

濁水溪中上游生態基流量之推估與應用



作者：王傳益⁽¹⁾ 李昱廷⁽²⁾ 李俊穎⁽³⁾ 施漢鵬⁽⁴⁾
系級：

- (1) 逢甲大學水利工程學系副教授
- (2) 逢甲大學土木及水利工程研究所碩士
- (3) 逢甲大學土木及水利工程研究所碩士
- (4) 逢甲大學土木及水利研究所博士班研究生



目錄

中文摘要	3
英文摘要	3
一、前言	4
二、文獻回顧	4
2.1 生態基流量評估	4
2.2 評估法比較	5
三、理論分析	5
3.1 HEC-RAS 水理模式	5
3.2 RHABSIM 棲地模式	5
3.3 適合度曲線之建置	6
四、案例研究	7
4.1 研究區域	7
4.2 研究方法與流程	7
4.3 濁水溪中上游生態基流量之推估	7
4.4 推求生態基流量	8
五、結論與建議	12
六、參考文獻	12



濁水溪中上游生態基流量之推估與應用

王傳益⁽¹⁾ 李昱廷⁽²⁾ 李俊穎⁽³⁾ 施漢鵬⁽⁴⁾

摘要

本研究結合HEC-RAS 3.0水理模式與河川棲地模式RHABSIM(River Habitat Simulation Model)，探討河川水理條件與生物棲地之關係。以濁水溪中上游為研究樣區，並以埔里中華爬岩鰍、濁水溪中上游中表層活動之魚類及台灣石魚鱖為標的魚種，推估該樣區之生態基流量。結果顯示在無任何水工結構物的低流量情況下，若採1cms已可滿足標的魚種生存的生態基流量。若考量天然流量下提供其他引水需求時，則生態放流量為18cms時，可獲致最大之棲地面積。本文亦分析設置水工結構物如橋樑及堰等後，所造成水深變化對棲地環境的影響，研究發現如名竹大橋與集集攔河堰等大型水工結構物造成水位的抬昇，對生態棲地面積則有相當程度的影響。

(**關鍵字**：河川棲地模式、生態基流量、生態放流量)

Estimation and Application of Ecological Instream Flows for the Midstream and the Upstream of the Zhou-Shui River

Chuan-Yi Wang, Yu-Ting Lee, Jun-Ying Lee, Han-Peng Shih

Associate Professor, Master, Graduate Student, and Ph.D. student, Department of Water Resources Engineering, Feng Chia University, Taichung, Taiwan 407, R.O.C.

ABSTRACT

This study combines hydraulic model HEC-RAS 3.0 and River Habitat Simulation Model (RHABSIM) to probe into the relationship between the river hydraulic conditions and creature habitats. To estimate the ecological instream flows by using *Sinogastromyzon puliensis*, middle-surface layer fishes, and *Acrossocheilus paradoxus* as target species in the upstream and the midstream of the Cho-Shui River.

The result shows that the discharge of 1cms have already satisfied the ecological instream flows of the fishes of target species in the condition of low flow without any hydraulic constructions. Considering the needs of providing other diversion under the natural flow, it can get maximum habitat areas when the ecological release flows is 18cms. It also analyses the influences of the habitat environment causing by the

(5)逢甲大學水利工程學系副教授

(6)逢甲大學土木及水利工程研究所碩士

(7)逢甲大學土木及水利工程研究所碩士班研究生

(8)逢甲大學土木及水利工程研究所博士班研究生

change of water depth after setting up hydraulic constructions such as bridges and weirs. It indicates that the risen water-level caused by large hydraulic constructions such as Ming-Zhu Bridge and Chi-Chi retaining weir have fairly influence to ecological habitat areas.

(**Keywords** : River Habitat Simulation Model, ecological instream flows, ecological release flows.)

一、前言

當今台灣河川生態保育策略中，河川生物棲息地的經營應為重要核心工作，尤其是經營較易的物理棲地改善工作。台灣河川棲地經營的最高原則當是維護或改善河川的環境，使之成為更適合台灣特有種或瀕臨絕種等原生種生物的生存、生長及繁衍的場所，因此如何訂定維護生態環境之放流量，俾降低人為開發對河川生態的影響及衝擊，乃當前重要之議題。維護生態環境之放流量，稱為該河川的生態基流量(ecological instream flows)，該流量值與生物的生態息息相關，必須滿足河川生物生存之最低需求，並維持河川生態系統穩定與平衡所需之水量。本文藉由 HEC-RAS 水理模式配合河川物理棲地模式(RHABSIM)之應用，訂定濁水溪中上游水域之生態基流量，以供相關水利單位營運放流之參考。

二、文獻回顧

2.1 生態基流量評估

研究河川生態基流量至今有許多種方法。常見者有生態基準流量、最低流量、維持流量、環境生態流量、水生基本流量、溪內正常流量、最小生態維護放水量、生態環境需水量、生態用水量和保留基流量等。雖然上述各名詞與定義會有些許差異，但其目的都是維護河川生態系統的穩定與平衡的流量，稱為河川的生態基流量(Jowett, 1997)。

一般計算河川生態基流量之方法為四大類，即歷史流量法、水理法、棲地法、經驗法，本文針對上述各法說明如下：

1. 歷史流量法(historic flow methods)

一般採用河川年平均流量 MAF (Mean Annual Flow) 之百分比、日流量延時曲線(daily flow duration curve)之某個時間百分率，來估算維護生態系統在某種保育標準下之流量。又可分為：

(1) Tennant 法

Tennant(1976)以年平均流量(Mean Annual Flow，簡稱 MAF)為基礎，探討 MAF 不同百分比的流量時，水域生態環境之表現狀態，用以訂定不同保育標準之河川生態基流量。

