

PG9301－0771

武陵地區長期生態監測暨生態模式
建立：水棲昆蟲長期生態監測

受委託者：台灣昆蟲學會

研究主持人：郭美華

研 究 員：丘明智

內政部營建署雪霸國家公園管理處

委託研究報告

中華民國九十四年十二月

武陵地區長期生態監測暨生態模式建立：水棲昆蟲長期生態監測

研究主持人：郭美華
霸國家公園管理處

目次

目次	I
表次	II
圖次	III
摘要	1
Abstract	2
第一章 緒論	4
第一節 研究緣起與背景	4
第二節 計畫目標	5
第三節 前人研究	6
第二章 研究方法及過程	10
第一節 樣區設置	11
第二節 野外調查採樣	12
第三節 樣品鑑定與分析	13
第三章 結果與討論	15
第一節 重要發現	15
第二節 結論	21
第三節 建議	24
第四章 參考文獻	26
表	29
圖	36

表目次

表一、2005 年水生昆蟲資源組成及個體數(individuals / square meter)
..... 29

表二、2005 年之水生昆蟲資源組成及生物量 (mg / square meter) ... 32

表三、司界蘭溪於 2005 年 8 月之水生昆蟲資源組成、個體數
(individuals / square meter)及生物量(mg / square meter) 35

表四、司界蘭溪於 2005 年 8 月之水棲昆蟲之 FBI 指數及多樣性指數
..... 35

圖目次

圖一、武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查採樣站之相關位置圖	36
圖二、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲各月數量	37
圖三、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲各月生物量	37
圖四、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 Richness index	38
圖五、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 Simpson's index.....	38
圖六、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index.....	39
圖七、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 Pielou's evenness index.....	39
圖八、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之之 FBI index	40
圖九、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 MDS 分析.....	40

摘要

摘 要

本研究計畫配合【武陵地區長期生態監測暨生態模式建立】相關整合計畫設置水棲昆蟲長期監測永久測區有9站，進行武陵地區水棲昆蟲相長期生態監測，並針對未來櫻花鉤吻鮭可能放流的棲息地司

界蘭溪設置2測站，評估2004年艾莉颱風所造成棲地改變對水棲昆蟲的影響及以多樣性指數、Hisenhoff's科級生物指數(FBI)評估各永久測站水棲昆蟲群聚及水質變化，以了解武陵地區受颱風干擾後之狀況，作為集水區經營管理之參考指標。2005年2至10月每兩個月採樣調查水棲昆蟲共計有6目26科45種(Taxa)；各目水棲昆蟲種類中蜉蝣目有11種、毛翅目有12種、積翅目有5種、鞘翅目有2種、雙翅目有14種、蜻蛉目有1種。司界蘭溪於2005年8月採樣調查水棲昆蟲共計有4目6科12種(Taxa)；其中蜉蝣目有4種、毛翅目有1種、積翅目有2種、雙翅目有5種。各站於由4月及8月之水棲昆蟲數量及生物量下降比例較大。由連續3年數據看出，生物量以位於七家灣溪的第3站二號壩為最大，且每年的2月為高峰，但今年的生物量明顯較往年減少3倍之多。多樣性指數(Richness index及Shannon-Wiener's index)於大部分測站在4月及8月為下降趨勢，而Simpson's index及Pielou's evenness index則為相反趨勢。FBI評估武陵地區水質為Excellent(特優)與Fairly Poor(略差)之間。位於七家灣溪的第3站及第4站受颱風干擾，今年8月時水質惡化為Fair，所幸今年10月時水質已回復至Excellent。司界蘭溪設置2測站，今年8月時水質為Very Good。MDS分析顯示桃山北溪、桃山西溪、七家灣溪及高山溪的群聚結構變動具相同傾向，而有勝溪則無。

關鍵詞：水棲昆蟲，Hisenhoff's 科級生物指數，多樣性指數，生物

量。

ABSTRACT

This study reports the survey of aquatic insect and water quality monitoring at 9 sampler sites in the Wuling area in 2005. During the research period, we had recorded 45 taxa of aquatic insects belong to 6 orders and 26 families. The aquatic insects were including 11 species of Ephemeroptera, 12 species of Trichoptera, 5 species of Plecoptera, species 2 of Coleoptera, 14 species of Diptera, and 1 species of Odonata. In August of 2005, the aquatic insect survey and water quality monitoring at 2 sampler sites in the Sikairan Stream. We had recorded 12 taxa of aquatic insects belong to 4 orders, 6 families, 4 species of Ephemeroptera, 1 species of Trichoptera, 2 species of Plecoptera, 5 species of Diptera. According to the data of 3 years, we found most biomass presented in site 3 and peak in February in every year, but biomass of this year was reduced to the amount of 3 times than former years. Family-Level Biotic Index (FBI) assayed water quality of the Wuling area, and evaluations of water quality were between excellent and fairly poor. The 2 sampler sites of the Sikairan Stream assayed water quality were very good. At most site, two

diversity indexes, that is, Richness index and Shannon-Wiener's index decreased in April and August. However, Simpson's index and Pielou's evenness index show the inverse trend. In MDS analysis, community structures of site 1 to site 6 were shift in the same trend.

【 Keywords 】 aquatic insects, Hisenhoff's family level biotic index, diversity index, biomass.

第一章 緒 論

第一節 研究緣起與背景

櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)原產於北半球的寒溫帶迴游性魚類，在繁殖期自海中溯河而上，回到出生的河流上游交配、產卵，幼魚孵化後，次年春天再游回海中生長，是台灣唯一的寒帶魚類，歷經百萬年的演化，而能在獨特環境中孑遺的古生物、活標本，於 1984 年 7 月依「文化資產保存法」被列為台灣珍貴的自然文化資產。但因長期封閉在高山溪流裡，且生長在亞熱帶的台灣，已完全喪失了迴游的本能。這種陸封型的鮭鱒魚類，目前也只有在日本、韓國及大陸東北地區曾經發現過，而台灣櫻花鉤吻鮭是世上地理位置分佈最南端的魚類。因此在學術價值上，如古生物地理學、古氣候學、生物型態分類學及演化生態學上，隨著學者研究的深入，而受到全球矚目，一致公認櫻花鉤吻鮭與世界上有活化石之稱的「腔棘魚」相提並論(雪霸公園網頁，2003)。

棲地的破壞往往是造成物種滅絕的主因，櫻花鉤吻鮭於日據時代(1911-1941)原生存於大甲溪上游的各主要支流中，包括司界蘭溪、高山溪、七家灣溪、有勝溪、南胡溪與合歡溪等都可發現櫻花

鉤吻鮭的蹤影，而今卻只有七家灣溪才可見其蹤跡（雪霸公園網頁，2003）。櫻花鉤吻鮭以溪流中的水棲昆蟲更是其主要的食物來源，因此水棲昆蟲的種類數量對櫻花鉤吻鮭的成長繁殖具有重要意義。此外由於水棲昆蟲種類與數量繁多且不同種類可反映環境差異與改變，十分適合作為水質變化與集水區經營管理績效之指標。本研究為延續的工作，目的在於調查櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪水棲昆蟲種類數量變化並對環境進行長期監測，及配合【武陵地區長期生態監測暨生態模式建立】之計畫，設置永久樣區進行水棲昆蟲監測及研究，與植被、水文、藻類及魚類等相關研究整合比較，以瞭解水棲昆蟲在櫻花鉤吻鮭為主的食物網中所扮演的角色、位階及所蘊含之生態意義。期望能將長期監測調查結果彙集成文，將來有助於集水區之經營管理並對於鮭魚的保育提供較好的建議。

第二節 計畫目標

今年針對 2004 年艾莉颱風所造成棲地改變對水棲昆蟲的影響，以生物指數及聚類分析監測武陵地區各永久樣區水質變化及棲地變化，了解武陵地區颱風受創後之狀況，並針對未來櫻花鉤吻鮭可能放流的棲息地司界蘭溪設置 2 採樣區，於 2005 年 8 月進行水棲昆蟲相調查，以生物指數及 FBI 指數進行評估，以作為集水區經營管理之參考指標。

第三節 前人研究

櫻花鉤吻鮭是位處亞熱帶的台灣所特有的冷水性魚類，因其生物地理與陸封特性，自發現以來即受到官方與學界的重視並享有「天然紀念物」與「國寶魚」的殊榮。由於受到氣候與環境改變，其生育地與族群規模卻日益減少，目前面臨滅絕的危機。所幸官方與學界很早就注意到國寶魚所處窘境，積極投入研究保育並已有豐富的成果彙整（農委會等，2000；汪，2000；雪霸公園，2000）。

就以櫻花鉤吻鮭為主軸的水棲昆蟲研究來說，最早為上野(1937)對 12 尾櫻花鉤吻鮭胃內容物所作調查，其中 96% 為昆蟲，水棲昆蟲更佔 74%。由於水棲昆蟲是櫻花鉤吻鮭最主要營養來源，是相當重要的棲地因子，因此在農委會與雪霸國家公園等單位支持下，陸續有對武陵地區水棲昆蟲相與相關生態的研究報告（黃，1987；楊等，1986；楊及謝，2000）。綜合前人多年研究成果，武陵地區水棲昆蟲種類仍相當豐富，約有 6 目 40 至 60 種 (Taxa or 形態種)，主要種類為四節蜉蝣科 (約佔總隻數 25~30%)、扁蜉蝣科 (約佔總隻數 10%)、沼石蛾科 (約佔總隻數 10%)、流石蛾科 (約佔總隻數 5%)、網石蛾科 (約佔總隻數 3%)、長角石蛾科 (約佔總隻數 3%)

