

報告單位：五組／（王世冠、顏榮華）

報告事項：「河川生態效益調查」相關論文 5 篇

說 明：

本案為「執行淡水河流域及二仁溪流域之生態效益調查」計畫，旨在進行淡水河流域（景美溪、新店溪、大漢溪、基隆河、淡水河本河）及二仁溪流域之生態調查，彙整現地調查資料及針對文獻資料進行分析，並根據分析結果提出河川污染整治生態效益調查。

相關文獻摘要5則如下：

一、猶加敦半島宏都河流域淺水溪流的生物完整性指數⁽¹⁾

Mexico-Belige 的宏都河流域淡水環境受到外來種、優養化及殺蟲劑的污染而惡化。作者群利用魚類群聚及其族群量發展適合於當地河川的生物完整性指數 (Index of Biotic Integrity, IBI)，其所發展的魚類生物完整性指數可以讓研究人員判定哪些河域是最瀕危的區域，並且可以據此導引其生態復育過程。作者群選擇計算 IBI 值的資料值，分別是從 3 方面進行評估，其中包含魚類的組成物種、群聚結構及各種魚類扮演的生態功能。作者群選擇 23 個實驗樣點進行研究，其中 13 個樣點的資料作為計算 IBI 值的基準，另外 10 個樣點則用來測試研究方法及進一步校正 IBI 值的估算方式。作者選用了 34 項水質指標參數探討其與水體及棲地品質指標 (index of water and habitat quality, IWHQ) 的相關程度，同時分析測點的河域寬度、海拔高度及距離主流的距離等因素，了解其可能受到的影響。IBI 值的估算共選用了 12 個變數，其中有 7 個變數是 7 種魚類的豐富情

形，另外 5 個變數為底棲類群的豐富度、草食性類群的豐富度、敏感性物種比例、原生且耐受性強的比例及 Pielou's (Pielou Evenness Index)的均質度指數。大部分的測點呈現中等的魚類群聚完整性。呈現此一現象的原因相當複雜，分析結果發現可能的影響包括河川水道槽化，水質不良、敏感性物種很少、頻繁的出現高耐受性物種、出現較多的外來物種、草食類群造成的優勢（可能是因為絲狀藻(Multiseriate filament)的大量生長），甚或是機會主義者成為短期優勢等。這些溪流具有較優良水質和魚類棲息地的測點通常都距離主流很遠，可能因為這些測點都遠離人口密集的經濟生產區域的關係。

二、底棲大型無脊椎動物為水質指標：保加利亞伊斯卡河的研究案例⁽²⁾

作者以保加利亞使用伊斯卡河選擇性 15 個樣點的大型無脊椎動物(Benthic macroinvertebrates)進行水質評等，根據化學及生物的參數結論認為 Sofia 以上的河域水質仍然很好，雖然 Sofia 區有龐大的污水處理設備，在 Sofia 以下的河域仍然可以發現水質明顯變差的現象。因為河川自淨及稀釋作用的影響，Sofia 下游 40 及 80 公里處的水質緩慢復原，但仍然不足。目前保加利亞仍使用英國生物指數 (Irish Biotic Index, IBI) 以大型底棲動物評定國內的水質，這樣並不符合歐洲聯盟(歐盟)水體綱要指令 (Water Framework Directive, WFD) 的要求，法蘭德斯複陣列大型無脊椎動物指標 (Multimetric Macroinvertebrate Index Flanders, MMIF) 是歐盟水體綱要指令所發展適用於比利時以北地區的指標，MMIF 是根據以下參數計算：1.分類群總數；

2.毛翅目、積翅目及蜉蝣目分類群的總數；3.敏感性類群的總數；4.Shannon-Wiener 多樣性指數；5.耐受性平均值。作者發現 MMIF 指數與 IBI 之間的相關性很強，為了符合歐盟的架構，保加利亞地區可以發展相似的複陣列大型無脊椎動物指數評估生物水質，而且這個方法也不必額外花費太多的努力。

這是歐盟架構下，不論政治經濟或是環境保護都遵行相同規範所衍生的問題，保加利亞原先所使用的 IBI 最後都必須符合 MMIF 的規範，MMIF 的意義非常接近大型無脊椎動物的生物完整性指數 (Index of Biological Integrity, IBI)，根據其陣列的內容已經包含常用的幾個指數在內，例如淡水河及二仁溪流域污染整治生態效益調查計畫中所使用的 BI(敏感性類群)、EPT(毛翅目、積翅目及蜉蝣目分類群)、FBI(耐受性值積分)及多樣性指數均成為陣列的變項之一。

