

台灣溪流管理監測系統之建立—以卑南溪流域為例

馮豐隆¹ 林桂仿²

摘要

本研究目的在於建立溪流生態敏感區評估及監測系統，研究範圍包含卑南溪主流以及其支流。在溪流主流上、中、下游區各設立一個永久樣區；且於各支流設立一個永久樣區，也就是在卑南溪流域設立多個永久樣區、樣站進行監測計劃。監測項目大致區分為：生物及生育地資料。生物資料即包含物種與數量等資料。

藉由卑南溪河系的情勢調查資料，建立卑南溪流域資料庫和網路連結，營造一個易於管理、使用和更新的網路化資料庫。在建構系統前，我們首先將資料庫分為生育地資料庫及物種資料庫，建立物種與生育地間的關聯性。釐清溪流之地景單元與溪流生態系中的物種之間的關聯性，再依環境之變數將生育地分區和分級，以提供溪流生態敏感區評估及監測系統之建立。

建立溪流生態敏感區評估及監測系統時，利用 5S (RS、GPS、GIS、PSP 與 SMS) 之資源技術，若可同時將社會、經濟、人文及自然作用等活動對溪流之影響，加以評價，並在物種種類、數量和生育地環境因子之分布下，依生物準則指標與生育地準則指標，建立其生態幅度，更而進行生育地評估，評估某物種之生育地適宜度分析及敏感區分布，以方便進行經營管理方案的規劃和策略對溪流影響之探討，最後形成一完整架構之監測系統。以期未來建立決策支援系統 (DSS) 作為生態系經營之參考。研究中，以高身鏟頰魚為例，利用 2002 年調查的數量、位置與生育地—潭區分佈、水溫、水質 PH 值、溶氧量、藻類數量與高身鏟頰魚數量之間的關係，建立生育地分佈區，再由溪流管理監測結果來說明溪流的物理、化學環境的變遷。

關鍵詞：生態敏感區、監測系統、永久樣區、5S、決策支援系統

¹ 國立中興大學森林系教授 電話:04-22854060 E-mail:flfeng@nchu.edu.tw

² 國立中興大學森林系研究助理 電話:04-22840345-334 E-mail:kfangl@yahoo.com.tw

Development of the Monitoring System of River Management in Taiwan — An Example of Beinan River

Fong-Long Feng¹ k-fang Lin²

Abstract

The objective of the study is to develop the monitoring system of river. We set up permanent sampling plots (PSPs) in the head, middle and lower reaches of Beinan River. Besides, we set one PSP in each branch stream of Beinan River. The monitoring items are biological species, habitats and potential locations of species.

Based on monitoring data, we have to develop a multi-scale georeferenced-database of Beinan River basin and connected with web network of user-friendly interface. We build the relationship between species and habitat factors with the database of environmental database and biological database. To distinguish the relationship of landscape elements and species, we could classify the habitats. Then, the ecology sensitive areas of river could be estimated and located in maps.

We could apply 5S resources technologies (RS, GPS, GIS, PSP, and SMS) to get the sensitive areas with the framework of evaluation and monitoring system. To synthesize and evaluate the influence of social, economical, human and natural activity. We got the ecological amplitude of specific from the overlap of species and habitats, and the environmental factors of ecological amplitude. Based on the distribution of species, amount and habitat, we could build the amplitude of the ecotype, and estimate potential habitat locations, habitat suitability index, sensitive areas of interested species. It should be more easy to discuss and decision-making of the management programs in a monitoring system.

Abundance of fish were used to monitor the environmental change. The environmental factors are water temperature, pH values, dissolved oxygen, abundance of algae. From the relationship of fish-habitat, we could monitor the change of physical and chemical environment of river.

Keywords: Sensitive Areas, Monitoring system, Permanent Sample Plot, 5S, Decision-making Support System.

一、前言

多年來全球各地生物調查持續在進行，各類型河川生物調查結果（邵廣昭，1993），或發表於相關學術研究期刊，或彙集於政府出版的專案計畫成果報告（如林曜松、張明雄，1992；汪靜明，1993、1998；汪靜明等，1998），還有許多報告都零星散見於未流通的環境影響評估報告與監測報告中。有關流域或水系河段的河川生物全貌，迄今瞭解仍有限。本研究目的在於利用永久樣區、樣站之設立，進行調查、補充並整合資料，依據監測系統建立之程序，包括決定監測目標後之資料收集、編定調查計劃、永久樣區的建立及樣區維護管理等步驟(馮豐隆、黃志成，1993)，建立溪流生態敏感區評估監測系統以利進行生態環境保護之規劃、設計。

