

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



廿一世紀的土木工程師

- 土木工程師的重要性

- 土木工程是「建設」與「發展」的重要基石

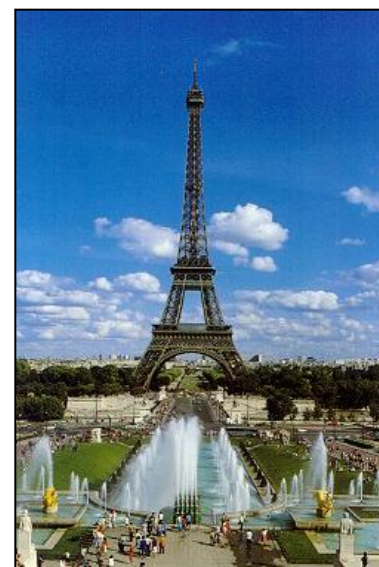
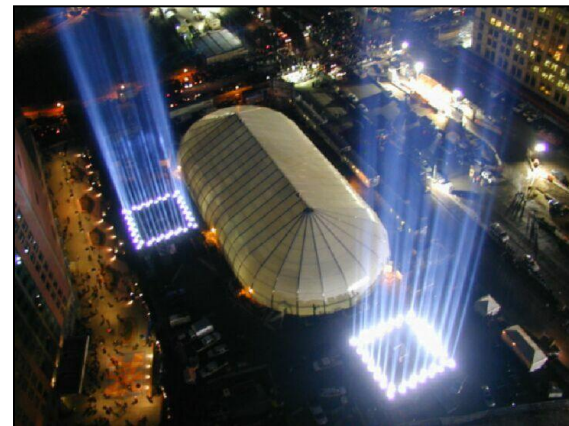
- 夏禹治水
 - 西門豹引漳利農
 - 漢王導運
 - 詹天佑完築京張
 - 十大建設帶動經貿
 - 高鐵興建



廿一世紀的土木工程師

- 土木工程師的重要性

- 土木工程影響民生社會至鉅
- 土木工程與「文明」不可分割
- 偉大的土木工程成就，蘊含社會、文化、經濟甚至藝術價值



廿一世紀的土木工程師

- 新世紀！新挑戰！
 - 全球發展的轉型
 - 對永續發展必要性的認同



新世紀土木工程師應該扮演的角色為何？



廿一世紀的土木工程師

- 自永續發展世界高峰會宣言
 - 廿一世紀是追求永續發展的時代
- 中國土木水利工程學會
 - 土木工程師將秉承傳統使命
 - 創新思維
 - 肩負起具有世紀性挑戰的任務



土木工程師應轉型成爲「永續發展工程師」！

廿一世紀的土木工程師

美國土木工程學會（ASCE）2001/08聲明

The Role of the Civil Engineer in Sustainable Development

- 對於任何與永續發展有關之政治、經濟、技術，以及社會議題或過程，培養更廣泛的認知；
- 專業智識與技術的養成以促進永續之未來；
- 與其他專業共同發展追求發展與環境永續性整合所需之工具；
- 以經濟的觀點為出發，體認自然資源與環境是珍貴的資本財；
- 能超越自身學門進而評估可行方案並影響政策革新，以臻至永續發展；
- 能與其他設計、經濟、社會、環境、物理等專業共同合作籌組工作團隊，以達成提供生態永續解決方案；
- 採納並應用整合系統，讓決策、思維與作為能更面面俱到；
- 與其他專業組織進行跨領域之合作，善用他人之成果，並追求每一分資源的最高效益，以臻至更卓越之永續性。

廿一世紀的土木工程師

- 過去所追求的目標
 - 工程要能以最少材料發揮最大強度

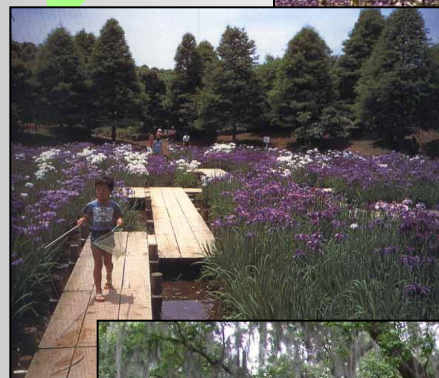
21世紀的目標

工程，應要能以最少的資源，
創造人類世代與自然的最高福祉

But.....

