

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

以生物回覆率建立河溪生態工程可操作監測準則之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2211-E-216-002-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：中華大學景觀建築學系

計畫主持人：唐先柏

計畫參與人員：李明賢、劉薇芝

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 1 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

以生物回覆率建立河溪生態工程可操作監測準則之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92 - 2211 - E - 216 - 002

執行期間：92 年 08 月 01 日 至 93 年 07 月 31 日

計畫主持人：唐先柏

共同主持人：

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

執行單位：中華大學

中 華 民 國九十年十月五日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

以生物回覆率建立河溪生態工程可操作監測準則之研究

Establish the rivers' bio-indicator system –a case study of Zhong-Kang river.

計畫編號：NSC 92-2211-E-216-002

執行期限：92年8月1日至93年7月31日

主持人：唐先柏* 中華大學景觀建築系副教授

計畫參與人員：李明賢**、劉薇芝 中華大學土木所研究生

一、中文摘要

本研究目的在於探討河川生物與生態不同環境因子之相關性。在中部河川 - 中港溪進行為期一年的生物與試驗組之月採樣，分析各測點之生物相及季節性變化，探討如何應用相關水棲生物做為河川生態工程之生物指標。水中生物的自然生存與繁衍環境，在回復自然或近自然的生態工程，更應以此為設計考量，在生態工程之檢驗與評估需指標生物作為基石，期望本研究之資料可供未來河川生態工程施作時，制訂規範或監測方式之相關資料參考。

關鍵詞：生物回復、生態工程、生物指標

Abstract

Due to the more environmental discredits and concerns of ecological conservation, ecological engineering must be developed in order to meet the environmental requirement. The environment impact assessment surveys and investigations must be taken care of in any large land use projects and adopted by nature conservations and restoration methods whenever possible. At present, studying about bio-indicator has less support, and monitoring the environment, as bio-indicator existence, population composition and a particular community. For applying the aquatic insect species as bio-indicators, only species, ecological diversity, community similarity and seasonal succession change were studied. In addition, the aquatic insects communities grown on different artificially attached substance on riverbed were also studied. The primary result showed the restoration rate of insects species were great potential in further utility of Ecological Engineering.

Keywords: Bio-indicator, Ecological engineering, Environment Restoration

二、緣由與目的

河川是台灣環境極具代表性的自然生態體系之一，台灣許多地方文化發展沿著河川而來。河川

具有教育與科學研究、微氣候調節及提供動植物的活動棲息等多項功能，為生態系中重要的一環。但在過去幾十年，河川環境正面臨著品質退化的問題。其主要原因包含農業與都市土地發展之污染（Allan & Flecker, 1993; Stricker, 1995; Simenstad & Thom, 1996）、棲地破裂或片段化（Lambeck, 1997; 玉井, 2000）、河川物質累積與外來物種的干擾等（Dynesius & Nilsson, 1994; Richter et al., 1997）。

當前台灣生態工程建設與其生態環境間的現況問題，河川整治工程多以「安全」為原則進行規劃設計考量，鮮少考量河川工程對生態環境的衝擊。近來環境意識抬頭，以及民眾對遊憩空間的需求增加（林鎮洋, 2002），加上公部門大力推動生態工程，生態工程成為公共工程與環境保護之重要方向；生態工程現處於觀念宣導及理論整合的磨合階段，缺乏相關操作流程的範例依循，導致大部分對生態工程的推動產生疑問。導致誤以為多植樹等環境綠美化的觀念就是生態工程，卻忽略了生態工程的關鍵過程與真正價值（唐先柏, 2003）。許多生態相關工程進行施作後，對於河川生態工程整治之規劃設計，仍沒有一個具體的評估驗收方法。故擬藉由本研究將河川之生物，在環境不同時之生長變化，並了解河川生物之生長速度與穩定程度。相較於相同環境因生長時間不同。造成生物數量變化作一探討。從實驗中了解生物變化情形，將生物回復生長與生物數量穩定的量化結果，並藉由生物復育概念之導入，增加棲地復育與景觀連結，提出生物指標之方法與建議，以消弭失衡的河川整治建設，降低河川廊道的碎裂，謀求生態環境的永續發展，並提供相關生態工程相關評估制度項目的參考，希望未來在生態工程之規劃、設計、維護管理與評估等工程實務面，能提供有效且實用的參考資訊。