河川生物的組成狀況是河川生態系中群集結構的指標。生物群聚組成，係由外在（陸域）生育地因子與內在（水域）生育地因子共同交互決定。常見之生育地控制因子有：河川等級、海拔高度、河床坡度、河床基質、流量大小、水質、能量來源、生物交互作用、人為因素（汪靜明，1992）。陸域生育地因子方面，集水區的氣候、地形、地質、植被與土地利用狀況，會決定與影響河道形態，進而影響其水文、水質、物理性棲地以及能量來源。這些理化環境因子，往往決定了某些特定生物種類是否能在該生育地中生存及其分佈範圍，再加諸於河川生物間的交互作用（如競爭、共生），形成其特殊之生態特質。所以，河川流域的經營管理決策往往需建構生物與生育地資料庫，同時選擇生物與生育地準則與指標來進行監測、評估，以提供溪流流域管理決策之依據。

基於卑南溪河段具有豐富的自然生態資源及地理景觀，為防止過度人為使用及破壞，造成河川地形地貌改變，因故需建立河川流域地理資料庫與監測系統，以提供卑南溪流域的經營、建設與規劃。

二、前人研究

(一) 生物準則及監測指標

藉由生物與生育地之間的相關性建立指標種，再透過種級生物指標和科級生物指標的評定獲知卑南溪流域各河段的狀況。例如台灣山溪的魚類族群有明顯的遷移洄游的現象，雖然洄游的河段長度不過幾十公里，但是海拔的高度則可差到幾百公尺，在水溫變化，棲地選擇（如生殖時需利用淺灘緩流區），越冬（利用深潭），覓食（利用早春低溫時繁盛的底藻），以及洪水水量及流速的變化上，都有極強的生態意義（Fang et al. 1993、方等，1996），依此原則建立生物準則及監測指標。鳥類分佈與環境具有相關性，例如南投縣惠蓀林場在 1987-2001 年間，因為林場經營措施及植群與地震造成的變化，導致冠羽畫眉最適棲息地的空間分布變異（王駿穠，2002）。

(二) 生育地準則及監測指標

生育地之監測指標包含氣象、水文、水質、河川環境及人為環境等。

1、氣象

包含氣溫、日照、年降雨量及流量季節變化等。

2、水文及水質

水文之監測指標包含流量大小、季節變化等。水質之監測指標包含溶氧量、生化需氧量、懸浮固體、氨氮、酸鹼值、濁度、導電度、水溫、河川污染程度分類(RPI 指標)等。

3、河川環境

水系分三部分，第一區是河流的上游集水區，也是大部分水、砂的發源地，泥砂的沉積在此區並不重要。第二區是搬運區，是河道最穩定並且形態最確定部分。第三區屬河口沈積區(Schumm, 1977)。景觀環境的三元素亦包括嵌塊體(patch)、廊道(corridor)、基質(matrix) (Forman et al, 1986)。

河川型態之監測指標依河川分類系統(Rosgen, 1996)，大致分為四個層級：地

形上的概略特徵，如侵蝕程度、型態、坡度及形狀等。河相分析，如深槽比、寬深比、河床組成物質等。河川狀態，如沉滓供應、河流機制、土石來源、渠道穩定等。現場資料驗證，如河流的測量、輸砂分析等(陳樹群，2001)。河型指河流河床的分類，主要有兩種基本分類方法：第一種按平面形態分類，以 Leopold 和 Wolman (1957)的分類為代表，把河型分為順直、蜿蜒、辮狀三種類型；第二種按動態分類，以羅辛斯基(1956)為代表，把河型分為周期展寬、蜿蜒發展與游蕩三種類型。棲地單元之監測指標依潭瀨類型的流水型態、坡度、深度、河床底質區分。完整的淺瀨 (Riffle)、緩流 (Glide)、深潭 (Pool) 及深流 (Run) 為潭瀨分佈調查應先選取樣站辦理水深、流速、河床底質等微棲地因子量測，劃分標準辦理潭瀨分佈之分析。

4、人為環境

人為環境包含河川空間利用，其監測指標則包含高灘地利用狀況、河川使用狀況等。

三、材料與方法

(一) 材料

1、卑南溪

本研究範圍卑南溪之流域係位於台灣東南部，位置如圖 1，北鄰秀姑巒溪流域，東界海岸山脈分水嶺，南接大平、利嘉兩溪，西至中央山脈與高屏溪流域分距東西向。主流源於中央山脈卑南主峰(3,293 公尺)，循天然山谷東流，於海端鄉新武村下游匯合來自南橫公路側之另一支流霧鹿溪(發源於關山主峰海拔 3,666 公尺)，後更名為新武呂溪，於初來附近流出山谷(依民國 72 年 5 月省府公告河川等級新區分為卑南溪)。至池上南方受海岸山脈之阻擋，轉向沿海岸山脈南走，於瑞源、鹿野東南方分別納鹿寮溪及鹿野溪兩大支流，後經山里、利吉河谷及卑南、岩灣，幹流全長 84.35 公里，流域面積為 1,603.21 平方公里，平均坡降則為 1/165。

流域內山區約佔 70%，平地僅約 30%。卑南溪是台灣東南部第一大河川，也是台灣東部主要河川之一，河岸兩側地形多變，有峽谷、斷層、沖積扇、河階群、河中洲以及海岸山脈的利吉惡地等不同風貌。

