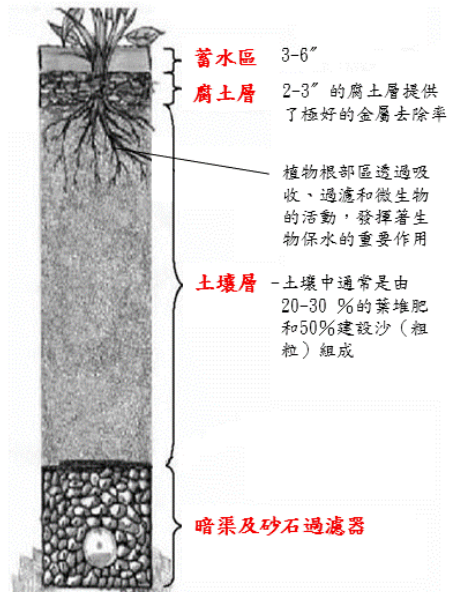


22



滯水花園的結構組成包括四個部份，從上向下依序是：**蓄水層**，**腐土層**，**基礎土壤層**和**砂礫層**。利用**滲濾**的方式，將雨水資源再開發利用。滯水花園在雨水控制上有三個主要功能：

1. 減緩瞬間暴雨洪峰量
2. 減少地表面逕流量
3. 減少汙染物



23



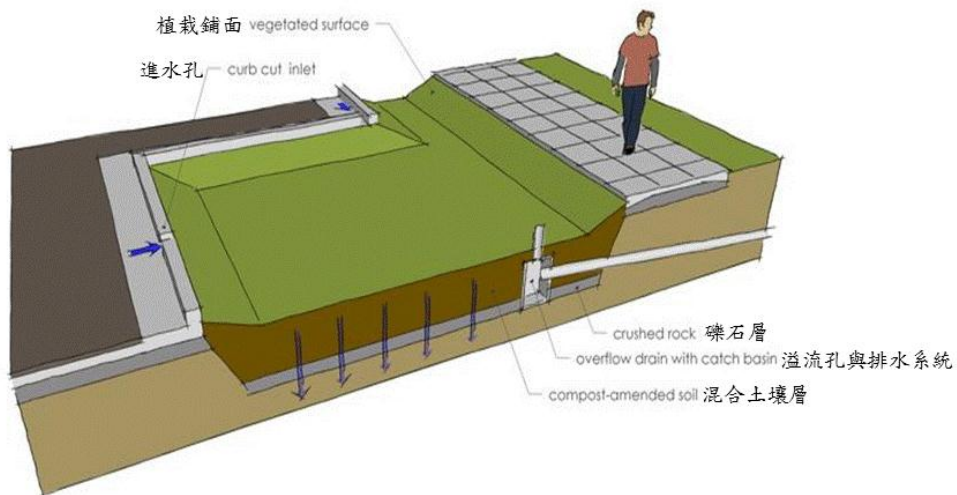
蓄水層的土壤不宜超過**6英吋(15公分)**，過深的表土層，將影響滲水的效率，選用的植種，根部亦不能過長。



24



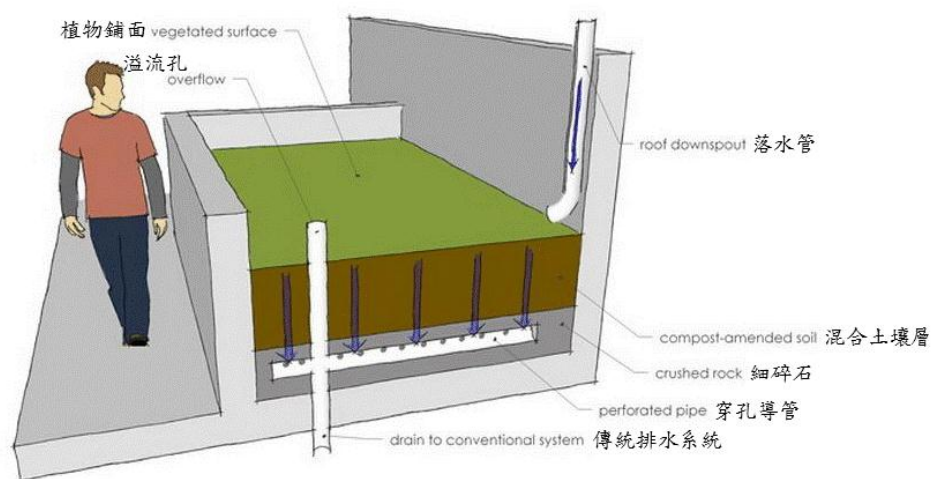
Rain Gardens 滯水花園(廣場型)



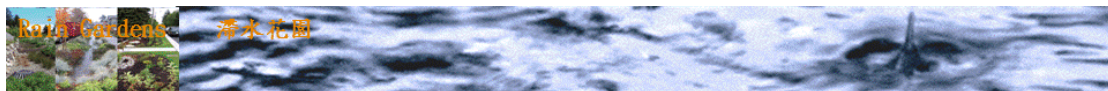
25



Stormwater planter 暴雨花園\滯洪植栽區(設施型)



26



滯水花園的施作過程(一)

第一階段，改變底層土壤為砂礫層，並且裝設排水的暗渠。

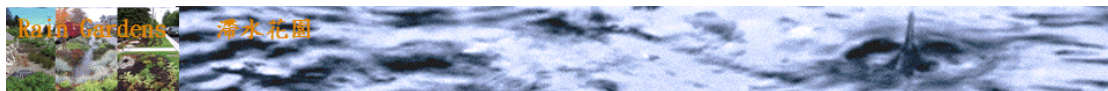


滯水花園-安裝暗渠

27



28



第二階段，對於植種用的土壤基礎層進行了修改，增加了百分之九的泥炭和百分之六的沙子，以促進較高的透水率。（此為Tetra Tech公司於美國肯塔基州辛辛那提城其中之一案例）



混合改良的土壤



種植前的滯水花園

29



最後在表面蓄水層上，種植耐旱或保水效果好的植栽。



2007年滯水花園種植場景



2008年7月完成圖

30



滯水花園的施作過程(二)



31



32



淨水花園

施作注意要點

為了防止土壤的壓密作用，導致孔隙排水效能降低，施工中的挖掘設備必須保持在基地範圍外。



33



淨水花園





滯水花園

一些滯水花園的範例。



35



綠街道

Green 綠街道

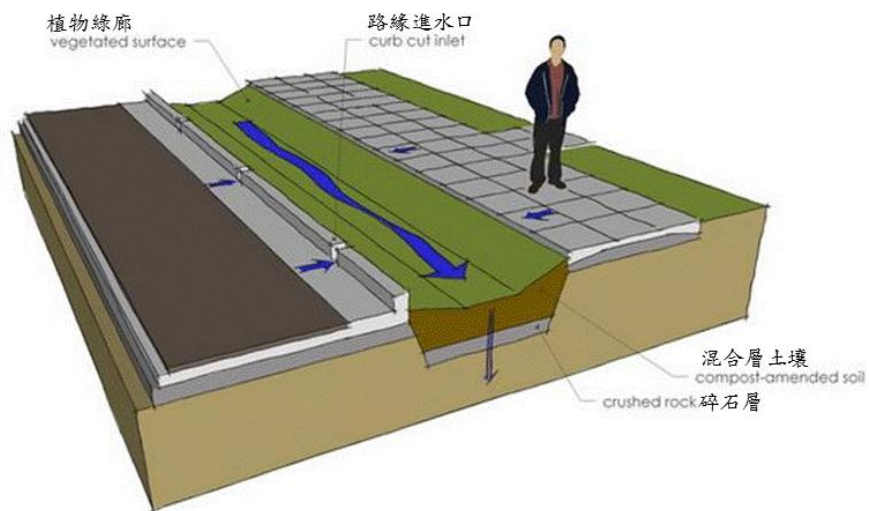


36



Green Streets 綠街道(簡易型)

此設施使用4:1的梯形邊坡和60厘米（2英尺）寬的平底，以促進滲透。

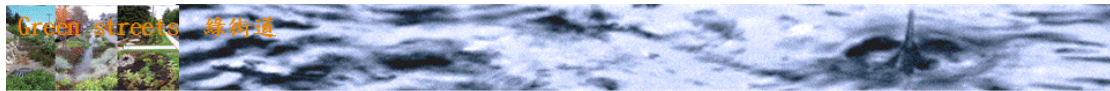


37

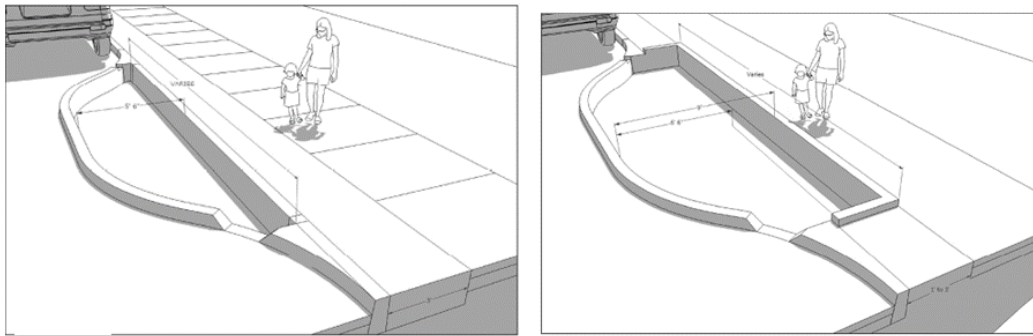


此位於美國波特蘭市，北威拉米特大道和丹佛大道的綠街道設施。長約3.7公尺、寬約24.4公尺。它處理著1160平方公尺不透水表面的雨水。

38



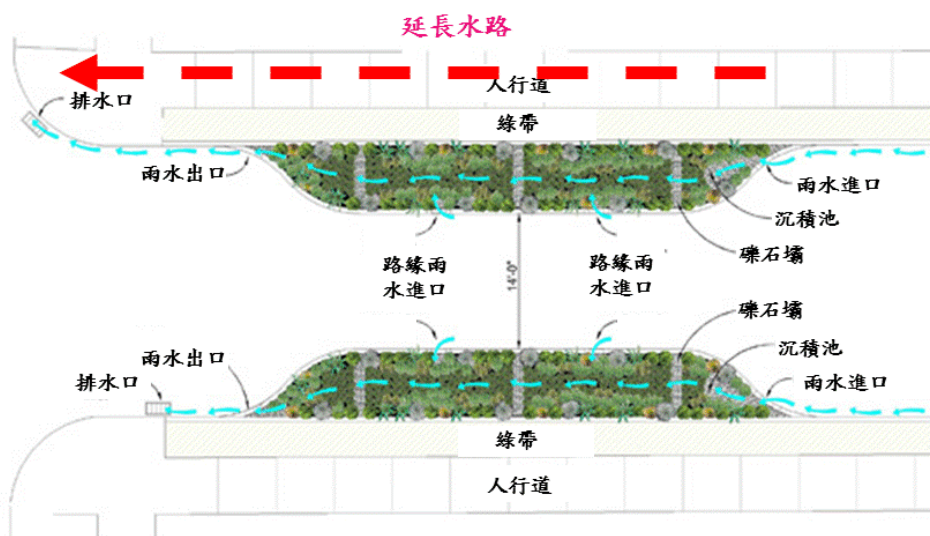
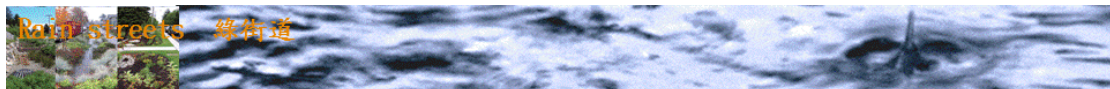
Green Streets 綠街道(路緣加寬型)



路緣加寬型Curb Extensions

大約每平方公尺的造價是344美元（每坪台幣36,000元），建造費比簡單型綠色街道設施昂貴。加寬的寬度，最多約是1.8公尺。

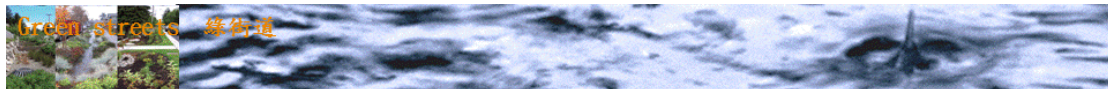
39



Stormwater Curb Extensions Flow Diagram



40

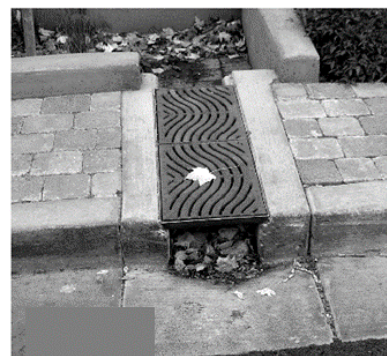


兩個位於波特蘭市東南方的綠街道設施



設置於路口的加寬型路緣綠街道，讓汽車停放空間離開此範圍，提高行人的安全，同時提高了駕駛者和行人的視線。

41



進水口的設計

“**彎曲**”的進水口設計讓水緩慢進入且將泥沙淤積在外。

“**直線式**”進水口設計，更有效地收集水和減少繞行。並將沉積物都帶進設施裡。

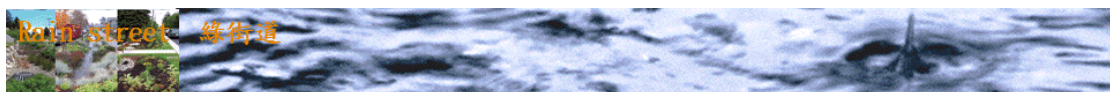
進水道設計

設計當水流進入90度的設施時，會將泥沙和垃圾累積在於排水溝，而減少進水口的阻塞。且不會阻止雨水流入。

42



街角空間設計



街角空間設計



綠街道跟滯水花園的結合，改善此區車輛運行安全和縮短行人過路的时间。這設施約47平方公尺，處理著大約636平方公尺的不透水表面。充分改善街角空間。



停車場改善前



停車場改善後示意圖



綠街道的施作過程



1 鋪設礫石層



2 裝置基礎層滲濾水道工程



3 土壤層頂端擺置植種



4 於腐土層覆土造景



5 雨水滯留於積水層

45



施作注意要點



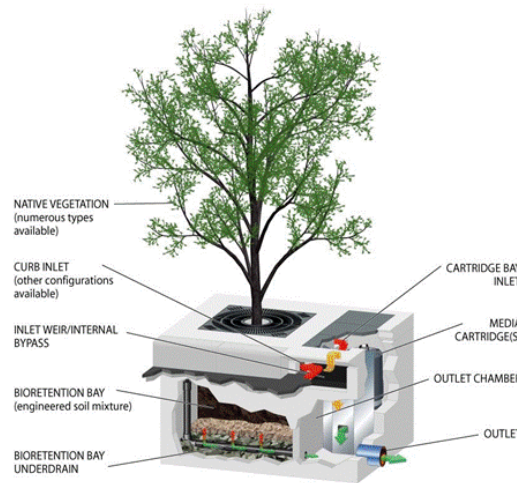
降低路緣，讓道路上的雨水能進入設施。



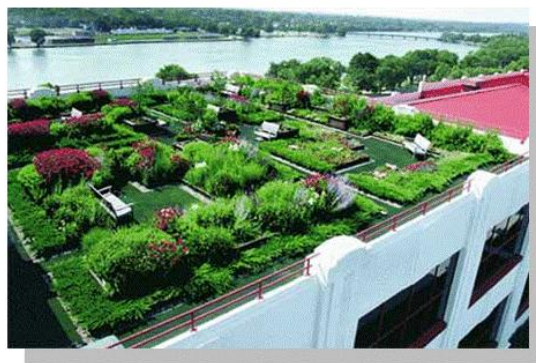
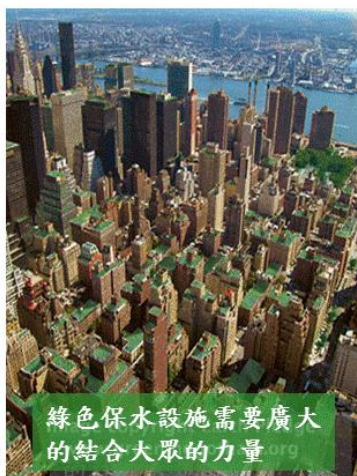
進行綠街道植栽種植階段。

46





綠屋頂





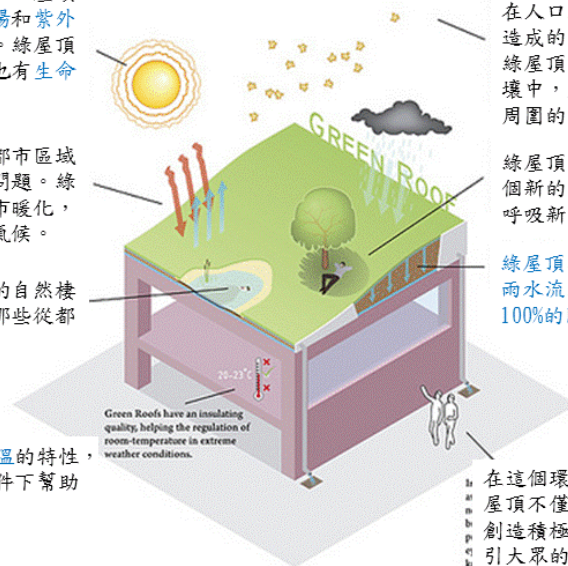
Why Green Roofs?

在各種氣候因素之中，以屋頂的防水屬性來說，**太陽**和**紫外線**照射是主要的破壞。綠屋頂可以保護屋頂，但它也有**生命週期**的問題。

都市的**熱島效應**，是都市區域缺少自然植物的共通問題。綠屋頂可以幫助對抗城市暖化，同時仍保留陰涼的微氣候。

綠屋頂就像一個小型的自然棲息地，可以幫助引入那些從都市區域消失的**生物**。

綠屋頂有一個**調節室溫**的特性，能夠在極端的氣候條件下幫助維持室內舒適度。



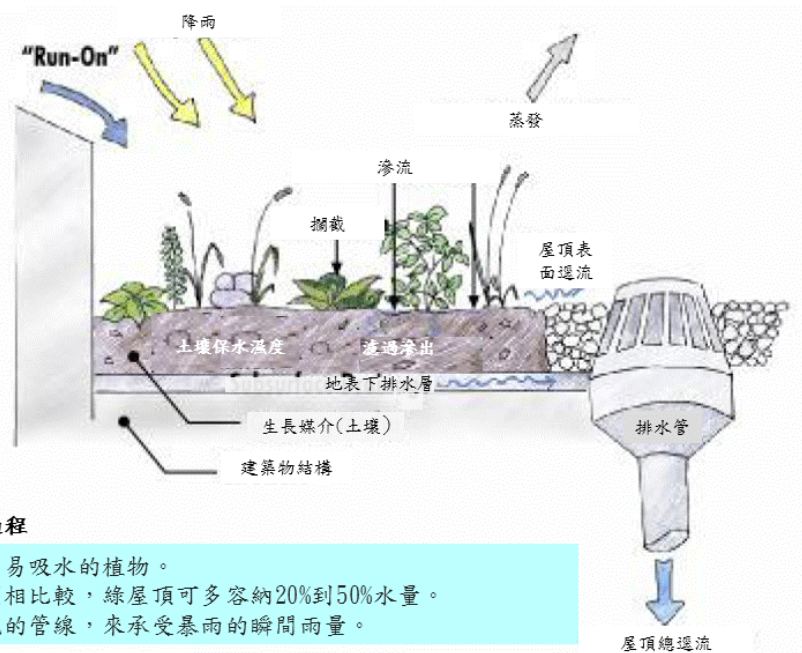
在人口稠密的城市地區，**粉塵**所造成的空氣污染往往是一個問題。綠屋頂可以**吸附有害污染物**到土壤中，藉以提升空氣品質，淨化周圍的空氣。

綠屋頂能讓人們在屋頂上創造一個新的空間，成為休息、放鬆或呼吸新鮮的空氣的地方。

綠屋頂的作用就像一塊海綿，在雨水流進下水道前，能夠吸收60-100%的降雨水。

在這個環保意識抬頭的時代，設置綠屋頂不僅為了改善自然環境，也為了創造積極的公共關係，也就是能夠吸引大眾的目光。

51



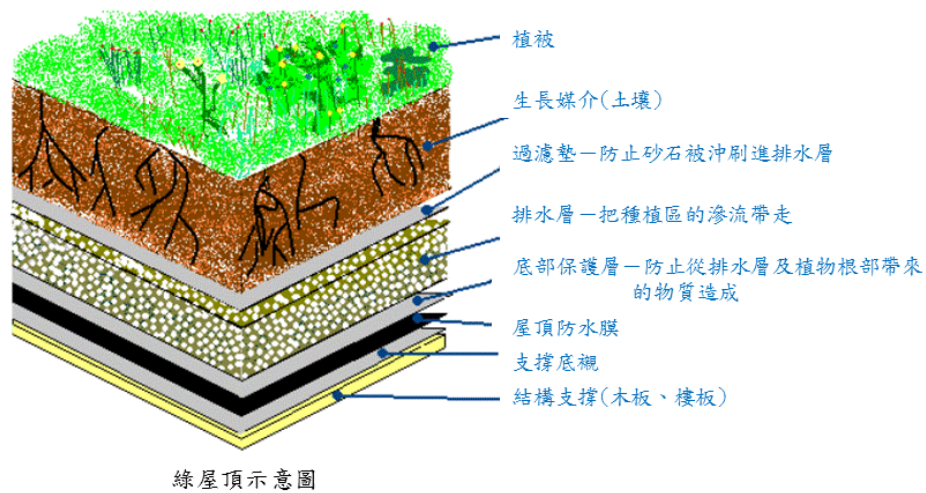
綠屋頂水循環過程

- ◎種植耐乾旱，易吸水的植物。
- ◎和一般的屋頂相比較，綠屋頂可多容納20%到50%水量。
- ◎擴大排水系統的管線，來承受暴雨的瞬間雨量。

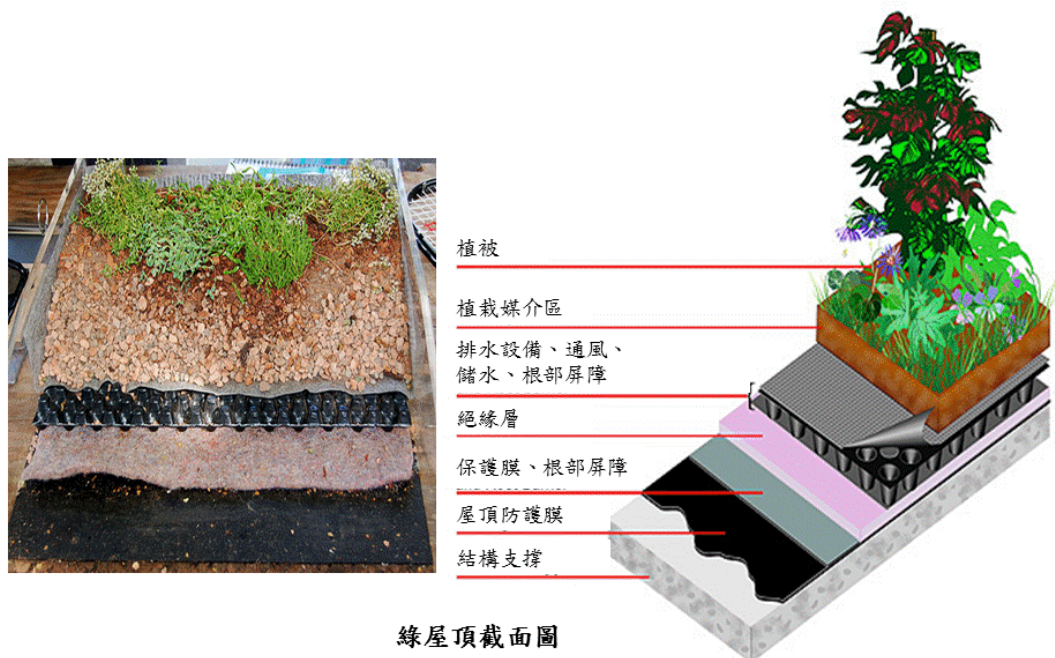
52



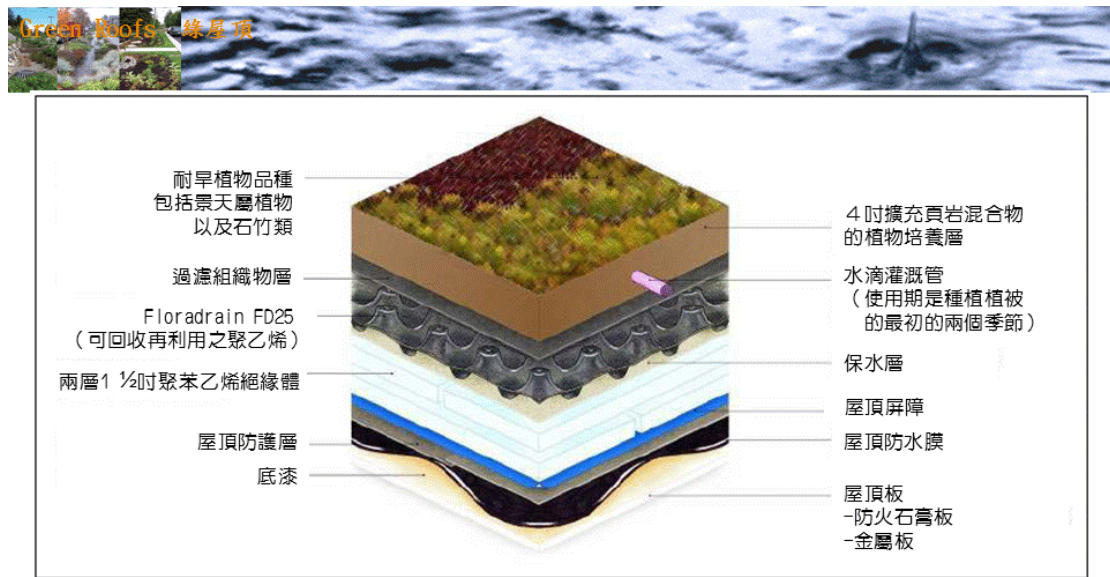
屋頂的排水層形成一個排水系統，帶走種植區的滲流。
圖為一個典型的綠屋頂示意圖。



53



54



陶布曼學生服務中心的綠屋頂截面

55



56



一些綠屋頂的範例。



57



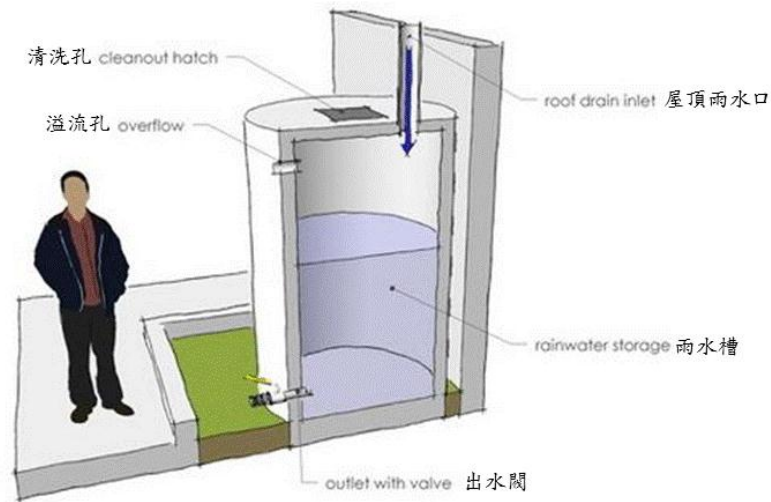
Rain Barrel 滯水桶



58



Cistern(貯水器)



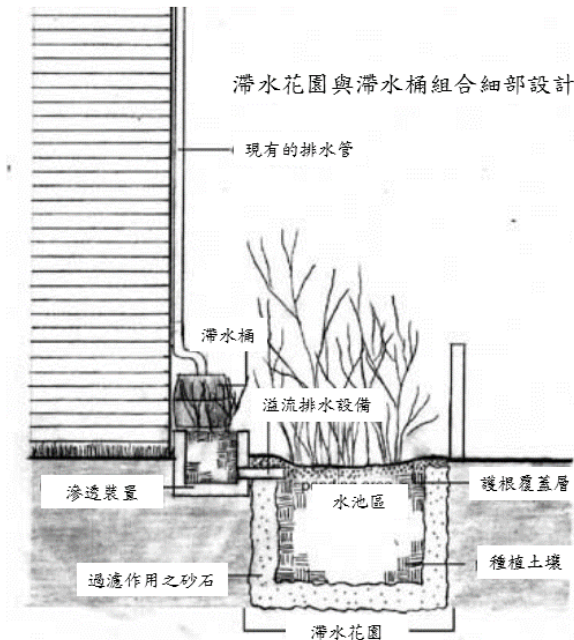
59



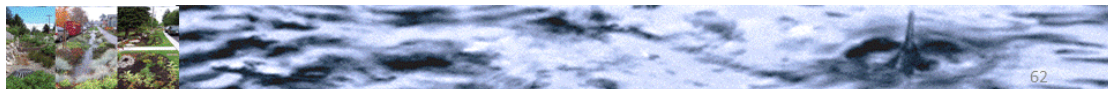
滯水桶裝置：



60



61

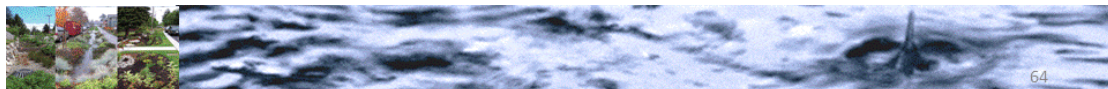
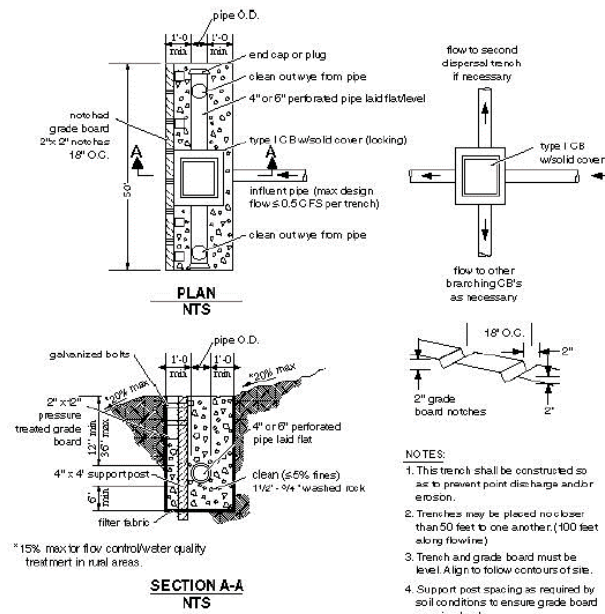


