

武陵地區水生昆蟲研究(三)

內政部營建署雪霸國家公園管理處
委託研究報告

093-301020500G-011

武陵地區水生昆蟲研究(三)

受委託者：國立中興大學

研究主持人：郭美華

研 究 員：丘明智、謝易霖

內政部營建署雪霸國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十三年十二月

9
3
1
1

武陵地區水生昆蟲研究
(三)

研究主持人：
郭美

目次

中文摘要	1
英文摘要	2
第一章 緒論	3
第一節 研究緣起與背景	3
第二節 雪霸國家公園	5
第三節 武陵地區的七家灣溪	5
第二章 研究方法與過程	8
第一節 樣區設置	8
第二節 野外調查採樣	10
第三節 樣品鑑定分析	10
第三章 結果與討論	12
第一節 重要發現	12

第 二 節	結 論	1 7
第 三 節	建 議	2 0
第四章	參考文獻	22
表		24
圖		48
附表		56

表目次

表一、武陵地區第 1 站於 2004 年之昆蟲資源組成及個體數	24
表二、武陵地區第 2 站於 2004 年之昆蟲資源組成及個體數	26
表三、武陵地區第 3 站於 2004 年之昆蟲資源組成及個體數	28
表四、武陵地區第 4 站於 2004 年之昆蟲資源組成及個體數	31
表五、武陵地區第 5 站於 2004 年之昆蟲資源組成及個體數	33
表六、武陵地區第 6 站於 2004 年之昆蟲資源組成及個體數	36
表七、武陵地區第 7 站於 2004 年之昆蟲資源組成及個體數	38
表八、武陵地區第 8 站於 2004 年之昆蟲資源組成及個體數	40
表九、武陵地區各站於 2004 年之昆蟲資源組成及個體數	42
表十、武陵地區各站於 2004 年之水生昆蟲生物量	45

圖目次

圖一、 武陵地區溪流水生昆蟲監測調查 8 個採樣站之相關位置圖	48
圖二、 武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲各月數量	49
圖三、 武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲各月生物量	49
圖四、 武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲數量組成百分比	50
圖五、 武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲生量組成百分比	50
圖六、 武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲之 Pielou's evenness index	51
圖七、 武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲之 Family richness index	51
圖八、 武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲之 Shannon- Wiener's index	52
圖九、 武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲之 Simpson's index	52
圖十、 武陵地區溪流 8 個採樣站之 FBI index	53
圖十一、 武陵地區溪流 8 個採樣站之溫度變化	53
圖十二、 武陵地區溪流 8 個採樣站之 pH 變化	54
圖十三、 武陵地區溪流 8 個採樣站之導電度變化	54
圖十四、 武陵地區溪流 8 個採樣站之溶氧量變化	55

摘要

本研究計畫於 2004 年每兩月在 8 個固定樣區以舒伯氏水網(網框面積 12x12 inch, 網目大小為 52 mesh)採集 6 樣品攜回實驗室鑑定, 並統計分析水生昆蟲種類、數量、生物量、物種食性組成及群聚等各重要參數。至目前 2 到 10 月為止, 共計調查水生昆蟲有 6 目 27 科 43 種(Taxa)及 54,069.7 隻/m², 生物量 127181.49 mg/m²。43 種水生昆蟲分別為蜉蝣目有 11 種、毛翅目有 11 種、? 翅目有 5 種、鞘翅

目有 3 種、雙翅目有 12 種、蜻蛉目有 1 種。水生昆蟲群聚組成以雙翅目佔 45.85% 為最多，其次為蜉蝣目約佔 37.40%，顯現出與去年明顯不同。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 3.06~5.75 之間，分別為 excellent (特優) 與 fair (尚可) 之間，位於七家灣溪的三站 (第 3、4、6 站) 於今年 6 月、8 月、10 月水質監測結果顯示由去年的 FBI 值為 4.04 (非常良好) 轉變成今年的 5.44 (尚可)。四種群聚指數 (Family richness index、Simpson's index、Shannon-Wiener's index 及 Pielou's evenness index) 分析結果顯示位於桃山西溪、桃山溪、七家灣溪二號壩的三站受到今年颱風影響 8 月、10 月物種多樣性下降。水生昆蟲生物量結果顯示以第 3 站七家灣溪二號壩為最大，2 月份達最高峰為 $1.73 \times 10^4 \text{mg/m}^2$ ，但受到今年颱風影響，第 3 站去年 8 月、10 月生物量為 $1.2 \times 10^4 \text{mg/m}^2$ 、 $6.98 \times 10^3 \text{mg/m}^2$ ，8 月、10 月時下降為 $3.84 \times 10^3 \text{mg/m}^2$ 、 $1.66 \times 10^3 \text{mg/m}^2$ 。

【關鍵字】 水生昆蟲，水質監測，多樣性指數，生物量。

ABSTRACT

This study reports the survey of aquatic and water quality monitoring at 8 sampler sites in the Wulin area in 2004. The inventory of aquatic insects collected by Suber sampler (area of 12 x 12 inch, 52 meshes) totaled 6 orders, 27 families, 43 taxa, 54069.7 no /m², 127181.49 mg/m² biomass. The aquatic insects were including 11 species of Ephemeroptera, 11 species of Trichoptera, 5 species of Plecoptera, species 3 of Coleoptera, 12 species of Diptera, and 1 species of Odonata. Diptera as dominant order accounted for 45.85% of individuals and the next most abundant Ephemeroptera accounted for 37.04% of individuals at all sampler sites. Family-Level Biotic Index (FBI) assayed water quality of Wulin area. The values of FBI for all sampler sites were from 3.06 to 5.07, and therefore evaluations of water quality were between Excellent and Fair. The evaluations results of water quality showed decreased at site 3, site 4 and site 6. The FBI values from 4.04 (very good) in June 2003 had increased to 5.44 (fair) in October 2004. Four community indexes, that is, Richness index, Simpson's index, Shannon-Wiener's index, and Pielou's evenness index, the results showed the diversity decreased at site 1, site 2 and site 3 in August and October 2004. The site 3 had the highest biomass (1.73×10^4 mg/m²) in February 2004, but typhoons effect biomass from 1.2×10^4 mg/m² in August 2003 had decreased to 3.84×10^3 mg/m² in August 2004 and from 6.98×10^3 mg/m² in October 2003 had decreased to 1.66×10^3 mg/m² in October 2004, respectively.

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

第一章緒論

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，而能在獨特環境中子遺的古生物、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)。

七家灣溪為大甲溪上游的主要支流，由北方的桃山溪與桃山西溪（舊稱無名溪）匯流而成，並在下游匯入高山溪，整個長度約 13

公里，是現今櫻花鉤吻鮭數量最多且唯一棲息河域。[此河段棲地富變化且遮蔽性高，造就低水溫高隱匿環境](#)，使其成為櫻花鉤吻鮭最喜愛的河段。1984年時明定櫻花鉤吻鮭為瀕臨絕種的魚類，於1997年10月1日公告大甲溪上游七家灣溪集水區為「櫻花鉤吻鮭保護區」，成為全國最大野生動物保護區(雪霸公園網頁，2003)。

但近幾十年來因經濟的快速發展，造成集水區的農業開發，間接破壞了植被的遮陰效果，導致溪水溫度升高（櫻花鉤吻鮭生存的限制因子為水溫不得超過16℃），同時農藥的濫用，水質的優氧化，攔砂壩的興建，棲地的破碎化等等原因，使得櫻花鉤吻鮭的生存棲地面臨了空前的危機（農委會等，2000；汪，2000；雪霸公園，2000，雪霸公園網頁，2003）。

櫻花鉤吻鮭(臺灣鱒)因溪流環境改變，如防砂壩將棲地片段分割、遊憩活動及農業的開發污染、天然災害如颱風、洪水肆虐及前人的捕捉，使族群數量已嚴重受影響而有絕種之虞，政府正積極復育中。櫻花鉤吻鮭的復育是生態保育中的一個環節，未來保育研究的方向是以生物多樣性為標的，以長期生態監測為手段，來建立生態模式，並分析物種與物種間、物種與環境間的相關性(雪霸公園網頁，2003)。

櫻花鉤吻鮭是一種嗜食昆蟲的魚類，而溪流中的水生昆蟲更是其主要的食物來源，因此水生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。本研究延續去年的工作，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，並確認永久樣區設置地點，選定桃山溪、桃山西溪、七家灣溪2號壩、七家灣溪1號壩、高山溪、新繁殖場等共計6採樣區，及為配合雪霸國家公園管理處水質長期監測計畫，有勝溪2個採樣點（為有勝溪靠收費站及思源埡口）共計8採樣區進行水生昆蟲監測及研究。並

希冀與植被、水文、藻類與魚類等相關研究整合比較，以瞭解水生昆蟲在櫻花鉤吻鮭為主要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承載量提供較好的建議。

第二節 雪霸國家公園

雪霸國家公園位於雪山山脈位於臺灣脊樑山脈-中央山脈西側，主要的山峰有 3,886 公尺的雪山及大霸尖山、大劍山、桃山與品田山等。崎嶇地形與原野自然環境成為面積 76,850 公頃雪霸國家公園景觀主軸。高山地形因受大甲溪、大安溪與大漢溪之侵蝕切割，形成特殊地形景觀；大甲溪峽谷峭壁、佳陽沖積扇與河階、環山地區環流丘地形、肩狀稜地形、河川襲奪等。原始自然的環境保存了完整植物生態及不同植物帶，由於山脈高聳雲霄的生殖隔離作用，保存了多數地質時代，子遺植物，如臺灣山薺，長柄毛茛。野生動物棲息於地形富變化而自然的山區內，其中彌足珍貴為櫻花鉤吻鮭(臺灣鱒)。因溪流環境改變，如防砂壩將棲地片段分割、遊憩活動及農業的開發污染、天然災害如颱風、洪水肆虐及前人的捕捉，使族群數量已嚴重受影響而有絕種之虞，政府正積極復育中。

櫻花鉤吻鮭的復育是生態保育中的一個環節，未來保育研究的方向是以生物多樣性為標的，以長期生態監測為手段，來建立生態模式，並分析物種與物種間、物種與環境間的相關性。目前雪霸國家公園管理處正在研擬推動武陵地區長期生態研究計劃架構，希望透過大空間、大時間的尺度，跨學門資料整合共享的方式，來了解生態系統間能量的移動情況，並希望能建立完整的環境變遷預測模式(雪霸公園網頁，2003)。

