

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

水庫集水區溪流棲地變遷對魚類及水生昆蟲之衝擊影響及
生態評估

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-216-008-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：中華大學休閒遊憩規劃與管理學系

計畫主持人：朱達仁

計畫參與人員：施君翰、謝宜衡

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 30 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

水庫集水區溪流棲地變遷對魚類及水生昆蟲之衝擊影響及生態評估

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC94-2211-E-216-008-

執行期間：94年8月1日至95年7月31日

計畫主持人：朱達仁

計畫參與人員：施君翰、謝宜衡

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中華大學休閒系

中 華 民 國 95 年 7 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

水庫集水區溪流棲地變遷對魚類及水生昆蟲之衝擊影響及生態評估

The evaluation of environmental impact and ecological effect on fish and aquatic insects by the change of the stream habitat within reservoir watershed

計畫編號：NSC94-2211-E-216-008-

執行期限：94年8月1日至95年7月31日

主持人：朱達仁 中華大學休閒系助理教授

計畫參與人員：施君翰 國立台灣大學漁業科學研究所
謝宜衡 中華大學營建管理研究所

一、中文摘要

本研究為評估水庫集水區溪流棲地變遷對魚類及水生昆蟲之衝擊影響及生態，選定自然受風災的石門水庫及生態工程整治區域的湳仔溝溪進行分析。在石門水庫案例中，本研究期間由2003年2月至2005年10月12季的採樣調查，以石門水庫上游集水區八個採樣站為研究區域，調查水質物理化學特性、魚類群聚結構、水生昆蟲群聚及棲地評價等。並應用河川污染指標法（RPI），生物整合指標法（IBI）、水生昆蟲科級生物指標（FBI）及定性棲地評價指標（QHEI）等作為評估方法，藉以探討評估石門水庫上游集水區溪流棲地變遷對魚類及水生昆蟲之衝擊影響。研究結果顯示：艾莉風災對石門水庫帶來嚴重的影響，由於部份區域土石流造成棲地變遷，對魚類及水生昆蟲有很大的破壞，至今仍有區域尚未恢復，急待復育計畫之進行。

在溪流生態工程案例方面，本研究於2003年11月至2005年10月，以桃園縣石門水庫上游湳仔溝溪第一期整治工程之生態工法整治區，選擇整治工程施作及未施工兩類區域進行環境監測調查，藉以探討評估工程整治，對於造成棲地變遷，對魚類及水生昆蟲生態的衝擊。結果顯示湳仔溝溪施工區及其下游測站明顯受工程施作影響，並反應

在水質及魚類及水生昆蟲群聚結構、生物指標評估數值等變化。施工中發現魚類污染忍受度較低及游泳速度較快的種類明顯減少，水質濁度增加、水質變差，所應用之 IBI、QHEI、FBI、RBP 其數值呈現下降。

關鍵詞：環境影響評估、生態效益、生物整合指標法、科級生物指標法、快速生物評估法III

Abstract

The study period dating from 2003 winter to 2005 autumn, the monitoring occurs at eight sampling sites in the tributaries of Shihmen reservoir. Sampling at each site including physical/chemical samples and community structure of fishes, aquatic insects and algae. In this paper, we use the evaluating methods following River Pollution Index (RPI), Index of Biotic Integrity (IBI), Family-Level Biotic Index(FBI), Qualitative Habitat Evaluation Index (QHEI) for evaluating ecological condition and water quality in the tributaries of Shihmen reservoir.

By using these indexes indicated that Aly typhoon have made seriously effects. Till now some areas still not restore to original status.

The second case, we are interest to discuss the restoration of Nanzaigou

stream by ecoengineering method. In past, the study period dating from 2003 November to 2005 October, the monitoring was performed at two kinds of sampling sites which one stream repair by the ecological engineering concepts at Nanzaigou stream of Shihmen Reservoir. Each site's sampling included of physical/chemical samples and community structure of fish and aquatic insects. The evaluating methods were applied the Index of Biotic Integrity (IBI), River Pollution Index (RPI), Qualitative Habitat Evaluation Index (QHEI) for assessing the environmental impact of stream repair.

These results indicated that (1) the employed IBI, RPI and QHEI had provided useful techniques for evaluating biological and environmental condition due to stream repair. And the variation had significant correlation with the river pollution index(RPI) and other water quality factors. (2) The assessment of environmental impact showed that it had been affected and became worse after the beginning of stream repair. The water quality became worse and the biological condition were descendent.

