

出國報告（出國類別：考察）

生態系紅皮書評估考察報告

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：陳宛均 助理研究員

派赴國家：澳大利亞

出國期間：2017.11.18-12.14

報告日期：2018.03.12

生態系紅皮書評估考察報告

摘要

學習適合臺灣尺度的生態系紅皮書評估方法與工具，設計以生態系評估方法評估臺灣生態系受脅風險，為本次出國主要成果。初步參考智利與挪威棲地與生態系分類架構，分層定義臺灣棲地類型，接續以 IUCN 生態系紅皮書生態系分布與功能等五項準則評估臺灣的生態系。期間亦參加澳洲紐西蘭生態年會了解生物多樣性狀態與趨勢評估、跨國移動物種的保育與生態系風險評估的研究應用等國際生態保育研究新知，並學習氣候變遷與物種分布預測模式工具，同時考察澳洲公民科學計畫。

目次

| | |
|---------------------------------------|----|
| 摘要 | 2 |
| 目的 | 4 |
| 過程 | 4 |
| (一) 生態系紅皮書評估方法討論 | 5 |
| (二) 生態系評估開放工具 | 5 |
| (三) 澳洲紐西蘭生態年會 | 6 |
| (四) 雪梨皇家植物園、雪梨大學與澳洲博物館 - 翼標計畫 | 7 |
| (五) 臺灣生態系紅皮書評估實作案例討論 | 8 |
| (六) 國家與區域尺度生態系紅皮書研究案例討論 | 9 |
| (七) 規劃臺灣生態系紅皮書評估分析架構與討論臺灣棲地分類方法 | 9 |
| 心得及建議 | 10 |
| 參考文獻 | 11 |
| 附錄 | 13 |

目的

赴澳洲新南威爾斯大學生態系科學中心 (Centre for Ecosystem Science, University of New South Wales) 拜訪 IUCN 生態系紅皮書 (International Union for Conservation of Nature Red List of Ecosystems) 評估計畫團隊，學習生態系評估操作細節，並參加 2017 年澳洲紐西蘭生態年會 (EcoTAS 2017-conference of the Ecological Society of Australia and the New Zealand Ecological Society)，瞭解國際生態系研究現況，以作為研究工作之參考。

過程

11月18日-11月19日 臺灣-雪梨

11月20日-11月25日 雪梨、新南威爾斯大學生態系科學中心

1. David Keith 教授與 Nicholas Murray 博士學習生態系紅皮書評估實作方法，並說明臺灣生態系評估研究現況。
2. 生態系遙測與評估開源工具操作練習。
3. 澳洲博物館 (Australian Museum)。

11月26日-12月01日 澳洲紐西蘭生態年會

1. 研討會主題：植物生理功能與環境、昆蟲生態研究、無脊椎生物與草原經營管理、保育生物學、農業地景研究、地景生態學、澳洲地景變化研究、生態模式、生態系監測、氣候變遷生物調適、外來種議題、野火管理、生態保護區的定義與管理工具、推動群眾生態學研究，以及生態系風險評估的研究與應用等。
2. 主題演講：原住民傳統智慧與生態應用、生物多樣性與糧食安全、紐西蘭生物多樣性狀態與趨勢評估與跨國移動物種的保育等。
3. 研討會海報展示：生態系紅皮書研究、公民科學計畫以及生態保育案例等。
4. 物種分布與模擬的新工具工作坊：資料探索、物種分布預測模式與氣候變遷。

12月02日-12月14日 雪梨、新南威爾斯大學生態系科學中心

1. 雪梨皇家植物園 (Sydney Royal Botanic Gardens)
2. 雪梨大學 (University of Sydney)
3. David Keith 教授與 Nicholas Murray 博士討論臺灣生態系紅皮書評估實作案例，檢討評估過程遭遇之問題解決方法。
4. 國家與區域尺度生態系紅皮書研究案例討論：挪威與中國西南。
5. 規劃臺灣生態系紅皮書評估分析架構與討論臺灣棲地分類方法。

