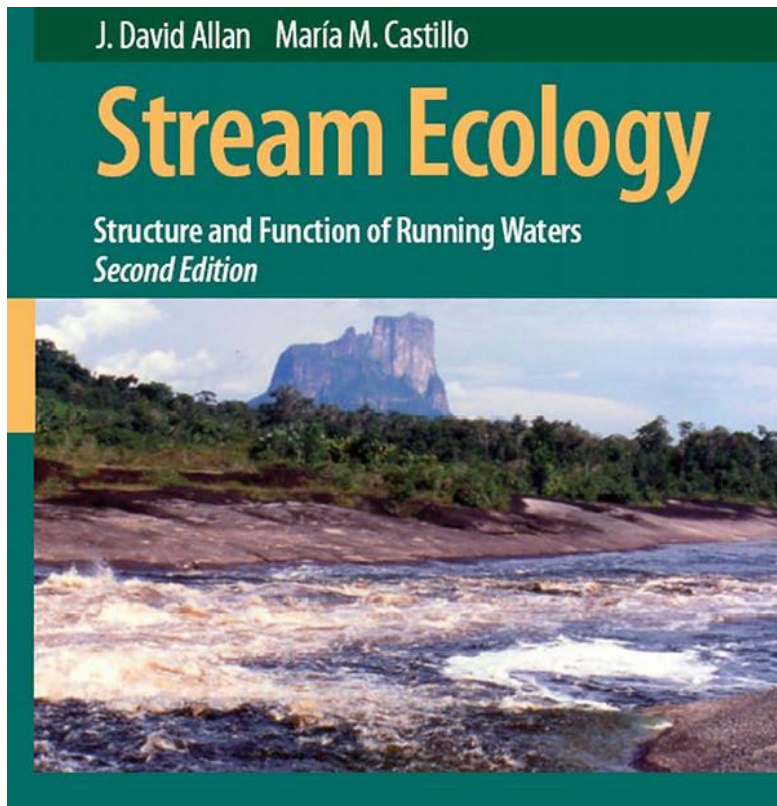




河流生態學 一 林雨莊學習筆記

第 1 章 河流生態系統概述

第 2 章 河水流動

第 3 章 河流地貌

第 4 章 河流水的化學

第 5 章 非生物環境

第 6 章 初級生產者

第 7 章 碎屑能源

第 8 章 營養關係

第 9 章 物種的相互作用

第 10 章 溪流生態社區

第 11 章 營養動能

第 12 章 河流生態的代謝

第 13 章 河流的人類影響

第 14 章 河流生態學的基礎

Stream Ecology J. David Allan & Maria M.Castillo

1. 河流生態系統簡介

河流生態多樣性
河流階層結構
河流縱向模式
河流地貌
河流生態系統
能源
食物網和生物群落
河流生態系統
河流的現狀

2. 水流水文

水循環
全球水循環
集水區的水循環
地表逕流與地下水流
流速
水文圖
流量變化
極端事件的機率
土地利用的影響
水流狀態
環境流量
總結

3. 河流地貌

排水網絡
河道
水力幾何
蜿蜒度
潭瀨區功能
洪泛區
沉積物及搬移
河床物質
河岸和河床侵蝕
沉積物負荷
影響沉積物濃度和負荷因素
河流連續體的過程
河流過程和河道形態
長時間的河道動態

河道分類及用途
河流景觀多樣性
總結

4. 河水化學

溶解氣體
主要溶解成分
離子濃度的變化
溶解載荷
水質的化學分類
碳酸氫鹽緩衝系統
化學因子對生物群的影響
離子濃度的變化
鹽度的影響
酸度對生態的影響
總結

5. 非生物環境

流動環境
河道和近床水流環境
水力變數
流量條件的量化
水流對生物群的影響
酶作用物
無機基材
有機基材
基質對生物群的影響
溫度
熱狀態對生物群的影響
總結

6. 初級生產者

底棲藻類
藻類分佈和豐度
光線
營養素
水流
酶作用物
溫度
食草(藻)動物
底棲藻類的時空變化

底棲藻類初級生產
底棲初級生產的結束
大型水生植物
水生植物的限制因素
水生植物的產生及結束
浮游植物
浮游植物的限制因素
浮游植物的初級生產
總結

7. 碎屑能源

粗顆粒有機物的分解
粗有機物分解和衰變的階段
碎屑動物對凋落物分解的影響
其他粗有機物 CPOM
細顆粒有機物 FPOM
源自葉片分解的細有機物
細有機物的其他來源
溶解有機物 DOM
溶解有機碳 DOC 的吸收
生物膜
浮游細菌
總結

8. 營養關係

微生物食物網
無脊椎動物攝食作用
粗有機物的消費者
細有機物的消費者
食草(藻)動物
捕食性無脊椎動物
食物網中的脊椎動物
魚類
其他脊椎動物
二次生產
總結

9. 物種相互作用

食草(藻)動物
食草者對食物供應的反應
食草者對附著藻類的影響

結構回應
功能回應
干擾和食草(藻)
自上而下和自下而上的影響
捕食
捕食者與獵物的相互作用
脊椎動物捕食者
無脊椎動物捕食者
獵物防禦
捕食對獵物種群的影響
捕食的非消耗性影響
實驗規模
營養級聯
競爭
資源區隔
藻類
無脊椎動物
魚類
競爭實驗研究
總結

10. 河流生物群落

物種多樣性的區域格局
物種與面積關係
緯度梯度
歷史
地方多樣性
社區結構
組合構成的一致性
棲地範本和物種特徵
事件
干擾的物種影響
整體系統效果
食物網
資源補貼
景觀位置
群落組成與生態系統功能
總結

