

內政部營建署雪霸國家公園管理處八十九年度研究報告

武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查(六)
Design of Monitoring System and Investigation of Water
Quality in Rivers at Wu-Lin Area
八十九年期末報告

執行單位：內政部營建署雪霸國家公園管理處

研究機構：中華民國溪流環境協會

計劃主持人：陳弘成

研究人員：高事宜、吳雅琪、翁文舜、王南雄、吳瑞木兵、
袁又宸、邱建樺

中華民國八十九年十二月三十一日

目 錄

Abstract	1
摘要	3
一、前言	6
二、材料與方法	8
三、結果與討論	17
四、建議事項	34
五、謝辭	35
六、參考文獻	36
附表	41
附圖	87

表 目 錄

表一、武陵地區各測站之位置	41
表二、各測站位於各水域之相關位置	41
表三、武陵地區各測站之水質 (88.6)	42
表四、武陵地區各測站之水質 (88.7)	43
表五、武陵地區各測站之水質 (88.8)	44
表六、武陵地區各測站之水質 (88.9)	45
表七、武陵地區各測站之水質 (88.10)	46
表八、武陵地區各測站之水質 (88.11)	47
表九、武陵地區各測站之水質 (88.12)	48
表十、武陵地區各測站之水質 (89.1)	49
表十一、武陵地區各測站之水質 (89.2)	50
表十二、武陵地區各測站之水質 (89.3)	51
表十三、武陵地區各測站之水質 (89.4)	52
表十四、武陵地區各測站之水質 (89.5)	53
表十五、武陵地區各測站之水質 (89.6)	54
表十六、武陵地區各測站之水質 (89.7)	55
表十七、武陵地區各測站之水質 (89.8)	56
表十八、武陵地區各測站之水質 (89.9)	57
表十九、武陵地區各測站之水質 (89.10)	58
表二十、武陵地區各測站之水質 (89.11)	59
表二十一、武陵地區各測站水中飽和溶氧度	60
表二十二、因農業開發或人為活動所引起之水質變化	61

表二十三、各測站水中鈣與鎂濃度因農業開發行為而引起之變化	62
表二十四、高山溪四號壩部份拆除後其濁度與矽酸變化	63
表二十五、武陵地區各測站之細菌數調查(89.5)	64
表二十六、武陵地區各測站之細菌數調查(89.9)	65
表二十七、各測站水質及底泥重金屬含量(88.8)	66
表二十八、各測站水質及底泥重金屬含量(89.4)	67
表二十九、各測站水質及底泥重金屬含量(89.9)	68
表三十、武陵地區各測站細微藻類(附著藻類)之種類與組成 (88.8)	69
表三十一、武陵地區各測站細微藻類(浮游藻類)之種類與組成 (88.8)	70
表三十二、武陵地區各測站細微藻類(附著藻類)之種類與組成 (89.4)	71
表三十三、武陵地區各測站細微藻類(浮游藻類)之種類與組成 (89.4)	72
表三十四、武陵地區各測站細微藻類(附著藻類)之種類與組成 (89.9)	73
表三十五、武陵地區各測站細微藻類(浮游藻類)之種類與組成 (89.9)	74
表三十六、各測站由藻類所反映出的三種水質指數的比較	75
表三十七、武陵地區各測站浮游動物之種類(89.9)	76
表三十八、各測站底棲生物的種類與數量 (88.8)	77
表三十九、各測站底棲生物的種類與數量 (89.4)	79
表四十、各測站底棲生物的種類與數量 (89.9)	81
表四十一、雪霸國家公園Jul-1999至Nov-2000之Brown的WQI水質指數	83
表四十二、各測站水質指數 (WQI) 之年變化與差異值	84
表四十三、各測站水中WQI、總菌數、土壤中鋅含量因農業開發行為而引起之 變化百分比	85
表四十四、武陵地區各測站之WQI值相關係數(88/06~89/11)	86

圖 目 錄

圖一、武陵地區各採樣站之位置圖	87
圖二與圖三、各測站水中溶氧量之差異與月變化	88
圖四與圖五、各測站水溫之差異與月變化	89
圖六、武陵地區水中溫度與溶氧量之關係	90
圖七、武陵地區水中溫度與溶氧量之關係(不含第三站)	90
圖八與圖九、各測站水中pH之差異與月變化	91
圖十與圖十一、各測站水中導電度之差異與月變化	92
圖十二與圖十三、各測站水中Eh之差異與月變化	93
圖十四與圖十五、各測站水中生化需氧量之差異與月變化	94
圖十六與圖十七、各測站水中總硬度之差異與月變化	95
圖十八與圖十九、各測站水中總鹼度之差異與月變化	96
圖二十與圖二十一、各測站水中濁度之差異與月變化	97
圖二十二與圖二十三、各測站水中葉綠素 _a 之差異與月變化	98
圖二十四與圖二十五、各測站水中氨態氮之差異與月變化	99
圖二十六與圖二十七、各測站水中亞硝酸氮之差異與月變化	100
圖二十八與圖二十九、各測站水中硝酸氮之差異與月變化	101
圖三十與圖三十一、各測站水中總磷之差異與月變化	102
圖三十二與圖三十三、各測站水中矽酸鹽之差異與月變化	103
圖三十四、八十四年七月到八十九年四月各站的水質指數變化圖	104
圖三十五、八十五年到八十九年的遊園人數統計圖	105
附表一、計算WQI水質指標值各參數之權重及水質指數值	106
附表二、武陵地區河川水質分類WQI值的說明	106

Abstract

Water qualities including plankton, benthic flora and fauna of rivers in Wu-Lin area, where Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) were found, were studied to evaluate the newly protecting efforts, such as tree planting along river side, exhibition of vegetable farming and rehabilitation management on the improvement of river environments. Monthly sampling was carried out from June, 1998 to November, 2000. The results obtained are summarized as follows:

1. Water Quality Index (WQI) in most studied sites have been gradually improved, it is likely to be associated with protecting activities. However, degree of improvement was level off during the second half year, due to vegetable planting.
2. Water quality at station 3 is much better in this year than the previous years, reaching 82%, although that at station 7 shows litter or no improvement at all, high water temperature in summer at station 7 is still a great problem.
3. Increased flora and fauna (including juvenile fish) have been found in station 3 after rehabilitation and better water quality, however division of agricultural effluent has to be done completely.
4. Agricultural activities resulted into an increase of 0.17-0.85 ppm BOD, 14.6-62.9 ppm hardness, 0-28.9 ppm alkalinity, 1.11-3.39 ppb phosphate, and 116-212 ppb nitrate, respectively. Tourism activity had more deteriorated effect than agriculture, causing an increase in water bacteria, but a decrease in WQI.
5. Turbidity at some stations increased very suddenly in may, due to torrential rain, showing land erosion has to be improved. Removal of

check Dan 4 in Kai-Shan River could increase water turbidity for only one month.

6. There were no pollution of heavy metals, oil and phenol in Wu-Lin area, with except of station 7, where very lightly zinc pollution was noted.
7. Improved water quality can also be revealed with the absence of blue green algae, *Chroococcus*, *Phormidium* and *Oscillatoria* in most of stations. Some aquatic organisms, green algae, *Dictyosphaerium*, insect *Plectrocnemia* and *Uenoa*, *planaria*, *Dugesia*, *Austropolplea* and *Physa* could be used as indicator of water clearness.
8. Monitoring system of water quality at present should be concentrated on Chi-Ka-Wan River and Kai-Shan River, with emphasis on the changes of dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, and ammonia, total bacteria and benthic fauna.
9. There are good negative relationship between dissolved oxygen and water temperature (except station 3), showing water quality of studied area is quite good.
10. Upper part of Chi-Ke-Lan River is suitable for rehabilitating landlocked salmon due to it good water quality, if stream management is improved.
11. It is suggested that tree and leaves be put into stream to increase the natural population of benthic insect for fish feeding.
12. Protecting efforts have to be continuously taken in order to reach better improvement of water quality.

摘 要

雪霸國家公園為了櫻花鉤吻鮭的棲地管理與族群復育的計劃，正全面進行瞭解目前棲息地及其附近水域的水質資料與變化的大小與原因，且已獲初步成果。同時近年來進行的保護措施如菜園的移位、菜園種樹、部分攔砂壩之拆除、生活污水之處理及棲地之改善等，其對於河域水質的影響亦必須闡明與確認，故本研究即針對此進行各監測站的水質與部份的生物調查。由於高山溪四號壩於去年三、四月份時進行拆除，至五月時已拆除完畢，故亦列入調查對象，另外在七家灣溪的四號壩亦增多一站，希望其各站之測定結果與目前的改善措施可做為鮭魚復育與保護之參考。結果發現：

1. 88年6月 89年11月的水質指標在大部份測站已比往年提昇，水質有好轉的趨勢，應與各項保護措施有關，值得鼓勵，但4月以後，因種植蔬菜之關係，使水質持平。
2. 以往水質較差者為第三站的湧泉池，因復育整建工程已完成，其水質已好轉，水質指數已達82%為改進最大者，至於第七站有勝溪的管理處，其水質亦有稍微改善，也達到80.87%，但水溫在夏季仍為最大之限制因子，宜設法改進。
3. 司界蘭溪上游之水質仍屬於適合鮭魚的生棲環境，若棲地及管理

