

如何規劃一個科學與教育兼顧的公民科學計畫

Suggestions on How to Create a Successful Citizen Science Program

蘇美如¹ 林瑞興² 范孟雯³

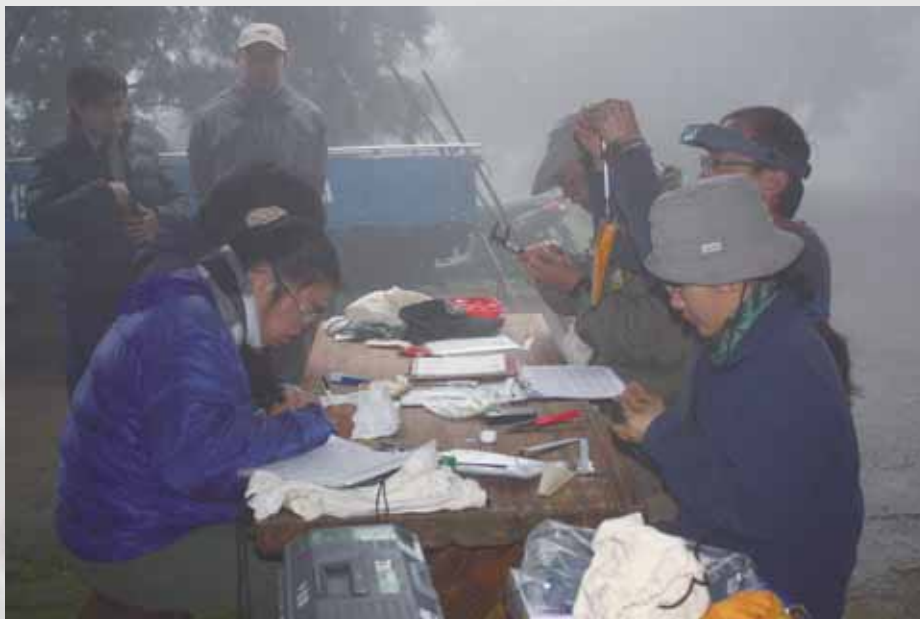
Su Mei-Ru¹, Lin Ruey-Shing² and Fan Meng-Wen³

啥米！不是科學家也可以在科學領域裡貢獻一己之力？不要懷疑，在今日地球村裡已有至少數十萬的民眾以志工的身分參與名稱為「公民科學(citizen science)」的研究計畫，而這些人被稱為「公民科學家」。

甚麼是公民科學計畫

公民科學計畫是由專業研究者擬訂研究計畫，將志工納入計畫中，並為志工量身打造合適的調查方法，以和研究者一起蒐集可供科學分析的數據，這樣的計畫不但幫助研究人員解決科學上的問題，同時也提升參與志工的科學素養，並達到宣導計畫理念的目的。公民科學在歐美國家已行之多年，每年數以萬計的志工參與各類科學計畫，如氣候變遷、外來物種監測、保育生物學、棲地復育、水質監測、各類物種的族群生態學調查與監測等。最早的公民科學計畫可追溯至1900年美國奧杜邦學會(National Audubon Society)的聖誕節鳥類調查(Christmas Bird Count)，近年每年約6萬個志工參與調查，至今已累積6千3百萬筆鳥類記錄。其他致力於鳥類相關公民科學計畫的組織中，較具規模者如英國的皇家鳥類保護協會(Royal Society for the Protection of Birds, RSPB)、英國鳥類信託(British Trust of Ornithology, BTO)、美國的康乃爾鳥類研究室(Cornell Lab of

^{1,2,3} 特有生物研究保育中心專業技工、副研究員兼組長、助理研究員



熱心志工的長期投入
為全世界建構重要的
生物多樣性基礎資
訊。(林瑞興 攝)

