

國有林治理工程生態友善 工作推展成效分享

撰文 | 戴欣怡

(林務局集水區治理組技正／通訊作者)

李膺讚

(林務局集水區治理組治山科科长)

許碧如

(林務局集水區治理組簡任技正)

棲地環境變遷與生物多樣性

臺灣這座島嶼超過60%以上範圍是森林；若水土保持失調，國土流失，人民身家財產將受到威脅；森林棲地若受損，習慣棲息於森林隱蔽處的動植物，也將因棲地變動，生態也跟著改變，生物多樣性亦隨之改變。

1992年「聯合國環境發展大會」參與國共同簽署了《生物多樣性公約》激勵各界提出解決生物多樣性流失問題的最佳做法與成功案例，以鼓勵更多國家與團體採取更積極的作為，共同致力達成「愛知生物多樣性」目標。

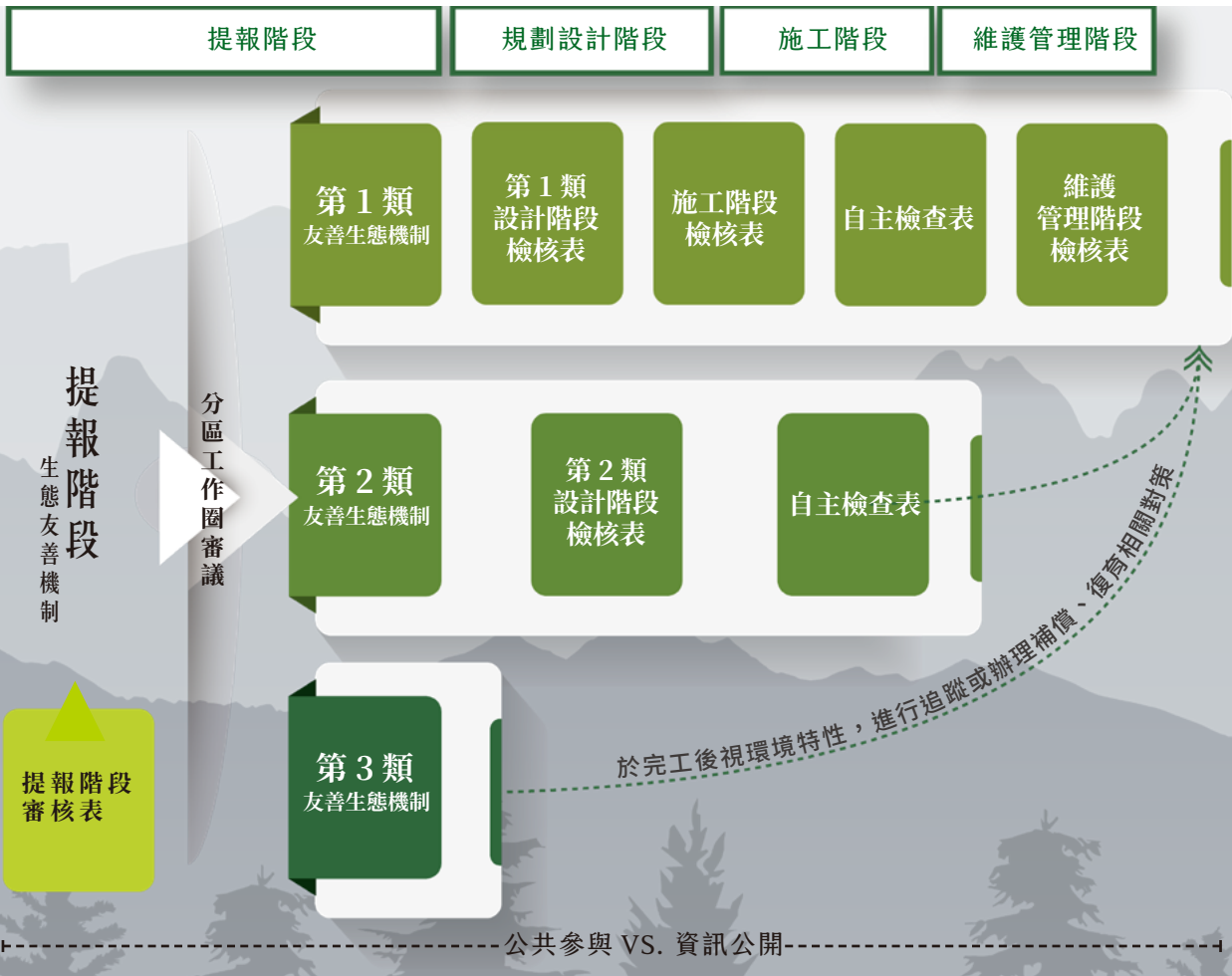
人類越來越謹慎去權衡與避免，卻發現另一項更具影響力的自然力量；它正使許多受保護、或之前沒有明顯受威脅的物種，籠罩於生物存亡的壓力下；這個自然影響力便是全球氣候變遷！近年的生物多樣性國際會議

