

台灣河川生態棲地分佈之研究-以卑南溪為例

吳瑞賢¹ 毛振泰² 陳芳瑜³

摘要

河川在自然環境中為一具代表性的生態體系。在傳統的河川治理上往往以防洪及供水為主要考量，而忽略了水中生物生存空間的保育。棲地分佈會因為河川中不同的流速、水深變化以及不同底質特徵等而造成不同的變化。因此，如何在河川中維持豐富的河川棲地型態與河川物種的多樣性成為河川保育重要的一環。本文研究地區選定卑南溪之河段為研究案例，研究方法為利用二維棲地模式 River2D，配合數值高程模型原理之應用，以模擬河川流況及棲地型態。探討不同流量下，研究河段上不同棲地類型之河川面積以及棲地面積之變化；且以台灣魚類地理分布為基礎，針對其卑南溪河系之台灣特有淡水魚種，與棲息環境的水域型態條件加以探討。分析研究河段不同的棲地潭瀨類型在不同流量下的變化以及與魚類分佈之關聯。

關鍵詞：卑南溪、二維棲地模式 River2D、台灣淡水特有魚種

一、前言

在台灣，近年來由於保育意識的提升，在河川水利等相關工程之執行上也逐漸關心水域生態保育的問題，因此在河川生態工程的發展越來越受到重視。其中又以河川棲地改善與增加多樣性工程以及親水性河川工程等最為常見與廣泛使用。多樣性的棲地環境包含了不同的棲地型態分佈，如深潭、淺瀨、深流、淺流等。不同的水中生物在對於河川環境微棲地的需求上也會有所差異，因此在棲地復育的工作執行上，必須了解河川棲地環境在時間與空間上的變化，作為增加魚類等標的物種所需棲地的參考依據。

本研究為了解河川中豐富的河川棲地型態，以加拿大亞伯特大學所發展的二維水理棲地 River2D 模式為演算核心，配合數值高程模型原理之應用，以模擬河川流況及棲地型態，希望能對台灣河川棲地環境型態做定量的描述，再以台灣淡水及河口魚類誌（陳義雄、方力行 1999）之台灣特有魚類生態棲地資料，

對研究河段作進一步的了解，且對於水中生物與棲息環境的水域型態條件加以探討。

二、理論分析

本研究並無實測水位流速資料，因此以一維水理模式 HEC-RAS 模擬出所需水理資料，再利用數位高程模型 DEM 資料運用到二維棲地模式 River2D，以模擬出不同流量下不同棲地所佔之面積。

2.1 HEC-RAS 模式

為一維河川分析系統，具有一維定量流（亞臨界流、超臨界流及混合流況）及變量流之水理參數計算功能，HEC-RAS 模式以標準步推法（Standard Step Method）為基本架構，以得到河道斷面間各流量下之水面剖線。

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

$$h_e = L\bar{S}_f + c\left(\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right)$$

1 國立中央大學土木工程學系教授 2 國立中央大學土木工程學系博士（行政院經建會部門計劃處技正兼組長、水利技師） 3 國立中央大學土木工程學系碩士

式中 WS1、WS2 分別為在不同斷面下的水位高，V1、V2 分別代表不同斷面的平均流速，He 為能量損失水頭。HEC-RAS 模式在使用上非常方便，但以模擬一維定流量系統，對多變性河川而言在模式準確性上稍顯不足，於使用上只瞭解每個斷面之平均水深、平均流速，而本文主要利用其推算某流量下斷面之平均水位，以做棲地分析。

2.2 數值高程模型

數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM) 是一具有數值化三度空間坐標的矩陣格式表達地表高程的一種模型，台灣地區 40 公尺 DEM 是由農林航測所利用解析航測法在航照立體相對上數化高程點製成，其解析度是 40m x 40m，以 1/5000 基本圖幅分檔。一般來說 DEM 資料解析度有 40m x 40m、20m x 20m、10m x 10m 及 5m x 5m，本研究以 5mx5m DEM 為基本地形資料，輸入到 R2D_Bed 中作為底床資料。

2.3 二維棲地模式 River2D

HEC-RAS、PHABSIM 等一維的水理模式，通常來模擬河道中各斷面水理變化，主要提供的是各斷面水面線高程與平均流速，並不能模擬在河道中橫向的變化，而二維或是三維模式較適合去表示河流各區域的水力行為，取代一維模式以一組斷面來模擬河道的方式，而是利用連續個別點所組成的網格面來模擬河域。

