

## PART I

# 緣起與演變

在這部分，您將進一步認識：

何謂生態工程（ Ecological Engineering ）

何謂生態工法（ Ecological Engineering Methods ）

全貌為何？如何著手？

# 主要內容

- 環境之降質
- 生態工程與沿革
- 生態工法與沿革
- 生態工法未來趨勢
- 結語



*When you put your hand in a flowing stream,  
you touch the last that has gone before and  
the first of what is still to come.*

*Leonardo da Vinci*

# 環境之降質

21世紀是一個人口增長、經濟發展和環境變化都史無前例的世紀

—聯合國人口組織

- 人口快速增長
- 經濟持續但不均衡地改善
- 環境退化

是一般公認的全球趨勢



# 環境降質：人口與環境品質密不可分

- 1960年代，國際意識到人口增長數量之高，到了前所未有的地步
- 1969年，聯合國將「人口的爆炸性增長」列入「人類環境問題」的報告中
- 1990年代，全球依舊受困於「人口VS環境」的議題中，未有大幅度的進展
- 1994年，國際人口與發展會議（開羅）：
  - 人口、貧困、生產和消費模式以及環境相互密切聯繫，不能孤立地審議任何一個問題
  - 對環境的壓力可能來自人口的迅速增長、分佈和遷移，特別是在脆弱的生態系統內

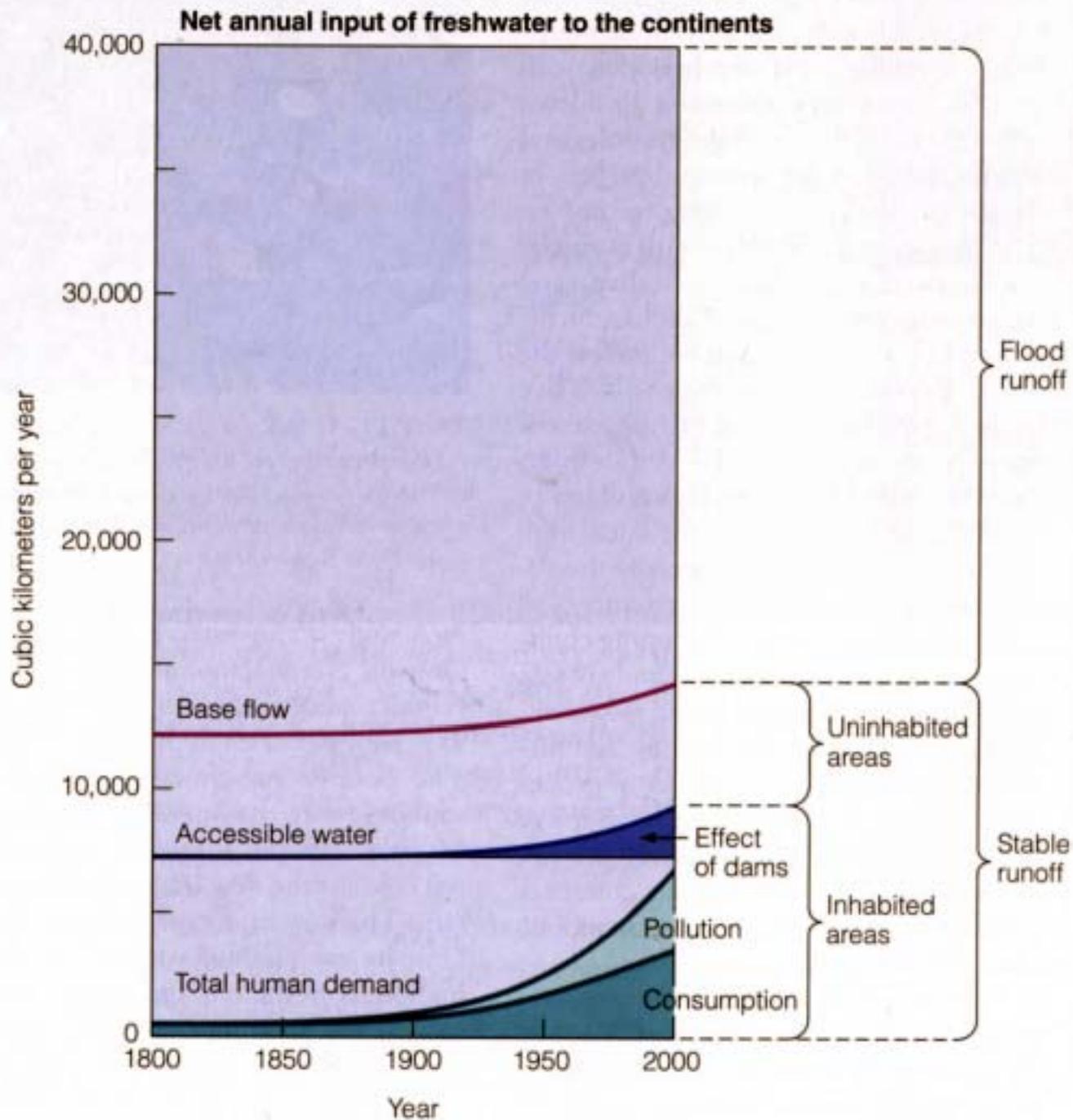


# 水環境降質：主要困境

- 水量：澇旱不均

- 可用水量吃緊
- 2025年世界人口多達2/3可能遭遇缺水問題
- 超都市（mega-cities）：造成水資源供需失衡的潛在危機。
- 農業與工業用水間的「搶奪戰」：「餵飽」人群、「餵飽」經濟發展孰重？
- 重新分配用水，引發更複雜的社會、政治議題

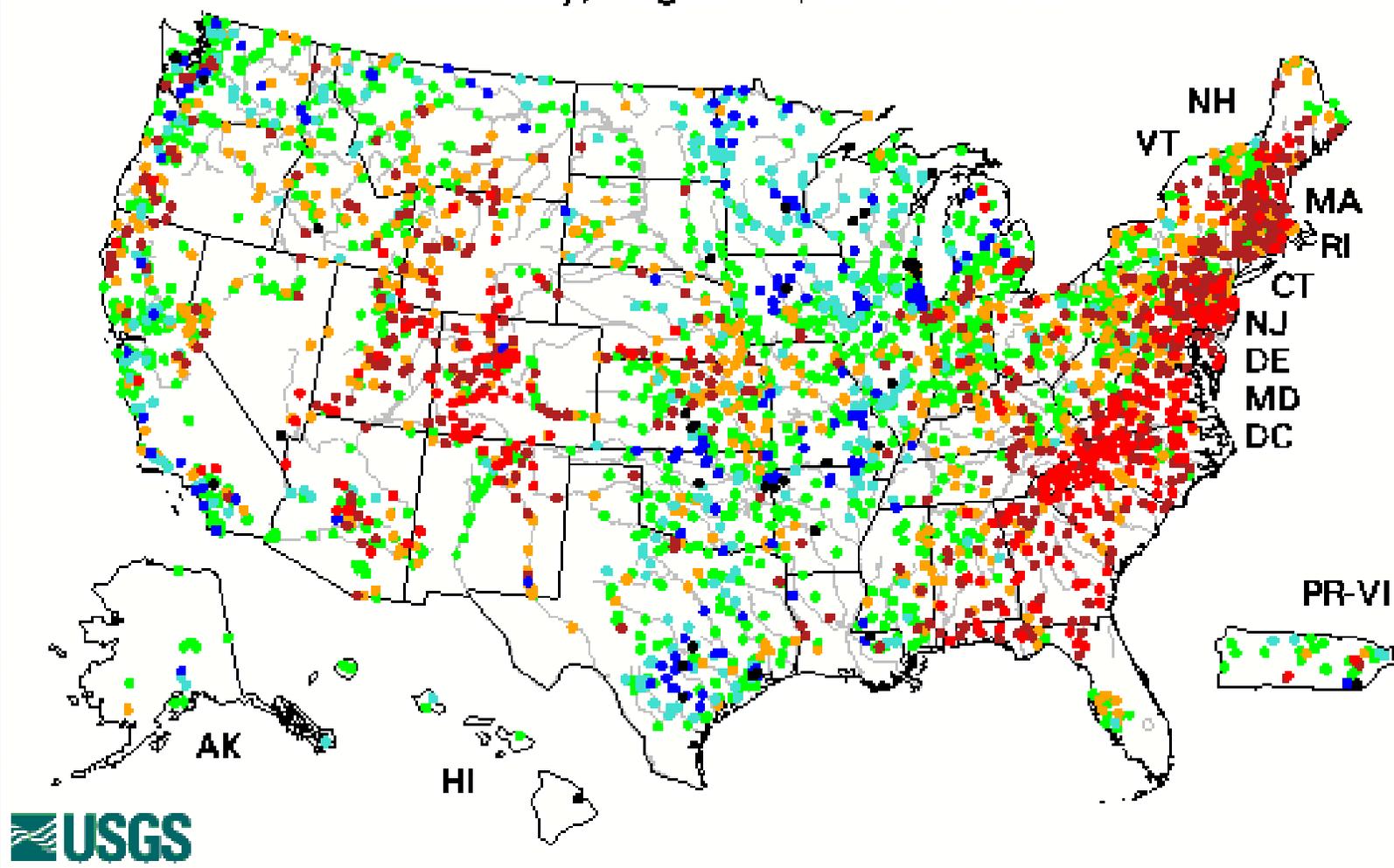




人類將面臨可用水不足所帶來的壓力



Wednesday, August 14, 2002 04:20ET



某些區域正為缺水（紅點）所苦，但是...