11. 營養動態

氮和磷的來源和循環

氮源和數量

氮循環

磷源和數量

磷循環

運輸和螺旋

物理運輸

養分螺旋

方法問題

影響養分動態的因素

營養動態的非生物控制

水文過程

養分循環的生物控制

同化吸收

異化變換

消費者的角色

營養收支

氮(N)

磷(P)

總結

12. 河流生態系統代謝

本地生產

藻類

水生植物

異位輸入

粗顆粒有機物

細顆粒有機物

溶解有機物

過程

底棲呼吸

粗顆粒有機物動態

細顆粒有機物動力學

底棲有機質保留

溶解有機物動態

河流生態系統代謝

有機物收支

P/R 率

河流生態系統效率

有機物的最終結果

總結

13. 河流的人類影響

淡水生物多樣性

水生物種瀕危

主要群體的處境危險

對河流的威脅

棲息地改變

水文改變

河流渠道化

土地利用

非本地物種

物種入侵的原因

入侵成功

入侵物種的影響

水污染

點源污染物

陸地逕流

大氣沉降

過度開發

氣候變化

河流管理

生物評估

河流生態系統的恢復

保護區

總結

14. 河流生態學的基礎

空間框架

群落組合由物種庫決定，

棲地分類和物種相互作用

河流是運輸系統

初級生產和異質碎屑是基礎資源

河流生態系統內部

河流是其景觀的產物

第一章 河流生態系統簡介

本章概述了河流(River)和溪流(Stream)的特性，包括這種多樣性的一些原因以及一些後果。其目的是為隨後的各個章節提供路線圖，而不是詳細定義術語和解釋原則。通過勾勒出河流生態系統的最廣泛模式，並至少提供對潛在過程的一瞥，我們希望這個介紹能成為整本書的框架。其中一些概括以後可能有資格承認其例外與限制。然而，正是通過這種努力來闡明河流生態系統的工作原理以及環境背景如何控制其表達，河流生態學家希望理解種類繁多的溪流和河流，並提供必要的指導以確保其持續福祉。

1.1 河流生態系統多樣性

溪流(Stream)和河流(River)用詞似乎令人困惑，溪流和河流之間沒有真正的區別，只是前者較小。有些人使用“大河River”一詞來區分黃河、尼羅河、亞馬遜河等大河流。“河”或“江”寬度大，水量豐沛；“溪”大多坡度陡，多砂石灘，水量少。台灣只稱呼淡水河、冬山河水量豐沛穩定的為河，其他新店溪、大漢溪、大甲溪、高屏溪都更有溪的特性。另一方面大多數溪流長度較短，位於大河的上中游或支流段。部分原因是這些較小的溪流系統得到了更多的研究，生態系統特徵明顯，許多研究人員，認為自己是「溪流生態學家」。試圖理解河流系統的原理是如何在尺度上被操縱的，是本書的主要主題之一。

河流生態系統在許多其他特徵上有所不同。由於溶解的植物物質濃度高，有些具有茶的褐色，而另一些則具有較少的化學成分，因此保持清澈；這些分別被稱為黑水河和清水河。河流可以翻滾並沿著陡峭的斜坡在大石上傾瀉而下，蜿蜒穿過平緩的山谷，或者在接近大海時雄偉地流過寬闊的平原。森林溪流中的食物網大部分食物基礎來自秋天的落葉，而開放、寬淺和石質的河流通常會形成豐富的藻類和微生物膜。仍然具有完整洪泛平原的河流與相鄰的土地交換有機物和養分，所有河流生態系統在橫向、縱向和垂直方向上都表現出高度的連通性（圖1.1）。*黑水河(Blackwater river) 緩慢移動的河道流經森林沼澤或濕地。當植物腐爛時，單寧會浸入水中，形成透明的酸性水，其顏色很深，類似於紅褐色。

河流科學試圖對這種多樣性進行分類，揭示可重新負責我們觀察到的各種模式的潛在過程，並瞭解這些過程如何與不同的環境環境相互作用，以及從最小的溪流上游到大河流的規模。已經開發了許多河流分類系統，以更好地理解自然變化模式，並指導管理活動，包括河流健康的恢復和評估。在撰寫本文時，還無法描述一種總體河流分類。實際上，這可能不是一個可以實現的目標：河流生態系統的變化是連續的，變數往往過於獨立

而無法形成可識別的集群，不同的分類有不同的目的（Kondolf et al. 2003）。考慮到這些局限性，無論如何，可以進行一些廣泛的概括，以幫助組織河流生態系統的多樣性和多樣性。

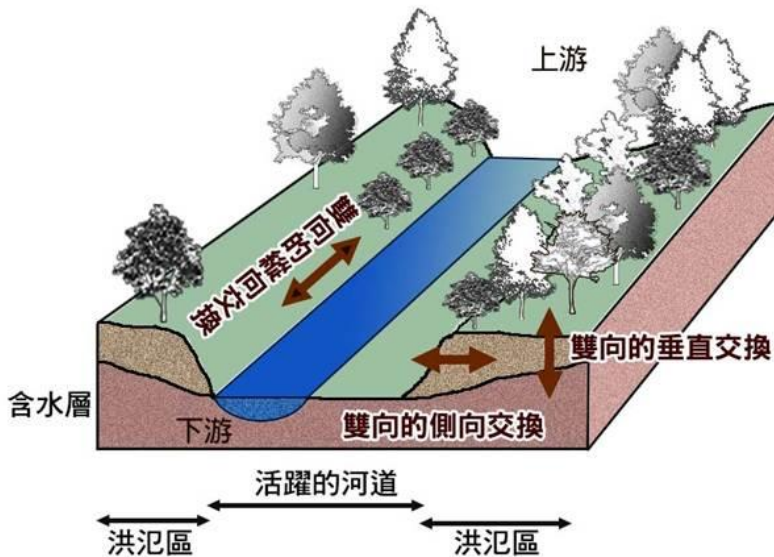


圖1.1 河流生態系統及其三個主軸：上游/下游，河道/邊緣和表層/地下環境。
(Pie'gay和Schumm，2003)

