

運用公民科學資料進行臺灣蛙類監測

文／圖 ■ 龔文斌 ■ 東華大學自然資源與環境學系博士候選人

楊懿如 ■ 東華大學自然資源與環境學系副教授（通訊作者）

一、前言

全球兩棲類快速減少 (Stuart et al. 2004)，共計超過 30% 的兩棲類生存面臨威脅 (<http://www.amphibiaweb.org/>，查詢日期：2016/12)，瀕危與受脅的物種數每年皆持續增加，滅絕速度更甚於鳥類與哺乳類 (Stuart et al. 2004)。兩棲類是重要的環境指標，因此調查與監測兩棲類的族群變化，已成為生物多樣性保育的重要工作之一。然而若僅倚賴科學家進行調查，常會因為時間、經費、人力的因素，限制調查的尺度與時間。公民科學 (citizen science) 是有助於收集數據的一種方式 (Bonney et al. 2009)，相較於聘請專業的研究人員，同樣的花費可以進行更大尺度及更長時間的調查 (楊懿如等人，2009；林大利，2016)。公民科學家們不一定具有科學背景，但能夠藉由收集數據，協助科學家分析及發表 (Cohn 2008；楊懿如與張志恣，2012)，並依此擬定保育政策 (Cooper et al. 2007)。

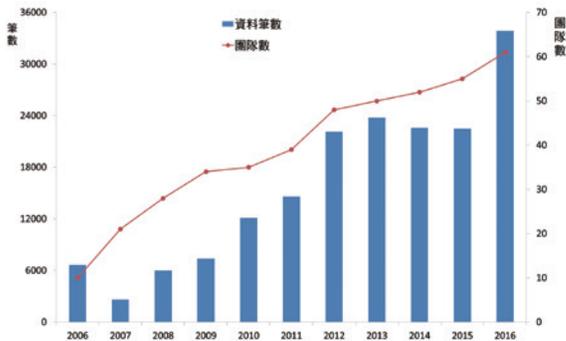
國際上運用公民科學家進行生物多樣性監測，以奧杜邦協會 (Audubon Society) 與康乃爾大學鳥類研究室 (Cornell Lab of Ornithology)

最為知名，其所發展的鳥類公民科學計畫也早已應用在鳥類族群變遷的監測上 (Bonney et al. 2009；楊懿如與張志恣，2012)。相較於鳥類，兩棲類公民科學家的發展較晚，較為知名的像是 NAAMP (North American Amphibian Monitoring Program)、MFTS (The Michigan Frog and Toad Survey) 與 FrogWatch。然而這些組織多位於歐美國家，亞洲地區相關案例則較少。Stuart et al. (2004) 指出，亞洲地區的兩棲類有 27% 生存受到威脅，要如何運用公民科學家所收集的數據，來監測與評估蛙類族群變化，已成為重要的生物多樣性課題。

二、台灣兩棲類保育志工團隊

在臺灣運用公民科學家進行生物多樣性監測，蛙類算是起步較早的生物類群。東華大學兩棲類保育研究室自 2003 年開始，在林務局的補助下推動公民科學 (楊懿如，2016)，一開始 2003 ~ 2006 年為測試培訓課程、調查方式、志工招募方式及製作教材的測試期 (楊懿如與張志恣，2012)。2007 ~ 2008 年為發展期，則在全省分區培訓志工，

建置網站資料庫，成立志工團隊及召開志工大會，並定期公布調查結果（楊懿如與張志恣，2012）。2009年迄今為穩定期，志工調查團隊數與樣區數穩定成長（圖1），每年新成立的志工團隊皆會由行政團隊（即東華大學兩棲類保育研究室）協助輔導，具有獨立調查的能力。志工團隊們歷年收集的數據在經過統整分析後，已是臺灣蛙類保育的重要參考資料。



