

# 地景生態學的研究 範疇與研究熱點

文：薛怡珍 / 台灣大學森林學研究所 博士生  
蕭麗霖 / 中科院臺灣應用生態所 研究員  
李顯忠 / 台灣大學森林學研究所 教授

地景生態學 (landscape ecology, 或稱景觀生態學) 是生態學中最年輕的一個分支, 它源自於地理學、地植物學及土地管理的學科。大約200年前, 德國地理學家 von Humboldt 便將地景 (landscape, 或稱景觀) 視為是一地區的所有特徵, 即是地表上一切地貌 (Naveh and Lieberman, 1993)。然而真正將「地景」和「生態」結合成「地景生態」概念的則是德國另一位學者 C. Troll (1939)。Troll 是一位生物地理學家。當初 Troll 希望結合地理學上的空間性、平面性學理方法及生態學上的功能性、垂直性方法, 將空間及時間的概念相結合進而提出「地景生態」的概念 (Farina, 1998)。然而地景生態學發展迅速, 也包含許多學科領域, 如地理學、植物學、動物學、動物行為學、地景建築、環境規劃等, 這是因為以地景生態在時間、空間, 或二者可比較合理地解釋「社經-生態」的過程機制。「地景」係指地表上的一切地物, 即是我們所說的「土地 (land)」, 而在人為的干預之下產生不同的土地使用類型 (land-use type), 以地景生態學的空間單元來看, 即是「區塊 (patch)」、「廊道 (corridor)」及「基質 (matrix)」。地區環境的生態系統必須和各種類型的土地使用的分佈整合, 將整個森林地景視為一個土地鑲嵌體 (land mosaics)。可以用區塊、廊道、基質等三種地景空間元素, 來描述在區域及地景尺度中空間模式的組織與變遷

(Forman, 1995a)。傳統的生態科學所著重的是純自然環境系統如森林、溼地、溪流等, 而地景生態學除關心上述, 還特別重視因人的因素造成對環境的衝擊影響與改變的自然系統的形式 (forms) 與功能 (functions)。換言之, 地景結構所探討的即是以區塊、廊道、基質等三種地景空間元素所構成的地景鑲嵌體的互動關係及其所形成的機制, 包括以生態的觀點及社會經濟層面的考量。

過去近三十年來, 有關生態學上的研究多在生態演替 (ecological succession)、干擾 (disturbance)、均衡 (equilibrium ecological systems) 及非均衡生態系統上 (non-equilibrium ecological systems), 包括族群 (populations, 或稱種群)、群落 (communities, 或稱社會)、生態系 (ecosystems) 及地景 (landscapes) 方面 (Mladenoff & Baker, 1999)。而地景生態學在過去40年間已從生態系及群落生態學發展出許多理論 (Golley, 1993), 嚴格來說, 它並非是一門新興的學科, 但卻是新的研究領域及新的研究範疇。用新的概念、新的方法來解釋原來的環境現象, 並結合遙感探測 (Remote Sensing, RS)、衛星定位系統 (Global Position System, GPS)、地理資訊系統 (Geographical Information System, GIS) 與永久樣區 (Permanent Sampling Plot, PSP) 等4S的科技 (4S觀念引自馮豐隆, 2000), 進而使得研究結果可以被詮釋地更為完善。然而地理資訊



系統發展迄今，已被認定為是一門學科，而不在單單僅是技術上的操作，因此，近年來有將「地理資訊科學 (Geographical Information Science, GIS)」一詞取代地理資訊系統之趨勢。而大陸學者認為再加上專家系統 (Expert System, ES) 以及數據資料蒐集系統 (Data Collection System, DCS)，與3S (RS、GPS、GIS) 合稱為5S；若再把馮豐隆 (200) 所提的PSP觀念加進來，則稱為6S。

國際景觀生態學會 (The International Association of Landscape Ecology, IALE) 自1982年在荷蘭成立以來，在歐洲舉行過若干次國際學術討論會，如1991年在加拿大首都Ottawa召開第二次世界大會，1995年8月在法國Toulouse召開第三次世界大會，2000年於美國Florida的Lauderdale召開第十五屆IALE年會，這反映出近年來世界規模的學術交流更加活躍。中國大陸於1989年在瀋陽召開第一屆全國景觀生態學研討會，1996年在北京召開第二屆全國景觀生態學研討會，1998年在瀋陽舉辦亞太地區第一屆國際景觀生態學研討會；2001年9月在蘭州舉辦亞太地區第二屆國際景觀生態學研討會；反觀台灣地區則遲於2001年5月18日才首度以「地景生態學」為主題召開「2001地景生態與永續城鄉發展學術會議」，2001年10月5日召開農村永續發展與景觀生態研討會。