某些地區卻正為水太多所困（黑點）





中歐地區2002年8月的水災，  
不僅造成重大傷亡，更是  
文藝史的浩劫

是否將衝擊原有的環境治理與管  
理政策



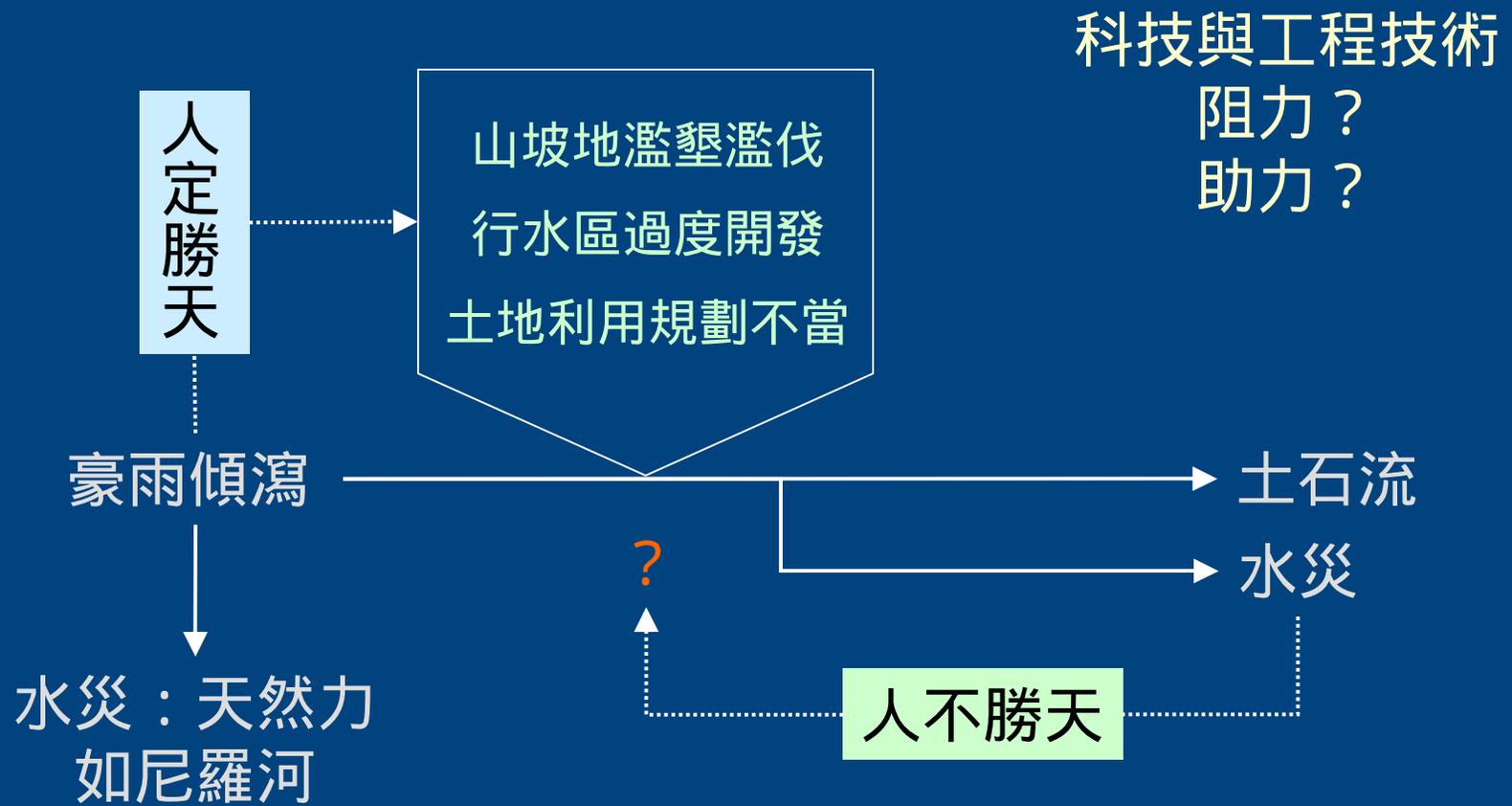
# 環境降質：主要困境

## • 棲地品質惡化

- 生物族群動態及生活史中斷
- 物理、化學環境驟變
- 棲地島嶼化與通路阻隔
- 力學平衡遭破壞
- 氣溫改變：超出生物容受範圍
- 棲地單一化：物種驅逐、物種淘汰
- 護岸材質不利生息



# 環境降質：主要困境



理論、政策、法規與實際



即使是受到嚴密控管的七家灣溪流域，農耕地依舊隨處可見。其他未孕育「明星物種」的溪流處境為何？



偏遠山區緊鄰水體、規模驚人的耕種地

# 環境降質：主要困境

- 景觀破壞

- 過度人工化、水泥化

- 藍帶與綠帶的消失，都會中僅存的「裝飾品」

- 蕩然無存

- 不當的工程設計，造成自然景觀消逝，大尺度的天然地景失衡，必須付出數十年的代價進行修復，且仍無法確定其成效將為何。

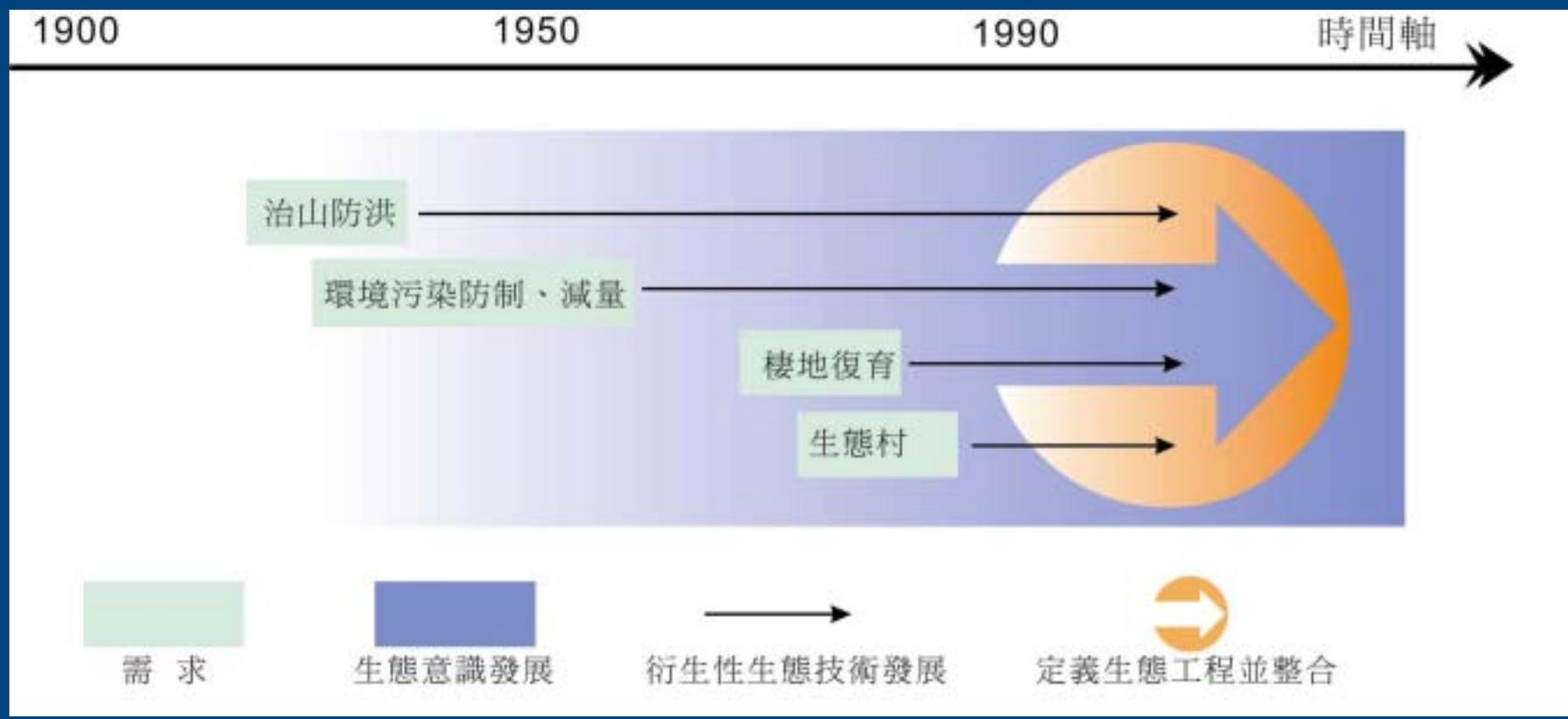


殘破、髒亂的工程設施  
隨處可見



環境品質嚴重下降的主要壓力  
正是催生「生態工法」的主要動力

我們所面臨問題  
正是生態工法的指南針



各類型生態技術發展進程與整合



# 何謂生態工程？

Ecological Engineering

# 生態工法釋義

- 源於德奧境內，發揚於美國、日本；
- 1938年德國Seifert首先提出近自然河溪整治的概念；
- 1962年H.T. Odum等提出將自律行為（self-organizing activities）之生態學概念運用於工程中，首度提及「ecological engineering」一詞；
- 1989年，生態學家Mitsch及Jørgensen正式探討Ecological Engineering（書中亦混用ecotechnology一字）的觀念並賦予定義，生態工法正式誕生。

# 重要定義 (by H.T. Odum)

- 「在人類所操縱 (manipulate) 的環境中，利用一小部分額外的能量來控制一個主要能量仍源自於自然資源的系統，生態工法所應用的規則雖以自然生態系為出發點，但之後所衍生出的新系統將有別於原者」 (1962)。
- 「生態工法便是自然之經營管理，力圖以一獨特之觀點補強習慣工程，或可謂一種與大自然的合夥關係 (partnership)」 (1971)
- 「這種融合生態系的新式工程設計便是一種利用自律行為 (self-organization) 系統的領域」 (1983)。

# 重要定義

- Uhlamn ( 1983 ) , Straškraba ( 1984、 1985 ) ,  
以及Straškraba與Gnauck ( 1985 )
  - 所謂「 ecotechnology 」係指基於對生態的深度認知，  
一種用於進行生態系管理的技術，其目的在於將執  
行相關措施的成本及其對環境造成的損害降至最低。

# 重要定義

- Mitsch and Jørgensen ( 1989 ) : 使人類社會與其所在之自然環境都能受益之設計。
- 美國 NAS ( National Academy of Sciences ) ( 1993 ) : 永續經營的生態系統的設計 , 此一生態系統整合人類社會與其所在之自然環境 , 並使兩者都能受益。

# 重要定義

- Bruce L. Rhoads & Edwin E. Herricks (1996) :
  - Mitsch 與 Jørgensen的定義暗示著人類有能力「設計」複雜的生態系，「設計」生態系的複雜性正是生態工法的本質。
  - 建議用「自然化（naturalization）」或ecological-relevant engineering取代ecological engineering一辭。
  - 人類對於自然資源的利用應該被視為現階段“自然”環境的組成分子之一，而這個因子應該於環境保護及制訂規範的過程中被考慮進去。

# 生態工程的觀點

- Mitsch & Jørgensen

- **自律行為**
  - 大自然進行部分的「設計 (engineer)」工作，人類於系統中擔任促進者的角色，但由大自然自行發展。
- **生態系保育**
  - 工程師藉由各種工具與原料來設計、建構各式過程及產物，生態工法則需仰賴豐富的物種極多元化的生態系來進行同等的工作。
- **以太陽能為基礎**
  - 生態系係以太陽能為基礎，因此生態工法或生態技術便應該建立在對於這種自我永續 (self-sustainability) 的認知上。
- **是大自然密不可分的一部份**

