

臺灣公民科學 現況與未來挑戰

Citizen science in Taiwan:
current status and future challenges

林德恩 Te-En Lin |
行政院農業委員會特有生物研究保育中心副研究員
dnlin@tesri.gov.tw

虹吸式雨量儀
Siphon Precipitation
Recorder



公民科學緣起

公民科學(citizen science)存在人類歷史已久並非新的觀念或方法，至少百年前就在許多項目上被使用，主要是自然愛好者的田野觀察記錄和不同農場間的資訊交流以培育新品種。這樣的公民參與科學研究模式，一直到1990年代時，開始有了不一樣的轉變，並由英國社會學家艾倫-厄文(Alan Irwin)和美國鳥類學家瑞奇-邦尼(Rick Bonney)於1995年時，分別獨立提出了「公民科學」這個詞，相對於邦尼將公民科學侷限性的定義為非科學家等業餘人士自願參與科學資料蒐集的模式，厄文則著重於發展公民的科學概念，以及突顯對公民開放科學及科學政策過程的必要性。厄文將公民科學重點放在兩個維度：(一)科學應該回應公民的關注和需求；(二)公民自己就可以產生可靠的科學知識。在那之後，公民科學的相關研究開始受到關注和大量應用，並在21世紀初受惠於無線網路、社群平臺和智慧型手機的普及化，公民科學有了爆發性的成長，在全球和臺灣都刮起一陣強烈旋風，被廣泛應用於天文、氣象、環境、歷史、人文社會、醫學和自然科學等許多領域。歐美許多國家更將公民科學視為國家重要推動工作並投入許多資源，例如美國白宮科技政策辦公室於2015年與聯邦公民科學社群(The US Federal Community of Practice for Crowdsourcing and Citizen Science, CCS)合作，共同制定政策備忘錄，指導和鼓勵各聯邦政府使用這些開放式科學和創新方法做為各項政策推動的依據，後續

更於2016年通過公民科學法案(15USC3724 Crowdsourcing and citizen science)，並建置了CitizenScience.gov (<https://www.citizenscience.gov/#>)官方政府網站，為各聯邦政府提供三個主要協助：(一)所有聯邦政府資助的公民科學計畫目錄；(二)推動公民科學所需的工具包，以及(三)數百個公民科學負責人或聯絡人的連結通道。

公民科學是一個彈性的概念，經過20多年的大鳴大放及各個不同領域的應用與發展，在不同國家背景和目的下，有了許多的創新和參與模式，因此衍生出許多不一樣的代替名詞，例如社群科學(community science)、群眾科學(crowd science)、群眾外包科學(crowd-sourced science)、市民科學(civic science)、志工監測(volunteer monitoring)、參與式監測(participatory monitoring)或是網路科學(network science)等，不只名稱有了多樣化，可以查詢到的相關「定義」也多達34種以上。雖然這些定義都有一普遍共同點：「公眾參與一項稱為科學研究的活動」，但在細節上則又反映了支撐它們應用的不同背景和特殊性文化而仍存在差異性，因此沒有一個定義可以用於所有情況，因為難以含括如此多樣化公民科學背景、目的和方法。此外由於公民科學群體智慧的努力，除了在科學和社會價值與日俱增外，這種新興的數據來源也常具有巨大經濟價值。目前在國際政策層面上，無論是聯合國或歐盟都仍秉持開放的態度，保留公民科學更廣泛定義的可能性和未來發展。

◀ 最早的公民參與科學記錄至少可以追溯至200年前，美國紐約州的科學團隊邀請當地的學校師生，協助科學團隊記錄蒐集雨量和氣溫等基礎氣候資料(此為示意圖，照片來源為日月潭氣象站的雨量計、風速、氣壓等基礎氣候資料蒐集設施)。

公民科學十項關鍵原則

雖然公民科學在定義上存在些許差異，但為了提升公民科學整體品質，歐洲公民科學協會(European Citizen Science Association, ECSA)借鑒其眾多成員的集體經驗，經過2013至2015年間多次的討論後，訂定了一份實踐良好公民科學基礎所需的十項關鍵原則(Ten Principles of Citizen Science)：(一)公民科學計畫致力於科學新知識的產生或解析過程，需主動且積極的讓公民參與其中；(二)公民科學應具有真正的科學成果；(三)專業科學家和參與其中的公民科學家彼此間都能從參與中受益；(四)公民科學家可以參與公民科學過程中的不同階段；(五)公民科學家可以從參與的計畫中獲得回饋；(六)公民科學是一種科學研究工具或方法，應考慮其侷限性並適當的控制資料取樣上的偏差；(七)公民科學計畫所獲得的原始資料和後設資料應公開，並盡量以開放資料的格式發布成果；(八)公民科學家的功勞應在計畫成果和出版物中得到正式的認可；(九)公民科學計畫的科學產出、資料品質、參與者經驗和更廣泛的社會或政策影響力，應予以客

