

中華民國自然生態合作  
保育協會

# 太魯閣國家公園峽谷區的溪流與湧泉水質調查

## 期終報告

金恆鏞 陳燕章 程煒兒

內政部 營建署 太魯閣國家公園管理處



中華民國七十八年五月三十一日

# 太魯閣國家公園峽谷區的溪流與湧泉水質調查

## 目 次

【摘要】 .....	3
一 緒言 .....	5
二 取樣地點概述 .....	5
三 取樣及分析方法 .....	6
四 結果 .....	7
(一) 研究期間峽谷區的氣象與立霧溪的水文 .....	7
(二) 立霧溪溪水與湧泉水的水質概況 .....	8
(三) 立霧溪溪水與湧泉水質的時間變異 .....	10
(四) 立霧溪溪水與泉水水質的空間變異 .....	13
(五) 立霧溪三處湧泉水的水質 .....	16
(六) 文山溫泉的水質 .....	16
(七) 綠水水文站及公園管理處的飲用水水質現況 .....	18
五 討論與結論 .....	18
六 建議事項 .....	21
七 參考文獻 .....	22
八 附錄 .....	24
表 1. 立霧溪的溪水、湧泉、溫泉及用水的性質 .....	25
表 2. 公共供水的地表水品質標準 .....	27

圖 1.水質監測處的取樣點位置圖.....	29
圖 2.太魯閣國家公園內峽谷區(綠水站)之氣象、水文資料.....	30
圖 3.立霧溪溪水與湧泉水質的時間變異.....	31
圖 4.立霧溪溪水懸浮質與濁度的關係.....	32
圖 5.立霧溪文山一長春祠段的溪水與泉水的電導度間相關性.....	33
圖 6.立霧溪文山一長春祠段的溪水與泉水的硬度相關性...	34
圖 7.立霧溪文山一長春祠段的溪水與泉水的硝酸根濃度相關性.....	35
圖 8.研究期間天祥至太魯閣段的遊客人次.....	36
圖 9.立霧溪溪流與湧泉水質的空間變異.....	37
圖 10.立霧溪內峽谷區段的三處湧泉(靳珩橋、天王橋及長春祠處)水質的時間變異.....	38
圖 11.綠水台電水文站與公園管理處的水塔水質隨時間的變異.....	40

## 【摘 要】

本研究是調查 76 年 7 月到 78 年 4 月間，太魯閣國家公園立霧溪內峽谷區從文山到長春祠間的溪水及湧泉、溫泉水質。取樣地點：溪水在文山、綠水、溪畔、天王橋、長春祠等五站；湧泉在靳珩橋、天王橋、長春祠等三處，及文山溫泉一處，並包括綠水的水文站與國家公園管理處的水塔。每月取樣一次，監測水溫、酸鹼度、電導度、硬度、懸浮質、溶氧量、生化需氧量，金屬離子（鉀、鈣、鎂、鈉、鉛、鎘、鐵），氨，及陰離子（氟、氯、溴、亞硝酸根、硝酸根、硫酸根、磷），及大腸菌總生菌數與糞便性大腸菌生菌數。

監測結果發現溪水水質在暴雨期與枯水期相當不同。暴雨期水質受地表逕流的影響，而枯水期除了受基流影響較大外，有人為活動（包括旅客）影響溪水的生物性質。

一般而言，立霧溪在太魯閣國家公園內峽谷區的溪水水質為鹼性（ $\text{pH } 7 \sim 8$ ），硬度高（ $> 160 \text{ mg} / \ell \text{ CaCO}_3$ ），電導度中等（約  $300 \text{ umhos} / \text{cm}$ ），受碳酸鹽控制的水。在枯水期間濁度（ $< 10 \text{ NTU}$ ）與懸浮質（ $< 2 \text{ mg} / \ell$ ）濃度低而暴雨期間濁度（約  $400 \text{ NTU}$ ）與懸浮質（約  $900 \text{ mg} / \ell$ ）迅速提高。基流控制鹽基離子（ $\text{Ca}$ ， $\text{Mg}$ ， $\text{Na}$ ）與硫酸根離子的濃度，而地表與地中流控制鉀、硝酸與氯離子的濃度。其他重金屬（ $\text{Fe}$ ， $\text{Pb}$ ， $\text{Cd}$ ）的濃度，在平時（即枯水期）分別為  $0.3$ 、 $0.3$ 、 $0.03 \text{ mg} / \ell$ ，略高於一般水質標準。大腸菌類濃度介於一級與二級公共供水標

準。湧泉水質與溪水水質相近，說明水源亦與溪水相近。溫泉水溫恒定（ $44 \sim 45^{\circ}\text{C}$ ），硬度、電導度、鹽基離子、硫酸根濃度多比溪水水質高出 3 倍左右而濁度，懸浮質、氯、硝酸根則相反。以台灣自然河川的水質標準而言，立霧溪這段的溪水及泉水品質是很清淨的。

綠水的台電水文站與國家公園管理處的水塔水質與溪水相若。本研究之結果說明了溪水、湧泉、溫泉分別受到不同程度的人文與各自的自然因素所影響。

## 一、緒 言

太魯閣國家公園之特色爲立霧溪橫切中央山脈東部，造成的大理石峽谷。立霧溪的河床坡度陡峭，可能是台灣所有河川之最，湍急的水流奔滔下雕琢出深淵峽谷。立霧溪源自數條支流（托博闊溪、塔次基里溪、瓦里爾溪、陶塞溪、大沙溪）。自天祥以東的立霧溪峽谷，一般稱爲「內太魯閣峽」，是太魯閣國家公園的景觀心臟地帶，也是本研究的主要溪段。

根據統計有 85% 的旅客，多集中在天祥以東地區活動，因此內太魯閣峽一帶的遊憩壓力很重（內政部，1983）。峽谷景觀配合急湍溪流、瀑布及湧泉，生動壯麗了整個東太魯閣峽。東太魯閣峽的溪水、瀑布及湧泉也是附近生物生存活動的水源。因此水的品質優劣及利用的恰當與否，控制了峽谷遊憩價值的高低。本研究的目的是在於監測文山溫泉以下立霧溪溪流的水質，兼測文山溫泉及數處湧泉的水質，供水資源經營及利用上的參考。

## 二、取樣地點概述

自文山溫泉到太魯閣之間約有 22 公里（太魯閣國家公園簡介），是立霧溪主流長 58 餘公里的下游溪段。沿途有大沙溪、荖西溪、沙卡噹溪、慈恩溪及畢祿溪等支流匯合下，經太魯閣注入西太平洋。

本試驗取樣點共十一處（位置分布如圖 1）。水樣性質分爲四種：

(一)立霧溪主流之溪水，取樣站為：

(1)文山站：屬大沙溪，由小瓦黑爾溪、陶塞溪匯流而成。

(2)綠水站：屬立霧溪，由大沙溪與畢祿溪、慈恩溪、三棧溪等支流匯流而成。

(3)溪畔站：離上游處的燕子口約有 1.6 公里，所取之樣，在水庫放水時，是立霧溪主流的溪水。在水庫儲水時，則為水庫內之水。

(4)天王橋：長春祠上游 1 公里處，在天王橋下，立霧溪的主流溪水。

(5)長春祠站：是立霧溪主流的溪水。

(二)湧泉：指一般自地中冒出，水溫比較穩定的地下泉水，而且一般比溪流的水溫略低。調查處有三：(1)靳珩橋處，(2)天王橋處，(3)長春祠處。

(三)溫泉：僅調查文山溫泉一處。

(四)飲用水源：

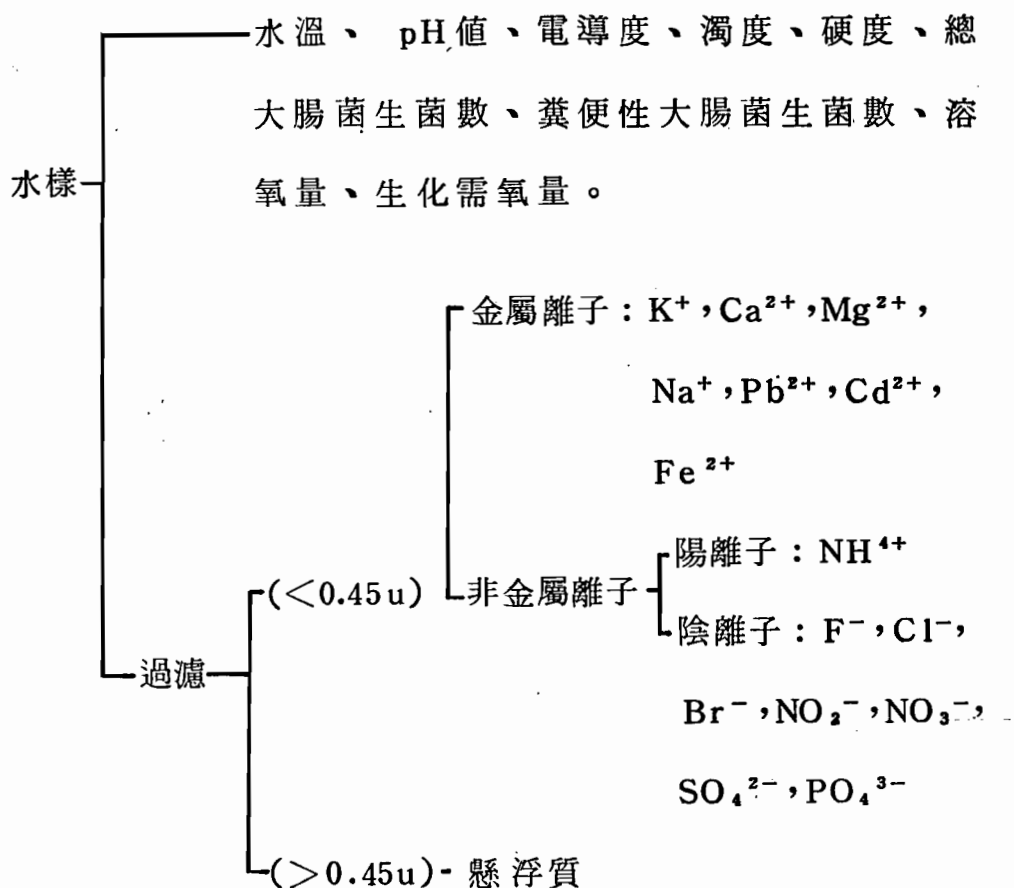
(1)綠水水文站（抽自綠水南岸湧泉之水）水塔之水。

(2)公園管理處（抽自綠水北岸湧泉之水）水塔之水。

### 三、取樣及分析方法

(一)取樣時間：每月月底至取樣點，用瓢汲法（scoop sampling），取得水樣，當場量得水溫，分析 pH 值、電導度，培養大腸菌類，其餘樣品立即送到冰箱儲放，次日送到台北市林業試驗所水質化驗室，進行各項分析。

(二)分析方法：原則上採用美國公共健康協會之標準檢驗法 (APHA, 1976 ; 金恆鏞、楊炳炎, 1984 ) , 分別就物理、化學及生物性質進行檢驗。



## 四、結 果

(一)研究期間的氣象與立霧溪的水文

根據台灣電力公司電源開發處在綠水站的民國 76 年與 77 年及農業氣象旬報資料顯示，兩年的降雨量分別為 2,749 與 1,255 公釐。兩年相差約 1,500 公釐。然而民國 45 至 77 年的總平均降雨量為 2,101 公釐，這顯示 76 年特別濕而 77 年又特別乾旱。在



綠水站的水文資料又顯示 76 年的平均流量為 36.8 CMS ( 秒立方公尺 ) ， 77 年為 28.9 CMS 而長年平均為 32.9 CMS 。圖 2 為立霧溪綠水站的氣象 ( 旬降雨量與旬氣溫 ) 及水文 ( 旬平均流量 ) 圖。該圖顯示 76 年 9 月上旬的傑魯得颱風，帶來豪雨 1,166 mm ，約佔全年的 42 % 。十月底的琳恩颱風又帶來 657 mm ，約佔全年 24 % ，兩次豪雨佔全年雨量的 66 % ，冬季雨量不到全年的 5 % ，可見雨量的分配非常不均勻。這種雨量極端差異分布，也反應到溪水流量上。圖 2 所示，流量完全與降雨量密切配合。76 年的兩次流量高峰均在九月上旬與十月下旬，正是兩次颱風豪雨時期。翌年的流量與雨量關係亦維持不變。因此，流量與水質的關係，有許多時候與雨量強度、分布有密切的相關性。

