

太魯閣國家公園砂卡礑溪流域斯文豪氏赤蛙(*Odorrana swinhoana*)移動及棲地利用研究

黃榮千¹，楊懿如^{1,2}

¹國立東華大學自然資源與環境學系；²通訊作者 E-mail: treefrog@mail.ndhu.edu.tw

[摘要] 本研究從 2005 年 9 月至 2006 年 9 月期間，在太魯閣國家公園砂卡礑溪流域內研究斯文豪氏赤蛙(*Odorrana swinhoana*)的移動及棲地利用。使用剪趾法及腰環上標法共標記 126 隻個體，其中雄蛙 46 隻，雌蛙 69 隻，幼蛙 11 隻。研究結果發現斯文豪氏赤蛙冬季活動頻度較夏季高，2 月至 4 月為其繁殖的高峰期。分析斯文豪氏赤蛙在陸域(步道)及水域(溪岸)兩種棲地類型的出現隻次，水域樣區 458 隻次，陸域樣區 95 隻次，以水域樣區所佔比例較高(佔總數的 82.82%)，而陸域樣區內雄蛙數量比雌蛙少(9:76)；水域樣區內雄蛙數量比雌蛙多(416:41)，11 隻幼蛙中有 10 隻個體出現在陸域樣區中。大部份的斯文豪氏赤蛙在砂卡礑溪峽谷內並無長距離的遷移行為，多數個體(80%)的最大移動距離小於 50 m，少數個體(8.75%)呈直線性移動超過 500 m。斯文豪氏赤蛙每夜出現隻次與遮蔽度無顯著相關，偏好直徑 6.4 cm 至 180 cm 的底石，水域樣區中大多數的個體(76.32%)停棲在流速 0.1 m/s 的溪岸邊，74.07%的個體停棲點離水距離在小於 25 cm 的範圍內。個體在陸域樣區中停棲的位置與周圍環境所能提供的掩蔽或多樣化有關。

關鍵字：斯文豪氏赤蛙、棲地利用、移動距離

Movement and Habitat Use of Swinhoe's Frog (*Odorrana swinhoana*) at Shakadang Watershed in Taroko National Park

Rong-Chian Huang¹ and Yi-Ju Yang^{1,2}

¹National Dong Hwa University, Department of Natural Resources and Environmental Studies;

²Corresponding author E-mail: treefrog@mail.ndhu.edu.tw

ABSTRACT The movement and habitat use of *Odorrana swinhoana*, Swinhoe's frog, at the Shakadang watershed in Taroko National Park in Taiwan was studied from September 2005 to September 2006. We used toe clipping and waistband tagging methods to mark 46 adult males, 69 adult females and 11 juveniles. Frogs were found to be more active in the winter than in the summer. During the study period, we recorded 553 sightings, including 458 in the stream and 95 on the trail. There were more males than females in the stream (416:41), but fewer males than females on the trail (9:76). *Odorrana swinhoana* moved relatively short distances during the study period. Eighty percent of the maximum moving distance were below 50 m, with only 8.7% of the frogs moving over 500 m along the stream. The abundance of *Odorrana swinhoana* was not significantly related to canopy cover. *Odorrana swinhoana* preferred stones with diameters from 6.4 cm to 180 cm. There were 76.3% of the individuals staying in

riparian habitats with water speed of 0.1 m/s streams, and 74.1% staying within 25 cm of riparian habitats. The exact locations of the frogs were influenced by the forest environment canopy or diversity of the trail.

Keywords: *Odorrana swinhoana*, habitat use, movement distance

前言

斯文豪氏赤蛙(*Odorrana swinhoana*)為臺灣的特有種，體長約 6-10 cm，屬於大型蛙類(向高世等 2009)，以 2000 m 以下的溪流附近最為常見(呂光洋等 1999)；主要分佈在年雨量 2740±652 mm、年均溫 18.99±3.40°C、海拔 758±628 m 的地區，屬於廣泛分佈的溪流型兩棲類，對環境的適應能力佳，且族群數量也較大(潘彥宏 1997)。

本研究樣區選擇位於太魯閣國家公園的砂卡礑溪流域內，此處不論在氣候與海拔上，皆符合斯文豪氏赤蛙的生存條件。根據 2005 年楊懿如及黃國靖在砂卡礑流域研究中發現，斯文豪氏赤蛙的族群數量豐富穩定，很適合作為乾淨水域的指標性物種。Welsh and Ollivier (1998)也認為，溪流型兩棲類的密度，具有一個溪流生態系的指標意義，其豐度也可以反應出溪流是否維持在健康的狀態。由於各種棲地所提供的資源並不相同，因此棲地不同會造成蛙類組成有所差異(Duellmen and Trueb 1986)。研究發現利用溪流水域的蛙類，無論在生殖時間、活動模式、移動行為等都有別於利用靜止水域的蛙類(Zug and Zug 1979, Daugherty and Sheldon 1982)。棲息在溪流的蛙類與棲息在池塘的蛙類最大不同處，可能在於溪流的水是立即可得到的，此點降低了乾旱對於牠們的威脅(Kam and Chen 2000)。此外，通常許多棲息於溪流的兩棲類擁有多量的子代和穩定的族群(Welsh and Ollivier 1998)。

在臺灣有關斯文豪氏赤蛙之相關研究，呂光洋等人(1999)、楊懿如(2005)對斯文豪氏赤蛙有外型特徵、繁殖期、棲息環境等簡略描述；Kam and Chen (2000)在臺灣西部亞熱帶森林的關刀溪對其進行豐度及移動距離之研

究；賴勇志(2002)在關刀溪上游支流對斯文豪氏赤蛙記錄地震前後之族群動態，有關臺灣東部溪流蛙類的研究並不多。本研究探討臺灣東部的砂卡礑溪流域斯文豪氏赤蛙的移動及棲地利用，分析斯文豪氏赤蛙在砂卡礑步道停棲位置之分佈是否受路面材質影響。由於砂卡礑步道是太魯閣國家公園境內著名的景點，遊憩壓力可能影響斯文豪氏赤蛙族群的活動，期望研究結果對砂卡礑溪的斯文豪氏赤蛙族群保育有所幫助。

