

河川棲地分類方法之研究—以烏溪大旗橋河段為例

The Study of River Habitat Classification — A Case Study of Wu River

莊明德^{1,*} 周文杰² 曾友聖³

Ming-De Chuang^{1,*}, Wen-Chieh Chou² and Yo-Sheng Zeng³

¹經濟部水利署水利規劃試驗所 41350 台中市霧峰區吉峰里中正路 1340 號

²中華大學景觀建築學系 30012 新竹市香山區五福路二段 707 號

³中華大學土木工程研究所 30012 新竹市香山區五福路二段 707 號

¹Water Resources Planning Institute, Water Resources Agency

²Department of Landscape Architecture, Chung Hua University

³Department of Civil Engineering, Chung Hua University

*通訊作者:ardada@wrap.gov.tw

* Corresponding author:ardada@wrap.gov.tw

摘 要

河川生物與棲地環境有不可分離的關係，河川棲地面積的減少會直接影響生物的生存空間。河川棲地多樣性是檢視河川棲地品質之重要指標，因此合宜的棲地分類方法顯得非常重要。現有之河川棲地分類方法大致可分為以河川棲地特性及以河川水理特性兩種分類基礎。本研究為探討棲地分類法與水理分類法於棲地分類結果之差異，分別以分類方法之定義類型分布及案例河段模擬結果進行比較。根據研究結果發現：棲地特性分類法與水理特性分類法於定義類型棲地分布比例並無法完全對應。例如在水深 ≤ 1 m 及流速 ≤ 1 m/s 之流況下，棲地特性分類法之理論棲地類型以深流、深潭及淺瀨為主，水理特性分類法之理論棲地類型則以深潭、淺瀨及淺流為主。案例河段模擬不同流量下之棲地類型分布結果顯示：於高流量時以水理特性法(如福祿數)進行棲地分類可能高估河川棲地之歧異度，建議應輔以其它水理參數(如寬深比等)進行綜合判定。

Abstract

River habitat classification can be conducted by either the habitat method or the hydraulic method. In this study the difference between two methods of habitat classification is investigated, and the theory and case simulation analysis of habitat classification are compared. According to the study results, two methods of river habitat classification did not exactly correspond. For example, under the condition of water depth ≤ 1 m and velocity ≤ 1 m/s, the dominant habitat types were run, pool, and riffle when determined by the habitat method. The dominant habitat types were riffle, run and pool when determined by the hydraulic method. The case study shows that the hydraulic method of habitat classification may overestimate habitat diversity at high flows, thus it should be supplemented by other hydraulic parameters for a comprehensive judgment.

關鍵詞：河川棲地分類、福祿數、河川棲地歧異度

Keywords: River habitat classification, Froude number, River habitat diversity

收件日期：2015 年 12 月 11 日 接受日期：2016 年 03 月 15 日

Received: December 11, 2015

Accepted: March 15, 2016

緒 言

一、前言

台灣因為中央山脈高聳平原狹小，河川從發源地到流入海中，最長不過百餘公里，但期間的落差可高達數千公尺，在短短的河段中，形成非常複雜多變的棲地環境（陳和方，1999），也因多樣性的棲地環境才能提供台灣河川的多數特有種魚類生存。過去學者發現魚類會選擇不同的棲地（Yu *et al.*, 1995），且不同魚類在棲地的選擇上也不同，並認為河川中環境因子會影響魚類選擇棲地（Vehanen, 2003；Poff *et al.*, 1997）。學者為了解魚類與棲地之關係，而從棲地上的特性研

究與魚類的相關性。賴（1996）於櫻花鉤吻鮭物理棲地特性研究中指出，棲地型態分類從國外研究及臺灣本土之研究所做之分類，大致可分為淺瀨（riffle）、深潭（pool）、緩流（run）及梯狀潭（step-pool）。淺瀨因流速快，溶氧量高，所以有高密度的底棲生物聚集，是魚類之食物供應區。深潭則因水深遮蔽性佳及流速慢的優點，提供成魚類良好的棲息場所。當乾季來臨時，此區成為水生生物重要的避難水域。Hawkins 等（1993）指出淺流（Glide）多為魚類進行生殖活動之棲地。魚類在河川中棲地需求包含覓食、躲藏、休憩、產卵等，多樣性棲地有助於魚類的生存，因此棲地的多樣性顯得重要。河川

生物與河川棲地有不可分離的關係，河川棲地的減少直接影響生物多樣性。棲地多樣性是評估棲地生態品質之重要指標，因此合適之棲地分類方法也顯得非常重要。為進行不同分類方法比較，本研究將河川棲地分類方法區分為以「河川棲地特性」及「河川水理特性」2 種類別。水理特性分類方法是以河川水理特性（如流速、水深、底質、河床坡度等）來判定棲地類型，棲地特性分類法則依河川生物需求的角度來評估棲地類型。