Ornithology, CLO)等，每年也都有數以萬計的志工投入各項公民科學活動，協助蒐集鳥類相關資料。

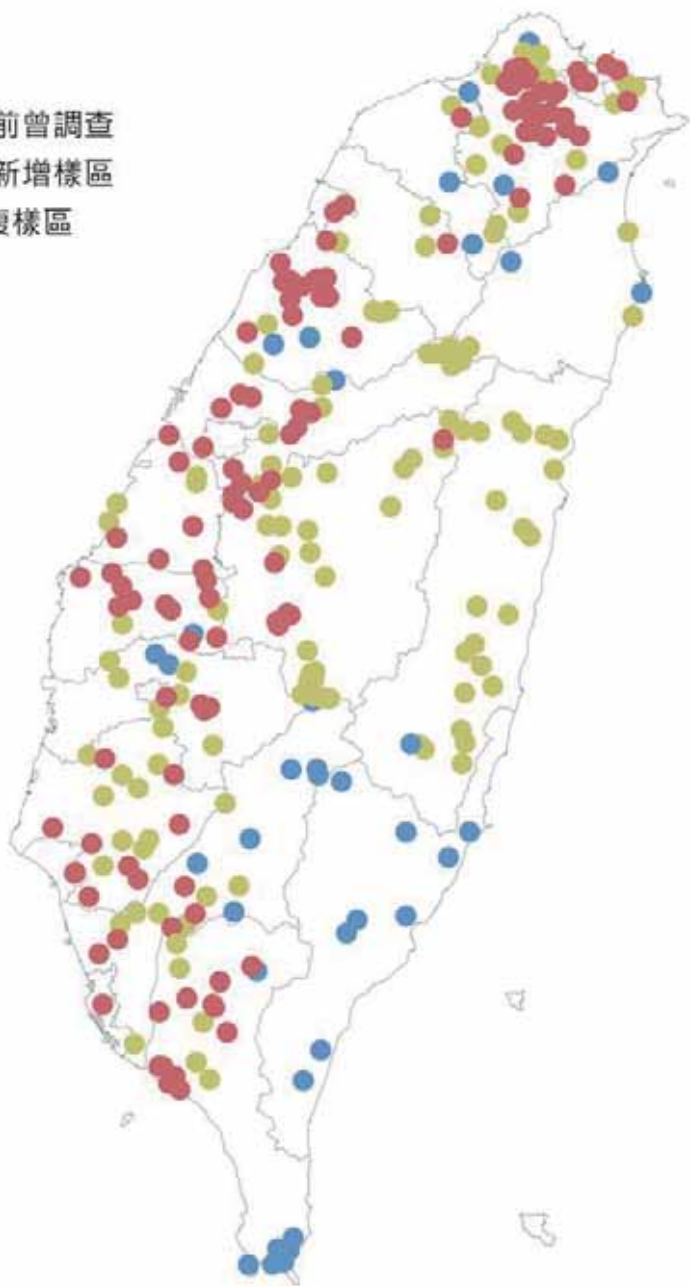
為什麼要公民科學

公民科學計畫正蓬勃發展，尤其在生態學與環境科學領域應用最多。何以公民科學計畫會如此受到重視，究竟公民科學家們能提供科學界怎樣的幫助？當科學家在研究自然界大空間尺度的問題時需要蒐集龐大的資料，這些資料可能跨越了不同的地理區，涵蓋的時間長度可能是數十年，這類資料的取得極度耗費人力與物力，僅依賴極少數研究人員是不可能達成的，因此公民科學應運而生，也就是將一般大眾納入科學計畫當中，協助蒐集全國、甚至跨洲際的全球資料。藉由分析大範圍、長時間的資料，我們可以了解生物族群變動的趨勢、分布範圍變化及物候的轉變。這些資料不僅強化人們對大自然的了解，也是資源管理者據以擬訂適當政策的重要參考。

