

生物多樣性①

上課了！

漫談生物多樣性





生物多樣性 1

上課了!



 行政院農業委員會林務局
 社團法人臺灣環境資訊協會

出版



【再版序一】

守護生物多樣性，扭轉未來的關鍵時刻

1960年代，瑞秋·卡森發表《寂靜的春天》一書，指出濫用化學殺蟲劑將傷害許多生命，使得蟲不鳴、鳥不啼；2009年，紀錄片《盧貝松之搶救地球》（Home）由空中取鏡，俯瞰了50餘國，飽覽地球令人驚嘆的景色，然而這一張張色彩明快、生機盎然，如詩如畫般的美好，卻也正以讓我們措手不及的速度褪色、枯萎殆盡；而2010年紀錄片《魚線的盡頭》，也敲響海洋資源警鐘，科學家指出，2048年海洋魚類將滅絕。

1992年，在巴西里約熱內盧的地球高峰會上，各國共同簽署了《生物多樣性公約》。這是全球第一份關於保護和永續利用生物多樣性的國際條約，人們意識到自然界對健康、生活和國民經濟的重要性，但正如2010年5月發佈的《全球生物多樣性展望報告3》所述，自然界的狀態越來越糟。

目前世界上超過1/3的物種，正面臨滅絕危機，近年來兩棲類及海洋生物遭遇的生存威脅，尤其嚴峻。比起來，過去的2億年內，平均大約每100年才有90種脊椎動物滅絕，平均每27年有一個高等植物滅絕。正因人為干擾，使鳥類和哺乳類動物滅絕的速度提高了100倍到1,000倍。保育生物多樣性，已成國際間刻不容緩的義務與責任！

臺灣身為地球村一份子，自當與國際保育趨勢接軌。尤其臺灣國土面積約僅36,000平方公里，但因板塊運動擠壓及冰河作用，造就海洋、島嶼、河口、沼澤、湖泊、溪流、高山、森林等多樣化的自然棲地環境，孕育出極為豐富的物種資源。估計植物方面，有4,500多種維管束植物、1,600多種苔蘚植物、6,000多種真菌；動物方面，約有70種哺乳類、600種鳥類、140多種爬蟲類、30多種兩棲類、2,900多種魚類，已命名的昆蟲更超過21,000多種！其中蘊含的遺傳多樣性，更是未來臺灣進行基因研究、建置種原資料庫的最佳利基。

自1970年代初期，隨著保育觀念提升，政府陸續設立自然保護區、自然保留區、野生動物保護區及國家公園等自然保護區系統，所佔比率已達全臺面積的19.21%；並在行政院國家永續發展委員會架構下，成立跨部會的生物多樣性分



組，將生物多樣性保育及永續利用的概念，融入各項政策。

本局也已從過去以開發森林籌措國家財源的階段，邁向符合生態經營和環境保育的目標，如推動社區林業及生態旅遊、規劃國家步道及「中央山脈保育廊道」、建立「自然資源及生態資料庫」，完成繪製全臺95%的森林植群圖，更配合CBD-COP10會議所通過之《名古屋議定書》與《愛知目標》提倡之「里山」(satoyama)精神，於陽明山八煙、花蓮石梯坪等地推動水梯田復耕運動，試圖重建人與土地的倫理關係。

另一方面，環境教育也是強化民間參與守護生物多樣性不可或缺的環節，當選2012年中央研究院名譽院士，同時也是美國密蘇里植物園名譽園長的彼得·雷文(Peter Raven)曾指出：「教育是一切的根本，要保護環境以及生物多樣性，就要從教育著手。」

因此，本局多年來持續與社團法人臺灣環境資訊協會合作，藉由開闢生物多樣性專欄，介紹國內外重要的保育訊息及前瞻性議題，並推出系列叢書《上課了！生物多樣性》共三冊。第一冊引介生物多樣性概論；第二冊延伸前集內容，針對生物多樣性永續利用相關議題，深入淺出地探討、介紹案例；第三冊探索觸角擴展至國際，以全球各地保育運動和思潮，對照國內發展現況，帶來更具體、直接的借鏡及反思。

2011年環境教育法上路後，此套叢書引起廣大好評，喜見國內重視生物多樣性及環境保育訊息者日眾，故進行再版，也將推出線上電子版本供大眾利用，盼能透過多元方式，擴大生物多樣性知識推廣、影響的範圍，引起民眾對大自然的興趣，當大家越有興趣、對保育越有概念，就能將生態環境保護得越好。

改變現有對待土地及自然資源的價值觀已迫在眉睫，而現在正是扭轉未來的關鍵時刻，邀請大家共同努力！

行政院農委會林務局 局長

李桃生 謹誌

2012年12月1日





【再版序二】

願保育知識種子，開出行動繁花

臺灣擁有多元、特殊的地理與環境條件，塑造出繁盛的生物世界，物種之豐，深受各生物資源研究先進國家重視。經專家估計，臺灣物種數量約佔全球物種的1/10至1/15，已知物種超過36,000種，其中昆蟲部分就佔1/2以上的比例，生物多樣性極高！以蝴蝶為例，臺灣目前記錄了400餘種，若以台灣面積來平均計算，其密度居世界之冠，「蝴蝶王國」之名享譽全球。

蝴蝶不只為臺灣贏得國際知名度及外匯，事實上，一隻翩翩飛舞的蝴蝶，背後代表的是一個完整、品質良好的生態環境。因蝴蝶幼蟲以植物花果或葉片維生，順利羽化後，成蟲靠訪花吸蜜或吸食樹液腐果維持生命。一旦棲地中某個環節出了差錯，其生命循環就無法完成。是故，蝴蝶種類越多，象徵當地生態環境越健全，植被棲地多樣性高、污染少，也越適合人類生活居住，由此看來，蝴蝶可視為環境品質之指標，保育蝴蝶的關鍵，也應著眼於顧及支撐其生存的生態環境上。

然而，環境破壞、污染、氣候變遷、棲地破碎化、外來種入侵等因素，在在使得本土自然資源一去不復返，當一個物種消失，正如前文所述，牽涉到的不只是單一物種，而可能是整個生態系。

再以昆蟲為例，昆蟲是熱帶生態系健全的關鍵，它們扮演許多重要角色，包括分解有機物、幫助花朵授粉結果、提供食物鏈上層生物營養來源等。少了昆蟲，熱帶生態系從授粉到廢物分解等每個環節都將受到連鎖衝擊。人類為生態體系中一份子，無論是糧食、健康、經濟等層面也勢必面臨崩解危機。

我們都不希望這一天到來，因此必須有更多積極作為！由政府與民間共同攜手，一同正視、改善惡化的環境。

印度總理曼莫漢·辛格（Manmohan Singh）於今年（2012）10月公開宣布，將在接下來兩年內投資5千萬美元，挹注於



印度的生物多樣性保育，另外也會投入其他缺乏保育資金的發展中國家，改善其物種保育、遏止盜獵、拯救棲地喪失及污染防治等工作，加強保護地球繽紛的生命；臺灣的保育主管機關林務局多年來也持續投入心血，與學術單位共同建立、匯集寶島上珍貴的生物資料庫與研究結果。

民間部分也早有許多團體、個人，為了守護環境默默奉獻。臺灣環境資訊協會成立12個年頭，始終致力於環境保育知識的傳遞與交流，透過每天發送電子報，將國內外大小環境新聞事件播送給大家，試圖為一向不受主流媒體重視的環境議題爭取、建構一塊發聲的園地。而幾年來與林務局持續合作，以專欄或多元活動推廣生物多樣性資訊，並在2008~2010年間匯集精采專文，編纂成《上課了！生物多樣性》系列叢書，從基礎概念引介到本土、國際案例分析，啟發讀者思索、探討、擬定保育環境的行動方案。

因內容豐富多元，坊間頗受好評，此再版計畫除印刷成冊，也加入線上電子書版本，盼透過網路社群和電子載具的進步和普及化，資訊交換及知識討論的快速及無遠弗屆，希望能夠擴大生物多樣性知識的傳播範圍，並集結眾人之力，真正地化知識為行動，守護我們唯一的地球家園！

臺灣環境資訊協會理事長

陳建志

謹誌

2012年12月1日





【前 言】

生物多样性與第六次大滅絕

有「生物多样性之父」之稱的威爾森（Edward O. Wilson）不只一次提到，人類的所作所為，正是「啟動」第六次大滅絕的機制。但是這樣的說法似乎還是太溫和了些，較適切的說法應該是：我們正在「引爆」第六次大滅絕。怎麼說呢？電影《明天過後》中的情節，正可以來比較這兩個動詞間的差異。

片中的古氣象學家將地球每年產生污染的速度，套入大氣運作的模型中，預測地球將於百年後進入冰河時期，呼籲各國領袖加強管制對自然的破壞，以避免冰河時期加速來臨。這個過程正是在宣告人們已經「啟動」了定時炸彈，人們在炸彈爆炸前，還有餘裕解除炸彈。但後來的監測卻發現冰河時期提早來臨，物種相繼滅絕，就像「引爆」了炸彈的連鎖反應，已經無法停止了，且會迅速爆炸！人們所能做的除了逃難，只有祈禱。

由於人類對自然環境的破壞，許多生物已因此滅絕或瀕臨絕種，有些物種甚至還沒被人們命名前，就已永遠消失在這個地球上；近400年來生物多樣性的大幅降低，罪魁禍首正是人類。

可是生物多樣性到底對人類有何意義？

以人類生活習慣來舉例就是，市場上有數百種不同的蔬菜（這是食物的多樣性）可供人們挑選，才能每天變換菜色，否則一天到晚吃同樣的菜，營養一定不均衡，早晚會要命的。食物的攝取愈多樣化，愈能維持健康。



那麼以整個地球來說，生物的種類愈多，也就愈能養活更多不同的生物，其中有些生物能提供藥用，就像狗兒不舒服時會去啃草；有些生物可做為其他生物的食物；有些則可提供其他生物棲息與避難。所以人類其實也是依附在整個生物多樣性之下生存。



前五次大滅絕

根據地質的紀錄，地球曾經歷過五次大滅絕，最有名的一次是6600萬年前的恐龍大滅絕；而最大的一次則是發生在2億5000萬年前的海洋生物大滅絕（約有96%的物種滅絕，包括頗富盛名的三葉蟲）。

大滅絕發生的原因眾說紛紜，到目前為止都還有很大的爭議。有人說是火山爆發，有人說是隕石撞擊。但不管是什麼原因，都造成了長期的全球氣候變遷，使得原來的生物無法適應，相繼死亡，生物多樣性降低，造成了大部分物種的滅絕，整個過程可能經歷千萬年。

像恐龍的滅絕，從全球氣候開始改變，一直到恐龍完全絕種，總共經歷了1000萬年。現代人的生命，最長也只有100多歲，相較之下就可了解，1000萬年真是難以想像的長久。

每一次的大滅絕，都需要很長的恢復期。第一次大滅絕，過了2500萬年，地球才恢復生物繁榮的景象。第二次經



歷3000萬年，第三、四次因為發生的時間距離很短（這是和地球的壽命相比較），所以總共花了1億年才恢復。

第五次的恐龍大滅絕，則是滅絕過後2000萬年，世界才又出現這麼多樣的物種。

人類在短短的時間，造成了數百種物種的滅絕，實在可以稱之為「引爆」，一旦真的造成了第六次大滅絕的後果，一個人就算活一百輩子，投胎千次也看不到生物多樣性的恢復。

至於為何許多學者會支持人類啟動第六次大滅絕的說法？這要從18世紀的工業革命開始談起。

如「爆炸」般的工業革命

早期人類的活動因為受到使用工具的限制，活動範圍不大，地球還有很多土地與資源可供大部分生物生存。隨著使用工具（包括獵捕工具）的改良，人類可以遷移的距離更長，活動範圍擴大，對生物的傷害也逐漸加大。

在18世紀工業革命之前，物種在人類不當利用（不論是動物、植物或土地）的情形下，以大約一年一種的速度滅絕，也就是說每年會有一個物種永遠消失在地球上。工業革命後，人類發明了機器，獵捕工具也更為精良；為了居住，土地一大片一大片的開發；為了取得木材搭屋或做為燃料，森林一整片一整片的開墾；為了取得更多的土



地，湖泊整個遭填平。甚至生物的獵捕與取用，也不再只是為了生存，而是人們茶餘飯後的餘興節目。

工業革命產生了許許多多的機器，開發的腳步也跟著加快。以前伐木要一斧一斧的砍，一天可能只砍一棵樹，現在有電動馬達，一個小時就可以砍10棵。以前整土整地，要一鏟一鏟的挖，現在只需要柴油加挖土機，一個月可以鏟平一座山。

物種先是一天一種的消失，近50年來更是以一小時一種的驚人速度飛快的滅絕。工業革命就像是一場爆炸一樣，炸死了許許多多的動植物，甚至可能連人類自己都會被炸死。聽起來不只嚇人，而且非常諷刺！

這個為了讓人類生活更舒適的「革命」，有多麼像「爆炸」呢？這要從全球氣候變遷開始說起。



全球氣候變遷危機步步逼近

氣候變遷跨政府小組（IPCC）預測，下一個世紀氣溫將會升高攝氏1.4到5.8度。比起來，上個世紀溫度升高攝氏0.6度，只是小巫見大巫而已。即使在1.4到5.8度這個範圍內的最低數字，其增加也將會超過上個世紀的2倍；預測最高的攝氏5.8度，將超過上個世紀大約10倍，相信看過電影《明天過後》的人都會很有感覺。

這樣的溫度變化，首先受到衝擊的是不耐高溫的水生生



物，櫻花鉤吻鮭就是一個典型的例子。再來就是兩極冰山融化，造成海平面升高，靠近海邊的低窪地區遭殃，土地面積減少，因而壓縮到陸棲生物的生存空間。原本100個人住300坪的地，將只剩100坪的地，同樣得供養100個人，到時一場生存之戰就免不了要開打！

也就是說，生存環境減少，生物多樣性也會跟著降低，甚至有些會滅絕，因為在有限的空間內，物種數必須降低，自然資源才足以分配，到時就算我們有100個國家公園、1000個動植物保留區都沒有用。



大滅絕前一秒的曙光行動

經過了人類的大力破壞，地球回饋給我們的，是一次又一次怪異的天災加上無數次的人為災害。颱風、乾旱、暴雨、海嘯、水災、土石流……在在使得人們流離失所，生命遭受威脅。

現代的先進科技，已經可以模擬生物滅種的模式圖，我們可以計算出近代物種的喪失速度比自然滅絕速度快1000倍，比物種形成速度快100萬倍，也可以算出地球上的物種最快將於25世紀末完全滅絕，誤差預計不會超過100年（這樣的數字對照地球的年紀而言，真的是非常精準）。



也就是400年後，我們的子孫將有機會親眼見證地獄降臨。

目前世界各國不斷破壞自然，努力加速「引爆炸彈」。令人安慰的是，各國也設立了龐大的組織，負責努力拆卸「炸彈」。像國內，農委會轄下就有數個單位，如設有保育人員的林務局等；而民間團體也正透過不同管道、不同的教育活動，努力向民眾宣導保育生物多樣性的重要。臺灣環境資訊協會向以推動眾人的環境意識，促成大家維護地球家園的即時行動為宗旨。我們深深相信，人類可以啟動大滅絕，但同樣的，我們也可以按下停止鍵；只要大家開始關心周遭環境，關懷這個已生病的地球；而這正是本系列《上課了！生物多樣性》出版的最大目的。

在本書中，我們蒐羅近年來世界各國致力於生物多樣性保育的思潮演變，以及包括歐、亞、美洲及臺灣本土案例，以環境關懷為主軸，有淺介，有深論，有評析，更有臺灣本土物種之美的引介。邀請您透過本書，看到生物多樣性的繽紛，同時看到全球生存環境的危機，一同給予關注，一同採取即時行動，為生物大滅絕尋找新生的動力和改變的契機。





目錄 CONTENT

再版序一 守護生物多樣性，扭轉未來的關鍵時刻 · 02

再版序二 願保育知識種子，開出行動繁花 · 04

前言 生物多樣性與第六次大滅絕 · 06

第一章 生物多樣性巡禮

- 多樣性 V. S. 豐富度 · 16
 - 生物多樣性的層次：從基因多樣性談起 · 18
 - 失落的一環：從土壤看生態系多樣性的價值 · 22
 - 為什麼要保育瀕絕生物？ · 26
 - 買一個生物圈要花多少錢？ · 34
 - 生物多樣性對醫藥的貢獻 · 38
 - 生物探勘與生物多樣性的永續利用 · 42
-

第二章 生物多樣性的威脅及挑戰

- 環境改變對生物多樣性是好是壞？ · 46
- 超限使用下全球棲地的破壞 · 54
- 超限使用下生態資源的消失 · 58
- 全球化下的外來種入侵 · 64
- 綠色之癌：外來入侵植物 · 68
- 駭客來襲：外來入侵動物 · 72
- 霸佔臺灣水域的入侵駭客 · 76
- 臺灣陸域常見的入侵駭客 · 82



- 青蛙生態大浩劫：蛙壺菌感染 · 90
 - 基因污染對生物多樣性有害嗎？ · 96
 - 蜜蜂失蹤，都是氣候變遷惹的禍？ · 102
-

第三章 棲地保育與生物多樣性

- 環境棲地的復育 · 106
 - 棲地保育的國際現勢 · 112
 - 保護區的選取與建立 · 120
 - 保護區經營管理趨勢 · 126
 - 跨國界保護區內的跨國專家合作：以拯救東南亞灣貓為例 · 132
 - 從國際級溼地「香港米埔」經驗看溼地復育 · 134
 - 與自然和好：山水工程的新生態思維 · 138
 - 從旭海談臺灣海岸復育 · 144
-

第四章 海洋生物多樣性

- 遨遊臺灣海洋生物多樣性 · 150
- 深海奇航：臺灣深海生物多樣性調查紀實 · 154
- 藍血裡的祕密：從鸞的基因多樣性談起 · 160
- 我們不願面對的事實：從混獲談海洋資源危機 · 168
- 海洋保護區對生物多樣性的重要性 · 174
- 我國第一座海洋國家公園的誕生 · 178
- 黑潮尋鯨：記錄東臺灣鯨豚生態變化 · 186



第一章

生物多樣性巡禮

什麼是生物多樣性？

人類為什麼要維護生物多樣性？

生物多樣性對人類的生活有何貢獻？

愛因斯坦曾預告，全球蜜蜂若死亡，人類接下來活不過4年；

沒有了生物多樣性，

要挽回人類的未來，需要付出多少代價？



(攝影：陳明弘)



要了解「豐富度」的真正意涵，就要從「biodiversity」這個字說起。這個字的原始描述是「biological diversity」；早期文獻常譯為「生物歧異度」，後來美國哈佛大學的演化生物學家威爾森（E.O.Wilson）將這兩個字整合為「biodiversity」，並給予更明確的定義。近期學者在考量多項科學關聯性後，大部分譯成「生物多樣性」。

多樣性 V.S. 豐富度

文／颺如思、林穆琳

在提到「生物多樣性」時，
總不免提到「豐富度」（Abundance），
可是「豐富度」的真正意涵在哪裡？

初次接觸相關中文文獻者，常常會搞不清楚「生物歧異度」與「生物多樣性」這兩個詞，其實它們都譯自「biodiversity」，在近幾年的文獻報告中則多半譯為「生物多樣性」。



多樣性和豐富度有何不同？

「多樣性」用在物種上，指的是各個相異的物種；用在基因層次，則是指物種基因變異的多寡，它的意義比較像是「variation」（多變的，變異的）。「豐富度」則著重描述一地物種數量的多寡。

要衡量某一地方物種多樣性高低時，不能僅看該地的物種數目（species richness），還要看均勻度（evenness）；均勻度是指各物種的數量是否相當。一地物種的數目及均勻度愈高，該地的物種多樣性就愈高。

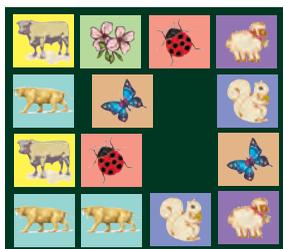
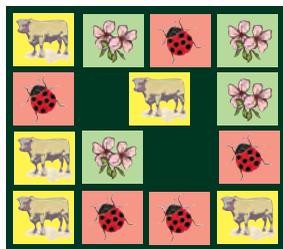
打個比方：在城市中，若有白頭翁、綠繡眼、麻雀等在



自己窗邊鳴叫，是種很棒的享受；這幾種鳥類在城市裡可見的數量都非常多，這就是「豐富度」相當高，可是「物種數目」卻很低——因為怎麼看都是那幾種。這些鳥兒數量多時，連大鳥都會怕牠們，因為麻雀、白頭翁會有群體攻擊（mobbing）的行為，倒楣的猛禽偶爾飛進城市中就會無故被圍毆。

也有可能在一山區的林子裡，鳥兒的總數（豐富度）不高，但可以看到很多種鳥（物種數目高），且每一種的數量雖然沒有多到一大群，但看到每種的機會差不多（均勻度高），那麼我們就可以稱之為「多樣性」很高。

看得出右邊兩張圖的差異嗎？同樣出現14隻生物，豐富度相當，但因下圖的種類多，因此「多樣性」高於上圖。



豐富度和多樣性孰輕孰重？

早年的保育工作，主要著重在物種「豐富度」的高低，因而鎖定藍腹鵝、帝雉、櫻花鉤吻蛙、水筆仔、梅花鹿等明星物種，進行就地或移地復育。但近幾年保育觀念，不再僅僅強調明星物種的「豐富度」，而開始重視各類棲地中相關物種的「多樣性」！（註）

這是挺讓人欣慰的現象，只要將「生物多樣性」維持在最自然的狀態下，各物種之間的交互作用、族群消長就會自然進行；這是大自然的力量，人為方式再精確，也無法模擬各種自然環境的「多樣性」與「豐富度」。

註：請參見本書第26頁〈為什麼要保育瀕絕生物〉一文。





了解了豐富度和多樣性的差異之後，我們就來談談什麼是「生物多樣性」。在早期，談到「生物多樣性」，只著重於各物種的多樣性，也就是地球上各類物種的種數多寡和均勻度。但隨著生態學與保育生物學的快速進展，生物多樣性的涵義也逐漸演進，不但向下涵蓋了基因的多樣性，而且向上擴展到生態系的多樣性。

生物多樣性的層次：從基因多樣性談起

文／颺如思

生物多樣性包含了基因、物種、生態系三個層次，其中基因多樣性讓人們體會到「一枝草一點露」、「一沙一世界，一花一天堂」的真諦。



什麼是生物多樣性？

現今所稱的生物多樣性，則是指「地球上所有活的物種、物種內的遺傳變異，以及各種生態系的歧異性和多樣化」（註1），共涵蓋基因、物種、生態系三個層次的多樣性。

這一切都要拜科學所賜。從前，大家討論生物多樣性，只集中於很多不同動植物的研究，但是近年來生物多樣性研究的對象，已從眼睛看得到的生物，逐漸進展到基因、DNA等根本看不到的東西，並且研究生物個體內、單個物種內以及物種之間的基因多樣性。

什麼是基因多樣性？我們為什麼要注重基因多樣性？

臺灣民間有一句話「一枝草、一點露」，其意義是每枝草或每一滴露水都蘊藏著不同生機，人們對路邊的雜草、野花或許不重視，甚至欲除之而後快；然而此雜草若長在



山坡地上或乾旱地、鹽分地或污染地，那麼它們對當地水土保持、去污染、防風沙或其他生態維護上，便可發揮相當重要的功能。這些雜草中也許擁有抗旱基因、抗鹽分基因或抗污染基因，在在成為現今生物技術產業的重要資源。



▲ 一草一點露

基因多樣性的真義

同一種生物在不同環境下，可能會逐漸演化出不同的遺傳組成，而構成不同品種、亞種或生態種，這些不同的品系都是源於基因多樣性，也就是遺傳多樣性（註2）。最早的例子就是孟德爾提出遺傳定律的豌豆，有黃有綠；有圓有皺，這些都是基因差異所造成的。

▼ 同樣是白鷺，卻因為所帶的基因不同，而演化出黃嘴黑趾或黑嘴黃趾等不同外部型態（攝影：蔡嘉陽）



行政院林業試驗所副所長趙榮臺教授曾在其書中提到另一個例子，目前市面上賣的蜂蜜多半由義大利蜂生產，義大利蜂是全球養蜂業最常用的蜜蜂品系，因為這種蜂很勤勞，產蜜量很高，而且脾氣好、不大會螫人，也不太容易逃跑。這些遺傳特性，使得義大利蜂成為蜂農的最愛。

臺灣原產的中國蜂（分佈於臺灣、中國、日本），產蜜量比義大利蜂低，而且容易逃跑。由此可見品系、品種不同，基因組成不同，行為也會產生差異。

另一方面，這兩個品系的蜂在疾病抵抗力上也不一樣，義大利蜂在臺灣高溫高溼的環境下容易染病，因此蜂農必須在飼料中加一些抗生素，而使得養蜂的成本提高；但是臺灣土產的中國蜂則沒有這個問題，因為牠們在長期演化中，已產生抗高溫潮溼的遺傳特性。



基因多樣性的可貴

在國內，農委會林務局一直在進行母樹林保存的計畫，畜產試驗所負責畜產生物品種資源保存計畫，農業試驗所則進行國家作物種原保存計畫，這些都是為了保存許許多多我們不知道功用的遺傳物質或是基因，以免它們流失。就如「一枝草、一點露」，每一棵小小的雜草，也許都有大大的用途。

註 1：目前國際所指的生物多樣性，多採用《生物多樣性公約》中的定義：是指陸生、海洋和其他水生生態系等各類生態系中，所有活生物體的變異性；這也包括了物種內、物種之間和生態系的多樣性。

註 2：詳見周昌弘〈生物多樣性的概念：普度眾生，一枝草一點露〉一文。



基因流動

基因流動與遺傳漂變，是造成基因多樣性的原因與動力之二。基因流動是指基因在族群間相互傳遞。個體由族群中遷入或遷出，可能會使具有某特徵的個體數量，發生明顯的變動。遷入可能

Gene flow & Genetic drift

與遺傳漂變

會為族群加入新的遺傳特徵，遷出則將遺傳特徵移出。

遺傳漂變則是因為隨機取樣偏差，使得個體的生存及繁殖產生差異，造成族群中基因頻率的變動。

可以想像一部公車出車禍，車上乘客是否倖存完全全憑運氣。如果他們在結婚生子前就死了，那麼他們的死亡就導致他們的遺傳特徵不會傳到下一代，因而改變這些特徵在族群中的頻度。

換句話說，即使所有個體的適應力都一樣，單單只因為有些人在錯誤的時間待在錯誤的地方，導致有的倖存，有的蒙主寵召，就足以造成族群中基因頻率的變動，並成為演化的動力。





每個地區多樣的生物配合當地環境，所組成的系統，我們稱之為生態系。不同地區有不同的生態系，而不同生態系則孕育了不同的生物，也提供了不同生態系服務（ecological service）。每個生態系的功能各不相同，如雨林生態系中鋪天蓋地的參天巨木，提供了一個龐大的氣體交換系統，被稱為「地球之肺」；溼地生態系中大量的紅樹林、有機質與分解者，能夠留住養分，去除並分解有害物質，所以稱之為「地球之腎」。

失落的一環：從土壤看生態系多樣性的價值

文／颯如思

**不同生態系孕育了不同物種，提供不同基因展現的樂園；
即使你我腳下不起眼的土壤，也有無數生物活躍著，
為人們貢獻著無可取代的生態服務。**

- ▶ 溼地是可淨化水質、涵養水分的「地球之腎」



我們若喪失一個生態系，不僅會失去很多的生物，造成生物多樣性降低，更會失去許多我們賴以生存的條件。所以生物多樣性有一個重要的層次，就是生態系多樣性。然而對於生態系多樣性中的土壤亞生態系，我們的了解迄今仍然不多。



經濟利益龐大 漸受各國重視

近幾年來有關土壤亞生態系的研究逐漸受重視，除了有在污染防治、水土保持上的土壤學研究外，更重要的是我們發現土壤中的「生物多樣性」富含生物醫學、農業等經濟價值。由於這牽涉到相當龐大的經濟利益，所以各國都開始投入大量經費，資助生物學家研究土壤中的生物多樣性，土壤生物多樣性（soil biodiversity）的研究因而開始在生物科學中佔有一席之地。

雖然如此，我們對土壤生物多樣性的了解仍然不多，因為土壤中的生物，大多都是我們肉眼無法看見的微生物，研究並不容易。目前估計我們只認識地球上約1%~5%的微生物，而科學家認為剩下95%以上的微生物，很大一部分存在於土壤中，並預測土壤中有150萬種真菌、30萬種細菌、40萬種線蟲，以及約4萬種原生動物，比地球上其他環境的生物多樣性要高很多（地球上已經命名的所有生物，含鳥類、昆蟲、其他動物、植物、真菌、細菌……約共有175~180萬種），最主要是因為土壤的複雜度非常高。

土壤中有許多細微孔隙，介於0.2微米到2毫米不等。這些孔隙是許多微生物的避難處與居所，如果再加上溫度與溼度的變化，使得一小撮泥土中可能躲著成千上萬我們看





▲ 隻手觸摸的青苔和土壤底下，有150萬種真菌、30萬種細菌、40萬種線蟲及4萬種原生動物

不到的微生物，這就不難想像生物多樣性有多高了。這些微生物的代謝能力非常強，因而可以利用土壤中各式各樣的物質作為能量的來源。

土壤亞生態系提供許多的生態系服務，這些服務大部分來自於微生物的作用，以及微生物與微生物間所組成的食物網的性質，例如：一、植物生長所需的養分，存在於土壤中，由微生物分解產生；二、土壤吸收重金屬、殺蟲劑等，緩衝它們的危害，並由微生物轉換為其他物質；三、地球的氣圈（atmosphere）及水圈（hydrosphere）之間，水與氣體的交換媒介，需要微生物的輔助；四、由於生物多樣性高，所以土壤為生物與遺傳物質的棲息存在地；五、土壤微生物轉化了各種天然或人工化學物質，可以保護地表水及地下水。



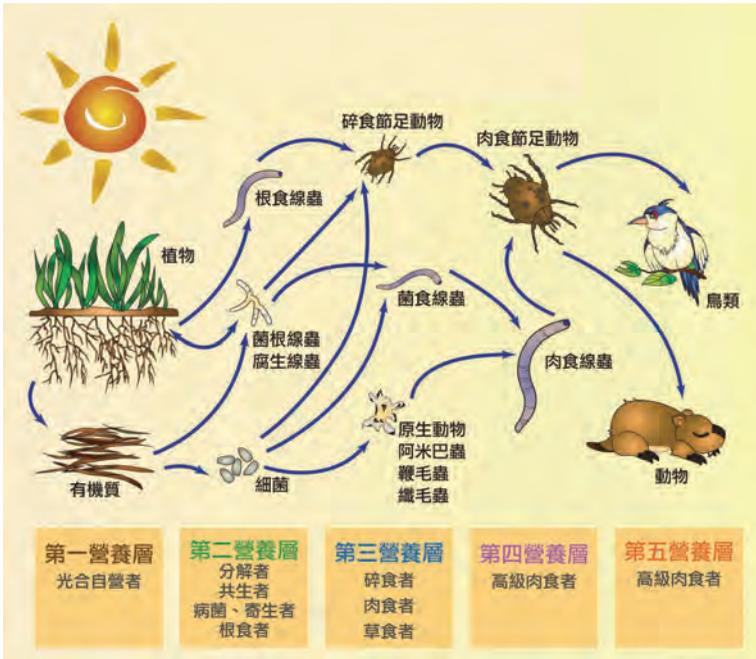
未知多於已知 研究空間無限延伸

土壤生物多樣性中，真菌及細菌是最主要的分解者，它們能分解動植物殘骸，並進行生物化學轉換，提供植物生長的養分循環。經由微生物的作用，加上土壤的孔隙，可涵養多種氣體，包括二氧化碳、甲烷、一氧化氮等，以調節大氣中溫室氣體（greenhouse gases）的濃度。

從微生物多樣性尚未被開發的部分，我們可以找到新的基因和物種，而且很明顯的具有生物科技及藥學上的價值，因為從過去到現在，我們大量利用微生物製造抗生素、抗過敏藥、抗癌藥物、殺蟲劑、維他命以及一些酵素等。我們也可以利用土壤微生物來監測環境的改變，以及污染物對環境的衝擊——土壤微生物的活性、生物量



土壤食物網



(biomass)、多樣性，如共生菌的有無、種類及健康情形等，常用來當作土壤品質的指標；加上有機質與土壤微生物量的比值，或土壤有機質的分解速率，可以更精確的評估環境改變。

對於我們生長的土地，人們未知的部分遠遠多於所知。從經濟學的觀點，這是一個具有研究潛勢的發展空間；從生態的觀點，這是一個非常需要保育的領域。若政府能大力支持土壤生物多樣性的研究發展，或許在不久的將來，我們會發現某種對人類非常重要的物質，因此而產生一位諾貝爾獎得主也不一定。





雲豹是臺灣山林中體型最大的肉食性貓科動物，有著一身鮮亮的深褐色雲彩斑紋，是行動敏捷、兇猛的夜行動物。除了臺灣，從喜馬拉雅山東南往緬甸、一直到南中國海南島都有。約在一百萬年前更新世冰河期時，臺灣海峽的水面下降，許多動物通過中國和臺灣連接的陸地來到臺灣，雲豹便是其中一種。

為什麼要保育瀕絕生物？

文／倪宏坤

為什麼要保育生物多樣性？生物多樣性的價值何在？

把某一物種從生物圈中拿掉，會發生什麼事？

這答案恐怕只有上帝知道。

▼ 魯凱族青年穿著雲豹皮所製的上衣，1900年間所攝（圖片來源：東京大學數位資料庫）



臺灣原來有很多雲豹，也是相傳帶領臺東舊好茶一帶魯凱族人安家落戶的神靈動物，舊好茶因此又稱為「雲豹的故鄉」。



雲豹究竟滅絕了嗎？

雲豹在魯凱族人心目中的地位非常的崇高，用雲豹的美麗毛皮和尖銳牙齒製成的衣服和頭飾，是只有酋長和貴族才配得穿戴的。雲豹生性敏捷不易捕獲，造成牠們今日幾乎呈現族群滅絕的原因，是人類對牠們棲地的破壞和開發。雲豹原來生活在海拔約1000公尺的闊葉樹林中，然而人們不斷從平地往高山開發，迫使雲豹往不適合牠們的高山遷移，據說有人曾在海拔3000多公尺的針葉樹林中發現雲豹蹤跡。

對於物種滅絕的認定，博物學家們一直都是最不願意放棄希望的一群；在正式宣告某個物種滅絕之前，總希望能有相當數量與證明的「驗屍報告」與「葬禮」等；但就算是證據確鑿，只要有可能得到一絲一毫目擊該物種的線索，博物學家們也仍願意為此再召開一次「降靈會」，總希望在某個難以到達的山坳或密林深處，還藏有一小群延續著雲豹繁衍的族群；總之，沒有人敢確定臺灣雲豹是否真的完全消失了。

