

# 森林地景生態結構與功能

薛怡珍／台灣大學森林學研究所 博士生

李國忠／台灣大學森林學研究所專任教授

森林地景 (forest landscape, 或稱森林景觀) 為某一特定區域數個異質森林群落或森林類型所構成的覆合森林生態系統, 而森林地景在地域上還可分解為若干森林生態系統單元; 森林地景動態變化即就這些森林單元在各種不同環境條件控制下的動態變化之總和 (賴明洲, 2000)。換言之, 森林地景結構所探討的即是以區塊 (patch)、廊道 (corridor)、本體 (matrix) 等三種地景空間元素所構成的森林地區地景鑲嵌體 (landscape mosaic, 或稱地景嵌合體) (即森林地區中以林木為優勢的 vegetation mosaic, 或稱植被鑲嵌體、植群鑲嵌體) 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。森林的定義視涉及其範圍大小而有所不同 (Spurr, 1964)。但 Pickett and Rogers (1997) 將區塊視為最基本的地景空間元素。對地景鑲嵌體而言, 它與土地利用 (land use) 中的土地鑲嵌體 (land mosaic) 同義。就植物社會之觀念而言, 森林為一樹木及其它木本植群 (woody vegetation) 佔優勢之植物社會; 如就生物社會之觀點言之, 森林可視為動、植物之集合體, 而以木本植物佔有優勢。再就生態系之觀點視之, 因物理環境亦參與作用故森林生態系之一種, 以樹木控制了大部分環境, 其中各組成生物與環境因子發生廣大且複雜之作用, 形成能量之傳遞及物質之交替循環等 (劉棠瑞、蘇鴻傑, 1983)。森林主要以植群為組成, 而森林植被群落主要組成為喬木, 而喬木層中的優勢樹種又為

森林植被群落之重要建造者, 對森林生態功能的發揮有著主導的作用 (張家城等, 1999)。通常吾人以數個不同的區塊組成一地區鑲嵌的地景結構, 包括有植群的區塊及無植群的區塊; 廊道對區塊而言是一種線型的區塊形狀 (patch shape), 這種地景空間元素對水的流動、野生動物的遷徙以及人類的活動能夠產生移動的效用, 它同時也能夠連結、連通或阻絕區塊與區塊間的互動關係。由區塊、廊道以及佔優勢的區塊 (即本體) 三種地景空間元素構成一鑲嵌體地景。每一種地景空間元素的形成有著不同的機制, 彼此也影響著地景的結構與功能。本文試就森林地景結構形成的機制作一淺略的探討。

## ■ 森林區塊

區塊, 或稱斑塊、補塊、嵌塊、塊區、嵌塊體、綴塊, 係指在外貌上與周圍地區 (本體) 有所不同的一個非線性地表區域 (Forman and Godron, 1986); 簡單地說就是與周圍環境不同的一塊土地, 它也是地景結構中最簡單的地景元素形式。而區塊性 (patchiness) 係指區塊的密度或表現優勢的鑲嵌體 (Forman and Godron, 1986)。依據區塊的形成機制, 可分為 5 種: 1) 干擾區塊 (disturbance patch), 係指當本體內發生局部干擾時, 就可能形成干擾型的區塊, 如火災跡地、風害、洪水、侵蝕、沈積、地滑、山崩、雪崩、冰川、火山活動、動物危害、病蟲害等。除天然干擾外, 人為活動也是重要因素: 如採伐造成的干擾區塊, 如伐木跡地; 2)

