

生物整合指數之建立與應用－以頭汴坑溪集水區為例

林信輝⁽¹⁾ 蔡志偉⁽²⁾ 李明儒^{(3)*}

摘要

有關環境生態評估一直是世界各國及許多領域所關注的課題，而利用淡水魚類資料做為評估環境優劣之生物整合指數(Index of Biotic Integrity, IBI)，已在世界各國廣為應用。因此，本研究於台中縣頭汴坑溪集水區選擇 20 個測站，每季進行一次魚類資料調查。自民國 92 年 5 月 ~ 民國 93 年 3 月止，總共四次調查，調查所得魚種共計 17 種，其中原生種 8 種，外來種 3 種、雜交種 1 種。IBI 計算結果介於 22~46 之間，顯示河川品質為極差至尚可，其中上游的測站河川品質較佳，而下游測點的河川品質較差，代表 IBI 值反應河川品質與一般的河溪情況吻合，即河川的上游較少人為干擾，河川品質較佳，而河川的下游較多人為干擾，河川品質較差。

(關鍵詞：生態評估、淡水魚類、生物整合指數、河川品質)

Establishment and Application of Index of Biotic Integrity — A Case Study in Tou-Bian-Keng Creek Watershed

Shin-Hwei Lin⁽¹⁾, Chih-Wei Tsai⁽²⁾

Professor⁽¹⁾, Graduate Student⁽²⁾, Department of Soil and Water Conservation,
National Chung Hsing University, Taichung 402, Taiwan

Ming-Ju Lee⁽³⁾

Assistant Professor . Department of Leisure Management,
National Penghu University, Penghu 880, Taiwan.

ABSTRACT

The application of index of biotic integrity (IBI) by using freshwater fish biological data to evaluate environmental quality is widely used in the world for environment ecological evaluation. This study used data collected from 20 sampling stations from Tou-Bian-Keng creek watershed in Tai-Chung County to determine IBI in each station was with 50m in length. Four field investigations

(1) 國立中興大學水土保持學系教授

(2) 國立中興大學水土保持學系博士班研究生

(3) 國立澎湖科技大學休閒事業管理學系助理教授 *通訊作者

of fish-related data collection had been conducted from May, 2003 to March, 2004. Seventeen fish species including eight primitive species, three exotic and one hybrid were found. The IBI values from 20 sampling stations were between 22~46, indicating fair to very poor quality of the stream. The quality of stream in upper reaches were better than that of lower ones, and consequently figure out that IBI values match with actual conditions of reflecting study streams to different degrees, of human disturbance .

(Key words: Ecological Evaluation, Freshwater fish, Index of Biotic Integrity, Quality of stream)

壹、前言

河川是環境中極具代表性的自然生態體系，人類生活與文化大多沿著河川廊道而發展，也是許多野生動植物生存與演化之發源地。但是人類的開發活動進駐河川生態體系，將與動、植物生存空間產生直接衝突，而開發過程中，農業與工業生產所衍生的污染廢棄物，不但破壞了河川流域的生態環境，也將使得河川失去了原有的生態資源。

河溪生態環境雖然可以透過各種水質因子來反應河川污染情況，但複雜之生態系統無法僅由少數的水質檢測數據來表示。而某些生物由於長期演化的結果，僅能適應某些特定的環境，反而能成為象徵某種生態環境的指標，因此生物指標(Biotic Indicator)便被使用於評估環境狀態的工具。國內環保署環境檢驗所自 1993 年起也陸續辦理台灣河川魚類監測及魚類指標之建立(王漢泉, 2002)，此外，環保署的網頁也提供若干生物指標。

魚類是溪流生態食物網的主要消費者，故溪流生態系中不同營養階層的影響，最終都會反應至魚類的變化，再者，魚類具有自主移動能力，會有遠惡水而移，擇良水而棲的本能，因而，由魚類組成的改變，能一探河川水質的變化狀態，可作為評估河溪環境品質之指標。

貳、前人研究

一、生物整合指數(IBI)

生物整合指數(IBI)在 1980 年由美國學者 Karr 發展成功後，曾被許多生物學家及生態學者廣泛用在美國中西部許多河流中生物之監控，包括應用魚類及水棲昆蟲所收集的資料做為環境變化的調查。生物整合指數(IBI)是一個相當容易學習的方法，主要是利用魚類的歧異度、豐度及族群的健康程度，來評估水生生態系的健康情形(Karr, 1991)。生物整合指數進一步在 1991 年由 Karr 修正，變得更為完備。一般來說，在美國生物整合指數各項內容雖然因地制宜，每項可能有不同的改變，但仍被大家認為是一有效和穩定之生物指標。

