

綠色廊道之意義與設置

◎郭寶華／台灣大學森林系名譽教授

前言

為了維護生物之多樣性，政府各保育單位包括林務局自25年前陸續在各地設置國家公園共6處及自然保護（留）區共30餘處，其面積已佔全省土地面積之19%，此一密度已達世界標準。惟很多自然保護區與國家公園之位置相當分散與孤立，缺少聯繫，影響野生動物之保育成果。美國及日本已推行「生態廊道」理念，以修正各種生態保育區隔離之缺陷，並將廊道設置納入林業經營策略之中。農委會林務局黃局長永榮，在其台灣林業之願景（台灣林業民國89年植樹節特刊）文中提出建立中央山脈之「保育軸」即所謂「綠色廊道」構思，將國家公園與自然保護區之間隔加以連接，乃維護生物多樣性與森林生態系永續經營之基本工作，筆者認為這是林業界對台灣自然生態野生動物保育之一件壯舉，甚感欣慰。惟廊道之意義及如何設置觀念，對林界人士而言，尚屬生疏，筆者不揣冒昧，特蒐集日本及美國數篇資料，整編摘述，成文不免有些簡略，仍希望能供讀者參考。但自然保育與動物多樣性保護問題，涉及之層面甚廣，希望保育界人士能多投稿與教正，以建立正確之理念而真正的落實「綠色廊道」之功能。

一、淺談生物多樣性及其保育

自1980年代後半起，生物多樣性(biodiversity)一詞開始流傳起來，有謂森林多樣性的喪失是廿世紀人類活動導致的地球環境大問題。英文名詞尚有biotic diversity或biological diversity即生物的或生物學多樣性，而diversity亦譯為龐雜性或歧異度，分歧性等。生物多樣性可解釋包括各種生物物種（植物、動物、微生物）及組成此類生物之生態系（族群、群聚、地景）之複雜性或多元程度，尚包括不同功能與機制之複雜相關性。（1999生物多樣性研討會，農委會）。

依據上述生物多樣性之釋義，常將生物多樣性分類為三大層次（level）：

一為遺傳生物多樣性，即指種內（intraspecific）生物多樣性，屬於生物種之遺傳變異多樣性，次為物種（species）生物多樣性，以一地域內所出現之多種物種多元性而加以表示者，三為生態系生物多樣性（ecosystem biodiversity），乃就各種地景（landscape）如森林、草原、濕地、珊瑚礁等不同生態系或其中所分佈之生物群集（聚）之生物組成加以表述其龐雜程度，如物質之循環與生產、物種間（interspecific）之生態關係，有較複雜之內涵，也應視為生態系之生物多樣性。

世界層面物種之快速滅絕，即生物多樣性之喪失，對於現代人類及未來人類之福祉與生存將構成嚴重的威脅，保存生物物種免於消失，即是保存自然所賦予人類及所有生物之維生資源與生態系之平衡，故生物多樣性之保存實為野生生物之保育與自然生態系之保護，乃當代人類之重大責任。森林中之各種野生生物包括人工林之半自然生態系，若具有較高之生物多樣性，不僅可供應木材及各種林產物、特用植物，尚有高度環境保護功能：涵養水源、淨化水質、生成土壤、調節氣候、吸收二氧化碳減低溫室效應，並藉著生物間之自然制衡作用，維持生態系之健康與正常運作，經營森林之生態原則即在維持及提升生態系之生物多樣性。

生物多樣性之保育方式有二：就地保育與移地保育。

就地保育 (in situ conservation) — 一般生物多樣性之保育，首先是有確定性之保育對象即物種者，應在其物種自然分佈之棲地 (所) (habitat) 擬訂計劃加以保育，保育之原則在對指定物種之棲息環境加以管理而達成者，此包括直接去限制採集或獵取，調節特定物種之族群密度以維持生態系之平衡。具體的棲地管理方法即在設置自然保護 (留) 區 (nature protection or reserve area)，以維護現況防止改變與創設失去之棲地條件或對特定生物之族群加以復育 (restoration)。

移地保育 (ex situ conservation) —

在遠離被保育對象之棲地另設置動物園 (zoo)，植物園 (botanic garden)，基因銀行 (gene bank) 及種子銀行 (seed bank) 等，利用其設施與人為操作，以圖保護特定生物物種之方法。一般生物多樣性之保育以就地保育最為適當，移地保育乃一種權計作法，僅能視為生物多樣性保育法之一小部分。

