

武陵地區三種溪流生殖蛙類的食性

張文宏¹，吳聲海^{1,2}

¹國立中興大學生命科學系；²通訊作者 E-mail: shwu@dragon.nchu.edu.tw

[摘要] 本研究以胃內含物分析法研究武陵地區之盤古蟾蜍(*Bufo bankorensis*)、斯文豪氏赤蛙(*Odorrana swinhoana*)與梭德氏赤蛙(*Rana sauteri*)之食性，並探討其攝食策略。結果發現三種青蛙的食物都是以節肢動物為主，且以昆蟲佔最大比例。盤古蟾蜍之主要食物類別為鞘翅目、雙翅目與膜翅目；斯文豪氏赤蛙為蜘蛛目、雙翅目與無尾目；梭德氏赤蛙則為雙翅目、蜘蛛目與鞘翅目。三種青蛙的食性重疊度分別為盤古蟾蜍與梭德氏赤蛙的 0.782；斯文豪氏赤蛙與梭德氏赤蛙的 0.592；盤古蟾蜍與斯文豪氏赤蛙的 0.516。三種青蛙食性重疊度雖高，但因棲地區隔或某些食物類別之差異等因素，仍能共域於相同環境。食性寬度分別為斯文豪氏赤蛙 0.859、梭德氏赤蛙 0.734 與盤古蟾蜍 0.719。三種青蛙中以盤古蟾蜍與梭德氏赤蛙之攝食策略較為相似，斯文豪氏赤蛙與前兩種差異較大。

關鍵字：食性、攝食策略、盤古蟾蜍、斯文豪氏赤蛙、梭德氏赤蛙

Food Habits of Three Stream-Breeding Frog Species in the Wulin Area

Wen-Hong Chang¹ and Sheng-Hai Wu^{1,2}

¹Department of Life Sciences, National Chung Hsing University, ²Corresponding author E-mail: shwu@dragon.nchu.edu.tw

ABSTRACT Food habits of three sympatric frog species, *Bufo bankorensis*, *Odorrana swinhoana* and *Rana sauteri*, were investigated by stomach content analysis in the Wulin area. All three species fed mainly on arthropods, in particular insects. The diet of *B. bankorensis* consisted primarily of the orders Coleoptera, Diptera, and Hymenoptera; that of *O. swinhoana* were primarily of Araneae, Diptera, and Anura; and *R. sauteri*, Diptera, Araneae, and Coleoptera. Food niche overlap index was highest between *B. bankorensis* and *R. sauteri* (0.782), followed by that between *O. swinhoana* and *R. sauteri* (0.592), and lowest between *B. bankorensis* and *O. swinhoana* (0.516). Although food niche overlap was high, a few differences were found in diet composition and habitat preference. The food niche breadth index of *O. swinhoana* was highest (0.859), followed by *R. sauteri* (0.734) and *B. bankorensis* (0.719). We suggest that the feeding strategies were more similar between *B. bankorensis* and *R. sauteri* among the three stream breeding anurans.

Keywords: food habits, feeding strategy, *Bufo bankorensis*, *Odorrana swinhoana*, *Rana sauteri*

前言

兩棲類在生態系中扮演重要的能量傳遞功能(Cogălniccanu *et al.* 2000)。在食物網中，兩棲類通常為次級消費者，主要攝食環境中的無脊椎動物，然後將大部分攝取的能量轉換成為本身的生物量，僅少數能量用於維持自身代謝，之後成為蛇類、鳥類等動物的食物，進而成為環境中主要的生物量提供者(Cogălniccanu *et al.* 2000)，因此兩棲類是生態系中良好的能量傳輸中繼站。而且因為兩棲類特殊的生活史特徵，幼體為水生，成體在生殖季時會利用水域環境生殖交配，其餘時間會遷往附近之森林底層等陸域環境棲息、覓食(Richter *et al.* 2001, Regosin *et al.* 2003, Greenberg and Tanner 2004)，使其在食物網中的影響力連結了水域與陸域。因此，對於兩棲類在食物網中所扮演的角色亟待深入了解，而由食性研究，可以幫助解答這類問題。

在研究兩棲類的族群與群聚時，食性研究是非常基礎而且重要的生態資料(Hirai 2002)，諸如形態、覓食策略或禦敵行為等皆與食性有關(Toft 1980)，而且食性資料可應用於物種保育、競爭、活動模式等研究(Toft 1980, Hirai and Matsui 2001)。因此兩棲類食性的研究(e.g. Toft 1980, Ovaska 1991, Cogălniccanu *et al.* 2000)，對於了解兩棲類的基礎生態特性與描述其生態區位有極大的幫助。