# 生態工程的觀點 - Straškraba

依循自然的不變運行原則，包括：

能源與物質不滅定律。

可接受並儲存信息與資訊。

具擴張性，傾向由能源高處移轉之能源低處，由高組織性轉變為低組織性。

具開放性，能接收能源與資訊。

能成長。

有限制性。

有區別性，分高、低等動植物，及不同的生態位階。

有多種回饋系統，如近體回饋、媒介回饋等。

具穩定性。

有能力調整、適應與自我重組。

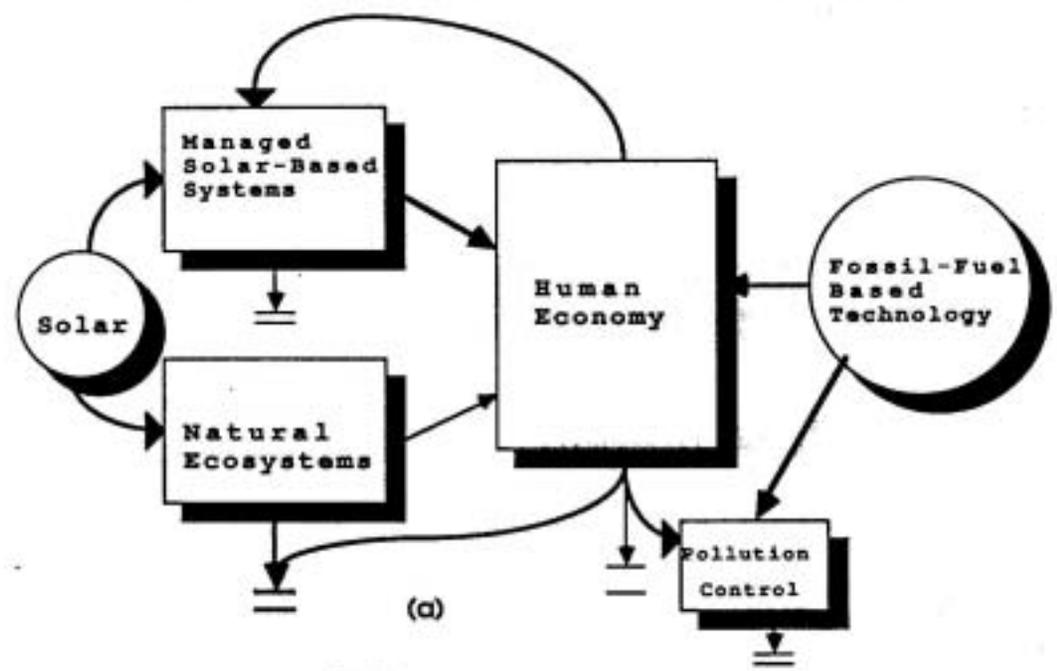
具連貫性與一貫性，牽一髮可動全身。

# 生態工程的觀點 - Straškraba

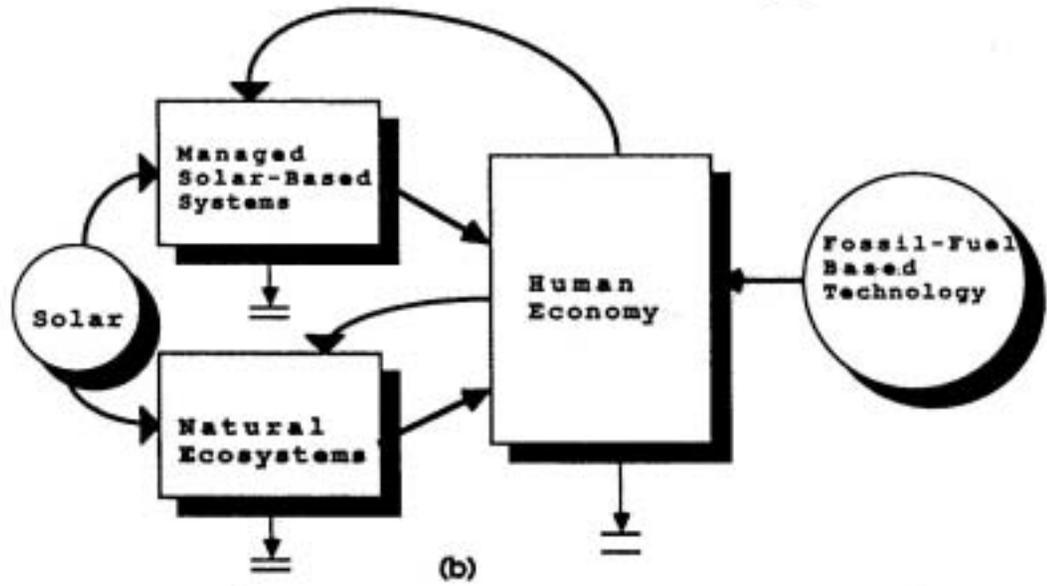
- 應依據下列準則
  - 減少能源的浪費，善用太陽能。
  - 加強資源回收，減少不必要的開發。
  - 盡量保存所有的生態結構，如河川、山坡等，以維持應有的多樣性。
  - 應著眼於未來，追求永續經營。
  - 人類需仰賴各種生物（有機體）以維持存活。
  - 考慮生態系統之動態平衡。
  - 從大自然學習如何處理複雜的系統，尤其是適應力。
  - 人類對外來的刺激具有一定的敏感度。
  - 將生態系統視為一個有連貫性、整體性的動態系統來進行經營管理

# 生態工程的觀點 - Straškraba

- 評估所有可用之經營生態系統方法。
- 避免在別處造成二次傷害。
- 各種行為不應超過生態系統的涵容能力。
- 生態系統對人類的經營措施，具有某種程度的自我調整、適應性。
- 評估環境資源的外部效益，如發展高山農業所帶來之利益及所能造成的負面影響。
- 評估人類對自然環境所有的使用情形。
- 所用的工程方法，均需符合生態系統的原則方稱得上是生態工程。



傳統工程人類與生態系非為一體

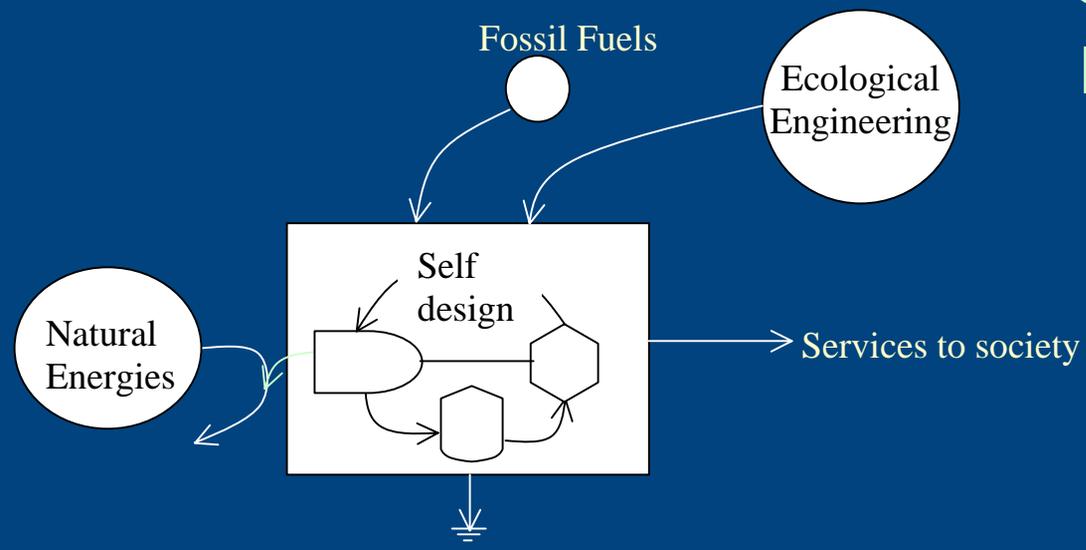
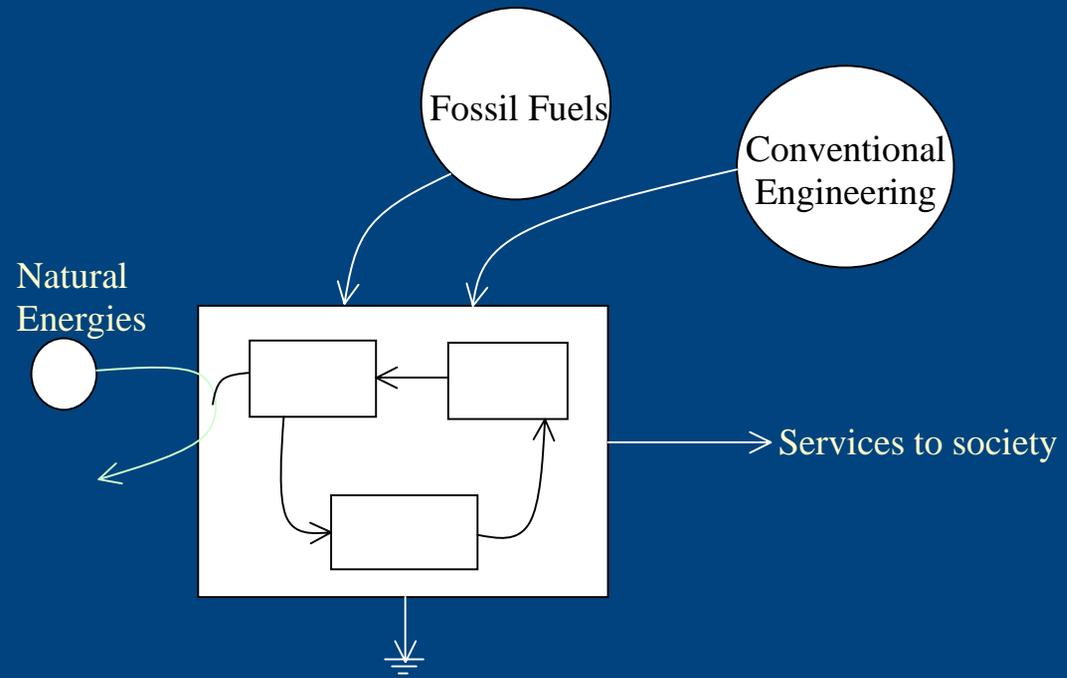


生態工程意念中，重新檢視人與生態的互動關係



# 與傳統工程之比較

	傳統工程	生態工程
能源類型	石化燃料 非再生性資源	太陽能為主 非再生性資源為輔
材料	鋼筋、水泥， 人工科技材質	各種物種、生態系， 自然界取得之材質
型態及組成	單一化	多元化
人類社會之定位	與自然區隔	為大自然的一部份
與其他物種之互動	排斥	共榮
建置成本/管理成本	n/a <sup>*</sup>	n/a <sup>*</sup>
永續性	低	高



生態工程成為提供  
產生自律行為環境  
的工具



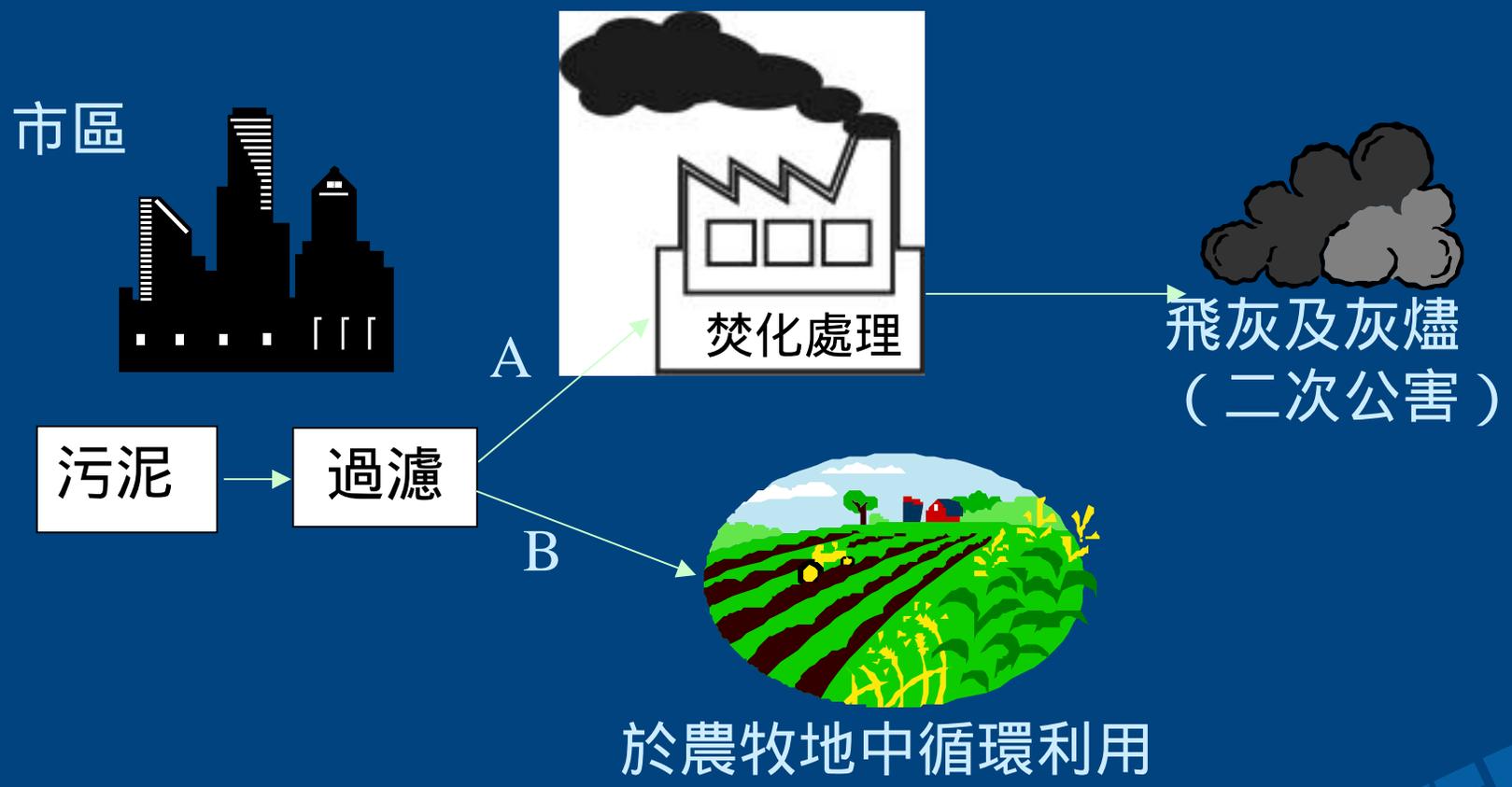
# 重新省思 重新修正



# 生態工程之分類與應用

- **生態環境工程**：用生態系降低或解決在他處（或對其他生態系）造成嚴重傷害之污染問題
- **人工生態系**：「仿」生態系或「複製」生態系以解決環境污染問題
- **生態工法**：在嚴重人為干擾後，「協助」生態系恢復原貌
- **生態產業**：在不危及生態平衡的前提下，利用生態系或生態資源，以供人類所需

