

太魯閣國家公園不同海拔莫氏樹蛙
(*Rhacophorus moltrechti*) 族群生活史之比較

研究生：蔡雯嘉

指導教授：楊懿如 博士

太魯閣國家公園管理處研究生研究報告

中 華 民 國 99 年 12 月

目次

目次	III
圖次.....	IV
表次.....	V
摘要.....	VI
第壹章、前言	1
第貳章、文獻探討	3
第參章、材料與方法	8
第肆章、結果	12
第伍章、討論	24
第陸章、結論與建議.....	28
參考書目	29

圖次

圖 1	不同海拔莫氏樹蛙族群樣區分布圖.....	33
圖 2	蝌蚪體長測量示意圖.....	33
圖 3	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園不同海拔各樣區野外調查次數與當日溫度分佈圖.....	34
圖 4	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園不同海拔各樣區野外調查次數與當日濕度分佈圖.....	34
圖 5	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園不同海拔各樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度關係圖.....	35
圖 6	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園不同海拔各樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查濕度關係圖.....	35
圖 7	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園砂卡礑樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖.....	36
圖 8	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園布洛灣樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖.....	36
圖 9	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園西寶樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖.....	37
圖 10	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園洛韶樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖.....	37
圖 11	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園新白楊樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖.....	38
圖 12	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園慈恩樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖.....	38
圖 13	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園碧綠神木樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖.....	39

表次

表 1	2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園不同海拔各樣區之莫氏樹蛙 數量（隻次）	40
表 2	太魯閣國家公園不同海拔莫氏樹蛙族群生活史特徵.....	40
表 3	太魯閣國家公園不同海拔樣區採集之莫氏樹蛙記錄表.....	40
表 4	太魯閣國家公園不同海拔莫氏樹蛙體型單因子變異數分析.....	41

摘要

關鍵詞：生活史、海拔、莫氏樹蛙

一、研究緣起

溫度是限制兩棲類分布的主要環境因素，其會隨著海拔呈現梯度性的改變，導致不同海拔族群間生殖特徵與發育特徵的變異。莫氏樹蛙(*Rhacophorus moltrechti*)屬於樹蛙科樹蛙屬樹蛙，為台灣特有種蛙類，廣泛分布於低海拔至 2500 公尺左右之樹林、果園、開墾地及山區。前人有針對莫氏樹蛙的鳴叫、雌性選擇及生殖生態學的部分進行探討，尚無針對不同海拔莫氏樹蛙生活史進行相關研究。太魯閣國家公園之海拔範圍為 200 至 3000 公尺，適合探討不同海拔與莫氏樹蛙族群生活史之間的關係，因此本研究欲(1)了解太魯閣國家公園內莫氏樹蛙族群的繁殖季節、生殖期、蝌蚪期及蝌蚪發生變態的時間是否會因不同的海拔而有所差異(2)建立不同海拔莫氏樹蛙族群之基礎資料，可作為太魯閣國家公園指標生物，並作為發展環境教育之生態基礎資料。

二、研究方法及過程

研究樣區包括低海拔(0-800m)：砂卡礑、布洛灣；中海拔(800-2000m)：西寶、洛韶、新白楊、慈恩山莊；高海拔(2000m 以上)：碧綠神木、關原。調查時間與頻度為 2009 年 12 月至 2011 年 3 月，每月 2 次。研究採野外調查法，記錄莫氏樹蛙繁殖期、蝌蚪期及環境因子等。

三、重要發現

太魯閣國家公園內不同海拔莫氏樹蛙族群在繁殖期已產生變異，低海拔地區莫氏樹蛙族群之繁殖期以秋、冬、春季為主，約為 8 個月；中海拔族群繁殖期為全年；高海拔族群繁殖期以夏季為主，約為 5 個月。低海拔蝌蚪期約 7 個月，中海拔為全年，高海拔尚未記錄到蝌蚪。溫度影響各樣區內莫氏樹蛙是否進行繁殖活動，濕度影響莫氏樹蛙的繁殖活動強度。

四、主要建議事項

莫氏樹蛙為太魯閣國家公園廣泛分佈的蛙類，而蛙類生活範圍含括水域及陸域的複雜生活史，使其生活史特徵變異對環境的改變十分敏感，建議做為指標物種，進行長期不同海拔的野外調查，以監測環境的變化，並做為發展環境教育的生態基礎資料。

第壹章 前言

生物為了適應不同的環境，會在形態、存活率、生理適應及行為上出現不同的反應，這樣的反應主要原因有兩個：環境因子在發育過程中誘發其表型 (phenotype) 產生變異，以及環境的選汰壓力使其基因型 (genotype) 產生改變 (Berven *et al.*, 1979; Duellman and Trueb, 1994; Schmidt *et al.*, 1998; Morrison and Hero, 2003; Laugen *et al.*, 2003; Uller *et al.*, 2006)。

近年來的研究發現，生活史特徵 (life history traits) 與生物適應度 (fitness) 息息相關，因此，生活史特徵變異具有遺傳上的基礎 (Laugen, 2003; Laugen *et al.*, 2003; Morrison and Hero, 2003; Danchin *et al.*, 2008; Chan and Zamudio, 2009)，所以若有一物種廣泛分布在海拔甚大的區域，族群間所面臨的環境差異會隨著分布範圍的擴大而增加 (Fiona *et al.*, 1998; Robbie, 2001; Iván *et al.*, 2002)。在極端不同的環境中，族群之間的生活史特徵會出現變異，這個現象在兩棲類尤其明顯 (Morrison and Hero, 2003; Lauck, 2005; Carlos *et al.*, 2007; 賴肅如，2002)。

氣候是限制兩棲類分布的主要環境因素，而海拔和緯度同時影響著環境的氣候型態 (Morrison and Hero, 2003)，環境的溫度、濕度會隨著空間 (微棲地) 及時間 (日夜或季節性) 有很大的變化，兩棲類的能量運用、新陳代謝、行為等就會有不同 (Beattstom, 1979; Duellman and Trueb, 1994)。由於不同環境因子造成的選汰壓力不同，可能使棲息於特定環境差異族群產生種化 (Chan and Zamudio, 2009; 賴肅如，2002)，因兩棲類生活範圍含括水域及陸域的複雜生活史，使其生活史特徵變異對環境的改變十分敏感 (Berven *et al.*, 1979; Skelly, 2004)，而生活史特徵變異所造成的生殖隔離，更有可能促進其種化的速度 (Uller *et al.*, 2006; 賴肅如，2002)。

臺灣位處亞熱帶，又因中央山脈縱走其間，造就了複雜的地形、物候，其不同海拔相對應的氣候帶包括熱帶、亞熱帶、暖溫帶、溫帶、冷溫帶、寒溫帶及亞寒帶氣候 (劉靜榆，2006)，由於不同海拔所形成的環境可能導致兩棲類在不同海拔族群間生殖特徵 (Morrison and Hero, 2003; Skelly, 2004; Lauck, 2005; Marshall *et al.*, 2008; 賴肅如，

2002) 與發育特徵 (Loman, 2003; 施宜汝, 1997; 賴肅如, 2002; 張麗文, 2002; 莊銘豐, 2006) 產生變異, 使臺灣山地成為研究廣泛分布於不同海拔之兩棲類生活史變異的最佳場所。

莫氏樹蛙 (*Rhacophorus moltrechti*) 屬於樹蛙科樹蛙屬樹蛙, 為台灣特有種蛙類, 廣泛分布於低海拔至2500公尺左右之樹林、果園、開墾地及山區 (楊懿如, 2005), 繁殖期間常出現於蓄水池、水溝、涵洞等靜止水域 (溫華霞, 2001), 繁殖季在台灣北部及東北部以春夏季為主; 中南部以夏秋季為主; 東部花蓮地區以冬季為主; 較潮濕的山區則終年繁殖 (向高世、李鵬翔、楊懿如, 2009), 資料顯示不同地區莫氏樹蛙的繁殖季節有極大的差異。

太魯閣國家公園海拔分佈高度自海平面至3742公尺之高山, 受地形、地勢之變化差異, 造成複雜的氣候帶及景觀並蘊育豐富的生態資源, 氣溫隨著海拔高度的上升而遞減, 年雨量均在2000毫米以上, 雨量隨著海拔而有所差異; 根據楊懿如 (2006) 於太魯閣國家公園所進行的兩棲類調查與監測計畫中, 得知莫氏樹蛙分佈海拔為0至2000公尺, 適合探討不同海拔與莫氏樹蛙族群生活史之間的關係。

本研究欲探討太魯閣國家公園內不同海拔所造成的環境因子是否會影響莫氏樹蛙族群的繁殖期、生殖期、蝌蚪期及蝌蚪發生變態的時間, 建立不同海拔環境及莫氏樹蛙族群生活史之基礎資料, 可作為太魯閣國家公園指標生物及發展環境教育之生態基礎資料。

第貳章 文獻探討

一、環境因子與兩棲類生活史之探討

兩棲類是介於水棲的魚類與陸生動物之間的種類，生活範圍含括水域及陸域，使得其生活史特徵變異對環境的改變十分敏感（Berven *et al.*, 1979; Laugen, 2003; Skelly, 2004），在探討兩棲類生活史時，溫度的變化在空間上與緯度及海拔有密切關聯，在時間上也與季節變化有關（Duellman and Trueb, 1994），許多研究都針對兩棲類適應環境因子所產生的影響，而發展出之生理、形態及行為等生活史變異進行探討。於前人研究中得知兩棲類對於氣體交換、體溫的調節、維持皮膚的濕潤及所需的水域環境的適應是相當重要的（Beattstom, 1979; Duellman and Trueb, 1994）。

以下分別說明溫度、濕度及水域環境對兩棲類生活史之影響：

（一）溫度對兩棲類生活史之影響

兩棲類屬於變溫動物，體溫跟週遭環境有著相當密切的關係，特別是底質（Duellman and Trueb, 1994）。為了適應不同的環境溫度，兩棲類會改變卵的型態、蝌蚪期、變態時間點、成蛙繁殖季節等生活史特徵來適應不同的環境（Laugen, 2003），進而產生的地區性的適應，這樣的差異甚至會促使兩棲類的基因型產生變異（Schmidt *et al.*, 1998）。

Laugen（2002）及Laugen等人（2003）研究*Rana Temporaria*發現，不同緯度的族群已有地區性的適應，高緯度族群的卵較低緯度族群的卵大，高緯度族群的蝌蚪之期數及大小較低緯度族群的蝌蚪之期數長和大。因高緯度地區的環境溫度變低時會抑制蝌蚪的發育，所以高緯度地區的蝌蚪其發育率較低緯度低。

林德恩（1997）進行不同海拔梭德氏赤蛙蝌蚪的耗氧量比較時，將蝌蚪分別放入三種不同溫度（10、15及20℃）中馴化，其結果發現蝌蚪於馴化前的耗氧量就已有所差異，以溪頭的梭德氏赤蛙蝌蚪的耗氧量最大，阿里山最低，馴化後阿里山地區的蝌蚪無顯著差異，溪頭地區的蝌蚪在15℃馴化後耗氧量顯著降低，雙龍地區的蝌蚪在15與20℃耗氧量都顯著低於未馴化前。無論馴化與否，不同溫度下測量的耗氧量均有顯著差異。

張麗文（2002）為了解不同海拔盤古蟾蜍的胚胎及蝌蚪之存活率、發育速率及高溫耐受度是否有差異進行相關研究，其結果顯示，阿里山族群總存活率隨溫度增加而下降，南仁山族群總存活率在20℃後隨溫度增加而下降。30℃時阿里山與南仁山盤古蟾蜍的總存活率為最低，但胚胎存活率相當高。15℃時阿里山族群的胚胎存活率最佳，南仁山族群胚胎存活率最差。隨溫度增加，蝌蚪發育速率會加快，以較短的蝌蚪期變態。在15與20℃時，阿里山族群的發育速率比南仁山族群慢，但於30℃則相反。

賴肅如（2002）針對台灣地區海拔對梭德氏赤蛙的影響發現，為了因應不同海拔所產生的溫度變化而在其生活史發生改變，高海拔族群於春季繁殖，成蛙產卵時間較短，於1至1.67週內，蝌蚪期超過1年，低海拔族群於冬季繁殖，成蛙產卵時間較長，於4.67至7週內，蝌蚪期則短於8個月，皆於夏季結束蝌蚪期。

莊銘豐（2006）探討台灣亞熱帶低海拔地區腹斑蛙蝌蚪是否有越冬情形中得知，腹斑蛙繁殖期自4月至10月，但蝌蚪全年可見。在繁殖季早期產下的蝌蚪會在當季變態，較晚產下的蝌蚪具有越冬的現象，當10至11月溫度下降時，蝌蚪開始有延緩發育的現象，12至2月嚴冬之際更有滯育（發育完全停止）的現象，3至4月回復正常發育的狀態。越冬後蝌蚪的體型會顯著比同一發育程度的未越冬蝌蚪大。

（二）濕度對兩棲類生活史之影響

兩棲類的身體中水分約佔總質量的70%-80%，身體中水的比例甚至超過部分水棲的種類，而兩棲類對於體內水分的循環也有特殊的機制（Duellman and Trueb, 1994），目前在一些特別的蛙類發現，其會於太陽下、水中及濕潤的土壤中取暖來調節體溫，如同爬蟲類一般，用水分蒸散的方式來避免達到致死溫度，但兩棲類的皮膚是直接裸露，因此，正常狀況下還是較常於夜間、雨後或靠近水邊的地區出現（Beattstom, 1979）。兩棲類在呼吸時會散失部分水分至大氣中，若長時間在乾燥的環境中，呼吸時造成的水分散失對其有一定的影響，因此，兩棲類必須生活於有水的環境或潮濕的底質來讓皮膚保持濕潤，以增加水分的吸收（Duellman and Trueb, 1994）。由此可知，濕度對兩棲類進行繁殖行為時具有一定程度的影響。

