

國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文

指導教授：王 穎 博士

河烏繁殖領域與棲地關係之研究

The Relationship between Breeding Territory
and Stream Habitat in Brown Dipper (*Cinclus*
Pallasii pallasii)

研 究 生：陳 炤 杰

本研究接受內政部營建署玉山國家公園管理處之經費支助

中華民國七十八年六月

謹 向

國立台灣師範大學生物研究所提出本論文
以符合部頒碩士學位之規定

研 究 生：陳 炤 杰

指 導 教 授：

審查委員：_____

劉 小 如

李 玲 玲

王 影

中華民國七十八年六月十五日

誌 謝

在研究所兩年間，承蒙指導教授王穎博士在研究及生活上之教導，師母陳瑾瑛博士在統計學上之指導，使我獲益匪淺，心中有說不出的感激。

感謝玉山國家公園管理處之經費支助，及陳玉峰課長之多方鼓勵。在國家公園調查期間許英文大哥在行政上之協助，解說課其他同仁及諸多解說員之精神關懷，使我在艱苦的野外調查中能夠再接再厲，終底於成。

而最要感謝的是那群協助我從事野外調查工作的伙伴們，沒有他們，我的論文是無法完成的，包括義務解說員劉良力、區宗明、胡家碩；成大野鳥社鐘裕、林昆海及生物系學弟李嘉烈、劉俊昇；淡大野鳥社盧怡森、陳秀嫦、戴文賢及教育學院生物系何德明等，由於他們的賣力幫忙，才使野外資料的收集得以順利完成。此外對於生研所王冠邦及馬協群學弟之緊急支援，感激之情自不在話下。

在水棲昆蟲的鑑定上，特別感謝臺大植病系楊平世教授及黃國靖先生的熱心幫忙及殷切指導。

另外汪靜明、裴家騏、孫元勳等先進，在研究期間，提供諸多寶貴意見，亦不勝感激。

完稿期間，區宗明、馬協群幫忙打字，王侯凱協助解決電腦問題，及吳志仁之繪圖，使我在忙碌孤立中深感友誼之援手，於此謹致無上謝忱。

摘 要

河鳥 (Cinclus pallasii pallasii) 的繁殖季大約從 12 月上旬一直持續到隔年的 5 月上旬，遠比一般留鳥來得早，而促使其繁殖季提早的可能原因為食物的影響。

在覓食行爲的記錄中，有將近 90% 的觀察時間發現河鳥在急流區覓食，而急流區則只佔所有溪流型態的 46.97%。由此可見，河鳥對急流區有選擇性，有集中在急流區覓食的現象。而在水棲昆蟲的採樣調查中發現，急流區是水棲昆蟲較豐富的區域。在三種覓食方式中，涉食對快淺區的利用頻率較高，而潛食則大多發生在快深區中。

河鳥在繁殖季會沿著溪流建立領域，領域長度平均為 1045 公尺 (n=14)。領域長度與食物因素有顯著相關，而巢位並不是個限制因子。就領域長度與各棲地因子之關係而言，慢深區數量與領域長度呈顯著正相關，海拔高度、急流區百分比及水棲昆蟲總溼重等則分別與領域長度呈顯著負相關。其他如平均流量、坡度、Ph 值等與領域長度間無顯著相關。

在複迴歸分析 (Multiple regression) 中，結合急流區百分比及水棲昆蟲總溼重所發展出來的模式，可以解釋 74% 的變異度，其中急流區百分比可代表各領域中可供覓食的區域，而水棲昆蟲總溼重則可表示此區域內食物的豐富度，因此結合此二因子可預估各領域中可供覓食的食物量，由此可見領域大小與食物的因素甚為密切。

Abstract

Brown Dipper (Cinclus pallasii pallasii) was Study in Taiwan from November, 1987 to April, 1989. its breeding season was about from December to May and was earlier than any other resident birds'. The early breeding season of this species appears to be an adaptation to a food supply that is most abundant in winter and early spring.

Brown Dipper was found to forage in riffle area, which was just 46.97% of the total number of stream types, for about 90% observation time. It seems that this species was selective for riffle area and concentrated its time to this area for food. Furthermore, riffle area was found to be the most productive site of aquatic insects. Three kinds of foraging techniques were observed in different stream types, wading was observed most frequently in type 1 (shallow riffle), and diving in type 3 (deep riffle).

During the breeding season, Brown Dipper established their territories along the stream. The average territory size was 1045 m in length (n=14) and was strongly correlated with food factors. On the other hand, the available nesting site was found not to be a limiting factor in this study.

From further analysis on the relationship between territory size and stream habitat factors, it was found that territory size was highly correlated with riffle area (%) and weight of aquatic insects ($R^2=0.74$, $P < 0.001$), and was highly negatively correlated with the altitude, riffle area (%) and weight of aquatic insects respectively, and positively correlated with the stream type 4 (pool). There were no apparent correlation between territory size and other factors such as stream flux, slope and pH value.

目 錄

誌謝

中文摘要

英文摘要

| | | |
|----|--------------|----|
| 一、 | 緒言 | 1 |
| 二、 | 方法 | 3 |
| | A.繁殖記錄 | 3 |
| | B.定期觀察 | 3 |
| | C.繁殖領域與棲地之關係 | 5 |
| | D.統計分析 | 7 |
| 三、 | 結果 | 8 |
| | A. 繁殖季 | 8 |
| | B.定期觀察 | 9 |
| | C.繁殖領域與棲地之關係 | 11 |
| 四、 | 討論 | 16 |
| | A.繁殖季為何這麼早？ | 16 |
| | B.覓食行爲 | 17 |
| | C.繁殖領域與棲地之關係 | 18 |
| | D.領域大小之決定因素 | 23 |
| 五、 | 參考文獻 | 25 |
| 圖 | | 30 |
| 表 | | 38 |

一、緒言

河鳥屬燕雀目 (Passeriformes)，河鳥科 (Cinclidae)，此科僅一屬，共五種，主要分佈於歐亞大陸及美洲太平洋沿岸地區。台灣的河鳥與中國大陸東南部及日本，韓國等地區為同一種 (Brown Dipper, Cinclus pallasii)，本種又可分為四個亞種，台灣者屬 C. p. pallasii 亞種。

河鳥大多棲息於山區清澈的溪流中，特別是多急流及凸石的溪流。河鳥以水棲昆蟲為食，常涉水或潛入水中覓食，牠們是燕雀目中唯一能游泳及潛水的一群鳥類。在水中時河鳥以雙翅擊水前進，且能在水底自在地走動，飛行時多緊貼水面沿河道直線疾速前進，並常伴隨著短促的叫聲。繁殖季時成對的河鳥會佔據溪段建立領域，防禦其他個體的侵入。

Perry (1986) 指出，控制河鳥 (Cinclus cinclus) 領域大小的因素，不是溪寬或水深，也不是水中的食物量，而是食物的可及性 (accessibility)，他認為河鳥較喜歡在水深小於 1 公分到 1 公尺的區域覓食，因此這些區域的多寡才是控制領域大小的主要原因。

另 Ormerod et al. (1985) 指出，在繁殖季河鳥的密度與溪流的坡度成顯著正相關，而與水棲昆蟲豐富度呈顯著負相關。此外，Ormerod et al. (1986) 亦發現 pH 值也會影響河鳥在繁殖季的分佈狀況，因為溪流的 pH 值降低會

導致水棲昆蟲的減少，而水棲昆蟲正是河鳥的主要食物，因此在酸性的溪流中，河鳥的密度較低。

本研究主要在探討河鳥繁殖領域大小與溪流棲地間的關係，以期進一步了解控制河鳥繁殖領域大小之因素。

二、方法

A. 繁殖記錄

自 76 年 11 月起，即開始到各研究地區（圖一）之溪流中探查河鳥的分佈情況，記錄繁殖行爲及巢位狀況。另於 78 年 2、3 月間，在南勢溪觀察並記錄兩對河鳥的餵食行爲。

B. 定期觀察

在 77 年 11 月至 78 年 4 月間（約爲河鳥之繁殖季），分別在沙里仙溪及南勢溪各選擇一段溪流，分別爲 1.4 公里及 2.4 公里，每月定期測量溪流型態，流量，及隔月採集水棲昆蟲（共三次），以觀察此期間溪流棲地之變化狀況。同時也觀察河鳥的覓食行爲，記錄其覓食方式，持續時間，及所利用之溪流型態。

1. 溪流型態

在各研究溪段中，由下游算起每隔五十公尺（一單位長）處爲一測量點，於此點之穿越線（垂直水流方向，橫跨溪流之測量線）上，以面朝上游之左岸爲起點，在每隔一公尺處記錄其正下方的溪流型態。溪流型態以水深及流速來界定，可分爲四區（林等，1988）。本研究所訂標準如下：

| 溪流型態 | 深度 (cm) | 流速 (m/sec) |
|--------|---------|------------|
| 1. 快淺區 | <10 | >0.3 |
| 2. 慢淺區 | <10 | <0.3 |
| 3. 快深區 | >10 | >0.3 |
| 4. 慢深區 | >10 | <0.3 |