雲豹不過是世上千千萬萬種生物之一，牠是否仍然存在，與人們有什麼直接的關係？況且，為了保育諸如此類生命相對來說脆弱的動物，投下大把金錢與代價，真的值得嗎？

物種滅絕，本是自然的過程。在人類出現之前，地球自然史上一共出現過五次物種大滅絕事件，其中以發生在白堊紀的第三紀（K-T）事件最為有名。雖然對於物種大滅絕事件的確切起因，學界至今仍莫衷一是，但普遍認同前四次乃起因於劇烈的氣候變化，第五次則是因太空隕石撞擊地球表面所引起，同時也造成當時稱霸地球的恐龍族群迅速滅亡。



因為它們的「時辰到了」？

根據化石證據的統計，曾經存在於地球上的生物，大約99%如今都已經滅絕了，因此物種的滅絕，可以物種演化的自然必經過程：物種演化出現、強壯興盛，然後因不適應環境而滅絕。

因此，若將現今的瀕絕生物們看作因為不適應環境的變遷而臨近「壽終正寢」、讓它們如同過去絕種的生物們一



樣在地球上消失，而不需為了單純延長它們的生存時間付出昂貴的「護理」費用，是不是比較合乎自然原則？畢竟，人類也是地球自然史上自然演化出來的物種。

- ▶ 臺灣早年梅花鹿甚多，1750年「番社采風圖」中即描繪了原住民每年秋末冬初聚眾捕鹿的出草情景



不過，比起先前在地球上滅絕的物種，在人類出現之後才開始急速滅絕的，可以說屬於「英年早逝」型，至少在生理層面上，它們的繁殖率和存活率並不算低，只是沒有足夠的空間和時間來成長，美國的加州兀鷹和印度洋島嶼的模里西斯隼就是例子，這兩種大型鳥類面臨的生存壓力是棲地減少和獵捕。在鳥類復育學家的努力下，已經開始有野放的族群；在臺灣，野生的梅花鹿是被宣告絕種的，但人工復育中心圈養的梅花鹿因為沒有獵捕壓力，族群狀態一直相當穩定。





◀ 大熊貓的案例已不單純是物種保育問題，還牽涉到政治及商業利益的考量
(攝影：Colegota/適用CC-BY授權條款)

但搶救物種是非常昂貴且花時間的，因此只有少數的瀕絕物種能得到這種特別的關愛，且通常是大型、美麗且富有吸引力的，好吸引公眾注目和經費來源，在中國四川復育的大熊貓就是最好的例子。

瀕絕物種復育即使成功，仍然會面臨基因多樣性可能不足，使得族群在將來禁不起環境變化而再次面臨滅絕的可能；那麼，除了部分瀕危明星物種可用來吸引大量資金、營造關注目光外，我們到底為什麼要對其他瀕危物種伸出援手？



為什麼要維護生物多樣性？

向有「生物多樣性之父」稱謂的威爾森，在其著作《生物圈的未來》中提到，不論是出於道德良知、美感或實際目的，保育生物的多樣性都是重要的，因為生態系中存在的物種愈多，生態系就愈趨於穩定，生產量也愈豐富。當某種生物從原來生存的群落中消失，若群落中的生物多樣性夠豐富，那麼該生物的生態區位就會很快被填補起來。





▲ 亞洲稻米曾在 1970 年代瀕絕，幸好搜尋到野生種基因，方才成功對抗草狀矮化病（攝影：Kinori）

威爾森在書中舉了個例子，比如森林大火將樹林底層的動植物燒個精光，如果這座森林的生物多樣性足夠，它的動植物組成與生產量，很快就會恢復到原先的水準。大松樹在擺脫下層燒焦的樹皮後，會繼續生長，然後漸漸像從前一樣綠蔭濃密；一些灌木及草本植物也可在短時間內再生。植物生態在回復的過程中，即可再次招聚各種動物，使這座森林回復先前的茂密生動。

除此之外，棲地中的細菌、原生生物等無以計數的微生物，更是維持棲地穩定的基礎要素，它們分解大型生物的屍體，使營養重新回到土壤中供其他生物取用。

有時生態系中，會有某些生物營造出新的生態區位，以供給其他原本不適應的生物，因而使得生物多樣性趨於繁複、生態系趨於穩定。例如河狸建築水堤，也創造出了池塘、沼澤、沖積平原等水流平穩的水域，庇護了原本不適合生存於湍急河流中的動植物；且水堤的材料——泡在水中的腐木，亦能提供其他生物生存使用。為什麼要保育瀕



絕生物？在早期，保育確實多以瀕絕物種為主，但隨著保育觀念的進展，人們發現，不僅要保護瀕絕動物，其他任何物種、以及物種所存在的棲地及生態系，都需要保護。因為存在生態系中的每一物種，都具有特定的生態角色和功能，互相牽制也彼此互補，構成生物圈的整體運作和完整性；我們不知道，當生物圈中哪一個物種消失了，會對當地的生態產生何等的影響。在人為因素不斷「創造」出更多瀕危物種時，為了不讓生物圈在不確定的未來突然崩潰，挽救物種及生態系消失的行動，也就勢在必行。

某種程度上來說，稻米也曾經一度屬於「瀕絕」物種。

1942年的列寧格勒陷入納粹的包圍，城內餓死的人已超過60萬；但城內農業植物研究所裡的31位科學家卻依然守護著植物和種子收藏，死也不把它們吃掉。他們說：「我們是為未來保住這些樣本！」

為了因應快速增加的人口，人們利用基因工程技術改良經濟作物，並且不斷創造出高收成、一致性的新品種；但實驗創造出來的單一新品種，往往在幾個生長季之後，便出現不適應環境（如病蟲害）的徵狀，因此只好不斷研發新品種來應付危機。基因單純的品種無法將野生作物複雜豐富的基因完整保留下來，不斷研發出的作物若要增強抵抗枯萎症與病蟲害的能力，便必須不斷輸入新的基因與胚原質。多數的基因與胚原質變異只在少數偏遠的野外才得以保存下來，但這些地區大多位於飽受經濟和戰禍壓力的第三世界國家，它們的棲地也正遭到大量開發，以種植單一的經濟作物。1970年代，東南亞稻米發生草狀矮化病，致使全球的稻作都受到威脅，無藥可醫，菲律賓的國際稻米研究機構瘋狂的搜尋全球稻米基因銀行裡的4萬7千種基因，最後在印度的山谷裡發現了可以阻止這種病原的野生



品種，才使危機解除。

不過，畢竟沒有人能事先猜出任何一種生物在未來可能具備的價值。我們可以說每種生物的潛在價值都很廣很大、遠超過人們當前對它們的認知。地球上體型最大的生物藍鯨，在西元1000年時，實際的價值可能為零；但在西

生物多樣性小百科

保育瀕絕物種

V.S.

經濟開發

美國史上最重要的保育法規「瀕絕物種法案」(Endangered Species Act)於1973年通過後，便常受到討論與修改，其中最大幅度的一次修改是1982年的「棲地保育計畫」條款(Habitat Conservation Plan)，條款中同意在經營合法事業的非蓄意情況下，允許傷害受保護的物種——只要這整體事業有助於該物種的生存。應用此條款最有名的例子，就是一國際紙業公司原要開發有瀕絕啄木鳥棲息的松林，紙業公司必須先在林地內劃出重要的啄木鳥保留區，若啄木鳥的築巢點增加了，便可換取在其他可能有啄木鳥棲息樹林的開發權。

根據1995年美國漁業暨野生生物處(US Fish and Wildlife Service)針對瀕絕物種法案施行以來的成效評估，所有列入保護的物種，情況有改善的不到10%、更糟的佔40%，另外50%則屬沒有變化或情況不明。因此批評者將瀕絕物種法案譏為一大失敗；然而這就如同以「痊癒率」來評論急診室的成 功與否一樣荒謬——原本送進急診室的就已經多是重急症患了，且瀕絕物種法案其實為美國的自然保護區爭取到了



元2000年，尚且不論藍鯨在醫學、美學、科學上的其他價值，單單以市場估計的方式將鯨油與鯨肉論斤拍賣，就已經遠遠超過西元1000年時人們對牠的認知。那麼到了西元3000年，如果藍鯨還存在，人們又將如何看待牠所代表的「價值」呢？



◀ 列為極度瀕危的加州兀鷹
(攝影：Chuck Szmurlo/適用CC-BY
授權條款)

更多的金錢支助與專業投入，基本上仍能得到社會輿論的正面回應。若說瀕絕物種法案妨礙了美國的經濟發展，也是不盡正確的。瀕絕物種法案可能會「修正」美國經濟發展的方向，且能適度將已開發棲地的狀態品質提升，確實增加了該土地地產的價值。1987~1992年間9萬多件開發申請案中，與瀕危物種法案抵觸而致完全停擺的，不過55件。其實地球上的瀕絕物種多集中於熱帶，美國廣大的農業與畜牧地帶與之相較，或許算不上有什麼瀕危物種；然而諷刺的是，反對瀕絕物種法案的，大部分來自後者。





如果就整個生態系層次的生產和經濟效益來看，投資大筆時間和金錢以搶救生態系中的特定物種，似乎說不太過去，尤其是罕見的瀕絕生物。比如雲林縣森林中的八色鳥如果消失了，並不會影響臺灣整體的環境健康與財富。就算阿里山上的臺灣一葉蘭都滅絕了，也不會影響到整個阿里山森林的淨水功能；但是，如果我們單單就生物目前已知的實用價值來評估它們，哈佛大學演化生物學教授威爾森說，這是「野蠻人的生意經」（business accounting in the service of barbarism）。

買一個生物圈要花多少錢？

文／倪宏坤

**人們都知道生物圈提供的生態服務，
但你可能不知道，當人類要幹上同樣的活，
必須花費多少心力和金錢？
就讓我們這些「野蠻人」來聊聊生意經！**



► 八色鳥
(攝影：邱盧素蘭)



生物圈的彈性有疲乏的終點？

大部分的環境學家都相信，人類已經把自然界干擾得太離譜了，令人不得不起民間流傳的一句老話：不要惹惱大自然媽媽（don't mess with Mother Nature）。自然界已經安然演化了50億年，雖然當中亦曾有過鋪天蓋地的大變動而使面貌一夕改觀；但她在50億年的最近一百萬年裡生





◀ 海洋資源在過漁中
衰竭（攝影：Robert K.
Brigham / 圖片來源：
U.S. National Oceanic
and Atmospheric
Administration）

下了人類，人類卻成了無時無刻不予取予求的無理巨嬰。她對於人類的需索無度，也顯現出無力應付的疲態，並將她無力負擔的部分，反饋成為人們口中的「環境災難」。

生物圈彈性有限的例子隨處可見，以海洋漁業為例，現今的產值已經到達瓶頸，不可能再突破，顯明了海洋的面積和生物數量存在極限的事實；然而，隨著全球人口的增加與生活品質的提升，對於漁獲的需求只會一直增加，市場的需求帶動了水產養殖業的興起。人工養殖的海產雖然可以填補海洋漁獲減少的空缺，但因此付出的環境成本



◀ 紅樹林提供淨化水質
和海岸保護的功能
（圖片來源：U.S. National
Oceanic and Atmospheric
Administration）



卻一直在上升，最常見到的就是溼地生態的改變或消失，但溼地卻是培育海洋生物的搖籃。原來不需成本就能獲得漁產的海洋漁業，如今已需要耗費人工及資金來生產了，這也使得全球海岸及內陸經濟的通貨膨脹壓力上升。



如何估算自然生態的價值？

針對溼地轉型水產養殖業的價值效應研究，美國環境學家Sathirathai與Barbier曾在泰國南部的紅樹林進行評估。從1987到1999年，泰國南部Honduras濱海的紅樹林大部分已開發成養蝦場。若單看養蝦場的經濟收益，每一公頃的紅樹林溼地在開發之後，可以獲利美金2000元；若維持紅樹林的原貌，只能勉強有漁獲美金70元及木材產品美金90元。但如果將紅樹林對海岸環境的保護也算進去的話，每一公頃的紅樹林其實可以再提供美金3840元的產值，比較起開發後的養蝦場，除了要付出地層下陷美金1700元以及污染處理的美金230元，天然的紅樹林與開發的養蝦場幾乎在成本收益上不相上下。如果有一天，泰國人民不想要人工的養蝦場，想要回復成原來的紅樹林景觀時，那麼每公頃復育的成本會高達美金8240元。算一算，天然紅樹林的淨產值可以在美金1000~3600元左右，養蝦場則最高淨獲利不到美金200元，且有可能最多負債美金5400元。

美國紐約也曾發生過類似的案例。紐約市原來享用著凱司吉爾山麓（Catskill Mountain）的純淨水源，這水源生產的瓶裝水也一度銷遍美國東北部；然而，隨著人口的增加，愈來愈多的森林與水源地轉型成為農莊、房舍、度假村等，污水和農業廢水降低了水質，後來甚至無法達到環保局的水質標準。





◀ 城市做綠化，能讓樹木發揮截留雨水、減少蒸發的功用，並降低熱島效應（攝影：蔡嘉陽）

紐約市政府可以選擇花費60~80億美元興建淨水廠，並於往後每年支付3億美元的營運費用；或是重新規劃水源區，讓森林回復天然的截留與淨水功能，使乾淨的水回到河流中。這樣的安排也要花費10億美元，但往後並不需維修費，水源地也還能具備防洪的功能。

亞特蘭大市也有過類似的經驗。在過去都市發展的歷程中，亞特蘭大砍伐移除了市區內20%的樹木，使得每年的洪水量高達44億立方英尺。若要興建可容納這麼多水的水庫，需要美金20億元；如果只是單純讓移除的樹木重回原來的地方，比較起來便宜很多，也永遠不需要花錢維修。

從生態系中獲取財富，可能造成毀滅性的結果，另一方面卻也能達成良性效應。就人類長期的物質或健康利益而言，保育生物多樣性，都是必須的。





除了農業，另一個因著掌握生物多樣性而獲益的產業，便是醫藥了。人們常用的醫藥品，絕大部分來自生物，比如抗生素來自子囊菌，麻醉劑、止痛藥、人工荷爾蒙、抗癌藥物等，也都來自生物體；不過，即使生物多樣性可以作如此廣泛的應用，但真正已運用到醫藥上的比例，其實只有很微小的一部分。以子囊菌為例，人們已經研究過的子囊菌大約有3萬種；這只是全部子囊菌的十分之一，但在抗生素的應用上，子囊菌已作出了85%的貢獻。野生生物在醫藥上的潛力，其實也都遠遠大過目前已知的範圍。

生物多樣性對醫藥的貢獻

文／倪宏坤

生物多樣性的價值，除提供生態服務，滿足人們健康生活所需，還具有文化及美學價值，供人徜徉其中獲得身心靈滿足；並擁有科學與醫學研究上的價值，使人類的文明科技更進步。



演化與藥用價值

在生命演化的歷程中，幾乎所有的生物體都會演化出所需要的某種特定化學物質，以對抗天敵等。脆弱的毛毛蟲身上往往帶著毒素和鮮豔的警戒色，一旦羽化成可飛翔的蝴蝶後便不再需要這層化學防護；又比如許多植物的嫩葉中帶著有毒的丹寧而呈現紅色，丹寧會使取食嫩葉的草食動物輕微中毒、之後不再取食它們，等到嫩葉成熟、木質素發育完全、葉質變硬成草食動物眼中不可口的食物後，丹寧便退去，葉子也轉變成綠色。每種生物體內化學物質的演化過程，是一段漫長的嘗試錯誤、突變天擇之路，如今人們可以因著基因工程技術，將這些化學物質取出、應用在人類的實際需要上。





發現藥物之路

早期新藥品的研發與應用，可能是因著偶然，但後來，科學家們可能在中國或印度的古老醫藥典籍上得到靈感，找到一些具有神奇療效的生物體，然後在該生物體中應用分子和細胞生物的技術，尋覓研究其中神奇的醫療物質。



◀ 藏醫、中醫等東方傳統醫學善用各種藥草和礦物，成為現代科學家眼中的神奇寶貝
(攝影：林穆琳)

因著知道生物多樣性所蘊含的豐富醫藥資源，科學家們也藉著系統化篩選生物組織，來尋找新藥物的線索。比如在找尋抗癌藥物時，可能會應用生物的組織，看它們是否有抑制癌細胞的功能，然後再逐步應用到動物的臨床實驗上。如果試驗成功、也順利純化或組合出該抗癌物質，便可以在實驗室中大量複製，由此得到的藥物成分會比直接從生物體中大量萃取便宜得多；且科學家們在研究該化學物質的有機組成時，也能任意加減原子或建立鍵結，看所衍生出的物質是不是仍保有醫療效果、甚或是顯現更好的療效。





醫藥的商業價值

若計算亞馬遜雨林一帶巫醫所使用的藥用植物，迄今為止，數千種中只有一小部分經過嚴謹的醫藥科學測試；即

- ▶ 生態豐富的雨林中涵藏著許多未可知的醫藥價值（圖片來源：Christian Ziegler / 適用CC-BY授權條款）



使如此，雖然只是常用的幾種藥用植物，其具備的醫藥商業價值也已相當可觀。民族植物學家Balick與資源經濟學家Mendelsohn曾在貝里斯的2處熱帶雨林作過研究，只是單單採收野生藥用植物，每公頃可以淨獲利726與3327美元。其他研究人員也在瓜地馬拉與巴西的熱帶雨林作過類似的估算，發現每公頃若開發成農地，產值約在228及339美元，但是生長於其中的藥用植物熱帶松，一次採收就可以獲利3184美元；若在產值估算時將碳排放權交易、生態旅遊也算進來，那麼這些可永續產品的產值還將更高。





臺灣深山锹形蟲

文、攝影 黃文伯

全世界約有1200種锹形蟲，臺灣佔了50種。

一般來說，锹形蟲雄蟲體型越大，大顎就越發達；

只要幼蟲獲得的營養越佳，

大顎便能長得越長，爭奪地盤與雌蟲的勝算就愈大。

雌蟲也有大顎，但較短，主要是在腐木中挖掘洞穴產卵。

許多锹形蟲都有趨光性，上圖這隻臺灣深山锹形蟲，

便經常能在夜間的水銀路燈下發現。



生長於中南美洲熱帶雨林中的箭毒蛙，體色極為多樣鮮豔美麗、體型小巧得可以蹲踞在人們的手指甲上；牠們通常只是慢吞吞的跳躍移動，就算天敵靠近也滿不在乎——就是這副美麗又慵懶的樣子，讓博物學家相信，牠們一定帶有劇毒。果不其然，居住在南美安地斯山森林中的原住民，就懂得利用箭毒蛙身上的毒，他們會小心的拿吹箭摩擦箭毒蛙的背、取走一點點毒，然後把牠們放走。

生物探勘與生物多樣性的永續利用

文／倪宏坤

農業、醫藥、旅遊、造紙……人們從生物多樣性中所獲取的好處，足以支撐許多產業的發展。但要有享不完的好處，可得聰明一點，想想如何永續利用吧！



從箭毒蛙的故事談起

1970年代，化學家分離箭毒蛙的毒素，發現它含有的鎮痛物質效能是鴉片的200倍，但毒性也很強，不適合直接

應用於臨床，因此重新將該物質的鍵結和組成分子設計之後，得到了數百種新的衍生物，其中有些不但能夠壓抑痛覺，更能控制鴉片不能抑制的神經受損痛覺，而且作用時不會使人昏睡，比較起來也沒什麼明顯的副作用。

由箭毒蛙毒素製成藥物在醫學界是一大創舉，嚴格來說是來自原住民的啟發；不過當箭毒蛙毒素的研究走到這一步時，箭毒蛙所居住的熱帶雨林，已差不多快給砍光了。

因此，如果說搜尋天然藥物是與物種（天然棲息地）滅絕賽跑，一點也不誇張；搜索野生生物以找尋對人類有用的資源（包含新的化合物、基因和有機體），也就是「生





◀ 金色箭毒蛙是世界上最毒的蛙類（圖片來源：Wilfried Berns / 適用CC-BY授權條款）

物探勘（bioprospecting）」，在過去十幾年來也逐漸受到重視和大筆投資的推動。以在森林中採集標本的程序為例，通常是採集植物、真菌、微生物，然後送往實驗室分析，以尋找對人類疾病或其他需求有所助益的物質，比如抑制癌症或愛滋病的化合物。

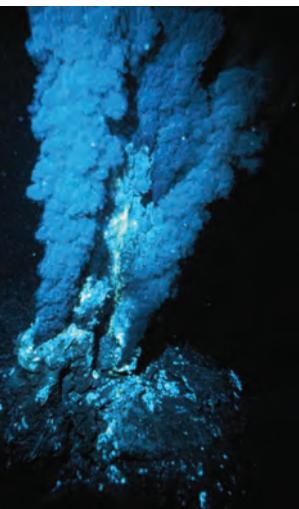


生物探勘的經濟價值和隱憂

正當全球經濟持續陷入低靡之際，2008年3月，由全球最具規模的保育組織「世界保育聯盟（IUCN）」與殼牌石油公司共同提出一份研究報告，指出未來企業界已經開始將「生物多樣性保育」視為具獲利潛力的事業。其中「生物探勘」正是生物多樣性相關產業中快速成長的一項。預估到了2050年，其產值約可達5億美元。這正是生物多樣性除了提供文化美學、科技文明以及生態服務等好處之外，更帶來經濟價值的最佳明證。

不過，正如同生態旅遊一方面利用自然景觀促進綠色觀光產業，若不小心，則將反為生態帶來破壞；生物探勘顯然也可能造成自然棲地不小的干擾。以南極為例，能在極惡劣氣候下生存的生物必具有相當的醫學價值。只要製藥廠能夠每年靠著天然化合物及其衍生物賺進數百億美元，那麼對於從





▲ 海底熱液噴口四周構成獨特的生態體系（攝影：P.Rona / 圖片來源：U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration）

生活在南極，能夠抗寒、適應乾燥與高鹽份特殊環境的生物開發新藥的興趣，只會逐漸增加；然而，正是因為環境條件嚴苛，南極的生態系也相當脆弱，這些地區的生物探勘，理當也該受到相關法令的保護。2005年6月，聯合國教科文組織曾針對深海地區的生物探勘行為發出警告，說明棲息於海洋底層海床的有機生物體必須受到保護，以免遭到商業剝削（指明為醫療用途）。新科技雖然使人類在某些地方得到好處，但海底山丘、海底冷泉和海底熱液噴口等這些被視為孕育地球生命之獨特且敏感的生態區域，卻在探勘的干擾下受到嚴重傷害。

除了對棲地的干擾，聯合國教科文組織也明言指出這些深海資源及所得利益的分享方式，還未建立有效的公認規範，理論上這些資源當屬於全人類的公共財，但以目前製藥業是生物探勘最主要受益者的狀況看來，生物資源的輸出地區卻往往無法獲得智慧財產權保障，使得生物資源被「剽竊」、「侵佔」為某先進國家或公司私有財產的事件層出不窮。2001年時，墨西哥契亞帕斯省（Chiapas）的原住民便曾成功阻止了一項由跨國集團支持的生物探勘計畫，反對他們的遺傳資源和傳統知識受到商業化榨取，並要求以傳統的方式利用這些資源和知識。

雖然生物探勘在某些層面上，是積極面對物種滅絕、永續應用生物資源的對策之一，也相當程度顯出自然資源的價值永遠在人們意想不到的範圍之外，並提醒人們破壞環境的代價。但全球化的時代，帶有經濟利益的生物資源，往往使得單純、平等的生物探勘計畫陷入迷失，即使該計畫願意為地方尋求發展機會、以實質利益回饋當地居民。唯有回歸珍惜資源、尊重智慧的心意，上述的衝突也才有可能找到雙方滿意的出路。



第二章

生物多樣性的威脅及挑戰

脆弱的生態系隨時處於變動、復原、平衡的循環中，
但由於超限使用、棲地破壞、入侵外來種、氣候變遷等因素，
這些循環不斷受到干擾，造成不可逆的破壞，
且是「森地內拉式」（Centinela，見下文）的完全滅絕！
這些人類為地球萬物帶來的威脅，如今已形成對自我生存的挑戰了。
我們憑本能引發威脅，但我們有本事面對大自然的回應嗎？



（攝影：何俊霖）



我們一直有個觀念，環境棲地的改變，一定會造成生態系破壞，是造成物種滅絕的主因。從生態學的角度來看，環境棲地的改變，勢必導致生物多樣性的改變，可是這種改變到底好不好？我們來看幾個因棲地改變造成生物多樣性變化的例子。

環境改變對生物多樣性是好是壞？

文／颺如思

**人類一直靠著利用生物多樣性來獲得好處，
但人與自然的互動，無可避免地擾動了生物圈的消長和循環。
當棲地改變了，生物多樣性又將發生什麼變化呢？**



歐美：寂靜的單一林相

生活在歐美的人們，常自豪於擁有廣大的曠野與森林。居住在城市近郊的人家，森林就在自家後院森林中，可以看到各種鳥類、不同的松鼠、甚至熊或麋鹿，讓人十分欣羨他們的自然環境。可是這些森林，在2、300年前工業蓬勃發展的年代，其實並不存在。那時也曾像臺灣的都市重劃區，闢了路，剷了地，什麼都沒有了。德國的漢堡、慕尼黑，美國紐約的中央公園，都曾經是沒有生氣的地方。工業革命雖然帶來了經濟繁榮，卻也帶走了繽紛的生命當大家突然驚覺：樹沒了，鳥少了，動物不見了，美景也不在了。才開始種樹。許多2、300年的森林，其實都是種出來的，所以現今歐美單一林相的形成因素，除了緯度影響之外，人工植林也是一個很大的原因。

種了樹後，鳥回來了，動物開始出現，物種愈來愈多，讓人滿懷期待它能回復到以前的繁盛，但是自然真的回復



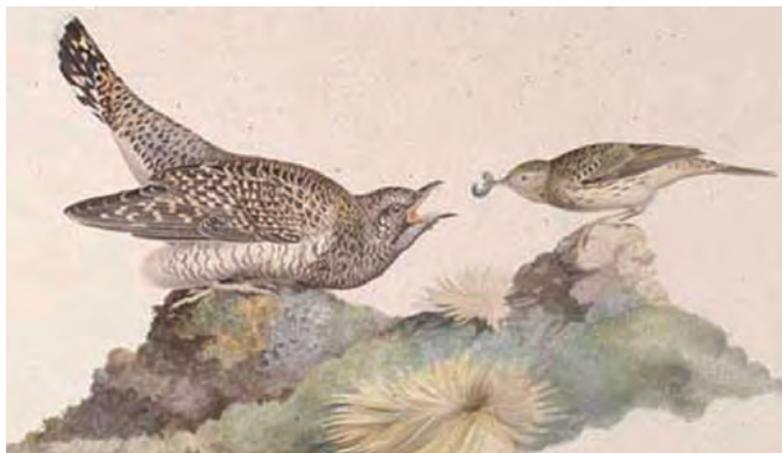
了嗎？對比200年前的紀錄，現在樹林中的鳥，種類差異很大，這是由於環境棲地改變了。

以歐洲黑森林的例子來說：黑森林原本陰暗鬱蔽，習慣受森林庇護的蕨類苔蘚成群生長，陽光與和風全被拒於森林外，只有喜歡幽靜、害羞的鳥兒在這兒生存。當黑森林因為開發，而被切割成一塊塊的小森林之後，太陽照進來了，清風也吹進來了，森林不再鬱蔽，蕨類苔蘚消失無蹤，害羞的鳥兒變少了，加進了聒噪的烏鴉和麻雀，更可怕的是「巢寄生性」鳥類的出現。

巢寄生的鳥類多生活在森林邊緣，母鳥不築巢孵蛋，蛋是下在燕雀目鳥類的巢中，如杜鵑會將蛋下在知更鳥的巢中，由知更鳥幫忙孵蛋。通常杜鵑的蛋會比知更早孵化，先孵出的杜鵑幼鳥，會努力將知更鳥的蛋頂出巢外。

森林的邊緣愈多，杜鵑鳥愈多，知更鳥就會愈少，這是邊緣效應（edge effect）很實際的一例。邊緣效應會讓我們覺得物種多樣性增加了，但是並非所有的物種都同時受惠。

▼ 蘇格蘭鳥類及
博物學家William
MacGillivray在
1831年描繪大杜
鵑成熟後向寄主
母鳥索食情形
（圖片來源：Fathom）





七股溼地：黑面琵鷺大本營

另一個環境棲地改變的實例，是臺南縣的七股溼地。依據鹿野忠雄在日據初期的記錄，七股海岸只有現在的內堤，外堤尚未建立，當時即有黑面琵鷺在海堤外休憩，但是數量零星，最多時不超過50隻。日據末年因堤外淤沙嚴重，遂興建二號堤防（即外堤），黑面琵鷺的記錄明顯增加。因為外堤的建立，整個海灣成了潟湖、溼地，生物多樣性增加，鳥類的食物變多了，自然就呼朋引伴一起來這邊過冬，使得七股成了黑面琵鷺聚集的大本營，也是研究黑面琵鷺的最佳觀測點。

這個現象，對鳥類來說是好的，可是對魚、蝦、蟹、藻類，是好是壞我們不得而知，因為沒有人針對這些不起眼的生物進行研究。我們只能知道七股溼地生態經歷過相當大的改變。只是有人推測，內外堤間的淤沙速度會較自然情況下快，等到溼地被填滿了，鳥類勢必要另覓過冬地點，到時就不知道該去哪裡找黑面琵鷺了。

▶ 黑面琵鷺在七股溼地過冬（攝影：蔡嘉陽）





大滅絕與蓬勃的生機

地球發生最大的環境棲地改變，就是大滅絕。地球經歷過五次大滅絕，每次大滅絕，都是因為地球環境的急遽改變，使得生物棲地不再適宜，甚至有害生物，因此大量生物死亡，終至滅絕。截至目前為止，在地球出現過的生物，99%都滅絕了，但總有1%的生物能逃過惡劣的氣候或環境。大部分生物的滅絕，騰出了廣大的空間，讓那些1%的倖存者自由發揮，在受到摧殘的環境下，繁衍出適應環境的後代。不用多久，地球就又滿布生物，展現蓬勃的生機。

以地球的年齡而言，遠古的環境棲地改變、大滅絕的發生，確實只花了很短的時間。這些都是上帝做的事，祂關了一道門，必定會開另一扇窗，所以祂留下了倖存者，在短時間內恢復生物多樣性。但相比於人類，這些時間都是無法想像的久，那麼人類該去做上帝做的事嗎？或者該問，人類有能力做上帝做的事嗎？

自然界歷經數次的大滅絕，但是沒多久地球又充滿了飛禽走獸。然而這裡的「短時間」、「沒多久」指的是1000萬年、2000萬年。所以生態改變了，不一定就是不好，而是這樣的改變經歷了多少時間？如何形成的？這些大滅絕從來都不是某種生物單獨造成的，只能說是上帝的作為。我們也是一種生物，卻在不到2000年的時間造成近千種生物的滅絕，許多生物甚至已被人們滅絕了，人們才發現它們曾經存在。人們做的事無疑的比上帝殘忍，問題是我們可以這麼做嗎？或該問，我們有權力這麼做嗎？

當你為了要更大的庭院而開墾時，是否該思考你有沒有權力剝奪別人的棲地？當你想踩死一隻蜈蚣時，是否該想想，你有沒有權力，剝奪別人的生命？



生物多樣性小百科

邊緣效應

指某一生態系統，對相毗鄰的另一個相異環境所產生的影響效應。最常用在野地，尤其是森林地與被干擾或被開發地區間的交界線。

當任何一個天然的生態系產生了邊緣，且這邊緣交

(Edge effect)

界線的另一邊是被干擾或非天然的系統，天然的生態系統在邊緣以內的相當距離，都會受到嚴重影響。例如森林與被砍伐地區相鄰，產生森林與開闊地的交界線，陽光及風會深深地穿入森林，使靠近邊緣的森林變乾，並促使活躍於森林邊緣的投機份子如巢寄生鳥類蓬勃生長。

由以上幾個例子來看，令人不禁要問，環境棲地的改變到底好不好？答案是，那要看這個改變是什麼樣的改變，以及改變有多大、多久？



生物多樣性危機：棲地流失和破碎化

以臺灣而言，所有的環境破壞幾乎都集中在短短的50年間，而且人口密度遠遠高於歐美各國，生物多樣性一旦破壞，恢復相當不易。歐美雖也曾經歷過大破壞，但是他們的人口從來沒有像臺灣這麼密集過，生物多樣性也不及有「福爾摩沙」之稱的我們；所以他們有足夠的時間、空間來換取自然的恢復，但是歐美各國依然苦於物種快速消失。由此看來，臺灣面臨的問題，顯然更為困難複雜。

臺灣位於板塊相接的地帶，是相當年輕的山系，所以山





勢陡峭，本身就不易留住土壤；加上位於熱帶季風帶，高溫多雨，使得雨水大量沖刷，水土保持更是不容易。多虧了大量的原始林，阻擋雨水直接沖刷地表，並留住水分，抓住土壤，才能維持各地平原，如嘉南平原、蘭陽平原的豐沃。

但早年臺灣工商業不發達，從日治時代開始，便陸續以林木、蝴蝶等自然資源，大量輸出換取外匯。我們的國土也因森林的消失，失去水土保持能力而漸漸流入海洋；加上人口增多，政府有計畫的往山區疏散人口，發展出高山農業，致使脆弱的山區遭受過度開發；尤其近10年來，土石流的頻率愈來愈高，幾乎每遇大雨，便有危及人身安全的災情發生。

大面積的濫墾濫伐，威脅人民身家財產，因此很容易受到注目，小面積的開墾對人們影響不大，往往不受重視，但卻是造成棲地破碎化的主因。棲地破碎化產生了邊緣效應，習慣棲息於森林隱蔽處的動植物，只好由低海拔地區往高海拔移動，數量自然減少；有些中、高海拔的物種，

▲ 道路開發，切斷植物和小型動物的棲地，致使基因無法相互交流
(圖片提供：生態工法發展基金會)



如植物、小型動物，無法跨越開闊地，又無法往更高海拔遷徙，每一個族群就好像被隔在海洋中的孤島一般，遺傳基因無法互相交流，更容易一小塊一小塊滅絕。

至於道路的開闢，那就更複雜了。除了邊緣效應外，來往的車輛，容易撞擊過路的動物，在山區小徑或鄉間小路，常會看到被撞死的鳥或遭輾斃的蛇。夜晚行駛於中橫，曾看到過路的白面鼯鼠呆立在馬路中間，所幸車速不快，否則又多了一條輪下冤魂。



人類利用需有上限

早期我們一直強調人定勝天，中橫公路上還矗立著這四個大字，然而，現在我們正承受山崩石落的痛苦；即使已多次花費鉅資搶通，未來仍不能排除隨時出現路毀橋斷、人員傷亡的可能。許多大建設不斷稱許如何貫徹愚公移山的精神，曾文水庫的建設，鏟平了一整座小山，現在每年得編列大筆預算，去除淤沙。我們真的能「人定勝天」嗎？抑或只是總決算的時候未到？

- ▶ 中橫明隧道於2008年9月發生嚴重坍方（圖片提供：營建署太管處）



生物多樣性小百科

「島嶼生物地理學」是1967年時由威爾森和麥克阿瑟（R. MacArthur）發展出來的。他們認為島嶼內物種的數目，會因物種滅絕的速度和出現的速度而影響。在一個全新的島嶼，物種會不斷從最近的大陸遷徙過來；到島嶼呈現飽和狀態時，每加入一個新物種就會造成一次生態變動，有些先驅種（先到的種類）逐漸被後到者

