

武陵地區環境監測

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國九十四年十二月

武陵地區環境監測

研究人員：于淑芬

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國九十四年十二月

目次

| | |
|----------------|----|
| 摘要----- | 1 |
| 第一章、研究緣起----- | 4 |
| 第二章、前人研究----- | 4 |
| 第三章、材料與方法----- | 6 |
| 第四章、結果與討論----- | 10 |
| 第五章、建議事項----- | 28 |
| 第六章、參考文獻----- | 29 |

表次

| | | |
|-----|--|----|
| 表一 | 武陵地區各溪流冬季藻類組成----- | 10 |
| 表二 | 武陵地區各溪流夏季藻類組成----- | 11 |
| 表三 | 武陵地區各溪流颱風後藻類組成----- | 12 |
| 表四 | 2005 年武陵地區溪流藻類優勢種----- | 13 |
| 表五 | 2005 年冬夏兩季藻類優勢種----- | 13 |
| 表六 | 2005 年武陵地區溪流藻類 Shannon-Weaver diversity index----- | 14 |
| 表七 | 武陵地區 2002~2005 年 Shannon-Weaver diversity index----- | 14 |
| 表八 | 2005 年武陵地區各溪流矽藻藻屬指數(GI)----- | 15 |
| 表九 | 武陵地區 2002~2005 年各溪流矽藻藻屬指數(GI)----- | 15 |
| 表十 | 武陵地區溪流優養矽藻指數 (TDI)值----- | 16 |
| 表十一 | 2002~2005 年武陵地區溪流優養矽藻指數 (TDI)值----- | 16 |
| 表十二 | 武陵地區溪流 Watanabe 矽藻群聚指數(DAIpo)----- | 16 |
| 表十三 | 2002~2005 年武陵地區溪流 Watanabe 矽藻群聚指數(DAIpo)----- | 17 |
| 表十四 | WQI8 之水質點數計算式----- | 17 |
| 表十五 | WQI8 水質分類等級表----- | 18 |
| 表十六 | 武陵地區溪流 WQI 值----- | 19 |
| 表十七 | 武陵地區溪流水質綜合指數與藻類指數之比較----- | 19 |
| 表十八 | 雪山步道溫溼度記錄器設置位置----- | 20 |
| 表十九 | 雪山步道沿線最大及最低溫溼度記錄----- | 27 |

圖次

| | | |
|------|--------------------|----|
| 圖一 | 樣區位置----- | 6 |
| 圖二 | 七家灣溪四號壩樣點----- | 7 |
| 圖三 | 七家灣溪二號壩樣點----- | 7 |
| 圖四 | 魚苗繁殖場樣點----- | 8 |
| 圖五 | 高山溪一號壩樣點----- | 8 |
| 圖六 | 武陵收費口樣點----- | 8 |
| 圖七 | 溫溼度記錄器----- | 20 |
| 圖八 | 三六九山莊連續溫度變化----- | 21 |
| 圖九 | 七卡山莊連續溫度變化----- | 21 |
| 圖十 | 七卡觀景台連續溫度變化----- | 21 |
| 圖十一 | 雪山東峰連續溫度變化----- | 22 |
| 圖十二 | 哭坡頂連續溫度變化----- | 22 |
| 圖十三 | 哭坡觀景台連續溫度變化----- | 22 |
| 圖十四 | 雪山圈谷連續溫度變化----- | 23 |
| 圖十五 | 翠池連續溫度變化----- | 23 |
| 圖十六 | 雪山登山口連續溫度變化----- | 23 |
| 圖十七 | 三六九山莊連續相對溼度變化----- | 24 |
| 圖十八 | 七卡山莊連續相對溼度變化----- | 24 |
| 圖十九 | 七卡觀景台連續相對溼度變化----- | 24 |
| 圖二十 | 雪山東峰連續相對溼度變化----- | 25 |
| 圖二十一 | 哭坡頂連續相對溼度變化----- | 25 |
| 圖二十二 | 哭坡觀景台連續相對溼度變化----- | 25 |
| 圖二十三 | 雪山圈谷連續相對溼度變化----- | 26 |
| 圖二十四 | 雪山登山口連續相對溼度變化----- | 26 |
| 圖二十五 | 翠池連續相對溼度變化----- | 26 |

摘要

關鍵詞：武陵、附生藻類、藻類指數、雪山步道、溫溼度

一、研究緣起

本處多年來於武陵地區作過許多研究，但許多資料均屬片段且不連續，是以近年來本處逐漸統合武陵地區之研究，並且逐年設置長期監測之設備及儀器，如水質監測相關設備及氣象監測儀器等，其目的均是要將武陵地區設為本處長期生態監測區域；本處於 94~96 年編列武陵地區長期生態監測委託案，亦即希望結合本處所設之環境連續記錄器所收集之資料，共同加入武陵地區之長期生態監測工作，以對於園區生態環境有更整體性之瞭解，同時提供經營管理方針之參考。

二、研究方法及過程

(一) 溪流藻類部分

1. 附生藻類收集

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 $25\text{cm}^2\sim 100\text{cm}^2$ ，置入冰桶中，低溫保存帶回實驗室處理。除測定藻類生物量外，並利用干擾相差顯微鏡 (differential interference contrast)，接物鏡 100 倍油鏡鑑定矽藻之分類群 (Helen, 1995)。

2. 藻類指數

利用藻類數量計算優養矽藻指數 TDI 值、Watanabe 矽藻群聚指數 DA_{Ipo} 值、藻種指數 GI 值及 Shannon-Weaver Diversity Index 等指數，比較 94 年武陵地區七家灣溪、高山溪及有勝溪之水質狀況，同時比較綜合水質 WQI₈。

(二) 高山溫濕度部分

收集架設於雪山步道沿線溫濕度連續記錄器之資料，並進行整理分析。

三、重要發現

(一) 溪流附生藻類部分

1. 武陵地區各溪流於夏、冬季優勢種均為曲殼藻屬 (*Achnanthes* spp.)，約佔所有藻種之 33%~85% 左右，但各溪及夏、冬季各有消長。
2. 七家灣溪無論季節如何，優勢種常為兩種矽藻組成；在冬季枯水期時由曲殼藻

(72.13%) 及異極藻 (21.98%) 組成優勢種，但是曲殼藻有 40.65% 為耐污染種 *Achnanthes lanceolata* (Brébisson.) Grunow，但到了夏季豐水期時優勢種改由曲殼藻 (66.52%)、異極藻 (*Gomphonema* spp.) (14.99%) 及卵形藻 (*Cocconeis* spp.) (10.22%) 所組成，颱風季後之夏末則是以曲殼藻 (35.84%) 及異極藻 (58.99%) 為優勢種。而有勝溪在冬季枯水期時曲殼藻佔最多，佔所有藻的 83.93%，但是大部分為耐污染種 *Achnanthes lanceolata* (Brébisson.) Grunow，佔了所有藻的 57.90%，但是在夏季颱風季來時溪流水量增加，曲殼藻則降低為 65.15%，而耐污種比例則下降到 18.30%，且種類改變為菱形藻屬 (*Nitzschia* spp.)，到了颱風季過後夏末水量降低，則優勢種由曲殼藻及異極藻組成，各佔所有藻的 51.08% 及 30.38%，但此時耐污種比例又增加為 43.27%。在高山溪的藻類組成狀況及藻類季節之消長與有勝溪差不多，但是高山溪的耐污染種比例較低，在冬季佔所有藻種 11.43%，夏季豐水期時僅有 8.38%，颱風季後之夏末為 13.74%。

3. 利用附生藻類計算武陵地區各溪流之藻類指數 GI、TDI、DAI_{po} 以顯示水質狀況，結果均以高山溪水質狀況最佳，七家灣溪次之，有勝溪最差；有勝溪屬中度到輕度污染而七家灣溪為輕度污染；在不同季節之水質則以冬季枯水期時水質最差。
4. 以矽藻指數與綜合水質 WQI 值時發現各溪流的 WQI 值亦在冬季較低，夏季豐水期時較高，在溪流部分則以有勝溪稍低於七家灣溪及高山溪，但平均值均有 85 以上，所有溪流的水質特徵均為特優及良好，較顯示不出各溪流及季節之差異，反之以藻類作指數則對於水質之狀況似較能掌握。

(二) 高山溫濕度部分

1. 雪山步道沿線自登山口至翠池共計設置 9 個連續記錄溫濕度計，每隔 30 分鐘記錄乙次，每樣點資料自 2004.05~2005.07 共計 21765 筆資料。
2. 各樣點夏季時中午 (10:00~12:00) 氣溫均高達 30°C 以上，而冬季溫度平均為 5°C，記錄器記錄期間溫度最低發生在圈谷，在 2005 年 3 月 5 日清晨 4:30，溫度為零下 15.36°C，最高溫度則是在登山口 (33.59°C，2005.07.24，10:52)；濕度則亦以夜晚至清晨較高，在 11:00~15:00 則為濕度較低時段，而最大濕度則發生在雪山圈谷，相對溼度為 104% (2005.02.26，00:00)。

三、主要建議事項

1. 利用附生藻類作為水質指標較以綜合水質指數來得敏感，是以武陵地區水質狀況可以用附生藻類作為水質指標，宜持續辦理，並嘗試找出結合其他環境因子如水量或是營養鹽等，修正藻類指數以更適用於上游河川。
2. GI 值在武陵地區溪流較無法顯現個別差異，建議使用 TDI 及 DAI_{po} 兩種指數較能分別溪流間之差異及季節變化。
3. *Achnanthes lanceolata* (Brébisson.) Grunow 為耐污染藻種，尤其喜歡在高氮及高磷營鹽養之環境下，七家灣溪在冬季竟然高達 40%，雖與重度開墾有勝溪 (58%)

有些差距，但是從藻類監測的資料可見，開墾的確在七家灣溪造成影響，應儘早停止人為干擾。

Abstract

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 the abundance and composition of the epilithic periphyton in the streams of Wulin area, and 2. to assess water quality with indicator of epilithic periphyton. Diatoms were the most important algal group in wulin area streams. Most of the diatoms belong to pennatae genera, of which *Achnanthes* was the most abundant in all sites. The species of *Achnanthes* genus was exceeded 50% in all streams. There revealed a change in periphyton communities in wulin area. 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. There were worst water quality in winter in all streams. In summer, after typhoon water quality were better than in winter.

