

武陵地區水質監測及水質評估

雪霸國家公園管理處自行研究報告
中華民國九十三年十二月

093-301020500G-032

武陵地區水質監測及水質評估

研究人員：于淑芬

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國九十三年十二月

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

**A Study of Water Quality and Monitoring
stream of Wulin area in Sheipa National Park**

BY

SHU FEN YU

DEC 31,2004

目次

表次	II
圖次	III
摘要	IV
第一章、緒論	1
第二章、前人研究	1
一、水質理化因子	1
二、水質評估	2
第三章、材料與方法	4
一、樣區範圍及採集樣點	4
二、水質理化性質測定	6
三、附生藻類之採集	8
第四章、結果與討論	8
一、水溫	8
二、溶氧量	9
三、導電度	10
四、酸鹼度	10
五、生化需氧量	11
六、營養鹽	12
七、附生藻類	15
八、水質評估	17
第五章、結論與討論	21
參考書目	22
附錄	27

表次

表一、矽藻類水質評估指標-----	3
表二、武陵地區溪流附生藻類優勢藻種-----	16
表三、2002~2004 年武陵地區溪流各月份 WQI 值-----	19
表四、武陵地區水質綜合指數變化-----	20
表五、2002~2004 武陵各溪流 Shannon-Weaver Diversity Index-----	20
表六、2002~2004 武陵地區各溪流 GI 值變化-----	20
表七、2002~2004 武陵各溪流 TDI 值-----	21
表八、2002~2004 武陵各溪流 DAIPo 值-----	21

圖次

圖一、樣區範圍圖-----	4
圖二、武陵地區溪流水溫季節變化-----	9
圖三、武陵地區溪流溶氧量季節變化-----	9
圖四、武陵地區溪流導電度季節變化-----	10
圖五、武陵地區溪流 pH 值季節變化-----	11
圖六、武陵地區溪流 BOD 季節變化-----	11
圖七、武陵地區溪流濁度季節變化-----	12
圖八、武陵地區溪流NO ₃ -N季節變化-----	13
圖九、武陵地區溪流NO ₂ -N季節變化-----	13
圖十、武陵地區溪流總磷量季節變化-----	14
圖十一、武陵地區溪流SiO ₂ 季節變化-----	14
圖十二、武陵地區溪流附生藻生物量季節變-----	15
圖十三、MDS (Non-matric multi-dimensional scaling)分析-----	17

摘 要

關鍵詞：武陵、水質、監測、高山溪、七家灣溪

一、研究緣起

武陵地區之七家灣溪及高山溪是目前櫻花鉤吻鮭重要的棲息環境，多年來農委會及雪霸國家公園管理處及各學界致力於研究櫻花鉤吻鮭的生態、人工繁殖、基因多樣性研究、辦理棲地改善、溪岸種植原生樹種、改善高山溪四座攔砂壩等，對於水質之監測更是每年持續辦理之重要工作。

二、研究方法及過程

樣區範圍包含七家灣溪、高山溪及有勝溪共設置 14 個測站，主要測定水質理化項目有水溫、導電度、溶氧量、酸鹼度、濁度、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、氨氮、磷酸鹽及矽酸鹽等，生物部分則採集底棲附生性藻類。利用理化性質及藻類指數來反應水質狀況。

三、重要發現

延續 92 水質監測，武陵地區溪流水溫最低溫發生在 12、1 月，高溫時期為 6、7、8 月，仍以高山溪為最低、七家灣溪次之、有勝溪最高；比較 91~93 年，發現有勝溪水溫有下降的趨勢，而原本夏季有勝溪水溫常升高至 18°C 以上的現象，在本年度並未出現；溶氧量各樣點均超過 7 mg/l 以上，只有在 7 月份敏督利颱風後，有勝溪溶氧稍有降低至 6 左右，各溪溶氧並無差異；各採樣點之生化需氧量均低於 2 mg/l。電導度以有勝溪最高，與高山溪及七家灣溪有明顯差異，在冬季枯水期高達 380 μ s/cm，而高山溪及七家灣溪並無差異。在營養鹽部分，硝酸鹽氮量以有勝溪最高，最高可達 1100 μ M，且明顯比高山溪及七家灣溪高，高山溪及七家灣溪則無差異；亞硝酸鹽亦以有勝溪為最高，尤其春夏季時明顯增加。氨氮量於各樣點幾乎偵測不到。SiO₂量各樣點差異不大，平均約 100 μ M，在 8 月份的艾利颱風之後，SiO₂量各溪流均增高，同樣的各溪流的總磷量亦在颱風後增高 2~3 倍。溪流濁度各溪均低於 2NTU，但在颱風後濁度迅速增加至 10NTU 以上，以高山溪增加最多，有勝溪增加最少。在底棲藻類之調查上，夏季時生物量較冬季時大，且以有勝溪較多，高山溪較少。綜合水質指數 WQI 值顯示各溪水質均為優良，除 7 月份敏督利颱風來襲

水質降至良好。無法顯示各溪流之差異；但利用藻指數GI值、藻類歧異度、優養矽藻指數TDI、Watanabe 藻類群聚指數DAIpo值來看則仍以有勝溪水質較差，高山溪水質最佳，但以Watanabe 藻類群聚指數DAIpo值之結果與所測定之水中營養鹽之結果較一致，是以是較適合用來代表武陵地區水質之表示方式。

四、主要建議事項

- (一) 水質指數 WQI 值並無法反應武陵地區之溪流水質。利用底棲附著藻類之藻種類或群聚組成較能反應武陵地區溪流之水質，其中 Watanabe 矽藻群聚指數 DAIpo 值之結果與所測定之水中營養鹽結果一致，是以 DAIpo 值應是較適合用來反應武陵地區溪流水質之方式。
- (二) 武陵地區於 2004 年 8 月受艾利颱風侵襲，七家灣溪河道完全改變，深潭全數為土石掩蓋，生態棲地完全改變，各種生物受颱風之影響更不待言，如櫻花鉤吻鮭自約 4000 尾減少至 1500 尾等，是以各項生態監測更應持續辦理，以對颱風之影響及新棲地環境之走向有更深切之瞭解，以作出正確的生態決策建議。

ABSTRACT

Keywords : Wulin , Water quality , Monitor , Cijiawan Stream , Kaoshan Stream

One of the missions of Shei-Pa National Park is to conserve the natural resources, especially the Formosan landlocked salmon in the mountain streams of Wulin area. In order to understand the population dynamics of the Formosan salmon, it is necessary to characterize the water quality, in the streams. Therefore, the purposes of this study are: 1. to assess environmental factors correlate with the water quality in Cijiawan Stream, Kaoshan Stream, and Yeausheng Stream for a period of 3 yrs from February 2002 to December 2004. and 2. to assess the abundance and composition of the epilithic periphyton in the streams of Wulin area, and 3. to assess water quality with indicator of epilithic periphyton. There were no difference in chem-physi water character with years. The WQI can not reflect the water quality . All of the bioindicators of water quality, GI value, TDI value and DAIPo value showed that Kaoshan Stream had the best water quality whereas Yeausheng Stream had the worst water quality in wulin area.

第一章、緒論

武陵地區之七家灣溪及高山溪是目前櫻花鉤吻鮭重要的棲息環境，多年來農委會及雪霸國家公園管理處及各學界致力於研究櫻花鉤吻鮭的生態、人工繁殖、基因多樣性研究、辦理棲地改善、溪岸種植原生樹種、改善高山溪四座攔砂壩等，對於水質之監測更是每年持續辦理之重要工作。

因為七家灣溪及高山溪屬大甲溪上游溪流，往年來水質評估方式均是以環保署所訂之標準或是稍微修改環保署評估河川之標準來評估，但其所訂之標準是以河川污染程度來區分，是針對中、下游之河川來訂定，其實並不適用於上游河川，依多年來各學者之研究，在有櫻花鉤吻鮭之七家灣溪及高山溪與無櫻花鉤吻鮭之有勝溪，其河川等級並無差異，但以生物性水質評估方式則可看出差異性，惟目前並無建立水質評估模式，本研究將整理多年來之水質理化因子結合生物因子，建立櫻花鉤吻鮭棲地水質評估模式。

第二章、前人研究

一、水質理化性質

本區水質監測資料自民國七十二年即因七家灣溪、高山溪及有勝溪屬大甲溪上游河川，且屬大甲溪集水區之一部分，自德基水庫興建後，台灣電力公司於民國七十二年委託經濟部水資源統一規劃委員會辦理「大甲溪流域河川水質長期監測計畫」、民國七十六年「大甲溪流域河川水質長期追蹤計畫」、德基水庫集水區第三期（八十一年至八十六年）、第四期計畫（八十七年至九十一年）以及九十二年至九十六年第五期計畫中對於七家灣溪、高山溪及有勝溪各設有一個樣點作水質監測。而對於櫻花鉤吻鮭作較詳細水質及環境棲地之調查研究，則自民國七十六年農委會委託林曜松教授等人，針對七家灣溪櫻花鉤吻鮭，作棲地環境及生物調查，八十四年至八十九年間雪霸國家公園委託陳弘成教授針對武陵地區各溪流（含司界蘭溪）持續作水質監測，九十年後雪霸國家公園管理處每年持續對武陵地區各溪流進行水質監測。