## (二) 立霧溪溪水與湧泉的水質概況

表 1 為研究期間立霧溪水質各監測項目的平均濃度。表 2 為台灣地區、加拿大、美國、澳洲、蘇俄等國水質要求的標準 ( Reeder, 1979 ; 環境保護法規彙編, 1987 ) 。因為立霧溪集水區的氣候與水文有極大的季節性變異。尤其颱風是主要的雨量來源，研究期間 ( 圖 2 ) 的傑魯得颱風，帶來 1,166 mm 的雨量，此雨量比有一年 ( 1976 年 ) 的全年雨量 ( 888 mm ) 還多出 40 % ( 台電, 1989 ) 。因此，雨量分布的不均勻性，立即影響流量分布的變異。故分析水質資料時，將高水位取得的樣品，歸類為暴雨期，而平常非暴雨期歸類在平流期。

物理性質中溪流水溫相當高，暴雨期的月均溫為 17.9℃ ，而平流時為 18.4℃ ，相差不多。湧泉水溫亦常平穩，與溪水相若，

可見溪水與泉水的水源可能相當接近。

水質硬度一般是說明水中含鈣鎂離子的濃度（用碳酸鈣濃度表示），也是用來說明能沉澱肥料之能力（APHA，1976）。一般硬水之分級為： $< 60 \text{ mg} / \ell$  為軟水， $60 \sim 120 \text{ mg} / \ell$  為中度硬水； $121 \sim 180 \text{ mg} / \ell$  為硬水； $> 181 \text{ mg} / \ell$  為極硬水（水利局，1979）。因此立霧溪水質在乾季低流量時平均為  $266 \text{ mg} / \ell$   $\text{CaCO}_3$ ，故屬於極硬水；在暴雨期平均為  $162 \text{ mg} / \ell$   $\text{CaCO}_3$ ，故屬於硬水。泉水的硬度介於  $144$  與  $175 \text{ mg} / \ell$   $\text{CaCO}_3$  之間，故均屬硬水，由此可見其水源來自地表及地中逕流比例大於地下水源。電導度是水中解離性無機鹽類之總濃度。立霧溪溪水及泉水電導度平均值並不算太高，均低於  $333 \text{ umhos} / \text{cm}$ ，接近第 1 級（C 1），屬優良灌溉水（水利局，1979）。暴雨期電導度較低亦屬正常而短暫的現象。溪水與泉水的主要陽離子為鈣、鎂、鉀、鈉，在非暴雨期時期的濃度分別為 59、10、2、5 與 45、8、1、3  $\text{mg} / \ell$ 。除鉀外，暴雨期的其他鹽基濃度略為降低，稀釋作用仍然比淋溶作用顯著。

硫酸根是溪水及泉水的絕對優勢陰離子，在平流期分別為 45 及 31  $\text{mg} / \ell$ ；暴雨期略為下降，分別為 43 及 27  $\text{mg} / \ell$  可見來自基流的陰離子。其他次要陰離子為氯離子、硝酸根與磷酸根。溶氧（DO）量皆高於最低標準的 5  $\text{mg} / \ell$ ，暴雨期更高。生化需氧量（BOD）也合甲級河川標準（表 2），雖然暴雨期略有上升，但只是暫時現象，不足憂慮。

與其他性質比較起來最大的水質問題可能還是生物性質。不

過溪水及泉水的大腸菌總生菌數的分別為 1,120 與 653 MPN/100 ml，低於北美、澳洲之 5,000 MPN/100 ml 極多。接近行政院衛生署公布之甲類溪水水域的水質，含大腸菌數（50~5,000 MPN/100 ml）的低限。而糞便性大腸菌生菌數分別為 392 及 259 MPN/100 ml，比加拿大設限 1,000 MPN/100 ml 低，比澳洲的 100 MPN/100 ml 高出許多，暴雨期略有上升。

### (三)立霧溪溪水與湧泉水質的時間變異（圖 3）

(1)物理性質：圖 3.1 為研究期間溪流水及湧泉的平均水溫隨季節的變異。很顯然的，水溫夏季高，冬季低，與氣溫能相互應。不過在流量低枯的冬季，水溫又低於氣溫。由此推之，太魯閣峽谷區這段立霧溪的水溫深受氣溫影響。換言之，地下水供應河川水之比例不高或地表與地中流是溪流水的主要供應者。這也可以反應在暴雨期水位暴漲，俟暴雨過後，水位迅速退下（圖 2）。

再看三處湧泉的平均水溫，除 77 年 12 月份（當月氣溫 14℃）水溫 15℃，均較前後二個月低 3℃ 左右外，一般而言湧泉水溫升降比溪水水溫緩和得多，尤其盛暑比溪水水溫約低 3℃，比氣溫低 8℃（圖 3.1）。然而鑑於 77 年水溫極低的 12 月（14.5℃），湧泉亦自 11 月的 19℃ 降到 12 月的 15℃，可見湧泉所流經之水道離地並不太深。這個推論也可由其他水質證據得到證明。

溪水的懸浮質與混濁度均有三處高峰出現（76/9，76/10，77/10），此三處正是雨量及流量最大的時段（圖

3.4 ; 3.7) , 可以斷言的, 溪水的懸浮質及混濁度是因為地表逕流造成。此三高峰濃度也出現在湧泉水的分析中, 雖然相對濃度較溪水低得多。但是, 這一現象再度支持上述湧泉水離地面不太深的推論。溪水濁度是懸浮質濃度的指標。如果懸浮質濃度  $< 1,500 \text{ mg} / \ell$  , 則可自現場易測的濁度中推估, 因為兩者之相關係數 (  $r = 0.95$  ) 極大。換言之, 只要分析其中一項變數即可推估另一項的變數值了 ( 圖 4 ) 。

溪流水與湧泉的電導度變化非常一致, 相關係數 (  $r$  ) 為 0.94 , 只是湧泉的電導度永久比溪水的電導度低 ( 圖 5 ) 。顯然湧泉含有的溶解鹽類濃度比溪水的溶解鹽類低。這推論也可從兩者的硬度中得到證明 ( 圖 3.3 ) 。還有兩者硬度呈極相關 (  $r = 0.95$  ) 亦屬明證 ( 圖 6 ) 。溪水及湧泉的硬度除了在極大暴雨期 ( 76 / 9 , 76 / 10 , 77 / 9 ) 外, 其他時期變化極小。

(2)化學性質：圖 3.2 為 pH 的年變化趨勢, 溪水與泉水的 pH 值變化趨勢一致, 惟後者皆低於前者約 0.3 個單位。除了在極低流量的乾旱期外全年變化不大。最乾旱的時期是 76 年 2 月, 溪水 pH 值為 9.2 而泉水為 8.9, 此枯水期溪水的主要水源為可能為較深之地下水而泉水可能經過部份土壤, 再湧流出來。

以各種主要金屬離子 ( Ca , Mg , K , Na ) 的濃度而言, 鎂與鈉對溪流量的反應比較敏銳：當流量大增時, 溪水鎂鈉迅速下降<sup>9</sup>, 流量減少時, 濃度復又上升 ( 圖 3.8 ; 3.9 ) 。

可見水文現象是立霧溪集水區金屬離子淋溶作用 ( leaching ) 的重要因素。民國 77 年 9 ~ 10 月相隔很近的三次颱風 ( 克蒂、李尹、魯碧 ) 來臨，溪水從 13 CMS 暴漲到 100 CMS 左右 ( 圖 2 )，鈣濃度也從  $70 \text{ mg} / \ell$  降到  $25 \text{ mg} / \ell$  ( 圖 3.7 )。

四種主要金屬離子中，鉀離子的化學表現與前述鈣、鎂、鈉相當不同，可以說相背而馳。第一點，一般在暴雨期間，溪水鉀離子不但不下降，有時反升 ( 圖 3.10 )。例如 76 年 9 月上旬的傑魯得颱風帶來豪雨 (  $1,166 \text{ mm}$  )，溪水鉀離子濃度上升至研究期間的最高點  $3.3 \text{ mg} / \ell$  並持續 4 個月，比二年的平均數 (  $2.3 \text{ mg} / \ell$  ) 高出 44 %。可見鉀化學與其他金屬離子化學的反應相當不同，此現象容後討論。

能夠用離子層析儀檢測而得的主要陰離子為硫酸 (  $\text{SO}_4^{2-}$  )，氯 (  $\text{Cl}^-$  ) 及硝酸 (  $\text{NO}_3^-$  ) 等。溪水的硫酸根濃度除 76 年 8 月外，其介於  $30 \sim 40 \text{ mg} / \ell$  之間，而泉水的硫酸根濃度一直比溪水的硫酸根濃度約低  $4 \sim 20 \text{ mg} / \ell$  之間 ( 圖 3.12 )。此因土壤水的環境會影響土壤吸附 ( adsorption )，礦質化 ( mineralization ) 作用，而在充足的滲漏水 ( percolation ) 供應下，宣洩到溪流中。

氯離子 (  $\text{Cl}^-$  ) 是第二重要陰離子 ( 表 1，圖 3.14 )，除了民國 77 年 8 ~ 9 月的傑魯得及琳恩颱風，水質含氯異常高外，其餘濃度相當平穩。整個研究期間，泉水氯濃度均低於溪水的氯濃度。水質中尚為環境學家關心的是磷 (  $\text{PO}_4^{3-}$  )

), 亞硝酸根 ( $\text{NO}_2^-$ ) 及硝酸根 ( $\text{NO}_3^-$ ) 濃度的時間變化。硝酸根濃度只有在最乾旱, 流量最低時期濃度上升到  $3 \text{ mg} / \ell$  以上 (圖 3.13)。例如每年的冬季 (76 年 2 月及 77 年 12 月) 便是溪水及泉水含硝酸上升之時期。溪水與泉水的硝酸根濃度的時間變化曲線相當一致 ( $r = 0.85$ ) (圖 7) 這可能說明确酸根來自同源。

(3) 生物性質: 圖 3.15 ; 3.16 為溪水與泉水的大腸菌總生菌數與糞便性大腸菌生菌數的時間變異。冬季有呈高峰現象。77 年的 7 ~ 8 月沒有颱風, 相當乾旱, 溪水的大腸菌總生菌數亦上揚, 直到 9 ~ 10 月的連續克蒂、李尹、魯碧颱風來臨時, 大腸菌總生菌數才下降。溪水及泉水的糞便性大腸菌生菌數在 77 年冬 (3 月) 竄升極高, 其他月份並無明顯上升, 約維持在  $250 \text{ MPN} / 100 \text{ ml}$ 。冬季除乾旱外, 亦是旅遊旺季 (圖 8), 此旅客壓力與溪水及泉水的細菌污染的關係, 應更進一步密集取樣, 並分析遊客活動衝擊才能知悉。

(四) 立霧溪溪水與泉水水質的空間變異 (圖 9): 立霧溪溪水與泉水的平均水質趨向微鹼性 ( $\text{pH} \sim 7 \sim 8$ ), 硬性 ( $< 160 \text{ mg} / \ell \text{ CaCO}_3$ , 暴雨期) 或極硬性 ( $> 180 \text{ mg} / \ell \text{ CaCO}_3$ , 低水位期), 水溫低 ( $< 15^\circ \text{C}$ ), 溶氧量高 ( $> 5 \text{ mg} / \ell$ ), 大腸菌類低 ( $< 1,000 \text{ MPN} / 100 \text{ ml}$ ) 的特性 (表 1)。此類特性以上游 (文山站以上) 的水質可以得到佐證。惟自文山站以下, 人文活動增加及自然環境的改變, 自然會影響下游的許多溪水性質。圖 9 為在研究期間 (76 / 8 ~ 79 / 4), 立霧溪自文

山站往下游至長春祠止的主要水質隨空間的變異趨勢。水溫自文山站的年平均  $15^{\circ}\text{C}$ ，往下游直線上升至長春祠的  $19.5^{\circ}\text{C}$ ，增加  $4.5^{\circ}\text{C}$ 。流經文山附近的立霧溪溪水實則是上游兩大河流（東邊的陶塞溪與西邊的小瓦黑爾溪）匯流而成，此二集水區的地形很陡峻，溪水源自  $2,000\sim 3,000$  公尺左右的高山。陶塞溪源頭南湖大山為  $3,740$  公尺，小瓦爾溪的源頭中央尖山為  $3,705$  公尺。溪水水溫自然較低，急流所挾帶的懸浮質自然也較高，水質較濁。下游水溫日漸上升，這可能是峽谷日漸開闊，日輻射量增加及與大氣（年均溫  $22^{\circ}\text{C}$ ）接觸時間較長之故。水溫上升則溶氧量逐漸降低（圖 8.1）。

水質的酸鹼度變化不大，沿途溪水 pH 介於  $7.8\sim 8.0$  之間（圖 8.2），這可能是受到碳酸鈣緩衝作用的緣故。自上游文山站取樣的水質含懸浮質較高（ $640\text{ mg}/\ell$ ），往下游時，懸浮質逐漸沉降而急速減少到了天王橋處低於  $100\text{ mg}/\ell$ ，然而往下游到了長春祠卻又升到  $300\text{ mg}/\ell$  左右（圖 8.3）。其實介於天王橋與長春祠之間的立霧溪南岸常連續多處的崩場地（內政部 1986 資料）。各取樣站懸浮質濃度的變化趨勢也清楚地反應到濁度上。兩者之相關係數為  $r = 0.97$ 。換言之，該站之懸浮質濃度高時，其濁度亦大。電導度是水中解離的無機鹽類總濃度，以石灰岩地質而言，尤其指鈣鎂等離子濃度便可以表示水質的硬度。以本研究而言，各站平均之電導度、實測的硬度及鈣鎂離子濃度換算成的硬度，再求其迴歸係數，任何兩者之相關係數均大於  $0.98$ 。因此只要從最易測定的電導度即可