盤古蟾蜍(*Bufo bankorensis*)、斯文豪氏赤蛙(*Odorrana swinhoana*)與梭德氏赤蛙(*Rana sauteri*)為台灣地區常見的溪流生殖蛙類，均廣泛分布於全省各地。盤古蟾蜍海拔分布範圍為 0-3000 m；斯文豪氏赤蛙分布範圍為 300-2000 m；梭德氏赤蛙為 200-3500 m (Kam *et al.* 1998, 楊懿如 1998, 呂光洋等 2002)。三種青蛙常有共域的現象。在相同環境中，共域的蛙類會有資源分配的現象，而資源分配利用包括了空間、時間以及食物三個部分(Cogălniccanu *et al.* 2000)。以食性的角度來看，由於多數蛙類的主食都是無脊椎動物(Pough *et al.* 2004)，因此

在溪流中種間的食物內容不會完全區隔，而不同種之間面對類似的資源需求，勢必會因資源(食性差異)或空間(攝食區域)等因子的區隔下，產生不同的攝食策略或食物組成，因此除了基本食性調查，本研究更進一步以盤古蟾蜍、斯文豪氏赤蛙與梭德氏赤蛙為例，討論溪流兩棲類群聚中種間的食性差異。

本研究目標以盤古蟾蜍、斯文豪氏赤蛙與梭德氏赤蛙為對象，分析食物組成，比較種間之食性差異，藉此建立其食性基礎資料並探討這三種蛙類在溪流環境中的生態地位。

材料與方法

研究地區位於台中市和平區武陵農場之七家灣流域。武陵農場海拔約 1700-2100 m，一月均溫約 5°C，七月均溫約 16°C。冬季為乾季，夏季是雨季(圖 1)。採樣區域以七家灣溪溪畔為主，並輔以高山溪、桃山北溪與有勝溪等支流，全區共分九個樣站(圖 2)。

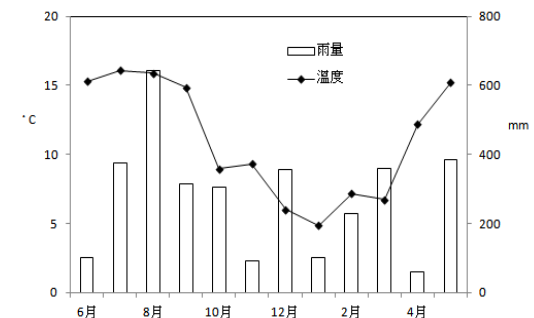


圖 1. 2004 年 6 月至 2005 年 5 月武陵地區月累積雨量與平均溫度圖(資料來源：思源氣象站)

實驗期間為 2004 年 6 月至 2005 年 4 月，每兩個月採集調查一次，共完成六次採樣。調查方法為入夜一小時以後，於各樣區內標定 50 m 長溪段，沿兩岸溪畔以手電筒搜尋並徒手捕捉所有發現之青蛙。搜尋範圍為溪流水面以上至遇溪床坡度超過 45° 或樹林等障礙物為界之河床區域，重複搜尋此 50 m 範圍溪段至不再發現青蛙為止。所捕捉到之青蛙分辨種類及計算數量，並記錄性別、體長與體重，所

有捕獲之青蛙麻醉致死後，以 10% 福馬林固定並保存於 70% 酒精中。

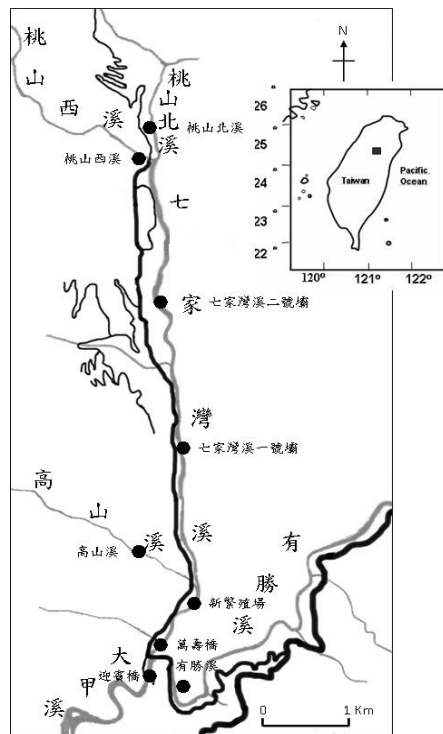


圖 2. 實驗樣區地圖(黑色線條為道路，灰色線條為溪流，黑色圓點為樣區位置)

