

屏東縣萬安溪台灣石魚賓 (*Acrossocheilus paradoxus*) 之棲地利用

孔麒源¹ 戴永禎^{2*}

¹國立屏東科技大學野生動物保育研究所

²中原大學景觀學系

(收稿日期：2006.5.3，接受日期：2006.12.19)

摘 要

自 2005 年 7 月至 12 月以浮潛觀察法於屏東縣萬安溪調查台灣石魚賓之棲地利用。依體長區分小魚(1-4cm)、中魚(5-9cm)、大魚(>10cm)三種體型。棲地利用測量變數包括上層遮蔽度、水深、底層水溫、溶氧與底質。小魚選擇各項棲地變數之平均值分別為：上層遮蔽度 16%、水深 85.2cm、底層水溫 23.5、溶氧 9.2mg/L；中魚則為上層遮蔽度 17%、水深 105.8cm、底層水溫 23.6、溶氧 9.5 mg/L；大魚選擇上層遮蔽度、水深、底層水溫、溶氧則分別為 18%、106.9cm、23.9、8.9 mg/L。三種體型台灣石魚賓皆選擇岩壁(Bedrock)及大巨石(Boulder)為底質需求。小魚在雨、旱季間選擇水深顯著不同；中、大魚則無差異。本研究結果顯示，台灣石魚賓對棲地選擇依據二階段生活史而異；對岩壁及大巨石之偏好與覓食無關，而與躲藏及障蔽功能有關。

關鍵詞：台灣石魚賓 棲地利用、生態工法、水深、生活史、淡水魚、溪流、底質

緒 言

台灣石魚賓(*Acrossocheilus paradoxus*)屬鯉科(Cyprinidae)，魚賓亞科(Barbinae)，光唇魚屬(*Acrossocheilus*)，俗稱石斑、石賓或秋斑(Günther, 1868; Oshima, 1919; Sung, 1992; Sung *et al.*, 1993; Tzeng, 1986b; Chen and Fang, 1999)。本種魚體延長且略為側扁，口下位，具 2 對鬚。體色黃綠，腹部略白，體側有 7 條黑色橫帶，幼魚期特別明顯，成魚時因體色變深而較不明顯。性成熟之雌、雄個體吻部均有追星，尤以雄魚特別明顯且尖刺(Tzeng, 1986b; Chen and Fang, 1999)。成熟雄魚臀鰭基部與鰭條間薄膜上亦有角質化瘤狀凸起(Ciu and Wang, 1996)。胸腰部脊椎骨間有成對轉移關節突、腹鰭最外側鰭條並有韌帶與肋骨相連接，此些構造皆有助於台灣石魚賓適存在急流亂瀨之溪流環境中(Ciu and Wang, 1996)。

台灣石魚賓為台灣特有種之初級淡水魚。本種分布甚廣，台灣島西半部主要河川如淡水河、頭前溪、後龍溪、大安溪、大甲溪、大肚溪、濁水溪、曾文溪、高屏溪皆有發現 (Tzeng, 1986a)；林邊溪以南地區之溪流則無本種之分布 (Day, 1995)。東半部溪流原無分布；但在人為放流行為下，太麻里溪、金崙溪亦有發現 (Lee *et al.*, 1995;

Day, 1996; 1997)。台灣石魚賓於不同溪流之族群之間已有分化之現象，遺傳變異性以後龍溪為分界可分為南北二群集 (Tseng *et al.*, 2000)，然而依粒腺體 DNA 則可分為北中南三大群類；濁水溪為台灣石魚賓親緣關係的輻射中心 (Hsu *et al.*, 2000)。

台灣石魚賓依賴視覺覓食，其主要覓食對象為水生節肢動物(Ciu and Wang, 1996)。台灣石魚賓對於環境因子之耐受限度，最高致死水溫在 35.5 至 36.5 之間，與魚體大小無關；最低致死水溫則在 5.5 至 7.0 之間，並與魚體大小呈反比。台灣石魚賓對於水中溶氧的消耗與水溫成正比；其致死溶氧量亦與水溫高低有關。其養殖適溫約在 25 至 30 之間(Peng, 1992)。台灣石魚賓對於銅、鎘、鋅等重金屬離子的急性毒性反應可作為水質檢測時的一項指標(Chen and Yuan, 1994)。

台灣北部南勢溪支流桶后溪台灣石魚賓之生殖季自 3 月至 10 月、生殖高峰在 4 至 6 月之時，且為多次性產卵 (Lin and Syu, 1990; Syu, 1991)。新竹大埔水庫集水區之台灣石魚賓之生殖高峰在 5 至 6 月間；其生物學最小型分別為雌魚體長在 8 至 9cm 之間，雄魚體長在 6.5 至 7cm 之間(Peng and Lio, 1991)。台灣南部高屏溪流域台灣石魚賓之生殖高峰則在 9 至 10 月間，全年皆有

*通信作者：戴永禎 (Yeong-Tyi Day)；FAX：886-3-2656449；E-mail：timbay@cycu.edu.tw

成熟個體進行生殖活動；且其生殖行為可能具社會階層 (Day, 1995)。由上可見台灣石魚寶在台灣南北溪流有著不同之生殖高峰期，造成此一地理差異的原因可能是水溫所影響 (Syu, 1991; Day, 1995)。

台灣石魚寶上鉤後會利用側游方式，加以抵抗力甚強，亦因其體型不小，適合食用，對釣魚者而言是相當有趣的釣遊魚種。舟通式魚道設計坡度在 1/6 以上時所產生之流速，可能超過本種溯游能力範圍；而當魚道內流速為 1.0 至 1.4m · S⁻¹ 時，亦無法長距離游動 (Hu et al., 1999)。台灣石魚寶在池堰式魚道的溯游行為，可分為減速→休息；休息→加速；加速→減速三種 (Wu and Cheng, 2000)。故在魚道設計時，應設置緩衝區，提供台灣石魚寶溯游行進時之休息空間 (Hu et al., 1999; Wu and Cheng, 2000)。

