

入侵種動物族群控制與監測計畫—亞洲錦蛙
Controlling and monitoring populations of the invasive
frog, *Kaloula pulchra*, in Taiwan

計畫編號：101 林發-7.1-保-33(1)

執行單位：國立台南大學生態科學與技術學系

研究主持人：張原謀

研究人員：陳清旗

中華民國 一〇二 年 三 月 一 日



林務局補助計畫 101-林發-1-1-保-33(1)號

入侵種動物族群控制與監測計畫—亞洲錦蛙

張原謀、陳清旗

民國一〇二年三月

中文摘要

關鍵字：亞洲錦蛙、入侵種、兩棲類、族群監測、溫度耐受性

亞洲錦蛙(*Kaloula pulchra*)原產於台灣以外的東南亞地區，近年發現在南台灣的台南市、高雄市與屏東縣地區建立了龐大的族群。本年度的目標主要是：(1) 以 2009 年所設立之大範圍樣點，對亞洲錦蛙的分布進行複查，以了解其野外族群大範圍的分佈狀況；(2) 瞭解新通報區域的族群分佈狀況；(3) 持續亞洲錦蛙通報系統之維護與教育宣導，以迅速掌握亞洲錦蛙之分佈範圍；(4) 測量亞洲錦蛙的溫度耐受性，以作為未來模擬其分佈範圍的基礎。

本年度的監測調查沿用 2009 年所設立的 202 個調查樣點，範圍橫跨台南、高雄與屏東區域，南北約 100 公里，東西約 50 公里，其中有 28 個樣點發現有亞洲錦蛙的分佈，不過，這些發現有亞洲錦蛙的樣點均分布在目前已知的範圍之內，表示亞洲錦蛙在南台灣的分布尚無往外擴大的趨勢，其族群的分佈主要還是集中在台南市（歸仁區、關廟區及龍崎區）、高雄市（路竹區、田寮區、梓官區、橋頭區、大寮區及林園區）及屏東縣（內埔鄉、萬巒鄉及新埤鄉）一帶。不過，本年度的棲地佔有率顯著高於 2009 年的估算結果，這顯示亞洲錦蛙區域性的族群分布可能有擴張的趨勢，未來應該持續以固定的間隔時間進行族群的監測調查，以掌握其族群動態。

雲林縣北港鎮一帶是為 2010 年的新通報地區，雖然在去年的調查之中並未發現亞洲錦蛙的分布，不過，在本年度的調查之中則有調查發現的紀錄，因此，也確定了亞洲錦蛙除了在台南以南的地區分布之外，在雲林縣北港鎮一帶也有零星的分佈，未來應該持續關注此零星族群的動態，並嘗試將之移除。

過去所建置的亞洲錦蛙通報網站，在本年度中亦持續進行維護，作為與民眾訊息交流的窗口，並接獲民眾發現亞洲錦蛙的訊息通報，所有今年的通報地點之中，有一筆來自恆春的資料，是目前在已知分布範圍外的通報地點，未來應該由調查人員進一步進行確認。

本年度對亞洲錦蛙進行了溫度耐受性的測定，發現亞洲錦蛙的耐受高溫及低溫分別為 38.94~41.75°C 及 8.40~9.72°C，這些生理資料將做為未來預測其族群分布的重要參考，未來也應該多增加對於亞洲錦蛙生物學的相關研究，以增益評估其生態衝擊的基礎知識。

英文摘要

Keywords: Asiatic painted frog, invasive species, amphibian, monitoring, thermo tolerance

The Asiatic painted frog (*Kaloula pulchra*) was originally distributed in the Southeast Asia except Taiwan. However, this species has established their populations in the fields of southern Taiwan in recent years. The purposes of this project were (1) to know the distribution of Asiatic painted frog, (2) to confirm the population status of the newly reported area, (3) to maintain the website about the invasion of Asiatic painted frog, and (4) to investigate the thermo tolerance for providing basic knowledge of future distribution modeling.

In the past year, we surveyed a wide area across Tainan, Kaohsiung and Pingtung counties, and found Asiatic painted frogs in 28 of the 202 survey sites. The range of distribution was not more expensive than we knew before. However, compare to the data of 2009, the occupancy rate significantly increased in this year. It suggested the distribution range of the Asiatic painted frogs may not expand in recent years, though the local population distribution may. We should keep monitoring their population dynamic every couple years.

In 2010, there was a new report from Yunlin County. It was confirmed by the survey records in this year. This population was outside of the known distribution range and was separated. We should keep monitoring their population status and try to remove the population.

A website was maintained to provide the exchange of information about the distribution. There was one new report from Hengchun town in Pingtung county where are beyond the known distribution range. It should be confirmed in the next year.

The thermo tolerances of the Asiatic painted frogs were measured. Their CT_{max} and CT_{min} were 38.94-41.75°C and 8.4-9.72°C, respectively. These physiological data is valuable for further works on distribution modeling. And more biological knowledge about the Asiatic painted frogs should be learned to properly evaluate their impacts.

目錄

中文摘要	I
英文摘要	III
目錄	V
表目錄	VI
圖目錄	VII
一、前言	1
二、研究目的	4
三、研究材料及方法	5
四、結果與討論	8
五、建議	11
六、參考文獻	13
附錄一、本年度大範圍調查之樣點的二分帶座標	29
附錄二、雲林與嘉義地區調查樣點的二度分帶座標與棲地描述	32
附錄三、調查發現有亞洲錦蛙之樣點的調查結果	33

表目錄

表一、不同族群亞洲錦蛙在日夜測試時段上呈現的臨界溫度·····	16
表二、亞洲錦蛙臨界高溫 (CTmax)的共變異數分析(ANCOVA)結果·····	17
表三、亞洲錦蛙臨界低溫 (CTmin)的共變異數分析(ANCOVA)結果·····	18

圖目錄

圖一、亞洲錦蛙在 (A) 2012 年與 (B) 2009 年調查的樣點分佈·····	26
圖二、亞洲錦蛙在雲林地區的樣點調查結果·····	27
圖三、不同族群的亞洲錦蛙 (A) 高溫耐受性與 (B) 低溫耐受性的結果·····	28

一、前言

人類在世界各地的交通貿易往來日益頻繁，這些活動有意無意間增加了動植物及微生物在世界各地非自然力的擴張。這些出現在之前未分布地區的非本地的物種我們稱為外來種。外來種若是在被引入的地區建立自然族群，即成為入侵。外來種許多是人類有意引進作為經濟作物，例如：全球有將近 20 種非原生地植物，是重要的農作糧食來源 (Mooney, 2005)，或是作為漁獵對象、寵物娛樂、食物牲畜、農業利用或生物防治等。這些有意引進和其它無意間引進的外來種造成嚴重危害的機率並不會很高：大約 100 種引入後會有 10 種有機會生存下來，而只有 1 種可能成為有害生物 (Cox, 1999)。但是這少數的一兩種可能會造成極大的問題 (Williamson, 1996)。外來入侵種在當地不但會影響自然演化的過程，干擾生態系及群聚，造成農林漁牧及經濟上的重大損失，甚至威脅人類的健康財富 (Mooney, 2005；Wittenberg and Cock, 2001)。此外，外來種的引入是全球生物多樣性流失的原因之一 (Wilcove *et al.*, 1998；Mack *et al.*, 2000)。外來種對本地物種可藉由捕食、競爭、引入傳染疾病、和本地物種交配及擾動物理或化學生態環境等不同機制衝擊原生物種的生存 (White and Harris, 2002)，嚴重時甚至會改變或危及當地的生態體系。在美國，野外族群數下降至瀕臨絕種及受威脅程度的 958 種物種中，約有 400 種 (42%) 的發生原因和外來種的入侵有關 (Pimentel, 2002；Wilcove *et al.*, 1998)。因為島嶼生態系對外來種的抵抗力特別差，所以外來種對島嶼生態系生物多樣性的威脅更是嚴重 (Whittaker, 1998)。