Keywords : Environmental Impact, Ecological effect, Index of Biotic Integrity, Family-level Biotic Index, RBP III

二、緒論

河川溪流是許多生物生育與活動的重要棲地(汪靜明, 1996; 1999), 為維護自然生態資源、保護溪流水源、促進水資源永續利用, 在溪流整治過程中, 亟需積極規劃與推動溪流生態工法, 以改變過去集水區治理相關工程過於注重安全性和實用性, 而忽略對生態

環境的影響。

由於過去社會大眾對於溪流生態知識不足, 而工程人員亦習慣沿用傳統工法, 使一些防洪防災的整治工程雖達到保障安全之目的, 但卻無形中造成自然生態物種及景觀之破壞。最近幾年台灣災害頻傳, 包括嚴重的風災、不當的政策與施工方法, 是國內生態環境遭遇浩劫的主因, 有鑑於此, 各界已思考如何解決因「人為過當開發」所衍生的問題, 並期待運用生態工法進行整建。

自然生態工法的研究發展於歐美國家已有四、五十年歷史, 國內方面, 由於環境之保育近來普獲各界重視, 隨著研究、應用以及推廣等知識累積, 生態工法的內涵不斷被賦予更深層的意義。以河川整治工法而言, 不僅要使河川具備安全及防災功能, 更須營造合乎生態理念之親水性的利用型態, 於施工期間, 除考量工程施做對生態所造成的衝擊外, 並應強調工程與環境之調和, 藉由工程手段減緩衝擊, 最終以恢復溪流的生命力, 提升環境生活品質、維護自然景觀及生態平衡等為目標。

汪靜明教授(2004)更提出生態工法係以生態為基礎、安全為導向的永續系統工程。強調透過人為環境與自然環境之互動達到互利共生(symbiosis)目的。現今「生態工法」的呼聲與日俱增, 同時其共識也愈來愈強, 生態工法因此有較強的著力點。蒐集國內相關溪流整治案例, 包括內湖大溝溪上游、虎山溪、丁子蘭坑溪、后番子坑溪、大屯溪、中寮鄉樟平溪、頭前溪隆恩堰增設魚道工程、墾丁石牛溪邊坡穩定及植生、蘭陽溪五結堤等數十項工程, 就工程而言都獲得不錯的成效。而這些案例中隨著溪流之生態工法整治, 國內學術界亦開始對整治前中後之水域生物進行指標

或評估之研究，尤其在各型動植物及藻類相方面，累積相當寶貴資訊(唐等，2003；唐和李，2003；陳等，2003；朱等，2004)。

依據國外生態工法河溪整治經驗，整治前、中、後有必要了解是否受影響，及是否達到某程度之生態效益，這些環境敏感評估技術是生態工法推行必行之方向。由於過去知許多的整治開發都必須經過環評程序，而環評項目也相當的多且廣。包括：物理及化學、生態、景觀及遊憩、社會經濟及文化等。由於所進行之環境影響評估項目涉及範圍太廣，營運或使用單位不是容易編入很大的費用來調查與評估。因此，在後續的環境影響評估應朝向簡易型操作容易、項目少且具代表性、經費使用少等的技術或方法來進行。

Larry (1998) 指出環境影響評估的方法有相當多，包括明細表法及矩陣法 (Checklists and matrix)、迅速評估技術 (Rapid assessment techniques)、預測法 (Predictive methods)、環境風險評估 (Environmental risk assessment) 等。由於各項方法的分析目的及特性各有不同，因此依據不一樣的需求與特性使用不同之方法。資料與因子的獲得愈詳細，影響評估及詮釋就愈精準與清晰。但國內尚未建立成熟之評估模式之際，又因費用及時間等因素，致無法尋求一定模式，故應以熟悉客觀的需求與發展進行有效作業。

郭一羽教授(2001)指出一個環境的特質受其環境因子的長期影響而造成某一類生物族群結構上的消長，特別能代表當時的時空情境，這一類的生物族群便可作為這個環境或生態系的指標生物。由於魚類及水生昆蟲對環境有特定的敏感度，因此可藉由其對環境變

遷的反應，如生物量、數量或群聚結構的改變，甚至應用許多生物指標法，如生物多樣性指數作為環境監控的依據。過去便有許多研究指出，魚類及水生昆蟲可適切地指出環境的波動狀態 (朱，2004；朱等，2004；汪等，2004)。由於魚類及水生昆蟲生物群聚為水域生態系中重要的一環，故可反應該特定水域綜合的、累積的特性。又由於其對環境惡化的忍耐界限，隨種類之不同而有相當大的差異，因此魚類及水生昆蟲其群聚分佈被認為是環境改變評估的最佳指標。

由於2004年八月份艾莉颱風來襲，對於石門水庫庫區及集水區造成非常大的影響，由於大量的降雨，產生土石流，形成高的濁度及上游帶下來之漂浮物，造成棲地變遷，導致生物受到很大的影響。因此，本研究應用生物整合指標法 (Index of Biotic Integrity, IBI) (Karr, 1981; 1991; 朱, 2004; 朱等, 2004) 及 Hilsenhoff 科級生物指標 (Family-level Biotic Index, FBI)(Hilsenhoff, 1988)、快速生物評估法 III (Rapid Bioassessment Protocol III, RBP III)(Plafkin et al., 1989)，藉以評估探討了解桃園縣石門水庫上游集水區自然溪流，受艾莉颱風後棲地變遷對魚類及水生昆蟲之影響。另探討湳仔溝溪進行生態工法施作，所造成棲地變遷，對魚類及水生昆蟲之影響，俾以此作為分析生態工法之效果。