二、河川棲地分類方法

2.1 棲地特性分類法

河川棲地環境與魚類有密切的關係，其環境影響魚類最密切之物理條件為河川流速。流速較快水域可形成急流，流速較緩者形成潭區，魚類為適應不同流速的環境其體形構造也不同。一般以生活在急流區的魚類游泳能力較強，或有特殊構造能適應其環境，而在潭區生活之魚類其游泳能力較差（王，1986）。顏（1993）研究台灣馬口魚適宜的棲地水流較緩，淤積度較低且偏好兩岸靠水草處，草叢處不僅提供躲避的地方也提供食物來源。張（1989）調查發現縷口鰍於以水深較淺及流速較快之棲地數量較多，且河川底質部分多以大型石頭為主。魚類覓食會依照食物來源多寡及喜好來選擇覓食地區。躲藏的部分，魚類通常選擇深水的區域來躲避外敵（如鳥類等）(Matthews, 1986)，或是選擇覆蓋度高的區域。不同的魚類為了繁衍後代，所需要的產卵場也會不一樣，有的需要水草（如菊池氏細鯽），有的需要小顆粒的石頭或是砂石，有的需要在深潭的後端或是緩流中(曾，2003)，但水中流速過快可能會影響魚類產卵(Shen, 1994)。

汪（2000）對大甲溪做棲地改善及評估研究，將其棲地型態分為淺瀨、淺流、深潭、深流以及岸邊緩流等五種流況(如表 1)，將淺瀨定義為流速大於 0.3 m/s、水深小於 0.3 m 的流況，底質多為漂石、圓石分布，容易在流水表面出現水撞擊大石頭所引起的水花；淺流定義為流速大於 0.3 m/s、水深小於 0.3 m 的流況，底質多為砂石、礫石、卵石且流況平緩，較少有水花出現；深潭定義為流速小於 0.3 m/s、水深大於 0.3 m 的流況，底質多為岩盤、漂石、圓石，分布位置於河床下切較深處；深流定義為流速大於 0.3 m/s、水深大於 0.3 m 的流況，底質多為漂石、圓石、卵石且常為淺流、淺瀨與深潭間的過渡水域；岸邊緩流的定義為流速小於 0.3 m/s、水深小於 0.1 m 的流況，底質多為砂土、礫土常為河道兩旁緩流的流況。溫（2005）將汪（2000）分類方法再簡化為淺瀨(流速 >0.3 m/s、水深 <0.3 m)、淺流(流速 <0.3 m/s、水深 <0.3 m)、深潭(流速 <0.3 m/s、水深 >0.3 m)及深流(流速 >0.3 m/s、水深 >0.3 m)4 種流況。經濟部水利署(2015)參考汪（2000）及溫（2005）等分類方法，依水面型態、流況及河床底質，將河川棲地類型分為淺瀨、淺流、深潭及深流。分類方法中以水深 0.3 m 及流速 0.3 m/s 作為分類基準與 Tennant 等(1976)研究認為當河川保有 10%年平均流量，河川平均流速為 0.3 m/s、水深約為 0.23 m，可滿足河川中生物有基本的生活之棲地環境有其一致性。

表 1 河川棲地分類 (汪, 2000)

Table 1 River habitat classification (Wang, 2000)

Habitat type	Flow velocity	Flow depth	Substrate
Riffle	>0.3m/s	<0.3m	Boulder Cobble
Glide	>0.3m/s	<0.3m	Sand Gravel Pebble
Pool	<0.3m/s	>0.3m	Laccolith Boulder Cobble
Run	>0.3m/s	>0.3m	Boulder Cobble Pebble
Slack	<0.3m/s	<0.1m	Sand Gravel soil

Shen 等人 (1994)認為合宜之河川流速應在 0.24~0.55 m/s 之間，過高的流速與偏低的流速都不利於棲地生態。當河川流速過低會導致河川中溶氧不足，流速過高可能影響重要的生物行為（覓食與繁殖）。曾 (2003)研究認為對大型鮭魚來說，水深是躲避天敵的最重要因素，因為鳥類的腳長通常不會超過 30 cm，因此如果有較多深度超過 30 cm 以上的深潭可供魚類棲息，也可以獲得較多的存活機會。Yu 等(2003)研究提出紅銀小魚夏季利用 30 cm 以上水深棲地躲避。Orth(1995)為研究棲地與河川生態的關係，將棲地型態分為深潭(Deep pool)、中潭(Medium pool)、淺潭(Shallow pool)、急流(Run)、緩瀨(Slow riffle)及急瀨(Fast riffle)等 6 種。Azzellino 等(2001)使用 PQI(Pool Quality Index)法對所研究的河段作棲地分類，共分為淺瀨(Tooth)、潭(Pool)、通道(Channel)、其它(Other)4 種類型。Vadas 等(2000)選擇在夏季期間對研究河段做魚類與棲地之間關係的研究，其中對多種魚類做棲地偏好分類依主要和次要棲地，而河川的棲地型態分類為 7 種(急瀨(Fast riffle)、瀨/流

