

海洋生物多樣性研究及保育現況與國際趨勢

邵廣昭

中央研究院生物多樣性研究中心

海洋生物多樣性的研究及保育問題，日益受到各界的關注，除了在 2006 年 Science 上的報告已經警告世人，如果再不積極保育及復育漁源，則到 2048 年，海洋生物將悉數滅絕，而人類將面臨海中無魚可捕之窘境。2010 年出版《生物多樣性之全球展望第三版》亦警告海洋生物物種數，如珊瑚礁生物，其滅絕之速率遠超過陸域之生物。但今日有如內太空的海洋，卻僅有少數較大型的生物被發現及描述，總數僅約 25 萬種，尚有 20% 的海洋未被人類探勘，更遑論其生活史、行為、生態、分布、生理、基因及其在生態系中所扮演的角色及功能。因此未來海洋生物多樣性的研究及保育，應朝提昇分類學的能力建設、加強探勘、物種及分布資料庫之整合分析、探究人為因子及氣候變遷對海洋生態系所造成的衝擊，其因應及調適策略，如何才能落實推動。又，除了從物種保育或熱點分析之外，棲地保護(海洋保護區)及從生態系的角度結合人文社經之層面來進行海洋或海岸整合管理，讓生物多樣性在符合保育的原則下得以永續利用是未來努力的目標。為能達此目標，海洋生物多樣性保育的宣導與教育亦至為重要。2011 年 9 月底在愛丁堡所舉行的《第二屆全球海洋生物多樣性國際會議》，迄今已有逾 74 國、1190 篇的文章投稿，會議共分成 18 個主題。本文僅就其中的分類、生態保育及復育相關主題的個人了解，略作其研究現況及國際趨勢之整理，以供各界參考及指正。

一、全球及台灣的海洋生物知多少

「全球海洋生物普查計畫」(Census of Marine Life, CoML) 係自 2000 年起，主要由 Sloan 基金會所贊助推動的一項國際合作計畫，希望在全球海洋生物學家的共同努力下，來回答「海洋中到底居住著哪些生物？」的問題，進而蒐集、了解它們的多樣性、分布及豐度等基礎資料。十年來，共計有來自 80 多個國家 2700 多位科學家一同參與，依不同的海洋棲地類型或生物類群，組成了 17 個不同的調查計畫，共派出了 540 個探險隊或探勘航次，為已命名的 23 萬種海洋生物增添了 2 萬種之多。至 2010 年 10 月為止，在倫敦所舉辦的成果發表會中，已發表了 1,200 多種新種，還有 6,000 多種新種仍待描述。共有 19 萬種的海洋生物被收錄在一個整合性海洋生物地理資訊系統(Ocean Biogeographic Information System, OBIS) 資料庫中，觀測分布資料也已增加到 3,000 萬筆，成為「全球生物多樣性資訊機構」(Global Biodiversity Information Facility, GBIF) 的原始資料(raw data) 及「全球生命大百科」(Encyclopedia of Life, EOL) 物種頁面的主要提供者。這



些傲人的成果除了在過去幾年內曾陸續在國際媒體及期刊上發表外，一些綜合性的報導，也可在該計畫的網站上查閱(<http://www.coml.org>)，包括可下載去年所發表的《*First Census of Marine Life 2010 - Highlights of a decade of discovery*》一書。2009年所出版的《*World Ocean Census*》一書則可在網站上購買，其中有不少首度被人類發現的深海新物種，驚奇有趣。

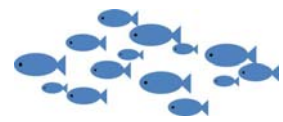
台灣面積雖小，佔全球陸地面積的比例大約只佔了全球的萬分之三不到，但台灣海洋生物的種類之多，卻可高達全球物種的十分之一。根據「臺灣物種名錄」(TaiBNET, <http://taibnet.sinica.edu.tw>)與「全球海洋物種名錄登錄系統」(World Registration System of Marine Organism, WoRMS)資料庫之比對結果，台灣海域應擁有約15,500種以上的海洋生物，若考量到海岸線長度、領海面積及緯度跨幅(僅3.4度)，相較於號稱全球之冠的日本及澳洲的33,000種，毫不遜色！

