

不同空間尺度的棲息地河段地文因子 與魚類豐度之關係探討

Preliminary Study of Relationships between Fish Abundance and Landscape Features at Multiple Spatial Scales

國立成功大學
水利及海洋工程學系
博士班學生

黃鼎翔

Ting-Hsiang Huang

國立成功大學
水利及海洋工程學系
博士後研究員

李沛沂

Pey-Yi Lee

國立成功大學
水利及海洋工程學系
副教授

孫建平*

Jian-Ping Suen

摘 要

本研究探討不同空間尺度的棲息地地文因子與魚類豐度之關係，嘗試應用地理資訊系統分析地文因子與魚類分佈的關聯性。研究區域為台灣南部楠梓仙河流域，蒐集相關地文圖層資料及魚類資料，再以環域分析取得不同空間尺度下的四個地文因子與魚類豐度作回歸分析。環域半徑分別為 100、300、500、1000 和 1500 公尺；地文因子為河段長、平均坡度、平均高程和蜿蜒度。複回歸分析結果顯示台灣石鱸 (*Acrossocheilus paradoxus*) 的平均密度和環域半徑 300 公尺內的地文因子有高度關連，台灣馬口魚 (*Candidia barbata*)、高身鮎魚 (*Onychostoma alticorpus*) 以及鮎魚 (*Onychostoma barbatula*) 與地文因子沒有統計上的關連。在乾溼季分析結果發現台灣石鱸的平均密度在溼季和 91 年 300 以及 92 年 1000 公尺內的地文因子有顯著性；另外，鮎魚在溼季 91 與 92 年的環域半徑 1000 和 1500 公尺、乾季 91 和 93 年的環域半徑 1000 以及 1500 公尺平均密度與地文因子也有高度關連。

關鍵詞：魚類豐度，地文因子，地理資訊系統，環域分析，地景生態。

ABSTRACT

This study attempted to examine the relationships between landscape features and fish abundance in a mountain stream of Taiwan with GIS analysis and multiple regressions. The study tried to prove availability to make prediction of fish distribution

*通訊作者，國立成功大學水利及海洋工程學系副教授，70101 台南市大學路 1 號，jpsuen@mail.ncku.edu.tw

with GIS analysis on landscape features. The study area is along the middle part of Cishan Stream catchment, Kaoshiung City, Taiwan. Documented data of fish abundance and landscape features were used for the analysis. Five buffer radii, 100, 300, 500, 1000, and 1500 meters, were applied for buffer analysis to get landscape features of different spatial scales, including stream length, stream sinuosity, average altitude, and average slope. The regression results showed that density of *Acrossocheilus paradoxus* was highly related to 300 meters landscape features, but densities of *Candidia barbata* and *Onychostoma alticorpus* were not significant related to landscape features of any scale. The dry-wet seasonal results revealed that wet season density of *Acrossocheilus paradoxus* was related to landscape features within 300 meters in 2002 and within 1000 meters in 2003. In the other hand, density of *Onychostoma barbatula* also was related with landscape features within 1000 and 1500 meters in wet season of 2002 and 2003, and in dry season of 2002 and 2004.

Keywords: Fish abundance, Landscape features, GIS, Spatial scales, Landscape ecology.

一、前言

兼顧水利工程建設與維護生態環境是近年愈來愈重視的議題，目的是期望實現水資源永續發展之目標。過去研究對於土地或是溪流型態沒有辦法做完整的解釋，因此將動態平衡(Dynamic equilibrium)的觀念引入描述河川生物群落的結構和功能，甚至更進一步地說明能量及有機物質輸入、傳輸、利用和蓄存等之間的相互關係。Vannote *et al.* (1980)提出河川連續性觀念(The river continuum concept)解釋溪流生態從上游到下游河口物理特性的梯度連續變化。溪流在上中下游不同流域位置會有不同的流況特性，生物食物來源因為鄰近河岸邊植物種類及植被覆蓋類型的不一樣，進而影響溪流內生物組成及覓食行為；地下水的補充對於冬天魚類棲息地面積之影響；從上述溪流生態現象的描述發現整個溪流生態系統不論是上下游縱向、水域與陸地相連橫向或是地表與地層垂直方向都有高度的連結性(Allan & Castillo, 2007)，因此想要完整地描述生態系統必須具備各維度方向之連結性及連續性。