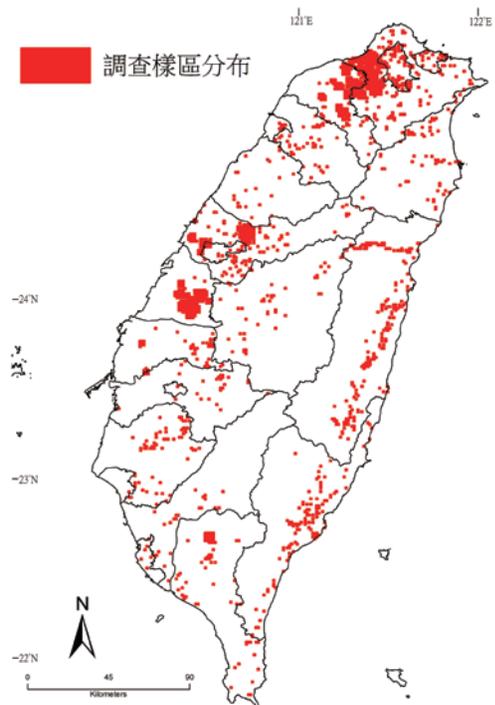
▲圖1、台灣兩棲類保育志工團隊，於各年度參與調查的團隊數與上傳資料筆數。

三、資料收集

調查樣區由各志工團隊自行選取，並分為持續調查的固定樣區與僅調查數次的非固定樣區。調查方法為目視遇測法與鳴叫計數法合併使用，以制式紀錄表記錄看到與聽到的蛙種、數量、性別與棲地等生態資訊。在2003～2007年的測試期間，兩棲類保育志工團隊的樣區調查頻度多不一致，從每月一次到數個月一次皆有，以致於後續資料分析不易。但藉由這些資料，楊懿如與郭炳村（2008）發現在人力、經費有限的情況下，以每季至少調查一次為基礎，擴大調查範圍與提高調查次數是最

有效率的方法，故於2008年將各團隊之固定樣區調查頻度改為每年3～5月（春）、6～8月（夏）、9～11月（秋）、12～2月（冬）各調查一次，方便志工持續進行調查工作（楊懿如與張志恣，2012）。

固定樣區與非固定樣區的調查頻度不同，因此適用的分析項目也有所差異。非固定樣區分布較廣，交通不便的山區（例如：神祕湖、南湖大山等）多屬此類。非固定樣區資料偏向普查性質，除了能夠即時提供蛙種出現資訊，建立物種名錄外，也能建構出物種分布模式 (Species Distribution Models, SDM)，對蛙類分布進行預測。固定樣區資料偏向監測性質，能夠提供更明確的蛙種分布資訊（有／無分布），也是探討蛙類族群變化趨勢主要依據。2008～2016年調查樣區分布如（圖2）。



▲圖2、2008～2016台灣兩棲類保育志工調查樣點分布

四、資料審核

志工團隊在完成調查後，可利用網路上傳至兩棲類資源調查資訊網（<http://tad.froghome.org>）（圖 3）。資料會經過 2 道審查程序，以確保資料品質。志工團隊完成上傳後，首先由各團隊隊長進行初審。初審主要目的為隊長確認與當日的調查數據相符，減少輸入錯誤的機率。完成初審的資料會由行政團隊進行詳細的複審，審查項目包含：

（一）座標精確性

樣區座標若有錯誤的情況，例如：落海、落於湖泊或大型河川中央、遠離道路、行政區與原始紀錄不符、海拔落差太大等，這些可能是座標的大地基準 (Datum) 設定有誤，便會退回團隊修正。

（二）物種正確性

樣區無誤後，檢查樣區出現的蛙種，其分布的行政區與海拔是否符合目前已知的分布範圍。若是偏離過多（例如：在南部記錄到臺北樹蛙、在平地記錄到橙腹樹蛙等），可能是蛙種辨識錯誤或是資料輸入錯誤，退回團隊確認或要求提供照片等證據。

