

大陸長期生態研究系統介紹

Long-term Research on China's Forest Ecosystem

高麗瑾／國立中興大學森林學系教授

謝煥欣／國立中興大學森林學系研究生、台灣省特有生物研究保育中心助理

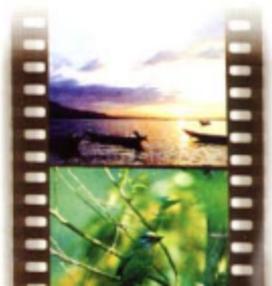
一、前言

森林為有機體，各組成因子間的關係密切，林分的結構、組成會影響野生動物、水質、養分及局部氣候，其結構、組成亦受地形、地質與位置等自然因子的影響，更而形成具有多樣性生物的森林生態系。森林經營方向常隨著時代的變遷以及學理的累積而更改，自從森林多目標經營(Multiple Purpose Management)提出後，改變了以往森林只提供木材生產的觀念，並開始對森林的非木材價值予以重視。到了1980年代，由於工業發展造成環境的威脅，以及世界人口急遽增加，生態環境與自然資源問題日趨嚴重，因而將過去林業所重視的「永續發展」，再度廣為宣傳兼強調開發與環保的理念。至1992年6月美國林務署提出「生態系經營」政策，為美

國國有林經營在因應全球變遷、環境保護、經濟需求及改進舊有的森林經營觀念上向前邁出了一步。以整個森林生態系為考量的生態系經營，旨在維持森林的長期生產力與更新能力，以及保持生物多樣性等，使森林經營符合生物性、生態性、經濟性及社會性，以利林業的永續發展。

森林生態系統無論在空間結構和功能的複雜性，還是時間序列上的多變性來說，均比其他生態系統更為明顯，森林是維持生物圈、地圈動態平衡的重要陸地生態系統，具有對太陽輻射的吸收、分配、利用和轉化過程，直接影響地球能量收支、轉換及有機庫，而且影響大氣中 CO_2 、 O_2 和水氣的動態平衡。森林的養分循環、水分循環在全球物質循環

代謝有重要作用，同時森林的生產力也直接影響人類的社會生活。為瞭解人類生存環境中各類森林生態系統的結構與功能，以作出最好的經營管理決策，必需對其進行長期觀測研究。即森林生態系統長期生態研究的目的是在於明瞭森林生態系統的組成、結構、生物量、物質與能量循環、生產力以及不同樹種的種內和種間關係，期為森林經營提供合理的指導，也為經濟發展和環境建設提供科學的依據。





二、生態研究之源起及長期生態研究之必要性

生態研究起源於生態學，在1866 E. Haeckel 定義「生態學」之前，對於一般短期的調查或實驗研究難以確切指出生物間和生物與環境之間的複雜關係，因而開始採用較長期的觀測研究。隨著人口成長、經濟發展，自然資源減少和環境污染問題日趨嚴重，促進生態學加速發展，長期生態觀測研究也相對受到重視。由於森林生態系統的複雜性和各種生態因子之間相互作用機制的多樣性，如僅予以定性描述和短期研究，實難以揭示其內部運行機制和客觀規律。因此，進行長期的、連續的森林生態系統長期的生態研究就具有十分重要意義。

多數生態系統的許多過程都是緩慢的，森林演替和物種間的競爭是森林生態系統中一直在研究的問題，森林中種群動態、物質流動和能量循環，森林與環境的相互影響，在短

時間內很難觀測到。長期定性與定量觀測，可以驗證複雜的生態學概念與理論。以物質循環與能量流動而產生的系統結構，是產生最佳的生態效益，發揮最大的生產力不可或缺的元素。惟有藉由研究森林生態系統的物質循環機制，才能認識森林生物的生產力及其各種生態效益，及人類生存環境中森林生態系統的功能，並需要對各種森林生態系統的結構與功能的基本特徵、動態變化規律與地圈-生物圈平衡的過程，進行長期生態系統觀測研究。