近年有了從管理層面出發作為解決環境議題的方向，但是切入問題的角度過於狹隘，或是侷限於局部應用之想法，以長遠的眼光來說是不

適合的，必須要有生物圈(biospheric)的觀念，以污染物擴散為例，透過空氣、水及動物的累積和傳輸影響範圍是廣泛地，因此面對環境議題不能考慮比大氣圈、流域或是動物遷徙範圍還要小的尺度層面，必須引入生物圈概念或是地文複雜度(Likens & Bormann, 1974)。河川、湖泊、沼澤或是濕地與陸地地文有能量或是營養物各式各樣的連結關係，這些連結關係可以從氣象、地質或是生物層面分類進行探討和說明(Likens & Bormann, 1972)，由此可知生態系統中，陸地與水域關係之密切，也了解陸地與水域連結關係對於溪流生態管理是重要的(Likens & Bormann, 1974)。

Wiens (2002)提出儘管地文生態學家傳統上將研究目標專注於陸地，但是他們並未完全忽略溪流生態系統，一般來說會以三種角度來考慮河川或是溪流：第一個角度是河川溪流為地文的一部分(mosaic)，就好比考慮農地、森林、道路或都會區時，根據分類的層級不同會有不一樣的呈現結果，如討論森林區域或是更細部的分類層級可將森林分為針葉林與闊葉林，同理可證地文生態學家透過各種尺寸大小的河川會有其河岸地文特性，使用河川級序架構對河川溪流作分類：第二個角度是河川與鄰近地文的連結，河川溪流

透過水體流動與地文有連結的功能性，其中包括物質、有機物、能量或是其他相關資訊等；第三個角度為河川在地文上的異質性，比方說以水流之流動型態(Hydraulic biotopes)即可發現溪流河川的異質性，如水流幾乎無流動的流態、平滑的邊界紊流、自由跌水與急流等(Newson *et al.*, 1998)。

在溪流生態系統中，傳統都是以溪流水域的環境棲地作為研究的重點，並有重要的成果，例如：棲地多樣性與魚類多樣性的關聯(Gorman and Karr, 1987；呂映昇、孫建平, 2010a)，魚類群聚在不同流速水深的分布(Aadland, 1993)，成幼魚棲地使用的分隔(呂映昇、孫建平, 2010b)，並且成熟的運用棲地模式預測族群分布(Suen and Su, 2010)。近年來地景生態在溪流研究中不斷的嘗試，由於地形與流態的關連(Yang, 1971)，還有河相(Channel form)流態(Flow)與陸域地文均受到氣象與地質的影響(Stark *et al.*, 2010)，漸漸發現陸域地文因子會對水域生態造成影響(Schlosser, 1991; Poff, 1997)，可知生態系統陸域與水域關係之密切，也了解陸域與水域連結關係對於溪流生態管理是重要的(Likens & Bormann, 1974)。國內也開始了相關研究，例如許獻彰(2010)探討河川環境對淡水魚類的保護，黃鼎翔(2010)探討魚類豐度與棲息地河段地文因子之關係等等。本研究探討地文因子與魚類豐度關係希望了解水域與陸地橫向的連結，考量河川棲息地構造上的特性主要決定於河相和流態(Inoue & Nunokawa, 2002)，而河相流態與陸域地文均受同一因素影響，所以本研究的目的在研究集水區特性下的地文因子對於溪流生態的關係，找出能解釋魚種豐度變化趨勢的地文因子，探討未來利用地文因子推估魚類豐度的可能性，提供未來研究或是工程分析上的方便。

二、研究方法

2.1 研究地點

本研究使用現有的魚類資料與地理資訊資料，探討魚類豐度與棲息地地文因子之關係，研究地點為南台灣的楠梓仙溪。楠梓仙溪又名旗山

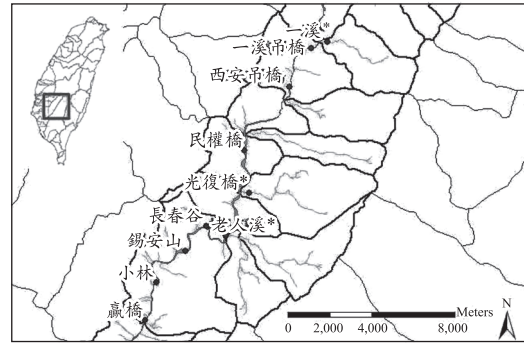


圖 1 魚類採樣點位置圖(*支流採樣點)