二、水質評估

前台灣省政府環境保護處將台灣河川（河川污染指標值 WPI）分為四個等級。但目前

較常用者為環保署所訂定之台灣河川水質指數 (WQI ; Water Quality Index) , 其計算式如下 :

$$W_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^7 W_j} \times W_i \quad WQI = \frac{1}{10} \left[\sum_{i=1}^n W_i q_i \right]^{1.5}$$

W_i 為第 i 項水質參數修正後的權重, 該水質參數之原有權重, $j=1,2,\dots,7$, 即缺項水質參數不計算在內。

q_i : 第 i 個參數之水質點數, 由 0 至 100。

W_i : 第 i 個參數之權值。

n : 水質參數總數, $n=8$

生物性測定水質之方式分為多種, 較常見且較為一般河川水生物檢定者有藻類、浮游動物、底棲無脊椎動物、游動性無脊椎動物和魚類等, 但因為藻類是水環境中重要的初級生產者, 且其對於水環境非常敏感, 所以被認為是最適宜評估河川水質標準 (Skulberg, 1995 ; Whitton, 1992 ; Watanabe, 1990) ; 目前生物性生態監測最常用來作為水質指標者為矽藻, 因為矽藻易鑑定, 且對於水中之污染異常敏感 (Tang et. al., 1998 ; Solwa, 1999), 且對於水中營養源、重金屬等污染物質之耐受性不同, 例如曲殼藻 (*Achnanthes*) 窗紋藻 (*Epithemia*) 脆杆藻 (*Fragilaria*) 微星鼓藻 (*Micrasterias*) 等, 非常敏感耐受性很小, 但是像顫藻 (*Oscillatoria mougeatii*)、柵藻 (*Scenedemus quadricauda*)、裸藻 (*Euglena* sp.)、菱形藻 (*Nitzschia palea*) 等之種類, 則對於污染物具有非常大的耐性 (Solwa 1999) ; 矽藻更會依污染程度之不同而改變種類及相對豐富度, 並且已建立水質分析標準 (Wu, 1986 ; Sushil, 1999) ; 在北美 EMAP-SW (Environmental Monitoring and Assessment Program-Surface Water) 將底棲性矽藻選為生態指標 (Skulberg, 1995)。台灣在六十年代起開始引進生物指標, 前後陸續已有一些利用藻類作為河川水質監測報告 (吳等, 1999) ; 在台灣溪流指標微生物中研究中 (鄭, 1997) 大部分的矽藻除菱型藻外, 均喜較乾淨的水體中生長, 而大部分的綠藻及藍綠藻, 為喜高營養鹽種類。台灣利用生物評估河川水質者有烏溪、東港溪、八掌溪、淡水河 (洪, 1988)、基隆河 (環保署, 1999)、大甲溪中下游 (賴, 1997)、曾文溪 (莊等, 1985)、二仁溪 (何等, 1992) 等。目前以矽藻為評估水質標準之方法有優養矽藻指數 (TDI)、矽藻群聚指數 (DAI_{po}) 及 Shannon-Weaver Diversity Index (表)。

表一、矽藻類水質評估指標

<p>優養矽藻指數 (TDI)</p>	$TDI = (WMS \times 25) - 25$ $WMS = \frac{\sum A_i \times S_i \times V_i}{\sum A_i \times V_i}$ <p>A_i 為指標種類之相對頻率 (%), S_i 為污染敏感度 (1-5), V_i 為指標權重 (1-3)。TDI 介於 0 至 100, 0 為無營養鹽污染, 100 為高度營養鹽污染。TDI 為利用附著性矽藻測量河川營養鹽污染而發展出來的生物指標法, 今嘗試用於水庫優養化監測。</p>
<p>Watanabe 矽藻群聚指數 (DAI_{po})</p>	$DAI_{po} = 50 + \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^p X_i - \sum_{j=1}^q S_j \right)$ <p>Σ X_i 為好清潔種類之相對頻度 (%), Σ S_j 為好污染種類的相對頻度 (%) 總和, DAI_{po} 值介於 0 至 100, 0~15 表示水質嚴重污染, 16~50 為中度污染, 51~85 為輕度污染, 86~100 為稍 (未) 受污染。DAI_{po} 為利用附著性矽藻來偵測水質的有機性污染所發展出來的指數, 適用於河川及湖泊水庫。</p>
<p>Shannon-Weaver Diversity Index 歧異度指數</p>	$H = - \sum_{r=1}^m P_r \log_2 P_r$ <p>P_r 為第 r 種類在群體中的相對頻度 (%), H 值受群聚結構之均衡性 (evenness) 及種類數之影響。一般而言, 污染物不僅能減少水域藻類之種類數, 而且常引起耐污染種類大量增生, 降低群聚結構的均勻性, 因此在污染水域中, H 值都降低。</p>

(吳等, 1999)

第三章、材料與方法

一、樣區範圍及採集樣點

樣區範圍包含七家灣溪、高山溪及有勝溪；七家灣溪於桃山登山口、四號壩、三號壩、湧泉池、二號壩、一號壩及魚苗繁殖場等共設置七個測站、高山溪於四號壩、一號壩及億年橋等設置三個測站、高山溪及七家灣溪匯流後之污水處理廠下設一測點、有勝溪則於思源啞口、勝光及武陵收費站設置測站，位置詳如下圖一；茲簡述各採樣站環境：



圖一、樣區範圍圖

1. 桃山登山口 (N 24° 24' 32.5" E 121° 18' 05.9"): 為桃山北溪上游，溪寬約 2~3 公尺，水深約 30 公分，溪流流速約 10~30cm/sec，岸邊植物鬱閉，大部分為先驅樹種如水麻、大頭茶、楓香、赤楊等。
2. 七家灣四號壩 (N 24° 23' 57.6" E 121° 18' 01.9"): 屬桃山西溪，溪寬約 3~4 公尺，水深約 30~50 公分，溪流流速約 40~70cm/sec，溪岸寬闊，植物有水麻、芒草居多，水常年清澈。
3. 七家灣三號壩 (N 24° 24' 00.1" E 121° 17' 55.5"): 屬桃山北溪，枯水期長達半年以上，常年清澈，惟於冬季枯水期時絲狀綠藻滿佈。
4. 湧泉池 (N 24° 23' 17.9" E 121° 18' 0.05"): 為櫻花鈎吻鮭避難區，屬人工設施之深潭，非常鬱閉，底質多腐植質，水面常被枯枝落葉蓋滿，水流緩慢 10cm/sec 以下，岸邊佈滿咬人貓，還有赤楊等。
5. 七家灣二號壩 (N 24° 23' 3.9" E 121° 18' 6.2"): 溪床石塊大，溪岸寬闊、無甚蔽蔭日照直射入溪，水流速約 80cm/sec。
6. 七家灣一號壩 (N 24° 21' 51.1" E 121° 18' 11.7"): 位於雪霸國家公園武陵管理站前溪段，岸邊植物有栓皮櫟、水麻等，水道中還有生長異常茂盛之水芹菜，於冬季枯水期時，絲狀綠藻多。
7. 魚苗繁殖場 (N24° 21' 23.5" E 121° 18' 18.7"): 七家灣溪及高山溪匯流後十公尺位置，溪面寬闊且分流成兩股水道，溪中沙洲長滿水芹菜，岸邊植物高大，大部分為楓香、栓皮櫟、二葉松等。
8. 污水廠 (N 24° 20' 46.8" E 121° 17' 55.6"): 為七家灣溪與有勝溪匯流後之大甲溪，水流緩和溪面寬闊，底質均勻，石附生藻層很厚。

- 9.高山溪四號壩 (N 24° 21' 56.9" E 121° 17' 22.2"): 位於高山溪四號壩下，溪兩岸坡面陡，岩壁多，鬱閉度高，主要植物為青楓、台灣胡桃等。
- 10.高山溪一號壩 (N 24° 21' 34.6" E 121° 18' 3.9")(N 24° 21' 34.6" E 121° 18' 3.9"): 位於高山溪一號壩上游約 100 公尺處，多急瀨，溪兩岸坡勢陡峭，植物高聳，主要為台灣胡桃、黃肉樹、台灣二葉松、青楓、楓香、赤楊等。
- 11.億年橋 (N 24° 21' 25.5" E 121° 18' 16.7"): 為高山溪下游靠近七家灣溪匯流口處，溪岸為芒草居多，水流湍急。
- 12.思源啞口 (N 24° 23' 35.4" E 121° 20' 37.3"): 位於南湖大山登山口下有勝溪，溪寬約 1~1.5 公尺，水量少大石多，岸邊多為芒草。溪面有 1/2 長滿水芹菜，惟本年七月敏督利颱風及八月份艾利颱風後，水芹菜全數被沖走，直至九十三年十二月止尚未恢復。
- 13.勝光苗圃 (N 24° 22' 14.6" E 121° 19' 58.0"): 有勝溪中游，溪南岸為台七甲線道路，北岸則植滿高麗菜，而坡度較陡之遠處則為二葉松林。
- 14.武陵收費口 (N 24° 20' 56.1" E 121° 18' 7.8"): 有勝溪下游，岸邊植物大部分為芒草或是赤楊，流速緩慢，除下雨過後，則其他時期常滿佈絲狀綠藻（剛毛藻），尤以冬季枯水期時更明顯。

