埔里中華爬岩鰍棲地環境之需求

Habitat Requirements of the Puli Loach *Sinogastromyzon puliensis* Liang

李德旺[1] 于錫亮[2,*]

Teh-Wang Lee[1] and Shyi-Liang Yu[2,*]

[1]行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號
[2]澎湖技術學院休閒事業管理系 澎湖縣馬公市六合路300號

[1]Endemic Species Research Institute, Jiji, Taiwan
[2]Department of Leisure Management, National Penghu Institute of Technology, Penghu, Taiwan

*通訊作者

*Corresponding author

摘 要

本研究從1996年7月至1999年6月以三年間調查埔里中華爬岩鰍在台灣之分布及其與棲地環境的關係，發現於台灣西部的高屏溪、曾文溪、濁水溪、烏溪及大甲溪等流域海拔25-340m有埔里中華爬岩鰍分布之河段，流速、底質、導電度和海拔高度爲影響埔里中華爬岩鰍單位努力捕獲量(catch per unit effort, CPUE〉和分布的最重要環境因子，根據資料顯示，其偏好的環境條件中最適合流速爲1.0 m/s，導電度爲366 μmhos/cm，水深爲38 cm，底質爲卵石(直徑 7.7-30.5 cm)。

Abstract

Distribution and environmental requirements of *Sinogastromyzon puliensis*, an endemic species of fish in Taiwan, were investigated from July 1996 to June 1999. The fish were found in the Kaoping, Tsengwen, Choshui, Wu and Tachia rivers in the western portion of Taiwan at altitudes from 25m to 340 m. Velocity, substrate, conductivity and altitude were the important environmental factors affecting the population density (catch per unit effort, CPUE) and the distribution. The preferred habitats of the fish were at velocity of 1.0 m/s, conductivity of 366 μmhos/cm, water depth of 38 cm, and substrate of 7.7-30.5 cm in diameter.

關鍵詞：埔里中華爬岩鰍、族群分布、棲地、台灣

Key words: *Sinogastromyzon puliensis*, distribution, habitat, Taiwan

收件日期：94年3月23日　　接受日期：94年7月4日

Received: March 23, 2005　　Accepted: July 4, 2005

緒　言

魚類會選擇不同的棲地，以增加個體對環境的適合程度 (Fretwell 1972)，在適宜的環境時，其族群量高，出現頻度亦高，在不適宜的環境，其族群量及出現頻度就降低，因此魚類族群分布會受到許多環境因子的影響。Yu *et al*. (1995) 發現水溫(temperature)、水深(depth)和流速(velocity)的交互作用會對魚類的出現頻率產生影響。李等(1998)發現水溫、水深和海拔高度(altitude)是影響高身鏟頜魚在卑南溪流域分布的重要因子。海拔高度、底質、遮蓋物、溶氧量(DO)、流量等也曾經被認爲是影響魚類分布的重要因子 (Moyle and Cech 1988; Yu and Peters 1997)。

埔里中華爬岩鰍 (*Sinogastromyzon puliensis*) 爲台灣特有種魚類，在系統分類方面已有詳細的研究 (梁 1974；曾 1981，1986；沈 1984，1993；陳 1986)。根據文獻記載，本魚種分布於大甲溪、烏溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪流域 (Liang 1984；王 1985； Tzeng 1986；何 1990；林等 1992；汪 1992，1993a，1993b； 詹 1991；李 1995，1997)。且知埔里中華爬岩鰍分布在台灣西部的高屏溪、曾文溪、濁水溪、烏溪及大甲溪等5條溪流之海拔50-340m的河段中。高屏溪主流，埔里中華爬岩鰍分布於高屏大橋至新發大橋的河段；曾文溪主流，埔里中華爬岩鰍分布於走馬瀨至楠西吊橋之河段；濁水溪主流，埔里中華爬岩鰍分布於彰雲大橋至冷破石間之河段；烏溪主流，埔里中華爬岩鰍分布於追分及溪底仔到柑仔林的河段；大甲溪在主流未發現埔里中華爬岩鰍的分布 (李 2000)。然而此種魚類在高屏溪、曾文溪、濁水溪、烏溪及大甲溪等5條溪流的支流及高屏溪以南的溪流則缺少調查，且對其棲地環境的需要亦毫無所悉。因此，本研究的主要目的是：(1)探討埔里中華爬岩鰍與環境因子的關係，(2)埔里中華爬岩鰍對棲地的需求。所得結果將做爲未來埔里中華爬岩鰍保育之用。

