

96 年度國小教師兩棲類資源調查與資訊管理計畫

運用志工進行台灣兩棲類 保育之發展歷程與成效



指導單位：行政院農業委員會林務局

執行單位：中華民國自然與生態攝影學會

協辦單位：國立花蓮教育大學生態與環境教育研究所

計畫主持人：楊懿如

中華民國 96 年 12 月 15 日

目錄

一、計畫緣起	1
二、計畫執行方式	2
(一)、志工培訓課程及調查方式	2
1. 辦理的調查團隊之座談會	2
2. 辦理兩棲類資源調查培訓研習營課程表	4
(二)、志工回報系統	5
(三)、2003 年至 2007 年活動紀錄	7
(四)、志工組織架構特色	9
(五)、調查網路架構	9
三、培訓成果	10
(一)、2003-2004 年	10
(二)、2005-2006 年	10
(三)、2006-2007 年	11
(四)、2007 年	11
(五)、全省調查隊分佈	11
四、至 2007 年研究成果報告	12
(一)、運用志工調查資料進行桃園地區兩棲類分布之研究	12
(二)、台灣地區兩棲類資源調查分析	錯誤! 尚未定義書籤。
五、團隊名冊	61
六、活動紀錄	63

計畫緣起

兩棲類是最早登陸、最早在陸地發出聲音的脊椎動物，從此地球更加熱鬧，蛙鳴成為黑夜裡最主要的音樂。蛙類帶給我們許多生活上的樂趣，我們在水裡戴蛙鏡、穿蛙鞋、游蛙式，在陸地上學青蛙跳。蛙類也在生態系統平衡扮演重要的角色，是農夫減少蟲害的好幫手。蛙類對人類還有提供醫藥及食物的價值，牠們是人類的好朋友，我們的好鄰居。

但在過去 20 年，不斷有許多關於全球蛙類的族群量下降、分佈範圍縮小及滅絕的研究報告，使得蛙類的保育成為媒體報導的焦點，並引起大眾的注意。2006 年 10 月 16 日出版的新聞週刊（Newsweek）封面故事探討的是全球暖化的議題，並以分佈於中南美洲、瀕危的斑蟾屬（*Atelopus*）蛙類為例，闡述全球暖化對動物生存的影響。蛙類成體用皮膚呼吸，蝌蚪在水中生活，都直接與自然環境接觸，也迅速反應各種環境變化，是環境監測的利器。因此中南美洲蛙類滅絕絕非單一事件，但牠們是全球暖化的第一批犧牲者。牠們的犧牲彰顯出全球氣候變化帶來的各種潛在風險，這也是人類未來必須要面對的問題，因為當地球變得不適合動物生存時，也不適合人類生存。

台灣蛙類有三十二種，從海平面到三千公尺都能發現牠們的蹤跡，棲息的環境也非常多樣，包括都市、稻田、平原、池塘、森林、溪流等，容易觀察及接近，是最佳的保育教育教材。但隨著台灣經濟發展，以往常見的蛙類，也越來越少了！國外研究顯示，造成蛙類減少的主要原因包括棲息地破壞及改變、全球氣候變化、化學污染、疾病及病原、外來種、商業利用等，但台灣蛙類究竟面臨那些威脅呢？我們該如何幫助牠們呢？這需要進行長期、有系統的全面普查，並建立分析系統，以適時發佈警訊。但這也需要投入大量的人力及經費，因此，本計畫將結合民間團體與專家學者，訓練教師及關心生態保育的民眾成為蛙類調查的志工，並成立台灣蛙類調查志工隊。分散全國各地的志工團隊將有系統的觀察及紀錄校園及偏遠地區的台灣蛙類野外資源，然後將調查結果利用網路回報建立資料庫，經由專家分析後，定期公布，為台灣的環境健檢。藉此，不但能迅速的累積台灣蛙類資源資料，協助推動台灣蛙類生物多樣性保育教育，也能預防台灣蛙類的滅絕，有助台灣環境的永續。

計畫執行方式

首先，第一年進行人員訓練、規劃調查方法及地點。上課課程內容有台灣兩棲類分類、野外辨識、生態習性、調查紀錄方法等。研習時間大約 5-6 月報名，7 月辦理研習。研習方式：三天 12 小時室內課程、兩夜 8 小時戶外實習。

(一)、 志工培訓課程及調查方式

1. 辦理的調查團隊之座談會

I. 期初說明會議程：

時間	會議內容	負責人
13:30—14:00	報到： 1.各組組長繳交下列文件 2.身分證正反面影本 3.已簽署履約約定書一式兩份 4.補助款撥款帳號資料	秘書處 黃湘雲、黃婷琪、 李懷莉
14:00—14:45	各參與計畫小組介紹(每組限 3-5 分鐘) 1.成員介紹 2.負責調查轄區	各組組長
14:45—15:20	兩棲資源調查要點及準備事項	楊懿如老師
15:20—15:30	休息	
15:30—16:30	行政作業說明： 1.日常調查應注意事項 2.經費核銷及會計報表製作	秘書處 黃湘雲、黃婷琪
16:30—17:00	綜合問答	
17:00	散會	

II. 期中座談會議程：

時間	會議內容	負責人
13:30－13:45	報到	秘書處 黃湘雲、李懷莉
13:45－14:00	主辦單位致詞	計畫主持人 楊懿如老師
14:00－16:00	調查團隊簡報(每隊 15 分鐘) 1.上半年調查成果簡述 2.問題反應及心得分享	各團隊代表
16:00－16:15	休息 / 帳務及其他資料缺補辦理	秘書處李懷莉
16:15－16:45	兩棲資源調查庫使用說明	秘書處黃湘雲
16:45－17:30	綜合問答	
17:30－19:00	聯誼餐會	全體與會人員

III. 期末座談會議程：

時間	會議內容	負責人
10:00－10:15	報到	秘書處 黃湘雲、李懷莉
10:45－11:00	主辦單位致詞	計畫主持人 楊懿如老師
11:00－12:00	調查團隊簡報(每隊 15 分鐘) 1.95 年度調查成果報告 2.問題反應及心得分享	各團隊代表
12:00－13:00	餐敘	全體與會人員
13:00－14:20	調查團隊簡報(每隊 15 分鐘) 1.95 年度調查成果報告 2.問題反應及心得分享	各團隊代表
14:20－14:30	桃園地區國小兩棲資源調查資料分析	花蓮教育大學生態 與環境教育研究所 郭柄村
14:30－14:40	休息	全體與會人員
14:40－15:30	綜合討論	計畫主持人 楊懿如老師
15:30	散會	

2. 辦理兩棲類資源調查培訓研習營課程表

I. 第一天

時間	課程內容	負責講師 / 人員
12:30~13:30	真理大學白宮會館集合 報到 check in	工作人員
13:30~15:30	台灣蛙類生態	楊懿如老師
15:30~15:45	午茶時間	工作人員
15:45~17:45	兩棲動物生態攝影	李鵬翔老師
18:00~18:50	晚餐及準備夜觀裝備	
19:00~22:00	棲地巡禮一：總爺糖廠次森林	講師群與助教 分三組進行,每個點預計停留 40-50 分鐘
	棲地巡禮二：官田菱角田	
	棲地巡禮三：水雉復育區	
22:30~23:00	梳洗完畢睡覺去	

II. 第二天

時間	課程內容	負責講師 / 人員
08:00~08:45	早餐	
09:00~10:50	蛙類野外觀察及辨識方法	李承恩老師
10:50~11:00	休息時間	
11:00~12:10	兩棲調查工具的介紹與使用	李承恩老師
12:10~13:00	午餐	
13:00~15:00	模擬調查及調查志工隊宣導	李承恩老師
15:00~15:20	午茶時間	
15:20~17:30	台灣常見的蛇類及蜥蜴	向高世老師
17:30~18:00	準備夜間調查裝備	全體人員
18:00~18:50	晚餐	
18:50~21:30	野外夜間實習調查	講師群與助教
21:30~22:00	返回真理大學	
22:00~23:00	梳洗完畢睡覺去	

III. 第三天

時間	課程內容	負責講師 / 人員
08:00~08:50	早餐	
09:00~09:50	學習心得分享與問題探討(分三組討論報告)	楊懿如老師
09:50~10:00	休息時間	
11:20~12:10	學員攝影作品觀摩	陳定欽老師
12:10~13:00	午餐	
13:00	活動結束	

* 講師簡歷

楊懿如／現任花蓮師範大學生態與環境教育研究所副教授，著有「蛙——訪陽明山國家公園兩棲類」、「賞蛙圖鑑」、「花蓮的蛙類」、「賞蛙呱呱叫」、「台灣兩棲類動物野外調查手冊」等書。

向高世／現任自然與生態攝影學會理事、學會小雨蛙(兩爬)俱樂部指導老師、師範大學生物系博士班、永和社區大學動物生態講師，著有「台灣蜥蜴自然誌」、「台灣兩棲爬行動物圖鑑」(與師大生物系呂光洋教授及杜銘章教授合著)、與楊懿如等合著「台灣兩棲類動物野外調查手冊」等書。

李鵬翔／自然與生態攝影學會資深會員，長時間專注於兩棲類動物攝影主題，為「賞蛙圖鑑」、「賞蛙呱呱叫」等書之攝影師，與楊懿如等合著「台灣兩棲類動物野外調查手冊」及攝影。

李承恩／自然與生態攝影學會會員，台灣大學生態演化所博士班，與楊懿如等合著「台灣兩棲類動物野外調查手冊」。

陳定欽／自然與生態攝影學會理事、專任講師，台北縣忠義國小教師，大自然教育推廣協會專任講師。

* 研習營工具書

每位參與活動成員皆發給研習營講義及工具書(含賞蛙圖鑑、賞蛙小幫手、蛙類海報、森林筆記書各一本)，並申請教師研習時數 16 小時，活動結束後將研習課程教材製成光碟一份，給參與活動的各校代表。

(二)、志工回報系統

第二年：輔導成立志工隊，提供調查器材（例如 GPS、溫濕度計、手電筒等），有系統的進行野外調查，資料回報，期末成果發表會。建立了計畫專屬網站 (<http://frog.csnp.org.tw>) 並已完成調查資料上傳、資料使用權限管理、調查資料審核、資料匯出等功能





環境關懷

Environmental Protection

[藝術-攝影藝廊](#)
[學習-學習教室](#)
[休閒-攝影旅遊](#)
[人物-人物專訪](#)
[保育-環境關懷](#)
[購物-好康報報](#)
[社群-交流論壇](#)
[會員-專區](#)
[回 學會首頁](#)

兩棲調查專區

(專案負責人)

[調查資料查詢](#)
[新增調查資料](#)
[審核調查資料](#)

[回管理畫面](#)
[使用說明](#)
[進入交流論壇](#)
[進入會員專區](#)
[離開系統](#)

新增調查資料

團隊名稱：行政團隊

建檔者：楊懿如

建檔時間：2007/07/01 16:58

調查日期：

西元 2007 年 7 月 1 日

調查時間：

開始時間 17 時 00 分，結束時間 17 時 00 分

調查地點：

縣市 鄉鎮 地名

記錄者：

環 境：

GPS：

☐ T67 ☐ T97, E , N

海 拔：

公尺

精準度：

若使用GPS請勾選 ☐ 100，若GPS無法收到，用推測者請勾選 ☐ 1000。

氣 溫：

℃

水 溫：

℃

天 氣：

相對濕度：

%

下一步，請填寫蛙種調查資料

回報系統

2003 年至 2007 年活動紀錄

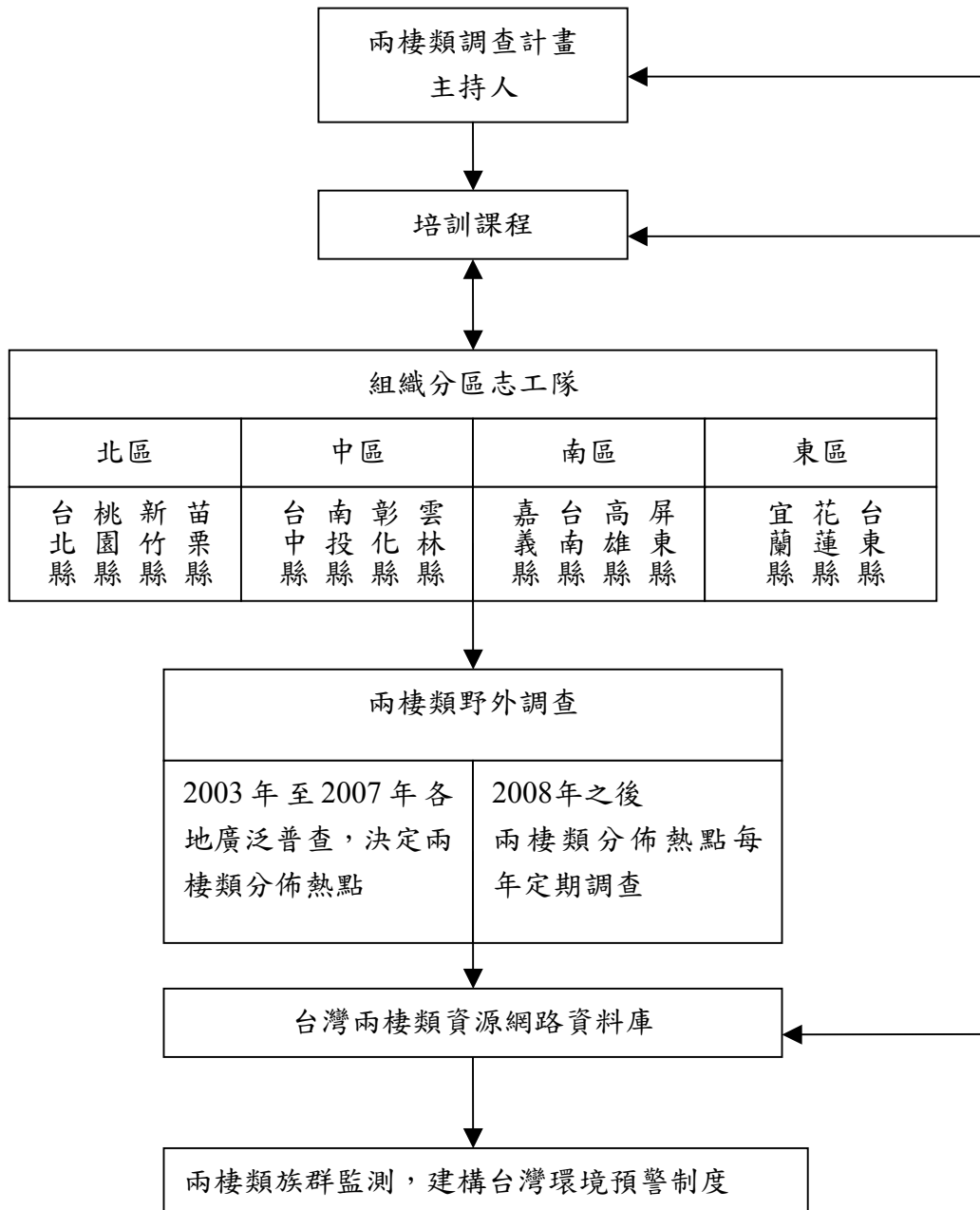
年度	研習營活動	參與人員 總人數	參與計畫學校與單位	總調查 筆數
2003-2004	2003 年 活動時間：民國 93 年 7 月 13 日(週二)~14 日(週三) 活動地點：桃園縣光華國小、爺亨溫泉地區	49	1.長興國小 2.百吉國小 3.光華國小 4.德龍國小 5.蚵間國小 6.高坡國小 7.桃園荒野保護協會	8,164
2005	活動時間： 第一梯次民國 94 年 6 月 22 日，下午 2:00~5:00 第二梯次民國 94 年 7 月 05 日，下午 2:00~5:00 活動地點： 第一梯次 花蓮縣國福國小 第二梯次 台東縣桃源國小	48	(1)花蓮地區 1.明廉明禮國小團隊 2.花蓮鳥會 3.玉里高中、源城國小團隊 (2)台東地區 1.三間團隊 2.萬安國小、卑南國中團隊 3.延平鄉團隊 4.卑南國小團隊 5.方正儀團隊	2,585
2006	活動時間：95 年 7 月 29~31 日(週六~週一，三天兩夜) 活動地點：真理大學麻豆校區－白宮會館	70	1.烏榕頭團隊 2.新豐團隊 3.幽情谷團 隊 4.雲林縣自然讀書會 5.楠瑩團隊 6.真理大學團隊 7.楊玉祥團隊 8.呂學樺團隊 9.法布爾團隊	8,253

年度	研習營活動	參與人員 總人數	參與計畫學校與單位	總調查 筆數
2007	活動時間 第一梯次：96 年 7 月 14~16 日(週六～週一，三天兩夜) 第二梯次：96 年 9 月 22~24 日(週六～週一，三天兩夜) 深井社區邀請：96 年 10 月 21~22 日 花東場進階班：96 年 10 月 13 日 台中場進階班：96 年 11 月 3 日 活動地點： 第一梯次：宜蘭縣三富花園農場 第二梯次：國立屏東科技大學保育類野生動物收容中心 深井社區邀請：新竹縣寶山鄉新城國小 花東場進階班：國立花蓮教育大學 台中場進階班：中興大學農業試驗場明誠園二樓會議室	140	1.新竹深井團隊 2.新竹大眼蛙團隊 3.荒野新竹分會 4.北縣康園小組 5.彰化蛙蛙蛙 6.臺南縣龍崎國小 7.屏東許瑞慶團隊 8.基隆市野鳥學會 9.宜蘭李佳翰團隊 10.基隆綠工作小站 11.台中蛙哇哇 12.屏科大林業社區研究室	

志工組織架構特色

有完整的志工招募方式、培訓模式、調查方法標準化、建立網路回報系統、建構資料庫。農委會林務局專案計畫及經費補助，學界提供培訓課程架構及後續資料分析，民間團體（NGO）執行志工培訓及組織運作。

錯誤！找不到參照來源。調查網路架構



培訓成果

(一)、 2003-2004 年

完成桃園縣 7 所學校、34 人成為兩棲類資源調查種子教師，總調查筆數為 8,164 筆，共計調查到 5 科 25 種，擁有台灣 75% 蛙種。

團隊名稱	參與人員	調查筆數
桃園荒野保護協會	8 人	431
長興國小	2 人	2,580
百吉國小	2 人	1,279
光華國小	2 人	769
德龍國小	9 人	955
蚵間國小	8 人	1,754
高坡國小	3 人	396

(二)、 2005-2006 年

在花蓮台東地區進行宣導講座及調查培訓研習課程，成立 8 個調查團隊，51 人參與。記錄總筆數為 8,253，共有 5 科 27 種兩棲類(佔全台蛙種 82%)。

團隊名稱	參與人員	調查筆數
明廉明禮團隊	3 人	890
花蓮鳥會	2 人	929
玉里團隊	3 人	900
萬安團隊	8 人	898
三間團隊	7 人	1,362
延平團隊	3 人	842
台東鳥會	4 人	750
方正儀團隊	4 人	1,032
台北小雨蛙團隊	14 人	400
台南莊孟憲團隊	3 人	250

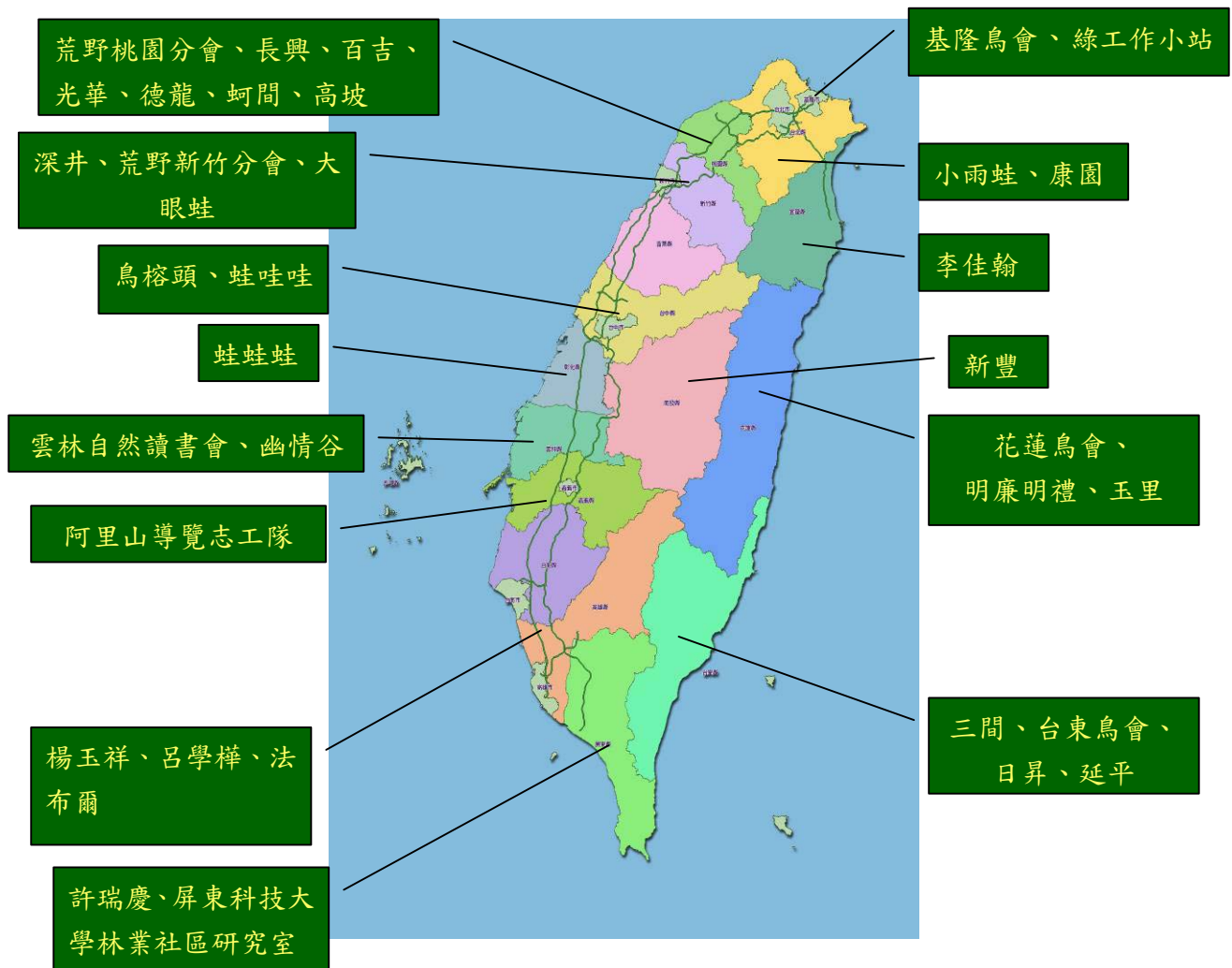
(三)、 2006-2007 年

- ✓ 2006 年在雲嘉南地區進行培訓課程
- ✓ 2007 年在北部及南部辦理志工培訓研習課程。
- ✓ 2007 年成立烏榕頭團隊、新豐團隊、幽情谷團隊、雲林縣自然讀書會、楠螢團隊、真理大學團隊、楊玉祥團隊、呂學樺團隊、法布爾團隊等 9 個團隊，參與人數約 36 人。

(四)、 2007 年

- ✓ 深井社區邀請開辦兩棲研習，產生三個志工隊：新竹深井團隊、新竹大眼蛙團隊、荒野新竹分會
- ✓ 2007 年完成全台灣志工培訓，成立志工大會。
- ✓ 2007 年開始全台灣普查，網路定期公布普查結果，並持續辦理志工培訓。
- ✓ 2007 年新加入團隊：新竹深井團隊、新竹大眼蛙團隊、荒野新竹分會、北縣康園小組、彰化蛙蛙蛙、臺南縣龍崎國小、屏東許瑞慶團隊、基隆市野鳥學會、宜蘭李佳翰團隊、基隆綠工作小站、台中蛙哇哇、屏科大林業社區研究室

(五)、 全省調查隊分佈



至 2007 年研究成果報告

(一)、 運用志工調查資料進行桃園地區兩棲類分布之研究

運用志工調查資料進行桃園地區兩棲類分布之研究

郭炳村、楊懿如

摘要

本研究以楊懿如等人 2003 年至 2004 年進行「桃園縣國小教師兩棲類資源調查計畫」的調查資料作為資料庫，進行資料分析，探討桃園地區兩棲類的分布情形。並藉由進行資料分析的過程，提供未來運用志工進行兩棲類資源調查時的建議。調查的樣區共 361 個，位於新屋鄉、龜山鄉、大溪鎮、龍潭鄉、復興鄉等五個鄉鎮。調查樣區的海拔為平地至海拔 1000 公尺山區，志工進行調查時使用目視遇測法與穿越帶鳴叫計數法。樣區內共調查到 26 種兩棲類，22474 隻次。本研究將資料進行篩選，分為有效資料、每季至少調查一次資料與每季固定調查一次資料等 3 種不同類型的資料，分別進行資料分析。結果發現，進行與兩棲類物種有關的資料分析時，適合用調查次數高且調查範圍大的有效資料；而進行與兩棲類數量有關的資料分析時，適合用調查頻度一致的每季固定調查一次資料。

研究發現，桃園地區在 200~400 公尺的海拔範圍分布的兩棲類最多，其次為海拔 400~600 公尺的海拔範圍。迴歸分析發現，兩棲類的物種數及總數量與溫度、溼度均呈正相關，顯示溫度、溼度越高，兩棲類的種類與總數量越多；但分別針對各種兩棲類進行迴歸分析發現，不同的兩棲類對於溫度、溼度、海拔有不同的偏好性。將溫度、溼度、海拔、離河川距離、離保安林距離等 5 個環境因子分別與兩棲類的物種數及數量進行多元逐步迴歸分析，發現預測力都不高。分別針對各兩棲類的時間生態區位、環境棲地類型生態區位、微棲地生態區位、樣區分布進行群集分析，結果發現兩棲類在時間生態區位、環境棲地類型生態區位、微棲地生態區位及樣區分布的群集都有所不同。

壹、前言

兩棲類又稱為兩生類，是指一群大多數種類幼體在水中用鰓呼吸、成體在陸地生活，用肺、口腔內膜及皮膚呼吸的水陸兩棲動物(楊懿如，2005)。兩棲類主要包含三大類，分別為無尾目的青蛙、蟾蜍，有尾目的山椒魚、蠐螬及無足目的蚓螈，而兩棲類中種類最多者為無尾目的青蛙、蟾蜍，全世界約 6091 種；其中無尾目有 5362 種，有尾目有 556 種，無足目有 173 種(資料來源為美國自然史博物館，<http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.php>，查詢日期：2007/10/10)。