推測其他硬度與鈣與鎂離子的總濃度了。自文山站起，電導度（或硬度）往下降成直線下降（圖 9.5），可見越往下游，越多較軟性水逐漸進入溪流中。鈣與鎂離子的濃度趨勢與電導度（或硬度）相同。

陰離子與陽離子配對同時存在水中，故最主要陰離子（硫酸根）濃度的空間變異與上述的主要陽離子鈣、鎂的空間變異相同：從文山站最高的  $56 \text{ mg} / \ell$  逐漸下降到長春祠的  $34 \text{ mg} / \ell$ （圖 9.8）。但是次要陰離子濃度沿立霧溪的空間變異與硫酸根濃度在溪畔站與長春祠則不同，不但下降，反而快速上升。溪流流經環境顯然發生改變。這可能與人文活動，水溫上升，來源及自然物進入溪中有關。

生物性質（大腸菌總生菌數與糞便性大腸菌生菌數）的空間變異可參見圖 9.11 及圖 9.12。以大腸菌總生菌數而言，從文山站往下游到溪畔站止，濃度急速上升，再往下游便下降（至天王橋），後又再度略為上升（到長春祠止）。溪畔到天王橋之間的生物性污染顯然較大。但是以代表溫血動物排放物的糞便性大菌生菌數看來，自文山以下便急速發生污染，其後濃度互有起伏，從溪畔起經天王橋到長春祠的此種污染日漸惡化，這顯然人為活動的主因。

立霧溪的大腸菌類數目，若與其他高山集水區比較起來是相當衛生的。與立霧溪集水區西鄰的大甲溪集水區而言，德基水庫上游的許多河流（七家灣溪、有勝溪、伊卡丸溪、松茂溪、佳陽溪）的生物性，平均大腸菌總生菌數為  $2,500 \text{ MPN} / 100$



$ml$ ，比立霧溪高出 1 倍。而平均糞便性大腸菌生菌數為 400 MPN / 100  $ml$ ，也比立霧溪高些（鍾旭和等，1984）。

#### (五) 立霧溪三處湧泉的水質（圖 10）

上述一般而言，湧泉水質與溪流水質相當接近，惟三湧泉之間亦有微些差異，此類差異可推論湧泉水源受地表逕流、地中逕流及地下水流影響的相對重要性。例如三處湧泉（靳珩橋、天王橋、長春祠），靳珩橋每次測定的水質之硬度、電導度、金屬離子濃度（Ca，Mg，Na），硫酸根濃度皆是三處中最高者，而溶氧量、濁度、懸浮質、硝酸根、氯離子皆是三處中最低者，而水的溫度多較低，也較平穩（圖 10）。這些結果多顯示，靳珩橋湧泉的水質受地表逕流影響比較小而受地中及地下水的水質影響比較大。天王橋與長春祠站的湧泉水質相接近，皆受到不同程度的地表逕流特性的影響。如果勉強要分類的話，天王橋泉水受地表逕流的影響比長春祠站泉水的影響稍為大些。這尤其從濁度（圖 10.7）及鹽基離子（Ca，Mg，K，Na）的濃度（圖 10.10；10.11；10.13；10.14）變化中可以推論而得。

一般說來，這三處湧泉的水流管道並不離地表很深，似乎相當接近地表，尤其是天王橋及長春祠等二處湧泉更接近地表。

#### (六) 文山溫泉的水質：

自表 1 中可知，文山溫泉水質穩定，終年恒溫（ $44.3 \pm 1.2^\circ\text{C}$ ），其硬度（ $610\text{ mg}/\ell\text{ CaCO}_3$ ）比溪水與湧泉的硬度（分別為 206 與  $175\text{ mg}/\ell\text{ CaCO}_3$ ）高出 3 倍以上，電導度約

1,300 umhos / cm，也比溪水與湧泉的電導度（分別為 333 與 277 umhos / cm）高出 4 倍。平時含懸浮質低（ $5.7 \text{ mg} / \ell$ ），暴雨時略高（ $32 \text{ mg} / \ell$ ），可能取樣時受暴漲溪水流的影響。水質呈中性略鹼（ $\text{pH } 7.0 \sim 7.2$ ）。陽離子（Ca, Mg, K, Na）濃度均比溪水或泉水高出 3~4 倍左右。相對的，主要陰離子（ $\text{SO}_4^{2-}$ ）濃度也比溪水或泉水高出 3~4 倍。其他硝酸離子（ $\text{NO}_3^-$ ）及溶氧量（DO）遠低於溪水或泉水。大腸菌總生菌數約為泉水之半，溪水的 3 分之 1，平均為 350 MPN / 100 ml。糞便性大腸菌生菌數約為 100 MPN / 100 ml，勉強合乎一般北美水質可游浴的標準（Silsbee et al., 1976），雖然比泉水及溪水清淨得多。值得慶幸的是平時糞便性大腸較低（ $< 100 \text{ MPN} / 100 \text{ ml}$ ），只是在暴雨期才含過多的糞便性大腸菌。

另外，所有監測的水質中，溫泉的硝酸根濃度（約  $0.6 \text{ mg} / \ell$ ）遠低於其他溪水（ $1.5 \text{ mg} / \ell$ ）與泉水（ $1.6 \text{ mg} / \ell$ ）的硝酸根濃度（表 1）。同時這種關係若以銨（ $\text{NH}_4^+$ ）而言，則與硝酸根（ $\text{NO}_3^-$ ）正巧相反。也就是說，溫泉的銨濃度（ $1.6 \text{ mg} / \ell$ ）比溪水（ $0.03 \text{ mg} / \ell$ ）及泉水（ $0.02 \text{ mg} / \ell$ ）又高出極多（表 1）。這種現象說明地表及地中水，流經氧化良好的環境，故硝化作用（nitrification）可以進行；而溫泉水環境有利還原作用的銨化作用（ammonification）。這種環境自高溶氧量（ $> 5 \text{ mg} / \ell$ ）的溪水與泉水及低溶氧量（ $< 1 \text{ mg} / \ell$ ）的溫泉水現象便可知曉了。

(七)綠水水文站及公園管理處的飲用水水質現況：

兩處之飲用水水質無甚區別。懸浮質除了在暴雨期略高外，平時相當少。一般而言，物理與化學性質均可，惟生物性質僅合行政院衛生署認定的乙類溪溪水水質標準（表1）。圖11為兩處飲用水在研究期間的大腸菌生菌數濃度隨時間的變化。凡是暴雨期，濃度均下降，但是乾旱少雨季節，該菌數濃度快速上升。民國七十八年的改善有限，糞便性大腸菌數目雖然是總生菌數的3分之1，但是仍然嫌高，可賀的是今年（七十八年）起已大見改善，均不足100 MPN/ml。依此看來，若河川水源的生物性質不能改善，若繼續抽用河水，可能無法改善飲用水的生物性質。設法抽用地下水做為一個改善方法，則有待進一步的評估。

## 五、討論與結論

影響立霧溪溪流、湧泉、溫泉的水質之因素分為自然環境及人文活動兩項。人文因素是指人類活動（尤其是開墾、農耕、居住、開路、水域活動等），引起地表沖失，水污染的後果，間接影響溪流水質。自然環境因素有氣候、地質、地形、土壤、植生及水文。其中地質與地形的影響力在短時間內不會有太大的改變。而氣候影響力中，尤其是雨量及其在時間（季節性分配）與空間（地區性分布）的變化，更能影響流入立霧溪的水流路徑（經過土壤層）及流入立霧溪之前的延時。因此，欲討論立霧溪的溪流、湧泉、溫泉的水質，必先瞭解影響水質的各項因素。

從綠水站的氣象與水文資料（圖 2）中知道，研究期間兩年的降雨量相差很大。1987 年為 2,749 *mm* 而次年（1988）只有 1,255 *mm*，此與歷年（1966～1988）平均為 2,100 *mm* 比較，分布極端不平均。此極端不平均乃主要是依當年颱風雨量而定。1987 年的二個颱風（9 月上旬的傑魯得及 10 月中旬的琳恩）所帶來的暴雨分別為 1,208 與 657 *mm*，佔該年雨量的 44 % 與 24 %，也就是佔全年總雨量的七成左右。次年（1988）的三個颱風（克蒂、李尹、魯碧）佔全年雨量的 50 %。事實上，立霧溪太魯閣國家公園峽谷區的氣候有明顯的乾濕季節，乾季是 11 月起到翌年的 4 月止，共半年的雨量約佔全年的 20 %。在這種雨量分配下，溪水也暴漲暴落，水位相當不穩定，研究的二年期間月雨量（*mm*）與月平均流量（CMS）的相關係數（*r*）為 0.889。溪流量若受降雨量的暴漲暴落，會影響溪流水的主要水源。溪流的主要水源可分為三大類：地表逕流、地中流（管流）及地下水。因為此三大類水源的水質，受到不同程度的土壤，植生與地質的影響。森林地區的地表逕流多比較酸，有機物濃度高與挾帶較多的懸浮質，後兩者均會導致較高的濁度。若地下水是主要溪流水源，此常發生在低水位期，則水質較鹼性，鹽基離子濃度低，電導度與硬度提高（金恆鑣、楊炳炎，1984）。然而，集水區內若有強度人為活動，則水質當然與未受干擾的森林集水區溪流水質有相當大的差異。以生物性質而言，大腸菌總生菌數與糞便性大腸菌生菌數的數目與季節性變化可以大略看出人文活動對水質的影響。大腸菌總生菌數是指水中所有喜氧，兩性厭氧，格蘭（

gram) 負反應，非孢子生成桿狀細菌，在 35℃，乳糖 ( lactose ) 培養液中，歷經 24 小時後，發酵生成氣孢之可繁殖最多生物數目。糞便性大腸菌數是將受溫體動物污染的大腸菌生菌數與其他污染源的大腸菌生菌數分開。測定時是在乳糖培養液中，44.5℃ 下，24 小時所產生的生菌密度表示。試比較圖 3.15 與圖 3.16，冬季時段的溪水及泉水的生物性質最差，而冬季低水位時段，溫血動物造成的糞便性大腸菌便成爲最大的污染源。冬季是當地旅遊的旺季 ( 圖 8 )，不難想像這時段也是人爲污染源最多的時期。

一般天然未經太嚴重污染的河川，其本身有自清的能力 ( Chiras, 1986 )。這一方面是河水本身的生化作用、沉澱作用、氧化還原作用，溶解作用的結果，另一方面是沿溪有新的清淨的支流水匯入，在稀釋的效果下，污染濃度降低，水質得以改善。這種現象，在監測文山到長春祠之間的立霧溪水質變化也可得到部分證實。

三湧泉 ( 靳珩橋、天王橋與長春祠 ) 的水質變異情形 ( 圖 6 ) 可以反應三處湧泉的位置之間的相對距離。換言之，靳珩橋處的泉水距離地表較深或流經土壤之比例較少而天王橋及長春祠處的泉水水源比較接近地表，帶有濃厚的地中流特性。這從比較水溫、硬度、電導度、溶氧量、鹽基離子及各陰離濃度的差異便可知曉。從此三處泉水性質中推論硫酸根多來自基流 ( base flow ) 而硝酸根及氯離子濃度是地中 ( subsurface ) 及地表逕流 ( surface runoff ) 的指標。

上述三湧泉性質推測其供水來源的機制更明顯的表示在文山溫泉的水質上。溫泉水溫介於 44 ~ 45 °C 之間，終年不變，顯示來自地下深處，因此，具有比基流水質更深的特性：硬度、電導度、鈣、鎂、鈉及硫酸根濃度比溪水湧泉均高出數倍而硝酸根、溶氧量又比溪水與泉水低了數倍（表 2）。

此地順便討論台電電源開發處的水文站及國家公園管理處的水塔內用水品質。其性質除水溫較高 1 °C 左右外其餘性質與溪流在平流期的物理與化學性質無甚差別。若以生物性質而論，除了大腸菌類濃度外，符合一級公共給水水質標準（環境保護法規彙編，1987）。但是大腸菌總生菌數為 1,500 MPN / 100 ml 及糞便性大腸菌生菌數在 300 MPN / 100 ml 左右，僅能符合二級公共給水水質上限標準。這一方面是水源受到部分生物污染的影響，另一方面是水塔高出地面，水溫維持在 20 °C 左右，有利微生物繁殖。因此，依衛生原則，使用前應先做消毒處理或一般通用之淨水方法處理後再使用。目前管理處使用氯氣消毒法確實已收到殺菌之效果。