殘存區塊 (remnant patch, 或稱殘餘區塊、殘留區塊), 係指是由於其周圍的土地受到干擾而形成, 其成因與干擾區塊相同, 都是天然或人為干擾所引起的。不過與干擾區塊的地位不同, 例如大片森林中, 小塊火災跡地, 則森林為本體, 火災跡地為區塊, 大片森林火災跡地, 遺留小塊未燒的林分小區域, 則火災跡地為本體, 小塊林分為殘存區塊。殘存區塊周轉率亦較快, 因為其組成結構比較不穩定; 3) 環境資源區塊 (environmental resource patch), 係指由於環境的異質性而存在的區塊。例如在一片以森林為主體的林區內, 有許多沼澤地分佈其中, 這些沼澤多分佈於河谷低地, 那裡水分過多, 溫度過低, 不適森林植被生長, 這些沼澤形成, 就是環境資源區塊。又如在草原丘陵條件下, 凡低窪背風區多分佈樹叢林, 與大片草原區植被形成對照, 此時, 草原為主體, 而樹叢林即為環境資源區塊; 4) 人為導入的區塊 (introduced patch, 或稱引入區塊、引進區塊), 係指當人們對一個區域或土地引入有機體, 就造成引入區塊。引進物種不管是植物、動物或人, 對周圍環境都有很大的影響。如引入的是植物, 如椰樹林、樹木園、或煙草田, 則稱為種植區塊 (planted patch)。在林業上, 森林有人工林和天然林之分, 人工林可稱為引入區塊, 其中外來樹種或工業用材人工林最具引入區塊的特點, 主要是這兩種人工林雖能滿足人類經營目的的收益, 但它們對病蟲害及其它抵抗力弱, 對地力消耗過大, 穩定性低; 以及 5) 短暫性區塊

(ephemeral patches, 或稱短生區塊), 係指來自群落間交互作用或環境因素而造成的短時間出現的區塊, 如林木演替過程中出現的先驅樹種 (陽性樹), 因風倒木而造成的林緣孔隙 (gap, 或稱林窗) 等。此 5 種區塊形成的機制及原因均有所不同, 或基於環境資源作用, 或基於人為作用 (如表 1)。就穩定性而言, 環境資源區塊穩定性最強, 其它穩定性本質上較弱, 但還是要取決於是單一干擾或慢性干擾。長期干擾之區塊維持期較長。

然而, 區塊的形狀對於生物的散步和覓食具有重要作用, 例如通過林地遷移的昆蟲或脊椎動物, 很容易發現其遷移方面垂直於狹長型的伐採跡地, 而不注意圓形或與其平行的伐採跡地。森林中裸露地 (伐採跡地或火災跡地) 的形狀與環境變化及更新過程有密切關係, 營林者在規劃伐木區時, 要決定伐木區大小及形狀。以圓形及長形說明區塊的生態作用, 主要區別在內 (內部) - 緣 (邊緣) 比例的差別: 1) 圓形區塊如邊緣寬度相同, 則區塊越小, 邊緣所佔比例越大。內部比例越小, 甚至可能整塊都是邊緣部分 (如圖 1)。2) 區塊大小相同, 形狀不同, 則圓形區塊的內-緣比高, 狹長型區塊比值較低, 有些狹長型區塊可能無內部。內部與邊緣比代表一些生態作用資訊 (如表 2、圖 2), 其區塊邊緣的結構及組成往往特別重要, 因為它具有緩衝、過渡的效果, 即是地景結構的過渡帶 (ecotone) 及緩衝區 (buffer zone) 的所在, 也會發生所謂的邊際效應 (edge effects)。

表 1：區塊類型的形成機制

區塊類型	干擾區塊	殘存區塊	環境資源區塊	人為導入的區塊	短暫性區塊
與干擾的關係	有關	有關	無關	有關	有關
干擾類型	自然干擾及人為干擾	自然干擾及人為干擾	—	人為干擾	自然干擾及人為干擾
周轉率	高	高	低	高或低取決於人類	高
穩定性	低	低	高	高或低取決於人類	低
持久性	單一干擾低 長期干擾高	單一干擾低 長期干擾高	高	單一干擾低 長期干擾高	低
最終可能形式	融於本體	融於本體	較難融於本體	取決於人類	融於本體
舉例說明	造林地、裸露地、伐木跡地	火災殘存地	荒原、寒原、沼澤	農地、牧地、建地	林地演替中之灌木林、先趨樹種

