

外來種斑腿樹蛙族群監測計畫  
Monitoring the populations of Alien Tree Frog –  
*Polypedates megacephalus*

計畫編號：106 林發-08.1-保-28

執行單位：東華大學自然資源與環境學系

研究主持人：楊懿如

協同主持人：陳怡惠

研究人員：劉家瑞、謝凱傑、林湧倫、龔文斌

中華民國 107 年 1 月 25 日



## 中文摘要

本研究於 2017 年運用兩棲類保育志工在全臺灣進行監測調查，以了解臺灣地區斑腿樹蛙分布狀況。28 個志工團隊參與監測調查，148 個樣區中共發現 25 種蛙類、16,475 隻次，斑腿樹蛙(6262)發現最多、其次是黑眶蟾蜍(2370)。2017 年普查顯示斑腿樹蛙野外族群分布於基隆市、台北市、新北市、桃園市、新竹縣、苗栗縣、台中市、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、屏東縣以及宜蘭縣。在 148 個監測樣點中，有 109 個發現斑腿樹蛙。未發現斑腿樹蛙的樣點僅有 33 個，在 56 個曾有斑腿樹蛙與布氏樹蛙共域樣點的調查發現，僅 23 個樣點有布氏樹蛙。今年在八里挖仔尾、鶯歌碧龍宮、臺中都會公園與彰化田尾進行斑腿樹蛙控制移除，志工參與共 714 人次，共移除 847 隻斑腿樹蛙。12 個團隊參與自行移除雄蛙 5523 隻次、雌蛙 1314 隻次、幼體 500 隻次、無法辨認的成蛙 401 隻次，共計 7738 隻次，以及卵塊 322 個。針對 2012-2016 年採集 8 個縣市共 545 隻斑腿樹蛙的 DNA 樣本進行 6 個微衛星基因座的 DNA 片段擴增實驗。在基因座多樣性比較中，新北市族群在各年度的分析，對偶基因數、有效對偶基因數及特有基因數，幾乎都是最高。分子變異分析結果顯示各年度族群間的遺傳分化程度均是顯著，但樣點間的  $F_{ST}$  與地理距離間無顯著的相關性。新北市、桃園市、彰化縣以及雲林縣都曾出現過瓶頸效應。入侵路徑情景分析結果顯示，新北市族群在 8 個縣市族群中，是起始族群機率很高。本年度於在中國雲南地區進行 5 天的族群調查，採集 15 隻可能為斑腿樹蛙的個體製成標本，已經完成 DNA 萃取工作。

關鍵詞：斑腿樹蛙、分布、控制、監測、族群遺傳

## Abstract

In order to understand, control and monitor the distributions of *Polypedates megacephalus* in Taiwan, amphibian conservation volunteers were used in this study to carry out nationwide surveys in 2017. There were 28 volunteer teams involving in the monitoring surveys, and 16,475 frogs belonging to 25 species were found. The most abundant species found was *Polypedates megacephalus* (6262), and the second one was *Duttaphrynus melanostictus* (2,370). *Polypedates megacephalus* was found in Taipei City, New Taipei City, Taoyuan City, Hsinchu City, Hsinchu County, Miaoli County, Taichung City, Zhanghua County, Nanto County, Yunlin County, Chiayi County, Pingtung County and Ilan County with a total of 1085 distribution sites. The result of surveying 56 sympatric sites shared with *Polypedates braueri* showed that *Polypedates braueri* was only in 23 sites. In 148 surveying sites, 109 were found with *Polypedates megacephalus* in it, and only 33 sites were devoid of *Polypedates megacephalus*, showing that once *Polypedates megacephalus* makes a successful invasion, the population will be stable. In 2017, there were 714 volunteers participating in removing *Polypedates megacephalus* at Waziwei of Bali, Bealong Temple of Yingge, Taichung Metropolitan Park, and Tianwei of Zhanghua, and a total of 847 *Polypedates megacephalus* were removed. Additionally, we conducted six microsatellite loci of DNA fragment amplification for the DNA samples of 545 *Polypedates megacephalus* caught from 2012 to 2016. Comparing the loci diversity, we get the result that the population in New Taipei City has had the highest number of alleles, effective alleles and private alleles for years. The result of population genetic differentiation among sampling sites showed that the fixation index ( $F_{ST}$ ) was 0-0.292. The correlation between  $F_{ST}$  and the geographic distances among sites is not significant. The bottleneck effect occurred in populations of New Taipei City, Taoyun City, Changhua County and Yunlin County. The result of invasion history shows it's highly probable that the population in New Taipei City is the ancestral population of the 8 cities/counties we analyzed. This year we did a five-day survey in Yunnan, China; fifteen specimens which may be spot-legged tree frogs were collected and DNA extraction was completed. Keywords: *Polypedates megacephalus*, distribution, network, control, monitor, population genetic, geographic distance

## 目錄

壹、 前言.....	1
貳、 文獻回顧.....	2
參、 研究材料與方法.....	9
一、 斑腿樹蛙分布現況調查.....	9
二、 分子技術與族群遺傳關係研究流程.....	14
肆、 結果與討論.....	18
一、 斑腿樹蛙分布現況.....	18
二、 共域蛙種組成比較.....	32
三、 斑腿樹蛙的控制成效.....	36
四、 志工團隊自行斑腿樹蛙移除成效.....	42
五、 分子族群遺傳.....	43
六、 中國雲南地區斑腿樹蛙族群調查成果.....	58
五、 結論與建議.....	64
六、 參考文獻.....	66

## 附錄

附錄 一、2017 年斑腿樹蛙監測點.....	70
附錄 二、2017 年斑腿樹蛙通報.....	78
附錄 三、2018 年新增監測樣點.....	82
附錄 四、活動照片.....	83
附錄 五、國內外研討會摘要.....	85

## 表目錄

表 1、2017 年各移除地點負責團隊.....	17
表 2、2010-2017 斑腿樹蛙分布樣點數 .....	20
表 3、2017 年度 148 個監測樣點歷年調查狀況(-為未調查、1 為有紀錄、0 為為紀錄).....	24
表 4、2017 年新北市八里區挖仔尾地區斑腿樹蛙移除數量與參與人數 .....	37
表 5、2017 年新北市鶯歌區碧龍宮斑腿樹蛙移除數量與參與人數 .....	38
表 6、2017 年台中市西屯區臺中都會公園斑腿樹蛙移除數量與參與人數 .....	40
表 7、2017 年彰化縣田尾鄉田尾國小及蕙洋園斑腿樹蛙移除數量與參與人數。 .....	41
表 8、各團隊自行移除數量.....	42
表 9、2012 至 2016 年台灣各縣市的斑腿樹蛙及樣本數量 .....	44
表 10、台灣各縣市斑腿樹蛙採樣族群的地理座標及兩兩族群間的地理直線距離(單位：公里)...	44
表 11、2012 至 2016 年 545 隻斑腿樹蛙樣本的微衛星基因座 PCR 擴增成功率資料.....	45
表 12、不同基因座數量下，各年度族群可分析數量。 .....	46
表 13、同年份不同族群間的對偶基因數(NA)、有效對偶基因數(NE)、特有基因數(PA)、異型合子 實際值(HO)與異型合子期望值(HE)的所有基因座平均值。 .....	48
表 14、各年度族群間計算出的 PAIRWISE $F_{ST}$ 值顯著性.....	49
表 15、各年族群間的 PAIRWISE $F_{ST}$ 值及是否顯著偏離 0 的機率 P 值.....	51
表 16、各年度族群間的分子變異分析 .....	52
表 17、各年度樣點間的有效族群大小 .....	52
表 18、各年度之各族群其瓶頸效應分析 .....	53
表 19、入侵路徑情景，後驗概率分析結果.....	57
表 20、採集雲南地區斑腿樹蛙標本資料.....	62
表 21、鑑定物種用的 COI 的序列的 PCR 引子。 .....	62
表 22、判斷臺灣斑腿樹蛙族群來源用的 MT DNA 序列的 PCR 引子。 .....	63

## 圖目錄

圖 1、2012-2016 年各年度斑腿樹蛙分布點，藍色點為當年新增的分布地點。.....	3
圖 2、2017 年各縣市兩棲類保育志工團隊分布圖.....	10
圖 3、台北市、新北市、桃園市、宜蘭縣斑腿樹蛙監測點與通報點。.....	11
圖 4、台中市、彰化縣、南投縣、雲林縣與嘉義縣斑腿樹蛙監測點以及通報點.....	12
圖 5、高雄市、屏東縣、花蓮縣與台東縣斑腿樹蛙監測樣點與通報點.....	13
圖 6、2017 年斑腿樹蛙分布圖.....	18
圖 7、2010 年到 2017 年的斑腿樹蛙野外族群分布圖.....	21
圖 8、2016(A)、2017(B)年 110 個斑腿樹蛙監測樣點蛙種組成.....	32
圖 9、2011-2017 年八里挖仔尾地區與斑腿樹蛙共域蛙種比率圖.....	33
圖 10、2011-2017 年鶯歌碧龍宮與斑腿樹蛙共域之蛙種比率圖.....	34
圖 11、2012-2017 年臺中都會公園與斑腿樹蛙共域之蛙種比率圖.....	35
圖 12、挖仔尾地區 2012-2017 年間斑腿樹蛙移除總數與參與人數.....	37
圖 13、碧龍宮 2012-2017 年間斑腿樹蛙移除總數與參與人數.....	39
圖 14、臺中都會公園 2012-2017 年間斑腿樹蛙移除總數與參與人數.....	40
圖 15、田尾鄉田尾國小及蕙洋園 2012-2017 年間斑腿樹蛙移除總數與參與人數.....	41
圖 16、斑腿樹蛙分子族群遺傳採集樣區分布圖.....	43
圖 17、所有樣本原始基因型的 PAIRWISE $F_{ST}$ 及地理距離的相關分析.....	55
圖 18、最佳入侵路徑情景圖.....	57
圖 19、雲南調查地點.....	58
圖 20、和車靜、饒定齊研究員合照.....	59
圖 21、出發前合照(左)及捕獲的斑腿樹蛙(右).....	60
圖 22、斑腿樹蛙繁殖場所(左)及卵塊(右).....	60
圖 23、凹頂泛樹蛙(左)斑腿樹蛙(右).....	60
圖 24、躲在灌叢的斑腿樹蛙(左)及在草澤溼地捕捉的斑腿樹蛙(右).....	61
圖 25、拍照、採組織及製作標本(左)及標本編號(右).....	61

# 壹、前言

外來入侵種是全球生物多樣性減少的原因之一。隨著貿易發達，外來種案例層出不窮，造成的危害也日益嚴重，如何管理、控制與監測外來入侵種已成為生物多樣性保育的重要課題。外來種造成的問題相當多，對生物多樣性最直接的影響就是與原生物種競爭、排擠或雜交。斑腿樹蛙(*Polypedates megacephalus*) 原產於華南、香港、海南島、印度、中南半島等地區。台灣本島於 2006 年在彰化田尾發現，可能跟隨水生植物等植栽引入台灣，但來源不明。2006 年後斑腿樹蛙由彰化田尾引入至台中梧棲，2010 年經由兩棲類保育志工回報及進一步的確認調查，發現斑腿樹蛙已於台中石岡一帶擴散，並在新北市八里區、鶯歌區等地也陸續確認其分布。由於斑腿樹蛙與台灣原種布氏樹蛙(*Polypedates braueri*)不但親緣關係接近，偏好棲地類型也相同，一旦入侵可能對布氏樹蛙及其他本土蛙種產生競爭排擠，影響當地的生物多樣性，為此有必要進行控制與監測。從 2011 年開始，在林務局補助之下，東華大學兩棲類保育研究室持續運用兩棲類保育志工在全臺灣進行斑腿樹蛙野外族群監測。為監測其擴散範圍及對其他蛙類的影響，本研究將斑腿樹蛙分布點套疊 5km×5km 方格系統，於每個方格中挑出 1-3 個斑腿樹蛙分布點，做為斑腿樹蛙監測樣區。2011 年至 2016 年調查結果發現，斑腿樹蛙分布於臺北市、新北市、桃園市、新竹縣、苗栗縣、臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、屏東縣、宜蘭縣等地，在各分布地點都是優勢種，並持續擴散中。

東華大學兩棲類保育研究室自 2011 年開始培訓志工進行斑腿樹蛙移除控制，志工對於斑腿樹蛙與布氏樹蛙的辨識具有足夠的專業知識。自 2012 年至今，定期在八里挖仔尾、鶯歌碧龍宮、臺中都會公園與彰化田尾進行斑腿樹蛙控制移除，這些地區斑腿樹蛙的比率維持穩定的趨勢。從 2016 年鼓勵志工團隊自行移除，成效良好。2017 年有必要持續運用志工進行移除控制，以瞭解移除成效。

從以上結果得知斑腿樹蛙仍持續擴散中，應持續運用志工與通報機制進行監測，瞭解斑腿樹蛙擴散情況。加上過去計畫研究顯示斑腿樹蛙對於台灣被入侵地點的蛙類群聚結構造成影響，尤其對布氏樹蛙的族群可能有排擠效應。若能瞭解在台灣的斑腿

樹蛙之原生起源地與族群擴散模式，有助於未來在生態或遺傳演化層面去探討斑腿樹蛙成功進駐台灣的原因，並制訂合宜的防治策略。

研究目的

- 一. 臺灣本島斑腿樹蛙分布現況監測。
- 二. 分析斑腿樹蛙對其他蛙類的影響
- 三. 在八里挖仔尾、鶯歌碧龍宮、臺中都會公園及彰化田尾國小與蕙洋園，進行斑腿樹蛙族群移除及控制活動。
- 四. 鼓勵兩棲類保育志工團隊通報及自主移除斑腿樹蛙。
- 五. 運用分子生物學方法研究斑腿樹蛙的族群遺傳結構。
- 六. 拜訪中國雲南昆明動物研究所，檢視標本並在大陸華南地區進行斑腿樹蛙採集及生態調查。

## 貳、文獻回顧

斑腿樹蛙最早在2006年於彰化縣田尾發現，是臺灣本島最新記錄到的外來種蛙類。本計畫執行團隊自2011年始針對斑腿樹蛙進行生態研究，對於斑腿樹蛙的生態資訊已有瞭解。藉由統整斑腿樹蛙的分布、擴散、棲地利用、族群波動、和共域蛙類之關係、族群遺傳、控制成效等先前結果，做為本年度研究的背景資料。

一. 斑腿樹蛙生態資料

1.分布：

斑腿樹蛙分布調查進行時間為2011-2016年，藉由本計畫執行團隊自行調查，搭配台灣兩棲類保育志工團隊普查與一般民眾通報，於台灣全島進行普查。2011年於新北市、桃園市、臺中市、彰化縣、雲林縣與馬祖等6個縣市發現，分布點共計有35個。2012年新增台北市與屏東縣，共計8縣市155個分布點。2013年新增苗栗縣，共計9縣市397個分布點。2014年新增南投縣，共計10縣市470個分布點。2015年新增新竹縣、嘉義縣。2016年新增宜蘭縣一個已確認有穩定族群的通報點，共計13縣市1057個分布點，分布點集中於新北市(346個)與桃園市(206個)，兩個縣市所佔比例總和在各年度皆超過50%。圖1顯示2012-2016年各年度分布點，每年皆有新增樣點。



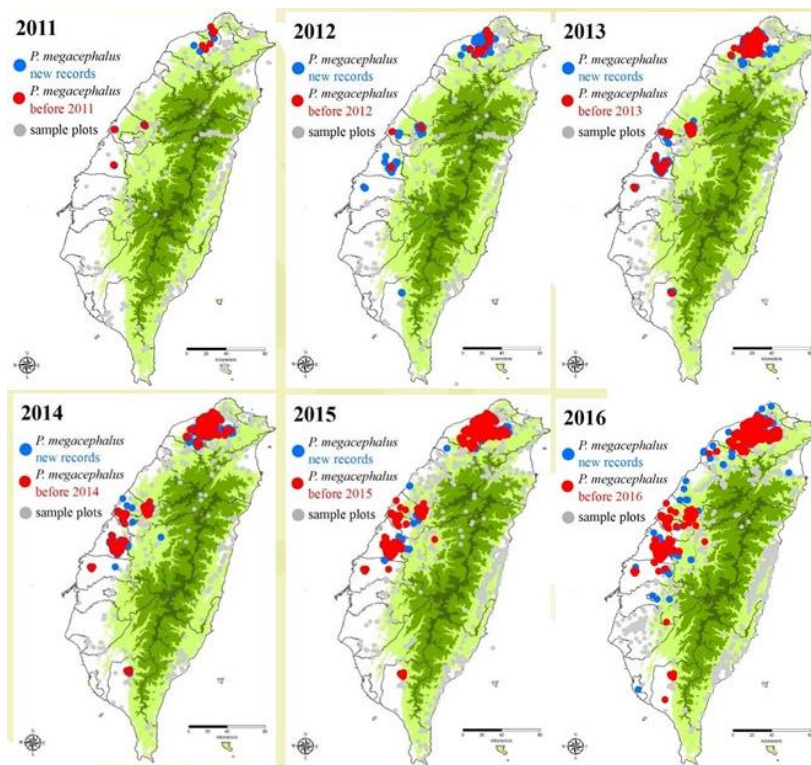


圖 1、2012-2016 年各年度斑腿樹蛙分布點，藍色點為當年新增的分布地點。

由上述結果可知斑腿樹蛙分布廣泛，若結合志工普查與民眾通報，能有效率的清查未發現點。斑腿樹蛙在台灣分布集中在新北市與彰化縣，必須關注與優先處理，以避免擴散。

### 2. 擴散:

楊懿如等人(2014)在2011年斑腿樹蛙分布點周圍設置572個方格，於2012-2015年進行每年至少1次的調查，並計算每年斑腿樹蛙分布方格的比例，以評估擴散程度。斑腿樹蛙的方格分布比率從44.8%(2012年)增加至63.2%(2013年)、65.2%(2014年)，顯示斑腿樹蛙不但分布廣泛，也明顯持續擴散。

分布比率上升明顯的方格多位在新北市觀音山周遭。龜山地區斑腿樹蛙的分布比例從46.6%上升至73.3%，其餘地區例如三峽(75%-87.5%)、鶯歌(55%-88.9%)及觀音山(52%-68.8%)也都上升超過10%。觀音山周遭地區擴散明顯，必須掌握擴散路徑與方向，以盡早做出因應。

### 3. 族群波動:

斑腿樹蛙繁殖季開始與結束分別受到氣溫和雨量影響。當月均溫超過20°C時則繁殖季開始，此時也因梅雨季，雨量較多，並可持續至夏季。而當月累積雨量開始大

幅下降時，可能由於造成斑腿樹蛙繁殖的水域減少，此時繁殖季也進入尾聲。不同地區的繁殖季長短有所差異，北部斑腿樹蛙族群繁殖期約從3月開始可持續至10月，中部地區族群繁殖期稍短，約從3月至9月。

斑腿樹蛙的全年活動也同樣受到氣溫和雨量的影響。春夏季的高溫穩定，出現數量與氣溫無關，但在秋冬季(10-3月)時呈現顯著正相關，推測原因為秋冬季氣溫變化大，溫度較高時斑腿樹蛙便會活動。出現數量也跟雨量有顯著正相關，雨量越高出現數量越多。

#### 4. 移動

自2006年發現斑腿樹蛙入侵台灣以後，已經在多個縣市建立起穩定的族群。斑腿樹蛙能夠在短時間內廣泛的分布，除了頻繁的人為夾帶外，其本身的擴散能力可能也是原因之一，因此有必要探討斑腿樹蛙的移動距離，做為後續建立擴散模式的參考。

根據張(2015)的研究顯示，2013年4月到2014年9月共18個月在台中都會公園固定樣區進行斑腿樹蛙移動距離調查，結果顯示斑腿樹蛙平均一日移動距離為 $85.9 \pm 171.9$ 公尺，最長一日移動距離為744公尺，最短為0公尺；公蛙平均為 $85.3 \pm 164.7$ 公尺，母蛙平均為 $87 \pm 188.9$ 公尺。斑腿樹蛙在不同季節之間的移動距離沒有顯著差異，在非繁殖季時平均一日移動距離為73.8(0-744.3)m，過渡期為132.8(4.5-405.6)m，非繁殖期則為78.1(1-740.6)m。

#### 5. 棲地利用：

斑腿樹蛙偏好的巨棲環境開墾地，次生林或原始林環境則很少發現。斑腿樹蛙對於人為活動頻繁的環境適應良好，大部份的記錄都出現在都市或郊區內的綠地(公園、校園)、農牧用地(竹林、菜園、果園)、水體(人工濕地、溝渠、水池)等。另外在火車站、大賣場等也有數筆記錄，顯示斑腿樹蛙能夠利用的環境類型相當廣泛，這可能也是斑腿樹蛙能夠在西部平原快速擴張的原因之一。進一步在八里挖仔尾、鶯歌碧龍宮與台中都會公園進行微棲地利用分析，結果顯示斑腿樹蛙在繁殖季時以永久性靜止水域為主，非繁殖季前後多利用水域周圍的樹木環境中的灌叢或底層，非繁殖季中期則會找樹洞或人造區域如中空欄杆的環境做躲藏。

## 6. 斑腿樹蛙網路分析

在斑腿樹蛙族群量較高的觀音山、台中及彰化地區進行網路分析(Incorporating Network Analysis)，選擇2010-2016年位在研究範圍內的斑腿樹蛙出現資料，分析斑腿樹蛙利用棲地的空間分布，建立出以其重要棲地為節點的空間網路圖形，並估算節點間的連結度，以找出影響斑腿樹蛙擴散的關鍵地區。

觀音山地區重要性較高的節點位在東北側(八里、五股)與南側的樹林、南龜山和鶯歌；台中地區重要性較高的節點較集中在大甲溪沿岸兩側的沙連墩、土牛和東勢；彰化地區重要性較高的節點集中在田尾鄉公路花園附近。建議可針對以上的影響斑腿樹蛙擴散的重要棲地，加強監控以破壞這些棲地的連結度。

## 7. 與布氏樹蛙的比較

台灣原生種布氏樹蛙(*Polypedates braueri*)與斑腿樹蛙同為泛樹蛙屬(*Polypedates*)，不但親緣關係接近，外型和習性也很相似。若斑腿樹蛙成功入侵布氏樹蛙棲地，可能會與其競爭排擠，影響布氏樹蛙族群。

布氏樹蛙和斑腿樹蛙的體型大小、身體顏色或花紋都很相似，不易區分。一般而言布氏樹蛙大腿內側花紋是細網紋，斑腿樹蛙的大腿內側花紋網紋很粗像黑底白點。布氏樹蛙背部通常有4條縱紋或細點，斑腿樹蛙有縱紋、X或又字紋，但變化很大。布氏樹蛙吻較圓，身體較胖，斑腿樹蛙吻較尖，身體較修長。布氏樹蛙和斑腿樹蛙最大的差異在叫聲，布氏樹蛙的叫聲是連續響亮的「搭搭搭」，斑腿樹蛙是微弱的「嘎嘎」，完全不同。布氏樹蛙和斑腿樹蛙的繁殖期都是春天及夏天，在靜水域繁殖，產黃色泡沫型卵塊，蝌蚪的吻端都有一個小白點，無法區分。布氏樹蛙一次產約300-400粒卵，比斑腿樹蛙少很多。兩者在利用棲地的比較上，也呈現相同趨勢，主要以永久性靜止水域、樹木及人造區域環境為主，其次為樹木及暫時性靜止水域。

## 8. 斑腿樹蛙共域蛙種

比較2006-2016年布氏樹蛙與斑腿樹蛙的分布，結果顯示兩者的分布型態完全不同，布氏樹蛙分布在全臺灣平地到海拔1000公尺的山區，斑腿樹蛙則僅分布在西部的平地。目前兩者分布重疊(共域)的地點多在平地與山區邊緣，包含台北市文山、木柵，新北市土城、鶯歌，台中新社石岡、都會公園，以及彰化八卦山。這些地區須加強監測，以了解布氏樹蛙的族群消長。

在2012到2016年針對八里挖仔尾、鶯歌碧龍宮及台中都會公園三個樣區進行共域蛙種調查。結果顯示調查期間斑腿樹蛙在三個樣區皆為優勢種，尤其是八里挖仔尾與台中都會公園，每年斑腿樹蛙佔總隻次的比例皆超過50%。鶯歌碧龍宮的比例較低，介於15%-30%之間，但仍為優勢種。八里挖仔尾與台中都會公園蛙種組成單純，多為中國樹蟾、小雨蛙、貢德氏赤蛙、黑眶蟾蜍等平地蛙種；鶯歌碧龍宮因位於平地與山區交界，除了平地蛙種外尚有福建大頭蛙、臺北樹蛙等淺山區的物種。

斑腿樹蛙在三個樣區的比例每年有所不同。在八里挖仔尾，斑腿樹蛙的數量在2011年及2012年各約佔該區域數量總數的60%；2013年及2014年比率下降至約40%左右，而在2015、2016年比率稍微上升到54%左右。共域的貢德氏赤蛙、澤蛙與中國樹蟾在2013年開始比率逐年上升。在鶯歌碧龍宮，斑腿樹蛙僅有小幅減少，其餘原生蛙種的變化也不大，呈現穩定狀態。在台中都會公園，2012年佔所有蛙類比率約75%，2013年則稍微降低至約50%，2014年又回升至約60%，2015與2016年的比率也維持在約60%，黑眶蟾蜍、貢德氏赤蛙所佔比率高低與斑腿樹蛙呈現相反趨勢，在2012及2014年比率較低，在2013年時稍高，貢德氏赤蛙所佔比率逐年略為增加，澤蛙在2015年無調查記錄到，但在2016年又出現紀錄。

