

櫻花鉤吻鮭族群監測和生態調查（一）

Studies on population ecology of the Formosan landlocked
salmon *Oncorhynchus masou formosanus* (I)

委託單位：內政部營建署雪霸國家公園管理處

執行單位：中華民國自然與生態攝影學會

計畫主持人：曾晴賢

中華民國八十七年八月十九日

目 次

英文摘要 (Abstract)	1
摘要	4
壹、前言	7
貳、研究內容與範圍方法	12
參、研究過程與方法	14
肆、結果與討論	16
伍、結論與建議	32
陸、謝 誌	33
柒、參考文獻	35
表及圖	41

segments. The rising water temperature drives the hatching rates of other previously successful segments low.

- (4) The number of Formosan landlocked salmon plummets from 1718 of last autumn to 857 this year. The decline in number is attributed to the destruction of habitats resulting from the Wenny Typhoon last August as well as the upheaving temperature.
- (5) Check dams as verified by the woeful shrinkage of this year's population further magnifies the negative effects of typhoons and floods on the salmon population. It is strongly suggested that the check dams be demolished and artificial reproduction be continuously carried out to increase the population size.
- (6) The rehabilitated population in the Sukairan Creek was totally eliminated by aboriginal anglers. The management and confinement of this area is urgent for the resurgence of the salmon population.

II. The effects of water temperature on the salmon population

- (1) The water temperature of the Chichiawan Creek is gradually raising from 1995 to 1998. The difference between 1997 and 1998 is especially marked, which turns some of the fine habitats into inadequate ones.
- (2) The water temperature regimes are quite similar among years. The temperature ascends from January to February, then descends to March, then ascend to May with slight decrease in April. The subsequent rise to August is followed by a tilt down to the next January. The temperature of creek segments down from Dam No. 2 has exceeded the upper survival limit of juvenile salmons. The spawning season temperature of these segments also tends to surpass normal reproduction temperature range.
- (3) The segments up from Dam No. 3 with the excellent

Studies on population ecology of the Formosan landlocked salmon *Oncorhynchus masou formosanus*(I)

Abstract

Population census of Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*) was carried out twice in the Chichiawan creek basin at the beginning of October, 1997 and in the end of June, 1998 respectively. The positions and number of redds were also investigated in the middle of November, 1997. Water temperature of the creek was recorded continuously with optic temperature recorders and the abundance of two potential predators -- the Brown Dipper (*Cinclus pallasii*) and the Striated Heron (*Butorides striatus*) -- was examined. The major results are as follows:

I. The population and redd distribution of Formosan landlocked salmon

- (1) The downstream limit of salmon distribution retreats up from the In-Bin Bridge to the Camping Plaza under summer torridity. Salmons can reach downstream of the In-Bin Bridge in other seasons with the water temperature lower than 17°C.
- (2) The major population of Formosan landlocked salmon inhabits in the creek segment between Dam No. 2 and Dam No. 3 in the Chichiawan Creek. The other two main dwelling segments -- upstream of Dam No. 3 and downstream of Dam no. 2 of the Wulin Creek -- were devastated by two years' typhoons and freshets. The populations in the two segments dwindle dramatically to the margin of extinction.
- (3) The redds were mainly distributed between the Fish Watch Site and Dam No. 3 of the Chichiawan Creek. However, successful reproduction was restricted to the Dam No 3 -- Dam No. 4 and Dam No.4 -- Dam No. 5

temperature regimes, various habitat types and satisfactory tree coverage can be classified as superior habitats for the Formosan landlocked salmon. We suggest the authorities increase the amount of artificial breeding release in this area to avoid the extinction of upstream population.

- (4) Check dams, typhoons and rising temperature interact to suppress the salmon population repeatedly each year. The population must be uninterruptedly enlarged by artificial reproduction before the demolition of check dams to fortify the resilience and stability of salmon population under the impacts of natural calamities.

III. The population census of the Brown Dipper and the Striated Heron

Sixty-nine Brown Dippers from thirty-six territorial home ranges were recorded in the eleven kilometers long creek bank, including five parting-nest juveniles born in this year. The lengths of territories range from 300 to 600 meters long. On the other hand, only seven Striated Herons were found distributing between Dam No. 1 and dam No. 4 of the Chichiawan Creek. The influence of these predators on the salmon population remains unknown.

摘 要

本計劃按照預定進度在去年秋天（八十六年十月上旬），櫻花鉤吻鮭尚未開始大量繁殖之前，以及今年夏初（八十七年六月中、下旬）櫻花鉤吻鮭幼魚成長至5~8公分左右的時候，進行二次主要棲息地內之魚類族群數量普查；而於繁殖季末期（八十六年十一月中旬）進行野外產卵巢位置與數量調查；並利用水溫記錄器連續監測七家灣溪的長期水溫變化，進行水溫對櫻花鉤吻鮭族群影響的調查研究。另外於八十七年四月初進行武陵地區櫻花鉤吻鮭分布溪段河烏及綠蓑鷺的族群數量與分布的初步調查。其結果分別摘錄如下；

一、櫻花鉤吻鮭族群數量與天然繁殖場的普查

櫻花鉤吻鮭是政府明定的保育類動物，目前僅發現棲息於雪霸國家公園境內之七家灣溪及高山溪等溪段，其族群數量極為稀少。爲了有效的監督及保護這群僅存的櫻花鉤吻鮭，雪霸國家公園管理處因而持續這項族群普查的工作。本次是統計去年產卵季之前的族群數量，以及今年產卵後的族群數量，二者相較之後將可以看出今年魚群自然增加的數量多寡。

本年度的調查範圍和去年度所做的普查範圍大致相同，但擴增調查桃山北溪（無名溪）一號攔沙壩以下溪段及桃山登山口至桃山北溪一號壩之間的溪段、並對前幾年人工復育放流溪段如高山溪二~四號壩、司界蘭溪中、上游溪段持續進行追蹤調查。

本年度的調查結果有；

1、七家灣溪櫻花鉤吻鮭的分布最下限範圍，與上次的調查結果相同，分布可以到達七家灣溪與有勝溪會流點的迎賓橋之下，然而此地在夏季由於水溫已經超出17℃，使得櫻花鉤吻鮭夏季的分布範圍有往上游縮減的趨勢，大致以露營場附近爲其分布下限。

2、目前櫻花鉤吻鮭主要分布於七家灣溪二~三號壩之間，原本亦爲重要分布溪段的三號壩以上溪段及高山溪二號壩以下溪段，受到連續兩年颱風豪雨的影響，族群數量銳減，面臨小族群局部滅絕的威脅。

3、今年櫻花鉤吻鮭主要產卵場集中於七家灣溪觀魚台～七家灣溪三號壩之間，然而主要成功的產卵場僅有七家灣溪三號壩～四號壩及四號壩～五號壩等上游溪段。高山溪一～二號壩、高山溪一號壩以下及七家灣溪二～三號壩間等往年重要成功孵化場今年孵化率皆偏低，可能是受水溫升高的影響。

4、去年秋季的普查結果共計發現1,718尾櫻花鉤吻鮭，較去年溫妮颱風及八月豪雨前的普查結果相當。然而去年八月的豪雨造成高山溪棲地破壞、土石堆積及含砂量提高，使得高山溪族群數量大減。而今年夏初的普查結果發現當年幼魚僅有229尾，一～二齡的中型成魚有292尾，二齡以上的大型成魚有336尾，總數為857尾，較去年秋季減少近900尾，使櫻花鉤吻鮭再度面臨滅絕的危機。分析其原因，主要受到水溫升高造成今年各溪段幼魚及一～二齡魚加入率普遍低落有關，而高山溪的土石堆積與含砂量大增則是造成高山溪族群數量大幅下降的主要原因。

5、繼賀伯颱風造成七家灣溪三號壩以上溪段族群數量銳減之後，去年八月豪雨所帶來的災害在攔砂壩效應的放大與阻隔之下，使得高山溪溪段的小族群面臨局部滅絕的危機，再次反應攔砂壩對櫻花鉤吻鮭生存的嚴重威脅，應儘速研擬攔砂壩拆除事宜，並持續在上游溪段進行人工復育放流，增加族群數量。

6、司界蘭溪人工復育成功的櫻花鉤吻鮭族群，卻在少數貪婪的原住民釣客無情的捕捉下，全數遭到捕食的惡運，使得讓櫻花鉤吻鮭重回司界蘭溪的希望遭受嚴重打擊。

二、水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響

本研究以自動記錄的光學型水溫記錄器放置於七家灣溪上中下游各河段讀取水溫資料，藉以探討水溫變化的特性與影響櫻花鉤吻鮭各時期的程度，以瞭解天然族群數量變化與水溫之間的關係。其結果如下：

1. 比較95年至98年之水溫資料，各測站水溫均有逐年上升之趨勢，97與98年之差異尤其明顯，已經使某些原本櫻花鉤吻鮭尚可存活之棲地，轉變為不適合棲息。
2. 各年度水溫之變化趨勢大致相同，由一至二月升溫，二至三月下降，三到五月為先降後升，其後則一直上升到八月，九到十月微升，然後一直下降到隔年一月底。二號壩以下溪段七、八月的夏季高溫

已到達幼鮭耐受極限，生殖季節水溫亦偏高，為不適用於棲息之環境。

3. 三號壩以上無論是水溫、棲地類型豐富度、單蓋度均可歸類為良好棲地，建議持續上游放流工作，擴大上游族群。
4. 攔砂壩、颱風與逐年升高的水溫已使櫻花鉤吻鮭面臨嚴重生存危機，建議壩未拆除前，必須持續人工繁殖及放流工作，以擴大族群量，增加其天災衝擊下之回復力與穩定性。

三、河烏及綠箕鸞族群數量與分布初步調查

在全長約11公里的溪段共記錄了河烏69隻，其中包括5隻當年出生已離巢的幼鳥，分屬36個不同領域家庭。每個領域範圍約在300m~600m之間，族群密度較陳（1989）所調查者為高，領域範圍亦較小，顯示七家灣溪河烏的族群密度相當的高；綠箕鸞則僅記錄7隻個體，主要分布於七家灣溪一號壩~四號壩之間溪段。

壹、前言

櫻花鉤吻鮭 *Oncorhynchus masou formosanus* (Jordan and Oshima) 是世界上知名的魚類之一，其在生物地理學上的科學意義相當大，在熱帶性地區的台灣出現了寒帶性的鮭鱒科 (Salmonidae) 魚類，實在是令人意想不到的事情。

目前僅知本種只分布於本省中部的大甲溪上游，由於本種有非常重要的學術和經濟價值，並且目前數量稀少到瀕臨絕種的地步，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，至此，櫻花鉤吻鮭被列為文化資產之一。

根據早期的記錄顯示，櫻花鉤吻鮭在日據時代(1917~1941)的數量還不少，在松茂以上的整個大甲溪上游，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它的棲息地。其中司界蘭溪及七家灣溪的數量最多，甚至在七家灣溪還可以以投網的方式，一人一天可以捕獲到十五斤以上，是當地原住民重要的食物來源之一。但是到了民國五、六十年代，就只剩下司界蘭溪、高山溪及七家灣溪有鮭魚的蹤影了。然而當時有日本人千方百計的來台灣尋找本種的標本，已經發現這種魚類受到嚴重的迫害，毒魚、電魚的情形極為嚴重，魚類數量已經極度稀少。到了在民國七十三年時，農委會委託台大動物系林曜松教授等人再次詳細調查時，發現只剩下七家灣溪約五公里左右的溪段，有這種國寶魚的存在。之後又根據民國八十年林務局邱健介先生等人之調查，目前櫻花鉤吻鮭的棲地大概是以武陵農場迎賓橋為下限，向上至七家灣溪上游桃山西溪六號壩底下約七公里長之區域（邱，1991）。

根據我們近年來詳細調查的結果發現，櫻花鉤吻鮭目前的分布範圍最高約在池有溪會流點附近，海拔約在1980公尺左右，距離七家灣溪與有勝溪會流點約有八公里左右的距離。根據附近民眾的描述，也有一些魚類會分佈到七家灣溪更下游的和平農場附近，但是這種情形經實地調查發現，僅為颱風洪水過後極少數遭大水帶離適當棲地的極少數大型魚體，且該溪段水溫已超出適應高溫17℃甚多，這些魚體若未能回溯回適當棲地，將無法久存。而1997年在司界蘭溪上游發現前兩年人工復育放流成功的櫻花鉤吻鮭個體38尾，說明了人工復育放流的初步成效，然而司界蘭溪的溪流棲地型態並不理想，復以人員進出管制不易，這些人工復育之個體能否順利擴展繁衍，值得繼續的予以調查監測。

1994年夏天的魚群普查結果發現現生的櫻花鉤吻鮭大致上也是分布在這個區域之內，但是主要族群的分布有呈兩極化的現象，主要水道（三號壩以下到場部附近）中不僅魚類的數量稀少，並且沒有任何新生魚類族群的加入，顯見本河段魚類棲地的惡化（曾，1994）。這種令人擔憂的情形是否持續下去，受到主管單位的重視並且繼續加以追蹤和了解。

1994年冬季和1995夏季的兩次全面普查魚群的結果發現，櫻花鉤吻鮭魚群的數量在大部分的地區是呈穩定的狀況。但是在某些地區則有不同的變化，其中在河川兩岸較隱秘而且水量穩定的湧泉池一地，魚群數量增加最為可觀，但是在另一處河川條件也算優良的高山溪，魚群的數量卻銳減至僅剩三分之一左右。究其原因乃是相關單位施工不慎所致，許多原本優越的深潭棲息地，都因為河岸施工引起的崩土所填滿而破壞與掩蓋，魚群或者遷避它處，或者因而喪生。同時許多原本成功的產卵場也因為泥漿與沙石的覆蓋，最後導致沒有任何魚苗的孵化，致使此地的魚群數量銳減（曾，1995）。

因為櫻花鉤吻鮭是政府明定的保育類動物，其族群數量極為稀少，因此分布地又極為狹隘。根據林教授等人在七家灣溪全域的調查櫻花鉤吻鮭族群數量時發現，1986年左右約有646尾，1987年則發現有1,757尾（林，1988；1990）。而隨後因天然環境破壞，族群數量開始減少，至1991年冬天的估計時，則僅存六百尾左右（圖一），其數量已令主管單位和保育人士擔憂（林，1991）。

為繼續瞭解並掌握櫻花鉤吻鮭族群數量多寡、年齡結構組成和分布範圍的最新動態與變化情形，1994年5月在雪霸國家公園管理處的委託下，接續進行魚群現況普查（曾，1994）。經由現地詳細的潛水調查統計，當年發現七家灣溪主流和高山溪流流域現生的櫻花鉤吻鮭總共有788尾，其中一齡幼魚有439尾，二齡以上之成魚有349尾。

1994年秋季魚類繁殖期之前詳細的普查結果發現，七家灣河流域裡記錄到638尾櫻花鉤吻鮭。1995年全年之間七家灣溪河川環境相當穩定，幼魚成長的狀況相當良好。因此在秋季相同的時間裡進行魚群普查，結果發現因為幼魚增加較多而使櫻花鉤吻鮭族群總數達到2,495尾，相當令人高興。1996年6月初所做的統計也發現到櫻花鉤吻鮭族群有1,854尾（還不包括一些仍未離開隱秘處的幼魚數量），比起1995年相同時期的調查結果增加甚多（曾，1996）。

1996年夏季武陵地區遭受強烈颱風賀伯的侵襲，嚴重改變河床，加上攔砂壩效應的放大與阻隔之下，使得1996年秋季族群較颱風前減少了

三分之一（1,237尾）。然而幸運的是由於1996年繁殖季不論氣候及水溫均較穩定，因此幼魚加入量較高，使得1997年秋季的族群數量達到1,870尾，又回到賀伯颱風前的族群數量。然而三號壩以上的族群數量卻銳減至168尾，是該年度各區段族群數量減少最嚴重的河段，使得上游溪段的小族群面臨局部滅絕的危機。其原因和颱風後環境劣化及攔砂壩的阻隔效應有很大的相關，再次反應出攔砂壩對櫻花鉤吻鮭生存的嚴重威脅，也因此管理單位已根據建議加速研擬攔砂壩拆除事宜。而繼續加強在上游溪段進行人工復育放流，以增加上游族群數量並維持其基因的歧異度，亦是相當重要的(曾，1997)。

在1996年的例行調查之後，不僅發現有民眾違法捕捉魚類的情形，更因為在夏季裡連續有數次大型颱風侵襲本島，對於本區的魚類族群產生相當大的影響。因此有必要持續在魚類生產季之前和隨後新生的仔稚魚加入整個族群之時，分別進行詳細調查，以明瞭經過惡劣的梅雨季節及颱風季節這段時間之後，現存的魚群數量為何？以及評估今年將會增加的幼魚數量有多少？

上述的本項資料不僅關係本種珍貴保育類動物的存續問題，復為提供一般大眾了解目前櫻花鉤吻鮭族群現況，以及為雪霸國家公園管理處建立一個接續以往本種珍貴魚類之保育工作的基本資料，因此實有必要加以全面性的調查該種魚類的分布現況，以瞭解其族群數量和分布之變化情形。

由近年來的調查資料裡都顯示，颱風等天然災害對於櫻花鉤吻鮭的威脅最大，尤其是在接近產卵的季節，例如1994年10月的產卵季開始的時候，剛好碰到豪雨洪水暴增，許多已經產卵成功的巢和卵均被沖毀。同時在產卵季所發生的洪水挾帶甚多的泥沙，覆蓋了許多重要產卵場，而致使卵的孵化成功率過小。

然而除了這種瞬間的巨大天然災害之外，尚有一些長期性而無法目視的環境現象還有水文水質的變化影響櫻花鉤吻鮭生長的因子，例如七家灣溪一號壩至二號壩之間雖然也在多年來都觀察到有許多產卵場，但是很可能因為（1）魚卵受到過大的水文水質惡劣條件的衝擊，因此孵化過程中無法順利，或是（2）縱使有孵化出來的魚苗，也因為缺乏隱蔽的復育場所及過高的水溫變化，因此無法長成。1995年唯一的一尾幼魚是在觀魚台棲地改善後的深潭中所記錄到的，其餘將近二公里的河段竟然看不到其他的幼魚蹤跡。雖然我們去年所做的調查中，也在這一河段記錄到少數的幼魚數量，但是根據我們比對去年夏天調查前有過數次大洪水的記錄，懷疑這些幼魚仍然是二號壩以上的地區所沖下的個體，而可能不是這個河段所增殖的個體。這種現象提醒我們要對於各河段的水文

水質特性進一步的調查分析，因此本研究自 1995 年開始就加上一項長期水溫監控分析的工作，希望就最有可能影響櫻花鉤吻鮭族群的水溫條件著手分析研究，探討水溫在櫻花鉤吻鮭生活史各個階段所扮演的角色，以了解天然族群數量的變化與水溫之間是否有關聯。

而根據許多研究報告指出，溫度對魚類之影響主要是在魚卵的孵化發育期和漂流的仔稚魚期（larval stage）。卵的孵化因各種魚類不同而有其各自的孵化時間小時，亦即孵化的水溫與孵化的時間存在著一個方程式的關係。因此在卵孵化時若水溫過高，雖然發育速度較快，但是亦容易因為發育過快而導致畸型率及死亡率的增加。而剛孵化的仔稚魚為狹溫性且活動力較差，因此往往容易受到水溫變化的影響而造成仔稚魚的猝死。由於數年來櫻花鉤吻鮭的新生族群，大都是集中在七家灣溪上游和高山溪兩個地點，反而魚群數量仍多而且也可以記錄到繁殖狀況的七家灣溪中段卻沒有新生魚苗的記錄，因此我們認為可能和水溫的變化極有關連。如果我們可以詳細的調查水溫和魚卵孵化，以及魚苗成長之間的關係，或許就可以針對這樣的問題提出對策，以減少環境的衝擊問題。去年為了瞭解水溫對櫻花鉤吻鮭卵生長發育的影響，設計了以人工受精卵置於自然環境下自然孵化的實驗，監測各站的水溫變化情形，並定期觀察孵化卵的情形以計算其死亡率來瞭解溫度的影響。目前初步獲得以下的結果（曾，1997）：

- 1、在時間上，七家灣溪全年水溫變化可分為升溫時期（二月至七月）與降溫時期（八月至隔年元月）。最大的升溫幅度在六月初，並造成最大的日溫差變化。最大的降溫幅度是在十一月末至十二月初，此時期也是櫻花鉤吻鮭受精卵孵化的重要時期。
- 2、在空間上，自三號壩以下至二號壩間河段的升溫速率較二號壩至一號壩間河段高出許多，最高差異達94倍（1996年12月）。兩河段間升溫速率差異程度與河川流量及日照輻射週期變化有關，冬季（十一月至二月）最為顯著。同時也證實攔沙壩的淤滿使河床坡度減緩，會造成七家灣溪中下游水溫升高與升溫速率增加。
- 3、在二號壩以下水溫過高的河段，櫻花鉤吻鮭受精卵的野外死亡率在65%至100%間，發育初期的死亡率為40%至100%間。過高的水溫與日溫差對櫻花鉤吻鮭族群天然更新有不利的影響。孵化前期的平均水溫12℃可視為孵化期的上限致死溫度。估計十二年間（1985年至1996年），12℃等溫線往上游退縮約1.56km。二齡以上成魚在繁殖期的分佈與水溫的相對高低有關，性成熟的成鮭有聚集河川封閉區間的低溫區以尋求有利於孵化的水溫環境。

4、七家灣溪流域櫻花鉤吻鮭孵化前期（十一月）平均溫度12°C等溫線在三號壩附近河段；台灣鏟頰魚生殖末期（六月）17°C等溫線在觀魚台附近河段。三號壩以上河段與高山溪一號壩站河段全年水溫可視為低於17°C；觀魚台站與一號壩站河段則在夏季六月中旬至七月中旬水溫有超過17°C的現象。

5、七家灣溪低罩蓋度與攔砂壩造成的水溫升高現象，引起櫻花鉤吻鮭繁殖期的孵化卵高死亡率，而影響族群更新，將造成七家灣溪中下游河段（二號壩以下）櫻花鉤吻鮭族群數量縮減。

如果純粹就水溫變化及溫差變化的觀點而言，七家灣溪的上游地區較下游地區具有較好的條件。但是由於我們還不清楚水溫高低以及日溫差的變化劇烈對櫻花鉤吻鮭的實質影響，以及對成魚與幼魚之間的影響是否有所不同，不過鑒於魚類本身是外溫動物，而櫻花鉤吻鮭本身又是冰河孑遺的冷水性魚類，使我們相信，水溫變化程度對其生長、發育、繁殖，必定有重大影響。因此我們認為這項水溫因子的長期監控，有其實質的必要性及重要性。

除了以上這些相當重要的關鍵物化因子之外，捕食性天敵可能亦是影響櫻花鉤吻鮭族群數量的因子之一。而根據研究（陳，1989）指出，河鳥（*Cinclus pallasii*）的繁殖季大約從12月上旬，一直持續至隔年的5月上旬。而於繁殖季所觀察到的餵食幼雛記錄中水生昆蟲佔89%，小魚佔11%。由於本種的繁殖期與櫻花鉤吻鮭稚魚期及幼魚期相符合，且亦會捕捉小魚餵食，研判河鳥可能是櫻花鉤吻鮭稚魚孵化後相當重要的捕食性天敵；除此之外綠蓑鷺（*Butorides striatus*）亦為其主要的捕食天敵。因此有必要了解河鳥及綠蓑鷺在七家灣溪的分布情形，結合春季普查所得之各溪段幼魚分布狀況，提供管理單位更為詳細的基本資料，以謀求防治策略。

另外，由於數年來七家灣溪櫻花鉤吻鮭的魚群數量大幅增加，可能和目前的溪流環境未遭受嚴重的天然災害有關，因此有許多相關學者建議考慮放流到其他不同流域之中，以擴張本種魚類的分布地，減少櫻花鉤吻鮭可能因為棲地持續的惡化而滅絕的危機。這種放流成功的例子在許多相關鮭鱒魚類之中，有不少成功的例子。但是基於保育的立場，將考慮以櫻花鉤吻鮭以往曾經有分布記錄的溪流為主。

雪霸國家公園管理處為增加櫻花鉤吻鮭的族群數量及生存棲地，已連續多年進行人工復育放流的工作，連續幾年分別將人工復育成功的仔稚魚放流於七家灣溪上游溪段、高山溪一號壩以上及司界蘭溪中上游等溪段，其中高山溪一～二號壩已成功的建立繁殖族群；高山溪二～四號

壩則由於土石淤積嚴重，坡降較大，缺乏深潭及緩瀨棲地，並未成功建立繁殖族群；司界蘭溪經研究人員深入其中上游調查終於發現人工復育放流之族群，目前正持續追蹤1995、1996年人工復育放流於司界蘭溪中上游櫻花鉤吻鮭個體的存活及繁殖情形，希望能提供往後域外放流評估的重要參考資訊。

貳、研究內容與範圍

本年度（1997年9月1日起）除了延續前三年的調查研究工作，繼續於櫻花鉤吻鮭繁殖季之前和隨後天然繁殖出生及人工復育放流的仔稚魚加入整個族群之時，分別進行全面性族群數量與分布的詳細調查；並繼續進行各溪段水溫的長期記錄與分析；另外於繁殖季末期進行野外產卵巢位置及數量分布調查及於1998年4月進行河烏、綠蓑鷺的族群數量與分布初步調查，以期能提供管理單位更多的相關保育資訊。茲分述如下：

一、魚群數量及分布的普查

爲了瞭解櫻花鉤吻鮭族群數量、結構及分布溪段的變化，提供管理單位保育經營政策擬定之精確的參考資訊與基本資料，持續進行長期而全面性的族群監測是相當重要的。本年度的調查延續前三年之族群數量調查工作，分別於繁殖期前後，也就是去年（1997）10月上旬及今年（1998）6月中、下旬，進行兩次全面性族群數量密集調查。調查範圍包括七家灣溪迎賓橋以上至六號壩以上400公尺溪段、桃山北溪（又名無名溪）匯流口至桃山登山口附近溪段、煙聲瀑布下游溪段、高山溪四號壩以下溪段及司界蘭溪中、上游溪段，除了延續前兩年之調查溪段外，本年度更深入歷年放流溪段進行調查，以求掌握整個櫻花鉤吻鮭的最新族群動態和評估人工復育放流的成效及檢討。

二、櫻花鉤吻鮭野外產卵巢數量與分布調查

爲了解櫻花鉤吻鮭繁殖狀況，於繁殖季產卵末期(1997年11月8~11日)

沿櫻花鉤吻鮭現存棲地以目視的方法記錄卵巢數量與分布位置，並輔以GPS測定座標。結合春秋兩季族群數量、結構與分布普查結果及水溫的分析，來了解各溪段繁殖地的孵化情形與限制因子。

三、水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響

利用能夠長期自動偵測及記錄水溫的光學水溫記錄器，放置於各個櫻花鉤吻鮭生存河段以記錄完整的水溫變化，分析七家灣溪各溪段水溫上升的模式。並結合族群數量、結構及分布普查的結果，針對水溫與族群分佈的關係及與幼魚加入率的關係進行分析。藉以進一步了解水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響，以作為棲地改善、魚群分布及人工復育檢討的依據。

四、河鳥及綠箕鷺族群數量與分布初步調查

根據實際野外觀察發現，七家灣溪流河鳥族群的繁殖季大約從12月上旬，一直持續至隔年的5月上旬。由於本種為台灣唯一能於水中潛水行走捕捉水生昆蟲及小魚的溪澗鳥類，且繁殖期恰好與櫻花鉤吻鮭稚魚期及幼魚成長期相符合，因此河鳥可能對櫻花鉤吻鮭孵化後之稚魚及幼魚的存活率有相當重要的影響；而長久以來，綠箕鷺即為櫻花鉤吻鮭的重要捕食性天敵，對櫻花鉤吻鮭各時期皆具有威脅性，這可由前人之研究曾發現遭鳥啄食攻擊致死的櫻花鉤吻鮭中至大型個體（林等，1988）得到證實。由於近年來七家灣溪流棲地有逐漸惡化的趨勢，使得溪流罩蓋度大不如從前，良好的避難場所也越來越少，櫻花鉤吻鮭被捕食的機率也大大增加，因此有必要對此兩者的族群數量進行調查，提供管理單位一初步的櫻花鉤吻鮭捕食性天敵之基礎生態資訊，作為往後進一步了解牠們對櫻花鉤吻鮭族群數量效應及謀求防治的策略的依據與參考。

參、研究過程與方法

一、魚群數量、結構及分布的普查

本年度的調查延續前四年之族群數量調查工作，分別於繁殖期前後，也就是去年（1997）十月上旬及今年（1998）六月中、下旬，進行兩次全面性族群數量密集調查，並於今年七月下旬選擇七家灣溪二～三號壩及高山溪一號壩～高山溪匯流點兩溪段進行進一步的複查計數調查，以確認普查的準確度。

由於浮潛是在野外調查魚類的方法中花費較少，破壞性最低的方法（張,1997），復以本流域平常水質清澈，對於族群數量已屆瀕臨絕種的櫻花鉤吻鮭而言，無異是為最為合適的方法。調查時採三人一組，其中一人於岸上記錄，二人分別穿著防寒衣、防寒手套、防滑鞋、面鏡及呼吸管，以浮潛的方式沿調查溪段兩岸平行行進，直接觀察和鑑定魚種及估計其大小，且隨時確認彼此所觀察的個體，避免產生重複記錄現象。調查時分別記錄各溪段幼魚（全長夏季為4~8cm，冬季為15cm以下）、一~二齡魚（全長25cm以下）及二齡魚以上（全長25cm以上）的數量、分布及棲地型態。魚群較多的地點並輔以潛水相機和攝影機加以拍攝記錄，藉以進行族群結構、數量分布及魚群出沒的棲地分析。為對族群數量有較精確之估算，重複兩次估算每段所見的魚群數量，再取平均值統計之。其結果均標示於圖面上，並比較近年來魚群數量、結構及分布的變化。