HOW ??

生態工法



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



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

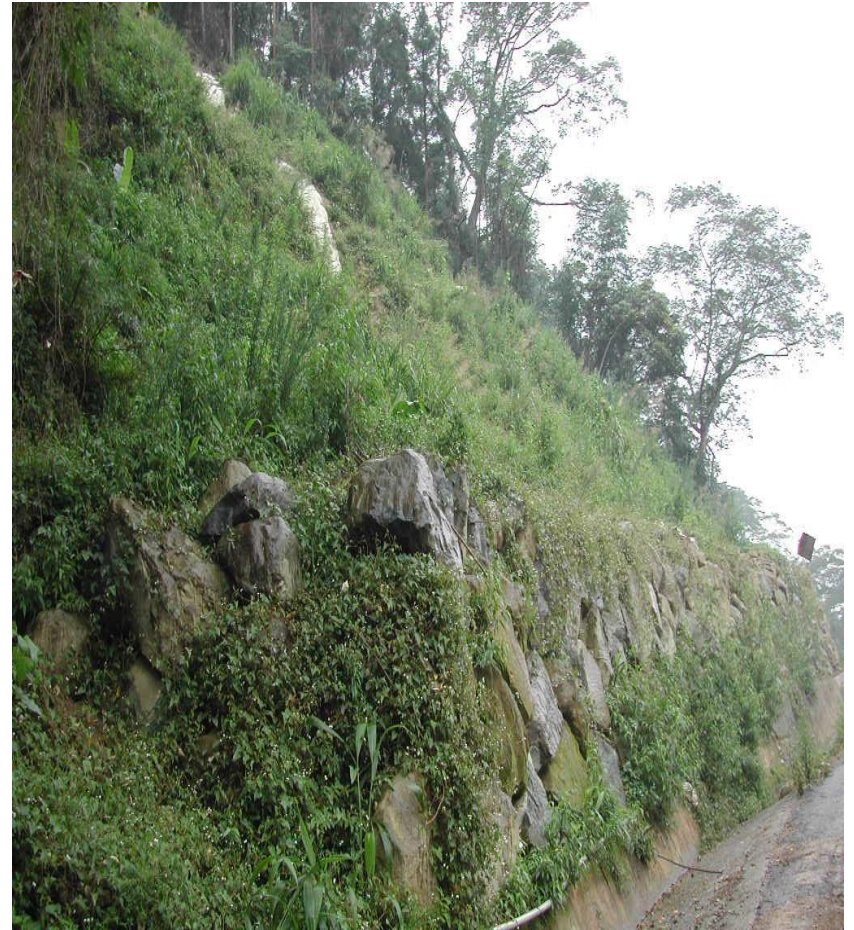
- 交通工程融合生態保育的理念與原則
 - 德國、美國、日本、荷蘭、奧地利，以及加拿大等都有實例
 - 瑞典開始傾向於利用生態營建，俾使道路工程的規劃與施工，對於整體生態系的衝擊降至最低
- 完整的生態營建：生態工法的極致表現
 - 將工程類別自水利環保與水保延伸至交通與都會
 - 整合能量流（energy flow）、自然化學與營養鹽之循環、水循環，以及生物多樣性等重要元素
 - 靈活運用生態復育、生態自淨系統、藍帶與綠帶的保全，和宜居空間規劃等策略
 - 真正做到提升居住品質、維護生態環境，與平衡發展與保育

