臺灣省林務局保育研究系列 88-02 號

淡水紅樹林自然保留區水文地質監測計畫

HYDROLOGICAL AND GEOLOGICAL MONITORING OF TAMSUI RIVER MANGROVE NATURE RESERVE

委 託 機 關:林務局羅東林區管理處

執 行 機 關:中華民國自然生態保育協會

計畫主持人:林俊全 教授

中華民國八十九年一月

目　　錄

中文摘要 6

英文摘要 7

一、前言 8

二、紅樹林生長環境研究 8

三、河口地形變化研究 9

四、淡水河口現況 10

五、現有淡水河河口觀測相關資料 12

（一）氣候 12

（二）水文 12

（三）地形 12

六、淡水河紅樹林環境監測計畫 13

（一）微氣候觀測 13

（二）水文觀測 16

（三）微地形觀測 19

七、淡水河紅樹林環境監測結果說明 27

（一）微氣候觀測 27

（二）水文觀測 54

（三）微地形觀測 76

八、結論 88

九、參考書目 90

附錄一：淡水河沿岸土壤分布圖 91

附錄二：期中與期末報告會議結論 95

附錄三：工作幻燈片說明 96

表　目　錄

表一　淡水紅樹林微氣候測站降雨量統計表.....35

表二　淡水河紅樹林微氣候測站風速、風向統計表.....47

表三　淡水河潮位測站每日潮位與潮差統計表.....55

表四　淡水河潮位站最大與最小潮差統計表.....62

表五　DGPS差分定位前後之位置分佈表.....84

表六　淡水河沿岸土堤土壤質地表.....87

表七　淡水河紅樹林濕地監測建議項目.....89

圖　目　錄

圖一　淡水河紅樹林微潮位站第一次測量圖 17
圖二　淡水河紅樹林微潮位站第二次測量圖 17
圖三　TRIMBLE PRO XR基本配備 23
圖四　淡水河紅樹林定樁點分布圖.....24
圖五　淡水河紅樹林微氣候測站四月份氣溫與相對濕度圖.....29
圖六　淡水河紅樹林微氣候測站五月份氣溫與相對濕度圖.....29
圖七　淡水河紅樹林微氣候測站六月份氣溫與相對濕度圖.....30
圖八　淡水河紅樹林微氣候測站七月份氣溫與相對濕度圖.....30
圖九　淡水河紅樹林微氣候測站八月份氣溫與相對濕度圖.....31
圖十　淡水河紅樹林微氣候測站九月份氣溫與相對濕度圖.....31
圖十一　淡水河紅樹林微氣候測站十月份氣溫與相對濕度圖.....32
圖十二　淡水河紅樹林微氣候測站十一月份氣溫與相對濕度圖 32
圖十三　淡水河紅樹林微氣候測站十二月份氣溫與相對濕度圖 33
圖十四　淡水河紅樹林微氣候測站四月份降雨量圖 36
圖十五　淡水河紅樹林微氣候測站五月份降雨量圖 36
圖十六　淡水河紅樹林微氣候測站六月份降雨量圖 37
圖十七　淡水河紅樹林微氣候測站七月份降雨量圖 37
圖十八　淡水河紅樹林微氣候測站八月份降雨量圖 38
圖十九　淡水河紅樹林微氣候測站九月份降雨量圖 38
圖二十　淡水河紅樹林微氣候測站十月份降雨量圖 39
圖二十一　淡水河紅樹林微氣候測站十一月份降雨量圖.....39
圖二十二　淡水河紅樹林微氣候測站十二月份降雨量圖.....40
圖二十三　淡水河紅樹林微氣候測站四月份降雨量、氣溫與相對濕度圖.....41
圖二十四　淡水河紅樹林微氣候測站五月份降雨量、氣溫與相對濕度圖.....41
圖二十五　淡水河紅樹林微氣候測站六月份降雨量、氣溫與相對濕度圖.....42
圖二十六　淡水河紅樹林微氣候測站七月份降雨量、氣溫與相對濕度圖.....42
圖二十七　淡水河紅樹林微氣候測站八月份降雨量、氣溫與相對濕度圖.....43
圖二十八　淡水河紅樹林微氣候測站九月份降雨量、氣溫與相對濕度圖.....43
圖二十九　淡水河紅樹林微氣候測站十月份降雨量、氣溫與相對濕度圖.....44
圖三十　淡水河紅樹林微氣候測站十一月份降雨量、氣溫與相對濕度圖 .44
圖三十一　淡水河紅樹林微氣候測站十二月份降雨量、氣溫與相對濕度圖 .45
圖三十二　淡水河紅樹林微氣候測站四月份風速、風向圖 50

圖三十三　淡水河紅樹林微氣候測站五月份風速、風向圖.....50
圖三十四　淡水河紅樹林微氣候測站六月份風速、風向圖.....51
圖三十五　淡水河紅樹林微氣候測站七月份風速、風向圖.....51
圖三十六　淡水河紅樹林微氣候測站八月份風速、風向圖.....52
圖三十七　淡水河紅樹林微氣候測站九月份風速、風向圖.....52
圖三十八　淡水河紅樹林微氣候測站十一月份風速、風向圖.....53
圖三十九　淡水河紅樹林微氣候測站十二月份風速、風向圖.....53
圖四十　淡水河龍形潮位測站四月份潮位圖.....65
圖四十一　淡水河龍形潮位測站四月份潮位與潮差圖.....65
圖四十二　淡水河龍形潮位測站五月份潮位圖.....66
圖四十三　淡水河龍形潮位測站五月份潮位與潮差圖.....66
圖四十四　淡水河龍形潮位測站六月份潮位圖.....67
圖四十五　淡水河龍形潮位測站六月份潮位與潮差圖.....67
圖四十六　淡水河龍形潮位測站七月份潮位圖.....68
圖四十七　淡水河龍形潮位測站七月份潮位與潮差圖.....68
圖四十八　淡水河龍形潮位測站八月份潮位圖.....69
圖四十九　淡水河龍形潮位測站八月份潮位與潮差圖.....69
圖五十　淡水河龍形潮位測站九月份潮位圖.....70
圖五十一　淡水河龍形潮位測站九月份潮位與潮差圖.....70
圖五十二　淡水河龍形潮位測站十月份潮位圖.....71
圖五十三　淡水河龍形潮位測站十月份潮位與潮差圖.....71
圖五十四　淡水河龍形潮位測站十一月份潮位圖.....72
圖五十五　淡水河龍形潮位測站十一月份潮位與潮差圖.....72
圖五十六　淡水河口潮位站分布圖.....74
圖五十七　淡水河口各測站潮差比較圖.....75
圖五十八　淡水河口各測站高低潮位比較圖.....75
圖五十九　淡水河沿岸各樁點剖面比較圖.....77
圖六十　淡水河紅樹林沿岸剖面與植物分佈圖（一）.....78
圖六十一　淡水河紅樹林沿岸剖面與植物分佈圖（二）.....79
圖六十二　淡水河紅樹林沿岸地形觀測原始樁位（一）.....80
圖六十三　淡水河紅樹林沿岸地形觀測原始樁位（二）.....81
圖六十四　淡水河紅樹林沿岸地形觀測原始樁位（三）.....82

照　片　目　錄

照片一　淡水河紅樹林微氣候觀測站.....15
照片二　淡水河紅樹林潮位觀測站壓力感測器裝置管.....18
照片三　研究人員於淡水河紅樹林潮位測站進行水準測量.....18
照片四　淡水河紅樹林微地形觀測樁設置情形（一）.....25
照片五　淡水河紅樹林微地形觀測樁設置情形（二）.....25
照片六　淡水河紅樹林微地形觀測樁設置情形（三）.....26

摘　要

淡水河自然保留區所處的沙洲在近年有逐漸受侵蝕而縮減的趨勢，威脅紅樹林生長棲地，本研究為瞭解保留區目前變化狀況，並建立長期監測系統蒐集環境相關資料庫，針對氣象、水文、地形等特徵加以觀測，得以下結論：

（一）氣象觀測站自 88 年 4 月觀測至 88 年 12 月間，保留區風向受周圍地形影響，以西北-東南方向為主，為台北盆地空氣進出管道。

（二）潮位觀測站因地形限制，無法在保留區內設置設置，但本研究設置於保留區對岸（左岸）的龍形潮位站資料，可配合氣象局與水利局設置的淡海、土地公鼻（右岸）等測站，建立淡水河口地區完整潮位資料庫。在從潮位觀測也發現 921 地震對淡水河口地勢無明顯的變動。

（三）微地形觀測中因本年度無顯著的颱風豪雨，故地形變化量微弱。微地形測量因環境（潮汐、泥灘）限制，加上紅樹林生存環境域值小（高程上），測量上須要求較高的精度，本研究中嘗試以差分定位（DGPS）做地形地位，水平精度在 0.2-0.4 公尺間，目前基站資料來自林務局，建議在保留區附近設立基站，可供未來精確定位的資料比對。

（四）濕地環境的複雜多變，如何掌握環境基礎條件是國內外濕地經營管理的主要課題，淡水河紅樹林濕地的監測可在現有環境監測上加強監測項目與方式，以瞭解保留區的環境變化並提供台灣相關濕地管理的參考。

（五） 本研究係一長期生態監測工作，目前已有初步成果。建議在現有基礎上能繼續監測，以使河口生態環境以及淡水紅樹林之研究能有一更好的基礎。

ABSTRACT

The sand bar of the Tamsui River Mangrove Nature Reserve has eroded in the last year . In order to observe the change of dynamic environment , we set up a long-term monitoring system in April 1999, collecting weather and tidal hourly data in the Tamsui estuary .

The weather data includes rainfall , temperature , humidity , wind velocity and wind direction . The wind direction is restricted by surrounding topography and reveals that the Tamsui estuary is the air-passage of the Taipei Basin .

The tidal station was situated on the left bank of Tamsui River . This tidal data cooperates with the other tidal stations (on the right bank) to analyze estuarine tidal information . The tidal data reveals the Chi-Chi Earthquake didn't further influence the sand bar during the study period.

To survey the change of the sand bar , five beach-profile transects were established along the Tamsui River . The beach-profile was measured by theodolite , and it was found that because there was no heavy flooding , the variation of the beach was inapparent. Positioning these transects by using differential GPS (DGPS) , the position accuracy is 0.2-0.4m . It's an ideal technology for monitoring beach change

一、前言

本研究承續去年「淡水河自然保留區沙洲陸化問題探討」研究，研究發現紅樹林生長的沙洲受侵蝕而有縮減的現象，威脅紅樹林植群的生長。沙洲縮減的原因許多，包括水文變化、人為因素等都可能交互影響，且保留區面積小，故難分辨何為主要變化因素，與變化量多寡，若能在研究區針對主要因子做小規模、長時期的資料觀測與蒐集，以瞭解沙洲變化的因素，並可比對航照、地圖等資訊來得到更精確的量化資料。因此本年度計畫係針對水文、地質、地形等特徵，加以觀測其變化，同時蒐集其相關基本資料，以作為淡水河紅樹林自然保留區經營管理之參考。

二、紅樹林生長環境研究

有關紅樹林生長環境之研究，大致整理如下：

Walsh（1974）提出五項紅樹林的環境因子：熱帶型溫度、細質地沖積扇、風平浪靜的海邊、海水、廣大的潮間帶，為一般認定生長基本的條件。其他學者也有類似的看法：如Clarke & Hannon（1969、1970）指出，除土壤因素外，氣候、海平面平均高度、潮水淹蓋程度、風力大小等均足以影響紅樹林生長；周昌弘等（1987）認為當海平面較低、潮汐溫和時，可能是和紅樹林外圍擴張，反之，海平面升高或潮汐作用強烈時，紅樹林的分佈則退回內陸；Blasco *et al.*（1996）討論紅樹林與海岸變遷、海水面上升的關係，研究中回顧非洲甘比亞與孟加拉兩地，發現前者在短期間有些微的水文變化（六週內海平面相對變化小於5公分），導致上千公頃的紅樹林死亡，後者因恆河三角洲板塊的抬升與孟加拉地區的地層下陷，海平面相對高度緩慢變化，影響紅樹林物種之分佈。

另有學者提出環境壓力對紅樹林生長的影響：Thom(1967)認為淤泥作用的結果將使土地逐漸增厚，使紅樹林的植物相改變，嚴重時將大量死亡；周昌弘等（1987）認為暴風摧毀力強，威脅紅樹林生長，但陳擎霞（1988）以關渡地區為例，若紅樹林生長地區尚有草本植物相互競爭，紅樹林因較其能抗颱風洪