(一) 生態系紅皮書評估方法討論

拜訪新南威爾斯大學生態系科學中心 David Keith 教授主持之研究室，David Keith 教授是 IUCN 生態系紅皮書團隊主持人，亦任職於新南威爾斯政府環境保育部門，同時也是 2015 年新南威爾斯環境與遺址辦公室環境研究獎得主。Keith 教授與他的團隊設計一套全球適用的生態系受脅程度評估標準 (Keith *et al.* 2013)，並後續推出細部操作手冊 (Bland *et al.* 2016, 2017)。

生態系紅皮書在保育政策規劃評估上是好用的工具，全球的科學家與生態保育政策制定者，可以在一致的標準下評估生態系的狀態。過去的研究都是個案評估，對經營管理或政策制定上難以整體規劃保育工作的優先順序。2012 年發表的生態系紅皮書概念，從生物多樣性的流失、生態功能喪失以及生態系服務的減少等三個面向來討論生態系的狀態，並且同時適用於在地、國家、區域以及全球等不同層級的空間尺度。

生態系紅皮書評估工作的第一步是描述生態系的特徵，界定出要評估的對象範圍與空間分布，再從生物特徵、非生物環境、生態系中主要的作用以及交互作用來明確的描述生態系，才能開始評估標的生態系的受威脅程度。接下來是定義生態系崩潰及受威脅程度的評估標準。

生態系紅皮書的評估標準主要由生態系分布與功能變化兩個角度四項準則標準切入，透過生態系範圍的減少、功能退化或是轉換等變化評定生態系狀態，說明生態系受威脅的程度，是屬於安全未面臨立即崩潰的風險，或者是屬於易危、瀕危還是極危等不同程度的受威脅狀況。五項準則分別為準則 A. 生態系分布範圍縮小、準則 B. 生態系分布受限、準則 C. 環境惡化、準則 D. 生物作用與交互作用衰退與準則 E. 量化估算生態系崩潰風險，並根據前五項準則評估結果進行綜合評估，由於生態系風險評估的資料不易取得，且有許多限制難以克服，因此，最後的綜合評估是以上述五種評估準則中，受威脅程度的最高者，呈現生態系受威脅的狀況 (陳 2015)。

(二) 生態系評估開放工具

2017 年底推出的 Remap (<https://remap-app.org/>) 是生態系紅皮書團隊中 Murray 博士主導之全球遙測圖臺計畫，由生態學家與 Google Earth Engine 合作發展準確的全球遙測影像辨識分類系統，提供過去 (1999-2003 年) 與現在 (2014-2017 年) 兩套全球鑲嵌結合完整的衛星影像。使用者可以便利快速的使用 Remap 設定控制點位置、測試樣本與資料庫內海拔、坡度與氣候等環境變數，透過線上 random forest 機器學習模式運算分類衛星影像，獲得目的樣區的地表覆蓋類型，運算生態系紅皮書評估準則中所需的過去與現在生態系

分布範圍資訊 (Murray *et al.* 2017a)，進一步運算生態系分布範圍的變化與受限情形，獲得生態系評估準則 A 與 B 的資訊，大大降低生態系評估所需的技術門檻。

(三) 澳洲紐西蘭生態年會

為期六天的澳洲紐西蘭生態年會，包含研討會、海報展示、主題演講與工作坊，主題涵蓋原住民文化與生態議題、植物生理功能與環境、昆蟲生態研究、無脊椎生物與草原經營管理、保育生物學、農業地景研究、地景生態學、澳洲地景變化研究、生態模式、生態系監測、氣候變遷生物調適、外來種議題、野火管理、生態保護區的定義與管理工具、推動群眾生態學研究，以及生態系風險評估的研究與應用等等。

原住民族文化是澳洲與紐西蘭重要的文化一環，而澳洲紐西蘭生態年會開場致詞即使用毛利語打招呼，第一場的主題演講亦邀請身為原住民族研究者的 Leah Talbot 博士分享原住民傳統智慧與生態應用，以及愛知目標18（到2020年，在原住民和地方社區的有效參與下，其與生物多樣性保育、永續利用，和習慣使用自然資源方式相關的傳統知識、創新和作法，受到尊重，並獲得國家法規與國際規範的保護）。