相關議題，提出應將生物多樣性納入基礎設施，並考量生態調適、氣候韌性與生態建築等面向，以提升應用於永續基礎建設工法的技術及能量。

臺灣地區因地理區位與地質環境，受氣候變遷影響，改變了降雨型態，對於既存於島嶼特性之環境，所承受的天然災害複雜又具挑戰，對生存於此的生物存在著許多危險因子。因此，森林土地的保護，生物多樣性主流化，就水土保持維護，由工程治理角度，保護森林大環境與溪流、野溪構成的「棲地」及森林裡生存的「物種」等，是永續生物多樣性重要元素。

國土保安之環境生態友善思維

為何要在國有林地內執行治理工程，其目的在於保護人民生命財產安全、既存公共財產設施、及國土安全與維護森林自然環境。



國有林治理工程生態友善機制簡圖

國有林地主要位於河川集水區中、上游區域，多為森林環境，但因臺灣地理環境、氣候與地質條件影響，易發生自然崩塌、土石流與洪水災害，因此需施設防災治理設施，以降低天然災害之影響，營造復育較為穩定的棲地環境，避免災害對生態與環境棲地造成更嚴重影響。

2017年林務局建立「國有林治理工程生態友善機制」（草案），為兼顧環境安全與生態永續，推展治理工程生態友善工作，除了防災思維外，更強調對生態友善的作為，透過瞭解治理區域原本的生態環境特性，當不得以須採人為工程方式治理環境時，能將工

程對生態的擾動降到最低，棲地也能在最短時間內復育。續於2018年全面推動生態友善機制，2019年落實全生命週期生態檢核工作與資訊公開，2020年精進制度內涵，落實扎根。

創新生態友善機制

為將生物多樣性納入基礎設施，就工程領域在於工作與規定之各項決定、行動，能兼顧、有利於生物多樣性，置入友善生物多樣性的做法。因此，林務局為將友善生態工作落實於治理工程，結合機關內部特色，推展不一樣的工程生態檢核制度—生態友善機

制。國有林治理工程生態友善機制，制度具三大創新與三特色，並落實全生命週期資訊公開：

創新一：機制更完整

考量工程全生命週期，從工程提報階段邀請生態領域專家學者、關心環境提民眾、NGO參與會勘、規劃設計、施工階段至完工後，並視環境敏感度或觀測動物友善通道進行棲地維護追蹤監測。