當外來種在當地建立小族群後，常會進入一陣潛伏期，和大量爆發產生危害有一段時間差。這潛伏期在植物可由幾年到 20 年，甚至長達 300 年 (Wade, 1997)。例如切葉起絨草 (*Dipsacus laciniatus*) 早在 1800 年就由歐洲移民帶至北美洲 (Solecki, 1993)，直到 1900 年中期，其範圍仍限制在紐約州北部，但過去數十年其迅速擴散至中西部幾個州，且形成濃密族群排擠其他植物。動物也有相同的狀態，例如棕樹蛇 (*Boiga irregularis*) 於二次大戰期間引入關島，直到數十年後

才產生嚴重破壞。所以，不可因為入侵族群尚小或局限分布而輕忽。

外來種兩棲動物所引發的負面衝擊案例雖較少，歷史也較短，但其造成的影響卻不容輕忽。著名的例子包括海蟾蜍 (*Bufo marinus*) 引入澳洲造成的危害以及波多黎各樹蛙 (*Eleutherodactylus coqui*) 引進夏威夷所產生的影響。海蟾蜍在 1935 年被引入澳洲為了防治甘蔗害蟲 (Lever, 2001)，結果不但沒有控制害蟲，反而成為有害生物。海蟾蜍因為皮膚分泌物有毒，對貓狗等寵物、人類以及當地的捕食者 (如：蛇類、哺乳類) 造成威脅 (Phillips *et al.*, 2003)。此外，因其食性廣泛、繁殖力高，也影響當地的生物多樣性以及養蜂業者 (Catling *et al.*, 1999; Crossland, 2000)。波多黎各樹蛙原產於加勒比海波多黎各島，約在 1988 年以前透過園藝貿易進入夏威夷，1994 年首度被報導出現在少數園藝苗圃，短短數年間族群迅速增加，到 2002 年已出現在 300 多個地點 (Kraus and Campbell, 2002)，某些地點的族群量更高達每公頃 50000 隻以上，是原產地密度的 2 倍多 (Woolbright *et al.*, 2006)。其捕食效應對當地的原生種昆蟲造成威脅，而大量的排遺，也改變了當地森林的養分循環速度以及植物的生長速率 (Sin *et al.*, 2008)。加上其叫聲宏亮 (相距 0.5 公尺約 80-90 dB)，影響安寧，使被入侵的住宅區房價下跌，造成居民經濟損失。波多黎各樹蛙入侵夏威夷雖然在很早期就已經發現，卻因主管單位人手與經費不足、防治行動遲緩以及不相信入侵會造成重大危害等因素，錯失根除的黃金時間 (Kraus and Campbell, 2002)。

和夏威夷同為島嶼的台灣，已知在野外建立族群的外來兩棲爬蟲類有：牛蛙 (*Rana catesbeiana*)、海蛙 (*Fejervarya cancrivora*) 和亞洲錦蛙 (*Kaloula pulchra*)。牛蛙早在日治時代就曾引進養殖，目前已是零散分布於全省郊區靜水池 (呂等, 1999; 楊, 1998)。海蛙雖然在日據時代的文獻中曾記載為台灣的蛙種，但因過去幾十年均未有發現紀錄，只於 2006 年在屏東縣東港及佳冬一帶被採集到，究竟是原生種亦或是入侵種，有待進一步確認。亞洲錦蛙又名花狹口蛙，原產於尼泊爾及印度東北部，向東分佈從緬甸、泰國到中國南部的廣東、廣西、雲南、海南島、香港等地，向南至馬來西亞及新加坡等地 (Inger, 1999)。亞洲錦蛙於原生

棲地的垂直分佈高度侷限於海拔兩百公尺以下，是夜行性的兩棲類，白天大多躲藏於自己挖掘的土洞中或是樹皮縫內，而夜晚的出現和整年的生殖行為則與降雨有密切的關連。在新加坡，全年都有亞洲錦蛙的蹤跡，但大量出現在 2 月、6-12 月，這時期也是生殖鳴叫的高峰，而卵則出現在 2、6、7、10 及 11 月(Berry, 1964)。除了原產地外，紐西蘭曾發現亞洲錦蛙躲藏於進口的木雕像中入境 (Gill *et al.*, 2001)。在台灣，亞洲錦蛙於 1997 年於高雄縣鳳山水庫附近被發現；最近幾年陸續在台南縣關廟、高雄縣市、屏東縣林邊及內埔等地出現。目前已有台灣師大生科所梁高賓的碩士論文，對鳳山水庫之族群進行基礎生物學研究。其研究結果顯示：亞洲錦蛙成體活動範圍侷限在 100 m² 以內，利用的棲地類型相當廣泛，與黑眶蟾蜍的食性很類似，且所有研究個體的基因型完全相同，可能來自單一地區或單一雌性個體。有關其詳細的分佈及對本地生物多樣性及生態系的影響，則尚未有研究。

我們自 2005 年 4 月開始，接受農委會林務局的委託，對亞洲錦蛙在台灣的分佈進行調查。截至 2009 年，確認亞洲錦蛙主要分布於台南市（包括關廟、仁德與歸仁）、北高雄地區（高雄市都會公園一帶）、南高雄地區（包括小港、大寮、林園鄉等地）與屏東科技大學附近，族群數量龐大而且在南高雄區域的族群有持續擴張的可能。雖然目前亞洲錦蛙對本地物種及生態系沒有明顯的負面影響，以其高繁殖力與適應力的特質來看，仍是相當危險的入侵生物；若放任其族群快速擴張，可能產生的後果和損失實在難以預料。因此，我們需要了解亞洲錦蛙族群動態，研究抑制其族群的方法，並且發展有效的調查與移除策略，以便未來能控制其族群擴張速率。

二、研究目的

本計畫之全程目標為：研究抑制亞洲錦蛙族群量之方法，並配合民眾回報系統及志工團隊之建立，持續監測其分佈動態，做為未來廣泛執行族群控制之基礎，以減緩族群擴增可能產生的衝擊。

本年度的主要工作目標為：(1) 以 2009 年所設立之大範圍樣點，對亞洲錦蛙的分布進行複查，以了解其野外族群大範圍的分佈狀況；(2) 瞭解新通報區域的族群分佈狀況；(3) 持續亞洲錦蛙通報系統之維護與教育宣導，以迅速掌握亞洲錦蛙之分佈範圍；(4) 測量亞洲錦蛙的溫度耐受性，以作為未來模擬其分佈範圍的基礎。