River2D 是垂向平均二維水動力學模型，模式主要包括以下四大部分分別是：(1)R2D_Bed、(2)R2D_Mesh、(3)R2D_Ice、(4)River2D。以下簡略介紹

(1)R2D_Bed：

主要用來輸入與編輯地形資料檔，利用網格或是不規則三角網，進行(X，Y，Z)資料

編輯與增修資料。並且畫定河川外部邊界 (Exterior Boundary)。

(2)R2D_Mesh：

利用 R2D_Bed 所輸出的資料，產生可使用來有效計算水理狀況的三角形不規則網格面，並用在二維深度平均的有限元流體模型上。

(3)R2D_Ice：

對於河川覆冰問題加以考慮。

(4)River2D：

河川棲地模擬與棲地模式。

River2D 控制方程式可由下列表示：

$$\text{連續方程式：} \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = 0$$

水深平均之 x 方向動量方程式：

$$\frac{\partial(\bar{u}h)}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{u}h)}{\partial x} + \frac{\partial(\bar{v}h)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(2\bar{\varepsilon}_{xx}h \frac{\partial \bar{u}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[\bar{\varepsilon}_{xy}h \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho} - gh \frac{\partial H}{\partial x}$$

水深平均之 x 方向動量方程式：

$$\frac{\partial(\bar{v}h)}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{v}h)}{\partial x} + \frac{\partial(\bar{v}h)}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} \left(2\bar{\varepsilon}_{yy}h \frac{\partial \bar{v}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left[\bar{\varepsilon}_{xy}h \left(\frac{\partial \bar{u}}{\partial y} + \frac{\partial \bar{v}}{\partial x} \right) \right] - \frac{\tau_{by}}{\rho} - gh \frac{\partial H}{\partial y}$$

三、研究區域

本研究區域位於卑南溪河系(動物地理區域中第V區，圖1)：位於台灣東南方，卑南溪河系上游主流發源於中央山脈卑南主峰(標高 3293 m)，主流長度 84.4 km，流域面積 1603 km²，台東縣境內的主要河流，又稱為卑南大溪，為台東第一大溪。流經台東縣的七個鄉鎮市，分別是台東市、卑南鄉、延平鄉、鹿野鄉、關山鎮、海端鄉、池上鄉。主要支流有鹿野溪、鹿寮溪及萬安溪。



圖 1 台灣河川淡水魚類之動物地理

區域之分布

本研究對本河系選取研究的河川為主流段，並自下游往上游方向分別從 DEM (x,y,z) 地形資料及航空拍攝影像資料上擷取一河段作棲地分析，其擷取河段的位置見圖 2，本河系所擷取之河段所應用之水文水理參考資料，由「卑南溪治理規劃報告」(1988)取得。本研究選取河段為河段斷面 57 至斷面 62，長度為 2706 m，並由河段 DEM (x,y,z) 地形資料得到河段最低點上下游高程，由高程差與河段長度比值可得到各河段之河道平均坡降，將該平均坡降及其河段基本資料整理於表 1。



圖 2 卑南溪研究河段位置圖

表 1 河段基本資料

河段別	河段長度 (m)	上游高程 (m)	下游高程(m)
卑南溪河段	2706	170	153
平均坡降(m/m)	河道平均粗糙高度 / 平均粒徑(m) / (mm)	上游集水區面積 (ha)	臺灣本島魚類動物地理分區/河川上中下游
0.006	0.07/91	85110	第 V 區/中游

四、棲地類型分析

4.1 棲地潭瀨類型探討

河川的水體，隨著時空常呈現出不同的水域型態，主要是由自然的地文、水文及河道型態形成。而溪流棲地的多樣化，提供多種魚類共同活動與分享食物與空間資源 (Gorman and Karr,1978)，且也較能滿足不同生活時期魚類之生態需求，更能提供所有魚類作為躲避洪水的庇護所，且對於某些魚類具有領域的行為以供攝食及繁殖，能在某特定的棲地上受到充分保護。而河川魚類種類繁多，除了少數的魚種會暫時離開水之外，其他都須生活於水裡，然而其生活之微棲地，如果仔細觀察的話，也會發現不同的魚類各有其好惡的水域形態(汪靜明，1996)。

Bovee (1982) 認為深潭由於水深、流速緩和，成為魚類棲息地，其可容蓄成魚，於枯水期間更是重要生存區域。淺瀨因流速快、溶氧高，底棲生物集中在此，是魚類餌料來源區域，也是各水潭間遷徙通道，故主張以棲息在淺瀨區的物種為溪流所需最小流量之標準。本章節將分析研究河段中不同流量下的棲地潭瀨類型之變化，以及對於存在魚種的影響。因此棲地類型對於河川生態上的研究是一個重要的環節。