（Island Biogeography）

取代，這種先驅者滅絕、後到者取代的模式，會漸趨緩和，最後形成穩定的動態平衡。

島嶼生物地理學的兩個重點是：

1. 距離大陸愈近，島嶼上的生物就愈多，因為物種遷入的速度會比距離遠的島嶼快。
2. 島嶼愈大，島上生物愈多，因為可供生物棲息的地方較多。

島嶼生物地理學可以用來比較兩個大小不同、但與大陸相同距離的島嶼；或是大小相同、但是距離不同的島嶼。經由比較可以推測島嶼的形成年齡、遭受破壞的程度等。島嶼生物地理學不只是應用在真正的島嶼，同樣的理論也可適用在陸地上的大小湖泊，甚至各個獨立的山峰。





每種生物在適合自己的環境下都有獨特的生活方式，當賴以維生的環境消失了，生物也無法存活下來，終至滅絕。有些種類甚至只生存於很小的範圍內；生存範圍愈小、環境需求愈特殊的物種，愈容易有滅絕的危險。

超限使用下全球棲地的破壞

文／颯如思

**做為生物圈的生產者，植物默默轉換著太陽能量供大地使用；
遭受斧斤劈砍，她仍然不發一言；但當「森地內拉式滅絕」
持續發生，這片大地的「綠色保險絲」將有燒掉的一天。**

在這份依存關係上，植物常常扮演著生存環境的重要角色。植物身上經常住著靠它維生的節肢動物、軟體動物、脊椎動物（包含許多地區的人類），可能還有寄生性的植物或真菌。這些住客往往是其他生物的食物，因而形成了複雜的食物鏈，也造就了完整的生態系。所以植物往往是決定生物多樣性的重要條件，當植物消失，意謂著生物的棲地消失了，整個生態系也將跟著崩潰瓦解。

而植物的消失，除了天災外，大部分是來自人類的超限使用。



森地內拉式滅絕

森地內拉（Centinela）是中南美洲厄瓜多爾一處鮮為人所知的小山脊。1978年，博物學者在此地的森林發現約90種特有種植物，大多數是林冠下的草本植物、枝幹上的各種蘭花，以及其他附生植物。其中有幾種植物具有黑色葉子，這在植物中是極稀有的特徵，至今仍是植物生理學上



的未解之謎。

數個月後，當地農民開闢一條私有道路，砍掉山上的森林，種上可可與其他作物。那些特有種植物因樹林遭砍除而消失，只剩下少數幾種存活在鄰近山脊的森林，但是也岌岌可危，因為人們會去砍伐樹木做為建材或薪材。至於稀有的黑葉植物，則從此默默的消失了，只留下當初博物學家的記載，後人無緣見識它們的特殊。

其實類似森地內拉的事件不斷在全球各地上演，只是大多數都無人知曉。森地內拉是剛巧有博物學家進入研究，才讓我們知道，原來有一個地方的生物多樣性，就這樣快速、悄悄地滅絕了。從此這種來不及讓世人發現、

且在短時間內就滅絕的事件，就稱之為「森地內拉式滅絕」（Centinelan Extinction）。



跨國企業對熱帶雨林的斷害

目前生物多樣性最高的森林，就是熱帶雨林。但是這些熱帶雨林皆位於開發中國家。當地農民為了生計，大量砍伐原始森林，種植高經濟作物，如可可、牧草等。更有些大企業，看準了開發中國家勞工便宜、土地廉價，於是出資在熱帶雨林區大肆開墾，種植牧草，大量飼養牛羊，以供應全球商業所需，所以森地內拉式滅絕一直不斷在熱帶雨林發生。著名的速食企業麥當勞，就被英國倫敦綠色和平組織認為有破壞熱帶雨林的嫌疑，英國倫敦綠色和平組織甚至從1985年開始，將每年的10月16日（聯合國世界糧食日）定為「全球反麥當勞日」。另外，世界銀行組織每年均會撥出大筆預算，供開發中國家做為某地區的保育經費，但也藉此換得土地經營權，進行開發。



- 印尼雨林遭大量開發成為耕地
（圖片提供：中國綠色和平）



人口增加也是森林面積不斷減少的原因，因為人們必須砍除樹木，以騰出更多的空地建造房屋。另外，溫帶森林多由檜、杉、柏等一級良木組成，身價相當高，常被富商巨賈認為是一種身分的象徵，許多溫帶林木因而被砍伐下來出口。而且溫帶林木也是上好的製紙原料，擁有廣大溫帶森林的加拿大，至今日還是最大的紙漿輸出國。以上這些原因都使得多種植物瀕臨滅絕的危機，連帶棲息於當地的動物，也步入滅絕。

臺灣山區長期以來也一直存有濫墾濫伐的情形；早年砍伐森林出口，幸而保育觀念興起，目前國內早已停止林業發展，並設立保護區及國家公園來減少棲地破壞。但為發展農林業，山區紛紛種上檳榔或高山茶、高冷蔬菜、溫帶果樹等單一作物；此外為修築公路、開發水資源等，也都持續對山區進行不當利用，造成國土及棲地的大量流失。

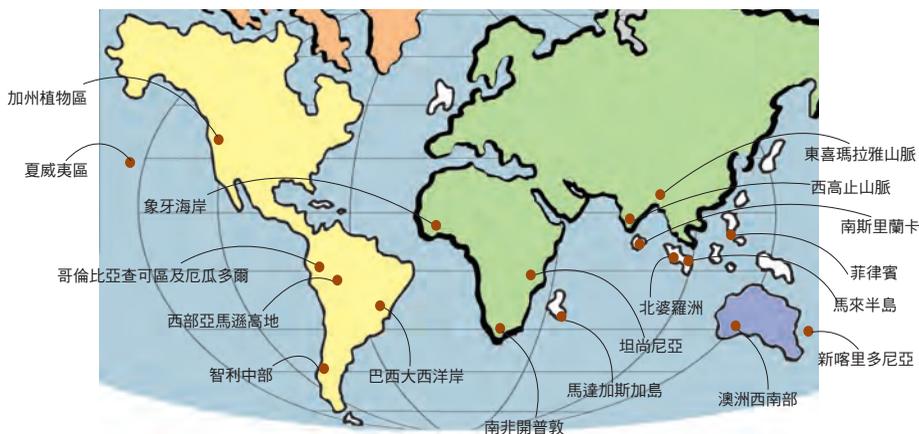


危機區愈擴愈大

像這樣的濫墾濫伐危機，正威脅著全世界許多生物棲



諾曼·邁爾斯列出的全球18個森林及灌木林危機區



地。英國保育學家諾曼·邁爾斯（Norman Myers），在1988年將特有種種類多但棲地因人類活動而快速縮小的地區，定為「危機區」，大部分是臨近都市開發區的原始森林邊緣。他列出了18個森林與灌叢林危機區，總面積不過佔了全球陸地的千分之五，卻是全球五分之一種植物的唯一家園。然而，全球還有許多地區尚未列入，包括墨西哥、中美洲、西印度群島、賴比瑞亞、昆士蘭與夏威夷等地的殘存雨林。

為避免棲地不斷消失，各國保育團體曾經提出不再伐木的要求。但是近代學者提倡永續利用，強調並不是完全不使用就能保存森林，而且這樣做也不符合人類需求。所以有學者提出「帶狀採伐（strip logging）」的作法，只砍伐狹窄的帶狀區，既可維持生產，使林木快速生長，又可保護其他動植物。

這是人類與自然相處取得的一個平衡點，但還是需要全人類的配合，否則只會流於形式與口號，我們最終還是會面臨生態系瓦解的危機。





為了居住，人們砍伐原始林，破壞生物棲地；為了裹腹，獵捕野生動物，減少生物多樣性；繼之為了方便，製造工具，卻污染空氣；再因工具的便利，更加快速的消滅森林與環境資源。如此不斷，形成一個惡性循環。似乎科技愈進步，代表著生物多樣性愈低。這一切一切證明了一件事：人——Homo sapiens是地球形成以來，最強勢的入侵種。

超限使用下全球生態資源的消失

文／颯如思

「現代人」從非洲入侵其他地方，每到一處，生態資源破壞緊緊尾隨。環境承載量並非無限，生物多樣性的消失讓地球承載量日益耗減。



人類是最強勢的入侵種

許多研究證據顯示，目前非洲仍是生物多樣性最高的一洲，因為當地的人種與其他生物一起演化了百萬年，可說「人」是非洲的原生種。但當「人」四散入侵到其他各洲之後，生物多樣性開始快速流失。

距今1萬2千年前，古印地安人已分散到歐亞大陸，並開始跨越西伯利亞白令海峽，進入北美洲。那時，有3種猛獁象已在美洲生存繁衍了200萬年。古印地安人出現之後不到1000年的時間，美洲的猛獁象全數滅絕。同時期歐亞大陸的猛獁象一直苟延殘喘，直到更新世冰河時期來臨才真正滅絕。

玻里尼西亞人在8000年前由東南亞開始，往東航行進入太平洋。這些稱為「人」的入侵種，由太平洋最西端的東加王國開始，逐島吃掉當時可獵捕的物種，然後再侵入下一個島嶼，最終到達夏威夷群島。目前太平洋列島已找不



到化石紀錄中的大型動物，剩下的鳥類多是知更鳥、吸蜜鳥等小型鳥類。哺乳動物也只看得到鼠類，而且漸漸被外來鼠種所取代。

西元500年，馬拉加西族的祖先，由印尼抵達馬達加斯加島，不到100年的時間，就解決了

島上的大型動物。到了西元1600年以後，工業革命推動了航海時代的興起，歐洲移民大盛，物種滅絕所須的時間更短。荷蘭水手為了好奇，登上模里西斯島，也消滅了肉質鮮美的愚鴿（Dodo，又稱多多鳥）。同時藉由人的引介，犬、貓、鼠跟著入侵，成了加速摧毀生物多樣性的幫兇。



▲ 多多鳥只剩骨骼標本和畫作供人想像其身影。這幅繪自1759年的油畫，現收藏於倫敦自然歷史博物館

生物多樣性消失的全球現況

「人」不但大肆獵捕、砍伐，直接消滅大型物種，且製造廢氣、廢水污染環境；溫室效應造成全球暖化、空氣污染造成酸雨、任意排放污水造成水源污染。這些都間接消滅小型生物。

近年研究顯示，歐洲森林中的真菌類，似乎正處於大滅絕狀態。在過去70年間，一半以上的真菌種類消失了，原因可能是空氣污染。土壤中的微生物，因酸雨也消失了大半；海洋中的浮游藻類，則因海水污染而趨於單一化。

中國大陸沙漠地區因溫室效應，有逐年擴大的趨勢；加上超限的放養牛羊，大量啃食北方草原，沙土因沒有植物



- 中國西半部因過度放牧干擾植被生長，沙漠化日益嚴重
(攝影：林穆琳)



根部的抓固，四散飛颺；另外，有蹄動物過度踐踏，形成「蹄害」，使表土過度結實，草類更難生長，沙漠也更加擴大。當西伯利亞高壓帶南下時，往往造成沙塵暴，而且一年比一年嚴重，位於季風區的臺灣深受其害。這個例子告訴我們，環境問題是無國界的。

人類對自然資源的超限使用，截至2008年為止，造成全球生物多樣性的危機：世界上634種靈長類中，近乎半數處於絕種邊緣；2008年IUCN發佈的《瀕危物種紅皮書》也顯示，目前世界上有四分之一的哺乳動物、1200多種鳥類以及3萬多種植物面臨滅絕的危險。如果沒有人類干擾，在過去的2億年中，平均大約每100年才有90種脊椎動物滅絕，平均每27年有一個高等植物滅絕。正是因為人類的干擾，使鳥類和哺乳類動物滅絕的速度提高了100倍到1000倍。

2008年5月，英國「倫敦動物學會」和「世界自然基金會」合作出版的《生命行星指數 (Living Planet Index) 》指出，全球野生動物的數量自1970年以來，已經劇減四分之一至近三分之一，而罪魁禍首就是人類。因為人類活動



與經濟生產所造成溫室氣體的影響，估計每20分鐘就有一種生物從地球上消失。



超限使用，臺灣生態陷危機

在臺灣，超限使用的情形亦不遑多讓。森林、魚類和野生動物資源，由於經濟開發、濫伐濫捕、盜獵等過度利用而消失的實例屢見不鮮，同時也導致許多基因流失。

臺灣的山區正被高山農業及一座座攔砂壩、水庫盤踞；據統計，至2006年止，全國山坡地屬超限利用面積共22293公頃。這正是形成地質脆弱、土壤鬆軟、每遇大雨便土石成災的一大原因，也造成山區內眾多動植物失去棲地、備增生存危機。

此外，國內的溼地，為興建房屋和商業區而填平；海岸邊則覆蓋了道路、工業區及發電廠；近海，過量捕撈和珊瑚礁開採仍在持續。這些富藏物種的生態系及棲地遭受超限使用，伴隨而來的空氣、水資源污染，以及不當開發造成自然水文的改變，都使生物多樣性跟著逐漸下滑。

除了動植物和生態系資源外，我們也過度使用其他資源，例如水資源。臺灣過度抽取地下水造成地層下陷以及土地鹽化，使植物難以生存，也使生物多樣性面臨重大危機。

近來，由於休閒風氣興起，我們還面臨了旅遊資源破壞的重大課題。

2003年，農委會林務局調查所轄林班地的溪流狀況，其中位於翡翠水庫集水區，供應大台北居民飲用水來源之一的烏來桶后溪，水質由原先的甲類標準（可直接生飲）降為乙類用水（煮沸後飲用），主要原因就是遊客過量。



林務局所調查的地區，大部分是尚未開放的地區，原本一般人難以到達。但是能跋山涉水的休旅車隊，開進狹窄的產業道路，進入林班地，甚至開上河床。有些車隊在河床地測試車子性能，不斷輾壓河床地，破壞棲地，同時製造噪音污染，甚至更換的機油，直接倒入溪流中，污染水源。還有民眾為生營火或烤肉，帶著電鋸，直接砍下林班地內的柳杉木。

生態旅遊廣受國人歡迎，因此也引來財團在山區及湖邊興建高級旅館；為迎接觀光客，海岸鋪上水泥變成道路；過多遊客湧入，踩斷淺海珊瑚礁，製造污染和噪音。許多被國家列為禁區的生態敏感區，人們無視警告，偷潛入內登山玩樂，甚至盜獵、盜採、盜伐。

政府礙於經費及編制有限，或無法杜絕人們心中的僥倖，甚至挑釁。但身為自然的愛好者，當你受到吸引而進入大自然，是否曾想過，你在享受自然還是破壞自然？



▲ 全球有許多地區處於乾旱危機，未來恐引發水資源爭奪戰（攝影：Bob Metcalf）



生態系內生物個體之數量不會無窮增長，其總數會受到環境條件之限制而停止，此生態系可忍受之最大生物量即為該生態系之承載量。

Carrying Capacity

每一地區能容納單一物種個體數有其最大限制，稱為該地區的最大承載量，亦稱最大負荷力。

人口的承載量可分生物物質（biophysical）和社會（social）兩大類。就糧食而言，前者為免除營養不足的糧食產量；後者則為社會所企求較好的飲食。現有穀物產量可供養60億素食人口，但若攝取15%及30%的肉類，僅可分別供養40億及20億人口。社會承載量決定於生活方式、衛生要求及資源分配的基礎結構等因素。

既然現有穀物僅足供60億人口素食之需。在90年代初，世界因食物不足而無法保持健康者有4億7700萬人，因饑餓而無力工作者10億5300萬人。中國有8000萬農村人口，「飽而復飢，暖而復寒」。開發中國家5歲以下幼童有三分之一營養不足，每年有1千萬幼童死於饑餓及相關的疾病。

就水資源和能源而言，社會價值和經濟水平乃為決定承載量的重要因素。生活所需的房屋、衣著、書籍都可以換算為製程所需要的用水量，因此決定生活水準即可計算用水量。現在世界54%的淡水資源已被利用，

再增加的可能性極其有限，但有許多國家或地區所過的生活，卻早已超過了其水資源所能負擔的社會承載量。經濟發展必須避免環境污染和生態系統的惡化，否則地球的承載量將日益衰退。





根據世界貿易組織（WTO）的資料顯示，1948年全球商品貿易額為580億美元，到了2006年全球貿易總額已達23.84兆美元，經濟發展將世界距離大大縮減，全球可視為一個單一的金融市場，隨著金融、網路、商業模式、政治制度的全球化，人類的地球空間不再遙不可及。而在全球化浪潮下，統一規格的貨櫃隨著航運、海運大量輸送貨品，許多物種因此被攜帶散佈（如農業、商業、藥用、園藝、邊坡植生等貨品），海洋物種更可能搭船舶壓艙水的便車，擴散到全世界。

全球化下的外來種入侵

文／董景生

**除了棲地劣化、破碎化和超限使用，
目前隨著全球化的加速，各種物種及基因交流機會大為頻繁，
也為生物多樣性帶來另一重隱憂。**



外來種 v.s. 外來入侵種

在這些人類有心或無意的狀況下引進，跨越其自然分布區域的生物，稱之為外來種。以臺灣島而言，即是來自臺灣本島以外的物種，若採用更嚴格的定義，島內不同區域間的物種因人為因素流動，也是外來種，例如原本只分布在臺灣北部的原生植物種植到南部，也會使得此原生種植物成為南部的的外來種。

人類日常生活依靠許多外來種提供的好處，但少部分外來種卻會造成生態系的災害；當外來種具備入侵的潛能，進入生態系後，就成為危害本土生態系的大問題，通常我們稱這些具有強烈入侵能力的生物為「外來入侵種」。外





◀ 海洋外來種常隨船舶內的壓艙水擴散全世界（圖片提供：董景生）

來入侵種在異鄉因為缺乏原生地的天敵，一旦逸出、馴化並在野外繁殖後，常會對當地原生種造成威脅，進一步影響生態系的平衡，某些外來種植物甚至會導致輸入地農業體系的莫大損失，因此諸如紐、澳、南非等農業生產大國，皆非常重視檢疫的工作。

世界貿易組織注意到貿易與入侵種的關係，因此在其組織下的食品衛生檢驗及動植物檢疫措施協定（WTO Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary, SPS Agreement）中要求成員國的檢疫單位訂定標準，以使人類、動植物免遭有害生物、疾病入境、立足或擴散的風險；同時防範、限制有害生物入境、立足或擴散所造成的其他破壞。不過，SPS Agreement的設計主要是為了確保各成員國不以進口限制做為貿易保護的障眼法，以符合自由、公平、安全貿易的原則。外來入侵種對生物多樣性的廣泛影響，並非SPS Agreement的主要考量（註1）。



▶ 口蹄疫等病毒隨著觀光或遷移造成跨國農牧損失及公衛威脅（圖片來源：United States Department of Agriculture）



臺灣是一島嶼，島嶼生態系十分脆弱，島嶼生物受到海洋的屏障，一旦因人為運輸打破國界與海洋疆界的藩籬，將很容易受外來入侵種的侵害。不幸的是，隨著全球化、貿易、交通、旅遊等途徑，外來入侵種正大肆佔領臺灣，而臺灣的經濟競爭力越高，全球化貿易越熱絡，也就提供外來入侵種更大的舞台。



全球化下不可避免之代價？

臺灣於2002年加入世界貿易組織，與世界不同地區國家農畜產品的流通日趨頻繁，加上國人生活水準提高，出國旅遊風氣日盛，國外疫病蟲害及其他外來種經由不同途徑侵入的機率也大增，入侵種管理工作刻不容緩（註2）。由於外來入侵種不僅是區域性問題，更是國與國間的國際議題，因此須更加積極謹慎的面對物種入侵的挑戰。

「預防」與「減輕影響」是我們必須慎重思考的策略，藉由公共資訊、風險評估、貿易法規建立、進口貨物管理



等政策，我們能加以預防可能入侵的外來入侵種軍團，經由封鎖、壓制，才能移除已經造成的危害。而防治外來入侵種，我們應該擁有一個健全且跟國際接軌的資料庫，進行事先的分析預測，若不幸外來入侵種已經造成危害，物理性、化學性以及生物性的防治就成了當務之急。



我國防治加把勁

外來入侵種已成為生物多樣性的重點議題，全球各國都相當重視。在臺灣，外來入侵種尚無法定的主管機關，唯其相關業務目前係由行政院農業委員會的動植物防疫檢疫局等單位處理。入侵種的風險評估、風險管理、防治經費、防治機制、監測等等正在著手進行之中，它們都需要加速確立，以維護我國的生物多樣性，保障國民生計（同註1）。

但外來入侵種的處理，並不只是農政單位的責任，目前農委會的防疫檢疫局沒有能力處理農業害蟲以外的入侵外來種；臺灣需有更高階的部門整合跨物種的外來種議題，並能迅速而有效率的處理。外來入侵種是國際社會共同面臨的問題，我們也需要加強外來入侵種資訊的傳播與流通，經由全民運動，讓每個人都能協助減輕外來入侵種造成本土生態系的損失。

註1：詳見趙榮臺所著〈外來入侵種與生物多樣性〉一文，收錄於生物多樣性教學資源教材《生物多樣性概論》。

註2：詳見〈農委會加強監測防治，防杜外來生物入侵〉，農委會新聞稿，2004年4月18日。





臺灣島地理環境特殊，位於亞熱帶與熱帶氣候交界處，地形變異大，植相豐富，造就了臺灣多采多姿的生物多樣性，但因臺灣的島嶼面積小，生態環境相當敏感與脆弱。然而臺灣民眾喜新厭舊的觀念，使得這個小小的地方，卻引進了700餘種的外來植物，這個數字還不包括那些非商業引進的外來植物。

綠色之癌：外來入侵植物

文／颺如思

人們在有意無意間引進了外來植物，隨後就這麼上演了一場生態大戰。來勢洶洶的外來入侵種植物，一旦霸佔新殖民地，將以哪些厲害手段「屠害」本土生態環境？



與本土種爭奪資源

外來種植物的來源，多由人為主動或無意間所引進。像是為了農業、貿易或觀賞之用，多半會從環境氣候與臺灣相似的地區引進（早期引進的香澤蘭及銀合歡，近年引進的小花蔓澤蘭，皆原產於氣候與我們類似的中南美洲），之後再進行馴化，選出更適合在本土生長的植株。

而這些經過馴化的植物，一旦逸出野外，有些可能因為水土不服或氣候不對，而默默退出新舞台；有些則與本土植物和平共存；但是有些不但在此立足，並且入侵佔領該新環境，搶奪其他原生植物的生存資源，有如人體的癌細胞一般，所以近年的小花蔓澤蘭、香澤蘭等，學者多稱之為「綠色之癌」，許多原生植物正因此面臨威脅，有些甚至走向滅絕。





◀ 非洲鳳仙花由於顏色豐艷而引進國內
(圖片提供：許嘉錦)

造成生態危害的外來入侵種植物，其入侵方式主要有三種：分泌化學物質，改變土壤性質；寄生他種植物，吸取養分；適應力與繁殖力強，搶奪其他植物的生長資源。以下舉例分別詳述：

分泌化學物質：許多植物都會自根部分泌化學物質，以改變土壤的性質，如酸鹼性等，使得其他植物無法適應，此時這種植物就可以獨佔此區資源。就如銀合歡，能分泌「含羞草素」，一旦銀合歡入侵某地區，該區的其他植物便會難以生長而漸漸減少，最後形成銀合歡純林（全部都是銀合歡的樹林），像墾丁國家公園內可以就見到大片的銀合歡純林。

寄生其他植物身上：寄生性植物能以纏繞、黏附等各種方式，先將自身固定於寄主身上，再伸出吸足鑽入寄主體內，吸取寄主養分。有些寄生性植物因為生長速度慢，繁殖能力差，並不易造成寄主死亡。但是有些外來的寄生性植物生長速度快，拓殖力強，會將寄主養分吸乾，造成寄主死亡，然後將目標轉向其他植株。近年來廣受討論的日本菟絲子，便是以纏繞的方式先附於其他植物上，在吸取寄主養分迅速拓展、蔓延的同時，原來的寄主已經奄奄一息了。就有學者推測，日本菟絲子將會造成臺灣生態危害，提出了強烈的防治警告。



搶奪生長資源：許多入侵種植物，靠的不是毒素或寄生，而是強取豪奪生長資源。早期引進的非洲鳳仙花，生長非常迅速，大量繁殖的結果，使得其他植物沒有足夠的生長資源，只好退出當地環境。近幾年聲名大噪的小花蔓澤蘭，則是整片蓋在植物上，其他植物遭到綠雲罩頂，完全無法進行光合作用。在各縣市的旱田、果園常可見滿滿一大片小花蔓澤蘭，實在讓人看了怵目驚心。



逸散野外成浩劫

不論入侵種植物以哪一種方式入侵，一旦入侵後便難以清除。因為它們都具有適應力強、生長快速、不易死亡、繁殖力強、種子數量多且種子休眠期長、不易根除的特性。所以入侵種植物常常砍不勝砍、拔不勝拔，許多農民只好放棄耕地，因為防治的花費遠遠超過成本。

除了商業用途，有些為了生物防治或實驗所需，也會引進外來種；更多則是農民或園藝業者走私農園產品，甚至國人來往各國夾帶入關，都極易形成檢疫一大漏洞，使得外來種造成入侵，帶給本土生態面臨重重考驗。此外，這些入侵種植物造成農業上相當大的損失，連帶影響經濟發展。除此之外，政府每年還需編列大筆預算進行防治，農業成本提高，也降低了農產品的國際競爭力。同時外來植物壓迫本土植物的生存空間，造成本土植物的死亡甚至滅絕。植物多樣性降低，將嚴重影響臺灣的生態環境。

目前政府在行道樹的樹種選用上，以及水土保持用的護坡草種選培時，都盡量以本土原生種為主，減少採用外來種植物，就是為了避免發生入侵種危機。除此之外，民眾也要全力配合政策，避免讓引進的外來種逸散到野外，而造成生態浩劫。





白痣珈蟪

文、攝影 葉文琪

牠們的雄蟲全身豔綠，還有一對深藍翅膀，因此有人替牠們取了一個非常傳神的雅號：青肌琉璃豆娘。2000年才確定為臺灣的特有種。

當白痣珈蟪雌蟲飛進雄蟲領域時，雄蟲會輕飛靠近，並將腹部末端上翻，露出黃褐色斑紋，同時快速拍動翅膀，做出邀請。

更奇特的是，雄蟲在做這種展示行為時，有時會乾脆坐在水面上，隨水漂流一小段距離。



外來入侵動物有些是隨著農產品、園藝作物、木材原料等偷渡過來，像是入侵紅火蟻，正是因業者引進苗木，而隨著苗木的包附土過渡來臺灣，引起了民眾的恐慌。此外有些外來入侵動物則是人類特意引進後，因為管理不善逸出或是不負責任棄之野外，而破壞了生態平衡，降低生物多樣性。

駭客來襲：外來入侵動物

文／颺如思

**彷彿一場奇特的因果遊戲：人們為了吃喝娛樂，
引進外來種動物；外來種動物驅趕了本土動物，
人類再來驅趕外來種動物。只是這場遊戲的代價可不小。**

以下我們根據人類為食、衣、住、行、育樂等方面所需而刻意引進的外來動物，舉例說明入侵種對其他生物的危害。



今日寵物 明日禍源

食：在民以食為天的前提下，人類常會從其他地方進口動物，來滿足老饕的胃口。臺灣有非常多這樣的案例，吳郭魚、美國螯蝦等都是因此才引進的。這些物種，經過有計畫的篩選、培育、大量繁殖後推廣到市面上。然而，有些引進的動物卻不為消費者所接受。像非洲大蝸牛、福壽螺就是不符合臺灣人的口感，遭養殖業者放逐於排水溝渠或灌溉水道中。非洲大蝸牛在1930年代初期引進臺灣，短短10年內就已經造成臺灣農業嚴重損害。福壽螺的為害更甚，在1980年代引進臺灣後，兩年後的調查便已指出臺灣大部分的農作物遭受其入侵，政府花費了3900多萬進行防





◀ 福壽螺啃食茭白筍
(圖片提供：黃仲杰)

治，但成效不彰；6年後，遭福壽螺啃食的稻米損失，價值達12億7千萬臺幣，這個數字還未包含其他農作損失。

衣：澳洲的兔子原先是為了休閒打獵而引進，後來則做為毛皮的主要來源。最早只有24隻，但是繁殖太迅速（假設你養了一對兔子，在食物、空間充足的情況下，3年後就有1300萬隻兔子塞在你家），飼養者不堪負荷，因而野放。這些野放的家兔成功的入侵澳洲各地，數量最多時曾達40億隻，牠們吃小苗、啃樹皮、挖草根，同時挖掘洞穴而破壞水源。嚴重威脅當地農牧業的生存，並使澳洲特有的有袋類，因食物缺乏而瀕危。

住：為了解決居住環境裡的鼠患（這些老鼠經常是因為人類活動所帶進來的，參看下一段「行」），人們往往會養貓來抓老鼠。但是貓不只會抓老鼠，也會抓小鳥。紐西蘭史帝芬島的燈塔管理員在1890年左右，養了一隻貓，這隻貓先後從島上叼回了17隻小鳥屍體。燈塔管理員將其中10隻賣給了標本蒐藏者亨利·崔弗斯（Henry Travers）製為標本。1894年，這批標本在倫敦的鳥類學家聚會上，首次公諸於世，命名為 *Traversia lyalli*，並認定為史帝芬島特有的鸚鵡。但這17隻標本，也就是現在鳥類學家對史帝芬島鸚鵡（Stephen's Island Wren）僅有的認識。其他史帝芬島鸚鵡的下落，可能就要問那隻貓了。





▲ 史帝芬島鷓鴣圖，
Walter Lawry 1905
年所繪（圖片來源：
維基百科）

行：隨著運輸工具的發達，許多不善於遷徙的物種，跟著人類的運輸工具擴散到全世界，老鼠就是躲在船艙中，而跨越了海洋的阻隔，散佈到世界各地。這些老鼠啃蝕樑柱、偷吃糧食、散播疾病，威脅人類生命財產。此外老鼠還會偷吃鳥蛋及小鳥，紐西蘭3種不會飛的鷓鴣中，有兩種就滅絕於入侵的鼠輩口中。

育樂：有很多外來種是因休閒娛樂的目的被引進，因而形成入侵種，危害本土生物多樣性，臺灣目前為了娛樂而引進的入侵種有大陸畫眉、巴西龜、琵琶鼠、鱧魚等等。當牠們逸出或被棄養，有些與原生種雜交，降低基因多樣性；有些天性兇猛，會攻擊原生種，而使物種多樣性減少；有些則是廣食性，與原生種形成消耗性競爭（exploitative competition），甚至直接捕食其他種的卵或幼體，造成生態系多樣性的流失。



入侵動物的防治

要避免外來入侵動物的危害，最根本的方法是一一不要引進，但這非常不容易做到。既然如此，大家就要有正確觀念，絕對不要棄養外來動物，也不要由於宗教信仰，隨意購買動物來放生。

但是當入侵種動物已經造成危害時，又該怎麼辦？早期相當流行生物防治法，可是往往造成另一項入侵種問題，而且可能更嚴重，所以使用生物防治法必須相當謹慎。

目前大部分的學者都建議，若是數量少或是尚未擴散的族群，應該評估完全撲殺的可行性。在國外，確實有成功撲滅入侵種的例子，如塞昔耳群島上的入侵溝鼠，曾威脅塞昔耳鷓鴣等珍稀物種的生存，在溝鼠成功自島上移除的



同時，也保護了這些物種。紐西蘭在1981～1993年間，成功的撲滅30多個面積不到200公頃的小島上之溝鼠、緬甸小鼠、家鼠及家鼯鼠。

這幾年才在臺灣出現的緬甸小鼠、入侵紅火蟻，研究學者都傾向完全撲滅，但這必須許多條件的配合。生物學者 Bomford & O' Brien 認為要徹底撲殺入侵種，需有下列條件：一、移除速率超過繁殖速率；二、阻斷入侵的可能路徑；三、具生殖力的個體都要撲殺，當這三個條件俱足，才可能撲殺成功。同時，還需要有下列條件配合：一、當族群密度很低時，仍然可以偵測到這種動物；二、經過評估，撲滅措施利大於弊；三、社會與政治環境能全面支持。這些條件可做為政府撲滅外來入侵種的參考。

生物多樣性小百科

競爭

物種間（兩或兩個以上的物種之間）的競爭，會造成某一種的個體因為另一物種的個體，對資源的使用或干擾，而導致生育率、生存率或成長率降低。

物種常因種間的競爭而退出原本生存良好的地區。在消耗型的競爭類型中，能更有效率消耗共用資源，就是較成功的競爭者。兩個物種同時消耗多種資源的時候，會發生競爭，但仍然有機會共存。例如：A、B兩種細菌共同需要a、b兩種資源，但A細菌消耗a資源時較有效率，B細菌則消耗b資源時較有效率。當兩種細菌都能分別將較能掌握的資源量，控制在不讓對方能效率的利用時，就有機會達到共存的結果。





有人將外來入侵種比喻為駭客入侵，沒錯，這些外來的物種往來者不善，牠們藉由人為刻意或非刻意的引入，前者包含為養殖、觀賞或食用等目的而引入，後者則可能是隨著船舶運輸之壓艙水、船底附著之生物，或隨運河開通後所引入。這些水域外來入侵種將與當地物種產生競爭、捕食或帶來疾病，因此會對當地物種組成、棲息地及生態系造成深遠、甚至無法恢復的影響，也繼過度捕撈、棲地破壞、污染及環境變遷等因素後，成為水域生物多樣性消失的重要原因之一。

霸佔臺灣水域的入侵駭客

文、圖／廖運志、許嘉錦

臺灣的海洋和淡水資源日漸消頹，除了過度捕撈、棲地破壞、污染及環境變遷，還有許多駭客，正在「謀害」我們的水域生物多樣性。

面對此項危機，我們除了應審慎評估與管制外來物種的引入之外，亦需對民間宗教放生及野放寵物現象等有所限制，同時政府也應當積極的進行相關調查、監測及教育宣導，才能有效遏止外來駭客對全臺水域的侵襲！以下列舉幾種已經廣泛分布於臺灣並具有危害潛力的水域外來種，提供相關簡介供大家參考，亦邀請大家一起為防制水域外來入侵種而努力！



似殼菜蛤

似殼菜蛤（*Mytilopsis sallei*）屬於軟體動物門的雙殼綱生物，原分布於大西洋西印度群島，藉經過巴拿馬運河到太平洋或跨越大西洋向東蔓延，目前臺灣西南部海岸皆有發現。本種的入侵途徑可能是附著船舶底部，或是藉由壓



艙水帶入浮游期的幼生來散布。其影響包括阻塞管道、造成港灣或水道工程的損害，並危害當地的養殖物種。



◀ 似殼菜蛤

文蛤

目前淡水河口所產的文蛤（*Meretrix lusoria*）並非臺灣原生種，為早期日治時代所投放的日本文蛤，隨後散播至臺灣各地，也是目前臺灣的文蛤養殖種類。



◀ 文蛤



綠殼菜蛤

綠殼菜蛤 (*Perna viridis*) 俗名孔雀蛤，屬於軟體動物門的雙殼綱生物。原產於菲律賓以南的熱帶海域，目前已經普遍於臺灣西部甚至東部沿海發現，常與牡蠣混生，為本省的漁產品之一。殼菜蛤科可分泌足絲，極易附著於漂浮物如船舶、浮流木等，因此入侵途徑亦可能是附著船舶底部，或是藉由壓艙水帶入浮游期的幼生來散布。目前，在許多港岸的消波塊及沿海蚵棚上已大量出現，恐影響港灣工程設施及牡蠣生長。