二、探勘海洋生物的未來趨勢

雖然第一期的CoML計畫已風光落幕，但全球的海洋仍有60-80%的物種尚未知曉，有20%的海洋未被探勘過，像是一些鮮為人知、調查困難的大洋深層或中層海域，如冷泉(seep)、海底山(seamount)及藍洞(anchialine)等棲地。無所不在，但却乏人研究的海洋微生物或共生生物更像是黑盒子一般，難以計數。已在研議中的第二期計畫(2011-2020)則希望能探討它們如何運作、種化過程、種間交互作用及生態系功能等。一些先進的監測系統、儀器及觀念亦將派上用場，如目前正在建置全球自動珊瑚礁監測網(Autonomous Reef Monitoring Structure, ARMS)；建立全球海洋追蹤網(Global Ocean Tracking Network)；可連續追蹤長達7年的生態聲探紀錄儀(Ecological Acoustic Recorder, EARS)；派遣私人飛機送專家與定序儀到開發中國家協助採集、鑑定及以生命條碼來鑑種(Mobile Barcoding Lab.)等。生命條碼(Barcode of Life)是近年來才開始推動的國際合作計畫，即希望全球共同合作來建立物種的條碼資料庫，使用一段相同的短基因序列，可用來作物種之分子鑑定。此一工具對鑑別海洋生物的幼生、探討其生活史、補充、保育及經營管理均甚有用。

由於CoML計畫的成功，在2010年於名古屋所舉辦的CBD-COP10[《生物多樣性公約》(Convention on Biological Diversity, CBD)第十次締約方會議(Conference of Parties 10)]中也特別提到，地球上絕大多數已知物種(約50-1,000萬個物種)均活存在海洋之中，海洋新物種亦不斷地被發現，特別是在深海。因此大會鼓勵各國進一步加強海洋生物普查計畫和資訊系統之建立，以便繼續更新關於海洋各類生物的全球性整合名錄，並進一步評估和繪製海洋物種分布狀況和豐度圖，鼓勵各國推展研究活動，遵循包括聯合國海洋法公約在內的國際法，探索目前所知不多或未知的海洋環境。





三、全球海洋生物多樣性滅絕的原因

海洋生物多樣性的喪失在 2010 年出版的《全球生物多樣性展望》Global Biodiversity Outlook-3 (GB0-3)中明確指出，由於過漁、棲地破壞、污染、外來入侵種等人為因素，以及可能與氣候變遷有關之聖嬰、反聖嬰、颱風、冷水流入侵等之雙重威脅下，海洋生物之減損的速率遠比起陸域生物，如鳥類、哺乳動物、爬蟲類等更為嚴重，特別是珊瑚礁生物更是快速流失，情況危急。其挽救工作正處於「臨界點」狀態，如再不積極來進行海洋保育及復育，而錯失此黃金救援時刻，則將淪為萬劫不復之境。

(一) 過度捕撈

在各項破壞海洋生物多樣性的人為因子中，又以『過度捕撈』最為嚴重。因過漁所引起的連鎖反應也使得海洋生物多樣性到 2050 年後將會悉數滅絕。換言之，如果我們再不積極採取行動，四十年後，人類將無海鮮可以享用。近百年來隨著工業革命以及科學技術的飛躍進展，人類捕魚的能力愈來愈強，不只是漁船愈建愈大，漁具漁法愈來愈高明，漁探能力愈來愈強大，捕撈的範圍也遍及到全球的海洋，幾乎沒有一處海洋是魚兒安全的家。過漁的結果使海洋魚類的體型愈來愈小，此即所謂的「體型小型化」的問題。從物種多樣性的角度來看，該魚種雖未全然滅絕，但在經濟上的損失卻是相當大的。因為體長與體重曲線是呈立方的指數關係。