## 六、建議事項

根據兩年（76 / 7 ~ 78 / 5）監測立霧溪內峽谷區段的溪流、湧泉、溫泉水質後，作成下列建議：

1. 溪流及湧泉水質可作任何灌溉用水。
2. 溪流水，若未經消毒處理，並不適合游泳用水。應將此點設法轉告旅客，並在旅客集中地點設置“勿污染溪水”之標誌。

3. 三處取得的湧泉水，在豐水期雖然所含之大腸菌總生菌數遠低於溪水之大腸菌生菌數，惟宜消毒處理後使用。
4. 文山溫泉水質除硬度較高外，合乎一級公共供水，可供沐浴。簡易消毒及離子交換處理後可以飲用。
5. 綠水之水文站及公園管理處的水塔用水，應作消毒及淨水處理，始可作洗滌、沐浴及飲用。
6. 宜進一步瞭解生物污染，追蹤微生物污染及其原因。例如區分自然水域微生物、野生動物、家畜及人類排放物造成之生物污染源。
7. 如果想繼續監測水質，建議除做大腸菌總生菌數 ( total coliform bacteria )、糞便性大腸菌生菌數 ( fecal coliform bacteria ) 外，加做糞便性鏈狀球菌生菌數 ( fecal streptococcal bacteria )，以區別生物性污染來自人類或其他野生動物。

## 七、參考文獻

- (1) 太魯閣國家公園簡介 ( 1976 ) 內政部營建署，太魯閣國家公園管理處印製，民國 75 年 11 月。
- (2) 水利局，1979 灌溉水質污染監視處理手冊。省水利局編，共 118 頁。
- (3) 內政部，1983 太魯閣國家公園計畫。內政部，中華民國 75 年 10 月。
- (4) 金恆鑣、楊炳炎 1984 畢祿溪試驗集水區的降水及溪水化學。試驗報告 427 號。台灣省林業試驗所。

- (5) 鍾旭和、顏江河 1984 德基水庫集水區物理、化學及生物性水質調查。林試所試驗報告 407 號。
- (6) 台灣電力公司電源開發處 1989 提供花蓮縣綠水水文站之氣象及立霧溪流量資料。
- (7) 環境保護法規彙編 1987 中國鋼鐵有限公司。
- (8) American Public Health Association. 1971. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association. Inc., N.Y. 14th Ed. 1193 p.
- (9) Chiras, D.D. 1985. Environmental Science. The Benjamin / Cummings Publishing Co. Inc. Menlo Park, Ca. USA.
- (10) Silsbee, D., Plastas, L.A., Plastas, H.J. 1976. A survey of backcountry water quality in Great Smoky Mountains National Park. Research / Resources Management Report No.10. U.S.D.I. National Park Service. Southeast Region.
- (11) Reeder, S.W. 1979. Guidelines for surface water quality. Vol. 1, Inorganic chemical substances. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada.



## 八、附 錄

- 表 1：立霧溪的溪水、湧泉、溫泉及飲用水的性質。
- 表 2：公共供水的地表水品質標準。
- 圖 1：水質監測處的取樣點位置圖。
- 圖 2：太魯閣國家公園內峽谷區（綠水站）之氣象、水文資料。
- 圖 3：立霧溪溪水與湧泉水質的時間變異。
- 圖 4：立霧溪溪水懸浮質與濁度的關係。
- 圖 5：立霧溪文山—長春祠段的溪水與泉水的電導度間相關性。
- 圖 6：立霧溪文山—長春祠段的溪水與泉水的硬度相關性。
- 圖 7：立霧溪文山—長春祠段的溪水與泉水的硝酸根濃度相關性。
- 圖 8：研究期間天祥至太魯閣段的遊客人次。
- 圖 9：立霧溪溪流與湧泉水質的空間變異。
- 圖 10：立霧溪內峽谷區段的三處湧泉（靳珩橋、天王橋及長春祠處）水質的時間變異。
- 圖 11：綠水台電水文站與公園管理處的水塔水質隨時間的變異。

表 1 立霧溪的溪流、湧泉、溫泉及飲用水的性質

		溪水	湧泉	溫泉	飲用水	
(一)物理性質					水文站	管理處
1.水溫 °C	平流	18.4	18.4	44.7	19.9	20.0
	暴雨流	17.9	18.6	43.1	20.0	19.4
2.硬度 mg/l CaCO <sub>3</sub>	平流	206	175	610	253	212
	暴雨流	162	144	548	189	156
3.電導度 umhos/cm	平流	333	277	1257	405	333
	暴雨流	276	230	932	320	259
4.濁度 NTU	平流	8.5	1.6	3.4	1.3	1.9
	暴雨流	379	13	9	1.4	2.4
5.懸浮質 mg/l	平流	1.9	4	6	8	8
	暴雨流	872	44	32	14	54
(二)化學性質						
6. pH值	平流	8.0	7.8	7.2	7.8	8.0
	暴雨流	8.0	8.0	7.0	7.8	8.0
7.鉀, mg/l	平流	2.2	1.1	8.0	1.8	1.7
	暴雨流	2.4	1.0	8.4	1.6	1.5
8.鈉, mg/l	平流	4.8	3.2	100.6	6.7	3.9
	暴雨流	3.8	3.0	80.9	5.4	2.9
9.鈣, mg/l	平流	59	45	202	70	61
	暴雨流	55	44	181	59	54
10.鎂, mg/l	平流	10.4	7.9	30.5	13.3	9.0
	暴雨流	9.1	9.4	26.4	10.9	7.3
11.鐵, mg/l	平流	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	暴雨流	1.4	1.1	1.5	0.9	1.1
12.鉛, mg/l	平流	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	暴雨流	0.6	0.5	0.5	0.4	0.5
13.鎘, mg/l	平流	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02
	暴雨流	0.07	0.07	0.10	0.08	0.07

表 1 ( 續 前 )

		溪水	湧泉	溫泉	飲用水	
					水文站	管理處
14. 銨, $mg/l$	平流	0.03	0.02	1.56	0.00	0.03
	暴雨流	0.02	0.01	0.91	0.0	0.01
15. 氯離子, $mg/l$	平流	1.5	1.9	4.33	1.6	1.4
	暴雨流	1.6	1.6	2.82	1.31	1.06
16. 硫酸根, $mg/l$	平流	45	31	131	43	53
	暴雨流	43	27	84	36	46
17. 硝酸根, $mg/l$	平流	1.5	1.7	0.6	0.6	1.9
	暴雨流	1.5	1.4	0.5	1.2	1.8
18. 磷酸根, $mg/l$	平流	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1
	暴雨流	0.01	0.02	0.1	0	0.1
19. 溶氧量, $mg/l$	平流	7.7	5.8	0.5	7.5	7.3
	暴雨流	8.2	6.3	0.2	7.7	7.9
20. 生化需氧量, $mg/l$	平流	0.9	0.9	0.9	0.9	1.1
	暴雨流	1.2	1.3	1.8	1.3	1.3
(三) 生物性質						
21. 大腸菌總生菌數, MPN/100ml	平流	1120	653	397	1450	1505
	暴雨流	1203	263	205	1495	993
22. 糞便性大腸菌生菌, MPN/100 ml	平流	1392	259	92	313	340
	暴雨流	1477	220	160	600	488

在暴雨期, 溪水水位高漲, 淹沒文山溫泉出水口, 無法取得樣品。

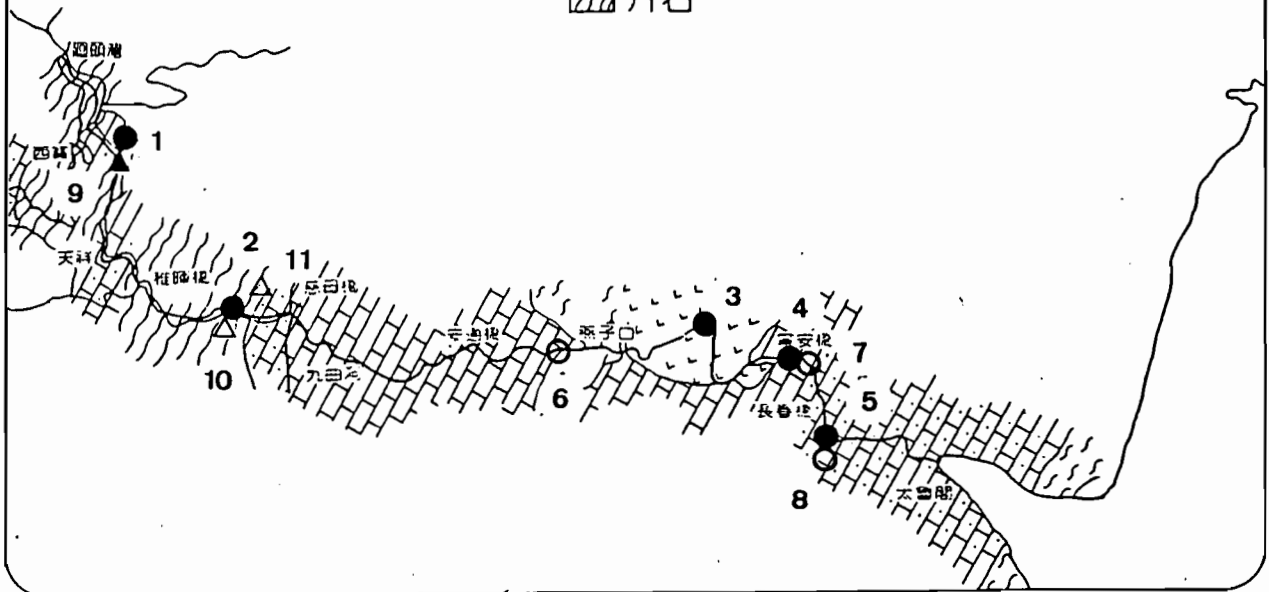
表 2 公共供水的地表水品質標準

	蘇	俄	加拿大	澳	洲	美	國	台 灣	
	1972		1972	1974		1976		(甲)	(乙)
1. pH	-		6.5-8.3	6.5-9.0		50-9.0		6.5-8.5	6.0-9.0
2. 水溫, °C	-		< 15	-		-		-	-
3. 濁度, NTU	-		-	25		-		-	-
4. 硬度, mg/l CaCO <sub>3</sub>								500	
5. 大腸菌總生菌數 MPN/100 ml	-		5000	5000		-		50	5000
6. 糞便性大腸菌生菌數			1000	100		-		-	-
7. 電導度, umhos/cm	-		-	-		-		750	-
8. 氨氮	-		0.01	0.1-0.5		-		0.1	0.1
9. 硼, mg/l	-		0.01	1.0		-		-	-
10. 鎘, mg/l	0.01		0.01	0.01		0.01		0.01	0.01
11. 鈣, mg/l	500		-	200		200		50	-
12. 氯, mg/l			-	250		200-600		-	-
13. 氟, mg/l	1.5		1.5	1.5		-		-	-
14. 鐵, mg/l	0.5		0.3	0.3		0.03		-	-
15. 鉛, mg/l	0.1		0.05	0.05		0.05		0.1	0.1
16. 鎂, mg/l	-		150	30(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> >250)		50		-	-
				150(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> <250)					
17. 硝酸氮類	-		10	10		10		-	-
18. 生化需氧量, mg/l						④		1	2
19. 溶氧量, mg/l	-		-	≥5.0		-		6.5	5.5
20. 磷, mg/l	-		0.2(PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	0.2		-		0.01	-
21. 固體物, mg/l	-		-	-		-		25	25
22. 硫酸根, mg/l	-		500	-		250		-	

1. 蘇 俄 1970. Maximum Permissible Concentrations (MPC) of Toxic Substances in Water for Sanitary-Household Use.
2. 加拿大 1972. Guidelines for Water Quality Objectives and Standards, Dept. of Environment, Inland Waters Directorate, Ottawa, Ontario, Tech. Bull. 67.
3. 澳 洲 1974. A Compilation of Australian Water Quality Criteria. Australian Water Resources Council Tech. Bull.No.7, Canberra, Australia.
4. 美 國 1976. Quality Criteria for Water. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. Pub. EPA-440 / 9-76-023 。
5. 台 灣 1987. 環境保護法規彙編 中國鋼鐵股份有限公司。

# 岩層分佈圖

- ▨ 長春層(層狀大理石)
- ▩ 九曲大理岩
- ▧ 片麻岩
- ▦ 片岩



- |       |           |       |          |       |            |
|-------|-----------|-------|----------|-------|------------|
| ● 溪水： | (1) 文山溫泉站 | ○ 湧泉： | (6) 靳珩橋處 | ▲ 溫泉： | (9) 文山溫泉   |
|       | (2) 綠水站   |       | (7) 天王橋處 | △ 水塔： | (10) 綠水水文站 |
|       | (3) 溪畔站   |       | (8) 長春祠處 |       | (11) 國家公園  |
|       | (4) 天王橋站  |       |          |       | 管理處        |
|       | (5) 長春祠站  |       |          |       |            |