三、研究區域及內容

3.1 石門水庫

本研究以石門水庫上游集水區八個採樣測站為研究區域，位置分別為上游段秀巒、馬里光，中游段新興、下蘇樂，下游段羅浮、及大漢河流域重要支

流雪霧閣溪、接近水庫區旁之三民溪、
 滿仔溝溪等共八站。

因此本研究期距以本人過去研究
 資料，自 2003 年至 2004 年計 8 季(2、
 5、8、10 月)採樣資料，加入本計畫
 2005 年 4 季之採樣資料，共 12 季採樣
 資料，藉以了解艾莉颱風前後各測站棲
 地變遷對魚類及水生昆蟲之影響。

3.2 滿仔溝溪

滿仔溝位於桃園縣大溪鎮內，發源
 於新峰里北側標高 470m 之山區，於龍
 珠灣流入石門水庫。本研究以滿仔溝溪
 流域六個採樣站，位置分別為未整治區
 域上游段測站 1：百吉四號橋、測站 2：
 滿仔溝二號橋；整治的中游段測站 3：
 龍行橋、測站 4：鳳儀橋、測站 5：新
 福圳；整治的下游段測站 6：懷德橋等
 共六站。滿仔溝第一期整治工程期距為
 2004 年 3 月至 2004 年 11 月，本研究
 調查期距以 2003 年 11 月至 2005 年 10
 月，採樣頻度每季採樣壹次，藉以了解
 前後各測站棲地變遷對魚類及水生昆
 蟲之影響。

四、材料與方法

1. 定性棲地評估指標(QHEI)

棲地評估係依據美國環保署所公
 佈之定性棲地評估指標(Qualitative
 Habitat Evaluation Index, QHEI)
 (Rankin, 1989) 評價方法進行，項目
 如表 4-1。六大項評估後，最後將六項
 評估分數加總，得到評價總分，如表
 4-2 棲地評估指標積點等級表所示。

表4-1 QHEI屬性類別及評分表

| 評估屬性類別 | 評估內容 | 評分(總分: 114) |
|------------|----------------|-------------|
| 基質(底質類型) | 底質大小、掩蓋 | 24 |
| 魚類遮蔽度 | 植被型態、覆蓋程度 | 20 |
| 河川形狀和人為影響 | 曲度、渠道化、穩定性 | 20 |
| 河川林地及溼地和沖蝕 | 濱溪植被、河岸侵蝕 | 20 |
| 水深及流速 | 深度、流速 | 15 |
| 淺灘、急流/底質 | 淺灘、急流之深度、流速、底質 | 15 |

表4-2 棲地評估指標積點等級表

| 級序 | 評價積點 | 等級 |
|-----|----------|-----------|
| 第一級 | >100 分 | Extra |
| 第二級 | 81-100 分 | Excellent |
| 第三級 | 61-80 分 | Medium |
| 第四級 | 41-60 分 | Poor |
| 第五級 | 0-40 分 | Very Poor |

資料來源：朱等(2004a)

2. 河川污染指標 (RPI)

為了解各測站的水質的整體品
 質，乃根據環保署所訂定之河川污染指
 標 (RPI)，計算項目如表 4-3 河川污染
 等級表計算方法所示。

表4-3 河川污染等級表

| 污染等級 | A:未(稍)受污染 | B:輕度污染 | C:中度污染 | D:嚴重污染 |
|------------------------------|-----------|-----------|----------|---------|
| 溶氧量(DO) | 大於 6.5 | 4.6-6.5 | 2.0-4.5 | 小於 2.0 |
| 生化需氧量 (BOD ₅) | 小於 3.0 | 3.0-4.9 | 5.0-15.0 | 大於 15.0 |
| 懸浮固體(SS) | 小於 20 | 20-49 | 50-100 | 大於 100 |
| 氨氮(NH ₃ -N) | 小於 0.50 | 0.50-0.99 | 1.0-3.0 | 大於 3.0 |
| 點數 | 1 | 3 | 6 | 10 |
| 積分 | 不及 2.0 | 2.0-3.0 | 3.1-6.0 | 大於 6.0 |

資料來源：行政院環保署

3. 生物整合性指標(IBM)

本研究以生物整合性指標法(IBM)
 來進行魚類綜合矩陣的建構，並以此進
 行棲地變遷對魚類之影響。由於本研究
 與國外魚種屬性和考慮的需求不同，因
 此應用其中九項矩陣如表 4-4 所示
 (朱，2004；朱，2005；朱，2006)。