第三節 武陵地區的七家灣溪

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)。

七家灣溪為大甲溪上游的主要支流，由北方的桃山溪與桃山西溪（舊稱無名溪）匯流而成，並在下游匯入高山溪，整個長度約 13 公里。整個集水區源頭主要為雪山北稜與桃山品田支稜山脈。整個七家灣溪流域並且是現今櫻花鉤吻鮭數量最多且唯一棲息河域。1938 年時天然紀念物調查委員會報告結果即顯現此河域為大甲溪上游櫻花鉤吻鮭數量最為豐富的河段，也因此其他支流的鮭魚族群滅絕之際，仍然得以保留少數的鮭魚族群。此河段棲地富變化且遮蔽性高，造就低水溫高隱匿環境，使其成為櫻花鉤吻鮭最喜愛的河段。1989 年時明定櫻花鉤吻鮭為瀕臨絕種的魚類，於 1997 年 10 月 1 日公告大甲溪上游七家灣溪集水區為「櫻花鉤吻鮭保護區」，成為全國最大野生動物保護區(雪霸公園網頁，2003)。

但近幾十年來因經濟的快速發展，造成集水區的農業開發，間接破壞了植被的遮陰效果，導致溪水溫度升高（櫻花鉤吻鮭生存的限制因子為水溫不得超過 16℃），同時農藥的濫用，水質的優氧化，攔砂壩的興建，棲地的破碎化等等原因，使得櫻花鉤吻鮭的生存棲地面臨了空前的危機（農委會等，2000；汪，2000；雪霸公園，2000，雪霸公園網頁，2003）。

就以櫻花鉤吻鮭為主軸的水生昆蟲研究來說，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%。由於水生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, 武陵地區水生昆蟲種類仍相當豐富, 約有 6 目 40 至 60 種 (Species or Taxa), 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 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。

櫻花鉤吻鮭是一種嗜食昆蟲的魚類, 而溪流中的水生昆蟲更是其主要的食物來源, 因此水生昆蟲的種類數量對櫻花鉤吻鮭的成長繁殖具有重要意義。此外由於水生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。因此本研究在調查櫻花鉤吻鮭棲息地七家灣溪水生昆蟲種類數量變化並對環境進行長期監測, 並整合本期水質等相關計畫樣區設置地點, 選定桃山西溪、桃山溪、七家灣溪二號壩、七家灣溪一號壩、高山溪、新繁殖場等共計 6 採樣區, 及為配合雪霸國家公園管理處水質長期監測計畫, 另增加有勝溪兩個採樣點 (分別為有勝溪靠收費站及思源埡口兩個採樣點), 共計 8 採樣區進行水生昆蟲監測及研究。並希冀與植被、水文、藻類與魚類等相關研究整合比較, 以瞭解水生昆蟲在櫻花鉤吻鮭為主要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承載量提供較好的建議。

第二章 研究方法及過程

2004 年則每兩個月於設置水生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，統計分析水生昆蟲種類、數量、生物量及群聚各重要參數，完成報告撰寫提供經營管理建議。

本計畫的工作目標分別為：

1. 武陵地區水生昆蟲相監測: 本年度調查工作預定於九十三年二月開始，進行每兩個月實地調查。預定的工作範圍主要是延續以往所進行的永久樣區。
2. 以科級生物指數 (Family-Level Biotic Index, FBI)及多樣性指數分析監測武陵地區水質變化: 本項工作將進行七家灣溪流域各永久樣區，以水生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之指標。
3. 棲地水文因子監測: 本項研究將進行七家灣溪流域各永久樣區各項水文因子，包含水溫、導電度、溶氧量、pH質等測量工作，並結合水生昆蟲監測研究與棲地記錄，分析族群變動與微棲地變化的關係。
4. 生物量分析: 針對過去的研究整合估計水生昆蟲全年生物量，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

配合水質等相關整合計畫踏勘設置水生昆蟲長期監測永久樣區，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，統計分析水生昆蟲種類、數量、生物量及群聚各重要參數，完成報告撰寫提供經營管理建議。查閱文獻確認往昔櫻花鉤吻鮭棲息地水生昆蟲調查樣區，並整合本期水質等相關計畫樣區設置地點，由北而南選定 8 站，各採樣站分布見圖一。

第 1 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 2 站位於桃山西溪、桃山溪的匯流處，下游處有一攔砂壩，河床底質多為砂石；第 3 站位於五陵地區農業區旁，河床底質以巨石及卵石為主，第 4 站位於五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 6 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 7 站位在有勝溪旁之農業區的下游處，河床底質多為泥砂；第 8 站位於思源埡口，有勝溪旁之農業區的上游處，河寬較為狹窄，河床底質多為砂石。各採樣站 GPS 座標如下：

第 1 站桃山西溪(武陵吊橋下左邊) (E 121° 17' 57.0'', N 24° 23' 58.3'')。

第 2 站桃山溪(武陵吊橋下右邊) (E 121° 18' 01.2'', N 24° 23' 58.5'')。

第 3 站七家灣溪二號壩 (E 121° 18' 06.2", N24° 23' 01.6")。

第 4 站七家灣溪一號壩 (E 121° 18' 12.2", N 24° 21' 51.7")。

第 5 站高山溪 (E 121° 17' 58.2", N 24° 21' 38.0")。

第 6 站新繁殖場 (E 121° 18' 17.2", N 24° 21' 18.4") 。

第 7 站有勝溪 (E 121° 18' 08.7", N 24° 21' 59.0")。

第 8 站思源埡口 (E 121° 20' 49.6", N 24° 22' 57.8")。

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)，以及記錄數量和生物量。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。其中群聚指數分析是以 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 = proportion of total sample belonging to i 'th taxon = n_i/N

n_i = number of individuals of taxon i in the sample

N = 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 in sects

n_i = number of individuals of family i in the sample

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

第三章 結果與討論

第一節 重要發現

本研究計畫配合水質等相關整合計畫踏勘設置水生昆蟲長期監測永久樣區有 8 站，並自 2004 年 1 月至 10 月每月於各樣區以舒伯氏水網採集 6 樣品並攜回實驗室鑑定，統計分析水生昆蟲種類、數量及群聚等各重要參數。

至目前 2004 年 1-10 月為止，共計調查水棲昆蟲有 6 目 27 科 43 種(Taxa) 54069.7 隻/m²(表九)，而生物量達到 127181.49 mg/m²(表十)。調查期間 43 種水棲昆蟲分別為蜉蝣目有 11 種、毛翅目有 11 種、? 翅目有 5 種、鞘翅目有 3 種、雙翅目有 12 種、蜻蛉目有 1 種(表九)。

圖二為武陵地區 8 站永久樣區 2003 年 1-12 月及 2004 年 1-10 月之每兩月的水生昆蟲資源數量。各月份所採獲水生昆蟲數量以第 1 站、第 2 站、第 4 站及第 6 站於 2004 年 10 月相對 2003 年 10 月有較低之勢。

圖三為武陵地區 8 站永久樣區 2003 年 1-12 月及 2004 年 1-10 月之每兩月的水生昆蟲資源生物量。各月份所採獲水生昆蟲生物量除了第 7 站以外，各站於 2004 年 10 月相對 2003 年 10 月有較低之勢。

圖四為武陵地區 8 站永久樣區 2003 年 1-12 月及 2004 年 1-10 月，每兩月監測之各站所採樣之水生昆蟲數量組成百分比。2003 年各站水生昆蟲群聚組成皆以蜉蝣目佔半數以上為優勢，然而 2004 年之各站的雙翅目比例皆為上升，並使第 1 站、第 2 站、第 3 站、第 5 站及第 7 站的蜉蝣目比例低於半數以下。

圖五為武陵地區 8 站永久樣區 2003 年 1-12 月及 2004 年 1-10 月，每兩月監測之各站所採樣之水生昆蟲生物量組成百分比。2003 年及 2004 年之第 1 站和第 3 站站水生昆蟲群聚組成皆以毛翅目佔半數以上為優勢，而 2003 年及 2004 年之第 5 站、第 7 站和第 8 站站水生昆蟲群聚組成皆以 2003 年及 2004 年之第 1 站和第 3 站站水生昆蟲群聚組成皆以毛翅目佔半數以上為優勢為優勢。

圖六至圖九為武陵地區 8 站永久樣區 2003 年 1-12 月及 2004 年 1-10 月各站每兩月之 Richness index、Simpson's index、Shannon-Wiener's index 及 Pielou's evenness index 等多樣性指數。圖十為以 Hilsenhoff 科級生物指數 (FBI) 評估武陵地區 8 站永久樣區 2003 年 1-12 月及 2004 年 1-10 月各站每兩月之水質變化。

圖十一至圖十四為武陵地區 8 站永久樣區 2003 年 1-12 月及 2004 年 1-10 月各站每兩月之水文因子測量結果。溫度在這兩年中變化趨勢一致(圖十一)，除第 7 站外，各站整年水溫維持在 17 之下。圖十二之 pH 值可看出今年 6 月至 10 月 pH 值在 7.5~8.0 之間(第 7 站除外)。圖十三為導電度之變化，為今年所增加量測之水文因子，圖中顯現第 7 站之導電度較其他站為高，其餘各站導電度介於 100~250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 之間。圖十四為溶氧量之變化，與去年相比，受到颱風影響今年 8 月、10 月之溶氧量約較去年同時期下降 1 ppm。

表一至表八為武陵地區 8 站永久樣區 2004 年-10 月每站所採樣之水生昆蟲資源組成。茲將各採樣站之調查結果分敘如下。

第 1 站桃山西溪：

桃山西溪 2004 年 1-10 月共計調查水生昆蟲有 5 目 25 科 38 種(Taxa) 6138.1 隻/ m^2 (表一)，而生物量達 15850.02 mg/m^2 (表十)。蜉蝣目有 11 種、毛翅目有 9 種、? 翅目有 5 種、鞘翅目有 2 種、雙翅目有 11 種。昆蟲數量以雙翅目搖蚊科(Chironomidae)佔 42.41% 為多

數，而蜉蝣目四節蜉蝣科(Baetidae) 佔 13.86%次之(表一)。昆蟲生物量以毛翅目之角石蛾(*Stenopsyche* sp.A)佔 36.73%為多數，而蜉蝣目之扁蜉蝣(*Rhithrogena ampla*)佔 9.98%為次之(表十)。Richness index 為 2.729 ~4.353(圖六)，Simpson's index 為 0.300 ~ 0.881(圖七)，Shannon- Wiener's index 為 0.852 ~ 2.430(圖八)，及 Pielou's evenness index 為 0.289 ~ 0.746 (圖九)。以 FBI 評估水質約在 3.548~5.576 之間，水質評等分別為 Excellent 和 Fairly Poor 之間(圖十)。