科學 plus 教育

當今的公民科學計畫除了借助志工之力蒐集大量、長期的生態、環境資料外，近20年來更關注一些新的面向，其中透過實際參與計畫，進而提升參與者科學素養也是公民科學計畫的重要貢獻之一。當科學計畫不再只有提出假說、實驗設計、分析統計等正規嚴謹的步驟，進而加入了科學訓練較為不足的普羅

- 2010年前曾調查
- 2011年新增樣區
- 歷年重複樣區



公民科學計畫特別適用於大範圍長時間的生態監測，圖為BBS Taiwan 2009-2011年樣區分布。(特生中心鳥類研究室提供)

大眾後，要如何擬訂一個成功的科學與教育兼具的公民科學計畫，對只接受科學訓練的研究人員來說是一種挑戰。在歐美，推行公民科學已有上百年的歷史，近50年來更趨成熟，且越來越受環境科學領域的重視。其中美國CLO在這個領域上可說是目前最活躍的機構之一，CLO成立於1916年，是一個隸屬於康乃爾大學的非營利民間組織，主要目標是推廣鳥類保育及環境教育。



1

1966年後開始推行公民科學計畫，目前有近10個公民科學計畫在執行中，參與志工達20餘萬人。

CLO 公民科學計畫特色

綜觀CLO所推動的公民科學計畫，有以下幾個特點：

- 一、參與計畫的志工被要求遵循特定的方法蒐集資料並提交資料至資料庫。
- 二、設計一系列訓練志工的輔助教材，確保志工蒐集、提交正確可用的資料。
- 三、每個計畫由一或多位專職人員負責執行，其任務也包括回應志工的問題。
- 四、資料一旦輸入資料庫，任何人皆可以透過網際網路觀看資料。

CLO建置的資料庫網站非常親切且實用，任何人皆可以簡易地輸入、查詢、分享資料，在這方面的成就可說是獨步全球。因為公民科學資料庫的資料來自志工的貢獻，因此資料可無償地提供業餘或專業人員及非商業行為的團體使用。

那麼，要如何擬訂成功的公民科學活動？CLO根據自己的經驗，提出了寶貴的建議。



2

1. 志工募集是推動公民科學活動最重要的工作項目之一。(陳士訓 攝)
2. 志工能力的培養是公民科學活動重要的過程。(特生中心鳥類研究室提供)



常見繁殖鳥是 BBS Taiwan 長期監測的指標鳥種。圖為 1. 小彎嘴，2. 五色鳥，3. 白頭翁。(陳華香 攝)

公民科學計畫 step by step

CLO 實施多年的公民科學計畫乃是由教育、族群生物學、保育生物學、資訊科學、電腦統計及計畫評估等各方專業人員共同組成的團隊所研擬，依據他們累積多年的經驗，建議要設計一個成功的公民科學計畫，並同時達到招募新成員、研究、保育及教育等目標，有以下幾個步驟：

一、選擇一個科學的問題

公民科學對回答有關大尺度空間、時間的問題特別有幫助，如鳥類每窩下蛋的數量在整個北美大陸如何隨著緯度而改變。在選擇問題時，計畫規劃者必須記住，大部分的志工是業餘的，因此資料蒐集方法必須是很基本的技巧，例如讓志工計數巢中鳥蛋數目。需要志工俱備較高技巧的計畫也是可行的，但訓練與輔助教材也必須相對增加。公民科學計畫可以包含複雜的設計與實驗，此類計畫提供更好的教育機會，然而複雜的計畫能吸引參與的人數相對較少，因此需要大量人員投入的計畫必須維持其簡單易執行的特點。即使是簡單的計畫也可以透過招募部分志工參與較複雜的任務，從中提出、回答複雜的問題。