二、水質理化性質測定

- 1.水溫、導電度、溶氧量及酸鹼度以溫度計及攜帶式導電度計（型號 EXTECH Oyster pH/conductivity）、溶氧度計（型號 YSI 550A）及酸鹼度計（型號 Lutron pH-207）每月於各測站現場測定。

2.濁度

在特定條件下，比較水樣和標準參考濁度懸浮液對特定光源散射光的強度，以測定水樣的濁度。散射光強度愈大者，其濁度亦愈大。

3.生化需氧量

水樣在 20°C 恆溫培養箱中暗處培養 5 天後，測定水樣中好氧性微生物在此期間氧化水中物質所消耗之溶氧 (Dissolved Oxygen, 簡稱DO)，即可求得 5 天之生化需氧量 (Biochemical Oxygen Demand, 簡稱BOD₅)。

4.硝酸鹽檢測方法 — 馬錢子鹼比色法

水中硝酸根在 95 °C 之硫酸溶液 與馬錢子鹼生成黃色複合物，以分光光度計測其吸光度。

5.亞硝酸鹽檢測方法 — 分光光度計法

磺胺(sulfanilamide)與水中亞硝酸鹽在 pH 2.0 至 2.5 之條件下，起偶氮化反應 (diazotation) 而形成偶氮化合物，此偶氮化合物與 N-1-萘基乙烯二胺二鹽酸鹽(N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride) 偶合，形成紫紅色偶氮化合物，以分光光度計在波長 543 nm 處測其吸光度而定量之，並以亞硝酸鹽氮之濃度表示之。

6.氨態氮—水中凱氏氮檢測方法—分光光度計法

在硫酸、硫酸鉀及以硫酸銅為催化劑的消化條件下，樣品中許多含氨基氮的有機物質會轉換為硫酸銨 $[(NH_4)_2SO_4]$ ，銨離子亦同樣會轉變為硫酸銨。樣品在消化過程中，先形成銅銨錯合物，而後被硫代硫酸鈉 $(Na_2S_2O_3)$ 分解，分解產生的氨，在鹼性溶液中蒸餾出，被吸收於硼酸溶液後，即可以分光比色法定量。

7.磷酸鹽

水樣以硫酸、過硫酸鹽消化處理，使其中之磷轉變為正磷酸鹽之形式存在後，再加入鉬酸銨、酒石酸銻鉀，使其與正磷酸鹽作用生成一雜多酸 — 磷鉬酸 (phosphomolybdic acid)，經維生素丙還原為藍色複合物鉬藍 (molybdenum blue)，以分光光度計於波長 880 nm 處測其吸光度。

8.矽酸鹽

將試樣在酸性下與鉬酸作用，再經草酸與硫酸甲胺還原成 Molybdenum blue，在分光光度計波長 815 nm 測定之。

9. 附生藻類之採集

每測點於急流處、緩流處及有遮蔽處、無遮蔽處逢機選擇溪底大小約 205~400cm²之石塊，以刮刀及牙刷採集附生溪底石塊上之黃褐色或深褐色的附生藻類，每石塊取樣面積為 25cm²~50 cm²，置入冰桶中，低溫保存帶回實驗室處理。利用干擾相差顯微鏡 (differential interference contrast)，接物鏡 100 倍油鏡鑑定藻之分類群 (Bennion ,1995)，矽藻並以硫酸處理，以作種類鑑定 (賴,1997)。

10. 矽藻藻屬指數 (GI)

參考吳俊宗教授 1999 年方法，以六種矽藻屬來計算，計算方式如下：

X：曲殼藻屬 (Achnanthes) + 卵形藻屬 (Cocconeis) + 橋彎藻屬 (Cymbella)

Y：小環藻屬 (Cyclotella) + 直鏈藻屬 (Melosira) + 菱形藻屬 (Nitzschia)

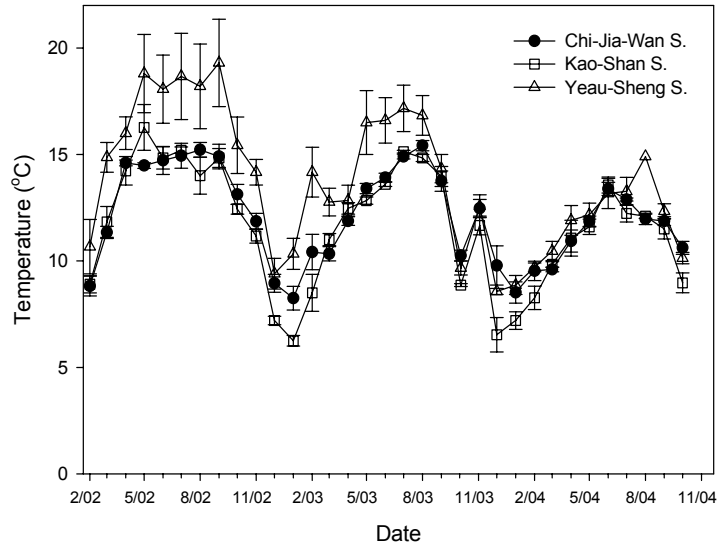
$$GI = X/Y$$

GI 值 > 30 屬 A 級，極輕微污染；11 < GI 值 < 30 為 B 級，微污染；5 < GI 值 < 11 為 C 級，輕度污染；1.5 < GI < 5 為 D 級，中度污染；GI < 1.5 為 E 級，嚴重污染。

第四章、結果與討論

一、水溫

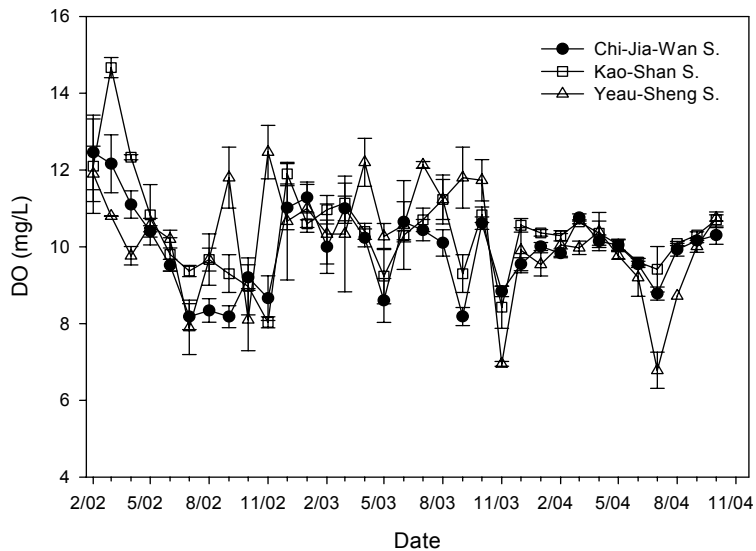
2002~2004 年武陵地區各溪流水溫的最低溫均發生在 12、1 月，高溫時期為 6、7、8 月，仍以高山溪為最低、七家灣溪次之、有勝溪最高；比較 2002~2004 年，發現有勝溪水溫有下降的趨勢，水溫與高山溪及七家灣溪無差異，且原本夏季有勝溪水溫常升高至 18°C 以上的現象，在本年度並未出現，有可能與本年度夏季颱風多、雨量，致使溪水上漲，又兼天氣差氣溫不高，水溫上升較慢所致 (圖二)。



圖二、武陵地區溪流水溫季節變化

二、溶氧

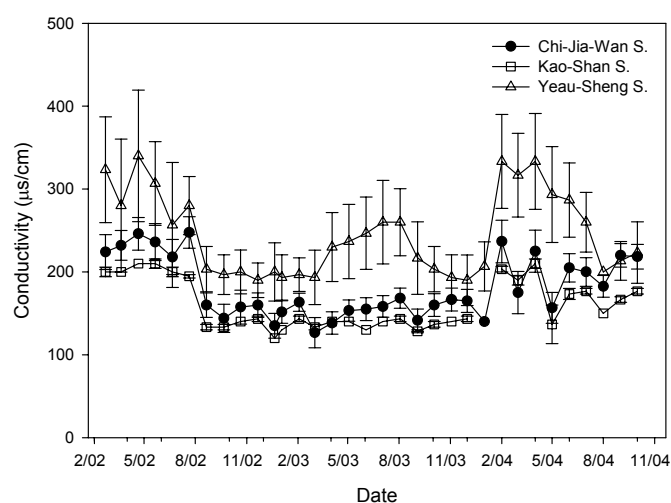
溶氧量在各測站均有 6.5mg/l 以上，部分地區已達飽和，對於水中生物而言並不是限制因子。比較歷年溶氧量季節變化，發現溶氧量在各溪流差異不大，夏季溶氧較冬季稍低（圖三）。