Barbeau等人（2005）研究佛羅里達州的三種樹蛙擦拭身體行為、表皮分泌物及水分蒸散比率中發現，在面對季節變化、乾旱棲地時，其會分泌脂質到表皮上來達到防水的功能。

Lillywhite（2006）提及兩棲類皮膚之角質蛋白和薄角質層很少，因此，在兩棲類表皮形成一種特殊血脂屏障，來防止水分從乾燥的表皮和通過相關組織蒸散，研究指出此現象可能為表型塑性與遺傳適應的共變關係。

（三）水域環境對兩棲類生活史之影響

兩棲類之蝌蚪期及繁殖都與水域環境相關，因此，該水域的環境是否適合兩棲類，也是影響其生活史的重要因素（Degani, 1986）。

Degani（1986）針對以色列冬季池塘裡的四種蛙類和兩種蠵蟾的幼體進行研究，結果發現*Salamander salamander*, *Triturus vittatus*, *Rana ridibunda*和*Bofo viridis*在池塘底層的幼體比在表面的幼體發育快，推測因該池塘經過夏季後其底質比表層具有較豐富的生物量，而*Hyla arborea*和*Pelobates syriacus*的成長則無差別。

Loman（2003）針對*Rana temporaria*的蝌蚪進行不同水域環境密度之實驗，其結果顯示高密度的水域環境裡的蝌蚪族群成長之速度較低密度的族群快，且若將加快乾涸的速度其蝌蚪之成長速度也會加快。

Lin and Lue（2004）在台灣中部蛙類與蟾蜍的空間偏好中發現，莫氏樹蛙繁殖時偏好陸地上且有植物覆蓋在水體上的水域環境。

綜合前人研究，兩棲類的生活史會隨著環境因子的改變而產生變異，若有兩棲類廣泛分布於不同的環境，其面臨之環境因子的差異會有所不同，生活史可能會隨之改變，經過長時間的地區性適應後可能會導致族群內產生蝌蚪發育之差異、生殖隔離等現象，且兩棲類為環境變化指標生物，因此了解影響兩棲類生活史的環境因子為何後，以利日後兩棲類的保育、教育及環境變化的監測。

二、莫氏樹蛙相關文獻

莫氏樹蛙 (*Rhacophorus moltrechti*) 屬於兩棲綱無尾目樹蛙科樹蛙，為台灣特有種，其繁殖季及生活史隨地區有所不同，以春天較多。台灣北部及東北部一般在春天及夏天繁殖；中南部夏天及秋天；東部花蓮則是在冬季；潮濕的山區則終年繁殖。莫氏樹蛙廣泛分布於全省，由北到南，從低海拔的樹林、果園、開墾地到兩千多公尺高山針葉林，是台灣分佈最廣的樹蛙（向高世、李鵬翔、楊懿如，2009）。

葉文珊（1997）針對莫氏樹蛙族群做地理親緣關係之研究，應用分子生物技術來研究莫氏樹蛙各族群間之親源關係：包括利用PCR-RFLP（Restriction Fragment Length Polymorphism）及定序（sequencing）分析粒線體DNA的12S rRNA-16S rRNA片段（約1100bp）。目的為了解其族群結構及基因組成，探討族群遺傳變異是否與地理分布有關，及中央山脈是否為其地理阻隔，進而推測出其散布路徑及時間，其結果可區分為西部+東北部型、東北部型、東南部型、西南部型、及全區型等五種類型，西部各族群的基因組成都很類似，以H01型為主；東北部、東南部及南部的族群已各發展出獨特的基因型；這顯示分布在中央山脈東西兩側的族群已經產生分化的現象，導致基因型的組成已有所差異。

莊孟憲（2000）比較不同海拔莫氏樹蛙的鳴叫，並探討溫度對其鳴叫活動模式、叫聲特質及鳴叫能量消耗是否會有影響。莫氏樹蛙同海拔族群生殖前、中、後期之鳴叫活動模式並無顯著變化，同海拔不同地點之鳴叫活動模式亦無顯著差異。不同海拔莫氏樹蛙夜間鳴叫活動均比日間高，且平均鳴叫活動在夜間及日間均有顯著差異，但叫聲頻率在不同海拔間則無顯著差異且與溫度變化無關。鳴叫耗氧量與溫度及鳴叫速率均呈正相關，綜合上述結果：溫度是影響不同海拔莫氏樹蛙叫聲特質差異的主要因素，鳴叫能量的投資可能會導致不同海拔整日鳴叫模式的差異。不過，不同海拔莫氏樹蛙叫聲特質的差異是否會導致族群間的分化，仍有待進一步的研究。

陳惇聿（2002）針對莫氏樹蛙雄性宣告叫聲及雌性選擇進行相關研究，收集並分析南仁山地區之莫氏樹蛙族群的雄性宣告叫聲，莫氏樹蛙宣告叫聲由慢速段落及快速段落組成，該研究設計兩組聲音刺激，以回播實驗來研究雌蛙對於雄蛙宣告叫聲的辨識及偏

好。結果顯示莫氏樹蛙雄蛙宣告叫聲中之慢速段落的第一小節能提供雌蛙作為同種辨識的訊息，且緊接在後的快速段落能加強雌蛙趨向聲源的反應。

陳清旗（2005）探討雄性莫氏樹蛙在生殖競爭中的鳴叫策略，實驗在南仁山地區進行，以野外錄得的雄性宣告叫聲為基礎，合成不同複雜度（慢、快速段落節數），鳴叫速率和聲量的叫聲，在實驗室對雄蛙回播，記錄並分析雄蛙的鳴叫反應。其結果發現雄蛙會有三種不同的鳴叫策略，可能代表不同程度的競爭壓力，而雄蛙在競爭中亦可能利用不同的回應策略，來節省能量上的開支，並增加生殖的成功率。

溫華霞（2001）針對太魯閣國家公園布洛灣地區莫氏樹蛙進行生殖生態學之研究，結果顯示布洛灣地區莫氏樹蛙繁殖季為10月至翌年6月，繁殖季中生殖活動強度與當日降雨量和相對濕度呈顯著相關；整年而言，月均溫與生殖活動強度呈顯著負相關；各樣區棲地條件互異，卵泡分佈位置不盡相同，加上氣候因子及天敵壓力的影響，以致各樣區莫氏樹蛙卵泡、蝌蚪面臨的生存壓力不同。

目前國內只針對莫氏樹蛙之地理親緣關係、鳴叫、雌性選擇及生殖生態學方面進行研究，並無針對莫氏樹蛙族群不同海拔之生活史有相關探討，引起本研究想探討不同海拔對莫氏樹蛙族群生活史影響之重要性。

第叁章 材料與方法

一、研究樣區描述

本研究選擇太魯閣國家公園內共 8 個樣區於中部橫貫公路沿線，樣區地點為砂卡礑、布洛灣、西寶、洛韶、新白楊、慈恩、碧綠神木、關原（圖 1），海拔介於 60 至 3000 公尺，所有的樣區面積皆以 100m×100m 為本研究之調查範圍。

砂卡礑樣區（24°10'7.94N, 121°36'32.04E）以步道起點至五間屋，海拔為 60 公尺，穿越線距離約 2.2 公里，步道旁有砂卡礑溪，屬於陰濕的河谷地形，但植物生態卻呈現出乾濕兩型的特色。坡度較緩的地方，生長高大且層次豐富的林木；坡度較陡的地方，只見低矮的岩生植物，以台灣蘆竹和沿階草居多，其環境提供兩棲類適宜的棲息環境。五間屋為原住民保留區，因此種植許多山蘇及香蕉等作物，該地有一約 10m² 灌溉用水池。砂卡礑溪旁之大石上常有兩個暫時性水域，一為面積約 30cm×18cm，深 13cm 的水域，另一為面積約 28 cm×17cm，深 10cm 的水域，底質為枯枝落葉。

布洛灣樣區（24°10'16.57N, 121°33'55.65E）於中橫公路 180 公里處溪畔隧道東口沿聯外道路約 26 公尺處，海拔約為 370 公尺，植被為次生演替樹林，苗圃內有兩個水池，一為水溝匯流而形成之約 15m² 水池，另一為面積 10 m² 之水池，水池旁種植芭蕉、山蘇為主，水池一側為馬路，另一側為土質鬆軟的緩坡。

西寶樣區（24°12'30.63N, 121°28'27.18E）以西寶台地上之西寶國小為主要調查地區，海拔約 915 公尺，植被為次生演替樹林，屬於人為開墾地，有人工生態池及教室，附近居民種植高麗菜等作物之菜園等，有灌溉用水桶及野溪流經，野溪寬約 1m，溪床有芒草等植物生長，野溪源頭水源豐富。

洛韶樣區（24°12'34.38N, 121°26'35.95E）為民宅旁的水溝，海拔約 1117 公尺，其水源穩定，水溝底質有鬆軟之淤泥，淤泥深約 23cm，有十字花科的挺水性植物覆蓋在淤泥上，水面有苔蘚類植物，水溝一側為水泥牆，牆上有蕨類及苔蘚類植物生長，另一側為馬路。

新白楊樣區 (24°11'53.05N, 121°25'58.17E) 以台 8 縣旁的公共廁所附近為主要調查地點，海拔為 1644 公尺，其環境較為潮濕，附近多為五節芒草生地，草生地生長著以台灣赤楊為主的次生演替樹林，附近水溝多維持在有水的狀態。

慈恩樣區 (24°11'26.66N, 121°23'18.84E) 以慈恩山莊為主要調查樣區，海拔約 1995 公尺，位於魯翁溪（又名慈恩溪）上游一帶，因地形、氣候的影響而形成潮溼多雨冷涼的霧帶，該山莊已經廢棄，山莊後面有兩個廢棄高約 1 公尺的水塔，其環境有許多落葉覆蓋，附近植被為次生演替樹林。

碧綠神木樣區 (24°10'49.66N, 121°24'12.33E) 位於中橫公路 128 公里處，海拔約為 2156 公尺，屬於針闊葉混生林，上層為雲杉、鐵杉及二葉松等針葉樹，中層則以樟科、殼斗科等闊葉樹種為主，其地面有許多落葉覆蓋及潮濕的土壤，並且有固定積水 2 m² 的小水窪，環境屬於較潮濕的森林。

關原樣區 (24°11'5.35N, 121°20'31.35E) 以關原加油站為主要調查樣區，海拔約為 2374 公尺，為一平坦的稜脊地區，緊臨塔次基里溪（立霧溪中游），此處的植物多針葉林，主要為雲杉、鐵杉、二葉松等，闊葉樹則有高山櫟、紅榨槭等底層有茂密的灌叢覆蓋。

二、研究動物描述

莫氏樹蛙 (*Rhacophorus moltrechti*) 屬於兩棲綱無尾目樹蛙科樹蛙，為台灣特有種，在 1908 年由英國兩爬學者 George A. Boulenger 命名發表，其繁殖季及生活史隨地區有所不同，以春天較多。台灣北部及東北部一般在春天及夏天繁殖；中南部夏天及秋天；東部花蓮則是在冬季；潮濕的山區則終年繁殖。外型特徵為中小型，公蛙體長約 4-4.5cm，母蛙體長約 4.5-5.5cm，背面墨綠色，其指（趾）端有吸盤，眼睛虹膜及大腿內側橘紅色，體側及四肢內側有許多小黑斑。莫氏樹蛙廣泛分布於全省，由北到南，從低海拔的樹林、果園、開墾地到兩千多公尺高山針葉林，是台灣分佈最廣的樹蛙。

三、調查時間與頻度

2009 年 11 月至 2010 年 11 月，11 月為樣區勘查，12 月正式進行野外調查，每月至每個樣區 2 次。

四、研究方法

（一）野外調查

各樣區調查採用穿越帶鳴叫辨識法（audio strip transect. AST）、目視遇測法（visual encounter method. VES）及兩棲類幼體辨識法的方式調查。調查進行時，研究者以手電筒為照明工具，於夜間進行莫氏樹蛙的標記，記錄方式採用設計好的表格搭配拍照。表格內容參考溫華霞（2001）所使用之項目：個體編號、性別、發現時間、地點位置、行為、吻肛長、體重、發現時的溫度、濕度及水溫。

（二）莫氏樹蛙繁殖期、蝌蚪期及棲地環境

每次進行野外調查時，當記錄到莫氏樹蛙鳴叫或成蛙出現時，本研究將之定義為繁殖期開始，以聆聽鳴叫聲及地毯式翻開落葉尋找莫氏樹蛙，發現卵泡，定義為生殖期，並且記錄其繁殖環境，發現蝌蚪後，將之定義為蝌蚪期開始，記錄項目：發現的日期、地點及蝌蚪所在之水域環境狀況。

（三）莫氏樹蛙體長、體重及標記

將第一次採集到之莫氏樹蛙的成蛙於辨別性別後，皆以準確度 0.01mm 之數位式游標尺測量其吻肛長（Snout-vent Length, SVL），再以精度達 0.01g 之 JYC Series 電子秤測量其體重，並利用去趾法（Toe-clipping）進行永久標記，且給予特定的個體編號。

（四）莫氏樹蛙卵泡

將採集到之莫氏樹蛙卵泡予以記錄，記錄項目參考溫華霞（2001）所使用之表格，包括：採集日期、採集地點位置、採集地點之溫溼度、採集地點的棲地環境、孵化狀況，然後以游標尺測量其卵泡之長軸、短軸長度、厚度及重量。

（五）莫氏樹蛙蝌蚪測量

將野外發現之莫氏樹蛙蝌蚪逢機撈取 10 隻蝌蚪予以測量其體長、尾長及全長

(圖 2)，並於每次調查再至發現地以相同方式測量，直至該發現地的蝌蚪變態為止，蝌蚪發育期以 Gosner (1960) 分期為判別標準，觀察蝌蚪的生長變化是否會因不同海拔所產生的不同環境因子而有改變的現象。

