

大礁溪實驗林場蘭花溪之水生 甲殼類及脊椎動物相初探

陳暉玄¹、李哲璋²、毛俊傑^{2*}

1.中聯環保科技工程股份有限公司

2.國立宜蘭大學森林暨自然資源學系

摘要

本研究自 2009 年 6 月至 9 月止，以每週一次的頻度調查，於宜蘭大學大礁溪實驗林場中之蘭花溪行水區，以攔砂壩為界，每 10 公尺的間距，上下游分別設置 10 與 20 個水生甲殼類及脊椎動物相調查的樣點，並比較動物種類組成、形質結構及相對豐富度的差異，同時並記錄水域相關的環境因子，包括：棲地型態、底質石、水深、水溫、雨量。

調查期間中，蘭花溪內共記錄到 11 科 14 種大型水生甲殼類及脊椎動物；兩科兩種蝦類、兩科兩種蟹類、四科五種魚類、兩科四種蛙類蝌蚪、一科一種蛇類，其中以台灣鏟頰魚(*Varicorhinus barbatulus*)的數量最為豐富。

研究結果顯示因攔砂壩上游有細沙、礫石堆積之現象，使食物源及生殖場減少，可能造成上游的台灣鏟頰魚的族群降低以及生活棲地逐漸減少。以 Schnabel 法估計台灣鏟頰魚及明潭吻蝦虎(*Rhinogobius candidianus*)的族群於攔砂壩下游均比上游大，但發現上游台灣鏟頰魚族群成熟比例較下游高，顯示上游的台灣鏟頰魚族群更新狀況不佳。降河洄游性魚類的鱸鰻(*Anguilla marmorata*)、日本絨螯蟹(*Eriocheir japonicus*)，只在攔砂壩下游調查到。針對優勢魚種進行標記，來了解攔砂壩上下游間之魚類個體交流狀況，發現調查期間上游標記的台灣鏟頰魚，僅有一隻個體在颱風過後，於攔砂壩下游發現，上游則未曾發現來自下游的標記魚隻。顯示了攔砂壩對於魚類族群在洄游與分佈上都造成影響。建議針對蘭花溪水文與地質特性以及水生甲殼類與脊椎動物特性，設計出適合於蘭花溪之魚道或者連續性矮壩，降低攔砂壩對蘭花溪的生物多樣性可能的阻斷效應。

關鍵詞：溪流生態、攔砂壩、分布、台灣鏟頰魚、明潭吻蝦虎

The Preliminary Study on Aquatic Crustacea and Vertebrate Fauna of Orchid Creek in Da-Jiou-Shi Experimental Forest

Wei-Xuan Chen¹ Jhe-Wei Li² Jean-Jay Mao^{2*}

1. Union Environmental Engineering Services Co. Ltd.

Abstract

From June to September 2009, an investigation of the aquatic Crustacea and vertebrate fauna of Orchid Creek was conducted once a week in Da-Jiou-Shi Experimental Forest, National Ilan University. The middle stream sediment storage dam was the demarcation point of the different sampling plots and from the headwater (sampling plot A) to downstream (sampling plots B and C) environments. Each linear sampling plot consisted of 10 trapping units, and the distance between two trapping units was 10 m. We compared the fauna composition, body condition, population structure, and relative abundance of certain species, and recorded the following environmental characteristic: microhabitat type, substrate, water-depth, water-temperature, and rainfall, within the different sampling plots.

Aquatic Crustacea and vertebrate fauna from 11 families, comprising 14 species, were recorded in Orchid Creek. These included 2 shrimp species (from 2 families), 2 crabs species (from 2 families), 4 tadpole species (from 2 families), and 5 fish species (from 4 families), of which *Varicorhinus barbatulus* appeared to be the predominant fish species. In additions to the above, an ophidian species of the family Colubridae was also recorded.

The study results indicated that the sand and pebbles (round stones) accumulated at the upper-dam, probably causing food sources and reproductive space shortages, possibly resulting in a reduction of the population number or available microhabitat for *V. barbatulus*. The Schnabel population estimated method showed that both *V. barbatulus* and *Rhinogobius candidianus* had larger populations in the downstream section of the dam compared to headwater, but *V. barbatulus* from the upper dam section had higher maturity proportion in population structure than conspecifics from the lower-section, which may be due to improper isolation and pool population regeneration as a result of the dam. In addition, migrating *Anguilla marmorata* and *Eriocheir japonicas* were restricted to the downstream region below the dam. A mark and recapture method was utilized on the dominant fish species to determine the population interchange between the upper- and lower-dam, but only upstream-marked *V. barbatulus* were collected downstream after the typhoon, Morakot. No downstream-marked fish were recorded in the upper-dam region. Our result proved that the sediment storage dam will affect the population structure, distribution, and migration of fishes in Orchid Creek. Considering the hydrological, geological, and biological status, there is a requirement for further improvement of the dam structure in this creek.