受到兩次颱風干擾，2003 年 8、10 月水生昆蟲由 2470.7、1870.5 隻/m² 下降至 1313.3、899.04 隻/m²。

第 2 站桃山溪：

桃山溪 2004 年 1-10 月共計調查水生昆蟲有 5 目 22 科 36 種(Taxa) 14628.7 隻/m²(表二)，而生物量達 18845.99 mg/m²(表十)。蜉蝣目有 11 種、毛翅目有 9 種、? 翅目有 3 種、鞘翅目有 2 種、雙翅目有 11 種。各目昆蟲數量以雙翅目搖蚊科(Chironomidae)佔 52.62%為多數，而蜉蝣目四節蜉蝣科(Baetidae) 佔 15.87%次之(表二)。昆蟲生物量以雙翅目之搖蚊 (Chironomidae spp.)佔 24.65%為多數，而雙翅目之大蚊(*Eriocera* sp.B)及蜉蝣目之扁蜉蝣(*Rhithrogena ampla*)各佔 10.86%及 10.17%為次之(表十)。Richness index 為 2.686 ~4.353(圖六),Simpson's index 為 0.196 ~ 0.902(圖七),Shannon- Wiener's index 為 0.544 ~ 2.579(圖八),及 Pielou's evenness index 為 0.179 ~ 0.774 (圖九)。以 FBI 評估水質約在 3.820~5.546 之間，水質評等分別為 Very Good 和 Fair 之間(圖十)。

受到兩次颱風干擾，2003 年 10 月水生昆蟲由 2545.9 隻/m² 下降至 576.9 隻/m²。

第 3 站七家灣溪二號壩：

二號壩 2004 年 1-10 月共計調查水生昆蟲有 5 目 24 科 40 種(Taxa) 10726.5 隻/m²(表三), 而生物量達 45834.87 mg/m²(表十)。蜉蝣目有 11 種、毛翅目有 11 種、? 翅目有 5 種、鞘翅目有 2 種、雙翅目有 11 種。各目昆蟲數量以雙翅目搖蚊科(Chironomidae)佔 32.96%為多數, 而蜉蝣目四節蜉蝣科(Baetidae) 佔 18.81%次之(表三)。昆蟲生物量以毛翅目之角石蛾(*Stenopsyche* sp.A)佔 52.16%為多數(表十)。Richness index 為 2.838 ~4.658(圖六), Simpson's index 為 0.575 ~ 0.885(圖七), Shannon- Wiener's index 為 1.317 ~ 2.535(圖八), 及 Pielou's evenness index 為 0.433 ~ 0.732 (圖九)。以 FBI 評估水質約在 3.559~5.416 之間, 水質評等分別為 Excellent 和 Fair 之間(圖十)。

此站今年所採獲蟲數較去年為多, 以雙翅目搖蚊科、蚋科及毛翅目 *Uenoa taiwanesis* 增加最多。

第 4 站七家灣溪一號壩：

一號壩 2004 年 1-10 月共計調查水生昆蟲有 6 目 24 科 34 種(Taxa) 4903.7 隻/m²(表四), 而生物量達 8706.84 mg/m²(表十)。蜉蝣目有 8 種、毛翅目有 9 種、? 翅目有 3 種、鞘翅目 2 種、雙翅目有 11 種及蜻蛉目有 1 種。各目昆蟲數量以蜉蝣目四節蜉蝣科 (Baetidae) 佔 32.96%為多數, 而扁蜉蝣科 (Heptageniidae) 佔 24.41%及雙翅目搖蚊科 (Chironomidae) 佔 21.45%為次之 (表四)。昆蟲生物量以蜉蝣目之扁蜉蝣(*Rhithrogena ampla*)佔 57.24%為多數(表十)。Richness index 為 2.057 ~3.547(圖六), Simpson's index 為 0.695~ 0.842(圖七), Shannon- Wiener's index 為 1.434~ 2.062(圖八), 及 Pielou's evenness index 為 0.539 ~ 0.677 (圖九)。以 FBI 評估水質約在 4.015~5.441 之間, 水質評等分別為 Very Good 和 Fair 之間(圖十)。

受到兩次颱風干擾, 2003 年 8、10 月水生昆蟲由 4086.7、1748.6 隻/m² 下降至 379.8、987.2 隻/m²。

第 5 站高山溪：

高山溪 2004 年 1-10 月共計調查水生昆蟲有 5 目 24 科 38 種(Taxa) 3115.6 隻/m²(表五)，而生物量達 5236.37 mg/m²(表十)。蜉蝣目有 11 種、毛翅目有 10 種、? 翅目有 5 種、鞘翅目 2 種、雙翅目有 10 種。各目昆蟲數量以蜉蝣目扁蜉蝣科 (Heptageniidae) 佔 24.69% 為多數，而雙翅目搖蚊科(Chironomidae) 佔 19.32% 及 蚋科(Simuliidae) 佔 15.87% 為次之(表五)。昆蟲生物量以蜉蝣目之扁蜉蝣(*Rhithrogena ampla*) 佔 36.08% 為多數(表十)。Richness index 為 2.207 ~4.768(圖六)，Simpson's index 為 0.620~ 0.890(圖七)，Shannon- Wiener's index 為 1.352~ 2.406(圖八)，及 Pielou's evenness index 為 0.512 ~ 0.849 (圖九)。以 FBI 評估水質約在 3.058~5.580 之間，水質評等分別為 Excellent 和 Fairly Poor 之間(圖十)。

第 6 站新繁殖場：

新繁殖場 2004 年 1-10 月共計調查水生昆蟲有 6 目 24 科 34 種(Taxa)5301.4 隻/m²(表六)，而生物量達 14368.63 mg/m²(表十)。蜉蝣目有 9 種、毛翅目有 8 種、? 翅目有 5 種、鞘翅目 2 種、雙翅目有 11 種及蜻蛉目有 1 種。各目昆蟲數量以蜉蝣目扁蜉蝣科(Heptageniidae) 佔 29.03% 為多數，而蜉蝣目四節蜉蝣科(Baetidae) 佔 25.41% 及雙翅目搖蚊科 (Chironomidae) 佔 18.22% 為次之(表六)。昆蟲生物量以蜉蝣目之扁蜉蝣 (*Rhithrogena ampla*) 佔 36.16% 為多數，而毛翅目之角石蛾(*Stenopsyche* sp.A) 佔 29.23% 為次之(表十)。Richness index 為 2.890 ~4.217(圖六)，Simpson's index 為 0.531~ 0.869(圖七)，Shannon- Wiener's index 為 1.403~ 2.304(圖八)，及 Pielou's evenness index

為 0.495 ~ 0.725(圖九)。以 FBI 評估水質約在 3.652~5.437 之間，水質評等分別為 Excellent 和 Fair 之間(圖十)。

受到兩次颱風干擾，2003 年 8、10 月水生昆蟲由 1972.6、2185.8 隻/m² 下降至 765.0、455.1 隻/m²。

第 7 站有勝溪靠收費站：

有勝溪 2004 年 1-10 月共計調查水生昆蟲有 5 目 15 科 22 種(Taxa)4398.5 隻/m²(表七)，而生物量達 7640.46 mg/m²(表十)。蜉蝣目有 5 種、毛翅目有 5 種、鞘翅目 3 種、雙翅目有 8 種及蜻蛉目有 1 種。各目昆蟲數量以蜉蝣目四節蜉蝣科(Baetidae)佔 34.67%為多數，而雙翅目搖蚊科(Chironomidae)佔 34.42%為次之(表七)。昆蟲生物量以蜉蝣目之蜉蝣(*Ephemera sauteri*)佔 47.79%為多數(表十)。Richness index 為 1.203 ~ 2.513(圖六)，Simpson's index 為 0.623~ 0.766(圖七)，Shannon- Wiener's index 為 1.229~ 1.870(圖八)，及 Pielou's evenness index 為 0.479 ~ 0.691(圖九)。以 FBI 評估水質約在 3.908~5.142 之間，水質評等分別為 Very Good 和 Fair 之間(圖十)。

今年 10 月所採獲蟲數明顯較去年為多，由 302.8 隻/m² 增加至 1187.9 隻/m²，以雙翅目 Tanypodinae sp. A 由 23.3 隻/m² 增加至 422.8 隻/m²，及蜉蝣目 *Baetis* spp. 由 98.5 隻/m² 增加至 585.9 隻/m² 所導致之結果。

第 8 站思源埡口：

思源埡口 2004 年 1-10 月共計調查水生昆蟲有 5 目 15 科 26 種(Taxa)4857.1 隻/m²(表八)，而生物量達 10698.32 mg/m²(表十)。蜉蝣目有 9 種、毛翅目有 5 種、? 翅目有 2 種、雙翅目有 9 種及蜻蛉目有 1 種。各目昆蟲數量以蜉蝣目四節蜉蝣科(Baetidae)佔 71.85%為多數，而雙翅目搖蚊科(Chironomidae)佔 21.70%為次之(表八)。昆蟲生物量以蜉蝣目之小蜉蝣(*Acerella montana*)佔 37.41%為多數，

而雙翅目之大蚊(*Eriocera* sp.B)及蜉蝣目之四節蜉蝣複合種(*Baetis* spp.)各佔 26.77%及 15.69%為次之(表十)。Richness index 為 1.441~2.474(圖六), Simpson's index 為 0.196~ 0.612(圖七), Shannon- Wiener's index 為 0.544~ 1.257(圖八), 及 Pielou's evenness index 為 0.219~ 0.523(圖九)。以 FBI 評估水質約在 4.062~5.104 之間, 水質評等分別為 Very Good 和 Fair 之間(圖十)。

第二節 結論

2003 年並沒有颱風發生, 而 2004 年 7 月 2 日及 8 月 25 日有敏督利及艾莉颱風發生, 水生昆蟲數量及生物量受到影響。2003 年除了第 7 站以外, 水生昆蟲數量及生物量於 8 月皆較 6 月為高, 但 2004 年則除第 2 站及第 8 站以外, 則呈現相反現象。比較 2003 年及 2004 年同 8 月份的水生昆蟲數量及生物量, 得知各站於 2004 年的 8 月的生物量皆較低於 2003 年 8 月。水生昆蟲數量方面, 除了第 2 站以外, 各站 2004 年的 8 月各站皆為較低於 2003 年 8 月。第 1 站及第 3 站到第 6 站由於 2003 年及 2004 年 8 月及 6 月的變化趨勢相反, 可直接得知因颱風而使這 5 站水生昆蟲數量及生物量下降。雖然第 7 站 2003 年及 2004 年 6 月到 8 月的變化趨勢同為下降, 但 2004 年 8 月較 2003 年同月分為低, 可說明颱風對數量及生物量影響之加成結果, 然而第 8 站 2003 年及 2004 年 6 月到 8 月的變化趨勢卻同為上升, 但 2004 年 8 月較去年同月分為低, 則可說明受颱風影響, 減少了第 8 站水生昆蟲數量及生物量的上升程度。