溪，與荖濃溪同為高屏溪兩大支流，源於中央山脈玉山西南麓，右鄰阿里山山脈，左鄰河表湖山、茅山等，流經高雄市那瑪夏區、甲仙區、杉林區與旗山區等地，流路長約 117 公里，流域面積約為 741 平方公里，底床平均坡降高達 1：15 (龔琪嵐、齊士崢, 2004)。楠梓仙溪的溪流底質含有豐富的鵝卵石、小漂石與大漂石，年平均流量大約 30 cms 左右。魚類資料從「高雄縣楠梓仙溪保護區暨垂釣區經營管理規劃暨調查計畫」(方力行、韓僑權, 2002、2003 和 2004)報告書中收集。調查者實地潛水觀測，記錄魚種、數量和體長，並且量測採樣點的環境因子(氣溫、水溫、酸鹼值、濁度和導電度)，整理成各式資料表格於計畫報告中。本研究選取河段採樣點共計 10 個(圖 1)，依高程由高到低分別為一溪、一溪吊橋、西安吊橋、民權橋、光復橋、老人溪、長春谷、錫安山、小林和贏橋，其中除了一溪、光復橋以及老人溪採樣點位於楠梓仙溪支流外，其餘採樣點皆位於主流上。在研究河段上沒有影響魚類棲息地的大型水工結構物，能真實的反應描述魚類豐度與棲息地地文因子之關係。

2.2 魚類資料

2002 年採樣 12 次記錄魚類 6 科 19 種；2003 年採樣 12 次記錄魚類 5 科 18 種；2004 年採樣 6 次記錄魚類 5 科 14 種。主要魚種有鯉科的台灣石鱸(*Acrossocheilus paradoxus*)、台灣馬口魚(*Candidia barbata*)、何氏棘魴(*Spinibarbus hollandi*)、高身魴魚(*Onychostoma alticorpus*)、鯛

魚 (*Onychostoma barbatula*) 和粗首鱨 (*Zacco pachycephalus*)，平鱨鰍科的台灣間爬岩鰍 (*Hemimyzon formosanus*)，鰕虎科的南台吻鰕虎 (*Rhinogobius nantaiensis*)。

本研究以各採樣點皆出現並具有穩定族群數量的四種魚：台灣馬口魚、台灣石鱨、高身鰻魚和鰻魚，作為探討棲息地狀況的目標魚種。為了比較採樣點間棲息地狀況的不同，將不同採樣點各魚種的數量除以採樣河段長以求得魚類密度；另外，由於潛水採樣方法容易受水質濁度高而無法採樣的限制，導致部分月份沒有採樣記錄，所以將魚類密度再除以各採樣點記錄月份數得到平均密度。本研究僅計算成魚數量，以避免受到數量變動大幼魚的干擾。成魚的判定標準參考方力行等(1996)，陳義雄、方力行(1999)，以及呂映昇、孫建平(2010a, 2010b)的研究：7公分以上的台灣馬口魚和台灣石鱨為成魚；10公分以上的高身鰻魚和鰻魚為成魚。得到各魚種成魚數量、河段長和資料記錄月份數後，即可計算出各魚種在各採樣點的月平均密度。

2.3 棲息地河段地文因子

本研究利用地理資訊圖層資料操作獲得棲息地河段地文因子，資料包括 2005 年楠梓仙溪衛星影像、2001 年到 2003 年間的水利署圖層資料(主子集水區、水系與河道等)以及 DTM (Digital Terrain Model)圖層資料進行分析。採用的地文因子主要是在正常狀況下，數年內不會有太大變化的穩定地文因子。由集水區特性延伸出的地文因子，其中以河段長、蜿蜒度、平均高程和平均坡度之間的共線性較低($VIF < 4$)，此四個因子也是經常被研究者用來描述河相的地文因子，可以反應魚類棲息空間大小與多樣性，便採用做為分析的地文因子。河段長是環域範圍內河道的長度，蜿蜒度是環域範圍內河段長度與河段兩端最短距離的比值，平均高程是指環域內河道的平均高程，平均坡度是環域內河道的平均坡度，而環域 (Buffer)則是透過地理資訊系統的環域分析，以現調採樣點座標點為中心劃定環域半徑 100、300、500、1000 和 1500 公尺的圓形範圍，透過圖層套