1.1.1 河流級序

河流及其排出的景觀單元形成嵌套層次結構。永久流動的最小流稱為一級序。兩個一級序的並集產生二級序，兩個二級序的匯流產生三級序，依此類推（圖 1.2）。河流級序是河流大小的近似度量，在概念上是吸引力，並與許多其他更精確的大小度量相關，包括排水面積、排放水量和河道尺寸。作為一個簡單的分類系統，它提供了小溪和大河流數量的信息統計（表1.1）。河流系統總長度的絕大部分由低級序或源頭系統組成，每個系統長度短，流域面積小。我們可能認為中等大小的河流，四級序到六級序，並不少見，美國約有2萬多條四到六級序河流。約有250條河流為七級序以上，只有少數河流是大河（表1.2）。密西西比河有十級序，亞馬遜河有十二級序，根據其年流量躋身世界大河流之列。

每條溪流或河流都會排乾與其大小成比例的土地面積。該區域是其流域，包括地形確定的區域，該區域貢獻了通過河流水系所有的水。雖然定義整個河流系統從源頭到河口的流域面積是必要的，但也可以確定單個支流的流域面積。顯然，正如河流網絡形成嵌套在高級序河流中的低級序河流的層次結構一樣，它們的排水系統也是分層嵌套的。與河流和溪流一

樣，廣泛使用的術語重疊。流齡流域和河流流域往往適用於大單位，而較小的單位被稱為流域和子流域，或集水區和子集水區。

在世界範圍內，河流按其在河流流域和區域內的等級等級進行分類。美國地質調查局水文單位編目（HUC）系統根據1：100,000的製圖對不同地理比例的流域進行編目（表1.3）。它首先將美國劃分為21個主要區域，這些區域包含一條河流的流域面積或一系列河流的合併流域面積。較小的單元嵌套在區域中。八位數的 HUC 是標準配置，通常對應於 10 3 104 平方公里的流域面積。存在或正在開發更多的細分，產生11位或14位數的流域。

將河流系統視為分層排列的嵌套系列單元，為檢查河流生態系統的模式和過程提供了一個強大的組織框架（Frissell et al. 1986）（圖1.3）。規模最大的是流域和排水網絡。

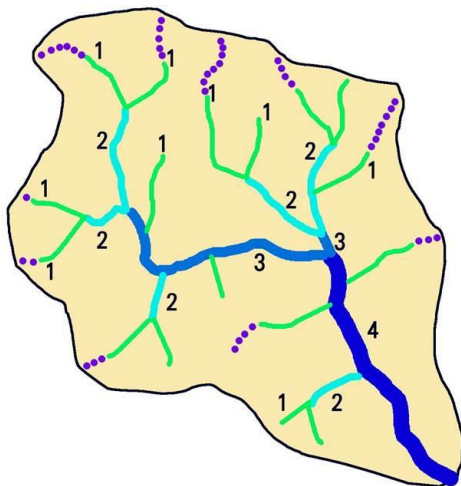


圖1.2 一個排水網絡，說明了流域內的河道級序。兩個1級序匯合成2級序，兩個2級序匯合成3級序，終點可以是湖泊或與較大河流的交匯處。間歇性河流大多出現在一級序支流的上游。

河段通常在上游和下游支流交匯處之間延伸，嵌套在網絡中。單個隔離區的長度可能從一公里到幾十公里等，是人們觀察主要洪泛區和河道特徵的規模。單個河段是谷段內可識別的均度單位。在實踐中，它們通常被定義為通道單元的重複序列（例如湍瀨-深潭-直流(riffle-pool-run)序列）或採樣約定，例如距離等於 25個河流寬度。在一條小溪中，長度可能只有100米或更短，而在一條較大的河流中，長度可以達到幾百或上千公里。諸如池塘或溪流之類的宏觀棲地發生在觸手可及的範圍內，微棲地可能包括沿溪流邊緣的礫石斑塊或葉子堆積。

河流系統的層次視圖還強調，作用於層次結構較高層次的過程控制特徵

在等級狀態中表現得較低，反之則不然。氣候、水源、地質和地貌對流域和網絡發展具有特殊的控制作用，並設定了相互作用的地貌過程的領域，這些地貌過程塑造了該河段的河道和特徵以達到規模。在當地，河岸的穩定性和形成池的木材供應強烈影響著河道特徵和棲息地的細節。

表1.1 美國各種大小河道的數量和長度（不包括較小的支流）。（Leopold et al.1964）

河流級序	數目	平均長(公里)	總長(公里)	平均集水區面積 (平方公里)
1	1,570,000	1.6	2,510,000	2.6
2	350,000	3.7	1,300,000	12.2
3	80,000	8.8	670,000	67
4	18,000	19	350,000	282
5	4,200	45	190,000	1,340
6	950	102	98,000	6,370
7	200	235	48,000	30,300
8	41	540	22,999	144,000
9	8	1,240	9,900	684,000
10	1	2,880	2,880	3,240,000