台灣的兩棲類有 37 種，包括無尾目 32 種及有尾目 5 種。台灣的無尾目依骨骼構造及蝌蚪型態分成 5 個科，包括蟾蜍科、狹口蛙科、樹蛙科、樹蟾科、赤蛙科(楊懿如，2005)。無尾目中有 8 種特有種，樹蛙科就佔了 7 種，分別為翡翠樹蛙、莫氏樹蛙、褐樹蛙、面天樹蛙、台北樹蛙、橙腹樹蛙、諸羅樹蛙；除此之外，蟾蜍科的盤古蟾蜍也是台灣特有種。

台灣位於北緯 21° 53' 至 25° 37' 之間，緯度變異不大，中央山脈縱走其間，最高峰可達 3997 公尺。台灣的地形複雜多變，海拔分布包括平地至 3000 公尺以上的高山，氣候類型也隨著地形的變化而有差異；根據蘇鴻傑(1984)對台灣山地植群帶與溫度梯度關係之研究，台灣山地相對應的氣候包括海拔 1500 公尺以下之熱帶與亞熱帶氣候、1500 公尺到 3600 公尺的溫帶氣候、3600 公尺以上的亞寒帶氣候。因為地形氣候的差異，使得台灣除了有熱帶性的樹蛙，也有溫帶性的山椒魚。台灣兩棲類的海拔分布可以從海平面至 3500 公尺的山區；超過 10 種的兩棲類海拔分布範圍大於 1500 公尺(楊懿如，2005)；顯示台灣地區有著豐富的兩棲類資源。

兩棲類對環境相當敏感，Wilson(2001)曾舉例青蛙在自然界扮演的角色，就好比礦坑裡的金絲雀，很容易受到環境變化的影響；不論是水域或是陸域環境發生變化都會有所衝擊(Seburn, Seburn and Paszkowski, 1997)。兩棲類和其他脊椎動物相比，皮膚的結構較簡單；沒有鱗片或角質的保護，當環境因子發生變化，將會影響到其生理作用甚至是引起疾病(Duellman and Trueb, 1994)。目前兩棲類會產生的疾病包括病毒、細菌、黴菌的感染，另外也包括結核病與癌症(Elkan, 1976; Marcus, 1981; Hoff et al., 1984)。Elkan(1976)指出在溼熱的環境，兩棲類易受到細菌及黴菌的感染。兩棲類的活動性不佳，環境產生變化時，避逃成功的機率較低。綜合來說，兩棲類較容易受到環境變化的影響，因此適合當做環境監測的物種(呂光洋等，1999)。

進行資源調查時，時間、經費、人力等三大方面都必須考量，調查的尺度與監測時間也會因而被限制(Heyer et al., 1994)。若能有效運用志工來協助進行調查，那麼相較於聘用專業的調查人員，同樣的花費可以進行更大尺度及長時間的調查，建立台灣兩棲類的基礎資料。許多研究團隊便開始有運用志工進行調查的趨勢，以利於做大尺度的監測。DAPCAN(The Canadian Declining Amphibian Populations Task Force)就是加拿大一個運用志工進行兩棲類調查相當成功的計畫團隊。DAPCAN 自 1992 年開始招募志工，並有計畫的進行培訓及調查；且 DAPCAN 相當重視地區性的調查，因為許多區域及現象等是當地居民才容易深入了解(Green, 1997)。許多地區性的團隊也因為有志工加入之後，更利於研究計畫的執行，尤其是在調查方面。Hecnar(1997)在運用志工進行 Ontario 兩棲類分布的研究中就發現，池塘的數量對兩棲類多樣性的影響最大，池塘的數量越多，兩棲類多樣性就越高；而大範圍的伐木也會使得森林性的兩棲類變稀少。Bertram 和 Berrill(1997)也運用志工針對單一物種 *Hyla versicolor* 進行研究，發現除了 8°C 以下雄蛙不鳴叫之外，溫度的變化並不能解釋夜晚雄蛙鳴叫數量的變化，從鳴叫雄蛙的數量、生殖季長短、雄蛙的鳴叫天數等資料也無法預測出現在池塘的雄蛙比例。Seburn 和 Paszkowski(1997)也同樣運用志工進行蛙類擴散的研究，發現蛙類擴散與棲地所在有關係。從上述研究中可知，

運用志工進行兩棲類調查不論是要探討成蛙分布、蝌蚪群聚、或是單一物種行為研究就是可行的。其他如北美的 NAAMP、密西根州 MFTS、紐澤西 NJDEP 計畫團隊及一些學術單位的研究在運用志工進行兩棲類調查上也都有不錯的成效(Genet and Sargent, 2003; Lathrop et al., 2004; Weir et al., 2005)。MFTS(The Michigan Frog and Toad Survey)計畫團隊為了求得更一致性且高品質的調查數據，針對志工進行問卷調查研究，期能深入了解運用志工進行兩棲類資源調查的情形。研究中將兩棲類鳴叫聲音的光碟與問卷一同寄給志工，計算志工在鳴叫辨識上的得分，並加入兩棲類外觀特徵辨識問題項，判斷志工是否能準確的辨識物種。研究結果顯示，志工的背景與先備知識對於辨識上有些許差異，而物種辨識對志工而言容易學習，反而是在估計數量方面，有較大的落差(Genet and Sargent, 2003)。運用志工進行兩棲類調查有其優劣所在，優點是能更迅速有效的累積資料，而缺點則是志工的調查資料一致性與嚴謹程度不像專門研究人員具有較高的品質。而如何讓志工的資料品質獲得提升也是一項需要努力的課題。

國內學者楊懿如等人於 2003 年至 2004 年進行「桃園縣國小教師兩棲類資源調查計畫」，且於 2005 年至 2006 年在花東地區以及 2006 年至 2007 年在嘉南地區進行相關培訓及調查計劃；並於 2007 年在北部及高屏地區同時進行培訓。該計畫以期能更迅速有效地累積台灣兩棲類資源資料為目的，招募及培訓志工協助進行兩棲類資源調查。第一年度以人員訓練及規劃調查方法及地點為主，第二年度開始有系統的收集資料，並定期回傳到生物資源資料庫。計畫訓練方式為辦理蛙類資源調查訓練班一梯次，上課內容包括台灣蛙類的分類、生態習性及調查方法，包括室內課程及戶外實察。在勘查及確定調查區域之後，每個月定期調查，並將資料回報，待確認及整理之後，再上傳到生物資源資料庫(楊懿如，2004；楊懿如等，2007)。

桃園地區的兩棲類資源豐富，曾記錄到 26 種兩棲類(呂光洋等，1990；潘彥宏，1996；楊懿如等，2007)，海拔範圍自海平面分布至 2000 公尺山區，是適合探討兩棲類分布的地區。本研究以 2003 年至 2004 年桃園蛙類資源調查種子教師訓練及協助調查計畫的調查成果做為本研究的資料庫，針對資料庫進行資料分析，探討桃園兩棲類的分布情形。本研究主要目的在於運用資料庫瞭解桃園地區兩棲類時間與空間分布的情形，探討環境因子對其影響，並提供運用志工進行兩棲類調查方法的建議，作為未來監測及保育上的參考。

貳、材料與方法

一、研究樣區描述

(一)樣區空間分布

進行調查時，每到一個新的地點調查，就將該地點視為一個樣區，每個樣區會記錄一個固定的座標值，包括 X 座標與 Y 座標，座標記錄採用 TWD67 座標系統。研究樣區位於桃園縣五個鄉鎮之內，包括新屋鄉、龜山鄉、龍潭鄉、大溪鎮及復興鄉。新屋鄉的調查區域主要集中在蚵間村及後庄村兩個社區，龍潭鄉的調查區域為桃 118 線道羅馬公路沿線，大溪鄉為石門水庫四周，復興鄉主要集中於台 8 線北橫公路沿線，全部共有 361 個樣區。

(二)樣區海拔分布

樣區海拔分布自海平面 7 公尺至 1162 公尺，海拔高度呈連續分布，有利於探討兩棲類分布海拔梯度的變化。除海拔 100 公尺至 200 公尺較缺少調查記錄外，從平地至 1000 公尺皆有密集的調查記錄，其中記有海拔資料的樣區共有 321 個，佔所有樣區的 89%。

(三)樣區面積

將所有樣區以 GIS 軟體 ArcGIS 9.0 計算調查面積，由於兩棲類的鳴叫的聲音傳播距離約 500

公尺(Hayer, 1994), 因此計算面積時以樣區所記錄的 GPS 座標值為中心, 繪製半徑 500 公尺的環域, 將樣區方圓 500 公尺內的範圍視為該樣區的調查面積, 計算所有樣區的面積總合, 結果得調查面積約為 81 平方公里, 約佔桃園縣總面積的 7%。

(四)樣區氣象狀況

調查期間樣區的月均溫在 14°C 至 30°C 之間, 年雨量的平均約為 1500mm。資料庫中調查記錄到的最低溫度為北橫公路(海拔 887m)2004 年 2 月 12.2°C, 最高溫度為蚵間村家彰蓮園(海拔 20m)2004 年 8 月 31.2°C, 平均調查記錄的溫度為 23.4±4.1°C。而調查記錄到的最低相對溼度為 29%, 最高相對溼度為 100%, 平均調查記錄的相對溼度為 78%。

二、調查方法

(一)調查時間與頻度

調查期間為 2003 年 1 月至 2004 年 12 月共兩年, 調查時間為晚上 6 點至 11 點間蛙類活動的高峰期。調查日期由各志工團隊自訂調查日期, 由於調查計畫進行期間, 雖然曾告知希望能對樣區進行定期的調查, 最好能每個月至少調查一次, 但並沒有強迫規定調查頻度, 故調查頻度並不規律。在進行資料分析時, 將會篩選出調查頻度一致的資料, 並與未篩選前的資料進行比較, 探討篩選前與篩選後的資料適合進行的資料分析。

(二)調查方式

調查方式使用目視遇測法(visual encounter method. VES)與穿越帶鳴叫計數法(audio strip transects. AST)(呂光洋等, 1996; Olson, Leonard and Bury, 1997)互相搭配記錄蛙種、數量及停棲位置於規格化的表格中。在到達調查的定點後, 會設置一條約 100 公尺的穿越帶, GPS 的座標記錄為穿越帶的中心。以目視遇測法進行調查時, 每一樣區停留時間不超過 20 分鐘。因為兩棲類鳴叫的聲音傳播距離約 500 公尺, 以穿越帶鳴叫計數法進行調查時, 樣區方圓 500 公尺內的區域都屬於該樣區的調查記錄範圍。

將同一樣區、同一時間記錄的資料視為同一筆調查資料, 而一筆資料中會包含一個調查時間、一個調查地點、一個溫度、一個溼度、一個海拔、及各兩棲類的數量。調查記錄內容包括地點、二度分帶座標、日期、溫度、相對溼度、海拔、蛙種、環境棲地類型、微棲地、數量等資料。調查的環境因子記錄以 wisewind 公司 5334 型號的四合一溫溼度計測量溫度與溼度, 以 Garmin 公司 12XL 型號的 GPS 測量二度分帶 TWD67 座標與海拔。環境棲地類型記錄樣區的巨棲環境, 一個樣區只有一種環境棲地類型, 而微棲地記錄兩棲類出現的微棲環境, 一個樣區有多種的微棲地。每次調查人數為 2 至 5 人, 至少 1 人負責記錄。所有調查均記錄於統一格式的調查表上, 上傳到楊懿如的賞蛙情報網(<http://www.froghome.info>)統一彙整及進行確認。

三、資料狀況

資料庫中原始資料總計有 2571 筆, 去除無座標記錄 49 筆、無日期記錄 30 筆、重複記錄 113 筆的筆數後, 剩餘資料為可分析資料, 共 2379 筆, 佔原始資料的 93%, 共 361 個樣區。其中 1586 筆資料有記錄溫度, 佔剩餘資料的 67%; 1561 筆資料有記錄溼度, 佔剩餘資料的 66%; 2303 筆資料有記錄海拔, 佔剩餘資料的 97%, 而同時有記錄溫度、溼度、海拔的筆數共 1485 筆, 佔剩餘資料的 62%。資料庫中, 各樣區的調查次數差異大, 只有調查一次樣區最多, 全部 361 個樣區中, 有 86 個樣區只有調查一次, 佔全部樣區的 24%, 調查次數在 4 次以下的樣區佔所有樣區的 53%(191/361)。資料庫的調查資料集中在夏天, 夏天的調查次數就佔了全部調查次數的 35%(869/2379)。2003 年的資料為普查性質資料, 調查的樣區較多, 但調查頻度較不固定, 部份

樣區集中於夏季調查或只有調查 1~3 次。各樣區開始調查的月份並不一致，資料庫中有 19%的樣區是春季開始調查，有 19%的樣區是夏季開始調查，有 39%的樣區是秋季開始調查，有 23%的樣區是冬季開始調查。樣區調查監測的資料集中於 2004 年，但部份樣區的調查期間只有調查到 2004 年的夏季或秋季為止，若將兩年的資料合併，上述部份樣區的調查時間可以包含 2003 年的夏季至 2004 年的夏季或秋季，樣區的調查時間較具有連續性。由於進行資料分析時以合併兩年的調查資料進行分析，並不作年間的比較。

四、資料分析

(一)資料篩選

本研究將資料庫的資料進行篩選，篩選出來的資料分別定義為有效資料、每季至少調查一次資料、每季固定調查一次資料等 3 種類型，皆為兩年合併的資料。分別進行資料分析並相互比較，以了解不同類型的資料在進行探討兩棲類分布上的優缺點。以下分別說明 3 種類型資料：

(1)有效資料

將不能進行資料分析的筆數去除之後留下的資料視為有效資料，無法進行資料分析的資料包括：無座標的資料、無日期的資料、重複記錄的資料。有效資料 2379 筆，佔原始資料的 93%，共 361 個樣區。有效資料的調查頻度並不一致，夏季調查頻度較高，冬季調查頻度較低。有效資料的調查次數最高為 7 月共調查 296 次，最低為 12 月共調查 30 次，變異數平均數比 (Variance-Mean Ratio) 值為 40.38。

(2)每季至少調查一次資料

依照春(3~5 月)、夏(6~8 月)、秋(9~11 月)、冬(12~2 月)四季，將有效資料中，有任何一季沒有調查記錄的樣區資料去除，剩下的資料為每季至少有調查一次的資料，視為每季至少調查一次的樣區資料。刪去有任何一季沒有調查的樣區資料後，每季至少調查一次的樣區資料筆數為 969 筆，佔有效資料筆數的 41%(969/2379)；69 個樣區，佔有效資料樣區數的 19%(69/361)。每季至少調查一次資料的調查頻度並不一致，春季及夏季調查頻度較高，秋季及冬季調查頻度較低；最高為 6 月共調查 127 次，最低為 12 月共調查 19 次，變異數平均數比值為 13.5。雖然各月份的調查次數仍不平均，但每季至少調查一次資料的變異數平均數比值 13.5 比有效資料的變異數平均數比值 40.38 低，顯示每季至少調查一次資料的變異程度降低。

(3)每季固定調查一次資料

將每季至少調查一次的樣區，在春(3~5 月)、夏(6~8 月)、秋(9~11 月)、冬(12~2)四個季節中各選取出一筆資料，選擇的方式是選出最接近 1 月 15 日、4 月 15 日、7 月 15 日、10 月 15 日的資料，使每個樣區都包含 4 筆資料，將選出的資料視為每季固定調查一次的資料。每季固定調查一次的資料共 276 筆，佔有效資料筆數的 12%(276/2379)，佔每季至少調查一次資料的 28%(276/969)。每季調查一次的資料並不會有調查月份分布不均的情形發生，調查頻度也最為一致。

(二)統計及空間資料分析

分別針對 3 種類型資料進行統計分析。將野外調查的資料以 Microsoft excel 2003 進行資料整理，並配合 SPSS(Statistical Product and Service Solutions)12.0 版進行資料分析、ArcGIS 9.0 處理空間相關資料、以及利用 NTSYS-pc2.2 進行群聚分析。主要分析內容包括計算生物多樣性熱點的空間分布；以線性迴歸與逐步多元迴歸分析各環境因子與樣區內兩棲類的物種數與數量的關係；利用 GIS 計算與河川距離與保安林距離作為衍生性環境因子，並以線性迴歸與多元迴歸分析距離與兩棲類物種數與數量的關係；以及利用 Sorensen Coefficient 計算各物種間的樣區分

布相似度，根據計算出來的樣區分布相似度，以群集分析的方法將兩棲類進行分群；計算調查區域各種兩棲類的時間生態區位、環境棲地類型生態區位、微棲地生態區位，並比較各種兩棲類間的時間生態區位重疊度、環境棲地類型生態區位重疊度、微棲地生態區位重疊度，分別對各兩棲類的時間生態區位重疊度、環境棲地類型生態區位重疊度、微棲地生態區位重疊度進行群集分析。

以下針對各項資料分析進行說明：

(1)生物多樣性熱點分析

以 ArcGIS 9.0 為操作平台，匯入桃園地圖及調查樣區的物種資料，將各樣區依照其物種數的多寡以不同的符號顯示；並計算所有樣區的平均物種數 $\bar{x}$ 及標準差 s ，將樣區物種數大於全部樣區的平均物種數加一個標準差 ($>\bar{x} + s$) 設為生物多樣性熱點(張育菁，2007)，探討生物多樣性熱點的分布情況。

(2)環境因子多元逐步迴歸分析

將溫度、溼度、海拔、離河川距離、離保安林距離等 5 個環境因子進行 GLM(General Linear model)迴歸模式分析，並以逐步迴歸分析法挑選變項進入迴歸式，探討各環境因子對兩棲類物種數及總數量的影響。

(3)物種樣區分布相似度群集分析

以有效資料進行物種相似度的分析，分別將有各物種有調查記錄的樣區設為 1，將各物種沒有調查記錄的樣區設為 0，可得知各種兩棲類有調查記錄的樣區分布，以 Sorensen(1948)發展的 Sorensen Coefficient 分析法計算調查樣區各種兩棲類分布樣區的相似度。公式如下：

$$S_s = \frac{2a}{2a + b + c}$$

S_s = Sorensen 相似度

a = 兩物種均有出現的樣區數

b = 甲物種有出現但乙物種沒有出現的樣區數

c = 乙物種有出現但甲物種沒有出現的樣區數

將各物種的樣區分布相似度，以 UPGMA(Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages)分析法(Sneath and Sokal, 1973)進行群集分析。

(6)時間生態區位群集分析

以 Levins(1968)發展的生態區位寬度公式計算每季固定調查一次資料中各物種的時間生態區位寬度，並以 Hurlbert(1978)發展的公式將之標準化，標準化後的值會介於 0 與 1 之間。公式如下：

$$B = \frac{1}{\sum P_i^2}$$

B = 時間生態區位寬度

p_j = 在第 j 季所調查到的個體數佔四季個體數的比例($j=1\sim4$)

$$B_A = \frac{B - 1}{n - 1}$$

B_A = 標準化後的時間生態區位寬度

B = 時間生態區位寬度

n = 季節數($n=4$)

將各物種的時間生態區位寬度，以 Pianka(1973)生態區位重疊度進行計算，算出各物種間的

時間生態區位重疊度。公式如下：

$$O_{jk} = \frac{\sum_1^n P_{ij} P_{ik}}{\sqrt{\sum_1^n P_{ij}^2 \sum_1^n P_{ik}^2}}$$

O_{jk} =生態區位重疊度

p_{ij} =物種 j 在 i 季的個體數佔四季個體數的比例

p_{ik} =物種 k 在 i 季的個體數佔四季個體數的比例

n =季節數

將各物種的時間生態區位重疊度，以 UPGMA 分析法進行群集分析。

林春富及呂光洋(2004)提出，同一種兩棲類在不同海拔，其時間生態區位分布可能有所差異；本研究將樣區海拔範圍分組，每 200 公尺為一組，包括 0~200 公尺、200~400 公尺、400~600 公尺、600~800 公尺共 4 組(皆有四季調查)，分別計算各組之兩棲類時間生態區位寬度。

(7)環境棲地類型生態區位群集分析

資料庫中兩棲類出現的環境棲地類型可分為草原、混生林、裸露地、墾地、闊葉林 5 種。志工調查時會記錄各種兩棲類出現的環境棲地類型，將各物種在 5 種環境棲地類型所出現的調查次數做統計，以 Levins(1968)發展的生態區位寬度公式計算各物種的環境棲地類型生態區位寬度，並以 Hurlbert(1978)發展的公式將之標準化，標準化後的值會介於 0 與 1 之間。公式如下：

$$B = \frac{1}{\sum P_i^2}$$

B =環境棲地類型生態區位寬度

p_j =物種在第 j 種環境棲地類型的出現次數佔所有環境棲地類型的出現次數比例

$$B_A = \frac{B-1}{n-1}$$

B_A =標準化後的環境棲地類型生態區位寬度

B =環境棲地類型生態區位寬度

n =環境棲地類型的總數

將各物種的環境棲地類型生態區位寬度，以 Pianka(1973)發表的生態區位重疊度進行計算，算出各物種間的環境棲地類型生態區位重疊度。公式如下：

$$O_{jk} = \frac{\sum_1^n P_{ij} P_{ik}}{\sqrt{\sum_1^n P_{ij}^2 \sum_1^n P_{ik}^2}}$$

O_{jk} =環境棲地類型生態區位重疊度

p_{ij} =物種 j 在 i 種環境棲地類型的出現次數佔所有環境棲地類型出現次數的比例

p_{ik} =物種 k 在 i 種環境棲地類型的出現次數佔所有環境棲地類型出現次數的比例

n =環境棲地類型的總數

將各物種環境棲地類型生態區位重疊度，以 UPGMA 分析法進行群集分析。

(8)微棲地生態區位群集分析

資料庫中兩棲類出現的微棲地可分為山澗瀑布、水池岸邊、水池埤塘、水池邊植物體、水溝、水溝邊植物體、竹林、住宅、步道、果園、空地、流動河流(<5m)、流動河流(>5m)、馬

路、高草地、乾溝、喬木、短草地、菜園、廢耕地、暫時水域邊植物、暫時性水域、稻田、樹林底層、樹洞、灌叢等 26 種。志工調查時會記錄各種兩棲類出現的微棲地，將各物種在 26 種微棲地所出現的次數做統計，以 Levins(1968)發展的生態區位寬度公式計算各物種的環境棲地類型生態區位寬度，並以 Hurlbert(1978)發展的公式將之標準化，標準化後的值會介於 0 與 1 之間。公式如下：

$$B = \frac{1}{\sum P_i^2}$$

B=微棲地生態區位寬度

p_j =物種在第 j 種微棲地的出現次數佔所有微棲地的出現次數比例

$$B_A = \frac{B-1}{n-1}$$

B_A =標準化後的微棲地生態區位寬度

B=微棲地生態區位寬度

n=微棲地的總數

將各物種的微棲地生態區位寬度，以 Pianka(1973)發表的生態區位重疊度進行計算，算出各物種間的微棲地生態區位重疊度。公式如下：

$$O_{jk} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n P_{ij}^2 \sum_{i=1}^n P_{ik}^2}}$$

O_{jk} =微棲地生態區位重疊度

p_{ij} =物種 j 在 i 種微棲地的出現次數佔所有微棲地出現次數的比例

p_{ik} =物種 k 在 i 種微棲地的出現次數佔所有微棲地出現次數的比例

n=微棲地的總數

將各物種的微棲地生態區位重疊度，以 UPGMA 分析法進行群集分析。

參、結果與討論

一、資料類型的比較分析

分別以有效資料，每季至少調查一次資料、每季固定調查一次資料等 3 個不同類型的資料進行兩棲類出現的空間分布、時間分布、環境因子及兩棲類分布的資料分析，探討各資料類型適合進行的資料分析。

(一)桃園兩棲類的空間分布

將有效資料以 GIS 軟體 ArcGIS 9.0 將各調查樣區的物種數在地圖上點出，顯示各樣區的物種豐度(圖 1)。各樣區物種數在 1 種至 15 種之間，平均每個樣區有 4.37 ± 2.68 種。將各樣區物種數大於全部樣區平均物種數加上一個標準差($\bar{x} + s$)的樣區做為生物多樣性熱點，8 種以上的樣區共 47 個，佔有效資料樣區的 13%(35/361)，而生物多樣性熱點大多集中在海拔 200 至 400 公尺的山區(圖 2)。

每季至少調查一次的樣區物種數在 2 種至 14 種之間，平均每個樣區有 6.26 ± 2.46 種。將各樣區物種數大於全部樣區平均物種數加上一個標準差($\bar{x} + s$)的樣區做為生物多樣性熱點，9 種以上的樣區共 14 個，佔每季至少調查一次資料共 69 個樣區的 20%(14/69)。

每季固定調查一次的樣區物種數在 2 種至 12 種之間，平均每個樣區有 5.39 ± 2.07 種。將各樣區物種數大於全部樣區平均物種數加上一個標準差($\bar{x} + s$)的樣區做為生物多樣性熱點，8 種以上的樣區共 10 個，佔每季調查一次資料共 69 個樣區的 14%(10/69)。

(二)桃園兩棲類的時間分布

以有效資料計算各月份兩棲類出現的物種數，探討兩棲類出現月份的高峰(圖 3)。結果顯示，6 月調查到最多的物種，共 23 種，佔樣區所有物種的 88%(23/26)，而 12 月調查到最少的物種，共 8 種，佔樣區所有物種的 31%(8/26)。以有效資料計算各兩棲類出現的月份，探討各兩棲類的時間分布情形(表 1)，得知除了台北樹蛙屬於冬天出現的種類外，其他兩棲類傾向夏天出現或全年出現。