二、櫻花鉤吻鮭野外產卵巢數量與分布調查

每年十月～十一月中旬為櫻花鉤吻鮭的繁殖期，此時雌魚會選擇水深不過膝的緩瀨區域以身體掘出淺杯狀的產卵巢，並在雄魚的配合之下，進行受精的過程，最後再以身體掘打起小型礫石將受精卵埋在約10cm深的卵巢內，因而在緩淺瀨區域留下一個個明顯可供辨識的產卵巢。為了解櫻花鉤吻鮭繁殖狀況，研究人員選擇繁殖季產卵末期(1997年11月8~11日)，於櫻花鉤吻鮭現存棲地七家灣溪、高山溪及桃山北溪等溪段，以沿溪兩岸步行目視的方法記錄卵巢數量與分布位置，並輔以GPS測

定座標。結合春秋兩季族群數量、結構與分布普查結果及水溫的分析，來了解各溪段繁殖地的孵化情形與限制因子。

三、水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響

本研究分成兩部份，第一部份對七家灣流域各河段的水溫變化進行記錄，並描述其水溫變化的時間與空間變化特色。第二部份是將水溫變化特性與櫻花鉤吻鮭族群分布調查資料比較，以探究水溫與櫻花鉤吻鮭族群的關係。

(一)、七家灣溪水溫的物理性質與變化情形

本研究的每一支溫度記錄器在使用之前，皆事先在實驗室中的循環水槽中以水冰狀態進行過線性升溫試驗，以誤差不超過0.5°C為容忍範圍，確定其所記錄溫度值的準確性，才使用於野外記錄。

延續前兩年的水溫監測計畫，繼續在現有櫻花鉤吻鮭分布的各個河段中，本年度選擇從七家灣溪六號壩以下至迎賓橋下之大甲溪主流，以及高山溪一號壩以下，放置共10支自動記錄的光學型溫度記錄器（ONSET, optic stowaway temperature data logger）（圖二），時間設定在每小時儲存記錄一筆平均水溫資料，每一至二月的間隔以Shuttle（ONSET, optic shuttle）或手提式電腦在野外現場讀取所儲存的記錄資料，並帶回實驗室分析。由於七家灣溪的水流湍急，因此本研究假設在河中的熱量是完全均勻混合的，因此記錄器中所記錄的水溫值代表此河段的水溫值。結合前兩年的連續水溫記錄，在各個不同時間及河段的資料中，選取代表性的時間及河段進行比較分析，以觀察各河段水溫變化的情形。

(二)、水溫對櫻花鉤吻鮭的影響

將七家灣溪水溫資料與櫻花鉤吻鮭族群分布調查資料（曾，1995、1996、1997）比較，探討水溫是否與魚群分布有關。並結合野外產卵巢數量與分布的調查，分析水溫變動與孵化率及夏季幼魚加入量的關係，與水溫變化對櫻花鉤吻鮭族群的可能影響。

四、河烏及綠箬鷺族群數量與分布初步調查

於1997年4月上旬，於七家灣溪、高山溪及無名溪等櫻花鉤吻鮭現存溪段，採穿越線法並輔以雙筒望遠鏡（Leica 10*42）沿溪流兩岸進行河鳥及綠簑鷺的族群密度調查，同時並記錄其他溪澗鳥類及濱岸植被覆蓋情形。

另外根據研究（陳，1989）指出河鳥具有明顯的領域行爲，其領域範圍沿溪流呈現長條形的分布，因此我們可以以河鳥佔有溪段的長度來表示其領域範圍。而當河鳥接近其領域邊緣時，飛行速度會減緩，達其領域邊界或略超出其領域邊界即會折返。藉由此行爲我們可以進一步知道各溪段河鳥的領域家庭數目，並概略估計出每個領域家庭所擁有的領域長度。

肆、結果與討論

一、魚群數量、結構與分布調查

櫻花鉤吻鮭是政府明定的保育類動物，其族群數量極爲稀少，根據調查發現，於七家灣溪一號攔砂壩～三號攔砂壩間，1986年左右約有646尾，1987年則發現有1,757尾。而隨後因天然環境破壞，族群數量開始減少，至1991年的冬天的估計則僅存600尾左右。1992年至1994年三月數量仍維持在低數量的族群，於七家灣溪一號攔砂壩～三號攔砂壩之間的數量僅剩下278尾（圖一），整個族群呈現明顯的下降趨勢。

1994年雪霸國家公園管理處接手之後，爲了有效的監督及保護這群僅存的櫻花鉤吻鮭，因而持續這項族群普查的工作，並將普查範圍擴及櫻花鉤吻鮭的所有生存河段，以求能完整掌握整個族群數量與結構的動態。1994年的實地統計發現，櫻花鉤吻鮭的數量大約維持在低數量的族群（八百尾左右）。1994年冬季與1995年夏季的兩季全面性調查，則分別記錄到638和565尾，數量並沒有明顯的增加。但是由於1995年全年之間七家灣溪河川環境相當穩定，幼魚成長狀況相當良好，因此1995年冬季及1996年夏季兩季的普查，分別記錄到2,495尾及1,854尾，整個族群數量由於幼魚的成功加入而有較明顯的增加，相當令人高興（圖一及表一）。

1996年7月31日賀伯颱風侵襲台灣全島，由於瞬間降雨量驚人，因此

使得七家灣河流域造成相當程度的損害（曾，1996），加上密集攔砂壩的影響，使得近三分之一的河道發生改道、上游溪段河床大幅抬高、河床寬度變寬、兩岸原有的濱溪植被被沖失、河川上游及兩岸土石崩塌嚴重及許多深潭被填滿等嚴重的棲地損害。同時也對整個櫻花鉤吻鮭族群造成相當大的影響，1996年冬季的普查總族群量為1,237尾，較颱風前減少了近三分之一，其中二齡以上的大型魚幾無折損，一～二齡的成魚折損率為42.6%，一齡以下的幼魚折損率達40.6%。除了在族群數量的減少之外，颱風加上層層攔砂壩的堆積與阻隔效應，整個族群數量的空間分布在颱風後明顯有往下游溪段飄移的現象，七家灣溪三號壩以上的上游溪段之族群數量從颱風前的654尾減少到347尾(表一及圖三)，加上土石堆積達2~5公尺高、深潭消失、變淺、河床變寬、罩蓋度大減、水溫日溫差加大等不利因素，大大增加了上游小族群局部滅絕的可能（曾，1997）。

1997年夏季普查結果共記錄1,870尾，由於幼魚的大量加入（1,166尾）使得總族群數量恢復到颱風前的族群數量，相當令人高興。並且更在司界蘭溪記錄了38尾人工復育放流而成功存活的小族群，對於櫻花鉤吻鮭的能否重回司界蘭溪有著相當大的關鍵意義。然而若就櫻花鉤吻鮭在七家灣溪的空間分布狀況而言，七家灣溪三號壩以上溪段的族群數量從賀伯颱風前的654尾逐一下降至僅餘168尾，僅佔總族群數量的8.9%（表一及圖三），族群數量相當的小，令人擔憂（曾，1997）。

1997年武陵地區再次遭受溫妮颱風及八月豪大雨的侵襲，造成高山溪上游大崩塌，使得原本清澈的高山溪成了的滾滾濁水，歷經達三星期才漸漸恢復清澈。繼96年賀伯颱風對七家灣溪上游所帶來的不良影響後，再度因颱風及豪大雨因素造成高山溪溪流棲地的嚴重惡化，包括深潭的消失、河道改道、土石堆積、河床變寬、濱岸植被減少、底質石遭泥沙包埋程度增大及溪水懸浮微粒增加等棲地劣化的不良影響。1997年10月的族群普查結果共記錄1,718尾，其中二齡以上成魚414尾，一～二齡的成魚469尾，一齡以下幼魚835尾（表二），與去年溫妮颱風及八月大雨前的普查結果比較，在總數上減少了162尾（表一），族群數量尚稱穩定。但是上游溪段的幼魚仍有被洪水帶至下游的現象，這可由七家灣溪二號壩以下溪段幼魚數量較颱風前為多，而二號壩以上及高山溪的幼魚數量則呈現減少的情形得到印證。此現象尤以去年八月遭受大雨及崩塌雙重影響的高山溪最為明顯，幼魚數量從春季普查之411尾銳減至僅剩下62尾（表一及圖四），再度彰顯洪水及攔砂壩效應的嚴重影響。

若就族群分布空間變化來看，高山溪二號壩以下的族群數量由1997年夏季佔總族群數量的27.7%銳減至1997年冬季僅佔9.4%（表一及圖一

），更顯示出颱風等惡劣天候及攔砂壩效應對櫻花鉤吻鮭族群數量及分布空間的惡劣影響。因此雖然近兩年的總族群數量呈現穩定的現象，但是颱風等天災使得櫻花鉤吻鮭被強迫離開棲地因子較佳的上游地區，加上攔砂壩的阻隔效應使得魚群被迫留在棲地因子較差的下游溪段，這種現象尤其對當年出生的幼魚影響最大，這可由96年賀伯颱風前後及97年溫妮颱風及八月豪雨前後櫻花鉤吻鮭族群結構的變化（表一、圖三及圖四）得到充分的印證。分析其原因，一方面是因幼魚的游泳躲避洪水的能力較差，較易被洪水帶離至下游區域；另一方面由於幼魚對水溫變動及日夜溫差的容忍範圍遠較大型魚為小，因此當其不幸被洪水帶至下游水溫較高且日夜溫差大的溪段時，死亡率將大幅提高。尤其在七家灣溪二號壩以下溪段於六月中旬～七月中旬之日最高水溫往往超出櫻花鉤吻鮭的生存水溫上限 17°C （楊，1997），因此七家灣溪二號壩以下溪段不僅野外繁殖孵化率極低，更不易有幼魚在此溪段生存，這可由近幾年族群普查幼魚的空間分布得到印證（表一）。除了對族群數量及結構的不良影響之外，颱風及豪雨等惡劣天氣及攔砂壩的放大及堆積效應，同時並造成上游棲地呈現河床抬高、河道更改或分流、深潭淤滿或變淺、河床變寬、濱岸植被減少、罩蓋度降低、水棲昆蟲減少等等惡化現象，對那些劫後餘生的個體生存產生嚴重的考驗，其不良影響往往持續將近一年之久。對整個櫻花鉤吻鮭的存續已經產生嚴重威脅，因此研擬降低攔砂壩效應及拆除攔砂壩事宜已刻不容緩。

本年度夏季（1998年6月）的普查共記錄了857尾，其中二齡以上成魚336尾，一～二齡的成魚292尾，幼魚229尾（表三），總族群量較秋季普查減少近九百尾。比較兩季的族群結構（圖四），由金字塔形轉變為倒金字塔形，整體族群有老化現象。其中二齡以上的成魚因部份一～二齡的加入及本身對環境變動的忍耐力較佳，僅有部份個體因屆齡自然死亡及繁殖期間爭鬥受傷造成的死亡而減少，變動較小；在一～二齡魚部份，前一年成功孵化的835尾幼魚及原本的一齡魚，顯然本年存活率並不高，使得一～二齡魚的加入量微乎其微；而今年幼魚的加入量僅229尾，若再將人工復育放流溪段增加的幼魚扣除，則今年野外成功孵出且長成的幼魚僅約200尾。比起去年同一時期幼魚的加入量1,166尾（含人工復育放流之幼魚）而言，尚不到1/5，顯示今年的溪流棲地因子較不利於孵化及仔稚魚的成長，這點將在以下結合水溫的長期記錄及野外繁殖卵巢的調查結果進行深入的探討與分析。就各溪段所記錄的幼魚數量，以抽水站～三號壩、湧泉池、三號壩～四號壩及四號壩～五號壩等溪段數量較多，顯示這些地點為今年主要的成功繁殖場，而這些皆屬於比較上游的溪段。

若就目前櫻花鉤吻鮭在七家灣溪的空間分布現況而言，各溪段以七

家灣溪二～三號壩（包含二號～二號破壩溪段）記錄325尾最多，觀魚台～七家灣溪二號壩記錄122尾居次。而原本族群數量頗豐富的高山溪一號壩以下溪段，則呈現大幅滑落的現象（表一及圖三），其因素如前之分析。另外，雖然七家灣溪三號壩以上溪段的族群數量較去年同時期略有少量增加，然而族群數量仍然遠不及賀伯颱風前的數量，棲地因子惡化的因素使得上游區域族群恢復相當緩慢。今年最令人擔憂的則是高山溪族群數量持續大幅滑落，整個族群數量受到物理棲地嚴重惡化的影響，從1997年夏季的533尾（佔總族群量的28.5%），1997年冬季下降至178尾（佔總族群量的10.3%），1998年夏季再下降至僅餘67尾（表一及圖三），佔總族群數量的7.8%，族群數量已相當地小。復以多數深潭淤滿，罩蓋度變小，溪水及底質含砂量增加，短期內族群數量恐難恢復。

根據戴（1992）研究認為攔沙壩興建之後，使得颱風對櫻花鉤吻鮭族群有四點影響：1.因為幼魚較易受到環境變動的影響而死亡率增高；2.攔沙壩阻礙了被洪水沖刷至下游的魚隻回到上游；3.鮭魚在七家灣溪的分布及依時間的變異乃經由棲息地惡化而改變；4.具有適合棲地的溪段減少，增加小族群局部絕滅的機率。連續兩年的颱風洪水使得七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群空間分布發生重大的改變，七家灣溪三號壩以上溪段及高山溪流域等上游溪段的族群數量，從1996年春季佔總族群量的51.5%降至1997年夏季的37.5%，而1998年夏季再降至總族群數量的29.5%（表一及圖三），整個族群空間分布明顯地向下游地區遷移，增加上游溪段的小族群滅絕的機率。其中上游地區族群數量的大幅度滑落正是印證了其看法。而另一方面七家灣溪下游溪段則由於水溫的持續上升，夏季水溫高於17℃的時間愈來愈長，使得夏季下游棲地的魚群數量逐年減少，今年夏季於高山溪匯流點至迎賓橋之間僅僅記錄到9尾大型個體及1尾中型個體（表三）。其中除了迎賓橋下發現的1尾大型魚外，其餘9尾都集中在露營場附近及以上溪段，顯示櫻花鉤吻鮭夏季有逐漸退出露營場以下溪段的趨勢。颱風侵襲、及攔砂壩的阻隔、堆積效應使得上游溪段的族群數量呈現銳減的趨勢；而水溫的上升及攔砂壩的阻隔又使那些不幸遭洪水沖至下游溪段的個體幾乎喪失活存的機會，兩大自然力與攔砂壩此一不當的人工設施使得近年來櫻花鉤吻鮭的族群分布逐漸緊縮至中游溪段。由於上游溪段是目前七家灣溪水溫較為穩定溪段，是為櫻花鉤吻鮭棲息與繁殖良好棲所，為解決攔砂壩所帶來的災害放大效應及使遭洪水帶離適當棲地的個體能有機會回到原棲所，應儘快設法研究攔砂壩拆除事宜，同時並應利用人工復育放流、重要季節（如繁殖季節、夏季高溫及颱風、豪雨過後）搭建簡易式魚道及人工採捕二號壩以下溪段的個體運送至上游地區放流，設法增加並維持這些溪段族群數量及基因歧異度。

就不同年齡大小櫻花鉤吻鮭的空間分布分析，二齡以上的大型魚主要分布於七家灣溪二號壩～三號壩之間溪段（包含二號～二號破壩及湧泉池），共計140尾，其次為觀魚台～二號壩之間溪段，共計73尾，整個大型魚的分布有集中於中游地區的現象。若比較秋季的調查記錄，大型魚的數量略為降低，顯示今年大型魚加入量略低於死亡量；一～二齡的中型魚仍以七家灣溪二～三號壩之間的溪段（包含二號～二號破壩及湧泉池）141尾最多，其次為七家灣溪四號壩～五號壩之間的溪段43尾次之，其中二～三號壩之間的溪段為去年幼魚的主要分布地，因而有較多的中型成魚加入，而四號～五號壩溪段則因水溫較為穩定，幼魚成長存活率較高，因此有較多的中型成魚的加入。然而就整體而言，比較秋季的調查記錄，一～二齡魚數量遠少於秋季的數量，顯示去年這段期間幼魚成長情形不佳，死亡率相當高，因而只有少數個體長成中型魚。究其可能原因可能和水溫普遍上升（平均約達1~1.5℃）、棲地深潭淤積惡化及罩蓋度降低，致使魚體缺乏躲避場所有關；而幼魚則以七家灣溪二號壩～三號壩之間溪段（包含二號～二號破壩及湧泉池）96尾最多，七家灣溪三號壩～四號壩31尾及四號壩～五號壩30尾居次（表三），顯示這些溪段為今年較為成功的孵化場。而往年為良好孵化場的高山溪一號壩以下及高山溪一～二號壩溪段，今年幼魚加入的狀況相當差，可能和棲地持續惡化及水溫上升有關。若和去年同時期相比較，今年的幼魚加入量偏低，顯示今年野外繁殖場的孵化情形非常的差。值得注意的是七家灣溪二號壩以下幼魚密度連續三年都遠低於二號壩以上，尤其自觀魚台以下，今年僅有16尾幼魚的記錄，而高山溪匯流點以下的主流溪段則全無幼魚的蹤跡，明顯地說明七家灣溪主流域二號壩以下溪段鮭魚繁殖所需的微棲地條件已然喪失。雖然本溪段不乏適合櫻花鉤吻鮭產卵的緩流棲地型態，不論水流速、溶氧量、底質石等相關微棲地因子都符合鮭魚繁殖場的要求，然而由於此溪段繁殖期平均水溫均高於12℃，平均日溫差達2~2.5℃，使得本溪段櫻花鉤吻鮭孵化率及稚魚存活率均甚低，水溫的限制使得本溪段淪為櫻花鉤吻鮭卵及稚魚的墳場。

另外，研究人員亦進入桃山北溪進行相關棲地探勘，發現無名溪小瀑布以上溪段坡降平緩，溪流棲地型態以深潭、緩平瀨、斜急瀨為主，三者呈現交互出現的分布，加以本溪中上游植被覆蓋及罩蓋度良好，冬季水溫在8~9℃之間，溫差極小。不僅有可供成魚躲藏覓食的處所，亦有多處優良的繁殖場可供使用，是個相當合適的棲息地，然而以往此地並無櫻花鉤吻鮭的分布，因此在今年期中報告時建議雪霸國家公園管理處進行人工復育工作時將其列入放流溪段。夏季進行族群數量普查時亦將此溪段列入調查，結果發現4尾中型魚及13尾幼魚存活，初步顯示放流的成功，往後將持續追蹤其成長狀況及是否能建立起繁殖族群。

自從雪霸國家公園管理處成立後，即積極從事櫻花鉤吻鮭人工復育的研究工作，一方面希望能增加櫻花鉤吻鮭在現存棲地七家灣溪的族群數量，另一方面更希望藉由人工復育放流的方式將部份人工受精孵化成功的仔稚魚逐步放流至以往櫻花鉤吻鮭曾經分布的大甲溪其他支流，如司界蘭溪、南湖溪等。在幾經探查及討論之後，先後於1995年~1997年將部份人工復育所得的魚苗放流至司界蘭溪中下游及中上游等溪段，並於1996年開始進行追蹤調查，可惜當年調查人員在司界蘭溪中下游以浮潛方式調查了約1.5公里的溪段，卻未發現任何魚蹤，經研究人員測量水溫之後發現中下游水溫夏季可達20℃，並不適合櫻花鉤吻鮭的生長。去年夏季研究人員爲了再度深入追蹤1994、1995及1996年人工放流於司界蘭溪的櫻花鉤吻鮭的實際存活狀況，採三組人員分別於司界蘭溪中游~中上游長約5公里的溪段進行調查，終於在司界蘭溪中上游區段發現了櫻花鉤吻鮭的蹤影，整個生存河段長約1.5km，除了記錄到當年人工復育所放流的幼魚14尾外，更記錄了前兩年所放流的一~二齡魚個體24尾，其中最大體型接近20cm，且相當肥大。說明了司界蘭溪中游以下溪段由於夏季水溫過高，不適合冷水性的櫻花鉤吻鮭生存。而前兩年在司界蘭溪中下游放流的櫻花鉤吻鮭，兩年後於上游地區發現存活個體，說明了在沒有攔沙壩等人爲設施的阻隔下，櫻花鉤吻鮭會自行尋覓遷移至適合其生存水溫較低的上游溪段棲息。

1997年秋季前往調查時由於適逢大雨水濁無法進行調查，1998年夏季研究人員再度深入司界蘭溪上游地區（調查範圍自海拔1710m~1850m）進行調查，範圍除了涵蓋去年發現櫻花鉤吻鮭的溪段外，更往上游調查了約長2.5公里的溪段，可惜未能發現任何魚蹤。該次調查研究人員前往調查溪段途中，前後總共遭遇5名手持高級釣竿，頸掛魚餌的泰雅原住民，據其言爲前往上游溪段（既爲去年發現櫻花鉤吻鮭的地點）釣「虹鱒」，只是釣了2至3小時仍未有所獲；沿途研究人員亦於溪谷發現2雙雨靴、1雙涉水雨靴及一盒新鮮釣餌，可以想見由於司界蘭溪地處國家公園邊緣地帶，管理不易，因而造成非法釣魚的盛行。嚴酷惡劣的氣候如賀伯颱風過後仍有部份放流之櫻花鉤吻鮭順利長成中型成魚，然而卻躲不過貪心無知的人們無情的捕食，眾多研究人員及復育人員歷經三年的辛苦所得的不易成果，竟然轉眼間如過往雲煙消失無蹤，令人十分氣憤。

爲了進一步了解司界蘭溪水溫及棲地的變化情形，本次調查同時以光學自動水溫記錄器放置於司界蘭溪上游海拔1710m及1800m的溪段。其中海拔1710m處河床狹窄，罩蓋度較佳；後者河床開闊，土石堆積嚴重，罩蓋度不佳。結果顯示這些溪段於夏季（1998年7月24~26日）水溫分別在14.03℃~15.08℃之間，日夜溫差爲0.7℃（海拔1710m處），及11.58℃~14.41℃之間，日夜溫差爲2.83℃（海拔1800處）。顯示出司界蘭溪上

游溪段夏季水溫仍維持在17°C以下，就水溫而言適合櫻花鉤吻鮭的生長。唯司界蘭溪部份上游溪段及中上游以下溪段河床開闊，罩蓋度較差，因而日夜溫差較大，升溫速率較大，因而中游以下溪段水溫條件已不適合櫻花鉤吻鮭生存，這也是去年夏季未能於中游溪段記錄到櫻花鉤吻鮭的原因。再就物理棲地因子而言，比較兩年的河道及溪流棲地型態變化，發現司界蘭溪土石堆積度、河床開闊度及河床坡降皆較七家灣溪為大，河道及溪流棲所型態易受洪水或颱風的侵襲而改變，是為對櫻花鉤吻鮭生存與成長較為不利之處。所幸上游溪段深潭頗多，不乏洪水期間的躲避處所，而適合櫻花鉤吻鮭產卵的緩淺瀨棲地雖然較少，但應足夠提供放流初期的繁殖之用。另外，就溪流兩岸的開發程度而言，目前上游區域完全沒有任何農業開發行為，僅有下游區域二號攔砂壩附近有種植高冷水果及蔬菜，因此暫時並沒有水質污染的問題。然而比較兩年下游區域的開墾面積，已然有擴大的跡象，建議管理單位應嚴加把關，對於任何不法的毀林擴墾行為應加以勸止，並嚴格取締，防止其往上游擴張，以防止水質的污染。

因此，司界蘭溪上游此次復育的努力雖然遭到少數不法釣客的毀害而遭到失敗，然而就歷史因素、物化棲地因子各項因子而言，仍不失為一良好域外放流之溪段。因此，國家公園往後在進行人工復育放流時，仍可將此溪段列入優先考慮，然而為了避免重演此次的失敗，除了加強此溪段的巡邏，嚴格取締不法行為外，事先加強與附近原住民部落（如環山部落）的溝通是相當重要的，也是往後域外放流能否成功的重要因素。僅提供以下建議供管理單位及復育單位參考：1.針對放流溪段附近部落（如環山部落）辦理櫻花鉤吻鮭生態與泰雅族文化體驗營，加強原住民對櫻花鉤吻鮭與其目前遭遇的危機的認識，同時並進行放流溪段附近部落原住民對櫻花鉤吻鮭的認知程度調查。2.於人工復育期間，邀請放流溪段附近部落原住民頭目前往參觀了解人工復育的過程與辛苦，藉以取得他們的認同。3.進行人工復育魚苗放流時，廣邀附近部落頭目、當地國、高中學生及媒體記者參與，由部落頭目帶領及復育人員的指導下，將魚苗背負前往放流，藉以增加部落的參與感與榮譽感。4.放流之後，結合當地部落及管理單位進行溪流巡查，嚴格取締少數的不法人士，一經取締除了依法嚴懲外，並廣邀媒體記者報導，藉以宣示當地部落及管理單位保育櫻花鉤吻鮭的決心。5.進行放流族群追蹤監測時，可考慮邀請部落派人共同參與，讓附近部落共同分享復育的成果與榮譽。

近四年來人工復育放流成果，使得櫻花鉤吻鮭每年夏季幼魚的加入量增加，對整個櫻花鉤吻鮭族群的穩定與存續有重要的影響力。然而在為櫻花鉤吻鮭擴充分布溪段的努力上，高山溪一～二號壩成功的建立起繁殖族群是最為成功的溪段；桃山北溪上游已初步獲得成功，能否順利

建立繁殖族群尚待持續的追蹤調查；高山溪二～四號壩的放流族群，由於受到棲地環境惡化、溪流坡降太大及缺乏可供躲避的深潭之故，無法建立起繁殖族群，小族群恐無法長存；而最令人錯愕憤怒的，莫過於司界蘭溪放流族群的遭遇，竟是毀於少數無知貪婪原住民的惡毒手中。檢討近年的人工復育結果，我們有以下的建議：1.在七家灣溪棲地逐漸惡化的今天，人工復育繁殖對整個櫻花鉤吻鮭族群的存續有重大的意義，應持續進行。2.對於放流溪段的選擇，除了以櫻花鉤吻鮭歷史上有分布之溪流為優先考慮外，應事先針對溪流型態分布、坡降比例、土石淤積狀況及水溫長期變化、人員進出管制狀況進行調查評估。3.加強和放流溪流附近部落的溝通、疏導與教育，設法讓櫻花鉤吻鮭人工復育放流成為該部落的重要文化活動，並加強媒體的宣傳與報導。4.對於放流溪流應持續加強巡邏，嚴格取締違法捕捉的不法人士，一經查獲非法捕捉的情事除了依法嚴懲外並公諸於媒體。

二、櫻花鉤吻鮭野外繁殖場調查

每年十月初櫻花鉤吻鮭進入一年一度的繁殖季，成熟的鮭魚開始自深潭移至底質石由礫石、卵石和圓石等間雜的緩淺瀨區活動，此時通常由雌鮭選擇好產卵巢的位置，而後利用身體後半部及尾部的拍動，將河川底質一些較為細小的砂石掘起清除。經一番努力之後，產卵巢逐漸凹陷成形，途中雄性個體加入，經過求偶展示、驅逐、配對、產卵、排精等過程完成體外受精。此時雌魚會立即於產卵巢周圍進行一連串持續的掘砂行為，很快的將沈陷於淺凹陷卵巢的受精卵以砂石蓋上，以避免被水流帶走，完成繁殖產卵的重大任務。

由於櫻花鉤吻鮭具有掘築產卵巢的習性，產卵巢所在位置經過一連串掘砂的行為後，往往和周遭因長滿附著性矽藻而呈現褐色的底質石有一極為明顯的區分。為了了解今年櫻花鉤吻鮭在野外繁殖產卵的實際狀況，研究人員於1997年11月8~11日（櫻花鉤吻鮭繁殖產卵末期），於櫻花鉤吻鮭現存棲息溪段（未含司界蘭溪上游）沿溪進行野外產卵巢數量與分布的普查，調查時除了舊復育中心下游約300m以下之下游溪段尚有少數配對求偶的個体外，整個七家灣溪中上游溪段、高山溪及桃山北溪流域皆已完成產卵，其中七家灣溪四號壩以上之上游溪段，產卵巢上覆蓋之卵礫石已有部份矽藻附著，顯示上游溪段族群的繁殖產卵期較中下游溪段的族群提早，其原因可能主要為上下游水溫溫差的緣故。

根據調查結果共記錄產卵巢423個（表四），就數量分布而言，以七

家灣溪觀魚台～二號壩及二號破壩～三號壩之間卵巢數量最多。若考慮溪段長短，則除了以上溪段外，湧泉池、七家灣溪五～六號壩及高山溪匯流點～高山溪一號壩亦為密度較高的溪段。說明這些溪段適合櫻花鉤吻鮭產卵的高山溪緩淺瀨棲地較多，且這些溪段大多擁有族群數量較多的成熟鮭魚，因此野外產卵巢自然較多。其中湧泉池的產卵巢全數位於和主流之間的連絡水道，加以水道兩旁濱水植被極其茂密，罩蓋度甚佳，是個不錯的產卵場。但是湧泉池大小池因淤積大量泥沙已失卻良好孵化場的條件，且易於水量大時將淤積的泥沙帶往與主流之間的連絡水道，覆蓋產卵巢進而降低產卵巢的通透性，加以受到湧泉池附近農業廢水排入的影響，使得溶氧量降低（陳，1998），容易使受精卵因缺氧而降低孵化率。根據調查湧泉池附近是所有櫻花鉤吻鮭現存棲地中罩蓋度最佳的，能提供成鮭及仔稚魚良好的躲避天敵及洪水的場所，加以罩蓋度佳，水溫、水量較為穩定，因此若能清除湧泉池的淤泥，並將湧泉池附近的農業排水道改道或進行污水處理，避免直接將農業廢水排入湧泉池及連絡水道，藉以提高水生昆蟲的族群數量，進而使湧泉池再度如同往常，成為一良好的洪泛期間避難所及仔稚魚和幼魚優良的復育成長棲地是相當必要的。目前雪霸國家公園管理處已依據以往研究建議進行湧泉池棲地改善的規劃工程，希望屆時能為櫻花鉤吻鮭保留一處優良的避難復育場所。

