

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

基隆河水棲昆蟲群聚生態和生物指標之研究與水棲甲蟲分  
類研究(2/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2313-B-002-067-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：國立臺灣大學昆蟲學系暨研究所

計畫主持人：楊平世

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 5 月 31 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

基隆河水棲昆蟲群聚生態和生物指標之研究與水棲甲蟲分類  
研究

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 92-2313-B-002-067-

執行期間： 92年 08月 01日至 93年 07月 31日

計畫主持人：楊平世 臺灣大學 昆蟲學系

共同主持人：

計畫參與人員：

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 民 國 93 年 05 月 30 日

# 基隆河水棲昆蟲群聚生態和生物指標之研究與水棲甲蟲之分類研究

## Studies on the Community Ecology and Biotic Indices of Aquatic Insect in the Keelung River and Taxonomic Research of Water Beetles

計畫編號：NSC 92-2313-B-002-067

執行期限：92年08月01日至93年07月31日

主持人：楊平世 臺灣大學 昆蟲學系

### 一、中文摘要

水棲昆蟲的群聚組成受到河川中各種環境因素的影響，而在群聚結構的分析上，現今以排序技術(ordination techniques)最被廣為利用來評量群聚結構在時間及空間上的變異，及探討環境因子及干擾對於物種分佈的影響。本研究自2003年8月起以每季為頻度在基隆河主流及其支流，共計15個樣站，就環境因子及水棲昆蟲進行調查與採樣。並應用多維空間尺度分析方法(multi-dimensional scaling, MDS)，探討水棲昆蟲群聚與環境因子梯度間之關係。在環境因子的調查結果顯示，基隆河主流已受到施工及污染等因子之影響，在電導度、濁度、懸浮固體(suspended solids, SS)及NH<sub>3</sub>-N濃度在主流有較高的濃度，在支流的水質狀況則較優於主流之樣站。本年度目前共計採獲36科63個分類群。新紀錄的分類群則主要來自於支流的樣站。各群聚參數在支流的各採樣站，具有較高的分類群豐度、密度與歧異度，顯示在基隆河支流中蘊藏著豐富的水棲昆蟲資源。單一的均勻度則不適用於群聚組成的評估。各樣本在二維空間尺度上的分佈，顯示受到污染、施工的影響的樣站，水棲昆蟲群聚組成與其他各站有極大的差異。聚類分析顯示主、支流樣站間群聚的相似性介於40-50%。生物指標顯示各樣站的水質範圍不同。在支流的指標值較主流良好，同時主流自上游至下游則呈現劣化的趨勢。在各樣站第二季的水質狀況亦較第一季佳。由於未完成全年之採樣工作，後續有待分

析的工作包括各項生物群聚參數間及其與環境參數之相關性、各樣站間的參數的差異、主流與支流群聚結構組成之關鍵物種等。在生物指標方面參考站(reference site)的考量及利用新增的樣站所得資料，對水棲昆蟲對污染忍受值的修訂工作為主要工作。同時分析不同底質分層中所得水棲昆蟲，其結果顯示在群聚結構間呈現不同的樣站排序；而在生物指標的評估結果，兩者底質分層間仍呈現正相關，此一部份仍有待進一步釐清。水棲甲蟲分類研究仍以扁泥蟲科為重點，已完成對*Mataeopsephus*屬的分類修訂，及描述*Heteropsephenoides*屬。

關鍵詞：基隆河、水棲昆蟲、多維空間尺度分析、群聚結構、生物指標、扁泥蟲科、分類學。

### Abstract

The community structures of aquatic insects are affected by various disturbances in rivers. Ordination techniques are widely adopted in evaluating the temporal and spatial variations of community structures. This study present the results of aquatic insects fauna and related ecological studies conducted at 15 sampling sites in Keelung River and its tributaries since August 2003. The environmental factors and the aquatic insect composition were investigated to define the relationships between the community structures and environmental parameters using multi-dimensional scaling

(MDS). The results of environmental variables indicated that higher values in conductivity, turbidity, suspended solids and the concentration of  $\text{NH}_3\text{-N}$  were found at sites in main streams. The water quality at tributary sites was better than at main stream sites. Sixty-three taxa in 36 families were recorded. Most of the newly recorded taxa were found at tributary sites. Higher values of taxa richness, density and diversity were also found at tributary sites. Evenness was not suitable for evaluating the community structures. The sampling sites which affected by pollution and engineer construction revealed different community structures from other sites on the 2-D dimensional scaling plot. The similarity of aquatic insect community structures between sites of main stream and tributaries were 40-50% in clustering analysis. Biotic indices showed better water qualities in tributaries than in the main stream. The water quality degraded from upstream to downstream in the main stream. The results in the second season showed better quality than in the first season. The further analysis, including the relationships between biotic parameters and environmental variables, the differences of variables between sampling sites, and the key species contributed to the differences of the community structures between the main stream and tributaries. The location of reference site and revision of the tolerance values of aquatic insects were major work in the study on aquatic insect biotic indices. In different substrate size level, the ordination plots of sampling sites showed different patterns, but positive correlation was found between values of family-level biotic index. The taxonomic studies of aquatic beetles focused on Psephenidae. Several papers on the revision of genus *Mataeopsephus* and the redescription of *Heteropsephenoides* were completed and published.

Keywords: Keelung River, Aquatic insects, Multidimensional scaling, Community structure, Biotic indices,

## Psephenidae, Taxonomy.

### 二、計畫緣由及目的

基隆河為一受到高度干擾之都市型河川。近年來基隆河之主河道幾乎已被各種防洪整治工程所佔據，使得河川中的生物及其生態除了面臨源自於颱風引發的洪水外，更受到河道整治、防洪工程造成的影響。

水棲昆蟲為河川中的重要組成分子之一。其群聚動態分析在河川管理(Gore *et al.*, 2001)、河川生態影響以及環境污染評估(Zamora-Munoz & Alba-Tercedor, 1996; Klemm *et al.*, 2002)等許多方面，已被證實為有效而重要的材料及方法之一，同時各種分析方法已被廣泛利用來監測河川水質或環境品質的方法。

