

武陵地區水質調查研究

于淑芬¹、林永發¹、官文惠²、林幸助³

(收稿日期：2004 年 10 月 17 日；接受日期：2004 年 12 月 28 日)

摘 要

櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 為寒帶性的鮭鱒科魚類，屬陸封型鮭魚，在學術上具有非常高之價值，但數量稀少且瀕臨絕種，於是自民國 73 年始農委會即進行其棲息地之環境及水質監測，雪霸國家公園管理處 81 年成立後，即持續辦理櫻花鉤吻鮭的棲地管理與族群復育，並對於目前棲息地及附近水域作長期之水質監測。本研究計畫自 2003 年 1 月至 2003 年 12 月，樣區範圍包含七家灣溪、高山溪及有勝溪共設置 14 個樣點，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；理化因子分析發現有勝溪營養鹽含量是最高、七家灣溪次之、高山溪營養鹽量最低。不考慮 DO 之水質綜合指數 WQI，較考慮 DO 之傳統 WQI 值，更能反映真實之七家灣河流域水質狀況；整體而言，WQI 值顯示各溪流水質為第一級優良水體，其中高山溪水質最佳，七家灣溪次之，有勝溪水質最差。以藻群聚藻指數 GI 值探討水質，發現 GI 值最高為高山溪、七家灣溪次之、有勝溪最低，且有勝溪三個樣點其 GI 值有 6 個月以上 GI 值都偏低，顯示水質較差；在 2003 年各個月份中，冬季枯水期普遍 GI 值均較夏季豐水期來得低。

關鍵詞：武陵，櫻花鉤吻鮭，水質，WQI，附生藻類

一、前 言

櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 為寒帶性的鮭鱒科魚類，屬陸封型鮭魚，在學術上具有非常高之價值，且櫻花鉤吻鮭在日據時代的分布遍及整個大甲溪上游，包括合歡溪、南湖溪、司界蘭溪、七家灣溪及有勝溪等支流都曾是其棲息範圍 (林等,1988)，惟自中橫

-
1. 雪霸國家公園管理處。
 2. 明志科技大學環境與安全工程系。
 3. 國立中興大學生命科學系。

公路開闢後，大甲溪上游沿岸開墾種植高山蔬菜及水果，並且有毒魚電魚之情事發生，使得櫻花鉤吻鮭之生存遭受嚴重威脅，數量急遽下降且瀕臨絕種，因此政府於民國七十三年七月依「文化資產保存法」第 49 及施行細則 72 條之規定，指定並公告櫻花鉤吻鮭為珍貴稀有動物（汪,1994），其現有生存棲息地的七家灣流域並於民國八十八年由農委會依據「野生動物保護法」公告為櫻花鉤吻鮭野生動物保護區。櫻花鉤吻鮭為對水質及水溫異常敏感，是以，欲有效管理其棲地並進行族群復育，對於棲息地之水質及環境應作確切且長期之監測；農委會於 76 年始即委託林曜松教授等人對於目前櫻花鉤吻鮭棲息地及附近水域作長期之水質監測。至 81 年雪霸國家公園成立後，除持續作水質監測外，並為擴大其棲息環境，邀集各專家學者經三年之評估研究，於 2001 年 6 月完成高山溪四座壩壩體改善工程（陳,2000；林等,2001），對於壩體改善後之環境變化及水質亦列入調查與監測；本文主要探討武陵地區目前已存有櫻花鉤吻鮭之七家灣溪、高山溪及目前已無櫻花鉤吻鮭之有勝溪三條溪流水質狀況比較，並嘗試以溪流內之附生藻類作水質探討。

二、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，位置詳如圖一；茲簡述各採樣站環境：

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"):

為櫻花鉤吻鮭避難區，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。

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，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，溪面有 1/2 長滿水芹菜，水量少大石多，岸邊多為芒草。