地景生態學強調在生態系統中的空間尺度及空間格局下的生態效應 (如圖3)，考慮空間異質性的發展與動態、在異質地景上的交互作用及改變、生物與非生物過程中，空間異質性的影響以及空間異質性的經營管理 (Turner, 1989)。也考量尺度的問題、如何量化地景結構的現象、關聯地景格局與生態過

程之關係性。其基礎理論包括：1) 生態進化與生態演替理論；2) 空間異質性與生物多樣性理論；3) 景觀異質性與異質共生理論；4) 島嶼生物地理與空間鑲嵌理論；5) 尺度效應與自然層級組織理論；6) 生物地球化學與景觀地球化學理論；以及7) 生態建設與生態區位理論 (蕭篤寧, 1991)。研究範疇包括：1) 地景格局的分析；2) 地景生態的評估；3) 地景動態的變化；5) 地景生態規劃與設計。一般原理自Risser et al. (1984) 提出至蕭篤寧 (1999) (如表1)，也不外乎含括研究地景的結構 (空間格局)、功能 (生態的過程，包括輸入、生產、循環、貯存、輸出) 和演化 (空間動態)，研究地景和區域尺度的資源、環境經營管理問題，考量其綜合性、整體性、宏觀性、區域性的特色，並結合中尺度的地景結構和生態過程關係之研究。地景結構係指不同地景元素之間的空間關係 (包括能量、物質、物種分配與各種生態系統的形狀、大小、數目、種類和構圖關係)；地景功能係指各種地景要素間的相互作用，即不同生態系統間的能流、物質流和物種流；地景變遷係指地景在結構與功能上隨時間的變化；地景管理係指將地景生態學的基本理論加以實踐利用 (徐化成, 1996)。地景生態學可以解釋地景動態的現象，以作為地景自然保育、規劃、設計、經營管理的原則。以生態學的理論為基礎的地景生態學，又包含現代地理學和傳統科學之優點。從圖1可看出目前地景生態學的研究領域，而所有的研究目的可以說是為了幫助吾人更瞭解所處的環境狀況，進而作最佳的環境資源利用之安排。Naveh (1980) 將其地景分類為自然生物生態系統、農業生物生態系統、鄉村生物生態

系統以及都市生物生態系統四類，主要依據能量、物質以及從生物的技術的生態系統所輸入的資訊來分類（如圖2）。從圖中可以看出地景生態學研究所含括的實質環境領域，包括從自然、半自然到非自然，從城市、半城市到非城市地區。圖1提及的地景流所探討的是流動的現象，係指流動物穿越或經過一地景而言，此一移動可能經由空間、地面或土壤（Forman and Godron, 1986），地景流包括能量的流動、物質的流動，並表現在生態系統中各類生物、非生物或生物-非生物的移動現象（劉一新譯，1999）；物流、能流的研究在台灣地景生態學研究中，仍屬發展的階段。圖3說明Delcourt et al. (1983) 將多尺度下的生態系對環境干擾、生物反應與植被格局間的關係，從圖中吾人可得知研究地景生態學時，對於時間尺度與空間尺度的選擇是非常重要的工作，因為它影響著日後分析資料的精細度及正確性。

目前國際間有關地景生態學的研究熱點如：1) 地景結構，包括區塊的大小、鑲嵌體的格局、破碎化的程度；2) 土地使用分類及地覆的製圖；3) 地景動態，包括演替、干擾及穩定；4) 植物生態學及植被或植群分析，包括生理現象、組成及製圖；5) 生境的分析，包括森林植群的生育地分析、野生動物的區塊大小、片斷化、遷徙的法則等（「habitat」用在植物學上，係指生育地；用在動物學上，係指棲息地、棲地、生境）；6) 動物生態學的結合，包括族群生物、棲地選擇、食物鏈等；7) 生物多樣性；8) 生物地理化學週期，包括能量-物質平衡、養分流、水文等；9) 全球變遷，包括生態系模式、衝擊、全球的正負回饋機制等；10) 地景生態規劃設計與經營管理；11) 地景生態學方法論的探討及計量的研究，包括對地景格局及其過程的量化，如利用FRAGSTATS軟體、APACK軟體等計算研究區之地景多樣性指數