另一場由耶魯大學環境永續研究所的 Sue Hartley 教授講述生物多樣性與糧食安全，目前全世界的糧食作物相當單一，僅12種物種就提供了全世界80%的糧食，其中小麥、稻米與玉米就佔了50%，如此倚賴單一的糧食作物其實很危險，這些少數物種若是不能及時適應環境時，就容易發生糧食危機。在氣候暖化與極端氣候的影響下，植物病蟲害的大發生將會漸趨頻繁，需要以生物多樣性且永續的方式保障糧食作物的穩定供應。

Peter Bellingham 博士則分享為了產出紐西蘭生物多樣性國家報告，他們如何進行與規劃生物多樣性狀態與趨勢監測工作。紐西蘭是全球生物多樣性熱點，同時也擁有高比例的特有種（85%特有種維管束植物），但同時也受到外來種、土地利用變遷與氣候變遷等威脅。因此紐西蘭政府發展可以反映國內與國際的生物多樣性變數 (EBV, Essential Biodiversity Variables)，從2011年起以植群、鳥類群聚與外來種哺乳類為指標，目前已監測約1/3國土範圍，但僅限於公有土地，而農田、造林地與都市區域等私有土地範圍上的生物多樣性狀態監測將是重要的挑戰。

保育工作常常無法以國界劃分工作範圍，Richard Fuller 教授從跨國移動物種 (mobile species) 的保育切入說明，生態保育不是單一國家能夠獨立完成的，像是東亞澳遷徙線上的候鳥，其生活史範圍北從西伯利亞南至澳洲，途經所有國家的棲地狀態都會影響到其族群數量，其中近年黃海灣的棲地喪失問題，嚴重影響途經當地的水鳥族群數量，甚至從澳洲發現，1992-2008年澳洲 Moreton Bay 的分析結果發現紅胸濱鵝年下降率8.9%，翻石鵝也以驚人的速度下降每年6.8%。這類長距離移動物種，無論是繁殖地、度冬地或是遷徙途中停棲點的棲地狀態與其族群息息相關，其族群監測與保育工作就需要國際合作。

在本次年會參與的物種分布與模擬的新工具工作坊，是由澳洲生物輿集 ALA (Atlas of Living Australia)與生物多樣性與氣候變遷模擬研究室 BCCVL (Biodiversity and Climate Change Virtual Laboratory)合作主辦。目的是為了推廣 ALA 與 BCCVL 合作的生物多樣性與氣候變遷模擬平台，可以找出生物類群與環境變數之間的關係，與應用這些資料在生物分布預測模式，以容易操作理解的方式提供資訊給生態保育經營管理者。

ALA 為澳洲的全球生物多樣性資訊機構(Global Biodiversity Information Facility, GBIF)節點，與臺灣的節點 TaiBIF (Global Biodiversity Information Facility)任務一致，整合物種名錄、基本資料與分布資訊等等生物多樣性之相關資訊，同時發展包括資料視覺化與分析工具的生物多樣性空間資訊入口網 (<http://www.ala.org.au>)，並將其發展成熟的入口網模版推廣至各國。透過 ALA 空間資訊入口網，可以了解生物資料、環境變數圖層與資料品質等資訊，並應用網站提供的簡易工具製作統計圖表探索資料結構，可以經由目標區域、時間與年代等條件設定篩選物種分布資料，以及利用圖台展示功能疊合物種分布點位與環境相關圖資，更進一步了解生物類群與環境變數之間的關係。

BCCVL 則是發展物種分布預測模式與氣候變遷模式，提供氣候變遷各式情境模擬的環境變數及物種分布預測模式線上操作模組 (<http://www.bccvl.org.au/>)，包括1種 profile model, 4種 statistical regression models, 5種 machine learning models, 5種 geographical models 等 15種分布預測模式。使用者可以以不同氣候變遷模擬環境變數結果搭配各式物種分布預測模式演算法，獲得不同氣候變遷情境下，生物分布狀態。