▶ 綠殼菜蛤



牛蛙

牛蛙 (*Rana catesbiana*) 原產於北美洲，為早期自日本及美國引進蝌蚪及幼蛙繁殖飼養，由於體型碩大、食量驚人，對臺灣原生蛙類極具威脅性！入侵途徑除了自養殖場逃逸之外，還包括宗教及人為放生行為。

◀ 牛蛙





紅耳泥龜

紅耳泥龜 (*Trachemys scripta*) 在坊間稱為巴西烏龜，其實牠的原產地在美國東南部各州及墨西哥境內，而不是南美洲的巴西；原來這是當年寵物業者為求方便而借用巴西龜 (*T. dorbigni*) 名字的結果。牠的頭部兩側有鮮紅色的斑點，因而被稱為「紅耳龜」(Red-eared slider)。臺灣在1990年代由美國引進做為寵物，後來由於人類棄養及放生等行為進入野外，因適應力佳而成功的在河流、水溝、沼澤、湖泊或池塘等各種棲地中繁殖。幼龜偏向肉食性，會吃原生斑龜和食蛇龜的蛋，對原生龜類的生存產生很大的威脅。



◀ 紅耳泥龜





福壽螺

福壽螺 (*Pomacea canaliculata*) 為軟體動物門腹足綱生物，原產地在南美洲，引進臺灣繁殖飼養後，因為肉質不符國人需求而遭棄養，隨後藉由溝渠、水道快速散布，並嚴重危害農作物。在目前已知水域外來種中，以福壽螺影響最劇，除了被福壽螺吃掉所造成的農業損失外，防治的花費亦投入相當大的成本，估計每年因此損失數十億，且目前仍無有效之防治方法！此外，福壽螺也是廣東住血線蟲的中間宿主，對人類健康具潛在威脅，並已造成原生田螺的減少或消逝。



▲ 福壽螺和卵





美國螯蝦

美國螯蝦 (*Procambarus clarkii*) 原產於美國西南部沼澤地，早期由水族業者或養殖業者引進供觀賞兼作肉食用，但由於肉質不佳、體型小且觀賞價值不高，而遭任意棄養，隨後於各地之河川、水塘、溝渠、稻田滋生蔓延，並破壞農田水利設施，尤其喜愛挖洞的習性，常造成田埂或溝渠毀壞及導致水稻根部受損。



◀ 美國螯蝦



鱷龜

鱷龜 (*Macrolemys temminckii*) 原產於北美洲淡水河流及湖泊。近年來引進為水族寵物飼養，但因人為棄養而偶見於全臺各地水域。由於鱷龜屬於肉食性、且成長較快，屬於強勢的捕食者，因此使本土水生生物遭遇極大的生存威脅。



◀ 鱷龜





外來種的引進，為人類在糧食、園藝、寵物等方面提供了不同的需求，並且隨著人口的增加，引進的頻率、數量和種類也愈來愈大。但是這些為數眾多的外來種中，約有1%會成為入侵種，它們在臺灣的環境中生根立足，更造成嚴重的生態破壞、健康威脅或是經濟損失。

臺灣陸域常見的入侵駭客

文、圖／許嘉錦

並非所有來者都是客，也不是所有的外來者都是入侵駭客。

粗估臺灣約有3000種以上的外來種，

約有200種屬於入侵種，其中你我常見的幾種，不妨牢牢記住。

基於社會的生存和發展，引進外來種生物難能避免，然而政府應審慎評估有意引進的生物，並嚴格監控可能偷渡（意外引進）的入侵種名冊；對於不幸已經進入的入侵種，更應在事態尚能控制的黃金時效內除滅災情。目前粗估臺灣約有3000種以上的外來種，約有200種屬於入侵種，本文選介生活周遭常見的幾種入侵種，期盼能強化民眾對入侵種的認知，幫政府撐起監控預警的大傘，也張大防堵之網，讓我們得以坐享外來種之利，而無入侵種之害。



八哥

白尾八哥 (*Acridotheres javanicus*) 及家八哥 (*A. tristis*) 是臺灣數量最多的入侵鳥種。白尾八哥原產於東南亞地區的爪哇、蘇門答臘及馬來半島；家八哥原產於印度以及東南亞一帶。這兩種鳥類均因為人為引進飼養而來到臺灣，再經由人為的放生或是意外逸出而來到野外，生活在海拔500公尺以下的平原地帶與近郊丘陵，是目前最普



遍的外來鳥種。牠們擁有雜食、群聚、善於利用人類提供的隨機性食物來源等特性，因而特別能適應於都市和人類開墾的環境。根據研究，在彰化和南投兩縣境內，原生八哥 (*A. cristatellus*) 的數量遠小於 (小於15%) 這兩種外來種八哥，由此可知入侵種鳥類佔據原生種鳥類生存空間，並在繁殖上取得優勢。



◀ 白尾八哥在低海拔地區皆能見到



◀ 家八哥特別能適應人為開發地帶

入侵紅火蟻

入侵紅火蟻 (*Solenopsis invicta*)，英名Red imported fireant, RIFA。原生於南美洲巴拉那 (Parana) 河流域 (巴西、巴拉圭與阿根廷境內)，受到商業活動與農業運輸全球化的影響，在20世紀初入侵美國南方，如今已經成為全球問題，而臺灣在2003年也嘗到危害之苦。入侵紅火蟻在農業生產 (破壞生態平衡、取食作物)、環境衛生 (攻擊



► 入侵紅火蟻



人畜)和公共安全(破壞電器設施)上造成嚴重的問題，受害地區包括農業、都會區、住宅區、學校、公共設施、醫療、產業設施、機場、園藝場、墓地、高爾夫球場、電器與電訊設備等，使經濟遭受極大的損失。



白輪盾介殼蟲

蘇鐵白輪盾介殼蟲 (*Aulacaspis yasumatsui*, Takagi)，英名為Cycad aulacaspis scale。1976年首次在泰國曼谷的蘇鐵上被發現命名，1996年時入侵美國佛羅里達州，在沒有天敵控制及有效化學藥劑防治下，蘇鐵類植物受到嚴重威脅，甚至死亡。牠的入侵途徑可能是由蘇鐵苗木進出口所帶入，而入侵後的主要擴散途徑，則是經由國內苗木運輸流動。2000年該害蟲入侵臺灣，目前已漫延到全國之校園、公園、庭園及景觀綠地的蘇鐵類植物，且嚴重危害臺東蘇鐵保留地內的原生種臺東蘇鐵，已有不少植株死亡。



▲ 蘇鐵白輪盾介殼蟲





▲ 刺桐紬小蜂

◀ 刺桐紬小蜂在刺桐上形成蟲癭



刺桐紬小蜂

刺桐紬小蜂 (*Quadrastichus erythrinae* Kim)，英名為 *Erythrinagall wasp*，原生地可能是非洲，2000年首度發現於東非的小島，至今已擴散到太平洋和印度洋沿海十幾個國家。刺桐紬小蜂產卵在刺桐植物上形成蟲癭，並耗損養分使植物衰弱，甚至死亡，造成觀光、農業和保護老樹的損失。臺灣於2003年遭入侵，全島刺桐屬植物都受到感染，在政府行政、研究、管理部門跨層級的合作防治之下，雖然有不錯的成效，但至今危害仍然存在。說明了入侵種一旦進入，往往需要投注大量的人力與物力進行防治，然而能成功除滅的案例卻極少。



布袋蓮

布袋蓮 (*Eichhornia crassipes*) 原產地在南美洲的巴西，是一種漂浮性水生植物，由於它大而美麗的花朵，受到許多人的喜愛，因此被引進到世界各地做為觀賞植物。臺灣在1898年引入做為養鴨人家重要的飼料，隨即在全島水池及溝渠野生化生長。然而當飼料開始進口後，布袋蓮便失去原來的價值，不再被採收利用，因而常阻塞水道，不利





▲ 布袋蓮最初因花朵美麗而引進臺灣作為觀賞植物



▲ 布袋蓮密布河面，造成河道淤塞

於河川運輸和水利灌溉，颱風季節更會造成排水問題，需要耗費人力和經費定期清除。生態上，布袋蓮覆蓋水表、減少了水中日照，使浮游植物大量減少；而水流減緩，氧氣量也會降低，均形成不利其他水中生物的生存條件。



小花蔓澤蘭

小花蔓澤蘭 (*Mikania micrantha*, H. B. K.) 為菊科蔓性草本植物，原生於中南美洲，1950年代東南亞部分國家引進作為水土保持用的被覆植物，從此在亞洲擴散。臺灣的首次紀錄為1986年採於屏東縣。小花蔓澤蘭同時具無性的分枝及有性的種子繁殖能力：匍匐莖可長出不定根形成新植株，種子量多而輕隨風飄遠，因此繁殖力極強，廣泛的生長在臺灣海拔1000公尺以下之開發地。由於其快速生長，常攀援覆蓋林木，使受

▼ 小花蔓澤蘭花開美麗，易使人輕忽其危害



▼ 小花蔓澤蘭緊縛在其他植物身上



害的植物無法獲得足夠的光照而死亡，因而影響到鳥類及其他野生動物的棲息，形成對農業經濟（果樹等作物）及生態平衡的嚴重危害。

銀合歡

銀合歡 (*Leucaena glauca*) 原產於中美洲，早在1640年即引進臺灣，早期人們取它的嫩莖葉作為牲畜飼料，枝條用做薪材、綠肥，而種子及木頭雕刻品也可當飾物利用，所以在引入之初是屬於作物的形態，沒有入侵的問題；但到了1960年代，由於推廣經濟造林以製漿造紙，而後卻遭逢紙漿出口不利，使得銀合歡廣被種植，又旋即失去利用價值，更提供了它們蔓延的機會。

銀合歡極為適應臺灣的水土氣候，能耐貧瘠及鹽漬的土地，葉片具毒素能阻礙其他植物的生長，加上種子量多，庫存時間長，因而往往形成單一植物的純林地帶，使得生物多樣性降低，對水土保持也較為不利。

大花咸豐草

大花咸豐草 (*Bidnes pilosa* L. var. *radiata*) 原產於美洲，引入途徑不詳。它們的適應性也很強，特別是開發過的開闊地和荒地、道路，更是成片生長。在臺灣，它全年開花結實，種子具粘性，可沾附動物皮毛和人類衣物傳播。目前的研究結果指出，大花咸豐草對其他原生種鬼針草屬



▲ 銀合歡常造成純林現象，使四周生物多樣性大量降低



▲ 銀合歡常造成純林現象，使四周生物多樣性大量降低





▲ 非洲鳳仙花常做為園藝造景裝飾，
更加速其入侵繁殖機率



▲ 豬草可在任何縫隙生存，
並引發過敏反應

植物有強烈的競爭優勢，而大面積的生長也佔據其他植物的生存空間。另一方面，大花咸豐草的優勢間接的只提供單一的蜜源，可能使訪花昆蟲多樣性也隨之降低。



豬草

豬草 (*Common ragweed*) 原生於北美洲，臺灣約在1980年代就已存在，由於適應性較強且耐旱，常能生長在人工設施的縫隙，因此在濱海地區、路旁及曠野地區，常形成大面積的生長，佔據其他植物的生存空間。臺灣目前主要分布在金門及新竹以北地區。豬草的花粉會引起人類過敏性鼻炎、哮喘及過敏性皮膚炎等健康問題。



非洲鳳仙花

非洲鳳仙花 (*Impatiens wallerana*)，英名 *Zanzibar balsam*，於1966年由非洲東部引進做為園藝觀賞植物。由於植株莖肥厚多汁，可耐乾旱，而且種子量多，果實能主動開裂傳播，拓展性相當強。再加上許多風景區和綠美化工程，常選用非洲鳳仙花作為造景植物，因此造成野外數量驟增，目前在許多郊山道路和公園，都可以發現其逸出族群大量生長，佔據原生植物的生長空間。園藝上的便利、多樣的花色和經濟上的利潤，使得非洲鳳仙花一直廣被利用，卻顯少人關心它美麗背後可怕的排擠效應。政府雖已經開始防治的研究，但在此以前，或許更應該同時宣導外



來種植物的可怕性和危害嚴重程度，透過溝通和研商，讓大眾和園藝界能減少使用或是杜絕外逸事件；否則一方大量種植，另一方卻要花錢防除，無疑將成為無解的雙頭馬車。



▲ 銀膠菊曾在金門引發嚴重入侵問題

銀膠菊

銀膠菊 (*Parthenium argentatum*)，英名 Parthenium weed，原生於美國南部、墨西哥至中南美地區。臺灣最早在於1986年在高雄發現，當時是引進做為插花材料，到了1995年，已經擴展到彰化縣境內，並成為優勢的草本植物，1997年它也成為金門縣嚴重的入侵植物。銀膠菊生殖量大，對生長條件要求不高，常在公路旁、開墾地或廢耕地上形成大面積生長，佔據其他植物的生存空間；而大量族群產生的高濃度花粉，常引起人體皮膚及呼吸道不適。



▲ 日本菟絲子纏繞造成「黃癌」

日本菟絲子

日本菟絲子 (*Cuscuta japonica var. japonica*)，英名 Giant Asian dodder (巨型亞洲菟絲子)，原生於溫帶亞洲。可能藉由植物進出口而入侵或是藥用引種後棄種；臺灣在1990年首次被發現於南投縣，目前北、中、南各地的開墾地、果園或荒地都可以發現。日本菟絲子是寄生植物，它的根和葉子已退化消失，只保留黃色絲狀莖的形態，能寄生在各種植物體上，一旦絲狀莖纏上寄主植物後，會長出吸足，截取被寄生植物體內的養分，使寄主衰弱並因日照不足而死亡。日本菟絲子生長速度快(一天約15公分)，種子的產量大，壽命長達10年，可以靠斷裂的植物體生長成新植株。無疑的，日本菟絲子將繼小花蔓澤蘭的「綠癌」後，成為下一波「黃癌」。



▲ 日本菟絲子裂片繁殖，也可以開花結籽行有性生殖



自從西元1980年開始，科學家發現全球性兩棲動物族群數量有明顯下降的趨勢，超過6千種的兩棲動物中，大約47%有數量減少的現象，約33%呈現瀕臨絕種。研究顯示，蛙壺菌（*Batrachochytrium dendrobatidis*）感染可能是主要元兇。

青蛙生態大浩劫：蛙壺菌感染

文／劉家伶

外來入侵種之所以危險，不僅擠壓本土生物的生存空間，在肉眼難以辨視之處，一些微生物或病菌入侵，更讓本土生態產生莫大的浩劫！全球正有33%的蛙類，因此面臨危急存亡的關鍵！

蛙壺菌最早是在1938年於非洲爪蟾的身上所發現，當時整體的盛行率約為2.7%，於種別、區域及季節上均無明顯的差異。蛙壺菌在南非原是一種地方性的傳染性疾病，於初次被發現後的23年內，一直未曾在非洲以外的地區發現過，直到1961年才於加拿大的牛蛙檢出本菌。因此，學者們普遍認為非洲應該是兩棲類蛙壺菌症的起源，同時也懷疑可能是因1930年代中期後國際間貿易的往來漸轉趨頻繁，因而造成本病的散播。

在2005年Welton等的調查發現，國際間進出口非洲爪蟾（*Xenopus laevis*）的帶原機率已達約10%。文獻回顧顯示，近30年來許多國家皆已陸續證實有壺菌症的存在，其分布地區遍及拉丁美洲、歐洲、非洲、澳洲及美洲，但是亞洲除外；不過在2007年6月日本共同社首次報導神奈川縣野外牛蛙已確認感染了蛙壺菌症；而在2008年11月，日本學者也正式發表發生於2006年的外來種寵物蛙玩家私人繁殖場的蛙壺菌感染症。

目前資料顯示，此種疾病在野外難以遏阻，一個區域內具感受性的兩棲類受感染後，高達8成會在數月內死亡，



嚴重感染會造成蛙類滅絕或絕種。但有關蛙壺菌的致病機轉，目前仍不明。



蛙壺菌知多少？

正常蛙類皮膚腺體具有分泌至少6種不同胺基酸，部分胺基酸可以抵抗病毒、黴菌或細菌感染，是正常體表對外界的一種防禦機制。文獻指出，在實驗室內，以活體外方式（*in vitro*）模擬蛙類皮膚腺體所分泌的不同胺基酸濃度，可以間接影響蛙壺菌的活性及致病性。

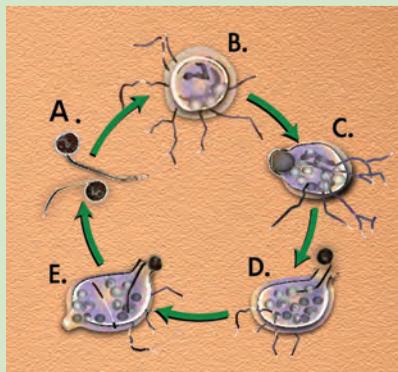
此結果或許間接說明不同品種蛙類的皮膚腺體因所分泌的抗菌胺基酸不同，導致對蛙壺菌感受性的不同，雖然胺基酸濃度的不同或許是一個因素，但野外暴發本病的真正原因及狀況，應無法完全以此單一因素來解釋。

蛙壺菌可生存在水中、呈腐生或寄生在動植物體內，其生長溫度範圍為4~25°C，最適合溫度為17~25°C，溫度高於28°C或低於10°C其生長即變緩或停止，生活史於22°C下約4到5天（註），因此本病的發生應與溫度相關。

因物種差異導致感受性不同，所以發病率及死亡率均不

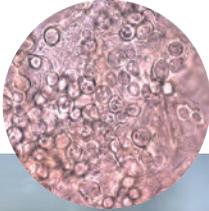
蛙壺菌生活史

- 階段A：從成熟的孢子囊釋放出孢子，此時孢子有鞭毛在水中37小時內具有運動性。
- 階段B：孢子附著在兩棲類動物皮膚表面，之後形成菌絲吸收宿主的體液與養分。
- 階段C：孢子細胞逐漸變大，細胞質內出現許多細胞核，細胞壁向外形成乳突樣突起。
- 階段D：此時孢子囊內可見許多孢子及明顯的排出管。
- 階段E：孢子囊內可見間隔（*septa*）形成，內含有數量不等的成熟孢子。



- ▼ 皮膚壓片檢查可看到15~20微米圓形或橢圓形孢子囊，偶爾可見乳突狀的排出管，孢子囊內含有數量不一的孢子

(圖片提供：劉家伶)



- ▲ 感染蛙壺菌的病蛙腹部與四肢明顯出現皮膚增多及腹部皮膚潮紅的現象

(圖片提供：劉家伶)

同。這種真菌主要寄生於兩棲動物的皮膚，進而影響皮膚的功能，包括滲透壓的維持、溫度的調節、呼吸、體液的維持及電解質的平衡；臨床症狀為衰弱、嗜眠、反應力下降、腹部膨大、體表顏色較為暗沉、姿勢異常、無法翻身、失去反射功能及偶見痙攣等。目前為止，尚未傳出蛙壺菌感染人類或其他動物的病例。

蛙壺菌可藉由水的污染、直接接觸污染物或動物機械性傳播，並藉由輸出入而導致國際間的散播。目前已知的帶原者有蝌蚪、美國牛蛙、非洲爪蟾、蔗蟾 (*Bufo marinus*) 及虎斑鈍口螈 (*Ambystoma tigrinum*)。

當蛙類受到感染後，表皮將出現粗糙或潮紅，伴隨沾粘灰白色腐脫之上皮，皮膚病灶區主要以腹部及後肢內側皮膚為主；若進行組織病理學檢查，則可見表皮呈現輕度到嚴重增生、糜爛到潰瘍，非角化上皮細胞呈現增生、變性及壞死，伴隨異嗜球、淋巴球及組織球浸潤。上皮可見大小約15~20微米圓形或橢圓形孢子囊 (sporangium)，其表面偶可見排出管 (discharge tubes)，孢子囊內含有數量不一的孢子 (spore)；表皮角質層內常常可見內部不含孢子的殘存孢子囊；大小約7~15微米的未成熟孢子囊，則寄生於較深層的表皮細胞間或細胞質內，細胞內可見多個細胞核。



兩棲動物的諾亞方舟計畫

新近的文獻指出，此疾病的爆發必須考慮其他的協同因子，大部分學者認為全球暖化是最大主

因，其他的因素包含棲地破壞、氣候變化、外來物種之間的競爭、環境污染、紫外線、季節及其他不明原因。兩棲動物中蛙類佔多數，牠們在食物鏈上扮演重要的獵捕者與獵物雙重角色，是全球食物鏈中的重要環節，成為水生動物與陸生動物間的連結，假如沒有兩棲動物，許多昆蟲的數量將無限制地增加，威脅公共衛生與食物供應，間接增加疾病散播。

2008年1月3日自由時報相關報導指出，蛙壺菌為全球性重要的議題，美國對此因應之道是進行「兩棲類方舟計畫」，這項「兩棲動物保育行動計畫」預估耗資3千萬英鎊（合臺幣19億元），規模之大，堪稱兩棲動物版的諾亞方舟。

在這項計畫中，最珍貴的物種將移至動物園、水族館等機構的保護區，確保牠們的生存。此計畫由隸屬世界自然保育聯盟物種生存委員會的「保育繁殖專家小組」、「兩棲動物專家小組」及世界動物園與水族館協會進行籌畫。

目前國外防治及控制方式有以下幾點：一、必須建立國內調查資訊，檢視是否野外、圈飼或寵物店有此病感染；二、減少輸入疫區兩棲動物；三、避免及控制病原擴散，針對疫區進入做管制，人員進出皆需要穿雨鞋、實驗衣及塑膠手套，若離開疫區器具需要消毒，接觸不同兩棲個體時，需更換拋棄式手套，廢棄物品一律消毒或高壓滅菌；四、推廣教育社會大眾，不捕捉及不購買蛙類；五、避免移動不同區域的蛙類，包含卵、蝌蚪及成體；六、避免移動不同區域的水生植物、動物、土壤或其他物質，避免間接傳播；七、管理蛙類必須要有傳染病防護之操作觀念。



全球蛙壺菌感染 臺大投入研究

根據2005年國立成功大學侯平君教授等所發表的臺灣寵物店販售的外來種兩棲類調查結果顯示，在臺灣西部都會區的



434家水族寵物店內，共發現49種外來的兩棲類，分屬14科31屬；其中美國牛蛙及亞洲錦蛙（*Kaloula pulchra*）在臺灣野外已建立族群，此外海蟾蜍（*Bufo marinus*）、非洲爪蟾及綠箭毒蛙（*Dendrobates auratus*）則有入侵其他地區的紀錄；進口的國家包含非洲、美國、東南亞、歐洲、大洋洲及太平洋群島。

有鑒於臺灣兩棲類寵物的進口皆來自蛙壺菌的疫區國家，再加上臺灣的緯度及氣候均適合蛙壺菌的生長，因此臺大獸醫系的研究團隊藉由回溯性探討及病例收集，以組

織病理學及PCR診斷技術，探討臺灣是否亦有本病的發生。截至目前，臺灣發現13隻陽性例係來自三家爬蟲寵物店、一家非犬貓動物醫院及一位寵物蛙的飼主，這些感染蛙部分進口自美國、哥倫比亞及巴西，部分則來源不明。陽性病例以角蛙為主，佔13例中的10例，陽性率佔總角蛙數的13.5%（10/74），帶原水生蛙則佔總水生蛙數的10%。本研究的結果顯示，臺灣外來種的寵物蛙類已受到蛙壺菌的感染，其來源可能是藉由進口貿易引入。

臺灣的氣候及環境均適合蛙壺菌的生長，如未針對本病作適度的防治，未來極有可能入侵臺灣本土蛙類，由於臺灣蛙類以赤蛙科為主，其生活習性有較高的親水性，一旦蛙壺菌散播至野外，很有可能會造成本土蛙類生態上的嚴重影響。除了對本病的嚴重性應作適度的宣導外，相關的追蹤調查亦應持續進行，以利對本病的監控。

註：請詳見Berger L, Hyatt AD, Speare R, Longcore JE. Life cycle stages of the amphibian chytrid *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Dis Aquat Org*, 68: 51-63, 2005.





排排坐吃呱呱

文、攝影 毛俊傑

夜間發現學校實習林場中的赤尾青竹絲，總會一隻隻排列在離水泥牆約15~20公分之處，像面壁思過一般。經過一年觀察，原來，沿水泥牆活動的動物明顯較多，這些動物所留下的氣味，提供了重要的嗅覺線索；而水泥牆也因為所謂的熱島現象，在夜間成為相對溫度較高的地點，極易讓赤尾青竹絲藉由感熱的頰窩，偵測到體表溫度較低的蛙與蟾蜍。



根據國際農業生技產業應用服務中心（International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, ISAAA）主席Clive James發表的2004年度報告，全球基因改造農作物的種植總面積已達8140萬公頃，其中種植面積最多的為美國、阿根廷與加拿大，前四大基改作物依序為大豆、玉米、棉花與油菜。以美國為例，其基因改造的大豆、玉米與棉花，相對於該作物總種植面積各佔85%、45%與76%。

基因污染對生物多樣性有害嗎？

文／謝雯凱

農業利用與生物多樣性的關係，有時相輔，有時相衝突。

單一作物大片面積的栽種對基因及物種多樣性的衝擊，

久為人所詬病；那麼，如果田裡種的是基因改造的農作物呢？

這些作物基因改造的品種特性依作物而有不同，大豆種植鋤草最費工，所以有研發出抗除草劑的基改大豆，基改玉米則以抗蟲為主，另外，也有兼具抗蟲與抗鋤草劑的品種。這麼繁多的品種都有一個相同點，這些基改種籽較一般的貴上兩倍，而且均被孟山都（Monsanto）、先鋒育種（Pioneer Hi-Bred International）與拜耳等數家大公司牢牢掌握，他們不但擁有基改種籽的專利，有時還搭售同家公司的農藥與農事機具。最令人詬病的是，為了維持每季的種籽收益，生技公司以專利權為藉口，要求農民不可以依照傳統習慣留下好的種籽至下一季播種。為了這個「留種」的習慣，美國已經有許多農民被告上法院，並賠償給生技公司一大筆錢。



小農民對抗大公司

1997年的某天，孟山都的稽查員在加拿大小農民施梅哲





◀ 施梅哲已成為捍衛獨立小農權益的代言人
(圖片來源：Wettach / 適用CC-BY授權條款)

(Percy Schmeiser) 的油菜田裡發現自家公司的專利基改品種。施梅哲並未購買孟山都的種籽，而是附近基改油菜的花粉隨風飄來，與他的油菜雜交產生種籽。當他一如傳統留下優秀的油菜籽隔季播種，所挑選的一些種籽中其實擁有基改的種籽基因，於是便被控偷竊孟山都的專利權。

2004年5月加拿大高等法院判定施梅哲敗訴，但法院認定他並非故意偷竊，因此不必支付孟山都索求的20萬美元賠償金。

施梅哲的案例舉世矚目，這個法律判決證實了企業專利權不容侵犯，但也間接證實了基因流動 (gene flow) 這回事，於是環保人士、有機農民與消費者團體紛紛援此判例向生技公司提出抗議或控告。有機農民往往是基改農作風潮下的犧牲者，只要他的田在基改農田的周邊，就有遭受基因污染 (genetic contamination) 危險。

基因流動其實是生物演化的過程之一，譬如水稻花粉飄到其他相近種類的禾本科雜草，一旦授粉成功，這株雜草的雜交後代便擁有兩種植物的基因。單棵雜交物種不易存活，但是大規模的雜交族群就有機會演化成為新的品種。那麼，萬一當初授粉的水稻是基因改造的呢？



- 1995年中國出現的
基改稻米
(圖片提供：中國綠色和平)



綠色和平組織中國分會2005年4月在武漢的家樂福賣架上，發現基因改造稻米的蹤跡。當時全球沒有一個國家核准基改稻米的商業種植與販賣，包括中國在內，那麼基改稻米是怎麼來的呢？綠色和平人員與媒體記者在當地訪查種植基改稻米的農民，循線找到問題稻米的來源：華中農業大學的基改稻米試驗計畫。他們懷疑該計畫研究人員將基改種子販賣給農民，但已遭到學校否認。



基因污染層出不窮

這不是單一個案，自1996年第一批基改番茄商業上市以來，基因污染的案件便層出不窮。基因改造的農作物，外觀上並不容易與一般作物分別，以致於農民可能在無意間種下基改作物，也可能混入其他一般農產品中賣進市場，或再賣給其他農民作為種籽。

當然，既然基改作物有利可圖，農民也可能以取巧方式取得種源，違法偷種再進行轉賣。2003年8月，臺灣衛生署抽測市面上的木瓜，七分之一檢驗出是基因改造，而基



改木瓜在臺灣仍屬實驗室階段，並未核可任何的商業種植，遑論販賣給消費者。據推測是試驗木瓜園附近的農民為了對抗嚴重的木瓜輪點病毒，甘冒風險私自偷竊苗種。



科學上的不確定性

基因改造的農產品吃下肚到底會有什麼問題？科學家無法給一個明確的答案，因為基改食品的發展不到十年，無法提供任何長期食用的研究數據，僅能說短期對健康可能無害。有些環保人士會提出DDT殺蟲劑的案例比擬，當年DDT受到政府大力推薦，農民廣泛使用，一直到40年後科學家才逐漸確認它的毒性不但會累積在生物體中，也嚴重傷害生態環境。

基改作物對生態環境的傷害，會不會像DDT這麼嚴重？科學家一概以「科學上的不確定性」來回答，以求最中肯的說法。確實在這段時間內，許多研究者努力去證明基因改造生物對環境有害，但是往往由於實驗方式粗糙，或是推估性質過大，而不被採信。

通常環保人士與科學家在謹慎的評估下，認為基因污染對生態可能造成的衝擊包括：基改作物可能殃及諸如蝴蝶與鳥類等非目標生物、出現抗蟲與抗藥性極高的超級雜草（superweed）、產生雜交混種，最後降低生物多樣性等。



生態危害尚待科學家證實

我們知道害蟲往往很快就適應殺蟲劑，果不其然，牠們也在三年內就能適應抗蟲性的基因作物。不過科學家真正



擔心的是與耐除草劑基因作物雜交的雜草，經過數代演變可能成為讓農民與除草劑公司都頭大的超級雜草。但當真正的超級雜草案例發生時，卻讓研究者哭笑不得。加拿大一處基改油菜田收成之後改種其他作物，上一期農作遺留在土壤中的油菜籽卻兀自發芽，而且殺蟲劑殺不死，成為超級油菜。但是期待中的超級雜草卻尚不可見。

基因污染降低生物多樣性最重要的例子，是墨西哥的基改玉米污染事件。2001年《自然》科學雜誌（Nature）發表研究報告，表示墨西哥的原生種玉米遭到基因污染，原因乃美國基改玉米輸入，而農民在不知情的狀況下種植，產生混雜。墨西哥是現代玉米的種源地，玉米也是當地的傳統作物，當地原住民村落仍會同時種植多種玉米，以保

- ▼ 2008年12月台灣第一個「無基改農區」在花蓮富里的銀川永續農業農場成立
（圖片提供：綠色陣線協會）



護種源的多樣性。因此當知道原生玉米遭到基因污染時，在墨西哥造成極大的騷動，科學家更擔心玉米的基因多樣性就此喪失。

還有一個著名的實驗，有科學家以食用基改玉米餵食帝王蝶，發現牠的腸道受到影響而發育不良，儘管許多人引用這項實驗，但實驗本身卻因為瑕疵而降低了可信度。

其他科學家則考慮到生態平衡問題。從實驗室釋放到田野的基改生物，往往是優勢物種，有就是更耐蟲害、或是發育更快的物種。當該物種進到自然界中，或多或少都會侵擾原有的生態體系。許多人把基改生物比做現今在世界各地肆虐的外來種生物，預告它們的危害。美國在2000年左右便研發出成長速度快7倍的基改鮭魚，卻由於種種的疑慮現今仍未核准商業養殖。最主要的質疑便是基改鮭魚一旦逃脫至野外，將奪取一般鮭魚的食物與生存空間。

基因污染是否危及生物多樣性？基改鮭魚釋放到野外，會不會因為適應不良而自行滅絕？基改玉米的基因，會不會在經過幾代的雜交後，就消失不見了呢？目前只能以一句老話說明，這個領域充滿太多「科學上的不確定性」，在沒有提出更確切的數據之前，無法確認基因污染危害生物多樣性的程度，甚至無法證明是否已經造成危害。然而DDT的案例殷鑒不遠，會不會當確認基因污染的有害時，生態的損害已經不可收拾了？除了基改生技廠商，沒有人敢保證。





2007年4月，許多媒體曾報導全臺灣高達一千萬隻蜜蜂突然失蹤，在近年許多暖化報告相繼出爐下，據推測極有可能是「全球暖化」，或是噴灑農藥等因素所造成。似乎現今很多異常現象都可以推給「暖化」問題？

蜜蜂失蹤，都是氣候變遷惹的禍？

文／彭啟明

**愛因斯坦說，蜜蜂如果消失，人類活不過4年。
而今全球蜜蜂真的大量失蹤了！氣候變遷帶給生物多樣性的
威脅日益嚴峻，這果真是其中的一樁嗎？**

為了查證這樣的觀點，筆者特別找到幾位養蜂人，卻得到非常迥異的答案。就人們首先懷疑的氣候因素，筆者特別找了2007年的氣象資料比對，該年1~4月，臺灣的平均氣溫僅略高於平均值，並沒有太過異常特殊的現象，雨量也未明顯偏多或偏少，僅降雨日略少，暖化現象的確有，但也未達到明顯堪稱異常的地步。甚至因為該年天氣較為穩定，花開得比較茂盛，也因降雨較少，少有大規模受損的現象，反而產出的蜂蜜品質更高一些。



眾說紛云的離奇死因

蜜蜂消失是否為農藥所造成？蜂農對此略有不同看法。由於蜂農習慣於龍眼或其他作物開花時讓蜜蜂開採，這時候並未開始噴灑農藥，但蜜蜂是否沾惹到其他農作物之噴灑，則有待懷疑，過去也甚少出現這樣現象。據多數蜂農推測與經驗，極有可能是細菌或病毒，例如美國發現的神經病毒，而造成大規模蜂群的死亡。另外，過去也有人推測是否是電磁波影響，經過基地臺附近的蜂農比較，並未





◀ 蜜蜂採蜜
(攝影：葉品好)

出現明顯差異。

對於沙塵暴干擾的推測，的確會對蜜蜂的嗅覺產生很大衝擊，但據觀察，2007年度中南部沙塵天氣並未如往年頻繁，發生機會不高。至於媒體報導因為天氣偏暖，蜜蜂晚上也工作造成過勞

死，這也很難由科學判斷；蜜蜂不像蝴蝶可以做標記，方便找出牠們的特性。

雖然這次蜜蜂大量死亡，很難由氣候異常的角度來找出原因，但隨著全球暖化所造成的氣候變遷，例如溫度上升、冬天不冷、夏天越熱之特別劇烈的天災機會將增多，此外極端暴雨或強烈颱風的機率也升高，對未來許多生態上的衝擊將更為劇烈，一夕之間很有可能造成大規模的毀壞或滅絕，畢竟過去許多物種的滅絕和氣候變遷是脫離不了關係的。動植物在整個生態系中屬於弱勢族群，其雖然有自我調整的能力，但遇上極端條件時，很有可能立即面臨崩解。例如禽流感等疫情，雖未明顯得知原因，但許多科學家也推測是由於氣候異常，改變候鳥體內與生存的條件，才造成新型病毒的產生。

