

雙溪流域水生昆蟲群聚分析與水質評估



陽明山國家公園管理處自行研究報告

中華民國 94 年 12 月

094301020300G2001

雙溪流域水生昆蟲群聚分析與水質評估

研 究 人 員：陳俊雄

陽明山國家公園管理處自行研究報告

中華民國 94 年 12 月

YANGMINGSHAN NATIONAL PARK
RESEARCH PROJECT REPORT

Bioassessment of Waishuang Stream
using aquatic insect assemblages in
Yangmineshan National Park

BY

Chun Hsiung Chen

December , 12, 2005

目次

表次	I
圖次	II
摘要	III
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起	1
第二節 前人研究	3
第二章 材料與方法	4
第一節 調查區域	4
第二節 調查方法	6
第三章 結論與建議	11
第一節 結論	11
第二節 建議	13
附錄一 Hilsenhoff 生物指標	19
附錄二 快速生物評估法 III	19
參考書目	20

表次

表 2-1	竹子湖氣象站氣候資料統計表	6
表 3-1	外雙溪流域所採獲之水棲昆蟲名錄	15
表 3-2	外雙溪流域水棲昆蟲數生物群聚參數	16
表 3-3	外雙溪各樣站中共同出現之物種群	16
表 3-4	外雙溪各樣站的相關性參數分析	17

圖次

圖 2-1	陽明山國家公園管理處範圍圖	4
圖 2-2	研究取樣地點圖	5
圖 3-1	外雙溪樣站物種群分群圖	17
圖 3-2	七個主要分類群與環境相關分布序列圖 . . .	18
圖 3-3	所有樣站生物分類群與環境相關分布序列圖 .	18

陽明山國家公園

摘要

關鍵詞：雙溪、陽明山國家公園、水棲昆蟲

一、研究緣起

台灣的地形南北狹長，高山呈現南北縱走，多數的溪流為東西走向，水流短，坡度大，流速高，造成河川上游侵蝕、下游淤積的現象。而隨著人口增加，土地利用的需求亦大增，河川上游原本林木覆蓋的山坡地區，開發亦日益嚴重，造成生態的破壞。然而近年來由於地震、颱風帶來的暴雨的作用，造成的急流對河岸侵蝕、洪水的氾濫及引發的土石流，也嚴重威脅民眾的生命財產。外雙溪發源於陽明山擎天崗與石梯嶺之間，流至士林與內雙溪匯流，合稱為雙溪，於北投再匯南磺溪，最後於北投頂八仙注入基隆河。由於內外雙溪流域位於陽明山國家公園的東南側，鄰近台北市區，交通便利，加上環境優美，長久以來一直為重要的休閒遊憩區域。流域中水源水質清澈，為台北市區內少數未受到嚴重污染的河川，水中生物種類豐富，隨處可見魚、蝦、昆蟲悠游其中，提供了台北地區居民一個便利的親水與觀察自然的場所。由於溪流生態系的複雜性，致使環境因子對水棲昆蟲分佈的效應，較難明確評估，但利用間接梯度分析(indirect gradient analysis)的方法，能夠客觀而定量分析環境與生物間之關係。本園區每年有一千兩百萬人次的遊客，這些遊客在區內進行遊憩、登山、休閒、泡溫泉等活動，帶來遊憩的壓力，公共設施的壓力，對生物多樣性的影響等問題，本研究希望能利用水棲昆蟲來做為外雙溪流域的監測指標，以提供國家公園保育監測的參考。本研究以 2005 年 1 月至 2005 年 12 月間外雙溪流域五個採樣站，就環境因子及水棲昆蟲的調查結果，應用主成份分析(principal component analysis, PCA)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。由單向變方分析之結果顯示，水棲昆蟲各群聚參數在各採樣站之

間具有顯著之差異，在季節之間則無顯著差異存在，各參數間具有高的相關性；不同環境因子的變異則有差異。

二、研究方法及過程

利用水生物作為河川環境監測之應用由來已久，所使用之生物包含了藻類、魚類及底棲大型無脊椎動物等(Plafkin *et al.* 1989, Lenat & Barbour 1994; Oksiyuk *et al.*, 1998)，各類生物均有其優點(Plafkin *et al.* 1989)。以水棲昆蟲等大型之底棲無脊椎動物的使用，更有長久的歷史，至今已發展出多種評估環境變化之生物指標(Paine & Gaufin, 1956; Lenat, 1984, 1988; Rabeni *et al.*, 1985; Hilsenhoff, 1982, 1987, 1988 Metcalfe, 1989; Eaton & Lenat, 1991; Novak & Bode, 1992; Cao *et al.*, 1997; Stuijzand *et al.*, 1999)，然而有鑑於過去使用的方法往往僅適用於評估單一類的污染(如有機污染、重金屬污染)，或是只使用單純一、二個指數或生物屬性(attributes)作為評估之方法，並無法完全反應河川中生物所面臨的多重的壓力，因此近年來已趨向於發展多重指數的方法(multimetric approach)，即結合選取多項的指標，以達到能夠偵測人為各式各樣的活動對河廊生態所產生的衝擊。其中最早成功發展出的多重指數是利用魚類的生物綜合性指標(Index of biological integrity, IBI) (Karr, 1981)，其後在水棲昆蟲方面更有多種的綜合指標，最重要的有快速生物評估法(Rapid bioassessment protocol, RBP) (Plafkin *et al.*, 1989)、底棲生物綜合指標(Benthic index of biotic integrity, B-IBI) (Kerans & Karr, 1994)，以及溪流環境指標(Stream condition index, SCI) (Barbour *et al.*, 1996)。

此外，在溪流生態群聚結構的研究上，涉及大量的分類群資料，經常需借助排序支術(ordination technique)來進行，以明確評量群聚結構在時間及空間上的變異，並探討環境因子與物種分佈間之關係。這類排序技術，因其背後對物種豐度(species' abundance)分佈的假設條件不同，而有所區分。這些應用於水棲昆蟲群聚的分析方法，包括了主成份分析(principal components analysis, PCA) (Diggin & Stewart, 1998; Sabater *et al.*, 1991; Shieh *et al.*, 1999; Weilguni &

Humpesch, 1999)、對應分析(correspondence analysis, CA) (Richards & Host, 1993; Brodersen *et al.*, 1998; Shieh *et al.*, 1999)及多維空間尺度(multi-dimensional scaling, MDS) (Kedwards *et al.*, 1999)等方法。這些方法由於各自的基礎假設不同，在應用上亦有不同的條件限制，其中多維空間尺度(MDS)可以利用相似矩陣資料，更適合於底棲生物及魚類的群聚分析，不僅可以展現單一樣站在時間上的週期循環(cyclicality)，亦可表現單一時間點自上游至下游的序列性(seriation)變化(Clarke & Warwick, 1994)。

本研究之目標在於針對外雙溪流域中底棲大型無脊椎動物採樣調查，應用生物指標方法進行監測的工作之外，同時利用群聚分析的方法，比較水棲昆蟲物種的變化及其組成的差異，可以推測環境變化的趨勢，提供國家公園未來規劃及管理的參考。