落水管分散設施

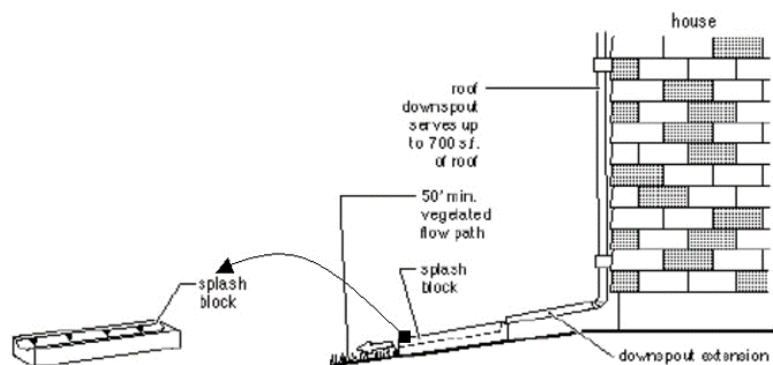
- 主要型態為碎石填充之溝渠
- 落水管緩衝槽與基地周界、其他構造物、敏感性陡坡、溪流、溼地，或其他不透水層之間，應設置至少15公尺長之植生帶或植生漫流區。唯此區域或溝渠表面必須植有生長狀況良好之草皮或牧草、綠美化植栽，或自然生長之原生種植物等。尤其應注意植被密度應足以防止土壤受到沖蝕、侵蝕。

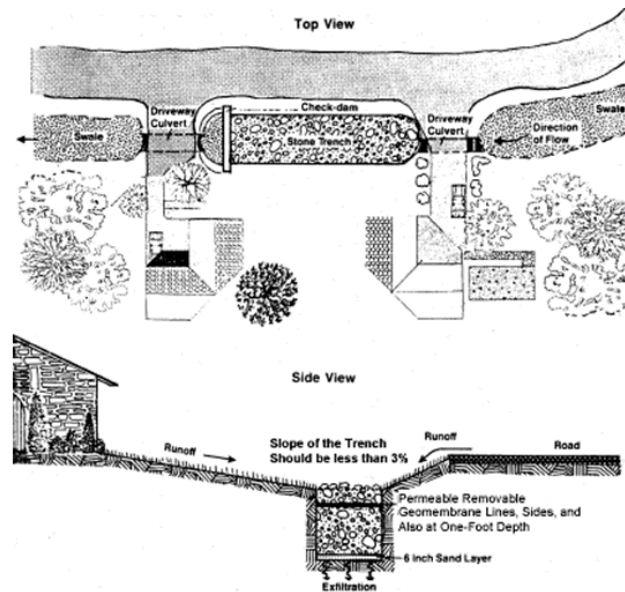


63



64





一般住宅區、家庭亦能利用入滲溝達到創造景觀多樣性



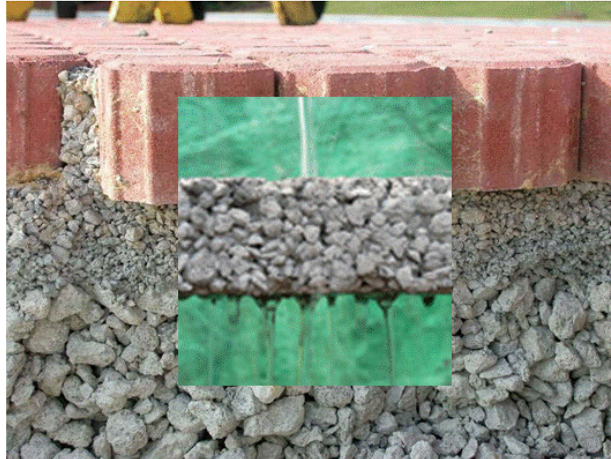
吸水鋪面





Permeable Interlocking Concrete Pavements (PICP)

混凝土透水聯鎖鋪面



PICP是用來支撐車輛通行的雨水滯留系統。

雨水進入路面系統通過透水節點時，被冷卻、過濾，在離開這個滯留系統前被儲存在底層和基部儲水器。

這些水可能經由滲透而離開滯留系統，並滲入路基，或是蒸發，或是流入下水道設施，水分逸失方式根據土壤種類和基地土壤總深度而改變。

67



草坪和混凝土透水聯鎖鋪面材料系統的裝設過程

68

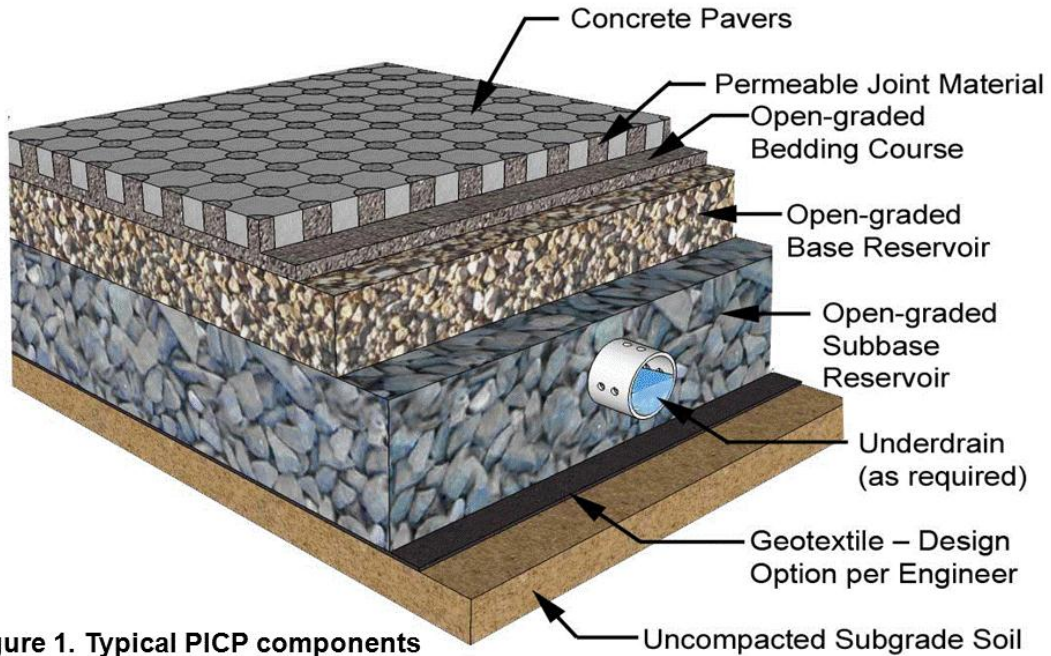


Figure 1. Typical PICP components

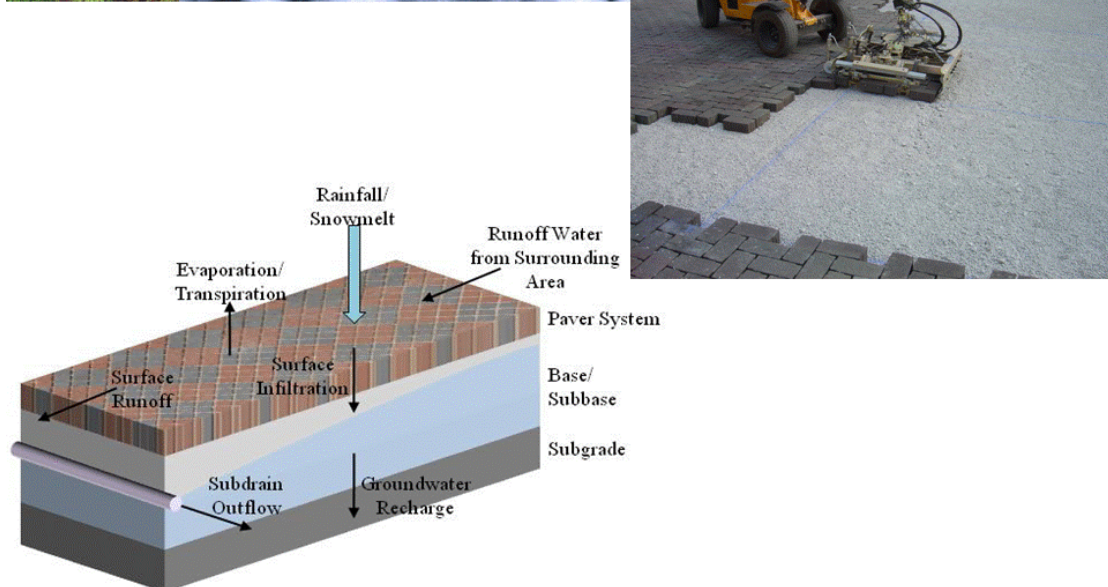
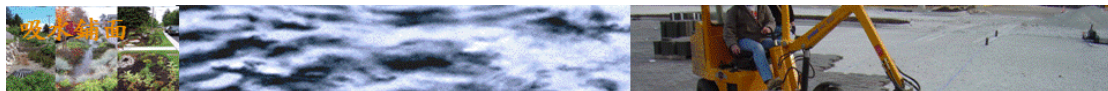


Figure 3. Inflow and outflow of water on permeable pavement

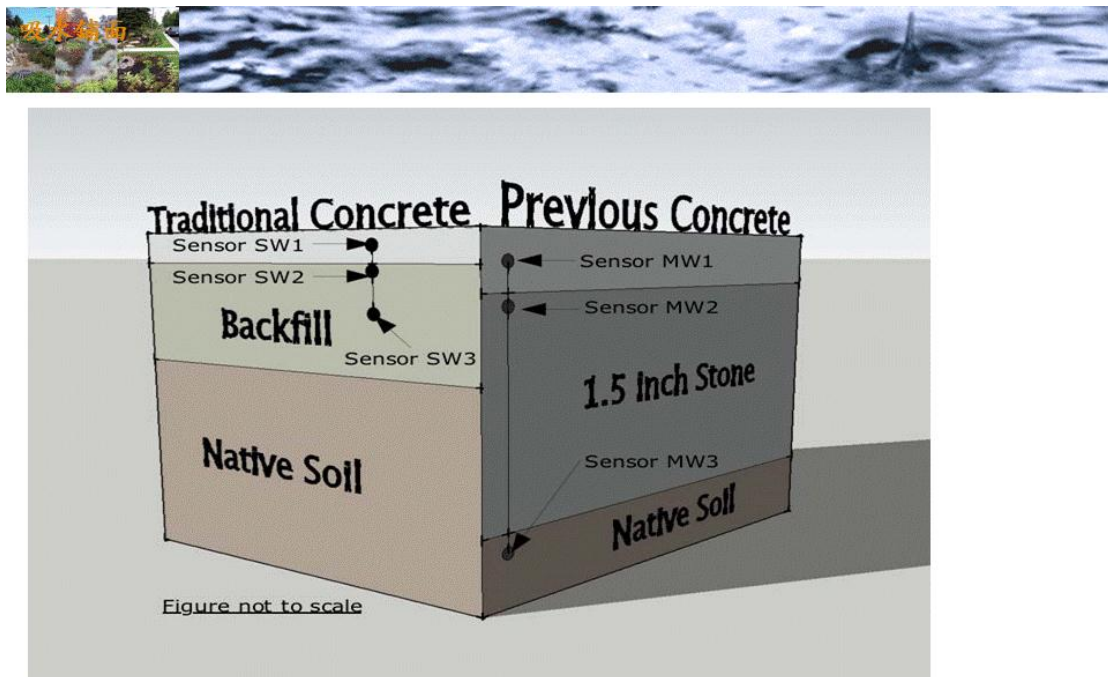


Figure 2. Temperature sensor locations within pavement cross sections.

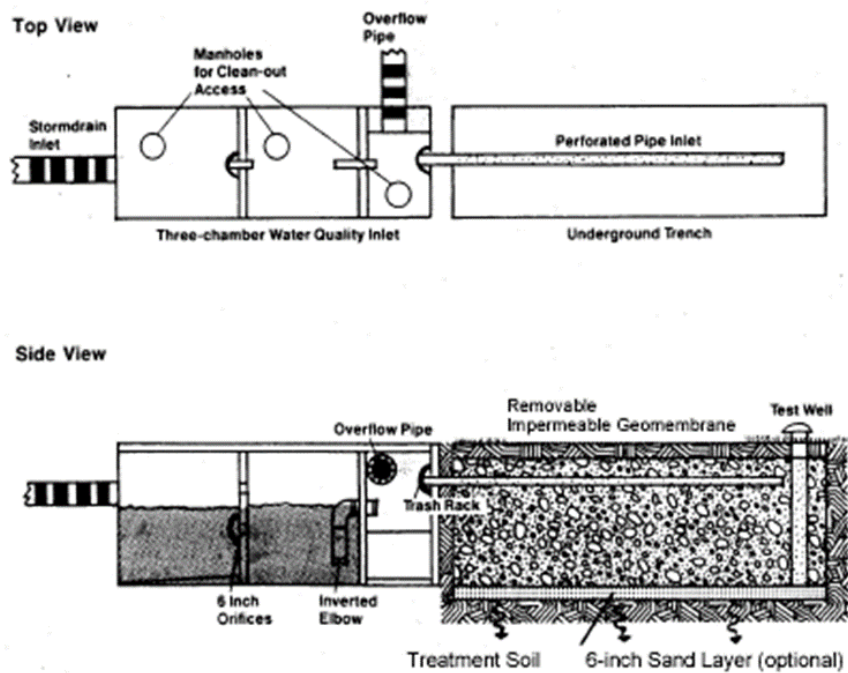
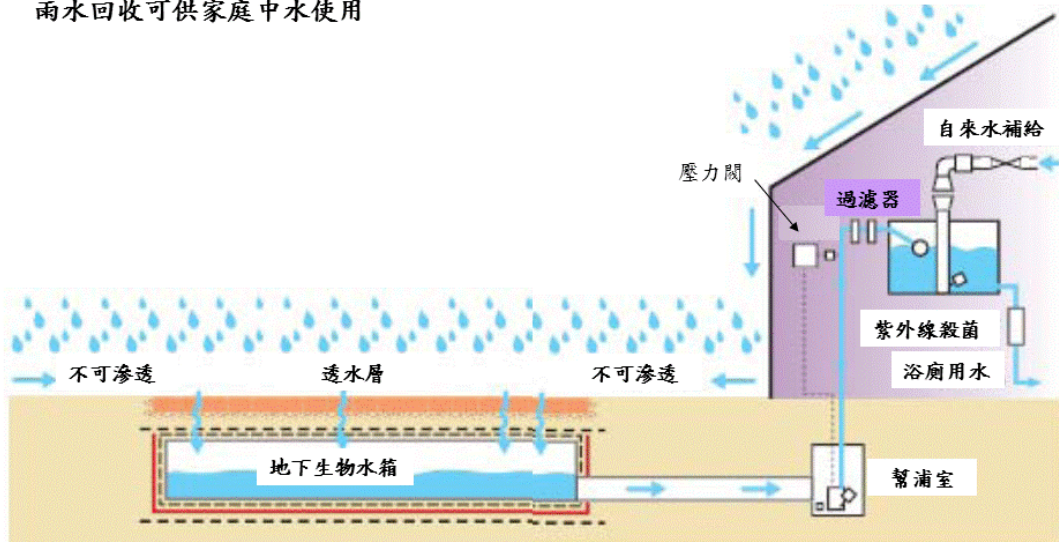
71



72



雨水回收可供家庭中水使用





在馬里蘭32號幹線上的沼澤地以植物確認其蓄水能力。
(2007年8月)



76

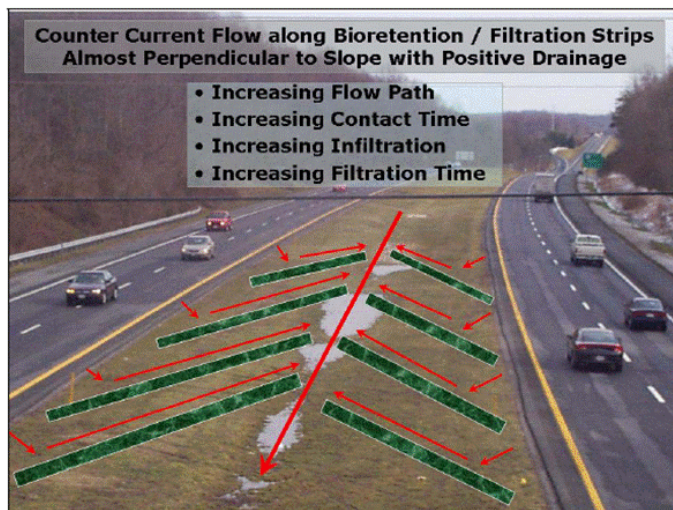


77



生物保水反向流動：

這種積極的排水法將土壤表面切成幾近垂直的細條狀，以便將多餘的水溢流出來。



生物保水潛在用途的概念：

- 增加溢流路徑
- 增加接觸時間
- 增強滲透活動
- 增加過濾時間

78



生物保水研究的施工階段：



79



在42000平方英尺的陶布曼中心，提供的服務不僅符合學生的需求，它也是一個永續設計及工程的“生活實驗室”。

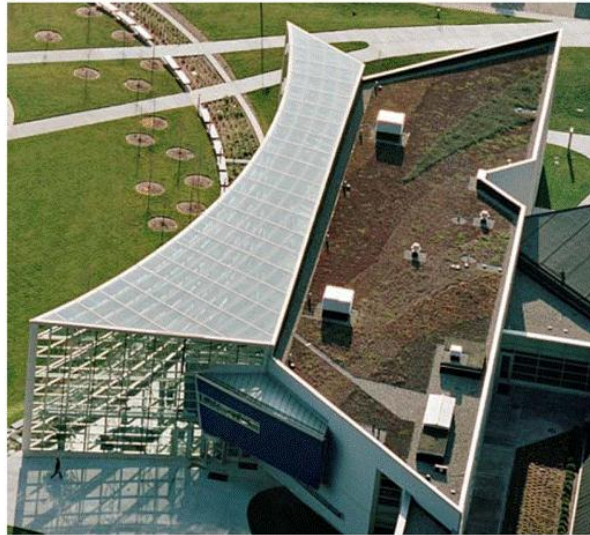


陶布曼學生服務中心和前方的四邊形生物沼澤地。

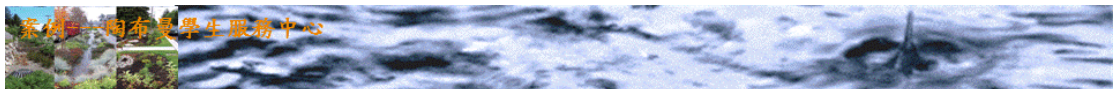
80



該中心擁有3000平方公尺的綠屋頂，這是由絕緣層、屋頂薄膜、排水結構，和顆粒狀的土壤混合物所組成的，用來支撐並種植了9個不同種類的景天屬植物鋪面。



81



除了綠屋頂、蓄水池，以及陶布曼中心部分完成的生物沼澤區，該大學最近也建造兩個生物保水裝置，並在2008或2009年發揮其作用。分別是平時為天然植栽區或河岸緩衝區的滯洪池，以及透水鋪面。



滯洪池與出口結構的前視照



戶外用餐露台與聯鎖生態石材透水鋪面系統。

82



在勞倫斯技術公司有幾個正在進行的研究項目，包括測量綠屋頂的雨水逕流量和水質。



附屬於綠屋頂排水管的水槽流量計和水質採樣儀



生物保水研究的監測設備

83



經由低衝擊開發技術的改造之下，將不透水的停車場設計為滯水花園。



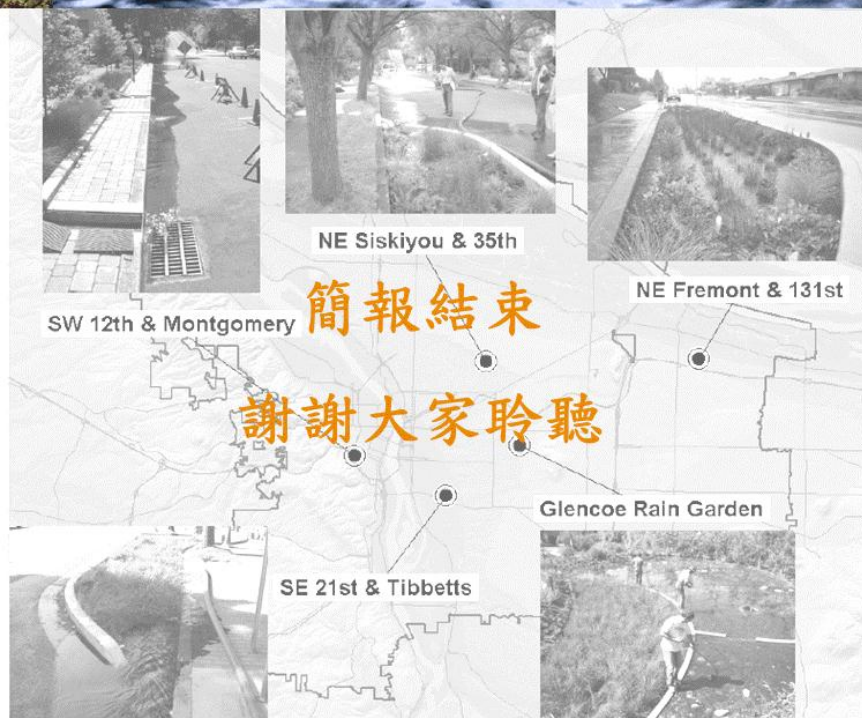
84



對於停車場的街道，也改變了土壤混合物，使停車場空地變成了滯水花園。



85



Monitored Green Streets-監控綠色街道

86

Green Infrastructure and Low Impact Development : Theory and Practices

主持人簡介

鄧家基局長

現任

新北市政府環境保護局局長

學歷

建國高級中學

成功大學土木系學士

成功大學土木系碩士

美國加州大學洛杉磯校區環境工程碩士

美國加州大學洛杉磯校區環境工程博士

經歷

復興工專講師

水美工程公司環境工程師

臺北市環保局第一科科长

UCLA 土木系助教及研究員

環境品質文教基金會高級研究員兼副秘書長

臺北市直轄市議會第七屆議員

臺北縣政府環境保護局局長

國立臺北科技大學土木工程系兼任助理教授



主講人簡介

余嘯雷教授

現任

維吉尼亞大學土木工程系名譽教授

美國土木工程學會終身會員

學歷

美國康奈爾大學博士

美國康奈爾大學碩士

國立臺灣大學土木工程系學士

經歷

羅格斯大學助理教授、副教授

杜蘭大學教授

維吉尼亞大學副教授、教授

專長領域

地表水文學

水資源模擬分析

暴雨管理

流域模擬分析和



低衝擊開發技術

LID 是一種新的暴雨管理設計理念，該理念是將 BMP 設計更加分散化、多功能化和當地語系化。低衝擊開發理念設計的 BMP 是通過小型的造價及維護成本低的設施實現面源污染控制、洪峰削減、景觀生態及水土保持等多種功能。LID 在暴雨管理的目標上具有更高的要求，其主要是對綜合徑流係數的要求：傳統的暴雨管理目標（BMPs）只對暴雨洪峰徑流係數提出控制目標，而最新的低衝擊開發技術在要求控制洪峰徑流係數基礎上更加提出對開發後的綜合徑流係數的控制。

採用 LID 技術設計的 BMP 稱之為 IMPs，幾乎所有的城市建築都可以建造 IMPs。IMPs 不再必須大片的空地，而是利用屋頂、道路綠化帶、人行道、樹木、停車場等的透水路面實現地表徑流的滯留和入滲。LID 設計理念可以適用於城市的初次開發和改造。

低衝擊開發技術起源

LID 設計理念起源于上世紀 80 年代中期美國喬治王子郡開發的植生滯留槽技術。喬治王子郡採用 LID 設計理念解決由於經濟的快速發展而造成的傳統排水能力不足的問題。LID 設計能夠使得城市開發中最大程度的減小對環境的衝擊，從而實現更好的水土保持、生態保護和水環境的平衡發展。

發展到今天，LID 技術設施有很多種（在上一節中已經作了詳細的介紹），植生滯留槽只是其中的一項。這些 LID 技術設施均能夠有效的控制地表徑流設計重現期洪峰徑流係數、年綜合徑流係數、面源污染和實現最經濟性的雨水利用。

幾年後美國聯邦環保局正式認可 LID 設計理念。今天許多國家和地區及其地方政府均採用 LID 設計理念來設計城市暴雨管理和市政排水系統。

LID 技術在國際的發展

LID 技術在國際上的發展可以分為以下幾個階段：

20 世紀 80 年代：喬治王子郡以植生滯留槽為基礎發展出 LID 設計理念。

- 1999 年：喬治王子郡編制出第一部綜合性 LID 設計技術標準。該技術標準的編制得到了美國聯邦環保局的支援和資助，現在已經成為 LID 技術設計的經典設計手冊。
- 2000-2005 年：LID 設計理念快速得到了美國聯邦政府、各州政府及地方政府的認可。最早的 LID 技術設施，植生滯留槽獲得了廣泛的應用，各地建造大批植生滯留槽，其中包括馬里蘭大學和佛吉尼亞大學。由喬治王子組織的第一屆 LID 技術研討會于 2004 年在美國馬里蘭大學召開。
- 2006-2010 年：美國聯邦環保局正式認可 LID 設計理念應有于暴雨管理和麵源污染控制設計。隨後大批全國性和地方性設計標準和設計手冊被開發出來，LID 設計理念開始應用於全美國大量的市政設施規劃與設計中。例如西雅圖在其市政設施中大量採用 LID 技術設施控制面源污染和洪峰。弗吉尼亞州制定法規規定該州的城市開發與道路建設必須遵循 LID 設計技術標準。2009 年洛杉磯市也正式頒佈 LID 技術法規。

同時在這一階段，其他國家和政府也開始 LID 設計標準的推廣和立法工作。這些國家包括加拿大、英國、澳大利亞、新西蘭、日本等。

- 當前階段：2009 年美國聯邦環保局開始推廣“綠色基礎設施”(GI) 的理念。

綠色基礎設施是一個較新的廣泛理念，可以適用於城市市政設施建設的各個方面。美國聯邦環保局推廣的綠色基礎設施的理念在水環境方面與低衝擊設計理念基本相同，同樣要求控制面源污染、控制洪峰、控制年徑流總量、生態恢復等。其目的只是要求將低衝擊開發的設計理念從市政排水方面擴展到市政基礎建設的各個方面。

LID 技術國際研討會

- 第一屆 LID 國際研討會– College Park, Maryland, 2004
- 第二屆 LID 國際研討會– North Carolina, 2006
- 第三屆 LID 國際研討會– Seattle, Washington, 2008
- 第四屆 LID 國際研討會– San Francisco, CA 2010
- 第五屆 LID 國際研討會– Philadelphia, PA 2011



Green Infrastructure and Low Impact Development : Theory and Practices

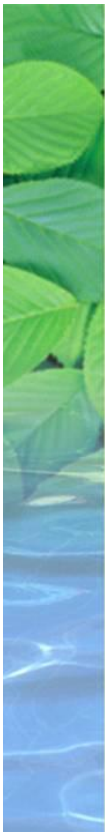
Shaw L. Yu

University of Virginia, USA

National Taipei University of Technology

Taipei TAIWAN, ROC

August 31, 2011



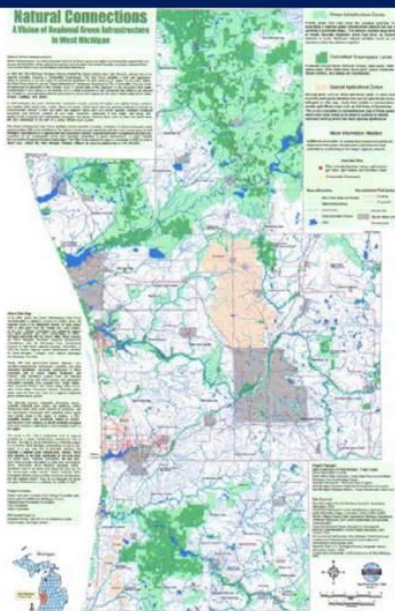
Contents

- Green Infrastructure (GI) Defined and Benefits
- Low Impact Development (LID) Defined and Benefits
- Principles of GI and LID
- GI and LID Practices
- GI and LID Case Studies
- Summary and Future Outlook

Part I

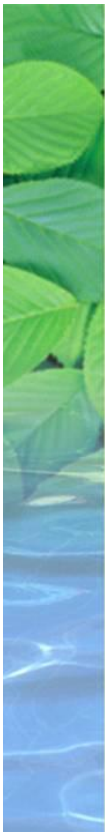
Green Infrastructure and Low Impact Development Defined, Principles and Benefits

What is Green Infrastructure?



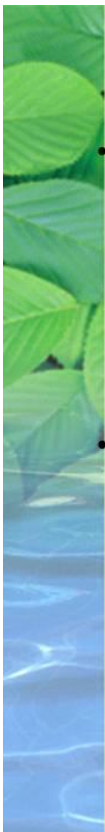
“An **interconnected network** of green space and **environmental assets** that **conserve the functions** of natural ecosystems and provide associated **benefits to people.**”

- Mark Benedict and Ed McMahon of The Conservation Fund



Green Infrastructure: Define and Beneficial Functions

- Green infrastructure (GI) is an approach to wet weather management that maintains or restores natural hydrology. The same principles are the main objectives of the low impact development (LID) approach.
- Green infrastructure is principally structured by a hybrid hydrological and drainage network, complimenting and linking green areas with built infrastructure that provides ecological functions.
- GI promotes the use of LID practices. Therefore sometimes the two terms are used interchangeably.



LID Defined

- Low Impact Development (LID) is an innovative stormwater management approach with a basic principle that is modeled after nature: manage rainfall at the source using uniformly distributed decentralized micro-scale controls. LID's goal is to mimic a site's predevelopment hydrology by using design techniques that infiltrate, filter, store, evaporate, and detain runoff close to its source.
- LID addresses stormwater management through small, cost-effective landscape features located at the lot level. These landscape features, known as Integrated Management Practices (IMPs), are the building blocks of LID. Almost all components of the urban environment have the potential to serve as an IMP. This includes not only open space, but also rooftops, streetscapes, parking lots, sidewalks, and medians. LID is a versatile approach that can be applied equally well to new development, urban retrofits, and redevelopment / revitalization projects.

Not an Umbrella - Put a “LID” on it!