(六) 水域環境

1. 野外水域環境

於每個樣區記錄該樣區內的水域環境變化，記錄項目包括水域面積、岸邊植物、水域底質、是否有人為整理等狀況，用以了解野外的水域環境變化是否會影響莫氏樹蛙的利用情形。

2. 人工水桶

將半徑 13 公分，深 23 公分之水桶放置較缺水的樣區，水桶內水深維持在 15 公分，模擬莫氏樹蛙所需的生殖環境，以觀察莫氏樹蛙利用人為水域的情形。

(七) 莫氏樹蛙與其他生物

除了在野外調查時記錄莫氏樹蛙外，本研究會將天敵及共域蛙種予以記錄，以了解莫氏樹蛙與天敵及共域蛙種之間的關係。

五、資料分析

本研究將野外調查資料以 Microsoft excel 2007 進行資料整理，並運用 SPSS (Statistical Product and Service Solutions) 12.0 版進行資料分析，以線性迴歸、T-test 及逐步多元迴歸分析各環境因子與不同海拔莫氏樹蛙族群生活史之關係；運用線性迴歸及單因子變異數分析 (One-way ANOVA) 進行相同樣區內不同月份莫氏樹蛙繁殖季節、生殖活動強度之比較。

第肆章 結果

一、莫氏樹蛙繁殖期、蝌蚪期及棲地環境

本研究於 2009 年 12 月及 2010 年 1 月至 10 月太魯閣國家公園不同海拔地區進行莫氏樹蛙族群的野外調查，共已進行 22 次調查，目前 8 個樣區已調查到莫氏樹蛙共 563 隻次，此記錄包含目視及鳴叫兩種調查方式（表 1），不同海拔莫氏樹蛙族群生活史特徵整理為表 2。

（一）低海拔：砂卡礑樣區

2009 年 12 月至 2010 年 10 月記錄到莫氏樹蛙目視 6 隻，鳴叫 84 隻次、1 團卵泡及蝌蚪，於 5 月就無莫氏樹蛙的繁殖活動、卵泡之記錄。自 12 月至 10 月每次調查發現 1 至 21 隻次，平均發現 8.18 ± 12.06 隻次，12 月至 2 月上旬是繁殖的高峰期，平均每次調查發現 14.8 隻次；蝌蚪於 12 月至 6 月有其記錄，蝌蚪期為 7 個月，6 月下旬後則無蝌蚪記錄，該水域於調查時已經乾涸，且有少許蝌蚪之屍體，無法判定為何種蛙類的蝌蚪，10 月又開始記錄到莫氏樹蛙鳴叫。

莫氏樹蛙成蛙多於樹林底層、人工建物（砂卡礑橋墩）及五間屋水池岸邊有其鳴叫記錄，其會利用水域周圍的植物、落葉等作為遮蔽物，在遮蔽物下鳴叫，有些個體會在水池中間的石頭上或水池岸邊植物上鳴叫及配對，並且在水池裡有卵泡的記錄。蝌蚪於五間屋的水池及石頭上的暫時性水域有其記錄，發育時間約 3 至 4 星期後變態，蝌蚪會躲藏於水池底層的淤泥、水生植物或枯枝落葉下。

（二）低海拔：布洛灣樣區

2009 年 12 月至 2010 年 10 月記錄到莫氏樹蛙目視 10 隻，鳴叫 75 隻次，於 2010 年 1 月至 5 月持續記錄到蝌蚪，4 月記錄到 1 團卵泡，於 6 月後則無繁殖活動、卵泡及蝌蚪之記錄，而於 9 月第二次調查時又記錄到莫氏樹蛙鳴叫。自 12 月至 10 月調查止每次調查發現 3 至 12 隻次，平均發現 7.73 ± 7.38 隻次，12 月至 3 月上旬繁殖活動較頻繁，平均每次調查發現 8.83 隻次；蝌蚪於 1 月至 5 月有其記錄，蝌蚪期為 5 個月，6 月後則無蝌蚪記錄。

莫氏樹蛙成蛙多於水池岸邊植物上、落葉或泥土遮蔽物下鳴叫，於樣區內的樹林底層、水溝也有其鳴叫的記錄，在水池岸邊有卵泡記錄，但該卵泡似乎於水中浸泡過久，胚胎都已死亡，蝌蚪水池底層活動，會躲藏於底層的淤泥中，並於調查時都有記錄到新的蝌蚪。

（三）中海拔：西寶樣區

2009 年 12 月至 2010 年 10 月都持續記錄到莫氏樹蛙目視 8 隻，鳴叫 134 隻次，每次調查發現 1 至 17 隻次，平均發現 12.91 ± 8.01 隻次，12 月下旬至 3 月上旬繁殖活動較頻繁，平均每次調查發現 12.67 隻次；本樣區尚未記錄到蝌蚪。

莫氏樹蛙成蛙於西寶國小附近的樹林底層、西寶國小內的生態池、菜園及人工水道中的雜草裡有其鳴叫記錄，8 月調查時在人工水道的最源頭有一小水窪裡有變態幼蛙的記錄。

（四）中海拔：洛韶樣區

2009 年 12 月至 2010 年 10 月記錄到莫氏樹蛙目視 11 隻，鳴叫 143 隻次，於 2010 年 2 月記錄到蝌蚪，於 4、5、6 月記錄到共 8 團卵泡及蝌蚪，自 12 月至 10 月每次調查發現 3 至 30 隻次，平均發現 14 ± 10.65 隻次，1 月下旬至 4 月是繁殖的高峰期，平均每次調查發現 13.43 隻次；蝌蚪於 2 月至 9 月有其記錄，蝌蚪期為 8 個月，9 月後則無蝌蚪記錄。

莫氏樹蛙於水溝邊坡及水溝旁的淤泥裡有鳴叫記錄，成蛙會躲藏於水溝邊坡上的苔蘚類植物下、水管內鳴叫，水溝旁邊的淤泥上有十字花科的植物覆蓋，成蛙會利用淤泥及植物當作遮蔽，在其底下鳴叫，於 12 月至 4 月第一次時調查，在淤泥與挺水植物間、水溝邊坡上的苔蘚類植物下常發現莫氏樹蛙及卵泡。蝌蚪於水溝底層活動，會躲藏於底層的淤泥中或水生植物下，並在每次調查時都會記錄到新的蝌蚪個體及變態幼蛙。

（五）中海拔：新白楊樣區

2009 年 12 月無莫氏樹蛙之記錄，於 2010 年 1 月至 10 月記錄到莫氏樹蛙目視 4 隻，鳴叫 39 隻次，每次調查發現 1 至 9 隻次，平均發現 3.91 ± 4.74 隻次，2 月至 5 月繁殖活動較頻繁，平均每次調查發現 4.63 隻次；本樣區尚未記錄到蝌蚪。

莫氏樹蛙於公廁旁的草坡及樹林底層有鳴叫記錄，成蛙會躲藏於草坡泥土下鳴叫，也有成蛙會出現在人工木棧道或欄杆上。

（六）中海拔：慈恩樣區

2009 年 12 月及 2010 年 10 月無莫氏樹蛙之記錄，於 2、4、5 及 9 月有莫氏樹蛙鳴叫 10 隻次的記錄。每次調查發現 2 至 4 隻次，平均發現 0.91 ± 1.45 隻次，繁殖活動分散於 2 月至 5 月，平均每次調查發現 1.15 隻次；本樣區尚未記錄到蝌蚪。莫氏樹蛙於慈恩山莊後方的樹林底層及前方的果園有鳴叫記錄。

（七）高海拔：碧綠神木樣區

2009 年 12 月至 2010 年 3 月並無莫氏樹蛙之記錄，於 4 月開始至 10 月記錄到莫氏樹蛙目視 7 隻，鳴叫 32 隻次，5 月記錄到莫氏樹蛙抱接。自 12 月至 9 月每次調查發現 1 至 7 隻次，平均發現 3.55 ± 3.88 隻次，4 月至 8 月上旬開始有繁殖活動，平均每次調查發現 3.56 隻次；本樣區尚未記錄到蝌蚪。

莫氏樹蛙於樹林底層及植物上有鳴叫記錄，成蛙會利用蕨類植物及泥土當作遮蔽物，躲藏於其中鳴叫，也有發現成蛙於樹枝上鳴叫，有些個體會出現在地上的暫時性水域。

（八）高海拔：關原樣區

自 2009 年 12 月至 2010 年 10 月止，都尚未記錄到莫氏樹蛙進行繁殖活動。

綜合以上，中海拔族群調查的隻次為最多，低海拔族群次之，高海拔族群為最少；低海拔地區莫氏樹蛙族群之繁殖期以秋、冬、春季為主，約為 8 個月，12 月至 6 月持續發現蝌蚪，蝌蚪期為 7 個月，6 月後則無蝌蚪記錄；中海拔族群繁殖期為全年，蝌蚪期自 12 月至今持續有記錄，且都有記錄到新孵化之蝌蚪，蝌蚪期為全年；高海拔族群繁殖期以夏季為主，約為 5 個月，未記錄到蝌蚪。

二、莫氏樹蛙體長、體重及標記

本研究於 2009 年 12 月及 2010 年 1 月至 10 月太魯閣國家公園不同海拔地區進行莫氏樹蛙的成蛙記錄，共採集到 38 隻（表 3）。

砂卡礑樣區共採集到 6 隻，平均體長為 4.54cm，最大體長為 4.73 cm，最小體長為 3.99cm，平均體重為 5.27g，最大體重為 7.05g，最小體重為 4.01g。

布洛灣樣區共採集到 7 隻，平均體長為 4.51cm，最大體長為 4.93 cm，最小體長為 3.99cm，平均體重為 5.42g，最大體重為 7.32g，最小體重為 4.31g。

西寶樣區共採集到 1 隻，體長為 3.03cm，體重為 1.59g。

洛韶樣區共採集到 11 隻，平均體長為 4.54cm，最大體長為 4.73 cm，最小體長為 3.99cm，平均體重為 5.16g，最大體重為 12.13g，最小體重為 3.57g。

新白楊樣區共採集到 4 隻，平均體長為 4.64cm，最大體長為 4.97 cm，最小體長為 4.42cm，平均體重為 6.36g，最大體重為 6.78g，最小體重為 6.03g。

碧綠神木樣區共採集到 7 隻，平均體長為 4.67cm，最大體長為 4.96 cm，最小體長為 4.46cm，平均體重為 7.08g，最大體重為 10.68g，最小體重為 5.42g。

依目前的調查資料進行單因子變異數分析，其結果為不同海拔莫氏樹蛙體長及體重都有顯著性差異（表 4），顯示不同海拔的莫氏樹蛙的成蛙體型已有不同。目前無再捕獲已標記之莫氏樹蛙。

三、莫氏樹蛙卵泡、蝌蚪測量

本研究於砂卡礑及洛韶樣區採集到 10 團莫氏樹蛙卵泡，卵泡長軸範圍 6.77-10.92cm，平均 8.53 ± 1.44 cm，短軸範圍 3.1-7.21cm，平均 5.68 ± 1.23 cm，厚度範圍 1.68-4.51cm，平均 3.79 ± 0.8 cm，體積範圍 $54.82-278.18\text{cm}^3$ ，平均 $189.51 \pm 72.72\text{cm}^3$ ，重量範圍 8.99-22.62g，平均 15.79 ± 4.75 g。卵泡的採集位置在水域旁的淤泥及植物之間（n=6），在暫時性水域中石頭下方（n=3），在水域岸邊（n=1）。

本研究自 6 月調查開始進行野外之莫氏樹蛙蝌蚪的測量，只測量到砂卡礑族群（n=20）及洛韶族群（n=50）的蝌蚪體長。砂卡礑族群體長為 13.41 ± 0.87 cm，洛韶族群體長為 13.22 ± 5.10 cm。

四、環境因子與莫氏樹蛙活動之關係

(一) 各樣區環境因子分析：

1.溫度

溫度範圍為 4.2℃ 至 27.8℃ (圖 3)，最高溫於 7 月砂卡礑樣區，最低溫於 12 月碧綠神木樣區。在同一次進行野外調查時，各樣區所測得之溫度有顯著性差異 ($F=5.68$, $P<0.001$)，溫度差異範圍約為 10℃，其中於 12 月下旬及 3 月下旬時因受寒流的影響，造成各樣區的溫度差異約為 14℃。

2.濕度

濕度範圍為 42% 至 98% (圖 4)，最高於 5 月砂卡礑樣區，最低於 2 月關原樣區。在同一次進行野外調查時，各樣區所測得之濕度差異範圍都約為 23%。各樣區的所測得之濕度有顯著性差異 ($F=12.39$, $P<0.05$)，事後檢定結果顯示砂卡礑、布洛灣樣區與其他樣區均有顯著性差異；西寶樣區與洛韶樣區無顯著性差異，與其他樣區則有顯著性差異；新白楊樣區與慈恩樣區、碧綠神木樣區無顯著性差異，與其他樣區則有顯著性差異；關原樣區與慈恩樣區、碧綠神木樣區無顯著性差異，與其他樣區則有顯著性差異，由此得知，較相近的兩個樣區及較高海拔樣區所測得之濕度差異不會太大。

3.水域環境

野外水域環境的調查中，砂卡礑、布洛灣、洛韶屬於水源較穩定的樣區，西寶、新白楊、慈恩、碧綠神木及關原屬於較缺水的樣區。本研究於 5 月第一次調查時開始放置水桶於較缺水的西寶、新白楊、慈恩、碧綠神木及關原樣區內，以觀察莫氏樹蛙對於人工水域的利用情形，至目前為止尚未發現有莫氏樹蛙來利用人工水桶。