2.1 工程層面的思維

體認生態工法的必要性之餘，加強正確觀念宣導，以減少不必要之誤解及認知落差，以落實生態工法實行，本土化的生態工法執行流程目前尚未完全成型，因此國內亟需一套能輔佐操作與落實生態工法的規劃流程（林鎮洋、邱逸文, 2002）。生態工法施工方式的改變，需針對過去教育中無生態觀念的引入，加強自然生態工程的專業訓練，導

正相關設計理念與提昇設計品質(吳輝龍, 2002)。加強適用「自然生態工法」之研發, 以建立本土化之技術體系。如建立河溪生態工法施工前、中、後對周邊環境生態之變遷影響評估機制(吳輝龍, 2002)。生態工法在起步階段, 但缺乏相關規範技術手冊, 亦常造成環境與生態的衝擊。除考量結構安全外, 尚須探討工程施作對生態之衝擊, 並藉由工程手段使該衝擊降至最低(林鎮洋, 2000)。工程的目的是改善社會環境與生活水準, 故工程應有景觀保護與環境永續發展的觀念(周南山, 2002)。

2.2 生態層面的考量

生態工程中的理念、作法為現階段主流, 生態工程的概念提供地小人稠且環境受嚴重破壞的台灣, 減少降低對生態環境的衝擊。但生態工程的標準何在? 生態工程到底保有了那些當地的物種, 仍沒有一個參考的依據。可藉由生態的基本概念及生態系的穩定與平衡的重要性, 進而論及各種生態系的形成與台灣長期的生態研究(曾晴賢, 1997)。許多的工程師擔心工程品質如何統一評估? 費用又該如何計算? 工程驗收標準何在? 以往工程只有一個標準原則, 就是如何讓工程更堅固安全。生態工程該如何評估其成效, 相信這是最困難的一環也是工程人員最為陌生的一環(汪靜明 2002)。

2.3 工程與生態的差異

生態界考量為整體環境的影響與環境改變後對生物造成的影響, 工程界考量為如何保全人類基本安全需求與達成驗收標準等, 這兩者間有許多的衝突與互相牽制問題存在。最佳解決的方法為實際發展出一套兩者可以接受與平衡的監測模式。生態工程應以環境生態多樣性為基礎, 保存工程介入前當地已存有的生物, 並評估工程完工後對環境改變過程的差異, 在這段施工期前、中、後進行生物的基本調查與環境評估(唐先柏, 2002)。

理想的生物指標不僅可藉由生物對於干擾因子的反應來量化影響程度, 更可整合自然與人為的干擾效應。由於物種對於棲地具有特定的需求。在生態工程中, 要求因地制宜、生態保護等原則下, 如能以生態環境的表現作為驗收項目, 則更可落實規劃設計的理想。目前僅有生態環境檢測與生態指標的研究, 針對生態工程中如何配合工程慣例發展的環境生物指標, 則仍闕如。本研究針對此, 希望尋求可運用的河域生物指標建立的方法。

本研究將生物調查分為三個部分, 第一部份為天然環境中的水棲昆蟲調查(對照組), 第二部份為每個月將實驗塊體放入天然環境中(實驗 A 組), 每個月採樣一次, 了解生物物種在新環境生長之情形、生物回覆情形, 配合相關水質因子環境調查之整合。

三、研究方法及步驟

研究採樣期間為每個月進行一次採樣調查工作, 採樣時間為中午 12 點至 5 點間。採樣條件均於晴天的氣候進行, 大雨過後一星期才進行採樣避

免影響 採樣人員到達每一個採樣測點時, 使用 GPS 找到測點, 隨即進行採樣, 依採樣方法進行。

3.1 生物測項調查 - 對照組生物種類採樣方法

以直徑 10cm 之自製採集網在每一測點採取河川附著性的生物, 採集範圍以測點為中心 10 公尺範圍內的河域, 儘可能選擇以河床底質為卵石且水深不超過 50 公分之處採樣, 於石塊正面與背面上刮取生物樣品一個樣點 4 瓶, 之後將收集於收集網內的物體洗入採樣瓶中, 將所採集的樣品置於冰箱保存。採得的樣本攜回實驗室, 將原取樣品放入固定液, 經混勻後以路戈氏(Lugol's)定量至 100ml 固定。

