

# 第一章 緒論

## 1.1 計畫緣由

台灣的河川屬於島嶼型河川，山高水急，再加上台灣經常發生地震及颱風季節帶來的豐沛雨量，造成河川攜帶非常大量之懸浮顆粒，1970 至 1999 年之間每年就有 384 百萬噸的懸浮沉積物被輸送進入海洋（Dadson et al., 2003）。這些大量的懸浮顆粒由河川向鄰近外海輸出，將會對周圍海域有相當程度的影響，尤其是在颱風季節，因颱風帶來的豐沛雨量，使河水攜帶巨量的懸浮顆粒，這些懸浮顆粒的化學組成與傳輸的路徑機制，及其最終於何處埋藏仍不是非常清楚。在一般非雨季時河川對於海洋輸出之懸浮顆粒的化性與宿命亦研究不多。

河川流域之地表的物質經由化學或物理的風化作用，元素會從岩石中被釋放出來，並且以溶解及顆粒搬運方式輸送至海洋中。這些溶解及顆粒態元素隨著河水運送的過程將可能發生變化，且可能因豐水期與枯水期而有著不同的變化趨勢。另外，河水中主要離子的濃度與懸浮物質中金屬含量的變化也將反映上游母岩的組成與風化程度。

故本研究將藉由河水化學性質之採樣調查，建立河水主要離子含量的資料庫，對於將來進行各種環境變遷研究可以提供重要的參考資料。

## 1.2 工作目標

本計畫延續上年度（民國 97 年）的研究工作，在全國 11 條河流之溪水進行取樣分析，研究全島各集水區在一年 12 個月中不同氣候條件下，

其懸浮沉積物的化學特性變化，探討溪水中相關碳酸鈣成份之百分比，以及金屬元素和溶解態的含量。

### 1.3 工作項目及內容

從全島 11 條河川的 15 個水文測量站（圖 1-1、表 1-1），每個月兩次採取溪水樣品，並分析樣品之(1)金屬元素（Al、Mn、Zn、Cu 等），(2)溶解態（Na、K、Mg、SO<sub>4</sub>、HCl 等離子）等重要項目。

從全島各個水文測量站取得之溪水樣品，全部都必須經過初步的制式過濾程序後，再彙集樣品進行室內實驗室的各種不同項目之化學性質分析工作。本計畫同時亦收集各河川集水區上游之雨量資料，以及水文監測資料，以進行各集水區降雨量及輸砂量分析（圖 1-2）。

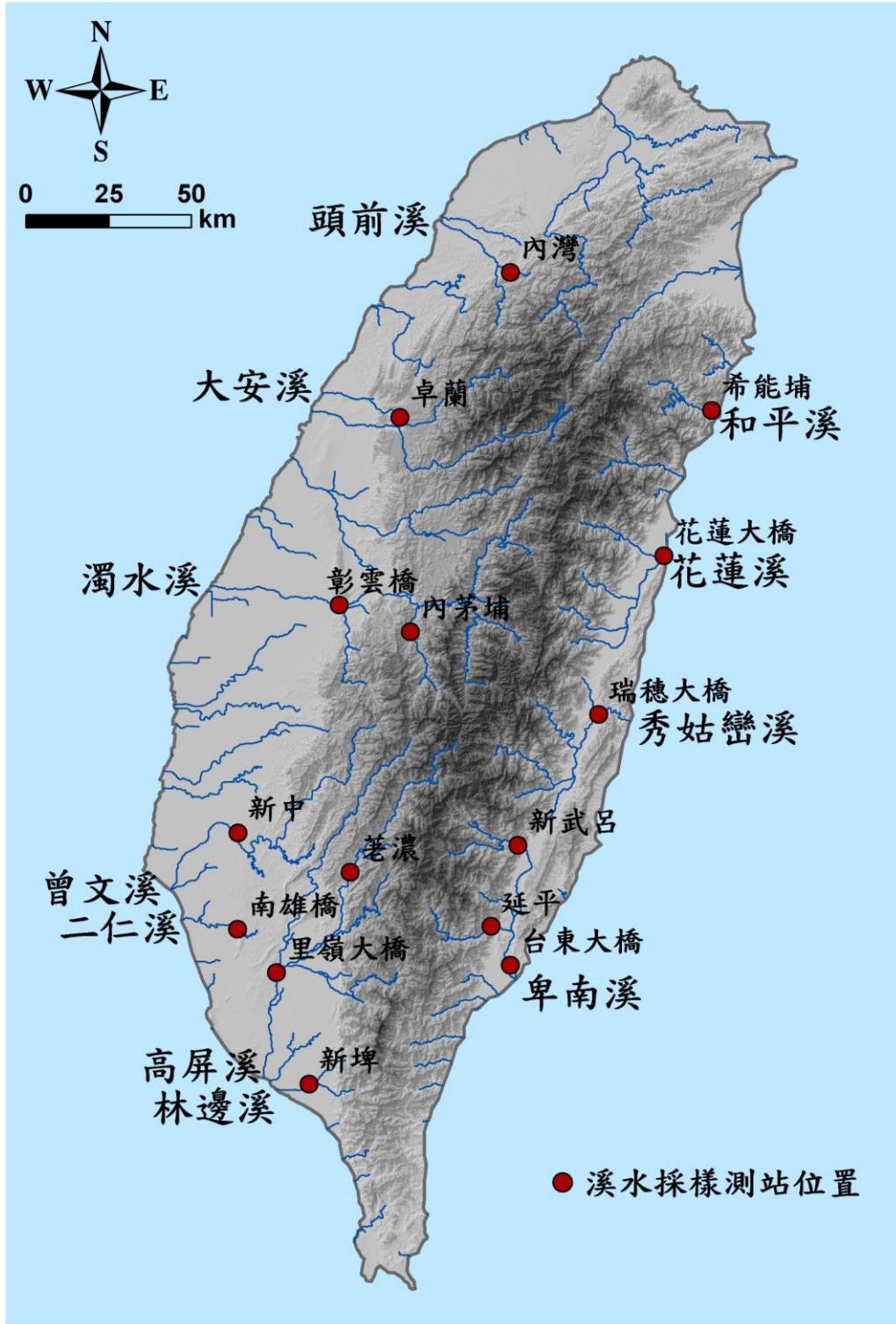


圖 1-1 研究採樣位置

表 1-1 溪水採樣地點綜合資料

站號 (所屬河川局)	河川 (站名)	站址	集水區面積 (km <sup>2</sup> )	標高 (m)
1300H013(2)	頭前溪 (內灣)	新竹縣橫山鄉內灣村	139.07	249
1400H011(3)	大安溪 (卓蘭)	苗栗縣卓蘭大安溪公路橋	599.32	325
1510H057(4)	濁水溪 (彰雲橋)	雲林縣林內鄉林北村	2906.32	106
1510H049(4)	濁水溪 (內茅埔)	南投縣信義鄉愛國大橋	367.40	475
1630H019(6)	曾文溪 (新中)	臺南縣官田鄉渡仔頭村	987.74	9
1660H009(6)	二仁溪 (南雄橋)	高雄縣阿蓮鄉阿蓮村	175.10	30
1730H043(7)	高屏溪 (里嶺大橋)	高雄縣大樹鄉鐘鈴村	2894.79	28
1730H031(7)	高屏溪 (荖濃)	高雄縣六龜鄉新發大橋	812.03	295
1760H004(7)	林邊溪 (新埤)	屏東縣新埤鄉新埤大橋	309.86	4
2500H003(1)	和平溪 (希能埔)	花蓮縣秀林鄉和平村	553.01	28
2420H024(9)	花蓮溪 (花蓮大橋)	花蓮縣壽豐鄉鹽寮村	1506.00	5
2370H017(9)	秀姑巒溪 (瑞穗大橋)	花蓮縣玉里鎮德武里	1538.81	63
2200H011(8)	卑南溪 (台東大橋)	台東縣卑南鄉富源村	1584.29	25
2200H020(8)	卑南溪 (新武呂)	台東縣海端鄉初來村	638.78	316
2200H007(8)	卑南溪 (延平)	台東縣鹿野鄉鹿野村	476.16	151

※資料來源: 水利署水文水資源資料管理供應系統

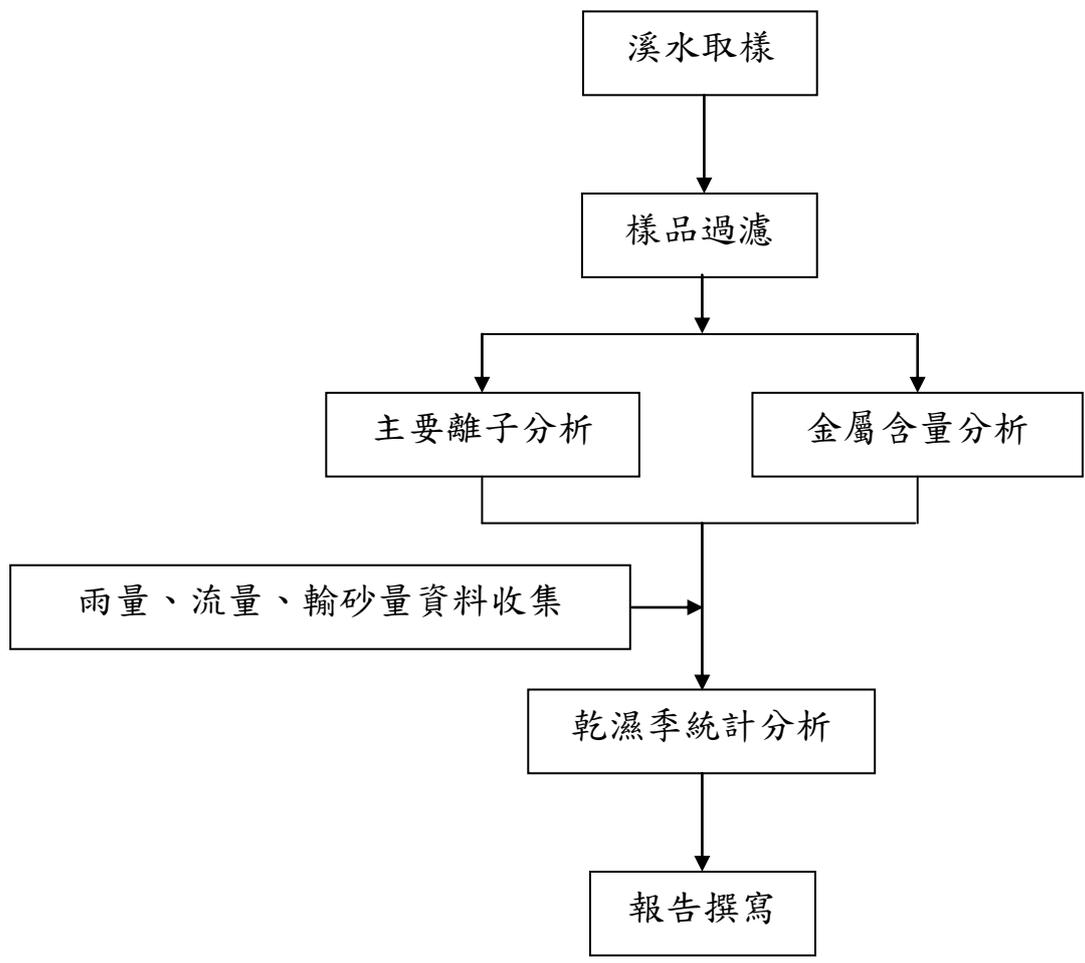


圖 1-2 計畫執行流程圖

## 第二章 研究區域概況

本計劃所進行之溪水採樣涵蓋了台灣北部、中部、南部，以及東部，共 11 條中央管河川，15 個取樣點。15 個取樣點所代表之集水區的涵蓋面積約 15,489 km<sup>2</sup>，佔台灣島總面積（36,188 km<sup>2</sup>）的 43 % 左右，更佔台灣山地、丘陵區的 64 % 左右。利用美國 NASA Terra 衛星資料所計算的台灣森林覆蓋比例顯示（圖 2-1），除了二仁溪之外，其他 14 個集水區的平均森林覆蓋比例皆超過 50 %。

### 2.1 集水區地質環境（圖 2-2）

- (1) 頭前溪：流域內的地層以沉積岩為主，包括卓蘭層、頭嵙山層及沖積層等相當地層。由砂岩、粉砂岩、泥岩、和頁岩互層組成的沉積岩層在流域內容易形成單面山或豬背嶺的地形。
- (2) 大安溪：流域內的地層包括卓蘭層、桂竹林層、南莊層、大桶山層，以及四稜砂岩等相當地層。其中以四稜砂岩佔流域面積 55 % 為最大，其次為大桶山層。
- (3) 濁水溪：主要的地層包括變質岩層的畢祿山層、廬山層、四稜砂岩、大南澳片岩等相當岩層，以及沉積岩層的桂竹林層、南莊層、大桶山層、卓蘭層等。濁水溪流域橫跨多種地質區，岩性變化大。
- (4) 曾文溪：流域內得地層以沉積岩為主，包括南莊層、桂竹林層、卓蘭層，以及古亭坑層。其中古亭坑層為泥岩地層，容易受風化、侵蝕，因此在曾文溪上游的菜寮溪河段形成曲流地形。