對其他伙伴多點關心

在臺灣，許多含特有生態現象的習俗或諺語，常反映氣象變化前的徵候，例如蚯蚓大量增加、燕子高飛或低飛、



► 2008年4月國工局派員指揮交通、縮減車道，以利紫斑蝶通過高速公路
（圖片提供：生態工法發展基金會）



蛇或爬蟲類出現異常習性等；有些是和地震有關，有些只是短期天氣變動所帶來的自我適應調節。這些都是短期的氣象變動，不見得有立即上的災害；但面臨全球暖化時，我們不該只局限於人類自我的防災，更應對我們在地球上的其他夥伴多一點關心與照顧。

畢竟在動植物食物鏈中，若某一環節產生缺口，即有可能造成生態上的重擊，也可能反噬我們的日常生活，例如這次的美國及臺灣發生大規模蜜蜂失蹤事件，即造成全球蜂蜜的價格上漲，可能影響許多作物未來的產量，直接影響到我們的日常生活。

已經連續2年，每當4月紫斑蝶大量遷移，國工局特地在國道封閉部分道路，並在清水溪橋段附近架設防護網，以保護紫斑蝶順利通行。雖然成效尚未立即顯現，但對生態保育而言，臺灣真正邁出了一大步！全球暖化對人類或許只是冷氣開強一點，但對於動植物及生態來說，這是一個嚴峻的挑戰，也是人類面臨潛在的重要威脅。



第三章

棲地保育與生物多樣性

2008年，IUCN全球保育大會指出，目前全世界每4種哺乳類中，就有1種面臨永久消失的危機。過度開發所造成的棲地喪失、氣候變遷等，正是啟奏大滅絕序曲的主因。在敲響警鐘之際，身為始作俑者的我們，該如何還給萬物一個安全健康的棲身之地？

(攝影：何俊霖)





有一首人人朗朗上口的兒歌：「我家門前有小河，後面有山坡」，但在人為不斷開發、環境破壞之下，已經換成了「門前小河不見了，後面有土石流」！這些棲地劣化或破碎化的問題，如果一直放任其繼續惡化，許多物種將在該地逐漸減少甚至消失。因此，我們需要設法加以改善，以回復或至少維持棲地的生物多樣性狀態。

環境棲地的復育

文／颯如思、林穆琳

消長、颱風、地震……即使沒有人為干擾，棲地生態一樣會衰竭，人類該不該插手呢？若決定進行棲地改善，又該照顧到什麼原則？

在談復育前，我們先來了解一下環境棲地的自然變化。在一片空無一物的土地上，日曬充足，水分逸失快速，適合少數耐曬耐旱的植物生存，我們稱為先驅植物，這時也只有少數幾種吃草的小型先驅動物出現在這裡，整體而言，生物多樣性很低。這些先驅物種（pioneer species）通常長得不高大，可以減少對水分、養分的需求；生命週期短，可隨時應付突來的遽變。由於植物的光合作用製造養分，土地累積足夠的養分後灌木開始出現，土地也變得溼潤，因為灌木的根能涵養較多的水分。接著，喬木也



▶ 馬鞍藤耐曬耐旱耐鹽鹼，是海濱常見的先驅植物



出現了，這一片土地有了樹蔭的遮蔽，變得更加溼潤，連空氣中都充滿溼氣。各種蕨類、真菌、多樣的植物及大大小小的動物，霸占各個生態區位，然後慢慢的，森林發展進入極盛（climax）時期。之後先驅物種因為曬不到太陽，土壤又太溼，漸漸退出這塊土地，直到下一次的干擾作用（interference）發生。

這樣的過程，我們稱為消長（succession）或稱演替。

保育觀念的轉變

50年代的學者普遍相信，在沒有人為干擾的情況下，當森林到了極盛時期，生物多樣性會達到巔峰，消長不再發生，任何干擾只會使生物多樣性降低。所以早期的保育大部分是將稀有物種棲息的環境劃設保護區，禁止人類入內活動。但這樣圈地保護的形式，很容易讓人誤解，保護區以外的地區就可以開發。

70年代以後的生態學家則注意到，環境隨時都在變動，像颱風、水災等干擾隨時出現，自然隨時可能變化，棲地生態永遠維持在一種動態平衡中，即使一個不受人類干擾的地區，也會有許多自然的改變；再加上對自然環境的開發，遠遠超過環境的自我修復能力；因此若人類有特定的保育目標，而欲維持一個地區之某個特定的演替階段，則人們必須採取必要的手段介入來控制自然的變化。

國內常有人誤解，只要是保育，或是保護區，那就一定不能動其中的一草一木，如此方可維持生物種類和數量。但其實保護區有很多分類，國外就有許多野生動物保護區或自然公園常會使用必要的措施，來改善棲息地的品質，確保生物族群的豐富度和多樣性。





▲ 為保護棲地生態必要時可進行封溪

IUCN在《世界保育方略》(World Conservation Strategy)所提出的「保育」觀念是：「人類使用生物圈加以經營管理，使其能對現今人口產生最大且持續的利益，同時保持其潛能，以滿足後代人們的需要與期望。因此，保育是積極的行為，包括對自然環境的保存、維護、永續性利用、復原及改良。」也就是說，在資源不足的時候，即加以保護，待數量達一定程度，足以生生不息時，再利用該資源。簡言之，是基於「永續利用或管理」所採取的行為。



事前監測和評估不可缺

正由於生態系隨時處於動態平衡的變化之中，要進行復育前，就應該先釐清我們所希望達到的目標，是10年前、20年前、還是30年前的模樣；是以哪種標準來執行？以溼地為例，必須要先考慮復育這塊溼地是為了恢復涵養水源功能，或是為了保育其中的生物多樣性？是否要兼具生態教育功能？接著評估這樣的可行性如何，再來進行整體的規劃。

汪靜明教授曾介紹一項魚類棲地復育計畫，這項計畫位於美國科羅拉多州的大辛普森河。這裡起初是一處非常著名的飛繩釣及溪釣鱒魚河流，但在1976年間因山洪爆發，政府為防洪而施作了一些水泥工程，工程所留下的破壞，致使魚群種類和數量在10年內不斷下降。為了恢復溪流生態多樣性，當地政府及保育團體展開生態資源調查，釐清問題所在：如沿岸植被太少、河床被水泥工程破壞嚴重、上游蓄水致使水流量不足等等，再提出進一步的規劃。接著，當地政府、環保團體結合了民眾、志工，以鄰近地區現成的木頭、岩石為材料，以最自然、最簡省的方法從事魚類棲地改善工作。經過事後持續監測評估，顯示魚群量增加了65%。

以上文為例，一個完整的棲地復育規劃，一定要在事前對





◀ 環境資訊協會與
志工在澎湖東嶼
坪進行珊瑚礁體
檢及生態調查
(攝影：張祖德)

復育地的自然資源進行詳盡且長期的調查，包括古老文獻的蒐集與整理，來抓出問題點，並且了解復育地整體的環境功能，包含物理（溼度、溫度）、化學（營養組成）與生物（植被、生態區位）等狀況，才能據以提出完整的配套措施，再來進行物種保存與棲地復育的工作。計畫進行中，還需將各方相關人士的參與一併加入考量，才能使棲地復育的工作事半功倍，並確保後續維護工作有效而持續的進行。

反觀國內，卻常出現為求速效的棲地復育，對當地生態缺乏完整認識及規劃，反而造成更嚴重的生態破壞的案例。比方說大量繁殖生命力強的物種，再釋放到非原生棲地，結果造成本土外來種的問題，如東部河川的魚類復育。或是培育瀕危物種野放回原棲地，但未對原棲地的開發進行限制，結果只是徒耗時間、金錢、人力，如中部山區的螢火蟲復育。

護傘種有效全面保育

近年學者還提出一個概念，就是「護傘種」（umbrella species）的概念。所謂「護傘種」通常是指位於食物鏈上層的大型肉食性動物，因為牠們需要的活動範圍大，通常涵蓋多樣的棲地。牠們的生存仰賴其他物種，如果以「護



傘種」做為保育目標而保護了牠們的棲地，連帶的也可以保護這個範圍內的所有大大小小已知或未知的物種。

因為在有限的經費、知識與時間的限制下，生物多樣性的維護必須以最有效率的方式進行。然而我們不可能一下子就弄清楚各種生態系中的所有物種以及牠們的生存需求，然後再根據這樣的瞭解來規劃保育的方式，於是「護傘種」的概念就應運而生。因為理論上，如果知道「護傘種」的活動範圍與棲地需求，就可以規劃必須保護多大面積範圍的棲地，如此便可同時維護牠的食物、棲息地、活動空間，和所有與牠有關的共存生物。然而保護「護傘種」的棲地是否能同時保護其他需要優先保護的物種與多樣的棲地，不能只靠直覺主觀的判斷，而需要確實的調查研究，確認究竟保護何物種，才能最有效地保護生物多樣性。



兼顧傳統文化的復育

所謂全面的棲地復育計畫，不能只考慮自然因子，還需擴大涵蓋社會經濟背景與文化要素，畢竟人類不是環境的旁觀者，而是自然環境的一份子。環境棲地常因人類的活動行為而受到影響，社會經濟的問題、行政管理的權責，乃至人類對土地的使用方式，都會影響生態復育的成效。同時保留人類傳統文化，亦是環境棲地復育的重要課題。

許多學者指出生物多樣性與文化多樣性之間，有著複雜而密切的關係，現在很多國家都與原住民合作經營國家公園，因為原住民人口稀少、生活方式簡單，且大都仰賴當地自然資源維生，加上彼此有獵區限制，並存在聖山禁區的信仰，大致上保存了完整的生態體系與維持生物多樣





◀ 著名的艾爾斯岩就位於烏魯魯國家公園內，在還給當地原住民後已改稱為烏魯魯巨岩（攝影：Thomas Schoch / 適用CC-BY-SA授權）

性。此外，由於他們長期與大自然互動，對於當地的生態環境有著豐富的知識與管理經驗。

在澳洲，政府在律法上極尊重原住民權利。1979年時，澳洲政府歸還卡卡度地區原住民的傳統土地，但附帶條件是必須將此土地租給澳洲政府成立卡卡度國家公園，並由原住民和澳洲自然保育局共同管理。此外，澳洲政府又在1985年10月26日，正式將烏魯魯國家公園的土地權狀遞交給烏魯魯原住民。如卡卡度的模式，擁有烏魯魯地區土地的原住民與政府簽訂了99年的租約，來延續國家公園的政策與管理，差別在於將原來的管理權則，改由以原住民與國家代表共同組成（原住民佔多數）的共同管理委員會來承繼。

借重原住民對大自然的認識，也使得人們對環境的傷害減到最低，並維持生物多樣性。位在澳洲中北部乾旱地區的卡卡度與烏魯魯國家公園，都藉由原住民耆老的經驗，進行適度且小規模的放火焚林，以免枯枝落葉過度累積，引起一發不可收拾的森林火災。同時這樣的焚林也可以維持環境的動態變化，使先驅物種得以留存下來。美國、加拿大、日本、南非，也都會為了保育先驅性的稀有物種，進行小規模伐林或是控制性的焚林。一味限制或是過度開發，都不是正確的方式。

環境棲地的保育有很多方法，重點在尊重生命、尊重傳統文化，每一種方法都不是絕對，值得我們好好研究。若能互相搭配，保育工作就更有效率。





生物多樣性的喪失導因自許多因素，諸如氣候變遷、外來種入侵與污染，不過世界保育聯盟（IUCN）在1994年與2004年相隔10年發表的瀕危物種紅皮書中，都將「棲地喪失」列為降低生物多樣性的最大原因。紅皮書中，86%的鳥類與哺乳類、90%的淡水魚以及30%以上的海洋生物直接受到棲地破壞影響而陷於滅絕危機。到了2006年，甚至河馬、北極熊，都列入了紅皮書中。

棲地保育的國際現勢

文／謝雯凱、林穆琳

棲地保育的概念一直推陳出新，除永續利用、兼顧人文與自然生態的維護，國際上還有哪些議題正在發酵和進行？

因此，各國政府與國際組織都瞭解，要談生態保育，就要先做好棲地保護。然而棲地保護的工作在實行上有一定困難，譬如說哪一塊區域需要保護？保護的範圍多大？而可利用的政策工具有哪些？這些都是在國際會議中屢屢被提及的問題，而這些問題也在近年有了新答案。



加入生態系與永續管理的新觀念

生物多樣性公約中除了物種與基因多樣性，也強調生態系多樣性的保護。世界人口持續增加，開發的範圍不斷擴張，不但侵擾自然生態系，也造成棲地破碎化與破壞。然而在許多地方，地方居民早已和環境形成共生關係，為了維持傳統，避免因人口膨脹與隨之而來的開發需求造成生態崩解，「人」的角色被引入生態系來思考。在國際間，為了同時顧及生態、社會和經濟面，逐漸發展出不同的棲地保護方式，譬如社區林業、永續林業經營、環境信託或





◀ 日本民眾為保護宮崎駿電影中龍貓所居住的森林，共同捐款買下6塊地，以信託方式交給龍貓故鄉基金會經營

居民共管的保護區模式等（註）。

在這當中，世界自然基金會（WWF）發展出來「以生態系為基礎的管理」（Ecosystem-based Management, EBМ）日益盛行，這是一種永續的漁業利用方式，期望藉此減少商業漁業行為對海洋生態系造成的衝擊破壞。這個概念也開始延伸引用在其他生態系，以利於產業發展與生態保育間的折衝。

保育講求合作結盟與跨界利益

國際間有許多國際公約與組織持續合作，以推動世界各地的棲地保護與復育工作，其中最主要的公約包括溼地公約（Ramsar Convention）、世界襲產公約（World Heritage Convention）和生物多樣性公約（Convention on Biological Diversity, CBD）；主要的國際機構與組織則有聯合國環境規劃署（The United Nations Environment Programme, UNEP）、IUCN、WWF、大自然保護協會（The Nature Conservancy）、國際保育（Conservation International）等。在生物多樣性流失嚴重的今日，各方合作的急迫性更高了，也有愈來愈多機會與不同層級、不同組織展開跨領域合作，尋求共同目標與跨界利益。



以溼地公約為例，在1999年第7屆締約國大會時，該公約組織和WWF、國際鳥盟（Birdlife International）、IUCN和國際溼盟（Wetlands International）締結為夥伴關係。之後，又與生物多樣性公約組織、遷徙物種保育公約組織（Convention on Migratory Species, CMS）以及一些區域性的溼地保護組織結盟；後續更有企業界加入，例如2004年，與私人企業法國愛維養（EVIAN）礦泉水公司簽署了合作計畫，形成多方合作。

以WWF為例，光是在2006年一年之內，WWF便在全球僱用了大約4000人，深入中南美洲、非洲及東南亞各地熱帶雨林，和當地部落面對面討論，推動棲地保育工作，同時也和世界銀行（World Bank）及歐盟等大企業與經濟體共同研商、促進全球棲地及生物多樣性的永續保育。

類似這種縱橫國際、區域與國家各個層次，跨越政府、企業部門、非營利組織和當地民眾的結盟合作關係，儼然成為國際生態保育的發展趨勢，但是除了國際保育需要各方合作，各地區性小型的棲地保護計畫，也需要各方合作提供財力、物力、技術、專業的奧援。

生物多樣性公約強調生態資源的永續利用及惠益均享，2003年世界保護區大會上也一再提及這樣的原則。眾人體會到跨界利益才能確保跨界合作的成功，也才能使棲地保育成效得以持續。例如結合當地住民共同發展生態旅遊，一方面將在地居民納入合作伙伴，另一方面也可讓旅遊者從中獲得感動，加入支持保育的行列。如果規劃與執行得當，就可兼顧資源永續利用與惠益均享。

又例如在墨西哥的米卻阿肯州（Michoacan）原本有座森林，後來為種植玉米而遭砍伐。IUCN鼓勵民眾進行森林復育之後，每年10月，上百萬隻帝王蝶從加拿大和美國飛





◀ 國際間出現結合生態旅遊和志工服務形式的旅遊方式，對棲地保育直接提供人力及財務上的支持

越4000公里，降臨在米卻阿肯森林。跟隨著蝴蝶而來的是絡繹不絕的遊客，為當地民眾帶來了收入。這正是棲地保育、在地民眾和遊客三贏的例證。

全球化為棲地增添威脅

但生態旅遊也可能帶來超過棲地所能負荷的人潮，為棲地的永續經營埋下不定時炸彈；而全球化為棲地保育帶來更多的新威脅，例如外來種入侵、傳染疾病擴散、商業貿易需求導致非法、非永續狩獵及採集的壓力更難歇止，使現今的棲地管理面臨更多的挑戰。

全球貿易自由化，也為各類自然棲地造成更大的衝擊。以農業為例，主要的稻米生產國有了更大的市場，便擴大原有的稻米生產區域，使得許多原本生物多樣性豐富的自然區域，都變成植被單調的稻田。甚者，為了灌溉水資源的需求而建造水壩與水道工程，連帶破壞了內陸水域與淺山森林生態系。類似狀況也出現在歐盟補貼政策下的糖業，以及在中南美洲企業化經營的咖啡產區。

儘管國際間對抗全球化的議題面向紛雜，以致棲地喪失的議題並未受到關注，然而還是有許多抗議行動與棲地保護有關，其中最重要的是有機農業與公平貿易的呼籲。世界貿易組織（WTO）的貿易排除條款中，雖有禁止補貼以促進農業的綠色條款，但消極的規定並無法遏止大規模的





▲ 吉里巴斯共和國由一連串環礁所組成，著名的千禧島便是其中一座（圖片來源：NASA）

農作物種植對棲地的持續壓力，譬如將森林轉為企業化的生質能源作物農場，或砍伐熱帶雨林種植咖啡或棕櫚的情況，在近年仍時有可聞，卻是WTO未能管制的領域。因此在可預見的未來，針對商業化農業與生物棲地的衝突，或是跨國企業對投資國自然野地的破壞，仍會一再發生。



海洋棲地保育受到注重

2006年，美國總統布希批准在夏威夷群島西北海域設立國家級的海洋保護區，這個保護區比全美保護區加起來的總面積還要大，成為目前全球最大的海洋保護區。類似這樣海洋棲地保護計畫，可視為在生物多樣性公約下，締約國共同協議為達成「生物多樣性2010年目標」而努力所產生的效應。在該項目標當中，各國承諾對全世界10%的專屬經濟海域進行保護。而2002年世界永續發展高峰會中，各國領袖也承諾到2010年，將對全球海洋面積的20%進行保護；2003年世界保護區大會繼續敦促設立海洋保護區；2006年，IUCN也組成了公海專案小組（High Seas Task Force, HSTF），倡議在公海劃設海洋保護區，以保護不受任何國家的權力管轄、卻十分重要的海洋資源與環境，2008年生物多樣性公約第九屆締約方會議，更首次草擬了建立國際海洋保護區的標準，並計畫於2010年前公布正式規章。

由於海洋資源嚴重耗竭，全球對於島嶼國家、海洋保護區、漁業資源保護以及漁業管理的重視正逐漸加強，各國競相成立大型海洋保護區：在太平洋上，島國吉里巴

斯 (Kiribati) 成立的「鳳凰群島保護區」，約有11個臺灣大，包含8個環礁以及兩個水下珊瑚礁系統，是世界上第一個涵蓋了深海地形及海底山的海洋保護區。斐濟的總理及大酋長，則由於在2005年有效執行並達到了在2020年前將30%的全國海洋區域劃為海洋保護區的承諾，接受了全球海洋保育獎的表揚。

位於加勒比海的格瑞那達宣布將在2020年前將全國25%的海域設為海洋保護區；澳洲也宣布在澳洲東南部設立相當於其維多利亞州大的13個海洋保護區，朝向以保護區環繞全澳的方向努力。

保護海洋生物多樣性，除了劃設保護區，改變人們深海底層拖網的漁撈習慣也十分重要。

2006年，美國海洋暨大氣總署 (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) 批准了太平洋漁業管理會議 (Pacific Fishery Management Council, PFMC) 所提出的重要魚類棲地 (Essential Fish Habitat)，之後在這片海底深度3500公尺以內、15萬平方海哩、從加拿大沿岸延伸到墨西哥沿岸的廣大區域之中，將完全禁止極具破壞性的底層拖網漁船繼續作業。

另外，由四個大型漁業公司所組成的南印度洋深海漁業聯盟 (Southern Indian Ocean Deepwater Fishers' Association, SIODFA) 從2006年開始，自願停止在南印度洋11個區域進行底拖網作業。專家預估，此舉將大幅保護海底棲地，對海洋生物多樣性的保育效果，將比目前任一海洋保護區都來得大。



- ▶ 底拖漁船對海底破壞嚴重
而遭多方禁止
(攝影：Mahlum / 適用
CC-BY授權條款)



網路新科技，增加保育利器

新科技發達也可以為全球棲地保育帶來貢獻。2006年開始，風靡全球的「Google Earth」互動地圖，也使用在棲地觀察、推廣教育上。先是WWF與Google合作，將該組織150個相關保育計畫與「Google Earth」結合，只要使用者一點擊，當地的自然環境、知名動物棲息地及亞馬遜叢林森林砍伐或冰島冰河衰退等環境變遷，全都一覽無遺。

2008年巴塞隆納世界保育大會上，IUCN所屬的世界保護區委員會(WCPA)也宣布，在「Google Earth」上選取特定的海洋保護區，就會出現當地的豐富資料，包含照片、影片和故事，解說當地的生態、歷史、文化及保護區管理等。保育界希望透過生動的網路工具，喚起大眾對海洋生態的重視。

另一種結合感測器、運算器以及無線網路通訊而成的無線感測網路(Wireless Sensor Networks, WSN)技術，近年來也已應用在生態學上。它可提供一個高密度的時間與空間的監測，使人更輕易了解大自然複雜的交互作用；並將





◀ 我國的東沙環礁海洋公園在「Google Earth」上清晰可見，再點當中的地球圖樣，可進一步看到更多圖片和資料

記錄運算出來的環境因子數據，無線傳輸到全球任一地的資料庫中。也就是即使生態學家人在亞洲，也能得到來自非洲或美洲某棲地的精細監測數據，來進行更進一步的研究。目前這項技術，已有愈來愈多國內外的學術單位，使用在棲地監測、土壤及氣候溫溼度記錄及物種習性觀察等用途。

此外，利用衛星遙測來進行環境監測及預警系統，除了可對棲地進行即時生態監測，也能幫助相關單位在有危及棲地安全之災害發生的第一時間做出反應。目前國際間出現許多跨國與跨領域的大型合作計畫，更可以整合衛星遙測、預警系統、棲地網路監測及視訊會議等現代科學與技術，建立起跨單位及跨國的聯結。我國在2007年3月，曾於墾丁舉行全球珊瑚礁生態觀測網整合會議，便是運用以上幾項技術，對包括墾丁在內的全球珊瑚礁生態現狀及管理進行討論。





目前各國學者提出許多劃設保護區的模式與準則，其中經常採用的是間隙分析法（Gap Analysis Program, GAP）和熱點分析法（Hotspot Analysis），再配合地理資訊系統（Geographic Information System, GIS），以有效的達到保護生物多樣性的目的。

保護區的選取與建立

文／颺如思

生物多樣性具有維繫人類生存的價值，而保護區是保育生物多樣性最有效的方法之一。保護區的劃設其實就是「就地保護」的作法，既然決定就地保護，那麼決定保護區該設在哪裡？需要多大面積？設立之後該怎麼管理等等，就需要一套準則來幫助決策。



劃設保護區的工具

地理資訊系統（GIS）是劃設保護區時的重要工具之一，此系統的功能以套疊的方式，整合不同類型的屬性及空間資料，如海拔高度、氣候因子、物種分布與數量、各類植被分布、道路分布、人口數目、建築物佔地等等，用以分析及評估是否還有許多受威脅或瀕危物種還落在已劃設的保護區之外，而需要另設保護區，或是以其他方法進行保育，以及在哪裡設立保護區才可避免被道路切割、被高密度的人類活動干擾、或是與開發衝突等等。臺灣進行保育多年，已經劃設了許多國家公園及保護區，但是為避免遺漏急需保育的物種，有專家建議評估各保護區間未受保護的區域，確認是否需要另行劃設保護區，或是連結現有保護區，使保育更具成效。



另一個規劃保護區常用的方法，則是生物多樣性熱點（hotspot）的分析。生物多樣性熱點的定義很多，目前較常用是物種數目（species richness）高，或是特／稀有種的數目（endemic / rare species）多的地區。熱點的範圍可能很大，如整個加拉巴哥群島上的所有生物；也可以小到如南投蓮華池中的各種水草與蛙類，只要該地區有許多不同種類的生物，就可稱之為熱點。因此有些熱點的選取還加入了該地生物多樣性受威脅的程度，以及一旦遭受破壞的不可復原性等因子，來評定熱點的優先順位。

以下圖為例，如果保護圖右上角疏遠山及龍河的紅色區塊，可以花最少的錢，保護最多的物種。雪風城的紅色區塊則有瀕臨絕種的鶴，且為低度開發，不會產生與開發的衝突。至於圖下方的月亮湖和天鵝湖，雖有特殊地形，但物種多樣性並不特別豐富或特殊；圖左側幻想山的植物組成則與疏遠山相似。



因此如果保護區優先選取的條件是「熱點」，那麼圖中紅色區塊即為優先設定保護區之處，而藍色區塊則為次要選項。



保護區的分類

許多人一聽到保護區，就會想到限制人類進入、完全禁止擾動與利用的區域，因而憂慮自己的權益受到影響。例如保護區內禁獵、禁採，會使原本在此進行狩獵或採集的周邊住民受到影響。

其實保護區只是一個統稱，它指的是任何為了保護特定的對象而限制使用的區域。而隨著保護的目標與對象不同，各類保護區管制的程度與項目也將有所不同。有的雖然限制很多，禁止任何干擾破壞；有的卻歡迎休閒旅遊；有的甚至大部分的時間開放供永續利用，僅在特定的時間或區域管制使用。目前全球運用最廣的保護區分類系統，是世界保育聯盟保護區委員會（IUCN / WCPA）於1978年訂定，之後又進行過幾次修正的版本。這個分類系統依據保護區的「經營管理目標（management objectives）」不同而分為六類，每一類都代表了各個不同的設立目的和管理方向（詳見右頁）。

而後IUCN也發起「說共同的語言（Speaking a Common Language）」計畫，鼓勵各國以同樣的分類方式，將國內保護區資料提供給聯合國環境計畫組織（UNEP）下的世界保育監測中心（WCMC），以建立世界保護區資料庫（World Database on Protected Areas）。據統計，過去幾十年中，全球所有地區保護區的總面積一直持續穩定上升，但自2000年後則保持相對穩定的狀態。



IUCN保護區分類系統

(資料來源：李光中，2003)

分類代號		分類名稱	經營管理目標
I	Ia	嚴格的自然保留區 (Strict Nature Reserve)	為了科學目的而設立的保護區
	Ib	原野地 (Wilderness Area)	主要是為了保護原野而設立的保護區
II		國家公園 (National Park)	主要是為了保護生態系和遊憩目的而管理的保護區。劃設目的有三：一、為了現代人和後代子孫而保護生態的完整性；二、排除抵觸該區劃設目的的開發或佔有行為；三、提供精神的、科學的、教育的和遊憩的各種機會，這些活動必須和當地環境和文化方面相容。
III		自然紀念地 (Natural Monument)	主要是為了保育特殊自然現象而管理的保護區
IV		棲地／物種管理區 (Habitat / Species Management Area)	主要是為了藉由管理介入達成保育目的而管理的保護區
V		地景／海景保護區 (Protected Landscape / Seascape)	主要是為了地景／海景保育和遊憩而管理的保護區
VI		資源管理保護區 (Managed Resource Protected Area)	主要是為了自然生態系的永續利用而管理的保護區

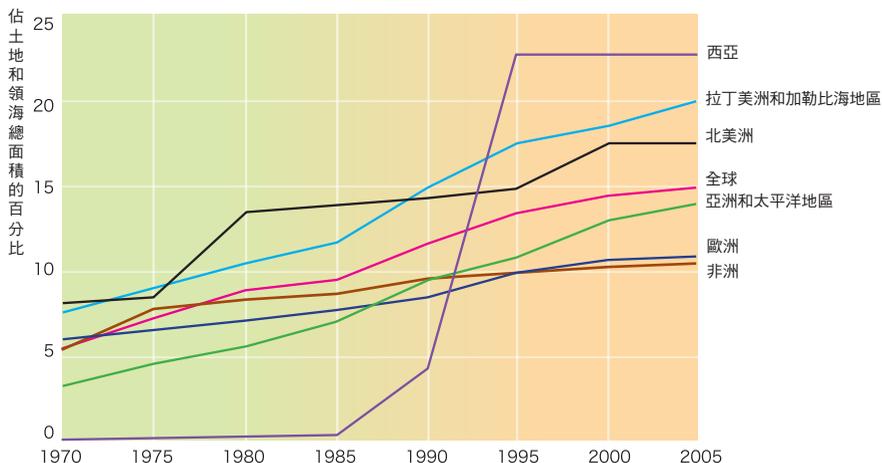
除了IUCN所推廣的分類系統，另外，聯合國教科文組織與生物圈計畫 (Man and the Biosphere(MAB)Programme) 於1974年提出「生物圈保留區」(Biosphere Reserve) 的概念，依據保護區的實際情況及特點，將全區劃分為三個



世界各洲保護區總面積佔全球面積比例

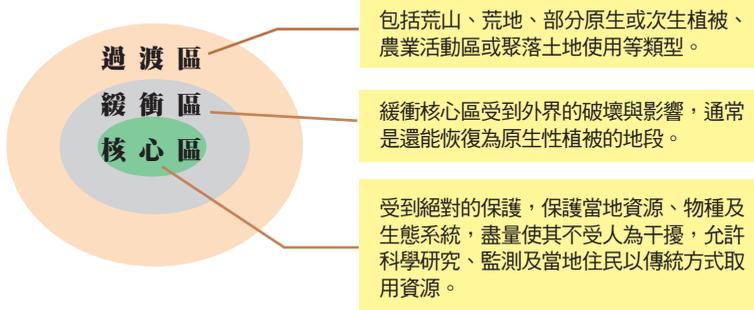
總面積（包括未列入國際自然保護聯盟分類的地區）

（資料來源：IUCN，2005）



生物圈保留區劃設示意圖

（資料來源：張隆盛、廖美莉，2002）





◀ 編號672號的世界遺產：越南北部下龍灣的海上石林（攝影：Thomas Hirsch / 適用CC-BY授權條款）

功能分區：核心區（core area）、緩衝區（buffer zone）及過渡區（transition area），分別以不同的方式來管理（詳見左圖）。目前在全球有117個國家中、共設有610個生物圈保留區。

除了以上兩種不同的保護區分類法，同樣也在推動保護區保育的聯合國教科文組織，也成立「世界遺產委員會」與「世界遺產基金會」，來維護世界級古蹟保存與自然保

育的成果。他們將世界遺產分為「文化遺產」、「自然遺產」及「兼有文化與自然特質的雙重遺產」三大類；通過審核者，將持續監測其保護成效。倘若發現對該地文化及自然保護不力者，將遭到除名。

截至2012年，經由「世界遺產委員會」審核通過的世界遺產已有962個，其中文化遺產745項，自然遺產168項，文化與自然雙重遺產29項。





為了保護與維持生物多樣性、自然以及與之相互依存的文化資源，設置保護區已是世界潮流。然而，如何有效的經營管理，以達成設置保護區的目的，一直是生態保育界重要的課題，例如身為國際最大保育組織IUCN，每10年會舉辦一次「世界保護區大會」，深度探討相關議題。

保護區經營管理趨勢

文／吳佳其、林穆琳

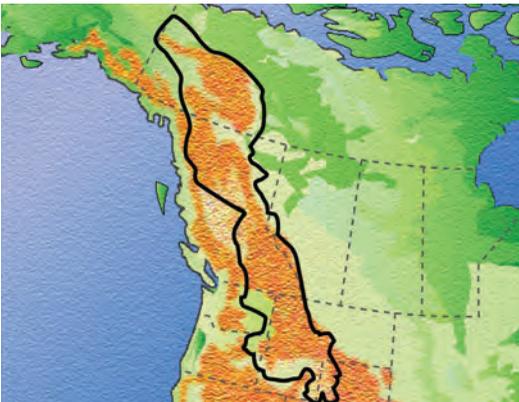
不論是「閒人勿進」或「歡迎光臨」，各種管理目標不同的政府、地方、私人或共管型保護區，在參與方增加之下，如何因應隨時可能發生的氣候、環境改變，成了保護區有效管理的一大挑戰。國際間還有哪些應運而生的管理趨勢呢？



跨越疆界的保護區形式

雖然保護區成立的目的是維護生物的棲地環境，但仍有「孤島效應」的可能，特別是在氣候變遷的影響下，若溫度持續上升，會導致高山之間產生地理隔閡。

▼ Y2Y廊道橫跨
美國和加拿大



因應此問題，IUCN在美洲提出Y2Y廊道（Yellowstone

toYukon Corridor）構想，將保護區由美國的黃石國家公園延伸到加拿大的育空地區，這樣大型的生態廊道，不但可以讓野生動物在全球暖化的壓力下有空間可以自由遷徙，也保育了生態系統的連續性。

臺灣則於2000年完成了「中央山脈保育軸」之建

構，以連結現有的14個保護區。

在日本，則將進行間隙分析，更全面性的進行保護區劃設，以達生物多樣性公約保護區工作計畫（CBD PoW）的規劃中，陸域於2010年、海域於2012年完成有效且全面性保護區規劃網絡的目標。



管理者多元性和利益均享

早期保護區的設置與經營管理都是由政府推動，例如香港保護區佔陸域面積約38%，其中絕大多數都是在1996年前由政府主導設置。這樣的好處是可事先保護、再研究，有了足夠資訊以及了解後，最後才進行使用規劃，以達成最佳的保護區模式；臺灣近10~15年來的經驗，卻常常是倒過來的，先有開發使用，才開始進行研究調查，最後才進行保育工作，如此往往需要花更多的時間進行後續的溝通與彌補的工作。因此，在進行生物多樣性與保護區保育工作中，「時間點」掌握非常重要。臺灣近年來，開發壓力愈來愈大，保護區的劃設相對困難，但保護區的形成模式也開始改變，愈來愈多的民間團體加入，民眾開始有管道表達意見，於是參與式的經營管理模

▼ 中央山脈保育軸共連結全臺保護區





▲ 宜蘭縣無尾港水鳥保護區由保護區的周邊社區居民協助「共管保護」
(圖片提供：港邊社區發展協會)

式逐漸成形。如宜蘭無尾港水鳥保護區自1993年劃設至今，各權利義務人已有互動對話平台及機制，是朝向未來「共管保護區」的重要里程碑。

全球對於保護區的治理，也正吹起一片去中心化、分權分責管理的風潮，管理經營者已不僅局限於國家政府（government），

也逐漸形成共管（co-managed）、私有（private）以及社區（community）的形式。未來的保護區管理模式，也不僅僅是由上而下（top down）或是由下而上（bottom up），應是兩者並行，以適應各地區環境及人文條件的多樣性。

