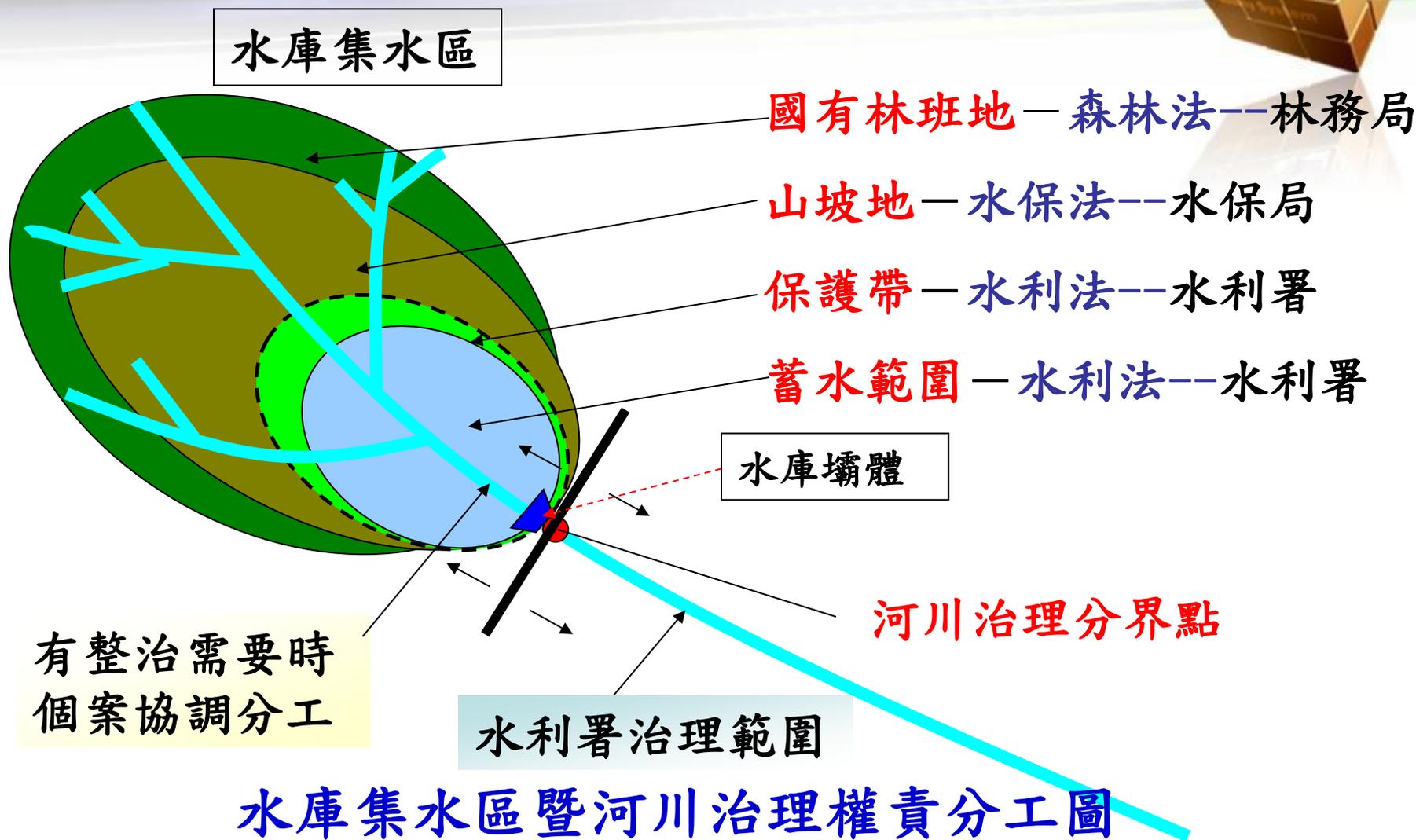
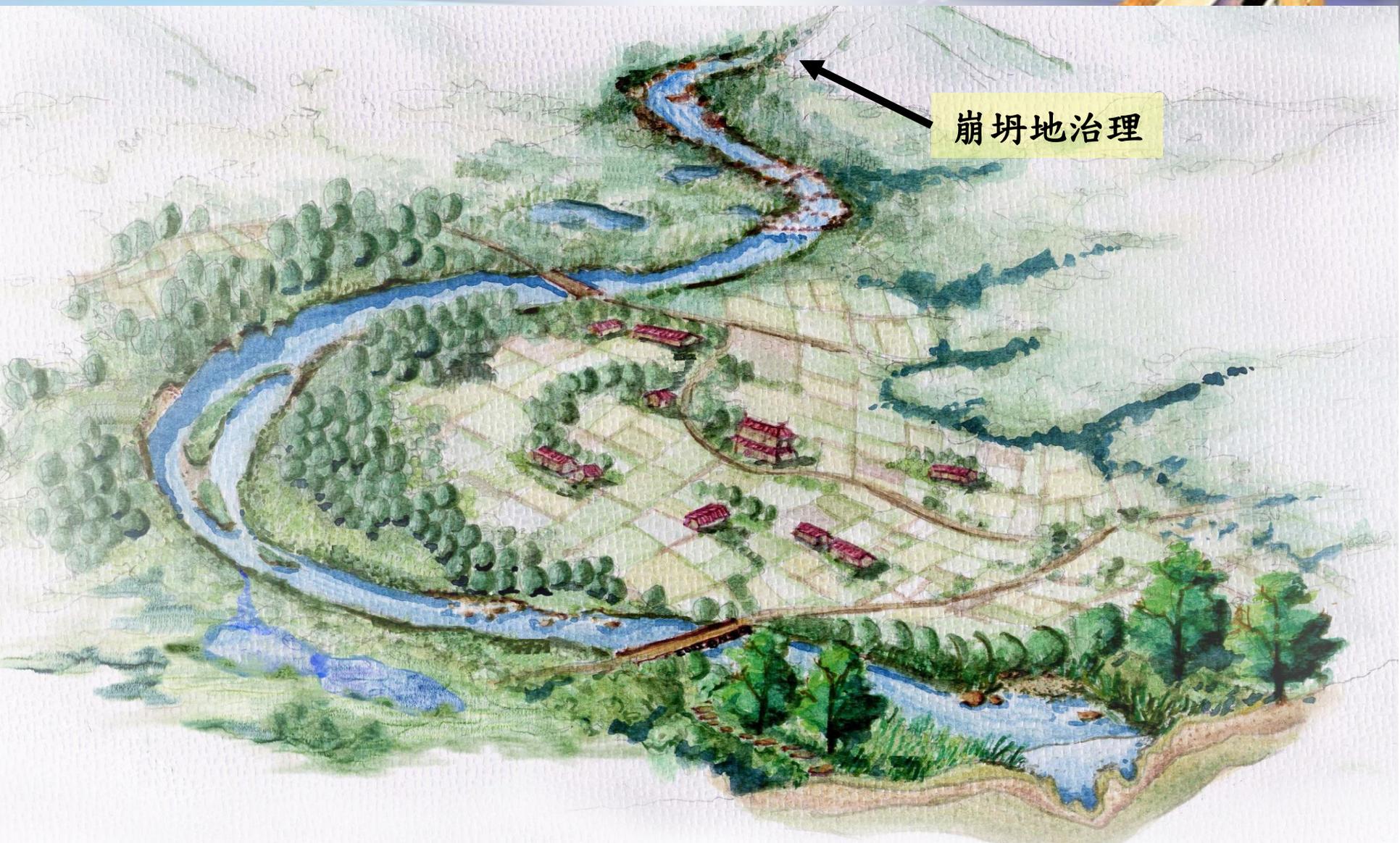


集水區管理現況





崩塌地治理

圖片來源：經濟部水利署，2003，集水區生態工法技術參考手冊
2

世界水資源日簡介



► 成立緣由

- 1992年 巴西里約熱內盧聯合國環境與發展研討會
- 聯合國總會選定3月22日為「World Water Day-世界水資源日」

► 目的

- 透過各項會議、活動及宣導等提昇「水資源保護」與「永續發展」的公眾意識

世界水資源日簡介



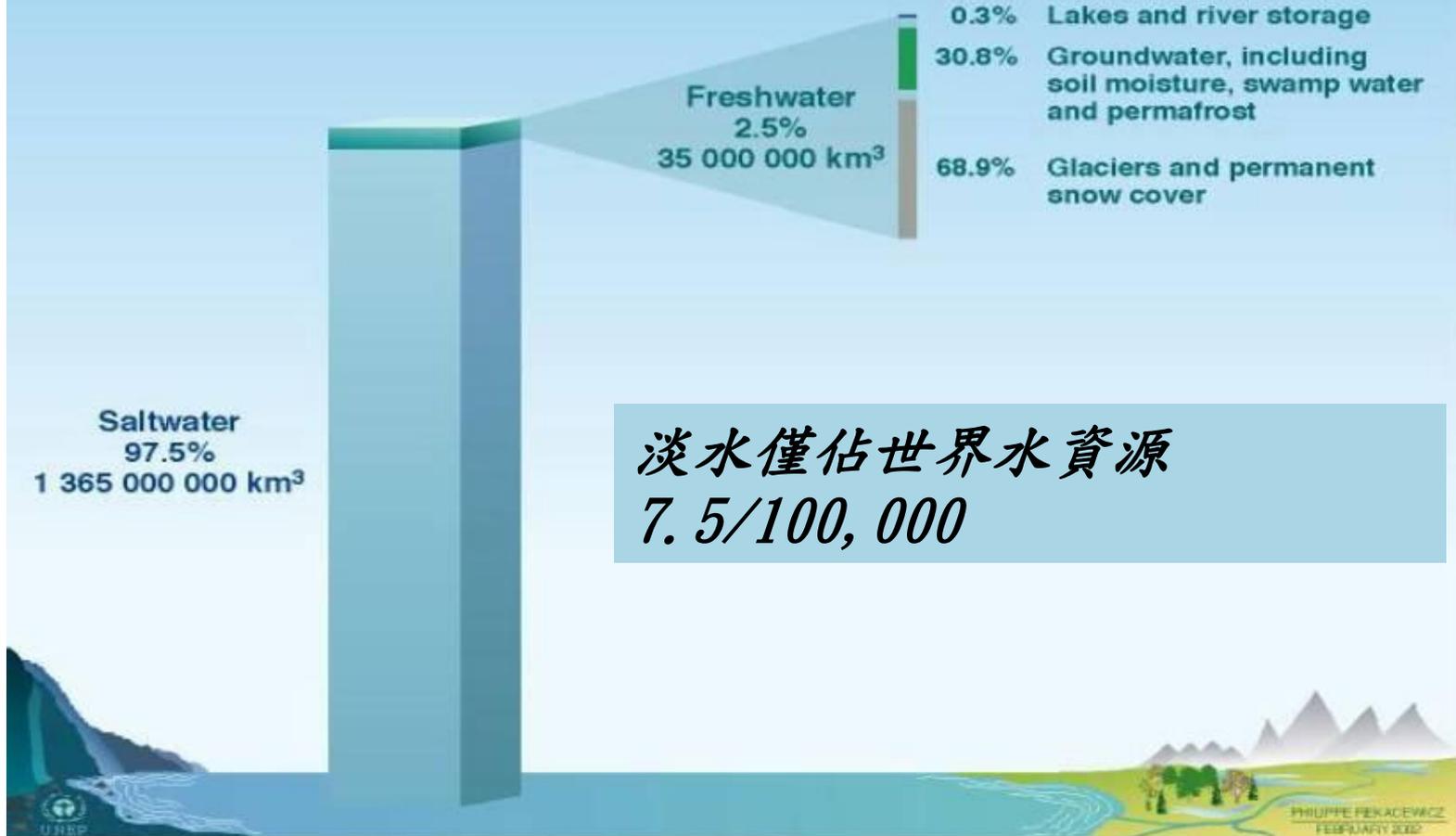
▶ 歷年主題

| | | | |
|------|-----------------------|------|-------------|
| 1994 | 關懷我們的水資源是每個人的責任 | | |
| 1995 | 女性與水 | 1996 | 水對缺水的城市 |
| 1997 | 世界的水—水足夠嗎？ | 1998 | 地下水—看不見的水資源 |
| 1999 | 居住在下游的眾生 | 2000 | 水對21世紀 |
| 2001 | 水與健康 | 2002 | 水對發展 |
| 2003 | 水對未來 | 2004 | 水與災難 |
| 2005 | Water for Life (生命之水) | | |

世界的水分佈



Total Global Saltwater and Freshwater Estimates

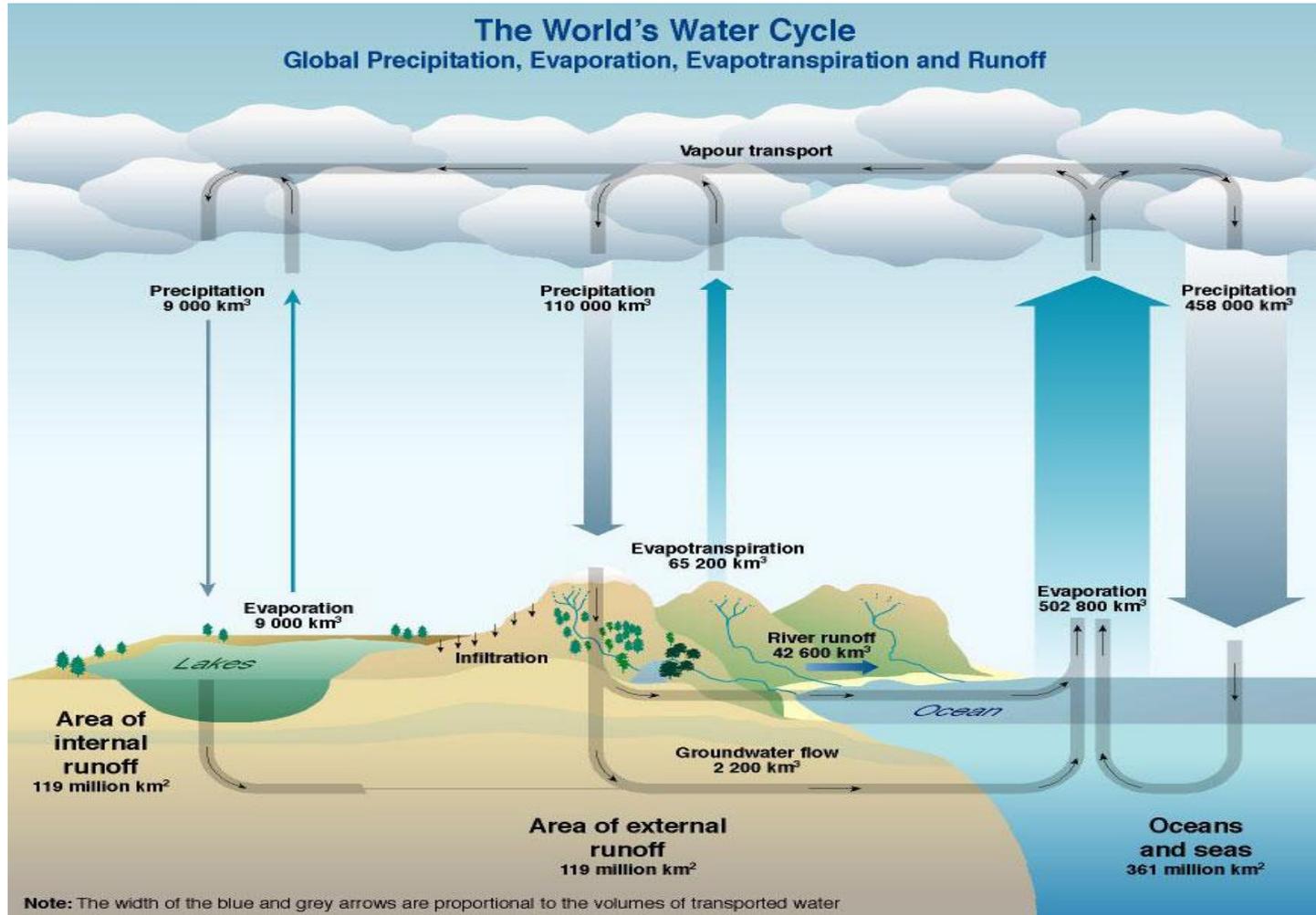


淡水僅佔世界水資源
7.5/100,000

Source: Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO, Paris), 1999.

(資料來源：United Nations Environment Programme)

水循環



來源：楊偉甫，2002，台灣的水利

世界水環境變化



► 颱風頻率增加

- 台灣：颱風平均3.5個/年，93年共9個
- 日本：颱風平均6.1個/年，93年共11個

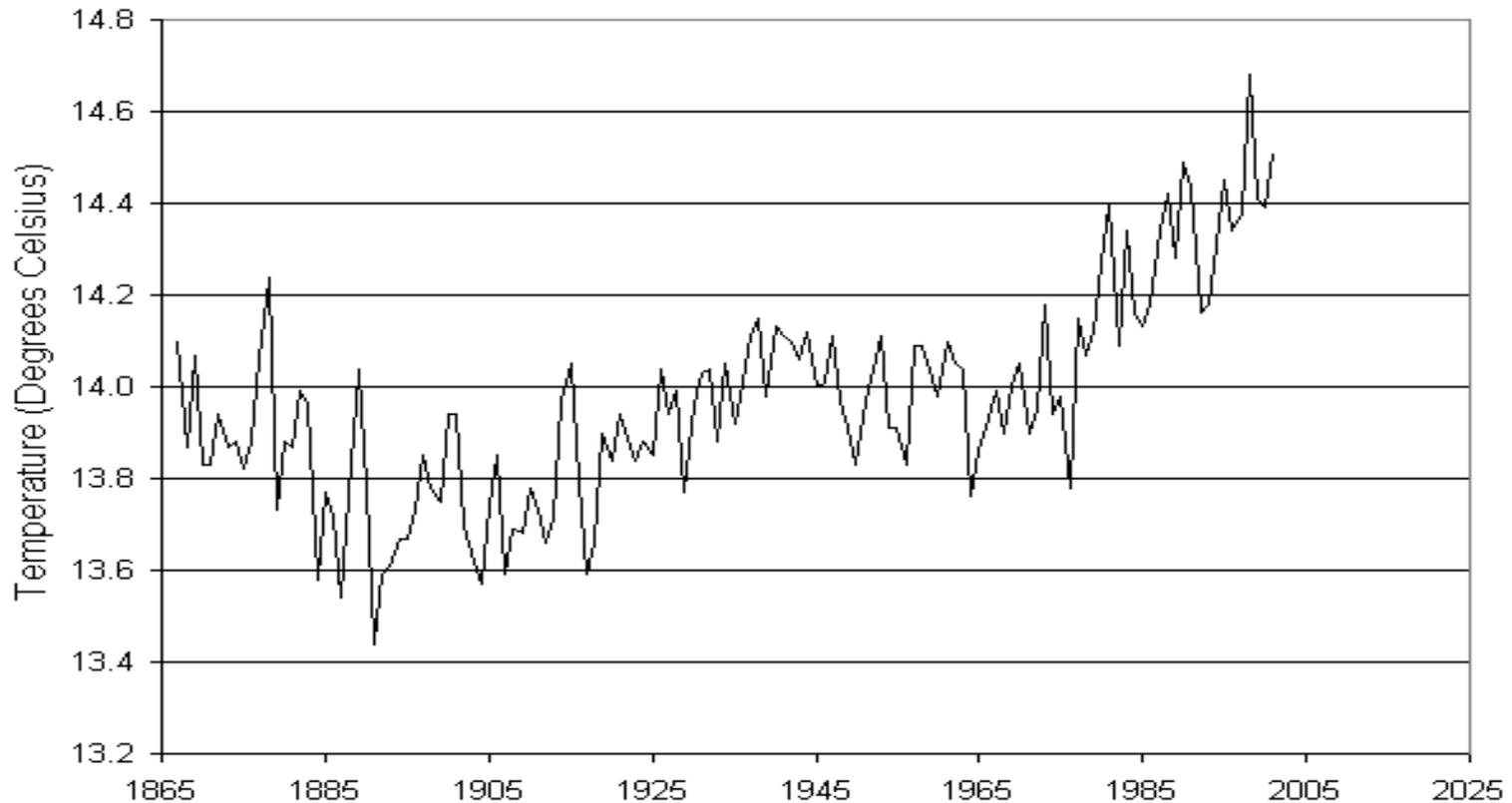


世界水環境變化



► 溫室效應，氣候暖化

Average Global Temperature, 1867-2001



Source: Goddard Institute for Space Studies

來源：吳約西，2005，水資源管理

世界水環境變化



▶ 溫室效應，氣候暖化

1979年



2003年



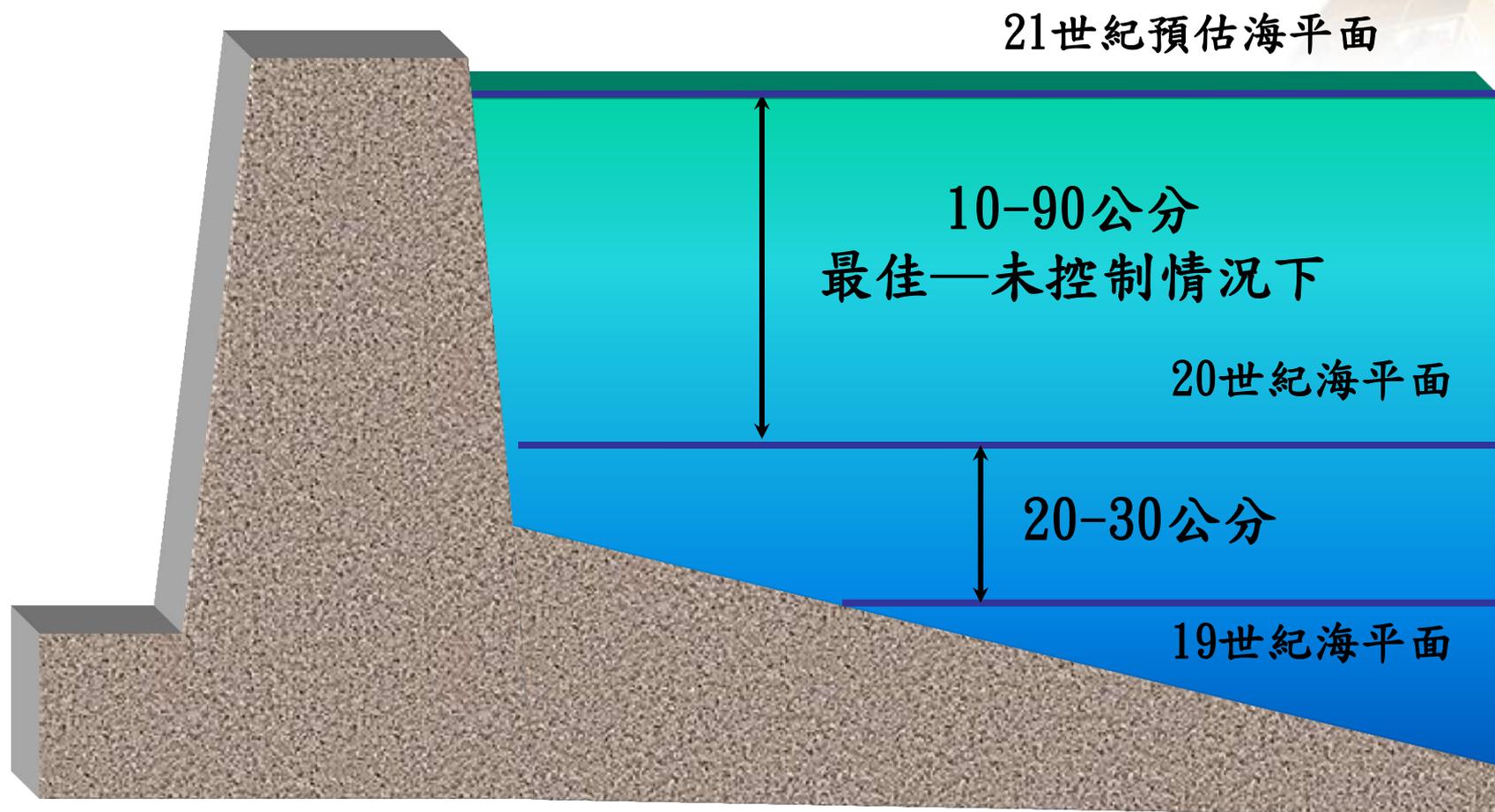
1979年到2003年間，北極冰帽範圍明顯變小取自
國家地理雜誌

來源：吳約西，2005，水資源管理

世界水環境變化



► 冰川融化，海水上升



來源：吳約西，2005，水資源管理

世界水環境變化



2002年世界水的災情

北美洲

- 美國、墨西哥、牙買加、海地等**4國61人死亡**
- 尼加拉瓜**數十人死亡**
- 美國**紐約市**緊急宣告**旱災**

歐洲

塔吉克、奧地利、法國、羅馬尼亞、希臘、捷克、德國等**7國138人死亡，20萬人避難**

俄羅斯

154人死亡

亞洲

- 中國、北韓、南韓、印尼、菲律賓、越南、馬來西亞、泰國、印度、尼泊爾、巴基斯坦、阿富汗、阿曼、伊朗、斯里蘭卡、阿爾及利雅、土耳其、沙烏地阿拉伯等**18國3756人死亡或行蹤不明**
- 阿富汗**連續4年乾旱**造成家畜**80%死亡**
- 斯里蘭卡**7月乾旱**
- 中國**2800萬ha的旱田及138.7萬ha的水田發生乾旱**
- 印度**熱浪1000人以上死亡，7月乾旱**