本計畫為三年期計畫之第二年，長期之目標在於由基隆河中上游水棲昆蟲的群聚動態的研究，評估各類干擾在河川生態中的影響；同時期藉由累積資料，以整合歷年的研究結果架構適於本土之生物指標方法；而所採獲的生物樣本，則供給各分類群的研究學者在分類學上研究的材料之一。由於一方面基隆河主河道已嚴重受到工程施工的影響，另一方面為了累積水棲昆蟲生物指標修訂的資料所需，本年度將採樣工作擴大至基隆河各主要的支流上游水質良好的地區，採樣站由5站增加為15站，而採樣頻度調整為每季進行。本文將就第一、二季所得之初步結果與分析作一說明。

### 三、材料與方法

#### 1. 採樣站與採樣方法

本年度基隆河除了主流外，另納入東勢格溪、芋藁林溪、灰窰溪、友蚋溪、瑪陵坑溪、康誥坑溪及外雙溪等支流，採樣站增加15站(表一)。

採樣方法以蘇伯氏定面積水網(Surber's Net Sampler) (50 cm×50 cm)在上述各採樣站進行水棲昆蟲之採集；採集範圍為以採樣站為中心之五十公尺範圍內之河域，在河域中央、兩測各採集一次；調查

頻度為每月採樣一次，並視各採樣站狀況於必要時得增加採樣次數。將所採獲之標本置於 70%酒精內，攜回實驗室進行鑑定。分類鑑定主要參酌 Merritt & Cummins (1984)、川合(1985)、楊(1992)、Wiggins (1996)以分目及科的層級；並參考何及徐(1977)、楊等(1980, 1986, 1990a, 1990b)、張(1992)、康(1993)及顏(1997)之報告，鑑定至屬或種的層級。而採獲之標本則依目、科及屬或種建立名錄。

## 2. 資料分析

### (1) 水棲昆蟲之群聚結構

a. 分類群豐度(種類數)(Taxa richness)

b. 密度

$$\text{密度}(D) = \text{總個體數}(N) / 0.25$$

c. 優勢種(Dominant species)比例

d. 歧異度(Diversity) (Hughes, 1978; Ludwig & Reynolds, 1988)

$n_i$  代表採樣站中第  $i$  種所採獲的個體數， $N$  代表該樣站所採樣之水棲昆蟲總個體數，則

$$H' = - \sum (p_i \times \log p_i) \\ P_i = n_i / N$$

e. 均勻度(Evenness) (Ludwig & Reynolds, 1988)

$$\text{Pielou evenness index: } J' = H' / \ln(S)$$

其中  $S$  表示採樣站所採獲之水棲昆蟲的種類數。

f. EPT Index：蜉蝣目(Ephemeroptera, E)、積翅目(Plecoptera, P)及毛翅目(Trichoptera, T)三目的種類數之和。

g. EPT 豐度(EPT abundance)：指蜉蝣目(E)、積翅目(P)及毛翅目(T)三目的個體數之和。

h. 搖蚊科豐度(Chironomidae abundance)：搖蚊科之個體數。

i. EPT 三目與搖蚊科個體數之比(ratio of EPT and Chironomid Abundances)：蜉蝣目(E)、積翅目(P)及毛翅目(T)三目與搖蚊科(Chironomidae)之相對豐度(Abundance)。

### (2) 環境參數分析

a. 水溫(temperature)：Delta OHM HD8705 Microprocessor Multiuse

pH/mv/°C Meter; US PAT 5373346 StowAway XTI Internal / External Temperature Logger。

b. 酸鹼度(pH)：Delta OHM HD8705 Microprocessor Multiuse pH/mv/°C Meter; AQUA Micro pH-Pen。

d. 溶氧(dissolved oxygen)：PINPOINT™, American Marine Inc., Dissolved Oxygen Meter

e. 總懸浮顆粒(total dissolved solid) / 導電度(conductivity)：HANNA HI9635 Portable Waterproof Multi-Range Conductivity / TDS Meter。

f. 濁度(turbidity)：HANNA HI93703 Microprocessor Turbidity Meter。

h. 硬度(hardness)：HANNA, HI3811, HI3812, HI3815, HI3822, HI3834 泛用水質測定組。

i. 氨氮含量(amonia)：HANNA HI93700 Microprocessor Amonia Meter。

j. 磷酸鹽(phosphate)：HANNA HI93713 Microprocessor Phospate Meter。

### (3). 水質評估法

Hilsenhoff 科級生物指標(Family-level Biotic Index, FBI)：

Hilsenhoff (1988)之科級生物指標(FBI)與 Hilsenhoff 生物指標(Hilsenhoff's Biotic Index, BI)一樣，主要用於評估水質之有機污染(Hilsenhoff 1982, 1987)。

$$\text{FBI value} = \sum(a_i \times n_i) / N$$

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

各項水棲昆蟲群聚參數及環境參數，以 Pearson 相關係數計算相關性；各參數在季節及採樣站間之變異，則以單向變方分析(one-way ANOVA)進行；並應用多維空間尺度(multi-dimensional scaling, MDS)的排序技術(ordination)，探討水棲昆蟲群聚與環境因子梯度間之關係。在分析之前並進行資料的轉換，水棲昆蟲密度與

豐度的資料以  $\log(x+1)$  轉換；百分比資料則以開根號取反正弦函數 ( $\arcsin(p/2)$ ) 轉換 (Zar, 1998)。單向變方分析方法是以前 SAS 程式進行，多維空間尺度分析則以前 PRIMER v5 套裝程式分析 (Clark & Warwick, 1994; Clarke & Gorley, 2001)。

#### 四、結果與討論

##### (一) 各站環境參數

在本年度採樣站中，共計 6 站在基隆河主流，9 站位於支流上，多數為未受到污染的環境。各樣站在第一、二季的水文參數平均值如表 1 所示。其中暖江橋(KL9)與瑞芳橋(KL10)之電導度值、濁度、懸浮固體(SS)與  $\text{NH}_3\text{-N}$  濃度等各項環境參數均遠高於其他各站，顯示基隆主流已達到嚴重的污染。支流各站的環境污染均較低，唯部分樣站在後續採樣中，由於防洪工程持續的往各支流的上游進行，如瑪陵坑溪富民橋(KL08)，使得在水值的濁度與懸浮固體值亦呈現增加的現象。