(一)基本概念

生物整合性的概念，主要可以圖 1 說明，圖中兩個生態因素可以依其相互關係而產生圖下黑線的生物整合層面，由此說明較多個生物因子對於環境有較佳的說服力。圖 2 顯示，當生物整合指數的值漸高時，魚種數會隨之變化，且耐污魚種以及水層中魚類的數量也會隨之改變，亦即當魚種數以及魚類族群的某些組成改變時，生物整合指數亦能敏感的顯示出來，因此可以用來代表水質環境的狀態(Woodley et al. ,1993)。

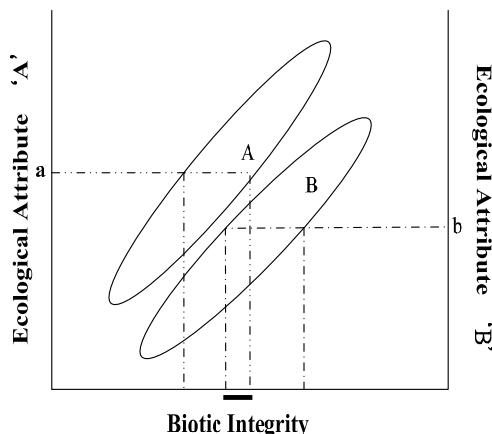


圖 1. 一個生態因子和二個生態因子與其生態整合指標的關係概念圖

Figure 1 . Conceptual depiction of relationship between a single ecological attribute and two ecological attributes and biotic integrity.

資料來源：重繪自 Woodley et al. , 1993 。

(二) IBI 評估內涵

生物整合指數主要包括 12 項分數，利用收集的魚類資料之間的差異性，分別對每項給予 -5,3,1 分，最後加總所有分數，總和愈高代表溪流環境品質愈高。生物整合指數包括三大類，第一類為魚種豐度及組成 (species richness and composition)，細分為 6 項，第一項為原生魚種(native fish species)數，第二項為底棲性魚種(darter species, benthic species)數，第三項為棲息水層中魚種(sunfish species, water column species)數，第四項為長生命週期的魚種(sucker species, long-lived species)數，第五項為低容忍性魚種(intolerant species)數，第六項為高容忍性魚種(tolerant species)個體百分比；第二類為魚類營養階層組成(trophic composition)，包含其中 7-9 項，第七項為雜食性魚種(omnivores)個體百分比，第八項為食蟲性小魚(insectivorous cyprinids)個體百分比，第九項為食魚性魚種(piscivores)個體百分比及最高階肉食性魚種(top carnivores)；第三類為魚類數量及狀況(fish abundance and condition

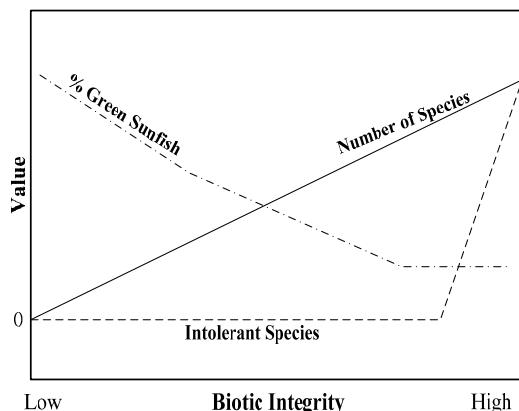


圖 2 . 生物整合指數與其評估因子敏感度概念圖

Figure 2 . Conceptual depiction of the range of sensitivity of three IBI metric across the gradient from low to high biotic integrity.

資料來源：重繪自 Woodley et al. , 1993 。

individuals)，包含其中 10-12 項，第十項為魚類取樣個體數(number of individuals)，第十一項為雜交魚或外來引進魚種之個體百分比(hybrids or exotics)，第十二項為生病的魚或不正常魚之個體百分比(disease or deformities) (David , 1995 、 Smith and Hellmund , 1993)。IBI 指標各項內容雖然會因魚種分布範圍差異或缺乏某些項目資料，而可能會在一些項目做適度的修正，但一般來說，第一，七，八，十項內容通常是不會做改變的。

二、生物整合指數之應用

Schulz et al. (1999)發現 IBI 的研究方法可以有效的預測人為因素對湖泊大面積水域之觀測數據及優養化程度的影響；Kesminas 和 Virbickas (2000)曾經利用種類組成、群落結構、營養組成、豐度與單位面積生物量調查立陶宛的 60 條河流，結果根據生物整合指數將河川進行分級；也有學者利用指標魚種與生物整合指數，探討造紙廠

紙漿流出物的處理與否對於魚類群聚的影響，結果發現改善流出物的品質對於魚類有益(Kovacs, 2002)。

生物整合指數(IBI)也可做為土地管理的依據，例如 Steedman 於 1988 年曾利用加拿大南安大略(Ontario)溪流 IBI 指數，應用於都市利用與河岸森林保育的相關分析上，作者利用 IBI 等級的分布，以表示區域內的都市土地利用(urban land use)及河岸森林(riparian forest)的比例關係(圖 3)，譬如，一個集水區如果有 25% 為都市土地利用，則其溪流至少應保存河岸森林 50%，如此才能維持一個好(good)的生物整合指數等級 (Smith and Hellmund, 1993)。