在八里挖仔尾也觀察到斑腿樹蛙蝌蚪主動攻擊小雨蛙蝌蚪，說明兩者間確實有捕食的關係。從上述結果也顯示，三個樣區的斑腿樹蛙族群可能受到移除控制的影響有下降的趨勢，而原生種也相對逐漸上升。斑腿樹蛙與共域原生蛙類的關係後續值得進一步探究。

## 二. 志工團隊自行斑腿樹蛙移除成效

2016年度開始，兩棲類保育研究是透過向志工團隊的宣導，說明在蛙類調查的同時，若在樣區發現斑腿樹蛙的蹤跡，可以自行移除的方式來進行斑腿樹蛙的控制。2016年度自行移除的團隊共計10個，並移除斑腿樹蛙的數量為雄蛙4864隻次、雌蛙1301隻次、幼體418隻次、無法辨認的成蛙580隻次共總計7163隻次斑腿樹蛙。

## 三. 分子技術與斑腿樹蛙族群遺傳的關係

外來種能對非原生地的生態環境條件有良好的適應能力(adaptive capacity)，是解釋外來種可以成功入侵至非原生地並拓殖新族群的因素(Sax et al. 2007)。外來種能快速地適應非原生地的環境，其中一個原因可能是非原生地的自然生態環境條件與外來種的原生地相似，因此對外來種來說，並無不適應的問題，所以其能在非原生地順利擴張族群(Escoriza and Boix 2014)。此外，良好的適應能力也可能來自外來物種在生活史中的各階段對環境中的各項生存條件有較寬廣的適應範圍，或者外來種有能力在短期內產生適應分歧(adaptive divergence)，使其轉換適應範圍並佔據不同的生態區位(niche shift) (Sax et al. 2007; Rödder and Lötters 2009; Callen and Miller 2015)。

在面臨新環境時，族群的遺傳多樣性為影響生物物種是否有潛力快速演化並適應環境的重要指標(Sakai et al. 2001)。過去針對外來種的遺傳多樣性研究顯示，進入非原生地的外來種族群，可能因瓶頸效應使族群的遺傳多樣性明顯下降，失去快速演化適應的遺傳潛力，或因近親交配導致族群適存度(fitness)下降，導致該外來種無法在非原生地建立或擴張族群(Nieminen et al. 2001; Peacock et al. 2009)。但若外來種在非原生地有多次入侵事件，有不同族群遺傳組成混和，使非原生地的遺傳多樣性高，則該外來種則可能有高的演化潛力，能在短時間內產生適應分歧並拓殖(Kolbe et al. 2004; Kolbe et al. 2008)。然而，近年也有研究顯示，儘管外來種的族群多樣性很低，有些物種仍然能成功入侵非原生地並擴張族群(Tsutsui et al. 2000; Lindholm et al. 2005; Bai et al. 2012; Lobos et al. 2014)，這可能與特定的遺傳組成及該物種在原生地的生活史特性(如：高生殖力)及適應力表現有關(Usio et al. 2016)。

了解外來種能成功入侵非原生地是否有適應力及生態區位的轉換，評估影響外來種成功進駐非原生地的重要生態調節因子及生活史特性為何(Sakai et al. 2001; Rödder and Lötters 2009; Callen and Miller 2015)，是防治外來種的管理流程中一項非常重要的工作，同時也是入侵生物學中非常重要的生態及演化議題(Vellend et al. 2007; Rödder

and Lötters 2009)。而要了解外來種在生態區位範圍是否有在短時間內產生適應分歧 (adaptive divergence) 的發生，以及其與遺傳多樣性的關係為何，都需要藉由比較入侵種在原生地和非原生地族群的生活史特性及生態區位才能得知(Sakai et al. 2001; Escoriza and Boix 2014; Escoriza et al. 2014)，因此，鑑定出外來種的起源地成為幫助防治外來種擴張的重要基本資訊。

斑腿樹蛙是近十年來出現在台灣西部及北部的的外來種蛙類，分布於中國大陸的華南地區、香港、海南島，以及印度與中南半島等地區，屬於地理分布範圍相當廣泛的物種(Kuraishi et al. 2011)。地理分布範圍廣泛暗示斑腿樹蛙可能可以適應相當寬的生態區位，加上過去計畫的研究結果顯示斑腿樹蛙對於台灣被入侵地點的蛙類群聚結構有造成影響，尤其對布氏樹蛙的族群可能有排擠效應。因此，了解在台灣的斑腿樹蛙之原生起源地，有助於未來在生態或遺傳演化層面去探討斑腿樹蛙成功進駐台灣的原因，並制訂合宜的防治策略。

歷史紀錄闕如或資料不完善會使外來種的起源地無法被確認，但是族群遺傳的分析不會受限於歷史紀錄，只要有該物種自然地理分布中不同族群的組織樣本，就能鑑定出外來種起源地(Ficetola et al. 2008; Kuraishi et al. 2009)。而用在鑑定外來種起源地的分子遺傳標誌中，以粒腺體DNA (mitochondrial DNA) 中的cytochrome b (cyt-b) 基因序列最為廣泛使用。因此，在本計畫的族群遺傳分析中，將利用粒腺體DNA (mitochondrial DNA) 中的cytochrome b 基因序列鑑定入侵台灣的斑腿樹蛙之起源地，評估台灣各地的斑腿樹蛙是否皆為同一起源。

## 參、 研究材料與方法

### 一. 斑腿樹蛙分布現況調查

為了解斑腿樹蛙在臺灣實際分布現況與擴散情形，分布現況調查分為1.兩棲類保育志工團隊普查；2.一般民眾通報；3.方格系統分布調查。以下分別描述。

#### 一. 兩棲類保育志工團隊普查

兩棲類保育志工團隊(圖2)由具有獨立調查與蛙種辨識的能力的隊員組成。志工調查方式為普查，調查頻度為一季一次，於1月、4月、7月、10月進行。樣區的地點為志工自行選定，志工在到達樣區調查時，會先目視劃設一條約500m的穿越線，並於穿越線中心記錄一個單位為WGS84經緯度的座標，此座標即為樣區的固定座標，之後再到同樣區調查時皆沿用這個座標，不需重覆標定。調查方式使用目視遇測法(visual encounter method. VEM)與穿越帶鳴叫計數法(audio strip transects. AST)(呂光洋等1996)互相搭配記錄蛙種、數量以及停棲位置於規格化的表格中。志工團隊完成調查後會將資料上傳至兩棲類資源調查資訊網，並由兩棲保育研究室成員每個月進行審核，若發現有志工回報新的斑腿樹蛙族群記錄，則立刻聯繫該志工團隊，並由兩棲類保育研究室成員協同前往進一步調查確認。

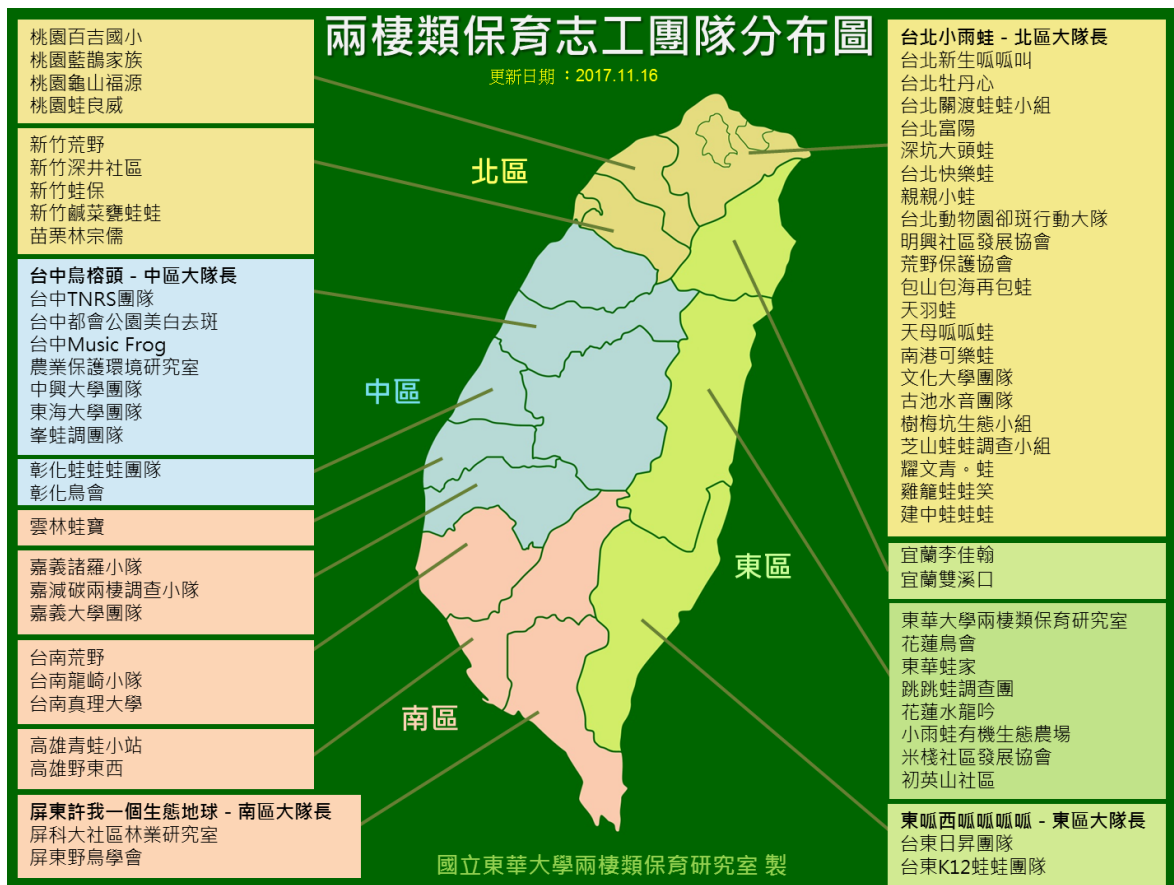


圖 2、2017 年各縣市兩棲類保育志工團隊分布圖

## 二. 一般民眾與蛙友通報確認分布

一般民眾若發現外來種兩棲類，有以下途徑可以通報：(1)先在臺灣兩棲類保育網 (<http://www.froghome.org/>) 加入會員後，於保育網通報系統回報地點、蛙種、蛙種、聲音。(2)直接寫信至東華大學兩棲類保育研究室信箱 ([froghome@mail.ndhu.edu.tw](mailto:froghome@mail.ndhu.edu.tw))。(3)透過臉書社團”台灣兩棲類保育志工”發布文章與圖片來通知社團內志工與東華大學兩棲類保育研究室 (<https://www.facebook.com/groups/froghome/>) (4)透過私人通訊 (以口頭告知或打電話)的方式通報給東華大學兩棲類保育研究室。這4種途徑的回報資料由東華大學兩棲類保育研究室篩選審核，當有新的斑腿樹蛙回報資料，即與通報人員聯絡並前往調查確認。

臺灣兩棲保育志工團隊的臉書社團於2010年成立，社團成員除了兩棲保育志工團隊外，還包含蛙友及一般民眾，截至2018/1/12，共計有5104位成員社團成員。平時成員可在平臺上分享賞蛙心情、問題發問、發布賞蛙活動邀約及通報物種出現。在此社團中有許多對自然生態有興趣、經常進行生態觀察的蛙友，他們具備有蛙類物種辨識



能力，若發現疑似斑腿樹蛙，也會於臺灣兩棲保育志工團隊的臉書平臺或是其他管道通報。社團管理員為東華大學兩棲類保育研究室，每日皆會瀏覽貼文，若發現有新的斑腿樹蛙的通報，即與貼文的成員聯絡並前往調查確認。

### 三. 方格系統調查

#### 3.1 監測樣點挑選

楊懿如等人(2016)統計 2012-2016 年斑腿樹蛙在台灣的分布的 1057 個點，將斑腿樹蛙分布點套疊 5km×5km 方格系統，於每個方格中挑出 1-3 個斑腿樹蛙分布點作為監測樣點。挑選的優先順序如下: 1.斑腿樹蛙與布氏樹蛙共域。2.連續兩年以上發現斑腿樹蛙。3.僅一年調查發現斑腿樹蛙。若監測樣點達連續 2 年以上調查並未記錄到斑腿樹蛙，該樣點將會剔除。

2017 年共挑選 148 個樣點之外如圖 3 至圖 5，其中曾有斑腿樹蛙跟布氏樹蛙共域紀錄的為 56 個，僅有斑腿樹蛙的樣點為 92 個。各樣點詳細資訊列於附錄一。

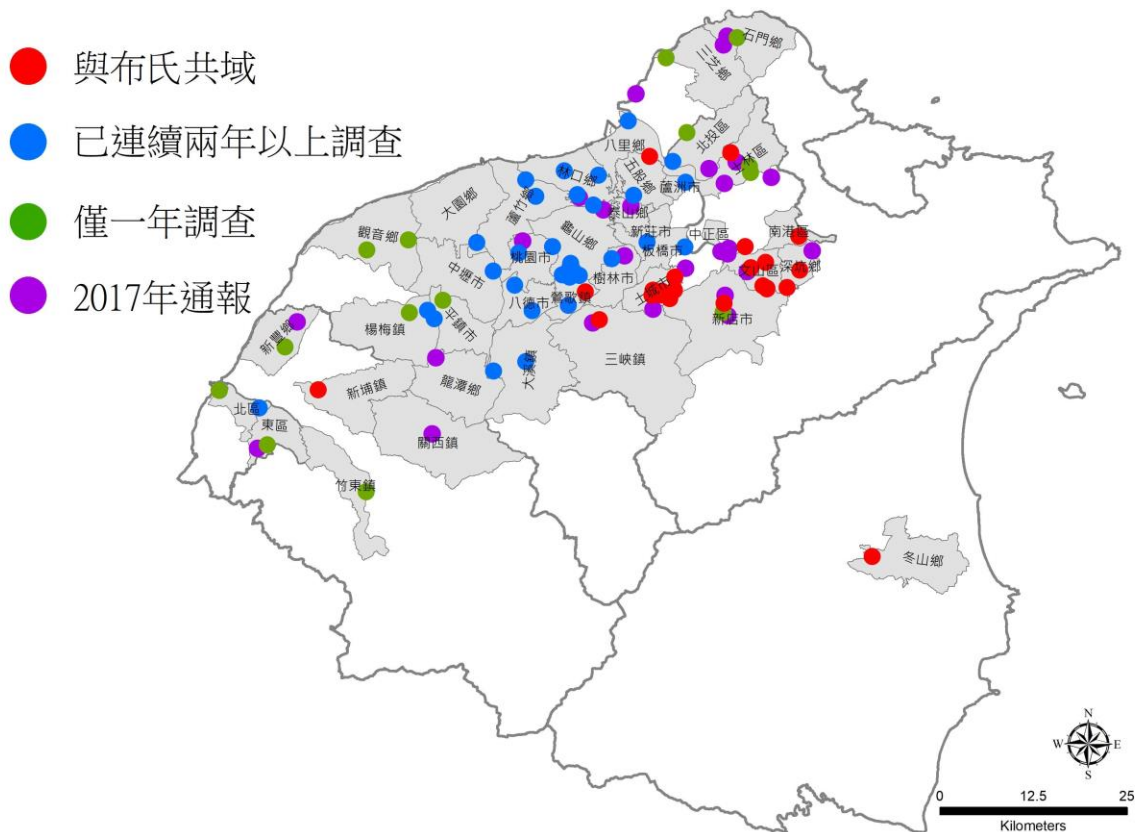


圖 3、台北市、新北市、桃園市、宜蘭縣斑腿樹蛙監測點與通報點。

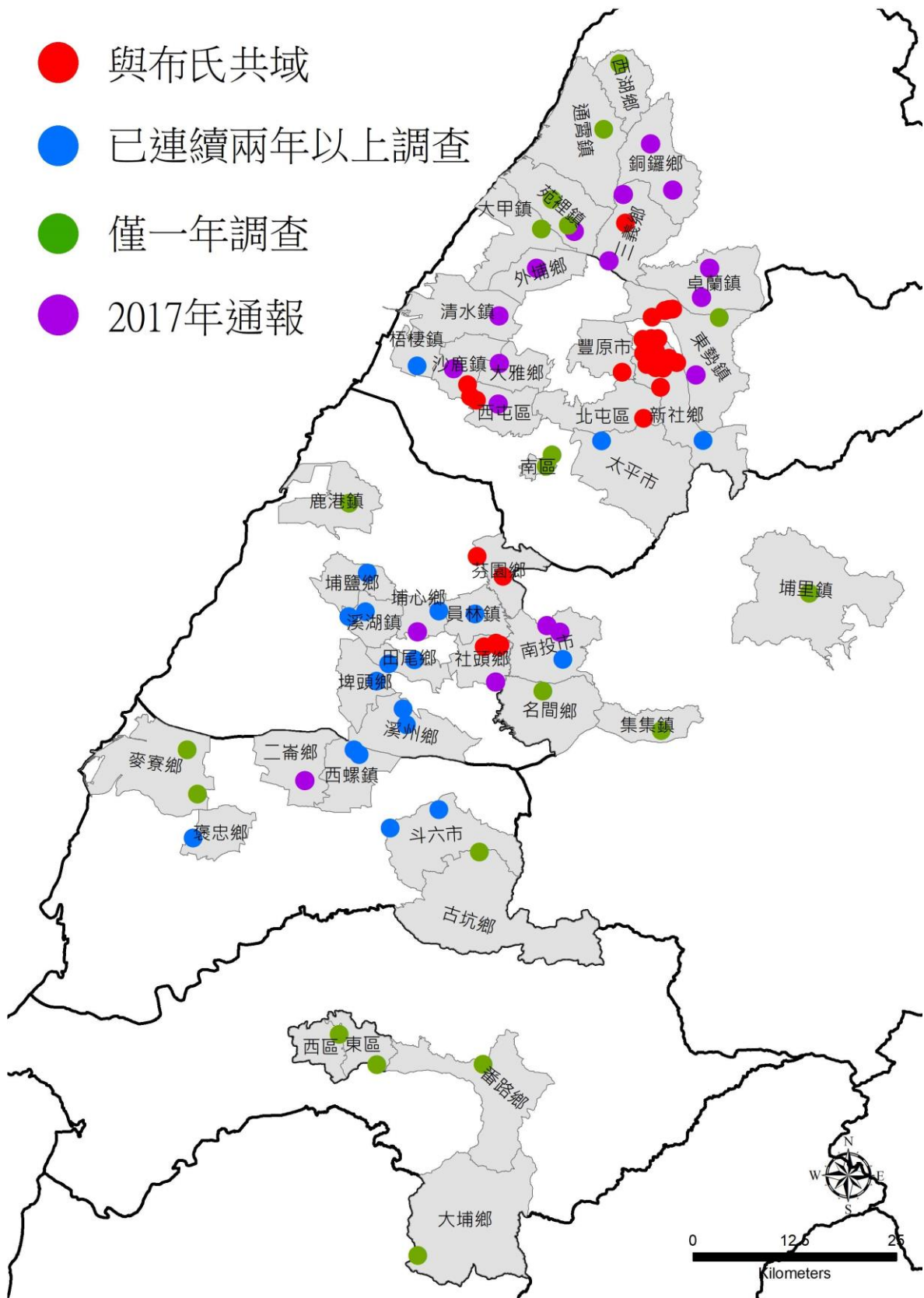


圖 4、台中市、彰化縣、南投縣、雲林縣與嘉義縣斑腿樹蛙監測點以及通報點

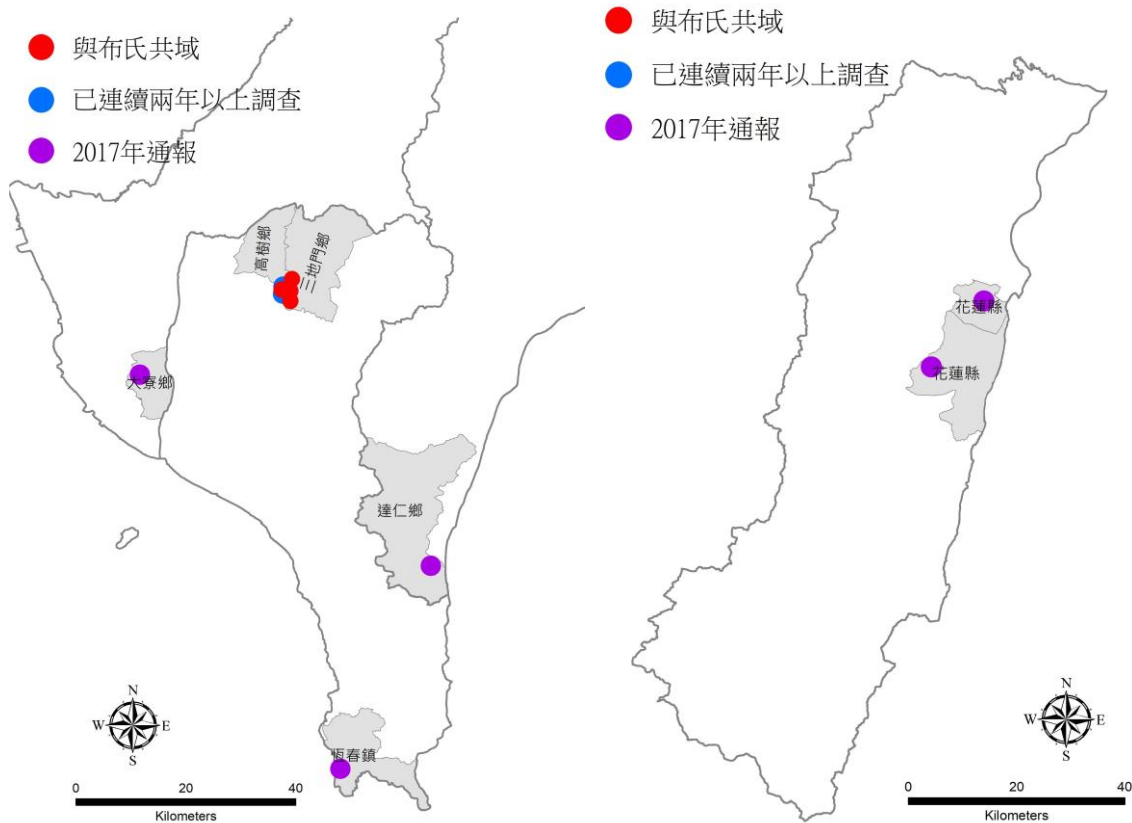


圖 5、高雄市、屏東縣、花蓮縣與台東縣斑腿樹蛙監測樣點與通報點

### 3.2 調查時間、頻度與調查人員

根據楊懿如等人(2013、2014)研究顯示斑腿樹蛙偵測率高達 0.87-0.93，亦即於繁殖季期間進行一次調查約有 87%-93%的機率可以發現斑腿樹蛙，因此本研究於 3-10 月斑腿樹蛙繁殖季時，在各樣點進行至少一次調查。每次調查皆在日落後半小時開始進行，紀錄出現的蛙種、數量與棲地。

為使調查更有效率，調查除了由本研究執行團隊進行外，也依循過去執行模式，邀請具有獨立調查能力、過去也協助斑腿樹蛙普查的台灣兩棲類保育志工團隊合作，志工完成調查後將上傳至台灣兩棲類資源調查資訊網，並由本研究執行團隊審核。2017 年共計有 28 個團隊協助，各團隊調查的樣點列於附錄一。

## 二. 分子技術與族群遺傳關係研究流程

### 一. 樣本採集

樣本採集是透過實驗室學生與台灣兩棲類保育志工前往有斑腿樹蛙族群的樣區進行蛙類普查與移除，移除的斑腿樹蛙個體會帶回國立東華大學兩棲類保育研究室中冷凍存放。目前採集的年份是 2012 年開始至 2016 年。從確認有斑腿樹蛙族群分布的縣市中分別進行採樣。採集的縣市分別是台北市富陽自然公園、新北市八里挖子尾自然保留區、桃園市私人菜園、新竹市南寮海港公園、台中市都會公園、彰化縣田尾鄉蔥洋園、雲林縣新厝公園、南投縣南投市南鄉路等地區。各縣市族群間的地理直線距離，輸入經緯度座標至 Movable Type Scripts 網站 (<http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong-vincenty.html>)，計算出縣市族群間的地理直線距離，以探討地理距離與族群遺傳距離之關係。

也探訪斑腿樹蛙的原生地理分布區域中國雲南，藉由與當地的兩棲爬蟲學者合作，採集斑腿樹蛙的組織樣本。從野外成體的組織採樣以最少為原則，應用 DNA 為分子遺傳標記，不需要很大的動物組織即可進行定序，因此組織採樣以銳利的消毒過的剪刀，剪取成蛙趾頭的一小塊組織至於 99% 酒精保存，這是為目前兩棲類常使用且尚能接受的方式 (Grafe et al. 2011)。

### 二. DNA 萃取以及微衛星基因座擴增

斑腿樹蛙組織樣本將利用 Master Pure™ DNA Purification Kit (EPICENTRE) 萃取基因組 DNA (genomic DNA)。萃取前，先將保存於酒精的組織以二次水 (distilled water) 洗滌兩次，再根據產品的步驟進行 DNA 萃取，最後將乾燥的 DNA 產物溶於 60  $\mu$ l 的 1x TE buffer (10Mm tris, 1mM EDTA, PH 8.0) 中，並保存於 -20°C 冰箱備用。

### 三. 族群遺傳結構分析

獲得所有個體的微衛星基因座的基因型後，以 GenAlEx 6.5 軟體 (Peakall and Smouse 2012) 計算其各別的对偶基因數量、異結合度 (觀察到的異結合度 (Observed heterozygosity,  $H_o$ ) 和期望的異結合度 (Expected heterozygosity,  $H_e$ ))。