疊、剪裁以及集水區特性因子之計算得到棲息地河段五個不同尺度的四個地文因子數值。

2.4 複回歸分析

為了解各個地文因子在不同環域範圍下對於魚類豐度的影響，本論文以四個地文因子為自變項，將各年份四種魚種不同採樣點魚類平均密度定為依變項進行複回歸分析(台灣馬口魚和台灣石鱨 $n = 9$ ；鰻魚和高身鰻魚 $n = 8$)。年度比較分析為確定地文因子是否與魚類豐度有直接的關係，所以魚類平均密度以年為單位，分別以 91、92 和 93 年各魚種平均密度，與四個地文因子進行分析，進行統計模式分析。為了提升統計模式的顯著性和解釋能力，與乾溼季對魚類豐度的影響，進一步將魚類平均密度分為 91、92 和 93 年的乾季(1 到 4、11 和 12 月)和溼季(5 到 10 月)與四個地文因子進行分析。

三、研究結果

四個地文因子(河段長、蜿蜒度、平均高程和平均坡度)，在不同環域半徑範圍下，有不同的變化趨勢。隨環域範圍的增加，河段長、平均高程和平均坡度會增加，蜿蜒度則沒有一定的趨勢(表 1)。

複回歸分析四種目標魚種中(表 2)，在完整年度複回歸分析結果，僅有台灣石鱨在 93 年環域半徑 300 公尺條件下達到顯著水準，判定係數 R^2 大於 0.5 以上，台灣馬口魚、高身鰻魚及鰻魚都沒有達到顯著水準。在乾溼季比較複回歸分析結果，有七個統計模式有達到顯著水準：分別為 91 和 92 年溼季環域半徑 300 和 1000 公尺的台灣石鱨，91 和 93 年乾季環域半徑 1000 和 1500 公尺的鰻魚，91 和 92 年溼季環域半徑 1000 公尺的鰻魚，台灣馬口魚和高身鰻魚依舊沒有達到顯著水準。模式達顯著水準說明此模式中的四個地文因子(河段長、平均坡度、平均高程和蜿蜒度)，至少有一個地文因子對魚類豐度是有影響的。

台灣石鱨的豐度在環域範圍 300 公尺條件下，在比較顯著性以及回歸係數正負值得一致性後，與溪流蜿蜒度有顯著關係，因為回歸係數皆

表 1 不同環域半徑範圍下各採樣站的地文因子。除蜿蜒度外，其餘數值均單位均為公尺。

		100 公尺	300 公尺	500 公尺	1000 公尺	1500 公尺
贏橋	河段長	191.11	599.90	1005.65	2069.92	3127.00
	蜿蜒度	1.0059	1.0062	1.0133	1.0402	1.0522
	平均高程	386.47	409.71	441.47	514.09	576.15
	平均坡度	15.79	17.24	22.97	26.73	26.75
小林	河段長	201.45	770.69	1193.07	2285.47	3982.67
	蜿蜒度	1.0107	1.3741	1.2858	1.1678	1.3536
	平均高程	410.56	432.58	472.67	567.66	636.35
	平均坡度	17.99	21.35	25.93	28.80	30.01
錫安山	河段長	198.31	627.02	1125.66	2409.37	3623.55
	蜿蜒度	1.0064	1.1328	1.2312	1.2458	1.2602
	平均高程	440.37	484.97	534.84	627.18	685.82
	平均坡度	14.58	25.93	28.70	29.47	28.62
長春谷	河段長	152.22	604.25	1042.43	2275.09	4779.24
	蜿蜒度	1.0126	1.3591	1.5731	1.4205	1.6623
	平均高程	495.71	529.84	566.84	622.65	652.54
	平均坡度	30.69	28.86	28.91	27.58	25.90
老人溪	河段長	124.84	427.85	615.14	1406.88	2555.86
	蜿蜒度	1.0191	1.3199	1.1741	1.3813	1.6903
	平均高程	498.48	530.24	554.28	620.34	683.90
	平均坡度	18.10	22.82	25.15	27.34	27.45
光復橋	河段長	201.02	636.18	1020.23	1569.18	2647.79
	蜿蜒度	1.0059	1.0634	1.0617	1.0794	1.3772
	平均高程	562.85	582.69	596.46	629.83	674.48
	平均坡度	17.73	17.82	17.50	17.50	21.68
民權橋	河段長	209.29	629.24	1064.06	2139.75	3485.57
	蜿蜒度	1.0828	1.0834	1.0643	1.0746	1.1649
	平均高程	554.40	574.94	593.38	653.20	712.49
	平均坡度	13.57	12.91	15.35	17.05	20.08
西安吊橋	河段長	204.00	633.93	1092.87	2171.42	3259.81
	蜿蜒度	1.0214	1.0618	1.0948	1.0945	1.0902
	平均高程	619.00	634.93	650.87	703.18	774.25
	平均坡度	13.46	11.78	11.97	16.33	20.37
一溪吊橋	河段長	205.35	642.60	1253.05	2407.14	3647.16
	蜿蜒度	1.0468	1.1368	1.2698	1.2398	1.2312
	平均高程	667.67	705.66	731.15	801.72	875.95
	平均坡度	25.48	21.25	23.26	24.65	26.93
一溪	河段長	204.68	643.58	1057.99	1675.73	2215.18
	蜿蜒度	1.0501	1.0727	1.1585	1.1835	1.1584
	平均高程	755.00	799.47	835.29	912.85	980.20
	平均坡度	30.97	31.57	32.53	29.96	30.36

