

出國報告（出國類別：進修）

農委會農業菁英培訓計畫-強化農業地景 生態功能與生物多樣性熱點研究

服務機關：行政院農業委員會特有生物研究保育中心

姓名職稱：林大利助理研究員

派赴國家：澳大利亞

出國期間：108年6月1日至111年5月31日

報告日期：112年3月9日

摘要

本次由林助理研究員大利於108年6月1日至111年5月31日依「行政院農業委員會農業菁英培訓計畫」赴澳洲昆士蘭大學(The University of Queensland)生物科學系(School of Biological Sciences)攻讀博士學位，並完成博士論文「From Observations to Indicators: The Status and Conservation of Taiwan's Birds (從觀察到指標：臺灣鳥類的現況與保育)」。目標在於運用台灣過去十年來累積的大量累積的公民科學資料，建立並穩定更新鳥類的族群趨勢及複合物種指標，作為臺灣生物多樣性保育的參考依據及檢視保育成效的工具。

農業擴張已威脅生物多樣性，而集約農業活動會降低農業環境中物種的多樣度和豐富度。追蹤這些變化並監測管理農業活動對生物多樣性的影響，需要先判定哪些生物棲息於農業環境。在歐洲和北美洲已經有理想的案例，但其他地區還相當缺乏。這份研究中，我們整合了調查資料分析及專家意見，判定臺灣的農地鳥類。我們運用臺灣繁殖鳥類大調查的資料，分析129種鳥類的豐度與土地利用變量之間的關係。同時以問卷蒐集24位鳥類觀察專家的意見，作為評估129種鳥類及其棲地關係的替代方法。這兩種方法皆可有效判定104種鳥類的棲地關係，其中75種鳥類(72.12%)的判定一致。只有兩種鳥(1.92%)的判定不一致。我們無法透過調查資料判定25種鳥類的棲地關係，但專家意見則能補足這個缺陷。兩種不同的方法能呈現一致性相當高的結果，即便調查資料不足時，專家意見的判定結果仍值得信賴。透過調查資料分析和專家意見判定臺灣的農地鳥類，後續在快速變遷的農業地景中，探討其族群狀態、農業活動的影響、以及保育措施的效益，都能更加順利。

複合物種指標是反映全球、區域和國家層級的生物類群和生態系統現況的有效工具。然而，大多數指標來自歐洲和北美，來自世界主要熱帶和亞熱帶生物多樣性熱點地區的指標卻很少，這在很大程度上通常是因為資料不足。我們分析了2011年至2019年間，台灣107種經常出現的繁殖鳥類(100種原生物種和7種外來種)的族群趨勢，並根據台灣繁殖鳥類開發了森林鳥類指標、農地森林鳥類指標、和外來進森林鳥類指標。87種鳥種的族群趨勢沒有顯著變化，11種顯著增加，2種顯著減少，所有指標均顯著增長。森林鳥類指標的增長速度略高於農地鳥類指標，這可能反映出森林砍伐率非常低，而台灣農田的土地利用變動更快。然而，一些森林和農地物種快速減少，而這些大多是普通物種或肉食性物種。此外，外來種指標比原生物種指標增長更快，在不久的將來對原生鳥類族群的完整性構成潛在風險，並危及更廣泛的生態系統完整性。我們的研究提供了有關亞熱帶亞洲鳥類族群變化的重要資訊。複合物種指標將定期更新，並將用於提供資訊以支持台灣的保育政策。

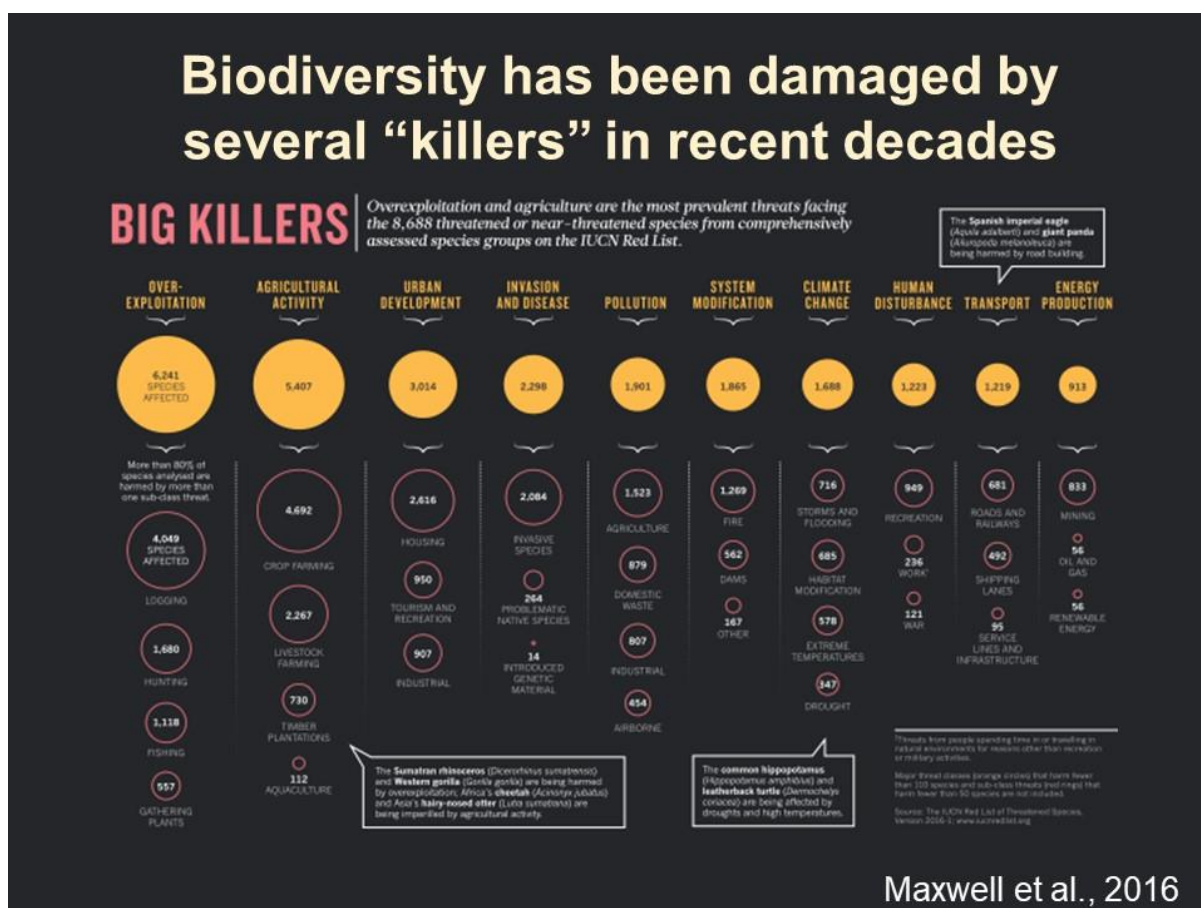
儘管東亞澳亞遷徙線沿線的幾個國家，近期開始報告遷徙水鳥的族群趨勢並確認其威脅因子，但系統性水鳥監測的空間覆蓋範圍仍然相當稀疏，阻礙我們瞭解整個遷徙線的水鳥族群狀況。為了填補這個空缺，我們運用全國性公民科學計畫「臺灣新年數鳥嘉年華」的資料來檢視 2014 年至 2021 年台灣度冬水鳥的族群現況。在全島範圍內，兩種鳥的數量顯著下降，而 5 種數量顯著增加。然而，不同地區的族群趨勢存在很大的差異性，蘭陽平原有 9 種、彰化沿海 4 種、嘉南沿海 1 種。反之，嘉南沿海有 11 種的數量顯著增加、彰化沿海有 1 種、而蘭陽平原無鳥種增加。這表示在地和遠距因素共同影響台灣遷徙水鳥的族群變化。此外，使用台灣水稻田和依賴黃海沿岸泥灘地的物種更有可能出現族群量下降的趨勢，而那些能夠使用水產魚塭的物種則呈現增長趨勢。這些結果表明，最近黃海泥灘地和蘭陽平原水稻田的流失導致了台灣濕地遷徙水鳥的減少。我們的研究結果表明，台灣當地的土地利用規劃政策及減輕黃海泥灘地流失，有助於保育台灣遷徙水鳥的續存。

綜整論文各章的內容，對臺灣的生物多樣性保育測落建議如下：(一)、重新思考涉及生物多樣性保育功能的國土利用規畫，尤其是農地及都市等人類優勢且土地利用競爭強的地景。綠能設施的擴張是臺灣須迫切處理的環境議題。(二)、臺灣值得規劃生物多樣性友善農業，以土地共享為基礎並優化農地的經營管理。(三)、公民科學是長期監測的基礎元素，而且是國家保育儀表板的核心資料來源生物多樣性保育儀表板的核心資料來源。(四)、同樣的工作模式可應用於其他的生物類群。未來若能順利穩定運作，將可依序執行公民科學計畫並收集資料、更新族群趨勢及指標、評估各物種受脅程度、整合最新的族群狀態趨勢議題及保育行動並且定期發佈臺灣國家報告。

一、目的

生物多樣性的危機與公民科學的興起

人類世所面臨的三大挑戰：(1) 阻止生物多樣性流失、(2) 減緩與調適氣候變遷、(3) 永續運用有限的自然資源，是我們這個世代必須面對的挑戰。生物多樣性，這個歷經38億年環境磨練的演化產物，正在面臨兵臨城下、遭受十面埋伏、只能做困獸之鬥的存亡之秋。全球性和地區性的族群滅絕不斷發生，就算曾經為數眾多的物種也難以倖免。人類活動大幅改變了整個地球的氣候與地景，將為人類世的生命世界帶來一場大災難。



圖一、生物多樣性流失的原因

2010年，聯合國生物多樣性公約(Convention on Biological Diversity, CBD)秘書處訂立新的生物多樣性十年目標「愛知生物多樣性目標(Aichi Biodiversity Targets)」，要求各締約國至遲於2020 年之前達成。各締約國為了瞭解國家生物多樣性現況與變化，設計許多生物多樣性指標(biodiversity indicators)，作為評估保育策略和規劃經營管理計畫的觀察客體。

為瞭解大範圍的生物多樣性現況及變化趨勢，必須在廣時空尺度下長期監測指標的變化，蒐集大量的資料，並且有效的整合與運用。以物種保育為例，瞭解該物種的分布、相對族群量、棲地偏好等，是規劃保育及經營管理策略的基礎資訊。專業調查員所做調查，能在較細的時空尺度之下獲得精確的時空分布資料，但是卻無法快速蒐集大範圍的分布資料，而且須耗費龐大的人力與經費。因此，由政府機關、學術組織、民間社團及業餘愛好者所共同合作的「公民科學 (citizen science)」計畫便應運而生。由各地民眾參與的公民科學計畫，能在較廣的時空尺度之下獲得大量的生物分布資料，彌補傳統由少數人調查的弱點。研究人員為志工量身打造適合的長期監測方法，由參與民眾蒐集可供科學分析的數據資料，再由研究人員進一步分析探討。