第一章、研究緣起

本處多年來於武陵地區作過許多研究，但許多資料均屬片段且不連續，是以近年來本處逐漸統合武陵地區之研究，並且逐年設置長期監測之設備及儀器，如水質監測相關設備及氣象監測儀器等，其目的均是要將武陵地區設為本處長期生態監測區域；本處於 94~96 年編列武陵地區長期生態監測委託案，亦即希望結合本處所設之環境連續記錄器所收集之資料，共同加入武陵地區之長期生態監測工作，以對於園區生態環境有更整體性之瞭解，同時提供經營管理方針之參考。

本研究之目的係希望利用溪流附生藻類來評估武陵地區水質，並對照其他長期生態監測水生昆蟲及水質綜合指數以評估水質。

第二章、前人研究

生物性測定水質之方式分爲多種，較常見且較爲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，在溪流生態系中附生藻類屬於初級生產者，其生長與水環境息息相關，且對於水質之變化爲最直接的反映，所以最常被用來應用於水污染的生物指標之一 (Skulberg, 1995; Whitton, 1992; Watanabe, 1990); 目前最常用來作爲水質指標者爲矽藻，因爲矽藻易鑑定，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，則對於污染物質具有非常大的耐性 (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) 將底棲性矽藻選爲生態指標 (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爲河川水質監測報告 (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，爲喜高營養鹽種類。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。目前以矽藻爲評估水質標準之方法非常多，有 EPI-D (Dell'Uomo, 1997)、CEE、CEC (Descy&Ector, 1997)、TDI (Kelly&Whitton, 1995)、矽藻群聚指數 (DAIpo)

及 Shannon-Weaver Diversity Index 等。

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；七家灣溪於四號壩、二號壩、及魚苗繁殖場等共設置三個測站、高山溪於一號壩設置測站、有勝溪則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、樣區位置

1. 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，溪高程平緩，溪流流速約 40~70cm/sec，溪岸寬闊，灘多而無深潭，植物有二葉松、水麻、芒草居多，水常年清澈 (圖二)。
2. 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，水流速快約 80cm/sec。溪岸植被多為栓皮櫟、二葉松 (圖三)。
3. 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 50 公尺位置，溪面寬闊，溪高程平緩多緩流及瀨，岸邊植物高大，大部分為楓香、栓皮櫟、二葉松等 (圖四)。
4. 高山溪一號壩 (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 (圖五)。
5. 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 (圖六)。



圖二、七家灣溪四號壩樣點



圖三、七家灣溪二號壩樣點



圖四、魚苗繁殖場樣點

圖五、高山溪一號壩樣點



圖六、武陵收費口樣點

二、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 $205\sim 400\text{cm}^2$ 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 $25\text{cm}^2\sim 50\text{cm}^2$ ，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 constrast)，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)。

三、藻類指數計算

1. 矽藻屬指數 (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。

2. 優養矽藻指數 TDI (Tropic Diatom Index)、Watanabe 矽藻群聚指數(DAI_{po})及 Shannon-Weaver Diversity Index

| | |
|---|--|
| 優養矽藻指數 (TDI) | $TDI = (WMS \times 25) - 25$ $WMS = \frac{\sum A_i \times S_i \times V_i}{\sum A_i \times V_i}$ <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> |
| Watanabe 矽藻群聚指數 (DAI _{po}) | $DAI_{po} = 50 + \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^p X_i - \sum_{j=1}^q S_j \right)$ <p>∑X_i 為好清潔種類之相對頻度 (%)，∑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> |
| Shannon-Weaver Diversity Index 歧異度指數 | $H = -\sum_{r=1}^m P_r \log_2 P_r$ <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)

第四章、結果與討論

一、附生藻類藻種

附生藻類於 2005 年冬季 01 月、夏季 07 月以及颱風季後 10 月份採樣。武陵地區各溪流優勢藻種均為矽藻，綠藻次之，還有少量藍綠藻；無論冬、夏季優勢種均為矽藻且以曲殼藻 (*Achnanthes* spp.) 為最優勢屬，在冬季時曲殼藻在七家灣溪佔了 69.75%、高山溪及有勝溪則高達 82% 左右 (表一)。而夏季時三條溪的曲殼藻則稍微下降，大約佔所有藻種的 48~68% (表二)，在颱風過後則曲殼藻又再下降到 34~51% (表三)。

表一、武陵地區各溪流冬季藻種組成

| | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|---|-------|-------|-------|
| Achnanthes atom | 0.00 | 45.56 | 7.14 |
| <i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow | 39.31 | 6.61 | 56.32 |
| <i>Achnanthes minutissima</i> Kützing | 2.33 | 12.92 | 2.32 |
| <i>Achnanthes</i> spp. | 28.11 | 16.86 | 15.86 |
| <i>Amphora</i> sp. | 0.00 | 1.08 | 0.27 |
| <i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg var. <i>pediculus</i> | 0.16 | 0.20 | 0.00 |
| <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> | 0.16 | 2.66 | 1.18 |
| <i>Cyclotella</i> sp. | 0.00 | 0.00 | 0.09 |
| <i>Cymbella cymbiformis</i> var. <i>nonpunctata</i> | 0.16 | 0.00 | 0.00 |
| <i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabh var. <i>minuta</i> | 0.16 | 0.00 | 0.00 |
| <i>Cymbella sinuata</i> Gregory var. <i>sinuata</i> | 0.52 | 0.59 | 0.86 |
| <i>Cymbella</i> spp. | 1.21 | 0.39 | 0.09 |
| <i>Diatoma hiemale</i> Heiberg var. <i>mesodon</i> (Ehrenberg) Grunow | 2.39 | 0.99 | 2.73 |
| <i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>vulgare</i> | 0.85 | 1.97 | 4.91 |
| <i>Diploneis smithii</i> Cleve var. <i>smithii</i> | 0.00 | 0.79 | 0.00 |
| <i>Fragilaria pseudogaillonii</i> | 0.16 | 0.20 | 0.00 |
| <i>Fragilaria</i> sp. | 0.00 | 0.00 | 0.09 |
| <i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) var. <i>subcapitata</i> | 0.00 | 0.39 | 0.00 |
| <i>Gomphonema</i> spp. | 21.26 | 4.34 | 3.95 |
| <i>Navicula</i> spp. | 0.00 | 0.00 | 0.36 |
| <i>Nitzschia amphibia</i> Grunow | 0.00 | 0.39 | 0.36 |
| <i>Nitzschia</i> spp. | 0.00 | 0.00 | 0.73 |
| <i>Synedra</i> spp. | 0.00 | 0.39 | 0.73 |
| Oscilliate spp. | 0.00 | 0.20 | 0.00 |

| | | | |
|------------------|------|------|------|
| Chroococcus spp. | 0.89 | 0.00 | 0.00 |
| Lyngbya spp. | 1.57 | 0.00 | 0.00 |
| Cladophora spp. | 0.00 | 3.35 | 2.73 |