分析調查所得產卵巢所在的棲地型態，其利用之棲地除了緩淺瀨、深潭末端水位較淺水流較緩的棲地外，亦有少部份產卵巢是位於急流旁的小型洄水區域。以上各種棲地型態之產卵巢密度以大型的緩淺瀨及深潭末端的緩淺流區密度最高，往往一處即有6~8個產卵巢的分布，反觀急流旁之小型洄水區域則最多僅有一個產卵巢的分布，可以得知前兩者為櫻花鉤吻鮭最喜歡利用的產卵繁殖場。而根據莊鈴川（1989）分析58個產卵巢顯示，櫻花鉤吻鮭產卵巢水深分布在0.1~0.6公尺（平均0.25公尺），未利用淺於0.1公尺或深於0.7公尺的流水型態；產卵巢附近的底質石多為礫石、卵石及圓石。和本次調查產卵巢的棲地相符合。而其測量產卵巢附近的水流速，得到表面水流速低於0.6 m/s（平均0.09 m/s），而底層水流速則低於0.45 m/s（平均0.06 m/s）；產卵巢的水溫則在11.5~14.5℃左右（莊，1989）。

若就各獨立溪段產卵巢的分布位置來看，中下游各封閉溪段產卵巢的密度有往上游集中的現象，亦即在接近攔砂壩附近的緩淺瀨棲地往往有較為密集的產卵巢分布。以七家灣溪一號壩～二號壩溪段為例，雖然觀魚台以下溪段的緩淺流棲地並不會比觀魚台～二號壩溪段為少，然而觀魚台～二號壩溪段的產卵巢數量卻多出觀魚台以下溪段超過兩倍，尤其在舊復育中心附近溪段至二號壩下溪段近三百公尺的溪段，產卵巢更

是密集。同樣的情形也發生在七家灣溪迎賓橋～一號壩溪段，高山溪匯流點以上溪段的產卵場密度較高山溪以下產卵場的密度高出一倍以上。然而在七家灣溪三號壩以上溪段產卵場的分布便主要和緩淺流所在位置有關，而數量則主要取決於成熟鮭魚的個數。分析其原因，主要和水溫高低有很大的關係，根據研究（楊，1997），平均水溫 12°C 可視為櫻花鉤吻鮭孵化期的上限致死溫度。而由水溫資料估計，十二年間（1985年至1996年），七家灣溪十一月之 12°C 等溫線往上游退縮約 1.56km 。1996年之平均溫度 12°C 的等溫線在三號壩附近河段。因此造成七家灣溪二號壩以下之二齡以上成鮭在繁殖期的分布與水溫的相對高低有關，性成熟的成鮭有聚集河川封閉區的低溫區，也就是接近攔砂壩下方的溪段，以尋求有利於孵化的水溫環境。也因此七家灣溪下游繁殖期間經常可見大量急於尋覓合適水溫的成熟櫻花鉤吻鮭聚集於高聳的攔砂壩底下，勉強地將蓄積多時的珍貴魚卵產於不適的繁殖棲地，這對櫻花鉤吻鮭的族群存續而言，無異是一大浪費。

比較1997年11月所記錄的各溪段產卵巢數量與1998年夏季普查各溪段幼魚的加入量，我們發現一個不幸的事實，雖然1997年秋季參與繁殖的個體很多，然而今年的野外孵化率極低，只有極少數的受精卵成功孵化並順利長成幼魚。通常而言，櫻花鉤吻鮭二齡以上雌鮭每尾約可產下 $200\sim 800$ 粒卵，平均每尾成熟雌鮭可產下約 500 粒的卵，假設每尾雌鮭的野外受精率為 60% ，即每尾成熟的櫻花鉤吻鮭可產下約 300 粒的受精卵。又根據1997年於繁殖季開始前所作的族群數量調查，成魚數量共有 883 尾，依此假設該年約有 300 尾的成熟雌鮭投入繁殖的行列，可以發現今年整個的野外成功孵化且長成幼魚的比率僅為 0.25% ，相當的低。分析其原因，我們認為可能和以下原因有關：1.今年孵化後期各溪段及仔稚魚成長期間（ 12 月～ 2 月）旬平均水溫較去年高約 $1\sim 1.7^{\circ}\text{C}$ ，日夜溫差亦較大，嚴重影響孵化率及增加仔稚魚的畸形率及死亡率。2.受到連續兩年豪雨所造成的泥砂堆積影響，使得野外產卵場泥砂含量過高，受精卵因缺氧而大量死亡。3.棲地惡化，深潭淤積，罩蓋度降低，使得孵化後的仔稚魚缺乏可躲藏的棲所，大大增加死亡率及被天敵捕食的機率。其中可能以水溫的上升影響最大。

若比較各溪段卵巢數及幼魚加入的數量，我們發現勉強可稱為成功的繁殖場僅有七家灣溪三～四號壩及四～五號壩兩個溪段，皆為位於上游的溪段。而近年最重要的棲息地七家灣溪二號破壩～三號壩，共記錄了 87 個產卵巢，卻只有 59 尾的加入量，是影響整個櫻花鉤吻鮭幼魚加入量最大的溪段。根據水溫資料顯示1997年 12 月～1998年 1 月的平均水溫較1996年 12 月～1997年 1 月的平均水溫高出達 $1\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ ，由於整個繁殖季本溪段並未遭遇重大天然災害，因此水溫的上升應是造成孵化率偏低的最

年冬季最低溫均比1997年上升，最多可達 2.5°C （圖五、七、八、九、十、十一、十三及十四），1~2月份旬平均溫則上升約 $0.5\sim 2^{\circ}\text{C}$ （圖十五、十七、十八、十九、二十、二十一、二十三、二十四）；而露營場與抽水站（圖六、十二、十六、二十二）則因資料不足無法判斷。對照農場氣象站之氣溫資料（圖二十五、二十六），1998年之冬季氣溫確實有顯著的上升，推測與全球性大氣暖化及聖嬰現象造成之氣候異常有關。此外，從資料較齊全的高山溪及五號壩水溫（圖七及圖十四）看來，96年與97年雖無明顯差異，長期而言水溫卻有逐年上升的趨勢，對於冷水性的櫻花鉤吻鮭有不利影響。

冬季水溫的上升，在目前而言尚未到達足以影響任一時期鮭魚之生存（均在 12°C 以下）。但值得注意的是，春夏水溫的攀升已使原本勉強可存活的棲地逼近甚至超過存活高溫極限（upper survival temperature limit）。例如二號壩六月份水溫，1997年各旬溫度為 13.6 、 12.8 及 14.2°C ，1998年則驟升為 16.9 、 17.2 及 18.0°C ，已然超過幼鮭生存耐受限度，唯有成鮭得以存活。在此情形下，除少數幼鮭在壩下落瀑潭深處得以倖存外，多數幼鮭均會死亡。在本年度六月底之族群普查中，一齡以下幼鮭數量的稀少與此推論互相呼應（表三）。故水溫上升雖尚未直接影響卵之生存、孵化與仔鮭之成長，但是水溫上升卻使得水溫波動趨於激烈，間接可能對卵的生存與孵化有不利的影響，並且會直接引起幼鮭之死亡，造成族群結構金字塔之底層縮減，形成倒三角形之族群結構。在成鮭生殖後死亡及洪水沖擊、天敵捕食之綜合作用下，底層縮減之族群勢必漸趨衰敗終至滅絕。因此，除了繼續密切監測水溫變化之外，應進行上游低溫棲地之放流，下游罩蓋度之增加與攔砂壩之拆除，並積極改善其餘溪流環境，增大鮭魚可生存之環境區域。而對於日本人工繁殖之技術宜設法引進，擴大族群量。

（2）年度水溫變化與對櫻花鉤吻鮭之影響

分析武陵地區之氣溫變化，發現武陵地區之氣溫呈現規律變化，整體趨勢為：二月至七月溫度逐漸升高，高溫持續至八月，而後漸次下降至隔年二月才又回升（圖二十五）。水溫之變化趨勢大致上與氣溫相同。就細節而言，以記錄較完整的高山溪與五號壩為例（圖七及圖十四），一月至二月有一段上升趨勢，二月至三月又下降，三月到五月為先降後升，其後則一直上升到八月，九月到十月微升，然後一直下降到隔年一月底

主要因素。而前兩年為優良產卵場的高山溪一號壩以下及高山溪一～二號壩兩個溪段，雖然也記錄了47個卵巢，然而今年幼魚的加入量只有7尾，孵化率極低。除了水溫上升的普遍因素外，高山溪自從1997年8月因豪雨造成上游崩塌，使得高山溪底質石受泥沙包埋程度增加及溪水含砂量提高，可能因而對產卵巢造成覆蓋效應，大大降低孵化成功率。而七家灣溪二號壩以下溪段雖然記錄了165個卵巢（佔總卵巢數的39%），然而卻只有38尾幼魚（佔幼魚總數的16.6%）的加入量，而且這些幼魚來自上游溪段的可能性相當的大，因此雖然下游區段擁有較多的緩淺流棲所，然而因為水溫條件不適合孵化及仔稚魚成長，眾多魚群辛苦產下的卵卻只有付之一炬的命運，這對櫻花鉤吻鮭的存續是一項多麼大的打擊與浪費。

三、水溫對櫻花鉤吻鮭族群的影響

影響溪流水溫的因子，多年來已有許多的研究結果。Brown（1980）曾進行集水區森林不同方式砍伐所造成溪流水溫上升的研究。緩衝帶的保留為溪流提供了良好的蔽蔭效果，避免了全面砍伐所造成的日照直射而引起的水溫升高現象。

Brown（1980）認為在溪流的表面，由傳導、對流或蒸發所引起的熱交換很少，因此砍伐造成的氣溫上升應該不是溪流水溫上升的主因。而溪流中由太陽輻射而增加的能量並不能完全由對流和傳導而擴散，大部份的輻射能量都會被儲存而引起水溫的上升。于（1996）對中國大陸東北山區小溪進行分析，估算得到溪流所吸收的輻射能量約為入射總能的9.32%。

由上述可知，一般森林溪流的水溫主要受到日照輻射量以及森林遮蔽罩蓋度（stream surface shading）的影響。尤其是對於像七家灣溪這類位於高海拔（高於1690m）的高山溪流而言，由於植被茂密、罩蓋度良好，終年處於低水溫狀態，更容易因為兩岸植被的破壞造成日照直射溪床，而造成水溫提高。

本研究對七家灣溪水溫資料進行分析，可得到以下初步結果：

（1）1996～1998年水溫變化趨勢及對櫻花鉤吻鮭之影響

由1997年及1998年水溫資料之比較可以看出，在迎賓橋、高山溪、一號壩、觀魚台、二號壩、湧泉池、三號壩及五號壩1998

。各年度各測站之趨勢大致相同。

其中必須注意的是七至八月的夏季高溫。由於這兩個月恰是颱風季節，水溫記錄器往往因洪水而遺失或損毀，故這段期間為資料最不齊全的一段。然而由年度溫度趨勢、少數殘存之記錄器讀出之資料，再配合氣溫資料，可以推論出七、八兩個月是全年水溫最高的月份，在某些下游溪段，夏季水溫甚至可高達 20°C 。這段期間的溫度對櫻花鉤吻鮭至少有下列三點影響：

1. 造成各時期鮭魚之死亡，幼鮭受害尤烈。
2. 對即將於十月生殖之成魚，降低其配子之品質，進而降低孵化率及仔鮭存活率。
3. 對鮭魚造成不可逆之結構性傷害，降低活性及適應能力，易於被捕食或染病死亡。

此外，生殖季節之水溫變化亦是一個重點。過高的溫度或劇烈的溫度變動均會造成受精卵與仔鮭死亡或畸形。這一點將在後續段落中探討。

(3) 各站間之水溫變化

同一時間，愈往下游則水溫愈高（圖五～十四），而其溫度的變動也愈劇烈（圖二十七～二十八）。其原因除日光持續對流過之溪水加溫之外，下游罩蓋度減低、水流速下降、坡度平緩、河面寬而淺等因素均擴大下游水溫變動幅度並提升其絕對值。依據楊（1997）的研究，七家灣溪全段冬季每公里升溫約在 0.4°C 左右，而升溫最快的二號壩到三號壩之間可以高達 $1.88^{\circ}\text{C}/\text{Km}$ 。在1996年及1997年秋末的族群調查中，均發現魚群較其他季節更集中於靠近壩下的河段，二號壩以下尤其明顯，足可說明其對低溫之需求在生殖季節尤為強烈，在下游環境不適及攔砂壩阻隔下，易造成對生殖棲地之競爭。卵巢重疊之現象可考慮列入觀察項目，被重複產卵之卵巢，其前一次產下之卵會全部死亡；而被迫在較下游生殖之魚群，其孵化率與仔鮭存活率均會大為降低。因此生殖棲地之負荷量宜應列入往後調查項目，以了解各河段之棲地競爭情形，作為調配魚群分布及棲地改善之參考。

依照各站水溫變化之情形，七家灣溪各河段可區分為不適

棲地、尚可棲地、優良棲地三類。二號壩以下，包含迎賓橋、有勝溪、露營場、觀魚台，其夏季水溫在致死溫度上下，而秋冬季水溫亦徘徊於 12°C 生殖高溫極限附近，對於櫻花鉤吻鮭之存活與生殖均構成嚴重威脅，屬於不適棲地；而高山溪、二號壩到三號壩之間及湧泉支流，無論夏季或秋冬水溫均在櫻花鉤吻鮭可容忍範圍內，屬於尚可棲地；其中湧泉池因水流量穩定，較不受洪水影響，水溫亦適中，為一良好之避難場所。不過池中泥沙淤積，附近有農業廢水排入造成溶氧量降低，水蟲無法生長，不能提供食物來源，若不加以改善，將無法成為長期棲地。在1998年六月底之調查中，因六月份連日降雨，主流水量大而流速快，湧泉支流與湧泉池之魚群數量較97年增加約三十尾，可證明湧泉池之避難功能。而三號壩以上罩蓋度良好，棲地富於變化，水溫低且有多數深潭，溫度波動小，可歸類為良好棲地。但此良好棲地魚群數量反而較少，大多數現存族群生活於尚可及不良棲地之中，這也是保育櫻花鉤吻鮭所應思考的問題之一。

(4) 繁殖期溫度變化

考慮十月到十二月，櫻花鉤吻鮭配對、產卵及仔鮭孵化前期的各站溫度變化，1996年度迎賓橋(圖五)於十一月上旬即已降至 12°C 以下，十一月下旬又略升至 12°C 以上，但十二月均保持在 12°C 以下，就生殖水溫而言，位於卵的致死上限溫度邊緣，為一不良的繁殖棲地。再就1997年度而言，整個繁殖季最高水溫皆在 12°C 以上，任何產在此地的受精卵皆無法存活；高山溪(圖七)則在十月下旬即已低於 12°C ，並維持至十二月底，與櫻花鉤吻鮭十月底產卵之時間恰相符合；一號壩、觀魚台(圖八及圖九)均於十二月上旬進入繁殖低溫；露營場(圖六)則遲至十二月中旬才進入繁殖適溫，三者均為不適於生殖之棲地；自抽水站以上(圖十二~十四)，就現有水溫記錄而言，皆是自十月下旬即已適於生殖。綜合言之，從水溫的觀點看來，僅有七家灣溪抽水站以上溪段及高山溪為適合生殖之棲地。

再就溫度的波動程度看來(圖二十七~三十四)，五號壩上日水溫標準差均在0.5以下，而旬平均水溫標準差在0.9以內；較下游的高山溪及迎賓橋的旬平均水溫標準差則均在1.5以下。可見下游的水溫波動幅度較大，此與下游水流速較緩，河淺而開闊有直接關係，因其易受氣溫波動之影響。此外，尚須注意的一點是日溫差變化。據楊(1997)的研究，1996年冬季二

號壩至三號壩間溪段最大日溫差可達4°C，且自十二月中旬至一月中旬，日溫差常維持在2°C以上；相較之下，一號壩與二號壩間的河段日溫差則較小，常在0.5°C附近。過大的日溫差變化對受精卵與仔鮭而言均會造成壓力，故二號壩與三號壩間雖然有適合生殖的平均溫度，其劇烈變動的特性卻十分不利於櫻花鉤吻鮭族群繁衍。

(5) 攔砂壩、水溫與颱風之綜合效應

去年報告中已指出，攔砂壩造成河流坡度減緩，河面寬闊，水流迂緩，從而提高太陽輻射之加溫效應，使水溫升高（曾，1997）；在七家灣溪流域，高聳的攔砂壩除了提高水溫之效應外，並且阻斷了櫻花鉤吻鮭溯游的路徑。目前的水溫資料顯示，二號壩以下溪段不適於櫻花鉤吻鮭生存及繁殖，在造林降溫緩不濟急的情況下，該溪段族群無法上溯以躲避致命高溫，繁殖亦無法成功，雙重壓力已迫使下游族群瀕臨絕滅邊緣，再加上每年固定來襲的颱風，其引發之洪水將全溪段族群往下游偏移，其結果是上游良好棲地中之族群縮減，面臨基因庫窄化及近親交配之困境，而下游不良棲地的族群擴增，卻又因不耐高溫而死亡或無法繁殖。攔砂壩、高水溫與颱風三者交互作用之下，使全溪段之櫻花鉤吻鮭族群均面臨危機。建議在攔砂壩未拆除及造林尚未有顯著功效前，應增加上游溪段之放流，在不超過棲地負荷量之下，適度調整上下游魚群數量比例，以確保其族群之延續。

四、河烏及綠蓑鷺族群數量與分布初步調查

通常而言，影響一個物種族群數量的因子包含了物理、化學及生物因子。近十年來，櫻花鉤吻鮭的最後生存棲地七家灣溪，由於人爲攔砂壩的阻隔、分割及堆積效應加上颱風、豪雨、河岸天然崩塌、人爲不當開發等影響，使得物理性棲地呈現土石堆積、河床抬高、河道不穩、深潭減少、棲地型態歧異度降低、濱岸植被減少及罩蓋度降低等惡化的現象，對櫻花鉤吻鮭產生不良的影響。所幸近年來在主管單位及管理單位的努力下，已逐進進行各項棲地重建的工作，對於攔砂壩的拆除也已進行研擬。而在化學因子方面，對於生存在台灣亞熱帶的櫻花鉤吻鮭這種冷水狹溫性魚類而言，水溫是影響櫻花鉤吻鮭族群數量及分布的最大限

制因子，目前亦已針對水溫進行長期的監測工作，藉此研究七家灣溪水溫變動模式並研擬解決策略。在生物因子方面，包含捕食對象及捕食性天敵。根據研究（上野益山，1937）櫻花鉤吻鮭主要以水棲昆蟲為主食，主要包括毛翅目、蜉蝣目、和襉翅目，而近年來的調查（楊等，1986、黃，1987、楊及汪，1997）顯示七家灣溪的水棲昆蟲數量豐富，食物來源尚不虞匱乏；櫻花鉤吻鮭的捕食性天敵，根據近年的沿溪調查包括河鳥、綠蓑鷺及黃魚鴉等三種溪澗鳥類。在七家灣溪物理性棲地逐漸惡化、濱岸植被及罩蓋度大幅降低的情形，捕食性天敵對櫻花鉤吻鮭族群數量的影響將隨之提高，因此了解這些捕食性天敵在七家灣溪的族群數量與分布情形，並進一步研究他們對櫻花鉤吻鮭的捕食效應，將有助於日後擬定相關棲地改善策略。

在櫻花鉤吻鮭已知的三種捕食性天敵中，黃魚鴉為大型鷓鴣科鳥類，其捕食對象包括魚類、螃蟹、鞘翅目等大型昆蟲、鳥類及小型嚙齒目哺乳動物等（孫，1994、1995），通常沿於溪流兩岸捕食，為一標準的溪流鳥類。目前僅於七家灣溪露營場附近發現過其掉落之初級飛羽，但未發現任何食餘或食糞，其餘溪段則未曾有記錄，因此研判其主要活動區域應位於七家灣溪與有勝溪匯流後之大甲溪主流，且其主要棲息於海拔1500公尺以下中低海拔的溪流，因此對櫻花鉤吻鮭的影響應該不大；河鳥為台灣溪流鳥類中唯一能夠潛水，並於水中步行覓食的鳥類，以水棲昆蟲為主食，亦會捕捉小魚（陳，1987）。而其分布海拔從50m~2500m的溪流皆有其分布，在七家灣溪為一普遍分布於各溪段的溪澗鳥類，加上其繁殖期從12月上旬~5月中旬（陳，1987），孵化期及育幼期正值櫻花鉤吻鮭之仔稚魚~幼魚期，因而其對櫻花鉤吻鮭幼魚之加入量具有一定的影響；綠蓑鷺屬於中小型鷺科鳥類，一般棲息於溪流、湖泊及海邊，以魚類為主食。在七家灣溪零散分布於各溪段，其常靜靜佇立於溪邊石頭上等候櫻花鉤吻鮭游入其攻擊範圍，再行啄食之，以往曾發現有遭鳥啄食致死的櫻花鉤吻鮭中大型個體（林等，1988），顯示本種為櫻花鉤吻鮭相當重要的捕食性天敵。

研究人員於1998年4月上旬，沿溪採穿越線的調查方法記錄武陵地區櫻花鉤吻鮭現存棲地之河鳥及綠蓑鷺的族群數量與分布，同時亦一併記錄鉛色水鴨的數量與分布。在全長約11公里的溪段共記錄了河鳥69隻，其中包括5隻當年出生已離巢的幼鳥，分屬36個不同領域家庭（表五），領域範圍約在300m~600m之間，族群密度較陳（1989）所調查者為高，領域範圍亦較小，顯示七家灣溪河鳥的族群密度相當的高；綠蓑鷺則僅記錄7隻個體，主要分布於七家灣溪一號壩~四號壩之間溪段（表五）；鉛色水鴨則有85隻雄鳥及72隻雌鳥（表五）。雖然我們尚不知道河鳥及綠蓑鷺對櫻花鮭吻鮭的捕食效應有多大，然而由於櫻花鉤吻鮭目前的族

群數量已到了族群能否存續的關鍵時刻，加上七家灣溪棲地的逐年惡化，使得罩蓋度大減，間接增加了河烏及綠蓑鷺的捕食效率。因此若能在往後進行棲地改善工程時，同時考慮如何降低櫻花鮭吻鮭被捕食的數量，例如增加河岸兩邊的遮蔽度及維持一定數目的深潭，將對櫻花鮭族群數量有正面的意義。

伍、結論與建議

總括本年度調查的結果發現櫻花鮭吻鮭在近年來政府大力的推行各項保育工作之下，原本魚類族群數量已經有所增加，但是在天然颱風災害加上攔沙壩效應的影響，以及近年水溫上升的影響之後，族群數量與分布的情形受到嚴重的影響，尤其在七家灣溪及高山溪的分布上更顯不利。由於本地天然環境惡化（水流量減少、流速減緩與河床裸露造成水溫上升），和大自然強大的破壞力（颱風和洪水）都會造成可供櫻花鮭棲息環境的減少，加上攔沙壩等人為設施的阻隔，魚類族群已經被劃分切割成數個更小的小族群，賀伯颱風過後甚至造成上游溪段幾個小族群面臨絕滅的危機。這種現象如果沒有改善的對策，將會造成小族群之內近親交配，魚種勢必更加趨於劣勢或是滅絕。綜論今年的研究結果，提出以下的結論和建議，提供主管單位及管理單位在經營管理上的參考：

一、櫻花鮭目前的族群分布主要在七家灣溪二號破壩～三號壩之間，七家灣溪三號壩以上及高山溪因受連續兩年颱風及豪雨的影響，棲地惡化，族群數量呈現下降的現象，上游小族群面臨滅絕的危機。今年由於水溫上升等種種不利的因素，使得幼魚加入量偏低，嚴重影響整個族群數量。七家灣溪二號壩以下，雖然有較多的緩淺流棲地，然而因水溫過高的因素，近幾年幼魚的加入情形均不理想，甚且部份溪段完全沒有幼魚的加入。因此有必要加速造林的工作並在今年繁殖季來臨之前，就立即改善攔砂壩阻礙洄游路徑的問題，興建簡易式魚道或是以人為搬運的方式將種魚送到上游溪段產卵。但是因為上游地區可以產卵的棲地相當有限，過多的種魚並不能有效分配產卵空間，除了將部份種魚移入上游地區（如七家灣溪三號壩以上及桃山北溪小瀑布～桃山登山口附近溪段）外，應當考慮將七家灣溪二號壩以下的所有成魚，以人工繁殖的方式進行復育。

二、水溫的變動影響櫻花鮭族群數量甚巨，今後除了持續進行各溪段長期水溫的監測分析外，更應加強影響水溫變動因子的研究，進行建立七家灣溪水溫變動模式及與族群數量變動關係，以謀求保育策略

的擬訂與修正。

三、進行保育工作時的重點應該是要加強下游族群與上游族群間的基因交流，使得遺傳多樣性可以在族群內擴散。所以在進行人工繁殖的工作時應該（1）選擇繁殖成功率低的下游族群為種魚，以增加下游地區族群的數量；（2）由於攔砂壩的阻隔，使得下游族群無法與上游族群進行基因交流，因此進行人工放流時應該將部份的魚苗放流至上游地區，以增加族群間基因交流的機會。

四、七家灣溪主流河段的櫻花鉤吻鮭分布狀況與河川棲地變化情形的關係至為密切，為求掌握經常性的資訊和監測魚群數量的變化，應該固定持續每年進行春、秋兩季的櫻花鉤吻鮭族群數量普查，以及各處河川環境變化的記錄。

五、人工復育放流溪段的選擇，應以櫻花鉤吻鮭歷史上曾經分布的溪流為優先考慮，如司界蘭溪、南湖溪等，事先進行放流溪段溪流型態分布、土石堆積狀況、坡降比例、河川罩蓋度、水溫長期變化及人員進出管制狀況的調查評估，並加強與放流溪流附近部落（如環山部落）的溝通、疏導與教育，使其了解櫻花鉤吻鮭重回這些溪流的重大歷史意義，並設法將人工復育放流活動成為部落重要文化活動、同時並加強媒體宣傳與巡邏取締，以謀求能使櫻花鉤吻鮭重回其歷史分布的溪流。

六、請林務局協助在七家灣河流域兩岸造林，以種植原生樹種為原則，並輔導武陵農場加速轉型並以造林來解決七家灣溪水溫日趨升高的現象。

陸、謝誌

個人能夠學習和參與櫻花鉤吻鮭保育工作，完全是恩師沈世傑教授和林曜松教授的指導。而有這個機會參與櫻花鉤吻鮭復育工作，則有賴雪霸國家公園管理處林處長、吳祥堅秘書和保育課李課長、鍾雲喜先生與同仁們的協助。野外實際調查工作的進行，完全是由清華大學生命科學系林宗以、蕭仁傑、朱蕙菁、王昱人、吳景義、林芳儀、陳豐奇、簡錫彥、陳玉芬、林思民、江育民、歐陽承沛、繫玉萍、黃玉貞、邱春火、廖德裕、陳聖宗、蔡家驊等同學們不辭辛勞的協助調查。水溫資料的分析及資料的整理，則有賴助理林宗以及研究生陳豐奇協助與分析，方得以完成本項工作，均僅於文末致謝之。

許多野外工作上，也得到雪霸國家公園管理處行政中心，警察隊武

陵小隊各同仁，以及武陵農場黃場長及同仁們的協助，尤其是巡山員高明德、賴阿菊及鍾安良多次親自帶領我們前往調查溪段，使得調查人員的安全得到最妥當的照顧，以及劉主任、柯正雄先生、解說員柯瑞美小姐在生活上的多方照顧，特此致謝。

柒、參考文獻

- Behnke, R. J., T. P. Koh, and P. R. Needham. 1962. Status of landlocked salmonid fishes of Formosa with a review of *Oncorhynchus masou* (Brevoort). *Copeia* 1962: 400-407.
- Brown, G. W., 1980. *Forestry and water quality*. O. S. U. Book Stores, Inc. (李昌哲、張理宏譯，1994，森林與水質，中國林業出版社，208頁)
- Brett, J. R., 1971. Energetic responses of salmon to temperature. A study of some thermal relation in the physiology and freshwater ecology of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Am. Zool.* 11: 99- 133.
- Eric Hsienshao Tsao, 1995, An ecological study of the habitat requirements of the Formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*). In partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of Philosophy Colorado State University Fort Collins, Colorado. 213pp.
- Hiroi, O., S. Urawa, and T. Kuramoto., 1988. Optimum water temperature of fertilized water of chum salmon eggs in the artificial fertilization-1.an influence of high water temperature. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery* 42: 75- 79. (in Japanese)
- Innis, M. A., D. H. Gelfand, J. J. Sninsky and T. J. White. 1989. *PCR protocols: A guide to methods and applications*. Academic Press Inc.
- Jean, C. T., C. F. Hui, S. C. Lee, and C. T. Chen. 1995. Variation in mitochondrial DNA and phylogenetic relationships of fishes of subfamily Sparinae (Perciformes: Sparidae) in the coastal waters of Taiwan. *Zool. Stud.* 34(4): 270-280.
- Kano, T., 1940. Zoogeographical studies of the Tsugitaka Mountains of Formosa. *Inst. Ethnogr. Res. Tokyo* 145pp.
- Kephart, S. R. and J. T. Shih. 1990. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: A comparative analysis of techniques. *Amer. J. Bot.* 77(5): 693-712.
- Kumar, S., K. Tamura, and M. Nei. 1993. *MEGA: Molecular Evolutionary Genetic Analysis, version 1.02*. Pennsylvania State University, University

Park, P.A.

Kuramoto, T., K. Arima, S. Kawakami, N. Shimizu, A. Nakawatari, M. Hasegawa, S. Hirama, K. Moriyama, K. Yotsugi, F. Yasuda, M. Yasuda, and O. Hiroi., 1988. On the early development and the occurrence of twin malformation in chum salmon eggs and fry. *Sci. Rep. Hokkaido Salmon Hatchery* 42: 59- 73 (in Japanese) .

Magnuson, J. J., J. D. Meisner, and D. K. Hill., 1990. Potential changes in the thermal habitat of Great Lakes fish after global climate warming. *Trans. Am. Fish. Soc.* 119:254- 264.

Magnuson, J. J., L. B. Crowder, and P. A. Medvick., 1979. Temperature as an ecological resource. *Am. Zool.* 19: 331- 343.

Meisner, J. D., 1990. Potential loss of thermal habitat for brook trout , due to climatic warming , in two southern Ontario streams. *Trans. Am. Fish. Soc.* 119: 282- 291.

Meffe, G. K. 1990. Genetic approaches to conservation of rare fishes: examples from North American desert species. *J. Fish Biol.* 37: 105-112.