##### (二) 水棲昆蟲群聚分析

###### 1. 水棲昆蟲組成

本年度在第一、二季所得結果計採獲水棲昆蟲有 36 科 63 個分類群，比較自 1996 年 2 月以來之調查結果，總計基隆河所採獲之水棲昆蟲總類數達到 9 目 53 科 89 個分類群(表 2)。在新增的分類群中，多數為在支流的上游發現，這些分類群數量通常較少，且並未往下游擴散至主流中，顯示在基隆河流域的各支流中仍蘊藏著豐富的水棲昆蟲資源。在主流持續受到干擾時，加強支流的物種調查當可得到更多的物種及其分佈資料。

各採樣站第一、二季之生物參數如圖 1 所示。分類群豐度及密度方面以紫東橋(KL2)、乘風亭下游(KL12)及萬平橋下游(KL13)為較高的樣站，均屬於支流樣站。歧異度則以火燒寮溪測候站(KL04)為最高，各支流樣站所得之歧異度亦多高於主流的各樣站。均勻度雖在富民橋(KL08)及主流暖江橋(KL09)為最高，但主要是受施工及污染影響，使的水棲昆蟲種類及數量

同時減少，在數量極低時造成均勻度的上升。結果顯示在水文環境良好的支流確實支持較高的水棲昆蟲資源；另一方面顯示單一的均勻度指標並不適於表現水棲昆蟲的確實群聚特性。

在各項生物參數間及其與環境參數之相關性，由於目前僅及於第一、二季的資料，故將再後續資料完成後再期末予以分析。

###### 2. 多維空間尺度分析

以前 PRIMER 套裝程式進行多維空間尺度分析基隆河各樣站的水棲昆蟲群聚結構，各樣站所採獲的樣本在二維空間上分佈如圖 2 所示。圖 2-(a)顯示暖江橋(KL09)、富民橋(KL08)第二季及瑞芳橋(KL11)第一季的採樣結果，與其他各樣站具大較的差異，這些差異分別與污染、河道的清淤及河的施工影響相符合，顯示水棲昆蟲群聚分應這些干擾因子的敏感性。其他各樣站的在多維空間尺度分析的排序圖則如圖 2-(b)所示。利用相似性矩陣的變方分析(analysis of similarity, ANOSIM)的結果顯示兩季採樣間所得的群聚結構上有顯著之差異(statistic  $R=0.119$ , significance level=0.8%)。此結果可能反應出群聚在季節的上變化差異。由聚類分析的樹形圖則可看出基隆河各樣站的水棲昆蟲群聚的相似度約在 40-50%(圖 3)。

為考量在不同的網目大小的在採集上效率，及應用於生物評估上可能造成的差異，本年度在實驗室內處理流程中，加入分層收集底質與其中之水棲昆蟲個體。除量測各分層所含之底質有機質外，各類群水棲昆蟲的豐度亦分別計量。目前初步所得到的結果顯示，在應用 1mm 與  $500\mu\text{m}$  的網目所得到各樣站水棲昆蟲的群聚結構並不相同(圖 4)。推測造成此項差異的原因，除了在不同季節中，水棲昆蟲由於生活史各階段其體型上的不同外，底質的種類及有機質的含量應是重要的影響因子之一。

而此一部分未完成的工作，如在主、支流間群聚的差異、分類層級的差異、關鍵物種分析、環境因子的影響及時間序列

變化分析，則將於完成全年採樣後再進行整合。

### (三)水棲昆蟲生物指標

水棲昆蟲的指標方法，目前應用之 Hilsenhoff 生物指標顯示，水值等級範圍最佳之「Excellent」至最差的「Very poor」(圖 5)。一般而言以支流的水棲昆蟲指值反應出較佳的水值等級，如 KL04、KL08、KL12、KL13 及 KL14。在主流方面上游至下游的具有明顯的劣化趨勢。各樣站在第二季所反應的水值狀況普遍較第一季狀況為佳。而除了目前應用之 Hilsenhoff 生物指標外，其他的多重指數方法(multi-metric approach)，如快速生物評估法(Plafkin *et al.*, 1989)、底棲生物完整性指標(Benthic Index of Biotic Integrity, B-IBI) (Kerans & Karr, 1994)、食性完整性指標(Index of Trophic Completeness, ITC) (Pavluk *et al.*, 2000)及溪流環境指標(Stream condition index, SCI) (Barbour *et al.*, 1996)及 BMWP index (Zamora-Munoz & Alba-Tercedor, 1996)等，由於需使用到參考站(reference site)的設置，在考量目前支流的群聚較主流的樣站有較高的多樣性，以往設置在主流的參數站並不適用於支流的狀況，因此在調整參考站的設置及資料的試算亦需重新進行。

在不同底質分層中所得科級生物指標之評估值關係如圖 6 所示。顯示雖然在生物群聚上在不同底質分層顯示有差異，但所得之指標值關仍呈現正相關( $R^2=0.55$ )。對於此不同分層所得結果尚需要進一步探討，不僅有助於釐清生物指標與群聚結構兩者的差異，亦有助於修訂生物指標在推廣應用上，易行而有效實施的方法。

### (四)水棲甲蟲分類研究

本年度新發表科學論文兩篇，皆處理扁泥蟲科(Psephenidae)部分，摘要如下：

Lee *et al.* (2003) 扁泥蟲 *Mataeopsephus* 屬之分類修訂：*Mataeopsephus* 屬是扁泥蟲亞科(Psepheninae)在東方區的代表，已知種類

有 5 種，分別是 *esakii* Nakane (台灣)、*japonicus* (Matsumura)(日本、韓國)、*maculatus* Nomura、*nitipennis* Waterhouse (印度)與 *taiwanus* Lee *et al.* (台灣)。本文重新描述此五種，並判定 *M. japonicus sasajii* Satô 與 *M. coreanicus* Deleve 為 *M. japonicus* 的次異名；*Psephenus* (*Sinopsephenus*) *chinensis* Nakane (中國)與 *Psephenus* (s.str.) *tenuipes* Champion (印度)轉移至本屬，*Sinopsephenus* 是 *Mataeopsephus* 的次異名；為 *Betelmis japonicus* 與 *Psephenus tenuipes* 指定選模式標本(lectotype)。另外描述五個新種：*dentatus* (中國江西與貴州)、*minimus* (中國雲南)、*sichuanensis* (中國四川)、*vietnamensis* (越南)、*quadribranchiae* (台灣)。以下九個種類的幼蟲也一併描述：*chinensis*、*esakii*、*japonicus*、*maculatus*、*nitipennis*、*quadribranchiae*、*sichuanensis*、*taiwanicus*、*vietnamensis*。