表二、武陵地區各溪流夏季藻種組成

| | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|---|-------|-------|-------|
| <i>Achnanthes atom</i> | 21.42 | 31.75 | 50.73 |
| <i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow | 7.01 | 1.11 | 4.23 |
| <i>Achnanthes minutissima</i> Kützing | 7.96 | 10.16 | 5.54 |
| <i>Achnanthes</i> spp. | 20.78 | 4.84 | 7.87 |
| <i>Amphora</i> sp. | 0.57 | 0.48 | 0.87 |
| <i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg var. <i>pediculus</i> | 0.22 | 0.63 | 0.58 |
| <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> | 8.57 | 9.84 | 16.18 |
| <i>Cyclotella</i> sp. | 1.15 | 0.16 | 0.00 |
| <i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabh var. <i>minuta</i> | 0.00 | 0.16 | 0.00 |
| <i>Cymbella sinuata</i> Gregory var. <i>sinuata</i> | 1.02 | 0.00 | 0.15 |
| <i>Cymbella</i> spp. | 0.50 | 0.00 | 0.00 |
| <i>Diatoma hiemale</i> Heiberg var. <i>mesodon</i> (Ehrenberg) Grunow | 0.83 | 0.00 | 3.35 |
| <i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>vulgare</i> | 0.88 | 5.32 | 0.73 |
| <i>Diploneis smithii</i> Cleve var. <i>smithii</i> | 0.00 | 0.95 | 1.60 |
| <i>Fragilaria pseudogaillonii</i> | 0.43 | 0.32 | 0.44 |
| <i>Gomphonema</i> 15 | 1.11 | 0.00 | 0.00 |
| <i>Gomphonema</i> spp. | 11.79 | 1.75 | 3.50 |
| <i>Navicula angusta</i> Grunow | 0.00 | 0.56 | 0.87 |
| <i>Navicula</i> spp. | 0.58 | 2.78 | 0.29 |
| <i>Nitzschia amphibia</i> Grunow | 0.00 | 1.75 | 0.44 |
| <i>Nitzschia</i> 8 | 0.35 | 0.00 | 0.00 |
| <i>Nitzschia</i> spp. | 0.53 | 0.00 | 0.15 |
| <i>Synedra</i> spp. | 0.31 | 0.79 | 0.00 |
| Oscilliate spp. | 1.36 | 1.27 | 1.60 |
| Chroococcus spp. | 0.35 | 0.63 | 0.00 |
| Lyngbya spp. | 0.00 | 21.59 | 0.73 |
| Cladophora spp. | 0.35 | 3.17 | 0.00 |
| Spirogyra spp. | 0.00 | 0.00 | 0.15 |
| fungi | 11.86 | 0.00 | 0.00 |

表三、武陵地區各溪流颱風後藻種組成

| | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|---|-------|-------|-------|
| <i>Achnanthes atom</i> | 0.22 | 6.16 | 0.00 |
| <i>Achnanthes lanceolata</i> (Brébisson) Grunow | 17.15 | 9.89 | 42.53 |
| <i>Achnanthes minutissima</i> Kützing | 4.38 | 3.20 | 0.99 |
| <i>Achnanthes</i> spp. | 14.08 | 14.38 | 7.55 |
| <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> | 0.56 | 0.91 | 2.55 |
| <i>Cyclotella</i> sp. | 0.45 | 0.23 | 0.25 |
| <i>Cymbella cymbiformis</i> var. <i>nonpunctata</i> | 0.45 | 0.46 | 0.00 |
| <i>Cymbella sinuata</i> Gregory var. <i>sinuata</i> | 1.57 | 0.00 | 29.97 |
| <i>Cymbella</i> spp. | 0.67 | 0.68 | 0.41 |
| <i>Diatoma hiemale</i> Heiberg var. <i>mesodon</i> (Ehrenberg) Grunow | 0.75 | 0.99 | 0.00 |
| <i>Fragilaria pseudogailonii</i> | 0.00 | 0.00 | 0.49 |
| <i>Gomphonema dichotomum</i> Kützing var. <i>dichotomum</i> | 1.91 | 2.89 | 0.49 |
| <i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) var. <i>subcapitata</i> | 1.05 | 3.88 | 0.00 |
| <i>Gomphonema tergestinum</i> Fricke var. <i>tergestinum</i> | 10.26 | 6.85 | 0.99 |
| <i>Gomphonema</i> spp. | 45.84 | 49.54 | 12.15 |
| <i>Navicula</i> spp. | 0.00 | 0.00 | 0.74 |
| <i>Nitzschia</i> spp. | 0.22 | 0.00 | 0.90 |
| <i>Synedra</i> spp. | 0.45 | 0.00 | 0.00 |

在冬季時武陵地區各溪流除了曲殼藻外，另一優勢種為異極藻(*Gomphonema* spp.)，在七家灣溪異極藻佔了 21.26%，而高山溪及有勝溪則僅有 3.95%及 4.34%。雖然一般來說大部分的曲殼藻是屬於淨水性藻類，但是在有勝溪有 56.32%的披針形曲殼藻(*Achnanthes lanceolata* (Brébisson) Grunow)，此種曲殼藻是被認定在高磷高氮環境會大量出現的種類 (Loez & Topalián, 1997; Rott et al., 1998; Kelly & Whitton, 1995)，而在七家灣溪亦有高達 39.31%，值得注意。

在夏季時七家灣溪除了曲殼藻外另兩種優勢種為異極藻 (11.79%) 及扁圓卵形藻 (*Cocconeis placentula* var. *euglypta*) (8.57%)，而原本在冬季很多的披針形曲殼藻則降低到只剩 7.01%；在高山溪則除了曲殼藻外第二優勢種為鞘絲藻(*Lyngbya* spp.)(21.59%)；而有勝溪在夏季時第二優勢種為扁圓卵形藻，佔了 16.18%，此種砂藻在許多文獻上是喜歡高磷環境的藻種 (Che'etelat et.al, 1999)，不過優養藻種披針形曲殼藻則降低至只有 4.23%。

在颱風過後，因為劇烈的洪水將附生藻類沖毀殆盡，藻類群聚重新組合，使得所有溪流之附生藻只有砂藻，在七家灣溪及高山溪之最優勢藻屬則改為異極藻屬，各佔了 45.84%及 49.54%，第二優勢種則為曲殼藻，而有勝溪則最優勢種仍是曲殼藻屬，佔所有藻之 51.07%，第二優勢種則為橋彎藻 (*Cymbella sinuate* Gregory var. *sinuata*)，約

佔了 29.97%。此時有勝溪可以發現，在夏季時減少之優養種披針形曲殼藻又增加了，佔了所有藻的 42.53%幾乎是主要的曲殼藻。顯示此時有勝溪的營養鹽有升高的現象。利用 Primer 軟體計算 2005 年武陵地區各溪流主要藻種組成，發現主要由曲殼藻、異極藻及卵形藻所組成；曲殼藻為最優勢藻屬，在有勝溪的優養曲殼藻種 (*Achnanthes lanceolata* (Brebisson) Grunow) 佔最多，有 36.60%，七家灣溪次之 (19.94%)，高山溪最少 (8.12%) (表四)。

表四、2005 年武陵地區溪流藻類優勢種

| | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|--|-------|-------|-------|
| Average similarity | 47.75 | 39.55 | 28.68 |
| <i>Achnanthes atom</i> | | 38.74 | 10.22 |
| <i>Achnanthes</i> spp. | 30.41 | 20.58 | 18.29 |
| <i>Achnanthes minutissima</i> Kutzing | 6.33 | 14.20 | 4.97 |
| <i>Achnanthes lanceolata</i> (Brebisson) Grunow | 19.94 | 8.12 | 36.60 |
| <i>Gomphonema</i> spp. | 36.04 | 7.29 | 14.95 |
| <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> | | 3.35 | 5.49 |
| Total | 92.72 | 92.28 | 90.52 |

武陵地區溪流藻類季節分布上，發現冬季及夏季有明顯差異，在冬季的曲殼藻幾乎為主要的藻屬，有 81.21%，但夏季曲殼藻則降低到 60.84%，有 24.16%為異極藻所佔據；在冬季有 30.98%的披針形曲殼藻，但夏季僅有 15.80% (表五)。以此來判定夏季的溪水營養鹽是比冬季來的低的。

表五、2005 年武陵地區冬、夏兩季藻類優勢種

| | Winter | Summer |
|--|--------|--------|
| Average similarity | 41.79 | 37.28 |
| <i>Achnanthes</i> spp. | 36.47 | 21.52 |
| <i>Achnanthes lanceolata</i> (Brebisson) Grunow | 30.98 | 15.80 |
| <i>Gomphonema</i> spp. | 9.25 | 24.16 |
| <i>Achnanthes atom</i> | 7.80 | 15.38 |
| <i>Achnanthes minutissima</i> Kutzing | 5.96 | 8.16 |
| <i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> | | 6.62 |
| Total | 90.46 | 91.64 |

二、藻類指數

1. Shannon-Weaver diversity index

一般來說優養的環境僅有部分藻種才能生長所以其歧異度會降低，也就是愈優養的環境其歧異度愈低；有勝溪無論在冬季或夏季或颱風後，其歧異度均較七家灣溪及高山溪稍低，顯示有勝溪較其餘兩溪為營養；而在季節之分析中發現各溪最低的歧異度均在冬天，夏天的歧異度最高（表六）。

表六、2005 年武陵地區溪流藻類 Shannon-Weaver diversity index

| | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|----|------|------|------|
| I | 1.55 | 1.81 | 1.57 |
| 7 | 2.17 | 1.95 | 2.15 |
| 10 | 1.98 | 1.99 | 1.53 |

比較 2002~2005 年各溪的歧異度，發現 2002~2005 年有勝溪的歧異度均較其餘兩溪流低，而歧異度最高是 2002 年，最低是 2003 年，其次低為 2005 年（表七），也就是以 Shannon-Weaver diversity index 來看，2005 年的水質變差了。