最近坊間所出版的四本好書：《海鮮的美味輓歌》、《魚線的盡頭—過漁正如何改變全球及我們的食物》、《四種魚的悲歌—人類最後的野生食物》，及《沒有魚的海洋》，其書名及內容都在指出過漁對海洋生物多樣性所造成的破壞，透過食物鏈的瀉流效應 (cascade effect)，將會使未來的海洋只剩下水母及蠕蟲；未來的海洋水層中可能只剩下水母，就仿佛又重回到了魚類等掠食動物尚未演化出來的寒武紀(Cambrian)的古代海洋一般。其實這一切的改變就發生在我們這一代。

(二) 棲地破壞

至於棲地破壞的問題，在許多沿海國家並不像台灣這麼嚴重。台灣的海岸濕地不斷地被開發利用，水泥化嚴重，其自然海岸長度只剩下 44.55%，其餘 55.45% 人工化海岸的比例可能是全球之冠！此外亞潮帶海底棲地，因底拖網及珊瑚漁業所帶來之破壞更有如砍伐海底的熱帶雨林般。

(三) 污染

而汙染方面，近年來主要由農業排放水所造成沿海死亡區(Dead Zone)的議題較受關注，過量的肥料或磷及氮鹽造成沿海水質優養化，浮游植物大量繁生，死後沈降，但細菌分解過盛的植物而消耗掉大量氧氣造成缺氧，使得大部分動物無



法生存的海域。通常發生在已開發國家的海岸附近。從 1990 年起，死亡海域已經倍增。雖然這些死亡海域有些是自然形成的，但是，陸地排放的汙染逕流，往往會引發更多死亡海域的形成。黑海西北岸的死亡海域在幾十年前最為嚴重，現在面積已經縮小許多。生態系的健康(從物種多樣化的複雜度來判定)和營養鹽含量的關係。一個具有高複雜度且陸地營養鹽排放適中的生態系，本身就具有高度的自我復原活力，然而當營養鹽負荷超過了某一程度，生態系就會崩潰到一個較缺乏多樣化的狀態。當過漁行為使得食物鏈頂端的掠食性魚類數量稀少，物種多樣性降低時，這個臨界點會提前來到。不幸的是，新形成的狀態通常不易改變，唯有當營養鹽排放大幅降低到最初程度時，生態系才能恢復原本的複雜度。即使如此，如果關鍵物種已滅絕，生態系可能永遠無法回復從前的狀態。

(四) 入侵種

COP10 亦建議各國應重視海洋外來入侵種的問題，並將資訊通告全球。如全球第二種海水外來入侵魚種：魔鬼蓑鮋(*Pterois volitans*)，俗稱獅子魚，因觀賞買賣遭棄養之故，而從西太平洋遠渡至大西洋，成功地擴充到整個美東海岸及墨西哥灣，令當地生態學界大為震驚！其實全球第三種被證實的海水入侵魚種就發生在台灣！原生於美洲的眼斑擬石首魚(*Sciaenops ocellatus*)，俗稱紅鼓魚，因箱網養殖被引進而逸出到大海，進而威脅到本土沿海魚類的生存空間。

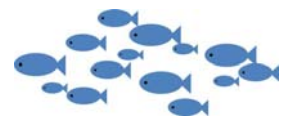
(五) 氣候變遷

氣候變遷影響到海洋生物多樣性的主要因素包括五方面：水溫升高、海水酸化、海流改變、海平面上升、及颱風增強之效應。過去只注意到珊瑚白化、漁場或時空分布的改變；但近年研究發現，大氣中二氧化碳(CO₂)濃度增高會使海水中『碳酸-碳酸根離子-氫離子』反應失衡而變酸，致使具有碳酸鈣(CaCO₃)介殼的生物類群，如浮游動物、甲殼類、貝類、珊瑚等，因作為它們身體重要構成材料的碳酸鹽減少，導致無法成殼而死亡，其後果必將引發一連串海洋生物的滅絕連鎖反應。根據情境模擬研究之結果指出，大氣 CO₂ 的濃度若增加到 450-500 ppm (保守估計)，以 CaCO₃ 為基質的海洋生物將逐漸瓦解到完全消失。