(二) 不同海拔之莫氏樹蛙鳴叫隻次與環境因子分析：

1.綜合 8 個樣區：

當日莫氏樹蛙進行繁殖活動的數量與當日實際測得之溫度有顯著相關 ($R^2=0.12$, $P<0.05$)，但由圖 5 可知，莫氏樹蛙約於 12℃ 開始進行繁殖活動，繁殖活動較頻繁的溫度範圍約於 15℃ 至 23℃ 之間。當日莫氏樹蛙進行繁殖活動的數量與當日實際測得之濕

度有顯著相關 ($R^2=0.08$, $P<0.01$)，由圖 6 看出，莫氏樹蛙於濕度約為 42%至 90%之間有繁殖活動。由顯著差異的結果顯示，濕度較溫度而言，對莫氏樹蛙於樣區內進行繁殖活動的數量影響較大。

2.不同海拔各樣區：

(1) 低海拔：砂卡礑樣區

莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度進行分析 (圖 7)，得知莫氏樹蛙的進行繁殖的數量與當日調查溫度有顯著負相關 ($R^2=0.26$, $P<0.05$)，與濕度則無顯著性 ($R^2=0.03$, $P>0.05$)，顯示在砂卡礑樣區內，溫度影響莫氏樹蛙是否進行繁殖活動，其繁殖活動較頻繁的溫度約在 15°C 至 22°C 之間，濕度約在 60%至 90%之間，當 5 月溫度持續升高至 23°C 以上後，就停止其繁殖活動，直至 10 月溫度降至約 22°C 時又開始進行繁殖活動，而在繁殖月份內莫氏樹蛙的繁殖活動隨濕度變化而有改變。

將有記錄到莫氏樹蛙進行繁殖活動的時期分為前期及後期，發現前期為繁殖活動較頻繁，因莫氏樹蛙有聚集鳴叫的現象，所以當開始有繁殖活動後，約 1 個月後達到高峰，後期其繁殖活動趨緩，直至 6 月停止進行繁殖活動。

此樣區五間屋灌溉水池及時頭上的暫時性水域為主要環境水域，其五間屋灌溉用水池受水管所流入的水所影響，若水注入的較少，水池的水位就會下降，且水池會有人為清理水生植物的狀況；暫時性水域亦受水源注入及蒸發等影響，若有數日未降雨，該水域就會乾涸。

(2) 低海拔：布洛灣樣區

莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度進行分析 (圖 8)，得知莫氏樹蛙的進行繁殖的數量與當日調查溫度有顯著負相關 ($R^2=0.30$, $P<0.05$)，與濕度則無顯著性 ($R^2=0.02$, $P>0.05$)，顯示在布洛灣樣區內，溫度較濕度對莫氏樹蛙進行繁殖活動的影響大，其繁殖活動較頻繁的溫度約在 15°C 至 24°C 之間，濕度約在 60%至 90%之間，當 5 月下旬溫度持續升高至 25°C 後，停止其繁殖活動，直至 9 月下旬又開始進行繁殖活動，而在繁殖月份內莫氏樹蛙的繁殖活動隨溫度及濕度變化而有改變。

將有記錄到莫氏樹蛙進行繁殖活動的時期分為前期及後期，莫氏樹蛙有聚集鳴叫的現象，因此前期為繁殖活動較頻繁，溫度約在 20°C 時繁殖活動達到高峰。在繁殖期間，莫氏樹蛙繁殖活動隨溫度變化而有改變，於 4 月上旬溫度達 25°C 時，其數量就較少，溫度下降後又增加。

此樣區灌溉用水池為主要水域環境，其水源穩定，水溝持續有水注入，水池邊坡之植物會有人為整理的情形，原本在該水池周圍都會有莫氏樹蛙目視或鳴叫之記錄，但於 6 月人為整理過後，就無記錄，直至 9 月下旬才於岸邊植物上記錄到莫氏樹蛙鳴叫。

(3) 中海拔：西寶樣區

莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度進行分析（圖 9），得知莫氏樹蛙的進行繁殖的數量與當日調查溫度有顯著負相關（ $R^2=0.21$, $P<0.05$ ），與濕度則無顯著性（ $R^2=0.03$, $P>0.05$ ），顯示在西寶樣區內，溫度較濕度對莫氏樹蛙進行繁殖活動的影響大，其繁殖活動較頻繁的溫度約在 13°C 至 20°C 之間，濕度約在 50% 至 90% 之間。

將有記錄到莫氏樹蛙進行繁殖活動的時期分為前期、中期及後期，莫氏樹蛙有聚集鳴叫的現象，因此前期為繁殖活動較頻繁，前 3 個月內為繁殖高峰，中後期莫氏樹蛙的繁殖活動隨溫度變化而有改變，當溫度達 20°C 或以上時，其數量就會下降，6 月上旬之後的調查記錄都可看到此現象，6 月上旬、8 月上旬溫度約為 25°C，莫氏樹蛙數量減少，7 月上旬、9 月上旬溫度下降 20°C 後又增加繁殖活動數量。

此樣區內野溪源頭及野溪為主要水域環境，水源穩定，該環境植被為次生演替樹林，樹林底層有茂密的灌叢，野溪內也有許多灌叢生長，6 月時野溪源頭附近的灌叢有人為整理的狀況。

(4) 中海拔：洛韶樣區

莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度進行分析（圖 10），得知莫氏樹蛙的進行繁殖的數量與當日調查溫度無顯著性相關（ $R^2=0.14$, $P>0.05$ ），與濕度則無（ $R^2=0.01$, $P>0.05$ ），顯示在洛韶樣區內，溫度與濕度對莫氏樹蛙進行繁殖活動無影響，其繁殖活動較頻繁的溫度約在 11°C 至 20°C 之間，濕度約在 50% 至 90% 之間。

將有記錄到莫氏樹蛙進行繁殖活動的時期分為前期、中期及後期，莫氏樹蛙有聚集

鳴叫的現象，因此前期為繁殖活動較頻繁，前3個月內為繁殖高峰，中期莫氏樹蛙持續進行繁殖活動，後期莫氏樹蛙的繁殖活動隨溫度變化而有改變，當溫度接近20°C或以上時，其數量就會下降，6月下旬之後的調查記錄都可看到此現象，溫度下降後又增加其繁殖活動數量。

此樣區內水溝為主要水域環境，水流穩定，水溝底質有約23cm的淤泥，有十字花科的挺水性植物覆蓋在淤泥上，水面及水溝邊坡有苔蘚類植物，但於4月第二次調查時發現挺水植物遭到清除，直至6月就無發現卵泡，9月調查時，水域環境已經恢復成先前原本的樣貌，挺水性植物已經覆蓋在淤泥上。

(5) 中海拔：新白楊樣區

莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度進行分析（圖11），得知莫氏樹蛙的進行繁殖的數量與當日調查溫度無顯著性相關（ $R^2=0.10$, $P>0.05$ ），與濕度則有顯著正相關

（ $R^2=0.31$, $P<0.05$ ），顯示在新白楊樣區內，濕度較溫度對莫氏樹蛙進行繁殖活動的影響大，其繁殖活動較頻繁的溫度約在11°C至20°C之間，濕度約在50%至90%之間。

莫氏樹蛙的繁殖活動隨濕度變化而有改變，當濕度在60%以上時，其數量就會增加，因莫氏樹蛙有聚集鳴叫的現象，所以當開始有繁殖活動後，約1個月後達到高峰，3月下旬時濕度降至40%，莫氏樹蛙就停止繁殖活動，4月上旬濕度上升至50%以上後又開始其繁殖活動，6月下旬後因溫度上升接近20°C，莫氏樹蛙也停止其繁殖活動，9月上旬溫度下降至約18°C又開始有繁殖活動的記錄。

此樣區位於公廁旁，雖然人為干擾甚大，但公廁旁邊及後方有灌叢可提供莫氏樹蛙躲藏，且山壁持續有水滲出，水溝持續有水，環境都屬於潮濕的狀態。

(6) 中海拔：慈恩樣區

莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度進行分析（圖12），得知莫氏樹蛙的進行繁殖的數量與當日調查溫度無顯著性相關（ $R^2=0.03$, $P>0.05$ ），與濕度則無顯著性（ $R^2=0.03$, $P<0.05$ ），顯示在慈恩樣區內，溫濕度對莫氏樹蛙進行繁殖活動無影響，此樣區的繁殖活動較零星，有其記錄的溫度約為15°C，濕度約為50%。

此樣區位於慈恩山莊，因此受到較大的人為干擾，分別於4月下旬及6月上旬進行除草工作，7月至9月上旬慈恩山莊進行整修，所以都無莫氏樹蛙記錄，直至9月下旬才有莫氏樹蛙繁殖活動的記錄。

(7) 高海拔：碧綠神木樣區

莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度進行分析（圖13），得知莫氏樹蛙的進行繁殖的數量與當日調查溫度有顯著性相關（ $R^2=0.40$, $P>0.01$ ），與濕度則無（ $R^2=0.04$, $P>0.05$ ），顯示在碧綠神木樣區內，溫度較濕度對莫氏樹蛙進行繁殖活動的影響大，其繁殖活動較頻繁的溫度約在 12°C 至 18°C 之間，濕度約在50%至90%之間。

將有記錄到莫氏樹蛙進行繁殖活動的時期分為前期及後期，莫氏樹蛙有聚集鳴叫的現象，因此前期為繁殖活動較頻繁，當開始有繁殖活動後，約1個月內達到繁殖高峰，後期莫氏樹蛙的繁殖活動隨溫度變化而有改變，當溫度降低至 10°C 時，其數量就會下降，6月下旬之後的調查記錄都可看到此現象，溫度回升後又增加其繁殖活動數量。

此樣區內有數個大小不一的暫時性水域，6月調查時有2個較小的暫時性水域已經乾涸，7月至9月第一次調查時，暫時性水域恢復積水，但於9月第二次調查時所有的暫時性水域全部乾涸，10月時又恢復積水狀態。

(8) 高海拔：關原樣區

自2009年12月至2010年10月止，都尚未記錄到莫氏樹蛙進行繁殖活動。

綜合以上，不同海拔各樣區的莫氏樹蛙族群在繁殖期內，其進行繁殖活動的時期集中於繁殖期的前、中期，約在2個月內達到繁殖高峰，之後繁殖活動趨緩。

莫氏樹蛙的繁殖期與溫度有關，進行繁殖活動時的溫度約為 10°C 至 22°C ，意旨當溫度到達適合莫氏樹蛙進行繁殖活動時，就會開始進入繁殖期，若溫度不適合，莫氏樹蛙就會停止繁殖活動，結束繁殖期。莫氏樹蛙的繁殖期與濕度無關，在繁殖期間外，即使濕度適合，也不會進行繁殖活動，但濕度則影響莫氏樹蛙繁殖活動的強度，指在繁殖期間，濕度影響莫氏樹蛙進行繁殖活動的數量。

\

五、莫氏樹蛙與其他生物之關係

(一) 天敵

研究期間，曾記錄到赤尾青竹絲 (*Trimeresurus stejnegeri stejnegeri*)、龜殼花 (*Protobothrops mucrosquamatus*)、雨傘節 (*Bungarus multicinctus multicinctus*)、大頭蛇 (*Boiga kraepelini*)、紅斑蛇 (*Dinodon rufozonatum rufozonatum*) 等蛇類。於砂卡礑樣區曾看過赤尾青竹絲會躲藏在五間屋水池岸邊的植物中，龜殼花會盤據在水池旁邊的欄杆上，紅斑蛇曾出現在步道旁的草叢中。在布洛灣樣區曾有雨傘節、大頭蛇出現在水溝旁的草叢中。在西寶樣區西寶國小的生態池曾親眼目睹過紅斑蛇正在捕食盤古蟾蜍。在洛韶樣區曾記錄過紅斑蛇在水溝旁的淤泥上，赤尾青竹絲在水溝邊坡的苔蘚類植物上。在碧綠神木樣區有目睹過赤尾青竹絲盤據在樹枝上，雖未看過蛇類正在捕食莫氏樹蛙成蛙，但由蛇類的活動情形來看，可能會有捕食莫氏樹蛙成蛙的情形發生。

在水域環境的天敵分別於砂卡礑的暫時性水域中記錄到水蠆，洛韶的水溝裡則記錄到紅娘華，雖然也未目睹過水蠆及紅娘華捕食莫氏樹蛙的蝌蚪，但就食性而言，也有可能捕食蝌蚪的情形發生。

(二) 共域蛙類

在研究期間不同海拔的 8 個樣區除了記錄莫氏樹蛙外，尚有發現盤古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*)、日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)、白領樹蛙 (*Polypedates sp.*)、艾氏樹蛙 (*Kurixalus eiffingeri*)、斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*)、拉都希氏赤蛙 (*Rana latouchii*)、梭德氏赤蛙 (*Rana sauteri*)。

砂卡礑樣區內盤古蟾蜍在 12 月至隔年 9 月都有其活動的記錄，多出現於步道上，水池內有記錄到其蝌蚪；艾氏樹蛙的鳴叫地點多在樹林裡，有繁殖活動的月份大約從 12 月開始至隔年 3 月；日本樹蛙在 12 月至隔年 10 月都有記錄，4 月至 6 月達繁殖高峰，之後繁殖活動趨緩，在此期間在水池及暫時性水域中有記錄到其蝌蚪；於 12 月至隔年 10 月斯文豪氏赤蛙的記錄，多出現於步道旁或水池中，在水池中有其卵團及蝌蚪的記錄；1 月至 7 月上旬有拉都希氏赤蛙的記錄，2 月至 4 月時達到繁殖高峰；白領樹蛙於 6