三、河川中無脊椎動物與其群落棲地的聯結:生物特性、分類項的組成及多樣性⁽³⁾

河川底質環境提供大型底棲無脊椎動物生存的空間，兩者之間存在緊密的依存關係，因此大型無脊椎動物長久以來就被當作監測河川水質的指標。不論是根據群聚結構或是更具價值的生活史特徵當作評估的依據，兩者都需要耗費時間進行物種的分類鑑定。既然底棲動物與底質環境之間依存關係，是否可以從群落棲地(Biotopes，或稱功能性棲地)來評估河川健康程度，這個想法雖然被提出很久，但經驗證的研究很少，本文從研究健康河川的群落棲地中，探討底棲動物與河川水文-形態(river hydro-morphology)之間的關聯，其結果也可以進一步應用在河

川水文-形態劣化程度的評估。這裡所稱的群落棲地是指和底棲動物生存緊密關聯的微型棲地，大小可以是1-100平方公尺(1 - 100 m²) 之間的變化。研究在英格蘭及威爾斯兩地7條河川選擇512個棲地帶，將河川群落棲地區分為13項(卵石、礫石、粗沙床、細砂、落葉、樹根、岸邊植物、挺水植物、漂浮植物、苔蘚、細葉沉水植物、闊葉沉水植物及大型藻類)。各測點的無脊椎動物以標準方法盡最大努力採集，分類鑑定至屬以下，除此之外，並對每一個物種的親源關係及生活史特徵進行分類(例如覓食方式等)。最後將水文-形態(river hydro-morphology)、群聚(taxonomic)及群落棲地(Biotopes) 3項資料矩陣進行主成分等多變數分析，探討群落生境是否能不受親源關係及地理區域特徵的影響，此分類群結構更準確預測底棲動物的生活史特徵，同時也探討物種豐富度及多樣性與群落棲地之間是否有更高的相關。研究結果顯示大型底棲動物的生活史特徵變異有40%是由群落棲地所解釋，與區域特徵相關較小。雖然親緣關係各異，但是不同河域之間群落棲地的結構比任何解析程度的分類群的組成更能準確預測底棲無脊椎動物的生活史特徵。群落棲地比河川區域更能有效解釋大型底棲動物的分類群豐富度及多樣性。群落棲地與生活史特徵的關連分析中也發現，不同生活史特徵類群之間本質上的差異關聯於接近河床的水流，例如種的特性能夠提供更多必須的功能性解釋及跨域地理區之間的預測能力。本研究整合多項的生物學特性，再藉由群落棲地在生態學及水文形態學之間形成的介面去預測，這些寶貴的資訊在未來河川經營管理具有應用的價值。

四、以浮游及附著矽藻作為美國大型河河 (great rivers : Ohio, Missouri and Upper Mississippi rivers)區壓力的指標：測試水質及其擾動模式⁽⁴⁾

藻類在河川中的生態地位有如陸地上廣大的草原，藻類的初級生產供養水域生態系，但是水中初級生產者過度繁茂卻是水域環境惡化的根源，藻類不會無緣無故的過度繁盛，人為的污染通常是主要原因。除了污染之外，尚有其它影響藻類群聚的原因，河川的物理結構如水體形態、流速、水深、濁度等因子影響透光的程度，這些因子必須優先探討才能還原污染的影響。世界各地已經廣泛利用藻類群聚當作水質的指標，關於使用方法及適用性也廣泛的被討論。本文作者調查浮游及附著矽藻群聚組成作為俄亥俄河(Ohio rivers)、密蘇里河(Missouri rivers)及密西西比河(Upper Mississippi rivers)的上游生態狀態的生物指標，比較特殊的是應用多變數統計：(Multivariate statistical Analysis)的方法解析資料，並非單純以某項指數來代表，作者試圖從藻類群聚分析結果中決定哪一類型的藻類群聚最適合進行環境監測。多變數分析所使用的藻類資料結構為物種組成與豐富度，並以相似度資料結構進行分析評估，河川壓力梯度以主成分分析法分群(principal components analysis, PCA)，分析資料包含採樣現場的水質測項(61項)、地景干擾變數及組合的變數(12項)。矽藻群聚與水質變項之間的關聯以典型相關分析(canonical correlation analysis, CCA)探討，選擇相關程度高的組合作為群聚特徵。結合CCA及PCA分析，根據不同的棲地及資料格式可以求得不同壓力梯度下矽藻組成的加權平均轉換函