除了第 3 站、第 4 站、第 5 站及第 7 站以外, 所採獲水生昆蟲數量於 2004 年 10 月皆較 8 月為低, 而各月份所採獲水生昆蟲生物量第 3 站、第 5 站及第 7 站以外, 各站於 2004 年 10 月皆較 8 月低。第 3 站、第 4 站、第 5 站及第 7 站在 9 月颱風過後, 於 2004 年 8 月至 10 月水生昆蟲生物量為上升趨勢, 然而除第 5 站於 2003 年同時期也是上升趨勢外, 其他 3 站於 2003 年同時期的趨勢則為下降。第 3 站的蚋科由 8 月的 102.1 隻/m² 上升到 10 月的 1080.4 隻/m², 佔了 10 月之 50% 以上的數量, 第 4 站的蚋科及搖蚊科由 8 月的 93.2

隻/m² 上升到 10 月的 791.9 隻/m², 佔了 10 月之 80.22% 的數量(表四), 第 7 站搖蚊科由 8 月的 193.5 隻/m² 上升到 10 月的 528.5 隻/m², 以及四節蜉蟴 (*Baetis* spp.) 由 8 月的 177.4 隻/m² 上升到 10 月的 585.9 隻/m², 各佔了 10 月 44.49% 及 49.32% 的數量(表七), 雙翅目種類完成一個世代的時間較短, 再加上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, 至於第 7 站四節蜉蟴 (*Baetis* spp.) 數量的上升可能是由上游沖至此, 並且第 7 站河道開闊, 流速較慢, 而被沖走的數量較少。

各站之 Simpson's index、Shannon-Wiener's index 及 Pielou's evenness index 多樣性指數在經過 2004 年 7 月 2 日及 8 月 25 日的颱風, 並非各站於 6 月到 10 月呈現持續下降的趨勢, 有三種情況發生, 第一種為 6 月到 10 月呈現持續下降的趨勢; 第二種為 6 月到 8 月為下降趨勢, 但到 8 月到 10 月則為上升趨勢; 第三種 6 月到 8 月為上升趨勢, 但到 8 月到 10 月則為下降趨勢。

第 7 站及第 8 站仍為採到種類數最少者僅 22 種及 26 種, 且多樣性指數皆為較低者。其餘 6 站皆可採到 34 至 40 種不等, 總計 43 種, 與去年相比及與楊及謝(2000)報告有 40 種相比變化不大, 2003 年各站水生昆蟲群聚組成皆以蜉蟴目佔半數以上為優勢, 然而 2004 年之各站的雙翅目比例皆為上升, 並使第 1 站、第 2 站、第 3 站、第 5 站及第 7 站的蜉蟴目比例低於半數以下。FBI 評估水質發現各站之於 8 月或 10 月的數值皆為升高, 水質評等為 Good(良好)或 fair(尚可), 因此各站可能皆呈現水質變差的情況。

謝與楊(1999)研究報告指出在一遭受污染的河域中搖蚊科(Chironomidae)為最優勢的類群, 從拓殖的第 12 天以後, 其佔所有拓殖個體數的 90% 以上, 而在微受污染的河域中以四節蜉蟴 *Baetis* spp. 為優勢的類群, 佔所有個體數的 80% 以上, 且相對的數量, 隨著拓殖時間的增長, 會從四節蜉蟴 *Baetis* spp. 為最優勢, 變為搖蚊科 Chironomidae 為最優勢。由表二結果得知, 收費站及思源埡口站除水質環境較差外, 可能有勝溪上游已微受污染, 而下游為一遭受污染的河域。

第 5 站高山溪雖然是所有採樣站中蟲數較少者，但可採得 30 種且多樣性指數也不是最低者，但與去年相比則皆呈現下降趨勢，且生物量為最低者，顯示河川整頓對水生昆蟲群聚之衝擊影響。

不管如何，水生昆蟲之群聚組成與結構受到大自然中存在著各式各樣、各種時空尺度的干擾，如風災、水災、旱災、崩塌等影響，如果就較窄較短的空間時間尺度來看，因為可能會造成某些生物的局部性滅絕，因此對物種多樣性而言，都是負面的影響。這些干擾的強度越大，或干擾越頻繁，則物種多樣性越低。颱風對各站實際的干擾程度，可能並不一致，雖然降低了較優勢物種的數量，但此干擾並沒有讓其他世代時間短的種類，例如雙翅目昆蟲，無法生存，短期內這些物種數量增加，增加了群聚之均勻度，或是優勢物種因數量減少所空出的資源，使其他物種得以拓殖，進而種類數增加。對國家公園而言，異常氣候與災變發生頻度與強度增加，使得保護區內櫻花鉤吻鮭遭受到威脅與破壞，由曾(2003)長期觀察研究顯示，天災（颱風、大雨或乾旱）是影響族群數量的主要原因之一，如 1995 年(沒有颱風)秋季有 2495 尾，因 1996 年 7 月賀伯颱風來襲，造成了魚群大量死亡，數量下降至秋季時有 1227 尾。接著連續 5 年至 2001 年，受到每年颱風影響，櫻花鉤吻鮭族群數量持續下降春季 346 尾及秋季 408 尾。2002 至 2003 年沒有颱風，調查結果在 2003 年秋季有 3042 尾左右，但今年受兩次颱風影響，數量下降至 1593 尾(曾，2004)，與賀伯颱風之影響力相當，因櫻花鉤吻鮭對生殖地的特殊需求，颱風帶來的洪水，攜帶大量的泥沙，對櫻花鉤吻鮭的棲地有不良的影響，且水生昆蟲受颱風影響，群聚組成及結構發生了改變，生物量下降，增添櫻花鉤吻鮭食餌需求的困難，因此管理處將面臨更多經營管理上的問題。

第三節 建議

- 1.調查顯示今年 8 月及 10 月的水生昆蟲受到兩次颱風來襲影響，數量及生物量明顯下降，增添櫻花鉤吻鮭食餌需求的困難，未來應持續監測受颱風干擾後，水生昆蟲群聚、生物量及水質變化情形，以了解棲地受創後之回復時間及能力。
- 2.2003 年各站蜉蝣目的比例都在 50%以上，且為優勢的分類群，2004 年各站雙翅目比例上升，且各站蜉蝣目比例下降，第 1 站和第 2 站蜉蝣目低於 25%以下，而第 3 站和第 5 站則低於 40%以下。上野（1937）的研究指出櫻花鉤吻鮭胃內含物蜉蝣目種類佔 20%，雙翅目種類只佔 5%。蜉蝣目種類大多為一年 2~3 世代，因此數量於短時間內無法回復，可能局限了櫻花鉤吻鮭族群未來的發展，短期內不應馬上施行櫻花鉤吻鮭的人工放流，需慎重考量其食餌需求及回復時間，以免因倉卒放流造成個體間食餌需求競爭，而限制了櫻花鉤吻鮭未來族群增長。
- 3.第 3 站的生物量為各站之最，且毛翅目體型較大之角石蛾(*Stenopsyche* sp.A)佔生物量之 50%以上，此站的角石蛾生物量也為各站之首。上野（1937）的研究也指出櫻花鉤吻鮭胃內含物毛翅目種類佔 32%，但第 3 站到上游的桃山西溪及桃山溪之間有攔砂壩阻隔，並且第 3 站到下游的第 6 站之間也有攔砂壩阻隔，整個七家灣溪之櫻花鉤吻鮭的族群也就可能無法利用此處的食物資源，而局限其族群增長，因此攔砂壩的拆除應持續進行。
- 4.高山溪經過工程施工，棲地受干擾極大，其底質的巨大變動，可能使水生昆蟲直接死亡，目前水生昆蟲採集數量及生物量皆為最低者，需持續監控其水生昆蟲群聚變化，並加以判斷施工時棲地受干擾對水生昆蟲之影響。
- 5.第 7 站及第 8 站都位於有勝溪，其溪邊已開發成菜園且無緩衝區，農藥及肥料可直接輸入溪流而造成污染。因農業區是由上游往下游的連續區域，越往下游方向，則受污染物累積更多，而造成水質評等最差，因此武陵農場將經營農地縮減以提供造林面積，並設

有濱岸保護帶的方針對櫻花鉤吻鮭主要棲地七家灣溪有成效，然而水生昆蟲具有幼蟲往下游泊集，成蟲往上游產卵的拓殖循環，而有勝溪和七家灣溪匯流同一下游處，而有勝溪具污染的水質可能也污染七家灣溪下游處，而使其水生昆蟲數量減少，羽化的成蟲數量也就減少，終使七家灣溪上游處水生昆蟲新生幼蟲的數量下降，所以經營管理上需考量到此影響。

6.各站於 8 月或 10 月的 FBI 數值皆為升高，水質評等為 Good(良好)或 fair(尚可)，因此各站可能皆呈現水質變差的情況，不過水生昆蟲結構組成改變，可能是因受颱風影響，使得污染忍受性低種類之數量降低，而造成 FBI 數值升高，但仍為一個可能的警訊，值得管理處加以注意，並應持續監測。

第四章 參考文獻

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, 編 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. 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.
11. 曾晴賢, 2003, 櫻花鉤吻鮭族群監測和生態調查(六), 內政部營建署雪霸國家公園管理處印行, 48 頁。
12. 曾晴賢, 2004, 櫻花鉤吻鮭族群監測和生態調查(七), 內政部營建署雪霸國家公園管理處印行。
13. 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.

14. 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.
15. 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.
16. Allan, J. D., and A. S. Flecker. 1993. Biodiversity conservation in running waters. *Bioscience* 43(1):32-43.
17. Hilsenhoff, W. L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with family-level biotic index. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7(1): 65- 68.
18. Krebs, C. J. 1999. *Ecological methodology*. 2nd ed. Addison Wesley Longman, INC. 620pp.
19. Ludwig, J. A., and J. F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology. A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons. 338pp.
20. Merritt, R. W., and K. W. Cummins. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 3rd ed. Dubuque. IA: Kendall/Hunt.
21. Odum, E. P. 1983. *Basic ecology*. Saunders College Publishing Company, Georgia. 613 pp.
22. 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.