表 2 複回歸分析結果

	魚種 環域半徑(m) 年份	河段長	平均高程	平均坡度	蜿蜒度	R ²	p-value
不分季	台灣石鱚_300 m_93	0.002(0.11)	-0.003(0.03)	0.061(0.05)	-3.787(0.01)	0.780	0.034
溼季	台灣石鱚_300 m_91	0(0.55)	0(0.36)	0.077(0.00)	-3.418(0)	0.950	0.002
	台灣石鱚_1000 m_92	-0.001(0.01)	0.01(0.00)	0.075(0.06)	-2.123(0.09)	0.866	0.013
	鯛魚_300 m_91	-0.011(0.02)	0.006(0.05)	0.85(0.04)	-6.486(0.05)	0.874	0.03
	鯛魚_500 m_91	-0.002(0.03)	0.007(0.01)	0.064(0.04)	-2.556(0.05)	0.938	0.011
	鯛魚_1000 m_91	-0.002(0)	0.005(0.00)	0.067(0.01)	-1.735(0.02)	0.995	0
	鯛魚_1500 m_91	0(0.02)	0.005(0.08)	0.026(0.63)	1.504(0.19)	0.884	0.027
	鯛魚_1000 m_92	-0.002(0.02)	0.009(0.02)	-0.047(0.44)	0.395(0.87)	0.881	0.028
乾季	鯛魚_1500 m_92	0(0.03)	0.01(0.03)	-0.111(0.15)	2.596(0.10)	0.884	0.027
	鯛魚_1000 m_91	-0.002(0.01)	0.004(0.12)	0.05(0.39)	-3.422(0.21)	0.867	0.033
	鯛魚_1500 m_93	0(0.02)	0.004(0.03)	-0.07(0.72)	1.253(0.08)	0.883	0.027

為負值，所以當蜿蜒度越高，台灣石鱚豐度越低。在環域範圍 500 公尺以上的模式則與平均高程有顯著關係，因為回歸係數為正值，所以當平均高程越高，台灣石鱚的豐度亦越高。與鯛魚關係最顯著的地文因子是平均高程，隨著高程的增加，鯛魚的豐度有增加的趨勢。在乾溼季分析結果比較方面，台灣石鱚有達顯著水準的都是溼季模式，鯛魚雖然乾季與溼季都有達到顯著水準的模式，但是還是以溼季有達到顯著水準的模式較多。

四、討 論

魚類資料會選擇成魚進行棲息地狀況之描述，主要是因為幼魚雖然數量多，但是數量容易有大幅度變化，以及幼魚的高出生率以及高死亡率等原因，說明幼魚數量不符合本研究說明棲息地狀況的代表性。成魚數量較不容易受擾動而有劇烈變化，經過擾動存活下來的成魚，才有機會進行交配繁殖生出幼魚，因此以成魚為考慮對象說明棲息地狀況是比較合適的。贏橋及小林採樣點環域範圍 1500 公尺的面積會與其它採樣點同範圍面積卻不同的原因，主要是因為環域範圍超過了楠梓仙溪流域，跨到了不在計算範圍的其它流域，因此會有不相等的情形發生。

