

附件三、教育訓練簡報

河溪生態概念與治理方案介紹

徐綱
觀察家生態顧問有限公司
2018.12.4

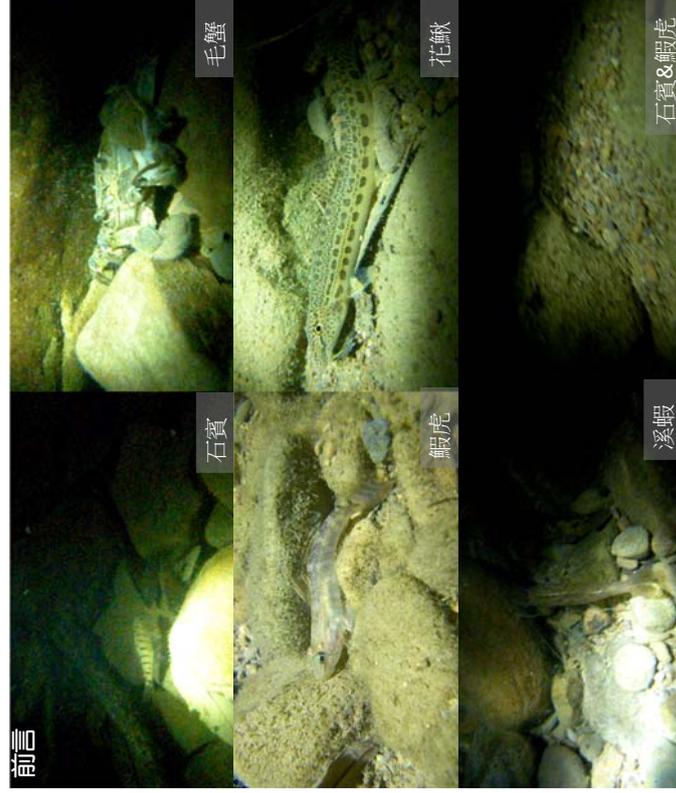


前言

河溪裡有什麼??



前言



石蟹

毛蟹

蝦虎

花鰱

溪蝦

石蟹&蝦虎

前言



毛蟹

石蟹

貝類

蝸蚪

溪蝦

水蚤

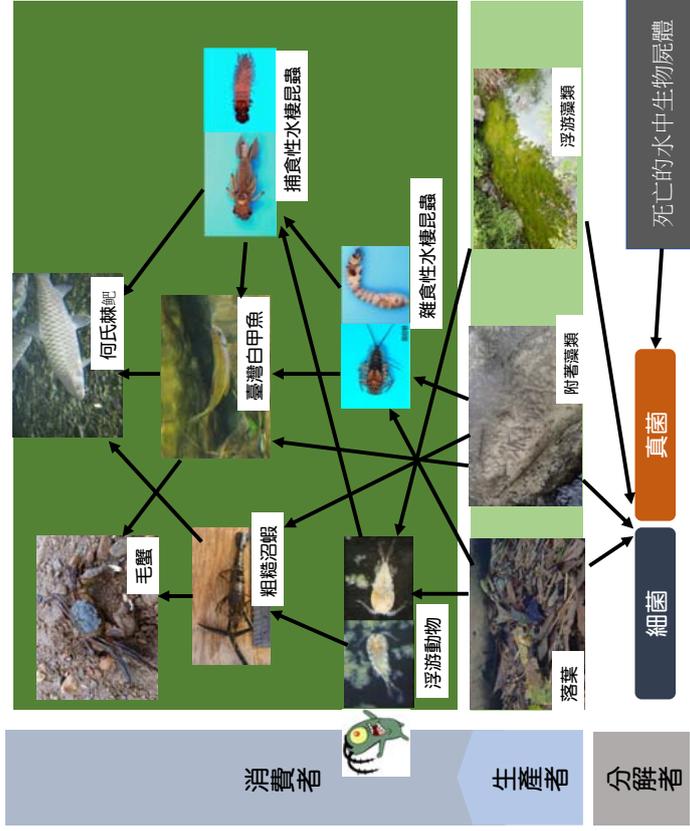
水生昆蟲

樹蛙

斑龜

前言

溪流食物網簡介



前言

● 溪流魚類食物來源多依靠石頭附著藻類

移除石頭

移除藻類

移除魚類食物來源



前言

魚類食痕

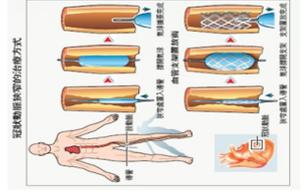
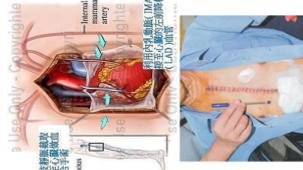
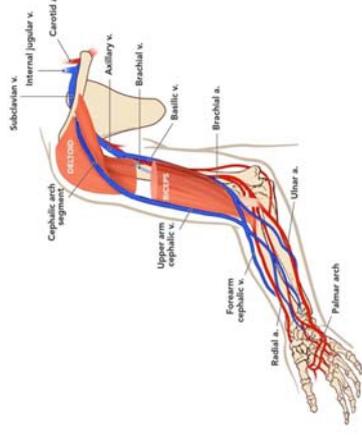


前言

- 河流好比血流
- 手術過後必定元氣大傷
- 減少手術規模

生態保育原則

開刀範圍越小癒合復原越快



維持良好底質

良好底質定義

- 良好底質應為粒徑多樣之**石塊**、**倒木**、**落葉**
- 以該棲地原先**自然樣貌**為原則



- ✓ 1、維持良好底質
- 2、避免水位過低
- 3、保護水質
- 4、維持水流多樣性
- 5、維持縱橫向通透性
- 6、確保濱溪植被

維持良好底質

良好底質生態功能

- 提供生物**避難**、**產卵**、**覓食**、**棲息**



維持良好底質

良好底質生態功能

- 底棲魚類如**鰕虎**、**爬鰻**腹部具**吸盤**
- 石塊可提供**攀附**以阻擋水流&刮食藻類



維持良好底質

良好底質生態功能

- 大石常作為水中魚類**攀附**使用
- 石縫常作為小型魚類**躲避**大水使用



維持良好底質

工程案例

- 混凝土封底難以提供__供水中生物躲藏
- 泥沙底質難以攀附&提供__供水中生物覓食



維持良好底質

工程案例

- 混凝土封底難以提供**孔隙**供水中生物躲藏
- 泥沙底質難以攀附&提供**藻類**供水中生物覓食



維持良好底質

工程生態友善措施

避免大型穩定(巨石、巨木)的改變

- 設計
 - 不封底為優先
- 設計、規劃、施工
 - 保留巨石、巨木



維持良好底質

工程生態友善措施

- 大型塊石應原地保留不隨意移動
- 底質粒徑應**平均分布**
- 大型塊石過密&水位過低易造成伏流



保留塊石群營造棲地多樣性



維持良好底質

工程生態友善措施

- 具備大小粒徑平均分配之石塊為佳



避免水位過低

河川水位下降原因

- 自然影響：
 - 南部枯水季差異明顯，特定季節易導致**水位下降**
- 人為影響：
 - 溪床整寬整平，水流平淺而易入**滲與蒸散**
 - 因壩體上游土石堆積後形成**伏流**
 - 截流、分流及引水等工程



- 1、維持良好底質
- 2、避免水位過低
- 3、保護水質
- 4、維持水流多樣性
- 5、維持縱橫向通透性
- 6、確保濱溪植被

保護水質

水體混濁原因

- 自然影響：
 - 上游河床底質不穩固，易剝落或遭冲刷
 - 大水、風災導致土石崩落
- 人為影響：
 - 機具接觸溪床揚塵
 - 挖取河床或堤岸導致大量土石流入水中



- 1、維持良好底質
- 2、避免水位過低
- 3、保護水質
- 4、維持水流多樣性
- 5、維持縱橫向通透性
- 6、確保濱溪植被



保護水質

水質對生態影響

- 直接覆蓋水生動物導致窒息
- 遮蔽光線妨礙藻類生長
- 泥沙沉積量增加



保護水質

工程生態友善措施



工程生態友善措施



機具在岸上施工避免干擾溪床

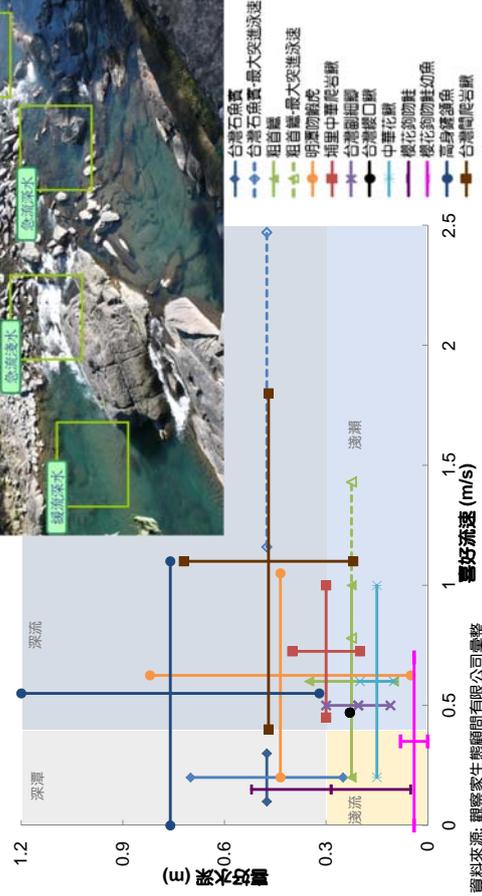
工程生態友善措施

- 以拉里吧溪為例
 - 繞流遠離施工處，臨時過水涵管便橋，避免直接擾動溪流
 - 設置臨時沉砂池，沉澱土砂後再排出
 - 採半半施工法，河道兩岸分批施工
- 施工期間下游發現毛蟹與清潔指標石蛉



水流多樣性對生態影響

- 不同溪流棲地提供多種生物棲息空間



資料來源：觀察家生態顧問有限公司彙整

- 1、維持良好底質
- 2、避免水位過低
- 3、保護水質
- 4、維持水流多樣性
- 5、維持縱橫向通透性
- 6、確保濱溪植被

維持水流多樣性

水流多樣性對生態影響

緩流淺水

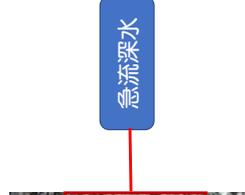
- 分布類群：魚苗、非善泳生物
- 特性：不易遭大魚捕食、不易被大水沖走



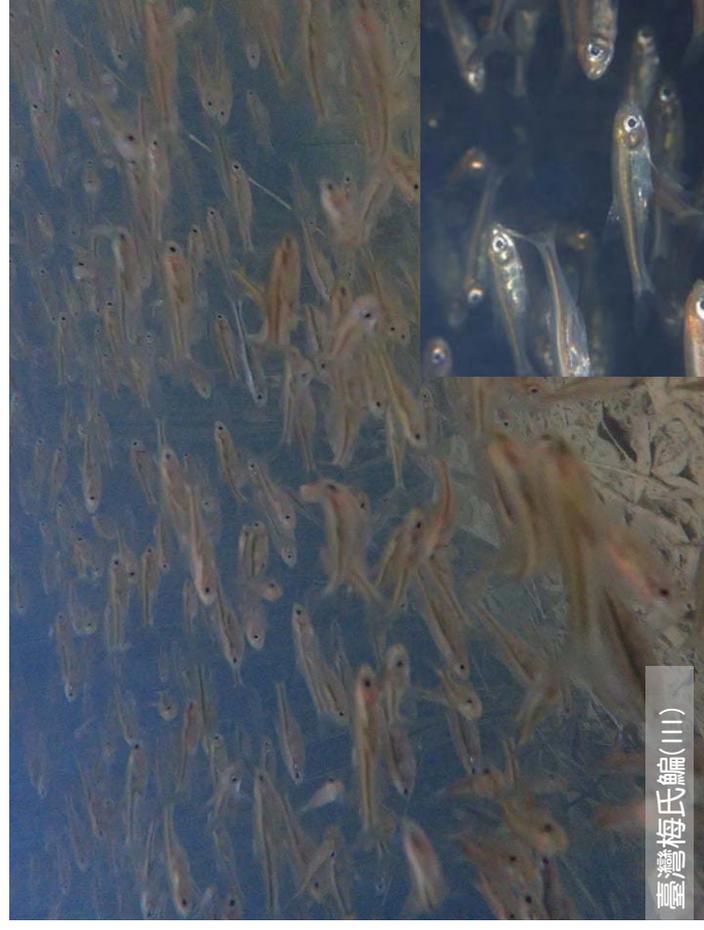
岸邊緩流

急流深水

- 分布類群：善泳大型魚類
- 特性：足夠活動空間、深水降低溫度上升幅度

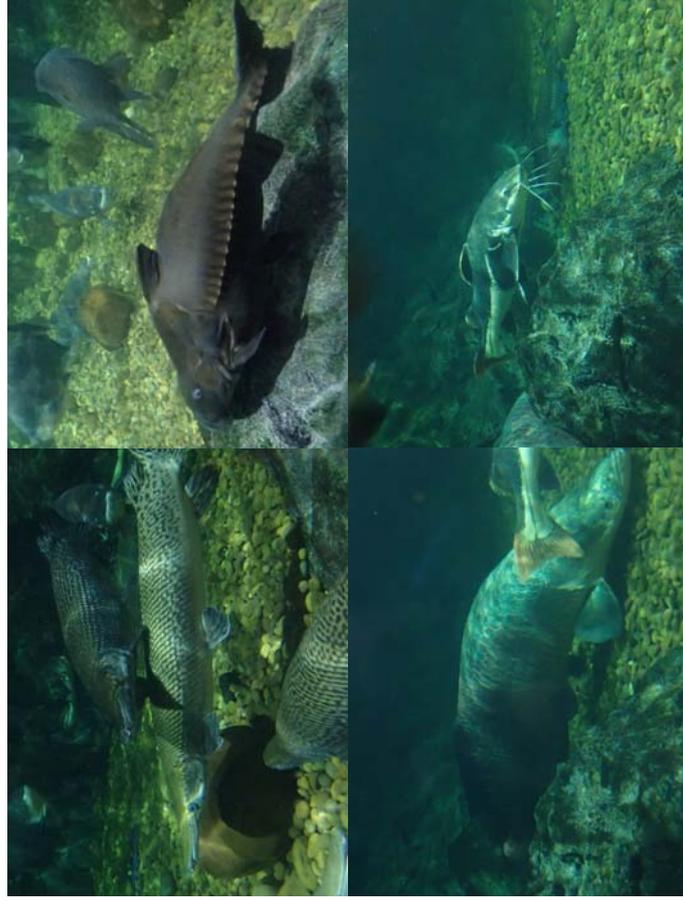


急流深水



臺灣梅氏鯿(III)

維持水流多樣性



湍瀨對生態影響

- 湍瀨可增加水中溶氧量
- 溶氧量越高，越適合多樣&多量生物生存
- 水生昆蟲喜附著於湍瀨石塊下方



維持水流多樣性

湍瀨對生態影響

- 營造高溶氧水域環境，增加物種豐度



維持水流多樣性

湍瀨消失對生態影響

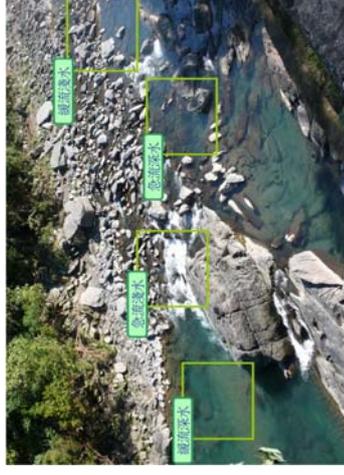
- 溶氧量降低易導致生物死亡、**水質敗壞**
- 溶氧低導致水中生物**數量&種類**下降



維持水流多樣性

工程案例

- 水流型態單調原因
 - 河道拓寬導致水流變淺
 - 移除大石導致河床平整、湍瀨消失
 - 增設壩體導致流速降低



- 1、維持良好底質
- 2、避免水位過低
- 3、保護水質
- 4、維持水流多樣性
- ✓ 5、維持縱橫向通透性
- 6、確保濱溪植被



維持縱向通透性

縱向阻隔對生態影響

洄游生物無法降海or上溯



無法完成生命歷程



洄游生物數量降低



維持縱向通透性

洄游生物介紹



日本禿頭鯿



無球腹囊海鞘



鱧鰻



毛蟹

維持縱向通透性

縱向阻隔對生態影響

- 代表物種：鮎魚、圓吻鰻、櫻花鉤吻鮭
- 上溯理由：避暑、產卵
- 阻礙：縱向阻隔(高壩、伏流、斷流)



維持縱向通透性

低落差設計取代高壩



梁育松提供



維持縱向通透性

低落差設計取代高壩

- 營造多階式固床工降低落差
- 各階固床工需設置深槽作為魚類衝刺利用



維持縱向通透性

開口設計維持縱向通透

- 可維持水流暢通、兼具防砂功能
- 確保魚類上溯路線



維持縱向通透性

開口設計維持縱向通透



高通透防砂壩



舊壩開口降低落差



舊壩開口降低落差

維持縱向通透性

設置斜坡降低縱向阻礙

- 易有流速**過快**問題
- 非嗜急流魚類難以上溯



嗜急流型魚類



臺灣間爬岩鯢

嗜緩流型魚類



史尼氏小鮑

維持縱向通透性

維持縱向通透性

魚道設置重點

- 考量坡度&流速
 - 入口流速**低於**壩下流速 → 魚類無法辨識入口
 - 流速**過高** → 魚類無法上溯(需低於1.5cm/sec以下)
- 了解當地物種特性
 - 最低水深：魚體**高X2**以上，視當地魚種
 - 安全水深：鳥類無法站立，視當地鳥種

各階長度、高度

- 階梯落差**過大** → 魚類跳不上去
- 階梯距離**過短** → 無法有效加速



維持縱向通透性

魚道設置常見議題

洪流土石撞擊破壞魚道結構

- 隔板斷裂無法集中水流
- 水深**過淺**，魚類無法跳躍
- 失去緩流區供魚類休息
- 鳥類容易捕食



維持縱向通透性

魚道設置常見議題

泥沙土石淤積

- 出口處容易淤塞
- 出口位置改變至壩中央
- 休息區容易填滿，疲累個體再度被沖至壩下
- 魚道內淤塞



維持縱向通透性

魚道設置常見議題

入口落差過高

- 枯豐季水位差異明顯，落差過高
- 魚類無法順利進入魚道



維持縱向通透性

魚道設置建議

- 需事前進行生態監測，了解當地魚種特性
- 大、小型魚皆可利用
- 因地制宜，勿套用其他魚道設計
- 蒐集當地水文資料
- 需高頻度定期進行維管

魚道效益評估方式

- 長期生態監測數量變化
- 標示捉放法

維持縱向通透性

堆疊石塊降低縱向阻隔

- 疊石易造成伏流，反導致縱向阻隔
- 須待大水或是土砂填補塊石孔隙



其他可能造成動物受困的結構物

積水的防砂壩或固床工



道路邊溝/排水溝



集水井



最簡易直接的改善措施：
增加可讓動物逃出來的
結構，如逃生坡道

56

動物逃生坡道設計原則

- 坡度：建議不超過40度盡量採緩坡設計
 - 雌性個體為族群繁衍重要成員
40度約為母龜可攀爬的最陡坡度
- 坡度越緩越有利於動物攀爬脫困
 - 寬度：建議40公分以上
 - 約為中小型哺乳類體型最低可利用寬度
- 寬度太窄體型較大動物無法利用

高速公路局沉砂滯洪池改善範例



坡度建議參考資料：台灣河岸陡坡處處，原生陸龜多擇傷致死 <http://www.ica.org.tw/news/roade/1963>

保育對策-減輕

低路殺風險



高路殺風險



58

保育對策-減輕

● 協助脫困



低路殺風險

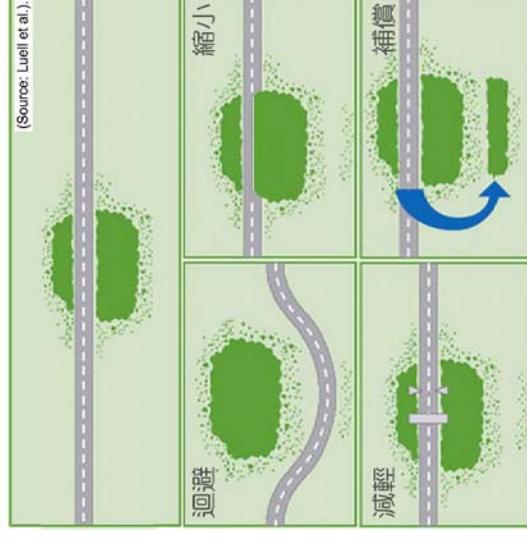
動物通道及導引系統



高路殺風險

生態保育原則

生態友善措施對策



迴避生態保全對象
及重要棲地

減輕工程對生態
系統造成傷害

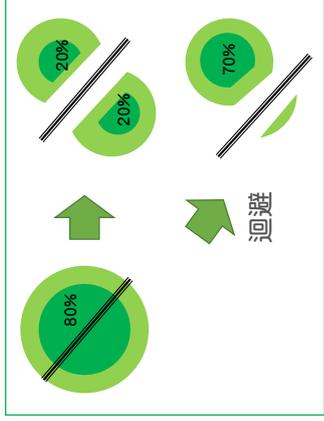
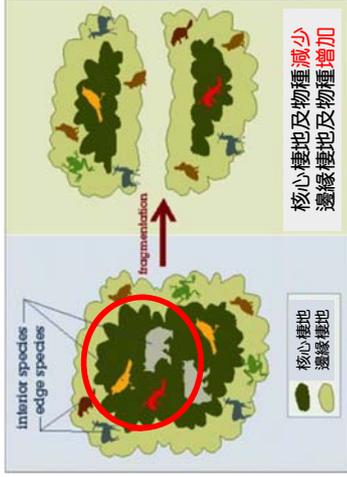
縮小必要施作
工程量體之
規模與尺寸

補償工程施作
對棲地造成
之重要損失

59

保留面積越大越好

- 核心棲地物種
 - 通常對環境較敏感
 - 常為稀有種或保護標的
 - 例如：依賴原始森林的動物
- 核心棲地越大越有助敏感物種生存
 - 工程優先迴避核心棲地
 - 例如：天然林、有大樹老樹的森林



圖片來源：sustainableinfrastructure.org

60

- 1、維持良好底質
- 2、避免水位過低
- 3、保護水質
- 4、維持水流多樣性
- 5、維持縱橫向通透性
- 6、確保濱溪植被



確保濱溪植被



食水料溪工程整治案例



確保濱溪植被

食水料溪完工後現況



● 下游整治段落

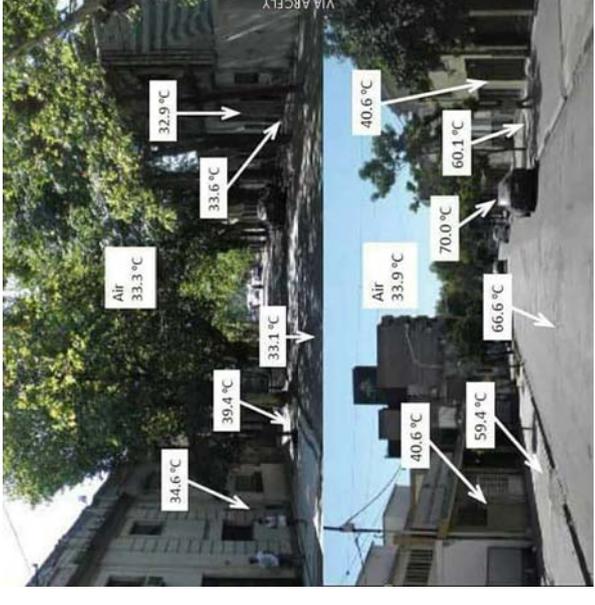
● 上游末施工段落

為多種生物利用之棲地



2. 濱溪植被移除

天然濱溪植被的重要性



有很多魚不一定代表生態回復

- 吳郭魚、琵琶鼠魚、孔雀魚
- 廣泛分布於全島中、下游溪流
- 人為放流&適應力強
- 非生態良好指標



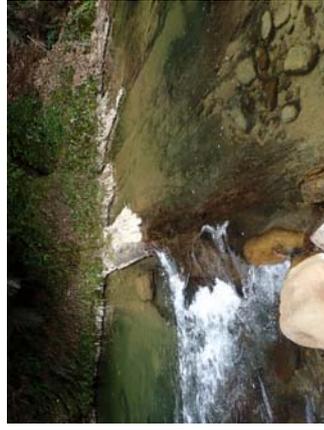
環境改變影響魚類相

- 本土魚種無法適應環境導致數量降低
- 外來魚種適應環境導致數量大幅上升



結語

- 於工程設計考量生態友善
- 達成人民安全與自然永續共存



ปลาไน

ปลาไนเป็นปลาที่อยู่ในกลุ่มเดียวกับปลานกหวีด อาศัยอยู่ในทวีปแอฟริกา มีความทนทานสูงอยู่ได้ทั้งน้ำจืดและน้ำกร่อยปลาไนเป็นปลาน้ำจืดที่พบได้ทั่วทุกภูมิภาคซึ่งลูกปลาเมื่อฟักตัวก็ว่ายได้เร็วตัวโตจะมีอายุประมาณ 10-12 วัน เพื่อความปลอดภัยของลูกปลาเมื่อถูกปลาพื้ดอกกินก็จะว่ายหนีได้ และเมื่อโตเต็มที่แล้วจะย้ายมาอุปโภคบริโภค

Nile Tilapia

Nile tilapia is native in Africa. They are mouthbrooders, after spawning in a nest made by a male, the young fry or eggs are carried in the mouth of the mother for a period of 10 - 12 days. Nile tilapias also demonstrate special parental care in times of danger. When approached by a danger, the young often swim back into the protection of their mother's mouth.

Scientific name: *Oreochromis niloticus*
Maximum length: 60 cm.
Habitat: Slow moving water
Plankton, Aquatic plant
Feed: Africa

Least concern

อนุกรมวิธาน: ปลาไนอยู่ใน
ไฟลัม: ปลาไนอยู่ในไฟลัมปลา

ลักษณะ: ปลาไนมีรูปร่างคล้าย
ปลาน้ำจืดทั่วไป แต่มีลักษณะเด่น
คือสามารถกินลูกปลาที่อยู่ในปากได้



生態檢核歷程與展望

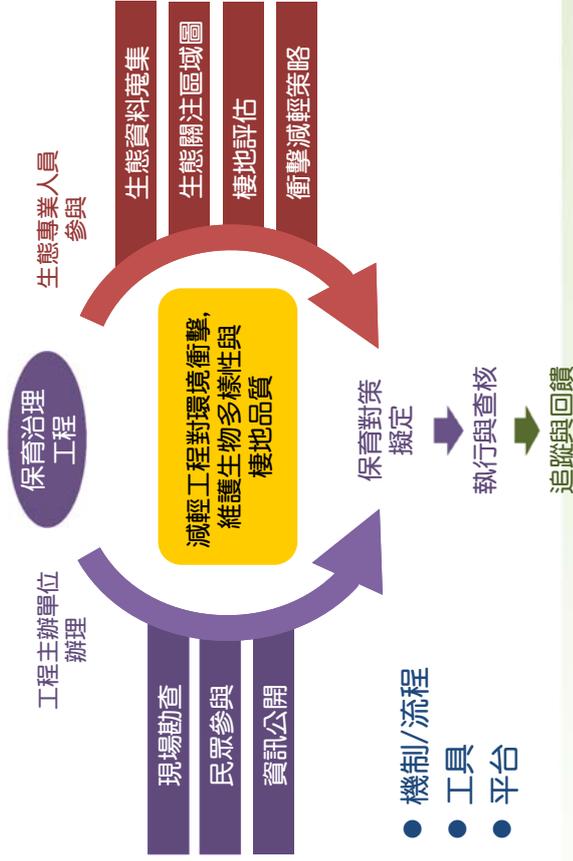
● 歷經研發、規範制定、案例試辦，技術已臻成熟



水利工程生態檢核簡介

觀察家生態顧問有限公司

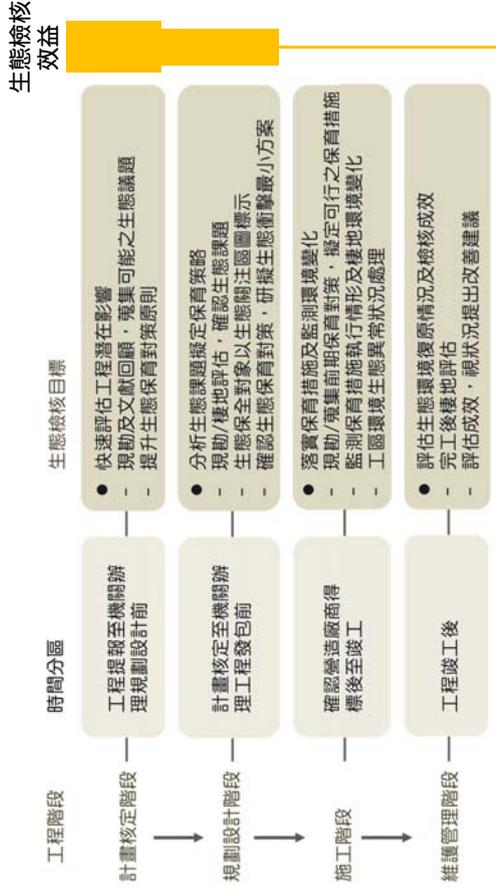
生態檢核執行概念



- 配合既有工程流程，依工程生命週期區分辦理階段
- 搭配表單紀錄生態資訊與溝通過程
- 應用工具協助釐清議題、研擬對策、專業領域間溝通
 - 生態關注區域圖
 - 棲地評估
- 依衝擊減輕策略研擬保育措施
 - 迴避、縮小、減輕、補償

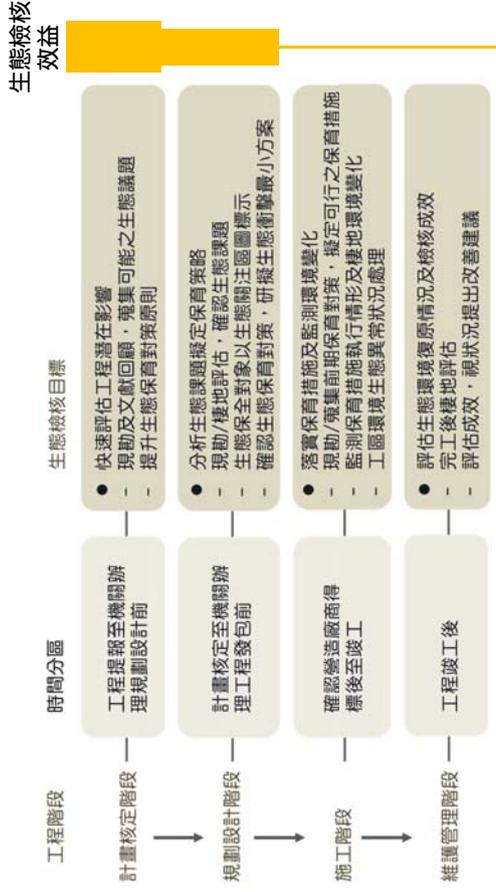
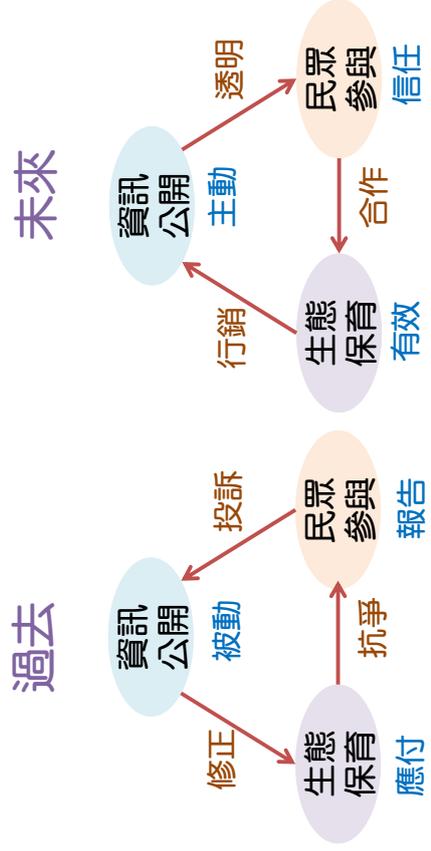


治理工程各階段生態保全議題



計畫核定階段導入生態檢核機制，生態保育效益最佳
由生態專業人員評估，掌握生態議題，提出友善建議

公私協力之展望



執行依據

- 行政院公共工程委員會
 公共工程生態檢核機制
 ■ 行政院公共工程委員會106年4月25日工程技字第10600124400號函
 ■ 公共計畫各中央目的事業主管機關應將公共工程生態檢核機制納入計畫應辦事項
- 前瞻基礎設計計畫
 ■ 各單位工作指標將落實辦理生態檢核，並列入「中長期個案計畫自評檢核表」中

近期發展：工程會

(工程技字第10600124400號)

- 考量公共工程應注重生態保育，本會整合上開部會執行生態檢核成果，研訂「公共工程生態檢核機制」，並經106年4月11日研商會議討論達成共識，請公共工程計畫將「公共工程生態檢核自評表」，各機關可依個案工程及生態環境特性，本權責及需求，自行增補訂定，以利執行。
- 除災後緊急處理、搶修、搶險、災後原地復建、規劃取得綠建築標章之建築工程及維護管理相關工程外，**中央政府各機關執行新建工程時，需辦理生態檢核作業。**

各機關辦理新建工程招標作業時，請將生態檢核內容因應對策及作法落實納入相關招標文件內，以落實生態保育之政策；另施工階段，亦將生態檢核納入後查核，請會配合辦理**施工查核缺失扣點表**修正。(106.04.11會議結論)

前瞻基礎建設計畫

9

- 106年3月30日立法院生態檢核協調會決議：
前瞻基礎建設應於計畫條例中納入**生態檢核**
- 水與發展：加強水庫集水區保育治理計畫
 - 主要工作項目 (第肆之四節) 要求
 - 建立**生態調查資料**，供後續相關教育推廣及保育研究執行參考與應用
 - 補助地方政府成立水環境改善輔導顧問團，協助推動辦理公民參與、資料收集、**生態調查、生態檢核**等作業
 - 執行策略 (第肆之二節) 要求本計畫**各工程皆納入生態檢核作業**，將自然環境特性及生態保育納入整體考量

前瞻基礎建設計畫

10

- 水與環境：全國水環境改善計畫
 - 計畫目標說明 (第貳之一節) (三) 改善水質污染、營造生物多樣性棲地，發展永續生態環境
 - 為貼近民眾親水需求，利用污染物削減、污水截流、河川淨化、濕地淨化等方法，改善河川水質污染情況，並結合基地潛力、生態環境及地景資源等地方特色，營造**生物多樣性濕地環境與生物廊道**，並建構水環境教育場所
 - 計畫執行分工 (第肆之五節)
 - 直轄市、縣(市)政府辦理事項包含民眾參與、**生態資料調查及檢核**
 - 計畫執行策略及方法直接要求**辦理生態檢核** (第肆之九節)
 - …各目的事業主管機關應參據行政院公共工程委員會訂定之「公共工程生態檢核機制」推動辦理生態檢核，執行時如**生態檢核結果顯示對生態有害，應暫停工程，並採取改善措施**，無法改善時，應**取消辦理**

前瞻基礎建設計畫

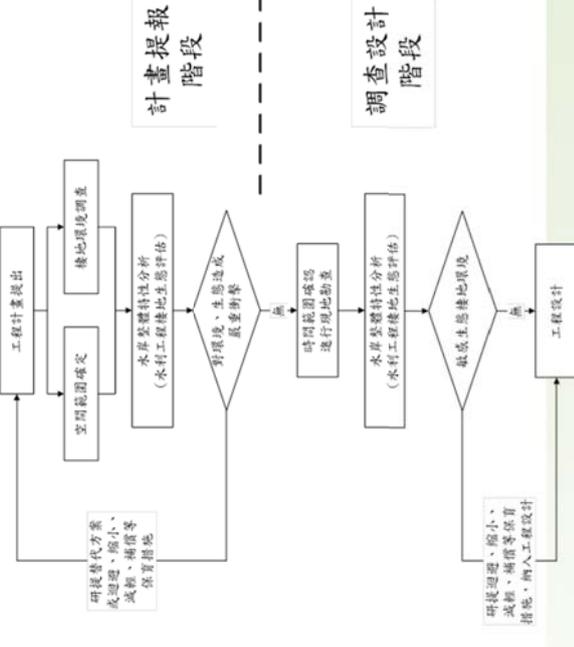
11

- 水與安全：縣市管河川及區域排水整體改善計畫
 - 計畫目標 (第貳章) 說明強調降低**生態環境衝擊**
 - 在確保設施安全的原則下，於規劃設計及施工時兼顧生態保育，**加強生態檢核工作**，減少對環境衝擊，防止環境資源失衡發展的情事發生，並善加珍惜與保護地方環境，以落實國土保育及永續家園的理念
 - 現行相關政策及方案檢討 (第參章) 提及**加強生態檢核**
 - 隨著民眾環境生態意識抬頭，不只重視既存的生態環境，也要求各機關在辦理防災、減災之工程時，能**加強考量工程設施對於環境友善度**
 - 主要工作項目 (第肆之二節) 要求**治理工程落實生態檢核機制**
 - 本計畫各機關在規劃辦理治理工程時，應加強工程設施對於**環境生態友善度之考量與設計**，並於推動治理工程時落實**生態檢核機制**

經濟部水利署

12

水利工程生態檢核作業流程



生態敏感區劃設

生態敏感區探討劃設目的

1. 維持現存自然環境的完整性
2. 保護生態系功能的必要特徵
3. 保障珍稀自然資源的存續

依各單位管轄範圍與既有資訊篩選因子

- 已知敏感區：以法定公告保護區為主要管理依據，輔以學術民間關切區 (民眾參與)
- 潛在敏感區：後續規劃治理之參考

已知敏感區 (既有圖層)	潛在敏感區 (生物多樣性)
法定公告保護區 學術及民間團體關切地區 ● 自然保留區 ● 野生動物保護區 ● 野生動物重要棲息環境 ● 國家公園 ● 自然保護區 ● 沿海保護區 ● 國家重要濕地 ● 保安林	重要棲地 ● 天然森林 ● 天然溪流 ● 原生植物群落 ● 天然海岸地景 ● 埤塘、溼地 ● 動物繁殖區 (築巢、產卵) ● 避冬集中地 ● 遷移中繼站 特殊物種生息地 ● 保育類動物分布 ● 珍稀植物生息地 ● 其他建議應受保護的動植物 (如族群量降低) ● 具特殊意義如重要生態系功能、與後續演替有關的植物，如母樹、大樹、珍稀植物

現場勘查

- 掌握重要物種與環境的互動關係
- 判斷生態議題及確認生態保全對象



台灣特有種・淡水魚類紅皮魯易危(VU)物種，分布於台灣東半部的較緩溪流或埤塘湖沼中，近年來數量銳減，新版淡水魚類紅皮魯有意提升至瀕危(EN)等級

- 生態議題：
- 維持河道原始蜿蜒度及水陸域廊道縱橫向通暢性
 - 保留草澤棲地類型與易危(VU)物種菊池氏細鮎的棲地環境
 - 保留兩岸既有風箱樹(水芭樂)，護岸植生栽植種類可採用水社柳

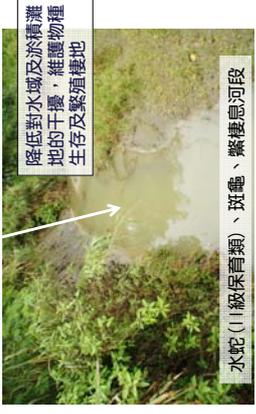
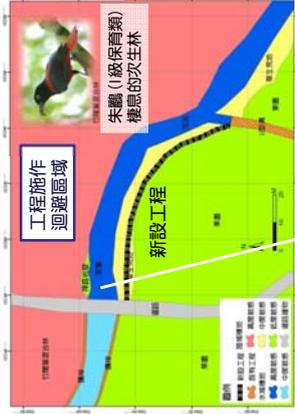


現地勘查

生態關注區域圖繪製

- 將重要生態資訊以地圖化方式呈現
- 套疊設計圖、標明保全對象

等級	顏色 (陸域/水域)	判斷標準	工程原則
高度敏感	紅/藍	屬不可取代或不可回復的資源，或生態功能與生物多樣性高的自然環境	優先迴避
中度敏感	黃/淺藍	過去或目前受到部分擾動，但仍具有生態價值的棲地	迴避或縮小干擾棲地回復
低度敏感	綠/-	人為干擾程度大的環境	施工擾動限制在此區域營造棲地
人為干擾	灰/淺灰	已受人為變更的地區	