中南美洲

哥倫比亞、委內瑞拉、厄瓜多爾、巴西、玻利維亞、利智、秘魯等**7國463人死亡或行蹤不明**

非洲

剛果、衣索匹亞、肯亞等**3國115人以上死亡**

澳大利亞

發生**100年頻率之農業旱災**及造成**森林大火**

(資料來源：2003年4月日本「河川」雜誌)

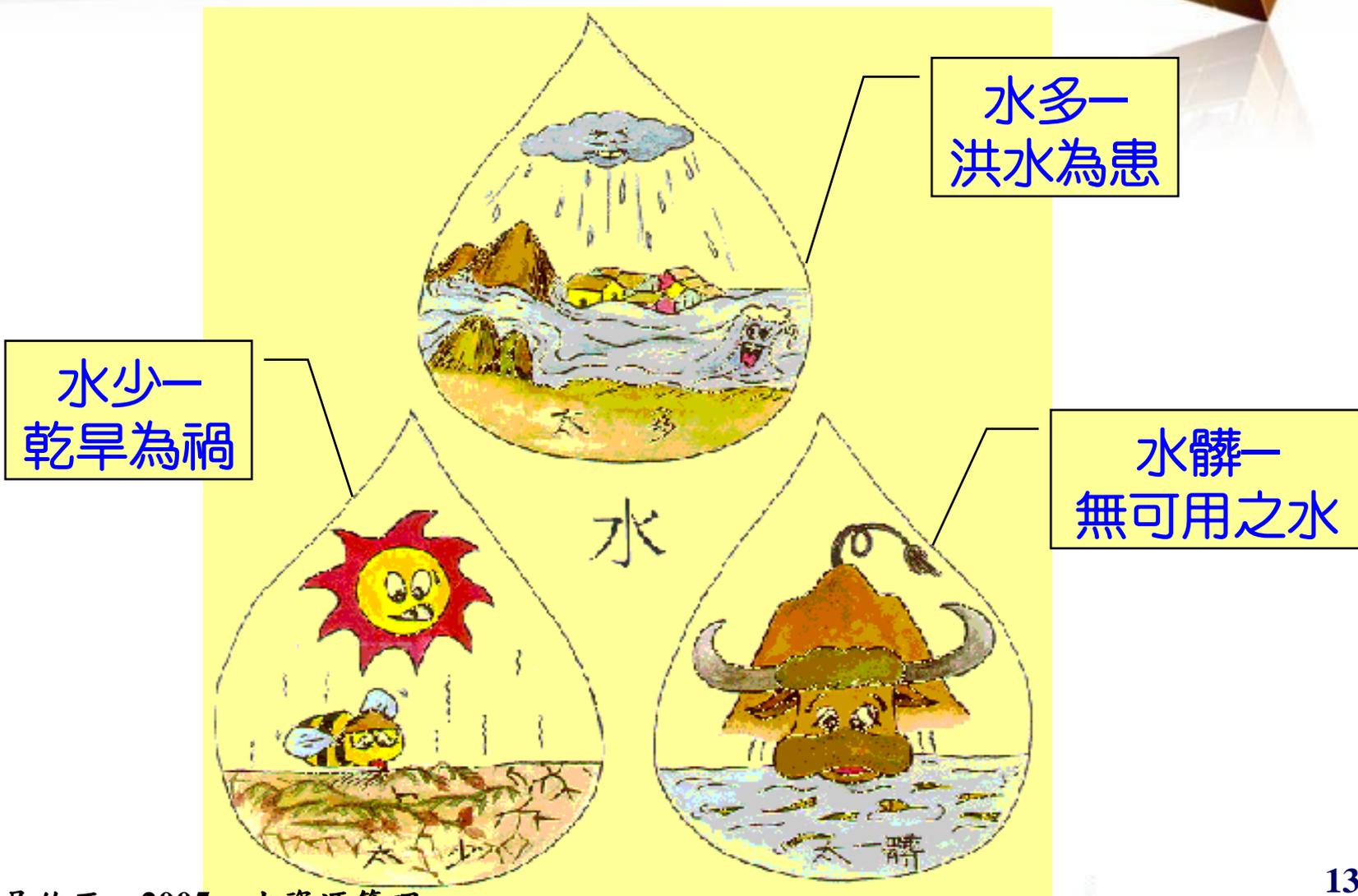


台灣水環境

台灣水環境



► 水的三大問題



台灣水環境



水利事業之範疇

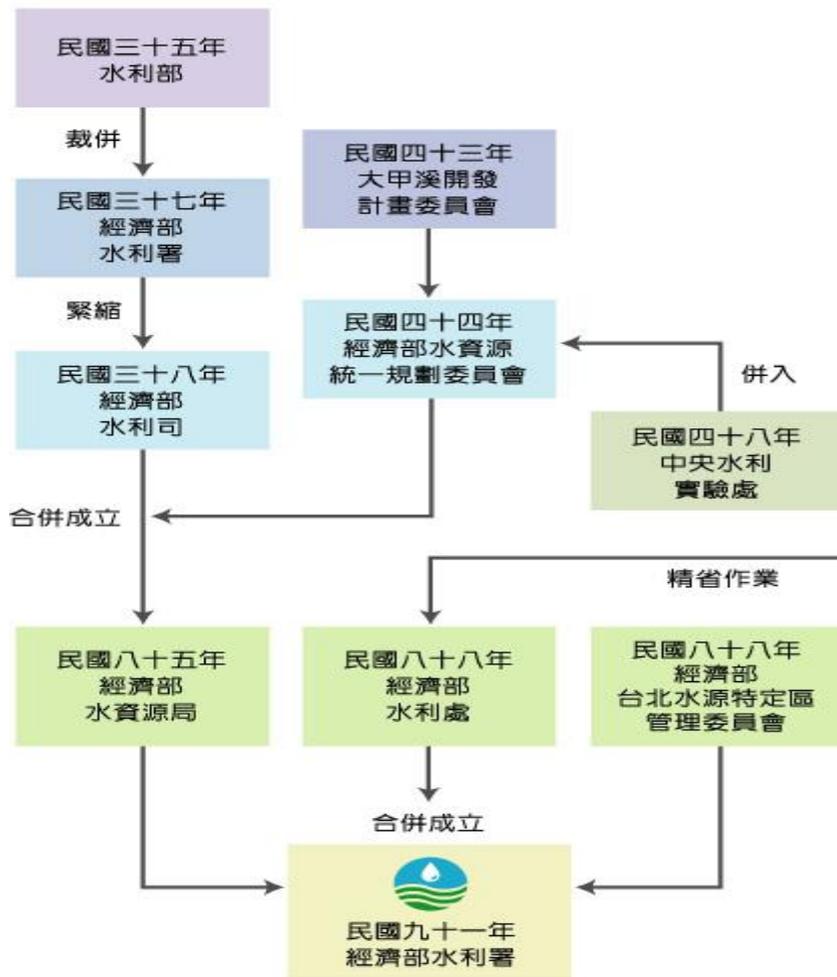


來源：楊偉甫，2002，台灣的水利

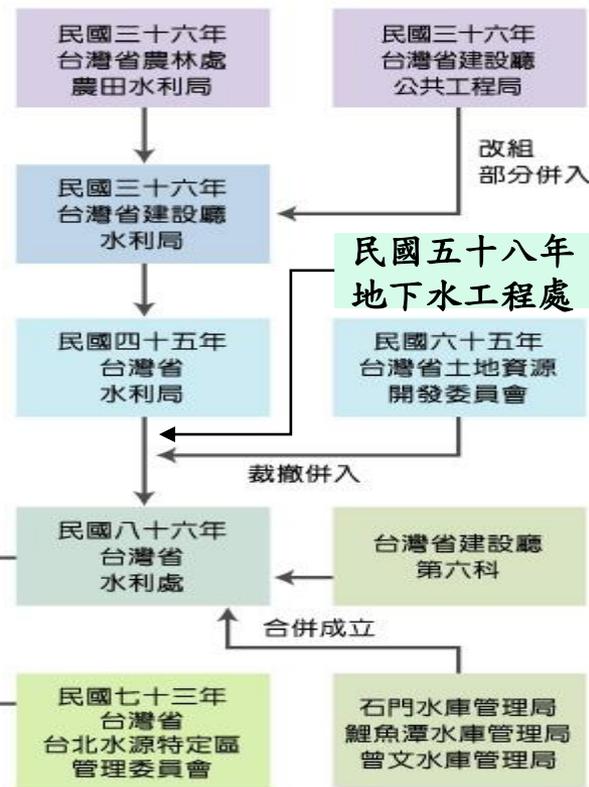
台灣水環境



中央水利行政機關



省政府水利行政機關



台灣水環境

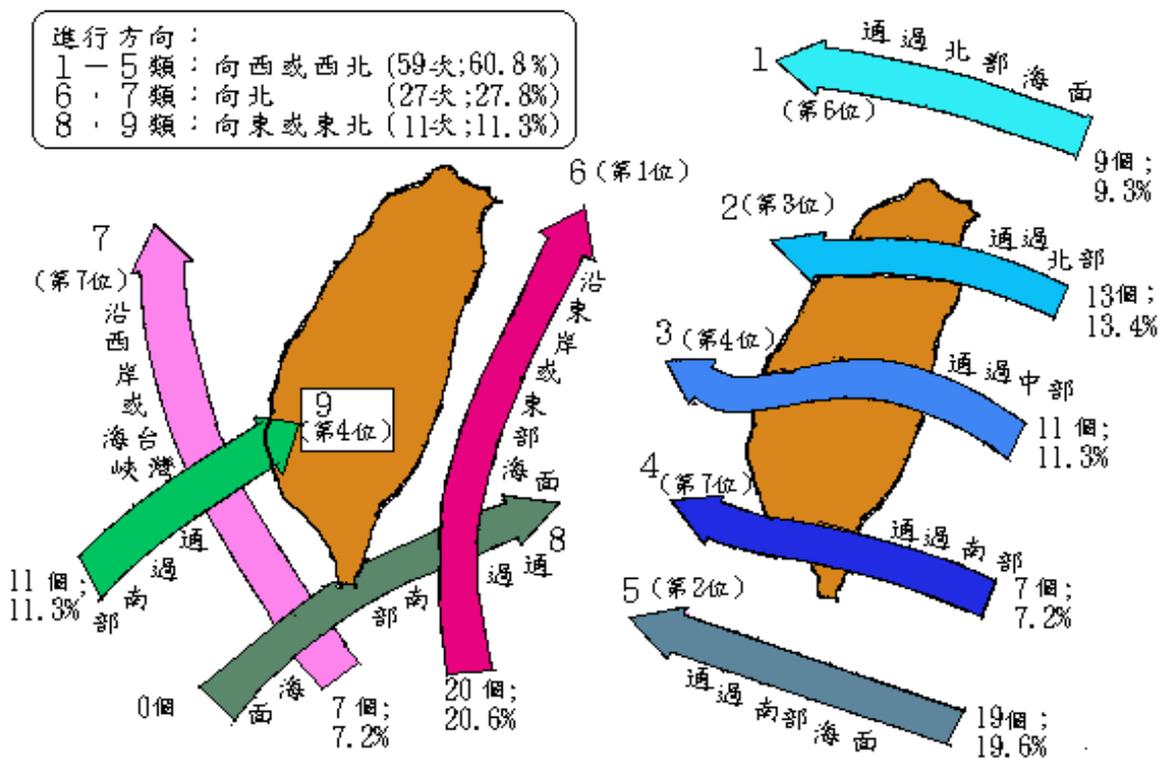


颱風與豪雨

▶ 106年內計有398次颱風侵襲，上千次豪雨侵襲，平均每年發生3~4次颱風與多次豪雨，是台灣最嚴重的天然災害

(1949-2002侵台颱風颱風路徑計有212次)