在遺傳結構分化方面，以計算分析各年度族群間的遺傳分化指數  $F_{ST}$  (Meirmans

and Hedrick 2011)代表分化程度；其中  $F_{ST}$  數值可依照以下 4 種分化程度作區別： $F_{ST}<0.05$  為無分化， $0.05<F_{ST}<0.15$  為中等分化， $0.15<F_{ST}<0.25$  為高度分化， $0.25<F_{ST}$  為極高度分化(Wright 1978)。分子變異分析則為檢測樣本之間遺傳變異的主要來源是個體內、個體間、或族群間。另外採用 STRUCTURE v.2.3.4 軟體檢測族群的結構組成。分析時，假設所有族群是由同一祖先繁衍下來，因此 STRUCTURE v.2.3.4 軟體中之先祖模式(Ancestry model)中選取混合模式(Admixture model)，對偶基因頻率模式(Alele frequency model)中選取相關模式(Correlations model)，先以 Burnin  $10^5$  次，進行  $10^5$  次 MCMC 演算，分別模擬各年度分群狀況(K 值為 2~族群數)，並重複驗算 20 次，再把結果匯入至 STRUCTURE HARVEST 網站，挑選最有可能的分群結果。

有效族群大小是利用 NeESTIMATOR V2(Do et al. 2014)進行各年度族群的分析，並選擇連鎖不平衡(Linkage disequilibrium)進行估算。為了檢測各年度各縣市族群是否有受到瓶頸效應影響，利用 Bottleneck 1.2.02(Cornuet and Luikart 1996, Piry et al. 1999)來進行分析，此外為了增加結果的可靠性，瓶頸效應的分析採用無限對偶基因模式(infinite allele model, IAM)、逐步突變對偶基因模式(stepwise mutation model, SMM)以及雙向突變模式(two-phased mutation model, TPM)，並選擇 Wilcoxon sign rank test 來進行 10000 次的驗算。族群間分化程度與地理距離相關性部以 GenAlEx 6.5 軟體中的 Mantel test 將基因型估算出的族群間  $F_{ST}$  與地理距離做相關性檢定。

#### 四. 外來種斑腿樹蛙入侵路徑分析

本研究使用軟體 DIYABC v2.1.0(Cornuet et al. 2014)進行斑腿樹蛙在台灣的各種不同的可能入侵路徑推測分析。

首先把各族群的基因座與基因型的數據彙整成軟體所要求的格式，帶入到軟體內計算遺傳數據(Genetic data and Summary statistics)，其中突變速率參數設置中的 Mean mutation rate, Individual locus mutation rate, Mean coefficient P, Individual locus coefficient P, Mean SNI rate 以及 Individual locus SNI rate 均以系統默認參數值進行分析。Summary statistics 設置中 One sample summary statistics 時使用參數: Mean number of alleles, Mean genetic diversity, Mean size variance, Mean Garza-Williamson's M; Two sample summary statistics 時使用參數: Mean number of alleles, Mean genetic diversity,

Mean size variance , Fst , Classification index 等以上進行分析

歷史模式(Historical model)中的情景分析部分，參數值也都是以系統默認參數值進行分析。歷史模式的情境分析，將會根據遺傳結構分析的結果以及目前已知發現縣市族群斑腿樹蛙的年分，綜合兩者來推測並建立斑腿樹蛙的入侵路徑為何。推測的路徑以系統規定指令輸入後，會以演化樹的方式呈現。此研究推測的入侵路徑主要會分成兩個不同的起始縣市去做分析；群組一的情景圖是根據遺傳結構分析的結果，把基因座多樣性最高的新北市族群設為起始地點來做後續的模擬。群組二是根據楊懿如與龔文斌 (2014)研究，把最早發現斑腿樹蛙的彰化縣族群設為起始族群來做後續的模擬。

此外先驗分布值設為： $t_7 > t_6 > t_5 > t_4 > t_3 > t_2 > t_1 > 0$ ； $10000 > N > 1$ ； $10000 > db > 1$ 。模擬數據分析(Simulated data sets)的部分是以系統提供的建議最小值進行模擬計算。模擬數據分析結束後，使用邏輯迴歸分析方法，篩選群組一與群組二後驗概率最高的情景圖後，再進行一次後驗概率比較何者為最佳入侵路徑。

#### 四. 斑腿樹蛙族群數量控制

為持續監控斑腿樹蛙的族群量，從 2016 年度開始，由各兩棲類保育志工團隊在進行蛙類普查時，若發現斑腿樹蛙，即自行移除並上傳調查資料。此外新北市八里挖仔尾與彰化縣田尾會進行每月一次調查與移除控制，而新北市鶯歌碧龍宮、台中市臺中都會公園則改為每季一次的調查與移除控制(前者 1、4、7、10 月，後者 4、6、9、11 月)，並由東華大學兩棲類保育研究室與兩棲類保育志工團隊一起進行(表 1)。移除時間雖然各地有所差異，但皆包含斑腿樹蛙的繁殖期。移除對象包括斑腿樹蛙成蛙、幼蛙、蝌蚪、卵塊。移除後的斑腿樹蛙放置夾鍊袋中，由各辦理單位攜回並置入 $-20^{\circ}\text{C}$ 冰箱中冷凍，數日後直接取出掩埋，或以冷凍宅配方式寄到國立東華大學自然資源與環境學系兩棲類保育研究室，作為後續研究之用。卵塊及蝌蚪則當場就地掩埋。

表 1、2017 年各移除地點負責團隊

縣市	地點名稱	負責團隊	期間
新北市	挖仔尾	東華大學兩棲類保育研究室 深坑大頭蛙	1 月-12 月
新北市	碧龍宮	東華大學兩棲類保育研究室、 臺北牡丹心	1、4、7、10 月
台中市	臺中都會公園	東華大學兩棲類保育研究室、 臺中都會公園美白去斑	4、6、9、11 月
彰化縣	田尾國小與蕙洋園	東華大學兩棲類保育研究室、 彰化烏會	1 月-12 月

## 肆、 結果與討論

### 一、 斑腿樹蛙分布現況

#### 1. 兩棲保育志工團隊普查

2017 年共計 61 個團隊參與調查，涵蓋 22 個縣市(含金馬澎地區)，799 個樣區，上傳了 31,156 筆資料。其中於 13 個縣市發現斑腿樹蛙(圖 6)，調查到 13,225 隻次，包含雄蛙 9,993 隻次，雌蛙 1,795 隻次，未能辨認性別的成蛙 653 隻次，幼蛙 781 隻次，卵塊 244 個以上。

由結果可知，藉由志工協助調查能夠完成大範圍的普查，並有效率的掌握斑腿樹蛙的分布現況。建議未來持續與志工團隊合作進行監測，即時掌握斑腿樹蛙的分布動態，以評估最適宜的監測措施。

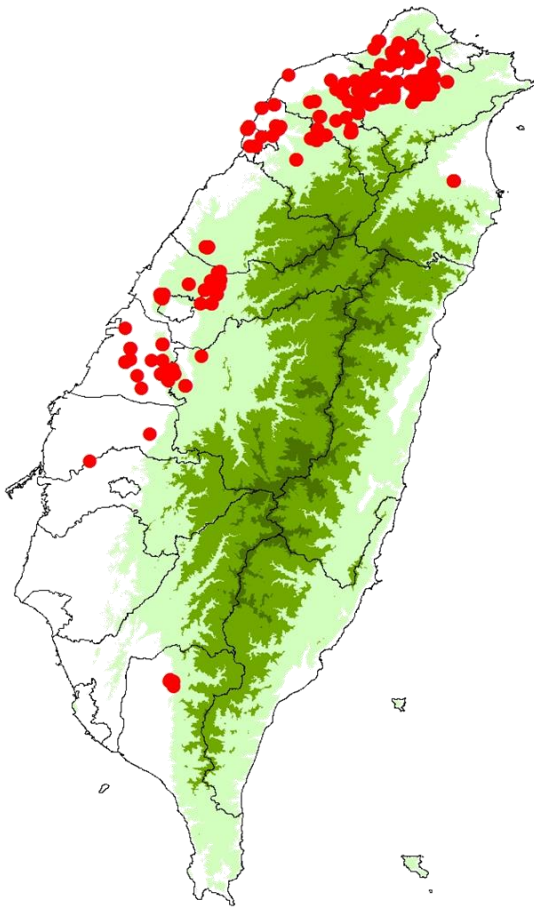


圖 6、2017 年斑腿樹蛙分布圖



## 2. 一般民眾與蛙友通報分布

2017年共計73筆通報記錄(附錄二)，其中70筆確認為斑腿樹蛙。通報方式主要為臺灣兩棲保育志工Facebook社團通報(38筆)、東華大學兩棲類保育研究室信箱通報(14筆)及私人通訊通報(口頭告知與電話通報，21筆)。通報時間集中在4-9月(60筆)。可能原因為這段期間是斑腿樹蛙繁殖期，容易被人發現，確認有斑腿樹蛙分布的地點大多數位於海拔低於600公尺以下人為活動頻繁的地區。

今年通報案件中有些值得注意：如基隆市的天外天復育公園首度通報斑腿樹蛙，調查志工後續追蹤並發現斑腿樹蛙已建立穩定族群。高雄地區有志工通報斑腿樹蛙，但是該地區過往並未受到入侵，因此不確定通報是否為正確，有待持續追蹤。過去斑腿樹蛙通報常有一些特殊案例，像是藉園藝植物擴散或者是利用運輸工具擴散，2014年曾有民眾通報在台北市捷運板南線發現斑腿樹蛙。從以上特殊的通報案件中得知斑腿樹蛙會受人為挾帶而擴散出去，建議未來需加強對外來種的觀念宣導，以減少斑腿樹蛙的擴散機會。

## 3. 斑腿樹蛙在各縣市分布點

2017年共計17個縣市、235個地點有發現斑腿樹蛙族群。相較於2016年新增基隆市，而高雄市目前僅有通報案例，並未確認有族群，有仍須持續追蹤。分布地點最多的縣市為新北市(75個)，其次為台北市(35個)與桃園市(34個)。

綜合2010年到2017年所有斑腿樹蛙分布資料(圖7)，目前野外族群分布的範圍含括14個縣市，由北而南依次為基隆市、台北市、新北市、桃園市、新竹縣、苗栗縣、台中市、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、嘉義市、屏東縣以及宜蘭縣，共計1,085個分布地點。分布點最多的為新北市(346個)，其次為桃園市(206個)與彰化縣(191個)(表2)。

進一步討論2010-2017年的分布變化。圖7顯示2012年斑腿樹蛙集中分布於觀音山、桃園、新社石岡、臺中西屯、彰化田尾等地。2013年在這些地點周圍的臺北市、新北市、桃園市中壢、彰化員林、溪湖等地也陸續發現新族群。隨著人為意外引入與

斑腿樹蛙本身的擴散，2014-2017 年持續發現新的斑腿樹蛙入侵點，且點與點也逐漸形成區域，例如觀音山與其周遭的雙北市和桃園市已相連；臺中市的新社石岡與西屯、梧棲等也明顯有連結的趨勢；彰化田尾也往東接至南投。這些區域面積廣泛且族群量高，很可能也是斑腿樹蛙往外擴散的源頭。值得注意的是 2017 年的分布情形，除了在持續擴張的源頭區有紀錄，在離源頭區較遠的縣市也新增不少斑腿樹蛙分布點，例如新竹縣、苗栗縣、嘉義縣等。這些新增點不僅讓斑腿樹蛙發現的範圍更加廣泛，若各自往外擴散並建立野外族群，並與其他分布地點相連，後續處理將會更加棘手。

斑腿樹蛙的擴散速度快，必須在源頭區域加以控制，因此建議未來的監測方向在於找出分布區域內的斑腿樹蛙棲地連結性，藉由找出關鍵棲地並破壞周圍關連族群的交流，降低其擴散機會以及避免與其他分布點相連。

表 2、2010-2017 斑腿樹蛙分布樣點數

縣市	數量
新北市	346
桃園市	206
彰化縣	191
台中市	156
台北市	83
新竹縣	25
雲林縣	24
屏東縣	20
南投縣	14
苗栗縣	12
宜蘭縣	3
嘉義縣	2
嘉義市	2
基隆市	1
總計	1085

## Distribution areas of *P. megacephalus*

- 2010 - 2011
- 2012 - 2013
- 2014 - 2015
- 2016 - 2017

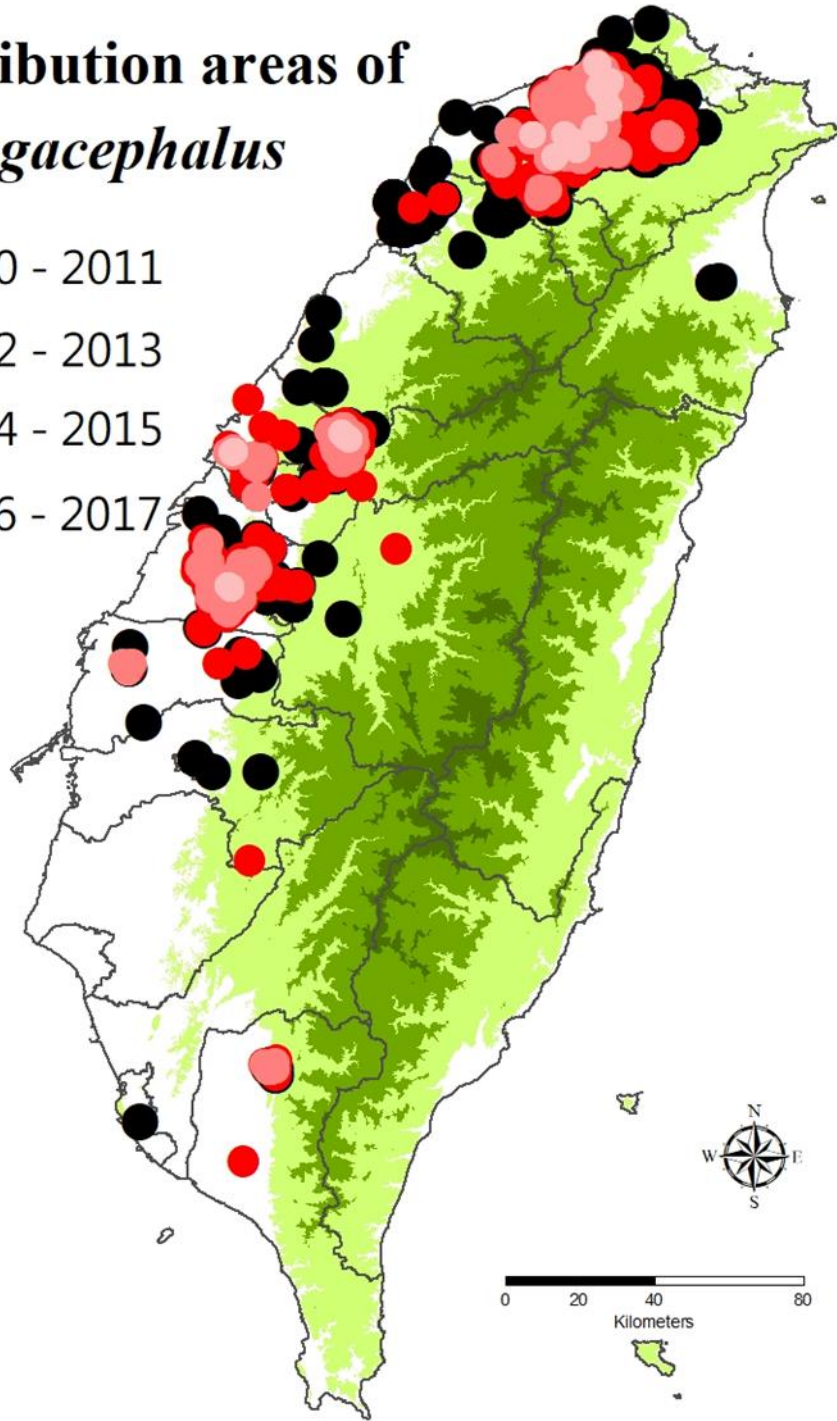


圖 7、2010 年到 2017 年的斑腿樹蛙野外族群分布圖

#### 4. 方格系統調查

在 148 個監測樣點中，109 個發現斑腿樹蛙，未發現斑腿樹蛙的樣點僅有 33 個，未進行監測的點有 6 個。發現斑腿樹蛙的點多集中在台中市與桃園市(表 3)。由此可知斑腿樹蛙不但分布廣泛，族群也維持穩定。148 個樣區共紀錄 6,855 筆、30 種蛙類、23,400 隻次，其中最多隻次的物種為斑腿樹蛙(8,327)、黑眶蟾蜍(2,454)與小雨蛙(1,661)。

##### 4.1 斑腿樹蛙與布氏樹蛙共域點監測

與布氏樹蛙共域的 56 個樣點中(表 3)，扣除今年度未調查的 2 個樣點，記錄到斑腿樹蛙出現的樣點達 49 個佔 90.7%(49/54)，而有紀錄到布氏樹蛙的樣點是 23 個佔 57.4%(23/54)。比較 2015 至 2017 每年皆調查一次以上的 41 個共域樣點，僅有 14 個樣點持續調查到斑腿樹蛙及布氏樹蛙；有 15 個樣點在 2015 年之後僅記錄到斑腿樹蛙，沒有布氏樹蛙；9 個樣點在 2016 年之後僅記錄到斑腿樹蛙。布氏樹蛙消失的樣點多位在台中市(台中市新社、石岡，彰化縣八卦山等)且鄰近森林邊緣，僅有 1 個樣點只記錄到布氏樹蛙而沒有斑腿樹蛙(表 3)。

未再紀錄到布氏樹蛙的部分原因可能是調查誤差(天候、頻度等)，但推測主因還是受到斑腿樹蛙的排擠。斑腿樹蛙與布氏樹蛙在親緣關係(泛樹蛙屬)、繁殖季(春初至秋末)、繁殖地(永久性靜止水域)等生態棲位皆有明顯重疊，一旦共域很有可能發生競爭排擠，然而斑腿樹蛙的體型、窩卵數和繁殖頻度等皆高於布氏樹蛙(吳和謹等人 2010)，在生存上明顯較布氏樹蛙優勢。

在部分共域樣區如明德宮杏花林、石門路、新社紅 3A、寶藏寺後方等樣區，在過去調查中曾有一年或一年以上未發現布氏樹蛙的紀錄，但在今年的調查中卻有記錄到布氏樹蛙，推測是調查誤差或是這些樣點的布氏樹蛙族群有回復的跡象，建議持續關注布氏樹蛙族群變化。另外在屏東口社樣點，過去曾有斑腿樹蛙的紀錄，而在近兩年的調查未記錄到，推測可能該樣點環境不適合斑腿樹蛙建立族群，但布氏樹蛙在該樣點的族群卻是相對穩定的，未來值得深入探討。

## 4.2 斑腿樹蛙分布點監測

在全部已連續 2 年以上共計 59 個監測樣點中(表 3)，2017 年發現斑腿樹蛙的有 48 個(81.3%)，顯示斑腿樹蛙分布廣泛，也顯示多數地區的斑腿樹蛙在入侵後，族群維持穩定。僅進行 1 年調查共計 33 個監測樣點中(表 3)，發現斑腿樹蛙的有 19 個，部分樣點只記錄到布氏樹蛙，加上這些樣點是藉由 2016 年通報資料所篩選，推測是當時意外夾帶或是還未在該處建立族群，進而影響到今年調查但未記錄到的情況，值得持續關注。

分布點監測調查皆在斑腿樹蛙繁殖期進行，楊懿如等人(2014)研究發現斑腿樹蛙的偵測率最高可達 0.91，亦即每次在繁殖期進行調查時，發現斑腿樹蛙的機率為 91%。考量到斑腿樹蛙分布地點越來越多，監測所耗費人力成本也勢必增加，因此建議未來繼續與志工團隊合作，篩選鄰近志工團隊固定樣區或重要蛙類棲地，建立長期樣點，持續進行調查，頻度則可維持一年一次，以最有效率的方式監測斑腿樹蛙的擴散與分布。

表 3、2017 年度 148 個監測樣點歷年調查狀況(-為未調查、1 為有紀錄、0 為為紀錄)

調查 情況	縣市	樣點名稱	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
			布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿
	台北市	明德宮杏花林	-	-	-	-	1	1	0	0	0	1	1	1
	台北市	明興里生態區	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1
	台北市	草湳	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
	台北市	富陽公園	-	-	-	-	1	1	1	1	0	1	0	1
	台北市	樟樹步道水田	-	-	-	-	1	1	1	1	0	1	1	1
	台北市	貓空茶園	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1	0	1
斑腿	台北市	台北市立動物園	-	-	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
布氏	台北市	南港區山水綠生態公園	-	-	-	-	-	-	0	1	1	1	1	1
共域	台北市	天母水管路古道	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1
	新北市	土城青雲路	-	-	-	-	1	1	1	1	0	0	0	1
	新北市	土城彈藥庫	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	新北市	山中湖 B	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	新北市	介壽路一段 238 巷	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	0	1
	新北市	碧龍宮	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	新北市	觀音山田埔巷 4	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	新北市	中和 11 工廠菜園	-	-	-	-	1	1	1	1	0	1	0	1
	新北市	向天湖	-	-	-	-	-	-	1	1	0	1	1	1
	桃園市	和美山步道	-	-	1	1	-	-	0	1	0	1	0	1
	桃園市	石門路	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1	1	1
	桃園市	石門路 B	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1	0	1

表 3、2017 年度 148 個監測樣點歷年調查狀況(-為未調查、1 為有紀錄、0 為為紀錄)(續)

調查 情況	縣市	樣點名稱	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
			布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿
	桃園市	承天路	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1	0	1
	新竹縣	墾園農場	-	-	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1
	苗栗縣	西湖渡假村	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	台中市	七分荒塘	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1
	台中市	新社石岡 1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	台中市	新社石岡 2-3	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
斑腿	台中市	新社石岡 3	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
布氏	台中市	新社石岡 16	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1
共域	台中市	新社石岡 17	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
	台中市	新社石岡 18	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
	台中市	新社石岡 22	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
	台中市	新社石岡 25	0	1	1	1	-	-	0	1	0	1	0	1
	台中市	新社石岡 26-2	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
	台中市	新社石岡 32-2	1	0	1	1	1	0	0	1	-	-	-	-
	台中市	新社紅 3A	-	-	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
	台中市	中和街二段 280 巷底	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	台中市	崑南街	0	1	0	1	1	1	-	-	1	1	-	-
	台中市	香菇之家	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1
	台中市	新社國小	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	台中市	興中街	-	-	1	1	-	-	1	1	0	1	0	1

表 3、2017 年度 148 個監測樣點歷年調查狀況(-為未調查、1 為有紀錄、0 為為紀錄)(續)

調查 情況	縣市	樣點名稱	2012		2013		2014		2015		2016		2017		
			布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	
斑腿 布氏 共域	台中市	中都 4A	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
	台中市	中都 8A 牛頂頭	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	
	台中市	中都 8E 甘露寺	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	
	台中市	牛烏攔溪生態池	-	-	-	-	-	-	1	1	1	0	1	1	
	台中市	中正露營區	-	-	-	-	1	0	1	1	1	0	1	1	
	彰化縣	八卦山 1	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1	0	1	
	彰化縣	八卦山 2	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1	0	1	
	彰化縣	八卦山 4	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1	0	1	
	彰化縣	八卦山 5	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1	0	1	
	彰化縣	八卦山蝴蝶園	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	
	彰化縣	寶藏寺後方	-	-	-	-	-	-	1	1	0	1	1	1	
	屏東縣	大陸觀外圍 01	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1	0	1	
	屏東縣	大陸觀外圍 07	-	-	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
	屏東縣	賽嘉巷水溝	-	-	-	-	1	1	0	0	1	1	1	1	
	屏東縣	口社	-	-	-	-	1	1	1	0	1	0	1	0	
	宜蘭縣	淋漓坑	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	
	已連續 兩年以 上調查	新北市	4-2 蘆堤幸福菜園	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
		新北市	中和 15 工廠菜園	-	-	-	-	-	-	1	1	0	1	0	1
		新北市	關渡自然公園	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
新北市		挖仔尾	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1	



表 3、2017 年度 148 個監測樣點歷年調查狀況(-為未調查、1 為有紀錄、0 為為紀錄)(續)

調查 情況	縣市	樣點名稱	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
			布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿
	新北市	關公嶺北天宮	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	新北市	瓊林有機農園	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	新北市	南勢街	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	新北市	泉州街 2	-	-	-	-	-	-	0	0	0	1	0	1
	新北市	紅中湖路	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	新北市	鄉民農園	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	新北市	嘉寶國小	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	0
	新北市	外寮路池塘	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	桃園市	海萍路 16 巷	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0
	桃園市	大丘田	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1
	桃園市	五青路 2	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
已連續	桃園市	外社(紅)	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
兩年以	桃園市	石園路	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
上調查	桃園市	好時節農場	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	桃園市	尖山路	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	桃園市	成功工商周邊	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0
	桃園市	育英街	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0
	桃園市	忠孝路(紅)	-	-	-	-	-	-	0	0	0	1	0	1
	桃園市	明成街菜園	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1
	桃園市	茄苳路	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	桃園市	桃 42	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1

表 3、2017 年度 148 個監測樣點歷年調查狀況(-為未調查、1 為有紀錄、0 為為紀錄)(續)

調查 情況	市市	樣點名稱	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
			布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿
	桃園市	桃一 9	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	桃園市	桃二 8	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	桃園市	桃三 7	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	桃園市	桃中壠 17	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	桃園市	桃園溼地復旦路 5.1	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	桃園市	福源山步道	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1
以連續	桃園市	福源山登山步道口	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1
兩年以	桃園市	蕭厝坑步道	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1
上調查	新竹市	北區舊社國小附近	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	0	0
	台中市	中興街 2	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	台中市	太平國中	-	-	-	-	-	-	1	1	0	0	0	1
	台中市	崑南街	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
	台中市	新社區沐心泉餐飲區旁的小池子	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	-	-
	台中市	梧棲林宅	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	彰化縣	大同 12 街	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	彰化縣	民生路蕙洋園	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	彰化縣	前溪底	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
	彰化縣	員林紅 10A	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	彰化縣	員林紅 1B	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1