水蛇 (II級保育類)、斑龜、紫腹魚河段

關注物種

- 低海拔動物常需自然環境生長、棲息、繁殖
 -如翠鳥需自然土堤控洞築巢以繁衍後代
 -斑龜、水蛇棲地因人為擾動導致破碎化、草澤消失、橫向阻隔



翠鳥



鉛色水蛇



斑龜

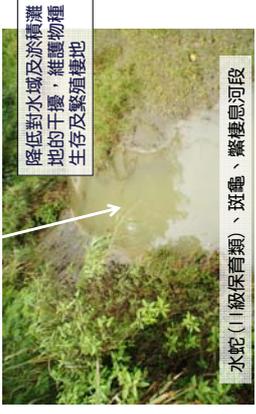
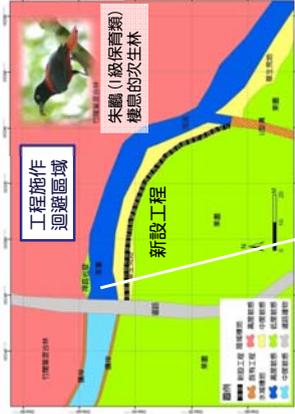


唐水蛇

現場勘查

- 將重要生態資訊以地圖化方式呈現
- 套疊設計圖、標明保全對象

等級	顏色 (陸域/水域)	判斷標準	工程原則
高度敏感	紅/藍	屬不可取代或不可回復的資源，或生態功能與生物多樣性高的自然環境	優先迴避
中度敏感	黃/淺藍	過去或目前受到部分擾動，但仍具有生態價值的棲地	迴避或縮小干擾棲地回復
低度敏感	綠/-	人為干擾程度大的環境	施工擾動限制在此區域營造棲地
人為干擾	灰/淺灰	已受人為變更的地區	



水蛇 (II級保育類)、斑龜、紫腹魚河段

棲地評估

● 快速量化記錄工區物理環境特性，提出生態建議

水利工程快速棲地評估

- 水的特性
- (A) 水域型態多樣性
 - (B) 水域廊道連續性
 - (C) 水質

● 優良環境



● 劣化環境



- 水陸域過渡帶及底質特性
- (D) 水陸域過渡帶
 - (E) 溪濱廊道連續性
 - (F) 底質多樣性

- 生態特性
- (G) 水生動物豐多度 (原生 or 外來種)
 - (H) 水域生產者

民眾參與

說明會型式	辦理時間點	目的	邀請對象
設計說明會 生態檢核強調	工程設計定稿前	1. 蒐集居民重視之生態議題、在地人文資產與保全對象 2. 確認施工方法	1. 在地民眾 2. 利害關係人 3. 關心工程治理之民間團體
施工說明會	開工前	1. 確認保育措施與相關意見是否落實 2. 設計方案	

關切工程治理之民間團體

台灣千里步道協會	惜根台灣協會	地球公民基金會
水患治理監督聯盟	人禾環境倫理發展基金會	荒野保護協會
台灣環境保護聯盟	社區大學全國促進會	綠色陣線協會



保育團體參與



在地居民訴求



生態議題現勘

衝擊分析及保育對策擬定

衝擊分析及保育對策擬定



1. 釐清生態課題

- 結合文獻與現地評估，判定關注物種與重要棲地

2. 評估工程影響

- 對照設計圖，評估個體存續、棲地消失、移動阻隔等效應
- 提出工程影響預測

3. 提出建議對策

- 設計以干擾最小化為原則
- 運用生態友善的施工方法

4. 保育對策確認

- 工程與生態團隊討論溝通，擬定最終保育對策

保育措施自主檢查

- 定期檢查生態友善措施內容
- 提供現場施工人員查閱
- 提升生態措施落實程度

檢查內容：

- 維護方式
- 頻率
- 檢查結果



異常狀況處理

- 遇保全對象或其他生物與環境之異常狀況
- 即時通報並積極處理

■ 施工便道破壞前期的植生工程
→ 完工後復原並補植樹苗



操作說明

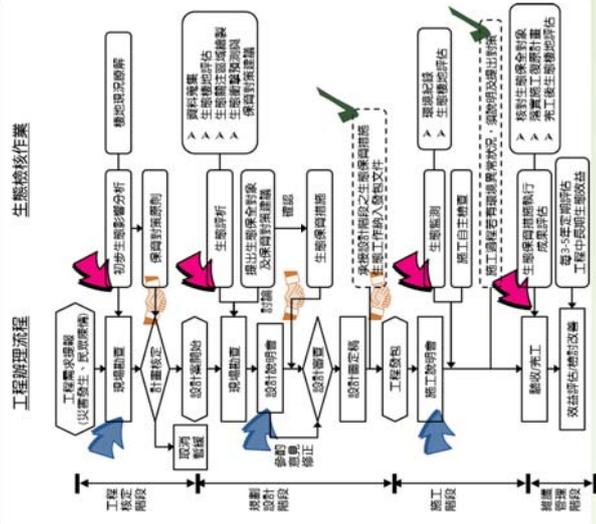
三、執行構想生態調查

- 水庫集水區工程生態檢核執行參考手冊

105年11月1日經水事字第
10531094110號函公告

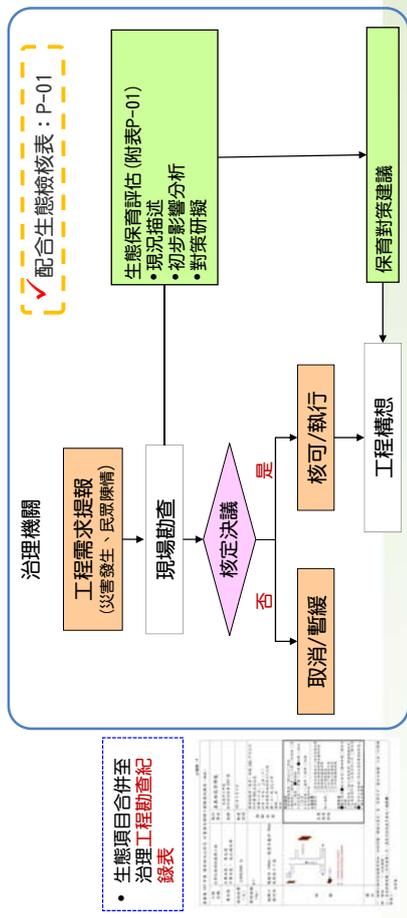
- 生態團隊進場調查
- 工程主辦單位與生態團隊共同討論保育措施
- 民眾參與
- 其他注意事項

經濟部水利署



提報/核定階段

- 目的：
 - 評估工程對生態環境之潛在影響
 - 迴避生態敏感區
 - 生態衝擊最小的設計方案
- ✓ 工程方案初擬即將預定治理區域的生態議題納入考量
- ✓ 核定階段之生態保育對策可作為工程規劃設計的原則
- ✓ 工區具重要生態議題應配合進一步生態調查評估

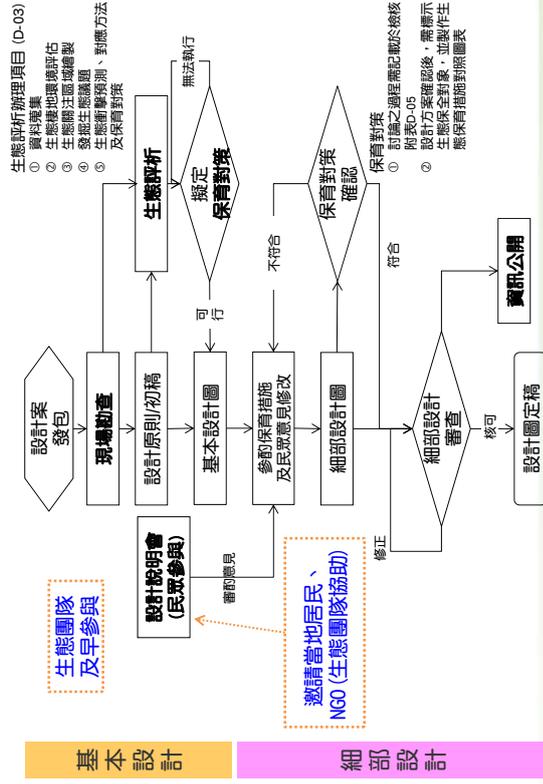


規劃設計階段

● 執行流程

工程辦理流程

生態檢核作業



規劃設計階段

- 初步設計審查工程與生態團隊現場討論
- 民眾參與：在地居民、NGO團體
- 生態相關建議，併入會議記錄發文

D-02、D-04 現勘意見記錄表範例

現勘時間

現勘地點

現勘人員

現勘目的

現勘內容

現勘結果

現勘建議

現勘意見

1. 工程區內現有之樹木，應儘量保留，並設置保護圍籬。

2. 現勘區內現有之樹木，應儘量保留，並設置保護圍籬。

3. 現勘區內現有之樹木，應儘量保留，並設置保護圍籬。

4. 現勘區內現有之樹木，應儘量保留，並設置保護圍籬。

匯整生態團隊及民眾意見逐項回覆預定辦理方式

✓

✓

工程生態保育對策確認過程

計畫核定階段

工程生態保育原則建議

- ✓ 生態團隊及早參與 (核定階段到設計階段測設前)
- ✓ 工作重點
 - 判斷生態敏感區
 - 提出生態衝擊最小的設計方案

規劃設計階段

保育對策討論與擬定

- ✓ 各次現場、說明會
- ✓ 確認工區生態議題
- ✓ 研擬工程設計/施工時期之保育對策

基本設計

保育對策確認

- ✓ 設計圖及設計書之核對確認
- ✓ 確定保全對象、生態保育措施

細部設計

● 附表D-03 工程方案之生態評估分析

1. 生態團隊組成
2. 棲地生態資料蒐集 - 文獻整理
3. 生態棲地環境評估 - 棲地概況、棲地評估指標
4. 棲地影像紀錄
5. 生態關注區域說明及繪製
6. 研擬生態影響預測與保育對策
7. 生態保全對象之照片



規劃設計階段

附表D-03 工程方案之生態評估

評估項目

1. 棲地生態環境評估

2. 棲地生態環境評估

3. 棲地生態環境評估

4. 棲地生態環境評估

5. 棲地生態環境評估

6. 棲地生態環境評估

7. 棲地生態環境評估

評估標準

1. 棲地生態環境評估

2. 棲地生態環境評估

3. 棲地生態環境評估

4. 棲地生態環境評估

5. 棲地生態環境評估

6. 棲地生態環境評估

7. 棲地生態環境評估

評估結果

1. 棲地生態環境評估

2. 棲地生態環境評估

3. 棲地生態環境評估

4. 棲地生態環境評估

5. 棲地生態環境評估

6. 棲地生態環境評估

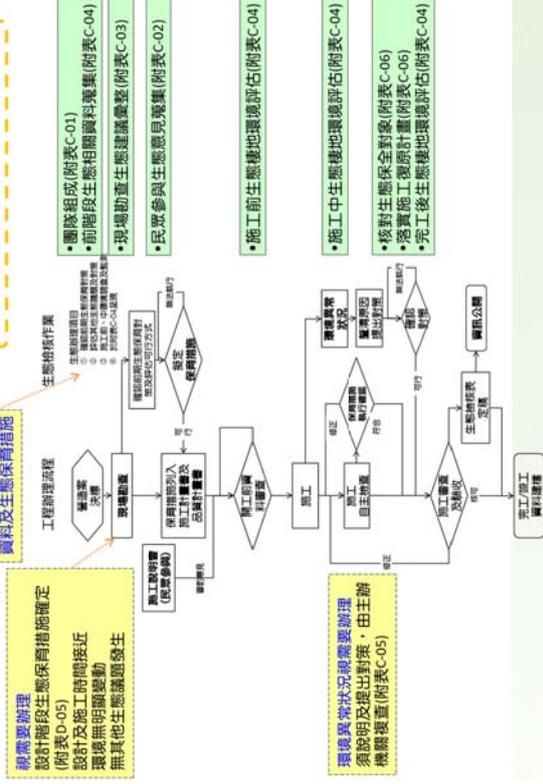
7. 棲地生態環境評估

施工階段

● 執行流程

段需要辦理
設計階段生態保育措施確定 (附表D-05)
設計及施工時間接近
環境無明顯變動
無其他生態議題發生

✓ 配合生態檢核表：C-01~C-06



環境異常狀況 須說明及提出對策，由主辦機關簽章 (附表C-05)

應保護之植被遭移除 施工便道闢設過大 水質渾濁

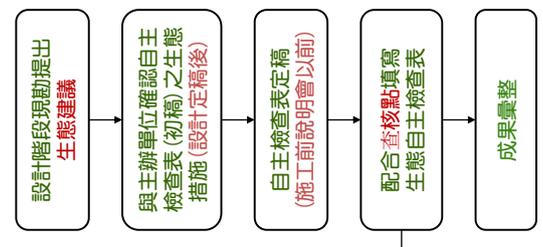


■ 施工便道破壞前期的植生工程
→ 召開施工階段生態議題說明會
→ 完工後復原並補植樹苗



自主檢查執行

- 與主辦機關討論確認生態措施
- 執行方式
 - 依工程施工檢驗程序填寫
 - 每月定期填寫



施工檢驗程序	自主檢查表
施工放樣工程	全項目檢查 (施工單位先行瞭解生態保全對象及生態措施) 生態保全對象、施工擾動範圍 (便道、堆置區、減少重要棲地干擾) 項目檢查
開挖工程	不需檢查，如有生態異常狀況請通報
鋼筋工程	不需檢查，如有生態異常狀況請通報
模板工程	不需檢查，如有生態異常狀況請通報
混凝土工程	不需檢查，如有生態異常狀況請通報
構造物回填土方工程	回填前後全項目檢查 (確認符合生態改善措施)

自主檢查表範例

屏東那坡面崩塌地處理三期工程
生態補償自主檢查表

項目	檢查日期	檢查地點	執行狀況
1 工程操作迴避崩塌地兩側森林地，不在此區域開挖施工便道或堆置區	102/06/05	崩塌地現場	執行狀況優良
2 施工便道應沿崩塌地兩側森林地，不干涉兩側森林地及森林	102/06/05	崩塌地現場	執行狀況優良
3 崩塌地應儘量使用「原生原生種」，且勿使用「強勢或入侵性外來種植物」	102/06/05	崩塌地現場	執行狀況優良

依編號檢查生態保全對象及生態友善措施勾選紀錄

表號: 依施工月份編列流水號

註記檢查時問題點

填寫及查驗人員

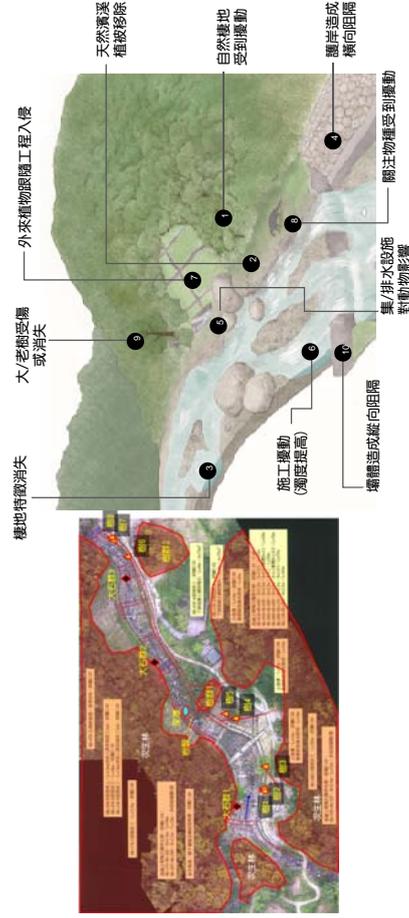
需要拍攝照片的檢查項目

是否發生環境異常狀況? (如有環境異常狀況，請填列) 解決對策: 是 否
備註: 截於內標記色系的檢查項目填列照片，以記錄執行狀況或工程生態環境變化

姓名(簽名): _____ 姓名(簽名): _____
單位/職稱: _____ 單位/職稱: _____

恢復河川生命力：生態面向的追蹤

- 必須要執行的工程(有其必要性、重要性、急迫性)
- 透過生態檢核優化治理方案



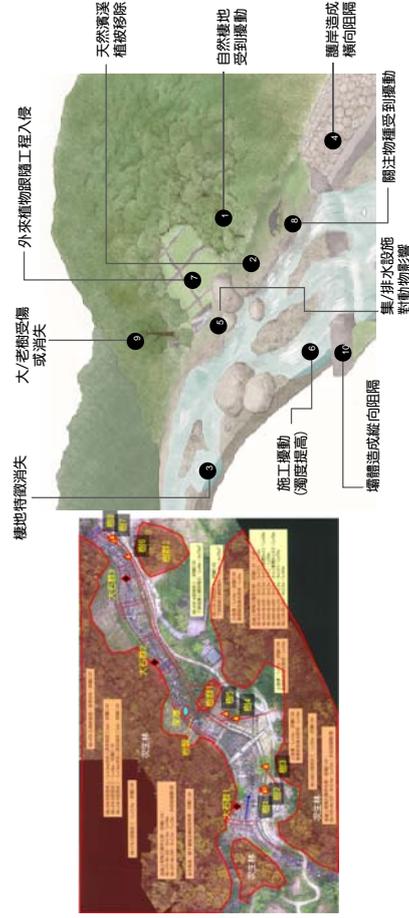
- 建立對應工程計畫所需的質化、量化指標
 - 水庫集水區治理工程：快速棲地評估指標
 - 水環境建設/營造工程，如自行車道、高灘地綠美化、水質淨化等，應優先釐清生態議題，部分指標不適用
- 迴避、縮小、減輕、補償等策略落實程度追蹤
- 棲地完整性追蹤：
 - 如水域縱向廊道、陸水域橫向廊道、保留生物移動空間等



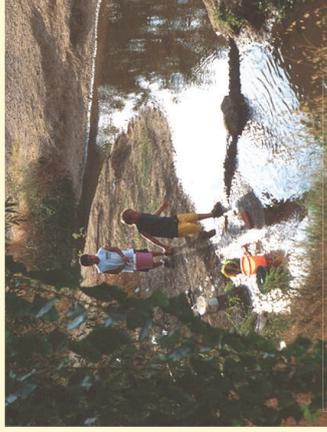
- ✓ 維持溪流連續性
- ✓ 維護棲地多樣性
- ✓ 保護重要物種生存空間

好工具，怎麼用？

- 必須要執行的工程(有其必要性、重要性、急迫性)
- 透過生態檢核優化治理方案



報告完畢 敬請指教



都市河川復育 & 日常型親水

中興工程顧問公司・工程美學中心
楊佳寧 博士
2019.7.4

1

《大綱》

- 一、基本河相學
- 二、河川復育基本概念
- 三、河溪的日常型親水
- 四、河川復育案例分享

2

河相學：研究河川面相(個性)的學問

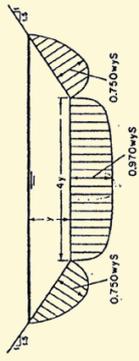
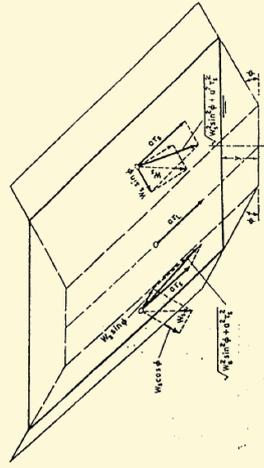
(fluvial geomorphology, 河流地形學)



4

基本河相學

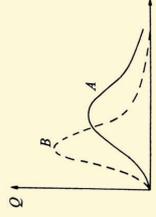
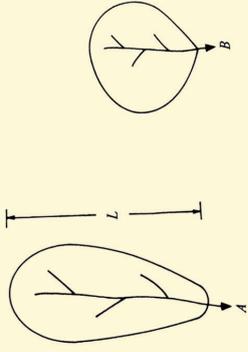
大學土木系見到的河川



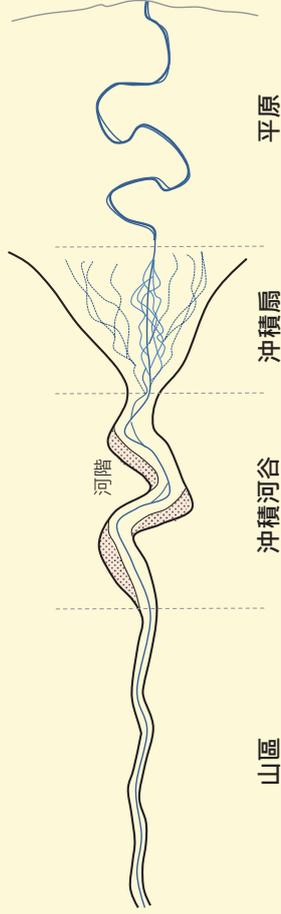
「明渠水力學」教科書中的河道
(Ven Te Chow, Open Channel Hydraulics)

「水文學」教科書中的流域
(李光敦著)

W



沖積河川的地形分段

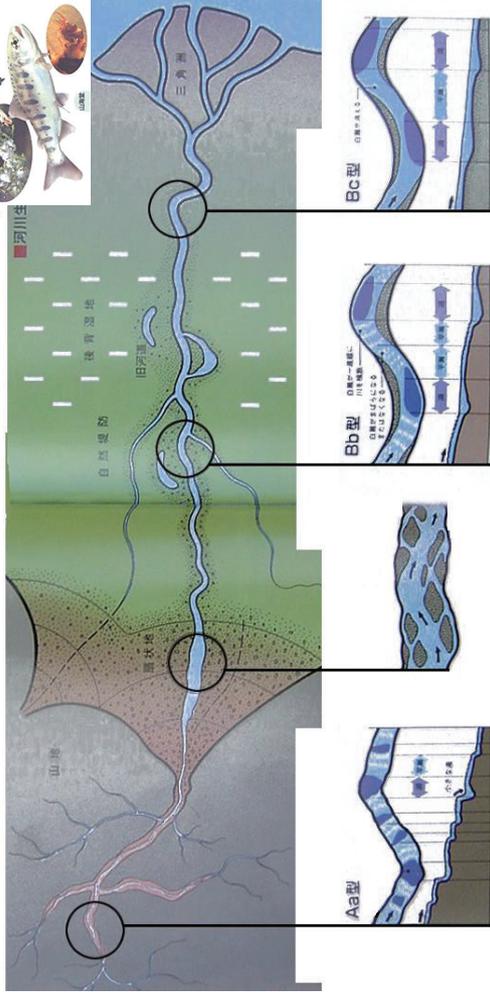


河床 坡降	> 1.66 % (1/60)	1.66%~0.25% 1/60~1/400	< 0.25 (1/400) %
河道 谷壁 限制	明顯受谷壁限制	受谷壁或河階崖 限制(有河階)	部分受谷壁、 河階崖限制 無谷壁限制

(易改道)

在日本初見河川的整體樣貌

出處：「河川生物野外綜合圖鑑」：河川整備中心



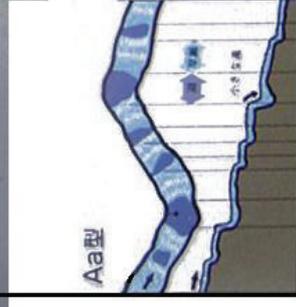
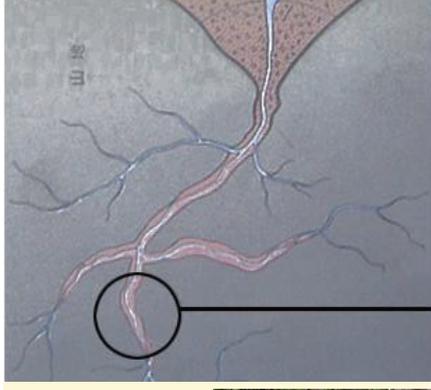
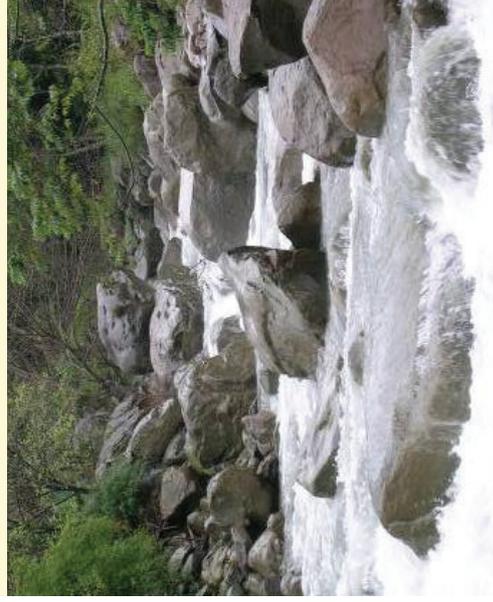
階梯深潭

瓣狀河道

蜿蜒河道(有瀨)

蜿蜒河道(無瀨)

山區：階梯深潭(坡度>1/60)



石頭下的水蠶

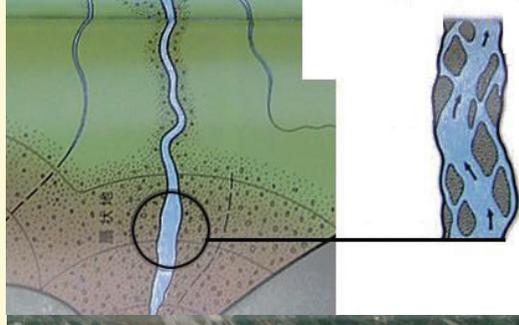


照片：方韻如

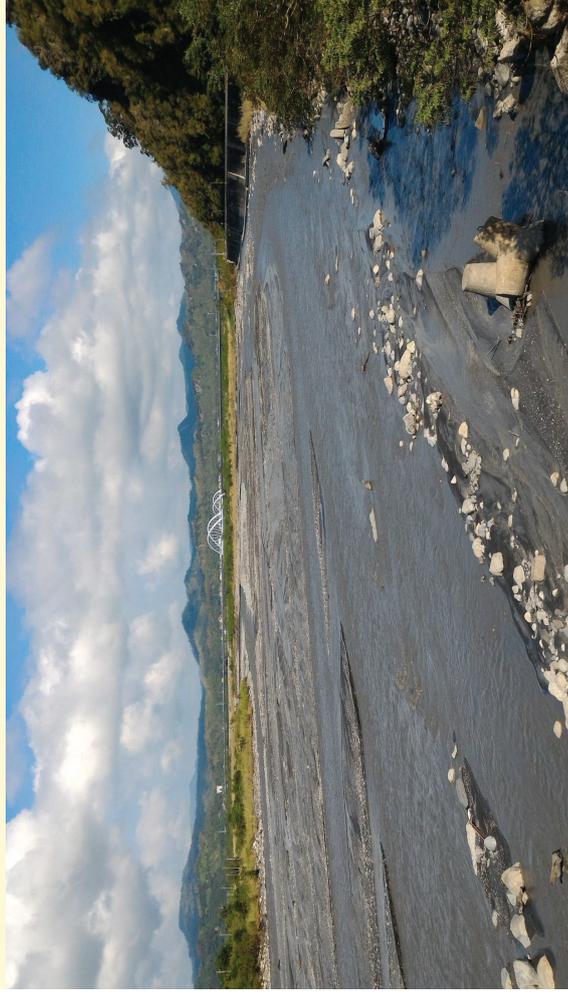
宜蘭鹿皮溪



沖積扇：瓣狀河道(坡度1/60~1/400)



荖濃溪的瓣狀河道



沖積河谷：瓣狀或蜿蜒河道(坡度1/60~1/400)



流經新竹關西鎮的鳳山溪



平原(2-1區)：蜿蜒河道(坡度1/400~1/2500)



平原(2-2區)：蜿蜒河道(坡度1/2500~1/5000)

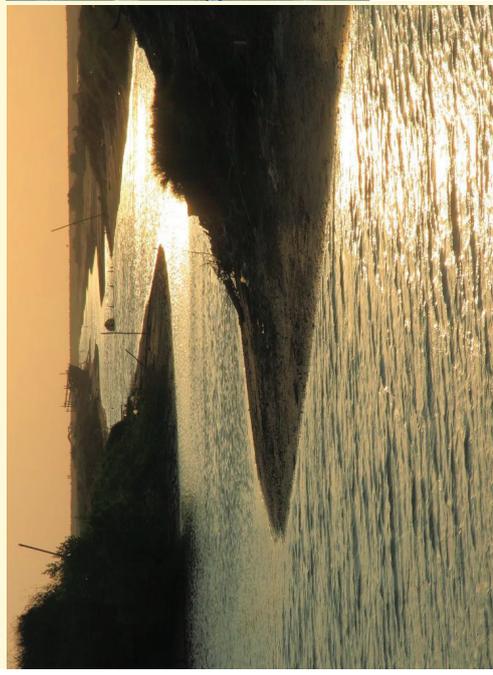


Photo by 陳建昌

曾文溪潮溝



景美溪的
蜿蜒河道



露岩形成潭區



三角洲(3區)：分岔河道(坡度1/5000~水平)

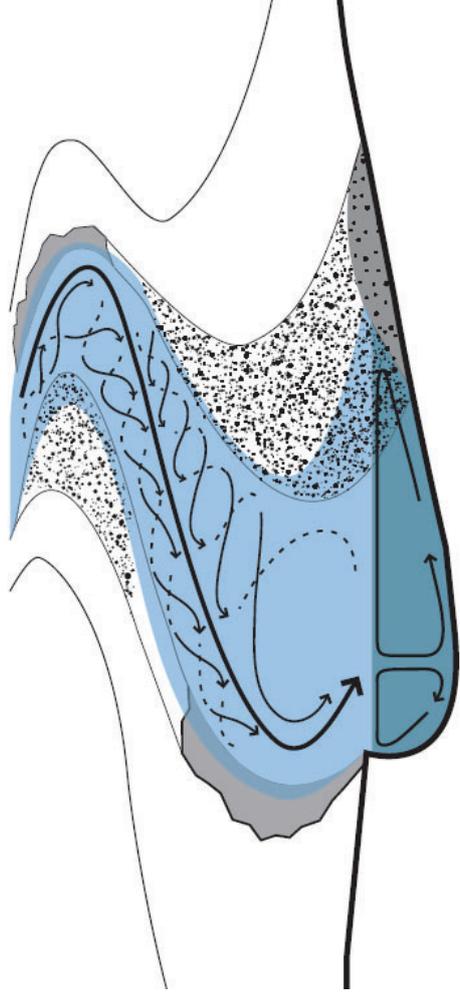


來源：MinuteEarth

影片：Why Do Rivers Have Deltas?

<https://www.youtube.com/watch?v=A47ythEcZ74>

河川為什麼會產生各種形態？



水的法則：

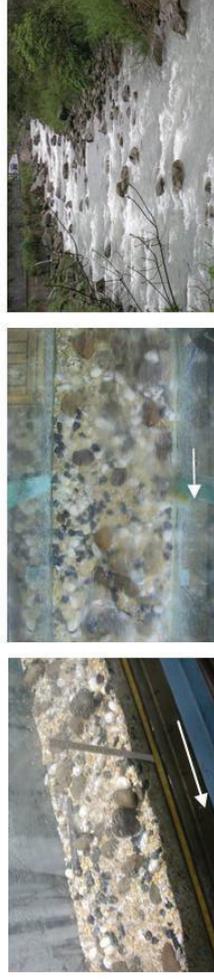
匯聚成流後，水不走直線，而會設法**做功**，消耗自己的能量

山區河道的各種面貌

當流量越高或坡度越陡時，河川**自我耗能**的方法：

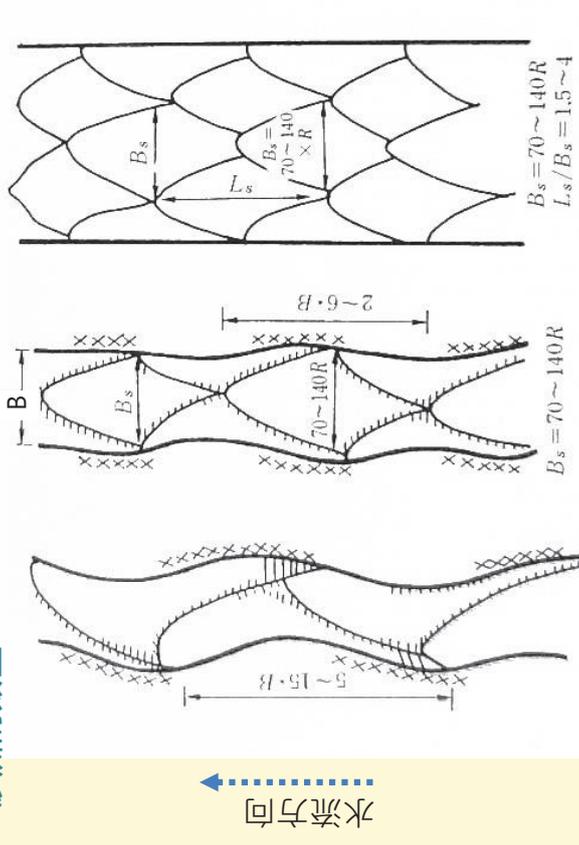


1. 邊灘bars(側向蜿蜒)



2. 湍流rapids(出現石組，開始「垂直方向的蜿蜒」)

砂洲的類型



單列(交互)砂洲

雙列砂洲

多列砂洲

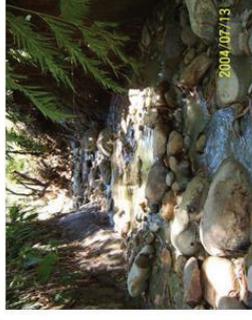
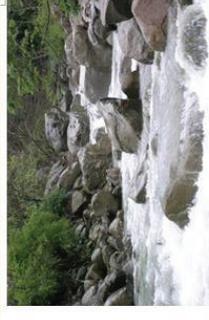
出處：山本晃一，1995，「沖積河川學」



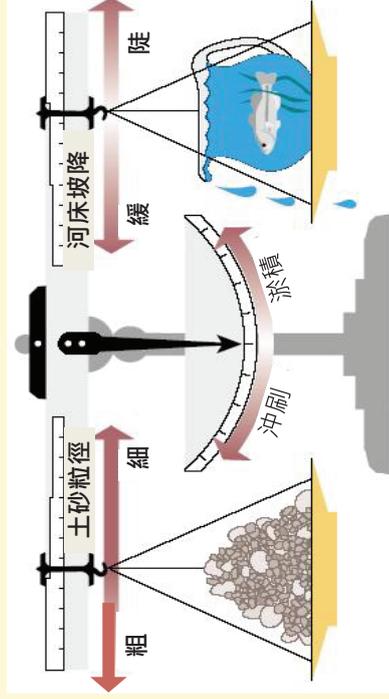
3. 階梯steps



4. 更陡的階梯



作為能量系統的河川



$$Q_s \times D \propto Q_w \times S$$

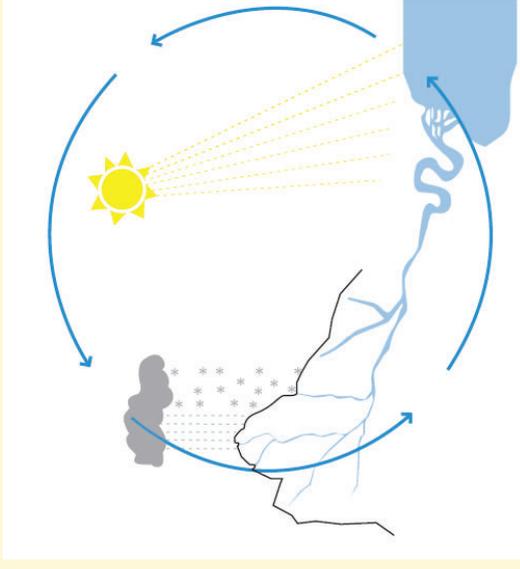
消能機制 正比於 河川能量

土砂量 \times 土砂粒徑 流量 \times 坡降

X 床型發育

修改自 Lane E. W. 1955 "The importance of fluvial morphology in hydraulic engineering" In Proceedings of ASCE 81(745): 1-17

河川營力：營造河川形態的力量

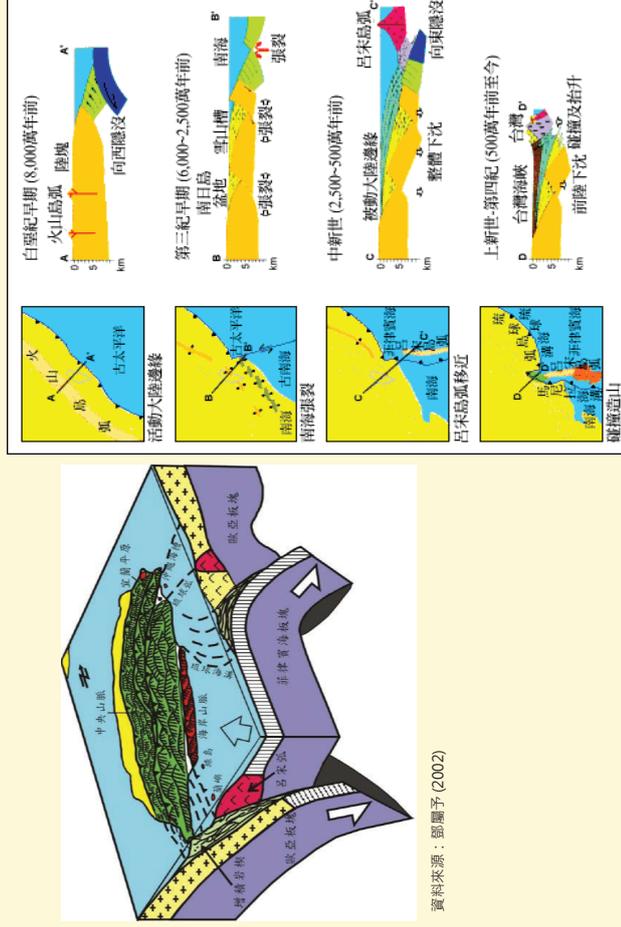


來源：Prominski et al. (2017) River. Space. Design: Planning Strategies, Methods and Projects for Urban Rivers

- 太陽是河川自然營力的起點
- 充滿能量的水遇到地表，就形成各種河川地景

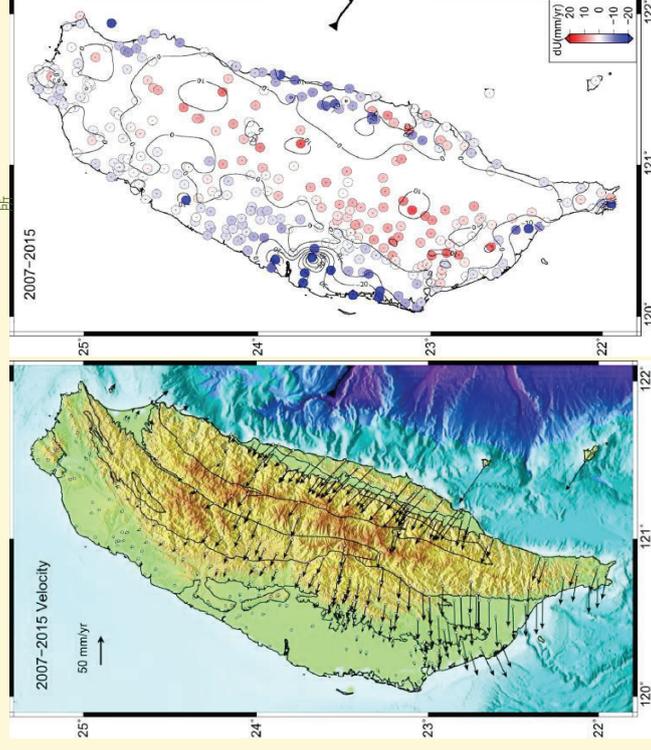
五種水砂營力

1. 造山運動：土石流、地震、各種地形現象，及台灣島的根源



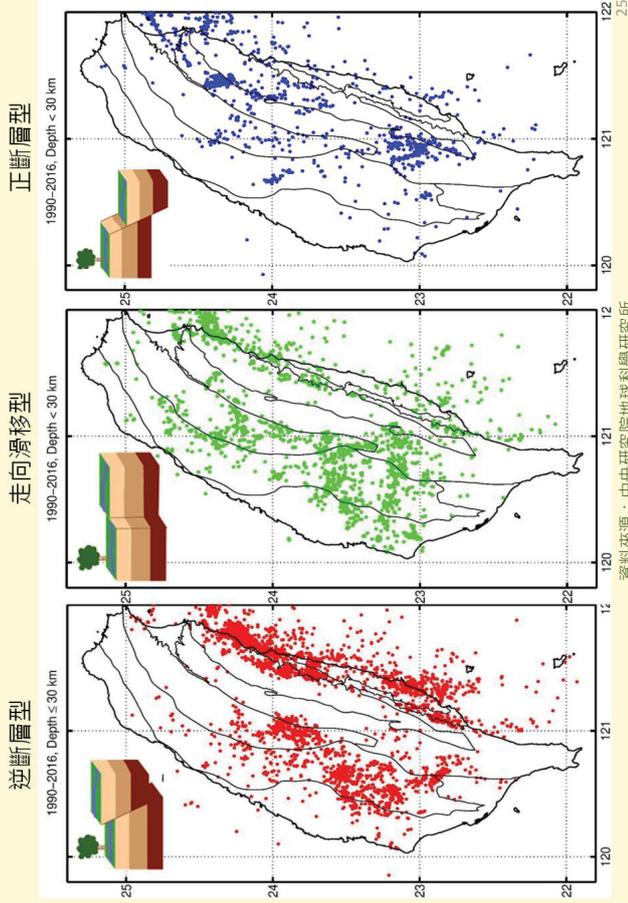
資料來源：鄧耀予 (2002)

造山運動的現況



中央研究院地球科學研究所

2. 構造運動：反映土砂生產與河床沖淤變化



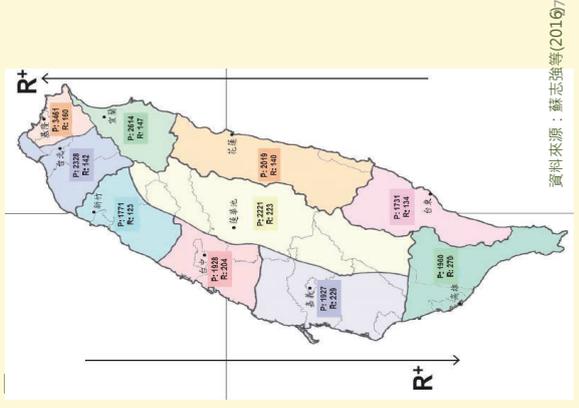
4. 岩性組成

影響侵蝕速率、河道型態、河床質組成



5. 降雨特性

降雨沖蝕指數(包含年雨量與季節變異)、影響流量與輸砂



3. 地形坡降：反映河川能量的強弱

可用流域險峻值(Melton ratio)來表達



$$MR = H_b / \sqrt{A}$$

H_b : 最高點與最低點之高程差

差



- 大漢溪 : 0.091
- 新店溪 : 0.041
- 基隆河 : 0.025
- 蘭陽溪 : 0.107
- 曾文溪 : 0.071
- 大甲溪 : 0.103
- 高屏溪 : 0.054

台灣河溪流域區

- 考量地形、地質、水文特徵
- 將台灣本島河溪分為13流域區
- 同區的河川水系有相似的「個性」

日本都市河川空間的演變

1. 運動公園型(1970年代起)

政策背景：東京奧運後高灘地開放政策

設計思想：善加利用河濱「空地」

→ 彌補都市公園綠地的不足



河川復育的基本概念

2. 環境護岸型(1980年代起)

政策背景：環境護岸、鄉土造川

設計思想：緩傾斜、階梯護岸，把人帶到水邊

→ 滿足「親水」需求



3. 自然擬態型(1990年代起)

政策背景：多自然型造川

設計思想：以造園手法模仿自然河川形態

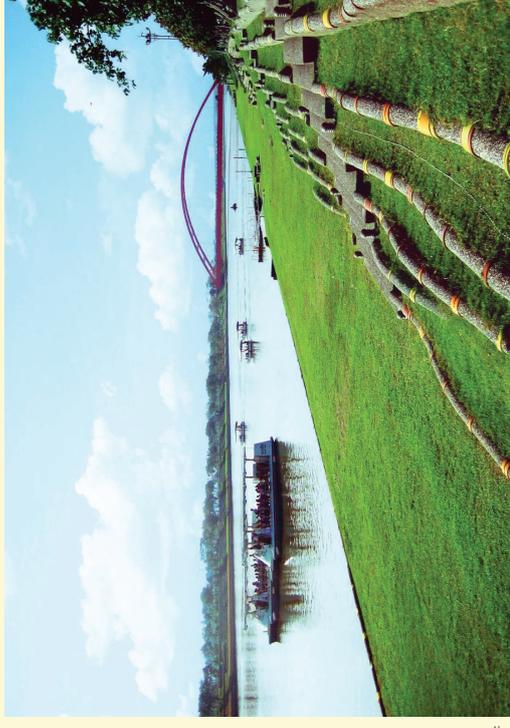
→ 滿足「親自然」需求(?)