Langdon(2001)也指出，一般的 IBI 指數並不適用於美國佛蒙特州的一些冷水溪流，因為魚類少於 5 種，因此作者調查 18 個較少擾動的溪流與 11 個品質衰頹的溪流，以建立冷水域小溪流的 IBI 指數(coldwater IBI，簡稱 CWIBI)，這個指數能清

晰的反應環境品質的變動，諸如北美溪鱒(brook trout)與一種杜父魚(sculpin)出現在較少干擾的溪流，而 minnow-sucker(吸附性的鯉科淡水小魚)的群集則因擾動增加而增加。

(二)國內應用

國內有關 IBI 的探討，首見於中央研究院的 Zoological Studies，不過作者討論的重點在於提出一種改良的計分方法，且使用的資料是以美國愛荷華州的溪流為例(Liang and Menzel, 1997)。國內正式使用 IBI 進行環境品質的評估，則是 1999 年環保署有關「淡水河系生物相調查及生物指標手冊建立」的計畫研究成果，其中作者提出基隆河的漁獲 IBI 屬性評分表，利用 IBI 值的差異與變化幅度，確實可以明確表達基隆河的水體品質現況，且其結果的一致性遠比傳統之群聚指標(種豐富度、總數量、歧異度與均勻度)的結果更能與基隆河環境現況吻合(張明雄等, 1999)。

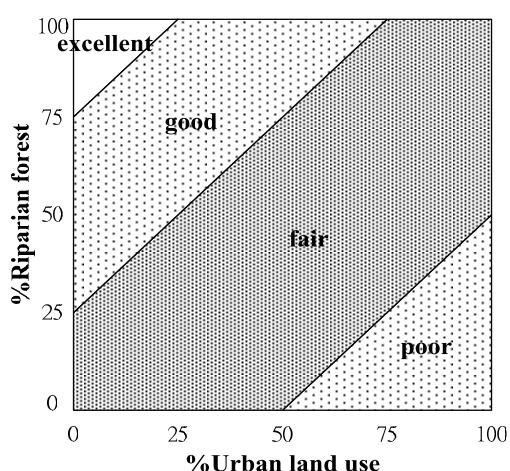


圖 3 . 南安大略(Ontario)溪流的 IBI 指數等級分布圖
Figure 3 . Contour plot of IBI rating in southern Ontario stream.
(資料來源：修改自 Smith and Hellmund , 1993 , pp-88.)

參、材料與方法

一、研究樣區

頭汴坑溪集水區位於台中盆地東南方，東起大橫屏山山麓，西以大里溪為界，南鄰南投縣國姓鄉，北達台中縣新社鄉南部，集水區面積約 8725 公頃，為烏溪的支流之一。集水區內有 15 條小支流，主要可以區分成三大支流，位於集水區北方的為北坑溪、中央則為頭汴坑溪、其南端則為東汴坑溪。集水區長度為 14.3 km，周長為 62.96 km，河川主

流長度為 25.51 km，河川總長度為 64.15 km，平均高程 370.46 m，平均坡度 35.51% (野溪生態調查及棲地改善模式之建置成果報告書，2003)。

二、調查測站

本研究於頭汴坑溪集水區適合地點選擇河道長約 50m 的河段設置調查站，其中北坑溪設置 6 個調查站(編號 01~06)、東汴坑溪設置 6 個調查站(編號 13~18)、頭汴坑溪主流則設置 8 個調查站(編號 07~12、19~20)，總計設置 20 個調查站(詳圖 4、表 1)。

表 1. 頭汴坑溪集水區調查地點與座標

Table 1. The inquisition locations and coordinates of Tou-Bian-Keng creek watershed.

編號	支流	位置描述	TM_X	TM_Y	溪序
01	北坑溪	最上游端	227343	2670737	1
02	北坑溪	清泉橋	226520	2670780	1
03	北坑溪	漿砌石、箱籠護岸	225935	2669975	2
04	北坑溪	北田三號橋	225306	2669561	2
05	北坑溪	玄聖宮	225088	2669326	2
06	北坑溪	北田大橋	224766	2669092	2
07	頭汴坑溪	仙女瀑布	230891	2669104	1
08	頭汴坑溪	茅埔二號橋	228661	2668532	2
09	頭汴坑溪	長興橋	227980	2668380	2
10	頭汴坑溪	懷恩堂	227200	2667959	2
11	頭汴坑溪	中埔橋	227550	2666726	1
12	頭汴坑溪	中埔四橋	226311	2666933	2
13	東汴坑溪	乾溪土地公廟上方	227440	2664990	2
14	東汴坑溪	乾溪土地公廟下方	227356	2665079	2
15	東汴坑溪	混凝土潛壩上方	225549	2665788	2
16	東汴坑溪	混凝土潛壩下方	225557	2665720	2
17	東汴坑溪	混凝土護岸上方	225012	2666326	2
18	東汴坑溪	混凝土護岸下方	224941	2666486	2
19	頭汴坑溪	草嶺橋	225423	2667199	3
20	頭汴坑溪	內城橋	223614	2669286	3

