

「生態系服務與永續發展」科學計畫

李玲玲* 趙榮台** 邵廣昭*** 林幸助**** 方國運*****
郭奇芊***** 黃意鈞***** 李 芄*****

論文收件日期：106年11月03日

論文修訂日期：107年10月08日

論文接受日期：107年10月11日

摘 要

聯合國於2005年提出的「千禧年生態系評估」報告指出，全球各類生態系能提供攸關人類福祉的四大類服務，包括：支援、供應、調節、文化等。然而人類為了滿足各類發展需求，以空前的速度與規模改變了各地的生態系，雖然促進了經濟發展，卻也導致生態系服務退化、環境風險升高及貧困程度日益惡化等問題。因此，國際科研組織陸續推展各項計畫，以處理全球生物多樣性喪失、生態系與其服務變遷而影響人類永續發展的複雜科學問題；2014年起，更在既有研究的基礎上，整合相關計畫、方案及倡議，正式啟動以研究全球永續發展為主軸的「未來地球」國際科學合作平台，該平台的全球計畫中亦包括數項與生態系服務相關之研究計畫，期望科學研究能回應政策制定者所需要解決的永續發展議題所需的科學依據，足見生態系服務研究的重要性。

台灣的生態系十分多元，這些生態系的健全與其所提供的服務，攸關我國永續發展。因此，科技部自然司「永續學門」於2013年針對該學門未來研究發展所規劃的七個核心計畫中，即包含了「生態系服務」的主題。本文擬透過回顧國際間此一研究領域之發展，考量該領域在國內發展之現況與需求，提出符合我國國情與需要之生態系服務優先研究課題之建議。

關鍵詞：生物多樣性、生態系服務、永續發展、核心計畫

* 教授，臺灣大學生態學與演化生物學研究所/臺灣大學生物多樣性研究中心，
TEL：(02)33662471，E-mail：leell@ntu.edu.tw。

** 研究員，行政院農業委員會林業試驗所。

*** 研究員，中央研究院生物多樣性研究中心。

**** 特聘教授，中興大學生命科學系。

***** 主任，行政院農業委員會特有生物研究保育中心。

***** 助理教授，臺灣師範大學生命科學系。

***** 研究助理，臺灣大學生態學與演化生物學研究所/臺灣大學生物多樣性研究中心。

***** 研究助理，臺灣大學生態學與演化生物學研究所/臺灣大學生物多樣性研究中心。

Ecosystem Services and Sustainable Development Science Plan

Ling-Ling Lee*, Jung-Tai Chao, Kwang-Tsao Shao***,
Hsing-Juh Lin****, Kuo-Yun Fang*****,
Chi-Chien Kuo*****, I-Chun Huang*****,
Perng Lee*******

ABSTRACT

According to “the Millennium Ecosystem Assessment” published by the United Nations in 2005, the global ecosystems can provide four categories of services, i.e. supporting, provisioning, regulating and cultural services, which are vital to human welfare. However, ecosystems around the world have been modified at an unprecedented speed and scale to meet the various development needs of mankind. While promoting economic development, these changes have also caused serious degradation of ecosystem service, elevating environmental risk and the extent of poverty, etc. Therefore, international scientific organizations initiated several projects and programmes to deal with the complex issues of impact on sustainable development due to global loss of biodiversity and changes of ecosystem service. In 2014, these research projects and programmes were integrated into “the Future Earth”, which is an international scientific platform aiming to study scientific issues of global sustainable development. The platform’s global plans also include a number of research projects associated with ecosystem services, which are expected to provide scientific knowledge to meet the needs of policy makers in addressing the issue of sustainable development.

The diverse ecosystems of Taiwan can provide multiple services which are critical to national sustainable development. Therefore, “ecosystem services” was included as one of the seven themes included in the core research programmes of the Department of Natural Science and Sustainable Development of the Ministry of Science and Technology in 2013.

Natural divisions of the Department of science and technology “sustainable” in 2013, according to the school’s future in the seven core programmes of research, development and planning, which includes the “ecosystem services” theme. In this article, we provided recommendations on research priorities of ecosystem service that will meet the needs of sustainable development in Taiwan, by recalling the global progress in ecosystem service research, and taking into account the status of relevant research and scientific knowledge needed by the government and societal in this field in Taiwan.

Key words: biodiversity, core research programmes, ecosystem services, sustainable development

-
- * Professor, Institute of Ecology and Evolutionary Biology/Biodiversity Research Center, National Taiwan University, TEL: +886-2-33662471, E-mail: leell@ntu.edu.tw.
 - ** Research Fellow, Taiwan Forestry Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.
 - *** Research Fellow, Biodiversity Research Center, Academia Sinica.
 - **** Professor, Department of Life Sciences, National Chung-Hsing University.
 - ***** Director, Taiwan Endemic Species Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.
 - ***** Assistant Professor, School of Life Science, National Taiwan Normal University.
 - ***** Research Assistant, Institute of Ecology and Evolutionary Biology/Biodiversity Research Center, National Taiwan University.
 - ***** Research Assistant, Institute of Ecology and Evolutionary Biology/Biodiversity Research Center, National Taiwan University.