隨著網路與智慧型行動裝置的普及，大幅改變了人們接收和傳遞資訊的方式，使通訊更加的快速便利。在這樣的潮流之下，規劃公民科學的科學家們，看上了這樣的特質，廣泛的應用於需要集結眾多志同道合夥伴的公民科學工作中。在反覆的正向回饋之下，促成各種不同主題的公民科學如雨後春筍般誕生，展開一個全民共同參與科學研究的新時代。



圖二、2016年生物多樣性公約第13屆締約方大會在墨西哥坎昆舉行，右二起分別為執行秘書Braulio Ferreira先生、前次主席朴春園先生和本次主席拉斐爾先生(林大利攝)。

公民科學的運作機制

公民科學雖然是個新名詞，但其實已有許多運用公民科學概念運作的案例。臺灣人最熟悉的案例，就是路況廣播。用路人常常需要透過路況廣播來了解即時路況。然而，高速公路上並沒有一組路況調查隊，一天到晚在高速公路上跑來跑去調查路況。這是非常耗費時間、人力和金錢

等成本的做法。路況資訊都是來自用路人；也就是說，資訊的使用者也是資訊的提供者，只需要一個匯整資訊的平台，就能讓所有人供應和共享資訊。這是公民科學的運作方式之一，路況廣播的做法大家都知道，只是沒有用「公民科學」這個詞包裝起來。

公民科學的重要核心來自於集結眾人之力，沒有眾人參與，就難以達到目的。以我從事的生態保育工作來說，現在是一個生物多樣性快速流失的時代，聯合國要求大家好好瞭解各國的生物多樣性現況。但是很多國家的國土大得不像話，等科學家把調查工作做完，地球上的生物也早就滅絕的差不多了。為了快速有效率的瞭解廣大範圍的生物多樣性現況及變化趨勢，必須在廣空間尺度下長期監測指標的變化，蒐集大量的資料，並且有效的整合與運用。由民眾共同參與的公民科學研究計畫便應運而生。

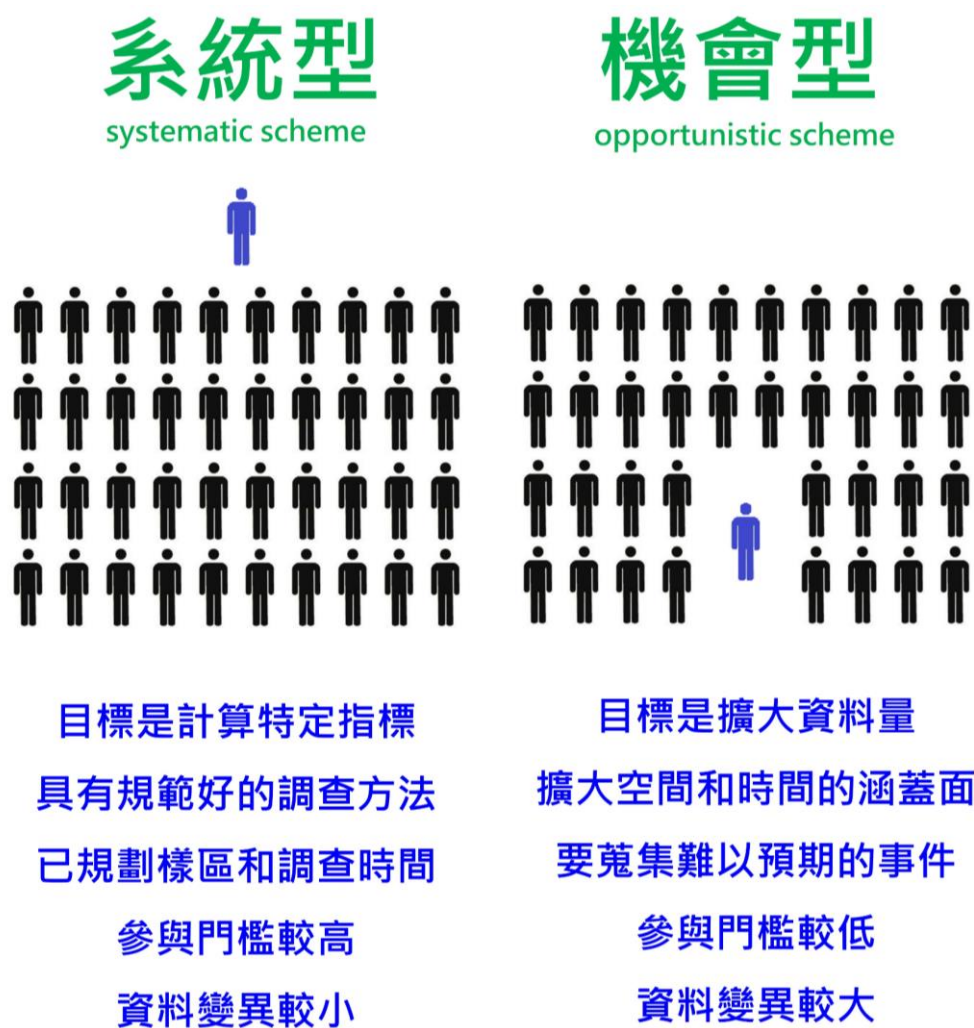
傳統的調查工作，能在較細的時空尺度之下獲得精確的資料，但是卻無法快速大規模的蒐集。由各地民眾參與的公民科學計畫，便能在較廣的時空尺度之下獲得大量資料，彌補了此項傳統研究方法的弱點。以公民科學為機制所執行的計畫已經廣泛應用於氣象學(如氣旋中心計畫Cyclone Center Project)、天文學(如星系動物園Galaxy Zoo)、生態學和環境監測「空氣盒子計畫」。

公民科學的類型大致可分為兩類：「系統型計畫(systematic scheme)」和「機會型計畫(opportunistic scheme)」。

系統型計畫是指訂立嚴謹標準作業程序的公民科學計畫，在資料蒐集階段就先規劃，將志工不同的調查能力和努力量標準化，所獲得的資料偏差較低，較容易以傳統的統計分析，例如「臺灣繁殖鳥類調查(Breeding Bird Survey, BBS Taiwan <https://goo.gl/dPQI2a>)」和「臺灣新年數鳥嘉年華(Taiwan New Year Bird Count, NYBC Taiwan <http://nybc.bird.org.tw/>)」。此類的公民科學計畫，參加門檻較高，參與者必須接受培訓課程的訓練，熟悉監測方法及流程，才能實際蒐集資料。以「臺灣鳥類生產力與存活率監測(The Monitoring Avian Productivity and Survivorship program, Taiwan; MAPS Taiwan <https://goo.gl/HHrJ5u>)」為例，必須透過鳥類繫放檢視鳥類的年齡與性別特徵，才能探討鳥類的族群結構(population structure也就是鳥類的人口金字塔)。鳥類繫放是相當困難的技術，若技術不夠純熟，很容易造成鳥類受傷甚至死亡。因此，志工在參加之前，必須先接受過相當嚴格的訓練，才能實際參與計畫。

機會型計畫之目的在於累積大量的生物時空分布資料，尤其物種、時間及空間三者，能快速累積生物的分布資料，使資料越來越容易取得。任何使用者的都能夠在資料庫或平台輸入所需資料，例如累積賞鳥紀錄的 eBird (<https://ebird.org/taiwan/home>)和 iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>)。

([//www.inaturalist.org](http://www.inaturalist.org))。機會型計畫的參與門檻相對較低，使用者可以隨時提供資料庫所需的資訊，甚至只須要上傳照片及時空資訊到網路平台或資料庫中，由專業研究人員鑑定物種即可，使用者不一定要具備鑑定能力。機會型計畫就很適合運用在蛾類、蝸牛、蜘蛛等容易觀察拍攝的小型無脊椎動物，或是死亡動物的監測。「臺灣野生動物路死觀察網(路殺社，<http://roadkill.tw/>)」就是機會型計畫的典型案例。



圖三、系統型公民科學(systematic scheme)與機會型公民科學(opportunistic scheme)的比較(林大利繪製)。

鳥類是公民科學的好題材

鳥類是非常特殊的生物類群，移動能力強，適合做反應環境變化的指標生物。相較於其他生物類群，不僅容易觀察、辨識，即便你對他們沒興趣，也很難無視這些引人注目的角落生物。因此，鳥類也成為最受眾人關注的生物類群，甚至連科學家也不例外，許多生態學理論，也是透過鳥類研究發展而來。而且全世界的公民科學資料庫，超過一半是鳥類的資料。臺灣也不例外，眾多的鳥類觀察愛好者，一直都是公民科學的好夥伴。從eBird Taiwan的平台來看，已經有4,

549人上傳過賞鳥紀錄，而且每年的賞鳥紀錄清單數量都能維持在全球前十名。甚至有許多鳥類的新紀錄種，都是由鳥友所發現，而非鳥類學家或生態學家，例如近年有名的白鶴和斑頭雁。

臺灣的優勢是已經有運作成熟的鳥會體系，以及自然觀察相關民間團體的蓬勃發展。以中華民國野鳥學會為代表的鳥會系統，在臺灣各縣市幾乎都有相應的地方組織。這樣的運作模式，讓全國性的鳥類公民科學相當容易推廣。以臺灣新年數鳥嘉年華為例，我們原先規劃第一年先試辦30處樣區，但是在臺灣鳥友的熱情參與之下，最後完成了120處的樣區！

我們在相關國際會議報告臺灣的公民科學表現，一直是許多國家稱羨的對象，也希望能向臺灣學習。例如日本遇到的困境是年輕人對鳥類觀察興趣缺缺，賞鳥人口老化且逐漸減少。而馬來西亞則是賞鳥人數不多，許多地方不容易有人執行鳥類調查工作。澳洲則是因為地廣人稀，許多偏遠地區不容易抵達。我們很幸運在人口密度高的國家推動公民科學，以致於臺灣各個角落都有鳥類觀察紀錄。

為什麼會有這麼多人願意無償為鳥類監測投注時間心力長期觀察？除了鳥友們本身的熱情之外，積極發布公民科學計畫的成果也是維繫鳥友熱情的關鍵。鳥友們在乎的不是報酬，而是觀察紀錄是否真的可以為鳥類保育及環境保護做出貢獻。因此，臺灣繁殖鳥類大調查和臺灣新年數鳥嘉年華就會需要每年出版年度報告，對外公開計畫執行的成果。同時也將所有的資料開放，供各界自由加值運用。此外，召開記者會、舉辦特展、宣傳工作等等，都是重要的成果展示。不僅如此，鳥友參與公民科學的過程，也是一種自由選擇學習(*free choice learning*)的過程，隨著參與的經驗累積、從培訓課程學習相關知識與技術，鳥友的偵測及辨識能力都會進步。如此一來，隨著參與培訓的次數越多、經驗越豐富，資料的品質顯著提升。因此，參與公民科學對鳥友來說，不僅可以為鳥類保育做出貢獻，也可以學習相關的科學新知。