及搖蚊科 (約佔總隻數 10~15%)。其中屬於水質優良的指標物種比率仍高，Hilsenhoff's 科級生物指數 (FBI) 約在 3.2~4.0，多屬於 7 等水質評價之前二等，即水質為特優 (Excellent) 到非常好 (Very good) 的評價。雖然楊及謝 (2000) 報導 1985-1986 及 1995-1996 兩個年度，在 10 年間水生昆蟲數量下降約至原有之半。惟此結果是否足以代表棲地逐年劣化趨勢 (Trend) 或僅為個別年度差異而已，實有賴於長期的監測調查，如此可增加統計可信度外並對颱風或人為干擾事件影響有更佳的診斷。

本研究 2003 年 1 至 12 月為止，共計調查水棲昆蟲有 6 目 27 科 35 屬 44 種 (Taxa) 102,855 隻(郭等，2004)。楊等 (1986) 以形態種 (morphological species) 鑑定有 6 目 31 科 61 種，之後 Shieh 及 Yang (2000) 以分類單元 (Taxa) 歸類整理 1995-1986 年及 1995-1996 年而其中數種形態種合併為複合種，共記錄 6 目 27 科 39 屬 40 種，本研究則將搖蚊科再細分為 5 taxa 外，其餘各目種類變化不大。

調查期間水棲昆蟲群聚組成以蜉蝣目約佔 64.39% 為最多，其次為雙翅目佔 23.26%。各月份所採獲水棲昆蟲數量以 4 月、6 月及 9 月有較低之勢。以 Hilsenhoff (1988) 之科級生物指標 (Family-Level Biotic Index, FBI) 評估武陵地區水質約在 3.071~5.576 之間，分別為 Excellent (特優) 與 Fairly poor (略差) 之間(郭等，2004)。四種群聚指數分析 (Family richness index, Simpson's index, Shannon- Wiener's index,

及 Pielou's evenness index)及 FBI 結果顯示思源埡口測站之棲地環境最差。

綜合結果發現以有勝溪兩測站調查期間採集到種類數僅 30~32 種為最少，其餘 6 站皆可採到 39 至 43 種不等，與 Shieh 及 Yang (2000) 報告的 40 種相比變化不大。而思源埡口測站以四節蜉蟬為優勢種，佔全數之 3/4 強，因此所計算出之群聚指數如 Family richness index、Shannon- Wiener's index 及 Pielou's evenness index 皆為各站最低者，而 Simpson's index 則為各站最高者，顯示此站之群聚組成較不穩定。由 FBI 值可得知有勝溪兩測站為水質最差的二站，然而相較他站而言，看似差距不大，其水質評估仍在尚可 (Fair) 以上，可是 EPT 豐度指數為 19 及 20，小於其他六站之 24 到 27，而且調查期間發現除了水棲昆蟲外，這二站可採集到為數不少之顫蚓類，尤以有勝溪下游樣站為甚。顫蚓類泛指貧毛綱 (Oligochaeta) 顫蚓科 (Tubificidae) 的水生蚯蚓，嚴重污染水質之最佳指標生物，它生活於嚴重污染水域河床上，聚集在水流動的地方，它以河床之沈積有機物為生，可在溶氧極低的河底生存，數量極多，常聚集生存，且顫蚓科於 RBPⅢ的 HBI 指數之容忍值定為最大值，如將所有採集到所有無脊椎動物加以分類，以計算 HBI 指數，其水質評等可望和其他六站有所明顯的區別，而且有勝溪下游測站為水質最差(郭等，2004)。

8 站僅高山溪測站以扁蜉蟬 *R. ampla* 為佔多數，其餘 7 站則以四

節蜉蟬 *Baetis* spp. 為佔多數。指標生物評估水質污染四個等級中（貧腐水性、 β -中腐水性、 α -中腐水性和強腐水性），扁蜉蟬是貧腐水性水質（水質狀況十分優良，幾乎沒有任何污染）指標生物之一，本試驗期間在 1 到 8 站 *R. ampla* 所佔比例分別為 8.12%, 7.97%, 18.56%, 28.59%, 38.59%, 23.30%, 1.43%, 0.35%，顯示有勝溪兩測站為最低者，比例低於 2%，而桃山西溪及桃山北溪兩測站比例低於 10%，而第 3、第 4 及第 6 站比例約介於 19-30% 之間，8 站僅第 5 站高山溪為佔最大數 38.59%。而以 *R. ampla* 所佔比例與過去研究相比，桃山西溪測站 8.12% 較過去 1985-1986 之 20.1% 及 1995-1996 之 11.12% 為低，顯示桃山西溪測站可能有棲地劣化趨勢。桃山北溪測站 7.97% 與過去 1985-1986 之 7.41% 及 1995-1996 之 6.89% 相較之下，顯示扁蜉蟬中之 *Rhithrogena ampla* 比例略增。位於七家灣溪一號壩的第 4 測站為 28.59% 與過去研究之相關測站 1985-1986 為 22.14% 及 1995-96 為 19.43% 相比，顯示扁蜉蟬中之 *Rhithrogena ampla* 比例略增 (Shieh and Yang, 2000)。若扁蜉蟬中之 *Rhithrogena ampla* 之比例增加表示棲地環境漸優，則顯示出武陵地區中的七家灣溪棲地並沒有劣化 (郭等，2004)。

第二章 研究方法及過程

2005年每兩個月於設置水棲昆蟲長期監測永久樣區以舒伯氏水網採集樣品並攜回實驗室鑑定，統計分析水棲昆蟲種類、數量、生物量及群聚各重要參數，長期生態監測並針對2004年艾莉颱風所造成棲地改變對水棲昆蟲的影響，及以生物指數及聚類分析監測武陵地區各永久樣區水質變化及棲地變化，以了解武陵地區颱風受創後之狀況，以作為集水區經營管理之參考指標。

司界蘭溪為未來櫻花鉤吻鮭可能放流的棲息地，因此在此設置2採樣區，於2005年8月進行水棲昆蟲相調查。

本計畫的研究方法與過程分別為：

1. 武陵地區水棲昆蟲相監測：本年度調查工作於2005年2月開始，進行每兩個月實地調查。工作範圍主要是延續以往所進行的永久樣區，及配合【武陵地區長期生態監測暨生態模式建立】之計畫，由北而南選定11站。
2. 樣品鑑定分析：統計分析各站每兩個月各水棲昆蟲種類、數量、取食性功能群的類別數量、生物多樣性及均勻度等群聚參數，並且

進行 MDS 分析。生物多樣性指數是以 Family richness index, Shannon- Wiener's index, Pielou's evenness index 及 Simpson's index 公式運算 (Ludwing & Reynolds, 1988)。MDS 分析是以各站各水棲昆蟲種類數量 $\text{Log}(X+1)$ 轉換而運算出各站間的 Bray-Curtis Distance 資料再加以分析。

3. 以科級生物指數 (Family-Level Biotic Index, FBI) 監測武陵地區水質變化：本項工作將進行七家灣流域包含桃山北溪、桃山西溪、七家灣溪、高山溪、有勝溪及司界蘭溪共 11 個永久樣區，以水棲昆蟲為生物指標進行 FBI 分析，以了解武陵地區水質變化及作為集水區經營管理績效指標。

4. 生物量分析：針對過去的研究整合估計水棲昆蟲全年生物量，以配合其他相關研究之整合及武陵地區環境生態模式之研究。

第一節 樣區設置

配合【武陵地區長期生態監測暨生態模式建立】之計畫，設置永久樣區進行水棲昆蟲監測及研究，由北而南選定 11 站，各採樣站分布見圖一，每兩月於各樣區以舒伯氏水網採集樣品並攜回實驗室鑑定，統計分析水棲昆蟲種類、數量、生物量及群聚各重要參數。

第 1 站位於桃山北溪，下游處有一攔砂壩，河床底質多為卵石；第 2 站位於桃山西溪之武陵吊橋前方約 50 公尺處，河床底質為礫

石及鵝卵石，上游有一攔砂壩；第 3 站位於武陵地區農業區旁，河床底質以巨石及卵石為主，第 4 站位於武陵地區農業區的下游處，雪霸國家公園往上游方向 100 公尺左右的河段，其河床底質也多為礫石及鵝卵石；第 5 站位在高山溪及七家灣溪的匯流處，新建新繁殖場旁的河段，河道較為寬闊，河床底質多為礫石及鵝卵石；第 6 站為有七家灣溪下游末端萬壽橋下方流段，河床底質為礫石及鵝卵石；第 7 站位於迎賓橋下方流段，為有勝溪及七家灣溪的匯流處，河床底質為礫石及鵝卵石，河道較為寬闊；第 8 站位於高山溪已拆攔砂壩上游方向 50 公尺，河床底質含砂量較高，且兩岸植被較密，陽光不易透入；第 9 站位在有勝溪旁之農業區的下游處，河床底質多為泥砂；第 10 站為司界蘭溪上游，位於天然林旁；第 11 站為司界蘭溪下游，位在農業區下游處。

第二節 野外調查採樣

各樣區 50 公尺範圍內以定面積之舒伯氏水網(Surber sampler)(網框面積 12 x 12 inch，網框材質為銅合金制，網袋近框處以尼龍網製成，溪流底棲網以金屬網製成，網目大小為 52 mesh)在河域中採樣一次，每一樣點重複取樣六次。將採獲之水棲昆蟲以水盤承接並置入 70%酒精中，攜回實驗室鑑定種類(Taxa)，以及記錄數

量 and 生物量。水棲昆蟲分類主要參考津田 (1962)、川合 (1985)、黃 (1987)、康 (1993)、松木 (1978) 等研究報告。

第三節 樣品鑑定與分析

統計分析各站各月各水棲昆蟲種類、數量、群聚多樣性及均勻度等群聚參數。而群聚指數分析是以 Richness index, Simpson's index of diversity, Shannon-Wiener's index, Pielou's evenness index 公式運算 (Ludwing and Reynolds, 1988; Krebs, 1999)。生物指標分析以科級生物指數 (Family-Level Biotic Index, FBI) (Hilsenhoff, 1988) 作為水質評價標準。

計算公式如下：

Richness index

$$d = \frac{(T-1)}{\ln N}$$

T = number of taxon in the sample

N = total number of individuals in the sample

Simpson's index

$$D = 1 - \sum \left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right]$$

n_i = number of individuals of taxon i in the sample

N = total number of individuals in the sample = $\sum n_i$

Shannon- Wiener's index

$$H' = -\sum [P_i \ln P_i]$$

$$P_i = \text{proportion of total sample belonging to } i\text{'th taxon} = \frac{n_i}{N}$$

n_i = number of individuals of taxon i in the sample

$$N = \text{total number of individuals in the sample} = \sum n_i$$

Pielou's evenness index

$$e = \frac{H'}{\ln T}$$

H' = Shannon-Wiener index.