創新二：跨域組織工作圈

整合機關內部多元職系專業(工程、保育



林務局暨所屬單位公共工程生態友善機制工作圈 (▲) 分區工作圈 (▼) 組織架構

及林業)、聘邀生態領域專家學者或NGO團體代表，以及生態協力團隊，組織生態友善工作圈，從溝通協調與共學，建立了夥伴關係。

創新三：生態檢核制度分級

國有林地治理工程所在區域生態環境條件廣泛且多樣化，更為因應部分緊急災害處理，採分級方式辦理生態檢核工作，強化對治理工程的生態友善工作整合度，促進工程辦理效率。

三特色：設計圖說、工程契約、工程三級品管納入生態友善作為

林務局建立之生態友善制度，要求執行之公共工程設計圖說應納入生態友善措施平面圖或生態敏感區域關注圖，以提供施工廠商更瞭解生態友善作為與工程施工區域的關係，更利於施工廠商落實生態友善工作。工程契約訂定未落實友善工作懲罰條款，施工中之工程三級品管作業，納入生態友善工作落實自主檢核抽查驗紀錄，並於工區設立生態友善告示牌。

完整資訊公開

國有林治理工程生態友善機制頒布後，立即於隔年2019年2月完成「國有林地治理工程資訊網」正式上線，主動公開工程相關基本資料與揭露全生命週期生態檢核相關資訊，為我國執行公共工程相關政府單位第一個優先完整公開工程治理資訊之機關。

制度的推展，有賴組織的齊心與付出，不同專長與思維、相互間的學習、磨合與協同合作，以及團隊落實於工作上，才得以透過實務案例展現生態友善機制3年多的努力成果。

生態友善工作推動實例分享

工程領域改變之友善作為

過去工程施工過程常忽略的環保問題，即在山區施工常遺忘應將用餐後之餐盒與廚餘妥善收拾並帶離森林環境。因著推動友善生態工作，不論是環保問題、避免野生生物誤食人類食物、或干擾生物棲息環境，落實做到施工過程產生之廢棄用品與材料、食用過的餐盒或廚餘，妥善收拾處理（如圖①），並於每日施工後帶離施工區域，這些都是對環境友善的基本作為。

而友善生態，因棲地環境特性與保育對象而異，表1為國有林地內工程常見生態友善措施內容。

位於南投縣隘寮溪一處坑溝治理案例，工區周邊環境植被早期為造林地，林內夾雜檳榔等農作種植，植被已逐漸演替為次生林；主要優勢物種為白匏子及野桐等陽性樹種，草本層則生長芒萁、姑婆芋及大花咸豐草等，整體環境屬低海拔之一般林相環境。

經套繪相關保育圖層後，確認次生林帶為



① 工程廢棄物與餐食垃圾妥善收拾

重要石虎棲地，為了確保施工過程影響生物與棲息環境，故於施工前與施工中，均進行生物監測工作。圖②為施工前於預定工區及周邊架設紅外線攝影機拍攝1個月（冬季）所得到的活動物種；於施工中調整了監測位置，監測約4個月（夏季）時間，發現了石虎活動的蹤跡（圖③），顯示生態友善工作的落實，能減少對環境的干擾，也對棲息於其間的動物活動習性影響降至最低。

生態友善措施成效

一、林道友善措施

1. 排水溝設置斜坡通道

於舊有排水設施或新設之跌水消能與排水設施設置斜坡動物通道，提供誤入較深設施的生物逃脫之通道，或提供棲息，或林道兩側森林區域移動之通道。圖④為花蓮縣西林林道排水設施設置斜坡通道，於執行林道巡護工作時，同仁發現有拉都希氏赤蛙和雙色澤蟹活動。