材料與方法

一、族群分布調查

爲避免該魚種的分布資料有所遺漏，除於1996年7月至1997年6月針對高屏溪、曾文溪、濁水溪、烏溪、大甲溪及大安溪等6條溪流之相關支流進行調查，並於1998年7月至1999年6月在東港溪、林邊溪、枋山溪、楓港溪、四重溪等5條水系亦進行調查，依河川的序級、海拔高度，來選定樣點 (圖 1)。以背負式土製電魚器(12伏特)，每次電魚30分鐘，人員採Z字型途徑由下游往上游前進，進行魚類採樣，每次採集完畢後，立刻鑑別魚種、計算數目、量其全長、體重和體高後放回原溪段。

收集環境因子資料包括經緯度、海拔高

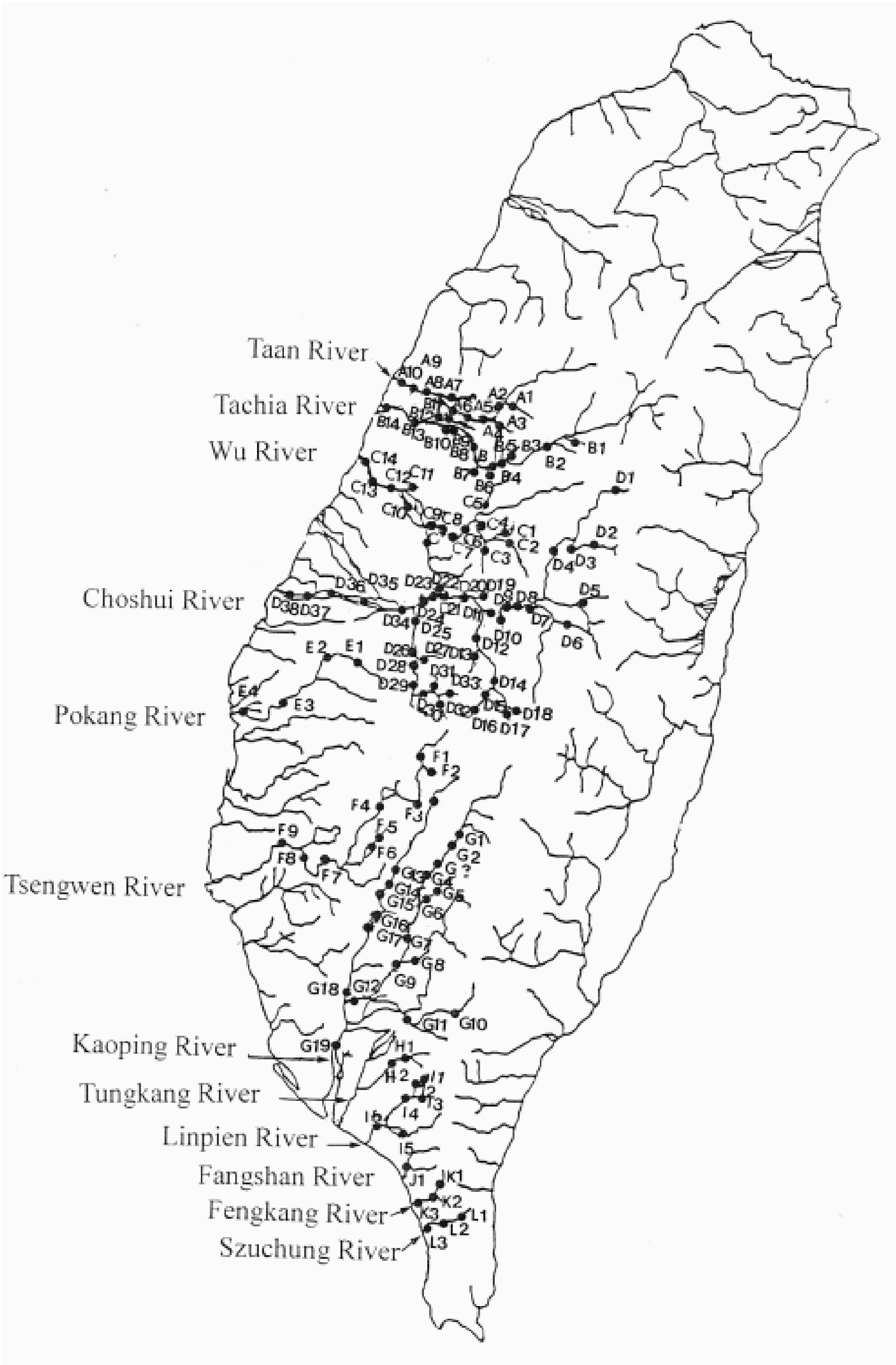

圖1. 調查流域樣點分布圖。

Fig. 1. Sampling sites in the study area.