(2) 日流量延時曲線法(daily flow duration curve methods)

台灣地區盛行以日流量延時分布曲線時間百分率 95% 所對應之日流量 Q95 為河川生態基流量。

2. 水理法(hydraulic methods)

水理評估法之基本理念為生態功能與某項水理參數具相對應之關係，例如呈現線性關係或某種正比例關係。

3. 棲地法(habitat methods)

評估方法為估算對象物種可利用的棲地面積或稱權重可使用棲地面積(Weighted Usable Area，簡稱 WUA)，隨流量增減而變化之關係率定後，再按河川生態維護標準評選合適的可利用棲地面積數量，其對應之流量即為河川生態基流量。

4. 經驗法(empirical methods)

回顧河川生態基流量之設計方法，經驗法為目前簡單而常被採用之方法，如新英格蘭法、日本水力發

電事業集水區面積法與彈性調整水權法。

2.2 評估法比較

上述方法中，歷史流量法較為簡易，以及所需資料較少，僅以簡單數字為其建議值，較無法充分表達流量與生態間的關係，且應用於台灣之歷史流量評估案例，事後均未進行生態監測調查，無法看出其是否符合生態需求（李載鳴 2001）。

水理法方法簡捷，惟該法所採用評估之濕周參數，因受河槽型態影響甚大，變異性極高，所以誤差相對提高，因此本評估法於濕周變動較大之台灣河川較不適合。

棲地法為現階段生態評估上最普遍採用，在蒐集河川種類與調查項目上較水理法詳細，但此法極依賴調查位置和足夠之斷面數及有關指標物種棲息條件。

經驗法則僅適用於特定河川，針對選定河川進行深入的調查後歸納出法則，不適合再引用到其他河川。

三、理論分析

3.1 HEC-RAS 水理模式

HEC-RAS 模式的運算是以「標準步推法」為基本架構，即由上一個斷面資料推求出下一個斷面的資料，利用一維能量方程式來求解，如式(1)所示：

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

式中， WS_1 、 WS_2 為相臨斷面水位高； V_1 、 V_2 為相臨斷面平均流速； α_1 、 α_2 為相臨斷面能量係數； h_e 為能量損失水頭。

其中兩斷面間的能量損失 h_e ，是由「摩擦損失」及「收縮、擴張損失」所組成，可由下式表示：

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

式中， \bar{S}_f 為上、下游兩斷面間的平均能量坡降， C 為收縮係數或擴張損失係數， L 為兩斷面間之流量權重長度。

在邊界條件方面，當流況為亞臨界流時，給定下游之邊界條件；當流況為超臨界流時，給定上游之邊界條件；邊界條件為已知水深、臨界水深、平均坡度或率定曲線。

3.2 RHABSIM 棲地模式

RHABSIM 模式主要理論依據「溪內正常水流增量法」(Instream Flow Incremental Methodology, 簡稱 IFIM) 概念架構，主要由兩個部份所構成，即水理模式 (hydraulic model) 與棲地模式 (habitat model)。

藉由 RHABSIM 之 IFG4 程式預測所得各橫斷面中各個測點之流速、水深，再經過棲地模擬演算則可求出權重可使用棲地面積 (WUA)。

1. 水理模式

水理模式之主要功能在於計算各種不同流量之水位及橫斷面各分區之流速及水深分布。由流量推估水位之計算，RHABSIM 水理模式提供三種推估水位之方法。

(1) 對數-對數迴歸法(log-log regression)

係利用河川斷面之歷史水文記錄進行迴歸分析，找出流量與水深之關係，其通式可表示如下：

$$D = aQ^b \quad (3)$$

式中 D 為水深、 Q 為流量。由各個斷面歷史水文資料，推求各個斷面迴歸方程式之參數 a 與 b ，便可計算河川斷面任一流量之水深。

(2) 渠道輸送法(C-C 法，MANSQ)

係利用渠道各個斷面之流量與水位記錄，推求斷面之曼寧糙度係數，對於均勻流而言方程式如下：

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S_0 A = \frac{1}{n} f(D) \quad (4)$$

式中 R 為水力半徑、 S_0 為能量坡降、 A 為通水斷面積、 n 為曼寧糙度係數。同時根據所推求之曼寧糙度係數與曼寧公式，可推求任一斷面不同流量下之水深。

(3) 標準步推法(S-B 法，WSP)

係利用緩變速流水面線方程式，並以標準步推法由下游給定一已知水深，逐一計算上游各斷面之水深，其控制方程式為：

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\bar{S}_f - \bar{S}_0}{1 - F^2} \text{ 或 } \frac{y_{j+1} - y_j}{x_{j+1} - x_j} = \frac{\bar{S}_f - \bar{S}_0}{1 - F^2} \quad (5)$$

式中 dy/dx 為水深沿流程之變化， \bar{S}_0 為上、下游兩斷面間的平均河床坡降， F 為福祿數 (Froude number)。對於流速之推估，RHABSIM 提供了三種方