由上述各項指標矩陣及評分標
 準，以累加平均求得之 IBM 值，將指
 標值與生物狀態劃分為四個影響等級，等
 級劃分如表 4-5 所示。

表4-4 IBM法中各項指標之評分標準

| Metrics | Rating of Metric | | |
|--------------------------------------|------------------|-----------|-------|
| | 5 | 3 | 1 |
| 物種豐富性 | | | |
| 1.Total number of fish species | ≥ 10 | 4-9 | 0-3 |
| 2.Number of water column species | ≥ 5 | 1 | 0 |
| 3.Number of benthic species | ≥ 3 | 1 | 0 |
| 生物移動性 | | | |
| 4. Number of fast-moving species | ≥ 5 | 1-2 | 0 |
| 污染耐受性 | | | |
| 5. Number of intolerant species | ≥ 3 | 1-2 | 0 |
| 營養攝食特性 | | | |
| 6. % of individuals as omnivores | <60% | 60-80% | >80% |
| 7. % of individuals as insectivorous | >45% | 20-45% | <20% |
| 生物種類豐度 | | | |
| 8. Number of individuals in sample | ≥ 101 | 51-100 | 0-50 |
| 生物多樣性 | | | |
| 9.Shannon diversity, H' | >1.52 | 1.17-1.52 | <1.17 |

表4-5 生物整合指標法分數值範圍與所相對之水質等級

| Biological condition Category | Score Range |
|-------------------------------|-------------|
| Non-impaired | 30-45 |
| Slightly impaired | 21-29 |
| Moderately impaired | 11-20 |
| Severely impaired | 0-10 |

4. 科級生物指標(FBI)

本研究應用 Hilsenhoff 之科級生物指標 (FBI) 評估水質之有機污染 (Hilsenhoff, 1987)。其計算式如 4.1 式：

$$FBI = \sum \frac{(a_i \times n_i)}{N} \quad (4.1)$$

其中 a_i ：第 i 科水棲昆蟲之污染忍受值
 n_i ：第 i 科水棲昆蟲之個體數

N ：各採樣站水棲昆蟲之總個體數

由上述公式求得之 FBI 值，將水質與指標值劃分為七個水質等級，等級如表 4-6。

表4-6 Hilsenhoff科級生物指標(FBI)之指標值範圍與相對之水質等級。

| Water Quality | FBI Score Range |
|---------------|-----------------|
| Excellent | 0.00-3.75 |
| Very Good | 3.76-4.25 |
| Good | 4.26-5.00 |
| Fair | 5.01-5.75 |
| Fairly Poor | 5.76-6.50 |
| Poor | 6.51-7.25 |
| Very Poor | 7.26-10.00 |

5. 快速生物評估法 III (RBP III)：

本研究另以快速生物評估法 III (RBP III) (Plafkin et al., 1989)，使用七項生物指標評估河川之水質環境程度。各項指標如表 4-7。

最後各項指標之權重設定為相等，其給分方式與水質等級、相對指標值，如表 4-7 及表 4-8。

表4-7 快速生物評估法III中各項指標矩陣之評分標準

| Metrics | Biological Condition Scoring Criteria | | | |
|--|---------------------------------------|---------|---------|------|
| | 6 | 4 | 2 | 0 |
| 1. Taxa richness ^(a) | >80% | 60-80% | 40-60% | <40% |
| 2. Hilsenhoff biotic index ^(b) | >85% | 70-85% | 50-70% | <50% |
| 3. Ratio of scrapers/fil. collectors ^(a,c) | >50% | 35-50% | 20-35% | <20% |
| 4. Ratio of EPT and Chironomid abundances ^(a) | >75% | 50-75% | 25-50% | <25% |
| 5. % contribution of dominant taxon ^(d) | <20% | 20-30% | 30-40% | >40% |
| 6. EPT index ^(a) | >90% | 80-90% | 70-80% | <70% |
| 7. Community loss index ^(e) | <0.5 | 0.5-1.5 | 1.5-4.0 | >4.0 |

表4-8 快速生物評估法III之指標數值範圍與所相對之水質等級

| Biological condition Category | Score Range |
|-------------------------------|-------------|
| Non-impaired | 4.6-6.0 |
| Slightly impaired | 3.1-4.5 |
| Moderately impaired | 1.6-3.0 |
| Severely impaired | 0.0-1.5 |

五、個案結果與討論

5.1 石門水庫個案

1. 石門水庫受艾莉風災造成棲地變遷

石門水庫受艾莉風災造成部份區域棲地變遷，我們可由下底質組成比例變化可看出，如下圖 5-1 以秀巒為例。

本研究在石門水庫上游「秀巒」測點利用相同穿越線法記錄秀巒測站內底石種類與比例，分析出秀巒的底石組成種類主要以大漂石、小漂石為主。本研究在 2004 年秋季艾莉風災過後的幾季調查結果中顯示，因大水沖刷造成整體水域型態改變，變成以砂土黏土、礫石為主的底質組成型態。2005 年 8 月及 10 月兩季持續的監測，發現上游水中砂土的含量仍然相當高，造成底質組成以砂土黏土為主。

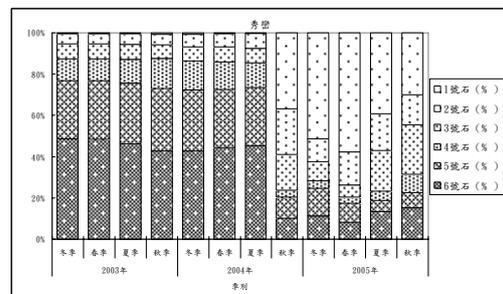


圖 5-1 秀巒季別底質組成變化圖

另外應用棲地評估指標來評估棲地等級，QHEI 得分愈高代表棲地環境品質愈良好，各測站 QHEI 值季別變化情形及等級劃分結果如圖 5-2 所示。由圖顯示，三年 12 季的調查中，除三民測站及湊仔溝測站部份季別落在第三級至第五級之外，其他測站棲地評估後的結果皆為第一級至第二級，棲地環境品質良好。但艾莉風災來襲後，2004 年秋季部份測站有明顯下降的情形，評估為等級三至等級四。風災後部份測站至今仍未恢復。