Keywords: *Rhinogobius candidianus*, sediment storage dam, species distribution, stream ecology, *Varicorhinus barbatulus*

*Corresponding author. E-mail: jjmao@niu.edu.tw

前 言

野生動物在生態系中扮演著不可或缺的一環，要能妥善管理及運用這些資源，則須先建立完善的生物多樣性基本資料庫。大礁溪實驗林場的動物資源調查，過去曾報告了關於：鳥類(游, 1991; 毛, 2011)、蝶類(陳, 1991; 歐陽和陳, 2010)、哺乳動物(毛等, 2006; 廖等,

2012)及兩棲爬行動物(毛等, 2008)等調查結果。在非正式報告中，雖然楊等(2004)曾於蘭花溪進行淡水魚類取樣調查，但其報告中僅提到俗稱苦花或鮰魚的台灣鐘頭魚(*Varicorhinus barbatulus*)一個物種，與一種不知名蝦虎，並未提及其他魚類或相關水生動物的出沒狀況；林(2007a,b)指出與蘭花溪相連的大礁溪內有多個魚種(如：台灣纓口鰍、台灣間爬岩鰍、明潭吻蝦虎)的分布，

儘管蘭花溪與大礁溪匯流處，築有低矮的固床工，但這些水工構造物的修築年代多為近幾十年，在這些水泥構造物出現之前，大礁溪與蘭花溪之間的魚類及水生動物應存在著交流的現象，然而，目前蘭花溪的水生動物相的相關資料仍不完備，上述的三種底棲性魚類是否也存在於蘭花溪之中，仍有待釐清。為了確認蘭花溪現存水生甲殼類及脊椎動物相之狀況，因此有必要進行相關水生動物資源現況調查，使大礁溪實驗林場動物資源基礎資料的完整性，趨於完善。

每當颱風豪雨出現，上游河床與兩岸坡地就會遭受沖蝕，造成土石嚴重流失，因此多興建攔砂壩來穩定河床、防止崩坍與攔阻河岸砂石減低河道侵蝕。雖然攔砂壩有助於水土保持，但由於攔砂壩為橫貫河川之行水區而建造，會形成水位高低落差，造成溪流水生動物分布的連續性下降、棲息地單調化與魚類群聚零碎化，進而影響溪流或河川的水生動物多樣性的運作機制(林等，1999)。基於實習林場安全的考量，十多年前本校於蘭花溪中上游，興建了一座攔砂壩，這座大型的鋼筋混凝土水工構造物的存在，是否會造成攔砂壩上下游大型水生動物交流的阻隔，亦值得關注。

本研究旨在建立大礁溪林場主要水源—蘭花溪的水生甲殼類及脊椎動物相基礎資料，並比較蘭花溪上現存之攔砂壩上、下游間的水生甲殼類及脊椎動物種類是否有差異，同時藉由蘭花溪流域內的優勢種魚類的標放，及各種水生動物於攔砂壩上下游種類及分布的差異，來探討現存的攔砂壩類型，是否對於蘭花溪的魚類具有阻隔效應。

材料與方法

一、調查區域環境概述

蘭花溪位於宜蘭縣礁溪鄉二結村，國立宜蘭大學大礁溪林場內，由源頭自北向南流經林場，並將林場分隔為東(竹仔崙段；約占現有林場總面積的 2/5)、西(三層坪區；約占總面積的 3/5)兩區段(圖 1)。蘭花溪二側之溪谷地，因地質及地形因素，不易造林，現今所見，多為人工造林地失敗後天然更新之植物相，加上蘭花溪為實驗林場主要水源地，因此流域兩側在林場的利用分區規劃上，屬於保安林區。

蘭花溪為典型台灣山區的小型溪流，流程約 4 公里，最終注入宜蘭河上游之大礁溪。短急且落差大的溪流特性，使得此區極易在颱風或豪大雨時，發生山洪爆發或嚴重坍塌的狀況，校方基於實習場域安全的考量，因此蘭花溪的流域中上游設有攔砂壩，下游鄰近大礁溪匯流口處則設有連續性矮壩等水利工程。根據我們過去的觀察，溪澗水流量一般在乾、濕季間，並無明顯差異，但若遇颱風、豪大雨或長時間久旱不雨的狀況才會有明顯水位上漲或下降的狀況。

二、調查方法

楊等(2004)曾利用刺網(gill net)進行蘭花溪的魚類調查，但因該溪流流域的地形地貌容易受到颱風的影響而改變，加上溪流的水淺且流域狹窄，及刺網的網目大小對於捕獲的對象的體型大小具有選擇性(戴，1996)等因素，並未得到完整的調查結果。因此，為求得效率較佳的調查結果，本研究改採放置蝦籠進行調查，自 2009 年 6 月 5 日至同年 9 月 23 日止，以蘭花溪林道終點(中上游)之攔砂壩為界，將調查區域劃分為 A 區(攔砂壩上游距離壩體 0~100 公尺處)、B 區(攔砂壩下游距離壩體 0~100 公尺)及 C 區(下游距離壩體 100~200 公尺)三處調查樣區，由 C 到 A 區的海拔高約在 230 到 320 公尺(圖 1)。