T = number of taxon in the sample

$$FBI = \sum \frac{n_i a_i}{N}$$

a_i = tolerance value of Hisenhoffs family-level aquatic insects

n_i = number of individuals of family i in the sample

$$N = \text{total number of individuals in the sample} = \sum n_i$$

各年度各棲地間之相似程度以多元尺度分析(MDS)進行，是將 2003 到 2005 年間之各年測點之各科昆蟲的平均數量(年度總數量除以採集的月數)以 $\text{Log}(X+1)$ 轉換以計算 Bray-Curtis 相異係數後，再繪製 MDS (multidimensional scaling plots) 圖，以二度空間顯示各年度各測點彼此間之關係，並得到圖形之壓縮值 (Stress)，Clark 及 Warwick (2001) 指出，當 Stress 值大於 0.3 時，圖形各點的距離扭曲程度較嚴重，不宜採用，以此觀念來推測及判定各測站之關係。

第三章 結果與討論

第一節 重要發現

2005 年 2-10 月共計調查水棲昆蟲有 6 目 26 科 45 種(Taxa)，45 種水棲昆蟲分別為蜉蝣目有 11 種、毛翅目有 12 種、積翅目有 5 種、鞘翅目有 2 種、雙翅目有 14 種及蜻蛉目有 1 種(表一)，與 2003 年有 46 種、2004 年 43 種、楊與謝(2000)報告有 40 種相比大致相同且變化不大，今年鞘翅目的 Dytiscidae(龍蝨科)之 *Deronectes* sp.沒採獲(2003 年有勝溪所採獲)及蜉蝣目的小蜉蝣科(Ephemerellidae)之 *Acerella glebosa* 沒採獲。

司界蘭溪於 2005 年 8 月採樣調查水棲昆蟲共計有 4 目 6 科 12 種(Taxa)；12 種水棲昆蟲分別為蜉蝣目有 4 種、毛翅目有 1 種、積翅目有 2 種及雙翅目有 5 種(表三)。司界蘭溪上游及司界蘭溪下游的水棲昆蟲種類各為 8 種及 9 種，上游的水棲昆蟲總數量小於下游，但總生物量則呈現相反結果(表三)。

各站所採獲水棲昆蟲生物量由 2004 年 12 月至 2005 年 2 月都為上升，然而於 2005 年 4 月到 10 月的生物量大致和數量呈現相同變化趨勢(圖二及圖三)。由 3 年數據可看出，生物量以第 3 站七家灣溪二號壩為最大，且每年的 2 月為高峰，但今年的生物量明顯較往年

減少 3 倍之多(圖三)。

2003 年到 2005 年各測站之 MDS 分析顯示於圖九，而其 Stress 值為 0.11，小於 0.3，因此進一步推測及判定各測站之關係為：2003 年到 2005 年有勝溪測站為一類群，而其他測站為另一類群，除了有勝溪測站外，其他各站於 2003 年到 2005 年在分析圖上顯示隨著年份皆由圖上方移到圖下方。

茲將各採樣站之調查結果分敘如下。

第 1 站桃山北溪：

桃山北溪 2005 年 2 月至 10 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 24 科 37 種(Taxa) (表一)。各目昆蟲數量以蜉蝣目四節蜉蝣(*Baetis* spp.) 佔 40.59%為多數(表一)。昆蟲生物量以蜉蝣目之扁蜉蝣(*Rhithrogena ampla*)佔 26.21%為多數(表二)。各多樣性指數由 2 月到 10 月的數值範圍顯示於下，Richness index 為 4.3646~15952 (圖四)，Simpson's index 為 0.8302 ~ 0.6803 (圖五)，Shannon- Wiener's index 為 2.1649 ~ 1.8611 (圖六)，及 Pielou's evenness index 為 0.7066 ~ 0.5647 (圖七)。以 FBI 評估由 2 月到 10 月的水質範圍約在 4.4774~3.9076 之間，水質評等為 Very Good 和 Good 之間(圖八)。

第 2 站桃山西溪：

桃山西溪 2005 年 2 月至 10 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 19 科 32 種(Taxa)(表一)。昆蟲數量以雙翅目搖蚊(*Chironomidae* spp.)佔

56.46%為多數(表一)。昆蟲生物量以雙翅目搖蚊(*Chironomidae* spp.)佔 29.09%為多數(表二)。各多樣性指數由 2 月到 10 月的數值顯示於下, Richness index 為 3.2872 ~1.5952 (圖四), Simpson's index 為 0.8182~0.4721 (圖五), Shannon- Wiener's index 為 1.9174 ~ 1.1395 (圖六), 及 Pielou's evenness index 為 0.7401~0.3924 (圖七)。以 FBI 評估由 2 月到 8 月的水質範圍約在 5.2088~4.1163 之間, 水質評等為 Fair 及 Very Good 之間(圖八)。

第 3 站七家灣溪二號壩:

二號壩 2005 年 2 月至 10 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 22 科 34 種(Taxa) (表一)。各目昆蟲數量以雙翅目搖蚊(*Chironomidae* spp.)佔 39.05%為多數(表一)。昆蟲生物量以蜉蝣目之扁蜉蝣(*Rhithrogena ampla*)各佔 23.61%為多數(表二)。各多樣性指數由 2 月到 10 月的數值範圍顯示於下, Richness index 為 3.7910 ~ 2.3011 (圖四), Simpson's index 為 0.8414 ~ 0.3234 (圖五), Shannon- Wiener's index 為 1.9601 ~ 0.8549 (圖六), 及 Pielou's evenness index 為 0.8174 ~ 0.3333 (圖七)。以 FBI 評估由 2 月到 10 月的水質範圍約在 5.5707~3.0294 之間, 水質評等為 Fair 和 Excellent 之間(圖八)。

第 4 站七家灣溪一號壩:

一號壩 2005 年 2 月至 10 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 19 科 31 種(Taxa) (表一)。各目昆蟲數量以雙翅目搖蚊(*Chironomidae* spp.)

佔 33.16% 為次之(表一)。昆蟲生物量以蜉蝣目之扁蜉蝣(*Rhithrogena ampla*) 佔 33.49% 為多數(表二)。各多樣性指數由 2 月到 10 月的數值範圍顯示於下，Richness index 為 3.3196 ~ 1.7492 (圖四)，Simpson's index 為 0.8081 ~ 0.3234 (圖五)，Shannon- Wiener's index 為 1.9363 ~ 0.8549 (圖六)，及 Pielou's evenness index 為 0.6922~0.3983 (圖七)。以 FBI 評估由 2 月到 10 月的水質範圍約在 5.3322~3.9190 之間，水質評等為 Fair 和 Very Good 之間(圖八)。

第 5 站繁殖場：

繁殖場 2005 年 2 月至 10 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 24 科 38 種(Taxa)。各目昆蟲數量以雙翅目的蚋(*Simullium* sp.) 佔 41.72% 為多數(表一)。昆蟲生物量以雙翅目的蚋(*Simullium* sp.) 佔 38.56% 為多數(表二)。各多樣性指數由 2 月到 10 月的數值範圍顯示於下，Richness index 為 3.7770~1.4179 (圖四)，Simpson's index 為 0.8482~0.5445(圖五)，Shannon- Wiener's index 為 2.2305~1.0822 (圖六)，及 Pielou's evenness index 為 0.7446~0.4264(圖七)。以 FBI 評估由 2 月到 10 月的水質範圍約在 5.5433~4.0526 之間，水質評等為 Fair 和 Very Good 之間(圖八)。

第 6 站萬壽橋：

萬壽橋 2005 年 2 月至 10 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 20 科 33 種(Taxa) (表一)。各目昆蟲數量以雙翅目搖蚊(*Chironomidae* spp.) 佔

32.38%及雙翅目的蚋 (*Simulium* sp.) 佔 36.93%為多數(表一)。昆蟲生物量以蜉蝣目之扁蜉蝣 (*Rhithrogena ampla*) 佔 31.74%為多數 (表二)。各多樣性指數由 2 月到 10 月的數值範圍顯示於下，Richness index 為 3.4945 ~ 0.9706 (圖四)，Simpson's index 為 0.7476~0.4833 (圖五)，Shannon- Wiener's index 為 1.6470~0.9461 (圖六)，及 Pielou's evenness index 為 0.6898 ~ 0.4956 (圖七)。以 FBI 評估由 2 月到 10 月的水質範圍約在 5.3521~3.7272 之間，水質評等為 Fair 和 Excellent 之間(圖八)。