度、河寬(width)、水深、流速、水溫、濁度(turbidity)、導電度(conductivity)、溶氧量、酸鹼度(pH)和總固體溶解量(TDS)。經緯度以衛星定位儀 (Silva, model x l1000)測量，海拔高度以海拔高度計 (Thommen) 測量，河寬以望遠測距儀 (Leica, 7X42 BDA) 測量，流速和水深以流速計 (Swoffer model 2100) 測量。

水溫、導電度、溶氧量、酸鹼度和總固體溶解量，均以水質分析儀器 (WTW型號) 校正直接測量，濁度以濁度計 (Hach 2100p) 測量。

二、族群分布與環境因子的關係

1997年7月至1999年6月在烏溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪共選定21個樣點，並在每一樣點選 3條垂直水流之穿越線，每條間隔 5m，在前述穿越線取 6-9個 2m x 5m 的長方形小樣區（sampling grids），每一小樣區間隔 4m；如水流狀況無法取垂直水流之穿越線時，改取平行水流之穿越線。一人以背負式土製電魚器進行魚類採樣， 2人在後以手撈網撈魚，將每個小樣區內的魚類全部採集，完畢後立刻鑑別魚種、計算數目，量其全長、體重和體高後放回原溪段。

收集環境因子資料：包括經緯度、海拔高度、河寬、水深、流速、底質、水溫、濁度、導電度、溶氧量、酸鹼度和總固體溶解量。經緯度、海拔高度、河寬、水溫、濁度、導電度、溶氧量、酸鹼度和總固體溶解量亦採前述的方法測量，而流速和水深以流速計測量每一小樣區及相隔的區域非小樣區之4個角及正中心，距離水面 3/5 深度的流速平均值，底質則在每一小樣區及相隔的區域之前後正中線，隨機取5粒底石，測量其直徑，準確度為 0.1 cm ，底質大小分類參照 Bozek and Rahel (1992) 分為 7種，依序為泥土 (代號 1；直徑 < 0.1 cm)、細砂 (代號 2；直徑 0.1- 0.5 cm)、小礫石 (代號 3；直徑 0.6-2.5 cm)、大礫石 (代號 4；直徑 2.6-7.6 cm)、卵石 (代號 5；直徑 7.7-30.5 cm)、小巨石 (代號 6；直徑 30.6- 61.0 cm)、大巨石 (代號 7；直徑 > 61.0 cm)。

三、資料分析

族群分布與環境因子之關係，因為採樣之季節資料不足，我們將所有月份收集的資料使用SAS(1985)進行多項式迴歸分析，埔里中華爬岩鰍族群量以單位努力捕獲量(catch per unit effort, CPUE)表示，迴歸分析應變數包括每一小樣區捕獲量出現頻度(frequency of occurrence)或單位努力捕獲量(No./10 m²)。

結　果

本研究發現埔里中華爬岩鰍在高屏溪支流旗山溪分布於月眉至寶隆的河段，支流隘寮溪則分布於山地門附近河段。濁水溪支流清水溪、北勢溪及集集清水溪，以及烏溪之支流平林溪亦有埔里中華爬岩鰍分布的紀錄。大甲溪在主流雖仍未發現埔里中華爬岩鰍的分布，但在支流沙連溪中、下游則有發現。東港溪、林邊溪、枋山溪、楓港溪及四重溪在1998-1999年度調查，未發現該魚種的分布。

表1列出各項環境因子之最小值與最大值的資料。分析各項環境因子的相關係數，其中流量與河寬、水深、流速有顯著的正相關，與導電度、總固體溶解量呈負相關；海拔高度與河寬及水溫有顯著的負相關，與酸鹼度呈正相關；濁度與總固體溶解量亦呈正相關；導電度與河寬、流量，總固體溶解量與河寬、流量、底質呈負相關，與導電度呈正相關 (表2)。