月開始有鳴叫記錄至 10 月上旬為止，7 月時記錄到其卵泡。

布洛灣樣區於 12 月至隔年 10 月有盤古蟾蜍的記錄，12 月至 4 月數量較多，多出現於樣區內的水池中，之後的記錄較零星；於 12 月有梭德氏赤蛙的記錄，艾氏樹蛙於 12 月下旬開始有鳴叫記錄至 5 月止，9 月又開始記錄到其鳴叫；日本樹蛙於 2 月下旬至 9 月都有進行繁殖活動的記錄，且數量龐大；白領樹蛙於 5 月開始有鳴叫記錄至 10 月止，9 月下旬在水池中記錄到白領樹蛙的蝌蚪。

西寶樣區內盤古蟾蜍於 12 月至隔年 10 月都有其活動的記錄，多出現於西寶國小內的生態水池及步道上，生態水池也有盤古蟾蜍蝌蚪之記錄；艾氏樹蛙只於 2 月及 10 月上旬有記錄到其鳴叫；斯文豪氏赤蛙於 5 月至 10 月都有其記錄，多於生態水池及野溪源頭發現；日本樹蛙於 4 月至 10 月都有其鳴叫記錄，5 月至 8 月時為繁殖高峰。

洛韶樣區於 12 月至隔年 10 月都有盤古蟾蜍活動的記錄，其多出現在水溝旁的淤泥或暫時性水域中，繁殖高峰於 2 月至 5 月，在此期間有盤古蟾蜍的蝌蚪及卵串的記錄；12 月至 2 月上旬有記錄到艾氏樹蛙鳴叫；斯文豪氏赤蛙的繁殖活動較集中於 5 月下旬至 9 月，多於水溝邊坡的苔蘚類植物上或水溝中；日本樹蛙於 4 月開始有鳴叫記錄，其繁殖數量龐大，繁殖高峰於 4 月至 6 月上旬，6 月下旬開始記錄到日本樹蛙的變態幼蛙，7 月上旬變態幼蛙達最大量，之後日本樹蛙的繁殖活動趨緩直至 9 月下旬為止。

新白楊樣區內盤古蟾蜍自 1 月下旬至目前為止都有其記錄，但於溫度及濕度較低時就無其記錄；艾氏樹蛙於 2 月開始有鳴叫記錄至 4 月停止，於 9 月又開始記錄到其鳴叫；斯文豪氏赤蛙的記錄較零星，於 1 月下旬及 7 月上旬記錄到其鳴叫；於 7 月下旬及 9 月上旬記錄到梭德氏赤蛙的變態幼蛙，10 月上旬記錄到梭德氏赤蛙雌蛙。

慈恩樣區於 2 月下旬記錄到盤古蟾蜍，4 月至 6 月上旬止記錄到艾氏樹蛙鳴叫，其鳴叫地點多在樹林裡；7 月下旬時記錄到梭德氏赤蛙的變態幼蛙。

碧綠神木樣區內於 8 月在暫時性水域中記錄到盤古蟾蜍雄蛙；4 月上旬至 6 月止記錄到艾氏樹蛙鳴叫，其鳴叫地點多於樹林裡；於 7 月下旬時記錄到梭德氏赤蛙及盤古蟾蜍的變態幼蛙；9 月上旬於暫時性水域中記錄到梭德氏赤蛙；9 月下旬於樹林裡記錄到斯文豪氏赤蛙鳴叫。

關原樣區內在2月上旬在乾溝內記錄到梭德氏赤蛙雌蛙及6月上旬在馬路旁記錄到盤古蟾蜍雄蛙。

由8個樣區內所記錄到的共域蛙類中得知，其繁殖季節與繁殖棲地與莫氏樹蛙都會有所區別，白領樹蛙、日本樹蛙及拉都希氏赤蛙的繁殖季節與莫氏樹蛙不同，梭德氏赤蛙屬於溪流型蛙類，於溪流中進行繁殖活動，艾氏樹蛙在樹林間進行繁殖活動，繁殖棲地為樹洞或石縫間的積水處，斯文豪氏赤蛙多位於流水的環境進行繁殖活動，盤古蟾蜍多在較乾燥的陸地進行繁殖活動，不會與莫氏樹蛙重疊，因此較不會有資源的競爭的情形產生。

第五章 討論

一、不同海拔莫氏樹蛙族群繁殖期及蝌蚪期之探討

前人研究發現，環境因子的變異會影響兩棲類的繁殖期及蝌蚪期 (Beattie, 1985; Lin and Lue, 2004; Lauck, 2005; 賴肅如, 2002)。

本研究結果顯示，太魯閣國家公園內不同海拔莫氏樹蛙族群在繁殖期已產生變異，低海拔地區莫氏樹蛙族群之繁殖期以秋、冬、春季為主，約為 8 個月，蝌蚪期為 7 個月；中海拔族群繁殖期為全年，蝌蚪期為全年；高海拔族群繁殖期以夏季為主，約為 5 個月，未記錄到蝌蚪。

Beattie (1985) 提出 *Rana temporaria* 繁殖時間會隨著海拔每上升 100 公尺延後 6 天，從海拔 46 至 838 公尺繁殖時間平均延後 53 天，延後的日數與海拔上升成正比，該研究認為此現象是受到積溫效應 (temperature-sum effect) 的影響，意即當成蛙累積至一定的溫度總量後，便開始進行繁殖活動並產卵，而溫度隨著海拔升高而遞減，因此海拔愈高，成蛙需要累積溫度總量的日數就愈多，第一次進行繁殖活動的時間就愈晚，且延遲的時間與海拔呈現正相關，但本研究莫氏樹蛙族群的繁殖時間屬於連續性的，並無法用積溫效應來解釋太魯閣國家公園內不同海拔莫氏樹蛙族群的繁殖期變化情形。

賴肅如 (2002) 在研究海拔對梭德氏赤蛙生活史特徵的影響中發現，臺灣高海拔的冬季低溫與低海拔夏季高溫對其蝌蚪早期的生長與存活有不良的影響，因此，高海拔的梭德氏赤蛙族群在春季生殖，可避免剛孵化的蝌蚪立即面臨冬季的低溫，且高海拔的夏季高溫因海拔效應而使平均溫度下降，因而降低了夏季高溫對蝌蚪成長死生存的限制；低海拔的梭德氏赤蛙族群在秋季進行生殖，則可避免蝌蚪面臨夏季高溫影響其存活率，梭德氏赤蛙之生殖特徵隨海拔梯度的變化呈現生態漸變群，與本研究之莫氏樹蛙族群的生殖特徵變化相似，推測本研究之莫氏樹蛙族群的生殖特徵在適應不同海拔環境時已產生改變，也隨海拔梯度的變化而呈現生態漸變群 (cline)。

Berven *et al.* (1979) 指出愈往高海拔的溫度愈低，因而降低蝌蚪的發育速率，延長蝌蚪期。賴肅如 (2002) 研究發現梭德氏赤蛙低海拔族群的蝌蚪會 4 月前完成變態，以

避免面臨到夏季的高溫，高海拔族群蝌蚪則終年可見，蝌蚪有滯育越冬的現象；莊銘豐（2006）研究之腹斑蛙繁殖期為4月至10月，蝌蚪全年可見，但於繁殖期末孵化的蝌蚪會因低溫而產生滯育的現象，本研究不同海拔莫氏樹蛙族群的蝌蚪期已有不同，與上述研究結果相似，可能受到溫度所影響而使其蝌蚪期不同，但本研究於高海拔樣區未記錄到蝌蚪，未來需持續進行蝌蚪的野外調查，以了解不同海拔蝌蚪期的變化是否與前人研究相同。

二、不同海拔莫氏樹蛙繁殖活動情形

不同海拔各樣區的莫氏樹蛙族群在繁殖期內，其進行繁殖活動的時期集中於繁殖期的前、中期，約在2個月內達到繁殖高峰後，繁殖活動趨緩，其進行繁殖活動的情形與溫華霞（2001）於布洛灣研究所得之結果，莫氏樹蛙雄蛙偏重在繁殖季的前中期加入生殖族群的狀況相符，顯示即使在不同海拔，莫氏樹蛙在繁殖期間的繁殖活動情形都會相同。

本研究結果中發現，各樣區所測得之溫度有顯著性差異（ $F=5.68, P<0.001$ ），而濕度有顯著性差異（ $F=12.39, P<0.05$ ），經事後檢定結果得知，較相近的兩個樣區及較高海拔樣區所測得之溫濕度差異不會太大，因此，將環境因子較相近的兩個樣區做分別探討。

針對低海拔砂卡礑及布洛灣樣區進行更深入的探討，發現莫氏樹蛙有繁殖活動的月份中，其鳴叫的數量分佈有明顯的不同，可以看出雖然兩個樣區的繁殖高峰都於有繁殖記錄的前期，但砂卡礑的族群屬於較集中型（圖7），約2個月內大量進行繁殖活動，之後的繁殖活動就屬於較零星，而布洛灣的族群相對屬於較分散型（圖8），雖亦在前期為繁殖高峰，但其進行繁殖活動的數量不會相差很多，雖然溫度及濕度的變化相似，但可能因為此兩樣區的水域環境差異較大有關，砂卡礑樣區的水域環境屬於較易受到干擾，五間屋的水池受人為整理及流入水池中的水量所影響，其變化較大，布洛灣樣區的水域環境其水源穩定，水溝終年有水注入水池中，人為干擾也較少。

中海拔樣區有西寶、洛韶、新白楊、慈恩樣區，由於中海拔的樣區分布較廣，本研究將環境因子較相近的兩個樣區做分別探討，一為西寶及洛韶樣區，另一為新白楊及慈恩樣區。

西寶及洛韶此兩樣區的莫氏樹蛙族群的繁殖月份及每月所記錄到有進行繁殖活動的數量大致相同，就繁殖高峰而言，西寶的族群進行繁殖活動的數量屬於較平均分佈(圖 9)，洛韶的族群則集中在 1 個月內大量進行繁殖活動(圖 10)，繁殖高峰過後其繁殖活動的變化趨於一致，可能與此兩樣區的環境因子較相似，溫度及濕度變化都相似，水域環境也屬於終年有水，人為干擾的程度不高有關。

新白楊(圖 11)與慈恩(圖 12)此兩樣區的莫氏樹蛙族群數量有明顯的不同，雖然溫度及濕度變化相似，也都位於人工建築物旁，新白楊樣區位於公廁旁，慈恩樣區位於慈恩山莊旁，但因為新白楊樣區的水源較豐富，幾乎整年都有水從山壁滲出，形成潮濕的草地，路旁的水溝幾乎都呈現有水的狀態，且公廁旁有灌叢及高草可提供莫氏樹蛙躲藏，相較於慈恩樣區可能該地原為山莊，水泥建物較多，且排水系統較好，因此若濕度較低或無下雨，該樣區就會顯得非常乾燥，無法提供該樣區內較長時間積水環境。

高海拔樣區為碧綠神木及關原樣區，此兩樣區的溫度及濕度變化相似，但只有碧綠神木有莫氏樹蛙之記錄(圖 13)，可能因為碧綠神木樣區內積水處較多，幾乎終年在泥土地上都有暫時性水域，且樹林間可能有形成小水窪提供莫氏樹蛙可繁殖的水域環境，環境都屬於較潮濕的狀態，而關原樣區若濕度較低就變得比較乾燥，且地面都為枯枝落葉，無法形成可讓莫氏樹蛙利用的水域環境，使得關原樣區沒有莫氏樹蛙之記錄。

綜合以上，溫度及濕度較相近的樣區間，莫氏樹蛙族群進行繁殖時的活動情況會受到水域環境的影響而有不同，其繁殖時偏好陸地上的水域環境，且有植物覆蓋在水體上的會吸引其前往進行繁殖活動(Lin and Lue, 2004)，若水源穩定或有長時間積水的暫時性水域，且人為干擾的情況不高的話，則莫氏樹蛙進行繁殖活動的數量就會較穩定，而前人研究指出繁殖環境的多樣性對生殖策略、族群的地區性適應、族群的基因結構組成有重要的影響(Lauck, 2005; Marshall *et al.*, 2008; Chan and Zamudio, 2009)，因此，太魯閣國家公園不同海拔莫氏樹蛙族群是否會有基因上的不同則有待進一步探討。

三、不同海拔莫氏樹蛙體型及蝌蚪體型

前人針對成蛙的生殖投資進行許多相關研究，探討成蛙的體型與卵泡大小、卵粒數量、卵徑大小等之關係(Lauck, 2005; Marshall *et al.*, 2008)。

賴肅如（2002）研究之梭德氏赤蛙在雄蛙體型的部分，高低海拔族群無顯著差異，但高海拔族群的雌蛙體型明顯大於低海拔族群的雌蛙體型，但高海拔族群的卵塊平均卵數較少、卵徑較大。溫華霞（2001）針對太魯閣國家公園布洛灣地區的莫氏樹蛙雌蛙的生殖投資進行探討，發現體型愈大的雌蛙產後體重減少愈多，產下的卵泡體積愈大，但體型卻與所產的卵粒數、卵徑大小無顯著關係，而是增加卵泡體積，可能用來提供卵粒更完整的保護、減少乾燥的風險。梭德氏赤蛙是屬於溪流型蛙類，卵塊產於溪流中，可能無需考慮水分散失的問題，而莫氏樹蛙生殖環境位於陸地，則需要減少卵泡水分散失的風險，而本研究不同海拔莫氏樹蛙成蛙體型已有不同，推測可能與溫華霞研究之結果相似，但所紀錄之卵泡體積大小無顯著差異，可能因為樣本數不足而無法證明是否有此現象，未來需持續進行卵泡記錄，以了解莫氏樹蛙成蛙體型與生殖投資之關係。

第陸章 結論與建議

太魯閣國家公園不同海拔莫氏樹蛙族群生活史已有不同，各樣區內的莫氏樹蛙族群的繁殖期已產生變異，低海拔地區莫氏樹蛙族群之繁殖期以秋、冬、春季為主，約為 8 個月，蝌蚪期為 7 個月；中海拔族群繁殖期為全年，蝌蚪期為全年；高海拔族群繁殖期以夏季為主，約為 5 個月，未記錄到蝌蚪，顯示莫氏樹蛙族群的繁殖期及蝌蚪期隨海拔梯度的變化而呈現生態漸變群。

