

# 河川生物多樣性的內涵與生態保育

汪靜明

1. 國立臺灣師範大學環境教育研究所

2. 國立臺灣師範大學環境教育中心

## 一、前言

生物多樣性 (biodiversity) ，是生態系中生物群體的變異性及內涵的生命力。全球生物多樣性之危機與保育，為當今世界環保論壇的跨世紀議題 (Wilson 1988、1992；McNeely et al. 1990；呂光洋 1991；Courrier 1992；Groombridge 1992；Sitarz 1993；Reaka-Kudla et al. 1997；林曜松 1998；黃生 1998；趙榮台 1998)。生物多樣性，已成為生態系功能與生命維生系統的重要指標 (Baskin 1994；金恆鑣 1998)，也在環境教育中扮演重要角色 (周昌弘 1994、1995；汪靜明 1998)。

近年來，中南美洲熱帶雨林保護與亞太地區 1998 國際海洋年等環境主題活動，已獲得世人環保的共識與行動。我國臺灣地區，生物多樣性及其生態環境保育，也在國人多年來的努力下，已針對森林溪流淡水魚、森林生態、海岸溼地生態系等議題，辦理多項研討 (詳參林曜松 1991，中華民國野鳥學會 1994、1995、1996、1998)。此外，行政院國家科學委員會、農業委員會、環境保護署、內政部營建署國家公園管理處、經濟部水資源局等政府單位，也訂定相關保育計畫，並委託中央研究院、臺灣省農林廳所屬研究機構及大學相關系所之專家學者，主持相關生態研究及保育策略之研擬 (參 IUCN/UNEP/WWF 1980；野生植物保育策略工作小組 1998；金恆鑣 1998)。最近為配合世界環境日 (6.5) 活動，我國政府、學界及民間保育團體等單位，也共襄盛舉辦理「1998 國家環境生態週系列研討會」；首次以整合方式，就臺灣長期生態研究、生態系 (森林、河川、溼地、海洋) 生物多樣性、水資源、原住民文化等議題進行研討 (詳參汪靜明、杜銘章 1998)。

回顧全球生物多樣性的保育議題，多年來主要焦點於熱帶雨林等陸域生態系，以及近年來逐漸受到關切的海洋 (Allan and Flecker 1993；Peng and Chou 1994)。然而相對來說，淡水生態系受到較少的重視，其中河川生物多樣性，更被忽略。

自古以來，河川在許多國家地區裡，是人民與其他生物長期賴以為生的主要水資源，也是一些特有、珍稀、或瀕臨絕種之河川生物的種源保存地。因此，我們應該正視河川所孕育獨特的生物多樣性；其中，即包括了一些全球對人類社會極有價值的瀕危物種與生態系 (Allan and Flecker 1993)。我國自然保育事業起步較晚，但在發展方向上，大致亦步亦趨全球保育的思潮。近年來臺灣生物多樣性的前瞻研討，已廣泛涵蓋：生物多樣性發展與策略、生物多樣性利用、陸域生物多樣性保育、海洋生物多樣性保育、生

物多樣性教育等議題（詳參林曜松 1998）。

為因應全球生物多樣性之環境議題及台灣河川生態的永續經營，本文配合【1999年生物多樣性研討會】，嘗試拋磚引玉，針對河川生物多樣性議題，歸納分析河川生物多樣性的內涵，並提出相關之保育要項，以期有助於今後河川生物多樣性之保育研究與環境教育之推動。

## 二、河川生物多樣性的內涵

### （一）河川生物的界定

河川生物，通常指生活在河川水域的生物；這些生物是河川環境中有生命的組成因子，其與周遭理化環境，共構了河川生態系（Hynes 1970）。

筆者從流水生態觀，曾在《河川生態保育》專書中界定河川生物（river biota），狹義地指其生活史終生必須在河川水體中的動植物（汪靜明 1992）。基於在河川周圍環境中，有許多生物（如水生昆蟲、兩棲類），在部分生活史中直接地藉由河川水體生育棲息；亦有生物（如水鳥），間接地利用河川資源做為食物或棲息。因此，河川生物的群集（community），廣義地涵括：棲息或生長於河川流域水體的水生生物、集水區中的河濱親水生物，以及游走於河川與海洋兩界的一些洄游性水生動物，和生長在河口潮間帶的水生植物所共同組成。