傳統工法與生態工法之比較

(一)山區公路



明隧道將公路之頭痛移到河川
信義鄉公所提供



生態工法防止崩塌道路暢通
陳兵通攝

(二)公路邊坡



水泥噴漿封殺山坡生態

郭清江攝



打樁編柵工法維護山坡地生態

郭清江攝

(三) 土石流整治



**傳統的攔砂壩不堪大土石流
一擊** 郭清江攝



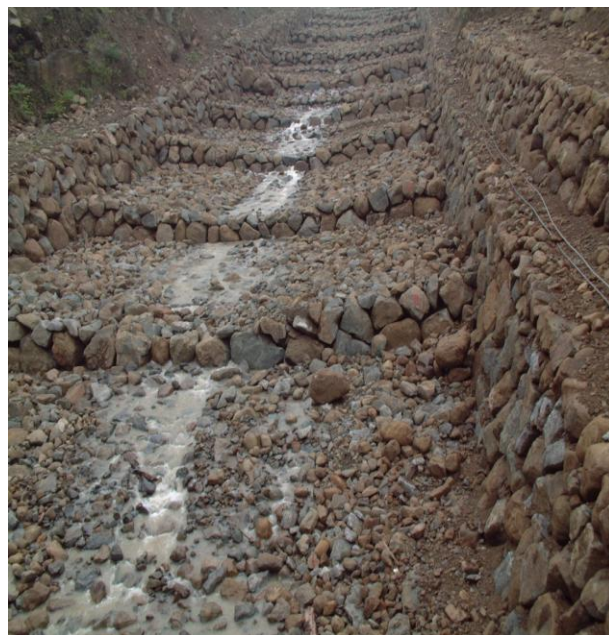
**使用自然材料整治源頭防
止土石流** 郭清江攝

(四) 河溪整治



光滑坡面不利生物棲息

兩岸植物可消能護岸且提供
水生動物棲息場所



創造多孔隙空間供生物棲息 郭清江攝

(五)河床穩定



消波塊妨礙水生物活動

郭清江攝



自然巨石提供消波功能，營造多樣性河床且美觀

郭清江攝

(六) 河岸護坡—大富里橋上下游



上游整治後了無生機

郭清江攝



下游未整治生意盎然

郭清江攝

(七)河岸護坡



台中市大型束水工程與河爭地

郭清江攝



仁愛鄉曲冰自然蜿蜒河岸

郭清江攝



**生態工法與傳統工法整坡效果不同 — 左邊
崩塌持續，右邊非常穩定**

郭清江攝

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

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



理論、政策、法規與實際



即使是受到嚴密控管的
七家灣河流域，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。



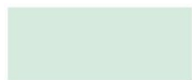
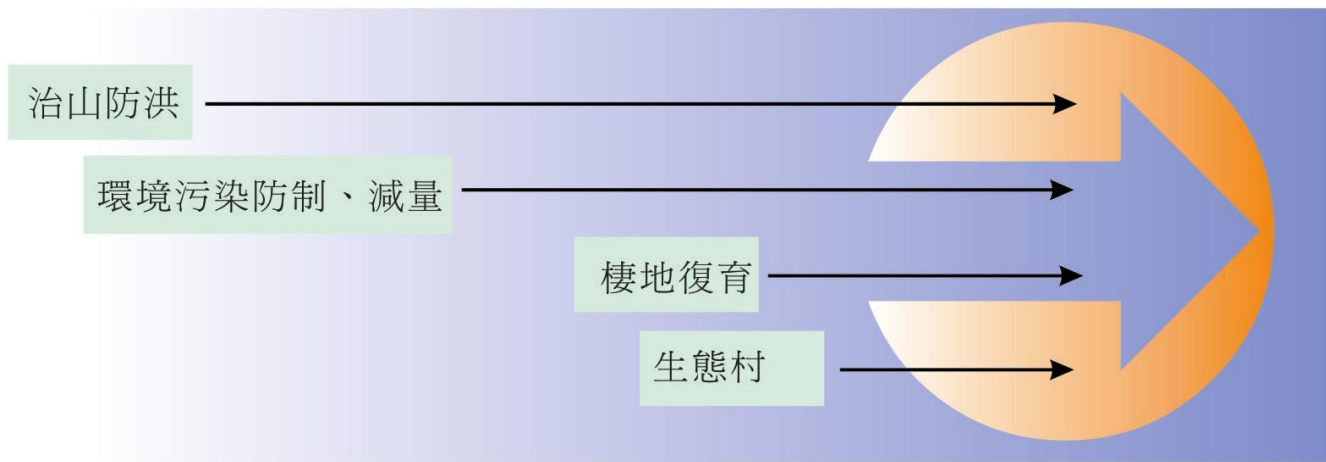