可加以改善的話，應可嘗試放流，但下游則尚待研究。

4. 由多年研究，農業活動會造成水質、硬度 14.67 ~ 62.89 ppm 與鹼度 0 ~ 28.9 ppm 磷 1.11 ~ 3.39 ppb 及硝酸鹽 116~212 ppb 的增加。此現象在武陵溪特別明顯，同時也會使溶氧 0.51~0.65 ppm 的減少及 pH 值變化較大(0.12~0.67 單位)。另外，農業活動的減少亦可使水中及底泥的重金屬大幅減少。
5. 觀光休閒與農業活動會引發水中總菌數的增加及水質指數的減少，因此宜有妥善的規劃，如參觀人數與活動範圍宜可考慮適度限制。
6. 高山溪的拆除第四號壩確使濁度大增，但一個月後即逐漸恢復正常，因此其餘各壩應可研究拆除，至於第三號壩拆除的初期，對濁度無大影響。
7. 目前水質中無重金屬、油脂與酚的污染，而以往鋅與汞的微量增加應與施肥及季節變化有關。而有勝溪的第七站仍殘留非常輕微的鋅污染。
8. 武陵地區除第三站的湧泉池溪水的溶氧與水溫呈現顯著的負相關關係，加上飽和溶氧度高，表示雖受外力的影響，但其水質仍屬清淨。

9. 此區域的水質良好，故浮游藻類的種類不少，但數量不多。浮游動物則更少，只有少數的 *Moina* 及 *Cyclopoida* 出現。
10. 溪流中即使第三站也無藍綠藻 *Chroococcus*、*Phormidium* 及 *Oscillatoria* 的出現，足証水質有好轉現象。而矽藻的種類數及綠藻的如 *Cymbella* 及 *Melosira* 與昆蟲類的 *Neoperla* 及 *Uenoa*，扁形動物的渦蟲 (*Dugesia*) 及螺類的 *Austropolplea* 及 *Physa* 可做為簡易有機物污染的指標。
11. 水質監測站以設立於第一、第四與第五站為宜，監測項目則以溶氧、水溫、氨態氮、BOD 與腸內菌為主。若能增加底棲生物的調查，應當更佳。
12. 水質清淨後，引發鮭魚食物之減少與可能後果，宜繼續研究評估，增投適量樹枝與樹葉，或溪邊種植高樹，以增加落入溪流之落葉，最後溪底宜有深潭之棲地改造。
13. 菜園移位、廢耕與菜園種樹仍宜繼續擴大執行，且在乾旱季節仍宜澆水。另外，廢水處理場的收集管線宜延伸至武陵山莊，甚或武陵溪東邊的民宿或農園，宜儘速進行。

一、前言

武陵地區的河域原為陸封型櫻花鉤吻鮭的重要棲息生育的場所，由於其棲息地可能因人為的破壞、大氣變遷、酸雨、農業與觀光活動所引起的水質惡化或其他因素如攔砂壩的設立、毒魚、捕獵與山洪爆發的影響，而有生棲範圍逐漸縮小、族群減少及基因單純化的危機。目前僅在七家灣溪及高山溪有其族群存在，且一年多來族群數目亦逐漸減少。雪霸國家公園與有識之士有感於此魚之珍貴，希望能對其之生棲特性與周遭的生態有所認識與瞭解，因此進行一連串甚具關連的研究，其中包括鮭魚的人工繁殖與放流、高山溪四號攔砂壩的拆除、棲地的改善與管理、臨溪邊種植樹木、菜園的復耕、溪流水質與污染源的調查等等，希望能使鮭魚的族群復育與擴大並永續棲息於其原來的生棲地區。本研究即針對各項的復育計劃而繼續一連串多年密集的各站水質調查，希望能瞭解1.目前棲息地的水質狀況，2.探討水質提昇的原因，3.執行的保護措施對改善水質的影響，4.研判水質提昇後對鮭魚的可能影響，5.提供可行的改善方法，及6.新可行棲息地之研判，以做為保護與復育的基礎參考。另外，由於多座攔砂壩的建立，使魚群上下游交流繁殖的機會減少，近親交配的結果致使鮭魚遺傳基因的單純化，對整個族群極其不

利，因此國家公園於奉准後已於去年四月進行武陵溪四號與三號壩的部份拆除與整修，希望工程完成後，鮭魚能在較為自然的環境下自由進出，增加空間與交流的機會。故在四月起亦前往四號壩進行水質的調查分析並與其他測站比較，得知拆除工程對於武陵溪水質的影響，特別是混濁度與矽酸鹽，除了拆後的一個月內外，之後似無影響，因此可做為進一步拆除其他攔砂壩的參考。

二、材料與方法

(一)採樣地點：

為配合櫻花鉤吻鮭的棲息環境之調查及可能放流新水域之選定，故在七家灣溪共採樣六站，有勝溪及高山溪各採二站，而司界蘭溪上、下游與桃山瀑布各採一站，另在大甲溪採二站，合計共十三站，其採樣地點及位置如表一及圖一所示。其中第 A 測站位於第一站的上方，屬未受人為大力干擾之天然溪流而增設之，而第二測站在往年 11 月則進入枯水期。另外各測站所在位置區分成五個水域，其包括七家灣溪、桃山溪、高山溪、有勝溪及司界蘭溪等(表二)，本次調查亦比較同一流域水質之變化。另外，由於高山溪四號壩的拆除，為了瞭解此工程對水質的影響，因此在四月後增設第十四站。各採樣點的背景環境簡述如下：

第 A 站：位於第一站上方，屬七家灣溪的第四與第五壩之間，兩側山壁直峭，水質極為清澈，無人為污染，絲藻較第一站少很多，目前是櫻花鉤吻鮭數目最多的處所，為七家灣溪最具代表性的測站。

第一站：採樣點位於武陵吊橋下游約 50 公尺處，溪道緊鄰武陵山莊之東側，此處芒草居多，且因溪床較寬(約 30 米)故少遮蔭。溪床多為石塊，少淤沙，8、9 月份絲藻極多。下半年來各月份不論水量多少皆呈清澈狀，其上方吊橋下為主要產卵區之一。

第二站：此承受桃山瀑布之流出水，位於與第一站之支流交會處之上游 10-20 米處，溪床上僅有少數草本植物。由於河谷稍寬，雖有兩側綿密樹林，受陽時間仍長，但會較第一站來得短。採樣站之水量不多，通常冬季有長達四個月的枯水期。今年水勢較大，但各月份水質仍極清澈。

第三站：為一流動極緩的水潭，大部分水源為地下湧出水。四周盡受植被覆蓋，咬人貓極多。陽光多由樹林枝葉空隙照入，水清澈見底；底質大部為泥沙，極易揚起。9 月份起，因棲地施工，環境大為改變，水潭下游混濁度易增。而植被大半被除平，溪道改變，並另建水池、築石籠，已少見小魚群。據當地農民提起，此處有人偷偷以手抄網捉魚，應留意。

第四站：位於原管理處之東側攔砂壩下方。溪床石塊較大、水流急，無直接受樹陰之處，但另側靠近山壁受光照稍晚。6 月份因水量極大，水略呈混濁。8、9 月份時，絲藻極多，以往常見鮭魚逆游覓食。

第五站：位於原養蜂場處，屬高山溪採樣點。溪道較窄，約 10 米寬。水急、兩岸林蔭夾道，較為陰涼，一般水溫也較低。溪底有許多的小石頭，為主要的魚群棲息地之一。無絲藻繁生的情形，故為鮭魚良好之棲地。

第六站：位於滄浪亭下。溪底以大石頭為主，水流極其湍急。由於離兩岸樹林稍遠，受林蔭機會少。6 月份採樣時，水量極大且呈混濁；8、9 月份時，絲藻極多。此處一般為鮭魚分佈之下限地區。

第七站：位於武陵農場入口收票亭處。此處水流較平緩，票亭側的岸上草本植物多，對岸則是峭壁樹林，頗容易受到陽光照射。由於承受有勝溪兩岸農業開墾的後果，故水質較差。6 月份採樣時，水量極大，溪水呈黃色混濁。而水量亦大的 10、11 月，也呈混濁現象。8、9 月時，絲藻密生，如地毯般佈滿整個溪床，曾見死亡之小固魚於絲藻中。

第九站：位於思源埡口有勝溪上游。溪道寬不過 3 米，兩岸林木茂盛，濕氣重，經常山嵐籠罩。採樣處為一較深水潭，各月水質清澈見底，底質多為細石，為一尚未受開發影響之棲地。距此下游 10 米以下，菜園延綿至武陵農場。9 月份採樣時，溪中有少許的絲藻。

第十站：位於環山部落四季蘭吊橋下。承受環山部落生活廢水與上游蔬果種植之農藥及肥料之影響，水質較差。因賀伯颱風，攔砂壩被沖毀，河床下降了近 5 米。兩岸寬廣且盡是砂石，離植被尚有一段距離。6、10 月份水量大時，水質混濁；8、9 月時有較多的絲藻。

第十一站：即桃山瀑布下的水池。受三面緊鄰之高聳山壁包圍，受陽機會極少。水清澈可見底，無雜物漂流。水溫為 12 採樣站中最低者。若遊客多時水質可能稍受影響。

第十二站：原採於司界蘭溪入大甲溪口處，即攔砂壩下方，此處幾無遮蔭，但因賀伯颱風使河道地形大幅改變，採樣點移至攔砂壩上游處。此處受山壁及樹木極大的遮擋，受陽時間短。溪道寬不過 10 米，水稍急，6、10 月份大水時，水質混濁，此可能受上游農場開墾的影響。

第十三站：位於最後農場下方，即流籠渡溪處。靠近農場側林木茂密，其遮陽效果明顯；對岸原為廢棄果園，但一年來已重新種植蔬菜，且面積更為擴大，溪道一側也被怪手挖出一深潭做為汲水之用；河床也受垃圾傾倒，越來越髒，12 月初採樣時溪中還散布著數個塑膠桶。而農場本身也擴大種植面積，尤其向下延伸至溪床兩側，且皆種植蔬菜；原農場果林也有少部分改種蔬菜，同時農舍也增建、改建。6、10 月份採樣時，水量大，水色也多少呈灰濁。