(四) 雪梨皇家植物園、雪梨大學與澳洲博物館 - 翼標計畫

翼標計畫 (The Wingtags Project, <https://www.rbg Syd.nsw.gov.au/science/the-wingtags-project>)長期研究追蹤都市裡鳥類的行為與分布，翼標計畫以市區常見的葵花鳳頭鸚鵡與澳洲白鸚鵡為研究對象，繫放 (Banding)並上翼標追蹤個體，翼標是將顏色鮮豔有容易識別編碼的塑膠片，像人穿耳洞那樣固定在鳥類可活動的翅膀皮膚上。透過重複目擊資料的累積可以估算鳥類的族群數量、個體對棲地的忠誠度與移動模式，或更進一步的研究野生動物行為與繁殖。在戶外如果發現了有翼標的鳥時，可以透過 Wingtags app 或是電子郵件回傳發現的翼標顏色、編號與地點，這些回報資料也即時呈現在計畫網站上，可以在網路地圖上查閱每隻鳥出現的時間地點與累積被目擊次數。

一開始，澳洲白鸚鵡採用金屬環搭配色環的方式標記個體，左腳兩個色環，右腳上色環下金屬環，但要同時記下色環的位置與顏色搭配不容易，後來改用簡單明瞭的顏色與數字編碼搭配的翼標，黃色翼標是在雪梨市區裡繫放的個體，綠色則是在百年公園 (Centennial Park)，藍色是在雪梨奧林匹克公園 (Sydney Olympic Park)，以及在 Lake Annan 和 Spring Farm 一帶繫放黑色翼標。澳洲白鸚鵡繫放計畫從2005年在百年公園開始，最早記

錄到的是一隻超過3歲的成鳥至今已經13歲了（澳洲白鸚一般可以超過15歲），大多數的個體都在固定範圍內活動，不過也有一個月就飛到700km 遠的個體。

翼標計畫研究團隊採用公開募款尋求更多資源支持計畫的運作，每捐款澳幣200元就能幫一隻鳥命名，例如黃色翼標編號081澳洲白鸚就叫做 Seano，從2017年3月到2018年2月被觀察到12次，而另一隻在皇家植物園裡活動的黃色044則是 Eagle，也被目擊回報12次。

葵花鳳頭鸚鵡較晚才開始翼標計畫，但受關注度卻遠遠高於澳洲白鸚，還擁有超過3萬名社員的專屬 Facebook 社群 (@CockatooWingtags)。過去20年間，葵花鳳頭鸚鵡改變了棲息分布的環境，從破碎的森林地帶拓殖到都市環境裡，在都市裡鸚鵡能使用的繁殖巢洞樹或是樹木的數量遠低於自然環境，因此從 Adrian Davis 博士開始研究葵花鳳頭鸚鵡在都市拓殖適應行為，比較在自然與人工環境裡鳥類行為的差異，至今已經有超過140隻上翼標的個體。2011年9月16日第一隻在雪梨皇家植物園被繫放身戴黃色001號翼標的葵花鳳頭鸚鵡則被取名為有發現新大陸意含的哥倫布 (Columbus)，到2018年2月12日已被目擊到399次，範圍遍及雪梨市區。

2014年更開始使用全球定位系統 (Global Positioning System, GPS)追蹤，在葵花鳳頭鸚鵡身上裝20g 重的 GPS 訊號發射器(大約是800g 重的鸚鵡體重的2.5%，不影響鳥類活動)，由太陽能供電可以每30分鐘回傳一次座標訊號，透過全球行動通訊系統 (Global System for Mobile communication, GSM)接收訊號，可以即時知道每隻個體的全日活動模式，較傳統目擊回報獲得更多資訊，每隻鳥在追蹤1-3個月之後就會回收移除訊號發射器。

