

公民科學家計畫的過去與未來

文／圖 ■ 黃志堅 ■ 行政院農業委員會企劃處技正

一、前言

現代的公民科學 (citizen science) 已經不再專屬於特定少數的研究人員，而是變成一項對全部的人都有潛在利用可能性的活動 (Silvertown 2009)。最早的現代化公民科學計畫起源於 1900 年的「耶誕節候鳥計數計畫 (Christmas Bird Count)」活動，類似的活動後來更從計畫導向進化為網絡導向、大尺度、且長時間的計畫或組織如「網路鳥 (eBird)」、珊瑚礁環境教育協會 (Reef Environmental Education Foundation)、入侵植物繪圖計畫、動物分布調查計畫及各項監測計畫 (如 Crall et al. 2010、Delaney et al. 2008、Dickinson et al. 2010、Lee et al. 2006、Pattengill-Semmens and Semmens 2003、Wood et al. 2011)。公民科學計畫亦被應用在不同的時間或空間尺度上，這些公民科學計畫具有潛力幫助以大尺度 (如五大洲土地) 進行的研究，如氣候暖化、魚類及海洋哺乳類洄游、動物及鳥類遷移等，並且結合在各地的志願者，與具備科學性、標準化方法或與專業研究者合作進行 (Cooper et al. 2007)。

科學研究可從公民科學計畫獲得甚多幫助，包括在短時間內獲得大空間尺度的資料收集 (如耶誕節候鳥計數計畫)、增加樣本數 (如珊瑚礁環境監測、網路鳥活動)、及對社會大眾低成本的教育機會。但是這並不是百利無害的計畫或工作，公民科學家 (citizen scientists) 的資格認證、運用公民科學計畫於研究的問題與解決方案，及適當程序來檢核公民科學家所收集的資料品質等卻常常被忽略，而這也是公民科學已經發展多年卻遲遲無法被科學界所接受、運用的主要原因。

此外，把公民科學家當成隨手可得的便利資源，並無法讓研究計畫持續或是取得嚴謹的調查資料，如何將公民科學家整合到研究計畫中，將是未來公民科學家計畫應用成功與否的關鍵，在此簡單介紹國外公民科學家在自然研究相關領域的發展尺度及範圍、常見的疑慮、如何鼓勵參與者持續下去等問題，並對政府機關或是研究機構在推展公民科學家計畫應考量的規劃方式提出建言。

二、公民科學之運用

(一) 公民科學的尺度與範圍

公民科學自發展以來，已被廣泛運用在各式的自然研究題材與特定研究目的上（表 1），其研究範圍可區分為大範圍的區域性尺度 (regional-scale) 與小範圍的地方性尺度 (local-scale)，區域性尺度之公民科學計畫通常牽涉到溝通、訓練、資料輸入，及網路分享資訊，此類計畫鼓勵參與者去記錄物種的出現資料，如耶誕節候鳥計數計畫及網路鳥計畫於特定時間進行鳥類遷移及分布調查、北返旅程 (Journey North) 於北美地區進行帝王斑蝶遷移調查、美國德州的入侵種調查計畫，及珊瑚礁環教基金會的海洋生物多樣性調查。同時，由於通信技術（如網路、手機 APP）的進步，公民科學家可以不受時間、地點的限制，輕鬆地上傳個人的觀察資料到指定的網頁資料庫或是與其他公民科學家交流、溝通，這類的公民科學網站通常具有設計偵錯功能 (error-detective) 來過濾特殊資料（如過大或過小值）或是通知專家（地區性研究人員或是有經驗的其他志工）在其他網路使用者（包括專家及一般大眾）使用這些資料庫資料前檢視這些資料 (Gallo & Waitt 2011, Wood et al. 2011)。

為了鼓勵這些「素未謀面」的公民科學家（其實就是志工）能夠參與（新加入）及持續，區域性尺度的公民科學計畫通常藉由網路為聯絡方式，如個人資料庫及介面，以提供參與者檢視與分析自行調查的資料 (Newman et al. 2011b)，這是一個有效鼓勵公民科學家保