（三）生態資訊正確性

複審最後檢查的是生活型態與棲地。概念與物種正確性類似，檢查蛙種在這季節出現的型態，以及所在的棲地是否合理。若發現疑似錯誤（例如：在非梭德氏赤蛙繁殖季發現其卵

團、在樹洞積水記錄到貢德氏赤蛙等），同樣比照上述方式退回團隊修正。

通過複審的數據即成為有效資料。後續相關分析統整也僅採用有效資料，以提高分析結果的可信度。

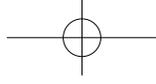


▲圖3、兩棲類資源調查資訊網頁面

五、資料品質

相較於參與門檻低、不須特別經過培訓即可參與調查，能夠快速累積大量生物分布資料的機會型計畫 (opportunistic scheme) (Lewendowski and Spech 2015, 林大利, 2016)，台灣兩棲類保育志工團隊屬於參與門檻較高的系統型計畫 (systematic scheme) (Lewendowski and Spech 2015, 林大利, 2016)。即便如此，這些調查資料仍可能存在像是物種偵測率 (Hartle et al. 2009)、空間資訊粗糙 (Johnson and Gillingham 2008) 等誤差，以至於資料不完整 (imperfect data) (林大利, 2016)。

為盡量降低公民科學家收集數據所產生的誤差，台灣兩棲類保育志工團隊從前端的志工調查到後端的資料整理，皆有許多規範需要



遵循。志工在調查前皆須經過培訓，具有物種辨識的準確度 (precision)；在進行調查時，樣區需要使用 GPS 定位並記錄調查時間，以提高空間與時間的精確度 (accuracy)；使用制式紀錄表與固定調查方法，並鼓勵進行長期監測，使資料具有完整性 (completeness) 並能進行比較 (comparability)。

六、臺灣蛙類分布預測

物種的分布資訊受限於調查時的經費成本，通常很難獲得完整的資訊，以致於無法做出全面的保育規劃，這也被稱為華萊士缺漏 (Wallacean shortfall) (Hortal et al. 2015)。物種分布模式結合物種出現資料、環境因子與統計分析工具，藉由歸納物種棲地偏好來預測其分布範圍，可補足華萊士缺漏 (Guisan and Zimmerman 2000)。物種分布模式對於物種資料的要求包含 (一) 僅需物種有出現，或是 (二) 需要物種

有／無出現，這些皆可從台灣兩棲類保育志工團隊的普查與監測資料中獲得。因此從 2010 年開始，已有多篇研究藉由這些公民科學資料來預測並描述臺灣蛙類的分布 (龔文斌與楊懿如，2010)，並依此歸納各蛙種分布型態 (龔文斌與楊懿如，2015)。

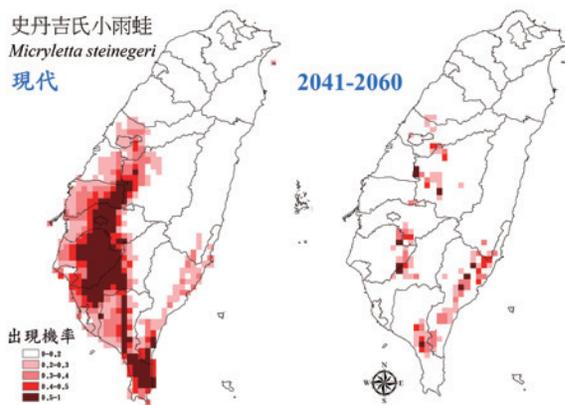
七、氣候變遷下臺灣蛙類分布變化

全球兩棲類減少的原因包含外來種入侵、疾病、棲地破壞等。其中全球氣候變遷因直接影響蛙類生存、影響範圍大，且可能加劇其他因子的作用，而於近年備受關注。東華大學兩棲類保育研究室藉由 2010 ~ 2014 年志工提供的 22,483 筆調查資料，並以政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 於 2013 年發布的第五次報告中，RCP 4.5 (各國積極減排的情境下)，來預測臺



(圖片／高遠文化)

灣需特別關注的蛙種（特有種和保育類），在現代（2000～2013）與未來（2041～2060）的分布差異。結果顯示所有的蛙種皆有減少，但嚴重程度有所差別。影響較輕微的為斯文豪氏赤蛙、梭德氏赤蛙、面天樹蛙、褐樹蛙與莫氏樹蛙；影響中等的為臺北樹蛙與翡翠樹蛙（皆只剩低海拔山區呈現帶狀分布）、橙腹樹蛙（僅雪山山脈北段、東部地區變化較小）；嚴重影響的為史丹吉氏小雨蛙（在西部與南部的平地消失）（圖4）、臺北赤蛙（僅剩少數地區，各地區隔離明顯）、金線蛙（僅剩低海拔地區）、諸羅樹蛙（平地範圍消失）。