第 7 站迎賓橋：

迎賓橋 2005 年 2 月至 10 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 19 科 32 種(Taxa)。各目昆蟲數量以雙翅目搖蚊(Chironomidae spp.)佔 40.82%為多數 (表一)。昆蟲生物量以蜉蝣目扁蜉蝣 (*Rhithrogena ampla*) 佔 28.78%為多數 (表二)。各多樣性指數由 2 月到 10 月的數值範圍顯示於下，Richness index 為 3.5571~1.0380 (圖四)，Simpson's index 為 0.8025~0.6240 (圖五)，Shannon- Wiener's index 為 1.8846 ~ 1.0871 (圖六)，及 Pielou's evenness index 為 0.7842~0.4215 (圖七)。以 FBI 評估由 2 月到 10 月的水質範圍約在 5.6778~4.3884 之間，水質評等為 Fair 和 Good 之間(圖八)。

第 8 站高山溪：

高山溪 2005 年 2 月至 10 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 24 科 38

種(Taxa)。各目昆蟲數量以雙翅目搖蚊 (Chironomidae spp.) 及雙翅目之蚋 (*Simullium* sp.) 佔 26.73%及 27.96%為多數 (表一)。昆蟲生物量以雙翅目蚋 (*Simullium* sp.) 佔 19.07%為多數(表二)。各多樣性指數由 2 月到 10 月的數值範圍顯示於下, Richness index 為 4.0995 ~ 1.8728 (圖四), Simpson's index 為 0.8252 ~0.5749(圖五), Shannon-Wiener's index 為 2.0733 ~ 1.2828 (圖六), 及 Pielou's evenness index 為 0.7603~0.5188 (圖七)。以 FBI 評估由 2 月到 10 月的水質範圍約在 5.0940~3.7487, 水質評等為 Fair 及 Excellent 之間(圖八)。

第 9 站有勝溪：

有勝溪 2005 年 2 月至 10 月共計調查水棲昆蟲有 5 目 16 科 25 種(Taxa)。各目昆蟲數量以蜉蝣目四節蜉蝣 (*Baetis* spp.) 佔 47.32% 為多數(表一)。昆蟲生物量以蜉蝣目之四節蜉蝣 (*Baetis* spp.) 佔 40.01%為多數(表二)。各多樣性指數由 2 月到 10 月的數值範圍顯示於下, Richness index 為 2.4595 ~ 1.0682 (圖四), Simpson's index 為 0.6990~ 0.5922 (圖五), Shannon- Wiener's index 為 1.4838~ 0.3663 (圖六), 及 Pielou's evenness index 為 0.7215 ~ 0.1882 (圖七)。以 FBI 評估由 2 月到 10 月的水質範圍約在 5.8510~4.0588 之間, 水質評等為 Fairly Poor 及 Very Good 之間(圖八)。

第 10 站司界蘭溪上游：

司界蘭溪上游 2005 年 8 月調查水棲昆蟲有 4 目 6 科 8 種(Taxa) (表

三)。各目昆蟲數量以蜉蝣目扁蜉蝣 (*Rhithrogena ampla*) 佔 55.31% 為多數。昆蟲生物量以蜉蝣目之扁蜉蝣 (*Rhithrogena ampla*) 佔 47.04% 為最大，其次為毛翅目鱗石蛾科之 *Goerodes* sp. 佔 27.09%。各多樣性指數 Richness index 為 1.3653，Simpson's index 為 0.6336，Shannon- Wiener's index 為 1.3501，及 Pielou's evenness index 為 0.6492。以 FBI 評估 8 月的水質範圍在 4.0316 之間，水質評等為 Very Good 之間。

第 11 站司界蘭溪下游：

司界蘭溪下游 2005 年 8 月調查水棲昆蟲有 3 目 4 科 9 種(Taxa) (表三)。各目昆蟲數量及生物量皆以蜉蝣目四節蜉蝣 (*Baetis* spp.) 及扁蜉蝣 (*Rhithrogena ampla*) 佔 84.10% 及 74.87% 為絕大多數。各多樣性指數 Richness index 為 1.4218，Simpson's index 為 0.6040，Shannon- Wiener's index 為 1.3271，及 Pielou's evenness index 為 0.6581。以 FBI 評估 8 月的水質範圍在 4.2065 之間，水質評等為 Very Good 之間。

第二節 結論

2004 年後半年之水棲昆蟲數量及生物量持續低落到年終，然而於 2005 年 2 月到達一個高峰，不過可能由於洪流而造成了 2 月到 4 月的下降趨勢，其中桃山北溪測站及有勝溪測站的下降比例較小，

可能因為這二站流速於平常時期已較他站為低，因而流速增大也不會對環境造成過大衝擊。然而經過颱風影響後，各站的數量及生物量皆於今年 8 月時都劇烈下降，持續低落到 10 月，和去年情形相近。位於七家灣溪的第 3 站及第 4 站受颱風干擾，今年 8 月時水質惡化為 Fair，所幸今年 10 月時水質已回復至 Excellent。

大多數雙翅目種類完成一個世代的時間較短，再加上 2004 年 7 月及 9 月的颱風使其他物種數量下降，競爭壓力減少，反應在雙翅目種類族群增長的提高，並持續升高至今年 2 月，其中使得搖蚊 (Chironomidae spp.) 成為優勢種。不過經過洪流，今年 4 月反而優勢種數量大減，而在 6 月雙翅目種類數量回升，且蜉蝣目種類的羽化繁殖也帶動整體群聚數量升高，但今年又因颱風干擾，在 8 月整體群聚數量呈現下降。由 2005 年 2 月到 8 月，各物種相對數量組成可知，桃山北溪測站及有勝溪測站可回復至以蜉蝣目四節蜉蝣 (*Baetis* spp.) 為數量優勢類群，而高山溪測站可回復至以蜉蝣目扁蜉蝣 (*Rhithrogena ampla*) 為數量優勢類群。

大多數樣站之 Simpson's index、Shannon- Wiener's index 及 Pielou's evenness index 多樣性指數在歷經 2004 年 7 月及 9 月的颱風，增加了均勻度，或是因優勢物種的減少，所空出的資源使得其他物種得以拓殖，進而種類數增加，而多樣性指數數值上升。到了今年 2 月，種類數持續回復，然而由於搖蚊 (Chironomidae spp.) 快速

增長而成爲優勢種，因而均勻度降低，導致 Shannon- Wiener's index 下降。雖然經過洪流，種類數下降，優勢種數量大幅減少，但均勻度升高，而使 Shannon- Wiener's index 又上升。2005 年 6 月數量回升及 2005 年 8 月數量下降，皆呈現以上相似多樣性變化傾向。

有勝溪測站仍爲種類數最少者僅 25 種，其餘各站皆可採到 32 至 38 種不等，總計 45 種，與去年相比及與楊及謝(2000)報告有 40 種相比變化不大。然而有勝溪測站之物種均勻度(Pielou's evenness index)仍不是最低，因而提高了考量均勻度及物種數的 Shannon- Wiener's index 之數值，反而具有大比例優勢種的桃山西溪測站的多樣性數值(Shannon- Wiener's index)較有勝溪測站爲低。

MDS 分析中顯示 2003 年到 2005 年有勝溪測站爲一類群，而其他站爲另一類群，表示有勝溪測站的群聚結構和其他各站較不相似，且除了有勝溪測站外，其他各站於 2003 年到 2005 年在分析圖都是上方移到下方，爲這些站的群聚結構變動方向具一致性，颱風可能爲驅使力量，而使群聚結構驅向某一特定群聚結構。

第 7 站位於七家灣溪及有勝溪的匯流處之迎賓橋測站，物種數與位於七家灣溪下游之第 6 站萬壽橋測站同爲 32 種，並有大於有勝溪測站的 25 種，且迎賓橋測站的物種組成與萬壽橋測站較有勝溪測站來得相似，可能有勝溪測站的輸入影響小於萬壽橋測站，而迎賓橋測站並沒有呈現棲地劣化現象。

司界蘭溪上游及下游於 2005 年 8 月的多樣性指數相近，並且除了 Pielou's evenness index 約落在武陵地區各樣站之數值範圍下限，其他指數則落在數值範圍中間左右，而水質評等皆為 Very Good，似乎沒有顯現農業活動對司界蘭溪下游影響，不過也可能由於颱風是大尺度的影響，且影響力大於棲地的特性，造成相似類型的群聚結構，因此農業活動的影響需要多次調查才下正確評估。

第三節 建議

1. 連續 3 年的 MDS 分析中顯示有勝溪測站的群聚結構和其他各站較不相似。桃山北溪、桃山西溪、七家灣溪及高山溪的群聚結構變動方向具一致性，顯示颱風可能為驅使力量，而使群聚結構驅向某一特定群聚結構變動。且由連續 3 年數據看出，生物量以位於七家灣溪的第 3 站二號壩為最大，每年的 2 月為高峰，但今年的生物量明顯較往年減少 3 倍之多，顯示颱風對水棲昆蟲群聚之影響。
2. 位於七家灣溪的第 3 站及第 4 站受颱風干擾，今年 8 月時水質惡化為 Fair，所幸今年 10 月時水質已回復至 Excellent，然而經過颱風影響後，各站的數量及生物量皆於今年 8 月時都劇烈下降，持續低落到 10 月，和去年情形相近。2004 年下半年到現在，一些體型較大的物種，如毛翅目之長鬚石蛾 (*Stenopsyche* sp.A)，已逐漸減少；而替換成體型較小的物種，如雙翅目搖蚊

(Chironomidae spp.)及蚋 (*Simullium* sp.)。因而局限櫻花鉤吻鮭成魚成長，進而整個族群之增長也受限，因此需考量如此影響，採取適當的放流比例及時機。