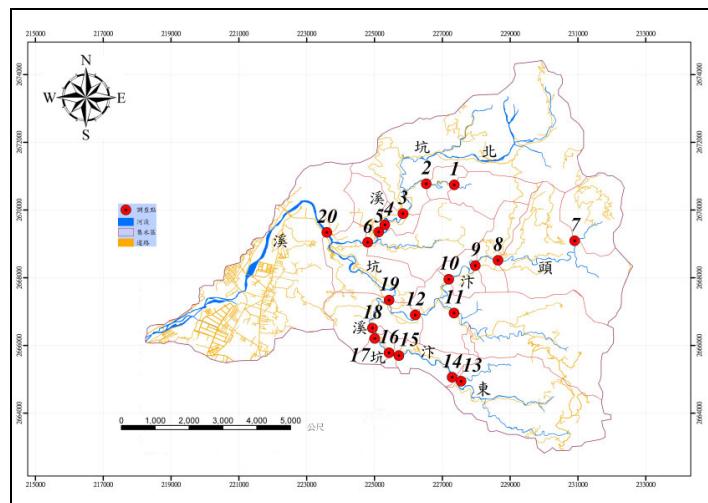


圖 4. 頭汴坑溪集水區調查測站位置圖

Figure 4. The inquisition measures station position diagram of Tou-Bian-Keng creek watershed.

三、調查方法與時間

本研究採用背負式電魚器，於河段上設置的固定測站每季調查一次，每次調查時選 50 公尺長河段，以 12V 蓄電池電魚器採集為主，配合蝦籠法補充採集。本研究委託特有生物研究保育中心執行採樣與鑑識工作，自民國 92 年 5 月初起至民國 93 年 3 月底止，合計在頭汴溪各測站進行魚類的採樣四次，第一季：2003 年 5 月~7 月、第二季：2003 年 8 月~10 月、第三季：2003 年 11 月~2004 年 1 月、第四季：2004 年 2 月~3 月。

四、IBI 計算流程

生物整合指數(IBI)，依據 1. 物種隻數及物種組成，包括魚的隻數、類別及其承受性 (tolerance) 、2. 營養組成，即組成群聚的魚類之食性、3. 魚的豐量及環境等變項，以評判河流的等級。上述三大項目將魚類群聚分成十二項屬性，每項屬性的溪流分成 5 、 3 、 1 三級，其中 5 為最佳溪流，而 1 為最差溪流。為了消除因為評估只取自一或數個屬性所不經意造成的偏差， IBI 指數設置了一個防護措施，即研判魚群聚的數個屬性，以增加

IBI 評值的客觀性。

生物整合指數(IBI)計算時，研究者需取樣一個魚群聚，然後根據數種屬性給予分數 (S) ，其中 5= 最佳， 3= 中等， 1= 最差。研究者可給予各類型分數： A. 物種之數量與種類 (S_s) — (A) 較多本土物種一般表示較高環境品質； (B) 對環境敏感的物種存在表示環境品質高。其次， B. 某物種之食性 (S_f) — 高比例的蟲食與肉食生物表示高環境品質，而較高比例的雜食生物表示低環境品質。再者， C. 魚豐量 (S_a) — 魚豐量越高表示環境品質越高。最後， D. 魚健康情形 (S_h) — 較高比例的罹病與長瘤的魚類及有解剖結構異常的生物均表示低環境品質。將所有群聚的屬性分數加起來，得到生物整合指數 (IBI) ： $IBI=S_s+S_f+S_a+S_h$ ，較高 IBI 分數表示較高環境品質。

五、IBI 分級

IBI 最後的評值，屬性的總分數以 12 分為最低， 60 分最高； 12 分為不良生物完整性， 60 分為最優異生物完整性。 IBI 評值最後依據評分的高低，區分成 9 個等級：

excellent(E : 57-60)、E-G(53-56)、good(G : 48-52)、G-F(45-47)、fair(F : 39-44)、F-P(36-38)、poor(P : 28-35)、P-VP(24-27)、very poor(VP : < 24)、no fish (Karr, 1981)。

IBI 可因時因地制宜做不同修改，所以具有廣泛應用價值。本研究以張明雄(1999)於後龍溪應用 IBI 評估所採用之等級進行頭汴坑溪集水區評估依據，張明雄將 IBI 簡化為 6 等級，其中 excellent(優 : 55-60)；good(好 : 47-54)；fair(尚可 : 38-46)；poor(差 : 26-37)；very poor(極差 : < 26)以及 no fish(無魚)，總和在 12 到 60 之間。