法，即已知速度檢定法(1-vel calibration)、速度迴歸檢定法(velocity regression calibration)和水深檢定法(depth calibration)。當各斷面有一組流速值，可使用已知速度檢定法來檢定；當有2組或2組以上之流速值時，便可使用速度迴歸檢定法來檢定流速；若完全沒有實測流速資料時就必須使用水深檢定法，該法乃針對每一測點(cell)，以曼寧公式為基礎，輸入曼寧係數，求出每個測點之流速，其所依據方程式如下：

$$V = \frac{1}{n} f(D) \quad (6)$$

2. 棲地模式

棲地模式乃根據不同流量，再由水理模式所計算各斷面流速與水深分佈，透過棲地模式中標的物種(target species)之棲地適合度曲線(habitat suitability curve)，找出橫斷面各分區之流速及水深所對應之棲地適合度指數，便可求得研究河段之權重可使用棲地面積(WUA)，即

$$WUA = \sum F[f(V_i), f(D_i), f(C_i)]A_i \quad (7)$$

式中 $F[]$ 為組合棲地適合度因子(Combined Suitability Factor，簡稱CSF)； A_i 為研究河段第 i 分區之水表面積； $f(V_i)$ 、 $f(D_i)$ 、 $f(C_i)$ 分別為第 i 分區之流速、水深及河床底質適合度指數。

假設每一魚種行為方面的特質可以由流速、水深及河床底質等棲地因子來描述，而魚類權重可使用棲地面積與它的族群量成正比關係，亦即某一種魚類之WUA愈大，表示愈適合該魚類在此等環境中生存。本模式提供四種CSF之計算方法，分別為：

(1) 乘積法(Standard)

$$CSF = f(V) \cdot f(D) \cdot f(C) \quad (8)$$

(2) 幾何平均法(Geometric Mean)

$$CSF = [f(V) \cdot f(D) \cdot f(C)]^{1/3} \quad (9)$$

(3) 最小值法(Lowest Limit)

$$CSF = \text{Minimum}[f(V), f(D), f(C)] \quad (10)$$

(4) 加權平均法(Weighted Average)

$$CSF = \frac{[k_V \cdot f(V)] \cdot [k_D \cdot f(D)] \cdot [k \cdot f(C)]}{k_V + k_D + k_C} \quad (11)$$

式中 k_V 、 k_D 、 k_C 分別為流速、水深、底質之權重因子。

3.3 適合度曲線之建置

由前人相關研究可知，流速與水深為影響魚類生存之重要水理條件，故探討標的魚種權重可使用棲地面積時，需先建構流速與水深之適合度曲線。適合度值由0~1，當適合度值為1時，所對應之流速即為最適合標的魚種活動之流速值，水深亦同。經「行政院農業委員會特有生物研究保育中心」進行實地試驗及調查，建置本文三種標的魚種之適合度曲線，文中僅以濁水溪中上游中表層魚類為例，詳如圖1及圖2所示。

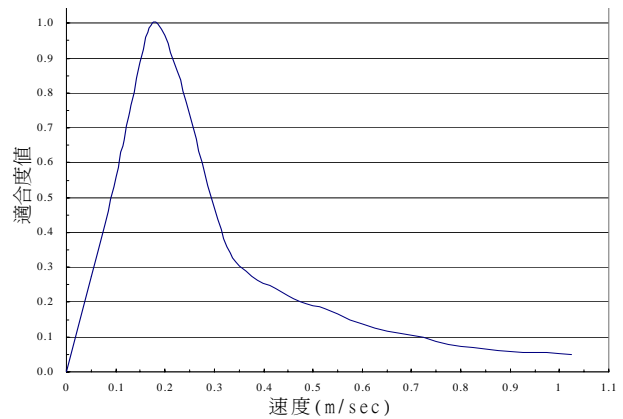


圖1 濁水溪中上游中表層活動之魚類流速適合度曲線

Figure 1. Velocity suitability curve of middle-surface layer fishes in Cho-Shui River.

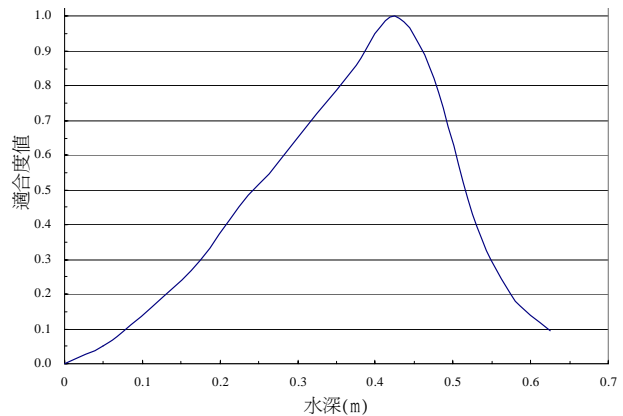


圖2 濁水溪中上游中表層活動之魚類水深適合度曲線

Figure 2. Depth suitability curve of middle-surface layer fishes in Cho-Shui River.

四、案例研究

4.1 研究區域

1. 研究河段

本研究選取濁水溪中上游名竹大橋(斷面編號106)至上游斷面編號137為研究區段，此斷面長17.57 km，平均坡度為1/130。

2. 曼寧粗糙係數

採用經濟部前水利局規劃總隊所建議之n值，加上自現地觀察之照片發現此河段河道塊石錯置，以致低水流量之粗糙度會相對提高，因此於106-137斷面n 值採用0.04，以符合低水狀態之要求。

3. 流量資料

流量資料採自濁水溪中上游名竹大橋(斷面編號106)至斷面編號137，(民國69年至民國83年)之歷史日流量，共計15年，其枯水期(11月~4月)旬平均流量為70.88cms，豐水期(5月~10月)旬平均流量為196.46cms，年平均流量為133.67cms。

4.2 研究方法與流程

本研究主要利用 HEC-RAS 水理模式，並結合 RHABSIM 之水理與棲地模式，推估出研究樣區之水深與流速值，配合本研究採之三種濁水流域魚類，即埔里中華爬岩鰍、濁水溪中上游中表層活動之魚類及台灣石魚竇之適合度曲線，模擬量化出適合濁水溪特定魚類生存之棲地面積與生態基流量。