觀的評估；(十)公民科學計畫的主持人應考慮與該計畫有關的版權、知識產權、資料共享協議、保密條款、貢獻者協議及公民科學活動對環境影響之法律與道德上的問題。這十項原則並不是要用來訂定一個由上而下的公民科學規範標準，而是提供公民科學一個討論和辯論的重要啟始點，並做為政府、決策者、研究人員和計畫負責人一個共同核心原則，以供其資助公民科學計畫或公民科學計畫發展過程，做為營運評估之基礎。目前這十項原則已被翻譯成至少26種語言在國際上被廣泛使用，例如美國聯邦公民科學社群(CCS)就參考這十項原則，於2015年與白宮科技政策辦公室的聯合聲明和備忘錄中，濃縮調整和訂定美國公民科學的三項基本原則：資料品質(Data quality)、開放資料(Openness)和公眾參與(Public participation)。

臺灣公民科學發展回顧

臺灣最早的公民科學至少可以追溯到1973年由一群志同道合和關心野生鳥類及其棲息環境的社會人士所組成的「台北賞鳥會」(現已更

名為「社團法人台北市野鳥學會」)，並進行各項鳥類研究調查，記錄發現鳥種、地點和隻數等，建立基本資料庫、編印報告。這樣的公民科學調查方式後續也擴展到其他生物類群，例如1996年成立的中華蝴蝶保育學會(於2003年更名為台灣蝴蝶保育學會)，號召會員定期且長期投入區域性蝴蝶相調查及環境監測。2003年時任國立臺灣科學教育館主任，現為國立東華大學自然資源與環境學系的楊懿如副教授，從桃園地區的國小教師培訓開始，推動「桃園蛙類資源調查種子教師訓練及協助調查計畫」，每個月由培訓完成之教師定期調查，並將資料回報到「賞蛙情報網」的蛙類調查專屬網頁，經研究人員確認及整理後，再上傳到生物資源資料庫。這樣有系統的培訓，從桃園開始並逐步擴大到全臺，大規模的推動兩棲類監測計畫，讓臺灣的公民科學發展有了不同的模式。而後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)為了提升生物普查的效率並突破特生中心研究人員在生物資源調查與盤點上的困境，於2009年起嘗試以繁殖鳥類為對象，推動「臺灣繁殖鳥類大調查」(BBS Taiwan)，以及後續以臉書等社群平臺為基底，藉由智慧

型手機拍照打卡概念推動的「慕光之城」蛾類普查、路死動物調查的「臺灣動物路死觀察網」、「蝸蝸園」及「蛛式會社」等多項生物公民科學計畫，臺灣的公民科學風潮正式興起。之後各式各樣公民科學如雨後春筍般於各個不同領域大量出現，例如中研院資訊科學研究所推動，結合國內創客社群LASS和民間企業，並自主研發空氣品質偵測器而揚名國際的「空氣盒子」、世界水質監測日、我家蟲住民、開放街圖.....等。若以2009年臺灣繁殖鳥類大調查推動所帶起的風潮為啟始，臺灣公民科學的發展至今已超過十年，第一階段的成效如何？遇到那些瓶頸？下一步該如何發展或調整？都值得好好回顧檢視和討論，以利下一個十年的推動參考。

臺灣公民科學計畫盤點及分析

雖然歐洲公民科學協會所訂定的十項公民科學原則，並不是要用來由上而下強制所有公民科學計畫都必須十項全部具備，但正如其訂定時所強調的，藉由此十項原則，可以用來做為政府、研究人員、決策者或資金贊助者評估



科學家請求農夫們協助記錄每年楓葉開始紅的時間或小麥成熟收割的日期，藉由植物物候資訊的蒐集，做為作物栽種時序的參考，以降低蟲害或提升農產收穫量，這樣的基礎科學資料蒐集也是早期常見的公民科學模式(此為示意圖，拍攝地點為臺灣)。

智慧型手機和無線網路的普及化，是公民科學推動最大的助力，特生中心順勢於2010年推出臺灣第一個以網路社群不特定對象為的受眾的公民科學計畫——慕光之城。

一個公民科學計畫的基礎啟始點。因此本研究將藉由此十項公民科學關鍵原則為基準，盤點評估目前臺灣已知的公民科學計畫現況、普遍遇到的瓶頸和未來發展可以改進和可能面對之挑戰等。然而臺灣目前並無公民科學協會或政府官方的公民科學集中入口網，因此本文以Airtable公民科學與群眾參與計畫資料集(CC0)為基礎，再透過網路搜尋，從網站、社群平臺和手機應用程式等管道查詢比對，刪去非臺灣本地執行的公民科學計畫、僅只一次性的調查計畫或已停止、查無相關資訊的，最終共獲得136個臺灣公民科學計畫清單。以屬性類型來分，生物自然資源調查的比例最高，占58%，其次為環境類型的20%，以及社會文化類的14%(圖1及表1)。