近30年侵台颱風路徑分類圖



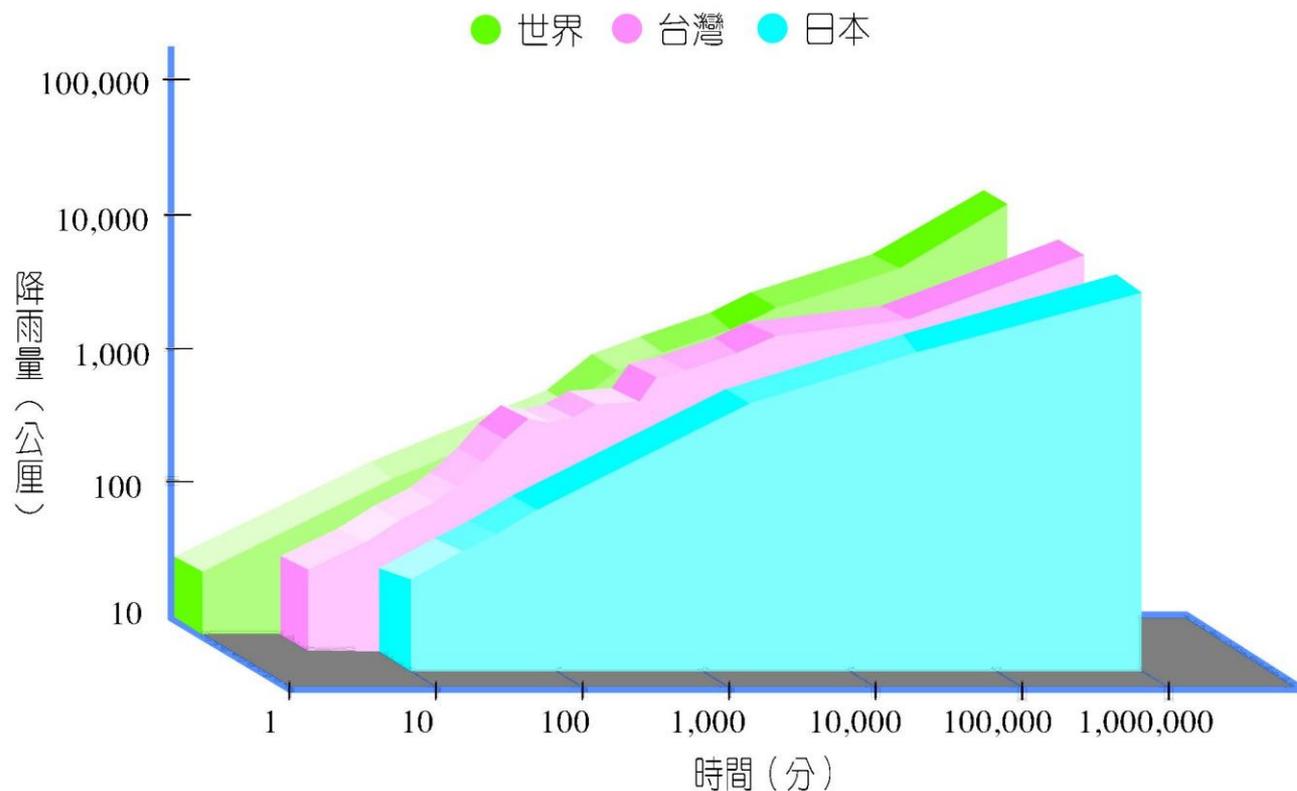
註：民國89年實發颱風路徑為沿東部海面，由北向南行進，暫歸第6類

台灣水環境



極大的降雨強度

- ▶ 台灣地區1小時~3日之最大降雨值
 - 相當於世界極值之85~93%
 - 約為鄰近日本國之1.6倍



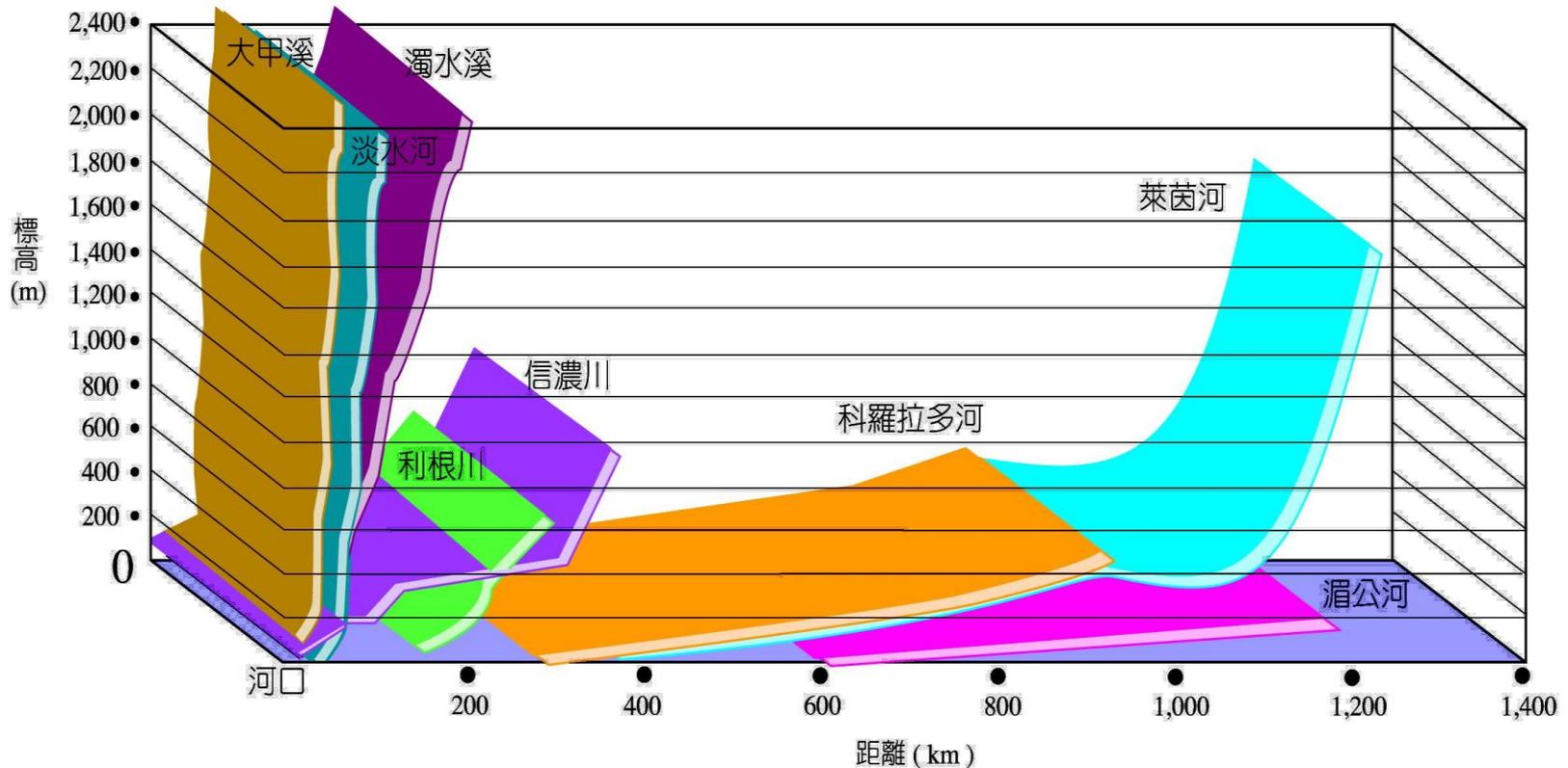
台灣水環境



河川坡陡流急

- ▶ 河川坡度大，上游都超過 $1/100$ ，下游為 $1/200 \sim 1/500$ ，緩於 $1/1,000$ 者僅5條

河川坡降比較圖



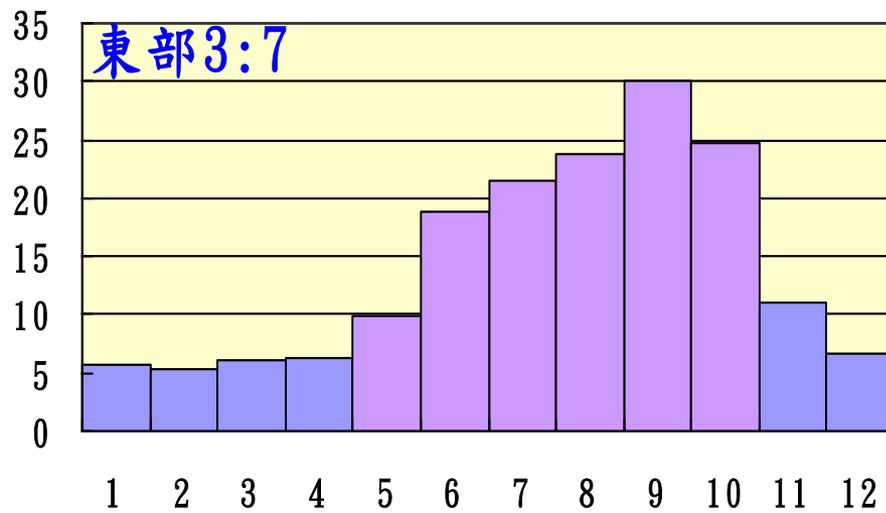
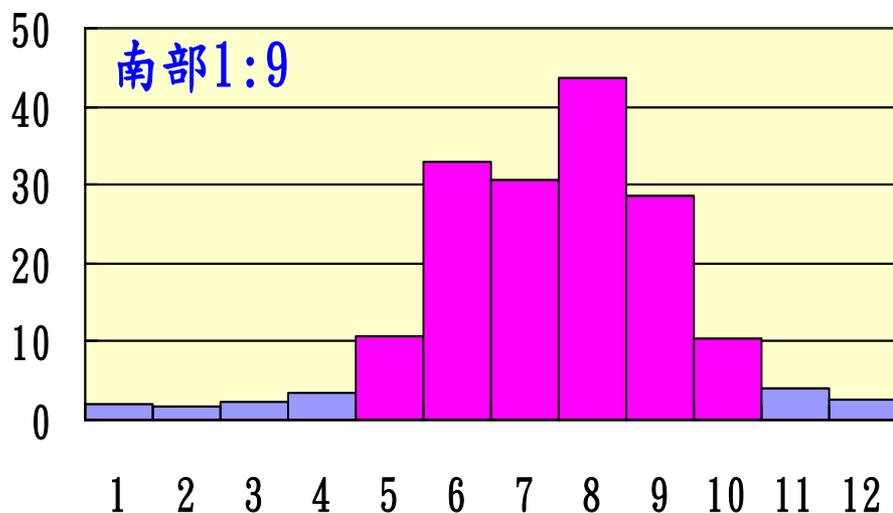
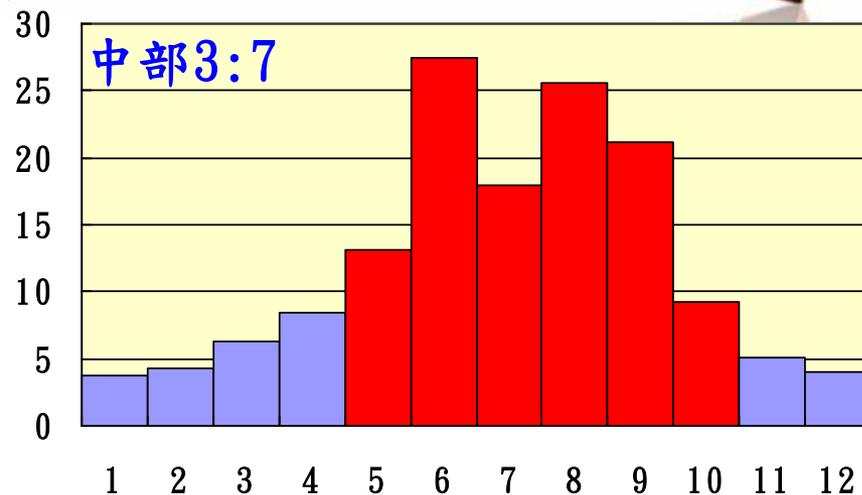
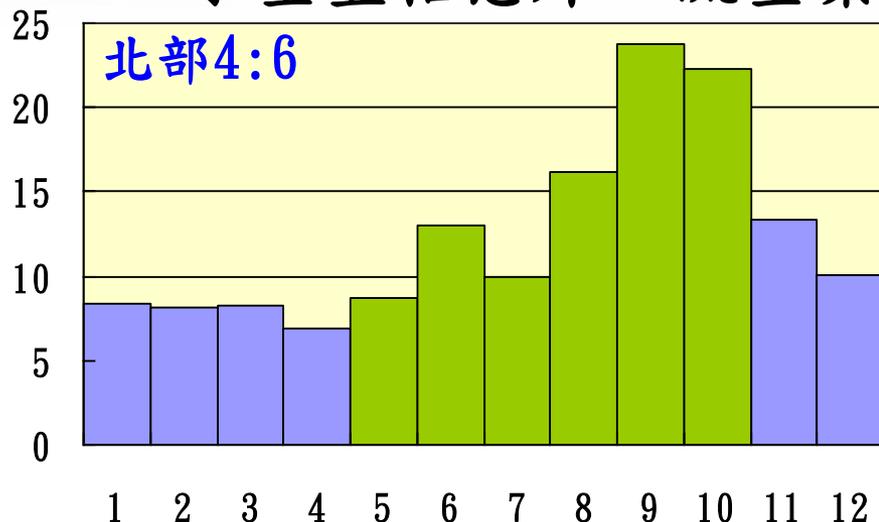
來源：楊偉甫，2002，台灣的水利

台灣水環境



河川坡陡流急

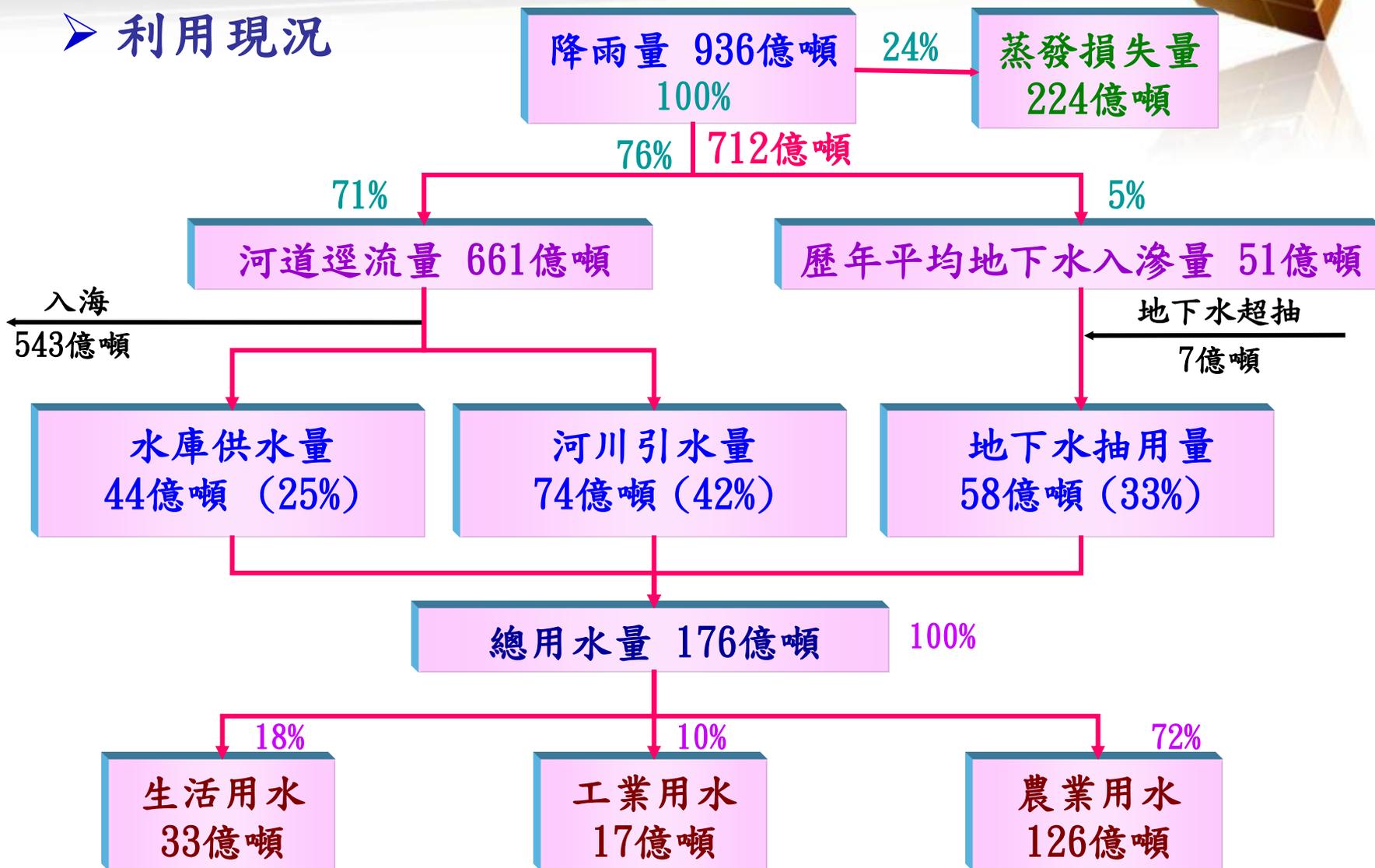
▶ 水量豐枯懸殊，流量集中，流況不佳



台灣水環境

水資源運用情形

► 利用現況



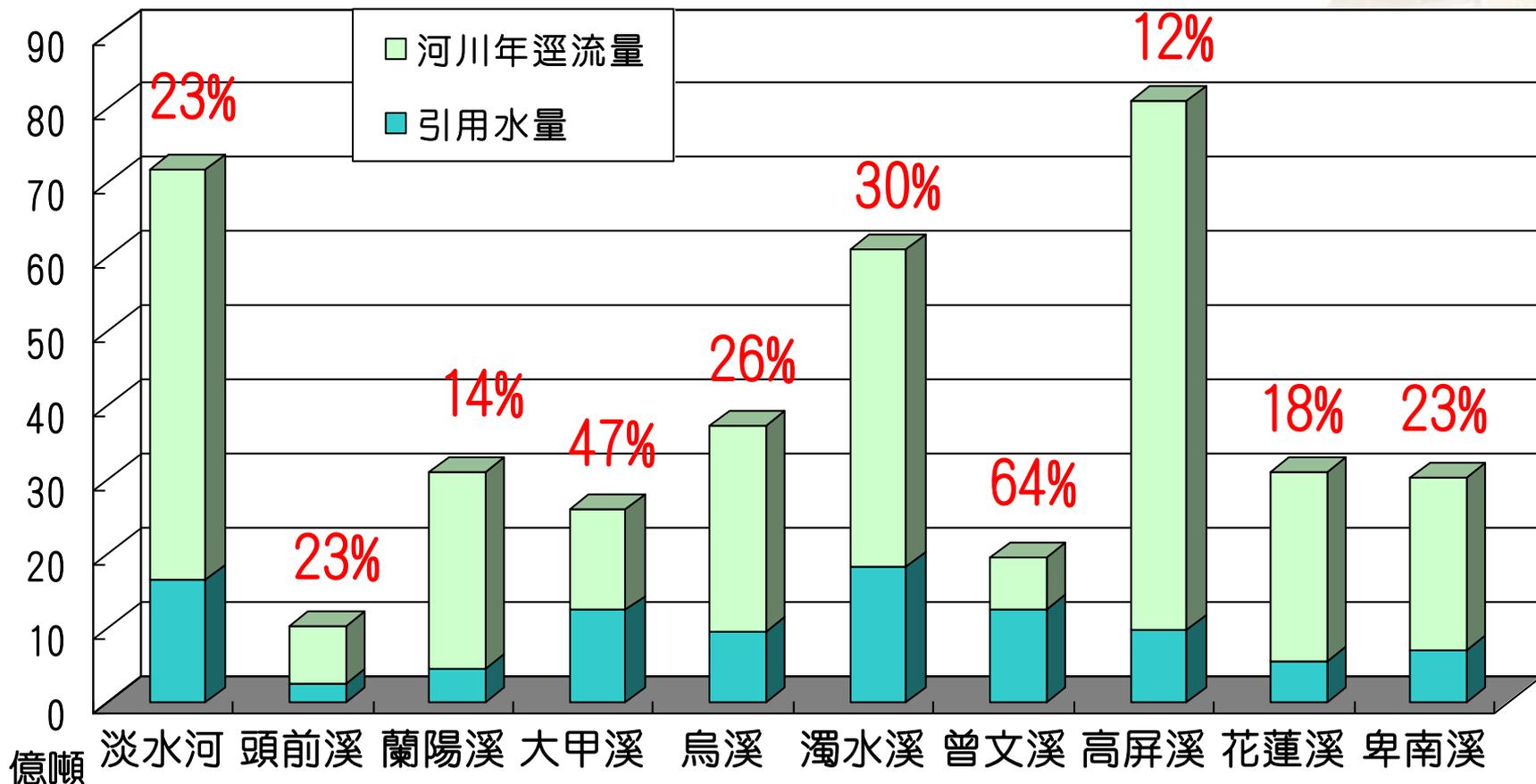
來源：吳約西，2005，水資源管理

台灣水環境



水資源運用情形

▶ 河川利用效率

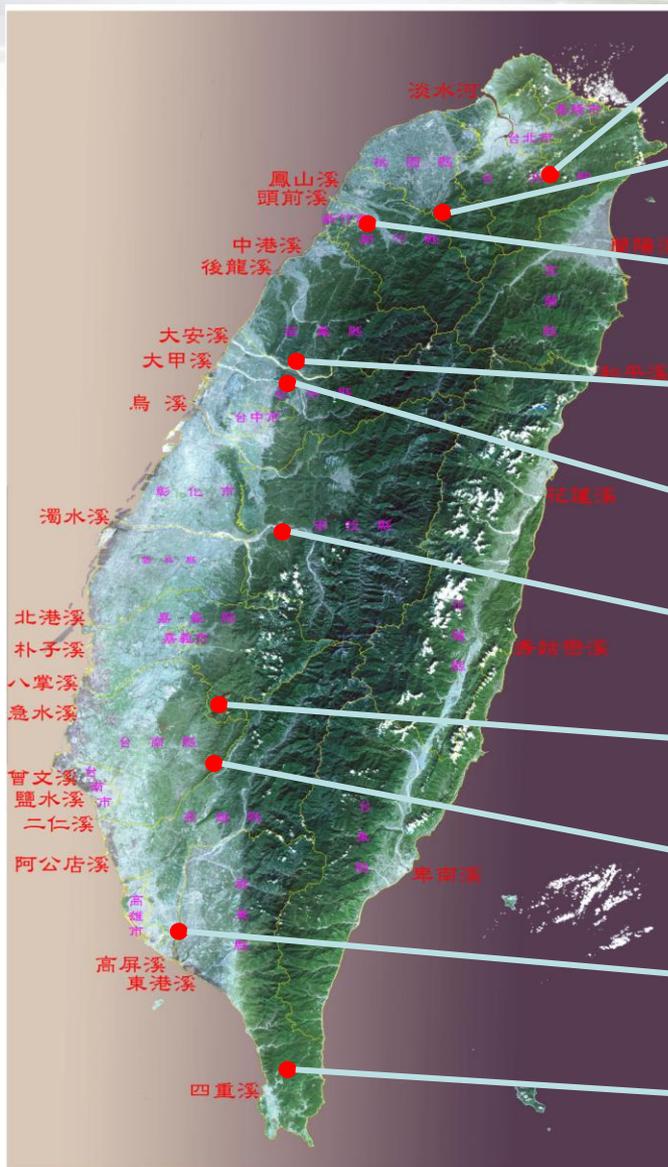


台灣水環境

水資源運用情形

▶ 水庫的高運用效率

- 石門水庫每年運轉高達4.3次
- 台灣40座重要水庫平均每年約運轉2次



翡翠水庫

石門水庫

寶山水庫

鯉魚潭水庫

石岡壩水庫

集集攔河堰

曾文水庫

南化水庫

高屏攔河堰

牡丹水庫



土地過度開發的影響

土地過度開發的影響



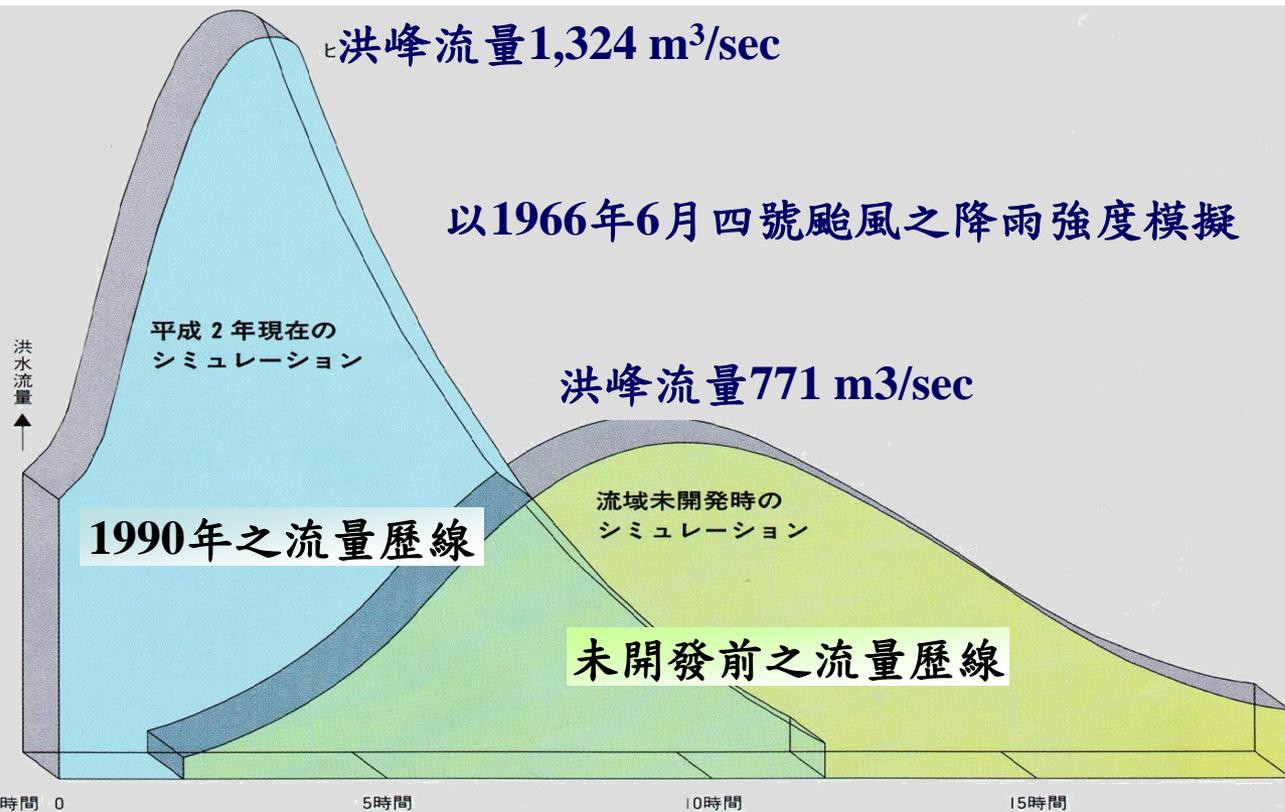
- 與水爭地—河道束縮，通水斷面不足
- 綠地減少—保水及水源涵養能力降低
- 水田及蓄水面積減少—瀦蓄雨水量減少
- 不透水區域擴大—地下水入滲量減少、地表逕流量增加且迅速集中
- 人口成長與集中—水需求量及污水量增加

集流時間縮短，洪峰流量增加，淹水機率大增
土地涵蓄能力下降，用水增加，缺水情形增加

土地過度開發的影響



日本鶴見川

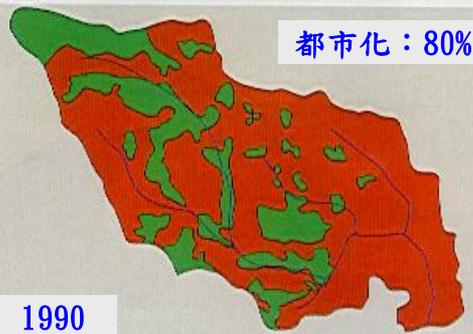
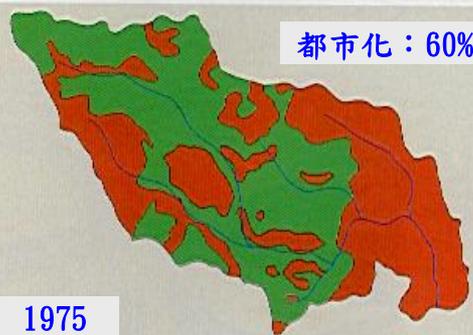