1900

1950

1990

時間軸



需求



生態意識發展



衍生性生態技術發展



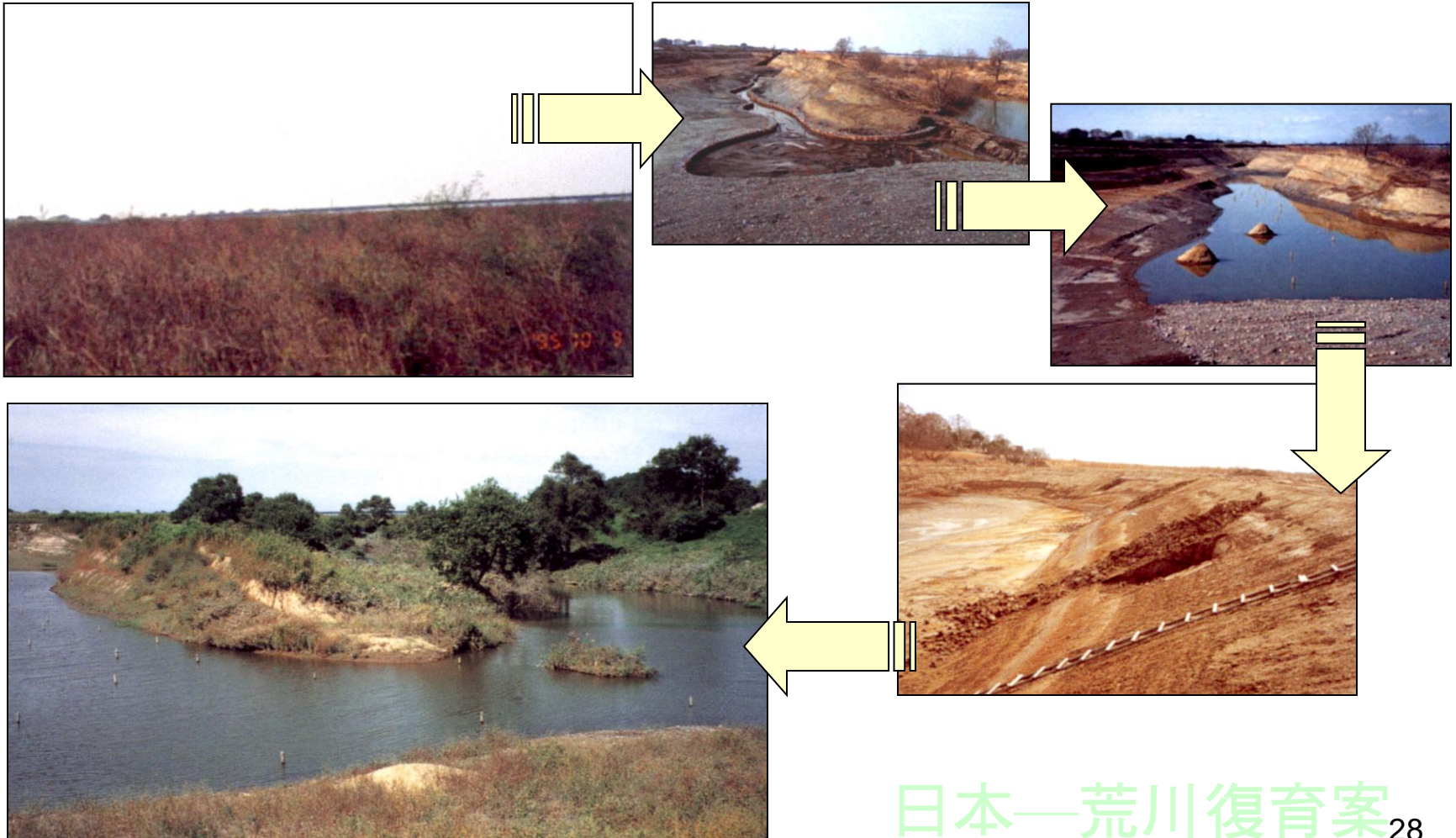
定義生態工程並整合

各類型生態技術發展進程與整合

重新省思 重新修正



生態工法





北海道茂魚川復育計畫



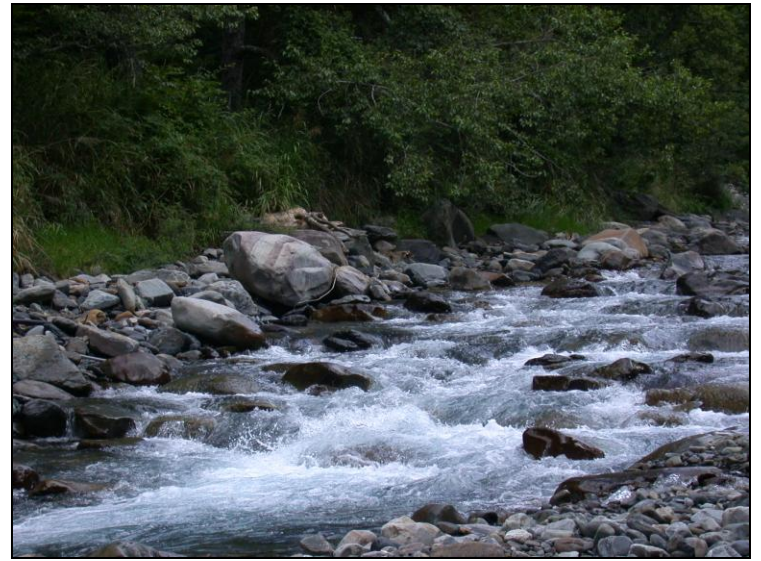
群馬縣嘉瀨川整治案



茨城縣霞浦

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。