表 1.2 北美20條最大的河流，按原始流量排名。

河流名稱	水流量(米立方/秒)	集水區面積(平方公里)
1 Mississippi	18,400	3,270,000
2 St. Lawrence	12,600	1,600,000
3 Mackenzie	9,020	1,743,058
4 Ohio	8,733	529,000
5 Columbia	7,730	724,025
6 Yukon	6,340	839,200
7 Fraser	3,972	234,000
8 Upper Mississippi	3,576	489,510
9 Slave (Mackenzie Basin)	3,437	606,000
10 Usumacinta	2,687	112,550
11 Nelson	2,480	1,072,300
12 Liard (Mackenzie Basin)	2,446	277,000
13 Koksoak (Quebec)	2,420	133,400
14 Tennessee (Ohio Basin)	2,000	105,870
15 Missouri	1,956	1,371,017
16 Ottawa (St. Lawrence Basin)	1,948	146,334
17 Mobile	1,914	111,369
18 Kuskokwim	1,900	124,319
19 Churchill (Labrador)	1,861	93,415
20 Copper	1,785	63,196

表1.3 水文單元編目示例

Code segment	Name	Number in the United States	Average area (km ²)
04	Water resource region	21	460,000
0417	Subregion	222	43,500
041735	Accounting code	352	27,500
04173500	Cataloging unit	2,150	1,820

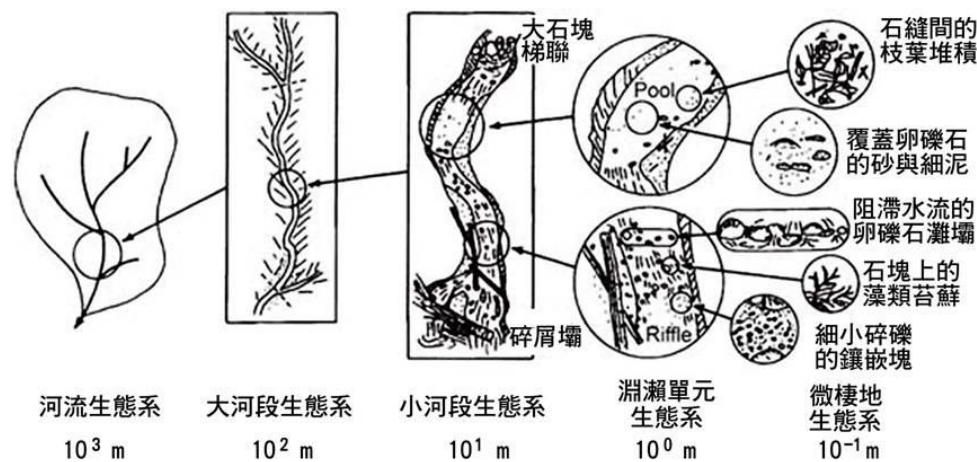


圖 1.3 河流系統的景觀層次，說明較小的單元如何重複嵌套在較大單元中的元素。上層單位對下層單位施加相當大的影響

1.1.2 縱向模式

人們已經注意到沿河流長度發生的一些變化。隨著支流的加入和網絡的流域面積增加，水量和水量將增加。河流具有典型的縱向剖面，它們通常在其發源的高地中更陡峭，並且在靠近其終點的低地具有更緩和的坡度。河流的縱向剖面大致可分為三個區域：沉積物的侵蝕，轉移和沉積（Schumm 1977）。除了陡峭的坡度外，源頭通常有深的V形山谷，急流和瀑布，以及匯流口的沉積物。中游段物質搬運區的特點是山谷更寬，坡度更緩。支流合併，一些河道呈蜿蜒發展。沉積物從源頭接收並輸送到河流系統的較低部分。在低海拔沉積帶，河流蜿蜒穿過一個寬闊的，幾乎平坦的山谷，當它流過自己的砂石沉積物時，可能會分汊成多股河道。

這種描述為我們對河流的看法增加了另一個視角，即侵蝕、運輸和沉積。由於河流運輸沉積物的動力是梯度和流量的函數，並且移動大顆粒與小顆粒需要更多的功率，因此河流也是沉積物分選機。事實上，許多有助

於河流多樣性的河道類型和特徵，如巨石瀑布、急流、潭潭池序列 et al. 都可以看到它們表現出由沉積物供應、河流功率和第3章中考慮的其他因素決定的縱向進展（圖1.4）。

1.1.3 河流及其山谷

河流生態學家早就認識到周圍土地對河流生態系統的深遠影響（“在各個方面，山谷都統治著河流”，Hynes 1975）。落在集水區內的雨雪通過無數的路徑到達河流。一些，特別是地表逕流水和淺層土壤地下水，迅速到達河流，因此高流量在暴雨之後迅速出現。其他的，主要是深層地下水流，是如此緩慢，以至於河流幾乎無法對降雨事件做出反應。地質、坡度和植被強烈影響自然系統中的這些流動路徑，人類土地利用增加了進一步的複雜性。在地表快速流動的降水可以將沉積物和有機物沖刷成溪流，而在地下停留時間較長的水有更多的機會溶解礦物質並具有基礎地質的化學特徵。溪谷山坡地是上游河段大部分沉積物輸入的來源，除了最大顆的岩石或倒流木外，所有沉積物都輸出到下游，隨著河流的蜿蜒和洪水推動無休止的侵蝕和沉積循環，河岸作為中下游河段的沉積物來源變得越來越重要。因此，河流水文、河道形狀和化學性質的關鍵方面是氣候和山谷的地質、地形和植被的結果。