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，尤以冬季枯水期時更明顯。



圖一. 樣區範圍及採樣點圖

(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 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 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 [(NH₄)₂SO₄]，銨離子亦同樣會轉變成硫酸銨。樣品在消化過程中，先形成銅銨錯合物，而後被硫代硫酸鈉 (Na₂S₂O₃) 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)。

(三) 水質指數及藻指數

1. 單憑各項水質之理化性質，尚無法清楚瞭解水質之好壞，所以利用綜合水質指數 WQI8（環保署,1990）值之計算，可瞭解武陵地區水質之整體表現，計算方式如下：

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

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， $n=8$

2. 藻指數 (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。

三、結果與討論

(一) 水質理化性質

武陵地區溪流最高溫都是在 6、7、8 月，最低溫發生在 12、1、2 月，七家灣溪上下游水溫並無差異，而高山溪上游（樣點 9）水溫明顯較中下游低，七家灣溪及高山溪平均水溫在 15 以下（表一），符合櫻花鉤吻鮭最適合生長環境水溫 16（汪,1994），而有勝溪上游水溫（樣點 12）雖未超過 16，但中下游平均水溫均超過 16，且在夏季時甚至高達 22；溶氧量在各樣點均在 7mg/l 以上。所以對於溪流內生物而言，溶氧並不是造成生長限制因子；pH 值大致在 7.5~9 之間，七家灣溪、高山溪及有勝溪三條溪差異不大，與歷年來各學者所調查之結果無差異；至於導電度部分，由結果發現有勝溪中、下游兩樣點的導電度明顯比高山溪及七家灣溪大 2 倍左右，在冬季枯水期時最大可達 440，與有勝溪中、下游溪岸農耕行為有關（王等,2000）。濁度、生化需氧量與陳弘成 2000 年及 2000 年以前之調查差異不大。