為確定所使用的樣本數足以達到統計上的要求，取全年各月份所有青蛙胃內含物資料，以種為單位，將樣本中所發現食物類別之累積數目和累積樣本數作相關性分析圖(製作分析圖之前先將各種青蛙胃內含物中，出現相對比例小於 10% 之食餌類別合併為其他項)，以了解需多少樣本才有代表性(Churchfield 1982)，並以軟體” Species Diversity and Richness (Pisces Conservation Ltd. UK 1998)” 隨機取樣 1,000 次之平均結果，作為評估統計分析時所需樣本數之依據。結果顯示當梭德氏赤蛙累積至 10 隻個體時，累積的食餌類群數可達 90.2%，盤古蟾蜍累積至 9 隻個體時，累積的食餌類群數可達 92%，而斯文豪氏赤蛙則是累積至 8 隻個體時，累積的食餌類群數可達 91.8% (圖 3)。因此當標本數目足夠時，梭德氏赤蛙與盤古蟾蜍各月份不同性別各至少取 10 隻樣本分析胃內含物，而各項統計分析比

較所需之樣本數，也以此為標準。

取固定完成之樣本解剖，完整取出胃並剖開後將所有食物碎片置於解剖顯微鏡下觀察，參考貢穀紳(1979, 1991)、張永仁(1998, 2001)、Borror *et al.* (1970, 1981)、McCafferty *et al.* (1983)與 Wallace *et al.* (1997)等資料，將不同食物碎片分門別類，分類階層至少鑑定至綱，但昆蟲至目為止，並計算各食物類別碎片的總數，如發現胃中有砂石或植物碎片，只註記有發現但不計數。若發現青蛙胃內無任何食物碎片，則註記為空腹，並在之後進行各項食性分析時，排除空腹個體。

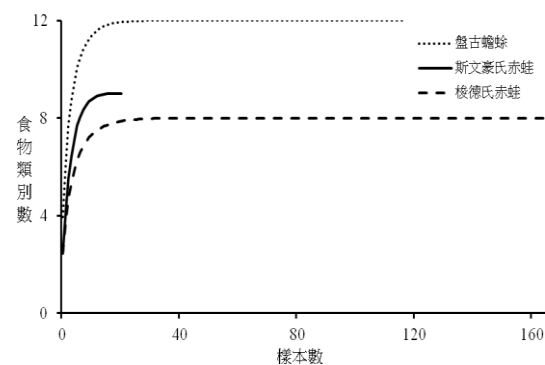


圖 3. 武陵地區三種青蛙全年胃內含物分析中，樣本數與發現平均食餌項目累積數關係圖

在比較青蛙的食性特性時，以下列各種食性指標做比較，所有計算皆為食餌碎片數而非食餌個體數：

一、出現頻率(FO: frequency of occurrence)：

代表某食物類別於所有個體中的普遍性；計算方式為待測樣本之所有個體中出現某種食物類別的個體數除以總個體數，數值以百分比方式表示(Hyslop 1980) (n_i ：含食物類別 i 的個體數； N ：個體總數)：

$$FO_i = (n_i / N) * 100\%$$

二、相對重要性(RI: relative importance)：

代表某一食物類別於食性組成中的相對數量；計算方式為每個個體中某一食物類別之數目除以該個體所有食物總數，以算出單一個體該食物類別之數量百分比，再將所有個體中此

食物類別的數量百分比相加之後除以總個體數(Hyslop 1980) (ΣNo_i (%))：所有個體中食物類別 i 的數量百分比總和； N ：個體總數)：

$$RI_i = \Sigma No_i (\%) / N$$

三、食性寬度(H' : food niche breadth)：

此指標可用來檢視青蛙食物資源利用的寬窄程度， H' 值範圍從 $0-\infty$ ，數值越大代表食性寬度越寬，數值越小代表食性寬度越窄(Krebs 1999) (RI_i ：單一樣本中食物類別 i 的相對重要性)：