一、前言

根據聯合國於2001到2005年間，動員全球兩千多位科學家進行「千禧年生態系評估 (Millennium Ecosystem Assessment, MA)」的結論指出，全球各類生態系可提供攸關人類福祉的四大類服務 (services)，包括：「支援 (supporting) 服務」，例如循環養分、化育土壤或為作物授粉；「供應 (provisioning) 服務」，例如供應人類糧食 (包括作物、海產和可供狩獵的野生動物)、木材、水、藥物、工業原料、燃料等；「調節 (regulating) 服務」，例如調節氣候、洪泛和控制疾病、淨化水和空氣；以及「文化 (cultural) 服務」，例如美感、靈性的啟發、教育、科學和遊憩，攸關人類的福祉，包括安全 (security)、美好生活所需的基本物質 (basic material for good life)、健康 (health)、良好的社會關係 (good social relations) 以及選擇和行動的自由 (freedom of choice and action) 等 (圖1) (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)。

「千禧年生態系統評估」的結論也指出，「生物多樣性」、「生態系服務」和「人類福祉」三者密不可分，生態系一旦遭受破壞，其能提供的服務就會縮水，人類的生活與發展也會受到影響。過去50年，人類為了滿足糧食、淡水、木材、纖維及燃料的需求，以空前的速度與規模改變了各地的生態系，這雖然促進了經濟發

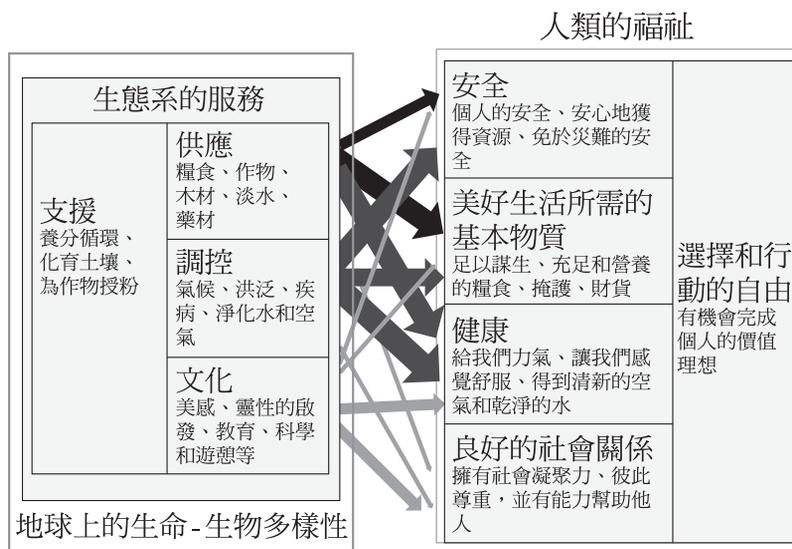


圖1 生物多樣性所提供的四類生態系服務與人類福祉之關聯，箭頭的粗細代表關聯的強弱 (修改自Millennium Ecosystem Assessment, 2005)

展，卻也使生態系的服務退化、非線性改變的風險升高及貧困程度日益惡化。這些問題必須及時處理，以免剝奪現今人類與後代子孫從生態系所能獲得的好處。也因此，先進國家陸續展開國家與地方層級的生態系評估，透過盤點國內各類生態系的現況、生態系服務的狀況與價值、受自然與人為環境變遷的衝擊、評估生態系未來可能的變化對人類福祉的影響，並為加強保育和永續使用生態系所需採取的行動，建立科學的依據，做為政府擬訂政策的參考。

為加強保育和永續使用生態系所需採取的行動，建立科學的依據，國際生物科學聯合會（International Union of Biological Science）與聯合國教科文組織（United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO）、國際環境科學委員會（the Scientific Committee on Problems of the Environment, SCOPE）於1991年共同成立了「國際生物多樣性科學研究計畫（DIVERSITAS）」，開始處理全球生物多樣性喪失、生態系與其服務變遷而影響人類永續發展的複雜科學問題。經過十年的研究，「國際生物多樣性科學研究計畫」整合其獲得的知識，出版了一系列的書籍，為生物多樣性的實驗研究和理論研究打下基礎。該計畫於2002-2011年進入第二階段，將其內容更新，成立9個全球計畫，其中就包括評估、監測及預測生物多樣性變化的「生物發現計畫（bioDISCOVERY）」、探討生物多樣性、生態系功能及生態系服務關聯的「生態服務計畫（ecoSERVICE）」及建構生態系服務調適治理與管理體系的「生物永續計畫（bioSUSTAINABILITY）」。此外，特別針對與人類生存與發展關係最密切，但面臨自然與人為擾動影響最劇烈的農業生態系與淡水生態系，規劃了「農業生物多樣性計畫（agroBIODIVERSITY）」與「淡水生物多樣性計畫（freshwaterBIODIVERSITY）」，以發展支援兩類生態系永續性的生物多樣性科學研究議程（science agenda）（Bulte *et al.*, 2005; Jackson *et al.*, 2005; Naiman *et al.*, 2006; DIVERSITAS, 2013）。