表一. 2003年武陵地區各採樣點水質理化性質

Station	Temp ()		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±2.3	8.5-15.9	9.8±1.7	7.2-12.9	0.28±0.09	0.03-0.89	0.51±0.36	0.00-1.40	8.47±0.27	7.75-8.90	23.4±8	200-310	7.05±0.85	3.98-13.99	0.022±0.099	0.000-0.473	0.431±1.073	0.000-3.168	0.197±0.152	0.087-0.394	0.002±0.020	0.000-0.056
2	12.3±3.2	6.5-16.5	9.9±1.2	7.4-12.1	0.26±0.12	0.01-1.08	0.60±0.24	0.00-1.17	8.28±0.24	7.95-8.90	140±16	90-200	4.66±0.80	2.35-8.988	0.285±0.131	0.000-0.628	0.697±2.636	0.000-9.128	0.214±0.056	0.044-1.948	0.053±0.041	0.000-0.116
3	12.4±3.0	7.0-15.5	9.6±1.2	7.3-12.0	0.24±0.10	0.002-0.99	0.48±0.23	0.00-1.79	8.42±0.35	8.00-9.16	151±24	90-210	4.44±1.07	2.58-8.19	0.004±0.019	0.000-0.892	1.539±2.559	0.000-9.690	0.327±0.080	0.000-0.4524	0.001±0.015	0.000-0.057
4	13.1±1.9	10.0-15.5	8.8±1.8	6.5-11.5	0.25±0.09	0.01-0.98	0.41±0.24	0.00-0.85	7.19±2.07	6.74-8.16	199±28	110-344	5.73±0.99	2.58-8.19	0.015±0.070	0.000-0.335	1.382±1.145	0.000-4.500	3.772±3.138	0.462-12.555	0.003±0.027	0.000-0.076
5	12.8±1.7	9.3-15.7	9.6±1.1	8.1-12.2	0.19±0.10	0.02-0.35	0.52±0.32	0.00-1.14	8.22±0.37	7.60-9.20	172±18	110-250	4.81±0.81	3.15-9.29	0.019±0.088	0.000-0.422	1.627±3.046	0.000-6.015	0.939±0.228	0.000-8.915	0.000±0.049	0.000-0.000
6	13.4±1.6	7.9-16.8	10.3±1.3	8.2-12.8	0.32±0.17	0.02-0.62	0.57±0.45	0.00-1.41	8.33±0.22	8.01-8.66	184±16	130-260	5.30±0.99	2.86-9.89	0.024±0.108	0.000-0.518	1.845±2.208	0.000-6.690	0.905±0.416	0.462-1.855	0.000±0.015	0.000-0.000
7	12.5±2.5	8.0-16.0	10.9±1.2	8.2-12.4	0.43±0.37	0.04-0.65	0.75±0.47	0.15-1.70	8.27±0.26	7.68-8.61	147±12	130-160	5.13±0.71	3.14-5.14	0.000±0.000	0.000	1.253±3.269	0.000-9.292	0.724±0.333	0.211-1.438	0.000±0.031	0.000-0.000
8	14.2±2.8	8.4-19.0	10.3±1.2	8.2-12.4	0.56±0.18	0.12-5.33	0.65±0.45	0.11-1.61	8.47±0.28	8.12-9.20	193±14	160-260	4.33±1.26	2.05-9.89	0.018±0.081	0.000-0.389	1.966±2.584	0.000-8.702	2.374±2.235	0.096-9.715	0.000±0.020	0.000-0.000
9	12.4±3.4	6.0-15.0	10.6±1.0	7.5-13.1	0.32±0.18	0.09-0.59	0.53±0.49	0.00-1.63	8.75±0.21	7.08-9.20	165±6	120-210	5.26±0.85	2.47-8.69	0.007±0.026	0.000-0.126	1.222±2.801	0.000-9.489	0.703±0.128	0.086-12.114	0.007±0.057	0.000-0.097
10	13.3±3.1	6.5-16.5	10.8±0.8	8.0-12.7	0.31±0.14	0.07-1.07	0.57±0.44	0.0-1.24	8.67±0.17	6.93-8.80	162±5	120-210	5.78±0.76	3.48-10.34	0.008±0.037	0.000-0.178	0.474±0.774	0.000-3.460	0.714±0.694	0.052-9.502	0.000±0.053	0.000-0.000
11	14.4±2.5	8.9-18.0	9.5±1.4	7.3-12.4	0.32±0.14	0.03-0.88	0.44±0.24	0.00-0.84	8.73±0.10	6.88-8.80	171±7	130-210	5.83±0.84	4.13-9.91	0.020±0.082	0.000-0.394	1.272±2.995	0.000-8.649	0.163±0.284	0.000-1.056	0.000±0.019	0.000-0.000
12	13.7±2.3	8.0-15.4	10.1±1.8	7.5-13.0	0.41±0.16	0.06-2.52	0.48±0.41	0.00-1.11	8.36±0.59	7.24-10.10	172±21	120-220	5.17±0.69	3.11-9.40	0.001±0.005	0.000-0.025	2.198±2.396	0.000-11.36	2.995±2.047	0.216-18.736	0.000±0.026	0.000-0.000
13	16.8±3.4	9.7-21.1	10.5±1.7	7.0-12.9	0.54±0.27	0.22-1.61	0.69±0.44	0.01-1.55	9.25±0.36	8.18-11.90	285±41	160-440	5.14±0.92	2.80-8.43	0.001±0.000	0.000-0.002	10.335±7.343	0.000-24.456	7.512±4.147	0.362-17.268	0.001±0.032	0.000-0.111
14	17.3±3.3	10.4-22.0	10.1±1.7	7.1-13.7	0.47±0.22	0.23-0.98	0.70±0.42	0.00-1.59	9.11±0.33	7.94-9.14	290±36	210-380	5.02±1.23	2.36-9.50	0.009±0.041	0.000-0.199	7.502±5.431	0.000-20.040	6.754±3.206	0.068-10.712	0.000±0.016	0.000-0.000