3.2 樣本鑑定與觀察

將固定後的樣本, 取出進行顯微鏡觀察, 然後鑑定分析、計數與拍照。將樣品置於培養皿中, 置於顯微鏡下進行各樣品中之水棲昆蟲分類鑑定, 並計數各物種出現之數量。水棲昆蟲分類鑑定主要依據相關文獻:(津田, 1962; 川合, 1985; 楊平世, 1990a, 1990b, 1992; 張先正, 1992; 康世昌, 1993; 顏勝紘, 1997; 徐歷鵬, 1997; 梁世雄, 2000)。

3.3 生物測項調查 - 實驗組

(一) 田野生物回覆部分 - 實驗 A 組每個月調查將實驗塊體(水泥材質)四塊放入中港溪每一個採樣點(每月一次), 放置位置為原取樣點附近相同環境區位, 然後每隔一個月定期至實驗區取樣, 再與原取樣點比較分析物種之不同與回覆情形(取樣步驟同對照組生物種類採樣方法)。

四、結果

生物測項資料 - 對照組

4.1 在不同測點的生物物種組成

在東河 DH 與東江 DJ 沒有紅蟲的出現, 蜉蝣在七個測點皆有出現(表 4.4)。以東江 DJ 測點紀錄 12 種水棲昆蟲最多, 東河 DH 測點次之(10 種), 平安 PA 與河背 HB 測點最少(9 種)。單一測點數量以平安 PA 測點最多(1185 隻), 三灣 SW 測點次之(987 隻), 田美 TM 測點最少(213 隻)。紀錄得附著生物總數量為 4,235 隻, 分屬 11 科 21 屬 23 種, 其中以蜉蝣種數達 7 種最多, 石蠅與石蛉最少, 僅各紀錄 1 種。單一物種的個數以搖蚊(*Metriocnemus sp.*)最多(1046 隻)、紅蟲(*Chironomidae sp.*)次之(871 隻), 而石蠅(*Perlidae*)最少(1 隻)。

石蛉分布以東河 DH、東江 DJ、三灣 SW、永興 US 為主, 且分布的季節以 2003 年 11 月分居多。其他三個測點沒有出現。搖蚊在 7 個測點皆出現, 以東江 DJ 與東河 DH 出現的數量較多, 隨季節出現數量變化。

生物測項資料-實驗 A 組(一次/每月)

4.2 在不同月分實驗 A 組的生物物種組成

一、東河 DH 測點

利用鄧氏多變域測驗法分析, 加以探討水棲昆蟲實驗 A 組在同一測點不同月份回復生長一個月的差異(表 4.1), 水蚤、石蠶、長鬚石蠶、石蛉、

搖蚊、劍水蚤、躑與扁泥蟲無顯著性差異。負子蟲、紅蟲在 2003 年 11 月具有顯著性的差異。蜉蝣在 2004 年 1 月有顯著性的差異。顫蚓與石蠶在 2003 年 12 月有顯著性差異。其中以石蠶、搖蚊與蜉蝣在試驗放入後，回復生長的機率最大。

二、東江 DJ 測點

探討水棲昆蟲實驗 A 組在同一測點不同月份的差異(表 4.2), 蜉蝣在 2003 年 7 月有顯著性差異。長鬚石蠶、搖蚊在 2003 年 12 月有顯著性的差異。顫蚓與石蠶在 2003 年 11 月有顯著性的差異。扁泥蟲在 2004 年 1 月有顯著性的差異。劍水蚤、紅蟲、石蠶、躑與螺則沒有顯著性差異。其中以石蠶、搖蚊、躑與蜉蝣在試驗放入後，回復生長的機率最大。

三、田美 TM 測點

探討水棲昆蟲實驗 A 組在同一測點不同月份的差異(表 4.3), 石蠶、蜉蝣在 2003 年 7 月有顯著性差異。顫蚓在 2003 年 8 月有顯著性的差異。紅蟲在 2003 年 11、12 月有顯著性差異。搖蚊在 2004 年 1 月有顯著性的差異。石蠶巢、長鬚石蠶、扁泥蟲、負子蟲、躑與螺則沒有顯著性差異。而其中以紅蟲、搖蚊、螺與蜉蝣在試驗放入後，回復生長的機率最大。