材料與方法

一、研究樣區描述

研究樣區位於太魯閣國家公園砂卡礑溪流域(圖 1)，砂卡礑步道沿著砂卡礑溪開闢，海拔高度介於 100 m 至 150 m 之間，步道沿途平緩，兩側多為峭壁。2005 年 9 月至 2006 年 9 月研究期間年累積雨量 1,962 mm，颱風造成的降雨集中於夏季及秋初，於 2005 年 7 月至 9 月，曾有海棠、馬莎、泰利、龍王等颱風侵襲，造成溪水暴漲；冬季及春季的降雨量較少，為溪流的乾季。研究期間平均氣溫 23°C，平均水溫 22°C，氣候溫和濕潤。

本研究將樣區分為陸域及水域兩種棲地類型，分別敘述如下：

1. 陸域樣區-從砂卡礑步道上的第二觀景平臺至五間屋路段，全長 680 m。步道路面材質分為水泥路面及泥土路面。沿途主要的植物有山棕(*Arenga engleri*)、山蘇(*Asplenium nidus*)、茄冬(*Bischofia javanica*)、九芎(*Lagerstroemia subcostata*)、山肉桂(*Cinnamomum insularimontanum*)、五節芒(*Miscanthus sinensis*)、姑婆芋(*Alocasia macrorrhiza*)和蕨類植物等，其中大面積的山蘇園，為明顯的人工



圖 1. 砂卡礑溪流域研究樣區示意圖

開墾地。

2. 水域樣區-為考量調查安全性及容易接近，選擇第二觀景平臺(以下簡稱觀景平臺) (T67 E311020, N2674040)及五間屋(T67 E311670, N26743701)兩處的水域。兩個水域溪水湍急，且因地形及底質阻隔而形成分枝河道，河床上佈滿各類型的底石，主要以中大型的石頭居多，溪流兩岸的遮蔽度不高。兩個水域在地形上的比較，觀景平臺水域的河寬(8.5 m)較五間屋水域的河寬(10 m)狹窄；五間屋水域兩側岩

壁距離較觀景平臺水域兩側的岩壁距離遠，地勢也較為開闊。

二、調查方法

1. 調查頻度

從 2005 年 9 月至 2006 年 9 月，研究者在砂卡礑溪流域進行研究。因為斯文豪氏赤蛙幾乎全年繁殖，所以調查頻度為每個星期固定兩次，每次夜間調查時間以 19:00 至 22:30 為主，研究期間共有 98 次的夜間調查。

2. 剪趾標記

將第一次捕捉到的個體，參照 Martof (1959)剪趾法(toe-clipping method)給予編號，作為永久標記。剪趾前先將剪刀用酒精清洗並過火消毒，每趾須切除前兩趾節(phalanges)以防止其再生，剪趾後於傷口處塗上金黴素消毒，防止細菌感染或腫大。為了避免重複干擾，參考楊懿如(1987)腰環上標法(waistband tagging method)做為暫時標記。即剪一小塊小於蛙背部寬的圓形塑膠布，用油性筆寫上編號，再以蠶絲線作綁繩穿過塑膠布，綁在蛙的腰間，方便於遠處即可辨認。

3. 穿越線調查

在陸域樣區沿途記錄聽到(鳴叫計數法)及看到(目視過測法)之個體，標記捕捉到的個體，並記錄停棲位置之材質與周圍環境。

4. 方塊系統調查

在兩水域樣區各選定一個大石當作基準石(基準點)，從基準石平行溪岸拉 50 m 捲尺長作為長度，左右各加寬 5 m 作為寬度，劃設面積 500 m² 的調查樣區。為了解個體的活動範圍，再將此 500 m² 切割為 5 m 乘 5 m (長與寬)面積的小方塊，即有 20 個小方塊。調查時以採取隨機路線的調查方式找尋斯文豪氏赤蛙，記錄聽到及看到的個體數量，並記錄其性別、停棲底石、停棲區塊、離水距離等；捕捉個體將其上標後原地釋放。兩個水域樣區調查時皆以 30 分鐘為標準化時間。

5. 棲地因子測量

曾有研究顯示底石大小會影響蛙類的分佈(朱哲民 1995, 林中一 2001)，底石大小分類之方法，參考汪靜明(1991)所分的 6 種底石級數，並依現場狀況增加 2 種等級，共為 8 種底石級數(表 1)，以 1 號石最小(直徑<0.2 cm)，8 號石最大(直徑>180 cm)。2006 年 4 月至 9 月每月測量一次白天水域樣區的底石分佈及遮蔽度(canopy)，以水域的基準石作為起點，取一段 20 m 長平行於溪流之距離，每 1 m 為一個樣點記錄底石大小，可得 20 個數值；由起點開始起算，每 5 m 為一個樣點，朝四個

方位(面溪水、背溪水、向上游、向下游)測得遮蔽度，可得 20 個數值，藉此了解水域樣區內底石及遮蔽度的大小。

表 1. 砂卡礑溪兩處水域樣區之底石組成(2005 年 9 月至 2006 年 9 月)

底石級數	底石直徑(cm)	觀景平臺樣區(%)	五間屋樣區(%)
1 號石	<0.2	0	0
2 號石	0.2~1.6	7.5	0
3 號石	1.6~6.4	15	17.5
4 號石	6.4~25.6	19.17	5
5 號石	25.6~51.2	19.17	6.67
6 號石	51.2~180	32.5	40
7 號石	180~280	6.67	24.17
8 號石	>280	0	6.67