2014年起，國際科學理事會（International Council for Science, ICSU）整合旗下與全球環境變遷及永續發展相關四大科研計畫：「國際生物多樣性科學研究計畫」、「國際地圈與生物圈計畫（International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP）」、「國際全球環境變遷人文面向計畫（International Human Dimensions Programme on Global Environment Change, IHDP）」及「世界氣候研究計畫（World Climate Research Programme, WCRP）」，正式啟動以研究全球永續發展為主軸（research for global sustainability）的「未來地球（Future Earth）」國際科學合作平台。此一全球平台涵蓋23個國際研究計畫、方案及倡議，期望科學研究能與政策制定者所需要解決的永續發展議題有更好的連結，強調「共同設計（co-design）」、

「共同產出 (co-product)」、「共享成果 (co-deliver)」的概念，即議題的設計必須與政策制定者或土農工商等各界權益關係者 (stakeholder) 共同討論、規劃，共同參與並共享研究成果，以利科研成果能快速傳遞給政策制定者，回應權益關係者的需求 (詳見網址<http://www.futureearth.org/>)。

「國際生物多樣性科學研究計畫」中的「生物發現計畫」與「生態服務計畫」也被納入「未來地球」的全球計畫持續進行，其中「生物發現計畫」的重點調整為透過觀測與監測掌握生物多樣性與生態系功能及服務的變化及其驅動因子，以發展更佳的模式與情境，預測生物多樣性與生態系功能及服務受自然與人為驅動因子影響而產生的變化，以協助決策者評估與制定有效的政策與策略回應環境變遷對生物多樣性與生態系功能及服務的影響。而「生態服務計畫」的重點則調整為：探究生物多樣性的改變對生態系功能與服務和人類福祉的衝擊，該計畫的三大任務包括：(一)了解生物多樣性與生態系功能的關聯；(二)確認生態功能與生態系服務的關係；(三)評估生態系服務改變對人類福祉的影響，及評量人類對生態系服務改變的回應等。這些研究重點也與「未來地球」的三大研究主題：(一)變動中的地球 (Dynamic Planet)：觀測、解釋、理解、推測地球、環境及社會系統的發展趨勢、驅動因素、過程及其間的交互作用，以找到全球發展的臨界值 (閾值) 與風險；(二)全球永續發展 (Global Sustainable Development)：為解決人類發展最迫切的需求問題提供科學知識，包括可持續、安全、公平管理的糧食、水、生物多樣性、能源、材料的供應和其他生態系功能與服務；(三)因應永續發展之轉型 (Transition to Sustainability)：理解轉型的過程和替選方案，評估此些過程與替選方案與人們的價值觀、新興科技、經濟發展路徑之關聯，評量各部門在不同尺度下治理與管理全球環境策略的成效等內容。此外，「未來地球」的其他全球計畫，包括「全球土地計畫 (Global Land Programme, GLP)」、「生態系變遷與社會計畫 (Programme on Ecosystem Change and Society, PECS)」等也都涉及土地利用、社會文化系統及生態系服務的互動與關連，足見生態系服務研究的重要性。

台灣的生態系十分多元，這些生態系的健全與所提供的服務，對於我國整體的發展至關重要。然而我國尚未全面進行生態系功能與服務的評估，以往生物多樣性研究也多著重於遺傳、物種、棲地、分類、演化等個別面向，非常缺乏生態系組成與功能及其所提供服務變化的研究，當然也無法掌握國家發展過程中，生態系與生態系服務的變化與其對國家發展與人民福祉的影響。因此，科技部自然司的「永續學門」於2013年針對該學門未來研究發展，邀集專家學者與政府機關代表共同討論所擬定的七個核心計畫，除「土地資源」、「水資源管理」、「都市化與環境變

遷」、「海陸互動與海岸變遷」、「氣候變遷與健康調適」、「氣候變遷災害風險」外，亦包含了「生態系服務」核心計畫（國科會永續學門，2014）。本文希望透過回顧國際間此一研究領域之發展，考量該領域在國內發展之現況與需求，提出符合我國國情與需要之生態系服務優先研究課題之建議。