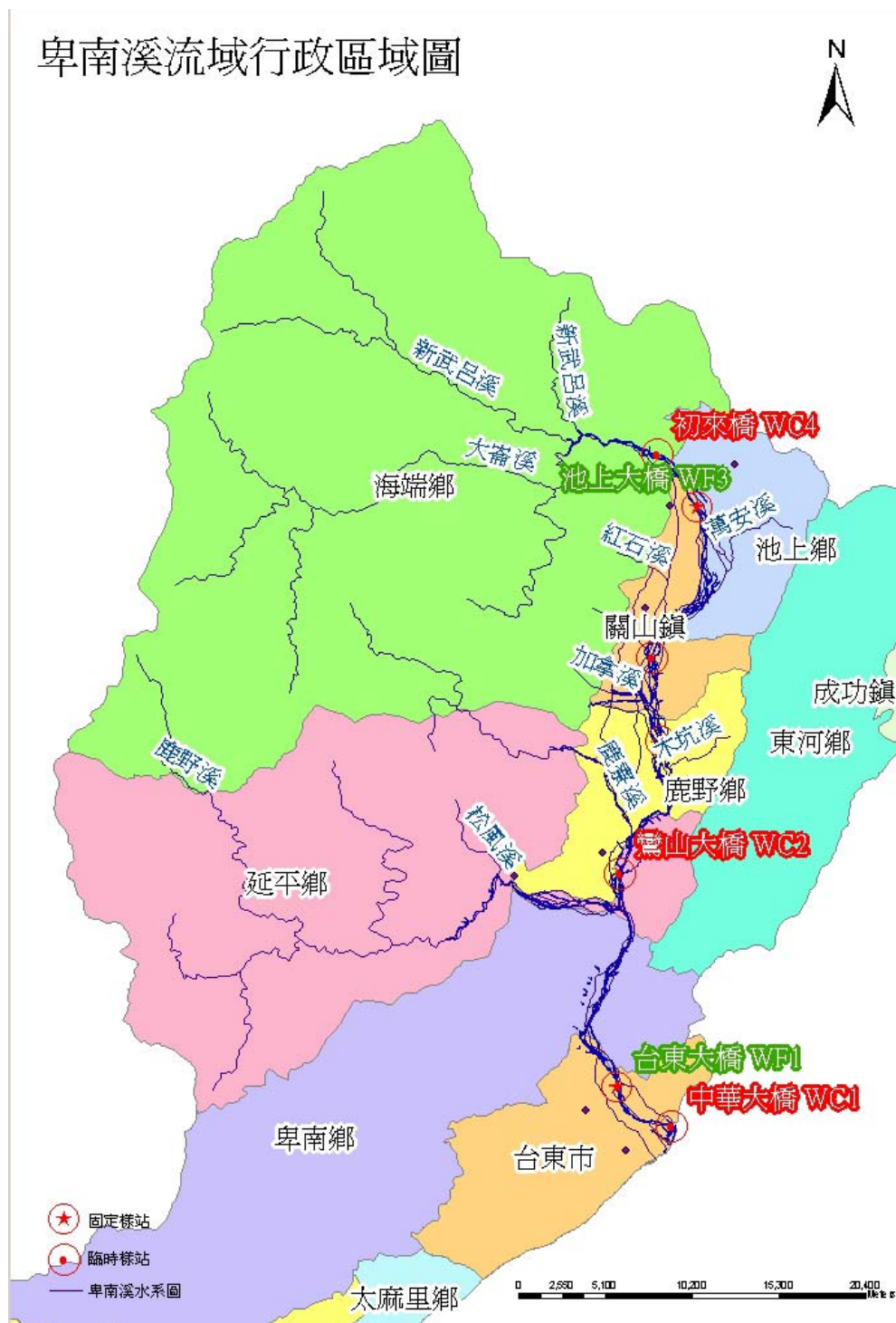


圖 1 卑南溪流域行政區域圖

2、生物與生育地調查資料，係以 2002 年 6 月 10 日卑南溪河系河川情勢調查之資料為整合、分析之材料。

(二) 方法

1、空間推估以距離反比法(IDW)來點推面的推估。

2、監測系統

建立監測系統時，首先應確立所要之經營及保育的目標。確立目標後，利用 RS、GPS、GIS、PSP 與 SMS 完善的資源監測技術，在永久樣區及樣站進行監測，將蒐集的資料依其屬性分為生物資料庫及生育地資料庫，建立一完整之生態資料庫，再依監測計劃依序執行並反覆回饋、檢討與修正經營之策略。以下圖 2 即為監測計劃之系統流程圖：