台灣河川經驗

冬山河(1990年代)

環境護岸+公園綠地



來源：宜蘭縣政府

古亭河濱公園(2014年)



4. 都市河川復育(2000年代起)

政策背景：多自然造川(去掉「型」字)

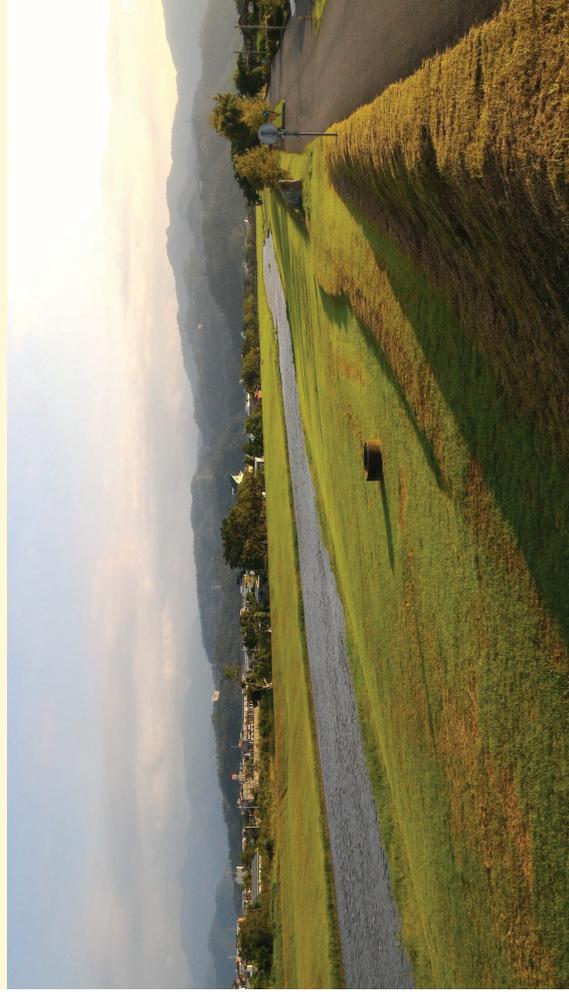
設計思想：回復生態系統功能、考量河川自然營力

→ 繼續努力滿足「**親自然**」需求



安農溪(2014年~)

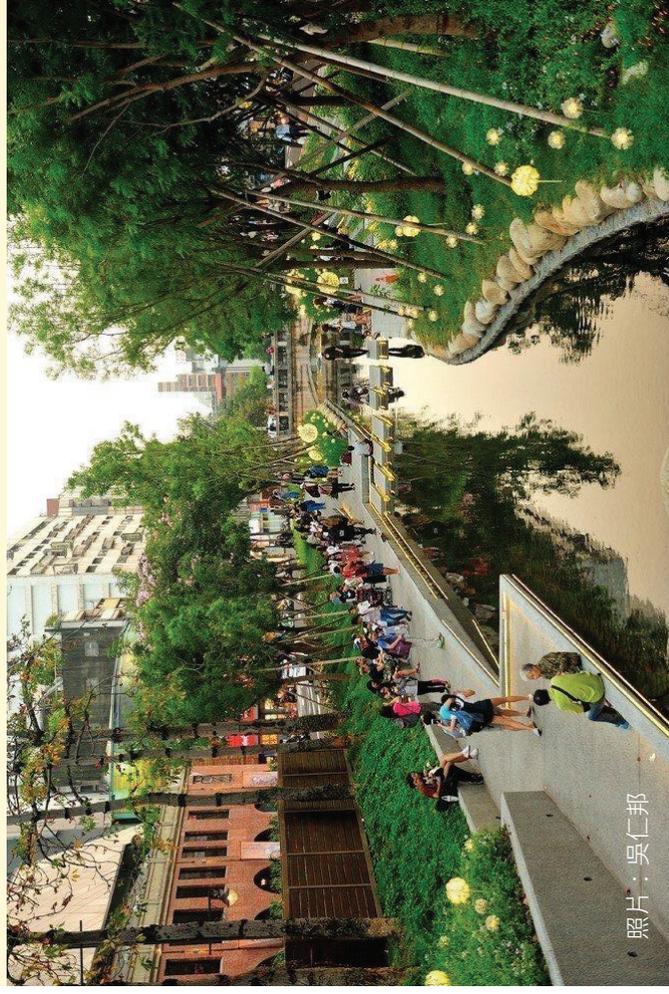
公園綠地+自然擬態



台中柳川(2017年)



台中綠川(2018年)

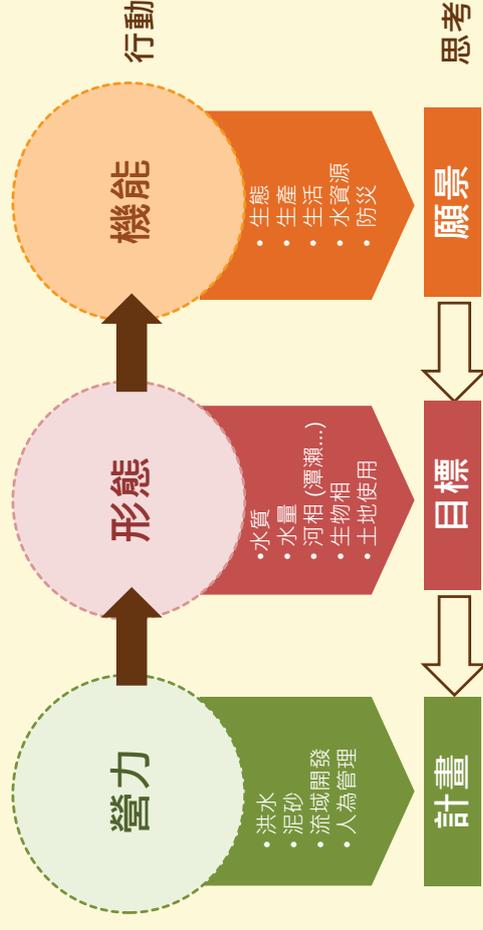


照片：吳仁邦

何謂「美感體驗」(aesthetic experience)？
被生命或創造力所觸動的體驗

類型	習得的	固有的
來源	文化	知識
內容	熟悉的美(象徵形態、鄉土地景等)	過往經驗、「不可見」之美(歷史、功能、自然機制等)
功能	延緩注意力	轉移注意力
		吸引注意力

下一步...如何走向「河川復育」？



洪水 ≠ 水患

洪水是河川生命的驅動力

泥砂是河川生命的棲息空間



早溪舊河道「康橋計畫」



旱溪排水為環境營造設置的橡皮壩

沒有營力的河川不算河川



首爾清溪川

新莊中港大排

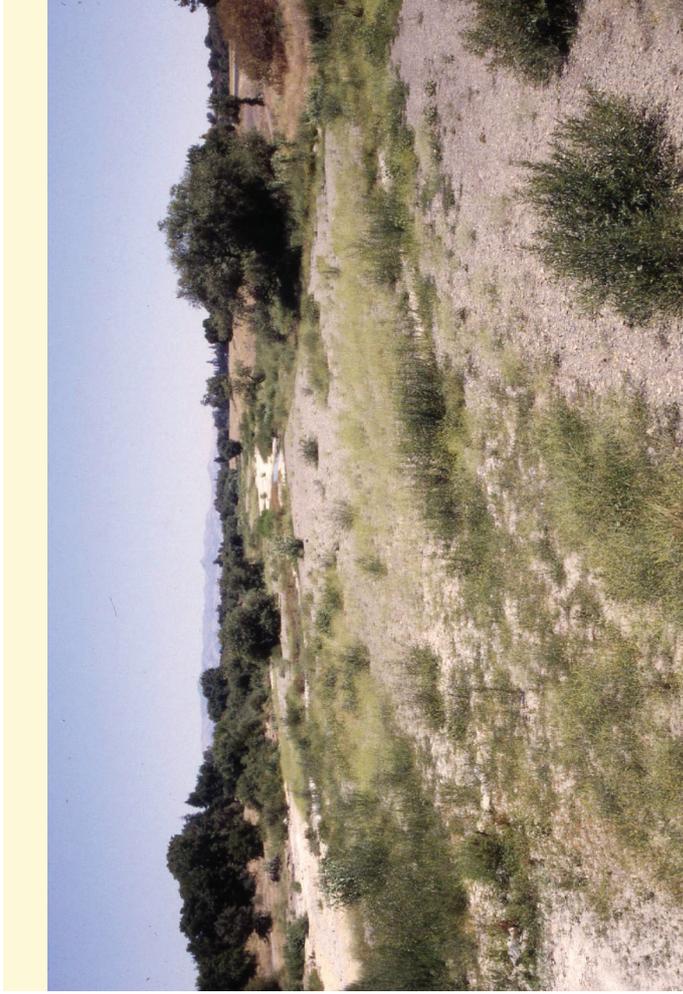
- 共通點：1. 水源人工控制
- 2. 砂源嚴重受限
- 3. 需要大量維護管理

不願營力的形態難以維持



來源：Mathias G. Kondolf

加州優法絲河1996年1月(施工後)



來源：Mathias G. Kondolf

加州優法絲河1997年7月
(1996年2月大水後)

1994 設計圖

1879 地圖

Kondolf, G. M., Smeltzer, M. W., & Railsback, S. F. (2001). Design and performance of a channel reconstruction project in a coastal California gravel-bed stream. *Environmental Management*, 28(6), 761-776.

1939

1994/1995

1997

Project Reach

Santa Teresa Blvd

Miller Rd.

0 500

N

Kondolf, G. M., Smeltzer, M. W., & Railsback, S. F. (2001). Design and performance of a channel reconstruction project in a coastal California gravel-bed stream. *Environmental Management*, 28(6), 761-776.

不顧形態(河相)的工程必然破壞機能

整治前

<http://blogs.vultr.net/a/icedoles/nature/50939133>

「食水料溪整治成功
台灣白魚回娘家」

來源：蘋果即時

食水料溪

食水料溪香社嶺橋上游護岸工程 (2016)

河川復育的「形態三原則」：

1. 孔隙



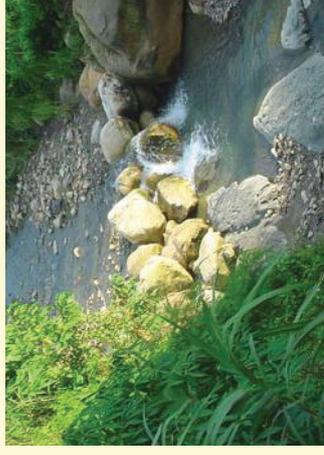
來源：梁秉中技師

2. 境界

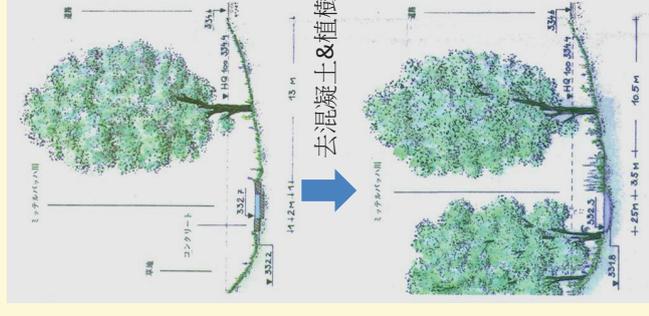


http://livedoor.blogimg.jp/yaji_honey/

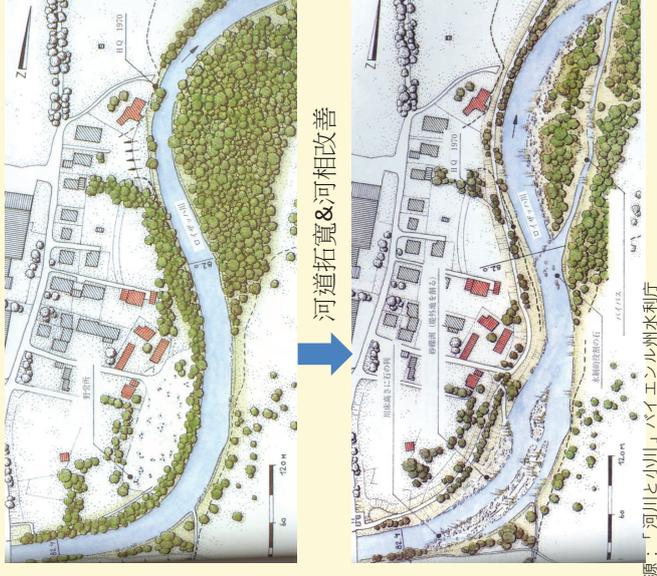
3. 多樣的水流



如果營力還在，改變形態可輕易改善機能

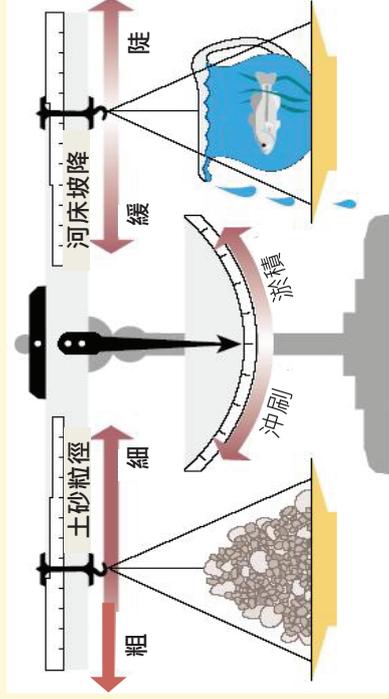


河道拓寬&河相改善



來源：「河川と小川」バイエンス州水利庁

作為能量系統的河川



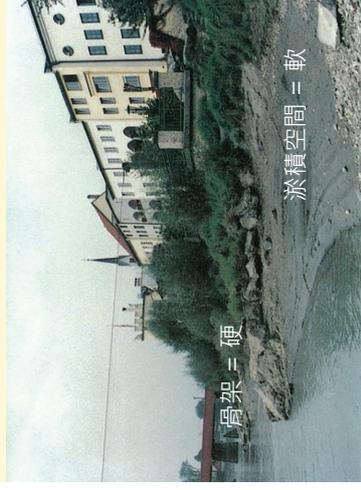
$$Q_s \times D \propto Q_w \times S$$

消能機制 正比於 河川能量

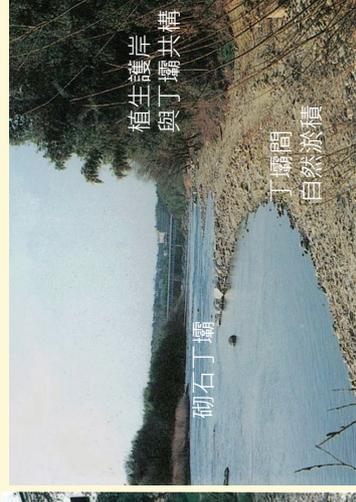
土砂量 \times 土砂粒徑 流量 \times 坡降

X 床型發育

把握河道「骨架」的概念，實現「最少量工程」



瑞士丁壩



日本丁壩

河道不能全是硬的，要有「骨」有「肉」

穩定的階梯是山區河道的骨架



混凝土堤防不是好的「骨架」 食水嵙溪番社嶺橋下游工程，2008年1月



出處: <http://blog.xuite.net/alcedolee/nature/30939133>

食水嵙溪番社嶺橋上游，2008年3月



出處: <http://blog.xuite.net/alcedolee/nature/30939133> 食水嵙溪的悲歌(也是台灣的悲歌)

食水嵙溪番社嶺橋下游，2008年718水災後



出處: <http://blog.xuite.net/alcedolee/nature/30939133>

日本中央大學

福岡捷二教授實驗

自然石河岸：

- 河岸河床同樣粗糙
- 流路相對安定

混凝土護岸：

- 過於平滑，使流路緊貼
- 骨肉分離，河床兩極化
- 易造成河岸破壞

福岡捷二：石礫河川の移動床水理の諸問題と解決への道筋，第44回水工学に関する夏期研修会講義集，A-1, 2008.



日本常願寺川



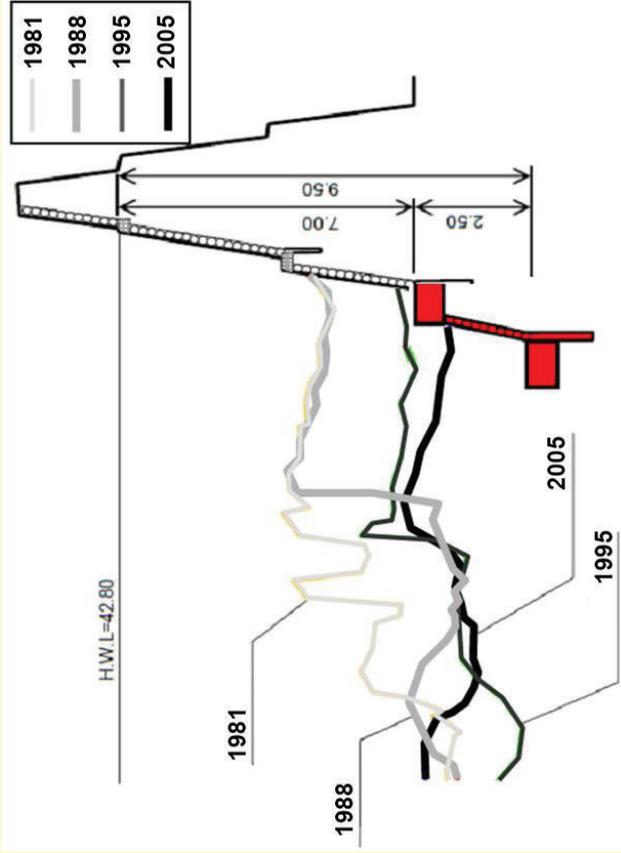
1991年11月



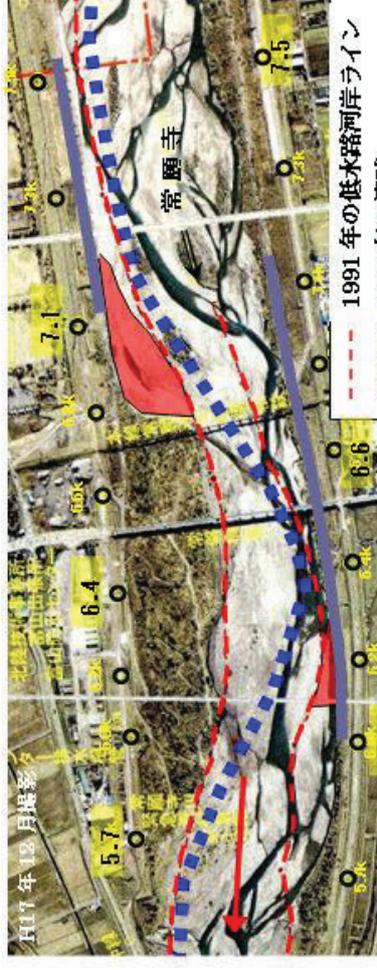
2003年4月

福岡捷二：石礫河川の移動床水理の諸問題と解決への道筋，第44回水工学に関する夏期研修会講義集，A-1, 2008.

日本常願寺川：護岸導致河床下切，需加設基腳



福岡捷二：石礫河川の移動床水理の諸問題と解決への道筋，第44回水工学に関する夏期研修会講義集，A-1, 2008.



- 1991年の低水路河岸ライン
- 1991年の流路
- 低水護岸設置箇所
- 盛土箇所

2005年12月



以河道内礫石重建河岸後，河道回復安定

福岡捷二：石礫河川の移動床水理の諸問題と解決への道筋，第44回水工学に関する夏期研修会講義集，A-1, 2008.

如何估計粗糙係數n

河槽情況	曼寧粗糙係數 n
河線勻直且斷面規則，砂質河床	0.025~0.033
河線勻直且斷面規則，礫石河床，河岸多草	0.030~0.040
河線蜿蜒，河床多深潭	0.033~0.045
河線蜿蜒，河床多礫石、雜草	0.035~0.050
河線蜿蜒，水淺	0.040~0.055
礫石河床，水淺	0.040~0.060
長草密布河床	0.050~0.080

國內的n表常大幅低估溪流的粗糙度

→ 查圖冊(美國農業部, 2014), 找最像的照片



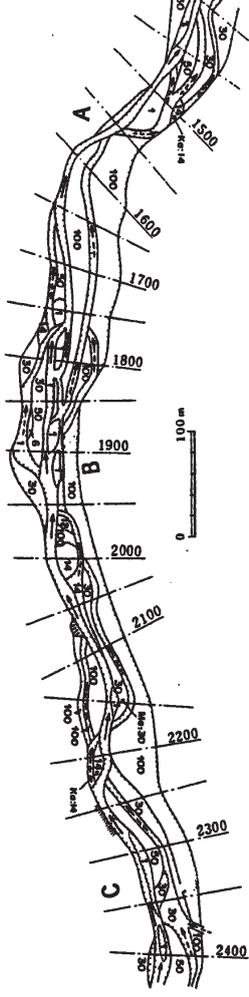
65

1/16/2003

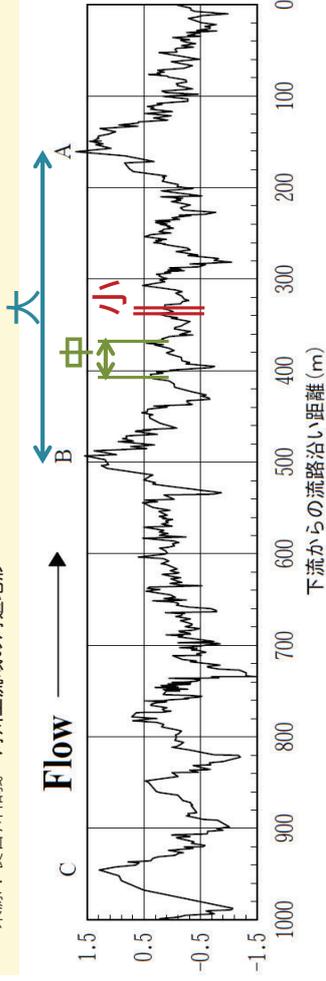
$n = 0.13$
 $f = 2.3$



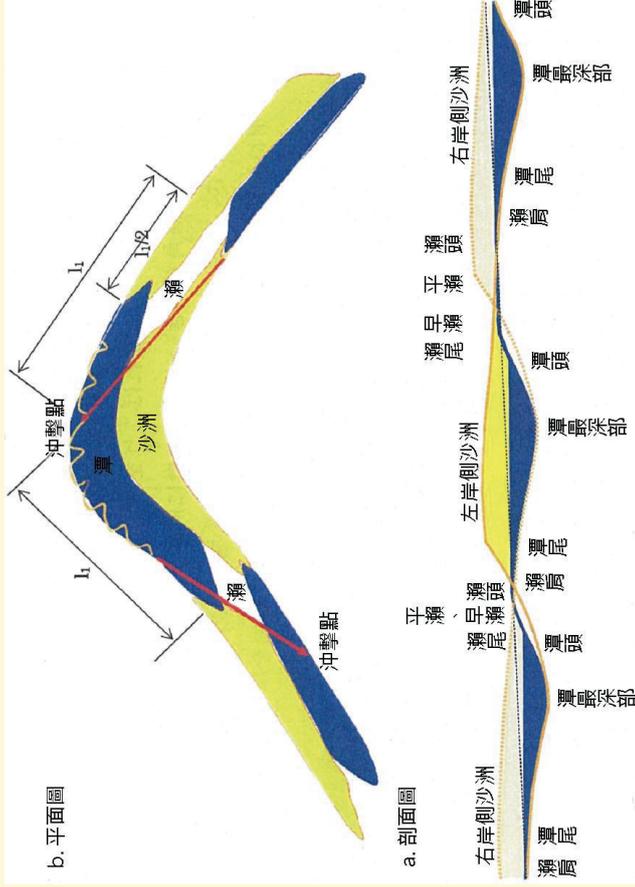
「河床波」裡蘊藏造形法則，形成大大小小的潭瀨結構



來源：長谷川和義，河川上流域の河道地形

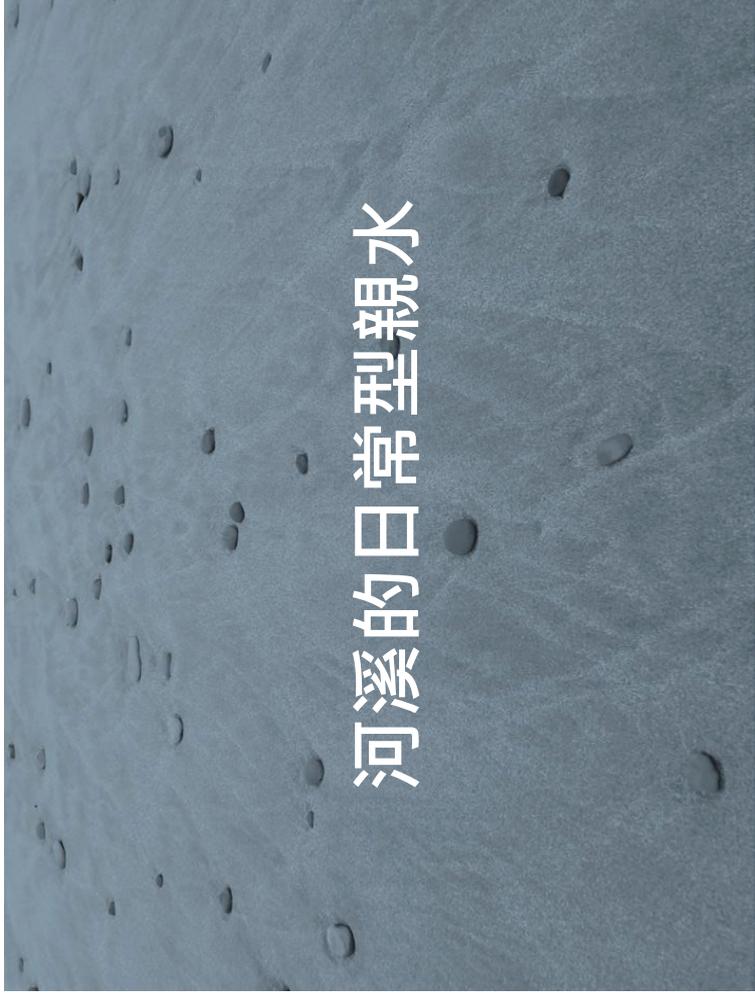


河床波至高點 = 瀨肩 = 骨架 = 河段高程控制點

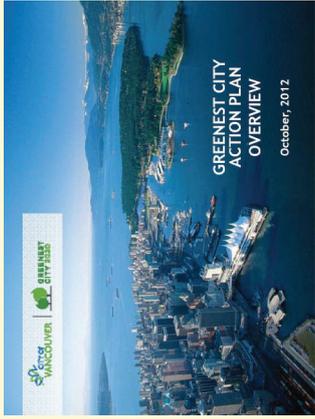


來源：福留脩文，兼顧防洪與生態的河川營造技術

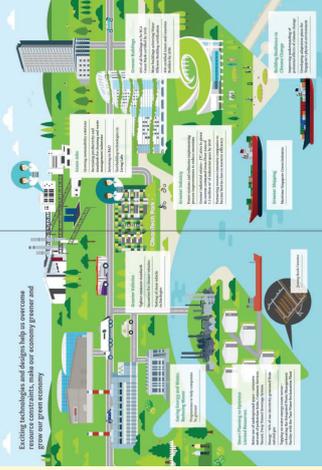
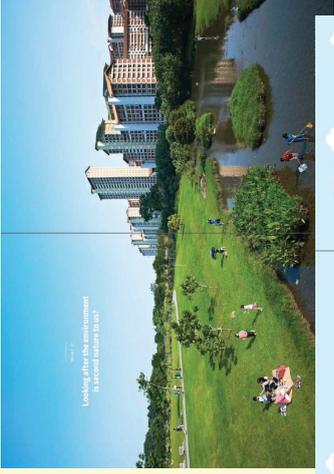
河溪的日常型親水



溫哥華2020「最綠城市行動綱領」



2030「永續新加坡藍圖」



Our Home Our Environment Our Future

Sustainable Singapore
Blueprint 2015



新加坡「ABC Waters」計畫

- 2006年推出Active, Beautiful, Clean Waters計畫
- 打造以「水」為軸心的基礎建設網
- 與周邊環境整合，改善水質及生態
→ 改善生活品質
- 整合排水、河川、平地水庫



洛杉磯2035「永續城市計畫」



Long-Term Outcomes

Los Angeles River:
Complete 32 miles of river public access within the city of LA by 2035.
Complete or initiate restoration work on the riparian corridor in the Arroyo Seco watershed by 2035.
123 miles of Los Angeles River public access as of 2035.
Source: City of Los Angeles, Bureau of Engineering

Urban Agriculture:
Increase number of urban agriculture sites in LA from the 2013 baseline by at least:
65% 2025, 75% 2035

Open Space:
Ensure proportion of Angelenos living within 1/2 mile of a park or open space is at least:
25% 2025, 50% 2035



都市河川該具備什麼樣的遊憩機能？



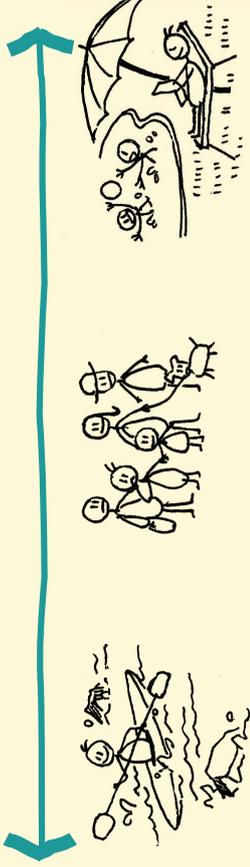
風景區的河川



大部分的都市河川

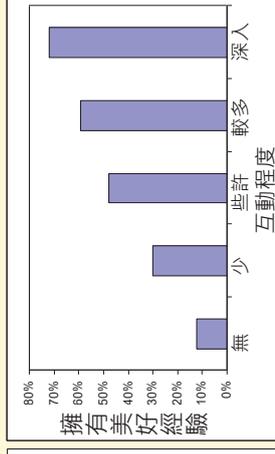
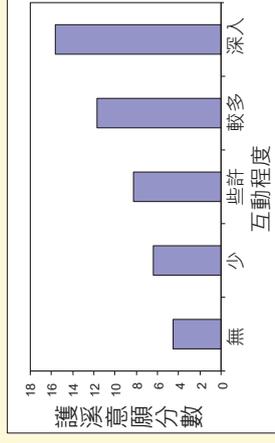


觀光運河

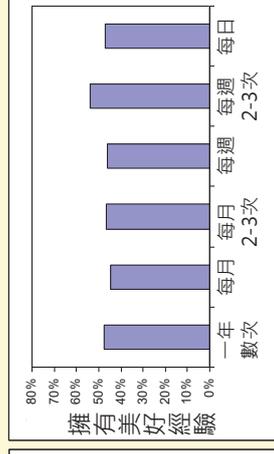


田野考察：成人問卷

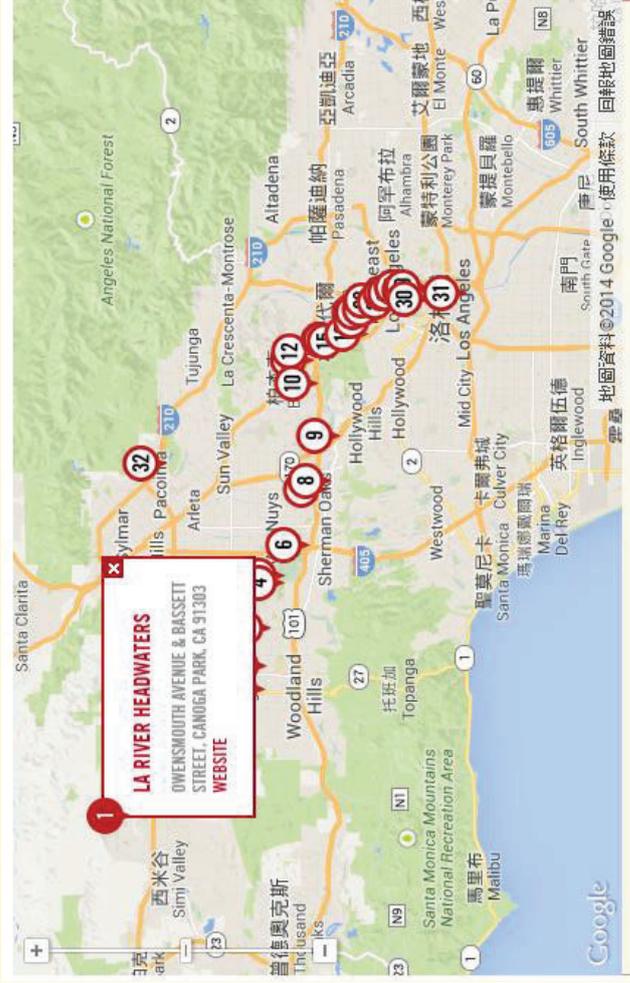
與河川的互動越「深入」，越容易有美好經驗，也越願意愛護河川



頻繁與否卻沒有明顯關係



洛杉磯河已進行計畫再生的地點



「日常型親水」：

鄰近居民對河川環境自發式、創造式的利用

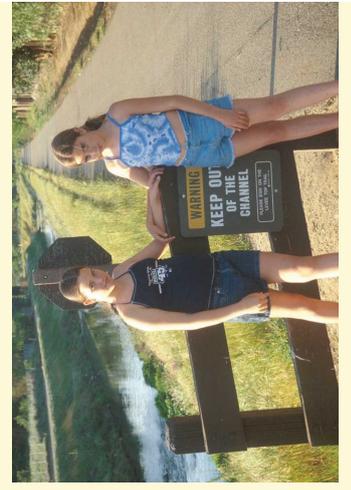


自發：出自天性或本意，不需勸說或安排

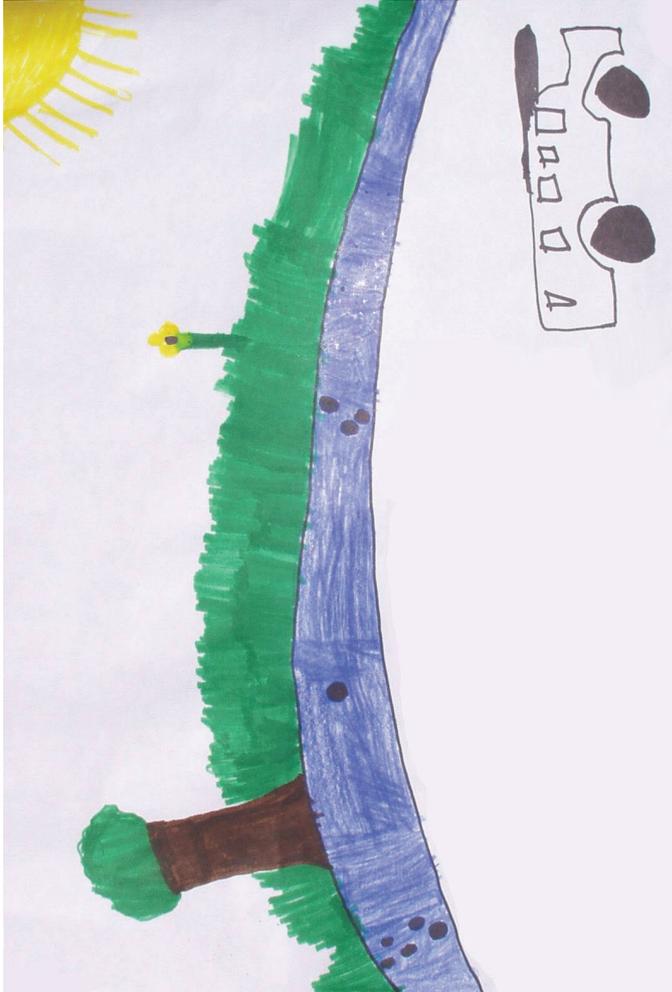
創造：無中生有



日常親密使用者，二年級

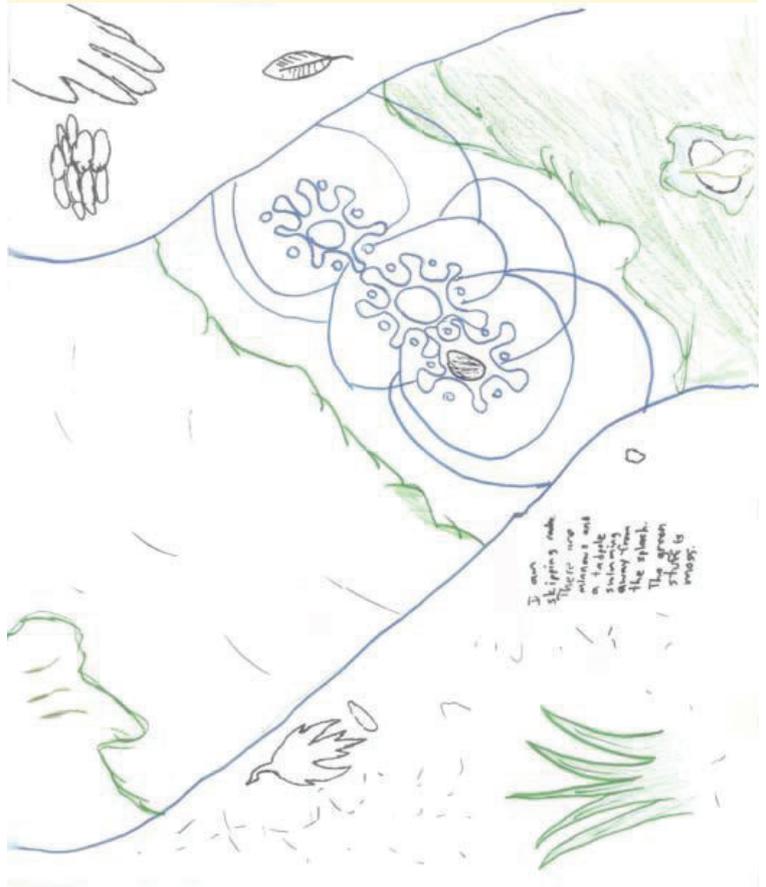


據點 / 地盤

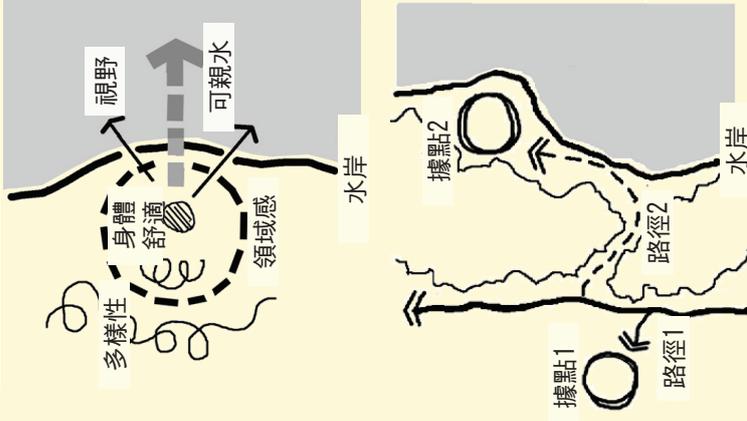


非使用者，四年級

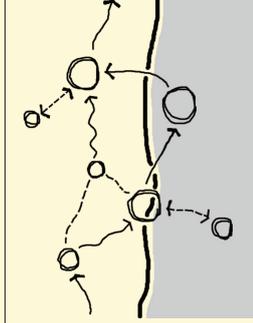
日常親密使用者 四年級



安靜地獨處



探險：據點與路徑構成的網路



探險的路徑

沒有鋪面的砂土小徑
才是探險者的最愛



接觸生物——觀察



相遇的界面需要...