### （二）河川生物的類型與代表

#### 1、河川生物的空間分佈類型

河川，是大地上許多生物的棲息、攝食或生育的棲所（habitat）。河川生物依據棲所的空間分佈位置，可以概略分為：河川表層生物（如浮游生物、浮水植物、大肚魚）、河川亞底棲生物（如甘魚）、河川底棲生物（如附著性藻類、螺類、貝類、川靜虎、泥鰍）與河岸生物（如河濱植被、食蟹獾）等四大類。

#### 2、臺灣常見或具代表性的河川生物

河川生物的種類，廣泛出現於生物分類階層綱目中，不勝枚舉及歸類。茲將作者近年來從事臺灣河川生態保育研究及環境教育中，用以引述或解說河川生物多樣性之常見和保育類、或具獨特性和指標性之河川生物代表為例（詳參汪靜明 1990、1992、1993、1996、1997），簡述如后。

在臺灣河川中的水生植物，包括：水生藻類（如浮游性藻類、附著性藻類）、高等有根水生植物（如沉水性植物、浮葉植物、浮水植物、挺水植物）以及生長在水石上或河岸之地衣、苔蘚類、蕨類、草本、木本灌木和喬木等河岸植被。

在臺灣河川中的水生動物，可分為水生無脊椎動物和脊椎動物兩大類。水生無脊椎動物，主要包括：浮游動物（如原生動物、輪蟲）、扁形動物（如渦蟲）、圓形動物（如圓蟲）、環節動物（如水蛭）、節肢動物（如水生昆蟲、蝦類、蟹類）、軟體動物（如螺類、貝類）等。水生脊椎動物，體型通常較大，主要包括：淡水魚類（如初級淡水魚、次級性淡水魚、周緣性淡水魚）、兩生類（如蛙、蟾蜍、山椒魚）、爬行類（如蛇、龜、鱉），以及可見於河畔之水鳥與哺乳動物（如水獺、水獺、食蟹獾）等。

### (三) 河川生物多樣性的範疇與涵義

一個地區特有的河川生物，自有其生存價值與生態特質。河川生物多樣性，又稱河川生物歧異度或龐雜度，是河川生態系中生物群集結構的變異性(如豐富度與平均度)。一條河川流域或水系上下河段之生命力，即彰顯於河川生物物種組成與族群動態，或內斂於基因的遺傳。

河川生物多樣的分類與層級，是廣泛而複雜的。它涉及的領域包括：基因、物種、族群、群集、生態系、地景、文化等多種自然與人文層次的生命型式。參照全球生物多樣性的分類方式(詳參周昌弘 1995；呂光洋 1991；林曜松、趙榮台 1998；Wilson 1988、1992)，河川生物多樣性，可以歸類分為：河川生物的遺傳多樣性(genetic diversity)、河川生物的物種多樣性(species diversity)和河川生物的棲地或生態系多樣性(ecosystem diversity)。

河川生物多樣性的生態特質，可以就一個時間或空間環境而比較其生物多樣性的變化(Odum 1983)。針對單一生物而言，其實即涉及生物物種、遺傳基因及其棲息生態環境的特性等生物多樣性內涵。以子遺的國寶 - 臺灣櫻花鉤吻鮭為例，汪靜明(1994)曾針對此台灣地區特有亞種之河川生物，歸納分析其形態特徵分類、計量形質分類、種源遺傳鑑別、生物地理分布、地區相對數量、族群生活史、族群生殖與行為、棲地型態等生態特質與保育策略。由此可知，河川生物多樣性的特質，可以顯現於一段河川棲息物種所組成的群集結構；也可反應於單一物種在棲息時空環境變遷下所適應的生態區位與遺傳演化中。