三、研究材料及方法

大範圍亞洲錦蛙分布調查與監測

(1) 調查範圍：以2009年所設置之大範圍的調查樣點為基礎，其包含已知有亞洲錦蛙分佈的區域，並延伸至周圍尚未知分佈（或可能未分佈）的地區，所涵蓋的範圍：北至台南市的玉井區、官田區與麻豆區一帶；南至屏東縣的佳冬鄉、新埤鄉與枋寮鄉一帶；而往東則至高雄市杉林區、美濃區與六龜區一帶，在此橫跨台南、高雄與屏東區域，南北約100公里，東西約50公里的大範圍中進行監測調查。

(2) 樣點選擇：在調查範圍內，經由實地到達樣點評估之後，我們從2009年的217個調查樣點之中，剔除15個棲地已有很大改變的樣點，最後總共剩餘202個調查樣點（附錄一），這些樣點是過去參考五萬分之一的地圖，在地圖上尋找水塘、公園、學校、綠地或溝渠等亞洲錦蛙（或一般兩棲類）可能利用的棲地環境或生殖場，再經由實地勘查後劃定的調查樣點，每個樣點均有衛星定位座標與棲地描述。為方便調查的進行，原則上，樣點是沿著主要道路（省道或縣道）劃設，每個樣點之間至少距離2公里，以避免某些調查樣點過於集中在局部區域。

(3) 野外調查：調查集中於雨季（4-9月）進行，並根據中央氣象局（<http://www.cwb.gov.tw>）的天氣預報，選擇在出現連續降雨的期間，至每個樣點進行調查，並且每次所有樣點的調查均在三週內完成，每個樣點共進行2次調查，每次調查間隔至少兩週以上。調查時間為晚上19:00至23:00，以定點鳴叫計數法及目視遇測法，估計亞洲錦蛙以及其他兩棲類的相對族群豐度。每次於到達調查點後，先安靜等候至少3分鐘，讓樣點中的兩棲類恢復鳴叫活動，此後的3分鐘內，以聽聲音的方式來辨識蛙類，並記錄其數量等級。數量共分四級：0、I（1-5隻）、II（6-10隻）和III（11隻以上）。聽聲辨識之後，再進行5分鐘目視搜尋，記錄看到的種類與數量。若聽聲辨識時無蛙鳴，於目視搜尋期間聽到蛙類鳴聲仍須記錄。此外，在發現個體的地點，將記錄巨棲地及微棲地類型。有些較

隱蔽的生殖場，我們會於白天視線較佳時再進行輔助調查，以確定是否有亞洲錦蛙蝌蚪及卵的存在。

(4) 資料統計：亞洲錦蛙在每個調查樣點的相對豐度，以2次調查之累計鳴叫數量等級及累計個體數兩種方式呈現。而發現頻度則為2次調查中發現亞洲錦蛙的次數。另外，將利用棲地佔據模式 (occupancy model)，來估算整個調查範圍中亞洲錦蛙的棲地佔據率 (occupancy rate)，並與2009年的大範圍族群監測資料相比較。

新通報區域的族群分佈調查

本年度再次對2010年新通報地點 (雲林縣北港鎮) 的周邊區域 (雲林縣和嘉義縣) 進行調查，確定亞洲錦蛙是否呈非常不連續的狀況在該區域有族群分布，調查範圍約涵蓋15 km x 16 km的區域，並沿用2011年所設立的35個調查樣點 (附錄二)，每個樣點進行2次調查，野外的調查方法均與大範圍分布調查相同。

教育宣導與通報系統的維護

擬與台南市、高雄市和屏東縣之各級學校或民間團體合作，以發放海報、摺頁與舉辦講習方式，提供入侵種防治的相關知識，並以目前亞洲錦蛙分佈範圍以外的地區為宣導重點，而台南市麻豆區與屏東縣新埤鄉、枋寮鄉等地區，可能是目前亞洲錦蛙分佈的南北邊界，故將之列為優先宣導地區。我們也將繼續維護、更新亞洲錦蛙專屬網站的內容，並增加入侵種防治的其他相關知識，以利民眾的通報與訊息交流。

亞洲錦蛙的溫度耐受性之研究

利用來自四個不同族群的個體，不經任何馴化處理，在實驗室中進行高溫與低溫耐受性 (CT_{max} 與 CT_{min}) 的測定。在雨季期間 (4-9月)，下過雨的晚上 (19:00至 24:00) 至各樣區採集亞洲錦蛙成蛙個體，採集樣區包含台南地區 (仁德、歸

仁及關廟一帶)、北高雄地區(高雄市都會公園一帶)、南高雄地區(小港、大寮及林園一帶)及屏東地區(內埔及萬巒一帶)。所採集的亞洲錦蛙個體將帶回臺南大學榮譽校區的實驗室中,並將每隻個體單獨分置於13×10×7.5公分的飼養箱中,飼養箱置於室溫下,並於五天內進行溫度耐受性實驗,超過五天未進行實驗的個體,則不再進行溫度耐受性的測試,實驗後的所有個體則以麻醉藥(MS2,2,2)將之麻醉進行安樂死,並以浸製標本的方式暫時保存。

四、結果與討論

大範圍亞洲錦蛙分布調查與監測

本年度共進行了 202 個調查樣點（附錄一）的亞洲錦蛙分布監測調查，各樣點均完成 2 次的調查工作。在所有樣點之中，共有 28 個樣點調查發現有亞洲錦蛙（圖一 A 與附錄三），其中有 24 個樣點只發現 1 次亞洲錦蛙，而有 4 個樣點則在 2 次調查中均有發現。在所有發現紀錄之中（共 32 次發現紀錄），以鳴叫計數法共記錄到 1 次亞洲錦蛙的叫聲，鳴叫等級為 II 級；而以目視遇測法則有 31 次發現亞洲錦蛙個體的紀錄，總計有 287 隻個體，其中雌蛙、雄蛙、亞成體（2.5-5 公分）與幼蛙（小於 2.5 公分）各有 21、2、32 與 232 隻，在紀錄中，幼體的個體數明顯多於其他階段，此現象主要是因為在一次調查當中，於樣點 C03 發現大量剛變態的幼蛙（附錄三）所造成的，而本年度發現亞洲錦蛙個體的棲地還是以雜木林、果園、稻田、荒地、公園或墓園之中的地上或樹上為主，與過去的亞洲錦蛙棲地利用之結果類似。

本年度調查發現亞洲錦蛙的樣點，分布在台南市的仁德區、歸仁區、關廟區及龍崎區，高雄市的路竹區、田寮區、內門區、旗山鎮、梓官區、橋頭區、大社區、大寮區及林園區，與屏東縣的新園鄉、萬巒鄉及新埤鄉（圖一 A），除了在台南市山上區的樣點，在本年度的調查中並未發現有亞洲錦蛙的活動，而使本年度調查結果的北界略為往南方縮移之外，整個亞洲錦蛙分布範圍的邊界大致與 2009 年的調查結果相同（圖一 B），由於我們的監測調查是針對固定的樣點來進行，因此，比較 2009 年與本年度的資料，可以發現亞洲錦蛙在南部地區的整個分布範圍目前並沒有擴大的趨勢。