公民科學十年，然後呢？指標！

臺灣的公民科學執行十年至今，已經在「臺灣生物多樣性網絡(Taiwan Biodiversity Network, TBN <https://www.tbn.org.tw/>)」累積了1千7百餘萬筆的資料，其中有89%的資料來自公民科學，而且在近五年快速成長。

這麼多的資料要用來做什麼？以生物多樣性資料來說，其中最重要的是監測這些野生動物的數量是否變多或變少，甚至為什麼會變多或變少。最適合回答這個問題的方法是前面提到的「系

統型公民科學」。因為在標準化的方法中，固定時間、固定地點、固定方法，才能盡可能排除其他影響野生動物調查數量的因素。

二、過程

日期	行程
108/06/05	飛往澳洲布里斯本
108/09/18	博士論文第一階段審查(confirmation)：審查及口試通過
109/02/15	因蒐集臺灣資料及因應COVID-19 疫情返國
109/10/12	博士論文第二階段審查(thesis review)：審查及口試通過
111/05/05	博士論文第三階段審查(thesis review)：審查及口試通過
111/10/04	博士論文初稿提交(thesis submission)
111/12	博士論文第二章刊登於SCI 期刊 <i>Ibis</i> ，標題為Using empirical data analysis and expert opinion to identify farmland-associated bird species from their habitat associations
112/02	博士論文第三章刊登於SCI 期刊 <i>Ecological Indicators</i> ，標題為Taiwan's Breeding Bird Survey reveals very few declining species
112/02	博士論文第四章刊登於SCI 期刊 <i>Global Ecology and Conservation</i> ，標題為Remote and local threats are associated with population change in Taiwanese migratory waterbirds
112/02/13	博士論文國際口試(international viva voce)：審查及口試通過

三、心得

(一)、運用調查資料分析及專家意見判定農地鳥類(博士論文第二章)

小鳥喜歡去哪裡呢？哪裡的小鳥多？哪裡的小鳥少？這大概是賞鳥人最常思考的問題。不過，這個看似簡單的問題，其實也很不容易，很難乾淨俐落的回答。

舉例而言，在臺東池上伯朗大道一望無際的水稻田，有機會在田裡看到樹鵲(*Dendrocitta formosae*)和五色鳥(*Psilopogon nuchalis*)嗎？好像不是那麼容易在這種地方找到，對不對？因為豐富的鳥類觀察經驗告訴你，樹鵲和五色鳥都喜歡在樹上活動，沒事不太喜歡停在地面上。因此，你心裡就會覺得，水稻田裡大概不太容易找到樹鵲和五色鳥。

不過，我稍微換一下環境狀況，如果田邊有一棵結實累累的雀榕呢？哇塞！這棵雀榕對樹鵲和五色鳥來說，想必非常吸引牠們。而且，除了這兩種小鳥以外，烏頭翁(*Pycnonotus taivanus*)、紅嘴黑鵯(*Hypsipetes leucocephalus*)、紅鳩(*Streptopelia tranquebarica*)和綠鳩(*Treron sieboldii*)，都有可能蜂擁而上，讓整棵樹變成一間鳥類大餐廳。因為，你的鳥類觀察經驗告訴你，這些小鳥不僅喜歡在樹上活動，更喜歡吃這樣子小顆的野果。無論是茄冬、雀榕、或是山桐子，牠們都想嚐一點。所以，你不用想太多，心裡也能有個譜，知道這裡會有那些小鳥出現在樹上。而且，你也大概知道，樹上不太可能會出現環頸雉(*Phasianus colchicus*)和花嘴鴨(*Anas zonorhyncha*)，否則就太令人大開眼界了。

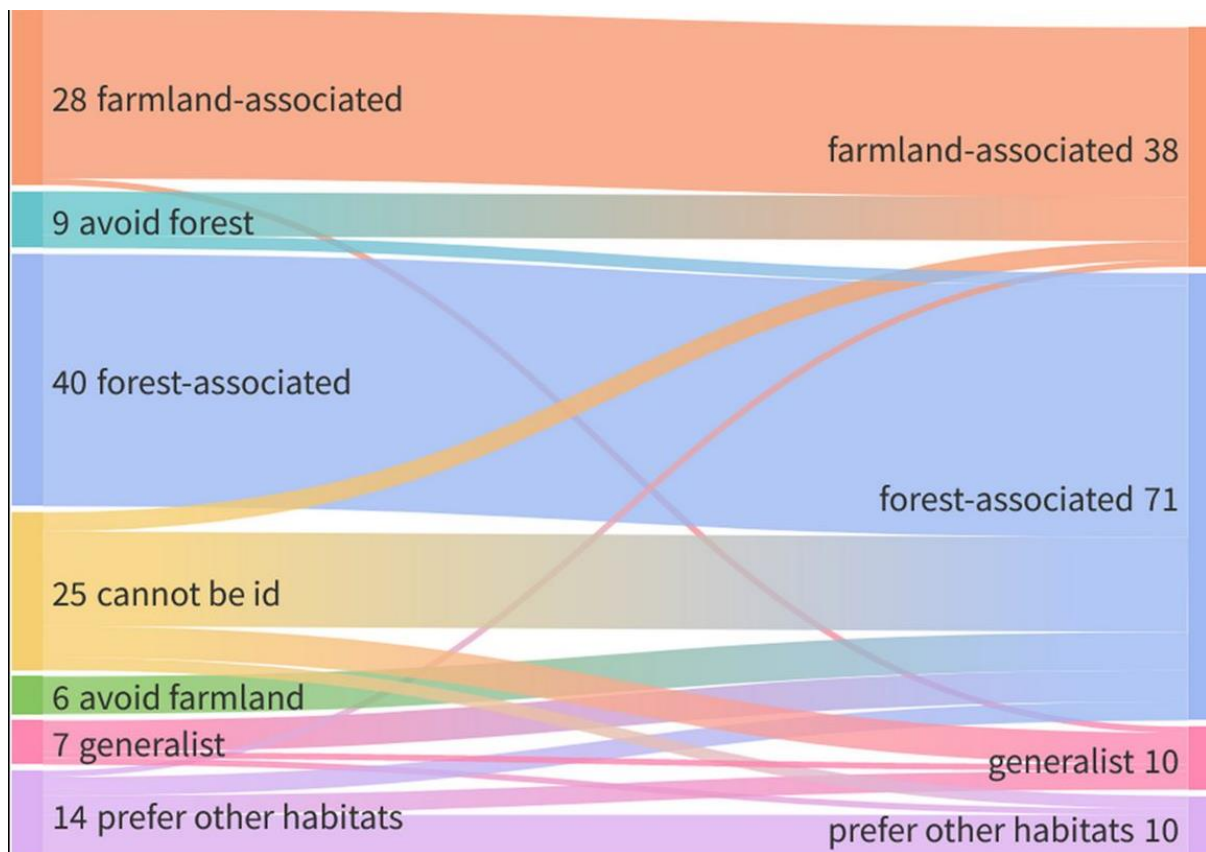
賞鳥人可以靠感覺、憑經驗來找小鳥、判斷各式各樣的環境當中，有那些小鳥活動。但是，如果要在科學上呈現這樣子的資訊，就不能用這麼抽象的方式來處理了。因此，我們就需要運用一些數學和統計的技術，來把大家心中覺得「小鳥喜歡去哪裡？」的資訊展示出來。而且換個人用同樣的方法來做，結果也不會差太多。科學家為什麼要評估鳥類的棲地偏好？這是為了要知道牠們需要那些自然資源，這樣在規劃保育策略的時候才不會搞錯方向。

首先，我們運用「臺灣繁殖鳥類大調查」2013年至2015年間的鳥類調查資料，搭配內政部國土利用調查在2015年的資料，來分析臺灣常見的繁殖鳥類，分別喜歡去哪些環境。為了不要讓分析太複雜，我們只把陸域環境分成「森林」和「農地」兩大類。至於數學和統計，我就先跳過了，我知道你以前不喜歡上數學課，現在不會喜歡，未來也不會喜歡；數學不喜歡就是不喜歡。

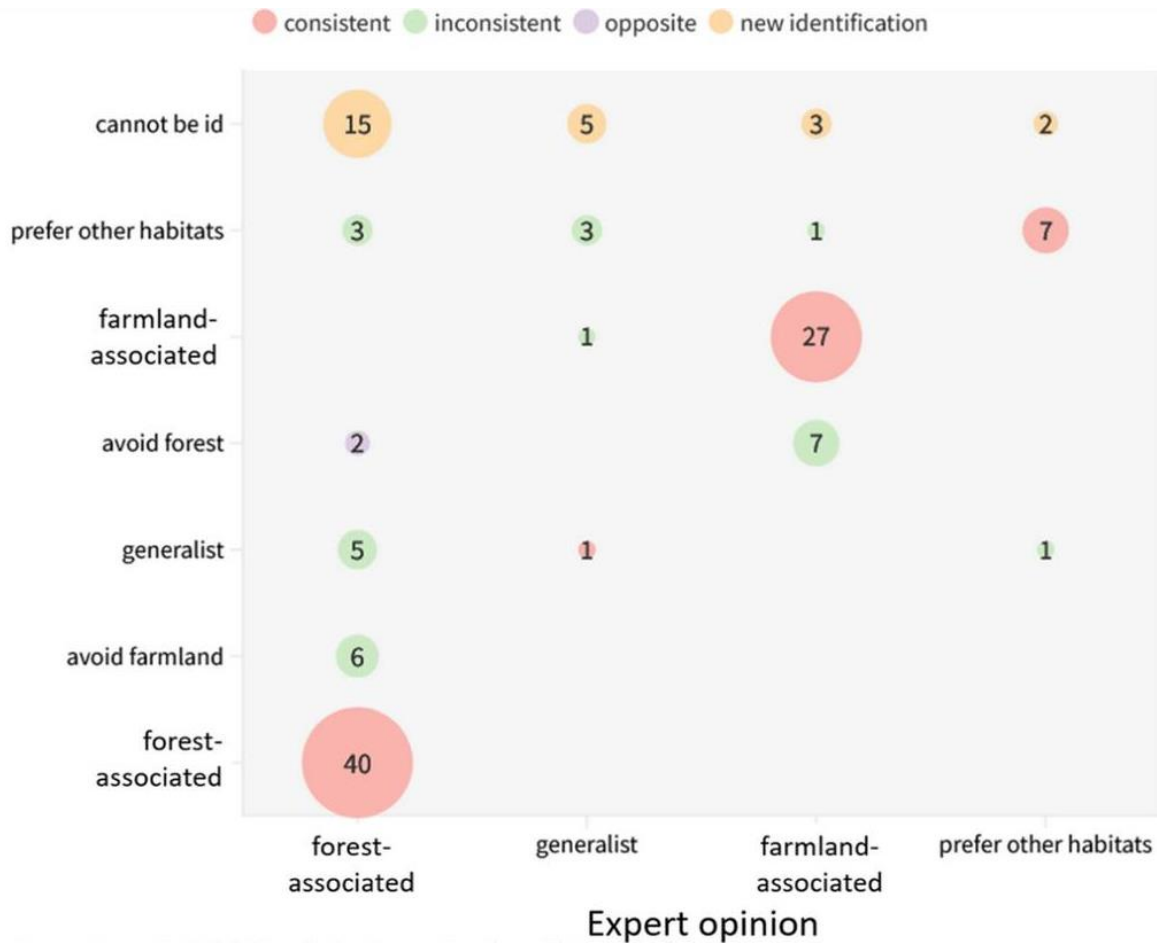
結果，在129種小鳥當中，我們能有效判斷其中91種小鳥的偏好，包括40種森林鳥及28種農地鳥，另外還有7種小鳥兩種環境都喜歡、6種小鳥不喜歡農地、9種小鳥對森林興趣缺缺、14種小鳥則是兩種都不喜歡。但是，其中25種小鳥的棲地偏好無法有效判斷如果資料不足，即使有再強大的分析工具，也是使不上力；就像沒有食材的氣炸鍋，也不過就是個昂貴的裝飾品罷了。