三、重要發現

1. 計劃執行自 2005 月 1 月至 2005 年 12 月所得結果，總計外雙溪流域所採獲之水棲昆蟲總類數達到 9 目 45 科(表 3-1) 各種類的分佈與以往之紀錄相同。在這些分類群中尚有許多包含兩個以上的物種，且有些生物資料目前分類不明，因此資料顯示外雙溪流域水棲昆蟲數量相當豐富應在 50 科以上，就各分類群而言，以毛翅目與蜉蝣目所佔種類數為最高，其次為積翅目，此流域尚屬乾淨之水質。
2. 水質評估方面，水質自上游往下游有變差之趨勢。上游住家不多，污染源較少，從 Hilsenhoff 科級指標生物值可得知 (Hilsenhoff, 1988)，上游水質等級為 Very good 屬於貧腐水性，水質佳。中游兩岸有許多餐廳，有機物質與營養鹽不斷加入河中，導致水質等級降為 Good 屬於 β -中腐水性，水質尚可。下游地區累積中上游之有機物質，加上兩岸住家劇增，污染源增加，水質等級再降為 Fair，甚至出現 Fair poor 屬於 β 、 α -中腐水性，水質稍差。
3. 自 2005 月 1 月至 2005 年 12 月所得結果，外雙溪流域水棲昆蟲生物群聚參數之關係為：平均分類群數量 21.33；平均個體數量

為 796.73；平均均勻度為 0.678；Shannon' s 歧異度指數 (Shannon' s index of diversity) 為 2.06(表 3-2)，其中以天溪園站歧異度最高，而勝利橋最低。每次採樣水棲昆蟲分類群平均數是以天溪園為最高(23)，而往下游逐漸遞減，至勝利橋最低(19)；第 1、2 站與第 3、4 站有顯著之差異，而第 5 站與其他樣站亦有顯著之差異($p<0.05$)。

4. 調查發現外雙溪各樣站中共同出現之物種為 Beatidae、Chironomidae、Hydropsychidae、Heptageniidae、Philopotamidae、Stenopsychidae 及 Euphaeidae 等七科(表 3-3)。而經過七科與五個樣站的排列分布序列發現此七科水棲昆蟲的分布序列曲線與樣站分布序列曲線相近(圖 3-2；3-3)，故此七科水棲昆蟲的分布具有代表外雙溪流域 5 個樣站的群聚狀況。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對外雙溪流域的棲地保育，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

建議一：立即可行建議

建議進行「遊客人數與雙溪流域的水質污染之監測與評估」

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：無

以目前的採樣結果，外雙溪上中游水棲昆蟲的群聚結構有一定的連續分布趨勢，所以利用 Beatidae、Chironomidae、Hydropsychidae 等 3 科水棲昆蟲進行外雙溪流域的生態指標群聚分析，以及進行遊客衝擊與建立溪流及經營管理承載量推估模式，期能建立國家公園邊境管理的完整性。

建議二：中長期建議

整合各領域的學者共同研究，將有助於更清楚瞭解水棲昆蟲與環境間之交互關係

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：無

本研究中環境因子酸鹼值、電導度、濁度、磷酸鹽、氨氮、鹼度與硬度在採樣站間呈現顯著的差異；在季節間則以水溫、生化需氧量、酸鹼值、電導度、氧化還原電位、磷酸鹽及鹼度呈度顯著之差異。建議整合各領域的學者共同研究，將有助於更清楚瞭解水棲昆蟲與環境間之交互關係

建議三：中長期建議

進行水棲昆蟲群聚與外雙溪溪流底質的相關性調查與評估

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：無

就目前的採樣方式而言，對某些特殊的棲地並無法完整的採獲，而可能需借助其他的採樣方式才能夠廣泛而詳盡的調查到所有的水棲昆蟲種類。建議進行水棲昆蟲群聚與外雙溪溪流底質的相關性調查與評估，將有助於更清楚瞭解水棲昆蟲與環境間之交互關係。

ABSTRACT

Keywords: Waishuang Stream , Yangminshan Nation Park , aquatic insect

Waishuang Stream is one of the tributaries of Keelung River. The catchment, located at the southeastern part of Yangminshan Nation Park, is close to Taipei City and has been one of the important recreation areas for the residents. Abundant fauna and flora were recorded in the catchment. The objective of this study is to survey and monitor the aquatic insects by routine sampling of aquatic insects at sampling sites in Waishuang Stream. Five sampling sites are selected in this study, and data of the aquatic insects and the related environmental factors, such as velocity, pH value, river-bed width, slope and temperature, from the Waishuang Stream are recorded. This study present the results of aquatic insects fauna and related ecological studies conducted at 5 sampling sites in the Waishuang Stream . The environmental factors and the aquatic insect composition were investigated monthly to define the relationship between aquatic insect community structure and environmental parameters by using the analysis of PCA (principal component analysis) ordination technique. The results reveal a great diversity of aquatic insect fauna. The environmental factors affecting the distribution of aquatic insect and their longitudinal and temporal changes were more obvious by the biplot of the PCA ordination. The results of this study are used to postulate the trend of the environmental changes as reference to the program and management in the stream for the administrator of Yangminshan National Park.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起

一、研究緣起及目的

台灣的地形南北狹長，高山呈現南北縱走，多數的溪流為東西走向，水流短，坡度大，流速高，造成河川上游侵蝕、下游淤積的現象。而隨著人口增加，土地利用的需求亦大增，河川上游原本林木覆蓋的山坡地區，開發亦日益嚴重，造成生態的破壞。然而近年來由於地震、颱風帶來的暴雨的作用，造成的急流對河岸侵蝕、洪水的氾濫及引發的土石流，也嚴重威脅民眾的生命財產。外雙溪發源於陽明山擎天崗與石梯嶺之間，流至士林與內雙溪匯流，合稱為雙溪，於北投再匯南礮溪，最後於北投頂八仙注入基隆河。由於內外雙溪流域位於陽明山國家公園的東南側，鄰近台北市區，交通便利，加上環境優美，長久以來一直為重要的休閒遊憩區域。流域中水源水質清澈，為台北市區內少數未受到嚴重污染的河川，水中生物種類豐富，隨處可見魚、蝦、昆蟲悠游其中，提供了台北地區居民一個便利的親水與觀察自然的場所。

利用水生物作為河川環境監測之應用由來已久，所使用之生物包含了藻類、魚類及底棲大型無脊椎動物等(Plafkin *et al.* 1989, Lenat & Barbour 1994; Oksiyuk *et al.*, 1998)，各類生物均有其優點(Plafkin *et al.* 1989)。以水棲昆蟲等大型之底棲無脊椎動物的使用，更有長久的歷史，至今已發展出多種評估環境變化之生物指標(Paine & Gaufin, 1956; Lenat, 1984, 1988; Rabeni *et al.*, 1985; Hilsenhoff, 1982, 1987, 1988 Metcalfe, 1989; Eaton & Lenat, 1991; Novak &

Bode, 1992; Cao *et al.*, 1997; Stuijzand *et al.*, 1999)，然而有鑑於過去使用的方法往往僅適用於評估單一類的污染(如有機污染、重金屬污染)，或是只使用單純一、二個指數或生物屬性(attributes)作為評估之方法，並無法完全反應河川中生物所面臨的多重的壓力，因此近年來已趨向於發展多重指數的方法(multimetric approach)，即結合選取多項的指標，以達到能夠偵測人為各式各樣的活動對河廊生態所產生的衝擊。其中最早成功發展出的多重指數是利用魚類的生物綜合性指標(Index of biological integrity, IBI) (Karr, 1981)，其後在水棲昆蟲方面更有多種的綜合指標，最重要的有快速生物評估法(Rapid bioassessment protocol, RBP) (Plafkin *et al.*, 1989)、底棲生物綜合指標(Benthic index of biotic integrity, B-IBI) (Kerans & Karr, 1994)，以及溪流環境指標(Stream condition index, SCI) (Barbour *et al.*, 1996)。