圖三、武陵地區溶氧季節變化

三、導電度

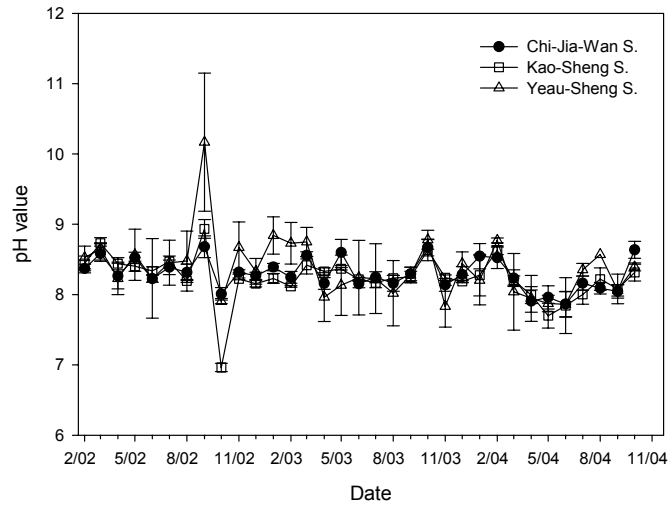
有勝溪的導電度明顯較高山溪及七家灣溪大，最大可達 400 以上，而七家灣溪及高山溪之導電度大致維持在 250 以下，而且季節性變化不大。比較 2002~2004 年之導電度，發現 2003 年導電度較 2002 及 2004 年低，而 2004 年與 2003 年差異不大，可能的原因是：2002 年上半年雨量較少，溪流內溶質增高之故，而 2004 年因春雨季又逢夏季颱風頻繁，溪流濁度增高溶質增加，致使導電度增高（圖四）。



圖四、武陵地區溪流導電度季節變化

四、酸鹼度

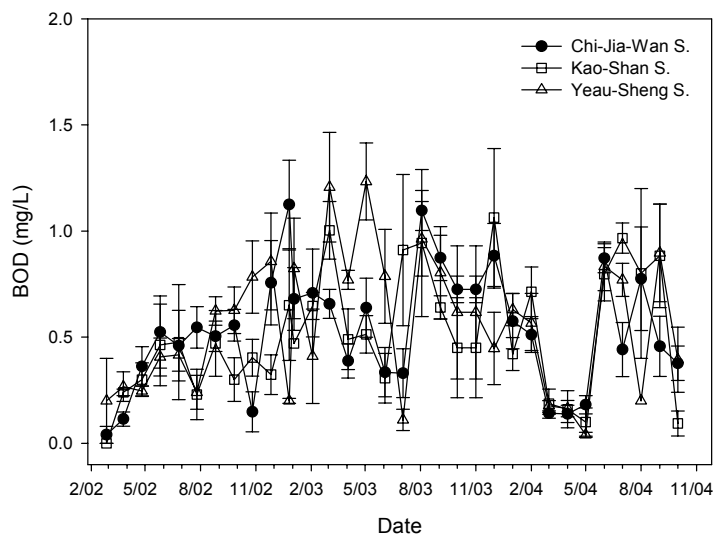
各溪流酸鹼度差異不大，2002 年 9 月因有勝溪發生森林火災而使得酸鹼度升高外，各溪之 pH 值大致在 7.5~9 之間。2002~2004 年 pH 值，並無差異（圖五）。



圖五、武陵地區溪流酸鹼度季節變化

五、生化需氧量

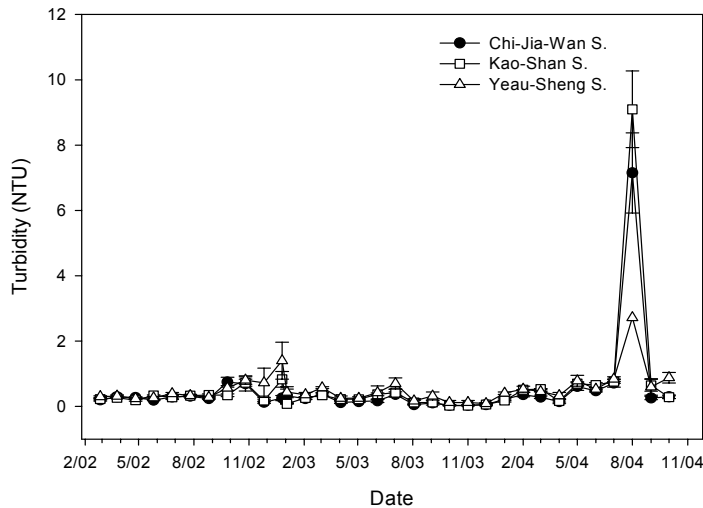
生化需氧量季節變化之趨勢各溪之情況類似。比較 2002~2004 年生物需氧量，發現 2003 年有升高的趨勢，但在 2004 年又下降，在 2004 年春季最低，但在夏季又再度上升，但均在 2.0mg/l 以下（圖六）。



圖六、武陵地區溪流生化需氧量季節變化

六、濁度

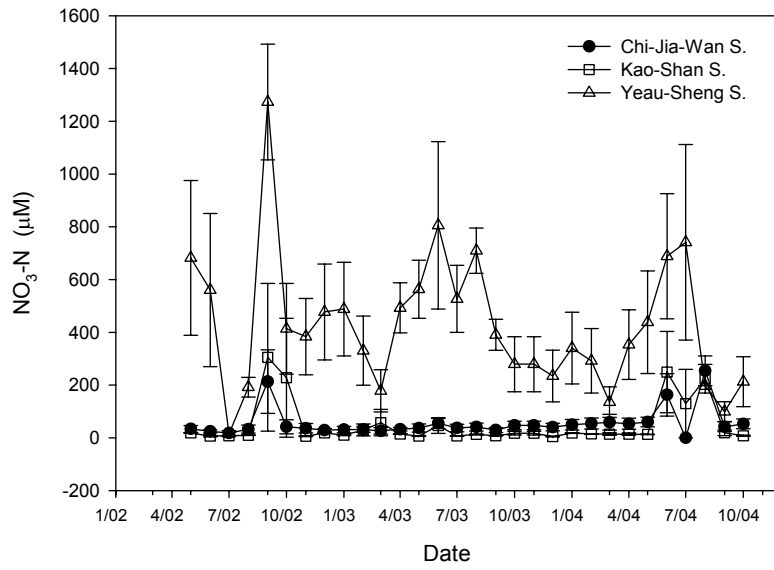
武陵地區各溪流濁度差異不大，均小於 2NTU，但在 2004 年 8 月艾利颱風來襲時濁度迅速升高，以溪流坡度高程最高之高山溪上升最多達 10NTU，七家灣溪次之（7NTU），溪流坡度最緩之有勝溪亦升高至 3NTU（圖七）。



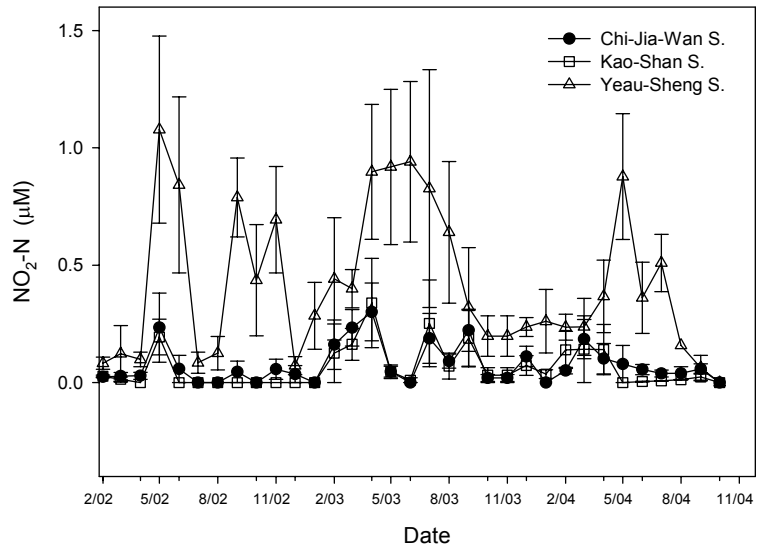
圖七、武陵地區溪流濁度季節變化

七、營養鹽

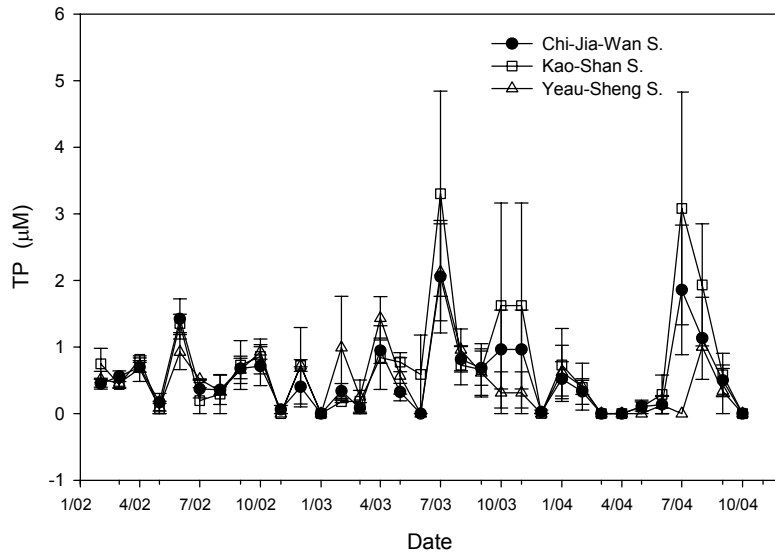
溪流中之無機氮鹽之含量與土地利用型態有關，農耕行為愈嚴重地區則該溪流之營養鹽愈高，武陵地區各溪流之硝酸態氮以農耕行為最嚴重之有勝溪量最高且有顯著差異，高山溪及七家灣溪則差異不大；有勝溪於夏季時硝酸態氮量達到最高，而高山溪及七家灣溪則於夏季溫度升高時稍為增高。比較 2002~2004 年，發現 2003 年有下降趨勢，但 2004 年夏季又增高，其中以七家灣溪及高山溪最明顯，可能與 2004 年 7、8 月間有兩次颱風敏督利及艾利有關，颱風來襲暴雨將岸上營養鹽沖入溪流使得硝酸態氮升高（圖八）。亞硝酸氮量亦也是有勝溪最高，七家灣溪及高山溪無差異，有勝溪於 5~8 月間達到最高，而七家灣溪及高山溪則在春、秋兩季有升高趨勢（圖九）。氨態氮則於各溪均幾乎偵測不到。總磷量各溪量差異不大，2003、2004 年較 2002 年有升高的趨勢，各溪流總磷量均以夏季較高（圖十）。矽酸鹽的量各溪差異不大，但夏季有較冬季高之趨勢（圖十一）。