水侵襲，故能在草本植物死亡後競佔其裸地，開拓生育範圍。

研究皆認為紅樹林的生長範圍的形成，是所有外在環境因子總和後最佳的結果，但個別因子影響的程度多寡，少有研究明確提出。此因植群分佈與環境因子的相互影響複雜，有直接也有間接，加上植群的環境容忍度大，難分辨其程度；另外，環境因子資料不足或蒐集不易，如欲指出紅樹林與海平面變遷關係，尚須輔助長期潮位、沈積作用等資料，這些資料一般較缺乏蒐集，皆是研究上的先天限制。

台灣地區紅樹林相關的研究自1970年代起步，其中討論紅樹林環境因子甚少，其中關渡紅樹林保留區為少數研究資料較豐富的地區，林則桐（1987）與王儀臻（1999）各進行一次紅樹林植群相關環境因子的調查，分析關渡地區各植群土壤與土壤水物化性質，測量植群所在的海拔高度，兩者施測的項目與路線一致，結果可供瞭解12年來環境變遷與水筆仔生長的情形：其中水筆仔林（植株高於1.5公尺）所在的海拔幅度在0.2公尺至1.3公尺間，以0.8至0.9公尺為最適界，水筆仔苗（植株高小於1.5公尺）海拔幅度為0.4至1.2公尺間，平均而言水筆仔所在的海拔較12年前增高0.2公尺，水筆仔分佈的下界有往低海拔擴展的趨勢。

三、河口地形變化研究

河口是河水與海洋交會之處，河口形狀除了原地質、地形條件限制，並受河水與海水交互後的物理與化學性質影響。在物理上，海水的漲退潮與海浪的拍打方向削減河川水流速度，河口地區地勢平坦、河道寬闊，再加上河水與海水混合亦產生沈積物的凝絮作用，易使河川攜帶的沈積物堆積在河口。形成的河口沖積地形常是濕地植群良好的棲地，提供植群屏障水文的侵襲與豐富的沈積營養物質。

河口影響因素相當多，若以短時距變化的觀點而言，以影響三種水文營力最為重要：河川逕流、波浪、潮汐（Galloway，1975），河川逕流包括流量、流速，波浪包括波高、波向與沿岸流流向，潮汐包括潮差、潮位，三種能量交互作用決定河口地貌。在平時，除了氣候條件改變（降雨量、風速風向），或大地構造變動（如海水面相對上升下降、地震），否則水文營力不會改變，地形應

一直保持動態平衡的狀態。在台灣，氣候條件無明顯改變；海水面相對改變的情形則各地不一，除東部海岸有明顯構造變化與西部海岸人為的地層下陷有較明確的數值研究顯示，其他地區的河口研究則先排除海水面相對升降而可能造成地形改變。人為因素是河口地形改變的重點之一，如建造水庫、攔水壩改變河川逕流量與輸沙量，河口築堤改變波浪與沿岸流方向，疏浚、地層下陷等，改變力量大於自然因素，也是不能忽略。

另外，台灣地區因氣候條件變化大，如颱風、洪水等突發事件常使波高、風速、潮差、河川流量出現最大能量值，加上河川特性多短小湍急，得地形改變更明顯（林雪美，1996）。但颱風、洪水對河口地形是侵蝕作用或堆積作用尚不能定論，一般而言，河川水位升高與增加侵蝕能力呈四次方的關係，颱風其間因降雨增加、波浪升高而增加的水位，加深河口地區的侵蝕量；若颱風不直接侵襲河口，只增加上游的降雨與沖刷上游的能力，則河川含沙量增加，彌補侵蝕量，河口反呈淤積狀態。

河口地形變化較一般地形複雜，難取得到好的量化資料。長時距變化較容易量化，因在意的是長期變化的趨勢，使用地圖、航照、衛星影像等圖像資料經影像系統處理，進一步比對地形改變，且變化幅度大，較不需擔心系統誤差影響資料精度；短時距的變化因一般資料製作單位難配合研究機動生產資訊，資料來源缺乏，且上述的遙測資料的比例尺較小，可能無法清楚表現小幅度的地形變化，在現行遙測技術尚未發展到一定程度，短時距或小規模區域的地形變化多需採實地測量，J.A.G.Copper & T.R.Mason(1990）在洪水事件前後量測河道剖面比對河口侵淤的狀況，但實測所需的人力物力頗多，且河口地形多為泥濘難行的沙洲、泥灘地，只能在重點地區以線型的佈樁觀測或剖面量測獲取資料，若線型資料足夠，即可以內差繪製的方式得到面量資料，但精度上仍不如直接從遙測資料萃取的好。

四、淡水河口現況

淡水河紅樹林保留區位於淡水河右岸，距出海口約5、6公里處。淡水河出台北盆地後，先天受兩岸大屯山群與觀音山群的包圍，雖無西部地區大河河口一般有廣大平坦的沖積地形，但自關渡隘口以下，淡水河河道變寬，與河口地

區的凝絮作用，仍形成不少河口砂洲、砂嘴，其中面積較大的區域即挖子尾自然保留區與淡水河紅樹林保留區所處的砂洲，兩者在水文上深受淡水河河水與海水影響。

淡水河上游自民國50年代起陸續興建石門、翡翠水庫及攔砂壩，大幅減少河川洪峰流量與河水含沙濃度（基隆港務局，1997），依水資會74年進行的「台灣西部河川輸沙量推估研究」，以淡水河系中上游的福山、乾溝、霞雲、五堵四測站於民國25年至72年間的資料推估早期淡水河全流域年輸沙量約963萬立方公尺，近期由基隆港務局（1997）以三峽橋、三鶯橋、橫溪、秀朗橋、寶橋及五堵等河系中游的六個測站分析，得近年來淡水河系全流域的輸沙量已大幅減少至185萬立方公尺，相差700、800萬立方公尺的輸沙量，雖河系上游的河段坡度陡峻、含沙量大，測站推估輸沙量會比以中下游測站推估的值高，但石門及翡翠水庫在82年間合計的淤沙量已高達160萬立方公尺，輸沙量的影響從下游地形得知：經由比對歷年地圖，紅樹林保留區所位之砂洲自1904年臺灣堡圖中發現蹤跡，在民國50、60年間面積達最大，之後砂洲面積開始減小，以往淡水河出海口中央上有另一塊沙洲，在民國50年間幾次颱風侵襲過後逐漸消失（周明德，1991）。在近十幾年中，紅樹林保留區明顯後退30至70公尺不等的距離，依水利局第十工程處調查河口附近的河道也有明顯向下切割的趨勢（林俊全，1998）。

淡水河保留區鄰近淡水河出海口，鄰近的海岸地形變動也多少上溯影響保留區附近地形。在海岸地形研究中，海岬地形造成波浪繞射、波能集中，岬灣內地質較軟的海岸（如：沙灘）易受侵蝕，在河口處興建海港、海堤即類似海岸地形中的海岬，但相異的是河口尚有河川輸沙量供應，輸沙量與波浪增強的侵蝕量相減，決定河口內側的侵淤。淡水河河口兩側自民國60幾年至今，陸續建造一些海港、海堤，河口右岸在民國70年初期興建淡水第二漁港，海堤工程完成後形成海岬效應，河口處雖有淡水河輸沙補充，仍比海浪侵蝕量少，漁港對岸的挖子尾一帶明顯受侵蝕後退；河口左側建設中的淡水國內商港近期將施工，完工後波浪入射的方向，沿岸流流向與河水輸沙漂移方向的相互關係又一次改變，相關研究依模式理論推斷，在淡水河輸沙量不變下，商港堤防建立能阻檔河口輸沙入海，河口一帶的海岸線可能淤積前進500-1000公尺（基隆港務局，1997）。這些改變對離出海口一段距離的淡水河紅樹林保留區影響雖不似

挖子尾保留區直接明顯，但在間接波及地形與水文因子，故需密切觀察瞭解。

五、現有淡水河河口觀測相關資料

（一）氣候

距研究區最近之氣象測站為淡水測站，位於淡水河出海口右岸附近，海拔19公尺高。逐時提供氣溫、降水、風速、風向資料。

（二）水文

因淡水河鄰近台北市區，故對於淡水河的水理調查研究較其他河口多，中央氣象局自39年在河口右岸的油車口設置潮位站，逐時觀測潮水位變化水利局於民國58年起開始，由第十工程處（現改名為北區水資源局）成立淡水河觀測隊執行。主要的水文觀察包括水位、潮水位、流量、流速、含沙量等，觀測隊在保護區北側的油車口與南側的土地公鼻設置潮位站，逐時提供水位與潮水位資料；因河口地段的水理現象複雜，故無流量與流速資料；含沙量則以中游幾個測站做抽驗觀測，一年進行一次。

而淡水河口外的海象資料則無固定單位觀測，近年因幾項重大工程興建，相關負責單位陸續進行海象資料的調查，但時間較晚，人為改變速度快，海象因子如何影響附近地形的變化，是否連帶改變較內陸的保護區地形，正有待觀察。

（三）地形

淡水河觀測對一般河川斷面每年進行一次斷面測量，據以推估河川沖淤情形，淡水河口段自隘口以下設置十二個剖面，從民國60年起進行觀測，資料最大的問題乃資料點不足，當橫剖面跨越如保留區此類泥濘難行的區域時，取的資料點就較少，略損剖面測繪的精確度。河口臨海岸的地形變化，自民國75年起有水利局、基隆港務局、台北市建設局等陸續觀測，繪製剖面圖與等深線圖，其中水利局在一年中觀測5月、10月兩次，以瞭解夏季颱風、洪水對地形的影響。

河口地區變化瞬息，能獲取越多的資料量做基礎越能掌握地形變化的趨勢，上述的資料雖豐，但若以紅樹林保留區一地為研究主題，就需就地的微觀測及更多資料參考輔助，這也是本研究執行的目的之一，並期掌握現有觀測基礎，利於未來長期觀測研究的進行。

六、淡水河紅樹林環境監測計畫

在本計畫中的環境監測可分為三個主要的部份，分別是微氣候觀測、水文觀測與微地形觀測，以下便就各個分項加以說明：

（一）微氣候觀測

本研究在紅樹林生長的範圍中使用全自動電子式氣候觀測儀器，進行二十四小時的連續觀測，觀測項目包括氣溫、相對濕度、風速、風向與降雨量等。觀測的儀器包含兩大部份，包括資料處理記錄儀與感測器。