不同海拔各樣區的莫氏樹蛙族群在繁殖期內，其進行繁殖活動的時期集中於繁殖期的前、中期，約在 2 個月內達到繁殖高峰，之後繁殖活動趨緩。

莫氏樹蛙的繁殖期與溫度有關，當溫度到達適合莫氏樹蛙進行繁殖活動時，就會開始進入繁殖期，若溫度不適合，莫氏樹蛙就會停止繁殖活動，結束繁殖期。莫氏樹蛙的繁殖期與濕度無關，在繁殖期間外，即使濕度適合，也不會進行繁殖活動，但濕度則影響莫氏樹蛙繁殖活動的強度，指在繁殖期間，濕度影響莫氏樹蛙進行繁殖活動的數量。

將不同海拔樣區環境因子較相近的兩個樣區做分別探討，溫度及濕度較相近的樣區間，莫氏樹蛙族群進行繁殖時的活動情況會受到水域環境的影響而有不同，若水源穩定或有長時間積水的暫時性水域，且人為干擾的情況不高的話，則莫氏樹蛙進行繁殖活動的數量就會較穩定。

莫氏樹蛙為太魯閣國家公園廣泛分佈的蛙類，而蛙類生活範圍含括水域及陸域的複雜生活史，使其生活史特徵變異對環境的改變十分敏感，建議做為指標物種，進行長期不同海拔的野外調查，以監測環境的變化，並做為發展環境教育的生態基礎資料。

本研究已於 2010 年動物行為、生態暨生物教育研討會—中國生物學會暨中華民國魚類學會聯合年會以海報方式發表計畫書，預計於 2011 年動物行為、生態暨生物教育研討會以簡報方式發表完整論文。

參考書目

- Ane Timenes Laugen, 2003. Local Adaptation, Countergradient Variation and Ecological Genetics of Life-history Traits in *Rana Temporaria*. Acta Universitatis Upsaliensis Uppsala.
- A.T. Laugen., A Laurila, K. Räsänen and J. Merilä, 2003. Latitudinal countergradient variation in the common frog (*Rana temporaria*) development rates – evidence for local adaptation. J. Evol. Biol. 16: 996-1005.
- Bayard H. Beattstom, 1979. Amphibian temperature regulation studies in the field and laboratory. Amer. Zool. 19:345-356.
- Berven, K. A., D. E. Gill, and S. J. Smith-Gill, 1979. Countergradient selection in the green frog, *Rana clamitans*. Evolution 33: 609-632.
- Beattie RC. 1985. The date of spawning in populations of the common frog (*Rana temporaria*) from different altitudes in northern England. J. Zool. Lond. 205: 137-154.
- B. Lauck, 2005. Life-history studies and the impact of recent forest harvesting on two frog species, *Crinia signifera* and *Litoria ewingii*. Tasforests Vol. 16, 83-94.
- Benedikt R. Schmidt, Hansjürg Hotz, Bradley R. Anholt, Gaston-Denis Guex, and Raymond D. Semlitsch, 1998. Factors contributing to the maintenance of the genetic polymorphism at the locus LDH-B in the pool frog, *Rana lessonae*. Can. J. Zool. 76: 795-804.
- Carlos A. Navas and Lye Otani, 2007. Physiology, environmental change, and anuran conservation. *Phyllomedusa* 6(2):83-103.
- Chun-Fu Lin and Kuang-Yang Lue, 2004. Altitudinal Differences in Temporal Distribution, Spatial Preference and Timing of Breeding Climax of Frogs and Toads in the Central Taiwan. 特有生物研究6(1):39-50.
- Clare Morrison and Jean –Maec Hero, 2003. Geographic variation in life-history

- characteristics of amphibians: a review. *Journal of Animal Ecology* 72, 270-279.
- David K. Skelly, 2004. Microgeographic Countergradient Variation In The Wood Frog, *Rana sylvatica*. *Evolution* 58(1): pp. 160–165.
- Dustin J. Marshall, Russell Bonduriansky and Luc F. Bussière, 2008. Offspring size variation within broods as a bet-hedging strategy in unpredictable environments. *Ecology*, 89(9), pp.2506-2517.
- Etienne Danchin, Luc-Alain Giraldeau, and Frank Cézilly, 2008. Behavioural Ecology. Oxford University Press, P.912.
- Fiona J. Qualls and Richard Shine, 1998. Geographic variation in lizard phenotypes importance of the incubation environment. *Biological Journal of the Linnean Society* (1998), 64: 477-491.
- Gad Degani, 1986. Growth and behaviour of six species of amphibian larvae in a winter pond in Israel. *Hydrobiologia* 140: 5-10.
- Harvey B. Lillywhite, 2006. Review Water relations of tetrapod integument. *The Journal of Experimental Biology* 209, 202-226.
- Iván Gómez-Mestre and Miguel Tejedo, 2002. Geographic Variation in Asymmetric Competition-A Case Study with Two Larval Anuran Species. *Ecology*, 83(8), pp. 2102-2111.
- Jon Loman, 2003. Growth and Development of Larval *Rana temporaria*: Local Variation and Countergradient Selection. Department of Animal Ecology, Lund University, SE-223 62.
- Lauren M.Chan and Kelly R. Zamudio, 2009. Population differentiation of temperate amphibians in unpredictable environments. *Molecular Ecology* 18, 3185–3200.
- Pradel R, Wintrebert CMA, Gimenez O, 2003. A proposal for a goodness-of-fit test to the Arnason-Schwarz multisite capture- recapture model. *Biometrics* 59:43-53.
- Robbie S. Wilson, 2001.Geographic variation in thermal sensitivity of jumping performance in the frog *Limnodynastes peronii*. *The Journal of Experimental Biology* 204,

4227-4236.

Tamatha R. Barbeau and Harvey B. Lillywhite, 2005. Body wiping behaviors associated with cutaneous lipids in hyliid tree frogs of Florida. *The Journal of Experimental Biology* 208, 2147-2156.

Tobias Uller, Jörgen Sagvik and Mats Olsson, 2006. Crosses between frog populations reveal genetic divergence in larval life history at short geographical distance. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2006, 89, 189-195.

William E. Duellman and Linda Trueb, 1994. *Biology of Amphibian*. Baltimore and London.

向高世、李鵬翔、楊懿如，2009 年 12 月。台灣兩棲爬行類圖鑑，貓頭鷹出版社，頁 118。

林德恩，1997。不同海拔梭德氏赤蛙蝌蚪耗氧量的比較，國立成功大學生物系研究所碩士論文。

施宜汝，1997。不同海拔盤古蟾蜍蝌蚪喜好溫度、發育與代謝之比較，國立成功大學生物系研究所碩士論文。

張麗文，2002。不同海拔盤古蟾蜍蝌蚪高溫耐受與其可塑性之比較，國立成功大學生物系研究所碩士論文。

莊銘豐，2006。台灣亞熱帶低海拔地區腹斑蛙蝌蚪越冬之研究，國立彰化師範大學生物學系研究所。

莊孟憲，2002。莫氏樹蛙鳴叫模式、叫聲特質及鳴叫能量消耗之探討，國立成功大學生物系研究所碩士論文。

陳惇聿，2002。莫氏樹蛙雄蛙宣告叫聲及雌蛙選擇，國立成功大學生物系研究所碩士論文。

陳清旗，2005。雄性莫氏樹蛙在生殖競爭中的鳴叫策略，國立成功大學生物系研究所碩士論文。

葉文珊，1997。莫氏樹蛙族群地理親源關係之研究，國立台灣大學動物學系碩士論文。

溫華霞，2001。太魯閣國家公園布洛灣地區莫氏樹蛙生殖生態學，國立東華大學自然資源管理所碩士論文。

楊懿如，2005。台灣兩棲動物野外調查手冊，中華民國自然與生態攝影學會，台北，頁59。

楊懿如，2006。太魯閣國家公園兩棲類調查與監測計畫，內政部營建署太魯閣國家公園管理處，78 頁。

賴肅如，2002。海拔對臺灣山區梭德氏赤蛙生活史變異之影響，國立台灣大學動物學研究所博士論文。

劉靜榆、蘇鴻傑、曾彥學，2006。台灣中西部氣候區楠櫨林帶植群分類系統之研究，特有生物研究8(2)：53-85。

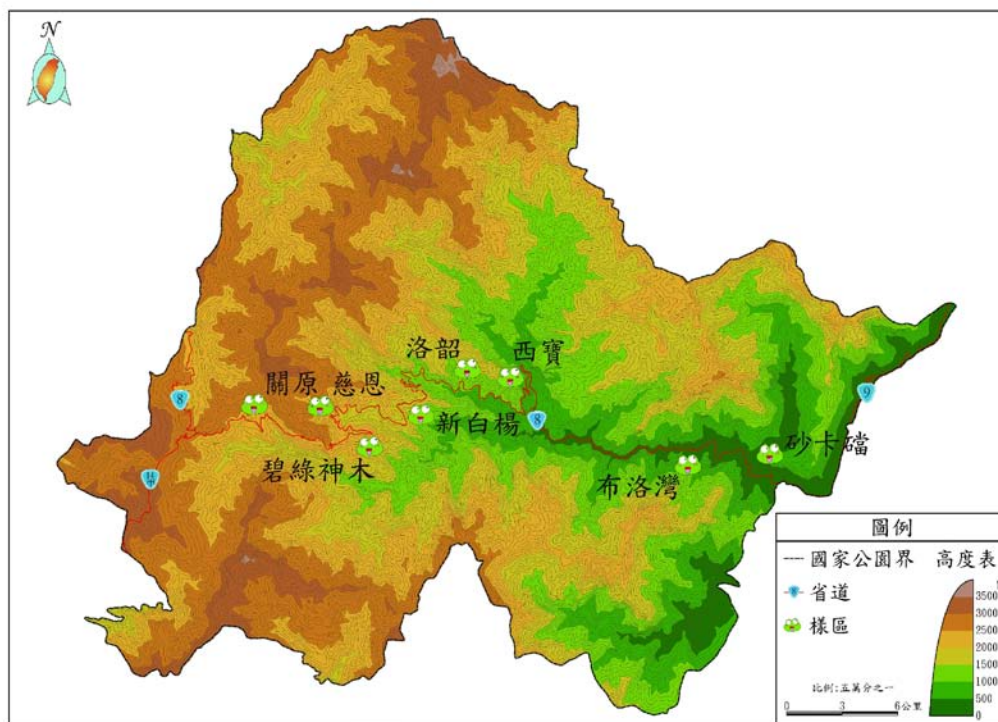


圖1 太魯閣國家公園不同海拔莫氏樹蛙族群樣區分布圖

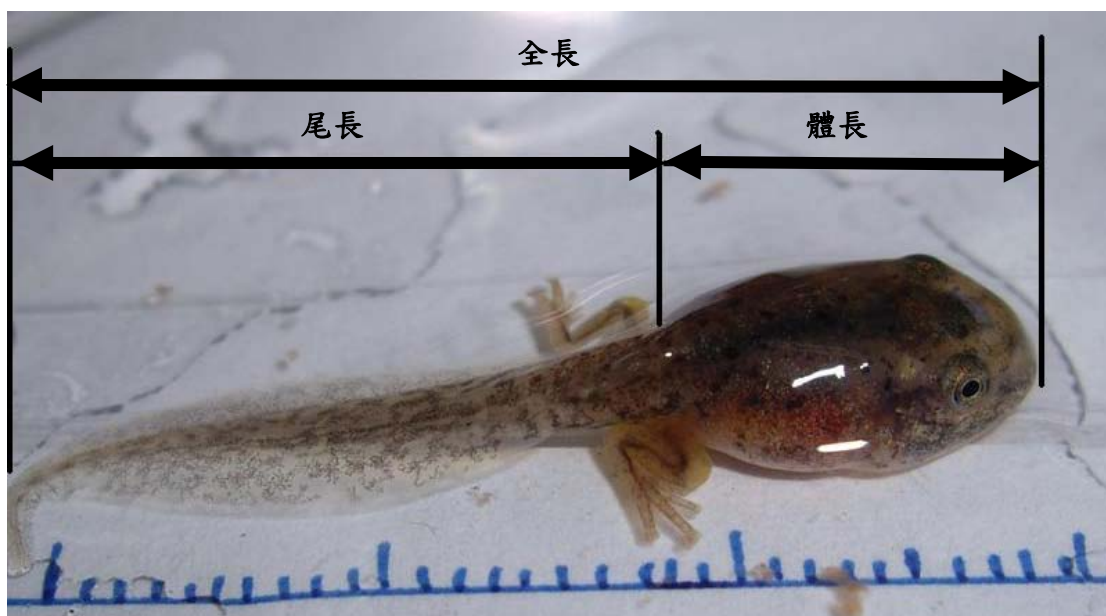


圖2 蝌蚪體長測量示意圖

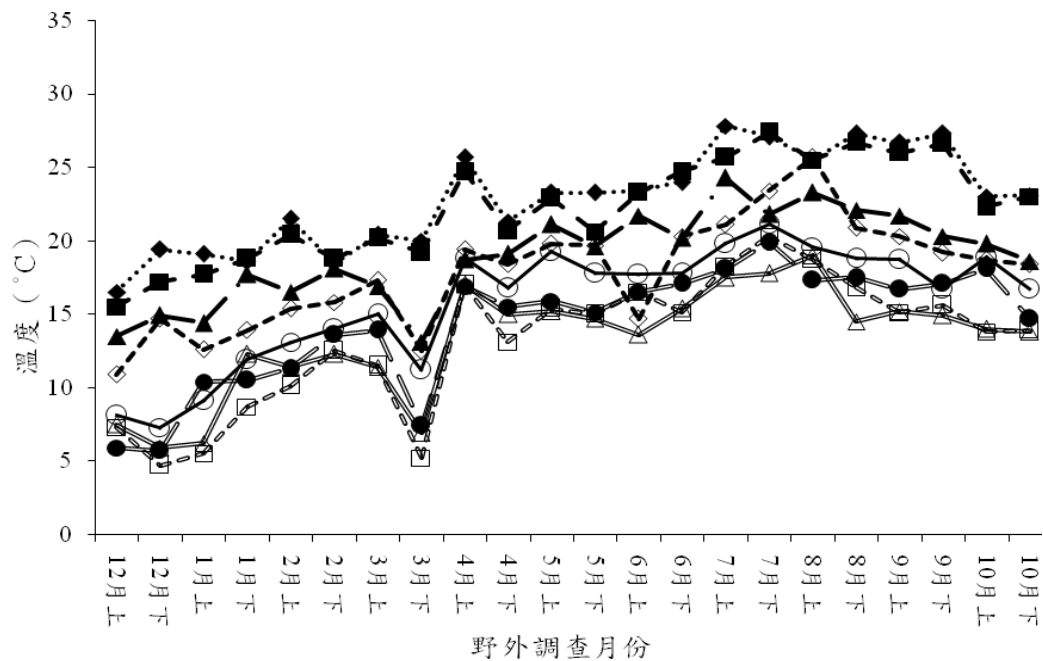


圖3 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園不同海拔各樣區野外調查次數與當日溫度分佈圖。◆砂卡礑 ■布洛灣 ▲西寶 ◇洛韶 ○新白楊 ●慈恩 □碧綠神木 △關原。