附表一、武陵地區溪流之水棲昆蟲名錄

Order	Family	Taxa	Reference
EPHEMEROPTERA (蜉蝣目)	BAETIDAE (四節蜉蝣科)	Baetiella bispinosa	(Chen, 1994)
		Baetis spp.	(Chen, 1994)
		Pseudocloeon latum	(Chen, 1994)
	CAENIDAE (細蜉蝣科)	Caenis sp.	(Chen, 1994)
	EPHEMERELLIDAE (小蜉蝣科)	Acerella glebosa	(Chen, 1994)
		Acerella montana	(Chen, 1994)
	EPHEMERIDAE (蜉蝣科)	Ephemera sauteri	(Chen, 1994)
	HEPTAGENIIDAE (扁蜉蝣科)	Afronurus nanhuensis	(Chen, 1994)
		Epoerus erratus	(Chen, 1994)
		Rhithrogena ampla	(Chen, 1994)
		Paraleptophlebia sp.	(Chen, 1994)
	LEPTOPHLEBIIDAE (褐蜉蝣科)		
	TRICHOPTERA (毛翅目)	GLOSSOSOMATIDAE (舌石蛾科)	Glossosoma sp.
HYDROPSYCHIDAE (紋石蛾科)		Arctopsyche sp.	(Chen, 1994)
		Hydropsyche spp.	(Chen, 1994)
LEPIDOSTOMATIDAE (鱗石蛾科)		Goerodes sp.	(Chen, 1994)
LIMNEPHILIDAE (沼石蛾科)		Uenoa taiwanesis	(Chen, 1994)
RHYACOPHILIDAE (流石蛾科)		Apsilochorema sp.	(Chen, 1994)
		Himalopsyche sp.	(Chen, 1994)

	Rhyacophila nigrocephala	(Chen, 1994)
	Rhyacophila spp.	(Chen, 1994)
SERICOSTOMATIDAE (絲口石蛾科)	Gumaga sp.	(Chen, 1994)

附表一、武陵地區溪流之水棲昆蟲名錄(續)

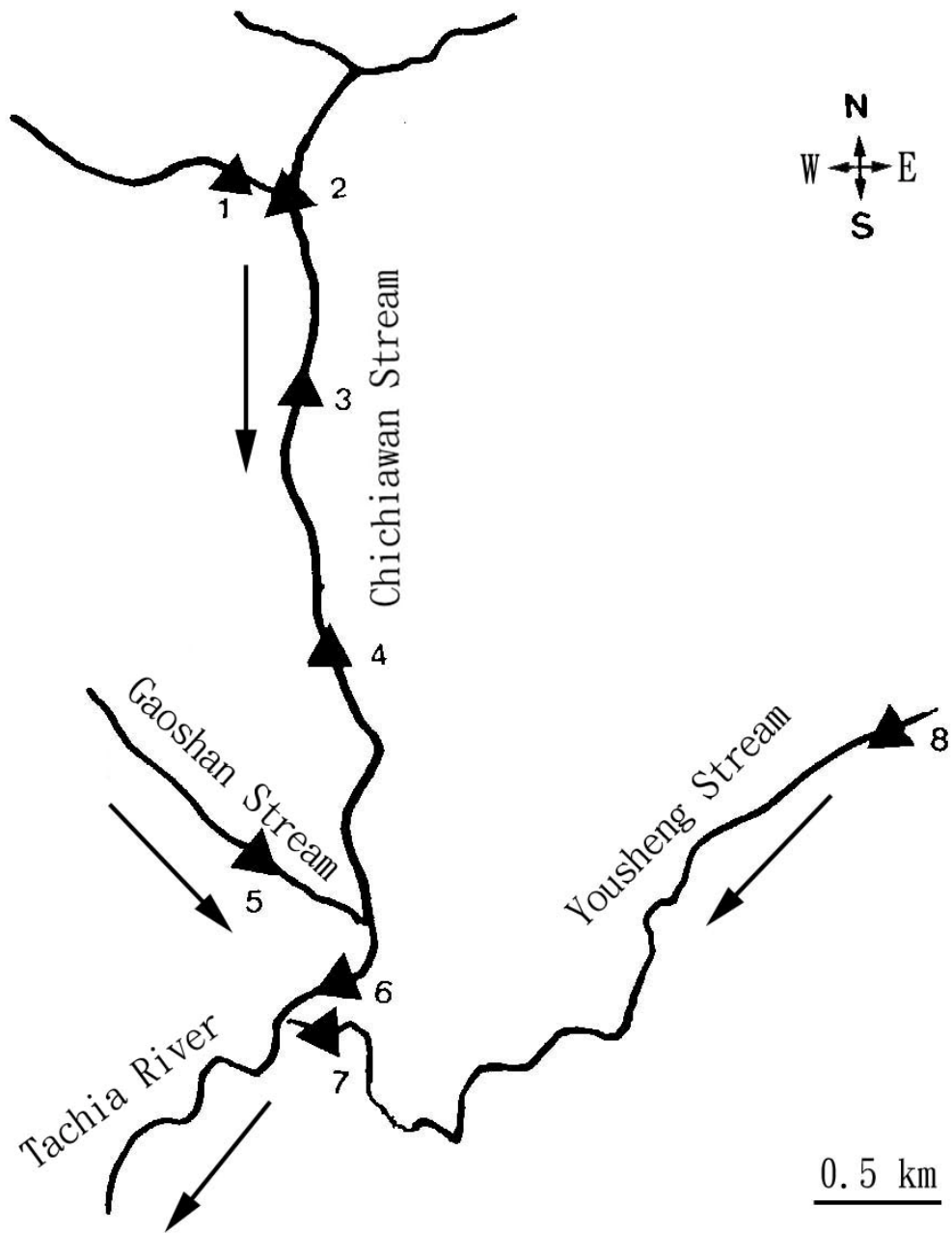
Order	Family	Taxa	Reference
	STENOPSYCHIDAE (角石蛾科)	Stenopsyche sp.A	(Chen, 1994)
PLECOPTERA (? 翅目)	LEUCTRIDAE (卷石蠅科)	Rhopalopsole sp.	(Chen, 1994)
	NEMOURIDAE (短尾石蠅科)	Amphinemura sp.	(Chen, 1994)
		Protonemura spp.	(Chen, 1994)
	PERLIDAE (石蠅科)	Neoperla spp.	(Chen, 1994)
	STYLOPERLIDAE (刺石蠅科)	Cerconychia sp.	
COLEOPTERA (鞘翅目)	DYTISCIDAE (龍蟲科)	Deronectes sp.	(Chen, 1994)
	ELMIDAE (長角泥蟲科)	Zaitzevia sp.	(Chen, 1994)
	HELODIDAE (圓花蚤科)	Cyphon sp.	(Chen, 1994)
DIPTERA (雙翅目)	ATHERICIDAE (流虻科)	Atherix sp.	(Chen, 1994)
	BLEPHAROCERIDAE (網蚊科)	Bibiocephala sp.	(Chen, 1994)
	CERATOPOGONIDAE (蠓科)	Bezzia sp.	(Chen, 1994)
	CHIRONOMIDAE (搖蚊科)	Chironomidae sp.C	(Chen, 1994)
		Chironomidae sp.D	(Chen, 1994)
Chironomidae spp.		(Chen, 1994)	
	Tanypodinae sp.A	(Chen, 1994)	

附表一、武陵地區溪流之水棲昆蟲名錄(續)

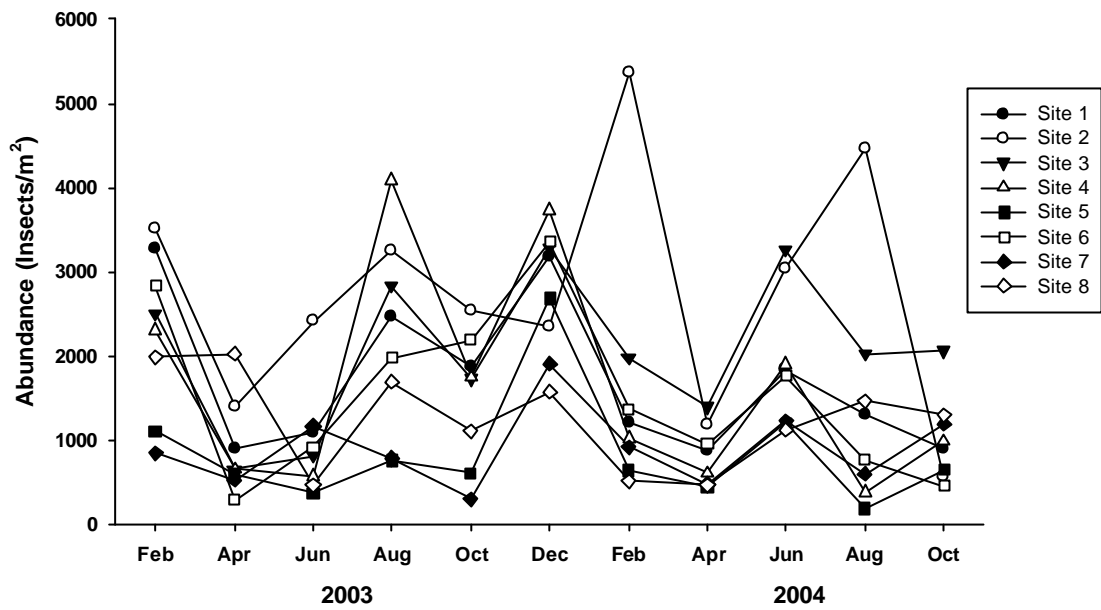
Order	Family	Taxa	Refer
	SIMULIIDAE (蚋科)	Simulium sp.	(Chen, 1
	TIPULIDAE (大蚊科)	Antocha sp.	(Chen, 1
		Eriocera sp.A	(Chen, 1
		Eriocera sp.B	(Chen, 1
		Eriocera sp.C	(Chen, 1
ODONATA (蜻蛉目)	GOMPHIDAE (春蜓科)	Sinogomphus formosanus	(Chen, 1

附表二、依據科級生物指數的水質等級評估(Hilsenhoff, 1988)