(Riffle/run)、急流(Fast generalist)、淺流(Shallow rheophilic)、潭/流(Pool/run)、開闊潭(Open pool)及遮蔽潭(Pool/cover))，並探討魚類與各類型棲地環境之偏好。

2.2 水理特性分類法

水理特性分類方法是由河相學、河川棲地及景觀生態等專家於現地先以視覺辨識方法初步判定棲地類型，藉由相關儀器標記流況範圍，再選定合適之水理參數（如流速、水深及福祿數等）與對應之棲地類型進行關聯分析，並據以訂定棲地分類標準。

Jowett(1993) 提出以福祿數(Froude number，簡記 Fr) 作為判定棲地類型之依據，當 $Fr < 0.18$ 為深潭(Pool)， $0.18 < Fr < 0.41$ 為深流(Run)， $Fr > 0.41$ 為淺瀨(Riffle)。Hilldale 等人(2007) 提出當 $Fr < 0.09$ 為深潭(Pool)、 $0.09 < Fr < 0.42$ 為淺流(Glide)、 $Fr > 0.42$ 為淺瀨(Riffle)。Reuter 等(2003)以流速、水深及福祿數，將河川棲地分類為深潭(Pool)、緩流(Glide)、急流(Race)、瀨(Riffle)及邊緣流(Edge water)等 5 種棲地類型。林秉賢(2002)以福祿數將棲地類型分為淺瀨(Riffle)、緩流(Slow water)、深潭(Pool)及急流(Rapid)四種，並加入寬深比值(b/h)等限制條件(表 2)。

表 2 河川棲地分類 (林秉賢, 2002)

Table 2 River habitat classification (Lin, 2002)

Habitat type	Fr range	Other restrictions
Riffle	$0.255 < Fr < 1$	$R > 15$
Slow water	$0.095 < Fr < 0.255$	$15 < R < 30$
Pool	$Fr < 0.095$	$S = 0, R < 15$
Rapid	$Fr > 1$	

Note: "Fr" is Froude number

"R" is river breadth depth ratio

"S" is water surface slope

河川棲地之多樣性通常使用歧異度指數 (Diversity Index) 來表示, 當歧異度指數愈高表示其多樣性愈佳, 歧異度指數通常以 Simpson 歧異度指數與 Shannon 歧異度指數方法分析。本研究採用 Simpson 歧異度指數, 並依其定義加以修正如下:

$$H=1-\lambda \quad (1)$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^s P_i^2 = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \quad (2)$$

式中

H: 棲地歧異度指數

λ : 優勢度指數

S: 棲地類型數(如淺瀨、淺流、深潭及深流等)

i: 棲地類型

P_i : 棲地類型面積比例

n_i : 棲地型態之面積

N: 水域面積

以上式推得棲地歧異度在 $0 \sim (N-1)/N$ 之間, 即棲地歧異度最小值可能是為 0, 最大值為 $(N-1)/N$ 。優勢度指數 λ 介於 0 到 1 之間, 其 λ 值越高, 表示此一河段的潭瀨型態越單調, 棲地歧異度越低。當 λ 值等於 1 時, H 為 0 表示此一河段的潭瀨屬於單一型態, 當 λ 值接近於 0 時, H 接近於 1, 表示此一河段的棲地型態趨於多樣化 (溫, 2005)。

三、棲地分類方法之調整

棲地分類的種類數常由研究目的來決定, 少則只有潭、瀨 2 種, 多則可達十餘種型態。河川棲地型態種類基於河川的尺度、河川的特性、區域及研究者背景有多種不同定義方式。多數學者於定義深潭(Pool)及淺瀨(Riffle)並沒太大差別, 但介於深潭及淺瀨間的棲地類型則有許多不同名稱。例如 Jowett(1993)將

「Run」定義為 $0.18 < Fr < 0.41$, 而 Reuter(2003)則以「Race」及「Glide」取代「Run」; Hilldale(2007)則將此之棲地類型定義為「Glide」。本研究為進行各分類方法進行綜合比較, 將棲地分類因子限縮為流速、水深及福祿數 3 項, 並將各分類方法之棲地類型之定義與名稱作調整。棲地特性分類法選以溫 (2005) 方法, 水理特性分類法則以 Jowett(1993)、林 (2002)及 Reuter(2003)方法, 定義淺瀨(Riffle)、淺流(Glide)、深潭(Pool)及深流(Run)4 種棲地類型。(註: 溫 (2005)簡稱 W 法、Jowett(1993)簡稱 J 法、林 (2002)簡稱 L 法、Reuter(2003)簡稱 R 法, 如表 3)