進一步分析生物類型的78個公民科學計畫，可以發現鳥類相關的公民科學計畫最多，占所有資料的39%，其次為海洋生物的20%(包含鯨豚、海龜、魚類及珊瑚等)，植物9%(圖2)。

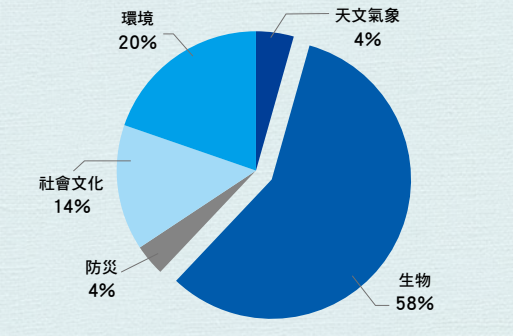


圖1. 臺灣目前公民科學計畫所屬性質的占比。

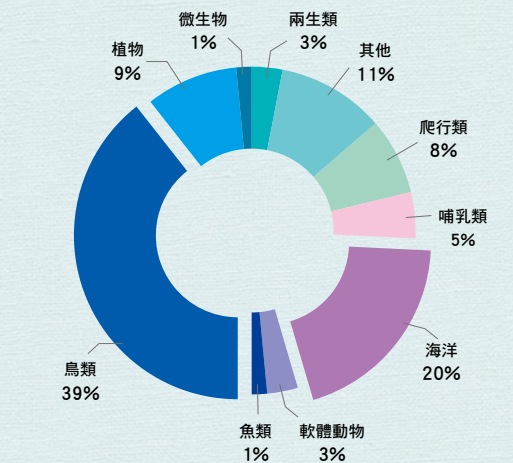


圖2. 臺灣生物類群的公民科學計畫中，以鳥類占39%最多，海洋生物20%次之，植物9%、爬行類8%。其他類則包含了生物聲音蒐集或跨類群生物紀錄。

表1. 以網路Airtable公民科學與群眾參與計畫資料集(CC0)為基礎，再透過網路搜尋，從網站、社群平臺和手機應用程式等管道查詢比對，刪去非臺灣本地執行的公民科學計畫、僅只一次性的調查計畫或已停止、查無相關資訊的，最終共獲得136個臺灣公民科學計畫清單。

名稱	大分類	類別	名稱	大分類	類別
Astrohackers in Taiwan	天文氣象	天文氣象-文件數位化	帶景兩爬	生物	生物-爬行類
公民參與氣象資料建檔計畫	天文氣象	天文氣象-文件數位化	這是『蛇』麼東西，臺灣蛇類志工調查	生物	生物-爬行類
空氣盒子	天文氣象	天文氣象-環境感測	獎勵移除沙氏變色蜥蜴	生物	生物-爬行類
阿龜微氣候天眼通	天文氣象	天文氣象-環境感測	黃喉貂目擊記錄回報平臺	生物	生物-哺乳類
都市微氣象網	天文氣象	天文氣象-環境感測	熊出沒通報系統	生物	生物-哺乳類
補霧網設計與實作課程	天文氣象	天文氣象-觀測	獺足金門	生物	生物-哺乳類
外來種斑腿樹蛙監測社團	生物	生物-兩生類	MEIL海洋聲景公民科學	生物	生物-海洋
臺灣兩棲類資源調查計畫	生物	生物-兩生類	WhaleFinder 尋鯨任務 app	生物	生物-海洋/哺乳類
荒野自然觀察記錄網	生物	生物-其他	台灣珊瑚白化觀測平台	生物	生物-海洋/珊瑚礁
塑殺社	生物	生物-跨類群	台灣珊瑚礁體檢計畫	生物	生物-海洋/珊瑚礁
愛心鏡app	生物	生物-其他/醫學	卸魚申報APP	生物	生物-海洋/魚類
路拍社	生物	生物-其他	垂釣成果回報	生物	生物-海洋/魚類
路殺社 / 臺灣動物路死觀察網	生物	生物-其他/死亡動物	海洋公民科學資料庫	生物	生物-海洋
臺灣野生動物錄音論壇	生物	生物-其他/聲音	海洋生物目擊回報	生物	生物-海洋
嬰兒哭聲分析	生物	生物-其他/聲音	海龜擱淺通報	生物	生物-海洋/龜類
台灣爬行類回報	生物	生物-爬行類	海龜點點名	生物	生物-海洋/龜類
見龍在田	生物	生物-爬行類	鯊魚紅魚目擊回報	生物	生物-海洋/魚類