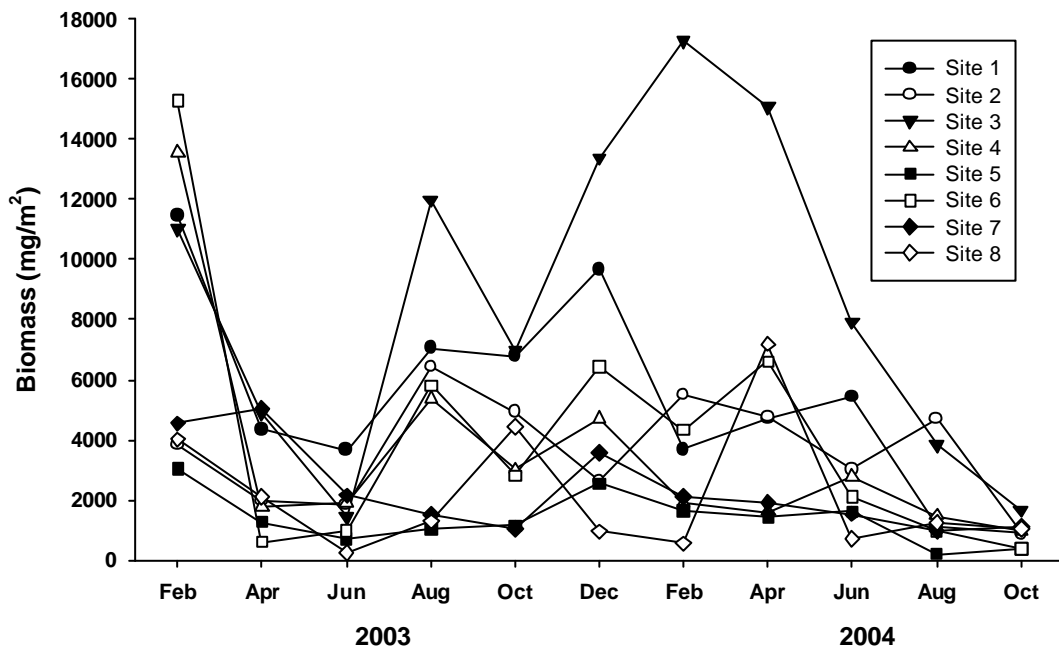
Family Biotic Index	Water Quality	Degree of Organic Pollution
0.00-3.75	Excellent	Organic pollution unlikely
3.76-4.25	Very good	Possible slight organic pollution
4.26-5.00	Good	Some organic pollution probable
5.01-5.75	Fair	Fairly substantial pollution likely
5.76-6.50	Fairly poor	Substantial pollution likely
6.51-7.25	Poor	Very substantial pollution likely
7.26-10.00	Very poor	Severe organic pollution likely



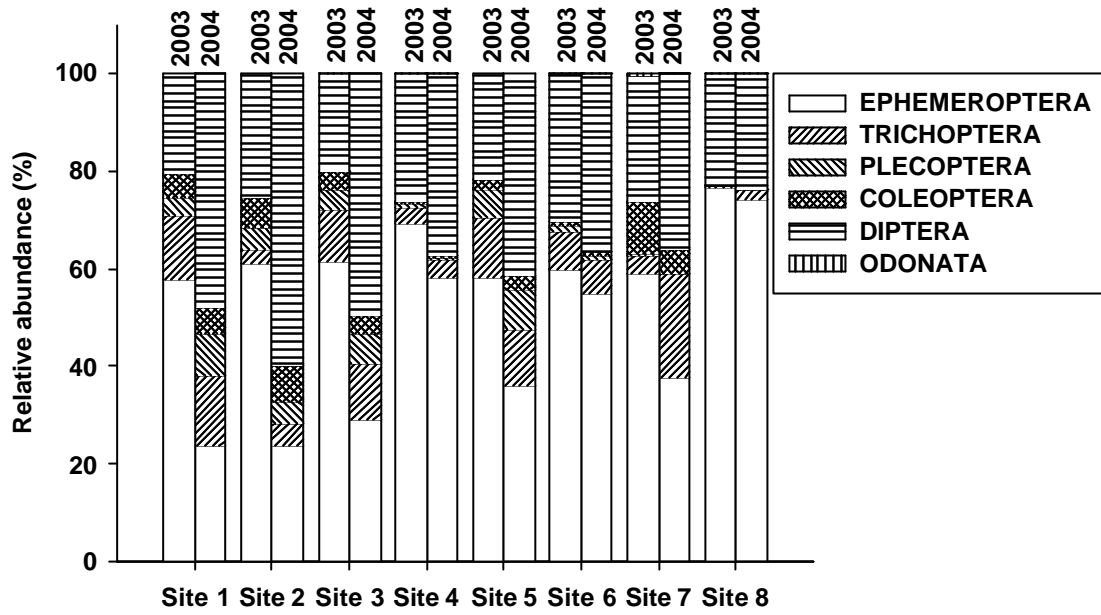
圖一、武陵地區溪流水生昆蟲監測調查 8 個採樣站之相關位置圖 (Arrows indicate direction of stream flow) 。



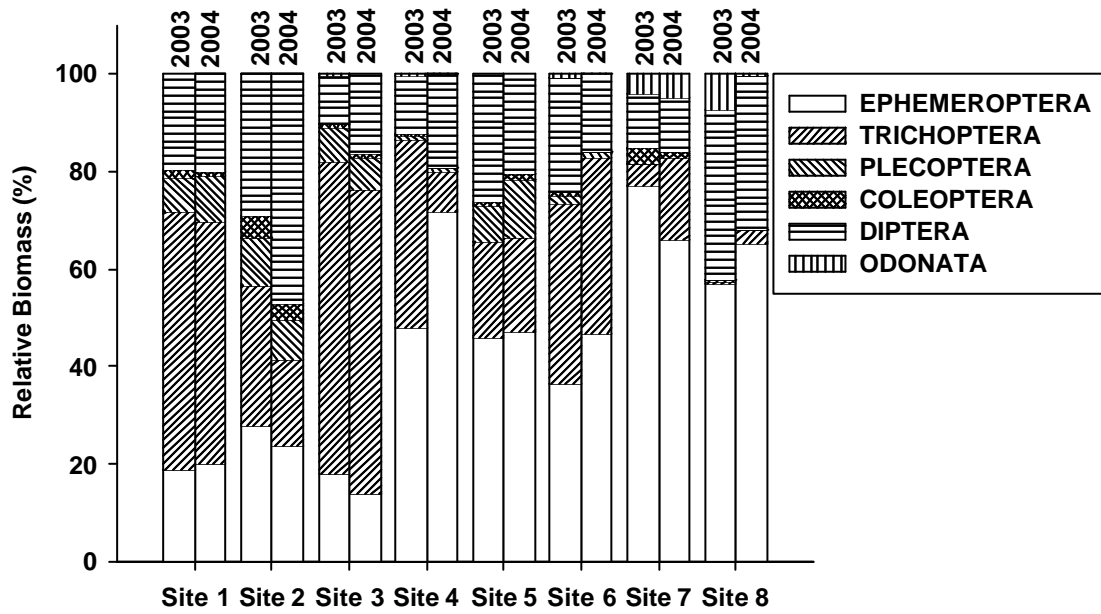
圖二、武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲各月數量。



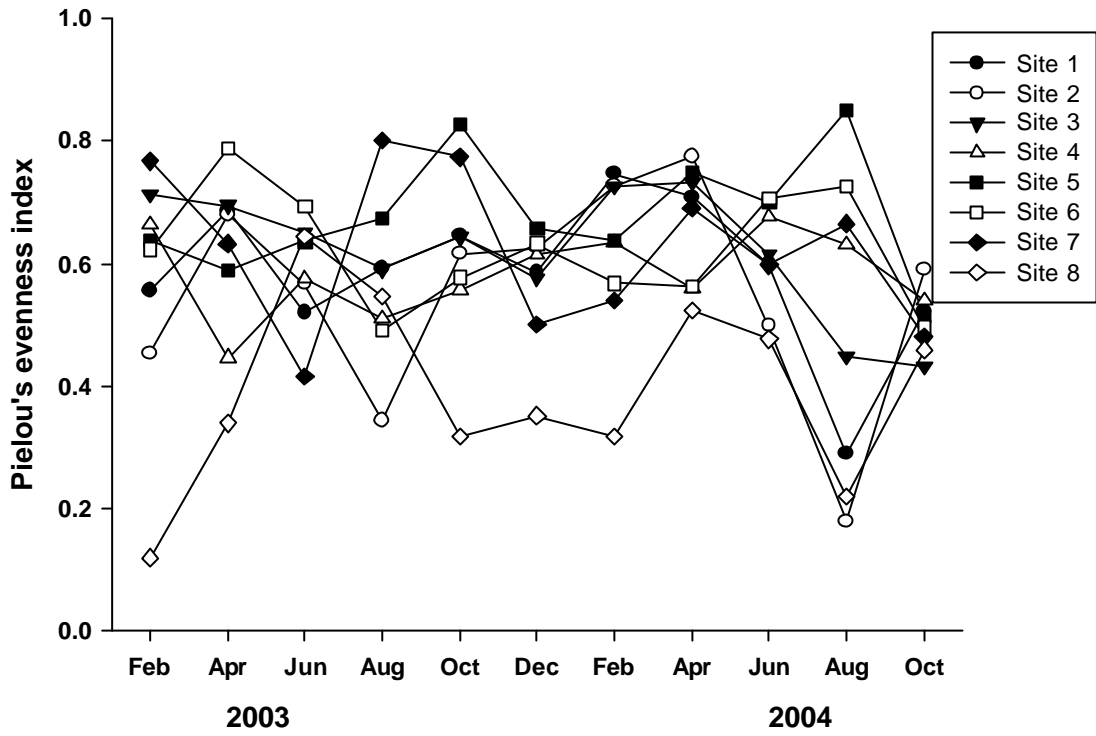
圖三、武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲各月生物量。