(六) 些對抗氣候變遷或糧食短缺等新方法仍具爭議

近年來，科學家正積極研發一些對抗氣候變遷或糧食短缺的新方法，如合成生物學(Synthetic Biology)、生物燃料(Biofuel)、氣候地質工程(climate geoengineering)、海洋施肥(Ocean fertilization)或 carbon market (碳交易)等用來節能減碳、對抗氣候變遷或糧食短缺等，但因仍具危害生態之爭議性，故在 COP10 仍被多方要求審慎行之或暫緩推動，亦即在科學研究未能作定論前，更需遵守預防原則。這些減緩全球暖化的新方法可參閱 2008 年 6 月的《Nature News》453:704，





或由國際地圈-生物圈計劃(The International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP)所出版的《Global Change》期刊 2011(76)。

如以「海洋施肥」為例，是指在海中加入鐵屑，促使藻類繁生，一方面可吸收大氣中 CO₂，二來可以提高初級基礎生產量。目前已有不少公司成立，準備進軍減碳市場。但在 2008 年 CBD-COP9 會中，即已有 191 國反對！其理由是短暫的藻華現象，不見得會被其他生物所利用，且可能會改變藻種組成及其生理功能、增加 pH、DO 減少等副作用，甚至生態系也會有發生持久性改變的可能，故在無詳實評估及深入研究前應禁止推動。

四、拯救海洋生物多樣性 -物種保育 vs. 棲地保護

物種保育和棲地保護為保育生物多樣性最重要的兩種方法。IUCN 各有物種保育和棲地保護兩個委員會在負責推動。CITES 定期提出討論通過的三類野生動物保育類名錄(俗稱紅皮書)，透過華盛頓公約禁止或管制捕獵及交易即是有效的物種保育方法。台灣的野生動物保育法亦作配合檢討與公佈台灣的野生動物保育類名錄，但大多為陸域動物，鮮少海洋生物。此乃因為海洋生物物種繁多，分佈廣，不易調查及確定其族群量之變動。但 IUCN 在多年前已成立各類群海洋生物的專家群 (Specialist Group) 及全球海洋生物瀕危狀況評估工作小組(Global Marine Species Assessment; GMSA)，就各類海洋生物進行評估，近年來已有顯著進展。但由於各種海洋生物之習性、及種間交互作用複雜，目前所知甚少，傳統針對明星物種之保育方法以及限漁或建立種原庫等效果均有限。此外設種原庫尚有近親繁殖(亂倫)的缺點，故惟有劃設保護區、保護棲地，讓所有生物不分大小、貴賤，或是捕食者或被掠者都有一塊可以孳養生息，不被趕緊殺絕的地方，整個生態系獲得保存，生物的資源才能生生不息地被永續利用。這也是生物多樣性公約中特別強調「棲地保護」重於「物種保育」的主要原因。

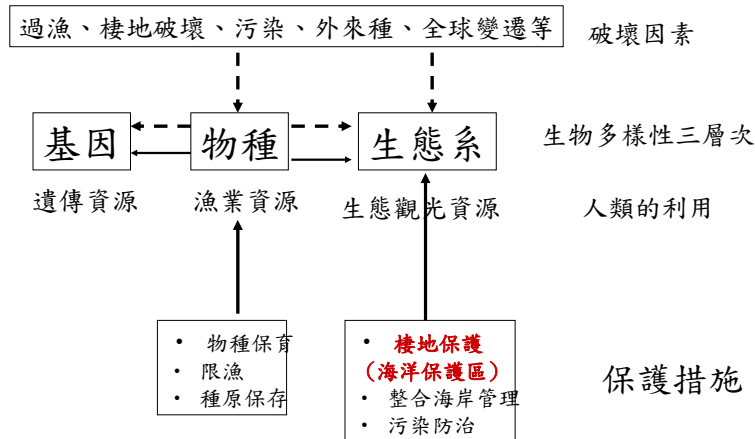
五、劃設海洋保護區是全球的共識及行動

《全球生物多樣性展望第三版》報告中指出，全球 80% 有過調查資料的海洋區域，魚類群系均因過度捕撈而正迅速衰退。沿岸及珊瑚礁棲地仍持續劣化，不但使珊瑚礁生物快速流失，也嚴重威脅生態系服務功能及價值甚高的沼岸環境，包括海冰、鹽沼、珊瑚礁、海草床和貝類礁等不同的棲地。