另外，我們將 2009 年與本年度各樣點的調查歷史（即各次調查有/沒有發現亞洲錦蛙），以棲地佔據模式（occupancy model）來估算亞洲錦蛙在南台灣地區的棲地佔有率（ ϕ ）與偵測率（ p ），由於在 2009 年的分析結果中發現，亞洲錦蛙對各種棲地類型都有不錯的適應性，而非僅在某幾種棲地類型之中才會出現，

並且在雨季中的調查偵測率大略是固定的，因此，我們在估算之中不加入棲地或天候的影響因子，僅以最簡單的估算模式（即 $\phi(\cdot), p(\cdot)$ ）來估算兩個年度的棲地佔有率與偵測率，結果發現：2009 年的棲地佔有率為 0.0935 ± 0.0247 （95%信賴區間： $0.0551 - 0.1545$ ），而偵測率為 0.6087 ± 0.12 （95%信賴區間： $0.3668 - 0.8068$ ）；本年度的棲地佔有率則為 0.3168 ± 0.1232 （95%信賴區間： $0.1319 - 0.5860$ ），而偵測率為 0.25 ± 0.1013 （95%信賴區間： $0.1037 - 0.49$ ），本年度比起 2009 年的調查結果，有顯著較高的棲地佔有率及顯著較低的偵測率（t test； $p < 0.001$ ），這表示在調查範圍內，亞洲錦蛙的出現區域比起 2009 年可能已是相當程度的增加了，所以，即使本年度調查中發現亞洲錦蛙的機率較低，卻還是記錄到比 2009 年更多的發現樣點數。綜合 2009 年與本年度大範圍監測調查的結果，顯示在目前固定的大範圍內（圖一），亞洲錦蛙的分布邊界並無太大改變，但其區域性的族群可能有持續上升的趨勢，因此，使得本年度新調查發現的樣點數目增加了。

新通報區域的族群分佈狀況之調查

本年度在雲林地區進行了 2 次調查工作，共計 70 個點次的分佈調查。雖然，在 2011 年的調查中並未發現亞洲錦蛙，但本年度的調查則在雲林縣北港鎮的北港國中（即原通報地點）與其北邊不遠處，共 2 個樣點發現有亞洲錦蛙的個體（圖二），也確定了亞洲錦蛙族群的分布，目前最北邊的範圍在雲林縣北港鎮一帶。雖然，本年度在雲林縣地區僅有 2 個樣點有發現紀錄，但該區域多為農耕地，樣點間的棲地類型相近，兩棲類可能容易廣泛分布在整個區域之內，因此，未來有必要再進一步地確定亞洲錦蛙是否僅零星的分佈在北港國中附近的地區，抑或其族群在該地區已經有廣泛的分布，以便將來研擬管理措施。

通報系統之維護與教育宣導

本年度民眾亦持續利用亞洲錦蛙的專屬網站（<http://earn.nutn.edu.tw>）或通報信箱（tadpolelab@gmail.com）來通報發現亞洲錦蛙的地點。今年共計有 6 筆

新的通報記錄，但因通報者均未上傳相片，而無法確認通報者所發現的是否真的是亞洲錦蛙個體，今年通報發現亞洲錦蛙的地點包括有台南市新市區、高雄市彌陀區、岡山鎮及小港區、屏東縣內埔鄉及恆春鎮，雖然大多是在過去已知的分布範圍之內，不過，恆春鎮的通報地點則是在我們的監測範圍之外的，此外，2011年在恆春鎮的一處私人農場也有另一筆通報紀錄，不過，也未附有照片來佐證。屏東縣恆春鎮已是台灣島的最南端，即使有亞洲錦蛙的族群分布，也不會使其在台灣分布的南界再往南延伸，但是，若在恆春鎮確定有亞洲錦蛙的族群分布，則目前尚未有通報紀錄的東部地區南端是否也可能會有其蹤跡，因此，未來可能需要針對恆春鎮的通報地點進行調查，並密切注意東部地區的南端，以確定是否有亞洲錦蛙的族群分布。

亞洲錦蛙的溫度耐受性之研究

不同族群亞洲錦蛙在日夜的臨界高溫（CTmax）與臨界低溫（CTmin）結果整理如表一所彙整。台南、高雄都會公園、高雄鳳山水庫與屏東地區的亞洲錦蛙的臨界高溫範圍分別為41.27~41.57°C、38.94~41.48°C、40.97~41.17°C與40.82~41.23°C（圖三A），亞洲錦蛙的臨界高溫在不同的族群與不同的測試時段之間均有顯著差異（表二），而臨界高溫並不受個體的吻肛長影響。台南、高雄都會公園、高雄鳳山水庫與屏東地區的亞洲錦蛙的臨界低溫範圍分別為8.49~8.72°C、8.50~9.72°C、8.95~9.19°C與8.40~8.96°C（圖三B），亞洲錦蛙的臨界低溫在不同的族群之間並無顯著差異，而在不同的測試時段之間則有顯著差異（表二），且臨界低溫會受到個體吻肛長的影響。此部分溫度耐受性的研究成果，將可作為未來模擬亞洲錦蛙族群可能的分布範圍之重要基礎生物資料。

五、建議

根據本年度大範圍的監測調查的結果，顯示亞洲錦蛙的分布範圍主要還是在台灣南部地區（台南、高雄及屏東），在此範圍內亞洲錦蛙的族群很可能已經是呈現連續性的廣泛分布，因此，要將亞洲錦蛙的族群徹底移除恐怕是非常難以達成的目標，然而，由於本年度所估算出來的棲地佔有率顯示，在分布區域內亞洲錦蛙的族群可能有明顯上升的趨勢，我們亦不能完全放任其族群增長，而導致影響其他本地物種的族群，建議未來應該針對濕地或公園等物種多樣性較高之特定地點，進行區域性的移除工作，並以抑制亞洲錦蛙區域性的族群為管理目標，減緩其族群快速成長所可能造成的生態衝擊，另外，也應該每隔 2-3 年，以目前所設立的調查樣點，持續針對亞洲錦蛙的族群進行監測調查，以掌握其族群的動態。

對於大範圍之外的通報區域（如雲林縣北港鎮），由於其族群呈現的非常不連續的分布，且發現的區域通常範圍較小，也較為侷限，可能是由人為引入該地區的零星族群，也非常有可能正在建立族群的初期，要將其族群完全移除還有較大的成功機會，為了避免任其族群快速成長至無法抑制的程度，建議未來應該針對這些地區持續進行監測調查，以了解其族群分布的狀況，並且優先對這些通報確定的零星地區進行族群抑制的工作。

亞洲錦蛙的分佈在今年仍持續有新的通報記錄，使得亞洲錦蛙的可能分佈範圍往南延伸至恆春地區，因此未來應該針對亞洲錦蛙分佈的邊界，進行亞洲錦蛙族群控制的動作，以防堵其族群持續擴散。此外，應持續維持通報與訊息交流管道，以落實早期偵測與迅速移除的策略。

本年度已針對不同族群的亞洲錦蛙進行了溫度耐受性之測量，初步獲得珍貴的生理資料，將有助益於預測亞洲錦蛙的可能分布範圍，由於目前對於亞洲錦蛙的生物相關資料並不多，而當我們對於一個外來物種的認識有限時，其它相關的生態評估工作往往是無從進行，或是過於偏頗的，因此，建議未來還是應該增加