此外，在溪流生態群聚結構的研究上，涉及大量的分類群資料，經常需借助排序支術(ordination technique)來進行，以明確評量群聚結構在時間及空間上的變異，並探討環境因子與物種分佈間之關係。這類排序技術，因其背後對物種豐度(species' abundance)分佈的假設條件不同，而有所區分。這些應用於水棲昆蟲群聚的分析方法，包括了主成份分析(principal components analysis, PCA) (Diggins & Stewart, 1998; Sabater *et al.*, 1991; Shieh *et al.*, 1999; Weilguni & Humpesch, 1999)、對應分析(correspondence analysis, CA) (Richards & Host, 1993; Brodersen *et al.*, 1998; Shieh *et al.*, 1999)及多維空間尺度(multi-dimensional scaling, MDS) (Kedwards *et al.*, 1999)等方法。這些方法由於各自的基礎假設不同，在應用上亦有不同的條件限制，其中多維空間尺度(MDS)可以利用相似矩陣資料，更適合於底棲生物及魚類的群聚分析，不僅可以展現單一樣站在時間上的週期循環(cyclicality)，亦可表現單一時間點自上游至下游的序列性(seriation)變化(Clarke & Warwick, 1994)。

本研究乃針對外雙溪中上游河段之採樣站，進行水棲昆蟲的調查，以探討此流域水棲昆蟲的群聚組成，並藉用 Hilsenhoff 之科級生物指標與快速生物評估法，瞭解水質與環境品質的變化，同時利用

群聚分析的方法，比較水棲昆蟲物種的變化及其組成的差異，瞭解水質與環境品質的變化，依所得之結果與各項理化參數進行分析，期可找出影響水棲昆蟲之重要因子。本研究之目標在於利用之前調查之昆蟲資料，應用生物指標方法進行監測的工作之外，同時利用群聚分析的方法，比較水棲昆蟲物種的變化及其組成的差異，可以推測環境變化的趨勢，提供國家公園未來規劃及管理的參考。

第二節 前人研究

外雙溪流域以往對於水生生物的研究並不多，林等(1987)受陽明山國家公園管理處委託，進行「雙溪河流魚類之復育暨設置溪釣場規劃經管理之研究」案，針對內外雙溪中淡水魚類、水棲昆蟲、河岸植被及水生藻類進行調查及生態研究，其結果共發現 9 目 22 科 49 種之水棲昆蟲，沿岸植被約有蕨類 21 種、被子植物 79 種，藻類則在止水區以絲狀體藍綠藻及綠藻為主，湍流區的岩石則以矽藻較多，魚類則以臺灣纓口鰍等 10 種分佈較廣。自 1993-1996 年對內外雙溪流域中，水棲昆蟲生態及監測指標進行為期三年的研究，共計水棲昆蟲種類數達 79 種，數量上則以蜉蝣目、襉翅目及毛翅目三者數量為最多，各項水棲昆蟲生物指標顯示水質狀況介於普通(fair)到優良(excellent)之間，未發現嚴重的污染狀況(楊，1994，1995，1996)。本研究之目標在於針對外雙溪流域中底棲大型無脊椎動物採樣調查，應用生物指標方法進行監測的工作之外，同時利用群聚分析的方法，比較十年間水棲昆蟲物種的變化及其組成的差異，可以推測環境變化的趨勢，提供國家公園未來規劃及管理的參考。

第二章材料與方法

第一節 調查區域

本計畫之調查區域仍是以外雙溪流域為主之溪流內及濱岸地區。初步在範圍內選定天溪園停車場 (site1)、聖人橋 (site2)、碧溪橋 (site3)、外雙溪橋 (site4) 及勝利橋 (site5) 等共計五樣站進行調查，其中並以天溪園橋為參考站(reference site)以作為下游各樣站之評估。採樣頻度為每月採樣一次。濱岸地區之水棲昆蟲成蟲則採不定時方式進行定性之調查。