肆、結果與討論

一、魚類調查結果

累計一年的調查(表 2)，採集之魚種有 17 種，其中原生種有 8 種，外來種有 3 種、雜交種 1 種。本研究在各測站所採集到的魚種以明潭吻鰕虎及粗首鱸最為優勢，短吻紅斑吻鰕虎、高身小鰾鮒、台灣馬口魚次之。其中若依王漢泉(2002)所做的『台灣河川水質魚類指標』，可將水體分成五個水質等級指標，分別為未受污染指標魚種(鯛魚)、輕度污染指標魚種(台灣石、台灣櫻口鰓)、普通污染指標魚種(平頷鱲、粗首鱸)、中度污染指標魚種(烏魚、花身雞魚、環球海鰈、鯉魚、鯽魚)及嚴重污染指標魚種(大眼海鰱、吳郭魚、泰國鱧魚、大鱗鯔、琵琶鼠)約 15 種。本研究多數測站均有粗首鱸出現，依上述分類則被歸為普通污染、其中出現鯉魚、鯽魚的 08(茅埔二號橋)、16(混凝土潛壩下方)、19(草嶺橋，頭汴溪與東汴坑溪之匯流處下游)測站則被歸為中度污染。

環保署網站(2003)也曾公告『台灣河川不同污染等級的魚類指標』，其中脂鯧、台灣馬口魚、台灣石 被歸類為輕度污染；粗

首鱸被歸類為中度污染；而泥鰌、斑鱧與吉利慈鯛則歸為嚴重污染，指標魚種與上述略有差異，依上述之指標評定頭汴坑溪水質似嫌武斷，因為魚類是移動快速的生物，單以指標生物評估水質環境，雖然可以看出污染的趨勢，但無法由族群組成、營養層級以及健康分布情形說明生物的完整性，因此似嫌不足。

二、生物整合指數(IBI)之建立

本研究根據調查結果，繪製 1.原生魚種數，2.底棲性魚種數、3.棲息水層中魚種數、4.長生命週期的魚種數、5.低容忍性魚種數及 10.魚類取樣個體數之最大豐度線(maximum species richness line, MSRL)(圖 5~9)，以求出各溪序的魚種數的相對評分。至於 6.高耐污性魚種個體百分比、7.雜食性魚種個體百分比、8.食蟲性魚個體百分比、9.食魚性魚個體百分比、11.雜交魚或外來引進魚種之個體百分比、12.生病的魚或不正常魚之個體百分比，則依(Karr & Dudley, 1981)的建議，依其百分比的比例給予相對評分，本研究的生物整合指數種類豐多度與組成評分等級詳見表 3。

(一)魚種組成與營養層級

本研究的魚種屬性是參考中央研究院魚類資料庫網站內容(中央研究院，2003)，並與特有生物研究保育中心的相關專家討論後而訂定的。其中長生命週期魚種項目，本研究以生命週期可達三年以上者，歸為長生命週期魚種(表 3)。

(二)給分級別

本研究有關於種類的豐多度與組成的評估項目：1.原生魚種數，2.底棲性魚種數、3.棲息水層中魚種數、4.長生命週期的魚種數、5.低容忍性魚種數及樣本中魚類個體的數量與狀態：10.魚類取樣個體數給分的依據係參考 Fausch et al. (1984)的建議，是以各採

樣站之不同溪序的魚種數繪出該屬性魚種數的最大豐度線，再區分成三個級別。由於自然界的魚類種數為整數不具小數點，因此以電腦軟體平均分成三個區間，然後再以目測法調整為整數，以此訂定給予分數之級別

(如圖 5~圖 8)。第二階段則將魚類營養階層分類並計算其在採樣中的百分比分別給予 5、3、1 等分數(表 4)。第三階段計算魚類數量及狀況分別給分，最後加總即得該測站之 IBI 值(表 5)。

表 2 . 頭汴坑溪集水區各季魚類調查結果
 Table 2 . The fish investigation in first season in Tou-Bian-Keng creek watershed.

季別 \ 測站	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	總計
一 魚種數 (種)	4	5	5	4	5	2	2	5	4	4	3	6	4	5	3	3	4	3	7	7	12
一 魚總數 (隻)	35	32	30	62	49	29	36	62	55	17	33	29	39	35	28	65	33	24	51	41	785
二 魚種數 (種)	5	6	4	4	4	4	3	6	5	6	2	7	2	2	3	3	2	3	5	5	14
二 魚總數 (隻)	40	55	43	70	27	45	8	53	53	54	33	58	18	32	24	33	21	22	37	20	746
三 魚種數 (種)	3	5	4	3	3	5	4	8	5	7	4	5	2	3	3	4	3	3	8	6	15
三 魚總數 (隻)	21	25	33	16	42	39	37	42	68	46	46	50	28	24	22	36	40	53	74	60	802
四 魚種數 (種)	3	4	3	4	5	3	2	3	6	6	5	7	4	4	4	6	2	3	3	10	14
四 魚總數 (隻)	5	26	17	26	51	17	15	28	71	29	20	97	44	37	14	55	14	25	16	134	741