Jeng & Jach (2003)針對軟鞘扁泥蟲亞科(Psephenoidinae)已知有四個屬，分別是 *Psephenoides* Gahan、*Afropsephenoides* Basilewsky、*Sinopsephenoides* Yang、*Micreubrianax* Pic，本文描述發現自東南亞的第五個屬 *Heteropsephenoides*。該屬成蟲形態類似 *Afropsephenoides* 與 *Micreubrianax*，但是具有許多獨有衍生形質(autapomorphic characters)。附五個屬成蟲的檢索表。

準備中的論文上包含以下文章：軟鞘扁泥蟲亞科 *Micreubrianax* 屬之分類修訂。Jeng, M.-L., M. A. Jäch and P.-S. Yang. Revision of the Psephenoidinae genus *Micreubrianax* (Coleoptera: Psephenidae). (in prep.)。本文對 *Micreubrianax* Pic 進行分類修訂。本屬確實為有效屬，*Micreubrianax* 是不正確的後續拼法，而 Lee and Jäch (1995)與 Jäch and Jeng (1995)將本屬視為無效名(invalid name)或不合法名(unavailable name)是不正確的分類處理。為模式種 *Eubrianax flabellicornis* Pic 指定選模式標本，並描述三個新種 *M. bellus* (印度) ., *M. siamensis* (泰國) *M. nepalensis* (尼泊爾)。

對軟鞘扁泥蟲亞科 *Sinopsephenoides* 屬之分類地位與修訂。Jeng, M.-L., M. A. Jäch and P.-S. Yang. The validity and revision of the genus *Sinopsephenoides* (Coleoptera: Psephenidae). (in prep.)。由於 Jäch & Jeng (1995) 將 *Sinopsephenoides* Yang 處理為不合法名，並以 *Nematopsephenus* 做為正確名。本文確認 *Sinopsephenoides* 的確合法且為正確名，*Nematopsephenus* 乃因而成為次異名。為模式種 *S. filitarsus* Yang 指定選模式標本。包含以下四個種類：*S. filitarsus* Yang (中國福建), *S. malickyi* (Jäch and Jeng). (泰國), *S. jikuni* (新描述種，中國貴州) 與 *S. himalayaensis* Jeng and Jäch (新描述種，尼泊爾與印度)。根據原始文獻，*Psephenoides pallidus* Pic (越南) 很可能是根據 *Sinopsephenoides* 種類的雌蟲所描述的，但是目前模式標本下落不明，因而無法證實。

#### 五、計畫成果自評

本年度的工作重點在於增加基隆河支流樣站的採樣，一方面減少受到主流河道施工的干擾，影響資料的分析；另一方面增加水質狀況良好的樣本資料，以提供後續進行水棲昆蟲生物指標值修訂的依據。同時並持續以多維空間尺度之分析方法，評估基隆河各樣站之水棲昆蟲群聚之變動。依據本年度初步所得的結果，基隆河在各支流中蘊藏著豐富的水棲昆蟲資源，主要新紀錄的物種多採自於支流樣站。顯示在基隆河主河道受到人為工程影響時，大範圍的支流調查便顯重要。在未來主河道的工程完成後，支流將為在主流拓殖的主要物種來源。目前尚未完成的分析主、支流群聚組成的差異、群聚結構時間序列的分析及環境因子與生物參數的相關分析等。同時本年度所採樣的樣本亦正在進行底質有機含量分析，唯此部分需要耗費較長的時間，在下一年度中仍會持續進行。水棲昆蟲生物指標的目前仍以 Hilsenhoff 科級生物指標為主，後續的工作將著重於參考站設置的評估，以及利用新增的樣站所得資料，對水棲昆蟲對污染忍受值的修訂工作，並建立初步的試算程式。水棲甲

蟲的分類研究一方面持續進行扁泥蟲科 (Psephenidae) 的分類修訂；另一方面則在於新種的發表、分佈狀況、各屬種間的演化及進行其親緣關係的研究。在本科的研究陸續發表後，研究重點將再轉移置其他分類群上。

#### 六、參考文獻

- 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，409 頁。
- 何鎧光、徐世傑。1977。台北區新店溪水生昆蟲之研究。省立博物館科學年刊，12: 1-50。
- 康世昌。1993。台灣的蜉蝣目(四節蜉蝣科除外)。國立中興大學昆蟲學研究所博士論文，246 頁。
- 張先正。1992。台灣的細蜉科(蜉蝣目：細蜉總科)。國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文，111 頁。
- 楊平世。1992。水棲昆蟲生態入門。台灣省教育廳發行，152 頁。
- 楊平世、洪正中、何鎧光。1980。淡水河流域蜉蝣目稚蟲之初步研究。台大植病學刊，7: 79-78。
- 楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢。1986。武陵農場流域之水棲昆蟲相和生態調查。農委會 75 年生態研究第 001 號，32 頁。
- 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: 209-224。
- 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: 249-269。
- 顏聖紘。1997。水螟亞科與凹翅螟亞科(鱗翅目：螟蛾科)主要支系之系統發育分析以及臺灣產種類之分類檢討。國立中山大學生命科學研究所碩士論文，486 頁。
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, G. E. Griffith, R. Frydenborg, E. McCarron, J. S. White, and M. L. Bastian. 1996. A framework for biological criteria for Florida