- (5) 二仁溪：古亭坑層是流域內最主要的地層，佔流域面積的 90 %，南莊層及桂竹林層則分別僅佔 3 % 及 7 %。泥岩為主的古亭坑層導致二仁溪沉積物來源豐富，且河道變化頻繁。
- (6) 高屏溪：流域內地層由西向東，逐漸由沉積岩進入變質岩。主要的地層包括廬山層、畢祿山層、大南澳片岩等變質岩，以及南莊層、桂竹林層等相當的沉積岩層。
- (7) 林邊溪：流域最主要的地層為廬山層，由黑色到深灰色的硬頁岩、板岩及千枚岩和深灰色的硬砂岩互層組成。其次為畢祿山層，但僅佔流域面積的 5 %。
- (8) 和平溪：位於台灣東部的和平河流域內之地層以變質岩層為主，大南澳片岩為流域內最主要的地層，佔流域面積的 63 %，其次為畢祿山層，而廬山層在流域內也有小面積的出露。
- (9) 花蓮溪：大南澳片岩為流域內最主要的地層，佔流域面積的 88 %。大港口層、畢祿山層；都巒山層則分別僅佔 4 %、6%、2%。
- (10) 秀姑巒溪：流域內地層種類與花蓮溪流域類似，以大南澳片岩出露面積最大，佔流域面積的 54 %，其次為畢祿山層，佔流域面積的 29 %。流域內出露的利吉層為一個標準的混同層，由泥質填充物夾著許多外來岩塊組成，因此容易形成惡地地形。
- (11) 卑南溪：流域內的岩層種類多，包括大南澳片岩、畢祿山層、大港口層、利吉層、都巒山層。其中以畢祿山層及大南澳片岩出露面積較大，而流域內利吉層亦是河川沉積物的主要來源。

本計畫所進行採樣之集水區幾乎涵蓋台灣各種沉積岩層及變質岩層，並且包括地質變化較單純的集水區，如二仁溪、林邊溪等，以及地質變化較複雜的集水區，如陳有蘭溪、卑南溪等。因此，溪水化學性質的分析有助於日後更進一步了解岩性變化與溪水化學性質間的相關性。

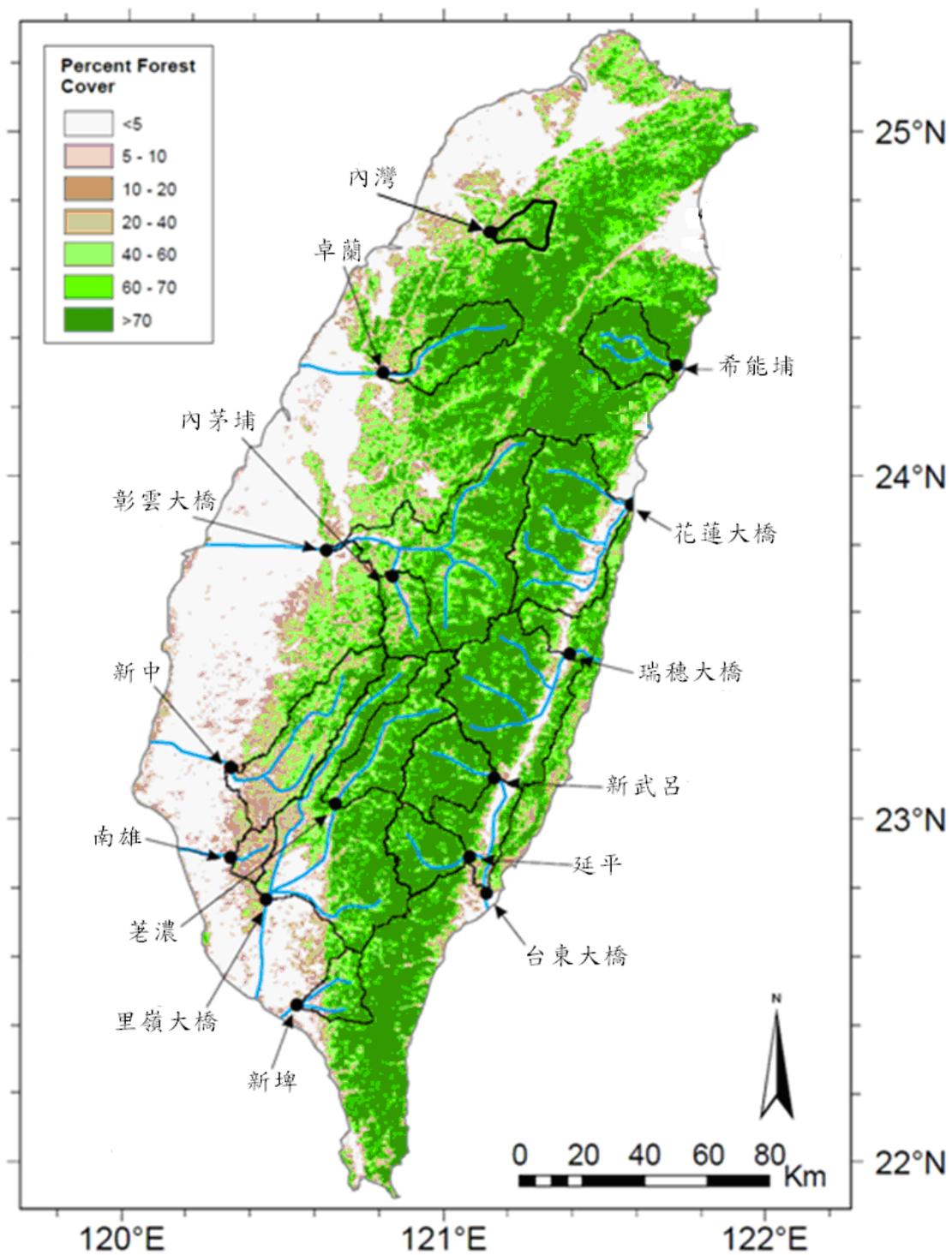


圖 2-1 全台森林覆蓋比例

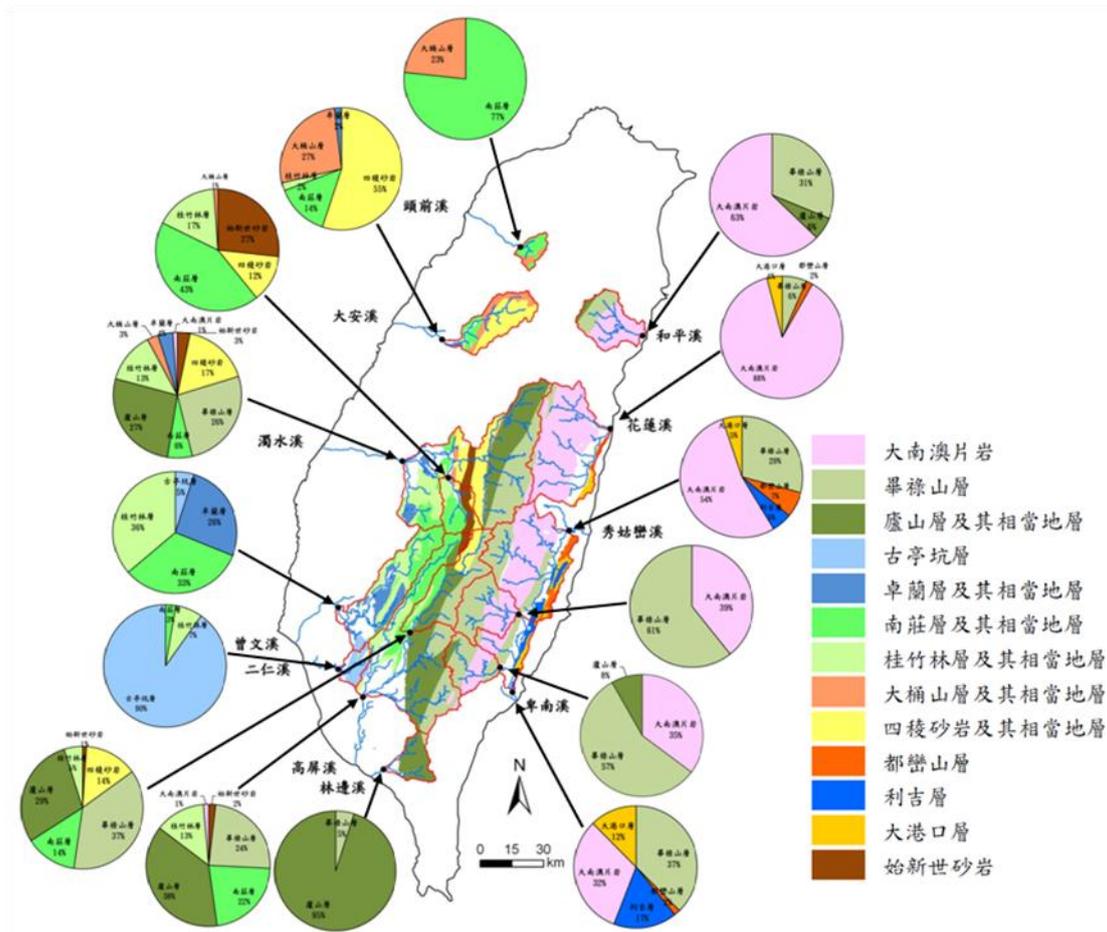


圖 2-2 溪水採樣集水區之地質圖及各地層所佔比例

## 2.2 97 年 9 月至 98 年 10 月間集水區降雨狀況

本計畫收集 97 年 9 月至 98 年 10 月間 15 個採樣集水區上游之雨量測站資料，資料來源為中央氣象局及經濟部水利署。一般而言，每年的 5 月至 10 月為主要的降雨季節，在本計畫中稱為「濕季」；11 月至隔年四月則雨量較少，在本計畫中稱為「乾季」。

由各集水區上游雨量資料顯示（表 2-1），北部地區（頭前溪上游）乾季的平均降雨量為 117.3 mm，而濕季為 464.5 mm；中部地區（大安溪、濁水溪）乾季的平均降雨量為 69.9 mm，濕季為 419.8 mm；南部地區（曾文溪、二仁溪、高屏溪、林邊溪）乾季的平均降雨量為 43.8 mm，濕季為 556.9 mm；東部地區（花蓮溪、秀姑巒溪、卑南溪）乾季的平均降雨量為 109.8 mm，濕季為 366.5 mm。其中以南部地區的乾濕季降雨量差異最大，而中部地區與南部地區在乾季的月平均降雨量低於 100 mm。以集水區而言，曾文溪的乾濕季降雨量差異最大，其次為高屏溪。

表 2-1 97 年 9 月至 98 年 10 月集水區內每月降雨量

年 度	月 份	頭前溪 (烏嘴山)	大安溪 (雪嶺)	陳有蘭溪 (西巒)	濁水溪 (集集)	曾文溪 (西阿里關)	二仁溪 (古亭坑)	高屏溪 (甲仙)	荖濃溪 (多納)	林邊溪 (大漢山)	和平溪 (大濁水)	花蓮溪 (新高嶺)	秀姑巒溪 (哇拉鼻)	新武呂溪 (霧鹿)	鹿野溪 (上里)	卑南溪 (武陵)
97	9 月	1868	1410	1183	1183	1660	742	1402	1350	584	1176	758	735	476	399	434
	10 月	256	54	99	99	127	31	115	143	45	466	432	206	54	38	76
	11 月	108	38	48	48	38	29	41	71	66	58	382	309	87	61	71
	12 月	51	28	15	15	2	1	1	3	0	55	125	136	27	15	8
98	1 月	10	3	0	0	0	0	0	1	0	28	188	128	4	4	11
	2 月	37	39	7	7	11	1	4	10	5	137	251	87	4	35	20
	3 月	253	117	142	142	68	45	50	69	39	131	267	135	80	56	70
	4 月	245	256	177	177	136	109	129	314	71	91	212	103	56	42	53
	5 月	62	93	33	33	70	35	47	104	7	116	238	155	27	57	98
	6 月	422	680	217	217	454	358	466	459	300	134	545	316	283	284	217
	7 月	53	37	188	188	224	175	193	215	511	201	428	522	324	419	443
	8 月	881	1680	821	821	2401	1274	2261	2576	1696	294	452	491	743	490	324
	9 月	53	8	200	200	271	134	180	95	232	314	447	380	193	233	228
	10 月	121	-	32	32	-	44	26	41	-	-	-	-	-	-	289
乾季平均		117.3	117	80	65	65	43	31	38	78	30	83	238	150	43	36
濕季平均		464.5	465	566	347	347	744	349	586	623	482	386	471	401	300	274