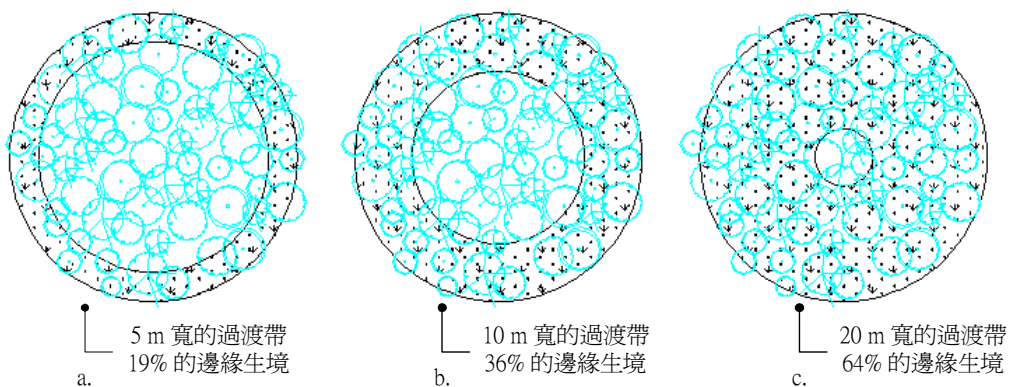
註：周轉率指區塊出現和消失的速率。廊道可視為帶狀或線狀的區塊，而本體是一地景中佔面積最大的區塊，或具有動態控制作用的區塊。

(修改自黃志成、馮豐隆，1998)

表 2：內-緣比的生態意義之比較

指標	圓形	狹長型	指標	圓形	狹長型
內-比	高	低	生態異質性	小	大
邊緣寬度	小	大	作為動物廊道價值	小	大
與本體的交互作用	小	大	物種多樣性	多	少
區塊內部障礙物	少	多	動物覓食效應	多	少

(修改自徐化成，1996)



1. 假設圓面積為 10,000 m<sup>2</sup>
2. 大圓圈為一地景，兩個圓圈之間的黑點部分為邊緣的部分。當過渡帶寬度（即邊緣帶寬度）為 5 m 時，則有 19 % 的邊緣生境（edge habitat；「habitat」用於植物係指生育地，用於動物係指棲地、棲息地或生境）存在；當過渡帶寬度為 10 m 時，則有 36 % 的邊緣生境存在；當過渡帶寬度為 20 m 時，則有 64 % 的邊緣生境存在。

圖 1：內-緣寬度與邊緣生境存在之比例

(修改自 Matlack and Litvaitis, 1999)

