

打通利嘉溪縱向廊道

文圖 | 張蘇能（林務局臺東林區管理處課長／通訊作者）
 吳昌祐（林務局臺東林區管理處處長）
 蔡元融（財團法人成大研究發展基金會研究員）
 宋承恩（野聲環境生態顧問有限公司研究員）

前言

利嘉溪上游分為大南溪與大南北溪（圖①），其中大南北溪在1965—1977年間因颱風侵襲而有多次土砂災害發生，嚴重危害下游聚落安全。因此臺東林區管理處自1974年度起即興辦利嘉溪治理工作，期望能藉由上游崩塌地處理及防砂工程設施以防止崩塌擴大（圖②），並利用系列防砂工程攔阻砂石下移（圖③），配合固床工及護岸施做以控制流心，避免因颱風、豪雨而產生土砂災害危及下游地區居民及道路之安全。

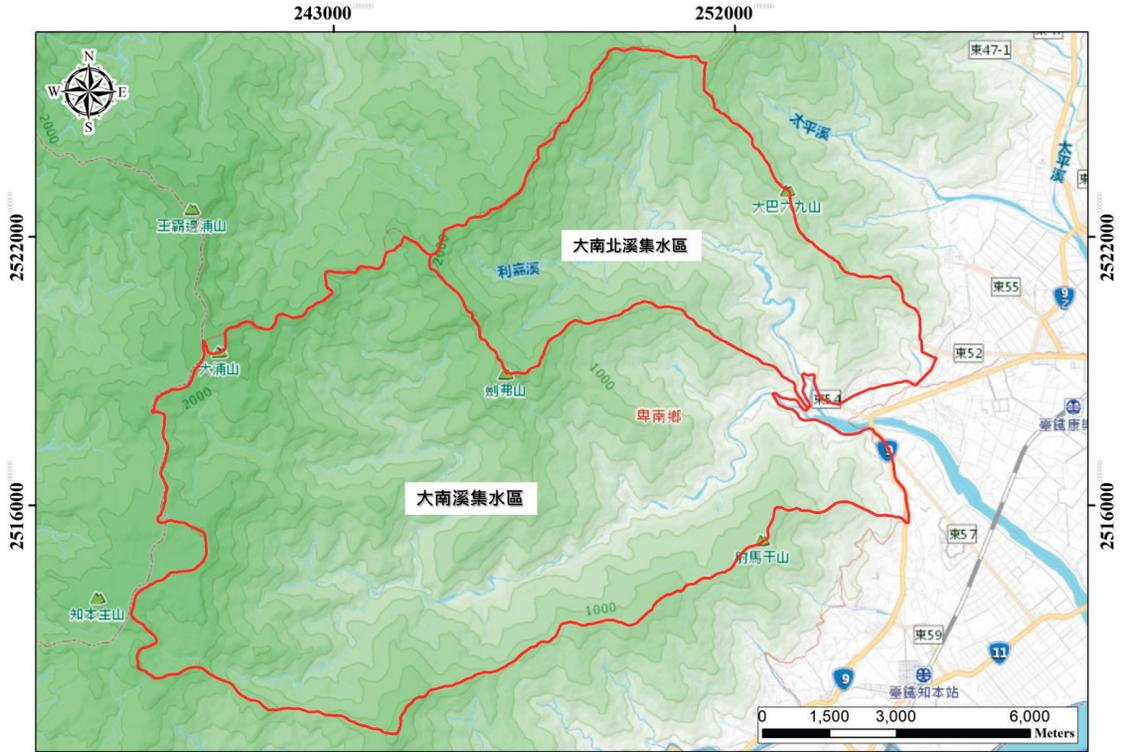
相關工程完成至今，集水區內已多年未傳重大土砂災害發生，但受到防砂壩儲砂效果影響，壩後河床逐漸平坦化，雖直接減緩

土砂流出速度，但卻使得河川棲地往單一化發展，且因壩體高差影響，對於河道縱向廊道開始有明顯阻隔現象（圖④），造成縱向廊道之不連續。

近年林務局開始加強對於工程與棲地環境影響之評估，因此臺東處啟動河道環境與防砂壩狀況之調查與評估，以提昇集水區棲地環境之多元性。同時也聯繫在地的達魯瑪克部落，希望能與在地民眾協力，以恢復老一輩居民記憶中的利嘉溪豐富生態環境為願景。