管理型態多樣化，讓地方政府、在地民眾、保育組織及其他權益關係人，都有更多機會參與保護區的決策過程，最大的好處是可以強化管理效能，使保護區的維護更具彈性與應變能力；若有任何保護區保育生物多樣性所衍生的利益，也可公平分享給任一份子；就長期而言，將達到更永續、更有效率的目標；同時這些保護區還可填補國家級保護區的不足，使全球保護區所涵蓋的面積擴增。

在臺灣依據成立目的不同，國家設有「自然保留區」、「野生動物保護區及野生動物重要棲息環境」、「國家公園」與「自然保護區」等四大類保護區，各自受到文化資產保存法、野生動物保育法、國家公園法、森林法等法令管理，但在經營管理中，尚有管理單位權責劃分不明確或是法令規範不夠周全的問題。

例如在文化資產保存法第84條中規定：「自然保留區禁止改變或破壞其原有自然狀態」；然而紅樹林保留區中水



筆仔的族群擴散迅速，附近溼地有逐漸陸化的傾向，是否應人工移除部分水筆仔？又如九二一地震後，「臺灣一葉蘭自然保留區」內的裸露地上日照需求量高的先驅植物快速生長，遮蔽了一葉蘭生長所需的光照，使得這種稀有植物的族群數量大減。因此即使是在自然保留區內，是否也應適度修剪影響一葉蘭生長的先驅植物，以增加一葉蘭之光照？類似的例子，都是經營管理上需考量的難題。這時除了修法外，採用「適應性管理」(adaptive management)應是可行的方向之一。



▲ 宜蘭無尾港水鳥保護區凡事由各方開會決議
(圖片提供：港邊社區發展協會)

適應性管理及透明的參與機制

不論政府、地方、私人或共管類型的保護區，由於管理目標不同，參與方增加，且氣候變遷、外來種入侵等外在變因隨時可能出現，在2002年所舉行的世界保護區大會，便強調採用「適應性管理」，以確保各保護區管理措施能適時適地調整，因應新的變局，以找出能保持最佳管理效能的方式。

要能利用「邊學一邊做一邊修正」的適應性管理，來保持最佳保護區管理效能，這屆的保護區大會進一步提出建議：管理經營者有必要採行妥善的監管與評估系統，以掌握園區內的各種變化；應進行研究調查，以便確切掌握生態、環境、社會、文化及經濟等各項指標的變化趨勢，來做為管理決策的依據；並且要建立透明公開的報告、稽查與會計系統，使參與保護區管理的任一權益關係人都能公平的參與決策，同時使一般民眾及觀光客更有信心支持保護區的經營。





著重知識建構及建立伙伴關係

- ▶ 保護區藉由訓練志工移除外來種或成為解說員，一方面建立伙伴關係，一方面也可達到教育宣導效果



正由於當今保護區類型多元，且強調多方參與，經營管理者自身及相關支援機構更必須具備廣泛的知識、技能與充足的資源，才能確保保護區的監管是有效的。這裡充足的資源包括了金錢及人員，以及教

育訓練機會，這就要經營管理者學會建構並維繫複雜的關係網絡，例如如何運用志工的力量，或是與國際保育組織保持合作、建立伙伴關係，來協助保護區的維護。過去的管理訓練往往側重於自然資源管理，卻忽略了其他諸如營運或溝通的技巧，這都是未來保護區管理經營者所需必備的能力。

為保護區內的任何權益關係人進行能力建構，是各個保育組織與在地社群合作時十分重視的項目。這些能力建構課程的設計方向，在「給釣竿」並教會「使用釣竿」，也就是協助人們了解如何獲取知識，而不是「給魚吃」——為當地人判斷他們應該學習什麼而給什麼答案。

有了能力之後，主事的保育團體還應該建立一個方便取得訊息與知識的管道和機制，供各方都能藉由彼此經驗和心得的交流，來提升辨識問題、自我解決問題的能力。在通訊如此發達便利的現代，這樣的溝通管道不難達成，善加運用，將使保護區整合人力、教育和財務資源，為維持永續經營提供極大的助力。

不論是「閒人勿進」或是「歡迎光臨」的保護區，獲得民眾的認同都很重要。因此對於一般民眾的宣導及教育，



也是達到有效經營不可或缺的工作。若能將全民納入合作伙伴，一同守護保護區，屆時，或許能有不再需要保護區的一天。



經營管理成效評估

臺灣已有近30年的保護區經營管理經驗，而這些保護區是否已有實質成效，需有一套客觀有效的評估工具。在農委會特生中心，主要是利用生物性調查，進行保留區多年來變遷的掌握。但長榮大學土地管理與開發學系針對7座國家公園進行永續性評價（sustainability assessment），結果卻顯示在環境威脅、經營管理、土地使用、自然資源與設施服務5項指標中，根據不同角色為對象所進行的調查結果會有差異。

在韓國，正在進行一套「管理有效性評估」（Management Effectiveness Evaluation）方式；在日本，自2003年起其生物多樣性中心開始進行「Monitoring Sites 1000」計畫，在1000個試驗區中，每5年進行定期調查，以長期進行生態系監測。

關於保護區的劃設與經營管理，IUCN已經有相關系列「原則及架構出版品」可供參考，然而同樣的標準是不是適用於每個國家及地區，以及如何將既有的準則內化，仍須經過實際操作後，進行討論與研究。

未來，臺灣應就生物多樣性及保護區保育的經營管理品質與成效，多進行國際交流，並加強保護區共管的在地經營。保育工作是全球性的，同時也需深入在地社區；跨越疆界的規劃與溝通會是成功的要件。





跨國界保護區對於和平與國際合作的貢獻常被大力讚揚，然而，要如何拯救在這些保護區內的瀕臨絕種動物，具體的技術層面卻鮮少被提及。2003年夏天，在橫跨印尼與馬來西亞國境的班騰卡利曼（Bentuang Karimun）國家公園出現了一種珍稀動物——灣貓（bay cat）。灣貓可不是普通的貓而已，這種貓科動物已被認為在此區內絕跡，以前也不曾在園區內見過。

跨國界保護區內的跨國專家合作 以拯救東南亞灣貓為例

摘譯／楊璧如

保護區可視為減緩人與生物衝突的基地，但同時，在戰爭紛傳的國際，保護區也成為降低人與人衝突、促進國際合作的解藥。



印尼＋馬來西亞 SSC＋CAT

透過架設適切的攝影機，IUCN物種存續委員會（SSC）貓科專家團隊與沙勞越生物多樣性中心貓科行動基金會（Cat Action Treasury）所資助的科學家才得以捕捉到灣貓的影像。照片顯示出這個雙色的動物有一條特別長的尾巴。雙眼內側有灰白痕跡閃現及頭上和頰上模糊的深色條紋，是一種令人驚艷的動物。

灣貓在全球僅有幾次野外目擊報告，有標本收藏的博物館也少於10個，現今對此物種幾乎一無所知。關於此種貓科動物的分布及生態所知甚少，而牠們的生殖、食性及行為習慣更是成謎。在沙勞越的Sungai Ulu Lanjak Entimau野生物庇護所進行的研究，研究人員希望能提供珍貴的詳細資訊，並充實IUCN瀕危動物紅皮書的資料。



灣貓出現的這個庇護所涵蓋了崎嶇山丘上約1668平方公里的樹林，在潮濕的熱帶雨林地區，它也是世界上最大跨國界保護區的一部分。

1995年，馬來西亞的Lanjak Entimau野生動物庇護所與印尼西加里曼的班騰卡利曼國家公園合併在一起，面積近百萬公頃。在國家公園中進行的研究不僅發現許多未知的物種，也包含了稀少的當地特有動植物。超過1000個樹種在此被紀錄，其中還包括許多豐富的珍貴木材，因此有幾個區域被指定為未來的基因庫或種子庫來源。



▲ 這是亞洲金貓。灣貓曾被認為是亞洲金貓的相似種，經1992年基因鑑定為婆羅洲特有種（圖片來源：OpenCage / 適用CC-BY-SA授權條款）



同時提供人與生物安全棲地

在這個特殊保護區發現的動物也十分令人驚訝。除灣貓獨占鰲頭外，其他在此發現的新物種還包括兩棲類、爬蟲類、魚類及蟹類。除了當地發現的新種外，保護區內還能看到婆羅洲近半數的特有種鳥類。

現在科學家還發現有紅毛猩猩族群在國界邊境聚集，所以設立特別的跨國界保護區，看來也頗符合動物的需求。

此外，由於體認到這類區域在保育及安全上帶來的益處，為了努力促成這類區域的建立，IUCN制定了以和平與國際合作為目的的跨國界保護區守則，並將其納入最佳保護區執行指導原則。守則提出的課程是由個案和一系列優良執行指南組成，也包括了這些區域在和平及武裝衝突時期的法令草案。

（本文由IUCN專文摘譯改寫）





香港，一個五光十射、活力十足的商業城市，每到假期便有許多人前往購物、品嚐美食。但在寸土寸金，高樓林立的香港，卻有一個在一般旅遊書上很少被提及的國際級溼地——米埔自然保護區。

從國際級溼地「香港米埔」經驗看溼地復育

文／周肇萱

1995年，米埔及內后海灣共1500公頃的溼地正式根據《拉姆薩公約》列為國際級重要溼地。彈丸香港，如何與國際保育組織合作，打造出國際級的溼地生物多樣性樂園？

與中國深圳隔河相望，過去因偏遠敏感的地理位置而避免了過度的開發，沒有大量人為干擾的米埔，都市中的世外桃源，數十年來成為了候鳥與生物的快樂天堂。1984年起，WWF和香港政府漁農署聯合管理米埔自然保護區，並由WWF在保護區實施生境管理和發展環境教育。經過多年經營管理，米埔溼地沒有一般溼地給人「爛泥巴」的印象，完善的規劃，彷彿自然生態公園般舒適。由於保護區擁有重要生態價值，任何人士必須獲得漁農處（現為漁農自然護理署）處長發出的禁區通行證方可進入。

1995年，保護區更成為米埔內后海灣拉姆薩溼地的一部分。為了進一步保護這片國際重要溼地，香港特區政府在它的外圍規劃了兩個區域：一個是只可進行溼地保育和支持保育活動的「溼地保育區」，另一個是對溼地不會帶來負面影響的有限發展區域「溼地緩衝區」。

佔地廣達380公頃，米埔溼地豐富的生態環境，擁有全港最大的紅樹林及蘆葦叢，為數以萬計的生物提供覓食和棲息的环境。文化方面，由於米埔在1920年前就是民眾築堤種稻的地方，屬於低窪海埔溼地，過去經濟活動的傳





◀ 米埔訪客中心
(圖片提供：
Chan Kai Yiu)

承，至今仍保留了全港唯一的基圍蝦塘，所以來到米埔，不但能欣賞溼地豐富的生態多樣性，也能看到早期香港的基圍文化。



活用在地資源

所謂基圍蝦塘，就是居民圍繞紅樹林挖掘出一道水道，運用挖掘出的泥土築成堤防，在近海處架設一道可人工調控開關的水閘，基圍中的生物以紅樹林落葉等有機物為食，而基圍中生物又成為水鳥的食物，這種循環互生的生產模式不但能嘉惠地方永續發展，更對環境造成最少的影響，因此從1940年起，農民按照蝦的繁殖周期進行灌水、排水和曬塘，所以一直未有病害（如蝦病）爆發，這也與密集式漁塭時常發生集體大規模疾病傳播形成鮮明對比。這個特殊的水流調節裝置也同步建構了米埔溼地的風情。

科學化經營的WWF將學術研究的成果，結合當地特色基圍的調節水流功能，配合不同鳥類每月來訪的統計數據，沿用基圍每月依照鳥類的喜好調節水深。實作後也發現，若一次放乾基圍，整個棲地中幾乎只剩鷓鴣一種鳥類能夠覓食，經過不斷研究觀察發現，漸進式放乾基圍，不管是長腳或是短腳的鳥類都因此有其適合的環境。此外，為維





▲ 野生生物教育中心
(圖片提供：Chan Kai Yiu)



▲ 荷花池 (圖片提供：WWF Hong Kong)



▲ 觀鳥屋和開闊的淡水池塘
(圖片提供：Bena / WWF Hong Kong)

持當地生態與景觀，工作人員會定期清理淤泥，將不適合水鳥棲息、過於茂盛的喬木由海岸漸進式修剪。並將一些池塘內的淺灘深度降低拉長，以適合更多樣的鳥類。

米埔自然保護區採多元化企業模式經營，除嚴謹的園區規劃，工作人員對於區內的生物及來訪的遊客作目標性的調查研究，規劃設計許多不同型態的旅遊和遊園路線。例如在米埔，就安排十幾種屬性不同的活動，例如文史、環境、賞鳥等，近期更新開發殘障朋友的遊園行程，透過良好規劃與專業導覽，即使是視障朋友也能「聞見」最自然的米埔溼地香。風情萬種的米埔，如同百變的花蝴蝶般，各種遊客都能輕易地接觸。

深入社區 打破僵局

如同所有傳統產業，鄰近米埔的后海灣魚塘也面臨強大的外部壓力，一部分漁民因此放棄養殖，日益增加的荒廢魚塘因為缺乏管理而影響周圍生態；一部分漁民則選





▲ 紅樹林和浮橋

(圖片提供：Chris Cheung / WWF Hong Kong)



▲ 觀鳥屋內

(圖片提供：Chris Cheung / WWF Hong Kong)

擇阻礙生物多樣性的密集式養殖；甚至還有漁民選擇捕鳥驅鳥的行為。而以往地方團體只致力提高當地學生與民眾對於溼地的認識，卻忽略宣傳魚塘的價值，為解決難題，WWF開始深入社區，打破長期孤立於社區的保護區與民眾的疏離感，除了定期協商溝通，舉辦各項活動，邀請地方民眾參與助養保護區，另安排參觀民眾與團體到魚塘與漁民一起工作，透過直接溝通接觸，雙方都能體會彼此在米埔保護區間的想法，進而達到共同永續發展的目標。

活力十足的米埔自然保護區，總是野心勃勃的企圖尋找溼地與社會雙贏的方式，經過智慧化的策略分析，溼地保護區不再是吃了防腐劑的土地——不會腐爛但也沒有生機，而是不斷的互動實作，舉辦多樣性的活動，主動且積極的吸引、教育人們懂得欣賞溼地之美。雖然至今還有許多待解難題，但米埔溼地的創新作法，的確值得臺灣的溼地工作者研究一番。





當漫山遍野的水泥工程覆滅了自然生機，生態工法開啟了一種兼顧生態與安全新思維的可能，但就在生態工法日漸成為當代顯學之際，更需認真看待「並非單純堆堆石頭或疊疊箱籠就是所謂的生態工法」，而是「需以永續生態系作為終極理想目標，讓人為環境自然融入生態系的『自我設計』之中」，唯有透過一再審慎地回顧與檢視，生態工法才得與生物多樣性的蓬勃生機不相違背。

與自然和好：山水工程的新生態思維

文／朱惟君

人為開發和生態之間有沒有對話空間？傳統硬梆梆的工程，加入永續生態系的概念，可能性如何？生態工法曾經喊得震天價響，但其中有多少是真正同時從人和生物使用的觀點來建造？

隨著經濟進展，我們在都市的水泥森林外，又逐步為鄉野打造了另一個人為的水泥世界——除了溝渠化的河溪，還有海堤綿延、漁港繁多及堆滿消波塊的海邊、水泥噴漿覆蓋的山坡、山路旁的水泥邊坡等等；也因此，海邊潮間帶（生物多樣性極高的棲地環境）遭到大量破壞，海中魚群的繁殖地也受到嚴重干擾；山坡上，樹木草花的伸展空間遭扼殺；河川裡的攔砂壩則使魚蝦、毛蟹無法迴游。臺灣的每人平均水泥消費量高居世界第二，顯然我們對於水泥的「狂熱」已經過了頭。



生態與工程的結合

這些興建工程的發動往往是基於安全的理由，但從過去的經驗當中，經「整治」後的河川，常常容易因為在水泥化的過程中，清除了原來具備「消能作用」的溪石及兩岸



植生，加上河道縮減等因素，反而使得暴雨來臨時的溪流更加湍急，下游洪氾因此更形嚴重；而積滿土石後的沉砂池或攔砂壩，等於墊高了溪床，一遇上颱風或暴雨，升高水位的溪洪挾帶先前囤積的土石，很容易沖毀岸堤越堤成災，這些原來要提供保護的水泥構造物，此時甚至就成為土石流的材料。既然傳統的水泥施工方法不利於自然生態，又未必能保證安全，那麼我們有什麼其他的選擇？為了回答這個問題，生態學者與工程學者攜手合作，打造了一個新概念：生態工程。



▲ 后番仔坑溪的木排樁護岸

其實生態工程概念的形，可以追溯自納粹德國時期的高階規劃者與工程師阿爾芬·塞菲特（Alwin Seifert），他夢想能「從科技到自然的完全轉變」，並首先在1938年提出近自然河溪整治概念，也就是在完成傳統河流治理任務的基礎上，同時達到接近自然狀態、廉價，並保持景觀協調的一種治理方案。1989年，美國的生態學者威廉·米契（William J. Mitsch）進一步提出「生態工程」（ecological engineering）的觀念，標榜以生態系的「自我設計」能力為基礎，強調透過人為環境與自然環境間的互動達到互利共生的目的。

在臺灣，后番仔坑溪的整治過程，被官方視為一個正向的案例。后番仔坑溪位於臺北縣雙溪鄉，是平林溪的一條小支流。在2001年納莉風災後，曾造成岸邊農田氾濫、溪床泥沙淤積及部分溪岸護堤基礎陸續遭到淘空。家住溪旁的俞阿伯說，那次因為山上崩下的大樹及土石就卡在橋下，才造成溪水漫淹。





▲ 后番仔坑溪以砌石營造自然溪流的急流、深潭或岸邊緩流環境

因此，河溪的治理工作，首先需從源頭著手——當時整個后番仔坑溪集水區的崩塌地共有十餘處，經過打樁編柵的植生後，除了部分土壤貧瘠的陡坡處，一年多後已都長滿了芒草或樹木。曾經親身參與此工程的附近居民連文是說：「不只颱風天，以前只要下大雨有時也會崩；整治後幾次豪雨來都沒事，情況顯然穩定多了。」

在溪流整治部分，岸邊選用當地天然的溪石來疊砌保護，營造水中生物可以躲藏的空間，石縫間萌發著盎然綠草，鮮明活潑了棕灰色的底調。比較有趣的是，其中一段原有的水泥護岸，在協商地主提供部分土地增加溪流寬度後予以拆除，改以三行木排樁來穩定邊坡，因此形成的緩坡化環境，就是青蛙等兩棲類的生態廊道。木排樁間回填覆土後種上樹木及當地原生的野薑花，水岸邊自然蜿蜒著一片馨香瑩白，襯著蔥綠舒展的葉片、藍白雲天的倒影，與流水、溪石共同構成優柔的景致。後續經過野草漫長的自然演替後，將更接近上游原始河段的自然狀態。

溪床上的多道拱形固床工同樣運用力學原理，以大小石塊相互嵌合連接兩岸，除了能夠逐段消減水流對於溪底及岸邊的淘刷，同時也營造了急流、深潭、岸邊緩流等「多樣化的微棲地環境」。師大環教所教授汪靜明強調：「這個部分對於溪流生態至關重要，因為不同種類或不同時期，魚所需要的微棲地環境是不一樣的；例如幼魚喜歡待在安全隱密的岸邊緩流處，成魚則多遷入藻類及昆蟲聚集的急流區覓食，而在水流落差較大處所自然形成的深潭，就是溯游性魚類最天然的魚道。」

生態工程 V.S. 偽生態工程

早期許多標榜生態工法的溪流案例，雖已考量改採當地



石頭進行整治，但往往因為施工中縮減了河寬或將河流深度變得均一化，反而出現「生態工法不生態」的狀況。另外早期的護岸及固床工還是大量使用「先抹上一層水泥，再貼上石頭」的施工方式，雖然改善了視覺美質，在生態意義上卻幾乎繳了白卷，這些做法與生態工法的精神其實相去甚遠。

水泥用量最小化（僅在其中一小段水流衝擊力大的急轉彎處，施以少量水泥）、提供多樣化的微棲地環境，以及在施工的前、中、後期進行生態調查（可回饋後續工程改善參考）等，是我們在后番子坑溪案例中所看到的進步軌跡。但若能在施工前進行先行試驗（可相對提高工程的安全性及生態目的），施工時避開生態敏感季節與生態敏感區位（此為施工前進行生態調查的積極意義），以及在施工過程降低對水體生態的劇烈擾動等，則是未來可再努力的空間。關於後者，西勢溪案例提示了另一種在生態上用心的可能。

- ▶ 水泥和砌石緩坡排水道對動物的影響大不同
- ▼ 七股溼地以竹枝編柵，也獲得良好的固沙效果



法鼓山佛學研究所位於金山鄉西勢溪上游旁，在2000年象神颱風時，因坡陡流急，兇猛的水勢造成了道路崩塌、溪床下切達2、3公尺深，也釀成下游房舍的嚴重災情。為了更貼近生態考量，法鼓山決定自行出資整治，負責施工的民間藝師謝福盛說，「師父當時有特別交代，盡量不要將溪水弄濁。」他因此採取逐段及左右岸輪流施工方式，利用土堤或石頭排成的臨時引水道，讓水中魚蝦可順著水勢從另一岸游往下游河段，而不會被施工中渾濁的砂泥窒息了呼吸。也因此，謝福盛說：「不到一年的時間，魚群甚至恢復得比施工前更多，較大尾的還有10幾、20公分長。」順著他的手指方向，除了苦花、溪哥等魚群就穿梭悠遊於石群間，在溪石固床工的後頭，還看到了兩隻毛蟹正歇息其間。不過謝福盛也表示，因為這種施工方式作業時間較長，公家單位或包商通常為了省錢或趕時間，未必願意採行。

能不做就不做

雖然生態工法較傳統水泥工法，更能符合我們對於兼顧安全與生態的期望，但回歸原點，「生態工法」的重要精神還應符合「盡量避免工程發生的可能」。

「千萬不可躁進，否則反而會戕害了才剛起步的生態工法。」臺灣省水利技師公會理事長陳賜賢這樣的擔心不是沒有道理的，2004年，他在基隆河的上游八連溪發現，「那裡河面相當寬闊、自然，完全看不出整治的必要性，卻也開始大興土木，在河岸邊堆滿了石籠。」像這類「打著生態工法旗幟」的工程，相當容易「魚目混珠」大行其道，反而大大斲傷了已經極為罕見的自然環境與生態





工法的初衷。

生態「工法」的考量其實是比較後段的事，「減少開發、避開環境敏感區位、營造當地物種所需的微棲地環境、提出施工過程降低當地生態衝擊的保護對策（例如避開產卵季節；施工時先暫時遷移物種，等完工後再遷回）等，往往更重要。」工程師邱銘源說，這些都需要長期的環境調查做後盾。陳賜賢也表示，生態工法「成功」與否，不宜只從使用材質或有無毀損上著眼，「應當要看看，當地的生態系到底回來了嗎？」

從理念到實踐，我們還正學步中，國外生態工法的發展也是歷經了數十年後才逐步更趨於成熟，正因為各地環境因子皆多變複雜而又不盡相同，「師法自然」的生態工法並無任何既定公式可直接加以套用，也因此需要以更寬容的心態來面對：「從錯誤中學習」正是必須經歷的過程；在這個基礎上，更具生態考量同時兼顧安全性的施工方式，才有機會逐漸生根臺灣。

▲ 為補償工程建設影響，國道六號工程依據原有的地景特色，在匝道旁設置生態池（圖片提供：生態工法發展基金會）





臺灣本島海岸線長約1139公里，而臺灣目前沿著海岸線運行的公路有887.4公里，可以說海岸線有多長，公路就有多長。南部的濱海公路全長共計91.711公里，從楓港始，經車城、鵝鑾鼻、港口、港仔至安朔，也就是道路系統中省道級的臺26線公路，為一環繞恆春半島海岸的公路。臺26線環繞至東部海岸後尚有兩處路段未修築，目前全線分成三段路，主要分為：起點楓港至佳樂水（第一段）、港仔至旭海（第二段）、下南田至終點安朔（第三段），此三段路可通行車輛，但彼此並不連接，須於各路段終止處轉入縣道200、199及199甲等三條縣道才可迂迴互通，所以臺26線目前是處於未完全通車狀態。

從旭海談臺灣海岸保育

文、圖／夏可泰

臺灣海岸幾乎全遭水泥公路緊縛。陡峭的東臺灣海岸可說是最後一塊清淨之地，布滿礫石和珊瑚礁更成為動物的天堂。但這方天堂樂園可能持續到永遠？

- ▶ 位於旭海的牡丹灣保留了原始自然的海岸



公路總局在2000年審訂「臺26線安朔至港口路段公路整體改善計畫」，並於2006年開始進行臺東南田一段的公路拓寬工程，計畫將臺灣濱海公路連貫起來，成為名副其實的「環島公路」。

旭海至南田的沿岸生態

臺灣東部屬於岩岸地形，由於地質不同，經海浪沖刷侵蝕以及東北季風吹襲，地形景觀特殊。從屏東旭海至臺東南田的海岸，山海交臨，腹地狹窄，山脈陡降入海，受到深海巨浪的直接衝擊，屬於侵蝕後退型海岸，地貌上出現崩崖及少許的海蝕平臺等地形，海岸的潮間帶則是鋪滿歷經太平洋海浪千百年來拍打琢磨而成的鵝卵石，其中夾雜著一



▲ 從旭海至臺東南田山海緊臨的美景



◀ 潮間帶的珊瑚礁岩生態資源豐富



▲ 從觀音山上俯瞰
南田礫石灘

些珊瑚礁岩塊，地質充滿了變化，景觀價值極高。而在這穩定而鮮少人為打擾的環境裡，生態資源非常豐富，在潮間帶珊瑚礁岩附近有螺貝、海草及魚蝦等，海岸灌木叢及山崖上的低矮雜木林間充滿著爬蟲、昆蟲、鳥類及哺乳類的生物。此地環境深受颱風的影響，在赤道附近的太平洋所生成的熱帶氣旋，一年總有數次會直接侵襲此地，此地又受到季風的影響，在冬北季風的推波助瀾下，大浪將春夏季堆積在海灘上的鵝卵石盡半數的捲回海中，然後直接撞擊著山壁，讓地形更顯陡峻。

從臺東南田往南到觀音鼻的海岸有著一片長約一公里的天然海岸林，此地開發少，被擾動的機會也少，海岸林仍呈現非常原始的風貌，林下物種也因此達到動態的平衡。在高潮線上的物種以草海桐及林投等灌木狀的植物群落為主，而位於內陸第一條山脊到海岸灌叢的狹窄腹地間，有著發育完整的海岸林群落，由於生活空間有限，又受到海浪、鹽沫、強風、潮流等海岸環境因子的影響，物種



生存的條件被嚴重的壓縮，有其獨特的生態特色。在這種嚴苛、不易生存的環境而安定在此的物種，是物種與環境綜合了許多偶然的機會、經過長期的調整及適應而生存下來。也由於生長基質的關係，要建立起群落較慢，一旦遭受破壞，其復原速度也較慢，所以此地的海岸環境可以說比其他地方的海岸都要脆弱，一旦被干擾，極可能就此消失，永不再現。



天然的海岸需要的復育

行政院永續會在2007年8月所核定的「永續海岸整體發展方案」，是為規劃海岸開發案的最高指導原則，並預設目標希望達到自然海岸的零損失，中央也不得補助地方建設海岸公路。乍看之下，臺灣的海岸終於可以喘一口氣了，但實際分析其內容，卻發現有許多弔詭之處。此方案對海岸地區定義為：「平均高潮線至第一條省道、濱海主要公路或山脊線之陸域，以及平均高潮線往海延伸至30公尺等深線，或平均高潮線向海6公里所涵蓋之海域，取其距離較長者為界，並不超過領海範圍之海域及其海床與底土。」臺26線旭海至南田一段的海岸完全符合這個定義，也就是說這是一條自然的海岸，任何的開發都屬於破壞國土的行為，但是檢視方案內容，仍是治療甚於預防，事後補救成分居多，其中對於既定政策是不溯及既往，已核准的開發案將不受規範，也就是說臺26線的拓寬及貫通公路工程，無論如何是一定要完成的。

海岸公路是自然海岸線的殺手之一，政府曾提出要維持自然海岸線比例不再低於2006年的44.7%基準，並在有效復育之下能逐年提高（註1）。我們懷疑被破壞的海岸在人



類未來有限的日子裡，能完全的復原回到原貌嗎？如同一個破碎的鏡子再怎麼補還是不完整的，如果真是這樣，我們就應該努力維持它原來的樣貌，盡可能不去破壞它。

當臺灣的海岸線若全部都被公路給框住，就等於框住臺灣的未來，這條環島濱海公路將阻隔臺灣這塊土地上的生命與環繞在臺灣四周海洋物種的交流，就像滿清末年的鎖國政策，讓生命失去更多的可能性及未來。（註2）

註1：行政院2007年8月核定《永續海岸整體發展方案》，訂下自然海岸線「零損失」目標，然而不到一年，這項希望便破功了。短短一年內，臺灣本島的人工海岸線又增加了4.2公里，其中光是臺電在永安鄉興達電廠興建海堤，自然海岸線便損失2.4公里，此外還有嘉義縣東石鄉蚵架、屏東縣新園鄉鹽埔漁港擴建、基隆市防波堤延伸工程、臺北縣蓋臺北港和林口電廠。

註2：臺26線公路開發將通過所謂的「阿朗壹古道」，預計將衝擊該處敏感、不易回復之自然生態。在保育地方自然與文化資產與經濟發展衝突聲浪中，臺東縣政府於2012年1月18日召開「旭海－觀音鼻自然保留區」審查會，14位委員中有13位同意劃設，確定將「旭海－觀音鼻保留區」劃設為自然保留區。環島公路計畫不成，但地圖上卻因此留下一段美麗的虛線。

目前縣府為了滿足地方發展需求，提出公路替代方案，包括24小時救護車待命、周六日由醫師公會派駐醫師定點駐診等。另引進多元就業機會，將保留區解說機會保留給當地，設置當地村民導覽員培訓制度，希望帶動周邊部落生態旅遊，以及當地消費的品項與飲食。阿盟壹古道案，可說是地方政府追求多元發展的一項鮮明案例。



第四章

海洋生物多樣性

2007年5月中，行政院國科會公布2001年以來
推動「臺灣深海生物多樣性之調查研究」的成果，
共發現603種臺灣以往未曾見過的深海生物，正當人類邁進一步
探測海底生態之際，
依此科技展開的商業觸角也敲響了深海生態警鐘……

(攝影：何俊霖)





環保運動的先驅瑞秋·卡森在1962年的著作《寂靜的春天》中寫道：「各種生物，從最小到最大，生死大權全操在海洋的手中。」小從細菌、病毒，大至數噸重的藍鯨，生命源自海洋的思維在在獲得印證。

遨遊臺灣海洋生物多樣性

文／黃鳳娟、張文樺

臺灣所擁有的海域物種是全球平均值的400倍，佔全球總種數的十分之一，但近年來漁獲量下降出於何因？隨著深海探勘技術而發現的海洋新資源，又該如何避免捲入各國的爭奪戰中？



臺灣雖小，僅佔全球陸地面積不及0.025%，但是臺灣所擁有的海域物種卻是全球平均值的400倍，佔全球總種數的十分之一。

為什麼臺灣的海洋物種多樣性這麼高？我們首先要先瞭解臺灣的地理位置，臺灣位在全球海洋生物密度最高的東印度地理區，周圍又有黑潮、中國閩浙沿岸冷水流、南中國海等不同水團流經，也是東海、南海及菲律賓三大海洋生態系的交會處。而臺灣本島加上周圍小島的海岸線總長超過1500公里，涵蓋了大陸棚、大洋、河口灣、紅樹林、岩礁、珊瑚礁、草澤和潟湖等多樣的海洋環境。複雜而多樣的海洋環境，孕育了各類的魚蝦蟹貝，更是候鳥遷徙、魚類洄游的落腳處。

臺灣沿海及近海海域的漁業資源理應豐富，但是近年來





▲ 臺灣絢爛繽紛的海洋生態



▶ 綠蠟龜 (攝影：高介志)

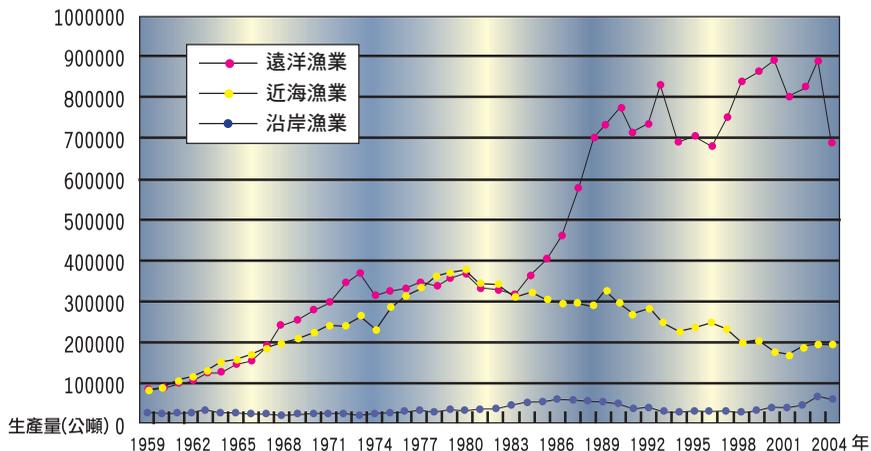
臺灣的漁獲多來自遠洋漁船。

繽紛海洋漁源枯竭

根據漁業署統計，目前臺灣一年的漁獲量約為130萬噸到150萬噸，其中養殖佔25萬噸到30萬噸，沿海、近海漁獲量合計僅15萬噸到25萬噸，其餘約60萬噸到80萬噸都是遠洋漁獲量所貢獻，遠洋作業船隻數量約僅全臺漁船的6%，漁獲產量卻超過全臺總漁獲量的5成。

由於過漁、棲地破壞及人為污染等原因，漁產量已大幅衰退，臺灣沿海近海的漁獲量近年跌了1~2成，不少臺灣漁船因此跟中國大陸漁船交換漁獲，

臺灣歷年海洋漁業生產量變動情形 (資料來源：謝大文，2005)

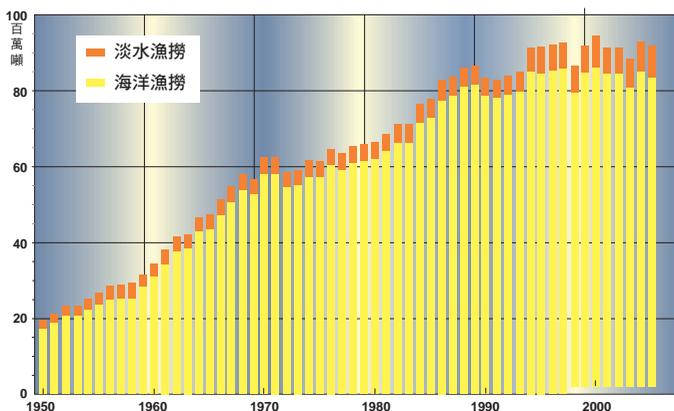


或進行海上交易，甚或到對岸去買漁獲。近海漁產資源步入枯竭，是臺灣漁業政策亟需正視的問題。

全球漁產量及海洋生物多樣性正迅速衰退，原因已公認為過漁、棲地破壞、污染和外來入侵種等四項，即使加上可能成為「壓死駱駝最後一根稻草」的第五項：全球氣候

全球海洋及淡水漁撈生產量

(資料來源：Wikipedia)