這種時候，我們還有一招可以用，叫做「專家意見」。我們透過問卷向24位鳥類專家請教，這129種小鳥喜歡去農地還是森林。整理問卷結果之後，發現有71種小鳥喜歡森林、38種小鳥喜歡農地，另外有10種小鳥都喜歡，而另外10種小鳥都不喜歡。

把這兩種結果相對應之後，可以得到下面這兩張圖。圖四告訴你，剛剛統計分析無法處理的25種小鳥，換成專家意見評估，全部都有地方可以去了。而且圖四和圖五都告訴你，兩種方法的一致性還滿高的，共有75種小鳥的判定結果相同。不過呢，其中也是有2種小鳥的判定結果完全相反，分別是黑冠麻鷺(*Gorsachius melanolophus*)和臺灣叢樹鶯(*Locustella alishanensis*)。



圖四、透過調查資料分析及專家意見評估129種鳥類棲地偏好的結果，數字代表鳥種數。左側為調查資料分析，可將鳥類的棲地偏好分為(由上至下)：適應農地、迴避森林、適應森林、無法判定、迴避農地、兩者皆可、偏好其他棲地；右側為專家意見，可將鳥類的棲地偏好分為(由上至下)：適應農地、適應森林、兩者皆可、偏好其他棲地。



圖五、透過調查資料分析及專家意見評估129種鳥類棲地偏好的結果，數字代表鳥種數。縱軸為調查資料分析，可將鳥類的棲地偏好分為(由上至下)：無法判定、偏好其他棲地、適應農地、迴避森林、兩者皆可、迴避農地、適應森林；橫軸為專家意見，可將鳥類的棲地偏好分為(由左至右)：適應森林、兩者皆可、適應農地、偏好其他棲地。上方圖例由左至右為：完全一致、不完全一致、完全相反、僅能由專家意見評估。

這樣的結果告訴我們，一般大多認為，運用統計分析可以得到最客觀理想的結果，但前提是得要有充足的資料才行，沒有資料一律免談。在自然保育上，許多偏遠地區和稀有物種，根本沒有理想的資料可以分析。這個時候，專家意見就可以幫上忙，評估的過程雖然比較粗糙，但結果與統計分析不會相去甚遠。而且，對偏遠地區和稀有物種來說，專家意見可能是唯一解，因此，這也是值得發展的技術。最後，為了避免少數專家的主觀意見影響結果，建議找越多專家越好，至少找個8位比較令人安心。

(二)、臺灣常見繁殖鳥類族群趨勢及複合物種指標(博士論文第三章)

「最近幾年，麻雀(*Passer montanus*)是不是變少了？還是變多了？其他的小鳥呢？」。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)運用「臺灣繁殖鳥類大調查(Taiwan Breeding Bird Survey)」的資料，分析107種繁殖鳥於2001年至2019年間的數量變化趨勢，並建置「臺灣森林鳥類指標」、「臺灣農地鳥類指標」及「臺灣外來鳥類指標」三項國家級指標。趨勢和指標將會定期更新，做為監測臺灣繁殖鳥類生存狀態及保育成效的重要儀表板。同時也是臺灣反映在2030年前實現聯合國生物多樣性公約目標「自然正成長(Nature-Positive)」。此舉為亞洲第二個發布複合物種指標的國家，已開放全文刊登於國際學術期刊「生態指標(*Ecological Indicators*)」。

2022年12月，聯合國生物多樣性公約第15屆締約方大會於加拿大蒙特婁召開，確立在2030年前達到「自然正成長」的核心目標，逆轉全球生物多樣性劣化的趨勢，而「生物多樣性指標(biodiversity indicators)」是反映生物多樣性現況及變化趨勢的重要工具。

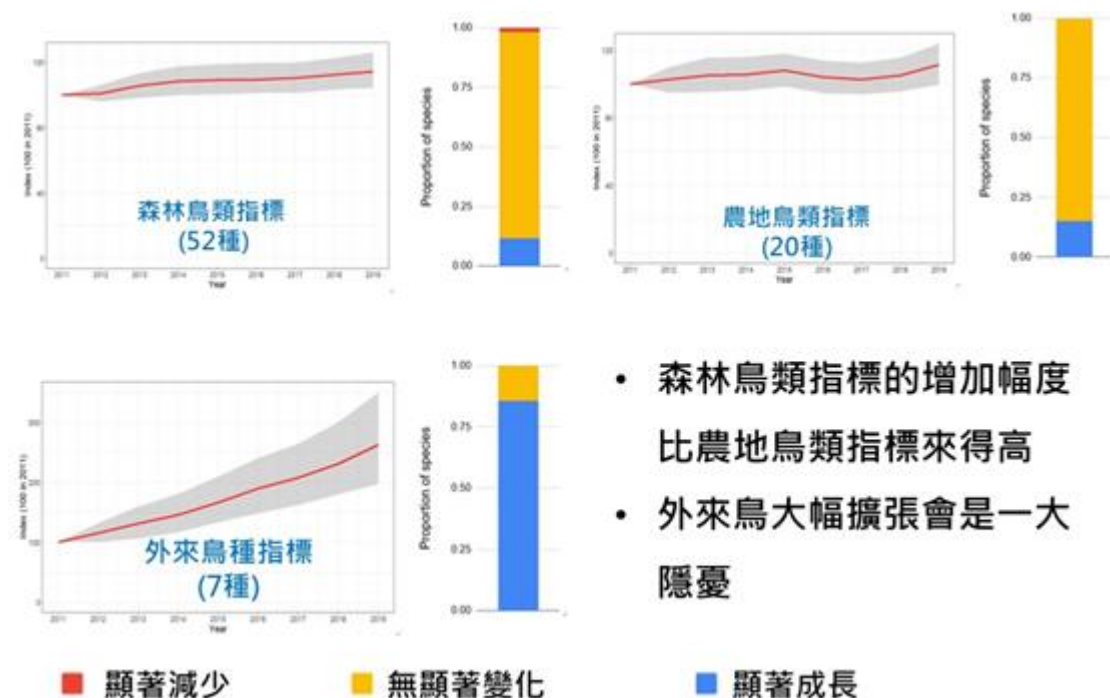
然而，許多目標尚未成熟或甚至完全無指標可用，是導致過往「愛知生物多樣性目標(Aichi Biodiversity Targets)」失敗的重要原因。2020年前，全球目前已有254項複合物種指標(Multi-Species Indicators)，例如歐洲森林鳥類指標和歐洲農地鳥類指標。但是，指標過度集中在歐洲(211項，占83%)，而亞洲沒有任何複合物種指標。直到2020年，印度首次發表國家鳥類指標，成為亞洲第一項國家級指標。

過去10年，特生中心與眾多關心環境的非政府組織及自然觀察愛好者，推行多項公民科學計畫，累積超過1千萬筆的觀察紀錄。為使這批大量資料發揮更高的應用價值，特生中心助理研究員林大利透過農委會菁英計畫赴澳洲昆士蘭大學(The University of Queensland)攻讀博士學位，並與眾多國內外學者合作，分析鳥類族群趨勢並開發國家指標。

臺灣繁殖鳥類大調查是我國針對有繁殖族群的鳥類所進行的公民科學計畫，由特生中心、臺灣大學及中華民國野鳥學會共同主辦，每年號召全臺數百名鳥友定期定點進行鳥類調查。我們運用2011年至2019年間，之臺灣繁殖鳥類大調查，分析臺灣107種繁殖鳥的數量變化趨勢，並建置三項國家級複合物種指標，包括：(1) 臺灣森林鳥類指標(含52種鳥)、(2) 臺灣農地鳥類指標(含20種鳥)、及(3) 臺灣外來鳥類指標(含7種鳥)。森林及農地鳥類指標皆緩慢穩定成長，

表示森林及農業環境尚稱穩定。唯農地環境可能干擾較頻繁，指標略有波動。值得關注的是，外來鳥類指標呈顯爆增的趨勢，顯示臺灣的外來鳥類急速增加，包括白尾八哥(*Acridotheres javanicus*)、家八哥(*Acridotheres tristis*)和白腰鵲鴿(*Copsychus malabaricus*)等。

近年，臺灣僅有兩種鳥類顯著減少，但有些在及格邊緣。從個別鳥種來看，共有17種鳥類的數量顯著增加，只有2種鳥類的數量顯著減少，分別為臺灣竹雞(*Bambusicola sonorivox*)和繡眼畫眉(*Alcippe morrisonia*)。兩者都是臺灣特有鳥類，需要進一步探討數量減少的原因。



- 森林鳥類指標的增加幅度比農地鳥類指標來得高
- 外來鳥大幅擴張會是一大隱憂

圖六、三項國家鳥費複合物種指標。

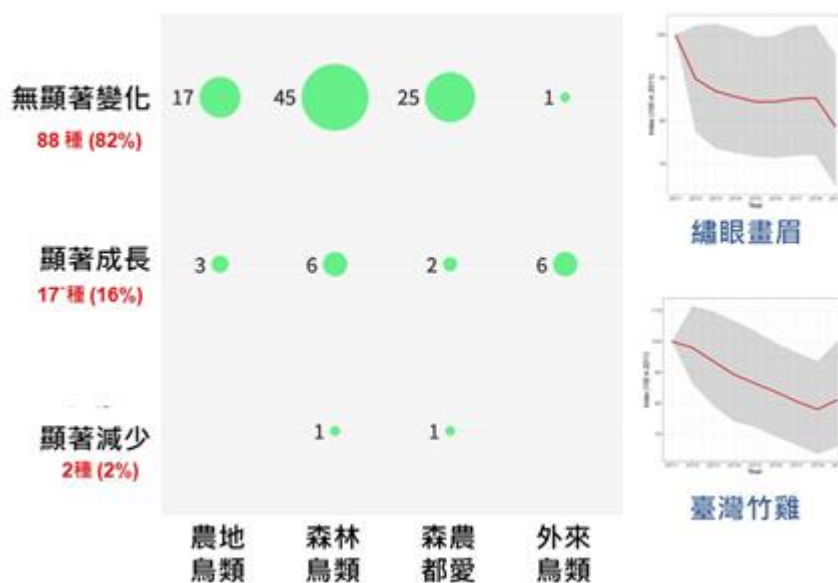
依照棲地偏好將小鳥分門別類，然後分析族群趨勢

共107種繁殖鳥，100種原生種，7種外來種



圖七、107種臺灣鳥類的族群趨勢。

大多數繁殖鳥還算穩定，除了兩種特有種



圖八、綜整臺灣鳥類族群趨勢。

雖然如此，有些鳥種的趨勢勉強在及格邊緣，包括粉紅鸚嘴(*Sinosuthora webbiana*)、鉛色水鵯(*Rhyacornis fuliginosa*)、白頭翁(*Pycnonotus sinensis*)、麻雀、棕背伯勞(*Lanius schach*)和大卷尾(*Dicrurus macrocercus*)。顯示我們的草生地、溪流、普遍鳥種和肉食性鳥種的數量正在減少。如果再惡化下去，就會列入顯著減少的鳥種名單。因此，暫不考慮統計上的顯著性，這些鳥類的生存也迫切需要關注。