- **What are LID and GI?**
 - Low Impact Development (LID) – Green Infrastructure (GI) - Innovative Stormwater Management Approach and Sustainable Design
- **Basic Principles:**
 - Manage rainfall at the source (lot level)
 - Use small, cost-effective landscape features
 - Mimic predevelopment conditions
- **Environmentally Friendly**
 - Aims to reduce runoff (and CSOs), improve water quality, aquatic resources, and natural hydrology

Stormwater Philosophy

Old: Make it go as far away as possible as fast as possible



Control peak flows to maintain predevelopment conditions
– no water quality

New: Slow it down, clean it up, soak it in



Control peak flows and 80% TSS removal



LID STRATEGIES

Low Impact Site Design



- Conservation of natural hydrology, trees, vegetation
- Stream & wetland buffers
- Minimize impervious surfaces
- Stormwater micromanagement
- Ecological landscaping

LID PRINCIPLES

1. Use existing natural systems as the integrating framework for site planning

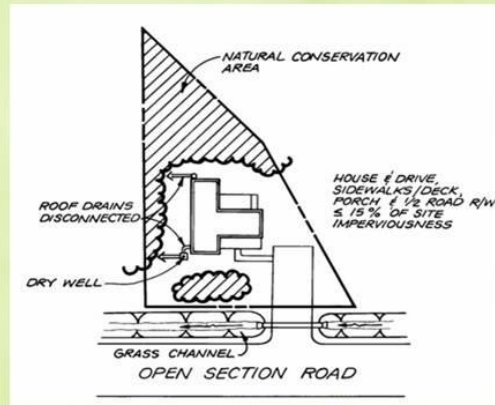
- Land use planning and watershed planning
- Identify environmentally sensitive resources: wetlands, mature trees, slopes, drainageways, permeable soils, waterway buffers
- Assess existing hydrology
- Define a development envelope



LID PRINCIPLES

2. Focus on prevention

- Minimize clearing and grading
- Cluster buildings and reduce building footprints
- Reduce road widths, use shared driveways, reduce parking area
- Align roads to minimize impact
- Use green rooftops
- Use permeable paving



MASSACHUSETTS LOW IMPACT DEVELOPMENT TOOLKIT

LID PRINCIPLES

3. Treat stormwater close to the source

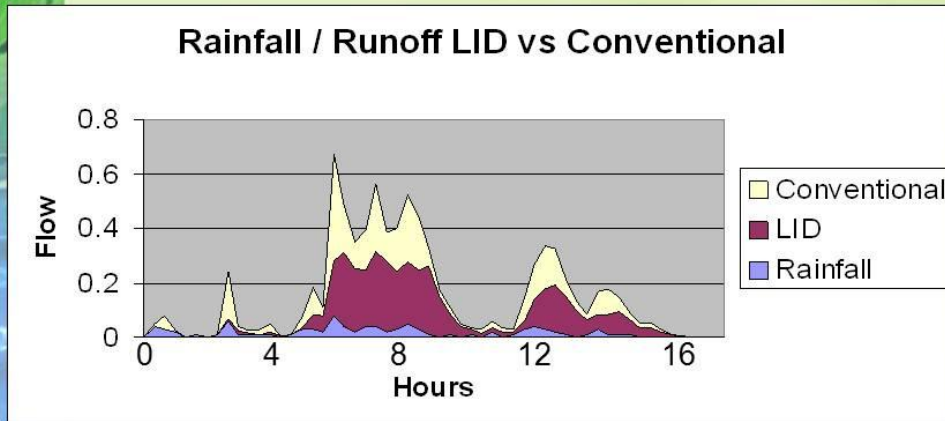
- Create subwatersheds and "micromanage" runoff in a treatment train of small structures
- Flatten slopes, lengthen flow paths, maximize sheet flow
- Maintain natural flow paths, use open drainage
- Use LID techniques to manage frequent, low-intensity storms





LID BENEFITS

Lower Peak Discharge Rates Reduced Runoff Volume



LID PRINCIPLES

4. Emphasize simple, nonstructural, low-tech, low-cost methods

- Open drainage systems and filter strips
- Disconnection of roof runoff
- Rain barrels
- Street sweeping
- Public education
- Reduce construction disturbance
- Minimize lawn area



MASSACHUSETTS LOW IMPACT DEVELOPMENT TOOLKIT

LID PRINCIPLES

5. Create a multifunctional landscape

- Use stormwater management components that provide filtration, treatment, and infiltration.
- Provide open space and wildlife habitat.
- Store water for landscape use
- Reduce heat island effect
- Enhance site aesthetics



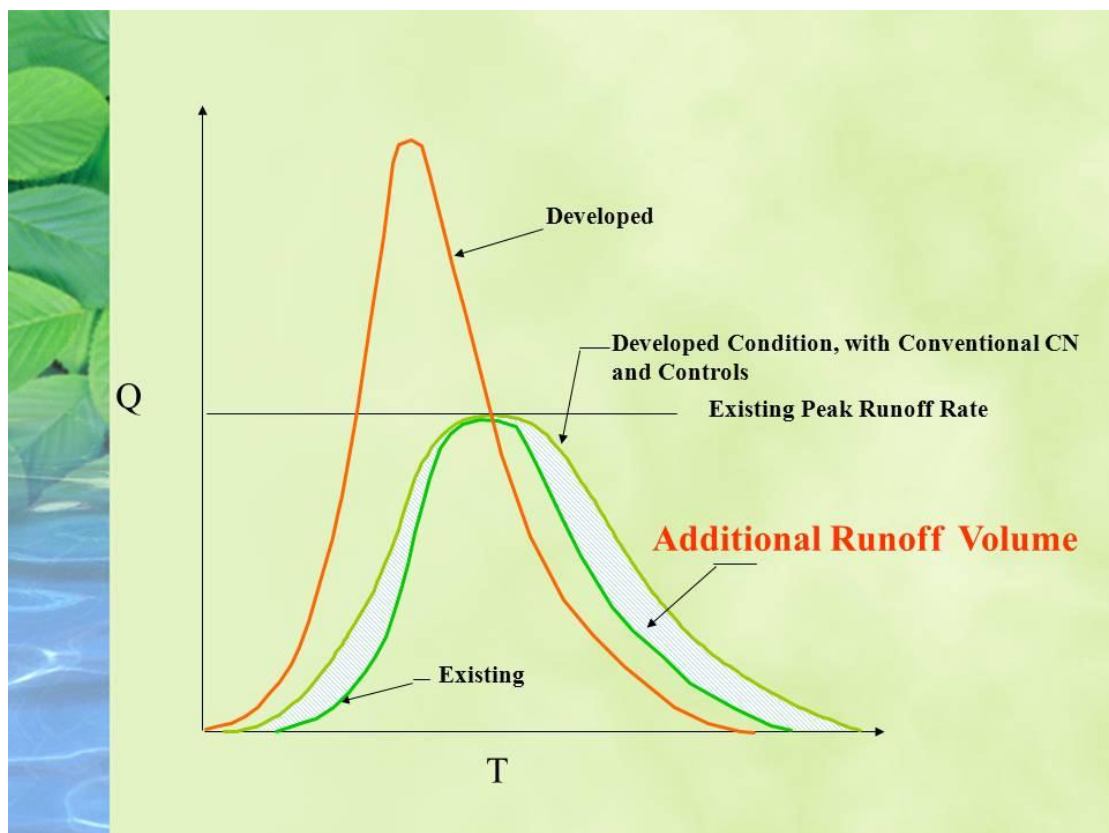
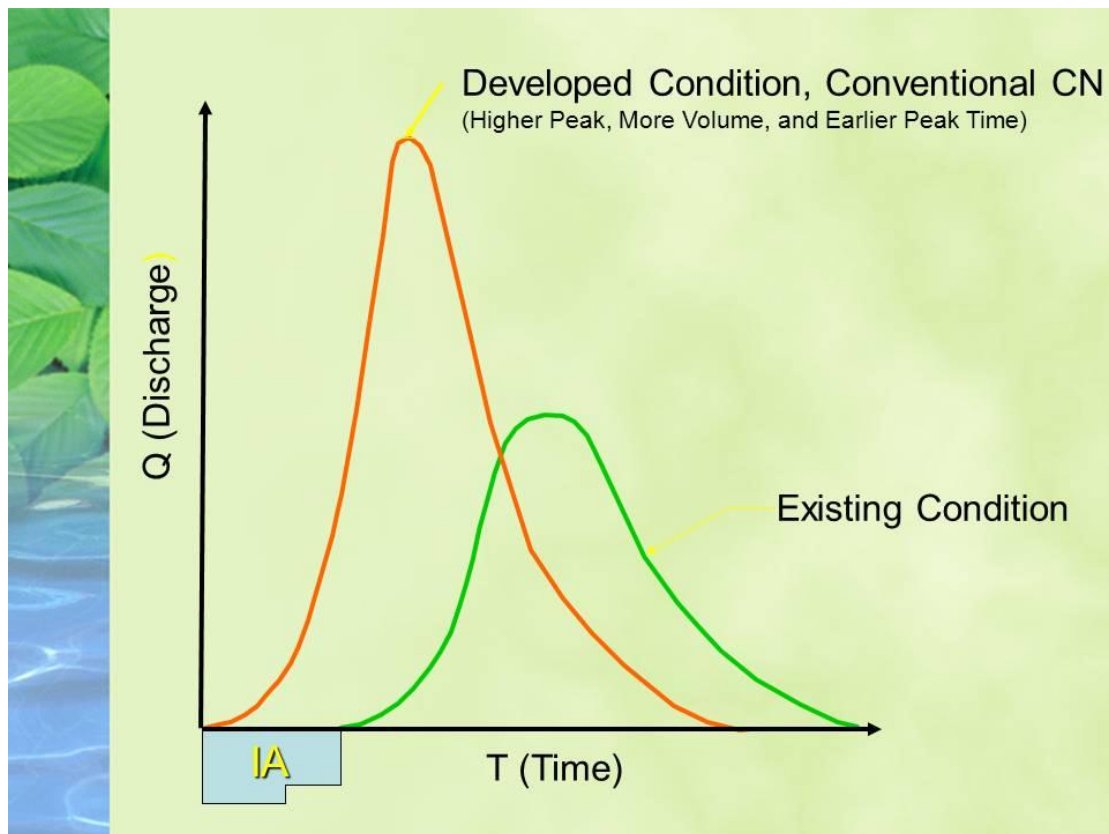
MASSACHUSETTS LOW IMPACT DEVELOPMENT TOOLKIT

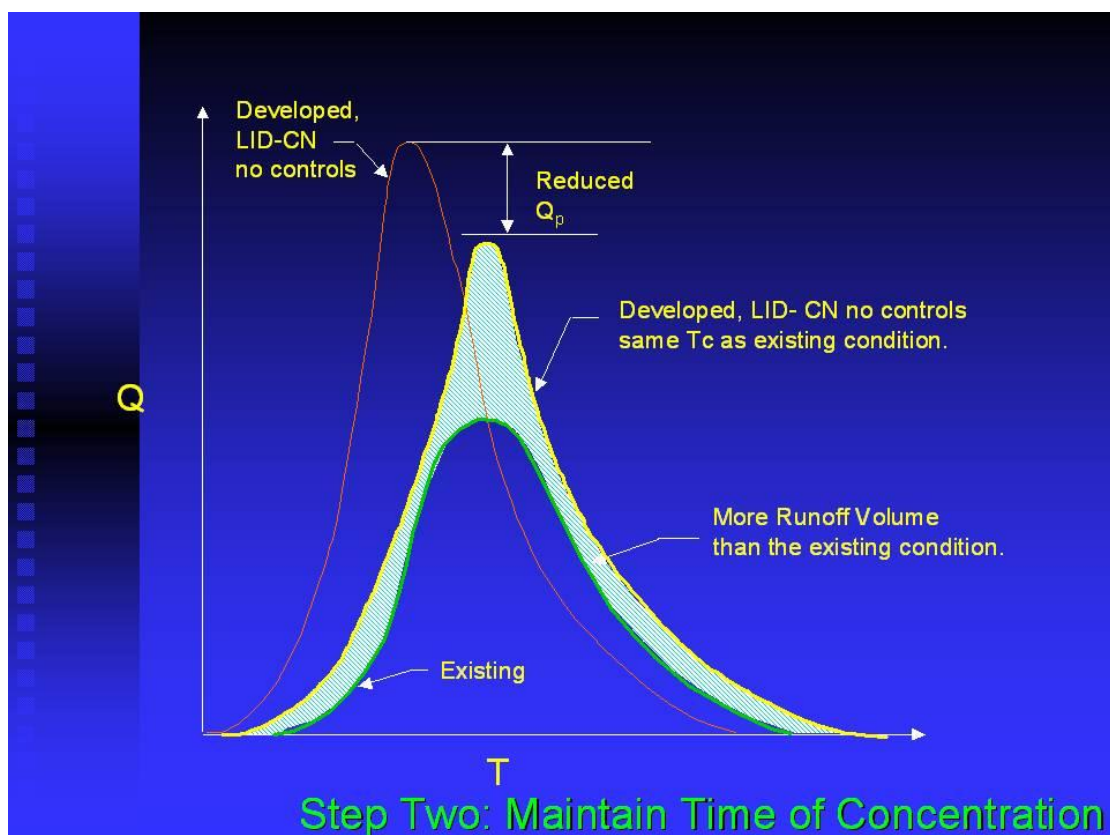
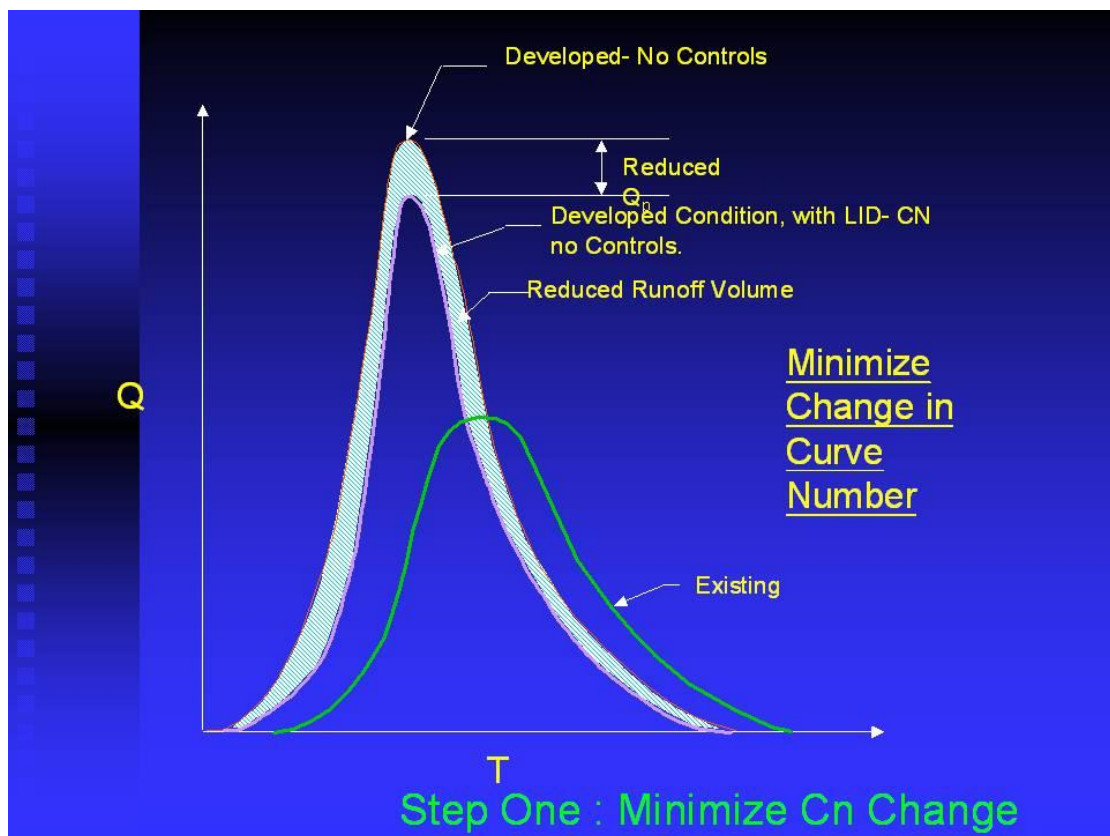
LID PRINCIPLES

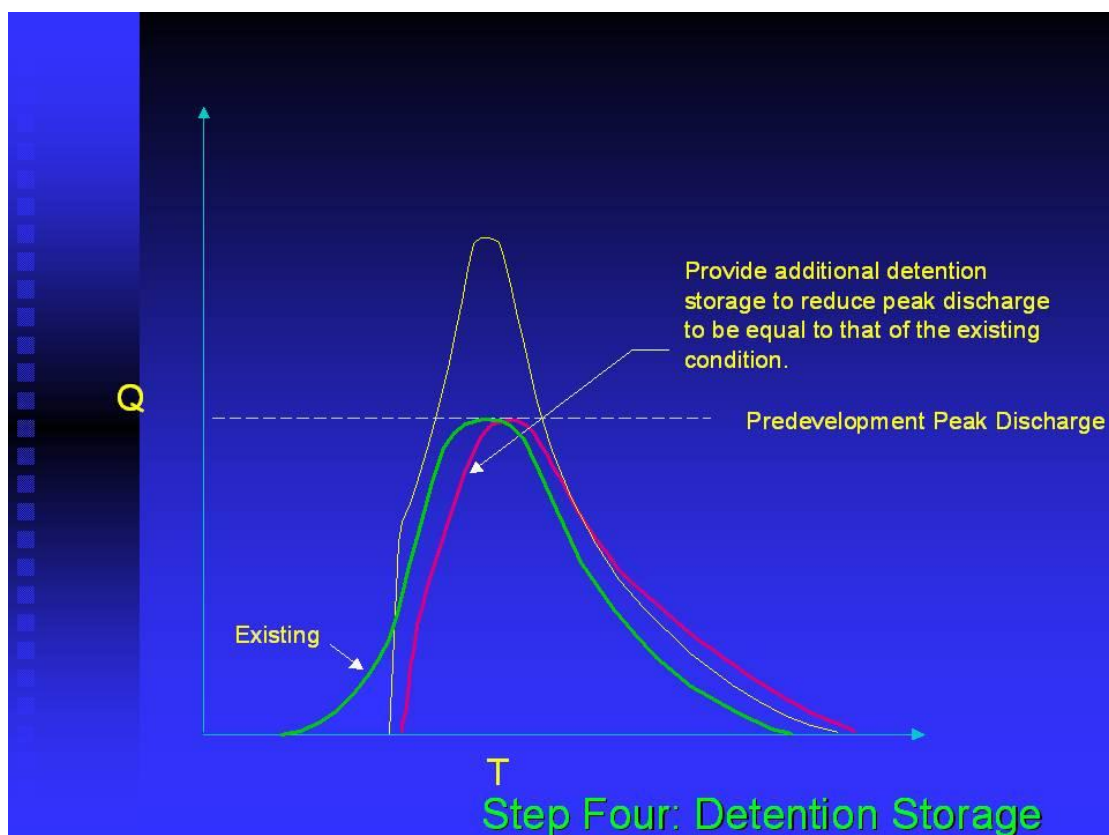
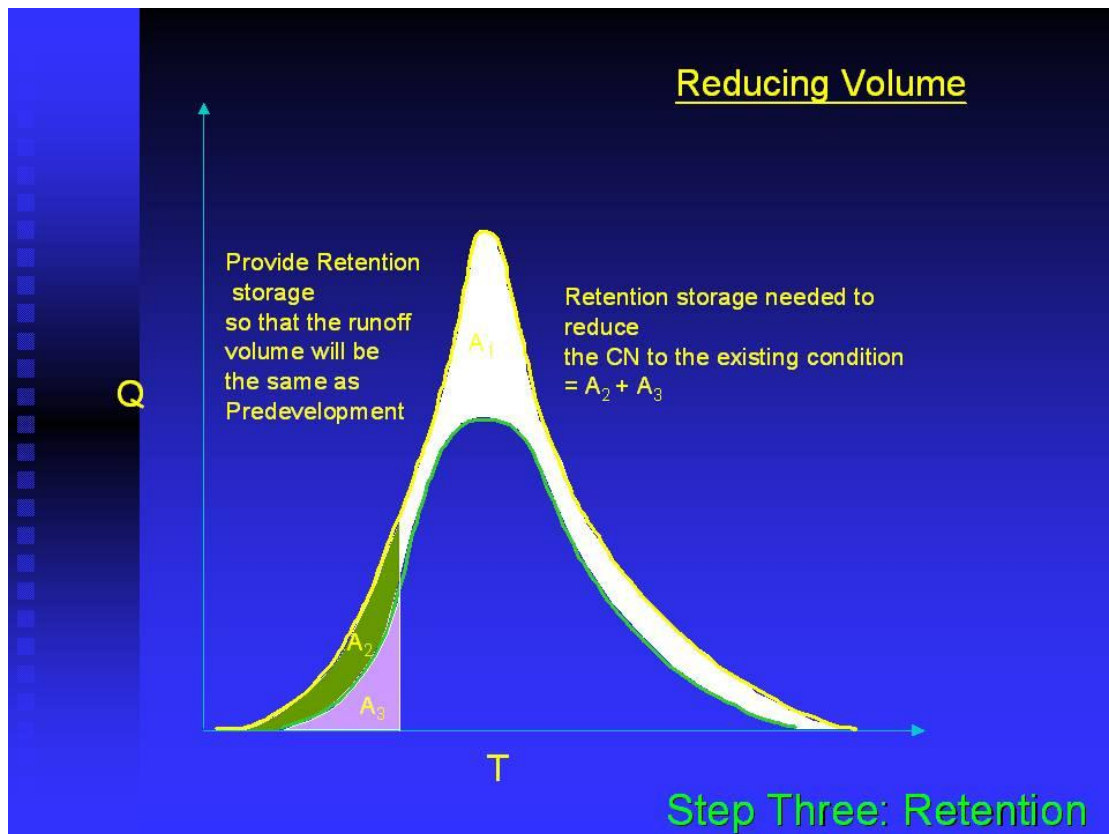
6. Maintain and sustain

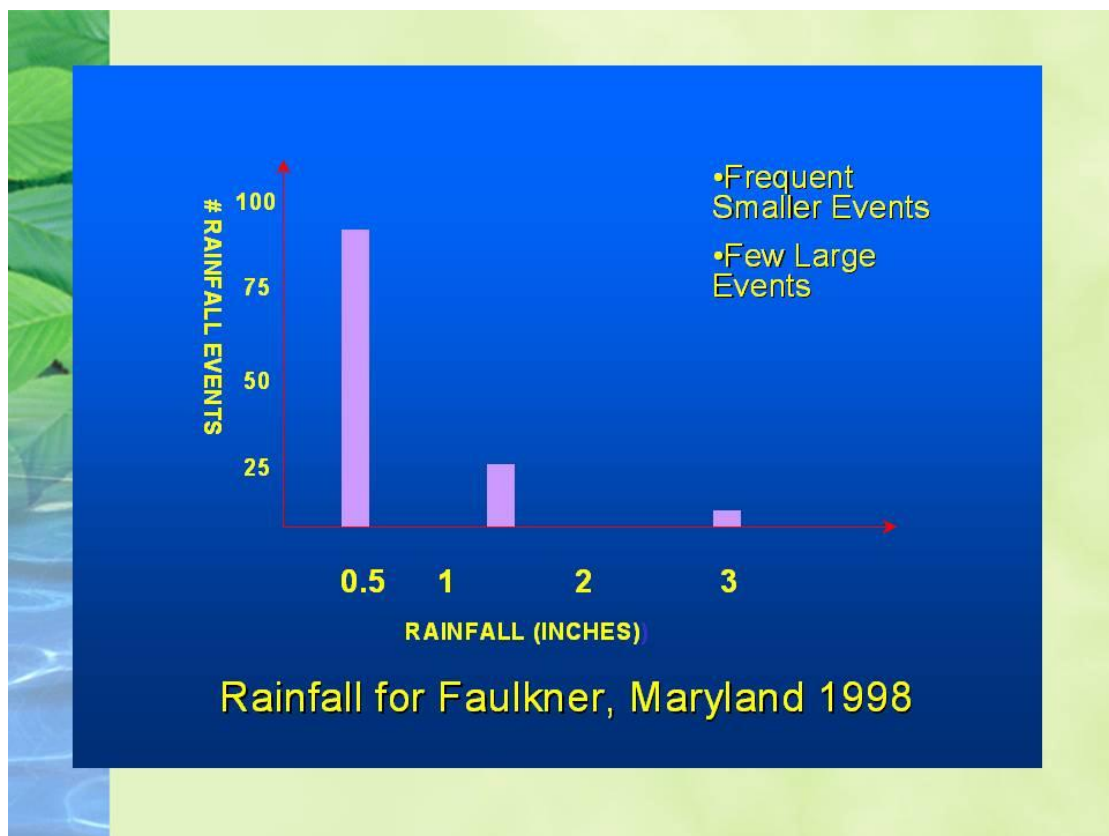
- Reduce use of pesticides and fertilizers.
- Use drought-resistant plants.
- Maintain rain gardens and bioretention areas.
- Provide adequate funding for public works departments











Green Infrastructure / LID Beneficial Functions

- Reduce flooding
- Improve water quality
- Enhance groundwater recharge
- Reduce stormwater and combined sewer system expenditure
- Reduce energy use
- Improve air quality
- Enhance aesthetics and property values
- Increase educational opportunities



Part II

Green Infrastructure / Low Impact Development Practices



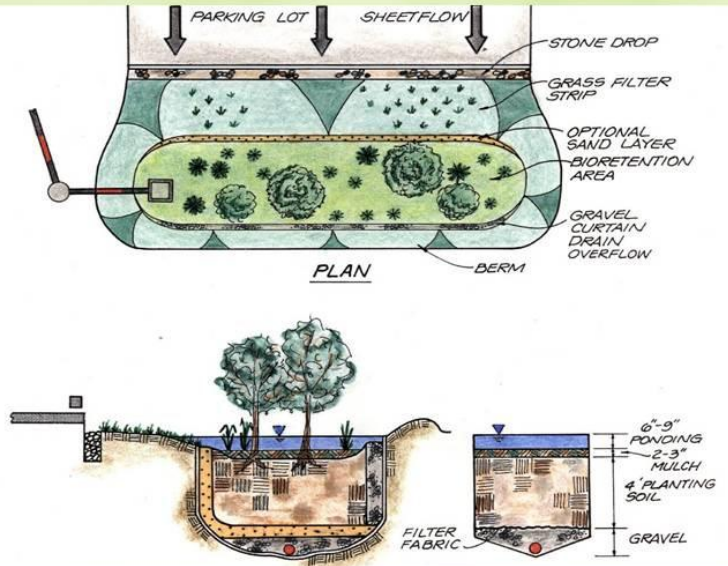
Commonly Used LID/GI Practices

- **Bioretention cells or rain gardens**
- **Green Roofs**
- **Bioboxes or bio-filters**
- **Sidewalk Storage**
- **Planter Boxes**
- **Vegetated Swales, Buffers, and Strips; Tree Preservation**
- **Roof Leader or Downspout Disconnection**
- **Rain Barrels and Cisterns**
- **Permeable Pavers**
- **Soil Amendments**
- **Impervious Surface Reduction and Disconnection**
- **Pollution Prevention and Good Housekeeping**

LID PRACTICES

Bioretention

Excavation
filled with
engineered
soil mix
Herbaceous
perennials,
shrubs,
trees
Ponded
water
infiltrates
within 72
hours
Overflow
outlet and
optional
underdrain



LID PRACTICES

Bioretention

Applications

- Parking lot islands
- Median strips
- Rooftop runoff



LID PRACTICES

Bioretention

Applications

- Urban retrofits
- High-density areas

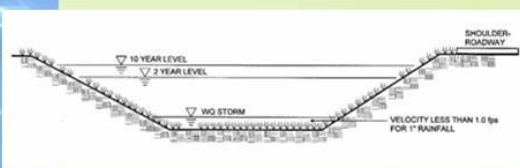


LID PRACTICES

Vegetated Swales

Conveyance, treatment, infiltration

Roadside swales "country drainage"
Parking lots
Low-angle slopes only
Opportunity for snow storage



LID STRATEGIES

Vegetated Swales

Conveyance, treatment, infiltration



MASSACHUSETTS LOW IMPACT DEVELOPMENT TOOLKIT



LID STRATEGIES

Grassed Filter Strips

Pretreatment and Attenuation

- Low-angle vegetated slopes
- Adjacent to parking lots and roadways
- Opportunity for snow storage



MASSACHUSETTS LOW IMPACT DEVELOPMENT TOOLKIT



LID STRATEGIES

Grassed Filter Strips



LID STRATEGIES

Infiltration Trenches / Dry Wells

Infiltration and Volume Reduction

- Runoff stored in void space; slowly percolates into the ground
- Excellent for rooftop runoff
- Pretreatment is critical for surface runoff



LID PRACTICES

Infiltration Trenches / Dry Wells

Infiltration and Volume Reduction



LID STRATEGIES

Rain Barrels and Cisterns

Runoff Reduction and Water Conservation

- Downspouts directed to tanks or barrels
- 50 – 50,000 gallons
- Excess diverted to drywell or rain garden
- Landscaping, car washing, other nonpotable uses



MASSACHUSETTS LOW IMPACT DEVELOPMENT TOOLKIT



LID STRATEGIES

Rain Barrels and Cisterns

Runoff Reduction and Water Conservation



LID STRATEGIES

Green Roof Systems

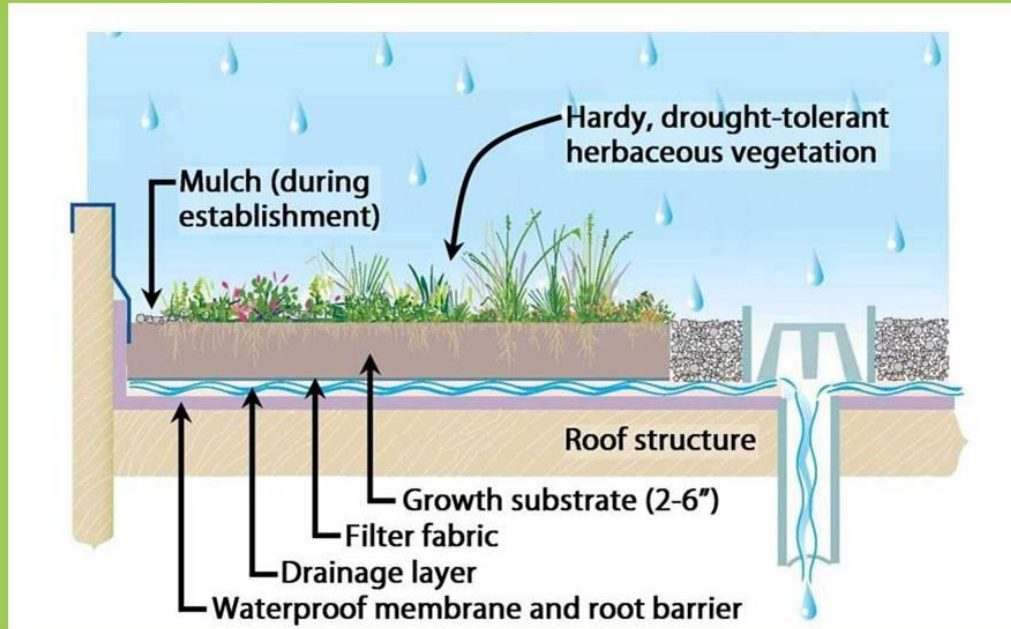
Runoff Reduction, Reduce Heating/Cooling Costs