溪水表面流速於 2006 年 5 月至 9 月每月測量一次。調查當日在水域樣區內之沿岸，將溪流分為上、中、下三段，於固定地點，分別測量水面下 10 cm 以內之三段之表面流速，得到 3 個數值，配合發現個體的區塊位置，以最接近個體出現河段的數值，代表該個體停棲點的表面流速。

研究期間在步道上發現個體時，將其停棲位置依水泥路面或泥土路面記錄之，以了解個體在步道上的停棲位置分佈是否受步道路面材質影響。為便於記錄個體的移動距離與活動模式，每 10 m 以營釘貼上反光貼紙釘在步道一側作為記號，每 100 m 給予一個英文字母(A~G)作為代號，因此將步道劃分為水泥路面長度 380 m(路段 A0~D80)與泥土路面長度 300 m(路段 D80~G80)二段。

步道的的路段 B0~C50 一側為無植物覆蓋的岩壁，路段 D0~G80 的一側為人工種植的大面積山蘇植物，其餘路段周圍環境則屬於闊葉林分佈的型態。調查其間記錄斯文豪氏赤蛙在步道周圍的停棲位置。

離水距離是指個體停棲點距離水域的最短距離。自 2005 年 12 月份開始測量在水域樣

區內出現個體的離水距離，而此離水距離劃分為五個範圍，以 25 cm 為一個範圍，依此類推，超過 100 cm 的部份則皆記錄為第五個範圍。

6. 資料分析

以 Microsoft excel 2003 及 SPSS (Statistical Product and Service Solutions)10.0 版作基本的資料整理。以 Chi-Square 分析步道上的雄蛙、雌蛙及幼蛙對停棲位置的偏好，水域個體對離水距離及停棲底石的偏好。

結果

一、族群動態

研究期間每夜最多紀錄為 21 隻次，最少紀錄 0 隻次，平均每夜可見 5.91 ± 3.55 隻次。由斯文豪氏赤蛙逐週數量(累計兩夜觀察之隻次)變化結果顯示(圖 2)，2005 年 9、10、11 月份每夜個體數量不多(每夜 0-7 隻次， $SD=2.05$)，冬季(12 月)之後數量才開始漸增(每夜 2-10 隻次， $SD=2.95$)，至 2006 年 2 月的數量達到高峰(每夜 7-21 隻次， $SD=4.74$)，3 至 9 月的數量則無明顯變化(0-11 隻次， $SD=2.60$)。由全年的結果得知，研究期間斯文豪氏赤蛙在數量上呈現夏季少而冬季多的現象。

在 13 個月的觀察中，每月皆可記錄到雄蛙的鳴叫，因此推測斯文豪氏赤蛙為終年繁殖，但可依據蝌蚪有無及成蛙數量的多寡來推測其繁殖的高峰期。研究期間，在兩處水域樣區內皆只發現蝌蚪而無卵塊，首次記錄到蝌蚪出現是在 2006 年 2 月 15 日，3 月期間持續發現蝌蚪，最後一次發現蝌蚪則是 4 月 26 日，加上成蛙數量最多的月份為 2 月，故將 2 月至 4 月視為其繁殖的高峰期。

研究期間不曾發現斯文豪氏赤蛙有聚集現象，個體各自獨立出現、各自鳴叫，也未曾記錄過雄蛙之間有敵對狀態或驅趕行為。調查期間共記錄 553 隻次個體，其中雄蛙 425 隻次，雌蛙 117 隻次，無法辨識雌雄的幼蛙有 11 隻次。斯文豪氏赤蛙的分佈比例，以水域樣區

所出現比例較高(458 隻次，佔總數的 82.82%)，步道樣區所出現比例較低(95 隻次，17.18%)。步道樣區內雌蛙的數量明顯比雄蛙多(雌蛙 76 隻次，雄蛙 9 隻次)，而水域樣區內雄蛙比雌蛙的數量多(雄蛙 416 隻次，雌蛙 41 隻次)，11 隻幼蛙中，僅有 1 隻出現在水域樣區，其他 10 隻皆出現在有植被遮蔽的步道樣區裡(圖 3)。

二、移動

研究期間多次捕獲的個別個體，連續兩次間移動的最長距離定義為最大移動距離。再捕獲之個體中，多數個體(80%)最大移動距離小於 50 m，僅有少數個體(8.75%)移動超過 500 m，最大移動距離最長為 680 m。可知大部份的斯文豪氏赤蛙在砂卡礑溪峽谷內並無長距離的遷移行為(圖 4)。以再捕獲最多次(7 次)的編號 13 號雌蛙為例，在陸域步道 B 段的水泥路面上，停留長達 8 個月，而且都在原先出現的步道停棲點附近 0-8 公尺範圍，平均移動距離 3.14 ± 2.61 公尺。再捕獲的 38 隻個體中，停棲在與第一次出現點完全同樣位置的個體有 10 隻，其中雄蛙佔了 8 隻。

有 4 隻個體移動距離超過 500 公尺以上，在溪流上、下游間作直線性移動，和季節無關。例如編號 7 號雌蛙 9 月在陸域步道 A 路段，1 月移動到上游的五間屋水域；編號 22 號雄蛙 11 月在陸域步道 B 路段，12 月移動到上游的五間屋水域；編號 10 號雌蛙 10 月在五間屋水域，6 月移至下游的觀景平臺水域；編號 11 號雌蛙 10 月在五間屋水域，4 月移至下游的陸域步道 B 路段。

三、棲地利用

本研究依據底石分類標準，記錄斯文豪氏赤蛙停棲底石的大小，研究期間在水域樣區共計觀察到 143 隻次。兩個水域樣區的底石分佈型態不同(表 1)，在觀景平臺水域樣區內較多的底石前三者依序為 6 號石(直徑 51.2 cm-180 cm)(佔總數的 32.5%)，5 號(直徑 25.6 cm-51.2