撇開統計顯著性不談，還有些小鳥正在減少

尤其是常見鳥類和肉食性鳥類



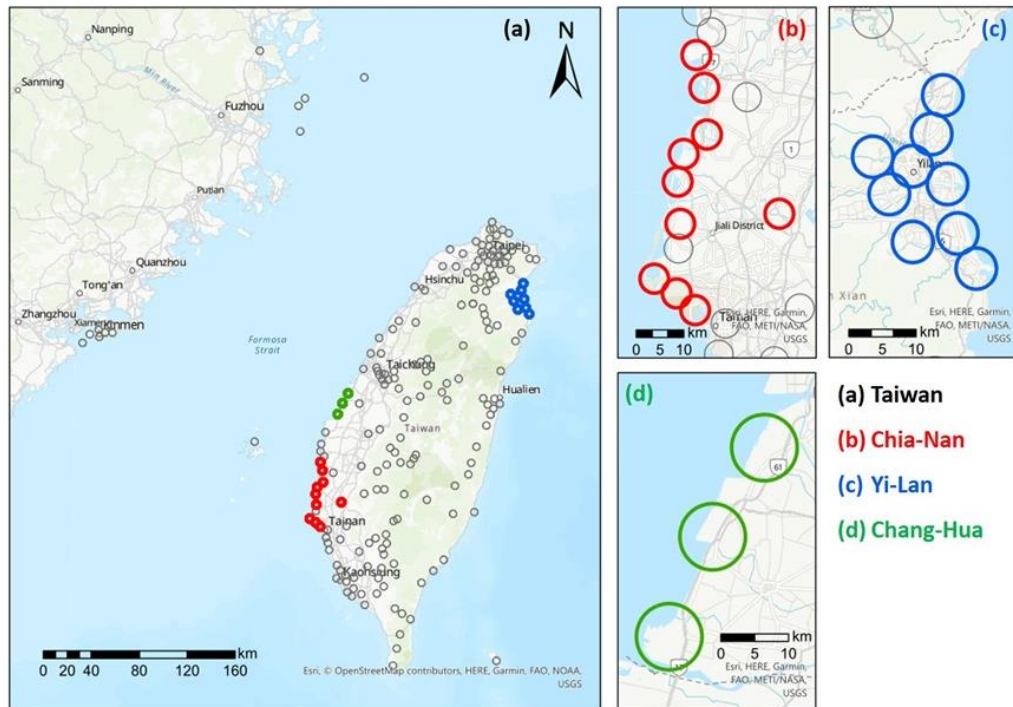
圖九、數量接近顯著下降門檻的鳥種。

本次發布的三項鳥類指標，將作為國家保育指標，用來反映臺灣環境現況。未來也會定期更新並呈現「臺灣國家鳥類報告」中，報導臺灣繁殖鳥類的存活狀況。完成族群趨勢分析和指標建置技術後，目前正嘗試於國家公園內建置指標，也試著運用兩棲類的紀錄建立臺灣的兩棲類指標。期望多元形式的生物多樣性指標，可以更完善的反應臺灣的環境品質，並且及早發現、及早改善。

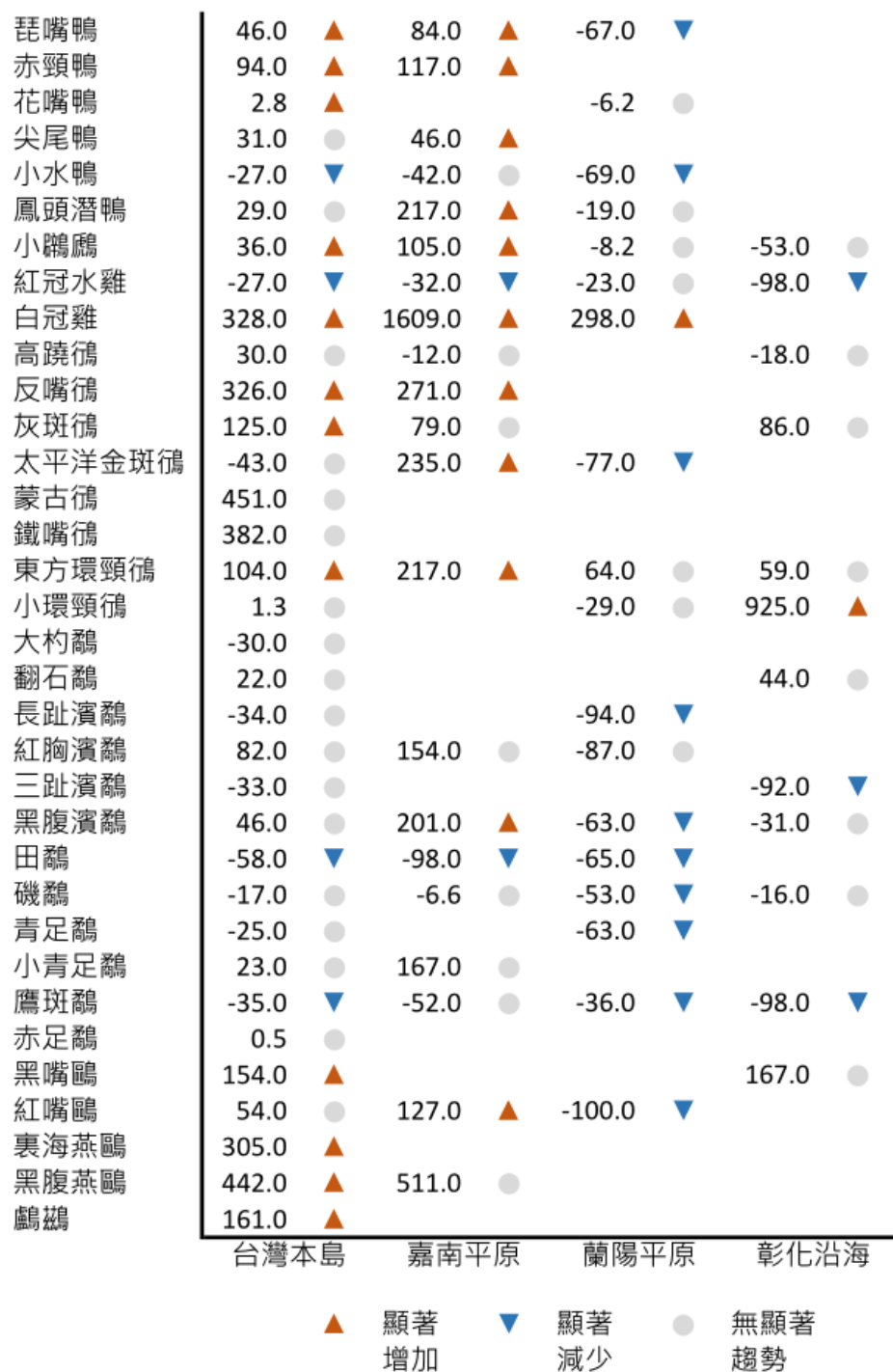
(三)、臺灣常見度冬水鳥族群趨勢(博士論文第四章)

我們從臺灣新年數鳥嘉年華(Taiwan New Year Bird Count)於2014年至2022年之間共8年的資料中，挑選雁鴨科(Anatidae)、秧雞科(Rallidae)、鴝科(Charadriidae)、長腳鷗科(Recurvirostridae)和鷗科(Scolopacidae)中所有在臺灣有確切紀錄的47種鳥類作為分析對象。分析的

範圍分成(1) 臺灣本島(不含任何離島)、(2) 彰化沿海、(3) 蘭陽平原及 (4) 嘉南沿海共四區。運用 R 語言的 poptrend 套件(Knappe 2016)執行廣義加成混合模型(generalized additive mixed model, GAMM)分析，樣區圓編號和年度兩變數設為隨機變數(random factors)。數字為各鳥種隻個體數量變化率(rate of change)，紅色向上三角形表示數量顯著增加，藍色向下三角形表示數量顯著減少，灰色圓形表示未達統計上的顯著。未列出的鳥種，表示資料不足以分析。



圖十、臺灣新年數鳥嘉年華之樣區分布及四大區域：(a) 臺灣本島(不含任何離島)、(b) 嘉南沿海、(c) 蘭陽平原及 (d) 彰化沿海



圖十一、2014年至2021年各度冬水鳥於臺灣本島、嘉南平原、蘭陽平原及彰化沿海之數量變化趨勢。數字為族群變化率(rate of change)。

從臺灣本島來看，共有12種鳥類的數量顯著增加，包括琵嘴鴨(*Spatula clypeata*)、赤頸鴨(*Mareca penelope*)、小鸕鶿(*Tachybaptus ruficollis*)、白冠雞(*Fulica atra*)、反嘴鴣(*Recurvirostra avosetta*)、灰斑鴣(*Pluvialis squatarola*)、東方環頸鴣(*Charadrius alexandrinus*)、黑嘴鷗(*Chroicocephalus saundersi*)、裏海燕鷗(*Hydroprogne caspia*)、黑腹燕鷗(*Chl*