1. 生物達到一定的密度
 2. 可及的棲地環境
- 多孔隙的水岸
 - 岸邊緩流
 - 潭區、瀨區
 - 匯流口



接觸生物——捕捉



接觸「鬆散要素」——採集



鬆散要素(loose parts):
可以任意擺弄、形塑、安排的東西。最好的鬆散要素包括水、砂、泥巴、植物(葉子、果子、花瓣、樹枝)等。



接觸「鬆散要素」——建造



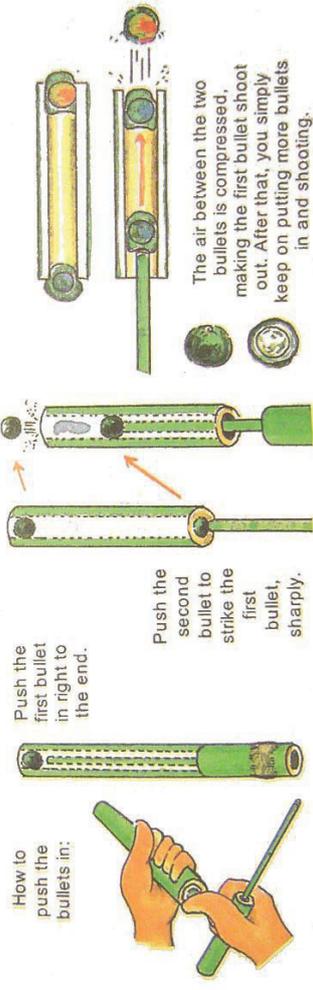
高知少年建造的「秘密基地」



接觸「鬆散要素」——扮演



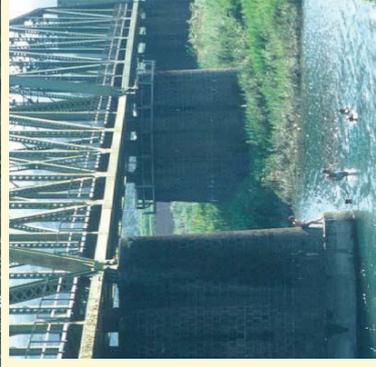
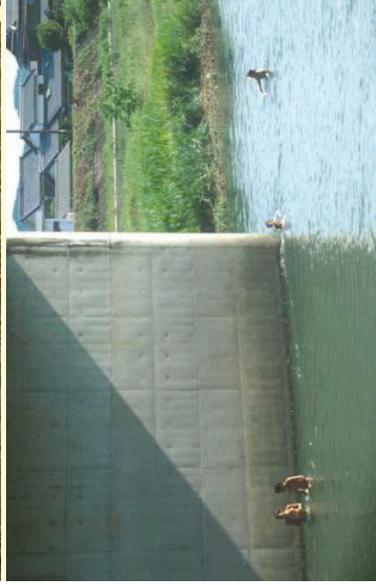
接觸「鬆散要素」——手工藝



接觸水——玩水、游泳

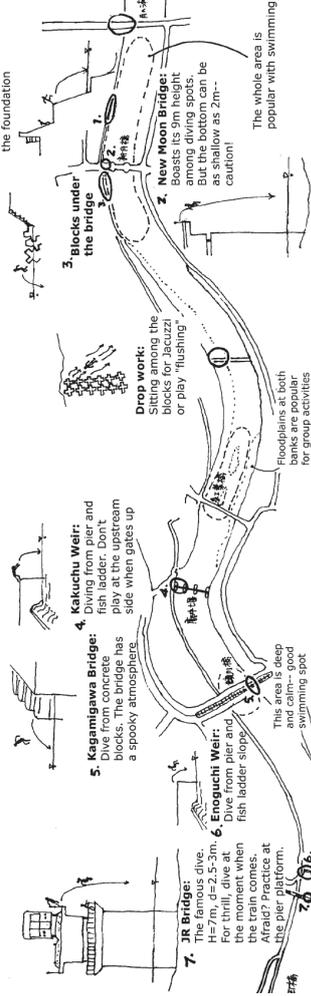


接觸水——沖浮



接觸水——跳水

1. The 4th Stairway:
Use the levee wall to speed up, take the plunge from the top, you don't hit the foundation



2. Blocks under the bridge:
fish ladder. Don't play at the upstream side when gates up

3. New Moon Bridge:
Boasts its 9m height among diving spots. But the bottom can be known as 2m-caution!

4. Kakuchi Weir:
and fish ladder. Don't play at the upstream side when gates up

5. Kagami Bridge:
The bridge has a spooky atmosphere

6. Eroguichi Weir:
Dive from pier and fish ladder slops

7. JR Bridge:
dive at H=7m, d=2.5-3m. For thrill, dive at the moment when the train comes. Afraid? practice at 100m pier (U.S.)

8. Earthpod:
Can't understand why diving while enjoying the sight of diving

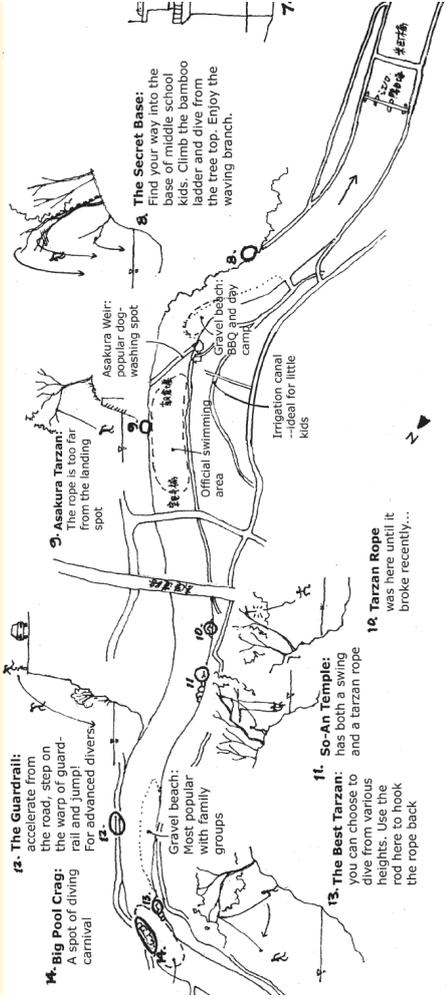
9. Drop work:
Slicing aiming the river. You can play "flushing"

10. Fisherman's bath:
bath for group activities and dog walkers

11. The whole area is popular with swimming

KAGAMIGAWA DIVING MAP
08.2002 by JERRY YANG

高知市鏡川跳水地圖之一



14. The Guardrail:
accelerate from the road, step on the warp of guard-rail and jump! For advanced divers

15. Big Pool Crag:
A spot of diving carnival

16. Asakura Tarzan:
Use the rope from the landing spot

17. Asakura Weir:
washing spot

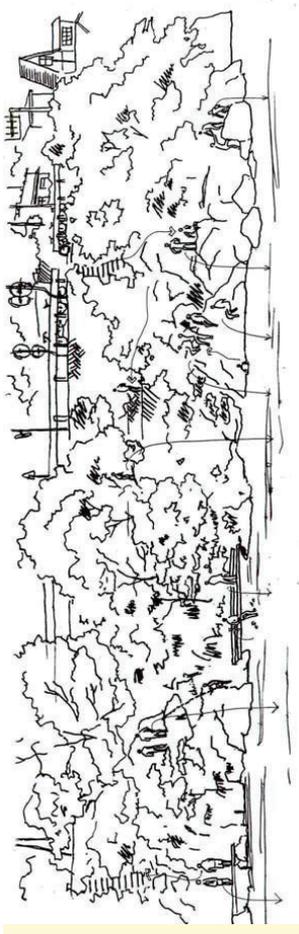
18. The Secret Base:
Find your way into the forest floor. Kids. Climb the bamboo ladder and dive from the tree top. Enjoy the waving branch.

19. Tarzan Rope:
was here until it broke recently...

20. So-An Temple:
has both a swing and a tarzan rope you can choose to dive from various heights. Use the rod here to hook the rope back

高知市鏡川跳水地圖之二

鏡川堤防第四階梯

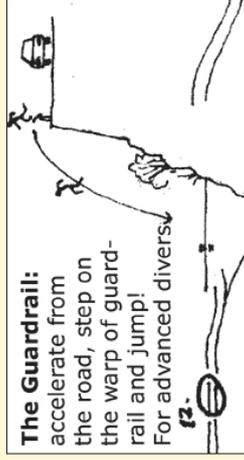


「大岩」

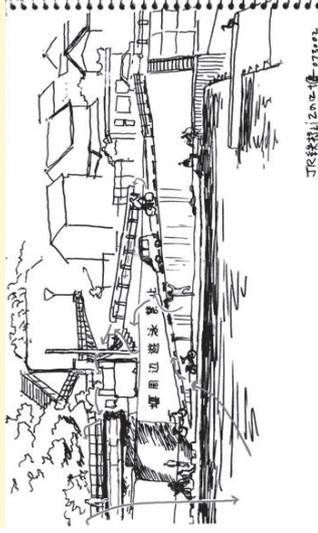
「鬼岩」



車道護欄



鐵道橋



日常型親水的價值



- 身心療癒
- 兒童身心發展
- 培養鄉土情感
- 提升環境意識

身心療癒



「有自然景觀的病房，復元比較快。」

--Roger Ulrich, 德州農工大學建築系
Ulrich, Roger S. 1984. View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 224: 420-421.



http://v1.german-architects.com/de/projekte/16090_kreiskrankenhaus_schotten

注意力恢復理論：「有些情境可以毫不費力、溫和地吸收注意力。」 --環境心理學家Kaplan夫婦（密西根大學）

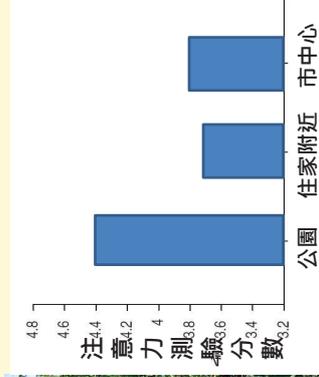
Kaplan, S. (1995). The restorative benefits of nature: Toward an integrative framework. *Journal of Environmental Psychology*, 15, 169.



「注意力缺乏的孩子，在公園散步後就能專心」

--伊利諾大學香檳分校，景觀與人類健康研究室 (2009)

Faber Taylor, A. & Kuo, F.E. (2009). "Children with attention deficits concentrate better after walk in the park." *Journal of Attention Disorders*, 12, 402-409.

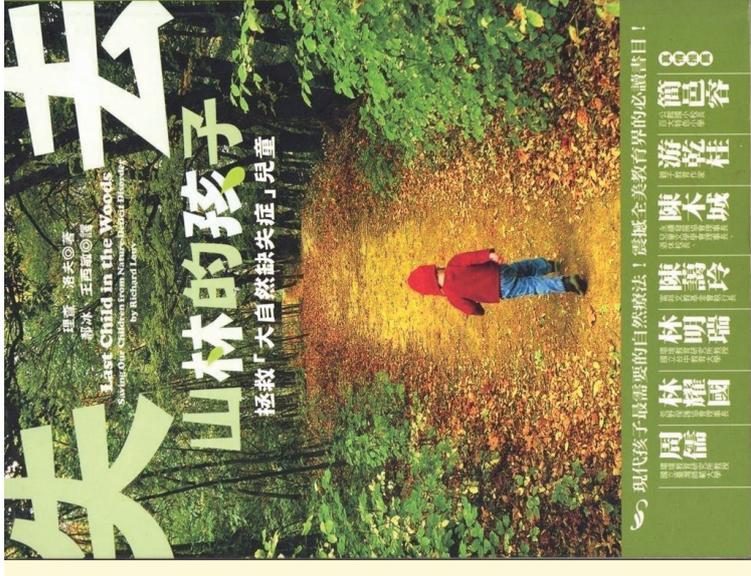


「在公園散步20分鐘，和藥物的尖峰效果相當」

兒童身心發展

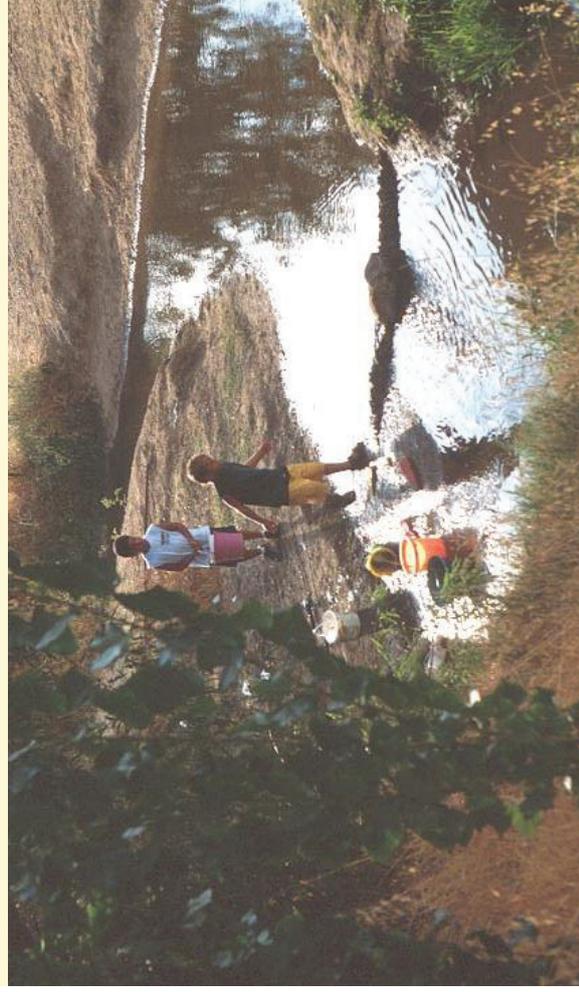


「讓孩童在自然環境中遊玩，可預防及治療過動、肥胖、憂鬱等身心狀況。」



鬆散要素理論：「遊玩中的創意與發明，和環境中可變要素的種類和數目成正比。」 --Nicholson (建築師)

Nicholson, Simon. (1971). "The Theory of Loose Parts." *Landscape Architecture* 62(1): 30-34.



環境啟發力理論：「環境會激發使用者與之互動。」

-- Gibson (美國心理學家)

Gibson, Eleanor J. "The concept of affordances in development: The renaissance of functionalism." *The concept of development: The Minnesota symposia on child psychology*. Vol. 15. Lawrence Erlbaum Hillsdale, NJ, 1982.



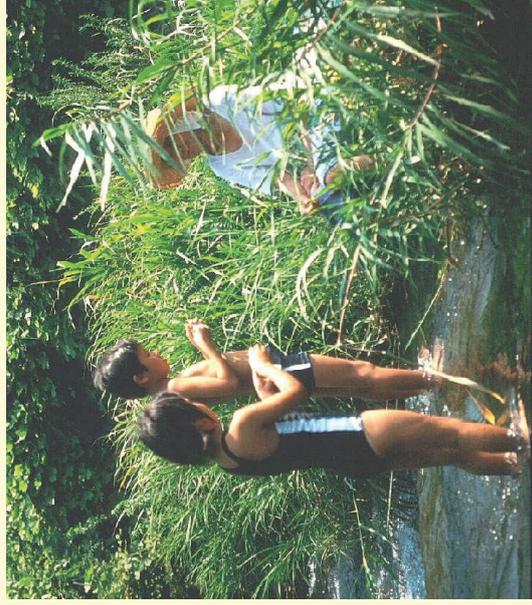
如果孩子在上學的路上，已經獲得了一些征服，一些心滿意足...



...接著要安靜坐上40分鐘，或許也不那麼難以忍受了。



培養鄉土情感
+
提升環境意識



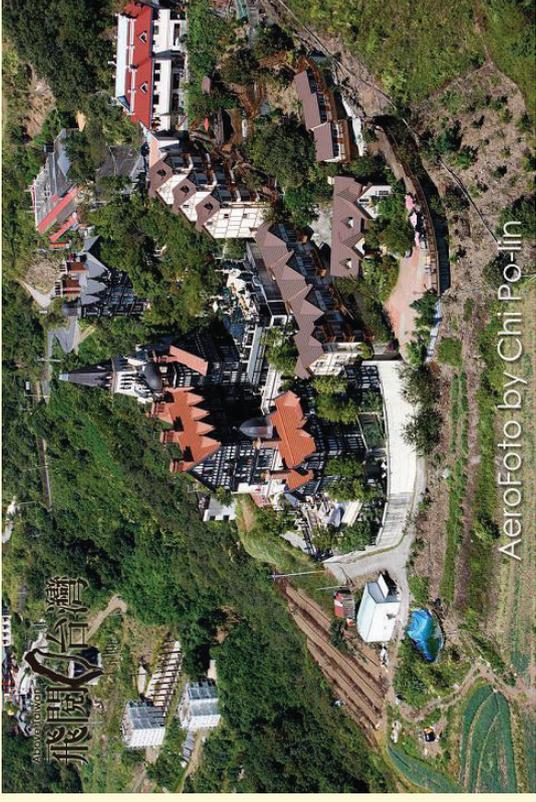
「根據多項統計，今日關懷環境的成年人，最大的共通點，就是小時候有大量在自然環境中玩耍的時光。」 -- 環境教育學家卓拉(Chawla)



打水漂：指標型親水活動

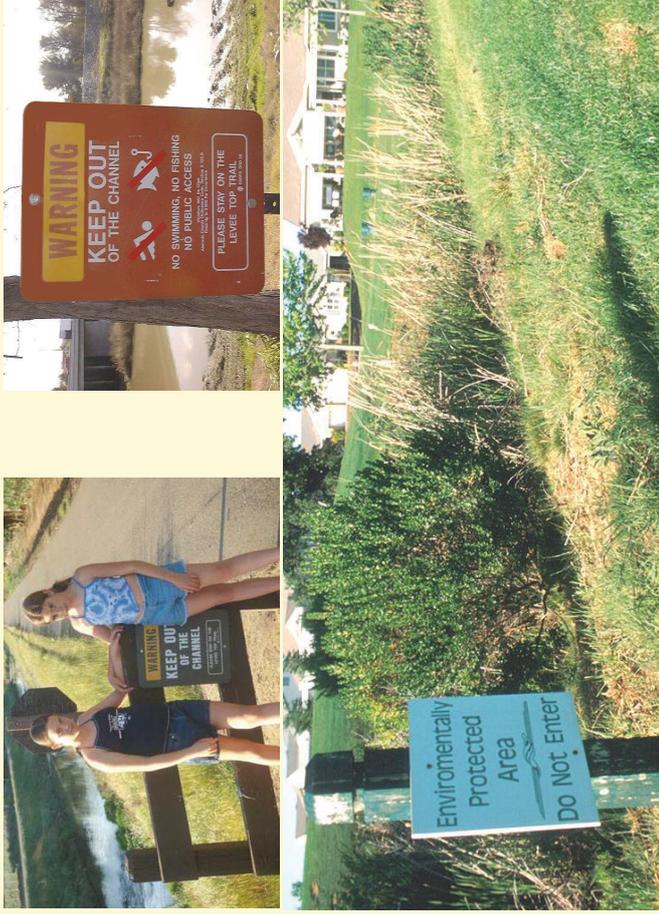


復育都會小自然→保護荒野大自然



「大自然是被愛死的！」—環境倫理學家奈許(Nash)

都市河川不應排擠親自然使用者



七座城市讓河川再度能游泳(2014年6月3日Gizmodo報導)



(包括柏林、倫敦、波士頓、紐約、洛杉磯)

7 Cities Making Their Urban Rivers Swimmable Again

Alissa Walker, Gawker Media

Jun 3, 2014, 07:30 PM IST

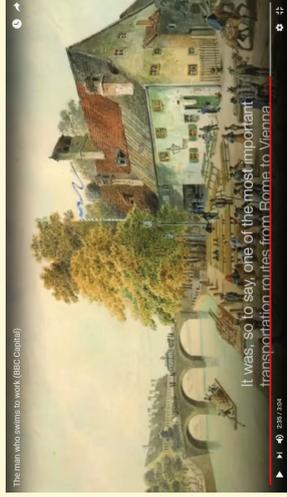
<http://www.gizmodo.in/>

德國伊薩河的新功能

百年前河運興盛的伊薩河
重新擔負起運輸功能，
成為通勤的新選擇...

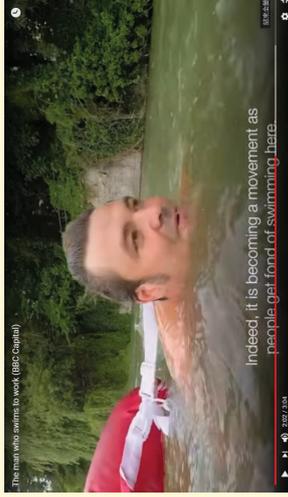


圖片來源：林鎮洋



The man who swims to work (BBC Capital)

It was, so to say, one of the most important transportation routes from Rome to Vienna.



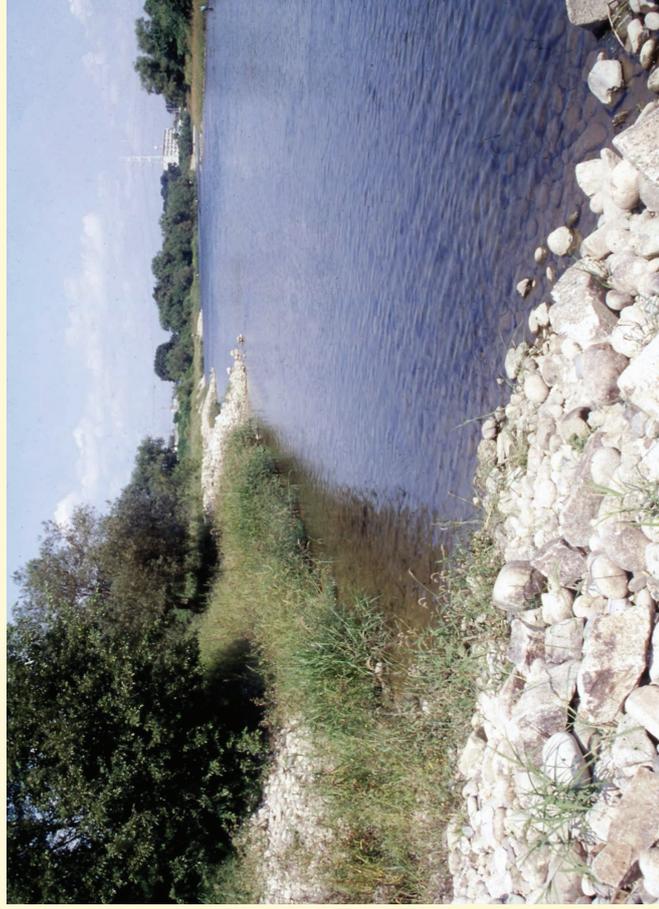
The man who swims to work (BBC Capital)

Indeed, it is becoming a movement as people get fond of swimming here.

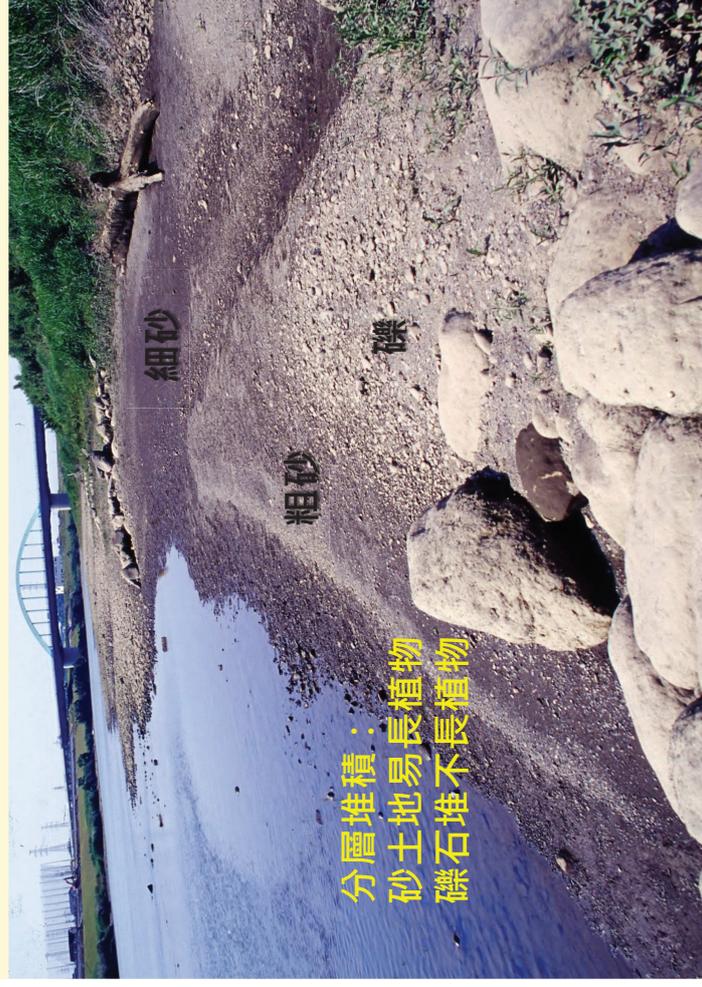
截自：Youtube影片 · The man who swims to work · BBC Capital

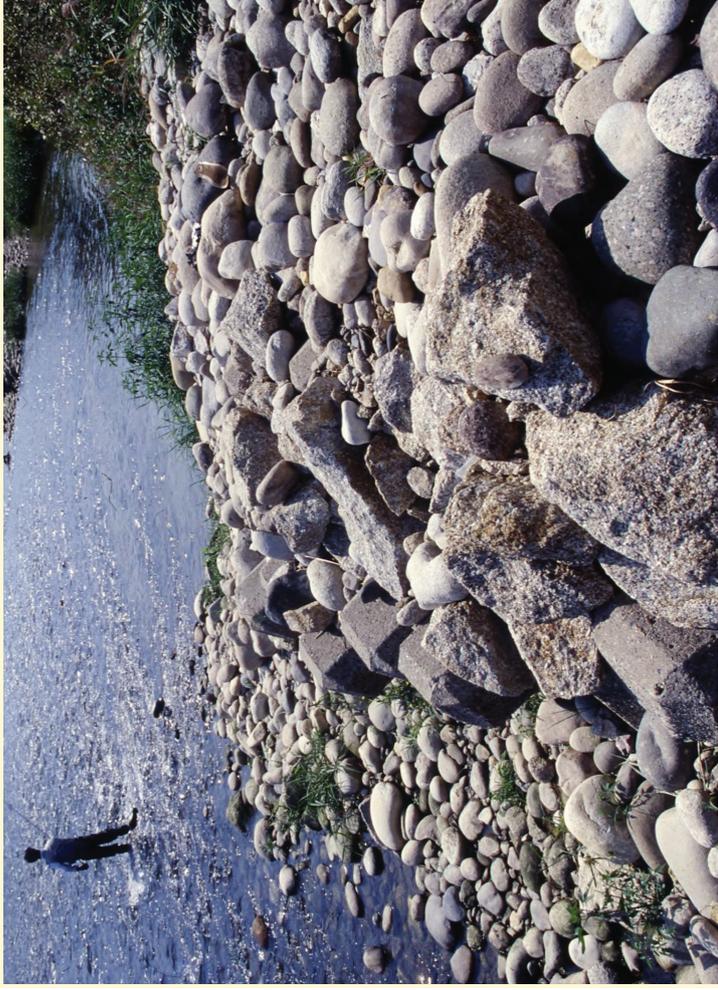
河川復育案例分享

形態的復育：丁壩營造多樣水流(日本愛知縣矢作川)



丁壩下游剛生成的泥砂堆積





日本福岡縣岩岳川岩屋橋「分散型跌水工」



- 坡度：1/35
 - 河寬：20m
 - 交互砂州波長：100m
 - 設計流量：285cms
 課題：
 - 卵石浮動
 - 缺少深潭



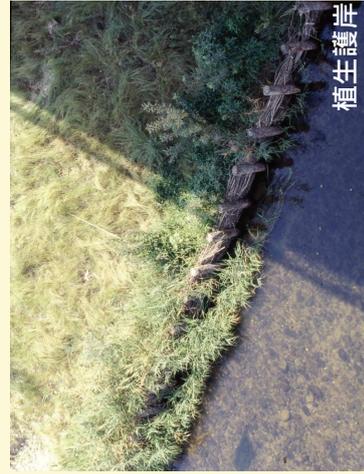
親自然空間

岸邊緩流

瀨



堤防頂



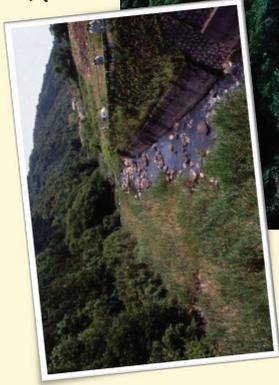
植生護岸



使用者維持的小徑

於100m間施做5座分散型跌水工

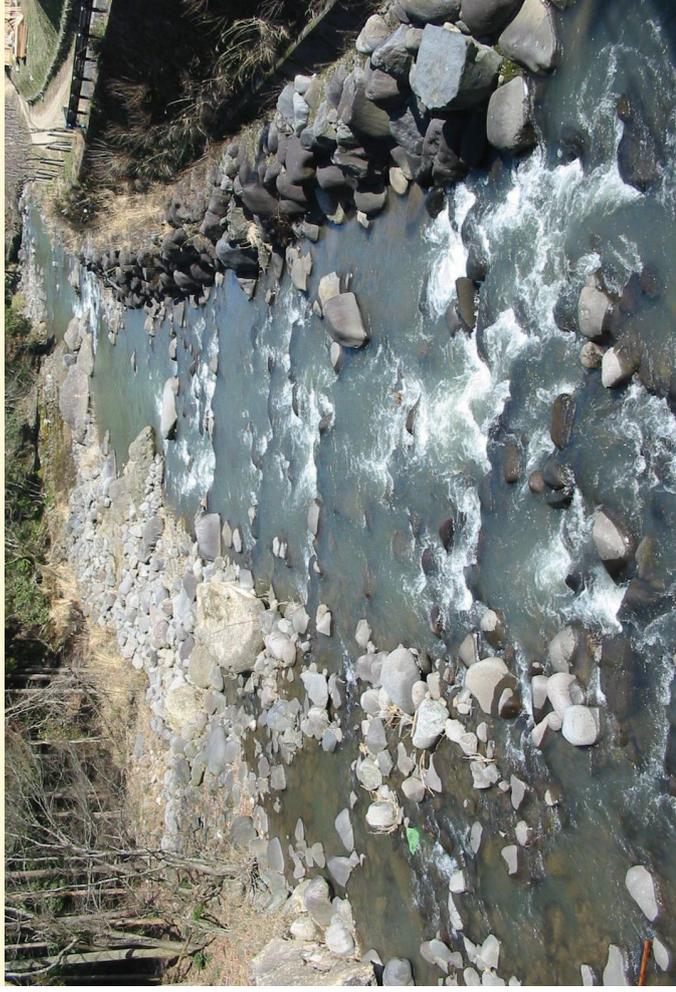
2002年施工前



2003年完工後



2006年洪水後



資料來源：http://www.engineer-architect.jp/works/cate/rivers/494/

2018年11月

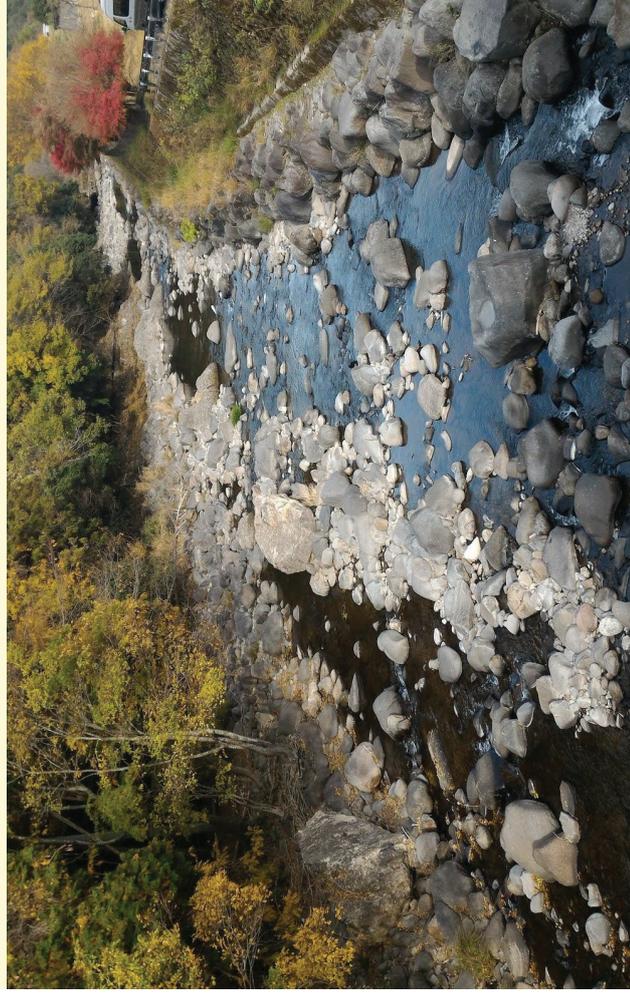


図-18 完成直後の分散型落差工配置図 (2003年4月)

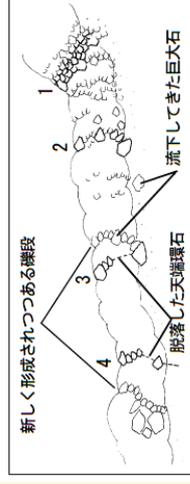


図-19 完成後3年5ヶ月を経た河床の概況 (2006年9月)

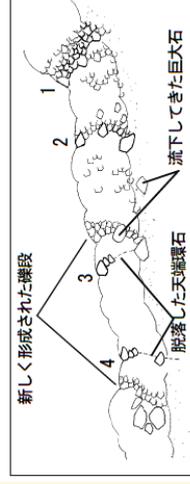
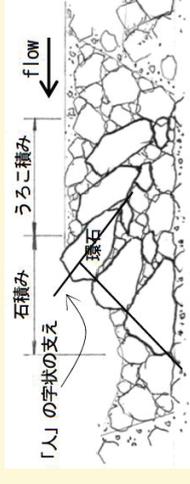
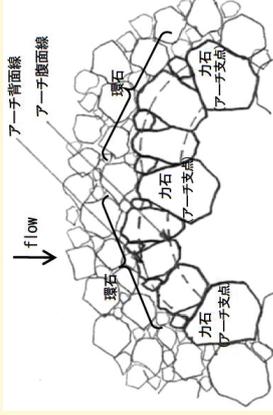


図-20 完成後5年10ヶ月を経た河床の概況 (2009年2月)

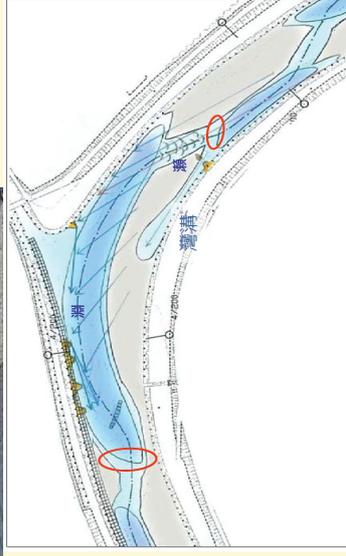
資料來源：福留脩文ら, 2010「石礫河川に關する自然に近い石積み落差工の設計」, 土木学会論文集 Vol.166 No.4, 490-503



形態的復育：重建邊灘(日本熊本縣菊池川)



2005年・護岸
使河道深槽化・
砂州被日本葦
固定



- 對策：
1. 削灘
 2. 利用丁壩導正水流
 3. 設「灣溝」冲刷灘地

2007年
別灘完成後



施工6年後・灘
地恢復健康

2018年11月



2018年11月



順應河相的河川營造(菊池川上游支流合志川)



來源：九州技報第59號



塊石瀨區營造



丁壩潭區營造



塊石瀨區營造(通水前)



基礎保護工



2011年的合志川

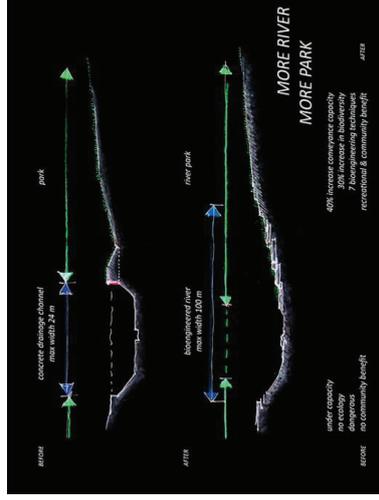
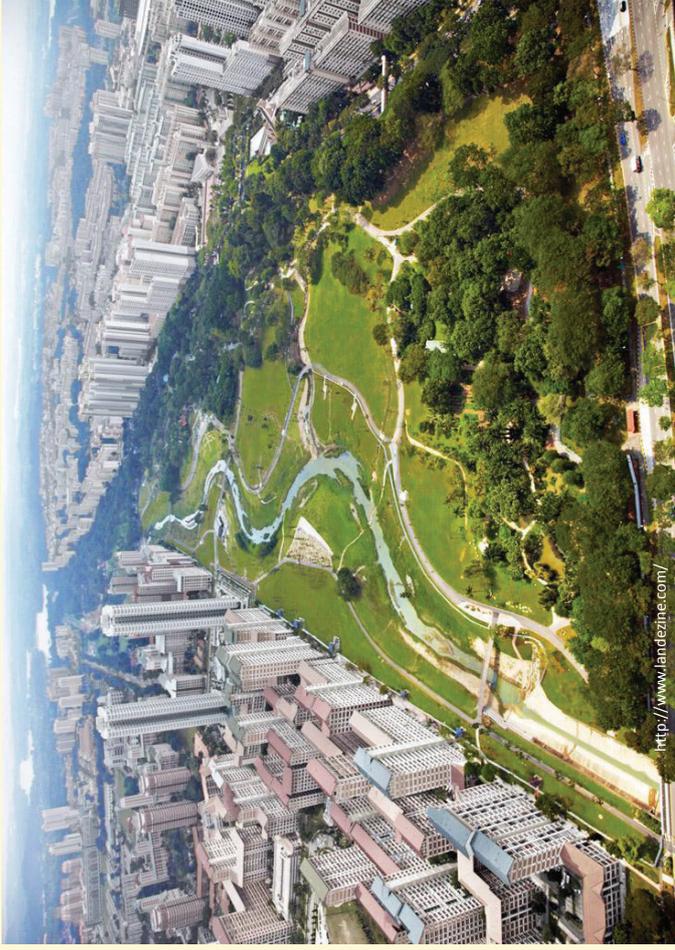
2016年的合志川