營養鹽部分，硝酸態氮以有勝溪量最高，以中游勝光苗圃測定出含量最高可達 17.268mg/l，約是高山溪及七家灣溪的 30~75 倍，季節性變化以冬季及夏季達到最高，且似乎有每年兩次高峰之循環，而高山溪及七家灣溪則於夏季溫度升高時稍為增高；亞硝酸氮量亦也是以有勝溪最高，約比七家灣溪及高山溪高出 7~10 倍，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；有勝溪氮鹽量高過七家灣溪及高山溪之原因可能是此區直接於溪岸種植蔬菜並大量施肥，經雨直接沖下溪流所致。而氨態氮於各溪均幾乎偵測不到。矽酸鹽的量各溪差異不大，亦無季節變化。

各理化性質在河川污染指標(RPI)等級分類中，溶氧量高於 6.5mg/l、生化需氧量 3mg/l 以下、氨氮在 0.5mg/l 以下均屬 A 級末（稍）受污染水質。

（二）水質綜合指數

在水質分類等級中 WQI 值 86-100 為水質特優，屬於第一級水，WQI 值 71-85 為第二級水，屬水質良好，WQI 值 51-70 為第三級水，屬水質尚可（環保署,1990）。武陵地區溪流水質指數經計算後如表二，可發現各樣點平均值除樣點 1 桃山登山口 WQI 質為 83 外，WQI 值均大於 86，屬第一級水為特優水質；比較各月份水質指數，發現秋冬季枯水期時水質指數有下降的趨勢；而比較各樣點水質，發現七家灣溪下游 WQI 值較上游高，且亦比高山溪 WQI 值高，似乎與實際狀況不同，因七家灣溪上游（樣點 1、2、3）並無人為農耕干擾，實際水質應較下游（樣點 4、5、6、7）來得好，且樣點 8 為七家灣溪與有勝溪匯流後之樣點，水質指數為 90.36，亦不太合理，因為有勝溪除上游較無農耕干擾之思源啞口水質較好外（WQI 為 90.01），中下游水質指數均較七家灣溪低，所以樣點 8 之水質指數應比七家灣溪低。

分析水質參數與 WQI 之計算公式，所述之不合理現象可歸納出兩個原因。第一，WQI 指標值係由水質參數實測濃度經公式轉換為副指標後，再乘以一特定權重值後，相加而成 WQI 值。故若檢視不盡合理樣點之副指標值發現，七家灣溪上游（採樣點 1,2,3）溶氧之副指標均相對偏低，此肇因於這些樣點之水溫均相對較其他樣點低，但溶氧卻未增加，依亨利定律計算得之飽和溶氧濃度會隨著溫度降低而增加。故這幾個樣點之溶氧飽和度（實測溶氧濃度/理論飽和溶氧濃度）極低，以致換算出之副指標也相對偏低。但溶氧絕對值只要超過 7mg/L，即便溶氧飽和度低，對溪流內之生物生存就不是限制因子，故考慮溶氧之 WQI 指標顯然不適用於七家灣溪流域。第二，WQI 中各水質參數之權重大小係藉由專家問卷法所決定，其中溶氧的權重最大為 0.25（如表三所示）。這是因為污染較嚴重之河段若溶氧飽和度低表示水體優氧化情形嚴重，且此一情況直接影響水質好壞與該水體之用途，故權重值較其他水質參數大。但用在七家灣溪流域卻反而將最不重要的水質參數給予最大之權重，故計算出之 WQI 質無法真實反應實際狀況。