(五) 臺灣生態系紅皮書評估實作案例討論

2015年起開始嘗試臺灣生態系紅皮書實作，但由於臺灣國家面積僅約3.6 km²，若以全球生態系評估標準將遭遇研究尺度適用性問題，但評估生態系的尺度越小，生態系面臨的風險程度將越高，經討論將測試從公尺到公里等不同尺度模式模擬找出臺灣適用的評估單位 (Keith *et al.* 2018, Murray *et al.* 2017b)。目前已操作案例為淡水河河口生態系，但在生態系範圍的界定與定義遭遇些許困難，Keith 教授建議可參考植被或土地覆蓋類型。由於淡水河河口生態系受到上游石門與翡翠水庫影響極大，環境變數需考量水庫對河川淡水注入量的影響貢獻度，以淡水量減少到一定程度將會使水體鹽度提高，導致河口生態系轉變為海洋生態系，作為生態系崩潰臨界值 (collapse threshold)。指標生物的選擇上，亦盡量選擇可直接反映環境變動之物種，淡水河河口生態系是水鳥的重要棲地，但因鳥類移動能力強且有長距離遷徙狀況，因此移動能力較低的無脊椎生物會是較適合的指標生物。

研究時空尺度，IUCN 生態系紅皮書預設評估時間尺度為歷史（1750年工業革命）、

過去（50年）、現在到未來（50年），但臺灣最早有紀錄之歷史資料約為1860年代，遠遠晚於1750年。Keith 教授解釋澳洲最早有歐洲人到來是1788年，大規模開發在1850年左右，但是有確信資料則從1930年代開始，因此可以假設1850年以前生態系狀態差不多，以各地可追溯之最早資料是可行之方式。

此外還有西海岸泥灘濕地生態系紅皮書評估正在進行中，已完成部分為生態系的分布變遷分析，獲得與 Murray 博士於中國黃海灣研究結果一致的趨勢，台灣西海岸泥灘地從1950年代至今面積減少了60%，而黃海灣則是65% (Murray *et al.* 2014, 2015)。在生態系紅皮書評估準則 C 的選擇上，Murray 博士建議可以分析河川懸浮物與泥砂量變化，研究上游河川注砂量對沿海泥灘濕地的維持影響，而在準則 D 生物因子的選擇上，除了臺灣泥灘濕地的水鳥族群變化，則需進一步考慮東亞澳水鳥遷徙線上各停棲點的影響。

(六) 國家與區域尺度生態系紅皮書研究案例討論

Lindaard 與 Henriksen (2011)發表挪威生態系與棲地類型紅皮書，以微棲地、棲地（80種）、生態系（68種）、地景組成（12種）與區域等5個層級劃分定義生態系紅皮書的評估單位，並以至少50年為評估的時間尺度。初步評估類型涵蓋80種棲地類型，其中受脅棲地有40種（易危23種、瀕危15種與極危2種）。另外，Tan 等人 (2017)利用系統性空間分層概念，並以植被覆蓋類型為基礎搭配水系分界，將中國西南分成105種生態系類型，比對1970、1990至2010年代各生態系類型範圍變化，發現有50種生態系類型被歸類為受脅等級（易危9種、瀕危26種與極危15種）。

(七) 規劃臺灣生態系紅皮書評估分析架構與討論臺灣棲地分類方法

生態系評估需要界定出要評估的對象範圍與空間分布，生態系紅皮書目前以全球為研究尺度，但實際生態系經營管理多須以國家層級為研究尺度。因此 Keith 教授建議兩個可嘗試的研究方向，一是考量實際分區經營管理的概念，將臺灣的溪流分群討論，從東西區或是以集水區做為評估單位。或是建立臺灣的生態系評估流程，先把生態系分類，再討論每個生態系需要或適用的評估準則項目。

經討論決定參考智利棲地分類架構 (Martínez-Tilleria *et al.* 2017)與澳洲生態系紅皮書團隊預計於2018年推出的多階層生態系分類草案規劃臺灣棲地分類方法，初步將臺灣棲地分成三層，第一層以陸域、淡水域及海域劃分，第二、三層依照土地覆蓋類型、土地利用類型、土壤含水量、集水區、植被覆蓋、優勢物種、生態氣候分區、氣候及各生態系的環境臨界值等條件分類棲地類型。並參酌挪威生態系紅皮書 (Lindaard & Henriksen 2011)以微棲地、棲地、生態系、地景組成與區域等5個層級劃分方式的規劃臺灣生態系紅皮書評估單位。