由棲地評估可看出，棲地等級不佳的有三民，主要棲地型態不佳。另也因風災導致棲地品質不佳，如秀巒、馬里光、新興、下蘇樂及羅浮。

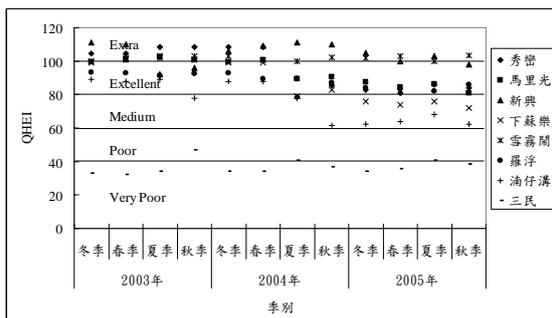


圖 5-2 石門水庫上游集水區各測站 QHEI 指數季別變化圖

2. 生物評估指標分析之結果

(1) 生物整合指標法評估結果

魚類生物應用生物整合指標來評估，IBI 數值愈高表示生物環境狀態愈佳。各測站 IBI 值季別變化情形及等級劃分結果如圖 5-3 所示。由圖顯示，2003 年冬季至 2004 年夏季，數值多落在第一級 (Non-Impaired) 至第二級 (Slightly Impaired) 間。但 2004 年秋季艾莉風災來襲後，各測站數值有明顯下降的情形，評估為第二等級 (Slightly Impaired) 至第三等級 (Moderately impaired)。風災後部份測站至今仍未

恢復。

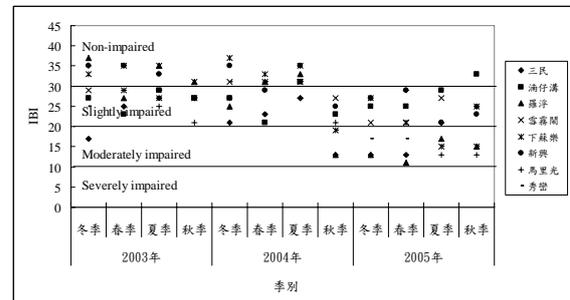


圖 5-3 石門水庫上游集水區各測站 IBI 指數季別變化圖

(2) 科級生物指標法評估結果

水生昆蟲應用科級生物指標法來評估，各測站之 FBI 值與相對水質等級如圖 5-4 所示，FBI 值愈低表示生物環境狀態愈佳。

由圖 5-4 顯示，上游段秀巒測站 12 季所估算出 FBI 值評估等級大部分皆呈現第一級 (Excellent)，評估為無污染。馬里光測站所估算出 FBI 值三年 12 季除 2004 年秋季為第三級 (Good)，其餘季節評估等級皆介於第一級 (Excellent) 至第二級 (Very Good) 之間。2004 年秋季的等級下降主要為艾莉颱風所造成。

中游段新興測站所估算的 FBI 數值三年皆呈現第一級。下蘇樂測站所估算的 FBI 數值同其他測站 2004 年秋季，呈現較高數值為第三等級。其他季節皆介於第一級 (Excellent) 至第二級 (Very Good) 之間。

下游段羅浮測站所估算的 FBI 數值介於 2.00~6.25 間，三年中 2003 年皆呈現第一級 (Excellent)，2004 年秋季受艾莉颱風影響為第五級 (Fairly Poor)。大漢河流域重要支流雪霧閣溪測站，所估算的 FBI 數值介於 2.85~3.73 間，皆呈現第一級 (Excellent)。

接近水庫區旁之三民、湊仔溝測站

所估算的 FBI 數值介於 3.80~6.14 間，評估等級皆呈現第二級 (Very Good) 至第五級 (Fairly Poor)。此兩測站水質環境明顯受到家庭污水及垃圾之污染。

另外，由圖 5-4 得知三民站與浦仔溝站數值較高，而其他測站除 2004 年秋季受艾莉颱風影響等級下降，均在第一級與第二級間。

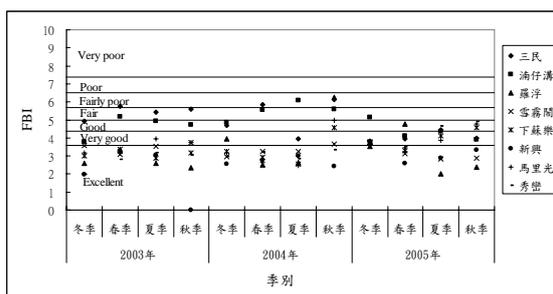


圖 5-4 石門水庫上游集水區各測站 FBI 指數季別變化圖

(3) 快速生物評估法 RBPIII 水質評估
經由計算，十二季中各測站每季的 RBP 值與相對水質等級如圖 5-5 所示。各測站之比較顯示，三民站與浦仔溝站數值較低，而其他測站除 2004 年秋季受颱風影響等級下降，均在第一級 (Non-impaired) 與第三級 (Moderately impaired) 之間。2005 年持續的調查分析後發現，風災的影響造成所有的測點均呈降級的狀況。