蒐集研究區間所需之各種水文、水理及地形等資料後，將資料彙整並依照水理模式之需要輸入各種參數，以原始斷面資料、原始斷面加入內差斷面及加入內差斷面後考慮多槽斷面分流之情況分別計算其各項水理因子，再以棲地模式計算各情況下之棲地大小，探討各情況下所演算之水理結果及對棲地面積及分佈等之影響，研究流程如圖3所示。本文研究流程係輸入50年與100年的洪峰流量，利用「HEC-RAS 水理模式」反推各個斷面之水位及能量坡降，以供「RHABSIM 水理模式」檢定(calibration)流量用，檢定無誤後，方利用魚類之適合度曲線及模擬流量，藉由「RHABSIM 棲地模式」進行生態基流量之推估。

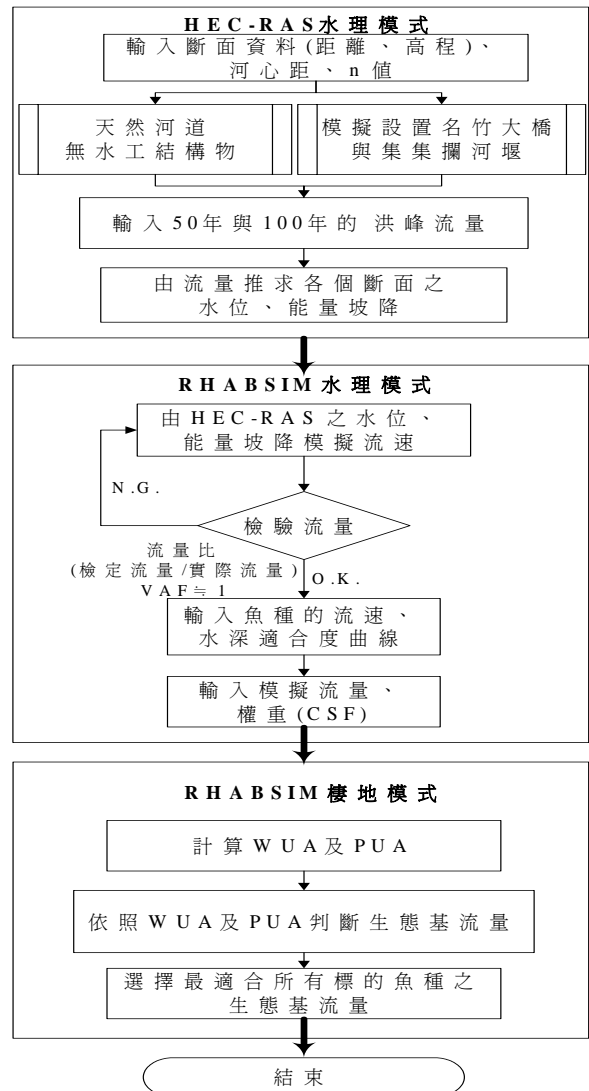


圖3 研究流程圖

Figure 3. Flowchat of research.

4.3 濁水溪中上游生態基流量之推估

針對濁水溪中上游集集攔河堰下游名竹大橋(斷面編號106)至上游斷面編號137間共32個斷面，長17.57 km 進行棲地生態基流量之推估，並輔以歷史流量法、經驗法來做更詳細之佐證，推估所得生態基流量可供水利相關單位營運放流之參考。

1. 歷史流量法

針對歷史流量法，本研究採用日流量延時曲線法與 Tennant 法來推估研究樣區之生態基流量。

(1) 日流量延時曲線法

經濟部水利署水利規劃試驗所曾利用日流量延時曲線，分析本河段之河川基流量後採用 90% 所對應之日流量 Q_{90} (35.20cms) 為此河段之設計流量。台灣地區常以日流量 Q_{95} 作為河川之生態基流量，本研究根據圖 4 濁水溪中上游日流量延時曲線分析求得研究區段之生態基流量為 29.16cms。

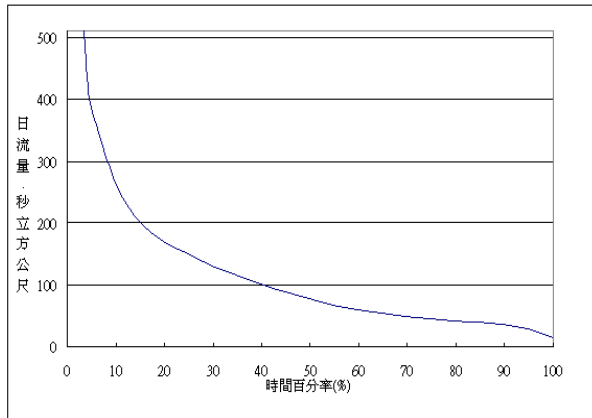


圖4 濁水溪上游日流量延時曲線圖

Figure 4. Daily flow duration curve of the upstream in the Cho-Shui River.