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

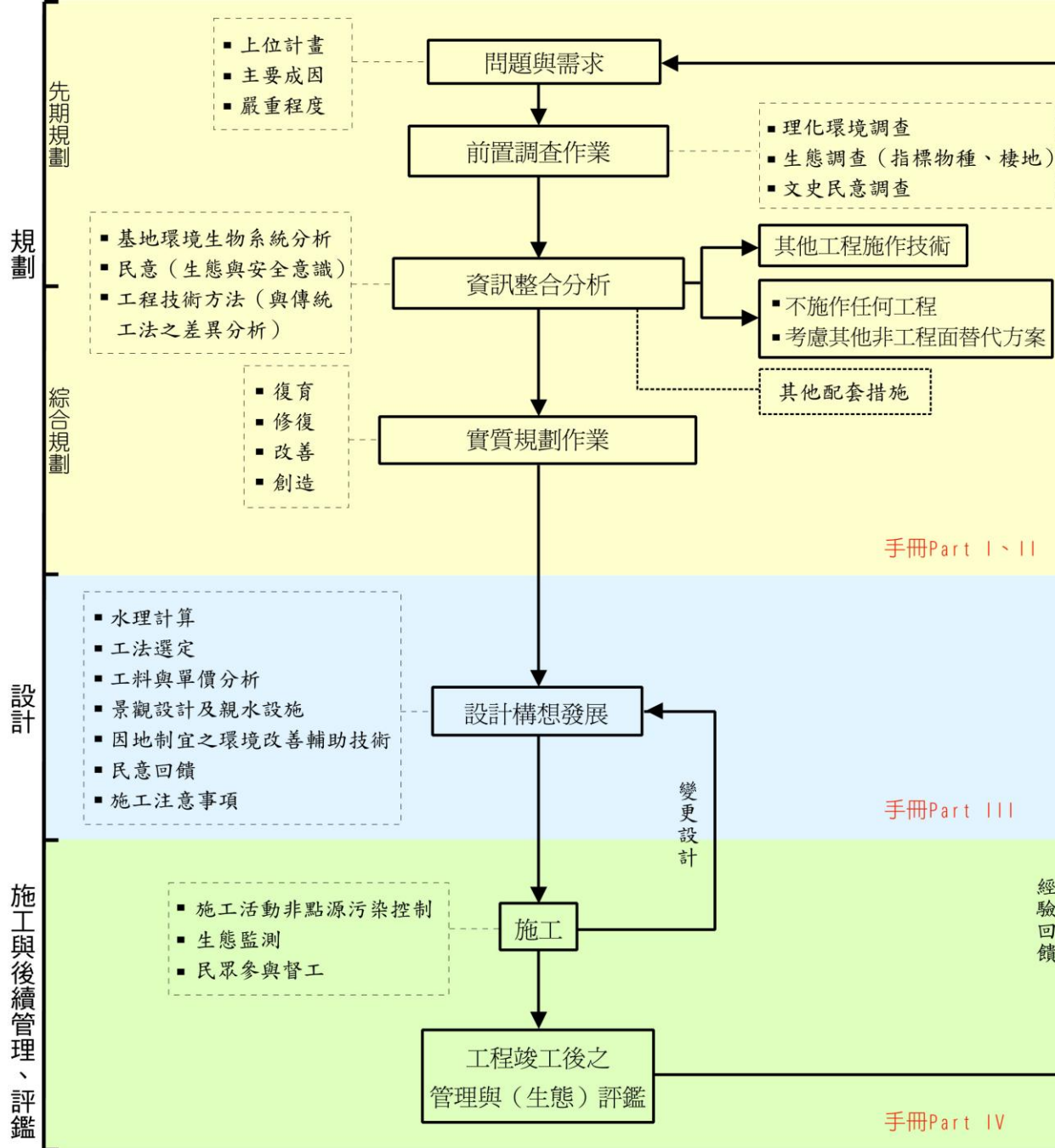
- 首先需釐清應用生態工法之最基本規劃設計流程

- 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

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

施行流程

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

施行流程

- 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爲的「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

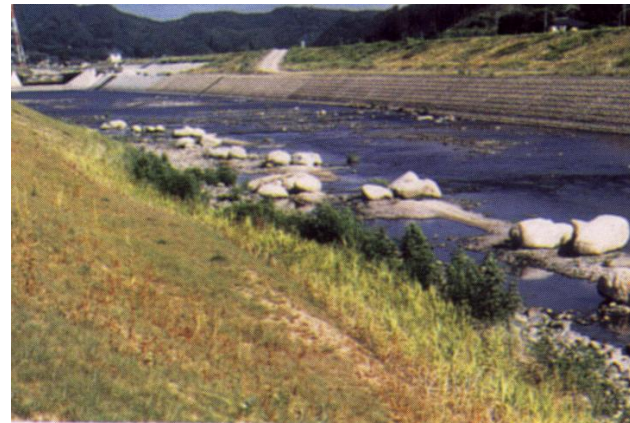
- 規劃與設計：基本構想
 - 視保護標的之重要性，及排洪安全容許度範圍中，規劃水利治理工程應採取之型式
 - 維持自然溪溝型態
 - 採近自然工法
 - 考慮景觀因素
 - 考慮社區親水

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