表 1：國有林地內工程常見生態友善措施

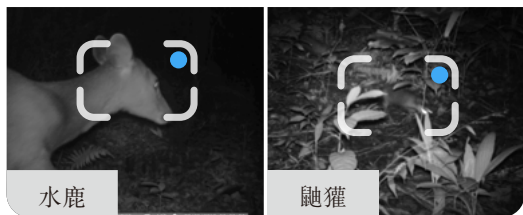
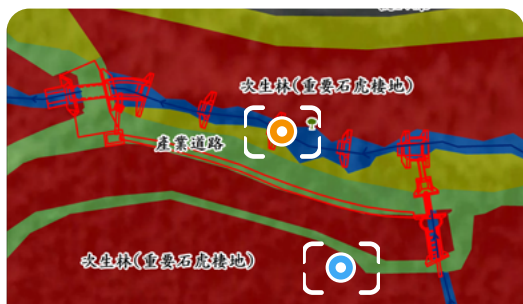
項次	生態友善措施
1	施工便道及臨時置料區優先使用河道內裸露區域或已受人為干擾區域，不另行開闢便道或大面積移除植被，減少對陸域環境之影響。
2	縮小施工便道範圍，或依據水域環境設置鋼構便橋，避免干擾水域環境。
3	治理區周圍兩生類、昆蟲等（螢火蟲）資源豐富區，應保留水坑或山壁滲水等微棲地環境。
4	緊鄰工區周邊林木，施工前使用黃色警示帶圈圍進行標示，避免施工機械及人員進入破壞或損傷樹木。
5	保留溪流原有結構，避免以整平溪床，破壞既有深槽區。
6	避免水質混濁影響河溪棲地環境，於各工區下游處設置臨時沉砂設施或檔排水設施。
7	保留深潭區域，為當地水域生物棲息及覓食之場所，維護水域及棲地環境。
8	常流水域應進行導流或引流作業，避免造成水路枯竭或斷流，形成上下游棲地阻隔。
9	水域生物保護：工程施工前先堵住溪流上游，另再將工區範圍內的水域生物趨移至下游潭區。
10	開挖整地時限縮範圍，以保留周邊濱溪植被。
11	護岸或邊溝設置生態孔洞或凹槽，以提供野生動物飲水或暫棲之用。
12	儘可能保留溪床既有自然現況、巨石、或營造多空隙／多樣態（深／淺潭、瀨區、沙洲等）水域，以維持溪流自然孔隙，有利生物躲藏。
13	整體治理區域應於適當區間儘可能保留原棲地邊坡通道，或設置橫向動物通道，避免造成棲地切割。
14	溪流橫向治理構造視環境生物特性，增設動物通道（如粗糙面斜坡通道、魚道等）。
15	既有跌水設施、集水井或排水溝高低落差大者，增設斜坡通道、放置臨時木樁、棉繩網或菱形網。
16	既有防砂壩、潛壩、固床工高低落差明顯，經調查評估降低結構體高度。
17	穩定崩塌裸露區域，以植生復育或造林撫育，促進森林棲地復育。
18	構造體低矮化、緩坡化外，增加粗糙度、多孔隙，因地制宜採用自然資材（如木構造、石塊、麻布袋、土袋包等）。

2. 集水井加設臨時性棉繩網、菱形網或木樁
 推動工程生態友善工作，所屬林管處全面檢視舊有設施是否造成生物無法脫困問題，因此除增加設置斜坡通道方式外，部分構造以加設臨時性資材提供受困動物逃脫之媒介。圖⑤—⑩為設置不同臨時性逃脫設施實務案例。

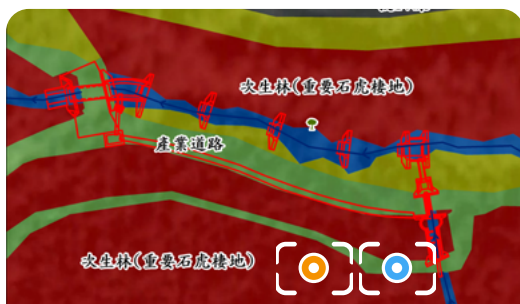
二萬坪聯外道路內側排水設施，以低矮化、多孔隙、粗糙面、緩坡化，並採用自然資材，經監測4個月結果顯示，7種類（臺灣野山羊、貓、鼠類、赤腹松鼠、檀鳥、巨嘴鴉、虎斑地鵲）物種活動於此。此外，透過監測與觀察，林道沿線所設置之集水井設施，亦提供當地動物飲水或浴場等功能。