$$H' = - \Sigma RI_i \log RI_i$$

四、食性重疊度(O_{jk} : niche overlap)：

食性重疊度指標可以檢視兩個樣本之間食物資源利用的重疊程度， O_{jk} 值範圍從 $0-1$ ，數值越接近 0 代表兩樣本間食物類別越不重疊，越接近 1 代表兩樣本之間食物利用重疊度越高(Krebs 1999) (RI_{ij} ：樣本 j 中食物類別 i 的相對重要性； RI_{ik} ：樣本 k 中食物類別 i 的相對重要性)：

$$O_{jk} = \Sigma RI_{ij} RI_{ik} / (\Sigma RI_{ij}^2 \Sigma RI_{ik}^2)^{1/2}$$

計算出現頻率(FO)與相對重要性(RI)，以 Microsoft Office Excel 2003 (Microsoft Corporation USA 2003)計算，計算食性寬度(H')與食性重疊度 (O_{jk})時，以 Ecological Methodology (Krebs 2000)計算。在比較種間的食性差異時，以 Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)檢測比較，顯著水準定為 0.05 ，統計試驗以 SYSTAT V. 10 (SYSTAT SOFTWARE Inc. USA 2000)分析。

結果

共取 168 隻梭德氏赤蛙個體做胃內含物分析，空腹個體 18 隻，攝食率為 89.3% 。每隻梭德氏赤蛙胃內發現的食物項目介於 1 至 10 項之間，平均 3.2 項；而每個胃內食物碎片總數介於 1 到 263 片之間，平均 54.5 片(表 1)。梭德氏赤蛙胃內含物組成總共可區分為 28 個

類別(表 2)，包括非昆蟲的貧毛綱(蚯蚓)、腹足綱(蝸牛)、兩生綱的無尾目(幼蛙)、四類蛛形綱、唇足綱(蜈蚣與蚰蜒)、倍足綱(馬陸)與軟甲綱的等足目(鼠婦)，以及佔類別數與食物總數最多的昆蟲綱。昆蟲有 15 個目的成蟲和 3 個目的幼蟲。

梭德氏赤蛙各食物類別的出現頻率以雙翅目最高(73.3%)，其次分別為鞘翅目(36.0%)、蜘蛛目(32.7%)、鱗翅目幼蟲(21.3%)與同翅目(20.7%)；其餘 23 類出現頻率都低於 20% ，其中有 11 類出現頻率低於 5% (表 2)。

雙翅目是梭德氏赤蛙胃內含物中相對重要性最高的食物類別(34.2%)，且所有食物類別中只有雙翅目的相對重要性高於 10% ，其次分別為蜘蛛目(9.7%)、鞘翅目(9.1%)與半翅目(6.2%)，上述四項食物類別相對重要性共佔 59.2% ，其餘 24 類相對重要性皆低於 5% ，共佔 34.1% (另有 6.7% 無法辨識之碎片)(表 2)。

雙翅目、蜘蛛目與鞘翅目在梭德氏赤蛙胃內含物中之出現頻率與相對重要性皆為最高的前三項，顯示梭德氏赤蛙以這三類無脊椎動物為主食。

共分析 117 隻盤古蟾蜍個體之胃內含物，其中有 12 隻空腹，攝食率為 89.7% 。每隻盤古蟾蜍能發現的食物項目介於 1 至 13 項之間，平均 4.6 項；單一個體可發現的食物碎片總數變異很大，介於 1 到 $4,772$ 片之間，平均為 182.8 片(表 1)。盤古蟾蜍胃內發現的食物類別與梭德氏赤蛙胃內所發現之 28 個類別完全相同(表 2)。

盤古蟾蜍各項食物類別的出現頻率以鞘翅目(75.2%)、雙翅目(66.7%)與膜翅目(53.3%)較高，其次分別為鞘翅目幼蟲(31.4%)、蜘蛛目(28.6%)、鱗翅目幼蟲(28.6%)、同翅目(25.7%)與半翅目(25.7%)，其餘類別出現頻率都低於 20% ，而低於 5% 的類別有 12 項(表 2)。

各類食物相對重要性以鞘翅目最高(22.1%)，其次為雙翅目(20.3%)、膜翅目(15.0%)與蜘蛛目(6.8%)，上述四項食物類別相對重要性共佔 64.2% ，其餘 24 個類別相對重要性皆

表 1. 三種青蛙攝食率(%)、胃內含物平均類別數(±SD)與平均碎片數(±SD)