表 1：地景生態學的一般原理

提出者/年代	原理
Risser et al. (1984)	1.空間格局與生態過程 2.空間與時間尺度 3.真實性對流干擾的作用 4.格局變化 5.自然資源管理架構
Forman & Godron (1986)	1.地景結構與功能 2.生物多樣性 3.物種流 4.量分再分佈 5.能量流 6.地景變遷 7.地景穩定性
Risser (1987)	1.真實性與干擾 2.結構與功能 3.穩定性與變化 4.量分再分佈 5.層級性
Forman (1995b)	1.地景與區域（空間尺度的概念） 2.廊道 3) 地景與區域 3) 廊道-廊道-基質 2.區域與廊道 3) 大型自然植被區域 4) 區域形狀 5) 生態系統間的交互作用 6) 景觀動態 7) 地景抗性 8) 廊道大小 9) 地景變遷 10) 廊道序列 11) 從基質分離出來的聚類格局 12) 不可缺的格局
Farina (1995)	1.格局與過程的時空變化 2.系統的層級組織 3.土地分數（生態單元） 4.干擾過程 5.土地變遷的真實性 6.地景破碎化 7.生態邊境帶 8.中性模式 9.地景動態與演進
【引自 Xiao & Li (1999)】	
Xiao (1996)	1.土地變遷與地景真實性 2.尺度效應與地景層級性 3.地景結構與功能的關聯性與反饋作用 4.能量與養分的空間流動 5.物種遷移與生態演替 6.地景變化與穩定性 7.人為活動影響/干擾、改造、結構 8.地景規劃的空間配置 9.地景的視覺多樣性與生態美學
【引自 Xiao & Li (1999)】	

(本表整理)

的區域多樣性指數、類型多樣性指數、格局多樣性指數等。地景變遷的模擬，如個別法則模式（如JABOWA-FORET模式）、轉置機率模式（如Mosaic模式）及過程模式（如simulation或scenarios），並結合細胞自動化（cellular automata, CA）或稱細胞自動體、細胞自動機）、克立金法（Kriging法）、基因演算（genetic algorithm, GA）等，及6S科技發展之應用；以及12) 探討尺度、研究對象的規模。

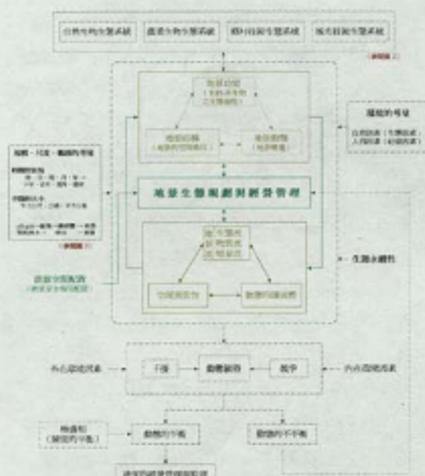


圖 1：以地景生態規劃為主的景觀生態學研究範疇 (本研究繪製)

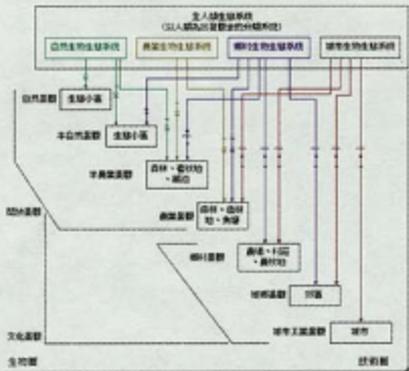


圖 2：地景分類系統 (修改自 Naveh, 1980)

- 1) Naveh 的自然生物生態系統之修正轉換—取代之地景分類系統
- 2) △ 表生物實體的資訊與控制；○ 表自然的有機體；- 表太陽能；▲ 表文化資訊與控制；● 表人為產物；~ 表文化時態評估