2.流量

為單位時間內流過某穿越線之水量（立方公尺 / 秒）。在各研究溪段之上、中、下游溪段，分別選定一較適合測流量之穿越線，以面朝上游之左岸為起點，在每隔一公尺處，以炸彈形流速器（Hydrobios digital flowmeter, model 438 110）測流速，同時也以木尺測量水深，進而算出各穿越線之流量（呂與汪，1987）及各溪段之平均流量。

3.水棲昆蟲

在各研究溪段內，每一種溪流型態各隨機抽取6個樣本。以定面積之水網（50×50 cm）（楊等，1986）採集3分鐘，採集時以手清洗定面積內之石塊，使附著於石塊表面之水棲昆蟲儘可能被收集在水網中。然後將捕獲之水棲昆蟲置入含70%酒精之採集瓶中保存，帶回實驗室鑑定科別及計量，研

究期間兩地各採集三次。

4.覓食行爲

河鳥的覓食方式乃參考 Bryant et al. (1985) 之分類法修改得來，可分爲下列三種：

- 1.涉食：頭部浸入水中，腳著地涉水覓食。
- 2.潛食：整個身體潛入水中覓食。
- 3.啄食：身體漂浮水面啄食。

在定期觀察之溪段中，若見河鳥覓食，即記錄其覓食方式及此覓食方式持續之時間和所利用之溪流型態，至其停止覓食爲止。觀察之對象以在此研究溪段中覓食之河鳥爲限。

C.繁殖領域與棲地之關係

自 77 年 2 月起，開始到各研究地區（圖一）之溪流中，抓鳥上標，而界定領域及測量棲地因子等主要野外工作則在 78 年 1、2 月間進行。

1.上標

先以霧網（Mist nets, 2×16m）一或兩面橫跨溪面架設，然後追趕河鳥迫使其中網或任其自由中網。抓到後，以四種不同顏色的塑膠環上標區別，最後在尾羽外緣擦上與腳環同顏色的染料以供快速辨認。

2. 界定領域

在河鳥被標放後，調查人員即沿著溪流尋找及追趕，當牠快接近領域邊界時常會有減慢飛行速度，時飛時停，鼓動雙翼或折回等現象，我們以此來界定領域邊界。另外也記錄相鄰領主間發生對峙和追逐的位置，以進一步確定領域邊界之所在。

3. 棲地因子之測量

(1) 溪流型態：在各領域中由一端邊界算起每隔五十公尺（一單位長）處為一測量點，於此點之穿越線上測溪流型態，方法如前述。

(2) 溪寬：在前項測量點處測量溪寬。

(3) 植被：記錄左右兩岸各單位長向外延伸五十公尺之方塊內的植被狀況：

1：闊葉林 2：針葉林 3：混淆林

(4) 海拔：在每一測量點處測量海拔高度。

(5) 坡度：上游領域邊界之海拔減下游邊界海拔，再除以領域長度即為坡度，單位以 m/km 表示。

(6)流量：在各領域之上、中、下游溪段，分別選定一較適合測流量之穿越線測量流量，方法如前述，最後求出各領域之平均流量。

(7)pH 值：在測流量處，同時以攜帶式 Solar pH meter (Mode: 1) 各重覆測量 pH 值三次。

(8)深潭：長度超過 10 公尺的廣闊慢深區定義為深潭，測量並記錄其長度。

(9)水棲昆蟲：在每一領域內選擇河鳥較可能會覓食的快淺區及快深區各三處，即每一領域採集 6 個樣本 (Canton and Chadwick, 1988)，採集方法同前。

D.統計分析

領域與棲地之資料，利用簡單迴歸及複迴歸等統計方法分析，以進一步探討領域長度與棲地因子間的關係。

三、結果

A.繁殖季

1.繁殖紀錄

由各研究溪流中所得到的繁殖記錄（圖二）得知，11月底即見河鳥交配。而築巢多數集中在12月底（ $n=14$ ），各巢之幼鳥則大多在3月底前離巢（ $n=7$ ）。圖二中標1者為南勢溪的一對河鳥，因第一窩失敗，而繼續進行第二窩，至5月10日幼鳥才離巢。因此若以所有觀察族群中下第一個蛋的那一天為繁殖季的開端，而以幼鳥離巢為繁殖季的結束，則由已知的17對河鳥之繁殖記錄，可算出河鳥的繁殖季大約從12月上旬，一直持續到隔年的5月上旬。若將河鳥的繁殖季與一般留鳥（3~8月）作一比較，很明顯地，河鳥的繁殖季遠比一般留鳥來得早。

2.巢位

研究期間共發現11個河鳥巢（表一），其中5個（45.4%）築在溪邊的岩壁凹穴中，由溪中可見被嵌築在凹穴中的鳥巢。3個（27.3%）築在岩壁隙縫中，外觀上看不見鳥巢，較隱密。另外有2個（18.2%）築在裸露的石塊上，很明顯，而此二巢所在之領域，兩岸皆緊臨植被無岩壁。還有一個（9.1%）在橋墩下。

3. 餵食記錄

在餵食記錄中，可辨識的食物共有 146 隻，其中毛翅目之稚蟲有 105 隻（71.9%），蜉蝣目及●翅目共 25 隻（17.1%），小魚 16 隻（11%）。

B. 定期觀察

1. 流量

沙里仙溪與南勢溪在 77 年 11 月至 78 年 4 月間，平均流量之變化趨勢相同，即從 77 年 11 月以後流量慢慢變小，而 78 年 2、3 月間為最小，3 月以後又慢慢回升。而沙里仙溪各月份之平均流量則比南勢溪大（圖三）。

2. 水棲昆蟲

在沙里仙溪與南勢溪各三次採集中發現，水棲昆蟲豐富度以快淺區及快深區較高，慢淺區及慢深區較低（圖四），即水流速度較快者，水棲昆蟲豐富度較高，且兩地的趨勢相同。而水棲昆蟲豐富度不管以溼重或數量來表示，差異並不大。

在所有採集的水棲昆蟲中，以毛翅目及蜉蝣目之稚蟲佔大多數，而●翅目較少（圖五）。

在三次採樣中，沙里仙溪以 2 月份數量最多，而南勢溪則是 4 月。

3.覓食行爲

在沙里仙溪及南勢溪所做的覓食行爲觀察顯示，河鳥有集中在某些溪流型態覓食的現象，若以兩地之和及各種覓食行爲總和來看（表二(3)），河鳥有 59.47% 的觀察時間在快淺區覓食（ $n=7692$ 秒），28.78% 在快深區，及 6.93%、4.82% 在慢淺區及慢深區。因此若將快淺區及快深區合併成「急流區」，則河鳥有將近 90% 的觀察時間在急流區中覓食。

由表中的指數項可大略看出各種覓食方式對各溪流型態的利用程度，指數為一選擇係數，其值等於覓食行爲百分比除此觀察溪段中溪流型態之百分比，指數大於 1 時表示對此溪流型態之利用程度高於隨機覓食之結果，指數愈高，表示對該溪流型態之利用程度愈高，也就是偏好性愈強。表二中所有覓食行爲之快淺區之指數達 4.98。

而三種覓食方式對各溪流型態之利用程度也不同，如涉食對於快淺區，潛食對於快深區之利用程度較高。

若就四種溪流型態中各種覓食方式發生之比例來看，在快淺區中，99.08% 的覓食行爲為涉食，慢淺區中，99.62% 為涉食，快深區多數為潛食及啄食，而慢深區則 90.84% 為啄食（表(3)）。

沙里仙溪與南勢溪間，三種覓食方式的比例也略有不同，潛食以沙里仙溪較高，而啄食則以南勢溪較高，涉食相差不大。

C.繁殖領域與棲地之關係

1.繁殖領域

在研究期間發現河鳥為一夫一妻制，並未如美洲河鳥（Cinclus mexicanus）般有一夫多妻制的現象（Moller, 1986）。

當繁殖季節來臨時，成對的河鳥會佔據溪段建立領域，由於溪流在地形上的特性，所以河鳥的領域為線形的，一般以領域的長度來表示領域大小（Price and Book, 1983）。河鳥的繁殖領域是屬於全用途領域，即交配，築巢和覓食的區域都在此領域內。

在各研究溪流中河鳥的領域是相臨接的，且在兩端邊界外，都有其他河鳥存在（有勝溪之上游邊界除外），在已知的 14 個領域中，領域長度平均為 1045 公尺，最短的只有 400 公尺（七家灣溪），最長的為 2170 公尺（南勢溪），差異相當大。

雖然在整個繁殖季間，領域長度會有所變化，但在南勢溪的定期觀察中發現，領域邊界相當固定，因此在繁殖季間領域長度之變化並不大。

2.棲地

(1)溪流型態

各領域中都包含四種溪流型態，且此四種溪流型態零亂地散布於溪流中。由於各領域長度不同，所以測得的溪流型態總數量也不同，但此數目約略可代表河鳥所佔領域之相對水域面積（圖六）。

(2)深潭

深潭在各領域之狀況，差異很大，有些領域沒有深潭，有些則多達領域長度的 34.3%，深潭總長度與海拔高度呈負相關（ $r=0.66$, $p<0.01$ ），但是慢深區呈正相關（ $r=0.89$, $p<0.001$ ），此因深潭本身即為一廣闊的慢深區，因此深潭愈多，慢深區之數量也相對地增多。此外深潭總長度與水棲昆蟲總溼重呈負相關（ $r=-0.61$, $P<0.01$ ），因此在深潭較多的領域中，水棲昆蟲有較貧乏之現象。