各調查樣區利用蝦籠放置溪釣誘餌，以每次連續進行七日(夜)的陷阱調查頻度，靜置並進行水生動物誘捕調查(張，1999)；A、B、C 各區各等距設置 10 處調查點，點與點間相隔 10 公尺，每一調查樣點設置中型(D×L=12.5×35 cm)沉水及改良式浮水蝦籠各一組，分別放置於行水區兩側，浮水及沉水兩種蝦籠以沿著溪流，左右交互排列的方式定點設置。

(一) 環境因子測量

調查記錄各攔砂壩上下方水域的環境因子，包括平均溪寬(m)、水深(cm)、水溫(°C)、棲地類別組成、底質石組成和雨量就其調查方式說明如下：

1. 平均水深(cm)：在溪寬的 1/4、1/2 與 3/4 處三點，以桿尺各測量一次，平均之後所得之值。
2. 水溫：將溫度計放置於溪流中水平面下 0.3 公尺

處，測量其水溫，測量時要選擇陰暗的位置，避免因太陽照射造成誤差。

3.棲地類別及底質石組成，參考張(1999)所撰寫之野生動物調查手冊的溪流調查棲地分類系統做為分級之依據。

4.雨量：雨量資料參考中央氣象局宜蘭氣象站所發布之調查期間降雨資料。

(二)形質測量和標記方法

為了探究攔砂壩的阻隔效應是否會影響魚類族群洄游與移動的限制，並且估算優勢魚種的族群量，將蝦籠所捕獲水生動物時分為進行標記的目標物種與未標記的非目標物種。經前期調查發現，以台灣鏟頰魚及明潭吻蝦虎(*Rhinogobius candidianus*)的族群數量較多，故以為台灣鏟頰魚和明潭吻蝦虎作為目標物種，並將捕捉到的魚隻個體紀錄種類、重量、及體長(從吻端到尾鰭尖端)，利用 MS-222 將其麻醉後，使用 VIE tags(Visible Implant

捕獲標記之地點，個體標記後放入清水中，待魚甦醒後(Fluorescent Elastomers)進行標記；上游捕獲的魚隻標記於背鰭下方，下游魚隻則標記於尾鰭前方，以區別最初原地釋放，非目標物種則記錄種類與數量後原地釋放。

三、資料分析

相似性係數可用來比較不同地區或不同時間的物種組成相似程度，本研究採用 Sørensen 相似性係數來計算不同調查樣區之間出現的種類相似狀況，根據取樣區域中之物種有無的差異來計算，計算公式：

$$S = 2C / (a + b)$$

S：相似性係數

a：A 樣區中的種數

b：B 樣區中的種數

C：A、B 兩樣區中的共有種數

S 值變動的範圍從 0~1 之間，由 0 逐漸擴大至 1，表示完全不相似至完全相似。



圖 1 大礁溪林場之蘭花溪水生動物相調查樣區相對位置圖(左圖；★：攔砂壩所在位置；A,B,C：各固定調查樣區所在區段)；豐水期蘭花溪之攔砂壩圖(右圖)

Fig. 1 The relative localities of the different aquatic fauna inventory sampling plots along Orchid Creek, Da-Jiou-Shi Experimental Forest (left; ★：sediment storage dam; A,B,C: the relative localities of linear sampling plots); The sediment storage dam of Orchid Creek under high water level condition(right)

本研究除利用前述的 Sørensen 相似性係數外，並配合異質性(Heterogeneity；包含 Shannon-Wiener 及 Simpson 指數)及均勻度(Evenness)指數(Krebs, 1999)，比較攔砂壩上、下游水域，物種種類組成及其多樣性差異。同時分析壩上與壩下的台灣鏟頰魚及明潭吻蝦虎兩種魚類的族群量，以封閉族群連續取樣的 Schnabel 法

(Schnabel Population Estimation) 進行估算 (Krebs, 1999)。前述兩種魚類的族群量與不同調查樣區的異質性(Heterogeneity)、均勻度(Evenness)估算，均使用 Ecological Methodology(Version 6.1.1)軟體進行相關參數的計算。除比較各區域內種類的水生動物多樣性外，針對台灣鏟頰魚及明潭吻蝦虎進行取樣時，亦會針對攔砂

壩上下游間的魚類體質量狀況進行比較，該體質量狀態以飽滿度(K)作為指標進行計算(陳等, 2005)，計算方式：

$$K = W / L^3$$

K：飽滿度(%)

L：體長(cm)

W：體重(g)