3. 道路內側擋土／排水設施低矮化
 推動生態友善工作以來，在國有林道設施維護與改善部分，以低矮化、緩坡化、增加構造表面粗糙度或採用自然資材等，並視設施類別適當地點設置動物友善通道。圖⑪為

圖⑫與圖⑬為不同類型林道內側集排水設施友善措施案例與實際監測動物利用情形。顯見，山區常見動物種類都喜歡在晚上出沒，或較隱蔽處活動，白天所見物種為較不懼怕人類活動之中大型動物。



② 隘寮溪坑溝治理施工前監測與生物活動情形

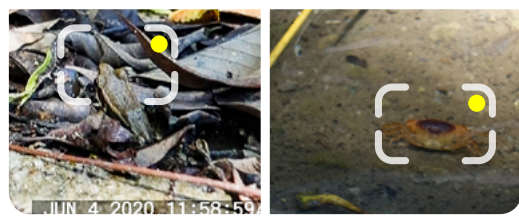


③ 隘寮溪坑溝治理施工中監測，工程施工減少干擾，降低對動物棲息環境之影響。

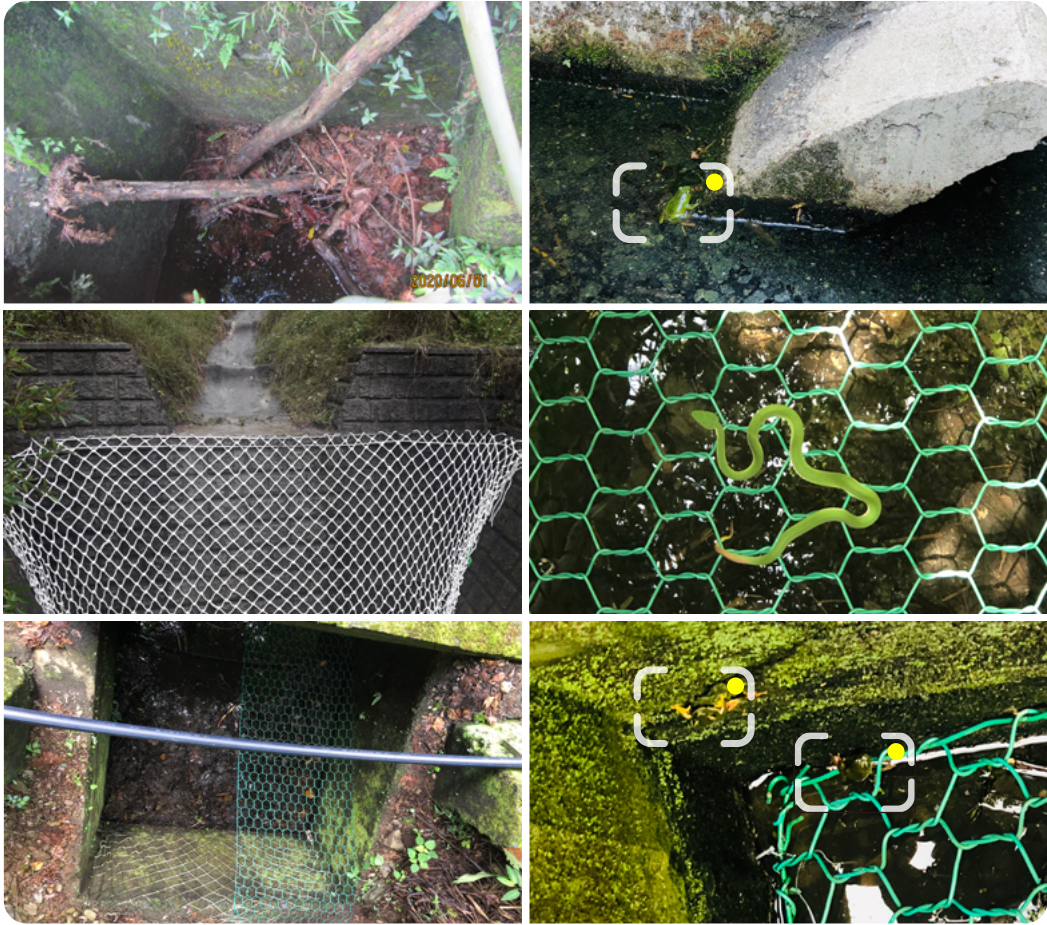
二、溪流／坑溝友善措施

1. 橫向友善通道

生物多樣性發展中，大眾對於溪流發展更為關切，溪流生態系多樣性與穩定，隨著氣候變遷，不論大、小水系，流域、河川、溪流、野溪或坑溝，其資源與空間都直接與間接受影響。然而從跨域交流朝向領域匯聚，融整與延伸自然韌性，調和生態系服務，溪流更能自然調適、永續發展。