圖 1：水質監測處的取樣點位置圖。

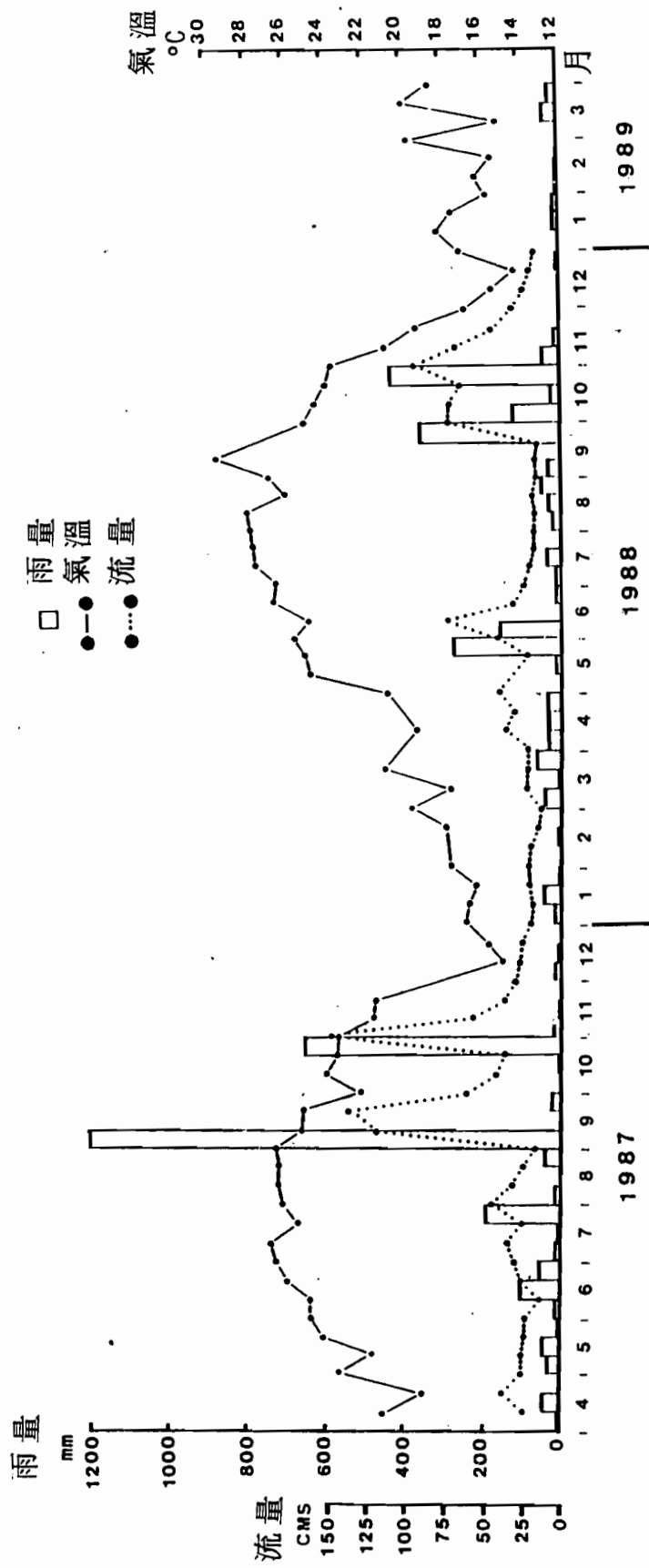


圖 2：太魯閣國家公園內峽谷區（綠水站）之氣象、水文資料。

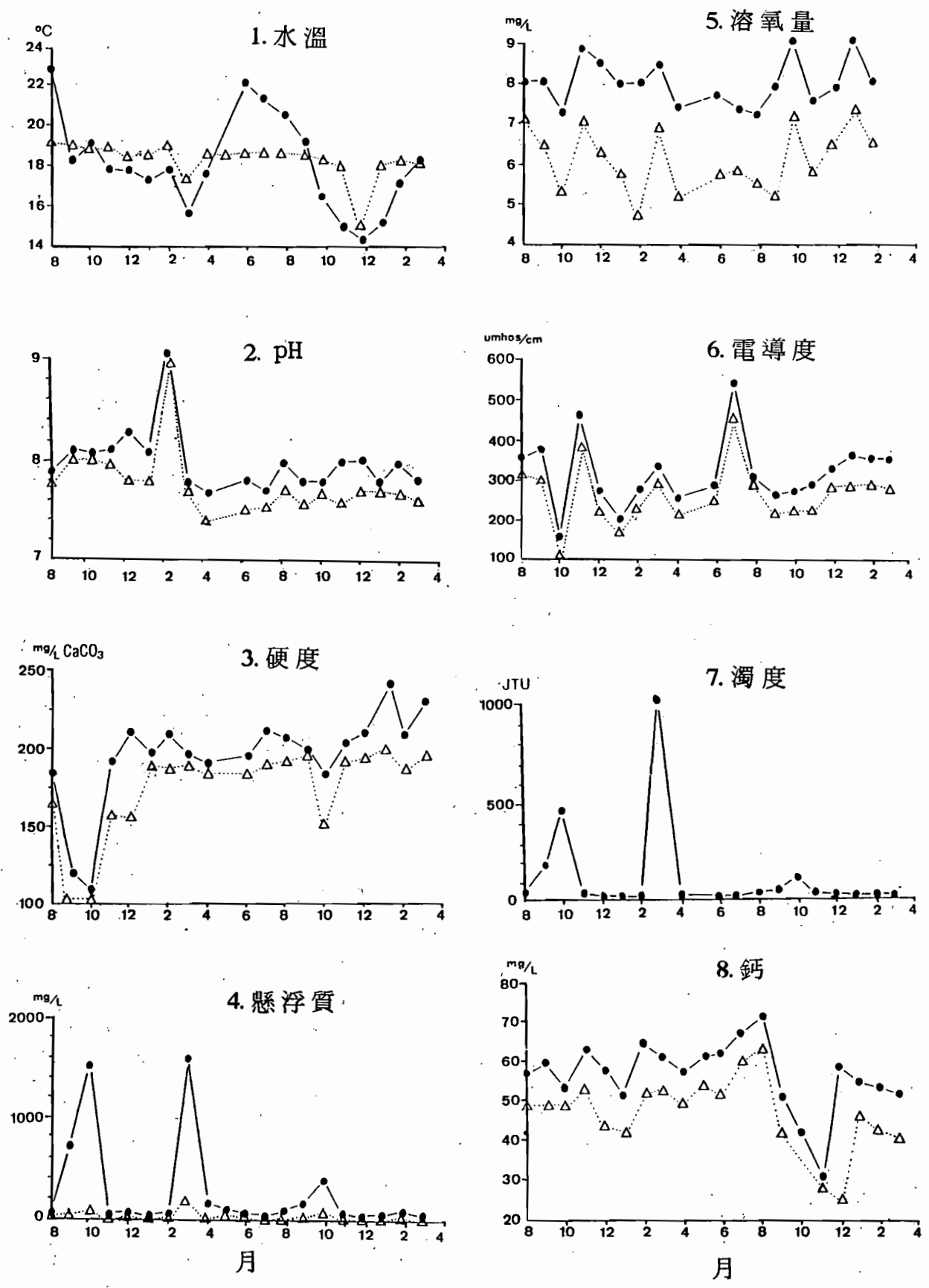


圖 3：立霧溪溪流（—●—）與湧泉（…△…）水質的時間變異。



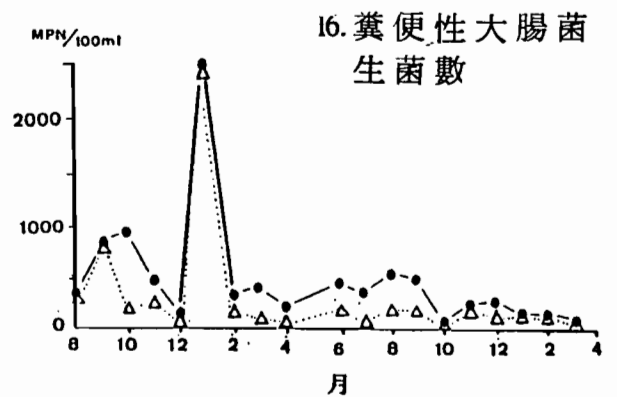
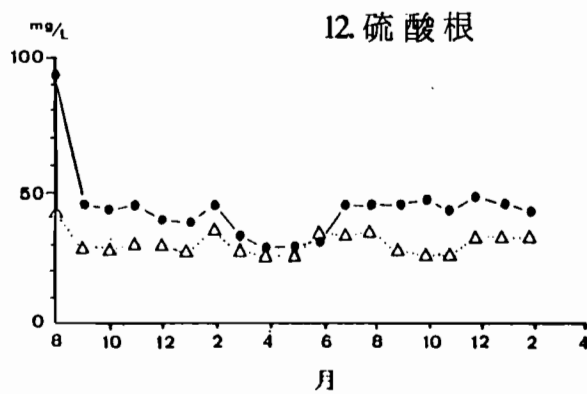
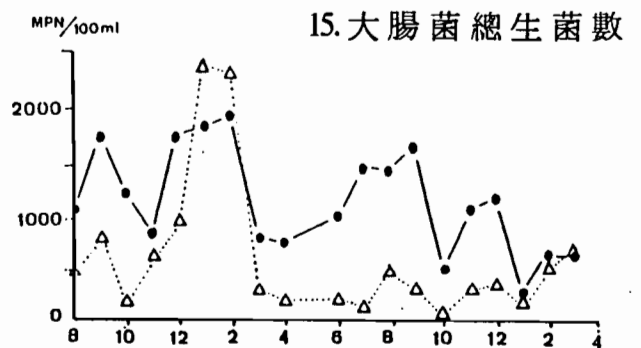
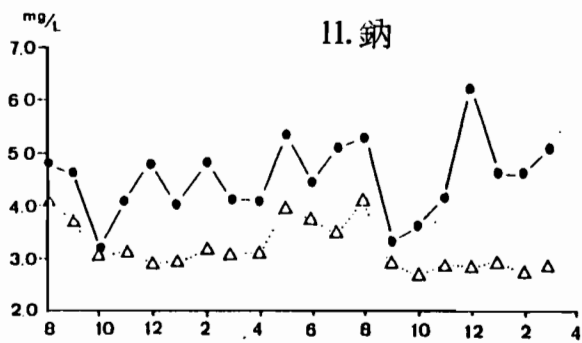
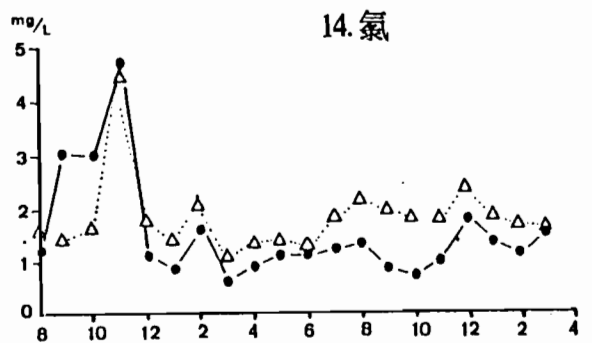
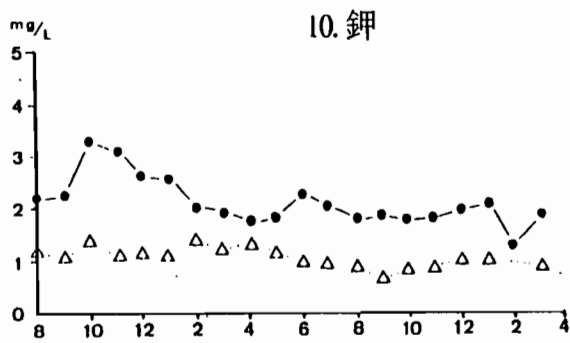
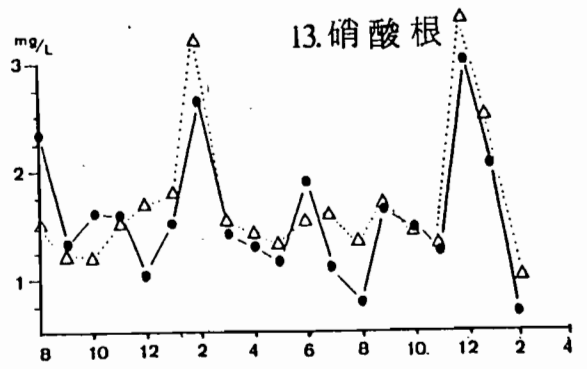
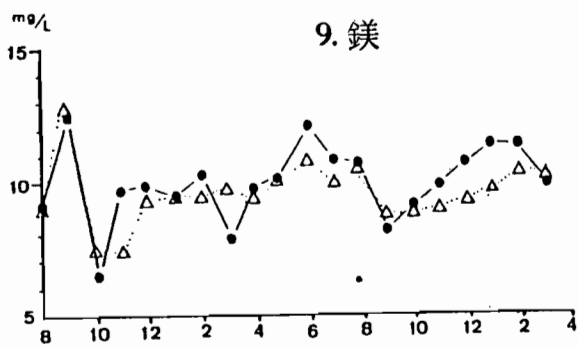