表 3 棲地類型定義調整

Table 3 River habitat classification method adjustment

Method	Pool	Glide	Riffle	Run	Note
W	D<0.3m V>0.3m/s	D<0.3m V<0.3m/s	D>0.3m V<0.3m/s	D>0.3m V>0.3m/s	Wan (2005)
R	Fr<0.1	0.1<Fr<0.4	0.4<Fr<1	Fr>1	Reuter (2003) delete edge water
L	Fr<0.095	0.095<Fr<0.2	0.225<Fr<1	Fr>1	Lin (2002) delete Other restrictions
J	Fr<0.18	0.18<Fr<0.41	0.41<Fr<1	Fr>1	Jowett (1993) Change "Run" to "Glide"; Set Fr>1 is "Run"

四、結果與討論

4.1 定義類型分布比較

將 W 法、J 法、L 法及 R 法於流速(0~1 m/s)及水深(0~1 m)範圍各取 100 個計算值 (共計 10000 個流況組合) 藉以比較各棲地分類方法之定義分布範圍之差異(如圖 1~4 及表 4)。W 法棲地類型分布圖判定為深流(占 50%)標註為藍色區域, 淺瀨(占 21%)標註為黃色區域, 深潭(占 21%)標註為紅色區域, 淺流(占 8%)標註為淺藍區域。當 W 法判定為深潭區域, J 法也

判定為深潭，R 法及 L 法則分別有 83% 及 79%(相對於 W 法)判定為深潭；當 W 法判定為淺流，J 法僅 26%判定為淺流，而 R 法及 L 法分別為 55%及 49%判定為淺流；當 W 法判定為淺瀨，J 法及 R 法分別以 58%及 60%判定為淺瀨，而 L 法則有 80%判定為淺瀨；當 W 法判定為深流區域，J 法、L 法及 R 法皆未判定為深流。於設定之 10000 個流況中，以 J 法棲地判定深潭的數量最多。較不合於常理是:J 法與 L 法和 R 法於淺水區(水深<10 cm)卻有部分流況判定為深潭；L 法於深水區(水深>90 cm)卻有部分流況判定為淺瀨。

表 4 各方法相較於 W 法之理論棲地百分比
Table 4 Theory of habitat classification percentage by different methods compare with W method

W method	J method	R method	L method
Pool	Pool 100%	Pool 83% Glide 17%	Pool 79 % Glide 21%
Riffle	Glide 27% Riffle 58% Run 15%	Glide 25% Riffle 60% Run 15%	Glide 5% Riffle 80% Run 15%
Run	Pool 21% Glide 70% Riffle 9%	Glide 90% Riffle 10 %	Glide 48% Riffle 52%
Glide	Pool 67% Glide 26% Riffle 6% Run 1%	Pool 38% Glide 55% Riffle 6% Run 1%	Pool 36% Glide 49% Riffle 14% Run 1%



圖 1 棲地類型理論分布(W 法)
Fig. 1 Theory of habitat classification distribution (W method)

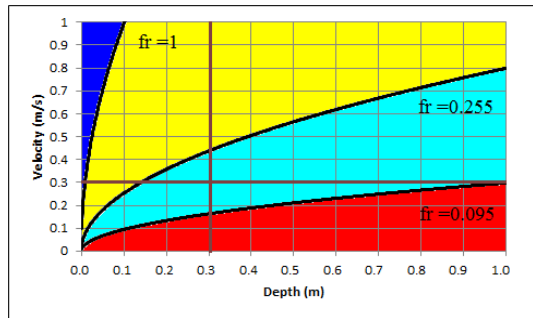


圖 3 棲地類型理論分布(L 法)
Fig. 3 Theory of habitat classification distribution (L method)

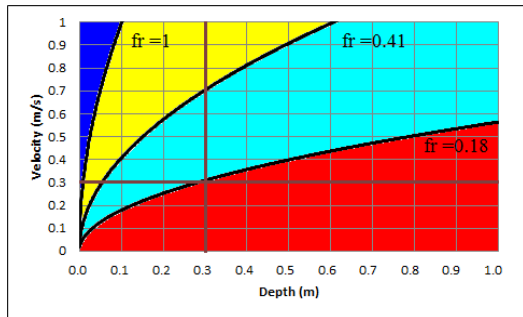


圖 2 棲地類型理論分布(J 法)
Fig. 2 Theory of habitat classification distribution (J method)