與河流接壤的土地無疑影響最大，影響多種河流功能。被稱為河岸帶，包括河流經常溢出河岸的洪泛區，河流邊緣及其植被的影響怎麼強調都不為過。根系穩定河岸並防止坍塌，樹枝和樹幹無論落入河流的任何地方都能創造棲息地多樣性，樹冠的陰影可以防止水溫太高，植被和無脊椎動物的下降是河流食物網中水域動物的主要能量來源。當河流沿岸植被、生態區域或人類活動而變化時，河流會受到多種方式的影響。

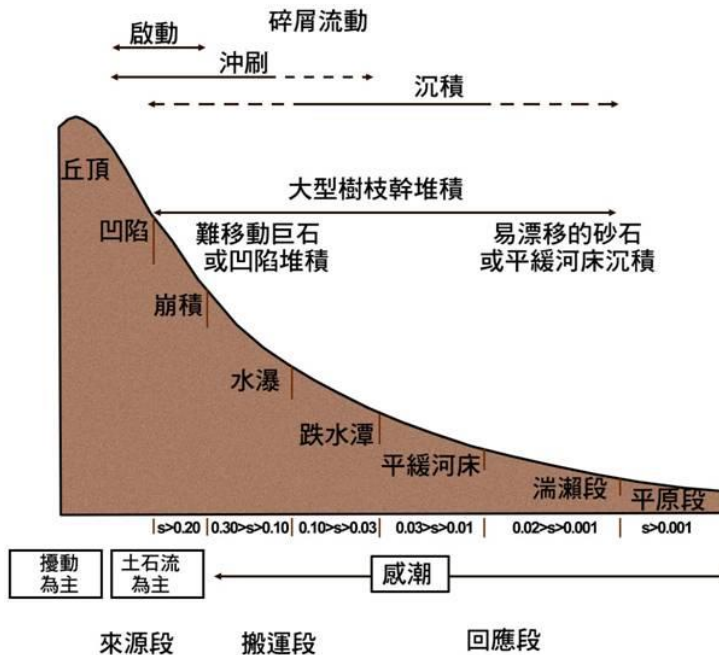


圖1.4 由於受坡度、沉積物供應、河道中大型木材捕獲沉積物和其他因素影響的複雜相互作用，河道類型在河流剖面上連續出現。雖然閾值可能難以檢測，但某些河道特徵在相當長的距離內佔優勢，稱為過程域。(Reproduced from Montgomery and Buffington 1997.)

1.2 河流生態系統

河流生態系統將生物群和生物相互作用與所有相互作用的物理和化學過程相結合，這些過程共同決定了系統如何運作。可以認識到整個系統的特徵：其整體生產和代謝作用，養分的使用效率，能量供應的多樣性以及所代表的物種數量和攝食角色。所有生態系統在其邊界上都有一定的流動，但河流生態系統特別開放，在縱向、橫向和垂直方向上表現出高度的連通性（圖1.1）。生態系統包括人類，河流一直是人類居住的磁鐵，為飲用水和種植農作物、可收穫資源、交通和水力發電提供水。今天幾乎所有的流水都顯示出人類活動造成的一些變化的證據。

1.2.1 能源

在河流食物網中，消費者可獲得的所有能量最終都來自初級生產，但不一定來自水生植物或河流本身。最重要的初級生產者，特別是在小溪流中，包括藻類，矽藻和其他微觀生產者。它們存在於石頭、木材和其他表面上，併發生在光線、營養物質和其他條件適合其生長的地方。從周圍土地進入溪流的有機物，如落葉和其他動植物有害物質，是大多數溪流中的

重要能源，在許多溪流中是最重要的。細菌和真菌是有機基質的直接消費者，這樣做為消費者創造了富含微生物和營養的食物供應，包括無機和有機表面上的生物膜，以及充滿真菌菌絲體的秋天葉子。

河流通常從上游和橫向接收有機物，這取決於河岸植被的性質以及河流與洪泛區的連通性。在森林溪流上游和大型洪泛區河流中，大部分能量作為外部輸入接收，稱為異源。在開闊的草地上流過石質底部的溪流通常會在基質上形成豐富的藻類草皮，因此大部分能量是在內部產生的，即來自本土來源。通常，溪流和河流的食物網由異體和本土能量源的複雜混合物提供燃料，解開它們對更高營養水平的相對貢獻是一項相當大的挑戰。

1.2.2 食物網和生物群落

正如它們適應其物理環境一樣，河流生態系統的生物表現出特定的食物收集能力和餵養模式，這些能力和攝食模式是由它們可用的食物供應和它們覓食的棲息地決定的。溪流中的大型無脊椎動物，包括水生昆蟲、甲殼類、軟體動物和其他分類群，根據食物收集方式和食物類型的相似性被組織成功能性攝食組。食草(藻)動物和刮食動物消耗石頭基質表面的藻類，尤其是碎食動物消耗富含微生物的落葉。捕食者消耗其他動物；收集者以來自葉子和曾經生活的一切分解的豐富和無定形的精細有機顆粒為食。由於功能性餵養群體主要強調食物是如何獲得的，而不是從那裡獲得的，因此它們可能意味著營養途徑的獨特性比實際情況更大。在生物膜的情況下尤其如此，生物膜似乎無處不在，並且可能直接滿足所有消費者的營養需求。