物種	分析隻數	攝食隻數	攝食率	平均類別數	平均碎片數
盤古蟾蜍	117	105	89.7	4.6 ± 2.5	182.8 ± 484.2
斯文豪氏赤蛙	21	19	90.5	3.1 ± 1.8	64.6 ± 78.6
梭德氏赤蛙	168	150	89.3	3.2 ± 1.9	54.5 ± 53.3

表 2. 三種青蛙各食物類別之出現頻率(%)與相對重要性(%)。黑體字代表相對重要性 10%以上、出現頻率 20%以上之數值

食物類別	盤古蟾蜍 (n = 105)		斯文豪氏赤蛙 (n = 19)		梭德氏赤蛙 (n = 150)	
	出現頻率	相對重要性	出現頻率	相對重要性	出現頻率	相對重要性
貧毛綱	1.0	0.2	0	0	0.7	< 0.1
腹足綱	3.8	0.1	10.5	1.3	3.3	0.2
兩生綱						
無尾目	3.8	1.6	42.1	10.6	4.0	1.5
蛛形綱						
蟎蟬亞綱	18.1	0.3	5.3	< 0.1	6.7	0.2
蜘蛛目	28.6	6.8	36.8	18.9	32.7	9.7
盲蛛目	4.8	1.5	10.5	3.5	6.7	3.5
擬蝎目	1.9	0.1	0	0	2.0	0.4
甲殼綱						
十足目	0	0	5.3	1.4	0	0
唇足綱	3.8	1.2	15.8	9.3	2.0	0.1
倍足綱	15.2	2.9	5.3	2.1	2.0	0.3
軟甲綱						
等足目	4.8	0.8	0	0	5.3	0.1
昆蟲綱						
蜚蠊目	1.9	0.2	0	0	4.0	1.8
鞘翅目	75.2	22.1	31.6	5.0	36.0	9.1
鞘翅目幼蟲	31.4	2.9	0	0	5.3	0.4
彈尾目	19.0	2.6	0	0	11.3	1.3
嚙蟲目	2.9	1.0	0	0	4.7	0.7
革翅目	8.6	1.1	0	0	7.3	2.1
雙翅目	66.7	20.3	21.1	10.7	73.3	34.2
雙翅目幼蟲	5.7	0.2	0	0	10.7	1.7
蜉蝣目	8.6	1.4	26.3	9.6	4.0	2.1
半翅目	25.7	2.8	10.5	0.8	16.7	6.2
同翅目	25.7	1.5	10.5	3.4	20.7	4.4
膜翅目	53.3	15.0	5.3	2.9	9.3	1.5
鱗翅目	9.5	0.5	26.3	9.5	10.0	2.8
鱗翅目幼蟲	28.6	2.1	15.8	1.0	21.3	3.5
廣翅目	2.9	0.1	0	0	2.0	0.7
直翅目	1.0	< 0.1	5.3	4.6	2.0	0.1
禿翅目	1.0	< 0.1	10.5	3.7	6.0	1.1
毛翅目	8.6	1.3	10.5	0.8	8.7	3.6
無法辨識之碎片	38.1	9.5	10.5	0.9	18.7	6.7
碎石與植物碎片	73.5	-	66.7	-	57.1	-

低於 5%，共佔 26.3% (另有 9.5%無法辨識之碎片)(表 2)。

盤古蟾蜍的食物組成中，鞘翅目、雙翅目與膜翅目的出現頻率與相對重要性都最高，顯示這三類昆蟲為盤古蟾蜍的主食。

斯文豪氏赤蛙為全年採集樣本最少的物種，僅捕獲 21 隻，胃內含物分析結果有 2 隻空腹個體，攝食率為 90.5% (表 1)。每隻斯文豪氏赤蛙發現的食物項目介於 1 至 9 項之間，平均 3.1 項；單一個體可發現食物碎片總數介於 1 到 272 片之間，平均 64.6 片(表 1)。斯文豪氏赤蛙胃內含物總共可區分為 19 個類別(表 2)，包括只在此種發現的甲殼綱十足目(螃蟹)，以及腹足綱、兩生綱的無尾目、蛛形綱三類、唇足綱與倍足綱，並有佔類別數與總數最多的昆蟲綱。昆蟲包括 10 個目的成蟲和一個目(鱗翅目)的幼蟲。

各食物類別的出現頻率，以兩生綱無尾目(42.1%)、蜘蛛目(36.8%)、鞘翅目(31.6%)、蜉蝣目(26.3%)、鱗翅目(26.3%)與雙翅目(21.1%)較高，其餘 13 類都在 20% 以下(表 2)。