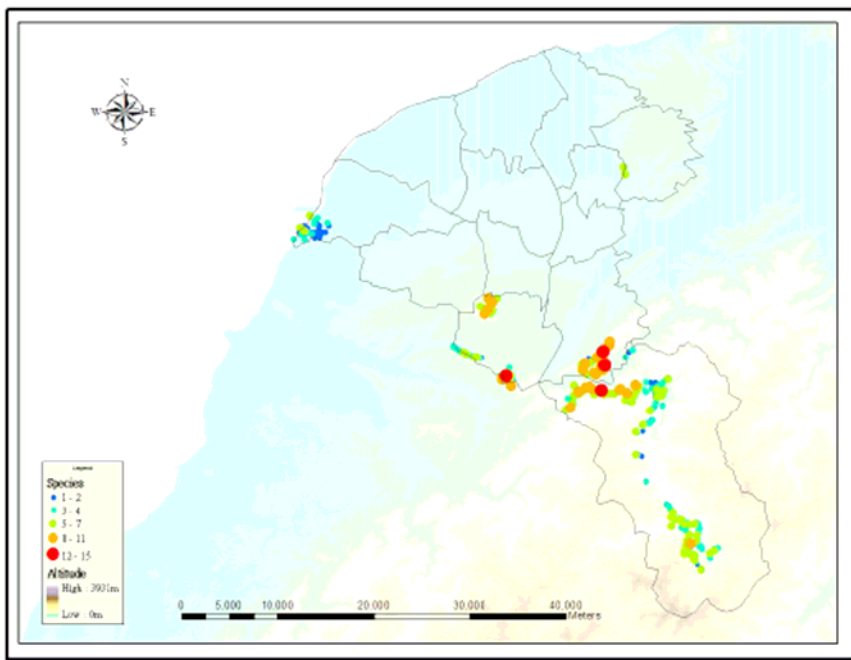


圖 1 有效資料各樣區物種豐度分佈圖。

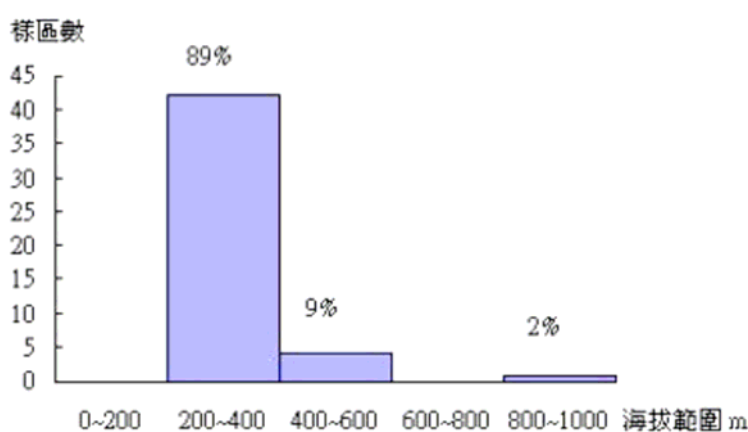


圖 2 生物多樣性熱點在各海拔範圍之分佈頻度圖。

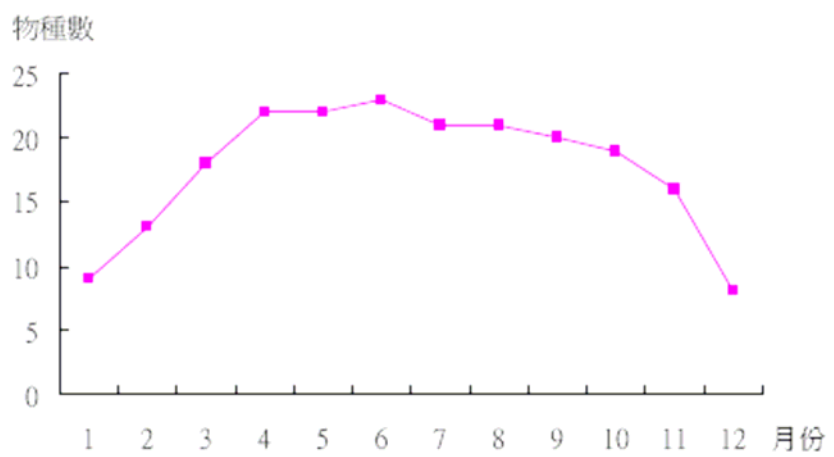


圖 3 各月份兩棲類物種數分佈圖。

表 1 桃園兩棲類出現月份表

物種\月份	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
盤古蟾蜍												
黑眶蟾蜍												
中國樹蟾												
小雨蛙												
古氏赤蛙												
腹斑蛙												
貢德氏赤蛙												
澤蛙												
拉都希氏赤蛙												
長腳赤蛙												
樓德氏赤蛙												
蟹琴蛙												
台北赤蛙												
金線蛙												
虎皮蛙												
牛蛙												
斯文豪氏赤蛙												
褐樹蛙												
日本樹蛙												
白領樹蛙												
面天樹蛙												
艾氏樹蛙												
橙腹樹蛙												
台北樹蛙												
翡翠樹蛙												
莫氏樹蛙												

(三)影響兩棲類出現的環境因子分布範圍

(1)溫度

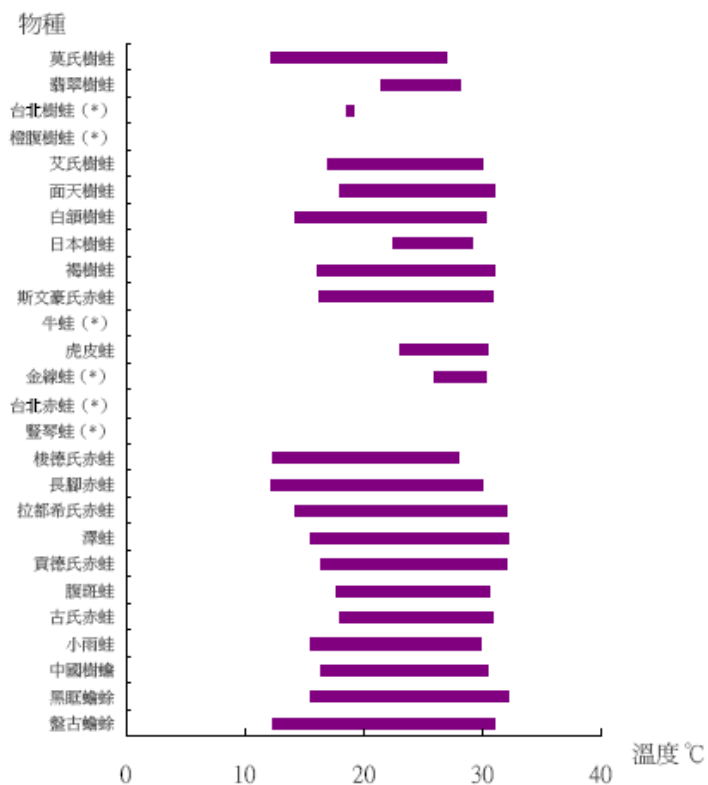
以有效資料計算各兩棲類物種出現的最高溫及最低溫，探討各兩棲類出現的溫度分布範圍(圖 4)。大多數的兩棲類會在氣溫 20°C 至 30°C 的溫度範圍內出現，而盤古蟾蜍、長腳赤蛙、梭德氏赤蛙、莫氏樹蛙等 4 種兩棲類在溫度低於 15°C 時仍會出現活動，顯示盤古蟾蜍、長腳赤蛙、梭德氏赤蛙、莫氏樹蛙等 4 種兩棲類較能適應低溫的環境。

(2)溼度

以有效資料計算各兩棲類物種出現的最高溼度及最低溼度，探討各兩棲類出現的溼度分布範圍(圖 4)。大多數的兩棲類會在相對溼度 60% 至 100% 的環境下出現，而黑眶蟾蜍及澤蛙 2 種兩棲類在相對溼度低於 20% 時仍會出現活動，顯示黑眶蟾蜍及澤蛙 2 種兩棲類較能適應較乾燥的環境。

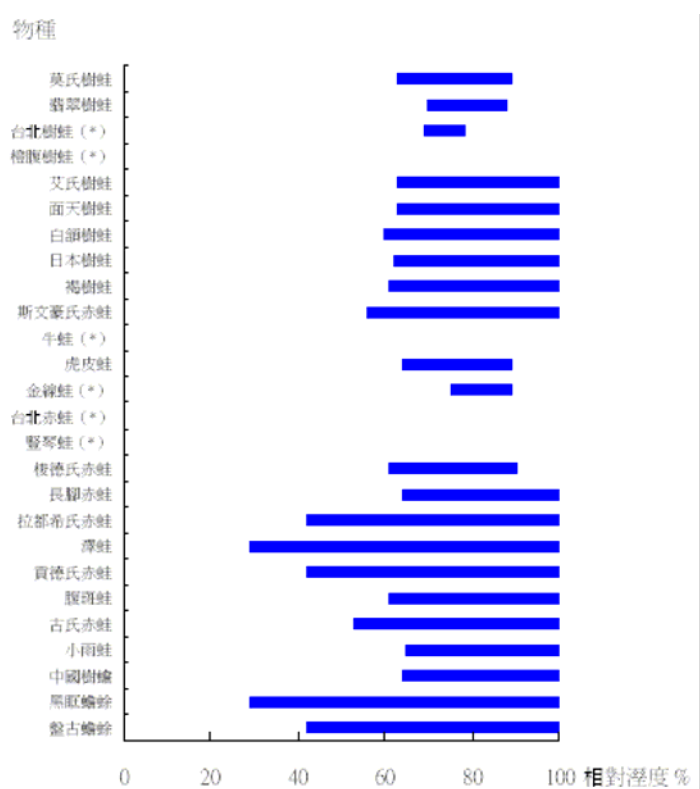
(3)海拔

以有效資料計算各兩棲類物種出現的最高海拔及最低海拔，探討各兩棲類出現的海拔分布範圍(圖 5)。桃園的兩棲類可依海拔分布狀況分為 3 群，第一群為平地分布至海拔 600 公尺範圍的兩棲類，包括黑眶蟾蜍、貢德氏赤蛙、澤蛙等 3 種兩棲類，屬於偏好在平地棲息的兩棲類；第二群為海拔 200 公尺至樣區調查到的最高海拔範圍都有分布，包括拉都希氏赤蛙、長腳赤蛙、梭德氏赤蛙、斯文豪氏赤蛙、褐樹蛙、白領樹蛙、艾氏樹蛙、莫氏樹蛙等 8 種兩棲類，屬於偏好在山地分布的兩棲類；第三群為分布於海拔 200 公尺至 600 公尺之間的兩棲類，包括小雨蛙、古氏赤蛙、腹斑蛙、金線蛙、虎皮蛙、日本樹蛙、面天樹蛙、台北樹蛙、翡翠樹蛙等 9 種兩棲類，屬於偏好在淺山分布的兩棲類；其他包括豎琴蛙、台北赤蛙、牛蛙、橙腹樹蛙等 4 種兩棲類在調查區域較為稀有，只有少數樣區有記錄，分布侷限。大多數的兩棲類可分布在海拔 200 公尺至 600 公尺的範圍內，而盤古蟾蜍、拉都希氏赤蛙、長腳赤蛙 3 種兩棲類分布的海拔範圍很廣，從平地至 1000 公尺的海拔均有發現。



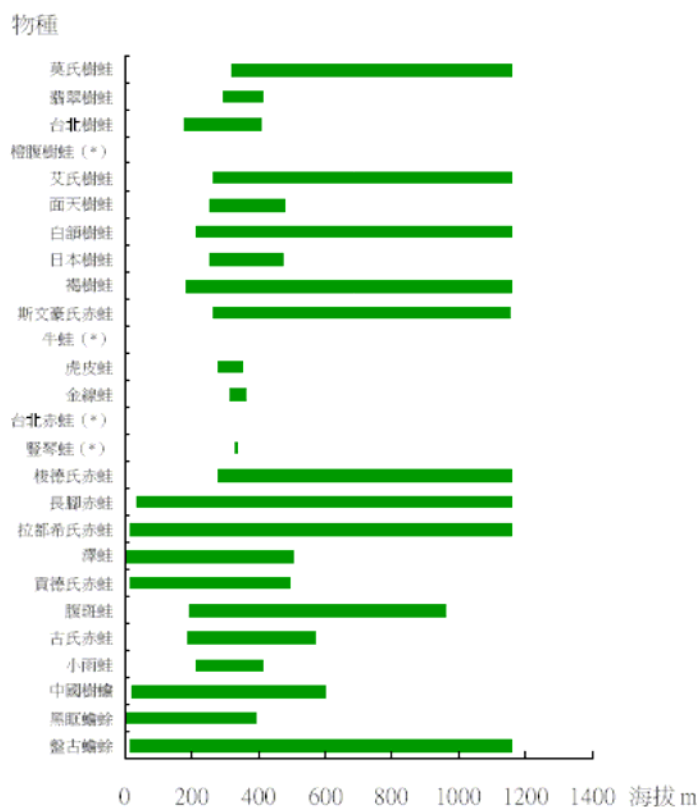
(*)表示物種樣本資料<10

圖 3 桃園兩棲類出現的溫度分佈範圍圖。



(*)表示物種樣本資料<10

圖 4 桃園兩棲類出現的溼度分佈範圍圖。



(*)表示物種樣本資料<10

圖 5 桃園兩棲類出現的海拔分佈範圍圖。

(四)桃園兩棲類的物種數與數量

(1)調查次數選擇

桃園地區兩棲類的物種豐富，計有 26 種，佔全台灣兩棲類的 68%(26/38)。有效資料共記錄到 26 種兩棲類，22474 隻次；每季至少調查一次的樣區共記錄到 22 種兩棲類，9698 隻次；每季調查一次的資料共記錄到 21 種兩棲類，2196 隻次。若想要記錄到樣區中的所有物種，以普查的方式進行調查較為適當。

進行調查次數選擇分析發現，在每季至少調查一次的 69 個樣區中，第 1 次調查平均可記錄到 45%的物種，前 4 次調查可調查到 62%的累計物種，前 9 次調查平均可記錄到 96%的累計物種，前 12 次調查平均可記錄到 99%的累計物種(圖 6)。

將每季固定調查一次的資料記錄到的物種數與該樣區所記錄到的全部物種數做比較，發現每季固定調查一次的資料平均可記錄到該樣區 87%的物種，比每季至少調查一次資料的前 4 次調查累計 62%物種還高。

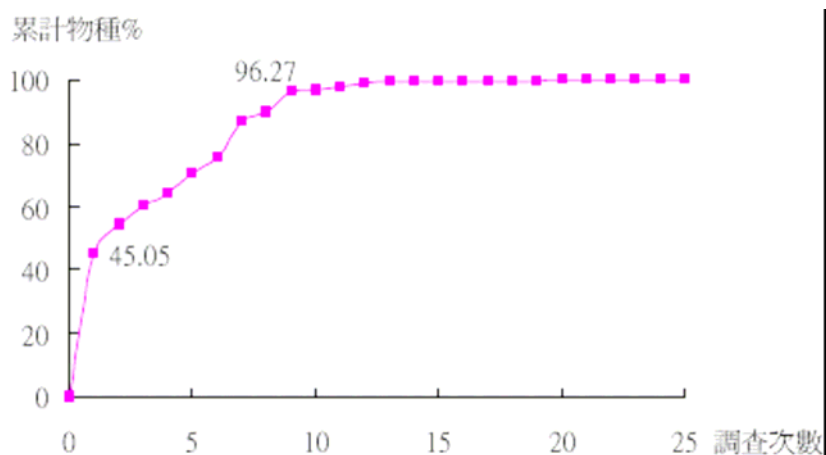


圖 6 調查次數與種數累計比例關係圖。

(2)各物種出現的樣區數比例

將有效資料中各物種被調查到的樣區數與有效資料共 361 個樣區數做比例計算，並將每季至少調查一次及每季固定調查一次的資料中各物種被調查到的樣區數與每季調查一次共 69 個樣區比例計算，探討各兩棲類在調查區域的分布比例(圖 7)。將出現在有效資料樣區比例大於 30% 的物種視為普遍分布的物種，共有盤古蟾蜍、澤蛙、拉都希氏赤蛙等 3 種兩棲類，其中盤古蟾蜍最高(71%)；將出現在有效資料樣區比例小於 5% 的物種視為侷限分布的物種，共有豎琴蛙、台北赤蛙、金線蛙、虎皮蛙、牛蛙、橙腹樹蛙、翡翠樹蛙等 8 種兩棲類。

(3)各物種的數量比例

將有效資料中各物種的數量與有效資料的總數量共 22474 隻次做比較，探討調查到各兩棲類數量的比例。有效資料數量最多的兩棲類是澤蛙，佔總數量的 26%，其次是黑眶蟾蜍，佔總數量的 16%。

將每季至少調查一次的樣區資料中各物種的數量與總數量共 9698 隻次做比較，探討調查到各兩棲類數量的比例。每季至少調查一次的資料數量最多的兩棲類是澤蛙，佔總數量的 27%，其次是盤古蟾蜍，佔總數量的 16%。

將每季固定調查一次的資料中各物種所調查到的數量與所調查到的總數量做比較，探討調查到各兩棲類數量的比例。每季固定調查一次的資料數量最多的兩棲類是澤蛙，佔總數量的 26%，其次是盤古蟾蜍，佔總數量的 17%。

綜合上述，最理想的調查資料是能蒐集到最大範圍、最密集的調查、調查頻度最一致的資料，但也需耗費最多的人力與經費，在人力、經費有限的情況下，選擇以每季至少調查一次為基礎，擴大調查範圍與提高調查次數是最有效率的方法。在探討與物種有關的分布時，適合用像有效資料這種調查次數多的資料進行分析，而探討與數量有關的分析時，適合用像每季固定調查一次這種調查頻度一致的資料進行分析。

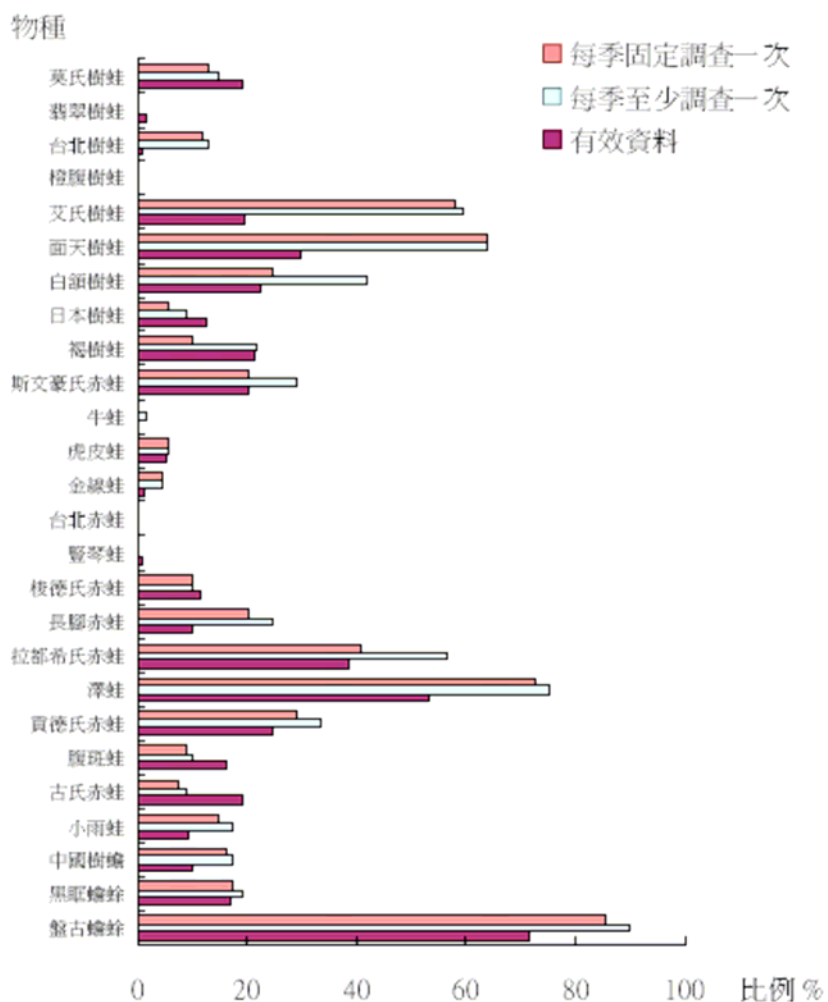


圖 7 桃園兩棲類各出現的樣區數比例圖

二、桃園兩棲類的分布

根據上述，探討有關物種分布時，適合以有效資料進行分析；探討有關數量分布時，適合以每季固定調查一次的資料，因此本研究在進行有關桃園兩棲類物種數分布的探討時，以有效資料進行分析；而在進行有關兩棲類數量分布的探討時，故以每季固定調查一次的資料來進行分析。

(一)環境因子與兩棲類分布的關係

為了瞭解各環境因子對兩棲類分布的影響，將溫度、溼度、海拔與調查到兩棲類的物種數與數量進行迴歸分析，分別探討溫度、溼度、海拔與兩棲類物種數與數量的關係。

(1)溫度

有效資料中，有記錄溫度的資料有 1586 筆，佔每季固定調查一次資料筆數的 67%(1586/2379)。溫度與兩棲類物種數做簡單線性迴歸分析，探討溫度與兩棲類物種數的關係(圖 8)。發現兩棲類的物種數與溫度高低呈現正相關($r=0.339$, $df=1585$, $p<0.001$)。顯示溫度越高，出現的兩棲類種類越多。

分別將各兩棲類數量與溫度做簡單線性迴歸分析，探討溫度與各種兩棲類數量的關係(表 2)。發現腹斑蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙、虎皮蛙、白領樹蛙、面天樹蛙、艾氏樹蛙 7 種兩棲類的數量與溫度呈正相關；顯示溫度越高，腹斑蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙、虎皮蛙、白領樹蛙、面天樹蛙、艾氏樹蛙等 7 種兩棲類的數量越多。而長腳赤蛙、莫氏樹蛙 2 種兩棲類的數量與溫度呈負

相關；顯示溫度越高，長腳赤蛙、莫氏樹蛙等 2 種兩棲類的數量越少。

(2) 溼度

有效資料中，有記錄溼度的資料有 1561 筆，佔有效資料筆數的 66%(1561/2379)。溼度與兩棲類物種數做簡單線性迴歸分析，探討溼度與兩棲類物種數的關係(圖 9)。發現兩棲類物種數與溼度呈正相關($r=0.055$ ， $df=1560$ ， $p<0.05$)。顯示溼度越高，兩棲類的物種數越高。

分別將各兩棲類數量與溼度做簡單線性迴歸分析，探討溼度與各種兩棲類數量的關係(表 3)。發現小雨蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙、日本樹蛙 4 種兩棲類的數量與溼度有顯著的正相關；顯示溼度越高，小雨蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙、日本樹蛙等 4 種兩棲類的數量越多。而拉都希氏赤蛙的數量與溼度呈負相關；顯示溼度越高，拉都希氏赤蛙的數量越少。雖然溼度對於總數量的影響不大，但對於個別物種的數量有所影響。

(3) 海拔

有效資料中，有海拔記錄的樣區共 321 個，佔有效資料樣區的 89%(321/361)。將海拔與兩棲類物種數做二次曲線迴歸分析，探討海拔與兩棲類物種數的關係(圖 10)。發現兩棲類在低海拔山區有較多的物種分布，平地及中海拔山區物種分布較少($r=0.167$ ， $df=320$ ， $p<0.05$)。而在調查區域海拔 200~400 公尺的範圍是兩棲類物種數最高的地方。

分別將各兩棲類數量與海拔做簡單線性迴歸分析，探討海拔與各種兩棲類數量的關係(表 4)。黑眶蟾蜍、中國樹蟾、小雨蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙、拉都希氏赤蛙、白領樹蛙、面天樹蛙、艾氏樹蛙 9 種兩棲類的數量與海拔有顯著負相關；顯示海拔越高，黑眶蟾蜍、中國樹蟾、小雨蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙、拉都希氏赤蛙、白領樹蛙、面天樹蛙、艾氏樹蛙等 9 種兩棲類的數量越少。而梭德氏赤蛙、莫氏樹蛙 2 種兩棲類的數量與海拔有顯著的正相關；顯示海拔越高，梭德氏赤蛙、莫氏樹蛙 2 種兩棲類的數量越多。

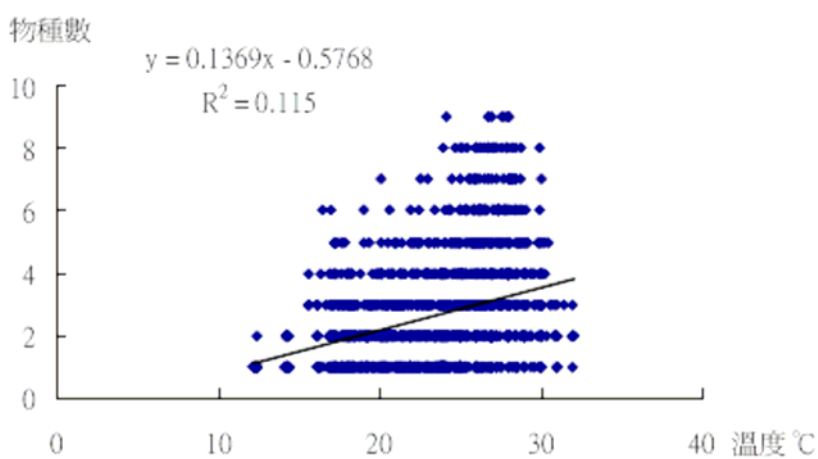


圖 8 有效資料溫度與兩棲類物種數關係圖。

表 2 每季固定調查一次資料溫度與各種兩棲類數量之迴歸分析表

(*) 表示 $p < 0.05$, (**) 表示 $p < 0.01$, (***) 表示 $p < 0.001$ 。

物種名稱	相關係數	R 平方值	p 值	ANOVA 檢定
盤古蟾蜍	0.078	0.006	0.352	不顯著
黑眶蟾蜍	0.148	0.022	0.078	不顯著
中國樹蟾	0.087	0.008	0.299	不顯著
小雨蛙	0.108	0.012	0.2	不顯著
古氏赤蛙	0.158	0.025	0.059	不顯著
腹斑蛙	0.272	0.074	0.001	(**) 顯著
貢德氏赤蛙	0.384	0.147	<0.001	(***) 顯著
澤蛙	0.329	0.108	<0.001	(***) 顯著
拉都希氏赤蛙	0.055	0.003	0.514	不顯著
長腳赤蛙	-0.169	0.029	0.043	(*) 顯著
梭德氏赤蛙	0.014	<0.001	0.864	不顯著
金線蛙	0.159	0.025	0.058	不顯著
虎皮蛙	0.255	0.065	0.002	(**) 顯著
斯文豪氏赤蛙	0.164	0.027	0.051	不顯著
褐樹蛙	0.023	0.001	0.477	不顯著
日本樹蛙	0.136	0.019	0.104	不顯著
白領樹蛙	0.286	0.082	0.001	(**) 顯著
面天樹蛙	0.346	0.119	<0.001	(***) 顯著
艾氏樹蛙	0.21	0.044	0.012	(*) 顯著
台北樹蛙	-0.046	0.002	0.583	不顯著
莫氏樹蛙	-0.242	0.059	0.004	(**) 顯著