第十四站：位於第五站上游、第四號壩上方。溪道寬度與第五站差不多，兩側都有茂密林木遮陽。此段溪床，除因四號壩施工怪手沿溪整理溪床之痕跡

外，此段所呈現的都是自然的溪谷景觀，兩側皆看不出有人為活動跡象。四月初時，因仍於枯水期間且溪道平緩，非常容易上溯；五月初時，則因連續下雨溪水大漲且變急促，涉溪稍有困難。四號壩拆除期間，壩上溪水水質清澈，而壩下水質則皆略呈白濁狀。五月份採樣時，受大雨影響之故，本站也略呈混濁，而四號壩及三號壩第二層已拆除完畢。

(二)採樣時間

本調查研究從 88 年 6 月至 89 年 11 月底止，大約每四星期或一個月採樣一次，總採樣為 18 次。在採樣時即依需要分為現場測定與實驗室測定二部份，所調查之項目與分析方法概與 APHA et al.(1992)、AOAC(1984)、環保局(1985)及環保署環檢所(1995)所使用的方法大致相同。亦與以往的研究調查方法相同(陳等，1995)。

(三)現場測定

- 1.水溫：使用溫度測定計，於採樣水域現場測定之。
- 2.導電度：以導電度計測定之。
- 3.溶氧：以 D.O meter 在實驗室中經 Winkler method 校正後於現場測定。
- 4.酸鹼度：以 pH meter 於現場測定。

5.氧化還原電位差：以 mV meter 於現場測定。

(四)試驗室測定

- 1.生化需氧量：將水樣稀釋後裝入瓶中置於 20 恆溫箱中，經五日後測定其溶氧量之變化，二者相差之值即為 BOD₅ 之值。
- 2.葉綠素 a：葉綠素之測定原理乃將試水用過濾膜如 millipore 等過濾後，用丙酮抽出浮游生物的色素，在一定之波長下用分光光度計測定其吸光度。
- 3.總硬度：以 EDTA 法測定總硬度。將試水之 pH 調至 10，以 Eriochrome Black T(EBT)做指示劑，用 EDTA 滴定，EDTA 與 Ca²⁺ 及 Mg²⁺ 形成安定且解離度低的金屬化合物，利用這個原理求出試水中 Ca²⁺ 及 Mg²⁺ 總含量。
- 4.總鹼度：取試水 50 ml 於三角瓶，加酚酞(PP)指示劑、溶液 4 滴，以 0.02 N H₂SO₄ 溶液滴定，直至粉紅色消失為止。
- 5.濁度：以 Hydrazine sulfate 及 Hexamethylene tetramine 兩者混合溶液為 400 N.T.U.之標準液，而後以分光光度計(波長 450 nm)求得標準曲線，樣品再與此標準曲線比對出其濃度。
- 6.銨態氮：在鹼性中銨與 Phenol 反應生成之 Indo-phenol blue，以 Sodium nitroprusside 使其增加呈色效果，以分光光度計於波長 640 nm 定量之。

- 7.亞硝酸態氮：在酸性中，亞硝酸態氮與 Sulphanilamide 作用，形成 Diazonium compound，再以苯二胺還原成粉紅色之 Azo compound，以分光光度計在波長 520 nm 下定量之。
- 8.硝酸態氮：在銅存在下，以 Hydrazine 還原成硝酸態氮，再依亞硝酸氮法定量之。
- 9.磷酸鹽：取過濾試水在酸性溶液中與 Ammonium molybdate 反應形成 Ammonium phosphomolybdate complex，其在 Ascorbic acid 之存在下被還原成 Molybdenum blue；用分光光度計在波長 885nm 下測定之。
- 10.矽酸鹽：係將試水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。
- 11.酚類 (Phenolic compound)：將水樣蒸餾後，使其生成 Antipyrine 再經氯仿萃取後，以分光光度計測定之。
- 12.油脂 (Oil and Grease)：將分離後的水樣以四氯化碳萃取油脂，再以分光光度計測定之。
- 13.重金屬：在各測站採樣取得的表、底層水及底泥，依環檢所 (1995)標準方法加以測定。測定項目有鈣、鎂、銅、鋅、鎳、鉛、鐵及汞等。測定方法：將試水採集後加入濃硝酸，使其酸化 (pH 2-3)，然後以 APDC 與 MIBK 萃取濃縮，再以原子吸光譜儀測試之。測試時，各金屬使用波長為銅 324.8 nm，

鋅 213.9 nm，鎘 228.8 nm，鉛 217.0 nm，鐵 248.3 nm，而汞則以 cold vapor 方法測定。標準液亦同上法加以相同處理而測定。至於底泥，經陰乾後分兩部份作前處理；第一部分加入鹽酸進行萃取，之後取其萃取物以 A.A.分析銅、鋅、鎘及鉛含量。另一部份加入硫酸及硝酸進行前處理，之後再加以分析其汞含量。

14. 總生菌與大腸桿菌群(Total bacteria number, Number of Coliforms)：將採回的水回溫後，以生理食鹽水做 10 倍的稀釋度，然後將過濾膜(Membrane filter)，置於各種不同的培養基(如 MTGE Broth, m-Endo-Broth 及 EMB Broth)上培養 24 小時，即可由差異性的菌落群所表現的不同光澤與顏色而得之。一般言之，MPN 法為常用的檢驗排泄物有機污染的可行之方法，但 MF(本法)與 MPN 法有很好的正相關(Massa, et al. 1988)尚其他的優點，故採用此法。
15. 底棲與浮游藻類(Benthic & Planktonic algae)：在各測站之石塊或卵石上，刮取長寬各 3 公分範圍內所有的底棲藻類多處，經福馬林固定後，在顯微鏡下觀察鑑定其種類與數目。而浮游藻類以 1L 廣口瓶直接取表層水，加福馬林固定後，經過濾收集後在顯微鏡下觀察鑑定其種類與數目。
16. 動物性浮游生物:取樣過濾 20L 的溪水，收集於 1L 的廣口瓶中，加入福馬林固定，帶回實驗室利用解剖顯微鏡下觀察鑑定其種類與數目。

17.水生昆蟲(Aquatic insects)：在各測站之石塊或卵石上，收集長寬各 10 公分範圍內所有的附著昆蟲，經福馬林固定後，在解剖顯微鏡下鑑定主要的種類與數目。

(五)水質指數

水質指數(Water Quality Index)係依據溫(1994)之 NCKU 法再加以修正、計算而得，並以 Brown (1970)之平均法求得加以比較與參考。水質指數係以溶氧、生化需氧量、pH、氨態氮、濁度與磷量而加以評估，其各要項的權重分別為 0.2464、0.2016、0.1792、0.1456、0.1008 與 0.1120。亦從藻類及底棲生物計算其歧異度指數，藻屬指數與腐水度指數(陳，1988)，供分析比較用，使瞭解水質的良劣與改善情況。

三、結果與討論

從以往的報告得知水中溶氧在各站都維持至少 6 ppmO₂，一般都在 8 ppmO₂ 以上(陳等，1996&1998)，而 88 年 6 月 89 年 11 月的溶氧變化範圍在 5.9~9.8 ppm(表三~二十)，比去年的 6.3 10.7 ppm 及前年的 6.3~9.6 ppm 均甚為相近，可知此河段的溶氧一般都甚充足。然而其中的第三站，亦與去年相同，為全河段的最低者(圖二)，其因即為前半年的生活污水之流入與農業開發的後果及地下湧泉的關係，再加上部分溪底因泥沙覆蓋淤淺而致藻類不易生存使溶氧減少。今年(2000)棲地整建已然完成溶氧已顯著的提昇不少，一般都超過 6ppm。今年在此活動的小魚亦不多(曾等，2000)，可能因為食物仍缺乏的緣故。從圖三可知在雨季的 9 月，第三站因滲出水增加，其飽和度更低至 72.3%(表二十一)；而當滲出水減少、其飽和度才再增加，但仍然低於其他各站。另外第十一站的桃山瀑布在 88 年的 8~9 月及第六站滄浪亭在 89 年 1 月時都有溶氧稍微偏低的現象，此可能與水量有關。至於水質較好的各站如第一、二、五、九、十四及 A 等站，其飽和度都維持在 97.6~103.3% 之間。而另條農業開發較多的有勝溪在第七站則介於 99.4~126% 之間(表二十一)，已稍微偏離 100% 的正常飽和度，表示已受某種程度的人為影響，在水質指數(溫，1994)的

計算式中可明白看出，偏離正常的飽和度愈大時，其水質指數愈差。因此以溶氧的飽和度作為溪流水質良否的依據、受污染與否的程度及流速大小之參考，卻有其意義與重要性。

從 88 年 6 月到 89 年 11 月共 18 個月各採樣站水溫的差異與月別變化示表三~表二十。其中水溫較高者則以第七站 1999 年 7 月份的 21.1 及 9 月份的 20.5 為最高者(表三~二十與圖四)，在 2000 年則以 6 月的第七站 20.0 為次高，亦即平均水溫最高者為第七站與第十站，而平均月份則以 6-9 月的季節最高，2 月時水溫最低(圖五)。此種溫度雖非鮭魚的致死溫度，但仍對鮭魚有不良的影響，故亦非適宜的水溫。在前年的調查時此二站亦曾出現 21.8 及 20.9 之高溫。另外第六及十三站之水溫亦稍高些，此種水溫雖可使鮭魚成長，但生長速率極慢(陳等，2000)，因此若欲放流鮭魚於第十三站的司界南溪，應往上游地點選擇。由於去年氣溫較高些，第十一站在 11 月時水溫仍達 10.7 外，至於其他各站的水溫均甚理想，也因此上述提及的四站(7、10、6 及 13 站)因冬天時水溫高於孵化的溫度，故並非良好的鮭魚棲息水域。今年台灣的氣溫特別在高山上比起往年高些，也因此第七站又高達 20 以上，所以即使有勝溪在整治後，此段溪流仍不宜做為鮭魚的放流地點。另外由於水溫與溶氧之關係(88 年 7 月到 89 年 6 月)若包括所有的測站，其相關並不十分明顯(圖六)，亦可知去年