為河川生態保育目的，學者曾將台灣河川

水體區分為：淺流、淺灘、深流、深潭與岸邊緩流等五大水域型態（汪靜明，2000）。又河川型態，根據坡度來區分，當河川平均坡度 $<2\%$ 為緩坡型之潭瀨類型（Pool-riffle），當坡度 $>2\%$ 為陡坡型之梯級潭類型（Step-pool）。

4.2 潭瀨棲地模擬分析探討

一般而言，潭瀨種類可依其需求而選擇分為3~5種。然而不管分為幾種，其判斷方式主要以流速（V）、水深（D）為主。本研究為反映河流穩定性與水生棲地環境之多樣性，以（溫博文，2005）將其研究區間的潭瀨類型分為4種，其潭瀨判斷方式以流速、水深為判斷依據，判斷標準如下：

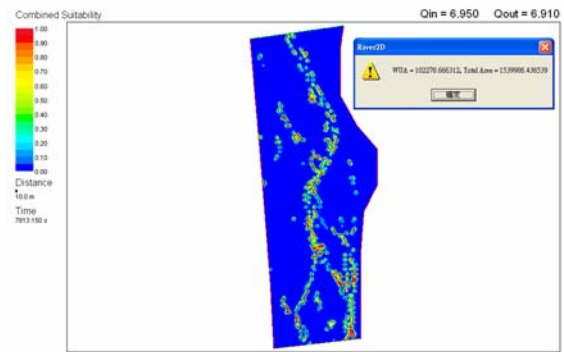
表 2 棲地類型

深潭(Pool)	淺瀨(Riffle)	深流(Run)	淺流(Glide)
$V < 0.3(m)$	$V > 0.3(m)$	$V > 0.3(m)$	$V < 0.3(m)$
$D > 0.3(m)$	$D < 0.3(m)$	$D > 0.3(m)$	$D < 0.3(m)$

本研究以4種潭瀨棲地類型為條件，利用卑南溪河段數位高成模型DEM資料以及二維水理棲地River2D模擬不同流量下之河川流況以及棲地分佈情況。

4.2.1 生態基流量模擬結果

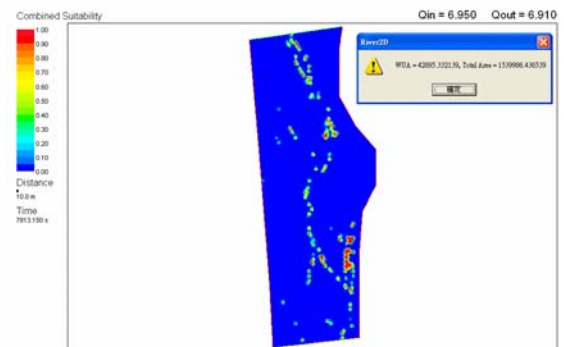
本研究流量資料於卑南溪瑞源站所得，以歷史流量法推估三種流量，生態基流量 $Q_{95}=2.4(cms)$ 、 $Q_{75}=6.95(cms)$ 以及平水流量 $Q_{50}=17.2(cms)$ ，四種棲地分佈的情形結果於圖3(以 Q_{75} 為例)，藍色部分為無水地區或不屬於模擬之棲地類型，紅色部分則代表符合棲地條件下之潭瀨棲地分佈面積，而表三為各類型棲地面積百分比。



淺流(Glide)分佈情況



淺瀨(Riffle)分佈情況



深潭(Pool)分佈情況



深流(Run)分佈情況

圖 3 研究河段流量 Q_{75} 棲地潭瀨分佈圖

表 3 棲地面積分佈百分比

Q(cms)	glide(%)	pool(%)	riffle(%)	run(%)
2.40	67.91	25.09	5.75	1.26
6.95	55.78	23.39	11.17	9.66

根據表 3 的棲地分佈結果，結果顯示對於卑南溪之研究河段而言，在此二種不同流量下，最主要棲地分佈類型是以淺流(Glide)為最主，淺流(Glide)面積佔百分之五十以上。但隨著流量增加，淺流(Glide)面積有減少之趨勢。而在深潭(Pool)方面，其面積所佔之比例，並未隨著流量變化而有明顯增減。此外，對於淺瀨(Riffle)以及深流(Run)部分，流量從 Q_{95} 增加至 Q_{75} 時，其淺瀨(Riffle)棲地面積變化從 5.75% 上升到 11.17%，成長一倍以上，而深流(Run)棲地面積更是迅速增加，顯示對於生態基流量情況下， Q_{75} 相較於 Q_{95} 對水域生物來說有較佳的生存環境。