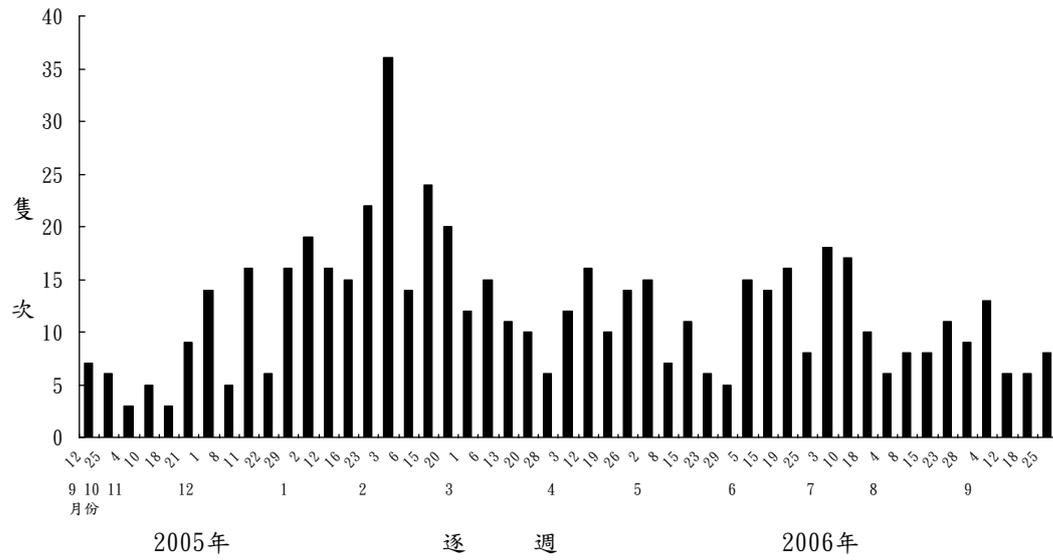


圖 2. 斯文豪氏赤蛙逐週之數量變化(2005 年 9 月至 2006 年 9 月)

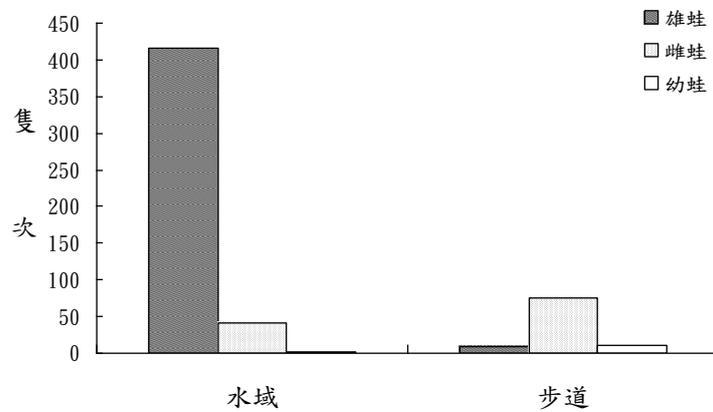


圖 3. 斯文豪氏赤蛙雄蛙、雌蛙、幼蛙出現在水域及步道兩種棲地之數量變化(2005 年 9 月至 2006 年 9 月)

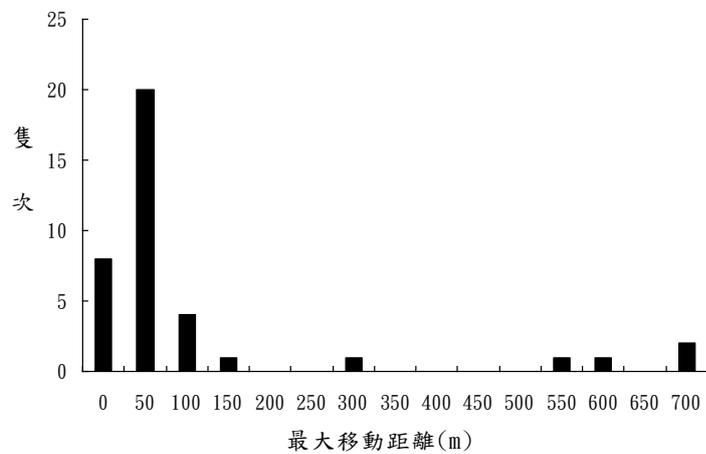


圖 4. 斯文豪氏赤蛙之最大移動距離(2005 年 9 月至 2006 年 9 月)

cm)及 4 號石(直徑 6.4 cm-25.6 cm) (皆為 19.17%)與 3 號石(直徑 1.6 cm-6.4 cm) (15%)。斯文豪氏赤蛙在觀景平臺水域各類底石停棲次數並不一致($\chi^2 = 39.42$, $df = 5$, $p < 0.01$)，停棲次數由多至少前三者依序為 6 號石(27 隻次)、5 號石(14 隻次)、4 號及 3 號石(皆為 7 隻次)。觀景平臺水域原本 6 號石多，因此被個體所利用的次數也多，但 5 號及 4 號石分佈皆佔了 19.17%，實際停棲的次數卻是 5 號石較 4 號石多，顯示斯文豪氏赤蛙在平臺水域可能對底石的選擇有偏好。在五間屋水域，底石分佈較多的前三者依序為 6 號石(佔總數的 40%)、7 號石(直徑 180 cm -250 cm) (24.17%)、3 號石(17.5%)。斯文豪氏赤蛙在五間屋水域各類底石停棲次數並不一致($\chi^2 = 43.94$, $df = 7$, $p < 0.01$)，個體停棲次數由多至少前三者依序為 6 號石(28 隻次)、4 號石(12 隻次)、5 號及 3 號石(皆為 10 隻次)。其中 4 號石及 5 號石雖然在樣區內只佔了 6.67%及 5%，但被個體利用的次數卻多於 7 號石及 3 號石，可知斯文豪氏赤蛙在五間屋水域可能對底石的選擇有所偏好。故無論水域樣區的底石分佈型態為何，結果顯示斯文豪氏赤蛙偏好直徑 6.4 cm 至 180 cm 的底石，對於過大或過小的底石利用比例明顯較少。