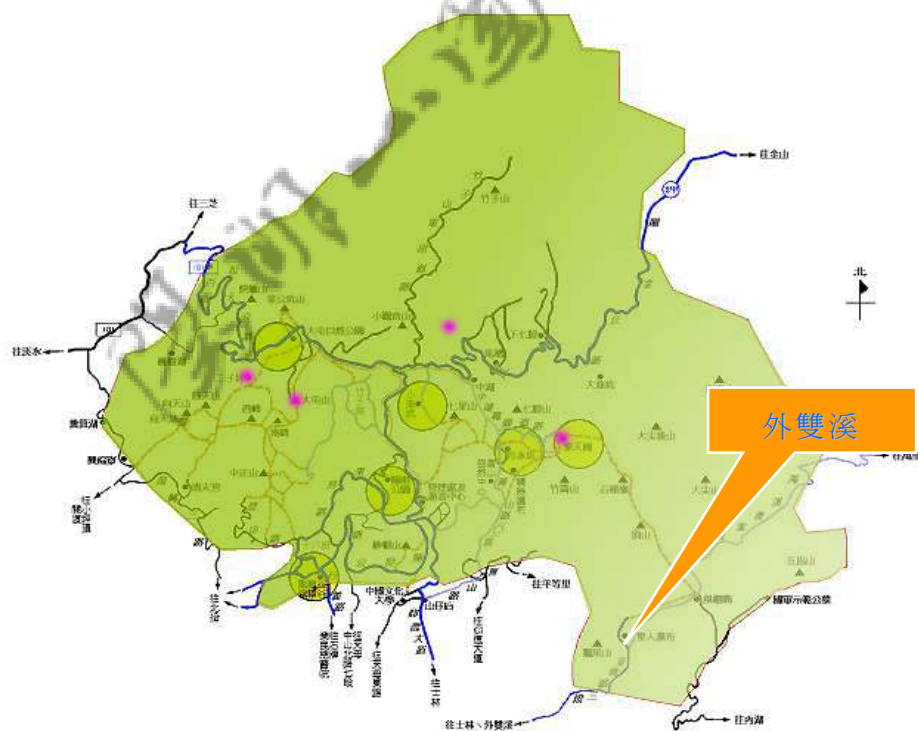


圖 2-1：陽明山國家公園管理處範圍圖（陽明山國家公園管理處，2002）

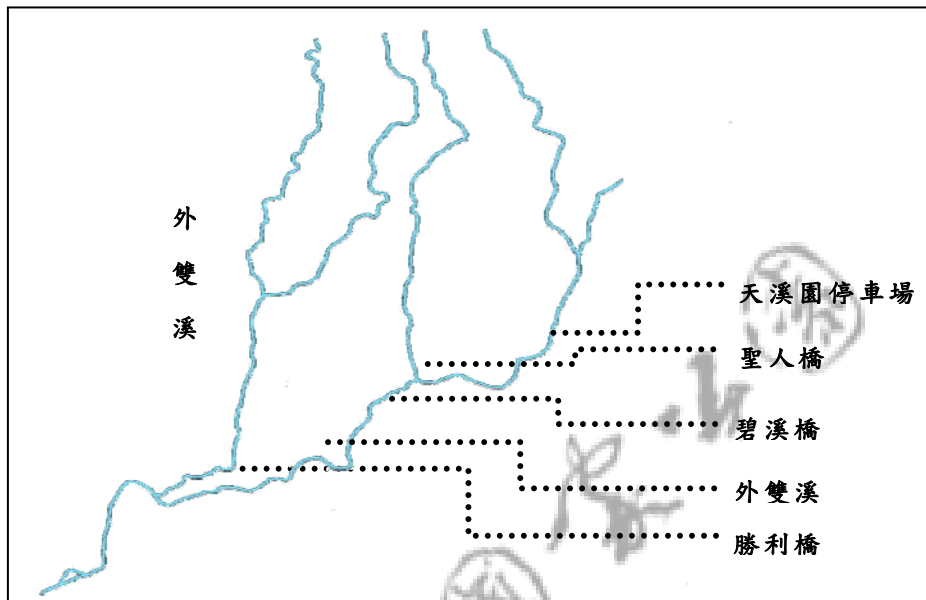


圖 2-2：研究取樣地點圖（陽明山國家公園管理處，2002）

本研究區之氣候資料，由於在樣區附近並無詳細的測站資料，故利用鄰近地區竹子湖測候站資料，來評估本研究區的氣候概況。

1. 雨量：由表2-1料顯示，本研究區的雨量超過4000mm以上，雨量極為豐富。而大部份的雨量都集中在七月至十二月。很明顯的看出本研究區夏季、秋季雨量的比例大於冬季、春季雨量，所以本研究區的雨量來源還是較集中於夏季的。

2. 溫度：本研究區平均氣溫為 $16^{\circ}\text{C} \sim 22.5^{\circ}\text{C}$ （見表2-1）屬於亞熱帶氣候。且年均溫為 18.5°C 。

表2-1：竹子湖氣象站氣候資料統計表（中央氣象局,1997-2000）

項目	降雨量	降雨日數	平均氣溫	相對濕度	最高氣溫	最低氣溫
單位	毫米	天	攝氏度	百分比	攝氏度	攝氏度
1 月	269.3	20	11.7	88	15.3	9.2
2 月	277.3	18	12.2	89	15.8	9.6
3 月	240.3	18	14.6	88	18.8	11.7
4 月	207.8	15	18.1	87	22.4	15.1
5 月	275.3	16	20.9	87	24.9	18.2
6 月	294.7	14	23.5	87	27.5	20.9
7 月	248.3	10	24.8	84	29.4	21.9
8 月	446	13	24.5	84	29	21.8
9 月	588.1	15	22.7	85	26.9	20.3
10 月	837.3	19	19.8	87	23.4	17.7
11 月	521.9	21	16.4	88	19.7	14.2
12 月	320.1	20	13.3	88	16.8	10.9
合計	4526.4	199	18.5	86	22.5	16
統計期間	1971-2000	1971-2000	1971-2000	1971-2000	1971-2000	1971-2000

第二節 調查方法

一、生物採樣

本計畫溪流中底棲大型無脊椎動物之採樣，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、兩旁各採集一次；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，鑑定至科的層級。而採獲之標本則依

目、科建立名錄。

二、研究室內樣品之處理

(1) 過篩

使用不同孔徑之篩網(ASTM)過篩底質，以清水多次沖洗後，收集存留於 1 mm 及 0.5 mm 篩網上樣品，以 70%之酒精溶保存。

(2) 挑蟲

將過篩後保存的樣本倒入玻璃皿中，以目視或顯微鏡觀察，交互襯以黑白色的底色，將底質中之蟲體挑出。

(3) 鑑定

將挑出的底棲動物進行鑑定。水棲昆蟲部分之鑑定主要參酌川合(1985)、楊(1992)、Merritt & Cummins (1996)及 Wiggins (1996)之分目與分科之檢索表；屬級與種級之鑑定依各目之不同，分別則參考黃(1994)、張(1992)、康(1993)、顏(1997)之論文報告。分類鑑定之層級受到計畫目標與採樣人員所受之訓練之限制，一般而言均以執行人員所能鑑定的最低層級(possible lowest level)為主。

(4) 計數

鑑定後之分類群(taxon)分別予計數、保存。計數標準以能完成鑑定之個體數為準，除了部分鞘翅目(Coleoptera)以成蟲棲息於溪流的種類外，其他各目以幼蟲(幼體)之計數為主，蛹或成蟲則另外保存可輔助作為物種之鑑定。若有蟲體殘缺不全或重要分類特徵不明

而無法完成鑑定者，則不能列入計數。

(5) 標本保存與攝影記錄

採樣所得之標本浸泡於小玻璃瓶中，以標本盒分月保存。另挑選完整之標本，作為該地區往後研究之參照標本，並行攝影記錄。

三、環境參數調查

本計畫現場量測參數為在生物採樣時同時進行部分環境因子之量測，如水溫、溶氧量、電導度、酸鹼值、河寬、水深及流速等，以瞭解採樣時環境之狀況，並作為日後分析水棲昆蟲群聚變動與環境因子間關係之主要依據。環境參數分為以下：

- 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。
- c. 流速 (velocity) : Global Flow Probe FP101 Digital Flow Meter。
- 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。
- g. 氧化還原電位 (ORP) : Delta OHM HD8705 Microprocessor Multiuse pH/mv/°C Meter
- h. 硬度 (hardness) : HANNA, HI3811, HI3812, HI3815, HI3822, HI3834 泛用水質測定組。

四、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)

即各採樣站所採獲水棲昆蟲之種類數。依據鑑定層級之不同，可分為科級、屬級與種級三等。

b. 密度

以各採樣站所採獲之水棲昆蟲總個體數，除以定面積水網之採樣面積所得之商數即是。以 50cm×50cm 之定面積水網為例，其採樣面積為 $0.5 \times 0.5 = 0.25$ (m²)，故其密度計算為：密度(D) = 總個體數(N) / 0.25 (個體數/平方公尺)

c. 優勢種(Dominant species)比例

所謂優勢種即為各採樣中，所採獲個體數最高之種類。以優勢種之個體數除以水棲昆蟲之總個體數，計算所得之百分比即是。

d. 歧異度(Diversity)

歧異度之大小受到採樣站中種類數與各種之個體數的分佈情形所決定，種類數多、各種個體數分佈愈均勻，其歧異度值亦愈大，顯示群聚結構愈穩定。歧異度之計算主要依據種和屬級的鑑定結果，以 Shannon's diversity index 為例， n_i 表代採樣站中第 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 Shannon's entropy function:
$$H' = - \sum (p_i \times \log p_i)$$

$$P_i = n_i / N$$

e. 均勻度(Evenness)

均勻度代表各採樣中，樣本中水棲昆蟲數量在各個分類群中分佈的均勻程度。其計算方式以 Pielou evenness index 為例：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。

以上指數所得之指標值，進行分析比較各溪流間上游至下游的差異。

2. 水質評估法

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)。

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

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

此兩種生物指標皆將水質依據指標值劃分為七個水質等級，指標值與相對之水質等級如附錄 1。

Family-level Biotic Index at each site

	Site1	site2	Site3	Site4	Site5
FBI value	5.82	5.34	4.72	4.48	3.92
Water quality	Fairly Poor	Fair	Good	Good	Very Good