(3)海拔

各領域所在之海拔高度由 79 公尺（神祕谷）到 1627 公尺（武陵農場）不等，海拔高度與急流區百分比成正相關（ $r=0.80$, $P<0.001$ ），與水棲昆蟲總溼重呈正相關（ $r=0.77$, $P<0.001$ ），

因此海拔之變化會導致溪流型態或水棲昆蟲相的變化。

(4)流量

各領域之平均流量在 $0.21 \sim 2.33 \text{ m/sec}$ 間，流量與各棲地因子間皆無顯著相關。

(5)坡度

坡度 (m/km) 即每公里溪流爬升之高度，由 $12.9 \sim 58.8 \text{ m/km}$ 不等，與水棲昆蟲總溼重、毛翅目及蜉蝣目數量成顯著正相關，但與急流區百分比無顯著相關。

(6)平均溪寬

在 $5.7 \sim 13.7$ 公尺間，與水棲昆蟲總溼重呈負相關 ($r=-0.63$, $P<0.01$)。

(7)pH 值

pH 值由 $7.96 \sim 8.88$ 不等，皆為弱鹼性，並未發現呈酸性的溪流。pH 值除與積翅目溼重呈負相關 ($r=-0.67$, $P<0.01$) 外，與其他因子皆無顯著相關。

(8)水棲昆蟲

在各領域中所採集的水棲昆蟲，分別以溼重及數量來表示，並細分成毛翅目，蜉蝣目，●翅目及總合等項，其中以總溼重較能代表一個領域中河鳥食物來源之生物量（biomass）。且總溼重絕大多數是得自於毛翅目，兩者呈顯著正相關（ $r=0.99$ $P<0.001$ ）。

3.繁殖領域與棲地之關係

在 14 個領域中，領域長度與各棲地因子之關係如以簡單迴歸分析之結果（表四）來看，溪流型態總數量與領域長度呈正相關（ $R^2=0.9$ ， $P<0.001$ ），慢深區數量與領域長度呈正相關（ $R^2=0.9$ ， $P<0.001$ ），急流區百分比與領域長度呈負相關（ $R^2=0.6$ ， $P<0.01$ ，圖七(1)），海拔高度與領域長度呈負相關（ $R^2=0.7$ $P<0.001$ ），水棲昆蟲總溼重也與領域長度呈負相關（ $R^2=0.6$ ， $P<0.001$ ，圖七(2)）。其他如平均流量、坡度、pH 等與領域長度間則無顯著相關。另以複迴歸分析來看，領域長度與急流區百分比及水棲昆蟲總溼重之關係，可以下列模式（ $R^2=0.74$ ， $P<0.001$ ， $n=14$ ）表示：

領域長度 = $2307.25 - 16.01$ （急流區百分比）
- 21.98 （水棲昆蟲總溼重）。

此外，若結合深潭區總長度及海拔高度，可得到另一個複迴歸模式（ $R^2=0.85$ ， $P<0.001$ ， $n=14$ ）：

$$\text{領域長度} = 1246.82 + 1.48 (\text{深潭總長度}) - 0.47 (\text{海拔高度})。$$

四、討論

A. 繁殖季為何這麼早？

在 Efteland (1975) 及 Shaw (1978) 的報告中都會提到，河鳥的繁殖季比一般留鳥來的早，在台灣也有這種現象。

一般而言，鳥類的繁殖季往往會與其食物的高峰期相配合，使育雛階段落在食物為最易取得的時期 (Perrins, 1970)。Shaw (1978) 指出河鳥的繁殖季之所以這麼早，主要是為了配合水棲昆蟲羽化前的生物量高峰期。從楊等 (1989) 及黃 (1987) 在北勢溪及七家灣溪所做的水棲昆蟲月變化 (圖八) 中可看出，此兩地水棲昆蟲豐富度的高峰期，分別是在 12 月至 4 月及 12 月至 2 月間，這與河鳥的繁殖季雖然不是很吻合，但是水棲昆蟲在冬季及初春即達高峰期的現象似乎是促使河鳥這麼早進入繁殖季的主要原因。在沙里仙溪及南勢溪的定期採樣中，水棲昆蟲的豐富度分別以 2 月份及 4 月份為最高，這可為上述的推論提供些許佐證。

另外，降雨量也可能是另一個影響繁殖季提早的因素 (Tyler and Ormerod, 1985)。一般而言，台灣除東北部外，其他地區的雨量，大多集中在夏季及秋季，而冬季及初春為枯水期，各溪流的流量較小且較穩定 (Wang, 1989；張，1989)。而在沙里仙溪及南勢溪也有相同的情況 (圖三)。

此外在沙里仙溪的觀察中發現，8至10月間，因正值雨季，因此水位暴漲，水流洶湧，Bryant (1988) 指出，水流深度和流速的增加會使水棲昆蟲的可及性降低，同時也提高覓食所需的能量。所以流量的因素或許是促使河鳥繁殖季提早的另一項因素，但因尚無充分之証據，因此有待進一步的研究。

B. 覓食行爲

通常一隻覓食中的動物會局限牠的活動在某些特殊的地區或棲地型態上，很多動物也學會集中牠們的覓食活動在以前曾經成功地獲得食物的區域，而隨機覓食往往是最沒有效率的方法，因為那常會使覓食中的動物又回到先前剛剛覓食過的區域 (McFarland, 1987)。

在覓食行爲的記錄中 (表二(3))，有將近90%的觀察時間發現河鳥在急流區覓食，而急流區則只佔所有溪流型態的46.97%。由此可見，河鳥集中在急流區覓食的現象，也可以說，河鳥對急流區有選擇性。若從食物的觀點來看，急流區是水棲昆蟲豐富度較高的區域 (圖四)，因此河鳥集中在急流區覓食是很可能的，因為就最佳覓食理論 (Optimal foraging theory) 來說，集中在食物較多的地區覓食是較有利的 (Orians, 1971)。

Bishton (1986) 對 Dunnock (prunella

modularis) 之覓食行爲研究指出，Dunnock 對各種覓食棲地之利用頻率不同，他認爲造成此種現象最主要的原因可能與食物的分布有關，因爲在 Dunnock 最常利用的覓食棲地中，其食物豐富度相對地較其他區域爲高。另外 Hirons and Johnson (1987) 在 Woodcock (Scolopax rusticola) 的研究中也發現有這種現象。

快淺區因水較淺，可及性較快深區高，因此雖然快淺區只佔所有溪流型態的 11.95%，卻有 59.47% 的覓食行爲發生在這裡。由快淺區之指數達 4.98 可看出，河鳥對快淺區的利用程度很高，也可以說，就覓食而言，河鳥對快淺區有偏好。

三種覓食方式對各溪流型態之利用程度不同，一方面是因爲覓食方式及溪流型態的定義，造成先天的限制，如潛食大都在深水區，而涉食則在淺水區等，因此只要定義一改變，整個數據也會跟著改變。另一方面，河鳥對各溪流型態之偏好程度也會有影響。

在沙里仙溪與南勢溪的覓食行爲比較中，雖然絕大多數的啄食行爲是發生在快深區與慢深區，然而兩地比例卻相反，我認爲這可能與沙里仙溪之觀察時間不夠有關。

C.繁殖領域與棲地之關係

1.巢位

在繁殖領域的研究中，食物來源與巢位常是較重要的兩個限制因子。由巢位的狀況可知，河鳥所利用的巢位是多樣性的，並不限於利用某種巢位。在 Shaw (1978) 及 Ormerod et al. (1985) 的研究中指出，河鳥 (Cinclus cinclus) 可以利用各種天然或人造的巢位來築巢，對各種巢位的適應能力很強。而 Price and Bock (1983) 則認為河鳥大多將巢築在岩壁上或橋墩下，因為這些地方天敵較不容易接近，且能避風雨，但是若領域中缺乏這些巢位，河鳥會將牠們的巢築在較暴露的地方，如大石塊上或樹根等。在七家灣溪的兩個領域中，因兩岸都是開曠地，沒有較隱密的岩壁巢位，因此鳥巢就築在溪邊裸露的石塊上。

另外若特定巢位的缺乏會限制河鳥進行繁殖的數量，那麼必定會減低領域長度與其他某些棲地因子間的相關性 (Davis, 1982)，但在此研究中，領域長度與食物因素有極顯著的相關，所以巢位似乎不是河鳥領域大小的限制因子。

2. 溪流型態

溪流型態之總數量可代表各領域內水域之相對面積，且與領域長度有很高的相關性 ($R^2 = 0.9$, $P < 0.001$)，因此河鳥之領域大小無論以其活動之水域面積或溪流長度來表示，其結果是很近似的。

慢深區是河烏覓食頻率最低的區域（4.82%，表二(3)），這或許跟此區域內水棲昆蟲豐富度也最低（圖四）有關。若就四種溪流型態提供食物的潛能來說，慢深區的貢獻最少，所以在一條溪流中，慢深區愈多，即較不能利用的空間愈多，河烏爲了要補足足夠的食物需求量，領域自然就相對地增大。慢深區與領域長度的關係雖然最爲密切（ $R^2=0.9$ ， $P<0.001$ ），但並不具有特殊的生物意義。