4.2.2 流量與潭瀨棲地面積百分比之關係

將模擬流亮範圍擴大，表 4 為流量 1cms 至 300cms 所模擬出之四種河川潭瀨棲地面積的百分比，而由表 4 與圖 4 可知，在流量 40cms 至流量 100cms 下，四種棲地類型的分布比例較為平均，且其標準偏差值較小皆在 3.0 至 3.9 之間，此意謂著此流量範圍內，擁有多樣且均勻之棲地類型。其中在流量 60cms 下，其各棲地類型面積分佈最為平均（標準偏差值最小），亦即代表卑南溪研究河段在此流量下之棲地歧異度達到最大，對於河川水域之生物來說擁有最為多元的棲地環境，而有利於整體水域生態系統之發展。此外於流量 100cms 以上，隨著流量增加，除了深流(Run)持續增加外，深潭(Pool)、淺瀨(Riffle)、淺流(Glide)並未隨之增加，而漸漸趨於一定比例，顯示高流量下，並非所有類型的棲地面積跟著增加，因此高流量的情況下，對於整體棲地的多樣性，

並沒有相當的幫助。

表 4 不同流量下河川潭瀨面積變化表

Q(cms)	glide(%)	pool(%)	riffle(%)	run(%)	Standard Deviation
1.00	76.79	22.95	0.14	0.12	15.66
2.40	67.91	25.09	5.75	1.26	13.17
6.95	55.78	23.39	11.17	9.66	9.28
17.20	45.01	25.60	13.31	16.08	6.21
20	43.88	25.74	13.62	16.76	5.89
30	38.43	26.25	14.64	20.68	4.39
40	35.16	23.77	16.13	24.93	3.39
50	33.57	23.56	15.26	27.61	3.33
60	31.39	23.20	15.76	29.66	3.07
70	31.40	22.27	15.30	31.03	3.34
80	31.06	21.09	15.05	32.80	3.64
100	28.82	22.08	16.05	36.84	3.90
150	28.29	19.24	15.36	37.12	4.21
200	23.31	19.60	16.15	40.94	4.77
250	19.89	15.10	17.70	47.31	6.50
300	18.28	15.44	16.80	49.48	7.08

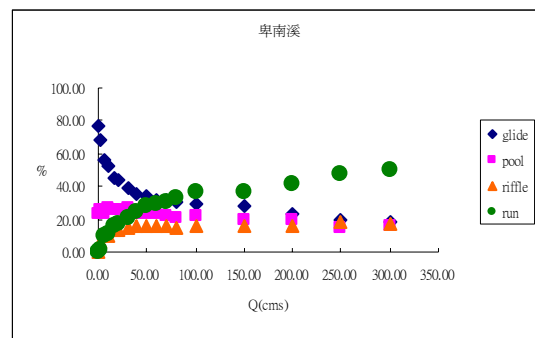


圖 4 不同流量下河川潭瀨面積變化圖

4.2.3 卑南溪魚類生態分析

表 5 為卑南溪特有淡水魚類及其生態喜好之棲地環境，由表可知，除了粗首鱻生存棲地條件廣泛外，其何氏棘魷之成魚喜好生存於

深流(Run)棲地環境；菊池氏細鯽喜好生存於淺流(Glide)、深潭(Pool)之中；而台灣馬口魚、何氏棘魴幼魚同樣也喜好淺流(Riffle)之棲地環境，就圖 4 以流量 40cms 以下之棲地分佈以淺流(Riffle)為主，其次為深潭(Pool)，因此棲地情況頗利於菊池氏細鯽、台灣馬口魚、何氏棘魴幼魚之生存。

而就流量 40cms 以上，深潭(Pool)、淺瀨(Riffle)、淺流(Glide)並未隨著流量增加而遞增，並傾向於在水域環境中佔有較穩定的面積比例。而淺瀨(Riffle)由於流速快、溶氧高，適合於底棲生物生存，因此對於台東間爬岩鰍來說，於流量 6.95cms 開始擁有一定比例之淺瀨(Riffle)棲地環境。

表 5 卑南溪流域特有淡水魚類適合棲地型態
◎：適合此棲地型態

	淺流	深潭	淺瀨	深流
菊池氏細鯽	◎	◎		
台灣馬口魚	◎		◎	
台東間爬岩鰍			◎	
何氏棘魴 (幼魚)	◎			◎ (成魚)
高身鏟頰魚		◎		
粗首鰱	◎	◎	◎	