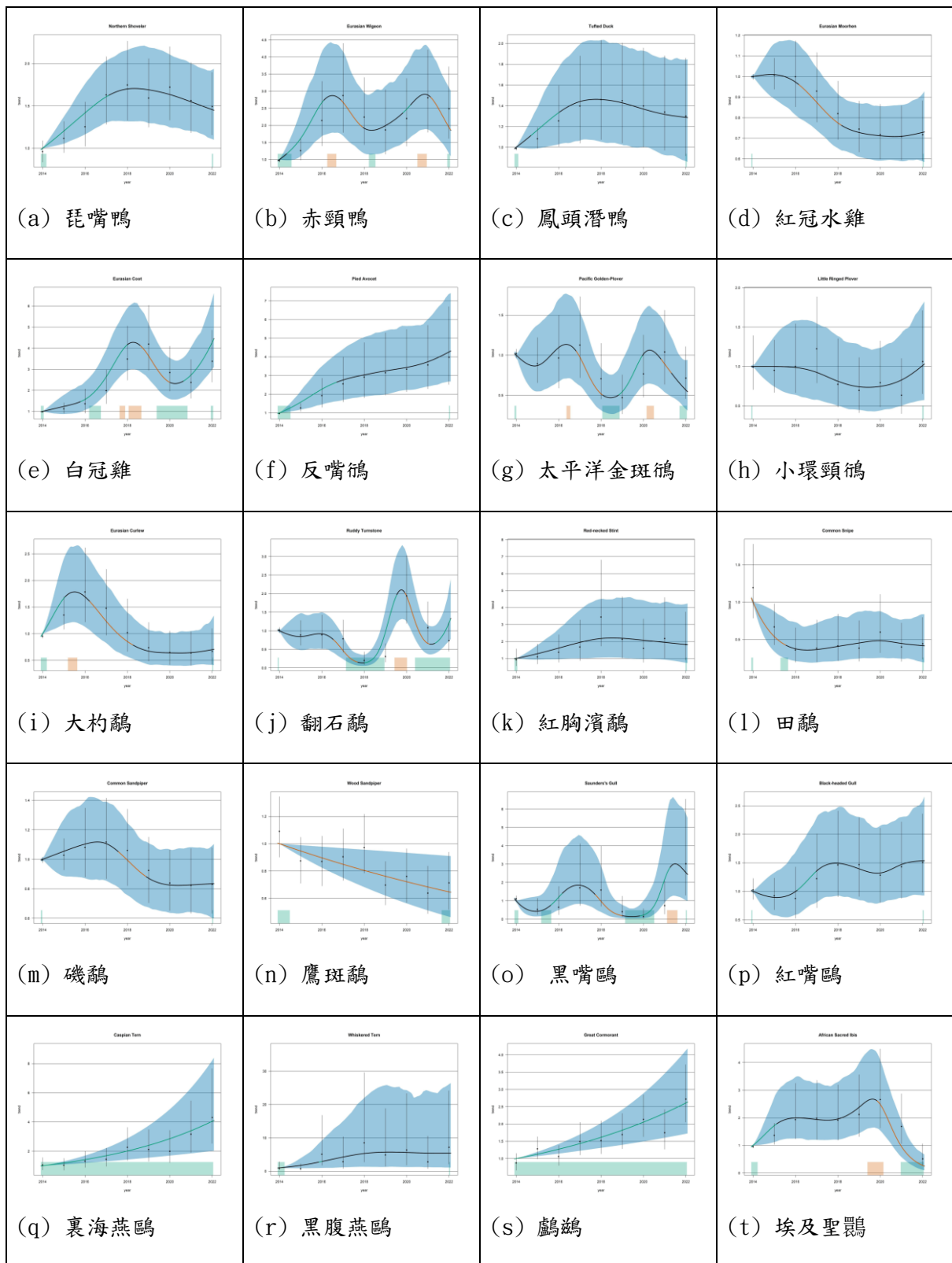
idonias hybrida)和鸕鷀(*Phalacrocorax carbo*)。但是有4種鳥類的數量顯著減少，包括小水鴨(*Anas crecca*)、紅冠水雞(*Gallinula chloropus*)、田鶉(*Gallinago gallinago*)和鷹斑鶉(*Tringa glareola*)。其中值得關注的是紅冠水雞和田鶉，2021年起我們就注意到這兩種小鳥在臺灣本島及各區域都有顯著減少的趨勢(除了紅冠水雞在金門的數量顯著增加)，但是從今年的資料看起來，這兩種小鳥的數量仍舊持續減少。然而，今年也注意到鷹斑鶉、磯鶉和青足鶉的數量顯著減少，雖然有些地區未達統計上的顯著，但數量減少的趨勢仍是值得關注的警訊。

在嘉南平原地區，共有11種鳥類的數量顯著增加，包括琵嘴鴨、赤頸鴨、尖尾鴨(*Anas acuta*)、鳳頭潛鴨、小鴨鵝、白冠雞、反嘴鵝、太平洋金斑鵝(*Pluvialis fulva*)、東方環頸鵝、黑腹濱鶉(*Calidris alpina*)和紅嘴鷗(*Chroicocephalus ridibundus*)。但是有2種鳥類的數量顯著減少，分別為紅冠水雞和田鶉。而蘭陽平原方面，僅有白冠雞的數量顯著增加，而有10種鳥類的數量顯著減少，分別為琵嘴鴨、小水鴨、太平洋金斑鵝、長趾濱鶉(*Calidris subminuta*)、黑腹濱鶉、青足鶉(*Tringa nebularia*)、鷹斑鶉和紅嘴鷗。彰化沿海方面，僅有小環頸鵝的數量顯著增加，而有三種鳥類的數量顯著減少，分別為紅冠水雞、三趾濱鶉(*Calidris alba*)和鷹斑鶉。

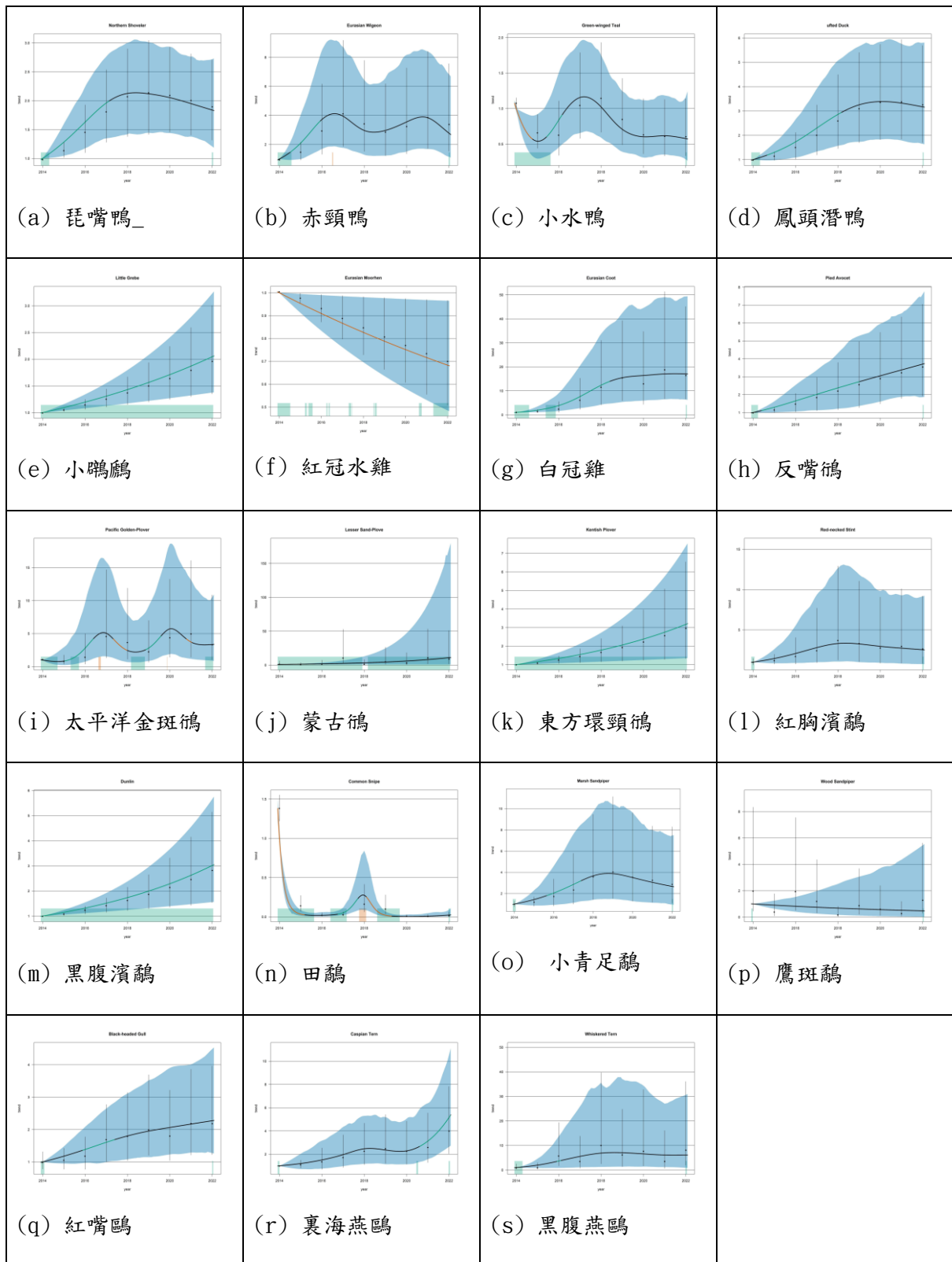
彰化沿海廣大的泥灘地，尤其大肚溪出海口和濁水溪出海口，是保育水鳥的重要棲地。在這個地區，共有10種的水鳥數量顯著變化。灰斑鵝、小環頸鵝的數量顯著增加；小鴨鵝、紅冠水雞、三趾濱鶉、田鶉、磯鶉、鷹斑鶉的數量顯著減少；高蹺鵝、翻石鶉的數量曾經顯著增加，但是又略微減少。

蘭陽平原一直是水鳥的度冬熱點，但是自去年起我們就發現這裡有許多水鳥的數量顯著下降。在蘭陽平原，共有16種水鳥的數量顯著變化。沒有任何度冬水鳥的數量穩定顯著增加。花嘴鴨、小水鴨、鳳頭潛鴨、小鴨鵝、紅冠水雞、太平洋金斑鵝、東方環頸鵝、小環頸鵝、紅頸濱鶉(*Calidris ruficollis*)、黑腹濱鶉、田鶉、磯鶉、青足鶉、鷹斑鶉、紅嘴鷗的數量顯著減少。長趾濱鶉的數量一度顯著增加，而近年又顯著減少。