棲地為生物進行覓食、休息、產卵等生理需求及生活史過程之場所 (Hamilton and Bergersen, 1984; Seaman and Sprague, 1991; Bain and Stevenson, 1999)。棲地項目包含甚廣，水質、生殖場、覓食區、溯游路徑皆包含在內；魚類的個體大小、族群量及與其他物種組成之群聚關係皆受到棲地品質的左右 (Bain and Stevenson, 1999)。每一生物有其特定棲息環境，以維持自體存活；或受外在因子影響而改變對棲所環境之選擇性，並避免超出自體所能耐受的極限 (Maitland, 1990)。例如，褐鱒 (*Salmo trutta*) 要求水溫須在 5 至 22.5 之間；而鯉科魚類之致死高溫為 27.2 (Templeton, 1995)。大嘴鱸 (*Micropterus salmoides*) 成魚在夏季利用溪流迴水環境 (Backwater)；為適應秋季的低水位而遷移至較深的河岸區，並選擇 1m 以上水深、無流速並具有豐富水生植物的環境作為度冬區 (Karchesky and Bennett, 2004)。紅點鮭 (*Salvelinus confluentus*) 亞成魚在白天選擇主河道的深處，夜間則遷移至流速緩且無上層遮蔽之溪流淺水處 (Muhlfeld et al., 2003)。克拉克大麻哈魚 (*Oncorhynchus clarki*) 對於棲地型態的選擇與水溫有關。當水溫大於 1.0 時，克拉克大麻哈魚選擇平瀨棲地；當水溫低於 1.0 時，則選擇潭區 (Harper and Farag, 2004)。

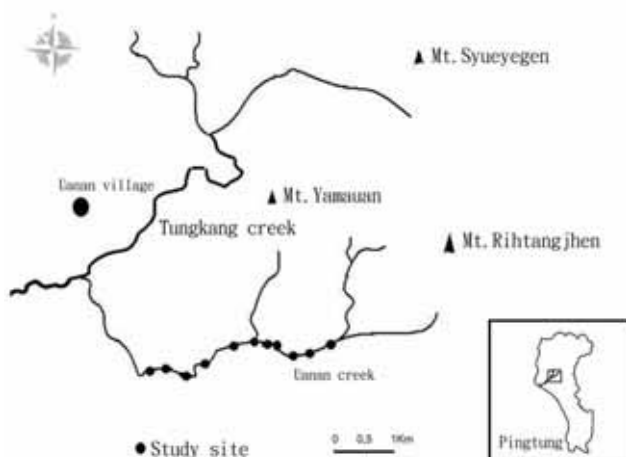
台灣石魚寶對於棲地之選擇利用目前僅有片段敘述見於部分研究與一般調查報告 (Tzeng, 1986b; Lin et al., 1988; Fang, 1989; 1992; Jhan, 1991; Syu, 1991; Chang, 1994; Chen and Fang, 1999)。對於台灣石魚寶如何適應多變的溪流環境如雨、旱季的水量變化及溫度差異則未曾進行探

討。本研究探討台灣石魚寶之棲地環境資料，以了解台灣石魚寶對於溪流棲地之選擇性。

材料與方法

本研究於屏東縣泰武鄉境內東港溪上游之萬安溪進行 (圖一)，其發源自大武山系與日湯真山，海拔高度約 1600m；溪流長度 14Km (Hu, 2004)，流域面積約 44.27Km²，年降雨量在 2600mm 左右，雨季集中在 5 至 9 月，雨旱季分明 (Yu, 2002)。由第一作者自 2005 年 7 月至同年 12 月進行調查，調查採用浮潛觀察法 (Snorkeling; Helfman, 1983; Heggenes et al., 1990)。由正式調查前數次水下觀察得知台灣石魚寶有群集 (Schooling) 之現象，我們估算魚隻個體數的方法為在水中前進時發現台灣石魚寶之群集所見之數量。台灣石魚寶依體長 1 至 4、5 至 9、10cm 以上分別定義為小魚 (Juvenile)、中魚 (Subadult)、大魚 (Adult)，以記錄不同體型台灣石魚寶棲地利用之各項環境條件。測量棲地利用因子則包括：1. 上層遮蔽度 (Cover, overhead cover degree)。以圓形密度計 (Spherical densitometer) 置於胸高位置量測該觀察點受河岸植物或岩壁等障蔽物之遮蔽程度 (Stevenson and Bain, 1999)。以百分比表示。2. 水深 (Depth)。以深度桿立於觀察點碰觸溪底直接測量並記錄；遇有水深過深情形則以尼龍繩繫綁鉛錘沉至溪底，再以深度桿丈量繩全長。深度精確至 0.5cm。3. 溶氧 (DO, dissolved oxygen)。以溶氧計 (WTW Oxi 330) 量測，以探針碰觸溪底三分鐘之數值為紀錄值，精確至 0.1mg/L。4. 底層水溫 (Temperature)。量測 DO 時，一併紀錄底層水溫數值，精確至 0.1。5. 底質 (Substrate)。參考 Day (1994) 依目視評估觀察點 1 公尺直徑內各種底石分類所佔百分比 (percentage of selection) (每 5% 為計數單位)。底石分類 (Substrate category) 依 Cummins (1962) 分 6 級，分別給予代號 S1 至 S6 另考慮到 S6 之層級未能充分表現岩床 (Bedrock) 之特質，特別增加 S7 一項。

資料分析處理以統計套裝軟體 SPSS10.0 (2000) 進行，各項棲地因子以頻度分布表示其範圍。底質歧異度以夏氏指數 (Shannon Index, H'; Ludwig and Reynolds, 1988) 計算，此數值越大則表示歧異度越大；計算軟體應用 DACE V3.0 (Day and Li, 1997)。以 completely randomized ANOVA (Coolidge, 2000) 檢驗兩兩不同體型間台灣石魚寶各項棲地因子之差異性及雨、旱季對於水深、水



圖一、萬安溪流域及調查樣站圖。
Figure 1. Study site map of Uanan creek.