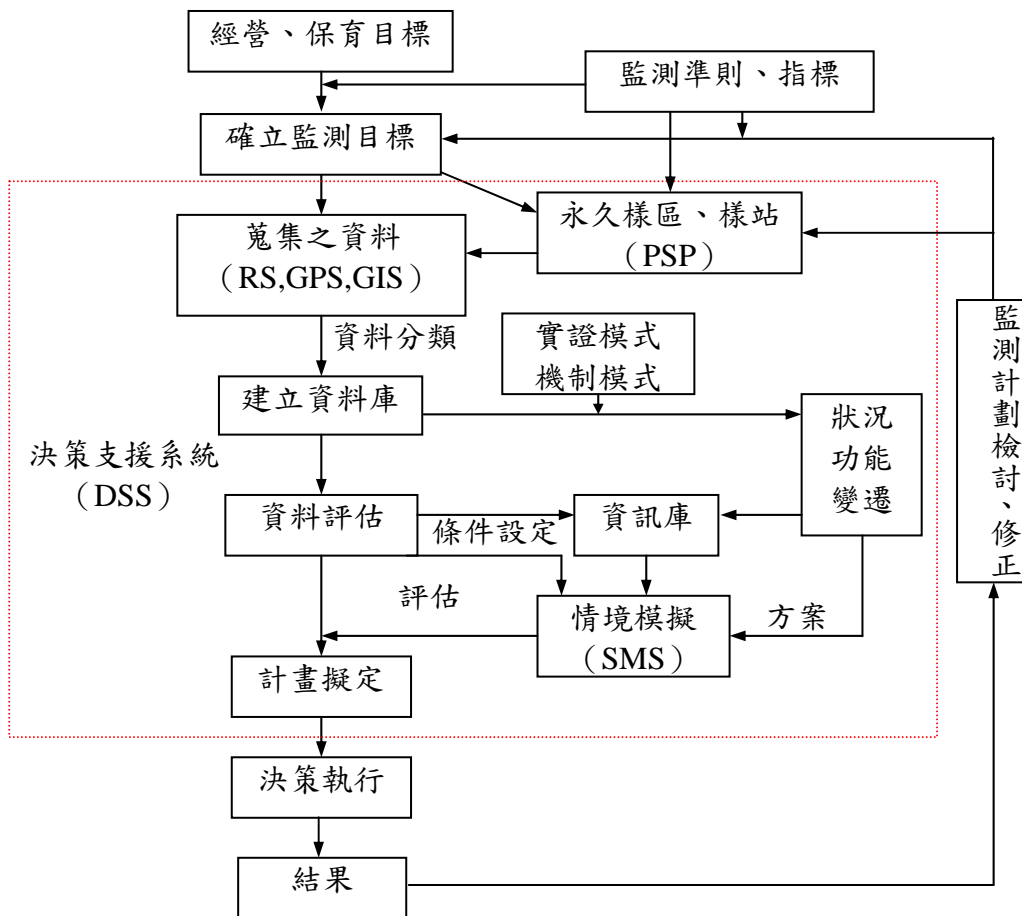


圖 2 監測計劃系統流程圖

監測計劃建立的資料庫，除了可經由實證模式與機制模式配合永久樣區、樣站監測獲得之資訊，依其狀況、功能與變遷制定方案，模擬可能會產生的情境與結果評估該方案之可行性，再擬定經營計劃與執行方案；也可以依當時現有之資料庫直接評估與擬定計劃。當然執行必會產生週邊效應與影響，而其效應與影響可以經持續監測獲得的資料回饋至資訊庫，加以分析並檢討與修正，形成決策支援系統。

四、結果與討論

(一) 生物準則及監測指標

1、水域生物

各站浮游性藻類顯示水體與大多數溪流一樣，都屬於貧營養水質。附著性藻類記錄顯示各站附著藻的種類除台東大橋一站較少外，差異不大。浮游與附著藻組成之水體營養鹽屬於貧營養性，故可知水質則處於貧腐 (β -mesosaprobic) 至 α 中腐 (α -mesosaprobic) 水性之間。

卑南溪主流中主要的魚種為純淡水魚類，高身鏟頰魚為卑南溪主流的優勢魚種。卑南溪主流的魚類相組成明顯偏向洄游性生物。卑南溪的河口不若其他溪流寬廣，但由於上游無污染，許多生活史與黑潮有關的洄游性生物仍然會藉著漲潮或洪水進入河川中，是卑南溪淡水生物的最大特色。蝦類主要的棲息環境是以中下游的河域為主。卑南溪主流河域內的蟹類記錄則不多。河口與下游河段由於聚集較多的洄游性生物，故魚蝦種類較為豐富。中游河域寬廣，棲地多樣且水流穩定，因有一些上溯能力強的洄游性生物，仍有不少之魚蝦類，總數數量也相對較高。上游因為截水灌溉造成斷流或人為干擾頻仍，魚蝦種類、數量都顯著降低。

現有記錄的水棲昆蟲大多數種類的數量都不高，是因為卑南溪底質常為砂質或小石塊，加上坡降大、流速快造成底質不穩定，藻類與大石塊等隱匿空間不多。

至於螺貝類則記錄數量較少，山里有較多種類的螺貝類。兩棲類調查之主要物種為較常見的溪流型蛙類。這與卑南溪主流流域氣溫較高而且較乾燥有關。由統計可知中游地區有較多樣的環境棲地，因此可以發現較多數量的兩棲類。