表 3、2017 年度 148 個監測樣點歷年調查狀況(-為未調查、1 為有紀錄、0 為為紀錄)(續)

調查 情況	縣市	樣點名稱	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
			布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿
以連續 兩年以 上調查	彰化縣	溪湖鎮肉品市場	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	0	1
	彰化縣	彰 27B	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	彰化縣	彰 36A	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	彰化縣	彰 42A	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
	彰化縣	稻香生態農園	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	南投市	南鄉路	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	雲林縣	斗六工業區	-	-	-	-	-	-	-	1	0	0	0	1
	雲林縣	西螺大橋 1	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	雲林縣	西螺大橋 2	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	雲林縣	溪州國小附近的漢記公園	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	0	1
	雲林縣	新厝公園	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	1
	屏東縣	大陸觀 B 池	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
	屏東縣	大路觀 A 池	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
	屏東縣	大路觀外圍 06	-	-	-	-	-	-	1	0	0	1	0	1
屏東縣	大路觀外圍 11	-	-	-	-	-	-	0	1	0	1	0	0	
只進行 一年調查	台北市	雙溪國小校園稻田	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	台北市	至善路三段 7 巷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
	新北市	三芝區芝蘭路 62 號	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	新北市	石門區七股小坑路	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	新北市	淡水區秀水路(開心農場旁邊)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1

表 3、2017 年度 148 個監測樣點歷年調查狀況(-為未調查、1 為有紀錄、0 為為紀錄)(續)

縣市	樣點名稱	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
		布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿
	新北市 直潭國小側門附近私人菜園	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	桃園市 中壢區山東里青埔附近	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
	桃園市 觀音區育仁國小	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	桃園市 平鎮市長安路 168 號	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	桃園市 楊梅區幼獅路三段 366 巷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
	新竹縣 竹東河濱公園榮民醫院端	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
	新竹縣 新豐鄉 中崙村 4 鄰 156 之 1 號	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
	新竹市 東區高峰路 439 巷古奇峰何家園餐廳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0
只進行	新竹市 南寮漁港運動公園	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
一年調查	苗栗縣 苗栗線楓樹窩石虎米	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	苗栗縣 西湖鄉湖東村湖東 1 號	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	苗栗縣 苑裡鎮泰田里	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
	苗栗縣 苑裡鎮 德行路	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	台中市 中興大學	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	台中市 台中文創園區	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	台中市 大甲區幸福里	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
	台中市 東勢林場	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	彰化縣 鹿港鎮詔安里竹圍巷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
	南投縣 名屋鄉新大巷 3 之 38 號	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	南投縣 特生中心生態園區	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0

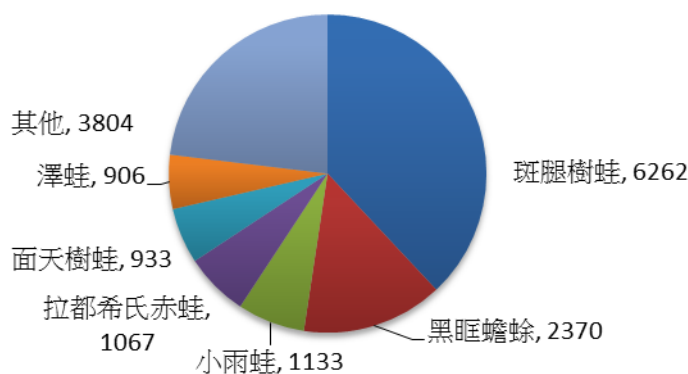
表 3、2017 年度 148 個監測樣點歷年調查狀況(-為未調查、1 為有紀錄、0 為為紀錄)(續)

縣市	樣點名稱	2012		2013		2014		2015		2016		2017	
		布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿	布氏	斑腿
	南投縣 黃清松的巴西蘑菇栽培場	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	雲林縣 福爾摩沙高速公路附近	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0
只進行	雲林縣 麥寮鄉新吉村吉安宮北方	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
一年調查	雲林縣 麥寮鄉興華國小南方 156 縣道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1
	嘉義縣 大埔鄉曾文水庫	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	嘉義縣 凍子嶺 159 甲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	嘉義市 仁義高中與忠義堤防道路	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0
	嘉義市 香湖公園	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0

## 二、 共域蛙種組成比較

在 148 個監測樣點中，選出與去年相同的 110 個樣點進行比較，這兩年佔組成蛙種比例最高的前六名皆相同(圖 8)，分別為：斑腿樹蛙、黑眶蟾蜍、面天樹蛙、澤蛙、拉都希氏赤蛙、小雨蛙。2016 年所佔比例最多是斑腿樹蛙，而在 2017 年依舊以斑腿樹蛙的所佔比例遠高於其他蛙種。會有這樣的結果，可能是因鼓勵團隊自主移除斑腿樹蛙所造成，如台北市立動物園的臺北動物園卻斑行動大隊志工團隊、新竹蛙保團隊、鹹菜甕蛙蛙團隊與南港可樂蛙等多個團隊積極的調查及自行移除斑腿樹蛙，因為以斑腿樹蛙為主要調查對象，因此增加了許多斑腿樹蛙的紀錄。

### a.2016年110個斑腿監測樣區蛙種組成



### b.2017年110個斑腿監測樣區蛙種組成

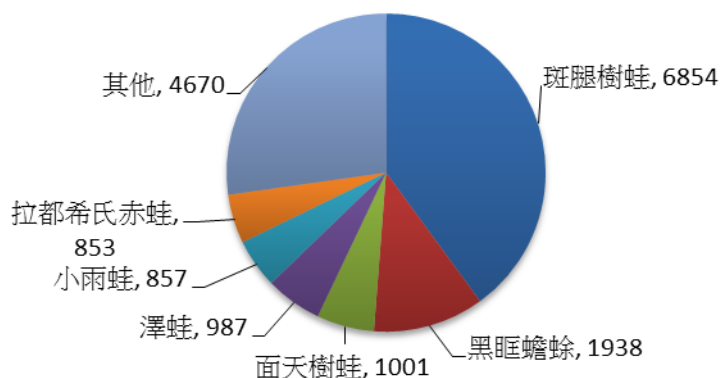


圖 8、2016(a)、2017(b)年 110 個斑腿樹蛙監測樣點蛙種組成

以下針對挖仔尾地區、碧龍宮、臺中都會公園的共域蛙類調查結果分別進行說明。

### 1. 新北市八里區挖仔尾地區

自 2011 至 2017 年間，進行每月一次斑腿樹蛙族群監控活動時，同時進行蛙類相調查，總計調查到黑眶蟾蜍、中國樹蟾、小雨蛙、腹斑蛙、貢德氏赤蛙、拉都希氏赤蛙、長腳赤蛙、福建大頭蛙、澤蛙、褐樹蛙、虎皮蛙以及斑腿樹蛙共 12 種蛙類。選擇斑腿樹蛙之外數量最多的五種蛙種(黑眶蟾蜍、中國樹蟾、小雨蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙)與之進行比較，從圖 9 可知斑腿樹蛙 2011 年至 2017 年皆為八里挖仔尾地區的優勢物種。2011 年的比率為 59.8%(67/112)，2012 年則佔 62.9%(455/723)、2013 年佔 37.9%(714/1844)、2014 年佔 45.54%(746/1638)，2015 年至 2017 年維持在 52.6%-53.8% 比率[2015 年 53.8%(382/709)、2016 年 52.5%(507/965)、2017 年 52.6%(479/909)]。上述結果顯示可能受到連續 7 年、每月 1 次的移除影響，自 2013 年開始斑腿樹蛙的比率多抑制在 55% 以下。與斑腿樹蛙共域的貢德氏赤蛙與黑眶蟾蜍，二者在 2013 年後開始比率逐年增加，但中國樹蟾在 2017 年的比率稍微下降，未來值得多加留意。從蛙種組成比率來看，推測八里挖仔尾地區的斑腿樹蛙族群可能已經控制在一定的數量比率。

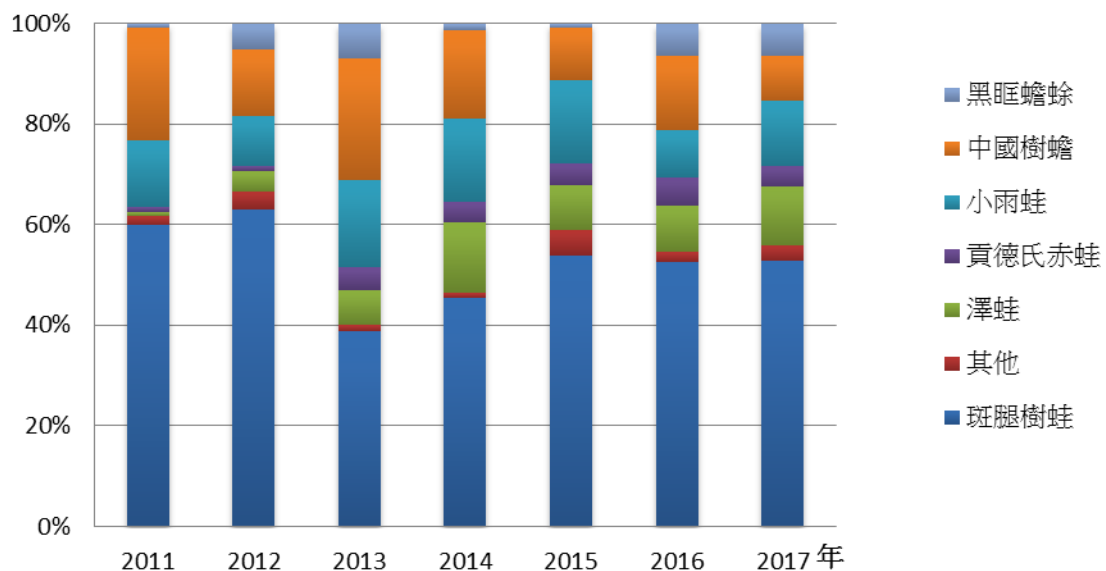


圖 9、2011-2017 年八里挖仔尾地區與斑腿樹蛙共域蛙種比率圖

## 2. 新北市鶯歌區碧龍宮

自 2011 至 2015 年間進行每月一次斑腿樹蛙族群監控活動暨蛙類相調查，從 2016 年開始進行每季調查一次。2017 年度碧龍宮總計調查到黑眶蟾蜍、盤古蟾蜍、小雨蛙、貢德氏赤蛙、拉都希氏赤蛙、長腳赤蛙、澤蛙、福建大頭蛙、日本樹蛙、台北樹蛙、美洲牛蛙褐樹蛙以及斑腿樹蛙共 13 種蛙類，2017 年碧龍宮的優勢物種為拉都希氏赤蛙(圖 10)。從 2011 年至 2015 年斑腿樹蛙佔共域蛙種的比率多控制在 21% 以下，最低是 2014 年 7.45(24/322)，最高是 2011 年佔 20.68%(55/266)，其他三年的比率約 14%-16%[2012 年 14.51%(101/696)；2013 年 14.37%(124/863)；2015 年 15.65%(53/317)]。而 2016 與 2017 年改成四季的移除控制，結果一樣發現斑腿樹蛙佔共域蛙種的比率控制在 25% 以下[2016 年 21.4%(27/126)、2017 年 22.7%(23/101)]。優勢物種以拉都希氏赤蛙為主，碧龍宮是少數斑腿樹蛙非優勢種的樣區，原因可能是競爭蛙種多加上定期移除的壓力造成。碧龍宮緊鄰山區，地理環境也較其他斑腿樹蛙分布點特殊，未來可以做為斑腿樹蛙是否擴散進森林的指標。

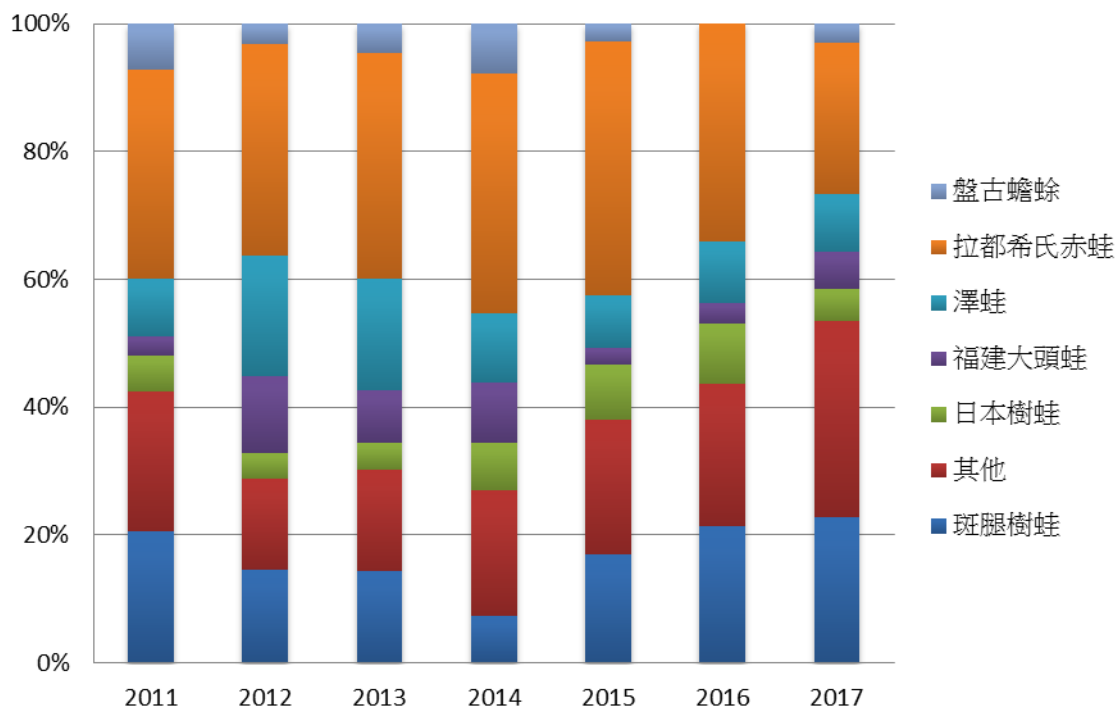


圖 10、2011-2017 年鶯歌碧龍宮與斑腿樹蛙共域之蛙種比率圖



### 3. 臺中都會公園

自 2011 至 2015 年間進行每月一次斑腿樹蛙族群監控活動暨蛙類相調查，從 2016 年開始進行一季一次，總計調查到黑眶蟾蜍、中國樹蟾、小雨蛙、貢德氏赤蛙、澤蛙、虎皮蛙以及斑腿樹蛙共 7 種蛙類，從圖 11 可得知斑腿樹蛙從 2012 年至 2017 年皆為臺中都會公園的優勢物種。2012 年至今針對斑腿樹蛙進行移除，發現斑腿樹蛙佔共域蛙種的比率，在開始控制的 2012 年比率高達 74.77% (163/218)，2013 年至 2016 年皆控制在 50%-60% 之間[2013 年佔 51.76% (396/765)；2014 年佔 57.85%(538/930)；2015 年佔 57.75%(397/671)；2016 年 53.8%(361/671)]。而 2017 年的四季移除控制下，結果得到斑腿樹蛙依然為優勢種，進一步分析原生蛙種的比率，中國樹蟾以及黑眶蟾蜍的比率則是跟去年一樣維持一定比率。但值得注意的是貢德氏赤蛙的比率下降許多，間接造成 2017 年斑腿樹蛙的比率跟 2013 至 2016 年相比上升至 73.7%(312/423)。影響的原因推測是由於中都公園改成每季調查一次的方式，加上大部分參與的志工主要是以移除斑腿樹蛙為主，可能會漏記錄園區內的一些活動於地面上的兩棲類如貢德氏赤蛙、澤蛙等，未來應多加注意，避免造成偏差。

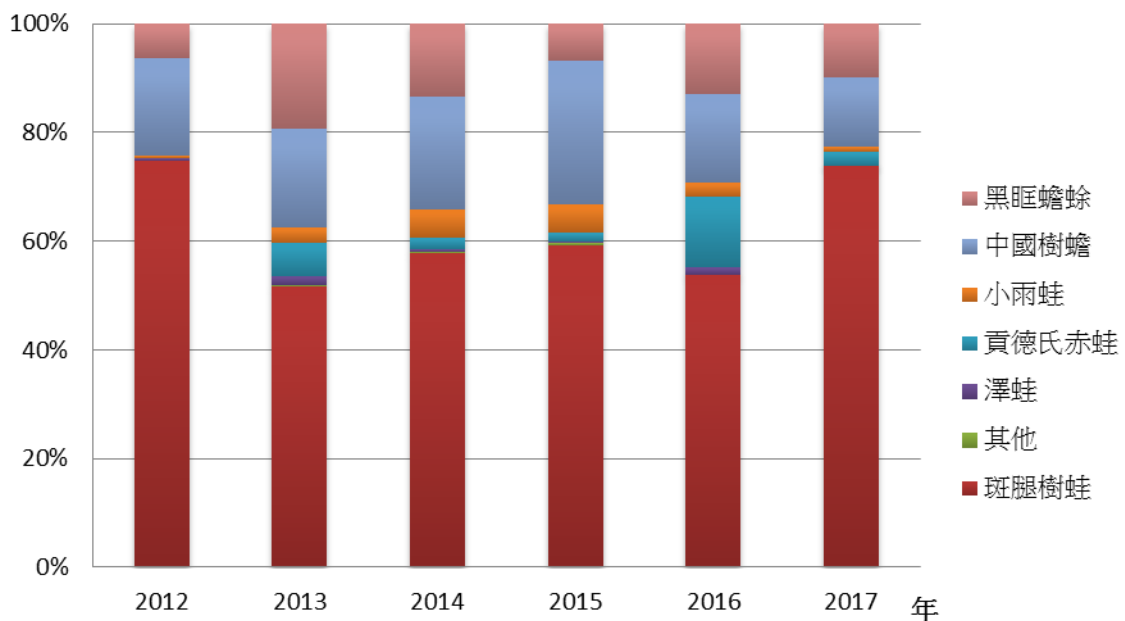


圖 11、2012-2017 年臺中都會公園與斑腿樹蛙共域之蛙種比率圖

### 三、 斑腿樹蛙的控制成效

2017 年於新北市八里區挖仔尾地區、新北市鶯歌區碧龍宮、台中市西屯區臺中都會公園、彰化縣田尾鄉田尾國小和蕙洋園共四個地點定期移除控制斑腿樹蛙族群，總計參與人數共 708 人，移除數量共 841 隻次。以下分別描述。

#### 1. 新北市八里區挖仔尾地區

2017 年參與人次共 274 人次，共移除 342 隻(表 4)。移除數量以 1-2 月及 10-12 月較低，原因是受到氣候條件影響。1 月的氣溫偏低(15.3°C)、濕度乾燥(71%)，2 月的氣溫也偏低(12.2 °C)、濕度乾燥(58%)，以及 10 月活動當天遇到大雨而不適合蛙類活動。移除數量及參與人數無明顯相關(圖 12)，特別是今年 3 月份兩棲保育研究室與江翠國中合辦資優班的蛙類課程，利用闖關方式讓學生了解蛙類知識以外，也結合夜間斑腿移除活動，達到學術與實作的經驗。另外在與去年度相比之下，參與的調查人數差不多但移除的數量卻明顯變少，推測八里挖仔尾地區的斑腿樹蛙的族群已經控制在一定的數量之內。預計於 2018 年度八里挖仔尾地區的移除活動將改成 1 季 1 次，該地區斑腿樹蛙族群是否已受到控制，值得持續注意。

表 4、2017 年新北市八里區挖仔尾地區斑腿樹蛙移除數量與參與人數

日期	移除數量(隻)	參與人數
1 月 14 日	3	11
2 月 11 日	5	17
3 月 12 日	30	94
4 月 10 日	88	28
5 月 13 日	66	30
6 月 10 日	29	20
7 月 10 日	48	11
8 月 12 日	28	14
9 月 9 日	32	24
10 月 14 日	5	6
11 月 18 日	6	8
12 月 16 日	2	11
總和	342	274

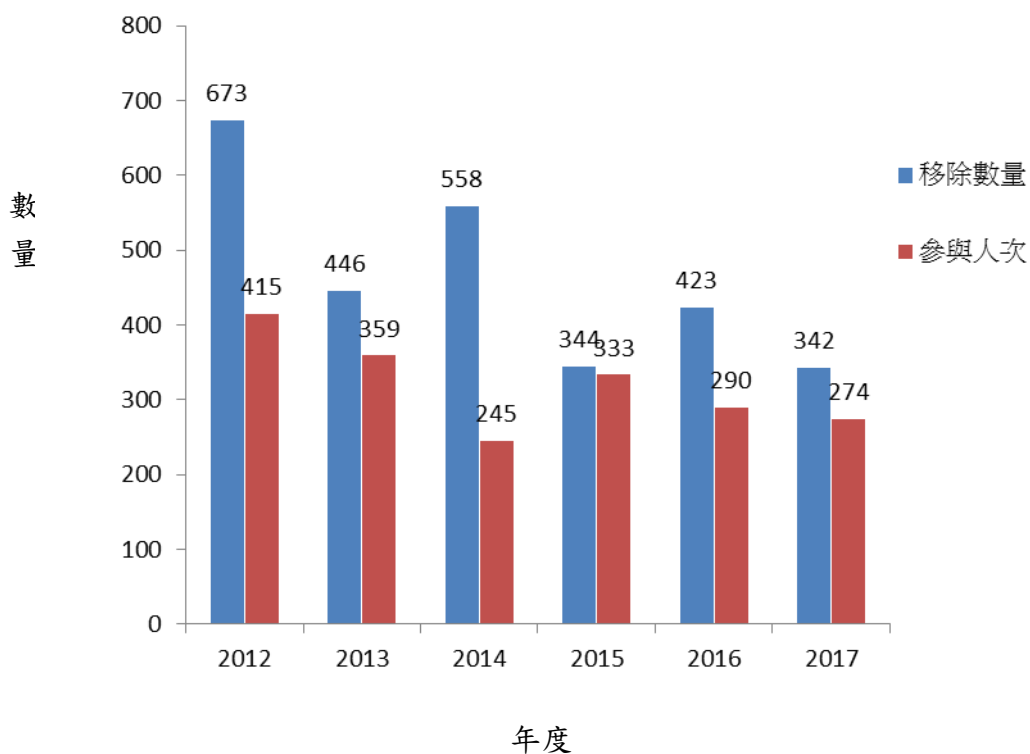


圖 12、挖仔尾地區 2012-2017 年間斑腿樹蛙移除總數與參與人數

## 2. 新北市鶯歌區碧龍宮

2017 年參與人次共 22 人次，移除 23 隻。移除數量不論是繁殖季或非繁殖季，各月份移除數量都少 10 隻(表 5)；2012-2017 年間斑腿樹蛙移除數量與參與人數如圖 13，碧龍宮地區調查到的斑腿樹蛙數量低，也非優勢物種，移除數量相對少。控制進入第三年時(2014 年)時捕獲量明顯下降，但到了 2015 年時捕獲量又些微略升，然而 2017 年的捕獲量結果有明顯的下降，推測原因可能當族群量壓低至一定程度後，捕捉會越來越困難，導致移除數量偏低；加上碧龍宮改成一季一次的移除控制，努力量相對減少，甚至調查當天的天氣狀況也會影響移除數量。從連續 2 年進行一季一次的調查結果來看，2017 年度的移除數量低於 2016 年，但不確定是否該地區的斑腿樹蛙族群數量大幅減少，或者是因為躲避在不容易移除的地方而導致移除數量驟減，值得持續注意。

表 5、2017 年新北市鶯歌區碧龍宮斑腿樹蛙移除數量與參與人數

日期	移除數量(隻)	參與人數
1 月 18 日	4	5
4 月 19 日	6	6
7 月 19 日	9	7
10 月 26 日	4	4
總和	23	22

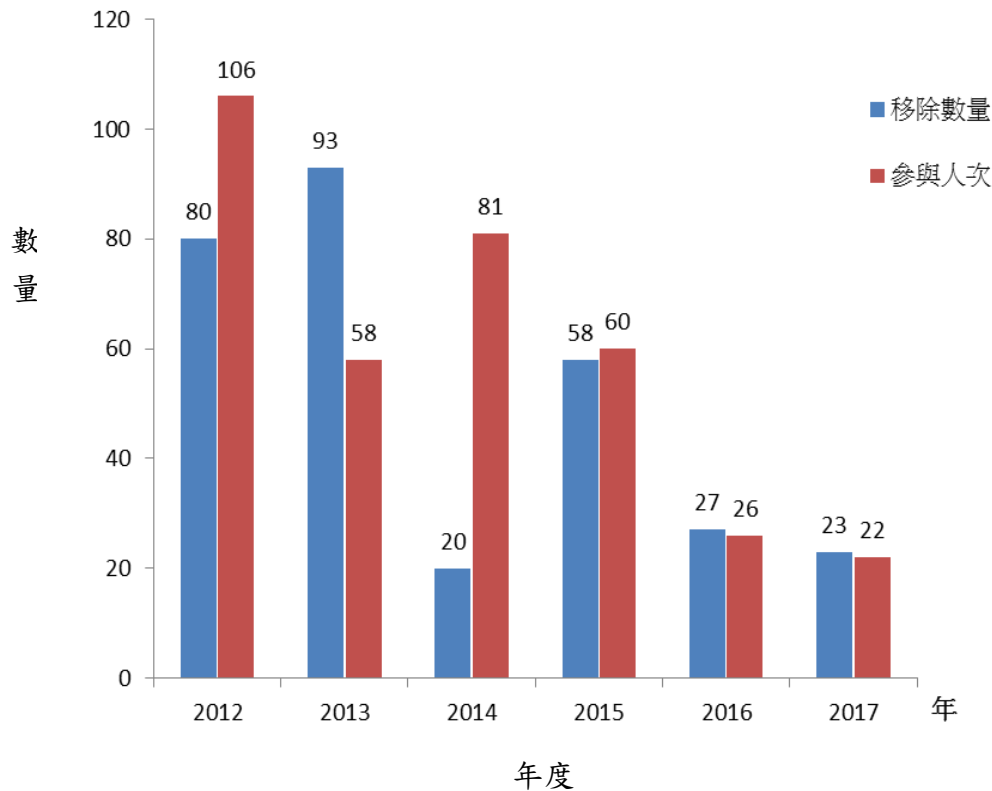


圖 13、碧龍宮 2012-2017 年間斑腿樹蛙移除總數與參與人數

### 3. 台中市西屯區台中都會公園

2017 年參與人次為 259 人次，移除 312 隻(表 6)。6 月移除數量較低，推測與環境因子(6 月的氣溫為 30°C，溼度為 69%)有關，使得斑腿樹蛙的移除隻數偏低(移除 11 隻次)。斑腿樹蛙在 9、11 月非繁殖季時會從水域遷移至裸露地與樹木，較容易被發現，共捕捉 214 隻。