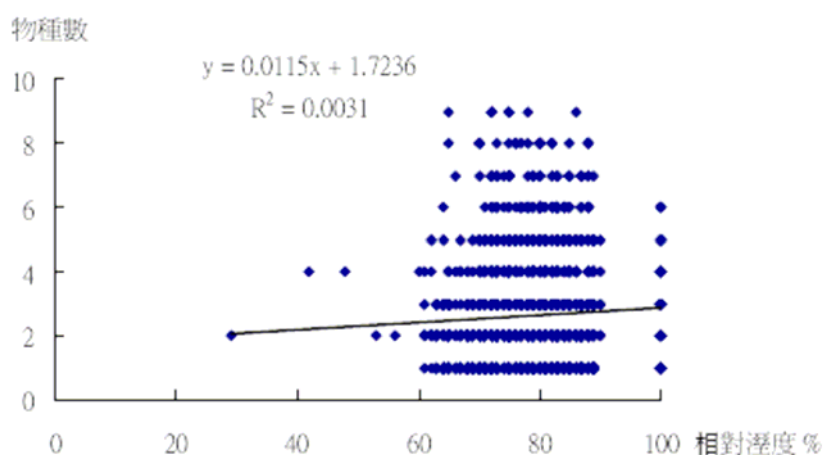


圖 9 有效資料溼度與兩棲類物種數關係圖。

表 3 每季固定調查一次資料溼度與各種兩棲類數量之迴歸分析表

(*) 表示 $p \leq 0.05$, (**) 表示 $p \leq 0.01$, (***) 表示 $p \leq 0.001$ 。

物種名稱	相關係數	R 平方值	p 值	ANOVA 檢定
盤古蟾蜍	0.03	0.001	0.719	不顯著
黑眶蟾蜍	-0.081	0.007	0.338	不顯著
中國樹蟾	0.083	0.007	0.327	不顯著
小雨蛙	0.188	0.036	0.024	(*) 顯著
古氏赤蛙	0.102	0.01	0.224	不顯著
腹斑蛙	0.079	0.006	0.346	不顯著
貢德氏赤蛙	0.254	0.065	0.002	(**) 顯著
澤蛙	0.235	0.055	0.005	(**) 顯著
拉都希氏赤蛙	-0.339	0.115	<0.001	(***) 顯著
長腳赤蛙	0.067	0.005	0.425	不顯著
梭德氏赤蛙	0.033	0.001	0.698	不顯著
金線蛙	0.108	0.012	0.198	不顯著
虎皮蛙	-0.064	0.004	0.449	不顯著
斯文豪氏赤蛙	-0.103	0.011	0.22	不顯著
褐樹蛙	0.046	0.002	0.585	不顯著
日本樹蛙	0.21	0.044	0.012	(*) 顯著
白領樹蛙	0.082	0.007	0.331	不顯著
西天樹蛙	0.008	<0.001	0.925	不顯著
艾氏樹蛙	0.031	0.001	0.716	不顯著
台北樹蛙	-0.163	0.027	0.052	不顯著
莫氏樹蛙	-0.023	0.001	0.785	不顯著

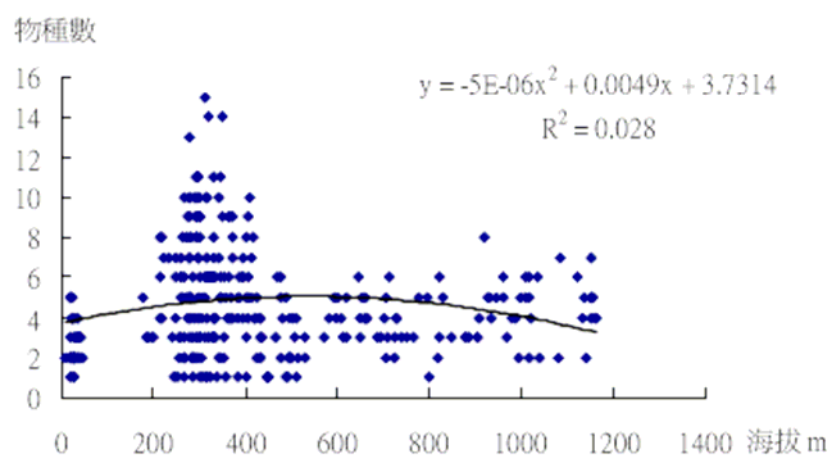


圖 10 有效資料海拔與兩棲類物種數關係圖。

表 4 每季固定調查一次資料海拔與各種兩棲類數量之迴歸分析表

(*) 表示 $p < 0.05$, (**) 表示 $p < 0.01$, (***) 表示 $p < 0.001$ 。

物種名稱	相關係數	R 平方值	p 值	ANOVA 檢定
盤古蟾蜍	-0.038	0.001	0.534	不顯著
黑眶蟾蜍	-0.37	0.137	<0.001	(***) 顯著
中國樹蟾	-0.163	0.007	0.027	(*) 顯著
小雨蛙	-0.16	0.026	0.008	(**) 顯著
古氏赤蛙	-0.018	<0.001	0.764	不顯著
腹斑蛙	-0.098	0.01	0.103	不顯著
貢德氏赤蛙	-0.2	0.04	<0.001	(***) 顯著
澤蛙	-0.327	0.107	<0.001	(***) 顯著
拉都希氏赤蛙	-0.187	0.035	0.002	(**) 顯著
長腳赤蛙	-0.097	0.009	0.109	不顯著
梭德氏赤蛙	0.311	0.097	<0.001	(***) 顯著
金線蛙	-0.041	0.002	0.502	不顯著
虎皮蛙	-0.077	0.006	0.202	不顯著
斯文豪氏赤蛙	-0.033	0.001	0.587	不顯著
褐樹蛙	0.092	0.008	0.129	不顯著
日本樹蛙	-0.056	0.003	0.351	不顯著
白領樹蛙	-0.141	0.02	0.019	(*) 顯著
西天樹蛙	-0.164	0.027	0.006	(**) 顯著
艾氏樹蛙	-0.155	0.024	0.01	(*) 顯著
台北樹蛙	-0.062	0.004	0.306	不顯著
莫氏樹蛙	0.419	0.176	<0.001	(***) 顯著

(二)物種分布相似度

以 Sorensen Coefficient 分析法計算調查區域各種兩棲類樣區分布的相似度。結果顯示，與其他物種的樣區分布相似度最高的是貢德氏赤蛙、白領樹蛙、面天樹蛙 3 種兩棲類(三種皆為 0.25)，與其他物種的樣區分布相似度次高的是拉都希氏赤蛙(0.24)；而與其他物種的樣區分布相似度最低的是豎琴蛙、牛蛙、橙腹樹蛙 3 種兩棲類(皆為 0.01)，與其他物種的樣區分布相似度次低的是台北赤蛙(0.03)。

將調查區域 26 種兩棲類調查到的樣區相似度做分群(圖 11)。結果發現，盤古蟾蜍、拉都希氏赤蛙、澤蛙 3 種兩棲類的樣區分布相似；面天樹蛙、艾氏樹蛙的樣區分布相似；腹斑蛙、貢德氏赤蛙、白領樹蛙 3 種兩棲類的樣區分布相似；古氏赤蛙與日本樹蛙的樣區分布相似；盤古蟾蜍、中國樹蟾、小雨蛙 3 種兩棲類的樣區分布相似；梭德氏赤蛙、莫氏樹蛙、褐樹蛙 3 種兩棲類的樣區分布相似；台北赤蛙與金線蛙的樣區分布相似。

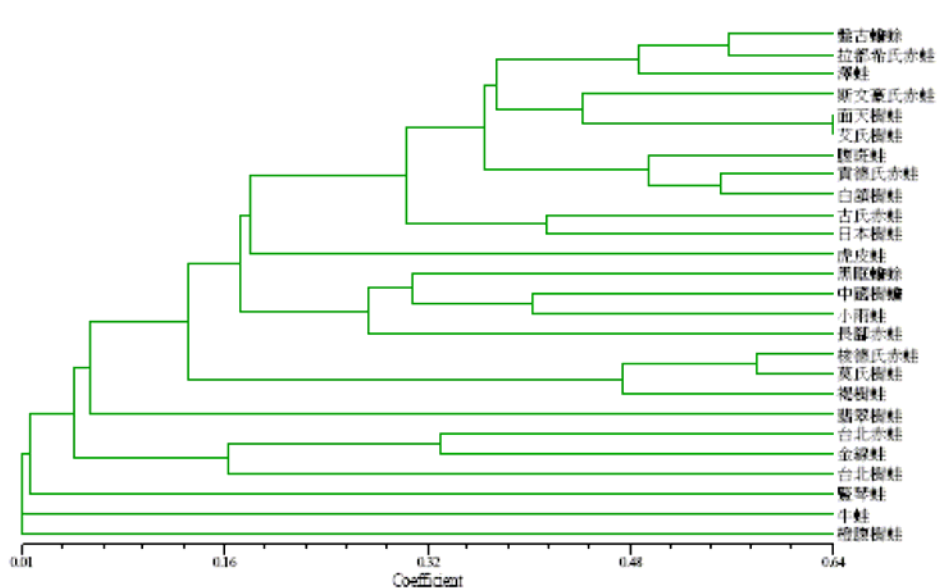


圖 11 桃園兩棲類分布樣區相似度樹狀圖。

(三)時間生態區位

(1)各種兩棲類的時間生態區位寬度

計算各物種的時間生態區位寬度，探討各種兩棲類的時間分布情形。結果顯示，盤古蟾蜍(0.94)、黑眶蟾蜍(0.81)、澤蛙(0.96)、拉都希氏赤蛙(0.89)等 4 種兩棲類的時間生態區位寬度都很高，顯示盤古蟾蜍、澤蛙、拉都希氏赤蛙、黑眶蟾蜍等 4 種兩棲類各季節均有分布且數量穩定。

分別計算各組海拔範圍兩棲類的時間生態區位寬度。發現黑眶蟾蜍在 200~400 公尺的海拔範圍時間生態區位寬度值較高(0.83)；顯示黑眶蟾蜍在 200~400 公尺海拔範圍的每季數量較穩定。澤蛙在 200~400 公尺及 400~600 公尺的海拔範圍間生態區位寬度值較高(0.97)；顯示澤蛙在 200~600 公尺海拔範圍的每季數量較穩定。拉都希氏赤蛙在 200~400 公尺的海拔範圍間生態區位寬度值較高，隨著海拔上升其值逐漸降低；顯示拉都希氏赤蛙在 200~400 公尺海拔範圍的每季數量較穩定，而海拔越高其每季數量越不平均。

(2)各種兩棲類的時間生態區位重疊度

將各種兩棲類之時間生態重疊度以 UPGMA 分析法進行群集分析(圖 12)。去除豎琴蛙、台北赤蛙、牛蛙、虎皮蛙、橙腹樹蛙、翡翠樹蛙等 6 種數量過少的兩棲類後，將調查區域剩餘的 20 種兩棲類依時間生態區位重疊度進行分群，可分為 4 個類群。T1 類群包括盤古蟾蜍、拉都希

氏赤蛙、澤蛙、黑眶蟾蜍等 4 種，屬於偏好全年活動的種類；T2 類群包括腹斑蛙、中國樹蟾、小雨蛙、古氏赤蛙、白領樹蛙、斯文豪氏赤蛙、褐樹蛙、古氏赤蛙、面天樹蛙、艾氏樹蛙、貢德氏赤蛙、日本樹蛙、金線蛙、莫氏樹蛙等 13 種兩棲類，屬於偏好春夏季繁殖的種類；T3 類群包括長腳赤蛙、台北樹蛙 2 種兩棲類，屬於偏好冬天繁殖的種類；T4 類群為梭德氏赤蛙 1 種，屬於秋季繁殖的種類。

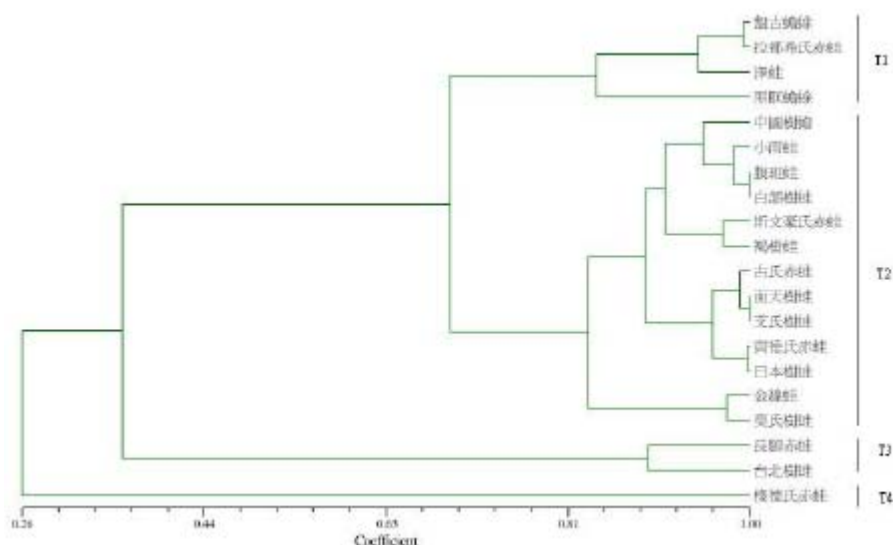


圖 12 桃園兩棲類時間生態區位重疊度樹狀圖。

(四)環境棲地類型生態區位

(1)各種兩棲類的環境棲地類型生態區位寬度

以有效資料計算各種兩棲類的環境棲地類型生態區位寬度，探討各種兩棲類的環境棲地類型分布情形(表 7)。結果顯示，盤古蟾蜍(0.21)、斯文豪氏赤蛙(0.23)、褐樹蛙(0.21)等 3 種兩棲類的環境棲地類型生態區位寬度值較高，顯示盤古蟾蜍、斯文豪氏赤蛙、褐樹蛙 3 種兩棲類在不同環境棲地類型的分布較為均勻。而黑眶蟾蜍(0.01)、澤蛙(0.01)、莫氏樹蛙(0.1)等 3 種兩棲類的環境棲地類型生態區位寬度值較低，顯示黑眶蟾蜍、澤蛙、莫氏樹蛙 3 種兩棲類較集中分布於單一的环境棲地類型，黑眶蟾蜍及澤蛙集中分布在墾地，莫氏樹蛙則集中分布在闊葉林。而虎皮蛙(0)由於只有在墾地出現，故其環境棲地類型生態區位寬度值為 0。

(2)各種兩棲類的環境棲地類型生態區位重疊度

將各種兩棲類之環境棲地類型生態重疊度以 UPGMA 分析法進行分析(圖 13)。將調查區域剩餘的 22 種兩棲類依環境棲地類型生態區位重疊度進行分群，可分為 2 個類群。E1 類群包括盤古蟾蜍、翡翠樹蛙、斯文豪氏樹蛙、黑眶蟾蜍、虎皮蛙、澤蛙、小雨蛙、古氏赤蛙、金線蛙、中國樹蟾、貢德氏赤蛙、面天樹蛙、台北樹蛙、日本樹蛙、腹斑蛙、白領樹蛙、拉都希氏赤蛙、長腳赤蛙、艾氏樹蛙等 19 種兩棲類，屬於偏好在墾地出現的兩棲類；E2 類群包括梭德氏赤蛙、莫氏樹蛙、褐樹蛙等 3 種兩棲類，屬於偏好在闊葉林出現的兩棲類。

表 7 桃園兩棲類環境棲地類型生態區位寬度表

物種	環境棲地類型 生態區位寬度	出現 次數	各環境棲地類型出現次數比例				
			墾地	闊葉林	混生林	草原	裸露地
盤古蟾蜍	0.21	1200	67%	30%	2%	0%	1%
黑眶蟾蜍	0.01	758	99%	1%	0%	0%	0%
中國樹蟾	0.04	79	92%	3%	5%	0%	0%
小雨蛙	0.02	147	96%	1%	3%	0%	1%
古氏赤蛙	0.04	160	93%	6%	1%	0%	1%
腹斑蛙	0.09	99	85%	10%	4%	0%	1%
貢德氏赤蛙	0.06	282	90%	2%	6%	2%	1%
澤蛙	0.01	1157	98%	1%	1%	0%	1%
拉都希氏赤蛙	0.08	340	85%	14%	0%	0%	1%
長腳赤蛙	0.09	87	85%	15%	0%	0%	0%
梭德氏赤蛙	0.08	43	14%	86%	0%	0%	0%
金線蛙	0.04	30	93%	3%	0%	0%	3%
虎皮蛙	0	38	100%	0%	0%	0%	0%
斯文豪氏赤蛙	0.23	331	66%	28%	5%	0%	1%
褐樹蛙	0.21	161	26%	68%	6%	0%	0%
日本樹蛙	0.08	86	87%	7%	6%	0%	0%
白領樹蛙	0.13	251	80%	12%	5%	0%	3%
西天樹蛙	0.07	661	88%	4%	7%	1%	0%
艾氏樹蛙	0.09	430	85%	13%	2%	1%	0%
台北樹蛙	0.05	21	90%	5%	5%	0%	0%
翡翠樹蛙	0.18	10	70%	30%	0%	0%	0%
莫氏樹蛙	0.01	185	0%	98%	2%	0%	0%

表 8 桃園兩棲類微棲地生態區位寬度表

物種	微棲地生態 區位寬度	出現次數	主要出現的微棲地
盤古蟾蜍	0.1	1557	馬路 (51%)、住宅 (10%)、步道 (9%)、乾溝 (7%)
黑眶蟾蜍	0.31	1348	菜園 (18%)、住宅 (15%)、水溝 (14%)、稻田 (13%)
中國樹蟾	0.22	100	竹林 (27%)、菜園 (26%)
小雨蛙	0.35	155	水池岸邊 (16%)、菜園 (15%)、稻田 (14%)、短草地 (11%)
古氏赤蛙	0.04	264	水溝 (70%)
腹斑蛙	0.36	162	流動河流(<5m, 16%; >5m, 14%)、水池埤塘 (15%)
貢德氏赤蛙	0.26	339	水池埤塘 (27%)、水池邊植物體 (19%)、菜園 (10%)
澤蛙	0.14	1614	水溝 (40%)、稻田 (15%)、菜園 (15%)
拉都希氏赤蛙	0.27	433	水池埤塘 (18%)、水溝 (18%)、水溝邊植物體 (18%)
長腳赤蛙	0.3	108	馬路 (18%)、短草地 (17%)、菜園 (16%)、稻田 (10%)
梭德氏赤蛙	0.12	96	馬路 (33%)、乾溝 (25%)、流動河流(>5m, 24%)
金線蛙	0.03	30	水池埤塘 (70%)
虎皮蛙	0.21	38	菜園 (26%)、水溝 (18%)、竹林 (16%)
斯文豪氏赤蛙	0.18	434	山澗瀑布 (31%)、水溝邊植物體 (22%)
褐樹蛙	0.21	244	水溝邊植物體 (33%)、乾溝 (14%)、馬路 (11%)
日本樹蛙	0.26	126	水溝 (31%)、水溝邊植物體 (14%)、灌叢 (14%)
白領樹蛙	0.43	297	菜園 (17%)、水池埤塘 (13%)、樹林底層 (11%)
面天樹蛙	0.14	760	樹林底層 (44%)
艾氏樹蛙	0.06	430	樹林底層 (60%)、竹林 (15%)
台北樹蛙	0.23	21	樹林底層 (29%)、水溝邊植物體 (19%)
翡翠樹蛙	0.07	15	喬木 (60%)、灌叢 (27%)
莫氏樹蛙	0.05	209	水溝邊植物體 (66%)

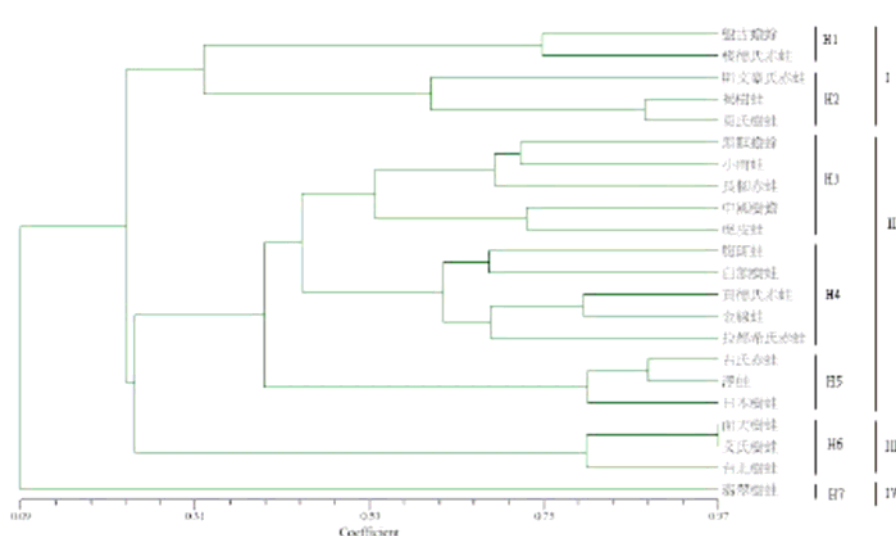


圖 14 桃園兩棲類微棲地生態區位重疊度樹狀圖。

三、運用志工進行調查的特色

藉由進行各項資料分析的過程，能了解運用志工進行兩棲類資源調查資料的優點與缺點。呂光洋等(1990)曾將過去許多進行兩棲類的研究報告匯整，建立台灣兩棲類分布的資料庫，共計有 7609 筆資料，而林春富(2004)曾在中部地區進行共 4 年的兩棲類調查，累計了 1524 筆資料；本研究以在同一樣區、同一時間的調查資料視為一筆調查資料，每筆資料中會包括各種兩棲類的數量，兩年的資料共累計有 2379 筆資料，若將每次調查到的各種兩棲類分別當做一筆資料，則會有 6637 筆資料。顯示運用志工進行調查的資料可以短時間內累積大量的調查資料。

本研究中，有效資料的調查時間大多集中在夏天，光是夏天的調查次數就佔了全部調查次數的 35%(869/2379)，每月調查次數的變異數平均數比值達 40.38；且有效資料中有 24%(86/361)的樣區只有一次調查記錄。顯示運用志工進行調查的資料，調查頻度並不平均。

Genet and Sargent(2003)曾指出，志工在兩棲類的物種辨識上並沒有太大差異，但對於數量的估計則有較大的落差。本研究雖然有將調查頻度標準化後進行數量的計算，但對於計算的結果推論較予以保留，藉由進行環境因子與兩棲類數量的迴歸分析，與時間生態區位的計算的結果發現，運用志工進行調查的數量資料仍然可以進行分析，前提是須先提高志工進行兩棲類數量調查的準確性。然而，雖然在進行大尺度的調查時，不適合進行關於兩棲類數量的分析，但在進行分析時可以運用其他方法提高資料分析的品質。加拿大兩棲類監測組織 DAPCAN 及美國 Frogwatch 計畫都以運用志工進行兩棲類調查為主，除了大範圍的普查之外，各地區亦進行長期監測，以當地固定的調查團隊進行小範圍的調查，所調查到的數量資料可以推論至當地的兩棲類數量分布情形。如此一來，運用志工調查的資料不但可以探討兩棲類大尺度的物種分布情形，也可以探討兩棲類小尺度的數量分布，可見運用志工調查資料對於探討兩棲類的分布非常重要 (Heyer, 1997)。

另外，運用志工調查的資料進行桃園地區兩棲類分布發現，桃園地區的兩棲類物種相當豐富，且兩棲類的生物多樣性熱點集中在海拔 200 公尺至 600 公尺的山區，其中小雨蛙、腹斑蛙、貢德氏赤蛙、拉都希氏赤蛙、日本樹蛙、白領樹蛙、面天樹蛙等 7 種與生物多樣性熱點的分布相似，是生物多樣性熱點中的重要物種，針對生物多樣性熱點做長期監測有助於了解兩棲類分布與環境的變化；然而生物多樣性熱點是兩棲類物種數較高的樣區，並非包括調查區域中所有的兩棲類，部份稀有物種對環境變化更為敏感，因此針對有稀有物種出現的樣區最好也能進行長期監測，以利於充分瞭解兩棲類的分布情形。若想要充分了解兩棲類的分布情形，像大範圍或者長時間這種大尺度的調查是不可或缺的。而進行大尺度的調查往往需要許多的人力、經費，若能以有效運用志工進行調查的方式來進行大尺度的兩棲類調查，則能迅速的累積調查資料，有利於探討兩棲類的分布情形。

綜合上述，運用志工進行調查的資料可以快速累積大量的調查資料，Heyer(1997)曾指出，運用志工進行大尺度的調查有利於進行兩棲類的監測，因此運用志工進行大尺度的調查是必須的。若要使運用志工調查的資料更能反應出兩棲類分布的現象，最需要克服的是調查頻度以及兩棲類數量調查的問題。本研究以每季固定調查一次的資料與每季至少調查一次的資料相比發現，每季固定調查一次可以調查到樣區 87% 的物種，在各資料類型的生物多樣性熱點分析中也發現，在人力、時間、經費有限的情況下，以每季調查一次為基礎，增加調查次數是最適合的調查方式。本研究運用志工調查資料進行各項分析，欲探討桃園地區的兩棲類分布情形。結果發現，運用志工調查的資料調查範圍大，資料量多，但調查時間較不相同，適合探討物種分布的情形；而兩棲類的數量和繁殖季有關 (Green, 1994)，如欲探討有關兩棲類數量的分布情形，

則需要控制調查頻度，如此便無法探討大尺度的數量分布情形，但可以藉由將調查頻度一致的樣區進行分析，得知部份樣區兩棲類的數量分布情形。

兩棲類資源調查分析

楊懿如¹、李承恩²

1.國立花蓮教育大學生態與環境教育研究所

2.國立台灣大學生態學與演化生物學研究所

一、基礎資料分析

本次分析資料主要來自 2003-2007 年的志工調查與 2001-2003、2005 年楊懿如研究室所累積的調查資料，共計有 31 種、30,608 筆資料，累計有 114,112 隻次的觀察記錄，其中出現在相同樣區、微棲地，具有相同型態與行為的單一物種為一筆記錄資料，隻次的累計除目視觀察到的成、幼蛙外，亦包含卵、蝌蚪與鳴叫記錄。各調查小隊於各年間所觀察的資料如下表：

地區	團隊名稱	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	總計
	楊老師	5870	3135	3383		2117			14505
桃園	光華國小			473	888				1361
	百吉國小			405	1398				1803
	長興國小			330	2416				2746
	高坡國小			364					364
	蚵間國小			416	1465				1881
	德龍國小			463	634				1097
花東	花蓮鳥會						929		929
	三間團隊						883	3	886
	日昇團隊						1145	146	1291
	台東鳥會						581		581
	延平團隊						414	4	418
	萬安團隊						1029		1029
其他	台北小雨蛙						420		420
	真理大學						720	323	1043
	南投新豐							128	128
	高雄鳥會							126	126
總計		5870	3135	5834	6801	2117	6121	730	30608

※明廉明禮團隊與玉里團隊資料因樣區及座標問題，尚未納入分析資料

扣除楊老師團隊資料與 2007 年尚未完全登入的資料，平均每年每小隊可記錄到 809 筆的資料；以過去三年平均每年有 6.3 個志工團隊參與調查，每年將可獲得 5,124 筆資料。倘若未來每年可維持 12 個以上的志工團隊參與調查，每年將會有超過 10,000 筆的資料。以調查時間來看，共計有 947 個觀察日，依據各團隊各月份調查頻度如下