Meffe, G. K. and R. C. Vrijenhoek. 1988. Conservation genetics in the management of desert fishes. *Cons. Biol.* 2: 157-169.

Numachi, K. I., T. Kobayashi, K. H. Chang, and Y. S. Lin. 1990. Genetic identification and differentiation of the Formosan salmon, *Oncorhynchus masou formosanus*, by restriction analysis of mitochondrial DNA. *Bull. Inst. Zool., Acad. Sinica* 29(3): 61-72.

Okazaki, T. 1986. Genetic variation and populations structure in masu salmon *Oncorhynchus masou* of Japan. *Bull. Japan. Soci. Sci. Fish.* 52(8): 1365-1376.

Sanger, F., S. Nicklen and A. R. Coulson. 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 74: 5463-5467.

Shaklee, J. B. and C. P. Keenan. 1986. A practical laboratory guide to the techniques and methodology of electrophoresis and its application to fish fillet identification. *Aust. CSIRO. Mar. Lab. Rep.* 177: 1-59.

Soltis, D. E., C. H. Haufler, D. C. Darrow and G. J. Gastony. 1983. Starch

gel electrophoresis of ferns: A complication of grinding buffer, gel and electrode buffers, and staining schedules. Amer. Fern J. 73: 9-27.

Swofford, D. L., and R. B. Selander. 1989. Biosys-1: A computer program for the analysis of allelic variation in population genetics and biochemical systematics. Illinois Natural History Survey, Champaign, Illinois.

De Sylva, D. P., 1968. Theoretical considerations on the effects of heat effluents on marine fishes in "Biological Aspects of Thermal Pollution". Ksenkel & Parker ed. Vanderbilt Univ. press. 229- 293pp.

Taso, E. H., 1995. An ecological study of the habitat requirements of the formosan landlocked salmon (*Oncorhynchus masou formosanus*). Ph. D. Dissertation, Colorado State Univ. 213p.

Watanabe, M., and Y. L. Lin., 1985. Revision of the salmonid fish in Taiwan. Bull. Biogeogr. Soc. Japan 40 (10) : 75- 84.

大島正滿，1935，大甲溪 鱒 關 生態學的研究，植物及動物 4 (2) : 1-13。(in Japanese)

于丹，1996，溪流生態系統生態學研究，水生生物學報 20 (2) : 104-112。

王昱人，1997，台灣鉤吻鮭與日本櫻花鉤吻鮭遺傳多樣性之研究，國立清華大學生命科學所碩士論文，65頁。

內政部營建署雪霸國家公園管理處，1994，櫻花鉤吻鮭保育計劃，49頁。

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，農委會76年生態研究第010號，86頁。

邵廣昭，1995，水溫變化對臺灣沿岸魚類分佈之影響，中國農業化學會、行政院農委會，氣候變遷與農業生產研討會論文集：189-206。

余廷基、賴仲義、吳聲焱，1985，櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會74年生態研究第003號。

余廷基、賴仲義、吳聲焱，1986，櫻花鉤吻鮭繁殖試驗，農委會75年生態研究第003號。

余廷基、賴仲義、黃長俊、楊明道，1987，櫻花鉤吻鮭繁養殖試驗，農

委會76年生態研究第006號。

汪靜明，1994，孑遺的國寶—台灣櫻花鉤吻鮭專集，內政部營建署雪霸國家公園管理處印行。

林培旺、吳祥堅，1995，櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*)野生種魚觀察與人工繁養殖經驗，雪霸國家公園管理處研究報告。

林曜松、梁世雄，1986，鮭鱒魚類生態，農委會林業特刊第九號，頁21-38。

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，農委會77年生態研究第012號，39頁。

林曜松、曹先紹、張崑雄，1989，櫻花鉤吻鮭之生殖生態與行為研究，農委會78年生態研究第008號，18頁。

林曜松、曹先紹、張崑雄，1989，櫻花鉤吻鮭的生態與保育，國立台灣大學系生態研究室，12頁。

林曜松、張崑雄，1990，台灣七家灣溪櫻花鉤吻鮭族群生態與保育，農委會79年生態研究第001號，40頁。

林曜松、張崑雄、張瓊文、張耀文，1990，武陵農場魚類研究教育中心初步規劃，農委會79年生態研究第002號，40頁。

林曜松、張崑雄、詹榮桂，1991，台灣大甲溪上游產陸封性鮭魚的現況，農委會林業特刊第39號，：166-172。

林曜松、曹先紹、莊鈴川、戴永禎，1993，櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究(1)-以七家灣溪上游、雪山溪為主，農林廳林務局保育研究系列-82-07號，40頁。

林曜松、張明雄、莊鈴川、曹先紹，1994，櫻花鉤吻鮭棲地之調查研究(II)－大甲溪上游六條支流，臺灣省農林廳林務局保育研究系列－83－09號。

邱建介，1991，探尋國寶魚-櫻花鉤吻鮭魚的故鄉，台灣林業，17(8):25-29。

吳清福，1997，馴化溫度及飼糧脂質對臺灣鏟頰魚溫度喜好、溫度耐受性及組織極性脂質之影響，國立成功大學生物學研究所碩士論文。

- 桑自剛，1992，利用粒線體去氧核糖核酸序列分析日本鰻之族群結構，國立台灣海洋大學漁業研究所碩士論文。
- 陳弘成、曾晴賢、高孝偉，1980，鯛魚之人工繁殖及幼苗培育，臺灣省水產學會試驗報告 44：85-90。
- 陳弘成、林培旺、楊喜男，1996，溪流之水質調查與生物監測之研究－武陵附近地區，內政部營建署雪霸國家公園管理處與經濟部及國立臺灣大學合辦漁業生物試驗所。
- 陳弘成、楊喜男，1997，武陵地區一溪流之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八十六年度研究報告。
- 陳弘成，1998，武陵地區一溪流之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八十七年度研究報告。
- 陳炤杰，1989，河烏繁殖領域與棲地關係之研究，國立台灣師範大學生物學研究所碩士論文。
- 曹先紹，1988，武陵農場櫻花鉤吻鮭族群分布與環境因子關係之研究，國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。
- 莊鈴川，1988，櫻花鉤吻鮭 (*Oncorhynchus masou formosanus*) 資源生物學的基礎研究，台大漁業科學研究所碩士論文，92頁。
- 張石角，1989，櫻花鉤吻鮭保護區規劃，農委會78年生態研究第010號，78頁。
- 張崑雄、吳英陵，1985，櫻花鉤吻鮭 (台灣鱒) 復育現況及展望，台灣農業，22(4):32-37。
- 曾晴賢，1994，櫻花鉤吻鮭族群調查及觀魚台附近河床之改善研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 曾晴賢，1995，櫻花鉤吻鮭復育研究，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 曾晴賢，1996，櫻花鉤吻鮭族群數量和生態調查，內政部營建署雪霸國家公園管理處。
- 曾晴賢，1997，櫻花鉤吻鮭族群生態調查和育種場位址評估，內政部營建署雪霸國家公園管理處。

孫元勳，王穎，1994，台灣地區黃魚鵝的生態研究初步結果，行政院農業委員會。

孫元勳，王穎，1995，砂卡礑溪黃魚鵝的春季覓食生態。

楊平世、林曜松、黃國靖、梁世雄、謝森和、曾晴賢，1987，武陵農場河域之水棲昆蟲相與生態調查，農委會76年生態研究第001號。

楊正雄，1997，水溫對櫻花鉤吻鮭的影響，國立清華大學生命科學系碩士班碩士論文。

鄭葆珊、黃浩明、張玉玲、戴定遠，1980，圖們江魚類，吉林人民出版社，111頁。

賴建盛，1996，防砂壩對櫻花鉤吻鮭物理棲地影響之研究，國立臺灣大學地理學研究所碩士論文。

戴永禎，1992，台灣櫻花鉤吻鮭之族群生態學研究，國立台灣大學動物學研究所博士論文，121頁。

輿儀喜宣、中村廣司，1938，台灣高地產鱒（櫻花鉤吻鮭），天然紀念物調查報告第五輯，台灣總督府內務局，32頁。(林曜松譯，1986，農委會林業特刊，9:1-14。)

表一：櫻花鉤吻鮭歷年族群數量、結構與分布變化表（1995~1998）：繼96年賀伯颱風過後，使得族群量銳減外，整個族群的空間分布在颱風後有明顯往下游溪段飄移的現象；去年溫妮颱風及八月大雨崩塌，又造成高山溪族群數量銳減。顯現出攔砂壩的阻隔與堆積效應，已使得上游溪段小族群面臨局部滅絕的危機。而本年度可能因為水溫升高達1.5°C的影響，使得孵化率及幼魚存活率大幅降低，致使幼魚加入量甚低，對整個族群存續影響頗鉅。

分布溪段	各溪段成魚數量(尾)								各溪段幼魚數量(尾)								各溪段族群總數(尾) / 佔總族群量之比例(%)													
	95'W	96'S	96'W	97'S	97'W	98'S	98'W	95'W	96'S	96'W	97'S	97'W	98'S	98'W	95'W	96'S	96'W	97'S	97'W	98'S	98'W	95'W	96'S	96'W	97'S	97'W	98'S	98'W		
和平農場~迎賓橋	?	?	4	?	?	?	?	?	?	0	?	?	?	?	?	4/0.3	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
迎賓橋~高山溪匯流點	63	42	38	47	47	10	1	1	71	29	2	21	0	64/2.6	113/6.1	57/4.7	49/2.6	68/4.0	10/1.2											
匯流點~七家灣溪一號壩	34	62	52	71	95	54	0	0	47	17	2	40	8	34/1.4	109/5.9	69/5.6	73/3.9	135/7.8	62/7.2											
七家灣溪一號壩~觀魚台	14	54	96	38	37	25	6	6	21	37	4	13	8	2/0.8	75/4.1	133/10.8	42/2.2	50/2.9	33/3.9											
觀魚台~七家灣溪二號壩	22	110	119	92	134	100	4	4	43	41	20	57	22	26/1.0	153/8.3	160/13.0	112/6.0	191/12.4	122/14.2											
七家灣溪二號壩~三號壩	448	314	233	207	309	264	758	758	52	30	630	553	61	1206/48.3	366/19.7	263/21.4	837/44.8	862/48.8	325/37.9											
湧泉池及湧泉支流	6	54	33	14	9	17	46	46	27	42	4	15	35	52/2.1	81/4.4	75/6.1	18/1.0	24/1.4	52/6.1											
七家灣溪三號壩~四號壩	107	126	160	26	42	27	199	199	28	25	28	18	31	306/12.3	154/8.3	185/15.1	54/2.9	60/3.5	58/6.8											
無名溪小瀑布以下	14	17	31	20	24	1	16	16	7	3	4	10	0	30/1.2	24/1.3	34/2.8	24/1.3	34/2.2	1/0.1											
無名溪小瀑布~一號壩	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0											
無名溪一號壩~匯流點	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	13	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0											
七家灣溪四號壩~五號壩	4	54	77	16	46	50	49	49	7	16	8	24	30	53/2.1	61/3.3	93/7.6	24/1.3	70/4.1	80/9.3											
七家灣溪五號壩~六號壩	144	309	25	21	28	11	243	243	70	4	30	12	14	387/15.5	379/20.4	29/2.4	51/2.7	40/2.3	25/2.9											
七家灣溪六號壩以上	7	33	6	6	6	5	0	0	3	0	9	0	0	7/0.3	36/1.9	6/0.5	15/0.8	6/0.3	5/0.6											
高山溪一號壩~匯流點	121	147	44	81	68	18	132	132	124	51	138	42	1	253/10.1	271/14.6	95/7.7	219/11.7	110/6.4	19/2.2											
高山溪一號壩~二號壩	26	32	17	32	24	36	31	31	0	0	268	18	6	57/2.3	32/1.7	17/1.4	300/16.0	52/3.0	42/4.9											
高山溪二號壩~三號壩	0	0	5	3	8	5	0	0	0	2	0	1	0	0/0	0/0	7/0.6	3/0.2	9/0.5	5/0.6											
高山溪三號壩~四號壩	?	?	?	6	6	1	?	?	?	?	5	1	0	?	?	?	11/0.6	7/0.4	1/0.1											
司界蘭溪中上游	?	0	?	24	?	?	?	?	0	?	14	?	?	?	?	?	38/2.0	?	?											
總計	1010	1354	940	704	883	628	1485	1485	500	297	1166	835	229	2495/100	1854/100	1237/100	1870/100	1718/100	857/100											

表二：1997年10月櫻花鉤吻鮭族群數量、結構與分布統計表： 和上一季所得結果比較，族群數量尚稱穩定，但是高山溪族群數量因受到97年8月大雨、崩場所引起的滾滾濁流影響，族群數量大幅滑落。

單位:尾

地 點	二齡以上成魚 (25cm以上)	一~二齡成魚 (15~25cm)	幼魚 (15cm以下)	小計	備註
迎賓橋~高山溪匯流點	24	23	21	68	
高山溪匯流點~一號壩	58	37	40	135	
一號壩~觀魚台	33	4	13	50	
觀魚台~二號壩	62	72	57	191	
二號壩~破壩	0	17	6	23	
破壩~抽水站	21	98	363	482	
抽水站~三號壩	73	100	184	357	
湧泉池	1	8	15	24	
三號壩~四號壩	29	13	18	60	
無名溪~小瀑布	11	13	10	34	
小瀑布~無名溪一號壩	-	-	-	-	
煙聲瀑布	-	-	-	-	
四號壩~五號壩	32	14	24	70	
五號壩~六號壩	19	9	12	40	-
六號壩以上	4	2	0	6	
高山溪一號壩以下	27	41	42	110	
高山溪一號壩~二號壩	14	10	28	52	
高山溪二號壩~三號壩	4	4	1	9	
高山溪三號壩~四號壩	2	4	1	7	
司界蘭溪上游	-	-	-	-	水濁無法調查
小計	414	469	835	1718	

表三：1998年6月櫻花鉤吻鮭族群數量、結構與分布統計表： 和去年同時期的族群數量普查結果相比較，在總數上大幅滑落，其中尤以幼魚數量相差最多，幼魚加入量不及去年同期的五分之一，顯示今年野外孵化率及幼魚存活率相當的低。

單位：尾

地 點	二齡以上成魚 (25cm以上)	一~二齡成魚 (15~25cm)	幼魚 (15cm以下)	小計	備註
迎賓橋~高山溪匯流點	9	1	0	10	
高山溪匯流點~一號壩	37	17	8	62	
一號壩~觀魚台	13	12	8	33	
觀魚台~二號壩	73	27	22	122	
二號壩~破壩	3	12	2	17	
破壩~抽水站	77	79	19	175	
抽水站~三號壩	59	34	40	133	
湧泉池	1	16	35	52	
三號壩~四號壩	14	13	31	58	
無名溪~小瀑布	0	1	0	1	
小瀑布~無名溪一號壩	0	0	0	0	
無名溪一號壩~匯流點	0	4	13	17	
四號壩~五號壩	7	43	30	80	
五號壩~六號壩	8	3	14	25	
六號壩以上	4	1	0	5	
高山溪一號壩以下	12	6	1	19	
高山溪一號壩~二號壩	14	22	6	42	
高山溪二號壩~三號壩	4	1	0	5	
高山溪三號壩~四號壩	1	0	0	1	
司界蘭溪上游					水濁無法調查
小計	336	292	229	857	

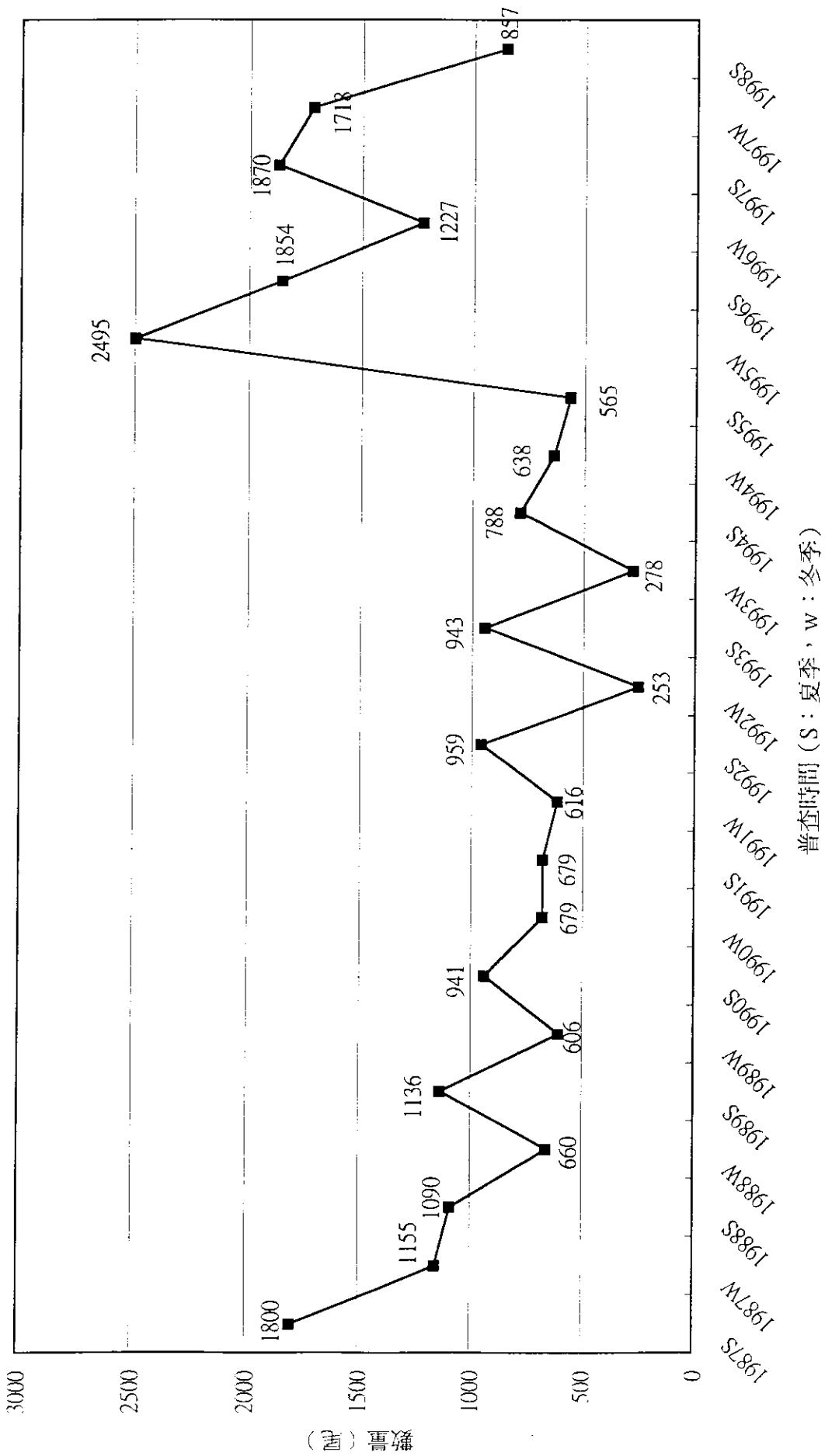
表四：1997年11月8～11日野外產卵場卵巢數調查結果與97年秋季族群數量

普查成魚數量及98年夏季族群數量普查幼魚數量比較表。本年度的野外繁殖場以觀魚台~七家灣溪二號壩及二號破壩~三號壩卵巢數量較多，然而孵化率顯然偏低，幼魚族群數量不及97年夏季的1/5，可能是與水溫較去年上升達1.5℃有關。另外上游溪段雖然卵巢數較少，然而幼魚數量卻較下游為多，顯見水溫是影響幼魚加入率的關鍵因子。

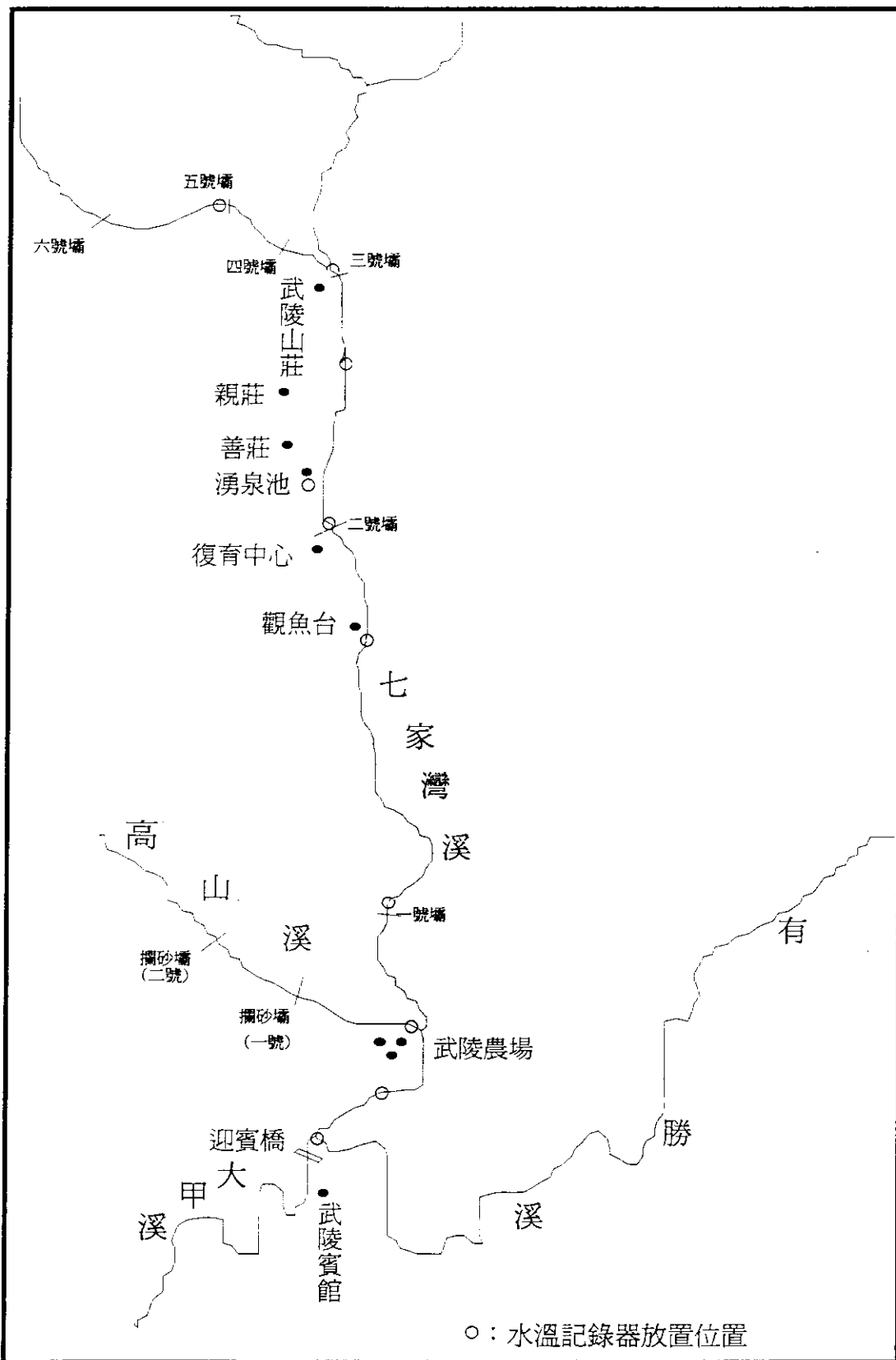
	產卵巢數	97年10月 成魚數量	98年8月 幼魚數量
迎賓橋~高山溪匯點	18	47	0
高山溪匯點~一號壩	38	95	8
一號壩~觀魚台	35	37	8
觀魚台~二號壩	74	134	22
二號壩~二號破壩	11	17	2
二號破壩~三號壩	87	292	59
湧泉池	22	9	35
三號壩~四號壩	17	42	31
無名溪~小瀑布	8	24	0
無名溪一號壩~匯流點	0	0	17
四號壩~五號壩	16	46	30
五號壩~六號壩	28	28	14
六號壩以上	3	6	0
高山溪匯點~高山溪一號壩	29	68	1
高山溪一號壩~二號壩	18	24	6
高山溪二號壩~三號壩	10	8	0
高山溪三號壩~四號壩	9	6	0
小計	423	883	229

表五：武陵地區櫻花鉤吻鮭現存溪段河鳥、綠箕鷺及鉛色水鵝族群數量分布表。其中河鳥會捕食櫻花鉤吻鮭仔稚魚及幼魚，而綠箕鷺則可捕食二年以下之櫻花鉤吻鮭，兩者為櫻花鉤吻鮭的天敵。近年由於攔砂壩效應使得溪流兩岸天然遮蔽物大大減少，間接對捕食者有利，對櫻花鉤吻鮭族群可能產生些微影響。

	河鳥 家庭數	河鳥 成鳥數	河鳥 幼鳥數	綠箕鷺 個體數	鉛色水鵝 雄鳥數	鉛色水鵝 雌鳥數
迎賓橋～一號壩	5	8	2	1	11	7
一號壩～二號破壩	9	16	2	2	21	15
二號破壩～三號壩	6	12	1	2	13	14
三號壩～四號壩	0	0	0	1	2	2
四號壩～五號壩	1	2	0	0	2	2
五號壩～六號壩	3	6	0	0	5	4
六號壩以上	6	13	0	0	12	12
無名溪～小瀑布	1	2	0	0	2	2
小瀑布～無名溪一號壩	1	2	0	0	2	2
無名溪一號壩～桃山登山 口	1	2	0	1	4	2
高山溪匯點～高山溪一號 壩	0	0	0	0	3	3
高山溪一號壩～二號壩	1	2	0	0	3	2
高山溪二號壩～三號壩	1	2	0	0	3	2
高山溪三號壩～四號壩	1	2	0	0	2	3
小計	36	69	5	7	85	72



圖：櫻花鉤吻鮭族群數量年度變化圖：其中 1993 年以前之資料係依據 Eric, 1995，其普查溪段為七家灣溪一號至三號攔砂壩，1994 年以後為本研究實際記錄數目，其中 1994 年及 1995 年夏季普查溪段為七家灣溪五號攔砂壩以下，其餘為櫻花鉤吻鮭已知生存河段的全面性普查資料。



圖二：七家灣溪光學型水溫記錄器放置位置圖。在七家灣溪流域各個河段中（由五號壩上至七家灣溪與有勝溪匯流口以及支流高山溪、桃山北溪）放置共10支水溫記錄器，並在行政中心放置一支溫度記錄器記錄氣溫變化（自1996/7/22移放至武陵農場氣象測候站百葉箱中）。