胃內含物中，相對重要性較高的為蜘蛛目(18.9%)、雙翅目(10.7%)與無尾目(10.6%)，其次為蜉蝣目(9.6%)、鱗翅目(9.5%)、唇足綱(9.3%)、鞘翅目(5%)。上述類別相對重要性共佔 73.6%，其他項目佔 25.5% (無法辨識之碎片佔 0.9%)(表 2)。

斯文豪氏赤蛙的食物中，無尾目、蜘蛛目與雙翅目的出現頻率與相對重要性都佔很高比例，顯示斯文豪氏赤蛙的主食為無尾目、蜘蛛目與雙翅目。此外，蜉蝣目與鱗翅目的出現頻率與相對重要性分別為第四、第五高，因此也是斯文豪氏赤蛙的主食之一。雖然鞘翅目出現頻率為第三高，但是其相對重要性僅佔 5.0%。

以 MANOVA 比較三種青蛙之食物組成，發現三種青蛙之間有顯著差異($p < 0.05$)。但三種青蛙的食物中，雙翅目、鞘翅目與蜘蛛目等類別都占有相當比重，可看出三個物種在食物組成上雖有差異，但仍會共同利用某些食餌資

源。

三種青蛙的食性重疊度以盤古蟾蜍與梭德氏赤蛙最高($O_{jk} = 0.782$)，斯文豪氏赤蛙與梭德氏赤蛙次之($O_{jk} = 0.592$)，盤古蟾蜍與斯文豪氏赤蛙最低($O_{jk} = 0.516$) (表 3)。由三種青蛙的食餌內容可進一步確認：盤古蟾蜍與梭德氏赤蛙所發現的 28 個食物類別都一樣，但其中有 10 類食物未在斯文豪氏赤蛙中發現；另外，斯文豪氏赤蛙胃中的十足目，則未在另兩種發現(表 2)。

食性寬度以斯文豪氏赤蛙最高($H' = 0.859$)，梭德氏赤蛙($H' = 0.734$)與盤古蟾蜍較相似($H' = 0.719$) (表 3)。顯示斯文豪氏赤蛙相較於另兩種，所利用的食物類別較為廣泛。

綜合上述，三種青蛙中以盤古蟾蜍與梭德氏赤蛙之攝食策略較為相似，斯文豪氏赤蛙與前兩種差異較大。

表 3. 三種青蛙發現食物類別數、食性寬度與種間食性重疊度

	盤古蟾蜍	斯文豪氏赤蛙	梭德氏赤蛙
食物類別數	28	19	28
食性寬度	0.719	0.859	0.734
食性重疊度	盤古蟾蜍	斯文豪氏赤蛙	梭德氏赤蛙
盤古蟾蜍	-	0.516	0.782
斯文豪氏赤蛙		-	0.592
梭德氏赤蛙			-

討論

從事食性研究時，可以用計算數量、量測面積或估算體積等方式估算胃內含物的量(Hyslop 1980)，一般以體積估算法較能代表食餌的貢獻度。本研究以計算食餌碎片數量的方式研究青蛙食性。食餌經過消化後常已破碎成許多碎片，且不同類型食餌的破碎程度不一，譬如體積大的鱗翅目幼蟲、幼蛙等較不容易破碎，而體積小的節肢動物卻常被分解成數十或數百塊，如此在計算各類食餌對青蛙的貢獻時誤差會較大。但青蛙胃內的食餌數量常超過數百，少數個體達數千，如需進一步估算食餌體積，將是極大的工作量，此限制使本研究無法以體積法研究青蛙的食性。雖以計數法有此缺