地區	團隊名稱	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	總計
	楊老師	10	13	16	12	20	20	22	36	29	28	26	10	242

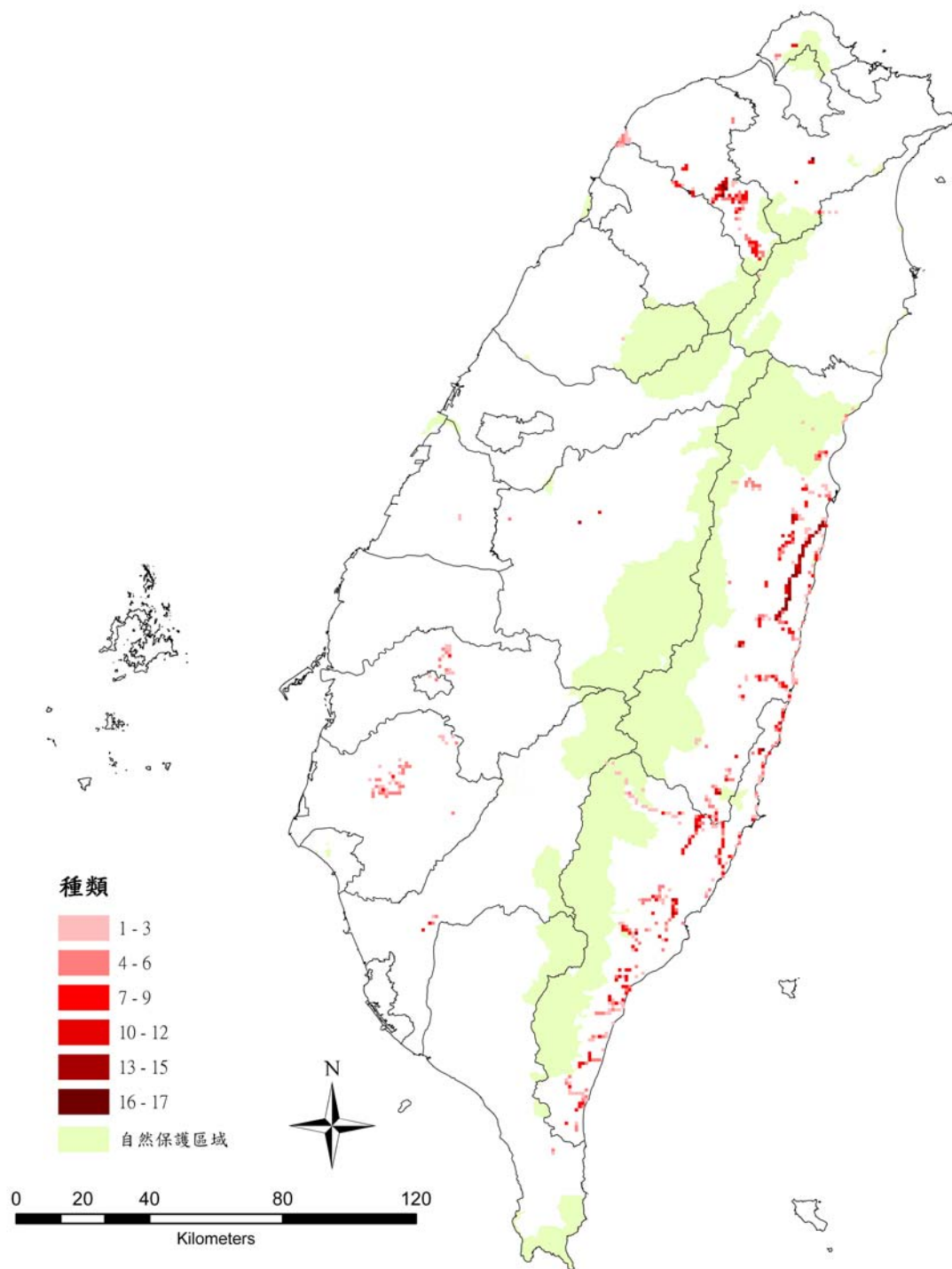
桃園	光華國小		1	5	5	12	9	10	7	6	14	6		75
	百吉國小					3	6	7	7	5	5	3	1	37
	長興國小	5	5	5	8	10	12	6	4	4	6	5	2	72
	高坡國小							9	6	8	5	6		34
	蚵間國小				1	15	14	18	27	20	16	8	2	121
	德龍國小		2	2	4	4	5	7	7	5	5	7	2	50
花東	花蓮烏會		2	2	2	2	2	2	2	3	3	3		23
	三間團隊	1	7	7	5	6	7	5	5	8	9	4		64
	日昇團隊	1	3	2	3	2	1	4	1	1	1	2	2	23
	台東烏會					5	2	4	4	2	1	1		19
	延平團隊	4			3	4	2	3	1	1	2	1	2	23
	萬安團隊	2	3	1	2	3	4	4	4	4	3	2	4	36
其他	台北小雨蛙						2	2	3	3	1	2	2	15
	真理大學	2			3	5	9	19	20	15	14	4		91
	南投新豐		1	3	2	2	1	2	3	2				16
	高雄烏會		1	1	1	1	1	1						6
總計		25	38	44	54	97	98	125	135	116	111	77	27	947

以調查樣區來看，共計有 1,305 個觀察地點，進一步依據林務局自然資源資料庫中的 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格資料，將台灣劃分為 37,552 個網格（不含外島），利用 ESRI ArcMap 軟體將各調查地點與網格系統結合，共計 682 個網格有調查資料。但由於部分團隊有調查到的相同的樣區與網格，故累計的調查網格數為 736 個網格。各團隊調查樣區與網格數量如右表：

地區	團隊名稱	樣區數量	網格數量
桃園	楊老師	505	381
	光華國小	14	19
	百吉國小	14	12
	長興國小	65	20
	高坡國小	55	22
	蚵間國小	91	15
花東	德龍國小	47	12
	花蓮烏會	13	11
	三間團隊	52	32
	日昇團隊	110	47
	台東烏會	36	29
	延平團隊	32	20
其他	萬安團隊	103	35
	台北小雨蛙	10	9
	真理大學	150	64
	南投新豐	3	3
總計	高雄烏會	6	5
	總計	1305	736(682)

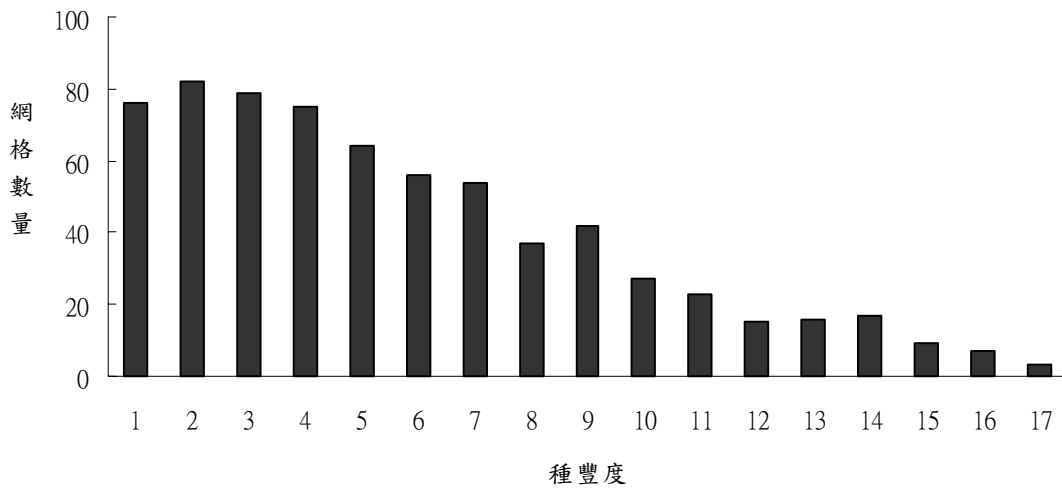
二、蛙類分佈概況

將所有本島調查資料以 $1 \times 1 \text{ km}^2$ 網格呈現，並重新估算 682 個網格所出現的種豐度，將 1-17 種分為五個等級，依據不同等級種豐度給予不同顏色的網格，繪製地圖如下：

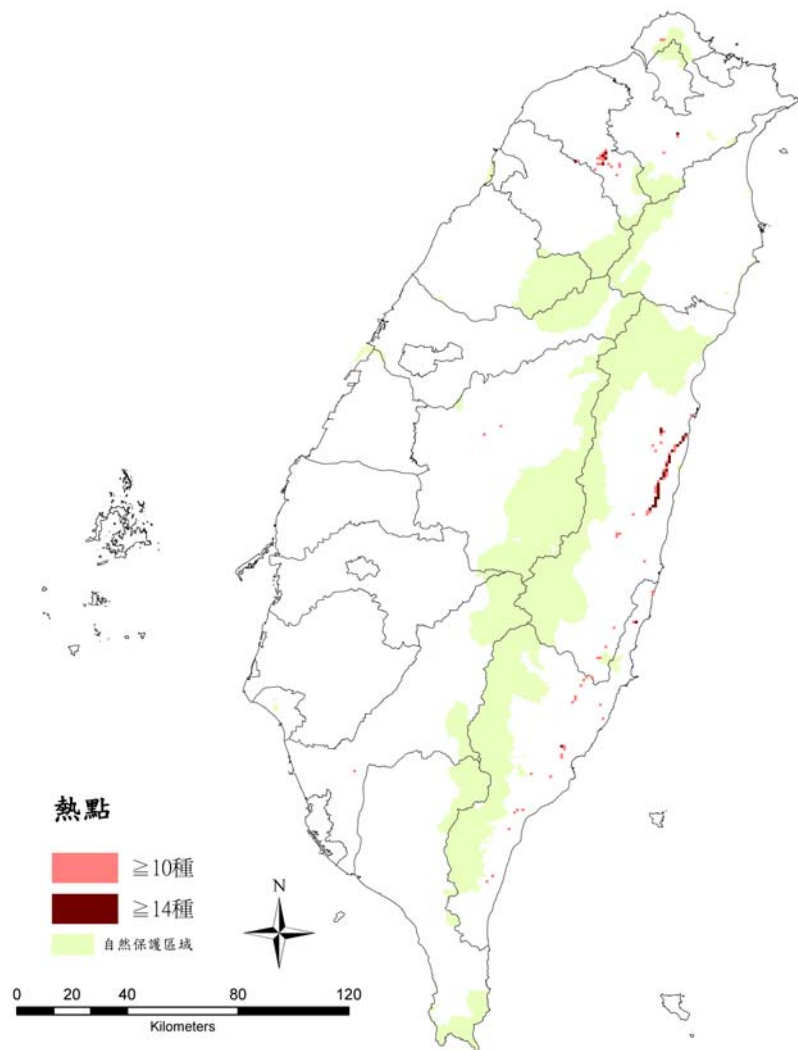


其中自然保護區域包括：國家公園、自然保留區、野生動物保護區、重要野生動物棲息環境。

將個網格的種豐度頻度繪製如下圖：



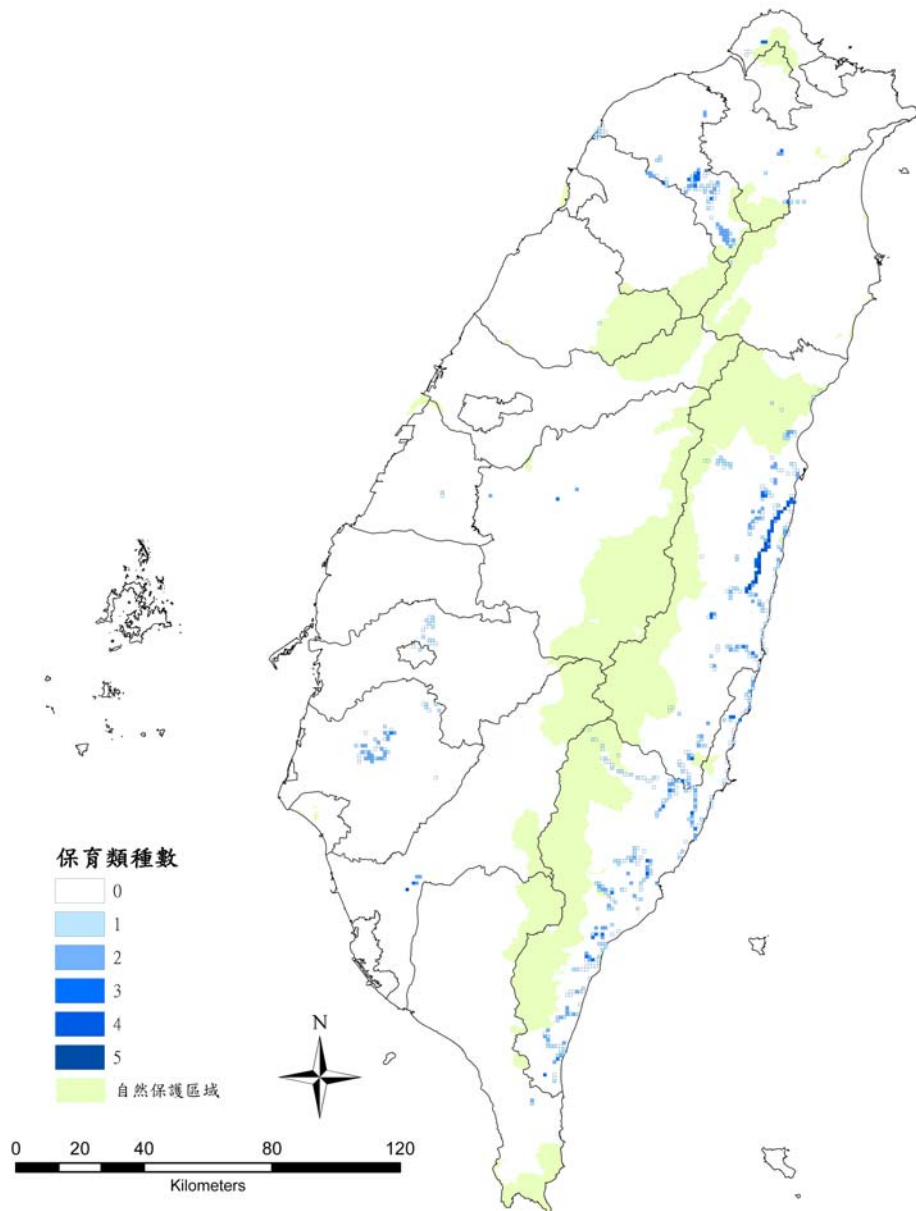
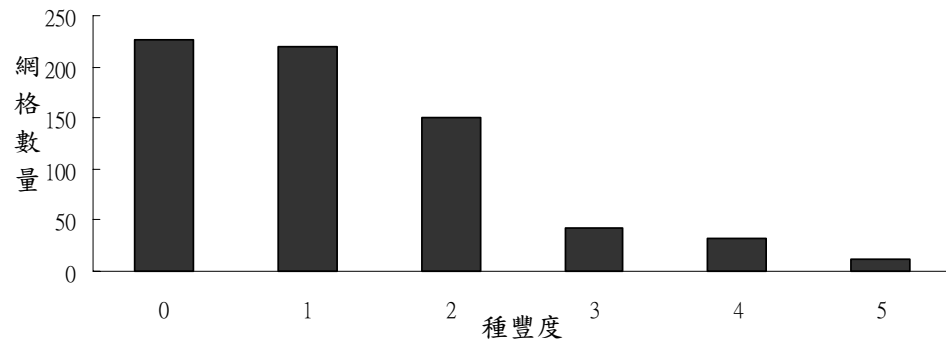
再進一步進算平均每個網格的種豐度為 5.77 種，標準差 3.84 種。進一步估算種豐度比平均值大於 1 個標準差為 9.61 種，無條件近位為 10 種；而比平均值大於 2 個標準差為 13.4 種，無條件近位為 14 種。而以 ≥ 10 種與 ≥ 14 種作為蛙類分佈熱點的評估，分別為 117 與 36



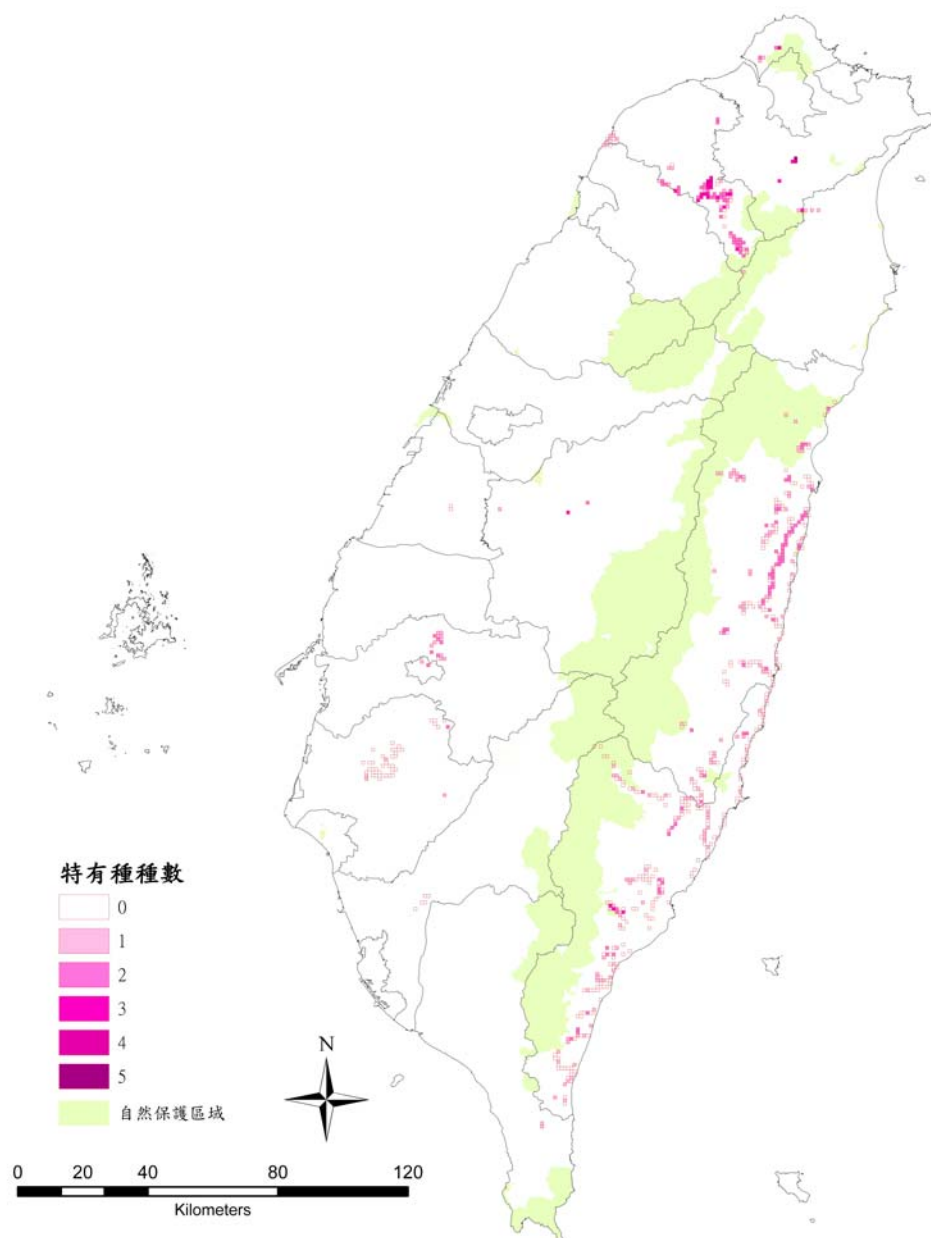
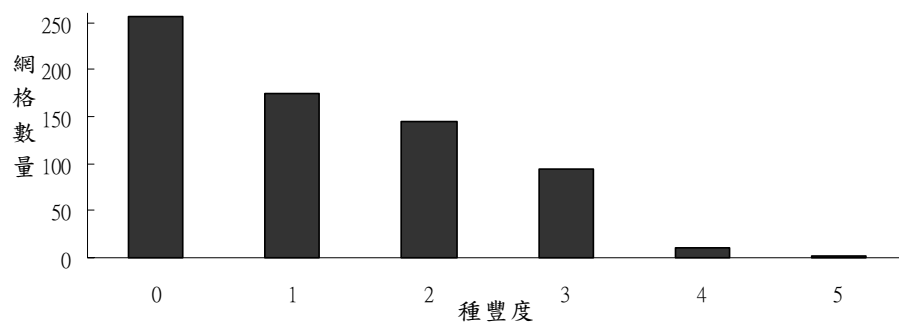
個網格，重新繪製如下

另外，依據行政院農業委員會公告之 10 種保育類，包括：巴氏小雨蛙、黑蒙西氏小雨蛙、史丹吉氏小雨蛙、貢德氏赤蛙、虎皮蛙、台北赤蛙、褐樹蛙、莫氏樹蛙、翡翠樹蛙及台北樹蛙，將各網格內之保育類種數會製成下圖。平均每個網格保育類種數為 1.22 種，標

準差為 1.20 種。

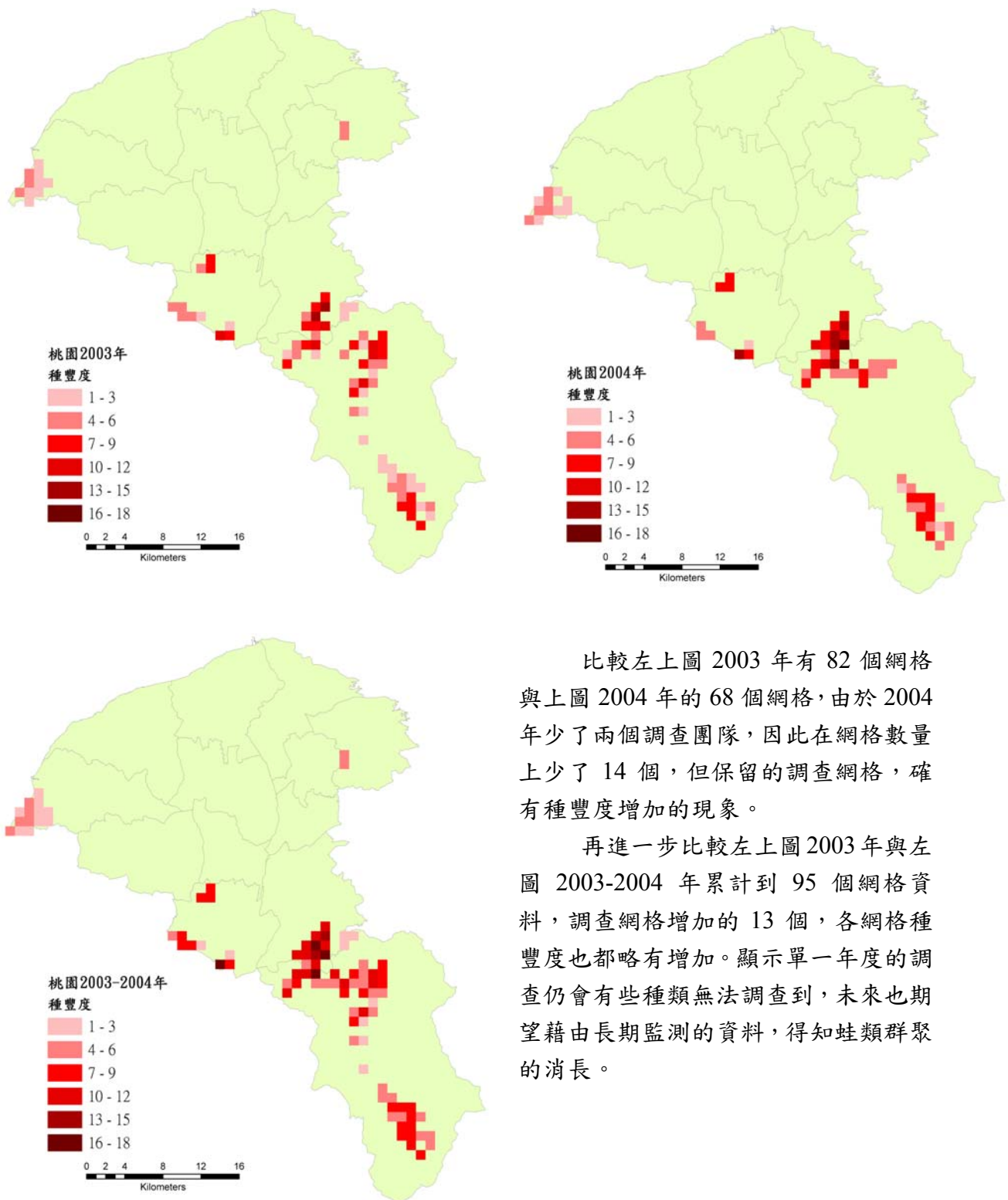


同理，依據目前認知的 8 種特有種，包括：盤古蟾蜍、面天樹蛙、褐樹蛙、橙腹樹蛙、諸羅樹蛙、莫氏樹蛙、翡翠樹蛙及台北樹蛙，將各網格內之特有種種數會製成下圖。平均每個網格特有種種數為 1.17 種，標準差為 1.14 種。