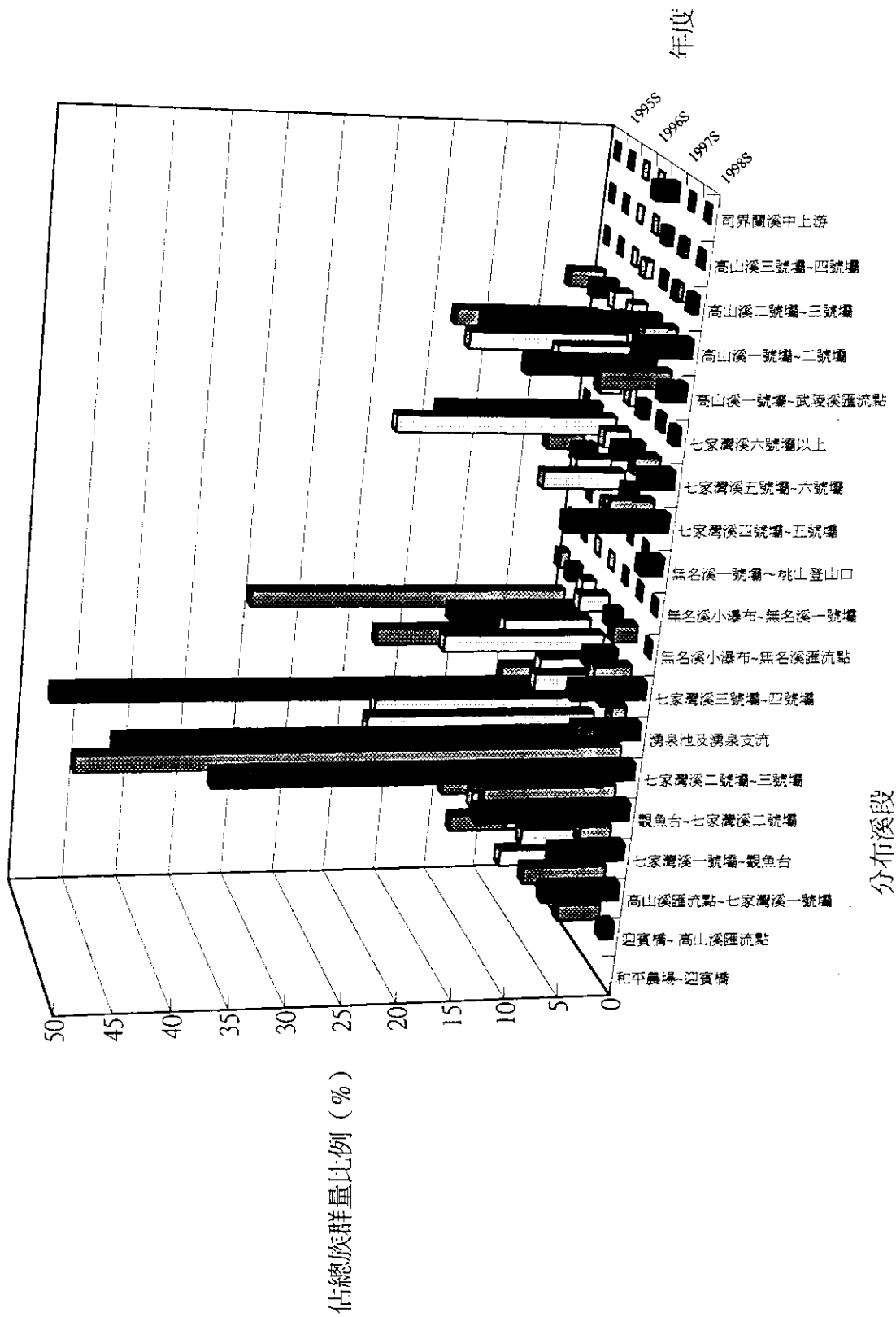
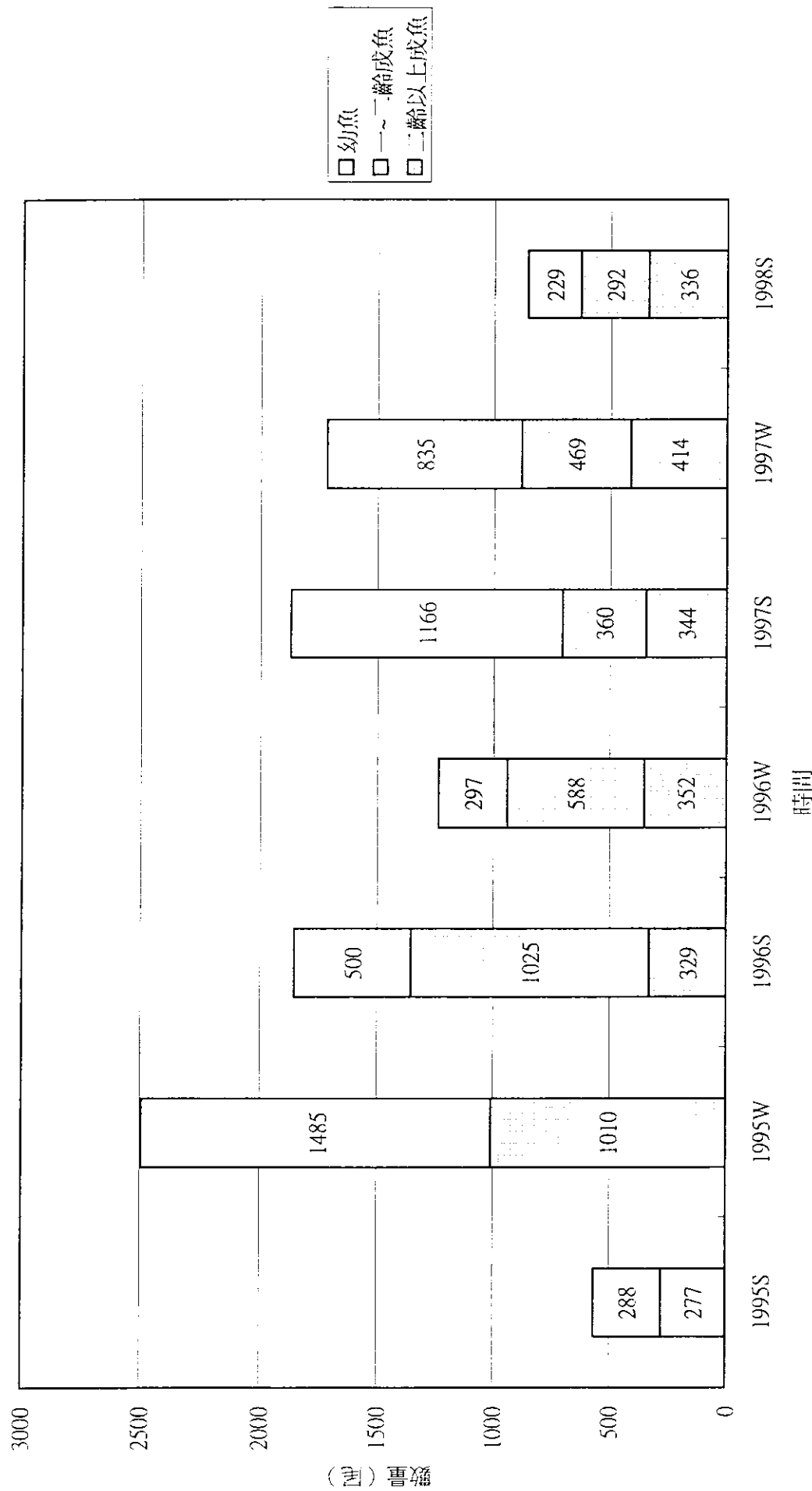
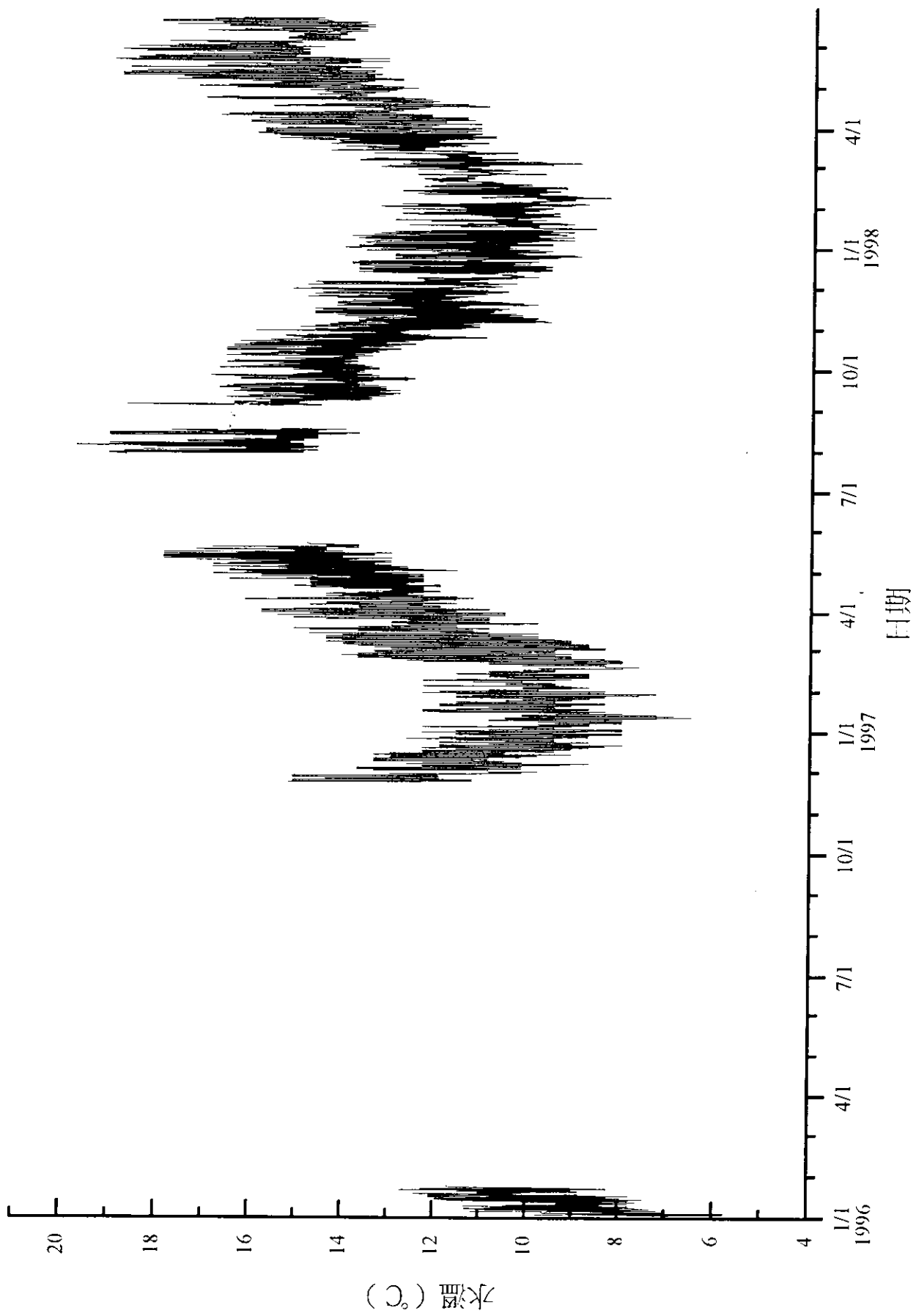


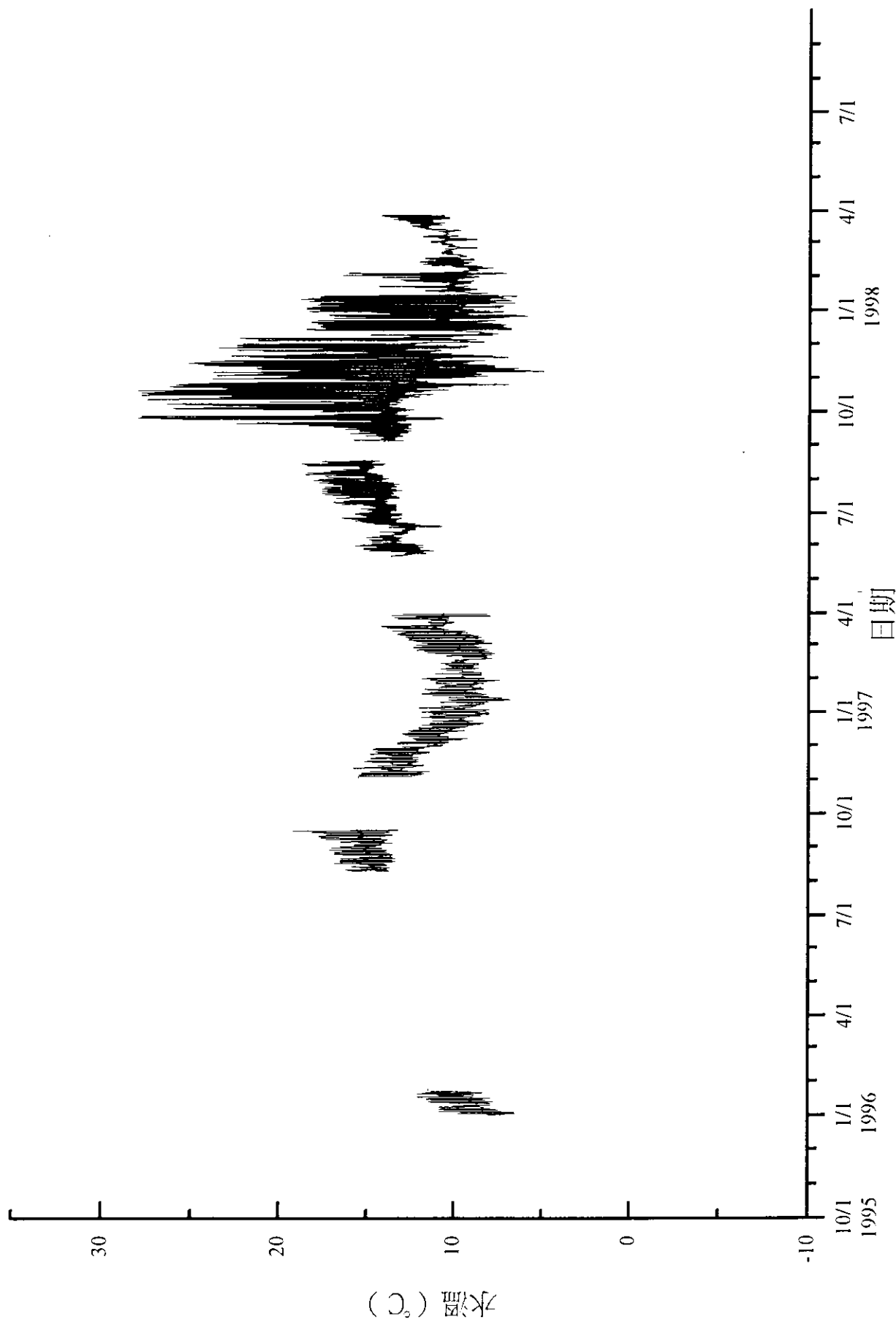
圖 3：櫻花鉤吻鮭歷年族群空間分布變動圖。連續兩年的颱風、豪雨及水溫上升等不利因素，加上攔砂壩效應，使得櫻花鉤吻鮭族群空間分布逐漸往中游溪段緊縮。



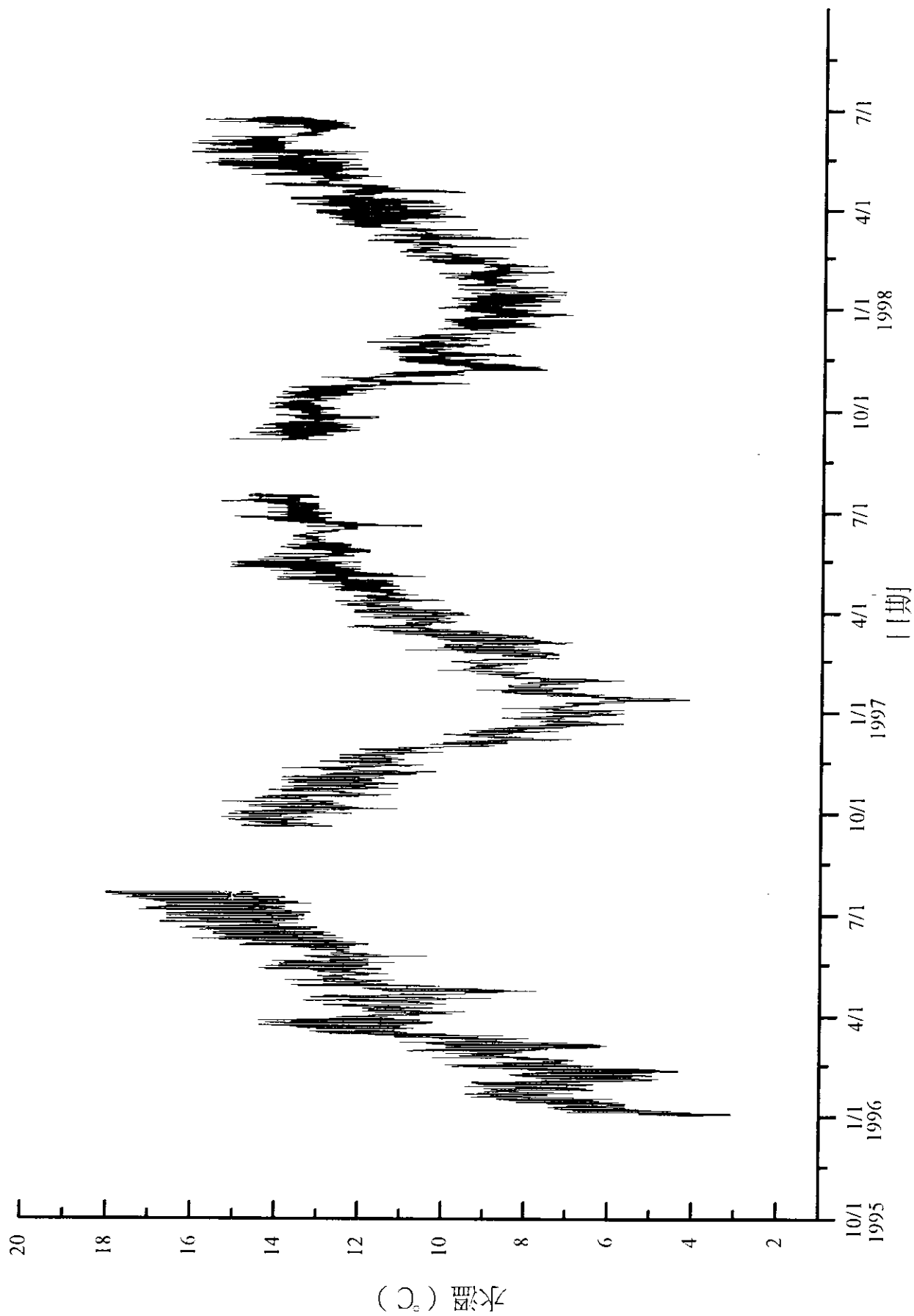
圖四：櫻花鉤吻鮭 1995 年夏季至 1998 年夏季歷年族群數量結構變化圖。可以明顯看出今年櫻花鉤吻鮭族群結構由幼魚數量較多的正金字塔型結構轉變成幼魚數量較少的倒金字塔型結構，嚴重影響到櫻花鉤吻鮭的存續。



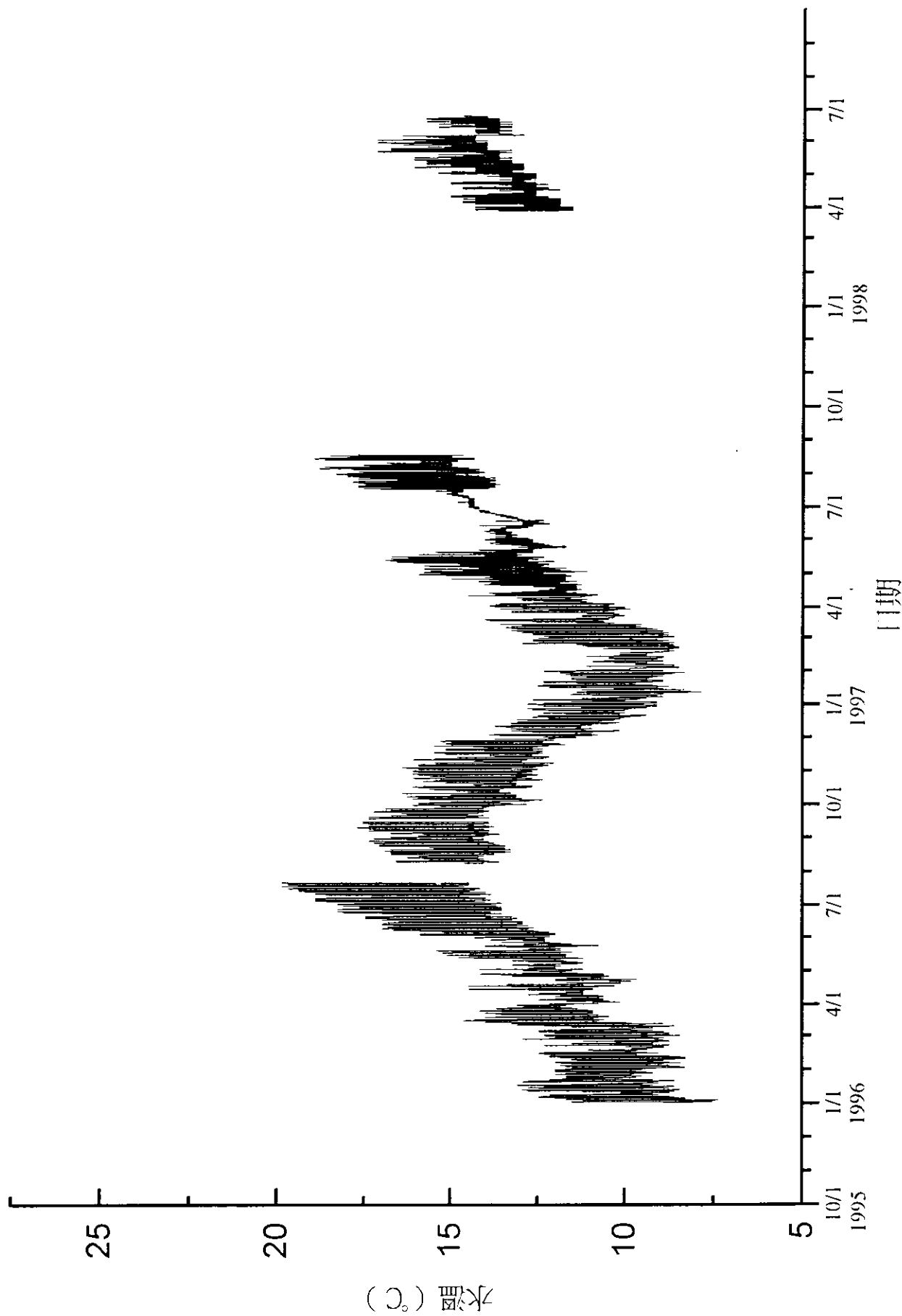
圖五：七家灣溪下游迎賓橋水溫測站長期水溫變化圖（1996.1.2～1998.6.23）。



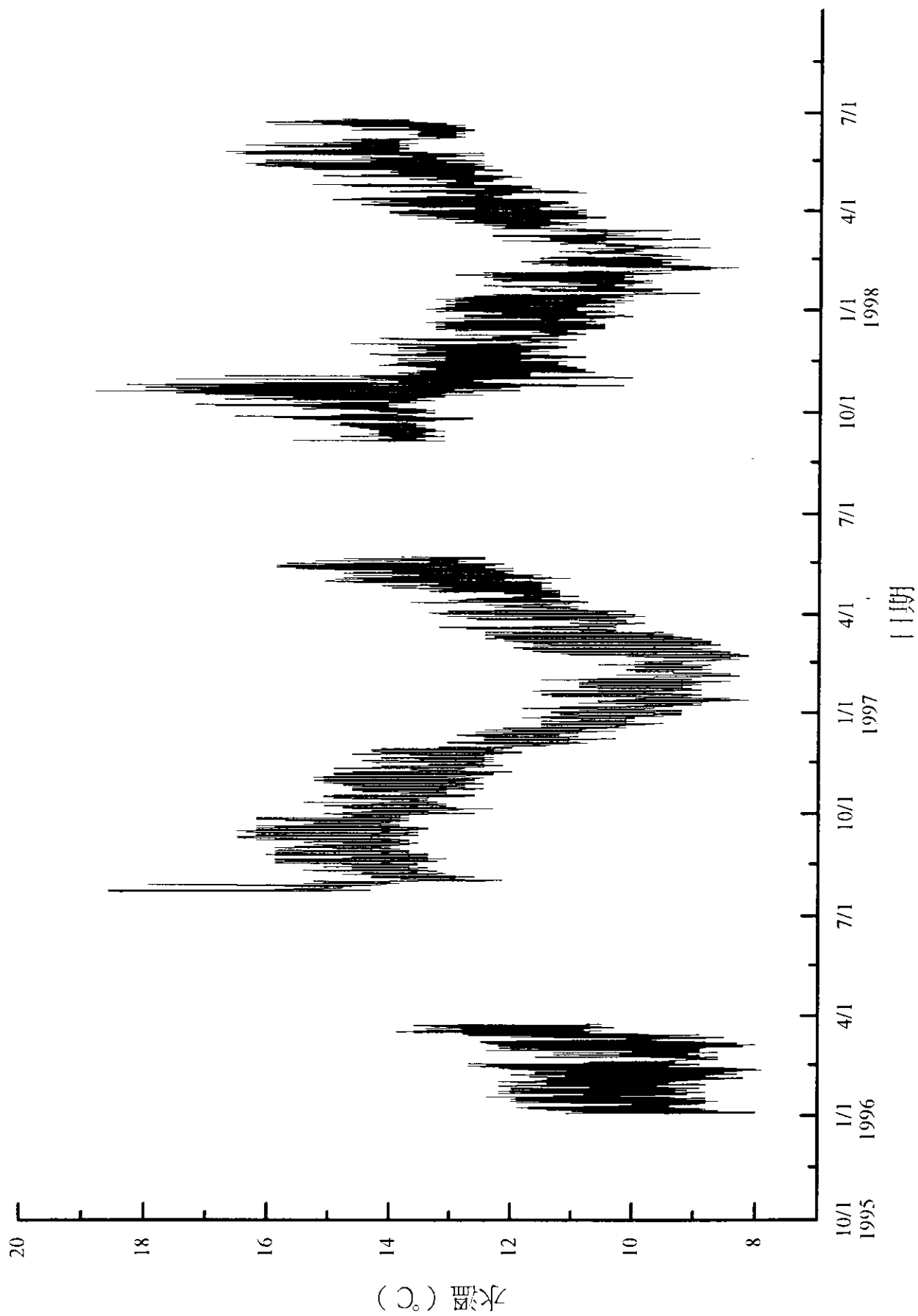
圖六：七家灣溪下游露營場水溫測站長期水溫變化圖（1996.1.2~1998.3.28）。其中1997.9.18~1998.1.13係因水溫記錄器外露致記錄之溫度增高。



圖七：高山溪下游匯流點水溫測站長期水溫變化圖 (1996.1.2~1998.6.23)