表二. 2003年各樣點水質指數 WQI 值

樣點	月份												mean
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	87.79	76.60	82.30	86.84	77.53	95.55	89.68	85.13	74.25	78.35	86.11	86.79	83.65±3.82
2	89.97	87.96	95.01	91.19	77.94	97.31	94.80	91.34	85.72	84.97	83.92	88.97	89.10±3.37
3	82.57	70.07	93.90	93.75	73.62	95.36	95.12	91.78	81.09	83.46	85.70	86.57	86.04±5.21
4	97.25	89.72	93.39	96.07	81.12	99.52	96.19	94.37	65.38	82.29	75.61	97.25	88.27±6.38
5	95.18	93.72	91.29	91.68	80.91	98.88	90.90	91.85	82.10	84.00	87.65	95.18	89.83±3.31
6	95.41	95.98	94.41	92.44	93.00	96.11	94.22	92.44	80.46	88.66	84.92	95.41	91.64±2.95
7	93.91	89.02	95.77	95.41	93.02	92.03	92.61	92.55	90.61	86.04	83.79	93.91	91.34±2.21
8	87.79	94.99	95.99	94.66	94.34	96.18	90.47	84.60	87.43	81.09	86.43	87.79	90.36±3.08
9	87.79	92.87	91.48	91.00	92.96	96.58	86.76	89.00	86.19	82.73	82.82	87.79	89.11±2.58
10	89.06	90.26	92.09	93.88	87.72	92.71	92.47	95.35	90.40	86.08	86.28	89.06	90.57±1.81
11	92.10	93.42	96.17	92.02	79.36	95.27	92.78	92.70	91.05	86.17	78.12	92.10	89.71±3.77
12	85.42	85.80	91.62	93.12	92.15	89.82	96.01	92.87	93.55	89.97	79.82	85.42	90.01±2.75
13	87.56	89.48	74.47	90.86	90.17	86.38	88.16	90.55	90.62	87.54	74.56	87.56	86.39±3.58
14	88.47	87.45	88.17	90.54	86.72	91.84	86.60	86.88	93.32	79.67	77.59	88.47	87.01±2.78

若不考慮 DO，重新計算各水質參數之權重如表三所示。並將各樣點各月份之 WQI 重新計算並求出年平均後，與考慮 DO 所計算出之 WQI 年平均比較如表四所示。可發現七家灣溪上游 WQI 值，已較下游有勝溪匯入後之測站 8 好，且有勝溪上游之樣點 12 也較其下游之樣點 13，14 佳，而樣點 8(WQI 89.60)較有勝溪下游之 13，14(WQI 86.19， 86.73)稍好，是因為有勝溪之水匯入七家灣溪後被部分稀釋；整體而言，三條溪流中以有勝溪水質最差、七家灣溪次之，高山溪水質最佳。另外，由於不考慮 DO 後，pH 之權重提升，而樣點 4 雖其他水質並未特別好，但其全年 pH 值最接近中性，pH 之副指標較其他樣點高，兩者加成之結果也使得樣點 4 之 WQI 全年平均值最高。此一結果顯示，不考慮 DO 之 WQI 較考慮 DO 者，更能反映真實之水質狀況，但仍有改進之空間。

由於傳統之 WQI 指標係針對平地中下游污染較嚴重之河段所建置，依照水質指標應具備之正確性、敏感性、及實用性而言，該指標並不完全適用七家灣溪流域此種位於高山且乾淨之河段，故研究調查櫻花鉤吻鮭之基本生物學特性，並建置發展一適用於該種河段之水質指標，以簡便快速的反應水質變化對櫻花鉤吻鮭之影響，實有其必要性。

表三. WQI 水質參數權重

水質參數	考慮 DO	不考慮 DO
DO	0.250	-
BOD	0.205	0.273
pH	0.182	0.242
NH ₃ -N	0.148	0.197
Turbidity	0.102	0.136
TP	0.068	0.091
Conductivity	0.045	0.061