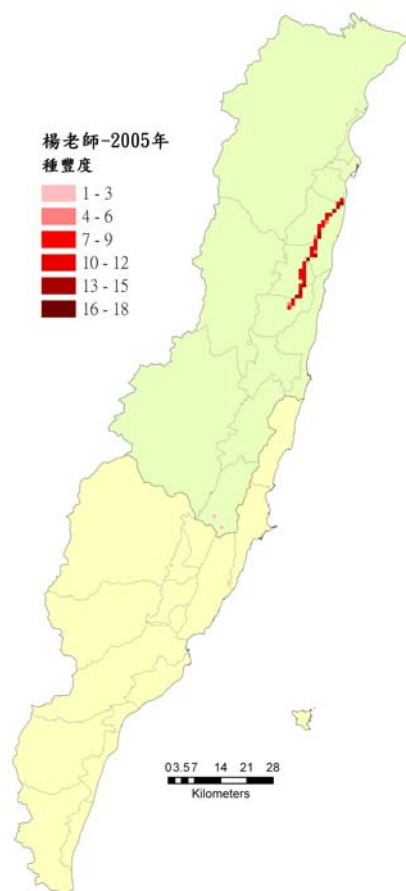
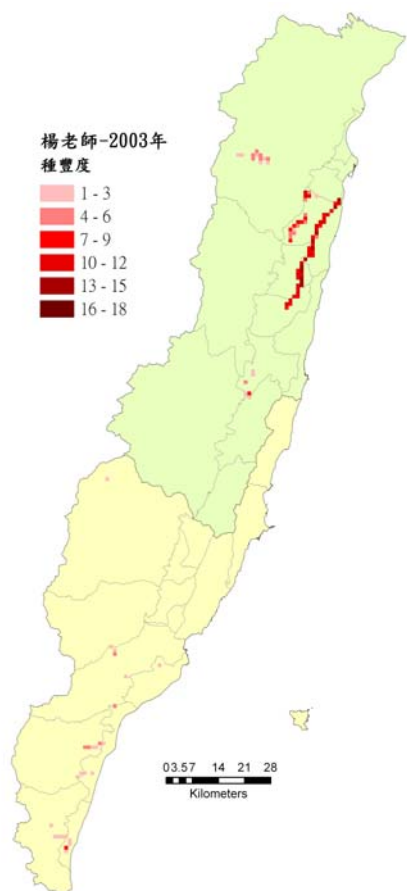
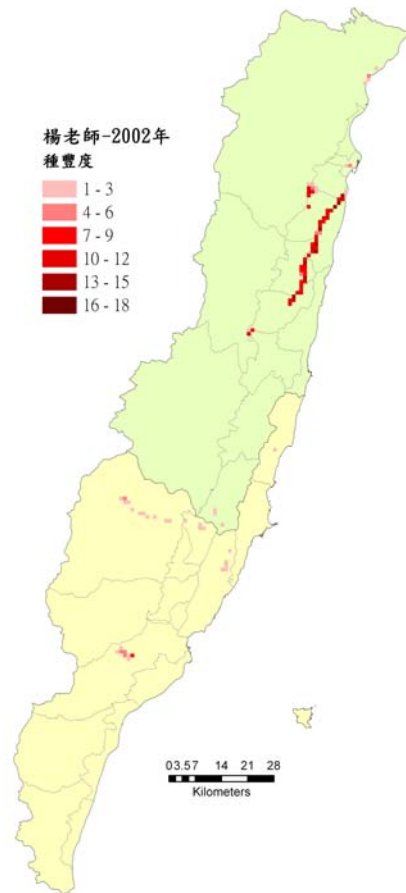
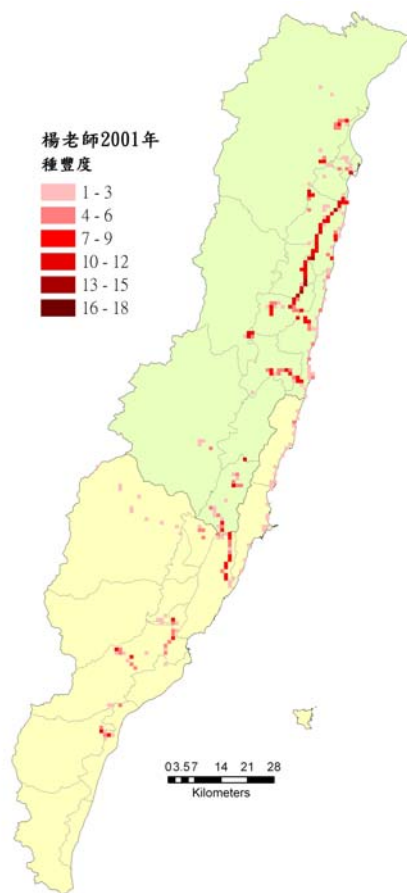
三、年間比較分析

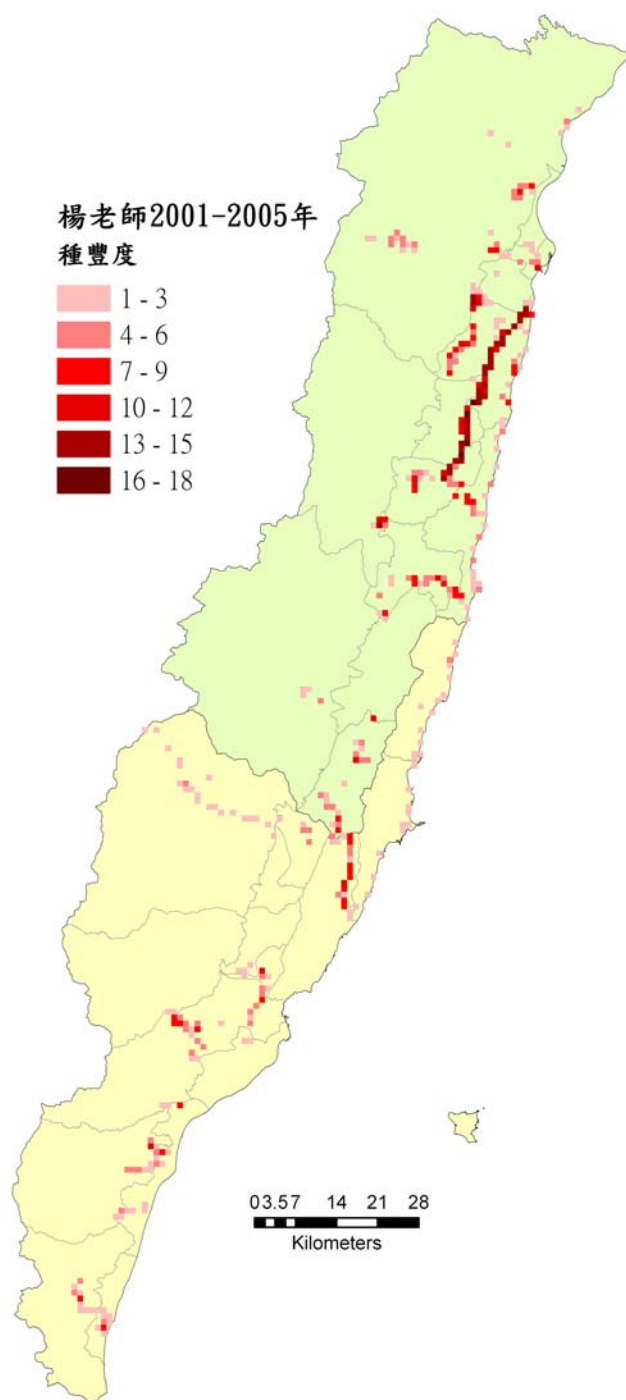
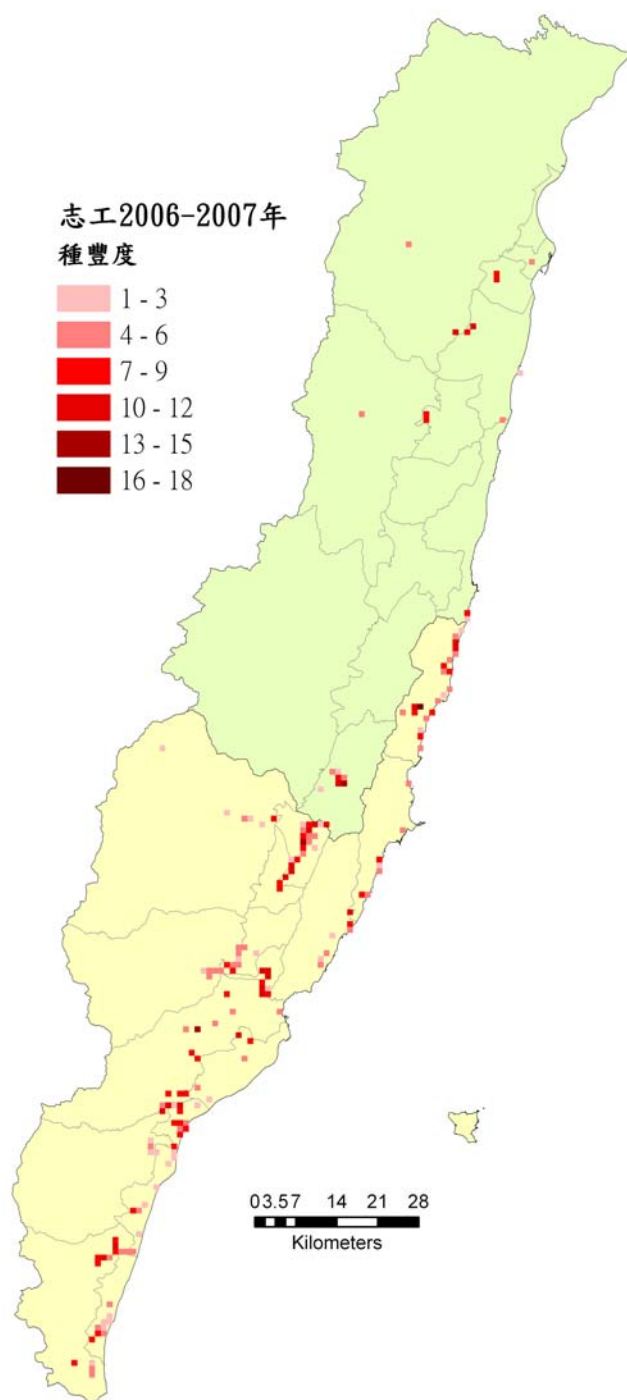
過去調查資料中僅有桃園部分調查團隊及楊老師團隊有多年完整的調查資料，包括桃園各團隊 2003 及 2004 年的資料，以及楊老師團隊於 2001、2002、2003 及 2005 年的調查資料。



比較左上圖 2003 年有 82 個網格與上圖 2004 年的 68 個網格，由於 2004 年少了兩個調查團隊，因此在網格數量上少了 14 個，但保留的調查網格，確有種豐度增加的現象。

再進一步比較左上圖 2003 年與左圖 2003-2004 年累計到 95 個網格資料，調查網格增加的 13 個，各網格種豐度也都略有增加。顯示單一年度的調查仍會有些種類無法調查到，未來也期望藉由長期監測的資料，得知蛙類群聚的消長。





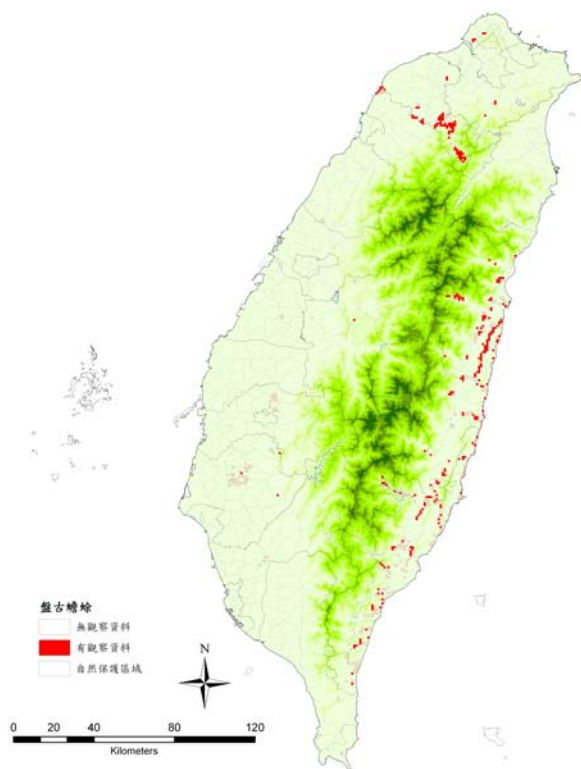
四、物種分佈概況

將各物種資料分開來進行比較，觀察筆數、數量、及觀察到該物種的樣區數，即有觀察到該物種的網格數如下表：

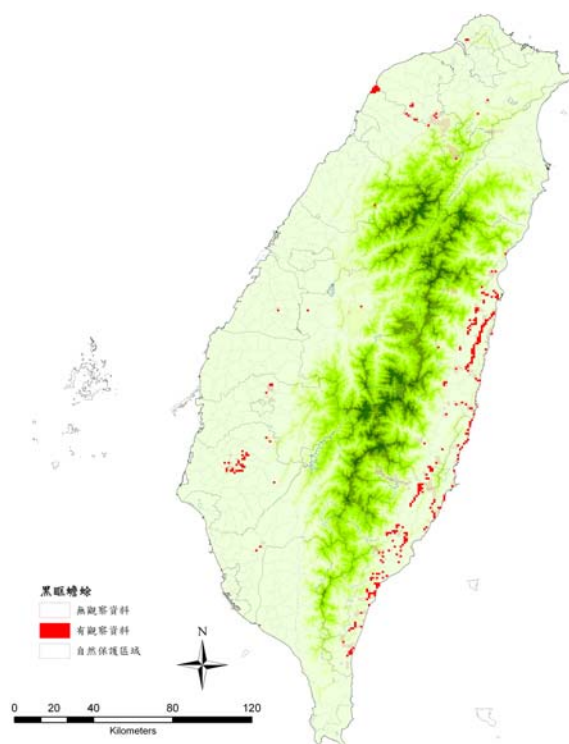
科別	種類	筆數	隻次	樣區數	網格數
蟾蜍科	盤古蟾蜍	2775	9487	445	281
	黑眶蟾蜍	3191	10631	579	310
樹蟾科	中國樹蟾	185	964	73	51
狹口蛙科	巴氏小雨蛙	7	15	2	2
	黑蒙西氏小雨蛙	397	3097	174	120
	小雨蛙	1683	10859	470	281
	史丹吉氏小雨蛙	13	72	8	10
	花狹口蛙	0	0	0	0
赤蛙科	腹斑蛙	797	1943	180	137
	海蛙	2	11	2	2
	牛蛙	8	8	4	7
	貢德氏赤蛙	783	1814	155	113
	古氏赤蛙	314	1034	63	42
	拉都希氏赤蛙	2663	10543	549	349
	澤蛙	4139	15276	781	403
	長腳赤蛙	124	312	28	21
	金線蛙	197	657	68	39
	豎琴蛙	6	10	2	3
	虎皮蛙	408	837	194	128
	梭德氏赤蛙	112	208	19	25
	斯文豪氏赤蛙	1436	3108	311	229
	台北赤蛙	166	692	65	30
樹蛙科	日本樹蛙	3004	19475	553	354
	褐樹蛙	721	2103	177	146
	艾氏樹蛙	1393	3674	270	161
	面天樹蛙	911	2610	106	60
	白領樹蛙	2538	6888	469	314
	橙腹樹蛙	37	114	11	13
	諸羅樹蛙	90	344	30	18
	莫氏樹蛙	2404	6901	377	256
	翡翠樹蛙	64	328	8	8
	台北樹蛙	40	97	20	19
總計		30608	114112	1305	682