1. 感測器

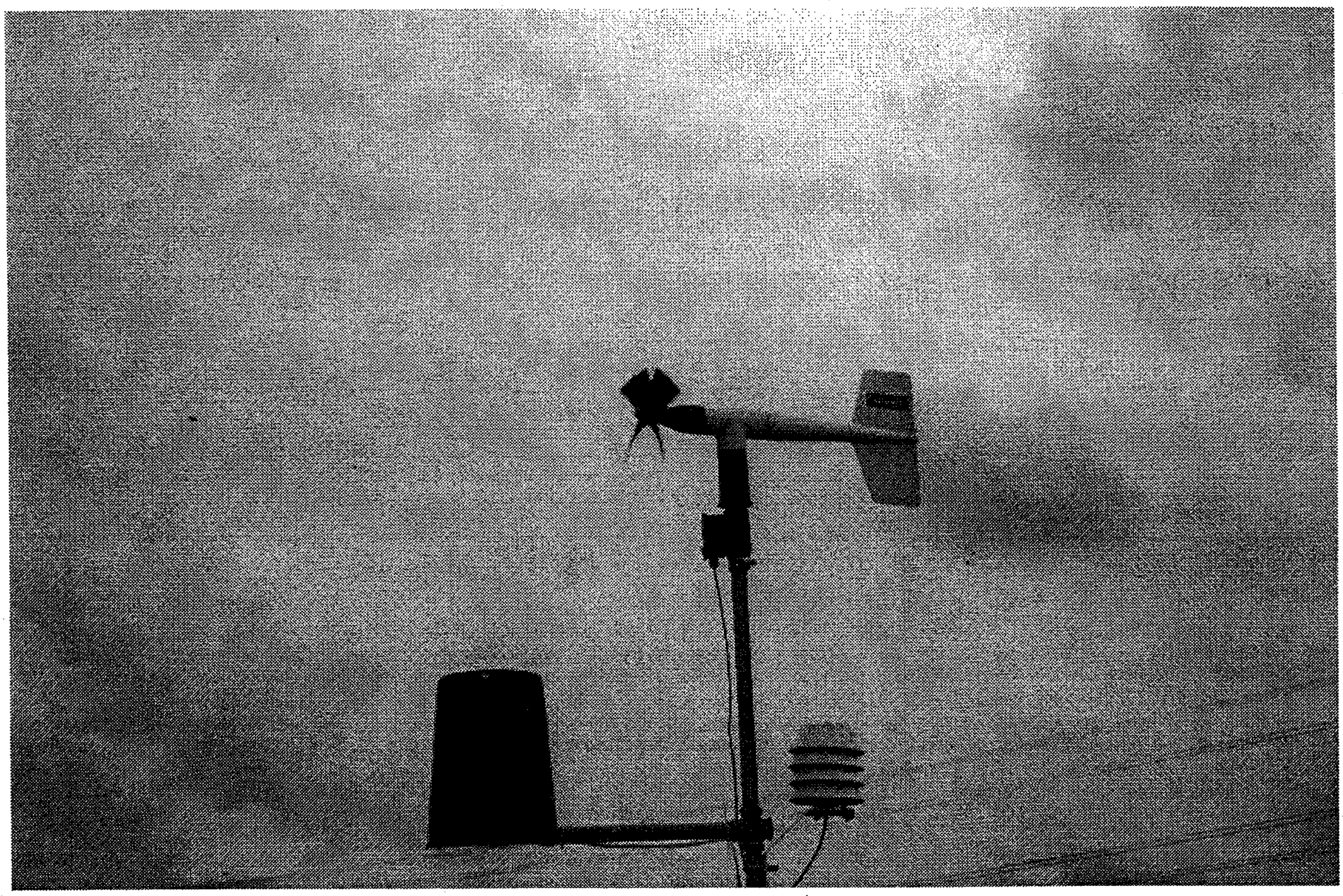
感測器主要的功能是將環境中各項觀測資料轉換成電子訊號，再由資料處理記錄儀加以處理、記錄。其中，轉換的電子資訊可分為三類：分別是電子脈衝、電壓差和頻率。在本研究中，氣溫、相對濕度與風向三項資料是以壓差的方式轉成電子訊號，降雨量與風速則以電子脈衝的方式轉換。溫、濕度感測器是美國Campbell公司生產的207型溫、濕度感測器，其中溫度感測器元件是由Fenwal電子公司生產的UUT51J1型溫度元件，屬於精密的電橋式電阻，適用的溫度範圍從-33℃至48℃，精度達到±0.4℃。相對濕度的元件是由美國Phys-chem科技公司生產的PCRC-11型的相對濕度元件，適用的濕度範圍從12% 至100% ，精度約為5% 。風速、風向計為美國Young公司生產，型號為05103型，其中風速計是由螺旋槳式的機械裝置利用風力轉動螺旋槳，再將旋轉的速度轉換成電子脈衝訊號，其適用範圍為每秒0公尺至每秒60公尺間，若風速大過每秒100公尺則會對感測器造成損害，而最小的啟動風速為每秒1公尺，精度為每秒0.098公尺。風向計適用的範圍從0°至355°（有5°的空白），精度為±0.25%。雨量計為美國Davis公司生產，可將降雨量以傾斗式的機械裝置轉換成電子脈衝訊號，

每一個脈衝代表0.2mm的降雨量。

2. 資料處理記錄器

本儀器由美國Campbell公司生產，主要的功能是將感測器傳來的電子訊號轉換成數值加以記錄。本儀器可分為兩部份：一是處理器的部份，型號為CR10，可接10組壓差輸入，兩組電子脈衝輸入，所需的電源為12伏特，使用日立的中央處理器，內部記憶體為64K（RAM），程式執行時間由0.0156秒至8191秒，壓差輸入範圍為0至2500毫伏特，若是有特殊需求，可使用擴充模組加大輸入的資料點數。其二是資料記錄器的部份，型號為SM192，主要的功能是將資料處理器所蒐集、處理的訊號加以記錄，其內部附有電源供應的固態記憶體（Solid-state RAM），即固態硬碟，內部的3.5伏特鋰電池可提供穩定的電源，最高可保持資料6至10年不會流失。SM192記憶模組的資料可用電腦讀取或直接連接至印表機列印，內部的容量為192K，以目前微氣候站的資料大約可記錄半年以上的資料。

以紅樹林的微氣候觀測為例，共有5個資料點，分別記錄氣溫、相對濕度、風速、風向與降雨量資料，程式每隔10秒鐘執行一次，讀取感測器傳來的資料，每30分鐘將這些資料處理一次，形成180筆資料平均或累加的資料點，24小時連續觀測記錄，因此每日可獲取48筆資料。本站由民國88年4月6日開始進行觀測工作。本研究最後一次讀取資料的時間為88年12月23日。



照片一　淡水河紅樹林微氣候觀測站

（二）水文觀測

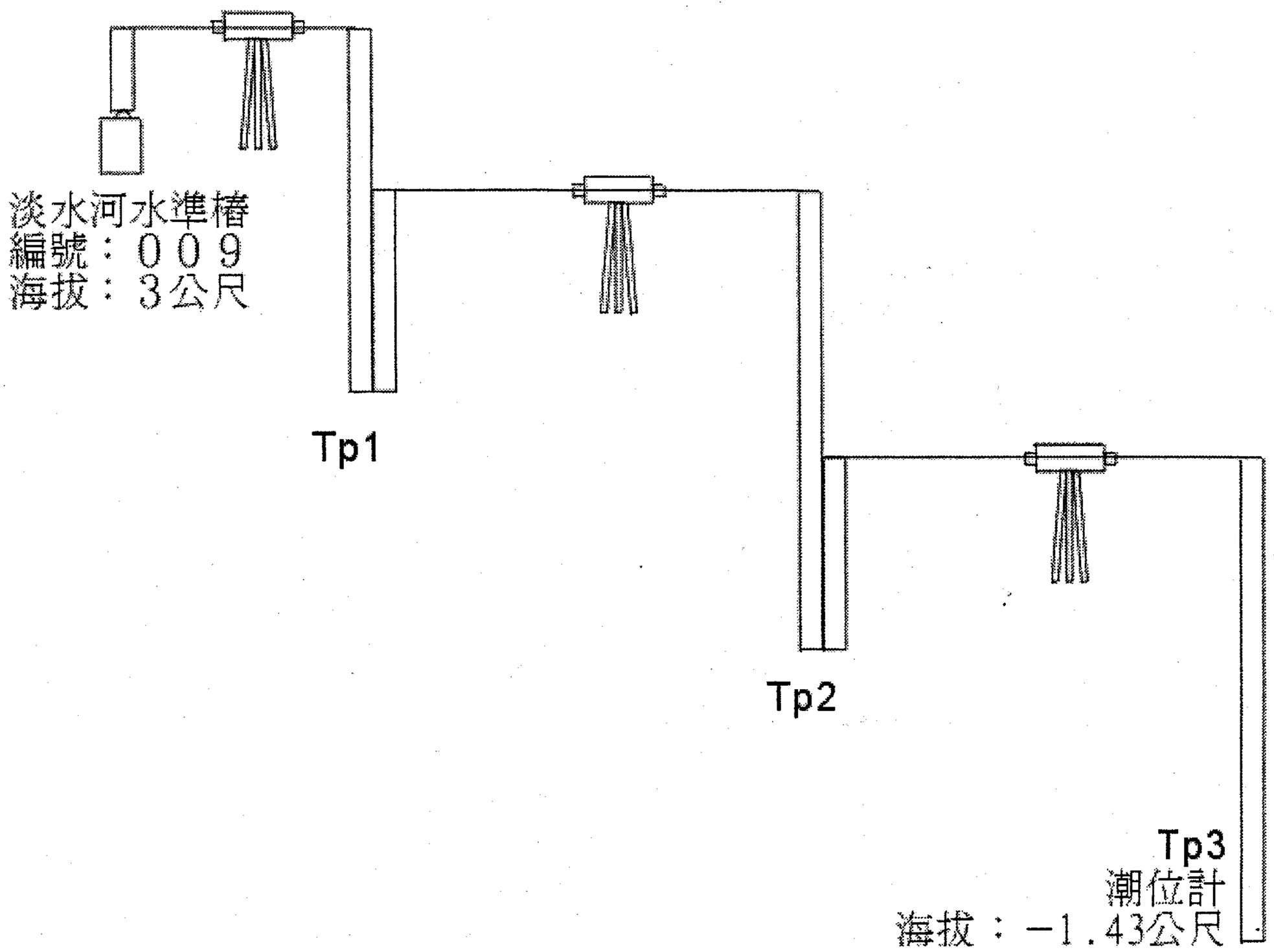
在本研究中，水文觀測主要是在淡水河紅樹林保護區對岸（台北縣八里鄉龍形地區）設立觀測點，觀測的重點是淡水河潮位變化的狀況，而測站設在龍形地區主要的原因是因為在淡水河紅樹林保護區附近無法找到適當的位置架設觀測儀器，因為這個地區屬於河口濕地，土質鬆軟，無法有效固定儀器，再加上退潮後泥灘地直接暴露空氣中，儀器無法讀到水位面的資料，故不宜架設潮位計；而對面的龍形因泥灘地範圍較小，方便在近河岸處架設潮位計，故選擇此地為觀測點。

潮位計主要分成兩部份：一是潮位感測器，另一是資料處理記錄儀。其中，資料處理記錄儀與微氣候站同使用CR10和SM192。而潮位感測器是使用Druck公司生產的PCDR940直流電型感測器，其適用範圍從水下0公尺至10公尺深處，輸入電壓為12伏特，精度為±0.1%，感測器本體以鈦金屬包覆，可忍受外界環境的各項干擾，穩定性佳。

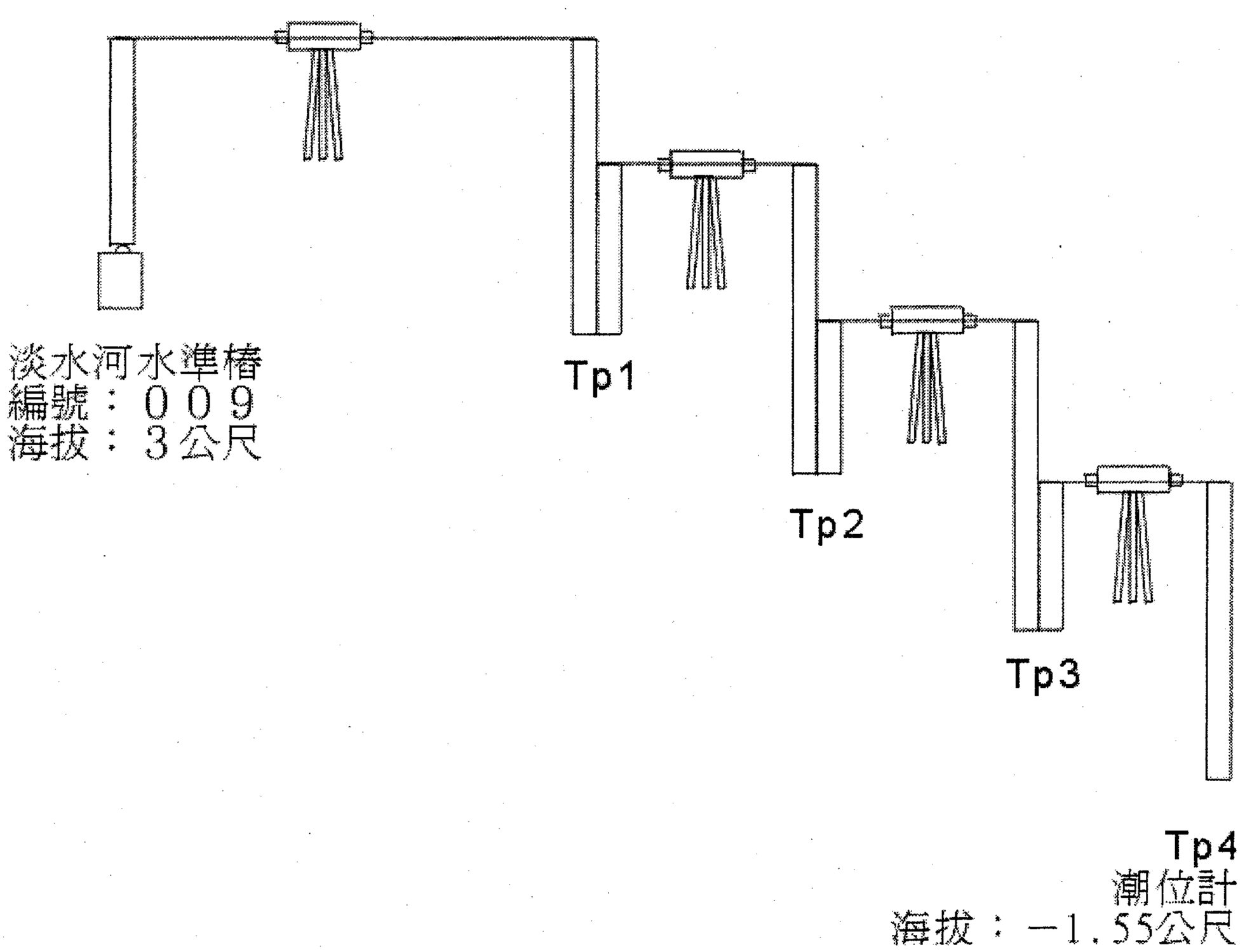
潮位的零點以台灣省水利局架設的水準椿為基準，其編號為009，其高程為海拔3公尺，因本潮位站的位置與水準椿約80公尺左右，距離很短，故直接進行短距離單基準點的水準測量。經過水準測量後，求得感測器零位點位於海拔負1.305公尺處。本測站由民國88年4月25日開始觀測。