觀察觀景平臺水域樣區的遮蔽度較五間屋水域樣區高，其遮蔽度範圍由 19.17-36.25%，而五間屋由於地形開闊，只在 4 月份時曾測量過有 1.67%的遮蔽度，其他月份的遮蔽度幾乎為 0。遮蔽度與每月記錄累積隻次並無相關(觀景平臺 $r=0.58$, $p > 0.05$; 五間屋 $r=0.33$, $p > 0.05$)，但在研究期間五間屋比觀景平臺水域樣區多記錄 19 隻次(五間屋 81 隻次，觀景平臺 62 隻次)。

斯文豪氏赤蛙停棲於流速範圍 0.1-0.7 m/s，平均流速 0.16 ± 0.13 m/s ($n=38$)的溪岸，而有 76.32%的個體停棲在流速 0.1 m/s 的溪岸邊，18.42%的個體停棲在流速 0.3 m/s 的溪岸，僅 5.26%的個體出現在流速超過 0.5 m/s 以上的流速範圍(圖 5)。觀景平臺及五間屋水域

累積隻次與月平均表面流速均無顯著相關($r = -0.84$, $p > 0.05$; $r = -0.07$, $p > 0.05$)。

有 74.07% ($n=80$)的個體停棲點離水距離在小於 25 公分內的範圍，15.74% ($n=17$)的個體在 25-50 公分的範圍，3.7% ($n=4$)的個體在 50-75 公分的範圍，2.78% ($n=3$)的個體在 75-100 公分的範圍，3.7% ($n=4$)的個體在大於 100 公分以上的範圍(圖 6)。可知斯文豪氏赤蛙對停棲點離水距離有所偏好($\chi^2 = 203.57$, $df = 4$, $p < 0.01$)。雖然斯文豪氏赤蛙偏好停棲在離水距離 25 公分內的區域，但一旦溪水暴漲完全淹沒水域，溪岸附近將不會有斯文豪氏赤蛙停棲或活動，2005 年在海棠颱風(7 月 16 日發佈警報)侵襲後一週，在五間屋水域調查(7 月 27 日)發現研究樣區的面積全被溪水覆蓋，溪岸邊並沒記錄到斯文豪氏赤蛙；泰利颱風來襲當日(8 月 30 日)只記錄到平臺水域有 1 隻個體，五間屋水域仍是被溪水淹沒，且無發現個體。2006 年的碧利斯(7 月 12 日)及凱米颱風(7 月 23 日)影響後的下一週進行調查時，五間屋水域同樣也溪水暴漲且沒有發現個體出現。

斯文豪氏赤蛙在陸域環境主要停棲在步道上、步道周圍的岩壁及植物底層，但由於當斯文豪氏赤蛙躲在植物底層時，非常不易觀察記錄，因此有關斯文豪氏赤蛙陸域停棲位置偏好之分析，僅比較步道上及岩壁上的觀察資料。研究期間記錄到步道上個體共 62 隻次(9 隻次/100 m)，停棲在水泥路面及泥土路面的數量各為 43 隻次(11 隻次/100 m)及 19 隻次(6 隻次/100 m)，停棲在岩壁上的數量有 24 隻次(16 隻次/100 m) (圖 7)。步道上的雄蛙、雌蛙及幼蛙的停棲位置有顯著差異($\chi^2=10.25$, $df=4$, $p < 0.05$)，雄蛙及雌蛙偏好停棲在水泥路面，幼蛙偏好停棲在岩壁上。

討論

觀察斯文豪氏赤蛙在砂卡礑溪樣區整年的數量變化，可知其冬季活動頻率高於夏季，尤以 2006 年 2 月的數量達到最高峰，研究初

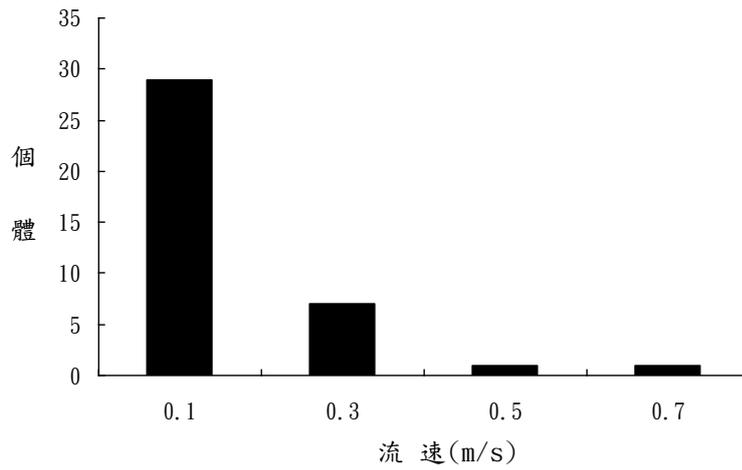


圖 5. 兩處水域樣區內斯文豪氏赤蛙停棲位置之流速頻度分佈圖(2006年5月至9月)

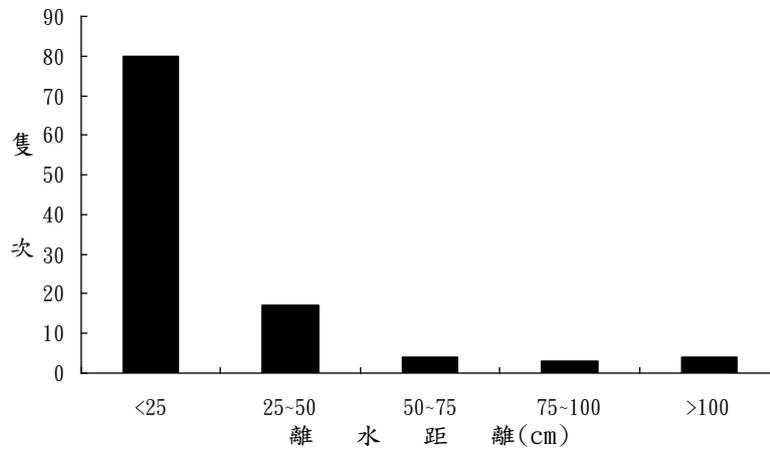


圖 6. 兩處水域樣區內斯文豪氏赤蛙離水距離頻度分佈(2005年12月至2006年9月)