結果與討論

一、環境調查結果

蘭花溪之整體攔砂壩形式屬於重力壩，由鋼筋混凝土所構成之壩長與壩寬部分，分別為 22.5 及 12.7 公尺，壩頂與壩底兩側水泥結構均直立於溪床之上，壩頂之攔砂壩體高度 2.5 公尺，直立於重力壩上方，其下方之洩水面傾斜坡度為 30 度，於壩底則築有一橫互蘭花溪的 3 公尺寬水泥通道，以利小型交通工具及人員通行，水泥通道下的洩水涵洞與溪床行水區之垂直高差約為 1 公尺，壩上(2.5 公尺)與壩下(1 公尺)與溪流行水區之垂直高差，並不於水生生物之跨越。調查期間攔砂壩上游(A 區)平均溪寬、水深均高於壩下的 B、C 兩區，但在調查期間的各樣區平均水溫則無明顯不同(表 1)。

表 1 蘭花溪攔砂壩上下游調查流域之平均溪寬(M)、水深(cm)與水溫(°C)(mean±SD)

Table 1 The average stream-width (m), water-depth (cm) and water temperature (°C) comparisons between the upper- and lower-sediment storage dam of Orchid Creek (mean±SD).

	溪寬(m)	水深(cm)	水溫(°C)
壩上 A 區	5.08±2.12	37.5±18.9	20.1±0.8
壩下 B 區	4.98±2.89	26.4±5.9	20.4±1.1
壩下 C 區	3.92±1.25	26.2±4.5	20±1.1

溪流的棲地結構方面，2009 年 6 月調查結果顯示(表 2)，上游(A 區)底質石主要由：圓石(19.5%)、大礫石(17.5%)、卵石(17.5%)與巨石(17.5%)組成，其主要棲地型態及其比例，分別為：淺瀨(30%)、急瀨(30%)與平流(30%)。相同地點，同年 9 月的調查結果顯示，細沙、礫石與大礫石比例，均有提高的趨勢，可能為颱風與連日豪雨所帶來的豐沛雨量，沖蝕上游河床，使細沙、礫石與大礫石大量沖落並堆積於上游溪床，使得調查結果的

比例提高，同時連日大雨，也使得水位提高，造成上游平流的棲地型態比例增加。下游(B、C 區)底質石主要由壩上與壩下行水區河床陡峭程度，距壩上 30m 處的河床坡度約為 8°，但距壩下 30m 處的河床坡度則為 21°，壩下的河床明顯較壩上處來的陡峭，林等(1999)指出人工壩體對水域生態可能造成壩上淤砂量增加、河床坡度變緩、棲地變為淺瀨、緩流型，壩下淤砂量減少、河床坡度變陡、棲地變為深潭型等。在本研究中，地形陡峭的蘭花溪床，亦呈現攔砂壩上的河床坡度變緩，並以淺瀨及緩流為主要的棲地類型，但具有部分的水潭，壩下則河床坡度變陡，棲地類型以淺瀨與急瀨為主，並不具有的水潭。水潭出現與否，或許成為平均水深量測時，上(A 區)、下游(B、C 區)間的主要差異因子。

溪流的棲地結構方面，2009 年 6 月調查結果顯示(表 2)，上游(A 區)底質石主要由：圓石(19.5%)、大礫石(17.5%)、卵石(17.5%)與巨石(17.5%)組成，其主要棲地型態及其比例，分別為：淺瀨(30%)、急瀨(30%)與平流(30%)。相同地點，同年 9 月的調查結果顯示，細沙、礫石與大礫石比例，均有提高的趨勢，可能為颱風與連日豪雨所帶來的豐沛雨量，沖蝕上游河床，使細沙、礫石與大礫石大量沖落並堆積於上游溪床，使得調查結果的比例提高，同時連日大雨，也使得水位提高，造成上游平流的棲地型態比例增加。下游(B、C 區)底質石主要由細沙、礫石與大礫石組成，下游棲地型態，則以急瀨(50%)與淺瀨(45%)為主。但同年 9 月的調查結果則顯示，細沙、礫石比例有下降的趨勢，可能與颱風和連日豪雨所帶來的豐沛雨量驟降於下游河床，使溪流更為湍急將顆粒較細小的底質石沖刷到更下游，使細沙、礫石比例下降，棲地形成平流狀態的比例與上游相同，亦呈現增加的趨勢(表 2)，張和林(1999)曾提及河床上的砂石，因攔砂壩造成的堆積，會使魚類生殖場與食物資源減少。

二、水生動物資源調查結果

調查期間，共進行了 13 次調查，在蘭花溪內共記錄到共記錄到 11 科 14 種大型水生動物；兩科兩種蝦類、兩科兩種蟹類、四科五種魚類、兩科四種蛙類蝌蚪、一科一種蛇類，其中蘭花溪有四種台灣特有種，分別為：宜蘭澤蟹(*Geothelphusa ilan*)、台灣纓口鰍(*Crossostoma lacustre*)、台灣間爬岩鰍(*Hemimyzon formosanum*)、明潭