持對計畫的熱情與投入的方式；此外，這樣的回饋機制提供了科學家一個瞭解大眾看法與觀感的機會，及給大眾涉入並支持科學研究的空間。

相反地，小範圍的地方性尺度公民科學計畫通常專注在社區層級，主要在鼓勵社區居民參與科學性活動，參與的公民科學家有機會與專家學者一起工作與建立彼此間的聯結、深入瞭解計畫的程序與結果。這樣的互動過程與回饋不僅增進公民科學家收集資料的品質，並且鼓勵公民科學家更深入的參與地方性的環境與保育議題 (Oscarson et al. 2007)；而加入社區居民（其實也是另類型的專家）潛在地增加計畫的成功率與增進所收集資料的品質 (Elbroch et al. 2011)。

地方性尺度的公民科學計畫通常被視為以社區為基礎的環境計畫，參與的權益關係者包含管理單位（如政府單位）、專家學者（來自學術機構或非政府組織），及當地參與者（如公民科學家），一起進行調查、清查，及監測社區資源 (Fernandez-Gimenez et al. 2010)，在過程中，公民科學家被鼓勵去學習科學性技巧並儘量發問來充實自己，並鼓勵提供自己的觀點與知識回饋給公民科學計畫。

表 1、公民科學計畫與特徵例子

尺度 ¹	調查工作 ²	目標物種	調查方法 ³	調查裝備 ⁴	參與者 ⁵	研究者
小	D	鳥類	A	F	E	Evans et al. 2005
小	B	植物	A, C	D	C	Galloway et al. 2006
小	A, B	爬蟲類	A, B, C	B, C	A, B, C	Oscarson et al. 2007
小	B	哺乳類	A	F	B, C	Black 2009
小	B	昆蟲	A1, C	F	E	Kremen et al. 2011
小	A	哺乳類	A1	F	C	Galloway et al. 2011
小	A	植物	A1, D	F	D	Jordan et al. 2012
大	A, B	鳥類	A	F	D	McCaffrey 2005
大	A	鳥類	A1, E	F	E	Lepczyk 2005
大	A	海洋	A, D	D	E	Delaney et al. 2008
大	A	哺乳類	A1	F	A	Allendorf et al. 2009
大	A	昆蟲	A1	A	D	Howard & Davis 2009
大	A	鳥類	A1, C	A, C	E	Fink et al. 2010
大	D	鳥類	A	F	E	Ryder et al. 2010
大	E	鳥類	A1, C	F	D	Szabo et al. 2010
大	B	海洋	E	F	D	Goffredo et al. 2010
大	C	植物	A	F	E	Ingwell & Preisser 2010
大	A	哺乳類	E	F	C	Weckel et al. 2010
大	A	鳥類	A1	F	E	Wood et al. 2011
大	A	植物	A1, B	A, B	E	Gallo & Waitt 2011
大	A	植物	A1, A2, B, D	A, B, C	E	Bois et al. 2011
大	C	昆蟲	D	D	D	Bartel et al. 2011
大	E	海洋	A1, A2	E	D	Ward-Paige et al. 2011
大	A	爬蟲類	A, B	A, B	E	Price & Dorcas 2011