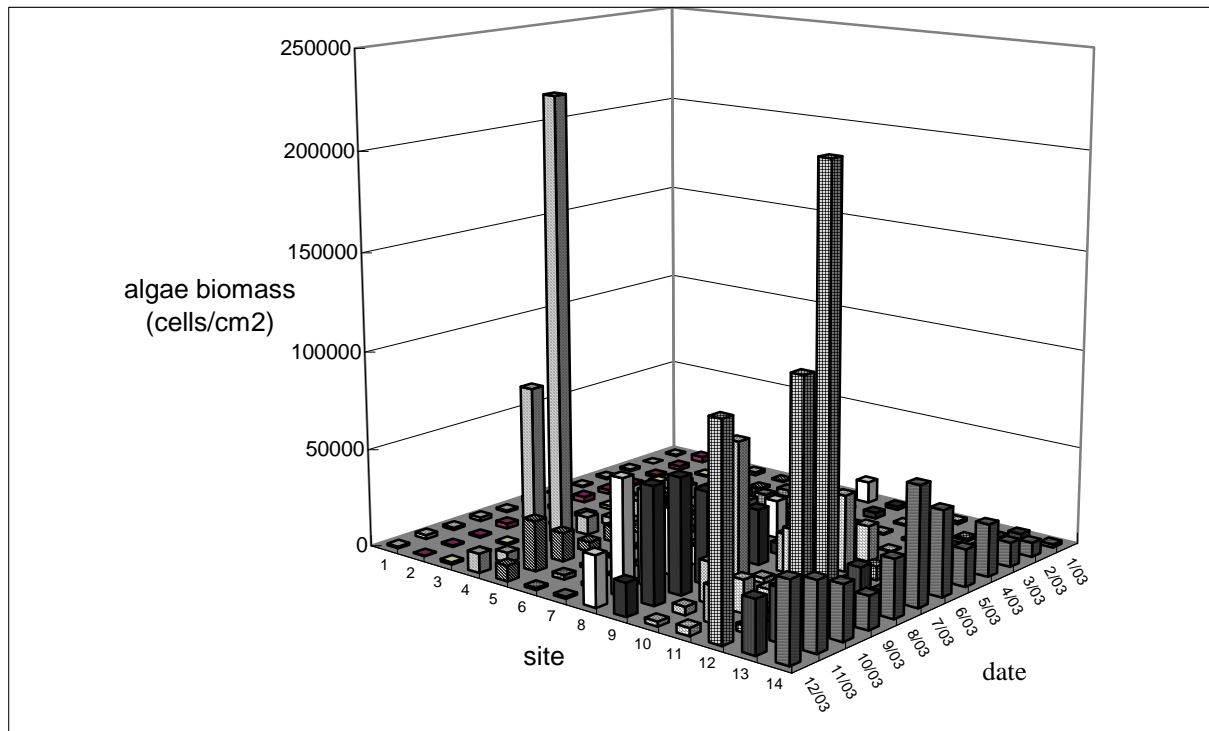
表四. 考慮溶氧與否之各測站全年 WQI 平均值比較

測站	考慮 DO	不考慮 DO
1	83.65	89.94
2	89.10	91.32
3	86.04	91.48
4	88.27	94.73
5	89.83	91.52
6	91.64	92.93
7	91.34	91.57
8	90.36	89.60
9	89.11	90.92
10	90.57	92.00
11	89.71	92.03
12	90.01	93.65
13	86.39	86.19
14	87.01	86.73

(三) 附生藻生物量及藻類指標

1. 附生藻生物量

藻類之生長受棲地環境、光、溫度、營養等之影響；例如同種之藻類，在不同棲地環境下，其生長之形態亦會稍有不同，武陵地區溪流附生藻類以矽藻為主，生物量在夏、秋季較高；在溪流部分則以有勝溪生物量最高、七家灣溪次之、高山溪最少（圖二）。



圖二. 武陵地區附生藻生物量變化

2. 藻類指標

七家灣溪、高山溪及有勝溪優勢藻種均為曲殼藻屬 (*Achnanthes* sp.)，幾乎佔總藻數組成之 50% 以上 (表五)。

雖然生物性測定水質之方式分為多種，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)大部分的矽藻除菱形藻外,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。