國有林地內之溪流多位於集水區之中、上游區域，為較尾端之河川級序，多屬野溪或坑溝類型；因此，生物資源資料較缺乏，友善生態之前提，即需要透過現地調查確認可能出現物種，設置適宜的動物通道或低矮化設施。



④ 花蓮西林林道排水設施斜坡通道利於兩爬類、蟹類活動



- | | | |
|---|---|----------------|
| ⑤ | ⑧ | ⑤ 集水井設置臨時性木樁 |
| ⑥ | ⑨ | ⑥ 跌水消能設施加設棉繩網 |
| ⑦ | ⑩ | ⑦ 集水井加設棉繩網、菱形網 |

- | | |
|---|------------------|
| ⑧ | 集水井設置斜坡通道蛙類活動案例 |
| ⑨ | 集水井加設菱形網蛇類利用逃脫 |
| ⑩ | 集水井加設菱形網蛙類利用攀爬休憩 |

圖⑭為土砂災害治理工程，溪床上之結構物均低矮化，也透過觀察與監測確認水域生物已逐步洄游；設置之友善通道為斜坡式，兼顧邊坡排導水功能，透過監測確認動物會利用通道往返溪床活動。對於水域環境流況較集中區域，於調查監測過程，亦會留意河床沙洲、灘地是否有動物足跡（如圖⑮）。圖⑯以低矮化複層多孔隙護岸並於兩岸設置