心得及建議

本次行程兩大主軸，學習 IUCN 生態紅皮書評估方法與參加澳洲紐西蘭生態年會。Keith 教授團隊自2013年生態系紅皮書初版評估理論發表、2016年第一版操作手冊更新至今，世界各地實作案例陸續推出，經討論臺灣面臨的研究尺度適用性問題也同時出現在捷克等其他國家，因此修正細部操作說明跟案例，預計於2018年推出適用各區域的多階層生態系評估方法。參考前述智利與挪威案例，臺灣棲地分類可以國土利用調查搭配臺灣森林植被分類結果 (Li *et al.* 2013)進行找出適合臺灣國家層級的生態系評估尺度與棲地分類規則。

澳洲紐西蘭生態年會討論議題廣泛也具備區域特色，從原住民議題、外來種威脅、野火管理、全球糧食安全到跨國鳥類保育，當地重視原住民傳統智慧與生態，也展現在議程安排上，不僅有專題演講也有專場討論。此外，生物多樣性與糧食安全也是受到關注的議題，少數糧食作物提供了全世界絕大多數食物來源，光是小麥、稻米與玉米三種作物就占了50%，少數物種若是不能及時適應環境時，就容易有斷糧的危機。另一個跨國生態議題，Richard Fuller 以 mobile species 為題講述其長期關注東亞澳遷徙線上的水鳥，除了討論棲地喪失問題，也提到族群下降問題，翻石鵝在澳洲 Moreton Bay 以驚人的速度每年下降6.8% (1992-2008年)，臺灣的族群狀況一樣不樂觀，彰化沿海地區2014年記錄到794隻，在2017年卻僅有344隻，因此被選為2018年臺灣新年數鳥嘉年華 (New Year Bird Count Taiwan)的主題鳥，希望大家關注水鳥族群下降問題。

本中心的台灣生物多樣性網絡 (Taiwan Biodiversity Network, TBN)也許可以參考 ALA 生物多樣性空間資訊入口網之資料視覺化、圖台展示與資料篩選功能，並將近年中心計畫完成之物種分布預測相關成果納入 TBN 系統中，提供使用者更多資訊，探索生物多樣性資料方式。BCCVL 網站整理現今常見的15種物種分布預測模式原理說明與教學影片，建議可應用 BCCVL 提供的教學資訊辦理工作坊，分享物種分布預測模式分析工具予研究同仁使用在物種紅皮書評估或是瀕危物種研究。

公民科學 (citizen science)是近年新興熱門的研究類型，過去受限於人力物力，研究的時空想像也受到侷限，大規模長期研究計畫幾乎都難以推展。所幸過去20年間隨著網路科技的發展，大大增加公民科學計畫的曝光度，也降低了參與門檻，有興趣的人可以容易地接觸到社群資訊，也能直接透過網路將資料上傳到資料庫裡，因此相關研究成果與發表以驚人的速度成長 (Bonney *et al.* 2014)。澳洲的公民科學研究亦相當熱絡，在澳洲紐西蘭生態年會中即有相當的發表，除了學術單位以外，政府部門像是新南威爾斯環境與遺址辦公室 (Office of Environment and Heritage)也針對受脅物種推動公民科學研究，並建立 BioNet Altas 開放資料庫蒐集物種紀錄資料、系統化調查、受脅物種生物多樣性資訊以

及物種名錄等資訊。

志工搜集資料過往常被質疑可信度與品質，但研究發現只要經過適當的試驗設計、教育訓練以及資料檢核機制，無論是在不同國家、文化背景或是不同類型的自然資源監測計畫，公民科學的資料品質與研究人員搜集的資料分析結果類似，顯示公民科學研究大有發展潛力 (Danielsen *et al.* 2014)。同時資料分析科學的持續進步也能解決取樣的時間、空間、頻度與偵測度等偏差問題，而介面設計良好友善的 app 更能提升資料回傳效率與解決勘誤問題。