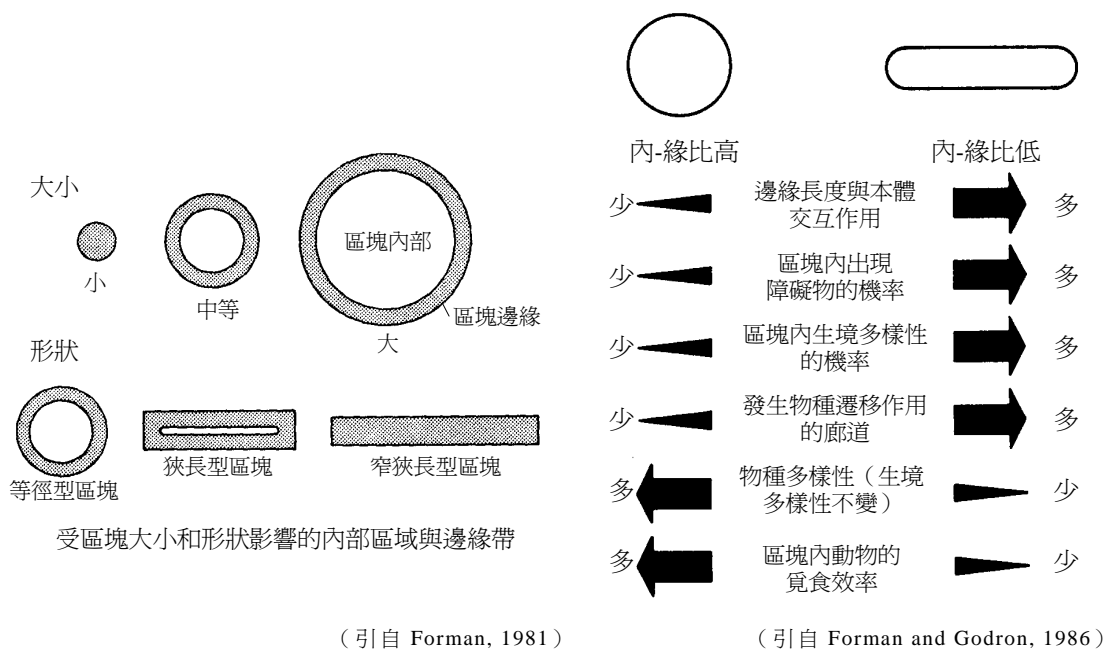


圖 2：內-緣比對一些生態特徵的影響（「覓食效率格局」是一種假設）

## ■ 森林廊道

廊道，或稱通道、走道、通路、走廊、廊帶，係指與本體有所區別的一條線狀、帶狀或狹長型的區塊，是森林鑲嵌體中極為明顯的空間特徵，廊道的結構功能與地景的連接性有一密切的關聯性。許多廊道的形成和地形、水域、氣候、植被、道路的分佈有密切關聯。由於廊道是帶狀的區塊，其形成的機制與區塊相仿，包括：1) 干擾廊道，係指帶狀干擾造成，如森林中帶狀伐採地；2) 殘存廊道，如大面積皆伐留下的林帶；3) 環境資源廊道，由於異質性的環境資源在空間的線狀分佈而產生，如河流兩岸的植被帶，山脊動物小道亦常具有特殊的生態環境和植被；4) 人為導入的廊道，如行道樹、農田防風林帶、景觀設計綠色走廊；以及 5) 短暫性廊道，係指來自群落間交互作用或環境因素而造成的短時間出現的廊道，例如台灣地區の間歇溪。一般而言，環境資源廊道比較穩定、維持性較高。廊道的重要結構特徵包括：

1. 彎曲度 (curvilinearly)：河流在山區受地形影響較通直，在平地則蜿蜒彎曲。彎曲度可以廊道兩端點直線距與實際距之比值表示。
2. 連通性 (connectively)：以廊道單位長度中的裂口 (break, 或稱斷點) 多少表示之，對某些廊道而言，過多的裂口可能達不到管道作用或障礙作用。如一條河流出現裂口會影響功能或造成災害。但對某些廊道如農田防風林帶，方便作業的裂口是必要的，但會影響防風林帶的功能。
3. 廊道的寬度：會影響物種的移動，如狹點 (narrow) (廊道狹窄度) 或節點 (nodes) (廊道相結處或廊道與區塊相結處) 都有其特殊的生態學意義。
4. 廊道橫斷面：可分為中央區及二個邊緣區。有線狀廊道 (邊緣佔優勢，較狹窄) 與帶狀廊道 (內部種佔一定比例，較寬) 都有其不同的生態功能 (如圖 3)。

5. 廊道垂直高度：可分為低位及高位廊道，凡廊道植被低於周圍植被者（如林間小道），屬於低位廊道；高於周圍植被者（如農田防風林），屬高位廊道。

而植被廊道（vegetation corridor）通常發生在線形的地景空間結構，例如河谷廊道兩

岸、交通廊道兩側、邊界空間等。以邊界空間為例，通常作為建成區發展與大型生態區塊間的緩衝帶，其線型以不規則形式較佳，植被生態系統較為完整，從先鋒期到成熟期的植物能夠在此穩定發展，並提供生物更寬的運動腹地（王鴻楷、楊沛儒，2000）。