名稱	大分類	類別
鯨豚擱淺通報app	生物	生物-海洋/哺乳類
繫繼有人 / 台灣繫通報網	生物	生物-海洋/節肢動物門/繫
全面網螺調查計畫	生物	生物-軟體動物門
蝸蝸園 - 台灣陸生蝸牛交流園地	生物	生物-軟體動物門
深溝釣魚大賽	生物	生物-魚類
eBird Taiwan	生物	生物-鳥類
RRGT 林鵲紀錄徵求站	生物	生物-鳥類
土鳥大集合	生物	生物-鳥類
山麻雀大普查	生物	生物-鳥類
台灣BBS 臺灣繁殖鳥類大調查	生物	生物-鳥類
台灣猛禽回報系統	生物	生物-鳥類
台灣鳥類生產力與存活率監測	生物	生物-鳥類
外來鳥種埃及聖 防治宣導	生物	生物-鳥類
全台黑鳶黃昏聚集同步調查	生物	生物-鳥類
全球黑面琵鷺回報系統	生物	生物-鳥類
灰面鵟鷹調查	生物	生物-鳥類
夜鷹首鳴回報	生物	生物-鳥類
家燕繁殖調查	生物	生物-鳥類
高鐵鳥擊事件簿	生物	生物-鳥類
寂靜的秋天-農地毒鳥回報	生物	生物-鳥類
野鳥撞玻璃回報	生物	生物-鳥類
鳥類食性	生物	生物-鳥類
無尾港野生動物保護區鳥類監控調查	生物	生物-鳥類
菱角鳥大調查	生物	生物-鳥類
黃鸝觀測調查	生物	生物-鳥類
黑冠麻鷺日擊回報	生物	生物-鳥類
黑冠麻鷺同步普查回報	生物	生物-鳥類
臺灣鳥類繫放資訊網	生物	生物-鳥類
臺灣新年數鳥嘉年華	生物	生物-鳥類
嘯鷹報報	生物	生物-鳥類
東亞澳遷徙水鳥觀察記錄回報網	生物	生物-鳥類
台灣食蟲植物棲地調查	生物	生物-植物
台灣植物資料調查及植物物候觀察記錄園	生物	生物-植物
米爾頓柚小蜂寄生植物調查	生物	生物-植物
找樹的人 - 臺灣巨木地圖	生物	生物-植物
臺灣歸化與入侵植物調查	生物	生物-植物
樹保寶 / 樹殺社	生物	生物-植物
台灣腸道公民科學計畫	生物	生物-微生物
腐木食性昆蟲	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
Let's 探索家中昆蟲	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
TOA 臺灣蜻蛉日學會	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
台灣蝴蝶閃電調查	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
白蟻樣本採集	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
衣魚樣本採集	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
特生中心社區蝴蝶調查	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
掌蚊人	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
蛾類-山屋回報	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
農業試驗所應用動物組金花蟲研究	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
臺灣蛛式會社	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
慕光之城 / 臺灣飛蛾資訊分享站	生物	生物-節肢動物門/昆蟲
螢火蟲出沒地點蒐集	生物	生物-節肢動物門/昆蟲