※雨量單位為 mm，雨量站紀錄之誤差至整數；「-」：表示未取得雨量資料

資料來源：中央氣象局、經濟部水利署

## 第三章 研究方法

本研究擬探討台灣各河川水體中之主要離子含量於空間及時間上的差異變化。本研究將針對台灣 11 條河川共 15 個測站進行河水的採樣與分析工作，藉由河水中主要離子濃度的研究探討，期能瞭解影響台灣河川主要離子差異的控制因子。主要研究方法包括野外觀測、樣品採集，以及實驗室樣品分析、資料收集與彙整等工作。

### 3.1 樣品前處理

水體樣品：採集到之河水樣品採用壓力過濾法，以手動幫浦連續將水樣抽入裝有 0.2 $\mu$ m 孔徑 Nylon 濾紙之負壓式過濾裝置中。過濾後之水樣分裝至兩個不同的 100ml PE 瓶中，於其中一瓶水樣加入數滴濃硝酸後，標示、密封保存，直待分析。

### 3.2 分析項目與方法

- (1) 水體金屬：水樣經不同比例稀釋後，以火焰式原子吸光光譜儀進行分析，分析之元素為 Mg、Ca、Na、K、Fe、Mn、Zn，而 Cu 則是以石墨 Hitachi-8100 來進行分析。檢量線之直線 ( $r^2$ ) 須達 0.999 以上，且樣品重複分析之精密度須小於 5% 以內。
- (2) 氯離子與硫酸鹽濃度：以離子層析法分析氯離子與硫酸鹽濃度 (O'Dell et al., 1984; Huang and Lin, 1995)。離子層析儀 (Dionex 4500i) 配備 Ionpac AS4A 陰離子交換管柱 (anion exchange column) 和導電度偵測器 (conductivity detector)；流洗液為 1.7 mM NaHCO<sub>3</sub> (MERCK, GR) 和 1.8 mM Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (MERCK, GR) 混合液，流洗液流速控制為 2

ml/min，再生液為 0.025 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (MERCCK, GR)。各項試劑皆使用去離子水 (Milli-Q, ~18MΩcm) 配置。樣品通常稀釋 1~10 倍，分析時以 NaCl 與 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 標準溶液來標定樣品。

- (3) 河川輸砂量：同時，本計畫亦整理經濟部水利署於各主要河川所進行之輸砂量觀測成果，利用率定曲線法分析各主要河川之輸砂能力。率定曲線法 (RC) 是利用實測流量與輸砂濃度的對比關係得到之迴歸公式，來推估無實測輸砂濃度時之輸砂量，因此率定曲線法的優點即在於只須少量的實測值，就可以進行輸砂量估計。其公式可表示為  $C_s = \kappa Q^b$ 。C<sub>s</sub> 為輸砂濃度，其單位為 ppm；Q 為流量，單位為 m<sup>3</sup>/sec；κ 及 b 為率定參數，而 κ 又可定義為單位流量下的輸砂濃度，其單位為 ppm，b 值則為無單位參數。因為暴雨期間常缺乏實測輸砂濃度資料，而無法進行輸砂量估計，因此率定曲線法又特別適用於分析暴雨期間之輸砂量，利用現地每小時流量監測值，換算成輸砂濃度，來求得暴雨期間的輸砂量。

## 第四章 結果與討論

### 4.1 河川主要陰陽離子濃度 (表 4-1、4-2、圖 4-1~4-6)

#### (1) 氯離子濃度 (圖 4-2) :

台灣各河川之氯離子濃度呈現明顯的區域與季節性變化，濃度介於 11.3~3107  $\mu\text{M}$  之間，其中以台灣西南部河川較高，中北部河川較低。從 97 年 9 月至 98 年 10 月期間，二仁溪 (南雄) 測站氯離子平均濃度最高，為  $1660\pm 1447 \mu\text{M}$ ，曾文溪 (新中) 測站次之，濃度為  $1233\pm 948 \mu\text{M}$ 。和平溪 (希能埔) 測站氯離子平均濃度最低，為  $28.5\pm 9.50 \mu\text{M}$ ，頭前溪 (內灣) 測站次之，濃度為  $31.9\pm 10.7 \mu\text{M}$ 。而林邊溪 (新埤) (97 年 10-12 月及 98 年 3 月) 氯離子濃度高達  $1387\pm 285 \mu\text{M}$ ，可能是感潮帶的原因或者樣品前處理有誤，須進一步研究探討。

各河川氯離子濃度之差異可能與河川流域之母岩種類不同或降雨的多寡有關。河川與河川之間氯離子濃度有明顯的差異之外，同一條河川氯離子濃度隨時間亦呈現明顯的變化。西南部及東部河川濃度呈現夏秋季較低，冬春季較高的現象，濃度變化幅度也較明顯，這可能是由於南部河川乾濕季明顯，夏季的大量降雨造成河川中氯離子濃度被稀釋所致。在東北部及西北部河川氯離子濃度變化相對較不明顯。

#### (2) 硫酸鹽離子濃度 (圖 4-3) :

台灣各河川之硫酸鹽離子濃度亦呈現明顯的區域與季節性變化，濃度介於 81.8~1840  $\mu\text{M}$  之間。從 97 年 11 月至 98 年 10 月期間，大安溪、濁水溪、二仁溪、曾文溪及卑南溪平均硫酸鹽離子濃度皆超過 1000  $\mu\text{M}$  以上，其中以二仁溪 (南雄) 及濁水溪 (內茅埔) 測站平均濃度最高，分別為

1502±367  $\mu\text{M}$  及 1255±234  $\mu\text{M}$ 。而頭前溪(內灣)測站平均硫酸鹽離子濃度最低，為 391±502  $\mu\text{M}$ 。

河川硫酸鹽離子濃度隨時間亦呈現明顯的季節性變化，但變化幅度較氯離子來得小。卑南溪、曾文溪及二仁溪測站河水中硫酸鹽離子濃度皆呈現夏秋季較低，冬春季較高的現象，可能是因為夏季大量降雨造成河川中硫酸鹽離子濃度被稀釋所致。秀姑巒溪、花蓮溪、和平溪及大安溪測站硫酸鹽濃度則隨時間之變化不明顯。

### (3) 鈉離子濃度 (圖 4-4) :

河川中鈉離子濃度與氯離子相似，不僅各河川間呈現明顯的區域性變化，同一條河川隨時間亦呈現明顯的差異。台灣各河川中鈉離子濃度介於 164~6316  $\mu\text{M}$  之間。從 97 年 9 月至 98 年 10 月期間，二仁溪 (南雄橋) 測站平均鈉離子濃度最高，為 3453±2863  $\mu\text{M}$ 。次高之測站為曾文溪 (新中)，平均濃度為 2224±3256  $\mu\text{M}$ 。花蓮溪 (花蓮大橋) 和頭前溪 (內灣) 測站平均濃度最低，分別為 347±88.0  $\mu\text{M}$  及 359±294  $\mu\text{M}$ 。

河川中鈉離子濃度皆呈現夏秋季較低，冬春季較高的現象，其中以卑南溪、曾文溪、二仁溪最為明顯；秀姑巒溪、花蓮溪相對變化差距較不明顯。而和平溪則為夏季較高春季較低的現象。卑南溪以新武呂及延平測站變化最為明顯，夏秋與冬春之鈉離子濃度差異可達 10 倍之多。河川中鈉離子濃度呈現夏季較低，冬季較高的現象與氯離子相似，這可能是因為夏季大量降雨造成河川中鈉及氯離子濃度被稀釋所致。

### (4) 鉀離子濃度 (圖 4-5) :

台灣河川中鉀離子濃度之變化與鈉、氯離子明顯有所不同。河川中鉀離子濃度介於 9.05~1014  $\mu\text{M}$  之間，從 97 年 9 月至 98 年 10 月，其中以二

仁溪（南雄橋）測站平均濃度最高，為  $453\pm 561 \mu\text{M}$ ，次高之測站為林邊溪（新埤），平均濃度為  $191\pm 168 \mu\text{M}$ 。其他測站鉀離子平均濃度皆在  $130 \mu\text{M}$  以下。頭前溪（內灣測站年平均濃度最低，為  $27.70\pm 9.40 \mu\text{M}$ 。

河川中鉀離子濃度隨時間之變化，於不同河川有不同的變化趨勢。東北部河川之和平溪鉀離子濃度呈現夏秋季較高的趨勢，而卑南溪新武呂測站及二仁溪則為冬春季較高的現象。花蓮溪及秀姑巒溪測站鉀離子濃度則沒有明顯變化趨勢。西南部河川鉀離子濃度多呈現冬春季較夏秋季為高的情況。河川中鉀離子濃度變化的差異可能是受到河川流域之母岩組成、風化程度與降雨稀釋等因素影響所致。

#### (5) 鎂離子濃度（圖 4-6）：

台灣各河川之鎂離子濃度呈現明顯的區域及季節性變化，濃度介於  $84.7\sim 1859 \mu\text{M}$  之間，從 97 年 9 月至 98 年 10 月，其中以二仁溪（南雄橋）及曾文溪（新中橋）測站平均鎂離子濃度最高，分別為  $1446\pm 565 \mu\text{M}$  及  $1048\pm 517 \mu\text{M}$ 。其他測站平均鎂離子濃度則皆低於  $800 \mu\text{M}$  以下，而最低為頭前溪（內灣）測站，平均鎂離子濃度為  $240\pm 61.0 \mu\text{M}$ 。卑南溪其中兩個測站延平與台東大橋鎂離子濃度約為新武呂測站的一點五倍之高，延平與台東大橋測站平均鎂離子濃度分別為  $661\pm 132 \mu\text{M}$  與  $535\pm 413 \mu\text{M}$ ，新武呂測站平均鎂離子濃度為  $297\pm 446 \mu\text{M}$ 。造成如此差異的原因可能是新武呂測站與延平及台東大橋測站所處地區之母岩組成有所不同，故母岩經風化後釋出進入河川之鎂離子濃度有所差異。

河川中鎂離子濃度隨時間亦呈現明顯的變化。西南部河川二仁溪及曾文溪測站濃度變化較大，東部河川和平溪、秀姑巒溪測站濃度變化不明顯。卑南溪台東大橋及曾文溪測站鎂離子濃度皆呈現夏秋季較低，冬春季較高的現象。花蓮溪及卑南溪延平測站則呈現夏季低冬季高的現象。