五、結論與建議

5.1 結論

本研究使用二維水理棲地模式 River2D 來對河川做棲地模擬，利用連續的網格來模擬地形，以不同的流量情況下來模擬潭賴棲地的分布情況，可得到較明確的河川棲地分布，而有別於以往傳統上國內較常以一維水理棲地模式來模擬河川棲地。

1.其棲地之分佈結果顯示，對於卑南溪研

究河段而言，在此二種流量下，最主要棲地分佈類型是以淺流(Glide)為最主，淺流(Glide)面積佔百分之五十以上。但隨著流量增加，淺流(Glide)面積有減少之趨勢。而在深潭(Pool)方面，其面積所佔之比例，並未隨著流量變化而有明顯增減。此外，對於淺瀨(Riffle)以及深流(Run)部分，流量從 Q_{95} 增加至 Q_{75} 時，其淺瀨(Riffle)棲地面積變化從 5.75% 上升到 11.17%，成長一倍以上，而深流(Run)棲地面積更是迅速增加，顯示對於生態基流量情況下， Q_{75} 相較於 Q_{95} 對水域生物來說有比較佳得生存環境。

2.將流量範圍擴大至 $Q=300\text{cms}$ 其結果顯示，其流量 40cms 至流量 100cms 下，擁有的四種棲地類型的分布較為一致(標準偏差值較小，皆在 3.0 至 3.9 之間)。而在流量 60cms 下，其標準偏差值到達最小，代表卑南溪研究河段在此流量下之棲地歧異度達到最大，以卑南溪特有淡水魚種來說，其魚類喜好棲地大部分皆有兩種以上，流量 60cms 下所擁有最為多元的棲地環境，而有助於魚類的繁衍與成長。

5.2 建議

1.本研究所利用水理參數均為 HEC-RAS 所模擬之數據，未來相關研究時若能增加現場實測而得之水理資料，並配合本研究地區魚種，進行相關比較與討論。

2.在本研究中對於棲地類型的判斷標準，僅考慮水深與流速兩項棲地因子，但底質條件對於水域生態環境影響勝具，未來研究因考慮納入底質以呈現更完整的棲地環境。

3.在河道地理狀況上，本研究以 $5\text{m} \times 5\text{m}$ 的網格來進行模擬，隨著科技的發展，在微棲地的計算上，如能配合 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 地形高程圖，將能更貼近實際地形高程呈現更完整的現地情況。

參考文獻

1. 于錫亮(1997), 「淺談流量與棲地關係的方法學」, 自然保育季刊, 第十九期,p15-19,.
2. 汪靜明(1998), 「河川生態基流量設計及魚類棲地改善之理念」, 環境教育季刊, p.49-69。
3. 毛振泰(2007), 「臺灣河川生態定量評定與改善方式之研究」, 國立中央大學博士論文。
4. 溫博文(2005), 「台灣中部河川生態棲地分佈特性及時空變化之研究」, 國立中央大學博士論文。
5. 陳義雄、方力行(1999), “台灣淡水及河口魚類誌”, 國立海洋生物博物館籌備處。
6. 陳仲安(2006), 二維水理棲地模式運用於南崁溪生態規劃之研究
7. Crowder, D.W. and Diplas, P. (2000). Using two-dimensional hydrodynamic models at scales of ecological importance, Journal of Hydrology, 230(3-4), pp 172-191.
8. Loranger, J and Kenner, S.J. (2004). Comparison of one- and two-dimensional hydraulic habitat models for simulation of trout stream habitat, Critical Transitions in Water and Environmental Resources Management, pp1-10.
9. Schwartz, J.S. (2004). Use of 2-D hydrodynamic model for stream restoration design of high-flow habitat in low gradient midwest streams, Protection and Restoration of Urban and Rural Streams, pp 242-251.

水利會訊刊登廣告價目表

位置	印刷	規格	價目	備註
封底	彩色	全頁	\$24,000	1. 廣告之版權、設計、編排請自行負責。 2. 廣告性質如與水利(技師)無關者恕不刊登。 3. 會員刊登另有優待, 請電話詢問。 電話: 02-26980980 E-mail add : hydraul.tw@msa.hinet.net
封面內頁	彩色	全頁	\$20,000	
封底內頁	彩色	全頁	\$18,000	
內頁	彩色	全頁	\$12,000	
內頁	彩色	半頁	\$6,000	