圖 3：立霧溪溪流（—○—）與湧泉（…△…）水質的時間變異（續前）。

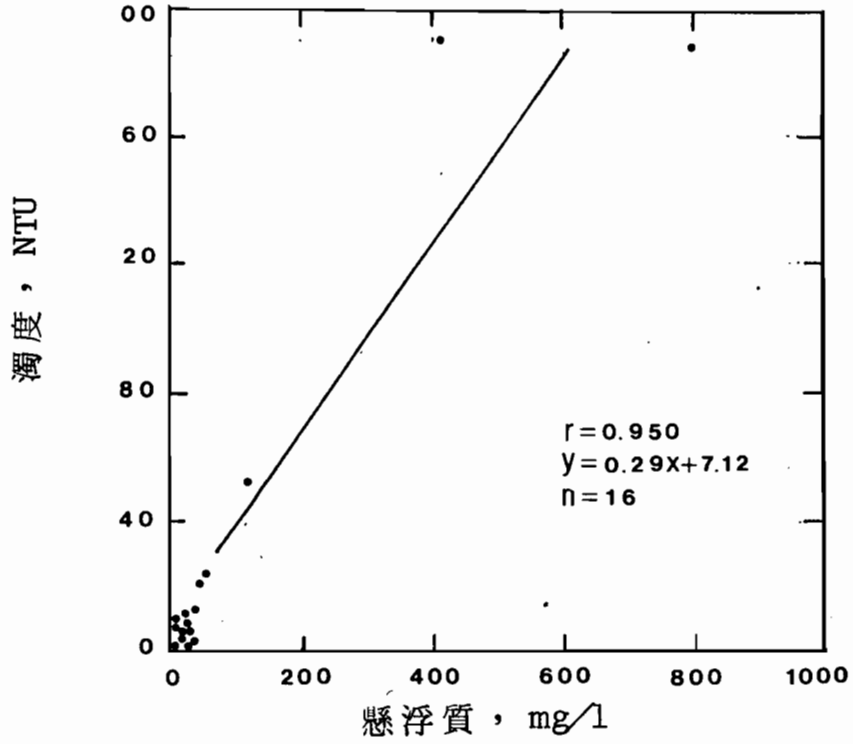


圖 4：立霧溪溪水懸浮質與濁度的關係。

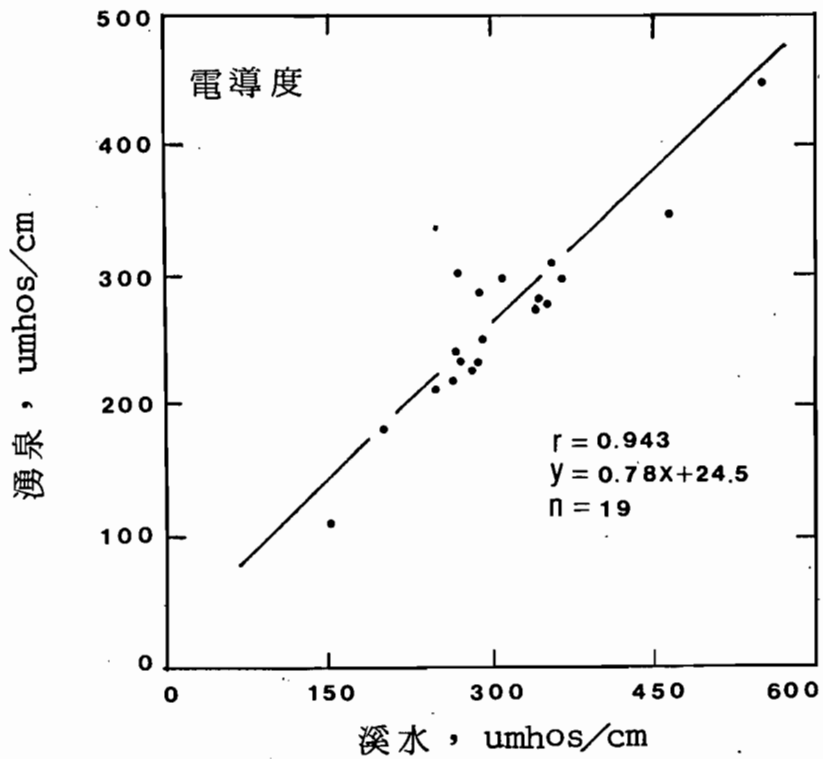


圖 5：立霧溪文山—長春祠段的溪水與泉水的電導度間相關性。

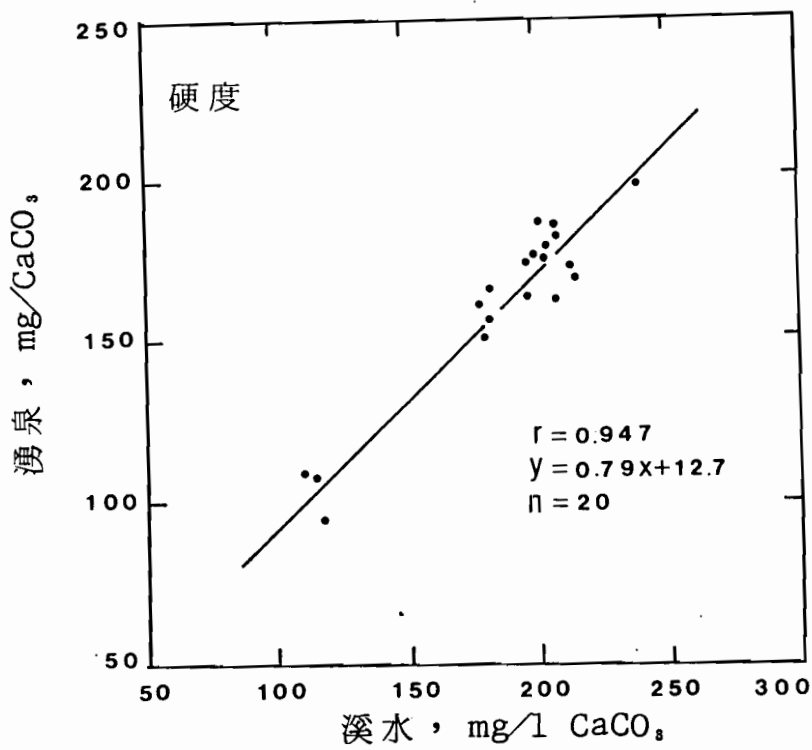


圖 6：立霧溪文山—長春祠段的溪水與泉水的硬度相關性。

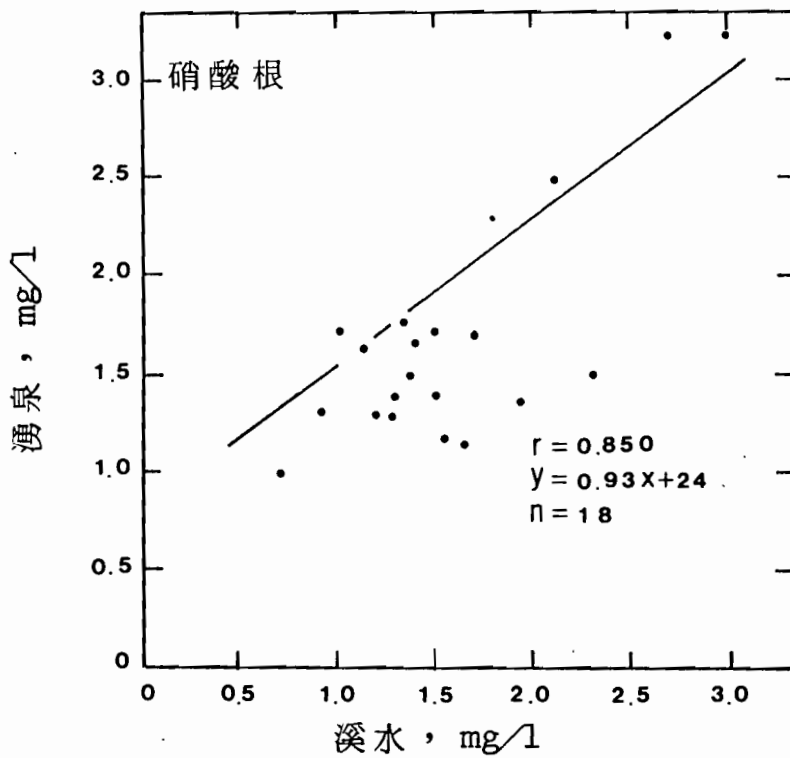


圖 7：立霧溪文山—長春祠段的溪水與泉水的硝酸根濃度相關性。

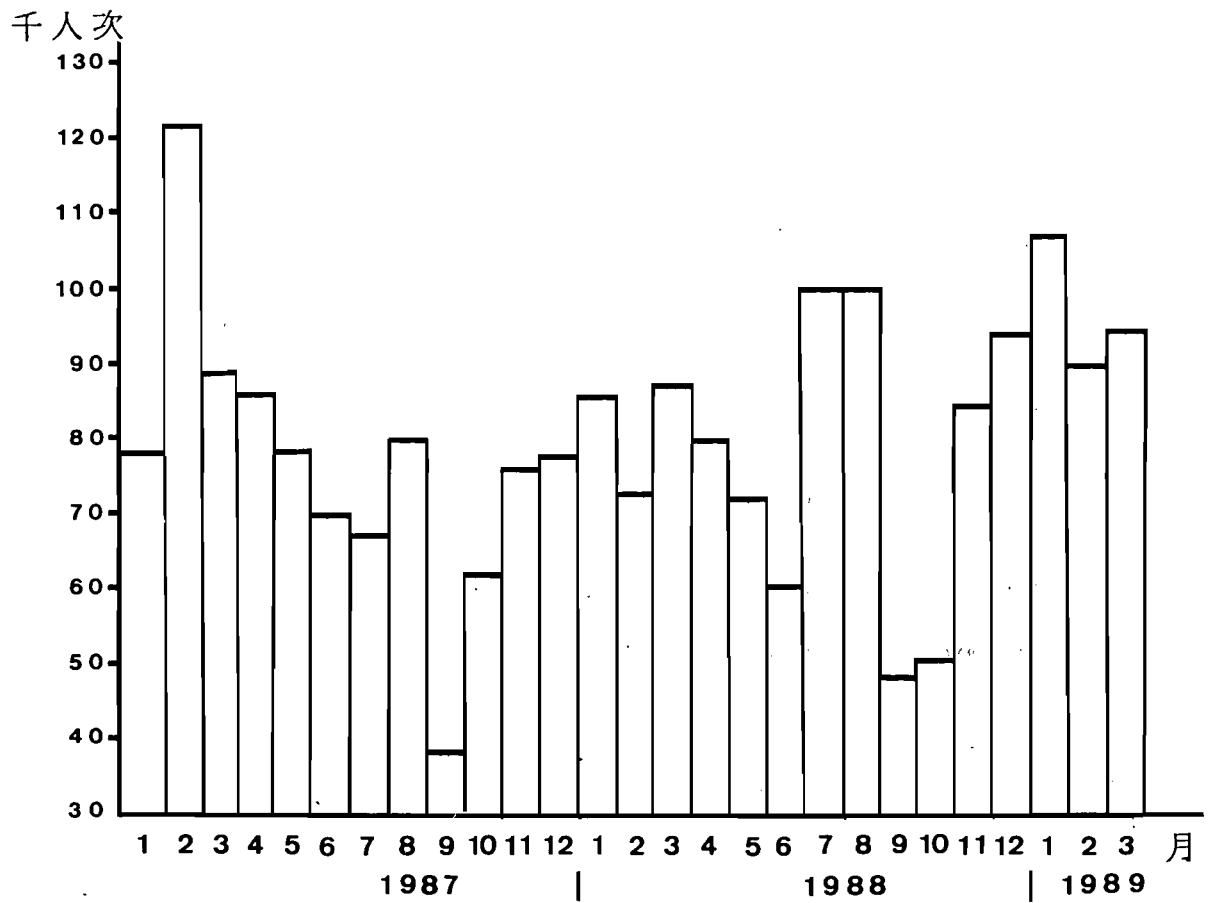


圖 8：研究期間天祥至太魯閣段的遊客人次。

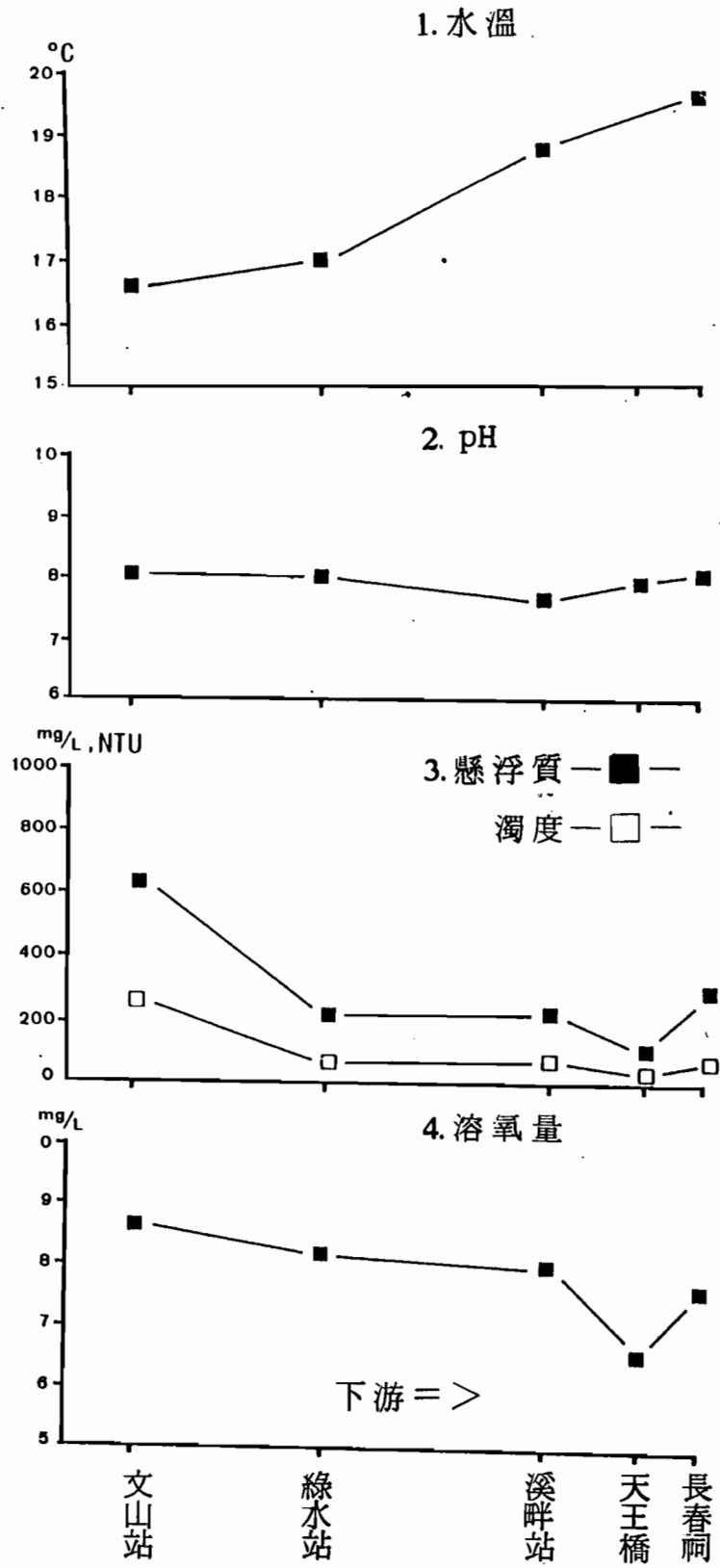


圖 9：立霧溪溪流與湧泉水質的空間變異

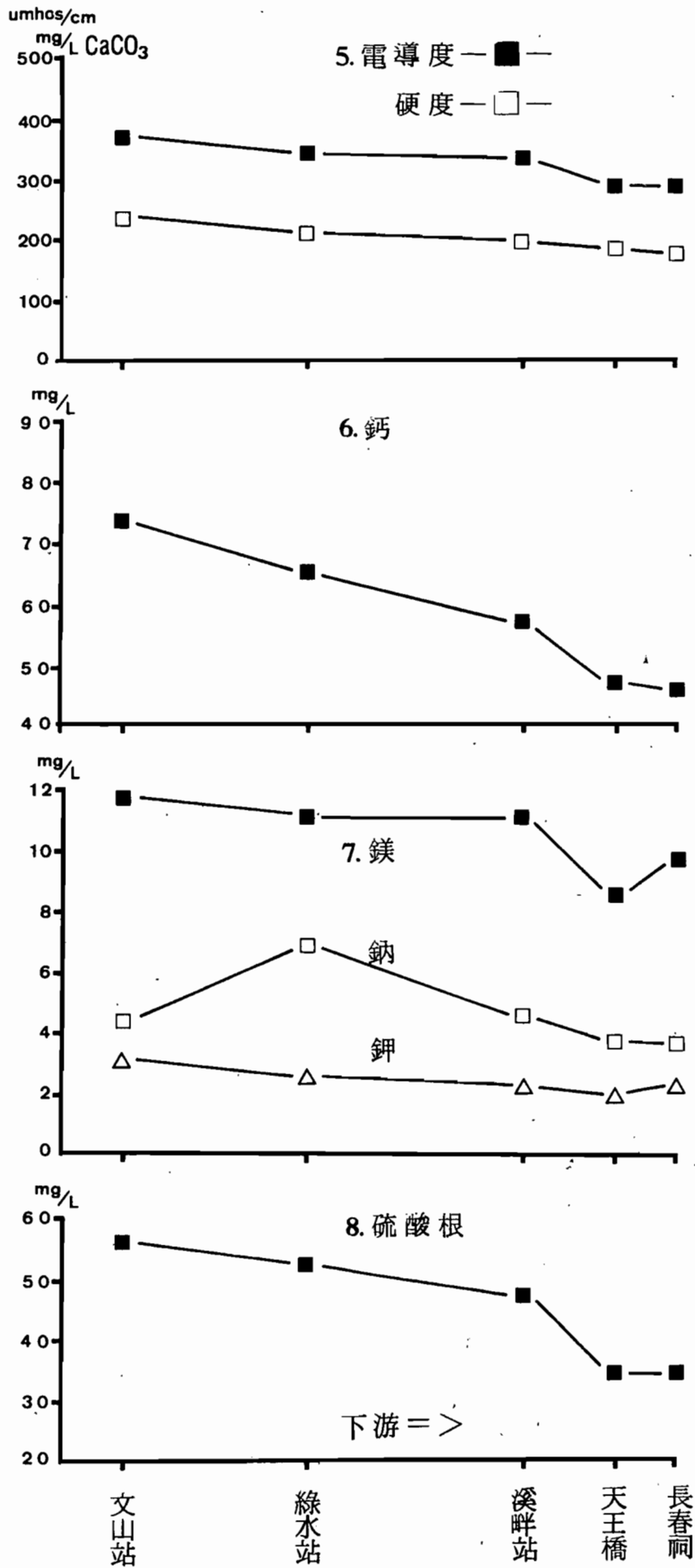