第三章 結論與建議

第一節 結論

1. 計劃執行自 2005 月 1 月至 2005 年 12 月所得結果，總計外雙溪流域所採獲之水棲昆蟲總類數達到 9 目 45 科(表 3-1) 各種類的分佈與以往之紀錄相同。在這些分類群中尚有許多包含兩個以上的物種，且有些生物資料目前分類不明，因此資料顯示外雙溪流域水棲昆蟲數量相當豐富應在 50 科以上，就各分類群而言，以毛翅目與蜉蝣目所佔種類數為最高，其次為積翅目，此河域尚屬乾淨之水質。
2. 水質評估方面，水質自上游往下游有變差之趨勢。上游住家不多，污染源較少，從 Hilsenhoff 科級指標生物值可得知 (Hilsenhoff, 1988)，上游水質等級為 Very good 屬於貧腐水性，水質佳。中游兩岸有許多餐廳，有機物質與營養鹽不斷加入河中，導致水質等級降為 Good 屬於 β -中腐水性，水質尚可。下游地區累積中上游之有機物質，加上兩岸住家劇增，污染源增加，水質等級再降為 Fair，甚至出現 Fair poor 屬於 β 、 α -中腐水性，水質稍差。
3. 自 2005 月 1 月至 2005 年 12 月所得結果，外雙溪流域水棲昆蟲生物群聚參數之關係為：平均分類群數量 21.33；平均個體數量為 796.73；平均均勻度為 0.678；Shannon' s 歧異度指數 (Shannon' s index of diversity) 為 2.06(表 3-2)，其中以天溪園站歧異度最高，而勝利橋最低。每次採樣水棲昆蟲分類群¹平均數是以天溪園為最高(23)，而往下游逐漸遞減，至勝利橋最低(19)；第 1、2 站與第 3、4 站有顯著之差異，而第 5 站與其他樣站亦有顯著之差異($p < 0.05$)。
4. 調查發現外雙溪各樣站中共同出現之物種為 Beatidae、

Chironomidae、Hydropsychidae、Heptageniidae、Philopotamidae、Stenopsychidae 及 Euphaeidae 等七科(表 3-3)。而經過七科與五個樣站的排列分布序列發現此七科水棲昆蟲的分布序列曲線與樣站分布序列曲線相近(圖 3-2; 3-3)，故此七科水棲昆蟲的分布具有代表外雙溪流域 5 個樣站的群聚狀況。

5. 本研究中顯示各樣站的生物群聚分布是呈現連續性的(表 3-4)，而採樣期間各站環境因子的變化不大。各項參數中，水溫、溶氧、生化需氧量、氧化還原電位及流速在各採樣站間沒有顯著之差異($p>0.05$)。酸鹼值在下游採樣站較低。
6. 由整個的採樣結果可看出天溪園採樣站為水棲昆蟲種類數最高的採樣站，而天溪園採樣站在水棲昆蟲之密度與歧異度亦為各採樣中最高者，除了位於河川上游受到人為活動的影響較小之外，上游河川對於人為活動干擾的承受力較大(Sabater et al., 1991)亦是可能的原因之一。
7. 就目前的採樣方式而言，對某些特殊的棲地並無法完整的採獲，而可能需借助其他的採樣方式才能夠廣泛而詳盡的調查到所有的水棲昆蟲種類。而水棲昆蟲在各採樣站間之分佈及各項水棲昆蟲參數在採樣站間有顯著之差異；而在季節之間除了功能攝食群之組成比例之外，則無顯著之差異。
8. 環境因子酸鹼值、電導度、濁度、磷酸鹽、氨氮、鹼度與硬度在採樣站間呈現顯著的差異；在季節間則以水溫、生化需氧量、酸鹼值、電導度、氧化還原電位、磷酸鹽及鹼度呈度顯著之差異。
9. 外雙溪上游雖位於國家公園區內，然日益增加的農耕行為及人為開發，將會嚴重影響下游水棲昆蟲之棲地變化，建議推動環境變化的監測系統，以建立更完整的環境變遷資料，提供國家公園未來規劃及管理的參考。

第二節 建議

建議一：立即可行建議

建議進行「遊客人數與雙溪流域的水質污染之監測與評估」

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：無

以目前的採樣結果，外雙溪上中游水棲昆蟲的群聚結構有一定的連續分布趨勢，所以利用 Beatidae、Chironomidae、Hydropsychidae 等 3 科水生昆蟲進行外雙溪流域的生態指標群聚分析，以及進行遊客衝擊與建立溪流及經營管理成承載量推估模式，期能建立國家公園邊境管理的完整性。

建議二：中長期建議

整合各領域的學者共同研究，將有助於更清楚瞭解水棲昆蟲與環境間之交互關係

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：無

本研究中環境因子酸鹼值、電導度、濁度、磷酸鹽、氨氮、鹼度與硬度在採樣站間呈現顯著的差異；在季節間則以水溫、生化需氧量、酸鹼值、電導度、氧化還原電位、磷酸鹽及鹼度呈度顯著之差異。由於所觀測的變數仍然有限，部分的環境因子在分析的時並未考量，如河川的底質組成、流量及人為的干擾效應等均未適當的量化以進行評估，建議整合各領域的學者共同研究，將有助於更清楚瞭解水棲昆蟲與環境間之交互關係

建議三：中長期建議

進行水棲昆蟲群聚與外雙溪溪流底質的相關性調查與評估

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：無

就目前的採樣方式而言，對某些特殊的棲地並無法完整的採獲，而可能需借助其他的採樣方式才能夠廣泛而詳盡的調查到所有的水棲昆蟲種類。建議進行水棲昆蟲群聚與外雙溪溪流底質的相關性調查與評估，將有助於更清楚瞭解水棲昆蟲與環境間之交互關係。