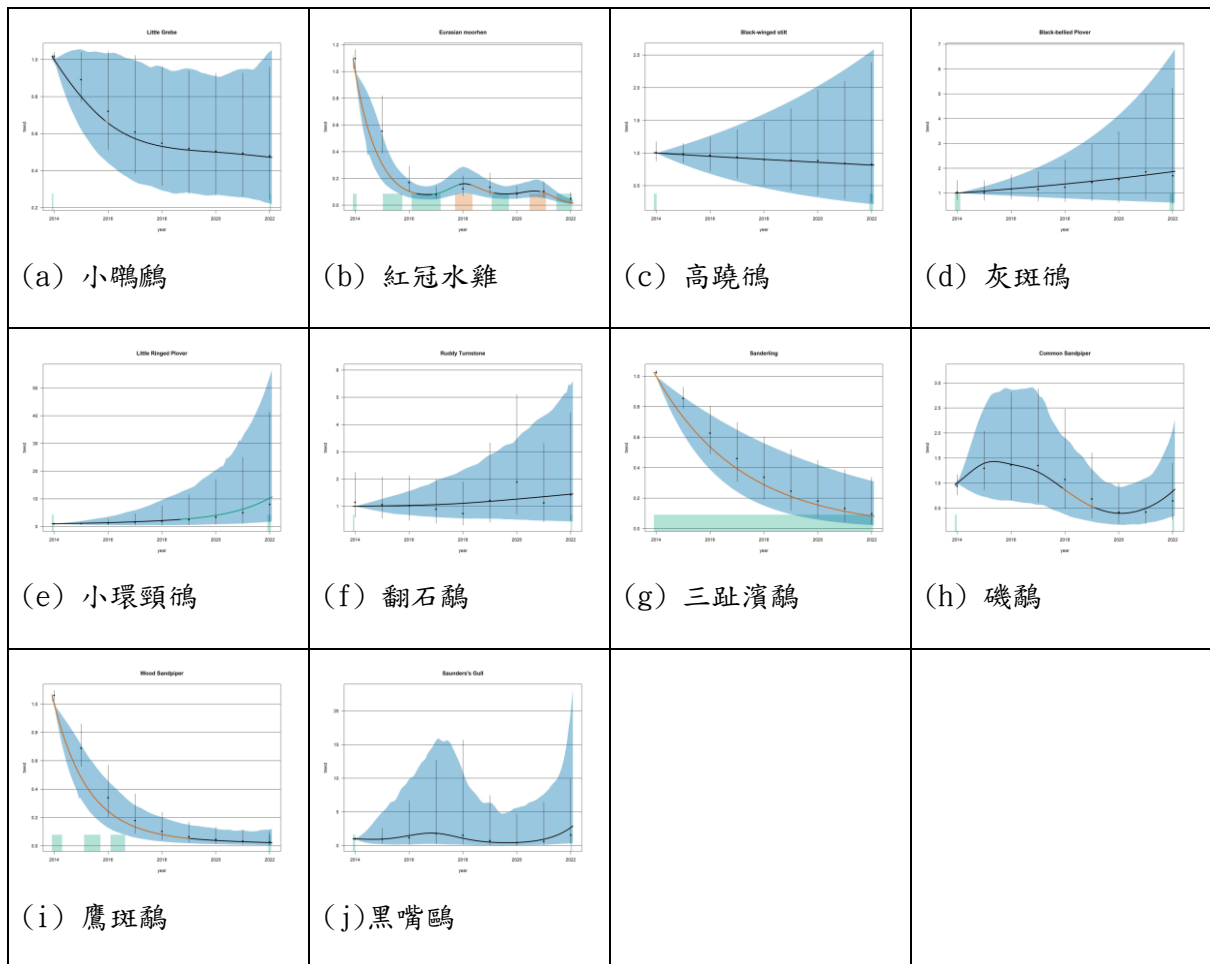
進一步分析，臺灣度冬水鳥的數量變化趨勢，同時受到遠方遷徙中繼站黃海泥灘地流失和蘭陽平原水稻田流失的影響。



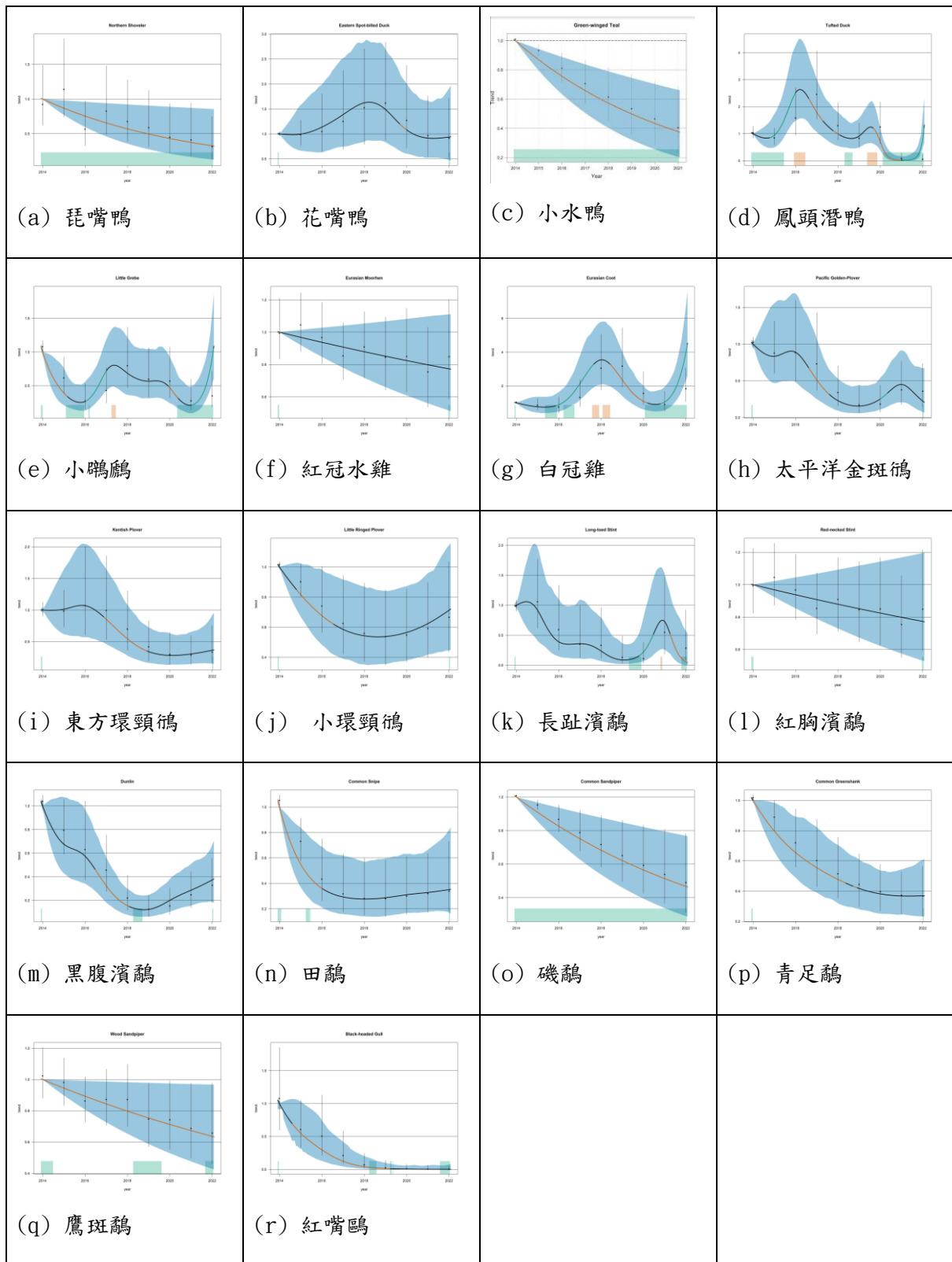
圖十二、臺灣本島(不含離島)於2014年至2022年間的水鳥數量變化趨勢，綠色線段表示顯著增加，橘色線段表示顯著減少。橫軸上的綠色長條表示該區間有顯著反轉增加，而橫軸上的橘色長條表示該區間有顯著反轉減少。



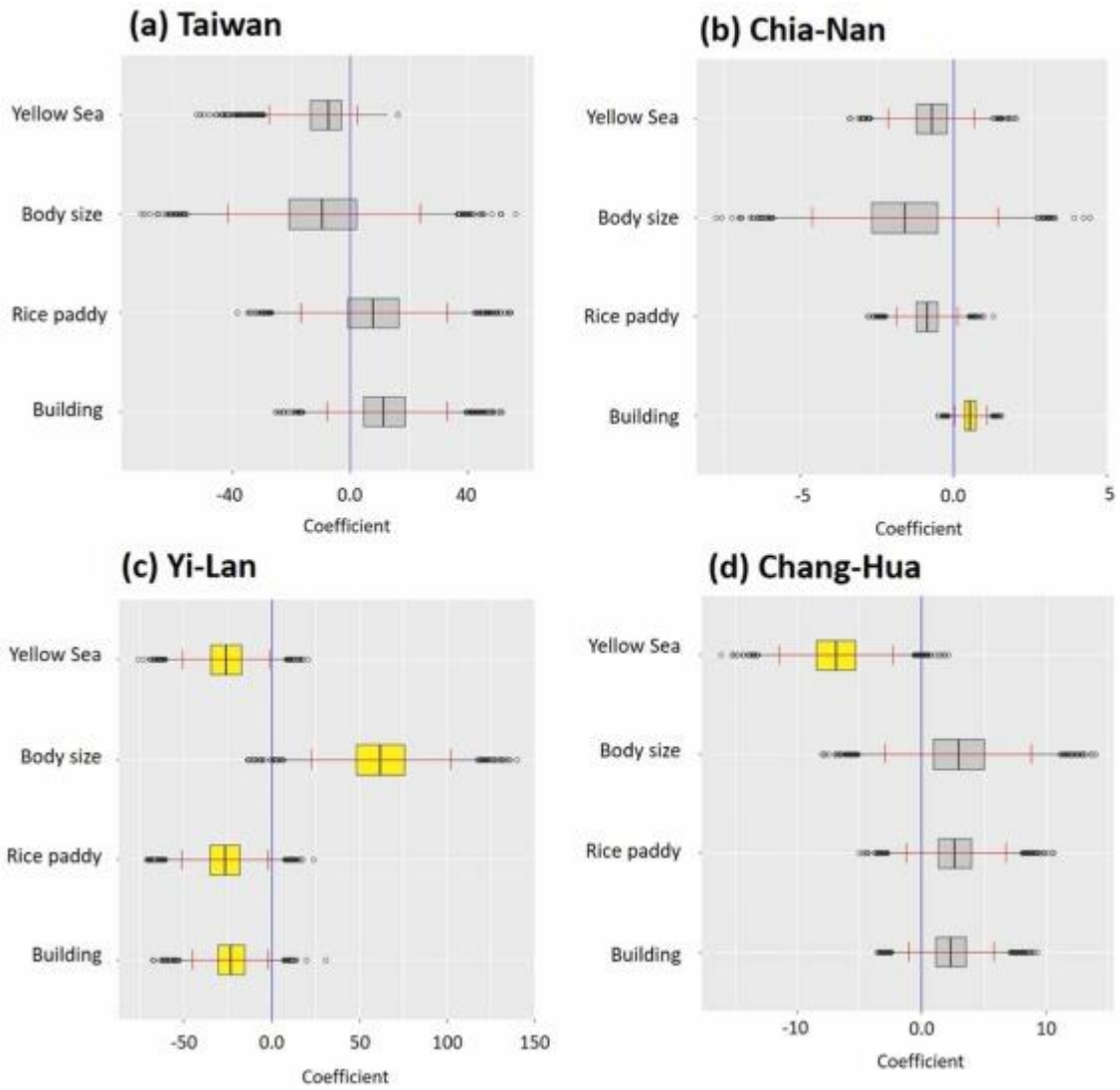
圖十三、嘉南沿海於2014年至2022年間的水鳥數量變化趨勢，綠色線段表示顯著增加，橘色線段表示顯著減少。橫軸上的綠色長條表示該區間有顯著反轉增加，而橫軸上的橘色長條表示該區間有顯著反轉減少。