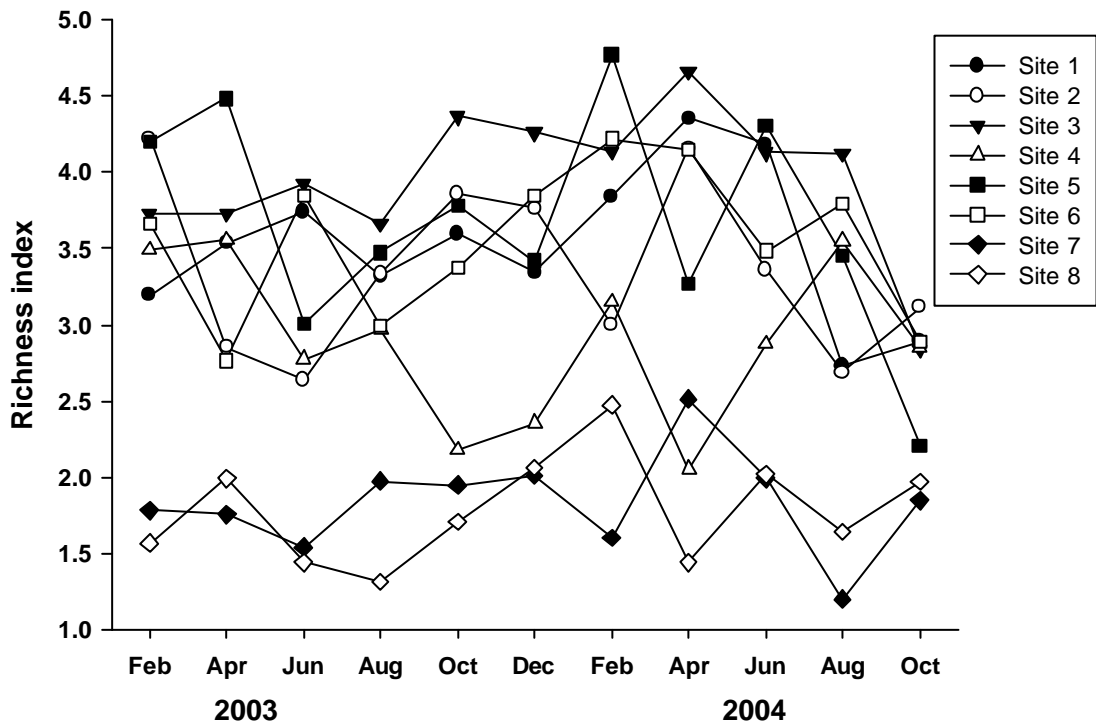
圖四、武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲數量組成百分比。



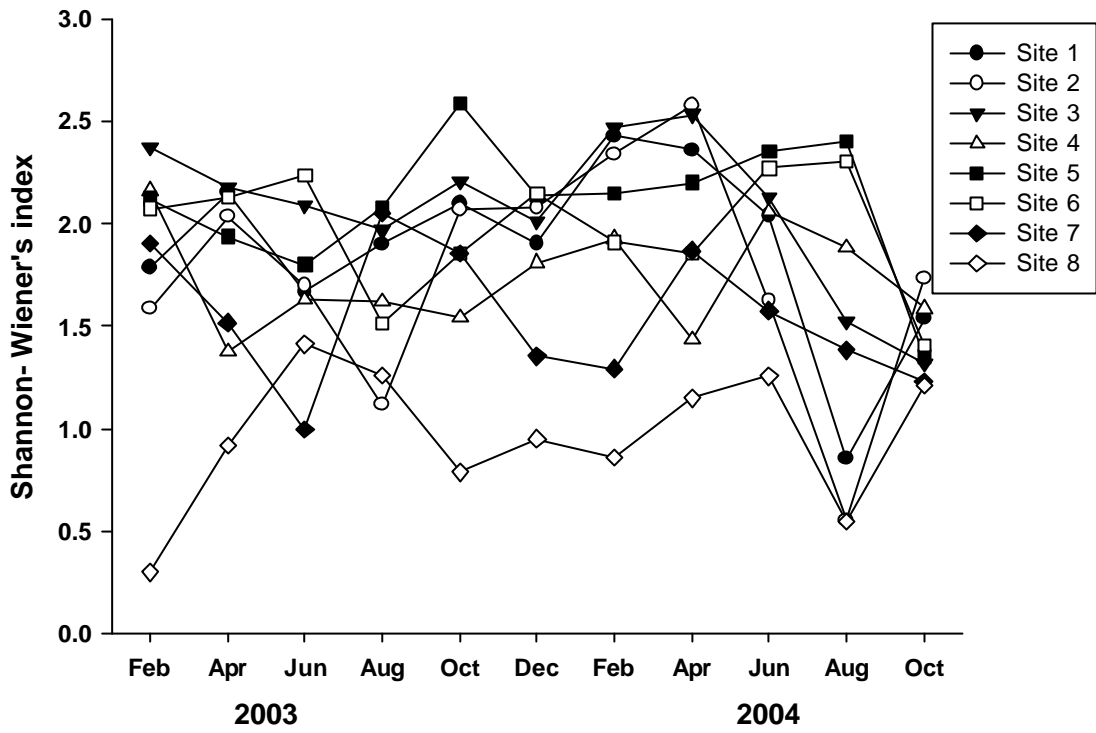
圖五、武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲生量組成百分比。



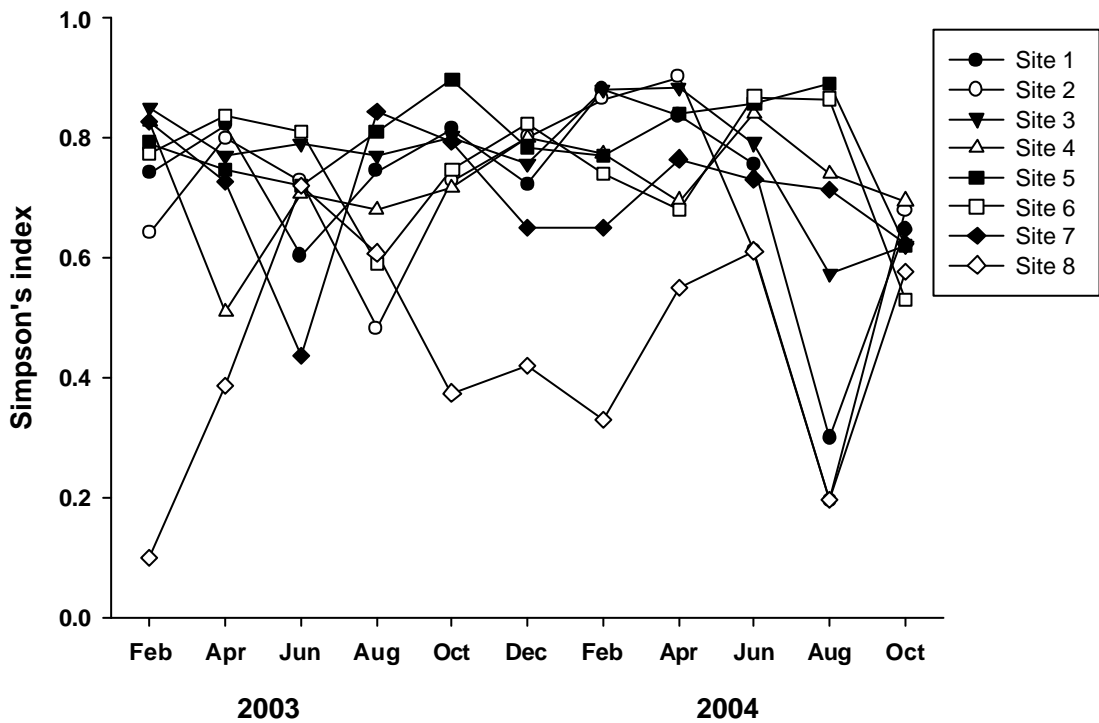
圖六、武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲之 Pielou's evenness index。



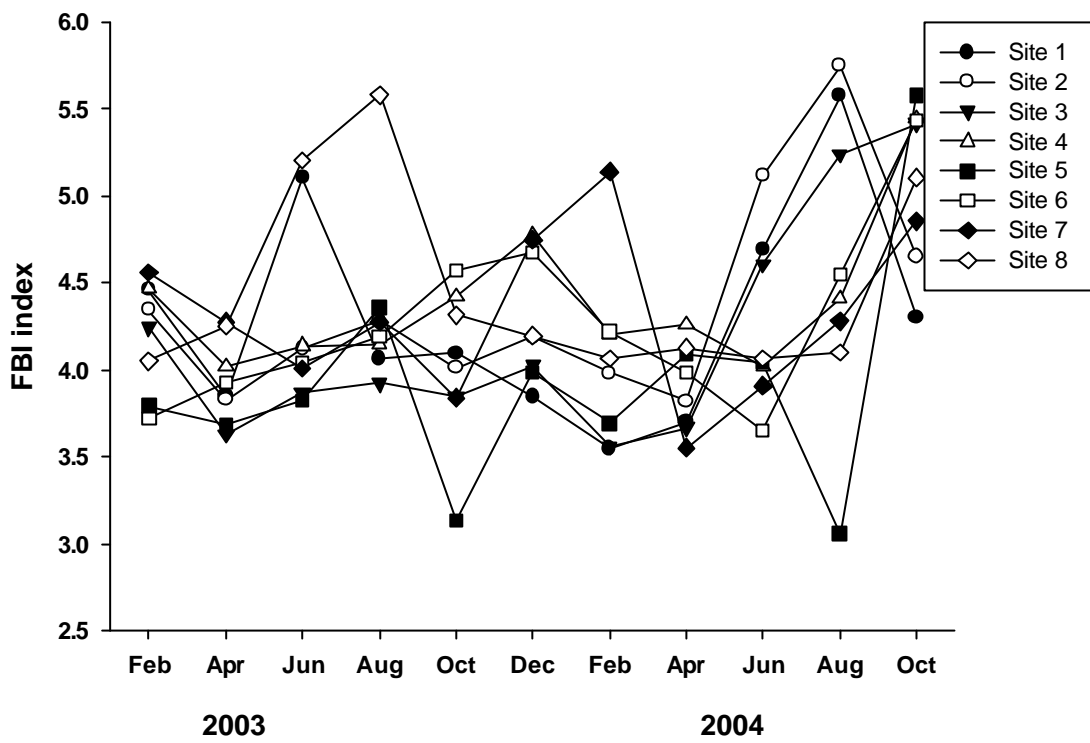
圖七、武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲之 Family richness index。