陽明山國家公園

表 3-1 外雙溪流域所採獲之水棲昆蟲名錄

TAXA	Common name	FFG	TAXA	Common name	FFG
EPHEMEROPTERA 蜉蝣目	蜉蝣		TRICHOPTERA 毛翅目	石(蠶)蛾	
Heptageniidae	扁蜉科		Stenopsychidae	長鬚石蛾科	
<i>Afronurus</i> sp.			<i>Stenopsyche</i> sp.		
<i>Epeorus erratus</i>			Hydropsychidae	網石蛾科	
<i>Rhithrogena</i> sp.			<i>Cheumatopsyche</i> sp.		
Ephemeridae	蜉蝣科		Philopotamidae	指石蛾科	
<i>Ephemera formosana</i>			<i>Chimarra</i> sp.		
Ephemerellidae	小蜉科		Hydrobiosidae	囊翅石蛾科	
<i>Cincticostella</i> sp.			<i>Apsilochorema</i> sp.		
<i>Torleya</i> sp.			Rhyacophilidae	流石蛾科	
Caenidae	姬蜉科		<i>Rhyacophila</i> sp.		
<i>Caenis</i> sp.			Leptoceridae	長角石蛾蛾	
Baetidae	四節蜉科		<i>Ceraclea</i> sp.		
<i>Baetis</i> sp.			Xiphocentronidae	劍石蛾科	
<i>Baetiella bispinosa</i>			Phryganeidae		
<i>Pseudocloeon</i> sp.			Polycentropodidae	多距石蛾蛾	
	褐蜉科		<i>Polycentropus</i> sp.		
PLECOPTERA 積翅目	石蠅		Psychomyiidae	遂石蛾蛾	
Nemouridae	短尾石蠅科		<i>Psychomyia</i> sp.		
<i>Nemoura</i> sp.			Ecnomidae	石蛾科	
Perlidae	石蠅科				
<i>Neoperla</i> sp.			MEGALOPTERA 廣翅目	石蛉	
Peltoperlidae	扁石蠅科		Corydalidae 石蛉科		
Leuctridae	卷石蠅科		<i>Protohermes costalis</i>	黃石蛉	
			DIPTERA 雙翅目		
ODONATA 蜻蛉目	蜻蜓; 豆娘		Chrionomidae	搖蚊科	
Euphaeidae	幽蟬科		Simuliidae	蚋科	
<i>Euphaea formosa</i>	短腹幽蟬		<i>Simulium</i> sp.		
Coenagrionidae	細蟬科		Tipulidae	大蚊科	
Platycnemididae	琵琶蟬科		<i>Tipula</i> sp.		
Megapodagrionidae	蹼蟬科		Culicidae	蚊科	
Calopterygidae	珈蟬科		<i>Culex</i> sp.		
Lestidae	絲蟬科		Dixidae	細蚊科	
Aeshnidae	晏蜓科			網蚊科	
Gomphidae	春蜓科		Ceratopogonidae	糠蚊科	
Corduliidae	弓蜓科		Athericidae	鵲虻科	
Cordulegastridae	勾蜓科		HEMIPTERA 半翅目		
Libellulidae	蜻蛉科		Gerridae	水黽科	
			<i>Gerris</i> sp.		
COLEOPTERA 鞘翅目			Corixidae	水蟲科	
Psephenidae	扁泥蟲科			鱗翅目	
<i>Psephenoides</i> sp.				水螟科	
Elmidae	長腳泥蟲科				
<i>Grouvelinus</i> sp.					
<i>Zaitzevia</i> sp.					
Dytiscidae	龍蝨科				
<i>Laccophilus sharpi</i>					
Hydrophilidae	牙蟲科				

表 3-2 外雙溪流域水棲昆蟲數生物群聚參數

	分類群 數量	個體數	均勻度	Shannon' s 歧異 度
	S	N	J'	1-Lambda'
31	17	972	0.623148	1.765512
32	18	843	0.737621	2.131999
33	15	680	0.729194	1.974693
34	17	752	0.779538	2.208598
35	19	514	0.783019	2.305552
41	21	1531	0.663468	2.019943
42	21	967	0.707223	2.153157
43	19	794	0.674487	1.985986
44	23	787	0.654461	2.052058
45	24	578	0.706888	2.246528
51	21	1015	0.5933	1.806315
52	28	619	0.561647	1.871522
53	23	681	0.677148	2.123194
54	27	601	0.635044	2.093
55	27	617	0.643032	2.119328
平均	21.33333	796.7333	0.677948	2.057159

表 3-3 外雙溪各樣站中共同出現之物種群（以相似度 80% 計算）

Average similarity: 80.67

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Beatidae	478.33	39.39	6.97	48.82	48.82
Chironomidae	247.33	15.35	5.39	19.03	67.85
Hydropsychidae	126.33	7.67	7.21	9.51	77.36
Heptageniidae	67.00	4.53	3.21	5.62	82.98
Philopotamidae	67.00	4.43	7.89	5.49	88.46
Stenopsychidae	38.33	2.55	3.43	3.16	91.63

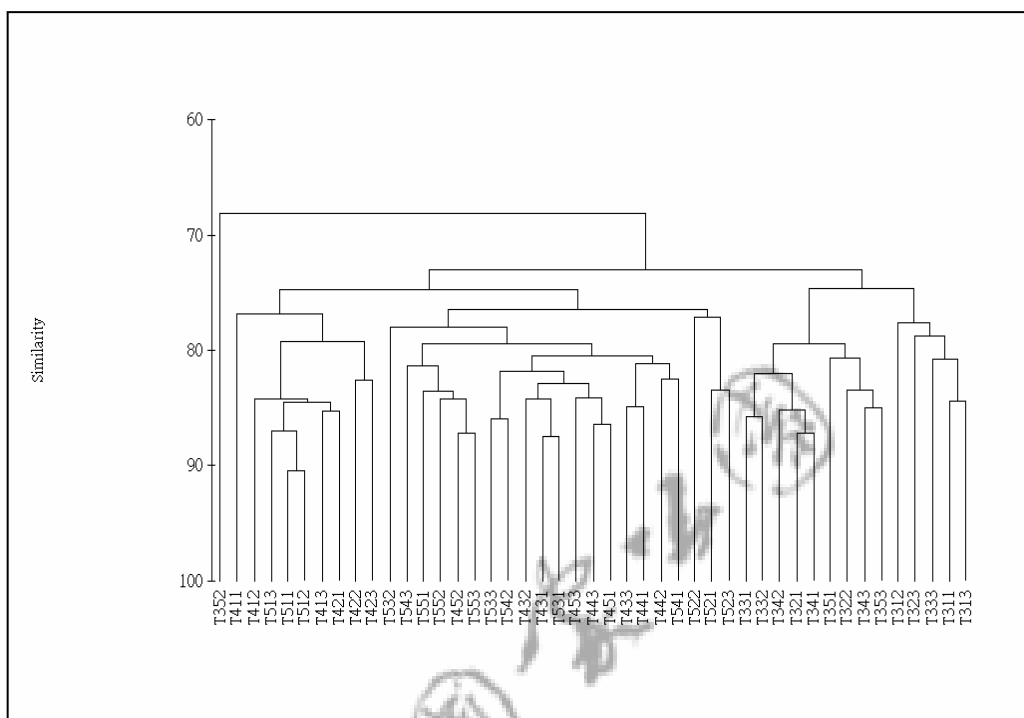


圖3-1 外雙溪樣站物種群分群圖

表3-4 外雙溪各樣站的相關性參數分析

	R	Significance	Possible	Actual	Number >=
Groups	Statistic	Level %	Permutations	Permutations	Observed
1, 2	0.072	15.4	24310	999	153
1, 3	0.352	0.2	24310	999	1
1, 4	0.423	0.1	24310	999	0
1, 5	0.446	0.1	24310	999	0
2, 3	0.111	8.8	24310	999	87
2, 4	0.219	2.1	24310	999	20
2, 5	0.243	0.2	24310	999	1
3, 4	0.156	4.7	24310	999	46
3, 5	0.202	1.1	24310	999	10
4, 5	0.114	7.4	24310	999	73