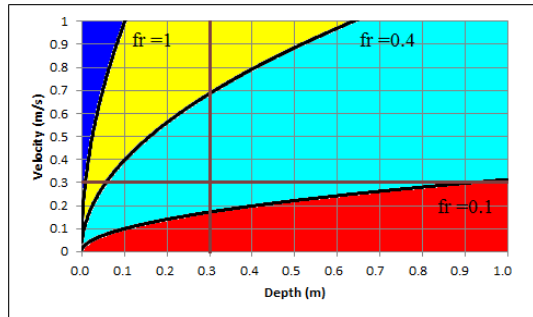


圖 4 棲地類型理論分布(R 法)
Fig. 4 Theory of habitat classification distribution (R method)

4.2 案例模擬比較

4.2.1 研究河段

本研究選取大旗橋河段上游 100 m 至 350 m 河段(共 250 m)作為研究案例(如圖 5~6)。先

以水理模式(如 River 2D)，模擬於不同流量($Q=0.46 \text{ cms}$ 、 2.08 cms 、 50 cms 及 752 cms)下河川之流況(如圖 7~9)，再以 W 法、L 法、J 法及 R 法判定其所在位置之棲地類型。

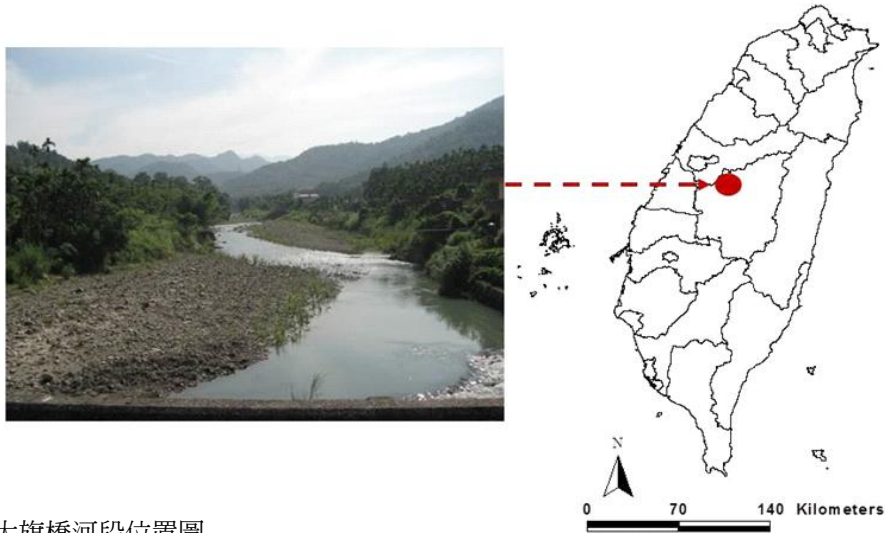


圖 5 烏溪大旗橋河段位置圖

Fig. 5 Location of the Dar-Chi Bridge section (at Wu River)



圖 6 烏溪大旗橋河段空照圖

Fig. 6 Map of the Dar-Chi Bridge section over the river (Source: Google earth)

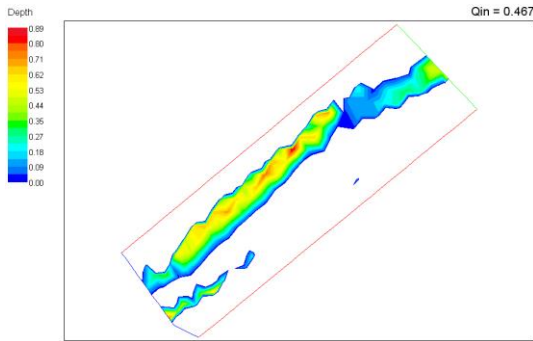


圖 7 案例河段水深分布(Q=0.46cms)

Fig.7 Case simulation: habitat result (water depth, Q=0.46cms)

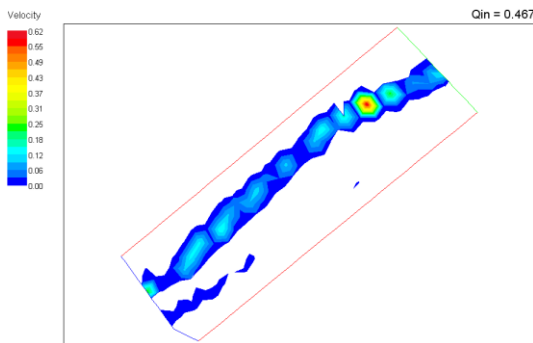


圖 8 案例河段流速分布(Q=0.46cms)

Fig.8 Case simulation: habitat result (flow velocity, Q=0.46cms)