- Rainwater stored in a lightweight engineered soil medium
- Hardy, drought-resistant vegetation
- Reduce runoff by 50%
- Not for use in stressed basins



LID STRATEGIES

Green Roof Systems



Green Roof



City Hall Rooftop Garden
(Intensive System)



Philadelphia Water Department



LID PRACTICES

Stormwater Planters

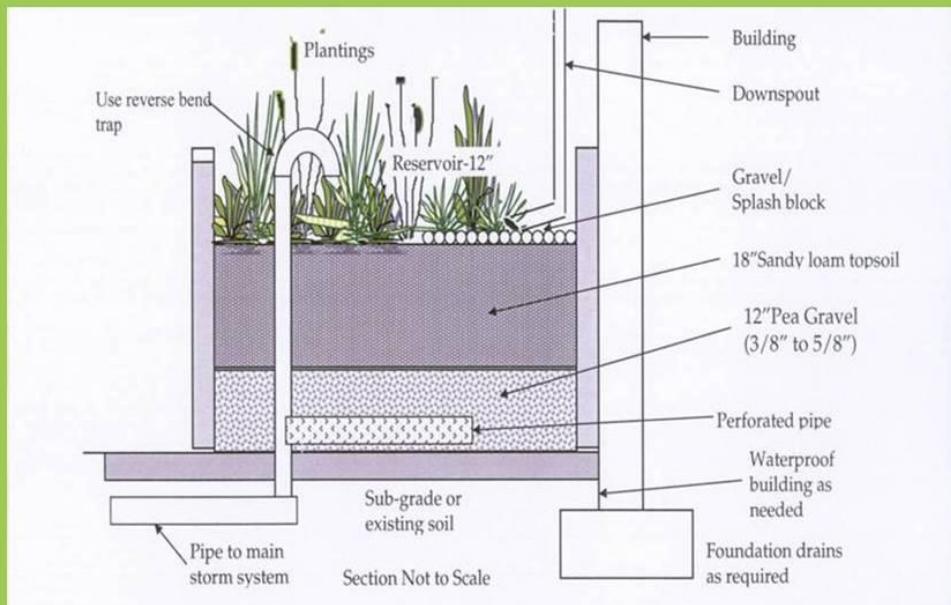
Runoff Reduction, Treatment, Attenuation

- "Bioretention in a Box"
- Vegetative uptake of stormwater pollutants
- Pretreatment for suspended solids
- Aesthetically pleasing
- Reduction of peak discharge rate



LID PRACTICES

Stormwater Planters



Part III

Case Study and Lessons Learned



Fort Wayne's Green Infrastructure Initiatives

ACEC Environmental Business Conference 2009



Presentation Overview

- Urban Stormwater “Issue”
- Incorporating Low Impact Development (LID) and Green Infrastructure (GI)
- Progress on Developing GI use in Fort Wayne
 - Fort Wayne’s Rain Garden Program
 - GI Stormwater Standards
 - Other Fort Wayne GI Initiatives



Residential Rain Garden Incentive Program



- Creation of a rain garden website and branding
- Development of a How To Manual and training sessions for homeowners
- Goal of 1,000 residential RG's - Incentive program with cash reimbursement up to \$175 or plant matching
- 20 demonstration gardens
- Educational curriculum for local schools

Residential “How-To” Rain Garden Workshops

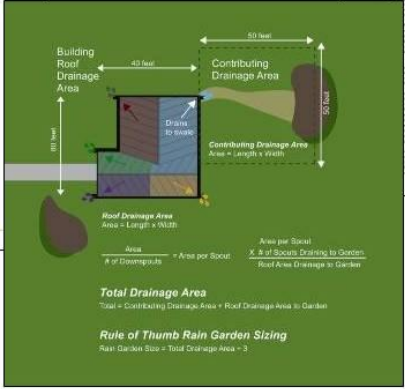
- City Led Multiple Workshops for Residents on “How-To” Design your Own Rain Garden

A flyer for the 'Catching Rain Fort Wayne' program. The left side features a colorful illustration of a rain garden with various plants, flowers, and birds under a blue sky with clouds and rain. Text on the left says 'Turn the rainwater runoff in your yard into a beautiful rain garden.' and 'HELP CITY UTILITIES MEET ITS GOAL OF 1,000 RESIDENTIAL RAIN GARDENS!'. The right side contains text about Mayor Tom Henry and Fort Wayne City Utilities helping residents build a beautiful rain garden. It lists 'HOW-TO' WORKSHOPS WILL BE HELD: March 26, 2009 (8:00 AM to Noon) at City Water Maintenance Building, 513 E. Wallace Street; April 4, 2009 (8:00 AM to Noon) at Allen County Cooperative Extension Office, 4201 Crescent Avenue; April 18, 2009 (8:00 AM to Noon) at 301 A&B in the Pope John Paul Center, University of Saint Francis Campus, 2701 Spring Street; and April 25, 2009 (8:00 AM to Noon) at Fort Wayne Botanical Conservatory, Saguro Room, 1100 South Calhoun Street. It also lists nurseries participating in the plant matching program: Arbor Farms Nursery, 12515 Colchester Road, Oshkosh Gardens, 12700 Lima Road, Lynsey's Water Garden, 3750 Freeman Street in Star Industrial Park, Neighborhood Nursery & Landscaping, 8046 Sealhorn Road, Neighborhood Garden & Gifts, 4605 West Jefferson Boulevard. The bottom right features the 'Catching Rain Fort Wayne' logo and website information.

Residential Rain Gardens

**A Rain Garden
How To Manual for
City of Fort Wayne
Homeowners**





**Fort Wayne Residential Rain Garden
Incentive Program**
SCHEDULED FOR APPLICATION 2015

**Catching Rain
Fort Wayne**

Rain Garden Application

Property Address: _____
City: _____ State: _____ Zip: _____
Owner Name: _____
Phone: _____ Email: _____
Project Description: _____
Date of Application: _____

www.catchingrainfw.org

How a rain garden works



SOURCE: cdpengineers

CHRIS WARE | cware@herald-leader.com

First Demonstration Rain Garden

- Planted April 2008 by Girls Scouts and staff
- Fort Wayne's Sewer Maintenance building



Stormwater Management Strategies



透水鋪面應用實例

主持人簡介

彭光輝教授

現任

中華民國都市計劃學會理事長

國立臺北科技大學建築系、建築與都市設計研究所教授

中華民國建築學會常務理事

中華民國地區發展學會理事

內政部都市計畫委員會委員



學歷

英國曼徹斯特大學都市規劃設計博士

經歷

國立臺北科技大學設計學院院長

國立臺北科技大學設計學院設計研究所（博士班）教授兼所長

國立臺北科技大學建築系系主任、建築與都市設計研究所所長

公務人員高普考典試委員會委員

國立政治大學地政學系兼任教授

台灣科技大學建築系兼任副教授

台灣經濟研究院兼任研究員

行政院國土規劃推動委員會委員

內政部建築技術審議委員會（規劃設計組）委員

行政院國土規劃推動委員會委員

內政部都市更新諮詢小組委員

主講人簡介

鄭光炎教授

現任

國立臺北科技大學兼任副教授

學歷

美國密西根州立大學土木工程系

國立台北工專土木工程科

經歷

國立台北技術學院副教授

國立台北工專副教授

國立台北工專講師

國立台北工專助教

專長領域

土壤力學與試驗

運輸工程

路面厚度設計

坡度防災工法之研究





內容大綱

- 前言
- 起源、國外發展
- 國內發展、現況
- 效益
- 類別、構造、設計、材料
- 適用條件、檢測與維護管理
- 案例說明與效益評估
- 結論建議

前言

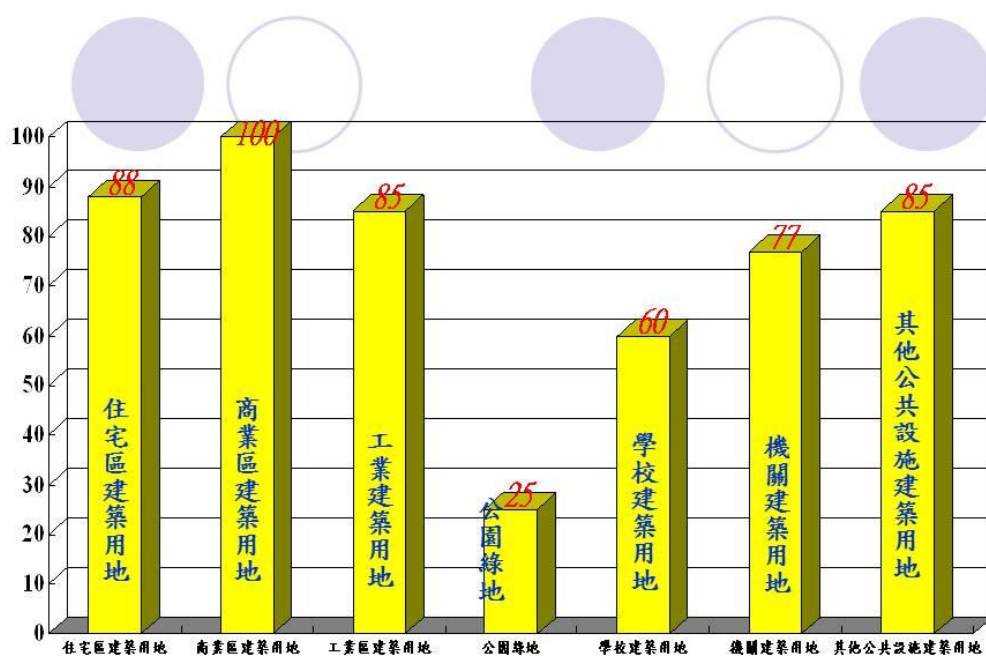
●都市化——

不透水面積增加

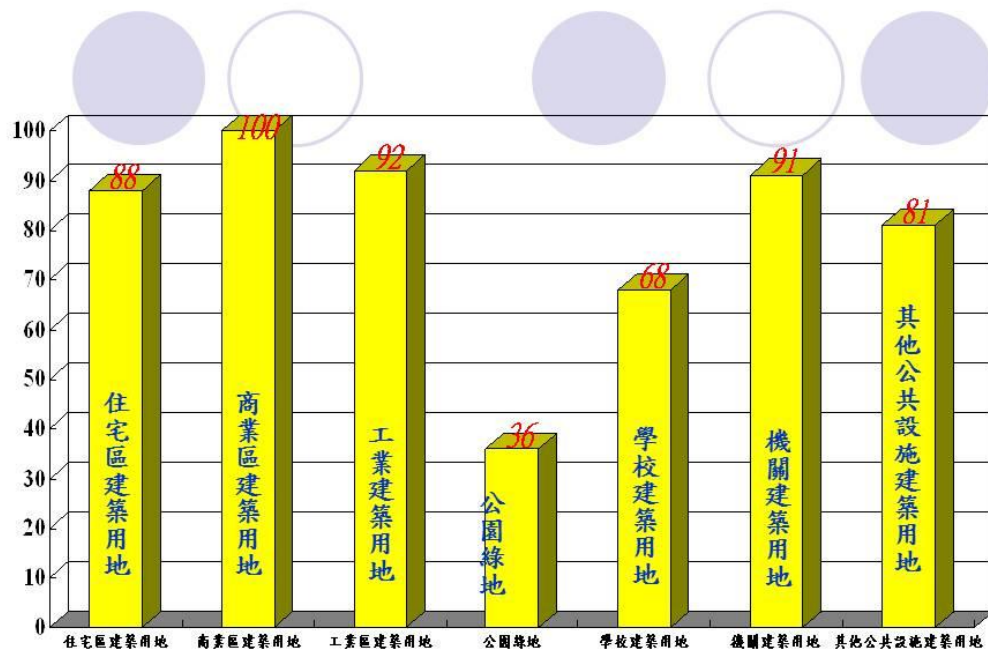
熱島效應

洪患、旱象

水資源浪費

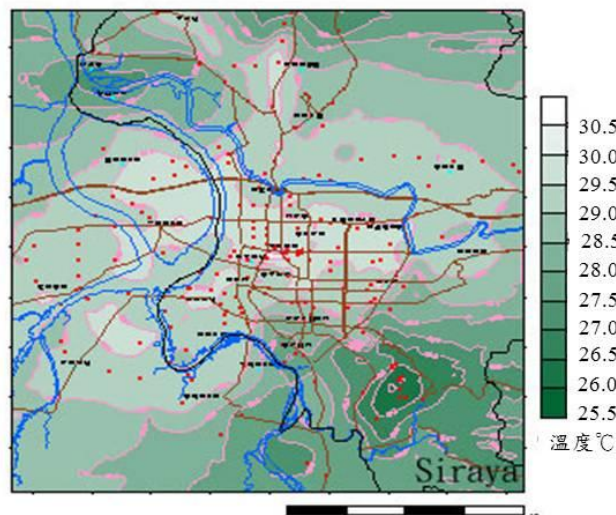


台北市平均不透水率（李仁豪、劉岳明）



台南市平均不透水率（李仁豪、劉岳明）

熱島效應

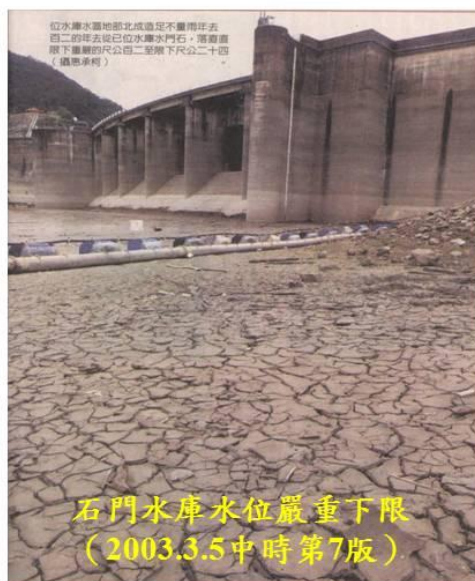


台北夏季午夜都市熱島現象實測(郭曉青)

洪患



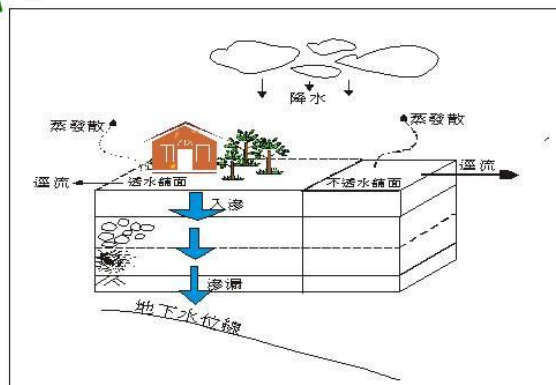
旱象

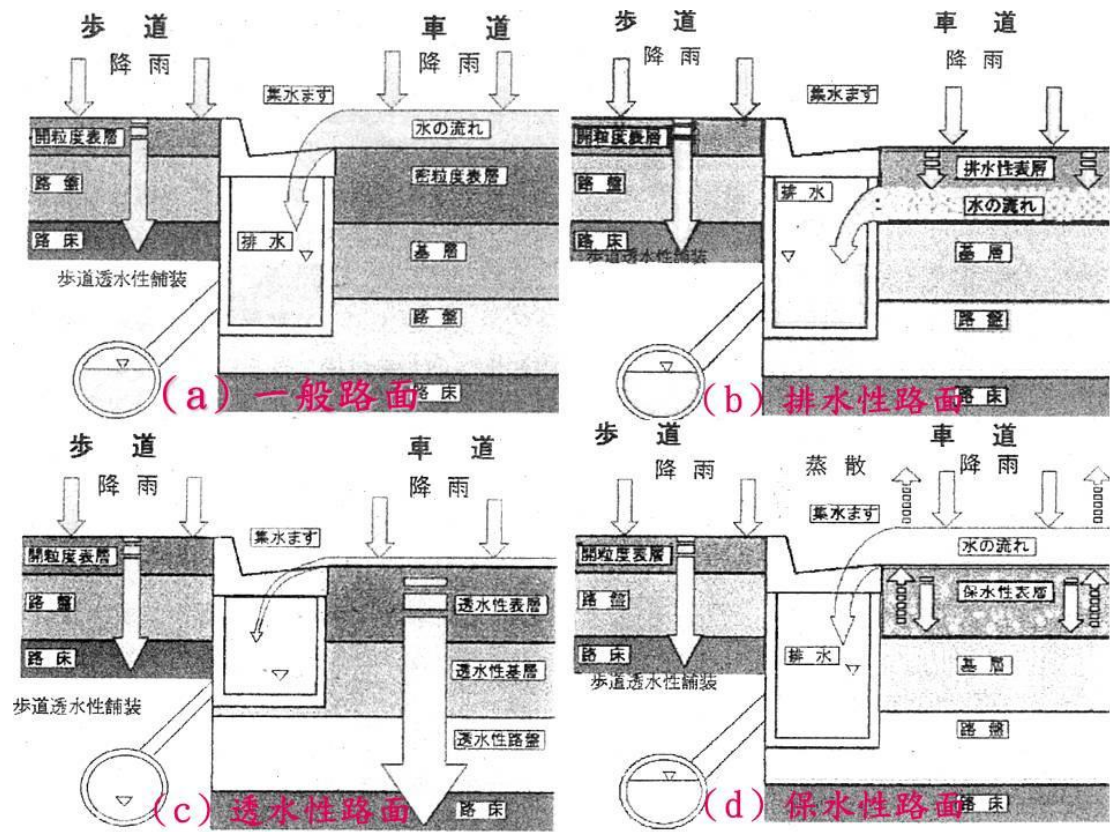


起源、國外發展

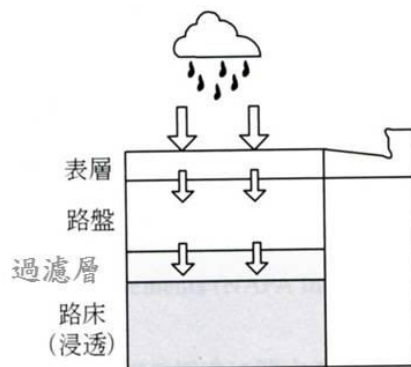
透水鋪面之定義

係將透水性良好、孔隙率高之材料運用於面層與基底層，使雨水通過人工鋪築之多孔性鋪面，直接滲入路基土壤，而具有讓水還原於地下之性能。

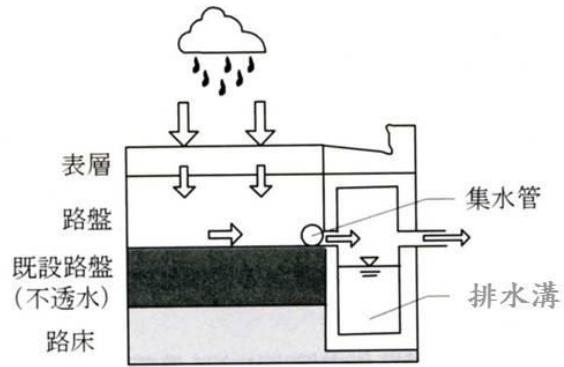




透水鋪面種類-處理雨水方式



滲透型



暫貯型

國外發展趨勢

■ 日本

- 1973年東京都建設局為改善行道樹成長於千代田區有樂町、涉谷區幡谷、葛飾區金町，建立三個人行道透水鋪面試驗區；
- 1975年日本道路建設協會成立「透水性路面研究委員會」；
- 1978年將透水性鋪面列入「瀝青路面綱要」；

國外發展趨勢

日本

- 1983年「都市防洪政策」納入雨水儲留、滲透設施設置，其中透水性鋪面逐步被採用；
- 2000年完成270萬平方公尺（且尚有40%之人行道在進行中）；
- 2002年進行車道透水性鋪面試驗；
- 2005年匯整出車道透水性鋪面技術準則。



國外發展趨勢

■ 美國

- 早期美國應用多孔性鋪面目的是為了改善雨天道路之打滑現象（hydroplaning）；
- 1947年應用開放式級配混合料（open-graded）路面於99號州際高速公路；
- 1966年森林保護局開始使用透水性材料於林業道路路面；
- 1970年代美國各州已積極推行透水性鋪面之應用；

道路行車「安全」目的



「環境生態保護」目的



國外發展趨勢

■ 歐洲

- 1940年英國皇家空軍（British Royal Air Force）為快速排除基地飛機跑道鋪面之雨水，而採用透水性鋪面；
- 目前英國、德國、瑞士、法國等國家中大力提倡開放式級配摩擦道路及透水性瀝青鋪面，研究重點：
 - 透水材料之研發
 - 道路噪音降低
 - 鋪面之抗滑功能
 - 污染物之去除（如重金屬鉛等）











透水性鋪面之國內發展歷程

- 2000年12月經濟部水利署研擬生態鋪面工法技術。
- 2001年12月內政部營建署透水性鋪面於國內可行性之研究。次年12月研擬透水性鋪面技術推廣手冊
- 2002年7月慈濟公德會於南投縣南投國小校園鋪設透水性鋪面廣場。



透水性鋪面之國內發展歷程

- 
- 
- 
- 
- 2003年7月國立台北科技大學於校園內鋪設透水性人行道、車行道、廣場。
 - 2003年5月行政院公共工程委員會訂定施工網要規範第02794章透水鋪面
 - 2004年3月台北市政府工務局於台北市北安路鋪設透水性人行道。



透水性鋪面之國內發展歷程

- 2004年7月底內政部建築研究所接受高性能透水綠建材標章申請
- 2004年9月行政院工程會預定年底於全台完成19100m²以上之透水性人行道鋪面。
- 2011年7月台北市共完成14400m²之透水性人行道鋪面。

台北市人行道透水鋪面施作完成統計表

項次	工程地點	透水磚每(m ²)單價	施作面積(m ²)	工程造價(元)
1	中山區北安路(試驗性透水鋪面)	4,000	1,200	4,800,000
2	文山區文山行政中心周邊(混凝土透水磚)	4,500	1,400	6,300,000
3	萬華區萬大國小周邊(混凝土透水磚)	4,500	500	2,250,000
4	內湖區大湖國小周邊(窯燒透水磚)	4,500	1,300	5,850,000
5	內湖區成功路2、3段(窯燒透水磚)	4,500	1,500	6,750,000
6	大同區大龍街大同國小(窯燒透水磚)(合成)	5,500	700	3,850,000
7	南港區重陽路育誠高中(混凝土透水磚)	4,500	1,500	6,750,000
8	北投區石碑國中周邊(窯燒透水磚)(合成)	5,500	1,200	6,600,000
9	內湖區三民國中周邊(混凝土透水磚)	5,000	1,200	6,000,000
10	信義區松山商職周邊(混凝土透水磚)	5,000	800	4,000,000
11	士林區天母國小周邊(混凝土透水磚)	5,000	400	2,000,000
12	內湖區民權東路6段123巷34弄(混凝土透水磚)	5,000	1,500	7,500,000
13	北投區立農國小周邊(混凝土透水磚)	5,000	500	2,500,000
14	士林區文昌國小周邊(混凝土透水磚)	5,000	700	3,500,000
	合 計		14,400	68,650,000



效益

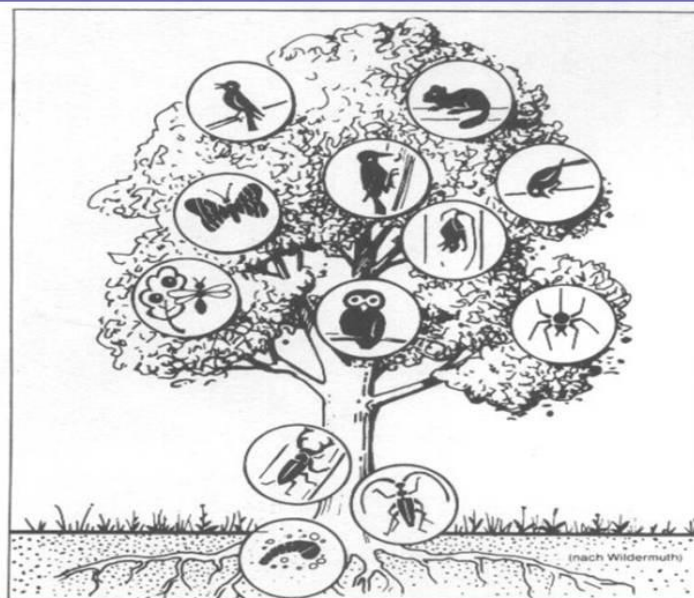
透水鋪面之效益

- 減少地表逕流，降低都市河川洪患－綜合治水
- 減少公共水域的污染
- 降低車行噪音4至5分貝（歐洲）
- 減輕排水管負擔及減少路面排水設施
- 地下水之涵養，有助於水資源永續經營
- 降低熱島效應，與一般路面相差8度（鄭光炎研空室）
- 增大路面抗滑性能、改善步行條件
- 減輕因日光漫反射造成之目眩
- 植物、生物等地下生態環境改善，維持生態系成長

增大路面抗滑性能、改善步行條件



維持生態系成長



植物、生物等地下生態環境改善



降低熱島效應之影響



一般性路面

透水性路面

透水性鋪面之類別-以材料分



一、多孔性瀝青混凝土鋪面



日本東京都透水性鋪面試驗車道

二、無細骨材混凝土鋪面



三、塊狀或鏤空鋪面



植草磚



連鎖磚

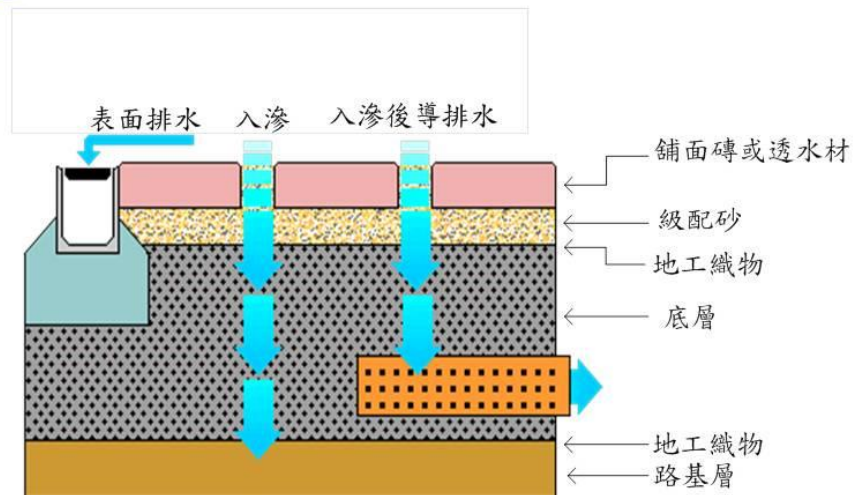


四、環保透水混凝土

國內目前除植草磚、連鎖磚、多孔性瀝青混凝土及無細骨材混凝土外，另有新研發出的環保透水混凝土。



構造示意圖



適用條件

透水性鋪面使用材料之適用場所案例

材料		車道	停車場	人行道
底層	粒狀層材料	○	○	○
	瀝青底層材料	○	-	-
	水泥底層材料	○	-	○
面層	瀝青混凝土混合物	○	○	○
	混凝土混合物	○	○	○
	磚製材料	○	○	○

○：有案例 -：無案例

適合鋪設透水鋪面之地區

自然條件	地質	滲透係數大之土層。
	地形	坡度
	地下水位	位於地面為佳 (儲留雨量及埋設儀器之考量)。
人為條件	區位	適用於市區之公園、廣場、學校、地面停車場(但應避免設於地下水供作飲用水之地區及坡地陡區)。
	阻塞物	不適用於高落塵量(15t/km ² /月)、大量鬆散砂土區,及落葉、花果量高之地區,若採用則需常清洗維護。
	地下狀況	以無八大管線及地下結構物為佳 (考量施工便利性)。
	使用原則	人行為主,不適用停放重型車輛之地區,如捷運站旁。



設計

透水性鋪面之設計原則如下所示：

- 車行道鋪面：考慮**交通量**、**CBR值**、**透水速度**及**降雨強度**等，以能承受交通荷重應有厚度及透水功能之鋪面。
- 人行道鋪面：鋪面面層**不積水**為主，提供行人舒適性之透水性鋪面。
- 透水性鋪面為蓄存及入滲所設計之降雨強度，設計之降雨強度愈大，鋪面之厚度隨之增加，因此，在經濟成本及設置鋪面附屬排水設施之間必須有最佳化之分析過程。

透水性鋪面鋪設因子

1. 路基土壤之設計CBR

$$CBR = \frac{\text{土壤樣品之實在承載力}}{\text{標準碎石之承載力}} \times 100 = \frac{\text{試驗單位載重}}{\text{標準單位載重}} \times 100$$

2. 交通量：透水性鋪面因適用於人行道及輕交通量道路為主，因此類道路設計使用期限不及一般公路，以採用**5年**為設計年限。

$$H = (58.5P^{0.4}) / (CBR^{0.6})$$

P為設計輪荷重，交通劃分為1，P=0.7噸；
劃分為2，P=1.4噸。

3. 透水速度：透水鋪面在降雨初期，由於毛細作用和吸著力，其透水速度較快。隨著降雨時間的延長，重力及毛細管作用力，會達到一穩定之入滲量。另外，透水速度的大小，隨含水量狀態、地下水溫、地下水位等因素變動。