由前述相關分析得知，流量與河寬、水深、流速有顯著的正相關，與導電度、總固

表1. 埔里中華爬岩鰍分布地區各環境因子之描述統計值

Table 1. Descriptive statistics of environmental variables in the distribution ranges of *Sinogastromyzon puliensis* studied

Variables	Minimum	Maximum	Mean	Mode	Median	SD
Altitude (m)	25.00	340.00	197.00	249.00	196.00	64.00
Width (m)	14.00	141.00	53.30	50.00	52.00	24.90
Depth (m)	0.07	0.90	0.36	0.31	0.35	0.14
Velocity (m/s)	0.12	2.32	0.95	1.32	0.95	0.39
Discharge (m^3/s)	0.18	102.60	18.83	4.48	15.29	15.62
Substrate (cm)	0.10	114.00	24.40	30.40	24.00	10.80
Temperature (℃)	17.90	29.80	22.90	24.50	23.20	2.40
Turbidity (NTU)	1.16	6744.00	151.80	9.50	21.20	470.00
Conductivity (μmhos/cm)	90.00	649.00	371.00	393.00	395.00	100.00
DO (mg/l)	4.92	9.68	8.14	10.89	8.10	1.47
pH	6.18	10.90	8.20	8.42	8.39	0.51
TDS (mg/l)	47.00	419.00	229.00	164.00	237.00	53.50

表2. 各環境因子之皮爾遜相關係數

Table 2. Pearson correlation coefficients among environmental variables

	Altitude	Width	Depth	Velocity	Discharge	Temperature	Turbidity	Conductivity	DO	pH	TDS	Substrate
Altitude	1.00	-0.39*	0.08	0.03	-0.15	-0.35*	0.11	0.16	0.05	0.42*	0.01	0.15
Width		1.00	-0.09	0.03	0.58**	0.25*	0.12	-0.34*	0.18	-0.04	-0.28*	0.13
Depth			1.00	0.08	0.57**	0.01	0.20	-0.11	-0.05	0.05	-0.09	0.15
Velocity				1.00	0.53**	0.16	-0.11	-0.13	-0.02	0.19	-0.18	0.18
Discharge					1.00	0.19	0.08	-0.32*	0.07	0.12	-0.26*	0.24
Temperature						1.00	-0.14	-0.24	0.11	0.09	-0.24	0.03
Turbidity							1.00	0.12	-0.04	-0.04	0.25*	-0.13
Conductivity								1.00	-0.12	0.01	0.76**	-0.22
DO									1.00	0.15	-0.21	0.18
pH										1.00	-0.18	0.35*
TDS											1.00	-0.40*
Substrate												1.00

* : significance level 5%.

** : significance level 1%.

DO: Dissolved oxygen.

TDS: Total dissolved solids.

體溶解量呈負相關；海拔高度與河寬及水溫有顯著的負相關，與酸鹼度呈正相關；濁度與總固體溶解量呈正相關；總固體溶解量與河寬、流量、底質呈負相關，與導電度呈正相關；爲避免在作迴歸分析中產生共線性(collinearity)的問題，所以流量、河寬、水溫、酸鹼度和總固體溶解量不加入分析。將單位努力捕獲量(Y)當作應變數，海拔高度(X_1)、水深(X_2)、流速(X_3)、導電度(X_4)、底質(X_5)、溶氧量(X_6)、濁度(X_7)作爲自變數，採用迴歸分析，以找出有影響的環境因子。以下爲迴歸模式：

$$Y=\beta_0+\beta_1 X_1+\beta_2X_2+\beta_3X_3+\beta_4X_4+\beta_5X_5+\beta_6X_6+\beta_7X_7+\beta_{ij} X_iX_j+\varepsilon \quad (i, j=1\text{-}7)$$

經迴歸分析，其相關模式估計爲：

$$CPUE = 17.71+0.27X_1-7.91X_3-0.07X_4-0.53X_5+0.002X_1X_2-0.09X_1X_3-0.003X_1X_5+0.06X_3X_4+0.71X_3X_5+0.003X_4X_5+0.01X_6X_7+\varepsilon \ (p<0.0001)$$