若以百分比來表示各種溪流型態，則比數量更能表現出此一領域中的溪流狀況。而快淺區及快深區因狀況較相似，如流速，水棲昆蟲豐富度等，因此有時會將其合併爲「急流區」，在解釋上較爲方便。急流區百分比，與領域長度成負相關（ $R^2=0.6$ ， $P<0.001$ ）。即急流區的比例愈高領域長度愈短，在覓食行爲的觀察中，河烏有將近90%的觀察時間在急流區覓食。而急流區內水棲昆蟲的豐富度遠較慢淺區及慢深區爲高（圖四），由此可見急流區乃是河烏食物的主要來源，同時也是河烏主要的覓食場所。因此一條溪流中急流區的比例愈高，即可供覓食的區域愈多，領域就愈小。

在 Davis（1982）的研究中指出，Belted Kingfishers（Megaceryle alcyon）似乎能辨識急流區，且能以急流區的多寡來判定溪流品質的好壞。由本研究之結果來看，河烏似乎也具有這種能

力，牠能分辨出急流區是含有較多食物的區域，而以審視急流區的多寡來評估可供其利用的食物量並建立足以提供其繁殖季食物來源的領域。

3.水棲昆蟲

據 Ormerod (1985a) 及 Ormerod et al. (1987) 對河鳥食性所做的研究指出，河鳥的主要食物為毛翅目，蜉蝣目及積翅目等水棲昆蟲之稚蟲，且其比例與溪流中各目水棲昆蟲的豐富度呈顯著正相關，而在本研究定期的採樣調查中也以毛翅目及蜉蝣目佔優勢（圖五），因此以各領域中水棲昆蟲的豐富度來表示可供河鳥覓食的食物量，應具代表性。另外 Canton and Chadwick (1988) 指出六個樣本的採集量即能正確地預估一條溪流中水棲昆蟲的豐富度。

由簡單迴歸分析中可看出水棲昆蟲總溼重與領域長度成負相關 ($R^2=0.6$, $P<0.01$)，即食物愈豐富，領域會愈小，這種關係在很多報告中都曾經被提及 (Enoksson and Nilsson, 1983; Village, 1982)。

至於各目水棲昆蟲中，只有毛翅目溼重與領域長度有顯著性的相關 ($R^2=0.5$, $P<0.01$)，這可能是因為總重之絕大部份是來自毛翅目之故。而 Ormerod (1985a) 指出，河鳥成鳥及幼鳥之食

物分別有 57% 及 83% 來自毛翅目之稚蟲，另 Ormerod and Perry (1985) 之結果則為 63.2% 及 95.3%，另外在其它研究中也發現有相似的結果 (Ormerod, 1985b; Ormerod et al., 1987)。毛翅目稚蟲之所以是河鳥幼鳥的主要食物來源，可能是因為毛翅目稚蟲的體形及重量相對地比其它水棲昆蟲大，且活動性較低，較易取得，因此餵食效率也較高，所以親鳥大多選擇毛翅目稚蟲餵幼鳥。在本研究之餵食記錄中，發現親鳥餵給幼鳥的食物中有 72% (n=146) 為毛翅目之稚蟲，這與 Ormerod 及 Perry 之結果相當近似。

4.其他因子

各領域之平均流量、平均溪寬、pH 值、植被和坡度等與領域長度並無顯著性的相關。

但由酸雨所造成的 pH 值降低會影響水棲昆蟲的豐富度，特別是毛翅目及蜉蝣目 (Blancher and McAuley, 1988)，間接地會減低河鳥的密度，甚至影響其繁殖成功率 (Ormerod et al., 1986)。在本研究各領域中，pH 值皆為弱鹼性，因此目前尚未發現 Ormerod 等所言之現象。

在植被方面，由於針葉林會產生某些酸性物質，加強溪流的酸化作用，Ormerod et al., (1985

) 指出在有河鳥地區與無河鳥地區間，針葉林所佔的百分比有顯著的差異。且在某些溪流中，河鳥密度的減低似乎與針葉樹之造林有關，但在本研究中，因無研究區位於針葉林中，所以無從比較。

關於坡度對河鳥密度之影響所做的研究較多，兩者呈顯著正相關 (Round and Moss, 1984; Ormerod et al., 1985)，這可能是因為坡度會左右急流區的多寡，而急流區則是較適合河鳥覓食的區域。在本研究中，坡度與急流區的比例或與領域長度間，都沒有顯著相關。

5.複合因子

在複迴歸分析中，結合急流區百分比與水棲昆蟲總溼重所發展出來的模式，能解釋達 77% 的變異度。可見領域大小與食物的因素甚為密切，急流區百分比可代表領域中可供覓食的區域，而水棲昆蟲總溼重則可表示此區域內食物的豐富度。因此結合此二因子可預估各領域中可供覓食的食物量。

另外，結合深潭總長度與海拔高度所發展出來的模式 ($R^2 = 0.85$, $P < 0.01$)，由於此二因子較容易觀察及測量，所以在經營管理上較具實用性。

D.領域大小之決定因素

決定領域大小的因素有很多，如體形大小，族群

密度，食物等（Hinde, 1956; Pettingill, 1970），而其中食物是個相當重要的因素（Haartman, 1971）。Gill and Wolf（1975）對一種花蜜鳥（Nectarinia rechenowi）所做的研究中發現，雖然其領域大小有很大的差異，但是各領域中花朵的數目卻相當一致，且各領域之總供蜜量也與領主每天之能量需求相配合，由此可見，領域之大小仍決定於領主之食物需求量及花朵數與供蜜速率。

就河鳥而言，似乎也有這種現象，即領域的大小主要決定於領主對食物的需求量及可供覓食的食物量，由圖六中可看出，各領域大小相差很大（ $SD=39.8$ ），但若就急流區而言，彼此間的差距就減少很多（ $SD=13.8$ ）。急流區是河鳥覓食頻率最高的區域（表二），也是食物的主要來源（圖四）。

此外各領域中急流區數量與水棲昆蟲總溼重呈負相關（ $r=-0.71$ ， $P<0.01$ ），即急流區愈多，水棲昆蟲總溼重愈低。因此若結合急流區與水棲昆蟲總溼重，應可預估各領域中可供覓食的食物量。由此亦顯示各領主似乎有一最小食物需求量，但因各領主之個體差異，如體重不同（Mace et al., 1983）；或各領域內覓食區的分布狀況，或食物豐富度的差異等，都會導致個體間食物需求量的不同，因此各領域中可供覓食的食物量有些許差異，是可以預見的。

五、參考文獻：

- Bishton, G. 1986 The diet and foraging behaviour of the dunnock Prunella modularis in a hedgerow habitat. Ibis 128:526-539.
- Blancher, P. J., and D. G. McAuley, 1988, Influence of wetland acidity on avian breeding success. Trans. N. Amer. Wildl. Nat. Res. Conf. 52:628-635.
- Bryant, D. M., C. J. Hails, and R. Prys-Jones. 1985. Energy expenditure by free-living dippers (Cinclus cinclus) in winter. Condor 87:177-186.
- Bryant, D. M., and P. Tatner. 1988. Energetics of the annual cycle of dippers Cinclus cinclus. Ibis 130:17-38.
- Canton, S. P., and J. W. Chadwick. 1988. Variability in benthic invertebrate density estimates from stream samples. J. Freshwater Ecol. 4:291-297.
- Davis, W. J. 1982. Territory size in Megaceryle alcyon along a stream habitat. Auk 99:353-362.
- Efteland, S. 1975. Tidleh hekking hjå Fossekall. Sterna 14:185-189.
- Enoksson, B., and S. G. Nilsson. 1983. Territory

- size and population density in relation to food supply in the nuthatch Sitta europaea. J. Anim. Ecol. 52:927-935.
- Gill, F. B., and L. R. Wolf. 1975. Economics of feeding territoriality in the golden-winged sunbird. Ecology 56:333-345.
- Haartman, L. V. 1971. Population dynamics. p391-459 in D. S. Farner and J. R. King(eds.), Avian Biology. Vol. 1. Academic Press, New York.
- Hinde, R. A. 1956. The biological significance of The territories of birds. Ibis 98:340-369.
- Hirons, G., and T. H. Johnson. 1987. A quantitative analysis of habitat preferences of woodcock Scolopax rusticola in the breeding season. Ibis 129:371-381.
- McFarland, D. 1987. Animal Behaviour. P494-495. Oxford University Press.
- Mace, G. M., P. H. Harvey. and T. H. Clutton-Brock. 1983. Vertebrate home-range size and energetic requirements. p32-53. Swingland, I. R., and P. J. Greenwood(eds). The ecology of animal movement. Oxford University Press.
- Moller, A. P. 1986. Mating systems among European passerines: a review. Ibis 128:234-250.