2108年11月



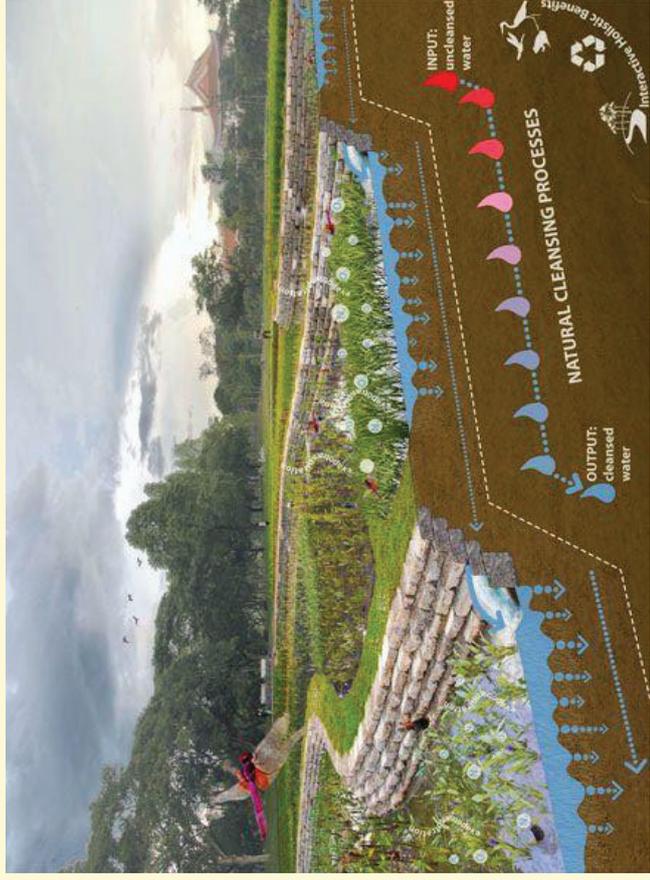
都市河川還地於河

新加坡碧山宏茂橋公園



利用微棲地發揮生態系統功能

Source: Atelier Dreiseitl

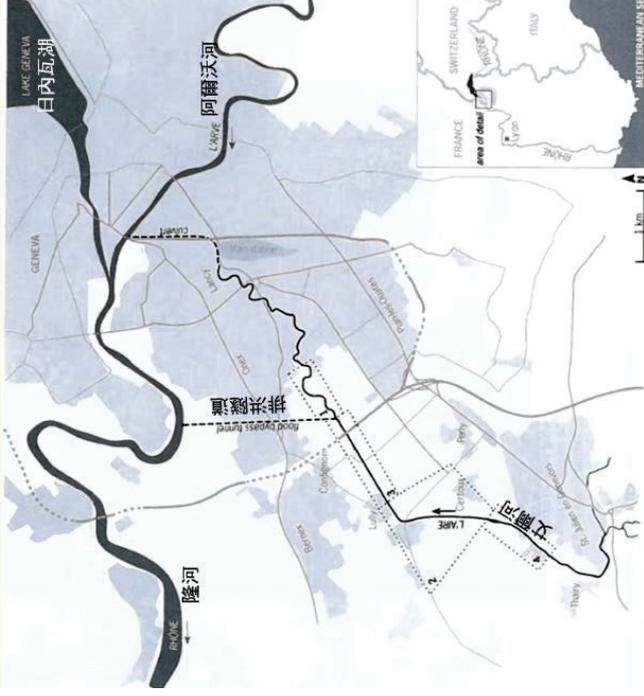


施工初期，用60m河段測試10種土壤生物工法，選定7種

都市河川遷地於河

瑞士日內瓦州 艾爾河(Aire)

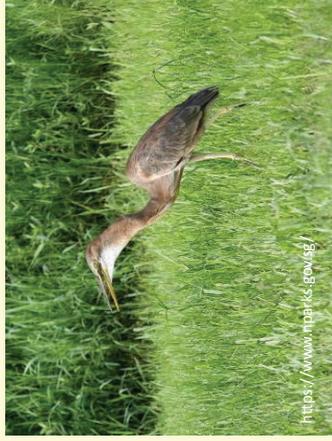
- 1876：建堤防採砂
- 1880s：截彎取直
- 1960s：下游變箱涵
- 1987：排洪隧道
- 1997：日內瓦州修法
要求水質、生態、景
觀遊憩
- 2001：舉辦艾爾河復
育競圖



截彎取直使坡度變陡，造成下游市區水患加劇



來源：Georges Descombes



<https://www.nparks.gov.sg/>



<https://jeffian.exposure.co/otters-at-bishan-park>

149



<https://www.dreisetil.com/>



<https://jeffian.exposure.co/otters-at-bishan-park>

讓生態嬌客現身市區公園

艾爾河是歐洲大陸第一條被拉直的河川



來源：Georges Descombes

未被渠道化的自然河段



日內瓦州舉辦河川設計競圖，
以生態復育為宗旨，盡最大可
能還地於河

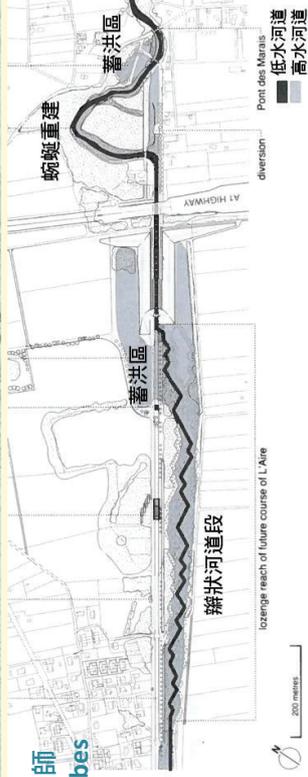
期程：2002迄今
長度：5公里
總經費：22億台幣



來源：Georges Descombes



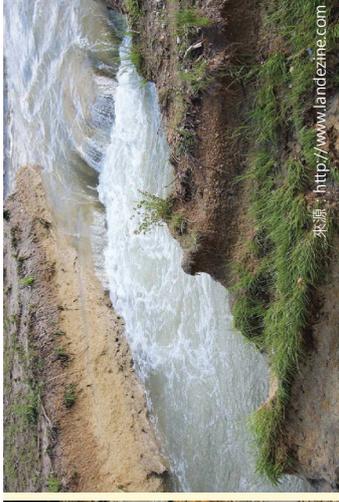
設計：地景建築師
Georges Descombes
團隊



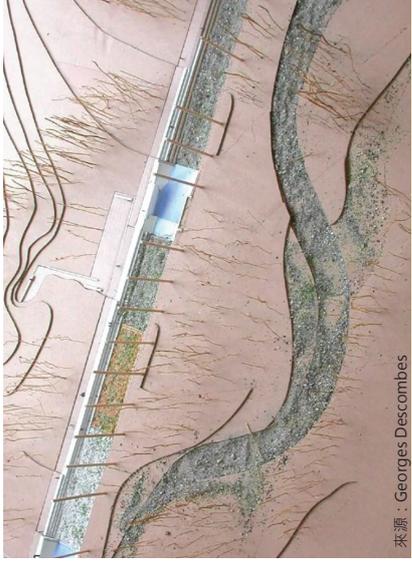
準備好各種路徑，讓河川自己造型



來源：<http://www.landezine.com>



來源: <http://www.landezine.com>

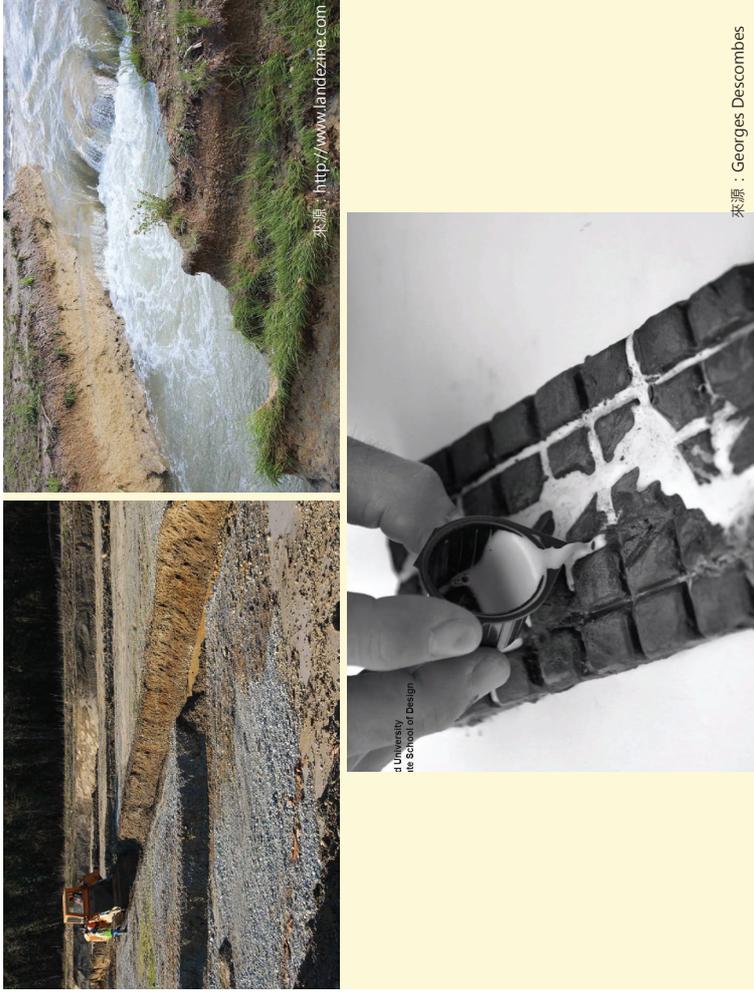


來源: Georges Descombes

保留舊渠道，讓自然與人為的形態並置



來源: <http://www.landezine.com>



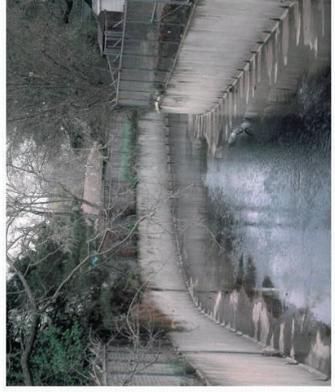
University of California at Berkeley School of Design

來源: Georges Descombes

體制設計的變革：加州Contra Costa縣的「50年計畫」



50 Year Plan
“From Channels to Creeks”
 50年計畫：「讓溝渠變溪流」



Grayson Creek Channel



Walnut Creek Remnant

來源: Contra Costa County Flood Control District



來源: <http://www.landezine.com>

50年計畫(2009年3月31日)

Contra Costa 縣防洪局

• 估計再30-50年，老舊防洪設施需汰換

(混凝土壽命有限)

• 但全部汰換需5億美元!

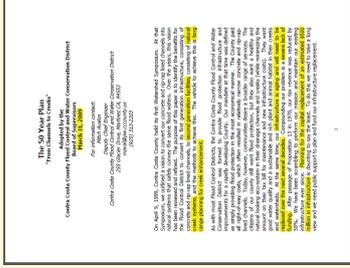
• 來自州及聯邦的補助減少(地方政府規劃不當為何全民買單?)

• 幾十年來，全縣各地都有公民團體反對傳統工程做法

• 因應民眾要求，第二代的「基礎建設」應是「生態基礎建設」

• 未來的「防洪工程」應是「以社區為主體的流域規劃」

• 花50年的時間，透過都更、購地等，讓溝渠變溪流



營造「活的河川」



- 洪水
- 泥砂
- 土地使用

- 河相、地景元素 (潭、瀨、灘地、河畔林、耕地...)
- 水質

活的生態系
活的人水關係

敬請指教 Thank You





經濟部水利署第十河川局

生態檢核說明 與 工程案例討論

鄭璋@觀察家生態顧問有限公司
2019.07.05



大綱

1. Why

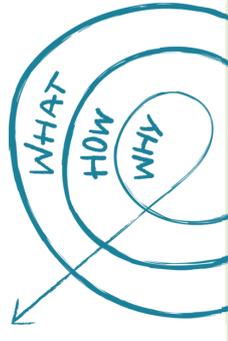
生態檢核?公共工程生態檢核注意事項

2. What

為何有爭議?何謂生態?

3. Discussion

1. 苗栗石虎公園
2. 台中筏子溪



2

觀察家生態顧問有限公司
Observer Ecological Consultant Co., Ltd.



一、生態檢核? 與公共工程生態檢核注意事項



保護土地財產



吃飯皇帝大
地方要發展

民眾的心聲



確保生命安全



自然生態保育

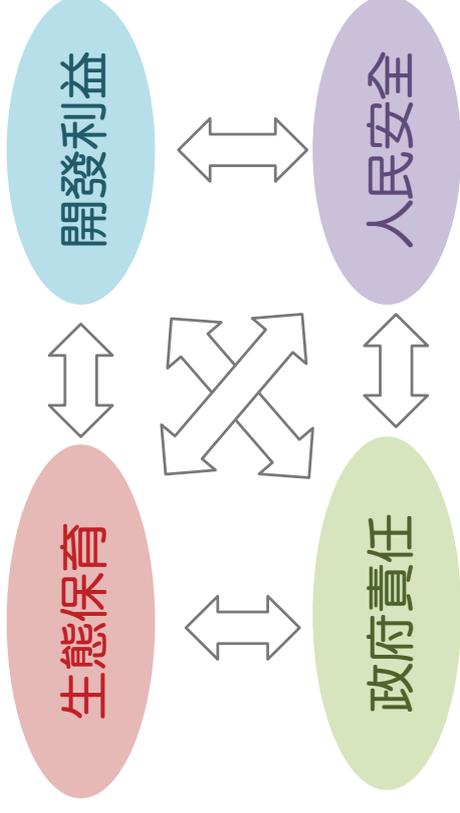
承辦、設計與監造的苦水



工程期程超短
公婆意見繁雜
民代壓力暴大
民眾索求多樣
生態風潮洶湧
橫向溝通好難
媒體捕風捉影
司法動輒則咎

5

複雜關係 溝通平台 避免腦補



6

問題：突發性爭議事件 (如大溪溪)

新播了 4 張相片。

2016年3月9日

看到現場的一刹那，心就停了半拍，太深深。
在重慶把溪石搬走，但重入兩岸成更厚的海堤。
這些笨重的石日後還是會變成牙龍虎，禱鼻龍虎，禱頭龍門：「小夥子，你們怎麼也在這裡？」
眾小魚爭相與氣地說：「石龍，要跟您離開了。」
來石：「別這樣，雖然這兒石頭比較大，又軟又冷不能派那麼多，但我們不是重慶了嗎？」
龍虎：「石龍，無法上溯回到溪裡，我們就要認了，從我輩祖母的曾祖母的曾祖母開始和你的世交，就要結束了……」
晚上看到這新聞，更無言……這排用公磅預算堆出的石頭，不是更永久阻斷迴游路線嗎？
<http://udn.com/.../954079-%E7%9F%B3%E9%A0%AD%E9%8B%E4%BD%8...>

無賴腹震海龍

2016年 11月16日 09:48

問題：計畫期程延宕，增加溝通成本

主旨：有關「長濱野溪整治工程」後續執行案，請查照。

說明：本工程設計預算書已於105年1月14日核定，土地使用同意書意見，業已取符在案，前因環保團體對於該溪流之治理提出不同意見，業於105年3月8日辦理協調會議，令生啟明。

二、經前揭會議協調結果，部分居民及環保團體對於本工程之執行尚有疑慮。為求程序周延，避免造成日後工程執行之困擾，請貴所整合地方意見，就本工程是否繼續執行乙節函復本分局辦理。

三、本工程計畫區及道路箱涵未縮河道，宜速辦理改善，請貴所依前揭會議結論履行行政程序研處，為考量該溪流治理之整體性及工程效益，本工程將於下游瓶頸段進行改善時配合辦理。

四、本工程未從執行期間，請貴所做好自主防災工作，以確保居民生命財產安全。

正本：臺東縣長濱辦公室
副本：臺東縣政府、社團法人中華民國溪野保護協會、鵬察生態顧問有限公司、本分局治理課

長濱野溪整治工程協調會參與

7

8



● 寶里苦溪

- 施工五座固床工
- 施工便道規模大
- 保育團體對二期施工方案有疑慮，建議保存現有溪流自然的岩盤以及巨石堆疊、深潭淺湍豐富的環境



● 寶里苦溪

- 停工後進行溝通協調
- 辦理變更設計與生態保育對策，再行復工
 - 5座固床工減量至3座
 - 保留橋下游深潭
 - 減少施工便道規模



二、為何有爭議？何謂生態？



「前瞻基礎建設計畫-水環境建設」

經濟部

報告人：水利署 賴署長建信

106年3月23日





簡報結束



參、願景與目標



三、恢復河川生命力



日本鴨川



池田法興里農田雄市龍



宜蘭縣安農溪

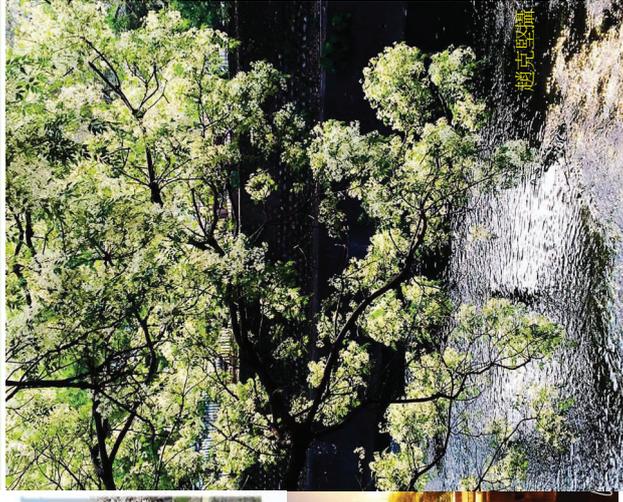
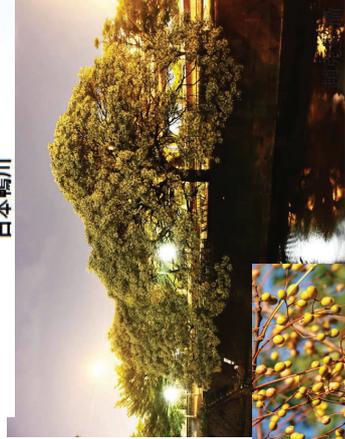


台中市旱溪排水

三、恢復河川生命力



日本鴨川



越克野柳

經濟部 三、恢復河川生命力



日本鴨川



高雄市寶業里滯洪池

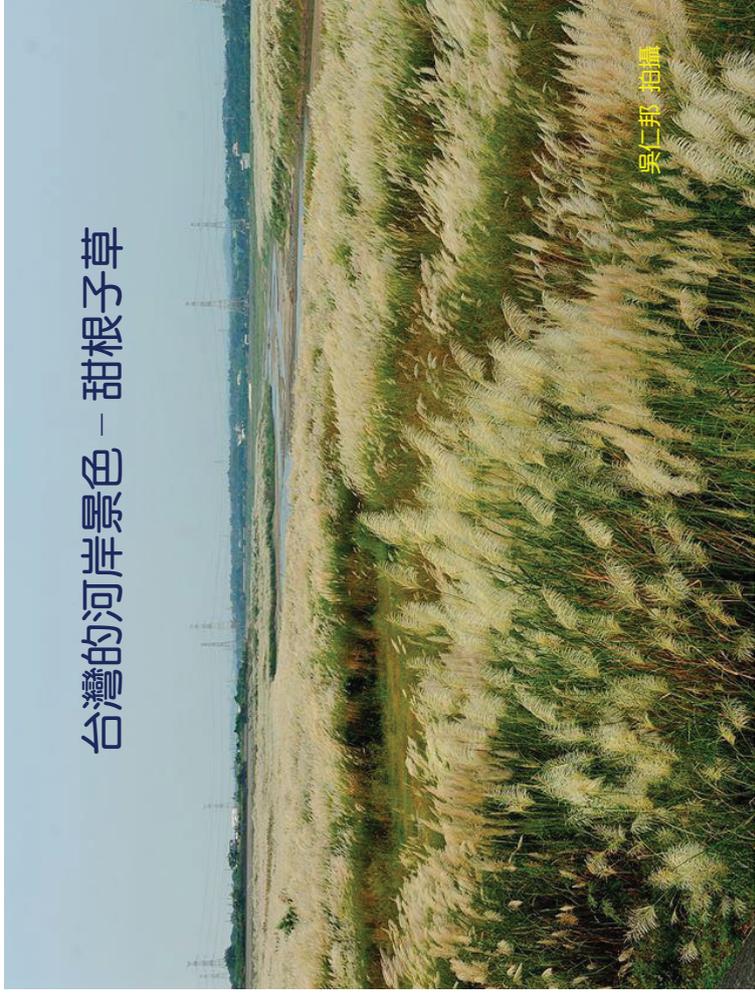


宜蘭縣安農溪



台中市旱溪排水

台灣的河岸景色 - 甜根子草



吳仁邦 拍攝

全國治水會議

本視聽名為「串聯」，以線條串聯地方與臺灣，象徵共同通向韌性臺灣的緊密連結，彼此缺一不可。



敬邀

經濟部於108年3月29日舉辦「韌性臺灣-全國治水會議」預備會議，邀請各界先進的參與會議順利圓滿落幕，會中大家對治水提出很多寶貴的具體看法及建議，讓治水踐踏傳統工程的治水思維，開創新格局，會議發言紀錄已彙整並置於「預備會議資料」提供大家參考，並依此彙整出4大論點作為正式大會的討論議題，且於每個論點項下均提出具體應有的執行重點，論點分別為：

- 一、國土計畫統理水土空間秩序
- 二、綠效治理在地行動
- 三、強化韌性共建具韌性轉

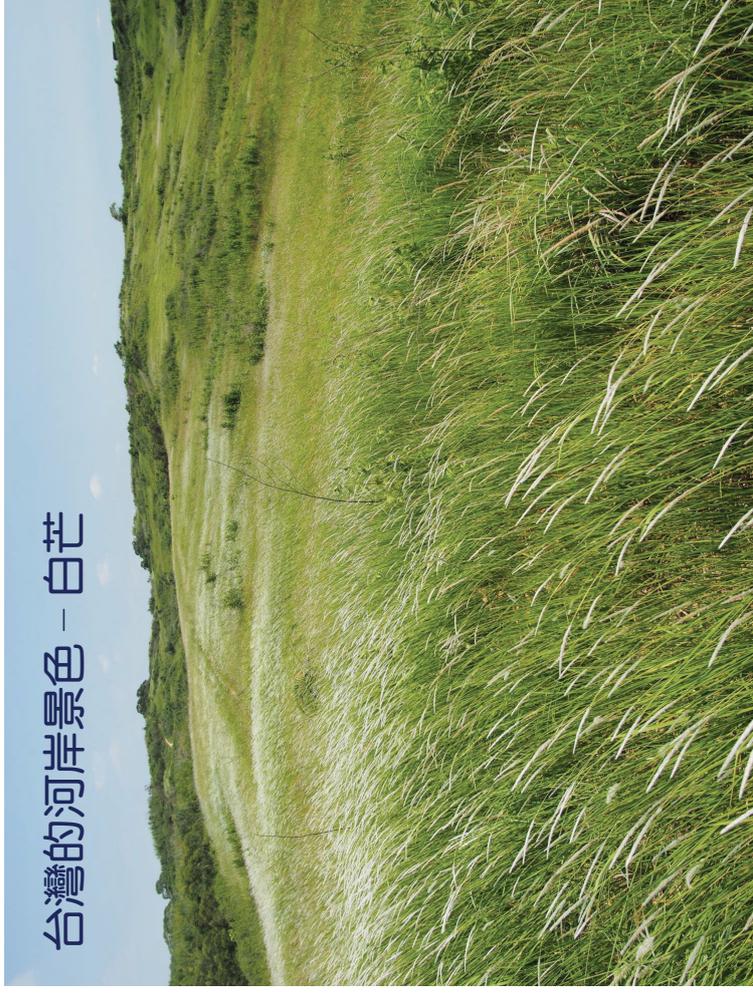
台灣的河岸景色 - 五節芒



台灣的河岸景色－白背芒



台灣的河岸景色－白芒



台灣十月的河岸景色－蘆葦



NGO團體相當重視的新聞

治河治成水清 水利署長：做不好就停掉

f 分享

留聲

列印

存新

A- A+

2018-08-06 23:52:36 聯合報 記者洪敬益、鄭朝陽/台北報導 [+ 圖 106 分](#)

賴署長建信：「別讓自然的水環境在我們這代消失。」



<https://vision.udn.com/vision/story/12210/3294226>

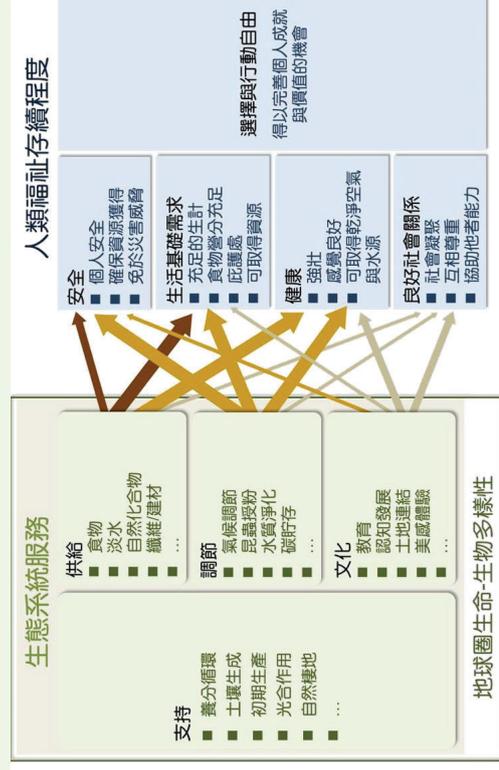
受到NGO團體分享讚賞的貼文



彰化縣政府水利資源處
8月2日下午8:00 · 1

【知識圖地】野溪內雜草該不該清除？雜草會影響排洪嗎？至於民眾常關切的野溪內雜草長的都比人高，為什麼都不清？其實我們若大水過後再去觀察河道就會發現這些雜草會順著水流倒伏，並不會影響排洪斷面，而且雜草的根也會緊緊抓住土壤來保護護岸及溪床，避免淘刷產生土石流及安全危害，平時也可提供生物棲息、覓食的空間，如此多的好處，常常因為人們覺得生活環境要潔淨，而做出違反野溪自然復育的安全法則，值得我們三思，另外也要呼籲民眾以及河川兩旁的農民，雜草雖然不會影響排洪斷面，但隨手丟棄的垃圾、整理園區所砍除的枯枝、落葉棄置於渠道內，就會造成阻塞和淹水情況，同時也可能觸犯水土保持法，請大家發揮公德心，共同來維護我們生活的環境。

生態系服務



藉社經因子
調整服務
可能性

低 中 高

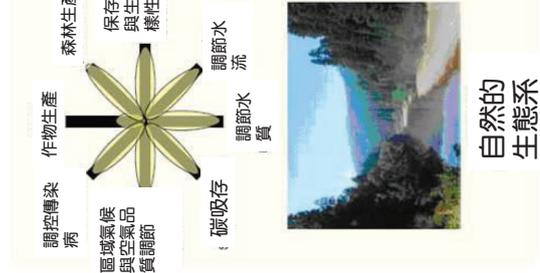
生態系統與
人類福祉
關聯度

低 中 高

生物多樣性所提供的各類生態系服務及與人類福祉的關聯 (修改自 Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

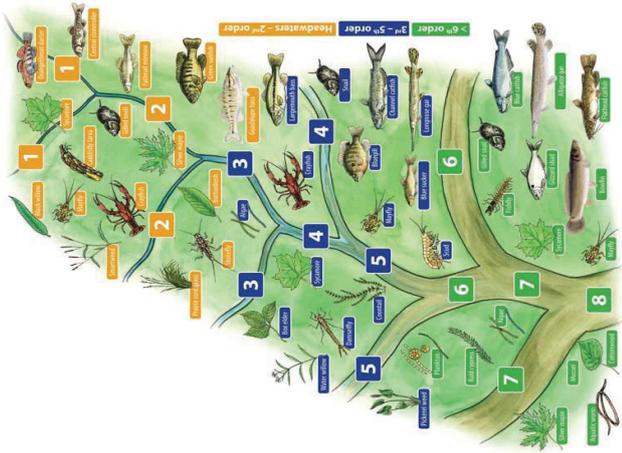


<https://freshwaterwatch.thewaterhub.org/content/ecosystem-services>

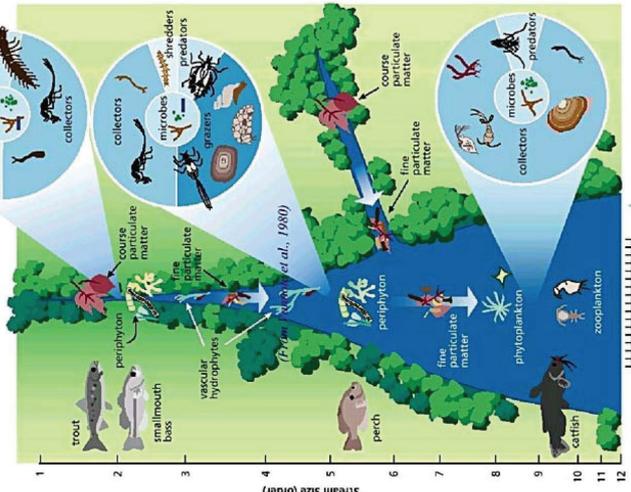


<https://www.nap.edu/read/18370/chapter/3>

不同的水域型態有何重要?



底質有何重要?

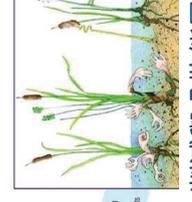


<http://texasaquaticscience.org/streams-ri-vers-aquatic-science-texas/> (From Tummus et al., 1980)

溪岸有何重要?



過濾與緩衝水



削減與分散能量

Reduce amount of sediment, nutrients and pathogens reaching the water.

- Use riparian vegetation to filter pollutants from runoff.
- Trap sediment, reduce water amount of vegetation to perform filtering and buffering function.

攔截與儲存沉積物

1. Trap & Store Sediment

- Sediment traps in the ability of bank to hold and store moisture improves water quality.
- Excess moisture can harm aquatic animals like fish and insects.

建構與維護溪岸

2. Build & Maintain Banks & Shorelines

- Exposed bank with bank building - the effects it occurs are reduced by adding bank and shore structure.
- Increase stability, resilience and recovery.
- Maintain or restore profile of channel - extends width of riparian area through higher water tables.

儲存水和能量

3. Store Water & Energy

- Waterbeds safely store - storage of high water on the floodplain during floods.
- Reduce flood damage by storing water and reducing underground aquifer.

補注地下水

4. Recharge Aquifers

- Store, hold and slowly release water in lakes and wetlands through storage and slow release.
- Maintain high water table and extend width of productive riparian area.

過濾與緩衝水

5. Filter & Buffer Water

- Reduce amount of sediment, nutrients and pathogens reaching the water.
- Use riparian vegetation to filter pollutants from runoff.
- Trap sediment, reduce water amount of vegetation to perform filtering and buffering function.

削減與分散能量

6. Reduce & Dissipate Energy

- Reduce water velocity which slows erosion and sediment transport.
- Retain erosion and slow channel and shoreline.
- Add to sediment capture.

維護生物多樣性

7. Maintain Biodiversity

- Create and maintain habitats for plants, invertebrates and fish.
- Connect other habitats to allow movement and dispersal.
- Maintain a high number of individuals and species.

初級生產

8. Create Primary Productivity

- Vegetation diversity and age-class structure covers risk to other riparian functions.
- Enhance soil development.
- Capture and recycle nutrients.

These are the basic functions; read on to see how they translate into products, services and benefits.

<https://sites.google.com/a/staff.lisd.net/crollcorner/aquatic-ecosystems/freshwater-ecosystems>



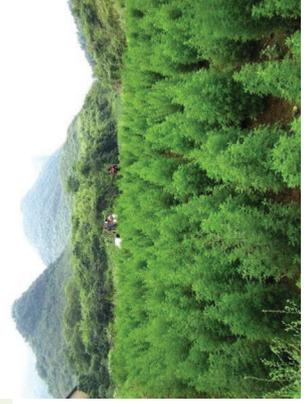
黃花蒿與瘧疾

根據世衛組織統計，2013年全球瘧疾病例共1.98億例，造成58萬至85萬人死亡，90%發生在非洲，每年因為瘧疾造成非洲大約120億美元的損失。
(<http://www.epochweekly.com/b5/453/15691p5.htm>)

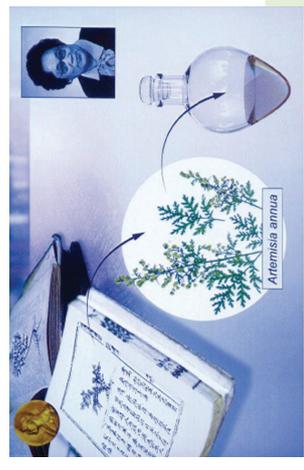
釘釘與飛機

避免任何物種滅絕
<http://geeloolegend.blogspot.tw/2015/10/2015-100615.html>

別小看野地裡的蒿子



<https://www.pushme.news/content/23668.html>



The 2015 Nobel Prize in Physiology or Medicine was awarded to William C. Campbell and Satoshi Omura for their discoveries concerning a novel therapy against infectious diseases caused by roundworm parasites and the other half to Youyou Tu.

2015 NOBEL PRIZE IN PHYSIOLOGY OR MEDICINE
William C. Campbell and Satoshi Omura
Youyou Tu

Nobelprize.org

受關注物種與分佈要先掌握消息

瀕臨滅絕植物團羽鐵線蕨面臨做邊坡噴漿消失



陳俊銘在高雄桃源區動和里。
23分鐘 · 3
緊急轉傳~~~動和這少數種的團羽鐵線蕨棲地要毀了，要做工路局噴漿了！我這一會去挖一些株種!!!這是高雄的路段不知有誰能處理，網友陳丁祥求救中~~~



圖片來源: 網友陳俊銘傳真圖

- **團羽鐵線蕨**：臺灣維管束植物紅皮書初評名錄**嚴重瀕臨絕滅(CR)** 僅分布於高雄柴山、桃源區和南投信義
- 105年11月26日網友通報南橫桃源區桃源路段棧地公路總局準備噴漿
- 11月28日特生中心、植物分類學會、中山大學及中興大學植物專家前往會勘
- 現勘決定部分區域現地保存，有崩塌疑慮區域採集異地保種



圖片來源: 2016-12-108 聯合報/特生中心提供

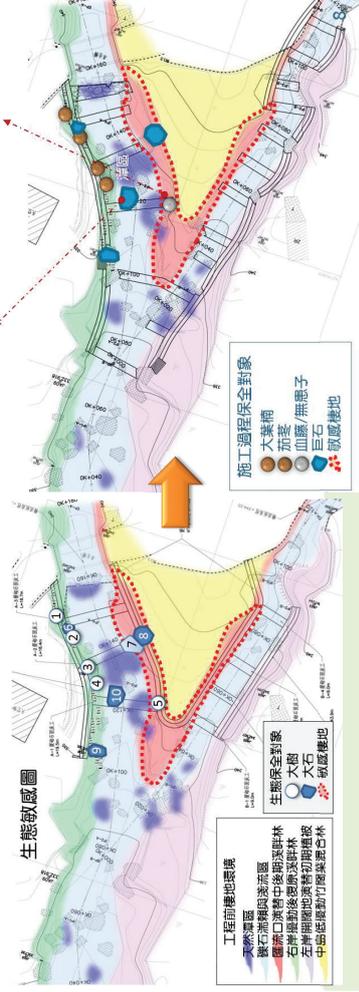
好處：多元面向考量，獲獎肯定

喜龍橋與本生橋下游野溪整治工程

第13屆公共工程金質獎 佳作

- **工程設計**
 - 以固床工與護岸降低流速、保護橋基
 - 採自然工法，固床工利用河床塊石漿砌，護岸則以外購石材漿砌
- **環境友善對策**
 - 迴避：匯流口的溪畔森林環境穩定、層次豐富，屬於高度生態敏感區，因此決議變更設計，取消該區護岸施作以維護重要棲地環境
 - 縮小：縮減施工便道，填築施工中自主檢查表，全程監督，保全溪畔5棵原生大樹與溪床4塊巨石
 - 補償：回填區進行潛勢小苗移植為野溪整治首例

第14屆公共工程金質獎 優等 佳作



以生態系統服務功能為基礎作思考

- 生態系作法
- 生物多樣性
- 多元服務
- 多方參與
- 共同設計
- 共同產出



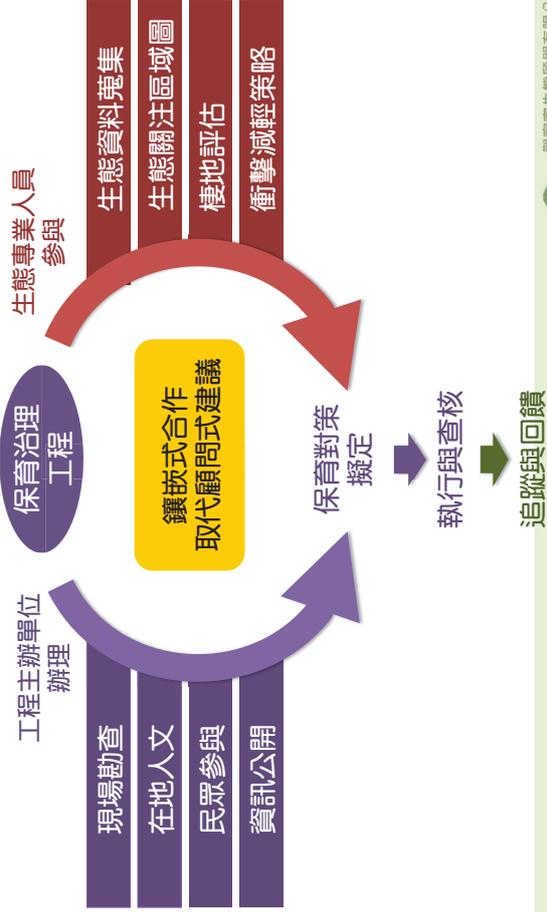
生態檢核

- 一個平台、過程、工具
- 透過**生態評估**、**民眾參與**、**資訊公開**等工作，將生態保育的考量融入治理**工程流程**，共同擬定並落實**工程生態友善方案**，減輕**工程對生態環境之影響**。



生態檢核執行概念

目的：減輕工程對環境衝擊，維護生物多樣性與棲地品質



生態專業參與的重要性

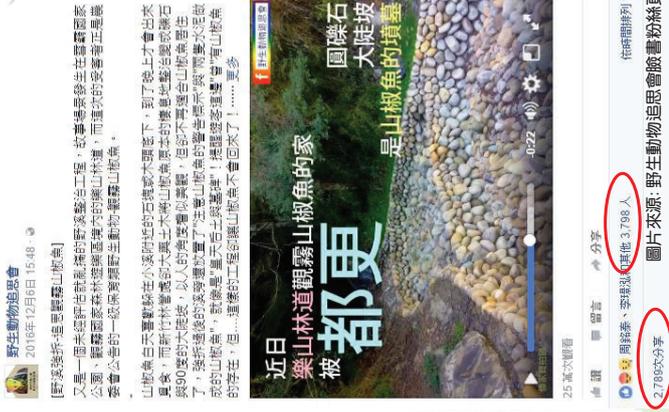
明明想對生態好，但少了專業意見

- 樂山林道3.5K因蘇力風災及後續後續豪雨災害推積土石於當地坑溝
- 林務局新竹竹區管理處進行排水改善工程，發現為**瀕臨絕種**霧山椒魚棲地，針對山椒魚進行**棲地營造**，並設立告示牌及山椒魚雕像提醒用路人

因未徵詢山椒魚生態專家建議，營造結果和山椒魚棲地存在不小差異，引起臉粉粉絲團「野生動物追思會」關注和報導，再透過蘋果日報報導，引起許多民眾的關注



圖片來源：野生動物追思會提供



生態專業參與的重要性

明明想對生態好，但少了專業意見

台灣真的有必要這樣亂搞嗎？這週工程預算要九百多萬，我真服了他們。當然，我對於這個工程能夠增設生物廊還是持肯定的態度，但是最感到驚訝的是這個溪段看起來還蠻平整的（河幅突然放寬），為什麼橫向構造物要做如此誇張？大概每兩十公尺（？）就放一些平行的圓木柱，圓木柱密度如此之高，大概也是台灣近年來僅見，說不定可以去參加工程會的金獎獎比賽了！我應該會去參加這個工程，並且把這個案例納入未來作品的參考。



魚池冶山 為山豬、青蛙留生路 | 中彰役 | 地方 | 聯合新聞網

林務局南投林管處在魚池冶山族文化村旁野溪進行整治工程時，發現此地...