(2) Tennant 法

濁水溪集集攔河堰上游自民國 69 年至 83 年歷年年平均流量為 133.67cms，依 Tennant 法的建議，以河川年平均 10% 流量(MAF 的 10% 流量)作為維持生態機能之生態基準流量，則濁水溪之河川生態基準流量為 13.37cms，若要維護一種契合生態環境充分滿意的流量則需年平均流量的 30%，即為 40.10cms。

2. 經驗法

本研究河段中上游集集攔河堰之集水區面積為 $2304.2 km^2$ ，根據新英格蘭法集水區面積每 $100 km^2$ 應有 0.55cms 的生態基流量，因此研究河段之生態基流量應為 12.67cms。

日本水力發電事業認為河川中集水區面積每 $100 km^2$ 約需 0.1 至 0.3 cms 之維持流量，因此研究河段之生態基流量為 2.30cms ~ 6.91cms。

3. 棲地法

本研究所採用的模擬流量為依據濁水溪集集流量站 50 年與 100 年的洪峰流量(Q_{50} 與 Q_{100})來推估其他流量之水位，流量模擬範圍主要為濁水溪中上游名竹大橋(斷面編號 106)至斷面編號 137，再根據日流量延

時曲線超越機率 95% 的平均流量，當作模擬的流量上限(採 30cms)為模擬的上限。在使用 RHABSIM 模式推求生態基流量時，為求得更詳實之棲地面積，本研究在不改變斷面形狀前提下依序在斷面增加測點數與設定棲地影響範圍之權重因子。

生態基流量之判別方式有許多種，可依據水源運用型態選擇適合之評估基準。當以生態發展為唯一標的時，應以 WUA 之最大值為考量，但此時所求出之生態基流量太大，實際操作上根本不能符合其要求。所以本文在研判生態基流量時，選取流量-WUA 曲線圖之明顯轉折點(inflexion point)，以此所對應之流量當作維護生態生存環境所需之基本流量。

4.4 推求生態基流量

4.4.1 方案一

1. 未設置任何水工結構物

為瞭解集集攔河堰設置前後，棲地生態基流量之差異變化，因此進行本項分析。經進行 Q_{50} 及 Q_{100} 洪峰流量之水理計算，其中水理計算為混合流況(含亞臨界流與超臨界流)，當模式模擬結束，可藉由程式許多輸出格式，如繪製橫斷面、縱斷圖、率定曲線及橫縱剖面水理資料成果表等檢視其結果之正確性。

使用棲地法推求生態基流量，最重要的因素為魚種適合度曲線的建置，由於適合度曲線對於整個棲地的分布有極大之影響，因此如何選擇合適的魚種，並定義此魚種的適合度曲線為關鍵因子，本文藉由「特有生物研究保育中心」所建置之魚類適合度曲線進行分析。

表 1、2 及 3 為使用埔里中華爬岩鰍、濁水溪中表層魚類及台灣石魚賓等魚類之適合度曲線與乘積法模擬所得之權重可使用棲地面積，建議生態基流量分別為 5 cms、1 cms 及 1cms。而其最佳之棲地百分比(Percent Usable Area, 簡稱 PUA) 為 1cms，該值並非權重可使用棲地面積為最大值時之流量，但超過該值後，流量遞增加對棲地面積增加之效益有限，因此本樣區於低流量條件下，若採 1cms 已可滿足標的魚種生存的生態基流量，提供標的魚種的棲地環境。其中棲地面積百分比定義如下：

$$PUA = \frac{WUA}{Total - surface - area} \times 100\% \quad (12)$$

經驗法則利用集水區面積來推估生態基流量，然

而使用此方法必須考量到研究樣區之地域性，亦即每

表 1 RHABSIM 模擬不同流量下之量化成果表
(埔里中華爬岩鰍)

Table 1. Quantifiable results of different flow simulated by RHABSIM. (*Sinogastromyzon puliensis*)

模擬流量 (cms)	總表面積 (m ²)	權重可使用面積(WUA)	棲地面積百分比(PUA)
1.00	39267.15	8499.75	21.65
2.00	43959.02	9465.28	21.53
3.00	47115.46	10326.16	21.92
4.00	49521.93	11033.36	22.28
5.00	51650.34	11535.41	22.33
6.00	53588.89	11747.13	21.92
7.00	55605.22	11947.79	21.49
8.00	57512.93	12107.31	21.05
9.00	59302.38	12234.03	20.63
10.00	61172.48	12435.68	20.33
12.00	64300.05	12899.81	20.06
14.00	66564.16	13175.69	19.79
16.00	68641.97	13404.89	19.53
18.00	70509.28	13755.19	19.51
20.00	72816.83	14070.52	19.32
22.00	74630.05	14162.02	18.98
24.00	76270.13	14147.52	18.55

表 2 RHABSIM 模擬在不同流量下之量化成果表
(濁水溪中表層魚類)

Table 2. Quantifiable results of different flow simulated by RHABSIM. (middle-surface fishes in Cho-Shui River)

模擬流量 (cms)	總表面積 (m ²)	權重可使用面積(WUA)	棲地面積百分比(PUA)
1.00	39267.15	3383.78	8.62
2.00	43959.02	3521.82	8.01
3.00	47115.46	2906.21	6.17
4.00	49521.93	3040.42	6.14
5.00	51650.34	2804.52	5.43
6.00	53588.89	2650.43	4.95
7.00	55605.22	2929.09	5.27
8.00	57512.93	3480.06	6.05
9.00	59302.38	3699.39	6.24
10.00	61172.48	3680.94	6.02
12.00	64300.05	3971.90	6.18
14.00	66564.16	3448.89	5.18
16.00	68641.97	4025.90	5.87
18.00	70509.28	4277.12	6.07
20.00	72816.83	3637.73	5.00
22.00	74630.05	4063.94	5.45
24.00	76270.13	3655.86	4.79

一種經驗法所迴歸出流量與集水區面積關係式只適合該研究地區，必須針對該研究樣區特性進行評估，修正其參數，而得到適合該研究樣區之經驗法。然而，本研究所採用之棲地法，不但考慮水理因素，並結合魚類生活習性，將生態因子納入其考量之要素，所求出之生態基流量較歷史法與經驗法更具代表性。