- Orians, G. 1971. Ecological aspects of behavior. p513-546, in D. S. Farner and J. R. King(eds.), Avian Biology. Vol. 1. Academic Press, New York.
- Ormerod, S. J. 1985a. The diet of breeding dippers Cinclus cinclus and their nestlings in the catchment of the River Wye, mid-Wales: a preliminary study by faecal analysis. Ibis 127:316-331.
- Ormerod, S. J. 1985b. Optimal foraging by breeding dippers on a Lancashire hill-stream. Naturalist 110:99-103.
- Ormerod, S. J., and K. W. Perry. 1985. The diet of breeding dippers and their nestings in north-west Ireland. Irish Birds 3:90-95.
- Ormerod, S. J. N. Allinson, D. Hudson, and S. J. Tyler. 1986. The distribution of breeding dippers (Cinclus cinclus (L.); Aves) in relation to stream acidity in upland Wales. Freshwater Biol. 16:501-507.
- Ormerod, S. J., M. A. Boilstone, and S. J. Tyler. 1985. Factors influencing the abundance of breeding dippers Cinclus cinclus in the catchment of the River Wye, mid-Wales. Ibis 127:332-340.

- Ormerod, S. J., S. Efteland, and L. E. Gabrielsen. 1987. The diet of breeding dippers Cinclus cinclus and their nestlings in southwestern Norway. *Holarctic Ecology* 10:201-205.
- Perrins, C. M. 1970. The timing of birds' breeding seasons. *Ibis* 112:242-255.
- Perrins, C. M. 1985. Breeding season. p62. Campbell B., and E. Lack (eds). *A Dictionary of Birds*. The British Ornithologists' Union.
- Perry, K. W. 1986. *The Irish dipper*. Published privately.
- Pettingll, O. S. 1970. *Ornithology*. P310-313. Burgess Publishing Company.
- Price, F. E., and C. E. Bock. 1983. Population ecology of the dipper (Cinclus mexicanus) in the Front Range of Colorado. Cooper Ornithological Society, Kansas.
- Round, P. D., and M. Moss. 1984. The waterbird populations of three Welsh rivers. *Bird Study* 31:61-68.
- Shaw, G. 1978. The breeding biology of the dipper. *Bird Study* 25:149-160.
- Tyler, S. J. and S. J. Ormerod. 1985. Aspects of the Breeding of dippers Cinclus cinclus in the

southern catchment of the River Wye. Wales.
Bird Study 32:164-169.

Village, A. 1982. The home range and density of
kestrels in relation to vole abundance. J.
Anim. Ecol. 51:413-428.

Wang, J. C. 1989. Environmental quality and fish
community ecology in an agricultural
mountain

stream system of Taiwan. Ph. D. Dissertation.
Iowa State University. Ames, Iowa. 138pp.

呂光洋、汪靜明 1987，武陵農場河域之原產種魚類生態之
初步研究，農委會 76 年生態研究第 010 號，P9-10。

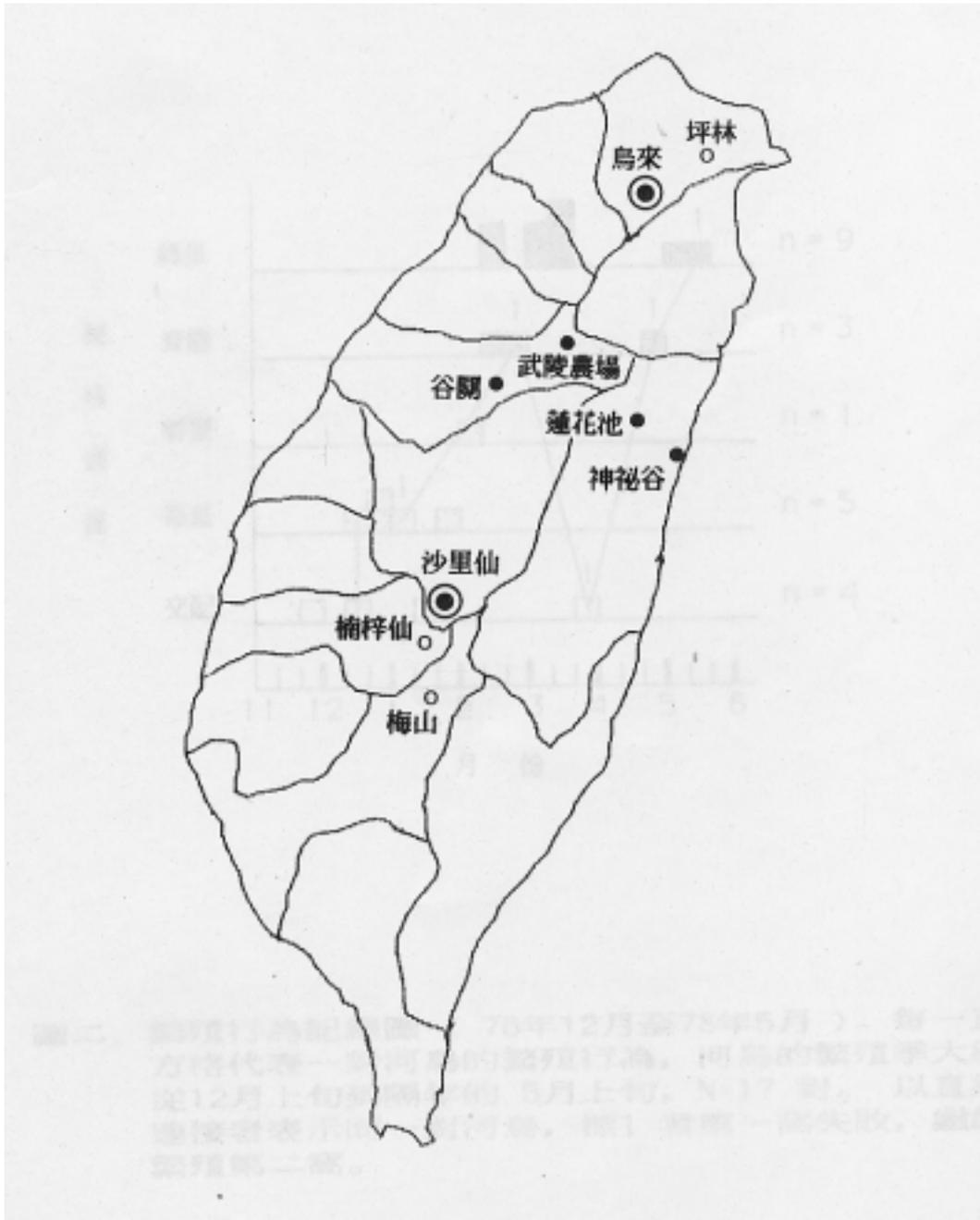
林曜松、曹先紹、張崑雄、楊平世，1988，櫻花鉤吻鮭生
態之研究（二）族群分布與環境因子間關係之研究，
農委會 77 年生態研究第 012 號，P22-25。

黃國靖，1987，七家灣溪水棲昆蟲相及其生態研究，台大
植病研究所碩士論文，147pp。

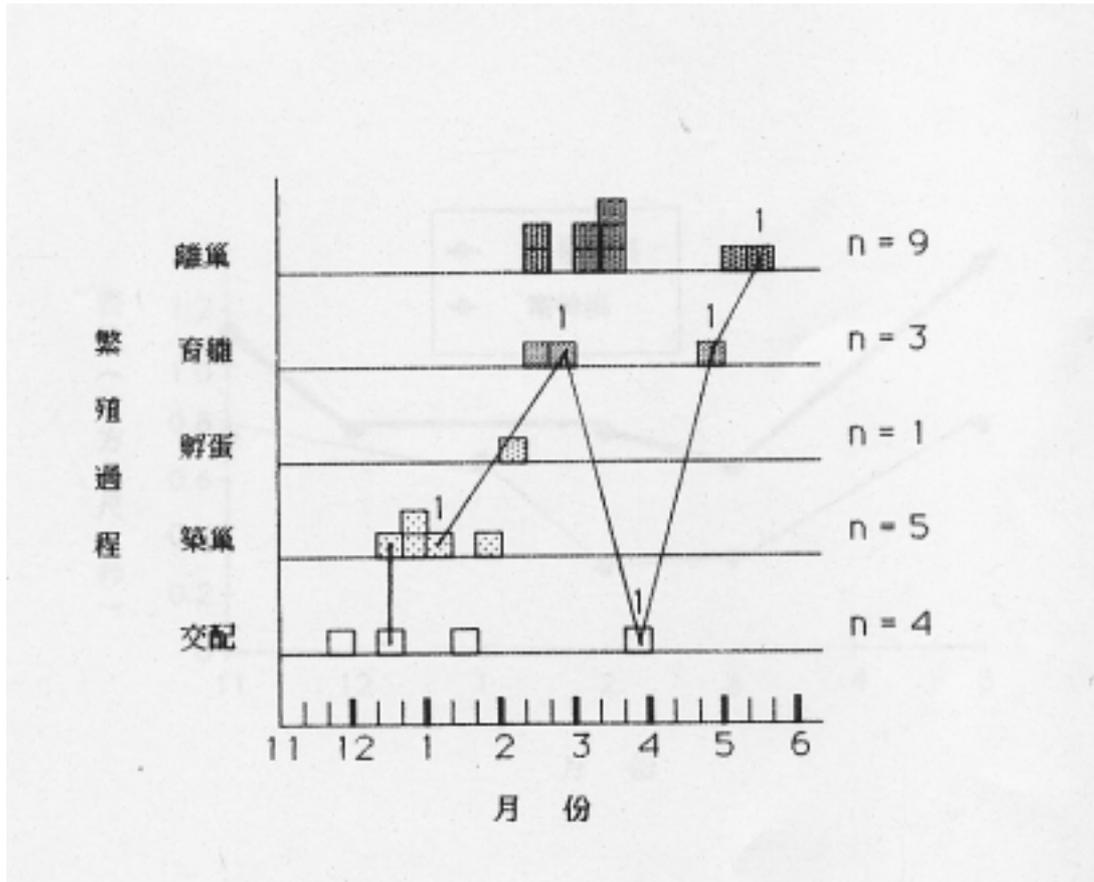
張明雄，1989，有勝溪臺灣纓口鰍（Crossostoma lacustre）
之生態學研究。師大生物研究所碩士論文。

楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢，
1986，武陵農場河域之水棲昆蟲相及生態調查。農委
會 75 年生態研究第 001 號，P5。

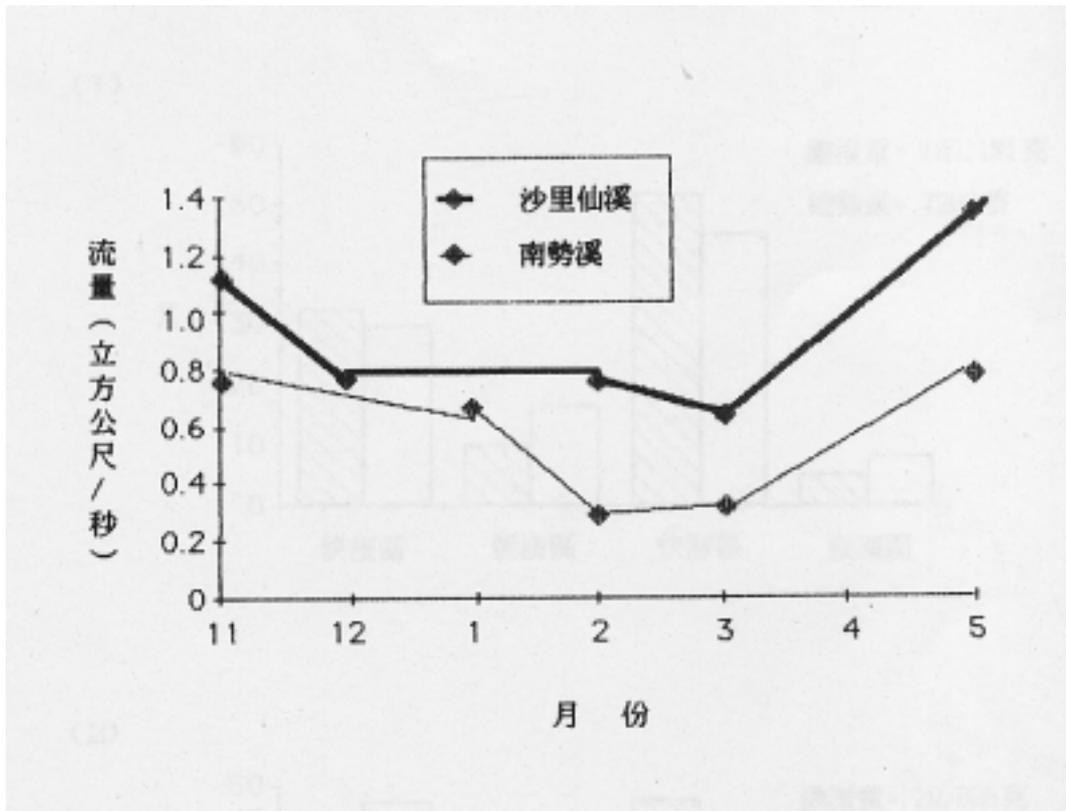
楊世平、黃國靖、謝森和，1988，北勢溪之水棲昆蟲資源
及生態研究（I）。七十七年度國科會大型環保計畫
—淡水河系問題研究成果研討會。



圖一、本研究各研究地區在本省之分布圖。●為定期觀察之地區，●為從事領域與棲地關係研究之地區，○為曾經標放河鳥或有繁殖記錄之地區。

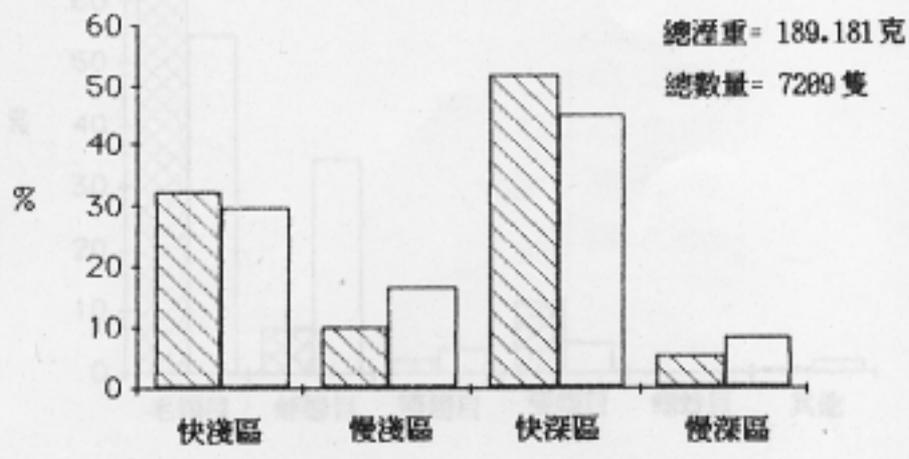


圖二、繁殖行為記錄圖（76年12月至78年5月）。每一正方格代表一對河鳥的繁殖行為，河鳥的繁殖季大約從12月上旬到隔年的5月上旬，N=17對。以直線連接著表示同一對河鳥，標1者第一窩失敗，繼續繁殖第二窩。

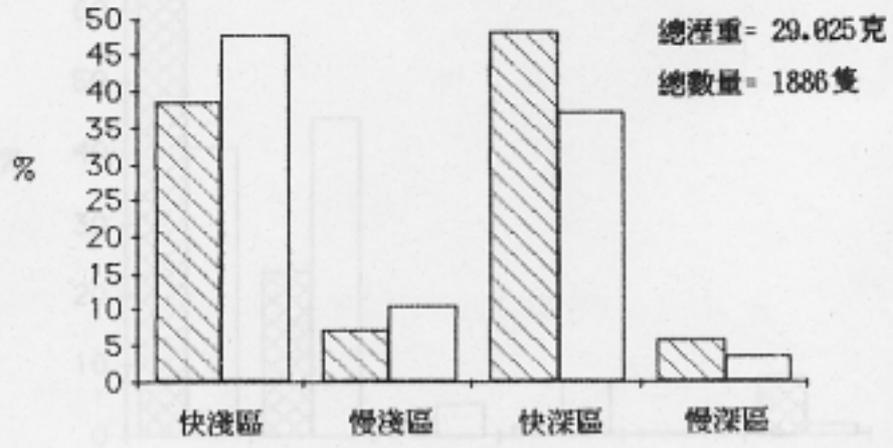


圖三、沙里仙溪及南勢溪在 77 年 11 月至 78 年 4 月間平均流量之變化。

(1)

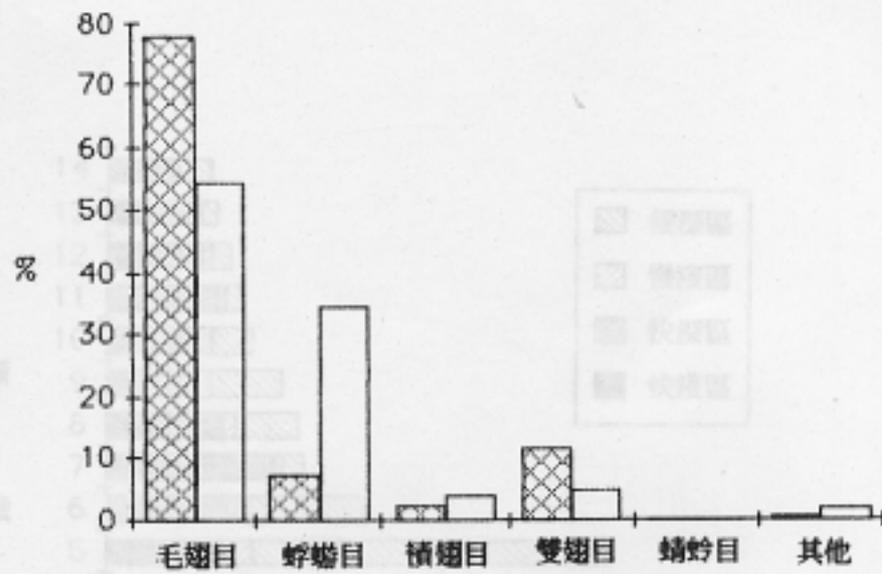


(2)