UDN.COM | 作者：UDN.COM 聯合新聞網

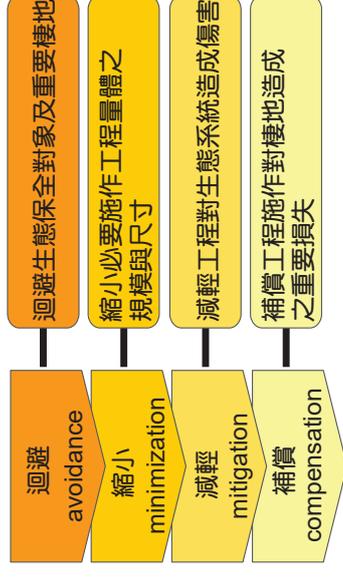


橫向生態通道



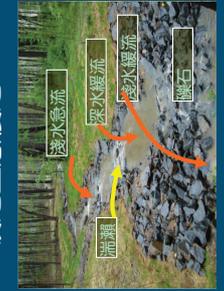
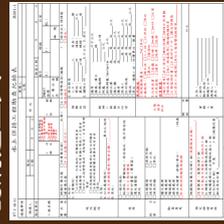
納入生態保育概念

- 工程各生命週期階段應融入生態保育考量
- 依迴避、縮小、減輕、補償順序來考量可行的生態保育措施



運用工具

- 整合生態檢核表、生態關注圖及棲地評估
- 綜合程序性及功能性



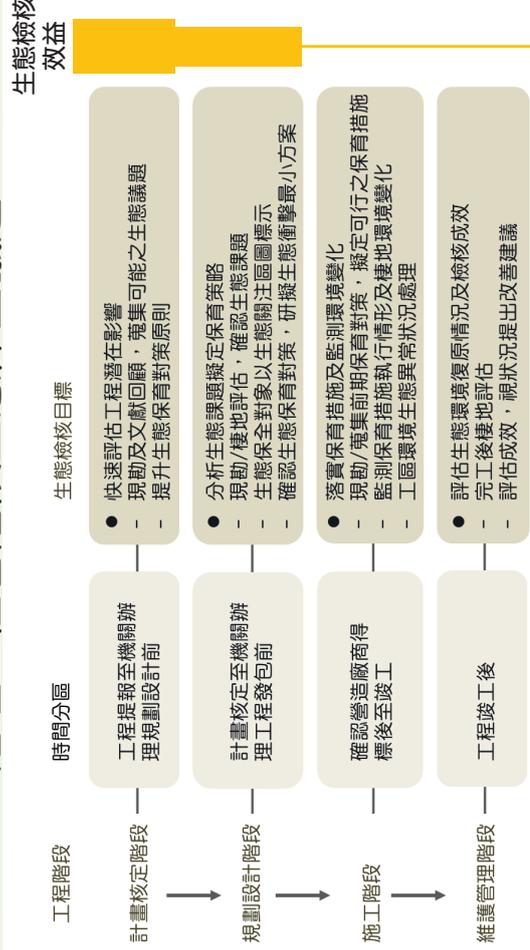
生態調查需因地制宜

- 生態檢核類型多元，無一體適用之調查方法
- 如遇生態關注議題，編列資源(含經費、期程)進行合理之生態檢核項目、生態調查
- 如未編列費用則規劃設計階段無法進行更詳細之生態調查

公共工程生態檢核機制

- 生態資料蒐集、調查與評析原則
 - 為記錄及分析生態現況，瞭解施工範圍內的陸域生態及生態關注區域，作為工程選擇方案及辦理後續生態環境監測的依據，應就工程地點自然環境與工程特性採取合適的生態資料蒐集或調查方法。
- 工程核定階段之作業原則
 - 決定可行工程計畫方案、生態保育原則，並研擬必要之生態專案調查項目及費用。

治理工程各階段生態保全議題



民眾參與

- 於工程核定至完工過程中
- 建立民眾協商溝通機制
- 說明工程辦理原因、工作項目、生態保育策略與預期效益，藉由相互溝通交流，有效推行計畫，達成保育治理目標。

說明會型式	辦理時間點	邀請對象
核定說明會	工程核定前	1. 在地民眾 2. 利害關係人 (災害陳情人、受工程直接或間接影響之人民，例如：交通、居住或供水) 3. 關心工程治理之民間團體
設計說明會	工程設計定稿前	
施工說明會	開工前	

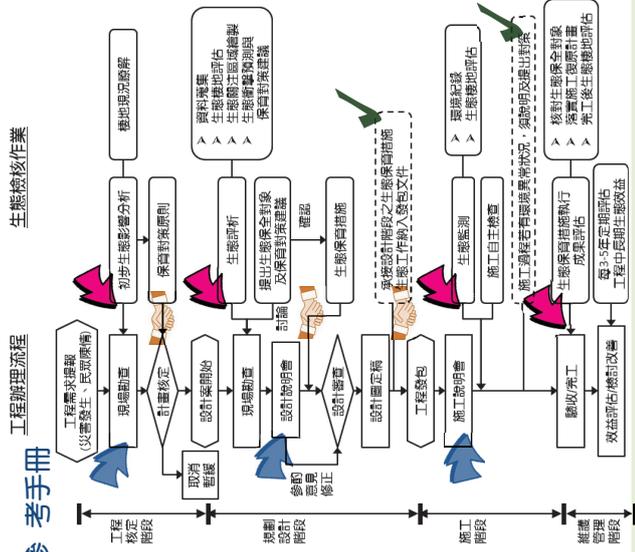
蒐集居民重視之生態議題、在地人文資產與保全對象

計畫核定階段導入生態檢核機制，生態保育效益最佳
由生態專業人員評估，掌握生態議題，提出友善建議

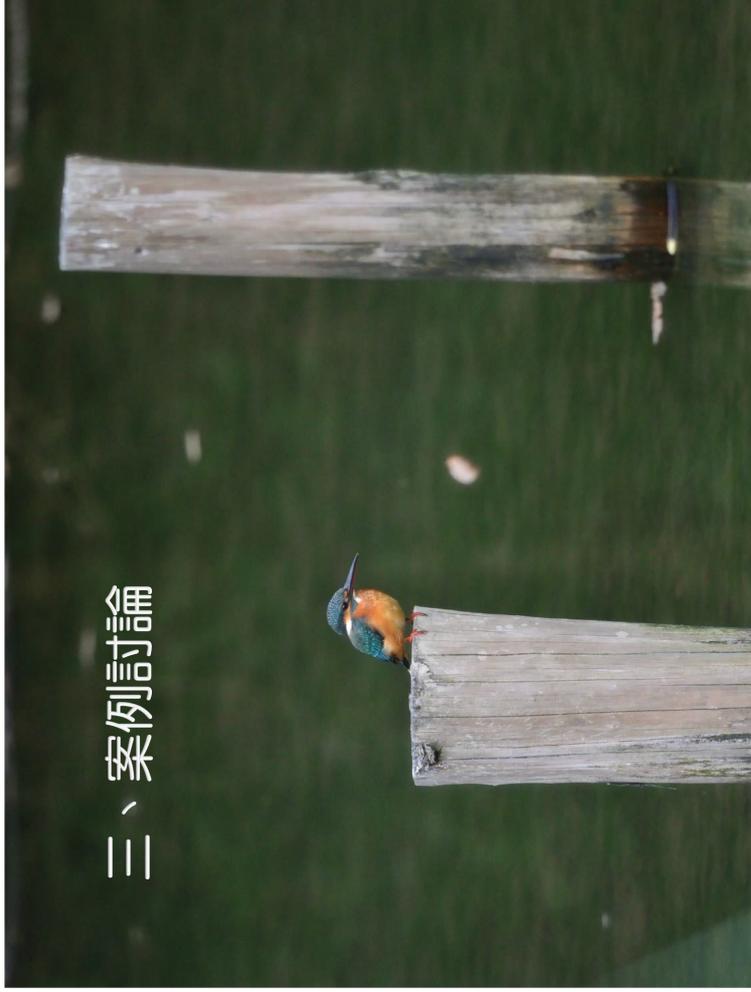
● 水庫集水區工程生態檢核執行參考手冊

105年11月1日經水事字第
10531094110號函公告

-  生態團隊進場調查
-  工程主辦單位與生態團隊共同討論保育措施
-  民眾參與
-  其他注意事項



三、案例討論



苗栗縣政府斥資八千萬於石虎棲地興建「石虎公園」



圖片來源：公視新聞議題中心

石虎公園 - 典型的淺山環境



石虎公園原貌 - 鄰接山麓，生命力蓬勃的濕地

圖片來源：李璟泓臉書

石虎公園 - 苗栗縣大安溪生態景觀改善工程

● 工程目的：

- 規劃苗栗縣南區大型遊憩場地，串連周邊休閒農業區及自行車道路線，探討卓蘭當地農業擷取環境特色因子，**打造永續發展，發展與農村特色兼具之紋理。**
- 卓蘭鎮公所事後補充，此地921地震時作為當時廢棄土石堆置場，**災後遭業者不肖業者違法傾倒廢棄物**不當超挖丟置廢棄土方，可能含有有毒事業廢棄物，**爰希望藉建置公園，管理國土死角。**
- 卓蘭鎮公所藉由**前瞻基礎建設—水環境改善計畫，爭取中央機關補助八千萬元經費**，藉以建置滯洪濕地運動公園，提升卓蘭農業及促進當地觀光發展，**茲為求永續生態及建設均衡。**



圖片來源：卓蘭鎮公所提案簡報

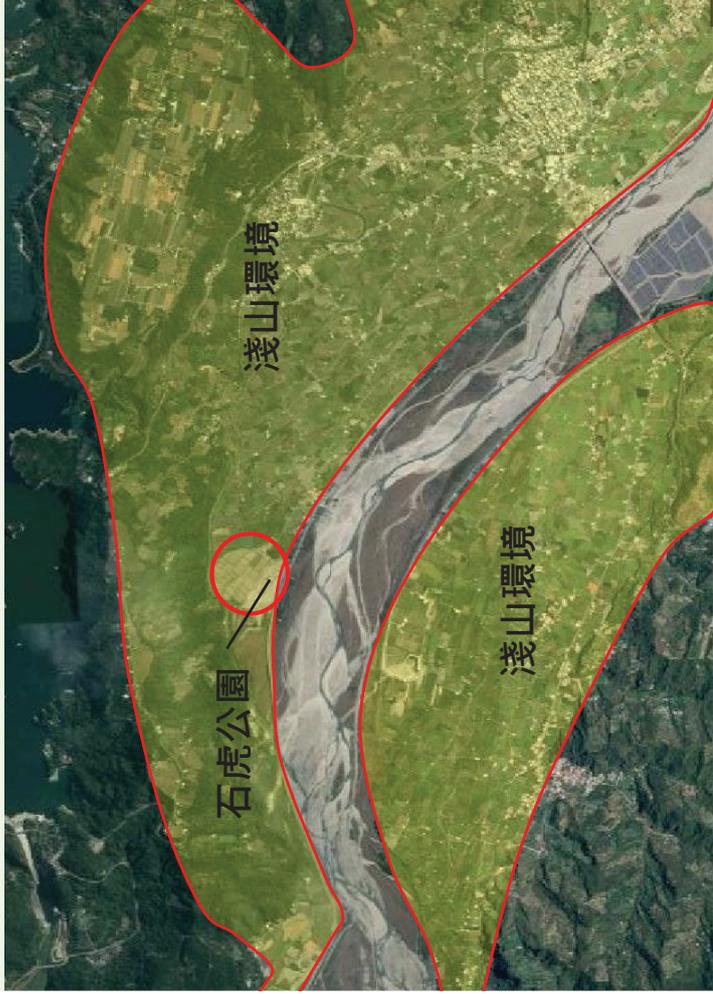
● 反思：

- 是否考工程必要性？
- 是否考量生態重要性？

54

工程問題

- 破壞原有溼地生態系統、大量伐木、移除草澤、鋪設水泥路面造成不可逆的生態破壞。



工程問題

- 工程設計未考量石虎活動能力，多處高差過大反成生態陷阱。

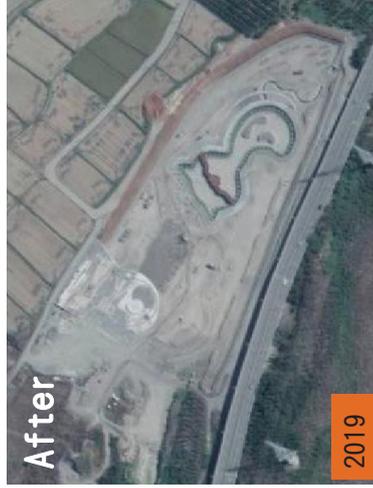
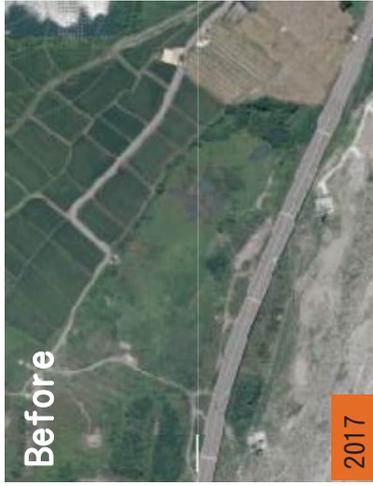


外來景觀植栽。

公園南側排水渠深度85公分，缺乏生態廊道設施。

資料來源：卓蘭鎮公所提案-生態改善及監測計畫書(未核列)

55



圖片來源：台灣百年地圖

圖片來源：google map

工程問題

- 工程未將生態議題納入設計，公園周圍設置過高土坡、石籠，造成石虎棲地更為破碎。



公園北側邊坡以石籠堆砌，總高度6-7公尺，落差過大，影響生物遷徙活動。

公園南側為兩階層土坡，總高度約6公尺，無緩坡提供生物活動。

57

資料來源：卓蘭鎮公所提報-生態改善及監測計畫書(未核列)

事件之後

● 政府回應

- 公園西側將利用植栽綠化等方式，規劃為**生態補償區**，卓蘭鎮公所並與國營事業合作辦理植樹計畫，預計於計畫基地北側**植樹造林10.5公頃**，以打造豐富棲地樣貌。
- 針對本案「大安濕地公園」輔導查核機制方面，本署第二河川局每月均召開桃園竹苗縣市政府「前瞻基礎設計書-水與安全」工程執行情形管控會議，並定期及不定期邀請生態學者專家赴現地辦理工程施工督導，以掌握及追蹤符合石虎棲地需求。

● 反思

- 在生態保全對策中，應先考量**迴避、縮小、減輕**等對策，**最後手段才是補償**。此工程大規模破壞自然植被、鋪設水泥路面，已造成**不可逆之生態損失**，**植樹造林的補償方式無法使棲地恢復原有的生態功能**。

59

事件之後

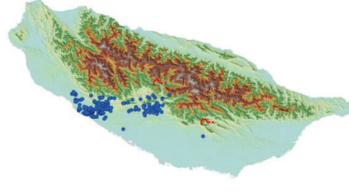
● 政府回應

- 卓蘭鎮公所表示，**這一處公園用地並非石虎棲地**，鎮公所近年來積極推動石虎保育措施，工程執行期間，也與「台灣石虎保育協會」進行多次意見交流，於是把過濾池外觀做成石虎造型，不料，原本是「友善」的規劃，卻被「誤會」成**這裡是石虎棲地**。

● 反思

- 工程審核、設計階段沒有生態專業團隊參與。
- 工程單位、公部門執行生態檢核過於草率。

資料來源：林務局-重要石虎棲地保育評析(2015)



近20年石虎出現地點

石虎重要棲地，包括關鍵棲地（紅色區域）與潛在區域（紫色區域），以及石虎可能棲地（綠色區域）

事件之後

● 與在地民眾的互動

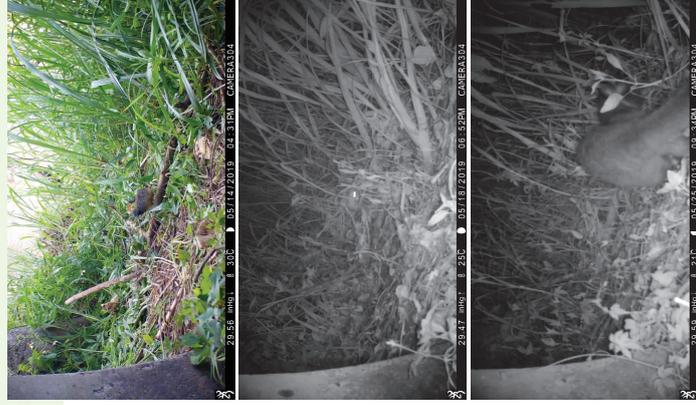
- 卓蘭鎮公所在今年4月2日正式邀請台灣石虎保育協會與苗栗縣自然生態學會現勘並討論生態友善方案，但**當時工程已進場整地，可讓石虎躲藏棲息的草叢灌木已經全部被移除**。
- 縣政府成立之**水環境建設輔導團應扮演協助生態檢核、民眾參與等工作**，但僅以公文告知台灣石虎保育協會提供改善建議。

● 反思

- 生態檢核中，專業團隊參與、生態資料蒐集、生態保育對策、民眾參與等項目皆不踏實，流於形式。
- 生態檢核沒有強制性，未來工程案件誰來把關？

60

西湖溪旁的動物



受困的白腹雉雞寶寶



來源：臉書-洪廷維

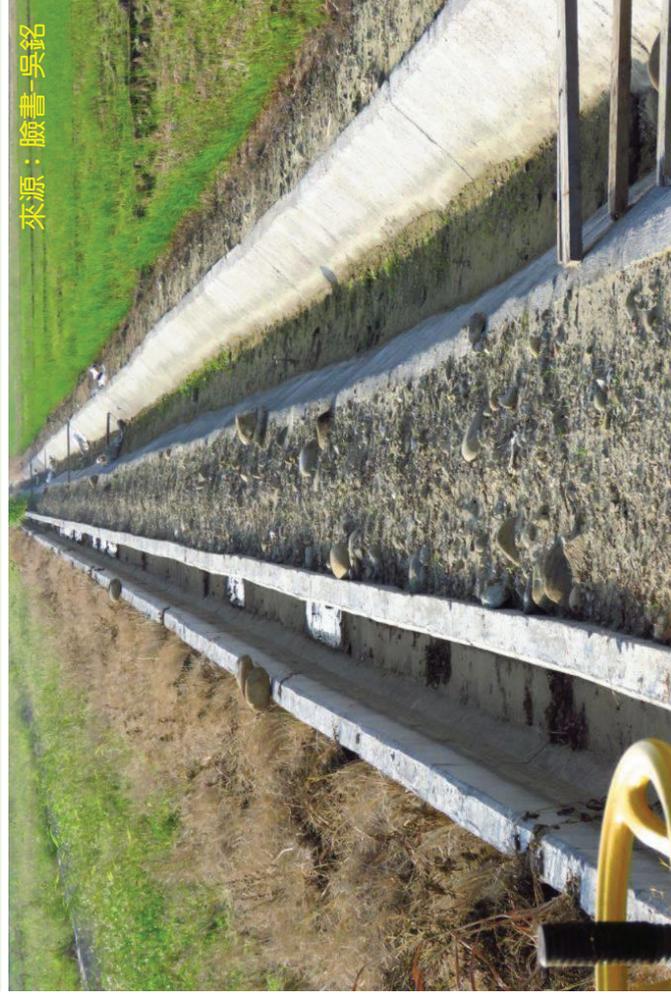
<https://www.facebook.com/lai.sang.505/videos/vb.100000222302837/2755562321127818/?type=2&theater>

67



聯發生態顧問有限公司
Green Ecological Consultant Co., Ltd.

U型與V型側溝



來源：臉書-吳銘

受困之食蟹獾

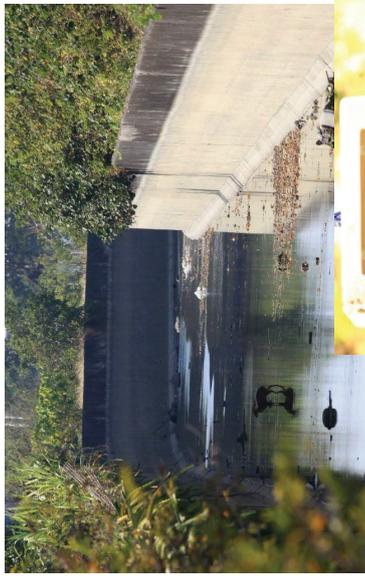


69



聯發生態顧問有限公司
Green Ecological Consultant Co., Ltd.

三面光的嘉南大圳-山羌



資料來源：險書-曾翠碩

聯發家生態顧問有限公司
Green Home Ecological Consultant Co., Ltd.

<https://www.facebook.com/yishuo.tseng/posts/104531092134231>

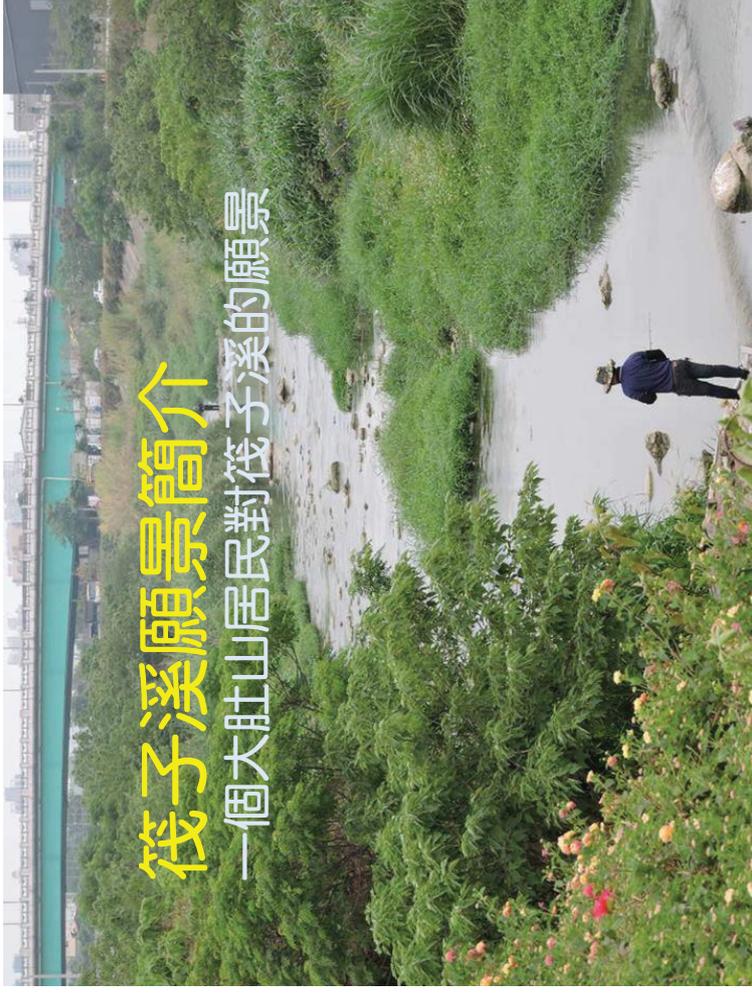


筏子溪自然的河川生命力展現

2014.05



2018.03



筏子溪願景簡介 一個大肚山居民對筏子溪的願景



河川自然生命力無法消化的物質： 塑膠製品等相關垃圾



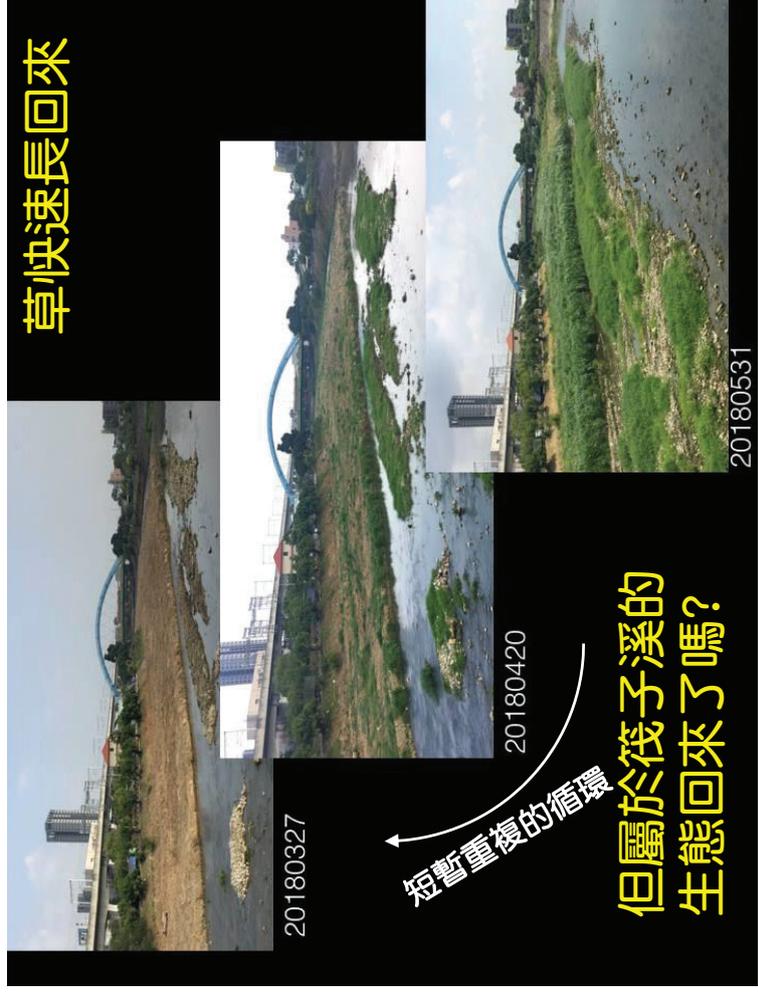


筏子溪環境維護是大家的責任





全面開挖，生態系統全面破壞
一切從頭開始



草快速長回來

20180327

20180420

20180531

短暫重複的循環
但屬於筏子溪的
生態回來了嗎？



4年沒有機具擾動的河川生命力

- 應該先盤點各河川經過擾動，一段時間後自行恢復的現狀與趨勢，了解該河川自行恢復所展現的生命力。
- 檢討盤點被人為干擾後，河川因此消失或劣化中的環境棲地類型。
- 經過公私溝通討論，確認可以人為力量重新營造已消失或改善劣化中的環境棲地，以加速河川生命力恢復。
- 實際以人為力量營造已消失或改善劣化中之環境棲地，並透過公私協力共同管理維護的河川環境。

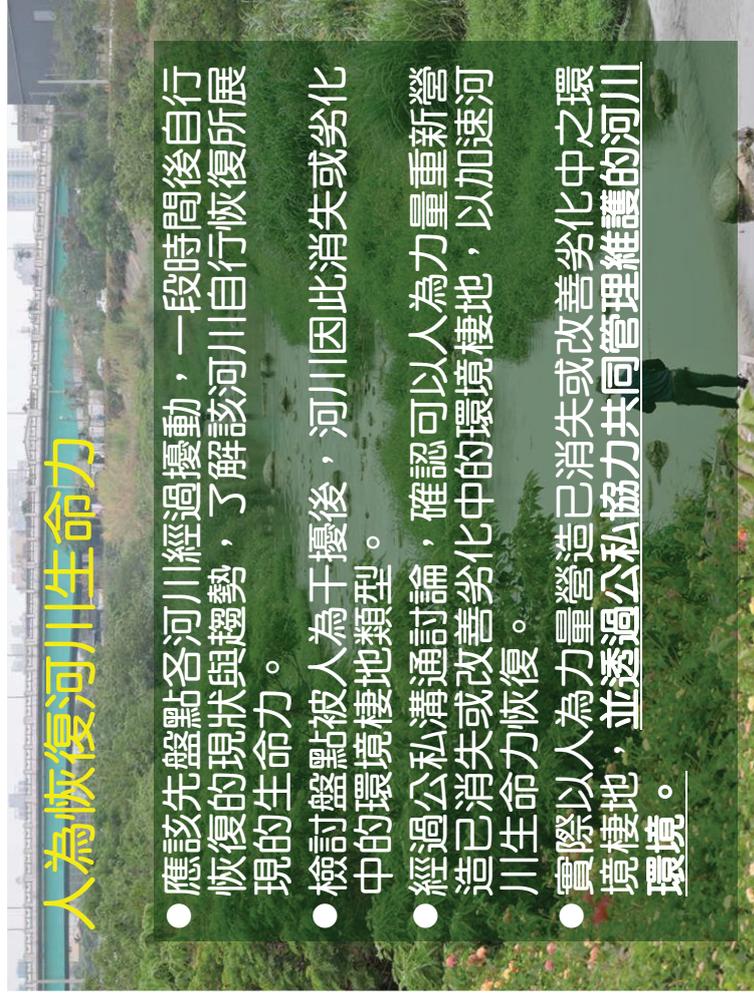


15年沒有擾動河川生命力

台中 筏子溪"柳枝生態護岸" 水柳緊抓堤岸卵石

水利署筏子溪(門面溪)，仔細盤點水利前輩努力成果，展示河川生命力最佳的場域

83



人為恢復河川生命力

願景：公私協力棲地營造與環境維護

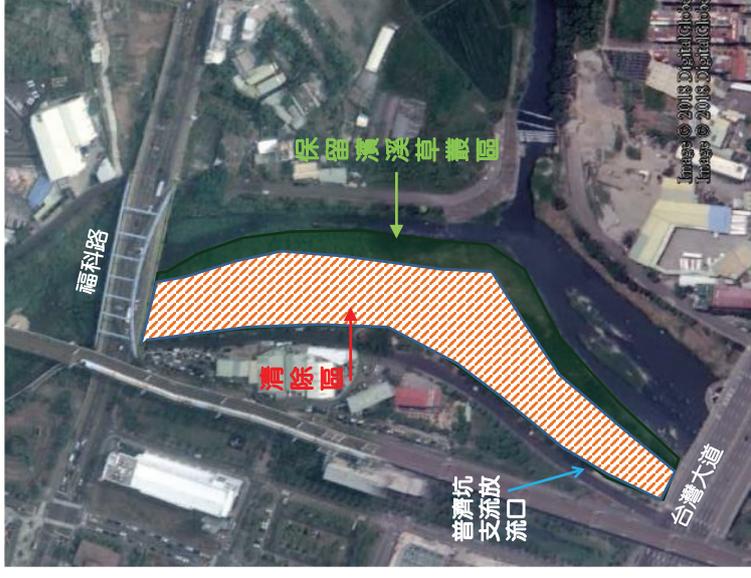


(筏子溪台灣大道上游區)

守護水與綠

2018.10.27

筏子溪的草不是不能清，是該怎麼清？
以及清完要什麼？



修正清除河床草叢的方式-兼顧營造棲地及環境改善

- 怪手機具應禁止於春季與夏初鳥類繁殖季進入河床高灘地清除植被。
- 怪手機具不可挖除溪流中砂石與水生植物。
- 清除高灘地草叢過程，需保留濱溪草地至少三分之一至五分之一的寬度，如高灘地寬度10公尺者，草本植物清除範圍由護岸往溪流約6-8公尺寬

清除河床雜草的友善作業



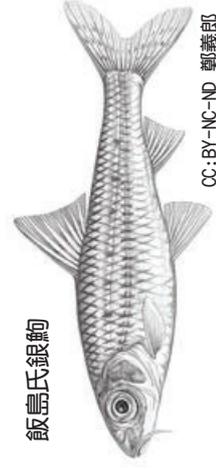
大面積草叢挖除後一定要把裸露的各類垃圾撿拾乾淨(可透過公私協力辦理活動)



濱溪草澤密生的緩流與埤塘區



巴氏銀鮡



飯島氏銀鮡

CC-BY-NC-ND 鄭義郎

- 兩種一級保育類魚類的棲息環境
- 溪流水質淨化的場域

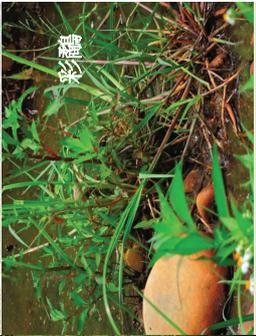


圖片來源：鍾宸端。轉引自環境資訊中心：【台灣紅皮書】僅存於台中烏溪 受河川工程與入侵種夾擊的巴氏銀鮡

保留湧泉濕地



年度挖草作業，完工後不填平



水蔞

筏子溪大規模治理後 哪些生物棲地消失？

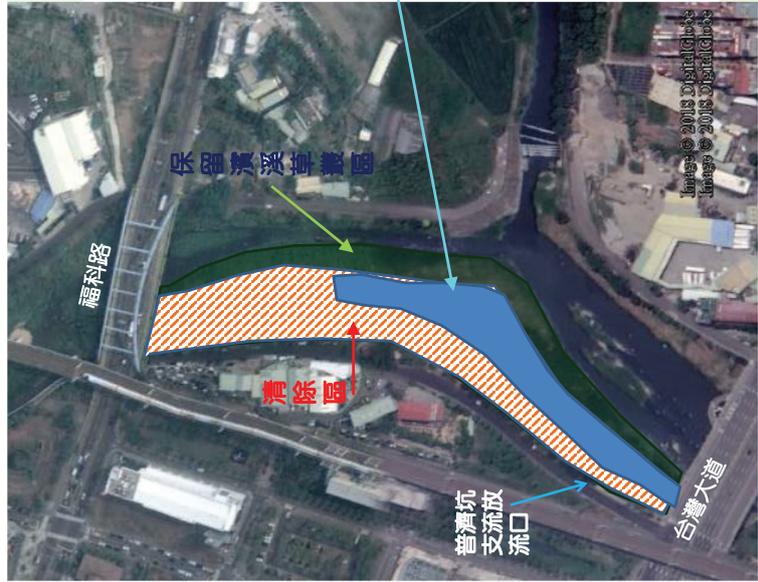
截彎取直後的大回彎緩流淺潭區

小支流的埤塘緩流區



修正清除河床草叢的方式-兼顧營造棲地及環境改善

- 盤點多處合適的高灘地。
- 年度以怪手清除草叢的過程，同時也於高灘地挖出凹地，營造濱溪的緩流埤塘溼地。
- 深度約50公分，提供水生植物自然生長，經3-5年泥沙腐植質沉澱堆積陸化後，再挖開。
- 不同年度各區交替挖掘。
- 營造濱溪緩流埤塘水域生物棲地。
- 淨化水質。

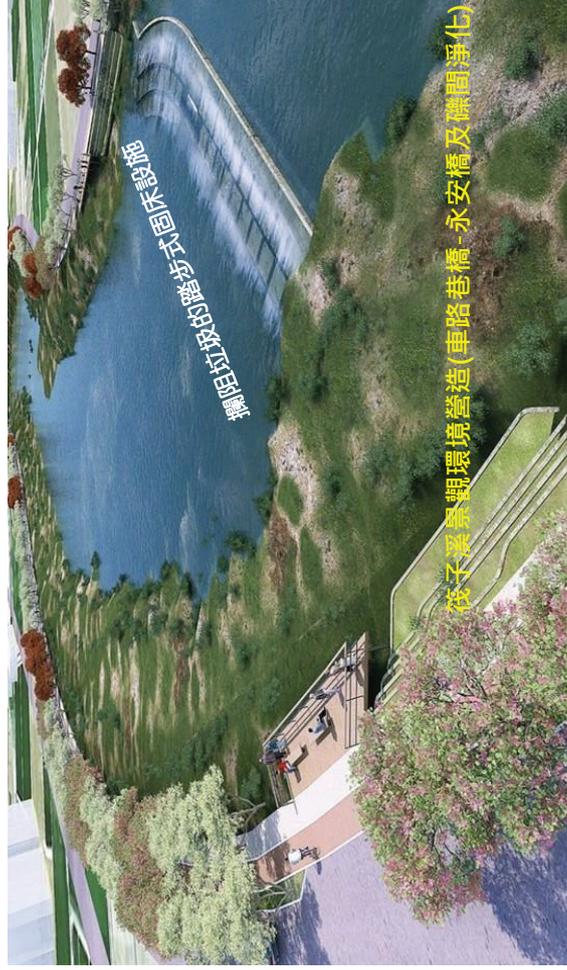


公私協力合作 常態辦理溪流環境教育 提升民眾對筏子溪的認識

- 參與活動老師詢問學生：
筏子溪在哪裡？沒幾個答
出
- 筏子溪沿線學校，溪流
環境教育搭車到雲林、
南投、苗栗
- 水利相關人員對於筏子
溪沿線生態不清楚
- 民眾會將垃圾丟到溪流，
對於這一條溪的環境不
重視



改善水質攔阻垃圾恢復筏子溪生命力的環境



民眾參與-共同維護環境 了解環境改善的必要性



2019.03.16

民眾參與-從小紮根(從設計階段->維管階段)



政府改善溪流環境
需要大家共同維護
公私協力，溪流才能恢復生命力

還有3張

淨溪 近溪 敬溪

小結

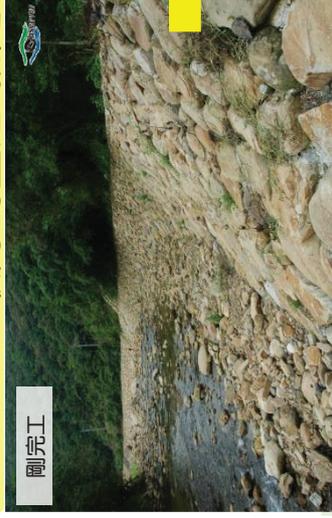
- 過往：公部門單方整理筏子溪，民眾隨意亂丟垃圾，造成溪流環境危機。
- 未來：
 - 公私合作維護筏子溪環境，共同討論，營造生態友善棲地。
 - 公私協力辦理溪流教育，提升民眾對筏子溪的認識。
 - 透過上述工作恢復筏子溪生命力，同時提升民眾對溪流環境意識。

結語

- 降低工程對生態環境的衝擊
- 保留環境復原潛力-生態系統服務功能
- 落實民眾參與，化阻力為助力

最好的整治 就是看不出來有整治

剛完工



完工6年



觀察家生態顧問有限公司
Observer Ecological Consultant Co., Ltd.