3. 雙翅目搖蚊(Chironomidae spp.)及蚋 (*Simullium* sp.) 於今年為大多數樣站的優勢物種，蚋 (*Simullium* sp.) 和部分種類的搖蚊 (Chironomidae spp.)為濾食者，與長鬚石蛾(*Stenopsyche* sp.A)競爭相同食物來源，且蚋 (*Simullium* sp.) 為引起河盲症的病媒昆蟲，可考慮滅殺成蟲來控制族群數量，同時達成長鬚石蛾 (*Stenopsyche* sp.A)增長及環境衛生的效果。
4. 司界蘭溪水棲昆蟲相明顯較七家灣溪少，但多樣性指數落在武陵地區各測站之數值範圍中，而水質評等為 Very Good，不過僅2005年8月的數據，仍顯單薄，無法有效正確評估農業活動、颱風等影響，因此需要累積多次調查數據才能下更正確的評估。

第四章 參考文獻

1. 川合禎次。1985。日本產水棲昆蟲檢索圖說。東海大學出版會。東京。409 頁。
2. 上野益三。1937。台灣大甲溪之鱒之食性與寄生蟲 (日文)。台灣博物學會會報。27(166)：153-159。
3. 松木和雄。1978。臺灣產春蜓科稚蟲分類之研究。台灣省立博物館科學年刊。21：133-180。
4. 津田松苗(編)。1962。水棲昆蟲學。269 頁。
5. 汪靜明。1992。河川生態保育。國立自然科學博物館。臺中市。189 頁。
6. 汪靜明。1999。河川生物多樣性的內涵與生態保育。生物多樣性前瞻研討會論文集。行政院農業委員會，臺北市。
7. 林曜松。1998。生物多樣性前瞻研討會論文集。行政院農業委員會，臺北市 140 頁。
8. 康世昌。1993。臺灣的蜉蝣目 (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。
9. 雪霸國家公園編印。2000。雪霸國家公園自然資源研究方向芻議-歷年保育研究計畫總檢討。73 頁。

10. 郭美華、丘明智、謝易霖。2004。以水棲昆蟲監測雪霸國家公園武陵地區溪流水質。台灣昆蟲 24(4): 339-352。
11. 黃國靖。1987。七家灣溪水棲昆蟲相及其生態研究。國立台灣大學植物病蟲害研究所碩士論文。147 頁。
12. 農委會、特生中心、營建署及雪霸公園管理處編印。2000。櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集。295 頁。
13. 楊平世、謝森和。2000。以水棲昆蟲之群聚結構及功能組成監測七家灣溪環境品質。農委會、特生中心、營建署及雪霸公園管理處編印。櫻花鉤吻鮭研究保育研討會論文集。Pp. 151-177。
14. 楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和及曾晴賢。1986。武陵農場河域之水棲昆蟲相與生態調查。農委會 75 年生態研究第 1 號。48 頁。
15. Allan, J. D., and A. S. Flecker. 1993. Biodiversity conservation in running waters. *Bioscience* 43(1):32-43.
16. Chen, C. C. 1994. The Name-list of Insecta (above Family Level) with Chinese Common Name. The Entomological Society of the Republic of China, Taipei, Taiwan. 40 pp. (in Chinese)
17. Clark, K. R., and R. M. Warwick. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. 2nd edition. Technical Report, PRIMER-E, Plymouth, UK. 172

- pp.
18. Hilsenhoff, W. L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with family-level biotic index. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7(1): 65- 68.
 19. Krebs, C. J. 1999. *Ecological methodology*. 2nd ed. Addison Wesley Longman, INC. 620pp.
 20. Ludwig, J. A., and J. F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons. 338pp.
 21. Merritt, R. W., and K. W. Cummins. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3rd ed. Dubuque. IA: Kendall/Hunt.
 22. Odum, E. P. 1983. *Basic ecology*. Saunders College Publishing Company, Georgia. 613 pp.
 23. Shieh, S. H. and P. S. Yang. 2002. Community structure and functional organization of aquatic insects in an agricultural mountain stream of Taiwan: 1985-1986 and 1995-1996. *Zoological Studies* 39(3): 191-202.

表一、武陵地區於 2005 年之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxa	桃山西溪	桃山北溪	二號壩	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	迎賓橋	萬壽橋	
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia sp.</i>	26.9	75.2	50.2	19.7	75.2	53.7	168.4	25.1	9.0	
	Helodidae	<i>Cyphon sp.</i>	138.0	98.5	311.7	28.7	9.0	7.2	1.8	3.6	9.0	
Diptera	Athericidae	<i>Atherix sp.</i>	1.8	9.0	1.8	0.0	1.8	21.5	14.3	3.6	0.0	
	Blepharoceridae	<i>Bibiocephala sp.</i>	14.3	16.1	10.7	3.6	69.9	26.9	0.0	1.8	12.5	
		Blepharoceridae sp.		7.2	3.6	1.8	21.5	9.0	0.0	0.0	19.7	73.5
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>	0.0	14.3	0.0	0.0	1.8	5.4	1.8	1.8	1.8	
	Chironomidae	Chironomidae sp.C		5.4	311.7	1.8	12.5	152.3	32.2	102.1	5.4	17.9
		Chironomidae sp.D		1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	3.6	0.0
		Chironomidae sp.E		1.8	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	44.8
		Chironomidae spp.		2363.2	610.9	2158.9	1015.9	1164.6	2085.5	1915.3	1467.3	1438.7
		Tanypodinae spp.		10.7	121.8	44.8	10.7	28.7	59.1	820.6	25.1	12.5
	Simuliidae	<i>Simullium sp.</i>	250.8	413.9	702.3	317.1	1218.3	2977.7	0.0	1064.2	1641.1	
	Tipulidae	<i>Antocha sp.</i>		3.6	0.0	17.9	50.2	1.8	80.6	136.2	66.3	86.0
		<i>Eriocera sp.A</i>		5.4	53.7	25.1	9.0	32.2	37.6	7.2	3.6	17.9
		<i>Eriocera sp.B</i>		12.5	12.5	19.7	16.1	14.3	35.8	0.0	43.0	17.9
Limoniinae sp.			0.0	43.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Ephemeroptera Baetidae		<i>Baetiella bispinosa</i>		10.7	14.3	12.5	1.8	14.3	10.7	0.0	3.6	3.6
	<i>Baetis spp.</i>		415.7	2065.8	507.0	252.6	381.6	449.7	3223.1	249.0	66.3	
	<i>Pseudocloeon latum</i>		272.3	181.0	788.3	607.4	335.0	639.6	21.5	186.3	363.7	
	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	

表一、武陵地區於 2005 年之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter)

Order	Family	Taxa	桃山西溪	桃山北溪	二號壩	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	迎賓橋	萬壽橋
	Ephemerellidae	<i>Acerella montana</i>	0.0	1.8	0.0	3.6	0.0	0.0	3.6	3.6	3.6
	Ephemeridae	<i>Ephemera sauteri</i>	0.0	10.7	3.6	0.0	1.8	1.8	69.9	0.0	1.8
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	1.8	34.0	0.0	0.0
		<i>Afronurus nanhuensis</i>	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	155.9	3.6	0.0
		<i>Epoerus erratus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0
		<i>Rhithrogena ampla</i>	240.1	503.4	464.0	537.5	388.8	331.5	14.3	353.0	478.4
		<i>Paraleptophlebia sp.</i>	9.0	7.2	3.6	0.0	1.8	1.8	5.4	0.0	0.0
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0
Plecoptera	Leuctridae	<i>Rhopalopsale sp.</i>	0.0	0.0	5.4	9.0	1.8	0.0	0.0	1.8	17.9
	Nemouridae	<i>Amphinemura sp.</i>	21.5	44.8	32.2	9.0	35.8	39.4	0.0	7.2	14.3
		<i>Protonemura spp.</i>	21.5	52.0	7.2	1.8	39.4	64.5	0.0	3.6	5.4
	Perlidae	<i>Neoperla spp.</i>	139.7	71.7	134.4	43.0	163.0	30.5	0.0	7.2	5.4
	Styloperlidae	<i>Cerconychia sp.</i>	17.9	21.5	9.0	3.6	9.0	3.6	0.0	3.6	1.8
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma sp.</i>	93.2	69.9	89.6	41.2	59.1	68.1	0.0	1.8	46.6
	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche sp.</i>	0.0	0.0	3.6	0.0	14.3	3.6	0.0	1.8	1.8
		<i>Hydropsyche spp.</i>	5.4	5.4	5.4	3.6	26.9	9.0	10.7	17.9	25.1
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes sp.</i>	0.0	5.4	1.8	0.0	1.8	0.0	28.7	0.0	0.0
	Limnephilidae	<i>Uenoa taiwanesis</i>	43.0	77.0	44.8	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
Rhyacophilidae	<i>Apsilochorema sp.</i>	0.0	37.6	3.6	3.6	10.7	7.2	1.8	1.8	1.8	
	<i>Himalopsyche sp.</i>	3.6	5.4	1.8	1.8	5.4	0.0	0.0	0.0	1.8	

表一、武陵地區於 2005 年之水生昆蟲資源組成及個體數 (individuals / square meter) (續)

Order	Family	Taxa	桃山西溪	桃山北溪	二號壩	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	迎賓橋	萬壽橋
		<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	12.5	28.7	32.2	12.5	10.7	21.5	0.0	7.2	10.7
		<i>Rhyacophila spp.</i>	14.3	26.9	14.3	17.9	25.1	9.0	1.8	5.4	5.4
	Sericostomatidae	<i>Gumaga sp.</i>	17.9	23.3	16.1	1.8	34.0	16.1	53.7	1.8	3.6
		Sericostomatidae sp.	0.0	37.6	0.0	0.0	10.7	1.8	5.4	0.0	0.0
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche sp.A</i>	0.0	1.8	0.0	0.0	1.8	1.8	0.0	0.0	1.8

表二、武陵地區於 2005 年之水生昆蟲資源組成及生物量 (mg / square meter) (續)