二、組成由科學、教育、資訊科技與評估人員參與的工作團隊

一個成功的公民科學計畫必須由來自不同專業領域的人才所組成的團隊來

擬定。研究人員確保計畫符合科學屬性，設計能夠蒐集較佳品質資料的研究方法，以及後期的資料分析及發表。教育人員負責向大眾解釋計畫的重要性及意義，執行研究方法前期測試，製作簡單易懂、綜合的計畫推廣輔助教材，維護志工回饋管道。資訊人員負責建立資料庫並發展資料接收、建檔、分析、視覺化展示成果等項目的相關技術。評估人員協助確認一開始訂定的計畫目標是可量測的，在計畫執行中及執行後，根據計畫目標蒐集資料評估計畫成效。

三、發展、測試、修正資料蒐集方法、資料格式及教育推廣材料

對任何公民科學計畫來說，資料品質是一個十分重要的議題。為確保大眾可以蒐集並提交正確的資料，以下三件事情必須做到：

(一)提供清楚、易執行的資料蒐集方法

資料蒐集方法需特別針對志工來設計，內容說明要簡單清楚，操作容易進行。因此，正式調查前的方法測試非常重要，可以先找鳥會或學校進行測試，通常會發現一些沒有超乎預期的問題。

(二)提供簡單且合乎邏輯的紀錄表

容易理解、填寫的紀錄表能使資料蒐集過程更順利。設計適當的紀錄表不僅可以確保調查方法被確實、正確地執行，並能幫助之後資料的整理與分析。

(三)提供輔助教材讓志工知道如何正確蒐集資料與提交資料

利用各種媒材來進行志工教育訓練，包括圖鑑、海報、手冊、錄影光碟、電子報、線上論壇等。

四、募集志工

志工募集可能十分容易也可能極具挑戰性，端賴計畫目標與招募對象。如果招募對象是一般大眾，則有許多管道可以利用，例如發布新聞稿、廣發電子郵件、登廣告、投稿雜誌或報紙、印製手冊、小海報，或在相關研討會報告、張貼海報。如果要募集特定對象，就要針對該族群屬性採取合適的招募方式。

五、訓練志工

提供為志工量身打造的教材，讓志工在調查技巧上獲得自信是很重要的。早期CLO以印刷方式提供計畫指南、補充資料及輔助媒材如鳥種辨識海報、鳥音CD等。目前則改為由網路下載或寄發資料光碟。志工被要求必須研讀這些計畫教材，如果有任何疑問，可以透過電話或e-mail要求協助。

如果計畫是由團體執行，那麼CLO會提供團體領導人指導手冊和相關資訊，方便其對團體成員進行訓練。如果是區域性的計畫，可以在當地舉辦研習訓練；如果是跨區域的大規模計畫，可以和其他機構合作，分別進行研習訓練。



1

1. 鳥兒上網後，以金屬環為身分標識，檢視個體特徵後放飛是鳥類繫放的基本流程。(林瑞興 攝)
2. 透過繫放確認鳥類年齡與性別，進而追蹤族群年齡結構是 MAPS Taiwan 的核心目標。圖為外來種白尾鳴 1 齡雌鳥。(林瑞興 攝)



2

六、接收、編輯、展示資料

不管是紙本或電子格式資料，所有的資料都必須被接收、編輯並做為分析使用。這些資料不僅提供給專業科學家，也提供給一般大眾使用。允許並鼓勵志工使用計畫的資料是公民科學活動最富教育意義的一環。

最近CLO的公民科學計畫讓志工可以在線上瀏覽許多的圖表統計資料，讓志工知道他們蒐集的資料如何被運用。此外，CLO也提供線上個人資料管理工具，例如志工可以列出自己的鳥類名錄，或比較不同年間所觀察巢箱的繁殖成功率等，這類工具頗受歡迎，也因此增加了參與計畫的志工人數。

七、分析、解釋資料

公民科學計畫所蒐集的資料比較粗略，要分析及解釋這類資料確實是一種挑戰。幸運的是，由公民科學蒐集的龐大資料量所呈現的模式相當清楚，使得資料容易被解釋。此外，龐大的資料量讓研究人員可以設立條件，將資料中系