▲圖4、氣候變遷下史丹吉氏小雨蛙未來的分布變化

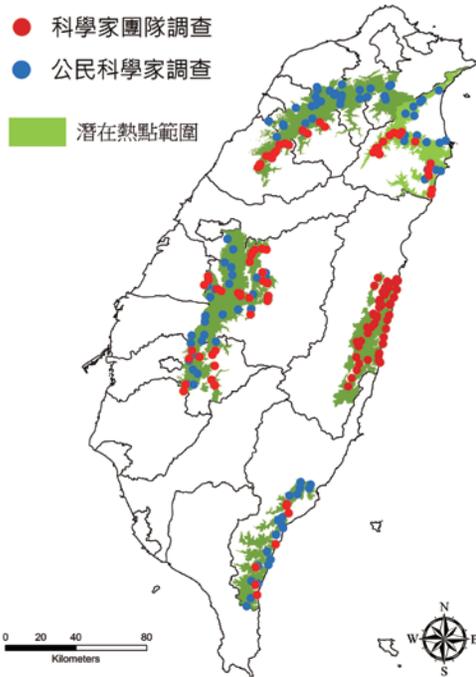
八、臺灣蛙類生物多樣性熱點

生物多樣性熱點 (biodiversity hotspots) 擁有高豐富度、獨特的生物組成，是生物多樣性保育的重要基礎，也是在規劃保育政策時需最優先考量的對象。若能挑選出針對生物多樣性熱點並進行監測，可減少需投入的空間和時間成本，使保育資源做有效的發揮。楊懿如、龔文

斌（2009）藉由台灣兩棲類保育志工團隊於2003～2008年的普查資料，挑選出40個臺灣蛙類的生物多樣性熱點，平均每個熱點蛙種數為 15.4 ± 2.2 種，接近臺灣原生蛙類（29種）一半。這些熱點並實際成為志工們的永久監測樣區，固定每年進行4次（每季1次）的調查。從2009～2016年的監測結果顯示，熱點每年調查到的蛙種數雖有明顯的波動，但整體而言變化不大，原因可能是有些蛙種會受到當年度氣候（多雨、梅雨期短等）影響而未出現，但隔年會再出現繁殖。但若是受到棲地破壞（例如：馬路拓寬、邊坡施工等），則會造成蛙類數量大幅下降且需多年才能恢復。各熱點的長期監測結果，每3～5年會公布在兩棲類資源調查資訊網，做為評估臺灣蛙類變化的指標之一。

除了40個熱點外，考量到許多高生物多樣性的區域可能因缺乏調查而未發現，因此龔文斌、楊懿如（2010）便利用物種分布模式進行預測，找出這些潛在熱點範圍，並依此建議志工團隊可優先考慮在這些範圍內新增調查樣區。2014年多位臺灣兩棲類學者，以龔文斌、楊懿如（2010）與李培芬等人（2011）兩篇文獻為基礎，劃設出5處臺灣蛙類生物多樣性潛在熱點範圍（圖5）。但這些潛在熱點範圍需要進一步調查確認，因此自2015年8月開始，在科技部計畫支持下進行族群特徵與群聚結構多樣性研究。由於志工進行長期監測的40個熱點皆落在這5處潛在熱點中，此計畫便以公民科學家（志工）與科學家合作進行監測的模式