2013-2015 年台中都會公園每個月進行一次控制活動，從 2016 年改成一季一次的移除活動，2012-2017 年間移除斑腿樹蛙與參與人數如圖 14，結果看來，2017 年 259 人次共計移除 312 隻，和 2016 年 244 人次共計移除 323 隻，移除成效相似。2013、2014 年移除的數量均超過 440 隻以上，高於 2015-2017 年每年的移除數量。因此斑腿樹蛙族群是否已控制在一定的族群數量，未來還需要持續追蹤。另外今年度的 4 次移除活動搭配兩棲類生態保育講座，講師分別是文化大學生命科學系巫奇勳助理教授、嘉義大學生物資源系許富雄副教授、特有生物研究中心林春富研究員與東華大學兩棲類保育研究室謝凱傑同學，吸引許多對於生態保育有興趣的民眾報名參加，因此建議未來持續善用媒體加強一般民眾對外來種認知、協助監測外，也能宣傳大眾參與移除

活動，增加控制成效。

表 6、2017 年台中市西屯區臺中都會公園斑腿樹蛙移除數量與參與人數

日期	移除數量(隻)	參與人次
4 月 29 日	87	71
6 月 24 日	11	60
9 月 9 日	129	63
11 月 4 日	85	65
總和	312	259

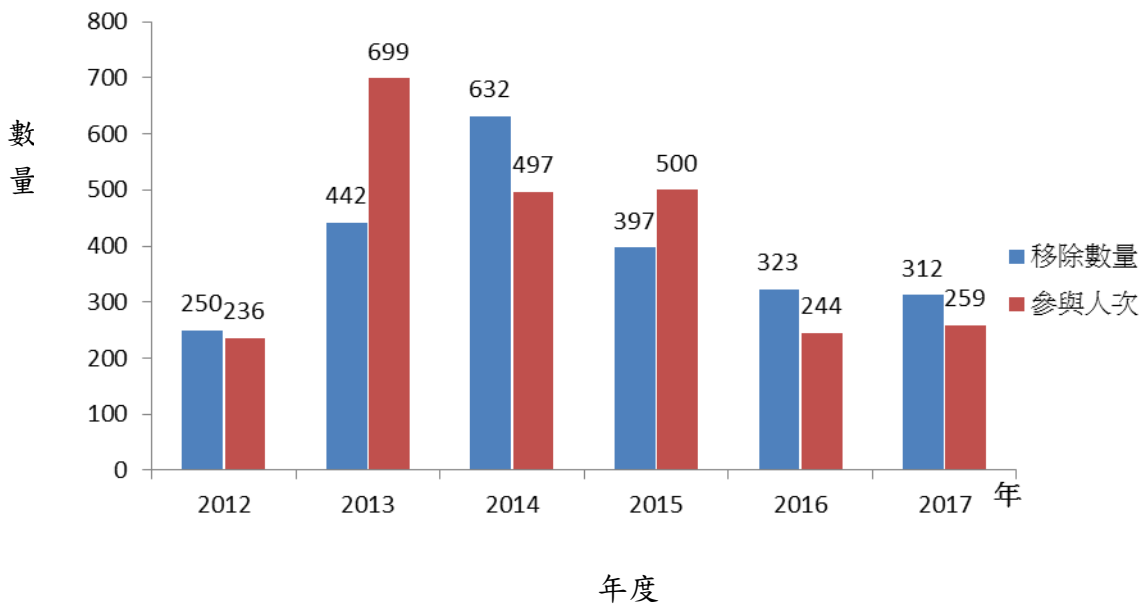


圖 14、臺中都會公園 2012-2017 年間斑腿樹蛙移除總數與參與人數

#### 4. 彰化縣田尾鄉田尾國小、蕙洋園

2017 年參與人次共 159 人次，移除 170 隻(表 7)，移除數量集中在 4-10 月，移除數量最少的月份為 1-2 月。2012-2017 年間移除的斑腿樹蛙與參與人數如圖 15，2014 年移除 310 隻數量最多，但 2015 年開始數量下降，2015 年及 2016 年各移除 207 隻及 250 隻，2017 年下降至 170 隻。近年來在田尾國小校園內移除到斑腿樹蛙的比率逐漸變少，推測有可能田尾國小校園內的族群已控制在很低的比率，所以間接導致移除數量比往年少，未來值得注意田尾國小的斑腿樹蛙族群是否達到完全移除的成效。

表 7、2017 年彰化縣田尾鄉田尾國小及蕙洋園斑腿樹蛙移除數量與參與人數。

日期	移除數量(隻)	參與人次
1 月 14 日	3	8
2 月 18 日	10	10
3 月 25 日	18	8
4 月 29 日	23	11
5 月 20 日	17	11
6 月 26 日	8	42
7 月 29 日	24	11
8 月 19 日	8	19
9 月 23 日	14	7
10 月 28 日	21	15
11 月 18 日	16	10
12 月 9 日	8	7
總和	170	159

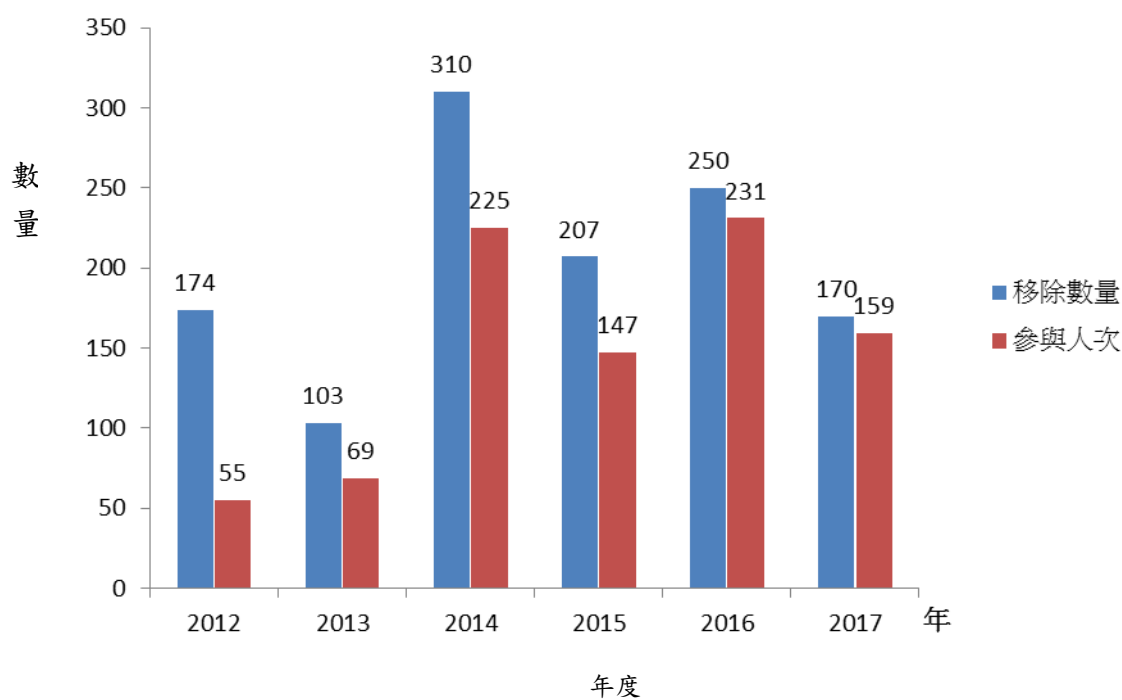


圖 15、田尾鄉田尾國小及蕙洋園 2012-2017 年間斑腿樹蛙移除總數與參與人數

#### 四、 志工團隊自行斑腿樹蛙移除成效

今年度自主移除的斑腿樹蛙數量為雄蛙 5523 隻次、雌蛙 1314 隻次、幼體 500 隻次、無法辨認的成蛙 401 隻次共總計 7738 隻次，以及卵塊 322 個。自行進行移除的團隊共計 12 個(表 8)，其中主要以台北動物園卻斑大隊(5067)、南港可樂蛙 (842)以及東華大學兩棲類保育研究室 (654)為移除數量前三多。跟 2016 年度相比，發現移除數量比去年多 500 隻次左右，且協助移除的團隊也有增加，可見志工團隊在進行蛙調的同時，也有持續監測斑腿樹蛙的族群數量。未來兩棲類保育研究室將持續對各團隊宣導斑腿樹蛙自行移除的方式，並持續觀察控制的成效。

表 8、各團隊自行移除數量

團隊名稱	移除隻數
臺北動物園卻斑行動大隊	5067
南港可樂蛙	842
東華大學兩棲類保育研究室	654
關渡自然公園蛙蛙小組	645
鹹菜甕蛙蛙	313
新竹蛙保	82
富陽	59
峯蛙調	30
TNRS 團隊	27
MusicFrogs	10
天母呱呱蛙	8
屏東縣野鳥學會	1



## 五、 分子族群遺傳

### 1. 樣本數及樣點間地理距離

2012 到 2016 年期間，採集了 8 個縣市的族群樣本(圖 16)，共計有 546 隻不同個體的組織(表 9)。2012 至 2014 年與 2016 年，皆有 5 個縣市的樣本，2015 則只有 4 個縣市的樣本。各樣點間的地理距離部分，樣點之間的最短距離為台北市和新北市的 16.69 km，最長距離是新北市和雲林縣之間的 198.15 km，所有族群間平均地理距離為 102.38 公里(表 10)。

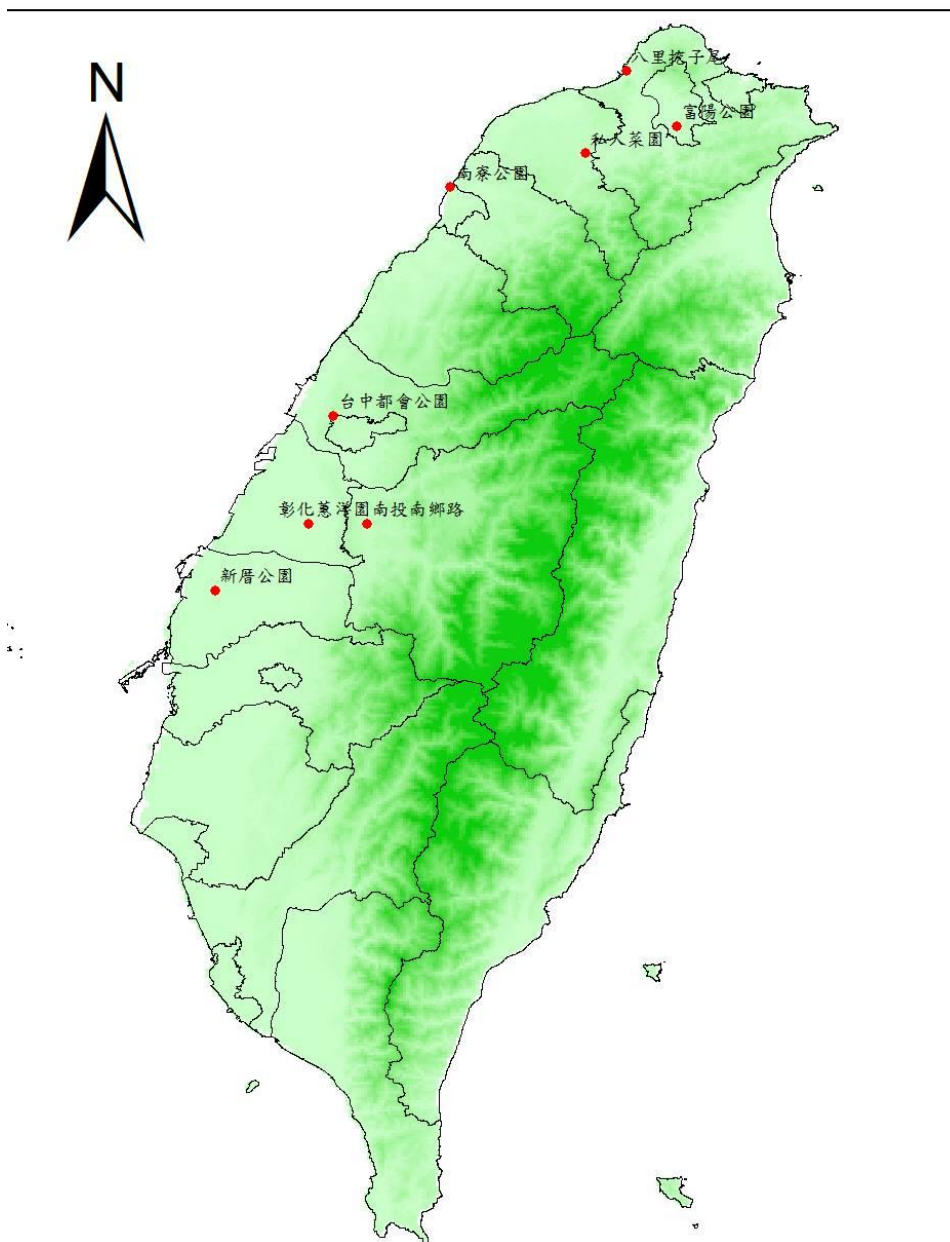


圖 16、斑腿樹蛙分子族群遺傳採集樣區分布圖

表 9、2012 至 2016 年台灣各縣市的斑腿樹蛙及樣本數量

縣市族群/年代	2012	2013	2014	2015	2016
台北市富陽公園	-	-	10	-	25
新北市八里挖子尾	25	24	27	25	25
桃園市私人菜園	21	7	29	-	15
新竹市南寮公園	-	-	-	-	26
台中市都會公園	25	29	26	20	24
彰化縣蕙洋園	25	25	26	25	25
雲林縣新厝公園	25	14	-	-	-
南投縣南鄉路	-	-	-	24	-

表 10、台灣各縣市斑腿樹蛙採樣族群的地理座標及兩兩族群間的地理直線距離(單位：公里)

地點	緯度(北緯)	經度(東經)	台北市	新北市	桃園市	新竹市	台中市	彰化縣	雲林縣
台北市	25.01521	121.55734							
新北市	25.16793	121.41680	22.07						
桃園市	24.93981	121.30113	27.18	27.84					
新竹市	24.84424	120.92526	66.59	61.21	39.42				
台中市	24.20790	120.59845	132.00	134.79	107.88	77.87			
彰化縣	23.90696	120.52829	161.10	166.17	138.68	111.35	34.09		
雲林縣	23.72076	120.26802	194.08	198.15	170.95	141.20	63.58	33.60	
南投縣	23.90722	120.69222	150.85	157.77	129.98	106.44	34.64	16.69	47.91

## 2. PCR 成功率與基因座數量挑選

2012 至 2015 年共 5 年的樣本作 DNA 的擴增實驗，現階段結果顯示 2012 年度的樣本在 9 個基因座的 PCR 成功率上普遍偏低(4.27%-85.4%)，而 2013 至 2016 年的成功率相對較高(54.2%-100%)。另外從各年度微衛星基因座的結果來看，只有 6 個基因座(Pb214、Pb284、Pb293、Pb327、Pm245323、Pm2706927)有較多個體成功完成的基因型判讀，另外 3 個基因座(Pb168、Pb213、Pm1820381)的成功樣本數偏少(表 11)，此外本研究的族群遺傳分析樣本數，是採取每個族群至少要 10 隻以上成功完成基因型判讀的個體數才能進行分析，因此綜合以上結果，2013-2016 年的分析主要是 Pb214、Pb284、Pb293、Pb327、Pm245323、Pm2706927 等 6 個基因座。另外 2012 年度族群遺傳分析部分，為了符合各族群達 10 個體數分析，因此是採用 5 個基因座進行(表 12)。

表 11、2012 至 2016 年 545 隻斑腿樹蛙樣本微衛星基因座 PCR 擴增成功率資料

微衛星基因座	擴增成功樣本(%)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Pb168	19.6%(23/117)	未做	未做	20.6%(19/92)	未做
Pb213	4.27%(5/117)	未做	未做	23.9%(22/92)	未做
Pb214	81.1%(95/117)	89.3%(84/94)	90.6%(97/107)	98.9%(91/92)	93.3%(126/135)
Pb284	42.7%(50/117)	90.4%(85/94)	83.1%(89/107)	100.0%(92/92)	94.0%(127/135)
Pb293	84.6%(99/117)	97.8%(92/94)	96.2%(103/107)	100.0%(92/92)	99.2%(134/135)
Pb327	85.4%(100/117)	96.8%(91/94)	97.1%(104/107)	100.0%(92/92)	94.0%(127/135)
Pm2453239	25.6%(30/117)	54.2%(51/94)	80.3%(86/107)	90.2%(83/92)	85.2%(115/135)
Pm2706927	54.7%(64/117)	91.4%(86/94)	88.7%(95/107)	98.9%(91/92)	94.8%(128/135)
Pm1820381	11.9%(14/117)	62.7%(59/94)	72.8%(78/107)	72.8%(67/92)	83.7%(113/135)
6個基因座皆成功的樣本數 (Pb214、284、293、327、 2453239、2706927)	24	49	77	77	103

表 12、不同基因座數量下，各年度族群可分析數量。

基因座數量	年分/縣市	台北市	新北市	桃園市	新竹市	台中市	彰化縣	雲林縣	南投縣
7個基因座	2012	-	3	-	-	-	-	5	-
	2013	-	17	5	-	2	5	4	-
	2014	6	22	3	-	14	16	-	-
	2015	-	21	-	-	9	18	-	13
	2016	20	22	13	17	16	6	-	-
6個基因座	2012	-	9	1	-	-	1	13	-
	2013	-	17	5	-	11	6	10	-
	2014	8	23	6	-	17	23	-	-
	2015	-	21	-	-	17	20	-	22
	2016	20	22	13	17	20	11	-	-
5個基因座	2012	-	11	10	-	-	9	14	-
	2013	-	24	6	-	22	17	14	-
	2014	9	23	6	-	24	23	-	-
	2015	-	24	-	-	18	23	-	24
	2016	20	23	15	20	22	12	-	-
4個基因座	2012	-	13	10	-	1	9	18	-
	2013	-	24	6	-	23	18	14	-
	2014	9	23	8	-	24	24	-	-
	2015	-	24	-	-	18	24	-	24
	2016	20	23	15	20	22	14	-	-

### 3. 基因座多樣性

#### 3.1 2012 年度結果

2012 年度的 5 個族群中，在對偶基因數目(Numbers of alleles)方面，對偶基因數目最多為新北市的 8.8 個，最低為雲林縣的 3.2 個；有效對偶基因數方面，以新北市的 6.081 個為最多，而雲林縣的 2.207 個為最低；另外特有基因數最多為新北市的 4.40 個(表 13)。

#### 3.2 2013 年度結果

2013 年度的 5 個族群中，在對偶基因數目方面，對偶基因數目最多為新北市的 9.833 個，最低為台中市的 3.50 個；有效對偶基因數方面，以新北市的 7.092 個為最多，而雲林縣的 2.326 個為最低；另外特有基因數最多為新北市的 4.50 個(表 13)。

#### 3.3 2014 年度結果

2014 年度的 5 個族群中，在對偶基因數目方面，對偶基因數目最多為新北市的 11.333 個，最低為桃園市的 3.667 個；有效對偶基因數方面，以新北市的 7.169 個為最多，而桃園市的 2.987 個為最低；另外特有基因數最多為新北市的 4.333 個(表 13)。

### 3.4 2015 年度結果

2015 年度的 4 個族群，在對偶基因數目方面，對偶基因數目最多為新北市的 11.5 個，最低為南投縣的 4.833 個；有效對偶基因數方面，以新北市的 6.567 個為最多，而南投縣的 2.844 個為最低；另外特有基因數最多為新北市的 5.833 個(表 13)。

### 3.5 2016 年度結果

2016 年度的 6 個族群，在對偶基因數目方面，對偶基因數目最多為新北市的 11.167 個，最低為新竹市的 5.167 個；有效對偶基因數方面，以新北市的 6.105 個為最多，而新竹市的 2.984 個為最低；另外特有基因數最多的為新北市的 3.5 個(表 13)。

以上結果顯示，新北市族群在各年度的分析中，不管在對偶基因數、有效對偶基因數或是特有基因數方面，幾乎為最高的。另外在異型合子觀察值( $H_o$ )以及預期值( $H_e$ )的結果方面，異型合子觀察值( $H_o$ )最高為 2014 年度的新北市族群(0.804)，最低為 2012 年度的雲林縣族群(0.371)。異型合子預期值( $H_e$ )最高為 2012 年度的新北市族群 0.830)，最低為 2012 年度的雲林縣(0.437)。

表 13、同年份不同族群間的對偶基因數(Na)、有效對偶基因數(Ne)、特有基因數(Pa)、異型合子實際值(Ho)與異型合子期望值(He)的所有基因座平均值。

<b>Across loci</b>									
年份	縣市	台北市	新北市	桃園市	新竹市	台中市	彰化縣	南投縣	雲林縣
<b>2012</b>	<b>Na</b>	-	8.800	6.400	-	-	6.200	-	3.200
	<b>Ne</b>	-	6.081	4.143	-	-	4.286	-	2.027
	<b>Pa</b>	-	4.400	2.000	-	-	1.400	-	0.000
	<b>Ho</b>	-	0.764	0.620	-	-	0.689	-	0.371
	<b>He</b>	-	0.830	0.700	-	-	0.684	-	0.437
<b>2013</b>	<b>Na</b>	-	9.833	3.833	-	3.500	4.833	-	3.000
	<b>Ne</b>	-	7.092	2.955	-	2.360	3.539	-	2.326
	<b>Pa</b>	-	4.500	0.500	-	0.833	0.500	-	0.500
	<b>Ho</b>	-	0.745	0.667	-	0.500	0.722	-	0.517
	<b>He</b>	-	0.826	0.627	-	0.486	0.681	-	0.506
<b>2014</b>	<b>Na</b>	9.000	11.333	3.667	-	5.167	8.500	-	-
	<b>Ne</b>	6.316	7.169	2.897	-	3.114	3.897	-	-
	<b>Pa</b>	1.167	4.333	0.167	-	0.500	1.167	-	-
	<b>Ho</b>	0.792	0.804	0.639	-	0.637	0.623	-	-
	<b>He</b>	0.810	0.821	0.625	-	0.597	0.683	-	-
<b>2015</b>	<b>Na</b>	-	11.500	-	-	5.667	9.000	4.833	-
	<b>Ne</b>	-	6.567	-	-	3.452	4.665	2.844	-
	<b>Pa</b>	-	5.833	-	-	1.000	1.333	0.000	-
	<b>Ho</b>	-	0.758	-	-	0.569	0.700	0.642	-
	<b>He</b>	-	0.825	-	-	0.618	0.701	0.606	-
<b>2016</b>	<b>Na</b>	9.833	11.167	5.500	5.167	6.500	7.667	-	-
	<b>Ne</b>	5.695	6.105	3.661	2.984	3.539	4.407	-	-
	<b>Pa</b>	2.000	3.500	0.833	0.833	0.167	1.500	-	-
	<b>Ho</b>	0.758	0.758	0.679	0.549	0.633	0.712	-	-
	<b>He</b>	0.766	0.810	0.685	0.623	0.635	0.730	-	-

## 5. 遺傳結構分析

在進行各年度  $F_{ST}$  值統計前，透過分子變異分析的結果，顯示各年度的族群間  $F_{ST}$  值的計算結果均是顯著(表 14)。

表 14、各年度族群間計算出的 pairwise  $F_{ST}$  值顯著性

年分	Allele no.	$F_{IS}$	$F_{IT}$	$F_{ST}$	P value( $F_{ST}$ )
2012	72	0.055	0.185	0.137	0.0001***
2013	80	0.075	0.276	0.217	0.0001***
2014	105	0.054	0.177	0.130	0.0001***
2015	99	0.055	0.185	0.137	0.0001***
2016	121	0.069	0.182	0.121	0.0001***

P.S.  $P < 0.0001$  為顯著

### 5.1 2012 年度結果

2012 年度是以 5 個基因座進行遺傳結構分析。樣點間的原始族群遺傳分化指數  $F_{ST}$  值介於 0.102-0.290 之間，平均值為 0.174；統計結果顯示 4 個縣市族群間皆有顯著差異(表 15a)，顯示 4 個縣市的斑腿樹蛙族群在遺傳結構上是各自分化的；分子變異分析結果顯示，原始基因型計算的樣本中有 70.8% 的分子變異來自於個體內，有 10.7% 自於個體間，有 18.5% 來自於族群間(表 16)；有效族群大小分析顯示，雲林縣的 4.6 隻為最少，新北市的 120.6 隻次為最多(表 17)