名稱	大分類	類別
TESIS公民震度回報系統	防災	防災-震度感測與回報
土石流防災專員	防災	防災-社區人員培訓
土砂災害歷史照片平台	防災	防災-影像照片提供
市民探針	防災	防災-回報
地質災害傳聲學院APP	防災	防災-回報
「小年夜拜天公」文化習俗調查	社會文化	社會文化-習俗
OSM	社會文化	社會文化-空間與設施
WoWtchout-地圖型行車影像分享平台	社會文化	社會文化-空間與設施
土地利用監測義工資訊系統	社會文化	社會文化-空間與設施
公民檢測 食安自主	社會文化	社會文化-飲食-食品檢測
日式宿舍，近來可好	社會文化	社會文化-空間與設施
木材圖鑑建置計畫	社會文化	社會文化-產業-林業
全國文物普查	社會文化	社會文化-文物或物件
在地刊物 Local Zine	社會文化	社會文化-刊物
地名資訊服務網	社會文化	社會文化-地名建議
秀出你的年夜飯	社會文化	社會文化-習俗
防疫物件蒐集	社會文化	社會文化-文物或物件
秒懂災害潛勢-文化素材蒐集	社會文化	社會文化-空間與設施
蚊子館調查	社會文化	社會文化-空間與設施
掩埋場 蒐集	社會文化	社會文化-空間與設施
尋找大象朋友	社會文化	社會文化-空間與設施
飲水地圖	社會文化	社會文化-空間與設施
愛鯊計畫 / 愛鯊DNA檢測計畫	社會文化	社會文化-產業-漁業
臺灣好植地-潛力用地踏查	社會文化	社會文化-空間與設施
魯地圖	社會文化	社會文化-空間與設施
Coastal Clean-Up 海岸淨灘認養系統	環境	環境-垃圾/廢棄物/海漂
Disfactory - 空拍圖比對計畫	環境	環境-衛星影像應用
Disfactory - 農地違章工廠回報系統	環境	環境-農地/環境-工廠
FS2 Clicker	環境	環境-衛星影像應用
LASS環境感測器	環境	環境-環境感測
土壤檢測	環境	環境-土壤檢測/觀察記錄
世界水質監測日	環境	環境-水環境 /水質採樣
台灣生態聲景長期監測	環境	環境-聲景聲音監測
生態QRcode行動解說保育網	環境	環境-環境教育
事業放流水汙染通報	環境	環境-水環境 /水質採樣
沿全島海岸線拍攝360全景	環境	環境-海岸與海域
原住民族傳統領域調查與確認	環境	環境-文化地景
海漂垃圾公民調查	環境	環境-垃圾/廢棄物/海漂
荒野全台公園生態化普查	環境	環境-公園
追蹤野溪水泥沙化協作	環境	環境-野溪工程探討
高山濫墾照片與影片蒐集活動	環境	環境-坡地濫墾通報
淨海回報	環境	環境-垃圾/廢棄物/海漂
淨灘成果與學術合作	環境	環境-垃圾/廢棄物/海漂
都市公園綠地出入口路阻障礙通報列管窗口	環境	環境-公園
森林巡山志工培訓	環境	環境-林地盜伐通報
焚化爐底渣再利用調查與官方資料追蹤	環境	環境-垃圾/廢棄物/海漂
黑潮「島航行動」海洋水質及塑膠微粒調查	環境	環境-海岸與海域
路噴社	環境	環境-除草劑調查
遊具照片分享/ 台南也要特色公園	環境	環境-公園
潛海戰將回報	環境	環境-垃圾/廢棄物/海漂
聲感地圖現行錄	環境	環境-聲景聲音監測

本文僅以生物類群的78項公民科學計畫，逐一檢視其網路上所能搜尋到的相關訊息中，在歐洲公民科學協會所訂定的十項基本原則裡，符合的情形如何。結果顯示，目前臺灣生物類群公民科學計畫發展現況符合常態分布，符合5個十項原則的計畫最多，有19個計畫，完全符合十項原則和僅有一項符合的計畫都各只有2個計畫。若將至少符合其中5項至7項原則的公民科學計畫視為達到標準以上(占55%)，符合其中8項以上者為達到高標準(占14%)，那麼以生物類群的公民科學計畫來檢視，約3成的計畫是有提升空間的。

最後再一一檢視十項公民科學原則的符合情形。基本上前三項原則的達成率都有8成以上，以原則一「主動讓公民參與計畫的標成率為100%最高」，原則五、七、八及十這4項至少有半數達標。達標率不到2成的是原則四、六及九，其中原則四「公民科學家是否可以參與該計畫的不同階段」及原則九「公民科學計畫是否有被客觀評估其科學成果、資料品質、社會或政策影響力」，符合的比例都低於10%，原則六「公民科學計畫應考慮其侷限性並適當控制取樣上造成的偏差」的比例也偏低，不到20%的計畫符合。