## 三、河川生物多樣性的生態特性

### (一) 全球河川生物多樣性的分佈概況

多年來全球各地生物調查持續在進行，各類型河川生物調查結果(邵廣昭 1993)，或發表於相關學術研究期刊，或彙集於政府出版的專案計畫成果報告(如林曜松、張明雄 1992；汪靜明 1993、1998；汪靜明等 1998)，許多則是零星散見於未流通的環境影響評估報告與監測報告中。因此，有關一條流域或水系河段的河川生物多樣性之全貌，迄今仍瞭解有限。

目前在全球地理分佈上，對於溫帶地區河川生物多樣性的瞭解，較熱帶地區為完整。有關全球河川的植物多樣性的了解，並不清楚；在目前的研究資料中，已知生長在河川水體的高等植物種類不多(Allan and Flecker 1993)。河川植物的多樣性，主要係由矽藻與其他附著性藻類為主。在湍急的河川中，浮游性藻類與高等植物則較少；在熱帶地區的河川生態系中，僅知有二科的開花植物(Hynes 1970)，以及大型植物形成的巨大浮島(Junk 1985)能適應和繁殖於高流速的河川中。

在河川動物多樣性上，對河川脊椎動物瞭解的層面，遠較河川無脊椎動物為多。在脊椎動物各類群中，都包含了可以適應河川流水環境的物種，而其中以魚類為全球溫水脊椎動物多樣性的優勢生物類群(Allan and Flecker 1993)。依據目前有限資訊，棲息於小溪的無脊椎動物，其生物多樣性，通常熱帶地區高於溫帶地區(MacArthur 1972)，

有些資料指出熱帶溪流的昆蟲多樣性較高 (McElravy et al. 1981 ; Stout and Vandermeer 1975 ) ; 然而亦有些研究顯示,棲息於熱帶溪流的無脊椎動物並未高於溫帶 ( Illies 1969 ; Patrick 1964 )。這些地理生物多樣性的分布趨勢,需大規模與深入調查才易於論證與釐清。

## (二) 河川生物多樣性的環境控制因子

河川生物多樣性,是河川生態系中群集結構的指標。河川中的生物群聚組成,係由外在(陸域)環境因子與內在(水域)環境因子共同交互決定,其受到自然與人文環境因子影響而形成特色。常見之河川生物多樣性的環境控制因子計有:(1)河川等級、(2)海拔高度、(3)河床坡度、(4)河床基質、(5)流量大小、(6)水質、(7)能量來源、(8)生物交互作用、(9)人為因素(詳參汪靜明 1992)。

例如,在陸域環境因子方面,集水區的氣候、地形、地質、植被與土地利用(如農工業開發)狀況,均會決定與影響河道形態(如寬度、曲度、坡度),進而影響河川內在環境之水文(如流量大小、季節變化)、水質(如水溫、溶氧量、混濁度、營養鹽、毒物)物理性棲地(如覆蓋物、底質類型與多樣性),以及能量來源(如外來有機物輸入、初級生產量)。這些理化環境因子,往往決定了某些特定生物種類是否能在該環境中生存及其分佈範圍,而再加諸於河川生物間的交互作用(如競爭、共生),該河川生態系之生物群聚結構及多樣性的特質就此形成。

## (三) 河川生物多樣性與上下游續動特性

在河川環境中棲息的生物,各式各樣,但都必須具備適應流水環境的構造與生態特性。河川生物為了適應其棲息環境,在時空上的變化,而演化出其求生之道和生態區位(niche)。因此,河川生物多樣性,常呈現一種生物地理分佈型態。

河川生物類群在地區的分佈上,常呈現出特有的生物多樣與續動型態。一條流域的河川生物分佈,常隨著上下游環境梯度變遷,而呈現縱向續動的生態演替(Vonnote et al. 1980)。因此,河川的生物多樣性,也常隨著河川生態環境狀況的變化,發生改變;並在族群分佈與數量上,呈現出上下游縱向演替的現象,甚而形成明顯的生物分區(zonation)的現象。

以河川生物中極具代表性的魚類為例,在自然情況下,河川上游,由於水生昆蟲和附著性藻類較其他食物來源為多,因此,魚類群集多由嗜食水生昆蟲或藻類的魚種所組成;在下游則由於食物資源的改變,而以雜食性、或嗜食有機物碎屑的魚種居多(詳參汪靜明 1992)。