四、永興 US 測點

探討水棲昆蟲實驗 A 組在同一測點不同月份的差異(表 4.4), 紅蟲、躑、顫蚓在 2003 年 12 月有顯著性差異。搖蚊在 2003 年 8 月有顯著性的差異。螺在 2003 年 9、11、12 月有顯著性的差異。石蠶則沒有顯著性差異。而其中以紅蟲、搖蚊、螺、石蠶與蜉蝣在試驗放入後，回復生長的機率最大。

五、三灣 SW 測點

探討水棲昆蟲實驗 A 組在同一測點不同月份的差異(表 4.5), 顫蚓在 2003 年 7 月有顯著性差異。紅蟲在 2003 年 8 月有顯著性的差異。螺在 2003 年 10 月有顯著性的差異。石蠶與蜉蝣在 2003 年 12 月有顯著性的差異。石蛉、石蠶巢、扁泥蟲、搖蚊、躑與劍水蚤則沒有顯著性差異。其中以紅蟲、搖蚊、螺、石蠶、石蠶巢與蜉蝣在試驗放入後，回復生長的機率最大。

六、平安 PA 測點

探討水棲昆蟲實驗 A 組在同一測點不同月份的差異(表 4.6), 劍水蚤在 2003 年 10 月有顯著性的差異。搖蚊在 2003 年 11 月有顯著性的差異。紅蟲、長鬚石蠶、蜉蝣在 2003 年 12 月有顯著性差異。扁泥蟲在 2004 年 1 月有顯著性的差異。顫蚓在 2003 年 11、12 月有顯著性的差異。石蛉、石蠶巢、石蠶、與螺則沒有顯著性差異。其中以紅蟲、顫蚓與蜉蝣在試驗放入後，回復生長的機率最大。

4.3 對照組與實驗 A 組的生物物種組成比較

依 4.1 與 4.2 結果，東河 DH 測點計算石蠶、搖蚊、蜉蝣三種生物。在對照組與實驗 A 組間之變方分析的結果發現，三者均達顯著性差異。對照組平均值較實驗 A 組高者有石蠶與蜉蝣。實驗 A 組較對照組高的有搖蚊。東江 DJ 測點計算石蠶、搖蚊、蜉蝣與躑四種生物。在對照組與實驗 A 組間之變方分析的結果，四種生物均未達顯著性差異。對照組平均值較實驗 A 組高者有石蠶與搖蚊。田美

TM 測點計算石蠶、搖蚊與蜉蝣三種生物。在對照組與實驗 A 組間之變方分析的結果，僅蜉蝣達顯著性差異。對照組平均值較實驗 A 組高者有石蠶、蜉蝣與搖蚊。永興 US 測點計算石蠶、搖蚊與紅蟲三種生物。在對照組與實驗 A 組間之變方分析的結果，搖蚊與紅蟲達顯著性差異。對照組平均值較實驗 A 組高者有搖蚊。實驗 A 組較對照組高的有紅蟲。三灣 SW 測點計算石蠶、石蠶巢、搖蚊、紅蟲與蜉蝣三種生物。在對照組與實驗 A 組間之變方分析的結果，石蠶、石蠶巢、搖蚊達顯著性差異。對照組平均值較實驗 A 組高者有石蠶、石蠶巢。平安 PA 測點計算搖蚊、紅蟲與顫蚓三種生物。在對照組與實驗 A 組間之變方分析的結果，紅蟲與顫蚓達顯著性差異。對照組平均值較實驗 A 組高者有顫蚓。實驗 A 組較對照組高的有紅蟲。

五、討論

生物族群在生態系中的數量常隨著環境在調整與改變。在生物回復過程中，一般而言，均有趨於穩定的現象，如圖 5.1。



圖 5-1 生物回復成長圖

若在比較經常出現之物種，在不同季節相同時間的回復量，亦可發現有實驗組高於對照組的情形。如圖 5.1。或對照組高於實驗組如圖 5.1。但不論前者或後者，在回復時間拉長的情形下，應該都會進入對照組的範圍中(穩定生長狀態)。即意味生物可運用為生態工程生物指標的時期。