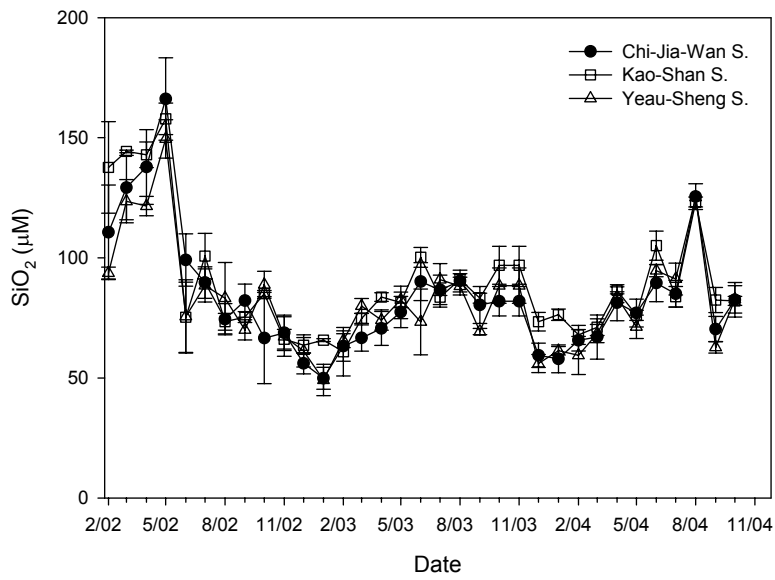
圖八、武陵地區溪流硝酸態氮季節變化



圖九、武陵地區溪流亞硝酸態氮季節變化



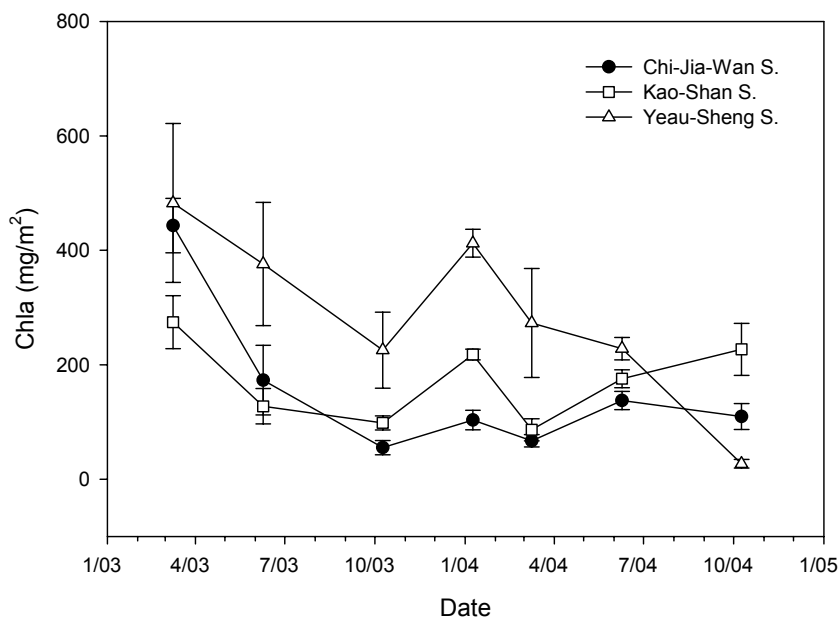
圖十、武陵地區溪流總磷季節變化



圖十一、武陵地區溪流矽酸鹽季節變化

八、附生藻類

底棲性藻類生物量以有勝溪最高，七家灣溪及高山溪差異不大，各溪流在冬季有較高的生物量（圖十二）。各溪流附生藻類以矽藻為優勢種，佔所有藻種之 80% 以上，高山溪之藻類組成矽藻甚至高達 90% 以上。各溪流主要矽藻種類以曲殼藻（*Achnanthes*）為主（表二）。利用 MDS (Non-metric multi-dimensional scaling) 分析各溪流藻類群聚組成，發現各溪流藻類有獨特性，亦即各溪流藻種組成可清楚分成四群，即高山溪、七家灣溪、有勝溪及魚苗繁殖場四群，其中有勝溪群中除有勝溪樣點外還有湧泉池及武陵污水廠，此因湧泉池為人工設置之鮭魚避難區，該區林相茂密腐植質厚，又承接第五區排水溝富營養鹽之水，是以藻類群聚與富營養鹽之有勝溪類似是很合理的，而武陵污水廠則是七家灣溪與有勝溪匯流後之樣點，藻類群聚與有勝溪類似亦屬合理。魚苗繁殖場因位於七家灣溪與高山溪匯流後，藻類群聚與七家灣溪及高山溪不同而自成一類（圖十三）。

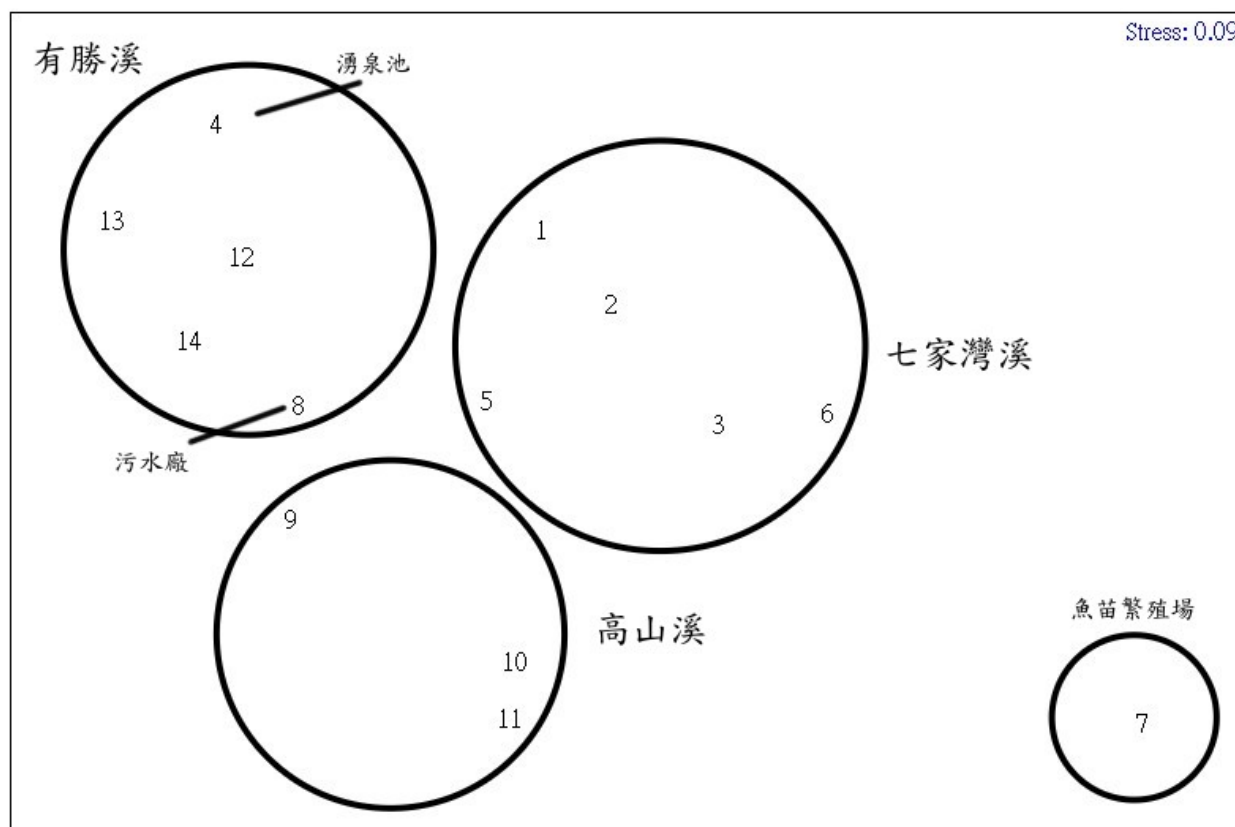


圖十二、武陵地區溪流附生藻生物量季節變化

表二、武陵地區溪流附生藻類優勢藻種

Species	Contri %		
	七家灣溪	高山溪	有勝溪
<i>Achnanthes atomus</i> Hust.	31.48	44.58	47.97
<i>Oscilliate</i> spp.	17.61		2.21
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	16.15	9.98	6.14
<i>Achnanthes</i> spp.	11.35	22.45	9.54
<i>Cymbella</i> sp.			4.16
<i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>vulgare</i>			3.66
<i>Chroococcus</i> spp.	3.8	7.95	
<i>Lyngbya</i> sp.	3.69	1.75	10.01
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grun	3.15	3.4	3.33
<i>Achnanthes minutissima</i> Kuetz.	2.27		
<i>Calonis</i> sp.	1.58		1.42
<i>Gomphonema</i> sp.			
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr var. <i>pediculus</i>			1.15
Total	91.07	90.11	89.59