雖然各式各樣公民科學計畫如雨後春筍般出現有益於科學研究的發展，但過度重複或未經試驗設計的計畫容易浪費社會成本與消耗掉公眾參與的熱情，目標明確的公民科學計畫成功機率高，也容易引起共鳴。如何有效的運用資源與維繫公眾參與熱度，是公民科學計畫後續需要考量的課題。除了與既有成功案例合作，有效整合應用現有資源，研究人員下一步重要的工作則是資料的分析與視覺化，將公民科學蒐集的龐大資料轉譯成可讀的資訊，使得科學研究成果更親人與容易被了解，讓公民科學家們感受到參與感與意義，更加願意投入各式調查行動。

本次短期考察與至生態年會大量接受新知過程中，發現能以更全面角度檢視與反思目前研究工作的困境，有助於跳脫思考與重整研究方向。也有助於國際合作，目前與 IUCN 生態系紅皮書研究團隊建立聯繫管道，將定期討論臺灣研究進展，亦邀請該團隊成員2019年拜訪本中心。

參考文獻

- 陳宛均。2015。生態系紅皮書－幫生態系打分數的好方法。自然保育季刊 90:14-25。
- Bland, L., D.A. Keith, R.M. Miller, N. J. Murray & J.P. Rodríguez. (2016). Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems Categories and Criteria, version 1.0. Gland, Switzerland.
- Bland, L., D.A. Keith, R.M. Miller, N. J. Murray & J.P. Rodríguez. (2017). Guidelines for the application of IUCN Red List of Ecosystems Categories and Criteria, version 1.1. Gland, Switzerland.
- Bonney, R., J. L. Shirk, T. B. Phillips, A. Wiggins, H. L. Ballard, A. J. Miller-Rushing & J. K. Parrish. (2014). Next steps for citizen science. *Science*, 343(6178), 1436-1437.
- Danielsen, F., P. M. Jensen, N. D. Burgess, R. Altamirano, P. A. Alviola, H. Andrianandrasana, J. S. Brashares, A. C. Burton, I. Coronado, N. Corpuz, M. Enghoff, J. Fjeldså, M. Funder, S. Holt, H. Hübertz, A. E. Jensen, R. Lewis, J. Massao, M. M. Mendoza, Y. Ngaga, C. B. Pipper, M. K. Poulsen, R. M. Rueda, M. K. Sam, T. Skielboe, M. Sørensen & R. Young. (2014). A multicountry assessment of tropical resource monitoring by local communities. *BioScience*, 64(3), 236-251.
- Keith, D. A., J. P. Rodríguez, K. M. Rodríguez-Clark, E. Nicholson, K. Aapala, A. Alonso, M.