二、廊道之意義與功能

廊道一詞英文為corridor，中文亦稱為迴廊 (郭寶章，1999，綠化、環境與保育，P.104)，日文稱之為回廊，依設立之地點不同還有多種名稱，將陸續加以說明。廊道之設定對野生動物之保育提供助力。廊道之意義可解釋為野生動物之棲地 (habitat) 之聯繫管道，即相串通連結之帶狀棲地或直線棲地 (linear habitat)，嵌接廣闊棲地之網路 (net work) 內，連接二個至多個大型棲地區塊 (habitat blocks)，廊道並非道路，通常是樹林帶特別是自然樹林帶，其目的在提供通路 (passage) 促進及維護特殊野生動物族群在各棲地區塊間之移動與生存，如在農地景觀中，建一廊道使與濱溪區通達，以利有關動物之培育，增加棲地間之可達性 (accessibility) 並非將棲地相連接起來，但廊道之設置確能增進動物與棲地間之連接性 (connectivity)。廊道是用以促進野生動物之移動與基因交流，在維持地域族群所存續之生物多樣性，而成為野生動物保育上之一張王牌。

在大面積之天然林區，對野生動物

而言較無通行與交流之問題，即無設置廊道之必要性。在被經營之天然林區，因有不同之林地條件，為使森林野生動物不受孤立，常設置大型樹林廊道（forest corridor），而伐採跡地之殘材（slash），鹿隻之林間通道（deer trail），松鼠類移動所利用之小生籬及線狀繁茂之樹叢帶（hedge row）等，可視為小廊道。廊道也有沿道路而設，稱為道路廊道（road corridor）及沿溪流而設之河岸廊道（riparian corridor），高速公路所造成野生動物通行之障礙（barrier）而築造一種陸橋下之空隙稱為下層通路（under pass）等，均是廣義的廊道。

在野生動物之保育上，要設置廊道乃因某種特定動物之適宜棲息地受到破碎化（fragmented）以致造成生息條件之孤立狀態，即所謂生物地理島嶼（biogeographical island）效應，因此會影響到整個族群，造成消失與絕滅之危險。此一生態與保育問題容在次節內加以詳述，惟已引起美國太平洋西北山區近年森林經營政策上之考慮與調整。在此地區則常用野生動物廊道（wildlife corridor）或生態的廊道（ecological corridor）兩名，以強調廊道之設置目的。

在天然林之經營時，保留棲地廊道（habitat corridor），對於當地之野生動物而言，等於一項解救效應（rescue effect）。在動物之移動經路中能設有中繼休息地，雖不能稱為廊道，但確是一種棲地連絡上之通路（passage）。廊道之設

亦供為野生動物之休息地（refuge）或避難地（shelter），以助野生動物之生息。

對於廊道之功能，也有很多疑點，但廊道之優點較其弊點為多，負面效應包括下述各點：

1. 廊道設置會增加連結性，對於動物之移動提供有利條件，除特定之保育類動物外，也利於有害生物（pests）（特別是馴化物種）之侵入與定居，可能增加農林業經濟的為害。換言之，廊道之暢通會增加生物為害之擴散與蔓延。
2. 廊道如果提供遊客通行，容易引起森林火災，其對野生動物與森林資源造成影響。
3. 對區域內之固有動物而言，增進基因之交流（gene flow）與雜交之機會，因而使原種有消失之虞。
4. 因廊道上移行之動物，由於驅體之暴露，而提升被掠食者捕食或盜獵之機會，增加動物之死亡率。
5. 哺乳類動物具有較大之活動範圍，對棲地之遭受分割會增高敏感性，故設置廊道之功能常有混淆不清之感。

如上所述，由於動物之特性及景觀之變化，對於廊道之效應實不易獲得確切之結論。然而廊道之保留與新設，特別在大面積景觀中，有其正面之功效。評估之法可對目標物種（target species）之移入率、出生率、死亡率或個體之存活率等加以測定，並比較廊道設置前後期或有無廊道之效應差異。而廊道之缺點，多屬臆測而較缺少實際之例證。

三、棲地之分割與影響

野生動物之絕滅與生物多樣性之減低，是由下列各因子所引起：棲地之消失、環境之變化（如天災）、疫病之流行，過度狩獵與外來種之侵入等，其中以棲地消失之影響最為重要。棲地消失並非一時的完全不見，而是棲地之一部分或全部改做不同之資源利用形式：如建築用地、修築道路、轉換為農地，天然林伐採後改為人工林，設置高爾夫球場與休閒區等。對整個棲地而言，猶如蝶蛾幼蟲之蠶食樹葉過程，將整個棲地逐漸變為異質空間（heterogeneous space），此即稱為分割（fragmentation）日文稱分段、分斷，或棲地被分割化或片段化，亦稱破碎化（fragmented）。

由於棲地全體面積減少，造成當地野生動物移動上之障礙，即棲地分割了野生動物之群落。在歐洲，一種森林啄木鳥在9公里之分割段落中，即無法移動了。美國加州有一種蝶類，其群落落在1公里之分割距離中、移動（飛翔）之個體數即形減少，分割距離超過10公里時，則完全消失其踪跡。