2、陸域生物

卑南溪植物調查結果顯示台灣低海拔典型的原生陽性闊葉樹種較為優勢。綜合調查結果，爬蟲類中以鸞山橋所記錄到的種類最多。哺乳類動物調查紀錄中值得注意的是在鸞山處，因為有較原始及完整的植被林相，均有紀錄到台灣獼猴、赤腹松鼠及食蟹螯之活動。鳥類在繁殖季種類較為單調，而在山里高灘地的種類明顯較其它各站多。寶華橋至山里之間，因為是較不受干擾的溪段，除了在種類及數量上較其它各站多。故不受干擾的高灘地為鳥類非常重要的繁殖棲地。昆蟲類以中游段種類豐度最好。整個卑南溪的蝴蝶種類相對的較少，主要是因為卑南溪兩岸蜜源植物較少。

(二) 生育地準則及監測指標

生育地之監測指標包含氣象、水文、水質、河川環境及人為環境等。

1、氣象

依各物種所需之氣溫、日照、年降雨量等範圍，設定其分布之敏感地區。

2、水文及水質

水文及水質狀況與水域生物較具關係。監測指標包含流量大小、季節變化、溶氧量、懸浮固體、酸鹼值、濁度、導電度、水溫、河川污染程度分類等。

3、河川環境

卑南溪本流上游段(發源地至新武)流長約 34 公里，平均坡降約為 1/10。中游段(新武至鹿野溪合流前)流長約 33 公里，平均坡降 1/84~1/270 之間。下游段(鹿野溪合流後至河口)長 17 公里，平均坡降約 1/187。流域特性如表 1 所列。

表 1 流域特性

項目	說明	
流域面積(km ²)	Au	1603.21
主流長度(km)	Lb	84.35
流域寬度(km)	Br	19.01
流域周長(km)	P	215.76
流域圓度	$Rc=Au/(\text{具有同一周長的圓面積})$	0.433
流域狹長度	$Re=(\text{具有同一面積的圓的直徑})/Lb$	0.536
形態要素	$Rf=Au/Lb^2$	0.225
分歧比	$Rb=Nu/Nu+1$	3.466
流長比	$Rl=\bar{L}_u/\bar{L}_{u-1}$	1.867
碎形維度	$Db=\log Rb/\log Rl$	1.991

河川之平面型態為平行狀所佔百分比為：順直型態佔 33.22% 屬於 A, Aa+型、地形蜿蜒型態佔 27.02% 屬於 Ab, Ab+型、自然蜿蜒型態佔 7.07% 屬於 B, G, C, F, E 型、辮狀型態佔 32.69% 屬於 D, DA 型。河川型態分類除卑斷 13、29、33、51、53、59、88、104 附近為礫石型蜿蜒河川及卑斷 43、45、92 附近為卵石型蜿蜒河川外，其他下游斷面大部份為卵石型辮狀河川，間而參雜少許卵石型辮狀河川。卑南溪河道受制於中央山脈及海岸山脈之影響，形成一天然河槽，故流路較為穩定，經由歷史流路變遷資料亦證實河槽較為穩定，流路無多大的變化。卑南溪本流河段整體而言，上游普遍有刷深現象，中游則呈上下斷面交錯沖淤或是因流路改變而左右互為沖淤現象。

4、人為環境

卑南河流域新武呂溪及大崙溪兩側均為樹林與原始森林，初來橋至寶華橋段河床中數條水流分布於沙洲，河中島上長滿野草及低矮灌木，初來橋與池上大橋

附近台地另有砂石開採活動，河段以水田、旱作及蔗田等農作物為主；寶華橋至中華大橋河段，沙洲及河中島零星散佈於河床，河川地及台地部分以水田、旱作與蔗田為主，中華大橋下則有砂石場開採砂石。

(三) 綜合評估

綜合永久樣區調查所得之物種、環境資料，依特有種或指標種之分布，對照討論生物與生育地之相關性。以瀕臨絕種之台灣特有種保育類高身鏟頰魚為例，其主要攝食附著性藻類（蘇六裕，1993），分布於海拔 1000 公尺以下，枯水期聚集於深潭，豐水期分布較廣，喜歡棲息於流速湍急，水流量大的低溫水域中（張楨驩，2002）。將調查所得之資料檢視其各因子之範圍分布，再與實際調查現況獲得之物種的分布狀況，加以相互對照，如圖 3 至圖 8。高身鏟頰魚對於棲地需求其異性很大（戴永禎，1994），經由因子分布以及實際調查獲得之數據對照驗證。並且藉由物種分布狀態進行對溪流之監測。