- streams using benthic macroinvertebrates. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15: 185-211.
- Clarke, K. R., and R. M. Warwick. 1994. *Changes in Marine Communities: an approach to statistical analysis and interpretation.* Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, 144 pp.
- Clarke, K. R., and R. N. Gorley. 2001. *PRIMER v5: User Manual/Tutorial.* PRIMER-E Ltd., Plymouth, 91 pp.
- Gore, J. A., J. B. Layzer, and J. Mead. 2001. Macroinvertebrate instream flow studies after 20 years: a role instream management and restoration. *Regulated Rivers: Res. Manage.* 17: 527-542.
- Hilsenhoff, W. L. 1982. Using a biotic index to evaluate water quality in streams. *Technical Bulletin No. 132,* Dept. Natural Resources, Madison, Wisconsin, 23 pp.
- Hilsenhoff, W. L. 1987. An improved biotic index of organic stream pollution. *The Great Lakes Entomol.* 20: 31-39.
- Hilsenhoff, W. L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 68-68.
- Hughes, B. D. 1978. The influence of factors other than pollution on the value of Shannon's diversity index for benthic macro-invertebrates. *Wat. Res.* 12: 359-364.
- Jäch, M. A., and M. L. Jeng. 1995. *Nematopsephus* gen.n., a new genus of Psephenoidinae from Asia (Coleoptera: Psephenidae). *Koleopterologische Rundschau* 65: 159-167.
- Jeng, M.-L., and M. A. Jäch. 2003. Description of *Heteropsephenoides* gen.n., a new psephenoidine genus from Thailand (Psephenidae). *Koleopterologische Rundschau* 73: 261-268.
- Kerans, B. L., and J. R. Karr. 1994. A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee valley. *Ecol. Appl.* 4: 768-785.
- Klemm, D. J., K. A. Blocksom, W. T. Thoeny, F. A. Fulk, A. T. Herlihy, P. R., and S. M. Cormier. 2002. Methods development and use of macroinvertebrates as indicators of ecological conditions for streams in the Mid-Atlantic Highlands Region. *Environ. Monit. Assess.* 78: 169-212.
- Lee, C. F., M. A. Jäch, and M. Sato. 2003. Psephenidae: revision of *Mataeopsephus* Waterhouse. pp: 481-517. in: M.A. Jäch & L. Ji (eds): *Water Beetles of China Vol. III.* Natural History Museum, Vienna.
- Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology.* John Wiley & Sons, New York, 337 pp.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1984. *An introduction to the aquatic insects of North America (2nd. ed.).* Kendall and Hunt. Publ. Co. Iowa, USA, 722 pp.
- Plafkin, J. L., M.T. Barbour, K. D. Porter, S. K. Gross and R. M. Hughes. 1989. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish.* EPA/444/4-89-001. United States Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Pavluk, T. I., A. bij de Vaate, and H. A. Lesile. 2000. Development of an Index of Trophic Completeness for benthic macroinvertebrate communities in flowing waters. *Hydrobiologia* 427: 135-141.
- Wiggins, G. B. 1996. *Larvae of the North American caddisfly genera.* 2nd. Univ. Toronto Press, Toronto, 457 pp.
- Zamora-Munoz, C., and J. Alba-Tercedor. 1996. Bioassessment of organically polluted Spanish rivers, using a biotic index and multivariate methods. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15: 332-352.
- Zar, J. H. 1998. Chapter 13. Data transformations. pp. 177-184. in: *Biostatistical Analysis.* 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey.

表一 本年度基隆河流域水棲昆蟲採樣樣站及其第一、二季環境參數之平均值

Site no.	Sampling site	Stream/River	pH	DO (ppm)	Conductivity ( $\mu$ s/cm)	Turbidity (FTU)	Phosphate (ppm)	Alkalinity (ppm)	Hardness (ppm)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	NH <sub>3</sub> -N (mg/L)
KL01	自強橋	基隆河主流	7.46	8.33	172.0	0.13	0.19	28.5	52.5	9.84	25.14	0.036
KL02	紫東橋	芋藁林溪	8.30	9.25	118.2	0.07	0.25	45.0	31.5	6.16	16.03	0.078
KL03	東勢格	東勢格溪	7.24	8.46	106.9	0.01	0.30	42.0	28.5	6.64	17.70	0.043
KL04	測候站	火燒寮溪	7.55	8.44	68.0	0.39	0.21	39.0	18.0	4.49	13.75	0.049
KL05	望古	基隆河主流	8.10	8.61	255.5	8.51	0.23	75.0	70.5	7.04	19.85	0.112
KL06	福德廟	康誥坑溪	7.77	7.82	111.5	0.14	0.16	34.5	25.5	6.60	16.65	0.039
KL07	新興橋	友蚋溪	7.89	8.00	126.6	0.36	0.13	30.0	25.5	8.51	14.80	0.040
KL08	富民橋	瑪陵坑溪	7.89	8.21	92.3	0.86	0.17	28.5	25.5	13.37	96.45	1.841
KL09	暖江橋	基隆河主流	7.41	6.06	422.0	6.40	0.43	87.0	85.5	22.09	209.84	3.766
KL10	侯硐 <sup>(a)</sup>	基隆河主流	8.90	9.40	332	0.15	0.32	78	81	6.87	17.84	0.065
KL11	瑞芳橋	基隆河主流	8.82	9.51	317	7.57	0.25	76.5	79.5	8.40	18.07	0.428
KL12	乘風亭下游	芋藁林溪	7.93	8.76	86.8	0.07	0.29	36.5	32.0	14.53	63.13	2.289
KL13	萬平橋下游	灰窰溪	8.22	8.43	36.5	0.01	0.18	103.5	61.5	6.95	19.44	0.036
KL14	天溪園停車場	外雙溪	7.93	8.28	128.5	1.38	0.31	55.0	36.0	6.57	18.82	0.015
KL15	實踐橋 <sup>(b)</sup>	基隆河主流	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(a) KL10 侯硐在第二季採樣時受員山子分洪工程在樣站位置開挖，故所得數據為第一季之資料。