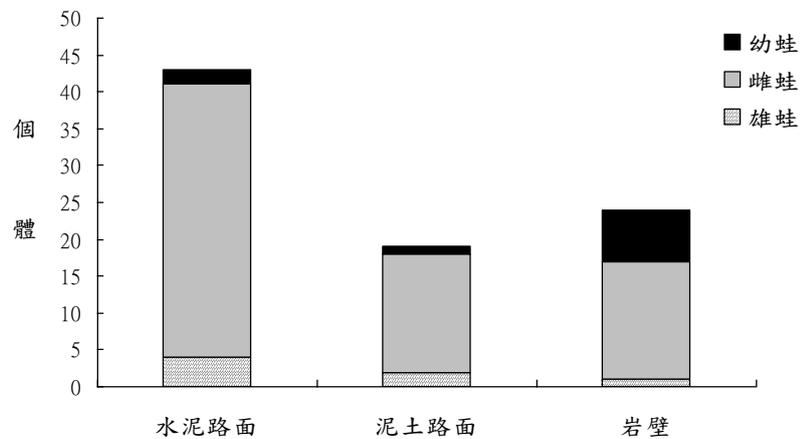


圖 7. 步道樣區斯文豪氏赤蛙停棲在不同位置之分佈圖(2005年9月至2006年9月)

期(2005年9月至10月)斯文豪氏赤蛙數量並不多，此結果可能受到2005年7月至9月海棠、馬莎、泰利、龍王等颱風侵襲後，溪水暴漲的影響。一旦水域場所被淹沒，溪岸附近將不會有斯文豪氏赤蛙停棲或活動。林中一(2001)在雙溪河流域的研究指出，溪水過多反而會沖刷卵塊或淹沒生殖場所，使褐樹蛙(*Buergeria robusta*)無法在水域活動。但賴勇志(2002)在關刀溪上游支流的研究結果顯示，斯文豪氏赤蛙夏季數量比冬季多，且溪水長度與斯文豪氏赤蛙族群數量的變化有正相關，其研究結果發現在地震前溪水流量呈現夏季多、冬季少的情形；地震後則變為夏季少、冬季幾乎無水現象，同時斯文豪氏赤蛙的族群數量明顯的因為地震後溪水長度急遽減少而降低。因此，水文的變化可能會影響族群數量的多寡，溪水過多或太少皆會對溪流兩棲類數量造成某種程度的影響。颱風季所帶來的豪雨及溪水水位急劇暴漲，可能為影響砂卡礑溪樣區內斯文豪氏赤蛙數量變化的原因之一。

2月至4月為砂卡礑溪流斯文豪氏赤蛙族群繁殖的高峰期，期間累積降雨量為62.5公釐，僅佔全年累積降雨量的3.2% (62.5公釐/1962公釐)此時為乾季。賴勇志(2002)藉由觀察卵塊或蝌蚪得知，關刀溪流域斯文豪氏赤蛙繁殖期主要集中在11月到翌年4月；Kam等人(1998)從雌蛙的Gonad-Somatic Index變化及蝌蚪出現時間判定其生殖高峰主要在11月到12月間，而此期間也為關刀溪的乾季。由此可知，兩個地區斯文豪氏赤蛙族群的繁殖高峰皆為溪流的乾季。溪流蛙類為了配合每年溪水的不同變化，因此繁殖時間會具有彈性，例如黃腿蛙(*Rana boylii*)一般會選擇流速較緩、較淺的河段產卵，但隨著氣候乾燥或溪流流速改變時，繁殖季便隨之提早(Kupferberg 1996)；在熱帶地區許多棲息在溪流的蛙類，相對於雨季，牠們寧可在乾季繁殖，因為緩慢的水流能確保蝌蚪有較佳的生存機會(Zug and Zug 1979, Aichinger 1987)。可知溪水的穩定與蛙類繁殖季的關係相當密切，而溪流的乾季正

具備了水量少、穩定度高而呈現水位較穩定的狀態，所以斯文豪氏赤蛙的繁殖高峰期出現在幾乎無颱風或豪雨的冬季。

斯文豪氏赤蛙在水域樣區的數量明顯多於陸域樣區(水域458隻次，陸域95隻次)。赤蛙科種類身體表面雖然有許多分泌物，可防止水分散失，但其皮膚對水具有通透性，不耐旱所以偏好利用水域場所，此為蛙類生理上的限制而形成的資源分配現象(Duellmen and Trueb 1986)。Kam and Chen (2000)在關刀溪的研究發現，斯文豪氏赤蛙在山澗中的空間分佈是屬於不平均的塊形分佈，可能和沿著河岸的微棲地有關。依據Kam and Chen (2000)的推測，牠們時常出現在石壁、石頭或倒木上，而真正決定其分佈的原因可能是溪流瀑布或湍流的位置。本研究2006年5至9月期間曾在水域樣區測量每隻個體停棲點鄰近的表面流速，大部份的個體(76.32%)停棲在流速0.1 m/s的溪岸邊，表示個體停棲在接近急流的位置屬少數，也可能因為在水域樣區內並無較大型的瀑布環境，不易比較出兩者的差異，因此瀑布或湍流是否為影響砂卡礑溪斯文豪氏赤蛙空間分佈的主要原因，則有待進一步研究。