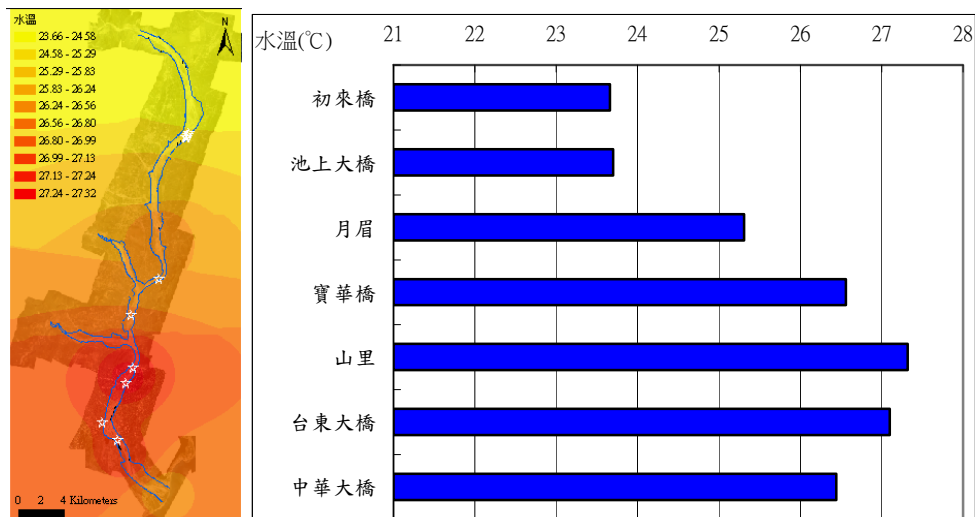


圖 3 水溫(°C)