壩體調整啟動

臺東處在與達魯瑪克部落討論後，便開始評估利嘉溪系列防砂壩調整之可能。由於



① 利嘉溪集水區範圍

② | ③ | ④



- ② 利嘉溪上游2號 (▲)、1號 (▼) 防砂壩早年現場照片
- ③ 利嘉溪上游防砂壩空拍照片 (2017年攝)
- ④ 利嘉溪4號 (▲)、5號 (▼) 防砂壩調整前狀況與河道堆積狀況與地落差5公尺 (2017年6月攝)



⑤ 利嘉溪集水區內崩塌地變化情形

防砂壩之設置係為避免集水區內大量土砂流出而引致之災害，因此若需進行防砂壩調整工作，最優先考量為防砂壩設置目的是否還存在。因此先針對集水區環境進行調查，再針對壩體調整可能性進行評估。

集水區環境調查

1. 集水區崩塌情形

由於利嘉溪防砂壩之設置目的為減少上游不安定土砂對下游之影響，因此確認上游集水區是否還有不安定土砂為首要工作。因此利用衛星影像進行集水區內歷年崩塌地分布分析。

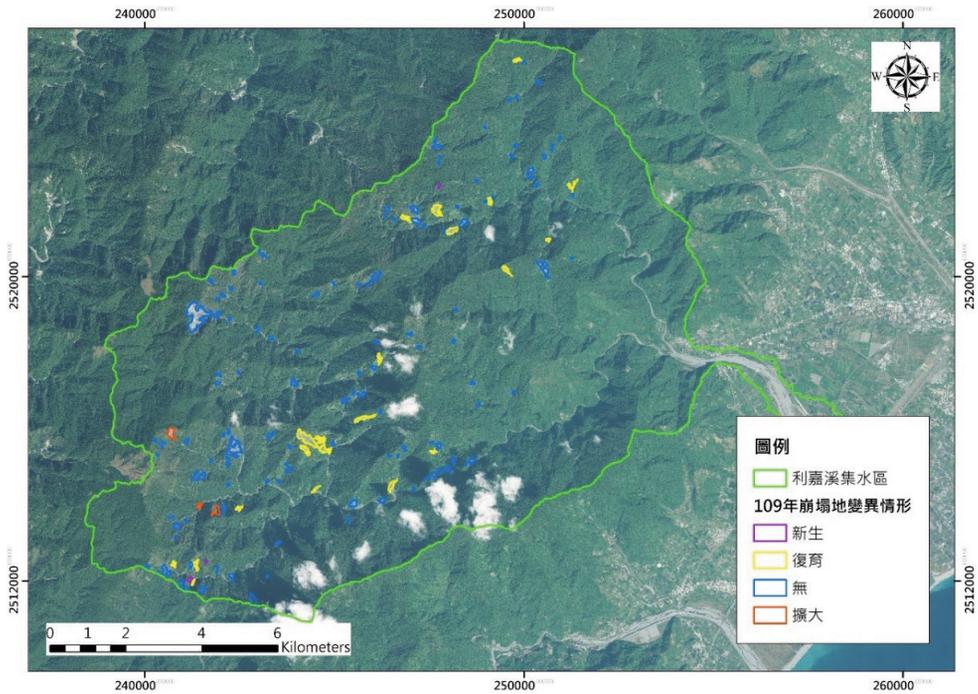
根據分析成果，集水區內崩塌地自2017年尼伯特颱風後呈現逐年復育，目前集水區內崩塌面積已由277公頃降低至173公頃