而各物種的分佈網格圖如下列所示：

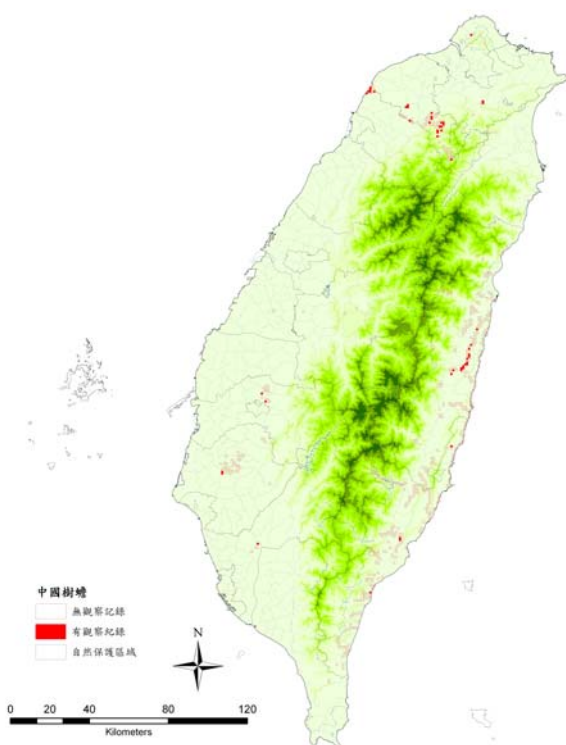
□表示有調查卻無觀察紀錄的網格；■表示有調查也有觀察紀錄的網格



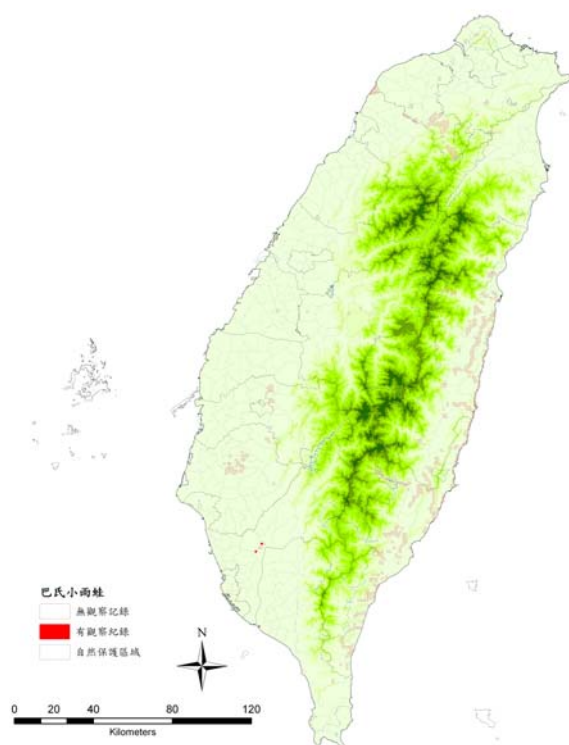
盤古蟾蜍



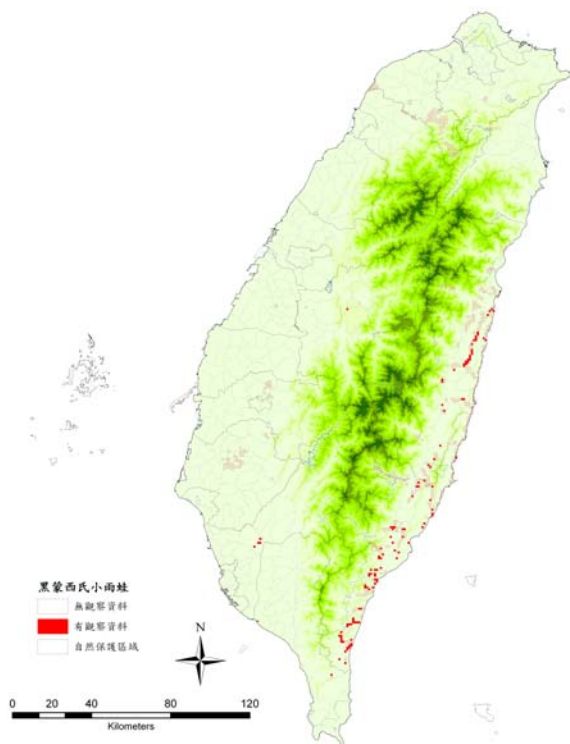
黑眶蟾蜍



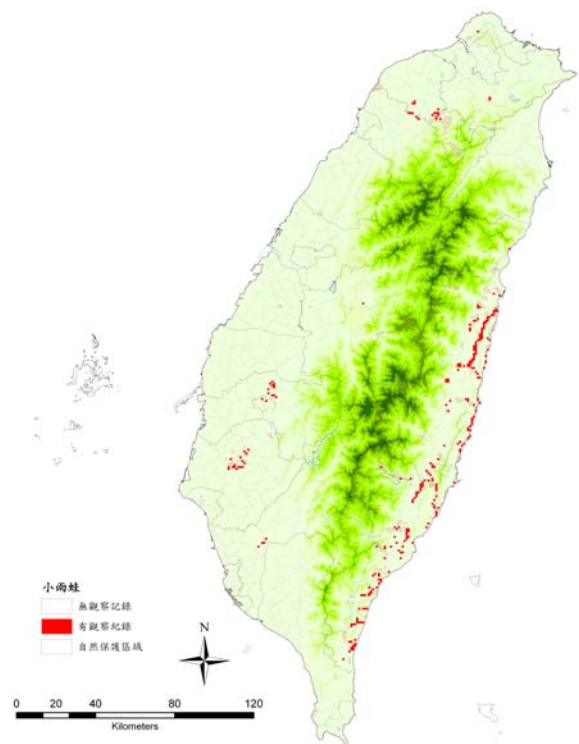
中國樹蟾



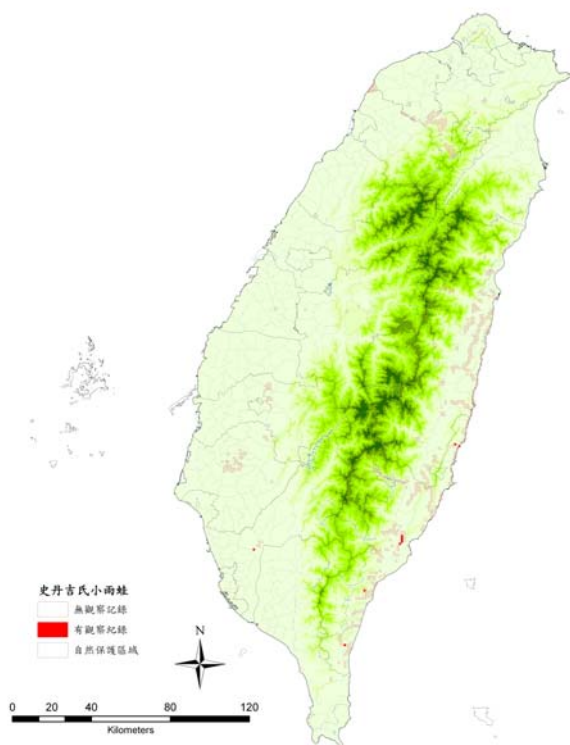
巴氏小雨蛙



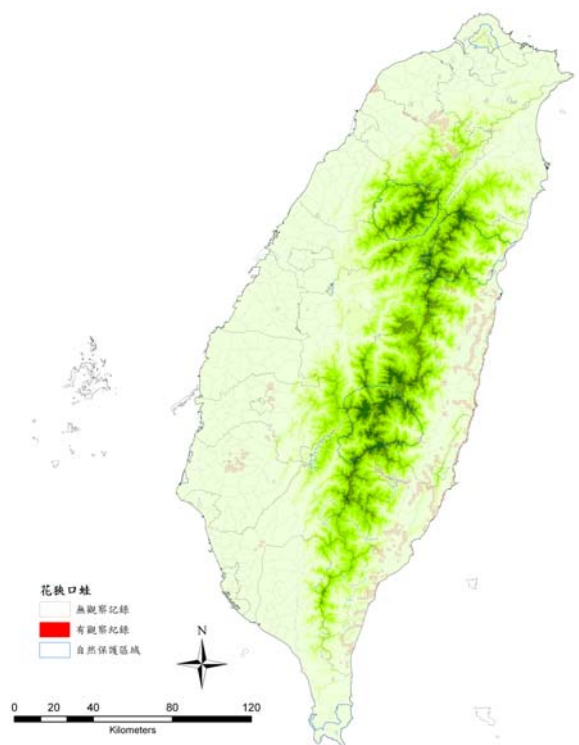
黑蒙西氏小雨蛙



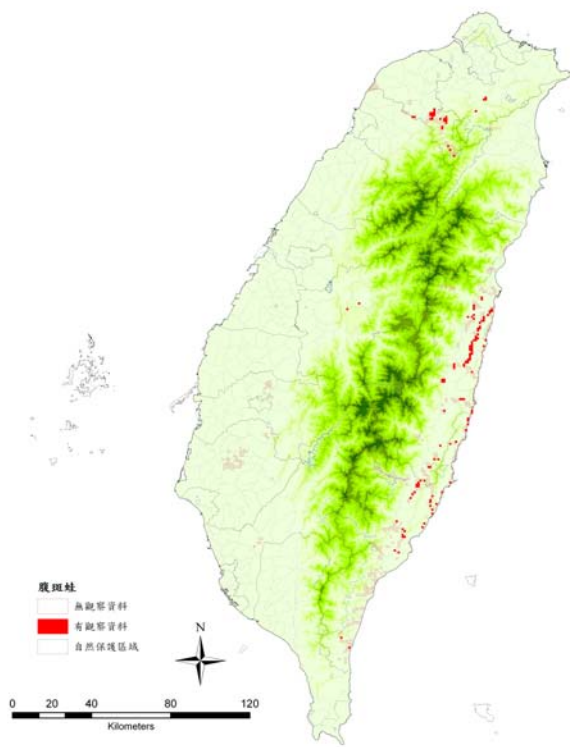
小雨蛙



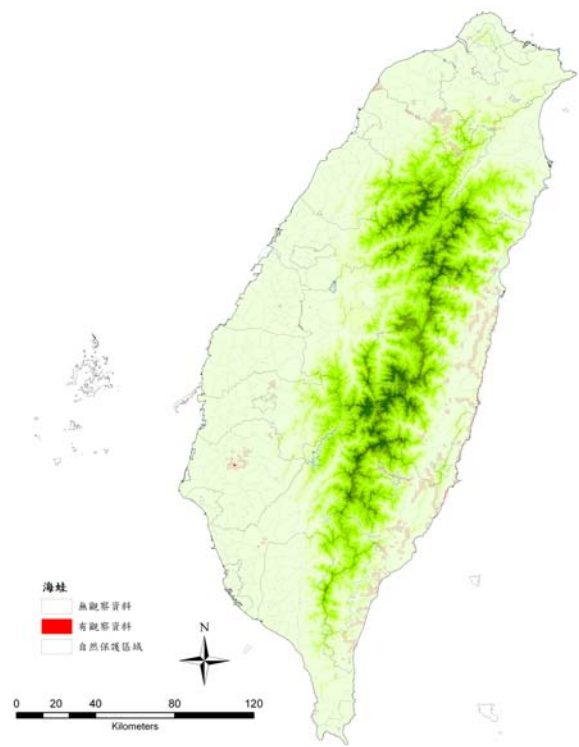
史丹吉氏小雨蛙



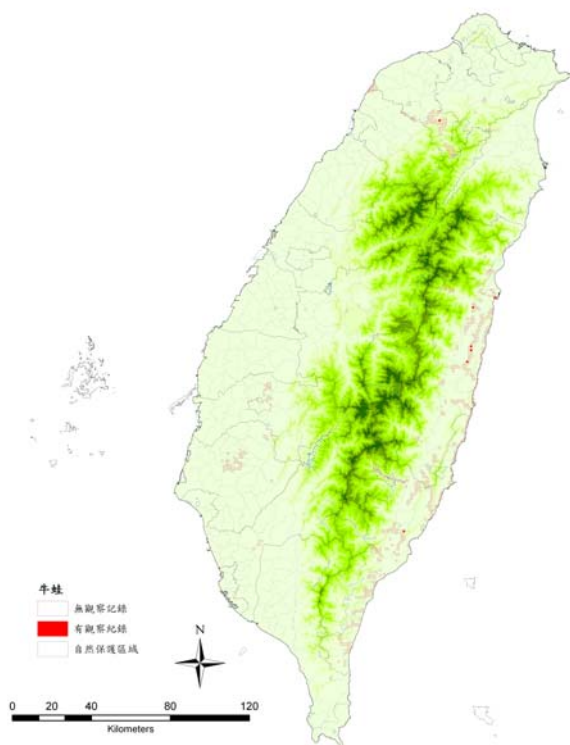
花狹口蛙



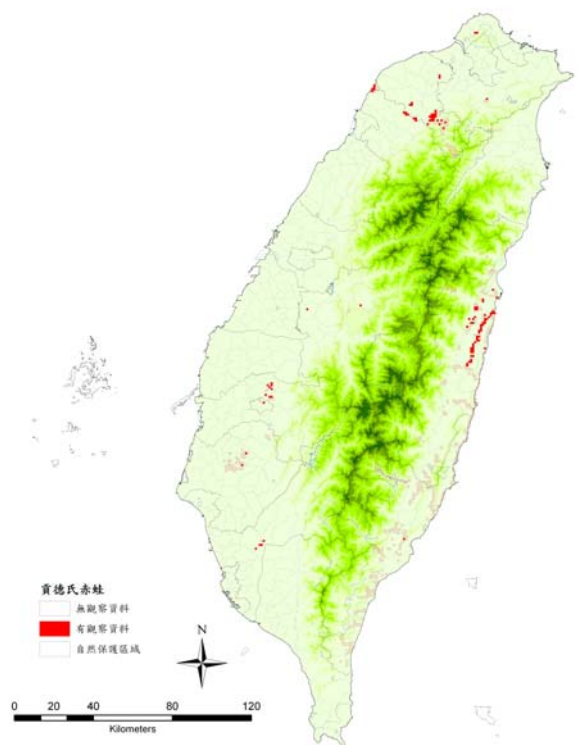
腹斑蛙



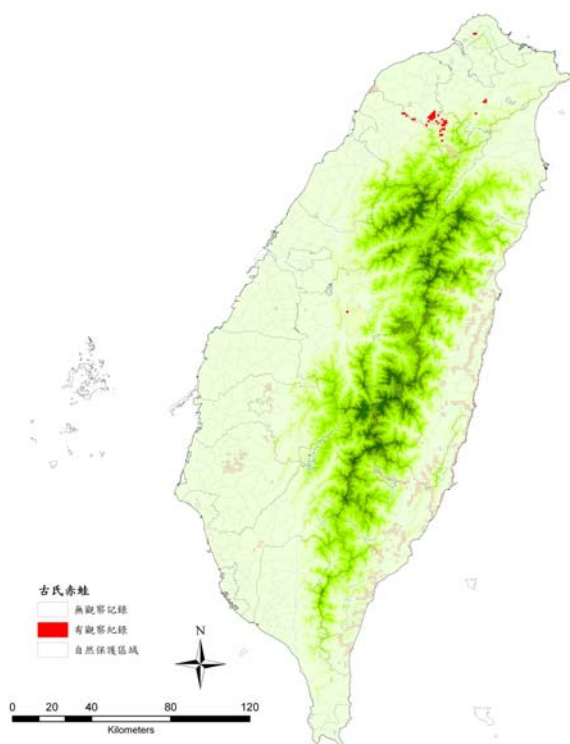
海蛙



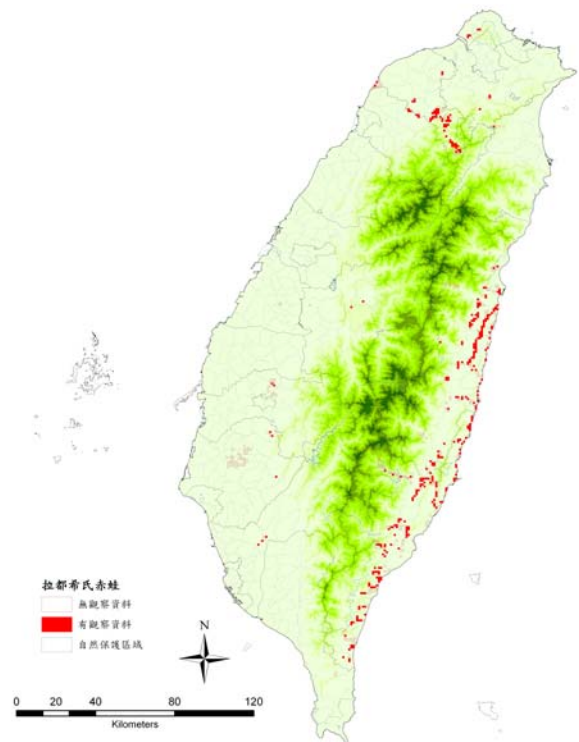
牛蛙



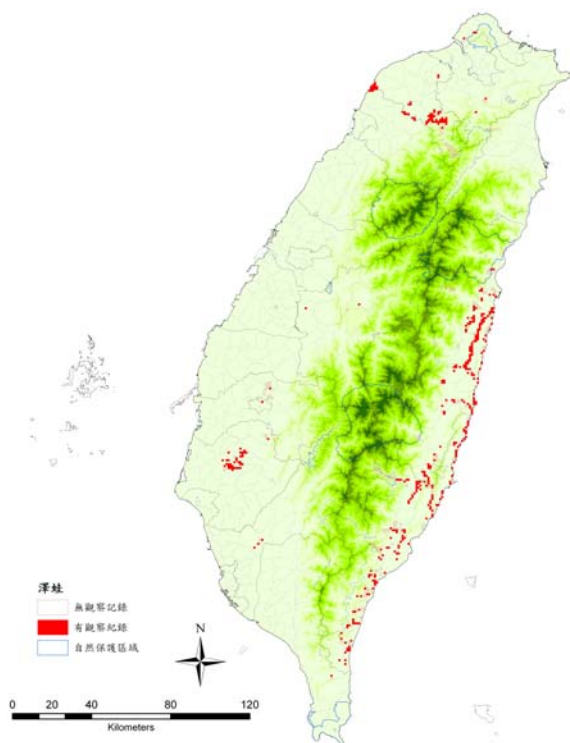
貢德氏赤蛙



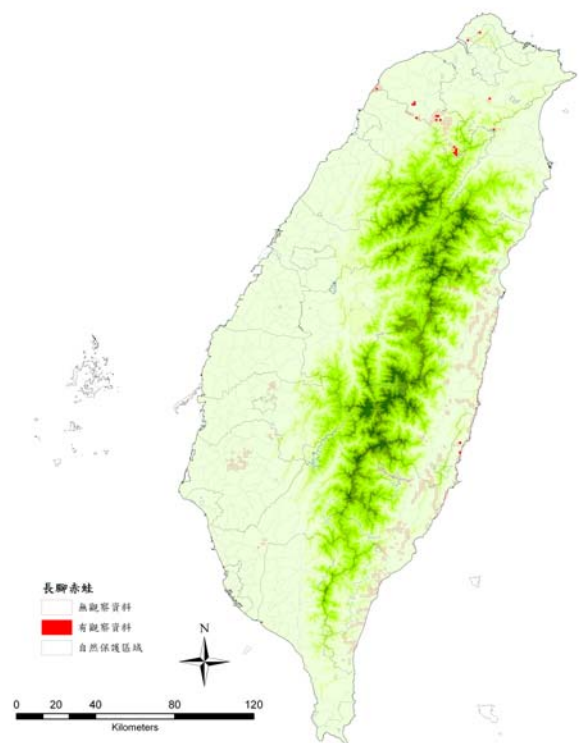
古氏赤蛙



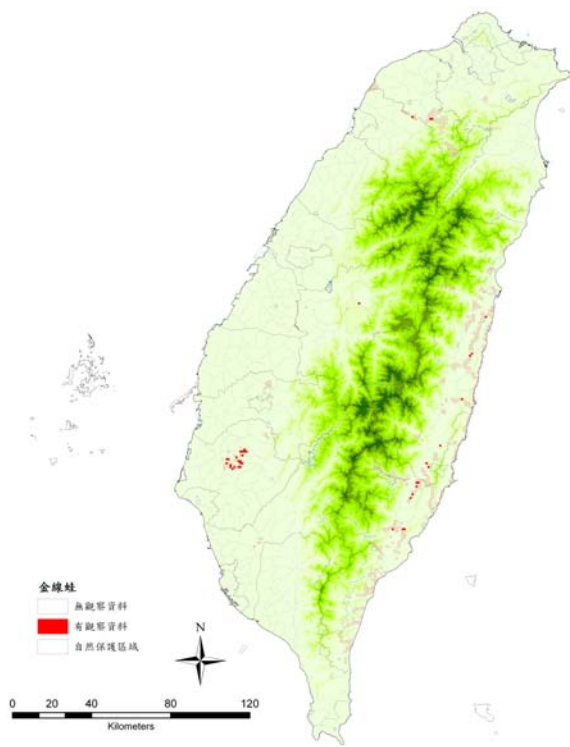
拉都希氏赤蛙



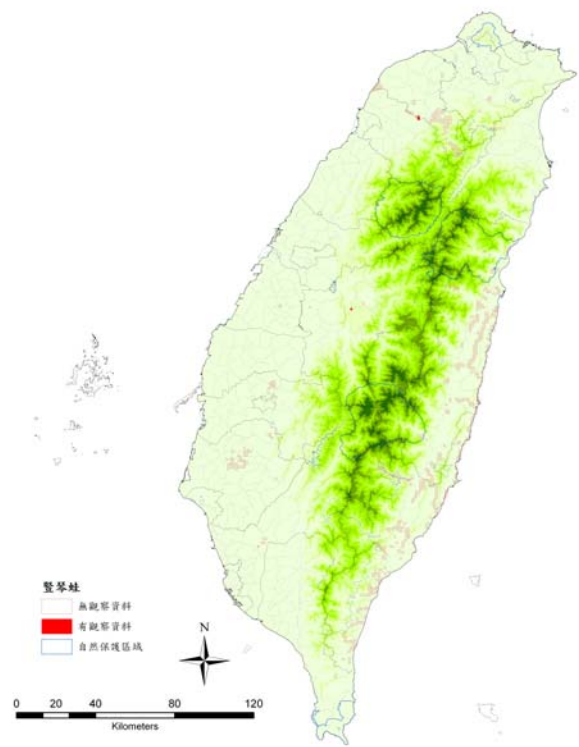
澤蛙



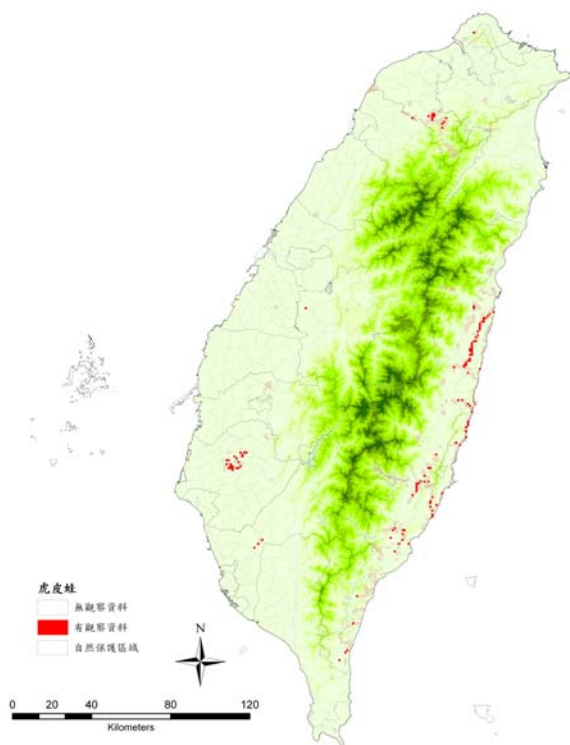
長腳赤蛙



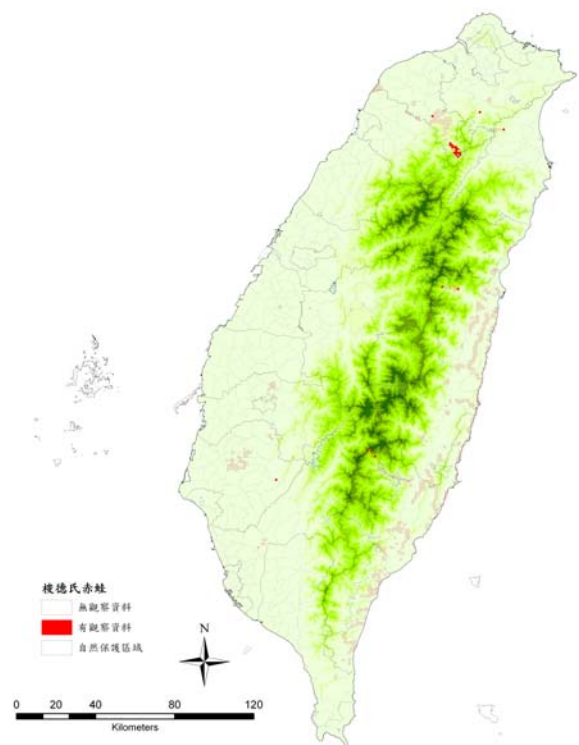
金線蛙



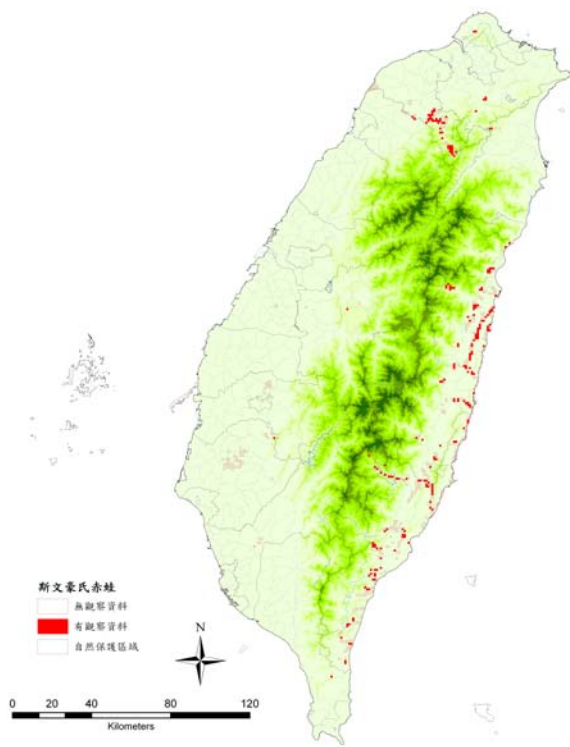
豎琴蛙



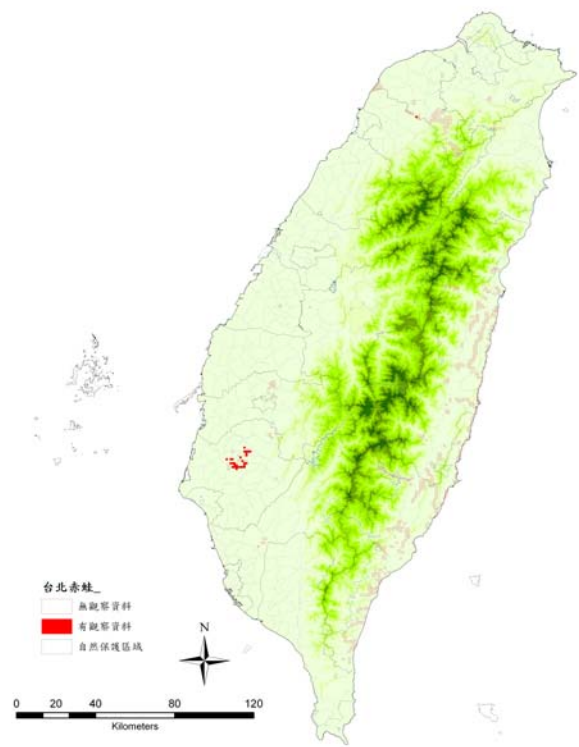
虎皮蛙



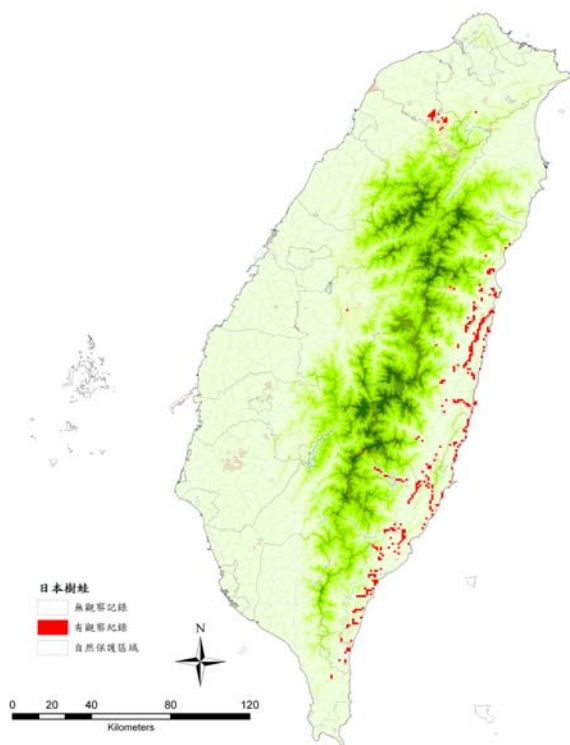
梭德氏赤蛙



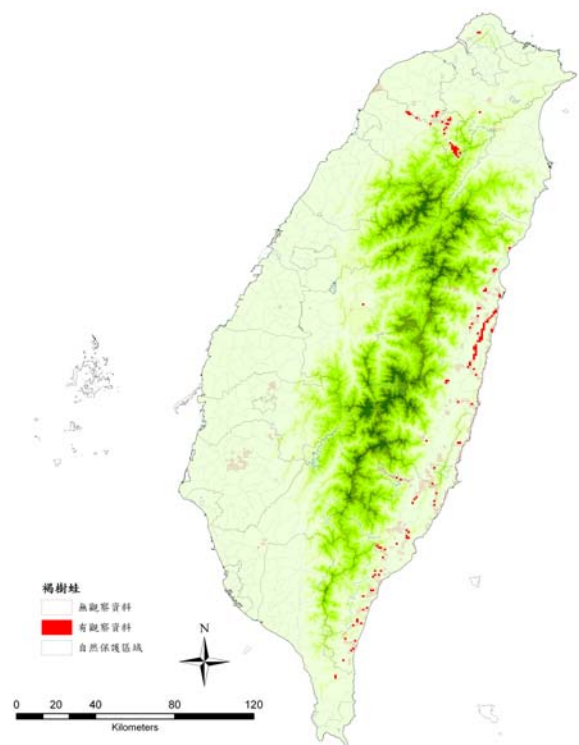
斯文豪氏赤蛙



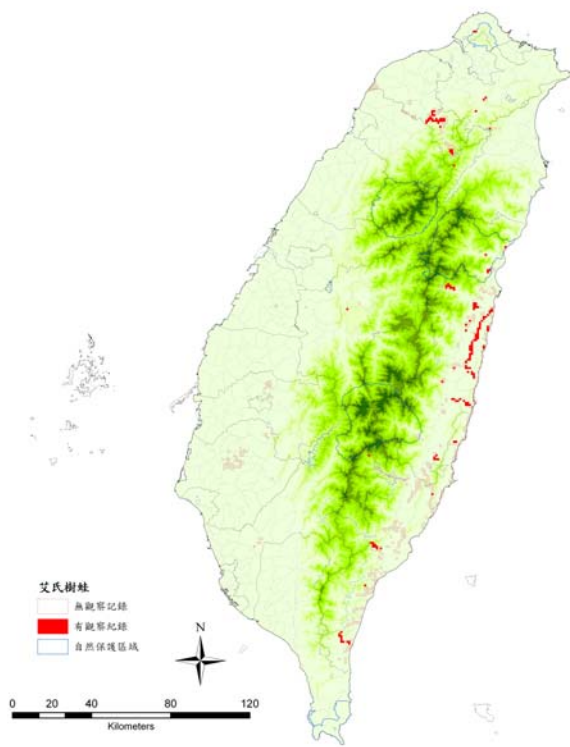
台北赤蛙



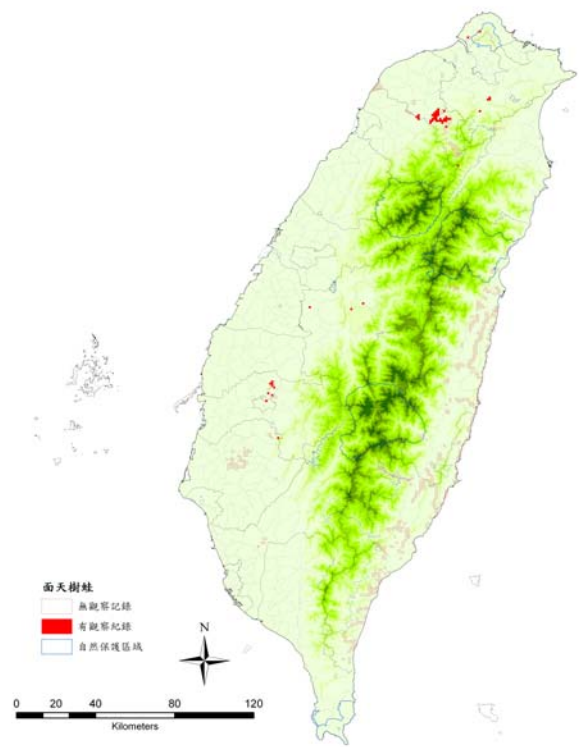
日本樹蛙



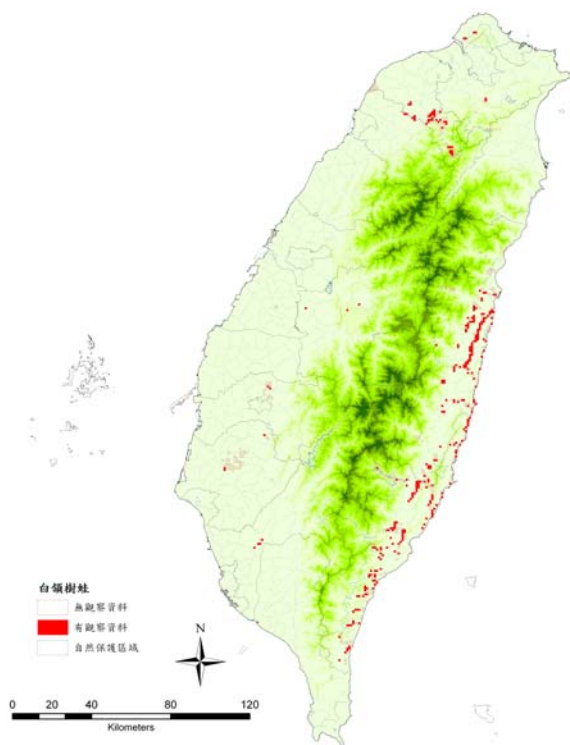
褐樹蛙



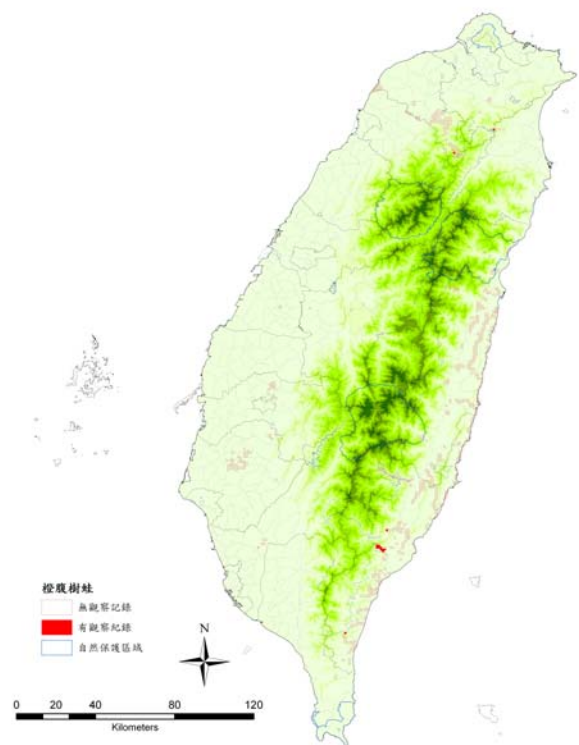
艾氏樹蛙



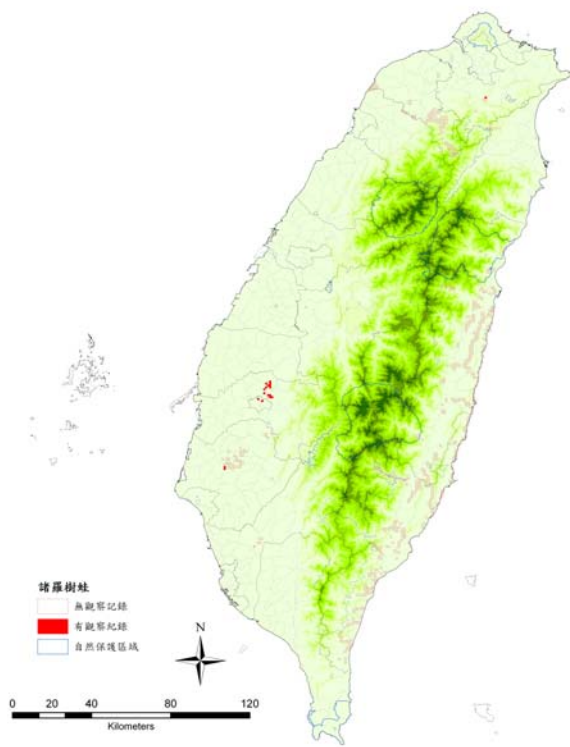
面天樹蛙



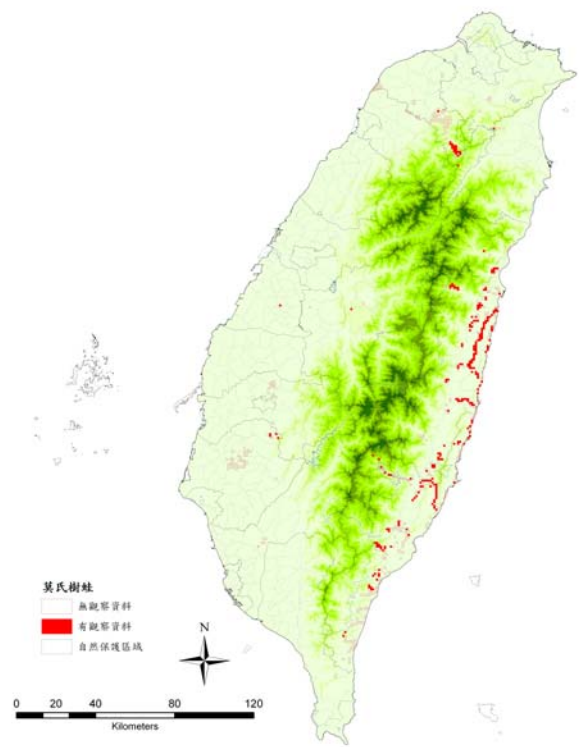
白領樹蛙



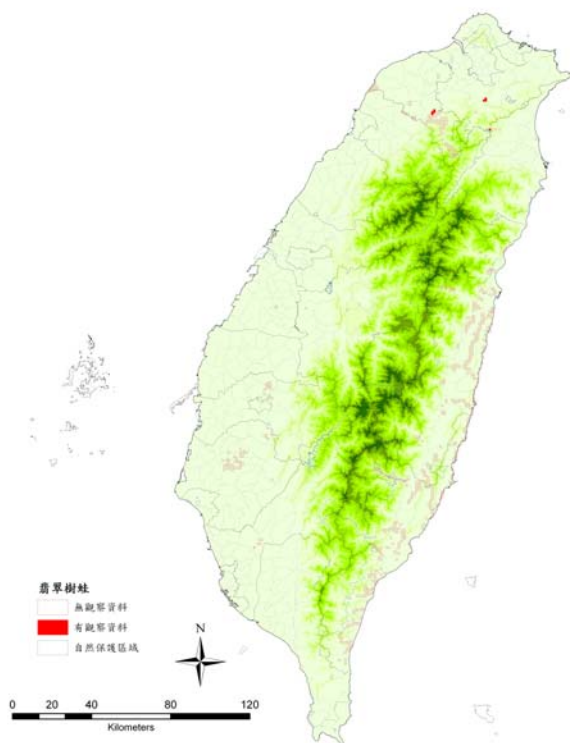
橙腹樹蛙



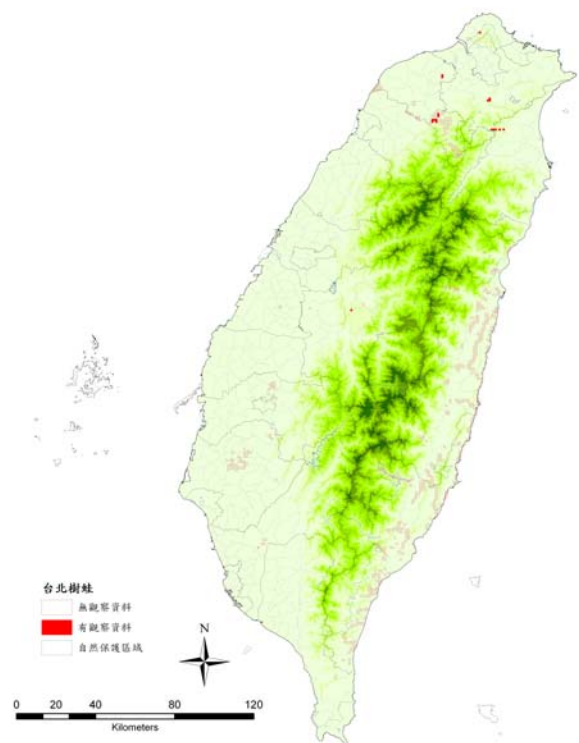
諸羅樹蛙



莫氏樹蛙



翡翠樹蛙



台北樹蛙

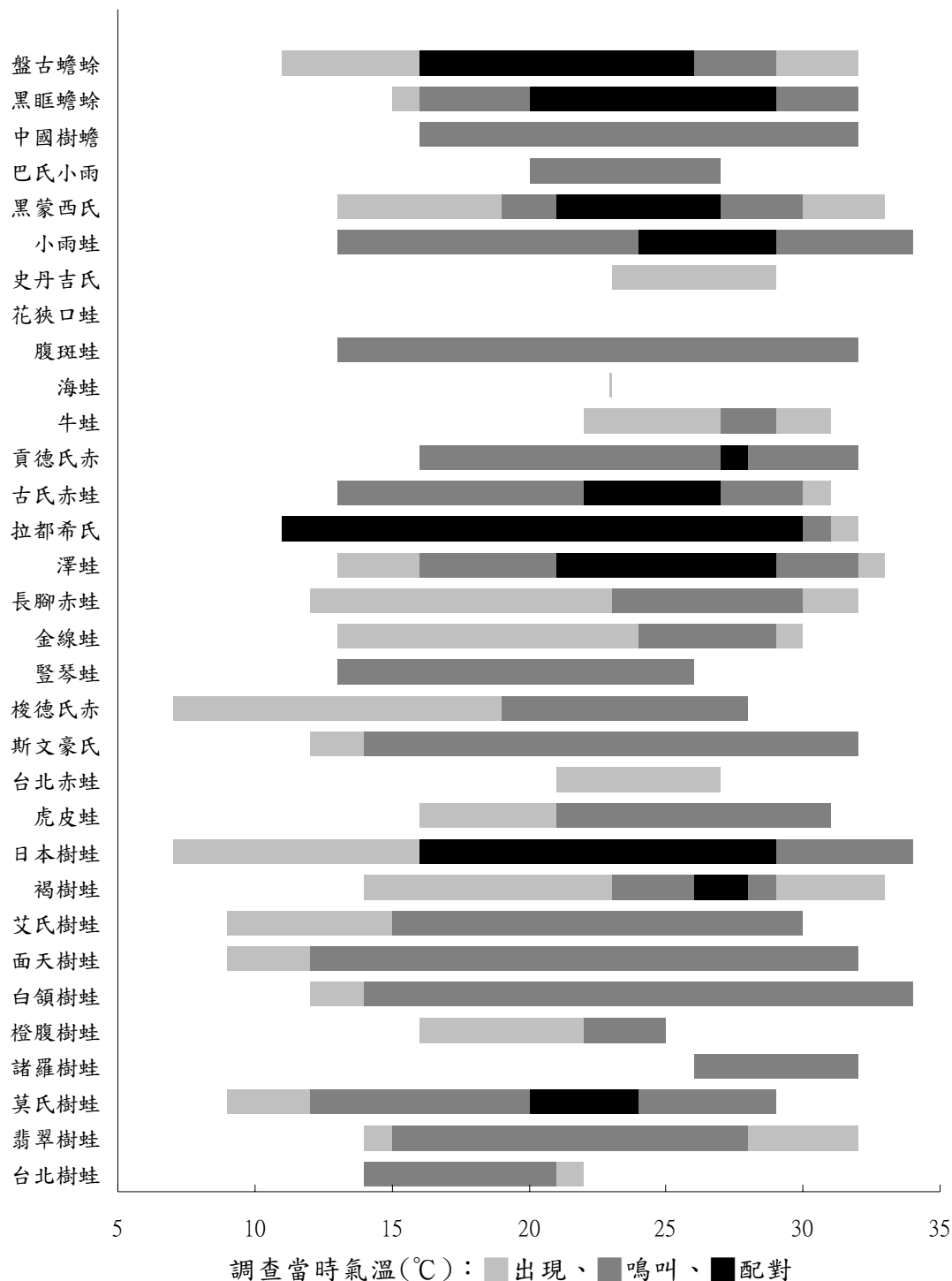
五、物種與環境分析

進一步分析各物種與環境資料的關係，由於部分調查記錄沒有測量到環境因子，實際測量筆數如下：

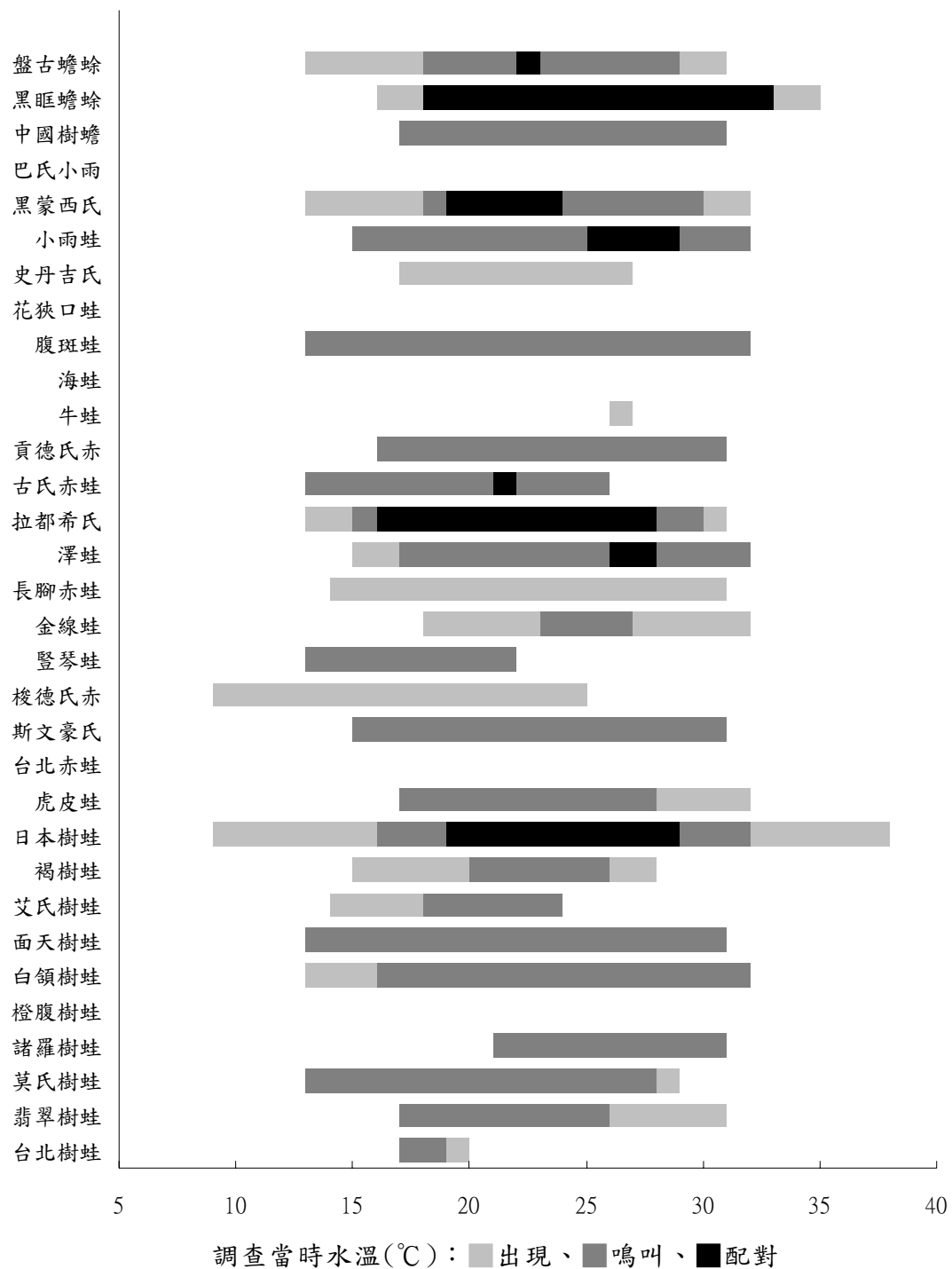
種類	總筆數	氣溫	水溫	濕度	海拔
盤古蟾蜍	2775	2097	802	2089	1847
黑眶蟾蜍	3191	2793	1695	2752	1998
中國樹蟾	185	166	84	153	128
巴氏小雨蛙	7	7	4	7	7
黑蒙西氏小雨蛙	397	397	214	397	277
小雨蛙	1683	1370	542	1355	681
史丹吉氏小雨蛙	13	13	3	13	5
花狹口蛙	0	0	0	0	0
腹斑蛙	797	678	228	673	370
海蛙	2	1	0	1	2
牛蛙	8	5	2	5	2
貢德氏赤蛙	783	633	181	602	467
古氏赤蛙	314	255	46	256	292
拉都希氏赤蛙	2663	2325	1040	2317	1251
澤蛙	4139	2882	1437	2840	2479
長腳赤蛙	124	121	80	118	122
金線蛙	197	87	56	87	173
豎琴蛙	6	5	4	4	6
虎皮蛙	408	111	25	111	102
梭德氏赤蛙	112	1200	463	1197	665
斯文豪氏赤蛙	1436	2	0	1	166
台北赤蛙	166	306	89	306	208
日本樹蛙	3004	2693	1085	2691	1000
褐樹蛙	721	664	210	664	360
艾氏樹蛙	1393	947	116	946	487
面天樹蛙	911	502	45	485	862
白領樹蛙	2538	2110	708	2091	935
橙腹樹蛙	37	37	1	37	4
諸羅樹蛙	90	10	10	10	90
莫氏樹蛙	2404	2142	530	2141	427
翡翠樹蛙	64	64	44	64	59
台北樹蛙	40	22	9	22	30