圖 9：立霧溪溪流與湧泉水質的空間變異（續前）。

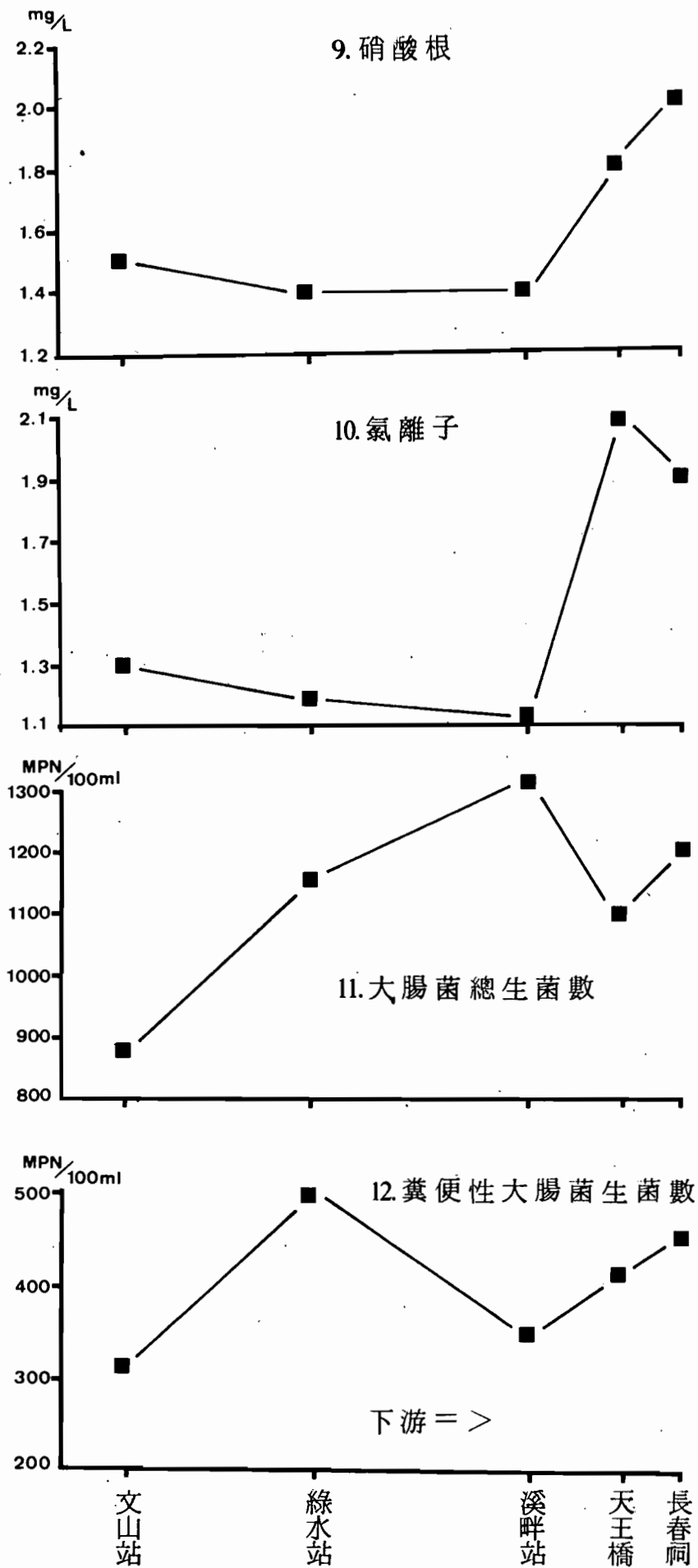


圖 9：立霧溪溪流與湧泉水質的空間變異（續前）。

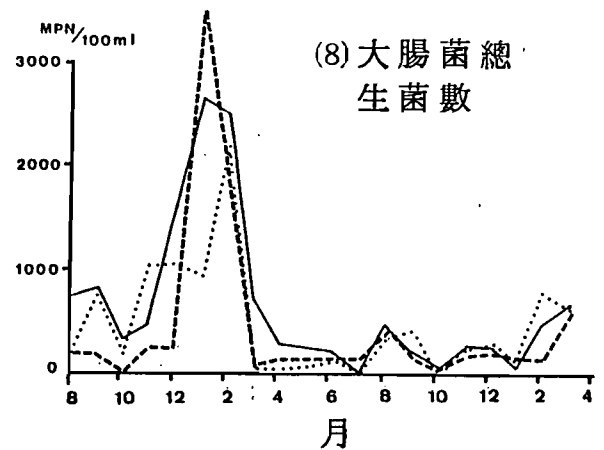
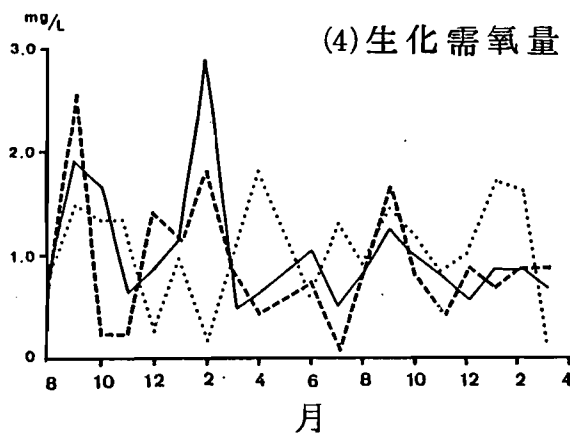
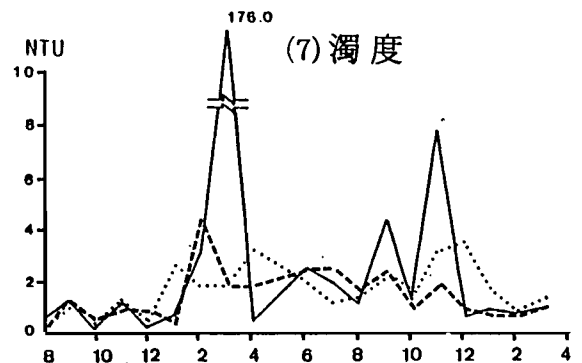
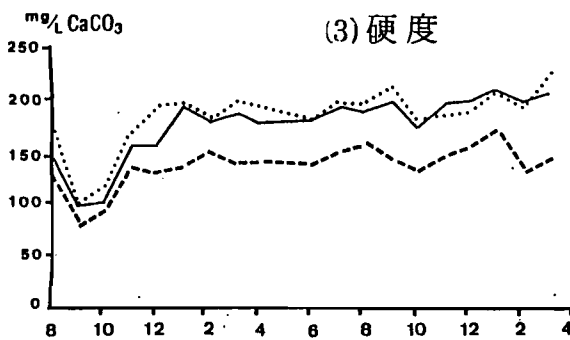
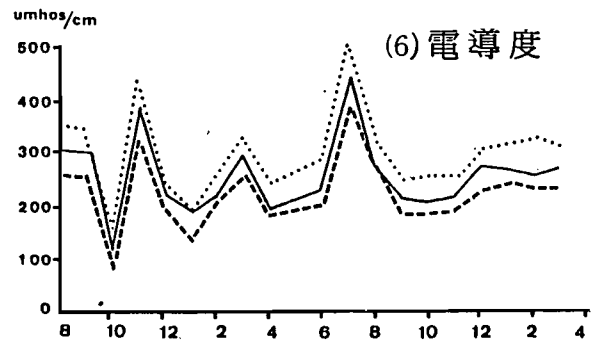
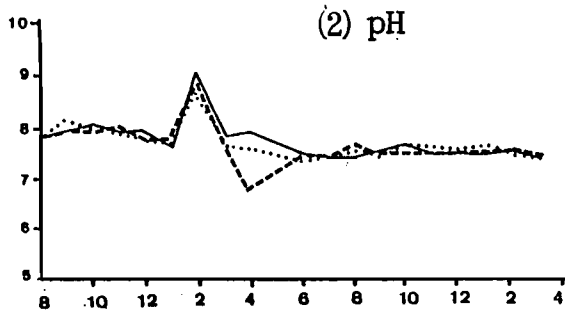
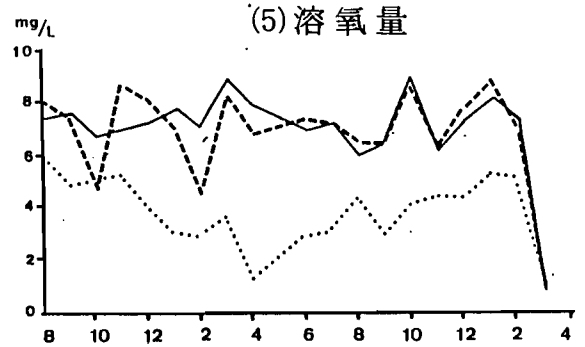
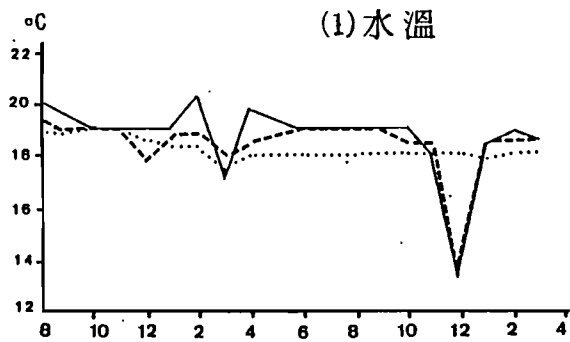


圖 10：立霧溪內峽谷區段的三處湧泉（蕪珩橋、天王橋及長春祠處）水質的時間變異（蕪珩橋……；天王橋—；長春祠----）。