溫二項因子之選擇差異；雨、旱季之分界依中央氣象局(2005)為準，7至9月為雨季；10至12月為旱季。以 Chi-square test of homogeneity (Coolidge, 2000)進行不同體型間台灣石魚對於底質粒徑之選擇。另依 Spearman's correlation (Coolidge, 2000)檢驗不同體型台灣石魚各項環境因子間之相關性。並以 test of variance (Coolidge, 2000)檢驗不同體型台灣石魚對空間的利用程度，以 CV (coefficient of variance)表示。

本研究並於 2005 年 12 月測量萬安溪之溪流棲地條件(Habitat availability)，變數包括上層遮蔽度、水深與底質；測量方式同於棲地利用之方法，以檢驗台灣石魚對於棲地條件是否具選擇性。

結 果

不論雨、旱季，台灣石魚所選擇水深與上層遮蔽度呈顯著正相關 ($r=0.367, P<0.01$, 表一)；與底層水溫亦呈顯著正相關($r=0.193, P<0.01$)；與溶

氧則呈顯著負相關($r=-0.142, P<0.01$)。雨季時台灣石魚所選擇的水深與底層水溫呈顯著負相關 ($r=-0.164, P<0.01$)；與溶氧則呈顯著正相關 ($r=0.083, P<0.01$)。旱季時台灣石魚所選擇的水深與底層水溫呈顯著正相關($r=0.256, P<0.01$)；但與溶氧的相關性則不顯著($r=-0.027, N.S.$)。台灣石魚所選擇水深與上層遮蔽度呈現顯著正相關，乃因溪流棲地條件之水深與上層遮蔽度亦呈顯著之正相關($r=0.403, P<0.001$)所造成。與水溫亦呈顯著之正相關，因水位高漲時(雨季)同為溪水高溫期；待至水深變淺(旱季)，水溫也漸次降低。水深與溶氧呈顯著負相關，則受到水溫變化所影響。

比較台灣石魚棲地因子利用與溪流棲地條件之差異性，不同體型大小之台灣石魚對於上層遮蔽度的選擇與溪流平均上層遮蔽度條件皆無差異(小魚 $F=0.4, df=1, N.S.$ ；中魚 $F=1.9, df=1, N.S.$ ；大魚 $F=2.7, df=1, N.S.$)。台灣石魚所選擇的水深則顯著較溪流平均水深為深(小魚 $F=10.6, df=1, P<0.01$ ；中魚 $F=128.4, df=1, P<0.001$ ；大魚 $F=108.4, df=1, P<0.001$ ；表二)。台灣石魚選擇上層遮蔽度、水深、底層水溫、溶氧分別為 $16\pm 16\%$ 、 $96.9\pm 45.7\text{cm}$ 、 23.6 ± 2.7 、 $9.2\pm 2.5\text{mg/L}$ (表二)。可見台灣石魚對於水深條件有其選擇性；而對於上層遮蔽度之選擇性並

表一、台灣石魚雨、旱季節之深度與其他棲地變數之 Spearman's 相關係數。

Table 1. Spearman's correlation coefficients among depth and other habitat parameters of *Acrossocheilus paradoxus* in flood and drought seasons.

	Season	N	Cover (%)	Temp ()	DO (mg/L)
Depth (cm)	Total	8809	0.367**	0.193**	-0.142**
	Flood	3700	0.494**	-0.164**	0.083**
	Drought	5109	0.268**	0.256**	-0.027

** : $P<0.01$

表二、不同體型台灣石魚選擇上層遮蔽度、水深、底層水溫、溶氧之範圍、平均值和標準偏差。

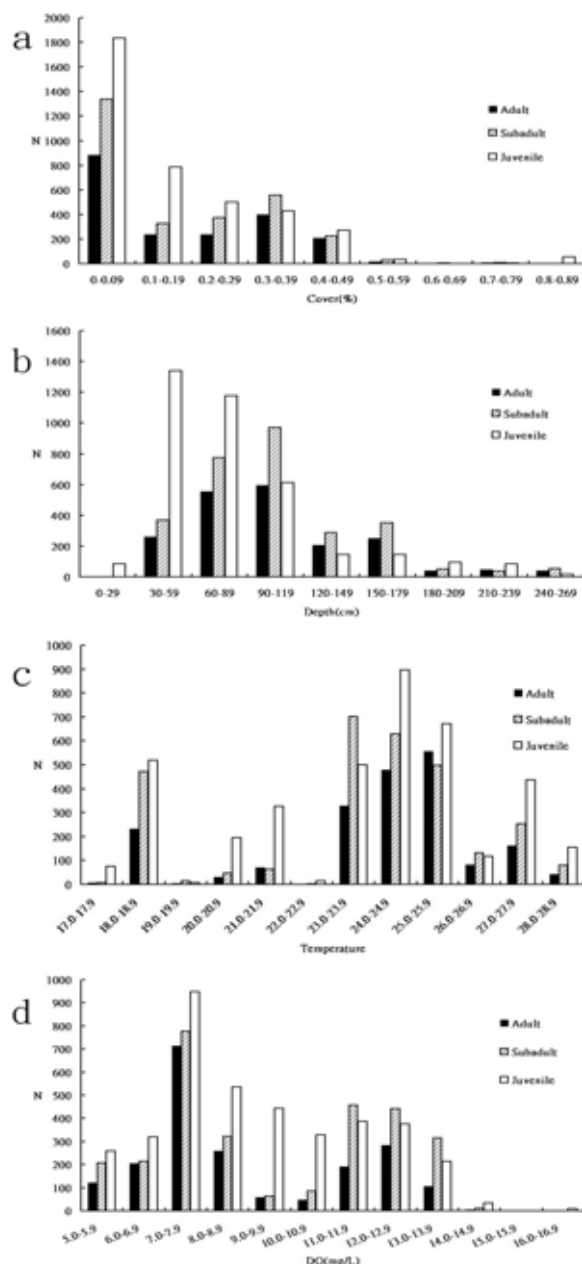
Table 2. Range, mean and standard deviation (SD) of habitat parameters containing cover, depth, temperature and DO selected by *Acrossocheilus paradoxus* in different size classes.