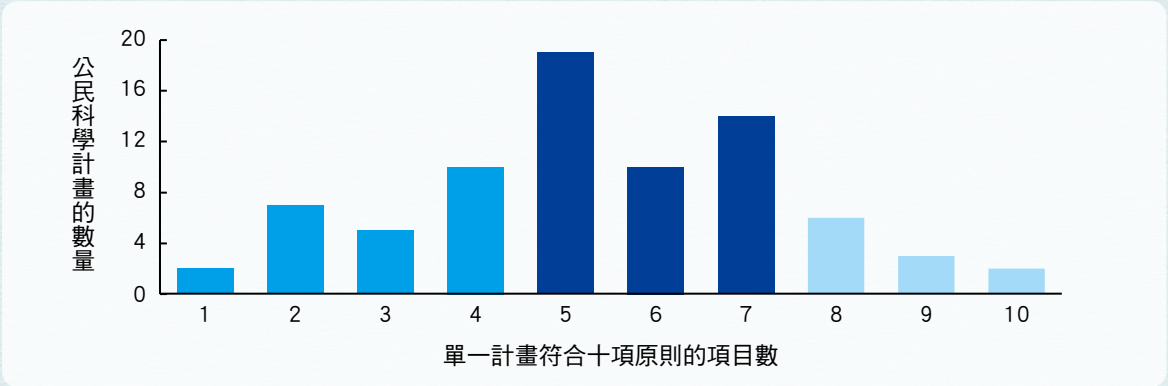


圖3. 臺灣78個生物類群公民科學計畫裡，符合十項原則中至少五項的計畫數最多，有19個。僅符合一項和十項完全符合的計畫最少，都各只有2個。

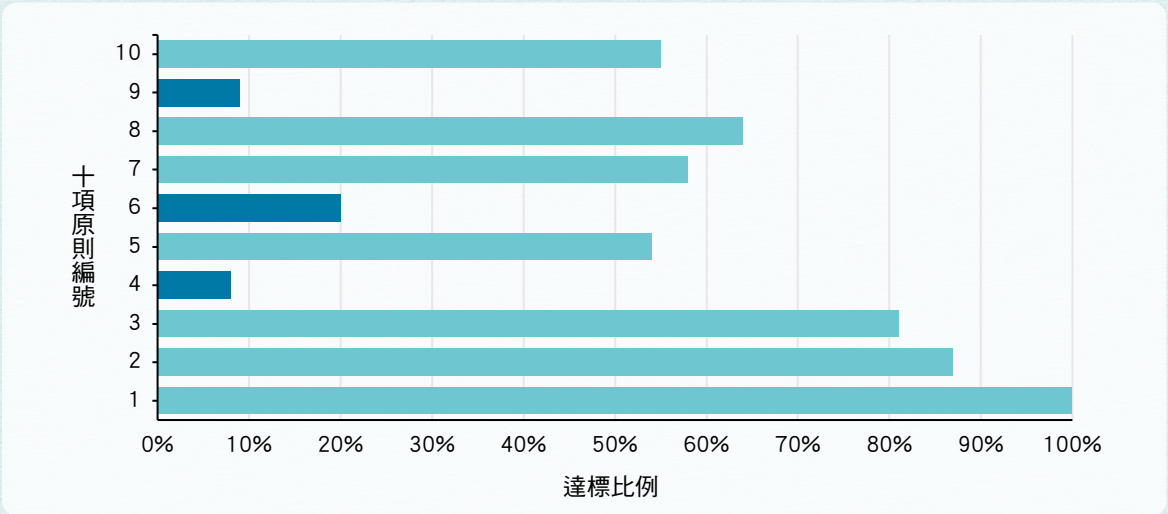


圖4. 在公民科學十項原則中，達標比例最低的為原則四和九，都低於10%；原則六有關資料品質和偏差的控制一項，也不足20%的計畫能做到。

臺灣公民科學發展的突破

臺灣這20年的公民科學發展可說是非常蓬勃且多樣化，除了區域型的小型公民科學，也有許多人積極參與各式大型國際公民科學計畫或平臺，如世界水質監測日(World Water Monitoring Day, WWMD)、eBird、iNaturalist、Galaxy Zoo、EyeWire及Zooniverse等，而且在上述多個計畫中有非常重大的貢獻，與此同時，臺灣自己也發展出不輸上述公民科學計畫規模的「空氣盒子：微型空氣品質感測系統」(由中央研究院資訊科學研究所推動)，根據統計，在2020年3月時，該計畫已在全球58個國家布建超過一萬五千臺感測器，成為全球規模最大的微型空氣品質感測系統，同時藉由與全球其他相關微型空氣品質感測計畫的合作，其所建置的微型PM2.5感測開放資料平臺，已是目前全球微型PM2.5感測學研社群開放資料集的最大集散地。以目前臺灣公民科學的發展類型來看，和世界上大部分的國家一樣，公眾參與調查和記錄生物類

群的公民科學計畫占大多數，將近6成，而其中又以鳥類為最多，約占生物類群計畫總數的三成，這和鳥類容易觀察、漂亮、多樣化且鳴叫聲悠揚好聽，所以容易尋找到受眾有很大關係，加上全球賞鳥人數眾多且發展歷史超過百年，關心人數相對多、相關研究和可探討的議題也較多，因此衍生出許多單一鳥種的公民科學普查計畫，這是其他生物難以企及的。近15年來科技的高速發展，智慧型手機和無線網路普及化，再加上社群平臺造成的同好聚集效應，以及各式感測器的便宜與輕便化，則讓過往許多冷門議題或受人關注的物種類群，例如海漂垃圾、蛾類、蝸牛、蜘蛛、金花蟲、蛇類甚至是死亡動物的公民科學調查，都能有機會在網路上聚集足夠且不特定的人參與回報發現記錄，一時間形成百家爭鳴的榮景，甚至大大提升和觸及過往很少關注這些議題的非同溫層群眾加入，進而達到擁有數千位資料貢獻者和數十萬筆以上紀錄的規模(例如特生中心推動的「慕光之城」蛾類普查計畫)，這點可說是臺灣公民科學發展的一次重要突破。