簡報完畢 謝謝指教



觀察家生態顧問有限公司

E-mail: observer.eco@gmail.com

TEL: 02-2364-8581

FAX: 02-2368-0806

ADD: 10343台北市大同區南京西路293巷9號4樓

WEB: <http://www.observer.com.tw/>

附件四、生態檢核機制

生態檢核機制

1 生態檢核沿革

生態檢核機制係將生態評估、民眾參與、資訊公開等工作融入既有保育治理工程流程，結合工程治理、生態保育及公民參與理念，共同擬定並落實工程生態友善方案，減輕工程對生態環境之影響。

民國96年因應民眾對於治理工程兼顧生態保育的期盼，生態檢核概念首次出現於石門水庫及其集水區特別整治計畫，由工程主辦單位試填生態檢核表單開始，將生態考量的各個項目以表單的方式呈現，並在不同的保育治理工程主管機關持續推動制度化。水利署在經過多年試辦及滾動式檢討，於民國105年11月1日修訂公告為「水庫集水區工程生態檢核執行參考手冊」，適用於水庫集水區工程以維護生物多樣性資源與棲地環境品質。民國106年4月25日公共工程委員會發布「公共工程生態檢核機制」，明訂中央政府各機關執行新建工程時需辦理生態檢核作業。而後推廣至水利工程運用，並因應前瞻基礎建設之生態檢核需求，研擬「水利工程生態檢核自評表」推廣歷程如圖1。

境的負面影響。

生態檢核為結合工程設計、生態專業評估、 民眾參與、資訊公開之溝通平台



圖 2 生態檢核概念圖

2 生態檢核概念與執行

2.1 生態檢核機制概念

生態檢核機制的核心概念著重於工程與生態之專業意見整合，主要透過生態專業評估及民眾參與溝通協商二項主軸(圖3)。由生態專業人員在蒐集調查工區周圍的生態資料，據以提出減輕衝擊的策略與生態友善建議，提供工程設計人員考量與執行。同時考量保育團體與在地民眾意見，讓民眾參與治理計畫內容，提供溝通機會與意見交流，提早瞭解在地特性並納入治理方案，增加互信基礎，減少後續爭議發生。

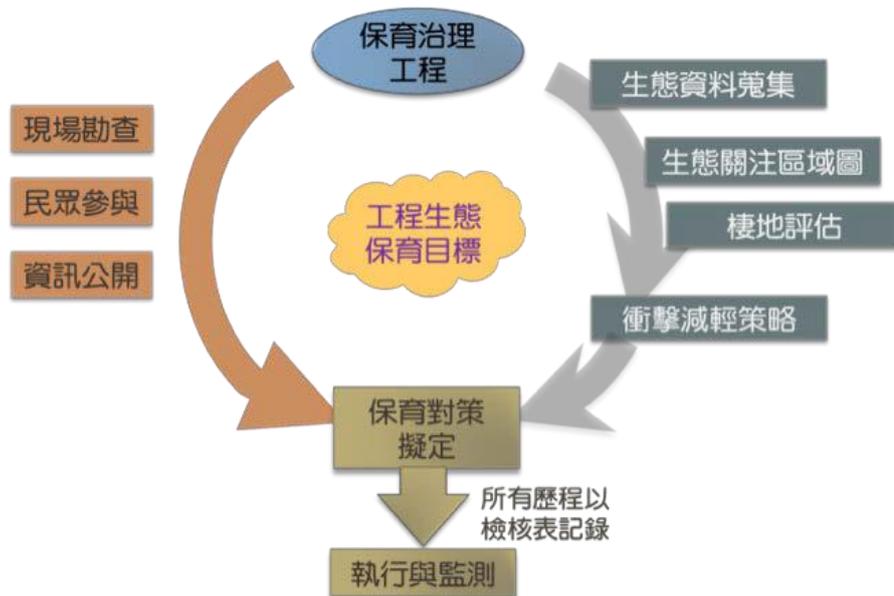


圖 3 生態調查評估及溝通協商為生態檢核之兩大主軸

2.2 生態檢核執行重點

由生態專業人員蒐集調查工區周圍的生態資料，提出減輕衝擊的策略與生態友善建議，提供工程設計人員考量與執行。以民眾在地經驗為歷史資訊的來源，釐清保護標的同時，讓民眾參與治理計畫內容，工程專業人員提供溝通機會與意見交流，透明化的討論方案的調整可能導致的情形，提早瞭解在地特性並納入治理方案，增加互信基礎，減少後續爭議發生。

在生態檢核工作中，生態專業人員協助工程範圍進行生態與環境資料蒐集、棲地評估、生態關注區域圖繪製以及就生態環境衝擊減輕面向提供專業意見；工程主辦單位則應辦理現場勘查及民眾參與，填寫生態檢核表並主動公開資訊。最後工程主辦單位透過與生態專業人員及民眾等多方討論，擬定工程生態保育對策，於施工期間輔以自主檢查表定期查核，並持續追蹤環境變化，將完整之生態檢核過程記錄於生態檢核表中。以下分別就生態專業人員，以及工程主辦單位應辦理，由本團隊協助輔導的項目，簡述生態檢核的重點執行工作。

(一) 生態專業人員執行之評估調查工作

1. 工程周邊生態相關資料蒐集

為有效掌握環境與生態課題，需彙整工程周邊之生態資源與潛在的關注物種，以作為分析預測治理工程生態影響之背景資訊，並持續新增最新資料。資料經彙整後，提供給工程主辦單位記錄於生態檢核表，於個案可彙整融入生態關注區域圖，搭配圖面與文字敘述，完整呈現工區周圍需注意的生態課題。

2. 棲地評估

為快速綜合評判棲地現況，生態檢核採用棲地評估指標，透過均一的標準量化表示棲地品質，即時呈現工程周圍環境之棲地概況，協助擬訂有效的環境友善措施。本計畫將配合水利署制定之「水利工程快速棲地生態評估表(河川、區域排水)」表，依本案工程個案填列。

3. 生態關注區域圖繪製及生態保全對象標示

生態關注區域係指在工區周邊具有的生態資源豐富或具有生態課題的範圍，生態專業人員應參考包含法定保護區、文獻紀錄、現地調查結果與蒐集當地訪談資料在內等重要生態資訊，以圖面呈現工程影響範圍內生態敏感之環境區位，作為工程規劃設計之參考。生態關注區域圖繪製流程如圖4所示，圖面應套疊工程設計，透過現地調繪或空照圖判斷工程影響範圍內的主要棲地類型，依其生態環境特性劃分為高度敏感、中度敏感、低度敏感及人為干擾等級，並標註具重要生態價值的保全對象，明確呈現應關注之生態敏感區域。

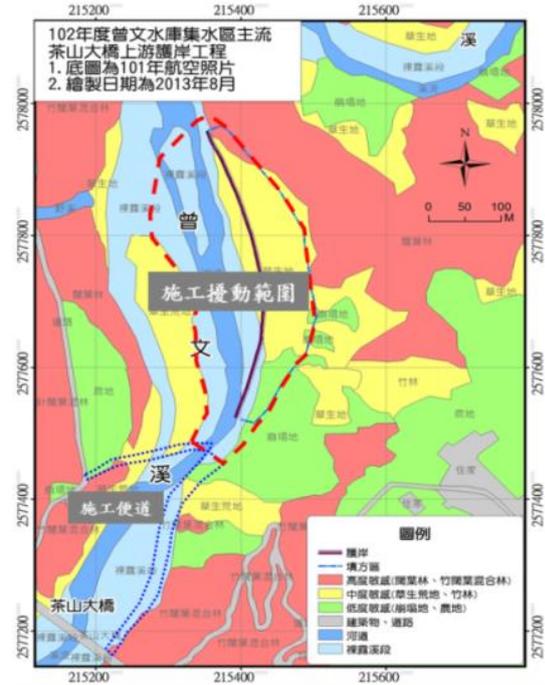
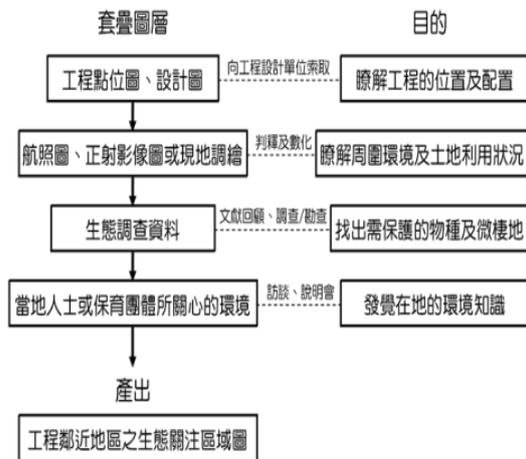


圖 4 生態關注區域圖範例

(二) 工程主辦單位辦理之項目

1. 現場勘查

由工程主辦單位視需求邀集相關單位、在地民眾、關注之民間團體，以及工程、生態專業人員至現場勘查，共同瞭解環境現況與工程目的。並依據執行內容，記錄生態環境與提供相關資訊，俾利生態影響分析作業。生態專業人員應描述現場環境概況，指認應保全之生態標的、關注區域與可能議題，提供相關生態資訊並與工程團隊溝通討論可行之環境衝擊減輕措施。

2. 民眾參與及資訊公開

民眾參與(或公民參與)可增加民間團體與管理單位之信任關係，有效形成共識、解決問題，避免非理性抗爭，為目前公共事務決策程序趨勢。生態檢核制度明定工程主辦單位應公開相關資訊，並規劃在工程各階段有因應之公開說明活動，邀請居民代表、關心環境治理議題的在地團體與權益相

關的個人代表或團體參與。公開說明治理構想、必要性及施作方式，聽取民眾建議並彙整生態環境相關意見作為對策研擬考量重點。

3. 生態衝擊與減輕對策研擬

生態檢核應整合文獻蒐集、調查結果及民眾意見，評估工程可能造成之生態環境衝擊，並根據工程目的與規劃設計，提供保全重要棲地或降低生態衝擊的保育對策。保育對策應優先採用最能降低干擾或避免負面生態影響之方式，亦即依迴避、縮小、減輕與補償之優先順序考量與施作。

因此，工程配置及施工應優先考量是否可以迴避生態保全對象或重要棲地，若無法完全避免干擾，則應評估縮小影響範圍、減輕永久性負面效應，針對受工程干擾的環境，應積極研究原地或異地補償等策略，往零損失的目標趨近。

4. 生態檢核表與自主檢查表填寫

表單依照「水利工程生態檢核自評表」填列。生態評析則填列「水利工程快速棲地生態評估表(河川、區域排水)」，檢核工作過程應採用生態檢核表記錄，並協助研擬施工廠商可操作之自主檢查表，供施工階段由施工廠商與監造單位現地查核運用。

3 生態檢核作業原則

(一) 工程計畫核定階段

1. 目標

評估計畫對生態環境衝擊程度及可行性，依生態衝擊的減輕及因應對策的研擬，決定工程配置方案。各階段作業流程如圖5。

2. 作業原則

(1)組成含生態背景及工程專業之跨領域工作團隊，透過現場勘查，評估潛在生態課題、確認工程範圍及週邊環境的

生態議題與生態保全對象。

(2)蒐集計畫施作區域既有生態環境、議題等資料，並由生態背景人員現場勘查記錄生態環境現況及分析工程計畫對生態環境的影響。

(3)辦理生態調查、評析，據以研擬符合迴避、縮小、減輕與補償策略之生態保育對策，提出合宜之工程配置方案。

(4)執行水利工程快速棲地生態評估表。

(5)邀集生態背景人員、相關單位、在地民眾與關心相關議題之民間團體辦理規劃說明會，蒐集、整合並溝通相關意見。

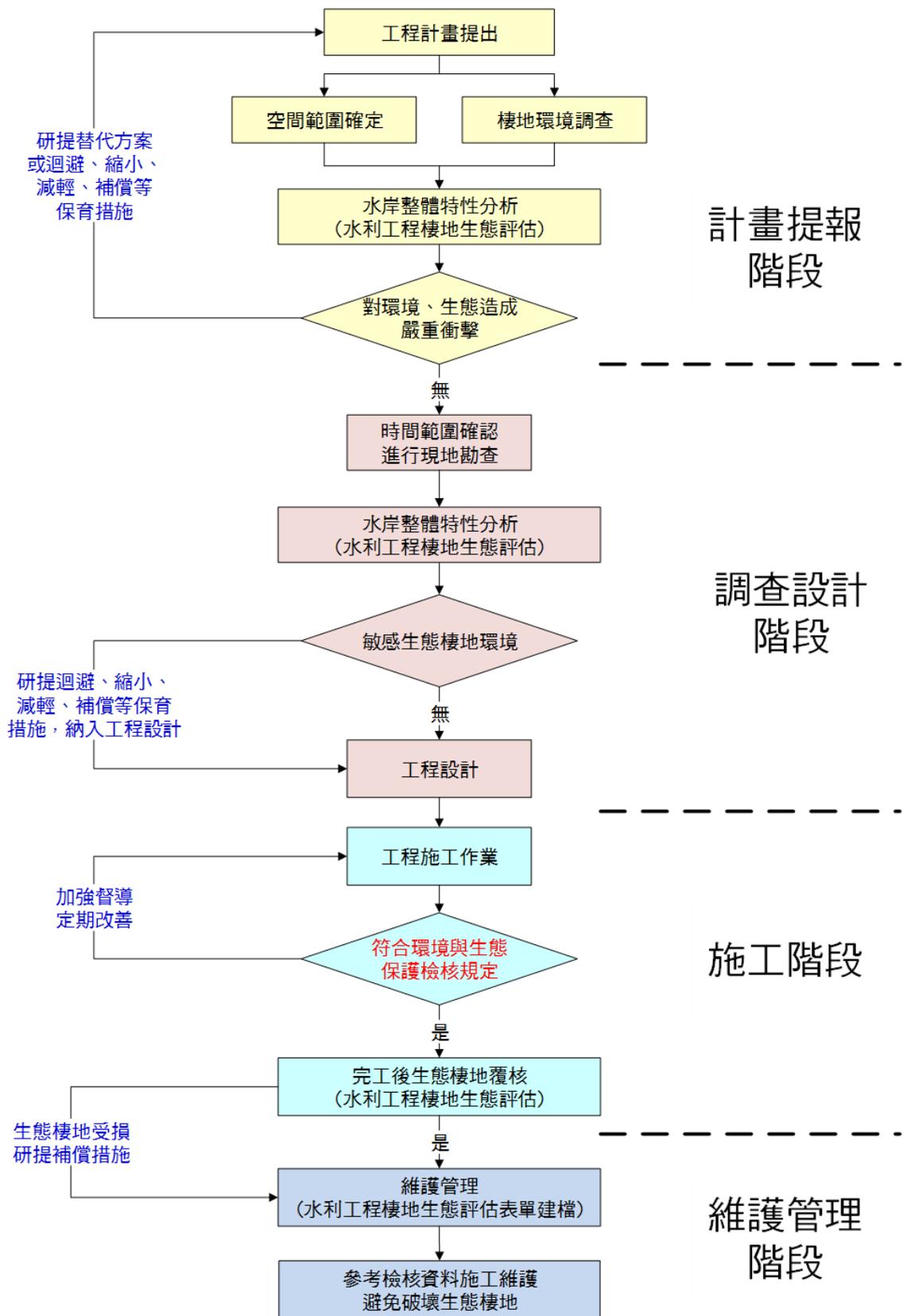


圖 5 水利工程生態檢核作業流程圖

(二) 調查設計階段

1. 目標

落實生態評析與保育對策於工程設計中。

作業原則

(1)根據生態保育對策辦理細部之生態調查、評析工作，執行水利工程快速棲地生態評估分析。

(2)根據生態調查、評析成果提出生態保育措施及工程方案，並透過生態及工程人員的意見往復確認可行性後，完成細部設計。

(三) 施工階段

1. 目標

落實前階段所擬定之生態保育對策與工法，確保生態保全對象、生態關注區域完好與維護環境品質。

作業原則

(i)開工前準備作業

組織含生態背景及工程專業之跨領域工作團隊，以確認生態保育措施實行方案、執行生態評估。

辦理施工人員及生態背景人員現場勘查，確認施工廠商清楚瞭解生態保全對象位置，並擬定生態保育措施與環境影響注意事項。

施工前環境保護教育訓練計畫應含生態保育措施之宣導。

邀集生態背景人員、相關單位、在地民眾與關心相關議題之民間團體辦理施工說明會，蒐集、整合並溝通相關意見。

確實依核定之生態保育措施執行，於施工過程中注

意對生態之影響，以適時調整生態保育措施。施工執行狀況納入相關工程督導重點，完工後列入檢核項目。

(三) 維護管理階段

1. 目標

維護原設計功能，檢視生態環境恢復情況。

2. 作業原則

於完工階段將工程生命週期之生態棲地檢核成果資料建檔，以利後續維護管理參考。並將工程生命週期之生態棲地檢核成果資料等資訊公開。

於維護管理階段定期視需要監測評估範圍的棲地品質並分析生態課題，確認生態保全對象狀況，分析工程生態保育措施執行成效。

4 河溪棲地評估

河溪環境棲地評估比較較常使用的有兩種評估表單，分別為「水利工程快速棲地生態評估表」及「河溪棲地評估指標」。

「水利工程快速棲地生態評估表」較為簡略，主要是針對工程設計人員，讓工程人員快速了解河溪狀況；「河溪棲地評估指標」能提供較完整的資訊，通常會使用在未受太多人為干擾地溪流環境，像是擁有自然堤岸之河川、河川旁邊擁有自然林等。

較完整之「河溪棲地評估指標」操作說明如下：

(1) 目的

河溪棲地評估指標是一種整合性評估方法，其目的為將河溪的棲地品質以量化表示，利於分析河溪的重要生態資源現況，並且可由結果看出生態環境需要提升改善的項目。其兼具科學的程序性、可提供單一季節多個地點的調查、可快速回報結果給決策者、轉換為管理與公共政策、有益於環境的操作程序等特性

(Barbour et al., 1999)。

(2) 適用對象

河溪棲地評估指標適用於可涉水通過的野溪環境。一般河川或水庫集水區中上游之河溪環境多為符合上述野溪定義之中小型溪流，因此，相關的河溪或坡地整治工程可應用河溪棲地評估進行現況分析與記錄，用以瞭解工區及其周圍的水陸域棲地品質，提供規劃設計者因地制宜與研選工法之依據及偵測棲地變動的依據。

(3) 操作方法

於欲評估溪流範圍內分別進行八項河溪地形棲地因子及二項濱溪植被因子的評估(表1)。各評估指標的評估項目、目的與內容如表1所示。各項評估依棲地品質優劣可區分佳(分數20至16分之間)、良好(分數15至11分之間)、普通(分數10至6分之間)、差(分數5至1分之間)等四種等級。其中河岸的評估因子，包含堤岸穩定度、河岸植生覆蓋狀況及河岸植生帶寬度等三個項目須左、右岸分別估算。各項因子之詳細給分標準參見附件一。將十個評估項目分數加總獲得總分，滿分為200分。此一總分愈高表示該河段為棲地品質及穩定性較高且可能蘊含較多生物多樣性及生態資源之河溪環境。

表 1 河溪評估指標的指標項目、目的及內容

分類	指標項目	評估目的	評估內容
河溪 地形 棲地	1.底棲生物的棲地基質	瞭解底質是否有足夠空間給底棲生物利用	穩定的深潭、大石、暗樁、漂流木
	2.河床底質包埋度	瞭解底棲無脊椎生物能利用的程度	礫、卵石被細砂土包埋程度
	3.流速水深組合	瞭解水流與水深在河道中之分佈與組合	急流、緩流、淺水、深水
	4.沉積物堆積	瞭解沉積物在河道中淤積程度，影響河床可利用的程度	細小礫石、砂、土；砂洲、經常改變的河床底層
	5.河道水流狀態	瞭解河道及河道水位是否有人為干擾，是否有底質裸露的情形。	河道縮減、時常改道、水位下降、基質裸露
	6.人為河道變化	瞭解人造設施造成棲地干擾或棲地間阻隔的影響。	工程設施干擾、棲地阻隔
	7.湍瀨出現頻率	瞭解溪流之水量穩定及巨石等配置情形	湍瀨數量、頻率
	8.堤岸穩定度	瞭解河岸之穩定程度	岩盤、巨石>人造物>鬆軟之土石膠結
濱溪 植被	9.河岸植生覆蓋狀況	瞭解河岸周遭植生狀況並簡單區分人為干擾程度	天然林>人造林>竹林、果園>草>無
	10.河岸植生帶寬度	瞭解周圍環境之生態潛力	植生帶的寬度

資料來源：水利署，2010。

(4) 應用

河溪棲地評估指標除了可用於快速綜評一河溪環境之棲地品質之外，也可應用於同一河段於不同時期的棲地環境評估，藉由記錄歷年各個評估指標因子分數，並比較歷年評估指標結果變動情形，可概觀瞭解河溪環境的變化情況(表3)。河川或水庫集水區中上游之治理工程，建議從規劃設計階段到施工結束後的維護管理階段有系統地行河溪棲地評估指標的估算並建立相關紀錄，以瞭解治理工程對河溪環境之影響及後續恢復情形，可回饋後續工程改善建議，提昇保育治理工程成效。

附件五、溪流棲地評估指標

水庫集水區工程生態檢核執行參考手冊附件

河溪棲地評估指標

一、目的

河溪棲地評估指標是一種整合性評估方法，其目的為將河溪的棲地品質以量化表示，利於分析河溪的重要生態資源現況，並且可由結果看出生態環境需要提升改善的項目。其兼具科學的程序性、可提供單一季節多個地點的調查、可快速回報結果給決策者、轉換為管理與公共政策、有益於環境的操作程序等特性(Barbour et al., 1999)。

二、適用對象

河溪棲地評估指標適用於可涉水通過的野溪環境。一般河川或水庫集水區中上游之河溪環境多為符合上述野溪定義之中小型溪流，因此，相關的河溪或坡地整治工程可應用河溪棲地評估進行現況分析與記錄，用以瞭解工區及其周圍的水陸域棲地品質，提供規劃設計者因地制宜與研選工法之依據及偵測棲地變動的依據。

三、操作方法

於欲評估溪流範圍內分別進行八項河溪地形棲地因子及二項濱溪植被因子的評估。各評估指標的評估項目、目的與內容如表1所示。各項評估依棲地品質優劣可區分佳(分數20至16分之間)、良好(分數15至11分之間)、普通(分數10至6分之間)、差(分數5至1分之間)等四種等級。其中河岸的評估因子，包含堤岸穩定度、河岸植生覆蓋狀況及河岸植生帶寬度等三個項目須左、右岸分別估算。各項因子之詳細給分標準參見表2。將十個評估項目分數加總獲得總分，滿分為200分。此一總分愈高表示該河段為棲地

品質及穩定性較高且可能蘊含較多生物多樣性及生態資源之河溪環境。

表 1 河溪評估指標的指標項目、目的及內容

分類	指標項目	評估目的	評估內容
河溪 地形 棲地	1.底棲生物的棲地基質	瞭解底質是否有足夠空間給底棲生物利用	穩定的深潭、大石、暗樁、漂流木
	2.河床底質包埋度	瞭解底棲無脊椎生物能利用的程度	礫、卵石被細砂土包埋程度
	3.流速水深組合	瞭解水流與水深在河道中之分佈與組合	急流、緩流、淺水、深水
	4.沉積物堆積	瞭解沉積物在河道中淤積程度，影響河床可利用的程度	細小礫石、砂、土；砂洲、經常改變的河床底層
	5.河道水流狀態	瞭解河道及河道水位是否有人為干擾，是否有底質裸露的情形。	河道縮減、時常改道、水位下降、基質裸露
	6.人為河道變化	瞭解人造設施造成棲地干擾或棲地間阻隔的影響。	工程設施干擾、棲地阻隔
	7.湍瀨出現頻率	瞭解溪流之水量穩定及巨石等配置情形	湍瀨數量、頻率
	8.堤岸穩定度	瞭解河岸之穩定程度	岩盤、巨石>人造物>鬆軟之土石膠結
濱溪 植被	9.河岸植生覆蓋狀況	瞭解河岸周遭植生狀況並簡單區分人為干擾程度	天然林>人造林>竹林、果園>草>無
	10.河岸植生帶寬度	瞭解周圍環境之生態潛力	植生帶的寬度

資料來源：水利署，2010。

表 2 河溪棲地評估指標

1. 底棲生物的棲地基質	說明	於保育治理工程應用上，主要在避免河床底混凝土化或整治河道時改變底質(如將巨石擊碎或移除)之情形。穩定多樣變化的底質結構，應在工程完成後保留與復原。																			
	程度	佳					良好					普通					差				
		I 理想基質超過河道面積 70%。 II 基質穩定、長期存在且已有生物利用。					I 理想基質佔河道面積介於 40 到 70%。 II 基質初形成，穩定但無生物利用。					I 理想基質佔河道面積介於 20-40%。 II 基質不穩定，干擾頻繁，無生物利用。					I 理想基質佔河道面積 20% 以				
		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
																					
2. 河床底質包埋度	說明	於保育治理工程應用上，主要應避免施工期間淤泥砂等細顆粒之堆置及施工過程地表擾動的情形，臨時沉砂設施可有效控制包埋情形，並於工程構造物設計時，需注意水流流速之控制，避免流速過緩，導致細顆粒沉降累積。																			
	程度	佳					良好					普通					差				
		I 礫石、卵石及巨石 0-25% 的體積被沉積砂土包圍。					I 礫石、卵石及巨石 25-50% 的體積被沉積砂土包圍。					I 礫石、卵石及巨石 50-75% 的體積被沉積砂土包圍。					I 礫石、卵石及巨石 75% 以上的體積被沉積砂土包圍。				
		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
																					
3. 流速水深組合	說明	於保育治理工程應用上，應避免河道治理斷面單調之處理模式，工程並應儘量改變較少見的棲地類型，例如鄰近溪段深潭較少，則工程佈設應儘量增加對深潭的保護，相反地，若該河段岸邊緩流較少，則應注意施工便道應避免於河岸佈設，以保障仔稚魚的棲所。																			
	程度	佳					良好					普通					差				
		I 具有 4 種流速/水深組合。					I 具有 3 種流速/水深組合。若缺少急流-淺水的狀態，其得分會較缺乏其他型態低。					I 僅 2 種流速/水深組合出現。若缺乏急流-淺水或緩流-淺水的型態，則得分較低。					I 絕大部分組合為單一種流速/水深組合。				
		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
																					
4. 沉積物堆積	說明	於保育治理工程應用上，需先控制土砂堆積的料源，對上游裸露的鬆軟土層崩塌地或農墾地，進行植生護土，由源頭減少堆積物來源，避免大量的土砂短時間進入溪流環境中。水土保持崩塌地治理工程可明顯減少河道土砂堆積，而施工或搶險過程，避免將產生之土石推入溪床旁或道路下邊坡，降低增加土砂堆積的機會。																			
	程度	佳					良好					普通					差				
		I 由河道沉積物堆積的程度，如砂洲、小島等，判斷溪流環境是否受大規模的沉積作用影響，而不穩定。沉積物的材質為砂或泥。					I 河道底部受沉積物堆積影響的面積小於 5%，幾無砂洲形成。					I 河道底部受沉積物堆積影響的面積介於 5-30%。 II 具有新近形成增加的砂洲，且水潭底部有少量的沉積。					I 河道底部受沉積物堆積影響的面積介於 30-50%。 II 沉積物累積於障礙物、結構物和彎曲處；水潭有中度的沉積物。				
		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

																									
5. 河道水流狀態	說明	於保育治理工程應用上，須注意常流水斷流的情形。若遇到天然環境造成的無水野溪，可不進行此項目之評估。造成水位降低的可能原因為(a)河道增寬，溪床墊高導致水流斷面寬度增加，(b)壩體的上游土石堆積後，地表逕流變成伏流，(c)截流、分流及引水等工程，原河道水量被取走的情形，(d)乾旱。																							
	程度	佳					良好					普通					差								
		I 水量豐沛，幾無溪床裸露。					I 小於25%的溪床面積露出水面。					I 有25-75%的溪床面積露出水面。					I 河道水量極少；溪床面積幾乎裸露。								
		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				
																									
6. 人為河道變化	說明	於保育治理工程應用上，應以不佈設硬體工程維持溪流環境天然原貌為目標；避免施工便道施作於溪流中及兩旁濱溪帶，盡可能使用索道運輸物料；工程規劃設計時，可提供相關施工後復原計畫，對溪流與週遭環境進行復原。																							
	程度	佳					良好					普通					差								
		I 河道幾無治理工程，並維持原有的狀態。 II 沒有道路通達，或維持原始風貌之環境。					I 河道可見些許工程，影響目視範圍中40%以內的河段。 II 過去曾有溪流治理，但並無新近的工程影響。					I 工程影響目視範圍中40-80%的河道。 II 溪流兩岸均有堤岸改變河道形狀。					I 工程影響目視範圍中80%以上的河道。 II 溪流兩岸遭混凝土等材質進行護岸。溪流中的棲地遭移除或改變。								
		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				
																									
7. 湍瀨出現頻率	說明	於保育治理工程應用上，有連續性的湍瀨與蜿蜒曲折的河道避免截彎取直或渠道化之情形。工程設計規劃時，應維持天然河川瀨潭出現的規律，依照經驗良好的棲地，河道寬度7倍距離內，即有一個瀨潭棲地的交換。欲維持最基本的棲地環境，河道寬度25倍距離內需有一個瀨潭的交換。																							
	程度	佳					良好					普通					差								
		I 湍瀨間的距離除以河道寬度約小於7。 II 目視可見河道中有連續的湍瀨，且擁有巨石、礫石與樹幹等天然物為佳。					I 湍瀨間的距離除以河道寬度約為7到15之間。 II 有巨石等天然物可激起湍瀨，但湍瀨不連續。					I 湍瀨間的距離除以河道寬度約為16到25之間。 II 無連續湍瀨，且無巨石等天然物於河道中。					I 湍瀨間的距離除以河道寬度約大於25。 II 水流平或淺，無巨石等可激起湍瀨的天然物。								
		20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1				
																									
8. 堤岸穩定度	說明	堤岸以材質穩定者為佳，如大理石優於泥砂膠結的土層。坡岸斜度可判斷侵蝕的強度，堤岸陡峭處較易崩塌；裸露樹根、植被狀況與底層裸露的程度判斷堤岸的穩定度。此因子應注意與河道干擾因子的運動性，混凝土護岸有好的堤岸穩定度，但造成動物活動限制；砌石護岸若同樣能解決堤岸侵蝕問題，其孔隙度佳，就河道干擾因子而言，影響較小。																							
	程度	佳					良好					普通					差								
		I 堤岸材質為岩盤等堅硬石材，堤岸坡度較陡。 II 小於5%的堤岸有受沖蝕的跡象。					I 5-30%的堤岸受溪水沖蝕。 II 曾遭沖蝕的堤岸具回復跡象，如初生的植被。					I 30-60%的堤岸受溪水沖蝕。 II 無回復跡象，河道轉彎處在洪峰時遭沖蝕的可能性極高。					I 60-100%的堤岸受溪水沖蝕。 II 直線河道仍可見連續沖蝕的痕跡。								
		左岸		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	右岸		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1



9. 堤岸的植生保護	說明	於保育治理工程應用上，優先繪出良好的濱溪帶範圍，應避免佈設施工便道而伐除，對施工方法加以限制，必要時提高費用。在實際作業上，兩岸若一側為農地，另一側為林地，為避免農人反彈或協商，施工便道即考量佈設於林地，對環境衝擊較高，短期方便卻造成長期環境破壞。若有層次完整的濱溪帶，應加以保留。											
	程度	佳			良好			普通			差		
		I 90%的堤岸具完整的分層原生植被，包含樹冠、灌叢和草本植被。 II 植被幾無破壞的跡象。			I 70-90%的堤岸具原生植被。 II 植被有遭破壞的跡象。			I 50-70%的堤岸具原生植被。 II 植被受到明顯的破壞。			I 50%以下的堤岸具原生植被。		
		左岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
		右岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
													
10. 河岸植生帶寬度	說明	植生帶的寬度常因道路、農田、停車場和草皮等人為開發與建物影響而縮減。復原濱溪帶可設置緩衝綠帶等增加植生帶寬度的措施，改善水質狀況與提高動植物棲息地面積皆有明顯助益。依照經驗良好的植生帶，至少應有6公尺的濱溪帶寬度，方具有最低的生態效益，若能在24公尺以上，則為一健全的濱溪綠帶。											
	程度	佳			良好			普通			差		
		I 河岸植生帶的寬度大於18公尺。 II 人為活動幾無影響河道(道路、砍伐或農業活動)。			I 河岸植生帶的寬度介於12到18公尺間。 II 人為活動輕微影響河道(道路、砍伐或農業活動)。			I 河岸植生帶的寬度介於6到12公尺間。 II 人為活動嚴重影響河道(道路、砍伐或農業活動)。			I 河岸植生帶的寬度小於6公尺。 II 因人為活動而幾無植生帶。		
		左岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
		右岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
													

四、應用

河溪棲地評估指標除了可用於快速綜評一河溪環境之棲地品質之外，也可應用於同一河段於不同時期的棲地環境評估，藉由記錄歷年各個評估指標因子分數，並比較歷年評估指標結果變動情形，可概觀瞭解河溪環境的變化情況(表3)。河川或水庫集水區中上游之治理工程，建議從規劃設計階段到施工結束後的維護

管理階段有系統地行河溪棲地評估指標的估算並建立相關紀錄，以瞭解治理工程對河溪環境之影響及後續恢復情形，可回饋後續工程改善建議，提昇保育治理工程成效。

表 3 案例-卡拉溪 ST1 樣站歷年棲地評估記錄

樣站：卡拉溪 ST1 (○:表示與第一次調查同分，+:表示與第一次調查比較所增加分數，-表示與第一次調查比較所減少分數)					
評估因子	說明	豐水期 (99/7/26)	枯水期 (99/10/27)	枯水期 (100/5/11)	豐水期 (100/8/31)
1.底棲生物的棲地基質	河床底部以巨石、卵石為主，少見淤積土砂。第三次調查淤積面積增加。第四次調查淤積面積減少。	16	○	-4	-2
2.河床底質包埋度	礫石與卵石土砂包埋狀況少於25%。三次調查包埋現象增加。	17	○	-5	-2
3.流速水深組合	可見淺瀨、淺流分佈。第二次調查增加許多湍瀨棲地。第三次、第四次調查僅淺流、淺潭。	15	+3	-7	-6
4.沉積物堆積	左岸及右岸可見小面積淤積土砂灘地。第二次調查水量充足，淤積土砂減少。第三次調查、第四次水量少，土砂堆積後灘地增加。	12	+3	-5	-4
5.河道水流狀態	水量充沛，溪床裸露少。第二次調查因降雨使得溪流水量增加。第三次、第四次水量少，河床大面積裸露。	15	+3	-10	-9
6.人為河道變化	河道可見固床工，右岸及左岸有護岸。	10	○	○	○
7.湍瀨出現頻率	可見水流與巨石形成連續瀨區。第二次調查增加許多湍瀨棲地。第三次、第四次調查湍瀨數量減少。	17	+3	-10	-10
8.堤岸穩定度	左岸、右岸皆有護岸。左岸及右岸有侵蝕現象。	左6，右6	○	○	○
9.河岸植生保護	左岸鄰近道路，植被遭受施工破壞，有裸露地。右岸植被鄰近道路。第四次調查植被漸漸復原。	左3，右5	○	○	+2
10.河岸植生帶寬度	左岸植被帶小於6公尺，鄰近道路，有施工工程影響。右岸植被小於6公尺，鄰近道路，植被漸漸復原。	左2，右3	○	○	+2
總分		127	139	86	100

國有林治理工程生態友善機制手冊附件

野溪治理工程生態追蹤評估指標

一、目的

「野溪治理工程生態回復追蹤評估指標」發展之目的，是維持河溪環境自然生態，提升治理工程保育品質。本指標是依據臺灣上游高坡度野溪特性，與野溪治理工程容易干擾之生態功能與面向所設計。指標所列10項評估項目，適用於臺灣河溪治理工程中，物理性棲地與其所提供的基礎功能多樣性之評估，同時也是野溪治理工程中常見之生態課題，具生態概念推廣美意。本指標可快速評估工區的生態和棲地品質，呈現治理前後生態成效與可持續改善之重點，提供生態檢核、生態調查、治理工程規劃與執行等人員分析生態課題，研擬保育策略，監測工程干擾與影響，同時可提供棲地保護或完工後恢復成效參考之工具。

二、適用對象

指標操作原則、適用環境與施行限制如下：

- (一) 本評估指標適用於坡度千分之5以上，可涉水而過之山區野溪，不考慮河槽寬度、地下水位與伏流。
- (二) 本評估指標優點是在少量測儀器下藉由目視分級評分，評估河溪棲地品質與生態功能，適用於生態人員臨場快速評估生態狀況，工程人員生態友善設計參考，與一般民眾學生教育訓練之用。如需更精密或指標範圍外之量測，應考量採用更先進或其他量測、記錄之方法。
- (三) 評估溪段長度基本上為預定工區擾動範圍，屬於小尺度點狀範圍，一般依介於30-100公尺間，超過100公尺，或溪段特性差異明顯時，應分段評估，或考慮使用其他更大尺度之評估方法。
- (四) 評估溪段位點與範圍確定後，參考各指標定義的範圍或寬度施行評估。評估過程應先區分程度等級(佳、良好、普通、差)，取中間值後，依現場細部棲地特性作分數微調。分數微調以評估溪段最重要或最具影響

力之因子為優先，加扣分以不超過 2 分或不越級為原則。加扣分建議以外之狀況，則由評估人員依溪流生態學原理原則決定分數微調幅度。程度等級區分與分數微調，均應說明理由與依據。

- (五) 本評估方法所引用之粒徑與流速水深組合，皆依現行水文學與生態學定義。
- (六) 實務上本評估指標用於評估工區棲地品質現狀與工程前後變化量，為使其具科學上的比較意義，應考量時間上(施工前)或空間上(工區上游或鄰近特徵相近溪段)之參考點，以了解評估溪段環境自然度與治理前棲地物理品質，並比較河溪治理工程之生態衝擊與成效。
- (七) 評估指標為評估個案工程棲地環境之時間與空間變化量，不宜用於比較不同溪段(工區)、溪流、流域或地區間之工區棲地品質。如需比較，則須確認或假設各工區分布範圍內生態與環境特性為均質。
- (八) 評估分級等級分佳、良好、普通、差，是為協助非生態專業人士與一般民眾瞭解本指標而給予之文字敘述，不全然代表棲地品質優劣，勿執著文字表象。需藉由時間或空間尺度上之對比，方能評估工程前、後棲地物理品質變化量。
- (九) 「野溪治理工程生態追蹤評估指標」易受主觀意識影響，建議評估人員應受過相關課程訓練，並具實務操作經驗，以確保評估標準與品質一致。

三、10項評估項目之生態意義與評估標準

(一) 「溪床自然基質多樣性」

「溪床自然基質多樣性」是從河溪棲地評估指標中「底棲生物的棲地基質」項目，強化細節定義與說明，略作調整後使其適合作細緻化的描述與操作。調整重點主要是整合學術上現行河川基質粒徑定義，並就有機性基質多樣性、巨石大石保留、自然溪床維持或生物利用等臺灣常見溪流現象，給予生態專業評估人員依現地狀況作評分微調之彈性判斷空間。

1、 「溪床自然基質多樣性」之評估目的與生態意義

本評估指標目的在於瞭解溪床上，可供水域生物利用的自然基質佔溪床之比例。優先考量無機性基質如卵石、礫石、塊石、大石和巨石等之粒徑多樣性，其次輔以有機性基質如落葉、枝條、樹幹、倒木等作評估。當溪流中擁有多種且足量的自然基質，且所占面積

比例高，即可為不同的溪流水生生物物種提供多樣性棲位與利用空間，與生物躲藏、覓食、繁衍後代的環境。若棲地基質的多樣性與面積縮減，棲地易趨向單一化，溪流緩衝人為與自然擾動能力降低，不利水生生物棲息與利用。

2、河溪治理工程對「溪床自然基質多樣性」之影響

- (1) 移除與覆蓋溪床底質：施工過程中，常為了取用現地自然資材、通洪順暢或完工後驗收之美觀等目力，打碎大石、巨石和移除溪床塊石。
- (2) 整平河道使之渠道化與平淺化。
- (3) 施工過程中土砂進入水體後水體濁度與沉積物堆積增加，自然棲地基質因沉積物覆蓋而消失。
- (4) 最極端之狀況是溪床渠底混凝土化，即俗稱三面光工法，溪床基質所提供之棲地與生態功能因此消失。

3、保護「溪床自然基質多樣性」的對應生態友善措施

- (1) 優先保留穩定多樣化的溪床自然基質結構，不移除、整平或以混凝土封底。
- (2) 保留至少 30%塊石、巨石、倒木於溪床上。
- (3) 強化濁度管理，避免土砂進入水體掩蓋溪床基質。
- (4) 完工後以拋鋪塊石等方式復原或營造，有利基質多樣性恢復。

4、「溪床自然基質多樣性」評估方法

「溪床自然基質多樣性」之評估分級與評分量尺如表 1。其評估自然基質佔評估溪段之「面積百分比」，當理想棲地基質比例高時，在有地表逕流時具形成較佳水域棲地之潛勢，給予較高分級。在分級確定後，生態評估人員就現場之觀察與狀況，參考以下建議，選擇最顯著之因子，酌以加分或扣分。

當溪床有粒徑 3 公尺以上巨石，或以大小漂石、圓石為主；或生物可棲息空隙多；或多倒木、漂流木、枯枝落葉與有機碎屑；或完工後重新鋪石、拋石、棲地營造、改善與恢復；或基質上生長矽藻、苔蘚，或發現好清潔水生昆蟲、蝦蟹魚類等。得酌予加分，加分以不超過分級上限為原則。

當溪床底質主要為細顆粒如礫石、砂土、黏土；或溪床整平、

漿砌、封底；或移除大小漂石與超過三公尺巨石；或無生物利用等。得酌予扣分，扣分以不超過分級下限為原則。

5、「溪床自然基質多樣性」評估細節說明

- (1) 自然基質佔河道的面積大、基質多樣性高、並且已經有生物利用為佳。
- (2) 基質類型：大漂石(>51.2cm)、小漂石(25.7~51.2cm)、圓石(6.5~25.6cm)、卵石(1.7~6.4cm)、礫石(0.2~1.6cm)5種，不包括粒徑小於0.2cm之砂土與黏土，或漂流木或枯枝落葉等。
- (3) 本項不考慮地表逕流有無，僅評估底質組成可成為理想溪床棲地之潛力。

表1 「溪床自然基質多樣性」評估分級與評分量尺

分級	佳	良好	普通	差
評分標準	I 理想基質 超過 河道面積 70% 。 II 基質穩定、長期存在且已有生物利用	I 理想基質佔河道面積介於 40到70% 。 II 基質初形成，穩定但無生物利用。	I 理想基質佔河道面積介於 20-40% 。 II 基質不穩定，干擾頻繁，無生物利用。	理想基質佔河道面積 20%以下 。
分數	20 19 18 17 16	15 14 13 12 11	10 9 8 7 6	5 4 3 2 1
圖例				

(二) 「河床底質包埋度」

「河床底質包埋度」保留沿用河溪棲地評估指標之同名項目，本項目在臺灣溪流環境適用度高，因此不予更動。

1、「河床底質包埋度」之評估目的與生態意義

本評估指標目的在於瞭解溪床中的礫石、卵石與漂石等塊石，被泥、土或砂覆蓋的程度。當包埋度低，代表溪床塊石間有足夠的孔隙度，能提供底棲水生生物如藻類、水生昆蟲、鰕虎、爬岩鰍與蝦蟹等生物棲息利用，當塊石與其間孔隙遭泥砂覆蓋填滿，即無法提供作為生物躲藏、覓食與繁衍後代的棲地。底質包埋的成因是自然的大規模的沉積物移動與堆積，或是人為野溪治理工程覆土整平，與高濁度沉積物掩蓋溪床塊石所致。

2、河溪治理工程對「河床底質包埋度」之影響

- (1) 施工期間大量土砂覆蓋沉積溪床塊石，降低石縫間孔隙度；應注意於施工時整理河道或挖填作業造成土方直接掩蓋溪床，或於完工後回覆環境作業避免整平溪床。
- (2) 開挖土方擾動土砂進入水體，造成流水濁度升高，沉積物堆積溪床程度增加。
- (3) 最極端之情況是溪床混凝土化，完全包埋底質，造成無生物可利用的孔隙，亦難以自然恢復。

3、降低「河床底質包埋度」的對應生態友善措施

- (1) 從源頭控制土砂來源，降低施工過程中開挖擾動地表之範圍。
- (2) 避免施工期間土砂不當堆置，避免將剩餘土石推入溪床旁或道路下邊坡溪流等。
- (3) 工程設計時控制水流流速，避免細粒沉積物堆積。
- (4) 利用涵管或便橋等設施，導流溪水遠離施工區，以避免車輛機具直接碾壓溪床揚起溪床土砂進入水體。
- (5) 利用臨時沉砂設施，或是排擋水設施，移除溪水中部分土砂降低濁度。

4、「河床底質包埋度」評估方法

「河床底質包埋度」之評估分級與評分量尺如表 2。其評估溪床中之塊石、大小漂石等，陷入或嵌入土砂淤泥中之「體積百分比」。

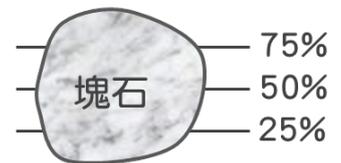
當包埋度低，表示塊石間可為水生生物利用的孔隙度多，可棲息與可利用空間增加，評估分級較高。在分級確定後，生態評估人員就現場之觀察與狀況，參考以下建議，選擇最顯著之因子，酌以加分或扣分。

當評估溪段溪水充沛，預計可快速帶走因工程臨時沉積的土砂；或是設置土砂控制設施或措施如沉砂池、施工遠離流水區、土布袋過濾等。得酌予加分，加分以不超過分級上限為原則。

當溪水濁度高或深潭易嚴重淤積土砂時，得酌予扣分，扣分以不超過分級下限為原則。

表 2 「河床底質包埋度」評估分級與評分量尺

20151014



程度	佳					良好					普通					差				
評分標準	礫石、卵石及巨石 0-25%的體積被沉積砂土包圍。					礫石、卵石及巨石 25-50%的體積被沉積砂土包圍。					礫石、卵石及巨石 50-75%的體積被沉積砂土包圍。					礫石、卵石及巨石 75%以上的體積被沉積砂土包圍。				
分數	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
圖例																				