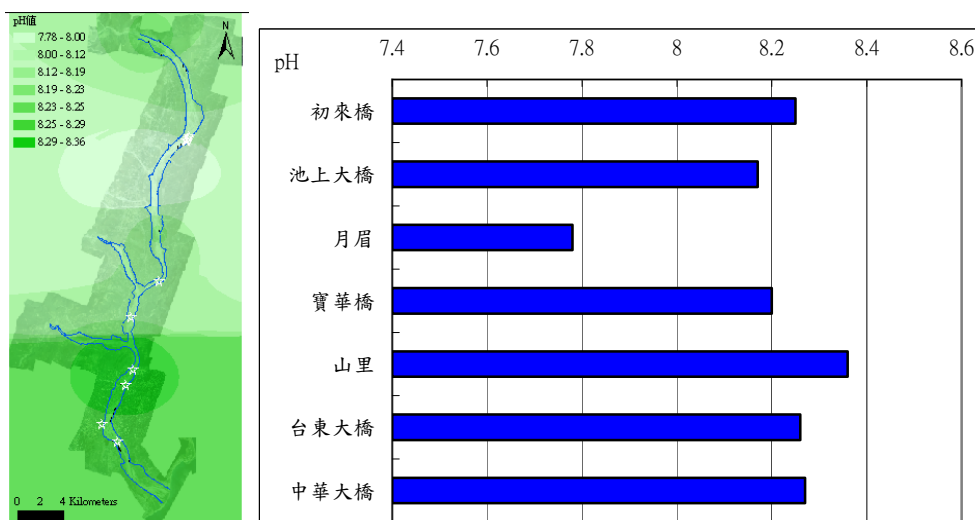


圖 4 水質 pH 值

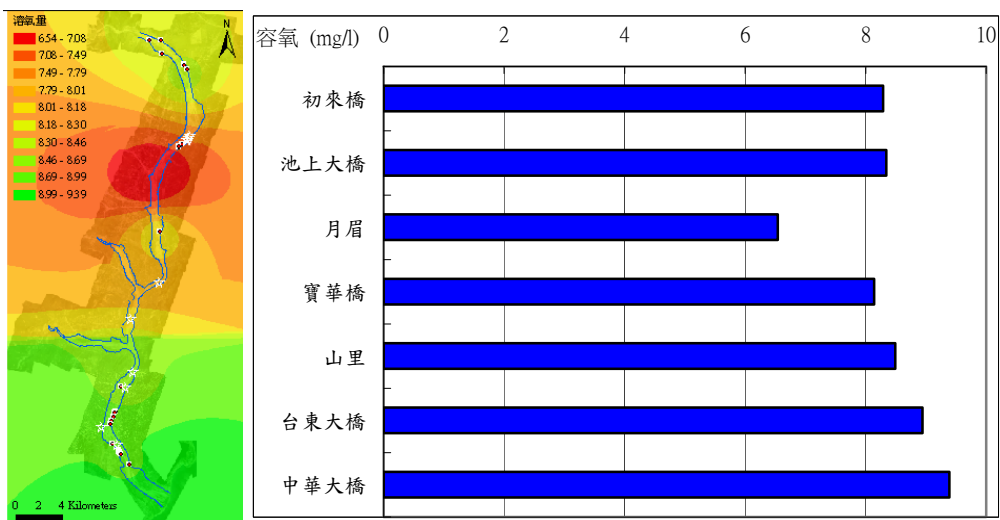


圖 5 溶氧量

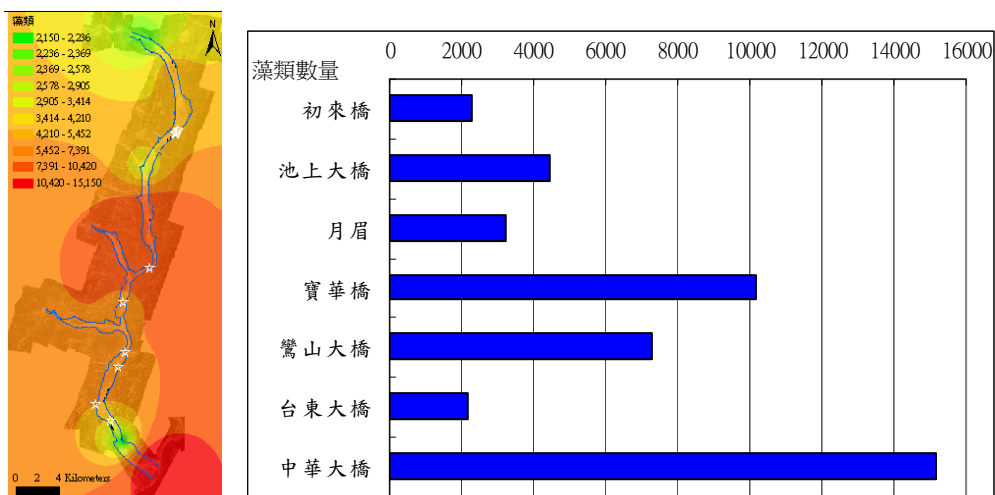


圖 6 藻類數量

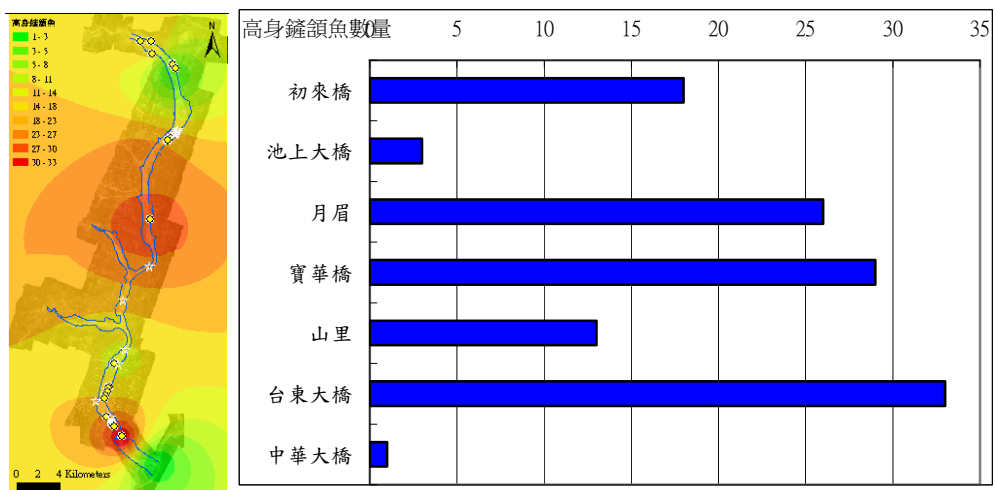


圖 7 高身鏟頰魚數量

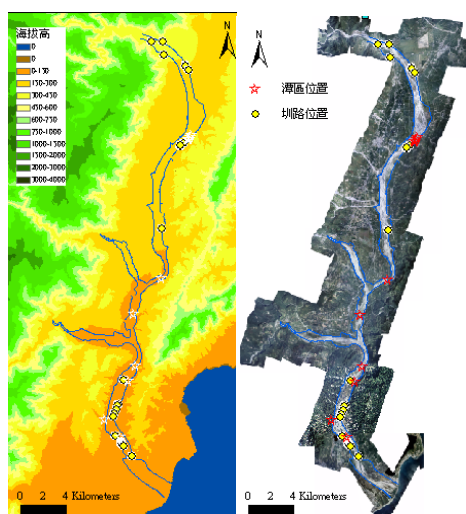


圖 8 海拔高因子及潭區圳路分布圖

五、結論與建議

(一) 結論

棲地的破壞或改變會影響生物之棲息，造成對生物生存之間接或直接威脅。而監測系統更可因此而直接由生物生存狀況得知環境之變化，亦或是由對環境監測所得之資訊預測物種分布之動態。

卑南溪現有之河堤之興修使河域寬度縮減，行水區受到壓縮，迫使生物棲地改變，生態環境受到衝擊。溪水截流現象嚴重，由於溪水一再被截，幾至斷流。結果使溪流、溪埔生物之生活、棲息與繁衍遭到嚴重之抑制，對河川之環境、生態等情勢發展不利，亦對河域生態造成危害。採砂石行為易衍生採砂過量，改變溪流坡降而發生侵蝕效應，不利邊坡穩定，也因河床坡降改變使環境惡化。氾濫平原之過度利用，衝擊溪流生態系統。卑南溪氾濫平原之山里至岩灣右岸部分四公里長之農墾區，切斷原來流經右岸之辮流，壓迫河道向左岸侵蝕，造成左岸之崩塌嚴重。流域內之巨石，具降低流速減緩侵蝕之作用，形成之渦流可營造水生動物的棲地—深潭，並降低流速以減緩侵蝕。而卑南溪之支流，卻經整治而溪中巨石被清除，呈現溝渠化，抹殺生態防洪功能，增加主流負承擔。自然彎曲之河岸被拉直，兩側之邊坡植群被砍除，代以人工護岸，原本利於防洪之自然因子均被排除，使支流洪水快速注入主流。如上總總，卑南溪溪流棲地已嚴重遭受破壞，影響物種之生存。