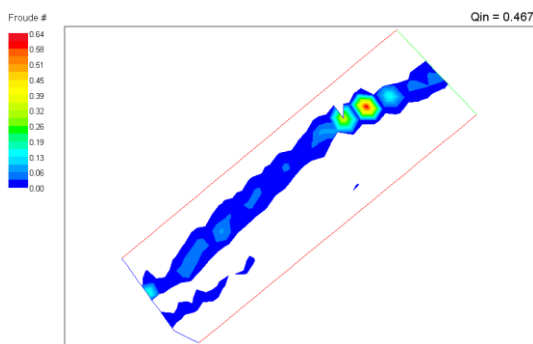


圖 9 案例河段福祿數分布(Q=0.46cms)

Fig.9 Case simulation: habitat result (Froude number, Q=0.46cms)

4.2.2、棲地分布模擬結果

(1) Q=0.46 cms 結果

Q=0.46 cms 模擬棲地結果如表 5。L 法、J 法及 R 法判定深潭比例明顯較 W 法為高，是因 W 法於淺水區(水深<30 cm)判定為淺流，而 L 法、J 法及 R 法則多判定為深潭，此亦造成 L 法 J 法及 R 法之棲地歧異度指數(H=0.08~0.1)明顯低於於 W 法(H=0.51)。

表 5 以各方法判定棲地類型及棲地歧異度指數(模擬案例 Q=0.46cms)

Table 5 Case simulation of habitat classification and H index by different methods (Q=0.46cms)

0.46cms	W method	L method	J method	R method
Pool	54%	95%	96%	95%
Riffle	1%	3%	2%	2%
Run	0	0	0	0
Glide	45%	2%	2%	3%
H index	0.51	0.10	0.08	0.10

(2) Q=2.08 cms 結果

Q=2.08 cms 模擬棲地結果如表 6 及圖 10~13(深流標註為藍色，淺瀨標註為黃色，深潭標註為紅色，淺流標註為淺藍)。L 法、J 法及 R 法判定為深潭之比例明顯較 W 法為高；W 法與 J 法及 R 法於淺瀨數量雖相同(7%)，但發生地點卻並不一致；W 法判定深流及淺流數量均較 L 法、J 法及 R 法為多，W 法判定為淺瀨之位置，L 法、J 法及 R 法則可能判定為深潭；L 法及 R 法判定結果相近，J 法之淺流較 L 法及 R 法少；W 法棲地歧異度指數(H=0.66)明顯高於 L 法、J 法及 R 法(H=0.24~0.42)，以 J 法判定之棲地歧異度指數最低(H=0.24)。

表 6 以各方法判定棲地類型及棲地歧異度指數 (模擬案例 Q=2.08cms)

Table 6 Case simulation of habitat classification and H index by different methods (Q=2.08cms)

2.08cms	W method	L method	J method	R method
Pool	42%	75%	88%	76%
Riffle	7%	8%	7%	7%
Run	14%	1%	1%	1%
Glide	33%	16%	4%	16%
H index	0.66	0.42	0.24	0.41

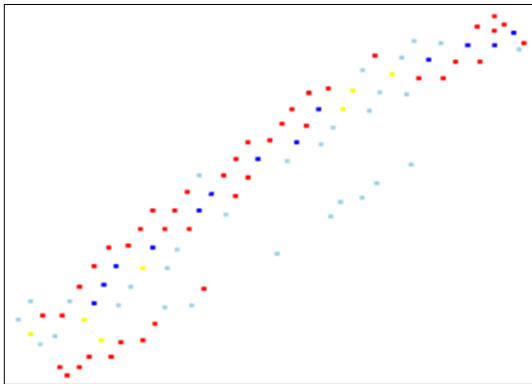


圖 10 Q=2.08cms 棲地類型分布(W 法)

Fig. 10 Case simulation habitat: classification result (W method, Q=2.08cms)

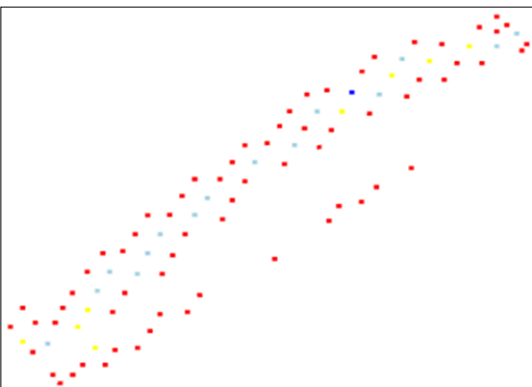


圖 11 Q=2.08cms 棲地類型分布(L 法)

Fig. 11 Case simulation: habitat classification result (L method, Q=2.08cms)

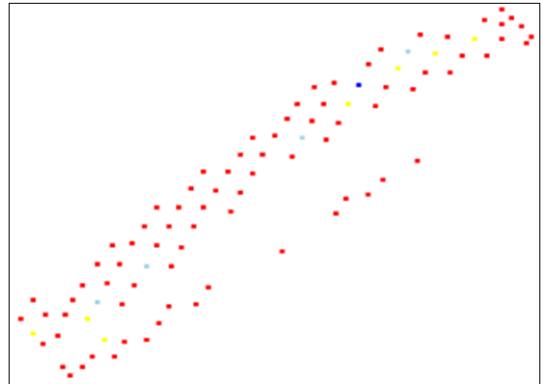


圖 12 Q=2.08cms 棲地類型分布(J 法)