潮位站經過約一個半月的觀測之後，在一般例行檢查之中發現感測器的位置可能過高，在某些低潮位的情況之下可能會離開水面，產生無水位讀數的狀況。因此，工作人員在6月11日至14日進行更進一步的修改施工，將潮位計的感測器由原來的位置換到新選定的裝置點，經過再一次的測量後發現新的潮位計感測器的零位點位置在海平面下1.56公尺處，也就是位於海拔負1.56公尺，比原先的位置更深約21公分，應可發揮更大的量測效果。圖一與圖二就是兩次潮位站測量的結果。

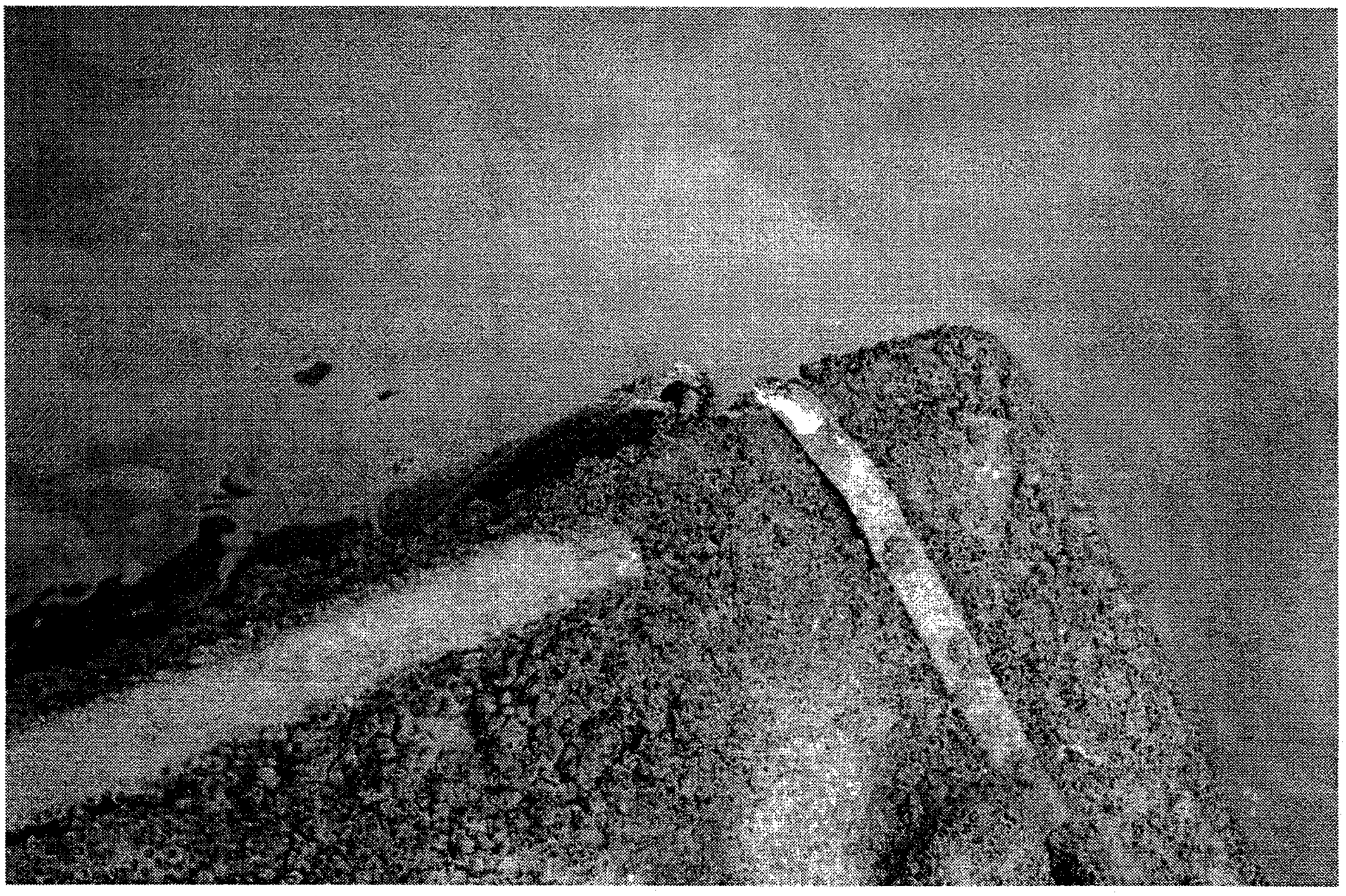
在88年11月26日凌晨，在本研究所設潮位站附近有意外狀況發生，導致鋼架掉落，擊中內含資料記錄器的儀器箱。使儀器故障，觀測工作被迫中斷達27日，目前已修復。



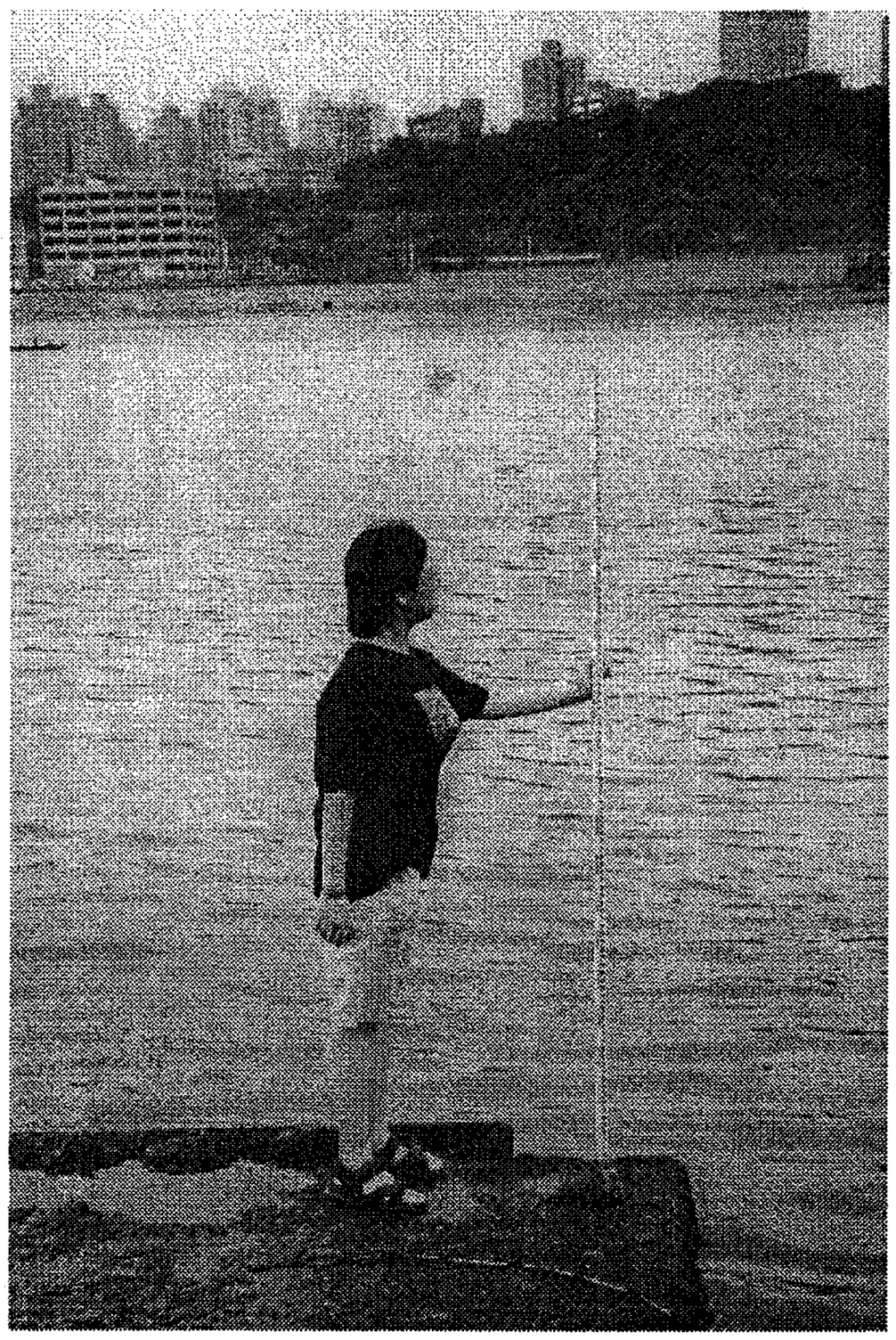
圖一　　淡水河紅樹林微潮位站第一次測量圖



圖二　　淡水河紅樹林微潮位站第二次測量圖



照片二　淡水河紅樹林潮位觀測站壓力感測器裝置管



照片三　研究人員於淡水河紅樹林潮位測站進行水準測量

（三）微地形觀測

淡水河紅樹林是屬於淡水河河口紅樹林濕地，由於其位置是在淡水河與陸地的交界處，受到河流作用變化的影響。位在這樣河、陸交接的地區，其泥沙主要的來源是淡水河攜帶到台灣海峽的沈積物。因此，河川沈積物的多寡直接對這個濕地的地形發育有所影響，當河川攜帶的泥沙量多，在這個地區沈積的量相對的就會增加，也因此紅樹林的範圍就會加大；相對地，若是河川上游所供應的沈積物的量減少，河川攜帶的沈積物的量也會較少，經侵蝕與堆積兩者動態作用的結果會使這個交界處呈現侵蝕的現象，紅樹林就會受到影響。

由已出版的不同年代的地圖可以看出，淡水河紅樹林地區正在明顯的縮小之中，由林務局農林航測所出版的五千分之一地形圖與內政部出版的經建版兩萬五千分之一地形圖中都可以明顯的發現紅樹林正在縮小之中。大約在最近的十幾年之中退後了將近60-70公尺。若是將時間尺度拉長，從過去日本所出版的堡圖來看（1925年出版），其結果卻大有不同，由1925年至1958年之間，現在淡水紅樹林的位置只有小小一塊沙洲，在接近淡水河的右岸的位置，沙洲是逐漸變大的，換句話說就是沈積物逐漸在這個區域堆積，這個現象與現在侵蝕的情況有明顯區別。由這樣的研究可以發現其實淡水河紅樹林是處於一個動態變化地形的位置，當自然界作用力改變或是互有消長時，在地形上便會展現出來。因此，對於當地微地形的觀測也就顯得更加重要，因為可以提供相當多的資訊，對於要更進一步瞭解紅樹林濕地的生態環境也會有相當的幫助。

在本研究之中，對於淡水紅樹林的微地形研究是採用設置固定樁的方式加以測量。在淡水紅樹林區大致可分為潮溪北岸與潮溪南岸兩個區域，每一個區域又可再區分為接近潮溪與接近淡水河的區域。以自然作用力來區分，由於淡水河的流速快、流量大，其河川作用力也較大，接近淡水河的區域因此要比接近潮溪的區域更受影響。再加上潮溪北岸區域接近軍事禁區，有接近上的困難。因此，本研究在潮溪南岸的區域設置觀測樁來進行微地形觀測作業。

本研究的微地形觀測是採用觀測樁的方式，這是一般國內外地形研究中侵蝕探針（EROSION PIN）的放大修正版。一般的侵蝕探針是直接在小區域的地面上規則地釘入觀測用的金屬釘，先進行一次的測量作業，找出基準面，然後