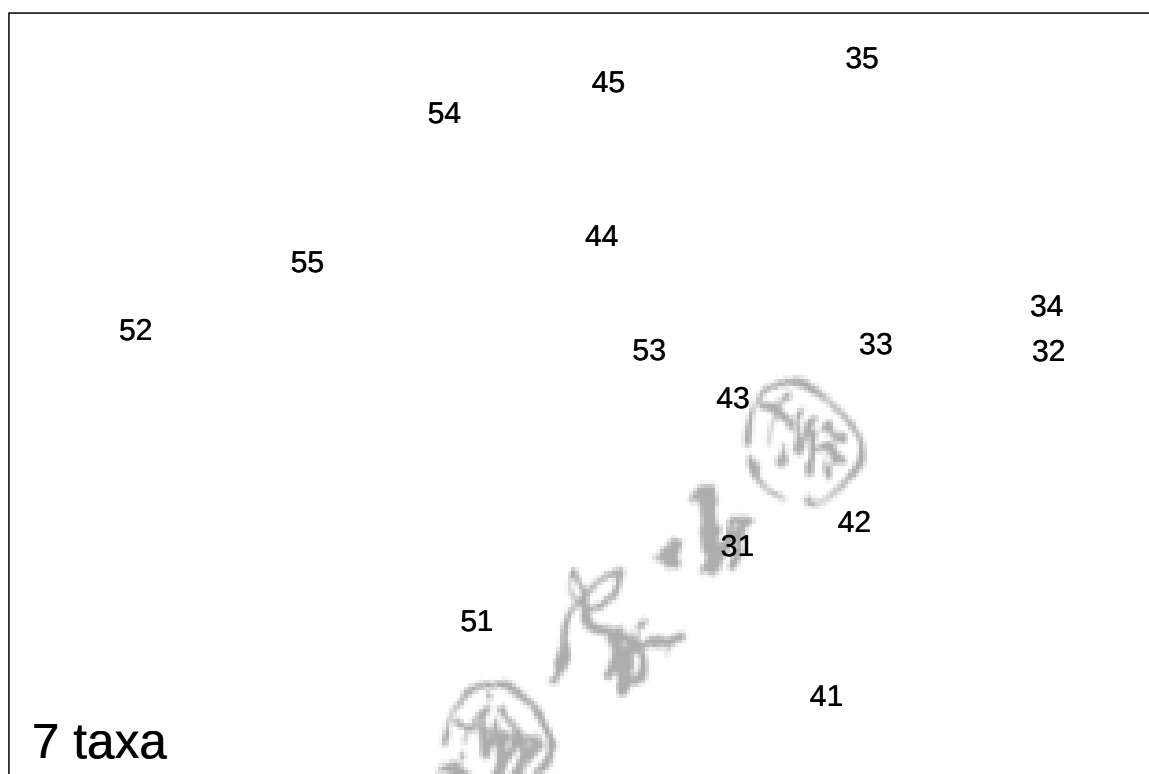


圖3-2 七個主要分類群與環境相關分布序列圖

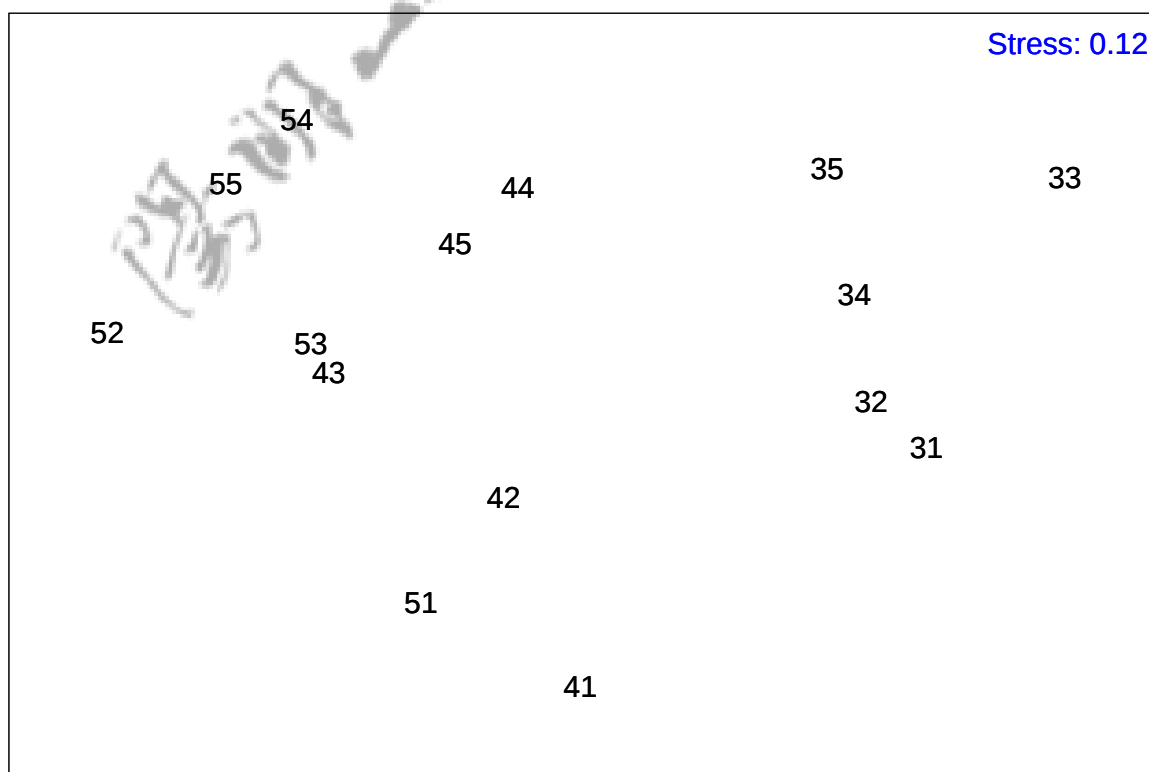


圖3-3 所有樣站生物分類群與環境相關分布序列圖

附錄一 Hilsenhoff生物指標(Biotic Index)與科級生物指標
(Family-level Biotic Index)劃分之水質等級與相對之指標值
(Hilsenhoff 1987, 1988)

Water Quality	Biotic Index Range	Family-level BI Range
Excellent	0.00-3.50	0.00-3.75
Very Good	3.51-4.50	3.76-4.25
Good	4.51-5.50	4.26-5.00
Fair	5.51-6.50	5.01-5.75
Fairly Poor	6.51-7.50	5.76-6.50
Poor	7.51-8.50	6.51-7.25
Very Poor	8.51-10.00	7.26-10.00

附錄二 快速生物評估法 III(Rapid Bioassessment Protocol III)中，各
項指標之評分標準(Plafkin *et al.* 1989)

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

(a) Score is a ratio of study site to reference site $\times 100$.

(b) Score is a ratio of reference site to study site $\times 100$.

(c) Determination of Functional Feeding Group is independent of taxonomic grouping.

(d) Scoring criteria evaluate actual percent contribution.

(e) Range of values obtained.

快速生物評估法 III(Rapid Bioassessment Protocol III)所

劃分之水質等級與相對之百分比值(Plafkin *et al.* 1989)

Biological condition Category	% Comp. to Ref. Score
Non-impaired	> 83%
Slightly impaired	54-79%
Moderately impaired	21-50%
Severely impaired	< 17%

參考書目

中文部分

- 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。
- 中央氣象局，1997-2000 中央氣象局竹子湖測候站資料，中央氣象局。
- 田志仁等，2003。台北外雙溪常見之水棲昆蟲與其生態，自然保育季刊 44 期，行政院農委會特有生物保育研究中心。
- 田志仁等，2004。以水棲昆蟲為指標生物評估台北外雙溪水質，自然保育季刊 45 期，行政院農委會特有生物保育研究中心。
- 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。
- 行政院環保署，1996。淡水河底泥及生物相監測：基隆河之監測 PA-85-G03-03-20，中國生物學會。
- 行政院環保署，1997。淡水河下游生物相併聚之動態稠查 PA-86-G106-09-14、淡水河污染整治對生態影響之研究 EPA-86-E3G1-09-13、基隆河污染源與底棲生物採樣分析調查 EPA-86-G103-03-20 聯合期中報告，中央研究院動物研究所。
- 行政院環保署，1998。淡水河污染整治對生物相群聚動態影響之研究 EPA-87-G106-03-05，中央研究院動物研究所。
- 林曜松、楊平世、郭城孟、曾晴賢、梁世雄、黃國靖、曹先紹、莊鈴川、謝森和、張耀文、劉嘉卿、劉端端。1987。雙溪河流魚類之復育暨設置溪釣場規劃經營管理之研究。內政部營建署陽明山國家公園管理管處。台北。
- 津田松苗，1956。Saprobien system 表，淡水生物，4: 1-9。
- 津田松苗，1974。污水生物學。日本北隆館，268 頁。
- 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。