表七、武陵地區 2002~2005 年 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 |
| 2005 | 1.90±0.26 | 1.92±0.08 | 1.75±0.28 |

2. 矽藻藻屬指數(GI value)

利用三種淨水性矽藻屬（曲殼藻、橋彎藻、卵形藻）及三種耐污種矽藻屬（小環藻、

直鏈藻、菱形藻) 所計算之指數顯示武陵地區無論夏季、冬季或颱風後，各溪的 GI 值均高於 30 (表八)，雖然高山溪的 GI 值較其他兩條溪流為高，但只要 GI 值高於 30 均屬於 A 級，屬極輕微污染，無法分辨各溪之差異。比較 2002~2005 年的 GI 值，發現 2002 年的 GI 值最低，高山溪為 B 級 (微污染)，七家灣溪為 C 級 (輕度污染) 而有勝溪為 D 級 (中度污染)。但在其他年度除 2003 年有勝溪為 B 級外，其他年度各溪 GI 值均為 30 以上，均為無污染狀況，實無法分辨各溪狀況 (表九)。但以三條溪流周邊環境及人為干擾實際狀況來看，此種結果是有誤差的。造成此種狀況應該是因為 GI 值的計算是以藻屬來計算，但是一般來說在淨水性的藻屬中仍有耐污種存在，尤其武陵地區的最優勢藻屬是曲殼藻，但是在曲殼藻中有喜歡高營養鹽的披針形曲殼藻，尤其在有勝溪佔了很大的部分，所以若均以藻屬來計算藻類指數，則會造成所有溪流水質均差異不大而產生了誤差。

表八、2005 年武陵地區各溪流矽藻藻屬指數(GI)

| Month | Stream | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|-------|--------|------|-------|------|
| 1 | | ∞ | 157.5 | 71.1 |
| 7 | | 31.8 | 146.3 | 30.8 |
| 10 | | 58.3 | 156.0 | 68.4 |

表九、武陵地區 2002~2005 年各溪流矽藻藻屬指數(GI)

| Year | Stream | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|------|--------|------------|-------------|-----------|
| 2002 | | 6.0±6.8 | 14.0±7.0 | 2.0±1.7 |
| 2003 | | 100.6±75.2 | 378.0±250.2 | 20.1±22.7 |
| 2004 | | 36.0±27.5 | 488.0±224.4 | 41.0±28.9 |
| 2005 | | 45.0±13.3 | 153.0±5.0 | 57.0±18.4 |

3. 優養矽藻指數(TDI)

以各矽藻之敏感指數及指標數計算水質指數，TDI 值愈低則水質愈佳；發現武陵地區各溪流在冬季的水質是最差，夏季是最好的，但是颱風後水量變少後水質又變差；以溪流來看則有勝溪的水質是最差的，高山溪水質最好(表十)。比較 2002~2005 年 TDI 值，發現 2005 年的 TDI 值除高山溪外，均較其他年來得高，亦即七家灣溪及有勝溪

的水質 2005 年較他年來得差，2003 年水質是最好的（表十一）。當然，有勝溪在 2002~2005 年均是水質最差的溪流。

表十、武陵地區溪流優養矽藻指數(TDI)值

| Stream Month | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|-----------------|------|-----|-----|
| 1 | 77 | 53 | 87 |
| 7 | 54 | 52 | 57 |
| 10 | 63 | 61 | 74 |

表十一、2002~2005 年武陵地區溪流優養矽藻指數(TDI)值

| Stream Year | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|----------------|------|-----|-----|
| 2002 | 62 | 60 | 68 |
| 2003 | 57 | 49 | 60 |
| 2004 | 57 | 57 | 59 |
| 2005 | 65 | 55 | 73 |

4. Watanabe 矽藻群聚指數(DAI_{po})

DAI_{po}係利用淨水性矽藻種類與耐污種矽藻之比例所計算出之水質指數，DAI_{po}值愈高則水質愈佳；武陵地區各溪流均以夏季水質最佳，冬季水質最差。在夏季高山溪及七家灣溪為未(稍)受污染，而有勝溪則為輕度污染；在冬季則七家灣溪水質變成輕度污染，有勝溪則變為中度污染，高山溪則不受冬夏季之影響，水質均為未(稍)受污染(表十二)。比較 2002~2005 年武陵地區溪流之DAI_{po}值，發現 2003 年各溪水質狀況最好，2002 年各溪水質是最差的。當然水質的狀況還是以有勝溪最差，高山溪水質最好，七家灣溪則介於此兩溪之間(表十三)。

表十二、武陵地區溪流Watanabe矽藻群聚指數(DAI_{po})

| | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|----|------|-----|-----|
| 1 | 58 | 89 | 35 |
| 7 | 88 | 92 | 82 |
| 10 | 82 | 86 | 57 |

表十三、2002~2005 年武陵地區溪流Watanabe矽藻群聚指數(DAI_{po})

| | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|------|------|-----|-----|
| 2002 | 67 | 76 | 55 |
| 2003 | 86 | 88 | 82 |
| 2004 | 80 | 82 | 50 |
| 2005 | 76 | 89 | 58 |

三、綜合水質指數 WQI (Water Quality Index) 與藻類指數之差異

WQI 值為結合溪水各物理化學因子如溶氧、生化需量、pH 值、氮、大腸菌數、濁度、總磷及導電度等給予不同權重以計算出之綜合指標，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,.....,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

表十四、WQI8 之水質點數計算式

| 水質參數 | 單位 | 點數 (q _i) |
|-------|-------------|---|
| 溶氧 | 飽和度 (小數) | 0<x<0.7 -70.707x ³ +195.96x ² -4.5707x |
| | | 0.7≤x<1.4 -416.67x ⁴ +2041.7x ³ -3858.3x ² +3243.3x-910 |
| 生化需氧量 | Mg/L | 0<BOD≤5 0.6078×B ³ - 3.5651×B ² - 9.6099×B+100.59 5<BOD 1123.6/【1 + 99.9×EXP(0.2×B)】 |

| | | |
|------|--------------------|--|
| pH 值 | - | $2 < \text{pH} \leq 5$ $3.3333 \times \text{pH}^2 - 15 \times \text{pH} + 16.667$ $5 < \text{pH} \leq 10$ $- 12.562 \times \text{pH}^2 + 187.78 \times \text{pH} - 601.17$ $\text{pH} > 10$ $6.6667 \times \text{pH}^2 - 156.67 \times \text{pH} + 920$ |
| 氮氮 | Mg/L(as N) | $0 < N \leq 2$ $- 19.335 \times N^3 + 81.327 \times N^2 - 118.85 \times N + 99.749$ $2 < N \leq 8$ $0.8271 \times N^2 - 14.106 \times N + 59.906$ |
| 大腸菌數 | Log (MPN/100 ml) | $1.13011 \times X^4 - 15.26941X^3 + 66.60307X^2 - 122.44465 \times X + 170.33508$ |
| 濁度 | NTU | $9 \times 10^{-9} \times T^5 - 2.9447 \times 10^{-6} \times T^4 + 2.615965 \times 10^{-4} \times T^3 + 6.5787311 \times 10^{-3} \times T^2 - 2.1631990403 \times T + 99.4859390033$ |
| 總磷 | mg/L(as P) | $0 < P < 0.4$ $29.9 + 3.8147 / (P + 0.054)$ $0.4 \leq P \leq 3$ $6.592 \times P^2 - 36.417 \times P + 49.906$ |
| 導電度 | $\mu\text{mho/cm}$ | $101.7 / [1 + 0.0062 \times \text{EXP}(8.32 \times 10^{-3} \times C)]$ |

表十五、WQI8 水質分類等級表

| 指標範圍 | 水體分類 | 水體用途說明 |
|--------|------|-----------------------------------|
| 86-100 | 特優 | 水質優良，適合游泳一級公共用水及以下各類用途 |
| 71-85 | 良好 | 水質良好，適二級公共用水、一級水產用水及以下各類用途 |
| 51-70 | 中等 | 水質尚可，適三級公共用水、二級水產用水、一級工業用水及以下各類用途 |
| 31-50 | 中下 | 水質屬中下等，適灌溉用水、二級工業用水及戊類用途 |
| 16-30 | 不良 | 水質不良，為環境保育最低標準 |
| 0-15 | 惡劣 | 水質惡劣，可能發生臭味 |

資料來源：2000,河川水質監測實物講習班講義

武陵地區各溪流之溶氧均幾達飽合，是以對於武陵地區水質影響因子溶氧並不是限制因子，是以將溶氧部分去除，而得到一新的 WQI 值，各溪 2002~2005 年之 WQI 值如表十六（官，2005）。

表十六、武陵地區溪流 WQI 值

| WQI | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|------|------|-----|-----|
| 2002 | 90 | 90 | 87 |
| 2003 | 87 | 90 | 88 |
| 2004 | 94 | 94 | 92 |
| 2005 | 91 | 90 | 87 |

2002~2005 年的 WQI 值在各溪均高於 86，屬於特優之一級公共用水；若以 2005 年為例，比較藻類指數 TDI、DAI_{po} 及 WQI 值，發現 WQI 值夏季較冬季稍高，但冬、夏季所有 WQI 值均高於 86，反之看藻類指數，夏季水質明顯較冬季好，且以高山溪水質明顯為最佳，有勝溪為水質最差之溪流（表十七）。