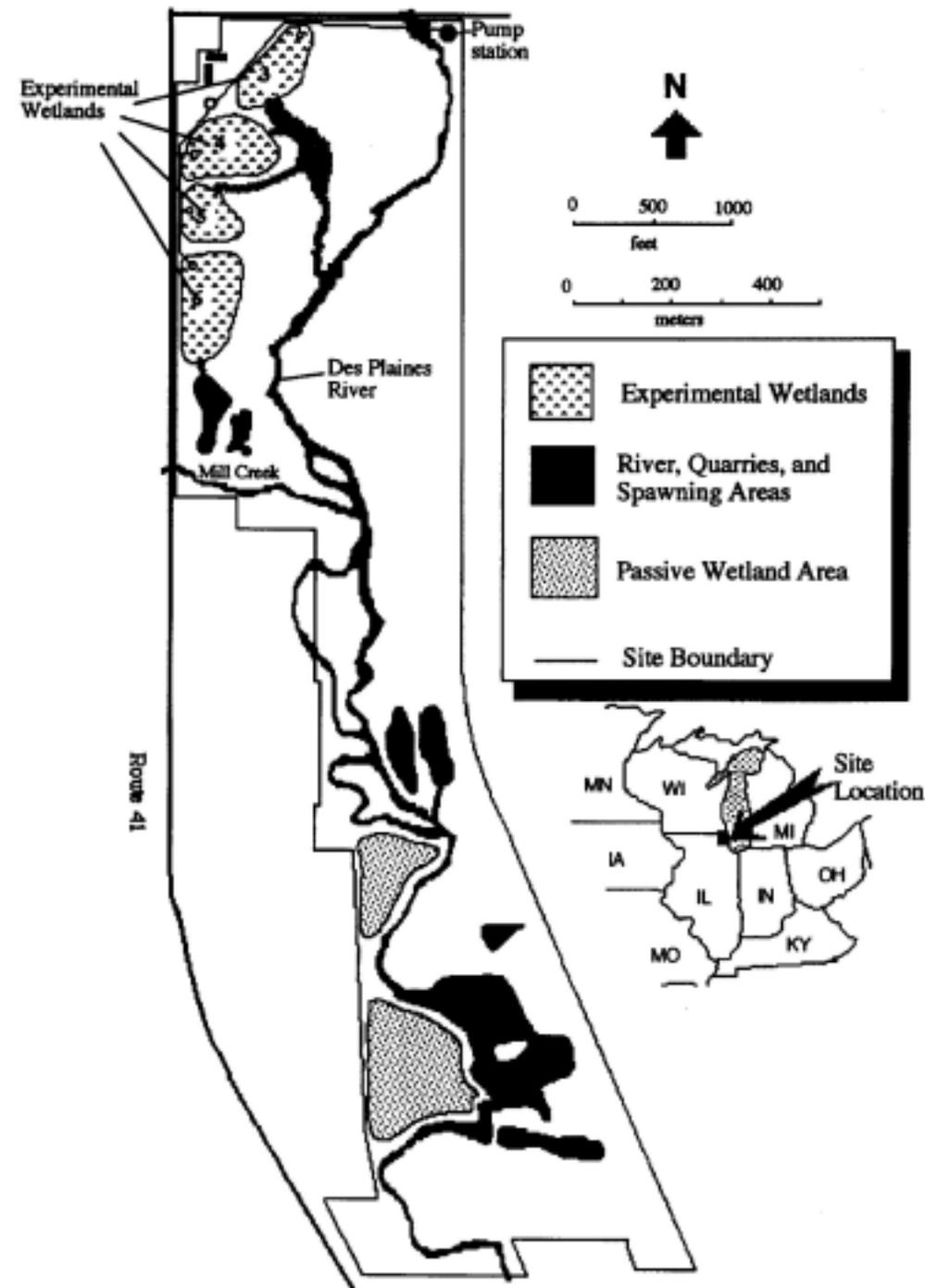
# 生態環境工程



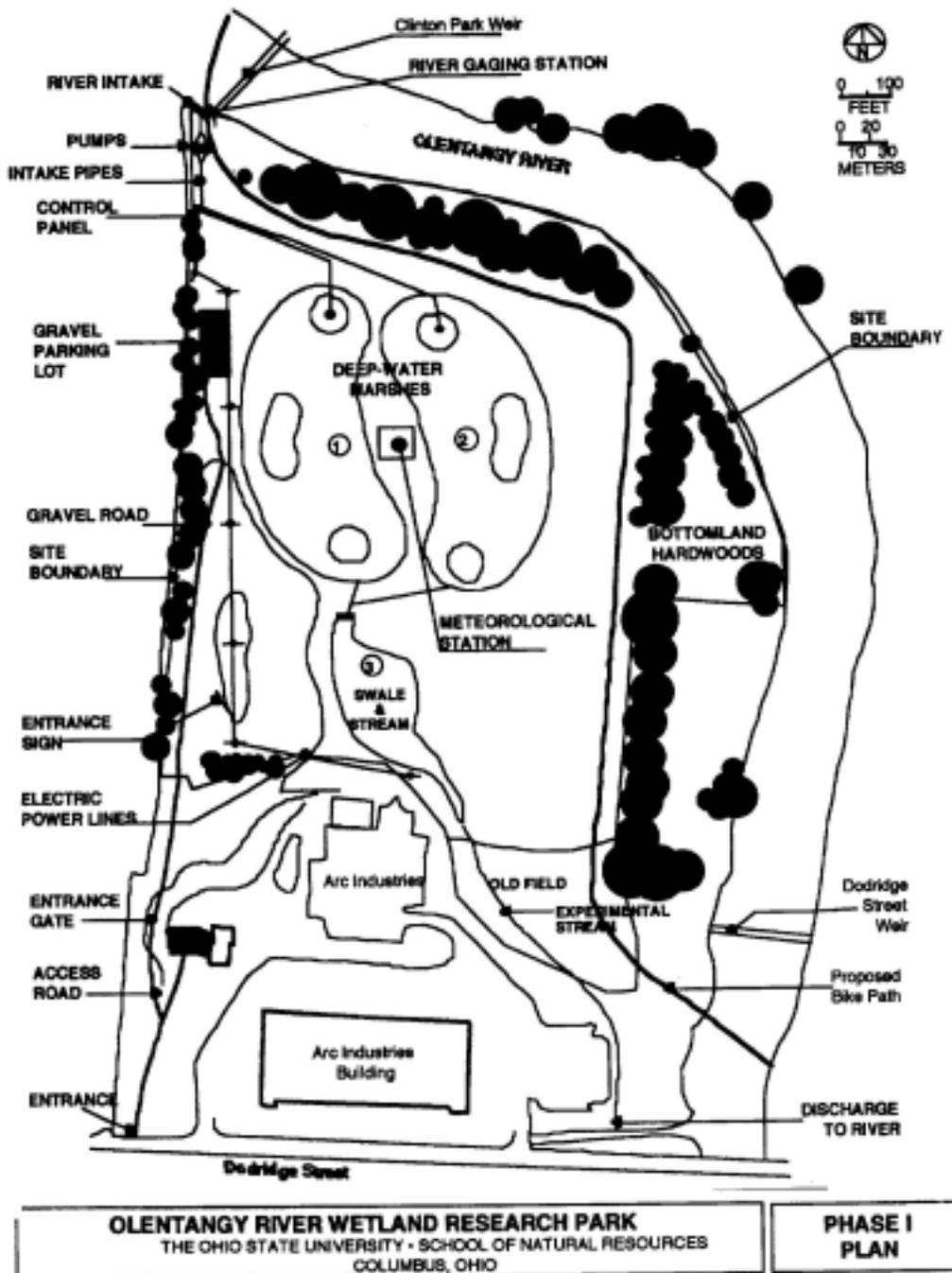
# 人工生態系

## 芝加哥 Des Plaines River 濕地示範計畫

- 探討自然生態系所能提供的淨化功能
- 有助於瞭解濕地如何扮演“自然的腎臟”的角色
- 有助於瞭解生態工法應用於濕地復育工作之成敗關鍵與歷程



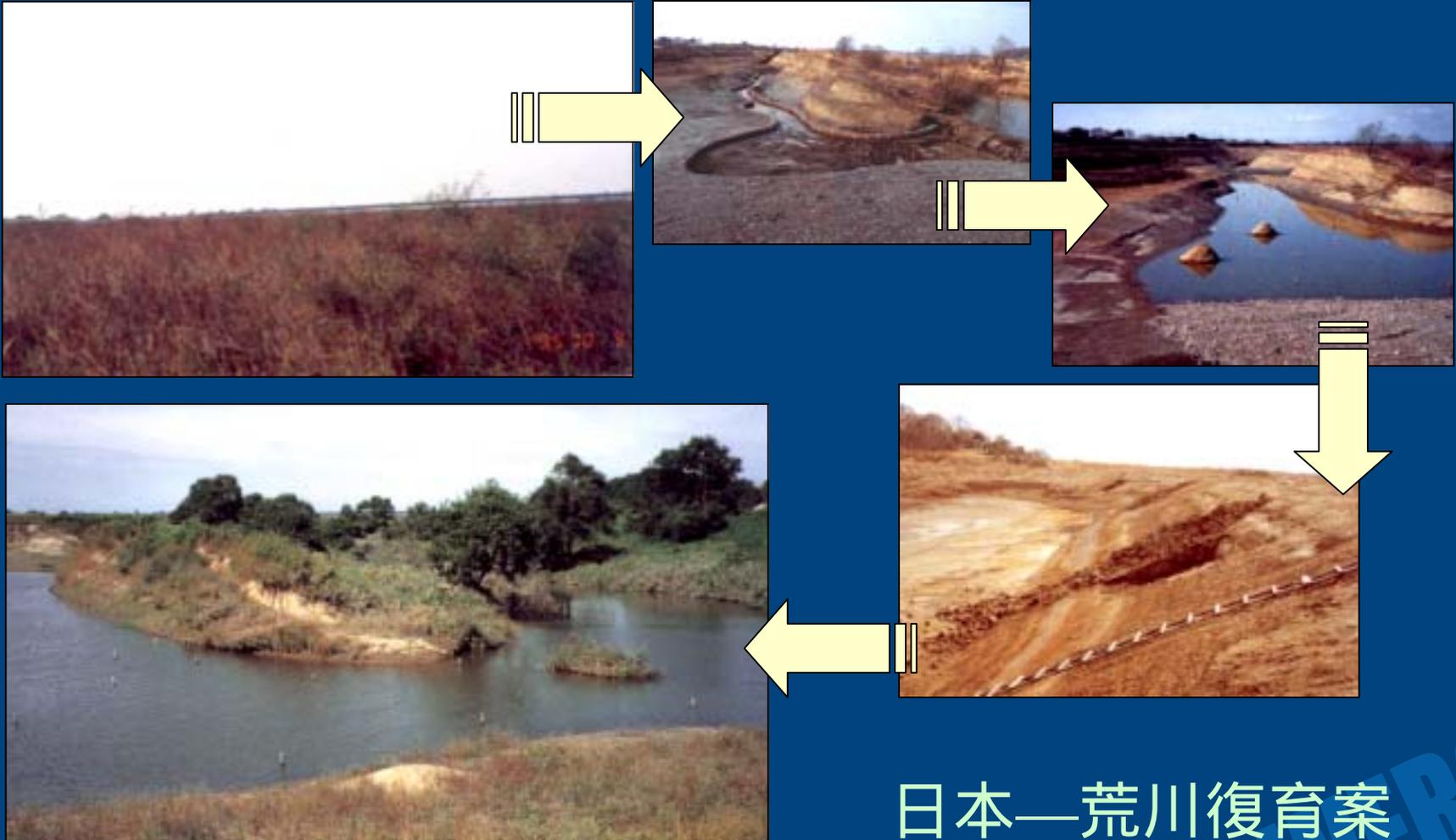
# 人工生態系



## 俄亥俄大學 Olentangy River 濕地 研究園區

- 探討
  - 人工河濱濕地改善溪流水質之生態程序
  - 生態工法用於建立人工濕地之成敗關鍵因子
  - 相關之生態監測工作
- 提供適宜的水生生態棲地
- 提供教學場所
- 公眾示範區