到1989年為止，全世界為了保育野生動植物資源與自然景觀，有120個國家共設置了3,100處國家公園及相似之單位，其總面積超過4億公頃，設置後仍存在有若干保育上之問題。因為國家公園或自然保護區之區內或其周邊，不免分布有村落與居民作不同之土地利用，有時

會進入國家公園或保護區內，採集各種木材，食物甚至動物等以維持生活所需，遂造成區內生物保育上之負面影響。公園與保護區其面積及範圍有其限制，若兩者相隔一段距離，如被農業、伐木、社區或沙漠等所隔離或包圍，即形成一綠色孤島（green archipelago），此一島嶼生態之問題與上述之棲地分割有相似之意義。

生物地理島嶼（biogeographical island）問題係於1980年間緣起在美國太平洋西北部之花旗松（Douglas fir, *Pseudotsuga taxifolia*）分布地帶，該地屬於溫帶雨林型，花旗松為重要木材樹種，太平洋西北部各州分布之花旗松天然林佔全美森林資源60%之蓄積量與20%之年伐量，老齡林（樹齡300-500年生）又佔有花旗松森林面積之半及75%之蓄積，多年來是伐木生產中心。惟生物學家發現共有13種禽類（raptors）分布在西奧勒岡天然生花旗松老齡林中，其中尤以斑鼻（spotted owl）有瀕臨絕滅之虞，在1990年開始引起伐木與鳥類保育之強烈對峙，生物學家認為花旗松老齡林對人類生存以至野生動物之貢獻，遠超出木材纖維之價值，此一爭議導致後來美國華盛頓林務署全面推行國家森林之生態系經營政策。

世界之森林問題有三，一為地球上森林面積之減少，如世界之森林率1960年為1/4，1980為1/5，2000年為1/6到2020年可能會減到1/7，二為天然林伐採植為單純同齡之人工林（even-aged

monoculture plantation)，三為天然林木伐後逐漸被分割成為孤立小塊在不同樹齡之人工林、天然更新區或荒廢地，此被分割出來呈破碎狀之小塊地與天然林分布時具有不同之環境特性。（見圖1）。

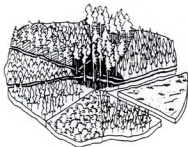


圖1 整片野生動物之真棲地島（true habitat island）分割成若干破碎塊之鑲嵌塊體（mosaic blocks）（Harris, 1984）

遭受分割後之動物群落，會降低其遺傳之多樣性，增高近親交配（inbreeding）之機會，改變動物之組成特性，使群落之生物性變為脆弱，以致有發生絕滅之危險。在多目標資源之利用環境下，棲地島（habitat island）之完整性棲地將決定多種生物之存活與消失，而島嶼棲地（habitat archipelago）系統對於生物多樣性之保存效能較之棲地島更為重要，而在森林棲地中設置通行廊道（travel corridor）因能提升島嶼間之連接性，正是島嶼棲地系統中之核心作法。所以稱廊道是野生動物保育之王牌，其理由即在此也。

四、廊道之設置

歐美諸國決定設置廊道，都是因為幾乎有某種絕滅危機之動物其族群密度發生急劇的減少之情形。遂調查其動物移動樣式、行動與族群社會之組成及土地利用之影響等，以設計最適之廊道，而增加其族群密度。因之，廊道之設置首先要有目標種之存在。不過綠之廊道（green corridor）其構想在於生物多樣性之維持與保育，是否存有目標種一點，有時並不明確，綠色廊道有些抽象的及使保護區域網狀化之意義。

廊道設置有其重要之理念，係以較廣域分布之生物群落為對象，就其代表物種即森林生態系之食物鏈頂點作為設定廊道之基準。為了增進目標物種之移動性亦必啟動所有物種之動態，而達到生物多樣性維持與存續之目的，此一目標種可視為一種傘蔽種（umbrella species）或基質種（key stone species）。

檢討世界各地所設置廊道之實際利用情況，包括對棲地間之連接性效能，能發揮功能之實例不多，反之，經過適當設計之廊道，較能發揮動物之高頻度利用，而對野生動物之保育確能產生較大之貢獻。因之有必要充分瞭解廊道上移動動物之生態來設計廊道。廊道設計上要考慮之條件要述如次：