砂卡礑河流域斯文豪氏赤蛙雌、雄蛙分佈在水域及陸域的比例有明顯不同，陸域樣區雌蛙數量比雄蛙數量多，水域樣區雄蛙數量比雌蛙多。雄蛙因為終年繁殖，大部分夜晚在水域場所鳴叫、求偶，所以雄蛙分佈在水域的比例高達91% (416/458)是很合理的現象。雌蛙在陸域的數量佔了陸域總數量的80% (76/95)；在水域的數量僅佔水域總數量的9% (41/458)。此分佈狀況和關刀溪流域的雌蛙分佈型態相似，關刀溪雌蛙數量在蓄水池佔蓄水池數量的46%，但在山澗僅佔山澗總數量的7% (Kam and Chen 2000)。

Crump and Pounds (1989)認為，兩棲類的移動與遮蔽度、掠食者、食物、求偶、身體水份及溫度調節有關。以兩棲類的角度來說，牠們必須考慮到隱蔽地點與食物來源，即其活動範圍通常是易躲藏、食物多的地方(Duellman

and Trueb 1986)。絕大多數(80%)的斯文豪氏赤蛙移動距離小於 50 公尺。此代表的涵義可能是溪流生態環境已足夠提供斯文豪氏赤蛙的生活需求，所以可能不需長距離的移動。Kam and Chen (2000)研究也指出斯文豪氏赤蛙和其他大部份的溪流蛙類相同，屬於移動性低的種類，有 68.7%的個體移動距離小於 10 公尺，也未曾發現有季節性的往上、下游移動的情形，可能因為長期棲息於濱岸帶而因此得到生活上的所有資源。本研究結果也顯示，雄蛙較雌蛙常出現在水域樣區相同的停棲點。Ovaska and Gregory (1989)在研究中指出，一般而言兩棲類雄蛙為了在生殖場所佔有較佳的位置，通常出現在生殖場所的時間會較雌蛙長。

僅有 4 隻個體移動距離超過 500 公尺以上，這些極少數的個體不論雌性或雄性都會在溪流作直線性的移動，並無發現牠們有季節性的遷移至某溪段的現象。棲息在溪流的兩棲類通常是直線性的活動方式，Beshkov and Jameson (1980)於保加利亞巴爾幹半島的山脈發現多彩鈴蟾(*Bombina variegata*)沿著溪流移動超過了 200 m 遠，在繁殖季的雄蛙平均移動 63.8 m，而雌蛙平均移動 20 m；同樣也是溪流型蛙類尾蟾(*Ascaphus truei*)也具直線性的活動方式(Daugherty and Sheldon 1982)。由於砂卡礑溪及步道遊憩壓力大，遊憩干擾是否會導致個體進行長距離移動，值得探討。

朱哲民(1995)根據 Begon 等人(1990)提出的輻射能多則群聚中個體數量較多的假說做推論，認為遮蔽度對棲地的影響主要和日照有關。即遮蔽度低的地方，河床底石經過白天的曝曬，夜晚會保有較高的殘餘熱能，對代謝緩慢的外溫動物來說，利用環境溫度較高的棲地可以節省個體能量，因此，低遮蔽度之地點會吸引蛙類利用。本研究測量兩處水域的遮蔽度，雖然調查結果發現在岩壁開闊的五間屋水域比岩壁狹窄的觀景平臺水域多了 19 隻次，但遮蔽度與數量之間並無相關。推測可能兩處的遮蔽度皆低於 40%，且無顯著的差異，因此無法呈現出明顯的關係。有關遮蔽度和斯文豪

氏赤蛙活動的關係，有待進一步的研究。

斯文豪氏赤蛙對底石大小有所偏好(6、5、4 號石)，同樣為溪流型蛙種的褐樹蛙(林中一 2001, 朱哲民 1995)、梭德氏赤蛙(*Rana sauteri*)、盤古蟾蜍(*Bufo bankorensis*) (朱哲民 1995)對底石的選擇也有特定偏好。林中一(2001)研究結果顯示，雙溪流域各支流上游的褐樹蛙數量皆比下游多，且上游的底石級數有比中、下游大的趨勢，所以大的底石可能提供了褐樹蛙躲避、棲息、或產卵的場所；朱哲民(1995)研究北部溪流蛙類群聚的結論指出，溪流蛙類各族群在分佈上的差異及對停棲物的偏好是受到捕食者效應及底石組成不同而造成的；Dupuis and Steventon (1999)研究中發現尾蟾(*Ascaphus truei*)的分佈也會隨著小石礫的增加而逐漸減少。斯文豪氏赤蛙在兩處底石分佈相異的水域樣區，皆偏好同類型的底石作為停棲點，可知其對底石的偏好程度。

斯文豪氏赤蛙在步道上停棲位置之分佈，在水泥路面發現的數量為泥土路面之數量的兩倍以上(水泥路面 43 隻次，泥土路面 19 隻次)。放大尺度來看此兩種材質的路面周圍環境是否不同，發現最大差異處在於水泥路面路段周圍，大部份是闊葉林植被型態，而泥土路面一側則是人工種植大量且單一化的山蘇植物。推測可能是因為泥土路面周圍單一化的植被類型不如水泥路面周圍有草本、灌木層等多樣林相環境有助於斯文豪氏赤蛙棲息與躲藏，造成停棲在水泥路面的斯文豪氏赤蛙數量比停棲在泥土路面的數量多。而在僅 150 m 長的岩壁所記錄到的平均個體數量也比 300 m 長的泥土路面平均個體數量多，可能因為岩壁上可提供岩隙、小型岩生植物及腐植質，有利斯文豪氏赤蛙棲息。可知真正決定斯文豪氏赤蛙陸域步道停棲點的關鍵不是步道材質，而是步道周圍環境所能提供的掩蔽或多樣性。另外，幼蛙在岩壁出現的比例相當高(70%)，可能原因有二，一是調查時因顧及安全無法深入兩側林叢內找尋個體，遺漏了觀察值，相對的岩壁高度易於觀察，植被密度也不高，所以在