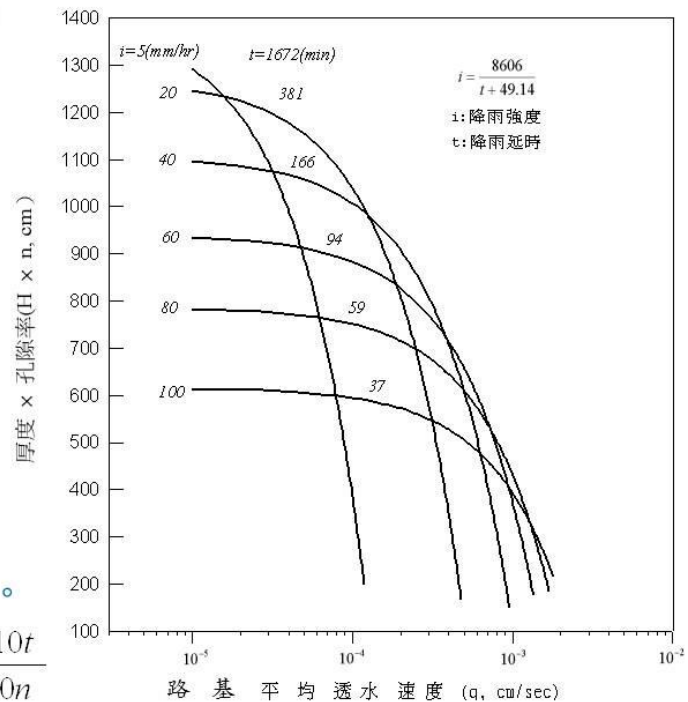
滲透速度



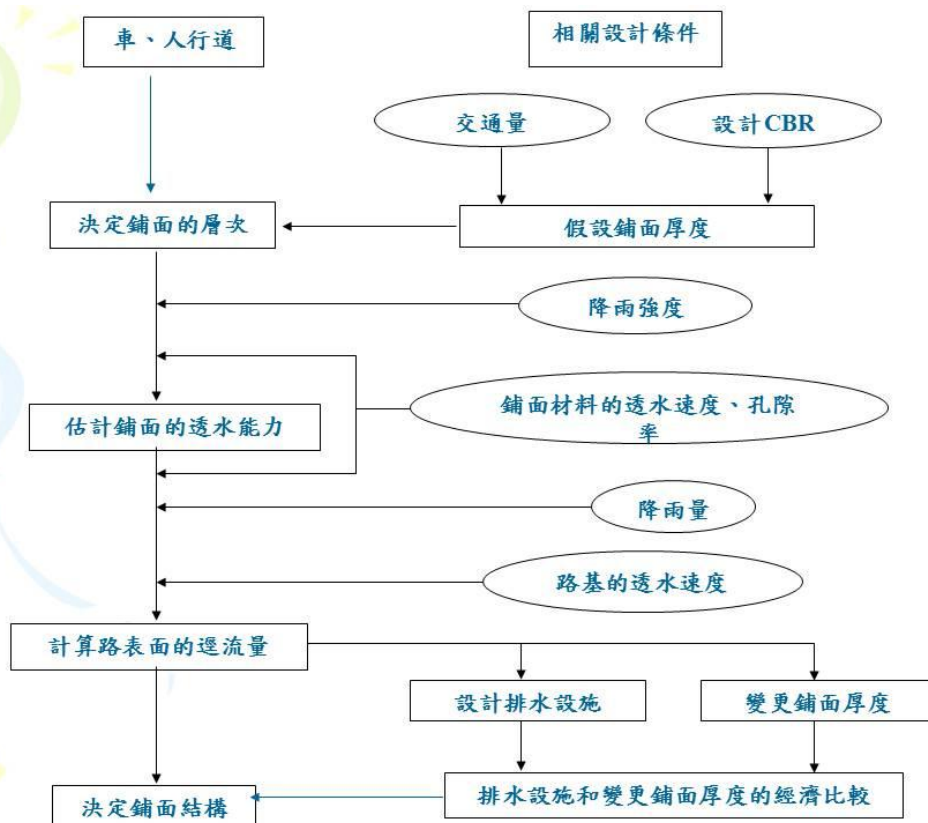
透水性鋪面鋪設需求

4. 降雨強度：設計用的降雨強度，可參考工程地點臨近氣象台或氣候觀測所之觀測資料來決定取得降雨資料，並再取得鋪面平均孔隙率。利用公式求得雨水不從路表面排除，完全貯存鋪面及向路基土壤滲透排除所需厚度。

$$H = (0.1i - 3600q) \frac{10t}{60n}$$



透水鋪面設計流程（日本道路建設協會）



- ① 鋪面厚度不足應付所推估雨量時，藉助該坡度排除鋪面的水入側溝。
- ② 方便與其他鋪面銜接
- ③ 人行道則考慮用路行人之舒適性，因此人行道之橫斷坡度以1~3%，車行道之橫斷坡度為2~3%。



低承載透水性鋪面案例地點評選

評估項目 \ 地點	北投區西安街	評估	士林區士商路	評估	內湖區五分街	評估
可用區域	寬為3.3m 長約100m	○	寬為6.6m 長約100m	○	寬為6.3m 長約60m	✓
教育性	石牌國中旁	○	陽明高中旁	○	市立東湖圖書分館	○
相鄰道路交通量	少	○	不高	○	多	×
人潮	日間人潮少 夜間人潮少	○	日間人潮少 夜間人潮多	✓	日間人潮多 夜間人潮多	×
地下管線	自設污水管 影響：無	✓	電話線、路燈電線 影響：小	✓	電纜線、電話線 影響：大	×
重型車輛穿越	無	○	無	○	有（變電所工程車、消防車及公車）	×
整體評估	優	○	佳	✓	不佳	×

○：優；✓：佳；×：不佳

台北市西安街





觀測井雨量計



自動擷取器

現場儀器佈設



現場降雨情況



施工完成情況

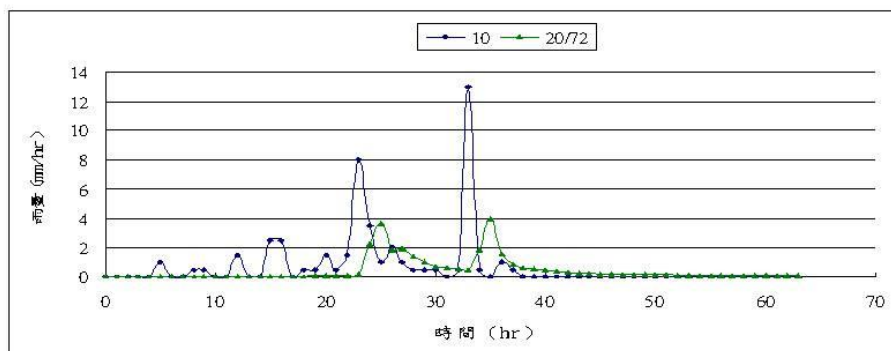
成效評估

- 現地透水性鋪面監測結果獲知：鋪面透水效益有很大之發揮，除了能滲透、保水、減少逕流，並且能延遲尖峰流量之時間與降低尖峰流量。
- 若以（5場降雨）平均值來看，收支率 $\div$ 61.45 %、開始下雨至開始滲透時間 $\div$ 25.75 小時、降雨尖峰與滲透尖峰延遲時間 $\div$ 1.25 小時。

※收支率 = 滲漏流出量 / 降雨量

92/9/1~3 杜鵑颱風

- 最大降雨強度 = 13mm/hr；收支率 = 61.1 %、開始下雨至開始滲透 = 14hr、降雨尖峰與滲透尖峰延遲 = 1hr。



台北市北安路

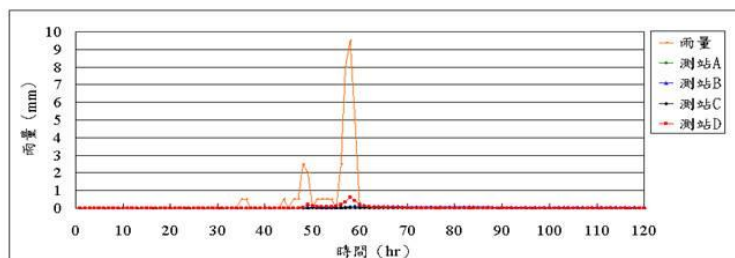
- 水文效益
- 調降地表溫度效益
- 抗滑效益



北
安
路

水文效益

1. 由雨場曲線比較圖及收支效益表中可看出，埋設於鋪面內之水量計所接收的水量佔降雨量之百分比多未達10%！



北
安
路

記錄日期	臨前降雨 (mm)	降雨量 (mm)	滲出量 (mm)	滲出效益 (%)
2004/09/08~09/19	65小時前 (降約4.0mm)	401.50	A測站：0.81 B測站：10.47 C測站：0.00 D測站：無電	A測站：0.20 B測站：2.61 C測站：0.00 D測站：無電
2004/10/23~10/30	629小時前 (降約1.5mm)	34.00	A測站：0.27 B測站：3.11 C測站：0.00 D測站：3.07	A測站：0.79 B測站：9.15 C測站：0.00 D測站：9.03
2004/12/03~12/08	177小時前 (降約1.5mm)	63.50	A測站：0.04 B測站：3.11 C測站：0.00 D測站：無電	A測站：0.06 B測站：4.89 C測站：0.00 D測站：無電
2004/02/26~03/01	1807小時前 (降約63.5mm)	24.50	A測站：0.00 B測站：0.00 C測站：0.00 D測站：無電	A測站：0.00 B測站：0.00 C測站：0.00 D測站：無電
2004/03/01~03/08	35小時前 (降約24.5mm)	34.50	A測站：0.00 B測站：3.91 C測站：0.00 D測站：無電	A測站：0.00 B測站：11.3 C測站：0.00 D測站：無電
2004/03/22~03/24	241小時前 (降約2.5mm)	16.5	A測站：0.00 B測站：0.00 C測站：0.00 D測站：0.51	A測站：0.00 B測站：0.00 C測站：0.00 D測站：3.09

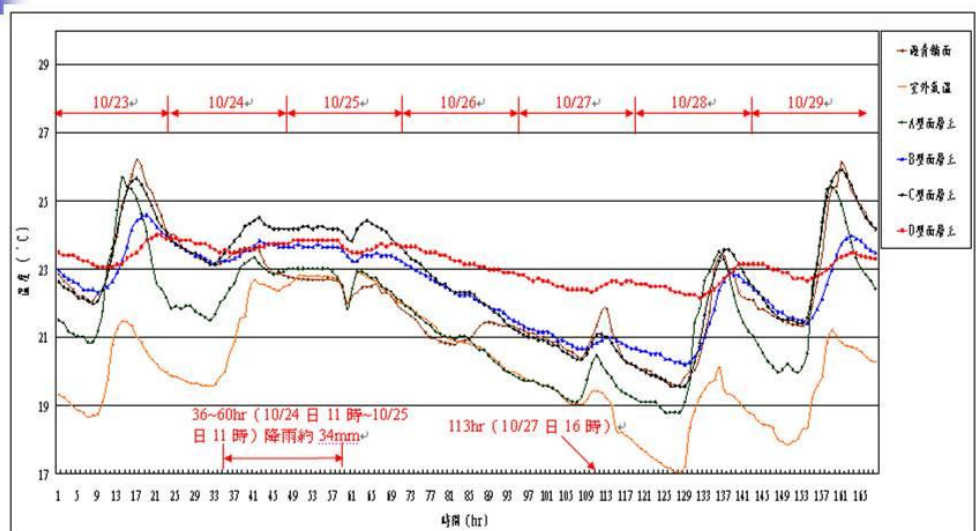
北
安
路

調降地表溫度效益

1. 在未降雨前比較各面層溫度，各型鋪面之溫度皆遠高於室外氣溫，並於正午 21°C 左右時相差達約 4°C ，其中又以瀝青混凝土鋪面為最，A型、C型次之。
2. 於降雨時及降雨後，可發現各型鋪面之溫度皆有下降，且除瀝青混凝土鋪面、D型鋪面外，皆可在氣溫 $19^{\circ}\text{C}\sim 23^{\circ}\text{C}$ 下，持續降溫二日。

北
安
路

調降地表溫度效益



EXIT

北
安
路

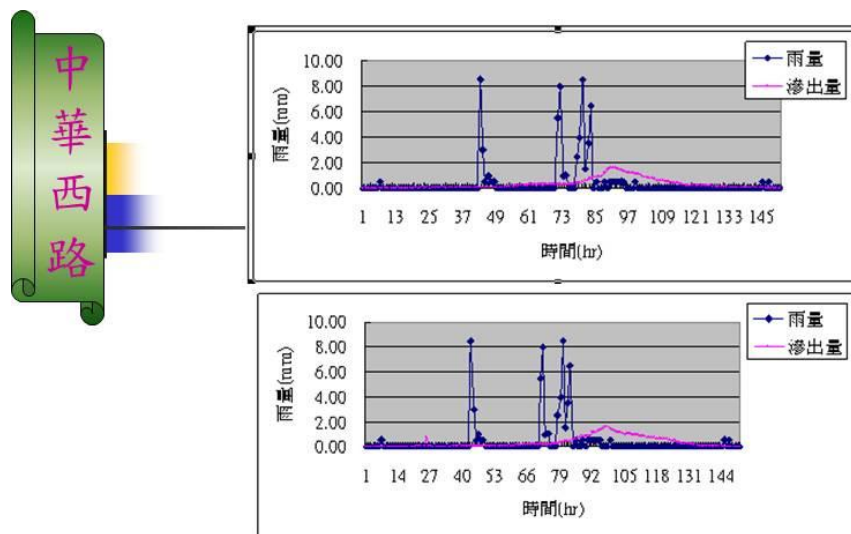
抗滑效益

鋪面	C ₂₀ (BPN)	路面溫度 (°C)
A型	83.2	25
B型	88.1	24.5
C型	78.2	23
D型	41.5	22.5
(不透水磚) 對照組	74.7	26.5

EXIT

中華西路試驗區入滲效益分析表

- ◆ 94.6.2~4降雨之水量計、雨量計監測結果知，透水性鋪面對尖峰逕流減緩及地下水挹注具有成效。



試驗區地點	記錄日期	降雨量 (mm)	滲出量 (mm)	滲出效益 (%)	抗滑值 (BPN)
新興國中旁 (A測站)	2005/05/07~14	62.05	50.09	81	56.7
中華西路與新興路交叉口 (B測站)	2005/05/07~14	62.05	53.04	85	75.2

案例說明- 西安街(新)





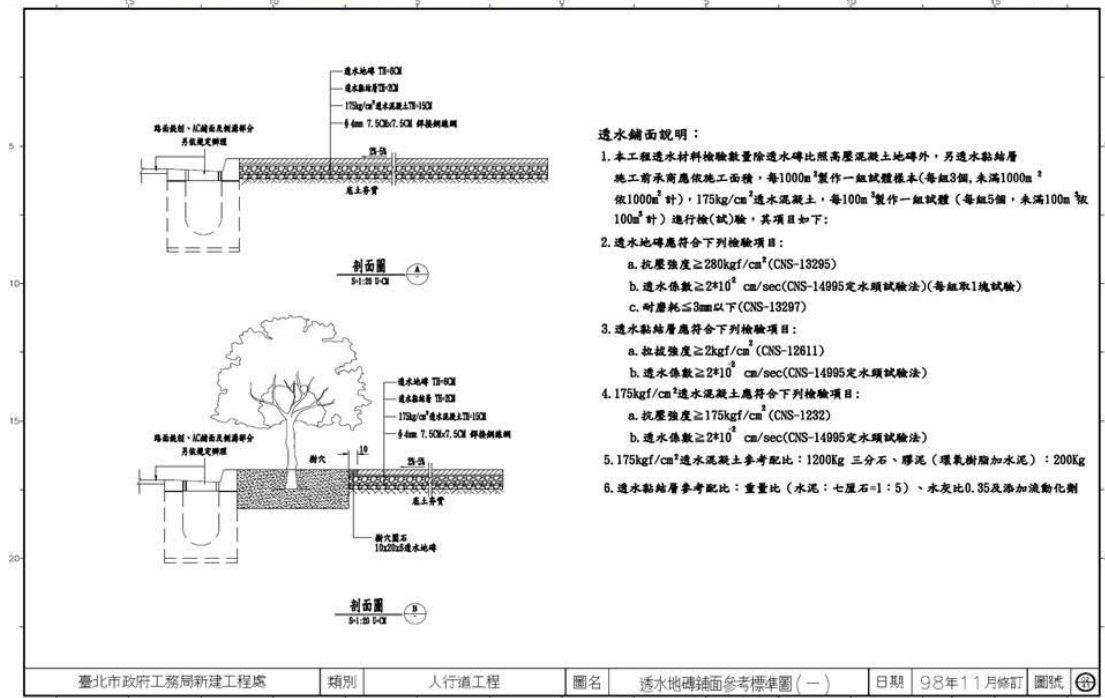




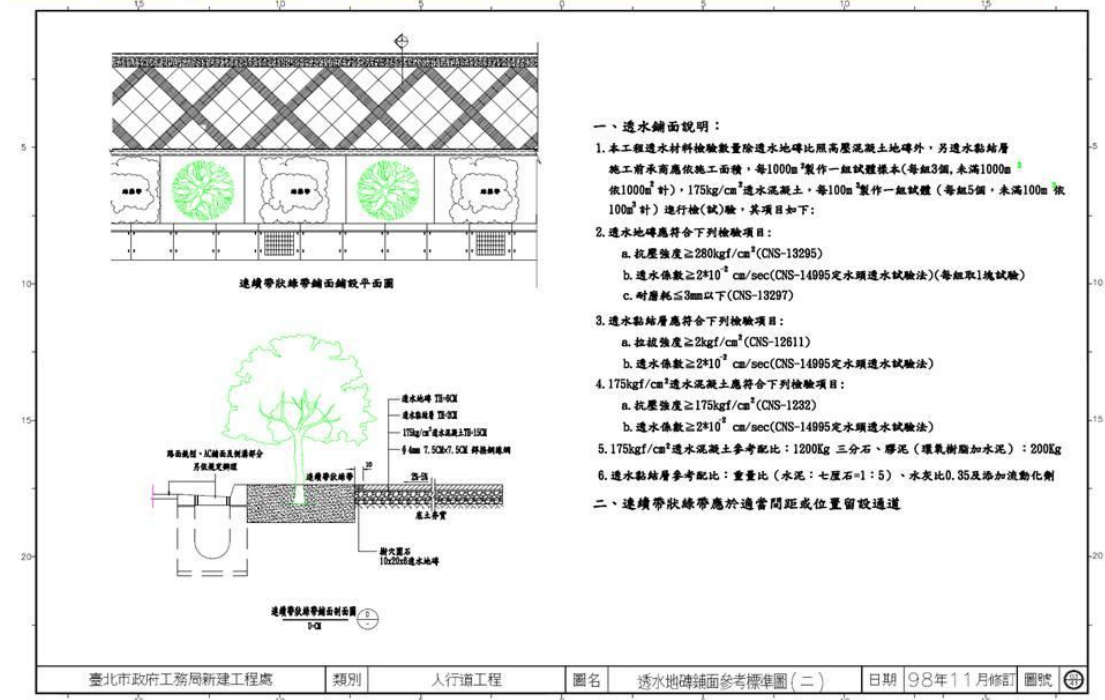




施工標準圖(1/2)



施工標準圖(2/2)



單價分析比較(1/3)

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價
1	機械拆除，鋼筋混凝土，為含運費	M3	0.23	730	168
2	於方自行處理(含水土保持)，總重15t傾卸貨車	B.M3	0.23	575	132
3	結構用透水混凝土，預拌，175kg/cm ²	M3	0.15	4436	665
4	產品，熔接鋼線網，D=4.00mm，7.5x7.5cm	M2	1	90	90
5	人行道面層，透水鋪面磚，未含伸縮縫	M2	1	3298	3298
6	聚酯乳膠水泥沙漿	M2	1	144	144
7	零星工料	式	1		300
	合計	M2			4798

單價分析比較(2/3)

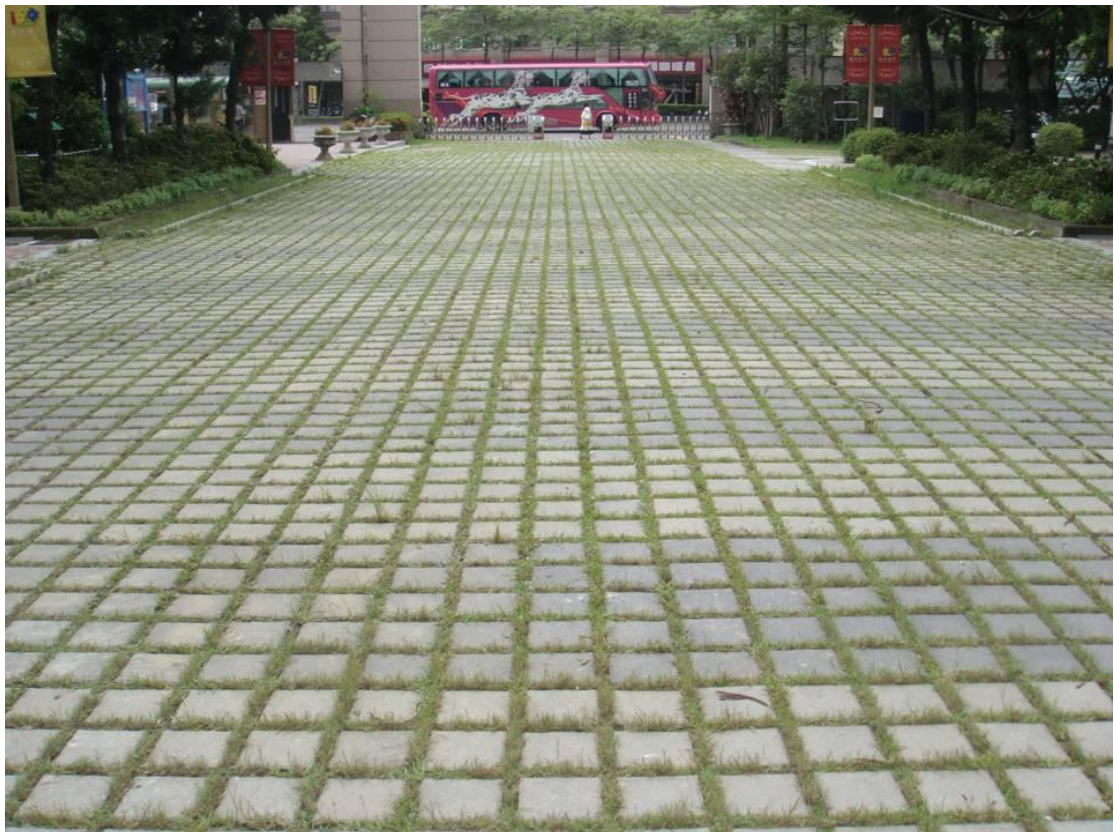
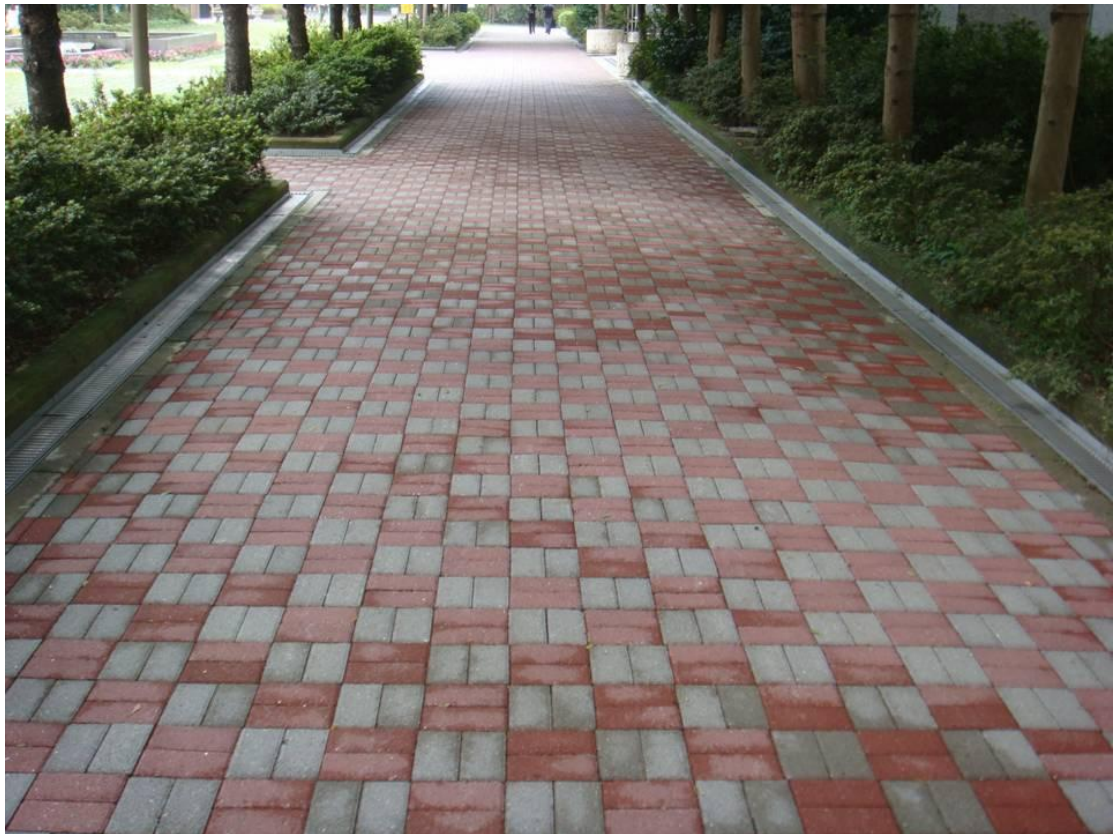
項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價
1	機械拆除，鋼筋混凝土，為含運費	M3	0.23	730	167.9
2	於方自行處理(含水土保持)，總重15t傾卸貨車	B.M3	0.23	575	132.25
3	結構用混凝土，預拌，210kg/cm ²	M3	0.1	2212	221.2
4	結構用混凝土，預拌，140kg/cm ³	M3	0.05	2074	103.7
5	產品，熔接鋼線網，D=4.00mm，7.5x7.5cm	M2	1	90	90
6	人行道面層，鋪面磚(高壓)，未含伸縮縫	M2	1	1393.92	1393.92
7	零星工料	式	1		200.03
	合計	M2			2309

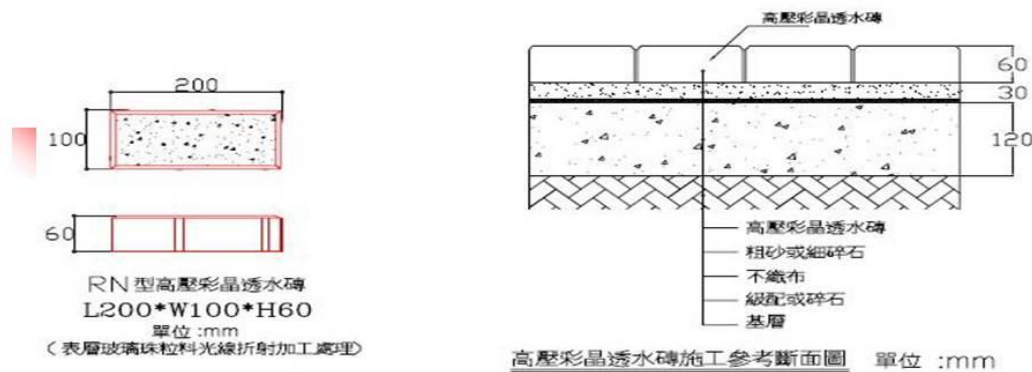
單價分析比較(3/3)

- 經分析高壓混凝土鋪面每平方公尺單價約為2,309元，透水磚鋪面每平方公尺單價約為4798元。→3500元
- 透水磚單價約為高壓混凝土磚鋪面單價之207%。

案例說明- 北科大校園(新)

完工日期：99年12月14日完工





施工規範：

1. 基層鋪設：2. 級配層鋪設：壓實後之高度必須與設計圖面相符，不得以填墊砂調整級配層厚度。

NO	品質要求項目	標準
1	基層壓實度	95%以上，每500m ² 至少測試一點
2	級配層壓實度	95%以上，每200m ² 至少測試一點

3. 鋪設不織布：

4. 鋪設填墊砂層：

A. 檢視路面是否平整，不得有凹凸不平之現象 B. 填墊砂應為堅硬、潔淨之粗砂或0.5cm以下之碎石，厚度為2-3cm C. 設置水平基準線後刮平，刮平後不得鬆動。

5. 鋪設地磚：

A. 訂基準線 B. 按設計圖說正確依次向前鋪設 C. 鋪設完成之地磚，應由側面敲實，確不得移動填墊砂。

6. 鋪設縫隙砂：

A. 填縫砂規格為0.3mm~2.5mm，應為潔淨之河砂 B. 將填縫砂撒於鋪面上，待砂乾後後以壓板機壓實鋪面來回2次以上 C. 將鋪面上殘餘之砂掃入磚縫內 D. 檢查鋪面是否平坦。

* 本圖僅供參考，磚規格以實際磚為準，承商施作前應提送磚規格資料及色彩計畫供甲方審查 *

高壓彩晶透水磚品質要求說明

1. 面層材料為水泥、透水玻璃珠粒料與色料，底層為水泥與0.8cm玻璃珠粒料、碎石，經高壓強力震動結合成形，經加工後使面層粒料裸露。

2. 品質要求

NO	品質要求項目	標準	檢驗方法	抽驗數量
A	面層質感	須有明顯光線折射效果	目視檢查	1. 3000m ² 以下各抽驗3個 2. 每增加3000m ² 增加1個 3. 不足3000m ² 以3000m ² 計
B	抗壓強度 (平均值)	230kgf/cm ² 以上	CNS13295	
C	透水係數	1X10 ⁻² cm/sec以上	以定水位型透水試驗器檢驗	
D	製造廠資格	須領有高壓混凝土磚正字標記證書		

3. 鋪面收邊使用界石或緣石，品質要求如下

NO	品質要求項目	標準	檢驗方法
A	面層質感	須有明顯光線折射效果	目視檢查
B	抗壓強度	3000psi以上	將界石切割為8x8x8cm之試體並作上下右左各面平後檢驗之。
C	製造廠資格	須領有預鑄混凝土緣石正字標記證書	

4. 承包商與業主簽約後30日內須將材料樣品及製造廠之高壓混凝土磚正字標記證書，預鑄混凝土緣石正字標記證書送請監造單位審核，審核通過後再驗廠。
5. 驗廠：承包商須會同有關單位赴製造廠驗廠其上述證件之正本(須為該製造廠)及自動化製磚機和該產品樣品須具備生產能力後方可材料簽約，生產、進場交貨，設計監造單位並進行2、3之品質要求及檢驗，檢驗通過後材料方得陸續進場施工，以確保工程品質與進度。
6. 交貨之材料與送審通過之樣品及檢驗通過之材料須質感相同，否則監造單位有權退貨。
7. 為維護業主權益及設計監造之原設計理念，並確保地磚之品質，製造材料與色澤之一致性，同一工程使用之地磚，植草磚，高壓界石，花台石等水泥製品必須為同一廠商所生產。
8. 驗收時須附檢驗報告正本，及內含規格、數量、顏色之生產出貨證明書正本。



單價表

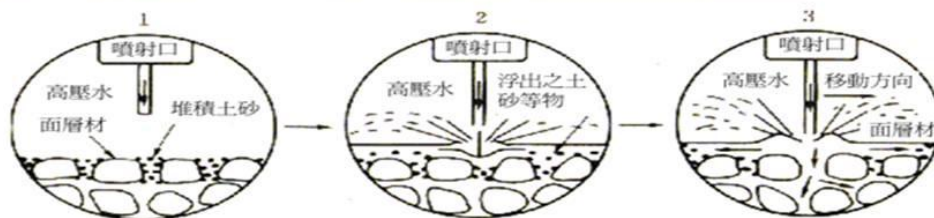
磚種類	單價一	單價二
透水磚	\$1000/ m ²	\$680 /m ²
螃蟹磚	\$1275/ m ²	\$730 /m ²



透水鋪面管理與維護

(因阻塞、重荷、設計不良而破壞)