二、生態系服務的優先研究方向

台灣土地面積超過六成（60.7%）為森林所覆蓋，森林生態系是台灣最主要的陸域生態系。然而自1991年政府宣布全面停止砍伐天然林，並強調面積佔整體森林最大宗（93.1%）的國有林以國土保安為管理重點以來，除天然與人為擾動引起的崩坍、小面積的開發與濫墾外，台灣的森林面積變動不大。歷年來主管森林事務的政府機關（行政院農業委員會林務局）、研究單位（行政院農業委員會林業試驗所）也結合了大專院校相關科系執行與森林調查、分類、監測、功能及服務有關之科研計畫（例如國家植群多樣性調查及製圖計畫、森林動態樣區之設置與調查計畫、台灣長期生態研究計畫等）多年，累積大量有關台灣森林生態系組成、分布，及其功能與服務調查及評價的資料（林俊成等人，2008；李俊鴻等人，2013；王怡平、邱祈榮，2017），預期這方面的研究在未來還會持續進行。

相較於森林生態系，台灣其他的陸域生態系，特別是與人民福祉密切相關、但面臨自然與人為擾動頻繁、生態系服務極易受到生態系的改變所影響的農業生態系、淡水生態系及都市生態系，相關的生物多樣性組成、功能及服務現況與變化的調查與評估、生態系服務與價值之檢核資訊卻十分貧乏。此一現象並非台灣所獨有，因為「國際生物多樣性科學研究計畫」也曾特別將「農業生物多樣性計畫」與「淡水生物多樣性計畫」列入其第二階段規劃推動的核心計畫。因此，本文將以「國際生物多樣性科學研究計畫」與「未來地球」之架構與研究重點為基礎，討論上述三類生態系中生物多樣性、生態系服務、人類福祉之關聯，分析國內既有研究之狀況，考量政策之需求，以提出此三類生態系中生態系服務之重點研究議題與研究方向。

三、農業生物多樣性與生態系服務評估

農業生物多樣性與農業生態系不僅提供糧食、燃料和纖維等物資，也支援養份

循環、作物授粉，調節氣候、洪泛、水和空氣，補注地下水、提供野生動物棲息地及提供休閒娛樂、教育研究等多項生態服務。隨著全球人口持續增加，為了滿足糧食需求的增加，更多的土地將轉換為農業，且農業集約化的程度也將會增加，從而提高對自然生態系與生物多樣性的壓力。因此針對此種生態系變遷的預期，研究農業生物多樣性與生態系服務所受的影響，以及如何維護農業生態系的服務與農業生物多樣性的永續利用以滿足當代和未來世代的需要，便成為極重要的研究議題（Power, 2010）。

「國際生物多樣性科學研究計畫」之「農業生物多樣性」核心計畫的目標是建立解決糧食生產、保育生物多樣性、生態系服務和人類福祉之間權衡所需的科學基礎（Jackson *et al.*, 2005; DIVERSITAS, 2013）。該計畫三個研究重點包括：

- （一）評估農業生態系中生物多樣性的變化，及造成此變化的人為驅動力；
- （二）確認農業生物多樣性各層面提供的物資和服務，例如基因、物種、生態系、社區等；
- （三）評量農業生物多樣性永續利用的社會經濟替選計畫。

對生物多樣性友善的創新耕作有機會創造可持續、高收益的農業生產方式，同時減低農業對野生動物及其棲地的不利影響。因為友善生物多樣性的耕種方式，善用和保護生物多樣性（例如授粉者與天敵），減少或避免化學肥料或農藥的施用，可提高作物與環境品質。許多友善環境的傳統農耕方式與知識正在流失之中，保存這些知識也是解決當前農業問題、維護農業生態系文化服務的重要項目。

「農業生物多樣性」核心計畫希望整合遺傳學家、生態學家、人類學家和經濟學家，跨領域研究以瞭解導致農業生態系中生物多樣性變化的環境和社會驅動因子、農業生態系的生物多樣性所提供的生態系服務相關資訊、及如何使用這些資訊研擬適當的政策與策略，保護與善用農業生物多樣性與生態系服務，來滿足人類的需求。進行方式的案例包括：

- 綜整現有農業生物多樣性與生態系服務的知識與資訊；
- 發展新做法、方式和模型，以評估農業生態系統中生物多樣性，和確定影響農業生物多樣性保護及其永續利用的關鍵議題；
- 建立國際網絡以促進參與農業生物多樣性科學和管理之研究人員和權益關係者的研究與能力建設；
- 進行生物與自然科學及社會與經濟人文科學之間的科學連結，發展新的知識以支援農業生物多樣性的利用和保護的決策；
- 生產整合科研的具體成果以促進發展永續利用農業生物多樣性相關政策；