生態工程生物指標之選擇

生態工程的生物指標，應具備以下特質：1. 各季節均易觀測 2. 取樣方便容易辨識 3. 生物回復迅速 4. 生物數量穩定生長 5. 可被計量。其中底棲性水生動物已具備相對於大部分藻類有較明顯易觀測之特性。因此在選擇時則應比較出現的頻度，考量其是否為周期性出現，觀測值是否可迅速接近穩定的環境值等，生物指標相關整理如表 5.1。

表 5.1 各測點初步篩選生物指標表

| 地點 | 生物物種 | 出現頻度 | 回復生長迅速 | 穩定度 | 選擇順序 |
|-------|------|------|--------|-----|------|
| 東河 DH | 石蠶 | +++ | ++ | + | 1 |
| | 蜉蝣 | +++ | + | ++ | 1 |
| | 搖蚊 | ++ | ++ | + | 1 |
| 東江 DJ | 搖蚊 | ++ | + | ++ | 1 |
| | 蜉蝣 | ++ | + | ++ | 1 |
| | 石蠶 | ++ | + | + | 2 |
| 田美 TM | 紅蟲 | ++ | + | ++ | 1 |

| | | | | | |
|------|----|----|----|----|---|
| | 蜉蝣 | + | + | + | 2 |
| | 石蠶 | + | + | + | 2 |
| | 躑 | + | ++ | | 3 |
| 永興US | 紅蟲 | ++ | + | + | 1 |
| | 搖蚊 | ++ | + | + | 1 |
| | 躑 | + | | + | 2 |
| 三灣SW | 搖蚊 | ++ | + | + | 3 |
| | 蜉蝣 | ++ | ++ | ++ | 1 |
| | 石蠶 | ++ | ++ | + | 2 |
| | 紅蟲 | ++ | ++ | + | 2 |

六、進一步研究

- 一、在生物測項有顯著差異方面，未來選擇相關生物指標評估棲地品質時，須將相關食物鏈生物影響物種、環境變異因子、相關水質因子列入考慮，以避免有誤判情形發生。
- 二、生物指標分析，未來如有進行相關研究，建議可依不同水生昆蟲的科別分類，進一步的進行篩選更詳細之生物指標。或依照季節環境變化出現的明顯物種加以歸類與重新分類，再進行篩選生物指標。或是將地點的相似性分類，將類似的環境的測點共同評估與篩選生物指標。
- 三、在季節間有顯著差異的生物測項，生物生長變動出現在秋季居多，未來進行水棲附著生物相關調查時，秋季應是物種豐富度較多的季節，也是生長變動觀察的重點，但仍最少有一年期的觀查時間。
- 四、測點大小需納入影響水棲附著生物數量的相關因子考量，進行相關研究調查時，需同時調查棲地環境大小與變化情形，進一步討論水棲昆蟲與棲地大小的相關性。
- 五、未來如有進行相關研究，建議可依進行水質因子與生物相關性的分析，進一步了解生物指標出現與水質因子的關連性。

七、參考文獻

1. Allen, J. D., and A. S. Flecker. 1993. Biodiversity conservation in running waters. *Bio Science* 43:32-43.110
2. Dynesius, M., and C. Nilsson 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science* 266:753-762.
3. Lambeck, R. J.1997. Focal species: A multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biology* 11:849-856.
4. Richter, B. D., D.P. Braun, M.A. Mendelson, and L.L. Master.1997.Threats to imperiled freshwater fauna. *Conservation Biology*. 11:1081-1093.
5. Simenstad, C.A., and R. M. Thom. 1996.Functional equivalency trajectories of the restored Gog-Le-Hi-Te estuarine wetlands. *Ecological Application* 6:38-56