1. 尺 度：大尺度≥州等級；小尺度=社區至縣等級

2. 調查工作：A：分布及繪圖；B：清查；C：疾病／寄生蟲；D：存活率；E：族群趨勢

3. 調查方法：A：觀察記錄（A1：出現；A2：棲地狀況）；B：照片；C：個體／特性計數；D：樣本收集；E：問卷調查

4. 調查裝備：A：GPS；B：數位相機／手機；C：地圖／航照圖；D：測量工具（如皮尺）；E：特殊裝備；F：無

5. 參與者經驗／特性：A：當地居民；B：環境科學相關背景；C：教育（學生或教師）；D：特殊（焦點）團體；E：無限制

資料來源：本研究整理

(二) 公民科學計畫的主題與分類群

目前最盛行與受歡迎的公民科學計畫是關於鳥類（如分布地圖）及植物相關（如入侵植物）的計畫，主要原因為便於觀察、簡單的田野記錄程序，及樂趣（表 1），這些公民科學計畫所遭遇的難題包括受限的機會觀察目標物種、辨識上的困擾，及觀察者本身安全的考量，所以要求公民科學家觀察遷移中的鳥類是相對簡單的，因為這些鳥類在遷移過程中，通常是群聚且數量很多（如耶誕節候鳥計數計畫）；另，觀察遷移中的鳥類僅需要簡易裝備，如利用望遠鏡辨識物種、GPS 儀器來標記觀察位置，及至觀察點之交通。某些鳥類的公民科學計畫，甚至僅要求參與的公民科學家觀察記錄自家的後院，如居家鳥巢觀察計畫 (Neighborhood Nestwatch)。而對於熊類、老虎等隱蔽性強的物種，若成立公民科學計畫則需要較複雜的試驗設計與操作程序，因為參與的公民科學家可能需要觀察記錄動物的痕跡（如足印、排遺），也需要更多的訓練正確執行田野調查程序，如公民科學家需要先熟悉潛水裝備與技巧，才能參加珊瑚礁環教計畫或其他水底研究，以監測海洋生物生樣性（如 Goffredo et al. 2010）。

田野調查程序有時會阻礙公民科學家參與計畫，因為這些公民科學家只是有熱情的民眾，大都缺乏專業知識、訓練及資源，加上公民科學家們也希望參與有相對簡單的田野調查程序研究類型或計畫或是提供家庭成員接觸自然的機會，這也是為何大多數公民科學計

畫都是專注於收集「出現 (presence)」資料（長時間或不同地點）的一個主要原因（如收集資料作為物種分布圖或是物種清查）。

大部分的公民科學家參與公民科學計畫只是為了欣賞大自然的美好、獲得不一樣體驗的教育機會（如 Measham and Barnett 2008），因此公民科學計畫應該要讓想參與的人覺得簡單、容易執行。一些成功的鳥類研究如居家鳥巢觀察計畫，僅需要參與的人觀察自家後院並記錄出現的鳥種、繁殖成功率和鳥類的行為，這種自家後院觀察自然行為的經驗提供了教育機會給參與的人，尤其是有兒童的家庭 (Evans et al. 2005)。

(三) 公民科學計畫的方法與裝備

規劃公民科學計畫需要招募參與者，及為參與者設計的田野調查方法，包括參與者執行田野調查所需的裝備。

多數的公民科學計畫需要從一般社會大眾或特定的團體中招募參與者，也因此招募方式會因為計畫的內容與尺度而有所不同，舉例來說，大尺度的公民科學計畫通常從媒體、網站及大眾關係（如特定團體或個人）招募志願參與者（如 McCaffrey 2005）。至於經費來源，公民科學計畫通常依靠私人捐助或是政府補助，經費可說是相當拮据（如美國新英格蘭入侵植物繪圖計畫），因此，依靠參與者私人的網絡關係來加強經費挹注是相當重要的。另一方面，由於科技與網路的發達，許多的公民科學計畫都是透過計畫網站來招募及與參與者溝通（如德州入侵者調查計畫），如公民

科學計畫能與有基金來源的相關團體（如步道協會、賞鳥協會）或研究單位（如大專院校、博物館）合作，如此不但可以確保參與者的來源與品質，同時也確保經費的來源 (Oscarson et al. 2007, Jordan et al. 2012)。小尺度的公民科學計畫則著重在社交與人脈網絡關係的建立（如與當地學校建立合作關係），以便建立與維持計畫與當地社區參與者的聯結關係，讓計畫在招募參與者時更容易進行 (Black 2009, Weckel et al. 2010)。