表 3 RHABSIM 模擬在不同流量下之量化成果表
(台灣石魚鱗)

Table 3. Quantifiable results of different flow simulated by RHABSIM (*Acrossocheilus paradoxus*)

模擬流量 (cms)	總表面積 (m ²)	權重可使用面積(WUA)	棲地面積百分比(PUA)
1.00	39267.15	15058.43	38.35
2.00	43959.02	16442.50	37.40
3.00	47115.46	17230.64	36.57
4.00	49521.93	17701.72	35.75
5.00	51650.34	18087.34	35.02
6.00	53588.89	18457.97	34.44
7.00	55605.22	18912.21	34.01
8.00	57512.93	19333.83	33.62
9.00	59302.38	19734.96	33.28
10.00	61172.48	20192.00	33.01
12.00	64300.05	20837.21	32.41
14.00	66564.16	21194.45	31.84
16.00	68641.97	21516.13	31.35
18.00	70509.28	21706.54	30.79
20.00	72816.83	22159.71	30.43
22.00	74630.05	22470.17	30.11
24.00	76270.13	22736.44	29.81

2. 未設置水工結構物之生態放流量

生態放流量為最低施放流量，須先滿足生態放流量後才供應其他引水需要，河川流量低於生態放流量標準時全部施放，設發電引水量以南北岸滿載發電用水量(160cms)為上限，剩餘流量則施放至下游。本節針對適合度魚種 10 種生態放流量方案(分別為 1、2、5、8、10、12、18、20、25 及 30cms)進行時間序列分析，評估各方案對於維護魚類棲地之功效。將各月份之棲地面積累加則可得到各方案之棲地總面積(如圖 5、6 及 7 所示)，圖 5 顯示埔里中華爬岩鰍放流量 20cms 所得之棲地面積為各方案中最大者，且超過天然流量之棲地面積，放流量增大至 25 或 30cms 並無法使棲地面積再增加，此乃因流量增大時所造成流速及水深並非最適合於該魚種之棲地條件。圖 6 顯示濁水溪中上游中表層活動之魚類放流量 18cms 所得之棲地

面積為各方案中最大者。圖 7 顯示台灣石魚竇於放流量 1~30cms 時之棲地面積皆未超過天然流量時棲地面積，放流量超過 5cms 時棲地總面積將超過天然流量時棲地面積之 50%。若考量天然流量下提供其他引水需求，則生態放流量為 18cms 時，約可得最大之棲地面積。

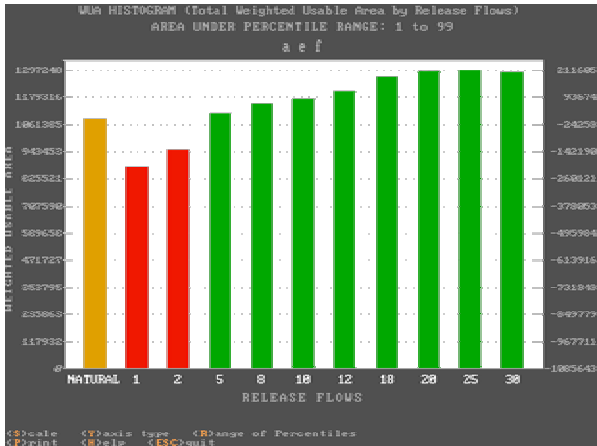


圖5.不同生態放流量之WUA比較圖(埔里中華爬岩鯪)
Figure 5. Compared the different ecological release flows of WUA . (Sinogastromyzon puliensis)

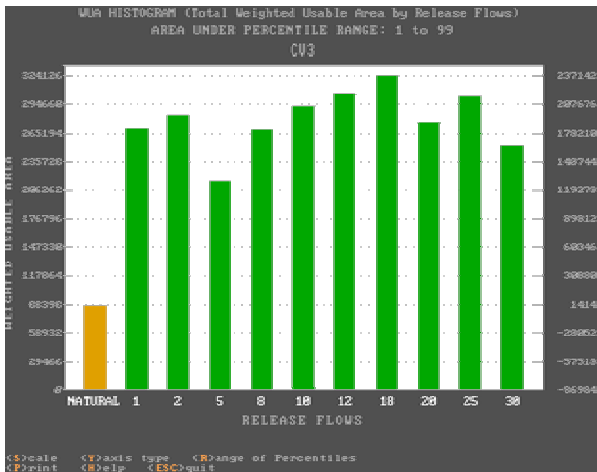


圖 6. 不同生態放流量之 WUA 比較圖
(濁水溪中表層魚類)

Figure 6. Compared the different ecological release flows of WUA . (middle-surface fishes in Cho-Shui River)

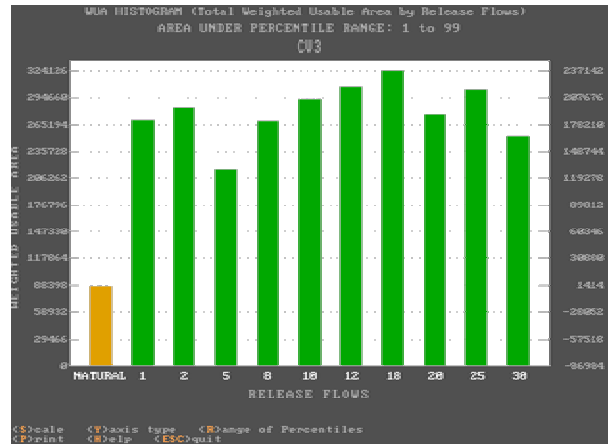


圖7. 不同生態放流量之WUA比較圖(台灣石魚竇)
Figure 7. Compared the different ecological release flows of WUA . (Acrossocheilus paradoxus)