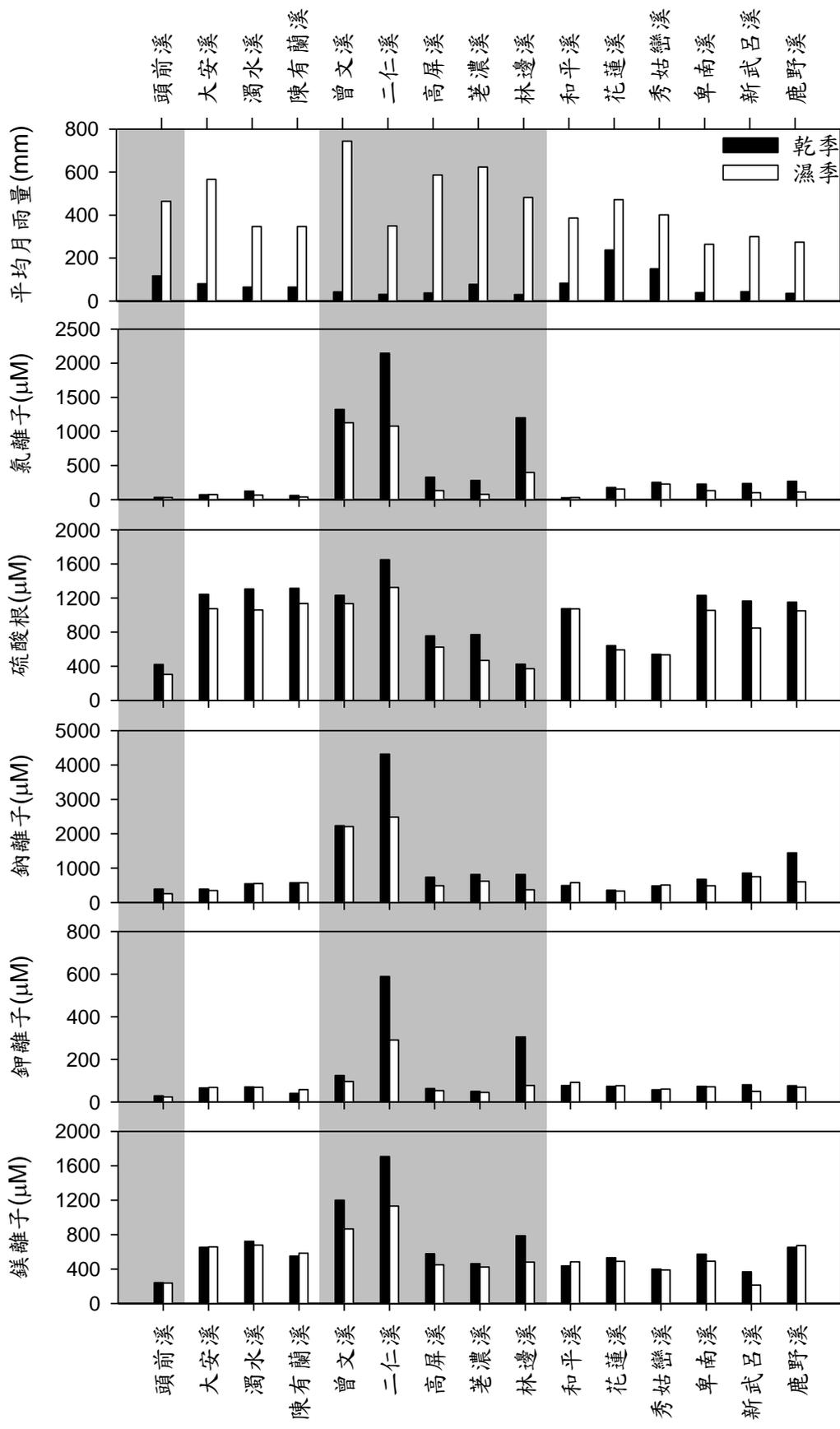


圖 4-1 主要離子乾濕季差異

表 4-1 各河川主要離子溼季（97 年 9 月~97 年 10 月、98 年 5 月~98 年 10 月）之平均濃度

水文觀測站 (河川局)	河川 (地點)	氯離子 (Cl <sup>-</sup> ) μM	硫酸根 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) μM	鈉離子 (Na <sup>+</sup> ) μM	鉀離子 (K <sup>+</sup> ) μM	鎂離子 (Mg <sup>2+</sup> ) μM
1300H013(2)	頭前溪 (內灣)	30.9	304	255	23.7	236
1400H011(3)	大安溪 (卓蘭)	72.9	1075	349	68.1	658
1510H057(4)	濁水溪 (彰雲橋)	67.1	1061	553	68.8	677
1510H049(4)	濁水溪 (內茅埔)	38.0	1136	575	57.6	585
1630H019(6)	曾文溪 (新中)	1126.0	1134	2211	96.0	866
1660H009(6)	二仁溪 (南雄橋)	1078.0	1325	2487	291.0	1132
1730H043(7)	高屏溪 (里嶺大橋)	131.0	624	491	53.3	449
1730H031(7)	高屏溪 (荖濃)	78.4	468	623	44.9	424
1760H004(7)	林邊溪 (新埤)	397.0	370	373	77.4	481
2500H003(1)	和平溪 (希能埔)	30.8	1073	579	92.4	484
2420H024(9)	花蓮溪 (花蓮大橋)	155.0	592	333	76.3	489
2370H017(9)	秀姑巒溪 (瑞穗大橋)	229.0	534	510	60.7	389
2200H011(8)	卑南溪 (台東大橋)	132.0	1055	489	71.6	491
2200H020(8)	卑南溪 (新武呂)	101.0	848	753	50.0	213
2200H007(8)	卑南溪 (延平)	112.0	1050	603	69.8	672

註：—表示沒有樣品

表 4-2 各河川主要離子乾季(97 年 11 月~98 年 4 月)之平均濃度

水文觀測站 (河川局)	河川 (地點)	氯離子 (Cl <sup>-</sup> ) μM	硫酸根 (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) μM	鈉離子 (Na <sup>+</sup> ) μM	鉀離子 (K <sup>+</sup> ) μM	鎂離子 (Mg <sup>2+</sup> ) μM
1300H013(2)	頭前溪 (內灣)	32.2	420	393	29.0	242
1400H011(3)	大安溪 (卓蘭)	71.5	1244	394	66.0	652
1510H057(4)	濁水溪 (彰雲橋)	125.0	1306	546	70.8	722
1510H049(4)	濁水溪 (內茅埔)	60.6	1315	576	40.9	551
1630H019(6)	曾文溪 (新中)	1322.0	1232	2235	124.0	1200
1660H009(6)	二仁溪 (南雄橋)	2146.0	1650	4316	589.0	1707
1730H043(7)	高屏溪 (里嶺大橋)	329.0	756	738	63.5	577
1730H031(7)	高屏溪 (荖濃)	282.0	771	816	49.8	463
1760H004(7)	林邊溪 (新埤)	1200.0	424	819	305.0	787
2500H003(1)	和平溪 (希能埔)	26.5	1075	496	77.1	436
2420H024(9)	花蓮溪 (花蓮大橋)	179.0	641	359	73.6	531
2370H017(9)	秀姑巒溪 (瑞穗大橋)	253.0	540	487	57.3	399
2200H011(8)	卑南溪 (台東大橋)	228.0	1231	676	73.3	572
2200H020(8)	卑南溪 (新武呂)	236.0	1166	854	80.2	367
2200H007(8)	卑南溪 (延平)	269.0	1151	1447	76.1	652

註：—表示沒有樣品

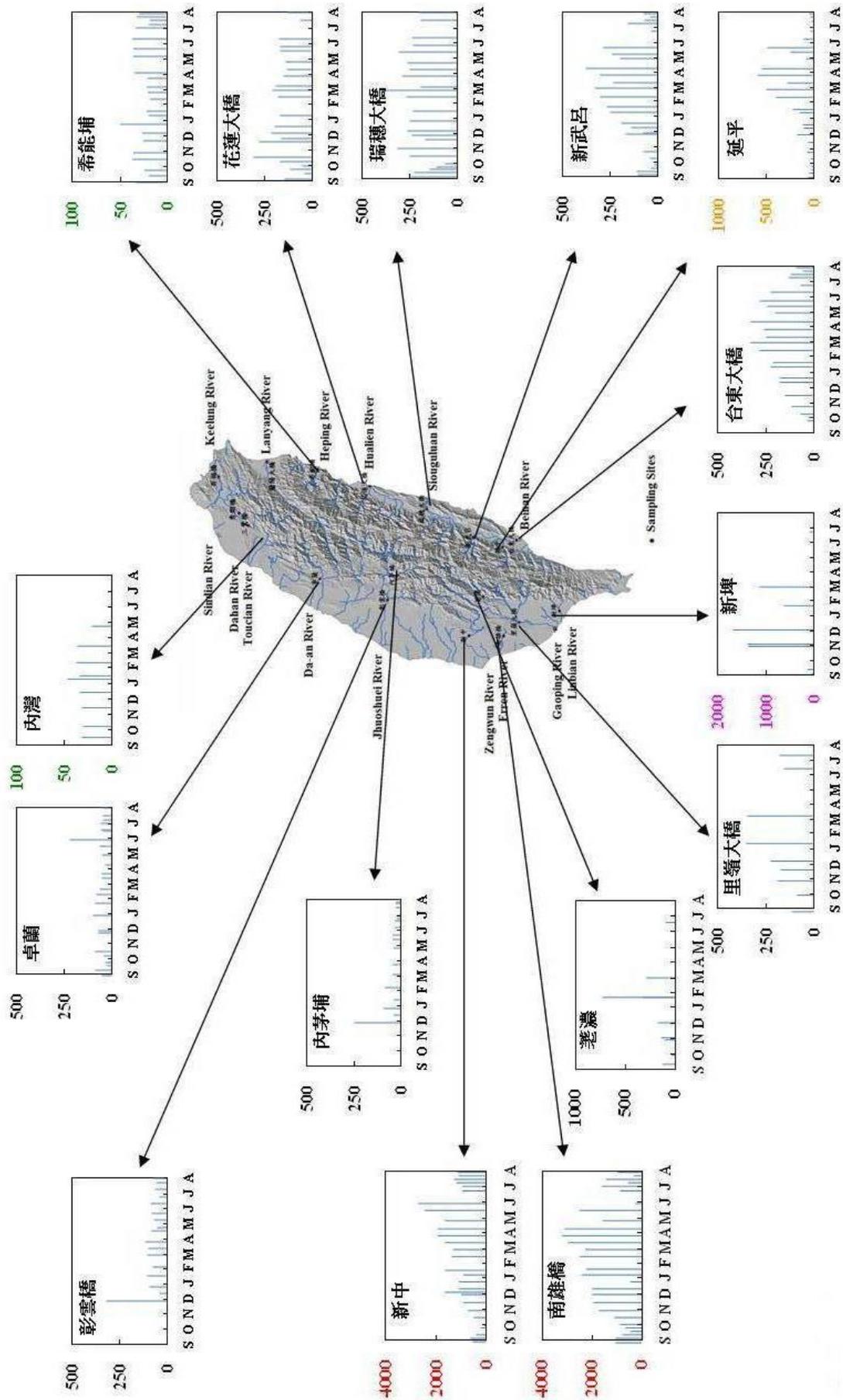


圖 4-2 97 年度 9 月至 98 年度 7 月臺灣各河川河水之氯離子濃度(µM)

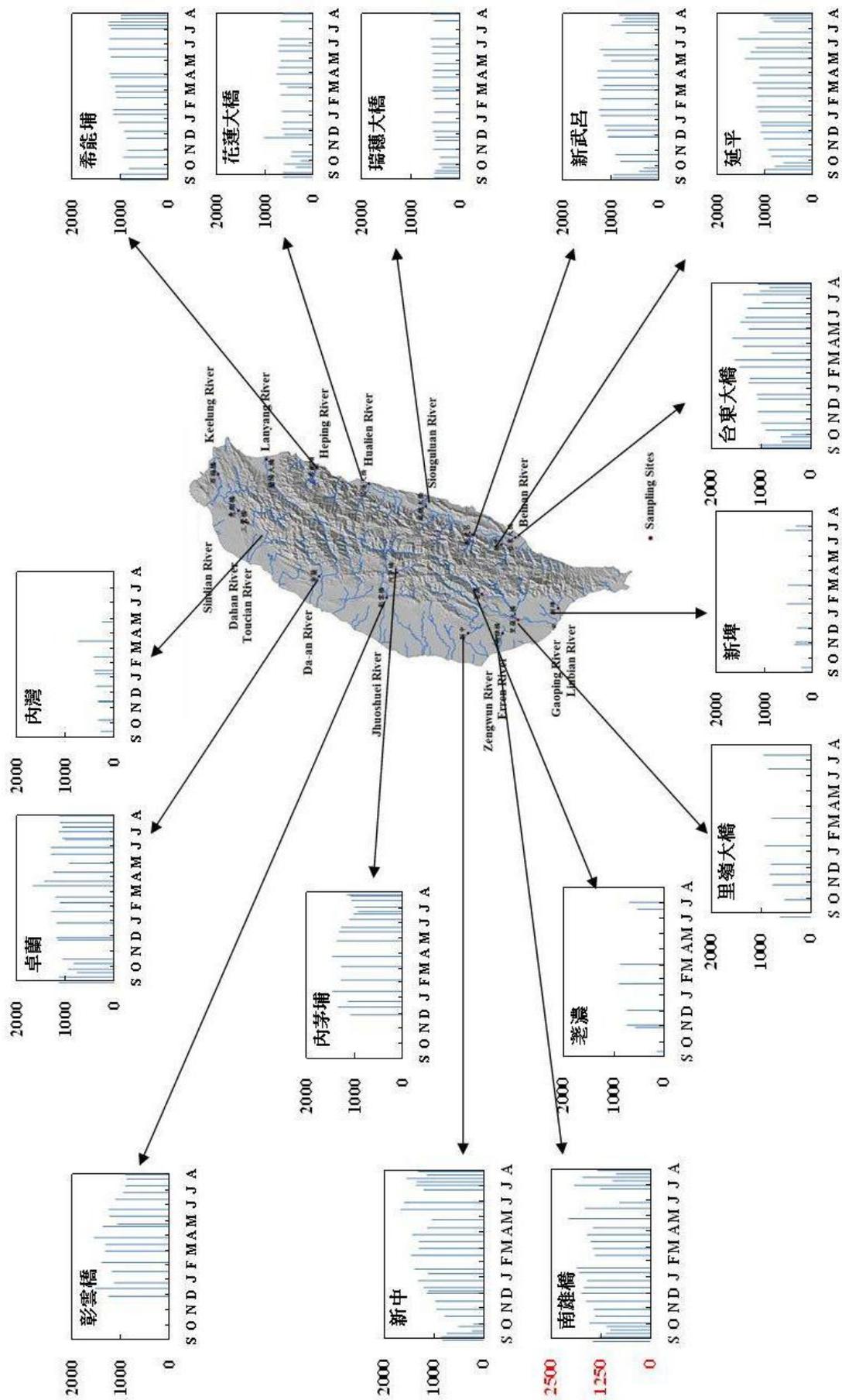


圖 4-3 97 年度 9 月至 98 年度 7 月臺灣各河川河水之硫酸鹽離子濃度( $\mu\text{M}$ )