- 引領自然、生物、人文科學與資源規劃與管理的合作與連結，以彰顯此種合作支援農業生物多樣性永續利用的可行性。

在國內研究方面，科技部「永續學門」於98-103年度的徵求計畫項目中，曾補助「生物多樣性」議題下的「農村環境、社區生態系統進行生物多樣性之調查、管理與復育研究」，「土地利用變遷、環境資源及規劃」議題下的「建立農業指標以分析其永續性」，「土地利用與城鄉發展」議題下的「農地利用與城鄉農業發展」等研究。近年來林務局大力推動《生物多樣性公約》通過的「里山倡議」，補助國內友善環境與生物多樣性的水梯田復耕計畫，開始進行農田生物多樣性的調查，行政院農業委員會及所屬單位也於近年展開生態農業相關研究，但臺灣整體農業生態系中生物多樣性與生態系功能的變化，及生態系服務及人類福祉關聯連結等相關研究，仍然相當有限。

根據國家永續發展委員會「2012永續發展評量指標系統」報告（行政院國家永續發展委員會，2012），各項與農業生態系相關之指標變動顯示全國耕地總面積呈現持續下降的趨勢；有機耕作面積雖然不斷上升，但仍不到總耕作面積的1%；每公頃農地的肥料使用量雖逐年下降，但下降的速度相當緩慢，而每公頃農地的農藥使用量則在數年前逐漸下降後，這兩年又反向攀升，顯示農地受到化學藥劑影響的程度相當嚴重。至於農業生物多樣性與農業生態系受農地休耕、農地種電、大量興建農舍，以及汙染、外來入侵種、鹽化、氣候變遷等威脅的程度與影響則缺乏研究與資料。

因此本議題之研究重點在於整合跨領域研究以瞭解導致農業生態系中生物多樣性變化的環境和社會驅動因子，農業生態系的生物多樣性所提供各類生態系服務的妥適評價，以及如何使用這些科學資訊以研擬適當的政策與策略維護與善用農業生物多樣性與生態系服務，來滿足人類的需求。因此建議優先研究項目應包括：

- （一）農業生物多樣性與生態系服務的現況與變遷及導致農業生物多樣性變化的自然與人為驅動因子及其影響；
- （二）農業生物多樣性與生態系服務評估之方法、工具及模型；
- （三）農業生態系服務評價之方法、工具及模型並進行檢核；
- （四）農業生物多樣性與生態系服務的研究缺口及影響農業生態系服務的關鍵議題，做為規劃後續研究重點之依據。

四、淡水生物多樣性與生態系服務評估

淡水是人類存活所仰賴的重要資源，也是淡水生物多樣性及生態系服務得以存續的根本。雖然地球表面超過七成的面積為水所覆蓋，但扣除掉海水、冰凍及存在於土壤或地下年以取用的水源外，真正能支持人類及其他生物所使用的淡水只占全球水量的0.01%。然而比例這麼低的水量卻支援包括人類在內，至少100,000已知物種的存活（Chivian and Bernstein, 2008; Grosberg *et al.*, 2012）。此外，淡水資源與淡水生態系也為人類提供物資、維持生計、調節氣候與水土、及諸多經濟、文化、美學、科學和教育等服務。然而，淡水生態系所面臨的威脅與壓力（包括築壩與堤防等人工設施改變水流與水域環境、為了改變土地利用方式而被節水、抽乾、填土所造成的棲地破壞與消失，不永續的水資源擷取與利用、汙染、外來種入侵、過度採捕及氣候變遷等（Strayer and Dudgeon, 2010; Dudgeon *et al.*, 2006）），卻遠比全球其他的生態系更為嚴重，淡水生物多樣性流失的速度也遠高於任何一種陸域生態系。如果人類對水的需求及改變淡水生態系的趨勢維持不變，淡水生物多樣性的流失與生態系服務的退化勢將嚴重阻礙人類的發展。

為此，「國際生物多樣性科學研究計畫」之「淡水生物多樣性」核心計畫強調建立有效措施和保護行動的科學依據，以確保永續利用淡水資源和關乎人類福祉的各項生態系服務（Naiman *et al.*, 2006）。該計畫的三個研究重點包括：

- （一）評估不同尺度下淡水生態系中的生物多樣性，以及導致淡水生物多樣性變化的環境和演化驅動因子
- （二）確認淡水生物多樣性變化對生態系功能和連接到對社會提供服務的衝擊
- （三）發展永續管理淡水生態系的目標和措施，以平衡人類使用和保護淡水生物多樣性。

「淡水生物多樣性」核心計畫希望透過結合生態學家、經濟學家、權益關係者和公部門之間的合作，以建立有效的管理和保護淡水生物多樣性的機制，從而造福人類社會。進行方式的案例包括：