日本鶴見川落合橋洪水流量圖

來源：楊偉甫，2002，台灣的水利

自然地

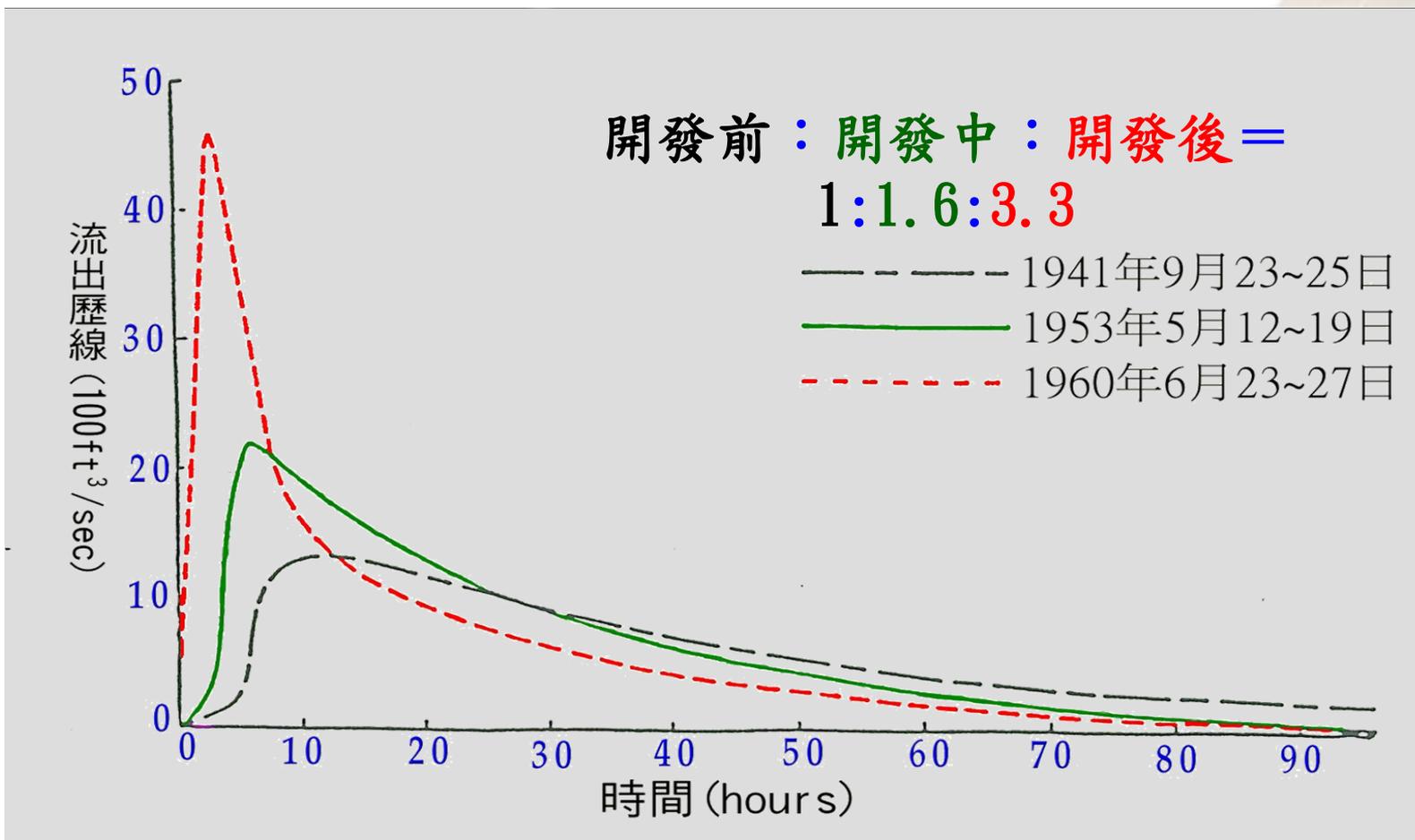
開發地



土地過度開發的影響



▶ 休士頓Brays Bayou地區為例

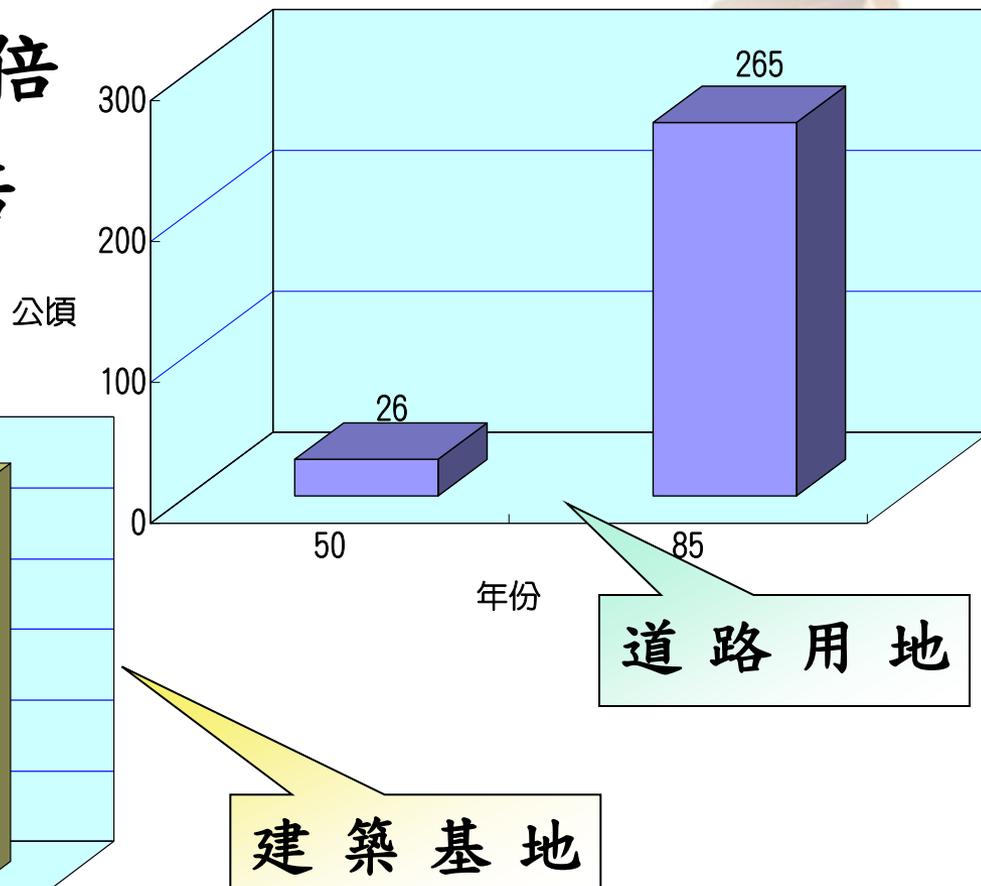
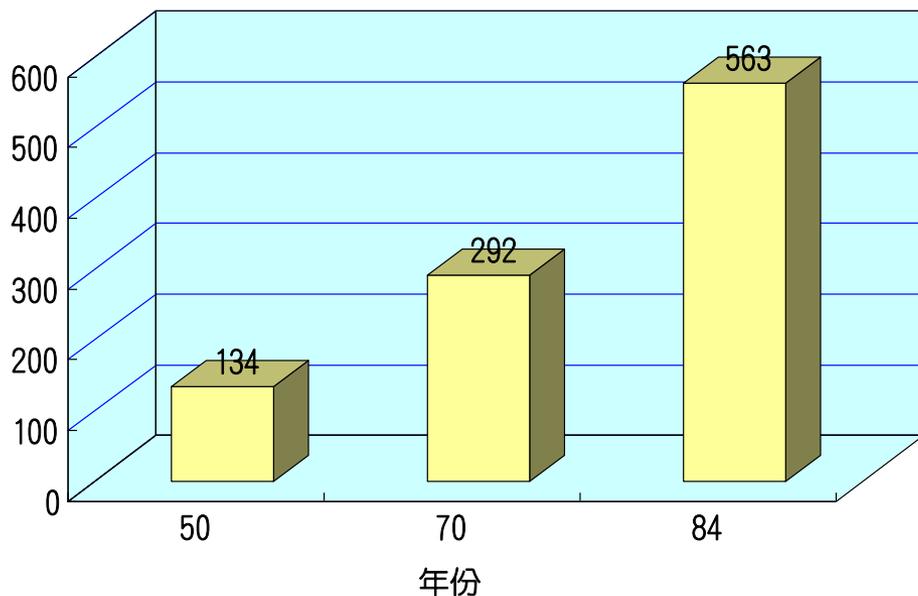


土地過度開發的影響



以汐止為例

- 建築基地成長4.2倍
- 道路用地成長10倍





➤ 基隆河淹水情形

| | 五堵站 | | 基隆河流域地區 | |
|---------------------|-------------------|--------------|----------------|----------------|
| | 最大降雨強度 (mm/hr) | 最高水位 (m) | 淹水面積 (ha) | 淹水深度 (m) |
| 琳恩颱風 (76.10.24) | 79 | 16.92 | 916.4 | 7.5 |
| 瑞伯颱風 (87.10.15) | 57 | 16.02 | 345.0 | 0.5~4.0 |
| 芭比絲颱風 (87.10.25) | 37 | 16.13 | 338.0 | 0.5~3.8 |
| 象神颱風 (89.10.31) | 49 | 17.98 | 553.0 | 0.5~7.5 |
| 納莉颱風 (90.09.17) | 120 | 19.14 | 6,640.0 | 0.3~8.5 |

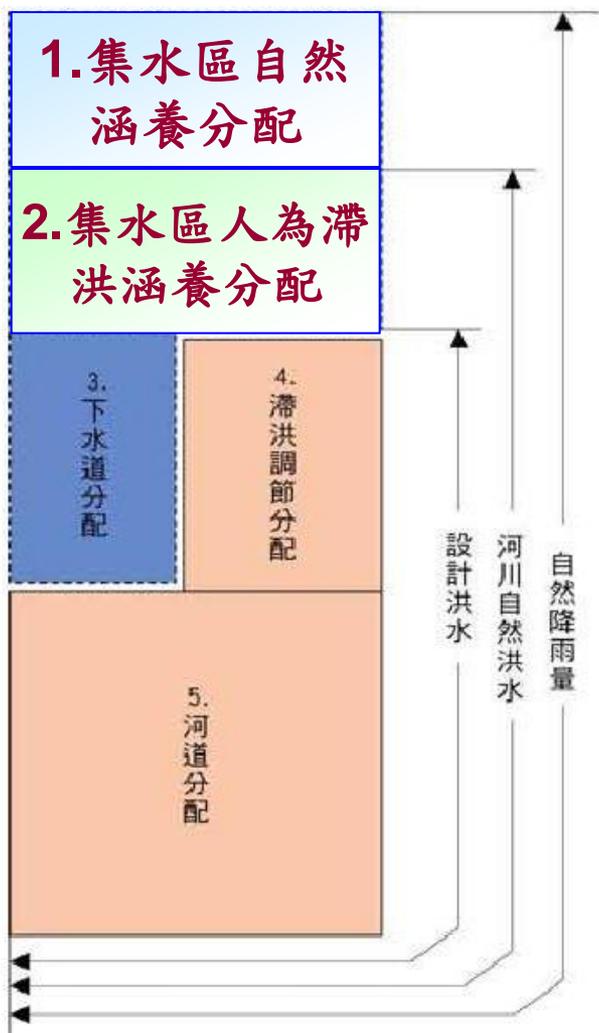
註：淹水深度琳恩係採最大值。

來源：楊偉甫，2002，台灣的水利

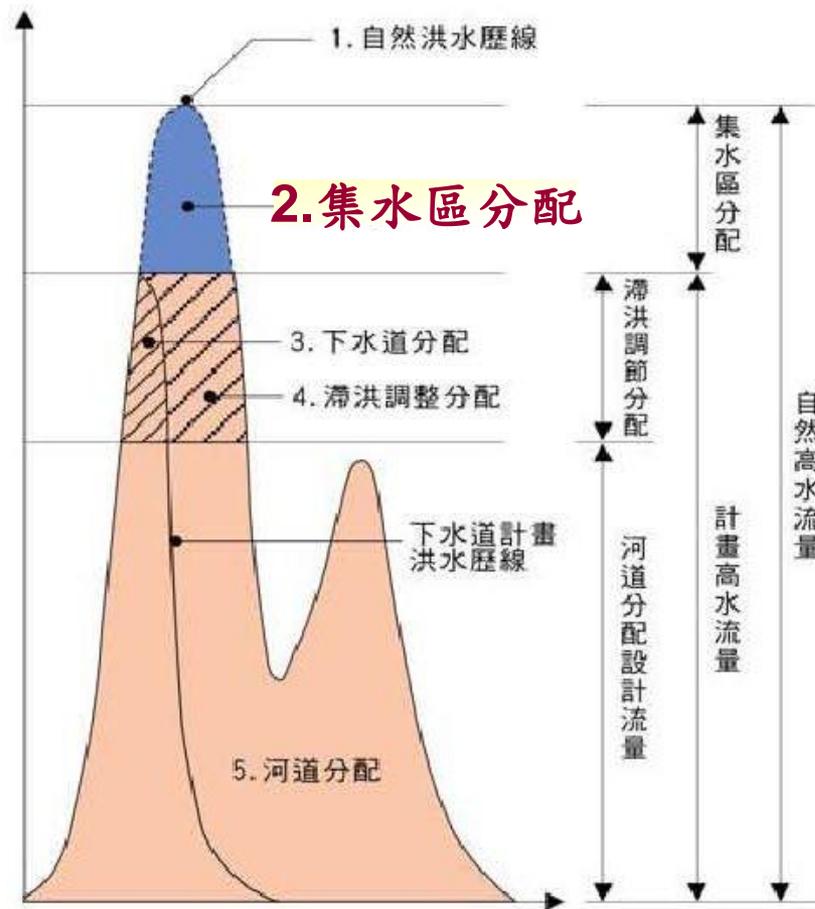


流域整體治理策略

流域整體治理策略



(a) 自然洪水分配概念



(b) 流域洪水分配示意圖

流域整體治理策略



▶ 集水區治理與治山防洪

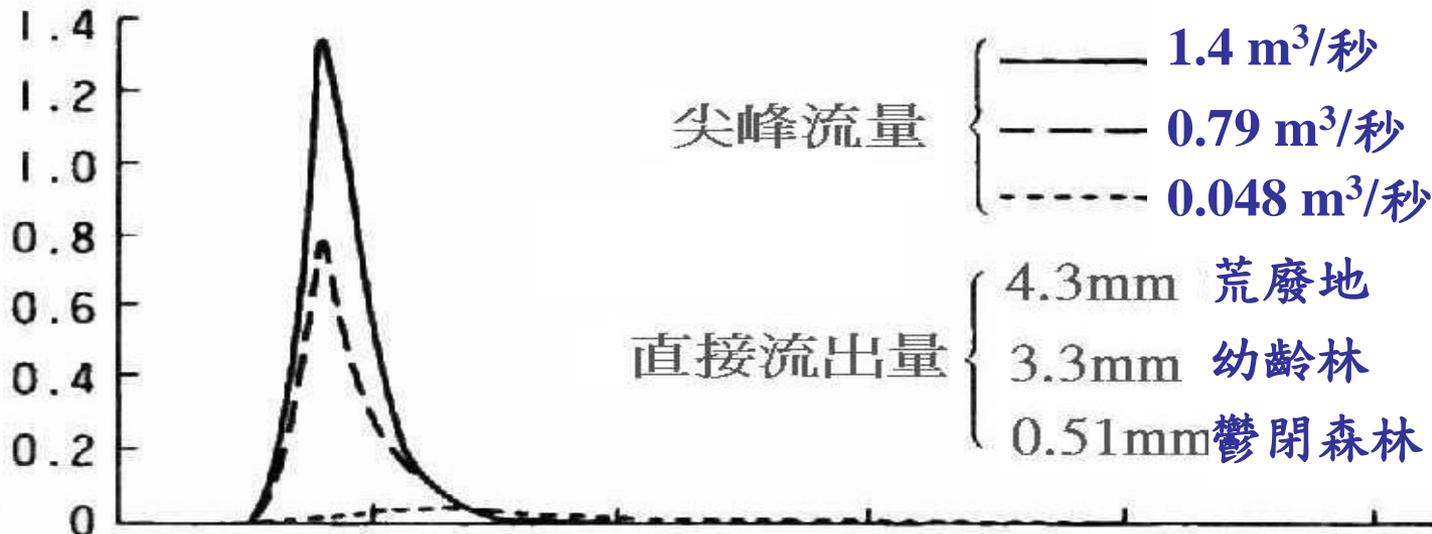


邊坡穩定



野溪整治

森林的效益



流域整體治理策略



▶ 水庫蓄洪

- 水庫防洪運用規則
- 出流量小於入流量
- $Q_{out} \leq Q_{in}$
- 單位時間出流量小於入流量
- $\Delta Q_{out} \leq \Delta Q_{in}$
- 總出流量小於總入流量
- $\Sigma Q_{out} \leq \Sigma Q_{in}$

水庫興建前

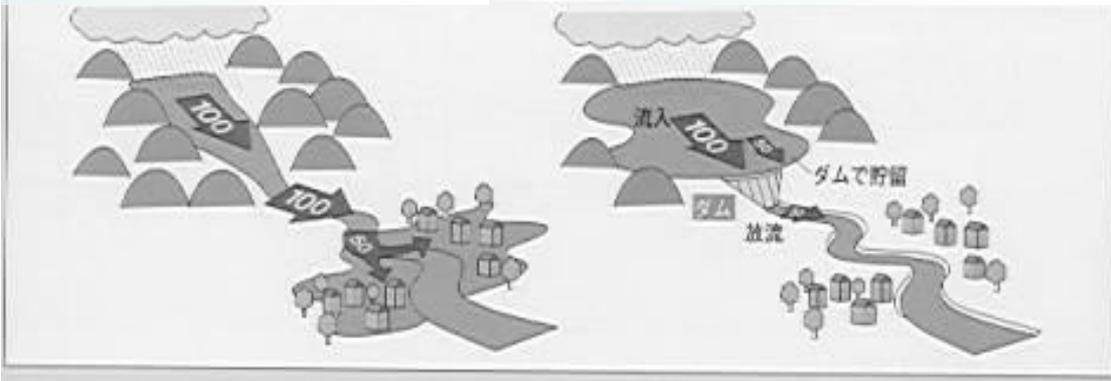


進流100 放流100

水庫興建後



進流100 放流 50





集水區治理策略

集水區治理策略

➤ 河流形成

- 雨水從天空掉落地面，部份滲透至土壤，其餘匯集於邊坡凹窪處，當降雨溢出窪地而在坡地竄流而匯聚成細流細流進一步匯聚成溪流，再集成河流往下流動，最後至海洋

➤ 集水區

- 地表上任何一地點，落在它鄰近某個區域內的雨水，經不斷匯聚及流動，皆流到這個地點，此雨水降落和匯流的區域稱為該地點的「集水區」

➤ 分水嶺

- 落在這個集水區邊界以外的雨水，不論怎樣流動，都不會經過這個地點，而是流到其他的溪流當中，因此我們把這些將雨水分到相鄰兩個不同的集水區的山嶺線稱為「分水嶺」



集水區治理策略



集水區管理 -- 定義及主要內涵

➤ 以集水區作為單元治理

- 較大之集水區，範圍常跨越政治界限，需要政府機關之間的協調與合作

➤ 管理目的

- 將集水區內之水資源，作最有效之利用，並保護水量及水質，以利區內人民之健康及生態之平衡

➤ 管理策略

- 水量考量以達到水資源永續使用之目的為原則
- 水質考量為將**點源**及**非點源污染**，作整體性之控制
- 訂定管理目標、行動方案、成效評估方法，以及後續計劃等步驟時，“利害關係者” (Stakeholders) 皆需參與，如此在有共識情況下，才有很大之成功機會，也只有在“生命共同體”的精神下，經協調而達成目

集水區治理策略

點源/非點源污染之介紹



➤ 點源污染 (Point Source)

- 係指家庭、社區、及工業區等之污廢水經污水下水道收集，處理後經由排放管在一定之地「點」進入承受水體

➤ 非點源污染 (Nonpoint Source或NPS)

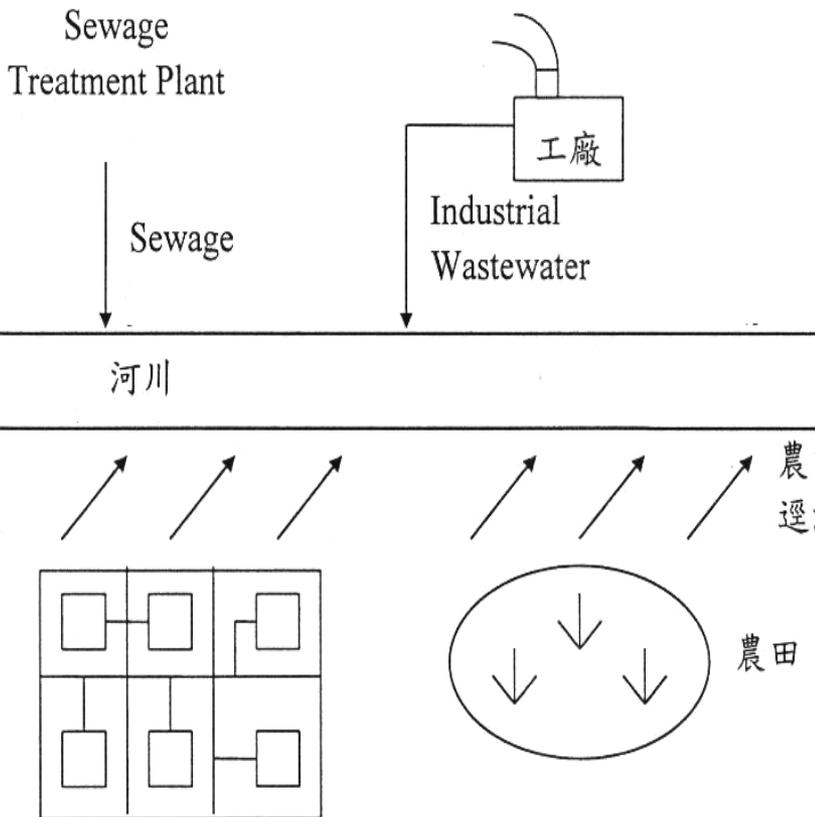
- 主要為雨水逕流引起土壤沖蝕帶來之污染物，或由逕流沖刷地表堆積之污染物，而以「分散」之形式進入承受水體，因為這一類污染發生的頻率不規則，通常又不在一定「點」進入水體，故以「非點源」稱之

➤ 來源 / 特性

集水區治理策略



點源污染：集中且穩定(Steady)



非點源：擴散及具變動性

▶ 點源污染來源

- 都市及工業排放廢水
- 垃圾場, 養殖場之逕流與入滲
- 排水系統溢流所產生之逕流
- 都市暴雨下水道出口
- 使用中礦區之逕流及排水
- 大於2公頃之建築用地

▶ 非點源污染來源

- 灌溉之回流水
- 農業或林業逕流及入滲
- 無下水道之都市逕流
- 來自工地之逕流
- 化糞池
- 大氣之污染
- 廢棄物堆置
- 土地上活動所產生之污染

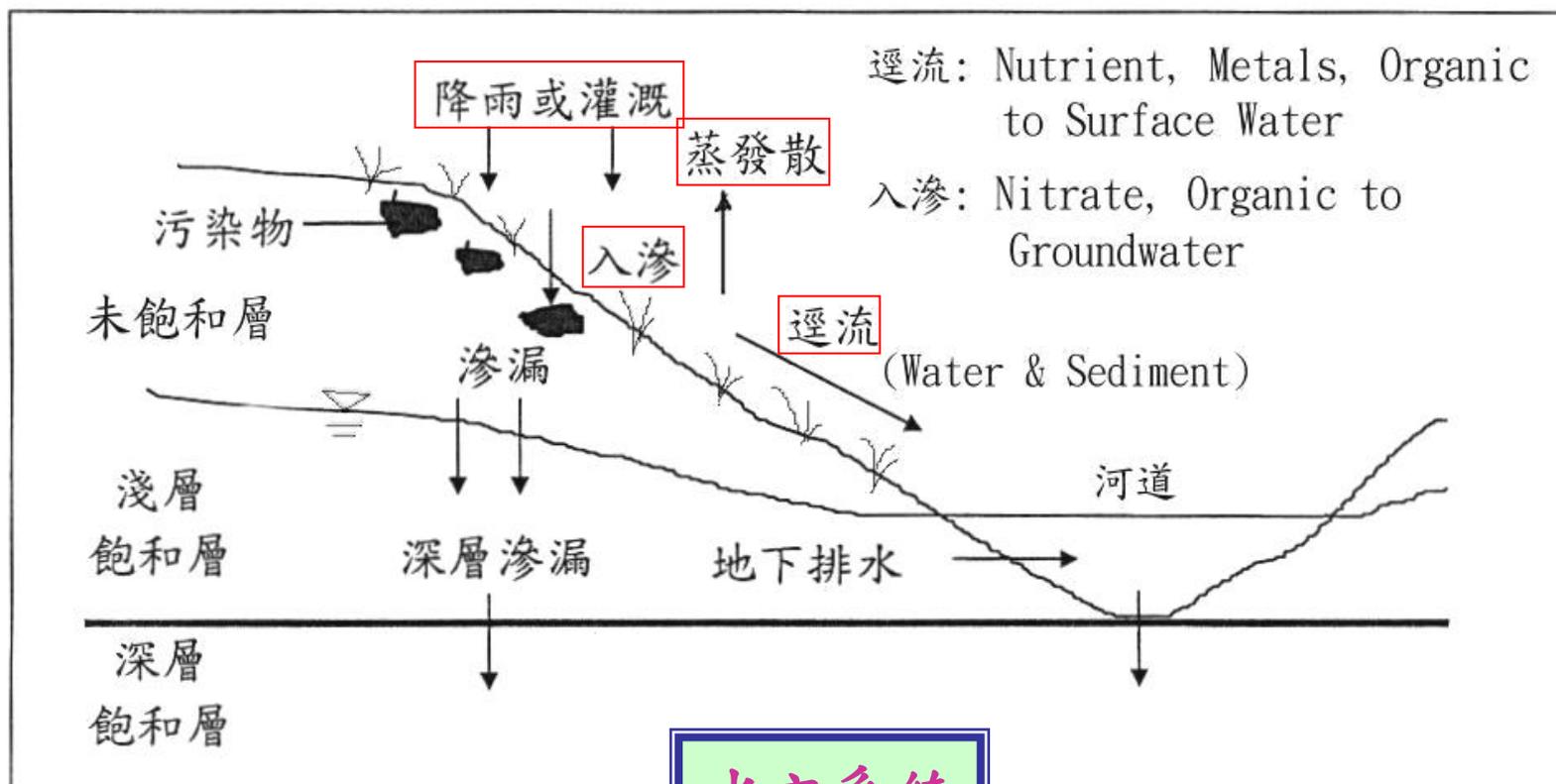
集水區治理策略



非點源污染之傳輸過程

▶ 要件

- 可利用之污染物
- 由逕流及入滲傳遞



水文系統

來源：李珮璇，2002

暴雨初期沖刷對水源水質衝擊之評估

集水區治理策略

非點源污染之傳輸過程



林地

施工工地



露營區

農地

集水區治理策略



傳輸過程之影響機制

➤ 沈積物(Sediment)

- 沖蝕：雨滴撞擊與逕流沖刷破壞土壤結構，產生沖積物
- 移動：被沖蝕之沈積物經由地表逕流帶離沖蝕源頭
- 堆積：因攜帶能量不足，使沈積物沉澱堆積

➤ 集水區特性

- 水平衡
 - $I - O = S$
- 臨前土壤水分
 - 降雨事件前之土壤水分對逕流及入滲量之影響很大
- 集水區之延遲反應
 - 有些非點源污染(如溶雪、地下水、沈積物傳輸)並未緊隨降雨事件，而是在幾天、幾月，甚至n年後才發生