其迴歸分析結果顯示流速是影響埔里中華爬岩鰍分布最重要的因子，底質、導電度、海拔高度是選擇進入迴歸方程式的顯著因子，海拔高度與水深、海拔高度與流速、海拔高度與底質、流速與導電度、流速與底質、導電度與底質、溶氧量與濁度有顯著的交互作用。

埔里中華爬岩鰍在不同的流速均有發現，在流速0.8 m/s發現的頻率最高，在流速小於0.6 m/s和大於1.4 m/s發現的頻率較低，由趨勢線知其最適合流速爲1.0 m/s (圖2A)；在導電度90-647 μmhos/cm均可發現該魚種，在導電度400 μmhos/cm發現的頻率最高，在導電度小於300 μmhos/cm和大於500 μmhos/cm發現的頻率較低，由趨勢線知其最適合導電度爲366 μmhos/cm (圖3A)；在不同直徑的底質亦均有發現，但在卵石 (直徑 7.7-30.5 cm) 發現的頻率最高，在直徑小於 7.7 cm和大於30.5 cm發現的頻率較低，由趨勢線知其最適合底質爲卵石(直徑 7.7-30.5 cm) (圖4A)；埔里中華爬岩鰍在

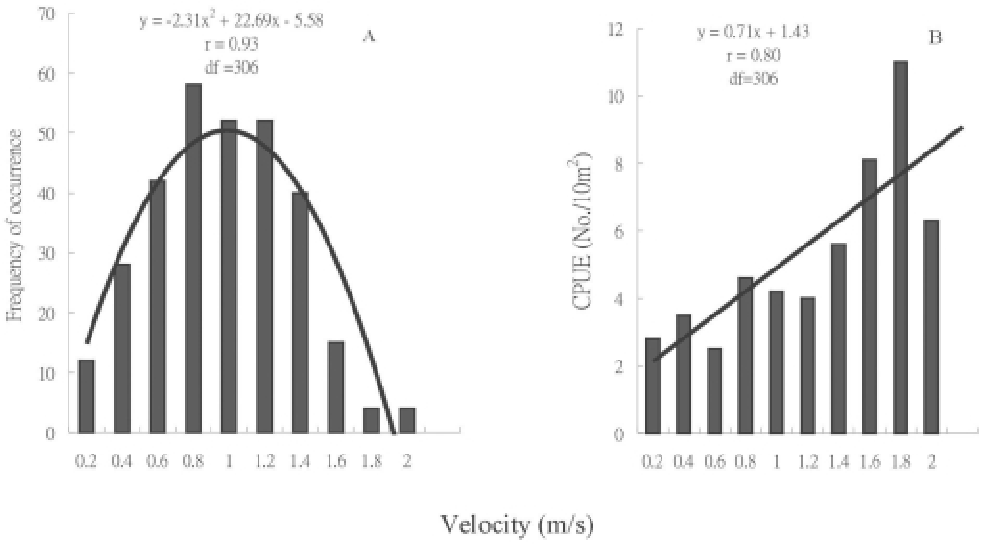

圖2. 10 m²電魚法埔里中華爬岩鰍不同流速之出現頻度 (A) 和 CPUEs (B)。

Fig. 2. Frequencies of occurrence (A) and CPUEs (B) of *Sinogastromyzon puliensis* collected with electro-fishing at different current velocities.