變遷，追究到最後，依然是人為因素所造成。在人類重經濟輕環保、重陸域輕海洋，肆意掠奪及污染破壞下，豐富多樣的海洋生物資源正邁向枯竭。

2048年後，人類將無海產可吃？海洋學者發出嚴重警告。不僅食物直接或間接來自海洋，海洋也吸收並循環養分、淨化廢物，有平衡碳、氧，調節氣候的功能，主宰著整個生物圈正常的運作，是地球最大的維生系統。

科學家在2006年全球海洋生物普查工作中發現可以忍受海底火山口高溫的深海蝦、截至目前看過最大的龍蝦，以及在南極冰層深處所發現的許多新物種等，都只是所發現的其中一小部分。





生物與非生物資源的永續利用

曾於2007年5月初獲得日本「生態學琵琶湖獎」的鄭明修，30年來持續研究臺灣海洋生態，他在2004年發表於《自然》（Nature）期刊關於硫磺怪方蟹生態的論文，更是學術上的一大成就，展現處於地震帶的臺灣擁有鮮為人知的特殊海洋生態；2007年5月中，行政院國科會公布2001年起推動「臺灣深海生物多樣性之調查研究」成果，也是令人振奮的好消息，共發現603種臺灣以往未曾面世的深海生物，其中80種更屬於世界新種。

當人類邁進一步探測海底生態的同時，依此科技展開的商業觸角也敲響了深海生態警鐘，我們可以預見陸地資源日漸緊張的今天，深海資源如金屬硫化物等礦產，已成為許多國家鎖定的目標。

生物多樣性公約締約方大會持續和其他公約與國際組織合作，探討國家管轄權以外公海海域之海洋生物多樣性保護、深海海底遺傳資源探勘及永續利用等核心問題。幾場聯合國總部召開的非正式會議討論中，人類資源共享的原則再度被提起，相較於主張深海基因資源的活動應遵循公海自由原則的國家，發展中國家則強調深海基因資源開發所得利益，不應只是經濟和技術發達國家的特權，因此主張建立新的國際法律機制，使發展中國家也能夠分享此一利益。即便在利益分享上難有共識，但是與會各方都同意加強發展中國家參與海洋科學研究與資源管理的能力建設。

關於超越國家管轄範圍外的深海海底遺傳資源探勘與使用，身為海洋國家的臺灣，更應密切注意此議題後續發展，一方面遵循國際法規的規定，共同致力於保護海洋資源；另一方面也應積極維護臺灣的權益。



▲ 在全球許多海底發現由沉澱物生成的甲烷水合物，又稱可燃冰，極可能成為未來重要的燃料來源。估計黃海、東海及南海一帶蘊藏豐富，日本、中國已陸續展開研究及開採計畫

（圖片來源：United States Geological Survey）



「嘟——」一聲長響劃破了暗夜，海洋研究船已經航行到事前所標示的採樣地點，此時周圍所見皆是墨黑，濃密的雲層覆蓋著天空，由昏暗甲板燈光所投射到海面的範圍內，隱約可見一簇簇的白浪急切的拍打著船側，搖晃不已的船身讓我開始擔心起今晚的海況會不會影響了我們的採樣作業。

深海奇航：臺灣深海生物多樣性調查紀實

文、圖／廖運志

闖暗的深海，對大多數人來說是一輩子難以涉入的奇異世界，親眼目睹這些奇特的深海生物，便會讓人驚訝於臺灣深海所富藏的多樣性生命！

- ▶ 海研一號研究船在近幾年的臺灣深海生物研究中一直扮演著重要角色，卻因為船期需求大，加上船齡已漸老舊而漸感不敷使用（圖片提供：李柏鋒）



這趟為期3天的船期，是由國家科學委員會所支持的研究計畫，主要的目的是利用海洋研究船來進行臺灣附近海域深海生物多樣性的調查。過去，國內的深海生物研究相當有限，除了受限於研究人員及經費的不足外，深海調查不易及海洋研究船不足都是主要原因，此次任務將由中央研究院生物多樣性中心來執行，希望可以藉此機會探索臺灣深海。





風浪中搖晃出航

甲板上的液壓懸臂吊車再度發出悶沈的嗡響，使盡全力地將重達百公斤的採集網具吊拉至半空中，周圍的工作人員屏氣凝神地注視著這具懸空的中層拖網，深怕網具轉向投入水中時，會因為船身的搖晃而撞擊到其他的設備或人員。波浪仍不斷地拍打著船側，飛濺起來的海水落在我的玻璃鏡片上，所造成模糊不清的影像，反而有一種處於夢境般的虛幻感。這時海象變得更差了，風浪持續加大，造成船身較大幅度地左右搖晃，上百公斤的網具亦隨之飛舞，眾人們趕緊利用繩索將其固定，同時還要閃躲這不規則搖晃的金屬怪物！此時，吆喝聲、引擎聲、絞機聲和海浪拍打聲音共同譜出了一幅特殊景象。

網具就在這一陣混亂之中，緩緩沒入海面，絞機持續緩慢地送出鋼索，好讓網具在下降的過程中不會扭轉打結，鋼索隨著送出的長度增加，所承受的拉力也遽增，使得鋼索與輪軸間還不時地爆出劇烈的緊繃聲。

鋼索送出達到1000公尺後，船將以穩定的速度緩慢拖行兩個小時。這次航行由葉信明博士領軍，同行有研究助理及研究生數人，將針對臺灣西南海域之東港外海進行深海魚類的調查。在控制室內，領隊一面專注地注視著監視器螢幕所顯



▲ 在甲板上準備中的底拖網將被投放至海底拖行，採集底棲性深海生物



▲ 利用底拖網於深海所採集之魚獲往往呈暗褐、紅褐或乳白色，主要原因是深海環境光線不足，尤其紅光在表層水域即被濾除而無法到達深層，因此深海裡的紅色部分無法造成反射，而得以輕易隱身於暗黑的背景中

▼ 在歷經長時間海底拖行後，底拖網內已充滿了大量的深海底泥、海底垃圾及各種不同的深海生物。研究人員正努力的在充滿底泥的漁獲裡仔細篩選、清洗、整理並且粗分大類，以便繼續進行標本拍照及鑑定等工作



示的海床地形及深度等資料，一面還要記錄航行方位、船速及海流速度，因為這些資料都可能影響著採集的結果。其他同仁有的整理照相器材，或討論下個測站的航程路線；有的則幫忙準備其他採集用具。

「時間到，準備起網！」眾人魚貫穿過通往甲板的出口，圍繞著船尾的絞機，滿懷期待的心情，等待網具拉出水面的那一刻。甲板上的絞機使勁地將沉重的網具及鋼索拉回，但也許是拉力太大，鋼索與輪軸之間竟然因摩擦發熱而將原本冰冷的海水給蒸出水氣，船員們緊急抽用海水來冷卻輪軸，深怕鋼索會因為拉力及過熱而斷裂！在甲板上，鋼索斷裂可是相當危險的一件事，因為瞬間斷裂的鋼索會以巨大





◀ 正由船尾支架緩慢投放下海的中層拖網，主要設計目的為採集中層的深海生物，藉由連接船上的鋼索長度以及角度，並配合船行速度來控制網子的採集深度

的反作用力呈現不規則的掃擺，人員一旦被掃到，往往造成嚴重傷害，甚至有的還被直接打入冰冷的海中！



黑暗的深海世界

拉上來的中層拖網（IKMT）是專為採集深海中層區域的浮游動物及魚類所設計，有別於緊貼海底作業的底拖網。這些深海中層性生物會隨船隻拖行時，集中於末端的網袋內，因此端看網袋的大小就知道採集量的多寡。

「哇！怎麼採集到的東西這麼少？」一旁的工作人員看到從網袋內收集的樣本量後疑惑問著。葉信明表示：「深海環境中的食物很有限，所以生物量本來就不多，這次所採集的生物量已經不算少了！」

由於海洋表層200公尺內的透光帶日照充足，浮游植物能行使光合作用將無機質轉換成有機質，以供給生物利用及能量的傳遞，是海洋生態系中的生產者。但水深超過200公尺以後，光線微弱的朦朧區及深度超過1000公尺的



► 中層拖網在深海中層帶拖行所採集到的深海生物，其中紅色部分包含有糠蝦、鬚蝦及櫻蝦等等；黑色部分包含巨口魚及燈籠魚等。由於深海中層的生物量較低，圖中所示為拖行兩小時後所採集到的漁獲量



黑暗區，植物無法行光合作用，因此幾乎所有的能量都源自於海水表層的透光帶，在有限的食物來源之下，生物也就相對的減少。而海水表層的生物排遺、食物碎屑或死亡後的遺骸等，在緩慢沈降海底的過程中，會被一些細菌和真菌所包覆、分解，形成所謂的「海雪」，然後緩慢漂降至海底，成為許多深海生物的主要食物來源。

我一邊檢視著不同種類的標本，一邊在腦中浮現過去僅能在教科書中出現的深海生物及生硬的知識片段。「深海生物之間的捕食與被捕食關係，在經過長時間演化後會產生許多特殊的行為與適應，如避敵、誘捕與欺騙等。褶胸魚為吞食小型動物，特化呈管狀的大眼睛可以透視上方獵物的蹤跡，而本身腹部的發光器可以藉發光來消除陰影，避開下方的捕食者……深海鮫鱈魚的第一背鰭特化為發光的燈籠，具有誘集獵物的功能；另一種深海鮫鱈魚全身的鰭條末端形成許多感受器，可以探知游經附近的獵物而加



以捕食……」這次航行所採集到的深海生物種類及物種的多樣性，已經遠遠超過以往的認知，親眼目睹這些奇特的深海生物，更讓我驚訝於臺灣深海所富藏的多樣性生命！



人類了解不及百分之一

深海在過去一直是充滿神祕色彩的環境，但隨著科技進步、持續的探測研究，不斷有新發現。即使如此，我們對於深海環境的了解仍相當有限，目前已探索過的範圍甚至還不及百分之一！更令人擔心的是，近岸漁業資源因為不當利用，已經呈現嚴重的過漁現象，人們開始將焦點投注於深海資源的開發與利用。

深海生物普遍具有生長緩慢、壽命雖長卻較晚成熟的特性，如不先經過審慎的評估即貿然逕行大規模利用，將可能使資源快速耗盡、恢復不易。當國外許多先進國家積極地探勘深海資源時，卻還有人把它當作是一座巨大的垃圾掩埋場！但是就如法蘭克·薛慶（Frank Schätzing）在《群》一書中所描述，人類種種不當作為，將招致毀滅性的大自然反撲，此時你、我終將成為輸家。





「庫悠庫悠 (kuyu kuyu)！」當臺灣東北季風寒意已至，而印尼蘇拉威西遲來的雨季來臨之前，赤道度不遠處的潮溼空氣混雜在豔陽下，同樣來自印尼但不同大島的爪哇嚮導在漁港邊拿著蟹的圖片，滿頭大汗又嘖嘖咕嚕的向口音更重的當地漁民詢問「咪咪 (mimi)」的所在，卻得到另一個怪異的回應。

藍血裡的祕密：從蟹的基因多樣性保育談起

文、圖／楊明哲

生命源自海洋，已生存4億年的活化石「蟹」，

在臺灣西部海岸，每年夏季滿月或新月大潮時，

成蟹會成對成群爬上沙灘產卵；

然而這些畫面，如今僅留存在老漁夫數十年前的斑駁記憶裡了。

印尼是個多島型的國家，爪哇島人稱蟹為 mimi，但是在不同的大島，蟹就有其他相當不同的稱呼，像是在婆羅洲還有「belangkas」的稱呼。又近如臺灣與香港，兩地也使用相似的文字，對於蟹的名稱卻也相當不同；在臺灣通稱的蟹，在香港則稱之為「馬蹄蟹」（從英文名稱 horseshoe crab 直譯而來）。除了稱呼上的差異，不同地理位置的蟹，其藍色的血液裡也流著各自不同的祕密。

第一次遇到蟹，是在大學期間到澎湖水族館的暑期實習，睜大眼睛看到水缸裡到處爬的多腳生物，「真是隻不折不扣的怪東西！簡直像隻外星生物。」這是對蟹引起好奇心的平地一聲響雷。幾年後，我跟著中研院生物多樣性陳章波老師的海洋底棲實驗室在金門、布袋、澎湖、通霄潮間帶跟蟹作最天然的接觸，玩泥巴作棲地調查，了解保育蟹更是保育棲地的生物多樣性，尋找稚蟹「川」字形的足跡和建築蟹的洞房（人工產卵場）；跟在地居民聊天，



悠游在俗語中、古籍裡、門楣上鬻與人之間的老故事。



四億年歷史的活化石

在臺灣一提到鬻，大家可能常會想到金門海岸受到過去戰地管禁、另類保護而留存下來的怪異生物，實際上，臺灣西海岸也曾有過大量鬻的足跡。目前世界上共有4種現生種的鬻，一種分布在北美東岸，其他3種則分布在東亞海域。而其中臺灣海域擁有的三棘鬻（*Tachypleus tridentatus*）則是北自日本南至印尼，分布最為廣泛的一種。

鬻悠游在地球海裡已經有4億5千萬年歷史，跟三葉蟲有著相近的共同祖先，且在恐龍出現之前與滅絕至今的2億年來，外表形態上卻改變不了多少，是相當聞名的「活化石」。雖然從外表看來改變不多，但是近年在蛋白質或是DNA的遺傳研究上，卻發現有著如同在稱呼上的地理差異。例如早在1970年代就發現美洲鬻在美國東岸與墨西哥灣內的族群有明顯的差異，就跟其他海洋物種如牡蠣等，有著共同的北美重要地理區域分化特徵。



基因多樣性流失的危機

嘉義布袋過去是知名鹽場，不過鮮為人知的是，如今廢棄的鹽田在每年秋冬引來不少種類的水鳥棲息，包括全世界稀有的黑面琵鬻也常會拜訪。而更少人知的是，布袋好美寮也有鬻，不幸的是，牠們面臨著和整個臺灣西岸的鬻



▲ 金門泥灘上的稚鬻。成鬻到了夏季會在沙灘上產卵，稚鬻孵化後會移往泥灘地生活，從底質有機碎屑、小貝類吃到沙蟲，食性很廣泛。有時會將身體半埋在泥中

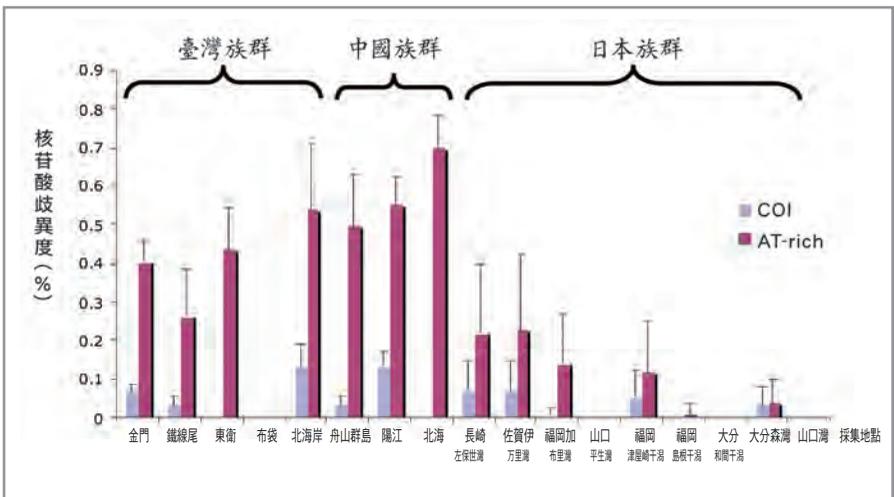


相同的危機。從前臺灣西部海岸每年夏季滿月或是新月大潮時，成蟹會成對成群爬上沙灘產卵，而這些畫面如今僅僅留存在老漁夫2、30年前斑駁的記憶裡了。

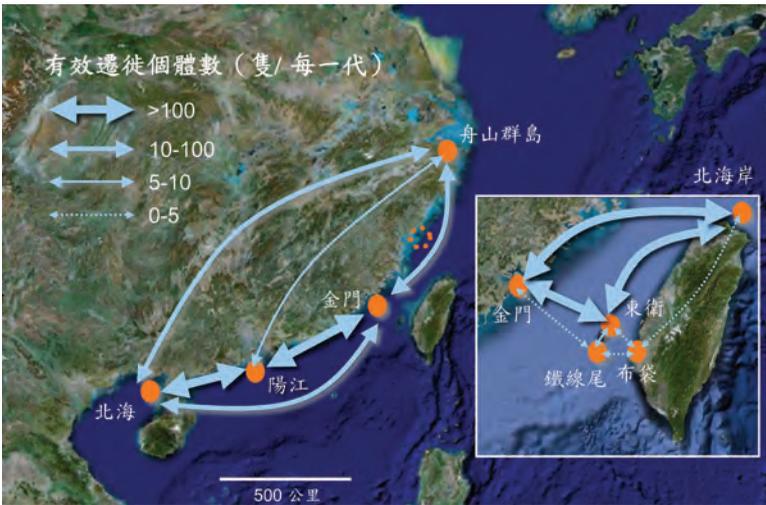
透過2005年布袋好美寮的14隻三棘蟹DNA樣本採集，經過分析發現所有個體的DNA粒線體控制區（mitochondrial control region）和細胞色素氧化酶基因（cytochrome c oxidase subunit 1, CO1）竟僅存著共有的單基因型（haplotype，即獨一無二的單基因序列型）；換句話說，布袋蟹族群的基因多樣性等於零；而2002年金門浯江溪口的蟹族群在23隻蟹的DNA樣本中，則有較高的6種單基因型，和中國其他族群有相似的基因多樣性程度（見下圖）。這樣的分析，說明布袋附近海域能提供基因多樣性來源的成蟹族群量，已經達到相當小的程度，不足以維持布袋輸入更多基因型

三棘蟹的基因多樣性

▼ 核苷酸歧異度可當成衡量基因多樣性的指標，同一族群分別以AT-rich和CO1為遺傳標誌。臺灣族群包含金門、鐵線尾、東衛、布袋以及北海岸；大陸族群包含舟山群島、陽江和北海；其餘為日本族群（資料由西田申博士提供）。當一個族群內的所有個體僅共有一個基因型時，則基因多樣性為零，如布袋、日本山口縣的平生灣及山口灣、大分縣的和間干潟（註：大陸舟山群島的CO1尚未完成）。



三棘蟹的基因連通性與保護區網路



▲ 橘色實心圓為本研究採集點（代表一地之蟹族群），淺藍色箭頭代表蟹每代有效遷徙個體數（即遷徙或擴散後成功繁殖的個體數量），用為基因連通性大小的指標，線條越粗代表連通性越高。其中中國沿岸的族群大致的特徵，距離越近則基因連通性越高。保護區網路可保護各地族群的長期遷徙路徑，以利於保護整體區域的族群；遠於500公里連通性則減弱，如金門和舟山群島間較遠，不利於保護區網的功效。因此除了中國沿岸隔500公里之各採集點應設立蟹保護區（如今僅金門已成立），橘色虛線圓圈代表在金門和舟山群島間應增設一保護區。另外，澎湖的鐵線尾和嘉義的布袋因為天然地理隔離及人工港的建立，造成族群無法跟外界連通。

（見上圖）。此結果將導致好美寮的蟹族群，極易因為環境變遷而遭受區域性滅絕（尤其全球環境的確正在變遷中，除氣溫升高外，沿岸地區的水位上升更造成嚴重的棲地縮減）。

實際上，在過去一年多的野外調查，不管是捕獲的成蟹或是泥灘地上的稚蟹，都愈來愈難被發現。臺灣西岸蟹的消失，不管是因為族群過去遭到過度捕撈而大量衰退，還是鄰近棲地因為開發導致破碎化甚至消失，我們錯過時機，也無法回到過去檢驗。



但是根據日本長達30年瀨戶內海的歷史空照圖對照三棘鸞野外調查發現，由於填海造陸、港埠興建或海堤等海岸開發使泥沙灘消失，鸞的產卵場和稚鸞棲息地已經大為衰減。一起合作研究的日本九州大學的西田申博士和小池裕子教授，使用同樣的遺傳標誌，研究了日本現有各地的9個鸞族群，更發現總數294個體的樣本中，竟只有7種單基因型。日本鸞雖然名列日本環境省的紅名單（red list）中，受到政府和民間的保護；但棲地的流失已經造成族群數量 and 基因多樣性的衰退（見162頁圖），日本鸞的生存，仍面臨著相當嚴峻的挑戰。

美洲鸞則因漁業和醫藥產業遭到大量採捕，而當美國東岸的學者驚覺候鳥紅腹濱鷸（*Calidris canutus*）的數量已減少了三分之一，才發現其北遷路上所需的重要主食——鸞卵已經大量減少。此外，以鸞卵為食的鳥類更達20多種，這才喚起了更多愛鳥、生態喜好人士以及學者對於鸞的減捕和推動劃設保護棲地；鸞因此成為泥沙灘生態系保育上的旗艦物種（flag species）和生物指標。當基因多樣性流失成了鸞的族群數量以及其他泥灘地生物多樣性消失的第一響喪鐘，希望能敲醒我們：臺灣的鸞，其遠親和近鄰是由於什麼原因而消失，什麼又將會或已經是下一個受害者。



親緣地理分析 V.S. 海洋保護區

生物多樣性在「生物多樣性公約」裡分成3個重要層次：生態系多樣性、物種多樣性及基因多樣性。其中基因多樣性愈高時，愈能提供物種在面對多變環境的適應力。

看似大海一家親的海洋生物，事實上常會受到各種古今環境影響而造成各地基因上的差異，例如緯度（溫度）、



海流、地理屏障（如陸塊）等，各物種也會因為自身的行為模式、生殖策略而使得同一環境的不同物種擁有不同的結果。所謂「地理親緣學（phylogeography）」，就是先採集不同地理區的生物個體之肌肉或血液等微量組織（傷害性較低，生物仍可存活），萃取出組織內的遺傳物質DNA，再選擇DNA其中片段作為分子遺傳標誌。然後用分子遺傳分析的方法，比較不同族群DNA的差異程度，配合環境和生物特性，來探討血緣親疏關係、族群動態與物種在地理和時間的演化歷程等問題，同時也常做為在保育策略上的重要工具。

海洋生物常常會根據本身的擴散能力、環境的助力或阻力，而決定其子孫綿延的距離；但是傳統標定生物幼生十分不容易，因此以分子遺傳為基礎的地理親緣學，可協助解決此類問題。當我們把尺度放大到整個中國大陸海岸和臺灣海峽海域的地理規模時，比較分布在中國南界的北部灣（海南島西部的大海灣）至北界的舟山群島之間各地的幾個三棘蠶族群的DNA，發現蠶群可能從1萬7千多年前的冰河時期結束以來，隨著海水溫度的上升，像「墊腳石」一站站接力由較溫暖的南方向北擴散。且維持兩兩鄰近的蠶群有著最大的遺傳連通性，在大於500公里後會逐漸減弱。因此500公里左右的距離，可以作為設立蠶保護區的間距（見163頁圖）。當然愈密集的保護區，對於蠶和其他海洋生物有更佳的保護效果，然而在現實上是不容易達成的；但是如果有個科學基礎根據，需要多大距離可以讓我們決定在何處設立蠶和其棲地的保護站時，才能夠接續成蠶子蠶孫綿綿不絕的海洋保護區網。

中國沿岸開發和蠶濫捕情況嚴重，此保護網除了保護蠶本身，未來更希望能以蠶為模式物種，作為保護泥灘地和生活其中的生物多樣性。



目前亞洲的3種蟹在分化歷程、擴散路徑到形成今分布特徵等方面，仍有許多待解之謎；由於蟹的分布範圍涵蓋全球海洋生物多樣性熱點的印尼馬來群島，解開其演化之謎也有助於了解生物多樣性的產生。雖然目前對於蟹的整體演化研究尚未完成，但是環境與物種特性於遺傳多樣性的影響，也可應用於保護區設計等保育策略上。



國際潮流與「藍金」新解

遺傳的資料告訴我們，同一隻蟹可能會在金門、廈門間游走，當隻「金夏一條蟹」，我們只保護金門的蟹可能不夠，還需要兩岸的合作。目前臺灣方面，由於基礎族群數量資料不足，三棘蟹尚未列為保育類動物；而中國，雖然將蟹列入國家二級保護動物，浙江、福建、廣東和廣西各省也列入省級保護動物，不過棲地保護仍嫌不足。所幸，目前兩岸的學者和金夏等地方單位對保育蟹都有一致的共識，只是在足夠的保護區設立，以及執法管理落實之前，保育蟹之路還有很長的一段要走。遺憾的是，臺灣保育措施目前也僅限於金門古寧頭西北海域潮間帶蟹保育區，以及馬祖對於蟹的禁捕措施。

2007年6月在美國紐約舉辦的「第一屆國際蟹科學與保育研討會」(International Symposium for Science and Conservation of Horseshoe Crab, ISSCHC)中，除了交流研究與保育成果，來自全世界的蟹生物學者與保育學者簽名連署，向聯合國教科文組織UNESCO提案將蟹列為「世界襲產物種」(world heritage species)。不只是因為藍色的蟹血「藍金」製成的檢驗試劑在食品、醫藥和人體醫學上，具有無可取代的國際級重要性和經濟價值，也代表蟹



在漁業資源、科學研究、生物多樣性與人類的社會文化的重要價值。

我在中研院陳昭倫老師實驗室從事蟹分子遺傳的研究，學習試管裡的科技魔術，跑遍東亞採集組織樣本，探索各地的蟹文化。當某些地區稚蟹數量減少、基因多樣性降低等跡象逐漸浮現時，就令人聯想到蟹將可能永續價值的消失，例如棲

地、生物多樣性與文化面等。所幸10多年前中研院陳章波老師推動蟹的保育，在地居民和政府也逐漸重視，加上國際會議上形成共識，熱忱之火得以維持下去。

「好好蟹，殺到屎流」是流傳在臺澎金馬的俗諺，意思是若不會好好料理蟹，剖破了腸子就會臭了整鍋蟹；這其中含有愛物惜物的文化價值。如今現代臺灣環境再也沒有這麼多蟹可供食用，反倒是蟹及其多樣性豐富的棲地，以及相關的人文文化所構成的生態與文化資源，可以創造出另一種「藍金」；如果糟蹋任其消逝，恐怕會成為現代「好好蟹，殺到屎流」的新解。



▲ 2007年「第一屆國際蟹科學與保育研討會」在紐約舉辦。圖為會議舉辦單位特製的蛋糕，上面有研討會的標誌，代表全球4種現生蟹的分布範圍（海岸有白邊的區域）。此研討會亦為全球蟹研究者有史以來首次共聚一堂

註：2008年，由於金門水頭、后豐海域的開發，浯江溪口灘地成為金門蟹的移地復育區域，但是新的棲地卻又碰上入侵外來種「互花米草」的侵襲，產卵生存空間大受影響。





海鮮一直是廣受大眾喜愛的美味；油質肥厚的鮭魚肉片，是日本料理店裡最受歡迎的生魚片料理，而從海裡撈起的成千上萬噸蝦子，再經過加工冷凍後運送到各地市場，更是日常餐桌上不可或缺的食材。但你可知道我們在大啖這些美味時，背後其實付出了多大的代價？

我們不願面對的事實：從混獲談海洋資源危機

文／林芳儀

海鮮、鮭魚、蝦子……這些從海洋中撈捕來的珍饈美饌，已成人們日常餐桌上不可或缺的食材。但你可知道我們在大啖這些美味時，其實背後付出了多大代價？

科技發達讓漁業邁向新里程，捕魚不再是駕著三兩小船在近海海域作業，而是配備著精密導航系統的動力船隊，在汪洋大海裡展開系統式的圍捕；綿延數海裡的延繩垂掛著餌料引誘著肉質鮮美的鮭魚上鉤，往往卻也吸引海鳥和鯊魚前來；而捕蝦漁船在海裡灑下天羅地網，除了蝦子

168

上課了！
生物多樣性 ①



► 混獲造成白腰鼠海豚的死亡

(圖片來源：US

Federal Government)



以外，也不具選擇性的將其他物種一網打盡，並且造成誤闖漁網的海龜與海豚溺斃死亡。這種在從事特定漁種的捕撈作業中，卻意外捕捉其他物種的現象，又稱為「混獲（bycatch）」。



海洋多樣性的隱形殺手

根據WWF統計，平均每2分鐘就有一頭鯨豚遭漁網纏勒溺斃，而每年有高達25萬隻海龜和10萬隻信天翁因延繩釣而死亡，其中有19種信天翁瀕臨絕種（註1）。此外，光在地中海地區，每年因混獲而導致死亡的鯊魚高達10萬隻，科學研究也指出混獲是過去20年間，北大西洋近8成的雙髻鯊以及長尾鯊族群消失的主因。然而，除了威脅海洋生物多樣性外，混獲也造成海洋漁業資源的浪費。平均而言，每次拉上來的拖曳網有將近50%的漁獲是非目標物種，這些意外混獲的生物，不是奄奄一息地再被丟回海中，便是淪為漁港裡一座座乏人問津的魚蝦小丘，等待著鏟上卡車，運往工廠碾碎、加工作為飼料。

愈來愈多的相關研究數據，讓長久以來一直遭忽視的混獲問題浮上國際檯面。意識到無法再輕忽混獲對海洋生物多樣性及漁業資源的嚴重影響，目前世界各國已開始嘗試發展新的漁具，希望能改善混獲的情形。海龜逃脫器（Turtle Excluder Device, TED）是針對蝦拖網漁業混獲海龜所設計的改良漁具，主要是在拖網中裝置金屬柵欄，一旦海龜或其他大型動物如果誤入網中，便能被柵欄阻攔下來並由逃生口逃脫。根據美國國家科學院於1993年發表的報告中指出，TED不僅防止海龜混獲的效率高達97%，同時也降低混獲提高了捕蝦的作業效率。



▶ 誤入漁網中的海龜成功從逃脫器中逃出

(圖片來源：U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration)



除了TED之外，針對遠洋延繩釣的改良漁具也在漁業組織以及保育團體的推動下，結合來自世界各地的絕妙點子開始紛紛問世。相較於延繩釣傳統使用的J型鉤，圓形鉤因為倒鉤內彎呈G型，可以減少海龜不慎吞鉤的受傷程度。另外，深水下鉤是一個減少延繩釣混獲問題的簡單改良方法。由於主要的混獲物種例如海龜、鯊魚等是在淺水地帶活動，將延繩鉤垂降到100公尺以下的水域，不但可以降低混獲的比例，同時由於鮪魚偏好活動於深水域的習性，測試的結果顯示此一方法也同時增加了1.5倍的鮪魚捕獲量(註2)。

目前美國規定在其領海中從事捕蝦活動的業者，必須加裝TED以降低海龜混獲比例，同時並立法禁止所有未裝置TED地區所捕獲的蝦子及相關製品進入美國市場(註3)。澳洲也在2001年通過了「混獲行動方案(Bycatch Action Plans)」，規定其海域裡多項漁業，例如蝦拖網漁業、魷魚餌釣及沿岸底拖網漁業等，都必須配備TED



或者其他減少混獲的裝置（Bycatch Reduction Device, BRD），以降低混獲的比例。此外，美國國家海洋暨大氣總署海洋漁業局（NMFS）以及全球綠色資助基金會（Earth Island Institute）雙雙推出「無害海豚（Dolphin Safe）」的認證標章（註4），加註此標章的鮪魚產品在捕撈的過程中不會傷及海豚，不但正面肯定以減少混獲海豚的方式捕釣鮪魚，同時也提供資訊讓消費大眾有機會選擇這類的鮪魚產品。

然而，相較於這般的國際趨勢，臺灣目前不管在減少混獲的漁具改良或者政策方面，相關的迴響仍然十分有限。2007年10月，WWF選擇在南方黑鮪保育委員會（CCSBT）的年會之前，公開譴責日本、南韓和臺灣等3個南方黑鮪總漁獲量最高的會員國，對於減少混獲的措施卻相對的最為貧乏，呼籲南方黑鮪保育委員會提出解決的對策。

臺灣的延繩釣魚船仍使用會對海龜造成嚴重傷害的傳統J型鉤，僅根據「臺灣減少延繩釣魚業意外捕獲海鳥國家行動計畫」以及漁業法，規定在南緯30度以南或北緯23度以北作業之延繩釣魚船，必須裝設避鳥繩，同時配合夜間投餌等措施減少海鳥意外混獲的發生。雖然規定漁民必須填表通報，並實驗性的執行海上觀察員制度蒐集混獲資料，但總體而言，目前臺灣仍缺乏完整的混獲資料以及評估系統，對於擬定具體的漁業管理政策仍是一大問題。



海洋危機需要全球總動員

混獲已經成為國際漁業所矚目的焦點，然而，混獲所勾勒出來的問題，不過是現今海洋資源所面臨危機的冰山一角而已！從1900年至今，過度的捕捉已經讓許多海洋生物的族群量大幅減少剩下不到10%。根據國際糧農組



▶ 全球最大的捕鮪國為日本，臺灣居第二；本圖為日本著名的築地魚市場（攝影：Fisherman / 適用CC-BY-SA授權條例）



（FAO）的資料顯示，全球的鮪魚捕獲量從1950年不到60萬噸，到2005年的6百萬噸，足足增加了近10倍之多（註5）。單純以數字來看，漁獲量的大幅成長代表的也許是一種人類文明的進步，然而，當海洋被一掃而空，成群的鮪魚不再悠游於海中，我們所能捕捉到的魚愈來愈小，這樣的進步是否是我們所期盼的？

近幾年，由於思維的演進與永續利用的意識高抬，世界各國紛紛開始針對海洋資源危機尋求可能的解決之道。基於科學資料的漁業管理政策是遏止問題持續惡化的關鍵。舉例來說，美國墨西哥灣漁業委員會（GMFMC）為了在2010年前解決在墨西哥灣過漁紅鯛（red snapper）的問題，除了降低漁業的捕獲量外，由於蝦拖網漁業所造成的紅鯛混獲比例也必須減少75%。除了政策面之外，消費者對於永續漁業產品的訴求在未來也將是一股不容忽



視的力量。例如，海洋管理委員會（Marine Stewardship Council）便針對符合永續利用漁業的產品，發行環保標章（eco-label）認證，不僅藉由消費者的選擇正面肯定了這些永續漁業，同時也幫助建立了漁業的追蹤監測體系。

臺灣也已經開始執行限漁的相關措施，像是東大西洋的黑魷限制配額以及最小魚體限制，然而，其他如混獲以及更為積極的漁業資源復育管理仍顯得匱乏。

此外，漁業資料的缺乏使得以科學為基礎的管理措施擬定難以施行，像是每年根據族群量的變化設定隔年的漁撈作業時間長短、混獲比例限制等等。因此，如何落實漁業資料的蒐集以及建立追蹤監測系統將是未來的一大方向。目前臺灣仍未有如國外的永續漁業產品認證，除了無法正面鼓勵永續漁業外，消費者也無法藉此獲得足夠的資訊選擇對於環境與人體都健康的漁業產品。

餐桌上，每一尾魚的背後都有一個故事；也許是一個對於人類貪婪的嚴厲控訴，也許是一則人與自然和諧共存的例證，下一個世代會聽到怎樣的一個故事，就端看處在這個時代的我們如何選擇了。