Size class	N	Cover		Depth		Temperature		DO	
		range	Mean (SD)	range	Mean (SD)	range	Mean (SD)	range	Mean (SD)
Juvenile	3918	0~90	16 (17) ^a	20~270	85.2 (45.6) ^a	17.8~28	23.5 (2.9) ^a	5.1~16.2	9.2 (2.5)
Subadult	2897	0~79	17 (17) ^b	15~270	105.8 (42) ^b	17.8~28	23.6 (2.7) ^a	5.1~14.5	9.5 (2.6)
Adult	1994	0~79	18 (16) ^b	31~270	106.9 (45.7) ^b	17.8~28	23.9 (2.5) ^b	5.1~16.2	8.9 (2.4)
Total	8809	0~90	16 (16)	15~270	96.9 (45.7)	17.8~28	23.6 (2.7)	5.1~16.2	9.2 (2.5)
Habitat availability (Drought)	100	0~90	14 (16)	15~270	57.5 (37.1)				

不明顯。

比較台灣石斑體型差異對棲地變數之選擇性，不同體型之台灣石斑對於上層遮蔽度、水深因子之利用呈現小魚與中、大魚不同之現象；小魚、中魚選擇水深不同於大魚；三者所選擇溶氧皆有差異；三者對於底質之選擇則無差異。不同體型台灣石斑對於上層遮蔽度的選擇（圖二 a），小魚選擇上層遮蔽度顯著地較中、大魚小（ $F=10.6$, $df=1$, $P<0.01$; $F=23.2$, $df=1$, $P<0.001$; 表二）；中、大魚間無顯著差異（ $F=2.4$, $df=1$, N.S.）。不同體型台灣石斑對於水深的選擇，小魚所選擇的水深顯著比中、大魚淺（ $F=362.4$, $df=1$, $P<0.001$; $F=299.2$, $df=1$, $P<0.001$ ；圖二 b）；中、大魚對水深的的需求亦無顯著不同（ $F=0.8$, $df=1$, N.S.）。台灣石斑對於底層水溫的選擇呈現四峰的情形為對底層水溫漸次變化之選擇（圖二 c）。大魚顯著比中、小魚選擇較高溫的環境（ $F=21.3$, $df=1$, $P<0.001$; $F=37.7$, $df=1$, $P<0.001$ ）；中、小魚間無顯著差異（ $F=2.7$, $df=1$, N.S.）。台灣石斑對溶氧的選擇，中魚顯著較小魚、大魚選擇較高溶氧量（ $F=36.7$, $df=1$, $P<0.001$; $F=68.0$, $df=1$, $P<0.001$ ；圖二 d）；小魚選擇溶氧亦顯著較大魚高（ $F=12.0$, $df=1$, $P<0.01$ ）。台灣石斑對於底質為岩壁的選擇性顯著大於其他底質類別（ $F=4422.7$, $df=6$, $P<0.001$ ）。不同體型台灣石斑對於七種等級底質之選擇百分比並無顯著差異存在（ $\chi^2=0$, N.S.；圖三），皆偏好岩壁與大巨石之底域環境。底質歧異度以小魚為最高（ $H'=1.483$ ），其次為中魚（ $H'=1.212$ ）及大魚（ $H'=1.177$ ）。不同體型大小之台灣石斑對於上層遮蔽度、水深、底層水溫、溶氧等棲地因子之利用不同；對於底質則無差異，各體型之魚隻皆偏好顆粒粗大之岩壁及大巨石。

不同體型台灣石斑因雨、旱季之差異而對水深、底層水溫條件有不同之選擇。小魚在雨季較旱季顯著選擇較大的水深；中、大魚所選擇水深在季節上則無顯著差異（表三）。雨季時大魚顯著比中、小魚選擇較大水深（ $F=8.2$, $df=2$, $P<0.001$ ）；旱季時小魚顯著比中、大魚選擇較淺之水深環境（ $F=369.8$, $df=2$, $P<0.001$ ）。小魚在旱季時空間分布較為分散（CV: $61.6>40.9$ ）；中、大魚在旱季則呈現較集中之現象（表三）。至於底層水溫方面，三種體型台灣石斑在雨季皆顯著地比旱季所選擇底層水溫為高（表三）。雨季時大魚對於水溫之選擇顯著比中、小魚低（ $F=10.8$, $df=2$, $P<0.001$ ）；旱季時小魚則顯著比中、大魚選擇較低之水溫（ $F=50.3$, $df=2$, $P<0.001$ ）。不論大、中、



圖二、不同體型台灣石斑(a)上層遮蔽度、(b)水深、(c)底層水溫及(d)溶氧選擇頻度分布

Figure 2. Frequency distribution of (a) cover, (b) depth, (c) temperature and (d) DO selected by *Acrossocheilus paradoxus* in different size classes.