每隔一段時間再進行後續的測量工作，將地面當時的位置加以測量。比較基準面與目前地面的相關數據就可以計算出該地區是上升或是下降（當然在本區域要排除大地構造的作用），地形面上升就是堆積，而下降就是侵蝕作用所造成的。經過侵蝕探針的設置與其後續的測量作業就可以得到該地區侵蝕與堆積的情形。用這樣的方法是相當精確的。

在淡水河紅樹林微地形研究中所採取的研究方法是改良式的侵蝕探針，也就是沿著淡水河較受河川作用影響區設置觀測樁。觀測樁是以直徑2.5公分、長1.2公尺的木條所製成，整個漆上白色油漆以延長壽命，上端20公分處則漆上紅色油漆以供辨識之用。在沿河岸區域每隔15公尺的距離立一支觀測樁，總計設置了120枝觀測樁，並且記錄樁與樁之間的相對位置以便將來定位與製圖比較之用。

此外，在淡水河紅樹林潮溪以南區域也選擇了五個剖面的位置來進行橫剖面的測量，這樣的橫剖面測量是配合在淡水河岸建立的觀測樁的研究，觀測樁主要是觀察沿河岸狹長區域的地形作用與其微地形的變化，屬於縱向的觀測基準；而五條橫剖面則是建立橫向的觀測基準，觀察橫向的地形作用與其變化。結合縱向與橫向的研究結果就可以建立該區域完整的微地形時間序列變化。這對本研究是十分重要的。

觀測樁的定位工作主要是以全球衛星定位儀（G.P.S.）為主，因為在該區域要建立適當的測量基礎與進行精確的量測工作有其困難性，故在本研究中以全球衛星定位儀來進行定位工作，提供相關的大地座標資訊。第一次的定位工作是用GARMIN公司的GPS45型來進行，將全球衛星定位儀放置在固定的位置，連續讀取定位的資料。將這些大地座標資料加以處理就可以獲取相關的精確位置座標。在本研究中所使用的全球衛星定位儀其輸出方式是以WGS84橢球為基底的經緯座標，與現在台灣所用的以TW67橢球為基底、二度分帶投影的座標系統有所不同，需要經過相關的轉換方能將兩者加以對照，這是在研究中的一項困難。經過查證找出兩者的轉換經驗公式，才能正式將兩者的資料合併。在本研究中，配合潮汐時間與研究需求，全球衛星定位儀約在淡水河紅樹林潮溪南岸的最北端點放置了一個小時，收集到了約240點的位置點座標資料，而事實上這個全球衛星定位儀式沒有移動的，但是所讀到的座標點卻是一直再改變，這是因為外界狀況一直改變所產生的誤差，經過一段時間的收集，在將所

獲得的座標位置加以平均，就可以算出一個精確的座標位置，取代用經緯儀以及測量樁點所測得的結果。

在本研究之中，利用全球衛星定位儀定出最北端一點的位置，其他點則有紀錄與前一點的相關角度與距離的關係，利用這些資訊就可以將其他點的位置算出來。每隔一段時間再去檢查各測量樁是否有被河水沖走的情形，以及測量各橫剖面是否有沖蝕或堆積的狀況，以這些資料就可以建構出在淡水河紅樹林地區的微地形隨時間改變的狀況。

為了使各個樁點的位置能更精確，故進行第2次的定位測量，以使測量精度提升。第1次測量中採對第1個樁點進行1小時的靜態測量，回是內在進行資料後處理，平均求解得到一基準座標，其餘各樁位再比對與上一根樁位的相對位置，全部共120根木樁，每次比對方位得到的細微誤差累加後會產生一定量的位移。2次的定位測量選擇以多點定位，並以差分（DGPS）處理，希望在有限的儀器設備與野外觀測限制中，提高測量精度。

第2次的GPS定位以美國Trimble公司出產的Pro XR型的GPS，基本配備參見圖一，儀器定位精度小於1公尺，室內處理的部份採用Trimble Pro XR 配備的Pathfinder Office計算軟體。Trimble Pro XR型的接收儀可選擇台灣目前所常用以TW67橢球為基底、二度分帶投影的座標系。並選擇林務局的GPS資料作為基站。

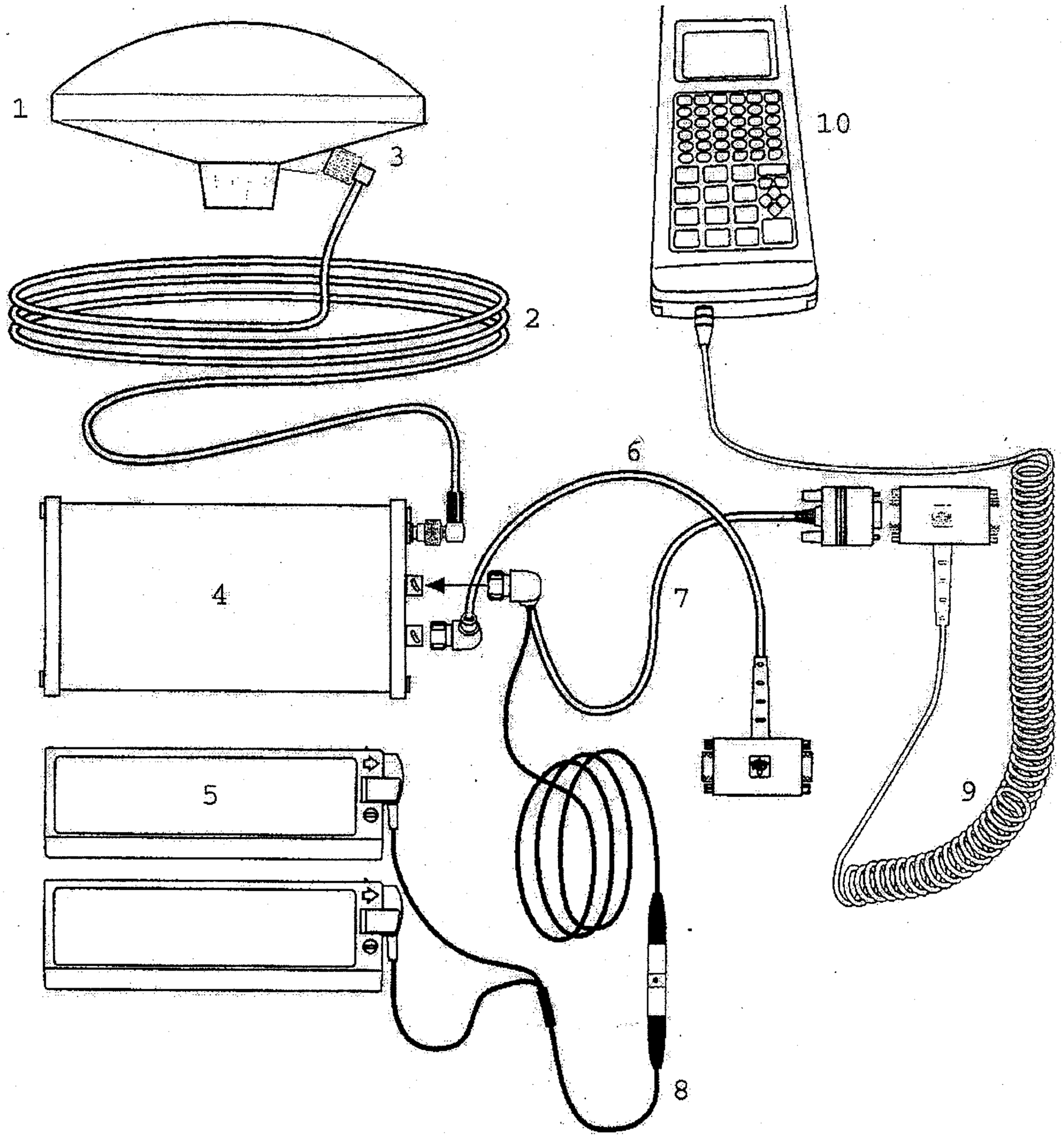
單點定位係依據虛擬距離觀測量來求解，在訊息接收的過程難免受衛星時鐘誤差、電離層與對流層遲滯誤差、雜訊等干擾，故現今多採用差分（DGPS）定位法改正單點定位的誤差。DGPS利用架設在已知位置的固定GPS接收站（稱基站，Base Station）所接收的資料計算上述誤差造成的影響，再與移動的GPS站接收資料合併計算，以求較高精度的導航定位解（曾清涼、儲慶美，1999）。DGPS資料處理分及時性處理（Real time）與後處理（Postprocessing）兩種，因儀器限制，本次觀測採取後者，將野外觀測資料攜回室內處理分析，測量方法如下：

1、 選擇樁點編號1、20、39、60、80、100共6處進行單點定位，編號1的觀測值可與第1次觀察做比較，本次增加的5點測量乃配合各剖面觀測做定位。

2、 每次測量為期5分鐘，每一秒鐘接收一筆資料，共計300筆，接收完畢後再至下一個觀測點，進行相同步驟。待6個觀測點接收完畢，再重覆一次測量，兩次測量的時間間隔50分鐘以上。

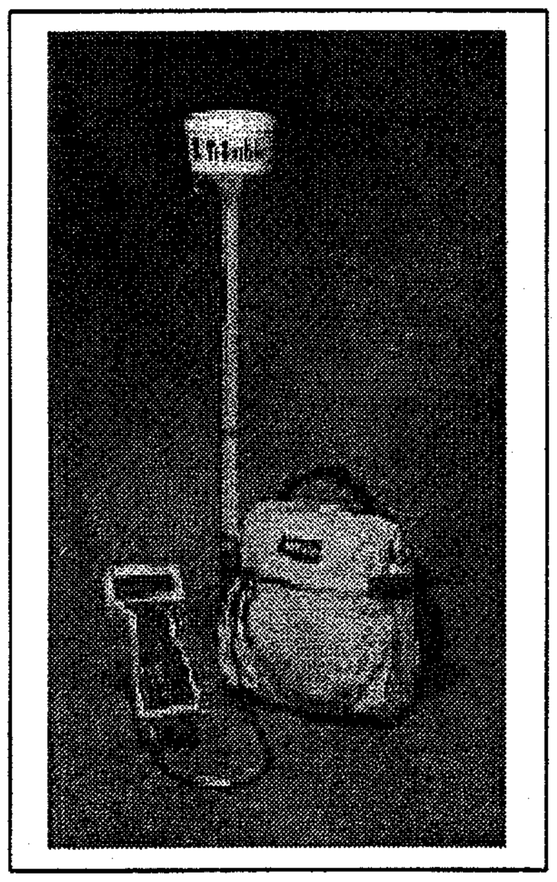
3、 接收後的資料帶回室內進行差分處理，選擇的基站為林務局提供的基站資料。

本次定位的方式係參考GPS測量法中虛擬動態（Pseudo-Kinematic）快速測量法，虛擬動態法係以兩部以上的接收儀架設在基線的端點，同步收訊，其實一般靜態測量法的需求重於衛星分佈於天空的幾何架構改變，非觀測量多寡。改採較少的時間接收定點資料，在衛星的幾何架構改變不大的接收其他點的資料，以節省觀測時間。在點與點間的接收時，儀器可以關閉，不需連續測量。但，因現有的設備無法滿足虛擬動態測量要求：同時有兩台以上的接收器接收，同時接收8顆以上的衛星（在野外一般同時接收6-7顆衛星），故本次採取一台接收儀單點接收，相隔一段時間再重覆接收，雖無法達到虛擬動態快速測量法的公分級精度，但對比差分後的結果，也可達到Trimble Pro XR儀器定位的精度小於1公尺的標準。