點，但在瞭解青蛙食物種類、比較種間差異、探討生態意義等分析時仍為有用的資料。

三種青蛙之間，以盤古蟾蜍與梭德氏赤蛙的食性重疊度最高，且攝食策略相似，最有可能產生競爭。但是如果七家灣溪流中無脊椎動物的數量足以充分供給區域內之兩棲類使用，就不會造成食物上之競爭。另外，兩物種在空間的利用上不甚相同。由各月份採樣結果顯示，9 至 11 月是梭德氏赤蛙的繁殖季，這段時間梭德氏赤蛙大量出現於溪岸邊生殖，此時在溪岸的盤古蟾蜍數量相對較少；而盤古蟾蜍生殖季在 4 月與 6 月，當盤古蟾蜍聚集於溪岸生殖時，梭德氏赤蛙數量就相對較少。由此可知兩種青蛙在溪流空間的利用上有資源分配的現象。類似的結果已在溪流環境的蛙類群聚研究中被發現(朱哲民 1996)。由於多數兩生類在生殖季結束後會遷往鄰近之森林底層棲息、覓食(Richter *et al.* 2001, Regosin *et al.* 2003, Greenberg and Tanner 2004)，盤古蟾蜍與梭德氏赤蛙可能也有類似的遷徙行為。當兩物種對生殖區域利用的時間不同，遷往覓食環境的時間就不重疊，由此可以推測這樣的棲地區隔，可以讓同是對無脊椎動物有大量需求的梭德氏赤蛙與盤古蟾蜍可以共域棲息於七家灣溪。

雖然盤古蟾蜍與梭德氏赤蛙的食性重疊度高，但檢視其食性組成，可以發現盤古蟾蜍的主食(食物類別相對重要性較高者)為鞘翅目、雙翅目與膜翅目，梭德氏赤蛙的主食為雙翅目、蜘蛛目與鞘翅目，另斯文豪氏赤蛙之主食為蜘蛛目、雙翅目與無尾目。雖然三種青蛙的三類主食中各有重疊，但非完全相同，所以食物的利用仍有所區隔，可達成資源利用之分配。

三種青蛙在食物內容中皆有發現青蛙，其中斯文豪氏赤蛙為七家灣溪流中體型最大的蛙類，其食物內容中，有許多梭德氏赤蛙(21 隻斯文豪氏赤蛙中有 6 隻攝食梭德氏赤蛙，另有 2 隻攝食不確定物種之幼蛙)。而盤古蟾蜍與梭德氏赤蛙體型比斯文豪氏赤蛙小，食餌內容中發現青蛙的比例較少，而且都是幼蛙(168

隻梭德氏赤蛙中有 6 隻攝食幼蛙；117 隻盤古蟾蜍中有 4 隻攝食幼蛙)，可知三種青蛙之間的關係，除了有可能是競爭者之外，也是捕食者與被捕食者之間的關係(e.g. Wu *et al.* 2005)。這三種青蛙在過去的文獻中沒有被發現捕食同類的現象，類似的結果僅澤蛙(*Fejervarya limnocharis*)捕食中國樹蟾(*Hyla chinensis*) (杜銘章、呂光洋 1982)。七家灣溪中梭德氏赤蛙與盤古蟾蜍蝌蚪集中在六月變態，三種青蛙食幼蛙時間亦集中在 6 月；食梭德氏赤蛙成蛙的斯文豪氏赤蛙都在 9 月(梭德氏赤蛙生殖季，大量聚集於水岸邊)發現，顯示三種青蛙在被捕食者大量出現時較有機會攝食同類。

本研究結果盤古蟾蜍的食性組成與杜銘章、呂光洋(1982)的研究相似。該研究之樣本分別於七個不同區域採得，與本研究相比，在不同的時空背景下，盤古蟾蜍的食性仍相似，顯示盤古蟾蜍可能對食物有其偏好。斯文豪氏赤蛙的食性組成除蜘蛛目以外，其餘食物類別與前人研究(杜銘章、呂光洋 1982, 馬曉筠等 1992, Kam *et al.* 1998)多不相同，顯示各種青蛙除了食餌組成不同外，食性策略可能也不一樣。但台灣目前有關兩生類食性的研究都僅是分析胃內含物，如能在未來將食性資料與環境中的昆蟲相做比對，應能更完整瞭解各種兩生類的食性偏好以及攝食策略。

結論

本研究發現武陵七家灣溪流中共域的盤古蟾蜍、斯文豪氏赤蛙與梭德氏赤蛙的主要食物來源是無脊椎動物，且以昆蟲佔最大部分，因此可知蛙類與環境中的無脊椎動物群聚有密切關係。三種青蛙中，以盤古蟾蜍與梭德氏赤蛙之食性組成較為相似，斯文豪氏赤蛙與前兩者差異較大。此外，三種青蛙之間除了是競爭者關係以外，也存在著掠食者與被掠食者的關係。本研究提供一份關於溪流蛙類食性的基礎資料，此類調查對於進一步之相關生態研