Order	Family	Taxa	桃山西溪	桃山北溪	二號壩	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	迎賓橋	萬壽橋
Coleoptera	Elmidae	<i>Zaitzevia</i> sp.	7.2	10.7	12.9	10.0	20.4	13.6	77.2	8.8	6.8
	Helodidae	<i>Cyphon</i> sp.	107.1	72.0	212.2	29.4	2.1	11.5	1.8	5.4	9.1
Diptera	Athericidae	<i>Atherix</i> sp.	35.1	36.5	1.8	0.0	7.5	25.8	16.1	3.6	0.0
	Blepharoceridae	<i>Bibliocephala</i> sp.	29.0	42.6	110.9	7.7	258.5	67.5	0.0	0.0	42.8
		Blepharoceridae sp.	41.6	2.1	21.9	320.9	53.0	0.0	0.0	79.2	291.5
	Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i> sp.	0.0	13.1	0.0	0.0	66.8	3.2	0.0	0.0	1.8
	Chironomidae	Chironomidae sp.C	0.9	41.0	0.0	6.6	152.5	19.9	25.9	3.2	3.6
		Chironomidae sp.D	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	2.3	0.0
		Chironomidae sp.E	12.2	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	4.3
		Chironomidae spp.	1773.9	118.6	925.0	260.7	246.7	470.7	631.5	325.9	364.2
		Tanypodinae spp.	4.5	19.0	5.6	2.0	5.6	6.6	482.1	7.5	3.9
	Simuliidae	<i>Simullium</i> sp.	202.8	554.2	951.5	433.6	1369.2	2611.3	0.0	882.7	1446.7
	Tipulidae	<i>Antocha</i> sp.	11.3	0.0	6.6	28.1	1.3	76.7	114.8	39.4	62.0
		<i>Eriocera</i> sp.A	12.9	58.2	40.1	19.3	78.3	78.3	11.1	9.0	30.1
		<i>Eriocera</i> sp.B	267.8	32.4	1032.3	572.6	601.5	654.5	0.0	1055.1	670.6
Limoniinae sp.		0.0	291.9	0.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Ephemeroptera Baetidae		<i>Baetiella bispinosa</i>	15.2	14.9	22.6	0.9	32.8	12.0	0.0	2.9	6.1
	<i>Baetis</i> spp.	607.5	1019.6	390.8	259.4	540.4	329.3	3385.6	225.6	95.0	
	<i>Pseudocloeon latum</i>	106.1	75.6	632.4	600.4	225.7	362.6	27.2	101.0	323.4	
	Caenidae	<i>Caenis</i> sp.	1.8	0.7	0.7	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0

表二、武陵地區於 2005 年之水生昆蟲資源組成及生物量 (mg / square meter) (續)

Order	Family	Taxa	桃山西溪	桃山北溪	二號壩	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	迎賓橋	萬壽橋
	Ephemerellidae	<i>Acerella montana</i>	0.0	81.5	0.0	58.6	0.0	0.0	60.9	86.4	83.7
	Ephemeridae	<i>Ephemera sauteri</i>	0.0	159.1	7.9	0.0	0.0	2.7	1500.6	0.0	41.9
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	0.0	108.4	0.0	0.0	0.0	1.4	248.1	0.0	0.0
		<i>Afronurus nanhuensis</i>	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	171.4	131.5	0.0
		<i>Epoerus erratus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.8	0.0	0.0
		<i>Rhithrogena ampla</i>	1207.0	1683.6	2122.0	1867.1	984.9	704.5	23.3	1326.0	2137.8
		<i>Paraleptophlebia</i> sp.	21.3	2.0	12.5	0.0	7.3	6.4	16.4	0.0	0.0
Odonata	Gomphidae	<i>Sinogomphus formosanus</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1123.5	0.0	0.0
Plecoptera	Leuctridae	<i>Rhopalopsale</i> sp.	0.0	0.0	133.8	5.9	14.5	0.0	0.0	0.5	18.6
	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	16.5	13.1	35.7	5.7	35.8	27.4	0.0	4.1	7.9
		<i>Protonemura</i> spp.	28.1	122.9	10.2	0.0	126.0	323.0	0.0	20.6	62.9
	Perlidae	<i>Neoperla</i> spp.	314.3	484.1	1049.7	711.8	1235.5	232.2	0.0	25.1	61.6
	Styloperlidae	<i>Cerconychia</i> sp.	145.7	7.7	4.3	4.7	67.0	3.6	0.0	2.9	0.0
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i> sp.	42.5	177.9	182.6	46.4	83.0	70.2	0.0	2.0	36.2
	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche</i> sp.	0.0	0.0	184.7	0.0	232.0	36.7	0.0	1.1	48.9
		<i>Hydropsyche</i> spp.	64.1	61.6	62.3	25.8	181.3	71.3	144.4	242.6	321.2
	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	0.0	38.2	17.7	0.0	2.7	0.0	266.6	0.0	0.0
	Limnephilidae	<i>Uenoa taiwanesis</i>	219.3	155.0	246.5	2.9	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rhyacophilidae	<i>Apsilochorema</i> sp.	0.0	123.8	2.3	5.2	9.9	0.9	31.2	4.7	0.0	
	<i>Himalopsyche</i> sp.	517.6	408.7	9.9	216.8	324.6	0.0	0.0	0.0	396.3	
	<i>Rhyacophila nigrocephala</i>	114.3	65.2	393.8	35.5	19.5	288.6	0.0	5.2	43.7	

表二、武陵地區於 2005 年之水生昆蟲資源組成及生物量 (mg / square meter) (續)

Order	Family	Taxa	桃山西溪	桃山北溪	二號壩	一號壩	高山溪	繁殖場	有勝溪	迎賓橋	萬壽橋
		<i>Rhyacophila</i> spp.	58.9	199.1	123.4	24.0	29.0	79.9	0.0	1.6	107.3
	Sericostomatidae	<i>Gumaga</i> sp.	90.3	43.9	19.2	3.0	132.6	171.8	64.2	2.0	3.2
		Sericostomatidae sp.	0.0	82.6	0.0	0.0	17.7	6.8	13.8	0.0	0.0
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i> sp.A	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9

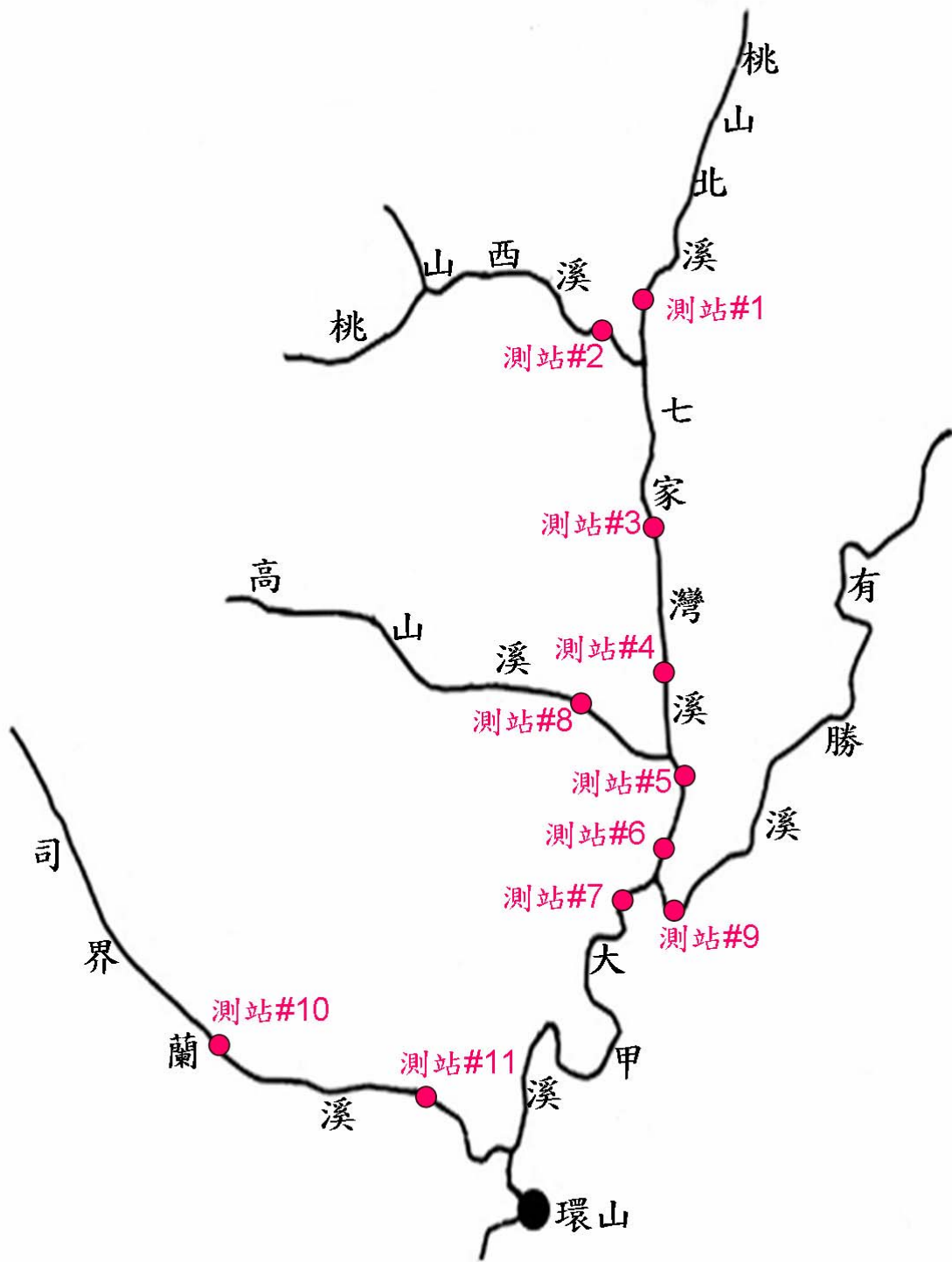
表三、司界蘭溪於 2005 年 8 月之水生昆蟲資源組成、個體數 (individuals / square meter)及生物量(mg / square meter)