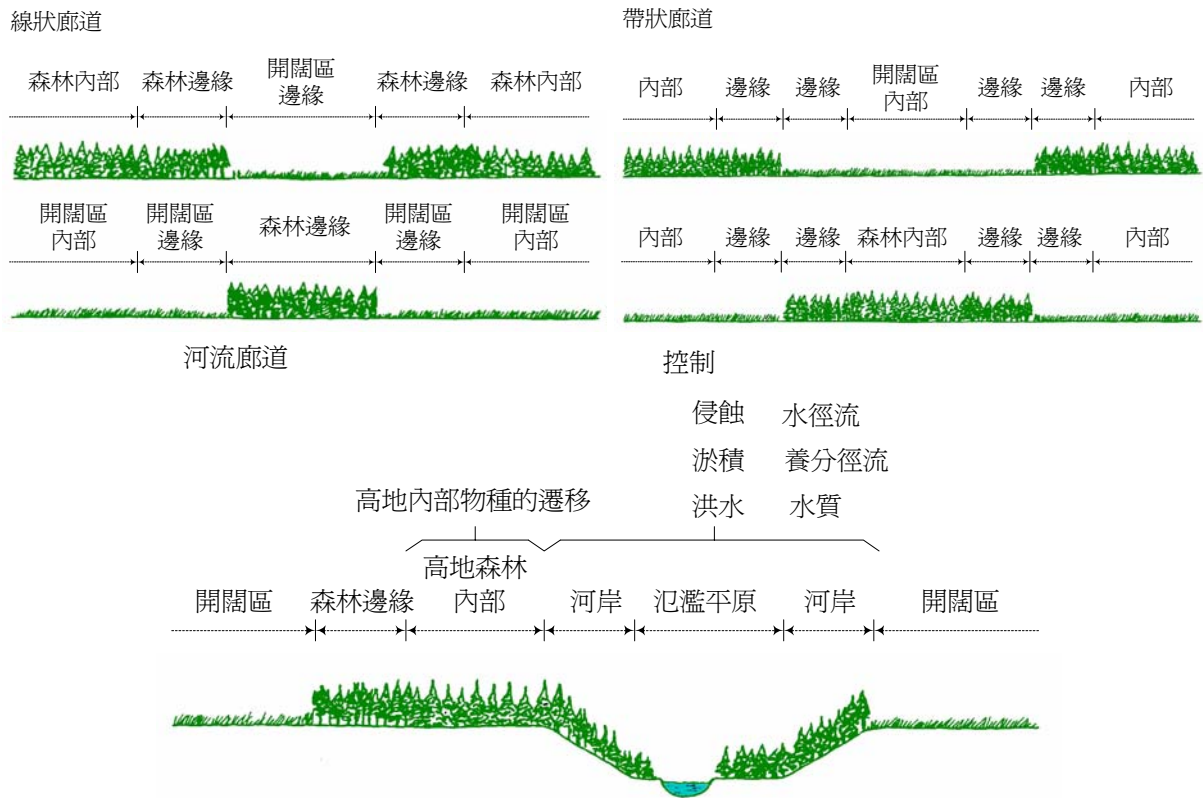


圖 3：線狀廊帶、帶狀廊道與河流廊道之結構比較

（引自 Forman, 1983）

### ■ 區塊-廊道-本體之功能角色扮演

本體，或稱基質、本質、本底、襯質、模地，係指範圍廣，連接度最高，在地景功能上具優勢作用的地景元素類型。一個地景是由幾種類型的地景元素所構成的，包括區塊、廊道（帶狀的區塊）、本體（就像一個細胞單元包括細胞質、細胞核、細胞質等）。其中，本體是佔面積最大，連接度最強，對地景的作用也最大。

區塊和本體在概念上很容易弄清楚，但實質上有很多困難。區分本體和區塊的三要素，包括在一地景中的相對面積、連接度和動態控

制作用。當一種地景元素類型在一個地景中佔的面積最廣時，就被認定為是該地景的本體。一般來說，本體的面積應超過所有任何其它類型的總和，或者應佔總面積的 50% 以上。如果面積在 50% 以下，就應考慮其它標準。區分本體的第二個要素是連通性。連通性係指如果二個空間不被兩端與該空間的周界相接的邊界隔開，則認為該空間是連通的。一個連通性高的地景類型具下述三方面的作用：1) 這個地景類型可以作為一個障礙物，將其它地景元素分隔開。例如一個林帶可將兩邊農田隔離，在林中設防火林帶可將兩邊森林隔離。這種障礙物可起物理、化學和生物的障礙作用（如阻礙