對於亞洲錦蛙生物相關的研究工作，以獲得更多的生物資料，增益未來族群管理的基本生物知識。

六、參考文獻

- 呂光洋、杜銘章、向高世，1999。台灣兩棲爬行動物圖鑑。中華民國自然生態保育協會，大自然雜誌社出版，台北。
- 梁高賓，2005。台灣地區外來種亞洲錦蛙 (*Kaloula pulchra*) 族群來源與生態研究。國立台灣師範大學生命科學系碩士論文，台北。
- 楊懿如，1998。賞蛙圖鑑。中華民國自然生態攝影學會出版，台北。
- Berry, P. Y. 1964. The breeding patterns of seven species of Singapore anura. *The Journal of Animal Ecology*. 33(2):227-243.
- Catling, P. C., A. Hertog, R. J. Burt, J. C. Wombey, and R. I. Forrester. 1999. The short-term effect of cane toads (*Bufo marinus*) on native fauna in the Gulf Country of the Northern Territory. *Wildlife Research* 26:161-185.
- Cox, G.W. 1999. Chapter 2, North American invaders: the invited and the uninvited. In *Alien species in North America and Hawaii*, Island Press, Washington, USA.
- Crossland, M. R. 2000. Direct and indirect effects of the introduced toad *Bufo marinus* (Anura: Bufonidae) on populations of native anuran larvae in Australia. *Ecography* 23:283-290.
- Gill, B. J., D. Bejakovich, A. H. Whitaker. 2001. Records of foreign reptiles and amphibians accidentally imported to New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*. 28:351-359.
- Inger, R. F. 1999. Distribution patterns of amphibians of Southern Asia adjacent islands. In Duellman, W. E. (Ed.). *Patterns of Distribution of Amphibians: A Global Perspective*, pp. 445-482. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA.
- Kanamadi, R.D., Kadadevaru, G.G., 2002. Advertisement call and breeding period of the frog, *Kaloula pulchra* (Microhylidae). *Herpetological Review*, 33(1): 19-21

- Kraus, F. and E. W. Campbell. 2002. Human-mediated escalation of a formerly eradicable problem: the invasion of Caribbean frogs in the Hawaiian Islands. *Biological Invasions* 4: 327-332.
- Lever, C. 2001. The cane toad: the history and ecology of a successful colonist. Westbury Academic and Scientific Publishing, Yorkshire, United Kingdom.
- Mack, R. N., D. Simberloff, W. M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout and F. Bazzaz. 2000. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences and control. *Issues in Ecology* 5: 1-19.
- Mooney, H.A. 2005. Invasive alien species: the nature of the problem. In H. A. Mooney, R. N. Mack, J.A. McNeely, L.E. Neville, P. J. Schei, and J. K. Waage (ed.) *Invasive alien species: a new synthesis*. Island Press, Washington, USA, pp 1-15.
- Phillips, B. L., G. P. Brown, and R. Shine. 2003. Assessing the potential impact of cane toads on Australian snakes. *Conservation Biology* 17:1738-1747.
- Pimentel, D. 2002. Introduction: Non-native species in the world. In: D. Pimentel (eds.) *Biological Invasions: Economic and Environmental Costs of Alien Plant, Animal and Microbes Species*. CRC Press, Boca Raton, FL., USA. pp. 3-8.
- Pollock, K. H., J. D. Nichols, C. Brownie, and J. E. Hines. 1990. Statistical inference for capturerecapture experiments. *Wildlife Monograph* 107: 1-97.
- Sbahriza B. S., 1997. The breeding and development of *Polypedates leucomystax* and *Kaloula pulchra* and the effects of “tea seed cake” and carbofuran to their larvae.
- Sin, H., K. H. Beard, W. C. Pitt. 2008. An invasive frog, *Eleutherodactylus conqui*, increases new leaf production and leaf litter decomposition rates through nutrient cycling in Hawaii. *Biological Invasions* 10: 335-345.
- Solecki, M.K. 1993. Cut-leaves and common teasel(*Dipsacus laciniatus* L. and *D. sylvestris* Huds.): Profile of two invasive aliens. In B.N. Mcknight (ed.)

- Biological pollution: the control and impact of invasive exotic species. Indiana Academy Press, Indianapolis, USA. Pp.85-92
- Wade, P.M. 1997. Predicting plant invasions: making a start. In J.H. Brock, P.M. Wade, D. Pysek and D. Green (eds.) Plant invasions: Studies from North America and Europe. Leiden Backhuys Publishing. Pp.1-18
- White, P.C.L. and S.Harris. 2002. Chapter seven, Economic and environmental costs of alien vertebrate species in Britain. In: D. Pimentel (eds.) Biological Invasions: Economic and Environmental Costs of Alien Plant, Animal and Microbes Species. CRC Press, Boca Raton, FL., USA. pp 113-149.
- Whittaker, R. 1998. Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation. Oxford University Press, London, UK, 304pp.
- Wilcove, D. S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips and E. Losos. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioSci.* 48: 607-615.
- Williamson, M. 1996. Biological Invasion. Chapman & Hall, London
- Wittenberg, R. and M.J.W. Cock. 2001. Invasive Alien Species. A toolkit of best prevention and management policies. CABI Publishing, Oxfordshire, UK, 228pp.
- Woolbright, L. L., A. H. Hara, C. M. Jacobsen, W. J. Mautz, and F. L. Benevides. 2006. Population densities of the Coqui, *Eleutherodactylus conqui* (Anura: Leptodactylidae) in newly invaded Hawaii and in Native Puerto Rico. *Journal of Herpetology* 40: 122-126.

表一、不同族群亞洲錦蛙在日夜測試時段上呈現的臨界溫度。

族群	時間	臨界高溫(CT _{max})	臨界低溫(CT _{min})
台南地區	日間	41.27±0.76 (15)	8.49±0.43 (17)
	夜間	41.57±0.51 (20)	8.72±0.71 (20)
高雄(都會)	日間	38.94±1.73 (5)	8.50±0.73 (4)
	夜間	41.48±0.57 (6)	9.72±0.96 (6)
高雄(鳳山)	日間	41.17±0.58 (10)	9.19±0.52 (13)
	夜間	40.97±1.21 (19)	8.95±0.67 (20)
屏東地區	日間	41.23±0.89 (20)	8.40±0.41 (20)
	夜間	40.81±0.67 (20)	8.96±0.60 (20)