三、森林生態系統長期生態研究之核心問題

(一) 水分循環

地表上水分循環的概念是比較簡單的，但在量測方法上則非常複雜。以熱力學之物質不變定律觀念，運用於預測水分的形態和運動，由已確定水分的物理狀態和蒸發潛勢的氣候變量，包括表面淨太陽輻射、溫度、濕度、降水和風速、植被對水分運動的影響，表現在植物表面對水分的截留和吸收、及通過葉根和葉部氣孔有關的控制，使得能夠對各種生態系統的水流進行估測。

(二) 土壤化學循環

對於特定生態系統中多種元素循環的研究，予以土壤母質、植被類型、微生物活動等對物質循環的線性模式以及系統之間物質運動的速度。認識某些過程的調控機制，森林受干擾之後系統將以硝酸鹽的形式大量地損失氮。研究酸雨的長期作用，需要根據森林生態系統中氮離子的變化，建立元素的收支預算，從而產生了緩衝反應(buffering reaction)。如根部對硝酸鹽的吸收，酸雨對鋁在土壤和淡水系統中的釋放也起促進作用。研究某些淡水和土壤系統起緩衝作用的有機物複合成分、鐵、磷及其它元素反應等變化。

(三) 森林能量學

生態學的研究領域包括：生命和非生命系統之能量流動的特徵、消耗，生態系統中不同營養級的能量流動和物質循環的關係，能量的利用和耗散的影響，能量存貯的方式和特性，及能量流動模式等。

(四) 森林干擾學

如採伐、造林、撫育（整地、除草、疏伐等）、自然災害等對森林生態系統的結構和

功能的作用，均是屬於干擾生態學研究範圍，其與人類的生存和活動密切相關。

(五) 資料整合

森林生態系為整體性系統，在其研究整個生態系的研究時需整合各種領域、科學，進行其結構、功能、動態、外界干擾和環境污染的綜合研究。故其資料亦需透過以共同座標系統記錄的地理資訊系統整合，將分散於不同地理位置的空間資料、不同時間調查記錄的資料，及空間圖層與其有關連的屬性表，各項調查記錄予以資料標準化，俾整合成資料庫系統，供研究與資源經營參考運用。

四、大陸長期生態研究概況

由於日益嚴重的全球性資源、環境問題所造成的壓力，使生態學家們提出以從事長期、多尺度生態學監測和研究為目的的國家、區域乃至全球性網路的議題。早在19世紀末，世界上就相繼出現了許多有名的生態系統長期生態研究站，如Rothamsted公園草地實驗站，美國的Upper Mississippi River實驗站。到了20世紀，生態系統的觀念更為世界所接

受，先進國家紛紛設立生態研究站，如美國的Hubbard Brook，德國的Hessische Forstliche Versuchsanstalt，及日本建立的許多流域試驗站等，都反映了生態系統長期生態研究的趨勢。此後各國更於推動長期生態系統研究工作不遺餘力，如美國在1980年建立包括森林、草原、農田、荒漠、湖泊、濱海、水等主要長期生態系統研究站。中國大陸的長期生態系統研究工作，也就是在這個國際背景的基礎上開始起步和發展。

大陸的森林生態系統長期觀測研究比國際上先進國家晚，第一個研究站是中國科學院在雲南西雙版納設立的生物地理群落長期生態研究站，同時以蘇聯地理植物學、長期生態研究的理論與實踐為模式，劃設自然保護區15處，開始長期生態研究。七十年代，由於文化大革命的原因，長期生態研究因而停頓。至1979年大陸生態學會成立，因而促進生態學和生態系統長期生態研究的發展。由於經濟發展和社會進步，生態平衡和環境污染問題已為國內外關注，為適應形勢發展的需要，加強森林生態系

統長期生態研究工作。而實際發展有二個部門，一為隸屬中國科學院的中國生態系統網路(Chinese Ecosystem Research Network, CERN)，另一為由林業部主持的森林生態系統定位站(Located Forest Ecosystem Research Stations)。