## (四) 河川生物多樣性與棲地生態特性

河川生物的生態特性,取決於河川外在陸域與內在水域之環境因子。河川生物多樣性,通常與當地河川地文、水文、水質及人文有密切關係。這是由於河川外在集水區與內在水體環境條件,都會影響到河川生物群集的建構與整合(Hynes 1970 ; 汪靜明 1992)。河川生物為了適應河川環境變遷,多已演化出求生適應之道,並形成特有的棲地生態特性。

河川生物多樣性，常與其棲息環境的複雜度與穩定度有關，並在有些地區會擁有較高多樣性的熱點( hot spot ) 例如，高海拔的河川生物物種通常比低海拔者少( Welcomme 1979 )。此外，河川生物多樣性的意涵是相對的，依據島嶼生物地理學理論 ( MacArthur and Wilson 1963、1967 ) 可知，通常河川生物多樣性，是對比一個河川集水區環境的複雜度及其涵蓋的連續面積，其所內含的物種豐富度，常與河川涵括的面積成正比關係。

## 四、河川生物多樣性的問題與保育

### (一) 河川生物多樣性的問題

河川生物多樣性的特色，主要決定於自然水域環境的水文、棲地結構、水質、能量來源與族群交互作用控制，並間接地受到陸域環境的氣候、地文及人文活動等環境因子的影響。由國內外文獻 ( 詳參汪靜明 1992、1996、1998 ; Allan and Flecker 1993 ; 林曜松 1998 ) 可知，河川生物多樣性問題的類型及成因，直接或間接地涵括：(1) 全球環境的氣候變遷、(2) 河川集水區伐木與水土流失、(3) 河川水體化學與有機物及熱污染等水質污染、(4) 河川水資源枯竭、(5) 河川生態基流量不足與水文不穩定、(6) 農林漁牧業及工商等人類開發活動的干擾、(7) 生物棲地的碎塊化、惡化與消失、(8) 河道淤積和攔阻、(9) 河川渠道化、水泥化和景觀美質人工化、(10) 外來種生物的引進或侵犯等十大類型。

依據河川生物，位在河川生態系的空間觀點而言，導致河川生物多樣性喪失的環境問題，主要可歸類為：河川上下游縱向生物多樣性的環境問題、河川底棲生物多樣性的環境問題，以及河川沿岸生物多樣性的環境問題等三大類別。

河川上下游縱向生物多樣性喪失的環境問題，主要包括：瀑布、河床乾涸及人為的攔砂壩、水庫、水壩、攔河堰等閘壩工程等環境壓力，常使河川生物棲地成為不連續的塊區，除了河川地景與生態系結構改變外，棲息在河川水體內的水生生物，即因孤離的棲地碎塊，阻斷河川上下游間生物基因交流，影響河川生物族群遷移與生態演替，因而常導致河川生物多樣性的喪失。

河川底棲生物多樣性喪失的環境問題，包括：自然性山崩、土蝕、颱風暴雨改變河川理化環境，人為的河川疏濬、河床底質掏空、採砂、過度開發衍生的泥流、土石流等環境壓力，往往造成河床淤積，嚴重衝擊河川底棲生物的生存，常導致河川底棲生物的棲地破壞與物種喪失，造成河床生態沙漠化。此外，營建工程所需的砂石，主要取自於河川地。河川地採挖砂石，造成河川理化環境變遷，常對河川水型及底質環境造成破壞，並導致河川生物多樣性的降低。此外，河川整治工程常為了疏濬河道，將河床底質與河中植物清除。這些整治工程，雖有利於河道行水，但卻有害於河川生物的群集。

河川沿岸生物多樣性喪失的環境問題，包括：自然性山崩、土蝕，人工水泥堤防興建、河川渠道化、野溪整治工程、河川綠美化工程、河岸道路修築、河岸垃圾場設立等環境壓力，破壞河岸植被綠帶，造成河岸生態沙漠化。此外，人為不當的濫捕與毒魚、電魚、炸魚等非法行為，以及油污、化學毒物的污染，則會導致河川生物多樣性全面的喪失。