究將有所幫助。

誌謝

感謝雪霸國家公園管理處提供研究計畫「七家灣溪蛙類及蝌蚪族群研究」與「武陵地區長期生態監測暨生態模式建立-兩生類生活史及食性研究」之經費，使本研究能順利完成。

引用文獻

- 朱哲民。1996。台灣北部溪流蛙類群聚之研究。國立台灣師範大學生物研究所碩士論文。
- 呂光洋、杜銘章、向高世。2002。過渡的世界-兩棲爬行動物圖鑑。中華民國自然生態保育協會。
- 杜銘章、呂光洋。1982。十一種台灣產兩棲類食性之研究。省立博物館科學年刊 25:225-234。
- 馬曉筠、呂光洋、黃微菁、王定中。1992。十五種台灣產蛙類的食性調查。師大生物學報 27:45-53。
- 貢穀紳。1979。昆蟲學-中冊。國立中興大學農學院出版社委員會。
- 貢穀紳。1991。昆蟲學-上冊。國立中興大學農學院出版社委員會。
- 張永仁。1998。昆蟲圖鑑：台灣七百多種昆蟲生態圖鑑。遠流出版事業股份有限公司。
- 張永仁。2001。昆蟲圖鑑 2：台灣七百六十種昆蟲生態圖鑑。遠流出版事業股份有限公司。
- 楊懿如。1998。賞蛙圖鑑-台灣蛙類野外觀察指南。中華民國自然與生態攝影學會。
- Borror DJ and RE White. 1970. A Field Guide to the Insects of America North of Mexico. Houghton Mifflin, Boston, U.S.A.
- Borror DJ, DMD Long and CA Triplehorn. 1981. An Introduction to the Study of Insects, 5th ed. Saunders College, Philadelphia, Pennsylvania, U.S.A.
- Churchfield S. 1982. Food availability and the diet of the common shrew, *Sorex araneus*, in Britain. *Journal of Animal Ecology* 51:15-28.
- Cogălniceanu D, MW Palmer and C Ciubue. 2000. Feeding in anuran communities on islands in the Danube floodplain. *Amphibia-Reptilia* 22:1-19.
- Greenberg CH and GW Tanner. 2004. Breeding pond selection and movement patterns by eastern spadefoot toads (*Scaphiopus holbrookii*) in relation to weather and edaphic conditions. *Journal of Herpetology* 38(4):569-577.
- Hirai T and M Matsui. 2001. Food habits of an endangered Japanese frog, *Rana porosa brevipoda*. *Ecological Research* 16:737-743.
- Hirai T. 2002. Ontogenetic change in the diet of the pond frog, *Rana nigromaculata*. *Ecological Research* 17:639-644.
- Hyslop EJ. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17:411-429.
- Kam YC, TC Chen, JT Yang, FC Yu and KM Yu. 1998. Seasonal activity, reproduction, and diet of a riparian frog (*Rana swinhoana*) from a subtropical forest in Taiwan. *Journal of Herpetology* 32(3):447-452.
- Kerbs CJ. 1999. Ecological Methodology, 2nd ed. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California, U.S.A.
- McCafferty WP and AV Provonsha. 1983. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett Publishers, Boston, U.S.A.
- Ovaska K. 1991. Diet of the frog *Eleutherodactylus johnstonei* (Leptodactylidae) in Barbados, west Indies. *Journal of Herpetology* 25(4):486-488.
- Pough FH, RM Andrews, JE Cadle, ML Crump, AH Savitzky and KD Wells. 2004. Herpetology, 3rd ed. Pearson Prentice Hall, USA.
- Regosin JV, BS Windmiller and JM Reed. 2003. Terrestrial habitat use and winter densities of the wood frog (*Rana sylvatica*). *Journal of Herpetology* 37(2):390-394.
- Richter SC, JE Young, RA Seigel and GN Johnson. 2001. Postbreeding movement of the dark gopher frog, *Rana sevosia* Goin and Netting: implications for conservation and management. *Journal of Herpetology* 35(2):316-321.
- Toft CA. 1980. Feeding ecology of thirteen syntopic species of anurans in a seasonal tropical environment. *Oecologia* 45:131-141.
- Wallace RL and WK Taylor. 1997. Invertebrate Zoology - A Laboratory Manual, 5th ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, U.S.A.
- Wu Z, Y Li, Y Wang and MJ Adams. 2005. Diet of introduced bullfrogs (*Rana catesbeiana*): predation on and diet overlap with native frogs on Daishan island, China. *Journal of Herpetology* 39(4):668-674.