統性的錯誤找出來，例如物種辨識錯誤，並將其排除忽略而不至於影響分析。如果分析的方法和篩選的條件可以在規劃調查方法時就考慮進去，可以大大降低蒐集資料時的偏差及錯誤。

因為很難去預估及控制調查志工的調查能力，公民科學所蒐集的資料較適合用於建立相對豐度指數，而不是估計絕對數量。再者，多數公民科學計畫的觀察樣點並非隨機或分層取樣所得，因此要由這些實際的觀察點來推論其他地點的結果就比較困難。幸而，近年已有某些科學家針對前述資料特性，開發適合的統計分析方法，進一步得以更適切地推估相對數量、分布及空間變化趨勢等等。

通常公民科學計畫所觀察呈現的是一般的現象與模式，要了解其中原因則需要進一步設計較小型、聚焦的研究計畫去探討。

八、成果發表

CLO科學公民計畫所產生的結果已發表在許多的科學期刊上。此外，某些計畫還提供技術性報告給特定族群，例如提供森林管理指導方針給公有或私有土地管理人員。最近，由公民科學監測計畫產出的成果，更提供政策擬定及土地管理人員線上的決策制定輔助工具。

成果可以透過計畫網站、電子報等向一般大眾公布，也可以在報紙、雜誌等大眾平面媒體發表，或是透過相關組織如鳥會、保育團體等發布。成果發表不僅僅是宣告計畫成果，更能讓大眾明瞭一般人也能對科學有所貢獻，進而吸引更多公民的參與。

九、評估成效

最後一個步驟是評估計畫產出及成效，看看計畫最終是否達到預期的科學與教育的目標。如果目標達成，可以詳述計畫成功部分以做為其他人的參考；如果沒有達成，評估可以讓我們知道如何去改善或在未來設計更好的計畫。

產出和成效的評估有許多方式，有的評估對科學領域知識的貢獻，有的評估對大眾科學養成的貢獻，亦或評估兩者。對於科學貢獻評估相對簡單，諸如在科學期刊發表論文的數目、論文或結果被引用數目、發表公民科學研究論文的研究者數目、經費額度、公民科學資料庫資料的多寡與品質、使用公民科學資料完成的學位論文、成果在媒體上曝光的頻率等。對大眾科學素養的影響評估相對困難，但可考慮項目包括：志工參與計畫期間、志工造訪計畫網站的人數、提升志工對科學內涵認識、加強志工瞭解科學計畫的過程、對科學有更好的態度、改善志工執行科學計畫的技巧及加強志工以科學為專業的興趣。

評估的方法包括計畫施行前、後對志工的調查，e-mail問卷調查，深入性

1. 中華鳥會繫放中心—用霧網捕捉移除外來種黑頭織鵲。(林厥雋 攝)
2. 外來種白腰鵲鳴掠食原生的印度蜓蜥。(林育秀 攝)



訪談等等，這些方法需要對社會科學研究方法有所了解。

結語

今日公民科學正夯，臺灣的起步在亞洲不算晚，但仍有很長的路要走，本文希望能引薦國外已累積數十年的經驗給大家參考，由前人的經驗，期能減少探索的時間、失敗的經驗。

在全球環境日漸惡化、生物多樣性快速流失的21世紀，公民科學計畫是一個快速有效的工具讓科學家儘快知道生物面臨了哪些威脅，環境出了甚麼問題？為挽救瀕臨崩潰的全球生態系，我們需要更多人付出關心進而改變生活方式。

基於前述理念，特生中心近年也積極開發及參與以大尺度鳥類觀察為主的公民科學計畫，期待透過各類計畫的推動，為臺灣建構紮實的長期生態監測資訊。如果你對自然觀察充滿興趣，也認同科學數據是保育生態環境的重要基礎，不妨撥冗瞭解我們正在推行的活動，並一起用眾人之眼，仔細守護支持我們永續生存的生態環境吧！



註：本文內容主要參考自Bonney, R., C. B. Cooper, J. Dickinson, S. Kelling, T. Phillips, K. V. Rosenberg, and J. Shirk. 2009. Citizen science: a developing tool for expanding science knowledge and scientific literacy. *Bioscience* 59:977-984.