- 1.以棲地內居住之動物為對象。
- 2.將廊道之存在視為棲地之一部份，使移動動物個體之死亡與事故發生機會減到

最低，並能維持其較安定之生活狀態。

- 3.對於移動之動物，必以在該棲地所分布之最大型動物為中心而設計之。
- 4.為使連接性有效果與效率，不僅要將分割棲地內尚未被動物利用之部分加以連結，並改進其環境條件將之與高頻度利用之部分相互連絡。
- 5.將廊道之寬度盡量增大而將其長度予以縮短。
- 6.在分布之動物中，有以下列特殊環境且為生存上之需要者，盡量予以保留：枯立木（standing snags）、斷頂木（broken top trees）倒木（down logs）。
- 7.廊道之形式，寬度與長度之設計以不使動物有迷失之虞為要點，在蛇行廊道或轉彎之部位，應附設迴避彎道（如圖3）以利動物之移動。對鳥類而言，在被等飛翔途中，有一中繼地如同踏腳石（stepping stone）之效應，既便於移動，也可供為休息之所。不過廊道之設計對一般鳥類及昆蟲類而言，並非絕對必要，因為鳥與昆蟲之棲地，相互連結之重要性並不如哺乳類動物（特別為大型動物）為大。

廊道之寬度在棲地連接性之改善上，是一項重要因素，森林之外側存有各種環境，其具有不同之日照、風力與溫度等條件，對一些動物而言，形成一種邊緣效應（edge effects），為減低此一邊緣效應，廊道之寬度應適予加寬。廊道之寬度因各目標動物之種類而異。以哺乳類之雌性動物為例，一般乃依動物活動範圍之直徑或一邊之長度為準。在

北美洲，狼為12-22公里，熊為2-5公里，鹿為0.6公里，在日本為保育黑熊所設廊道其寬度為2-4公里，又以台灣黑熊及日本熊為設定廊道之目標種時，要考慮森林生態系之連接性，應重視以山毛櫸（*Fagus crenata*）及櫟（*Quercus crispula*）之天然闊葉林與針闊混合林之棲地。由於廊道之設置亦可防止日本長鬃羊（*Capreolus crispus*）松鼠（*Sciurus*）飛鼠（*Petaurista*）及狼（*Martes melampus*）等稀有伴生種之減少，但為防止上述動物對於林業可能造成之為害，廊道之設計亦須與人工造林地作審慎之配置。

為保育黑熊所設置之廊道，係屬於大規模者，是一類骨幹型廊道，但自整體生態系之連結性來看，並非如此單純。以人體組織為例，骨骼必與血管及神經相通，故動物之廊道也應有主線與支線之設計，廊道是否與生物多樣性保育本體之國家公園、自然保護區相呼應是一個尖銳的問題，有待探討。

日本建立了全國層次之「生物多樣性保育體系」，基於全國之生物地理及生態系之區系，設置了生態系保育圈域，將自然保護地域與資源利用地域一併列入設定之考量。生態系保育圈域作成三類之區劃（zoning）：（如圖2）

- 1.保護優先地帶—避免人為的改變環境，以維持自然狀態為重點，屬於嚴正保護區，僅能修築步道及山間小屋以供自然觀察之用，是低密度之利用區。
- 2.保育（全）利用地帶—在配合生物多樣

性之保育，進行資源之利用，屬於高密度利用區。依規定去利用自然資源，包括森林擇伐區，林產物採集區，狩獵區及教育研習的設施與道路等。

3.利用優先地帶—以土地利用為重點去利用資源。進行農林畜牧業之開發並設置保育利用地帶，雖是利用優先地帶，也應重視生物多樣性之維護，必要時設區保護之。

大回廊（廊道）—在大面積之保護區，乃為保護目標種而設定廊道，具有較大之寬度、長度與面積，對野生動物進行優先之保護。大回廊是以族群保育，即物種分散與基因交流為目的。

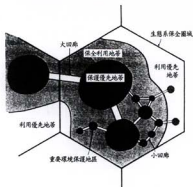


圖2 野生動物群落保育地域之區分

小回廊（廊道）—屬於小面積之保護區域，有與大廊道相連結之保護帶、河邊保護帶屬之，而以小型動物之活動範圍為廊道之寬度。小回廊乃以動物個體之日常及季節活動所需經路為考慮重點。

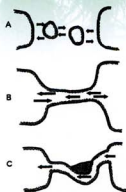


圖3 棲地之接續點

A：踏腳石之構想

B：廊道通路

C：廊道中間彎曲之節點位置，所設緩衝避點（點線）。

本文之作，主要參考下列文獻：

- 1.石井正敏、石井信夫1994，林業と野生鳥獸との共存に向けレ—森林性鳥獸の生息環境保護管理，三秀社P13-18、127。
- 2.三浦慎悟1999野生動物と緑の回廊，林業技術No.691日本林業技術協會No.691、P2-6。
- 3.Harris D.L. 1984. The Fragmented Forest. The University of Chicago Press，P.141-159。
- 4.Beier P&R. F. Noss 1988. Do Habitat Corridor Provide Connectivity? Conservation Biology 12 (6) :1241-1252。

本文曾蒙台大森林系羅漢強教授提出意見修改，謹此致謝。■