進行，如此不但較為節省成本，對於未來要維持長期監測，也有很大的助益。

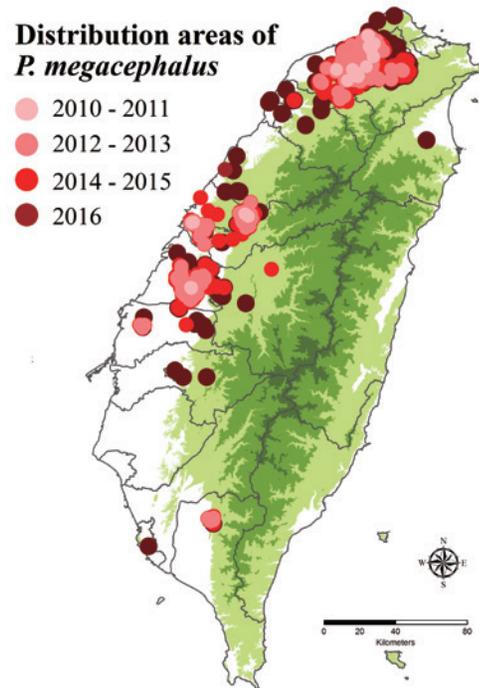


▲圖5、臺灣蛙類生物多樣性潛在熱點與調查樣點

九、外來種斑腿樹蛙分布監測

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，外來種案例與造成的危害日益嚴重，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。然而，外來入侵種多半具有繁衍快速、競爭力強的優勢，不容易確切掌握擴散途徑與分布範圍，因此即便在臺灣也少有大規模普查與長期追蹤的案例。斑腿樹蛙 (*Polypedates megacephalus*) 為 2006 年在彰化發現的外來種，2010 年開始，東華大學兩棲類保育研究室與兩棲類調查志工合作，藉由每年至少 30 個團隊協助普查與監

測，目前已清查出全臺 253 個斑腿樹蛙分布點，並能掌握其擴散方向與範圍（楊懿如、龔文斌，2014）（圖 6）。藉由這些結果更進一步分析出斑腿樹蛙擴散的關鍵棲地，且實際提供給縣市政府做為控制依據。



▲圖6、2010~2016年斑腿樹蛙的分布與擴散

十、資料公開與分享

台灣兩棲類保育志工團隊自成立以來，能夠每年穩定成長，並發展成現今的規模，經費仰賴相關政府部門（農委會、林務局、科技部、地方政府等）以及基金會（緯創文教基金會）的支持，因此我們也認為志工團隊收集來的資料應該合理開放給需要的單位或個人，而不是僅掌握在特定學術機構。

兩棲類保育志工團隊的成員，可以從資

料庫中匯出自己團隊的調查資料，其他團隊的調查資料則可以線上查詢。每年所有志工的調查資料皆會上傳至臺灣生物多樣性資訊機構 (Taiwan Biodiversity Information Facility, TaiBIF) 與林務局生態調查資料庫，研究單位可申請下載。除此之外，也有許多國中小學、大學研究所等教育單位有科展、研究等需求，經由電子郵件向我們申請的例子。

然而，有原始資料 (Raw data) 需求的單位或個人畢竟是少數，回歸到公民科學家的精神，我們更希望一般民眾能夠從較簡單、方便的途徑，得到已整理過、清楚且意義明瞭的資訊。因此我們把每年分析出來的相關保育成果，搭配文字說明，皆公布於臺灣兩棲類資源調查資訊網 (圖 7)，另外藉由這些資料發表的文獻同樣也全文公開。一般民眾便可藉由此途徑，快速了解臺灣蛙類分布概況與變化。網站上所有的分析成果，甚至是生態圖片皆為 CC 授權，除商業用途外皆能重製、展示與分享，讓更多民眾能夠有機會理解甚至參與臺灣蛙類保育，成為公民科學家的一員。



▲圖7、歷年資料分析結果皆公布於臺灣兩棲類資源調查資訊網

十一、結語

台灣兩棲類保育志工團隊已發展超過 10 年，培訓制度、團隊數量、資料筆數和品質穩定成熟，這些長期累積的資料在經過統整分析後，也從不同的尺度和面向，對臺灣蛙類保育做出實質的貢獻。因此台灣兩棲類保育志工團隊，已是公民科學家協助生物多樣性保育的成功案例之一，相關經驗並能夠提供給後續其他生物類群參考。未來應持續運用台灣兩棲類保育志工團隊進行蛙類監測公民科學計畫，並檢討修正現有不足，以期對臺灣蛙類保育做出更多貢獻。🌿

參考文獻 (請逕洽作者)

(圖片／高遠文化)