數(回歸函數)，結果呈現矽藻組成的相對豐富度是追蹤環境壓力的適當工具，浮游矽藻及附著矽藻都可以是潛在的環境干擾指標。文中並且根據矽藻群聚資料產生推估水質的模式，根據推估的水質進一步推估地景所受到的壓力，在大部份的例子中，矽藻群聚所推估的水質與集水區所受的壓力有更高的關聯性。這些研究支持矽藻評估大型河流地景(landscape)所受的壓力所具有的價值，就如同傳統使用矽藻評估河川水質一般。這些發現進一步說明不論是浮游矽藻或是附著矽藻的群聚可用做河川狀態的生物指標，同時也可以提供特定環境壓力改變資訊。

五、都市化周邊的河川健康評估:應用多變數分析辨識主要影響因子⁽⁵⁾

河川是陸地重要的生態系，提供各種服務維繫人類的生存，但是有許多河川在進入都市之前就已經受到人類活動的影響而偏離自然狀態，環境管理針對不同的河域評估健康的程度成為重要的工作項目。許多研究已經提出各種不同水質變數評估河川的健康程度，但是如何選擇適當因素進行監測評估，許多的建議並不實際或是不夠明確，造成的因素可能是水域環境的可能變項太多，而且變項之間還存在交互的關聯，單一或是少數幾個涵蓋範圍較小的參數通常無法廣泛利用而形成特例。這個研究針對環境變數多且複雜的特性，利用多變數的因素分析 (Factor Analysis, FA) 縮減並且萃取資料的主要影響成分，根據萃取的資料成分去判定進入都市之前影響河川健康的關鍵因子組合，實驗在澳洲新南威爾斯的 Hawkesbury-Nepean 河進行。作者共使用了 40 個水質變項進行分析，因素分析判定 9 個關鍵

變數組合成 3 個主要因素，9 個關鍵變數分別是酸鹼度、濁度、溶氧、溶解性有機碳、腸球菌數、大腸桿菌群菌數、總凱氏氮、葉綠素 a 及藻類生物量，3 個主要因素累積解釋 50% 的河川水質參數的變異。重新組合的 3 個主要因素分別是：河川厭氧的程度、微生物含量顯現的水質、水體優養化造成的影響。從這個研究中發現，多變數統計的方法顯著的降低了河川健康評估所需要的水質變數，從 40 個降低至 9 個，節省監測人力成本，摘錄的影響因子明確而且具有效力。根據這樣的研究結果，可以應用於選擇經濟有效的水質參數進行都會區之前的河川健康評估與監測。這個方法也可以協助研究者詳細了解哪一個變數對整體的變異貢獻最大，據此了解這個變數所具有的特殊意義。

參考資料

1. Juan J. Schmitter-Soto, Lissie E. Ruiz-Cauich, Roberto L. Herrera, David González-Solís, An Index of Biotic Integrity for shallow streams of the Hondo River basin, Yucatan Peninsula, *Science of the Total Environment* 409 (2011) 844–852
2. Koen Locka, Mina Asenovab, Peter L.M. Goethalsa, Benthic macroinvertebrates as indicators of the water quality in Bulgaria: A case-study in the Iskar river basin, *Limnologica* 41 (2011) 334–338
3. Benoit O.L. Demarsa, Joanna L. Kempb, Nikolai Fribergc, Philippe Usseglio-Polaterad, David M. Harpere, Linking biotopes to invertebrates in rivers: Biological traits, taxonomic composition and diversity, *Ecological Indicators* 23

(2012) 301.311

4. Amy R. Kiretaa, Euan D. Reaviea, Gerald V. Sgrob, Ted R. Angradic, David W. Bolgrienc, Brian H. Hill , Terri M. Jicha, Planktonic and periphytic diatoms as indicators of stress on great rivers of the United States: Testing water quality and disturbance models, *Ecological Indicators* 13 (2012) 222–231
5. U. Pinto, B.L. Maheshwari, River health assessment in peri-urban landscapes: An application of multivariate analysis to identify the key variables, *Water Research* 45(2011): 3915-3924