由高身鏟領魚的數量分布與生育地因子分析可知，水溫愈高，藻類數愈多，則魚的數量一般愈多，但中華大橋及山里附近環境受破壞而造成數量減少。

卑南溪面臨的環境衝擊實屬繁多，但就整個台灣的溪流環境而言，其卻可算是輕微。台灣溪流環境破壞嚴重，監測系統之啟動實已迫在眉睫。

(二) 建議

環境之因子，往往決定了某些特定生物種類是否能在該環境中生存及其分佈

範圍，而再加諸於河川生物間的交互作用，該生態系之生物群聚結構及多樣性的特質就此形成。應用監測系統即可明確釐清生物與環境間的交互作用，及生物群聚結構和特性。

藉由溪流永久樣區、樣站之設立，配合 5S 之資源技術，瞭解物種種類、數量和生育地環境因子之分布和相互關係，加入社會、經濟、人文及自然作用因子等。並建立網路使用介面資料庫，營造一個易於管理、使用和更新的環境，使得監測系統可以更臻完善。

持續性的監測，才能獲取資料建構以生育地環境資料庫和物種資料庫為主的完整生態資料庫，而惟有長期而完整的資料，才足以建立物種與生育地間之關聯性。現仍需明確界定監測之指標物種，由其分布特性及條件，以利評估溪流生態敏感區及建立完善之監測系統。

六、謝誌

本文承蒙水利署水利規劃試驗所、第八河川局、清華大學曾教授晴賢先生及卑南河流域情勢調查團隊之協助，全文始克完成，特此謹誌上最誠摯之謝意。

七、參考文獻

- 1 Fang, L. S., I-S. Chen, C. H. Yang, J. J. Li, J. T. Wang and M. C. Liu (1993) The fish community of a high mountain stream in Taiwan and its relation to dam design. *Enviro. Biol. Fish.* 38: 321-330.
- 2 方力行、陳義雄、韓僑權 1996 高雄縣河川魚類誌
- 3 方力行、韓僑權、陳義雄 1995 高身魚固魚。國立海洋博物館籌備處 106 頁
- 4 方力行、蘇六裕、陳義雄、韓僑權、陳益惠 1996 高身魚形態、分布及生物學之研究 *生物科學* 39 (1): 78-87。
- 5 王駿稜 2002 鳥類棲息地適宜度模式之建立與應用以惠蓀林場鳥類為例
國立中興大學森林學研究所碩士論文

- 6 古昌杰、汪靜明 1994 河川生態敏感區劃定架構之研究。規劃與設計學報
- 7 台灣省水利局 1988 卑南溪治理規劃報告
- 8 台灣省水利局第八工程處 1984 東區(第八工程處轄區)河川砂石資源調查工作報告
- 9 吳富春、李國昇、陳宣宏 1998 河川棲地模式 PHABSIM 之水理計算敏感度分析 台灣水利 46 (2): 60-69
- 10 邵廣昭、何林泰、林介屏 1993 魚類群聚生態調查監測與分析方法生物科學 36 (2): 41~56
- 11 國立彰化師範大學遠距教師輔導系統研究群 1998 高身魚固魚
<http://pck.bio.ncue.edu.tw/pckweb/database/data2/ck/senior/ch4/4-4/ku%20fish.html>。
- 12 張石角 1996 金門國家公園環境敏感區調查及保育系統之規劃研究 內政部營建署金門國家公園管理處
- 13 張石角 1996 金門國家公園環境敏感區調查及保育系統之規劃研究 內政部營建署金門國家公園管理處
- 14 張楨驩 2002 河川魚類棲地分布之推估與分析研究—以卑南溪新武呂河段為例 國立中央大學土木工程研究所碩士論文
- 15 陳樹群 2001 台灣地區河川型態調查研究 (1/2)
- 16 湯宗達 1997 以生態系統完整性為中心之河川生態品質評估架構 國立中央大學資源管理研究所 133
- 17 湯宗達 1997 以生態系統完整性為中心之河川生態品質評估架構 國立中央大學資源管理研究所 133 頁
- 18 馮豐隆、黃志成 1993 台灣森林資源監測系統建立之研究 興大實驗林研究報告 15 (2): 83-101
- 19 經濟部水利處第八河川局 1999 卑南溪大斷面重測計畫報告

- 20 經濟部水利署水利規劃試驗所 2002 卑南溪河系河川情勢調查報告
- 21 戴永禎 1994 荖濃溪高身鏟頷魚分布與保育策略 台灣省政府農林廳林務局
- 22 蘇六裕 1993 高身鏟頷魚棲地利用及生態特性研究 國立中山大學碩士論文