以臺灣地區為例，筆者歸納認為，臺灣河川生物多樣性喪失的主要原因有：(1) 河川水質污染、(2) 河川生態基流量不足、(3) 河川流水型態與棲地單調化、(4) 河川生物棲地的阻絕與分割(5) 外來種水生生物引進與侵犯、(6) 人類開發與採捕活動過度干擾(詳參汪靜明 1991、1992、1993、1994、1997、1998)。

從臺灣河川上下游而論，通常上游所面臨的人文環境壓力，以農林牧礦業開發與遊憩為主；而河川中下游河段，則與工商業和家庭活動關係密切。綜而言之，河川生物多樣性問題的類型與成因，不僅錯綜複雜，並且環環相扣，彼此交錯影響。

## (二) 河川生物多樣性的保育目標

河川生物多樣性，是河川生命關聯的總體表現，內涵著河川環境變遷、環境生態演替的多元互動。因此，河川生物多樣性已成河川環境的生態指標，並可以作為生態管理的保育指標。

河川生態管理之宗旨，在於保育河川環境資源的永續、減輕河川環境變遷的不利衝擊，以維護河川環境生態的穩定平衡及自然演替，並有助於人類對河川環境的永續經營(汪靜明 1992、1995、1998)。筆者認為河川生物多樣性保育的內涵目標，應涵括：(1) 保存河川生物資源的固有種源、潛能及其遺傳、物種的多樣性；(2) 維護河川生物棲地穩定與生態系的多樣性；(3) 合情合理合法使用河川生物資源；(4) 永續人與河川生物交流衍生的文化多樣性。

河川生物多樣性的保育，是河川生態管理的核心工作。面對河川生物資源利用與保育時，我們必須瞭解人類活動的類型，並正視其對於河川生物多樣性及其生態系的影響。河川生物多樣性的保育理念，在於本著「尊重生命」的觀念，透過關愛與瞭解臺灣河川生物的特性，明智合理地分析是否能、或是如何能利用某特定生物資源，以維護河川生態體系中的生態區位與數量，使該生物族群能在當地河川原棲息環境中生生不息。

## (三) 河川生物多樣性的保育要項

河川生物多樣性的建構與特色，主要決定於內在水域環境的水文、水型、水質、能量來源、族群等交互作用控制，並間接受到外在陸域集水區環境狀況的影響。

筆者回顧全球生物多樣性保育趨勢、理論與實務經驗，針對河川生物多樣性之保育課題，應積極辦理的保育工作要項計有下列十點：

- 1、增加河川環境調查人力，培訓河川生物系統分類及河川生態評估人才。
- 2、加強河川生物之物種種源、遺傳鑑別、標本分類蒐藏、族群分佈、群集結構，以及棲地生態研究，並將河川生物多樣性納入環境影響評估範疇中。
- 3、建立河川生物與生態文獻資料庫，以及網路查詢系統，並加強河川生物多樣性之生態保育與其相關環境教育。
- 4、進行棲息於河川中之保育類水生生物的種源保存、族群復育等工作。
- 5、建立河川集水區水文與水質監測站，並進行長期河川生態研究。
- 6、實施河川堰壩水庫之季節性生態放水，以維持河川生物維生所需之生態基流量。
- 7、維護河川生物棲息之水域(水文、水型、水質)與河岸區之生態環境，並建立臺灣

河川流域水系上、下游及河水與河岸間之生態廊道 ( corridors ) 和相關之棲地改善工作，以利河川生物游移與生態續動演替。

- 8、管制外來水生生物引進及生物放流或放生，對河川環境與生物多樣性 ( 物種種源與遺傳品種、棲地生態 ) 影響之評估，並研究減輕其對原生種及其棲息環境不利生態影響之保育對策。
- 9、結合政府、學界及民間團體，辦理河川生物多樣性研討會議，以及相關之環境保育研究、生態教材教法研討、野外生態觀察活動。
- 10、建立河川生物多樣性之生態圖片庫，並編製相關之河川生物圖鑑、媒體教材 ( 如幻燈片、錄影帶、光碟 )、解說手冊及宣導摺頁等教育宣導品。