下半年到今年上半年的溶氧量甚受流量、流速及其他之影響。此表示溶氧除了受物理因子作用外，還多少受化學與生物因子的影響，因此若將溶氧較為特殊的第三站去除，則溶解氧與水溫就有明顯的負相關(圖七)，表示水質尚屬清淨，受其他生物與化學因子的影響較少。

從各站水中的 pH 值得知其變化範圍在 6.74~9.12 之間(表三~二十及圖八、圖九)，但一般都在 7.0~8.6 之間，尤其在今年的後半期，比起往年的 7.03~9.35，其變化範圍已然減少，且趨於穩定應是水質更好的現象。武陵地區一般 pH 值除了第七、第十與第十三站稍高外多在 8 左右，應與今年平常少雨、但雨季集中且水質穩定有關，而往年 pH 較低者，尤其第三站的 pH 值更是大幅回昇，除了棲地改善外，菜園廢耕亦有關連。由於陸水的甲類河川水質標準為 6.5~8.5(環保署，1994)，而一般未受污染的河川 pH 值在 7.37~8.30 之間，故最低的第三站只有在少數月份有輕微廢水與滲出水的影響。至於第七站 4 月份的高達 9.12，則是因藻類較多與肥料的使用等有關。另外在司界蘭溪的十三站，去年因農業活動加劇而有 pH 值增加的現象，今年可能擴建緩慢致 pH 亦不特別高。

今年度各站水中導電度變化範圍除了第三站 2000 年 9 月份的 480 μ mho/cm 外，一般均為 100~396 μ mho/cm 之間(表三 二十與

圖十)。此一調查結果與前三年之調查結果大致相似，可見四年之間水中導電度之變化不大。但第三及第七站仍為最高與次高者，與以往相似，其第三站之最高，除滲漏水外，應與施肥有關。至於第一站於今年大增，那是 2 月份時武陵山莊的廚房廢水因遊客增加而暫時激昇，這可由遊客入園參觀的次數而得知，值得注意。而目前甲類陸域地面水體之水質標準為 $750 \mu \text{ mho/cm}$ 以下，因此，以導電度而言，武陵地區水質仍屬良好。亦即武陵地區水中導電度的變化對櫻花鉤吻鮭之生存條件影響不大，何況鮭魚能適應淡海水鹽度的急遽變化，至於不同測站之導電度變化如圖十所示。與去年調查之結果相同，測站中以第三及第七測站之平均值較高，但今年第七站的測值已較去年低些，這現象顯示第七站上游地區的生活廢水排出量及農業活動頻繁度可能已不再增加。水中導電度愈低，表示水質受外界影響也愈少，因此較好水質的第四、第五、第九、第十一及第 A 站，其導電度也最低，而去年石灰之施用在冬天時非常明顯，故導電度也愈來愈多(圖十一)，因此導電度應可作為水質良否與受外界農業影響之指標。

十八個月份各測站水中氧化還原電位差的變化範圍在 122 ~ 362 mv 之間(表三 表二十與圖十二)，而平均在 200~240mv，仍然落在以往的監測範圍內，但比往年則呈穩定些，尤其是在今年的後半年(圖十三)。其中仍以第七站為最低，此結果與以往一致，而第 A 站的水

質最佳，故其數值最高，由於各站的溶氧飽和度平均一般都在 97.6~106.4% 者(除第三站的 85.8%)，因此氧化還原電位差與溶氧之關係已然不十分明顯，亦即影響氧化還原電位差者，除了溶氧外仍有其他因子，如 NO_3 與 NH_4 等，但總體言之，武陵地區的水體除了少數測站外，從氧化還原電位的觀點視之，仍屬較佳的水質。

由於生物化學需氧量可反應水生環境有機物污染的情況或農業活動時施放有機肥的情形，故目前甲類陸域河川的地面水體水質標準訂為 1 ppm。由十八個月於各站的採樣測定結果，得知 BOD 的變化範圍為 N.D. 3.0 ppm，且超過 1 ppm 者已然不多（表三 表二十及圖十四），如第一、第二、第六與第七站。其中第一與第六站仍為最高，此情形與往年的調查結果雖不很一致，但也很相似，因為第七站仍約 0.3ppm，亦即生活廢水與農業活動之施肥，係分別造成上述二站其 BOD 值較高的主因。同時亦表明在年初以前生活廢水(如第一站)或施肥(如第七站)仍未減少或即使減少其降低亦甚緩。然在今年下半年，由於道路旁溝渠的截流、廢水處理廠的使用及武陵山莊的整修，這些廢水或肥料的影響已經減少很多，此由 BOD 都在檢測濃度之下而得知(圖十五)。另外由前半部十個月份的第九站至第七站之差異，其 BOD 增加了 1~2 ppm(圖十四)，即可明瞭生活廢水、遊園活動與農業施肥所帶來的影響。因此廢水改道、減少農業施肥及山莊住宿人員都

對七家灣溪的水質有明顯促進的作用。

各測站的硬度變化範圍在 12 ~ 184 mg CaCO₃/L (表三 ~ 表二十), 其中以第三站為最高、第二站與第七站次之 (圖十六), 其各站的變化情勢與去年者完全相似, 但濃度卻已減少了一些, 表示農業活動之範圍已慢慢減少(圖十七); 而各測站之總鹼度變化範圍則在 22 ~ 138 ppm 之間(表三~表二十), 今年後半年的濃度也減少了許多, 仍以第三、第二與第七站為最高, 第十一站桃山瀑布與第九站為的思源埡口為最低 (圖十八與十九)。第七站的濃度之所以較高是因為受到農業活動大量使用石灰及沖溶岩塊的影響結果, 而第三站則為施肥與滲水之結果。於 88 年 6 月到 89 年 3 月的期間, 在同條河系的有勝溪中, 其上游 (第九站) 與下游 (第七站) 的硬度與鹼度平均分別增加了 63.78 mg CaCO₃/L 及 30.23 ppm(表二十二); 而從桃山溪的第十一站及第二站至第三與第四站, 其硬度與鹼度平均亦增加了 15.56 mg CaCO₃/L 及 1.34 ppm, 乍看之下, 二條河川似乎無多大的差異, 但若從鈣與鎂的離子觀之(表二十三), 則有勝溪者二站相差 15.05 ppm Ca 及 8.85 ppm Mg(去年度分別為 15.2 ppm Ca 及 7.0 ppm Mg), 而桃山溪則相差 11.5 ppm Ca及 3.475 ppm Mg(去年度分別為 14.8 ppm Ca 及 3.10 ppm Mg), 但在沒有農業開發之高山溪, 其上下游二站(第十四與第五站)的差異只有 0.15 ppm Ca 及 0.05 ppm Mg, 可知農業開發之影

響。有勝溪中鈣的增加，其農業施肥應是主因。由去年的報告得知 1998 年 7 月時，此地區各採樣站水中的鈣與鎂、鈣與導電度、鎂與導電度、鈣鎂總和與導電度都有顯著正相關的關係（陳等，1999）。然而到了 1999 年 2 月時，則各站水中的正相關只有鈣與導電度、鎂與導電度，但鈣與鎂的關係則不明顯，今年 7 月的情形亦是如此。7 月與 2 月份有如此差別，主要為農業活動施放石灰、雨水減少、部份水體來自滲出水及當地的山岩特性。

各測站濁度的變化範圍在 88 年 6 月至 89 年 3 月止為 N.D. 13 NTU（表三 表二十與圖二十），此濃度比起往年已然大幅減少，但第七與第九站仍有稍高的濁度。去年因多雨的關係，各站如第七、第十及第十二站有極為輕微的濁度，此種濁度是否會對小魚有所影響，值得注意。然而到了 1999 年 5 月時，採樣當天正逢下大雨，部份溪水暴漲且挾帶大量濁泥，故濁度大量增加，已拆除壩頂的第十四站亦達 1545NTU，而第五站有高達 2605 NTU 者，另外在桃山瀑布（無人為影響）亦高達 2488 NTU，此種水質已然對鮭魚有所影響，幸好濁度在數日後即回復原本狀況，至於桃山瀑布的高濁度表示當地的地理特性有因大雨而崩塌的現象，故其水土保持仍有待加強。拆壩後其相關上下游的水質，特別是濁度的變化如表二十四所示，顯示其濁度在一個月內即可慢慢回復正常。若遇大雨，則其沖刷的結果有時仍會達到

56 NTU，但幾天後又恢復舊觀。因此為了增加鮭魚遺傳特質的多樣性，其他二、三號壩實有繼續拆除之必要，其實三號壩也在今年 10 月時進行拆除，對於混濁度的影響似乎不大(圖二十一)。

水中葉綠素的多寡除了浮游藻類為最主要外，可能與濁度亦有多少的關係，本年度各站的葉綠素含量除了少數測站如第 7、9 與 13 站外，一般平均都為 N.D.~10 mg/m³ 左右(圖二十二)，尤其在今年度甚多都是 N.D.值，比起往年變化已減少許多，且葉綠素 a 的含量也較低，可能與水中各營養鹽的濃度減少及浮游藻類較少有關，此種現象可由第九站的葉綠素在今年夏天大增(圖二十三)，但水中的各種營養鹽特別是銨鹽亦大增而得證。但不論如何，上述的低葉綠素含量的水質仍適合鮭魚的生存，也是貧營養鹽的水域。第七站因為農業活動甚多，其水中葉綠素有高達 123.76 mg/m³ 的紀錄，此種水質與水色，不適合鮭魚生長。