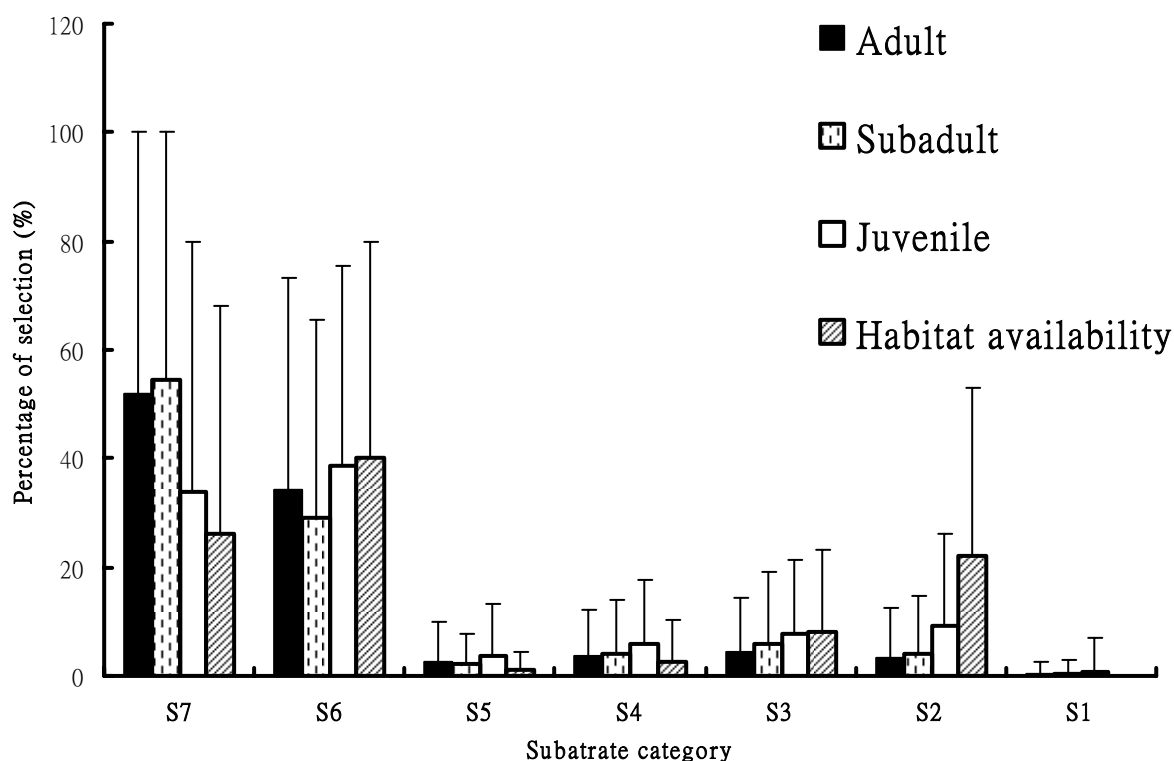
小魚，旱季水溫之變異相對較雨季時為大（表三）。台灣石斑在雨、旱之季節差異對於水深之選擇，小魚表現不同；中、大魚皆選擇相同水深。旱季之底層水溫變化大，三種體型台灣石斑所選擇底層水溫皆異於雨季所選擇者。旱季時因水量減少，小魚較為分散；而中、大魚較為集中。

表三、不同體型台灣石魚底質、旱季水深與底層水溫之範圍、平均值和標準偏差。

Table 3. Range, mean and standard deviation (SD) of depth and temperature in flood and drought seasons selected by *Acrossocheilus paradoxus* in different size classes.

Size class	Season	N	Depth (cm)				Temperature ()			
			Range	Mean (SD)	F	CV	Range	Mean (SD)	F	CV
Juvenile	Flood	1693	35~270	101 (41.3)	394.77***	40.9	23.3~28.0	25.7 (1.4)	3301.8***	5.4
	Drought	2225	20~250	73 (45.0)		61.6	17.8~25.2	21.8 (2.6)		11.9
Subadult	Flood	1105	15~270	104 (43.5)	3.05	41.8	23.3~28.0	25.7 (1.3)	1699.3***	5.1
	Drought	1792	31~250	107 (41.0)		38.3	17.8~25.2	22.3 (2.5)		11.2
Adult	Flood	902	36~270	109 (49.4)	2.92	45.3	23.3~28.0	25.5 (1.2)	925.4***	4.7
	Drought	1092	31~250	105 (42.3)		40.3	17.8~25.2	22.7 (2.5)		11.0

***: P<0.00



圖三、不同體型台灣石魚底質粒徑選擇百分比頻度分布。誤差線為標準偏差值。

Figure 3. Percentage of Substrate categories selected by *Acrossocheilus paradoxus* in different size classes and habitat availability. Error bars denote standard deviation (SD).

討論

魚類棲地利用之調查方法甚多，須考量溪流水質、水文狀況，及受調查魚種等條件而定。Weller and Winter(2001)選擇超音波(ultrasonic)作為調查扁頭鮰(*Pyloicivis olivaris*)之工具，因其不受高電導度之水質影響。Day (1992)及 Tsao *et al.*(1998)觀察族群量少且瀕絕絕種的櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou Formosanus*)，則以水下觀

察其微棲地利用情形。埔里中華爬岩鮭(*Sinogastromyzon puliensis*)存在在淺瀨環境，Lee and Yu (2005)則以電漁法進行其環境需求之研究。本研究以浮潛觀察法探討台灣石魚之棲地利用，得知台灣石魚在水深方面分布甚廣(15-270cm)；因調查期間萬安溪最大水深為270cm，台灣石魚是否選擇更大水深，則須進一步觀察方能得知。浮潛觀察法亦須克服溪水濁度過高、水下光量不足等缺點(Helfman, 1983)，在

考量觀察環境的可及性與研究花費，浮潛觀察法不失為萬安溪魚類棲地利用研究較好的方式之一。另外，本研究排除觀察小於1cm以下之台灣石鯿之棲地利用，因為無法清楚界定所觀察之未滿1cm小魚是否為台灣石鯿。對於不足1cm之台灣石鯿之棲地利用，亦須進一步探討。

水深影響進入溪流中的光量，也左右水溫的變化，造成魚類在分布上的變化差異(Bohnsack *et al.*, 1991)。小嘴鱸(*Micropterus dolomieu*)之成魚(>20cm)選擇1.3m之水深條件，並避開2.7m以上之深度；幼魚(<20cm)異於成魚而選擇0.6至1.5m之水深處，且偏好0.6m(Barrett and Maughan, 1994)。5至9cm之櫻花鉤吻鮭幼鮭選擇0.18至1.46m的水深；17cm以上之1齡魚則以大於1m之深水域為深度的要求(Tsao *et al.*, 1998)。銀鮭(*Oncorhynchus kisutch*)幼魚選擇0.46至1.2m之水深(Beecher *et al.*, 2002)。澳洲產之脂鱸科魚類(*Gadopsis marmoratus*)利用14至67cm之水深，並集中出現在20至60cm之深度(Khan *et al.*, 2004)。台灣石鯿小魚水深選擇範圍甚廣(20-270cm)，平均選擇水深為85.2cm；中、大魚對於水深的選擇亦廣(15-270cm)，選擇平均水深則在1m左右。相近體型的溪流魚類所選擇水深範圍差異不大，可能與在較深水域避免被捕食有關。體型越大的魚類出現在深潭的機會越多(Matthews, 1986)。Day(1994)結論高身鏟頰魚隨著體長的增加，其出現地點之水深越深。櫻花鉤吻鮭0齡至1齡魚在水深的選擇上有漸增的情形(Tsao *et al.*, 1998)。澳洲產之脂鱸科魚類(*Gadopsis marmoratus*)亦符合此說(Khan *et al.*, 2004)。台灣石鯿自小魚至中、大魚選擇水深漸增，因為處在較淺水深體型較大之魚類移動能力受限，被捕食機會大增(Khan *et al.*, 2004)。台灣石鯿對於較深水域的利用不單只是為防止來自上空的獵捕壓力(Syu, 1991)，溪流底部流速較緩或趨近於無流速的狀態(Muhlfeld *et al.*, 2003)，可避免魚體浪費過多能量在抵抗水流，可能為台灣石鯿選擇較深水域之考量。