以下分就其組織概況介紹：

(一) 中國生態系統研究網路

1. 組織

(1) 源起

自1949年建立中國科學院以來，一直重視對生態系統的研究工作，於1979年籌劃中國科學院陸域生態系統研究工作。1988年建立21個相關生物學、地理學研究所，1,000餘名科技人員，並在全國各重要生態區建立以解決地區性資源、環境和社會經濟發展所面臨的問題的生態研究站100多個，以合理利用資源，促進當地農業、林業、牧業和漁業發展。





2. 成員

中國科學院從已有農田、森林、草原、湖泊和海洋生態系統研究中心中，選出條件較好的長期生態研究站29個，其分布地圖如圖1及表1所示，並創設一個綜合研究中心及水分、土壤、大氣、生物和水域生態系統等5個學科的分中心，組織分布如圖2。



圖 1：中國生態系統研究網路生態研究站分布圖
(中國生態系統研究網路叢書 1997)

2. 任務

網路籌建階段的中心任務，是完成CERN的總體設計。1988-1992年，重點在於研究生態學的最新發展動向，特別著重研究分析美國長期生態學研究網路(Long-term Ecological Research Network, LTER Network)的發展過程，吸取其經驗和教訓，並結合大陸的具體情況，集思廣益，於1992年底完成網路的設計工作。與其他網路相比較，CERN的特徵如下：在整個網路設立目的方面，強調網路的整體性和總體目標，著



圖 2：隸屬於中國科學院「中國生態系統研究網路」組織示意圖

重直接解決社會、經濟發展與資源、環境方面的問題。在觀測方面，強調觀測儀器、設備、觀測方法和標準化，以便取得可以互相比對的資料數據。在資料方面，強調資料格式的统一和質量的控制、資料共享和資料的綜合與分析。在研究方法上，強調按统一的目標和方法進行包括社會科學在內的多學科參與的綜合研究。

3. 目標

CERN的長期目標是以地面網絡式觀測、試驗為主，結合遙感探測、地理資訊系統和數學模式等現代生態學研究方法，對各主要類型生態系統和環境狀況作長期、全面的監測研究。其重點是：

- (1) 按统一的規定程序對中國大陸主要類型農田、森林、草原、湖泊和海洋生態系統的生態演替和生態系統的水分、土壤、大氣、生物等組成進行長期監測。
- (2) 全面、深入研究大陸主要類型生態系統的結構、功能、變遷和永續利用的途徑和方法。
- (3) 為各研究站所在地區，提供自然資源永續利用和改善生存環境的優良經營模範。

(4) 提供各地區和國家有關資源、環境方面重大決策的科學依據。

(5) 積極參與國際合作研究，並解決全球性重大資源、環境問題。

(二) 大陸森林生態系統研究站

1. 組建

(1) 源起

大陸林業取現在的林業總局)在60年代，從北到南，從東到西設置 11 個森林生態系統長期觀測研究站，以森林生態系統研究各站的群落結構、種群動態、森林水文、森林土壤、養分循環、能量平衡及森林生產力等，並收集生態系統有關方面的數據和結果。從寒溫帶的針葉林和落葉闊葉林，到亞熱帶常綠闊葉林和熱帶雨林及山地雨林等各不同地帶的森林多樣性、種數、個體數及其多尺度等群落結構，其變化取決於生態環境的特徵和種間多樣性(歧異度)指數。既受到森林群落類型及群落結構的影響，也受到地理環境的限制，同時也因為個體數量、均勻度的變化而變動。通常認為多樣性(歧異度)的大小反映了上層樹種優勢度的變化，優勢度增大，多樣性歧異度將減低；反

之，在過熟或衰退的森林群落，其歧異度則增大。森林群落學有關分布格局 (Pattern) 的問題，是種群在群落中的空間分布及水平的規律性問題。它關係到一個種群與其它種群之間的效應問題，同時也受到生態環境條件的限制。因此，分布格局問題的實質受制於生態區位(niche)的變動。換句話說分布格局是一種現象，其起因和根源在種間關係以及生態區位的變化，是生態環境的綜合因子對種群及種群間歧異度關係。當前多採用負二項式，平方差與平均值的比率和實測值、期望值，間適合度測驗等方法來探討分布格局。除此之外，未來大陸森林生態系統研究，在這個分布格局基礎上再深入探討土壤元素循環、微生物及根系分泌物、種間關係等方面的微觀領域。