# 生態工法



日本—荒川復育案

# 生態工法



北海道茂魚川復育計畫

# 生態工法



群馬縣嘉瀨川整治案

# 生態工法



茨城縣霞浦

# 生態產業

- 例如生態農業，或各種以生態機制為基礎的永續性漁業捕獲、林業採伐策略等
- 此種應用常見於發展中國家（如大陸）

# 生態工程沿革

- 自遠古人類的祖先時代，便已經懂得「水資源『管理』策略」。
- 水資源的管理策略日趨複雜：
  - 聯姻的社會儀式
  - 目標：鞏固水源的使用權
- 近代，訴諸法律途徑，並確立水資源屬「公共財」的觀念及體制。

# 生態工程沿革

- 搬移數顆石頭以改變水流
  - 達到利己的目的（漁獵、伐木、灌溉等）
- 「維護」改變使其盡量存續較長久的時間
- 隨著科技技術的演變
  - 人類具有「完全」改變水文、水力、水量，及溪流生態系的能力
  - 生態系及地貌所承受的非自然壓力

# River management— the art of the impossible ?

- 平衡使用者旨趣
- 極致水資源利用率
- 環境考量及河系侵蝕
- 彌補過錯

# 生態工程沿革：濫觴

- 生態工法的觀念，最早可追溯至60餘年前
- 20世紀初，歐洲地區
  - 工業革命，社會經濟驟然起飛
  - 物質生活的豐富度提升，但各項需求接踵而至
  - 大量開發自然資源以因應社會發展的步調

↓  
森林野地的過度開發利用

↓  
大規模的災害發生

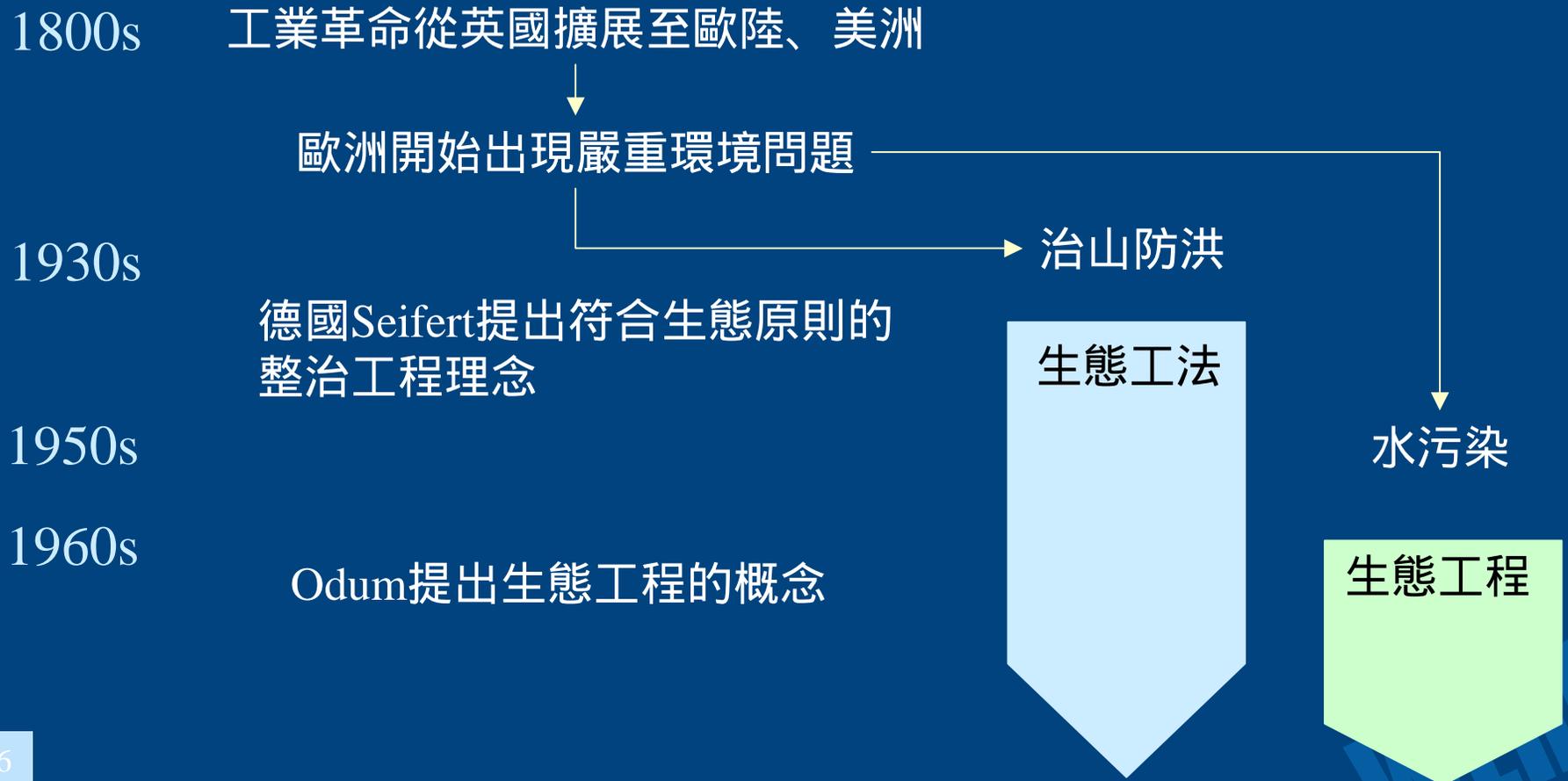
雪崩、山崩、洪氾

→ 各鄰國必須提出因應之道

- 1938年德國Seifert：提出近自然河溪整治的概念，強調不違反生態原則之治山防洪工程，可謂「生態工法」之濫觴。

# 生態工程沿革：濫觴

- 1950年代起，水環境問題日益複雜，生態工法開始被應用於更多元的領域中



# 生態工程沿革：開始用於水污染防治

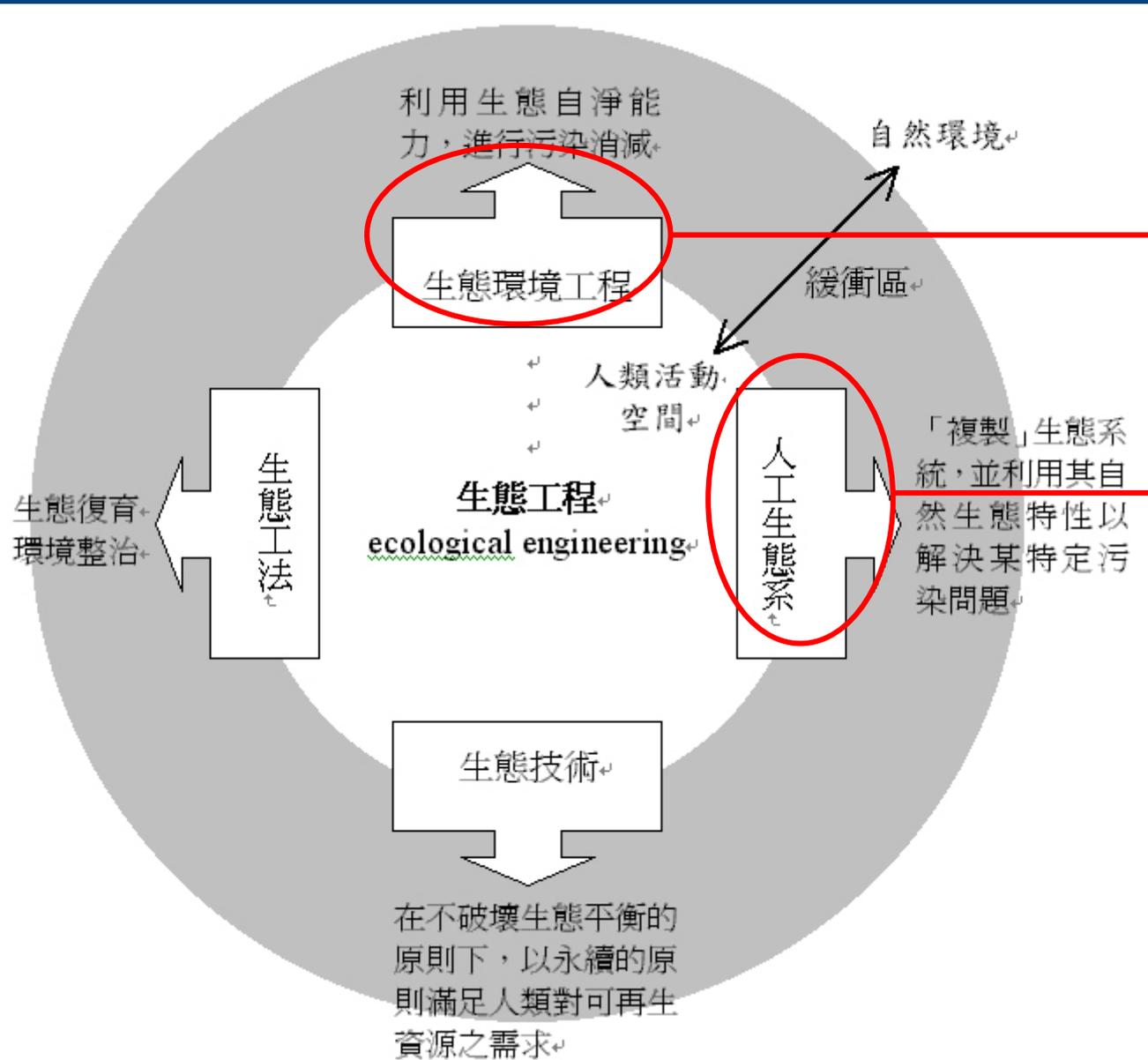
1980s Ecological Engineering / Eco-technology引起注意  
Uhlamn (1983) , Straškraba (1984、1985) , 以及  
Straškraba與Gnauck : 所謂「ecotechnology」係指基於對生態的深度認知，一種用於進行生態系管理的技術，目的在於將執行相關措施的成本及其對環境造成的損害降至最低