要挽救海洋生物多樣性又以劃設海洋保護區最為簡單、經濟、有效。此乃因生物多樣性涵蓋基因、物種及生態系三個不同的層次；基因由生物個體或物種所承載，而物種又是生態系的基本成員，因此若要保護基因的遺傳多樣性，便要從保護物種開始；保護物種則必須加強生態系的保護，所以棲地保護仍是防止生物



多樣性喪失最有效的工具(圖 1)。只要禁止人為捕撈、開採或干擾破壞，允許妥善管理的生態旅遊、科學調查研究，以及教育宣導活動，即可提供海洋生物一個安全且得以安然生長繁衍的棲所，達到保護生物多樣性之目的。



唯有保護海岸自然棲地與整合管理海洋生物資源才能永續利用。
虛線箭頭為破壞的因果關係，實線為經由保護而影響到的層面。

圖 1. 唯有保護海岸自然棲地與整合管理海洋生物資源才能永續利用

其實早在 1995 年 CBD-COP2 中，即已通過《雅加達宣言》(Jakarta Mandate)，要求各締約方應正視海洋及沿海生物多樣性保育的問題。2002 年永續發展世界高峰會(World Summit on Sustainable Development, WSSD)更要求，到 2012 年全球應有 10% 的海洋及海岸完成海洋保護區(Marine Protected Area, MPA)網絡的建置，以及到 2015 年全球的漁產應恢復到過往的水準等。但目前全球 MPA 只劃設了 4.2M km²，約佔全球海洋的 1.17%，若欲達成 10% 的目標，仍需增加 32M km²，約兩個蘇俄領土大小的面積。目前全球已有 45 國劃設 MPAs，但真正落實有效管理的 MPAs，其總面積卻不到 1%，倘若以每年 5% 之速度成長，要達到 20% 或 30% 的海洋受到完全保護，得等到 2080 年以後，應已太遲了。換言之，2012 年要達到 10% 的目標已是一項不可能的任務！因此此次在日本名古屋所召開的 CBD-COP10 大會所發表的《名古屋海洋宣言》，只得維持 10% 的目標，但期限則由 2012 延後到了 2020 年。

六、生態系服務及以生態系為基礎的漁業管理

若單純為了保存生物多樣性而保育，或所謂的「生物多樣性熱點」，其實是不夠也不易完全成功。仍應把保育的重點放在保護與人類健康與實際需求密切相關的生態系，將更有意義。這類的生態系包含的不只森林，還有可維護潔淨水源的





溼地、幫助對抗暴風雨的紅樹林及維護漁獲的珊瑚礁。保護這些地方，也可以保存生物多樣性，並確保把「人」放在第一位。因此生態系服務或以生態系為基礎的管理即成為另一項重要的課題，至於何謂生態系服務？

聯合國在 2005 年一項全球研究指出生態系的四種服務：

1. 供應：食物或遺傳資源的提供。
2. 調節：洪水的調控、氣候的調整的功能。
3. 文化：提供非物質的效益，例如獨特的景觀或心靈上的舒適感。
4. 支持：提供一個生態系最基本的元素，包括營養物質的循環、土壤形成或植物傳粉。

台灣在這方面雖仍未起步，但在漁業管理政策上可以先改善一些不符合永續的政策。此外，在近沿海的限漁(漁法，漁期)方面仍成效不彰；種苗放流仍停留在追蹤評估技術之研發；人工魚礁亦毀譽參半，雖受地方歡迎，但其成效及目的仍有爭議，究竟是為了更方便捕魚或是培育資源？禁漁(保護區)或休漁之面積太小，且未落實管理取締；珊瑚礁魚類應列入一般保育類，全面禁捕。應推動釣魚之證照及稅制，以及釣魚、吃魚之守則(生態標章)。為今之計，惟有靠政府加強推動「限漁」，並能落實管理才能起死回生。惟目前政府在減船、減港、輔導就業及推廣娛樂漁業則已有所成效。