斜坡通道，施工前中後進行調查監測，水域主要魚種與蛙類都陸續回至棲地，施工後監測4個月顯示兩岸動物活動情形極為頻繁。

2. 縱向友善措施

過去溪流治理工程於土石流、土砂運移劇烈河段，會構築防砂壩、潛壩或固床工等設施，壩體與溪床的落差從50公分到10公尺



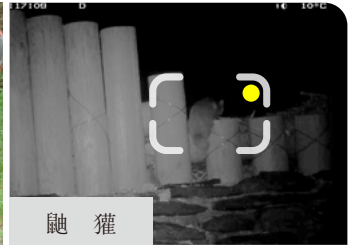
⑪ 阿里山二萬坪聯外道路友善雙排水設施及監測影像



⑫ 林道內側集排水設施低矮化、緩坡化、增加透水性



臺灣野山羊



鼬獾



臺灣獼猴



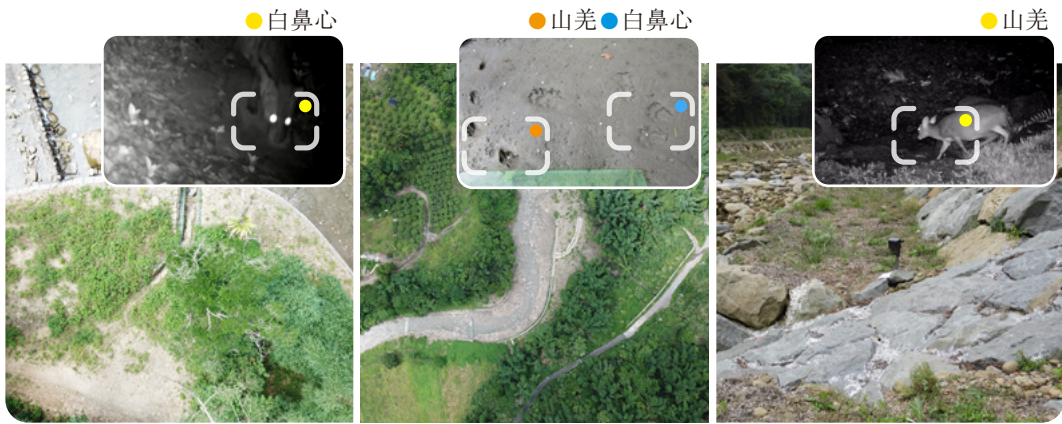
黃喉貂

⑬ 林道邊坡坑溝防治設施低矮化利於動物友善利用案例

都有，常造成水域生物縱向移動的阻隔。因此，為避免溪流縱向環境受阻斷，實務經驗之友善措施常採用通透性壩體（如可拆式鋼管壩，可依據土砂運移情形調整）、壩體低矮化（如低矮化固床工、複式開口型式潛壩、開口式固床工（可保留低水流路）、或緊鄰兩側岸坡區域依據環境特性增設斜坡通

道；已治理溪段，近年也透過調查評估工作，針對造成縱向水域生物移動受阻隔的既有工程，進行降壩工作，調整壩體與河床的高低落差，並進行後續追蹤監測，以評估不同水域生態及溪流疏砂特性，調整壩體高度對溪流生物與控制土砂功效之影響（如圖⑰：A②C④D）。

⑭ | ⑮ | ⑯



⑰

Ⓐ	Ⓑ
Ⓒ	Ⓓ

⑭ 臺南玉井區孛仔寮坑野溪友善通道動物利用情形 ⑮ 臺南玉井區平坑溪保留自然通道及設置動物通道，調查過程亦留意溪床活動蹤跡。 ⑯ 南投加走寮溪兩側護岸動物於溪床活動蹤跡
 ⑰ 溪流縱向友善措施案例 ⒶⒷ 透過性鋼管壩並保留低水流路 Ⓒ 低矮化構造適當間距開口與保留河床巨石 Ⓓ 既有壩體降控

3. 保留／營造溪流多樣化環境

進行溪流治理工程前，會依據溪流縱橫向環境，儘量保留溪流既有水域環境特性，規劃低矮化之橫向構造，保持低水流，或於適當區域營造深潭、淺瀨或沙洲等多樣性水域環境。圖⑱為溪流治理工程案例，於控制土砂運移同時，考量溪流既有環境，配合營造多樣化的溪流環境。圖⑲⑳為推展生態友善

機制初期，所屬管理處與在地關心溪流治理 NGO 代表及原住民部落達共識後，提出所有施工機具不可進入溪床施工方式，以最少干擾，並保留重要塊石方式整治河道，歷經 1 年半左右時間現地復育情形。

棲地與生物多樣性的回復

臺灣溪流與森林環境多因降雨特性與地質



⑱ 保留巨石營造溪流緩流潭瀨多樣性環境

條件易發生崩塌、土砂災害，造成棲地受損，為縮短土地復育時間，導入了防災設施，修復受損棲地，營造友善環境。然剛治癒之受損棲地，當然無法很自然，仍待時間的演替，讓水流自然沖刷溪床，營造水域多樣化，動植物逐漸回留與復育。圖⑳㉑㉒為災害後以生態友善思維所構築的復健工程，歷經2年後的溪流環境與生物多樣性，都顯示因地制宜的人為工程設施導入，能將復建工程對生態的擾動降到最低，棲地也能再最短時間內復育。

另一案例屬於非常流水溪溝—南投縣魚池鄉白石牙野溪，為南投縣魚池鄉白石牙野溪，因發生土石流災害，經人為工程治理後，加速撫育受損土地的速度，4年後透過空拍俯視原土石流淤積段，配合造林撫育工作，原裸露區域已回復植生鬱閉（如圖㉓）；除此預留之縱橫向動物通道，在完工1年半後監測，發現了超過7種類以上的動物出沒活動，包含了穿山甲、臺灣野兔、臺灣野山羊等，預留的淨水池更提供了無固定水源區域，動物飲水、休憩與沐浴的好地方。