## 五、結語

河川，是大地上的流動水體，是自然界中珍貴而且可以更新的資源。河川生物，是河川環境中的生命要角，與環境彼此互動交流，絕活出多樣群集的消長，也指標著生態環境的變遷。河川生物的群集，是形形色色物種的團聚，內斂著遺傳的基因融合，交流出互動的族群動態，也表彰出環境的生態文化。

臺灣河川蘊育了豐富而獨特的生物，彩繪了寶島美麗的河川生命，也充實人類的河川文化。值得省思的是，過去我們在努力增進人類全體生活的同時，往往並未顧及維繫宇宙繼起之生命。因此河川生物在其生態環境遭受破壞後，面臨了生存上極大的挑戰；加諸許多人類不當的行為，臺灣河川生物多樣性，命運岌岌可危。

回顧近十多年來，國內政府與政策，已從單一物種的生物保育 ( 如野生動物保育法公告之保育類動物、文化資產保存法公告之珍貴稀有動植物 )，深入到物種遺傳多樣性之保育 ( 如國寶魚 - 臺灣櫻花鉤吻鮭之基因庫保存 )，及其重要棲息環境之保護 ( 如野生動物保護法公告之重要棲息環境、野生動物保護區 )。在國內民間野生物保育團體之發展上，歷年來從關懷單一物種之社團 ( 如各地區鳥會、台北縣愛魚協會 )，延伸至保護生態環境的社團 ( 如大甲溪生態維護協會、溪流環境協會、荒野保護協會 )，以及尊重生物內涵生命的團體 ( 如關懷生命協會 )，甚至並聯為各式保育目標聯盟 ( 如生態保育聯盟與濕地保育聯盟 )。這都展現出生物多樣性，必須進行長期生態研究，了解到生物物種、遺傳與生態系特質，才能達到生物多樣性的保育共識。但顯然地，對於臺灣河川水生植物、河岸植被、河川底棲無脊椎動物之調查研究，仍極為缺少而有待補強。

河川生物多樣性，內涵著河川生命存在的價值，生態地演繹河川律動的平衡。人與河川良性交流，保育著河川存在的自然生命與人文尊嚴。河川生物多樣性是處於動態平衡的河川生態系中，極易受到人類的干擾與破壞；因此，在河川生物多樣性保育策略中，河川生物棲息地的經營與管理，應列為重要核心工作，尤其對於經營較易的河川物理性棲地改善，更是維護河川生物多樣性刻不容緩的工作。維護河川生物多樣性，無論是由河川集水區與河道管理、水質維護、棲地改善、生物保育與環境教育等方案來進行，都須要有整體的環境規劃，並以多科技整合的團隊方式推動，方能有效達到維繫棲息於河川之多樣性生物的生存、生長及繁衍，以及多元化永續利用的目標。