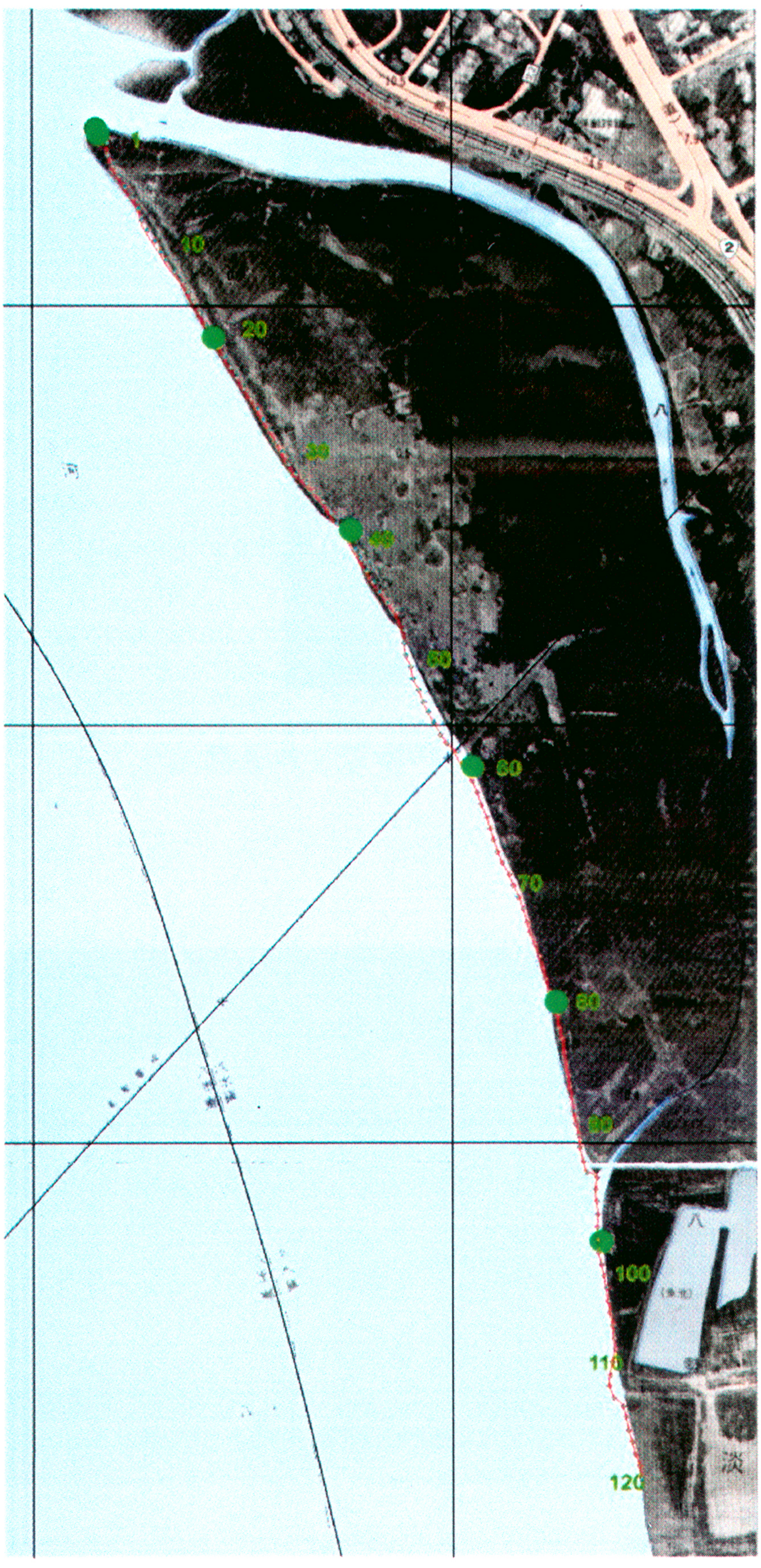


GPS 天線

1. 天線
2. 天線接頭
3. 12-cannel GPS 接收器
4. 電池
5. NMEA/RTCM接收器接頭
6. DATA/POWER 接線
7. 電池連結線
8. TDC1 DATA/ESP 接線
9. TDC1 Datalogger