表十七、武陵地區溪流水質綜合指數與藻類指數之比較

| 指數 \ 季節 \ 溪流 | | 七家灣溪 | 高山溪 | 有勝溪 |
|-------------------|----|------|-----|-----|
| TDI | 夏季 | 59 | 57 | 66 |
| | 冬季 | 77 | 53 | 87 |
| DAI _{po} | 夏季 | 85 | 89 | 70 |
| | 冬季 | 58 | 89 | 35 |
| WQI | 夏季 | 93 | 93 | 88 |
| | 冬季 | 89 | 87 | 86 |

是以，評估武陵地區之水質利用 WQI 值是較不敏感的，無法分別各溪之差異，而利用附生藻類所計算之藻類指數是較能區分各溪流及各季節之差異。在藻類指數中 Shannon-Weaver diversity index 是較不敏感，各溪之差異並不顯著，但似可用來比較溪流季節之差異；而 GI 值則因為是利用曲殼藻等 6 種藻屬為計算標準，而武陵地區之曲殼藻屬為最優勢藻屬，是以在計算中曲殼藻比重過大反而無法顯現各溪之差異，只有 TDI 及 DAI_{po} 似乎是較適合來作為水質評估的指數，惟此兩種指數為國外引進，有必要再結合其他水量或其他更多因子，以修改到更適合本區或上游河川之指數。

四、雪山步道線溫濕度資料收集

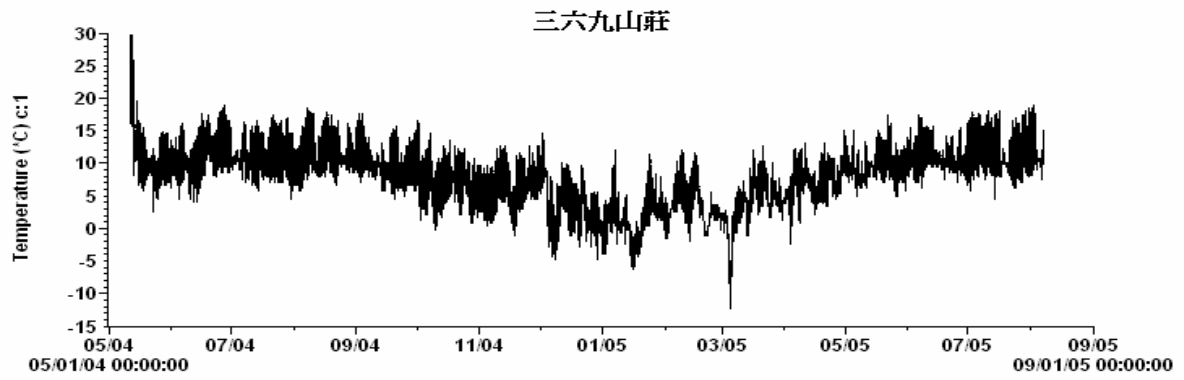
雪山步道自登山口到達雪山頂並至翠池共計設置 9 個連續溫濕度記錄器（表十八、圖七），記錄時間自 2004 年 5 月至 2005 年 7 月，每 30 分鐘記錄乙次，共收集到 2 萬多筆資料；各樣點連續溫度及濕度記錄如圖八~二十五。

表十八、雪山步道溫溼度記錄器設置位置

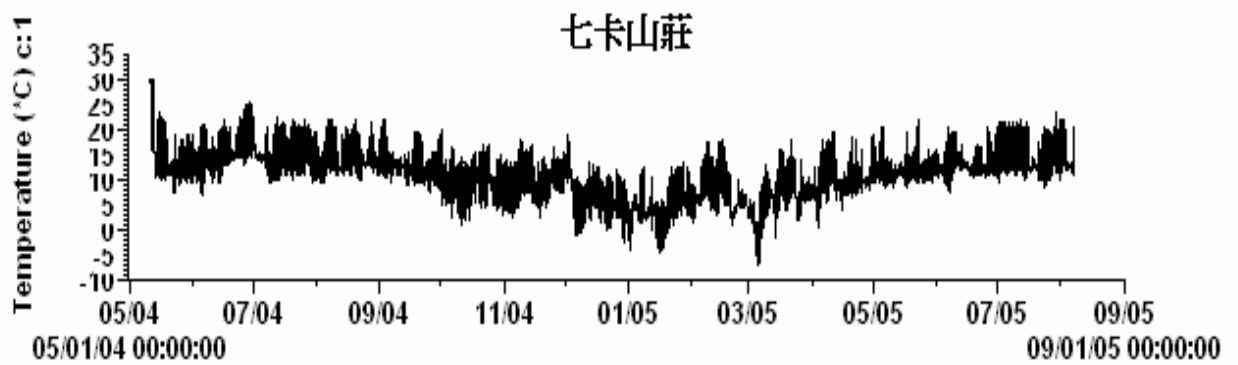
| | 高度(m) | 位置 | |
|-------|-------|--------|---------|
| 雪山登山口 | 2100 | 279468 | 2698004 |
| 七卡觀景台 | 2325 | 279017 | 2697943 |
| 七卡山莊 | 2460 | 278219 | 2697730 |
| 哭坡觀景台 | 2950 | 277614 | 2698366 |
| 哭坡頂 | 3060 | 277342 | 2698551 |
| 雪山東峰 | 3201 | 276690 | 2698311 |
| 三六九山莊 | 3100 | 274981 | 2698691 |
| 圈谷 | 3620 | 273157 | 2698251 |
| 翠池 | 3518 | 271746 | 2697964 |