大多數的公民科學計畫僅需要目標物種出現記錄作為後續分析之用，因此使用簡單的資料收集程序將吸引參與者參加或是持續留在計畫中貢獻己力。有些公民科學計畫僅需參與者利用標準化的資料表格收集資料（如 Lepczyk 2005），另外有些計畫則需要參與者收集植物或動物樣本，並將樣本回給研究者（如 Jordan et al. 2012）。為了避免辨識上的錯誤，公民科學計畫常鼓勵參與者拍照作為證據以利後續資料檢核，在手機（相機）與網路通訊發達的社會是相當容易的，而且常常可以得到專家的回覆。此外，正確的資料收集位置，亦是增進公民科學計畫品質的重要因素，有些計畫之網站提供線上資料上傳與檢核的功能（如 Lee, et al. 2006, Price and Dorcas 2011），因此參與者可以將觀察記錄位置定位並上傳至網站；當然，也有些計畫是先將觀察點（樣本點）設定好，參與計畫的公民科學家只要在適當時間出現，在分配的觀察點進行調查即可（如 Delaney et al. 2008, Jordan et al. 2012）。

（四）公民科學計畫參與者的特性與經驗

參加計畫的公民科學家背景是多元的（見表 1），通常是對觀察大自然具有興趣，且有意願去協助計畫執行與分享個人經驗的。以地方性尺度的公民科學計畫而言，大部分的參與者都是學生，因為他們可以透過學校系統去接觸並獲得新知識（如利用搭公車上學途中，觀察並記錄所看到的野生鹿群，Galloway et al. 2011），透過觀察過程，學生一方面學習更多的大自然知識、一方面將這樣的經驗分享給他們的家庭，形成一個正向的回饋系統，並吸引更多參與；反之，參與區域性尺度公民科學計畫的成員則較為多元或是來自特定團體，因為此類型計畫需要很多的樣本數與樣區數（如德州入侵種調查計畫）。

正當公民科學計畫增加其深度與廣度的同時，公民科學家收集的資料品質也變得更有爭議性了，因此，越來越多的公民科學計畫開始招募與計畫有關的焦點團體成員成為公民科學家來確保資料品質。舉例來說，一個以監測入侵植物的公民科學計畫，可能僅接觸與荒野步道有關的協會與組織來作為潛在的公民科學家來源，因為這些組織成員的野外經驗將更為精確地執行田野調查工作 (Jordan et al. 2012)。此外，除資料品質外，結合焦點團體進行公民科學計畫可得到較好的成本—效率結果，以及得到焦點團體有價值的知識與推廣計畫給其他人或團體。

三、為何公民科學家會被活用？

有幾篇報告提供深入的觀察與討論，為何公民科學家會被活用在研究計畫上：經費缺乏或是後勤支援困難（如 Pattengill-Semmens and Semmens 2003、Silvertown 2009）、工具進步（如數位相機、手機、網路，Silvertown 2009）、空間與時間尺度上的樣本數考量（如 Lepczyk 2005、Bois et al. 2011）、教育推廣目的（如 Nerbonne and Nelson 2008、Gallo & Waitt 2011）、研究者想將公民科學家導入科學研究計畫中（如 Oscarson et al. 2007），以及形成決策工具（如 Danielsen et al. 2005、Ballard et al. 2008），這些是最常被用來執行公民科學家計畫的理由。

隨手可得的現代化科技產品提供公民科學計畫快速傳播與分享的機會，並從社會大眾得到回饋，這正是擴展公民科學計畫的一大利基 (Silvertown 2009)。舉例來說，啟動一項大尺度範圍公民科學計畫的初期成本可能很高，主要是用在建立一個完整與穩定的網站，以訓練參與者、與參與者溝通，並提供給其他社會大眾一個認識、推展計畫，甚至吸引加入的功能；當網站與參與者連結建立後，公民科學



(圖片／高遠文化)

家可以從參與過程中建立自己執行田野調查工作的成果。其他不昂貴的裝備如數位相機、GPS 儀器、或是 PDA（現在幾乎都整合在一台手機上），都是現在增進計畫利用公民科學家的一項利器。

四、公民科學家參與研究的一般性問題或疑慮

對於應用公民科學計畫於野生動物研究與保育生物學的主要考量，在於資料品質、教育訓練，及參與者的忠誠度與持久性，這些問題著實影響了對資料之應用、社會與學術上的觀點，以及計畫本身的推展與進行。