(b) KL15 實踐橋樣站目前重新進行分洪護堤工程。

表 2 基隆河各採樣站所採獲之水棲昆蟲名錄

TAXA	Common name	TAXA	Common name
EPHEMEROPTERA 蜉蝣目	蜉蝣	TRICHOPTERA 毛翅目	石蠶蛾
Heptageniidae 扁蜉科	扁蜉	Stenopsychidae 角石蛾科	角(長鬚)石蛾
* <sup>(a)</sup> <i>Afronurus</i> sp.		* <i>Stenopsyche</i> sp. 角石蛾屬	
* <i>Epeorus erratus</i>		Hydropsychidae 紋石蛾科	紋石蛾; 網石蛾
* <b><i>Rhithrogena parva</i></b> <sup>(b)</sup>		* <i>Cheumatopsyche</i> sp. 小紋石蛾	
* <i>Nixe (Nixe)</i> sp.		* <i>Hydropsyche</i> sp. 紋石蛾屬	
Leptophlebiidae 褐蜉科	褐蜉	Philopotamidae 指石蛾科	指石蛾
* <i>Choroterpes taiwanensis</i>		* <i>Chimarra</i> sp. 缺叉石蛾屬	
* <b><i>Choroterpides nigella</i></b>		Hydrobiosidae 囊翅石蛾科	囊翅石蛾
* <i>Habrophlebiodes prominens</i>		* <i>Apsilochorema</i> sp. 白條石蛾屬	
<i>Thraulius</i> sp.		Rhyacophilidae 流石蛾科	流石蛾
Ephemeriidae 蜉蝣科	蜉蝣	* <i>Rhyacophila</i> sp. 流石蛾屬	
* <i>Ephemera formosana</i>		Leptoceridae 長角石蛾科	長角石蛾
Ephemerellidae 小蜉科	小蜉	* <i>Ceraclea</i> sp. 角突石蛾屬	
* <i>Eburella brocha</i> .		* <b><i>Triaenodes</i></b> sp. 又長角石蛾屬	
* <i>Torleya lutosa</i>		<i>Mystacides</i> sp. 上突石蛾屬	
* <b><i>Cincticostella colossa</i></b>		Hydroptilidae 姬石蛾科	姬石蛾
Caenidae 姬蜉科	姬蜉	* <i>Hydroptila</i> sp. 姬石蛾屬	
* <i>Caenis</i> spp.		Goeridae 瘤石蛾科	瘤石蛾
Baetidae 四節蜉科	四節蜉	* <i>Goera</i> sp. 瘤石蛾屬	
* <i>Baetis</i> sp.		Brachycentridae 短尾石蛾科	短尾石蛾
* <i>Baetiella bispinosa</i>		<i>Micrasema</i> sp. 平脈石蛾屬	
* <i>Pseudocloeon</i> sp.		Psychomyiidae 管石蛾科	管石蛾
<i>Cloeon</i> sp.		* <i>Psychomyia</i> sp. 管石蛾屬	
		* <i>Tinodes</i> sp. 齒叉石蛾屬	
ODONATA 蜻蛉目	蜻蜓; 豆娘	Xiphocentronidae 劍石蛾科	劍石蛾
Euphaeidae 幽蟴科	幽蟴	* <b><i>Melanotrichia</i></b> sp. 黑毛石蛾屬	
* <i>Euphaea formosa</i>	短腹幽蟴	Polycentropoididae 多距石蛾科	多距石蛾
Gomphidae 春蜓科	春蜓	*Ecnomidae 長角石蛾科	長角石蛾
* <i>Stylogomphus shirozui</i>	台灣尖尾春蜓	Lepidostomatidae 鱗石蛾科	鱗石蛾
* <i>Onychogomphus formosanus</i>	台灣勾尾春蜓	<i>Lepidostoma</i> sp.	
* <i>Heliogomphus retroflexus</i>	連氏曲尾春蜓	Calamoceratidae 枝石蛾科	葦枝石蛾
<i>Sieboldius deflexus</i>	台灣巨型春蜓	<i>Anisocentropus</i> sp. 雙葉石蛾屬	
Libellulidae 蜻蛉科		Sericostomatidae 絲口石蛾科	絲口(毛)石蛾
* <i>Zygonyx takasago</i>	高砂蜻蛉		
<i>Orthetrum</i> sp.		PLECOPTERA 積翅目	石蠅
Cordulegasteridae 勾蜓科	勾蜓; 鬼蜓	Nemouridae 短尾石蠅科	短尾石蠅
<i>Chlorogomophus risi</i>	南方勾蜓	* <i>Amphinemura</i> sp.	
Calopterygidae 色蟴科		* <i>Nemoura</i> sp.	
* <i>Matrona basalis basalis</i>	白痣珈蟴	* <i>Protonemura</i> sp.	
Aeschnidae 晏蜓科		Perlidae 石蠅科	石蠅
		* <i>Neoperla</i> sp.	
MEGALOPTERA 廣翅目	石蛉; 魚蛉	* <b><i>Kamimuria</i></b> sp.	
Corydalidae 石蛉科	石蛉; 水蜈蚣	* <b><i>Paragnetina</i></b> sp.	
* <i>Protohermes costalis</i>	黃石蛉	*Leuctridae 卷石蠅科	卷石蠅
* <i>Neochauiodes sinensis</i>	縞石蛉		

(續表 2)

TAXA	Common name	TAXA	Common name
DIPTERA 雙翅目	蚊; 蠅; 虻; 蚋	COLEOPTERA 鞘翅目	甲蟲
Chironomidae 搖蚊科	搖蚊	Psephenidae 扁泥蟲科	扁泥蟲; 水錢
*Chironomini	紅搖蚊	*Psephenoides sp.	軟鞘扁泥蟲屬
*Orthoclaadiinae		<i>Eubrianax</i> sp.	四鰓扁泥蟲屬
*Tanytarsini		*Mataeopsephus sp.	扁泥蟲屬
*Tanypodinae		<i>Ectopria</i> sp.	鋸扁泥蟲屬
Simuliidae 蚋科	蚋	Elmidae 長腳泥甲科	長腳泥甲蟲
*Simulium sp.		*Stenelmis formosana	蓬萊曲脛泥蟲
Tipulidae 大蚊科	大蚊	<i>Stenelmis wongi</i>	方胸曲脛泥蟲
*Antocha sp.		*Grouvellinus sp.	
*Hexatoma ( <i>Eriocera</i> ) sp.		*Zaitzevia sp.	細身泥蟲屬
*Tipula sp.		Dryopidae 泥蟲科	
Athericidae 鵝虻科	鵝虻	<i>Elmomorphus</i> sp.	
*Atherix sp.		Hydrophilidae 牙蟲科	牙蟲
Empididae 舞蠅科	舞蠅	<i>Pelthydrus</i> sp.	
*Hemerodromia sp.		<i>Agraphydrus</i> sp.	
Psychodidae 蛾蚋科		Ptilodactylidae 長花蚤科	長花蚤
*Psychoda sp.		*Scirtide 圓花蚤科	圓花蚤
*Ceratopogonidae 糠蚊科	糠蚊	Staphylinidae 隱翅蟲科	隱翅蟲
Syrphidae 食蚜蠅科	食蚜蠅	HEMIPTERA 半翅目	
Blepharoceridae 網蚊科	網蚊	Gerridae 水黽科	水黽
Culicidae 蚊科	蚊	<i>Gerris</i> sp.	
LEPIDOPTERA 鱗翅目	蝶; 蛾	Hydrometridae 絲黽科	絲黽
Pyralidae 螟蛾科	螟蛾	Veliidae 闊黽春科	闊黽
* <i>Eoophyla</i> sp.	斑水螟		