- A. 鳥類具有容易觀察、漂亮、鳴叫聲悅耳等優點，因此無論在美國、歐洲或臺灣，都是公民科學計畫的主流。
- B. 在現代科技和無線網路的協助下，公民科學計畫參與者經常是沒有年齡、資格和學歷限制的，只要有興趣，符合基本條件就可以加入並貢獻資料。

雖然在發展上有所突破，但藉由歐洲公民科學協會所提出的十項公民科學原則，檢視臺灣這78個生物類群公民科學計畫後，可以發現目前能達到高標(至少8項符合)的計畫僅有14%(11個計畫，大部分是特生中心和東華大學楊懿如教授所推動的各類群計畫)，有31%(24個計畫)則是十原則中符合項目不到一半，其中大部分是透過臉書社團蒐集某類群物種出現時空資訊及照片的方式，由於缺乏資料長久儲存、管理和審核的機制，資料品質未知，且後續應用、發表產出或是對資料貢獻者的回饋資訊等，都難以得知，若要讓臺灣公民科學未來發展可以保持多樣性、創新性，以及在科學和政策上能夠被應用，如何協助這些計畫提升，會是其中一個需要面臨的挑戰。可行的方向之一，是協助那3成中以拍照方式記錄物種出現時空點位資訊，且尚無自有資料庫可供儲存和讀取開放格式資料的公民科學計畫，離開臉書社團記錄資料的方式，改用iNaturalist等現有免費且專業平臺來推動原有計畫，至少可以讓公民科學計畫推動時最重要的資料品質、一致性和完整

性達到一定水平。缺點則是原公民科學社團的人氣，可能會因缺乏資料分享的互動，而變得不易維持。

臺灣公民科學未來的挑戰

十項公民科學關鍵原則中，目前臺灣生物類群公民科學計畫普遍難以達到的是第四項「只要公民科學家有意願，都可以參與該計畫中的任一階段」，所謂「可以參與公民科學計畫的任一階段」，這裡以歐洲學者Haklay於2013年依公民參與科學計畫的方式所定義的4個層級為例來說明，公民科學層級一為「群眾協同合作(或翻譯為「群眾外包」)」(Crowdsourcing)，參與計畫的群眾主要從事類似感測器的資料蒐集工作；公民科學層級二為「分散式智慧」(Distributed Intelligence)，參與者不從事資料蒐集，而是貢獻智慧和專長，協助資料的解讀、檢核比對或物種鑑定等工作；公民科學層級三為「參與式的科學」(Participatory science)，參與的群眾和專家學者共同討論和訂定擬解決問題、資料蒐集

方式、調查頻率等，並共同一起蒐集調查所需之資料；公民科學層級四稱為「合作式的科學」(Collaborative science)或「極致的公民科學」(Extreme citizen science)，參與群眾不但參與問題訂定、調查方式規畫、資料蒐集，還包含後續的資料分析和解讀，簡單說就是參與者和專家學者扮演同等重要的角色。從這樣的分級方式可知，層級越高的公民科學計畫參與門檻也將越高，參與的群眾人數會逐層減少。第四項關鍵原則：「只要公民科學家有意願，都可以參與該計畫中的任一階段」，事實上並不是每一個計畫都一定且需要具備的，且與各個計畫主持人或團隊訂定的目的與規劃有關，以EyeWire和Galaxy Zoo為例，資料的生產並不需要公眾的參與，事實上公眾也無能力生產上述兩項公民科學計畫的資料(EyeWire的資料是腦部的無數斷層掃描影像，Galaxy Zoo則是巡天普航計畫中，哈伯和韋伯等大型或外太空天文望遠鏡所拍攝的高解析度影像)，這兩項計畫需要公眾參與的是公民參與層級二的：解讀和分析資料影像，以發現未知的新知識或天文星象；或是透過群眾力量，加速完整

繪出所有腦神經細胞及細胞上的每一個突觸3D立體圖，以利後續AI發展應用或腦神經科學和疾病治療使用，自然而然就不會需要符合此項原則。但以大部分的生物類型公民科學計畫而言，多是著重在藉由群眾協助大量記錄特定物種時空影像資料，這類計畫若能開放公民科學家參與層級二的資料解讀、檢核與物種鑑定，甚至公民參與層級三：與專家學者共同討論訂定計畫目的、擬解決問題、資料蒐集方式、調查頻率等研究設計，對於科學的發展、創新、應用以及科學教育或環境教育，都將帶來長遠的正面影響，是有許多好處的。相對的缺點則是可能增加計畫主持人或團隊溝通的成本和更多心力的付出，且科學資料品質的控管、檢核和質量評估也將變得較為複雜，甚至因此打折扣，當然可能會因此影響了專業科學家的科學產出，這就端看計畫主持人或團隊的考量，是否要開放公眾參與計畫的不同層級了。如果能有更多的公民科學計畫是允許參與者可以任意參與該計畫中不同階層，對於整體「公民科學」的多樣發展和科學新知的產生，是絕對有正向意義的。