Order	Family	Taxa	司界蘭溪上游	司界蘭溪下游
Diptera	Chironomidae	Chironomidae sp.C	0.0 / 0.0	1.8 / 0.0*
		Chironomidae sp.E	0.0 / 0.0	1.8 / 0.0
		Chironomidae spp.	10.7 / 0.4	19.7 / 5.7
		Tanypodinae spp.	5.4 / 4.1	12.5 / 2.5
Ephemeroptera	Simuliidae	<i>Simulium</i> sp.	5.4 / 5.2	0.0 / 0.0
	Baetidae	<i>Baetis</i> spp.	39.4 / 7.7	109.3 / 11.5
		<i>Pseudocloeon latum</i>	0.0 / 0.0	5.4 / 1.4
	Heptageniidae	<i>Afronurus floreus</i>	0.0 / 0.0	1.8 / 2.3
		<i>Rhithrogena ampla</i>	93.2 / 38.2	118.2 / 32.6
Plecoptera	Nemouridae	<i>Amphinemura</i> sp.	9.0 / 3.6	7.2 / 2.9
		<i>Protonemura</i> spp.	3.6 / 0.0	0.0 / 0.0
Trichoptera	Lepidostomatidae	<i>Goerodes</i> sp.	1.8 / 22.0	0.0 / 0.0
Total			168.5 / 81.2	270.5 / 58.9

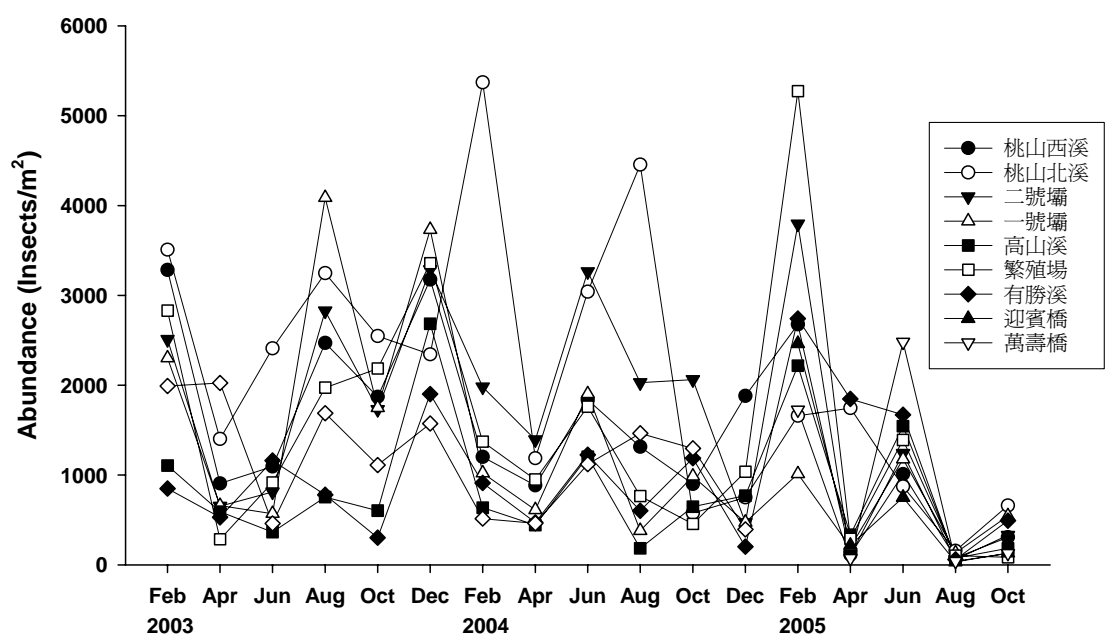
*分子表示個體數及分母表示生物量

表四、司界蘭溪於 2005 年 8 月之水棲昆蟲之 FBI 指數及多樣性指數

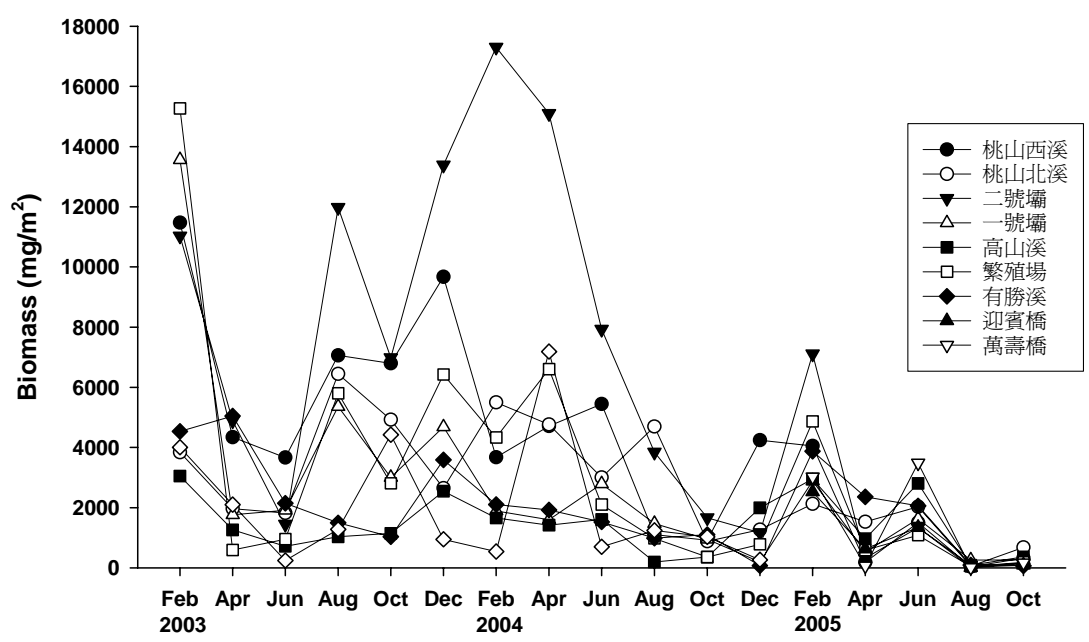
Site	FBI index	Richness index	Pielou's evenness index	Shannon- Wiener's index	Simpson's index
司界蘭溪上游	4.0316	1.3653	0.6492	1.3501	0.6336
司界蘭溪下游	4.2065	1.4218	0.6040	1.3271	0.6581



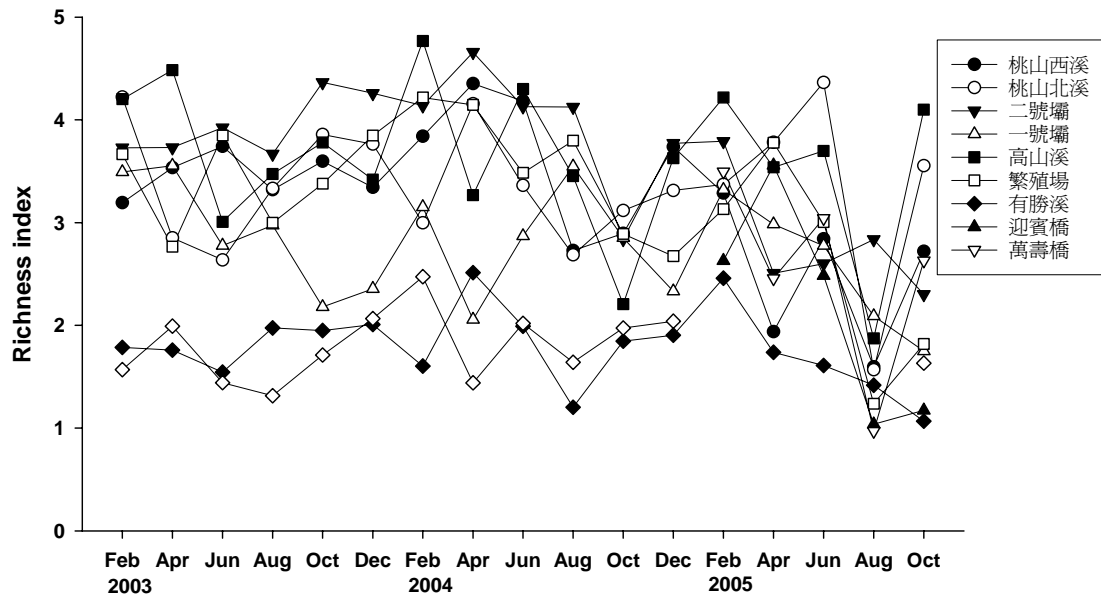
圖一、武陵地區溪流水棲昆蟲監測調查採樣站之相關位置圖。



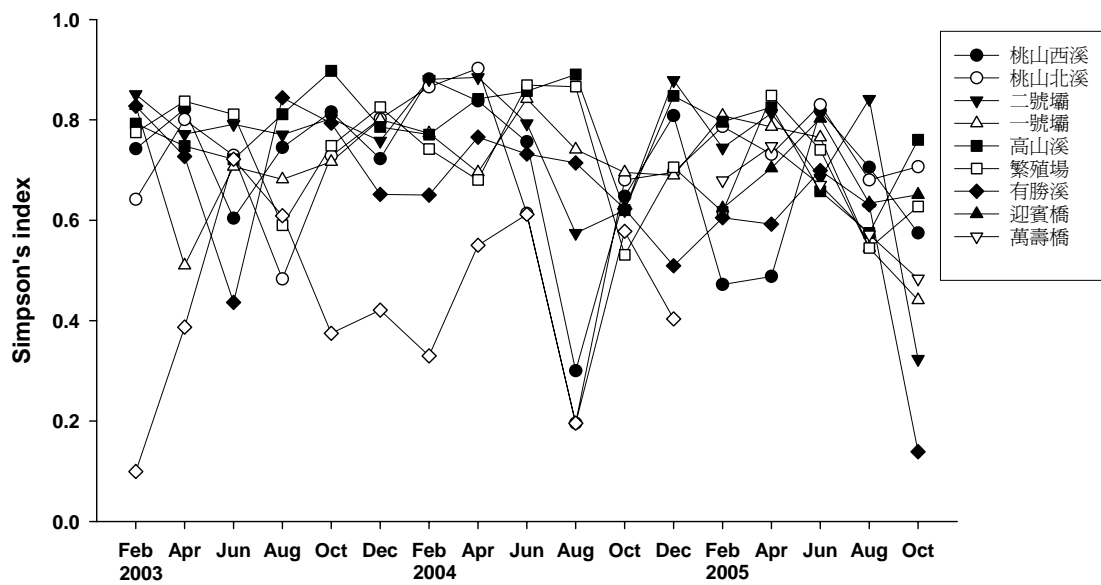
圖二、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲各月數量。