魚類所選擇的水深與體型增加有關，可稱之為個體發生現象(Ontogenetic phenomena; Grossman and Freeman, 1987)。源自魚類個體本身成長發育階段的不同，而對水深條件的選擇利用產生差異。台灣石鯿中魚與大魚之間對於水深的選擇相同，與小魚顯著不同，則台灣石鯿之生活史可分為二階段：體長小於5cm之台灣石鯿選擇平均85cm之水深環境，待成長至體長超過5cm

後，則進入平均1m之較深水域。本研究依體全長將台灣石鯿1到4、5到9及10cm以上分類為小魚、中魚及大魚，與Chen(1992)觀察到台灣石鯿雄魚0齡、1齡、2齡之平均標準體長(Standard Length)分別為5.3、8.0、10.8cm；雌魚則分別為5.3、8.1、14.1cm有所差異，乃因對於體長測量之方式不同。台灣石鯿之標準體長與體全長差距約3cm(個人觀察)，9cm以下之台灣石鯿可視為0齡魚，則台灣石鯿之二階段生活史之分野發生在0齡期。台灣石鯿之0齡期發育階段可加以細分，此亦需要進一步探討並精確分割。

櫻花鉤吻鮭1齡魚(>17cm)在溪水高溫與低溫期(同時也是高水位與低水位期)對於水深的選擇無異(Tsao *et al.*, 1998)。台灣石鯿中、大魚亦有相同情形，在雨季與旱季皆選擇1m之較深水域。台灣溪流普遍有雨季水位高漲，旱季水位低落甚至溪床乾涸見底的情形，則台灣石鯿在不同水位時期皆選擇相同水深，具有因水位變化而產生棲地遷移的行為。台灣石鯿口器構造為亞端位(Subterminal; Syu, 1991)，雜食性，以毛翅目之石蠶、積翅目之石蠅等水生昆蟲為主要攝食對象(Ciu and Wang, 1996)。石蠶幼蟲期多出現在水深較淺之小巨石及植物碎片組合而成之環境(Schmera, 2002)；石蠅幼蟲選擇泥沼混雜水藻的靜水環境(McLellan, 2005)，與台灣石鯿所選擇水深明顯有差異，則台灣石鯿具有白天棲息較深環境，夜間上浮至淺水區域覓食的棲地變換習性(Tzeng, 1986; Lin *et al.*, 1988; Chen and Fang, 1999)。

底質顆粒大小的差異影響溪流型態的構造，並可提供魚類躲藏、覓食及產卵等功能(Bohnsack *et al.*, 1991; Bain, 1999)。三種體型台灣石鯿皆絕大多數以岩壁(S7)與大巨石(S6)為底質選擇，與高身鏟頰魚之小魚選擇大巨石相近(Day, 1994)；而與小嘴鱸成魚選擇砂質底；幼魚以礫石為庇護(Barrett and Maughan, 1994)不同；與紅點鮭之亞成魚選擇礫石(Muhlfeld *et al.*, 2003)、鏟頰魚(*Scaphirhynchus platyrhynchus*)選擇砂質底亦有差異(Bramblett and White, 2001)。Bramblett and White(2001)調查白鏟頰魚(*Scaphirhynchus albus*)和鏟頰魚對於底質之利用，前者為魚食性而選擇砂質底；後者攝食水底無脊椎生物而選擇卵石及礫石底層，因為此類底質較砂質底層具有較多量之底棲水生昆蟲。台灣石鯿之攝食對象多出現在淺水域、卵礫石底質，顯然與台灣石鯿選擇岩壁與

大巨石有極大差異，則岩壁與大巨石對於台灣石鯿並非為提供覓食之主要功能；反而提供台灣石鯿藏匿於石縫中(Tzeng, 1986; Lin *et al.*, 1988; Chen and Fang, 1999)及障蔽功用，並且台灣石鯿生活在水域底層(Syu, 1991; Fang, 1992)，為親底性(Substrate-oriented)魚種。

本研究觀察台灣石鯿不同體型間之棲地利用情形，發現台灣石鯿的二個生活史階段有所不同；對於雨、旱季分明之溪流環境及夜間覓食有著棲地移動的行為；對於底質偏好選擇岩壁與大巨石。此一研究可提供往後對於台灣石鯿生物族群量之經營管理以及溪流棲地復育及重建之參考；並提供台灣石鯿之棲地環境數值，使溪流工程建構過程和內容能順應台灣石鯿之生態需求，符合生態工法之精神與原則 (Lin and Ciu, 2003)。