(一) 資料品質

資料品質不僅是科學研究最重要的要求，亦是運用公民科學計畫中最被要求與檢視的，因此，如何控制公民科學家所蒐集資料的品質一直是應用公民科學計畫的門檻，且資料品質的不確定性，亦是妨礙公民科學計畫被進一步應用的主因。Crall et al. (2010) 於 2007 年檢驗了 128 個與入侵植物調查有關的公民科學計畫，發現僅有 39% 的計畫作資料品質檢查，包括參與者訓練、專家針對植物物種、發現地，及特異值資料進行檢核。也因此，為了確保資料品質，大多數的公民科學計畫只收集、運用公民科學家在區域性尺度資料收集的成果（如記錄目標物種的出現或無發現資料），因為地方性尺度的調查（如估計豐富度或覆蓋度）需要更精準的測量與適當的背景或訓練，Gallo and Waitt (2011) 亦發現有些參與計畫

調查的公民科學家並不習慣或願意去執行較科學化的計算（如豐富度估算）。

公民科學家可以藉由時間累積、練習或是與專家一起工作增進他們的田野技巧。Delaney et al. (2008) 曾提出公民科學家的個人背景與他們在計畫中的表現皆無相關性，但是其教育程度可能是資料品質與參與持續性的一項正向指標；此外，資料正確性與所觀察的物種豐富度有正向相關，亦即豐富度越高，則資料正確度越高 (Jordan et al. 2012)；對於只記錄出現或未出現的計畫，參與計畫的公民科學家常被要求提供影像資料作為品質控管之用，因為有時相似物種會讓公民科學家犯下錯誤，尤其是在兩棲類、植物、或是痕跡（排遺、毛髮）調查上，因此影像資料可以成為一種替代且便宜的資料檢核工具，確保並維持資料的品質（如記錄入侵種植物、兩棲類、帝王蝶觀察）。

（二）教育訓練

教育訓練在公民科學計畫的成功與否扮演了一個很關鍵的角色，主要是希望計畫能獲得有品質的調查資料、建立計畫與社會的聯結，與增強計畫深度。即便現在網路訓練課程（如 Newman et al. 2010a）已經發展的相當成熟且慢慢增加其應用面，但面對面的教育訓練（課堂訓練）目前仍是主要的方式；至於上課講義部份，已漸漸由郵寄紙本改為網路資料提供（如 Evans et al. 2005）。

雖然沒有針對參與者的田野調查技巧，在進行訓練前後差異的研究，但教育訓練仍被認為是增進公民科學家能力與確保調查資料

品質的主要方式。若沒有提供課堂訓練，則參與者可以藉由網路獲得必要訓練，但僅有少數研究嘗試評估傳統訓練課程（課堂訓練）與網路訓練課程的差異與效能，出人意料的是，某些研究證據顯示以網路為主訓練反倒是一項更有效的介面來傳授田野調查技巧與建立參與者能力 (Newman et al. 2010a)。

隨著網路功能的進步，在公民科學計畫中推廣網路為主的訓練可能讓研究者與參與者節省時間與金錢，而且仍能夠讓不同角色的參與者彼此間增加溝通的機會；此外，有些公民科學計畫提供參與者雙向的訓練機會，以「德州入侵者」計畫為例，該計畫建立提供線上教育訓練與面對面工作坊給參與者與地區計畫協調人，通常這個協調人是由資深的公民科學家擔任 (Gallo and Waitt 2011)。

（三）參與者之忠誠度與持續性

公民科學家的持續參與計畫與招募都是公民科學計畫成功與否的重要因素。目前雖然沒有研究針對公民科學家的持續參與度為何這樣低進行探討，但一般咸認為缺乏與參與者之間的聯繫或是無法達成參與者的期望為主要的 2 個阻礙因素。

有研究指出使用簡單不複雜的調查記錄手續、適當的誘因，及持續的支持與溝通等方式，將可增加參與的公民科學家們對計畫的忠誠度 (Cooper et al. 2007, Wood et al. 2011, Parsons et al. 2011)。參與公民科學計畫的參與者，因為活動過程中獲得回饋與經驗，如能符合或超過他們當初參與的初衷或期望，將能