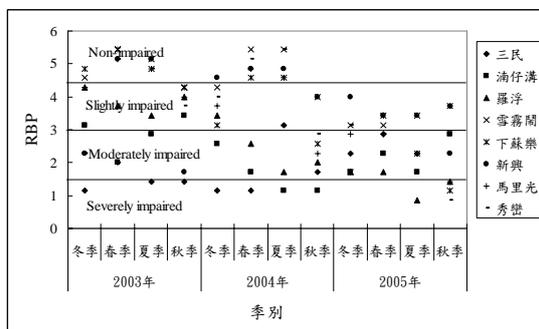


圖 5-5 石門水庫上游集水區各測站 RBP 指數季別變化圖

另外以相關分析探討各指數間之

相關如表 5-1。由表顯示 IBI 與 RBP、QHEI 呈現顯著負相關，FBI 與 RBP、QHEI 呈現顯著正相關。

表 5-1 IBI、FBI、RBP、QHEI 各指數間之相關係數

| | IBI | FBI | RBP | QHEI |
|------|---------|----------|---------|------|
| IBI | 1 | | | |
| FBI | -0.278 | 1 | | |
| RBP | 0.459** | -0.466** | 1 | |
| QHEI | 0.341** | -0.649** | 0.371** | 1 |

5.2 浦仔溝溪-生態工法整治個案

1. 生物評估模組分析之結果

(1) 生物指標法 IBI 水質評估

各測站 IBI 值月別變化情形及等級劃分結果如圖 5-6 所示，IBI 值愈高表示生物環境狀態愈佳，由圖顯示 2004 年春季開始施工後中、下游測點的變化十分明顯，測站 4：鳳儀橋、測站 5：新福圳 IBI 指標等級降至第二級 (Slightly impaired) 至第三級 (Moderately impaired) 之間，顯示環境變得不佳，明顯受影響，整體有顯著降級的趨勢。2005 年春季第一期施工結束後，各測站有逐漸回復的情形。

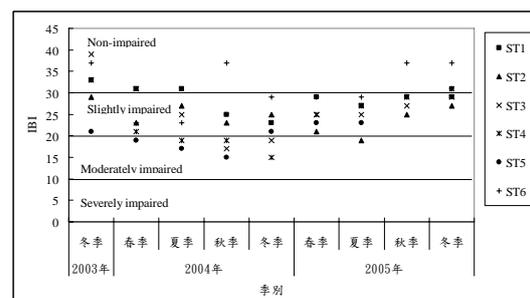


圖 5-6 浦仔溝溪各測站 IBI 指數月別變化圖

(2) 科級生物指標 FBI 水質評估

科級生物指標 FBI 值愈低表示生物環境狀態愈佳。各測站 FBI 值季別變化情形及等級劃分結果如圖 5-7，由圖顯示，在施工前 FBI 值介於 3.42 至 4.27 之間，落於第一等級 (Excellent) 至

第三等級(Good)。施工後，部分測站的 FBI 值開始明顯下降，測站 4：鳳儀橋的 FBI 值更下降至第五等級(Fairly Poor)，顯示施工點對於水生昆蟲之影響相當明顯。

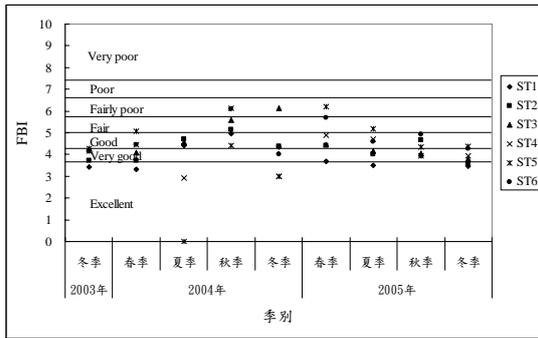


圖 5-7 浦仔溝溪各測站 FBI 指數月別變化圖

(3)快速生物評估法 RBPIII 水質評估
經由計算，各測站每月之 RBP 值與相對水質等級如圖 5-8 所示。RBP 值愈高表示生物環境狀態愈佳。本研究自 2003 年 11 月至 2005 年 10 月間，各測站 RBP 數值介於 0.85~4.57 之間，在未施工前各測點 RBP 數值介於 1.42~4.57 間，2004 年春季施工後，測站 4：鳳儀橋、測站 5：新福州 RBP 值顯著整體向下降級。