⑲
—
⑳
—
㉑
—
㉒
—
㉓

⑲⑳ 射馬干溪機具不干擾溪流治理復育案

㉑ 新店平廣溪2015年蘇迪勒颱風後

㉒ 新店平廣溪2018年10月完工後現況

㉓ 新店平廣溪2020年完工2年後現況



②④

Ⓐ	Ⓑ
Ⓒ	Ⓓ

②④ 南投白石牙野溪土石流災害 Ⓐ 2013年發生土石流後 Ⓑ 2016年完工現況
 Ⓒ 2018年完工1年餘月後 Ⓓ 2020年完工4年後



②⑤

Ⓐ	Ⓑ
Ⓒ	Ⓓ

②⑤ 南投縣日月潭環湖公路崩塌坡面治理後棲地復育變化 Ⓐ 2008年年辛樂克颱風後
 Ⓑ 2011年完工現況 Ⓒ 2015年完工4年後 Ⓓ 2017年完工近6年後

因著不同災害屬性，治理措施的不同，傷口撫育與棲地穩定復育年限也不同，圖②⑤為崩塌地治理案例，位於南投縣日月潭臺21甲環湖公路旁一處坡面，於2008年辛樂克颱風侵襲發生崩塌，2011年完成分2期的治理工作，採用了造林疏伐材構築治理設施，以自然資材營造了多孔性，隨時間演替後，會與逐漸穩定的土地完全融合。這個案例可見林務局在政府積極推動工程生態檢核之前的治理思維已納入友善環境概念。

防災治理工程減災成效

林務局自推廣生態友善機制工作，防災治理工程融合生態友善作為，縮小工程規模、減少工程量體、兼顧生態友善效益，但仍堅持防災安全之效能，以防禦災害，保護人民與國土安全；透過實際案例歷經颱風豪雨事件，驗證順應環境之生態友善工程具防減災成效。前述介紹案例均導入生態友善措施，也歷經多次的颱風豪雨事件，顯示因地制宜的工程措施，工程規模與量體雖縮減，仍能在不同強度降雨環境下，具體發揮韌性防災功效。

分享的案例，僅僅只是我們近年來努力推展友善環境的一小部分，期望在工程治理思維轉變下，不論為防災目的、為保護森林，我們最終的目的都是為了永續環境，對於受損的土地，針對傷口撫育，以最低、最小干擾及善用自然資材的方式進

行，順應自然環境變化，建構韌性防災基礎工程，兼顧生態多樣性保育。

永續推動工程生態友善永續工作

與先進的國家相較，目前臺灣推動工程生態檢核或生態友善工作之整體政策內容尚有許多可再改善、精進之處，期許未來透過與支持生態保育的各方期待、對話、參與及督促下，可以逐步周全完善，藉由實務經驗摸索出更適合臺灣不同環境之韌性防災治理工程與生態友善作為。

氣候變異或許是未來影響棲地環境變化的重要因子，工程導入新思維，仍有許多細部工作需要逐步改進或提升，同時推動生態友善制度不僅只是公部門工程人員思維的改變，仍需參與公共工程人員的思維也一起改變，不論工程規劃設計單位、監造單位或是施工廠商，甚至於關心環境生態議題的社會大眾，期望在邁向這條友善生態的道路上，能一同成長、學習，一同為減輕公共工程對生態環境造成之影響，並落實韌性工程永續發展理念，以維護生物多樣性資源與環境品質，林務局推展之治理工程生態友善制度會持續深化扎根。更冀望未來透過實務案例分享防災治理與環境友善共存實績，引領社會大眾共同學習與認識在面臨不同條件之環境與天然災害下，不一樣的永續生態環境作為。🌱