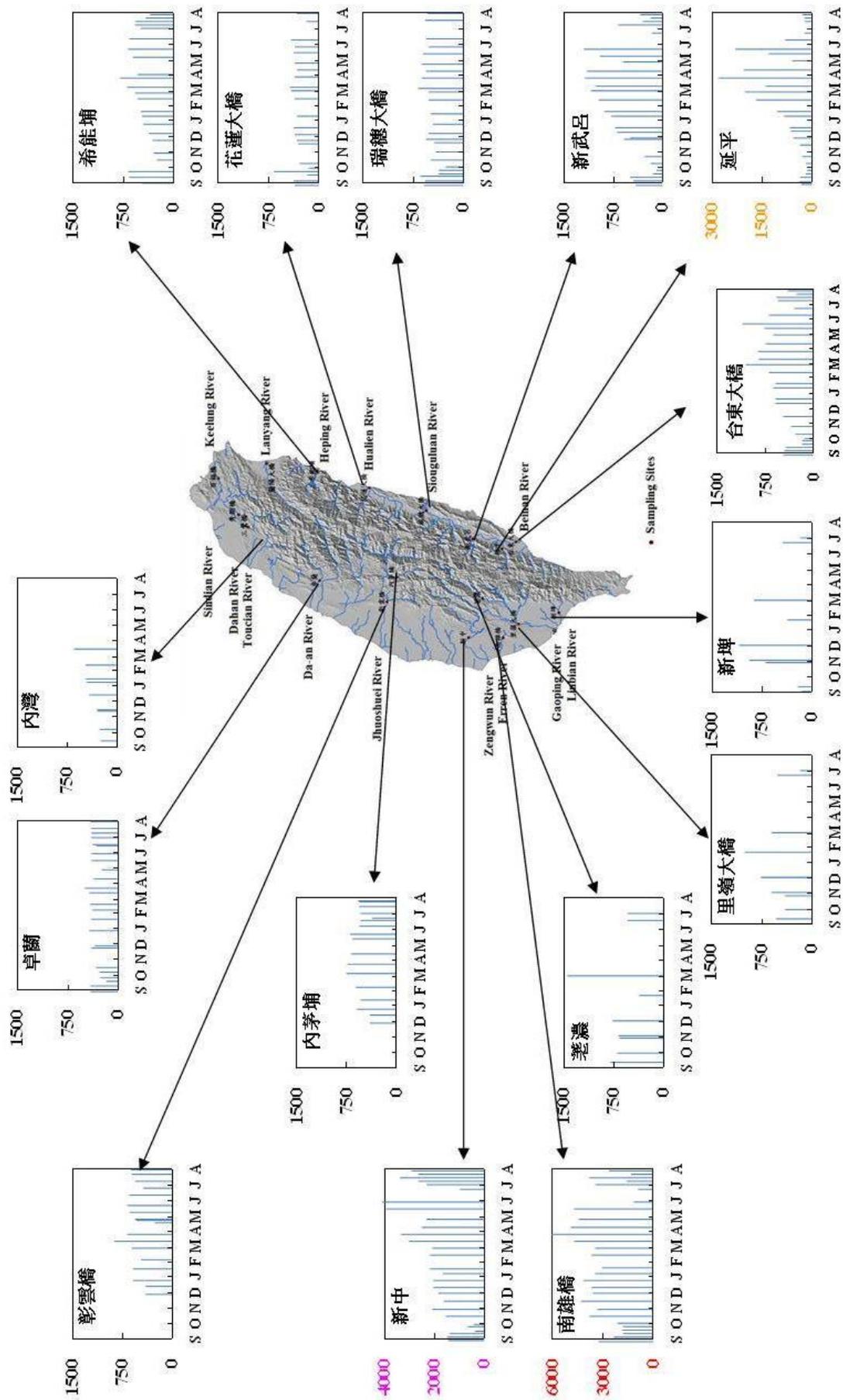


圖 4-4 97 年度 9 月至 98 年度 7 月臺灣各河川之鈉離子濃度( $\mu\text{M}$ )

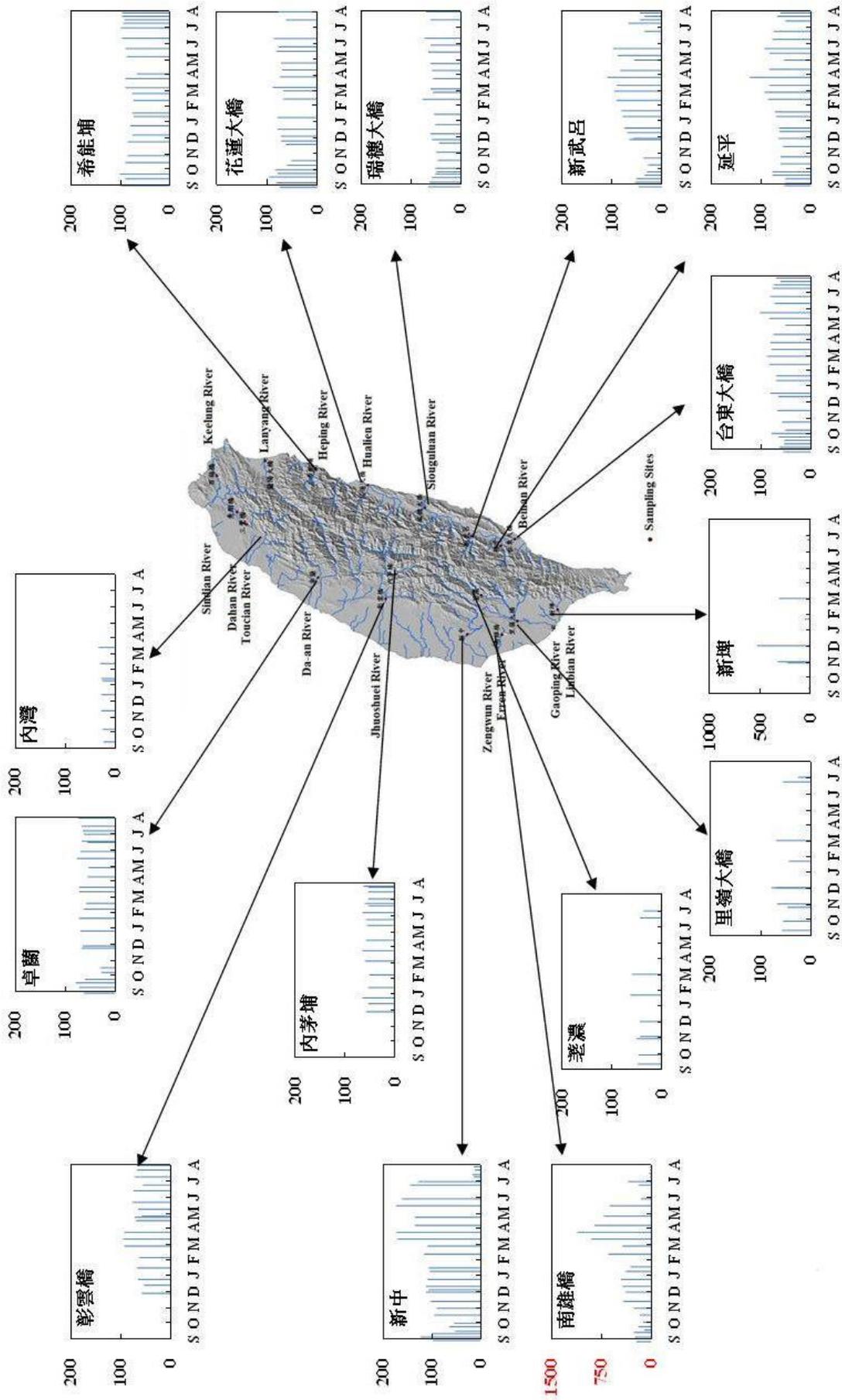


圖 4-5 97 年度 9 月至 98 年度 7 月臺灣各河川之水之鉀離子濃度( $\mu\text{M}$ )

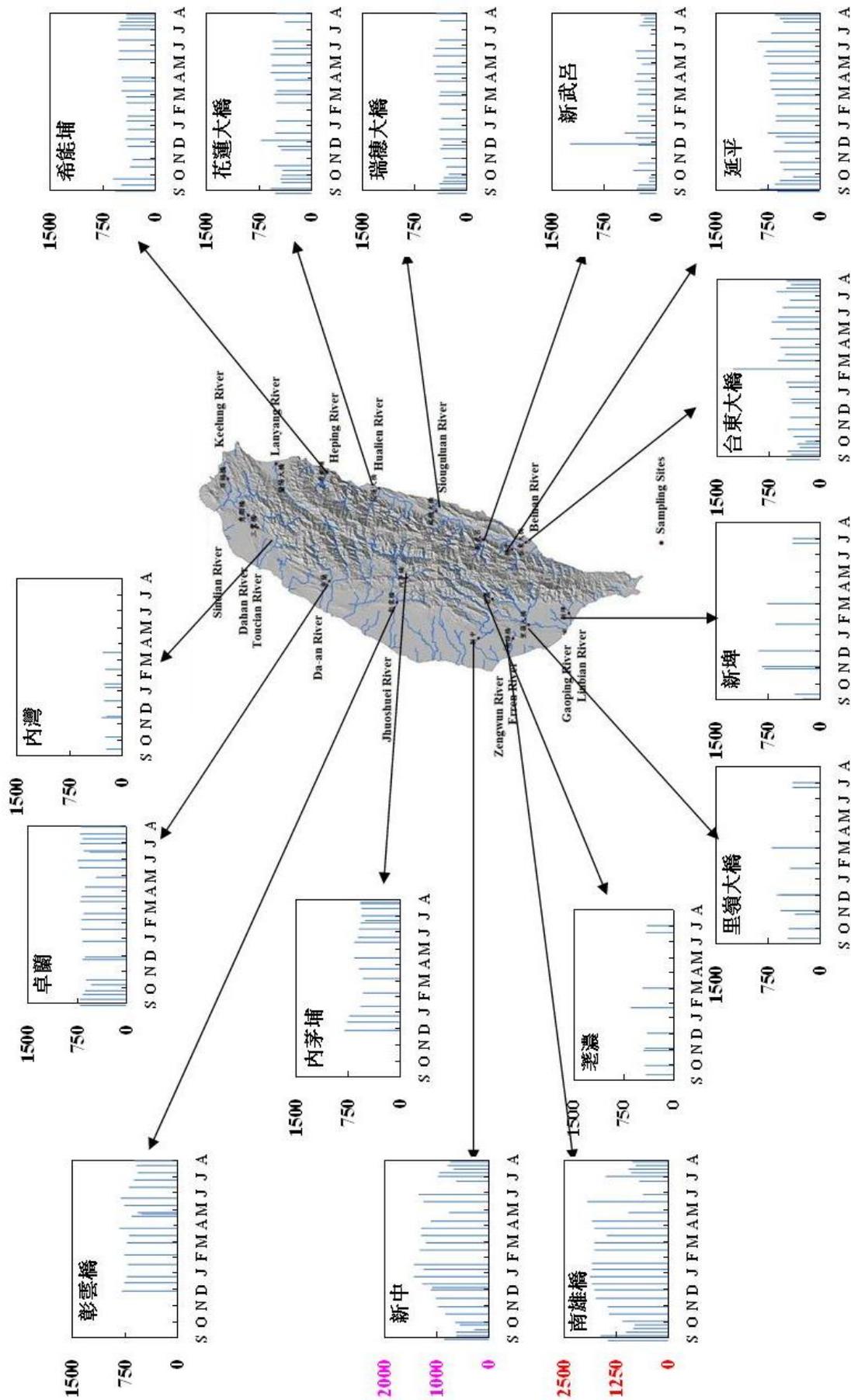


圖 4-6 97 年度 9 月至 98 年度 7 月臺灣各河川水之鎂離子濃度( $\mu\text{M}$ )

## 4.2 懸浮顆粒金屬含量 (圖 4-7)

### (1)鐵含量 (表 4-3)

各河川之懸浮顆粒鐵金屬含量介於 0.91 % 至 11.88 % 之間。其中以和平溪之平均鐵含量最高，為  $4.68 \pm 0.30$  %。其次為二仁溪，平均鐵含量為  $4.61 \pm 0.03$  %。北部頭前溪的鐵含量為 11 條河川中最低，平均鐵含量為  $2.30 \pm 0.03$  %。東部及南部河川之鐵含量均略高於北部河川，可能與集水區上游岩性有關。其中又以高屏河流域的乾濕季差異最為明顯，北部、中部及二仁河流域的鐵含量在乾濕季節並沒有明顯的差異。