註1：詳見WWF網頁http://www.panda.org/about_wwf/what_we_do/marine/problems/bycatch/index.cfm

註2：詳見WWF's International Smart Gear Competition 網頁<http://smartgear.org/>

註3：詳見王振瑜所著〈貿易與環境的衝突：蝦與海龜案評析〉一文，2005。

註4：詳見全球綠色資助基金會（Earth Island Institute）Dolphin Safe Tuna 網頁<http://www.earthisland.org/dolphinSafeTuna/consumer/>

註5：詳見漁業與糧食組織（FAO）發布資料。





2006年6月，美國總統布希宣布將西北夏威夷群島海域訂為國家保護區，這片涵蓋10座島嶼及周邊環礁14萬平方哩的水域，比全美50州的46座國家公園面積都要大。到了2008年，美國政府更進一步計畫成立太平洋保護區，預估保護區的範圍將擴及到南太平洋的美屬薩摩亞附近環礁，以及西太平洋的馬里亞納群島海域，總面積超過230萬平方公里，屆時將成為全球最大的海洋保護區。這項宣言不啻為全球海洋保育人士打了一劑強心針。巧的是，臺灣也呼應了在地保育工作者自上世紀末的呼籲，在2007年1月設定了東沙環礁海洋國家公園，這是我國第一座海洋國家公園，同時也是國內第七座國家公園。

海洋保護區對生物多樣性的重要性

文／王茹涵

過去全球對海洋保護的重視遠不及陸域，如今各國則競相成立大型海洋保護區。這觀念其實是套用「預警原則」，且從大方向著手，著重於棲地而非物種。

174

上課了！
生物多樣性 ①



全球興起海洋保護區熱

事實上，海洋保護區的設立，已經是全球保護生物多樣性的首要工作之一。過去，生物多樣性的保護著重在陸地上，當全球陸域已有超過12%被納入保護區時，海洋卻只有不到1%的面積劃為保護區。目前海洋生物多樣性及漁業資源正在快速減絕。大型魚類族群中，超過90%均是過漁狀態，而75%商業漁獲族群已瀕臨崩潰。因此，海洋保育在2003年「世界保護區大會」中成為關鍵議題。為了挽回海洋資源的頹勢，該大會要求各國政府在未來10年內將





▲ 海天一色中的
東沙環礁國家
公園

海洋保護區之面積增加為全球海洋面積的12%（全球海洋生物學家之共識則為全球海洋至少應有20~30%之面積劃入保護區）。而我國在2001年5月行政院核定之「生物多樣性推動方案」中，希望將臺灣地區海洋保護區面積由目前不足領海面積的1%，逐步增加到5%。

海洋保護區又可分為許多種，根據規劃與當地法令的不同，在其中可進行的活動也就不同。目前最被提倡的，是禁止一切榨取自然資源活動（non-extractive activities）的海洋保護區（marine reserve），但這類保護區的設立往往也最受爭議。而為了減少爭議，保護區的設立必須要有完善的諮詢體制，各利益團體的意見都需要被公平的聆聽與評估，在協商過程中往往也充滿了妥協，例如「海洋公園」（marine park）也是保護區的一種，雖然禁止商業捕撈，卻有條件的允許育樂性的捕撈活動。

保育人士支持海洋保護區的立足點主要有三項，一是基於自然的「內在價值」，包括了海洋的美觀性、自然性、科學性、文化性甚至是歷史性，二是保護區可以完整保護海域的生物多樣性，第三則是較偏實用主義的理由，即保育人士認為保護區的設置將為漁業管理帶來助益，長久而言，適當的禁捕可以帶來更高的漁獲量。





採取預警原則



▲ 海洋保護區的設立可避免海岸遭如此粗暴對待

海洋保護區的觀念，其實是套用近年來普遍被討論到的「預警原則」（precautionary principle）。簡單來說，就是在生態災難發生以前，以較嚴格的標準制定保育政策。不同於傳統漁業資源管理的方法（如管制釣具、規定捕獲尺寸與數量等），海洋保護區是從大方向著眼，著重於棲地而非物種。相對於傳統漁業管理工具，海洋保護區有其整體性。舉例來說，漁業資源的減少並不單單來自於過漁，事實上，整個生態系的破壞對海洋資源造成了重大衝擊，例如海岸沖刷與海域的污染等，劃立海洋保護區，便可以避免這種情形發生。再來，許多物種具洄游性，或是有較大的生活領域，因此劃立大面積或連續的保護區，的確能為這類物種提供更多保護。

此外，海洋保護區可以幫助生態學家訂定漁業資源回復情形與其他的生態狀況，而且保護區提供了一個機會，讓研究人員可以將保護區與開放捕魚區域相比較，以明瞭某一（些）物種對整體生態系的影響。

有鑒於海洋資源的急劇減少，許多保育人士呼籲，海洋保育應採預警原則來管制，劃定保護區並於保護區內全面禁止捕撈或娛樂行為，便是當前保護生物多樣性十分受歡迎的方法之一。但要嚴格實施預警原則，積極劃定海洋護區，在現實面上會遇到許多問題，例如：要如何保障當地漁民的生計權益？如何權衡經濟上的得失以求永續經營？要如何避免激進的保育人士過度使用預警原則，使得保育計畫失去協商空間？海洋保護區目前雖然受到科學界主流的支持，但由於各國的海洋保護區成立時間不久，對保育的實際成效仍有待長期觀察。





深海生物的隱身術

文、攝影 廖運志

棲息於深海的生物，要在條件嚴苛的暗黑世界裡生存，避免自己被敵人或獵物察覺的第一件事，就是像忍者的「隱身術」般隱藏起來！一同來看看有哪些深海生物能像魔術師般幻化自己、如透明人般隱沒身體吧！



深海手魷：全身變成透明是深海中層生物最好的隱蔽術，像隱身衣般能輕易地消失在水體中。而眼睛這對複雜的器官卻無法變透明，幸好眼睛下方的發光器可提供隱蔽效果，輕鬆解決問題！

水母：櫛板上盡情擺動的纖毛，為櫛水母帶來許多食物。但在人造光照射下，顯現出虹彩般的物理性光澤。全身透明是許多深海中層性生物的重要保護作用。



龍蝦幼生：在變態為龍蝦成體之前，需經過數個月在水層中漂流。扁平的頭胸甲及細長的附肢，有利於增加浮力；透明的身體像是隱身斗篷，巧妙避開捕食者的視線。



在東沙成立國家公園，有歷史、國防背景，也基於保育的需求。由於東沙距離臺灣最近的高雄有240海浬，相較於中國大陸140浬、香港170浬，近10年來，中國、香港及越南漁民在東沙環礁無所不用其極的捕撈，以毒魚、炸魚、濫捕等不永續的漁獲方式，大肆破壞海洋資源。

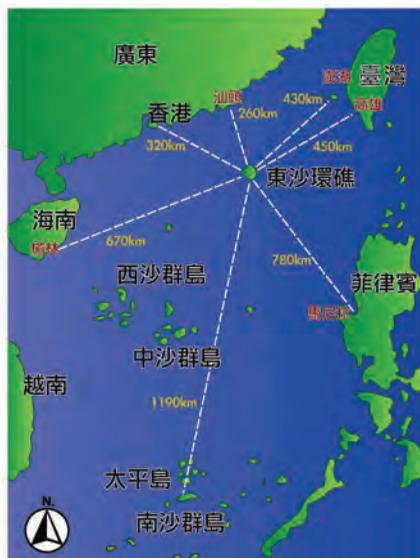
當時的中山大學海洋系教授邱文彥曾於2002年為文痛心指陳：「東沙環礁95%以上的珊瑚礁幾近死亡和白化，珍貴珊瑚幾被炸平，海底死寂，已然是一片『海底墳場』。聚光捕魚後棄置的廢電瓶和全球暖化洋流的影響，更使東沙珊瑚礁存續如雪上加霜。」

我國第一座海洋國家公園的誕生

文／曾彥蓉、莫聞

2006～2007年全球珊瑚礁白化危機，使人擔憂海底「寂靜的春天」即將到來。有「海底雨林」之稱的珊瑚礁，曾在東沙消失了95%以上，海洋國家公園的誕生，能否讓海洋生態起死回生？

東沙環礁位置圖

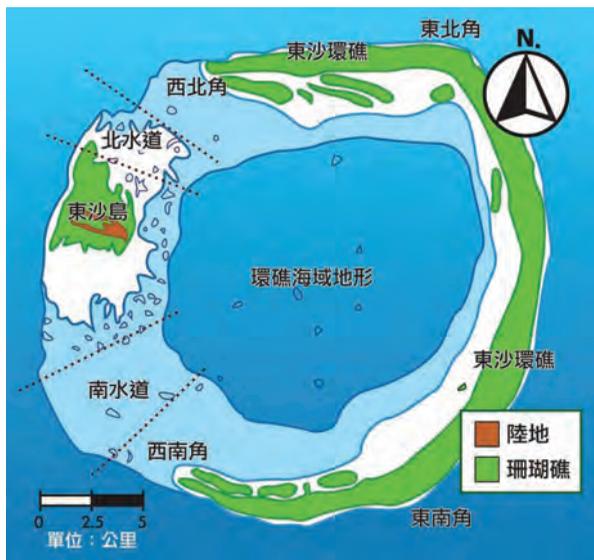


有鑒於各方海洋專家學者極力呼籲成立東沙海洋國家公園以加強保護、復育措施的呼聲高漲，兼且順應國際興起的海洋保育風潮，2007年1月，我國第一座海洋國家公園——東沙環礁國家公園正式誕生，這也是我國第七座國家公園。



東沙環礁國家公園的範圍以東沙島及東沙環礁周圍延伸至外圍22.2公里，總面積3536平方公里，約佔我國土面積的十分之一，不僅比現有6座國家公園總和面積還大，資源特性更有別於臺灣沿岸的珊瑚礁生態系，複雜性遠高於陸域生態，涵蓋了島嶼、海岸林、潟湖、潮間帶、珊瑚礁、海藻床及大洋等不同但相互依存的生態系統。

東沙環礁地形示意圖



印度至太平洋群島一帶，是全世界珊瑚分布的熱點地帶；其中南日本、臺灣與南中國海域也被「國際保育」（Conservation International）並列為10大



▲ 東沙島上的潟湖（攝影：李進興）



▲ 東沙島內的小潟湖日照充足、水域平緩，有一片相當美麗的海藻床

► 東沙擁有世界級的
環礁美景
(攝影：郭道仁)



珊瑚礁熱點的第7個，臺灣位處其間，珊瑚資源豐富；以本島來看，最發達的區域在墾丁沿海，光恆春半島海域，珊瑚種類就有350餘種，其他澎湖群島、蘭嶼、綠島、小琉球、東沙等離島，珊瑚資源亦毫不遜色。其中以東沙最具特色，是唯一的環礁地形，也是離島中發育最完整的珊瑚礁。它的面積約有500平方公里，比3個高雄市還大，是全世界形狀最圓的環礁，堪稱世界級美景。

環礁如何形成？它跟墾丁的裙礁地形有何不同？著名生物學家達爾文，除了發明物競天擇理論之外，當年搭乘小獵犬號環遊世界時，也對珊瑚礁地形頗有研究，而提出了「環礁理論」，意指熱帶或亞熱帶地區隆起的「火山島」逐漸下沉，邊緣先形成「裙礁」，繼而島嶼沉沒後形成了「環礁」。

專家學者推測，東沙環礁的形成過程應和達爾文理論類似，不同的是，東沙不是在火山基底上發育形成的，而是附著在淺海區的冷泉碳酸岩上發育而成，雖然目前尚無基底完整的鑽探資料，但以南南海域的地質探測推斷，東沙



環礁形成至少有千萬年的歷史，而且仍在持續增長中，屬於非常珍貴的自然資產。



世界級的海底考古價值

過去，南海即是航海貿易非常熱絡之地，各國船舶經常往來此海域，但南海海域附近多灘洲暗礁，且夏季多有颱風侵襲，航海事故時有傳聞，南海也成為世界上沉船最為集中的海域之一。而從古至今交錯於東沙環礁附近海域的船舶擱淺或沉沒數，根據統計約28艘，有來自葡萄牙、西班牙、美國和中國的貿易船隻，運載了珍貴寶石和金銀財物，觸礁沉沒在東沙海域。此外，東沙島瀉湖北岸並發現「東沙遺址」，顯示出東沙海洋文史與考古在此地的重要性。

東沙擁有如此得天獨厚的人文及自然價值；早在籌備期間，東沙就朝向自給自足的目標來規劃，一方面遵照聯合國《保護水下文化遺產公約》進行遺產保護工作，爭取成為國際知名之海底考古中心，以吸引更多國內外之研究與合作，讓東沙成為世人關注的海洋考古、珊瑚礁生態及海洋物理的國際研究中心；二方面，海洋公園管理處正在積極進行珊瑚復育，當珊瑚生態回復至60%以上，在不破壞原有生態的原則下，即將以適當的方式開放國內民眾進行生態旅遊，藉著海洋生態體驗，培養海洋保育的理念。這些都是東沙環礁國家公園未來努力的方向。



搶救珊瑚礁免於滅絕浩劫

珊瑚的珍貴，不只是美麗而已，珊瑚礁多孔隙的構造，可提供多種藻類附生，並吸引眾多海洋生物到此覓食、停





▲ 在積極保護之下，東沙原本90%白化的珊瑚礁已有逐漸回復的跡象
(攝影：郭道仁)

棲，生產力是一般熱帶海域的30到80倍以上，猶如海中的熱帶雨林區。但是全世界的珊瑚礁卻已經逐漸遭到破壞；1997年，聯合國曾發起全球珊瑚礁生態總體檢，參與的專家學者當時便預測，全世界70%的現存珊瑚，將在40年內死亡。1998年，臺灣的珊瑚礁體檢報告出爐之後，大家才驚然發現，號稱珊瑚王國的臺灣，其實珊瑚已消失了近大半；印度洋某些海域，珊瑚礁更死亡超過90%！近年來全球暖化加劇，越來越頻繁海水異常升溫，加上海水的汙染等，都是促使珊瑚礁白化的元凶。

在全球此波珊瑚礁危機中，東沙的珊瑚也出現了白化現象，據調查最嚴重時存活率不到原有的10%。復育珊瑚礁生態，因此成為海洋公園管理處第一要務。多支研究團隊正有計畫的進行各種保育及復育工作，目前已逐漸讓珊瑚生態回復至40~50%。





長期生態復育和調查

研究調查與長期監測是保護區有效管理及永續經營的基礎。早在1975年，國內已有學者進駐東沙，展開學術調查。東沙正在進行第一期5年的工作，設立國際研究站，並集合中山大學、臺大、海洋大學、臺科大等多所院校研究團隊進駐，持續對自然和人文資源進行調查研究，規劃長期監測系統，建置資料庫等。

為使人為活動對生態的衝擊降至最低，管理處並對島上展開環境整理、廢棄物和污水處理，並試驗替代能源及節能、省水設施。針對多年前軍方為防風固沙而在島上大量種植的外來樹種「銀合歡」，管理處也積極予以移除，並

▼ 東沙島上的原生物種「白水木」（攝影：李進興）





▲ 東沙島上的原生物種「海草桐」
(攝影：李進興)

以十多種有抗風護土之效的本土原生植物代替。對於四周珍貴的環礁，則提出生態保護和監測設施，並執行海洋天然災害安全防護與應變計畫。

未來的5年，東沙將朝向科技研究、海洋教育及海洋資源運用的方向邁進。在整體園區規劃上，將分設生態保護區2處、特別景觀區4處、「東沙遺址」史蹟保存區1處及一般管制區。未來發展海洋教育，就將在「南北水道及東沙島周邊海域特別景觀區」進行。



東沙的保育 國際的議題

東沙環礁國家公園的成立，已有將禁漁的消極作法，轉為積極維護保育的重要意義，目前保育漸有成效，未來發展成海洋生物種原庫的梦想可望成真。然而在如此的考量下，東沙仍存有若干保育議題待解決。



雖然墾丁國家公園包含陸域及海域地區，但國家公園在海域管理方面的經驗仍相當不足，海洋公園管理處將結合海巡署的專業，扮演國家公園警察隊的角色，負責海域的保護及安全。但在中國及香港漁民，甚至越南漁船都到東沙環礁捕撈之下，如何建立有效的管理機制，是兩個管理單位必須共同協调研擬的。

全球暖化導致珊瑚出現白化現象，澳洲正積極展開研究，並研擬策略，也擬妥未來25年的經營管理計畫，以阻止全球氣候變遷進一步破壞世界聞名的大堡礁。東沙環礁國家公園除了必須有效遏止漁民對珊瑚礁的破壞之外，未來還得面臨全球暖化的威脅、生態旅遊的永續經營、海洋的生物多樣性、海洋考古等議題；海洋沒有疆界，海洋保育亦無分國界，面臨的挑戰也同樣是全球性的議題，需要更多的討論與更多人的關懷。

2005年間，國際海洋保育專家理查·肯其頓（Richard Kenchington）曾受邀來臺訪問，就提到與國際機構合作交流的重要性，例如「國際珊瑚礁學會」（International Coral Reef Initiative, ICRI）、設立於帛琉的「國際珊瑚礁中心」等，都是可以取經的對象。

有鑑於全世界珊瑚礁面臨嚴重危機，全球珊瑚專家和保育團體在聯合國環境規劃署的號召下，成立國際珊瑚礁行動網（International Coral Reef Action Network, ICRAN），以「國際珊瑚礁倡議」為基礎，利用全球綜合行動計畫來管理和保護珊瑚礁。

2005年，IUCN也著手協助印尼進行珊瑚礁棲地復育和經營管理計畫，聯合各國多位科學家，在印度洋進行珊瑚白化、死亡的調查和復育評估工作，並協助巴西進行海洋污染控制試驗；由此皆可見國際合作的潮流趨勢。





2008年，花蓮賞鯨業已屆滿12年了，在這12年之中，活潑可愛的鯨豚族群吸引了全臺各地、甚至是國外的遊客到花蓮海域來一探究竟，連帶促進花蓮當地觀光產業的發展，同時也將臺灣民眾休閒遊憩的版圖拓展到廣大無垠的太平洋上。然而，逐年增加的賞鯨船與愈來愈頻繁的航次，對這些野生鯨豚是否產生影響，也需要持續而密切的關注。

黑潮尋鯨：記錄東臺灣鯨豚生態變化

文、圖／賴威任、黃郁翔

**放下漁網，當我們轉而用「觀看」來利用海洋，
是否是種更永續的方式？跟隨一次次賞鯨船出海追尋鯨豚的蹤跡，
我們能窺見什麼來自鯨豚，或來自海洋的祕密？**

自1998年成立的黑潮海洋文教基金會（以下簡稱黑潮），因此與多羅滿海上娛樂股份有限公司建立互惠模式，由黑潮的解說員擔任多羅滿賞鯨行程中的生態導覽及環境解說工作；而多羅滿海上娛樂股份有限公司則提撥收入的5%作為保育回饋金，支持黑潮日常活動運作，達到

186

上課了！
生物多样性
①

► 飛旋海豚是東臺灣最容易觀察到的鯨豚





▲ 賞鯨業者若通過認證，可由漁業署核發賞鯨標章，授權使用期間為2年

所謂「生態旅遊」的精神。在這樣的過程中，除了達成雙方互惠共榮的關係外，黑潮也藉由每次出航的機會，持續進行海上觀察、研究及記錄。從1998年開始，一直到2007年為止，累積超過千筆的觀察記錄呈現了花蓮海域賞鯨活動的歷程。

全台賞鯨港口



各類鯨豚出現率變化大

創會至2008年，黑潮所累積的厚厚資料中，扣除部分記錄不完全的筆數後，共計有1286個航次與2015筆的鯨豚觀察記錄。在這些航次中，發現鯨豚者有1187航次，發現率達到92.3%，顯示賞鯨業者宣稱花蓮外海的鯨豚發現率達9成以上並無誇大。若以這段記錄期間而言，每年的平均發現率以2007年為最高，達到94.5%，最低者則為2005年的86.2%，可能與2005年期間有多個強烈颱風侵襲花蓮有關，因颱風來臨前和離開後，均會造成海相不佳，搜尋鯨



豚較為困難。

而以每個航次中所觀察到的鯨豚種類，平均發現率（包括混群）最高的是飛旋海豚，達40.2%，接下來依序為花紋海豚的28.7%、熱帶斑海豚的13.9%、弗氏海豚7%、瓶鼻海豚的4.5%；其他種類合計為5.7%（包括抹香鯨、偽虎鯨、短肢领航鯨等），顯示在花蓮海域想要看到體型較大的鯨豚，相對來說機會是非常小的。不過有一個值得一提的變化，以往平均發現率僅有0.5%的短肢领航鯨，在2006年發現率卻飆高到3.1%，原因是在2006年月底到9月初，一個多達百隻的群體在花蓮海域逗留了數天，讓賞鯨船有機會得以觀察到。

若再將不同年份中所發現的種類做一比較，則出現了一個值得再度深入研究的現象，即是這幾年的觀察記錄中，各個種類的發現率呈現出非常大的變化。

在比較常見的幾種海豚中，飛旋海豚發現率愈來愈高，且數字逐年在攀升。從1998年至2007年的平均發現率約為40.2%，而2006年的年度發現率更首度突破5成高達57.0%，2007年則略為下降至42.1%，但仍是高於平均值，顯示飛旋海豚已是近幾年最常看到的鯨豚種類；然而有增必有減，明顯減少的則是花紋海豚，期間的平均發現率為28.7%，從1998年位居各種海豚發現率榜首的34.1%，到了1999年高峰的38.7%，之後便開始逐年下降，2003年為24.5%、2004年為22.5%，到了2005年竟降到令人吃驚的9.9%，變化幅度確實驚人。儘管在2006年稍稍回升至14%，於2007年則為接近平均值的27.5%，但仍無法和賞鯨豚活動發展初期一度接近4成的發現率相比，這個問題值得進一步去探究。

若將目標鎖定在觀察不同種類的混游情形，迄2007年為





◀ 花紋海豚族群量
一度大為減少

止，在2014筆鯨豚記錄有效樣本中（1筆未填），混群佔了267筆，比例約為13.3%；而最特別的是弗氏海豚，每當牠們出現的時候，和其他鯨豚混群的機率是58.5%，而其中和花紋混群的機率就高達84.3%，表示弗氏海豚出現時有將近一半（49.3%）的機會可同時見到花紋海豚。花紋海豚則不同，儘管只有18.2%會有混群出現，但和牠混群的種類卻很多樣化，弗氏最多（62.0%）、瓶鼻次之（14.2%），飛旋、熱帶斑及大型的短肢領航鯨、抹香鯨等也都有過紀錄。而飛旋海豚則是最喜歡獨處的，只有2.5%的機率和其他種類鯨豚混群。



5月至8月鯨豚最易出現

接下來讓我們看看這段期間的每個航次中平均可觀察到的鯨豚群次。平均每航次約可看到1.76群鯨豚，以1999年



為最高2.09群，2004年為最低，有1.38群，2007年則為1.69群；而每個航次中所觀察到的鯨豚種類數，平均每航次約可發現1.52種，以2002年的1.67種為最高，2004及2005年的1.24種最低，而2007年觀察到高於平均值的1.54種。兩相對照後，顯示近兩年來，花蓮的賞鯨豚活動，似乎只單靠少數幾種鯨豚在維持，比較不容易在單一航次中看到多種鯨豚。

相信有許多朋友會想要知道，一年之中的哪些月份比較容易觀察到鯨豚。根據這段期間的記錄，5月至8月份的航次中，成功觀察到鯨豚的比例都超過9成，9月份則稍微降

低了些，但也有88.4%；儘管其他月份的發現率略減至8成多，但發現率相對而言仍是相當高。這種變化研判可能和氣候有關，這段期間東北季風讓海面起伏變化大，大幅增加搜尋鯨豚的困難度，再加上這些月份裡，海上賞鯨船較少，無法像旺季中一樣相互聯絡，協力共同尋找，發現率也因此較低。

▼ 弗氏海豚群體數量最為龐大



除了這些令人略微緊張的數字外，當然也有一些好玩的結論可以和大家分享。你知道什麼種類的大海豚群體數量最為龐大嗎？答案是弗氏海豚。根據統計，每群弗氏海豚的數量平均可達到414隻，在2002年的某次航行中更發現到一個相當龐大的群體，推估其數量可能高達1500隻左右，幾乎可以說在視線所及的海域中都有弗氏海豚的蹤影；其次是飛旋海豚，平均每群數量為165隻，再來則依序為熱帶斑海豚的151隻、瓶鼻海豚的85隻。而在許多遊客心目中期待見到所謂的「鯨」中，原本居於第一位的瓜頭鯨家族，把寶座讓給了短肢領航鯨，原因是2007年8月1日前後造訪的短肢領航鯨，因群體數量相當龐大，讓原本發現率並不高的短肢領航鯨群體平均數量突增至110隻。第三名則為偽虎鯨。



瓶鼻熱情 花紋害羞

自2002年起，黑潮在觀察記錄表格中增列了鯨豚與船隻的互動。根據這筆資料，可將常見的五種鯨豚分為2類，一類是和船隻互動佳、會主動靠近的種類，包含飛旋海豚、瓶鼻海豚、熱帶斑海豚，主動靠近的比例分別為63.1%、48.1%及47.7%；另一類則是通常不會主動靠近船隻的弗氏海豚與花紋海豚，主動靠近的比例則僅有23.4%及7.0%。飛旋海豚和熱帶斑海豚還有個類似的現象；飛旋海豚群體數量在100隻以下，主動靠近船隻的比例僅有42.9%，101~200隻則有76.6%，200隻以上更高達86.0%，顯示飛旋海豚會因群體數量大小而與船隻有不同的互動。熱帶斑海豚群體數量若在100隻以下，主動靠近船隻的比例僅有44.3%，101~200隻則有40.6%的機率，200隻以上更高達



► 熱帶斑海豚海中
優雅的身影



65.4%，顯示兩者的群體愈大，愈可能靠近船隻。

若是以鯨豚與船隻間的距離來比較，瓶鼻海豚是距離船隻最近的種類，平均只有6.5公尺。不搭理型的花紋海豚和弗氏海豚，則分別距離13.1公尺及17.7公尺；與觀察心得中弗氏海豚較易緊張、不易近船的印象相符。

而在觀察鯨豚的過程中，常會看到一大一小兩個個體緊緊相依偎，動作也幾乎同步的情形，這就是所謂的「母子對」。觀察記錄中顯示，所有的群體中有高達66.7%的比例記錄到母子對的存在，就算是其中比例最低的花紋海豚，仍有56.1%的群體中有母子對；除此之外，包含飛旋海豚、熱帶斑海豚、瓶鼻海豚及弗氏海豚等種類，都有超過6成的群體包含母子對在其中。雖然短肢領航鯨出現的比例較低，但觀察到母子對的機率卻高達78.6%。

在花蓮海域的鯨豚，像是飛旋、熱帶斑、弗氏等，單一群次的數量都超過百隻，且母子對的比例又如此之高，推測在移動時應該多是以族群式聚集群體行動，較少像是鬚鯨會以「母子群」、「成年公群」、「未成年公群」等分群來移動。當然，正因為有這麼多的母子對，賞鯨船在接近有母子對的群體時，更應該要注意鯨豚的動向，避免過





◀ 瓶鼻海豚靠近船隻跳躍

度干擾驚嚇到牠們。

你知道參加一趟賞鯨航程的時間有多久嗎？接觸鯨豚後的觀察時間又是多少呢？根據統計結果，平均每個航次的航行時間為125分鐘，合計總接觸觀察時間平均為30.44分鐘，從這兩個數據可推算出在海上搜尋鯨豚的時間平均為94.56分鐘；若從與鯨豚接觸後的觀察停留時間來分析比較，1998年賞鯨活動剛開始時，賞鯨船遇到鯨豚後的觀察時間平均為37.8分鐘，之後則逐年下降，2006年達到最低的23.4分，而2007年則是27.47分鐘。對遊客而言，可能會因觀察停留的時間不夠長而有些遺憾，但對鯨豚來說，受船隻干擾時間的縮短似乎也是好事一件。

2006年之後，黑潮也在觀察記錄表格中增加一個欄位，即是記錄「同一時間有多少賞鯨船在觀察同一群鯨豚」，2006年結果顯示至少有2.26艘船會在同一時間觀察同一目標的鯨豚，2007年的數量則減少至1.96艘，由數字上的差異研判可能與經營業者減少有關；儘管船隻數量不變，但由於船業者的轉手經營，目前花蓮港內的賞鯨豚公司及船隻數合計僅有3家公司及6艘船，過去所有賞鯨船隻圍繞單一鯨豚族群的現象可望減少。



黑潮在這幾年開始從事海上觀察記錄，而這樣的工作目前仍持續在進行，藉由這樣的記錄工作，不只能訓練解說員敏銳的觀察力、增加環境教育題材的豐富度，更重要的是能累積我們對這片海洋的重視及關懷，進一步了解鯨豚族群在花蓮海域中的變化。



唯有認識海洋 才有關懷

近幾年黑潮開始進一步了解現階段賞鯨船在海上搜尋鯨豚的方式，究竟是自行目擊、還是需要仰賴友船告知通報訊息比較多。從整體資料來看，兩者的比例約各佔一半。

然而，當賞鯨船的船長忙著和其他友船互通訊息以了解鯨豚位置，在得知消息後又急忙以高速駛去，海上的賞鯨船就像是運動場上的接力賽，一棒接著一棒，熱鬧非凡。雖然因此為花蓮海域創下了超過9成的發現率；但不斷被船隻包圍觀賞的鯨豚可就不見得會高興了，試想，此時鯨豚周遭的海域會有多麼擁擠？有時若正逢各家賞鯨船全數出動，該航次又遲遲無法找到鯨豚蹤影時，往往一發現鯨豚蹤影，不論群次的大小，瞬間便會被多達4、5艘船隻同時包圍。船長為了讓遊客能更接近鯨豚，如同籃球場上的卡位賽便會上演；而鯨豚若是出現躲避行為下潛時，海面上的船隻更如同盯哨般虎視眈眈，一有動靜便全速追趕，頓時海面上引擎聲隆隆作響、烏煙瘴氣，此時鯨豚行進的途徑和原有的行為模式便可能因此受到干擾。國外的研究更明白的指出，「船隻密度過高」是影響鯨類生態重要原因之一，國內則較缺乏此部分長時期的研究。

以上的記錄工作是以賞鯨豚活動過程中隨船記錄的方式取得，記錄的是每趟航程中觀察到的現象。當然，這些數



據並無法就此代表整個花蓮海域鯨豚的現象，內容所提及的數字變化，用以對整個海域的鯨豚生態環境推估，仍是存疑的。現階段在臺灣，因為物力、人力有限，鯨豚方面背景資料的調查事實上仍是非常缺乏。

在最近一部相當受到關注的小說《群》一書中，參與海軍訓練海豚擔任軍事武器的「灰狼」一角，便強烈反對賞鯨活動，在書中他說：「請離開這裡，不要再打擾大自然。請與自然和諧相處，不要傻盯著牠。你們船的引擎污染空氣和海水，海裡的動物會被船螺旋槳傷害。你們為了拍照追趕牠們；你們的噪音讓牠們死亡。這裡是鯨魚的世界，請你們離開，這裡沒有人類生存的空間。」而另一位在賞鯨船上擔任解說及研究的「安納瓦克」則回應：「我們為了保育鯨魚做了多少工作？我們做研究，賞鯨能開拓人們的新視野。」站在不同的角度來說，這兩者的觀點都是對的，或許灰狼說出這段話是由於在訓練海豚的過程中看到人類的殘忍，轉而愛護這些動物，進而反對賞鯨活動，其中他所提出的觀點也正是現今賞鯨活動所可能產生的干擾和影響，我們應該盡量避免及減少這樣的情況發生。

另外，油價節節上漲，賞鯨活動費用卻因應消費市場逐步調降，在商業競爭下，如何維持室內行前解說與海上生態與環境解說的品質？如何堅守每個航次的海上航行時間與接觸鯨豚時的船速控制？都考驗著賞鯨業者的經營能力與職業道德。花蓮擁有令人讚嘆的壯闊山海，應有鯨豚等豐富的海洋生命相伴，才更能凸顯當地的美麗與獨特，業者與遊客需彼此自由心證，避免對生物與環境造成衝擊或傷害。

對海洋的熱愛，提醒我們應該用審慎的心進行「賞鯨豚活動」；而鯨豚及海洋的保育工作，同樣也需要社會大眾投注更多的心力，一起為台灣的生態環境加油！



國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

上課了！生物多樣性 (一) / 王茹涵等作。

--再版.-- 臺北市：農委會林務局，臺灣環境資訊協會，2012.12

冊；公分

ISBN 978-986-03-5168-2 (第1冊：平裝) .--

1. 生物多樣性 2. 自然保育

360.15

101025363

上課了！ 生物多樣性 ①

發行人：李桃生

作者：王茹涵 朱惟君 吳佳其 周肇萱 林芳儀 林穆琳 倪宏坤 夏可泰
張文樺 莫 聞 許嘉錦 彭啟明 黃郁翔 黃鳳娟 楊明哲 董景生
廖運志 劉家伶 賴威任 謝雯凱 颺如思 (依姓氏筆劃順序排列)

策劃：楊宏志 方國運 管立豪 張弘毅 許曉華 董景生

審訂：李玲玲 許曉華 王守民

總編輯：陳瑞賓

副總編輯：夏道緣

主編：高美鈴

編輯小組：彭瑞祥 曾彥蓉 陳誼芬 易俊宏 周肇萱 藍郁華 詹嘉紋

出版者：行政院農委會林務局

社團法人臺灣環境資訊協會

地址：臺北市杭州南路1段2號

臺北市文山區萬隆街38號

電話：(02) 23515441

(02) 29332233

傳真：(02) 23419060

(02) 29332059

網址：<http://www.forest.gov.tw>

<http://e-info.org.tw>

服務信箱：service@forest.gov.tw

service@e-info.org.tw

美術設計：范祥蓉 我我設計工作室

印刷製：台苑印刷股份有限公司

初版：2008年12月

再版：2012年12月

定價：新臺幣200元

展售處：國家書店

五南文化廣場

地址：臺北市松江路209號1樓

臺中市中山路6號

電話：(02) 25180207

(04) 2226-0330

GPN：1010103292

ISBN：978-986-03-5168-2

行政院農業委員會農業管理計畫編號：101-林管-0.2.1-保-17 (2)

除註明適用CC授權條款之圖像外，著作財產權人保留對本書依法所享有之所有著作權利。擬重製、改作、編輯或公開口述本書全部或部分內容者，須先徵得著作財產權管理機關之同意或授權。



從高山到海洋，從森林到溪河…… 小小海島，深藏大大生物驚奇！

但這片美麗原鄉正逐漸轉變容顏，
島上繽紛的昆蟲、動植物，
會否一如百年前的野生梅花鹿，完全消失？

上課了！

邀您來了解、關心臺灣的生物多樣性現況；
也對全球生物圈正遭受的苦痛多一點警醒和反思。
請跟我們一起，站在太平洋一隅，
看到全世界的努力，展望地球的未來！



愛護地球・本書採用再生紙及大豆油墨印製

 行政院農業委員會林務局  社團法人臺灣環境資訊協會 **出版**

定價：200元

建議陳列書區 | 生物多樣性
GPN : 1010103292