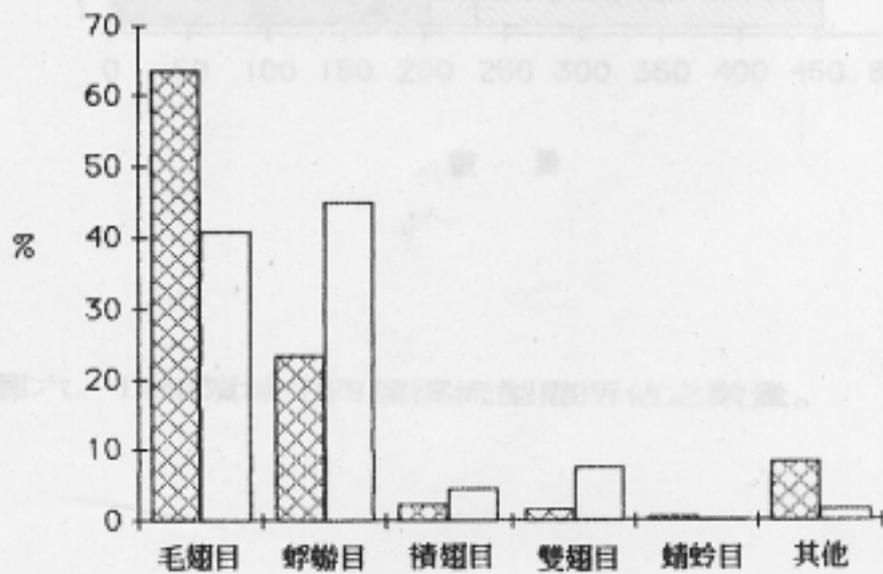


圖四、沙里仙溪(1)及南勢溪(2)各溪流型態中，水棲昆蟲溼重(▨)及數量(□)之百分比。

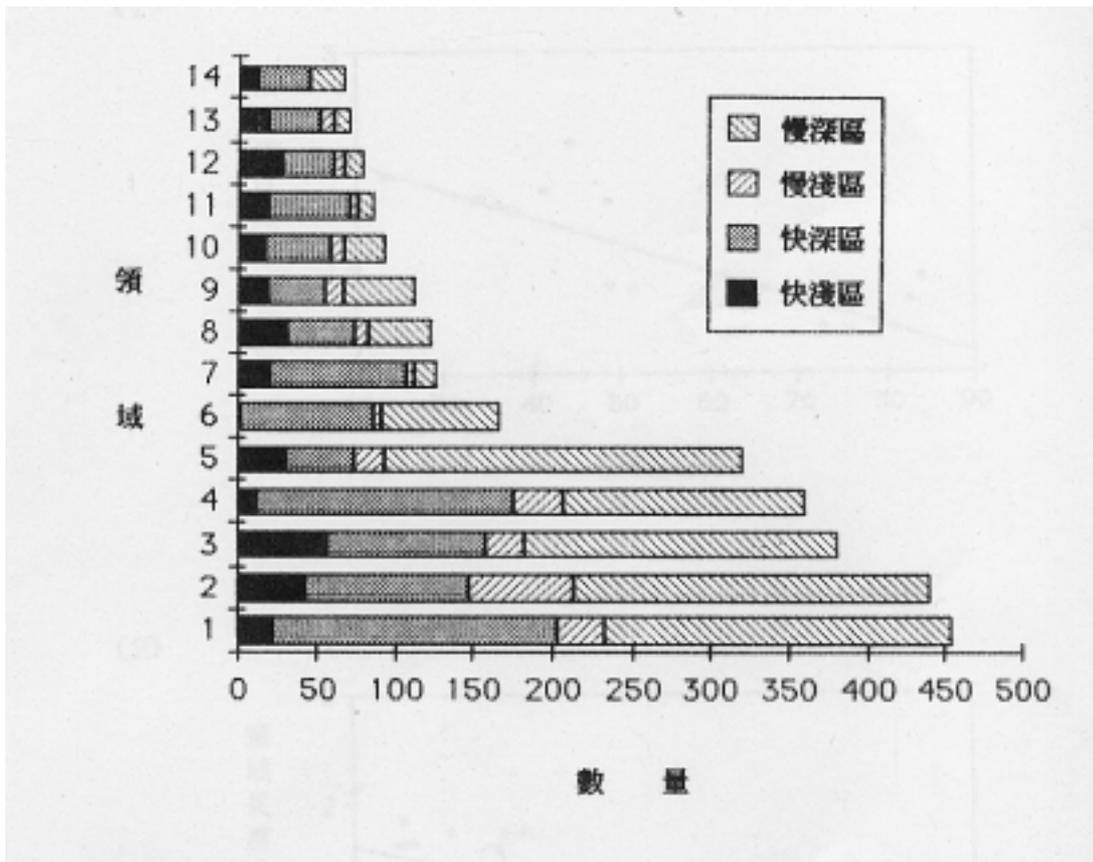
(1)



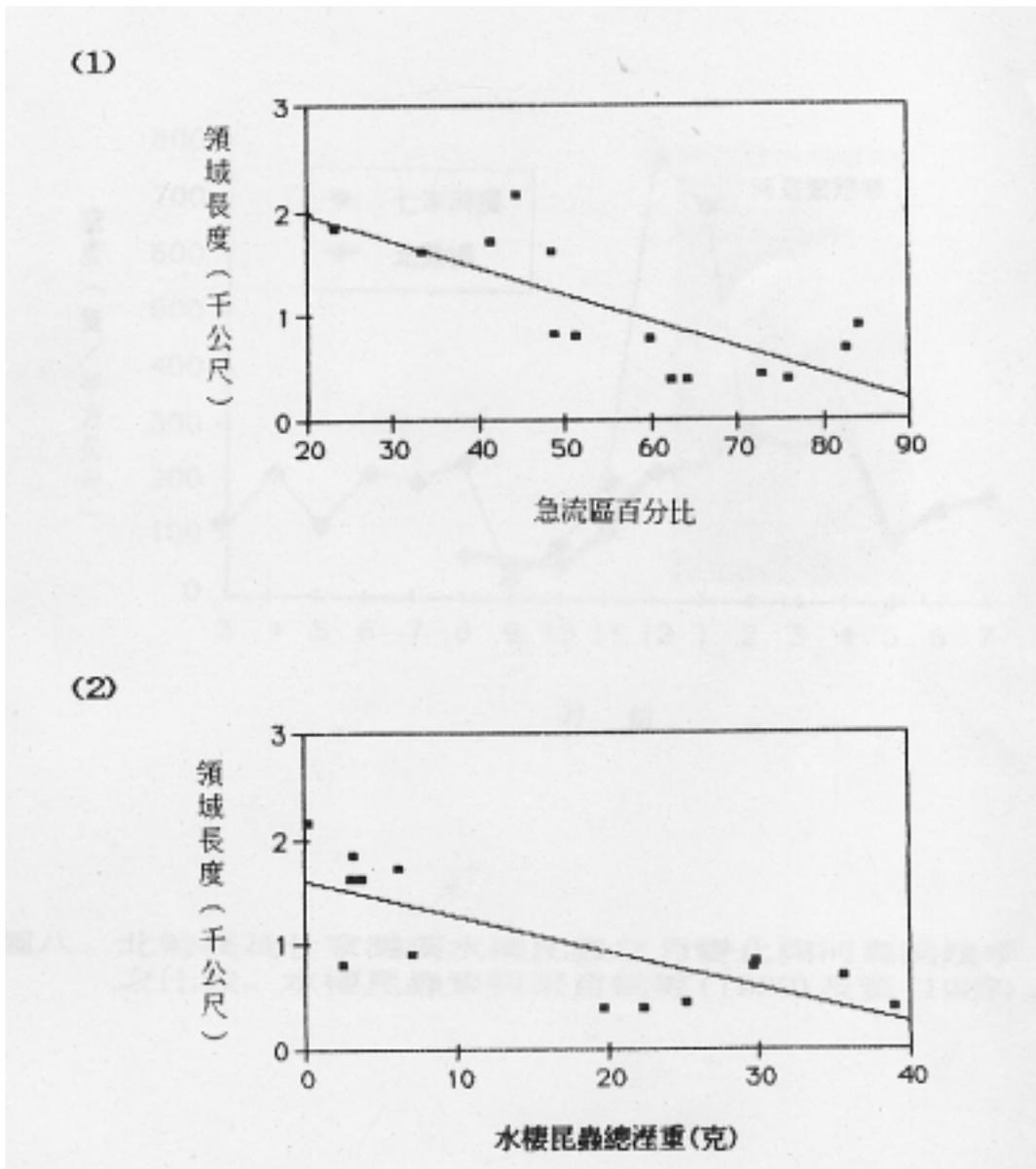
(2)