5、「河床底質包埋度」評估細節說明

- (1) 塊石粒徑定義：同「溪床自然基質多性」項目。
- (2) 本項不考慮地表逕流有無，僅評估棲底塊石被沉砂淤泥包埋之程度。
- (3) 評分的結果與調查點位有相當的關係，評分點需儘可能選在溪流心處有塊石基質的淺瀨或淺流處。

(三) 「流速水深組合」

「流速水深組合」是從河溪棲地評估指標中之同名項目，強化細節定義與說明，調整後使其適合作細緻化的描述與操作。調整重點主要是導入學術上現行的流速水深組合(水型)定義，並加入對溪流魚苗、蝌蚪與水棲昆蟲等小型水生生物存活棲息具重要性「岸邊緩流」。同時整理臺灣魚種所偏好之流速水深供設計參考，以適用於臺灣溪流。

1、「流速水深組合」之評估目的與生態意義

本評估指標目的在於瞭解溪流中不同流速與水深組合，所代表的棲地多樣性。流速水深組合之定義如下：

- (1) 淺瀨 ($v > 30 \text{ cm/sec}$, $d < 30 \text{ cm}$ ，急流淺水，激起水花)
- (2) 淺流 ($v > 30 \text{ cm/sec}$, $d < 30 \text{ cm}$ ，緩流淺水無水花)
- (3) 深流 ($v > 30 \text{ cm/sec}$, $d > 30 \text{ cm}$ ，急流深水)
- (4) 深潭 ($v < 30 \text{ cm/sec}$, $d > 30 \text{ cm}$ ，緩流深水)
- (5) 岸邊緩流($v < 30 \text{ cm/sec}$, $d < 10 \text{ cm}$ ，靜流淺水)

溪流擁有以上五種流速水深組合，表示水域棲地環境的多樣性高，視為最佳之狀況，可提供不同生物利用之生棲環境，例如仔魚與蝌蚪能利用緩流淺水的水域覓食，並且躲避掠食者；緩流深水與急流深水則為較大型溪流魚類生存的空間；急流淺水的高含氧量能夠被部分水生昆蟲利用，亦是底棲魚類如爬岩鰍的棲地。若溪流的流速水深組合貧乏，表示棲地環境趨向單調化，直接影響可涵養之生物多樣性。

2、河溪治理工程對「流速水深組合」之影響

- (1) 治理工程對「流速水深組合」的主要影響是造成溪床環境之平緩化、單調化與渠道化。
- (2) 在河溪治理工程之設計上，往往以固床工和防砂壩調整溪床坡降，當坡降變緩，淺瀨與深潭及可能因為土砂淤積而消失。
- (3) 在施工過程中，常為了取用現地自然資材、通洪順暢或完工後驗收之美觀等，移除可激起水花的溪床塊石，和打碎可以形成深潭的大石巨石。
- (4) 整平河道使之渠道化，形成淺流或漫流之環境。
- (5) 最極端之狀況是溪床渠底混凝土化，溪流只剩淺流或緩流。

3、維持「流速水深組合」的對應生態友善措施

- (1) 優先保留全段或部分天然溪段，與該溪段較少見的水型。
- (2) 保留溪床 2-3 公尺以上大石或塊石不移除打除。
- (3) 完工後維持河道自然起伏線不整平。
- (4) 以近自然工法設計與營造，參考施工前之流速水深組合模式，利用塊石拋鋪、砌石、弧形固床工、低落差固床工、多階、深潭等手段，完工後恢復棲地多樣性。

4、「流速水深組合」評估方法

「流速水深組合」之評估分級與評分量尺如表 3。以 5 種流速水深組合(水型)，「定性」評估與描述溪流水域物理棲地之多樣性，當溪流存在的水深組合(水型)類型增加，代表適合不同種類水生生物棲息與利用地棲地類型即增加，視為較佳的狀況，給予較高分級。在分級確定後，生態評估人員就現場之觀察與狀況，依以下建議酌以加扣分。

當溪床有存在湍瀨或深潭；或是有粒徑 3 公尺以上大石巨石；瀨潭連續交錯；或是發現好高溶氧水生生物利用；或完工後重新鋪石、拋石、棲地營造、改善與恢復等。得酌予加分，加分以不超過分級上限為原則。

當溪流缺乏連續湍瀨、深潭或岸邊緩流；或形成漫流。得酌予扣分，扣分以不超過分級下限為原則。

當評估溪段出現乾涸、斷流或伏流現象，無流速水深組合，表示水域生態系崩潰消失，以 0 分計。

表 3 「流速水深組合」評估分級與評分量尺

程度	佳					良好					普通					差				
評分標準	具有4種以上流速/水深組合。					具有3種流速/水深組合。若缺少急流-淺水的狀態，其得分會較缺乏其他型態低。					僅2種流速/水深組合出現。若缺乏急流-淺水或緩流-淺水的型態，則得分較低。					絕大部分組合為單一類流速/水深組合。				
分數	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
圖例																				

5、「流速水深組合」評估細節說明

- (1) 本項考量「岸邊緩流」項目是因為其為魚苗主要棲息環境。
- (2) 本項所列 5 種流速水深組合(水型)佔評估溪段 10%以上可明顯識別。
- (3) 整理臺灣常見魚類偏好之流速水深如下 1。

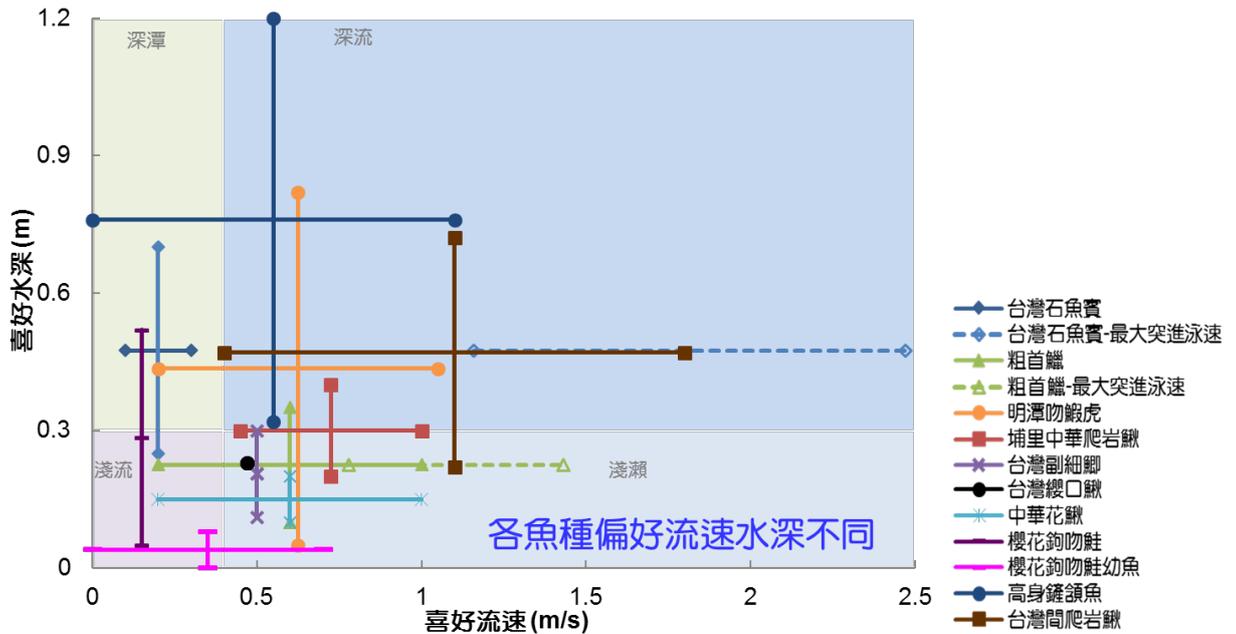


圖 1 臺灣常見魚類偏好流速-水深-棲地環境分析圖

(四) 「湍瀨出現頻率」

「湍瀨出現頻率」保留沿用河溪棲地評估指標之同名稱項目，其在臺灣溪流環境適用度高，因此不予更動。

1、「湍瀨出現頻率」之評估目的與生態意義

本評估指標利用「湍瀨出現頻率」，瞭解評估溪段的瀨潭交換頻率。自然溪流依其坡度與底質，自然平衡後形成固定瀨潭交換頻率。當交換頻率改變，顯示水域棲地之溶氧、通透性、異質性與多樣性改變，影響不同種類水生生物棲息與利用。湍瀨包括自然形成的淺瀨區與人工構造物所形成之跌水，其往往是溪段中補充溶氧和生物多樣性較高之處。在高坡降的溪流中，淺瀨湍流是維持水生昆蟲多樣性重要的棲地類型，此類棲地有大小不一的石塊激出水花曝氣，溶氧相對較高，是好清潔性或好高溶氧水生生物如長鬚石蠶、石蠅和石蛉之聚集處；因這一區域流速較高，也是喜好湍流之水生

生物如爬岩鰍之出沒點。「湍瀨出現頻率」高，反映有較高瀨潭交換頻率，視為較佳之溪流環境。

2、河溪治理工程對「湍瀨出現頻率」之影響

- (1) 治理工程對「湍瀨出現頻率」的主要影響是河道平整化導致湍瀨消失。
- (2) 工程設計改變自然底質與減緩坡度。
- (3) 施工中移除可激起湍瀨水花之塊石，或整平河道渠道化，或或溪床底部混凝土化等。
- (4) 改變原本自然溪段已平衡瀨潭交錯頻率，嚴重者甚至導致溪床單調化，水流平淺，瀨潭消失。

3、維持「湍瀨出現頻率」的對應生態友善措施

- (1) 工程設計時保留自然溪段與保留溪連續性的湍瀨為優先，以維持天然河川瀨潭出現的規律。
- (2) 同「溪床自然基質多樣性」的對應生態友善措施，維持溪床塊石基質對湍瀨維持有正面效益。
- (3) 工程後期的復原或營造，可參考施工前之湍瀨出現頻率。

4、「湍瀨出現頻率」評估方法

「湍瀨出現頻率」之評估分級與評分量尺如表 4。其評估溪流瀨潭交換頻率，以湍瀨間的「縱向距離除以河道寬度」所得之比值計算(河道寬度是以常時狀態(正常水流下)溪流之寬度)。良好棲地在河道寬度 7 倍距離內，即有一個瀨潭棲地的交換；至少河道寬度 25 倍距離內需有一個瀨潭的交換，以維持最基本的棲地條件。湍瀨出現頻率高時環境較佳，給予較高分級。在分級確定後，生態評估人員就現場之觀察與狀況，依以下建議酌以加扣分。

當評估溪段目視可見連續湍瀨，或有超過 3 公尺巨石、漂石、礫石或樹幹等天然物激起湍瀨，得酌加 1-2 分，加分以不超過分級上限為原則。

當評估溪段目視無連續湍瀨，且無巨石等可激起湍瀨的天然物於河道中，或溪流渠道化，得酌予扣分，扣分以不超過分級下限為原則。

表 4 「湍瀨出現頻率」評估分級與評分量尺

程度	佳					良好					普通					差				
評分標準	I 湍瀨間的距離除以河道寬度約小於 7。 II 目視可見河道中有連續的湍瀨，且擁有巨石、礫石與樹幹等天然物為佳。					I 湍瀨間的距離除以河道寬度約為 7 到 15 之間。 II 有巨石等天然物可激起湍瀨，但湍瀨不連續。					I 湍瀨間的距離除以河道寬度約為 16 到 25 之間。 II 無連續湍瀨，且無巨石等天然物於河道中。					I 湍瀨間的距離除以河道寬度約大於 25。 II 水流平或淺，無巨石等可激起湍瀨的天然物。				
分數	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
圖例																				

5、「湍瀨出現頻率」評估細節說明

- (1) 本項湍瀨包括自然形成與因人工構造物所形成之湍瀨，瀨潭交換頻率高，則評分較高。
- (2) 當評估溪段出現乾涸、斷流或伏流現象，無法評估本項目，表示水域生態系崩潰消失，以 0 分計。

(五) 「河道水流狀態」

「河道水流狀態」是調整自河溪棲地評估指標中同名稱項目，將原指標依溪床裸露面積比例評估溪流基流量的方式，修改成依魚類可利用的有效水深評估。調整原因有二：1. 與美洲大陸相比，臺灣中上游溪流橫切面多呈 V 型，在一般非豪大雨狀況下，溪水即使豐沛，水流往往聚集在深槽區，溪床裸露比例仍高，在分級與評估分數偏低，加上臺灣枯水期明顯，更是放大此一現象，尤其是枯水期，溪床往往裸露無水，僅有深槽區涓細水流；2. 在野溪經過工程治理後，溪床整平、渠道化甚至水泥化後，深槽區消失，淺緩溪水均勻漫流在拓寬之溪床中，雖溪床裸露比例低，原指標評分雖高，然而淺薄水深卻容易因蒸散或入滲而乾涸斷流，不利水生生物存續與移動。原指標之評估方法，難以反映這種在臺灣溪流中常見的特殊情況。因此不以水面覆蓋比例評估，改以水深做為評估溪水流量之依據，並參考臺灣常見魚種所偏好之水深下限，設計分級與評分量尺。並就生物利用狀況、潭區等避難所、水面覆蓋比例、漫流或混凝土封底與上游引水設施等臺灣常見溪流現象，依生態評估人

員之判斷，作評分微調。

1、「河道水流狀態」之評估目的與生態意義

本評估指標目的在描述溪流基流量與魚類可利用的有效水深。河道中水位高低的程度，將直接影響水域生態系存續，當水深足夠時，水生動植物將有足夠生存利用的空間，可降低水生生物的生存壓力，增加其多樣性。溪流水深應當維持在可維持水生生態系之最下限，避免伏流斷流等極端狀況發生。當旱季水深不足時，深潭或水窪可提供水生生物避難所，生態價值相對重要。

2、河溪治理工程對「河道水流狀態」之影響

- (1) 衝擊流量，造成施工溪段水位降低甚至斷流的可能原因，有河道整寬、溪床整平，因而導致水流平淺而易入滲與蒸散而乾涸。
- (2) 壩體的上游鬆軟土石堆積後，地表逕流走地面下而伏流。
- (3) 上游有截流、分流及引水等人為取水工程。
- (4) 自然因素如枯水期或乾旱等。

3、維持「河道水流狀態」的對應生態友善措施

- (1) 工程設計上優先維持天然深槽區或保留自然溪段。
- (2) 施工時避免河道整平與混凝土封埋，保留溪床自然起伏。
- (3) 設計淺V型溪床斷面或低水流路。
- (4) 工程施作時設置臨時深槽導溝集中水流、完工後營造深槽區集中水流避免漫流溪床等。

4、「河道水流狀態」評估方法

「河道水流狀態」之評估分級與評分量尺如表5。其根據「有效水深」評估可維持水生生物存活之流量。當水深較深時，則有足夠之水量維持水域生態系和魚類生存，給予較高分級。在分級確定後，生態評估人員就現場之觀察與狀況，依以下建議酌以加扣分。

當溪流發現有魚蝦蟹類利用；或是有水窪或深潭等避難所；或是水面覆蓋溪床比例超過75%等。得酌予加分，加分以不超過分級上限為原則。

當溪床整平、渠道化或混凝土封底，導致水流淺緩或漫流；或是上游有固定性引水設施(堰、混凝土設施)；或是與附近自然參考

點比較水量明顯減少等。得酌予扣分，扣分以不超過分級下限為原則。

當評估溪段逕流水消失造成斷流或伏流水狀況(無水深時)，表示該處水域生態系崩潰消失，以 0 分計。

表 5 「河道水流狀態」評估分級與評分量尺

程度	佳					良好					普通					差				
評分標準	連續深流，流量豐沛 水深超過30公分。					連續淺流或淺瀨 水深15-30公分。					連續淺流或淺瀨 水深5-15公分。					河道水量極少或漫流 水深低於5公分。				
分數	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
圖例																				

5、「河道水流狀態」細節說明

- (1) 本項目依臺灣常見魚類偏好之流速水深評定可維持水生生物存活之基礎流量與水位，如臺灣溪流魚類需要 10-30 公分以上之水深，以臺灣石魚賓為例，30 公分是其偏好水深下限(參閱圖 1)。
- (2) 臺灣溪流陡峭，不利於涵養水量，導致河道水位在雨季與旱季間的差異極大，因此建議挑選降雨量相似的季節進行評估比較。

(六) 「堤岸的植生保護」

「堤岸的植生保護」是從河溪棲地評估指標中同名稱項目中，強化細節定義與說明，略作調整後使其適合作細緻化的描述與操作。調整重點主要是加入植生自然度與層次原則，並就原生多層次植被、人為擾動或外來種植物拓殖等臺灣常見坡岸植被現象，依生態評估人員之判斷，作評分微調。

1. 「堤岸的植生保護」之評估目的與生態意義

本評估指標目的，在瞭解河岸周遭植生帶狀況，並簡單區分人為干擾程度。本項目聚焦在堤岸濱溪植物帶棲地與生態功能之保護與維持，最近研究瞭解濱溪植物帶是溪流及陸域生態系緩衝過度帶，具高生物多樣性之區域，是翠鳥、兩棲爬蟲、蜻蜓、豆

娘、螢火蟲與小型哺乳類棲地。濱溪植物帶提供多種生態功能，如滯洪蓄洪、穩定水溫水質、提供生物棲地與縱橫向通道、調節養分循環、穩定堤岸、減少土壤侵蝕等。然而在治理工程中常被視為無利用價值的草生荒地與雜木林而移除。

2. 河溪治理工程對「堤岸的植生保護」之影響

- (1) 治理工程對堤岸濱溪植物帶的主要影響是移除植生，濱溪植物帶緩衝區域縮減或消失，既有棲地與生態功能衰退，水域與陸域之連結功能阻斷。
- (2) 治理工程為了建構護岸、設置施工便道與土砂機具堆置場等，而移除濱溪植物帶，而在完工後裸露面與混凝土量體上植被難以生長回復。
- (3) 當施工超出預定施工範圍以外，影響工區周邊植生。
- (4) 植被移除後之裸露面，易有強勢外來種植物生長。
- (5) 堤岸植生所形成之綠帶所提供之縱橫向生物廊道阻斷。
- (6) 民眾趁勢進入耕作或作其他利用。

3、施行「堤岸的植生保護」的對應生態友善措施

- (1) 工程設計上應優先保留層次完整的良好濱溪帶不干擾施作。
- (2) 施工便道與堆置場所設置優先選擇生態敏感度低之區塊如既有便道與空地。
- (3) 以管理手段限制護岸與施工便道長度寬度。
- (4) 避免因驗收或長官視察等理由，作過度的坡岸整理。
- (5) 如濱溪帶移除在施工中移除，最後手段採用有效之補償計畫如植生復育促進其恢復。

4、「堤岸的植生保護」評估方法

「堤岸的植生保護」之評估分級與評分量尺如表 6。其分別評估左右兩岸的河岸植生帶，或濱溪植生帶覆蓋堤岸長度之「長度百分比」，當植被覆蓋比例高、層次完整時，給予較高分級。在分級確定後，生態評估人員就現場之觀察與狀況，依以下建議酌以加扣分。

當濱溪植被帶具完整的多層次原生植被，包含喬木、灌叢和草本植被；或是植被呈茂密鬱閉；或植被幾無人為破壞的跡象

等；或是植被帶雖有破壞與擾動，但逐漸生長演替有恢復趨勢。得酌予加分，加分以不超過分級上限為原則。

濱溪植生分層以喬木優於灌叢，草本次之，視覆蓋比率得酌予加分。在林相上是天然林優於人工林，竹林、果園次之，草地較差，道路建物最差，得視狀況酌予加分。

當濱溪植被帶是灌叢和草本植被，缺乏喬木；或是明顯受人為擾動如整地、砍伐、除草等造成植被消失或損傷；或是大樹因治理工程移除；或是有外來入侵種植物拓殖等。得酌予扣分，扣分以不超過分級下限為原則。

表 6 「堤岸的植生保護」評估分級與評分量尺

程度	佳			良好			普通			差	
評分標準	I 90%以上的堤岸具完整的分層原生植被，包括喬木及林下灌木、草本植物。 II 植被很少受到人為擾動。			I 70-90%的堤岸具原生植被(含人工造林)。II 植被有受到人為擾動的跡象，但植被生長仍良好。			I 50-70%的堤岸具植被(含農墾地、果樹、竹林、外來植物)。II 植被明顯受到人為擾動，雖有植被生長但仍有土壤裸露區域			I 50%以下的堤岸具植被(含農墾地、果樹、竹林、外來植物)。II 植被受到人為擾動情形嚴重。	
分數	左岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	右岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
圖例											

5、「堤岸的植生保護」細節說明

- (1) 評估範圍為濱水線至堤岸治理邊界，左右岸需分開評分。
- (2) 植生覆蓋長度百分比以樹冠或植株垂直投影於地面之長度估算。
- (3) 當植被完全被移除，坡岸裸露，或混凝土包覆，或為道路與建物用途，則為 0 分。

(七) 「河岸植生帶寬度」

「河岸植生帶寬度」保留沿用河溪棲地評估指標之同名稱項目，其在臺灣溪流環境適用度高，因此不予更動。

1、「河岸植生帶寬度」之評估目的與生態意義

本評估指標目的，在瞭解河岸植生帶寬度，並簡單區分人為干擾程度。本項目聚焦在堤岸河岸植生帶，或稱濱溪植生帶寬度之維持，當寬度越大，則其所提供的棲地面積、緩衝功能與綠帶廊道功能則越高。

2、河溪治理工程對「河岸植生帶寬度」之影響

- (1) 治理工程中最極端的是直接移除濱溪植物帶與坡岸植被，造成兩岸十數公尺或數十公尺之裸露面，或混凝土、柏油鋪面，導致動植物棲息地與個體損失，與棲地與生態功能後續恢復能力降低。
- (2) 護岸與施工便道設置，阻隔水陸域間植物帶棲地與生態功能之連續性，縮減以溪流為中心之棲地的核心區域，並影響陸生生物利用溪流之縱橫向廊道。

3、維持「河岸植生帶寬度」的對應生態友善措施

- (1) 優先保留良好濱溪植物帶，或是部分保留不移除，以保留後續恢復所需之多樣化棲地和植物種源。
- (2) 限縮護岸回填區寬度至 3 公尺以內，控制裸露坡面，以利坡岸植被恢復。
- (3) 施工便道與堆置場所設置優先選擇生態敏感度低之路線或區塊。
- (4) 設計多孔隙材質護岸，或在溪床保留灘地或回淤區提供濱溪植被生長，恢復植生帶寬度。

4、「河岸植生帶寬度」評估方法

「河岸植生帶寬度」之評估分級與評分量尺如表 7。其分別評估左右兩岸的河岸植生帶，或濱溪植生帶(涵括高灘地植生)，從濱溪線起往上坡起算植生帶寬度(公尺)，直至被沿溪縱向治理工程、道路、人為開發利用與建物設施切斷為止。當植生帶切斷時，植生帶之生態功能即阻斷不連續。植生帶至少 6 公尺方具最低生態效益，24 公尺以上為健全的濱溪綠帶，植生帶越寬，給予較高分級。在分級確定後，生態評估人員就現場之觀察與狀況，依以下建議酌以加減分。

當濱溪植被帶具完整的多層次原生植被，包含喬木、灌叢和草本植被；或是植被呈茂密鬱閉；或植被幾無人為破壞的跡象等；或

是濱溪植物帶與兩岸森林完整連接；或是植被帶雖有破壞與擾動，但逐漸生長演替有恢復趨勢；或是嚴格控制回填區裸露面小於3公尺等。得酌予加分，加分以不超過分級上限為原則。

濱溪植生分層以喬木優於灌叢，草本次之，視覆蓋比率得酌予加減分。在林相上是天然林優於人工林，竹林、果園次之，草生地較差，道路建物與混凝土鋪面最差，得狀況酌予加減分。

當濱溪植被帶灌叢和草本植被；或是明顯受人為擾動如整地、砍伐、除草等造成植被消失或損傷；或是大樹因治理工程移除；或是有外來入侵種植物拓殖等。得酌予扣分，扣分以不超過分級下限為原則。

表7 「河岸植生帶寬度」評估分級與評分量尺

程度	佳			良好			普通			差	
評分標準	I 河岸植生帶的寬度大於18公尺。 II 人為活動幾無影響河道(道路、砍伐或農業活動)。			I 河岸植生帶的寬度介於12到18公尺間。 II 人為活動輕微影響河道(道路、砍伐或農業活動)。			I 河岸植生帶的寬度介於6到12公尺間。 II 人為活動嚴重影響河道(道路、砍伐或農業活動)。			I 河岸植生帶的寬度小於6公尺。 II 因人為活動而幾無植生帶。	
分數	左岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	右岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
圖例											

5、「河岸植生帶寬度」細節說明

- (1) 操作上寬度以正攝垂直投影於地面之寬度計算。
- (2) 左右岸需分開評分。
- (3) 當植被完全被移除坡岸裸露，或混凝土包覆，或為道路與建物用途，則為0分。

(八) 「溪床寬度變化」

「溪床寬度變化」是參考河溪棲地評估指標之評估模式與評分量尺，所設計之新指標。本評估指標用於評估河溪治理工程前後，溪床寬度之變化與恢復。野溪治理往往根據通洪計算結果，拓寬溪床至不會溢淹的寬度，而大幅改變溪流的棲地與河道樣貌，溪床在完工後往

往寬廣裸露，影響溪流生態存續與恢復甚大。為鼓勵與提醒工程設計人員避免過度設計，回歸最低限度之溪寬。

1、「溪床寬度變化」之評估目的與生態意義

本評估指標目的在於評估野溪經過治理後，溪床寬度的改變程度與溪床開闊程度。溪床寬度改變，除了直接影響溪流河相、水域棲地多樣性與其生態功能外，同時反映在溪床的兩岸植生罩蓋度與營養累積程度上。溪寬較窄，植生罩蓋度佳之溪流，水溫偏低也相對穩定，降低溪床因曝曬而高溫之機率，有助於良好水域生態維持。溪寬較窄，植物有機碎屑容易進入溪流食物鏈中。溪床寬度亦反映了動物從兩岸森林移動往來至流水區之距離，期間距離越小，動物利用溪流的困難度與風險越低，友善度與可利用性越高。

2、河溪治理工程對「溪床寬度變化」之影響

- (1) 主要影響是拓寬溪床，治理工程設計時，為取得足夠通洪空間疏排洪水，往往拓寬河道。溪流上游與支流之坑溝與溪溝（寬約 5-6 公尺），拓寬幅度越高，往往可達原溪床寬度之 3 倍，在溪幅稍寬之野溪（寬約 8-10 公尺以上），拓寬幅度約原溪床寬度之 1.5 倍。如果有滯洪空間等之特殊考量，則拓寬幅度更大。
- (2) 溪床拓寬幅度越大，對於水域棲地環境、濱溪植被、高灘地植被、溪中小島等之移除面積越大，溪流之生態功能在施工後往往消失不易恢復。

3、降低「溪床寬度變化」的對應生態友善措施

- (1) 優先從整體流域面向考量災害嚴重程度與野溪治理必要性，避免工程設置於棲地與生態功能良好之溪段。
- (2) 溪流周邊如為國有地，則考量設置為安全緩衝區，保留大水溢淹空間，降低治理頻度與強度。
- (3) 精算工程與通洪防災安全需求，降低溪床拓寬幅度。

4、「溪床寬度變化」評估方法

「溪床寬度變化」之評估分級與評分量尺如表 8。其評估方式是估算施工前後溪床裸露無植被區域寬度之比例變化，以原溪床寬度 10 公尺為界，就 10 公尺以下溪溝/坑溝，與 10 公尺以上

野溪/溪流兩組分開評估。依「施工後溪床寬度／原溪床寬度」計算比值。施工前後溪床裸露無植被生長區的寬度越接近1，即施工後溪寬越接近原溪寬時，給予較高分級與評分。在分級確定後，生態評估人員就現場之觀察與狀況，依以下建議酌以加扣分。

當全段或部分自然溪段或濱溪植被帶被保留，或是野溪經過自然或人力復育後，坡岸植被與濱溪植被向溪流生長，降低溪床裸露面寬度，或設置低水流路或深槽區，提供灘地復育濱溪植生空間等，得酌予加分，加分以不超過分級上限為原則。

當溪床整平、壓實、混凝土封底、移除坡岸植被時，不利溪流寬度恢復自然樣貌，得視狀況酌予加分，扣分以不超過分級下限為原則。

表 8 「溪床寬度變化」評估分級與評分量尺

程度	佳					良好					普通					差				
評分標準	1、寬度小於10公尺內坑溝與溪溝 比例 ≤ 1.2 3、寬度大於10公尺野溪與溪流 比例 ≤ 1.2					1、寬度小於10公尺內坑溝與溪溝 比例1.2-1.5 2、寬度大於10公尺野溪與溪流 比例 $\leq 1.0-1.2$					1、寬度小於10公尺野溪與溪流 比例1.5-2 比例 $\leq 1.5-2.0$ 2、寬度大於10公尺野溪與溪流 比例 $\leq 1.2-1.5$					1、寬度小於10公尺內坑溝與溪溝 比例 >2 3、寬度大於10公尺野溪 比例 ≤ 1.5				
分數	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

5、「溪床寬度變化」細節說明

- (1) 「原溪床寬度」可從從施工前自然溪寬，或工區上下游參考點溪寬推估而得。
- (2) 溪床裸露無植被區域從濱溪植物帶邊緣的樹木/植物根部算起，代表逕流平常沖刷溢淹，植物難以生長之區域。非從植物上部形成的罩蓋計算。
- (3) 在災害過後，則「原溪床寬度」是評估災害後治理前之溪寬，以彰顯治理工程修復受損溪床之生態效益。

(九) 「縱向連結性」

「縱向連結性」是參考河溪棲地評估指標之評估模式與評分量尺，

所設計之新指標。本評估指標用於評估溪流治理工程中，因橫向構造物防砂壩與固床工設置，對水生生物，尤其是洄游性魚類，或是陸域動物，所形成的縱向阻隔程度。臺灣野溪經過連年治理，上下游主流布滿人造橫向構造物，切割阻隔水生生物族群與棲地，必須予以正視和納入評估，因此設計「縱向連結性」新指標，納入「野溪治理工程生態回復追蹤評估指標」中。「縱向連結性」主要考量橫向構造物與溪床間之落差，並就多孔隙自然材質之使用、橫向構造物坡度、高縱向連結性壩體設計與伏流斷流等臺灣常見之工程與溪流因子，依生態評估人員之判斷，作評分微調。

1、「縱向連結性」之評估目的與生態意義

本評估指標目的在瞭解評估溪段，縱向連結上下游溪流棲地之通暢程度，稱為「縱向連結性」。自然的溪流落差低，水流型態多樣，足以提供水生生物為了生存、生育、避難、迴游所需之順暢縱向移動通道，尤其是臺灣常見的洄游生物如鱸鰻、日本禿頭鯊、湯鯉、黑鰭枝芽鰕虎、毛蟹與陸蟹等，尤其依賴良好的縱向連結以完成其生活史。縱向順暢的溪流溪床，也可以提供陸生生物覓食、移動與逃生之縱向路徑。從更大的環境與生態學尺度來看，在臺灣切割破碎之環境條件，與極端降雨與颱風洪水的氣候條件下，溪流良好的縱向連結性，可以維繫上下游生物族群之交流，流域中不同族群之個體可以交流、擴散、遞補，以分散減絕風險，在基因層級亦可避免長期族群隔離所造成之遺傳品質劣化。

2、河溪治理工程對「縱向連結性」之影響

- (1) 主要影響是阻斷生物縱向游溯路徑。高聳的防砂壩與固床工直接截斷溪流，限制水陸域動物縱向移動。
- (2) 乾季缺乏雨水補注時，或橫向構造物設置後上游因土砂淤積，溪水往往伏流入地下，或是溪床乾涸而形成斷流現象，亦形成水生生物之縱向阻隔。
- (3) 以上縱向阻隔，可能限制水生生物在流域中的分布範圍，壓縮水生生物可利用的溪段。

3、維持「縱向連結性」的對應生態友善措施

- (1) 優先從整體流域考量橫向構造物設置必要性，避免設置新壩，進而拆除或改善既有舊壩落差。

- (2) 其次是精算工程與安全需求，盡可能減少壩體數目與壩體高度。
- (3) 然後使用較友善的防砂壩與固床工設計，如開口或高通透壩體設計、或連續式低壩取代高壩、降低落差等減輕縱向阻隔之設計，可提供水生生物游溯與動物縱向通行。
- (4) 最後再考慮斜坡、魚道、疊石等輔助設施。

4、「縱向連結性」評估方法

「縱向連結性」之評估分級與評分量尺如表 9。其評估量測橫向構造物最低處與下方水面間落差(公分)，當落差較低於 50 公分時，水生生物通過機率較高，給予較高分級。在分級確定後，生態評估人員就現場之觀察與狀況，依以下建議酌以加扣分。

當橫向構造物材質具孔隙度與粗糙度；或是橫向構造物坡度低於 45 度；或是有改善縱向連結性之設計(如各型魚道)等。視其維持縱向通透功能，得酌予加分，加分以不超過分級上限為原則。

視當地目標魚種之上溯能力與橫向構造物高度之落差，得酌予扣分，扣分以不超過分級下限為原則。

當評估溪段逕流水乾涸無水深時，或斷流與伏流，表示該處縱向連結完全阻斷，以 0 分計。

表 9 「縱向連結性」評估分級與評分量尺

程度	佳					良好					普通					差				
評分標準	1、自然溪床 2、構造物與溪床落差低於25公分					構造物與溪床落差介於25-50公分					構造物與溪床落差介於50-100公分					1、構造物與溪床落差高於100公分。 2、構造物與溪床落差高於200公分以上為0分				
分數	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

5、「縱向連結性」細節說明

- (1) 應整體考量評估溪段，優先評估工區最嚴苛段或瓶頸段如最高壩、最大落差、或最不自然段。包括與既有工程交接處。
- (2) 依據臺灣常見溪流魚種之一般跳躍能力，極限是 50 公分，高於 1 公尺以上魚類難以通過。

- (3) 溪流有水時量測橫向構造物最低點與下方水面(如潭區水面)溪床間落差(公分)，如溪流乾涸，則量測橫向構造物最低點與溪床間之落差，作為評分標準。
- (4) 橫向構造物具高粗糙度、高孔隙度與低坡度有利水生生物通行。
- (5) 自然之障礙如瀑布，不適用本評估指標，視為特例個案討論。
- (6) 有常流水或洄游性生物之溪流應重視此項目。
- (7) 紀錄時需特別註明調查日期、河道水深及枯、豐水期等作為後續評估參考。

(10) 「橫向連結性」

「橫向連結性」是參考河溪棲地評估指標之評估模式與評分量尺，所設計之新指標。本評估指標用於評估溪流治理工程中，因縱向構造物如護岸建置，與隨之而來的施工便道布設、濱溪植被或溪畔林移除等，對陸生生物，尤其是依賴水陸域連結之食蟹獾、蛙類與陸蟹等，所形成的橫向阻隔程度。臺灣野溪經過連年治理，上下游主流連綿混凝土護岸，切割阻隔水陸域棲地與通道，必須予以正視和納入評估，因此設計「橫向連結性」新指標，納入「野溪治理工程生態回復追蹤評估指標」中。「橫向連結性」主要考量以護岸為主的縱向構造物與溪床間之垂直落差，並就連結鄰近自然棲地程度、邊坡粗糙度和濱溪植被帶有無等臺灣常見溪流環境因子，依生態評估人員之判斷，作評分微調。

1、「橫向連結性」之評估目的與生態意義

本評估指標目的在瞭解評估溪段，橫向連結溪流水域棲地與兩岸陸域森林棲地之通暢程度，稱為「橫向連結性」。自然的溪流坡岸落差低，可供動物通行的緩坡與路徑多，兩岸濱溪植物帶茂密完整，足以提供動物為了生育、覓食、活動所需之順暢橫向移動通道與隱蔽環境，尤其是頻繁往來水陸域棲地，須從森林進入溪流覓食的「橫向連結性」指標生物食蟹獾；或是棲息於溪流，須進入陸域繁殖的蛙類和龜鱉類；或是棲息於森林底層，以溪流為通道降海繁殖的陸蟹等。以上舉例物種尤其依賴良好的橫向連結以求生或完成其生活史。溪流良好的橫向連結性，也可以維繫兩岸動物族群之交流與擴散。

2. 河溪治理工程對「橫向連結性」之影響

(1) 主要影響是阻斷動物橫向通行路徑。高聳的護岸直接截斷水陸域間自然通道，限制動物橫向移動，形成橫向阻隔，可能限制壓縮動物可利用的溪段與陸地坡岸

(2) 可能導致動物受困溪床難以逃脫。

3、維持「橫向連結性」的對應生態友善措施

(1) 優先從整體流域考量護岸設置必要性，避免設置新護岸，進而改善既有舊護岸。

(2) 其次是精算工程與安全需求，盡可能保留自然坡岸，避免連續性水泥護岸，減少護岸長度。

(3) 然後考慮使用較友善和多樣化的護岸設計，如砌石等多孔隙工法、緩坡、低矮化設計、善用支流匯口作為橫向通道等。

(4) 在護岸材質選擇上，自然邊坡優於乾砌和其他多孔隙設計，其次是漿砌，混凝土最差。

(5) 最後手段才是設置動物坡道或是通道等輔助設施。

4、「橫向連結性」評估方法

「橫向連結性」之評估分級與評分量尺如表 10 與表 11。考慮坡度、最大落差(公分)與可通行溪段比例等因子，以海拔 800 公尺為界，就低海拔(800 公尺以下)，與中、高海拔(800 公尺以上)分別評估。其中低海拔(800 公尺以下)部分主要考慮龜鱉類可通行之坡度與最大落差，中、高海拔(800 公尺以上)非龜鱉類棲地，主要考慮兩棲類與食蟹獾可利用之坡度與最大落差。

當坡度越小，最大落差低，可通行溪段比例高，則目標動物通過機率較高，給予較高分級。在分級確定後，生態評估人員就現場之觀察與狀況，依以下建議酌以加扣分。

當護岸每 40 公尺設置動物通道；或是動物通道設置位置連結自然棲地；或是濱溪植被帶恢復阻隔降低；或是邊坡粗糙度高或自然坡面等。得酌予加分，加分以不超過分級上限為原則。

表 10 「橫向連結性」評估分級與評分量尺 (低海拔 800 公尺以下)

程度	佳			良好			普通			差	
評分標準	1、該整治段同時滿足 $\geq 30\%$ 的長度、邊坡坡度 $\leq 30^\circ$ ，且最大落差 $\leq 5\text{cm}$ 。			1、該整治段同時滿足 $\geq 30\%$ 的長度、邊坡坡度介於 $31-40^\circ$ ，且最大落差介於 $6-10\text{cm}$ 。 2、該整治段同時滿足介於 $21-30\%$ 的長度、邊坡坡度 $\leq 30^\circ$ ，且最大落差 $\leq 5\text{cm}$ 。			1、該整治段同時滿足 $\geq 30\%$ 的長度、邊坡坡度介於 $41-60^\circ$ ，且最大落差介於 $11-20\text{cm}$ 。 2、該整治段同時滿足超過 $21-30\%$ 的長度、邊坡坡度 $31-40^\circ$ ，且最大落差介於 $6-10\text{cm}$ 。 3、該整治段同時滿足超過 $11-20\%$ 的長度、邊坡坡度 $\leq 30^\circ$ ，且最大落差 $\leq 5\text{cm}$ 。			未達以上條件者。	
分數	左岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	右岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

表 11 「橫向連結性」評估分級與評分量尺 (中、高海拔 800 公尺以上)

程度	佳			良好			普通			差	
評分標準	1、該整治段同時滿足 $\geq 20\%$ 的長度、邊坡坡度 $\leq 40^\circ$ ，且最大落差 $\leq 5\text{cm}$ 。			1、該整治段同時滿足 $\geq 20\%$ 的長度、邊坡坡度介於 $41-50^\circ$ ，且最大落差介於 $6-10\text{cm}$ 。 2、該整治段同時滿足介於 $11-20\%$ 的長度、邊坡坡度 $\leq 40^\circ$ ，且最大落差 $\leq 5\text{cm}$ 。			1、該整治段同時滿足 $\geq 20\%$ 的長度、邊坡坡度介於 $51-60^\circ$ ，且最大落差介於 $11-20\text{cm}$ 。 2、該整治段同時滿足超過 $11-20\%$ 的長度、邊坡坡度 $41-50^\circ$ ，且最大落差介於 $6-10\text{cm}$ 。 3、該整治段同時滿足超過 $6-10\%$ 的長度、邊坡坡度 $\leq 40^\circ$ ，且最大落差 $\leq 5\text{cm}$ 。			未達以上條件者。	
分數	左岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	右岸	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

5、「橫向連結性」細節說明

- (1) 本項評估分級優先順序為坡度與最大落差，著重在該整治段線狀的通透度。
- (2) 最大落差：護岸坡面每階的最大垂直高度。
- (3) 動物通道設置處應盡可能接近森林環境，但避免開挖森林，設置時要求最低限度開挖。

(4) 動物通道坡度需小於 40 度、寬度需大於 40 公分，坡面需粗糙化，垂直落差小於 5 公分。

(5) 粗糙度：摩擦力高容易讓動物攀爬、移動者佳。

(6) 數值訂定依據

A.坡度：底限 40 度(龜鱉，特生數據)；上限 60 度(食蟹獾)，依野外目擊經驗判斷。

B.最大落差：以 5cm 為最高標準，20cm 為底限。