(圖⑤)，從崩塌地空間分布來看，大南北溪集水區內多為零星崩塌地(圖⑥)，說明區域內不安定土砂確實已大幅度減少。

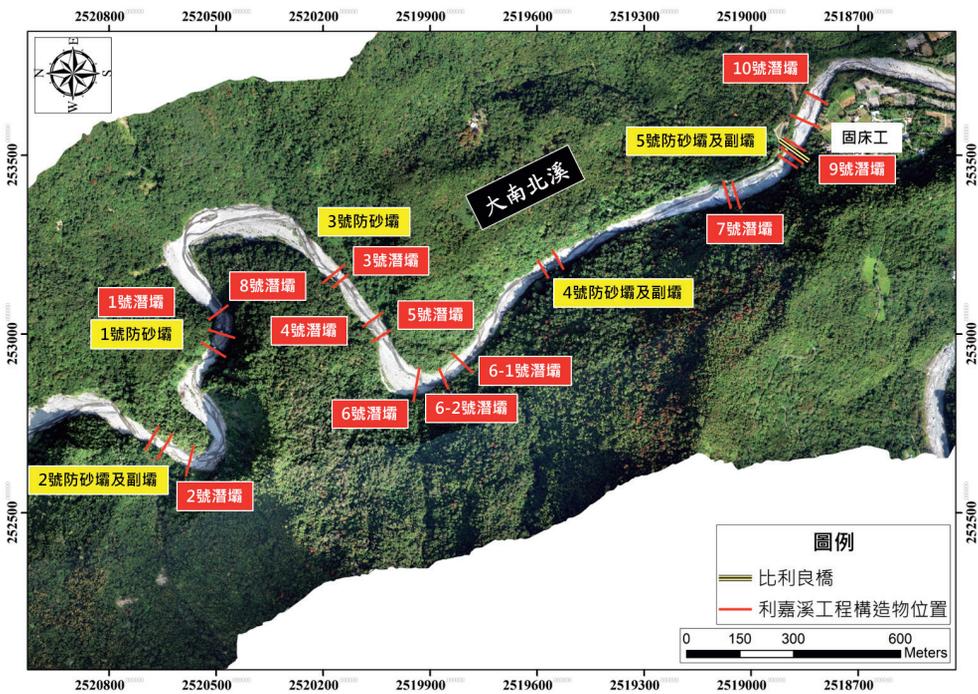
2. 河道構造物狀況

根據既有工程資料與現場調查成果，大南北溪河道共設有防砂壩5座(1-5號)、潛壩12座(1-10號及6-1號、6-2號)及1處固床工，其分布位置如圖⑦。

受到構造物坡度減緩效果之影響，上游土砂於河道中發生淤積，現場可以看到淤積後河道狀況(圖⑧)，多呈現平緩狀態，當降雨後較大水流發生時，水流容易在寬廣河道表面流動，使得植生不易生長，長久下來河道棲地環境就變得單一，缺乏變化性。



⑥ 利嘉溪集水區內崩場地變化特性

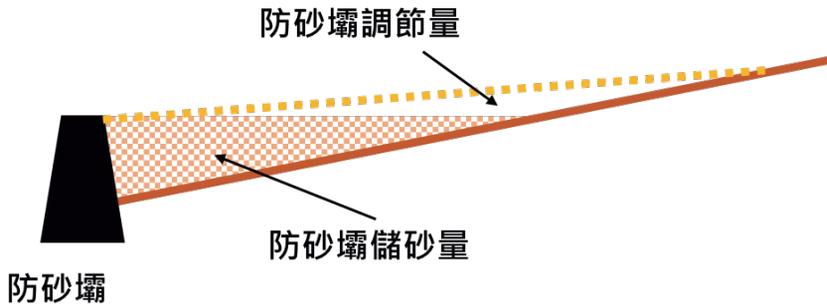


⑦ 大南北溪河道橫向構造物分布位置



⑧ 大南北溪河道構造物與河道堆積狀況

Ⓐ	Ⓑ	Ⓐ 5號防砂壩上游河道狀況
Ⓒ	Ⓓ	Ⓑ 4號防砂壩及上下游河道落差
Ⓔ	Ⓕ	Ⓒ 4號防砂壩上游河道現況
		Ⓓ 4號防砂壩下游河道現況
		Ⓔ 6號潛壩處河道狀況
		Ⓕ 3號防砂壩上游河道狀況



⑨ 大南北溪河道橫向構造物分布位置

壩體調整評估

當防砂壩降低或移除後，原本趨緩之河道坡度將隨之增加，水流挾砂能力亦隨之增加，在壩體上游會產生溯源沖刷，將原來堆積土砂大量攜出，反而威脅下游保全聚落之河防安全，因此上游河道內還有多少泥砂與下游河道能否容納增加泥砂的通過等課題成為壩體調整方案規劃的重要因子。其評估方法：