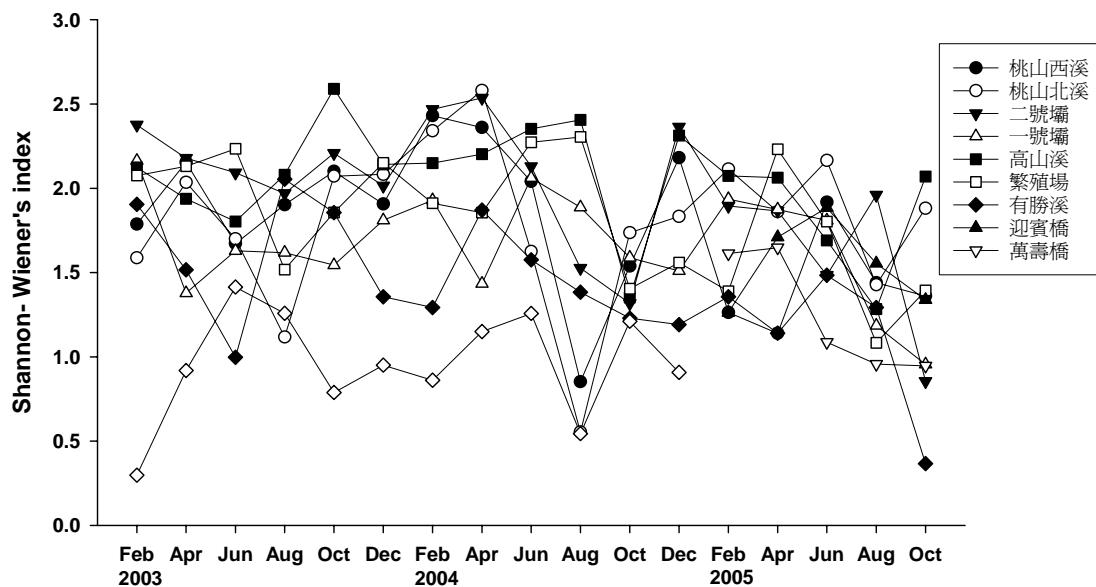
圖三、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲各月生物量。



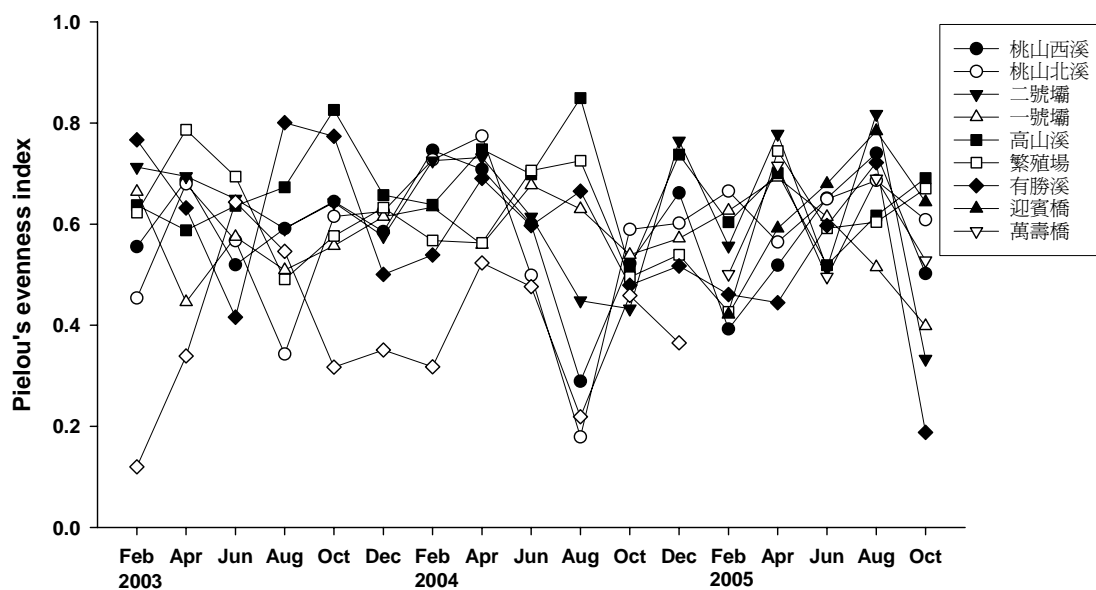
圖四、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 Richness index。



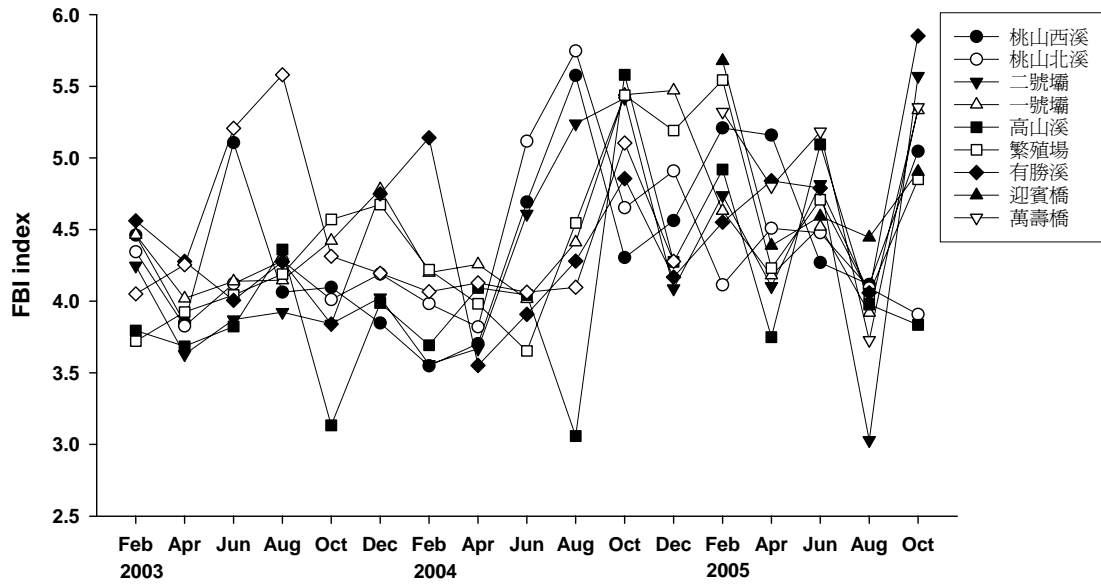
圖五、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 Simpson's index。



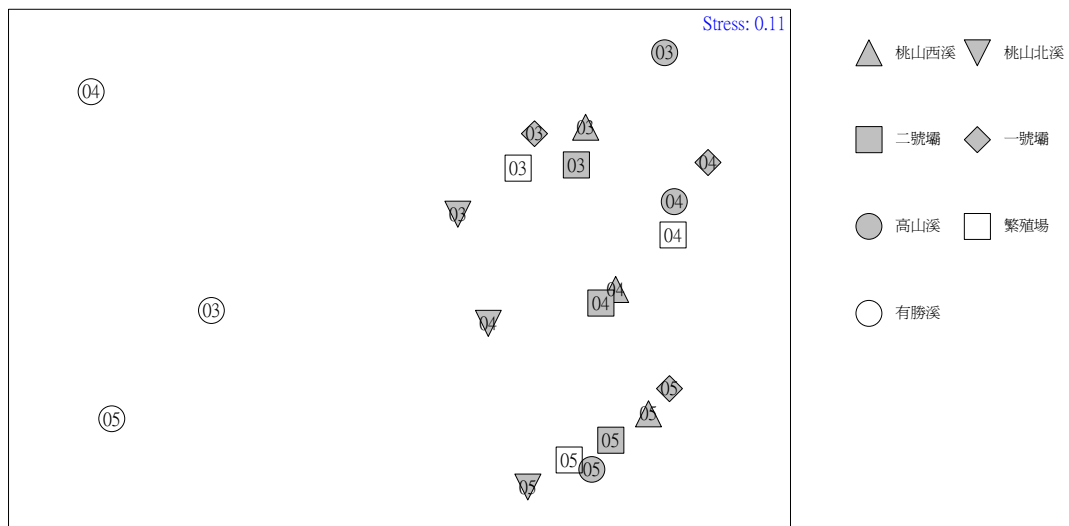
圖六、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 Shannon- Wiener's index。



圖七、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 Pielou's evenness index。



圖八、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之之 FBI index。



圖九、武陵地區溪流採樣站水棲昆蟲之 MDS 分析。(圖標二位數表示年度，如 05 代表 2005 年)