6. Stricker, J. 1995. Reviving wetlands. *Wetlands (Australia)*14:20-25.
7. 玉井信行；奧田重俊；中村俊六，2000，河川生態環境評價法，東京大學出版會，東京，pp：11-18。
8. 川合禎次，1985，日本產水生昆蟲檢索圖說，日本東海大學出版會，pp409。
9. 津田松苗，1962，水生昆蟲學。北隆館，日本。269頁。
10. 汪靜明，2002，生態工法之生態內涵，2002生態工法講習班，pp：4-7。
11. 汪靜明，2000，濁水溪上游河川生態研究及魚類保育計劃，台灣電力公司，台北。
12. 林鎮洋，2000，生態工法之水理分析及德國經驗，2000生態工法講習班，pp：68-87。
13. 林鎮洋、邱逸文，2002，生態工法案例圖輯之編撰，2002生態工法研討會，pp：24-28。
14. 林鎮洋，2002，生態工法趨勢，2002生態工法講習班，pp：1-35。
15. 吳輝龍，2002，坡地防災之自然生態工法，自然生態工法實務研討會，pp28-31。
16. 周南山，2002，美國與歐洲生態工法研析及案例研討，創造台灣城鄉新風貌示範計劃-生態工法講習會，pp：10-7：10-9。
17. 梁世雄；Menzel, Bruce W., 1997，一種建立生物整合指標評分標準之新方法，動物研究學刊 36:3，pp：240-250。
18. 梁世雄，2000，水生昆蟲相關調查及利用其建立河川水質多測項評估系統之建立-以高屏溪中上游為例期末報告，經濟部水資源局。
19. 張先正，1992，台灣細蜉科（蜉蝣目：細蜉總科），碩士論文，國立中興大學昆蟲學研究所，台中。
20. 唐先柏，2000，生物指標在生態上的意義與研究方法淺論，水域生態環境講習會，郭一羽編，新竹，中華大學水域生態環境研究中心，pp：1-19。
21. 唐先柏，2001，生物指標建立之模式與問題，水域生態環境講習會，郭一羽編，新竹，中華大學水域生態環境研究中心，pp：1-18。
22. 唐先柏，2002a，河川生物回復率在中港溪上游的表現，第十三屆水利工程研討會，雲林科技大學
23. 唐先柏，2002b，蛇籠固床工對上下游生態環境之影響—以田美大橋為例，第十三屆水利工程研討會，雲林科技大學。
24. 唐先柏，2003，以生物回覆率建立河溪生態工程可操作監測準則之研究，
25. 楊平世，1992，水棲昆蟲生態入門，台灣省教育廳，台北，pp：61-144。
26. 楊平世、黃國靖、謝森和，1990a，北勢溪之水棲昆蟲資源及生態研究 (I) 水棲昆蟲相及其相關生態。中華昆蟲 10 pp：209-224。
27. 楊平世、謝森和、黃國靖，1990b，北勢溪之水棲昆蟲資源及生態研究 (II) 水文因子及水棲昆蟲之群聚結構。中華昆蟲 10:pp：

249-269。

28. 李明賢，2004，以生物回覆率建立河溪生態工程可操作監測準則之研究，碩士論文，中華大學土木工程研究所，新竹。

表 4.1 實驗 A 組 DH 測點不同月分對生物之影響

| 附著生物\月分 | 2003/JUL | 2003/AUG | 2003/SEP | 2003/OCT | 2003/NOV | 2003/DEC | 2004/JAN | 2004/FEB |
|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 紅蟲 | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 1.50 ^a | 5.00 ^b | 0.50 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a |
| 水蚤 ^{NS} | 0.25 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 石蛉 ^{NS} | 0.00 | 0.75 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 2.25 | 0.00 | 0.00 |
| 石蠅 | 0.25 ^{ab} | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.50 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a |
| 石蠶 ^{NS} | 0.25 | 0.50 | 0.25 | 0.50 | 0.25 | 1.00 | 0.00 | 0.00 |
| 長鬚石蠶 ^{NS} | 0.00 | 2.25 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 0.00 | 0.00 |
| 扁泥蟲 ^{NS} | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 |
| 負子蟲 | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.50 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a |
| 搖蚊 ^{NS} | 32.00 | 5.75 | 15.50 | 23.25 | 3.25 | 12.50 | 2.00 | 3.50 |
| 蜉蝣 | 0.50 ^a | 0.75 ^a | 0.00 ^a | 0.25 ^a | 0.25 ^a | 2.00 ^{ab} | 2.75 ^b | 0.50 ^a |
| 劍水蚤 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 |
| 躡 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 |
| 顫蚓 | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.50 ^{ab} | 0.00 ^a | 1.00 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a |