特有生物研究保育中心 鳥類公民科學計畫簡介

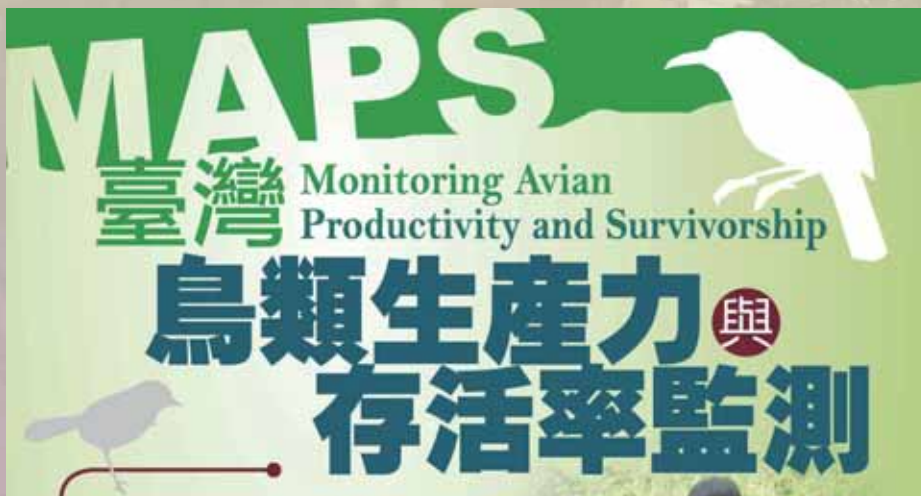
行政院農業委員會特有生物研究保育中心(以下簡稱特生中心)自1992年成立以來，主要工作任務之一即在進行全臺灣之生物資源普查。鳥類資源方面，在與各地野鳥學會等民間組織密切合作進行資源普查時，已累積相當數量的鳥類多樣性分布資訊，卻因缺乏重複性，實質上難以有效追蹤整體生物多樣性的變化趨勢。隨著國際保育趨勢的演變與政府組織再造的推動，特生中心即將調適為「行政院環境資源部生物多樣性研究所」，值此重大改變之際，特生中心鳥類研究根基於過去近20年研究成果，更積極審思未來的研究方向。考量生物多樣性公約的要求，臺灣應發展必需的資訊蒐集系統以反映整體生物多樣性的樣貌，故未來生物多樣性研究所的重要功能之一，應在於大尺度資訊的掌握與監測，以利全體國民瞭解臺灣生物多樣性的狀態，同時也讓各階層決策者，依據生物多樣性變化趨勢與主要威脅，得以適時擬訂因應的政策。

確認定位、釐清主要任務並審視組織規模之限制與過往推動的案例後，在臺灣鳥類多樣性監測的推動策略上，建立跨政府部門、學術單位及民間組織的「伙伴關係」，將是長久執行監測所必需，而「公民科學」則是最重要的推動機制。在鳥類監測目的上，配合生物多樣性指標，應考量到受威脅物種、特定(常見)物種、外來種和使用特定棲地的類群(如水鳥)，但因目標類群特性不同，需要設計不同的監測系統，而不同系統間，也必需考量其整合性。特生中心自2009年起依據研究人力及主題發展狀況，已逐步推動「臺灣繁殖鳥類大調查(Taiwan Breeding Bird Survey, BBS Taiwan)」、「臺灣鳥類生產力與存活率監測(Monitoring Avian Productivity and Survivorship in Taiwan, MAPS Taiwan)」及「臺灣外來鳥種監測網(Stop Alien Invasive Species, AIS Stop)」等3項公民科學活動，以下為前述活動簡略介紹。