岩壁記錄到的數量多；二是幼蛙白天就藏匿在堅固的岩縫裡，其覓食、活動、躲避等都在岩壁附近完成。賴勇志(2002)研究中推測幼蛙、亞成蛙跟成蛙的生態習性不同，牠們生活於河岸的陸域棲地，變為成蛙之後才會到溪流中繁殖活動。但對幼蛙來說，究竟岩壁是否優於闊葉林下的草本層，則需要更多的調查及累積數據才能得知。

Dupuis and Steventon (1999)研究中發現尾蟾 (*Ascaphus truei*) 蝌蚪在濱岸植物被高度砍伐的地區密度較低，因此建議蛙類保育應保留溪流沿岸的森林作為緩衝帶，一來可保護河床，二則可提供溪流周圍的棲息環境。Inaki and Esteban (2005)研究中建議在西班牙蛙 (*Rana iberica*) 族群出現的河岸兩側，應設置大於 2.5 m 寬以上的緩衝區，避免人為活動過度干擾。砂卡礑溪步道沿著溪流開闢，峭壁及低海拔闊葉林成為步道與河岸間的天然屏障，因此遊客能走至岸邊的小徑不多，此對溪流生物來說應可提供有效的隔離，但仍應管制遊客的活動範圍，最好局限在步道週遭及少數河段區域。

結論與建議

本研究得知砂卡礑流域斯文豪氏赤蛙在冬季活動比夏季活躍，推測 2 月至 4 月為斯文豪氏赤蛙族群繁殖季的高峰。溪水的穩定與斯文豪氏赤蛙繁殖高峰期的關係相當密切，而砂卡礑溪在冬季時水量少、穩定度高，因此斯文豪氏赤蛙在無颱風及豪雨的冬季繁殖。空間分佈上，雄蛙棲息在水域環境中，而雌蛙與幼蛙大多棲息於有遮蔽的樹林環境裡。多數的斯文豪氏赤蛙在溪流內並無長距離的遷移行為，推測溪流生態環境已足夠提供其生活需求。

本研究發現若溪流沿岸具有不同植被遮蔽的環境，河床上多為直徑 6.4 cm 至 180 cm 的 4、5、6 號底石分佈，且溪水水位穩定的環境，則有利於斯文豪氏赤蛙族群棲息繁衍。因

此建議太魯閣國家公園在砂卡礑流域的保育管理上，可針對原有的資源作有效的維護，防止林相單一化，維持一個溪流沿岸的完整闊葉林生態，並避免人為活動過於頻繁。

誌謝

感謝太魯閣國家公園管理處研究計畫經費補助。

引用文獻

- 朱哲民。1995。臺灣北部溪流蛙類群聚之研究。國立臺灣大學生物學系碩士論文。
- 呂光洋、杜銘章、向高世。1999。臺灣兩棲爬行動物圖鑑。臺北：中華民國自然生態保育協會。
- 向高世、李鵬翔、楊懿如。2009。臺灣兩棲爬行動物圖鑑。臺北：貓頭鷹出版社。
- 汪靜明。1991。河川魚類棲地生態調查之基本原則與技術。森林溪流淡水魚保育訓練班論文集。
- 林中一。2001。臺北縣雙溪河流域褐樹蛙 (*Buergeria robusta*) 之生殖生態與族群分布。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。
- 楊懿如。1987。臺北樹蛙生殖行為之研究。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。
- 楊懿如主編。2005。臺灣兩棲動物野外調查手冊。臺北：行政院農業委員會林務局。
- 楊懿如、黃國靖。2005。太魯閣國家公園兩棲類及水棲昆蟲調查監測計畫。內政部營建署太魯閣國家公園管理處。
- 潘彥宏。1997。臺灣無尾目兩生類空間分布模式。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。
- 賴勇志。2002。地震前後斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*) 族群動態之研究。國立彰化師範大學生物學系碩士論文。

- Aichinger M. 1987. Annual activity pattern of anurans in a seasonal neotropical environment. *Oecologia* 71:583-592.
- Beshkov VA and DL Jameson. 1980. Movement and abundance of the yellow-bellied toad *Bombina variegata*. *Herpetologica* 36:365-370.
- Begon M, J L Harper and CR Townsend. 1990. Ecology: Individual, population, communities. 2nd Edition. Blackwell Scientific publication.
- Crump ML and JA Pounds. 1989. Temporal variation in the dispersion of a tropical anuran. *Copeia* 1989:209-211.
- Duellman WE and L Trueb. 1986. Biology of Amphibians. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Dupuis L and D Steventon. 1999. Riparian management and the tailed frog in north coastal forest. *Forest Ecology & Management* 124:35-43.
- Daugherty CH and AL Sheldon. 1982. Age-specific movement patterns of the frog *Ascaphus truei*. *Herpetologica* 38:468-474.
- Inaki RP and FJ Esteban. 2005. Effects of direct human disturbance on the endemic Iberian frog *Rana iberica* at individual and population levels. *Biological Conservation* 123:1-9.
- Kupferberg SJ. 1996. Hydrologic and geomorphic factors affecting conservation of a river-breed frog (*Rana boylii*). *Ecological Applications* 6:1332-1344.
- 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* 32:447-452.
- Kam YC and TC Chen. 2000. Abundance and movement of a riparian frog (*Rana Swinhoana*) in a subtropical forest of Guandau stream, Taiwan. *Zoological Studies* 39:67-76.
- Martof B S. 1959. Territoriality in the green frog, *Rana clamitans*. *Ecology* 34(1):165-174.
- Ovaska K and P T Gregory. 1989. Population structure, growth and reproduction in a Vancouver Island population of the salamander *Plethodon vehiculum*. *Herpetologica* 45 (2):133-143.
- Welsh HH and LM Ollivier. 1998. Stream amphibians as indicator of ecosystem stress: a case study from California's redwood. *Ecological Application* 8(4):1118-1132.
- Zug GR and PB Zug. 1979. The marine toad *Bufo marinus*: A natural history resume of native populations. *Smithsonian Contributions in Zoology* 284:1-58.