4.4.2 方案二

名竹大橋與集集攔河堰對棲地及生態基流量之影響

於HEC-RAS模式中設定側向之分流量，猶如模擬攔河堰供南北岸用水，只需於在計算水面剖線前將該流量由主河道扣除，則可模擬設置攔河堰之情況。

本方案將模擬流量限制在30cms下，再利用埔里中華爬岩鯪、濁水溪中表層魚類及台灣石魚竇分別的適合度曲線與乘法所模擬出來之權重可使用棲地面積繪製成流量-WUA 之關係曲線圖如圖8、9及圖10。

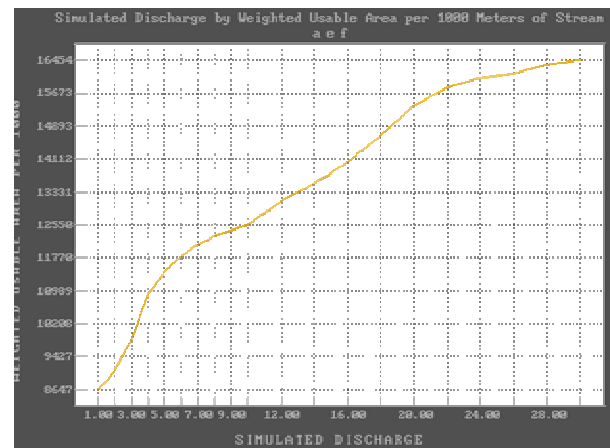


圖8. 流量-WUA關係圖(埔里中華爬岩鯪)
Figure 8. Relationship between discharges and WUA . (Sinogastromyzon puliensis)

由表4、表5及表6可知，在1cms~30cms流量狀態下，建議生態基流量分別為22cms、2cms及1cms可獲得最佳之棲地百分比(PUA)，故本樣區於低流量下生

濁水溪中上游生態基流量之推估與應用

態基流量若採2cms已可滿足標的魚種生存所需流量。

攔河堰等大型水工構造物造成水位的抬昇，於低流量下雖可增加棲地面積，但其可提供標的魚種的棲地百分比卻降低，且只集中於堰體上游段，因此建造攔河堰對生態棲地面積有相當程度的影響。

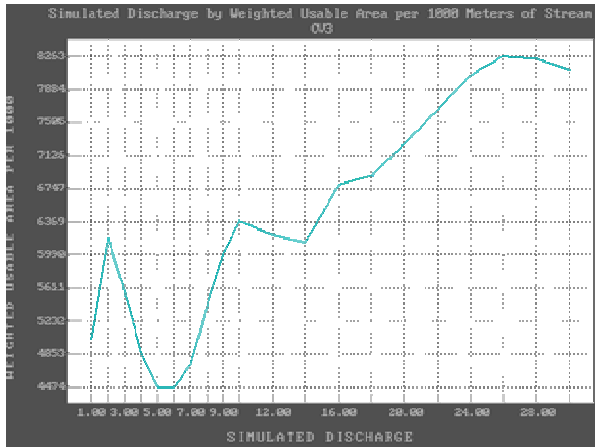


圖9. 流量-WUA關係圖(濁水溪中表層魚類)

Figure9. Relationship between discharges and WUA (mid-surface fish in Cho-Shui River)

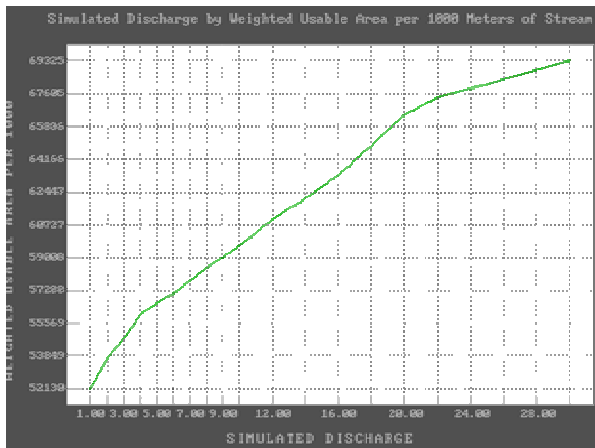


圖10. 流量-WUA關係圖(台灣石魚齒)

Figure 10. Relationship between discharges and WUA (Acrossocheilus paradoxus)

表 4 RHABSIM 模擬設置水工構造物後在不同流量下之量化成果表(埔里中華爬岩鰍)

Table 4. Quantifiable results of different flow simulated by RHABSIM after setting up hydraulic constructions.(Sinogastromyzon puliensis)

模擬流量 (cms)	總表面積 (m ²)	權重可使用面積(WUA)	棲地面積百分比(PUA)
1.00	116138.04	8646.67	7.45
2.00	121095.75	9102.86	7.52
3.00	124417.09	9870.93	7.93
4.00	128270.38	10926.82	8.52
5.00	130398.73	11453.73	8.78
6.00	132347.95	11795.99	8.91
7.00	134583.84	12080.58	8.98
8.00	136754.28	12288.67	8.99
9.00	138739.22	12432.31	8.96
10.00	140712.48	12554.99	8.92
12.00	145532.95	13118.51	9.01
14.00	149466.73	13537.47	9.06
16.00	153633.89	14030.79	9.13
18.00	158367.95	14661.54	9.26
20.00	163387.77	15389.59	9.42
22.00	166516.45	15822.88	9.50
24.00	168568.36	16016.37	9.50
26.00	170466.52	16157.49	9.48
28.00	172377.14	16360.98	9.49