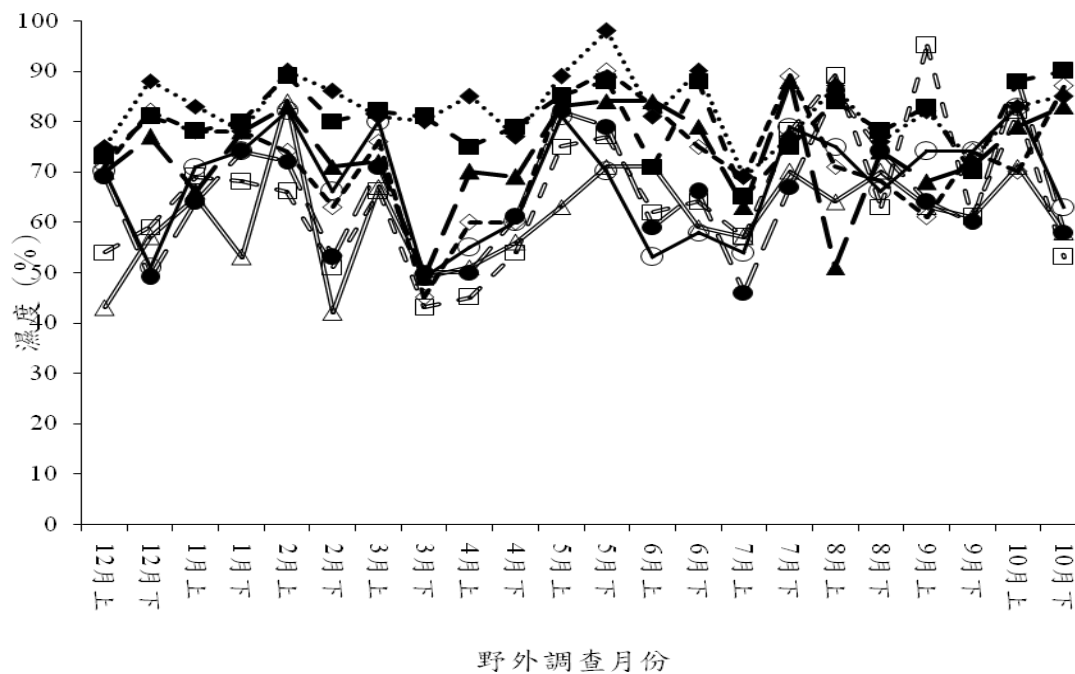


圖4 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園不同海拔各樣區野外調查次數與當日濕度分佈圖。◆砂卡礑 ■布洛灣 ▲西寶 ◇洛韶 ○新白楊 ●慈恩 □碧綠神木 △關原。

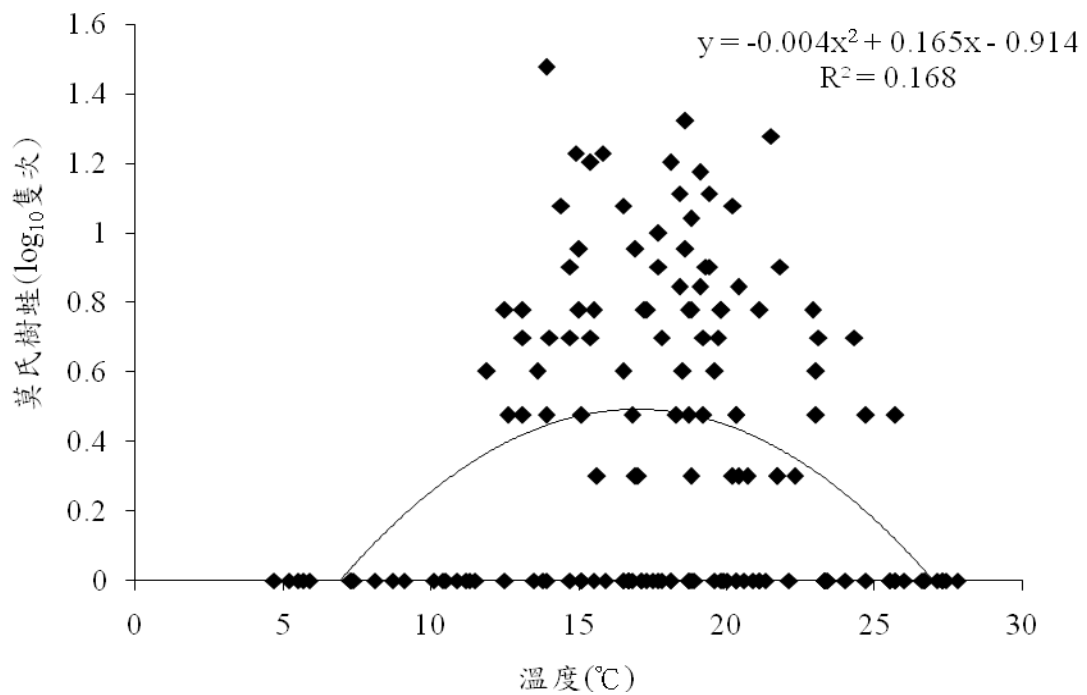


圖5 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園不同溫度各樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度關係圖 ($P < 0.05$)

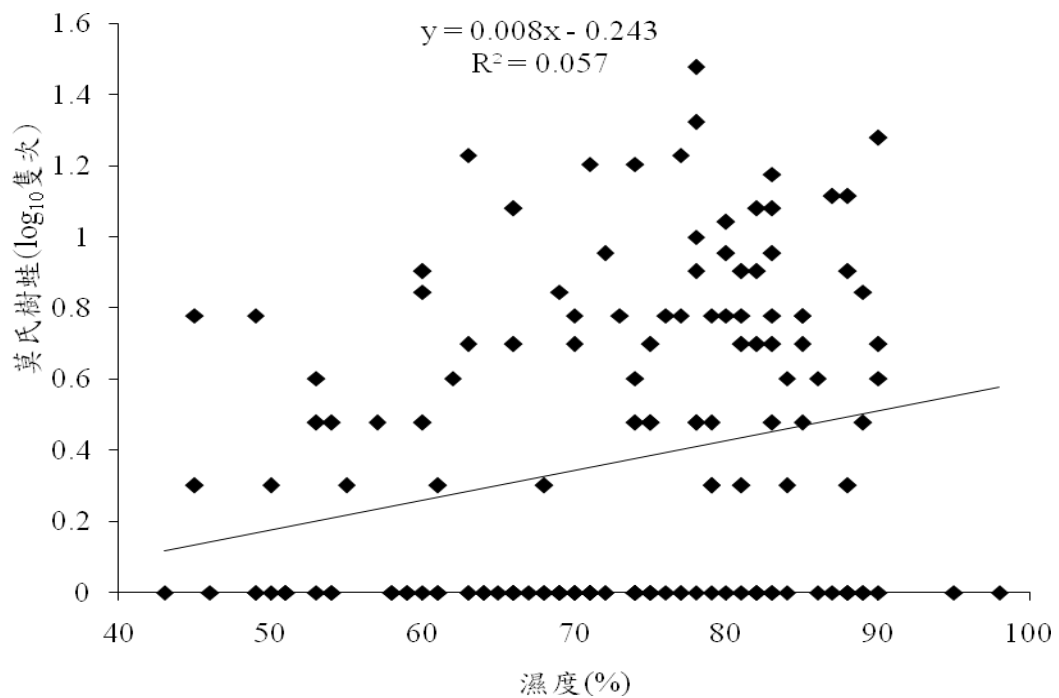


圖6 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園不同海拔各樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查濕度關係圖 ($P < 0.05$)

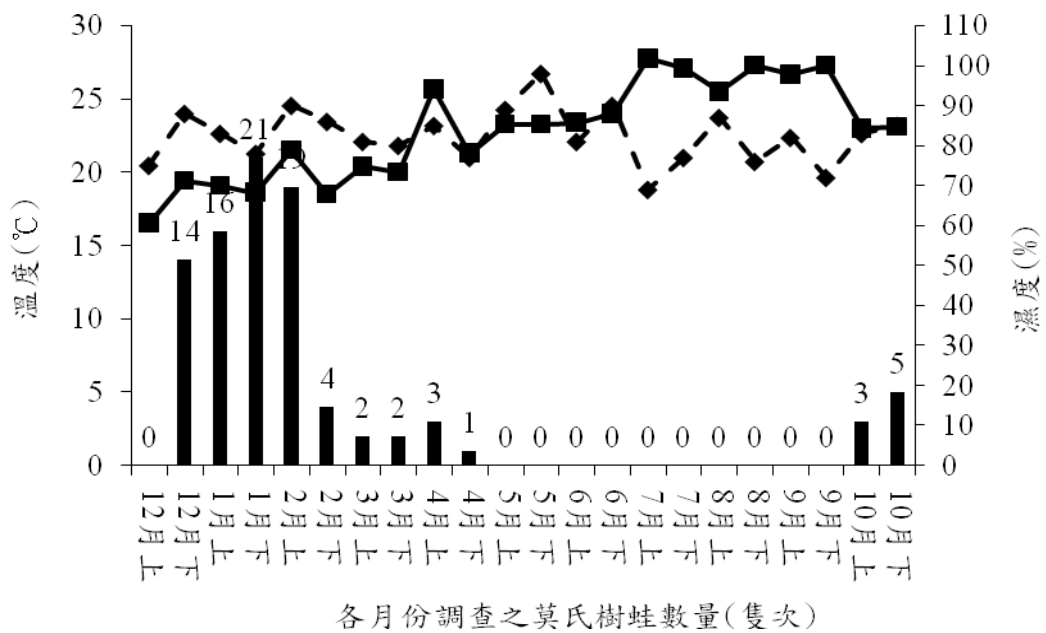


圖7 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園砂卡礑樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖。—■—溫度 —◆—濕度 長條圖為莫氏樹蛙數量(隻次)

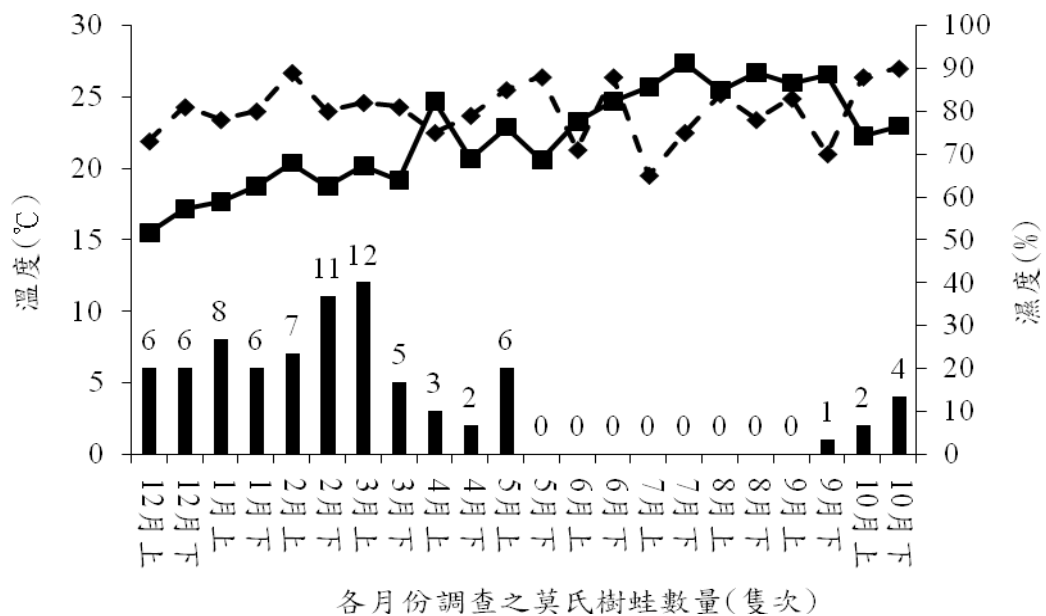


圖8 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園布洛灣樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖。—■—溫度 —◆—濕度 長條圖為莫氏樹蛙數量(隻次)