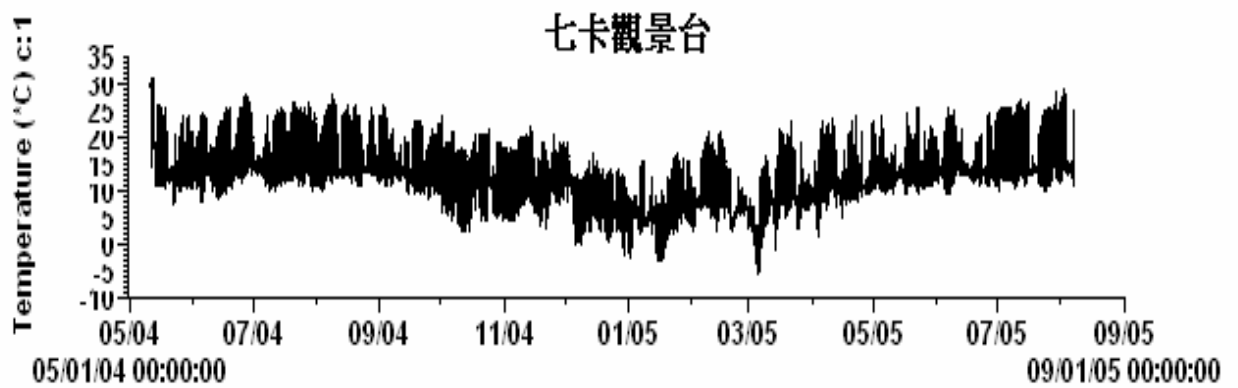
圖七、溫濕度記錄器



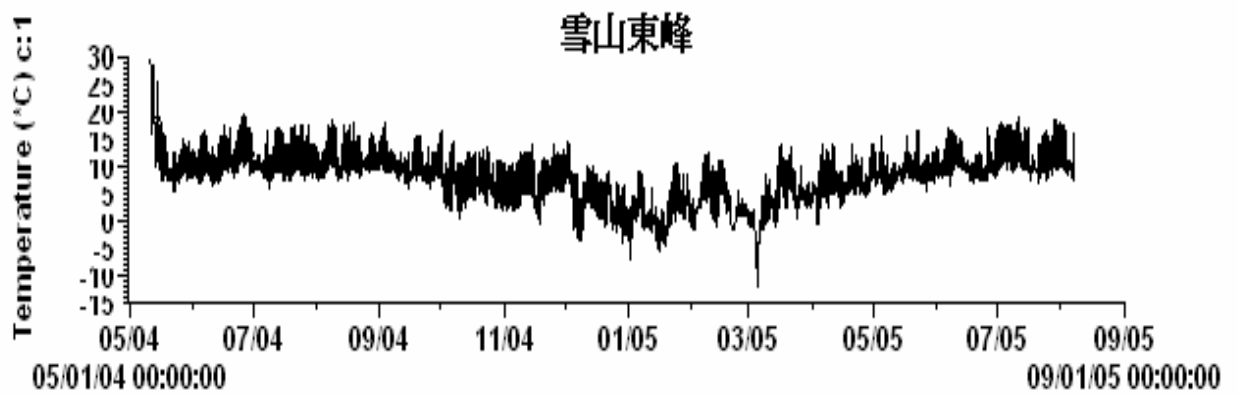
圖八、三六九山莊連續溫度變化



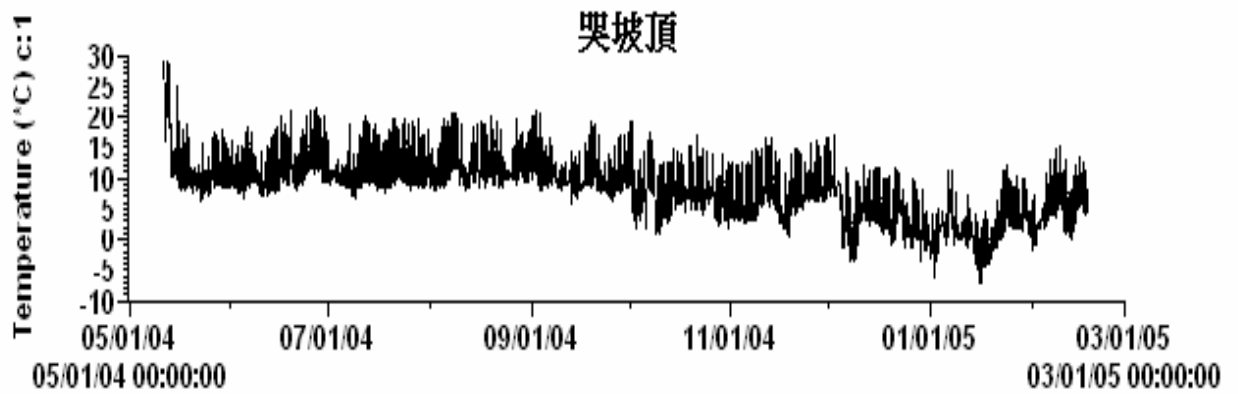
圖九、七卡山莊連續溫度變化



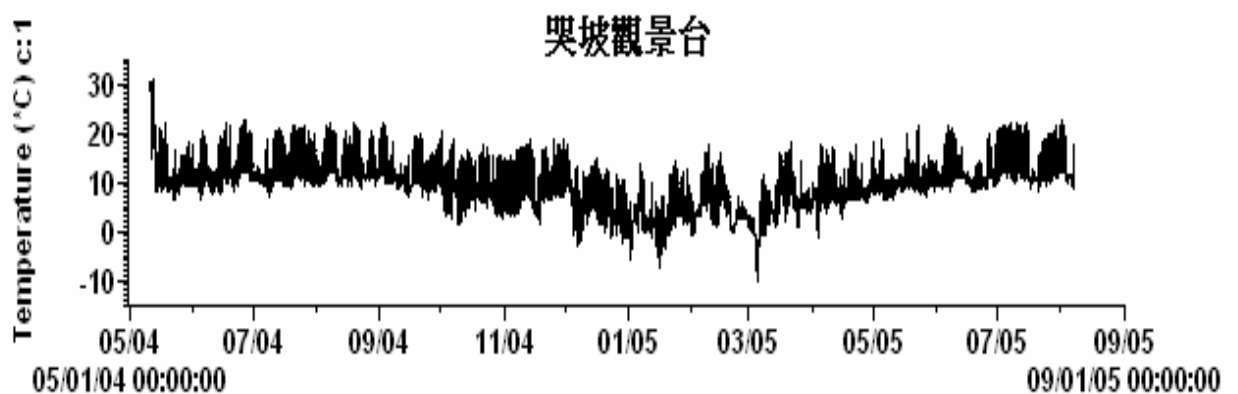
圖十、七卡觀景台連續溫度變化



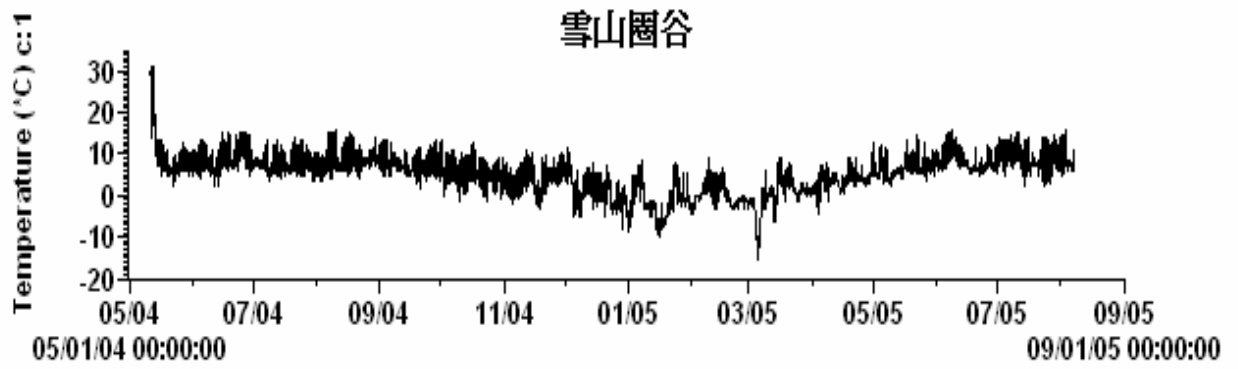
圖十一、雪山東峰連續溫度變化



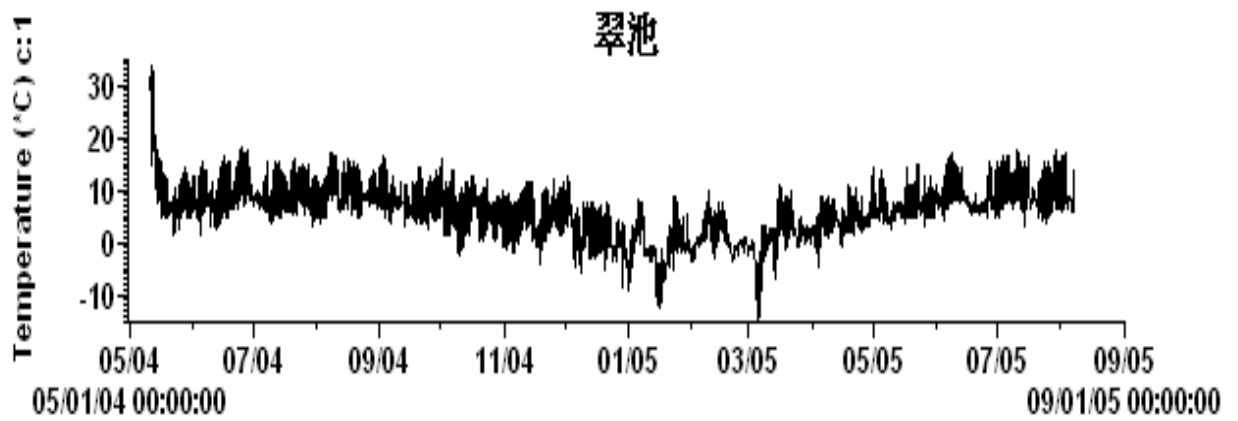
圖十二、哭坡頂連續溫度變化



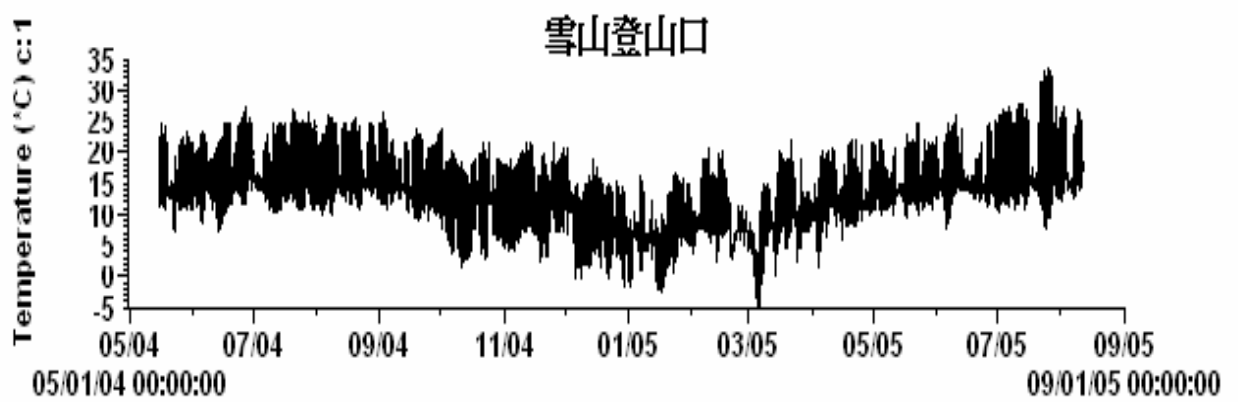
圖十三、哭坡觀景台連續溫度變化



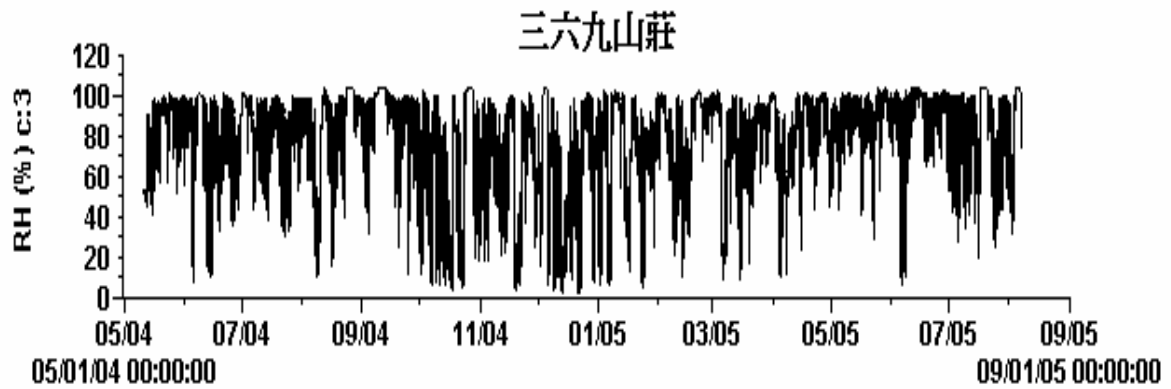
圖十四、雪山圈谷連續溫度變化



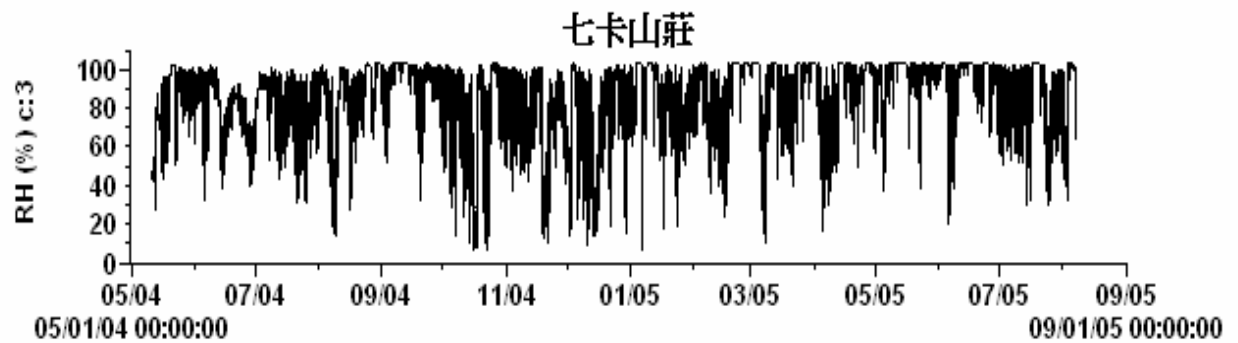
圖十五、翠池連續溫度變化



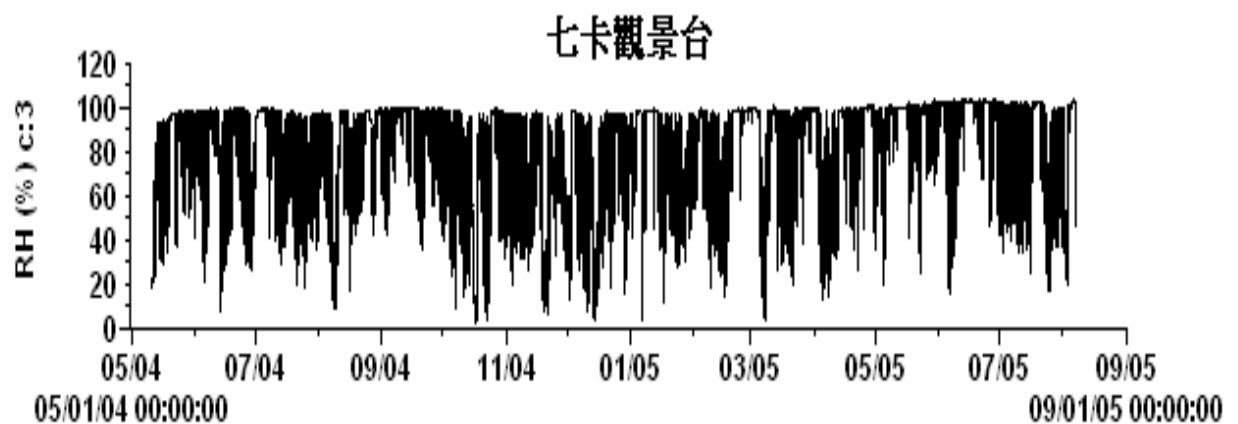
圖十六、雪山登山口連續溫度變化



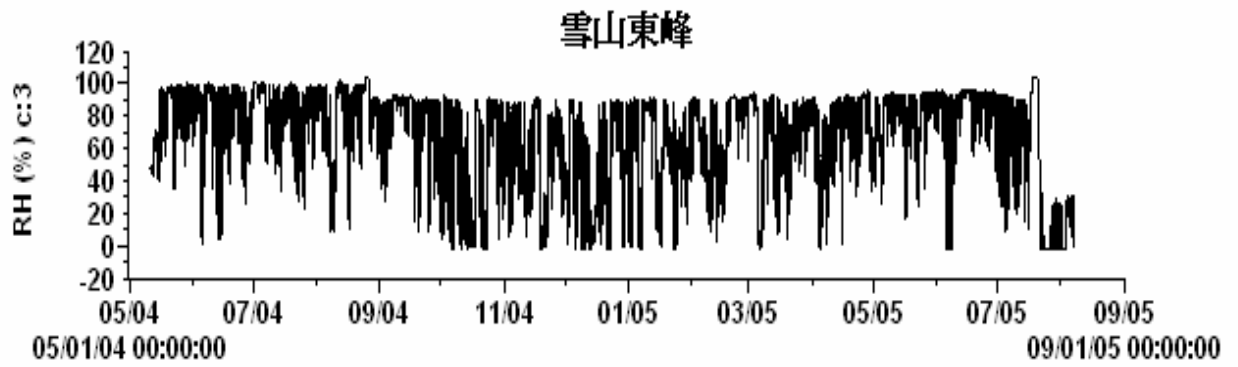
圖十七、三六九山莊連續相對溼度變化



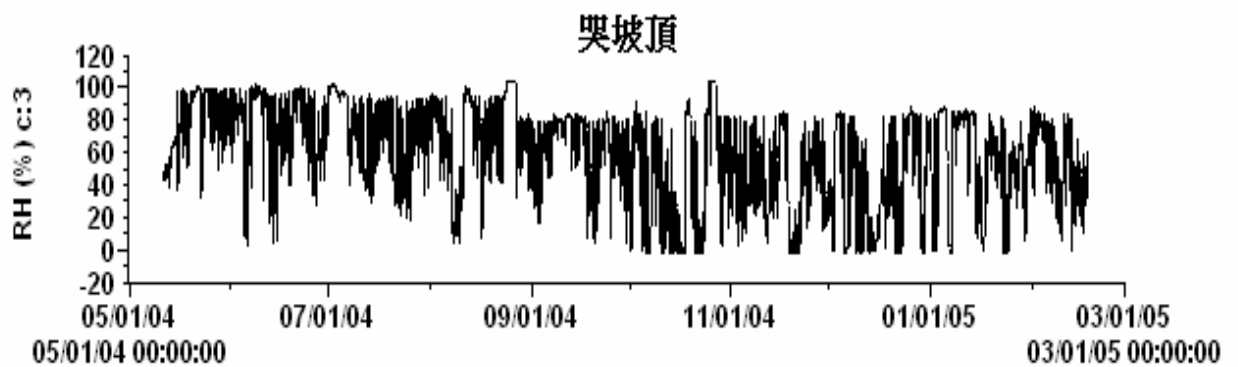
圖十八、七卡山莊連續相對溼度變化



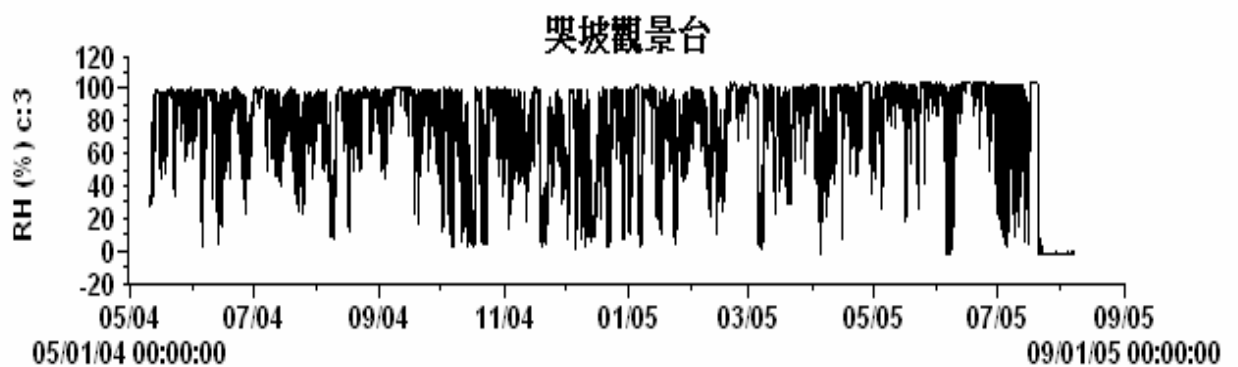
圖十九、七卡觀景台連續相對溼度變化



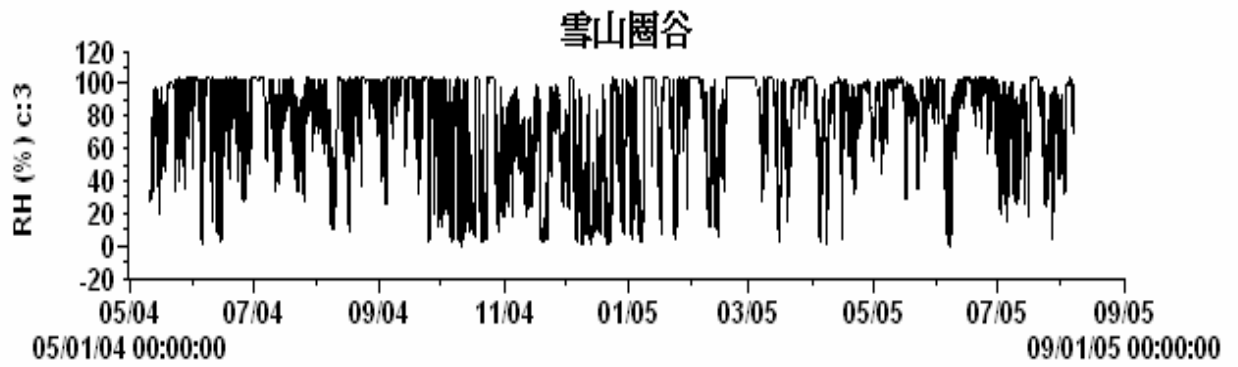
圖二十、雪山東峰連續相對溼度變化



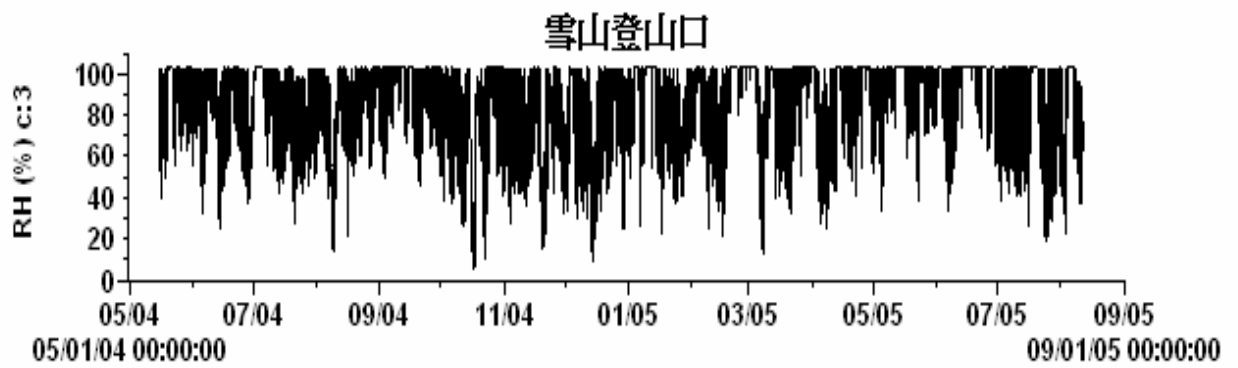
圖二十一、哭坡頂連續相對溼度變化



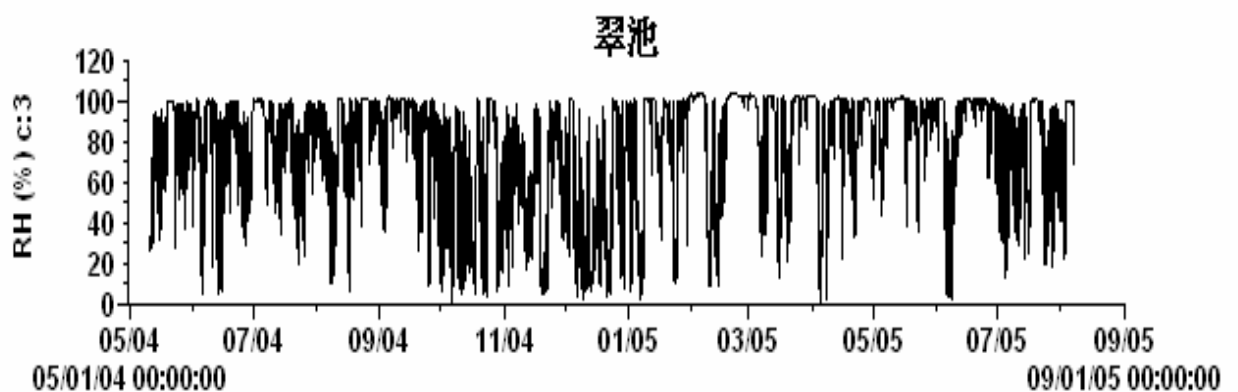
圖二十二、哭坡觀景台連續相對溼度變化



圖二十三、雪山圈谷連續相對溼度變化



圖二十四、雪山登山口連續相對溼度變化



圖二十五、翠池連續相對溼度變化

依據所記錄之時間發現各測點氣溫最低時期均為 2005 年 3 月 5~6 日之凌晨至早上之間，最低氣溫發生在雪山圈谷，為零下 15.36°C，而登山口則為零下 4.82°C (表十九)，本時期亦即為今年武陵清境等地區下三月雪之時期；而於下三月雪時期之溪流水溫在七家灣溪及高山溪為 6.56°C，有勝溪為 7.78°C。各測點發生相對濕度最高時期均為夜晚至清晨，最低時期為中午 11:00~15:00 之間，最大的濕度發生在哭坡頂。

表十九、雪山步道沿線最大及最低溫溼度記錄