1. 河道不安定土砂量化

一般來說防砂壩完工後，防砂壩與原溪床和兩岸之間所構成之貯砂容積，這個體積稱為防砂壩儲砂量。另當防砂壩上游淤砂範圍之溪床坡度小於原溪床坡度，使得當上游處於較大洪流及挾砂量時，受到坡度變緩之影響，會有部分土砂暫時停淤在淤砂範圍內，以抬高溪床坡度維持水流輸砂能力，直到洪水退去，才有部分淤積土砂再度被帶到下游，這就是壩體對上游土砂沖淤之調節功

能，稱之為防砂壩調節量（圖⑨）。

針對大南北溪上游既有防砂壩與歷史地形進行各壩防砂量之計算，因目前河道上工程構造物皆屬淤滿情況，計算後現有防砂壩儲砂量為7,182立方公尺，土砂調節量約為3,591立方公尺，這些是防砂壩已經控制之土砂量。

2. 河防安全檢討

通洪能力檢核主要是考量河岸兩側保全之安全，一般來說在設計水位與低水位時，通洪能力是足夠的，但在極端事件時，現有通水斷面可能出現不足，進而產生溢淹影響灘地之使用，因此選用設計事件（重現期50年）與極端事件（重現期100年）進行分析，從分析結果來看，當洪峰發生時（50年重現期洪峰887公分、100年重現期洪峰964公分），水流流深多在2公尺以下，現有河道段斷面均可容納洪峰通過（圖⑩），暫無河防安全之疑慮。



⑩ 大南北溪河道通洪斷面檢視

綜整既有的堆積狀況與河防安全評估成果，目前大南北溪對於上游來水來砂尚可安全通過，因此應可進行既有壩體之調整工作。

3. 壩體調整方案規劃

雖現場河道經評估後，對於土砂流出可安全通過，但為避免大量降低既有壩體而造成大量淤積土砂一次流出，因此分別於2018年、2019及2021年皆有防砂壩及潛壩進行構造物調整（如表1），多以降挖壩體及開挖溢洪口為主，並階段性持續降挖溢洪口，拆除規劃原則為以下游往上游循序漸進，並先開挖溢洪口再擴大。以低水流路方式改善壩體，降低壩體高低落差及穩定流

心，並維持河道基流量，以維持水域廊道暢通，並將打除之混凝土拋填至壩翼後方，減緩水流掏刷，同時可創造河道多孔隙環境，利於魚蝦類生存及躲藏。

壩體調整成效追蹤

壩體變化紀錄

為避免壩體降低後造成安全性上之評估，以及了解壩體降低後對於溪流環境之改變情形，定期進行壩體變化之紀錄，紀錄包含影像紀錄以及地形測量，針對改變較大之壩體進行說明。以5號防砂壩來說，隨著壩體逐年降低，水流開始集中，深槽開始出，

表1 利嘉溪河道橫向構造物調整工程列表

	2018年	2019年	2021年
溢洪口調降	4號防砂壩 5號防砂壩	3號防砂壩 4號潛壩 5號潛壩 6號、6-1、6-2潛壩 7號潛壩	1號防砂壩 2號防砂壩 5號防砂壩及副壩 1號潛壩 10號潛壩
溢洪口擴大		5號防砂壩及副壩	3號防砂壩 4號防砂壩 4號潛壩 5號潛壩 6號、6-1、6-2潛壩 7號潛壩



① 既有防砂壩（5號）歷年變化紀錄

表2 大南北溪各河段土砂侵淤量變化

河道沖淤變化	2012年、2019年		2019年、2020年		2020年、2021年	
	沖淤體積 (10 ⁴ m ³)	平均沖淤深度 (m)	沖淤體積 (10 ⁴ m ³)	平均沖淤深度 (m)	沖淤體積 (10 ⁴ m ³)	平均沖淤深度 (m)
2號防砂壩上游	21.73	1.72	29.43	0.10	-521.96	-2.02
2號防砂壩 至1號防砂壩	8.48	2.41	-52.21	-0.38	-126.32	-0.99
1號防砂壩 至3號防砂壩	-5.71	-0.81	94.56	0.33	256.44	1.07
3號防砂壩 至4號防砂壩	0.97	0.17	65.29	0.31	35.23	0.18
4號防砂壩 至5號防砂壩	3.84	0.9	25.79	0.15	-123.55	-0.76
5號防砂壩 至固床工	0.2	0.17	26.35	0.54	-84.48	-1.76
固床工下游	-13.19	-1.67	138.81	0.46	-55.41	-0.19