昆蟲和種子的流動)；2) 當這種連通性是以相互交叉帶狀形式出現時，就可形成網狀廊道，以便於物種的遷移，也便利於種內不同個體或種群間的基因交換。這種網狀廊道對於被包圍的其它地景元素來說，則使它們成爲被包圍的生境島 (habitat island)。當一個地景元素完全連通並將其它地景元素包圍時，則可將它視爲本體。當然，本體也不是完全連通的，也可能被分成若干個區塊。3) 區分本體的第三個要素是對動態的控制作用 (control over dynamics)，例如種子從裸露地中萌芽後，經由不斷地競爭、干擾逐漸演替生長成林後，發展成穩定的森林群落。這樣就表現出森林對地景動態的控制作用。和原始森林相比，採伐跡地和火燒跡地是不穩定的，它們內部喬木樹種的更新和恢復，要靠周圍森林供應種源並給予其它方面的有利影響。所以原始森林應爲本體，而採伐跡地和火燒跡地應爲區塊。

從圖 4 可看出本體-區塊-廊道結構功能爲何？圖 4a 爲一地區原有的自然植被，線狀的部分爲河流廊道，河流廊道二級河、三級河的大圓圈範圍爲該地區具重要生態價值的區位，也就是環境脆弱敏感的地方；小圓圈範圍則爲次重要生態價值的區位。就圖 3a 而言，整個深綠色的部分均爲本體；但是經過若干年後，人爲引入的區塊導入該地區，即圖 4b 淺綠色部分，形成與圖 4a 不同的區塊類型與地景結構，淺綠色的部分是農墾地及放牧地的部分；就圖 4b 而言，二種佔優勢的區塊類型是原有的自然植被區塊 (深綠色部分) 及人爲導

入的干擾區塊 (淺綠色部分)，其面積相當。但深綠色的區塊彼此之間仍具連通性，且對該地景仍具動態控制作用的功能，因此深綠色的區塊爲該地景的本體，淺綠色部分爲區塊。因爲圖 4b 中的具重要生態價值的區位 (即大圓圈的範圍) 仍爲深綠色的自然植被區塊，並沒有被淺綠色的農墾地及放牧地所取代，且廊道的運輸、保護、資源功用仍然存在，廊道結構的彎曲度、連通性、寬度仍然存在；由於大圓圈的高生態價值區位及廊道的結構、功能並未消失，因此，圖 4b 自然植被區塊仍具領導控制的作用。又經過若干年之後，農墾地及放牧地的範圍繼續發展及擴張 (如圖 4c)，將原有的自然植被區塊的地位所取代，此時，該地景的本體有 75 % 已由原先深綠色的自然植被區塊轉變成淺綠色的人爲導入的區塊，但是大圓圈的高生態價值區位及廊道的結構、功能仍然存在，因此，圖 4c 的地景結構由於在原來圖 4a 及圖 4b 自然植被區塊所扮演具重要生態價值的大圓圈格局及廊道並未消失，其功能、結構仍然存在。一旦轉變成圖 4d 淺綠色的地景，那麼該地區原有的生態價值、地景結構及其功能便完成消失不見，由人爲導入的區塊解構後，再重新結構該地區新的地景結構及功能，但它可能不再以原有的自然植被區塊的生態價值爲主，而是以人爲的社會-經濟價值爲考量，而此時該地景的本體已由圖 4a 深綠色的部分轉變成圖 4c 及圖 4d 淺綠色的部分。這就是地景空間元素互動的角色扮演及功能結構的變遷。