河流生態系統的脊椎動物在覓食作用和適應開發可用資源方面也表現出相當大的多樣性。各種營養類別，通常被稱為同功群，包括藻食動物，碎屑食者，雜食動物，無脊椎動物和食魚動物；也可以區分覓食位置（例如，河床與水面）。許多魚類主要以無脊椎動物為食，兩棲類、一些鳥類和哺乳動物也是如此。藻類是許多魚類的主要食物，特別是在熱帶地區，以及一些幼小魚類。其他內臟細長的魚類能夠消化碎屑，包括葉子和滲出物。除了雜食動物（一個通常用於描述其飲食包括植物（或碎屑）和動物物質的物種的術語，以及在其生活史早期是無脊椎動物的食魚動物之外，許多物種的進食範圍比這些類別所暗示的更廣泛。

河流生態系統群落由適應區域條件（包括物理環境和食物資源）的生物組成，並通過與其他物種的相互作用進一步完善。與氣候、植被和地質的大尺度因素影響河流環境的局部尺度物理和化學特徵的方式類似，一系列分層嵌套的環境因素也會在更局部的空間尺度上影響物種的集合（圖 1.5）。

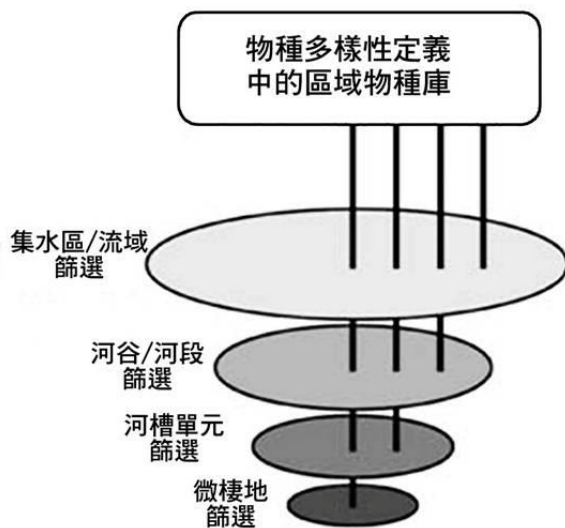


圖1.5 某一地點的物種數量和類型反映了它們的特徵(營養，棲息地，生活史等)，使它們能夠在分級的空間尺度上通過多種生物和非生物過濾器。在特定的微棲息地中發現的物種集合具有適合盛行的集水區/盆地，谷底/河段以及河道單元和棲息地條件的特徵。(Reproduced from Poff 1997)

能夠在特定河流網絡中定居和生存的物種是那些發生在該地區並且對水文和熱狀態以及水化學具有耐受性的物種。山谷到達水準的持久性需要更精細地匹配物種對物理棲息地，食物資源以及特定溫度和流動條件的適應。在通道單元和微棲地一級增加的篩檢程式進一步限制了合適物種的庫，這些物種具有適合更精細條件的特徵，例如下層間隙內的空間、當地水力條件以及棲地和食物資源。最後，物種之間的相互作用可以作為一個強大的附加過濾器，因為當一個物種競爭性地取代另一個物種時，缺乏關鍵的食物資源，或者頂級捕食者消滅了除了最神秘或難以捉摸的獵物之外的所有獵物。

1.2.3 河流生態系統

河流生態系統包括其水文、河道和棲地類型的多樣性、溶質和沉積物以及生物群。某些過程和特性出現在整個生態系統的層面，包括通過食物網的能量流動，碳(C)和氮(N)和磷(P)等營養物質的循環，以及材料從源頭到海洋的起源，加工和運輸。河流不僅是水文循環和「流經陸地廢棄物堆的排水溝」(Leopold et al. 1964)的重要環節，也是使用和再利用生物反應元素的生態系統。

在任何生態系統中，養分循環描述了一些養分的吸收，通常來自溶解的無機相，然後進入生物組織。該材料以有機形式存在於植物或微生物中一段時間，並可能通過其他消費者，但最終通過排泄或呼吸再礦化，從而

完成循環（圖1.6）。在流水中，下游運輸發生在無機相和有機相中，但特別是在前者，將循環拉伸成螺旋狀。因此，攝取距離而不是時間成為生物可用性和需求的有用衡量標準。

在集水區尺度上，品質平衡分析通過將所有輸入放入景觀和河口輸出來補充範圍尺度吸收研究。差異在於生態系統過程去除或儲存在土壤和沉積物中的所有營養物質的組成部分，這可以被視為生態系統提供的服務及其局限性的衡量標準。例如，流域的氮輸入總量中約有25%（但有時高達50%）在河口輸出；這種差異主要歸因於陸地生態系統、濕地和河流本身發生的反硝化作用（Howarth et al.1996）。這些分析對於確定上游集水區和出海口缺氧區化肥使用之間的聯繫至關重要，那裡的營養富集損害了大片地區的漁業。養分輸出佔投入的百分比相當恆定，集水區之間差異很大，主要是因為人類對農業活動、糧食和作物進輸出以及大氣沉降的影響。減少河流輸出的養分品質需要減少投入，或者找到增加內部去除的方法。

河流連續體概念將河流級序、能源、食物網以及在較小程度上的營養物質整合到河流生態系統的縱向模型中（圖1.7）。在流經森林地區的河流系統中，上游源頭段（1-3級序）大樹遮蔭，落葉豐富，但藻類生長通常受到光照限制。預計4-6級序的中游段溪流將支援更多的植物生命，因為它們更寬，樹陰影更少，此外還接收來自上游的有機顆粒。源頭有更多的異體投入，表現為初級生產與呼吸的比率遠低於統一，而中游有更多的本土生產和更高的P/R比率。高級序的河流下游河段太寬，無法以河岸落葉為主要有機物來源，水也太深，河床上的藻類生產很少。相反，來自上游和洪泛區的有機輸入以及河流浮游生物發揮了更大的作用。