高山溪的優勢種均為矽藻,且無菱形藻,單以藻類組成來看,其水中營養鹽比七家灣溪及有勝溪來得低,實際對照所測得之營養鹽關係亦是同樣結果;而七家灣溪及有勝溪雖然矽藻亦不少,但是卻生長有顫藻(*Oscillate* spp.)及鞘絲藻(*Lyngbya* spp.),在枯水期時,有勝溪亦有不少的剛毛藻(*Cladophora* spp.),同樣在指標微生物中列為富營養水域中常出現的種類。

國內有學者建議以藻群落組成做為水質指標較合適(吳等,1986;吳,1990;賴,1997)。所以,本研究以藻指數 GI 值(吳等,1999)來探討水質之關係(表六);發現 GI 值最高為高山溪、七家灣溪次之、有勝溪最低,且有勝溪三個樣點其 GI 值有 6 個月以上 GI 值都偏低;在 2003 年各個月份中,冬季枯水期普遍 GI 值均較夏季豐水期來得低;各樣點以湧泉池(樣點 4)及勝光苗圃(樣點 13)的 GI 平均值最低且低於 30,屬於 B 級微污染水體,檢視這兩樣點發現在 2003 年內有 6 個月其 GI 值均屬 C 級,為輕度污染。

勝光苗圃為有勝溪中游,該區農耕興盛且緊臨溪岸種植高麗菜,每年施肥數次,肥料直接流入溪內,由藻指數 GI 值即直接反應該區水體極營養。而湧泉池位於七家灣溪中游附近,為人工挖掘之櫻花鈎吻鮭避難河道,樣點位置鬱閉且為深潭,水體底層腐植質厚且水流緩慢,該區營養鹽豐富,是以 GI 值亦呈現較低之現象。

表五. 武陵地區溪流附生藻類優勢種組成

Species	Contrib%	七家灣溪	高山溪	有勝溪
<i>Achnanthes atomus</i> Hust		20.28	20.24	16.71
<i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grun		7.32	11.19	6.27
<i>Achnanthes minutissima</i> Kuetz.		5.07	5.42	9.02
<i>Achnanthes</i> sp.1		5.49	7.54	3.43
<i>Achnanthes</i> sp.2		1.36	4.56	2.96
<i>Achnanthes</i> sp.3			2.95	1.76
<i>Achnanthes</i> sp.5		9.90	12.59	7.56
<i>Achnanthes</i> sp.7		1.58		
<i>Achnanthes</i> sp.12				1.59
<i>Calonis</i> sp.		2.03	2.02	1.98
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehr var. <i>pediculus</i>		2.44		2.99
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>		9.48	6.01	5.29
<i>Cymbella minuta</i> Hilse ex Rabh var. <i>minuta</i>				
<i>Cymbella sinuata</i> Greg. var. <i>sinuata</i>		1.93		2.25
<i>Cymbella</i> sp.8				2.12
<i>Diatoma vulgare</i> Bory var. <i>vulgare</i>				3.50
<i>Fragilaria pseudogaillonii</i>				2.33
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kutz) var. <i>subcapitata</i>			2.03	1.26
<i>Gomphonema tergestinum</i> Fricke var. <i>tergestinum</i>			2.75	1.56
<i>Gomphonema</i> sp.16			4.17	1.49
<i>Navicula angusta</i> Grun.				1.17
<i>Nitzschia sinuata</i> var. <i>tabellaria</i>				1.40
<i>Nitzschia</i> sp.2				1.50
<i>Chroococcus</i> spp.		2.35		
<i>Lyngbya</i> spp.		2.18		
<i>Oscillate</i> spp.		9.80		1.60
Total		81.20	81.47	80.96