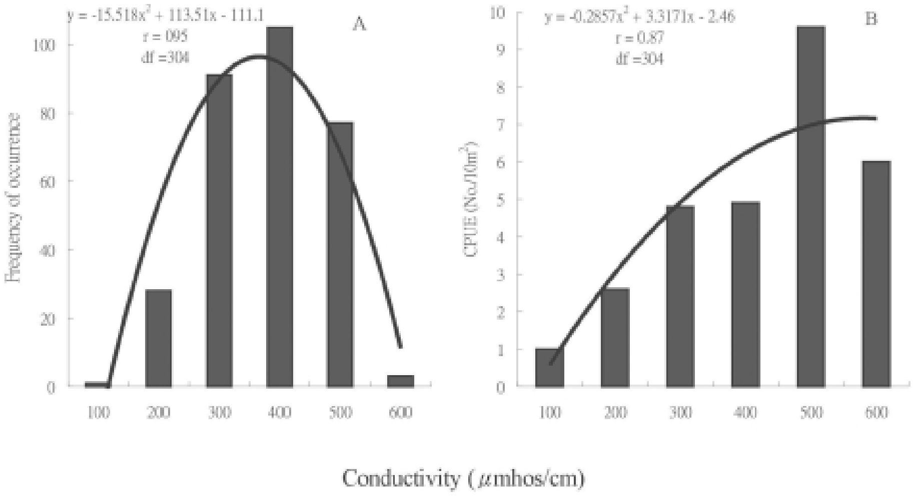

圖3. 10 m²電魚法埔里中華爬岩鰍不同電導度之出現頻度 (A)和CPUEs (B)。

Fig. 3. Frequencies of occurrence (A) and CPUEs (B) of *Sinogastromyzon puliensis* collected with electro-fishing at different water conductivities.

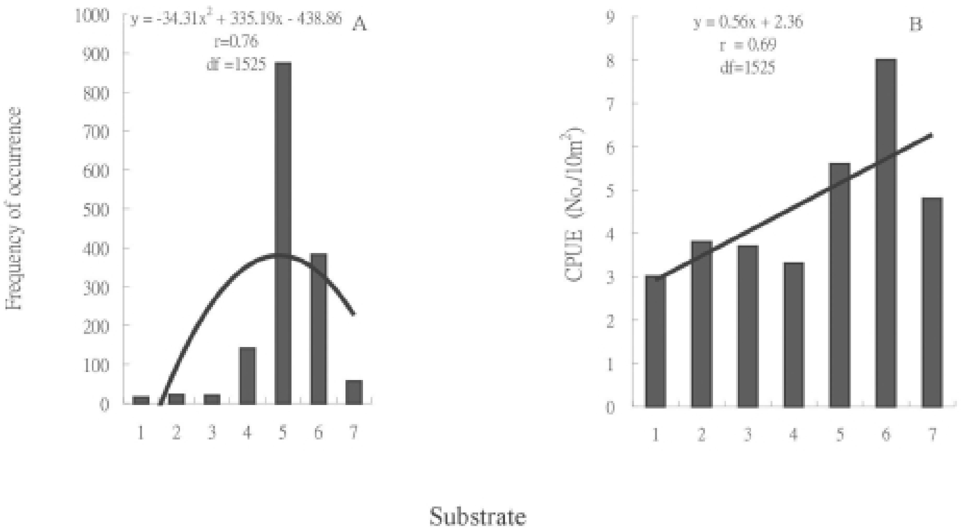

圖4. 10 m²電魚法埔里中華爬岩鰍不同底質之出現頻度 (A)和 CPUEs (B)。

Fig. 4. Frequencies of occurrence (A) and CPUEs (B) of *Sinogastromyzon puliensis* collected with electro-fishing at different bottom substrates.

不同水深均有發現，水深 40 cm發現的頻率最高，在水深小於20 cm 和大於40 cm發現的頻率較低，由趨勢線知其最適合水深爲38 cm (圖5A)。

以CPUE的方法，結果顯示在流速2.0 m/s以下，流速與其 CPUE 亦呈線性關係，且流速愈快愈適合埔里中華爬岩鰍生存(圖2B)；導電度與其 CPUE 呈二次方程式的關係，在導電度500μmhos/cm，其CPUE最高(圖3B)；底質與CPUE呈線性關係，且底質直徑愈大愈適合埔里中華爬岩鰍生存 (圖4B)；水深與CPUE呈線性關係，且水深愈深愈不適合埔里中華爬岩鰍生存(圖5B)。

討　論

本研究發現埔里中華爬岩鰍在高屏溪、曾文溪之分布範圍與其他研究調查結果吻合(方等 1996；韓及方 1997)。一般來說，我們發現埔里中華爬岩鰍分布之範圍更大，推測原因可能是採樣點及採樣時間不同所致。特有生物研究保育中心在1993年曾在濁水溪的靜觀溪段發現埔里中華爬岩鰍的分布，以背負式電魚器電魚30分鐘僅採獲3尾，此溪段爲該魚種在濁水溪分布的最高點，惟1996年的調查已不見埔里中華爬岩鰍的蹤跡，該溪段位處攔砂壩的上方且此魚種族群量極小，可能是因攔砂壩上方的族群絕滅且下方的族群因攔砂壩阻隔未能上溯有關。汪靜明(1993b)記錄在大甲溪主流之后里及大茅埔河段發現埔里中華爬岩鰍分布，而本研究僅在支流沙連溪發現該魚種分布，可能原因是近年來大甲溪的魚類棲地及水流型態發生變化所致。詹見平(1991) 在大安溪發現有埔里中華爬岩鰍分布的紀錄，惟特有生物研究保育中心在1993年至1996年四年間在大安溪的調查並未