NS=non-significant ;

a=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 a 組 ; b=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 b 組

c=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 c 組 ; d=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 d 組

表 4.2 實驗 A 組 DJ 測點不同月分對生物之影響

| 附著生物\月分 | 2003/JUL | 2003/AUG | 2003/SEP | 2003/OCT | 2003/NOV | 2003/DEC | 2004/JAN | 2004/FEB |
|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 石蛉 ^{NS} | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 1.25 | 0.00 | 0.00 |
| 石蠅 ^{NS} | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 石蠶 | 5.25 ^{ab} | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.25 ^a | 14.00 ^b | 1.25 ^a | 0.25 ^a | 0.25 ^a |
| 石蠶巢 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 長鬚石蠶 | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.25 ^{ab} | 1.00 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a |
| 扁泥蟲 | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.25 ^a | 0.00 ^a | 1.25 ^b | 0.00 ^a |
| 搖蚊 | 42.50 ^{ab} | 12.75 ^a | 11.50 ^a | 33.50 ^{ab} | 7.25 ^a | 71.5 ^b | 0.75 ^a | 3.25 ^a |
| 蜉蝣 | 4.50 ^b | 0.75 ^a | 1.00 ^a | 2.00 ^{ab} | 2.25 ^{ab} | 1.75 ^{ab} | 1.75 ^{ab} | 2.25 ^{ab} |
| 螺 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 0.50 | 0.25 | 0.25 | 0.00 |
| 躡 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 1.25 | 2.00 | 2.50 | 2.25 | 0.00 | 0.00 |
| 顫蚓 | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.50 ^a | 4.00 ^b | 1.75 ^{ab} | 0.00 ^a | 0.00 ^a |

NS=non-significant ;

a=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 a 組 ; b=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 b 組

c=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 c 組 ; d=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 d 組

表 4.3 實驗 A 組 TM 測點不同月分對生物之影響

| 附著生物\月分 | 2003/JUL | 2003/AUG | 2003/SEP | 2003/OCT | 2003/NOV | 2003/DEC | 2004/JAN | 2004/FEB |
|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| 紅蟲 | 0.00 ^a | 0.25 ^a | 0.00 ^a | 0.75 ^a | 3.00 ^b | 2.75 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a |
| 石蠶 | 2.00 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a |
| 石蠶巢 ^{NS} | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 長鬚石蠶 ^{NS} | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 扁泥蟲 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 |
| 負子蟲 ^{NS} | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 搖蚊 | 0.00 ^a | 0.25 ^{ab} | 0.75 ^{ab} | 0.25 ^{ab} | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 2.25 ^b | 1.25 ^{ab} |
| 蜉蝣 | 1.75 ^c | 0.00 ^a | 0.25 ^{ab} | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.75 ^{abc} | 1.50 ^{bc} |
| 螺 ^{NS} | 11.25 | 0.25 | 1.75 | 4.75 | 0.50 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 躡 ^{NS} | 0.00 | 1.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 顫蚓 | 0.00 ^a | 1.75 ^b | 0.00 ^a | 0.50 ^a | 0.50 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a |

NS=non-significant ;

a=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 a 組 ; b=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 b 組

c=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 c 組 ; d=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 d 組

表 4.4 實驗 A 組 US 測點不同月分對生物之影響

| 附著生物\月分 | 2003/JUL | 2003/AUG | 2003/SEP | 2003/OCT | 2003/NOV | 2003/DEC | 2004/JAN | 2004/FEB |
|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 紅蟲 | 1.00 ^a | 1.75 ^a | 1.00 ^a | 8.00 ^a | 3.25 ^a | 30.25 ^b | 0.00 ^a | 3.00 ^a |
| 石蠶 ^{NS} | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 2.25 | 0.00 | 0.25 | 1.00 | 0.25 |
| 扁泥蟲 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 1.00 |
| 搖蚊 | 0.00 ^a | 2.25 ^b | 0.50 ^{ab} | 0.50 ^{ab} | 0.25 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.50 ^{ab} |
| 蜉蝣 ^{NS} | 1.25 | 0.50 | 2.75 | 1.00 | 0.50 | 1.75 | 1.25 | 1.50 |
| 螺 | 0.00 ^a | 1.00 ^{ab} | 2.75 ^b | 0.75 ^{ab} | 2.25 ^b | 2.50 ^b | 0.25 ^a | 0.00 ^a |
| 躑 | 0.00 ^a | 0.75 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.75 ^a | 2.75 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a |
| 顫蚓 | 0.00 ^a | 2.75 ^a | 1.00 ^a | 0.00 ^a | 0.75 ^a | 13.75 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a |