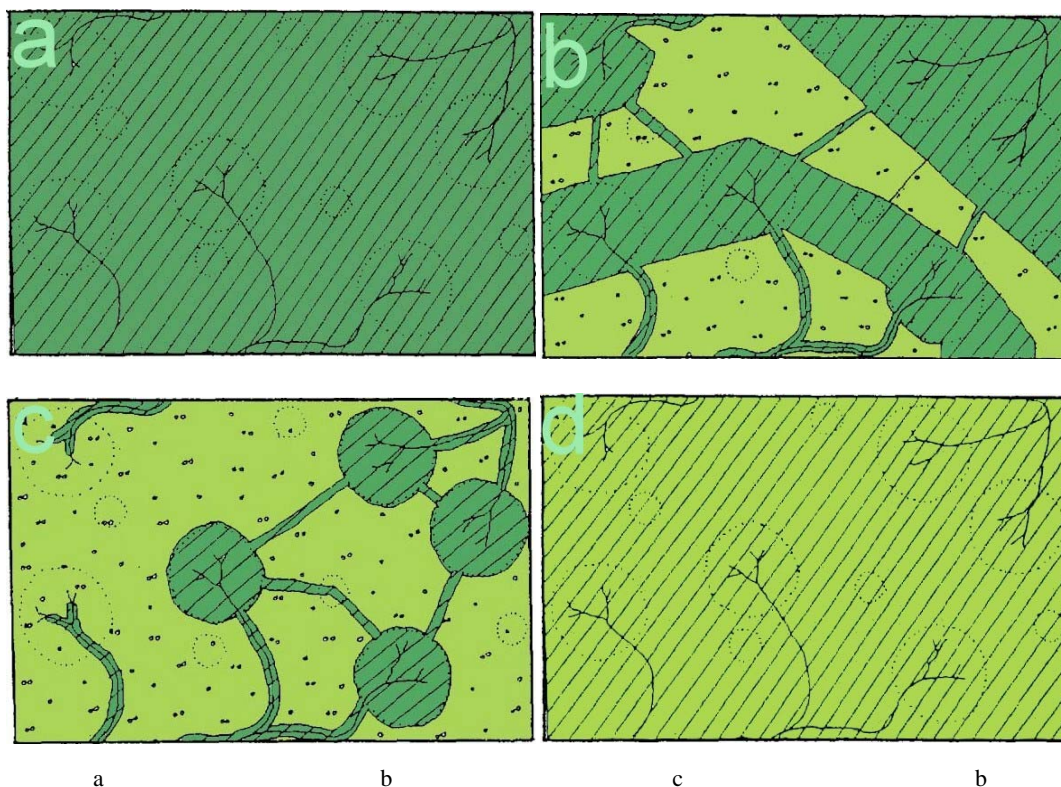


圖 4：森林「本體-區塊-廊道」結構功能示意圖

(修改自 Forman and Collinge, 1997)

#### 參考文獻

1. Forman, R. T. T. 1981. Interactions among landscape elements : a core of landscape ecology. *In: S. P. Tjallingii and A. A. de Veer (eds.) Perspectives in landscape ecology*. Wageningen: Centre for agricultural publication and documentation.
2. Forman, R. T. T. 1983. Corridors in a landscape: their ecological structure and function. *Ekologia (CSSR)* 2: 375-387.
3. Forman, R. T. T. & S. K. Collinge 1997. Nature Conserved in changing landscapes with and without spatial planning. *Landscape and Urban Planning* 37: 129-135.
4. Forman, R. T. T. & M. Godron 1986. *Landscape ecology*. John Wiley & Sons.
5. Matlack, G. R. & J. A. Litvaitis 1999. Forest edges. *In: M. L. Hunter, Jr. (ed.) Maintaining biodiversity in forest ecosystem*. Cambridge University Press.
6. Pickett, S. T. A. & K. H. Rogers 1997. Patch dynamics: the transformation of landscape structure and function. *In: J. A. Bissonette (ed.) Wildlife and landscape ecology: effects of pattern and scale*. Springer-Verlag New York Inc.
7. Spurr, S. H. 1964. *Forest ecology*. Ronald Press, New York.
8. 王鴻楷、楊沛儒，2000，地景生態與永續都市型態之規劃—台北 2025 生態城市案例，*永續性與都市指標系統研討會論文集*，台北市政府都市發展局。
9. 徐化成，1996，*景觀生態學*，中國林業出版社。
10. 張家城、陳立、郭泉永、聶道平、白秀蘭、蔣有緒，1999，演替頂級階段森林群落優勢樹種分佈的變動趨勢研究，*植物生態學報* 23(3)。
11. 黃志成、馮豐隆，1998，淺論地景生態學，*台灣林業* 24(4)：37-49。
12. 劉棠瑞、蘇鴻傑，1983，*森林植物生態學*，台灣商務印書館。
13. 賴明洲，2000，論地景生態、森林生態、森林地景之關係，*台灣林業* 26(2)：22-25。