吻蝦虎(*R. candidianus*)與盤古蟾蜍(*Bufo bankorensis*)蝌蚪,而蘭花溪內最優勢物種為台灣鏟頰魚(*V. barbatulus*)。攔砂壩上游以台灣鏟頰魚為相對優勢的物種,另外,大和米蝦(*Caridina japonica*)主要在水潭的環境發現,且同樣以上游數量較多,是否因大和米蝦族群生長環境需求,林(2007b)指出本種之溯河能力極佳,通常棲息於河川中上流域的林下小溪或水潭中,與本研究調查發現的微棲地環境相仿。攔砂壩下游則以台灣鏟頰魚、宜蘭澤蟹與明潭吻蝦虎為主要物種,其他洄游性的種類,如:日本絨螯蟹在攔砂壩下 B 與 C 區都有發現記錄,鱸鰻僅在攔砂壩下 B 區有發現紀錄,但此兩物種都具有降河性洄游的習性,卻在調查期間都僅只在攔砂壩下游發現。陸封型的黑殼沼蝦,同樣只有在攔砂壩下游河段發現;兩棲類的活動,雖然受到攔砂壩的阻隔影響較於全水生動物低,然而,福建大頭蛙(原稱:古氏赤蛙)與梭德氏赤蛙兩種蛙類的蝌蚪,在調查期間卻未曾於攔砂壩上游出現,是否跟上游環境較不適合生存有關,則值得後續研究(表 3)。

利用 Sørensen 相似性分析結果, A 與 B 區出現的水生動物種類相似性為 80%, B 與 C 區相似性為 87%,顯示出因攔砂壩建置與阻隔,在壩上的 A 區與壩下相連的 B、C 區之間,有較明顯的物種組成差異,尤其相距最遠的 A 與 C 區,相似性只有 74%,除了微棲地類型的差異所造成種類不同之外,我們認為可能與攔砂壩阻隔

了一些洄游性物種也有所關聯。異質性與均勻度的分析

結果也顯示,壩下 B、C 兩區的 Shannon-Wiener index、Simpson index 與 Evenness 指數均高於壩上(表 3),除了海拔與微棲地結構的差異外,此一結果可能也與下游的溪流連續性較佳有關,其中,水生動物分布連續性的中斷與阻隔和微棲地結構在攔砂壩興建前後的改變及影響,正是在前人研究中,最常被指出在攔砂壩興建後的一項生態上負面因子(如:林等, 1999;張和林, 1999;張等, 1999;許, 2003)。

以中央氣象局宜蘭氣象站的雨量資料,比對台灣鏟頰魚上下游的相對豐富度發現,台灣鏟頰魚在七月累積雨量低時,相對豐富度也呈現降低的現象(圖 2);在九月累積雨量高時,相對豐富度也有增高的現象。張等(1999)觀察到台灣鏟頰魚在雨季末期(9-10 月左右)適當的水流量時向上溯洄游的現象。曾(2004)亦指出台灣鏟頰魚分布於水溫約平均 20°C 左右的溪流中,但於春、秋兩季的生殖產卵時,會開始上溯至平均水溫 15°C 的溪流中,因此可推測蘭花溪內的台灣鏟頰魚可能也在九月時,因生殖活動開始出現上溯的狀況,導致相對豐富度提高,但倘若攔砂壩對下游上溯壩上的台灣鏟頰魚具有明顯的阻隔效應時,壩上增加的個體從何而來?目前推測是因降雨導致溪流水量的增加,而使原本散布於上游溪床上各處孤立或連接狀況不佳的小水灘相連,增加了調查時的台灣鏟頰魚相對豐富度。

表 2 蘭花溪攔砂壩上下游平均底質石組成百分比及棲地型態類別在莫拉克颱風前後的變化
Table 2 The mean substrate percentage and microhabitat type differences, and comparisons between the upper- and lower-sediment storage dam of Orchid Creek, before (June) and after (September) typhoon Morakot passed over the area

位置	調查月份	平均底質石組成百分比(%)							棲地型態類別(%)					
		細沙	礫石	大礫石	卵石	圓石	巨石	大巨石	淺瀨	急瀨	緩流	平流	深流	水潭
壩上 A 區	Jun. 09	14.5	10.5	17.5	17.5	19.5	17.5	3	30	30	0	30	0	10
	Sep. 09	16	12	19	16	17	17	3	0	0	0	90	0	10
壩下 B 區	Jun. 09	20.5	18.5	13.5	12	15	12	8.5	40	50	0	10	0	0
	Sep. 09	16	17.5	18.5	16	13	12	7	0	30	0	70	0	0
壩下 C 區	Jun. 09	13.5	19.5	20	15	15.5	10.5	6	50	50	0	0	0	0
	Sep. 09	15	12	19	19	15	12	8	0	0	0	100	0	0

表 3 調查期間蘭花溪水生動物物種名錄及攔砂壩上下游水生動物分佈表(◎台灣特有種、○台灣特有亞種；A 區位於攔砂壩上游；B、C 區位於攔砂壩下游)