### 5.2 2013 年度結果

樣點間的原始族群遺傳分化指數  $F_{ST}$  值介於 0.079-0.360 之間，平均值為 0.213；統計結果顯示 5 個縣市族群間皆有顯著差異(表 15b)，顯示 5 個縣市的斑腿樹蛙族群在遺傳結構上是各自分化的；分子變異分析結果顯示，原始基因型計算的樣本中有 72.4% 的分子變異來自於個體內，有 5.8% 自於個體間，有 21.7% 來自於族群間(表 16)；有效族群大小分析顯示，5 個族群的數值均是  $\infty$ (表 17)。

### 5.3 2014 年度結果

樣點間的原始族群遺傳分化指數  $F_{ST}$  值介於 0.011-0.247 之間，平均值為 0.127；統計結果顯示，台北市分別和桃園市以及新北市等兩個族群無顯著分化，其餘的族群

間結果均為顯著分化 (表 15b)；分子變異分析結果顯示，原始基因型計算的樣本中有 82.3% 的分子變異來自於個體內，有 4.7% 自於個體間，有 13.0% 來自於族群間(表 16)；有效族群大小分析顯示，桃園市族群的 16.7 隻次為最少，而新北市以 312.2 隻次為最多 (表 17)

#### 5.4 2015 年度結果

樣點間的原始族群遺傳分化指數  $F_{ST}$  值介於 0.072-0.205 之間，平均值為 0.136，統計結果顯示，4 個縣市的族群間皆有顯著差異(表 15d)，顯示 4 個縣市的斑腿樹蛙族群在遺傳結構上是各自分化的；分子變異分析結果顯示，原始基因型計算的樣本中有 81.5% 的分子變異來自於個體內，有 4.7% 自於個體間，有 13.7% 來自於族群間(表 16)；有效族群大小分析顯示，新北市的 55.2 隻次為最多，南投市的 12.2 隻次為最少(表 17)

#### 5.5 2016 年度結果

樣點間的原始族群遺傳分化指數  $F_{ST}$  值介於 0.057-0.203 之間，平均值為 0.122 統計結果顯示，6 個縣市的族群間皆有顯著差異(表 15e)，顯示 6 個縣市的斑腿樹蛙族群在遺傳結構上是各自分化的；分子變異分析結果顯示，原始基因型計算的樣本中有 81.8% 的分子變異來自於個體內，有 6.1% 自於個體間，有 12.1% 來自於族群間(表 16)。有效族群大小分析顯示，彰化縣的族群 1036.1 隻次為最多，台北市的 40.5 隻次為最少(表 17)。



表 15、各年族群間的 pairwise  $F_{ST}$  值及是否顯著偏離 0 的機率 P 值

a. 2012年度

地點	新北市	桃園市	彰化縣	雲林縣
新北市		0.0001	0.0001	0.0001
桃園市	0.102		0.0001	0.0001
彰化縣	0.126	0.113		0.0001
雲林縣	0.29	0.252	0.16	

d. 2015年度

	新北市	台中市	彰化縣	南投縣
新北市		0.0001	0.0001	0.0001
台中市	0.169		0.0001	0.0001
彰化縣	0.107	0.083		0.0001
南投縣	0.179	0.205	0.072	

b. 2013年度

	新北市	桃園市	台中市	彰化縣	雲林縣
新北市		0.0003	0.0001	0.0001	0.0001
桃園市	0.079		0.0001	0.0001	0.0001
台中市	0.258	0.323		0.0001	0.0001
彰化縣	0.1	0.158	0.182		0.0001
雲林縣	0.201	0.292	0.36	0.175	

e. 2016年度

	台北市	新北市	桃園市	新竹縣	台中市	彰化縣
台北市		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
新北市	0.057		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
桃園市	0.096	0.075		0.0001	0.0001	0.0001
新竹縣	0.115	0.12	0.181		0.0001	0.0001
台中市	0.122	0.142	0.203	0.195		0.0001
彰化縣	0.062	0.094	0.137	0.145	0.09	

c. 2014年度

	台北市	新北市	桃園市	台中市	彰化縣
台北市		<b>0.0984</b>	<b>0.0053</b>	0.0001	0.0001
新北市	0.011		0.0001	0.0001	0.0001
桃園市	0.059	0.085		0.0001	0.0001
台中市	0.166	0.177	0.247		0.0001
彰化縣	0.079	0.115	0.183	0.146	

備註：表格中左下三角形為  $F_{ST}$  值，右上三角形為 P 值(P 值的計算為 9999 次排列組合推算，2012、2015 年度顯著水準  $\alpha = 0.05/6 = 0.008$ ；2013、2014 年度顯著水準  $\alpha = 0.05/10 = 0.005$ ；2016 年度顯著水準  $\alpha = 0.05/15 = 0.003$ )。粗體及星號代表  $F_{ST}$  值顯著偏離 0。

表 16、各年度族群間的分子變異分析

差異來源	年分	df	SS	MS	Est. Var.	%
族群間	2012	3	30.969	10.323	0.385	18.5%
	2013	4	51.306	12.827	0.569	21.7%
	2014	4	47.939	11.985	0.331	13.0%
	2015	3	45.847	15.282	0.339	13.7%
	2016	5	63.269	12.654	0.303	12.1%
個體間	2012	40	76.986	1.925	0.224	10.7%
	2013	44	96.990	2.204	0.153	5.8%
	2014	72	168.366	2.338	0.121	4.7%
	2015	73	163.984	2.246	0.117	4.7%
	2016	97	228.716	2.358	0.152	6.1%
個體內	2012	44	65.000	1.477	1.477	70.8%
	2013	49	93.000	1.898	1.898	72.4%
	2014	77	161.500	2.097	2.097	82.3%
	2015	77	155.000	2.013	2.013	81.5%
	2016	103	211.500	2.053	2.053	81.8%

備註:df(degree of freedom)、SS(sum square)、MS(mean square)

表 17、各年度樣點間的有效族群大小

縣市	年分	估計值(LD)	縣市	年分	估計值(LD)
台北市	2012	-	台中市	2012	-
	2013	-		2013	Infinite
	2014	Infinite(45.8~Infinite)		2014	Infinite(51.6~Infinite)
	2015	-		2015	21.6(8.8~236.0)
	2016	40.5(21.9~136.6)		2016	57.7(19.4~Infinite)
新北市	2012	120.6(9.6~Infinite)	彰化縣	2012	41.8(6.8~Infinite)
	2013	Infinite		2013	Infinite
	2014	312.2(63.5~Infinite)		2014	59.6(26.9~2898.3)
	2015	55.2(29.0~239.2)		2015	44.5(21.9~266.9)
	2016	187.8(52.8~Infinite)		2016	1036.1(19.1~Infinite)
桃園市	2012	Infinite(9.4~Infinite)	南投縣	2012	-
	2013	Infinite		2013	-
	2014	16.7(1.3~Infinite)		2014	-
	2015	-		2015	12.2(5.4~33.9)
	2016	Infinite(16.3~Infinite)		2016	-
新竹縣	2012	-	雲林縣	2012	4.6(1.3~216.3)
	2013	-		2013	Infinite
	2014	-		2014	-
	2015	-		2015	-
	2016	129.1(16.2~Infinite)		2016	-

備註:Infinite 為極大值或是極小值而無法統計出來

## 5.6 各年度族群之瓶頸效應分析結果

根據三種模型分析的結果來看(表 18)，新北市族群在 2013 年度中，以 IAM、TPM 的模型分析下有顯著結果，2014 年度則是以 IAM 模型分析下出現顯著結果；桃園市族群則是在 2016 年度中，以 IAM 的模型分析下有顯著結果；彰化縣是在 2014 以及 2016 年度中，都以 SMM 的模型分析下有顯著結果；雲林縣在 2013 年度中，在三個模型分析下都有顯著結果。由以上結果得知新北市、桃園市、彰化縣以及雲林縣都曾出現過瓶頸效應影響，而其他縣市族群沒有發生。

表 18、各年度之各族群其瓶頸效應分析

縣市	年分	樣本數	Loci with an excess			P value		
			IAM	TPM	SMM	IAM	TPM	SMM
台北市	2012	-	-	-	-	-	-	-
	2013	-	-	-	-	-	-	-
	2014	8	3	3	2	0.844	0.563	0.156
	2015	-	-	-	-	-	-	-
	2016	20	4	3	3	0.156	0.438	0.438
新北市	2012	11	4	4	2	0.063	0.625	1.000
	2013	17	6	5	4	<b>0.016*</b>	<b>0.047*</b>	0.156
	2014	23	6	4	1	<b>0.016*</b>	1.000	0.109
	2015	20	5	3	2	0.438	0.563	0.109
	2016	22	4	1	1	0.688	0.109	0.078
桃園市	2012	10	3	3	2	1.000	0.813	0.219
	2013	5	4	4	4	0.078	1.000	1.000
	2014	6	5	4	4	0.047	0.156	0.156
	2015	-	-	-	-	-	-	-
	2016	13	5	3	2	<b>0.031*</b>	1.000	0.563
新竹縣	2012	-	-	-	-	-	-	-
	2013	-	-	-	-	-	-	-
	2014	-	-	-	-	-	-	-
	2015	-	-	-	-	-	-	-
	2016	17	5	1	1	0.078	0.438	0.156
台中市	2012	-	-	-	-	-	-	-
	2013	11	4	3	3	0.563	0.688	0.688
	2014	17	4	3	2	0.563	0.844	0.438
	2015	17	4	3	3	0.438	0.563	0.563
	2016	20	4	3	2	0.563	0.688	0.156
彰化縣	2012	9	4	3	3	0.625	0.813	0.813
	2013	6	4	3	3	0.563	1.000	0.844
	2014	23	3	2	1	0.688	0.109	<b>0.047*</b>
	2015	20	4	2	1	1.000	0.156	0.109
	2016	11	3	2	1	0.844	0.078	<b>0.031*</b>
南投縣	2012	-	-	-	-	-	-	-
	2013	-	-	-	-	-	-	-
	2014	-	-	-	-	-	-	-
	2015	20	4	2	2	0.156	0.563	0.563
	2016	-	-	-	-	-	-	-
雲林縣	2012	14	3	3	2	0.313	0.875	1.000
	2013	10	5	5	5	<b>0.031*</b>	<b>0.031*</b>	<b>0.031*</b>
	2014	-	-	-	-	-	-	-
	2015	-	-	-	-	-	-	-
	2016	-	-	-	-	-	-	-

備註：\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ 。為顯著結果

### 5.7 遺傳距離與地理距離相關性

在遺傳距離與地理距離的相關性分析結果發現，各年度的族群間的遺傳分化程度 ( $F_{ST}$ )與地理距離間均沒有顯著的相關性(2012: $P = 0.042 > 0.005$ ；2013: $P = 0.360 > 0.005$ ；2014: $P = 0.095 > 0.005$ ；2015: $P = 0.416 > 0.005$ ；2016: $P = 0.354 > 0.005$ ) (圖 17)

### 6. 入侵路徑情景分析

在入侵路徑的情景分析中，合併 2013 至 2016 年的微衛星 DNA 資料，並透過該縣市族群發現年份，來做可能入侵路徑的情景分析推測與模擬。目前已知的縣市族群年份有：台北市富陽公園(2014)、新北市八里挖仔尾 (2010)、台中市都會公園(2012)、彰化縣田尾國小 (2006)、南投縣南鄉路 (2015)，桃園市私人菜園(2011)，雲林縣新厝公園(2012)以及新竹縣南寮公園(2016)。為了比較不同的可能入侵情景，本實驗分成兩個群組共 16 張圖作分析。群組 1 是以新北市族群為起源族群而往外播遷，；群組 2 是以彰化族群為起源族群而往外播遷。群組 1 與群組 2 的入侵路徑情景分析結果，將由後驗概率值(Posterior probabilities)所呈現。

分析結果看來(表 19)，是以群組 1 中情景 5 的後驗概率值為最高( $P.P:0.2790$ ； $CI95:0.2541\sim0.3040$ )(表 19)。代表新北市族群在我們所分析的 8 個縣市族群中，很大的機率是起始族群(圖 18)，代表先從新北市往南播遷到的彰化縣，再由新北市與彰化縣兩個族群各自向其他縣市播遷。而近幾年度新發現的縣市族群如台北市、新竹縣等族群，推測可能是受桃園市族群所入侵的；而南投縣的族群是受彰化縣族群所入侵。

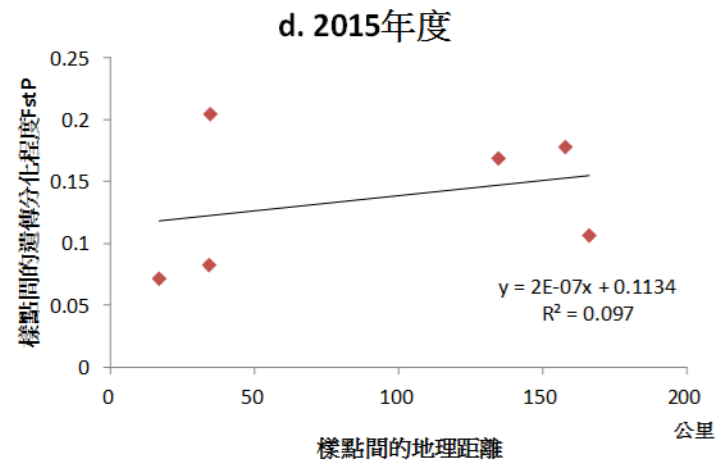
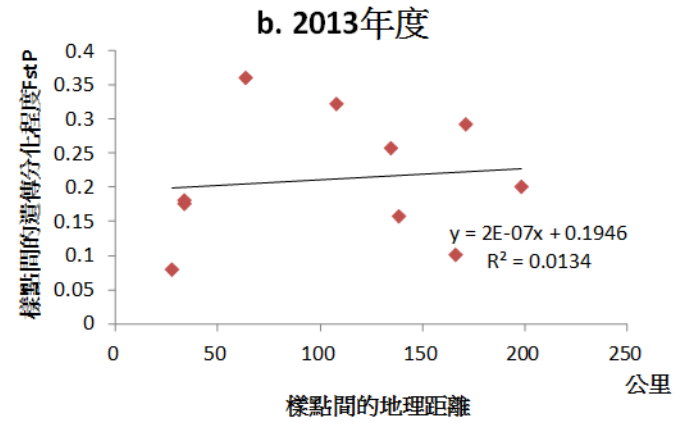
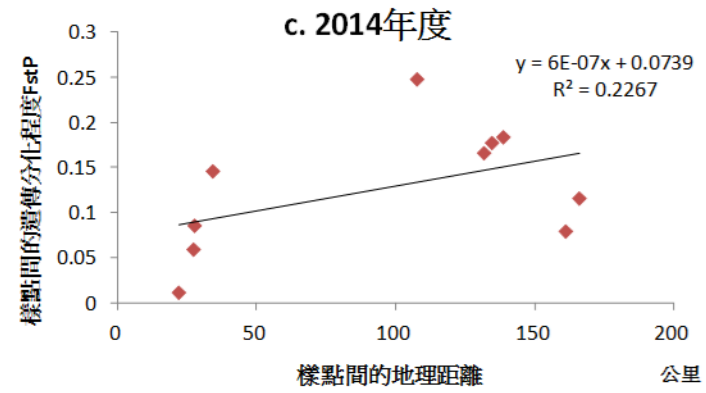
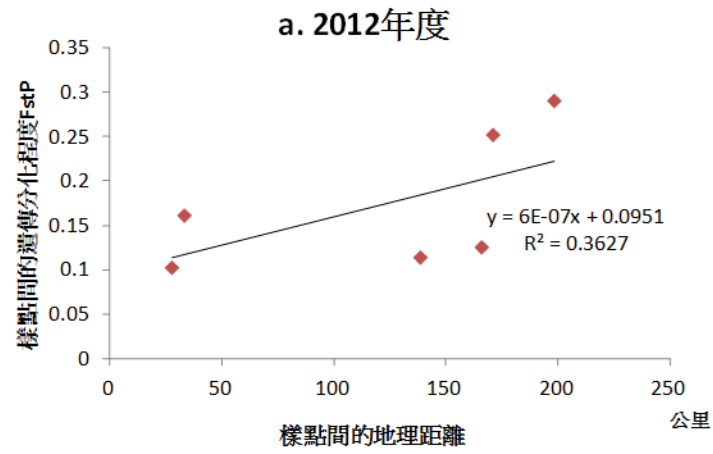


圖 17、所有樣本原始基因型的 pairwise  $F_{ST}$  及地理距離的相關分析

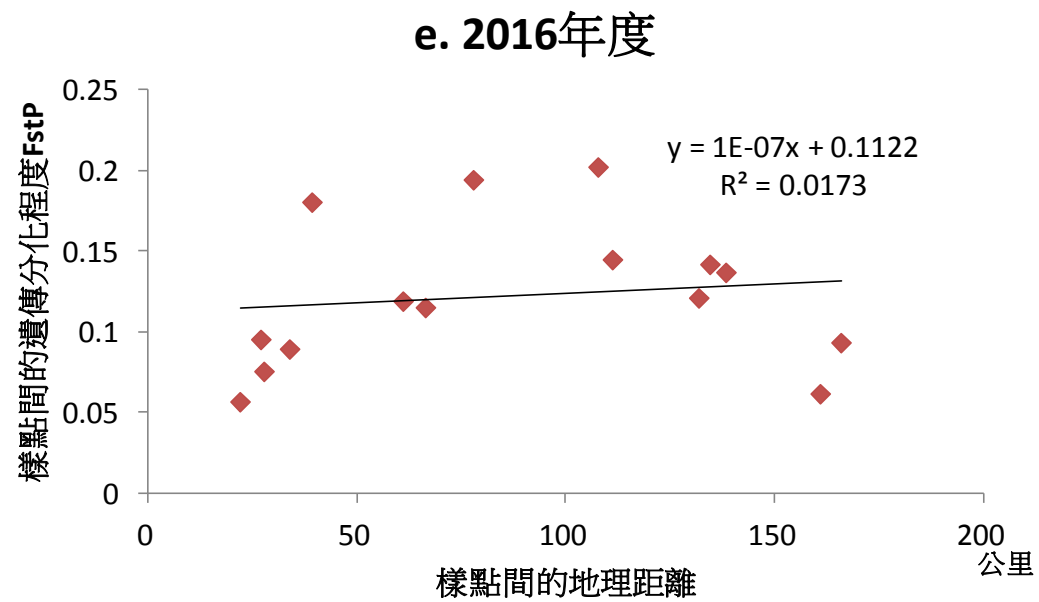


圖 17、各年度樣點間遺傳分化與地理距離的相關性(續)

表 19、入侵路徑情景，後驗概率分析結果

情景圖	邏輯回歸分析法後驗概率(CI <sub>95</sub> )
群組一	
scenario 1	0.0002 [0.0000,0.0196]
scenario 2	0.0020 [0.0000,0.0213]
scenario 3	0.0054 [0.0000,0.0241]
scenario 4	0.0820 [0.0477,0.1163]
scenario 5	0.2790 [0.2541,0.3040]**
scenario 6	0.1211 [0.1095,0.1328]
scenario 7	0.0513 [0.0375,0.0652]
scenario 8	0.0045 [0.0000,0.0234]
群組二	
scenario 9	0.1428 [0.1185,0.1671]
scenario 10	0.0655 [0.0524,0.0786]
scenario 11	0.0150 [0.0000,0.0326]
scenario 12	0.0455 [0.0273,0.0637]
scenario 13	0.0555 [0.0417,0.0692]
scenario 14	0.0194 [0.0023,0.0365]
scenario 15	0.0704 [0.0169,0.1238]
scenario 16	0.1107 [0.0996,0.1219]

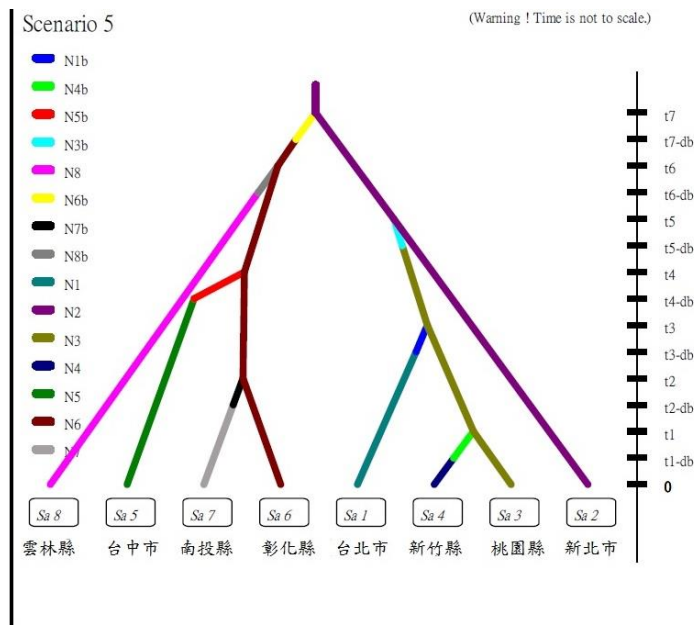


圖 18、最佳入侵路徑情景圖

## 六、 中國雲南地區斑腿樹蛙族群調查成果

### 1. 行程(圖 19)

第一天 8/5 台灣飛往昆明長水機場，下午 16:04 抵達，搭車前往住宿昆明贏融印象酒店，

第二天 8/6 從昆明開車前往普洱，車程約 600 公里，住宿普洱，晚上在普洱進行調查及採集。

第三天 8/7 從普洱開車 160 公里到瀾滄糯扎渡，住宿糯扎渡，晚上在糯扎渡進行調查及採集。

第四天 8/8 從瀾滄糯扎渡回普洱，住宿普洱，晚上在普洱國家公園進行調查及採集。

第五天 8/9 從普洱返回昆明，住宿昆明贏融印象酒店。

第六天 8/10 搭早 8:15 飛機回桃園機場。



圖 19、雲南調查地點

### 2. 調查經過及採集結果

#### 2.1 第一天 8/5

此次從台灣出發參與採集有三人，計畫主持人楊懿如負責規劃、協調及記錄，台大演化學及生態學研究所博士候選人李承恩協助採集，青蛙小站站長李鵬翔負責照相及錄影。行前由楊懿如和昆明動物研究所饒定齊研究員密切聯繫，當天晚上到達昆明，和昆明動物研究所車靜研究員及饒定齊研究員見面(圖 20)，討論蛙類分類及保育



議題。車靜負責中國兩棲類網站，很用心經營，希望未來有機會合作推動兩岸兩棲類保育。饒定齊研究員擁有豐富的野外調查經驗，此次行程及交通由饒研究員協助規劃。



圖 20、和車靜、饒定齊研究員合照

## 2.2 第二天 8/6

由昆明動物研究所饒定齊研究員協助，租車及聘請具野外調查經驗的研究所司機，出發到普洱進行斑腿樹蛙調查(圖 21)。8/6 晚上 8:00-12:00，在海拔 1100 公尺的雲南普文地區，在路邊魚池環境，記錄到至少 20 隻以上的斑腿樹蛙(圖 21)鳴叫，大多躲在岸邊草叢根部(圖 22)，聽得到看不到，捕獲 3 公 2 母，也看到一些卵塊(圖 22)。在魚池環境主要聽到斑腿樹蛙叫聲及少數側條樹蛙聲音。但隔一條馬路，有一個佈滿浮萍的小水塘，水塘四周有灌叢及樹木，遮蔽度高，蛙種也多，聽到紅蹼樹蛙、背條樹蛙、白領大角蟾、黑帶蛙、小雨蛙、巴氏小雨蛙及斑腿樹蛙叫聲，也看到澤蛙。隨後沿著山路往前，在溪澗環境，看到白領大角蟾、綠臭蛙及圓斑臭蛙，但沒有斑腿樹蛙。目前發現雲南原生種斑腿樹蛙叫聲較台灣外來種嘹亮，鳴囊似較明顯，但是否有差異，還需要進一步比對。此地記錄到斑腿樹蛙、紅蹼樹蛙、側條跳樹蛙、背條跳樹蛙、小雨蛙、黑蒙西氏小雨蛙、圓舌浮蛙、白領大角蟾、綠臭蛙、圓斑臭蛙、黑帶蛙、澤蛙等 12 種蛙類。



圖 21、出發前合照(左)及捕獲的斑腿樹蛙(右)



圖 22、斑腿樹蛙繁殖場所(左)及卵塊(右)

### 2.3 第三天 8/7

轉往瀾滄江流域的糯扎渡調查，在溪流環境看到不少版納大頭蛙，感覺分布於台灣的福建大頭蛙的顛肌比較發達，也發現 1 隻有背中線的大頭蛙，很有趣。這裡是凹頂泛樹蛙(圖 23)的模式標本產地，凹頂泛樹蛙和斑腿樹蛙很像，但頭頂較凹，實在不好分，和饒定齊研究員討論後，覺得值得好好研究。斑腿樹蛙都躲在草叢根部(圖 23)，聽到至少 10 隻以上個體，但不易捕捉，採集 3 公 3 母。此地記錄到斑腿樹蛙、凹頂泛樹蛙、小雨蛙、亞洲錦蛙、巴氏小雨蛙、黑蒙西氏小雨蛙、圓舌浮蛙、腹斑掌突蛙、版納大頭蛙等 9 種蛙類。



圖 23、凹頂泛樹蛙(左)斑腿樹蛙(右)

## 2.4 第四天 8/8

前往雲南普洱國家公園採集，溫度下降及颶風下雨，蛙類較不活躍，僅在灌叢捕捉 1 隻斑腿樹蛙(圖 24)。之後沿著公路調查，在路旁一處較避風的草澤溼地，聽到約 5 隻斑腿樹蛙叫聲，也捕捉到 3 隻雄蛙(圖 24)。此地記錄到小雨蛙、巴氏小雨蛙、林氏琴蛙、澤蛙、腹斑掌突蟾、側條跳樹蛙、背條跳樹蛙、白領大樹蛙、紅蹼樹蛙、斑腿樹蛙等 10 種蛙類，以及竹葉青、雲南華游蛇等 2 種蛇類。