(a)本年度採獲種類(\*)共計 36 科 63 分類群; 總計 9 目 53 科 89 個分類群。

(b)粗體字表示本年度新紀錄之分類群。

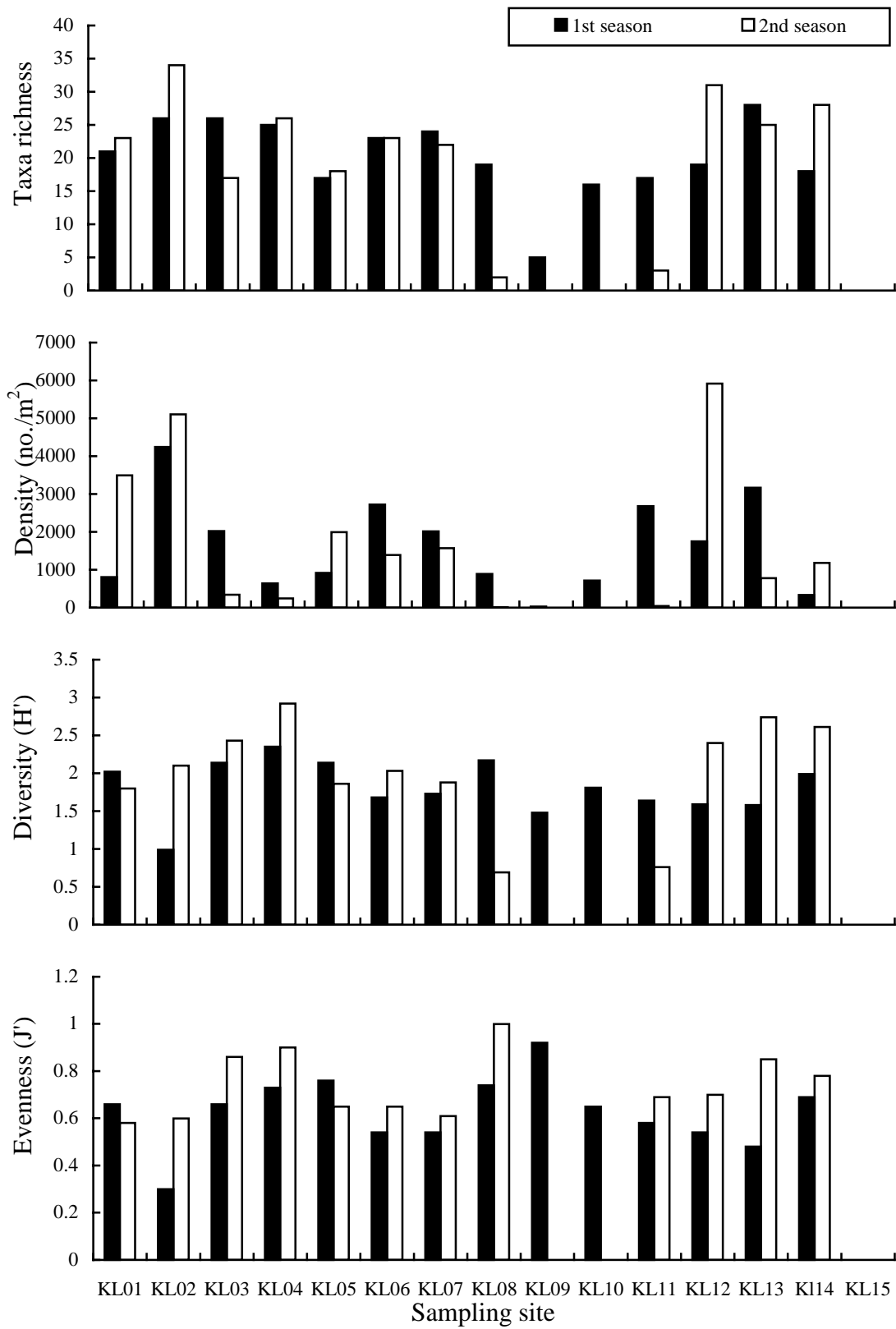


圖 1 基隆河各樣站第一、二季水棲昆蟲群聚參數之變化

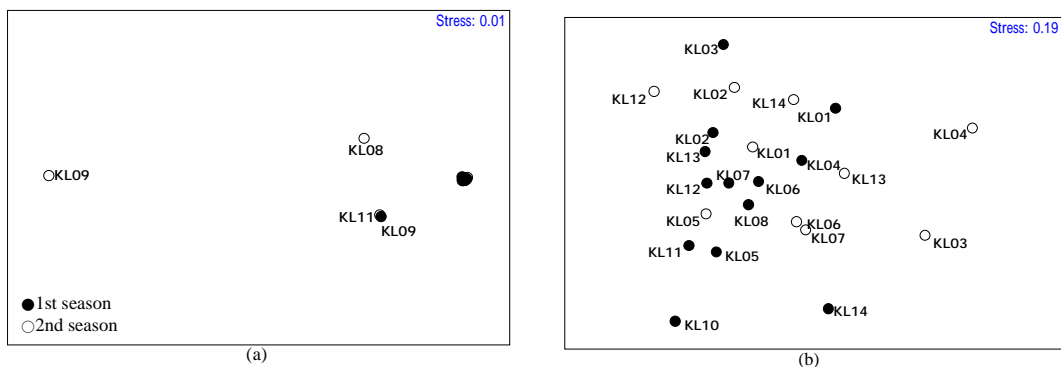


圖 2 基隆河各樣站第一、二季水棲昆蟲群聚結構，以多維空間尺度 (multi-dimensional scaling) 分析方法所得之二維空間分佈圖。

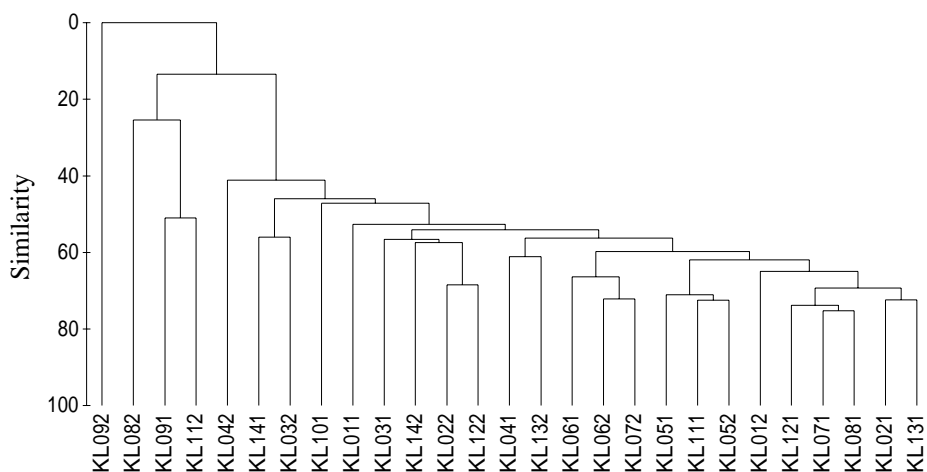


圖 3 基隆河各樣站第一、二季水棲昆蟲群聚，以 Bray-Curtis 相似性係數進行聚類分析(cluster analysis)所得樹狀圖。