Table 3 The aquatic fauna and their distribution along Orchid Creek between the upper- and lower-dam (◎: endemic species; ○: endemic subspecies; A: upper-dam sampling plot; B and C: lower-dam sampling plots)

科名/中文名/學名	洄游性	數量		
		A 區	B 區	C 區
黃頰蛇科(Colubridae)				
白腹游蛇 (<i>Sinonatrix percarinata</i>)		4	8	2
蟾蜍科(Bufonidae)				
◎盤古蟾蜍 (<i>Bufo bankorensis</i>)蝌蚪		5	1	
叉舌蛙科(Dicroglossidae)				
福建大頭蛙 (<i>Limnonectes fujianensis</i>)蝌蚪			4	5
赤蛙科(Ranidae)				
梭德氏赤蛙 (<i>Rana sauteri</i>)蝌蚪			17	2
斯文豪氏赤蛙 (<i>Odorrana swinhoana</i>)蝌蚪		15	45	5
鯉科(Cyprinidae)				
台灣鏟頰魚 (<i>Varicorhinus barbatulus</i>)	+	309	205	417
平鱗鰍科(Homalopteridae)				
◎台灣纓口鰍 (<i>Crossostoma lacustre</i>)			1	
◎台灣間爬岩鰍 (<i>Hemimyzon formosanum</i>)		1	1	1
蝦虎科(Gobiidae)				
◎明潭吻蝦虎 (<i>Rhinogobius candidianus</i>)	+	44	106	113
鰻鱺科(Anguillidae)				
鱸鰻(<i>Anguilla marmorata</i>)	+		2	
方蟹科(Grapsidae)				
日本絨螯蟹 (<i>Eriocheir japonicus</i>)	+		1	2
溪蟹科(Potamidae)				
◎宜蘭澤蟹 (<i>Geothelphusa ilan</i>)		74	232	311
匙指蝦科(Atyidae)				
大和米蝦(<i>Caridina japonica</i>)	+	42	6	27
長臂蝦科(Palaemonidae)				
黑殼沼蝦 (<i>Macrobrachium asperulum</i>)				22
出現物種數總計		5	8	13
Shannon-Wiener index			1.74	2.18
Simpson's index			0.57	0.72
Evenness			0.29	0.26

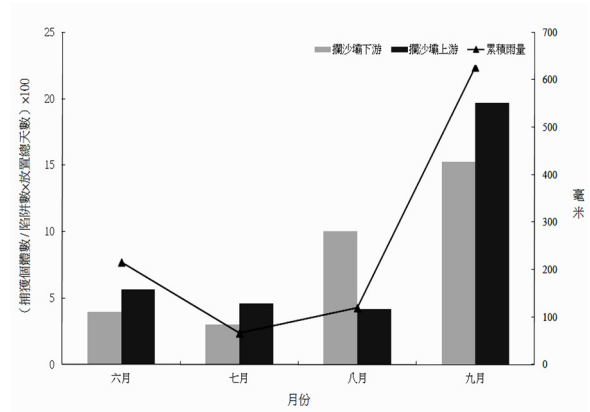


圖 2 調查期間各月份累積雨量與蘭花溪台灣鏟頰魚相對豐富度之關係圖

Fig. 2 The correlation between monthly cumulated rainfall and the relative abundance of *Varicorhinus barbatulus* in Orchid Creek, Da-Jiou-Shi Experimental Forest in different months

Schnabel 族群估算結果顯示，台灣鏟頰魚與明潭吻蝦虎的壩上族群(A 區)都比壩下(B、C 區)的族群還要小(表 4)，台灣鏟頰魚有由下游往上減少的現象，侯和吳(1997)指出台灣鏟頰魚族群分布與大型底石呈正相關與砂土百分比組成呈負相關，若蘭花溪攔砂壩上游細沙、礫石等底質石持續堆積，可能會使上游台灣鏟頰魚的食物來源、生殖場所與棲地逐漸減少，導致族群數量降低。明潭吻蝦虎則呈現壩下鄰近攔砂壩所在的河段(B 區)，族群量最高的狀況，明潭吻蝦虎聚集於壩下的狀況，是否也因攔砂壩橫互於蘭花溪之上，而造成蝦虎上溯路徑受到阻隔所導致？根據 Chuang et al.(2004)於台灣北部哈盆溪所進行的底棲魚類棲地利用研究結果顯示，明潭吻蝦虎於水深較淺的瀨區(raftles)出現的相對豐富度高於潭區(pools)，相較於蘭花溪的攔砂壩上下游的棲地比例來看，壩下的 B、C 兩區，瀨區的環境比例均高於壩上 A 區，又以鄰近攔砂壩的 B 區比例最高，與明潭吻蝦虎在蘭花溪中的族群量估算結果相符。攔砂壩會造成溪流生物分布破碎化，並且阻斷上下游生物基因庫交流，最終導致魚種分佈萎縮(張和林, 1999)，調查期間，僅在 8 月 27 日莫拉克(MORAKOT)颱風過後，攔砂壩下游發現一條於上游標記的台灣鏟頰魚，推測是由於颱風導致溪水暴漲，魚隻被沖刷到下游所致，而連續進行的調查期間，攔砂壩上游未曾發現任何來自於下游有標記的魚隻。上游河段不僅因攔砂壩的阻隔造成下游物種無法