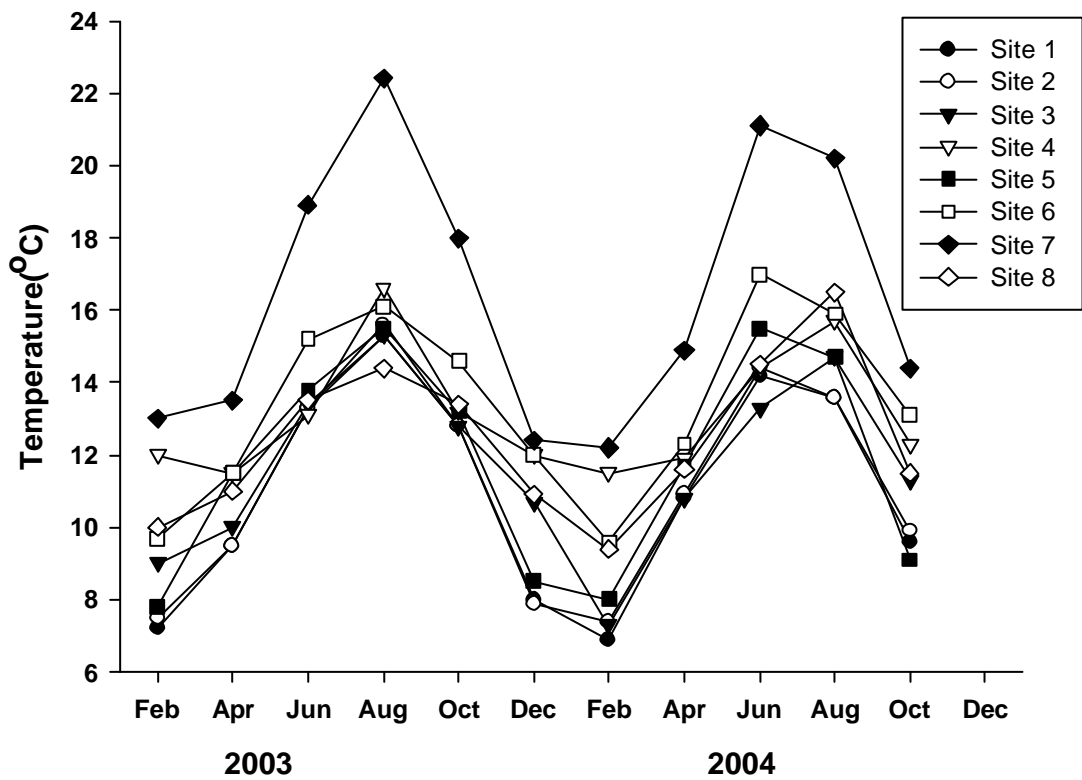
圖八、武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲之 Shannon- Wiener's index。



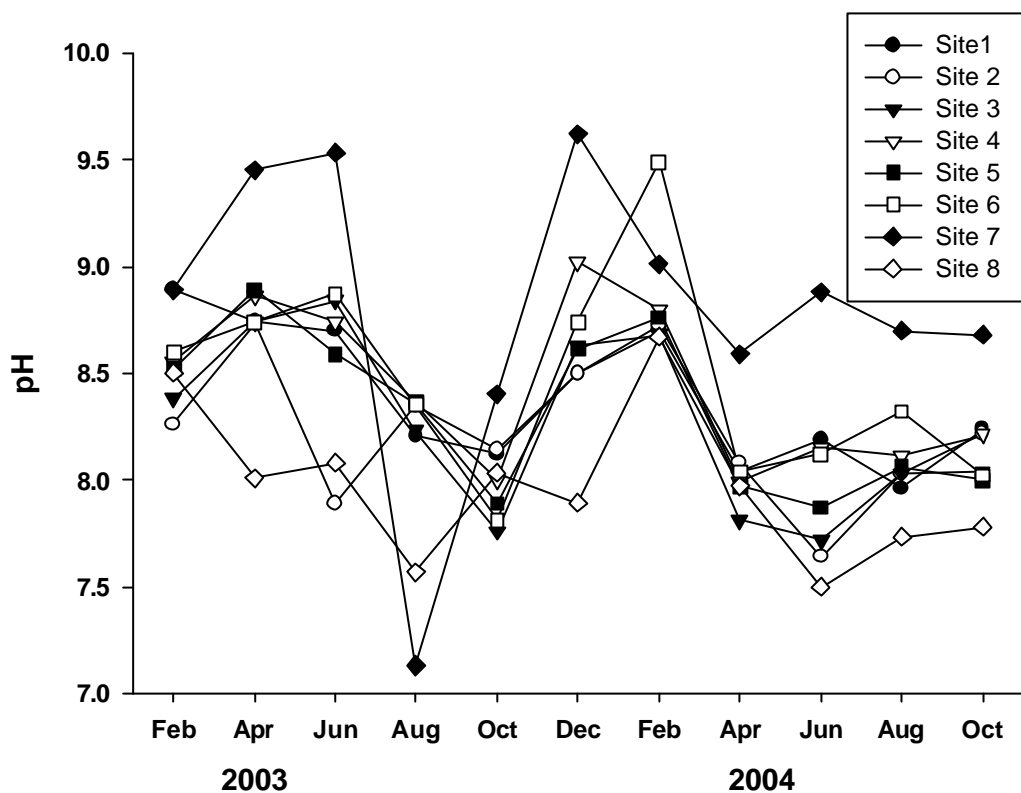
圖九、武陵地區溪流 8 個採樣站水生昆蟲之 Simpson's index。



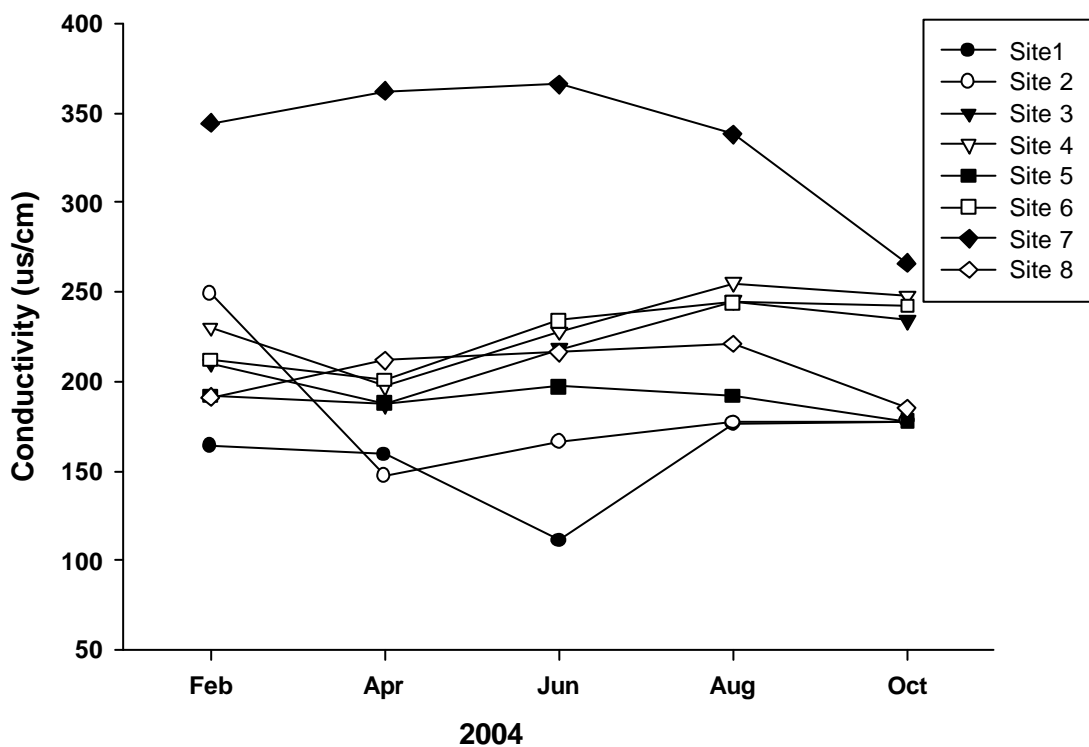
圖十、武陵地區溪流 8 個採樣站之 FBI index。



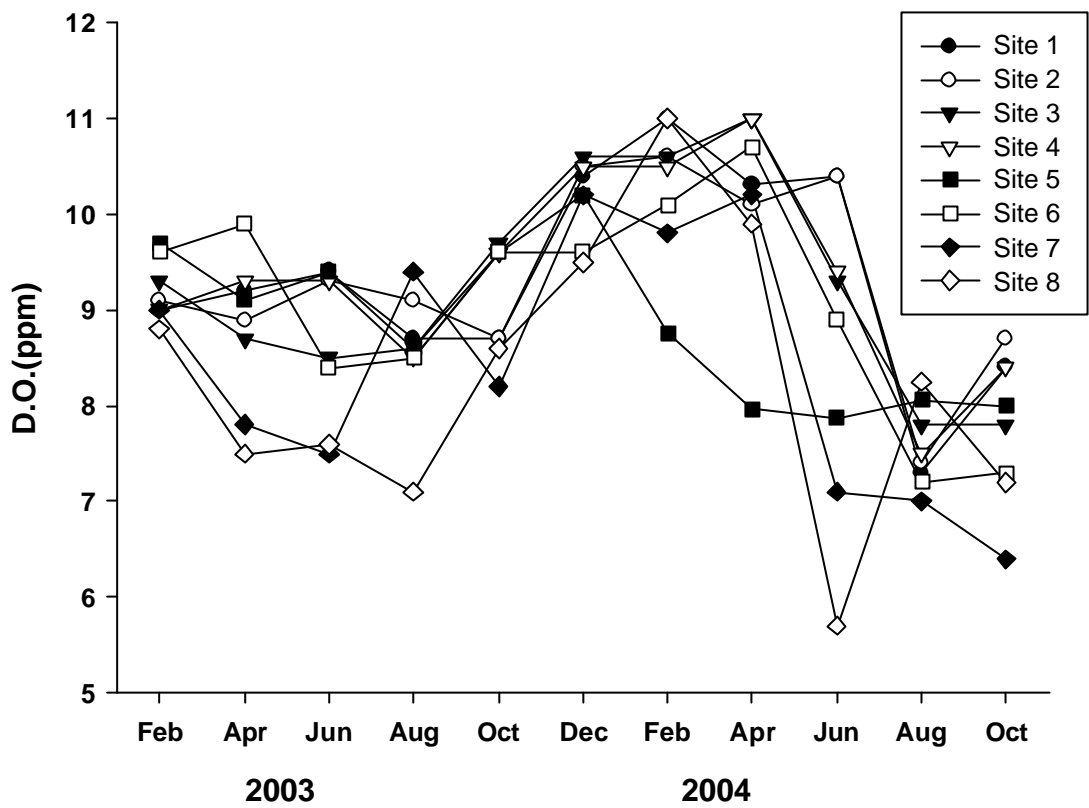
圖十一、武陵地區溪流 8 個採樣站之溫度變化。



圖十二、武陵地區溪流 8 個採樣站之 pH 變化。



圖十三、武陵地區溪流 8 個採樣站之導電度變化。



圖十四、武陵地區溪流 8 個採樣站之溶氧量變化。