增加計畫的成功與參與者的忠誠度。參與者的參與動機常常有所不同，從提供一己之力（對社區或對科學）、與科學研究搭上線、個人發展與成長（如社會網絡與人際關係、滿足個人興趣、增加知識或經驗等），到協助經濟發展 (Measham and Barnett 2008, Evans et al. 2005, Allendorf et al. 2008)。因此，亦可推論公民科學家離開計畫的原因為無法滿足其原始參與之動機。

五、解決上述問題的方案

為了減少公民科學調查資料品質的疑慮，大部分的研究者會比對專業調查人員與公民科學家的資料，通常是以專業調查者的資料為基準，衡量公民科學家的調查資料品質，並以百分比呈現公民科學家的調查資料準確度（如 Jordan et al. 2012），此外，運用統計方法檢定二不同調查主體之資料亦是常用的方式（如統計上有無顯著差異而加以運用）。於區域性尺度的公民科學計畫（如大陸型調查），研究者依賴網路來收集資料（各地之調查人員上傳資料至特定網站，或將原始調查資料以電子郵件方式傳給研究者），因此網站或資料庫需要有一個特異值 (outlier) 篩選工具，以預防資料輸入錯誤或通知研究者檢視極端值資料 (Wood et al. 2011)。

檢視專業調查人員與公民科學家的調查資料，依據調查物種之不同，發現二群體調查資料之相符度由 50 ~ 90%。以調查入侵植物之研究為例，公民科學家表現了相當專業的成果，在採集入侵種植物之標本工作上

有 95% 的準確度，在辨識物種上僅以 15% 的落差低於專業調查人員 (Jordan et al. 2012)，這樣的成果建立在設計詳盡的訓練、田野調查程序上，及調查目標物種的特性（如易辨識、觀察與否），而不會移動的調查物種（如植物）與會移動的物種就相對容易地被辨識及測量，在植物授粉者的調查中，相對於用捕蟲網及陷阱結果，公民科學家只觀察記錄到 48% 的授粉物種 (Kremen et al. 2011)；Goffredo et al. (2010) 表示，在利用潛水愛好者作為珊瑚礁及魚類調查者的研究中，調查資料出現顯著的差異結果，有 76% 的潛水團體之調查成果僅有平均準確率的 50 ~ 80%。而 Galloway et al. (2006) 發現相較於專業人士調查成果，公民科學家傾向於「浮報」，尤其當調查物種被認為是特別重要的時候。

有效的訓練可指引公民科學家進行田野調查並獲得有品質的資料，除了傳統上的書面、面對面訓練方式，應用網路訓練可增加訓練的滲透性、自我評鑑，及成果分享。以目前的網路發展現況，公民科學家只要上網就可以取得訓練資料自行研習；參與線上訓練的公民科學家亦可以藉由線上評量自己的學習成效，確保未來調查資料品質及鼓勵參與；同時，藉由網路訓練課程，研究者可以分享計畫的初步成果，並將一些現場調查所需注意的「眉角」分享出去。

對於參與計畫調查的公民科學家，適當的鼓勵除可增加招募參與人員，亦可增加忠誠度。舉例來說，利用搭乘固定路線校車上學的學生進行野鹿的目擊調查，給予達成不同調查

水準的參與學生不同的獎品，提供一定鼓勵性質與維持學生的參與(Galloway et al. 2011)。當然，不是所有公民科學家都需要獎品作為參與計畫的回饋，有一個調查入侵種植物的研究提供了參與者專屬的資料庫及網路平台，讓參與者可以展現其調查成果（如植物分布範圍圖），而這的確鼓勵公民科學家的參與及對計畫的忠誠度(Crall et al. 2010)。

公民科學家基於不同的動機或誘因而參與及持續，因此很難規劃一套通用的準則來吸引公民科學家，但是針對相同特性或目標的團體維持公民科學家的參與常被使用，通常也都獲得不錯的成效(Black, 2010, Jordan et al. 2012, Oscarson et al. 2007)，如登山健行團體可被視為調查入侵植物監測系統的潛在團體，除該團體對野外較有經驗與熱情外，其調查工作通常是沿步道進行，並不會增加參與者太多負擔，且登山團體通常都對沿途植物較有興趣瞭解，藉由參與調查計畫的過程，亦可增加參與者進一步的體驗與個人成就感。