圖十三、MDS (Non-matric multi-dimensional scaling)分析



九、水質評估

1. WQI 值

利用溪流理化性質計算之綜合水質指數 WQI 值，來顯示武陵地區各樣點之水質季節變化，可知各樣點於冬季時 WQI 值較低，樣點以 4 (湧泉池)、14 (武陵收費站) WQI 值較低，但平均值亦有 85 以上 (表三)，而比較 2002~2004 水質指數，發現 2003 年各溪流水質指數較低，而以溪流來看，則有勝溪水質指數較高山溪及七家灣溪稍低，本年度颱風過後水質指數除有勝溪 WQI 值降至 80 外，七家灣溪及高山溪與平時並無差異 (表四)，所有溪流的水質特徵均為特優及良好，並無法顯現溪流間之差異。

2. Shannon-Weaver Diversity Index

利用 Shannon-Weaver Diversity Index 計算各溪流藻類歧異度，發現 2003 年歧異度較 2002 及 2003 年低，顯示 2003 年水質較差，但各溪流間藻類歧異度差異並不大，無法顯現溪流間水質之差異（表五）。

3. 藻種指數 GI 值

利用矽藻藻種指數 GI 值，發現 2002 及 2003 年水質分類為 C 或 D 級，2004 為 A 或 B 級，而溪流中水質以高山溪較七家灣溪及有勝溪稍好，但仍無法分別各溪流之差異（表六）。

4. 優養矽藻指數 TDI 值

TDI 值愈低其水質營養鹽污染程度愈低，武陵地區溪流 TDI 值約在 60 左右，2002 年較 2003、2004 年為高些，顯示水質在 2002 年較差些；以溪流而言，高山溪 TDI 值較七家灣溪及有勝溪低，顯示營養鹽污染較七家灣溪及有勝溪輕微，但是 TDI 值在各溪流並無很大的差異（表七）。

5. Watanabe 矽藻群聚指數 DA_{lpo} 值

DA_{lpo} 值愈高表示水質較好，武陵地區溪流 DA_{lpo} 值以 2002 年最低，且七家灣溪及高山溪明顯比有勝溪來得高，顯示 2002 年水質較差，且溪流中又以有勝溪的水質最差（表八）。DA_{lpo} 值與有勝溪水中營養鹽濃度高之狀況較一致，較能顯示溪流間之水質差異。

表三、2002~2004 年武陵地區溪流各月份 WQI 值

Month Site	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Dec	Nov
1	89.92 ± 3.01	83.25 ± 7.40	85.70 ± 8.35	89.46 ± 6.65	88.39 ± 10.11	94.77 ± 0.69	91.52 ± 2.98	89.89 ± 6.73	82.29 ± 12.11	90.27 ± 10.40	88.81 ± 3.81	84.15 ± 5.15
2	89.88 ± 0.13	91.86 ± 3.46	93.19 ± 6.67	93.31 ± 5.04	89.37 ± 10.54	95.22 ± 2.68	94.36 ± 2.95	93.74 ± 2.60	86.88 ± 9.15	93.30 ± 7.24	88.57 ± 6.58	90.90 ± 1.32
3	83.89 ± 1.87	82.96 ± 12.24	92.27 ± 7.90	94.36 ± 5.06	87.62 ± 12.82	95.05 ± 1.34	95.48 ± 2.45	92.19 ± 0.59	88.50 ± 8.29	90.80 ± 6.41	90.44 ± 6.70	83.64 ± 1.51
4	91.66 ± 7.91	89.73 ± 3.85	94.66 ± 1.57	92.38 ± 3.78	89.84 ± 7.93	91.96 ± 8.53	90.69 ± 5.43	94.65 ± 0.39	77.06 ± 11.38	89.24 ± 6.48	86.95 ± 16.03	96.94 ± 0.44
5	95.45 ± 0.38	93.42 ± 0.40	94.26 ± 3.01	93.23 ± 5.56	91.42 ± 9.11	95.68 ± 2.81	89.84 ± 1.53	92.56 ± 2.10	84.77 ± 8.74	90.31 ± 5.71	92.97 ± 7.52	93.89 ± 1.83
6	94.53 ± 1.25	87.06 ± 9.08	93.86 ± 4.02	93.80 ± 2.76	93.44 ± 3.35	94.09 ± 2.31	91.32 ± 5.16	91.09 ± 4.48	87.75 ± 8.23	90.25 ± 2.26	88.60 ± 5.21	92.48 ± 4.15
7	90.67 ± 4.58	87.13 ± 4.11	94.86 ± 1.75	93.18 ± 4.73	92.41 ± 4.37	92.62 ± 0.65	91.80 ± 4.40	92.60 ± 1.14	89.49 ± 4.49	89.94 ± 4.22	88.40 ± 6.52	93.21 ± 0.99
8	90.25 ± 3.47	87.81 ± 7.28	94.53 ± 3.52	94.01 ± 3.86	95.45 ± 2.08	95.05 ± 1.03	90.66 ± 5.42	88.09 ± 4.94	87.75 ± 8.16	89.42 ± 7.23	90.35 ± 5.54	89.91 ± 2.99
9	90.16 ± 3.35	91.21 ± 1.64	89.94 ± 8.50	91.15 ± 8.15	92.65 ± 6.40	94.17 ± 4.34	90.84 ± 4.12	91.76 ± 3.90	87.92 ± 5.22	91.37 ± 7.75	89.50 ± 9.45	89.83 ± 2.88
10	92.76 ± 5.23	88.10 ± 4.56	89.97 ± 8.55	91.98 ± 7.21	91.96 ± 5.84	93.29 ± 1.99	92.87 ± 2.53	92.02 ± 5.88	89.39 ± 2.09	92.62 ± 5.93	91.55 ± 7.45	89.99 ± 1.31
11	88.84 ± 0.00	92.35 ± 2.50	91.46 ± 9.52	91.03 ± 7.36	90.04 ± 9.82	93.48 ± 1.96	92.15 ± 2.68	93.55 ± 1.57	90.04 ± 6.54	92.22 ± 5.28	87.10 ± 12.70	89.99 ± 1.31
12	87.26 ± 2.60	87.17 ± 1.52	93.67 ± 3.35	92.20 ± 6.00	94.66 ± 3.69	93.02 ± 3.09	90.29 ± 9.49	95.03 ± 3.06	84.22 ± 17.35	92.20 ± 2.60	85.68 ± 8.29	83.85 ± 2.23
13	90.41 ± 4.04	86.37 ± 6.22	86.03 ± 11.27	92.54 ± 2.55	90.83 ± 7.33	90.94 ± 4.07	80.56 ± 14.18	87.73 ± 3.98	82.81 ± 17.84	91.77 ± 4.14	76.24 ± 2.38	85.31 ± 3.17
14	88.78 ± 0.44	89.43 ± 1.76	88.78 ± 1.96	93.74 ± 3.28	91.23 ± 5.77	89.91 ± 4.71	87.65 ± 2.59	89.36 ± 2.16	90.18 ± 4.75	88.51 ± 8.12	75.60 ± 2.81	90.79 ± 3.29

表四、武陵地區水質綜合指數變化

	七家灣溪	高山溪	有勝溪
2002	90.3 ± 5.4	89.9 ± 5.6	86.9 ± 8.3
2003	88.6 ± 6.3	89.8 ± 4.4	87.8 ± 5.1
2004	94.4 ± 3.8	94.4 ± 3.9	92.2 ± 7.0
颱風後 (2004.07& 08)	91.5 ± 4.7	89.7 ± 2.8	80.0 ± 11.6

表五、2002~2004 武陵各溪流 Shannon-Weaver Diversity Index

	七家灣溪	高山溪	有勝溪
2002	2.67 ± 0.66	2.57 ± 0.61	2.57 ± 0.71
2003	1.77 ± 0.37	1.88 ± 0.32	1.55 ± 0.59
2004	2.64 ± 0.55	2.37 ± 0.35	2.35 ± 0.57

表六、2002~2004 武陵地區各溪流 GI 值變化

	七家灣溪	水質級數	高山溪	水質級數	有勝溪	水質級數
2002	6 ± 6.8	C	14 ± 7.0	B	2 ± 1.7	D
2003	8 ± 3.2	C	5 ± 2.5	C	4 ± 2.9	D
2004	35 ± 27.5	A~B	488 ± 224.4	A	41 ± 28.9	A~B