自1993年迄今(2001.10)，台灣地區對於地景生態學研究共發表相關研究的期刊篇數為32篇，其中發表於林業方面的期刊篇數佔13篇，另外的19篇則分別發表於其它期刊之中。自1991年起迄今相關博碩士論文的研究共42篇。具有林業、地理相關學術專業背景者，多將「landscape ecology」譯為「地景生態」；具有景觀、造園、建築、都市計畫等相關學術專業背景者，則多將「landscape ecology」譯為「景觀生態」。而相關的研究領域也從森林地區、農業用地到都市環境。2000年有關地景生態研究的論文有12篇，2001年有關地景生態研究的論文有11篇，共約佔10年來研究的二分之一，東海大學景觀所有關地景生態研究的論文則佔10篇。從1997年來，針對地景生態學方面的研究，也由逐年增加的趨勢，但多仍屬發展階段。而地景生態學也漸被應用在許多學科領域之中。某些期刊篇名或論文雖未以「地景生態」或「景觀生態」命名，但卻在某些研究內容或部分方法論中提及，如土地變遷、地景變遷、地景結構...等。反觀中國大陸，發表相關的期刊篇數共619篇，其中英文有49篇(曹宇等，2001)，且相關的著作將近20本。目前以「地景生態學」名稱授課者如東華大學自然資源研究所、華梵大學環境設計系、彰化師範大學地理學研究所等，以「景觀生態學」名稱授課者如東海大學景觀學研究所、台灣大學園藝學系造園組、台灣師範大學地理學研究所、中興大學水土保持研究所、朝陽科技大學都市計畫與景觀建築系、屏東科技大學農村規劃系等(薛怡珍、朝明洲，2001)。

地景生態學強調的是解決實際的問題，包括全球環境問題、森林、農村、都市、旅

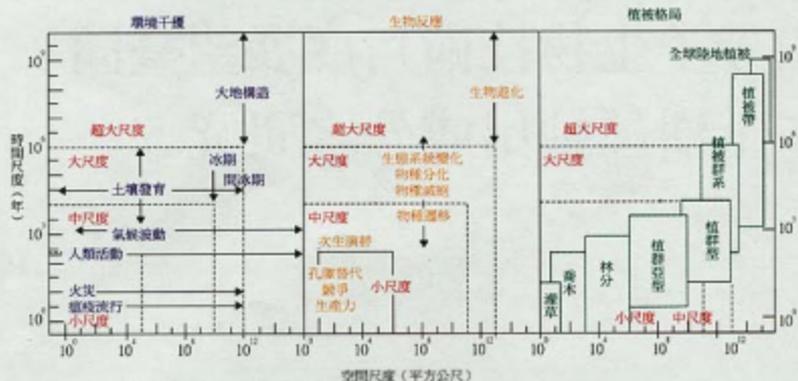


圖 3：不同時空尺度的地景生態學研究  
(修改自Delcourt et al., 1983)

- 1) 大幅度主要反映大氣候差異性，中尺度主要反映地表結構的差異性，小尺度主要反映土壤、植物、小氣候的差異性。
- 2) Odum (1997) 將地景層級分為分子—細胞—組織—器官—生物體—族群→生態系→地景系統→區域→生態圈。

遊發展、自然保育等的規劃和經營管理；另一方面也深入探討相關的理論與方法，包括引入許多物理科學領域的新理論，如擴散理論、滲透理論，並結合族群動態模式的概念，來預測地景格局 (landscape pattern)、生境格局 (habitat pattern) 或生態位 (niche) 及其動態對這些生態現象的影響；不同生境間和族群動態的源 (source) — 槽匯 (sink) 關係；地景結構和生物的遷移、散佈之交互作用對族群發展的影響；熱力學異質性、邊界構造和功能、網絡理論、質流法則 (mass flow principles) 和逆流法則 (counter current principle)、形狀和功能法則 (陳昌篤等, 1991)、中地理論、碎形幾何、生態位法則、空間外觀模式等等被應用於地景生態學的研究。

未來台灣地區有關地景生態學研究的展望，作者認為可以從自然的與人為的環境中著手，諸如理論方面的著墨、城市景觀生態的研究、森林地景能量流的研究、破碎化地景生態的研究、島嶼地景生態的研究、地景經營管理及生態復育的工作、環境保育及生態發展、農業地景的生態能量研究、地景安全格局及風險評估、環境變遷的監測、人為活動對土地利用的衝擊與影響、地景格局的剖析、生態過程及其機制的研究、地景模擬模式的建立、地景生態廊道的建立、都市綠色網絡及綠地系統之建立等課題。

參考文獻 (請逕洽作者) 