影響魚類豐度因子眾多，流速、水深及流量等物理因子都是重要的影響因子，但因為魚類採樣方式為潛水觀測，棲息地類型以深潭為主，物

理因子在各採樣點間對魚類豐度的影響並不是最明顯的，所以本研究沒有將物理因子納入分析中。魚類資料屬於河段的線資料，地文因子資料屬於面資料，兩者需利用地理資訊系統的功能指出在不同環域範圍下的地文因子，針對該採樣點魚類豐度進行描述與解釋。有些統計模式分析出來的結果並不顯著，可能的原因為資料樣本數過少，另外，在地文因子操作和選取的過程，由於地文因子間線性關係較多，導致在複回歸分析過程中因為共線性以及無法達到顯著性，有些地文因子被排除，僅選擇四個進行回歸分析。

地文因子主要是考慮以長期的時間尺度來看，排除極端水文洪水事件(例如：八八水災)或是地文大規模變化(例如：921 大地震)，集水區河相及地貌之地文因子不會有大幅度的變化，因此推測地文因子是造成不同採樣點逐年的魚類數量或是密度，都有保持相對多寡的趨勢，以台灣石魚賓為例，緊鄰的兩個採樣點贏橋及小林，從 91 到 93 年族群在魚類密度上雖逐年有變化，但是採樣點贏橋的魚類密度三年皆比採樣點小林的魚類密度高，也就是說地文因子主要功能是解釋長時間尺度下，哪一個採樣點魚類密度是比較高的，藉此可推斷該採樣點對於魚類來說可能是適合的棲息環境。

地文因子與魚類豐度關係的分析顯示，台灣馬口魚和高身鯛魚沒有達到顯著水準；台灣石鱚對蜿蜒度達到顯著水準，台灣石魚賓的棲息地喜

好偏好水流湍急高溶氧的棲息環境，所以當蜿蜒度開始上升時，同樣的直線距離河段長卻變長了，河床下降坡度變較緩，棲息地型態會因此逐漸改變，湍瀨與深潭的面積比例會逐漸接近。流速快的區域面積，原本蜿蜒度較低、河床坡度陡，流速快的面積比例較大，到蜿蜒度升高、河床坡度變緩流速變慢的區域增加，導致偏好的棲息地面積變小，相對而言魚類豐度也就隨之下降(Allan & Castillo, 2007)。鮎魚棲息的水域特性比較屬於冷水域的棲息魚種，水溫在 10 到 22°C 的範圍，越往上游平均高程越高，水溫有逐漸下降的趨勢，因此可以推論鮎魚魚類豐度會增加(Chuang *et al.*, 2006)。

爲了把降雨對魚類豐度的影響能夠獨立出來，乾季魚類平均密度是降雨因子影響最小的，溼季魚類平均密度是降雨因子影響最大的，原先預估乾季的模式預估狀況，因爲降雨因子影響的程度降到最低，應該會有比較好的回歸結果，但是經過分析後卻發現結果剛好相反，反而是溼季模式的表現結果較好，會有這樣結果推測原因，可能是進入溼季伴隨著洪水事件，魚類會有移動到鄰近避難區域的生物行爲發生，導致在溼季魚類移動的範圍較乾季爲了交配繁殖或是覓食的移動範圍小，因此模式推估有轉變成定點數量上與地文因子之關係推估，間接排除了生物遷徙影響空間魚類豐度的因素，導致在溼季模式的預估能力有好的結果。

台灣上游之河段在洪水期間，常有崩塌或是土石流事件的發生，有許多研究指出颱風以及豪雨所造成的擾動，可能會改變魚類的生物行爲(Fitzsimons & Nishimoto, 1995)以及群落的結構(Power *et al.*, 1985; Pearsons *et al.*, 1992)，有時還會造成受擾動棲息地的生物數量減少(Collins *et al.*, 1981)；此外強度強、破壞力大的颱風事件所帶來的降雨、洪水以及後續引發土砂運動崩塌及土石流事件，會對破壞魚類棲息地及減少魚類數量(Paerl *et al.*, 2001; Cheal *et al.*, 2002; Burkholder *et al.*, 2004)。颱風引起的洪水是溪流生態中自然衝擊的一種形式，在上游山區流域，大量降雨伴隨而來河川極大的侵蝕沖刷能力(Stark *et al.*,