在推展公民科學家的過程中，尤其是在開發中國家或地區，提供金錢上的補貼有時具有關鍵性的地位（如以社區為主的調查工作），Gurung et al. (2006) 曾在尼泊爾藉由提供社區成員（老虎守護員、提供資訊者）金錢上補貼（類似工資）的方式進行老虎活動地圖調查，收集老虎出沒證據（如老虎痕跡、牲畜被害），並以 3.5 年的時間藉由此一以社區為基礎的調查資料建構了尼泊爾全國老虎分布圖，其準確度與內涵並不比研究者調查成果遜色。

六、對公民科學家的影響？

因公民科學家計畫成果是依據不同類型、執行、目的而設計，基本上是每個案子都不同，很難去衡量公民科學的成就，但不管那一類型的公民科學計畫在訓練、鼓勵參與，及成果分享，確實具有促成或建立保育工作的能力。基於不同的參與動機，參與的公民科學家的確可以增強相關知識，但只是將公民科學家與計畫鏈結（為求便利性、經濟性，把公民科學家當成收集資料的工具人），並沒有辦法改變參與計畫的公民科學家對於科學或環境的態度，或是參與者對該計畫之科學過程的瞭解(Brossard et al. 2005)。

有越來越多以社區為基礎的公民科學家計畫啟動，將當地居民整合到計畫中，並增加其對自然資源的關心，以對計畫及參與者有益。Ballard et al. (2008) 發現將社區居民整合於森林經營中，不但可以增進在森林資源盤點與監測，亦可增進經營管理計畫的設計與調查結果的闡釋；整個計畫過程的影響，甚至可以將自然保育觀念滲入到參與者家庭及其人際脈絡中，而且有小小朋友的家庭傾向於參與並持續待在公民科學家計畫中(Evans et al. 2005)，也因此可建立自然保育的能量，如Allendorf et al. (2008) 發現，在執行了 3.5 年的老虎分布地圖繪製計畫後，參與者對於野生動物保育的態度與概念已有轉變。

學生通常是推展自然保育工作的最佳參與人員，如在搭校車途中調查野生動物的研究(Galloway et al. 2011)或是要求學生去訪問他的父母有關居家周邊出現郊狼的調查(Weckel

et al. 2010)，都鼓勵了學生去觀察他們所居住的環境。

七、公民科學在科學研究工作的未來

Shirk et al. (2012) 綜合出 5 種類型的公民科學計畫類型，其中以研究為導向的資料收集型公民科學計畫已逐漸式微，近年來合作型及共同規劃型的公民科學計畫反而益發多元。合作型的公民科學計畫雖然仍是由研究者所設計，但公民科學家不僅只是提供調查資料，亦可以參與調查設計、樣本及資料分析、詮釋資料及導出結論、傳播研究成果、或將研究結果轉化為社區行動等；共同規劃型的公民科學計畫通常以社區為單元，由研究者與參與之公民科學家一起規劃設計，包含界定研究主題、尋找資訊與資源、取樣及調查設計、樣本及資

料分析、詮釋資料及導出結論、傳播研究成果或將研究結果轉化為社區行動、討論結果並提出新的問題，除了滿足科學研究上的需求，亦提供社區居民瞭解資源現況與凝聚共識。

科學研究計畫已漸漸無法自外於群眾，越來越多的研究計畫重視也需要公眾的參與。其中，共同規劃型的公民科學計畫優點在於憑藉研究人員的專業知識，並導入參與者（主要是社區居民）的意見，容易形成在地計畫與行動，成果常常是超乎預期的。在研究經費短絀與自然保育意識高漲的現在，公民科學計畫的影響已不僅僅在學術研究本身，促使研究及計畫發展人員更進一步去調整科學研究計畫，另對社會與經濟的影響，促成更多的傳統知識傳承、科學與社會的關聯。🌱

參考文獻（請逕洽作者）



（圖片／高遠文化）