表 1：大陸長期生態系統研究站

| 類別 | 隸屬中國科學院之生態系統研究站 | 隸屬林業部之森林生態系統研究站 |
|----------------------------|----------------------|----------------------------------|
| 農 業 生 態 系 統 | 海倫農業生態試驗站(哈爾濱) | (1)內蒙古大興安嶺根河落葉松林生態系統定位研究站 |
| | 三江平原沼澤濕地生態試驗站(長春) | |
| | 瀋陽農業生態試驗站(遼寧省) | (2)黑龍江涼水、韓兒山闊葉紅松原始林、次生林生態系統定位研究站 |
| | 崇慶沙漠化研究站(甘肅省) | |
| | 欒城農業生態試驗站(河北省石家莊) | (3)山西太岳油松人工林生態系統定位研究站 |
| | 尚城農業綜合試驗站(北京) | |
| | 長武農業生態試驗站(陝西省) | (4)陝西秦嶺火地嶺華山松、油松、銳齒櫟林生態系統定位研究站 |
| | 安塞水土保持綜合試驗站(陝西省) | |
| | 封丘農業生態試驗站(河南省) | (5)江蘇下蜀落葉闊葉混交林、杉木林生態系統定位研究站 |
| | 常熟農業生態試驗站(南京) | |
| 系 統 | 桃源農業生態試驗站(長沙) | (6)江西大崗山杉木、毛竹林生態系統定位研究站 |
| | 干煙洲紅壤丘陵綜合開發試驗站(北京) | |
| | 沙坡頭沙漠研究試驗站(甘肅省) | (7)湖南會同杉木林生態系統定位研究站 |
| | 康康飛漠生態試驗站(烏魯木齊) | |
| 鐘亭紫色土農業生態試驗站(成都) | (8)海南尖峰嶺熱帶林生態系統定位研究站 | |
| 紅壤生態試驗站(南京) | | |
| 森 林 生 態 系 統 | 長白山森林生態系統研究站(吉林) | (9)甘肅祁連山寺大隆水源地林生態系統定位研究站 |
| | 北京森林生態系統研究站(北京) | |
| | 會同森林生態系統研究站(湖南省) | (10)四川米業羅、王朗冷杉、雲杉林生態系統定位研究站 |
| | 鶴山丘陵綜合試驗站(廣州) | |
| | 鼎湖山森林生態系統研究站(廣東省) | (11)西藏林芝高山針葉林生態系統定位研究站 |
| | 貢嘎山高山生態系統試驗站(成都) | |
| 西雙版納熱帶生態研究站(雲南省) | | |
| 草 地 生 態 系 統 | 內蒙古草原生態系統試驗站(內蒙古) | |
| | 海北高寒草甸生態系統研究站(青海省) | |
| 水 體 生 態 系 統 | 東湖湖泊生態系統試驗站(武漢) | |
| | 太湖湖泊生態系統試驗站(江蘇省) | |
| | 膠州灣海洋生態系統試驗站(青島) | |
| | 大業灣海洋生物綜合試驗站(廣東省) | |

(2) 成員

1982年由林業部擬訂發展森林生態系統長期生態研究的規劃草案中，規劃不同植被帶的天然林和人工林區，擬建立森林生態系統長期生態研究站29處。然由於經費問題，目前大陸已按氣候帶建立的森林生態系統研究站17個，其中中國科學院系統6個(不包括林業部系統已提及的湖南會同森林生態系統研究站)(圖1)，林業部系統11個(圖2)。而林業部系統中寒溫帶1個，溫帶1個，暖溫帶3個，亞熱帶5個，熱帶1個。

2.任務：具體目的在於瞭解森林生態系統的水分循環、能量及養分循環條件與轉換定

律，並研究不同樹種的種內、種間與種群間的關係，以及森林樹種的生產量和生產力，以便為森林經營、採伐利用獲得最高的效益，更而獲得更完整的森林生態學理論，以為森林經營提供更好策略。