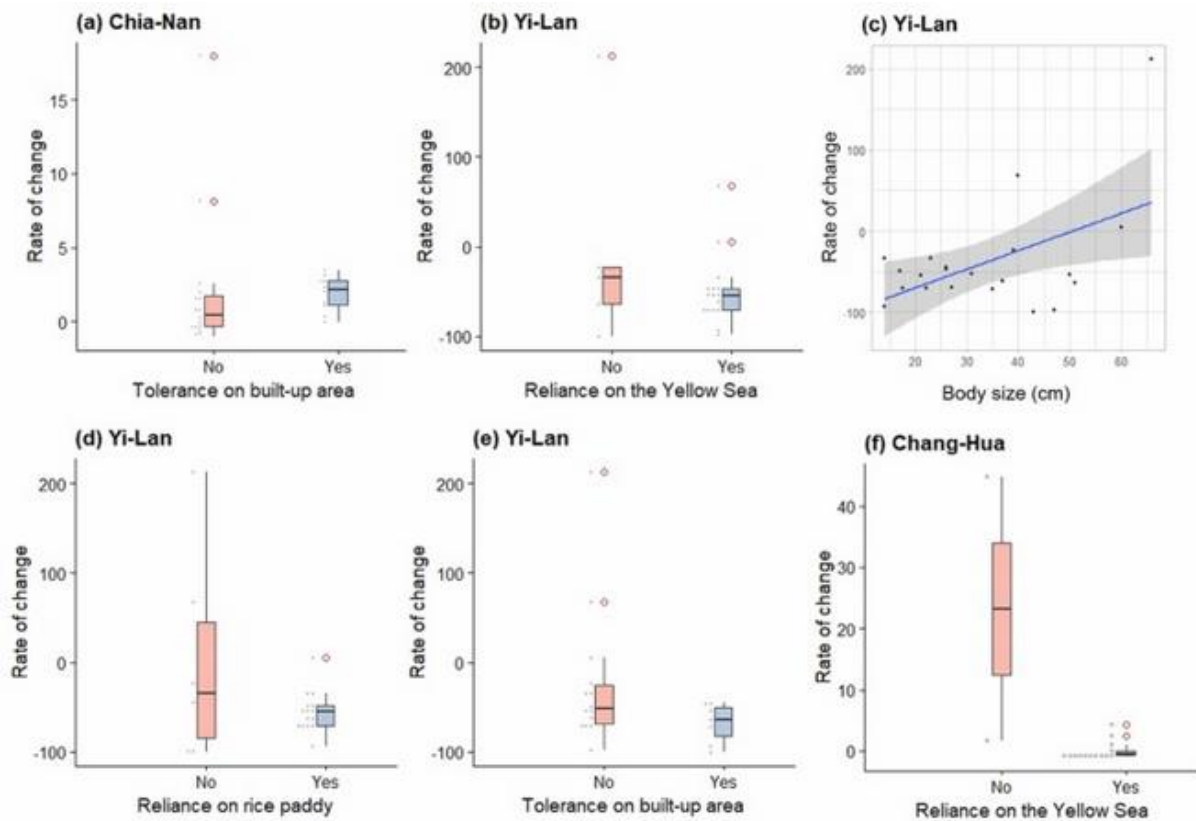
圖十四、彰化沿海於2014年至2022年間的水鳥數量變化趨勢，綠色線段表示顯著增加，橘色線段表示顯著減少。橫軸上的綠色長條表示該區間有顯著反轉增加，而橫軸上的橘色長條表示該區間有顯著反轉減少。



圖十五、蘭陽平原於2014年至2022年間的水鳥數量變化趨勢，綠色線段表示顯著增加，橘色線段表示顯著減少。橫軸上的綠色長條表示該區間有顯著反轉增加，而橫軸上的橘色長條表示該區間有顯著反轉減少。



圖十六、蘭陽平原的度冬水鳥族群趨勢受到黃海泥灘地流失及水稻田流失的影響，彰化沿海則亦受到黃海泥灘地流失的影響。



圖十七、蘭陽平原的度冬水鳥族群趨勢受到黃海泥灘地流失及水稻田流失的影響，彰化沿海則亦受到黃海泥灘地流失的影響。

四、建議

(一)、重新思考涉及生物多樣性保育功能的國土利用規畫，尤其是農地及都市等人類優勢且土地利用競爭強的地景。綠能設施的擴張是臺灣須迫切處理的環境議題。

第三章及第四章的結果顯示，土地利用規劃劇烈影響繁殖鳥及度冬水鳥的生存。農地鳥類數量減少的狀況顯著高於森林鳥，而且蘭陽平原的水稻田的流失已造成度冬水鳥數量減少。臺灣是人口稠密且土地有限的島嶼土地利用競爭相當激烈，各領域間的國土利用規畫一直是爭論不休的議題。但有關生物多樣性保育的土地利用，優先序總是相當後面。

臺灣的保護區大多位於中央山脈地區，覆蓋了臺灣面積的33%。雖然覆蓋的比例並不低，但是對於某些棲息於人類優勢地景的受脅物種的保育成效並不高，例如臺灣特有亞種草鴉(*Tyto longimembris pithecops*)和山麻雀(*Passer cinnamomeus*)。因此，重新思考土地利用規劃並於人類優勢地景尋求合適的生物多樣性友善地景經營(biodiversity-friendly landscape management)技術，會是臺灣生物多樣性保育食物的首要課題。

綠能設施擴張是臺灣近期備受爭議的環境議題之一，在減緩溫室氣體排放的同時，也導致水稻田的流失。臺灣的主管機關為了在2040年前完成農業部門的淨零排放，並於2025年前實現非核家園，近年臺灣政府快速提高綠能的發電量，例如太陽能光電板。之所以選擇縮減水稻面積，是因為水稻的生產過程中會排放大量的甲烷。然而，臺灣綠能設施的擴張已經引發潮間帶泥灘地、農地、鹽田和魚塭的流失。綠能轉型確實有助於解決氣候變遷議題，但其對生物多樣性的衝擊也逐漸浮上檯面，審慎規劃綠能設施的設置，將會是國土利用的重要課題。我的博士論文中發現了鳥類數量減少與農地流失之間的關係密切，因此重新評估農地在生物多樣性保育上所能發揮的價值，將能彰顯農地的多元功能。

(二)、臺灣值得規劃生物多樣性友善農業，以土地共享為基礎並優化農地的經營管理。

在人類優勢地景中，農地是重要的類型之一。我在論文中將臺灣的農地鳥類依照棲地偏好區分出來，並建立農地鳥類指標，同時也指出水稻田流失對度冬水鳥的衝擊。這些發現都是臺灣值得推動生物多樣性友善農業的相關證據，依此實現農業地景的多元價值與功能。

近年來，臺灣和農業及生物多樣性保育相關的主管機關和權益關係人，致力於推動同時兼顧糧食生產及生物多樣性保育的農業環境經營管理方針，以實現人類與自然和諧共存的目標，並以里山倡議(Satoyama Initiative)作為實行的基準。由於臺灣的平地相當有限，採取土地共享(land sharing)的經營原則，會是減緩農業、生物多樣性保育與其他領域土地利用競爭的方針。然而，目前臺灣相關的研究，還很缺乏品質良好的保育證據(conservation evidence)來作為推動生物多樣性友善農業的策略基礎。

在後續的研究中，我們發現在合適的空間尺度提高地景組成異質度和農地覆蓋度，能讓較多種農地鳥類生存。地景異質度也是相對重要，讓鳥類豐富度提高的農業地景特性。這些結果適合

臺灣的農地現況：大多數農地小而破碎，且包含相當多樣的地景元素，如農地、果園、溫室、森林、竹林、綠地及建築物。這是為什麼臺灣的農業生產大多由小規模的權益關係人或小規模的農企業所經營。這樣的模式和目前已有相當規模的環境友善農業的美洲和歐洲地區的大尺度農業完全相反。此外，我們也呈現了農地鳥類指標可以用來作為追蹤農業經營管理對於保育成效是否良好的依據。未來農地鳥類指標可以此作為基線來呈現農地鳥類的生存趨勢，同時也是臺灣農地環境品質的指標。

(三)、公民科學是長期監測的基礎元素，而且是國家三、公民科學是長期監測的基礎元素，而且是國家保育儀表板的核心資料來源生物多樣性保育儀表板的核心資料來源。

我的論文絕大部分的內容都以臺灣繁殖鳥類大調查(第二章及第三章)及臺灣新年數鳥年華的資料作為基礎。數千名志工貢獻了數百萬筆的觀察紀錄，建立了這份龐大的資料集。這顯示了公民科學對於長期監測及生物多樣性保育的重要價值，而且可以此作為判斷生物多樣性威脅的主要依據。第三章運用了公民科學的技術，以及可以數萬次重複模擬計算的方式來建立臺灣繁殖鳥類的族群趨勢及指標。這些資訊可以用來評估臺灣鳥類的受脅狀況及滅絕風險，並且用此來更新臺灣的國家鳥類紅皮書。當國家主管機關及野鳥學會發佈臺灣第一版國家鳥類報告的時候，更新族群趨勢及指標就會是未來的例行公事。有些細節有些在公民科學操作的細節確實可以在持續的提升，但是論文中也確實測試了相當多的元素可以作為臺灣的保育儀表板。主要順序為：執行公民科學計畫並收集資料、更新族群趨勢及指標、評估各物種受脅程度、整合最新的族群狀態趨勢議題及保育行動並且定期發佈臺灣國家鳥類報告。

(四)、同樣的工作模式可應用於其他的生物類群。

我的博士論文發現了保育的重要基礎資訊，但這取決於資料可得性：大多數資料聚焦於鳥類。為了在臺灣提升保育品質及成效，在大尺度及其他生物類群，可依照類似的工作流程來進行相關的研究，包括判定其棲地偏好、建立族群趨勢及複合物種指標、以及確定所受到的威脅。臺灣的公民科學計畫確實已經包含多樣的生物類群，包括兩棲類、爬行類、蝸牛、蜘蛛及蛾類，而且資料正在大幅成長。兩棲類似乎是下一個可以著手的類群，而且也是岌岌可危的生物，許

多物種的族群量正在快速下降。臺灣兩棲類保育學會推動了臺灣第一個系統性的公民科學計畫：在全國調查36種兩棲類物種，這樣的計畫已經累積了270,000筆的觀察紀錄。然而，這樣的計畫與資料相當適合分析族群趨勢及建立指標。

雖然可以說是告一段落，但還有很多事情值得我們去做。例如試試其他生物，尤其是也有長期公民科學監測的兩棲類；或是為高海拔的繁殖鳥建立高山鳥類指標，看看他們對於氣候變遷的反應如何。不過，千里之行，始於足下，沒有眾多公民科學家的投入，貢獻大量觀察紀錄，那這一切都無法實現。公民科學資料是何等重要的基礎資訊。可惜的是，生物在什麼時候、出現在什麼地方，如果沒有即時記錄下來，除非有時光機，否則再也無法追溯。換句話說，公民科學家所留下的一點一滴觀察紀錄，就是維護自然生態最重要的資產。