### (2)錳含量 (表 4-4)

各河川之懸浮顆粒錳金屬含量介於  $49.22 \mu\text{g/g}$  至  $4005.48 \mu\text{g/g}$  之間。其中以和平溪之平均錳含量最高，為  $1145.09 \pm 81.52 \mu\text{g/g}$ 。其次為卑南溪，平均錳含量為  $910.70 \pm 106.09 \mu\text{g/g}$ 。二仁溪的錳含量為 11 條河川中最低，平均錳含量為  $512.79 \pm 152.31 \mu\text{g/g}$ 。東部河川之錳含量普遍高於西部河川，由其二仁河流域之錳含量又為最低，顯示以變質岩為主的東部集水區可能是造成錳含量高於以沉積岩為主的西部集水區的主要原因。北部及中部河流之錳含量在乾濕季節並沒有明顯差異，南部河川則是濕季錳含量高於乾季，而東部河川則是乾季錳含量高於濕季。

### (3)鋅含量 (表 4-5)

各河川之懸浮顆粒鋅金屬含量介於  $51.47 \mu\text{g/g}$  至  $12738.20 \mu\text{g/g}$  之間。其中以二仁溪之平均鋅含量最高，為  $6444.31 \pm 1400.92 \mu\text{g/g}$ 。其次為頭前溪，平均鋅含量為  $288.37 \pm 0.36 \mu\text{g/g}$ 。和平溪的鋅含量為 11 條河川中最低，平均鋅含量為  $158.28 \pm 7.30 \mu\text{g/g}$ 。二仁河流域中異常高的鋅含量可能與流域內惡地地形容易受風化侵蝕，以及該河川取樣地點較接近人類活動區域有關，是否受非自然因素污染仍需更深入調查。

#### (4)銅含量 (表 4-6)

各河川之懸浮顆粒銅金屬含量介於 0.13  $\mu\text{g/g}$  至 1158.86  $\mu\text{g/g}$  之間。其中以曾文溪之平均銅含量最高，為  $208.51\pm 37.71\mu\text{g/g}$ 。其次為高屏溪，平均銅含量為  $127.34\pm 108.49 \mu\text{g/g}$ 。濁水溪的銅含量為 11 條河川中最低，平均銅含量為  $21.85\pm 0.28 \mu\text{g/g}$ 。南部河川之銅含量明顯高於其他區域河川，其中又以高屏溪及曾文溪之銅含量在乾濕季節差異最為明顯，濕季明顯高於乾季。

由於濾紙特性可能影響金屬含量的分析結果，為確實了解濾紙特性是否可能影響分析數值，另外也針對過濾河水所使用的玻璃纖維濾紙進行分析。分析結果發現過濾所使用的玻璃纖維濾紙中，銅濃度高於樣品中的銅濃度。以卑南溪沉積物為例，沉積物中銅含量低於 400  $\mu\text{g/g}$ ，然而本研究所使用之玻璃纖維濾紙之銅含量高達 34,000  $\mu\text{g/g}$ 。因此過濾所使用的玻璃纖維濾紙可能會污染到樣品中的懸浮物質，故本研究在進行金屬含量取樣分析時，僅刮取濾紙上表面沉積物，以避免刮到濾紙表面，導致濾紙成份污染懸浮沉積物。但針對沉積物較少的樣品就可能出現無法取樣進行分析的窘境，因此可能需要重新修正分析河水中懸浮物質金屬濃度的方法。

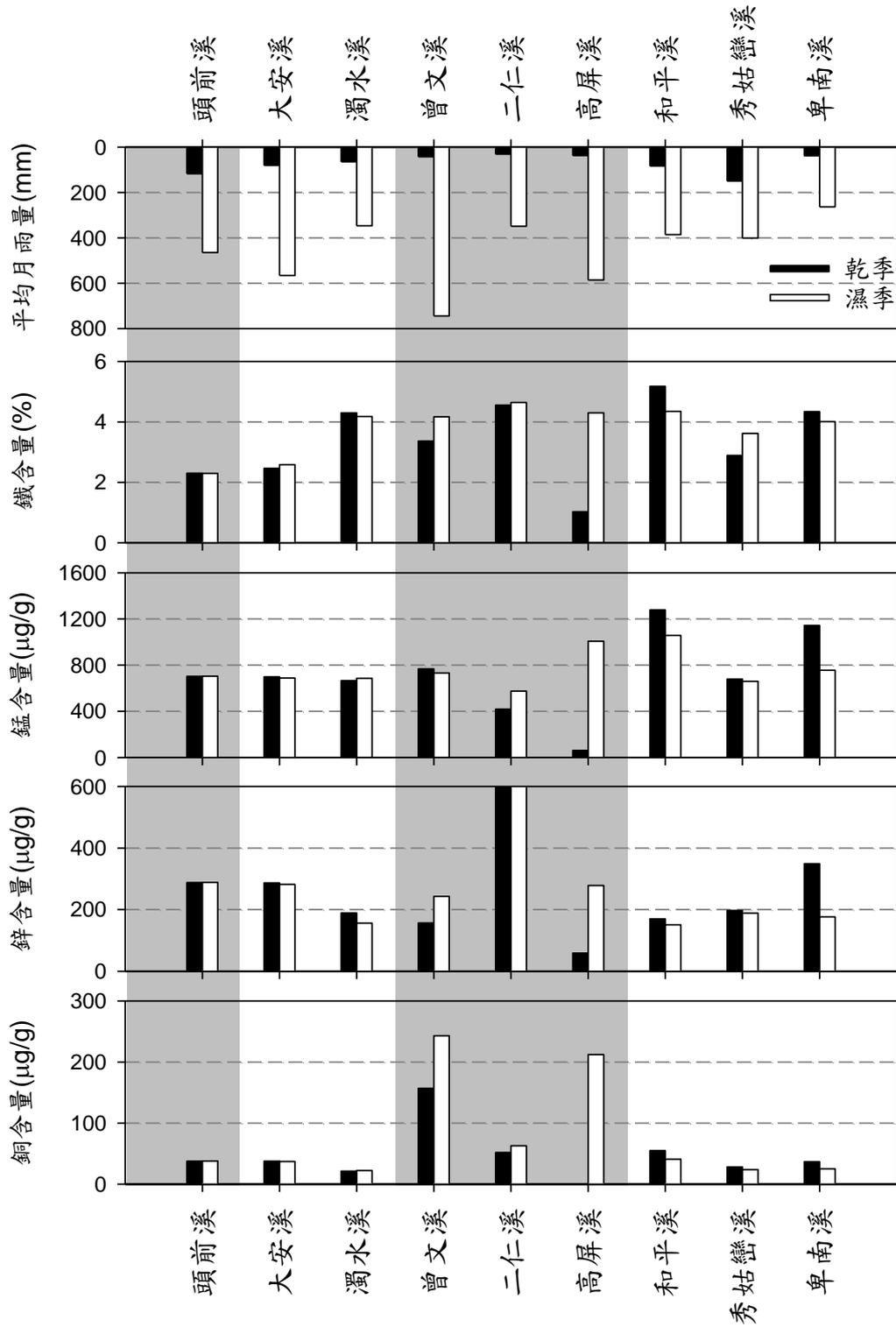


圖 4-7 懸浮顆粒金屬含量乾濕季差異

表 4-3 98 年度各主要河川懸浮顆粒之鐵含量

河川	鐵含量(%)									
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月
頭前溪	2.21	2.19	2.28	2.53	2.27	2.34	2.27	2.34	2.29	2.28
大安溪	2.44	2.45	2.43	2.52	2.57	2.68	2.55	2.66	2.57	2.47
濁水溪	4.35	4.34	4.32	4.17	4.30	4.18	4.26	3.93	4.23	4.16
曾文溪	3.11	2.90	3.07	4.37	2.70	3.85	3.92	6.59	4.04	3.91
二仁溪	4.54	4.55	4.55	4.59	4.54	4.52	4.67	4.79	4.65	4.67
高屏溪	1.22	1.06	0.92	0.91	1.18	6.12	2.52	11.88	2.01	2.06
和平溪	5.03	5.30	5.26	5.10	5.44	5.36	4.84	3.53	4.67	2.25
秀姑巒溪	2.96	2.79	2.87	2.92	2.67	3.61	3.43	3.77	3.55	4.70
卑南溪	4.24	4.49	4.29	4.33	4.55	3.91	3.93	3.80	3.99	3.86

表 4-4 98 年度各主要河川懸浮顆粒之錳含量

河川	錳含量(μg/g)									
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月
頭前溪	705.22	705.30	704.58	695.49	704.70	703.55	704.71	703.55	704.44	704.57
大安溪	700.85	700.34	701.34	696.25	691.19	673.77	693.78	677.57	691.92	699.16
濁水溪	656.11	657.13	660.22	685.67	663.77	684.59	670.75	730.46	674.61	687.19
曾文溪	780.49	794.94	783.14	714.12	810.15	738.46	734.82	640.88	728.87	735.20
二仁溪	391.78	405.30	408.61	470.05	393.97	378.00	619.55	883.77	575.10	601.79
高屏溪	81.69	64.09	50.28	49.22	77.59	1286.48	281.84	4005.48	191.28	200.33
和平溪	1238.59	1312.69	1302.36	1258.37	1350.81	1328.46	1186.93	830.46	1140.16	502.08
秀姑巒溪	676.02	681.35	678.77	677.21	685.28	659.09	663.44	655.36	660.34	637.02
卑南溪	989.14	1393.73	1066.77	1122.29	1495.35	616.78	637.12	521.18	691.79	572.83

表 4-5 98 年度各主要河川懸浮顆粒之鋅含量

河川	鋅含量( $\mu\text{g/g}$ )									
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月
頭前溪	289.04	289.08	288.77	285.00	288.82	288.35	288.83	288.35	288.72	288.77
大安溪	287.23	287.01	287.43	285.31	283.21	275.97	284.29	277.55	283.51	286.52
濁水溪	204.55	202.41	196.09	151.88	189.11	153.50	176.21	99.04	169.52	149.62
曾文溪	132.56	116.37	129.40	249.26	101.70	196.43	203.44	537.68	215.55	202.71
二仁溪	10978.02	9535.72	9219.76	5153.87	10726.69	12738.20	1637.60	374.74	2230.72	1847.77
高屏溪	70.68	60.72	52.16	51.47	68.43	396.85	153.43	807.90	120.38	123.91
和平溪	166.96	172.68	171.89	168.50	175.57	173.88	162.88	132.42	159.13	98.91
秀姑巒溪	195.90	198.47	197.23	196.47	200.38	187.82	189.88	186.05	188.41	177.48
卑南溪	251.60	519.77	295.22	328.67	603.22	92.62	99.20	64.85	118.08	79.21

表 4-6 98 年度各主要河川懸浮顆粒之銅含量

河川	銅含量(μg/g)									
	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月
頭前溪	37.70	37.71	37.68	37.37	37.69	37.65	37.69	37.65	37.68	37.68
大安溪	37.55	37.54	37.57	37.39	37.22	36.61	37.31	36.74	37.24	37.49
濁水溪	20.99	21.03	21.15	22.20	21.30	22.16	21.59	24.07	21.75	22.27
曾文溪	132.56	116.37	129.40	249.26	101.70	196.43	203.44	537.68	215.55	202.71
二仁溪	12.34	7.12	11.15	176.56	4.04	64.71	75.02	NA	95.71	73.88
高屏溪	0.38	0.23	0.14	0.13	0.34	110.92	4.86	1151.86	2.18	2.40
和平溪	51.60	57.54	56.69	53.16	60.71	58.84	47.64	24.39	44.18	9.50
秀姑巒溪	27.48	28.87	28.19	27.79	29.93	23.44	24.43	22.62	23.72	18.93
卑南溪	32.14	43.94	34.43	36.06	46.86	20.88	21.51	17.91	23.19	19.52

### 4.3 河川單位輸砂濃度

本計畫於前期中報告已完成台灣東部以及中部河川之單位輸砂濃度歷年變化之分析及探討，於本次報告中則接續探台灣北部及南部河川之單位輸砂濃度之歷年變化。

(1) 台灣北部（頭前溪流域上游）（圖 4-8）：

利用 79 年至 97 年間內灣水文測站的輸砂資料推導出頭前溪流域上游的率定曲線 ( $C_s = \kappa Q^b$ )，其單位輸砂濃度  $\kappa$  為 21.38 ppm， $b$  為 0.32。由歷年的颱風事件之單位輸砂濃度 ( $\kappa_{storm}$ ) 分布情況可以發現，在 921 地震後，平單位輸砂濃度似乎有逐漸上升的趨勢，但該流域距離 921 地震震央已超過 100 km，地震是否對該流域之侵蝕作用仍有如此顯著之影響，仍需其他證據佐證。但由 2002 年颱風事件可以得知，雷馬遜颱風期間的高流量是造成沉積物濃度上升的主要原因，其單位輸砂濃度高達 208.57 ppm，是地震前平均單位輸砂濃度的 12 倍。