臺灣繁殖鳥類大調查

「繁殖鳥類調查」在許多地區已行之有年，而BBS Taiwan則是針對臺灣所設計，是亞洲第一個以公民科學為核心，由政府機關、學術單位及民間組織成立伙伴聯盟，共同推動的大尺度鳥類監測行動。計畫的目標是希望透過系統性抽樣、標準化調查方法，以臺灣本島的常見繁殖鳥類為對象，瞭解其現況及長期趨勢，並定期發布調查報告。在全球環境變遷日益加劇的今日，監測的結果可作為評量臺灣生態環境變遷的重要指標，相關的科學成果更是推動保育管理政策的可靠基石。BBS Taiwan於2008年由臺灣大學生態學與演化生物學研究所(以下簡稱生演所)李培芬教授研究室籌劃，在臺灣全島選取了400多個調查樣區，並於2009年正式展開調查。自2010年起，進一步由中華鳥會、臺灣大學生演所及本中心形成伙伴聯盟，合作積極推動BBS Taiwan。2009年在全臺各地94位調查志工的參與下，完成160個樣區、約1,296個調查樣點，2011年已成長至218位志工、244樣區、2,100樣點，已超過最初規劃400個樣區的一半。2009-2010年的調查成果也在2011年1月由特生中心出版「臺灣繁殖鳥類大調查2009-2010」年報，將結果分享予社會各界。未來，合作團隊將持續推廣這項公民科學計畫，讓更多人瞭解到，您的加入將可幫助此長期監測計畫的進行，期待與您一起關懷臺灣的鳥類與生態環境！



臺灣鳥類生產力與存活率監測

有別於物種及數量調查，監測族群結構能緊扣每個生活史環節，預測族群數量的趨勢，提供更深入且即時的資訊。如能建立長期監測系統，在研究保育

上將有許多應用價值。MAPS Taiwan希望透過志工參與的機制進行長期監測，瞭解在不同空間及棲地特性下，臺灣燕雀目鳥類族群結構的年間變異。臺灣於2009年起開始推動，至2012年已於各地山區開設了7個繫放站，進行標準化的繫放調查。藉由統計各站的基礎繫放數據(捕獲率、回收率)、成幼鳥比例(繁殖指數)及幼鳥出現月份等資料，初步已確立臺灣指標鳥種，並能顯示不同鳥種在不同地點、年份之繁殖表現。另每年皆有年報出版供各界參考。未來將進一步進行族群趨勢分析，期望能與臺灣繁殖鳥類大調查成果互相對照應用。MAPS Taiwan將陸續增設繫放站與開辦繫放訓練班，持續推廣計畫的理念與目的，屆時希望邀請更多人共同參與。



臺灣外來鳥種監測網

「防患未然」是防治外來入侵種很重要的一個觀念，快速、及時地阻斷外來種演變成外來入侵種所需花費的成本，比起移除已擴張的外來入侵種更具經濟效益。AIS Stop便是希望蒐集外來鳥類在臺灣的分布及繁殖資料，綜合評估其在臺現況與潛在衝擊，即時提出管控的策略與建議，供主管機關施政時的參考，俾捍衛臺灣生物多樣性的健康和完整性。例如，2010年間經由鳥友通報在苗栗縣灣寶發現7隻外來鳥類黑頭織雀(*Ploceus cucullatus*)正在繁殖的小族群，即刻與相關單位聯繫和合作，啟動防治工作，成功抑止了此外來鳥類在野外族群擴張的機會。此案例成功搭起政府、民間社團和民眾間之橋樑，也對外來鳥種監測與防治行動打了一劑強心針。類似這種廣及全臺的監測計畫，需要透過公民的力量才能達成，您的加入及回報的每一筆資料，將是幫助此項任務的重大助力，我們熱忱地期待與您共同維護臺灣的生物多樣性資源。