3.成果：1992年林業部在黑龍江省尚志縣東北林業大學帽兒山實驗林場，召開森林生態系統長期生態研究工作會議，彙整開展森林生態系統長期生態研究工作的經驗，對於存在的問題和發展研提了對策。並討論修訂1991-2000「森林生態系統長期生態研究規劃」，且將研究結果編印出版「森林生態系統長

期生態研究方法」，及橫跨32個緯度的「中國森林生態系統長期生態研究」論文集等，以為研究工作的基礎，亦是資料整合的基礎。

五 結 語

(一)生態系統中的許多現象和過程必需經由長期的調查研究，才能得到正確的知識，國際上已完成長期生態調查研究項目者，說明生態系統長期調查研究是必需的，對於目前和未來森林生態系統長期調查研究的問題，包括水分循環、物質能量、養分循環、森林生長量和森林變遷(如演替)的研究，大陸森林生態系的研究亦然。

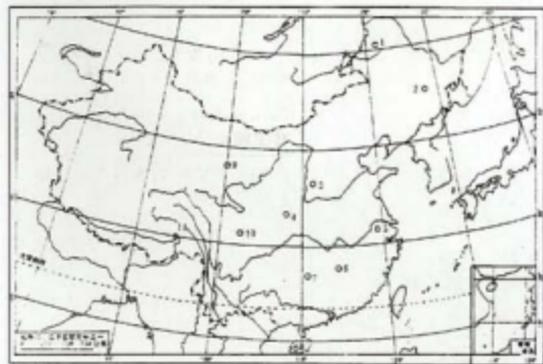


圖3：隸屬林業部系統之森林生態長期觀測站分布示意圖(王崧元、林升壽1991)(註：各站號如表1所示)





(二)大陸有關森林生態系統長期生態調查方面，有兩個系統分別隸屬於中國科學院與林業總局，分別針對不同植被帶進行定位長期觀察研究，前者除7個森林生態系統觀測站外，尚有農業生態系、草地生態系、水體生態系，而林業部者則11個皆是森林生態系。未來與大陸合作交流，可著重於森林生態系的研究，並且有經常性的聯繫、交流、心得交換，讓國人具有大尺度地域的生態系統資訊的掌握。

(三)生態研究的重點在於研究成果的整合，故必需結合多學科專家共同努力，以獲得森林之結構、功能和變遷資料，藉由互相觀摩學習，吸取先進國家的經驗

和教訓，獲得他人研究經驗。

(四)台灣目前設有 LTER 五處，大都屬於森林生態系長期生態研究站，其間合作，予再加強提供永續發展資源環境方面的資訊，儀器設備上除資訊交流、技術外宜標準化，資料格式應統一，使資料可共享、易於比對分析。

六、參考文獻

- * 大陸林業部林技司編 1994 中國森林生態系統定位研究 東北林業大學出版社 861 頁
- * 中國生態系統研究網絡科學研究會秘書處編 1998 中國生態系統研究網絡人員指南 氣像出版社 69 頁
- * 中國生態系統研究網絡科學研究會秘書處編 1998 中國生態系統研究網絡機構指南 氣像出版社 128 頁
- * 中國生態系統研究網絡科學研究會秘書處編 1998 中國生態系統研究網絡數據目錄 氣像出版社 435 頁
- * 中國森林生態系統結構與功能規律研究〈項目組〉編著 1998 森林生態系統定位觀測總綱及數據庫設計 科學出版社 213 頁
- * 王淑元、林升壽 1991 中國森林生態系統定位研究的進展 於東北林業大學出版之森林生態系統定位研究 1-27 頁
- * 周昌弘 1997 台灣長明生態研究環境教育季刊(34):7-15
- * 周曉峰(主編)1991 森林生態系統定位研究 東北林業大學出版社 556 頁
- * 馬雪華(主編)1993 森林生態系統定位研究方法 中國科學技術出版社 270 頁
- * 馮豐隆 1997 森林生態系經營理念與實務作法研究 兩岸林業科技發展暨實務交流研討會論文集 pp:125-138