三、河川品質等級

IBI 最後的評值，12 分為不良生物完整性，60 分為最優異生物完整性。本研究 IBI 評估頭汴坑溪各測站四季的河川品質等級如表 5 所示。各測站所得之 IBI 值介於 22~46 之間，顯示水質為極差至尚可，其中水質較佳的測站 01、02；08、09、11 及、13、14 均是頭汴坑溪支流較上游的測點，而河川品質較差的測站，如 05、06；15、18 均是頭汴坑溪支流較下游的測點，顯示 IBI 測值反應的河川品質與一般的河溪情況吻合，即河川的上游較少人為干擾，河川品質較佳，而河川的下游較多人為干擾，河川品質較差，

而這項結果也符合 Karr 關於生物整合指數的假設。

本研究所得各測站的生物整合指數也能顯示季節變化對於河川品質的影響，例如 19 草嶺橋測站，在之前的其他指標均顯示其水質較差，但若由生物整合指數的評估則顯示，第一季、第二季的河川品質差，但第三季變成尚可，而第四季可能因河川缺水而使得河川品質變得極差。

伍、結論與建議

本研究以生態完整性為評估標的，探討

都市邊緣受人為干擾之野溪集水區其環境生態狀況，選擇頭汴坑溪為調查樣區。調查時間由2003年5月初至2004年3月底止，經過資料之統計分析獲致以下研究結論與建議。

一、結論

(一)頭汴坑溪IBI評估，各測站之IBI值介於22~46之間，顯示水質為極差至尚可，其中水質較佳的測站，均是頭汴坑溪支流較上游的測點，而河川品質較差的測站，均是頭汴坑溪支流較下游的測點。各測站所採集到的魚種以明潭吻鰕虎及粗首鱸最為優勢，短吻紅斑吻鰕虎、高身小鰾鮒、台灣馬口魚次之。若依王漢泉(2002)的『台灣河川水質魚類指標』，則多數測站被歸為普通污染，其中08、16、19測站則被歸

為中度污染。

(二)本研究各測站所得之IBI值，其中上游的測站河川品質較佳，而下游測點的河川品質較差，顯示IBI測值反應河川品質與一般的河溪情況吻合，即河川的上游較少人為干擾，河川品質較佳，而河川的下游較多人為干擾，河川品質較差。

二、檢討與建議

(一)本研究生物調查牽涉專業，需要跨領域的合作支援，在時間的配合上有實際上的困難，致使每季生物調查的時間無法一致，且集水區內許多地方陡峭無法臨水，僅能選擇人力可及之處，調查數值可能受聚落或人為干擾而有誤差。

表 3. 頭汴坑溪集水區魚種組成與營養層級

Table 3 . The fish species and trophic composition in Tou-Bian-Keng creek watershed.

魚種	屬性	原生種	底棲性	水層活動魚種	長生命週期	低耐污	高耐污	雜食性	食蟲性	食魚性	外來或 雜交種
明潭吻鰕虎	•	•				•		•			
短吻紅斑吻鰕虎	•	•				•			•		
粗首鱸	•		•	•	•		•			•	
脂鯈	•	•		•	•					•	
短臀鯈	•	•		•	•					•	
台灣石	•		•	•	•			•			
泥鰍		•						•			
台灣馬口魚	•		•	•	•			•			
高身小鰾鮒	•	•				•		•			
中華花鰓		•			•			•			
大鱗副泥鰍		•				•		•			•
尼羅口孵魚			•	•		•		•			•
吉利慈鯛			•	•		•		•			•
鯉魚			•	•		•		•			
朱文錦			•	•		•		•			•
鯽魚			•		•			•			
斑鱧		•	•		•					•	

資料來源：本研究整理(粗首鱸成魚為肉食性，因此歸入食魚性)

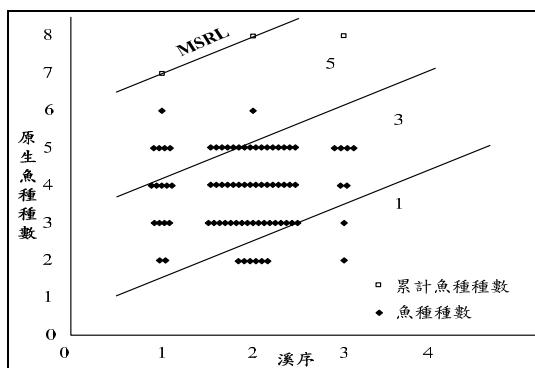


圖 5 . 頭汴坑溪集水區原生魚種數分布與
最大魚種豐度線

Figure 5 . The MSRL of native fish species in
Tou-Bian-Keng creek watershed.