壩後淤積不再呈現平緩狀態。經過這樣的調整後，河道環境也開始變得多元。

河道沖淤變化

除了壩體本身之紀錄外，同時透過無人載具進行區域內影像之紀錄，並產製數值地形，以追蹤壩體調整後河床上土砂之變化情形，至今已取得三期地形，加上區域內既有數值地形，分別取得2012年、2019年、2020年與2021年汛期後地形，再分別計算各期地形間之變化，以量化河道沖淤情形。

從地形比對成果來看，在2019—2020年

間，壩體呈現上游淤積下游沖刷情形，而2020—2021年間，因大幅降壩工程，而出現明顯沖刷，且該河段河道高程開始下降。

而在河道中游段位置，於2019—2020年間河道轉彎處為主要淤積區，而2020—2021年間河道轉彎處淤積高程減少，因河段內構造物亦進行降壩改善工程，整體河道出現明顯沖刷，河道高程開始下降。

最後為河道下游段，於2019—2020年間，受下游構造物影響，該河段主要以淤積為主，2020年—2021年期間，因上游及該河段內構造物均有降壩工程，河道出現明顯

表3 棲地評估指標評估因子

評估屬性類別	評估內容	評分（總分：100）
基質 (Substrat)	粒徑、地質、淤泥覆蓋度、嵌入度	20
河道遮蔽度 (Instream Cover)	植被型態、覆蓋程度	20
河川形狀和人為影響 (Channel Morphology)	曲度、發展度、渠道化、穩定性	20
河川林地及濕地和沖蝕 (Bank Erosion and Riparian Zone)	濱溪植被、河岸寬度、河岸侵蝕	10
深潭/淺流/淺瀨/緩流水深及流速 (Pool/Glide and Riffle/Run Quality)	水域型態之深度、流速	20
梯度 (Gradient)	集水區、棲地類型比例	10

評分結果：第一級（70—100分）為絕佳（Excellent）；第二級（55—69分）為優良（Good）；第三級（43—54分）為普通（Fair）；第四級（30—42分）為不佳（Poor）；第五級（0—30分）為差勁（Very Poor）。

沖刷與高程下降情形，各河段之變化情形整理如表2。

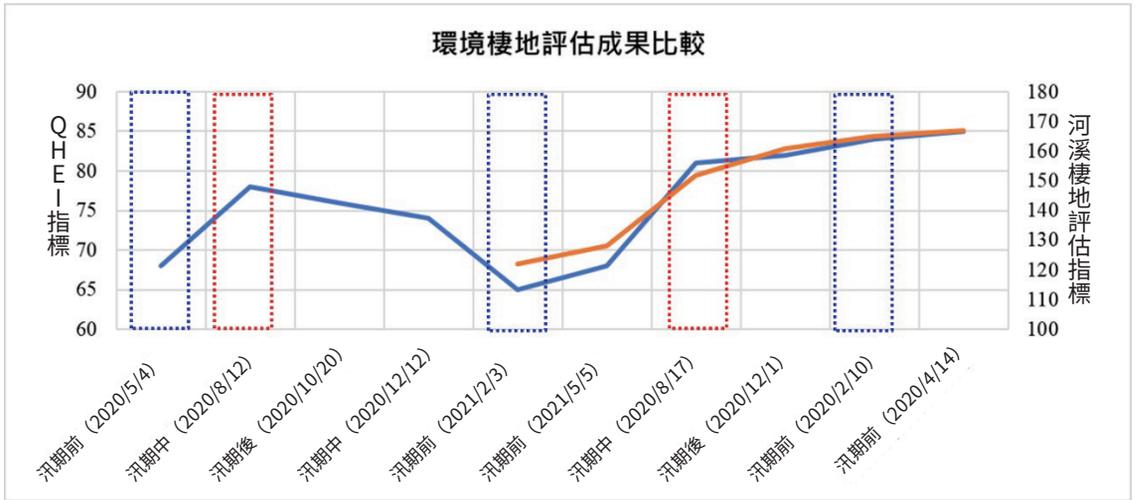
棲地環境變化

由於壩體調降之目的，為改善河道棲地環境，因此針對河道棲地進行分析，本計畫採用定性棲地評估指標（Qualitative Habitat Evaluation Index, QHEI）（Rankin, 1989）進行河道生態環境評估，並將各年度分析成果帶入計算，量化利嘉溪河道之棲地變化情形。