- 鋪面完工前四個月，每月檢視一次，往後每年檢視四次。
- 於大雨後即刻檢視表面是否積水，若發現鋪面嚴重阻塞，需翻修。
- 透水鋪面強度較弱，應設置**告示牌**禁止重型車進入，避免不當使用造成結構破壞。
- 鋪面應避免堆置砂土及其它粒料或粉狀物料和含泥砂之車輪進入，以免破壞鋪面透水性。
- 鋪面周圍地面應種植草皮，避免裸露地之砂土進入。
- 鋪面若接受臨近地區排水，應視需要設置前處理設施，以去除漂浮物及沉渣，延長鋪面使用**壽命**。
- 鋪面應於每年雨季來臨前檢測透水性，透水性降低至一定程度，應即進行清洗。



鋪面每年清理四次，使用吸塵及高壓水柱沖洗兩道程序

結論

1. 由水文效益試驗結果可知，透水性鋪面對於暴雨逕流量抑制、地下水挹注具有相當成效，尤其當降雨量小於 35.00mm/hr 時，入滲效益大都可達至 80% 以上，故可作為都市綜合治水及補助地下水對策之一。
2. 降雨過後透水性鋪面始具有降低溫度之效果，而其降低能力及持續時間主要與日照溫度及透水性鋪面內含水量有關，在飽和狀況下，北安路實驗區室外氣溫高達 30°C 以上時，降溫能力可達 8°C ，但降溫效果只可持續一天且對於降低熱島效應，有減少部分能源消耗。
3. 從文獻及實驗得知，透、保水鋪面適用於塵砂量小、土壤透水係數佳及地下水位在 2.5 公尺下，故在選擇鋪設透、保水鋪面時，需找尋適當場址，並行鑽探以瞭解土壤性質及地下水位。

建議

1. 雖透水鋪面之試驗地及數據漸多、分析益趨近完整，若能加強設計、施工規範，定更利於大量推廣。
2. 透水鋪面對於環境效益具有相當成效(降低溫度、延遲洪氾時間)，但需更多實驗數據及更長觀測時間，以便了解不同材質設計及地區對環境之效益及耐久性。
3. 為能更充分地瞭解透水性鋪面之成效，將來期能針對水質與承載能力進一步分析與量測，並將入滲之雨水作貯留回收機制，以提升水資源永續利用。

報告完畢 敬請指教

7.82.net

綠屋頂發展與應用 SUSTAIN 模式簡介

主講人簡介

陳起鳳教授

現任

中國文化大學土地資源系助理教授

學歷

國立臺灣大學環境工程研究所博士

國立成功大學環境工程學研究所碩士

國立成功大學環境工程系學士

經歷

中國文化大學土地資源系助理教授

臺北科技大學土木系兼任助理教授

臺灣大學全球變遷研究中心博士後研究員

專長

環境工程

環境規劃與管理

集水區管理

不確定性分析



綠屋頂發展與應用 SUSTAIN模式簡介

陳起鳳

中國文化大學土地資源系助理教授

2011/08/31

綠屋頂

- green roof, planted roof, vegetated roof, grassed roof, eco roof, rooftop gardens
- 有植物覆蓋的屋頂

綠屋頂種類

- 開闊型(extensive)與加強型(intensive)

特性	開闊型	加強型
構造	基底層較薄(50-200mm) 重量較輕(<50-220 kg/m ²) 維修費較低	基底層較厚(>200mm) 重量較重(200~1000 kg/m ²) 維修費較高
優點	重量輕，可使用於大面積 總成本低廉 適用於建築物翻修工程 植物可自行生長 維護成本低	具有多用途，如休憩、種植食用植物 植物種類多樣化 隔熱效果較佳 美觀價值高
缺點	植物種類選擇少 視覺吸引力低	總成本高 不適用屋頂翻修工程 重量大，需考慮屋頂負荷重 需要較多能源、水等資源維護

3

Intensive green roof:
可種植深根植物



4

extensive green roof:

只能種植淺根植物，但可用於傾斜屋頂。



5

建築物對環境影響

- 電力使用 (65.2% of total U.S. electricity consumption)
- 溫室氣體排放 (30% of total U.S. greenhouse gas emissions)
- 廢棄物 (136 million tons of construction and demolition waste in the U.S.)
- 用水 (12% of potable water in the U.S.)
- 天然初級資源 (40% of raw materials use globally)



Stormwater Management Academy
"Manage it Stormwater is Good Water"



6

綠屋頂對環境影響

- 保存雨水
- 植物光合作用，釋放氧、減少二氧化碳
- 改善空氣品質
- 減少能源使用
- 中和酸雨
- 降低水污染濃度(視為貯水槽)

7

常見的綠屋頂效益

公共效益(public)

- 協助暴雨逕流管理
- 改善空氣品質
- 改善景觀
- 環境教育
- 提供就業機會
- 減少都市熱島效應
- 減少能源使用

常見的綠屋頂效益

私人效益(private)

- 增加建物價值
- 延長屋頂壽命
- 減少暴雨處理費
- 節省能源費用
- 減少水費
- 降低噪音
- 有益健康與生活品質

建設綠屋頂誘因

- 減少部分水處理費
- 美觀、增加休息空間
- 土地利用最大化
- 減少空調成本
- 延長屋頂壽命
- 改善民眾觀感
- 增加建物價值
- 幫助取得綠建築認證
- 減少暴雨逕流體積、減少雨水滯留池體積

德國綠屋頂

- 德國綠屋頂設置面積為全世界第一
- 1960年代開始：植物對屋頂壽命延長之研究
- 1975年景觀發展與景觀設計學會FLL
(Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung
Landschaftsbau)，制定綠屋頂工程與品質規範標準
- 1980年代：「將自然帶回城市」(bring nature
back into the city)，帶動城市綠化工作

另有不同層級的法規規範

11

日本東京綠屋頂

- 2001年「東京都自然保護條例」修正
 - 建築物有義務盡可能利用屋頂 20%以上面積進行綠化，違反者將處以20 萬日元以下的罰金。
- 2009 年10 月東京都屋頂綠化基準強化
 - 1000 m²以上未滿5000 m²(公有建築250 m²以上未滿1000 m²)的基地，屋頂綠化面積需達20%
 - 5000 m²以上(公有建築1000 m²以上)的基地，屋頂綠化面積需達25%
 - 若為聯合開發、區域開發等，1000 m²以上未滿5000 m²(公有建築250 m²以上未滿1000 m²)的基地，屋頂綠化面積需達30%
 - 若為聯合開發、區域開發等，5000 m²以上(公有建築1000 m²以上)的基地，屋頂綠化面積需達35%。

另有貸款、補助、稅賦等配套措施

12

美國stormwater policy

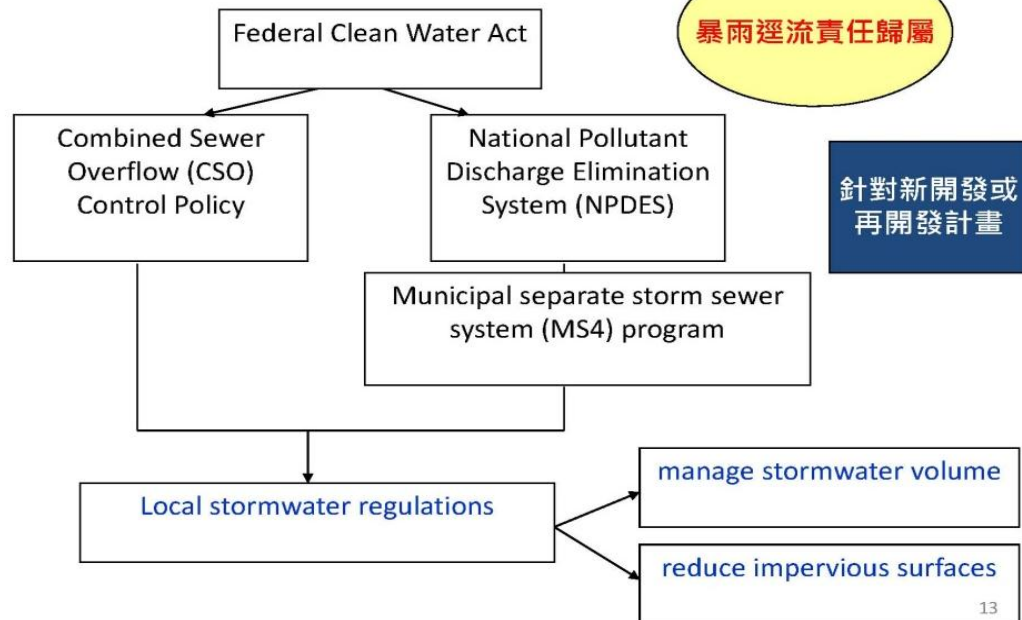


Figure 1: A green roof at Evergreen College was built to offset the addition of new impervious surfaces from new parking spaces.



Figure 2: Decentralized stormwater management features, such as this bioretention area in the Villobos project, collect runoff from rooftops, sidewalks, and yards for infiltration into the ground below.



Figure 2: Santa Monica offers rebates for water harvesting and reuse to help reduce the amount of polluted urban runoff that reaches the beach.

台灣

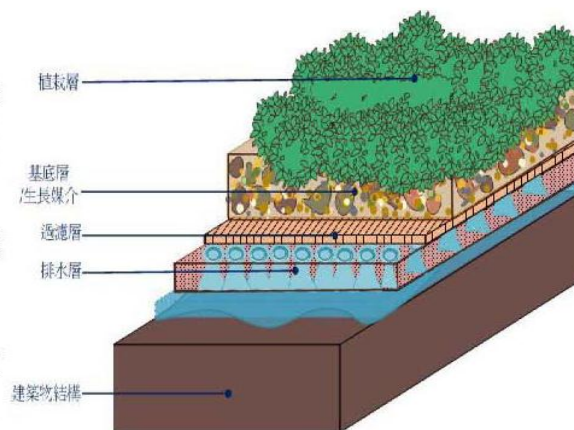
- 100年5月「新北市推動綠能屋頂計畫」



15

綠屋頂結構

- 防水層(waterproofing layer)：避免被植物根穿透。
- 排水層(drainage layer)：排水層的主要目的在儘快排除過多的水分，或土壤內的水分，防止土壤長期飽和。排水層亦有助於底層的透氣。
- 過濾層(filter layer)：用以防止細小顆粒堵住排水層。
- 基底層(substrate layer/growing layer)(土壤層)：為生長媒介，需具有保持水分、排走過多水分、良好透氣、能吸收營養、能讓植物穩固等功能。
- 植栽層(plant layer)：所選用的植物應具有能忍受極端溫度、太陽照射、缺水或洪水、強風等條件。



16

綠屋頂植物

- 景天科(Crassulaceae)：多肉植物，具有肉質的莖及葉片
 - 景天屬Sedum為大宗
- 其他本土草本植物



寶珠



乙女心



萬年草

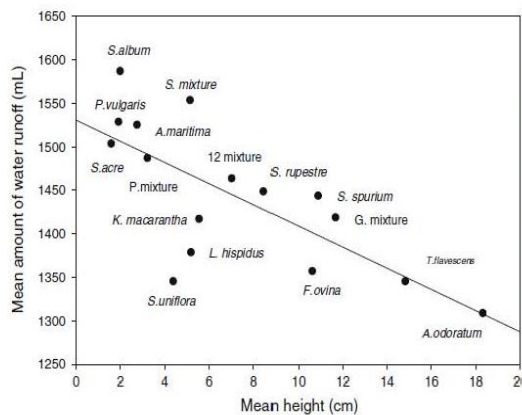


松葉佛甲草

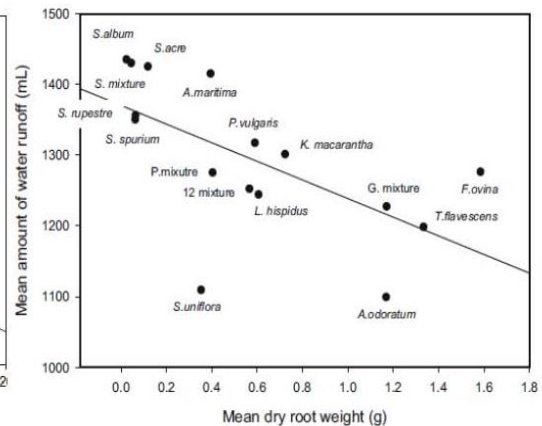


銘月

17



Species with greater height and diameter were associated with less runoff.



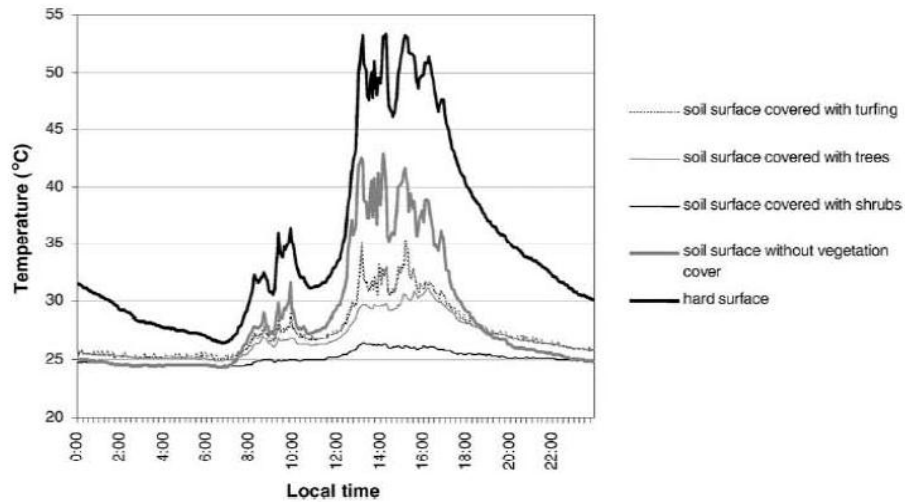
The dense root systems of grasses tend to retain more water than less dense systems.

植物高度越高、根密度越高，
雨水貯留效果越好。

Dunnett, et al., (2008)

18

植物覆蓋對地表溫度影響



Wong, et al., 2003

19

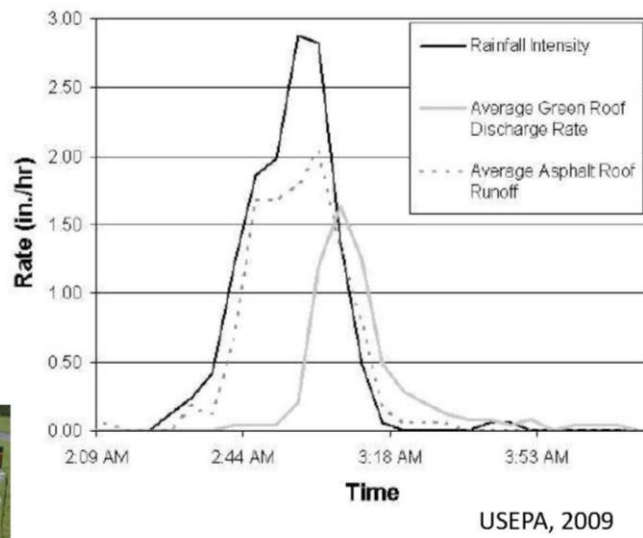
綠屋頂水文研究

- 綠屋頂水文
 - SWMM模擬
 - TR-55計算：CN number, rational equation

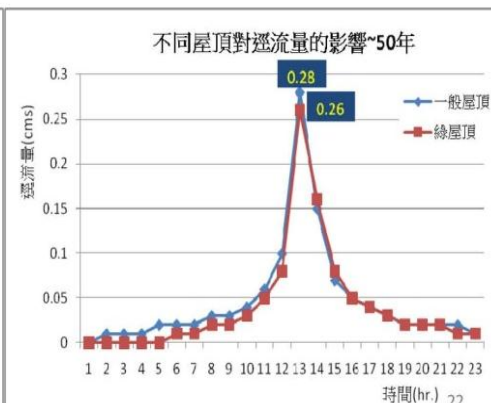
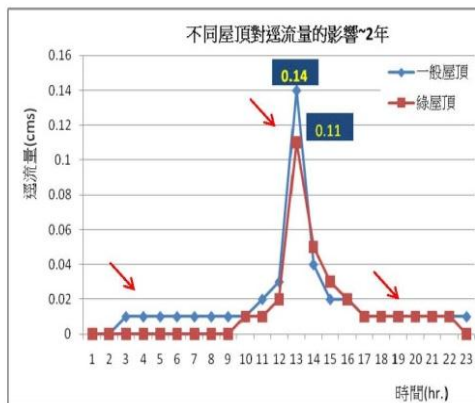
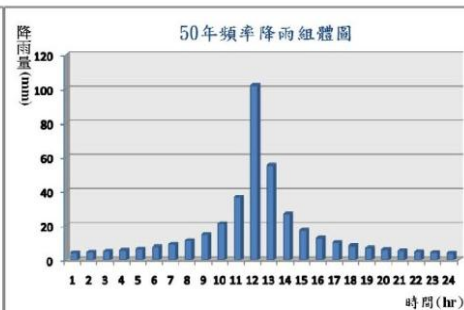
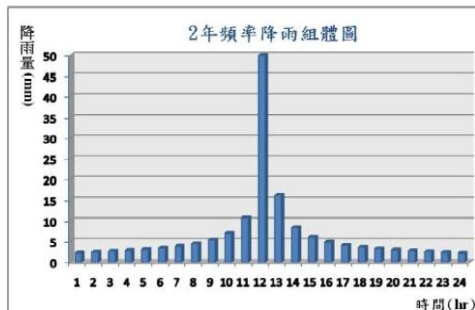
20



典型綠屋頂水文影響效果



21



22

逕流量分析結果

	模式	一般屋頂(mm)	綠屋頂(mm)	相對減少量 (%)
2年頻率	SWMM	151.2	111.6	26.2
	TR-55	124.2	99.9	19.7
50年頻率	SWMM	381.6	331.2	13.2
	TR-55	353.76	324.39	8.3

尖峰流量分析結果

	模式	一般屋頂 (m ³ /sec)	綠屋頂 (m ³ /sec)	相對減少量 (%)
2年頻率	SWMM	0.14	0.11	21.4
	TR-55	0.28	0.09	71.4
50年頻率	SWMM	0.28	0.26	7.1
	TR-55	0.09	0.04	55.5

23

綠屋頂水質採樣結果

- 綠屋頂水質
 - 綠屋頂與一般屋頂水質採樣分析

24

研究區位

	信義區公所綠屋頂	信義國中綠屋頂	松山工農綠屋頂	裸露屋頂
完工日期	97年6月	98年9月	97年4月	-
綠化面積	200 m ²	590 m ²	80 m ²	-
土壤厚度	3-15 cm	3-15 cm	3-15 cm	-
主要植物	景天科耐旱植物為主	景天科耐旱植物為主	景天科多肉植物及濱海植物為主	-
管理方式	區公所之員工認養管理	社區大學領養	無人管理	-

25

研究區域照片



26

研究方法

1. 採樣期限為2011年5月至7月底,共採了六次降雨(表一)。
2. 氣象資料來源：中央氣象局
3. 水質分析項目：
 - － 溫度、溶氧量、導電度、酸鹼值、硝酸鹽氮、氨氮、總磷、化學需氧量、懸浮固體。
 - － 前5項水質項目採現場量測(攜帶式水質計(YSI PRO Plu, USA))。
 - － 另外4項水質項目，依據環檢所公告之採樣及分析方法，在北科大環境生態實驗室進行分析。

27

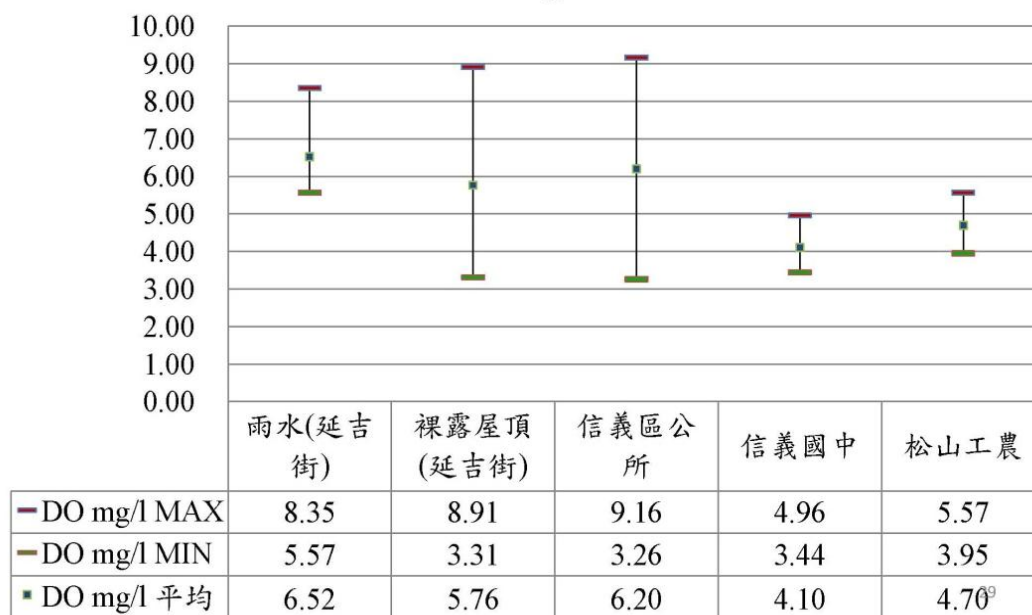
表一、採樣之降雨事件資訊

降雨時間	總雨量 (mm)	降雨延時 (hr)	降雨強度 (mm/hr)
2011.05.02	8	3	2.7
2011.05.13	37	5	7.4
2011.07.03	19	4	4.8
2011.07.13	12	2	6.0
2011.07.15	8	1	8.0
2011.07.17	20	2	10.0

28

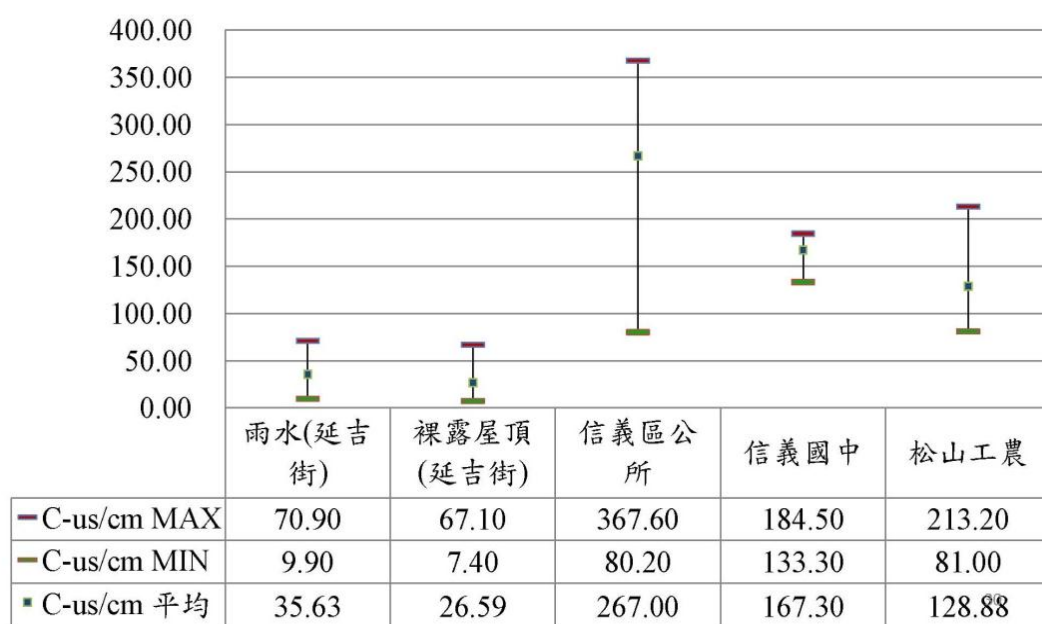
逕流水水質分析結果(1/8)

DO mg/L



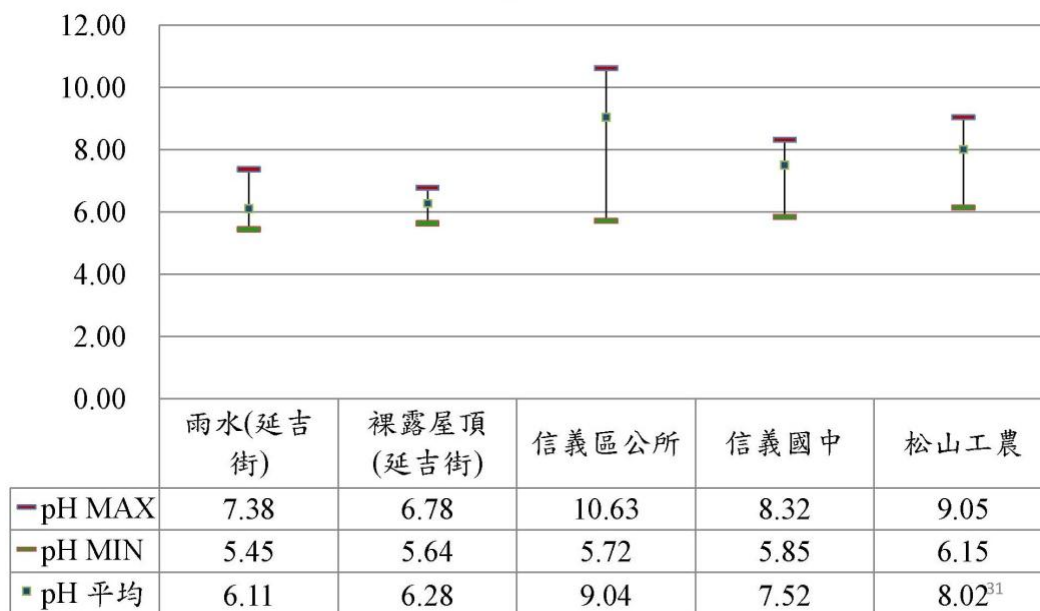
逕流水水質分析結果(2/8)

C-us/cm

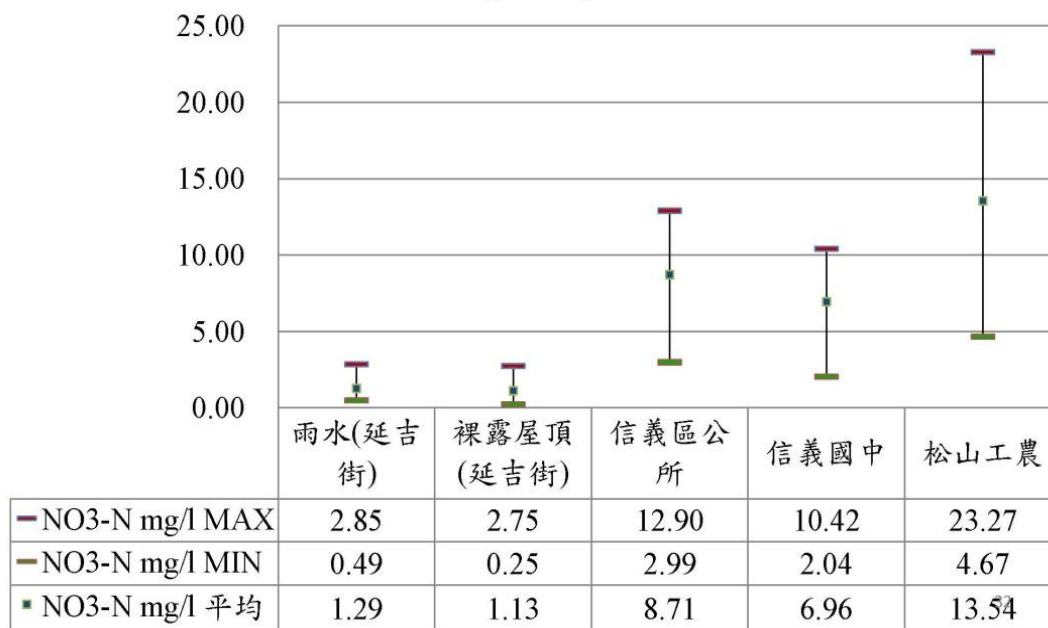


逕流水水質分析結果(3/8)

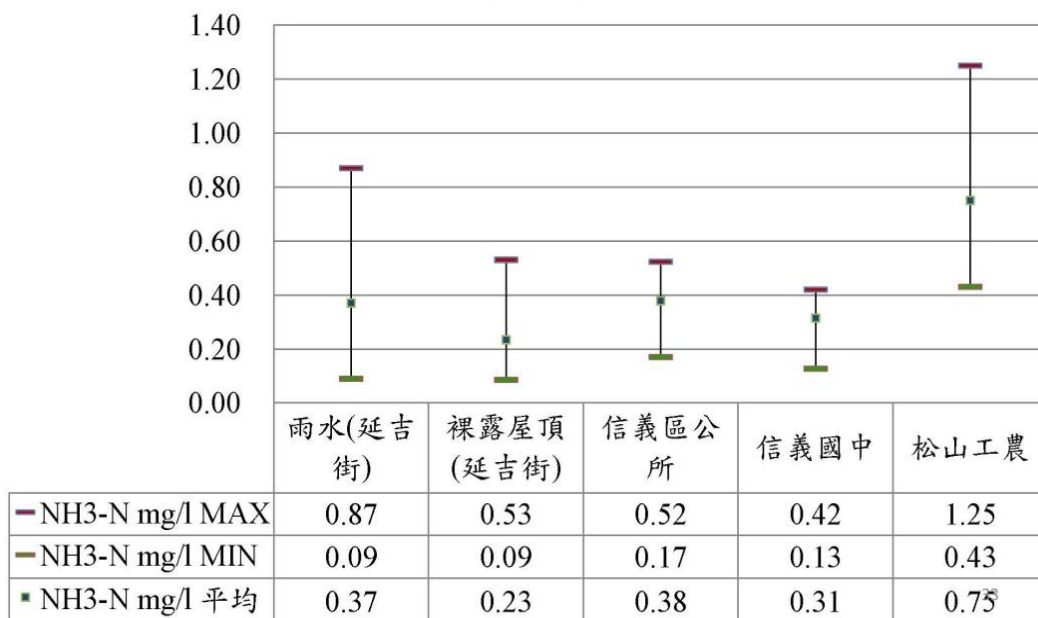
pH



逕流水水質分析結果(4/8)