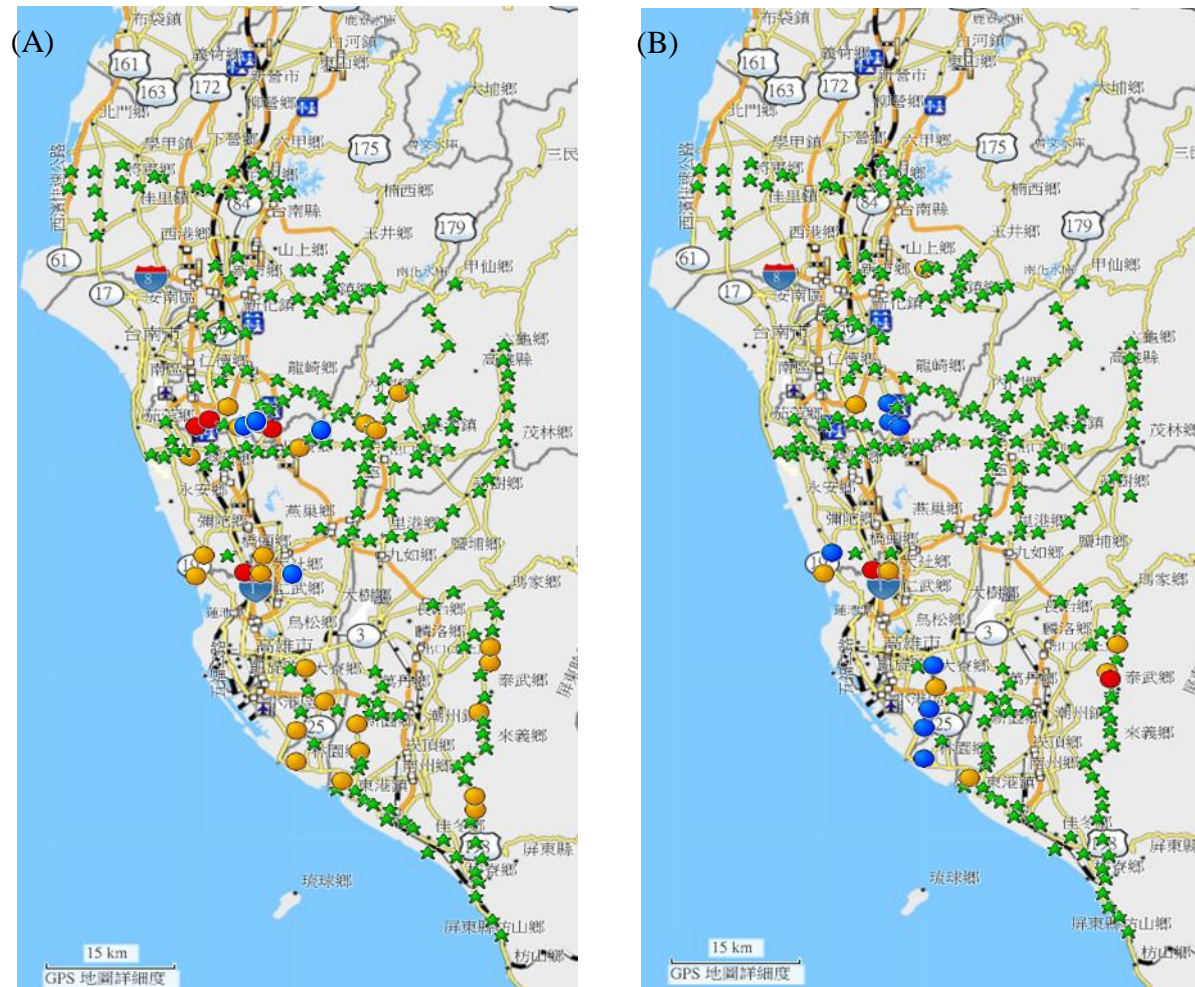
註：臨界溫度表示為 Mean±SD (樣本數)。

表二、亞洲錦蛙臨界高溫 (CT_{max})的共變異數分析(ANCOVA)結果。

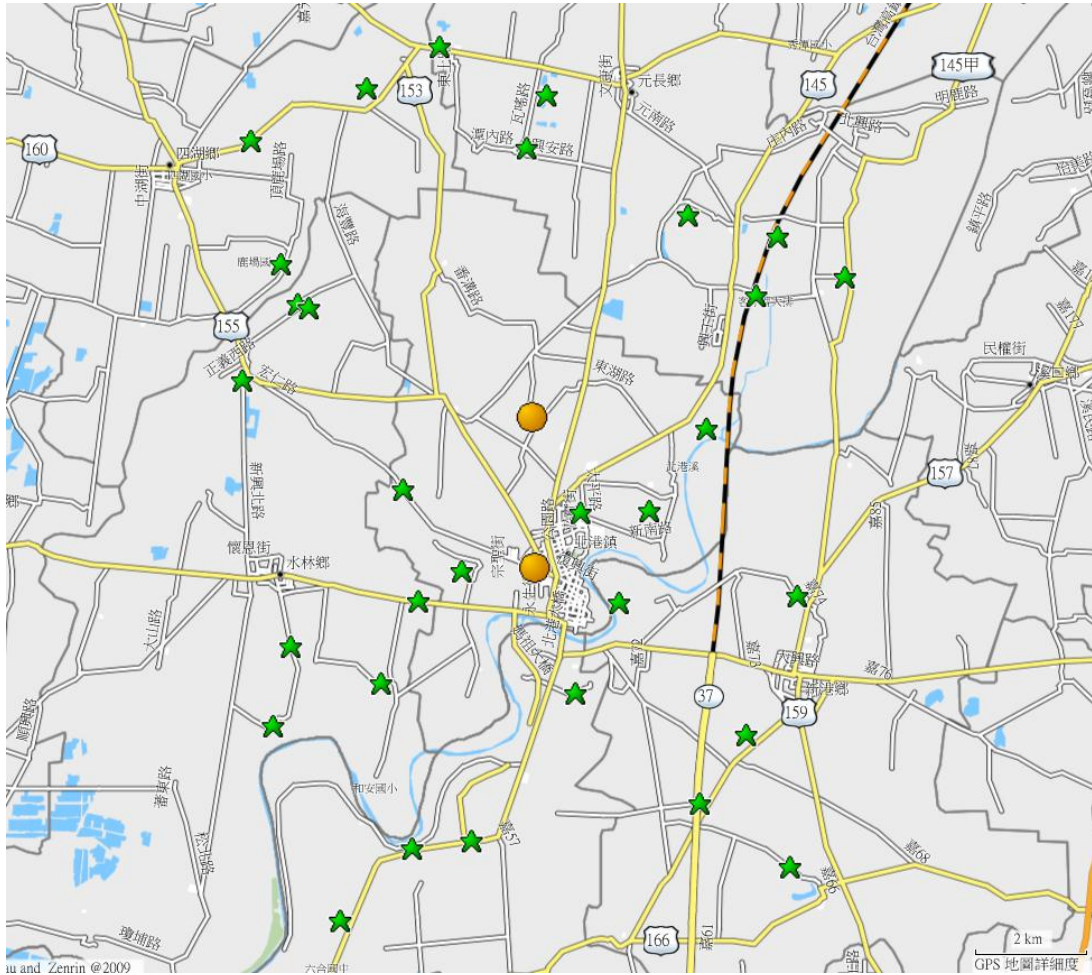
變異來源	自由度 (df)	平方和(SS)	均方 (MS)	F 值	P 值
吻肛長	1	0.988	0.988	1.329	0.252
族群	3	9.754	3.251	4.375	0.006
時間	1	7.095	7.095	9.547	0.003
族群×時間	3	20.758	6.919	9.311	0.000
隨機變異	106	78.777	0.743		
總和	114	117.372			