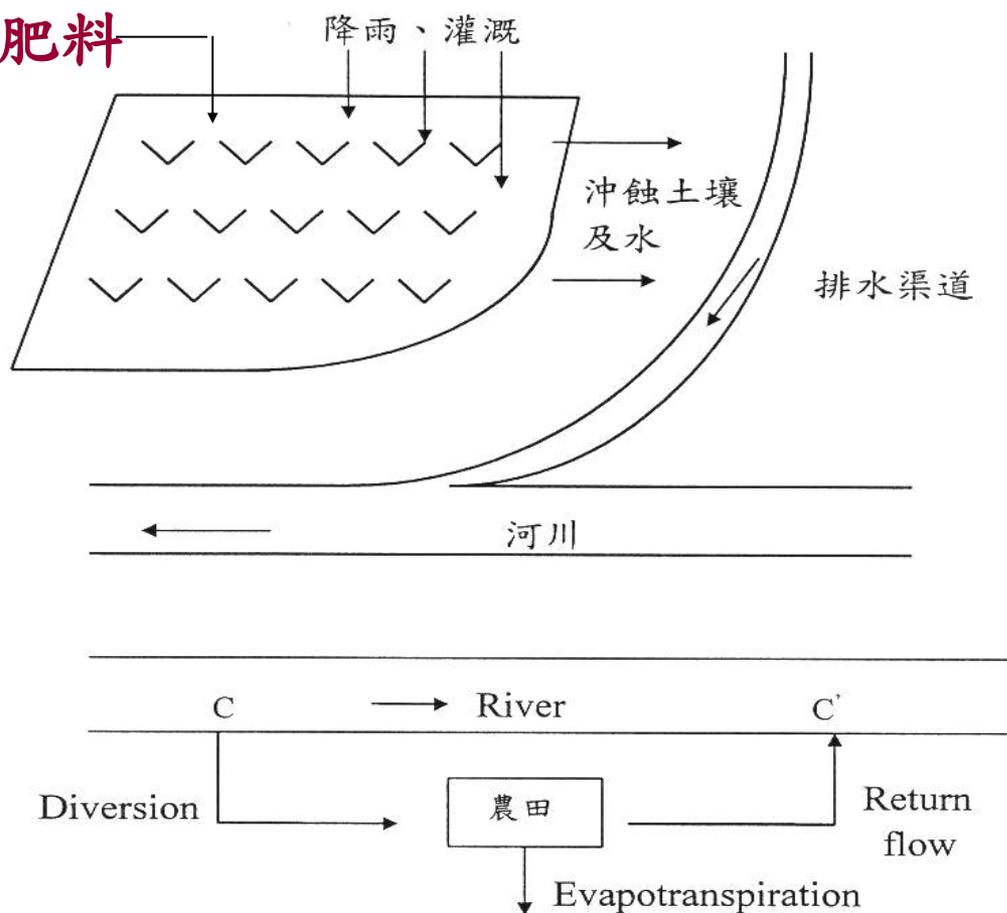
集水區治理策略



農業灌溉所產生之水質污染

➤ 大部分營養鹽來自農業活動

農業、肥料



集水區治理策略



農業灌溉所產生之水質污染

※ Nutrient loads reaching the Chesapeake Bay, in eastern coast between Maryland and Virginia

| Land Use | Total N (%) | Total P (%) |
|-------------------|-------------|-------------|
| Cropland | 45-70 | 60-85 |
| Pasture | 4-13 | 3-8 |
| Forest | 9-30 | 4-8 |
| Urban/Suburban | 2-12 | 4-12 |
| Subtotal for Agr. | 49-83 | 63-93 |

可見大部分之營養鹽(Nutrient)主要來自於農業活動。

集水區治理策略



集水區管理 -- 技術或“工具”層面

▶ 水量之管理

- 水文學、水力學、統計學...等之原理
- 水文模式分析、風險分析、GIS ...等

▶ 水質之管理

- 點源污染之管理 -- 污水處理系統
- 非點源污染之管理 – BMPs
- 點源/非點源整體性管理 -- TMDL分析
- 水質模式分析、生態風險分析、GIS...等



集水區水質管理
非點源污染(NPS) - BMPs

非點源污染之管理 - BMPs



Best Management Practices (BMPs)

- 最佳管理措施 -- “最佳” 指經濟而有效
- 蓄積(Storage)類之BMP
 - 滯留池(Detention Pond) -Dry, Extended, Wet
 - 地下蓄槽(Underground Reservoir/Vault Structures)
 - 人造濕地(Constructed Wetland)
- 入滲(Infiltration)類之BMP
 - 入滲溝(Infiltration Trench) 、透水性路面(Porous Pavement)
- 植物(Vegetative)類之BMP
 - 草帶(Filter Strips) 、草溝(Swales) 、人造濕地、植生滯流(Bioretention)

非點源污染之管理 - BMPs

蓄積(Storage)類之BMP

▶ 滯留池設置



非點源污染之管理 - BMPs

蓄積(Storage)類之BMP

▶ 地下蓄槽

- 礫間接觸氧化法案例
- 日本多摩川流域各礫間處理場址處理效能



| 場址位址 | 處理水量 (CMS) | 入流水質(mg/L) | | 出流水質 (mg/L) | | 去除率 | |
|------|---------------|------------|----|-------------|-----|-----|----|
| | | BOD | SS | BOD | SS | BOD | SS |
| 野川 | 1 | 13 | 16 | 3.25 | 2.4 | 75 | 85 |
| 平瀨川 | 1.8 | 20 | 20 | 5.0 | 3.0 | 75 | 85 |
| 谷地川 | 1.5 | 10 | 18 | 2.5 | 3.0 | 75 | 83 |
| 根川 | 0.9 | 11 | 20 | 2.8 | 3.0 | 74 | 85 |

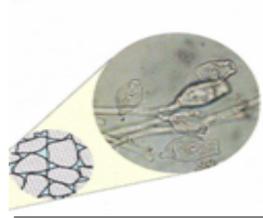
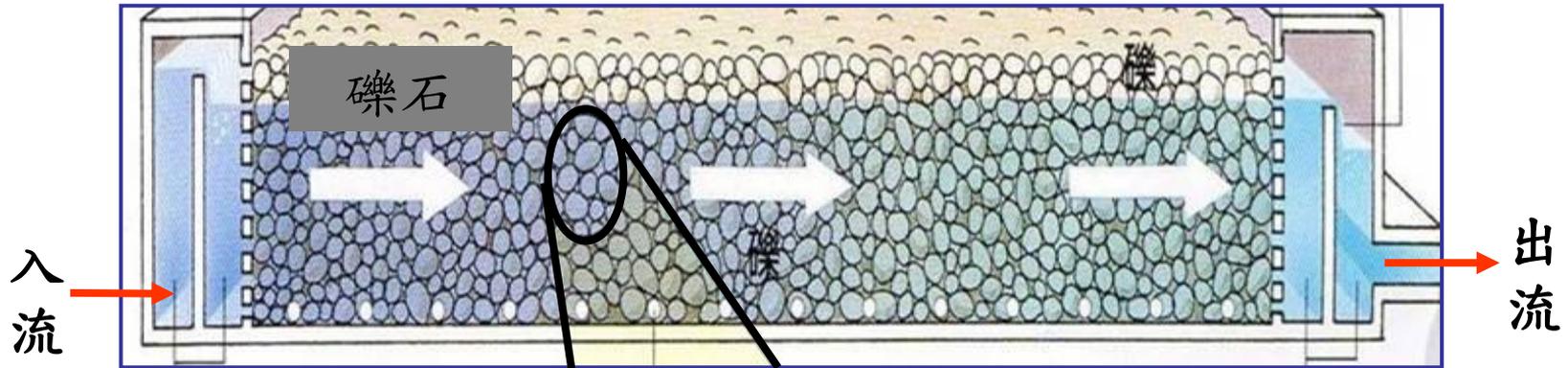
非點源污染之管理 - BMPs



蓄積(Storage)類之BMP

地下蓄槽

- 礫間接觸氧化法-淨化原理



微生物分解

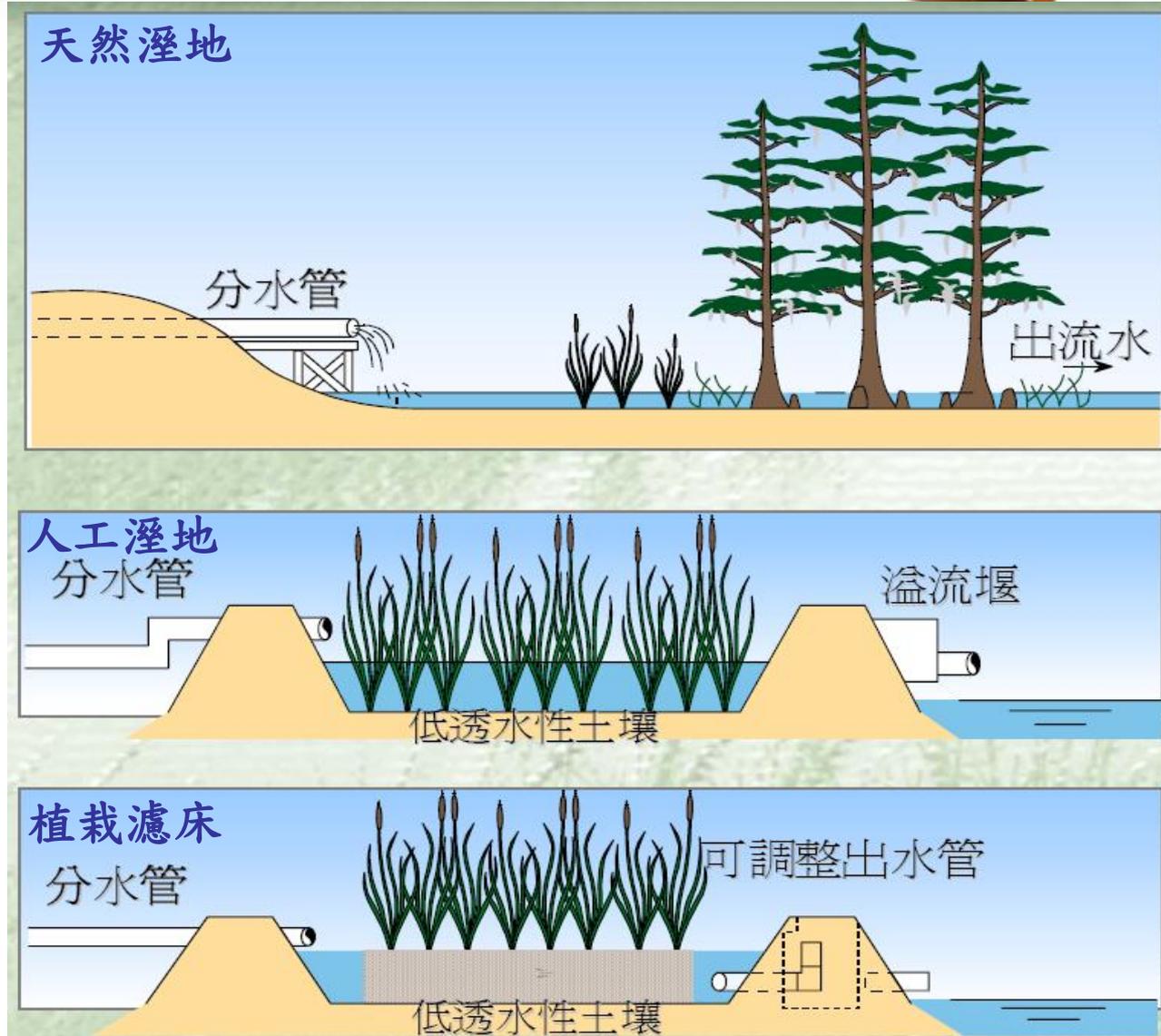
非點源污染之管理 - BMPs



蓄積(Storage)類之BMP

➤ 人工濕地

- 細菌轉化與去氧作用
- 吸收脫附作用
- 沈澱作用
- 自然衰減
- 化學反應
- 揮發



非點源污染之管理 - BMPs

蓄積(Storage)類之BMP

➤ 人工濕地案例

- 翡翠水庫渡南橋



來源：闕乃羚，2007，翡翠水庫自然淨化工程效能評估之研究

非點源污染之管理 - BMPs



入滲(Infiltration)類之BMPs

▶ 透水性路面



德 國

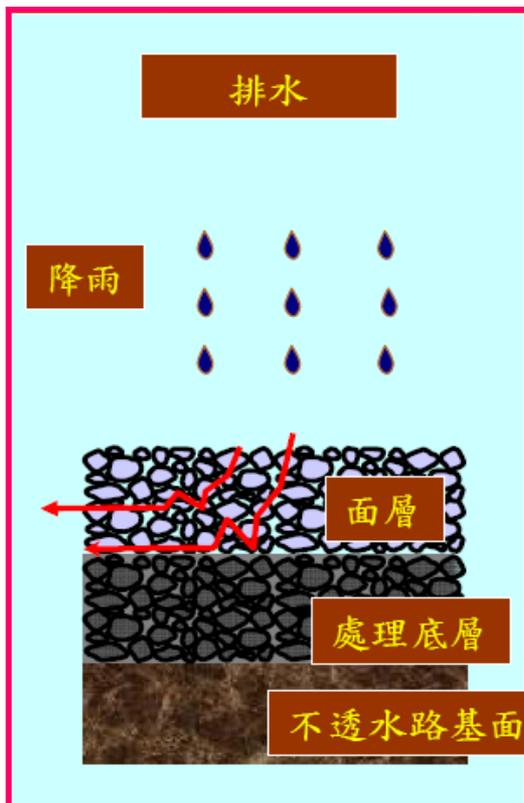


非點源污染之管理 - BMPs

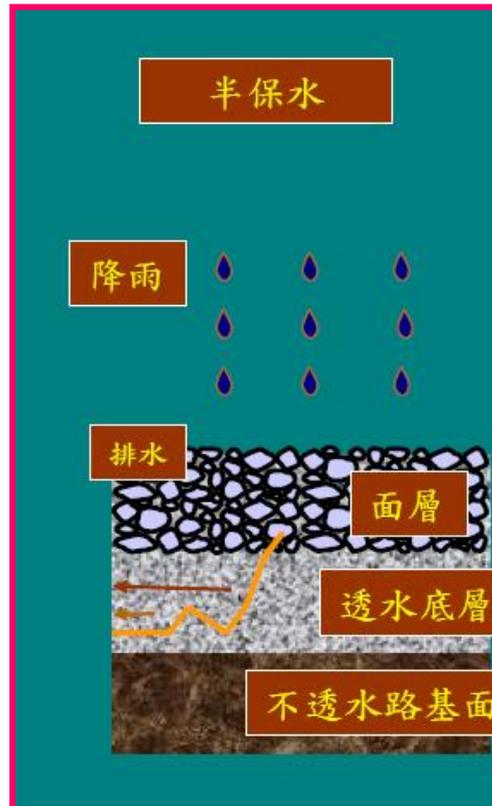


入滲(Infiltration)類之BMPs

➤ 透水性路面



雨水經瀝青底層
面排直接排出去



雨水經不透水路基
面直接排出去



雨水在鋪設體內暫時
貯留使其滲入路基

非點源污染之管理 - BMPs



入滲(Infiltration)類之BMPs

➤ 透水性路面



透水瀝青混
凝土鋪面

植草磚鋪

透水磚鋪

透水磚鋪面

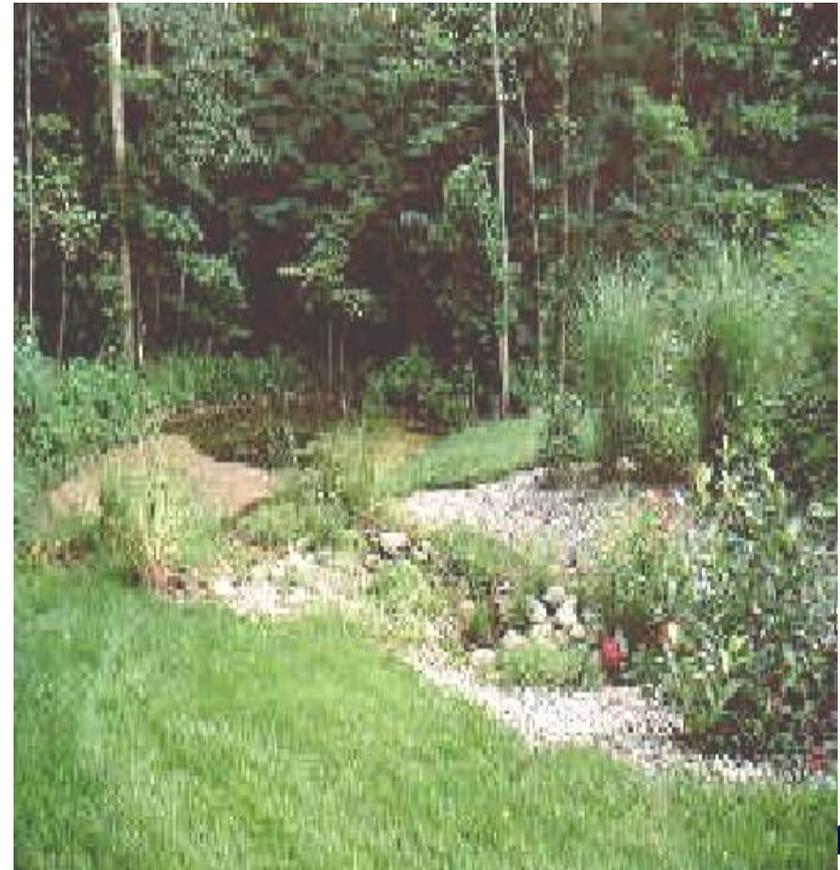
非點源污染之管理 - BMPs



植物(Vegetative)類之BMP

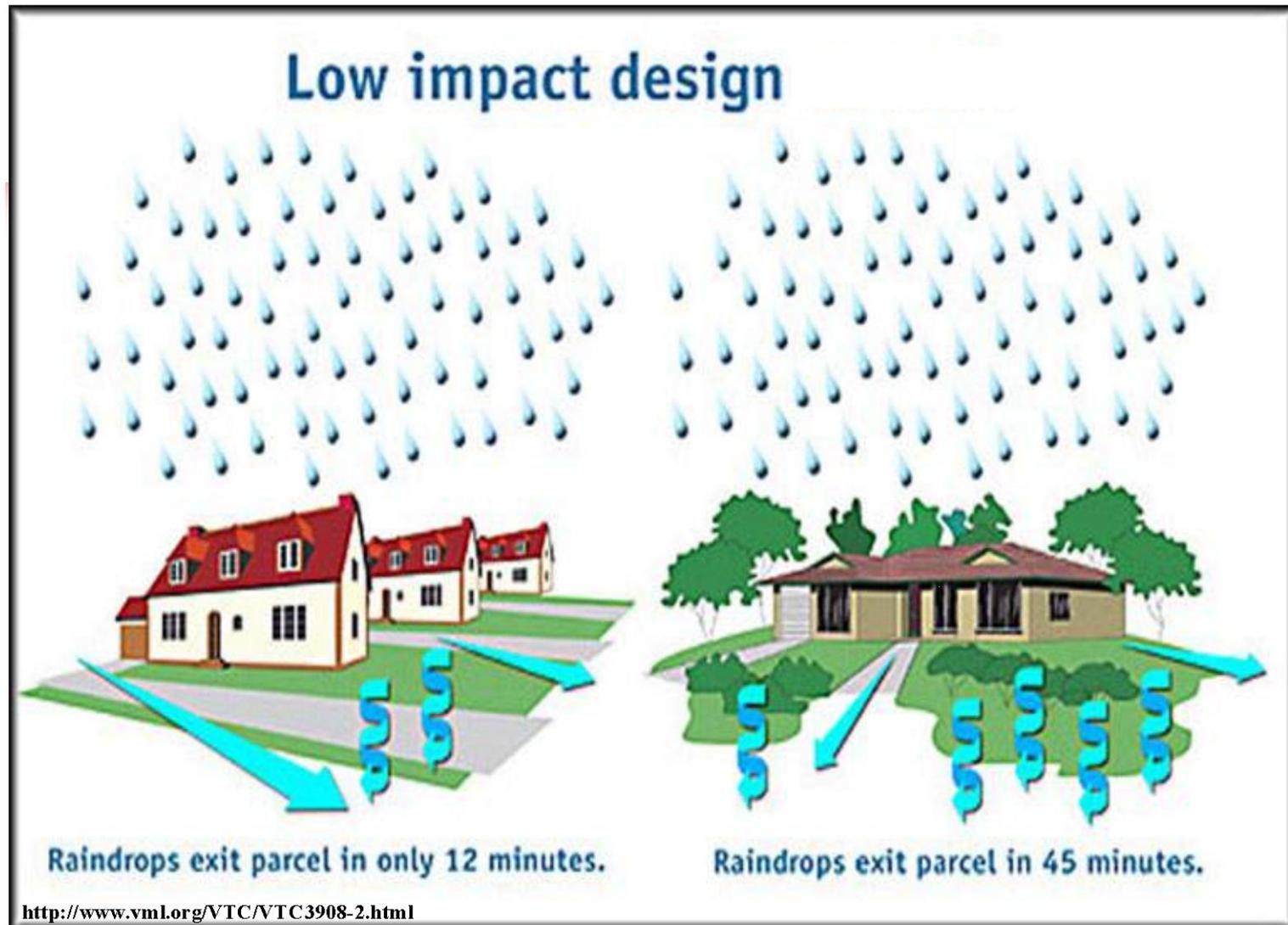
Rain Gardens: A Neighborhood Approach to LID

- There is a small-scale application of LID that may be a good way for your city to experiment with this new technique: **rain gardens**.
- Rain Gardens 運作主要原理是利用植物的化學、生物、物理性質，與微生物及土壤的作用，達到從雨水逕流中除去污染物之水質和水量的控制作業
- 在Rain Gardens system中可能會出現某些程序：沈澱、吸附、過濾、蒸發、離子交換、分解、植物復育、生物復育、儲存容量 (Prince George's County, 2002)