透過公民參與蒐集的資料有其侷限性、取樣偏差和較大的人為誤差，因此在分析和解讀時必需謹慎使用，因應計畫目標事先規劃的系統化科學取樣後，再廣邀民眾依標準作業流程參與科學資料蒐集，可以有效降低人為的偏差。

臺灣生物類群公民科學計畫在十項關鍵原則中，達成率第二低的是第九項的：「公民科學計畫的科學產出、資料品質、參與者經驗和更廣泛的社會或政策影響力，應予以客觀的評估」，第九項目前在國際上一樣也是不易做到的一項，而這和公民科學的百花齊放、多樣性也有關聯，因為各個計畫的性質或屬性差異很大，是否要用相同的標準來客觀評估？評估的工具和準則為何？都是一個亟需發展的領域，這部分需要更多社會科學領域的專家與人才投入。此外大部分的科學評估都是聚焦於成功案例的解析，對於失敗案例的經驗分析和客觀評估則較欠缺，若能適量同步分析失敗案例的原因，有助於後續公民科學發展時借鏡並避免重蹈覆轍。

最後一個較大的挑戰，則是十項原則中的第六項，也是攸關資料品質且非常重要的「公民科學計畫應考慮其侷限性並適當的控制資料取樣上的偏差」，目前能做到系統化科學取樣以控制偏差的計畫，僅有15個(占19%)，比例



- ▲ 公民科學的資料經檢核確認後，在確保隱私權、資料貢獻者協議以及知識產權下，以機器可讀、易存取格式開放供大眾查詢使用，有助於整體公民科學的發展，同時能促進科學新知的產生與再應用，是公民科學計畫重要的一環。
- ▼ 公民科學對於稀有物種和外來入侵種資料和標本的蒐集非常有效益，而這些記錄和標本籤上公民科學家名字的露出，對於參與者是很大的鼓勵並帶來認同和榮譽感。



偏低。這可能是計畫目標訂定時不夠明確，或是計畫主持人(團隊)人力或經費不足，無法投注資源推動系統化取樣，以適當控制公民參與常見的取樣偏差，也有可能是計畫規模仍在發展的初始階段，尚無足夠的參與者可以做到系統化取樣所需的最低樣本數。資料取樣偏差導致的後果，是難以將所獲得的寶貴資料標準化，因此無法從中獲得客觀的科學指標或得知長期變化趨勢，限縮了公民科學資料後續的可應用性。也有一些計畫是因為現階段系統化取樣的技術仍無法克服所致，例如「野鳥撞玻璃回報」就面臨了這個困境，目前尚無適當的系統化取樣方法，可以用來全面調查臺灣窗殺現況並估算其造成的總死亡率。



藉由公民科學家年會或交流座談的辦理，除了向參與者報告計畫執行成果，以徽章、獎狀或證書等方式公開表揚參與者的貢獻，是有其必要的。



公民科學計畫的科學產出、資料品質、參與者經驗和更廣泛的社會或政策影響力，應予以客觀的評估其成效。

十項原則的第五、七、八和十項雖然有近半數的計畫大致上符合，但是否做到盡如人意亦或只是粗淺的觸及而已？都是有待後續深入討論的，例如數據所有權、知識產權、資料貢獻協議、隱私權的制定是否恰當？是否定期和參與的公眾討論以確保相互理解和符合現況等，本篇研究並未詳細涉入，僅只是先初步主觀的認定符合而已。公民科學家是否從計畫參與中獲得合宜且公平的回饋？或是其貢獻度有無獲得正式認可？計畫主持人是否給予參與的公民適當的榮譽以表達對他們工作的感激之情？成果報告上的作者署名權討論等，也都是目前國內公民科學計畫相對未深入探討的議題。

結語

過去十年來，臺灣公民科學的發展和成效是有目共睹的，不但解決和回答了許多科學上的問題，在環境保護和生態保育等政策上的應用，更是發揮了關鍵效用，對於社會的影響力和環境教育的提升，同樣有著顯著成效。若要让臺灣的公民科學可以持續創新和發展，在政策和社會上做出更多貢獻，那麼如何保持參與者的熱情、豐富參與方式和觸及更多新的公眾群，會是未來非常需要用心耕耘的主要方向。各類微型感測器、數位工具持續開發、AI深度學習的擴大應用、大型公民科學資料庫平臺建置、政府層級的專責入口網、提升各公民科學計畫用開放格式方式釋出資料以及各項成果的宣傳與公開揭露等，相信對於公民科學的發展與應用，將會大有助益。立於第一個十年的成功基礎上，我們相信臺灣公民科學的下一個十年仍是大有可為、非常值得期待的。