表七、2002~2004 武陵各溪流 TDI 值

	七家灣溪	高山溪	有勝溪
2002	62	60	68
2003	57	49	60
2004	57	57	59

表八、2002~2004 武陵各溪流 DAIPo 值

	七家灣溪	高山溪	有勝溪
2002	67	76	55
2003	86	88	82
2004	80	82	50

第五章、結論與建議

- 一、2002~2004 年武陵地區各溪流之理化性質差異不大，2004 年有勝溪夏季水溫明顯下降，但是，有勝溪硝酸及亞硝酸氮鹽量明顯高於高山溪及七家灣溪，但七家灣溪的營養鹽輸入亦需密切注意。
- 二、水質指數 WQI 值並無法反應武陵地區之溪流水質。
- 三、利用底棲附著藻類之藻種類或群聚組成較能反應武陵地區溪流之水質，其中 Watanabe 矽藻群聚指數 DAIPo 值之結果與所測定之水中營養鹽結果一致，是以 DAIPo 值應是較適合用來反應武陵地區溪流水質之方式。

四、武陵地區於 2004 年 8 月受艾利颱風侵襲，七家灣溪河道完全改變，深潭全數為土石掩蓋，生態棲地完全改變，各種生物受颱風之影響更不待言，如櫻花鉤吻鮭自約 4000 尾減少至 1500 尾等，是以各項生態監測更應持續辦理，以對颱風之影響及新棲地環境之走向有更深切之瞭解，以作出正確的生態決策建議。

參考書目

- 于淑芬，林永發。2003。武陵地區水質調查及環境監測。內政部營建署雪霸國家公園。
- 王敏昭，鍾秋華，林昭遠。2000。德基水庫集水區水質之特性及近八年來變化趨勢。集水區保育研討會論文集。
- 台中縣環保局。1996。德基水庫集水區非點源污染調查及管制策略規劃。
- 江漢全。2000。水質分析。三民書局。
- 行政院環境保護署。1998。八十七年度台灣地區主要水庫水質監測計畫期末報告。行政院環境保護署。
- 行政院環境保護署。1999。淡水河生物相調查及生物指標手冊建立。行政院環境保護署。
- 汪靜明。1992。大甲溪魚類棲地改善之生態評估研究。台灣電力公司 80 年度研究發展計畫。
- 汪靜明。1994。子遺的國寶—台灣櫻花鉤吻鮭專集。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 汪靜明。2000。大甲溪水資源環境教育。經濟部水資源局。
- 何先聰，張竣凱，余光昌，賴雪端。1992。二仁溪流域各河段底泥污染質與底棲生物相關性之研究。行政院國家科學委員會。
- 林永發，陳裕良，廖林彥。2001。高山溪防砂壩改善前後棲地變化之調查研究。內政部營建署雪霸國家公園自行研究報告。
- 林永發，于淑芬。2002。高山溪防砂壩改善後環境監測及武陵地區水質調查。內政部營建署雪霸國家公園。
- 林昭遠，林文賜，邱蕃霖。2000。德基水庫集水區非點源污染評估系統之建立。2000 年溪流研討會論文集。
- 林曜松，曹先紹，張崑雄，楊平世。1988。櫻花鉤吻鮭生態之研究（二）族群分布與環境因子間關係之研究。行政院農業委員會 77 年生態研究第 012 號。
- 洪正中。1979。淡水河流域水生物調查及水質斗及評估。師大生物學報 14：23-31。
- 洪正中，張崇林，楊平世。以底棲生物當作本省河川污染生物指標之研究。第十屆廢水處理技術研討會論文集。
- 洪正中。1988。台灣河川污染生物指標及水質等級評估之研究。聯銀出版社。
- 吳俊宗。1986。藻類與環境。藻類之研究及應用。行政院國家科學委員會生物科學研究中心。

- 吳俊宗，王怡文。1990。水質優養與藻類指標。藻類與環境
- 吳俊宗。2000。台灣淡水藻類的多樣性問題—從矽藻指標看問題。2000年海峽海岸生物多樣性與保育研討會論文集。國立自然科學博物館印。
- 吳俊哲，胡苔莉，喻家駿，童翔新，吳志超，郭鐘秀。1999。八十八年度台灣地區主要水庫水質監測計畫。行政院環境保護署。
- 陳伯中。1998。德基水庫藻類繁殖現象之探討。德基水庫保護帶觀摩研討會論文集。
- 陳伯中。2000。藻類作為水庫監測指標之重要性—以德基水庫為例。2000年溪流研討會論文集。
- 陳弘成。2000。武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 陳章波。1998。淡水河系污染整治對生物群聚動態影響。環保署研究報告 EPA87-G106-03-05。
- 郭美華。2003。武陵地區水生昆蟲研究(二)期中報告。內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 許弘宜。1993。台灣中部三水庫(明德、日月潭、德基)湖區浮游藻類之研究。碩士論文。中興大學植物研究所。
- 曾四恭，吳先琪。1988。德基水庫優養化改善對策研究期末報告。台灣電力公司。
- 莊進源，蔡惠澤，森若美代子，林慧芳，郭崇義。1985。曾文溪及曾文水庫水質指標生物調查報告。行政院衛生署環境保護局。
- 雷淇祥，陳建初，陳昭寬，劉秉忠。1988。大甲溪上游浮游生物相及水質之調查。行政院農業委員會。
- 黃國靖。1986。七家灣溪水棲昆蟲相及其生態研究。碩士論文。國立台灣大學。
- 賴雪端。1997。台灣本土性底棲藻類作為河川水質生物指標之研究。博士論文。中興大學植物系。
- 經濟部德基水庫集水區管理委員會，水資源統一規劃委員會。1996。德基水庫集水區第三期整理治理規劃水質監測及管理模式研究第四年(85年度)工作報告。

Albariño R.J 2001 The food habits and mouthpart morphology of a south andes population of *Klapopteryx kuscheii* (Plecoptera : Austroperlidae). Aquatic insects 23(3) : 171-181

Arens W 1990 Wear and tear of mouthparts: a critical problem in stream animals feeding on epilithic algae Can . J. Zool 68 : 1896-1914

Boney, A.D . 1983 .Phytoplankton. Photobooks Ltd. pp83.

Bennion,H. 1995. Surface-sediment diatom assemblages in shallow artificial, enriched ponds, and implications for reconstructing trophic status. Diatom Research 10(1) : 1-19.

Berry, H. A, Lembi ,C.A .2000. Effects of temperature and irradiance on the seasonal variation of a *Spirogyra* (Chlorophyta) population in midwestern lake (U.S.A) . J.

Phycol 36 : 841-851.

- Campane, L. , Cubadda, F., Sammaartino, M.P., Saoncella, A. 2000. An Algal biosensor for monitoring of water toxicity in estuarine environments. *Wat. Res.* 35(1) : 69-76.
- Cohn, S.A., McGuire, J.R. 2000. Using diatom motility as an indicator of environmental stress: effects of toxic sediment elutriates. *Diatom Research* 15(1) : 19-29.
- Collins, C.D., Boylen, C.W. 1982. Ecological consequences of long-term exposure of *Anabaena variabilis* (Cyanophyceae) to shifts in environmental factors *Applied and Environmental Microbiol* 44(1) : 141-148.
- Correll, D. L. 1998. The role of phosphorus in the eutrophication of receiving water : a review. *J. Environ. Qual* 27 : 261-266.
- Downes B.J., Lake P.S., Schreiber E.S.G 2000 Habitat structure, resources and diversity : the separate effects of surface roughness and macroalgae on stream invertebrates. *Oecologia* 123 : 569-581
- Everbecq, E., Gosselain, V., Viroux, L., Descy, J. P. 2001. Potamon: A dynamic model for predicting phytoplankton composition and biomass in lowland rivers. *Wat. Res* 35 : 901-912.
- Griffith, M.B., Hill, B.H., Herlihy, A.T., & Kaufmann, P.R. 2002 Multivariate analysis of periphyton assemblages in relation to environmental gradients in Colorado Rocky Mountain streams. *J. Phycol* 38:83-95.
- Hart, D.D. 1985. Grazing insects mediate algal interactions in a stream benthic community. *Oikos* 44 : 40-46.
- Hay, M.B., Michelutti, N., Smol, J.P. 2000. Ecological pattern of diatom assemblages from Mackenzie Delta lakes, Northwest Territories Canada. *Can. J. Bot* 78 : 19-33.
- Hill, W.R., Knight, A.W. 1987. Experimental analysis of the grazing interaction between a mayfly and stream algae. *Ecology* 68(6) : 1955-1965.
- Justic, D., Rabalais, N.N., Turner, R.E., Dortch, Q. 1995. Changes in nutrient structure of river-dominated coastal water: stoichiometric nutrient balance and its consequences. *Estuar Coast Shel Science* 40 : 339-356.
- Karouna, N.K., Fuller, R.L. 1992. Influence of four grazers on periphyton communities associated with clay tiles and leaves. *Hydrobiologia* 245 : 53-64.
- Kingston, M.B. 1999. Effect of light on vertical migration and photosynthesis of *Euglena proxima* (Euglenophyta) . *J. Phycol* 35 : 245-253.
- Lynn, S.G., Kilham, S.S., Kreeger, D.A., Interlandi, S.J. 2000. Effect of nutrient availability on the biochemical and elemental stoichiometry in the freshwater diatom *Stephanodiscus minutulus* (Bacillariophyceae) . *J. Phycol* 36 : 510-522.
- Margarita, A., Benavides, S. 1996. The epilithic diatom flora of a pristine and a polluted river in Costa Rica, Central America. *Diatom Research* 11(1) : 105-142.
- McCullough, D.A., Minshall, G.W., Cushing, C.E. 1979 Bioenergetics of lotic filter-feeding insects *Simulium* spp. (Diptera) and *Hydropsyche occidentalis* (Trichoptera) and