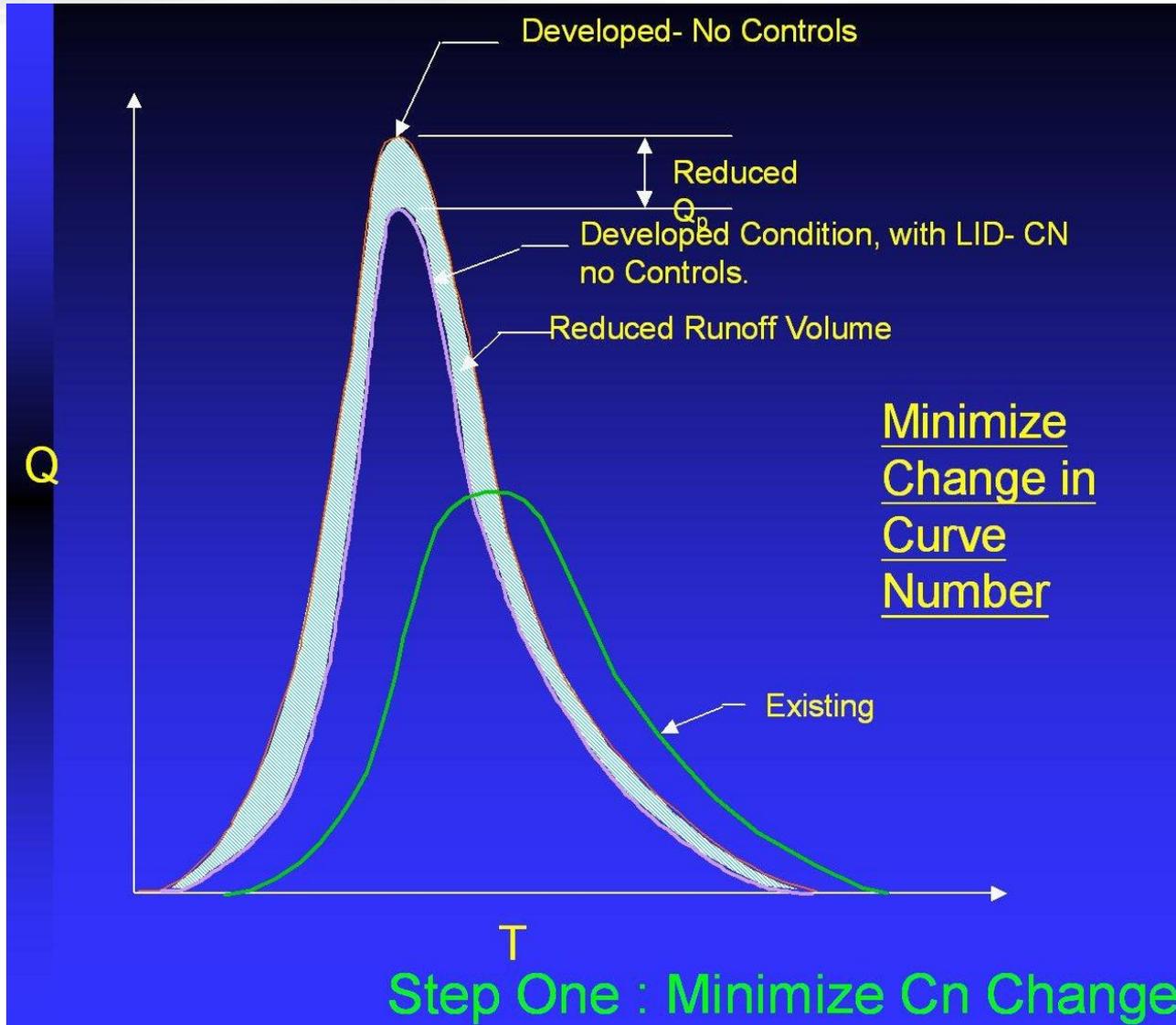
非點源污染之管理 - BMPs

植物(Vegetative)類之BMP



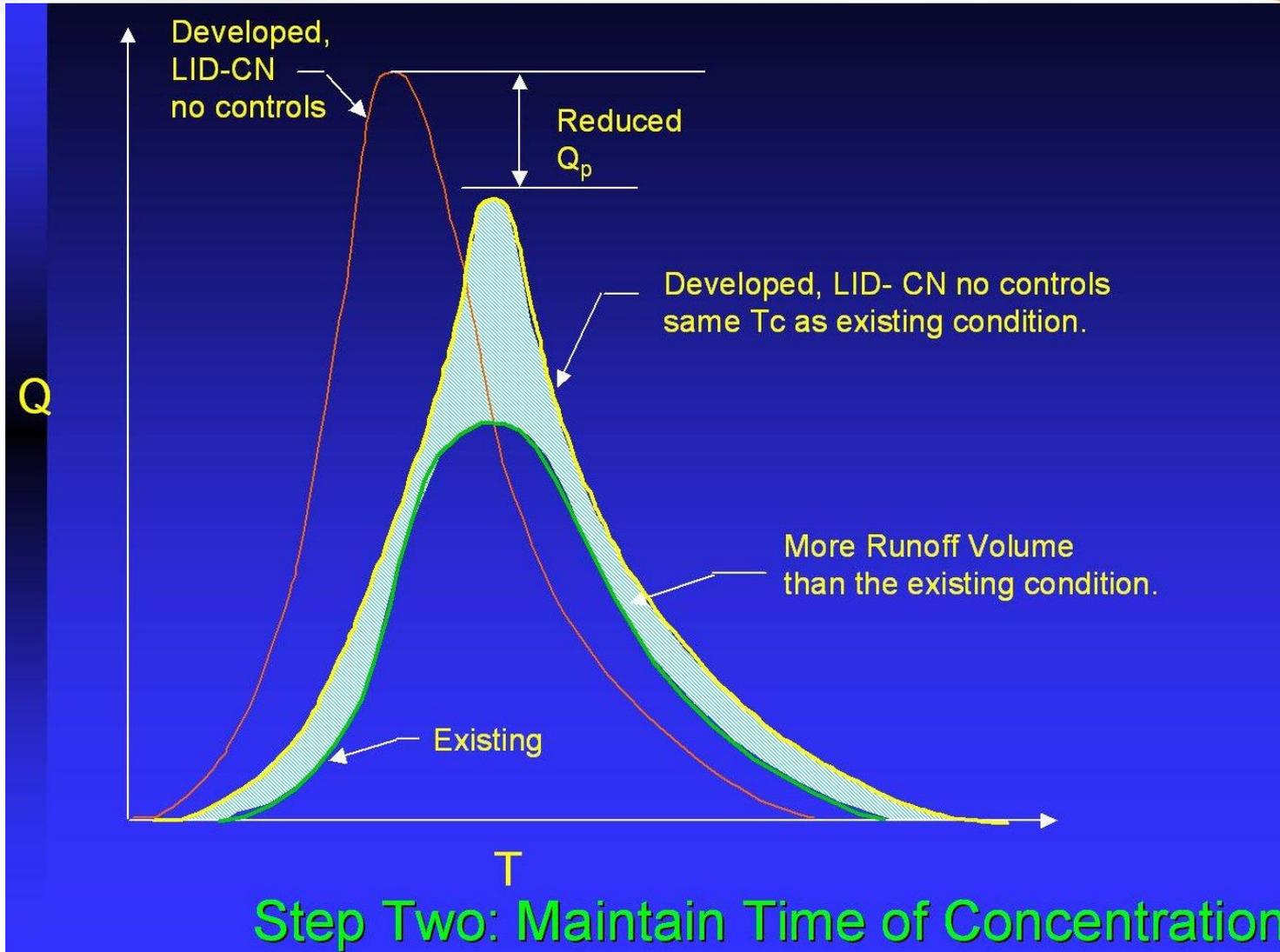
非點源污染之管理 - BMPs

植物(Vegetative)類之BMP



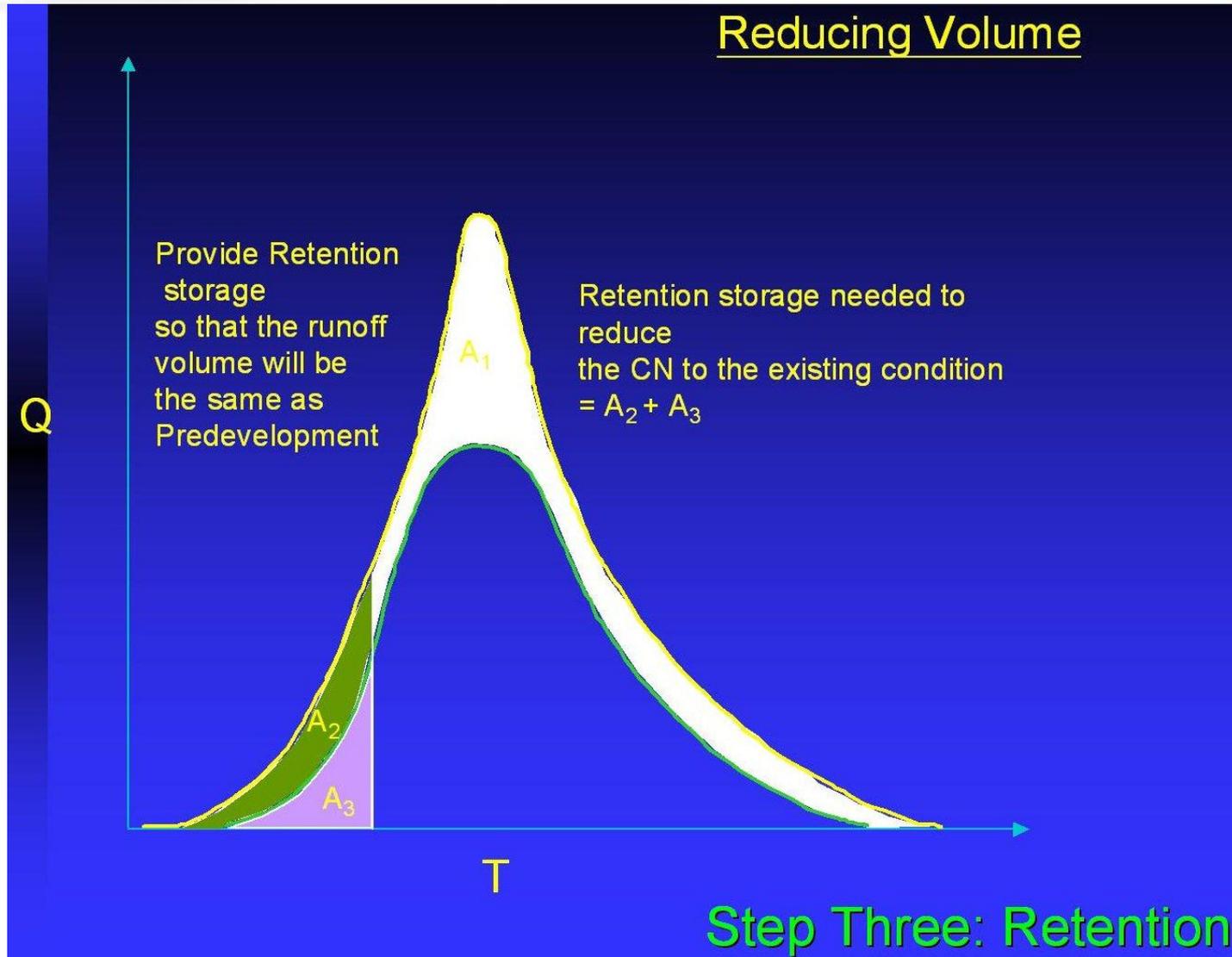
非點源污染之管理 - BMPs

植物(Vegetative)類之BMP



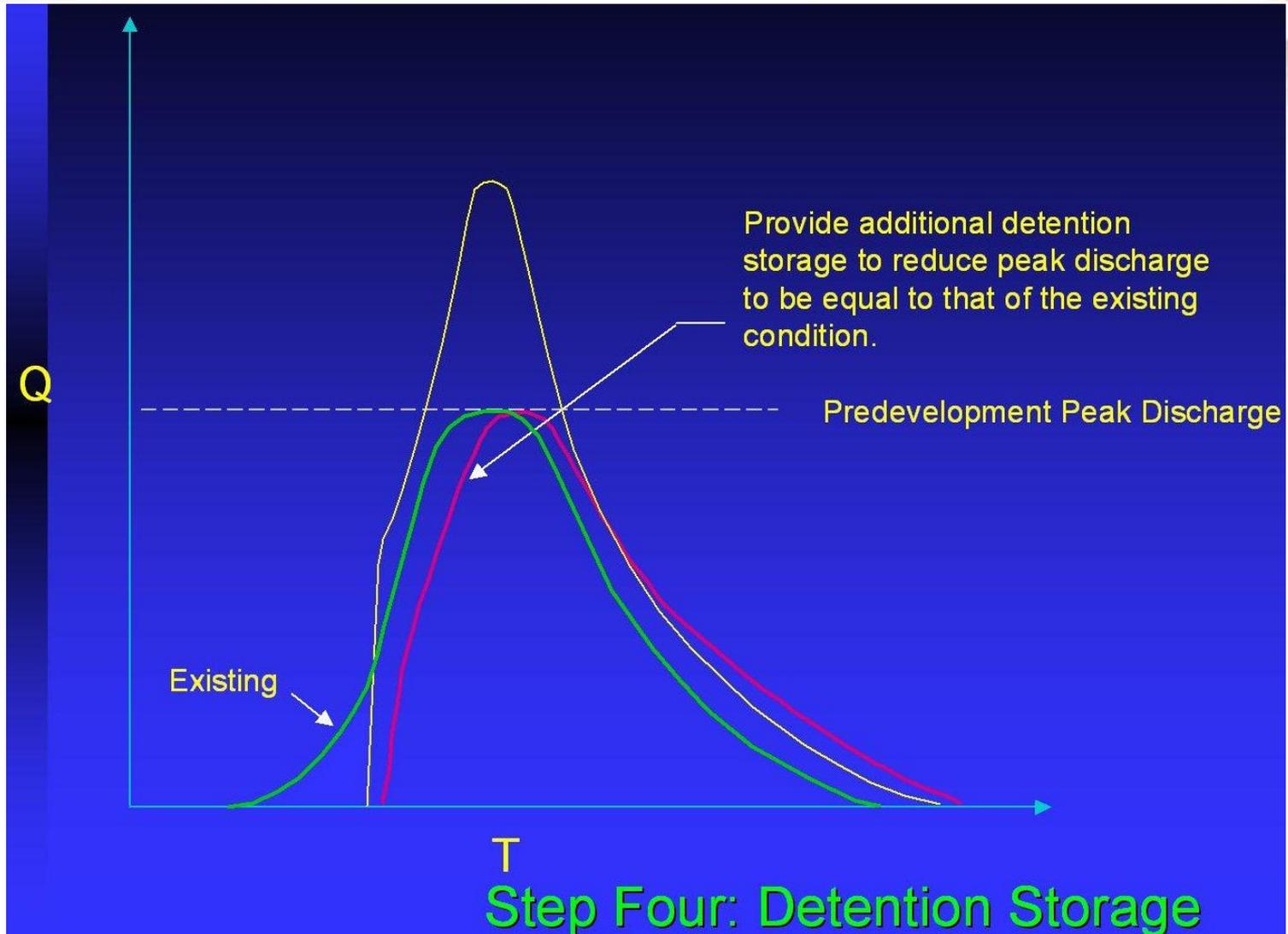
非點源污染之管理 - BMPs

植物(Vegetative)類之BMP



非點源污染之管理 - BMPs

植物(Vegetative)類之BMP



非點源污染之管理 - BMPs

植物(Vegetative)類之BMP

Rain Garden Residential Bioretention



Bioretention “Rain Gardens”

Treatment of urban runoff in the upland plant / soil complex



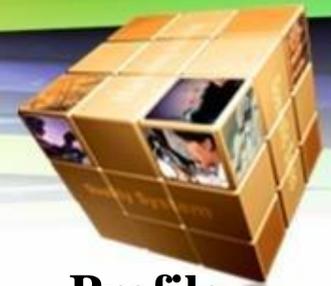
Upland Plants / Shallow
Ponding Infiltration and/or
Filtration Volume Control
Aesthetic Value
Habitat Value
Property Value
Low Cost Maintenance

*Multifunctional use
of green space*

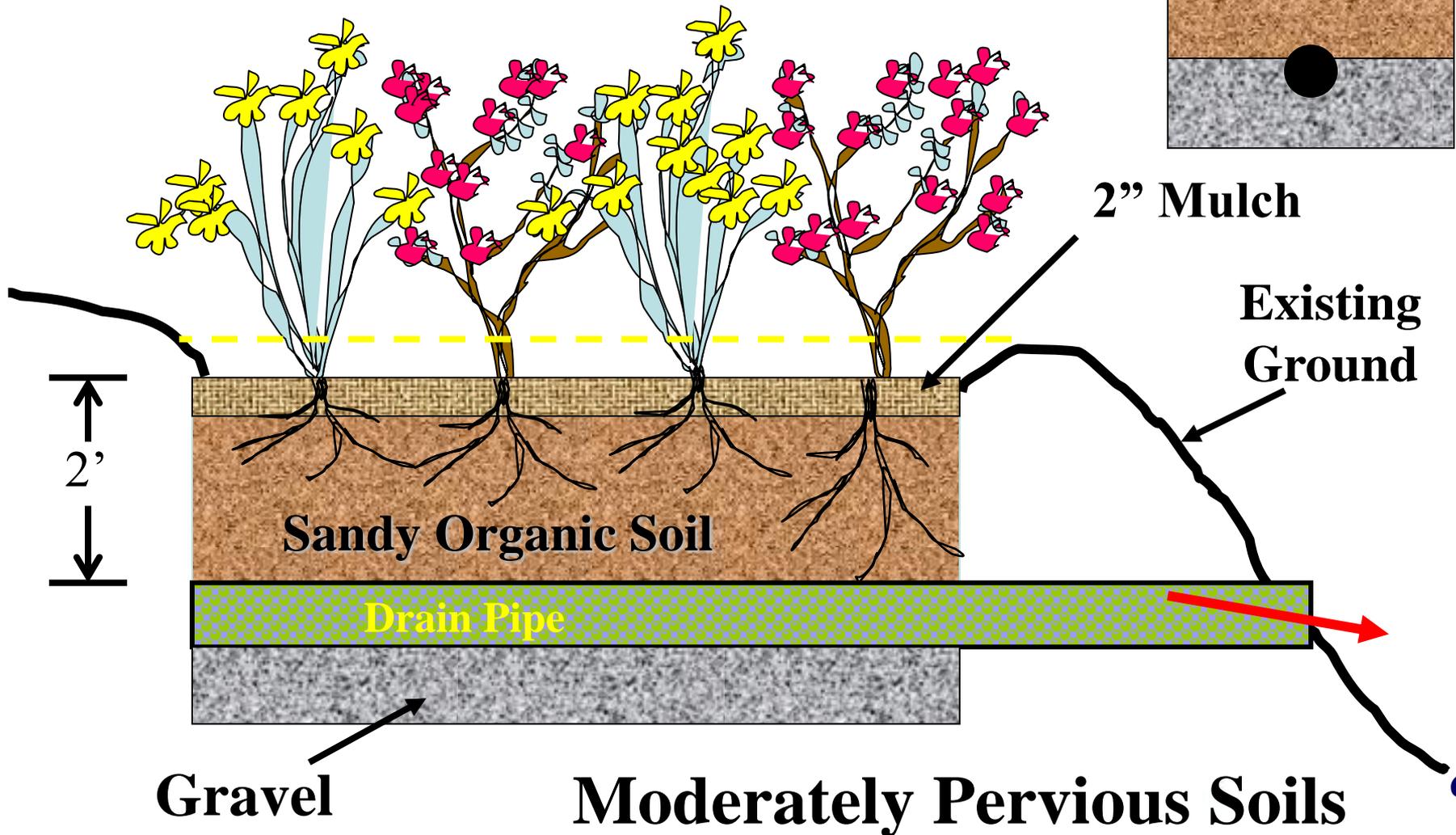
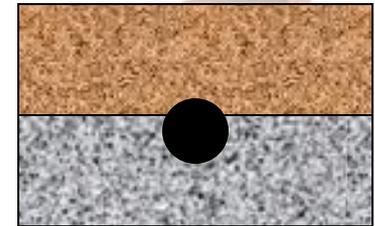
非點源污染之管理 - BMPs

植物(Vegetative)類之BMP

Combination Filtration / Infiltration



Profile





Disconnect Impervious Roof



MAY 25 2001

Parking Lot Runoff



MAY 21 2001



Monarda didyma
(bee balm)

Chelone glabra
(white turtlehead)

Osmunda regalis
(royal fern)

Ilex verticillata
(winterberry holly)

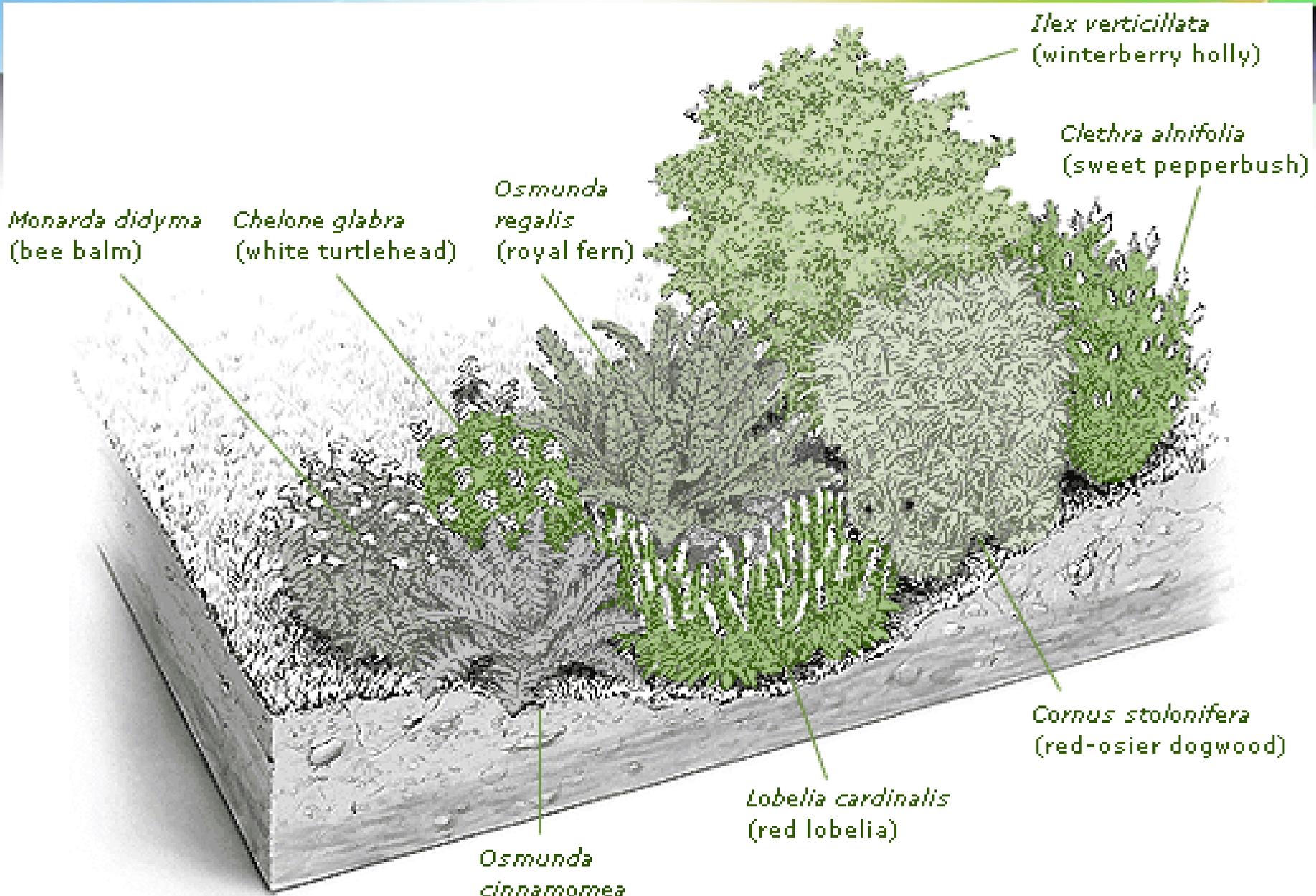
Clethra alnifolia
(sweet pepperbush)

Cornus stolonifera
(red-osier dogwood)

Lobelia cardinalis
(red lobelia)

Osmunda cinnamomea
(cinnamon fern)

A simple rain garden design,
with red lobelia and royal fern
occupying the lowest, wettest zone.