Fig. 12 Case simulation: habitat classification result (J method, Q=2.08cms)

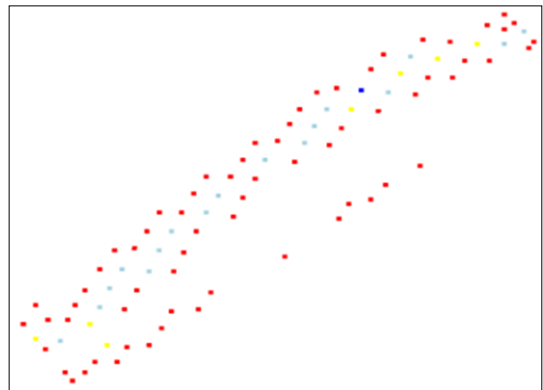


圖 13 Q=2.08cms 棲地類型分布(R 法)

Fig. 13 Case simulation: habitat classification result (R method, Q=2.08cms)

(3) Q=50 cms 結果

Q=50 cms 模擬棲地結果如表 7。L 法、J 法及 R 法判定深潭較 W 法為多，L 法、J 法及 R 法有部分判定深潭區域，W 法則判定淺流；4 種方法之棲地歧異度指數(H=0.56~0.69)結果接近，但發現 W 法與 L 法、J 法及 R 法之棲地類型分布其實並不完全相同。

表 7 以各方法判定棲地類型及棲地歧異度指數 (模擬案例 Q=50cms)

Table 7 Case simulation of habitat classification and H index by different methods (Q=50cms)

50cms	W method	L method	J method	R method
Pool	28%	38%	42%	38%
Riffle	2%	45%	36%	36%
Run	59%	7%	7%	7%
Glide	11%	10%	15%	19%
H index	0.56	0.42	0.67	0.69

(4) Q=752 cms 結果

Q=752 cms 模擬棲地結果如表 8。J 法棲地類型為:深潭之數量較 W 法、L 法及 R 法為多; L 法、J 法及 R 法判定深潭位置, W 法則多判定為深流; L 法、J 法及 R 法判定淺瀨比例明顯高於 W 法; W 法判定深流比例明顯高於 L 法; W 法棲地歧異度指數 (H=0.39) 明顯低於 L 法、J 法及 R 法 (H=0.61~0.67)。

表 8 以各方法判定棲地類型及棲地歧異度指數 (模擬案例 Q=752cms)

Table 8 Case simulation of habitat classification and H index by different methods (Q=752cms)

752cms	W method	L method	J method	R method
Pool	22%	27%	34%	28%
Riffle	2%	54%	37%	39%
Run	75%	2%	2%	2%
Glide	1%	17%	27%	31%
H index	0.39	0.61	0.67	0.67

綜合而言, 棲地特性法於低流量時之棲地判定類型多為深潭及淺流, 隨著模擬流量增加, 棲地類型轉換為以深潭及深流為主; 水理特性法於低流量時之棲地判定類型多為深潭, 隨著流量增加, 棲地類型轉換為以深潭、淺瀨及淺流為主。棲地特性法之棲地歧異度隨著流量增加而增高(如 Q=2.08 cms, H=0.66), 而後又逐漸降低(如 Q=752 cms, H=0.39); 水理特性法之棲地歧異度亦隨著流量增加而增高, 但於高流量時棲地歧異度並未明顯下降(如 Q=752 cms, H=0.61~0.67), 這是因水理特性法僅以福祿數作為棲地型態判定依據, 而造成棲類之不適當判定(如高流量卻有高比例之淺瀨與淺流發生), 致使高估了該流況之棲地歧異度。

五、結論

1. 由各棲地分類方法的定義分布比較結果發現: 棲地特性分類法(W 法)與水理特性分類法(L 法、J 法及 R 法等)無法完全對應, 如 W 法在水深 1 m 及流速 1 m/s 之流況下, 其棲地類型以深流、深潭及淺瀨為主, 而 L 法、J 法及 R 法棲地類型則以深潭、淺瀨及淺流為主。
2. 根據模擬案例結果顯示: 水理特性分類法於低流量時(如 Q=0.46 cms)多判定為深潭, 棲地特性分類法(W 法)則判定為及深潭及淺流; 水理特性分類法於高流量(如 Q= 0.752 cms)時多判定為深潭及淺瀨, 棲地特性分類法則多判定為深潭及深流。