五種營養鹽中，由於三種含氮的物質能在各種氧化還原電位及溶氧下，經由細菌或化學的作用而互相轉變，雖然其轉變的速度因水溫與細菌數的關係，仍需數天或數月才能達到平衡，但最後在溶氧飽和時，亞硝酸態氮的含量應為最低，而硝酸態氮應為最高，而由今年度十八個月的調查結果亦證實與此結論相似(表三 表二十)。氨態氮

含量的變化範圍在 N.D. 648 ppb 之間，各測站的變化範圍月變化示如圖二十四及二十五，此種濃度比起去年則相差無幾或減少一些，但第一、第二、第六與第七站的濃度仍高於其他測站，此與廚房廢水(第一站)、 休閒中心(第六站) 與農業活動(第七站) 的影響仍是主要原因之一。故農業、觀光活動與範圍，慢慢地要有設限。由於本文所測為總氮，其能分解為具強毒性的未游離氮與毒性極低游離氮，因此將其以未游離氮表示時，在目前 pH 介於 7.5-8.5 之間，都未超過鮭鱒魚類的適宜水質的 12.5 ppb(陳等，2000)，水質已有進步。另一種氮源的亞硝酸態氮，一般對淡水魚的毒性仍然甚大，今年各站的亞硝酸鹽濃度普遍增加(表三~表二十)，其各站的變化示如圖二十六，這可能是水中溶氧較多銨態氮減少所引起。值得注意的是亞硝酸的大幅增加，雖平均未達 15ppb，但有時少數測站亦可達 40 ppb，離陳等(2000)所提出的亞硝酸的水質濃度的 50 ppb 已相去不遠，希望不會再繼續提高，今年的亞硝酸濃度已比去年底者減少很多(圖二十七)。至於硝酸態氮則因其毒性更低，即使第三站最高的 1317 ppb (表三~表二十及圖二十八與二十九)，仍不會對鮭魚產生不良的影響，因此水質中氮態氮與亞硝酸態氮成為主要考慮的對象。然而值得一提者，則為凡是硝酸態氮高的測站，都與農業活動或生活廢水有關，如第三、第七

與第十站等，都與施肥有關，此結果與往年者都完全一致，因此更能確定二者的影響效果，也因此道路旁溝渠之截流仍有待加強。

各測站的水中磷酸鹽，除了 6 月與 7 月因種植高麗菜需大量的施肥而偏高外(陳等，1997)，其餘的月份都已甚低，有些更在檢測範圍之下(表三~表二十)。由圖三十可知除了桃山瀑布外，磷酸鹽較高的地區仍為第二、第三、第七與第十站，但與其他各站之差異已然減少很多。磷酸鹽不多，其原因可能與溪水中絲狀藻類較多因而將之吸收減少有關，另外七家灣溪右岸到道路的中間地帶，因甚多休耕或種植樹木亦有促進磷量減少的功能，也因此去年的 11 今年的 1 月其大部份的磷酸鹽很多均不能檢出，但今年 8、9 月因高麗菜價高，又因施肥而暫時有增加的情形(圖三十一)。磷酸鹽的缺乏會造成基礎生產力與初級生產者的減少，進而引起鮭魚食物鏈中水生昆蟲的減少，故如何維持磷量的最少供應量，此值得仔細探討。至於矽酸鹽一般的含量(表三~表二十與圖三十二、三十三)都超過矽藻的最低生長濃度 0.25ppm(Chen, 1970)，因此不會形成限制因子。但其濃度比以往少些，這與水質較好時，矽藻較多，因其吸收矽酸鹽之結果所造成。另外由圖三十二亦可看出矽酸鹽仍以第二與第三站為最高，亦印證其為湧泉與滲漏水所引起。綜合上述營養鹽的濃度，吾人應可認為除了少數時段及局部人為污染外，武陵地區的水體仍屬清淨的水質，因此宜

特別注意氮與磷的濃度變化，因其影響水質甚巨，為水質指數的計算要項。

各測站的大腸桿菌與總菌數示如表二十五與表二十六，一般言之，以第六與第七站的菌數較多，表示觀光與農業的影響確實造成此二站的菌數增加。第十一、十四站、第五站與第 A 站由於人為的干擾最少，故其值較低。值得一提的是第三站整治後，其菌數明顯比去年度者減少很多，也因此其水質指數亦增加不少。若從今年 9 月(表二十六)的菌數調查，則發現第三、六、七及十站者都比其他為高，這是旅遊季節時，水中總菌數在這些受影響的測站必會增加，也因此影響其水質，由水質與菌數之關聯，有些活動宜加以檢討。今年度水中的油脂及酚的含量都甚低，都在檢測濃度之下，亦即分別為<1ppm 及<0.1ppm, 這與近年來外界的減少污染及今年的水量較多稀釋有關。

今年不同時期各站河水重金屬的濃度分別為 N.D. 1.8 ppb Cu, 0.1 2.4 ppb Zn, 不能檢出的 Cd, N.D. 1.87 ppb Pb, N.D. 137 ppb Fe 及 N.D. 0.2 ppb Hg (表二十七~表二十九)。這些重金屬的含量一般都甚低，不僅符合甲類陸域河川水的水質標準，甚至於還低下很多。至於底泥的重金屬除了第七站有較高的鋅外(當作植物之微量元素，農業施肥所致)，其餘測站的重金屬均在一般的範圍內。1996 年

8 月時，各站的水質、底質均有銅與鋅的污染跡象，去年度(1998)仍有微量的鋅污染，但 1998 年 7 月其底土的銅、鋅含量已減少許多，今年已無銅的污染，這是因為銅、鋅為植物之微量元素之一，故推測應與農業的施肥或農葯中某種成分有關。這些重金屬濃度至目前為止，仍不會對當地的水生生物有不良的影響，但其含量目前正減少中，顯示保育措施已多少出現正面肯定及具清除的效果。至於第七站的減少，可能與當地水域的西洋芹菜的大量增加有關。

在附生於石塊的微細附著藻類中，由往年的結果得知因有少量污廢水的關係，故藍綠藻的 *Oscillatoria* *Chroococcus* 及矽藻的 *Cyclotella* 得以出現，而去年度(1998~1999)因水質有較明顯的改善，故其數量已然減少了一些，而今年度(1999~2000)的三次調查中則已無藍綠藻的發現。依照以往的調查第七站的水質最差，故 *Oscillatoria* 最多，但前年其水質已有改善，因此此藻已減少很多，去年度與今年度則已無此藻之發現（表三十~表三十五）。同期間，反而是第六站的水質因遊客較多，故出現的附著藻類種類最少，與第七站相差不多，值得注意(表三十~三十一)，然而去年 921 地震後遊客較少，故今年 4 月的底藻種類(非數量)又增加一些。至於去年(89 年 8 月)各站之微細浮游藻類，在第六與第十站則有較多的種類，正顯示浮游藻與底棲附著藻可能有相反的生長趨勢。亦即水質較好時，附著藻增加，當附著藻不

能利用營養鹽時(因營養化而減少時),浮游藻才有機會利用營養鹽大量生長(表三十二、三十三)。今年由於沒有底棲的藍綠藻,故水中有機物或營養鹽亦較多。再者,水溫低者如第十一與十四站則因水溫關係,其藻量甚少(表三十四、三十五)。由於藻類的出現與數量有時可反映當時當地的水質狀況,因此比較三種計算出的指數(表三十六),並與水質指數(WQI)互相比較,得知岐異度指數與水質指數具有稍好的代表性與一致性,其他的藻類指數與腐水度指數用來代表此地區的水質並不適合。第三站經過一年來的整建與管理後,其水質環境已然趨向穩定,故種類數在 88 年 8 月由 3 種增加到 16 種,今年則一直維持在 13~17 種,其中矽藻類增加不少,且綠藻及藍綠藻亦不再出現,表示其水質雖比不上其他測點,但已有好轉且相差不多並趨於穩定。由附著藻類的分佈情形,發現矽藻的 *Cymbella* sp.、*Melosira varians* 為清水種的指標;矽藻的 *Navicula rhyncocephala*、*Gomphonema* sp. 為非清水種的指標。故由其大量出現可反映其水質狀況。

武陵地區的水質良好且浮游藻不多,故當地的浮游動物甚少,再加上上下大雨沖刷、水流湍急及可當魚苗的食物,因此第七站鮎魚特多的地方,全無發現(表三十七),其他地區則只有少數 *Moina* 及 *Cyclopoida* 而已。

88年9月各站水生昆蟲的種類與數量示如表三十八，得知其之的數量與種類比前年同期稍微減少，特別在上游各站較明顯，此應與水生昆蟲的食物底藻較少有關，其對鉤吻鮭族群應有某種程度之影響，將來宜加探討促進其族群之方法。再者，由第三、第六及第七站的昆蟲最少，但扁形動物的渦蟲（*Dugesia*）及軟體動物的螺類 *Austpelplea*、*Valvata* 及 *Physa* 則較多，與其他各站有顯著的差別(表三十八)。這些動物種類的出現均可做為武陵地區簡易有機物污染的指標生物。另外第六站的全部種類最少，可能與近年來的水質及觀光活動有關，此站除了蜉蝣目外，其他的種類絕少，值得注意，因其已有輕微惡化之趨向。因此污水改道的計劃宜全面儘速嚴格進行，以防食物減少造成河川的魚類載量亦隨之減少之情形。今年(2000年)9月的採樣中，第六站的種類數(表四十)已有增加，應與改道及遊客較少有關。另外第七、十與十三站的種類數及數量也是最低，反映其與水質的關係。至於第二站只有2種，這是因為平時水溫較低的緣故，但水質好，故以 *Baetis* sp. 為最多。至於可做為優良水質之指標生物則包括積翅目的 *Neoperla*、*Protonemura*，蜉蝣目 *Baetis*、*Ecdyonurus* 及毛翅目的石蠶 *Stenopsyche*，此結果與以往發現大同小異，而前年尚無發現的清水種 *Uenoa* 則在第一、第二及第五站又開始少數發現，顯示上游測站之水質有好轉的現象。由第三與第七站有軟體動物之出現，