非點源污染之管理 - BMPs

植物(Vegetative)類之BMP



非點源污染之管理 - BMPs

植物(Vegetative)類之BMP



Residential Rain Gardens



Overhead View of the Study Site University of Maryland



Cell A

Cell B

2003.6.6

Cell A



Cell B

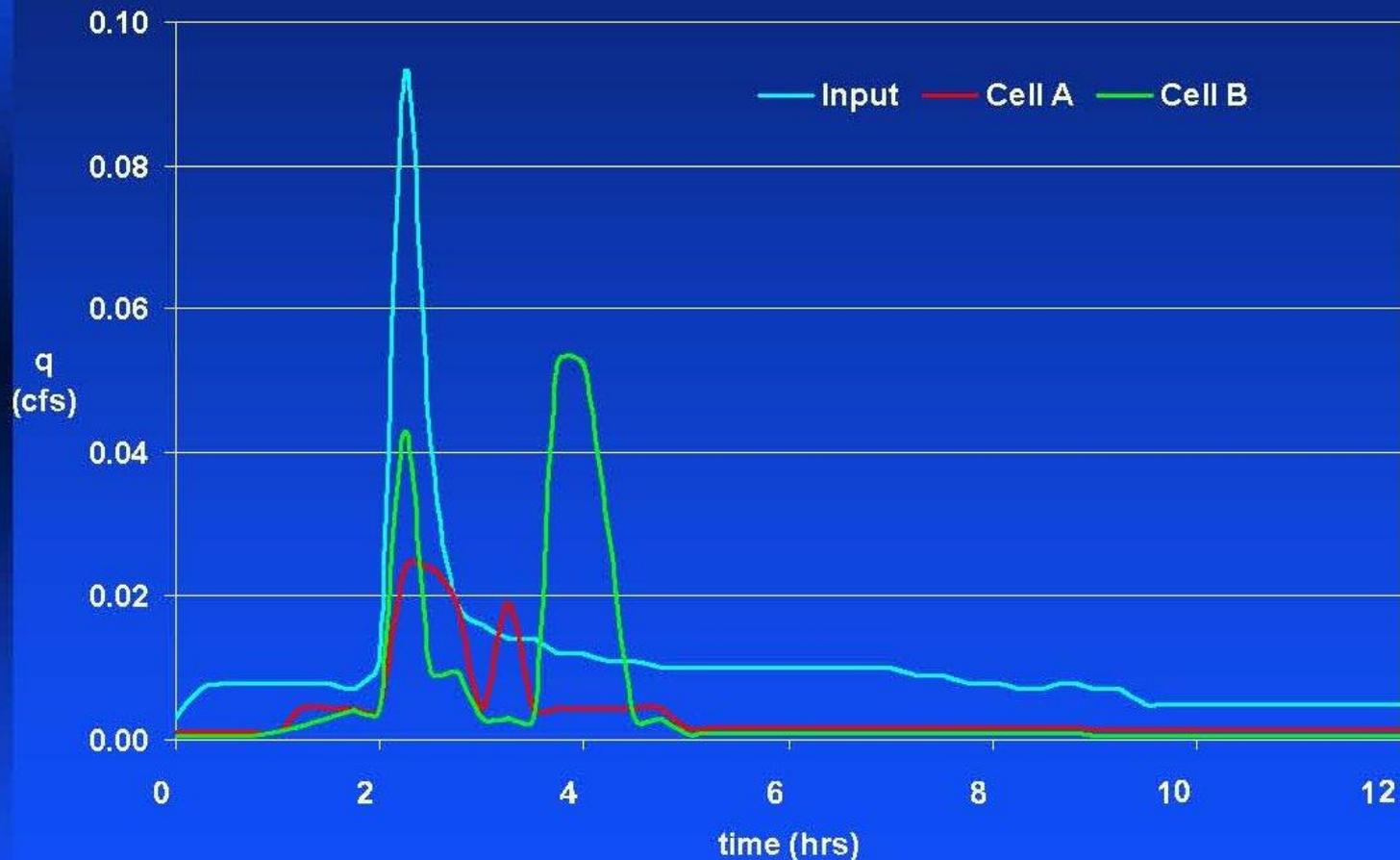


非點源污染之管理 - BMPs

植物(Vegetative)類之BMP



Hydrograph, August 1, 2003, UMD

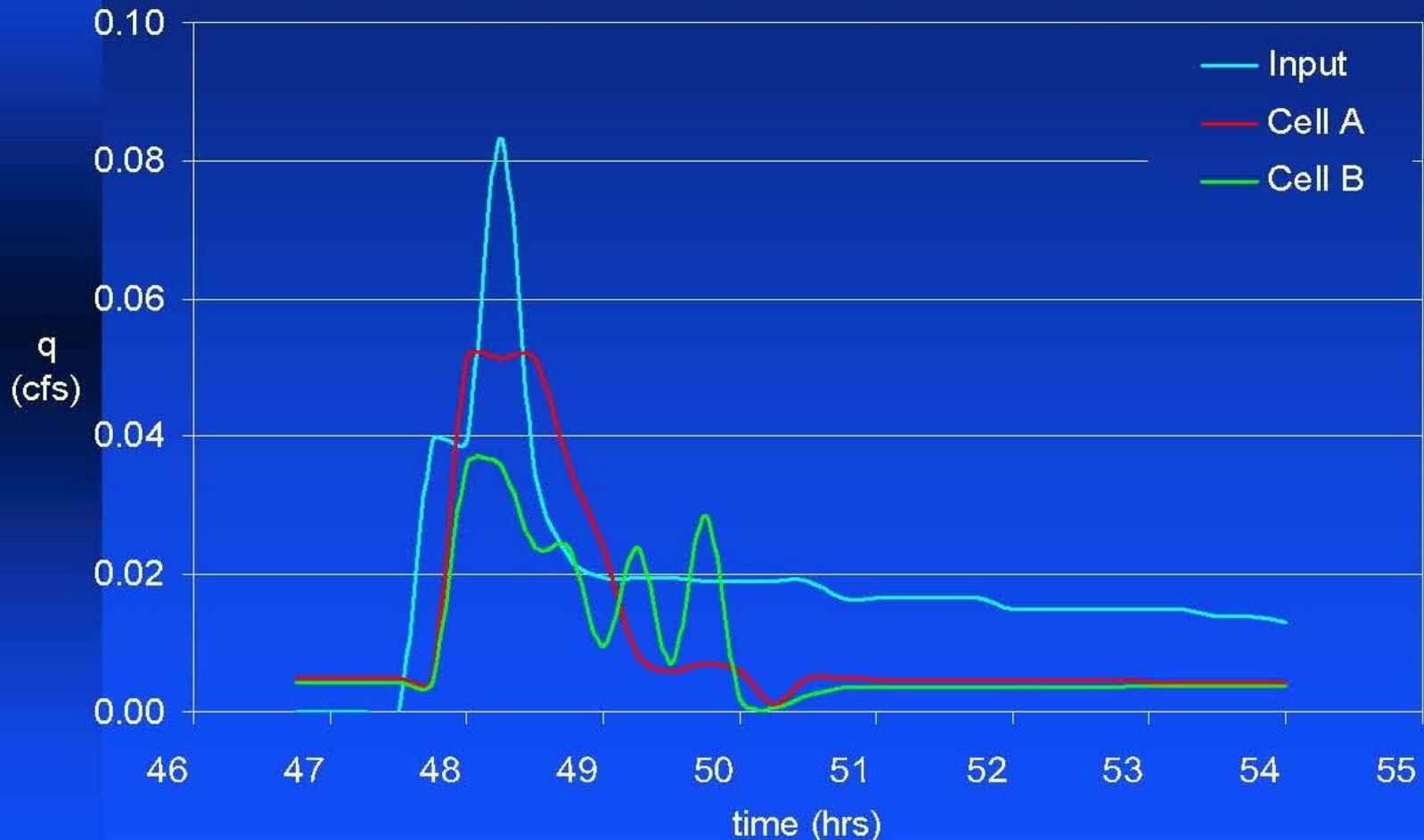


非點源污染之管理 - BMPs



植物(Vegetative)類之BMP

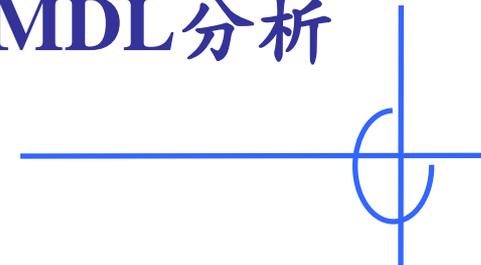
Hydrograph, Sept 18, 2003 (Isabel), UMD





集水區水質管理

點源/非點源整體性 - TMDL分析



點源/非點源整體性 - TMDL分析

Total Maximum Daily Load (TMDL)

集水區污染總量管制

➤ TMDL Define (TMDL 之定義)

➤ $TMDL = WLA + NPS + MOS$

- TMDL = Total Maximum Permissible Load(水體涵容能力)
- WLA = Point Source Allocation (點源污染分配量)
- NPS = Nonpoint Source Allocation (非點源污染分配量)
- MOS = Margin of Safety (安全差距量)

➤ TMDL is a “water-quality” based process, which is more cost-effective than “performance” based ones (TMDL 是以水質標準為基礎, 經濟效益高)

來源：余嘯雷，集水區水源保護 - 技術層面之考量



點源/非點源整體性 - TMDL分析



Elements in the TMDL Process

總量管制之內涵

- Define Water Quality Problem (水質問題之鑑定)
- Set Water Quality Goals (設定水質目標)
- Calculate TMDL (計算污染許可總量)
- Consider Design Conditions (考慮設計條件)
 - Point Source Allocation (點源污染分配)
 - Nonpoint Source Allocation (非點源污染分配)
 - MOS Determination (安全差距量之確定)
- Promote Public Participation (鼓動民眾參與)

點源/非點源整體性 - TMDL分析



TMDL Computation 許可污染總量之計算

➤ Design Low Flow (設計低流量)

- 7Q10 (十年頻率七日平均低流量)
- Q75 (百分之七十五低流量)

➤ Storm Conditions (暴雨情況)

- No design storm yet defined (尚未訂定設計暴雨)
- Small storms are more important (小型暴雨較重要)
- Suggest assuming a 7Q10 river flow, combining with a small storm such as a 1-year storm for TMDL computation (建議以十年一次, 七日平均低流量加上一小型暴雨, 如一年頻率者, 來計算TMDL)

點源/非點源整體性 - TMDL分析



Tools for TMDL Computation

TMDL 計算之工具(模式)

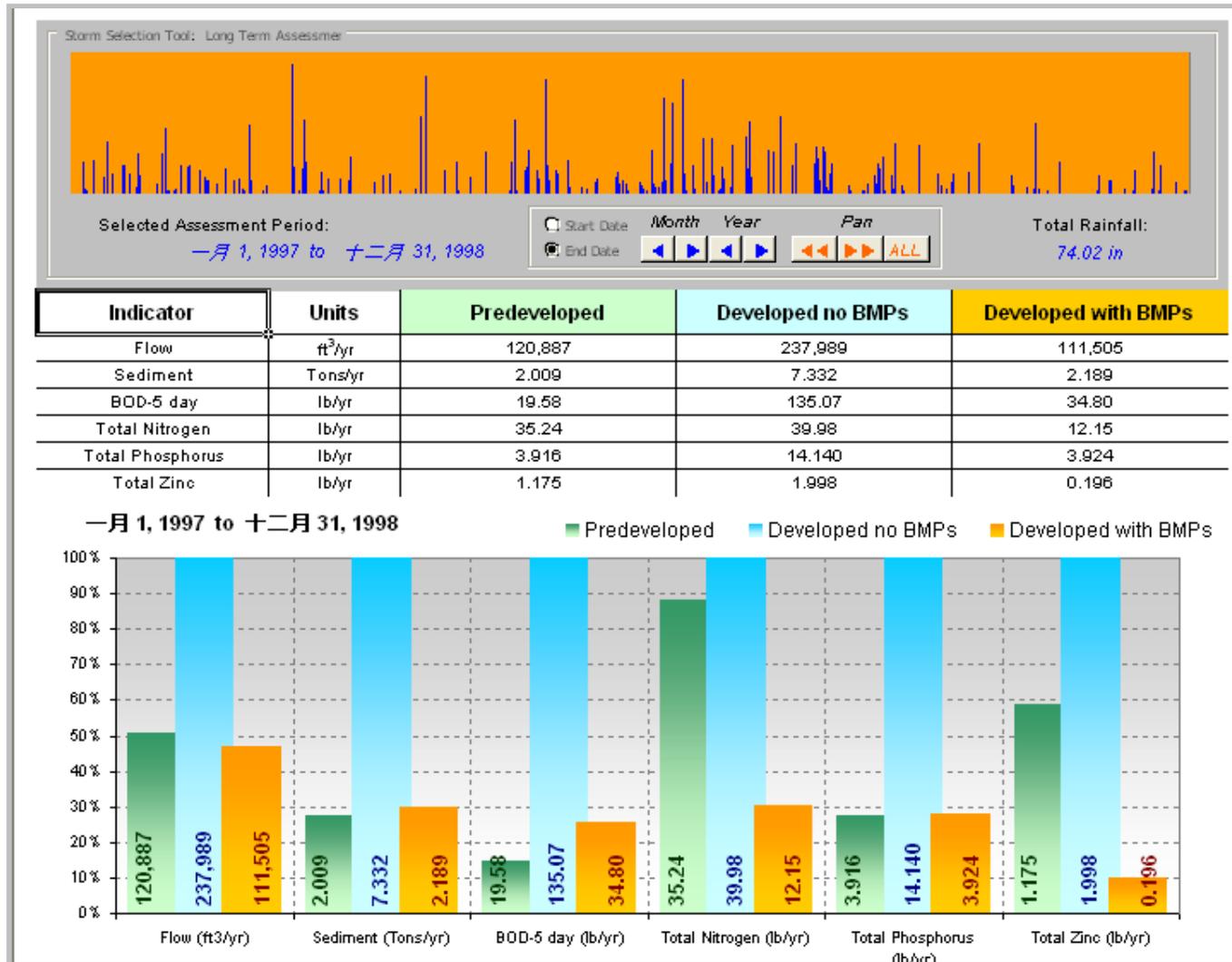
- **Nonpoint Source Computation**
(非點源污染量之計算)
- **Water Quality Models (水質分析模式)**
 - **QUAL2E**
 - **EUTRO5**
 - **WASP5**
 - **CE-QUAL**
 - **BASINS**

點源/非點源整體性 - TMDL分析



Tools for TMDL Computation TMDL 計算之工具

➤ BASINS

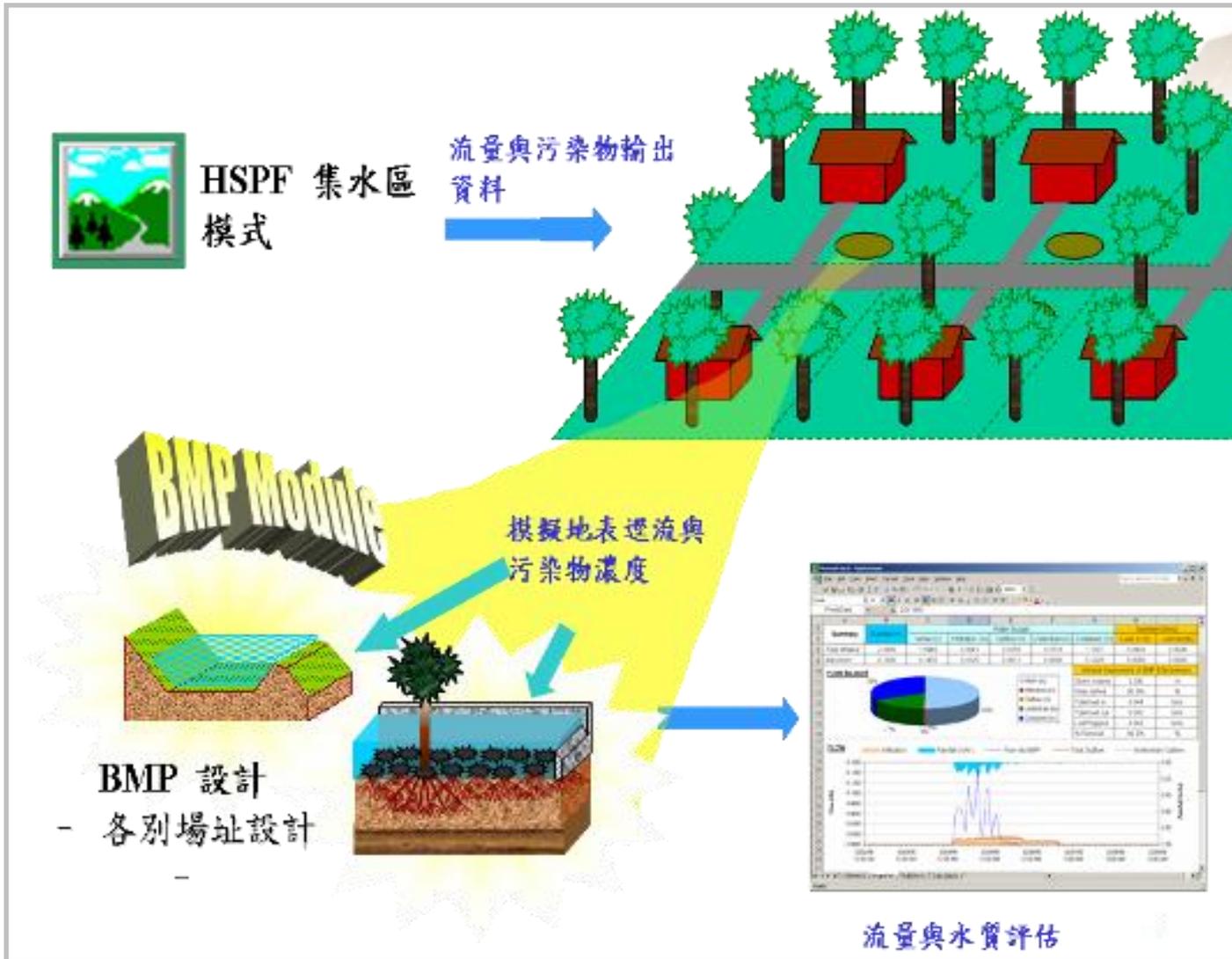


點源/非點源整體性 - TMDL分析



Tools for TMDL Computation TMDL 計算之工具

➤ BASINS





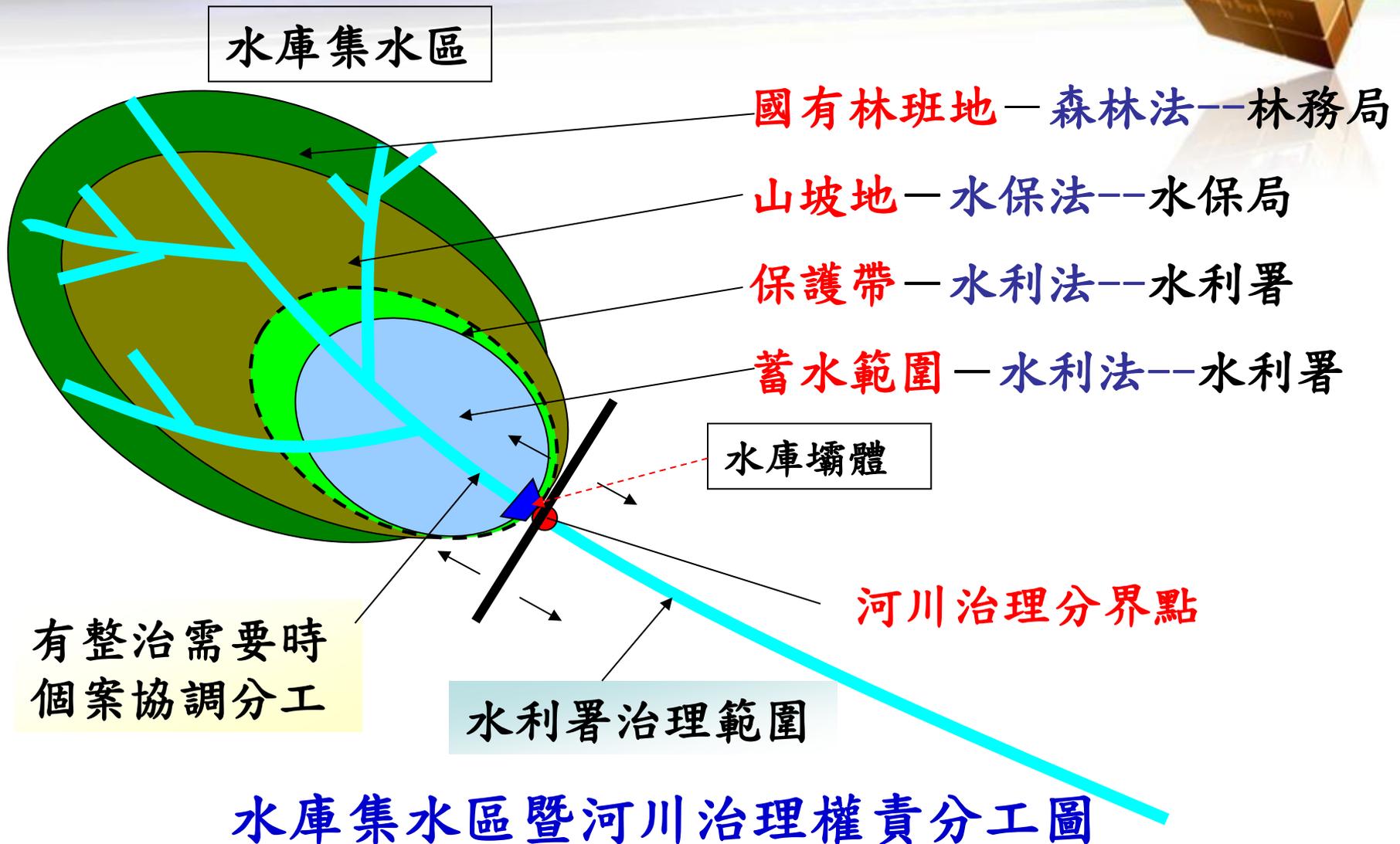
集水區管理現況

集水區管理現況

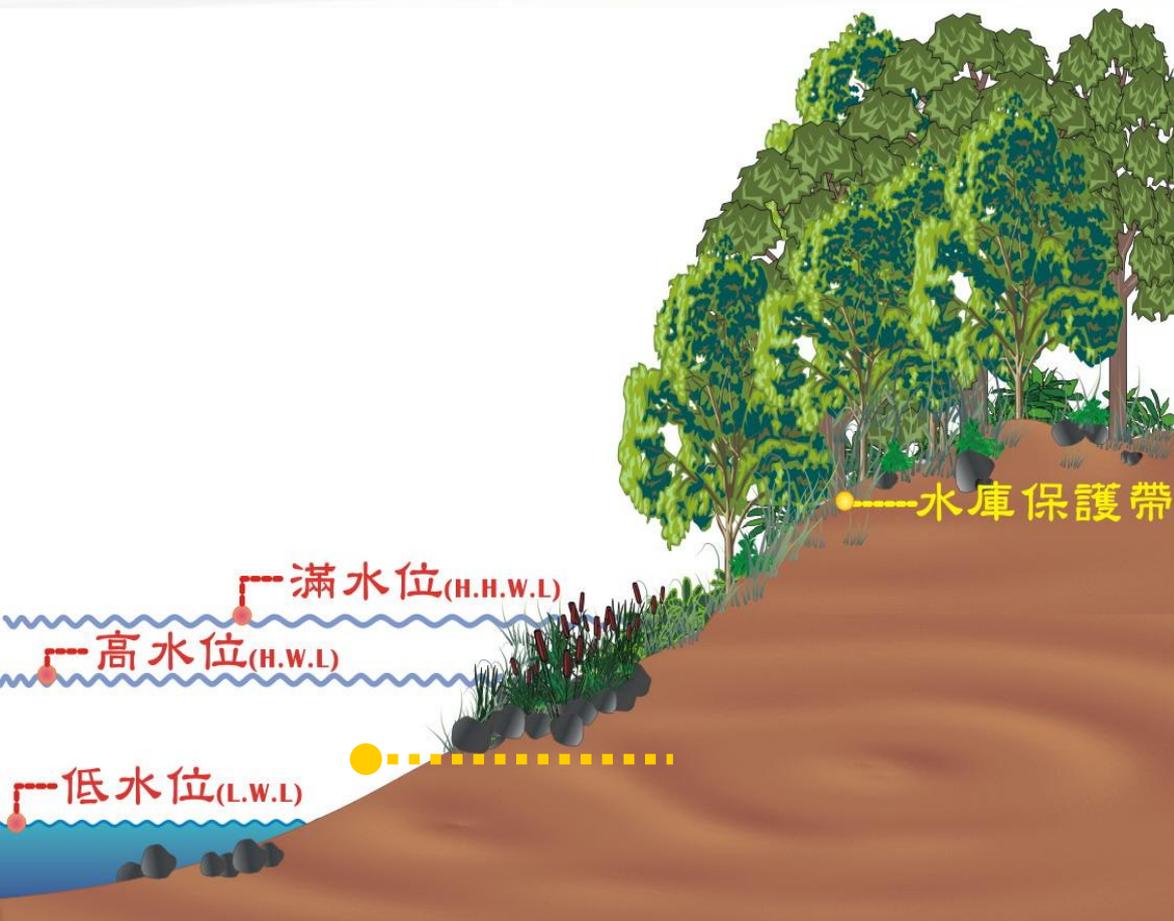


- **Water Quality Problems (水質問題之鑑定)**
- **Define Water Quality Goals (訂定水質目標)**
- **Set Action Plans (確定行動方案)**
- **Point/Nonpoint Pollution Control (點源/非點源污染之控制)**
- **Modeling Analysis (模式分析)**
- **Public Participation (民眾參與)**