1989 Mitsch及Jørgensen著Ecological Engineering一書  
彙整具共同特質與原則之工程技術並賦予定義，  
「生態工程」的觀念以及適用範疇，首次明確被界定

1990s

2000s 國際生態工程學會 (IEES) 成立 } 偏重濕地除污、  
美國生態工程學會 (AEES) 成立 } 生態自淨等之研究與應用

# 生態工程沿革：水質控制成為主流



Mitsch等主導者的專長領域

生態工程  
四大應用領域

# 國際生態工程沿革

回顧Mitsch等人所推動的「生態工程」發展歷程

+

檢視IEES、AEES成立後之研究重點

生態工法應用於水質控制工程成為趨勢

現行國際間熱門研究重點之一

# 生態工程沿革

- 繼Seifert之後，德國Kruedener於1951年另外提出「生物工程（bioengineering）\*」
  - 是一種在進行大地或水資源工程時，用於處理不穩定之邊坡或河岸、河床時，所採行之應用生物學知識的工程技術。
  - 與現行台灣所認知的生態工法觀念極為吻合。

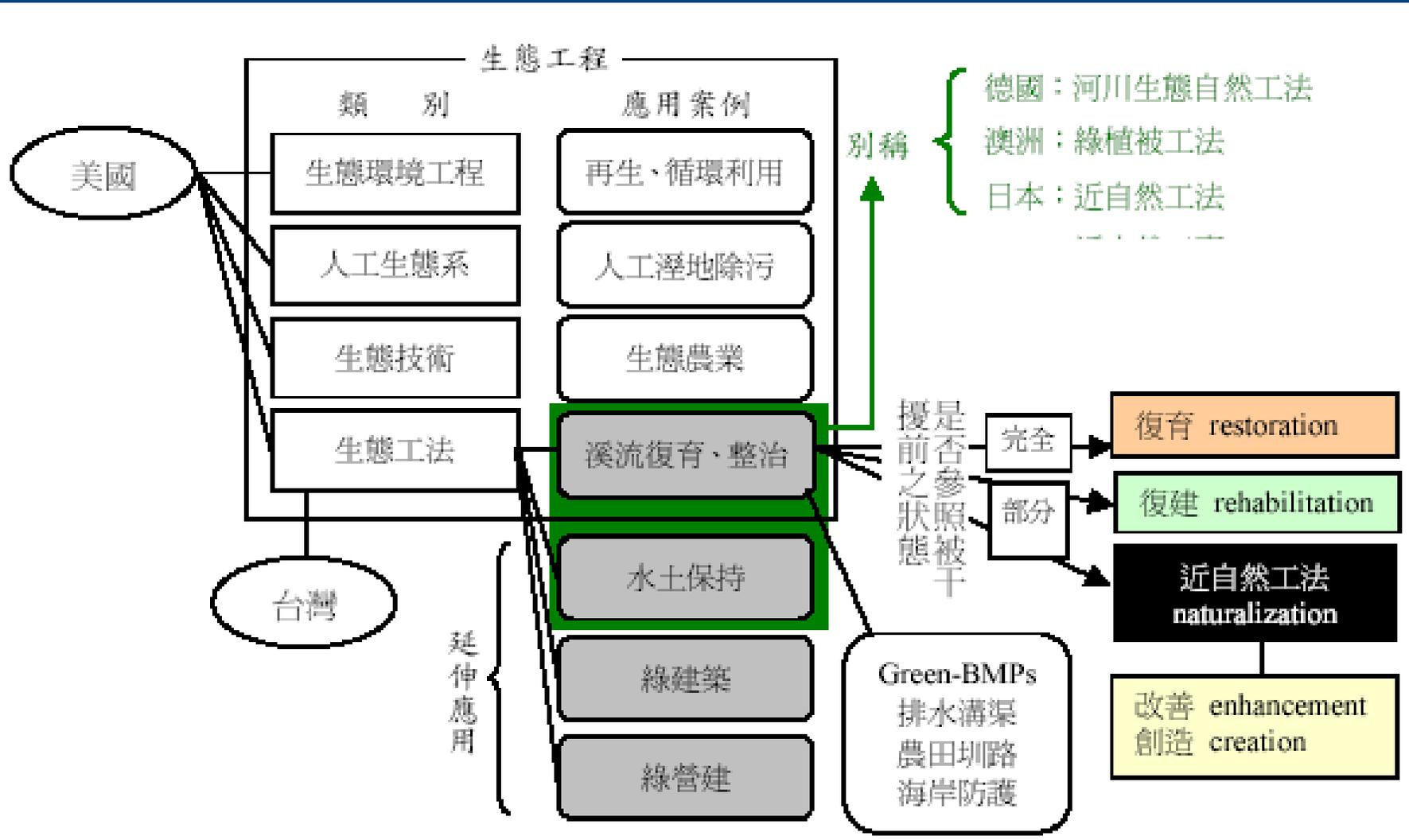
\* 勿與現今所謂以細胞及基因為尺度的「生物工程（biological engineering）」混淆

# 生態工程沿革

- 1980s 2000s
  - 漸漸注重對於生態之影響及野溪景觀與其周圍環境之和諧，考慮到生態之治理概念
  - 相似詞：
    - 近自然河溪管理 (near natural river and stream management)
    - 近自然荒溪治理 (near natural torrent control)
    - 德國：河川生態自然工法 (naturnahe)
    - 澳洲：綠植被工法
    - 日本：近自然工法、近自然工事
- 雖未成為AEES的主流，但在世界各地以溪流復育的形式，自成一格穩定發展

# 生態工程沿革

- 相較於大部分由美國學者所領導的生態工程之水質控制工程，生態工法之水利工程於歐洲地區可發現明顯的歷史與紮實的應用成果。
- 除德國之外，如奧地利亦有相當豐富的經驗與成果。



# 生態工法

# 生態工法定義

- 所謂生態工法便是指基於對生態系統之深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以生態為基礎、安全為導向的工程方法，以減少對自然環境造成傷害。

# 生態工法的基本精神

- 創造極具多樣性之豐富環境條件
- 容許生態系自我消長之發生
- 避免生態系之孤立化



# 生態工法基本考量

- 安全考量

- 確實調查整治工程位址之關聯區域中，所有社區、住家，以及合法的農地、建物、設施等之位置、面積，以為安全標準評估依據之一。若皆非座落於潛在危險範圍之內，則應進一步以生態的角度，評估侵蝕、沖刷與崩塌等是否為可接受的自然作用力（如是否會影響某些特定需保育之物種）。
- 洪水週期與安全標準設計流量之計算。此對多數之水利技術人員皆非難事，尤其應強調，再不被過度解釋的前提下，安全應為重要考量因子之一。
- 選定之工法與結構必須滿足力學安全標準。

# 生態工法基本考量

- 溪流及周遭生物棲地構造物應有的考量
  - 結構與造材是否能夠提供生物生息必須之空間與屏障。
  - 避免動物往返通道的阻隔。
  - 確保食物來源無虞。
  - 避免全面栽植單一植物，應依據未受干擾之區塊（可為鄰近上下游河段或區域內相近之經緯度、海拔高、氣候之棲地）組成，「模擬」其植物社會結構，尤其應避免外來種的栽種、移入。
  - 生態調查的意義。

# 生態工法基本考量

- 施工過程中降低生態衝擊的考量
  - 採取必要之噪音、污染、震動等干擾之防範措施。
  - 物種之臨時性遷移，若無法全部遷移，則應將能維持其族群衍續之最低個體數，遷移至他處，以確保將來完工後，重新移回時該族群能順利繁衍。
  - 對於特殊生態系或景觀，若無法保全，則應於他處重建，以為補償。

# 生態工法基本考量

- 後續生態環境管理應有的考量
  - 養護機關（單位）與其他權責單位之溝通協調。
  - 持續性的監測以及系統化的資料保存。
  - 志工培訓，並提供民眾參與之管道，鼓勵社區或特定團體參與後續之經營管理工作。

# 生態工法：功能與影響

- 安全

- 保護河濱、河岸，以及河床，等區域，以避免遭受暴雨、洪水等所造成的侵蝕、沖刷。在具航運功能之湖泊、河道，以及海岸線等處，亦可避免波浪之消蝕。
- 利用植物形成之根系，以及改善土壤的濕度，增加邊坡之穩定性。
- 減緩風化作用並避免土石崩落。

# 生態工法：功能與影響

- 生態
  - 調整近地表處環境之溫度及濕度，以創造更理想的生長條件。
  - 維持自然之水文系統，改善水土關係。
  - 促進腐植質的形成，進而改善地力以孕育更健全之森林社會。
  - 提供生物棲地。尤其塑造多元之棲地環境，能直接保育物種之多樣性。
  - 提供遮陰，維持水體溫度之恆定，並可為食物之來源。
  - 水濱植生之枝葉或根莖所交織形成之遮蔽，能作為重要的孵育場所。

# 生態工法：功能與影響

- 經濟

- 減低施工及養護成本\*。
- 創造其他空間，使兼具教育、遊憩等功能。

- 環境美質

- 透過結構之改善，提升視覺享受。
- 人工結構物與自然景觀結合，使其不再形成與景致格格不入的現象。
- 遵循自然景觀的連續性與延續性，使達到和諧的狀態。

# 生態工法沿革

- 美國

- 記錄完整之案例

- 科羅拉多河下游復育計畫
- 伊利諾Des Plaines River 濕地示範計畫
- 佛羅里達Agrico Swamp開墾計畫

亦能提供  
重要經驗值



# 生態工法沿革

- 日本亦成為推動生態工法應用與落實的著名國家
  - 可追溯之1984年時，於所舉辦之「日歐近自然河川工法研究會」中，確立「近自然河川工法」一詞，及其定義與精神
  - 1991年之1997年間，著手進行生態工法之推動，共完成5000事例，總計1185公里長區段之整治與復育
- 所受到來自歐洲的影響，遠超過美國
  - 雖然某部分原因在於天然環境相似度的考量，但亦透露出德國、奧地利等國在此方面深厚之經驗與根基

# 台灣生態工法

- 台灣河川治理記錄，可追溯至1897年，至今已有百年之歷史
  - 針對重要河川展開全面性之調查
  - 1909年：進行治理工作則在於（民國前2年）
    - 因接連發生大規模之水災
    - 2年內共造成250人死亡
    - 淹沒66,687甲（約64,681公頃）之土地
    - 面對嚴重的生命財產損失，不得不全面展開防洪治理計畫。
- 當時囿於材料及工法的限制，因此多半採用石塊、竹柵、木樁等材料
- 以人力、獸力進行河川之治理
- 直至鋼筋水泥等材料的普及，以及重型機具的發達，台灣水利工程正式進入「水泥化時代」。

# 台灣生態工法

- 過度水泥化時期尚未結束...但是
  - 1980年代起，環境綠美化的時代正式展開
  - 生態工法方面，僅止於學術上之探討，未有進一步落實
  - 基隆市，1992年起至1998年
    - 利用西部地區治山防洪計畫，整治了31個河段
    - 主要仍以河川護岸之安全性為考量，但近末期則陸續於幾個工程中納入親水及綠美化的理念

# 台灣生態工法

- 1990年代末期：水利生態理念逐漸展開
  - 最具代表性的生態工法里程碑：特生中心自1998年連續4年所舉辦的「工程人員生態保育研究班」
- 1999年七月：當時之經濟部水資源局
  - 委託國立台北科技大學，展開為期四年的「集水區親水及生態工法之建立」研究案
  - 第一個系統化針對生態工法進行長期研究與推廣的研究計畫

# 台灣生態工法

- 2000年9月：第六次「國家科技會議」
  - 永續發展與民生福祉應為公共建設之新方向
  - 綠建築永續發展科技：作成「推動綠色營建科技之發展」結論。
- 2001年：公共工程委員會
  - 要求國內公共工程必須堅持「人本」、「優質」、「永續」的特質
  - 加入「綠營建」的理念，俾使台灣的工程建設更有人文及永續精神。
  - 「新世紀國家公共建設會議」：二十一世紀應強調建構營建自動化、綠建築、生態工法等公共建設綠色營建技術之體系