NS=non-significant ;

a=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 a 組 ; b=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 b 組

c=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 c 組 ; d=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 d 組

表 4.5 實驗 A 組 SW 測點不同月分對生物之影響

| 附著生物\月分 | 2003/JUL | 2003/AUG | 2003/SEP | 2003/OCT | 2003/NOV | 2003/DEC | 2004/JAN | 2004/FEB |
|-------------------|--------------------|--------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 紅蟲 | 8.75 ^{ab} | 23.75 ^b | 2.25 ^a | 3.75 ^a | 5.75 ^{ab} | 3.25 ^a | 1.25 ^a | 1.25 ^a |
| 石蛉 ^{NS} | 0.50 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 石蠶 | 0.75 ^a | 0.25 ^a | 0.75 ^a | 7.25 ^{abc} | 1.75 ^{ab} | 9.75 ^c | 0.25 ^a | 0.50 ^a |
| 石蠶巢 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 2.00 | 2.25 | 0.25 | 0.25 |
| 扁泥蟲 ^{NS} | 0.00 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 搖蚊 ^{NS} | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 0.75 | 0.00 | 0.25 | 1.00 |
| 蜉蝣 | 4.00 ^{ab} | 8.75 ^{bc} | 2.50 ^a | 3.50 ^{ab} | 4.00 ^{ab} | 12.25 ^c | 2.00 ^a | 2.25 ^a |
| 劍水蚤 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 螺 | 0.25 ^a | 1.00 ^{ab} | 0.50 ^a | 2.00 ^b | 0.25 ^a | 1.00 ^{ab} | 0.00 ^a | 0.25 ^a |
| 躑 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 顫蚓 | 6.25 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 2.75 ^{ab} | 2.25 ^{ab} | 3.25 ^a | 0.00 ^a |

NS=non-significant ;

a=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 a 組 ; b=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 b 組

c=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 c 組 ; d=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 d 組

表 4.6 實驗 A 組 PA 測點不同月分對生物之影響

| 附著生物\月分 | 2003/JUL | 2003/AUG | 2003/SEP | 2003/OCT | 2003/NOV | 2003/DEC | 2004/JAN | 2004/FEB |
|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 紅蟲 | 2.75 ^a | 3.75 ^a | 2.25 ^a | 12.75 ^a | 12.25 ^a | 72.00 ^b | 3.25 ^a | 3.75 ^a |
| 石蛉 ^{NS} | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.75 | 1.25 | 0.00 | 0.00 |
| 石蠶 ^{NS} | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 |
| 石蠶巢 ^{NS} | 0.00 | 0.25 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 長鬚石蠶 | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.25 ^{ab} | 1.00 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a |
| 扁泥蟲 | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.25 ^a | 0.00 ^a | 1.25 ^b | 0.00 ^a |
| 搖蚊 | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 8.25 ^b | 2.50 ^a | 4.00 ^{ab} | 1.25 ^a |
| 蜉蝣 | 0.25 ^a | 0.75 ^{ab} | 1.00 ^{ab} | 0.75 ^{ab} | 0.00 ^a | 2.75 ^b | 1.25 ^{ab} | 0.50 ^{ab} |
| 劍水蚤 | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.50 ^b | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a | 0.00 ^a |
| 螺 ^{NS} | 0.00 | 0.75 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.25 | 0.25 | 0.00 |
| 顫蚓 | 1.50 ^a | 0.75 ^a | 0.00 ^a | 13.50 ^a | 35.00 ^b | 36.00 ^b | 5.75 ^a | 2.25 ^a |

NS=non-significant ;

a=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 a 組 ; b=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 b 組

c=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 c 組 ; d=Duncan's multiple range test--顯著性差異群 d 組