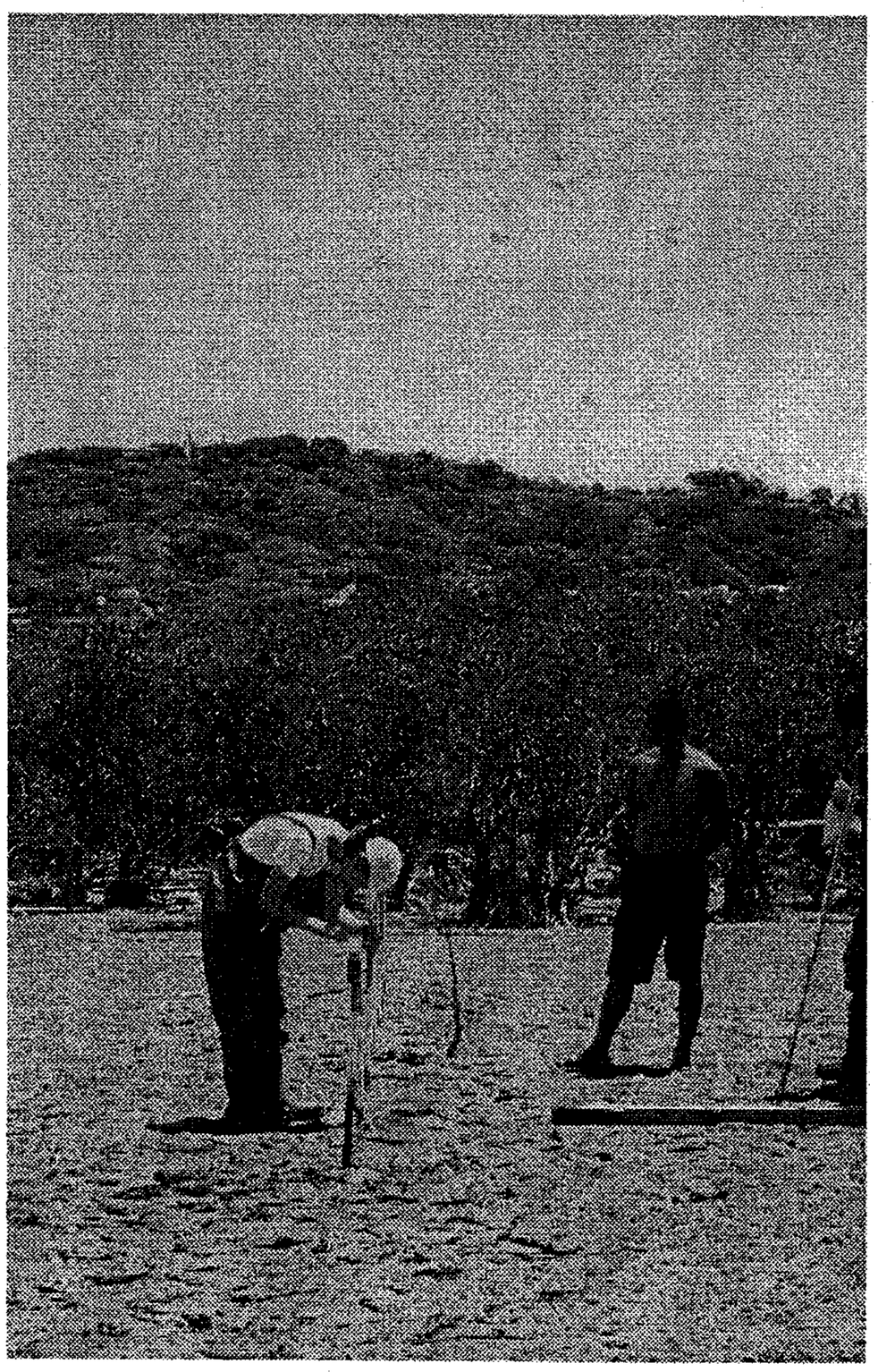


圖三　　TRIMBLE PRO XR基本配備

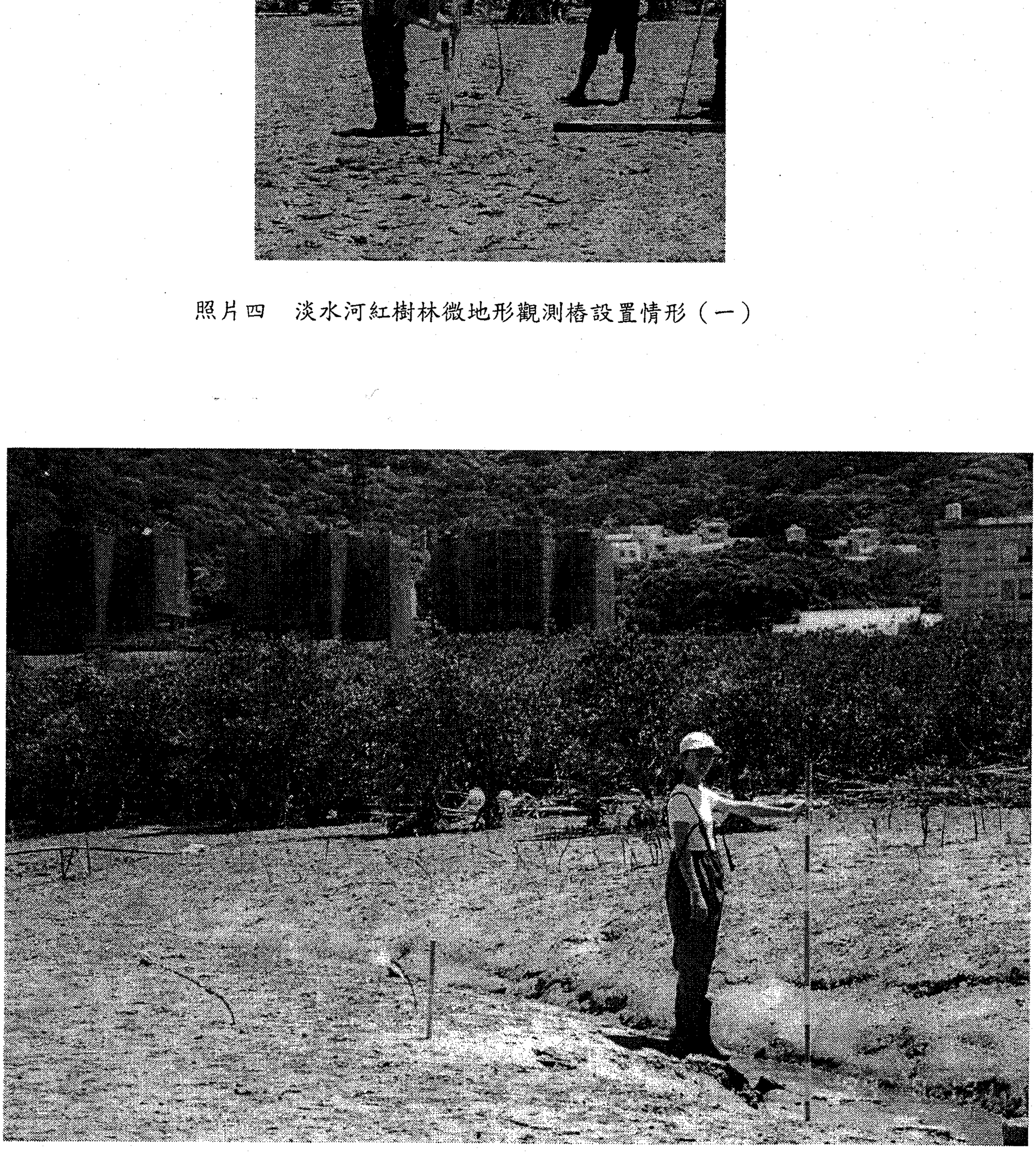


資料來源:聯合勤務總司令部測量署,中華民國臺灣地區像片
基本圖第三版:淡水,龍形,五千分之一,1994

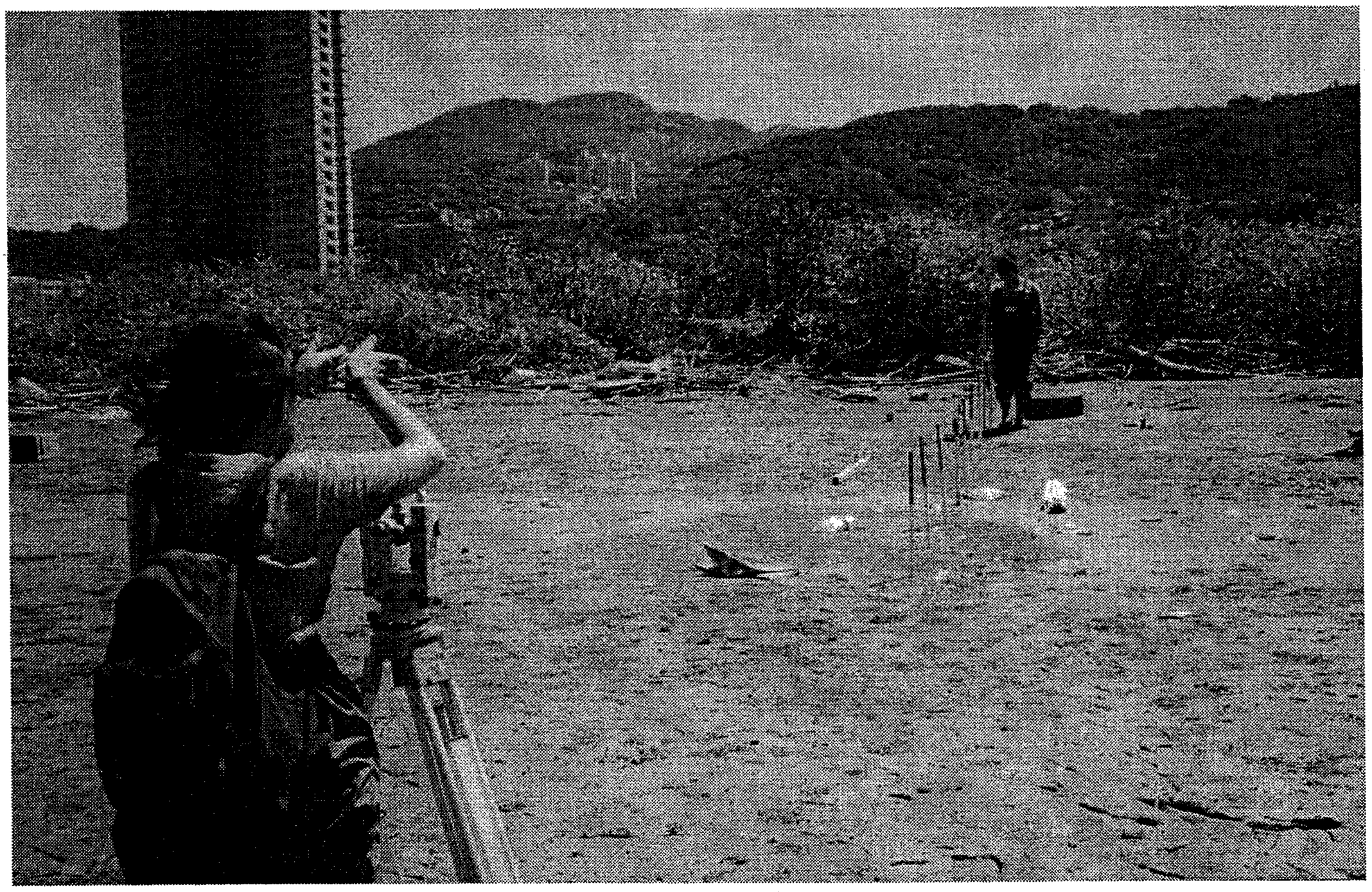
圖四　　淡水河紅樹林定樁點分布圖



照片四　淡水河紅樹林微地形觀測樁設置情形（一）



照片五　淡水河紅樹林微地形觀測樁設置情形（二）



照片六　淡水河紅樹林微地形觀測樁設置情形（三）

七、淡水河紅樹林環境監測結果說明

（一）微氣候觀測

本計畫中的微氣候觀測於民國88年4月6日，本次資料的終點是民國88年12月23日。

1. 氣溫與相對濕度

由所收集的資料來分析，可以發現本測站所量測到的氣溫有很明顯的日夜循環，也就是接近中午的時間氣溫會達到最高，而午夜的時候氣溫降到最低。由4月到8月這段時間，氣溫愈來愈高，最高的氣溫甚至達到攝氏35度。而低溫的部份也漸漸上升，4、5月時正值春末夏初之際，氣溫大約保持在攝氏20-30度的區間之中。在觀測值之內，4月只有5次氣溫高於攝氏30度，5月則較多有11次。氣溫漸漸有上升的趨勢，尤其是5月時大量的降雨使得氣溫保持在較低溫的狀態，但是到了6、7、8、9月時已經正式進入夏季氣候型態。氣溫的記錄上可以明顯地看出6、7、8三個月的氣溫每天都會突破攝氏30度，只有6月的三個降雨日除外。在7、8與9月時不論天晴或是下雨，最高氣溫都保持在攝氏30度以上的高溫。顯見本區已經漸漸進入夏季高溫的氣候型態。

在相對濕度方面，約略與氣溫的變化趨勢相反，這主要是由於白天的太陽輻射強烈，將大氣加熱，使得氣溫上升，相對濕度因此下降。整體來說，相對濕度大約保持在60%至95%的區間中，但是如果經歷長期未下雨的狀況後，相對濕度會下降到40%左右的水準。

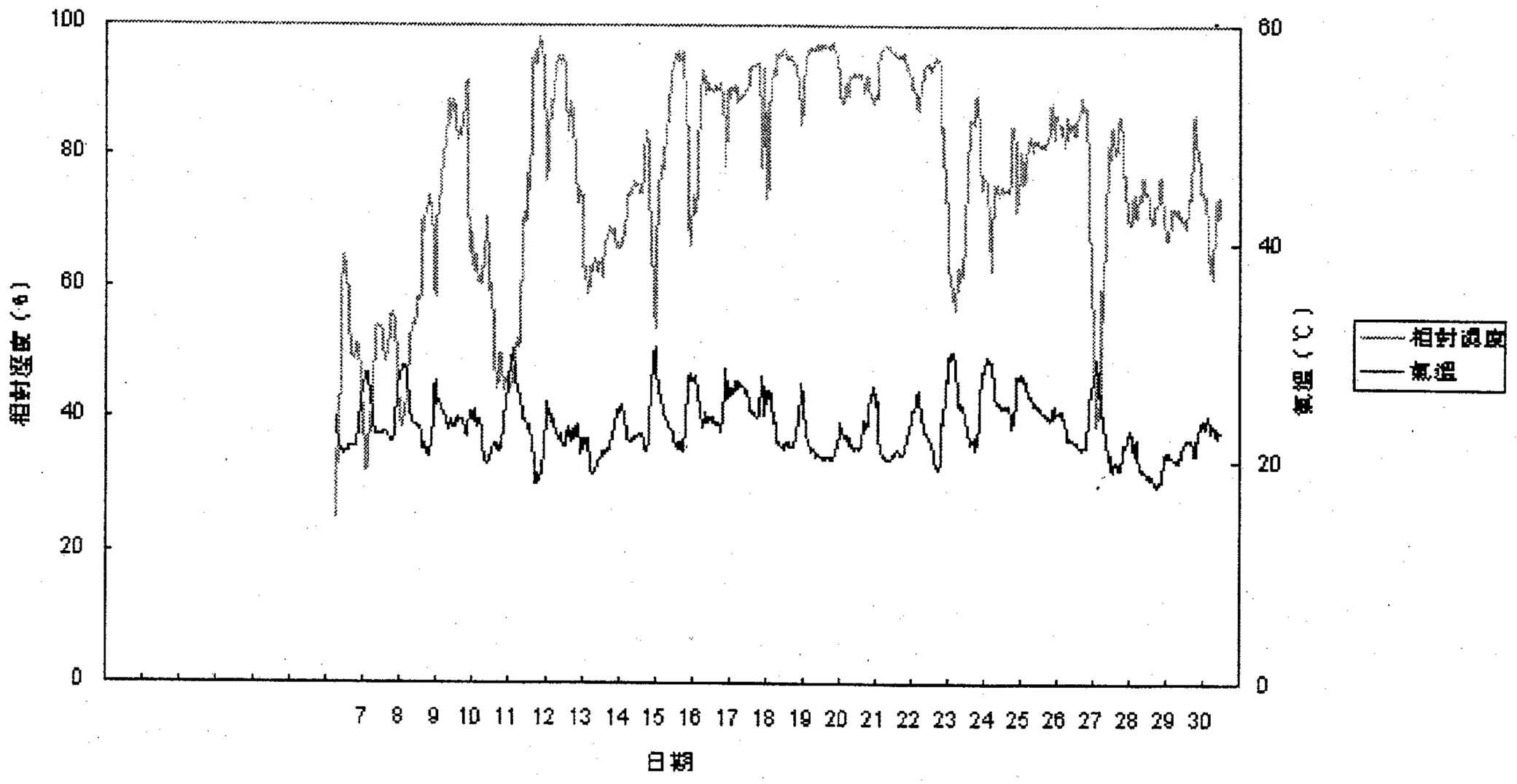
在進入10月之後，氣溫明顯往下掉，由圖上看來在10月16日-17日之間，氣溫由原本的平均30度左右，轉變為25度左右開始進入秋冬季。自此之後，氣溫一路向下探底，在12月5日之後由北方南下的大陸冷氣團開始發生作用，氣溫節節掉落，最冷曾經記錄到攝氏6.8度（12月22日凌晨），與氣象局所觀測到的結果相近。正式宣告本區進入冬季氣候的型態。

相對濕度除了有日夜變化與受氣溫影響之外，在各季節看來也有明顯的變化。4月時降雨量較低，使得相對濕度一直保持在低檔，最低的時候曾經掉到40%左右的水準，這是相當乾燥的狀況。只有在降雨時，相對濕度的讀數才會有明

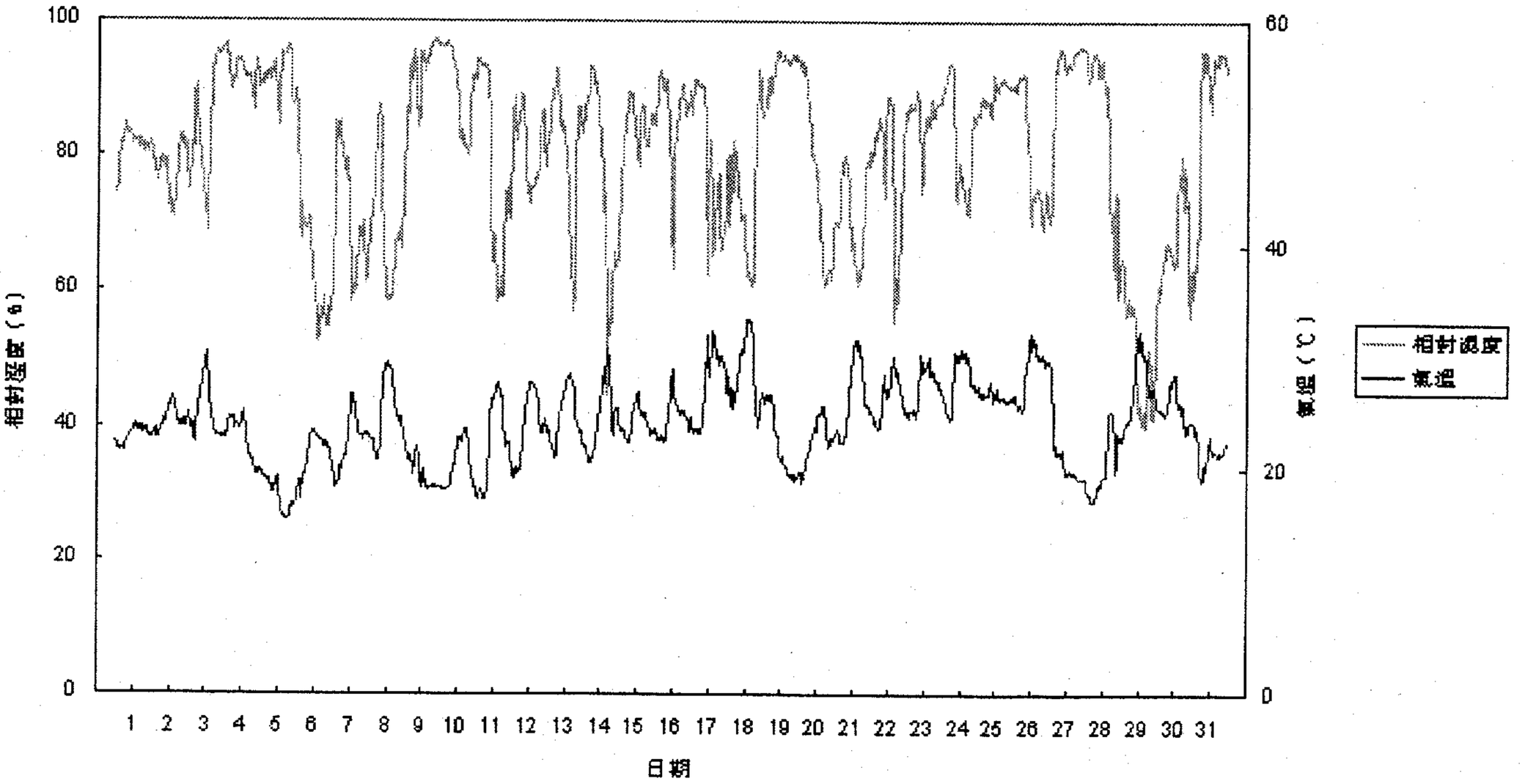
顯的上升。到了5月時，降雨量上升，直接反映在相對濕度的記錄上，在這個月相對濕度低於60%以下的情況較少，大部份的時間都保持在70%。在6、7、8月時，不管是否有降雨，大氣中相對濕度都保持在80%以上的高檔，顯示大氣十分潮濕。如果加上高溫，就是典型的夏季季風氣候，高溫、高濕又高降雨量。