上溯之上游，而且上游在 100 公尺處，還有天然地形所形成之瀑布，可能造成上游魚隻被封閉在有限的水域內，Gaston(1990)指出，若在溪流上建立壩體或連續壩，會造成該河段間沒有足夠的棲息地環境、資源與庇蔭所，則殘存族群會萎縮而趨崩潰消失。因此為了避免上游魚類族群發生滅絕的危機，應該長期追蹤，觀察蘭花溪上游是否也有此種情形的發生。

攔砂壩上下游之魚類體型大小的差異比較，以每 1cm 做為長度上的分級區間，比較台灣鏟頰魚及明潭吻蝦虎之族群結構。攔砂壩上下游所捕獲到的台灣鏟頰魚，在族群結構上均呈現常態分布，大小都以 5.1 到 6cm 的數量為最多，調查中捕獲最大台灣鏟頰魚個體為體長 14.3cm、體重 23.5g。但上游台灣鏟頰魚族群，大體型成熟個體的比例較下游高，壩上族群結構似乎有更新較不佳的現象(圖 3)。林(2007a)指出台灣溪流中的台灣鏟頰魚體長約 10~35 公分，而在蘭花溪調查期間，發現雄性鯛魚在 10 公分左右就出現追星的性成熟現象，但個體體長與重量明顯較為瘦小，體長大於 10 公分的個體數量亦十分稀少，推測可能是因為受到環境限制所導致的結果(侯和吳，1997)。張和林(1999)也提到攔砂壩上游的水生生物族群，由於洪水沖激造成族群流失、基因庫縮小，而且下游族群又無法向上游進行遺傳物質交流，來彌補上游所流失的遺傳多樣性，長期恐造成基因庫趨向單一化，該等族群在適應環境變化的能力會逐漸降低，最終導致滅絕。因此蘭花溪攔砂壩是否也會造成上游出現此情形，值得更進一步的研究。

表 4 調查期間蘭花溪攔砂壩上游(A 區)及下游(B、C 區)台灣鏟頰魚與明潭吻蝦虎之族群量估計(及 95%信賴區間之族群估計範圍)

Table 4 The comparison of the estimated population of *Varicorhinus barbatulus* and *Rhinogobius candidianus* at A (upper-dam), B, and C (lower-dam) sampling plots along Orchid Creek (95% confidence estimation interval).

	A 區	B 區	C 區
台灣鏟頰魚 (<i>Varicorhinus barbatulus</i>)	177 (150-217)	197 (157-266)	375 (318-456)
明潭吻蝦虎 (<i>Rhinogobius candidianus</i>)	153 (68-389)	285 (158-459)	199 (137-319)

攔砂壩上下游所捕獲到的明潭吻蝦虎大小，則以 3.1

到 4cm 及 5.1 到 6cm 的數量為居多(圖 4)，調查中捕獲明潭吻蝦虎捕獲最大個體為體長 7.2cm，體重 3.9g。結果顯示攔砂壩上游的明潭吻蝦虎族群結構有雙峰現象，是否與雌雄比例有關，由於並未針對雌雄性別進行判定，因此其可能之成因，尚不得而知。

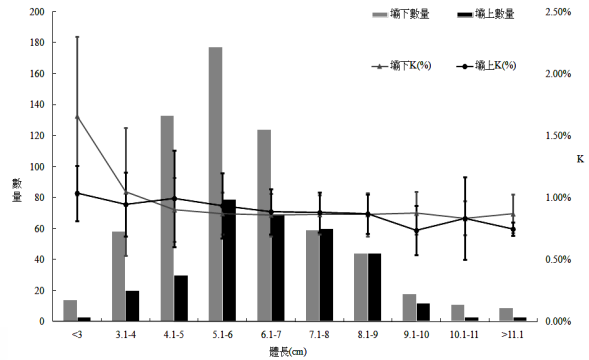


圖 3 大礁溪林場蘭花溪攔砂壩上下游台灣鏟頰魚族群結構與飽滿度(K)比較圖

Fig. 3 The comparison of the population structure and condition coefficient (K) of *Varicorhinus barbatulus* between the upper- and lower-dam of Orchid Creek, Da-Jiou-Shi Experimental Forest.