- 綜整現有相關資料與知識，包括各類權益關係者所需資料與知識的回顧與整理；
- 發展新做法、方式和模型，以評估淡水生態系統中生物多樣性，和面對氣候變化或外來入侵種造成影響的狀況下，如何確定影響淡水生物多樣性保護及其永續利用的關鍵議題；
- 建立國際網路以促進參與淡水生物多樣性科學和管理之研究人員和權益關係者的研究與能力建設；

- 進行生物與自然科學及社會與經濟人文科學之間的科研連結，發展新的知識以支援淡水生物多樣性的利用和保護的決策；
- 引領自然、生物、人文科學與資源規劃與管理的合作與連結，以彰顯此種合作支援淡水生物多樣性永續利用的可行性。

在國內研究方面，科技部歷年所補助的年度專題研究計畫中，與此研究議題領域相關之計畫主要分布於「自然科學及永續研究發展司」及「生命科學研究發展司」下之相關學門計畫。以科技部自然科學司「永續學門」98-103年度徵求的計畫項目為例，與此議題相關之研究議題包括「生物多樣性」議題下之「台灣中西部河海敏感地區」、「台灣生物多樣性之價值、政策與復育之研究」、「生態工程應用於東港溪下游河道之影響評估」。「地方永續發展、社區營造及區域發展」議題下之「社區、流域、區域三種尺度的研究」、「震災之後的鹿谷鄉清水溝溪流流域圈，進行災後重建」；「土地利用變遷、環境資源及規劃」議題下的「水資源利用之社會正義」、「宜蘭縣得子口河流域進行農業景觀永續規劃」、「探討土地利用對河川污染、集水區及濕地等之影響，以及與環境災害之關係」、「高高屏國土及水資源進行永續規劃」等。計畫內容多屬特定淡水區域的特定自然生態或人文議題，缺乏整體淡水生態系中生物多樣性和各種生態系服務的盤點、生物多樣性與生態系評估方法、模型之探討及與人類福祉、管理、政策等的連結。100~102年「淡水河生態系生態功能及其生態服務價值評估」整合計畫中曾利用國內專家諮詢方式，選出淡水河主要的生態系服務以及相對應的生態功能與人類福祉，但該計畫同樣僅止於定性的描述，缺乏生物多樣性、生態功能與生態系服務之間的互動關係，以及人為活動或氣候變遷對其關係影響程度的研究。近年來由於「濕地保育法」與「國家重要濕地保育計畫」的通過，針對國家重要濕地的基礎調查、社會經濟價值評估計畫也陸續展開，部分濕地的生態系服務也有了研究與分析（陳宥豪，2012；Hsieh *et al.*, 2015; Yam *et al.*, 2015; Chen, 2017），然而相關研究仍然片段，且以海岸濕地為主；溪流河川與埤塘水圳等淡水生態系的生物多樣性與生態系功能及服務的變化及與人類福祉的關聯仍有待系統化的研究。

根據國家永續發展委員會「2012永續發展評量指標系統」報告（行政院國家永續發展委員會，2012），各項與淡水生態系相關之指標變動顯示，受輕度以下汙染河川比率呈現波動但下降的趨勢，河川中生化需氧量濃度呈現下降趨勢，有效水資源呈現下降的趨勢。然而，截至2009年，資料顯示臺灣河川人工設施的總長度（行政院國家永續發展委員會，2009）則持續增加，換句話說，臺灣的淡水生態系仍然面臨水壩、堤防等人工設施改變水流與水域環境、不永續的水資源擷取與利

用、汙染等威脅與壓力，至於淡水生態系受農業使用、外來入侵種、過度採捕及氣候變遷等之威脅程度，缺乏足夠的研究與資料。

因此，本議題之研究重點在於整合跨領域研究以瞭解導致淡水生態系中生物多樣性變化的環境和社會驅動因子，淡水生態系的生物多樣性所提供各類生態系服務的妥適評價，以及如何使用此些科研資訊以建立有效的管理和保護淡水生物多樣性與生態系服務的機制，從而造福人類社會。因此建議未來研究重點包括：

- (一) 淡水生物多樣性與生態系服務的現況與變遷及導致淡水生物多樣性變化的自然與人為驅動因子及其影響；
- (二) 淡水生物多樣性與生態系服務評估之方法、工具及模型；
- (三) 淡水生態系服務評價之方法、工具及模型並進行檢核；
- (四) 淡水生物多樣性與生態系服務的研究缺口及影響淡水生態系服務的關鍵議題，做為規劃後續研究重點之依據。