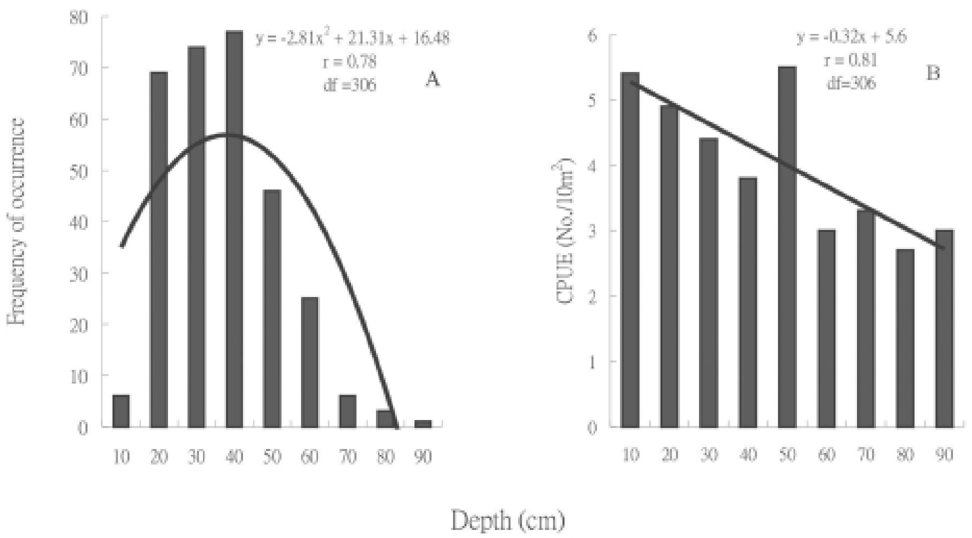

圖 5. 10 m²電魚法埔里中華爬岩鰍不同水深之出現頻度 (A)和 CPUEs(B)。

Fig. 5. Frequencies of occurrence (A) and CPUEs (B) of *Sinogastromyzon puliensis* collected with electro-fishing at different depths.

發現該魚種的分布，且1997年在詹見平(1991)發現埔里中華爬岩鰍分布的溪段選定 9 個樣點作更進一步詳細的調查，亦未發現該魚種的分布；詹見平(1991) 描述埔里中華爬岩鰍分布的河段相當廣，該魚種不太可能一、二年間在大安溪消失無蹤，可能是將體色類似埔里中華爬岩鰍的台灣間爬岩鰍誤認是埔里中華爬岩鰍的緣故。

流速、底質和海拔高度是影響埔里中華爬岩鰍族群量和分布的重要因子，估計此種魚類喜好急瀨和卵石的棲息環境，此與其他的研究結果描述相類似 (梁 1974；王 1985；Tzeng 1986；曾 1986；沈 1993；何 1990；詹 1991；林等 1992； 汪 1992，1993b)。導電度是影響埔里中華爬岩鰍族群量和分布的重要因子之一，此項結果並未曾見於過去國內其他研究報告，Moyle and Cech (1988)曾指出導電度會影響魚類的分布和數量。迴歸分析顯示出水深未達到統計上一般的顯著水準，但卻非常接近 ($0.05<p<0.1$)，Yu and Peters (1997)發現水深和流速是決定布萊得河18種主要魚類棲地環境最重要的二個因子，流速與底質的交互作用也顯示出埔里中華爬岩鰍此種底棲性魚類喜好卵石與急瀨的棲息環境，原因是埔里中華爬岩鰍必須吸附在較其本身吸盤大之卵石上，而此種較大之卵石多在溪流的急瀨環境中。