| | Temperature(°C) | | Humidity(%) | |
|-------|-----------------|--------|-------------|-------|
| | Max | Min | Max | Min |
| 雪山登山口 | 33.59 | -4.82 | 103.80 | 5.00 |
| 七卡觀景台 | 31.12 | -5.81 | 103.60 | 1.90 |
| 七卡山莊 | 30.31 | -7.33 | 103.80 | 6.20 |
| 哭坡觀景台 | 31.12 | -10.01 | 103.80 | -1.60 |
| 哭坡頂 | 29.50 | -7.33 | 104.10 | -1.60 |
| 雪山東峰 | 29.10 | -12.29 | 103.80 | -1.60 |
| 三六九山莊 | 29.90 | -12.29 | 103.70 | 2.40 |
| 圈谷 | 31.52 | -15.36 | 104.00 | -0.10 |
| 翠池 | 34.43 | -14.73 | 103.70 | 0.80 |

第四章、建議事項

- 一、利用附生藻類作為水質指標較以綜合水質指數來得敏感，是以武陵地區水質狀況可以用附生藻類作為水質指標，宜持續辦理，並嘗試找出結合其他環境因子如水量或是營養鹽等，修正藻類指數以更適用於上游河川。
- 二、GI 值在武陵地區溪流較無法顯現個別差異，建議使用 TDI 及 DA₁₀ 兩種指數較能分別溪流間之差異及季節變化。
- 三、*Achnanthes lanceolata* (Brébisson.) Grunow 為耐污染藻種，尤其喜歡在高氮及高磷營養環境下，七家灣溪在冬季竟然高達 40%，雖與重度開墾有勝溪(58%) 有些差距，但是從藻類監測的資料可見，開墾的確在七家灣溪造成影響，應儘早停止人為干擾。

第五章、參考文獻

- 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。
- 行政院環境保護署訓練所，河川水質監測實物講習班講義，89年4月。
- 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.
- Che'telat, J., Pick, F.R., Morin, A., Hamilton, P.B. 1999. Periphyton biomass and community composition in rivers of different nutrient status. *Can .J. Fish. Aquat. Sci.* 56:560-569.
- Dell'Uomo, A. 1997. Use of algae for monitoring rivers in Italy: current situation and perspectives. Agence de l'Eau Artois-Picardie. pp17-25.
- 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.
- Descy, J.P., Ector,L. 1997. Use of diatoms for monitoring rivers in Belgium and Luxemburg. Agence de l'Eau Artois-Picardie. pp128-137.
- 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.

- Kelly, M.G., Whitton, B.A. 1995. The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *J. Appl. Phycol.* 7:433-444.
- Kelly, M.G. 1998. Use of the trophic diatom index to monitor eutrophication in rivers. *Wat. Res.* 32:236-242.
- Kingston, M.B. 1999. Effect of light on vertical migration and photosynthesis of *Euglena proxima* (Euglenophyta) . *J. Phycol* 35 : 245-253.
- Loez, C.R., Topalián, M.L. 1997. Use of algae for monitoring rivers in Argentina with a special emphasis for the Reconquista river(region of Buenos Aires). Agence de l'Eau Artois-Picardie. pp72-83.
- 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.
- Merrit, 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.

- Rott, E., Duthie, H.C., Pipp, E. 1998. Monitoring organic pollution and eutrophication in the Grant river, Ontario, by means of diatoms. *Can. J. Aquat. Sci.* 55:1443-1453.
- 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.