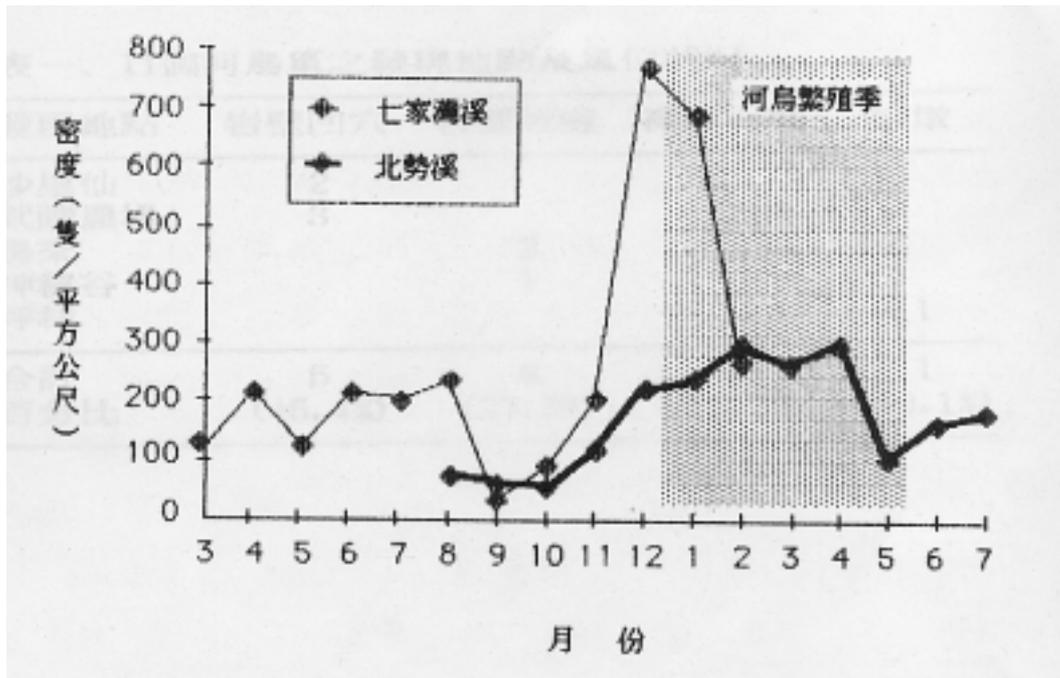
圖五、沙里仙溪(1)及南勢溪(2)各目水棲昆蟲之溼重(▨)與數量(□)之百分比。



圖六、14 個領域中四種溪流型態所佔之數量。



圖七、河鳥領域長度與(1)急流百分比；(2)水棲昆蟲總溼重之線性迴歸圖，迴歸線由表四得來。



圖八、北勢溪及七家灣溪水棲昆蟲之月變化與河鳥繁殖季之比較。水棲昆蟲資料來自楊等(1989)及黃(1987)。

表一、11 個河鳥巢之發現地點及巢位狀況

| 發現地點 | 岩壁凹穴 | 岩壁隙縫 | 裸露石塊 | 橋墩 |
|------|---------|---------|---------|--------|
| 沙里仙 | 2 | | | |
| 武陵農場 | 3 | | 2 | |
| 烏來 | | 2 | | |
| 神秘谷 | | 1 | | |
| 坪林 | | | | 1 |
| 合計 | 5 | 3 | 2 | 1 |
| 百分比 | (45.4%) | (27.3%) | (18.2%) | (9.1%) |

表二、河鳥覓食行爲與溪流型態之關係,()內爲觀察時間(秒)

(1) 沙里仙溪 (2) 南勢溪 (3) 兩地之和, 溪流型態分區如下:

(1) 1: 快淺區 2: 慢淺區 3: 決深區 4: 慢流區

| 溪流棲地 | | 涉食(1551) | | 潛食(499) | | 啄食(133) | | 總計(2183) | |
|------|-------|----------|------|---------|------|---------|------|----------|------|
| 型態 | % | % | 指數* | % | 指數 | % | 指數 | % | 指數 |
| 1 | 17.76 | 71.95 | 4.05 | 1.20 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 51.40 | 2.89 |
| 2 | 8.14 | 23.66 | 2.91 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 16.81 | 2.06 |
| 3 | 64.61 | 4.39 | 0.07 | 95.79 | 1.48 | 28.57 | 0.44 | 26.75 | 0.41 |
| 4 | 9.49 | 0.00 | 0.00 | 3.01 | 0.32 | 71.43 | 7.53 | 5.04 | 0.53 |

*指數=覓食行爲% / 溪流型態%, 指數 >1 表示有偏好。

(2)

| 溪流棲地 | | 涉食(3580) | | 潛食(951) | | 啄食(978) | | 總計(5509) | |
|------|-------|----------|------|---------|------|---------|------|----------|------|
| 型態 | % | % | 指數* | % | 指數 | % | 指數 | % | 指數 |
| 1 | 10.06 | 95.42 | 9.48 | 3.26 | 0.32 | 0.51 | 0.05 | 62.66 | 6.23 |
| 2 | 12.36 | 4.58 | 0.37 | 0.21 | 0.02 | 0.00 | 0.00 | 3.01 | 0.24 |
| 3 | 25.32 | 0.00 | 0.00 | 94.53 | 3.73 | 74.75 | 2.95 | 29.59 | 1.17 |
| 4 | 52.26 | 0.00 | 0.00 | 2.00 | 0.04 | 24.74 | 0.47 | 4.74 | 0.09 |

(3)

| 溪流棲地 | | 涉食(5131) | | 潛食(1450) | | 啄食(1111) | | 總計(7692) | |
|------|-------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|
| 型態 | % | % | 指數* | % | 指數 | % | 指數 | % | 指數 |
| 1 | 11.95 | 88.32 | 7.39 | 2.55 | 0.21 | 0.45 | 0.04 | 59.47 | 4.98 |
| 2 | 11.32 | 10.35 | 0.91 | 0.14 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 6.93 | 0.61 |
| 3 | 35.02 | 1.33 | 0.03 | 94.97 | 2.71 | 69.22 | 1.98 | 28.78 | 0.82 |
| 4 | 41.71 | 0.00 | 0.00 | 2.34 | 0.06 | 30.33 | 0.73 | 4.82 | 0.12 |

表三、各溪流型態中三種覓食方式比例, (1) 沙里仙溪 (2) 南勢溪
 (3) 兩地之和, 溪流型態分區如下: 1: 快淺區 2: 慢淺區
 3: 快淺區 4: 慢深區

(1)

| 型態 | 1 | 2 | 3 | 4 | 總計 |
|---------|-------|--------|-------|-------|-------|
| 涉食 | 99.47 | 100.00 | 11.64 | 0.00 | 71.05 |
| 潛食 | 0.53 | 0.00 | 81.85 | 13.64 | 22.86 |
| 啄食 | 0.00 | 0.00 | 6.51 | 86.36 | 6.09 |
| 觀察時間(秒) | 1122 | 367 | 584 | 110 | 2183 |

(2)

| 型態 | 1 | 2 | 3 | 4 | 總計 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 涉食 | 98.96 | 98.80 | 0.00 | 0.00 | 64.99 |
| 潛食 | 0.90 | 1.20 | 55.15 | 7.28 | 17.26 |
| 啄食 | 0.14 | 0.00 | 44.85 | 92.72 | 17.75 |
| 觀察時間(秒) | 3452 | 166 | 1630 | 261 | 5509 |

(3)

| 型態 | 1 | 2 | 3 | 4 | 總計 |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 涉食 | 99.08 | 99.62 | 3.07 | 0.00 | 66.71 |
| 潛食 | 0.81 | 0.38 | 62.20 | 9.16 | 18.85 |
| 啄食 | 0.11 | 0.00 | 34.73 | 90.84 | 14.44 |
| 觀察時間(秒) | 4574 | 533 | 2214 | 371 | 7692 |

表四、領域長度 (y) 與各棲地因子 (x) 之簡單迴歸關係
($y=a+bx$), $n=14$ 。

| x | A | B | R ² | P |
|--------------|--------|--------|----------------|-------|
| 快淺區數量 | 610.8 | 20.0 | 0.2 | N.S.* |
| 慢淺區數量 | 634.4 | 24.7 | 0.5 | 0.005 |
| 快深區數量 | 321.7 | 9.7 | 0.6 | 0.001 |
| 慢深區數量 | 456.1 | 6.4 | 0.9 | 0.001 |
| 急流區數量 | 71.5 | 10.1 | 0.7 | 0.001 |
| 溪流型態總數量 | 231.0 | 4.0 | 0.9 | 0.001 |
| 快淺區百分比 | 1678.5 | -43.2 | 0.4 | 0.05 |
| 慢淺區百分比 | 908.0 | 18.3 | 0.0 | N.S. |
| 快深區百分比 | 2011.2 | -23.0 | 0.3 | 0.05 |
| 慢深區百分比 | 133.6 | 25.4 | 0.6 | 0.005 |
| 急流區百分比 | 2484.0 | -25.4 | 0.6 | 0.01 |
| 深潭總長度(m) | 673.1 | 2.4 | 0.7 | 0.001 |
| 海拔高度(m) | 1783.5 | -0.8 | 0.7 | 0.001 |
| 平均流量(m /sec) | 1036.4 | 11.9 | 0.0 | N.S. |
| 坡度(m/km) | 1528.6 | -15.8 | 0.1 | N.S. |
| 平均溪寬(m) | -134.0 | 124.2 | 0.2 | N.S. |
| pH 值 | 2719.6 | -198.5 | 0.0 | N.S. |
| 毛翅目溼重(g) | 1495.2 | -33.9 | 0.5 | 0.01 |
| 蜉蝣目溼重(g) | 1216.2 | -145.2 | 0.1 | N.S. |
| 積翅目溼重(g) | 1252.5 | -358.8 | 0.1 | N.S. |
| 水棲昆蟲總溼重(g) | 1595.6 | -33.9 | 0.6 | 0.001 |
| 毛翅目數量 | 1214.7 | -0.8 | 0.1 | N.S. |
| 蜉蝣目數量 | 1226.5 | -1.4 | 0.0 | N.S. |
| 積翅目數量 | 1018.1 | 0.7 | 0.0 | N.S. |
| 水棲昆蟲總數量 | 1252.3 | -0.5 | 0.1 | N.S. |

* N.S. : 無顯著差異