其他個站均無，可知其水質稍微差些亦得印證。

將各種重要水質因子經 Brown(1994)的 WQI法加以改良加權計算後，可以得出各站的整體水質指數，此法可互相比較各站水質的良否，並可與往年的指數相比，係非常理想的評估法。從 18 個月的平均值水質指數可以看出（表四十一），雖然仍以第三及第七站的水質指數最低，但此二站的水質也超過 80%，表示水質已然進步很多。最好與最差者只相差 5.07%而已。值得一提的，則是去年與今年的水質指數一般都比往年者為高，表示水質更為清淨，如 1997 年的水質指數中第三站為 69.4 第七站為 74.4 1998 年的調查，則分別為 74.4 及 76.7，去年度則提昇為 75.4 及 77.8。今年度則更增加到 82.0 及 80.87(表四十二)至於其他各站，如第四站從往年的 80.2 增加到前年的 83.0，去年則為 82.6，今年則為 84.27，都有相同的提昇。推斷此次水質變為稍好的主要原因，應與菜園的易地、有勝溪的減少使用肥料有關，另外保育觀念逐漸在大眾與來此觀光的人士中形成亦有所關連。至於去年 10-12 月時有最高的水質指數，應與該次調查的 BOD 與磷酸鹽的含量較低有關，然而今年因高麗菜價格高昂，農場使用較多的肥料，導致 10 及 11 月磷酸鹽的含量增高。另外第五站的水質，比起去年則有稍微轉好的情形，可能與拆霸已完成有關，然而這與近年來此河域的鮭魚減少有否關聯，值得繼續觀察。圖三十四為從 84

年 7 月到 89 年 4 月各站的水質指數變化圖，很明顯各站的水質指數，由於各方面的保育措施，使得每年都在提昇，但今年已開始持平。因此要達到水質更好的境界，仍有待努力與一些時間的助力。

為了瞭解因農業開發或人為活動所引起的水質變化，特將三條溪流各有關連的測站算出其水質濃度的差異(表二十二)，此與農業開發對於鈣鎂的影響一樣(表二十三)，得知開發確會使溶氧減少，導電度、硬度與鹼度的大量增加，施肥而造成營養鹽的增加及 pH 值的變化加大。因此有計劃的開發、中止開發如休耕與多種樹林或限制開發與觀光地點，在維護水質及生物保育上實有必要。若由水質指數、總菌數與底泥中鋅含量在開發與未開發的變化百分比(表四十三)，則發現開發的活動使水質指數下降 4.78%，總菌數增加 10 倍左右，底泥的鋅含量增加 20.2%。因此為了瞭解各水質因子與 WQI 之關係，特將各因子間的相關係數算出並列於表四十四。由此表可明瞭何者的影響較大。由於 WQI 是由 6 項因子加權算出，因此這些因子必然與 WQI 有各種程度的相關，其中尤以溫度與溶氧、WQI 與 PO_4 、濁度與葉綠素、硬度與鹼度相關係數最大；而與 WQI 較不具相關的因子計有混濁度、硬度、葉綠素 a 與亞硝酸鹽；而重金屬、油脂與 WQI 亦無多大關連。故要提昇水質指數宜從有關的因子加以改進，並使其合乎鮭鱒類的水質標準。

其實武陵地區特別是七家灣溪河岸的農業區所使用的肥料與農藥，經調查後發現計有肥料如農友 1 號、台肥特 1 號、金氮尿素、雞糞、含鎂複合肥料、天然有機物、腐植土；殺菌劑如絕菌寶、氰氮化碳、嘉賜黴素；生物酵素劑如美得壯、喜旺、金好肥、Biolan、Biozyme；殺蟲劑則有丁基加扶、丁基拉草、陶斯松、巴拉、得恩地、新快寧及泰得展著劑。這些化學或天然物在作物生長時，仍有可能超量使用，曾經二次的水中農藥分析，幸好一般的濃度都在檢測範圍之下，尚不構成危害的結果，但若能夠儘量少用，相信對水質仍有促進作用。廢棄果園或栽種的林木，在甘旱季節仍宜澆水以促進其生長，甚至多種植林木。茶園若能移位或廢耕，對下游的混濁度與水質應有幫助。再者確實要求武陵山莊、民宿、農場場本部的生活廢水改道，此亦為相當重要的保育措施。最後經多年的統計，得知遊園人數在 1~2 月及 7~8 月為最多(圖三十五)，也因此其水質指數會下降一些，將來有些地區宜限制遊園人數，或限制進入特殊地區。如此多管齊下，對此區的溪流水質應有正面的功效。

四、建議事項

1. 第三站水質雖因菜園易地而休耕，且棲地已改造完成，水質已有明顯變佳的現象，但生活廢水與農業滲出水仍要徹底截流改道，且廢棄菜園仍要綠化，使水質與上游各站相同，以保護稚仔魚。
2. 今年有勝溪流域的水質雖改善不多，但其水質指數已達80%，若能慢慢縮小耕地面積，減少農業活動，溪岸種植樹木，增加河川的遮陰處，將來似有希望成為另一個鮭魚之棲息地，否則不易達成。
3. 武陵山莊的廚房廢水與生活廢水勿流入第一站，另外雪山入口處的菜園勿向濱河（桃山西溪）靠近。
4. 今年的水質與往年已進步不少，但後半年則持平，除了菜園與果園休耕及種植樹木外，仍要繼續勸阻勿集中使用多量肥料與農藥，應平均分多次少量使用，或勸導慢慢減少。
5. 由於大雨引發濁度增加，故一些測站的水土保持如桃山瀑布與高山溪的上游仍要加強。
6. 茶園若能廢棄易地並種植林木，將可使水質提昇。
7. 菜園、果園休耕處，在乾旱季節仍應澆水，以促進植樹的生長。

8. 監測水質仍以溶氧、水溫、氨態氮、磷酸鹽、生化需氧量、腸內菌與底棲生物為主，應注意使其不再惡化。
9. 為了增加水生昆蟲的數量，上游河段宜以人工投放樹枝與枯葉，或增加河岸的樹葉飄入河川。
10. 冬夏季增加的觀光人數，確實影響水質，宜考慮人數或地點之設限。

五、謝辭

本研究計劃承兩位林處長、彭茂雄副處長、吳詳堅主秘的長期支持與鼓勵，特此致謝。研究期間雪霸國家公園各課室相關人員的協助，提供資料或給予採樣之方便，若沒有他們的幫助，此研究將較難達成。

六、參考文獻

- 1.行政院環境保護署，1994，水污染防治法規，pp. 103-110。
- 2.行政院環境保護署環境檢驗所，1995，環境檢測方法-水質檢測方法，02-16-01。
- 3.呂光洋，1990，溪流生態系，森林溪流淡水魚保育訓練班論文集，23 頁。
- 4.呂光洋、汪靜明，1987，武陵農場河域之原產種魚類生態之初步研究，行政院農業委員會，76 年生態研究第 010 號，臺北市，77 頁。
- 5.汪靜明，1992，大甲溪魚類棲地改善之生態評估研究，國立彰化師範大學生物學系，166 頁。
- 6.林曜松，1990，美國魚類棲地改善研習及考察報告，森林溪流淡水魚保育訓練班論文集，189 頁。
- 7.戴永禎、林曜松，2000，櫻花鉤吻鮭空間分布與溪流結構的關係，櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集，95-114 頁。
- 8.洪正中，1980，淡水河流域水生生物調查與水質等級評估，師大生

物學報 14: 23-31。

- 9.津田松苗，1972，水質污濁生態學，公害對策技術同友會。
- 10.陳弘成，1992，水產用水水質基準之研議，農業環境品質研討會，37 頁。
- 11.陳弘成，1994，系統性公害鑑定之研究，EPA-83-E3K1-09-01，環保署，136 頁。
- 12.陳弘成、高事宜、林泰榮，2000，臺灣櫻花鉤吻鮭的水質基準之研究，櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集，136-150 頁。
- 13.陳弘成等，1995，武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查，雪霸國家公園管理處。
- 14.陳弘成等，1996，溪流水質調查與生物監測---武陵附近地區，雪霸國家公園管理處。
- 15.陳弘成等，1998，武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查，雪霸國家公園管理處。
16. 陳弘成等，1999，武陵地區溪流水源水質監測系統之規劃與調查，

雪霸國家公園管理處。

- 17.曾晴賢、游智閔、楊正雄，2000，櫻花鉤吻鮭之族群監測與生態研究，櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集，115-135 頁。
- 18.楊平世、汪良仲，1997，七家灣溪的水棲昆蟲監測調查，雪霸國家公園管理處，29 頁。
- 19.楊平世、謝森和，2000，以水棲昆蟲之族群結構及功能組成監測七家灣溪環境品質，櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集，151-177 頁。
- 20.溫清光，1994，台灣水體水質指數之回顧與展望，1994 年環境監測與指標系統研討會論文，台北。
- 21.經濟部水資源統一規劃委員會，1986，大甲溪德基水庫魚蝦類初步調查報告水資會報告(25-資-03)。
- 22.雷淇祥等，1988，大甲溪上游浮游生物相及水質之調查，農委會生態研究第 8 號，30-33 頁。
- 23.蘇天賜、賴春櫻，2000，櫻花鉤吻鮭保護區之現況及保育措施，櫻花鉤吻鮭保育研究研討會論文集，215-227 頁。

- 24.興儀喜宣、中村廣司(林曜松譯), 1986, 台灣高地產梨山鱒(櫻花鉤吻鮭), 農委會林業特刊第九號, 行政院農業委員會, 98 頁.
- 25.Alabaster, J. S., and R. Lloyd. 1982. Water quality criteria for freshwater fish. Butterworth Scientific, London, England. 361 pp.
- 26.American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water, 18th Ed., Method 2160, pp.2-15 2-17. APHA, Washington, D. C., USA.
- 27.AOAC. 1985. Official methods of analysis. 14th Ed. ISBN 0-935584-24-2.
- 28.Bjornn, T. C. and D. W. Reiser. 1991. Habitat requirement of salmonids. p. 83-138 In: W.R. Meehan (ed.), Influences of forest and rangeland management on salmonid fishes and their habitats. American Fisheries Society Publication 19, Bethesda, Maryland.
- 29.Healey M. C. 1994. Effects of dams and dikes on fish habitats in two Canadian rivers deltas. pp 385-398 In: W.J.Mitsch(ed.) Global Wetlands, Old World and New. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
30. Healey M. C.2000. Habitat Management and Restoration for Conservation of Salmonid Fishes in the Pacific Northwest. pp192-212. The workshop on Conservation of the Taiwan Masou *Salmo(Oncorhynchus) masou formosanus*(Jordan and Oshima).