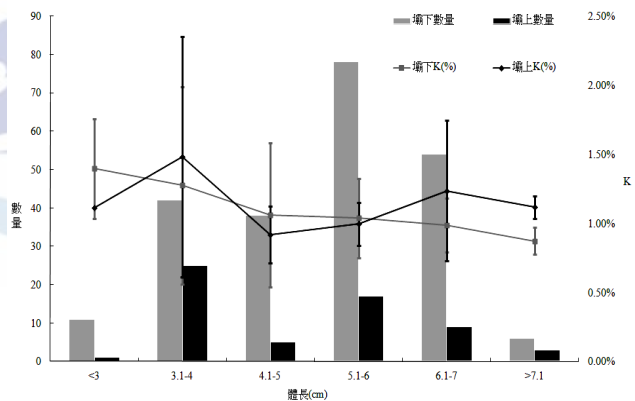


圖 4 大礁溪林場蘭花溪攔砂壩上下游明潭吻蝦虎族群結構與飽滿度(K)比較圖

Fig. 4 The comparison of the population structure and condition coefficient (K) of *Rhinogobius candidianus* between the upper- and lower-dam of Orchid Creek, Da-Jiou-Shi Experimental Forest

就目前的研究結果來看，蘭花溪水生動物受到攔砂壩影響的類型，兼具砂石堆積所導致的微棲地改變，及阻隔效應所形成的族群結構不佳，建議未來可參考國內外相關文獻，針對蘭花溪的水文、地質及水生動物特性，

設計出適合當地特性之棲地改善方式(如:設置魚道或改變現有壩體的高度與結構),使魚類及其它水生動物可以順利通過攔砂壩,提高上下游個體彼此交流的機會,使蘭花溪的水生動物生態系維持平衡與穩定。

參考文獻

- 毛俊傑。2011。大礁溪林場鳥類名錄之增修。宜蘭大學生物資源學刊。7(1): 69-72。
- 毛俊傑、王佑軒、黃襄德、吳旻俞。2008。大礁溪林場兩棲、爬行動物相調查。宜蘭大學生物資源學刊。4(1): 15-23。
- 毛俊傑、鄭祖浩、鄭倩嫻、戴士恩、蘇庭弘。2006。大礁溪林場野生哺乳動物資源調查。宜蘭大學生物資源學刊。3(1): 43-51。
- 林春吉。2007a。台灣淡水魚蝦生態大圖鑑(上)。天下遠見出版。台北。
- 林春吉。2007b。台灣淡水魚蝦生態大圖鑑(下)。天下遠見出版。台北。
- 林曜松、蘇靄靄、莊鈴川、賴建盛、張明雄、黃永慶、劉奇璋、謝伯娟、蔡雯怡、吳書平、劉怡里。1999。立霧溪人工壩體對水域生態影響之研究。內政部營建署太魯閣國家公園管理處八十八年度研究報告。
- 侯平君、吳清福。1997。台灣鏟頰魚的溫度生物學及其應用。野生動物保育教育與經營管理研討會論文集。pp.183~198。台北。
- 張世倉、李德旺、李訓煌。1999。攔砂壩對烏石坑溪生態影響及魚道效用之評估。特有生物研究。1:88-101。
- 張明雄。1999。淡水魚類資源調查方法與技術。野生動物資源調查方法研習會手冊。pp.87~117。台中。
- 張明雄、林曜松。1999。攔砂壩對水生生物多樣性的影響。生物多樣性研討會論文集。pp.306-323。台北。
- 許增發。2003。防砂壩對魚類分佈之影響-以曾文水庫集水區主流為例。國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文。台南。
- 陳妙玲。1991。蝶類組成與其棲息地植群間關係之研究—以宜蘭農工專校實驗林場為例。國立台灣大學森林學研究所碩士論文。台北。
- 陳傳民、黃祥飛、周萬平。2005。湖泊生態系統觀測方法。中國環境科學出版社,北京。
- 曾晴賢。2004。台灣河川洄游生物的習性。科學發展。352:4-11。
- 楊淳佑、吳明謙、張利華。2004。蘭花溪魚類資源調查。國立宜蘭大學自然資源學系五年制專科專題討論報告。宜蘭。
- 廖宜俊、方妍婷、方引平、葛瑞、毛俊傑。2012。大礁溪實驗林場蝙蝠多樣性研究。宜蘭大學生物資源學刊。8(1): 1-9。
- 歐陽盛芝、陳素瓊。2010。台灣產蝴蝶生物多樣性調查(一):大礁溪和棲蘭地區。宜蘭大學生物資源學刊。6(1): 59-69。
- 戴永禎。1996。小鬼湖鯉魚族群生態之研究。台灣省農林廳林務局保育研究系列 84-09 號。
- Chuang, L.-C., S.-H. Liang, and Y.-S. Lin. 2004. Habitat use of two benthic fishes, *Crossostoma lacustre* and *Rhinogobius candidianus*, in the Hapen creek of northern Taiwan. *Taiwania*. 49(3):166-174.
- Gaston, K. J. 1990. Patterns in the geographical ranges of species. *Biological Review*. 65:105-129.
- Krebs, C.J. 1999. *Ecological Methodology*. 2nd ed., pp. 35-37, 440-445. Addison-Welsey Educational Publishers, Inc., California.

101年9月11日投稿
101年11月27日接受