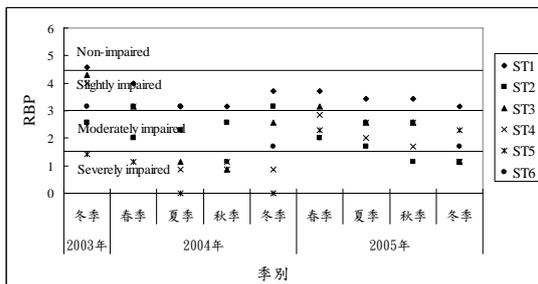


圖 5-8 浦仔溝溪各測站 RBP 指數月別變化圖

2. 水質水文模組分析之結果

(1) 河川污染等級指標

由 RPI 得到之結果顯示如圖 5-9，

在施工前各測點其水體是屬於未受至稍受污染程度。2004 年春季後開始施工後，中、下游施工測點 RPI 值升高，水質狀況落在輕度污染至中度污染間。

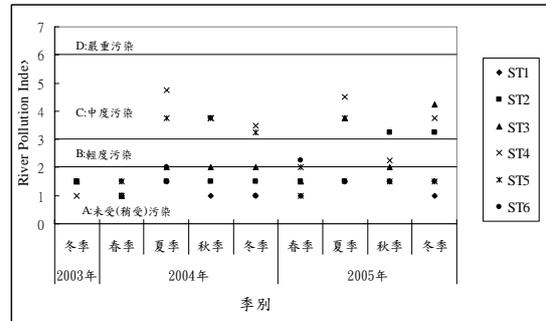


圖 5-9 浦仔溝溪各測站月別 RPI 變化情形

3. 棲地環境評估模組分析之結果

(1) 棲地評估指標 QHEI

棲地評估指標 QHEI 得分愈高代表棲地環境品質愈良好，各測站 QHEI 值季別變化情形及等級劃分結果如圖 5-10 所示。由圖顯示，在施工前 QHEI 值介於 75 至 92 之間，落於第二等級(Excellent)及第三等級(Medium)。在工程開始施工後，部分測站的 QHEI 值開始明顯下降，測站 4：鳳儀橋的 QHEI 值更下降至第五等級(Very Poor)，顯示棲地環境品質明顯的受工程施工的影響。

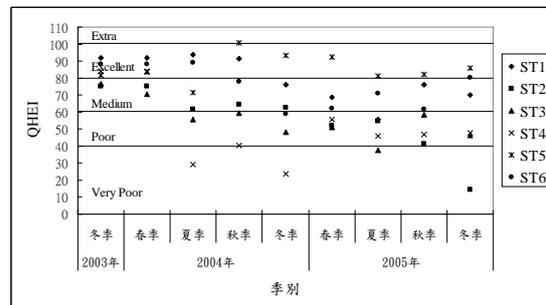


圖 5-10 浦仔溝溪各測站 QHEI 指數月別變化圖

另外以相關分析探討各指數間之相關如表 5-2。由表顯示 RPI 與 IBI、

RBP、QHEI 呈現顯著負相關，IBI 與 RBP、QHEI 呈現顯著正相關。

表5-2 IBI、RPI、FBI、RBP、QHEI各指數間之相關係數

| | RPI | IBI | FBI | RBP | QHEI |
|------|----------|---------|-------|--------|------|
| RPI | 1 | | | | |
| IBI | -0.406** | 1 | | | |
| FBI | 0.22 | -0.68 | 1 | | |
| RBP | -0.581** | 0.717** | -0.12 | 1 | |
| QHEI | -0.458** | 0.392** | -0.87 | 0.301* | 1 |

六、結論與建議

1. 石門水庫受風災的影響具大，部份地區仍未恢復，建議相關單位應儘速採取復育計畫措施。
2. 環境的評估所需包含的項目很廣，通常國內最常進行水質的與生物的單一指標評估，但礙於專業性，並不是都能做到的所有面向的分析評判。同時國內的溪流環境評估，調查出來的結果分析數據都是獨立去解釋，對於整體河川溪流的環境的評判解讀較不便。本研究根據溪流環境所需的主要三大方向(水、棲地環境、生物)為原則，探討了解桃園縣石門水庫上游集水區自然溪流，受艾莉颱風後棲地變遷對魚類及水生昆蟲之影響。另探討滴仔溝溪進行生態工法施作，所造成棲地變遷，對魚類及水生昆蟲之影響。
3. 實施溪流整治工程，在基礎環境資料的建立還不夠健全時，工程人員常苦無足夠的參考資料可用於工程之規劃與設計，本研究之評估雖偏重於環境生態方面的評估，但這些環境現況量化之評估值都是工程規劃設計時重要的參考設計資料；前置調查的資料可以供恢復環境景觀構造和基本機能的參考依據；尤其施工階段之監測評估可以有效監控施工範圍週遭環境的影響藉此做為