總計	30608	24645	9753	24435	15502

將各物種依據行為資料，分為「出現記錄」、「鳴叫記錄」及「配對記錄」等三大類，在分別記錄這三大類型為表現時的最高、最低溫度，並以配對記錄時的最高（最低）溫若

高（低）於鳴叫紀錄的最高（最低）度溫，則以前者為界線；同理，鳴叫記錄亦範圍亦優先於出現記錄。此法主要想瞭解各物種出現、鳴叫與配對時的耐受溫度範圍。有出現未必會有鳴叫行為，雄蛙有鳴叫行為未必雌蛙願意出來配對，藉由長期累積的資料，便可得到各物種行為偏好的溫度範圍。

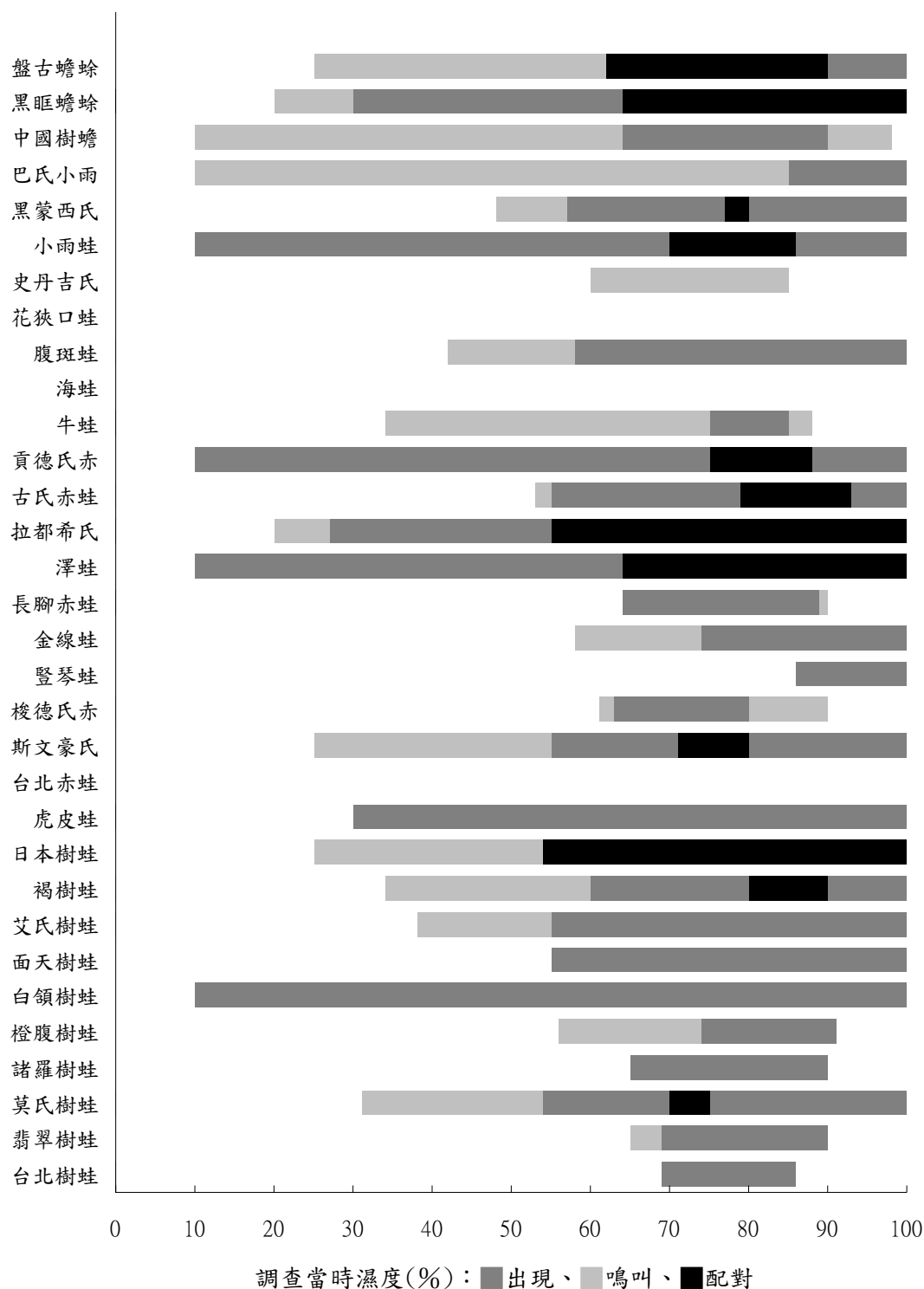


同理，選取各物種於三種行為模式下的最高、最低水溫紀錄，所得如下圖



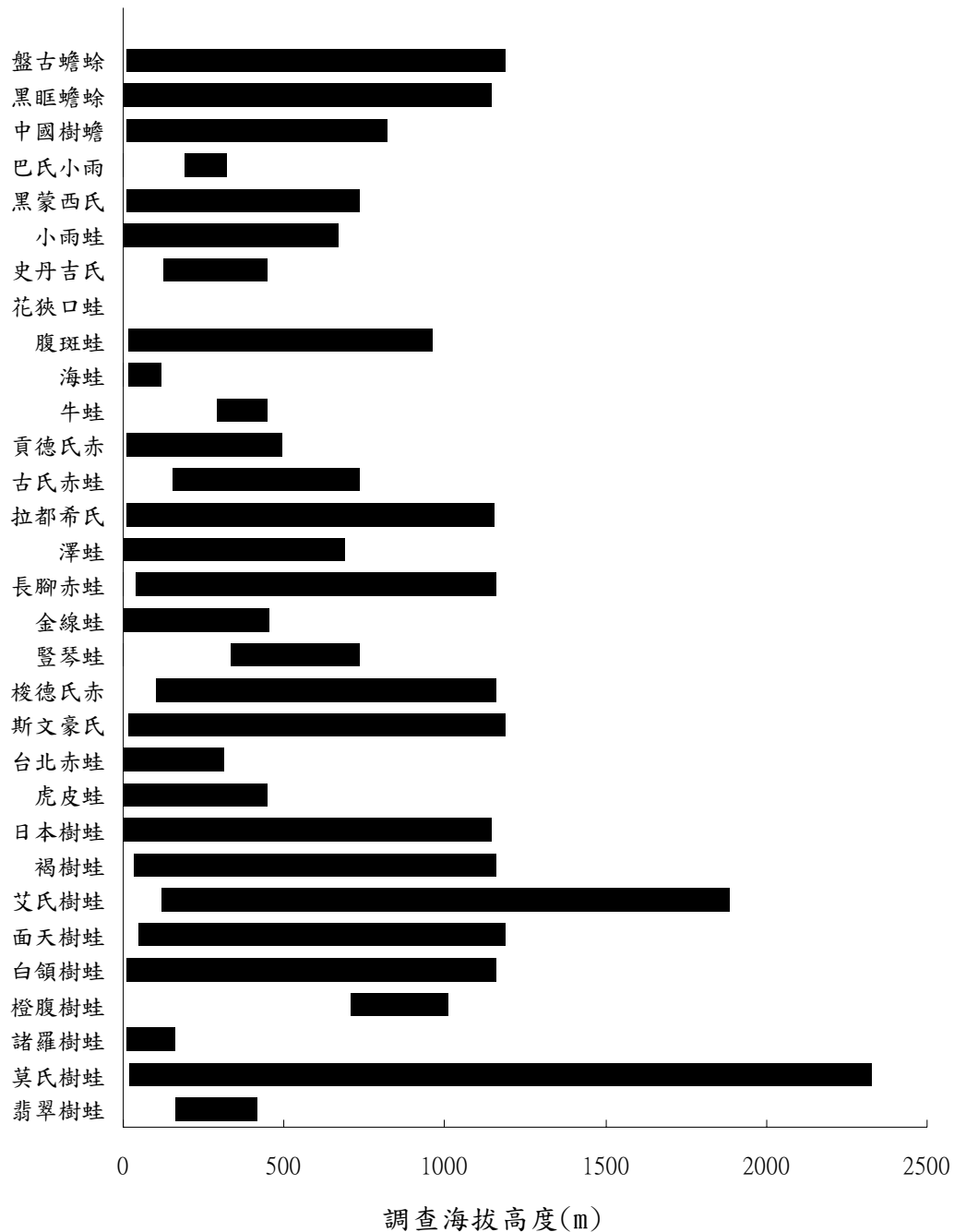
水溫對於蝌蚪與卵的影響較對成蛙來得重要，但由於蝌蚪與卵的鑑定不易，再加上缺乏水溫資料過多，因此無法進一步分析，甚為可惜。未來應加強水溫資料的測量，以便對於蝌蚪與卵對於水溫耐受的相關資料有更多的瞭解。

同理，選取各物種於三種行為模式下的最高、最低濕度紀錄，所得如下圖



濕度對於兩棲類的活動相當重要，過於乾燥的環境會減少兩棲類初來活動的意願。一般台灣野外環境的濕度都約在 30% 以上，但所調查資料中有許多低於 30% 的紀錄，甚至有 10% 的紀錄。由於無法對於過去的濕度資料作進一步的確認，因此只能建議各團隊，倘若未來記錄時發現濕度低於 30% 的情況下，要特別注意濕度計的狀況，以免測量到錯誤的數據。

選取各物種於調查樣區之最高、最低海拔高度，所得如下圖



各樣區的高度資料其實跟座標測量是一樣，只需要認真確實的測量一次即可，過去實際調查中確有超過一半的資料是缺乏高度資料。當然，時常受限於 GPS 沒有進行高度矯正的緣故，無法得到精準的海拔高度，建議各團隊能利用 GPS 隨機購買的 Garmin MapSource 軟體，安裝 TOPO 等高線地圖，即可在地圖上判獨正確的海拔高度，誤差將小於 20m。

團隊名冊

地區	團隊名稱	隊長	隊員姓名
花蓮團隊	明廉、明禮團隊	廖志民	廖志民、吳其洲、黃彥智、孫佩綺
	花蓮鳥會團隊	曾啟銘	曾啟銘、柯美如
	玉里團隊	陳國芳	陳國芳、黃錦華
台東團隊	萬安團隊	廖麗芬	廖麗芬、林佳玉、黃俊賓、嚴家俊、陳秀如、陳宜德、李坤奎
	三間團隊	董藹光	潘富哲、賴金田、林玉彰、董藹光、賴佩玲、高雅筑、洪麗娜
	延平鄉調查團隊	胡琢偉	胡琢偉、盧慶文、賀盛宗
	台東鳥會團隊	王克孝	王克孝、王之亭、蘇俊榮、蔡文川、韓立郡
	日昇團隊	方正儀	方正儀、謝惠珠、程思愉、蘇吉勝
台北團隊	小雨蛙團隊	李懷莉	李懷莉、陳定欽、張瑞麟、蒲政輝、劉光志、程志中、林欽雄、陳明弘、江瑩青、陳美如、楊維晟、黃許福、高春燕、陳秋芬
	康園團隊	薛淑惠	薛淑惠、楊紹政、林素芬、張信忠
台中團隊	蛙哇哇團隊	張銘鐘	張銘鐘、許仁財、曹潤合、蔡青銘
	烏榕頭團隊	李戊益	李戊益、劉淑芬、程文香、牟維玲、郭美月、許彩梁、林玉華
桃園團隊	長興團隊	胡淑貞	胡淑貞、申文忠、黃麗珠
	光華團隊	潘光道	潘光道
	德龍團隊	湯鳳有	潘建安、徐瑞霞、湯鳳有
	蚵間團隊	李水三	李水三
	高坡團隊		
	桃園荒野保護協會 團隊	葛孟麗	葛孟麗、詹永吉、王秀娟、劉碧媛、黃富麟、朱信維、蔡本慧、洪秀杏、劉勛宜、張演祺
	百吉團隊	李佑珊	林永淇、吳月娟、簡惠莉、李佑珊
	百吉團隊	曾壬谷	曾壬谷、李文發、徐姍廷
南投團隊	新豐團隊	林育聖	林育聖、廖嫻婷

地區	團隊名稱	隊長	隊員姓名
雲林團隊	雲林縣自然讀書會	詹宗達	詹宗達、王振芳、趙雅惠、廖啟超
	幽情谷團隊	林正彬	林正彬、吳岱潔、林雪珍、陳俊宏
台南團隊	楠螢團隊	邱俊豪	邱俊豪、邱郁錚、康芳綺、朱建昌
	真理大學團隊	莊孟憲	莊孟憲、余和如、蔡明宏、劉家宏、賴均銘、梁城源
	龍崎團隊	王志泰	王志泰、汪正明、張順泰
高雄團隊	楊玉祥團隊	楊玉祥	楊玉祥、鄭政卿、曾麗霞
	呂學樺團隊	呂學樺	呂學樺、姜瑞瑤、李思儀
	法布爾團隊	陳昭敦	陳昭敦、王淑玲、李佳蓉、吳淑娟
新竹團隊	深井團隊	江萬里	江萬里、官美妹、李鳳蓮、徐榮華
	大眼蛙團隊	曾艷藤	曾艷藤、蔡瑞寶、張敏雄、吳文成
	荒野新竹分會團隊	施芬如	施芬如、許天麟、林慧玲、陳麗玲、劉盈昌、陳雪芬、歐陽健民
屏東團隊	大林業社區研究室	陳美惠	陳美惠、林孝達、余宏斌、林宛儒、王鑫泰、黃嫻淑
	許瑞慶團隊	許瑞慶	許瑞慶、許壬癸、許伯超、許文楷、許晏瑜、吳淑芬、吳孟韓
基隆團隊	基隆市野鳥學會團隊	席平	席平、柯惠珍、吳清香、林君儒、周成志、沈錦豐、燕琍婷、彭翠娟
	綠工作小站團隊	方佩芳	方佩芳、方宥珍、杜麗娜、林清子、方黎玉卻
宜蘭團隊	李佳翰團隊	李佳翰	李佳翰、陳立中、何俊緯、鄭毓馨

六、活動紀錄

(一)2004 研習營活動紀錄



研習課程一景



農委會俞秋豐先生致詞



楊懿如老師講習



(二)2005 研習營活動紀錄



研習課程



楊懿如老師的蛙類調查課程



實地操作 GPS 課程



向高世老師的認識爬行動物課



李鵬翔老師的兩棲類攝影課程



夜間野外調查實習課程



小組分享夜間調查實習心得



(三)2006 研習營活動紀錄



研習課程講師介紹



向高世老師的
認識爬行動物課程



陳定欽老師的
學員攝影作品講評



夜間觀察活動
棲地巡禮



夜間實習調查
174 縣道



(四)2007 研習營活動紀錄

1. 宜蘭研習活動



2. 屏東研習活動



流浪野生動物的超級保母—裴家騏老師

開心的工作人員



3. 深井社區邀請研習活動



4. 花東場進階班研習活動



5. 台中場進階班研習活動