七、氣候變遷對海洋生物多樣性的衝擊及其調適策略

各國因應氣候變遷採用之主要保育海洋生物多樣性調適策略包括：

1. 了解究竟是自然因素，或人為因素，或海洋本身正常變動範圍，但常很難予以釐清。
2. 加強研究調查，了解已發生的改變，探討未來可能衝擊，研擬可行的調適策略。
3. 應先控管已造成嚴重衝擊的人為因子，使生態系維持健康狀態(抗性與回復性)，才能減輕未來氣候變遷可能帶來更大的衝擊。

至於氣候變遷型態對台灣海洋生物多樣性可能衝擊及其衝擊程度有多少？由於在台灣仍缺少基礎研究，包括影響機制、評估及預測模式。更缺乏過去長期背景資料之蒐集、整合及公開，難在時間(今昔)及空間(實驗與對照組)軸上做比較分析。故目前尚難以舉例說明，或斷言它們與氣候變遷有關。在台灣較肯定且有研究報告可資佐證的案例不多，如反聖嬰造成珊瑚白化；颱風侵襲造成珊瑚礁受損及魚類群聚改變；魷魷等沿近海資源的長期變動；冷水流入侵，造成死魚事件等。相對而言，人為因素(過漁、棲地破壞、污染、外來種入侵等)對台灣海洋生物多樣性所造成的破壞則更為直接明顯，且應較氣候變遷更快更烈。然而由於台灣擁有各種海洋生態系，生物多樣性高。這些棲地或多或少均可能受到氣候變



遷的影響，因此勢必受到波及，難以倖免。台灣時有必要加強這方面的研究及資訊的收集，以便研擬未來因應之策。其方法包括：

1. 加強不同生態系之監測及研究
2. 加強海洋物種普查及其分類能力建設，並建立資料庫，掌握生物多樣性之「敏感區」或「熱點」區，以便推動海洋保護區之劃設及管理。
3. 探討過漁、污染、棲地破壞(海岸水泥化)、外來種、氣候變遷對海洋生物多樣性之衝擊及應如何復育之研究，以及促進海洋生物資源永續利用之方法。
4. 加強立法及落實管理取締
5. 建立整合及公開的海洋資料庫，各部會應將此工作納入該機關既定之任務。

八、結論

總之，如要讓海洋生物多樣性可以保存，漁業資源也才能永續，而最有效的保育措施應是建立海洋保護區、生態系漁業管理、及採取預防原則等。但目前海洋保育工作可能落後陸域保育十五年左右，而且還有下列額外的三項挑戰：

1. 全球海洋缺乏一個統一且完整的政策，特別是公海部分；
2. 海洋生態系的保育，同時有賴於陸地與海洋活動的改善—所謂「海納百川」，除了污染、垃圾、沈積物、優養化、過度捕撈及棲地破壞之外，人類不當的海鮮文化也加速海洋生物多樣性的喪失；
3. 供人類維生與消費的大型漁業對於物種流失的威脅，無法輕易地與雨林的「野生動物肉品交易」(bush meat trade) 劃上等號。

因此，如何加強海洋保育的教育宣導亦十分基礎重要！特別是推動綠色海鮮的生態標章、「限漁」、「慢漁」、「底食」，和落實海洋保護區的管理等工作。此外，也要讓大家都認識海洋生物除了食用之外，還能在科學研究、生態旅遊、仿生學、生技產業、生質能源等各方面創造更大的商機與財富，又同時能擁有健康和永續的海洋，何樂不為。

【魚線的盡頭】影片的結尾--三部曲正是我們大家應要共同努力的方向：

1. 購買前請先問清楚來源、只吃符合永續標準的海產品(海鮮指引)；
2. 告訴政治人物尊重科學、縮減漁船數量(限漁)；
3. 負責任的捕魚行為(保護區)。

雖然海洋資源已大不如前，但現在趕緊採取保護措施，復育失地還不算太晚。因為海中還存有 10% 的大型魚類尚未完全消失，半數珊瑚礁也仍健在。雖有污染問題，但全球大半的海洋都還算健康且富有調節力。不論我們是要將知識化成行動，還是要讓眼前彌補的機會流失，未來這十年將是對海洋保育—以及人類未來—最關鍵的時期。