2010)，容易引發崩塌和土石流事件的發生，每一次事件的發生，都可能改變棲息地及生物群落結構(Tew *et al.*, 2002)。擾動所產生的影響包括生物數量、密度及不同類型棲息地面積變化。Han *et al.* (2007)針對楠梓仙河流域 1996 年賀伯颱風發生前後對棲息地和魚類數量結構的影響，本研究建議未來可考量崩塌以及土石流對棲息地之擾動，對於魚類密度和族群之影響，定義其代表影響因子進而探討可使地文因子與魚類之關係更加完整。

五、結 論

本研究採用既有的魚類資料與地文資料進行空間分析與回歸分析，探討陸域地文因子對水生魚類的關係，以解決在評估水利工程時生物資料量過少的問題，研究對象包含特有種台灣石鱚、高身鮎魚、台灣馬口魚，以及原生種鮎魚。以下爲本研究之結論：

1. 台灣石鱚與鮎魚對於陸域地文因子的關連性較高，馬口魚與高身鮎魚對於陸域因子的關連性較低。
2. 地文因子與魚類豐度的關連性以溼季最高，乾季其次，不分季魚類豐度則爲最低。
3. 回歸分析並未得到眾多的顯著性結果，整體來看，本研究並未揭示陸域地文因子對於水域魚類的直接影響，需要有更多的研究發現兩者之間的直接關連。

六、謝 誌

感謝國立海洋生物博物館韓僑權老師魚類資料提供以及相關背景知識教導，與我們不斷進行討論並且給予研究上指導和協助；感謝國立成功大學防災中心李心平組長以及中心同仁鼎力相助，提供地理資訊圖層資料和系統操作協助；感謝梁世雄教授、謝正倫教授和江介倫教授的建議讓本研究更加完整。研究經費承蒙國科會計畫 NSC 099-2628-E-006-159 以及 NSC 099-2811-E-006-054 補助。

參考文獻

1. 方力行、韓僑權，高雄縣楠梓仙溪溪流保護

- 區暨垂釣區經營管理規劃暨調查計畫，2002。
2. 方力行、韓僑權，高雄縣楠梓仙溪溪流保護區暨垂釣區經營管理規劃暨調查計畫，2003。
 3. 方力行、韓僑權，高雄縣楠梓仙溪溪流保護區暨垂釣區經營管理規劃暨調查計畫，2004。
 4. 方力行、蘇六裕、陳義雄、韓僑權、陳益惠，高身鯛魚形態、分佈及生物學之研究，*生物科學*，39(1): 78-87，1996。
 5. 呂映昇、孫建平，魚類棲地多樣性與空間層級系統之關係探討及其於溪流復育之應用，*台灣生物多樣性研究*，12(1): 43-60，2010a。
 6. 呂映昇、孫建平，魚類於生命週期的不同階段棲地使用與物理棲地因子之量化關係，*農業工程學報*，56(1): 40-51，2010b。
 7. 陳義雄、方力行，*台灣淡水及河口魚類誌*，國立海洋生物博物館籌備處，287，1999。
 8. 黃鼎翔，探討魚類豐度與棲息地河段地文因子之關係，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文，2010。
 9. 許獻彰，極端降雨下河川環境對初級淡水魚類保育之探討，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文，2010。
 10. 趙傳睿，以微棲地偏好度及適合度結合 River2D 模擬枯水期魚類棲地，國立成功大學水利及海洋工程研究所碩士論文，2011。
 11. 龔琪嵐、齊士崢，楠梓仙溪的河階地與地形演育，*地理學報*，38: 47-62，2004。
 12. Aadland, L.P., "Stream habitat types: their fish assemblages and relationship to flow", *North American Journal of Fisheries Management*, 13, 790-806, 1993.
 13. Allan, J.D. & Castillo, M.M., "Stream Ecology-Structure and Function of Running Waters", Springer, 2007.
 14. Burkholder, J., Eggleston, D., Glasgow, H., Brownie, C., Reed, R., Janowitz, G., Posey, M., Melia, G., Kinder, C., Corbett, R., Toms, D., Alphin, T., Deamer, N. & Springer, J., "Comparative impacts of two major hurricane seasons on the Neuse River and western Pamlico Sound ecosystems", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 9291-9296, 2004.
 15. Cheal, A., Coleman, G., Delean, S., Miller, I., Osborne, K. & Sweatman, H., "Responses of coral and fish assemblages to a severe but short-lived tropical cyclone on the Great Barrier Reef, Australia", *Coral Reefs*, 21, 131-142, 2002.
 16. Chuang, L.C., Lin, Y.S. & Liang, S.H., "Ecomorphological comparison and habitat preference of two Cyprinid fishes, *Varicorhinus barbatulus* and *Candidia barbatus*, in Hapen Creek of northern Taiwan", *Zoological Studies*, 45(1), 114-123, 2006.
 17. Collins, J., Young, C., Howell, J. & Minckley, W., "Impact of flooding in a sonoran stream, including elimination of an endangered fish population (*Poeciliopsis o. occidentalis*, Poeciliidae)", *Southwest. Nat.*, 26, 415-423, 1981.
 18. Fitzsimons, M.J. & Nishimoto, R.T., "Use of fish behavior in assessing the effects of hurricane Iniki on the Hawaiian island of Kaua'i", *Env. Biol. Fish.*, 43, 39-50, 1995.
 19. Gorman, O.T. & Karr, J.R., "Habitat structure and stream fish communities", *Ecology*, 59, 507-515, 1978.
 20. Han, C.C., Tew, K.S. & Fang, L.S., "Spatial and temporal variations of two cyprinids in a subtropical mountain reserve - a result of habitat disturbance", *Ecology of Freshwater Fish*, 16, 395-403, 2007.
 21. Inoue, M. & Nunokawa, M., "Effects of longitudinal variations in stream habitat structure on fish abundance: an analysis based on subunit-scale habitat classification", *Freshwater Biology*, 47, 1594-1607, 2002.
 22. Likens, G.E. & Bormann, F.H., "Nutrient cycling in ecosystems", In Weins, J., (Ed.), *Ecosystems: Structure and Function*, 25-67, 1972.