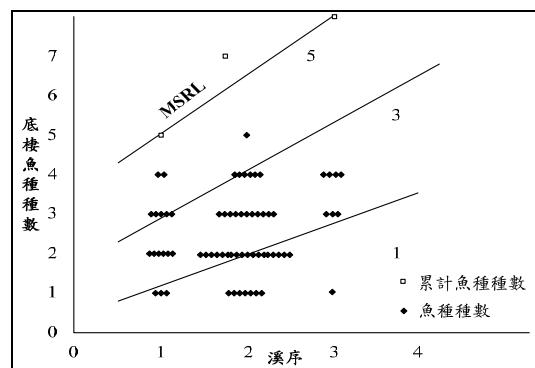


圖 6 . 頭汴坑溪集水區底棲魚種數分布與
最大魚種豐度

Figure 6 . The MSRL of benthic fish species in
Tou-Bian-Keng creek watershed.

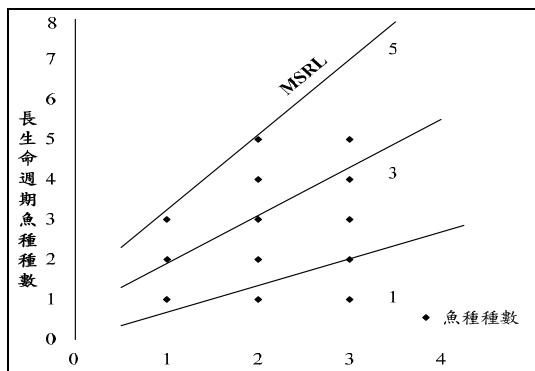


圖 7 . 頭汴坑溪棲息水層中魚種數分布與
最大魚種豐度

Figure 7 . The MSRL of water column fish species in
Tou-Bian-Keng creek watershed

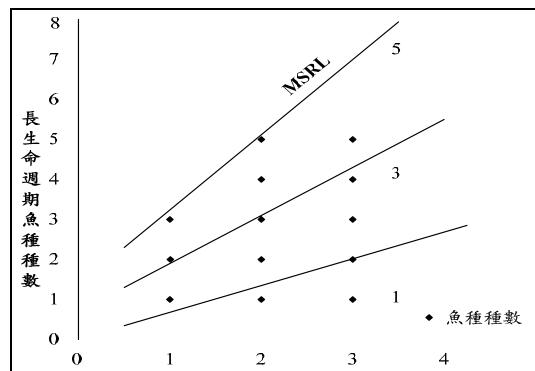


圖 8 . 頭汴坑溪集水區長生命週期魚種數與
最大魚種豐度

Figure 8 . The MSRL of long-lived fish species in
Tou-Bian-Keng creek watershed.

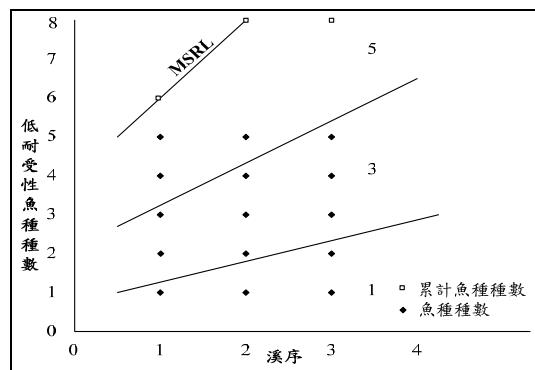


圖 9 . 頭汴坑溪集水區低耐受性魚種數與
最大魚種豐度

Figure 9 . The MSRL of intolerant fish species in
Tou-Bian-Keng creek watershed.

表 4. 頭汴坑溪集水區魚種類豐多度與組成評分等級表

Table 4 . The score of fish species richness and composition in Tou-Bian-Keng creek watershed.

評估項目(metric)		種數 溪序	評分等級		
			1 分	3 分	5 分
一、種類豐多度與組成					
1	原生魚種數	1	1	2-4	5
		2	2	3-5	6
		3	3	4-6	7
2	底棲性魚種數	1	1	2-3	4
		2	2	3-4	5
		3	2	3-5	6
3	棲息水層中魚種數	1	0	1	2
		2	0	1-2	3
		3	1	2-3	4
4	長生命週期魚種數	1	0	1	2
		2	1	2-3	4
		3	2	3-4	5
5	低耐性魚種數	1	1	2-3	4
		2	1	2-4	5
		3	2	3-5	6
6	高容忍性魚類個體的百分比		< 5%	5-20%	> 20%
二、魚類營養階層					
7	雜食性魚種個體的百分比		< 20%	20-45%	> 45%
8	食蟲性小魚個體的百分比		> 45%	45-20%	< 20%
9	食魚性魚種(最高階肉食性魚種)個體的百分比		> 5%	5-1%	< 1%
三、樣本中魚類個體的數量與狀態					
10	魚類取樣個體數	1	18	19-36	37
		2	32	33-64	65
		3	44	45-88	89
11	外來種或雜交種個體的百分比		0%	0-1%	> 1%
12	生病或畸形個體的百分比		0-2%	2-5%	> 5%

表 5. 頭汴坑溪集水區各測站河川品質等級
Table 5 . The river quality at stations in Tou-Bian-Keng creek watershed.