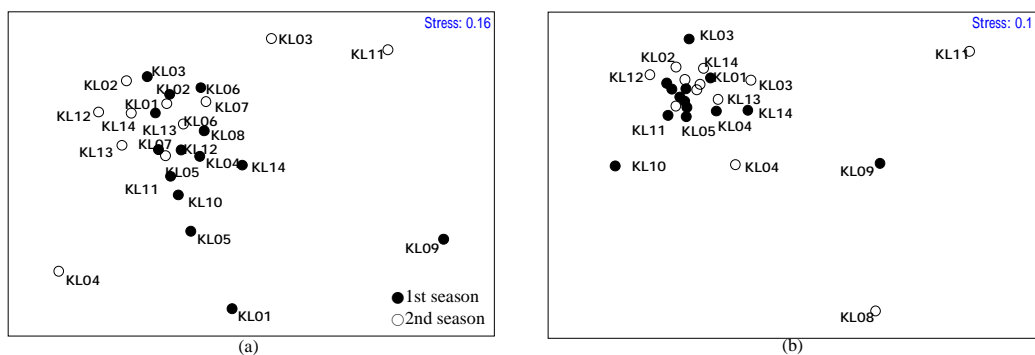


圖 4 基隆河各樣站水棲昆蟲在不同網目分層中之群聚組成。(a)1mm; (b)500  $\mu$  m.

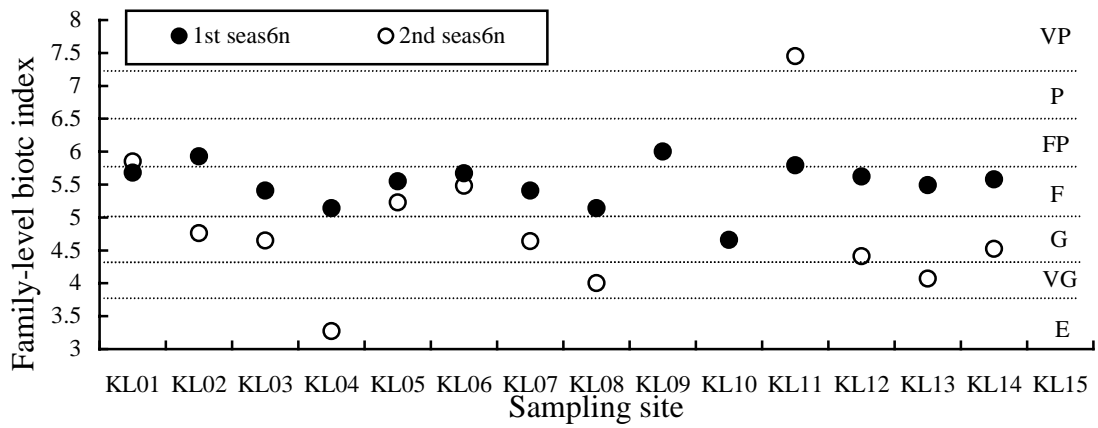


圖 5 基隆河各採樣站水棲昆蟲 Hilsenhoff 科級生物指標之評估值在各採樣站間之變化。(水質分級：E: Excellent; VG: Very good; G: Good; F: Fair; FP: Fairly poor; P: Poor; VP: Very poor)

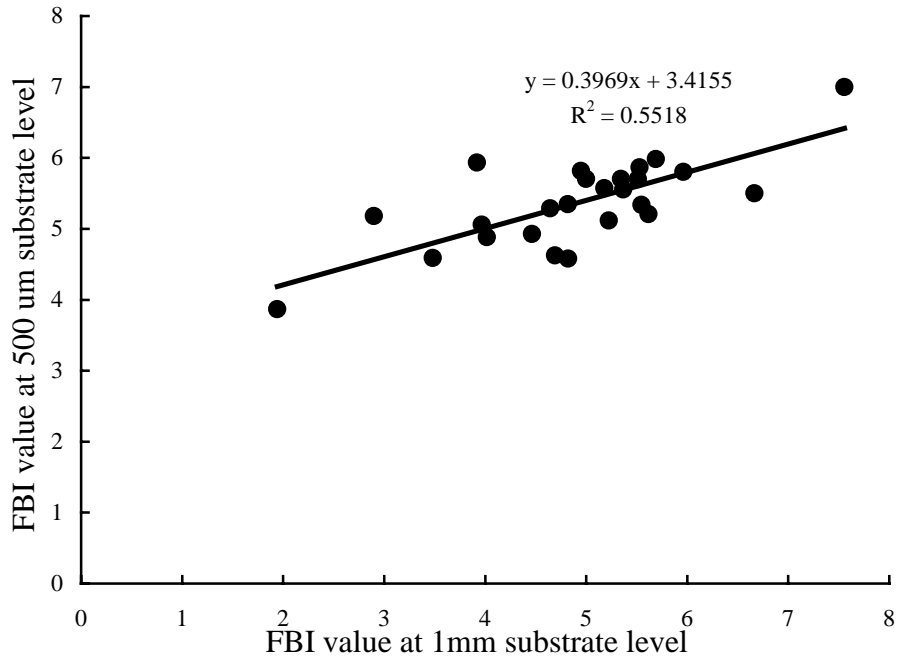


圖 6 基隆河各採樣站水棲昆蟲不同底質分層中所得之 Hilsenhoff 科級生物指標之評估值之關係。