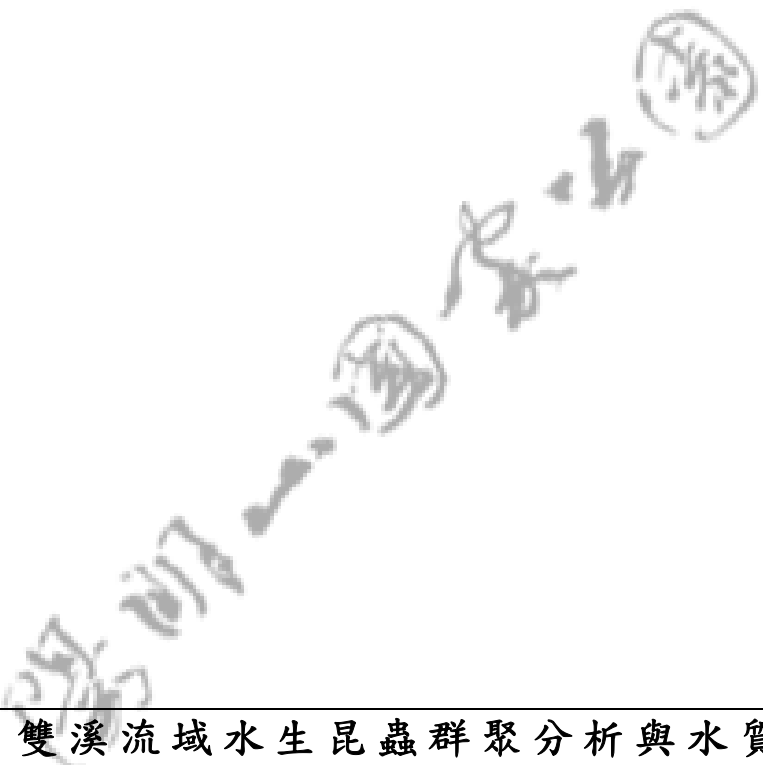
- 張先正，1992。台灣的細蜉科(蜉蝣目：細蜉總科)，國立中興大學昆蟲學研究所碩士論文，111 頁。
- 黃國靖，1994。景美溪水棲昆蟲生態及生物指標研究。國立台灣大學植物病蟲害研究所博士論文，150 頁。
- 陳俊雄，2004。雙溪流域底棲水生昆蟲調查與監測。陽明山國家公園管理處。台北市。
- 楊平世，1992。水棲昆蟲生態入門，台灣省教育廳發行，152 頁。
- 楊平世、洪正中、何鎧光，1980。淡水河流域蜉蝣目稚蟲之初步研究¹⁹，台大植病學刊，7: 79-78。
- 楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢，1986。武陵農場河域之水棲昆蟲相和生態調查，農委會 75 年生態研究第 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。
- 楊平世。1994。內、外雙溪之水棲昆蟲生態及監測水質指標生物研究。國科會計畫成果報告。NSC83-0409-B002-032。行政院國家科學委員會。台北市。
- 楊平世。1995。內、外雙溪之水棲昆蟲生態及監測水質指標生物研究 (II)。國科會計畫成果報告。NSC84-2321-B002-116。行政院國家科學委員會。台北市。
- 楊平世。1996。內、外雙溪水棲昆蟲指標生物研究及扁泥蟲科之分類。國科會計畫成果報告。NSC85-2321-B002-030。行政院國家科學委員會。台北市。
- 陽明山國家公園管理處。2002。陽明山優遊圖。陽明山國家公園管理處。台北市。
- 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。

英文部分

- Beck, W. N. 1955. Suggested method for reporting biotic data. *Sewage Industr. Waste* 27: 1193.
- Cairns, J. Jr. and K. L. Dickson. 1971. A simple method for the biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottomdwelling organisms. *J. Wat. Poll. Cont.* 43: 755-772.
- Courtemanch, D. L. and S. P. Davies. 1987. A coefficient of community loss to assess detrimental change in aquatic communities. *Wat. Res.* 21: 217-222.
- 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.
- Hynes, H. B. N. 1970. The ecology of stream insects. *Annu. Rev. Entomol.* 15: 25-42.
- Kolkwitz, R. and M. Marsson. 1908. *Okologie der pflanzlichen Saprobien*. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 26A: 505-519.
- Kolkwitz, R. and M. Marsson. 1909. *Okologie tierischen Saprobien*. *Beitrage zur Lehre von der biologischen Gewasserbeurteilung*. *Int. Revue Hydrobiol. Hydrogr.* 2: 126-152.
- Liebmann, H. 1962. *Handbuch der frischwasser-und abwasser-biologie*. R. Oldenbourg. Munchen, 503 pp.
- Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds. 1988. *Statstical ecology*. John Wiley& Sons, New York, 337 pp.

- Mangum, F. A. 1985. Use of aquatic macroinvertebrates as bioindicators of habitat conditions. Intermountain Region USDA-Forest Service Aquatic Ecosystem Analysis Lab. Utah, 44 pp.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1984. An introduction to the aquatic insects of North American (2nd. ed.). Kendall and Hunt. Publ. Co. Iowa, USA, 722 pp.
- Novak, M. A. and R. W. Bode. 1992. Percent model affinity: a new measure of macro-invertebrate community composition. J. N. Am. Benthol. Soc. 11: 80-85.
- 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.
- Podani, J. 1992. Biological indication at the community and ecosystem levels. pp. 19-34, In: Biological indicators in environmental protection, ed. by M. Novacs, Ellis Horwood, England, 207 pp.
- Poff, N. L. and J. V. Ward. 1989. Implications of streamflow variability and predictability for lotic community structure: a regional analysis of streamflow patterns. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 1805-1818.
- Sabater, F., J. Armengol and S. Sabater. 1991. Physico-chemical disturbances associated with spatial and temporal variation in a Mediterranean river. J. N. Am. Benthol. Soc. 10: 2-13.
- Vinson, M. R. and C.P. Hawkins. 1998. Biodiversity of stream insects: variation at local, basin, and regional scales. Annu. Rev. Entomol. 43: 271-293.
- Wiggins, G. B. 1996. Larvae of the North American caddisfly genera. 2nd. Univ. Toronto Press, Toronto, 457 pp.
- Zar, J. H. 1998. Chapter 13. Data transformations. pp. 177-184. in: Biostatistical Analysis. 3rd ed. Prentice Hall, New Jersey.

陽明一國志



雙溪流域水生昆蟲群聚分析與水質評估

編著者：陳俊雄

出版機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

出版機關地址：台北市陽明山竹子湖路一之二十號

出版機關電話：(02)28613601

出版年月：中華民國 94 年 12 月

版次：第一版

出版機關網址：[www. ymsnp.gov. tw](http://www.ym SNP.gov.tw)

工本費：新台幣 80 元

展售處網址：www. ymsnp.gov. tw

雙溪流域水生昆蟲群聚分析與水質評估

陽明山國家公園管理處自行研究報告 94 年度