23. Likens, G.E. & Bormann, F.H., "Linkages between terrestrial and aquatic ecosystems", *BioScience*, 24(8), 447-456, 1974.
24. Newson, M.D., Harper, D.M., Padmore, C.L., Kemp, J.K. & Vogel, B., "A cost-effective approach for linking habitats, flow types and species requirements", *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 8, 431-446, 1998.
25. Paerl, H.W., Bales, J.D., Ausley, L.W., Buzzelli, C.P., Crowder, L.B., Eby, L.A., Fear, J.M., Go, M., Peierls, B.L., Richardson, T.L. & Ramus, J.S., "Ecosystem impacts of three sequential hurricanes (Dennis, Floyd, and Irene) on the United States' largest lagoonal estuary, Pamlico Sound, NC". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98, 5655-5660, 2001.
26. Pearsons, T.N., Li, H.W. & Lamberti, G.A., "Influence of habitat complexity on resistance to flooding and resilience of stream fish assemblages", *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 121, 427-436, 1992.
27. Poff, N.L., "Landscape filters and species traits: towards mechanistic understanding and prediction in stream ecology", *Journal of the North American Benthological Society*, 16, 391-409, 1997.
28. Power, M.E., Matthews, W.J. & Stewart, A.J., "Grazing minnows, piscivorous bass and stream algae: dynamics of a strong interaction", *Ecology*, 66, 1448-1456, 1985.
29. Schlosser, I.J., "Stream fish ecology: a landscape perspective", *BioScience*, 41, 704-712, 1991.
30. Stark, C.P., Barbour, J.R., Hayakawa, Y.S., Hattanji, T., Hovius, N., Chen, H., Lin C.W., Horng, M.J., Xu, K.Q. & Fukahata, F., "The climate signature of incised river meanders", *Science*, 327, 1497-1501, 2010.
31. Suen, J.P. & Su, W.C., "Reconstructing Riverine Mesohabitat Unit Composition Using Fish Community Data and an Autecology Matrix", *Journal of Fish Biology*, 77(4), 972-984, 2010.
32. Tew, K.S., Han, C.C., Chou, W.R. & Fang, L.S., "Habitat and fish fauna structure in a subtropical mountain stream in Taiwan before and after a catastrophic typhoon", *Environmental Biology of Fishes*, 65, 457-462, 2002.
33. Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. & Cushing, C.E., "The river continuum concept", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37, 130-137, 1980.
34. Wiens, J.A., "Riverine landscapes: taking landscape ecology into the water", *Freshwater Biology*, 47, 501-515, 2002.
35. Yang, C.T., "Formation of riffles and pools", *Water Resources Research*, 7, 1567-1574, 1971.

收稿日期：民國 100 年 7 月 15 日

修正日期：民國 100 年 9 月 9 日

接受日期：民國 100 年 9 月 26 日