六、建議

1. 河川棲地歧異度為計算棲地類型多樣性之量化指標, 並無法表示河川棲地之組成情形。因此當以河川棲地歧異度作為比較基礎

時，應同時檢視其河川棲地類型之空間分布，以免造成誤判。

2. 水理特性分類法於高流量得之河川棲地歧異度(如 W 法 $Q=752 \text{ cms}$, $H=0.39$)明顯高於棲地特性分類法(如 L 法 $Q=752 \text{ cms}$, $H=0.61$)，因此僅以福祿數作為河川棲地類型之分類依據，可能造成對河川棲地歧異度之高估，建議應輔以其它水理參數(如寬深比等)進行綜合判定。

引用文獻

- 王漢泉。1986。淡水河水系魚類分布與生態環境關係之研究。經濟部水資會。
- 汪靜明。2000。大甲溪水資源環境教育。經濟部水資源局。
- 施志昫。2010。菊池氏細鯽 *Aphyocypris kikuchii* (Oshima, 1919)人工繁養殖及幼苗發育。台灣生物多樣性研究 3(12):51-259。
- 曾晴賢。2003。櫻花鉤吻鮭族群監測與生態調查(六)。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 林秉賢。2002。橫向推石群對溪流生態棲地流況之影響。逢甲大學土木及水利工程研究所碩士論文。
- 張明雄。1989。有勝溪臺灣纓口鰍(*Crossostoma lacustre*)之生態研究。國立台灣師範大學生物研究所碩士論文。
- 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。
- 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。中央大學土木工程研究所博士論文。
- 賴建盛。1996。櫻花鉤吻鮭的物理棲息地關係之探討。台灣大學地理研究所碩士論文。
- 顏俊雄。1993。哈盆溪臺灣馬口魚族群生態學之初步探討。國立台灣師範大學生物學研究所碩士論文。
- 經濟部水利署。2015。河川情勢調查作業要點。
- Azzellino, A and R. Vismara. 2001. Pool quality index: new method to define minimum flow requirements of high-gradient, low order streams. *Journal of Environmental Engineering* 127: 1003-1013.
- Hawkins, C. P., J. L. Kershner, P. A. Bisson, M. D. Bryant, L. M. Decker, S. V. Gregory, D. A. McCullough, C. K. Overton, G. H. Reeves, R. J. Steedman and M. K. Young. 1993. A hierarchical approach to classifying stream habitat features. *Fisheries* 18 (6): 3-12.
- Hilldale, R. C. and D. M. Mooney. 2007. Identifying stream habitat features with a two-dimensional hydraulic model—A component of the Yakima River basin water storage feasibility study. Bureau of Reclamation Technical Series no. TS-YSS-12.
- Jowett, I. G. 1993. A method for objectively identifying pool, run, and riffle habitats from physical measurements. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 27: 241-248.
- Matthews, W. J. 1986. Fish faunal structure in an Ozark stream: stability, persistence, and a catastrophic flood. *Copeia* 2: 388-397.
- Orth, D. J. 1995. Food web influences on fish population responses to instream flow," *Bulletin Franc, ais de Pe^che et de Pisciculture*, 337/338/339: 317-328.

- Poff, N. L., J. D. Allan, M. B. Bain, J. R. Karr, K. L. Prestegard, B. D. Richter, R. E. Sparks and J. C. Stromberg. 1997. The natural flow regime. A paradigm for river conservation and restoration. *BioScience* 47(11): 769-784.
- Reuter J. M., R. B. Jacobson and C. M. Elliott. 2003. Physical stream habitat dynamics in Lower Bear Creek. Northern Arkansas: U.S. Geological Survey, Biological Science Report, USGS/BRD/BSR-2003—0002.
- Shen H. W., G. Tabios III and J. A. Harder. 1994. Kissimmee River restoration study. WRP. 120 (3): 330-349.
- Tennant, D. L. 1976. Instream flow need, Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. *Fisheries* 4: pp.6-10.
- Vadas, R. L. Jr. and D. J. Orth. 2000. Habitat use of fish communities in a Virginia stream system. *Environmental Biology of Fishes* 59: 253-269.
- Vehanen, T., A. Huusko, T. Yrjana, M. Lahti and A. Maki-Petays. 2003. Habitat preference by grayling (*Thymallus thymallus*) in an artificially modified, hydropeaking riverbed: a contribution to understand the effectiveness of habitat enhancement measures. *Applied Ichthyology* 19: 15-20.
- Yu, S. L., E. J. Peters and W. W. Stroup. 1995. Application of logistic regression to develop habitat suitability criteria for sand shiner. *Notropis stramineus*. *Rivers* 5: 22-34.
- Yu, S. L. and E. J. Peters. 2003. Diel and seasonal abundance of fishes in the Platte River. *Fisheries Science* 69: 154-160.