回饋工程於溪流整治時修正或調整施工方式或設計之參考。

六、計畫成果自評

(A)執行本計畫已完成：

1. 本研究已完成石門水庫上游集水區自然溪流，受艾莉颱風後棲地變遷對魚類及水生昆蟲之影響。並完成探討滴仔溝溪進行生態工法施作，所造成棲地變遷，對魚類及水生昆蟲之影響。完成生態工法執行區之研究驗證，及完成IBI、B-IBI、FBI及RBPIII 進行評估及生態效益探討。
2. 已完成建立工程影響分析相關之生物資料庫，並瞭解其與環境之相關性，作為該水域實施生態工法治理之生物指標依據。
3. 已完成建構指標生物分析準則。建置生物特性資料庫。
4. 建構IBI、FBI 及RBPIII 所需矩陣之基礎資料並進行評估及生態效益探討。
5. 經由結果之比較，認為研究內容已達到原計畫之預期成果，且具有高度之應用價值。本研究及相關計畫研究已發表於國內工程期刊兩篇文章及相關工程研討會十一篇文章。如下：

(期刊)

1. 朱達仁、施君翰、汪淑慧、張睿昇 (2006) 「溪流環境評估常使用的量化生態指標簡介」，台灣林業期刊，第32卷，第2期，第30-39頁。
2. 朱達仁、汪淑慧、呂宗儒(2006) 「應用複合式溪流評估模式探討臺北縣雙溪鄉牡丹溪整治影響之研究研究」，中華建築學刊，第2卷，第4期，第頁。(已接受)

(研討會)

- 1.朱達仁、莊志宏、楊朝平、賴旻佑、鐘廷峰(2006)「丁子蘭溪應用生態工法整治之生態情勢評估」,第十屆海峽兩岸水利科技交流研討會。(11月)
- 2.莊明德、朱達仁、陳有祺、周文杰、汪淑慧、張睿昇、陳羿文(2006)「赤蘭溪整治之生態情勢評估」,第十屆海峽兩岸水利科技交流研討會。(11月)
- 3.朱達仁、莊明德、陳有祺、周文杰、汪淑慧、張睿昇、鐘廷峰(2006)「烏溪之生態情勢評估」,第十屆海峽兩岸水利科技交流研討會。(11月)
- 4.朱達仁、莊志宏、謝宜衡、賴旻佑、汪淑慧、張睿昇、楊朝平(2006)「臺灣溪流整治影響評估模式之指標權重估計」,第十屆海峽兩岸水利科技交流研討會。(11月)
- 5.汪淑慧、朱達仁、郭榮信、呂家威(2006)「應用溪流複合式評估模式評估嘉義縣八掌溪之溪流情勢」,第十屆海峽兩岸水利科技交流研討會。(11月)
- 6.朱達仁、汪淑慧、張睿昇、賴旻佑、鍾廷峰(2006)「應用模糊綜合評價法評估滿仔溝溪生態工法整治之生態情勢」,第十五屆水利工程研討會論文集, H7-H13。
- 7.朱達仁、謝宜衡、汪淑慧、張睿昇、楊文賢(2006)「溪流複合評估模式之指標權重估計」,第十五屆水利工程研討會論文集, H14-H21。
- 8.汪淑慧、朱達仁、郭榮信、呂純瑩(2006)「應用水生昆蟲指標法評估嘉義縣八掌溪之溪流情勢」,第十五屆水利工程研討會論文集, H22-H28。
- 9.朱達仁、施君翰、莊志宏、鍾廷峰、賴旻佑(2006)「應用水生昆蟲指標法評估臺北縣雙溪鄉后番仔坑溪整

治影響之研究」,第十五屆水利工程研討會論文集, H29-H35。

- 10.朱達仁、鄭安盛、任傳民、施君翰、楊文賢(2006)「應用結構方程模式探討指標間權重估計」,第十五屆水利工程研討會論文集, H36-H43。
- 11.朱達仁、張睿昇、汪淑慧、施君翰、謝宜衡、鄭安盛(2006)「應用模糊綜合評價法評估石門水庫集水區棲地品質」,第十五屆水利工程研討會論文集, H36-H43。

(B)協助本計畫的人員,習得許多研究溪流生態評估及指標模式建立所具備的知識和技術。

參考文獻

- 1.朱達仁(2004),「臺北縣雙溪鄉后番仔坑溪應用生態工法整治影響及生態監測評估之研究」,第十四屆水利工程研討會論文集, D91-D98 頁。
- 2.朱達仁、呂宗儒、施君翰、郭一羽(2004),「應用生物整合指標法評估臺北縣雙溪鄉后番仔坑溪整治影響之研究」,水資源管理 2003 研討會論文集, 第 4-87~4-97 頁。
- 3.朱達仁(2004),「臺北縣雙溪鄉后番仔坑溪應用生態工法整治影響及生態監測評估之研究」,第十四屆水利工程研討會論文集, 第 D91-D98 頁。
- 4.朱達仁、李宗儒(2005),「以不同指標評估生態工法溪流整治之生態效益比較-以后番仔坑溪為例」,2005 國際生態工程及水利技術研討會論文集, p.193~p.203。
- 5.陳有祺、溫清光、朱達仁、張睿昇、陳筱華、周文杰(2003),「石門水庫水質監測、水域生態環境及非點源污染之調查研究」(第一、二、三年)報告;經濟部水利署。