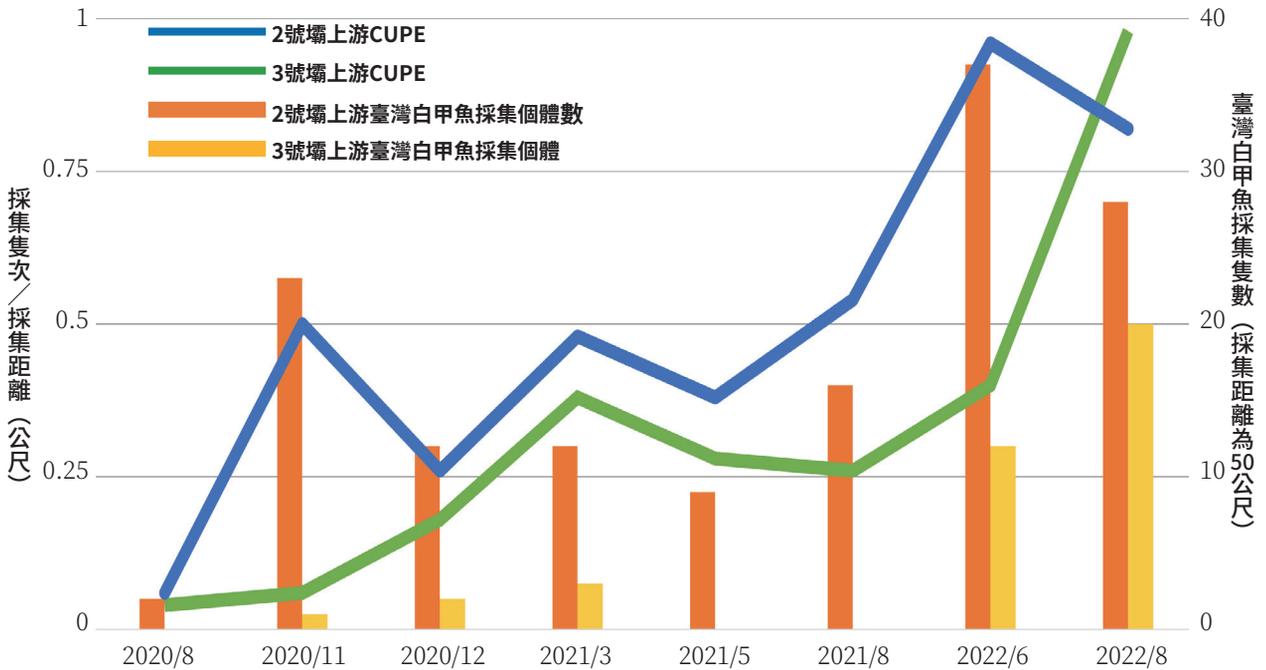
QHEI方法係由美國環保署所公布，評價

進行項目包含「基質」、「河道遮蔽度」、「河川形狀和人為影響」、「河川林地及濕地和沖蝕」、「深潭／淺流／淺瀨／緩流水深及流速」、「梯度」等六大項目（表3），QHEI的評分由所觀察之特徵依據各項判斷標準及是否存在予以給分，六大項評估後，最後將六項評估分數加總，得到評價總分。

本計畫於2020年進行4次生態環境評估，分別為當年度汛期前（2020年5月14日）、汛期中（2020年8月12日之108利奇馬颱風暨0810豪雨事件後），以及汛期後2020年



⑫ 大南北溪河道環境棲地變化情形 (2021年12月)



⑬ 2、3號壩上游魚類單位努力捕獲量 (CUPE) 及臺灣白甲魚採集隻數



⑭ ◀ 臺灣白甲魚 (*Onychostoma barbatulum*)
▶ 兔頭瓢鰭鰕虎 (*Sicyopterus lagocephalus*)

10月20日及12月22日，2021年亦進行4次生態環境評估，分別為當年度汛期前2021年2月3日及2021年5月5日、汛期中2021年8月17日，以及汛期2021年12月1日，而於本年度已進行兩次生態環境評估，分別為汛期前2022年2月10日及2022年4月14日。評估範圍為利嘉溪上游2號防砂壩至下游10號潛壩間之河道環境，並將分析成果帶入計算，量化利嘉溪河道之棲地變化情形。