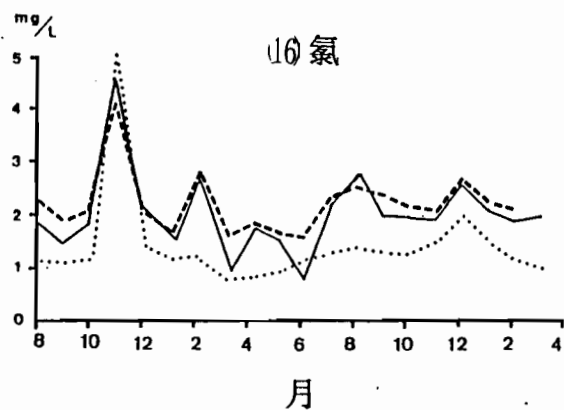
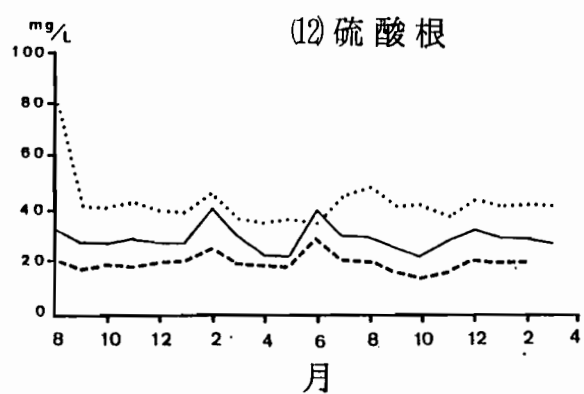
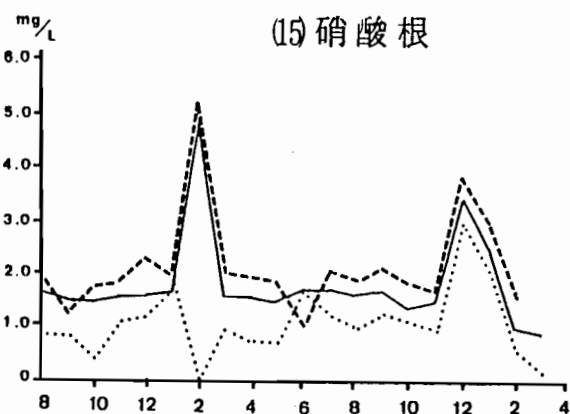
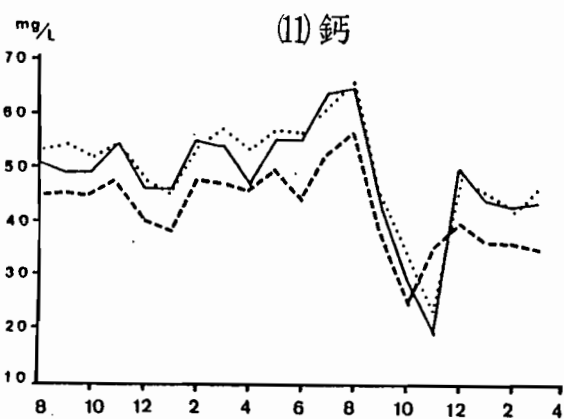
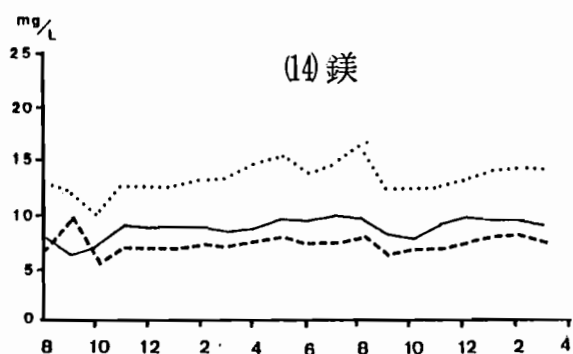
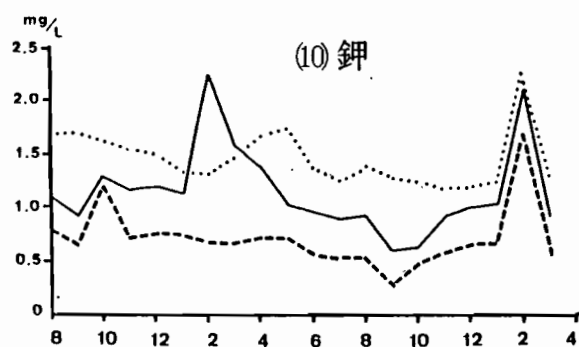
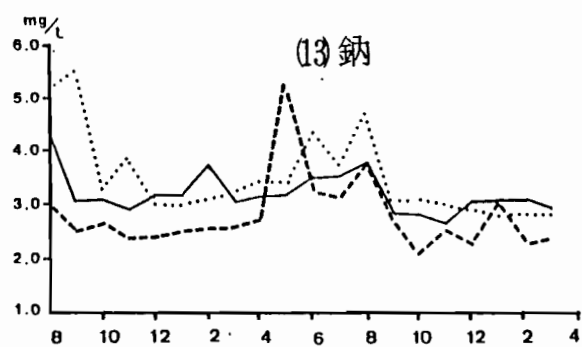
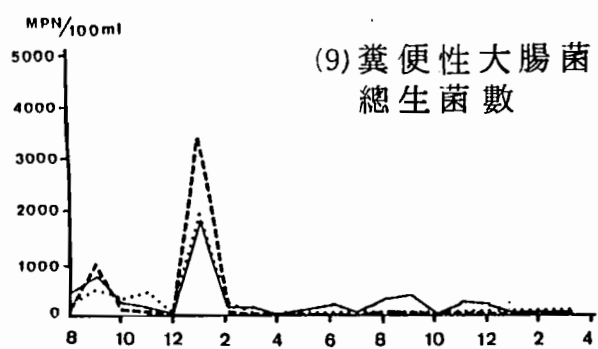


圖 10：立霧溪內峽谷區段的三處湧泉（靳珩橋、天王橋及長春祠處）  
水質的時間變異（靳珩橋……；天王橋——；長春祠----；）  
（續前）。

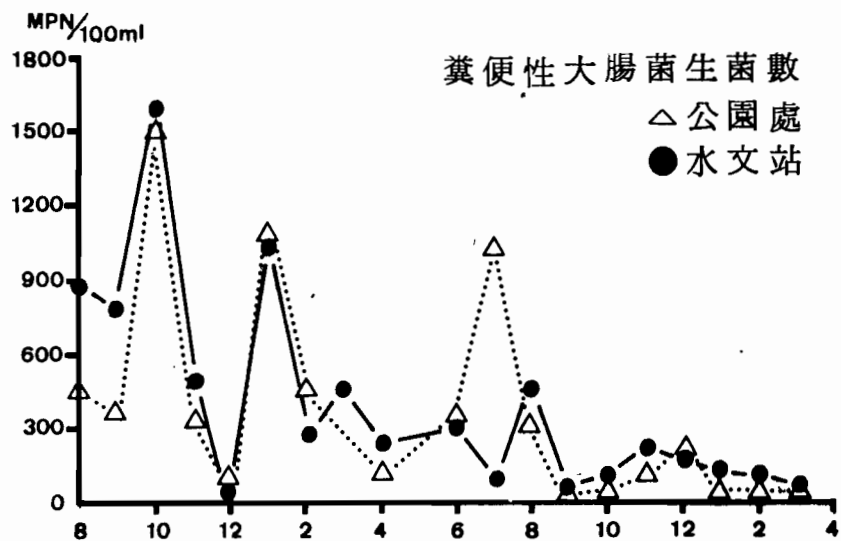
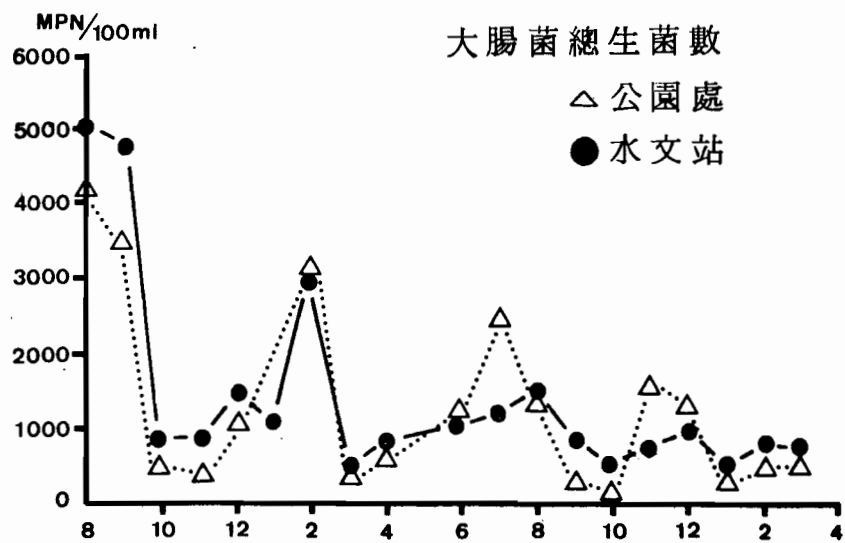


圖 11：綠水台電水文站與公園管理處的水塔水質隨時間的變異。