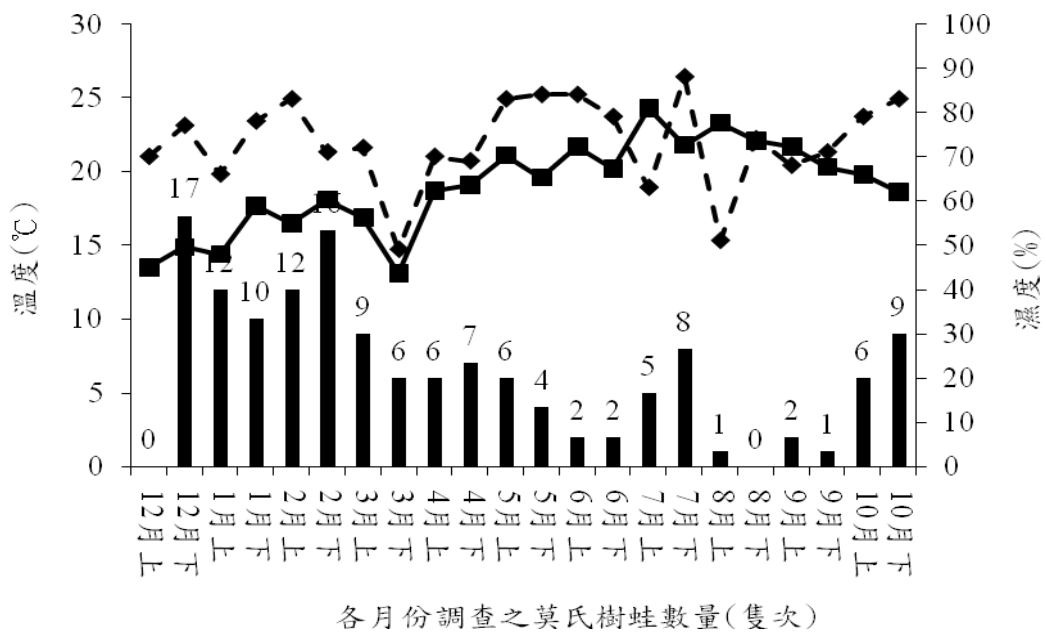


圖9 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園西寶樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖。—■—溫度 --◆--濕度 長條圖為莫氏樹蛙數量(隻次)

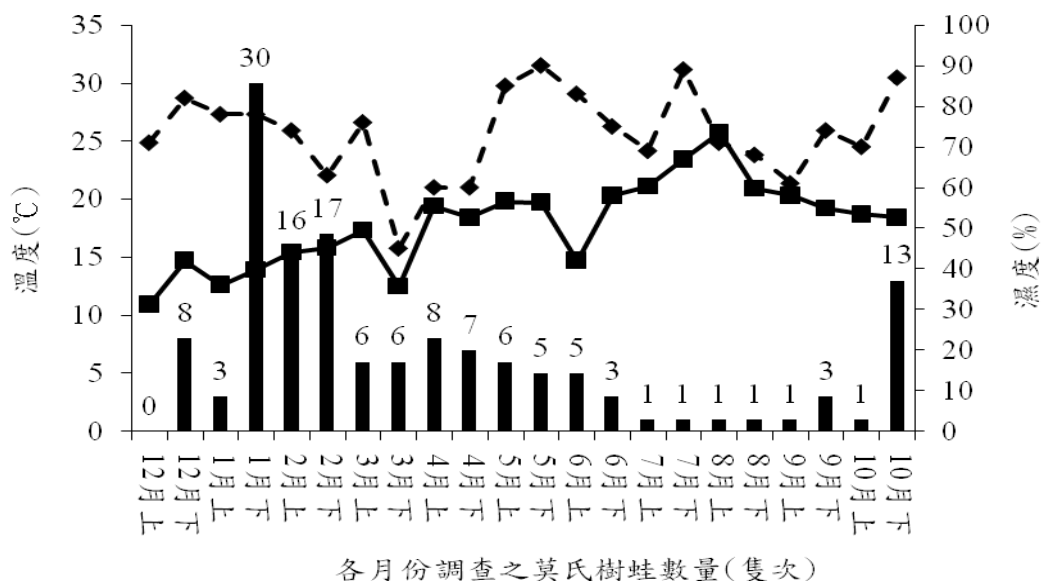
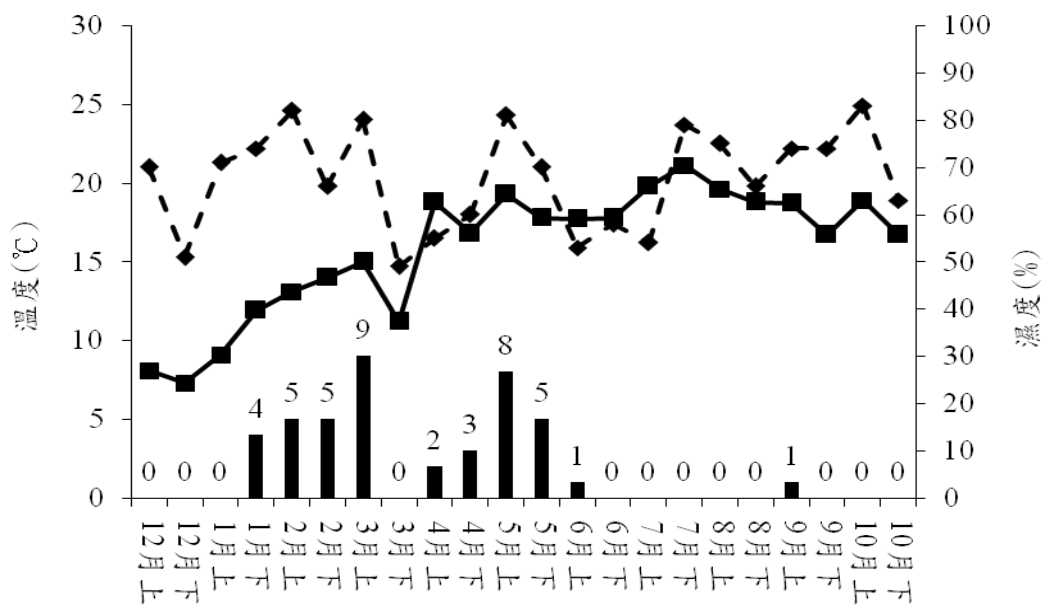
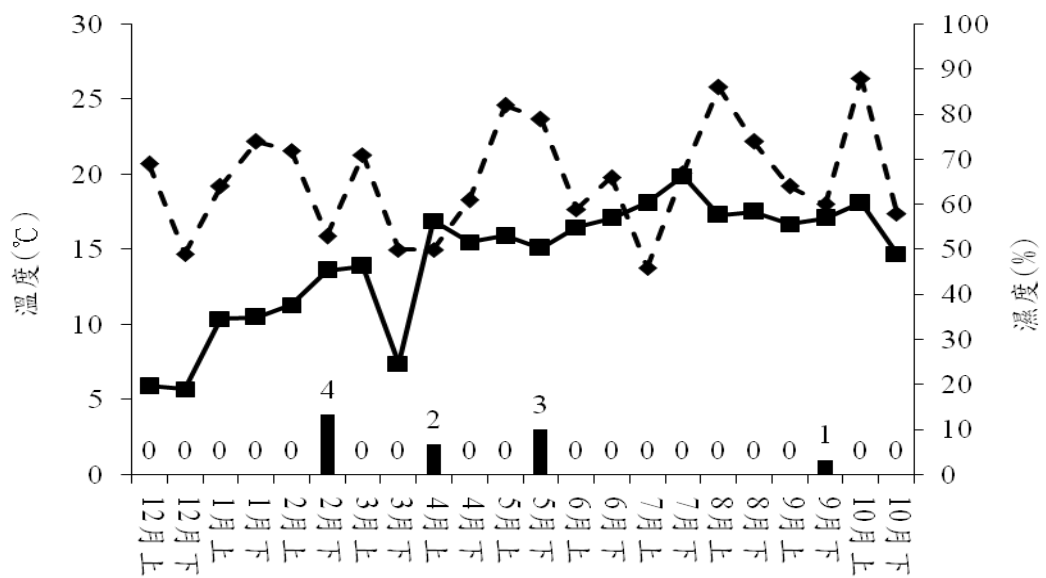


圖10 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園洛韶樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖。—■—溫度 --◆--濕度 長條圖為莫氏樹蛙數量(隻次)



各月份調查之莫氏樹蛙數量(隻次)

圖11 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園新白楊樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖。—■—溫度 —◆—濕度 長條圖為莫氏樹蛙數量(隻次)



各月份調查之莫氏樹蛙數量(隻次)

圖12 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園慈恩樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖。—■—溫度 —◆—濕度 長條圖為莫氏樹蛙數量(隻次)

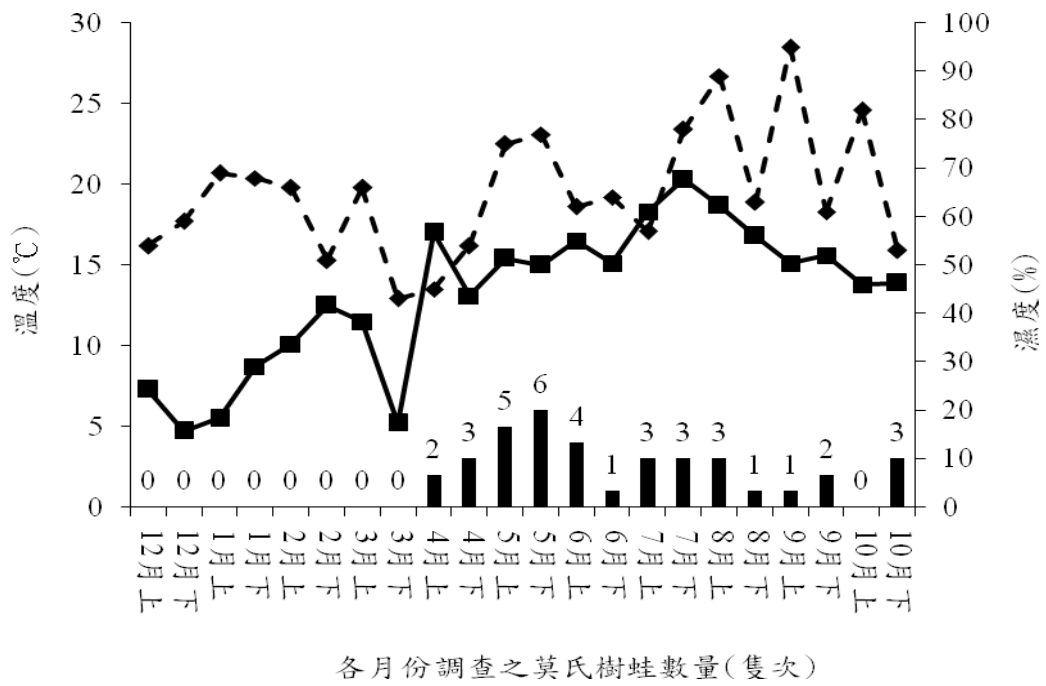


圖13 2009年12月至2010年10月太魯閣國家公園碧綠神木樣區之莫氏樹蛙數量與當日調查溫度及濕度關係圖。—■—溫度 —◆—濕度 長條圖為莫氏樹蛙數量(隻次)

表 1 2009 年 12 月至 2010 年 10 月太魯閣國家公園不同海拔各樣區之莫氏樹蛙數量（隻次）

月份/樣區	海拔(m)	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均	標準差	合計
砂卡礑	60	14	37	23	4	4	0	0	0	0	0	8	8.18	12.06	90
布洛灣	370	13	15	19	18	7	6	0	0	0	1	6	7.73	7.38	85
西寶	915	17	22	28	15	13	10	4	13	2	3	15	12.91	8.01	142
洛韶	1150	8	33	33	13	18	15	10	3	3	4	14	14.00	10.65	154
新白楊	1644	0	4	10	9	5	13	1	0	0	1	0	3.91	4.74	43
慈恩	1995	0	0	4	0	2	3	0	0	0	1	0	0.91	1.45	10
碧綠神木	2150	0	0	0	0	5	13	5	6	4	3	3	3.55	3.88	39
關原	2374	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0
總計															563

表 2 太魯閣國家公園不同海拔莫氏樹蛙族群生活史特徵

調查樣區	海拔(m)	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
砂卡礑	60	Rμ-	Rμ-	Rμ-	R	R-	-	-	x	x	x	R
布洛灣	370	R	R-	R-	R-	Rμ-	R	x	x	x	R	R
西寶	915	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
洛韶	1150	R	R	R-	R-	Rμ-	Rμ-	Rμ-	R-	R-	R-	Rμ-
新白楊	1644	x	R	R	R	R	R	R	x	x	R	x
慈恩	1995	x	x	R	x	R	R	x	x	x	R	x
碧綠神木	2150	x	x	x	x	R	R@	R	R	R	R	R
關原	2374	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

R 表示成蛙鳴叫 @表示成蛙抱接 μ 表示發現卵泡 -表示發現蝌蚪 x 表示無記錄

表 3 太魯閣國家公園不同海拔樣區採集之莫氏樹蛙記錄表

項目/樣區	砂卡礑	布洛灣	西寶	洛韶	新白楊	慈恩	碧綠神木	關原
樣本數	6	9	1	12	4	0	7	0
體長(cm)								
平均	4.54	4.51	3.03	4.32	4.64	-	4.67	-
最大	4.73	4.93	-	5.72	4.97	-	4.96	-
最小	3.99	4.28	-	3.81	4.42	-	4.46	-
體重(g)								
平均	5.27	5.42	1.59	5.16	6.36	-	7.08	-
最大	7.05	7.32	-	12.13	6.78	-	10.68	-
最小	4.01	4.31	-	3.57	6.03	-	5.42	-

表 4 太魯閣國家公園不同海拔莫氏樹蛙體型單因子變異數分析

項目	n	F	P
體長	38	4.79	0.002
體重	38	2.63	0.04