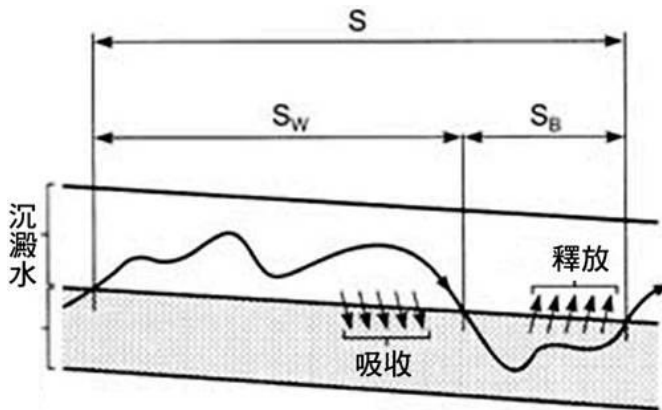


圖1.6 溪流中養分的吸收和釋放與下游運輸相結合，使循環呈螺旋形。螺旋長度是指營養原子以溶解的無機形式在水體中移動的距離之和，稱為吸收長度 (S_w ，以公尺為單位)，以及在被礦化並返回水體之前生物體內的距離之和，稱為周轉長度 (S_B)。箭頭表示攝取和釋放保留在河床中的養分。(從Newbold 1992修改。)

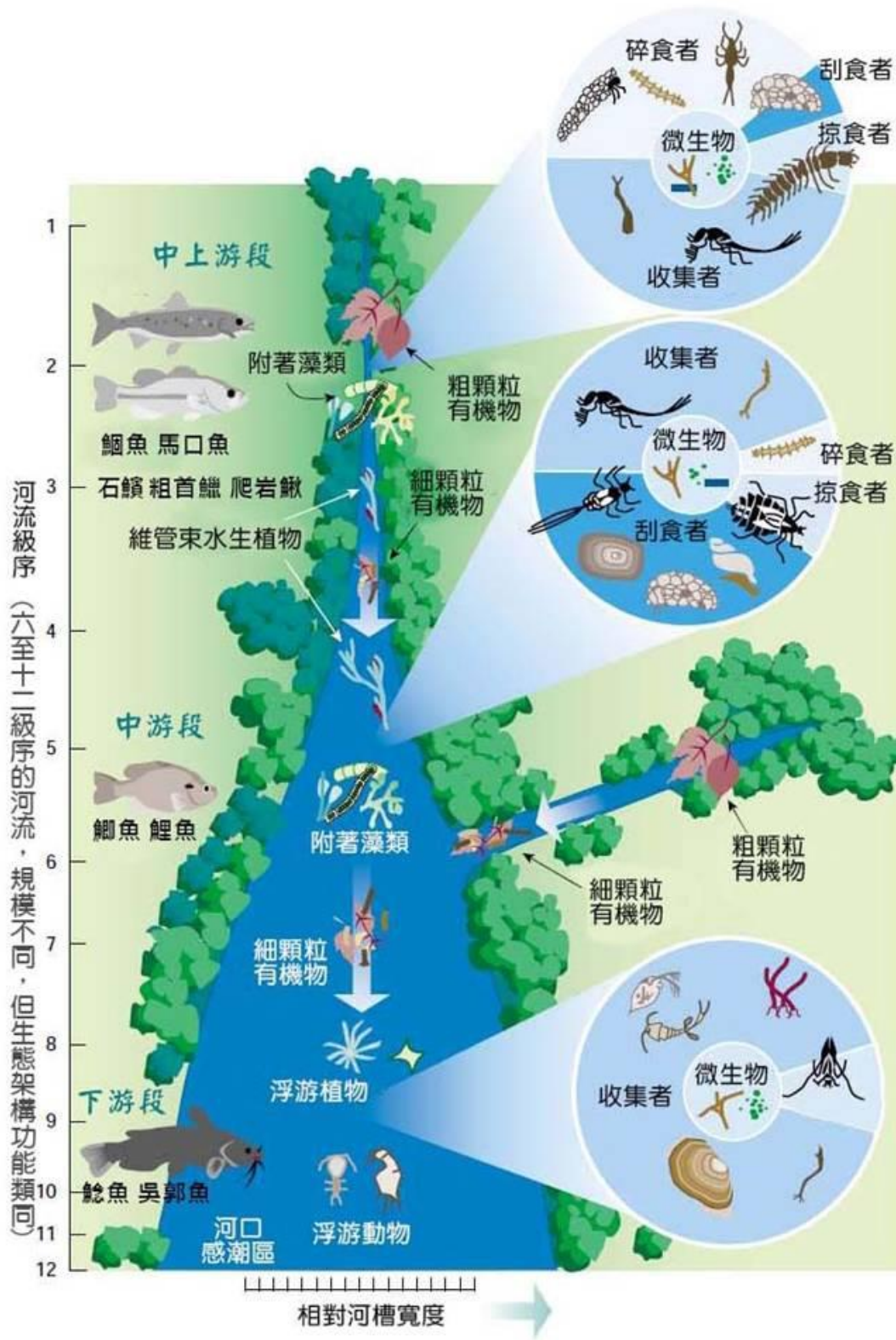


圖1.7 河流連續體概念概括了能源輸入和消費者預期的縱向變化，因為從一級序上游溪流到下游大河。低的P/R比表示提供給食物網的大部分能量來自有機物和微生物活動，並且主要來自流道外部的陸地生產。P/R接近1表示通過流道內的初級生產向食物網提供更多的能量。上游與下游之間的重要聯繫是將細顆粒有機物(FPOM)從源頭向下游位置出口。(Reproduced from Allan 1995 after Vannote et al. 1980.)