誌謝

誠摯感謝屏東縣泰武鄉鄉民代表暨萬安社區發展協會總幹事邱登星先生於研究樣區的引導介紹，及與當地村民聯繫溝通之協助。

參考文獻

- Bain MB. 1999. Substrate. In Bain MB and Stevenson NJ (eds), Aquatic habitat assessment: common methods. American Fisheries Soc. Bethesda, Maryland. Pp. 95-113.
- Bain MB and Stevenson NJ (eds). 1999. Aquatic habitat assessment: common methods. Am. Fisheries Soc. Bethesda, Maryland.
- Barrett PJ and Maughan OE. 1994. Habitat preferences of introduced smallmouth bass in a central Arizona stream. N. Am. J. Fisheries Mgmt. 14: 112-118.
- Beecher HA, Caldwell BA and DeMond SB. 2002. Evaluation of depth and velocity preference of juvenile coho salmon in Washington streams. N. Am. J. Fisheries Mgmt. 22: 785-795.
- Bohnsack JA, Johnson DL and Ambrose RF. 1991. Ecology of artificial reef habitat and fishes. In Seaman W and Sprague LM (eds), Artificial habitats for marine and freshwater fisheries. Academic Press, INC. California. Pp. 61-107.
- Bramblett RG and White RG. 2001. Habitat use and movements of pallid and shovelnose sturgeon in the Yellowstone and Missouri rivers in Montana and North Dakota. Trans. Am. Fish. Soc. 130: 1006-1025.
- Chang MS. 1994. Study of fish community in the mid-and downstream of the Tachia river. PhD. National Taiwan University. Taiwan. Pp. 87. (in Chinese)
- Chen JS. 1992. A survey of fisheries resource and ecology of Nanzian creek and Jhuokou creek, Kaohsiung. Kaohsiung county government. (in Chinese)
- Chen IS and Fang LS. 1999. The freshwater and estuarine fishes of Taiwan. National Museum of Marine Biology and Aquarium. Pp. 60. Taiwan. (in Chinese)
- Chen HC and Yuan YK. 1994. Acute toxicity of copper, cadmium and zinc to freshwater fish *Acrossocheilus paradoxus*. Acta Zool. Taiwanica 5 (2): 45-60.
- Ciu CH and Wang JP. 1996. Biological study of the *Acrossocheilus paradoxus*. Master's thesis. National Cheng Kung University. Taiwan. (in Chinese)
- Coolidge FL. 2000. Statistics. SAGE publications, London.
- Cummins KW. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. American Midland Naturalist 67: 477-504.
- Day YT. 1992. Population ecology of Formosan Landlocked Salmon *Oncorhynchus masou formosanus*. PhD. Institute of Zoology, NTU. (in Chinese)
- Day YT. 1994. Home range and habitat requirement of *Varicorhinus alticorpus*. Research reports 1995.1-1995.12 (Division of Zoology). Taiwan Endemic Species Research Institute. Pp. 59-67.
- Day YT. 1995. Biological study of *Acrossocheilus paradoxus*. National Museum of Marine Biology and Aquarium. Taiwan. (in Chinese)
- Day YT. 1996. Freshwater fish fauna of Taimali river, Taitung. Taitung county government. (in Chinese)
- Day YT. 1997. Freshwater fish fauna of Jinlun river, Taitung. Taitung county government. (in Chinese)
- Day YT and Li DY. 1997. Introduction of DACE V1.0. Notes and Newsletter of Wildlifers 5 (1): 5-6. (in Chinese)

- Fang LS. 1989. Ecological survey of Sientianluen hydropower of Taiwan Power. 1st final report. Taiwan. Pp. 78-79. (in Chinese)
- Fang LS. 1992. Ecological survey of Sientianluen hydropower of Taiwan Power. 4th final report. Taiwan. Pp. 49-51. (in Chinese)
- Grossman GD and Freeman MC. 1987. Microhabitat use in a stream fish assemblage. *J. Zool.* 212: 151-176.
- Günther A. 1868. Catalogue of the Physostomi in the collection of the British Museum. V.7: 3-372.
- Halfman GS. 1983. Underwater methods. In Nielsen LA and Johnson DL (eds), *Fisheries techniques*. Am. Fisheries Soc. Bethesda, Maryland. Pp. 349-369.
- Hamilton K and Bergersen EP. 1984. Methods to estimate aquatic habitat variables. Colorado State University. Colorado.
- Harper DD and Farag AM. 2004. Winter habitat use by cutthroat trout in the Snake river near Jackson, Wyoming. *Trans. Am. Fish. Soc.* 133: 15-25.
- Heggenes J, Brabrand A and Saltveit SJ. 1990. Comparison of three methods for studies of stream habitat use by young brown trout and Atlantic salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.* 119: 101-111.
- Hsu KC, Wang JP, Lee SC and Chiang TY. 2000. The population genetic structure of *Acrossocheilus paradoxus* (Cyprinidae). *Biol. Bull. NTNU.* 35 (1): 13-23. (in Chinese)
- Hu TJ, Chang ST and Ie MF. 1999. A study of soil and water conservation to advance habitat and ecology (1/4). Research report 1998.1-1998.12 (Division of Zoology). Taiwan Endemic Species Research Institute. Taiwan. Pp. 28-37. (in Chinese)
- Hu YJ. 2004. Applications of agricultural non-point source pollution model- an illustration of Wan-Ann creek watershed. Master's thesis. National Pingtung University of Science and Technology. Taiwan. (in Chinese)
- Jhan JP. 1991. Fish ecology of Daan creek. *Monthlies of Chinese fishes* 463. Taiwan. Pp. 21-59. (in Chinese)
- Karchesky CM and Bennett DH. 2004. Winter habitat use by adult largemouth bass in the Pend Oreille river, Idaho. *N. Am. J. Fisheries Mgmt.* 24: 577-585.
- Khan MT, Khan TA and Wilson ME. 2004. Habitat use and movement of river blackfish (*Gadopsis marmoratus* R.) in a highly modified Victorian stream, Australia. *Ecol. Freshwater Fish* 13: 285-293.
- Lee TW, Ciu JJ, Ciu CM and Cai SH. 1995. Survey of distribution of *Varicorhinus alticorpus* (2/3). Research reports 1994.1-1994.12. (Division of Zoology). Taiwan Endemic Species Research Institute. Taiwan. Pp. 28-37. (in Chinese)
- Lee TW and Yu SL. 2005. Habitat requirements of the Puli Loach *Sinogastromyzon puliensis* Liang. *Endemic Species Res.* 7 (2): 13-22. (in Chinese)
- Lin YS, Iang PS and Tzeng CS. 1988. A study of fishes recovery and menegement plans of fishing (2). Yiangmingshan National Park. Taiwan. (in Chinese)
- Lin YS and Syu, JE. 1990. Ecological research of *Acrossocheilus paradoxus* in Tong Hor creek. *Plans of Ecological Research* NO: 36. Council of Agriculture. Taiwan. (in Chinese)
- Lin JI and Ciu IU. 2003. Introduction to ecological engineering methods. Taipei. Taiwan. (in Chinese)
- Ludwing JA and Reynolds JF. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley & Sons, New York.
- Maitland PS. 1990. *Biology of fresh waters*, 2nd ed. UK.
- Matthews WJ. 1986. Fish fauna break' and stream order in the eastern and central United States. *Env. Boil. Fishes* 17: 81-92.
- McLellan I. 2005. The larva Of *Spaniocercoides Hudsoni* Kimmins (Plecoptera: Notonemouridae) from New Zealand. *Illiesia* 1 (7): 43-46.
- Muhlfeld CC, Glutting S, Hunt R, Daniels D and Marotz B. 2003. Winter diel habitat use and movement by subadult bull trout in the upper Flathead river, Montana. *N. Am. J. Fisheries Mgmt.* 23: 163-171.
- Oshima M. 1919. . Contributions to the study of the fresh water fishes of the island of formosa. *Ann. Carnegie Museum.* V. 12: 169-328. Pls: XL -L .
- Peng HG and Lio FG. 1991. Priliminary study on the biology of *Acrossocheilus formosanus*. *B. Taiwan Fisheries Res. Institute* 50: 85-92. (in Chinese)
- Peng HG. 1992. Expriment on adaptation of *Acrossocheilus formosanus* to environmental factors. *J. Fisheries Res.* 1 (2): 25-30. (in