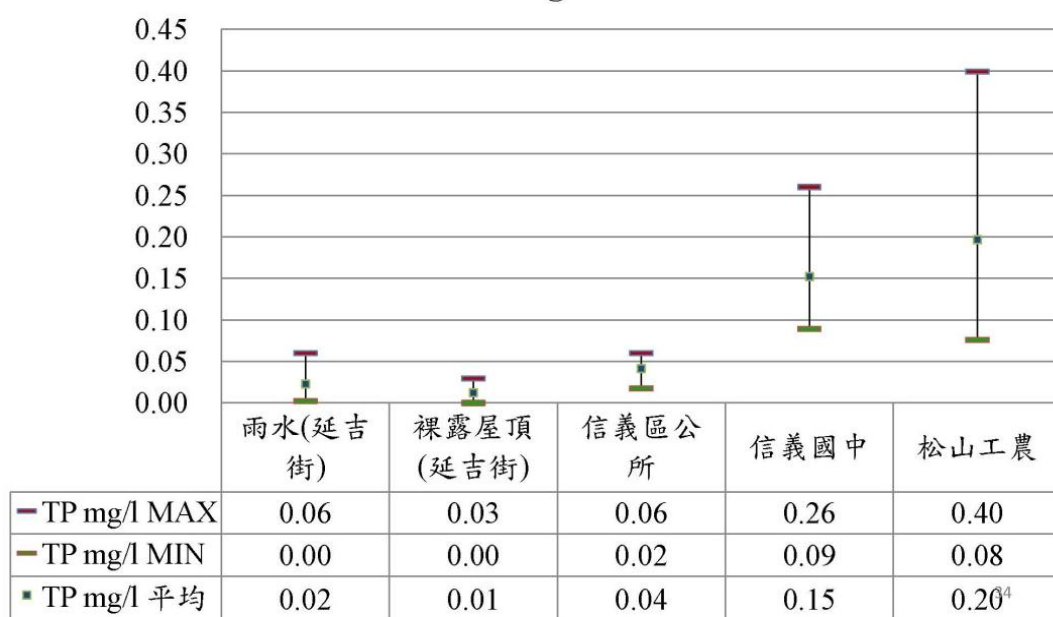
NO₃-N mg/L

逕流水水質分析結果(5/8)

NH₃-N mg/L

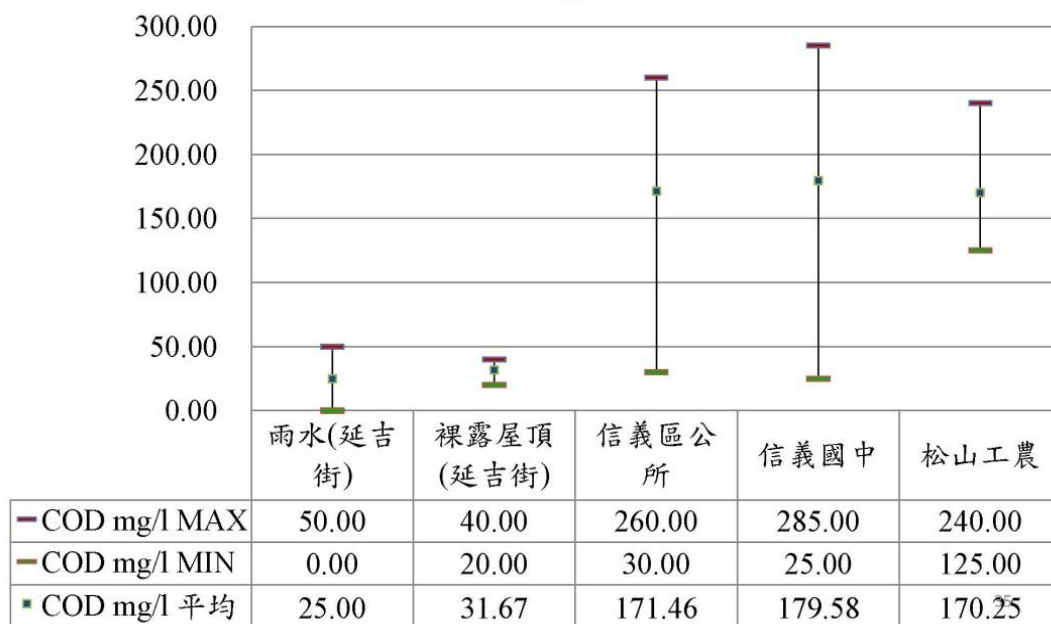
逕流水水質分析結果(6/8)

TP mg/L



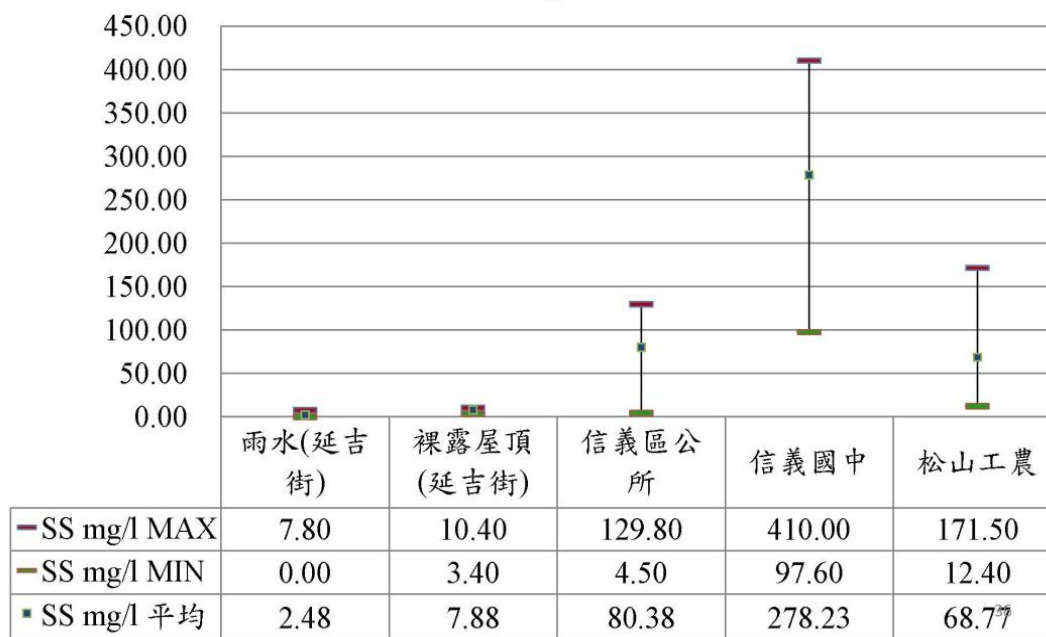
逕流水水質分析結果(7/8)

COD mg/L



逕流水水質分析結果(8/8)

SS mg/L



雨水、裸露屋頂及綠屋頂逕流比較

	雨水平均值	裸露屋頂 平均值	雨水與裸露 屋頂比值	綠屋頂 平均值	雨水與 綠屋頂比值	裸露屋頂與 綠屋頂比值
T(°C)	29.98	30.13	1%	31.15	4%	3%
DO mg/L	6.60	5.36	-19%	4.78	-28%	-11%
C-us/cm	36.83	24.05	-35%	186.64	407%	676%
pH	6.16	6.37	3%	8.26	34%	30%
NO ₃ -N mg/L	1.14	0.91	-20%	8.53	648%	834%
NH ₃ -N mg/L	0.30	0.23	-22%	0.48	60%	105%
TP	0.03	0.01	-59%	0.13	401%	1132%
COD	25.00	26.67	7%	145.06	480%	444%
SS	2.10	7.34	250%	110.50	5162%	1406%

註1:雨水與裸露屋頂的比值=(裸露屋頂-雨水)/雨水*100%

註2:雨水與綠屋頂的比值=(綠屋頂-雨水)/雨水*100%

註3:裸露屋頂與綠屋頂的比值=(綠屋頂-裸露屋頂)/裸露屋頂*100%

37

SUSTAIN簡介

- SUSTAIN-
System for Urban Stormwater Treatment
and Analysis Integration

38

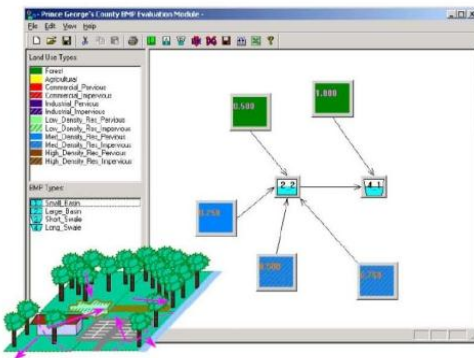
LID/BMP評估模式

- 集水區管理決策支援系統模式：
BMP Toolbox、BMPDSS、SUSTAIN
- 美國環保署與Tetra Tech.技術公司合作開發，專用於非點源污染管理的決策工具



39

- BMP Toolbox
 - 可模擬土地開發前、後與BMPs（或LID）設置後之水質與暴雨逕流的變化關係。
 - 輸入不同暴雨型態、不同BMPs設施設計及逕流路徑來預估BMPs設施成效，做為不同管理方案之評估工具。

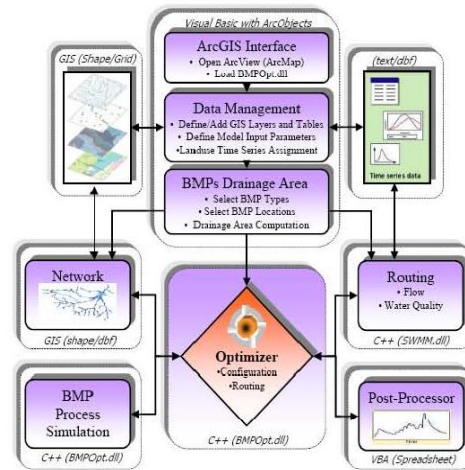


BMP Toolbox 模式操作介面

40

BMPDSS

- 以地理資訊系統（GIS）合併BMP模擬模組，並加入系統最佳化（optimization）。
- 需有ArcView 9.x (ArcMap)空間分析系統軟體。

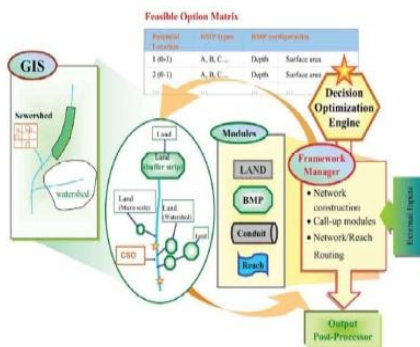


BMPDSS 模式操作流程

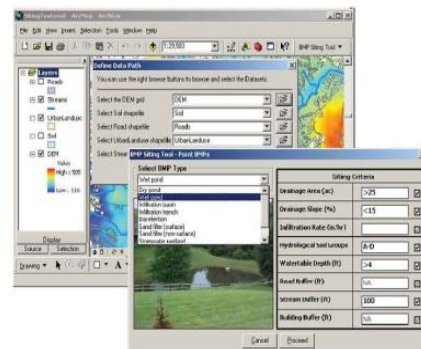
41

SUSTAIN

- 提供多種BMPs與LID之配置選擇與方案，以及多種不同組合在不同尺度之成本和效益分析。



SUSTAIN 模式操作流程



SUSTAIN 模式操作介面

42

SUSTAIN應用領域

- 評估並選擇LID/BMP方案以達到管理目標(如TMDL)
- 幫助決定最具成本效益的方案，協助都市暴雨管理計畫
- 計算污染負荷並決定源頭管理措施
- 規劃最具成本有效性的設施組合以減少逕流量，幫助合流系統溢流(CSO)控制決策

43

SUSTAIN應用尺度

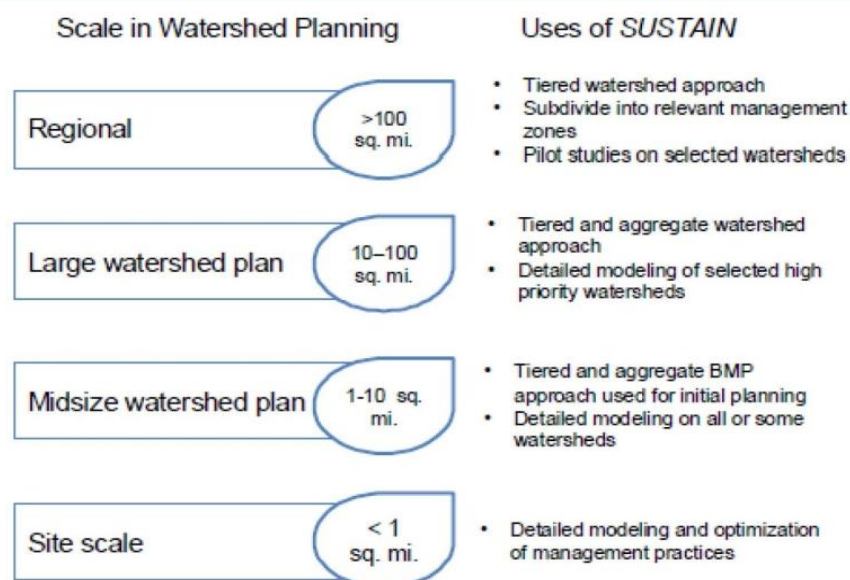


Figure 1-4. *SUSTAIN*'s multiple scales of application.

44

SUSTAIN措施種類

14種

Table 1-1. Management Practices Supported by SUSTAIN

Management Practice

Bioretention

Cistern

Constructed Wetland

Dry Pond

Grassed Swale

Green Roof

Infiltration Basin

Infiltration Trench

Porous Pavement

Rain Barrel

Sand Filter (non-surface)

Sand Filter (surface)

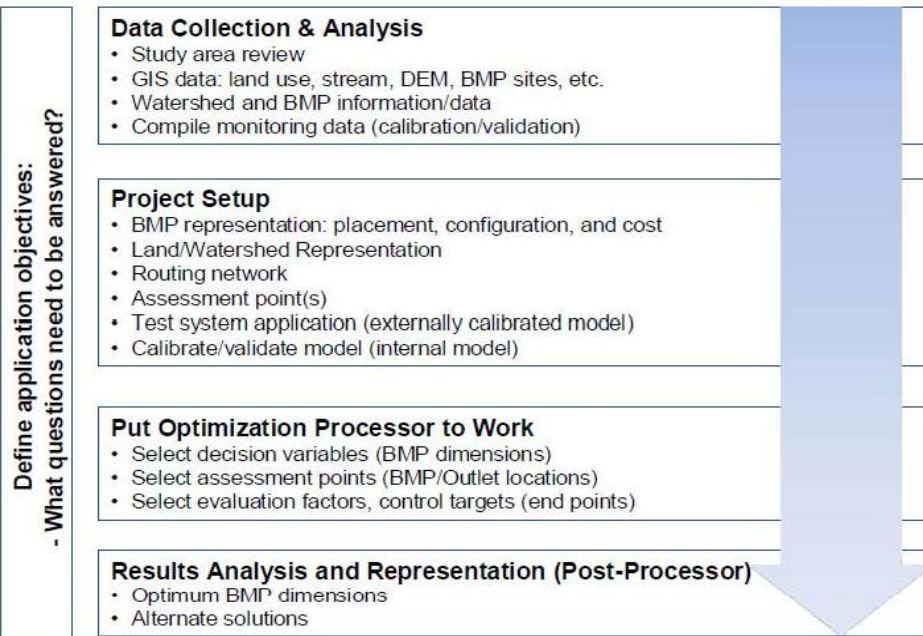
Vegetated Filterstrip

Wet Pond

BMP Option	BMP Type
Bioretention	Point LID
Cistern	Point LID
Constructed Wetland	Point BMP
Dry Pond	Point BMP
Grassed Swale	Linear BMP
Green Roof	Area BMP
Infiltration Basin	Point BMP
Infiltration Trench	Linear BMP
Porous Pavement	Area BMP
Rain Barrel	Point LID
Sand Filter (non-surface)	Linear BMP
Sand Filter (surface)	Point BMP
Vegetated Filterstrip	Linear BMP
Wet Pond	Point BMP

45

SUSTAIN使用流程



46

SUSTAIN模擬模組

三個核心模組

- 集水區/土地使用模組: 氣象、水文、水質
- 傳輸模組: 水文、沉積物、污染物
(HSPF/LSPC RCHRES and SWMM
Transport compartment)
- BMP模組: BMP設施種類、大小、成本

47

第四個模組：最佳化模組

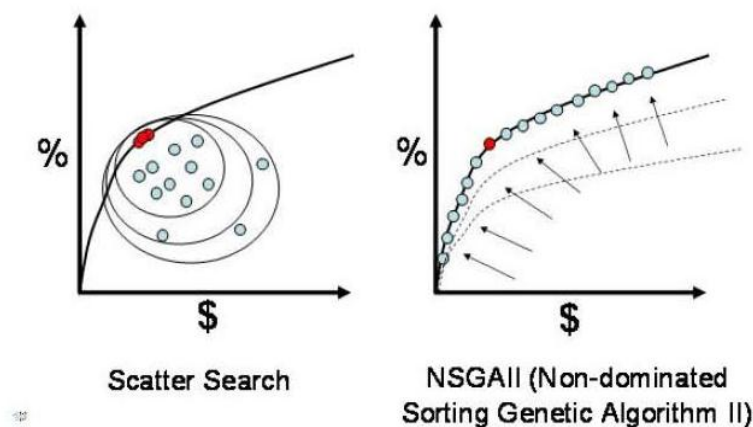


Figure 3-19. Comparison of Scatter Search and NSGA II optimization techniques.

48

結論

- 綠屋頂利用建物閒置空間，創造出多功能效益，值得推廣。
- 綠屋頂對於水文水質改善有條件上限制，但對於建築物節能與都市熱島效應改善有顯著幫助。
- 綠屋頂之推廣需要法規、設施標準、經濟誘因等方法一併執行。
- 本土性相關研究與監測資料仍舊缺乏。

49

簡報完畢 敬請指教

50

保護河川從社區自主的河川管理做起

主持人簡介

王藝峰組長

現任

經濟部水利署保育事業組組長

學歷

臺灣大學土木工程研究所博士

經歷

台大水工試驗所博士後研究員

經濟部水資源局助理工程司、副工程司、正工程司

經濟部水資源局科長

經濟部水利署副組長、組長、防災中心主任



主講人簡介

李永展教授

現任

中華經濟研究院研究員

學歷

國立成功大學都市計畫學士

國立臺灣大學土木工程碩士

美國密西根大學都市設計碩士

美國密西根大學環境規劃博士



經歷

行政院國家永續發展委員會委員

內政部都市計畫委員會委員

內政部區域計畫委員會委員

台灣環境資訊協會理事長

中國文化大學教授

國立政治大學教授

桃園市副市長

桃園縣政府城鄉發展局長

專長

城鄉規劃、都市設計、永續發展、社區營造、環境心理學

榮譽

921 校園重建「新校園運動貢獻獎」(教育部，2003)

都市計畫獎狀學術類(中華民國都市計畫學會，2004)

保護河川從社區自主的河川管理做起

李永展

中華經濟研究院研究員

Email: yungjaanlee@gmail.com

《水質水量保護區保育技術應用與管理研討會》

2011 年 8 月 31 日

一、楔子：離開淡水河的視線¹

有人說，淡水河是全台灣最特別的一條河，在歷史上，她是孕育北台灣移民文化的母親河；在經濟上，她是過去台灣物產運輸、聚落發展、農作灌溉與民生用水的臍帶河；在地理上，她由大漢溪與新店溪在江子翠匯集成主流，至關渡地區又與基隆河會合，最後在淡水站油車口與八里鄉挖仔尾的夾口中流入台灣海峽，她的流域範圍橫跨新竹縣、桃園縣、台北縣、台北市、基隆市，總面積達二千七百餘平方公里，她是超過六百萬人口生活其中的生命河。

然而，不過短短半個世紀，淡水河的圖像不再充滿浪漫的詩意，不再刻畫著生活的痕跡，「淡水暮色」這首歌裡的情境：「日頭就要沈落西，水面染五彩，男女老幼在期待，漁船返回來」已成懷古的憑弔，或者成為 KTV 裡無意嘶吼的流洩；人與河流的阻絕，意味著生活的斷裂，歷史的轉變。

不斷往源頭延伸的水泥高牆，不友善地標示著淡水河的存在，以拒絕人們的窺探，並掩飾牆裡的不堪；沿著高牆一路增加的水門，則又羞澀的迎接，以生硬的綠草妝點，形成了勉強送作堆的尷尬場面；總覺得所謂的親水公園是對淡水河再次的污蔑，人們怎麼可以把她傷的這麼重之後，又一廂情願的要她抹上僵硬的愉悅，陪著笑臉。

隨著河堤高築，一條條快速道路犀利地劃過灰濛的天際，散發著盧貝松式的特有疏離，駕車馳騁其上，竟是人們對淡水河最親近的凝視，只不過這種凝視近乎呆滯，空洞而不帶感情，沒有貼近繁瑣生活的真切，也沒有類似複雜情愫的聯想。她是一條承載著文明穢物的臭水溝，人們對她視而不見，正反映了人們對自己造成的錯誤傷害，不敢正視的怯懦，所以急著逃離，忙著掩蓋。

河流之於人，原本是一種依靠，一個豐富創造的泉源，難道現在卻只剩下不斷欺凌後的掩鼻走避？文明總是發源於流域，但河流也總是遭到文明無情的蹂躪。

¹ 修改自李永展等（1999）。

淡水河並非就是這樣無聲無息，獨自安靜地混濁了、凋零了，她更不是兀自發臭，沒有原因。現場目擊不僅是為了從回溯庶民生活的面貌，拼貼完整的歷史圖像，更為了確認我們現在的真實處境，不為了懷舊感傷，而是為了不再麻痺，不再逃避。

跨過那道沿著淡水河豎起的高牆，也跨越我們心理那個自欺的藩籬，當我們認真地面對柴橋坑溪上傾洩的廢土、大漢溪旁堆積如山的垃圾、新店溪畔倒臥的樹木屍體、基隆河邊工廠排放的污水、淡水河口八里污水廠的廢水放流、或者不知名的小溝渠裡，駭人的紅色藍色黑色各色的液體，甚至水溝蓋下流竄的家庭污水，我們將知道是誰殘忍又無知的扼殺了她的美麗與生機。

看見淡水河，何其容易，君不見每逢假期週末慕淡水夕照之名而來的遊客，熙來攘往的身影；看見淡水河，又何其艱難，君不見跨橋渡河而過的人們，對橋下混濁的河水，視若無睹的表情。當然看見與拒絕看見都不過是視覺的選擇，只是如果人們不立刻終止對她的污染傷害，不努力嘗試將她從瀕危邊緣搶救回來，我們將再也看不到想看見的；而要拒絕看到不想看見的，只有蒙上眼睛，蒙蔽心靈，假裝我們不再需要認同，不再需要感覺。

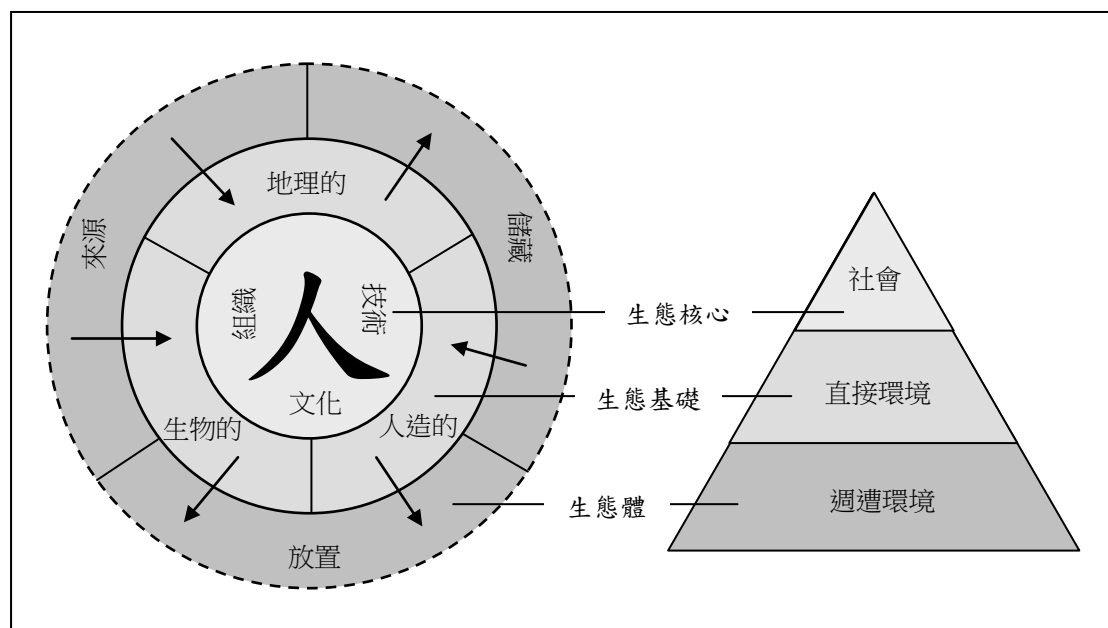
如果活著，就只是活著，不在乎過去，也不期待未來；沒有疑問，也沒有答案，那麼我們似乎可以放下所有的衝動、拋棄所有的期待，對於守護淡水河的林林總總，淡然處之。但我們並不會如此做。我們看待淡水河，其實是很內在也是很外求的，我們希望讓淡水河經驗不只是鄰近社區居民的生活記憶；更期待所有人將淡水河面貌拼湊起來，即使是破碎的，但都能有更多的人願意循著這份「破碎地圖」親身走一遍，讓淡水河與人們之間的距離不再遙遠。而對社區居民而言，只要有開始，就永遠不會嫌太遲。因此，我們提出社區自主的河川管理，作為全民守護淡水河的可能途徑。

本文從河川所在社區的在地角度，建構在人文社會面向的社區參與理念下，提出「社區自主的河川管理」之可能性，從相關文獻整理出「社會—經濟—自然的複雜生態系」之核心架構，然後從社區主體切入，提出社區自主的河川管理之主要原則及主要策略，最後，參考歐盟鄉村發展計畫的理念，擬定社區在河川管理的發展模式上應有的體制對策。

二、社區自主的河川管理：守護淡水河的可能途徑

Mitsch & Jorgensen 曾提出 19 項生態設計原則，其中第 9 個原則指出「環境管理應考慮生態系過程中獨特的時間和空間尺度」（陳淑珍譯，2005: 93）；而 Lewis et al. 所建議的 15 項濕地重建原則中也指出「在規劃和各計畫階段的管理上都需要各種學科的專家參與」、「某些類型的系統需要長期管理的能力」（陳淑珍譯，2005: 181-182），可見河川相關議題除了工程及生態領域的學科外，人文社會面向的經營管理以及不同時空的環境也扮演了重要的角色，因此，本文嘗試從人文社會面向的河川管理提出一些可能的想像。

生態工程的目標不只是為了環境保護，同時也是為了經濟利益及社會利益，這種多重目標的方式可被解讀為「社會－經濟－自然的複雜生態系」（social-economic-natural complex ecosystem, SENCE）。SENCE 的結構有三層關係（圖 1），其核心是人類社會，包括組織、文化、及技術，這是控制的部份，稱為「生態核心」（eco-core）；第二層是直接環境，包括地理、人造、及生物環境等人類活動的基本媒介，也就是「生態基礎」（eco-base）；第三層是外環境或周遭環境，同時也稱為「生態體」（eco-pool），包括與直接環境交換元素的來源、置放和儲藏。生態工程只發生在硬體（技術和創新）、軟體（制度改革、系統最佳化）、及智力體（人類行為、人類生態學）都整合的情況下（陳淑珍譯，2005: 289-293）。



資料來源：修改自陳淑珍譯（2005:292）

圖 1：社會－經濟－自然的複雜生態系

這些研究都指出，惟有「軟硬兼施」，同時重視硬體及軟體（及智力體）的前提下，河川管理才能真正被落實，如此才能避免決策者經常以經濟和工程的理由，只採取緊急應變的方式處理河川保育的問題，因而衍生出更多、更新的環境問題。就此而言，將「參與」運用在河川管理上是賦權給地方並強化地方制度能量的一種方法，也是軟體面向的一個重要手段。透過讓所有利害關係人都加入討論，並提供機會使他們注意到每個人有不同的利益及經驗，問題便能被辨識，而資訊便能夠被參與者及主事者共享及取得。因此，「參與」在河川計畫或管理的規劃階段是相當重要的，如此才能確保地方敏感性、對河川議題的完整瞭解、以及利害關係人的持續參與及回饋。此外，提供機會給河川所有利害關係人來報告、分析、並分享他們的經驗也是另一種手段，透過這個手段可以強化地方知識網絡及適應環境的能力，而得以將社會資本交付給當地居民。

三、社區自主的河川管理之原則及策略²

「參與式河川管理」也就是「社區自主的河川管理」，如果將「社區為主的資源管理」定義為「提供人們機會及責任來管理他們的資源、界定他們的需求、目標及期望，並訂定會影響他們福祉的決策」（Fellizar, 1993），或是「一種用來達到以人為中心的發展之策略，在這種發展中，有關某個地區自然資源永續利用的決策之核心取決於該地區的社區居民」（Addun & Muzo, 1997），那麼，由於河川為天然資源的一種，因此把上述定義中的「資源」改為「河川」便可作為「社區自主的河川管理」之定義：「一種用來達到以人為中心的發展之策略，在這種發展中，有關某個地區河川永續利用的決策之核心取決於該地區的社區居民」。

（一）社區自主的河川管理之主要原則

1. 賦權

河川所在的社區往往位於邊緣地區，因而大部份河川社區都有貧窮及資源破壞的問題，探討邊緣化問題需將權力或政治經濟力量從少數人移轉到受剝削的大多數人。透過將河川資源的使用及控制從少數人移轉到社區，社區才能逐步在經濟領域被賦權，同樣地，因為針對資源的社區管理及控制被有效地操作，政治賦權也得以被確保。

² 本節修改自李永展（2005）。

2. 公平

和賦權有關的是提昇社區居民對河川使用及控制權的公平性，公平意謂著少數人不能擅用霸佔某個特定資源，如果不是只有少數人而是整個社區能使用河川資源，那麼便達到公平的目的。

3 永續

我們必須在使用資源時考慮到資源之有限性（容受力及消化力）來確保發展的永續性，我們相信社區在管理其資源時會採取永續的方式，更甚者，透過河川資源的永續使用，跨世代的公平性便能被確立。

4. 系統性

這個原則讓我們體認到各種關係之間的動態性，社區不可能獨立於其它社區之外，正如社區資源在生態面而言是和更大的生態系相連結的。

5. 平權

在發展過程中，甚至在社區管理思維中，女性一向被認為是理所當然的弱勢族群或非主體，但能瞭解到女性在家庭及社區管理所扮演的角色便是使發展能成功的重要關鍵。除了作為社區的成員外，女性有明確的特質及需求，因此，各種發展便必須探討到女性和社區資源管理及控制上的實際及策略之各種需求。

（二）社區自主的河川管理之主要策略

建構在社區自主的河川管理之重要原則下，相關研究提出以下的策略來落實社區參與的理念：

1. 加強所有利害關係人對於河川永續管理之瞭解、認知、知識、意願、及能力
 - 持續且擴大永續河川管理的各種努力。
 - 透過訓練、比較分析、及廣泛的支持，來持續且擴大永續河川管理的社區賦權活動。
2. 發展並實施適當的機制，使公共參與在辨識、規劃、實施、監測、及評估河川管理的過程中有最大的可能空間
 - 持續且擴大既有的社區自主的河川管理。
 - 強化且賦權給地方社區機構，使他們在永續河川管理時能和其它利害關係人有平等的能力及討論的地位。