比較2020年及2021年評估成果後發現，汛期前棲地評估指標為第二級（優良），汛期中及汛期後利嘉溪整體生態棲地評估為第一級（絕佳），主要差異為事件後河道整體水深提高，流量增加且湍急，大幅減少斷流之發生，深潭數量增加，以及河道擁有多種水域型態，以致整體棲地評估分數提高。

水生動物變化

就魚類調查方面，根據2020年8月至2021年8月每季調查結果，在壩體調整後，相同

採集努力量下的捕獲魚類個體數（CPUE）有增加的趨勢（圖⑬），表示壩體調整後魚類密度相對提升，且主要增加的物種為臺灣白甲魚（圖⑭）。此魚為利嘉溪原生的魚種之一，可視為中上游河段的指標物種，另外，2022年8月調查中該樣站新紀錄兔頭瓢鰭鰕虎1種，此魚種過去僅在利嘉溪大南圳以下的河段記錄到，根據此一新紀錄推測降壩後可能使此魚種上溯範圍延伸。

在3號壩上游與2號壩相似，歷次調查的CPUE有增加的趨勢（圖⑬），若以臺灣白甲魚為指標，可發現3號壩與2號壩上游的臺灣白甲魚採集個體數都有上升的趨勢，尤其在2022年兩次調查數量較前一年調查數量多（圖⑬）。

以上魚類數量變化可能是由於壩體調整後比利良橋以上河道棲地型態潭區比例增加，壩體經過打出缺口降挖後，使水流集中由缺口越流，沖刷出壩體下游的深潭，潭區的存在可供魚類在低水時期仍有水體可維持



⑤ 大南北溪構造物現況 (2021年12月)

Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ
Ⓓ	Ⓔ	Ⓕ
Ⓖ	Ⓖ	Ⓘ

- Ⓐ 2號防砂壩及副壩、2號潛壩
- Ⓑ 1號防砂壩、1號潛壩
- Ⓒ 8號潛壩
- Ⓓ 3號防砂壩及3、4、5號潛壩
- Ⓔ 6號、6-2、6-1號潛壩

- Ⓕ 4號防砂壩及副壩
- Ⓖ 7號防砂壩及副壩
- Ⓖ 5號防砂壩及副壩、9號潛壩
- Ⓘ 固床工、10號潛壩

一定的族群量，且降挖後的壩體除了高度降低外，壩下深潭的形成也提供魚隻起跳上溯足夠的深度，雖然部分壩體的高度對魚類來說仍然過高，但在高水位時期即可能因水位升高而使高度落差得以降低到魚類跳越的極限高度內，因此推測降壩後棲地型態的改變應有助於魚類的族群量提升，且同時使魚類之於各壩體的通過率提升。

結論

自從2018年啟動利嘉溪防砂壩壩體調整工作後，從2021年現場調查成果來看（圖⑮），既有構造物目前外觀、功能尚屬正常，而壩體調整之影響，是現地水流多出現集中現象，原堆積河道亦可見階段灘地形成，河道地貌型態逐漸朝多元化發展，這樣的改變，同時也可以從棲地指標之逐時趨勢得知。以目前河道狀況來看，不論是在汛期或非汛期，棲地指標均呈現穩定上升趨勢，說明現有壩體調整後河道棲地確實是改善的。

而在生態物種的變化，因以打鑿複式斷面缺口方式調整壩體，使壩體上游流心集中，發育出穩定的低水流路，且使壩體上方河道刷深，平均水深增加，使魚類可棲息的水體提升。

在穩定的低水流路條件下，使溪流附著藻類、水棲昆蟲等魚類食物來源有穩定的水域環境附著生長，不像過往流路擺移不定，使魚類食物來源成長受限，連帶影響魚類的

環境乘載量上限。

而壩體下游則因水流集中沖刷，形成深潭，深潭是溪流魚類重要的棲息場所，除了可以支持大型個體的成長及活動空間，也是枯水期時魚隻可以在低水位下避難之場所，這樣的環境，都可大幅增加現有環境之生態友善度。

綜整來看，目前利嘉溪之縱向廊道打通工作，已經有初步正面成效，但從現場狀況來看，在上游段（8號潛壩下游、4號防砂壩上游），河道上仍可見大量土砂堆積，棲地相較之下仍屬於單調之型態，將做為後續改善之關注區位。