圖八：七家灣溪下游一號壩水溫測站長期水溫變化圖（1996.1.2～1998.6.23）。



圖九：七家灣溪中下游觀魚台水溫測站長期水溫變化圖 (1996.1.2~1998.6.23) 。

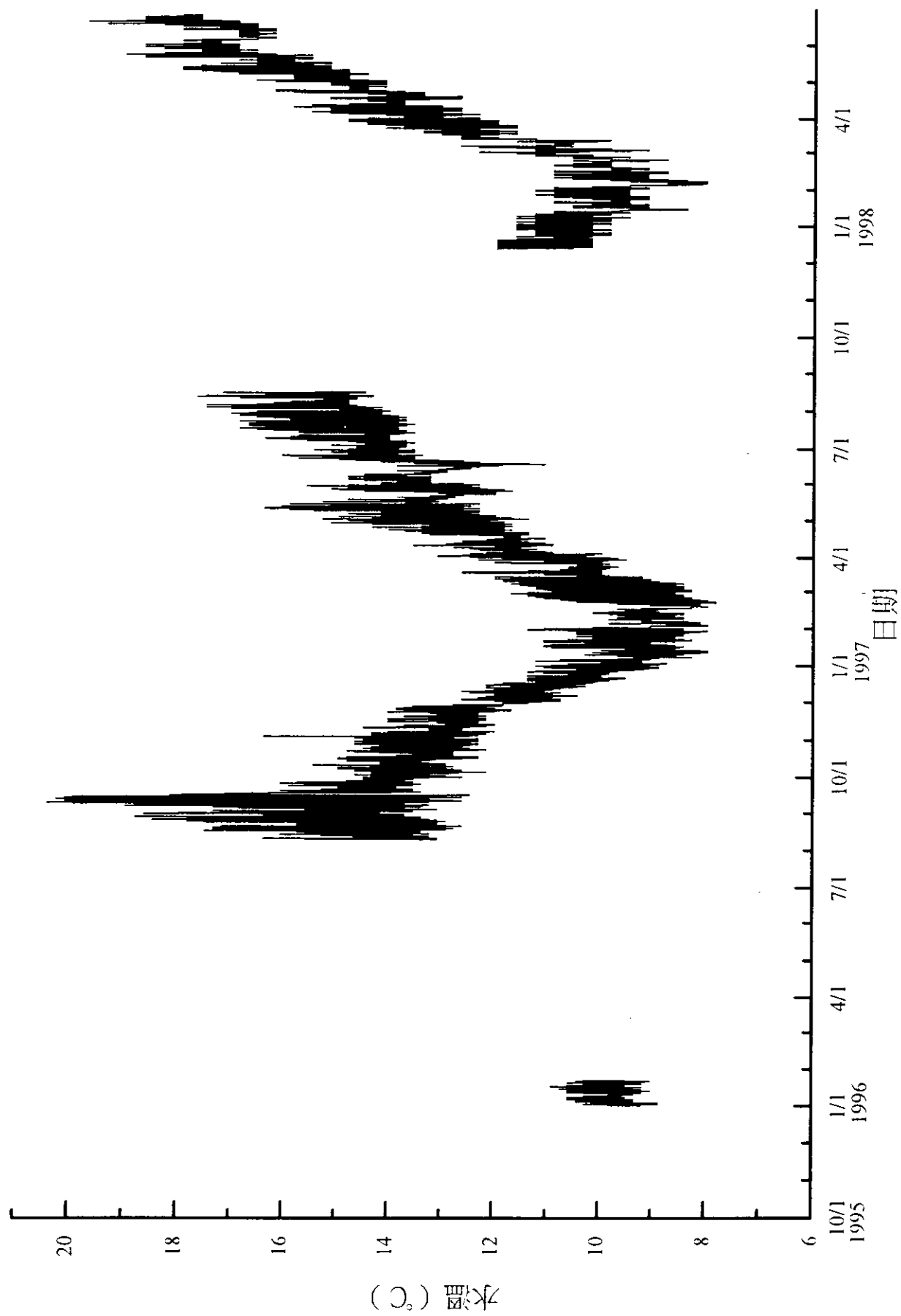


圖 1：七家灣溪中游二號壩水溫測站長期水溫變化圖（1996.1.2~1998.6.25）。其中1996年9月上、中旬可能因記錄器外露而記錄較高的水溫變化。

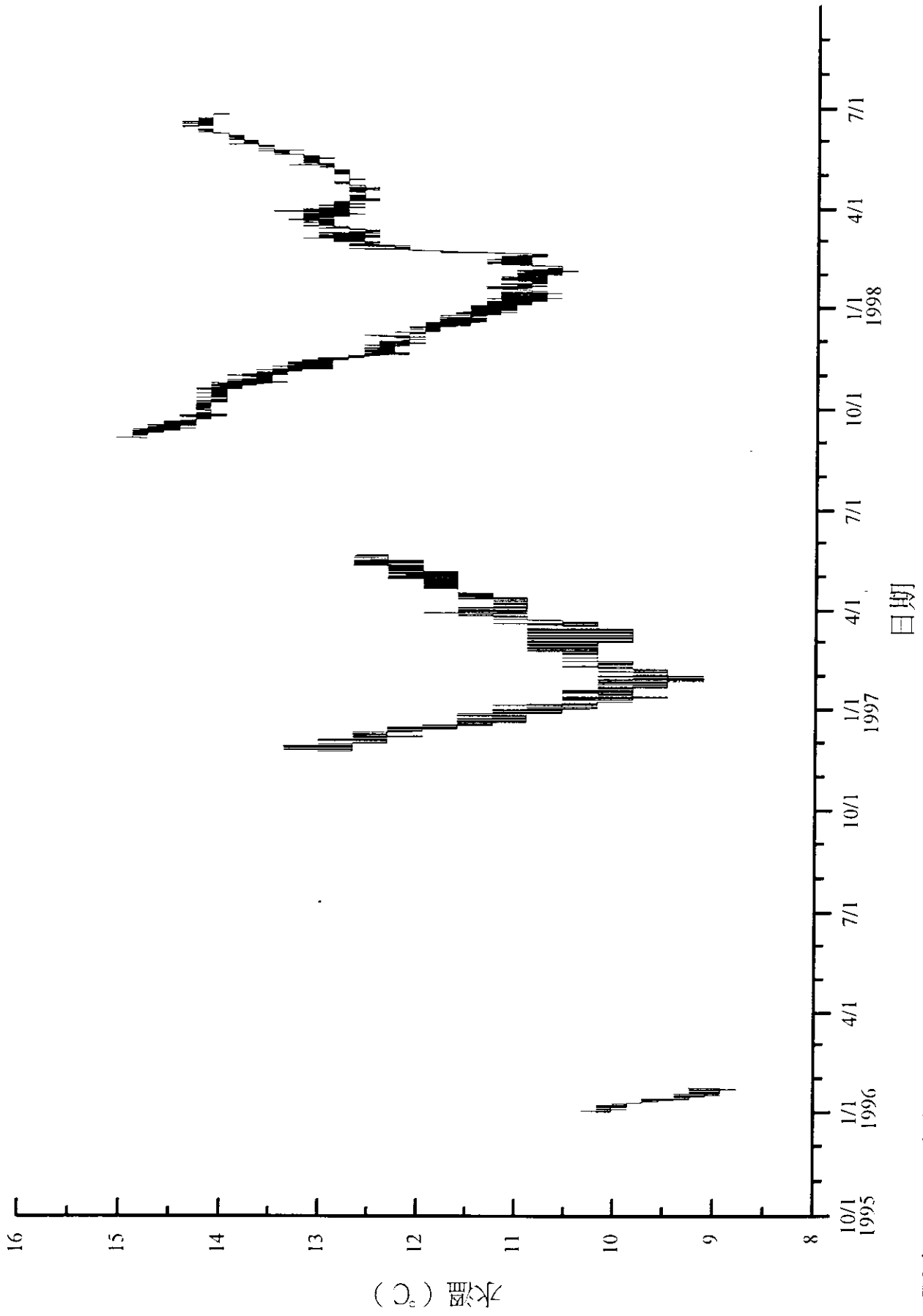
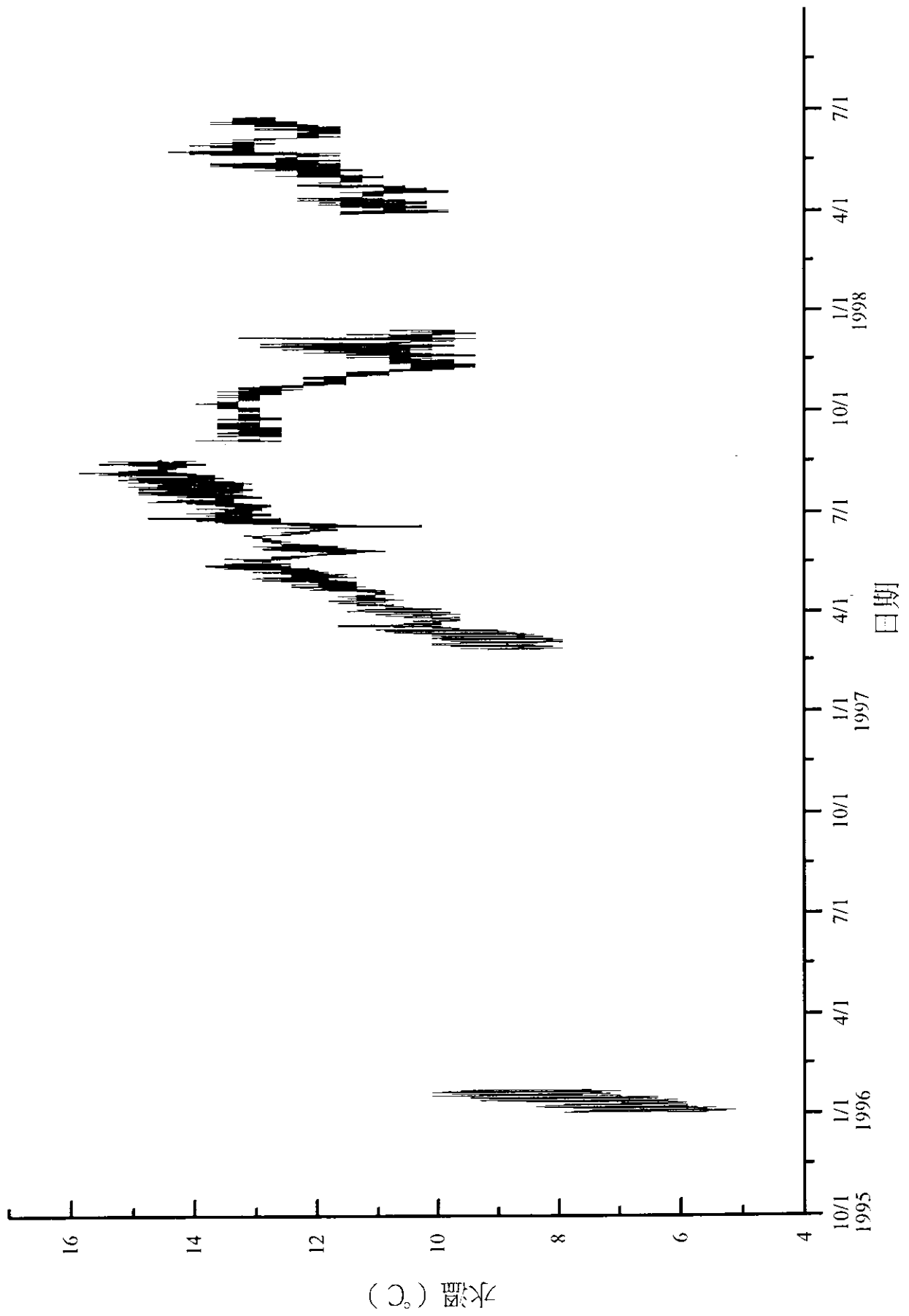
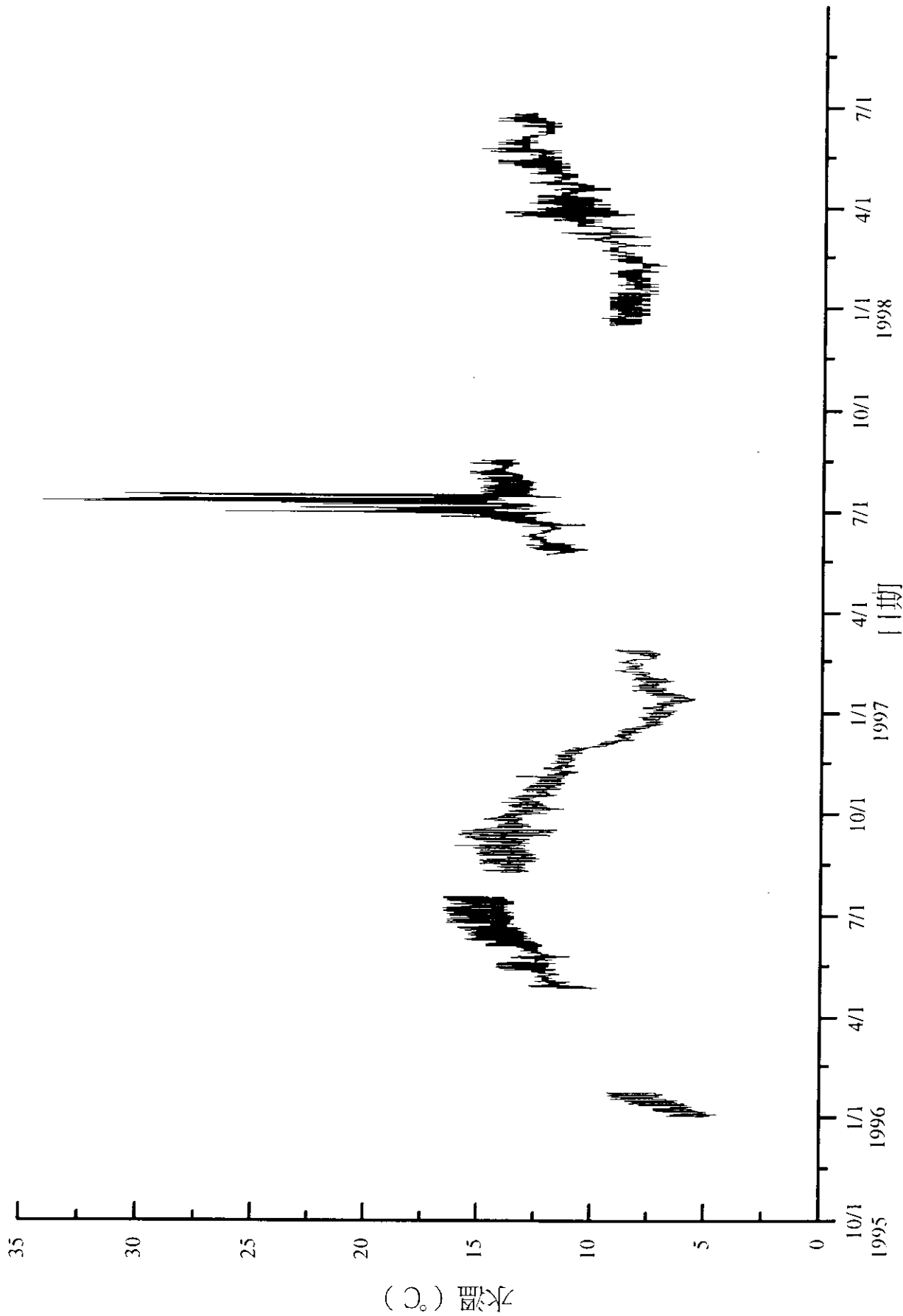


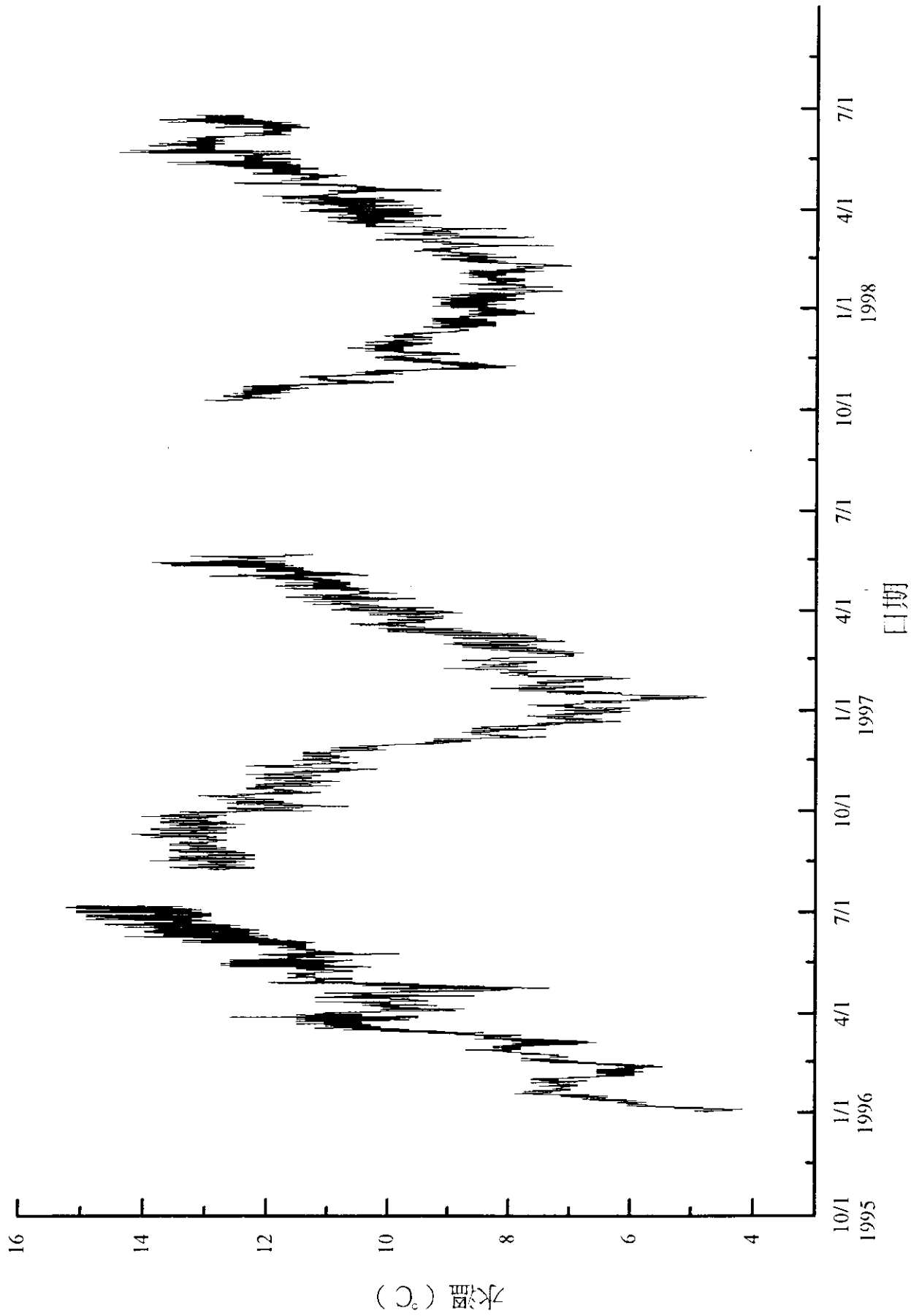
圖 11-1：七家灣溪湧泉池水溫測站長期水溫變化圖 (1996.1.2~1996.6.23)



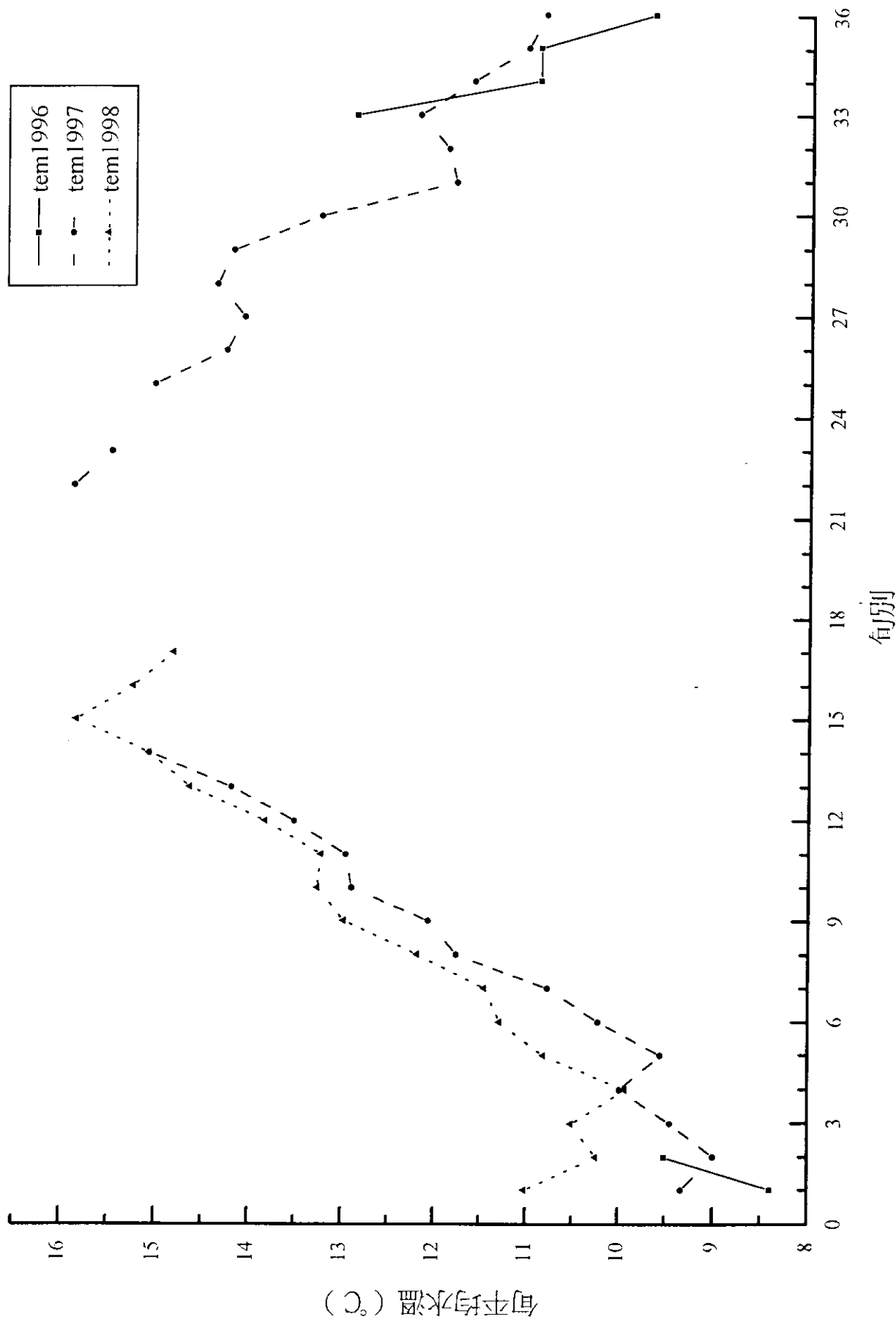
圖十二：七家灣溪中游抽水站水溫測站長期水溫變化圖（1996.1.2~1998.6.23）。



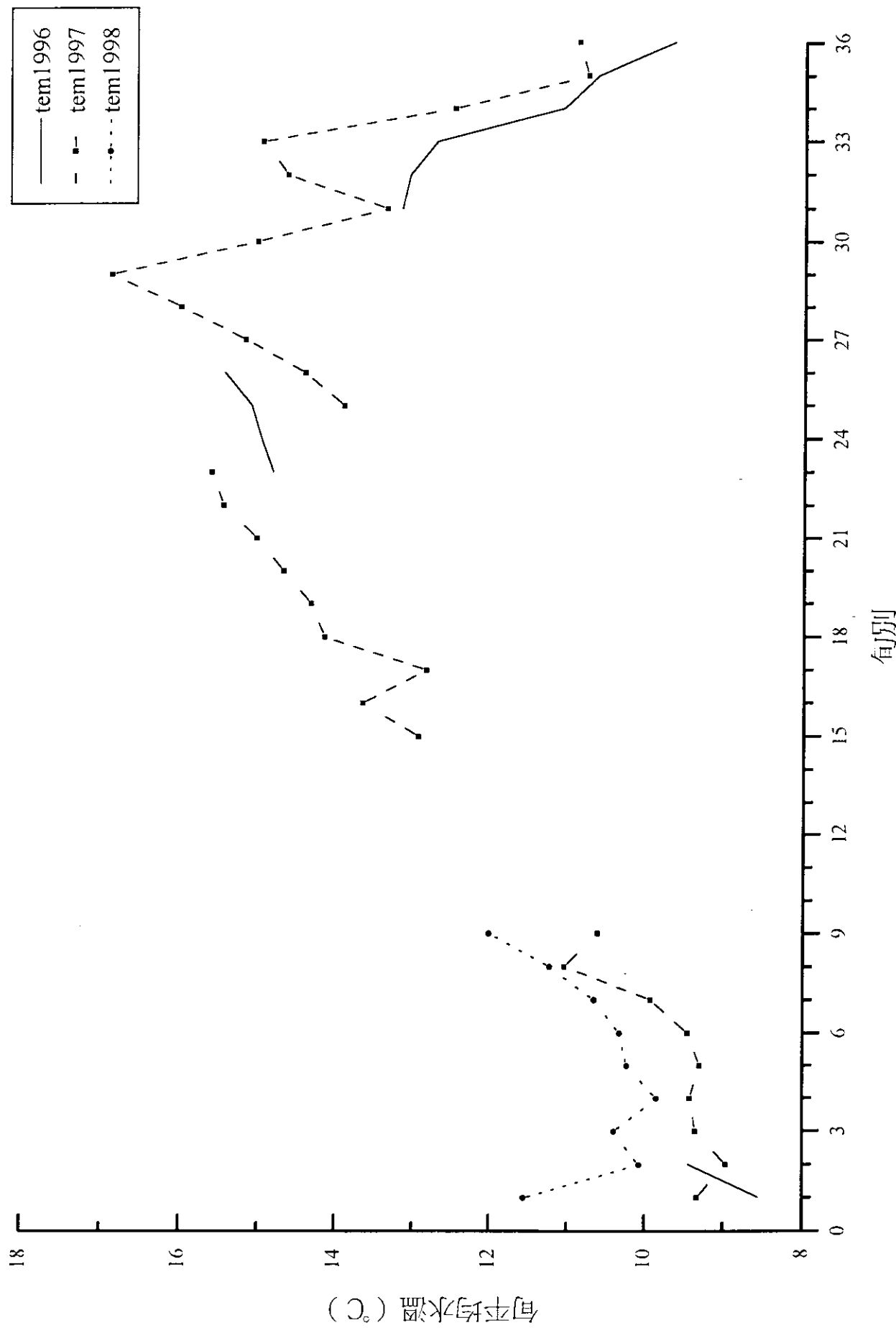
圖十三：七家灣溪上游三號壩水溫測站長期水溫變化圖（1996.1.2~1998.6.23）。其中1997.6.29~7.16因記錄器外露致記錄水溫過高。



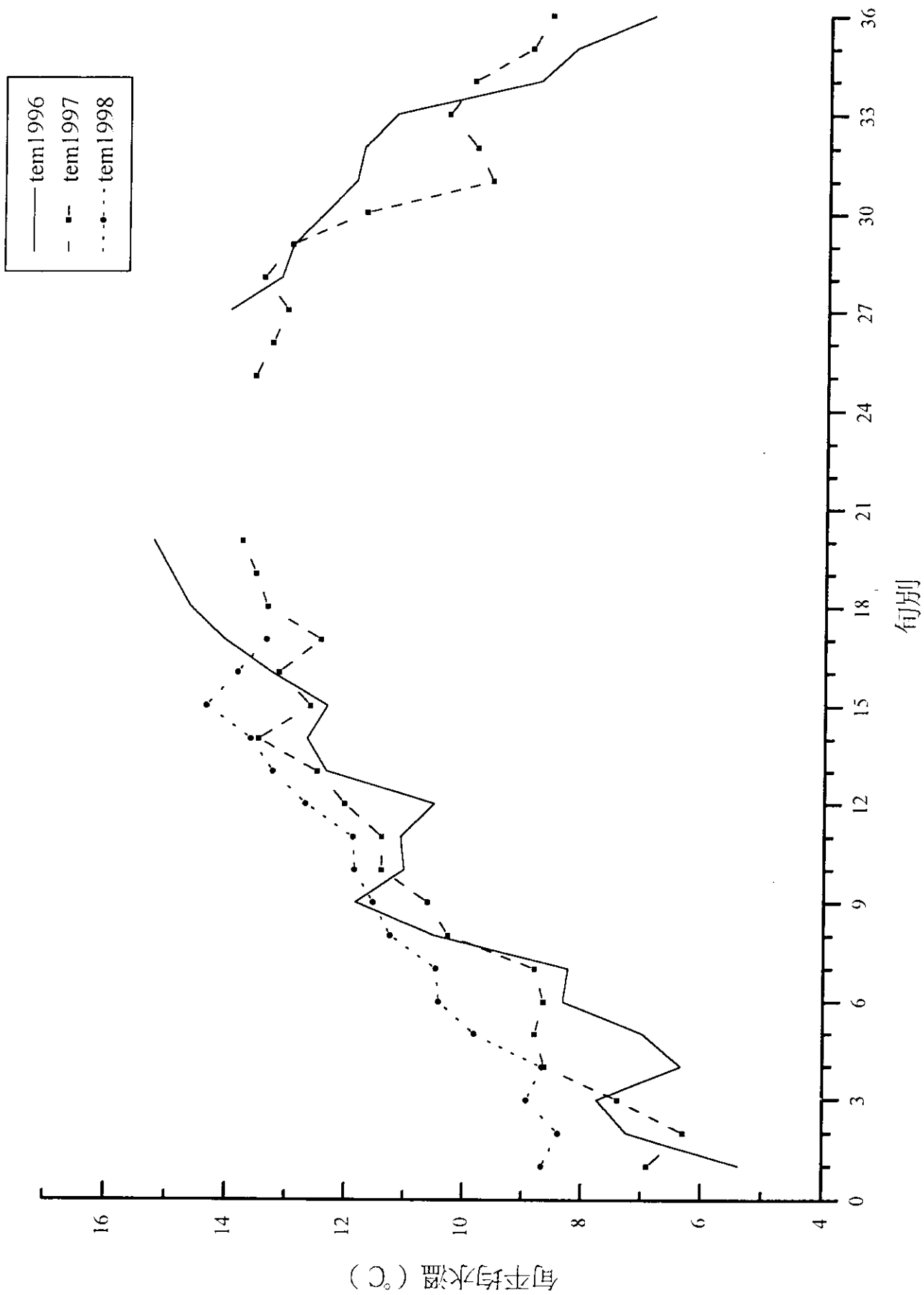
圖十四：七家灣溪上游五號壩水溫測站長期水溫變化圖 (1996.1.2~1998.6.23)。



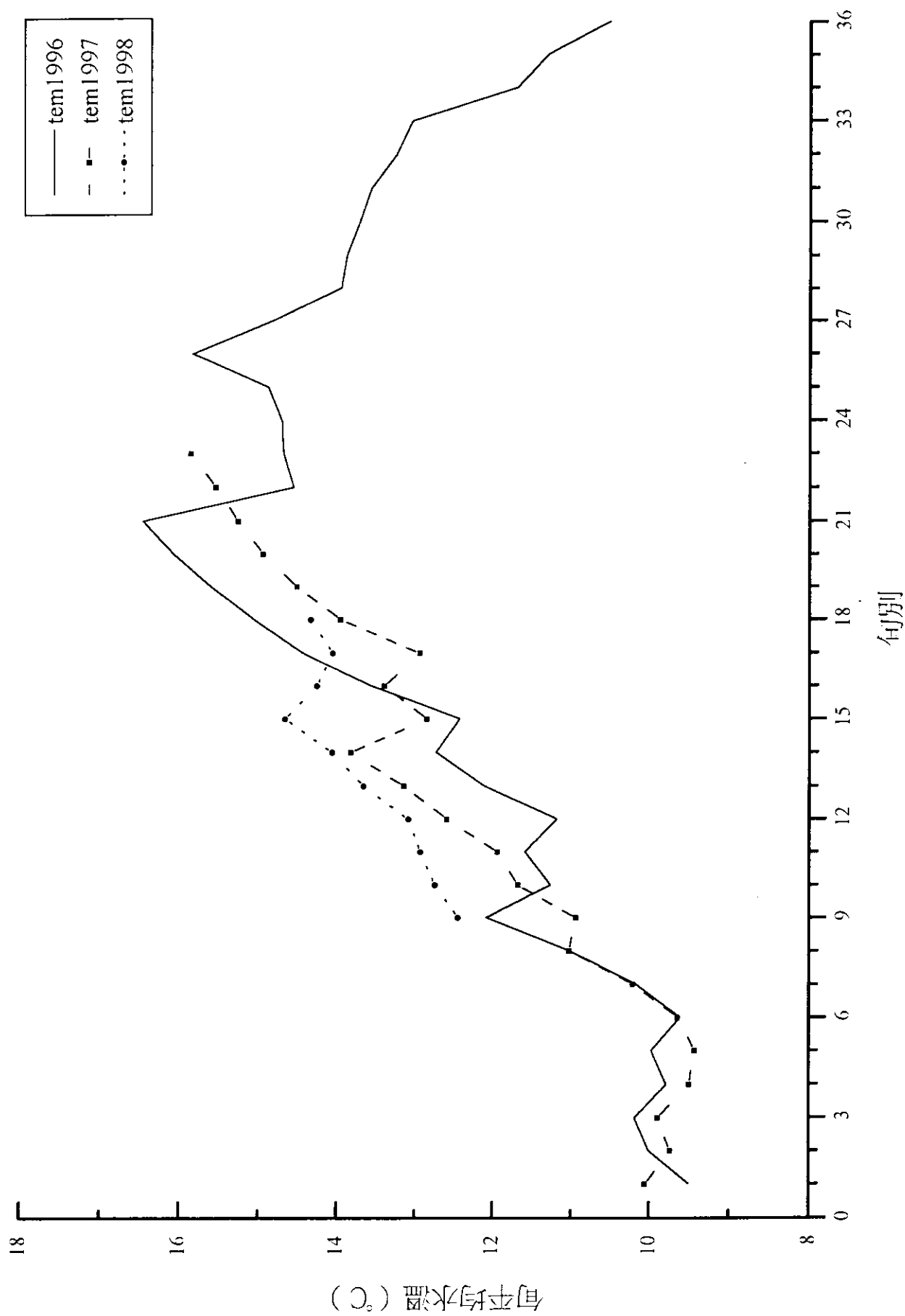
圖十五：七家灣溪下游迎賓橋水溫測站1996年1月~1998年6月旬平均水溫變化比較圖。



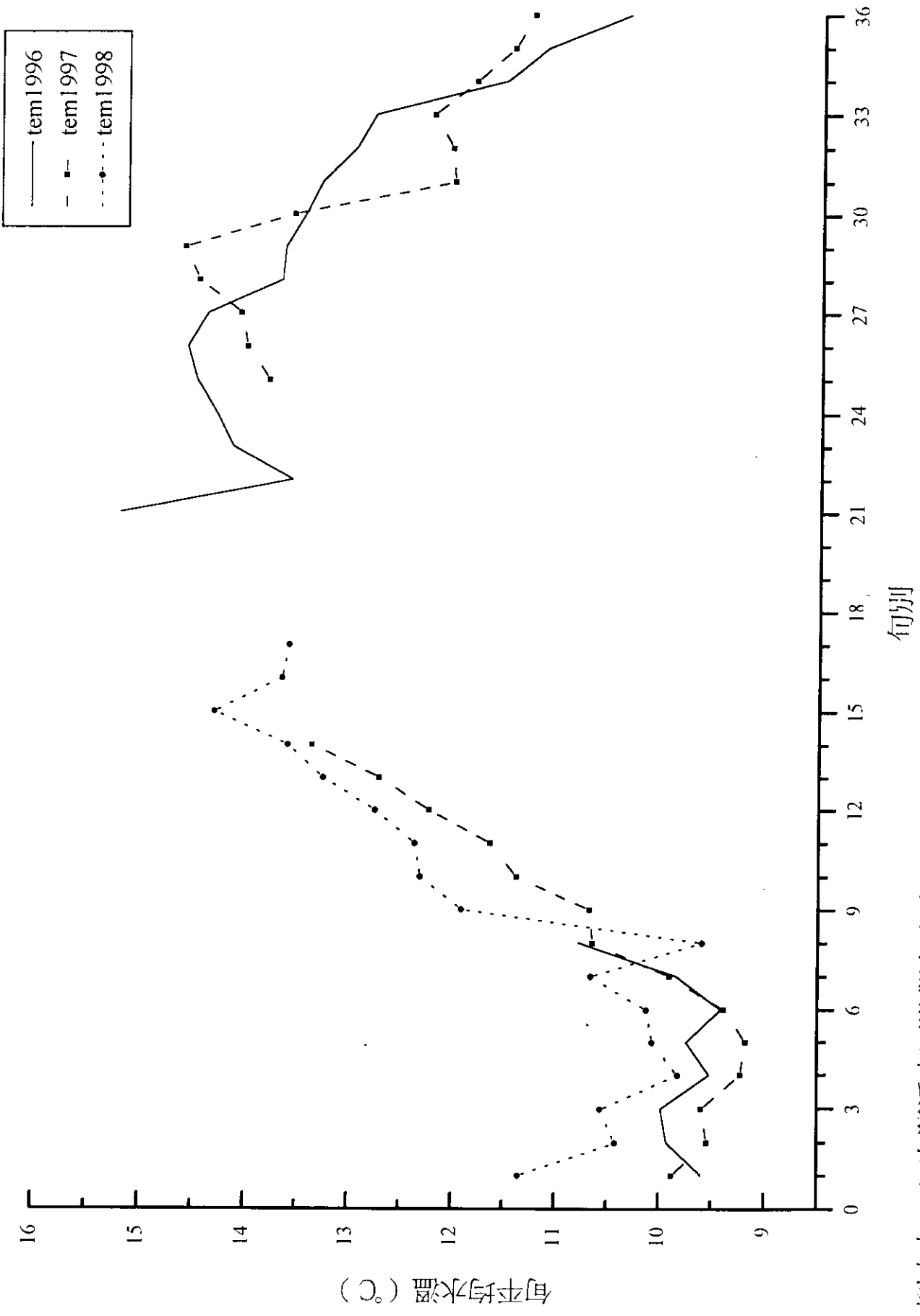
圖十六：七家灣溪下游露營場水溫測站1996年1月～1998年3月旬平均水溫變化比較圖。其中1997.9.18～1998.1.13因記錄器外露致記錄之水溫增高。