- 31.Kline P. 2000. Conservation Hatchery Strategies for Salmonid Populations at Risk. pp 6-16. The workshop on Conservation of the Taiwan Masou Salmo(Oncorhynchus) masou formosanus(Jordan and Oshima).
- 32.Wang, C. M. J. 1989. Environmental quality and fish community ecology in an agricultural mountain stream system of Taiwan. Ph.D. Dissertation. Iowa State University, Ames, Iowa. 138pp.

- 第一站 武陵吊橋下
- 第二站 桃山溪
- 第三站 湧泉池
- 第四站 武陵行政中心
- 第五站 高山溪
- 第六站 滄浪亭
- 第七站 有勝溪靠收費站
- 第八站 國民賓館前
- 第九站 思源啞口
- 第十站 環山攔砂壩
- 第十一站 桃山瀑布
- 第十三站 司界蘭溪上游
- 第十四站 高山溪四號壩
- 第 A 站 七家灣溪上游



圖一. 武陵地區各採樣點之位置圖

中華民國溪流環境協會

會計報表(89 年度總表)

會計項目	編列經費	使用經費 (1)	使用經費 (2)	使用經費 (3)	使用經費(T)
助理	326,250	123,750	135,000	67,500	326,250
研究津貼	104,000	32,000	48,000	24,000	104,000
臨時工資	240,000	100,000	108,000	32,000	240,000
雜支	52,250	13,755	0	46,342	60,097
旅運費	370,500	105,250	114,300	155,950	375,500
檢驗器材費	145,000	30,246	0	105,575	135,821
印刷費	36,000	0	0	36,000	36,000
管理費	76,000	0	0	76,000	76,000
共計	1,350,000	405,001	405,300	543,367	1,353,668

附表一、計算 WQI 水質指標值各參數之權重及水質指數值

指標參數 (單位)	權重 (Wi)	水質指數值 (Qi)
溶氧飽和度(%) 60-140%	0.2464	$-0.09+0.90K-4.09 \times 10^{-2}K^2+1.570 \times 10^{-3}K^3$ $-1.522 \times 10^{-5}K^4+4.545 \times 10^{-8}K^5$
生化需氧量(mg/L) 適用範圍(0-5 mg/L)	0.2016	$1123.6/[1+9.99\text{Exp}(0.2\text{BOD}_5)]$
pH 值 適用範圍(5-10)	0.1792	$-678.4+208.13\text{pH}-13.875(\text{pH})^2$
氨氮(mg/L) 適用範圍(0-2.0 mg/L)	0.1456	$[97.9-5.67 \times \text{NH}_4+0.62 \times (\text{NH}_4)^2] \div 7.3$
濁度(NTU) 適用範圍(0-120 NTU)	0.1008	$100.1-2.433T+2.282 \times 10^{-2}T^2-7.90 \times 10^{-5}T^3$
總磷(mg/L) 適用範圍(0-0.5mg/L)	0.1120	$29.9+3.815/(P+0.054)$

附表二、武陵地區河川水質分類 WQI 值的說明

WQI	水質分類	水體說明
84 以上	特優	高山未受污染之地表原水 鮭鱒魚產卵培育之用水
77-83	優	甚少受農業與觀光活動影響之地表水 適合鮭鱒魚類生活之水產用水
65-76	良	稍受農業與觀光活動影響之地表水 一級水產用水
55-64	中等	遭受某種程度污染之地表水或滲出水 二級水產用水

表一. 武陵地區各採樣點之位置

測	站	站	名	
第	一	站	武陵吊橋	
第	二	站	桃山溪	
第	三	站	湧泉池	
第	四	站	武陵行政中心	
第	五	站	高山溪	
第	六	站	滄浪亭	
第	七	站	有勝溪靠收費站	
第	九	站	思源啞口	
第	十	站	環山攔砂壩	
第	十	一	站	桃山瀑布
第	十	三	站	司界蘭溪上游
第	十	四	站	高山溪四號壩
第	A	站	武陵吊橋四號壩上方	

表二. 各測站位於各水域之相關位置

測	站	水域位置	周遭相關人為環境		
第	A	站	七家灣溪上游	四號及五號壩之間	
第	一	站	七家灣溪上游	武陵山莊	
第	三	站	七家灣溪上游	湧泉池	武陵農場
第	四	站	七家灣溪中游	武陵行政中心	
第	六	站	七家灣溪下游	武陵遊憩區	
第	十	一	站	桃山溪上游	桃山瀑布觀景池
第	二	站	桃山溪下游	無	
第	十	四	站	高山溪	暫時的拆霸工程
第	五	站	高山溪	工寮	
第	七	站	有勝溪下游	高冷蔬菜農場	
第	九	站	有勝溪上游	無	
第	十	三	站	司界蘭溪上游	廢棄果園
第	十	站	大甲溪中游	環山部落及果園	

85年		86年		87年		88年		89年	
月份	遊客人數	月份	遊客人數	月份	遊客人數	月份	遊客人數	月份	遊客人數
1月	12656	1月	13147	1月	22564	1月	19291	1月	3537
2月	24878	2月	20730	2月	12545	2月	34126	2月	9288
3月	14083	3月	10066	3月	6531	3月	8391	3月	1853
4月	8533	4月	12333	4月	13260	4月	20429	4月	5651
5月	6047	5月	34490	5月	10457	5月	8792	5月	1691
6月	11589	6月	4773	6月	9874	6月	12003		
7月	28312	7月	17619	7月	36906	7月	29759		
8月	11326	8月	10091	8月	40045	8月	23203		
9月	11781	9月	9584	9月	13772	9月	7441		
10月	15451	10月	21509	10月	8641	10月	432		
11月	9837	11月	14119	11月	16436	11月	3142		
12月	10294	12月	8664	12月	20080	12月	4577		