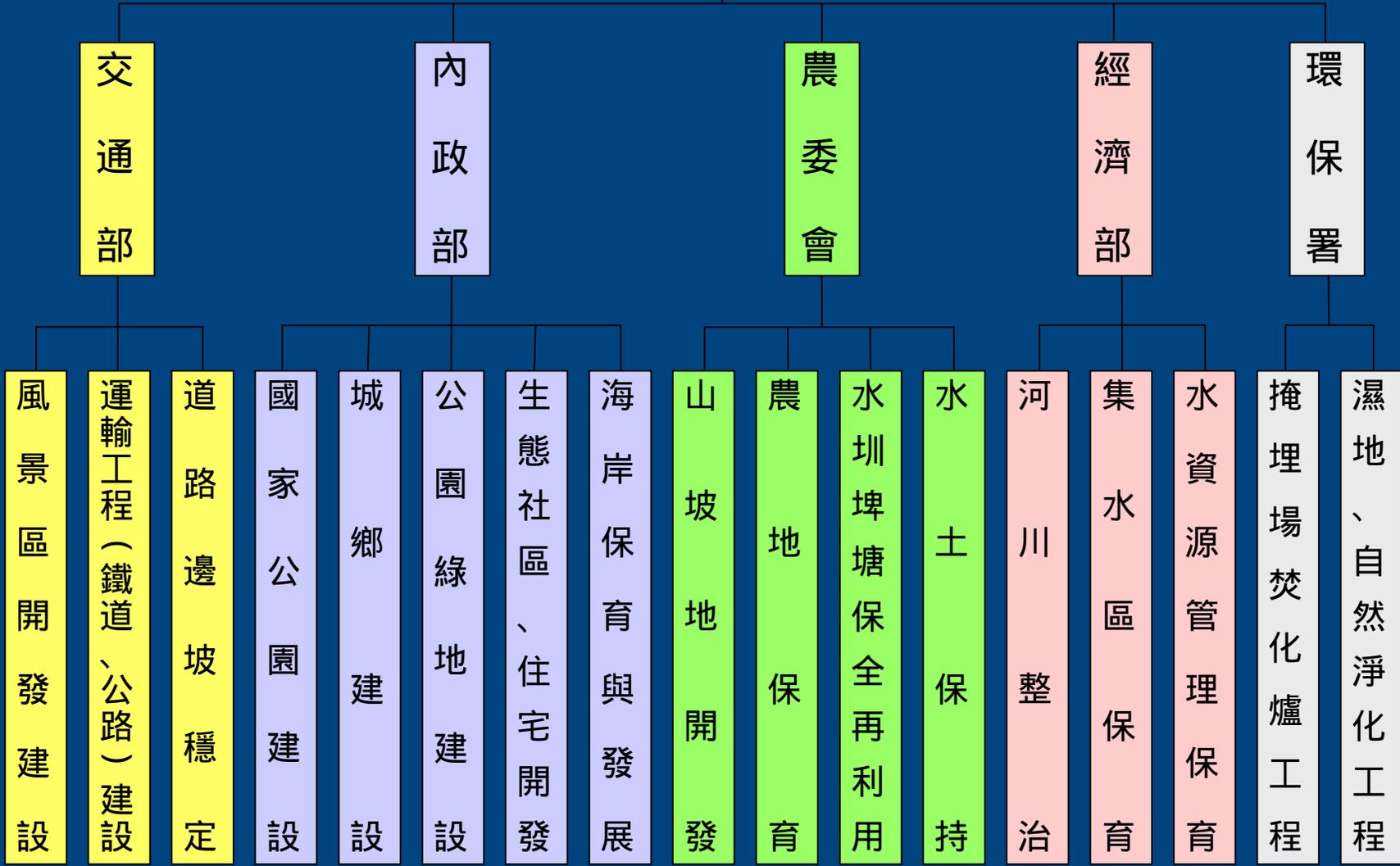
# 台灣生態工法

- 2001年：農委會
  - 針對生態工法應用於水土保持技術，委辦二研究計畫
  - 首度直接嘗試將生態工法應用於水利工程外之範疇
- 2001年：推動生態工法積極年
  - 農委會以水利單位之外，包括營建署，以及工程會皆分別在各自的權責範疇中，委託執行相關之生態工法應用研究計畫

# 台灣生態工法

- 1998 2001/12月
  - 至少20場次研討會
  - 民眾對於河溪生態保育與親水之間的認知，已有長足的進步，並嘗試提供意見，參與決策過程
- 2002年3月、5月：工程會
  - 召開「生態工法諮詢小組」會議，針對生態工法之定義，做成數項建議
  - 探討推動「生態工法」相關課程之可能性

# 行政院公共工程委員會



參與生態工法推動與應用之有關部會及其業務標的





學術界的投入  
推廣  
交流  
研究



中央政府的努力  
政策  
宣導  
帶頭走



實務的嘗試  
溝通  
討論  
修正





**美麗磺溪不能變臉！疏濬堤防也要彩繪！**

在保護溪邊環境的前提下  
去盡了髒的淨溪  
成為乾淨清澈的和風  
我們要把堤防變成彩繪  
希望有一天  
她就像子母溪

**馬市長，請救救磺溪！**

華山生態文史聯盟 <http://igang.dhs.org.tw/>



民眾的參與  
 協調  
 願景  
 身體力行

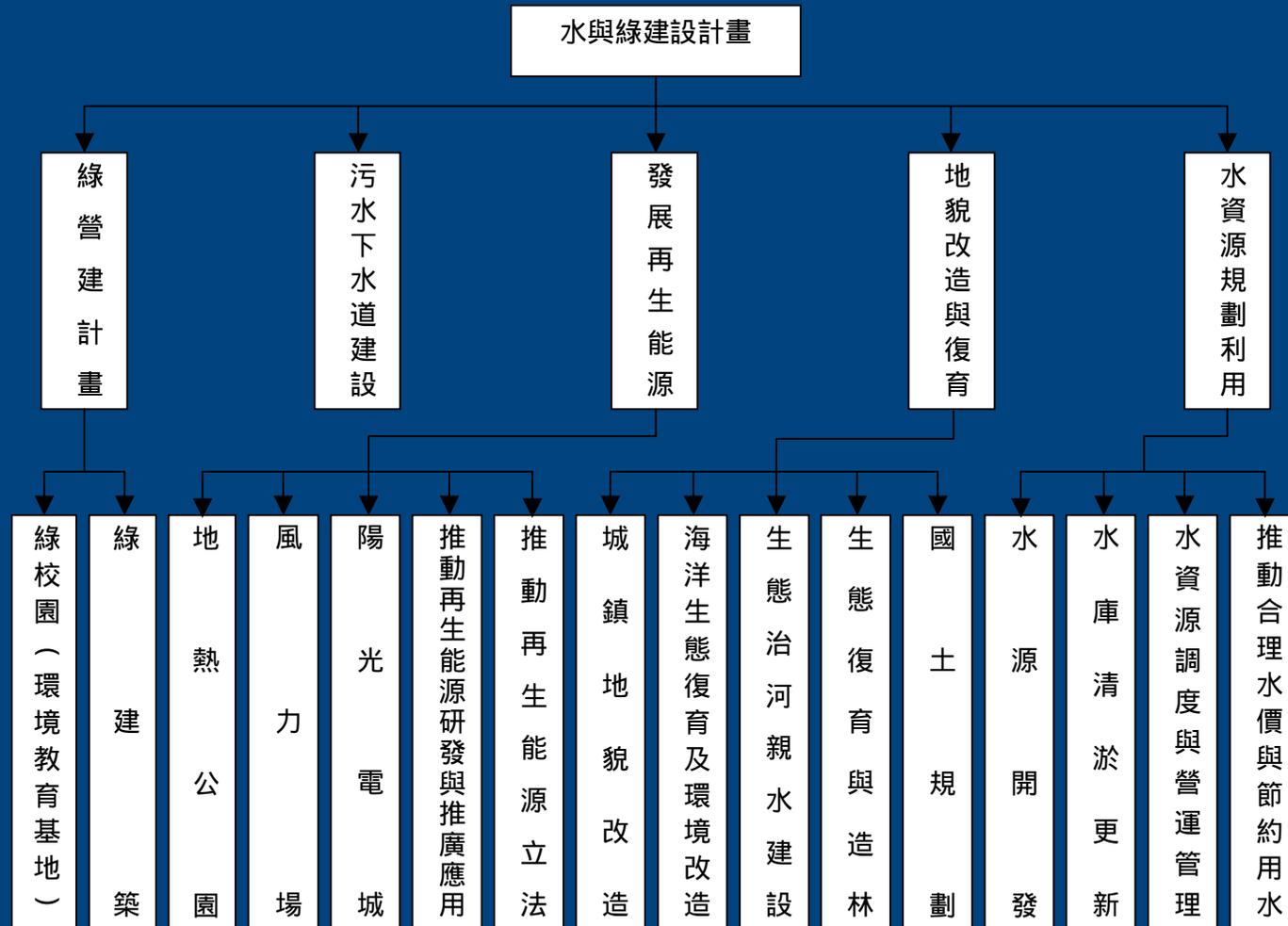
# 與生態營建之結合

## ecological infrastructure

- 我國生態工法與國際間生態工程之著眼點略有不同
- 工程會結合交通、營建、水保與水利等單位，全力推動生態工法，與國際「生態營建」趨勢不謀而合



# 應用範疇



# 生態營建具體作為

- 澳洲布里司本制訂生態營建協定（1998），授與州政府與地方政府執行生態營建的權力。
- 加拿大溫哥華East Clayton，以「建立宜居區」的構想，完成「宜居區策略計畫」的建置，以生態營建措施，落實「發展」、「景觀」與「生態」兼具的願景
  - 綠帶的維護與復育，以保護境內諸如公園與集水區等自然資源
  - 建構完善而永續的社區
  - 達到小而美的都會區
  - 增加交通形式的多樣性

# 生態營建具體作為

- 交通工程融合生態保育的理念與原則
  - 德國、美國、日本、荷蘭、奧地利，以及加拿大等都有實例
  - 瑞典開始傾向於利用生態營建，俾使道路工程的規劃與施工，對於整體生態系的衝擊降至最低
- 完整的生態營建：生態工法的極致表現
  - 將工程類別自水利環保與水保延伸至交通與都會
  - 整合能量流（energy flow）、自然化學與營養鹽之循環、水循環，以及生物多樣性等重要元素
  - 靈活運用生態復育、生態自淨系統、藍帶與綠帶的保全，和宜居空間規劃等策略
  - 真正做到提升居住品質、維護生態環境，與平衡發展與保育

# 工程師的蛻變：從規劃談起

- 結合土木工程與生態工法的過程
  - 首先需釐清應用生態工法之最基本規劃設計流程
  - 國內所謂「生態工法案例」的瓶頸
    - 「施工過程」為主，規劃設計為輔（甚至闕如）
    - 「生態原則」名過於實
    - 打著「生態復育」的旗幟，反遭民眾質疑
  - 有必要以更嚴謹的方式，利用基本流程，評估工程計畫之完整性

# 施行流程

- 認清根本問題
  - 為何需要施工？
  - 首要解決的問題有哪些？
  - 清楚定義問題
  - 並釐清其主要成因

# 施行政程

- 背景資料蒐集、調查

- 生態工法或生態技術應該建立在對於自然界自我永續（self-sustainability）的認知上
- 大自然並不需要依賴人類的技術或高科技方能生生不息，人類並不需要刻意營造人類自認為的「適當」的自然與環境之介面。
- 工程區域內現階段的環境因子基本資料，廣義包括生物、物理及化學等生態狀況。並配合景觀生態學的觀念，評估可預期或潛在性的成果。