集水區管理現況



集水區管理現況



水庫蓄水範圍

水庫設計最高洪水水位與其迴水所及蓄水域、水庫周圍核定設置之保護帶及相關重要設施之土地及水面（水庫蓄水範圍使用管理辦法第2條）

水庫保護帶

水庫滿水位線起算至水平距離三十公尺或至五十公尺範圍內，設置保護帶（水土保持法第二十條）

來源：張廣智，2007，台美水庫保護帶保育研討會

集水區管理現況



水庫保護帶的功能

➤ 固結土壤，防止崩坍



寶山第二水庫



鯉魚潭水庫

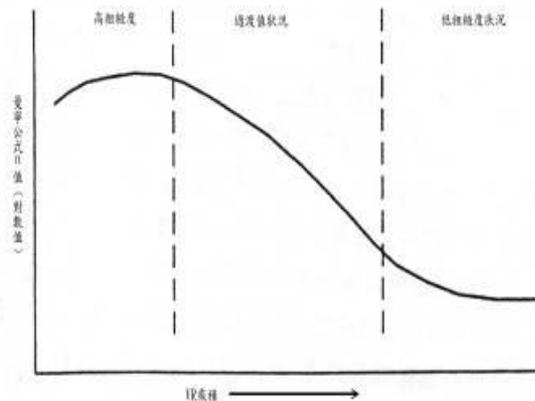


烏山頭水庫

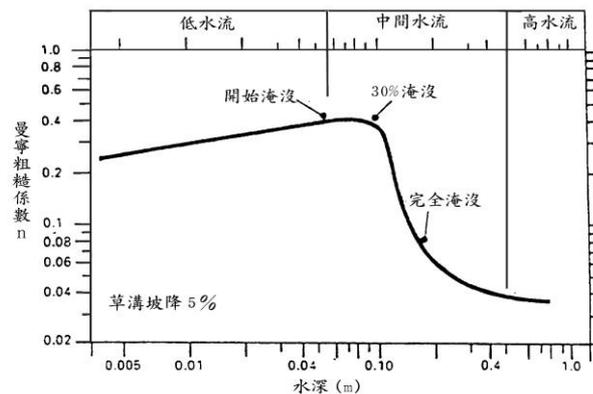


明德水庫

➤ 控制水庫水流



恆定植物量情況下曼寧公式n與VR之關係



草地之曼寧粗糙係數與逕流水深間之關係
(資料來源：Coppin and Richards, 1990)

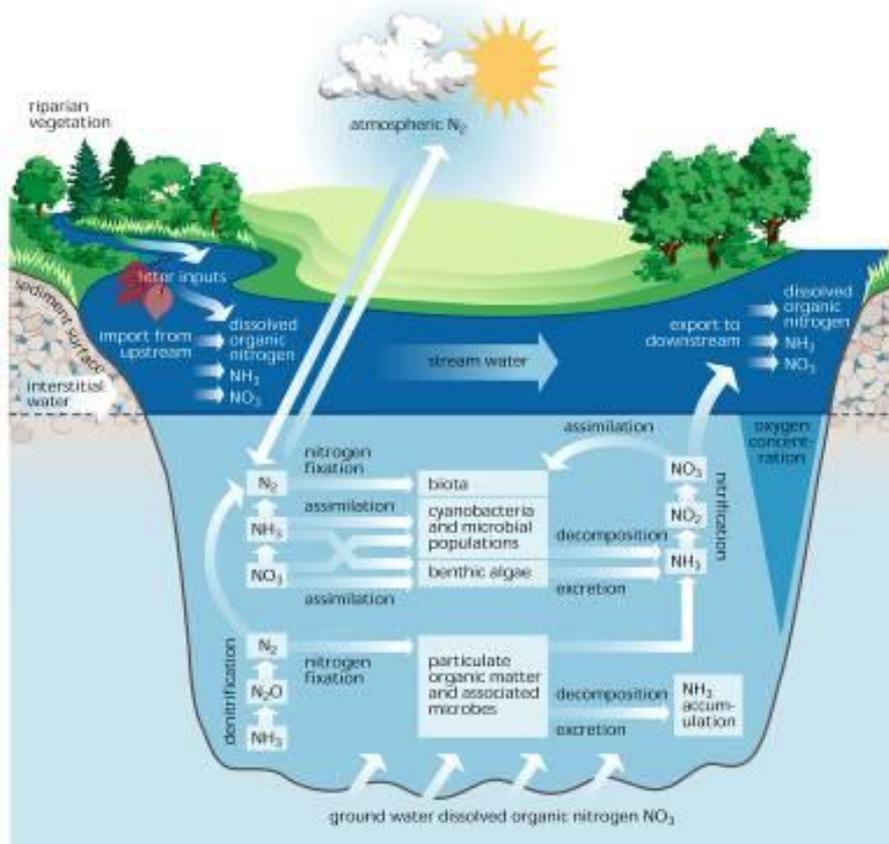
來源：張廣智，2007，台美水庫保護帶保育研討會

集水區管理現況

水庫保護帶的功能

➤ 攔阻泥砂及污染物運移

➤ 涵養水源



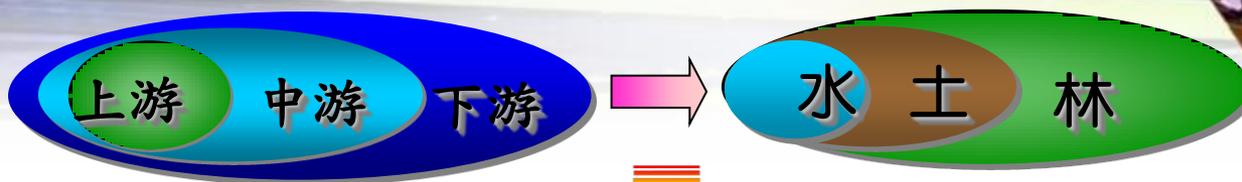
集水區管理現況



水庫保護帶的功能

- 依業務權責及專長分工治理
- 定期通盤檢討提出專案治理計畫
- 採行適當整治工法
- 保育宣導及相關議題之委託研究
- 庫區定期清淤與排砂
- 因地制宜，導入「生態工程」的概念

集水區管理現況

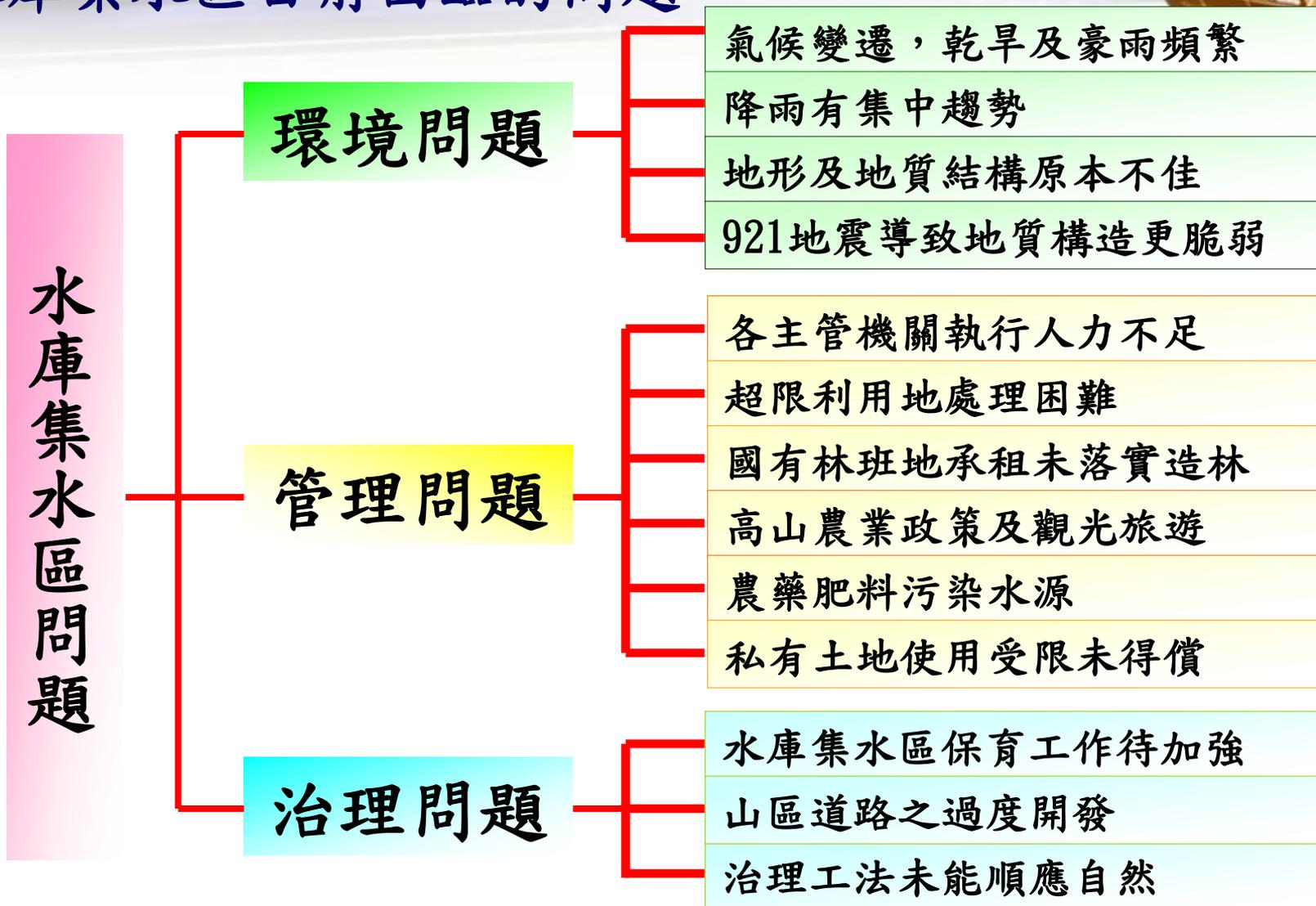


整體性、連貫性、系統化整合
尊重及順應自然、考慮永續性



集水區管理現況

水庫集水區目前面臨的問題



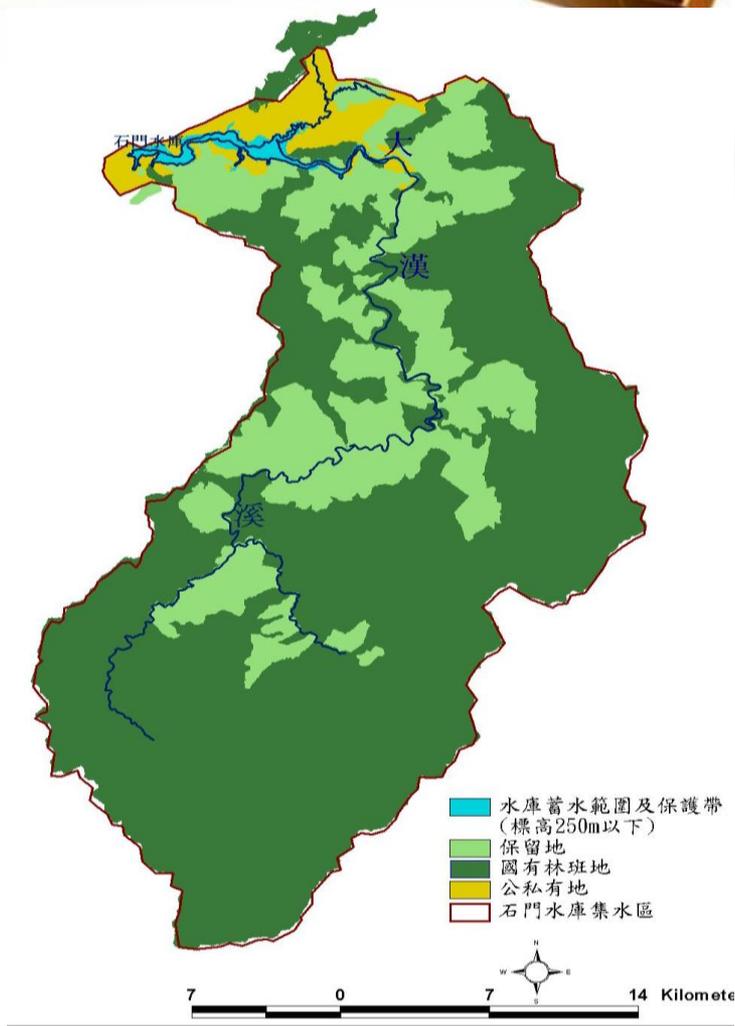
集水區管理現況

水庫集水區現況－石門水庫



| 土地權屬 | 面積 (公頃) | 比例 % |
|----------------|---------------|--------------|
| 國有林班地 | 53,860 | 71 % |
| 原住民保留地 | 17,651 | 23 % |
| 公私有山坡地 | 3,460 | 4 % |
| 水庫蓄水範圍及 保護帶 | 1,369 | 2 % |
| 合計 | 76,340 | 100 % |

- 水庫蓄水範圍及保護帶
(標高250m以下)
- 保留地
- 國有林班地
- 公私有地
- 石門水庫集水區



集水區管理現況

水庫集水區現況－石門水庫(蘇樂溪)



保育治理前

保育治理後



2005.2.26下午3點1分土石流災情

2006.6.09豪雨(無災情)

來源：張廣智，2007，台美水庫保護帶保育研討會

集水區管理現況

水庫集水區現況-石門水庫(沙崙仔崩塌地)



90.10.12 納莉颱風後

93.9.2 艾利颱風後

95.4.10

95.11.27

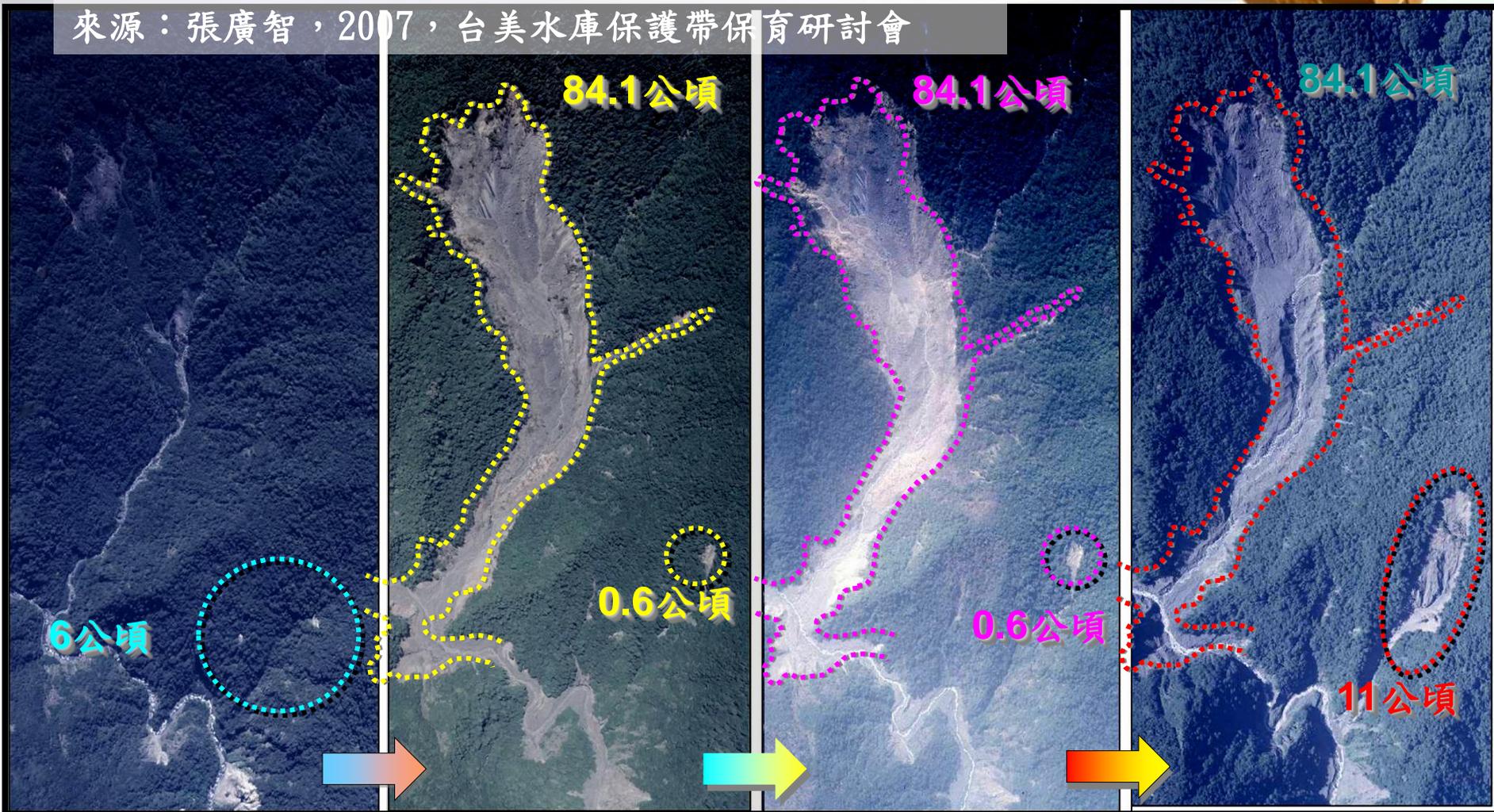
崩塌地處理



集水區管理現況

水庫集水區現況-石門水庫(白石大崩塌地演變)

來源：張廣智，2007，台美水庫保護帶保育研討會

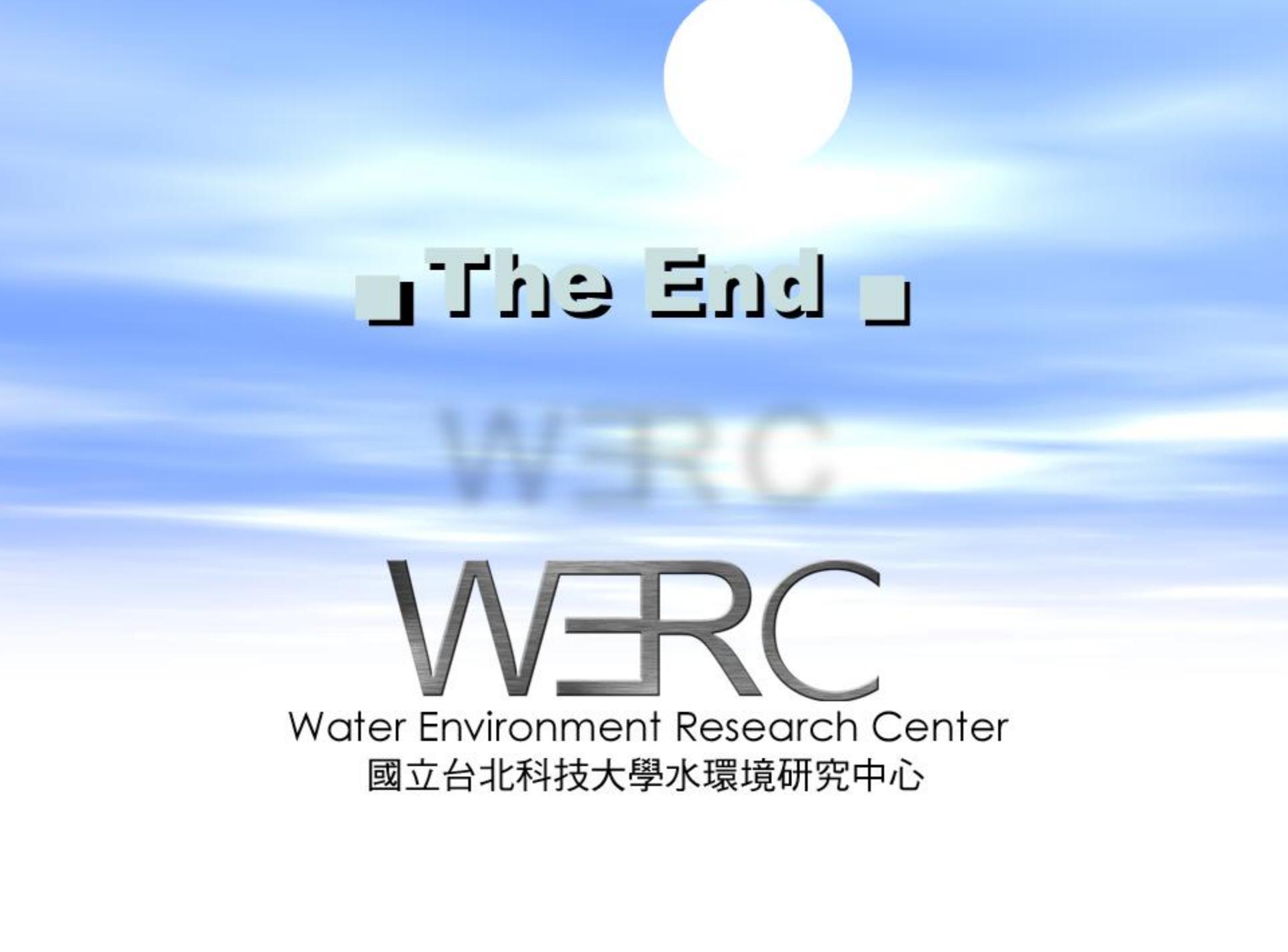


2001.10.12
納莉颱風後

2004.9.2
艾利颱風後

2005.3.16

2005.9.3
馬莎颱風後



■ The End ■

WERC

WERC

Water Environment Research Center

國立台北科技大學水環境研究中心