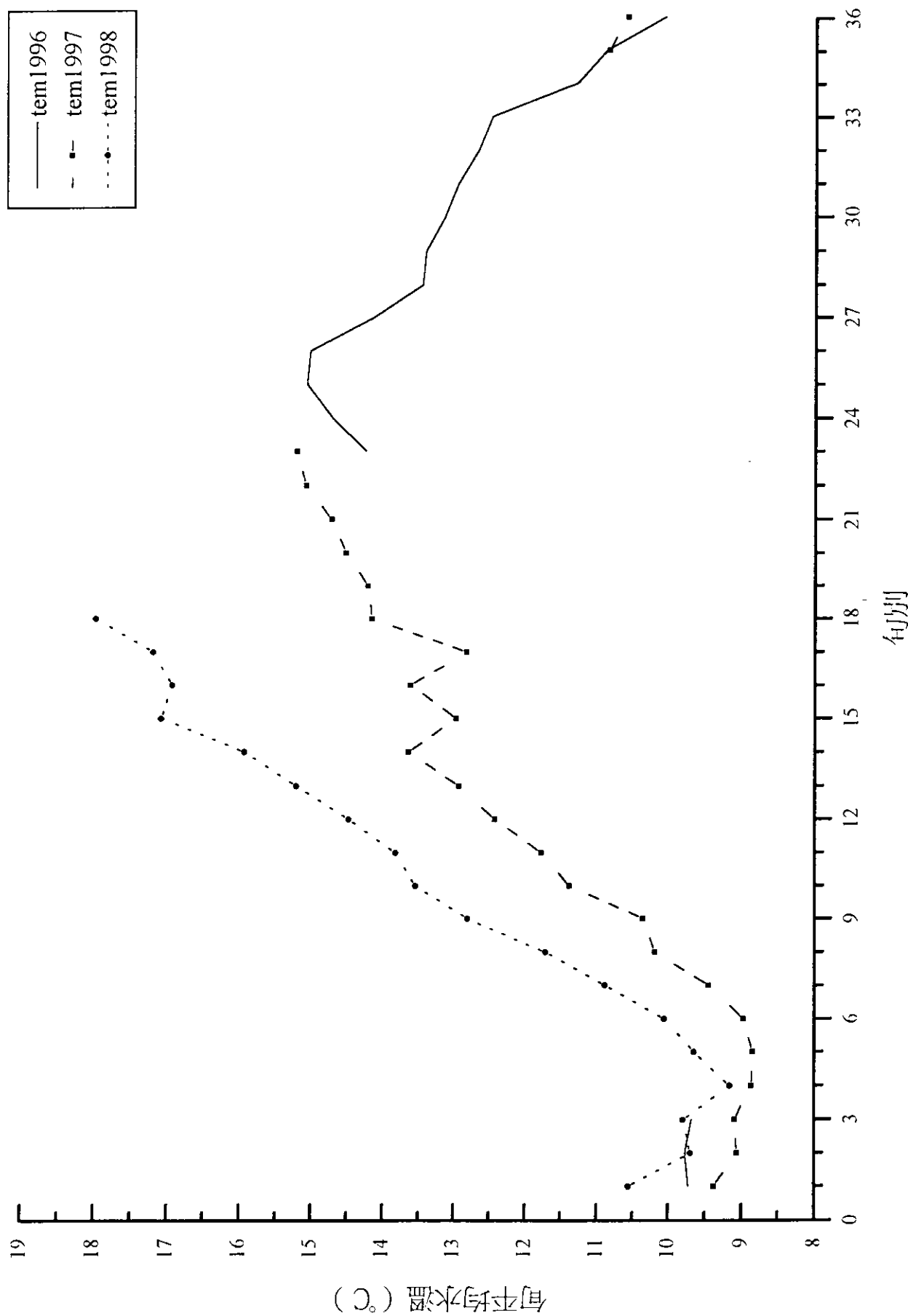
圖十七：高山溪下游匯流點水溫測站1996年1月～1998年6月旬平均水溫變化比較圖。



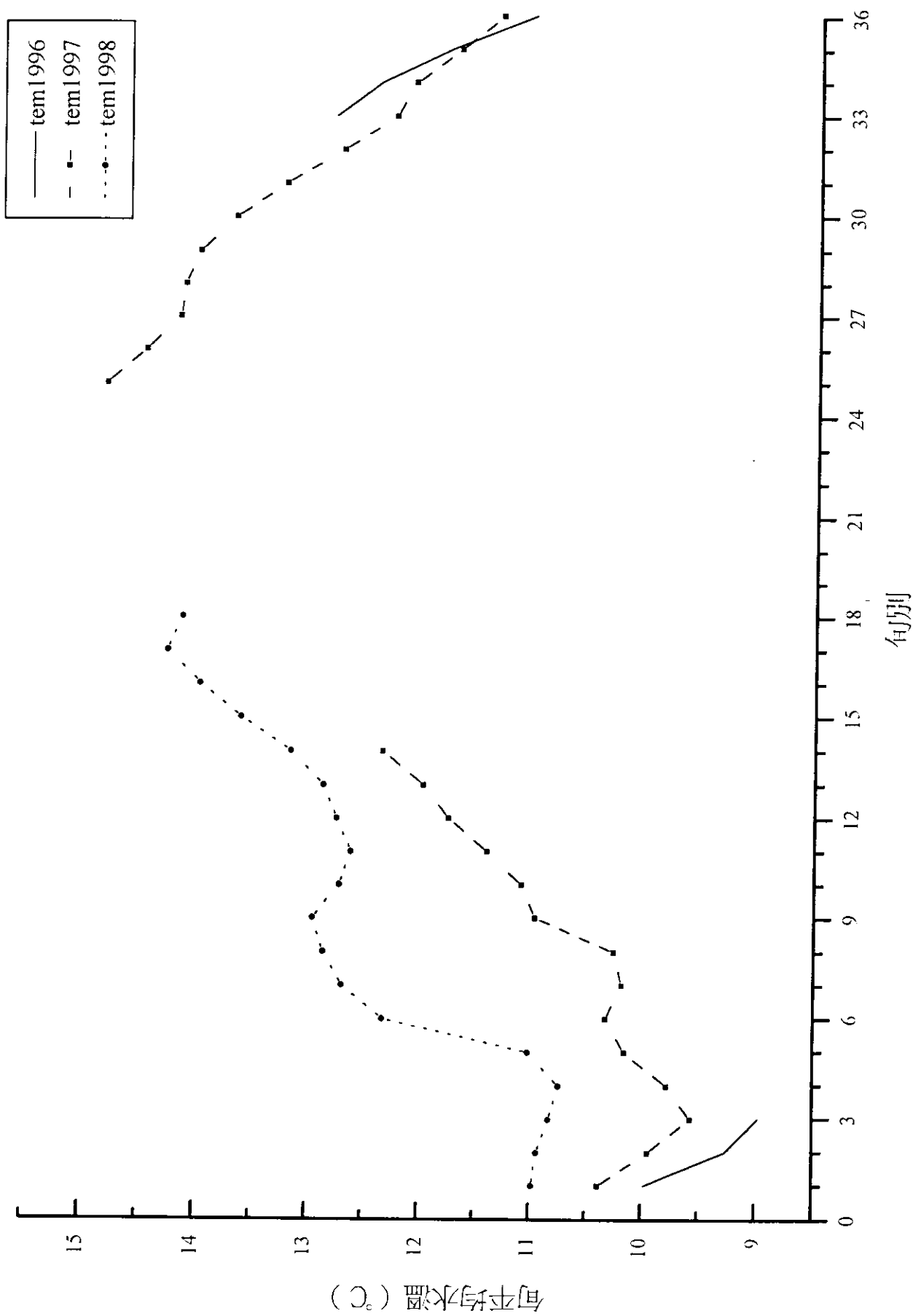
圖十八：七家灣溪下游一號壩水溫測站1996年1月～1998年6月旬平均水溫變化比較圖。



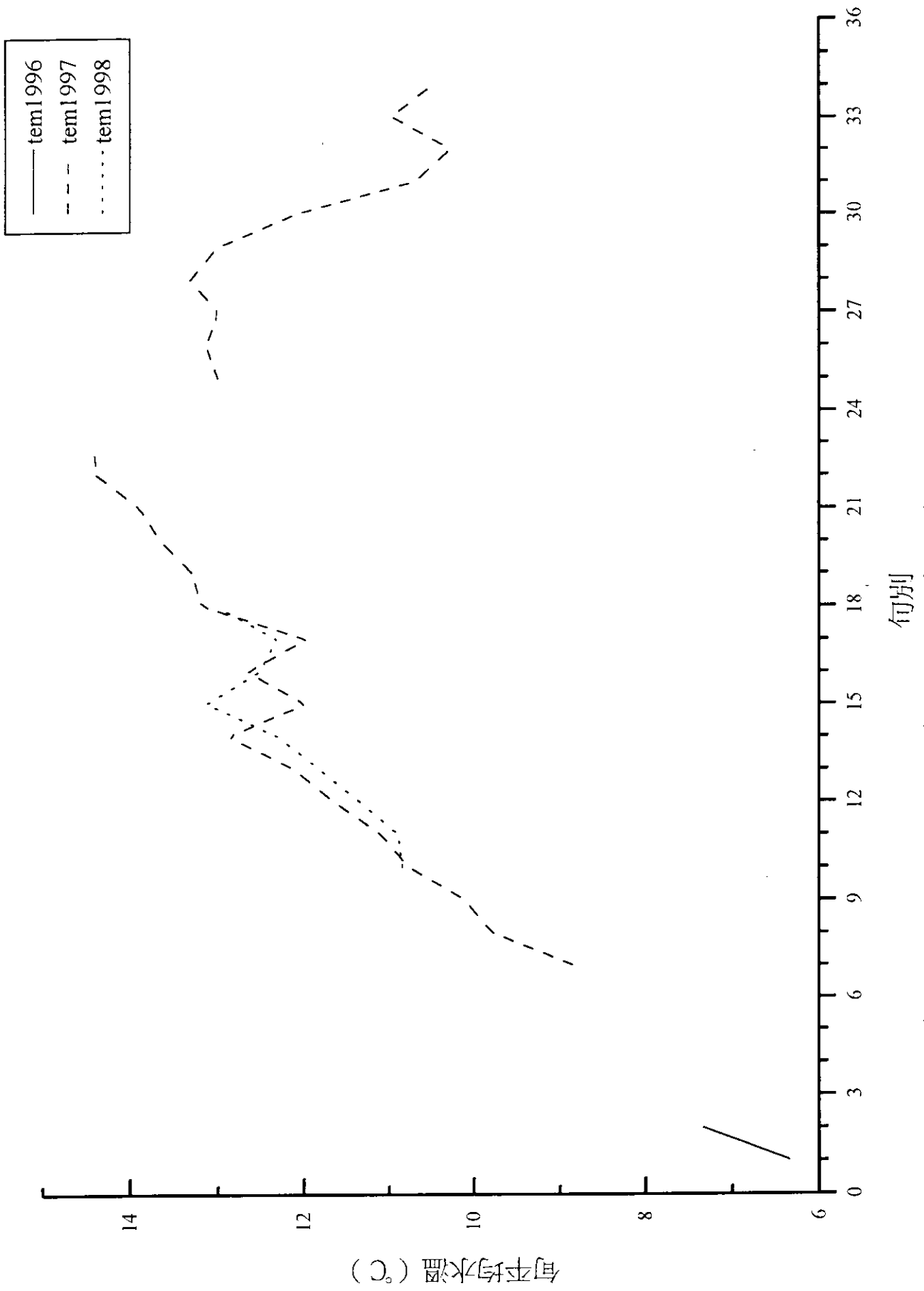
圖十九：七家灣溪中下游觀魚台水溫測站1996年1月～1998年6月旬平均水溫變化比較圖。



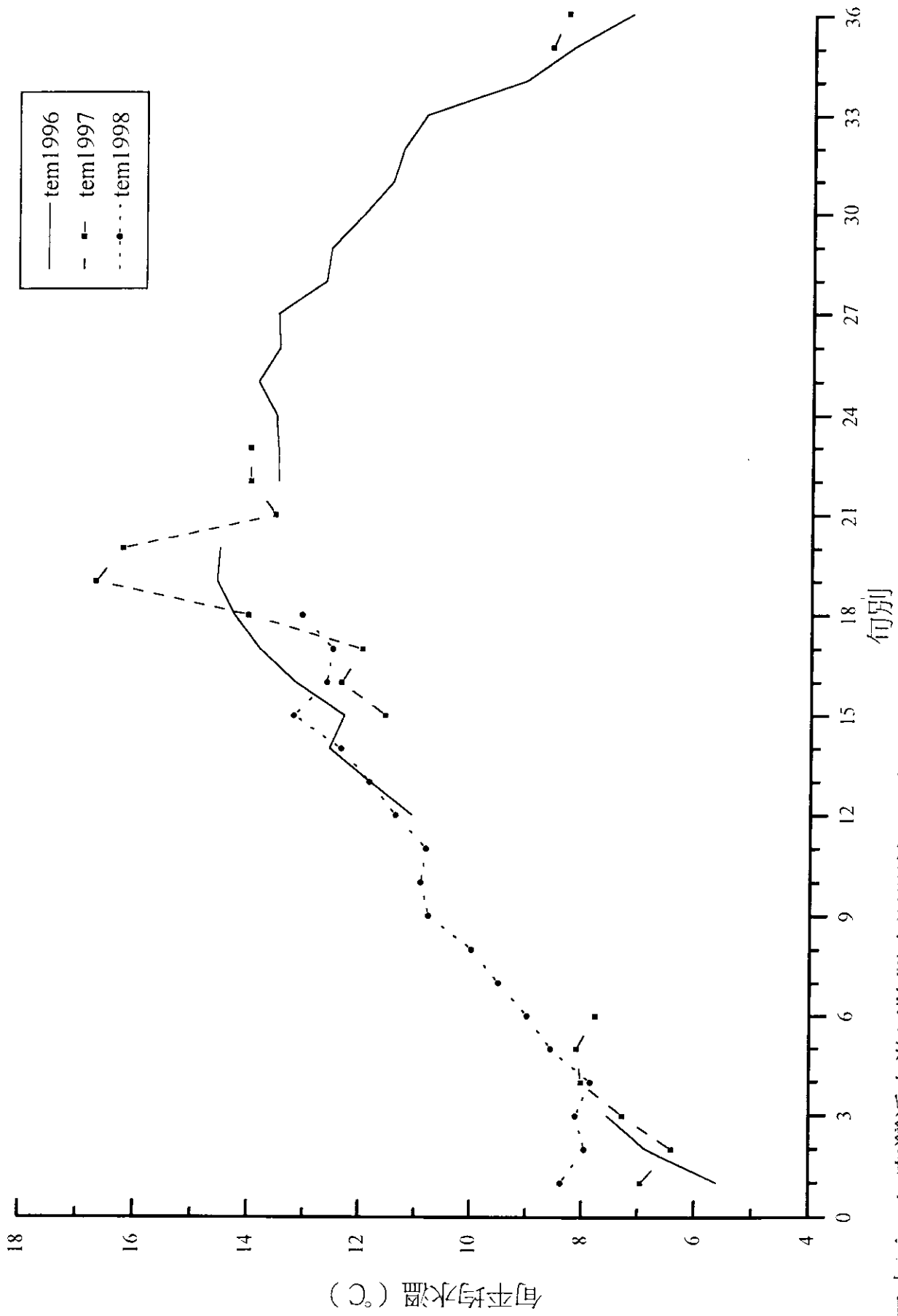
圖三十：七家灣溪中游二號壩水溫測站1996年1月～1998年6月旬平均水溫變化圖。其中1996年9月上、中旬可能因記錄器外露而記錄較高的水溫變化。



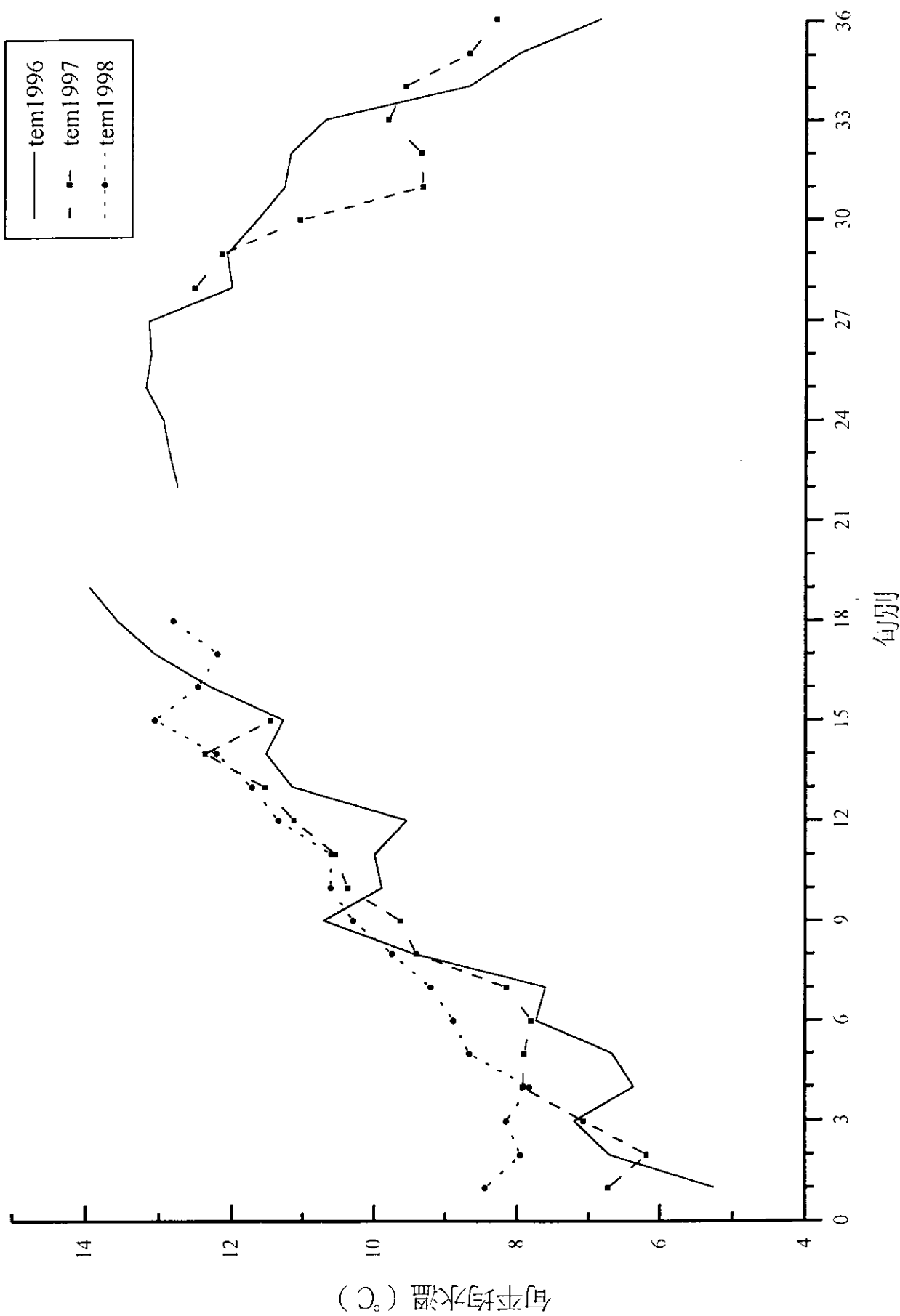
圖二十三：七家灣溪湧泉池水溫測站1996年1月~1998年6月旬平均水溫變化比較圖。



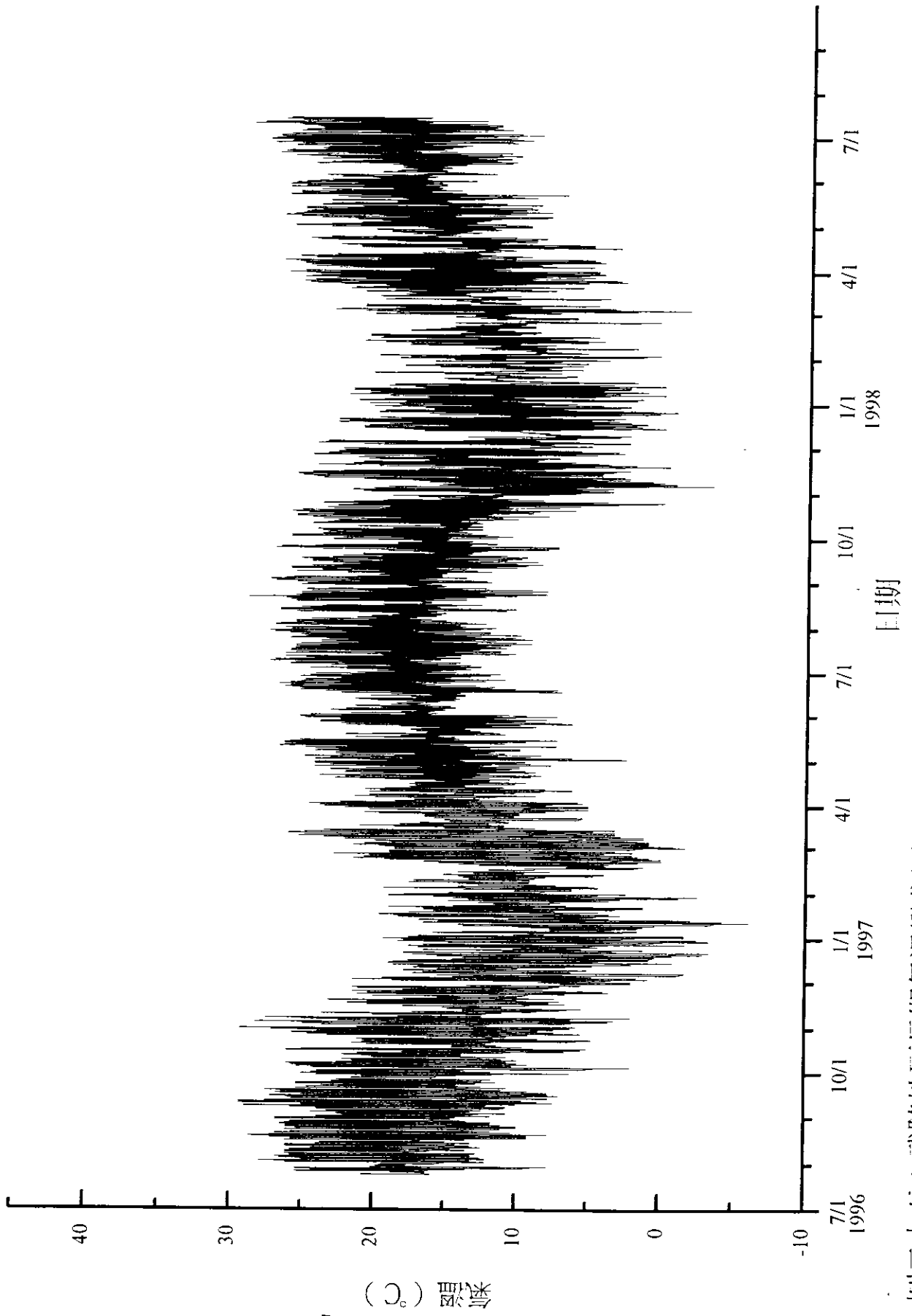
圖三十二：七家灣溪中游抽水站水溫測站1996年1月～1998年6月旬平均水溫變化比較圖。



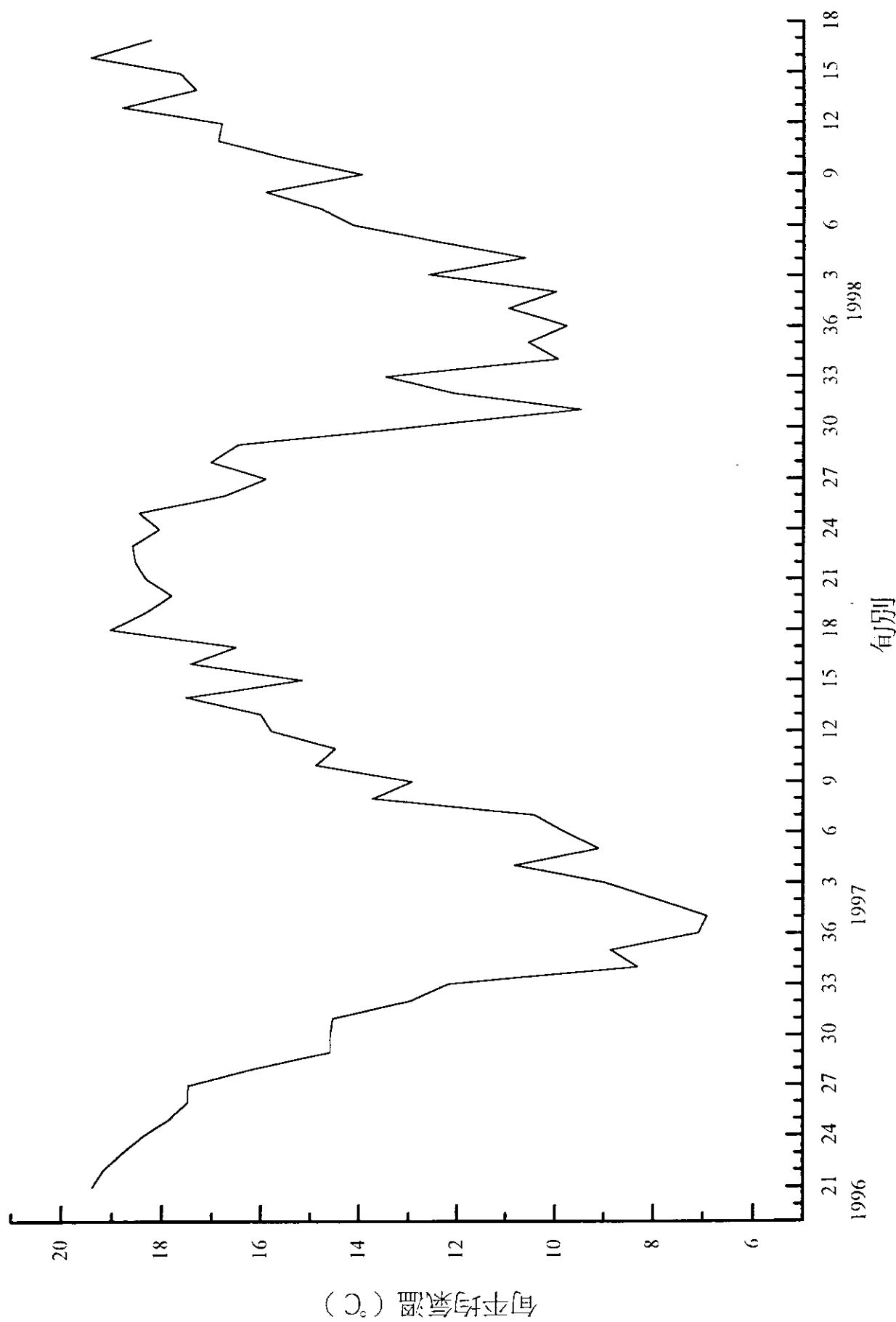
圖二十三：七家灣溪上游三號壩水溫測站1996年1月~1998年6月旬平均水溫變化比較圖。其中1997.6.29~7.16因記錄器外露致記錄水溫過高。