表 5 RHABSIM 模擬設置水工構造物後在不同流量下之量化成果表(濁水溪中表層魚類)

Table 5. Quantifiable results of different flow simulated by RHABSIM after setting up hydraulic constructions. (middle-surface fishes in Cho-Shui River)

模擬流量 (cms)	總表面積 (m ²)	權重可使用面積(WUA)	棲地面積百分比(PUA)
1.00	116138.04	5025.79	4.33
2.00	121095.75	6181.07	5.10
3.00	124417.09	5557.87	4.47
4.00	128270.38	4857.96	3.79
5.00	130398.73	4474.41	3.43
6.00	132347.95	4477.95	3.38
7.00	134583.84	4737.30	3.52
8.00	136754.28	5420.89	3.96
9.00	138739.22	5994.22	4.32
10.00	140712.48	6376.73	4.53
12.00	145532.95	6219.43	4.27
14.00	149466.73	6136.76	4.11
16.00	153633.89	6796.47	4.42
18.00	158367.95	6896.94	4.36
20.00	163387.77	7260.23	4.44
22.00	166516.45	7652.17	4.60
24.00	168568.36	8035.63	4.77
26.00	170466.52	8262.61	4.85
28.00	172377.14	8240.51	4.78

表 6 RHABSIM 模擬設置水工構造物後在不同流量下之量化成果表(台灣石魚賓)

Table 6. Quantifiable results of different flow simulated by RHABSIM after setting up hydraulic constructions.

(Acrossocheilus paradoxus)

模擬流量 (cms)	總表面積 (m ²)	權重可使用面積(WUA)	棲地面積百分比(PUA)
1.00	116138.04	52129.84	44.89
2.00	121095.75	53789.24	44.42
3.00	124417.09	54783.12	44.03
4.00	128270.38	56018.86	43.67
5.00	130398.73	56585.60	43.39
6.00	132347.95	57118.09	43.16
7.00	134583.84	57785.93	42.94
8.00	136754.28	58435.95	42.73
9.00	138739.22	59018.65	42.54
10.00	140712.48	59581.58	42.34
12.00	145532.95	60989.73	41.91
14.00	149466.73	62104.39	41.55
16.00	153633.89	63316.17	41.21
18.00	158367.95	64834.01	40.94
20.00	163387.77	66486.90	40.69
22.00	166516.45	67394.01	40.47
24.00	168568.36	67883.77	40.27
26.00	170466.52	68356.43	40.10
28.00	172377.14	68800.77	39.91

五、結論與建議

本文針對濁水溪中上游名竹大橋(斷面編號 106)至斷面編號 137 間為研究樣區，總長 17.57 公里，以埔里中華爬岩鰍、濁水溪中上游中表層活動之魚類及台灣石魚賓，三種不同適合度的魚種，利用 RHABSIM 模式來推估生態基流量，並且分為三種不同方案來探討，獲致如下之結論與建議。

1. 在無任何水工結構物的情況下，於天然河道下 5cms、1cms、1cm 可獲得最佳之棲地百分比(PUA)，該值並非權重可使用棲地面積為最大值時之流量，但超過該值後，流量遞增加對棲地面積增加之效益有限，因此本樣區於低流量條件下，若採 1cms 已可滿足標的魚種生存的生態基流量，提供標的魚種的棲地環境。
2. 無任何水工結構物的情況下，在考量天然流量下可提供其他引水需求，且假設南北兩岸取水量共 160cms，並且給定 1cms~30cms 的生態放流量，則生態放流量為 18cms 時，可獲致最大之棲地面積。
3. 當設置名竹大橋與集集攔河堰後，明顯的改變了水

深，在相同低流量之條件下，與無任何水工結構物之情形相較，其生態棲地面積雖增加，但可提供標的魚種的棲地百分比卻降低，且只集中於堰體上游段，因此建造攔河堰等大型水工結構物對生態棲地面積有相當程度的影響。

4. 若以 RHABSIM 模擬程式進行微棲地分析時，建議相關研究單位建立更詳實的斷面資料及不同標的魚種的適合度曲線。

六、參考文獻

- 1.台灣省水利局規劃總隊(1986)，「濁水溪治理規劃報告」。
- 2.李載鳴(2001)，「碧海水力發電工程-南溪壩最小生態維護放水量、魚道設計標的魚種及設計條件等研究計畫」，中興工程顧問公司。
- 3.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，35，p49-p69。
- 4.吳富春、李國昇(1998)，「集集共同攔河堰之環境生態基準流量評估」，農工七十水資源管理研討會論文集，p216-p237。
- 5.吳富春、胡通哲、李國昇、李德旺，1998，應用棲地模式估算台灣河川之生態流量，第九屆水利工程研討會論文集，pp.C21-C28。
- 6.楊承峰(2001)，「河川低水流量分流演算推估魚類棲地之研究—以烏溪上游為例」，中央大學土木工程研究所碩士論文。
- 7.葉明峰、胡通哲、張世倉、李訓煌(2001)，「濁水溪上游河段魚類族群最低流量之研究(2/3)」，特有生物保育中心棲地生態組，計畫序號：89 特生-棲-02。
- 8.謝暉樟(2001)，「大漢溪中游生態基流量推估與棲地改善之研究」。中央大學土木工程研究所碩士論文。
- 9.Jowett, I. G. (1997), "Instream Flow Methods: A Comparisor of Approaches," Regulated Rivers, Vol. 13, pp. 115-127.
- 10.Tennant, D.L. (1976), "Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources," Fisheries, Vol.1, No.4, pp.359~373.