根據資料分析顯示，埔里中華爬岩鰍其偏好的環境條件中最適合流速爲1.0 m/s，導電度爲366 μmhos/cm，水深爲38 cm，底質爲卵石(直徑 7.7-30.5 cm)。本研究更進一步比較埔里中華爬岩鰍發現頻率和單位努力捕獲量2種變量與環境因子之間的關係，我們發現單位努力捕獲量作爲應變數時(圖2-5B)所獲得的結果，與出現頻率作爲應變數時(圖2-5A)所獲得的結果不一致，可能是棲地環境會影響埔里中華爬岩鰍出現頻率與實際族群量。所以，僅使用出現頻度可能不足以代表埔里中華爬岩鰍的棲地喜好環境，應輔以單位努力捕獲量的資料作爲加強保育該魚種棲地之參考。

謝　誌

首先感謝行政院農業委員會林務局和特有生物研究保育中心對本計畫的支持，其次調查期間顏局長仁德、何主任源三、彭副主任國棟、楊主任秘書吉宗對相關工作的督促與協助，使本研究得以順利完成，其它相關研究人員與專業技工幫助野外採集，在此致上最誠摯之感謝。我們要特別感謝汪教授靜明與蔡博士仕發在本文撰寫期間與完成修改給予相關建議和統計分析的指導，最後，二位審查委員費心審閱文章並提供寶貴意見，謹此致上無限謝意。

引用文獻

王漢泉。1985。高屏溪魚種分布調查。中國水產 357：7-16。

方力行、陳義雄、韓僑權。1996。高雄縣河川魚類誌。高雄縣政府。215頁。

何德宏。1990。森林溪流淡水魚類保育工作報告。林務局。25頁。

汪靜明。1992。丹大事業區卡社溪動物相調查研究報告。林務局保育系列研究 83-03號。64頁。

汪靜明。1993a。大甲溪魚類棲地改善計畫之三年生態評估研究第三年研究報告。國立台灣師範大學環境教育研究所。285頁。

汪靜明。1993b。台中縣魚類資源。台中縣政府。158頁。

沈世傑。1984。台灣魚類檢索誌。南天書局。台北市。533頁。

沈世傑。1993。台灣魚類誌。國立台灣大學

動物系。台北市。960頁。
李德旺。1995。南投縣生物資源調查成果彙編。135-164頁。台灣省特有生物研究保育中心。
李德旺。1997。八十六年度試驗研究計畫執行成果。160-199頁。台灣省特有生物研究保育中心。
李德旺、邱健介、林維玲、于錫亮。1998。卑南溪流域高身鏟頜魚之分布與環境因子的關係。中華林學季刊 31(3): 219-225。
李德旺。2000。台灣產埔里中華爬岩鰍之分布與相對族群量。特有生物研究 2(1): 13-20。
林曜松、張明雄、莊鈴川、張仁爲。1992。高雄縣淡水魚資源調查報告。國立台灣大學動物學系生態研究室。22頁。
陳兼善原著(于名振增訂)。1986。台灣脊椎動物誌：上冊，第二次增訂版。台灣商務印書館。台北市。442頁。
梁潤生。1974。平鰭鰍科之分布與適應構造並記載台灣產平鰭鰍科之一新種。生物與環境專題研討會講稿集。141-156頁。
曾晴賢。1981。台灣產平鰭鰍科魚類之研究。文化大學海洋所碩士論文。74頁。
曾晴賢。1986。台灣的淡水魚類。台灣省政府教育廳。183頁。
詹見平。1991。大安溪的魚類生態。中國水產 463: 21-61。
韓僑權、方力行。1997。台南縣河川湖泊魚類誌。台南縣政府。178頁。
Bozek, M. A. and F. J. Rahel. 1992. Generality of microhabitat suitability models for young Colorado River cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki pleuriticus*) across sites and among years in Wyoming streams. Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences 49: 552-564.
Fretwell, S. D. 1972. Population in changing environments. Princeton University Press, Princeton, NJ. 256 pp.
Liang, Y. S. 1984. Preliminary notes on the distribution of fresh-water fishes found from Taiwan. Journal Taiwan Museum 37: 59-62.
Moyle, P. B. and J. J. Cech. 1988. Fishes: An introduction to ichthyology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ. 559 pp.
SAS Institute. 1985. SAS User's Guide: Statistics. Version 5 ed. SAS Institute, Cary, NC. 1028 pp.
Tzeng, C. S. 1986. Distribution of the freshwater fishes of Taiwan. Journal Taiwan Museum 39: 127-146.
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. 1997. Use of Froude numbers to determine habitat selection by fishes. Rivers 6: 10-18.