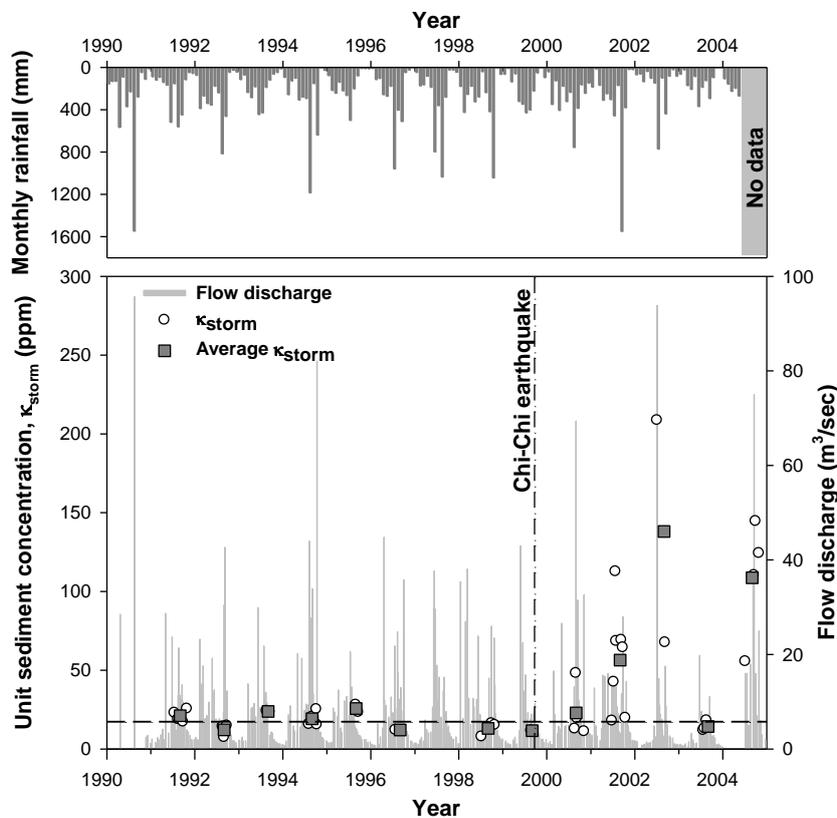


圖 4-8 頭前溪流域歷年單位輸砂濃度

(2)台灣南部（高屏溪流域）（圖 4-9）：

利用 79 年至 97 年間里嶺水文測站的輸砂資料推導出高屏溪流域的率定曲線 ( $C_s = \kappa Q^b$ )，其單位輸砂濃度  $\kappa$  為 8.51 ppm， $b$  為 0.71。歷年颱風期間的平均單位輸砂濃度為  $13.76 \pm 1.63$  ppm（標準誤差）。從歷年的颱風事件之單位輸砂濃度 ( $\kappa_{storm}$ ) 分布情況可以發現，88 年 921 地震後，90 年及 91 年之單位輸砂濃度均略高於平均值，但仍落於標準誤差的範圍內，顯示在高屏溪流域上游雖距離 921 震央仍在 50 km 之內，但下游區域以距離震央已經超過 100 km，受到 921 地震的影響已經較小。79 年至 89 年間單位輸砂濃度最高的颱風事件為賀伯颱風，而 90 年至 98 年間的單位輸砂量最高的颱風事件為莫拉克颱風，其次則為卡玫基颱風。在高屏溪流域，單位輸砂濃度主要是受到颱風季節的降雨量及流量多寡所影響。

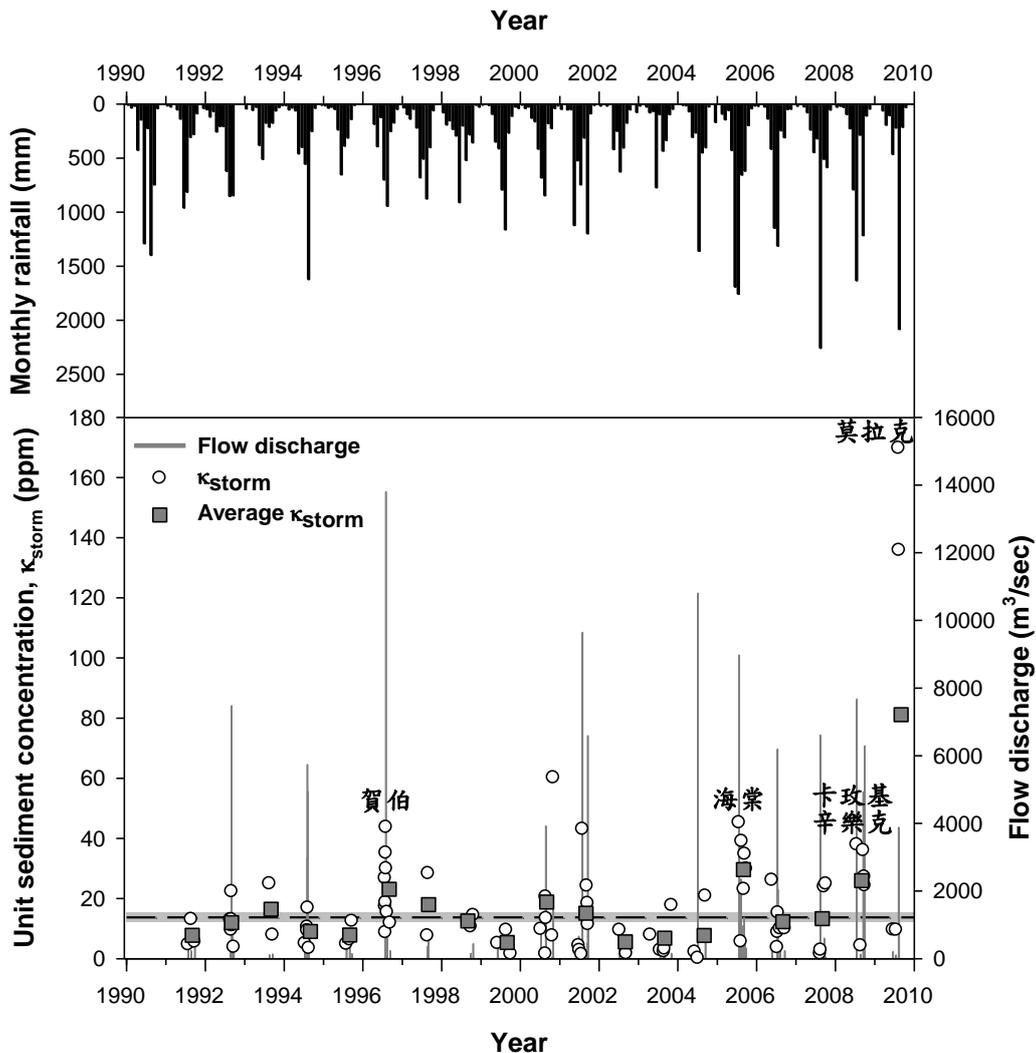


圖 4-9 高屏溪流域歷年單位輸砂濃度

## 第五章 結論

台灣河川水體中主要離子濃度不僅各河川間呈現明顯的區域性差異，同一條河川亦隨時間呈現明顯的季節性變化。研究結果顯示二仁溪（南雄橋）測站的主要離子濃度為最高，曾文溪（新中）測站次之，此二測站河水中主要離子濃度普遍較其他測站為高，甚至於同一時期濃度可差距數十倍之多。因不同區域河川之主要離子濃度差異可能是由於各河川所處地區之母岩組成有所不同，故母岩經風化後釋出進入河川之主要離子濃度有所差異所致。河水中主要離子濃度隨季節呈現明顯的差異變化。氯及鈉離子多呈現夏秋季較低，冬春季較高的現象。硫酸鹽與鎂離子亦有類似夏低冬高的變化趨勢。鉀離子則因不同河川而有不同的變化，部份河川鉀離子呈現夏季較高的現象。河川中主要離子濃度變化的差異可能是受到河川流域之母岩組成、風化程度與降雨稀釋等因素影響所致。

由歷年河川輸砂濃度資料可以得知，台灣北部的頭前河流域在 88 年 921 地震後，颱風期間的單位輸砂濃度似乎有上升的趨勢，但該流域距離地震震央已超過 100 km，因此地震波的效應是否對頭前河流域有顯著影響，仍須其他資料加以佐證。在台灣南部的高屏河流域仍可發現在 921 地震後，單位輸砂濃度有些許的上升，但上升幅度不大，流域內造成大量沉積物的主要原因仍是颱風或豪雨事件。

截至今年 11 月底前，本計畫已完成 98 年 1 月至 98 年 10 月以及部分 98 年 11 月之溪水樣品。因此，本次期末報告之數據節錄至 98 年 10 月為止。在今年的研究工作中，河川樣品表示不清或水樣外漏的問題已明顯改善，對於實驗分析有很大的幫助。未來將持續與各河川局保持密切聯繫，並維持改善現場取樣及樣品運送上的品質，增加數據的可信度，讓本計畫的研究工作執行的更有意義。

## 參考文獻

- Chuang, S. J., Chen, H., Lin, G. W., Lin, C. W., Chang, C. P., 2009. Increase in basin sediment yield from landslides in storms following major seismic disturbance. *Engineering Geology* 103, 59–65.
- Dadson, S. J., Hovius, N., Chen, H., Dade, W. B., Hsieh, M. L., Willett, S. D., Hu, J. C., Horng, M. J., Chen, M. C., Stark, C. P., Lague, D., and Lin, J. C. (2003) Links between erosion, runoff variability and seismicity in the Taiwan orogen. *Nature*, 426, pp. 648–651.
- Huang, K. M. and Lin, S. (1995) The carbon-sulfide-iron relationship and sulfate reduction rate in the East China Sea continental shelf sediments. *Geochem. Jour.*, 29, pp. 301-315.
- Huang, K. M. and Lin, S. (2003) Consequences and implication of heavy metal spatial variations in sediments of the Keelung River drainage basin, Taiwan. *Chemosphere*, 53, pp. 1113-1121.
- Lin, S., Huang, K. M. and Chen, S. K. (2002) Sulfate reduction and iron sulfide mineral formation in the southern East China Sea continental slope sediment. *Deep Sea Res. Pt. I*, 49, pp. 1837-1852.
- Lin, G. W., Chen, H., Chen, Y. H., and Horng, M. J., 2008. Influence of typhoons and earthquakes on rainfall-induced landslides and suspended sediments discharge. *Engineering Geology* 97, 32–41.
- Lin, G. W., Chen, H., Hovius, N., Horng, M. J., Dadson, S., Meunier, P. and Lines, M., 2008. Patterns and rates of landsliding and fluvial sediment transfer in a mountain catchment caused by a sequence of tropical cyclones and earthquakes: Chenyoulan River, Taiwan. *Earth Surface Processes and Landforms* 33, 1354–1373.
- O'Dell, J. W., Pfaff, J. D., Gales, M. E., and McKee, G. D. (1984) The determination of inorganic anions in water by ion Chromatography. Method 300.0, US EPA 600/4.84.017, 5pp.

# 附錄一



UNIVERSITY OF  
CAMBRIDGE  
Department of Earth Sciences



NATIONAL TAIWAN  
UNIVERSITY  
Department of Geosciences



WATER RESOURCES  
AGENCY  
Ministry of Economic Affairs

## Sampling Protocol: Water Chemistry and Particulate Organic Carbon 溪水化性採樣文件

These instructions describe the procedure for sampling, decanting, filtering and storing water and suspended sediment samples for later analysis of major ion and particulate organic carbon concentrations.