表三、亞洲錦蛙臨界低溫 (CT_{min})的共變異數分析(ANCOVA)結果。

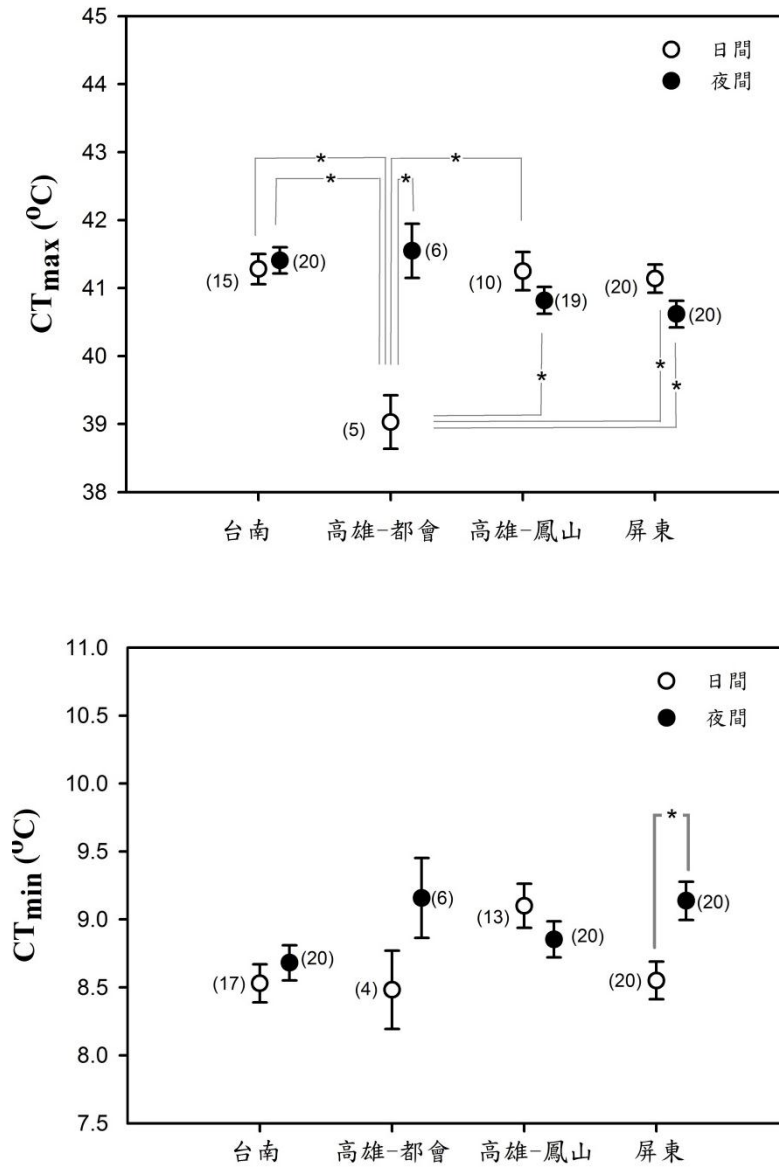
變異來源	自由度 (df)	平方和(SS)	均方 (MS)	F 值	P 值
吻肛長	1	3.371	3.371	10.134	0.002
族群	3	2.438	0.813	2.443	0.068
時間	1	1.595	1.595	4.795	0.031
族群×時間	3	3.554	1.185	3.561	0.017
隨機變異	111	36.927	0.333		
總和	119	47.885			



圖一、亞洲錦蛙在 (A) 2012 年與 (B) 2009 年調查的樣點分佈。★表示有調查但沒有發現的樣點，●表示有一次調查發現的樣點，●表示有兩次調查發現的樣點，●表示有三次調查發現的樣點。



圖二、亞洲錦蛙在雲林地區的樣點調查結果。★表示有調查但沒有發現的樣點，●表示有一次調查發現的樣點。



圖三、不同族群的亞洲錦蛙 (A) 高溫耐受性與 (B) 低溫耐受性的結果。*表示兩者之間有顯著差異，括號內的數字表示實驗的個體數。

附錄一、本年度大範圍調查之樣點的二度分帶座標。

樣方編號	座標 (TWD67)	樣方編號	座標 (TWD67)
A 10	183267 2564842	B 16	180032 2554594
A 11	180512 2569185	B 17	178301 2556737
A 12	177758 2567986	B 18	175369 2555619
A 13	181828 2567759	B 19	174519 2546352
A 14	180124 2565970	B 20	176532 2548124
A 15	180618 2565243	B 21	179284 2546749
A 16	177493 2565168	B 22	177215 2547431
A 17	168474 2567379	B 24	182552 2551650
A 18	167519 2567477	B 26	187554 2555076
A 19	165395 2566054	BB25	186318 2555059
A 20	163248 2566785	C 01	168816 2535119
A 21	163363 2568981	C 02	172740 2534501
A 22	159735 2568136	C 03	174487 2535388
A 23	156664 2568193	C 04	176392 2534685
A 24	156370 2565962	C 05	178289 2534376
A 25	159690 2565677	C 06	181312 2534739
A 26	160408 2562454	C 07	182631 2534115
A 27	159923 2559712	C 08	176898 2537062
AB10	185018 2565376	C 09	181166 2537207
AB10-3	183421 2566598	C 10	182265 2536630
AB12	174466 2565672	C 11	184110 2537772
AB13	173127 2566136	C 12	172824 2539671
B 01	186131 2551220	C 13	175970 2540425
B 02	187761 2549467	C 14	176911 2542033
B 03	188671 2551219	C 15	179452 2541784
B 04	190319 2551903	C 16	183398 2540511
B 05	190665 2552942	D 01	185881 2539113
B 06	190277 2554092	D 02	188185 2538801
B 07	191955 2556624	D 03	189130 2538342
B 09	191237 2555287	D 04	189493 2537467
B 10	196789 2552654	D 05	191296 2535810
B 11	195304 2552267	D 06	192297 2536636
B 12	193590 2551447	D 07	193964 2535399
B 13	191955 2550005	D 08	194789 2534764
B 14	173530 2549177	D 09	195622 2534213
B 15	177346 2553795	D 10	195101 2532229

續附錄一。

樣方編號	座標 (TWD67)	樣方編號	座標 (TWD67)
E 01	196254 2533893	G 13	213450 2541201
E 02	197913 2535402	G 14	212821 2543027
E 03	199223 2538805	G 15	212934 2545035
E 04	202941 2542832	H 001	182653 2531105
E 05	205670 2544978	H 02	180790 2531099
E 06	204345 2547580	H 03	179284 2531762
E 07	203179 2549729	H 04	177600 2530953
E 08-1	206482 2553039	H 05	174770 2531542
E 09	200841 2539483	H 06	171852 2530540
E 10	198889 2542446	H 07	171129 2531339
E 11	197253 2540651	H 08	169956 2531340
E 12	196823 2538046	H 09	168581 2530440
F 01	203177 2534317	H 10	169570 2532653
F 02	203706 2535170	H 11	173921 2529366
F 03	206512 2536054	H 12	176626 2529533
F 04	206068 2534002	HB 092	166908 2530816
F 05	205604 2531297	I 01	184835 2531155
F 06	203821 2529973	I 02	186196 2531615
F 07	202513 2531737	I 03	187712 2532851
F 08	201595 2530487	I 04	189644 2532358
F 09	201339 2528430	I 05	192668 2532038
F 10	198656 2528837	I 06	195264 2530504
F 11	197951 2532077	I 07	194643 2528983
F 12	200684 2533594	I 08	194133 2527027
G 01	198207 2519882	I 10-1	193109 2520580
G 02	200721 2520080	I 11-1	188905 2520937
G 03	204650 2521396	I 13	198359 2525358
G 04	206208 2523266	I 14	197985 2523331
G 05	209662 2525800	I 16	195352 2519375
G 06	212808 2524917	I 17	191951 2519317
G 07	210843 2527396	IB 09	193821 2523044
G 08	212568 2529680	J 01	173682 2517529
G 09	213005 2532352	J 02	172593 2514792
G 10	213181 2534473	J 03	176767 2517441
G 11	213489 2537035	J 04	178989 2515222
G 12	213244 2539476	J 05	181435 2517449