- Asmussen, S. Bachman, A. Basset, E. G. Barrow, J. S. Benson, M. J. Bishop, R. Bonifacio, T. M. Brooks, M. A. Burgman, P. Comer, F. A. Comín, F. Essl, D. Faber-Langendoen, P. G. Fairweather, R. J. Holdaway, M. Jennings, R. T. Kingsford, R. E. Lester, R. M. Nally, M. A. McCarthy, J. Moat, M. A. Oliveira-Miranda, P. Pisanu, B. Poulin, T. J. Regan, U. Riecken, M. D. Spalding, & S. Zambrano-Martínez. 2013. Scientific Foundations for an IUCN Red List of Ecosystems. *PLoS ONE* 8:e62111.
- Lindaard, A. & S. Henriksen. (2011). The 2011 Norwegian Red List for Ecosystems and Habitat Types. Trondheim, Norwegian Biodiversity Information Centre: 120.
- Li, C.-F., M. Chytrý, D. Zelený, M.-Y. Chen, T.-Y. Chen, C.-R. Chiou, Y.-J. Hsia, H.-Y. Liu, S.-Z. Yang, C.-L. Yeh, J.-C. Wang, C.-F. Yu, Y.-J. Lai, W.-C. Chao & C.-F. Hsieh. (2013), Classification of Taiwan forest vegetation. *Appl Veg Sci*, 16: 698 – 719.
- Martínez-Tilleria, K., M. Núñez-Ávila, C.A. León, P. Pliscoff, F. A. Squeo & J. J. Armesto. (2017). A framework for the classification Chilean terrestrial ecosystems as a tool for achieving global conservation targets. *Biodiversity and Conservation* 26(12): 2857-2876.
- Murray, N. J., R. S. Clemens, S. R. Phinn, H. P. Possingham & R. A. Fuller. (2014). Tracking the rapid loss of tidal wetlands in the Yellow Sea. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12(5): 267-272.
- Murray, N. J., Z. Ma & R. A. Fuller. (2015). Tidal flats of the Yellow Sea: A review of ecosystem status and anthropogenic threats. *Austral Ecology* 40(4): 472-481.
- Murray, N.J., D.A. Keith, D. Simpson, J.H. Wilshire & R.M. Lucas. (2017). REMAP: An online remote sensing application for land cover classification and monitoring. *bioRxiv*.
- Murray, N. J., D.A. Keith, L. M. Bland, E. Nicholson, T. J. Regan, J. P. Rodríguez & M. Bedward. (2017). The use of range size to assess risks to biodiversity from stochastic threats. *Diversity and Distributions* 23(5): 474-483.
- Keith, D. A., H. R. Akçakaya & N. J. Murray. (2018), Scaling range sizes to threats for robust predictions of risks to biodiversity. *Conservation Biology*.
- Tan, J., A. Li, G. Lei, J. Bian, G. Chen, & K. Ma. (2017). Preliminary assessment of ecosystem risk based on IUCN criteria in a hierarchy of spatial domains: A case study in Southwestern China. *Biological Conservation*, 215, 152-161.

附錄



圖 1、新南威爾斯大學校園



圖 2、新南威爾斯大學生態系科學中心

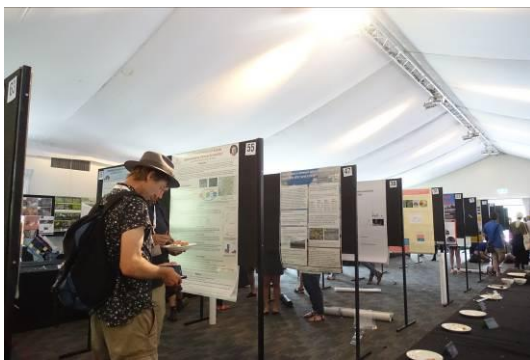


圖 3、澳洲紐西蘭生態年會海報展示會場

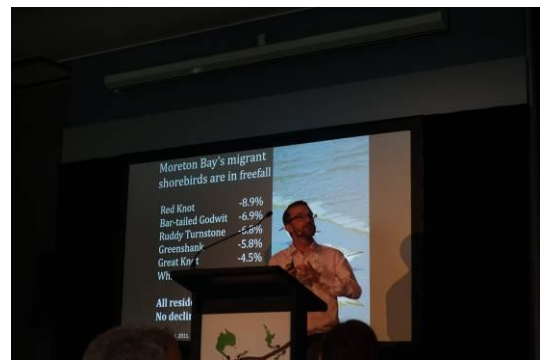


圖 4、Fuller 教授講述跨國物種保育重要性



圖 5、Keith 教授講述生態系紅皮書架構

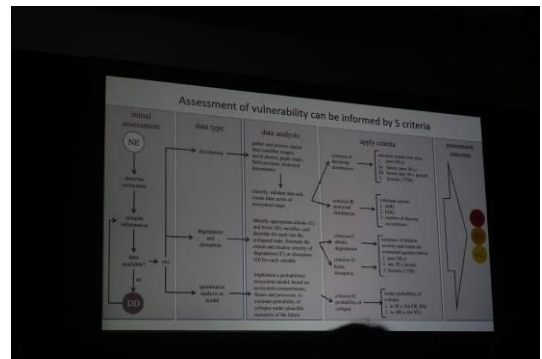


圖 6、生態系紅皮書五個準則評估流程



圖 7、紐西蘭生物多樣性評估工作



圖 8、翼標計畫繫放之澳洲白鵝