圖 24、躲在灌叢的斑腿樹蛙(左)及在草澤溼地捕獲的斑腿樹蛙(右)

## 2.5 第五天 8/9

返回昆明動物研究所，將捕獲的 15 隻個體製作成標本及編號(表 20、圖 25)，每隻標本都拍照(圖 25)，並剪手指組織放到有純酒精的小瓶內。編號後的標本放在昆明動物研究所保存，採集的組織標本送到文化大學生命科學系陳怡惠老師研究室，後續將進行 DNA 研究。



圖 25、拍照、採組織及製作標本(左)及標本編號(右)

表 20、採集雲南地區斑腿樹蛙標本資料

編號	採集日期	地點	性別	背紋	體側條紋	備註
2016001528	2017/8/6	雲南普文	雄	X		
2016001527	2017/8/6	雲南普文	雄	X		
2016001526	2017/8/6	雲南普文	雄	X		
2016001477	2017/8/6	雲南普文	雌	X		
2016001478	2017/8/6	雲南普文	雌		有	疑似凹頂樹蛙
2016001479	2017/8/7	雲南糯扎渡	雄			糯扎渡是凹頂樹蛙模式標本產地
2016001480	2017/8/7	雲南糯扎渡	雄	條紋	有	
2016001481	2017/8/7	雲南糯扎渡	雌	X	部分	
2016001482	2017/8/7	雲南糯扎渡	雄	X	無	
2016001483	2017/8/7	雲南糯扎渡	雄	X	有	腳畸形
2016001484	2017/8/7	雲南糯扎渡	雌		有	
2016001485	2017/8/8	雲南普洱國家公園	雄	條紋	有	
2016001486	2017/8/8	雲南普洱國家公園	雄	X	有	喉部黑色
2016001487	2017/8/8	雲南普洱國家公園	雄	X	不連續	
2016001488	2017/8/8	雲南普洱國家公園	雄	X	有	喉部黑色有雜斑

## 一. 中國雲南地區斑腿樹蛙其族群遺傳初步結果

### 1. 樣本採集及 DNA 萃取

目前已採集到雲南省普文、糯扎渡及普洱國家公園的15個樣本，另外，我們也獲得越南的3個樣本。但是，在這些樣本有數隻個體無法從外觀上完全確定是否為斑腿樹蛙，因此，需要仰賴DNA序列的定序並與Pan et al.(2013)的序列比對，才能確認是哪一個物種。目前我們已經完成雲南省的15個樣本DNA萃取工作。

表 21、鑑定物種用的 COI 的序列的 PCR 引子。

引子名稱	引子序列 (5'-3')	可鑑定物種	文獻來源
COI-C01	TYTCWACWAAYCAYAAAGAYATTGG	<i>P. braueri</i> ,	(Che et al. 2012;
COI-C03	ACYTCYGGRTGACCAAARAAYCA	<i>P. impresus</i> ,	Dang et al.
Chmf4	TYTCWACWAAYCAYAAAGAYATCGG	<i>P. megacephalus</i>	2016)
Chmr4	ACYTCRGGRTGRCCRAARAATCA		

## 2. PCR 引子

鑑定樣本是否與臺灣的斑腿樹蛙同物種，我們將使用PCR引子，定出COI的序列(長度約561 bp)(表21)，與Dang et al. (2016)的barcode序列資料進行比對。之後，將採用Wilkinson et al. (2002)所設計的PCR引子(表22)，擴增包括12S、16S ribosomal genes及t-RNA for valine約2 kb的mt DNA序列，與Pan et al. (2013)研究中來自中國大陸的華南與香港地區、越南及泰國的斑腿樹蛙之序列資料，進行整理分析，判斷臺灣斑腿樹蛙的來源族群。目前完成PCR引子的訂購，待引子完成合成，即可開始進行PCR條件測試。

表 22、判斷臺灣斑腿樹蛙族群來源用的 mt DNA 序列的 PCR 引子。

引子名稱	引子序列(5'-3')*	位置	方向	文獻來源
12+16+tRNA-1f	AGATACCCCACTATGCCTACCC	1	Forward	(Wilkinson et al. 2002)
12+16+tRNA-2r	TCAGACCGGAGTAATCCAGGTC	App. 2092	Reverse	
12+16+tRNA-3	AGTGGGCCTAAAAGCAGCCAC	1169	Reverse	
12+16+tRNA-4	GAAGAGGCAAGTCGTAACATGG	483	Forward, reverse	
12+16+tRNA-5	TGGGATGATTTTCAAGTAG	937	Forward	
12+16+tRNA-6	GTATCAACGGCATCACGAGGG	1624	Forward, reverse	

\*Primers 1 and 2 were used for both amplifying and sequencing the DNA fragment, while the remaining internal primers were used only for sequencing.

## 五. 結論與建議

本研究結果顯示斑腿樹蛙仍在擴散中，全台高達15個縣市已確認族群分布，較2016年新增了一個縣市，且在高雄市、花蓮縣及台東縣的通報紀錄，未來需要進行追蹤，持續注意高雄市及花東地區是否受到入侵。

2017監測的148個樣點之中，有一些樣點連續兩年以上未發現過斑腿樹蛙(表3)，如嘉寶國小、前溪底、彰42A等，判斷該樣點可能已無斑腿樹蛙族群分布，建議2018年的調查，不再納入監測樣點。在2017年的通報中，利用地理資訊系統篩選出未與原有監測樣點重疊的地點(圖3-5，附錄三)，納入2018年的監測樣點。

共域蛙種研究結果顯示斑腿樹蛙對於入侵地的蛙類群聚結構造成影響。在許多斑腿樹蛙與布氏樹蛙的共域樣點中，雖然斑腿樹蛙所佔的比率較高，但值得注意的是有些樣點再度紀錄到布氏樹蛙，這顯示有些在斑腿樹蛙入侵後族群下降的布氏樹蛙族群，有逐漸恢復的可能性，建議未來與志工團隊合作並持續監測。

在進行定期移除活動的樣點，如八里挖仔尾、鶯歌碧龍宮、臺中都會公園及彰化田尾國小與蕙洋園，斑腿樹蛙的比率跟去年相似。台中都會公園及鶯歌碧龍宮連續兩年一季調查一次的成果和每月調查一次的成果相似，建議八里挖子尾地區也改成一季調查一次，配合媒體和志工宣傳，擴大參與，持續移除控制。另外志工團隊自行移除斑腿樹蛙的成效來看，總計移除7738隻次斑腿樹蛙，移除數量相當的可觀，今年為第二年進行此監控方式，移除數量明顯比去2016年多，可見志工團隊持續控制斑腿樹蛙的族群數量是可行方式，也建議志工團隊在進行自行移除的時候，針對樣點內的一些水域加強移除，藉以破壞棲地的連結度，進而減緩斑腿樹蛙的擴散。

根據八個縣市斑腿樹蛙族群遺傳研究結果，推測新北市八里挖子尾為起始族群，並向外擴散。另外根據瓶頸效應分析顯示，部分縣市如新北市族群曾受到瓶頸效應影響，可能是因短時間內密集移除而導致，可見密集移除可能有所成效。但也值得注意，這些進行移除控制的族群是否會因為周圍未調查或是未進行移除控制的斑腿樹蛙族群多次入侵，而維持遺傳多樣性，未來值得分析。

由於目前所採集到的15個中國雲南地區的標本，已萃取出DNA，但是部分個體並未完全確定是否為斑腿樹蛙物種，因此未來需仰賴DNA序列的定序並比

對，才能確定是否為斑腿樹蛙。此外目前完成PCR引子的訂購，待引子完成合成，即可開始進行PCR條件測試、以及後續的遺傳結構分析，以利我們瞭解更台灣地區斑腿樹蛙更清楚的遺傳動態。

此外計畫主持人楊懿如老師於2017年參加第56屆日本兩棲爬行學會年會，發現日本近幾年非常重視外來種兩棲爬行動物監測與控制，並由政府主導控制策略，以分布於島嶼的外來種兩棲爬行類為優先控制對象，採取聲音陷阱、圍籬及掉落式陷阱、化學噴藥等多重方式移除外來種，控制成效逐漸呈現。日本近兩年在西表島成功移除白領樹蛙，他們利用化學方式毒殺蝌蚪及成體，主要是將含氣的化學物質投放在水域及含檸檬酸水溶液噴灑在植物體上，讓蝌蚪及成蛙接觸後死亡，但這方法可能傷害其他蛙類。他們也在白領樹蛙繁殖期，在白天播放雄蛙叫聲引誘母蛙接近，由人為方式加以捕捉移除，但必須有人定時巡視。日本和台灣相距不遠，尤其琉球群島的地理位置及氣候條件都和台灣相似，雙方也有頻繁的商業貿易，分布於台灣的外來種，也可能成為日本的外來種，因此中日雙方應該加強合作監控外來種兩棲爬行動物。日本在外來種兩棲爬行動物控制有豐富實務經驗，建議未來邀請日本專家來台辦理工作坊，指導外來種兩棲爬行動物移除控制方式，並協助擬訂控制對策。

## 六. 參考文獻

- 文亞峰, K. Uchiyama, 韓文軍, S. Ueno, 謝偉東, 徐剛標, and Y. Tsumura. 2013. 微衛星標記中的無效等位基因. 生物多樣性 (1):117-126.
- 孫荊濤, 楊憲明, 葛成, and 洪曉月. 2012. 微衛星分子標記在昆蟲分子生態學研究上的應用. 南京農業大學學報 35(5):103-112.
- 吳和瑾、林春富、葉大詮、與呂光洋。2010。圈養狀況下之斑腿樹蛙生活史。台灣生物多樣性研究。12:177-186。
- 呂光洋、陳添喜、高善、孫承矩、朱哲民、蔡添順、何一先、鄭振寬。1996。臺灣野生動物調查—兩棲動物資源調查手冊。行政院農業委員會。
- 楊懿如、陳建志、龔文斌、陳立瑜、李承恩。2013。外來種斑腿樹蛙控制與監測計畫。行政院農業委員會林務局。
- 楊懿如、陳怡惠、陳建志、秦健瑋、張哲毓、陳立瑜、龔文斌。2014。外來種斑腿樹蛙控制與監測計畫。行政院農業委員會林務局。
- 楊懿如、陳怡惠、林湧倫、龔文斌、吳忠慧、謝凱傑。2015。外來種斑腿樹蛙控制與監測計畫。行政院農業委員會林務局。
- 楊懿如、陳怡惠、龔文斌、林湧倫、謝凱傑、劉家瑞。2016。外來種斑腿樹蛙控制與監測計畫。
- 楊懿如、龔文斌。2014。臺灣地區斑腿樹蛙族群分布探討。台灣生物多樣性研究 16: 21-32。
- 張哲毓。2015。臺中都會公園外來種斑腿樹蛙移動與棲地利用。國立東華大學自然資源與環境學系。
- Bai, C, Z. Ke, S. Consuegra, X. Liu, Y. Li. 2012. The role of founder effects on the genetic structure of the invasive bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) in China. Biological Invasions 14:1785-1796
- Broquet, T., L. Berset-Braendli, G. Emaresi, L. Fumagalli. 2007. Buccal swabs allow



- efficient and reliable microsatellite genotyping in amphibians. *Conservation Genetics* 8:509-511
- Bossuyt, F., M.C. Milinkovitch. 2000. Convergent adaptive radiations in Madagascan and Asian ranid frogs reveal covariation between larval and adult traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97:6585-6590
- Callen, S.T., and A.J. Miller. 2015. Signatures of niche conservatism and niche shift in the North American kudzu (*Pueraria montana*) invasion. *Diversity and Distributions* 21:853-863
- Cornuet, J. M. and G. Luikart. 1996. Description and power analysis of two tests for detecting recent population bottlenecks from allele frequency data. *Genetics* 144:2001-2014.
- Cornuet, J. M., P. Pudlo, J. Veyssier, A. Dehne-Garcia, M. Gautier, R. Leblois, J. M. Marin, and A. Estoup. 2014. DIYABC v2.0: a software to make approximate Bayesian computation inferences about population history using single nucleotide polymorphism, DNA sequence and microsatellite data. *Bioinformatics* 30:1187-1189.
- Do, C., R. S. Waples, D. Peel, G. M. Macbeth, B. J. Tillett, and J. R. Ovenden. 2014. NeEstimator v2: re-implementation of software for the estimation of contemporary effective population size ( $N_e$ ) from genetic data. *Molecular Ecology*. 14:209-214.
- Escoriza, D.,D. Boix. 2014. Reproductive habitat selection in alien and native populations of the genus *Discoglossus*. *Acta Oecologica* 59:97-103
- Escoriza, D.,J.B. Hassine,D. Boix. 2014. Factors regulating the invasive success of an alien frog: a comparison of the ecology of the native and alien populations. *Hydrobiologia* 730:127-138
- Ficetola, G.F.,A. Bonin,C. Miaud. 2008. Population genetics reveals origin and number of founders in a biological invasion. *Molecular Ecology* 17:773-782
- Grafe, T.U.,M.M. Stewart,K.P. Lampert,M-O. Rödel. 2011. Putting toe clipping into perspective: a viable method for marking anurans. *Journal of Herpetology* 45:28-35

- Kolbe, J.J.,R.E. Glor,L.R. Schettino,A.C. Lara,A. Larson, J.B. Losos. 2004. Genetic variation increases during biological invasion by a Cuban lizard. *Nature* 431:177-181
- Kolbe, J.J.,A. Larson,J.B. Losos,K. de Queiroz. 2008. Admixture determines genetic diversity and population differentiation in the biological invasion of a lizard species. *Biology Letters* 4:434-437
- Kuraishi, N.,M. Matsui,H. Ota .2009. Estimation of the Origin of *Polypedates leucomystax* (Amphibia: Anura: Rhacophoridae) Introduced to the Ryukyu Archipelago, Japan. *Pacific Science* 63:317-325
- Kuraishi, N.,M. Matsui,H. Ota,S. Chen. 2011. Specific separation of *Polypedates braueri* (Vogt, 1911) from *P. megacephalus* (Hallowell, 1861) (Amphibia: Anura: Rhacophoridae). *Zootaxa* 2744:53-61
- Lindholm, A.K., Breden F., Alexander H.J., Chan W.K., Thakurta S.G., Brooks R. 2005. Invasion success and genetic diversity of introduced populations of guppies *Poecilia reticulata* in Australia. *Molecular Ecology* 14:3671-3682
- Lobos, G.,M.A. Mendez,P. Cattán,F. Jaksic. 2014. Low genetic diversity of the successful invasive African clawed frog *Xenopus laevis* (Pipidae) in Chile. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 49:50-60
- Meirmans, P. G., and P. W. Hedrick. 2011. Assessing population structure: F(ST) and related measures. *Molecular Ecology*. 11:5-18.
- Nieminen, M.,M.C. Singer,W. Fortelius,K. Schöps,I. Hanski. 2001. Experimental confirmation that inbreeding depression increases extinction risk in butterfly populations. *The American Naturalist* 157:237-244
- Pan, S,N. Dang, J. Wang,Y. Zheng,D. Rao,J. Li. 2013. Molecular Phylogeny Supports the Validity of *Polypedates impresus* Yang 2008. *Asian Herpetological Research* 4:124-133
- Peakall, R. and Smouse P. E.. 2012. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research—an update. *Bioinformatics* 28:2537-2539.
- Piry, S., G. Luikart, and J. M. Cornuet. 1999. Computer note. Bottleneck: a computer program for detecting recent reductions in the effective size using

- allele frequency data. *Journal of Heredity* 90:502-503.
- Peacock, M.M.,K.H. Beard,E.M. O'Neill,V.S. Kirchoff,M.B. Peters. 2009. Strong founder effects and low genetic diversity in introduced populations of *Coqui* frogs. *Molecular Ecology* 18:3603-15
- Rödger, D and Lötters S. 2009. Niche shift versus niche conservatism? Climatic characteristics of the native and invasive ranges of the Mediterranean house gecko (*Hemidactylus turcicus*). *Global Ecology and Biogeography* 18:674-687
- Sakai, A. K., F. W. Allendorf, J. S. Holt, D. M. Lodge, J. Molofsky, K. A. With, S. Baughman, R. J. Cabin, J. E. Cohen, N. C. Ellstrand, D. E. McCauley, P. O'Neil, I. M. Parker, and J. N. Thompson. 2001. The population biology of invasive specie. *Annual Review of Ecology and Systematics* 32:305-332.
- Sax,D.F.,J.J. Stachowicz,J.H. Brown,J.F. Bruno,M.N. Dawson,S.D. Gaines,R.K.Grosberg,A. Hastings,R.D. Holt,M.M. Mayfield. 2007. Ecological and evolutionary insights from species invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 22:465-471
- Tsutsui, N.D.,A.V. Suarez,D.A. Holway,T.J. Case. 2000. Reduced genetic variation and the success of an invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States America* 97:5948-5953
- Usio, N.,N. Azuma,E.R. Larson,C.L. Abbott,J.D. Olden,H. Akanuma,K. Takamura,N. Takamura. 2016. Phylogeographic insights into the invasion history and secondary spread of the signal crayfish in Japan. *Ecology and Evolution* 6:5366-5382
- Vellend, M.,L.J. Harmon,J.L. Lockwood,M.M. Mayfield,A.R. Hughes,J.P. Wares, D.F. Sax. 2007. Effects of exotic species on evolutionary diversification. *Trends Ecology Evolution* 22:481-8
- Wilkinson, J.A.,R.C. Drewes,O.L. Tatum. 2002. A molecular phylogenetic analysis of the family Rhacophoridae with an emphasis on the Asian and African genera. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 24:265-273
- Wright, S. 1978. *Evolution and the genetics of populations*. University of Chicago Press, Chicago.

附錄 一、2017 年斑腿樹蛙監測點

縣市	樣點名稱	經度	緯度	調查團隊	樣點類型
台北市	明德宮杏花林	121.578838	24.970002	台北小雨蛙	布氏共域
台北市	明興里生態區	121.564095	24.991776	明興社區	布氏共域
台北市	草湳	121.607929	24.967976	關渡蛙蛙小組	布氏共域
台北市	富陽公園	121.557254	25.016855	富陽	布氏共域
台北市	樟樹步道水田	121.583576	24.967153	台北小雨蛙	布氏共域
台北市	貓空茶園	121.583779	24.966361	台北小雨蛙	布氏共域
台北市	台北市立動物園	121.581805	24.9979273	動物園卻斑行動	布氏共域
台北市	南港區山水綠生態公園	121.621861	25.029583	南港可樂蛙	布氏共域
台北市	天母水管路古道	121.54	25.13	天母呱呱蛙	布氏共域
台北市	雙溪國小校園稻田	121.563972	25.106041	兩棲保育研究室	只進行一年調查
台北市	至善路三段 7 巷	121.562516	25.113124	兩棲保育研究室	只進行一年調查
新北市	土城青雲路	121.472488	24.964522	關渡蛙蛙小組	布氏共域
新北市	土城彈藥庫	121.446709	24.964683	台北快樂蛙	布氏共域
新北市	山中湖 B	121.466786	24.9544917	台北快樂蛙	布氏共域
新北市	介壽路一段 238 巷	121.38209	24.92917	青蛙小站	布氏共域
新北市	碧龍宮	121.365134	24.962585	台北牡丹心	布氏共域
新北市	觀音山田埔巷 4	121.442522	25.1254778	兩棲類保育研究室	布氏共域
新北市	中和 11 工廠菜園	121.472767	24.9804651	跳跳蛙農場	布氏共域
新北市	向天湖	121.623086	24.988803	深坑大頭蛙	布氏共域
新北市	4-2 蘆堤幸福菜園	121.485735	25.094286	台北快樂蛙	已連續二年以上調查

附錄 一、2017 年斑腿樹蛙監測點(續)

縣市	樣點名稱	經度	緯度	調查團隊	樣點類型
新北市	中和 15 工廠菜園	121.485062	25.016511	跳跳蛙農場	已連續二年以上調查
新北市	關渡自然公園	121.470512	25.119162	關渡蛙蛙小組	已連續二年以上調查
新北市	挖仔尾	121.416801	25.16793	兩棲類保育研究室	已連續二年以上調查
新北市	三芝區芝蘭路 62 號	121.462235	25.243851	兩棲保育研究室	只進行一年調查
新北市	石門區七股小坑路	121.547701	25.26816	兩棲保育研究室	只進行一年調查
新北市	淡水區秀水路(開心農場旁邊)	121.487429	25.153931	兩棲保育研究室	只進行一年調查
新北市	直潭國小側門附近私人菜園	121.530834	24.9379573	兩棲保育研究室	只進行一年調查
新北市	關公嶺北天宮	121.397111	25.0024463	心德愛蛙	已連續二年以上調查
新北市	瓊林有機農園	121.439295	25.02241	台北快樂蛙	已連續二年以上調查
新北市	外寮路池塘	121.423074	25.078673	台北牡丹心	已連續二年以上調查
新北市	南勢街	121.355596	25.079311	陳建志	已連續二年以上調查
新北市	泉州街 2	121.293598	25.097343	陳建志	已連續二年以上調查
新北市	紅中湖路	121.380739	25.102885	陳建志	已連續二年以上調查
新北市	鄉民農園	121.337341	24.9829462	心德愛蛙	已連續二年以上調查
新北市	嘉寶國小	121.339687	25.108176	陳建志	已連續二年以上調查
桃園市	和美山步道	121.5321	24.9489	台北快樂蛙	布氏共域
桃園市	石門路	121.457243	24.963479	台北快樂蛙	布氏共域
桃園市	石門路 B	121.456798	24.958819	台北快樂蛙	布氏共域
桃園市	承天路	121.445415	24.958682	陳建志	布氏共域
桃園市	海萍路 16 巷	121.346181	24.9803484	台北牡丹心	已連續二年以上調查

附錄 一、2017 年斑腿樹蛙監測點(續)

縣市	樣點名稱	經度	緯度	調查團隊	樣點類型
桃園市	大丘田	121.353245	24.9849949	心德愛蛙	已連續二年以上調查
桃園市	五青路 2	121.234632	25.021614	桃園龜山福源	已連續二年以上調查
桃園市	外社(紅)	121.305441	25.077457	陳建志	已連續二年以上調查
桃園市	石園路	121.254839	24.867559	陳建志	已連續二年以上調查
桃園市	好時節農場	121.293281	24.878865	陳建志	已連續二年以上調查
桃園市	尖山路	121.344733	24.946386	心德愛蛙	已連續二年以上調查
桃園市	成功工商周邊	121.349324	24.989704	台北牡丹心	已連續二年以上調查
桃園市	育英街	121.347602	24.9968014	台北牡丹心	已連續二年以上調查
桃園市	忠孝路(紅)	121.374814	25.066866	陳建志	已連續二年以上調查
桃園市	明成街菜園	121.346189	24.9909972	心德愛蛙	已連續二年以上調查
桃園市	茄苳路	121.280254	24.97055	桃園龜山福源	已連續二年以上調查
桃園市	桃 42	121.325638	25.016973	桃園龜山福源	已連續二年以上調查
桃園市	桃一 9	121.18337	24.93044	兩棲保育研究室	已連續二年以上調查
桃園市	桃二 8	121.254504	24.987511	桃園龜山福源	已連續二年以上調查
桃園市	桃三 7	121.301189	24.939819	心德愛蛙	已連續二年以上調查
桃園市	桃中壢 17	121.28491	25.009389	桃園龜山福源	已連續二年以上調查
桃園市	中壢區山東里青埔附近	121.152286	25.025152	兩棲保育研究室	只進行一年調查
桃園市	觀音區育仁國小	121.102301	25.012998	兩棲保育研究室	只進行一年調查
桃園市	桃園溼地復旦路 5.1	121.175591	24.940307	兩棲保育研究室	已連續二年以上調查
桃園市	平鎮市長安路 168 號	121.194104	24.952511	兩棲保育研究室	只進行一年調查

附錄 一、2017 年斑腿樹蛙監測點(續)

縣市	樣點名稱	經度	緯度	調查團隊	樣點類型
桃園市	楊梅區幼獅路三段 366 巷	121.153484	24.937582	兩棲保育研究室	只進行一年調查
桃園市	福源山步道	121.352994	24.9840655	桃園龜山福源	已連續二年以上調查
桃園市	福源山登山步道口	121.353678	24.9841271	心德愛蛙	已連續二年以上調查
桃園市	蕭厝坑步道	121.357813	24.9822303	台北快樂蛙	已連續二年以上調查
新竹縣	墾園農場	121.044212	24.844923	鹹菜甕蛙蛙	布氏共域
新竹縣	竹東河濱公園榮民醫院端	121.101799	24.722474	鹹菜甕蛙蛙	只進行一年調查
新竹縣	新豐鄉 中崙村 4 鄰 156 之 1 號	121.004115	24.896363	鹹菜甕蛙蛙	只進行一年調查
新竹市	北區舊社國小附近	120.973306	24.823111	新竹蛙保	已連續二年以上調查
新竹市	東區高峰路 439 巷古奇峰何家園 餐廳	120.982787	24.77871	鹹菜甕蛙蛙	只進行一年調查
新竹市	南寮漁港運動公園	120.925263	24.844247	鹹菜甕蛙蛙	只進行一年調查
苗栗縣	西湖渡假村	120.761735	24.389642	峯蛙調	布氏共域
苗栗縣	苗栗線楓樹窩石虎米	120.737573	24.4934359	中興大學	尚未調查
苗栗縣	西湖鄉湖東村湖東 1 號	120.755459	24.565813	中興大學	尚未調查
苗栗縣	苑裡鎮泰田里	120.698449	24.387214	峯蛙調	只進行一年調查
苗栗縣	苑裡鎮 德行路	120.680617	24.415725	峯蛙調	只進行一年調查
台中市	七分荒塘	120.783723	24.247992	TNRS	布氏共域
台中市	新社石岡 1	120.791334	24.2854017	TNRS	布氏共域
台中市	新社石岡 2-3	120.805596	24.2928607	TNRS	布氏共域