- their function in controlling organic transport in streams. *Ecology* 60(3) : 585-596.
- McKight, D.M., Howers, B.L., Taylor, C.D., Goehring, D. D. 2000. Phytoplankton dynamics in a stably stratified Antarctic lake during winter darkness. *J. Phycol* 36 : 852-861.
- McIntosh, A.R., Townsend, C.R. 1996. Interactions between fish, grazing invertebrates and algae in a New Zealand stream : a trophic cascade mediated by fish-induced changes to grazer behaviour. *Oecologia* 108 : 174-181.
- Merritt, R.W., Cummins, K.W. 1984 An introduction to the aquatic insects of North America . Kendall Hunt . pp 60-490.
- Miller, K.A., Olsen, J. L., Stam, W.T. 2000. Genetic divergence correlates with morphological and ecological subdivision in the deep-water elk kelp *Pelagophycus porra* (Phaeophyceae) . *J. Phycol* 36 : 862-870.
- Palmer, T.M., 1995. The influence of spatial heterogeneity on the behavior and growth of two herbivorous stream insects. *Oecologia* 104 : 476-486.
- Pan, Y., Stevenson, R. J., Hill, B. H., Kaufmann, P. R., & Herlihy, A. T. 1999 Spatial patterns and ecological determinants of benthic algal assemblages in Mid-Atlantic streams, USA . *J. Phycol* 35:460-468.
- Peckarsky, B.L., McIntosh, A.R. 1998 Fitness and consequences of avoiding multiple predators. *Oecologia* 113 : 565-576.
- Podani, János. 2000 Introduction to the exploration of multivariate biological data. Backhuys Publishers, Leiden, pp234-241.
- Scrimgeour, G.J., Culp, J.M., Bothwell, M.L., Wrona, F.J., McKee, M.H. 1991 Mechanisms of algal patch depletion : importance of consumptive and non-consumptive losses in mayfly-diatom systems. *Oecologia* 85 : 343-348.
- Shehata, S.A., Lasheen, M.R., Kobbia, I., Ali, G.H. 1999. Toxic effect of certain metals mixture on some physiological and morphological characteristics of freshwater algae. *Water, Air, and Soil Pollution* 110 : 119-135.
- Snoeijs, P.J.M. 1989. Ecological effects of cooling water discharge on hydrolittoral epilithic diatom communities in the northern Baltic Sea. *Diatom Research* 4(2) : 373-398.
- Stephen, W. 2000 Statistical ecology in practice-a guide to analyzing environmental and ecology field data. Prentice Hill , pp308-391.
- Stevenson, R.J., Bothwell, M.L., Lowe, R.L. 1996. Algal ecology-freshwater benthic ecosystem. Academic Press. pp341-366.
- Sushil, S. D., Dixit, A.S., Smol, J.P. 1999, Lake sediment Chrysophyte scales from the northeastern U.S.A. and their relationship to environmental variables. *J. Phycol* 35 : 903-918.
- Tang, T., Hoagland, K.D., Eiegfried, B.D. 1998. Uptake and bioconcentration of atrazine

- by selected freshwater. *Environ Toxicol and Chem* 17(6) : 1085-1090.
- Tuji, A. 2000. The effect of irradiance on the growth of different forms of freshwater diatoms: implications for succession in attached diatom communities. *J. Phycol* 36 : 659-661.
- Wang,C.M. 1989. Environmental quality and fish community ecology in an agriculture mountain stream system of Taiwan. Ph.D .Dissertation Iowa State University Ames Iowa USA pp138.
- Wilby,R. L., Cranston, L. E., Darby, E. J. 1998. Factors governing macrophyte status in Hampshire Chalk Streams: implications for catchment management. *J. Ciwen* 12 : 179-187.
- Wu, J.T. 1986. Relation of change in river diatom assemblages to water pollution. *Bot. Bull.Academia Sinica* 27 : 237-245.

附錄 2002~2004 年各採樣站理化性質

site	Temp (°C)	DO (mg/l)	Turbidity (NTU)	BOD (mg/l)	pH	Con (µs/cm)	SiO ₂ (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	NO ₂ (ng/l)	NO ₃ (mg/l)	Total P (mg/l)
	Mean Min-Max	Mean Min-Max	Mean Min-Max	Mean Min-Max	Mean Min-Max	Mean Min-Max	Mean Min-Max	Mean Min-Max	Mean Min-Max	Mean Min-Max	Mean Min-Max
1	12.9	9.8	0.28	0.51	8.47	234	7.05	0.022	0.431	0.197	0.002
	8.5-15.9	7.2-12.9	0.03-0.89	0.00-1.40	7.75-8.90	200-310	3.98-13.99	0.000-0.473	0.000-3.168	0.087-0.394	0.000-0.056
2	12.3	9.9	0.26	0.60	8.28	140	4.66	0.285	0.697	0.214	0.053
	6.5-16.5	7.4-12.1	0.01-1.08	0.00-1.17	7.95-8.90	90-200	2.35-8.988	0.000-0.628	0.000-9.1283	0.044-1.948	0.000-0.116
3	12.4	9.6	0.24	0.48	8.42	151	4.44	0.004	1.539	0.327	0.001
	7.0-15.5	7.3-12.0	0.002-0.99	0.00-1.79	8.00-9.16	90-210	2.58-8.19	0.000-0.892	0.000-9.690	0.000-04.524	0.000-0.057
4	13.1	8.8	0.25	0.41	7.19	199	5.73	0.015	1.382	3.772	0.003
	10.0-15.5	6.5-11.5	0.01-0.98	0.00-0.85	6.74-8.16	110-344	2.58-8.19	0.000-0.335	0.000-4.500	0.462-12.555	0.000-0.076
5	12.8	9.6	0.19	0.52	8.22	172	4.81	0.019	1.627	0.939	0.000
	9.3-15.7	8.1-12.2	0.02-0.35	0.00-1.14	7.60-9.20	110-250	3.15-9.29	0.000-0.422	0.000-6.015	0.000-8.915	0.000-0.000
6	13.4	10.3	0.32	0.57	8.33	184	5.30	0.024	1.845	0.905	0.000
	7.9-16.8	8.2-12.8	0.02-0.62	0.00-1.41	8.01-8.66	130-260	2.86-9.89	0.000-0.518	0.000-6.690	0.462-1.855	0.000-0.000
7	12.5	10.9	0.43	0.75	8.27	147	5.13	0.000	1.253	0.724	0.000
	8.0-16.0	8.2-12.4	0.04-0.65	0.15-1.70	7.68-8.61	130-160	3.14-5.14	0.000	0.000-9.292	0.211-1.438	0.000-0.000
8	14.2	10.3	0.56	0.65	8.47	193	4.33	0.018	1.966	2.374	0.000
	8.4-19.0	8.2-12.4	0.12-5.33	0.11-1.61	8.12-9.20	160-260	2.05-9.89	0.000-0.389	0.000-8.702	0.096-9.715	0.000-0.000
9	12.4	10.6	0.32	0.53	8.75	165	5.26	0.007	1.222	0.703	0.007
	6.0-15.0	7.5-13.1	0.09-0.59	0.00-1.63	7.08-9.20	120-210	2.47-8.69	0.000-0.126	0.000-9.489	0.086-12.114	0.000-0.097
10	13.3	10.8	0.31	0.57	8.67	162	5.78	0.008	0.474	0.714	0.000
	6.5-16.5	8.0-12.7	0.07-1.07	0.0-1.24	6.93-8.80	120-210	3.48-10.34	0.000-0.178	0.000-3.460	0.052-9.502	0.000-0.000
11	14.4	9.5	0.32	0.44	8.73	171	5.83	0.020	1.272	0.163	0.000
	8.9-18.0	7.3-12.4	0.03-0.88	0.00-0.84	6.88-8.80	130-210	4.13-9.91	0.000-0.394	0.000-8.649	0.000-1.056	0.000-0.000
12	13.7	10.1	0.41	0.48	8.36	172	5.17	0.001	2.198	2.995	0.000
	8.0-15.4	7.5-13.0	0.06-2.52	0.00-1.11	7.24-10.10	120-220	3.11-9.40	0.000-0.025	0.000-11.36	0.216-18.736	0.000-0.000
13	16.8	10.5	0.54	0.69	9.25	285	5.14	0.001	10.335	7.512	0.001
	9.7-21.1	7.0-12.9	0.22-1.61	0.01-1.55	8.18-11.90	160-440	2.80-8.43	0.000-0.002	0.000-24.456	0.362-17.268	0.000-0.111
14	17.3	10.1	0.47	0.70	9.11	290	5.02	0.009	7.502	6.754	0.000
	10.4-22.0	7.1-13.7	0.23-0.98	0.00-1.59	7.94-9.14	210-380	2.36-9.50	0.000-0.199	0.000-20.040	0.068-10.712	0.000-0.000