# 施行流程

- 民眾參與

- 目的在於廣納社區之意見，整合地方法發展與空間利用的願景。
- 依據行政程序法，民眾有參與規劃設計過程的權力，有關單位亦有公開資訊的義務。
- 成功的計畫，應能尊重「社區民眾是最主要的使用者」
- 考量地方需求以及民眾意識，結合社區力量從事永續經營管理，才是最根本的解決之道。
- 民眾參與是計畫成功的重要關鍵
- 日本、美國、德國等國家的實際經驗中，無不提及民眾參與的重要性與必要性。

# 施行流程

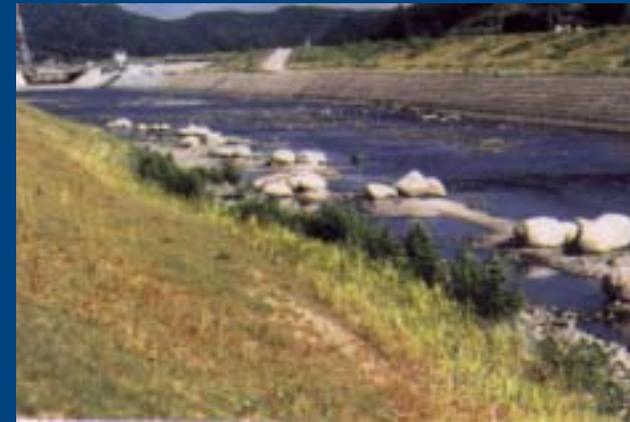
- **規劃與設計：基本構想**
  - 視保護標的之重要性，及排洪安全容許度範圍中，規劃水利治理工程應採取之型式
  - 維持自然溪溝型態
  - 採近自然工法
  - 考慮景觀因素
  - 考慮社區親水

# 施行流程

- 規劃與設計：設計概念及原則
  - 綠帶及藍帶之結合
  - 視覺環境景觀之調合
  - 生物遷徙通道之維持
  - 在溪流用地許可下，儘量維持原有自然溪溝之蜿蜒度
  - 在排洪安全原則下，儘量減少槽化護岸構造，維持自然溪岸
  - 在水利安全要求下，河幅可配合原溪溝自然形狀之寬狹程度規劃
  - 注意水域環境之變化：河床深淺、砂礫、孔隙、水流急緩、水體變化
  - 水岸環境之營造（河岸植物之栽植之蔽蔭、食物來源），以及水陸域交界處生態之維護
  - 水質之維護（污水來源管制、處理）

# 施行流程

- 工程施工

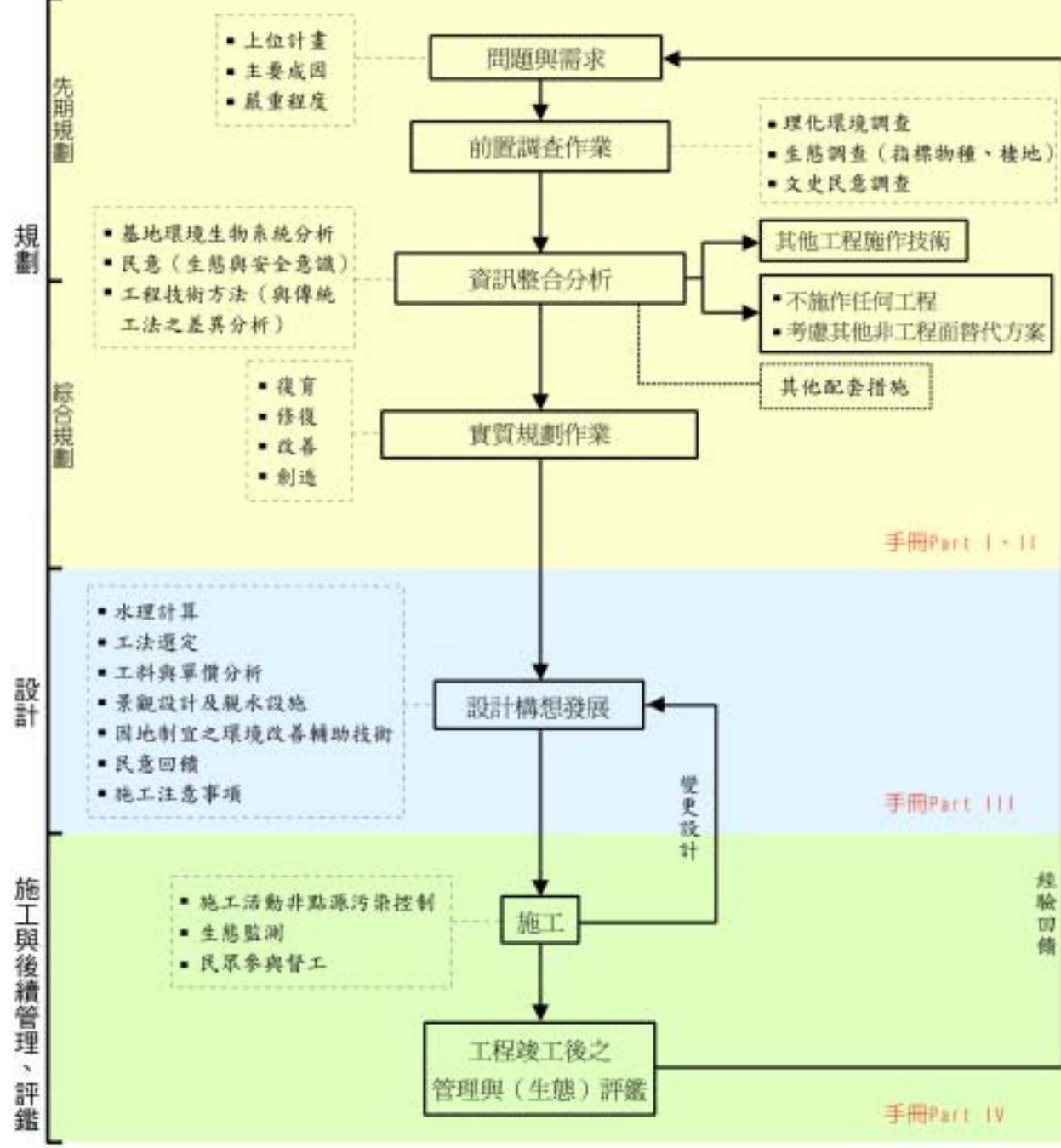


# 施行流程

- 維護與管理

- 養護經費缺如
- 養護人力不足
- 各部會協調不易
- 無法建立有效危機應變機制
- 未建立管理計畫
  - 即使有某一單位設計此管理計畫，在無法獲得其他單位配合的情況下，管理計畫形同虛設

生態工法執行流程 (林鎮洋等, 2003)



     主要步驟     
      考慮細項     
 → 行動或選擇



# 生態工法之推廣

## 推動階段

## 具體措施

### 推廣生態工法

#### 第一階段(宣導期)

1. 協助各機關成立生態工法推動小組
2. 宣導生態工法理念, 辦理種籽教師培訓
3. 建立生態工法相關配套措施
4. 建立生態工法推動機制及實施計畫
5. 選定生態工法博覽會示範地區

#### 第二階段(成熟期)

6. 建立資訊整合平台
7. 加強相關本土施作工法研發
8. 建立獎勵制度
9. 檢討現行法令
10. 其他

目前執行工作

後續執行工作

The End

# 美國經驗：成本

- 科羅拉多河下游河段溪谷復育案
  - 監測以及重新種植植栽二項工作上，每公頃約需1萬美元（約為農業用整地及栽種之六分之一）
- 北卡羅萊那Mecklenburg溪流整治工程
  - 每呎約需5-7美元（包括減低河岸坡度、河道蜿蜒化、部分河段施行護岸工）
  - 傳統工法平均每呎約需200美元（包括河道之取直、加深，以及大量的護岸工）
- 阿肯色Pine Bluff工程案
  - 利用漸進式施工措施，約節省470萬美元的工程成本（規劃面積258公頃為基準）

場址	目的	應用工法	監測項目	參考文獻
<b>科羅拉多河下游復育計畫</b>				
亞歷桑納與加州交界處 Imperial County	野生動物棲地建置及復育	整地、施肥、栽種草/木本植物、固岸工、灌溉	植相、鳥類/哺乳類/爬蟲類/無脊椎動物族群、土壤、水質、水利	Ohmart et al. (1979), Anderson and Ohmart (1979, 1984, 1985), Anderson et al. (1979, 1984), Disa et al. (1984)
<b>伊利諾Des Plaines River 濕地示範計畫</b>				
伊利諾Lake County	整建多元化溪流及河濱環境以利野生動物棲息、防洪、水質改善、遊憩	河道拓寬、河溪/河濱環境多元化、塑造淵池及石礫凹床、增加河面面積、淺化河道、栽種草/木本植物	植相、魚類/兩棲類/爬蟲類族群、化學性質、水質、水利、經濟、人類使用狀況	Hey et al. (1982), Hey and Philippi (1985a, b), Smith and Sather (1985), Holtz (1986), Hey (1988)
<b>佛羅里達Agrico Swamp開墾計畫</b>				
佛羅里達Polk County	野生動物棲地復育、水質（磷肥破壞之區塊）	整地、築堤造池、添增壤土、增加植被	植相、無脊椎動物/魚類/鳥類/水禽族群、水質、水利	Erwin (1986)

# 美國經驗：功能

- 提供較理想之野生動物與水生生物棲地
- 提升生物歧異度
- 改善水質
- 較完整之植生演替
- 補強水文因子
- 強化水土保持
- 未來加強方向
  - 相關生物鏈因果關係之探討
  - 地下水補注影響之研究

# 美國經驗：規劃

- **成敗關鍵**

- 對管理目標的認知
- 對標的區域之物理環境、生物因子的認知

- **生態工法規劃範圍應包含**

- 規劃區域內，及其周遭完整的生物資料
- 對上述資料進行完善之分析工作（如HEP、PAMHEP）
- 建立推估模式（如TWINSPAN）
- 對必須之改變進行相關設計（包括整地、工具需求、成本分析等）
- 人力需求及資源
- 監測（包括資訊整合方法、分析及推估技術，以及人員素質等）

# 美國經驗：常用之工法技術（一）

- 植栽

- 特定立木移除、林木與灌木栽植、施肥、除草、灌溉

- 築柵

- 邊坡築堤、設置蛇籠、固床工

- 地形整建

- 移除阻礙溪流之斷枝殘幹、邊坡築堤
- 固床工、落差工
- 溪流蜿蜒化、清淤、建構魚類棲地
- 建構池塘與沼澤濕地、邊坡與河床安置卵石或圓石、
- 河道重整、表土移植
- 於低窪地區設置淵或瀨

# 美國經驗：常用之工法技術（二）

## • 溪流中工法

- 以石粒構置小水壩、重建礫石河床
- 魚道、魚床
- 拋石工法、固床工、邊坡築堤、栽植灌木與草本植物
- 邊坡築平、築柵

## • 土壤改良

- 石灰石混土、施肥、草地栽植
- 栽植各式植生、灌溉
- 表土移植、表土改良

# 美國經驗：監測工作與成果評估

- 監測項目

- 水體涵養量之變動
- 不同溪流之水體涵養量差異
- 河岸緩衝區改善之進度與狀況
- 生態工法施行前後水文變動
- 動物攝食行為對植被之影響所造成之水文變動
- 非點源污染改善機制之監測
- 生態工法施行前後之經濟效益等。

- 成果評估

- 分別以生物歧異度之提升、植被覆蓋率、地力（side index）、水質改善率等為主要指標