五、都市生物多樣性與生態系服務之評估

都市發展以及都市人口比例持續增加以成為全球發展的趨勢，根據生物多樣性公約秘書處發表的「城市與生物性展望」(Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2012) 的估計，到了2050年，全球70%的人口將會生活在城市中，都市的擴張會對在地的自然資源(包括土地、水、生物資源及，與環境)產生重大的衝擊。一般預測在低海拔、生物多樣性豐富、有效維護管理生物多樣性與生態系服務的政策與能力相對較為薄弱的地區，都市擴張的速度也最快，因此對當地會生物多樣性與生態系服務的影響相當大。由於生態系可提供包括都市生存所需的各種物資，調節都市氣候、環境品質、因應氣候變遷調適以及文化歸屬、休閒娛樂、身心健康等諸多服務，因此妥善維護、管理都市內外的生物多樣性與生態系服務對於都市的永續發展至關重要。

「城市與生物性展望」邀集了全球120多位科學家和決策者，評量全球都市生物多樣性狀況的結果，總結出以下十項關鍵訊息：

- (一) 都市化提供管理生態系服務的挑戰和機會；
- (二) 許多都市中仍存有豐富的生物多樣性；
- (三) 生物多樣性和生態系服務是都市關鍵的自然資產；
- (四) 保持正常運作的都市生態系可以大幅提升人類的健康和福祉；

- (五) 都市生物多樣性與生態系服務可以對因應氣候變遷與減災作出貢獻；
- (六) 增加城市糧食系統的生物多樣性可以提升食品與營養安全；
- (七) 生態系服務必須納入都市政策和規劃；
- (八) 成功的生物多樣性和生態系服務管理必須基於多尺度、多部門和多方權益關係者的參與；
- (九) 都市可以為學習、教育有韌性而永續的未來提供獨特的機會；
- (一〇) 都市有非常大的潛力可以發展創新與治理的工具，因此必須引領永續的發展。

由於目前臺灣已有將近80%的人口居住在都市地區，因此都市生態系中生物多樣性現況與變化的趨勢，其所關聯的生態系服務的變化，以及對都市居民福祉的影響都需要加以評估，並找出維護、管理及善用都市生物多樣性與生態系服務的關鍵議題，納入都市發展的政策與規劃中，以促進都市的永續發展。

在國內研究方面，科技部所補助的年度專題研究計畫中，與此研究議題領域相關之計畫主要分布於「自然科學及永續研究發展司」下之相關學門計畫。以自然科學司「永續學門」98-103年度的徵求計畫項目為例，與此議題相關之研究議題即包含「土地利用變遷、環境資源及規劃」議題下的「台北都會區建置地理資訊系統資料庫」、「探究重大開發計畫對於台灣地區城鄉發展與區域均衡之影響」、「發展UrbanSim於台北都會區進行國土規劃及土地區位決策支援台灣都市化與全球環境變遷之交互影響與回應進行研究」；「土地變遷與城鄉發展」議題下的「都市化、永續城市、城鄉發展與氣候變遷」等。但對都市生物多樣性與生態系的盤點、都市生物多樣性與生態系及都市規劃與發展、及居民福祉、管理、政策之關聯等相關研究則尚付之闕如。

根據國家永續發展委員會「2012永續發展評量指標系統」報告（行政院國家永續發展委員會，2012），兩項與都市生態系相關之指標變動顯示，近年來國內都市化面積的擴張率已逐漸趨緩，僅於2012年微幅上升；都市內每人享有公園綠地面積亦逐步提升。以上兩項指標顯示都市化仍是趨勢，但都市綠地的議題也逐漸獲得重視，推測未來政府及各類權益關係者對都市生態系的結構、功能及服務等相關資訊的需求與重視程度應該會持續提升，因此相關研究的進行，及研究成果應用在都市規劃與政策的需求，也會隨之增加。

建議都市生物多樣性與生態系服務評估的優先研究重點應包括：

- (一) 都市生物多樣性與生態系服務的現況與變遷及導致都市生物多樣性變化的自然與人為驅動因子及其影響；

- (二) 都市生物多樣性與生態系服務評估之方法、工具及模型；
- (三) 都市生態系服務評價之方法、工具及模型並進行檢核；
- (四) 都市生物多樣性與生態系服務的研究缺口及影響都市生態系服務的關鍵議題，做為規劃後續研究重點之依據。