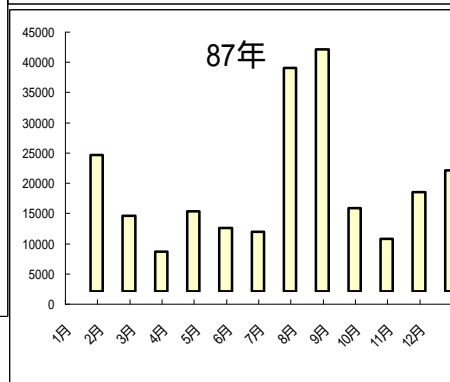
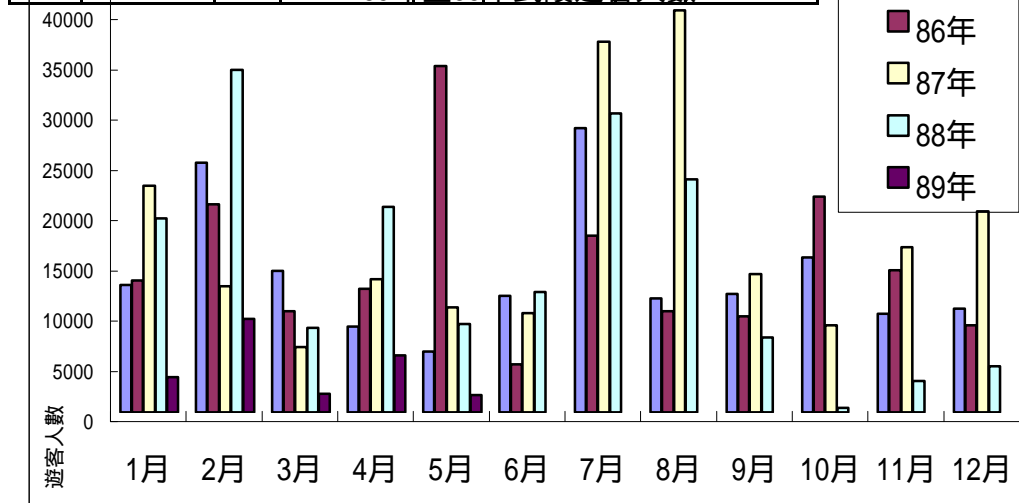
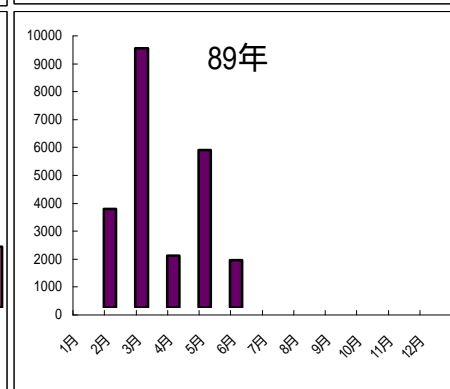
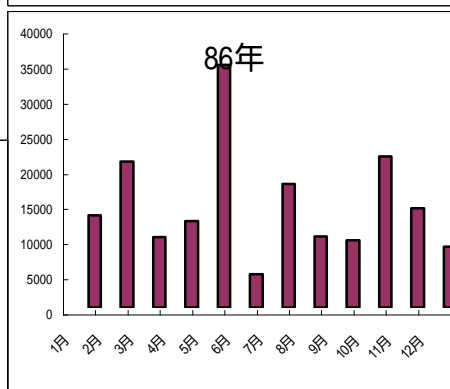
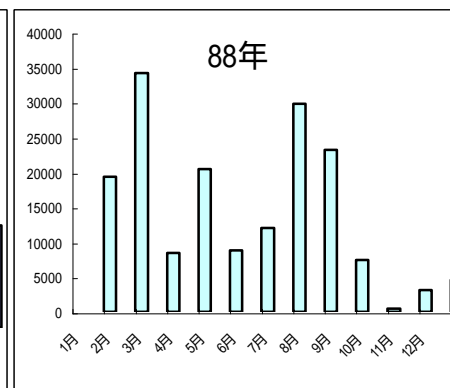
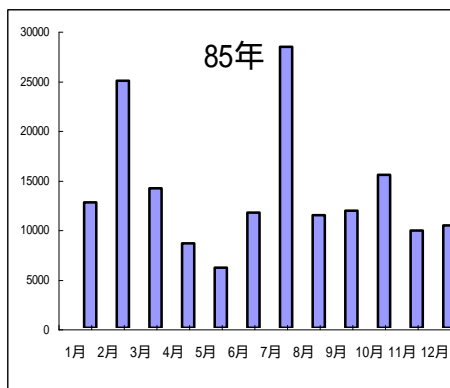
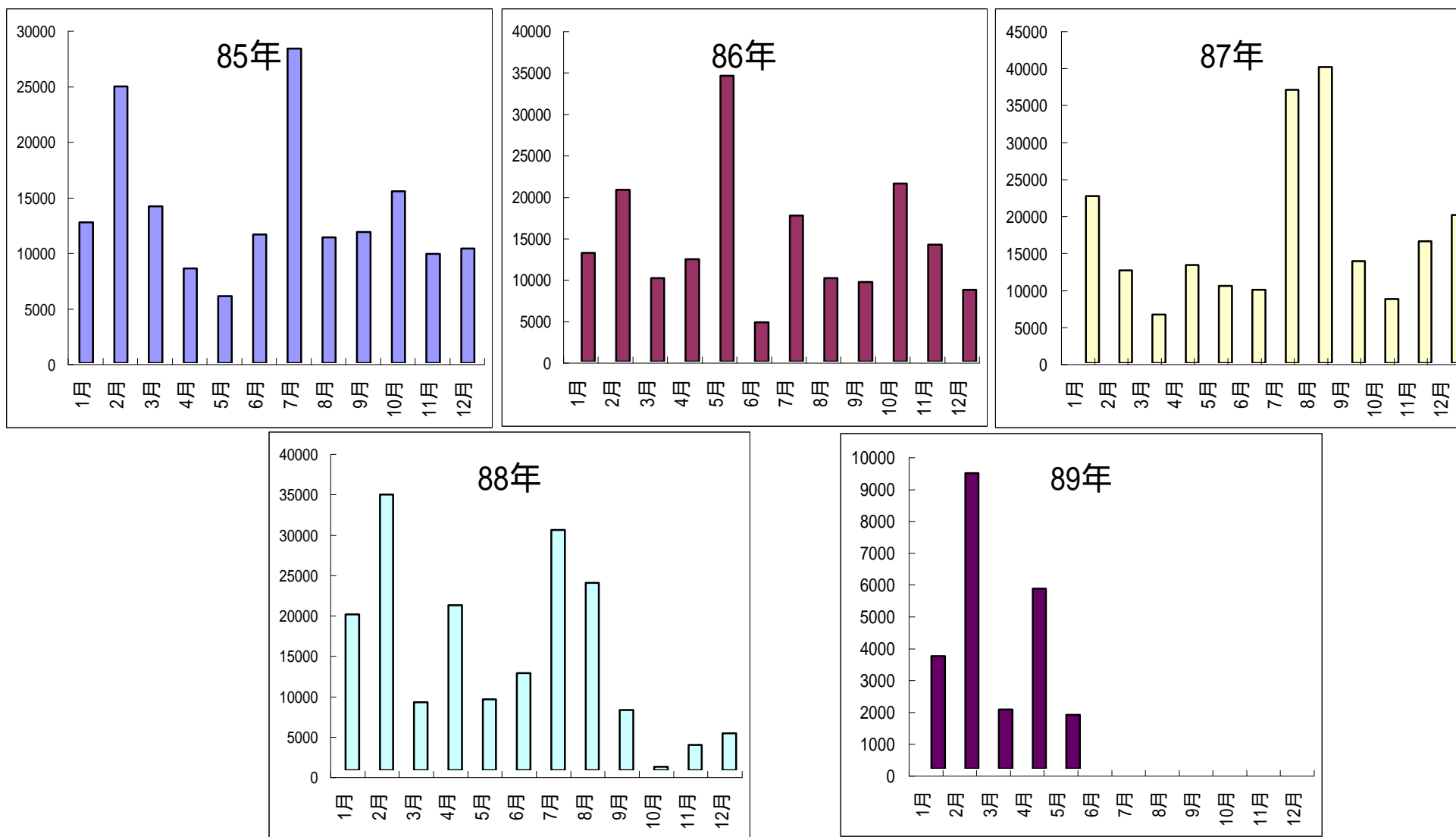
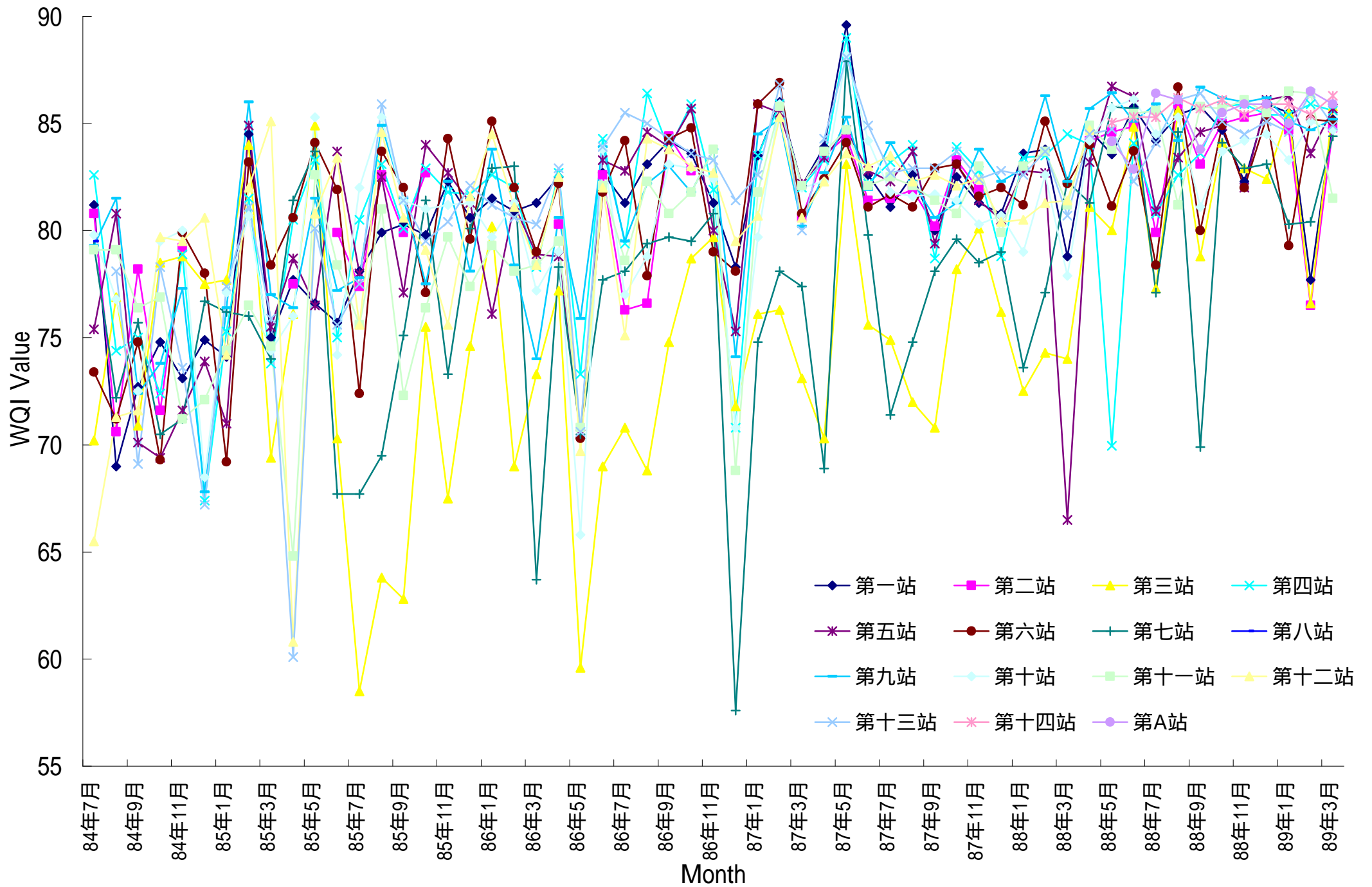


圖 . 武陵地區各85至89年度遊客人數



圖三十四 . 武陵地區各85至89年度遊客人數



84年7月至89年3月之各測站WQI值