## 六、參考文獻

### 中文部分

- 中華民國野鳥學會(馮雙, 編) 1994 海岸溼地生態及保育研討會論文集臺北市 219 頁
- 中華民國野鳥學會(劉小如等, 編) 1995 第二屆海岸及溼地生態及保育研討會論文集臺北市 210 頁
- 中華民國野鳥學會(劉小如等, 編) 1996 第三屆海岸溼地生態及保育研討會論文集臺北市 124 頁
- 中華民國野鳥學會(黃詩涵, 編) 1998 第四屆海岸溼地生態及保育研討會論文集臺北市 412 頁
- 汪靜明 1990 河流生態 行政院農業委員會、國立自然科學博物館、臺灣省立博物館共同發行 72 頁, 臺中市
- 汪靜明 1991 臺灣河川的生態保育 科學月刊 22(12):930 937
- 汪靜明 1992a 河川生態保育 國立自然科學博物館, 臺中市 189 頁
- 汪靜明 1992b 臺灣淡水魚的生態保育 臺灣農業雙月刊 28(2):79 85
- 汪靜明 1993a 大甲溪魚類棲地改善計畫之三年生態評估研究 台灣電力公司 81 年研究發展計畫 國立臺灣師範大學環境教育研究所, 臺北市 289 頁
- 汪靜明 1993b 救救河川 時報文化出版企業有限公司, 臺北市 108 頁
- 汪靜明 1994 子遺的國寶--臺灣櫻花鉤吻鮭專集 雪霸國家公園解說教育叢書 1 內政部營建署雪霸國家公園管理處, 臺中縣 185 頁
- 汪靜明 1995 河川環境教育理念 建構臺灣河川環境教育計畫 環境教育季刊(25):19 37
- 汪靜明 1996 河川生態保育原理 環境教育季刊(31):27 53
- 汪靜明 1997a 流水生態觀 - 大甲溪之美 臺中縣政府, 臺中縣 238 頁
- 汪靜明 1997b 我國環境教育推廣者之河川環境概念來源與生物歧異度概念認知之研究 第 432 442 頁於中華民國第十三屆科學教育學術研討會會議手冊及短篇論文彙編 中華民國科學教育學會、國立臺灣師範大學科學教育研究所, 臺北市 758 頁
- 汪靜明 1998a 大甲溪魚類棲地改善及其生態評估研究 第 151 182 頁於中日溪流生態保育研討會論文集(汪靜明、曹先紹, 編) 國立臺灣師範大學環境教育中心, 臺北市 254 頁
- 汪靜明 1998b 河川生態基流量設計及魚類棲地改善之理念 環境教育季刊(35):49 69
- 汪靜明 1998c 臺灣河川環境的生態教育 第 41 59 頁於 1998 國家環境生態週系列研討會論文集(汪靜明、杜銘章, 編) 國立臺灣師範大學環境教育中心, 臺北市 212 頁
- 汪靜明、杜銘章, 編 1998 1998 國家環境生態週系列研討會論文集 國立臺灣師範大學環境教育中心, 臺北市 212 頁
- 汪靜明、鄧文楷、柯善勇、黃于坡 1998 濁水河流域上游栗栖溪河川生態研究及魚類保育計畫第一階段研究 台電工程月刊(603):34 50
- 呂光洋 1991 Biodiversity 生物歧異度、生物龐雜度、生物多樣性 大自然季刊 (31):4-9
- 林曜松, 編 1991 森林溪流淡水魚保育訓練班論文集 國立台灣大學動物



- 學系, 臺北市 250 頁
- 林曜松, 編 1998 生物多樣性前瞻研討會論文集 行政院農業委員會, 臺北市 140 頁
- 林曜松、張明雄 1992 大甲溪魚類生態調查計畫研究報告 ( ) 台灣電力公司 80 年度研究發展計畫 91 頁
- 林曜松、趙榮台 1998 維護生物多樣性與促進資源永續利用 第 14 23 頁於生物多樣性前瞻研討會論文集 (林曜松, 編) 行政院農業委員會, 臺北市 140 頁
- 邵廣昭、何林泰、林介屏 1993 魚類群聚生態調查監測與分析方法生物科學 36(2):41 56
- 周昌弘 1994 生物多樣性在環境教育中的角色 第 5 頁於中華民國環境教育學會 83 年度會員大會會議手冊 中華民國環境教育學會
- 周昌弘 1995 生物多樣性: 觀念、假說及研究 科學月刊 26(7):547 553
- 金恆鏞 1998 生命多樣性與保育政策 第 34 50 頁於生物多樣性前瞻研討會論文集 (林曜松編) 行政院農業委員會, 臺北市 140 頁
- 姜家華、黃麗春, 編 1997 海峽兩岸森林生物技術及環境變遷對森林生態系的影響研討會論文集 514 頁
- 野生植物保育策略工作小組 1998 野生植物保育策略與實務 臺灣省特有生物研究保育中心, 南投縣 344 頁
- 黃生 1998 未來保育議題 第 89 95 頁於生物多樣性前瞻研討會論文集 (林曜松, 編) 行政院農業委員會, 臺北市 140 頁
- 趙榮台 1998 《生物多樣性公約》的發展 第 4 13 頁於生物多樣性前瞻研討會論文集 (林曜松, 編) 行政院農業委員會, 臺北市 140 頁