續附錄一。

樣方編號	座標 (TWD67)	樣方編號	座標 (TWD67)
J 06	181090 2515091	N 11	209738 2501638
L 01	184883 2502405	N 12	211042 2505290
L 02	186907 2502610	O 01	212409 2467331
L 03	187232 2499694	O 02	211208 2469317
L 04	189359 2498182	O 04	209860 2477368
L 05	191083 2497022	O 05	209061 2479549
L 06	186307 2496831	O 06	208435 2482302
L 07	185670 2494398	O 07	209028 2483877
L 08	187998 2492642	O 08	208948 2485653
L 09	185611 2490302	O 09	207731 2487854
M 01	196305 2497937	O 10	206797 2489596
M 02	196928 2500126	O 11	208137 2490578
M 03	195980 2502146	O 12	210447 2492001
M 04	195271 2496584	O 13	210057 2493815
M 05	193566 2495222	O 14	210134 2495429
M 06	193894 2491635	P 02	190932 2486602
M 07	193697 2489331	P 03	191589 2487712
M 08	194159 2490109	P 08	193379 2486371
M 10	196888 2496460	P 100	209431 2474385
M 11	199135 2496390	P 105	209067 2472389
M 12	194445 2498301	P 12	194538 2485145
N 01	203573 2510910	P 13-1	195673 2484596
N 02	206249 2512513	P 34	197887 2483887
N 03	211188 2510902	P 45	197454 2482633
N 04	211931 2509771	P 47-2	199802 2482324
N 05	211309 2507447	P 59-1	200889 2481432
N 06	210961 2503209	P 76-2	204869 2479896
N 07	208952 2506912	P 78	202792 2478230
N 08	207608 2505303	P 86	206556 2477624
N 09	210292 2498681	P 96	209053 2475588
N 10	209516 2496708		

附錄二、雲林與嘉義地區調查樣點的二度分帶座標與棲地描述。

樣點編號	座標 (TWD67)	棲地描述
B0001	181639 2606502	水池、人工綠地、周圍有稻田
B0002	179914 2607265	人工綠地、水田、旱田、十字路口
B0003	180983 2607911	水田、旱田、菱角
B0004	182520 2607652	大埤塘、人工綠地
B0005	177272 2608180	甘蔗
B0006	175818 2608124	水溝邊、雜木林、對面有稻田、甘蔗
B0007	174651 2609578	雜木林、稻田、水溝
B0008	171450 2611529	果園
B0010	182353 2602843	苗圃 (南洋杉)、旁有稻田
B0011	181488 2605193	稻田、農舍後苗圃
B0012	180553 2603979	雞舍旁有雜木林、稻田
B0013	179570 2609174	苗圃、竹園、墓園附近
B0014	178195 2609148	住宅旁果園、雜木林、荒空地
B0015	180719 2610627	雜木林、稻田、水溝
B0016	181722 2612985	竹園、周圍水稻、空屋
B0017	183497 2613304	甘蔗、住家周圍菜園
B0018	182157 2614028	雜木林、旱田、小排水溝、高鐵
B0019	180369 2614416	小廟人工綠地、前有稻田、旁有排水溝、小雜木林
B0020	177152 2615625	排水溝、旱田、廢棄住家
B0021	177555 2616560	元長環保公園、稻田、灌溉水道、金母宮
B0022	175421 2617431	雜木林、住家後稻田
B0023	173962 2616702	稻田、旁有雜木林、墓園、竹林
B0024	171644 2615781	荒地、路上會經過苗圃、椰棗在旁邊
B0025	172231 2613592	草澤、竹林、荒地
B0026	172565 2612879	菱角田、荒地、三合院在旁邊
B0028	177234 2610852	荒地、雜木林
B0029	173356 2601933	稻田
B0030	178957 2607548	竹林
B0031	174800 2603209	渠道邊
B0032	175988 2603336	路邊、草澤、廢耕田、香蕉園
B0033	178078 2605945	田邊水溝、廟前空地 (聖安宮)
B0034	174946 2607594	人工林、甘蔗田、土溝
B0036	172391 2606803	住家前水池
B0037	172032 2605395	荒地、水池、住家旁
B0038	174195 2606141	真玄宮前水池

附錄三、調查發現有亞洲錦蛙之樣點的調查結果。

樣點	鳴叫等級總分 數	發現鳴叫次數	目視總個體數	目視發現次 數	目視成體/亞成體/幼體個體 數	總發現次數	發現率(%)
C 02	0	0	9	2	3/5/1	2	100%
C 03*	0	0	208	2	1/0/207	2	100%
C 05	0	0	2	1	0/1/1	1	50%
C 06	0	0	7	1	4/3/0	1	50%
C 07	0	0	3	2	1/2/0	2	100%
C 08	0	0	13	1	0/0/13	1	50%
D 08	0	0	1	1	0/1/0	1	50%
E 01	0	0	2	1	0/1/1	1	50%
E 03	0	0	1	1	0/1/0	1	50%
H 06	0	0	6	1	2/4/0	1	50%
I 02	0	0	1	1	1/0/0	1	50%
J 02	0	0	2	1	0/2/0	1	50%
J 02	0	0	4	1	1/3/0	1	50%
J 04	0	0	7	2	2/3/2	2	100%
J 05	0	0	1	1	0/1/0	1	50%
J 06	0	0	1	1	1/0/0	1	50%
L 02	0	0	2	1	1/1/0	1	50%
L 04	0	0	1	1	0/1/0	1	50%
L 07	0	0	1	1	0/1/0	1	50%
L 09	0	0	1	1	0/0/1	1	50%
M 05	0	0	1	1	1/0/0	1	50%

續附錄三。

樣點	鳴叫等級總分 數	發現鳴叫次數	目視總個體數	目視發現次 數	目視成體/亞成體/幼體個體 數	總發現次數	發現率(%)
M 06	0	0	1	1	1/0/0	1	50%
N 06	0	0	2	1	2/0/0	1	50%
N 10	2	1	0	0	0/0/0	1	50%
N 12	0	0	2	1	2/0/0	1	50%
O 07	0	0	1	1	0/1/0	1	50%
O 08	0	0	1	1	0/1/0	1	50%
P 03	0	0	7	1	0/0/7	1	50%

*：該樣點有調查發現亞洲錦蛙的卵或蝌蚪。