附錄 一、2017 年斑腿樹蛙監測點(續)

縣市	樣點名稱	經度	緯度	調查團隊	樣點類型
台中市	新社石岡 3	120.810066	24.2941214	TNRS	布氏共域
台中市	新社石岡 16	120.780885	24.2609178	TNRS	布氏共域
台中市	新社石岡 17	120.790437	24.2618071	TNRS	布氏共域
台中市	新社石岡 18	120.797636	24.2619523	TNRS	布氏共域
台中市	新社石岡 22	120.795354	24.2476469	台中烏榕頭	布氏共域
台中市	新社石岡 25	120.818543	24.2354056	陳建志	布氏共域
台中市	新社石岡 26-2	120.78164	24.2456866	TNRS	布氏共域
台中市	新社石岡 32-2	120.795353	24.2298683	MusicFrogs	布氏共域
台中市	新社紅 3A	120.813989	24.294753	TNRS	布氏共域
台中市	中和街二段 280 巷底			MusicFrog	布氏共域
台中市	崑南街	120.785402	24.233358	MusicFrog	布氏共域
台中市	香菇之家	120.800576	24.207943	MusicFrog	布氏共域
台中市	新社國小	120.809891	24.240508	台中烏榕頭	布氏共域
台中市	興中街	120.80339	24.229433	MusicFrog	布氏共域
台中市	中都 4A	120.587048	24.211002	中都美白去斑	布氏共域
台中市	中都 8A 牛頂頭	120.59021	24.197673	中都美白去斑	布氏共域
台中市	中都 8E 甘露寺	120.596964	24.193973	中都美白去斑	布氏共域
台中市	牛烏攔溪生態池	120.75814	24.22473	TNRS 團隊	布氏共域
台中市	中正露營區	120.78191	24.173967	MusicFrogs	布氏共域
台中市	中興大學	120.674129	24.120868	中興大學	只進行一年調查



附錄一、2017年斑腿樹蛙監測點(續)

縣市	樣點名稱	經度	緯度	調查團隊	樣點類型
台中市	中興街2	120.800576	24.207943	MusicFrog	已連續二年以上調查
台中市	太平國中	120.735458	24.1489	陳建志	已連續二年以上調查
台中市	台中文創園區	120.68076	24.133324	中興大學	只進行一年調查
台中市	大甲區幸福里	120.668614	24.382989	峯蛙調	只進行一年調查
台中市	東勢林場	120.865457	24.2852809	峯蛙調	只進行一年調查
台中市	崑南街	120.785402	24.233358	MusicFrog	已連續二年以上調查
台中市	新社區沐心泉餐飲區旁的小池子	120.847534	24.149484	MusicFrogs	已連續二年以上調查
台中市	梧棲林宅	120.53133	24.23175	林正雄	已連續二年以上調查
彰化縣	八卦山1	120.623184	23.92317	陳建志	布氏共域
彰化縣	八卦山2	120.621709	23.921314	陳建志	布氏共域
彰化縣	八卦山4	120.605477	23.921264	陳建志	布氏共域
彰化縣	八卦山5	120.618577	23.925303	陳建志	布氏共域
彰化縣	八卦山蝴蝶園	120.597791	24.02107	彰化蛙蛙蛙	布氏共域
彰化縣	寶藏寺後方	120.626111	23.999167	陳建志	布氏共域
彰化縣	大同12街	120.474031	23.959795	彰化蛙蛙蛙	已連續二年以上調查
彰化縣	民生路蕙洋園	120.528293	23.906956	彰化鳥會	已連續二年以上調查
彰化縣	前溪底	120.519477	23.835033	彰化鳥會	已連續二年以上調查
彰化縣	員林紅10A	120.595496	23.957493	彰化鳥會	已連續二年以上調查
彰化縣	員林紅1B	120.555296	23.960623	彰化鳥會	已連續二年以上調查
彰化縣	溪湖鎮肉品市場	120.455819	23.954475	彰化蛙蛙蛙	已連續二年以上調查

附錄 一、2017 年斑腿樹蛙監測點(續)

縣市	樣點名稱	經度	緯度	調查團隊	樣點類型
彰化縣	彰 27B	120.515665	23.852667	彰化鳥會	已連續二年以上調查
彰化縣	彰 36A	120.499994	23.902337	彰化鳥會	已連續二年以上調查
彰化縣	彰 42A	120.486449	23.883132	彰化鳥會	已連續二年以上調查
彰化縣	鹿港鎮詔安里竹圍巷	120.456176	24.079904	彰化蛙蛙蛙	只進行一年調查
彰化縣	稻香生態農園	120.476313	24.00282	彰化蛙蛙蛙	已連續二年以上調查
南投縣	名屋鄉新大巷 3 之 38 號	120.67021	23.872362	兩棲保育研究室	只進行一年調查
南投縣	特生中心生態園區	120.801218	23.828354	嘉義大學	只進行一年調查
南投縣	黃清松的巴西蘑菇栽培場	120.965084	23.980412	兩棲保育研究室	尚未調查
南投市	南鄉路	120.692222	23.907222	陳建志	已連續二年以上調查
雲林縣	斗六工業區	120.501397	23.720969	雲林永續協會	已連續二年以上調查
雲林縣	西螺大橋 1	120.46128	23.80735	雲林永續協會	已連續二年以上調查
雲林縣	西螺大橋 2	120.46716	23.80204	雲林永續協會	已連續二年以上調查
雲林縣	溪州國小附近的漢記公園	120.5555	23.741306	雲林永續協會	已連續二年以上調查
雲林縣	福爾摩沙高速公路附近	120.600116	23.694317	雲林永續協會	只進行一年調查
雲林縣	麥寮鄉新吉村吉安宮北方	120.276798	23.807404	雲林永續協會	只進行一年調查
雲林縣	麥寮鄉興華國小南方 156 縣道	120.288319	23.758482	雲林永續協會	只進行一年調查
雲林縣	新厝公園	120.283426	23.709675	兩棲保育研究室	已連續二年以上調查
嘉義縣	大埔鄉曾文水庫	120.532001	23.2480658	嘉義大學	只進行一年調查
嘉義縣	凍子嶺 159 甲	120.60445	23.459784	嘉義大學	只進行一年調查
嘉義市	仁義高中與忠義堤防道路	120.486568	23.459391	諸羅小隊	只進行一年調查

附錄 一、2017 年斑腿樹蛙監測點(續)

縣市	樣點名稱	經度	緯度	調查團隊	樣點類型
嘉義市	香湖公園	120.445227	23.492554	諸羅小隊	只進行一年調查
屏東縣	大陸觀外圍 01	120.623563	22.7441801	屏東縣野鳥學會	布氏共域
屏東縣	大陸觀外圍 07	120.638313	22.741877	屏東縣野鳥學會	布氏共域
屏東縣	賽嘉巷水溝	120.638233	22.7255	屏東縣野鳥學會	布氏共域
屏東縣	口社	120.64069	22.761113	屏東縣野鳥學會	布氏共域
屏東縣	大陸觀 B 池	120.625431	22.737303	屏東縣野鳥學會	已連續二年以上調查
屏東縣	大路觀 A 池	120.627403	22.7388429	屏東縣野鳥學會	已連續二年以上調查
屏東縣	大路觀外圍 06	120.633642	22.746733	屏東縣野鳥學會	已連續二年以上調查
屏東縣	大路觀外圍 11	120.626318	22.749492	屏東縣野鳥學會	已連續二年以上調查
宜蘭縣	淋漓坑	121.709972	24.644841	兩棲保育研究室	布氏共域

附錄 二、2017 年斑腿樹蛙通報

序號	日期	通報方式	縣市	地點	判斷結果	通報內容
1	1 月 4 日	臉書	南投縣	南投市	斑腿樹蛙	成蛙
2	2 月 9 日	信箱	宜蘭縣	鴛鴦湖探勘研究樣區 15K 山屋附近琳	斑腿樹蛙	鳴叫
3	2 月 23 日	臉書	桃園市	桃園市敬三街底旁灌溉水溝	斑腿樹蛙	成蛙
4	3 月 6 日	信箱	台中市	台中市北屯區大坑山上	斑腿樹蛙	成蛙
5	3 月 23 日	信箱	台北市	古亭河濱公園靠永福橋的地方	斑腿樹蛙	鳴叫
6	3 月 23 日	臉書	苗栗縣	苗栗縣卓蘭鎮食水坑	斑腿樹蛙	成蛙
7	3 月 26 日	臉書	南投縣	南投埔里鎮藍城里筊白筍田	斑腿樹蛙	成蛙
8	3 月 30 日	私人通訊	台中市	台中市太平區廂仔坑	斑腿樹蛙	成蛙
9	4 月 4 日	臉書	新北市	新北市泰山區黎明技術學院附近的私人菜園	斑腿樹蛙	成蛙
10	4 月 7 日	信箱	苗栗縣	苑裡鎮	斑腿樹蛙	成蛙
11	4 月 8 日	臉書	台中市	台中市東勢區新成國小	斑腿樹蛙	成蛙
12	4 月 15 日	臉書	宜蘭縣	宜蘭縣冬山鄉大進村淋漓坑	斑腿樹蛙	鳴叫
13	4 月 16 日	私人通訊	台北市	天母東山路 25 巷 119 號	斑腿樹蛙	成蛙
14	4 月 17 日	信箱	桃園市	桃園市龍潭區龍園六路附近(台積電龍潭廠附近)	斑腿樹蛙	成蛙
15	4 月 17 日	私人通訊	新北市	新北市新店區太平宮	斑腿樹蛙	成蛙
16	4 月 25 日	臉書	新北市	新北市新店區小粗坑路	斑腿樹蛙	成蛙
17	4 月 27 日	信箱	苗栗縣	苗栗縣三義鯉魚社區發展協會(苗 52 線)	斑腿樹蛙	成蛙
18	4 月 27 日	臉書	新竹縣	清水岩挑鹽古道上面的農產站	斑腿樹蛙	成蛙
19	4 月 27 日	臉書	新北市	新北市樹林區保安街二段 289 號旁巷弄內	斑腿樹蛙	成蛙
20	5 月 1 日	信箱	桃園市	桃園觀音鋼鐵廠	斑腿樹蛙	成蛙

附錄二、2017年斑腿樹蛙通報(續)

序號	日期	通報方式	縣市	地點	判斷結果	通報內容
21	4月26日	信箱	台中市	台中新社自然農法田	斑腿樹蛙	成蛙
22	4月28日	信箱	台中市	台中豐原	斑腿樹蛙	成蛙
23	4月29日	臉書	基隆市	基隆市信義區天外天復育公園	斑腿樹蛙	成蛙
24	5月2日	臉書	屏東縣	恆春關山福德宮停車場	斑腿樹蛙	成蛙
25	5月5日	信箱	台中市	台中市西屯區福雅路227號門口蓮花盆栽水缸	斑腿樹蛙	卵泡
26	5月3日	信箱	台北市	大安森林公園	斑腿樹蛙	鳴叫
27	5月8日	臉書	新北市	三芝橫山阿石伯	斑腿樹蛙	成蛙
28	5月8日	臉書	彰化縣	彰化縣埔心鄉舊館村新館路686巷61號	斑腿樹蛙	成蛙
29	5月9日	臉書	新北市	石門	斑腿樹蛙	成蛙
30	5月5日	臉書	台北市	陽明山 湖山里	斑腿樹蛙	成蛙
31	5月9日	私人通訊	新竹縣	新竹縣立精華國中	斑腿樹蛙	成蛙
32	5月9日	臉書	台北市	台大鹿鳴堂外面	斑腿樹蛙	鳴叫
33	5月12日	臉書	台中市	臺中市大雅區忠義里汝鑿公園	斑腿樹蛙	成蛙
34	5月9日	臉書	新竹縣	新竹縣關西鎮牛欄河灌溉區域	斑腿樹蛙	成蛙
35	5月7日	臉書	台中市	台中市外埔區中山里東西向83號	斑腿樹蛙	卵泡
36	5月18日	信箱	台北市	台北市信義區	斑腿樹蛙	成蛙
37	5月18日	臉書	苗栗縣	苗栗銅鑼新雞隆	斑腿樹蛙	鳴叫
38	5月15日	臉書	台北市	台北市北投區致遠一路二段11巷的巷子口	斑腿樹蛙	成蛙
39	5月8日	臉書	苗栗縣	苗栗縣銅鑼鄉銅鑼村21鄰東田洋29號	斑腿樹蛙	成蛙
40	5月22日	臉書	台北市	台北市文山區汀州路四段88號	斑腿樹蛙	鳴叫
41	5月23日	私人通訊	新北市	新北市林口區南勢街278號	斑腿樹蛙	成蛙

附錄 二、2017 年斑腿樹蛙通報(續)

序號	日期	通報方式	縣市	地點	判斷結果	通報內容
42	5 月 23 日	信箱	苗栗縣	三義挑炭古道	斑腿樹蛙	成蛙
43	5 月 24 日	臉書	新北市	深坑松柏街 43 巷	斑腿樹蛙	鳴叫
44	5 月 24 日	臉書	台東縣	台東安朔國小	布氏樹蛙	成蛙
45	6 月 1 日	臉書	台北市	士林官邸	斑腿樹蛙	成蛙
46	6 月 3 日	臉書	苗栗縣	苗栗縣卓蘭鎮	斑腿樹蛙	成蛙
47	6 月 5 日	私人通訊	高雄市	大寮輔英科大旁菜園	待確認	成蛙
48	6 月 9 日	臉書	台中市	台中沙鹿區文森幼兒園校門口的睡蓮池	斑腿樹蛙	幼蛙
49	6 月 10 日	私人通訊	台北市	台北市內湖區碧山路 38 號(內湖白石湖同心池)	斑腿樹蛙	成蛙
50	6 月 12 日	信箱	南投縣	南投營盤口七將軍廟旁農田	斑腿樹蛙	成蛙
51	6 月 14 日	臉書	新北市	土城善息寺	斑腿樹蛙	幼蛙
52	6 月 14 日	臉書	苗栗縣	苗栗縣苑裡鎮泰田里一鄰一號	斑腿樹蛙	成蛙
53	6 月 14 日	臉書	苗栗縣	苗栗縣苑裡鎮泰田里一號	斑腿樹蛙	成蛙
54	6 月 16 日	臉書	台北市	台北市木柵公園	斑腿樹蛙	卵泡
55	7 月 10 日	臉書	花蓮縣	花蓮縣吉安鄉	斑腿樹蛙	成蛙
56	7 月 11 日	臉書	台東縣	台東安朔國小	布氏樹蛙	成蛙
57	8 月 4 日	臉書	花蓮縣	花蓮縣壽豐鄉山邊路二段 58 號	布氏樹蛙	成蛙
58	8 月 24 日	臉書	新北市	新北市淡水新市五路二段靠近海邊車道上及海邊步道	斑腿樹蛙	成蛙
59	10 月 25 日	臉書	新北市	三峽區的大同路 87 巷	斑腿樹蛙	成蛙

附錄 二、2017 年斑腿樹蛙通報(續)

序號	日期	通報方式	縣市	地點	判斷結果	通報內容
60	8月7日	私人通訊	新竹市	新竹市	斑腿樹蛙	成蛙
61	8月11日	私人通訊	新北市	三峽	斑腿樹蛙	成蛙
62	8月12日	私人通訊	台北市	台北市松山機場附近	斑腿樹蛙	成蛙
63	8月29日	私人通訊	新北市	新北市板橋區附近	斑腿樹蛙	成蛙
64	9月2日	私人通訊	新竹市	新竹市	斑腿樹蛙	成蛙
65	8月13日	私人通訊	台北市	台北市	斑腿樹蛙	成蛙
66	9月5日	私人通訊	新北市	新北市漳和濕地	斑腿樹蛙	成蛙
67	9月13日	私人通訊	台中市	台中市清泉崗 CCK 高爾夫球場	斑腿樹蛙	成蛙
68	9月2日	私人通訊	新竹市	新竹青草湖	斑腿樹蛙	成蛙
69	10月3日	私人通訊	彰化縣	彰化永靖	斑腿樹蛙	成蛙
70	10月10日	私人通訊	桃園市	桃園長庚國小	斑腿樹蛙	成蛙
71	9月19日	私人通訊	桃園市	桃園楊梅	斑腿樹蛙	成蛙
72	10月19日	私人通訊	雲林縣	雲林二崙國中	斑腿樹蛙	成蛙
73	10月15日	私人通訊	新北市	新北市永和區	斑腿樹蛙	成蛙

附錄 三、2018 年新增監測樣點

縣市	鄉鎮	地點	經度	緯度	海拔(公尺)
台北市	士林區	士林官邸	121.5324	25.09313	25
新北市	淡水區	新市五路二段靠近海邊車道上及海邊步道	121.4262	25.20085	25
桃園市	龍潭區	台積電龍潭廠附近	121.1855	24.88364	230
新竹縣	新豐鄉	精華國中	121.0188	24.92691	41
新竹縣	關西鎮	牛欄河灌溉區域	121.1809	24.79222	144
苗栗縣	卓蘭鎮	食水坑	120.8459	24.30768	379
苗栗縣	銅鑼鄉	新雞隆	120.8141	24.42634	222
苗栗縣	銅鑼鄉	銅鑼村 21 鄰東田洋 29 號	120.7894	24.47758	177
苗栗縣	三義鄉	挑炭古道	120.7594	24.4216	323
苗栗縣	卓蘭鎮	雙連農路	120.8547	24.34003	403
台中市	西屯區	福雅路 227 號	120.621	24.18952	109
台中市	大雅區	汝塗公園	120.6221	24.23448	183
台中市	外埔區	中山里東西向 83 號	120.6633	24.33976	131
台中市	清水區	清泉崗 CCK 高爾夫球場	120.622	24.28713	198
彰化縣	社頭鄉	清水岩挑鹽古道上面的農產站	120.6181	23.88255	155
雲林縣	二崙鄉	二崙國中	120.4072	23.77352	26
高雄市	大寮區	輔英科大旁菜園	120.392	22.6056	25
屏東縣	恆春鎮	關山福德宮停車場	120.72	21.96321	136



附錄 四、活動照片



圖說：八里國中學生參與八里挖仔尾移除活動



圖說：停棲於蘆葦上的斑腿樹蛙

附錄 三、活動照片(續)



圖說：台中都會公園移除活動



圖說：彰化鳥會舉辦蕙洋園斑腿樹蛙移除活動

## 附錄 五、國內外研討會摘要

日期: 201711/25-26

第 56 屆日本兩棲爬行學會年會

### Monitoring of the Invasive Tree Frog

#### *(Polypedates megacephalus)* by Volunteers in Taiwan

Yi-Ju Yang

National Dong Hwa University, Department of Natural Resources and Environmental Studies, Taiwan, R.O.C.

Spot-legged tree frog (*Polypedates megacephalus*) was first found in Taiwan in 2006. They inhabit in cultivated land under the elevation of 500 meters. In order to monitor the spreading condition of *P. megacephalus* in Taiwan, we set up 250 1km<sup>2</sup> grids around their distribution areas, and amphibian conservation volunteers did surveys on each grid once or twice a year during 2012 -2014. The survey results show that the occupancy rate of *P. megacephalus* in all these grids increased from 44.8% (2012) to 63.2% (2013), and to 65.2% (2014). In 2015, we surveyed 40 sympatric sites shared by native tree frog *P. braueri* and alien tree frog *P. megacephalus* and found that *P. megacephalus* existed in 40 sites while *P. braueri* was only in 17 sites, which decreased to 8 sites in 2016. We used volunteers once a month to remove *P. megacephalus* at Waziwei, New Taipei City from 2012 to 2017, and we found the population of *P. megacephalus* didn't decrease immediately but with a slow pace. We will keep training volunteers to monitor and control the populations of *P. megacephalus*. Meanwhile, environmental education is also our goal to raise the public awareness for the problems caused by invasive species.

# 附錄 四、國內外研討會摘要(續)

日期: 201711/27

2017 紐澳生態學會

## Stay focused on sites that connect: integrated connectivity analysis in containing spread of invasive frog

Chung-Huey Wu<sup>1</sup>, Wun-Bin Gong<sup>2</sup>, Yi-Ju Yang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> School of Biosciences, University of Melbourne, Melbourne, VIC, Australia

<sup>2</sup> National Dong Hwa University, Hualien, Taiwan (R.O.C) \*Correspondence to Yi-Ju Yang (treefrog@gms.ndhu.edu.tw)

QR code for reference links and acknowledgement

### Introduction

- Containing the initial spread of invasive species is key to successful management, and requires intelligent prioritization of sites to control. e.g. targeting sites around the invasion front ("dynamic ring").
- Spatial network analysis can integrate **least-cost dispersal analysis** and **habitat suitability** and find sites with **high connectivity importance**. e.g. **Integral index of connectivity (IIC)**(Sauna, 2011)
- Focusing control on sites with high connectivity importance** can be an effective alternative to slow down invasion spread (Perry et al., 2017). But it has not been assessed in real, heterogenous landscape.
- We simulate **water body control** for **spot-legged tree frog (STF)** (*Polypedates megacephalus*) invasion in northern Taiwan to assess the efficacy of **IIC-based site prioritization** vs. other site selection.

### Conclusions

- Systemic water body control (biweekly removal of egg and tadpoles at selected sites) could have slowed down the STF invasion spread in northern Taiwan.
  - Absolute efficacy reduces with increasing level of random introduction events.
- Consistently managing water bodies of high connectivity importance performs nearly as good as dynamically targeting the invasion front.
- Connectivity-based, fixed-site management can be a convenient and effective alternative to dynamic targeting, especially when monitoring is costly or imperfect, and when locations of initial invasion are not known.

**Aim** To simulate if selecting water bodies to control by their connectivity importance could outperform other site selection methods in slowing down the invasion spread of STF in northern Taiwan.

### 1) Identify water bodies with high connectivity importance

#### Spot-legged tree frog invasion in northern Taiwan

- Native in China; a shrub frog; high fecundity; outcompete native frogs in Taiwan.
- 388 **artificial water bodies (WB)** as major reproduction sites (few natural WB).
- 1<sup>st</sup> record in 2006; systemic surveys in 2010-2015; widespread after 2014.
- Controlled (hand-removal of individuals and eggs) at few arbitrary sites (2010-).
- Biweekly clean-up of water bodies** could have slowed down invasion.

#### Network analysis

Land-use type (woods, farm, road, house...)(government survey)

Relative resistance to STF movement (expert opinion)

Least cost analysis (in QGIS)

Home range patch (centred on WB(s)) (400\* m w/ baseline resistance\*)

Long-distance dispersal range (800\* m w/ baseline resistance)

\* Parameters inferred from capture-recapture experiments.

\* Patch is thus not circular in heterogeneous landscape

Occupancy data (2010-15)

Patch quality (in MaxEnt) (temperature, precipitation)

Compute IIC of the network (in Conefor), and how each patch contributes (dIIC)

Importance of each WB

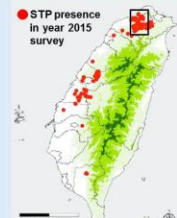
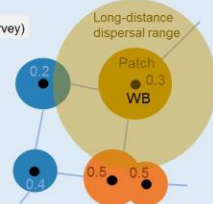


Figure 1. STP invasion in Taiwan. Black box: focal region of this study.

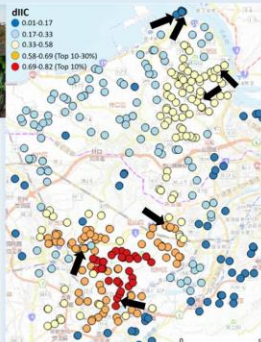
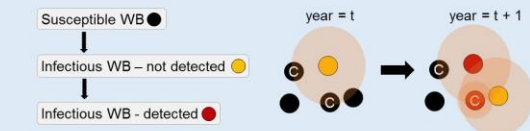


Figure 2. Connectivity importance (dIIC) of artificial WBs in northern Taiwan. Higher value means higher importance. Arrows: sites occupied by STF in 2010.

### 2) Simulate how water body control strategies slow down invasion

#### Susceptible-infectious dynamic model of invasion spread

388 artificial WBs. Assume initially invaded at the 7 sites occupied in 2010 survey (Fig.2).



#### Four-step simulation (iterate yearly for 16 yr; record # of invaded WBs)

- Select 100 WBs to control (biweekly clean-up)
  - WB under control is less likely to have STF population established and infect other WBs
  - C (yellow) / R (orange) have reduced infection kernel (see right)
- Infection (STF migration from infected WB into ●)
  - Strategies to select WBs to control
    - C-fixed: fixed at WBs with highest dIIC.
    - D-ring: ● at invasion front + nearest ●/●
    - Dynamically update each yr.
    - R-fixed: fixed at 100 randomly chosen WBs.
    - No Control
- Random introduction (0 or 3 random sites per yr)
  - Randomly select 3 WB to become infectious.
- Detection of infection
  - prob. = 0.7\*; ●-● prob. = 1.
  - \* Parameters inferred from occupancy data

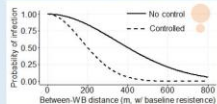
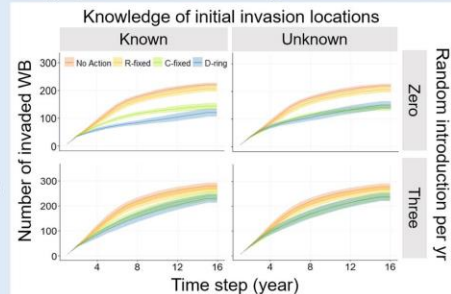


Figure 3. Number of invaded WBs across time with different control strategies, under 4 scenarios of knowledge and random introduction.



#### Results

- C-fixed and D-ring can slow down the growth in # of invaded WBs
- If initial invasion sites are unknown, or random introduction occurs C-fixed performs equally well as D-ring.
- Common situations, and likely to be the case in our STF system