此文件說明了採樣、沈澱、過濾，及儲存水樣和懸浮性沈積物樣本的步驟，作為後續分析主要離子和顆粒性有機碳之用。

### Equipment 配備

3 x 1 L sampling bottles	3 個 1 公升採樣瓶
1 x Filter unit	1 套過濾器
1 x Hand operated vacuum pump	1 個手握式抽真空泵浦
1 x Glass microfibre filter (for samples intended for measurement of POC)	1 片玻璃微纖維濾紙（過濾粒性有機碳水樣之用）
1 x Nylon membrane filter (for samples intended for measurement of dissolved load)	1 片尼龍薄膜濾紙（過濾溶解質之用）
1 x Dropping bottle of concentrated nitric acid	1 個滴瓶（裝濃縮硝酸之用）
1 x Glass Petri dish and lid	1 組玻璃培養皿及蓋子
2 x 60 ml HDPE bottle	2 個 60 毫公升之高密度聚乙烯瓶
3 x Labels	3 組標籤

### Procedure 程序

- In field:** Using sampling bottles, obtain 2–3 L water at same time and location as WRA suspended sediment sample and water discharge reading. Measure and record pH and water temperature. Avoid cross contamination by half filling the bottles with the river water you intend to sample. Close and shake the bottles. Throw away the water. Do it again (2 times). Then sample the river.  
**在野外現場：**當水利署在讀取懸浮物及流量時，用採樣瓶量取 2 到 3 公升的水，量其酸鹼值（pH）及水溫。記得在每次採水之前，先用採樣瓶裝半瓶所要採的溪水，旋緊瓶蓋，充分搖晃瓶子，再倒掉水，如此重複一次（共清洗兩次），以避免交叉污染。
- In laboratory:** Leave samples for ~3hrs to allow most of the particulate matter to settle to bottom.  
**在實驗室內：**讓水樣靜置約 3 小時，使所有懸浮物沈澱在底部。
- Remove top of filter unit from base to access filter housing  
旋轉過濾器腰部扣環，卸除過濾器上部裝置，以裝入濾紙。（過濾器分成上下兩部分，上部裝置為裝入未過濾前之水樣，下部裝置為承接過濾後水樣。）
- Use tweezers to insert nylon filter (filter is white, in contrast to separating papers, which are blue), ensuring that it fits securely within o-ring seals. Wet filter with a few drops of sample water to ensure it stays in place.  
用夾子把尼龍薄膜濾紙放置於過濾口上（濾紙是白色，不同於藍色之分隔紙），確認濾紙是在『O』形橡皮圈之內。以一、二滴溪水潤濕濾紙，使濾紙不至於滑動。

5. Replace top of filter unit, taking care not to scratch or tear filter. Ensure the filter is well centred on the filter holder.  
把過濾器上部接回原位（可稍加用力壓下過濾器上部，再旋轉扣環），確保濾紙不會走位，濾紙不會被搓破（務必使過濾器上下部緊密壓緊）；確定濾紙是在濾口中心位置上。
6. Unscrew top of upper reservoir, and wash with 500 ml river water. Fill upper reservoir with river water.  
旋鬆過濾器上部蓋子，用 500 毫升（cc）溪水洗滌過濾器上部，倒掉水。再裝進水樣於過濾器上部。
7. Reattach top of upper reservoir and remove one air vent from lid.  
把過濾器上部之蓋子蓋緊，並把其中一個通氣孔塞子拿下。
8. Connect pump to connector on lower reservoir; close the other valve on the lower reservoir.  
把手握式抽真空泵浦接到過濾器下部的一個通氣孔上，並把另一個氣孔塞住。
9. Using hand pump, filter 100 ml water into lower reservoir.  
壓動手握式抽真空泵浦，濾出 100 毫升（cc）之水到過濾器下部。
10. Release pressure in lower reservoir using valve on hand pump and wash lower reservoir (by shaking). Use filtered water to wash two 60 ml bottles.  
用手握式抽真空泵浦上的氣閥卸除過濾器下部之壓力，再用力上下搖晃，來洗滌過濾器下部。用此濾過之水沖洗二隻 60cc 瓶子（倒掉水）。
11. Continue filtering water until there is enough in the lower reservoir to fill two 60 ml bottles.  
繼續過濾水，直到過濾器下部有足夠的水裝滿二隻 60cc 瓶子。
12. Fill the two 60 ml bottles almost to the brim.  
把此濾過之水裝到二隻 60cc 瓶子，讓水滿至瓶口邊緣。
13. Add two drops of concentrated nitric acid (15M) to one bottle. Avoid skin contact with acid by using a surgical glove. If skin contact occurs wash with water.  
在其中一瓶加入兩滴濃縮硝酸（15M）。戴上外科手套以避免皮膚接觸到硝酸，萬一皮膚碰觸硝酸，請盡快用水沖洗。  
Always wear safety glasses. Do not allow nitric acid solution to come into contact with your skin. Ensure that good ventilation is available.  
記得戴防護眼鏡。莫讓硝酸溶液接觸皮膚。並確認通風設備是良好的。  
**Eye contact:** Immediately flush the eye with plenty of water. Continue for at least ten minutes and call for immediate medical help.  
**眼睛接觸：**立刻用大量清水沖洗眼睛；持續沖洗十分鐘以上，並立刻要求醫護人員之幫助。  
**Skin contact:** Wash off with plenty of water. Remove any contaminated clothing. If the skin reddens or appears damaged, call for medical aid.  
**皮膚接觸：**用大量清水沖洗；脫掉任何濺到硝酸的衣物。如果有皮膚紅腫、受傷，立刻送醫。  
**If swallowed:** Drink plenty of water and call for immediate medical help.  
**不慎吞食：**喝大量的水，立即送醫。  
詳細安全作業方式請參考網站( For detailed information, please visit website )  
[http://ptcl.chem.ox.ac.uk/~hmc/hsci/chemicals/nitric\\_acid.html](http://ptcl.chem.ox.ac.uk/~hmc/hsci/chemicals/nitric_acid.html)
14. Label each bottle with gauging station reference number, gauging station name, time and date, and indicated whether or not it was acidified.  
每支瓶子需標註水文測站之參考號碼、站名、採樣時間及日期，並註記是否有加入硝酸。
15. Remove top of filter unit from base to access filter housing; discard filter.  
旋轉過濾器腰部扣環，卸下過濾器上部，把尼龍薄膜濾紙拿掉。
16. Insert glass microfibre filter, using tweezers. Reassemble filter housing.  
使用夾子在濾口上放置一片玻璃微纖維濾紙。再重新把過濾器上下部旋緊。
17. Filter 1L of river water from sample. Filter cleanest (upper) part of sample first and dirtiest part last, taking care not to block filter.

重新取一公升的靜置過的水樣過濾，先過濾上面較清澈的水，再過濾下方較混濁之水樣；小心避免阻塞濾紙。

18. Remove top of filter unit from base to access filter housing; remove filter to glass Petri dish, oven dry at < 70 degrees and label with gauging station reference number, gauging station name, time and date.

旋轉過濾器腰部扣環，卸下過濾上部，把濾紙移到玻璃皿；將玻璃皿放入溫度低於 70°C 之烘箱，烘乾玻璃皿，然後標記站名、測站參考號碼、採樣時間及日期。

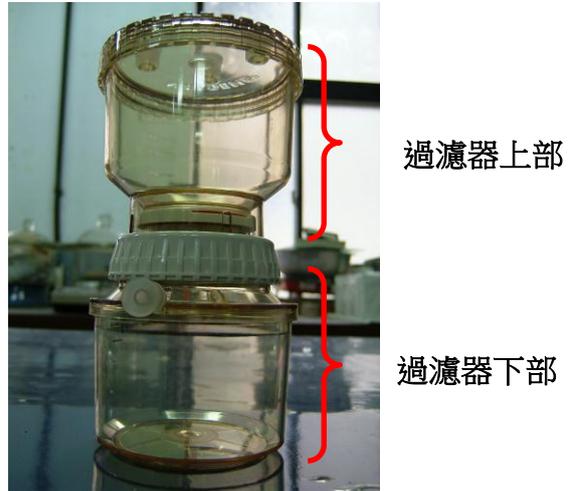
Contact: nhovius@esc.cam.ac.uk; simon00@esc.cam.ac.uk; mjhorng@wra.gov.tw; hchen@ntu.edu.tw; for information, help, or advice Tel: (02) 3366-2946, Department of Geosciences, National Taiwan University. 台大地質科學系. AG/SJD/MCC 2004

## 配備圖示 (Figures of equipment)

1. 採樣瓶 (sampling bottles)



2. 過濾器 (Filter unit)



3. 手握式抽真空泵浦 (Hand operated vacuum pump)



4. 尼龍薄膜濾紙 (Nylon membrane filter)



5. 滴瓶 (Dropping bottle of concentrated nitric acid)



6. 高密度聚乙烯瓶 (HDPE bottle)



## 附錄二 期中審查意見及處理狀況

期中報告審查意見	改進情形
研究團隊業將過去委員提出將輸砂量、通量計算結果，於本次報告中呈現，給予高度肯定，另簡報說明比書面報告更完整，未來可納入期末報告。	謝謝指教。
P.2 文字敘述應修正為 11 條河川 15 測站，並請修正表 3-6 數據及 P5-7 的文字敘述。	該文字描述已修正於報告中。
書面報告關於流量及輸砂量有作回歸的分析完整，建議如 P.3 率定曲線公式，應於報告內清楚說明每一個參數的單位。	謝謝指教，相關參數的單位將詳細說明。
當在討論各離子濃度變化與乾溼季關係的時候，建議一併呈現不同河川上游雨量的變化，將可得到實測雨量的支持。	謝謝建議，將於期末報告中呈現。
本報告由觀測離子濃度變化有變緩的趨勢，於報告說明已恢復地震前 1-2 年的離子濃度，進而判斷已恢復正常狀態，建議應持保留態度，應有更多幾年觀測資料也是維持平緩，才算確實已恢復正常輸砂量、濃度；並請研究團隊釐清有關離子濃度降低主要受風化侵蝕減低，還是因降雨減少，或許降雨量在強度或總量於地震後減少，所以計算結果也有降低的趨勢。	謝謝建議。
本報告有關敘述離子濃度部分，如 P.5 表示氯離子濃度為 $26.1 \pm 11.9 \mu\text{M}$ ，應於報告內說明為測量誤差，或是測量的最大值最小值範圍。	報告內所指為最大值最小值範圍，將於期末報告中修正為標準誤差範圍。

期中報告審查意見	改進情形
簡報說明有提到希望未來將植被加入作分析，建議可以考量本局有關 NDVI 研究，如可將成果納入做進一步分析，可期待將獲得不錯的成果。	謝謝指教，NDVI 將為未來持續研究的目標。
有關雨量與輸砂量的關係，建議將雨量及河川流量納入考量，雨量應包括「總量」及「強度」兩個因素。	謝謝指教。雨量因素將持續納入研究考量
請再確認並依照本局委託研究計畫報告撰寫格式撰寫，並建議報告內敘明前幾次審查會委員所提意見及回應部份。	謝謝指教，報告將依據林務局格式撰寫，並於附錄中回覆前期報告之委員意見。
P.5 有關林邊溪氯離子濃度非常高(異常現象)，報告推論為因樣品處理有誤或感潮帶因素，如為人為誤差部分建議請研究團隊加強訓練現場人員或提醒注意事項。	謝謝指教，將遵照辦理。
結論有關 98 年 2 月有缺測，請敘明其原因為何。	該月份水樣於寄送樣品途中瓶蓋脫落，水樣損失嚴重，無法進行實驗，以至於產生缺測，將持續注意樣品寄送品質，避免樣品損失。

### 附錄三 期末審查意見及處理狀況

期末報告審查意見	改進情形
本計畫針對台灣主要河川離子含量濃度、輸砂量等進行監測，建議長期研究以獲得更多資料，做為將來氣候變遷重要參考。	謝謝指教
本計畫離子濃度依乾濕季分開計算，建議可再把降雨強度因素納入，以降雨資料計算標準差，將可了解降雨集中在一個月中某幾天	遵照委員意見辦理，將於下年度計畫中嘗試進行相關分析。
建議本計畫測量金屬元素濃度時，應考量是否受到濾紙污染因素納入。	已於報告中 P.25 中加入濾紙背景值作為依據。
建議計畫書內各種圖、表資料，更新至目前最新狀況。	遵照委員意見辦理。
依調查結果二仁溪在主要離子含量較其他河川為高，可能受過去在民國 70-80 年左右廢五金棄置場影響所致，建議將來取樣位置，往二仁溪上游地區尋找，以避免受到廢五金棄置場因素影響。	是否受到廢五金棄置場因素影響目前還無確實證據，故目前計畫評估受人為因素影響，將再進一步研究取樣地點。
表 1-1「溪水採樣地點綜合資料」有關曾文溪新中測站缺標高資料，請補充。	已於 P.3 中加入新中站標高資料。
表 2-1「97 年 9 月至 98 年 10 月集水區內每月降雨量表」部分，依文字說明誤差至小數點後一位，但表格顯示數值小數點一位都是「0」，請確認是否為估計至整數位數。	已重新確認雨量資料，並修改於 P.11。
建議圖 4-1「主要離子乾濕季差異」應加入圖例說明，如空心部分代表濕季，實心部分為乾季。	遵照委員意見辦理，已修改於 P.17。

期末報告審查意見	改進情形
<p>表 4-3 至 4-6 為各河川鐵、錳、鋅、銅濃度，其中高屏溪 8 月份的數值明顯高出其他河川許多，甚至大 20 倍以上，是否直接受莫拉克颱風影響所致，建議研究團隊可以深入分析。</p>	<p>遵照委員意見辦理，將於後續計畫中深入探討。</p>
<p>建議圖 4-8「頭前溪流流域歷年單位輸砂濃度」，可再加降雨量資料作為對照，可進一步了解是否受颱風、豪雨等因素影響。</p>	<p>遵照委員意見辦理，已於 P.32 圖 4-8 中加入雨量資料。</p>