- Chinese)
- Schmera D. 2002. Notes on the larval habitat preference and microdistribution of *Potamo-phylax rotundipennis* (Insecta: Trichoptera) in a stream reach of the Börzsöny mountains (Northern Hungary). *Folia Historico-Naturalia Musie Matraensis* 26: 241-243.
- Seaman W and Sprague LM (eds). 1991. Artificial habitats for marine and freshwater fisheries. Academic Press, Inc. San Diego, California.
- Stevenson NJ and Bain MB. 1999. Cover and refuge. In Bain MB and Stevenson NJ (eds), 1999. Aquatic habitat assessment: common methods. Am. Fisheries Soc. Bethesda, Maryland. Pp 105-113.
- Sung WS. 1992. Taxonomic redefinition of the genus *Acrossocheilus* (cypriniformes: cyprinidae) of Taiwan. Master's thesis. National Cheng Kung University. Taiwan. (in chinese)
- Sung WS, Lee SC and Yu MJ. 1993. Taxonomic status of the fishes of *Acrossocheilus formosanus* and *A. labiatus* (Cyprinidae: Barbinae) from Taiwan based on isozyme electrophoresis. *Bull. Inst. Zool., Acad. Sinica* 32 (2): 127-139.
- Syu JE. 1991. Reproductive biology of *Acrossocheilus paradoxus* (G.) in the Tung-Hou stream. Master's thesis. National Taiwan University. Taiwan. (in Chinese)
- Templeton RG (eds). 1995. Freshwater fisheries management. 2nd ed. Oxford.
- Tsao EH, Lin YS, Behnke RJ and Bergersen EP. 1998. Microhabitat use by Formosan Landlock Salmon, *Oncorhynchus masou formosanus*. *Zool. Studies* 37 (4): 269-281.
- Tseng MC, Chiang TY and Wang JP. 2000. Population structure of *Acrossocheilus paradoxus* Günther (Cyprinidae). *Endemic Species Research* 1: 20-27. (in Chinese)
- Tzeng CS. 1986a. Distribution of the freshwater fish of Taiwan. *J. Taiwan Mus.* 39: 137-146. Taiwan.
- Tzeng CS. 1986b. The freshwater fishes of Taiwan. Agency of Education, Taiwan. Pp. 183. (in Chinese)
- Weller RR and Winter JD. 2001. Seasonal variation in home range size and habitat use of flathead catfish in Buffalo springs lake, Texas. *N. Am. J. Fisheries Mgmt.* 21: 792-800.
- Wu FC and Cheng WS. 2000. Zoning of pool-weir type fishway by upper stream migration behaviors of *Acrossocheilus paradoxus*. *J. Chinese Agricultural Engineering* 46 (1): 44-56. (in Chinese)
- Yu BI. 2002. Planning methods of ecological engineering at Wan-Ann creek. Master's thesis. National Pingtung University of Science and Technology. Taiwan. (in Chinese)

Habitat Use of *Acrossocheilus paradoxus* in Uanan Creek, Pingtung

Chi-Yuan Con¹, Yeong-Tyi Day^{2*}

¹Institute of Wildlife Conservation, National Pingtung University of Science and Technology
Pingtung, Taiwan

²Department of Landscape Architecture, Chung Yuan Christian University
Taoyuan, Taiwan

(Received: 3 May 2006, accepted: 19 December 2006)

ABSTRACT

Snorkeling was utilized to investigate habitat use of *Acrossocheilus paradoxus* in Uanan creek, Pingtung since July to December, 2005. Fishes were divided into three size classes (i.e. juvenile, subadult, and adult) according to total length. Habitat use variables included overhead cover, depth, temperature, DO, and substrate. Averages of variables selected by juvenile were: overhead cover 16%, depth 85.2cm, temperature 23.5°C and DO 9.2mg/L. Subadult selected overhead cover 17%, depth 105.8cm, temperature 23.6°C and DO 9.5mg/L, while adult selected 18%, 106.9cm, 23.9°C and 8.9mg/L respectively. Bedrock and boulder were preferred by all size classes of fishes. Significant difference appeared in depth selection between flood and drought seasons on juvenile, but neither on subadult and adult. Our conclusions were that habitat use of *Acrossocheilus paradoxus* was different at its two life history stages, and selection of bedrock and/or boulder were related to hiding and sheltering, but not feeding.

Key words: *Acrossocheilus paradoxus*, habitat use, ecotechnology, depth, life history, freshwater fish, stream, substrate

*Corresponding author: Yeong-Tyi Day; FAX: 886-3-2656449; E-mail: timbay@cycu.edu.tw