六、結 語

生物多樣性所提供的諸多生態系服務對人類的福祉與發展至為重要，然而根據生物多樣性公約秘書處於2014年出版的第四版「全球生物多樣性展望（Global Biodiversity Outlook 4）」（Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2014），儘管人們對生物多樣性以及重要性的覺知有所改善，但是全球仍有極高比例的民眾不知生物多樣性為何物，或是生物多樣性與他們的關聯，更不知道如何幫助生物多樣性的保育與永續利用，使其能有效發揮生態系功能與服務；而政府部門與企業也未能充分覺知生態系服務的研究成果與知識，亦未將生物多樣性保育與永續利用及生態系服務的維護納入其發展策略、計畫及計畫中，以至於全球生物多樣性仍然繼續流失，影響各地生態系的功能與服務的發揮，繼而影響人類的福祉與發展。因此「未來地球」計畫中與生態系服務相關的全球計畫特別強調，研究的重點除應注意生態系服務與人類社會經濟文化系統的互動與關聯外，更要思考如何提供決策者相關的科學知識與資訊，使其能規劃適當的策略與計畫，以確保自然資源的永續利用與生態系服務的維護與發揮。「未來地球」也希望能透過研究者透過與決策者及其他權益關係方的互動，共同設計研究議題、共同產出研究成果及共享研究成果，使得研究成果的產出能回應解決全球永續發展議題所需的知識與資訊，這些重點與方向也為我國推動生態系服務核心計畫提供極佳的指引。

參考文獻

- 王怡平、邱祈榮，2017，臺灣森林生態系價值估算初探，台灣林業，第43卷，第1期，頁3-11。
- 行政院國家永續發展委員會，2012，2012 永續發展指標系統評量結果，台北：行政院國家永續發展委員會。
- 李俊鴻、王瓊霞、陳郁蕙、陳雅惠、陳凱俐，2013，台灣社區林業生態產業間接效

- 益之價值評估，應用經濟論叢，第 93 卷，頁 43-81。
- 林俊成、王培蓉、陳麗琴、林裕仁，2008，環境態度類型對森林生態系服務重要性認知之研究，台灣林業科學，第 23 卷（Supplement），頁 S51-62。
- 陳宥豪，2012，濕地生態系統服務功能及保育價值探討—以台江國家公園為例，國立東華大學自然資源與環境學系碩士論文，110 頁。
- 國科會永續學門，2014，永續學門（永續發展跨域整合研究組）研究發展及推動計畫，台北：國科會。
- Bulte, E., A. Hector, and A. Larigauderie, 2005, ecoSERVICES: Assessing the impacts of biodiversity changes on ecosystem functioning and services, DIVERSITAS Report No. 3, 40 pp.
- Chen, H. S., 2017, Establishment and application of wetlands ecosystem services and sustainable ecological evaluation indicators, *Water*, 9, 197; doi:10.3390/w9030197.
- Chivian, E., and A. Bernstein, 2008, How is biodiversity threatened by human activity? in: E. Chivian, and A. Bernstein, eds., *Sustaining Life: How Human Health Depends on Biodiversity*, New York: Oxford University Press, pp. 29-74.
- DIVERSITAS, 2013, DIVERSITAS Annual Report 2012-2013: Integrating biodiversity science for human well-being, Paris, 44 pp.
- Dudgeon, D., A. H. Arthington, M. O. Gessner, Z. I. Kawabata, D. J. Knowler, C. Lévêque, R. J. Naiman, A. H. Prieur-Richard, D. Soto, M. L. J. Stiassny, and C. A. Sullivan, 2006, Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges, *Biological Reviews*, 81(2), pp. 163-182.
- Grosberg, R. K., G. J. Vermeij, and P. C. Wainright, 2012, Biodiversity in water and on land, *Current Biology*, 22(21), pp. 901-904.
- Hsieh, H. L., H. J. Lin, S. S. Shih, and C. P. Chen, 2015, Ecosystem functions connecting contributions from ecosystem services to human wellbeing in a mangrove system, northern Taiwan, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, pp. 6542-6560.
- Jackson, L., K. Bawa, U. Pascual, and C. Perrings, 2005, agroBIODIVERSITY: A new science agenda for biodiversity in support of sustainable agroecosystems, DIVERSITAS Report No. 4, 40 pp.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005, *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Washington, DC: Island Press, 137 pp.

- Naiman, R. J., A. -H. Prieur-Richard, A. Arthington, D. Dudgeon, M. O. Gessner, Z. Kawabata, D. Knowler, J. O’Keeffe, C. Lévêque, D. Soto, M. Stiassny, and C. Sullivan, 2006, freshwater BIODIVERSITY: Challenges for freshwater biodiversity research, DIVERSITAS Report No. 5, 48 pp.
- Power, A. G., 2010, Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies, *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 365(1554), pp. 2959-2971.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2012, *Cities and Biodiversity Outlook*, Montréal, 64 pp.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2014, *Global Biodiversity Outlook 4*, Montréal, 155 pp.
- Strayer, D. L., and D. Dudgeon, 2010, Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges, *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 29(1), pp. 344-58. <http://www.bioone.org/doi/full/10.1899/08-171.1>
- Yam, R. S. W., K. P. Huang, H. L. Hsieh, H. J. Lin, and S. C. Huang, 2015, An ecosystem-service approach to evaluate the role of non-native species in urbanized wetlands, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12, pp. 3926-3943.