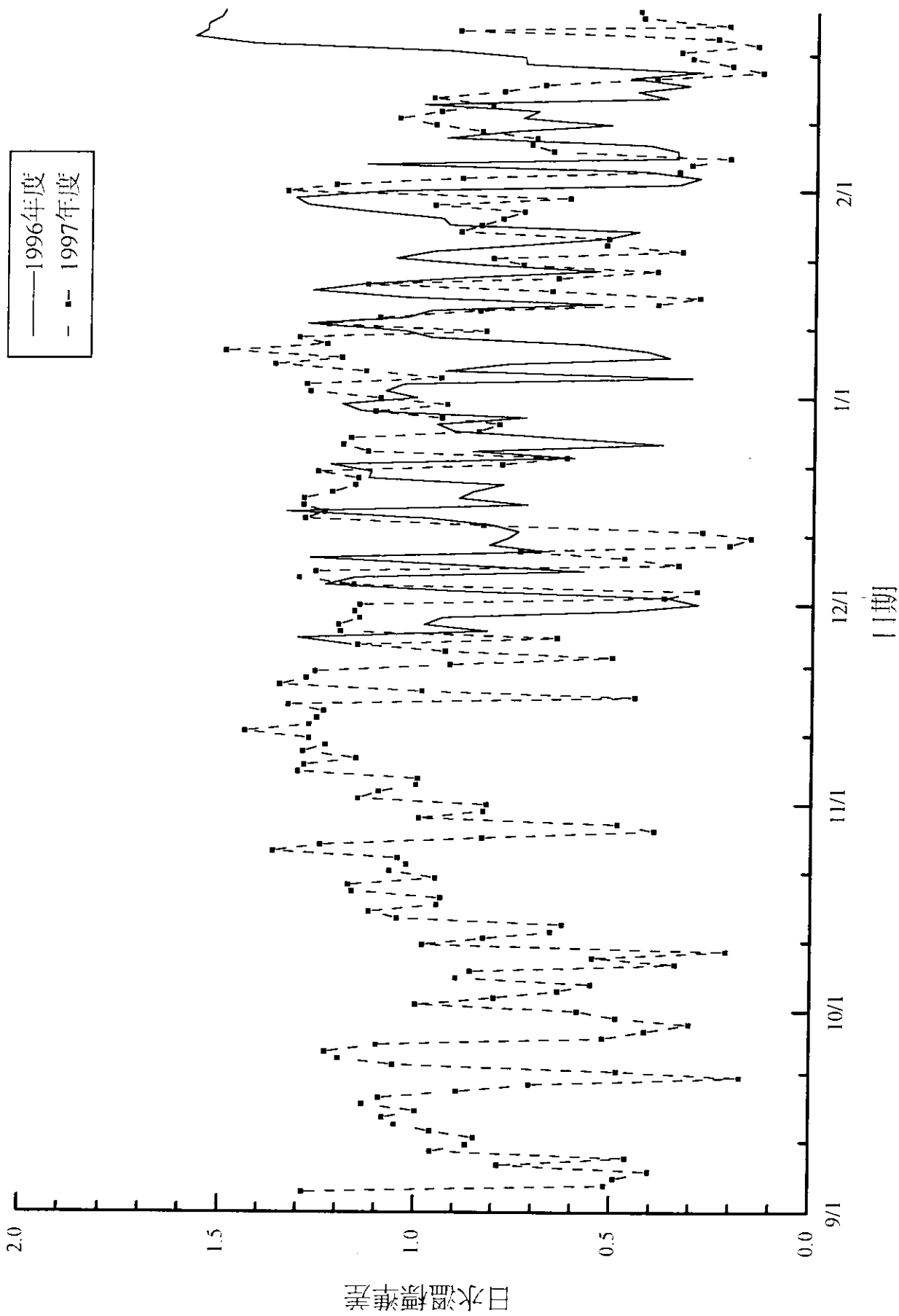
圖二十四：七家灣溪上游五號壩水溫測站1996年1月～1998年6月旬平均水溫變化比較圖。



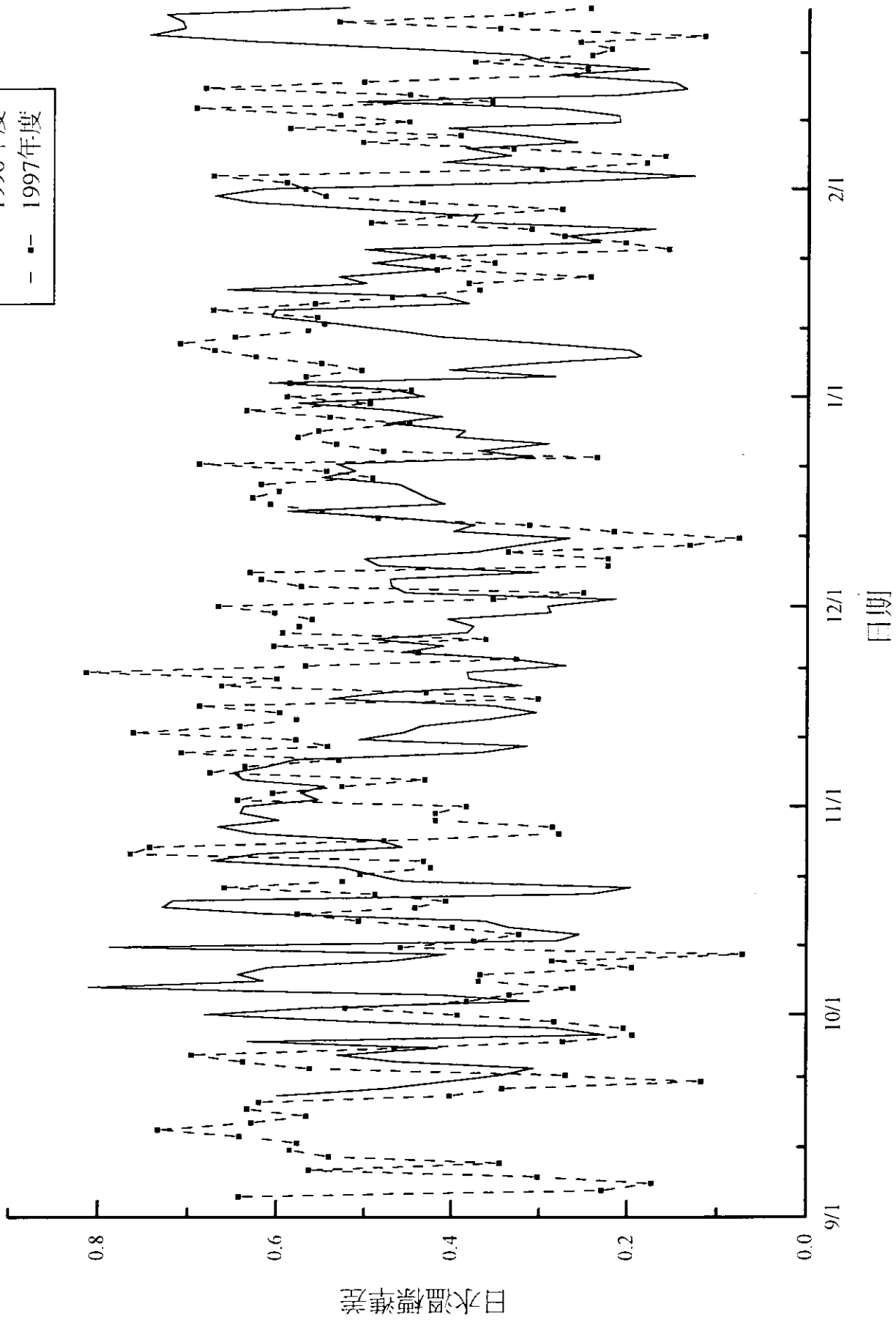
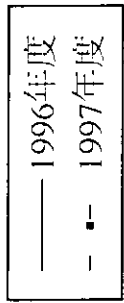
圖二十九：武陵地區長期氣溫變化圖。



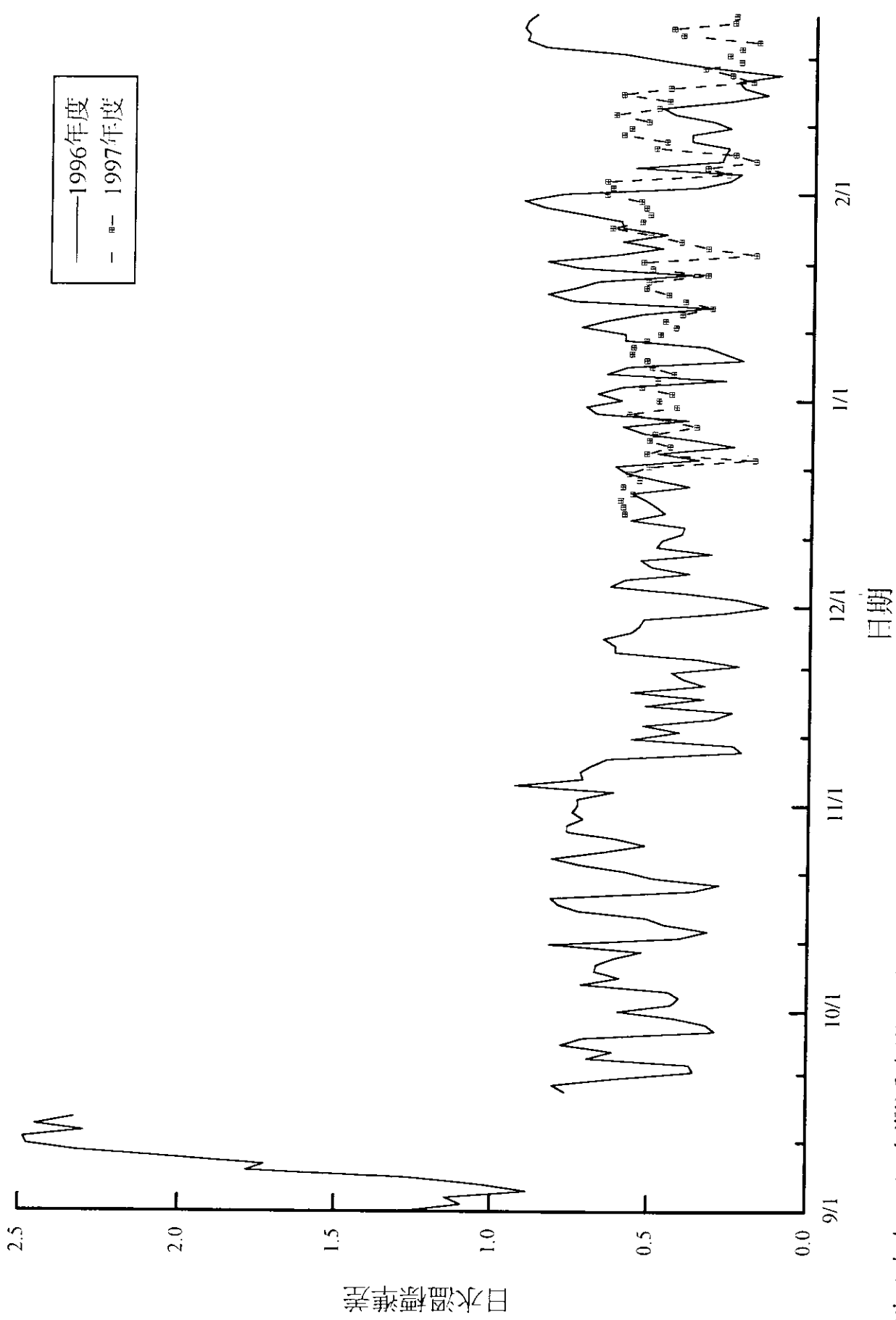
圖：十六：武陵地區1996年7月～1998年7月旬平均氣溫變化圖。



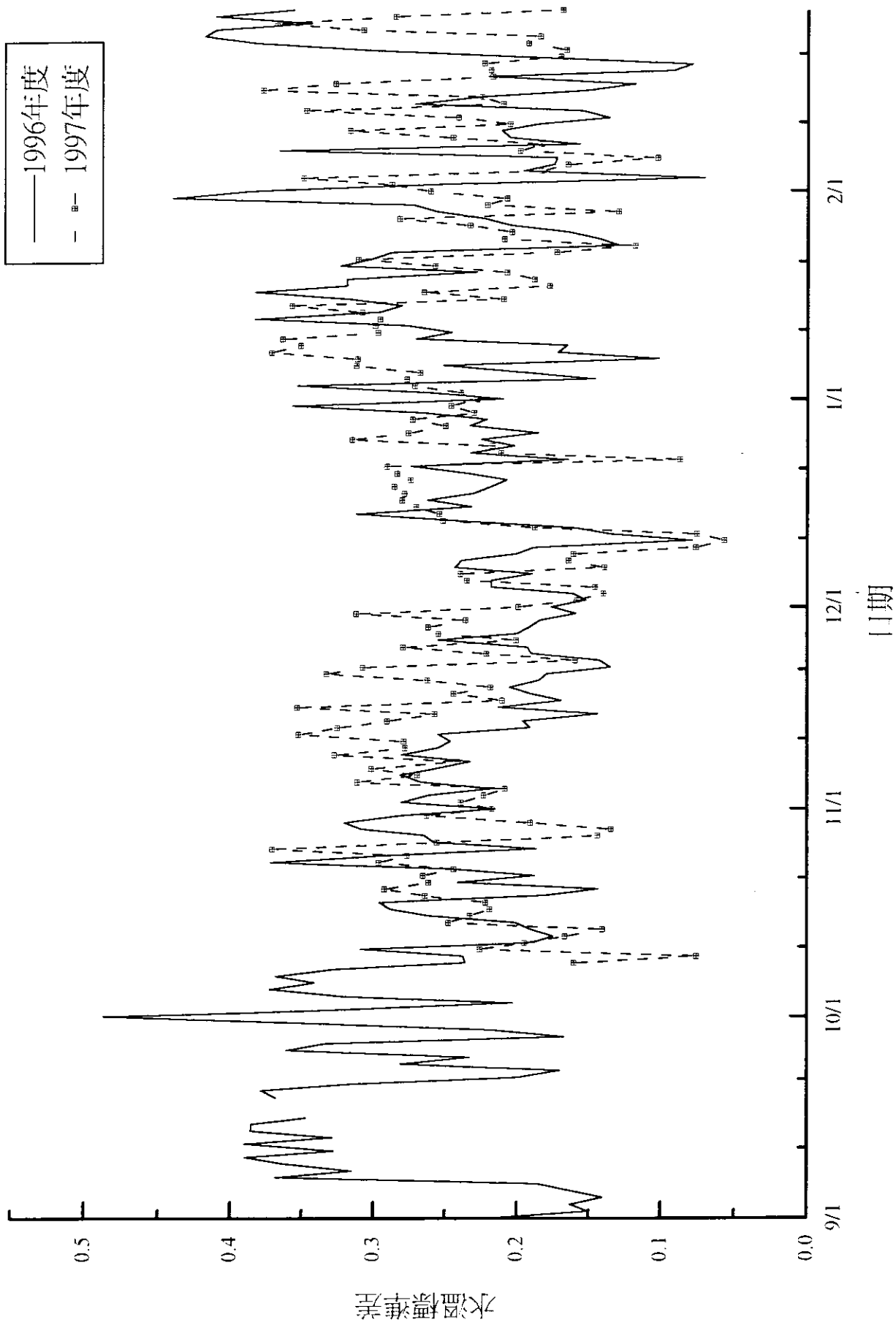
圖三十七：七家灣溪下游迎賓橋水溫測站1996年度及1997年度秋、冬季日水溫標準差比較表。



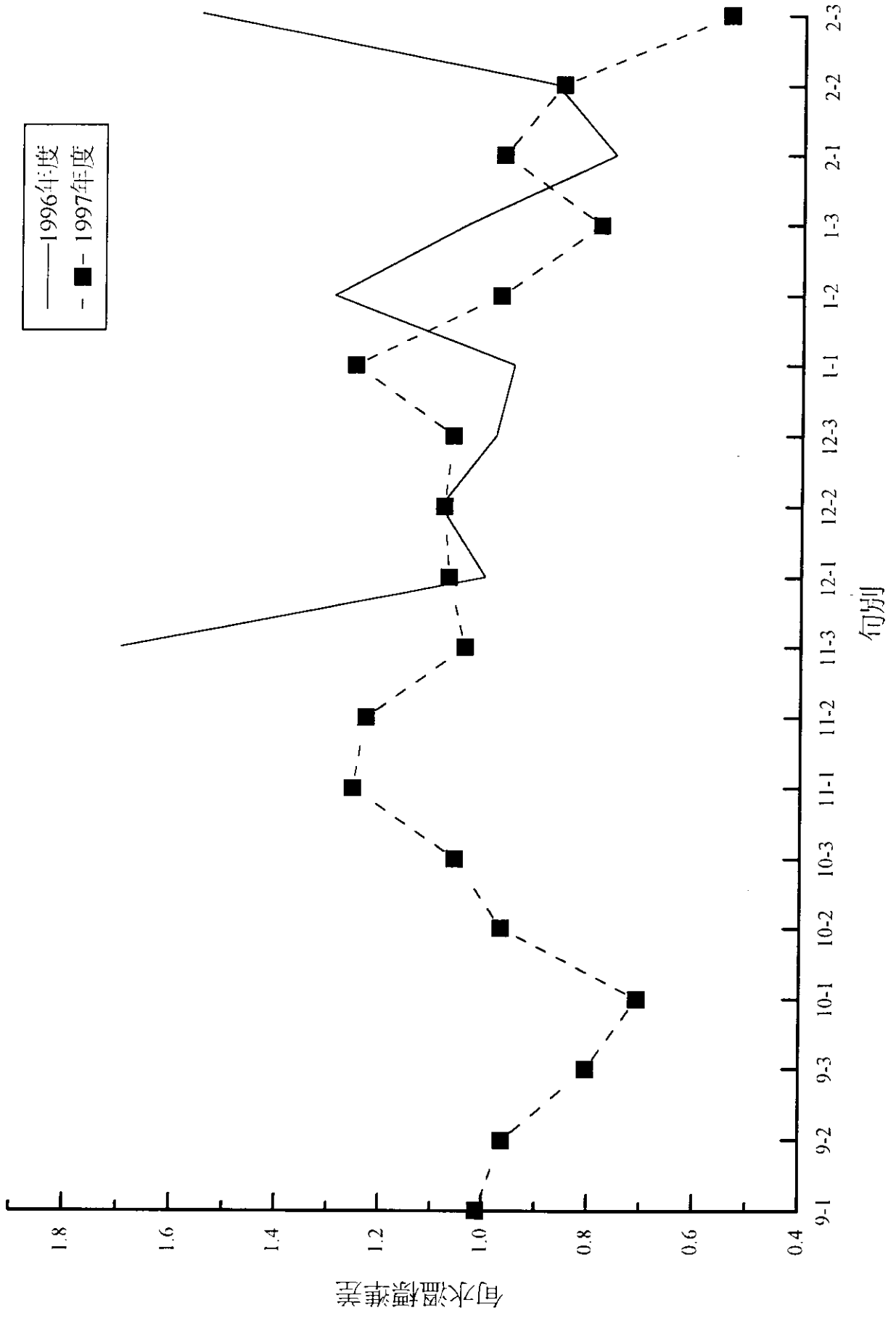
圖二十八：高山溪下游水溫測站1996年度及1997年度秋、冬季日水溫標準差比較圖。



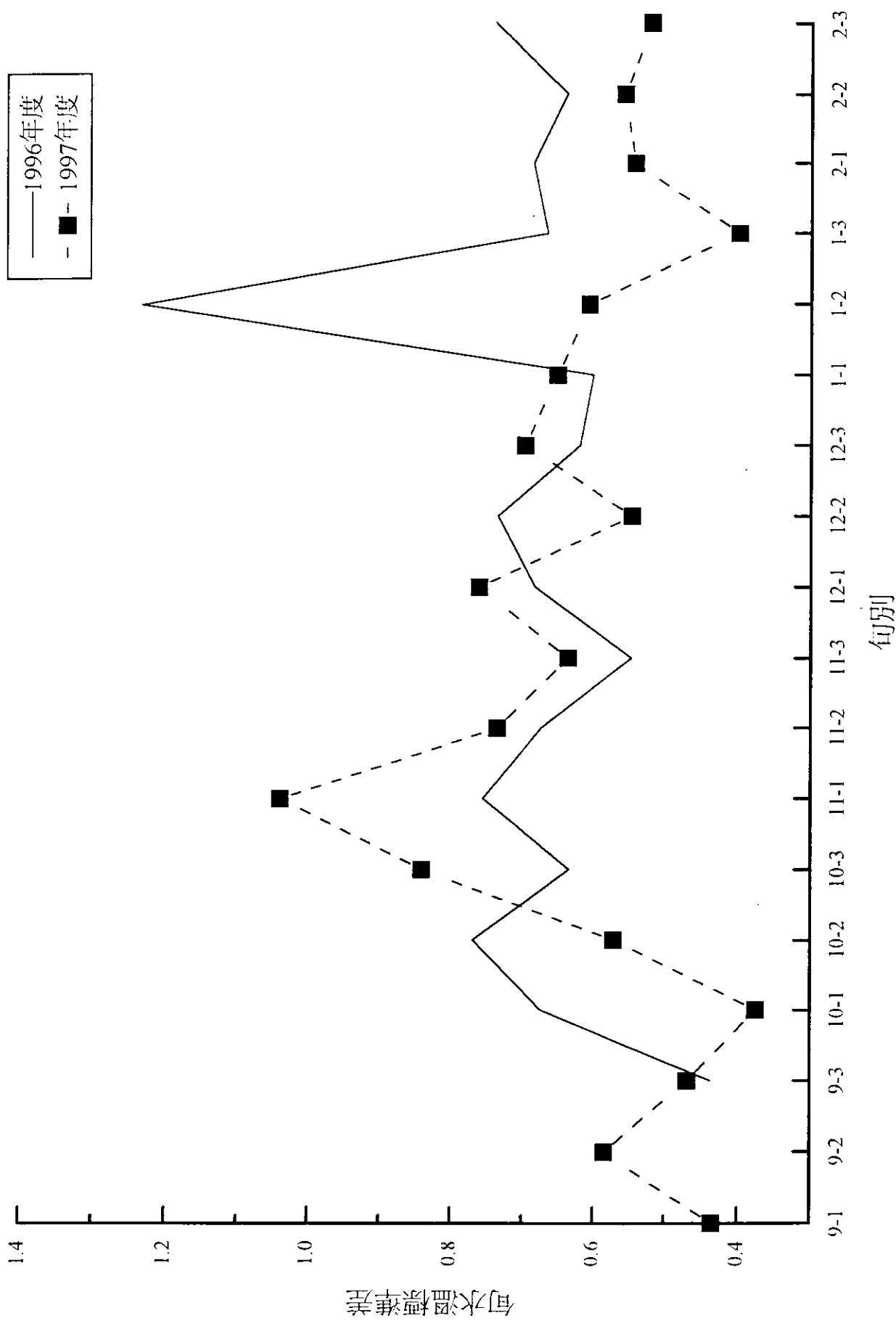
圖二十九：七家灣溪中游二號壩水溫測站1996年度及1997年度秋、冬季日水溫標準差比較圖。其中1996年9月上、中旬可能因記錄器外露而記錄較高的水溫變化。



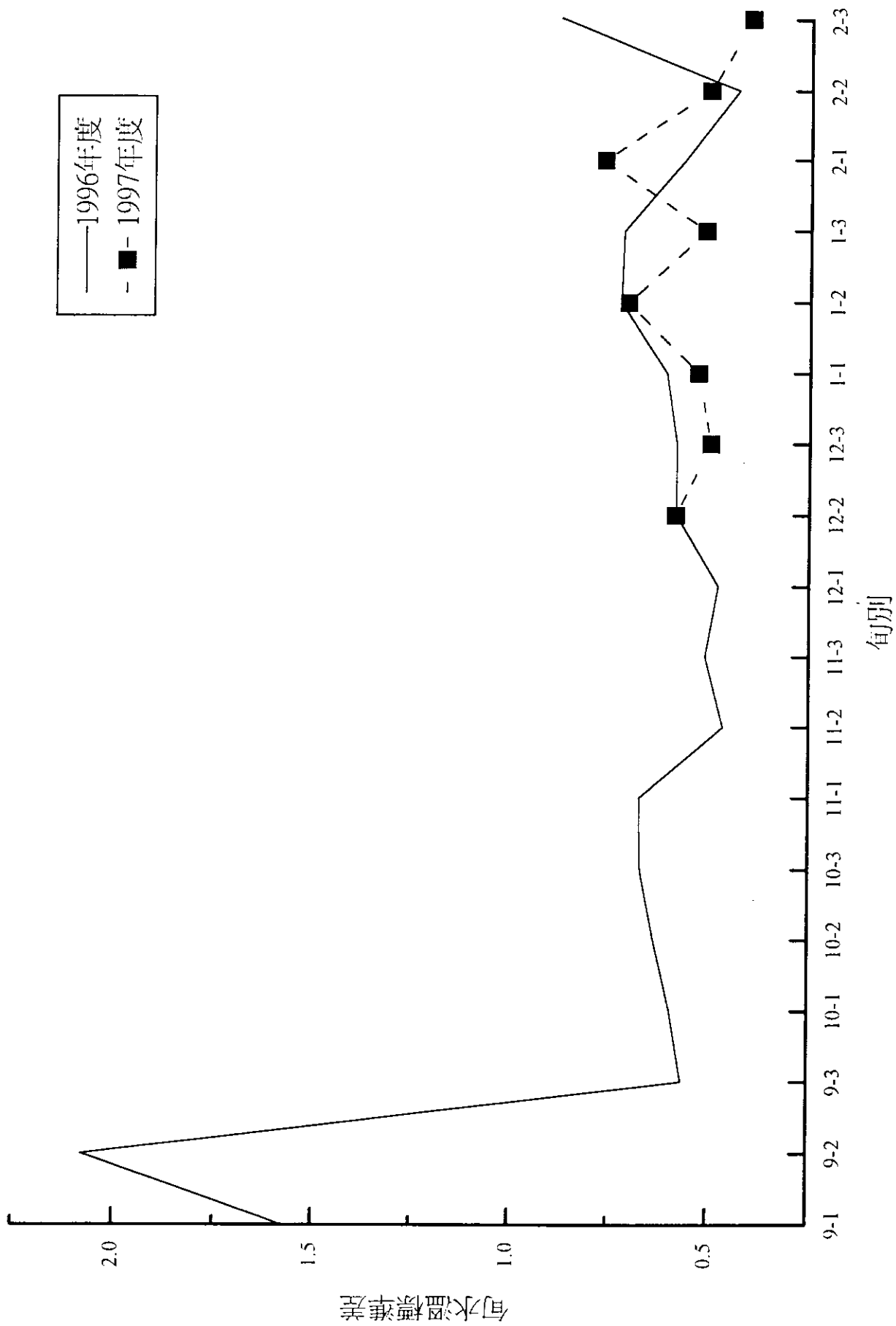
圖三十：七家灣溪上游五號壩水溫測站1996年度及1997年度秋、冬季每日水溫標準差變化圖。



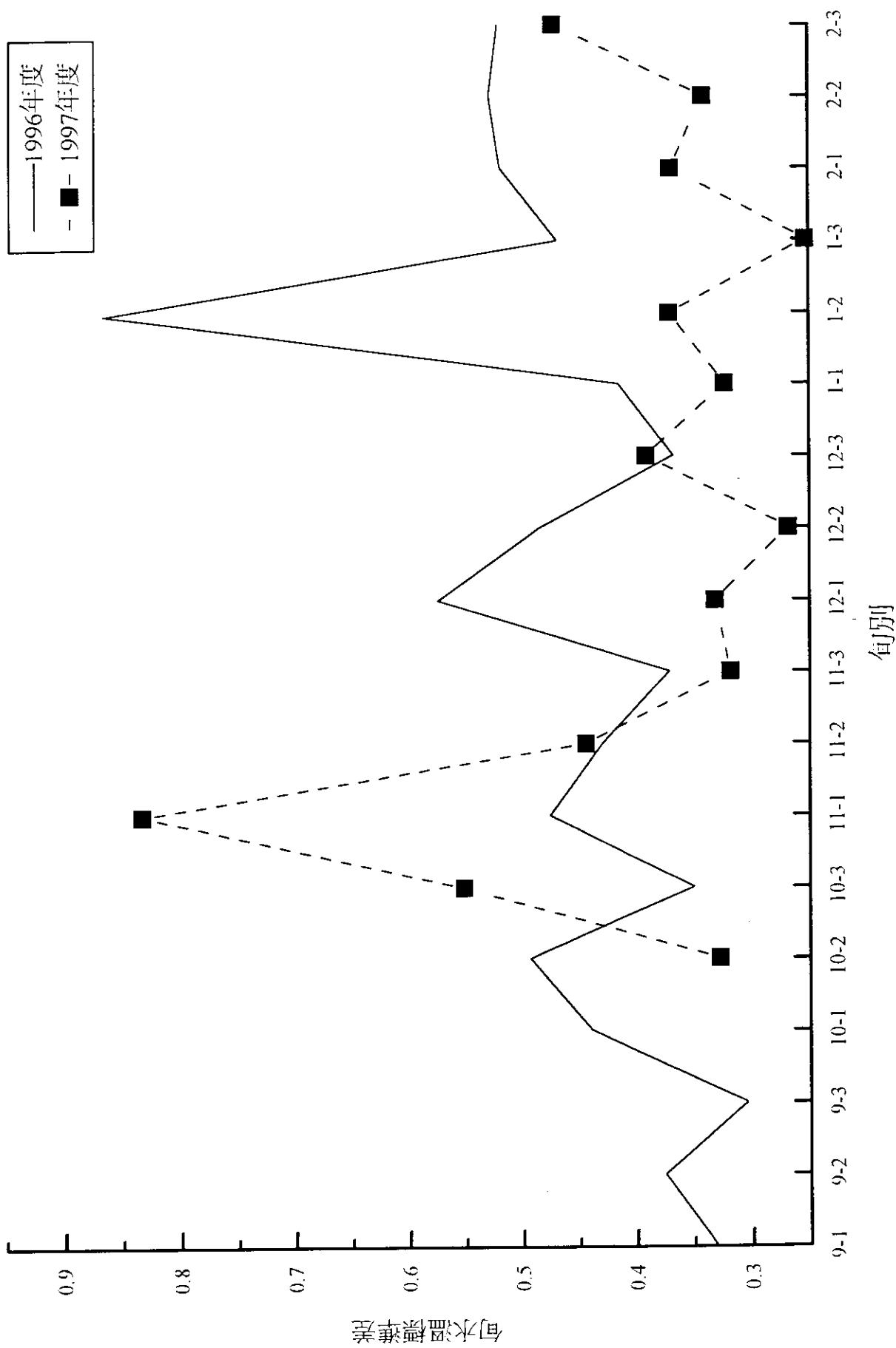
圖三十一：七家灣溪下游迎賓橋水溫測站1996年度及1997年度秋、冬季旬水溫標準差變化圖



圖三十三：高山溪下游水溫測站1996年度及1997年度旬水溫標準差變化圖



圖三十三：七家灣溪中游二號壩水溫測站1996年度秋冬季及1997年度秋冬季水溫標準差變化圖。



圖三十四：七家灣溪上游五號測站1996年度及1997年度秋、冬季旬水溫標準差變化圖。