- 確保所有關於河川管理的決策已考慮到社區的期望。
3. 研擬並發展能支持河川永續管理及所有利害關係人公平性的政策及法令
- 透過諮詢、專家討論、及其它機制來進行例行研究，以便吸收發展適當政策、法令、及規定的最新議題。
 - 檢視與河川管理有關而可取得的環境標準，並發展可能會對河川造成破壞的活動之其它適當環境標準。
 - 擴大經濟評估研究、成本效益分析、環境影響評估、及其它分析機制，作為河川政策發展的工具。
 - 體認到地方知識及政策和永續河川管理有關。
4. 提昇利害關係人的瞭解及認知，讓他們知道河川管理應以地方及國家政策／法規、及國際公約為基礎。
- 傳播有關永續河川管理的國家政策／法規及國際公約之相關資訊。
 - 針對所有利害關係人舉辦河川管理的政策及法令規章發展的持續訓練。
 - 確保與河川有關的管理計畫之經濟評估、成本效益分析、及環境影響評估，以及其它的分析機制。
 - 改善河川管理執法人員的能力。
 - 發展可支持河川明智使用及永續管理的各種努力。

四、社區自主的河川管理之策略方針

歐盟鄉村發展計畫(LEADER)，強調偏遠或落後具有經濟發展危機的社區，在整合經濟、社會、文化與環境等永續發展上的重要元素為：地區為基礎、由下而上、夥伴關係及「在地行動團隊」、創新、整合、地區間的網絡及合作、在地融資與經營(李永展，2004)。由於河川所在的社區往往是偏遠或經濟落後地區，因此，也可以根據 LEADER 的理念，提出社區自主的河川管理模式來落實永續發展的理想。誠如上述，如何落實在地管理必須有對應的體制對策(制度／法令／規章等)，而論及體制的建立，基本上有幾種資本必須加以培養。根據 Khakee (2002) 的研究指出，欲實踐地方永續性的體制建構上，基本上有三種體制資本必須要加以考慮：

（一）智識資本（intellectual capital）

係指建立在前人經驗、科學調查以及人、地及議題等了解度之上的各種知識資源。亦包含了關心議題、共享與豐富知識與理解的新方法，以便於輔助決策建立；其基本要素包括了知識的範圍及架構、知識的連結、對於新知識的態度等。

（二）社會資本（social capital）

係指為了支援與強化協作決策及行動的能力，使廣泛的夥伴間能夠合作的社會網絡資源。社會資本涉及了對活動、人與地間關係的思索，其基本要素包括了社會關係的範圍、網絡間的連結、權力關係等。

（三）政治資本（political capital）

係指一種承諾或意願，不僅是政治家或政府官員之間的，也是公民運動及利害關係團體之間的，藉以塑造議程或採取行動。這是根據所有參與者之間互相的信賴與尊重為基礎，而且對於建立輿論、影響政策構思與動員資源來說，都是必要的。其基本要素包括了動員的結構、集體運作的方法以及改變代理者等。

根據這三種體制資本來分類，本文所研提的社區自主的河川管理體制的策略方針，基本上可朝以下三大方向再建構：

（一）智識資本的再建構

河川周邊社區在發展上所面臨的許多課題往往是因為資訊的落後或缺乏所造成，而這也往往是當前河川周邊的社區所面臨的普遍困境。以河川周邊社區而言，不了解有哪些可資爭取的輔助管道，不了解缺乏遊客總量管制對長期的社區經濟發展所具有的負面效果，不了解文化產業帶動河川社區經濟的重要性等，主要因素都是在於缺乏相關的智識所造成。因此，必要的知識培養與資訊傳達，這成為重要的核心。

（二）社會資本的再建構

河川周邊社區由於大都仍保有傳統社區之社會脈絡，因而普遍具有團結性與凝聚力，因此當政府的決策或是法令緩不濟急的時候，便呈現出一種良好的可用資源。然而，問題重點在於——以法令面而言，目前國內缺乏相關社區參與法令可以指導社區事務。換言之，長期面除了應當盡速通過社區發展的相關立法之外，就近期面而言則應配合智識資本的建立，了解在地文化認同建立的重要性，以此作為社區營造與生態保育的基礎，包裝在地形象與地方特色。同時，與外界其他專業團體、機關在資訊、財務經營上的互動、社區間的合作網絡，都是在此必須建立的重點。

（三）政治資本的再建構

與河川周邊社區有關的發展或保育政策及法令，在延擬、變更或修正的時候應當配合河川周邊社區的文化紋理與社會結構有所適性調整，除了社區賦權與社區為主的參與式管理之外，配合當地傳統文化特性，將各社區結合形成一種對外協議的集體財，以落實地方自主性的由下而上，並強化政治動員的集體影響力，有助於改善河川周邊社區的居民在重要事務上主導治理的可能。

五、代結語：用心才看得見³

雖然從小生長在淡水河邊的大稻埕，但有關淡水河的記憶只有模糊殘像，河堤上的毛毛蟲，以及河邊那個傳說著鬼故事、被樹蔭遮蔽的老舊磚房。她是一條河，但僅止於填補我對河流這個名詞的具象投射，沒有交集，沒有故事。

一個偶然的機會帶我真實地走近淡水河流域的生命，那時基隆河截彎取直的工程正如火如荼的進行，長久以來依河維生的三腳渡漁民正面臨著被迫離水的命運，最後一個「寮仔」是漁船得以靠岸的歸依，也是淡水河流域最內陸漁民生存的標記。以此為據點，我感受到人生與河川的旭日，也目睹了人心與河川的黃昏。

還記得那是一個艷陽高照，但風卻出奇的大的八月，沿著正在施工加高的河堤來到基隆河畔，陣陣腐臭迎面而來，幾個面容黝黑、臉部線條堅毅的老漁民駛著船緩緩靠向岸來，我登上船，沒看到魚蝦或者蛤蜊，只有一桶桶污濁的河水，他們熟練地把河水舀掉，留下污泥裡爬滿著紅色的小蟲，這些紅蟲就是他們出港捕獲的戰利品。

他們說過去在基隆河還很乾淨的時候，每次出船總能捕到各種高品質的魚，後來河水變髒了，他們只能捕撈到蛤蜊、吳郭，漸漸地隨著河水被污染的程度越來越高，這種用來當作魚飼料的紅蟲就成了他們賴以維生的「漁獲」。還有一陣子，飼養紅龍的風氣正流行的時候，他們也會到士林夜市附近的下水道抓蟑螂賣給販頭，總之他們的職業生涯，跟著基隆河的脈動隨波逐流。

基隆河截彎取直工程徵收了他們世代駐紮的土地，取而代之的是千篇一律格式化的親水公園的步步進逼。隨著親水公園的工程進度，寮仔的範圍日漸縮小，那座收容了許多在大家樂盛行時期被人們斷手斷腳肢解之後丟棄在河裡的神像的「落難神明廟」，也侷限一隅，傳統中原普渡時節在三腳渡廟埕前祭拜老大公、辦桌的習俗也被迫改變，這些依河維生的漁民因「親水」而必須「離水」，終至一點一滴，切斷了他們與基隆河一生的牽繫。

³ 修改自李永展等（1999）。

幾年後，駐足承德橋上，放眼望去，親水公園已取得最後的勝利，那個象徵著三腳渡漁民生活標記的「寮仔」已不見蹤影，親水公園拉不近人與河依然不平等的對待，河水依然發臭，然而那個夏天的迴響卻才是讓我無可逃避的，心底的聲音。

是的，因為用心才看得見，只有用心從社區自主的河川管理做起，守護淡水河才可能成真。

參考文獻

- 李永展等（1999），《淡水河破碎地圖》，台北：晨星。
- 李永展（2004），《從生物多樣性與環境正義觀點探討保育地生態旅遊與社區參與機制建構之研究》，台北：行政院農委會。
- 李永展（2005），「社區自主的濕地管理」，《2005 聯合年會暨論文研討會》，2005 年 12 月 17 日，台中：逢甲大學。
- 陳淑珍譯（2005），《生態工程與生態系統重建》，Mitsch, W. & S. E. Jorgensen (2004) 著 (Ecological Engineering and Ecosystem Restoration)，台北：六合出版社。
- Addun R. & D. M. Muzo (1997), "Community-based Coastal Resource Management (CBCRM): Tambuyog's Experience in the Philippines." In Claridge, G. & O'callaghan, B. (Eds.) Community Involvement in Wetland Management: Lessons from the Field. pp. 219-230. Wetlands International, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Fellizar F. Jr. (1993), Community-based Resource Management: Perspectives, Experiences and Policy Issues. ERMP College, Laguna, Philippines.
- Khakee, A. (2002), "Assessing Institutional Capital Building in a Local Agenda 21 Process in Göteborg," Planning Theory & Practice, 3(1): 53-68.
-

日本琵琶湖水質管理

主講人簡介

康世芳教授

現任

淡江大學水資源及環境工程學系教授

學歷

美國德拉瓦大學土木及環境工程學系短期訪問學者

日本國立東北大學土木工程研究所工學博士

國立成功大學環境工程研究所工學碩士

國立成功大學環境工程學系工學學士

經歷

翡翠水庫管理局局長

淡江大學水資源及環境工程學系副教授

財團法人工業技術研究院化學工業研究所工程師

專長

化學混凝、過濾

Fenton 相關高級氧化程序於水與廢水處理

染整工業水處理（用水、廢水、回收再利用）

淨水場污泥、染整工業污泥之減量與資源化

水回收再利用



日本琵琶湖水質管理

康世芳教授

淡江大學水資源及環境工程學

水質水量保護區與低衝擊開發技術研討會

台北科技大學

2011年8月31日

琵琶湖-淀川流域概況

- 琵琶湖蓄水量275億 Km^3 ，集水區面積3,174 Km^2
- 流入琵琶湖之河川及渠道水路約計460條。
- 大阪、京都兩大地區淀川水系之水資源調節，供應關西地區 1,400萬人口之自來水水源、工業用水 120萬CMD與農業用水2,360萬CMD。
- 包含滋賀縣、京都府、大阪府、奈良縣、三重縣、兵庫縣等六個行政區

琵琶湖-淀川流域



資料來源:財團法人琵琶湖淀川水質保育機構

琵琶湖總合開發計畫(1)

- 1950年日本經濟高度成長，琵琶湖於1960年間發生優養化問題。
- 1972年起依「琵琶湖總合開發特別措置法」，由滋賀縣研擬「琵琶湖總合開發計畫」，經內閣總理大臣核定，推動「琵琶湖總合開發計畫」，計畫為期25年。
- 首次兼顧區域開發與水資源開發之整合計畫。

琵琶湖總合開發計畫(2)

- 計畫目標乃為保育琵琶湖自然環境及恢復水質（改善水質優養化），使資源能有效應用，為琵琶湖及其周邊區域有關保育、開發及管理之綜合性計畫。計畫有三大主軸：
- 「保育對策」乃保護琵琶湖水質及自然環境，
- 「治水對策」乃消除琵琶湖周邊洪水災害，
- 「利水對策」乃有效利用琵琶湖水資源。

琵琶湖總合開發計畫(3)

- 「琵琶湖總合開發計畫」推動之初乃10年計畫(1972年-1981年)後續為推動未完成計畫及琵琶湖水質保育對策，延長10年(1982年-1991年)。
- 再度延長5年(1993年至1997年)，故計畫全程達25年。
- 共推動22項計畫，計畫總經費約1兆8,636億日圓，實際實施經費約1兆9,055億日圓。
- 健全近畿圈地區（滋賀縣、三重縣、奈良縣、和歌山縣、兵庫縣、大阪府、京都府等）之健全發展。

琵琶湖總合開發計畫(4)

- 導入國庫補助負擔率提高特別措施與下游負擔金制度。
- 國庫補助負擔率特別措施以河川、防砂、下水道、土地改良、治山(水土保持)、道路為補助對象，下游負擔金乃水資源開發計畫。
- 下游受惠(利水)地方自治團體如大阪府等須分擔經費。

琵琶湖總合保育計畫(1)

- 日本於1984年頒布「湖泊水質保育特別措施法」（湖泊保育法），琵琶湖於1985年被列為重點湖泊
- 1986年起滋賀縣與京都府(含部分京都市)每隔五年須共同研擬『湖泊水質保育計畫』，據以推動保育計畫
- 「琵琶湖總合開發計畫」於1997年完成，日本中央6個省廳（部署）：國土廳、環境廳、厚生省、農林水產省、林野省、建設省與滋賀縣，於2000年共同推動「琵琶湖總合保育計畫」，又稱為「（Mother Lake 21）計畫」

琵琶湖總合保育計畫(2)

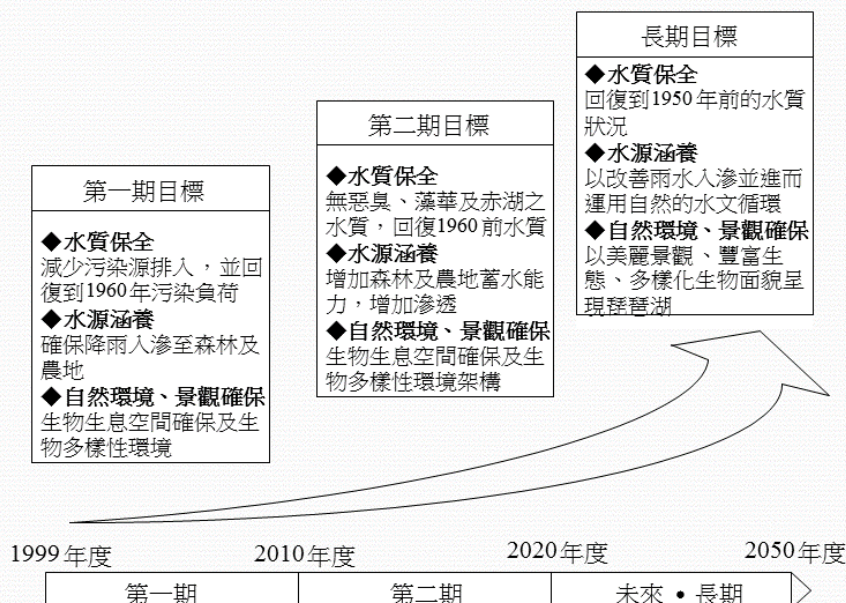
- 由都道府縣首長召集，聽取市村町長及各方意見，訂定「湖沼水質保護計畫」，再經內閣大臣同意，由河川管理者執行，內容包括：
 - (a)推行下水道、水肥處理設備的維護，和疏浚事業計畫的實施。
 - (b)規劃污染負荷的消滅。
 - (c)其他措施，如對非管制對象者採用勸告、指導和協助其削減污染以及保育綠地、湖邊自然環境。

琵琶湖總合保育計畫(3)

「琵琶湖總合保育計畫」計畫目標為琵琶湖與人共生、共存、共有：

- 共生-琵琶湖以健全的面貌繼承給下一世代，以湖泊為世代永續資產，發揮共感（共同體認感覺水源保育重要性）
- 共存（水源保育與生存生活權共存）
- 共有（琵琶湖為世代共有）之基本理念，以持續保育及改善湖泊環境。

琵琶湖總合保育計畫(4)



琵琶湖總合保育計畫(5)

- 第一期至第二期20年間，水質保育主要目標以削減流入污染負荷且恢復至1960年水質
- 水源涵養主要目標為確保森林、農地之雨水涵養能力。
- 由滋賀縣、國土交通省近畿地方建設局及水資源機構共同實施，推動琵琶湖流域水質聯合監測與琵琶湖流域內污染源削減對策，削減家庭污水與事業廢水點污染源負荷。

琵琶湖總合保育計畫(6)

- 應用生態工法控制雨水地表逕流污染負荷、淨化流入琵琶湖之河川水質與湖內水質。
- 水源涵養對策中有關天然水循環保護，擬定農地用水循環對策，推動農地回歸水與農業部落排水再利用，興建循環灌溉及重複灌溉設施。
- 應用生態工法乃包含美國所稱之低衝擊開發與綠色工程之概念。

琵琶湖水質保育計畫(1)

- 分為三大面向及19項策略，三大面向包含水質保育相關計畫、管制措施、其他必要措施。
- 水質保育相關計畫包含6項策略：
 - (1)下水道興建
 - (2)農村部落排水處理設施、合併式建築物污水處理設施之興建
 - (3)家畜糞尿處理設施之興建

琵琶湖水質保育計畫(2)

●水質保育相關計畫包含6項策略：

- (4)廢棄物處理設施之興建
- (5)湖泊直接淨化對策（底泥疏濬、水草去除）
- (6)入流河川淨化對策（河川直接淨化等對策）

琵琶湖水質保育計畫(3)

●管制措施包含7項策略：

- (1)事業廢水對策（廢水管制、指導與控制負荷量）
- (2)生活污水對策（依水污染防治法推動對策、下水道接管、化糞池設置與管理）
- (3)畜牧業對策（畜牧業污染負荷對策、畜牧廠舍與糞尿管理）
- (4)魚類養殖對策（水產養殖設施構造使用之指導）

琵琶湖水質保育計畫(4)

●管制措施包含7項策略：

- (5)非點源對策（農業用地、市街道排水、自然地區之對策）
- (6)綠地保育及其周邊自然環境保育（綠地保育、湖邊生態保育）
- (7)河川流域單位綜合水管理（每一河川流域綜合水環境管理體制）

琵琶湖水質保育計畫(5)

●其他必要措施包含6項策略：

- (1)公共水域水質監測（定期水質調查、自動測站之監測、其他調查）
- (2)推動調查研究（琵琶湖有機物污染機制、土壤淨化功能、生態系變化等之調查研究）
- (3)自然生態系保育及自然淨化功能復育（森林、農地之保育與利用，流域、湖岸之對策、湖泊生態之保育與復育）

琵琶湖水質保育計畫(6)

- 其他必要措施包含6項策略：

- (4) 區域居民之協助（河川保育會議、赤野井灣協議會等組織）
- (5) 整合區域內相關計畫
- (6) 計畫補助（污染處理設施興建之融資）

琵琶湖水質保育第五期計畫(1)

- 依「湖沼水質保育特別措置法」，滋賀縣與京都府自1986年起每5年共同研擬「琵琶湖水質保育計畫」
- 「琵琶湖水質保育第五期計畫」於2006年提出，計畫期間為2006年至2010年
- 「琵琶湖水質保育第五期計畫」包含水質保育相關計畫、管制措施、其他必要措施三大面向及17項措施

琵琶湖水質保育第五期計畫(2)

- 「琵琶湖水質保育第五期計畫」水質保育相關計畫之措施5項：

- (1)下水道興建普及率由80.4%提升至85.6%
- (2)農村部落排水處理設施400部落增至409部落
- (3)建築物污水處理設施之興建由28,479座增至30,279座
- (4)廢棄物處理設施之興建增設垃圾處理設施1處與資源回收設施2處
- (5)直接淨化對策（底泥疏濬、水草去除）

琵琶湖水質保育第五期計畫(3)

- 「琵琶湖水質保育第五期計畫」之管制措施6項：

- (1)事業廢水對策（廢水管制、指導與控制負荷量）
- (2)生活污水對策（依水污染防治法推動對策、下水道接管、化糞池設置與管理）
- (3)畜牧污染負荷對策

琵琶湖水質保育第五期計畫(4)

- 「琵琶湖水質保育第五期計畫」之管制措施6項：
 - (4) (非點源污染負荷 (農業用地、市街道排水之對策))
 - (5) 自然環境保育 (依濕地保育條例保育自然環境)
 - (6) 流域單位綜合管理 (每一河川流域綜合水環境管理體制)

琵琶湖水質保育第五期計畫(5)

- 「琵琶湖水質保育第五期計畫」之其他必要措施6項：
 - (1) 流域水質監測
 - (2) 環境基準分級之指定
 - (3) 調查研究 (琵琶湖水質污染生態系機制、難分解性有機物調查研究、琵琶湖流域綜合管理應用模式)

琵琶湖水質保育第五期計畫(6)

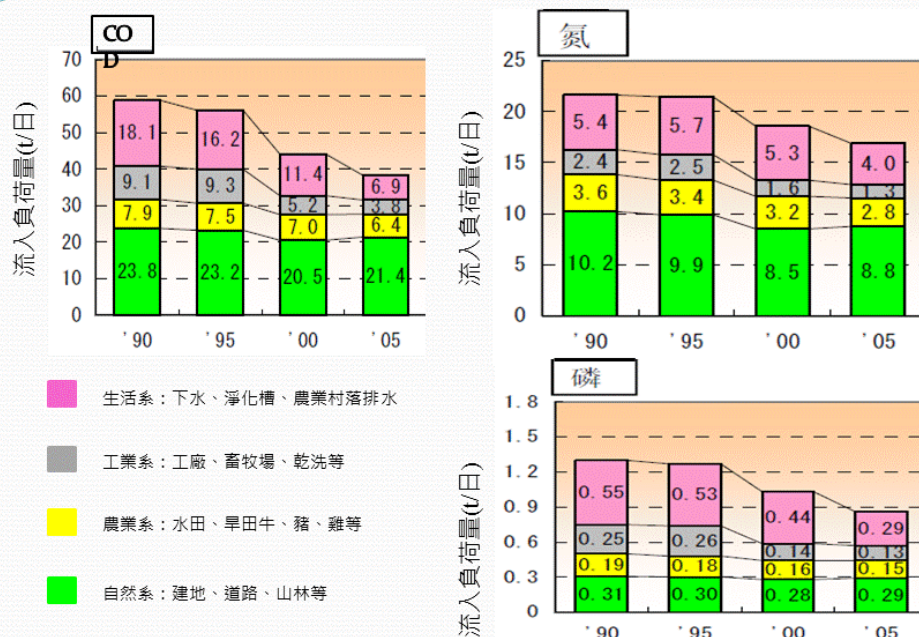
● 「琵琶湖水質保育第五期計畫」之其他必要措施6項：

- (4)自然系保育及自然淨化功能復育（森林、農地之保育與利用，湖泊生態之保育與復育）
- (5)居民之協助（推動民眾參與、環境教育與宣導活動、流域協議委員會）
- (6)水質保育對策

琵琶湖水質保育滋賀縣公告相關法令

- (1)琵琶湖環境基本條例（1996年公告）－依滋賀縣環境基本條例制定。
- (2)滋賀縣生活污水對策推動條例（1996年公告）
- (3)滋賀縣環境影響評估條例（1998年公告）
- (4)滋賀縣農業環境推動條例（2003年公告）
- (5)琵琶湖造林條例（2004年公告）

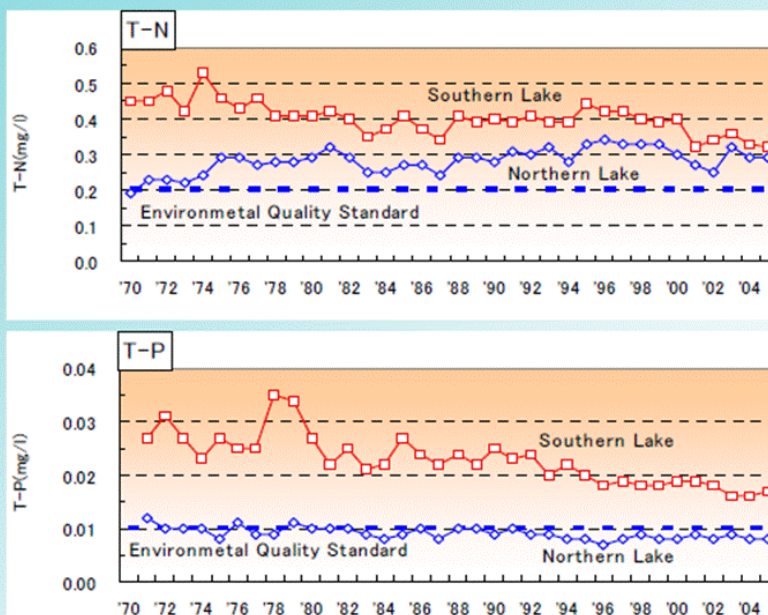
琵琶湖污染負荷分類



資料來源：財團法人琵琶湖淀川水質保育機構

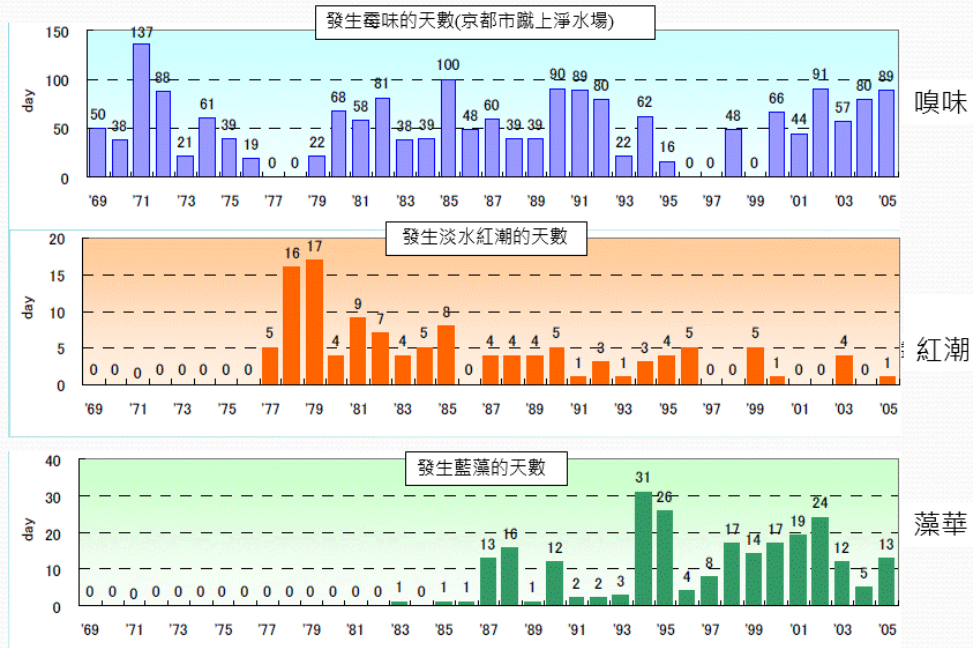
琵琶湖營養源氮磷變化

(資料來源：財團法人琵琶湖淀川水質保育機構)



琵琶湖水質優養化藻華

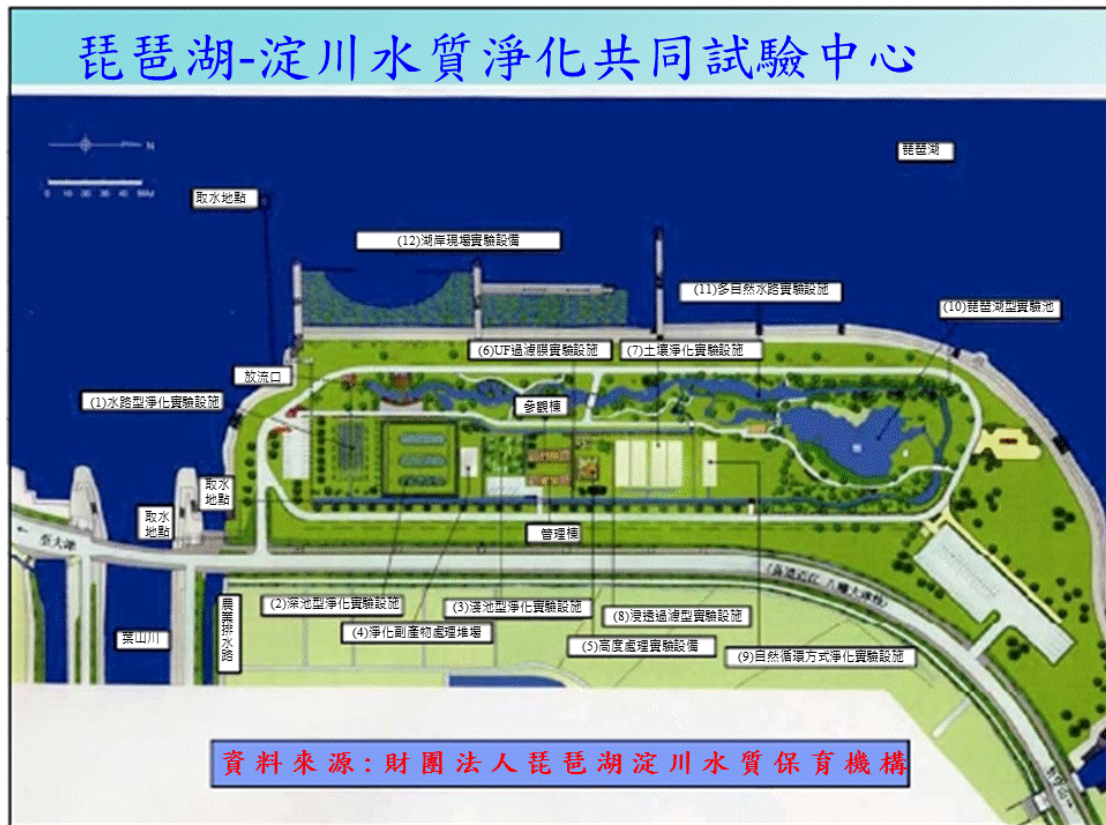
(資料來源:財團法人琵琶湖淀川水質保育機構)



河川與湖泊水質淨化技術開發

資料來源:財團法人
琵琶湖淀川水質保
育機構





水路型淨化試驗設施

- 寬x深x長
2m x 0.9m x 24m
- 最大流量：360m³/日
- 3條水路



都市河川或農業排水，於水路放置材料淨化水質

(資料來源：財團法人琵琶湖淀川水質保育機構)

淺池型水質淨化試驗設施

- 寬x深x長
5m x 0.6m x 20m
- 最大流量：440m³/日
- 4個池



都市河川及流入湖泊河川水質以植物淨化。

(資料來源:財團法人琵琶湖淀川水質保育機構)

土壤淨化實驗設施

- 寬x深x長
6m x 1.8m x 20m
- 最大流量：600m³/日
- 4個池



以土壤處理淨化河川水質

(資料來源:財團法人琵琶湖淀川水質保育機構)

琵琶湖型實驗池

- 深度：0.3~0.5m
- 容積：1,000m³



- 琵琶湖1/600比例縮小之實驗設施，湖泊水域水質淨化實驗。（資料來源:財團法人琵琶湖淀川水質保育機構）

多自然型水路實驗設施

（資料來源:財團法人琵琶湖淀川水質保育機構）

- 構成：三面布局型水路約 240m
J字水路 約160m
多自然型水路
上游部(石頭) 約50m
中游部(砂礫) 約125m
下游部(土) 約165m

棲息在多自然型水路中的魚類



丁斑魚



大陸鰻魚



鰍



備忘錄