表六. 2003 年各樣點藻指數 GI 值

月份 樣點	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean
1	511			336	96	177	135	21		33	82	37	159
2	52	88	146			72	74			22	8	19	60
3	40	46	4	141	74	129	147	94	183	73	44	16	83
4	27	5	15	13	108	9	44	5	10	2	13	9	22
5	61	205	192			82	17	73	33	8	8	0	68
6	5	37	18		44	128	84	25	185	36	41	11	56
7	10	217	9		184	396	16	91	403	39	21	26	128
8	2041	974	14	155	39	16		432	51	28	17	921	426
9	125		557		797		80	587	176	10	9	241	287
10		32			489	55	827	128	556		13	93	274
11					196	73	197	149	358	1148	27	21	271
12	27	445	23	2	7	2		4	4	2	101	133	68
13	0		82	22	18	8	10	29	3	84	8	7	25
14	100	28	41	609	282	197	31	174	9	8	11	6	125

四、結 論

2003 年武陵地區溪流各水質理化狀況與往年差異不大，仍以有勝溪營養鹽含量最多，水質狀況最差，但在七家灣溪的硝酸鹽氮及亞硝酸鹽氮似乎有升高的趨勢，而不考慮 DO 之水質綜合指數 WQI 較考慮 DO 者，更能反映真實之七家灣溪流域水質狀況，但仍有改進之空間。整體而言，有勝溪水質最差、七家灣溪次之，高山溪水質最佳。由於傳統之 WQI 指標係針對平地中下游污染較嚴重之河段所建置，依照水質指標應具備之正確性、敏感性、及實用性而言，該指標並不完全適用七家灣溪流域此種位於高山且乾淨之河段，故研究調查櫻花鉤吻鮭之基本生物學特性，並建置發展一適用於該種河段之水質指標，以簡便快速的反應水質變化對櫻花鉤吻鮭之影響，實有其必要性。

利用附生矽藻之藻種可約略分別水體營養鹽程度，而可以更清楚瞭解武陵地區水質狀況之方法，為利用藻類群聚所計算出之藻指數 GI 值，其清楚顯現各溪流各月份之水質狀況，冬季枯水期時各溪流之水質均變差，而三條溪流中以有勝溪水質最差、七家灣溪次之，高山溪水質最佳，該結果與修正後之 WQI 分析結果相同。

為使櫻花鉤吻鮭能永遠棲息於自然環境中，除改善、復育其棲息地外，應對武陵地區建立全面長期生態監測，以達到櫻花鉤吻鮭棲息地生態保育目標。

五、誌 謝

本研究調查承雪霸國家公園管理處經費支持，特此致謝。

六、引用文獻

- 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。
- 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。
- 江漢全，2000。水質分析。三民書局。
- 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。
- 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，1990。河川水質監測實務講習班。行政院環境保護署訓練所。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 吳俊宗、周晉文，1999。淡水河系污染整治對生物群聚動態影響。行政院環境保護署。
- 鄭育麟，1997。環工指標微生物。復文書局。
- 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。
- 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.
- 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.

A Study of Water Quality of Wulin area in Sheipa National Park

Shu-Fen Yu¹, Young-Fa Lin¹, Wen-Hui Kuan², and Hsing-Juh Lin³

(Manuscript received 17 October 2004 ; accepted 28 December 2004)

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 environmental factors correlate with the water quality in Cijiawan Stream, Kaoshan Stream, and Yeausheng Stream for a period of 1 yrs from January 2003 to December 2003. 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. The water quality index (WQI) analyzes excluded dissolved oxygen (DO) is more suitable than the index including DO to correctly reflect the water quality of Cijiawan basin. Generally, the WQI without DO indicates that the water quality in order is Kaoshan Stream>Cijiawan Stream>Yeausheng Stream. Diatoms were the most dominant species. Most of the diatoms belong to pennatae genera, of which *Achnanthes* sp. was the most dominant taxa (about 50%) in the three streams. The bioindicator of water quality, GI value, showed that Kaoshan Stream had the best water quality whereas Yeausheng Stream had the worst water quality in wulin area.

KEYWORDS : Wulin, Formosan salmon, water quality, WQI, epilithic periphyton

-
1. Sheipa National Park.
 2. Department of Environmental and Safe Engineering, Ming Chi University of Technology.
 3. Department of Life Sciences, National Chung Hsing University.