1.3 當今河流的現狀

今天，很少有河流是原始的，而且大多數都有很長的改變歷史。在人類居住廣泛的地區，這些變化可能如此明顯，在古代如此消失，以至於即使是最好的生態偵探也無法確定歷史狀況。因此，看看最近有人類破壞歷史的地區是有啟發性的，我們可能會錯誤地認為這些地區幾乎沒有改變其原始狀態。科羅拉多落磯山脈前山脈的山區河流就是這樣一個例子（Wohl 2001）。特別是在高地，鮮花燦爛，魚類和其他野生動物豐富，遊客可能會認為他們凝視著像美洲原住民佔領景觀時一樣自然的溪流。然而，這與事實相去甚遠（圖1.8）。當1840年代第一批探險隊報告這些山谷和河流時，河狸捕獵者已經在工作了。由於可能是「生態工程師」（一種通過其活動操縱棲息地和生態系統過程的物種）的最重要例子的大量減少，山間溪流的河狸水壩較少，流態不同，濕地和渠道棲息地較少，魚類可以飼養的位置也更少。近200年來人類開發改變了山谷，導致溪流酸化，一直持續到現在。較低的山谷被定居，森林被砍伐，溪流被改道進入灌溉溝渠。甚至早期的相關水資源管理法規，都導致了集水區自然環境條件退化。本地野生食草動物被牛和羊取代，當地發生了嚴重的過度放牧事件。然後，越來越多的人被這個自然山林景觀所吸引，整個偏遠地區和山谷都有豐富的遊憩機會。然而，人們仍然可以驚歎於這個地區的美景，並想像它一如既往。這是所謂的「移動基線」的一個例子，即人類從他們對現在和最近的過去的感知和記憶中定義什麼是自然的。

今天的河流狀況如何？對這個問題的許多回答將出現在本書中，但缺乏明確的答案。全球和國家評估非常近似，但仍然表明，大多數河流往往在很大程度上受到人類活動的影響。可以肯定的是，有些地區是人們可以合理想像的未受破壞的，包括偏遠地區河流。隨著新的溪流生物評估方法日益標準化和廣泛部署，河流調查開始產生對流域和區域河流健康的綜合評估，最終這些評估將彙集在一起，納入對河流生態系統現狀和趨勢的評估。

毫無疑問，大多數溪流和河流將繼續面臨一系列令人生畏的威脅。首先是人口的所有表現形式的增加：具有不透水表面和河道的城市地區，向農田和日益偏遠的地區蔓延，以及農業的集約化。這些趨勢通常被概括為城市和農業土地利用的變化，導致水和沉積物供應的改變以及營養物質和污

染物濃度的增加。直接後果包括棲地破碎和退化、沉積、某些系統的富集以及其他系統的中毒。耐受物種繁殖和傳播，敏感物種減少。再加上非本地物種的入侵，其中一些物種適應性很強，在受干擾的調味品中茁壯成長，河流生物群經歷了簡化和同質化。大壩建設實際上可能在全球範圍內正在減少，部分原因是認識到社會和環境成本，部分原因是最佳場地的枯竭，但對於某些地區來說，這個時代遠未結束。隨著人們對氣候變化的生態影響的擔憂日益加劇，氣候變化預示著對河流的重大水文影響，用可再生能源取代化石燃料的願望有利於在更多的河流上建造更多的水壩。在季節性或經常缺水的地區，蓄水、取水和調水對河流管理者施加了幾乎持續的壓力，要求他們確定和捍衛生態系統的用水需求，使其免受人口和發展所需用水的影響。

為了保護和恢復河流，管理者需要求助於最好的科學來證明他們的建議是合理的，並且必須讓公眾瞭解健康的河流生態系統所提供的價值（Baron et al. 2002）。河流水系提供了人類賴以生存的至關重要的商品和服務。這在許多城市給予供應飲用水的集水區保護地位中很明顯。河流生態系統在全球循環中發揮著重要作用，將水從陸地輸送到海洋，以及大量的沉積物、C、N 和其他材料。河流提供了可收穫的資源，特別是在亞洲和非洲，河流漁業是蛋白質和大量人口就業的主要來源（Allan et al. 2005a）。河流是運輸走廊和水力發電的來源，提供了許多國家和美國某些地區消耗的大部分能源。河流提供對農作物和牲畜至關重要的灌溉水。河流提供遊憩、審美享受和精神更新。

研究河流的人面臨的巨大挑戰是促進人類需求和生態系統需求的和解。在人口和經濟增長的推動下，人類的需求只會增加。然而，提高效率，將水轉向更高優先順序的用途，以及更好地瞭解健康河流帶來的人類利益，為在競爭需求中更好地平衡提供了途徑。瞭解河流生態系統的運作不僅取決於令人興奮的概念科學進步，還取決於它們的管理、保護和恢復。我們希望以下各頁有助於實現這兩個目標。



圖1.8 科羅拉多州南Platte河流域上游各種人類土地利用活動的範圍。河狸誘捕是最早的影響，其次是採礦，這帶來了鐵路和對枕木驅動的需求，許多木材漂浮在河上以製造鐵路枕木。木材採伐、放牧動物和農作物帶來了進一步的變化，大陸分水嶺東坡人口的增長導致了從西坡引水的隧道。（from Wohl 2001）