## (二) 英文部分

- Allan, J. D., and A. S. Flecker. 1993. Biodiversity conservation in running waters. *Bioscience* 43(1):32-43.
- Baskin, Y. 1994. Ecosystem function of biodiversity. *Bioscience* 44(10):657-660.
- Courrier, K. ed. 1992. Global biodiversity strategy: Guidelines for action to save, study, and use earth's biotic wealth sustainably and equitably. WRI, IUCN, UNEP. 244 pp.
- DeBuhr, L.E. 1995. Public understanding of biodiversity. *Bioscience Supplement* 43-44.
- Groombridge, B. ed. 1992. Global biodiversity: Status of the earth's living resources. Chapman & Hall, New York. 585 pp.
- Hynes, H. B. N. 1970. The ecology of running waters. University of Toronto Press, Toronto, Canada. 555 pp.
- Illic, J. 1969. Biogeography and ecology of neotropical freshwater insects, especially those from running waters. Pages 685-708 in E. J. Fittkau, ed. *Biogeography and Ecology in South America*. Dr. W. Junk, The Hague, The Netherlands.
- IUCN/UNEP/WWF. 1980. World conservation strategy. IUCN, Gland, Switzerland. 409 pp.
- Junk, W. J. 1985. Aquatic plants of the Amazon system. Pages 319-337 in B. R. Davics and K. F. Walker, eds. *Ecology of River Systems*. Dr. W. Junk, The Hague, The Netherlands.
- MacArthur, R. H. 1972. *Geographical Ecology*. Harper & Row, New York.
- MacArthur, R. H., and E. O. Wilson. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography.

- Evolution 17(4):373-387.
- MacArthur, R. H., and E. O. Wilson. 1967. The theory of island biodiversity. Princeton: Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- McElravy, E. P., V. H. Resh, H. Wolde and O. S. Flint Jr. 1981. Diversity of adult Trichoptera in a "non-seasonal" tropical environment. Pages 149-156 in G. P. Moretti, ed. Proceedings of the Third International Symposium on Trichoptera. Dr. W. Junk, The Hague, The Netherlands.
- McNeely, J. A., K. R. Miller, W. V. Reid, R. A. Mittermeir, and T. B. Werner. 1990. Conservation the world biological diversity. IUCN, Gland, Switzerland; WRI, CI, WWF-US, and the World Bank, Washington, D. C. 193pp.
- Odum, E. P. 1983 Basic ecology Saunders College Publishing Company, Georgia. 613 pp.
- Patrick, R. 1964. The Catherwood Foundation Peruvian-Amazon Expedition: limnological and systematic studies. Monogr. Acad. Nat. Sci. Phila.(14):5-40.
- Peng, C. I., and C. H. Chou, eds. 1994. Biodiversity and terrestrial ecosystems. Institute of Botany, Academia Sinica, Taipei. 528 pp.
- Reaka-Kudla, M. J., D. E. Wilson, and E. O. Wilson. 1997. Biodiversity II: Understanding and protecting our biological resources. Joseph Henry Press, Washington, D.C., U.S.A.
- Sitarz, D., editor. 1993. Agenda 21: the earth summit strategy to save our planet. Earth Press, Boulder, Colorado, USA. 321 pp.
- Stout, R. J., and J. H. Vandermeer. 1975. Comparison of species richness for stream-in-habiting insects in tropical and mid-latitude streams. Am. Nat.(109):263-280.
- Vannote, R. L., G. W. Minshall, K. W. Cummins. J. R. Sedell., and C. E. Cushing. 1980. River continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci.(37):130-137.
- Wang, C. M. J.. 1989. Environmental quality and fish community ecology in an agricultural mountain stream system of Taiwan. Ph.D. Dissertation. Iowa State University, Ames, Iowa, USA. 138 pp.
- Welcomme, R. L. 1979. Fisheries Ecology of Floodplain Rivers. Longman, London, UK.
- Wilson, E. O. ed. 1988. Biodiversity. National Academy Press, Washington, D.C.
- Wilson, E. O. 1992. The diversity of life. Cambridge. Mass: Harvard University Press.