測站	品質	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
第一季	IBI	44	42	34	34	36	30	34	38	38	34	38	36	40	40	30	42	38	32	32	32
	等級	●	●	○	○	○	○	○	●	●	○	●	●	●	○	●	●	○	○	○	○
第二季	IBI	46	44	36	38	32	34	36	40	38	36	34	34	34	30	32	34	28	32	30	27
	等級	●	●	○	●	○	○	○	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
第三季	IBI	36	44	34	36	34	36	36	46	44	36	42	36	28	34	30	32	34	32	38	32
	等級	○	●	○	○	○	○	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○	○	●	○
第四季	IBI	42	36	34	36	36	32	36	34	36	34	46	38	38	38	34	36	28	32	22	38
	等級	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	△	●

註：●代表尚可(fair)，○代表差(poor)，△代表極差(very poor)。

(二)若以生物完整性為評估標的，則魚類生物整合指標(IBI)，建立修正已有20餘年的歷史，且在世界各地進行評估時，均能獲致滿意成果。本研究利用IBI於頭汴坑溪進行評估，也能反應溪流水質及生態狀況，且魚類體型大易於辨識，實際操作亦甚為簡便，值得推薦應用。

誌謝

本研究感謝行政院農業委員會水土保持局補助經費，並感謝特有生物保育中心李訓煌組長、張世倉研究員等所率領的團隊協助魚類調查。

參考文獻

1. 王漢泉，(2002)，「台灣河川水質魚類指標」，環境檢驗 40 : 44-46。
2. 中央研究院，(2003)，魚類資料庫，<http://fishdb.sinica.edu.tw/>。
3. 林信輝(主編)，野溪生態調查及棲地改善模式之建置，成果報告書，p.37-42，行政院農業委員會水土保持局委託計畫。
4. 張明雄、王慎之、張廖年鴻、邵廣昭，(1999)，第七章魚類，「淡水河系生物相調查及生物指標手冊建立」，p.7-1~7-29，台北：行政院環境保護署。
5. 環保署，(2003)，「一般河川生物指標」，<http://www.epa.gov.tw/waterpollution/nature/河川生物指標.pdf>。
6. David, A.J., (1995), *Stream Ecology Structure and Function of Running Water.* Chapman & Hall, New York. p.329-330.
7. Fausch, K.D., Karr, J.R. and P.R. Yant, (1984), Regional application of an Index of Biotic Integrity base on stream fish communities. *Transactions of the American Fisheries Society* 113:39-55.
8. Karr, J.R., (1991), Biological integrity: A long-neglected aspect of water resource management. *Ecological Applications* 1:66-84.
9. Karr, J.R., (1981), Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6(6):21-27.
10. Karr, J.R. and D.R. Dudley, (1981), Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management* 5(1):55-68.
11. Kesminas, V. and T. Virbickas, (2000), Application of an adapted index of biotic integrity to rivers of Lithuania, *Hydrobiologia* 422: 257-270.
12. Kovacs, T.G., P.H. Martel and R.H. Voss, (2002), Assessing the biological status of fish in a river receiving pulp and paper mill effluents, *Environmental Pollution* 118(1): 123-140.
13. Langdon, R.W., (2001), A preliminary index of biological integrity for fish assemblages of small coldwater streams in Vermont, *Northeastern Naturalist* 8 (2): 219-232.
14. Liang, S.H. and B.W. Mensel, (1997), A new method to establish scoring criteria of the Index of Biotic Integrity. *Zoological Studies* 36(3):240-250。
15. Schulz, E.J., MV Hoyer, DE Canfield, (1999), An index of biotic integrity: A test with limnological and fish data from sixty Florida lakes, *Transactions of the American Fisheries Society* 128 (4): 564-577.
16. Smith, D.S. and P.C. Hellmund., (1993), *Ecology of Greenways*, University of Minnesota, U.S.A. pp87-88.

林信輝、蔡志偉、李明儒：生物整合指數之建立與應用－以頭汴坑溪集水區為例

17. Steedman, R.J., (1988), Modification and assessment of an index of biotic integrity to quantify stream quality in southern Ontario. *Canada Journal of Fisheries and Aquatic* 45:492-501.
18. Woodley, S., J. Kay, G. Francis, (1993), *Ecological Integrity and the Management of Ecosystems*. ST. Lucie Press, U.S.A. pp.94-95.

95 年 09 月 03 日 收稿

95 年 10 月 01 日 修改

95 年 10 月 09 日 接受