在10月16-17日氣溫降低之後，溫度與大氣濕度的關連和之前沒有明顯的差別。

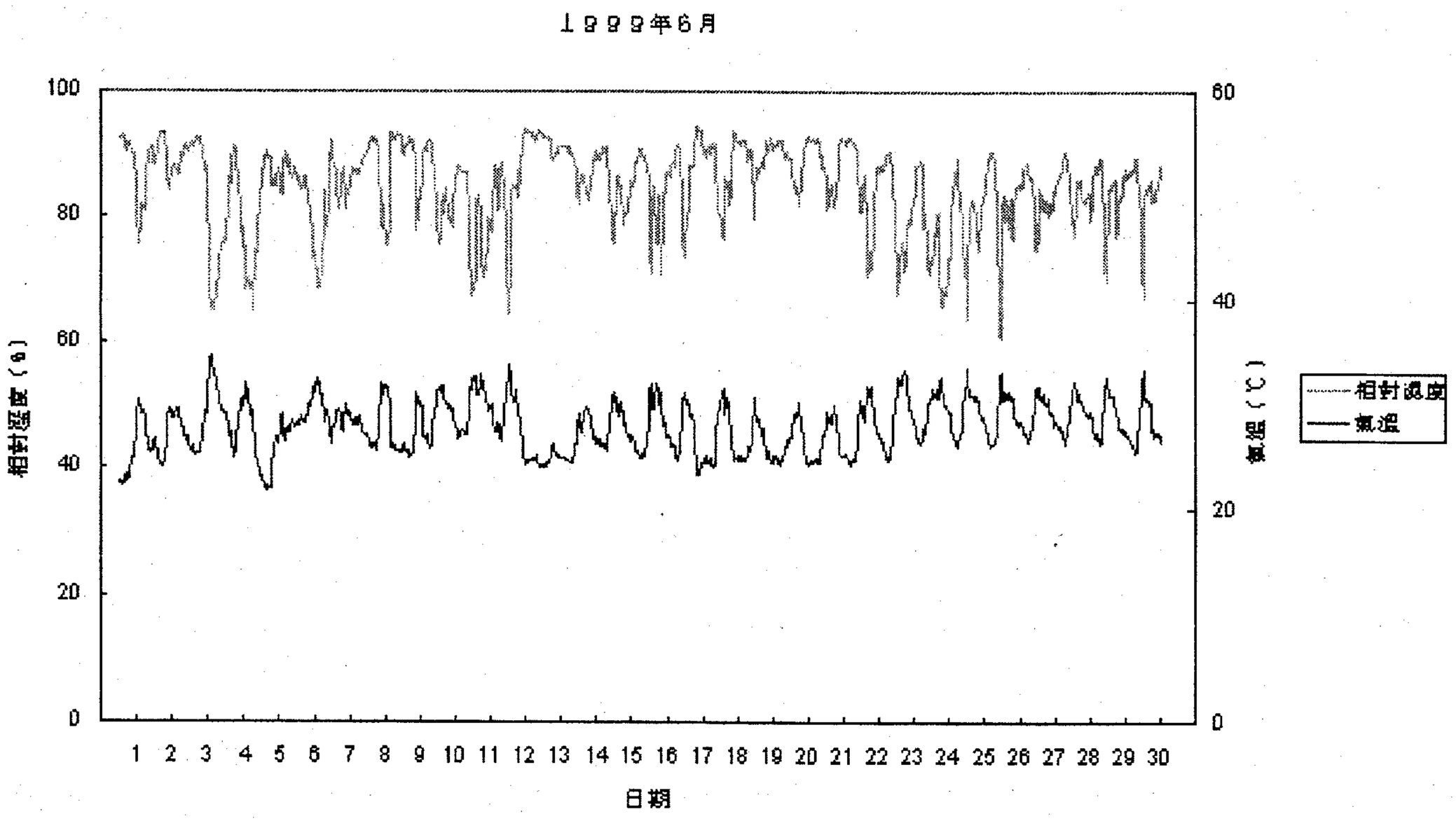
另外有一個特別的狀況值得注意，就是降雨會對氣溫與相對濕度產生影響。在降雨期間，濃密的雲層會阻斷大部份的太陽輻射，使大氣與地表產生降溫效應，氣溫也因此下降。在某些特殊的狀況下，溫差可達到攝氏五度以上。另一方面，降雨會帶來大量的濕氣，使空氣中的相對濕度急速上升，這種情形在圖中也可以清楚的看出來。



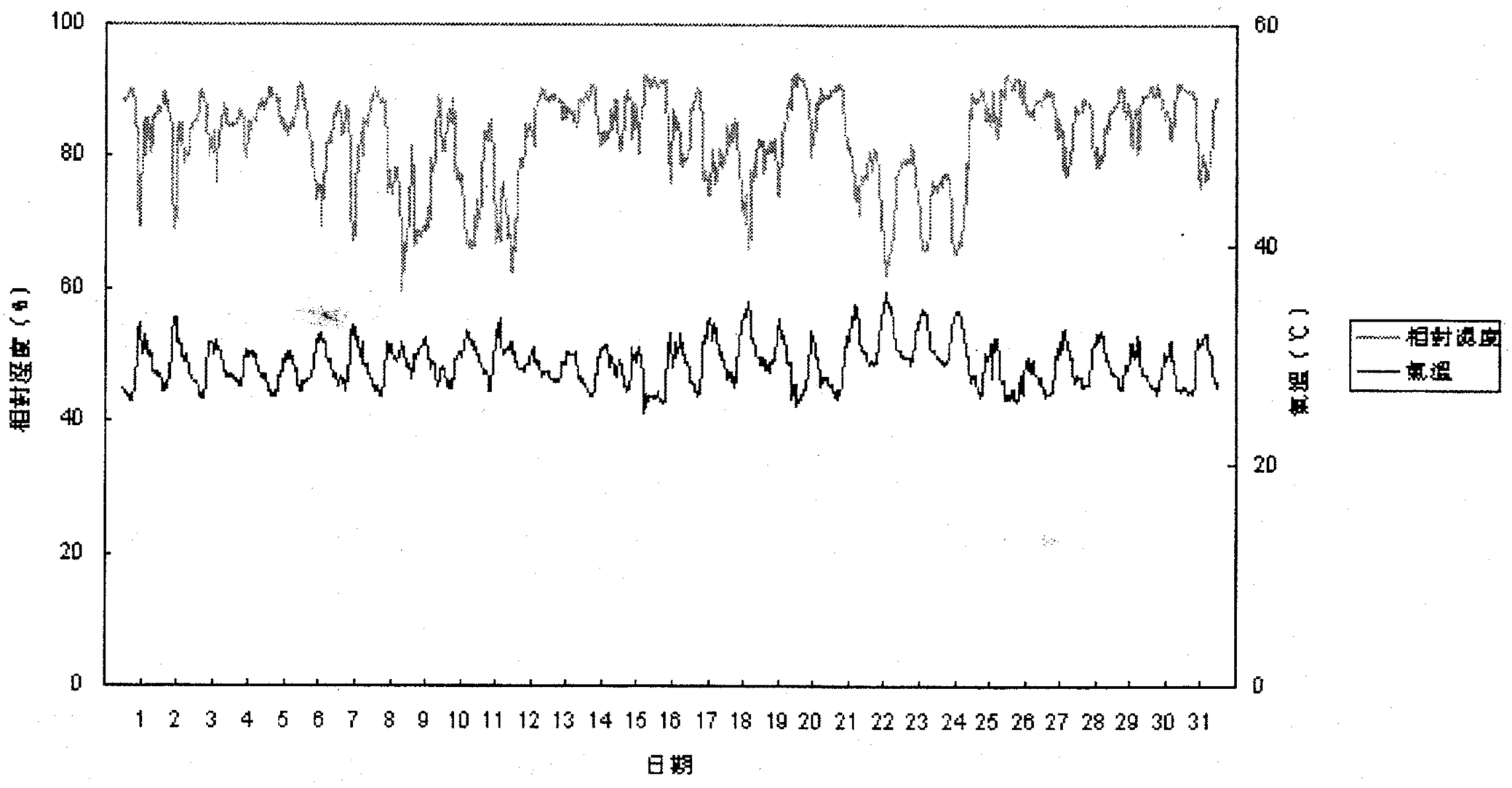
圖五　　淡水河紅樹林微氣候測站四月份氣溫與相對濕度圖



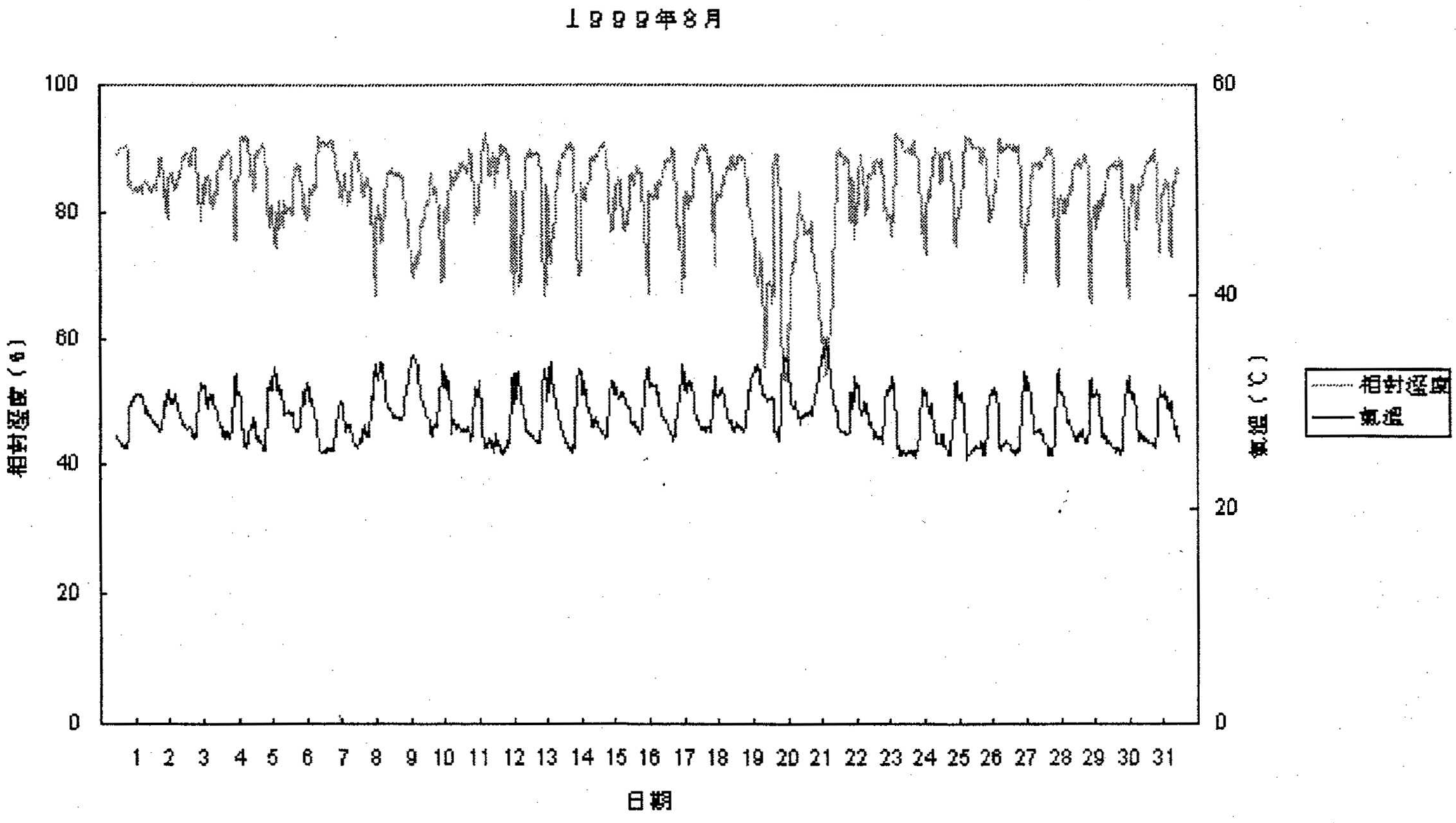
圖六　　淡水河紅樹林微氣候測站五月份氣溫與相對濕度圖



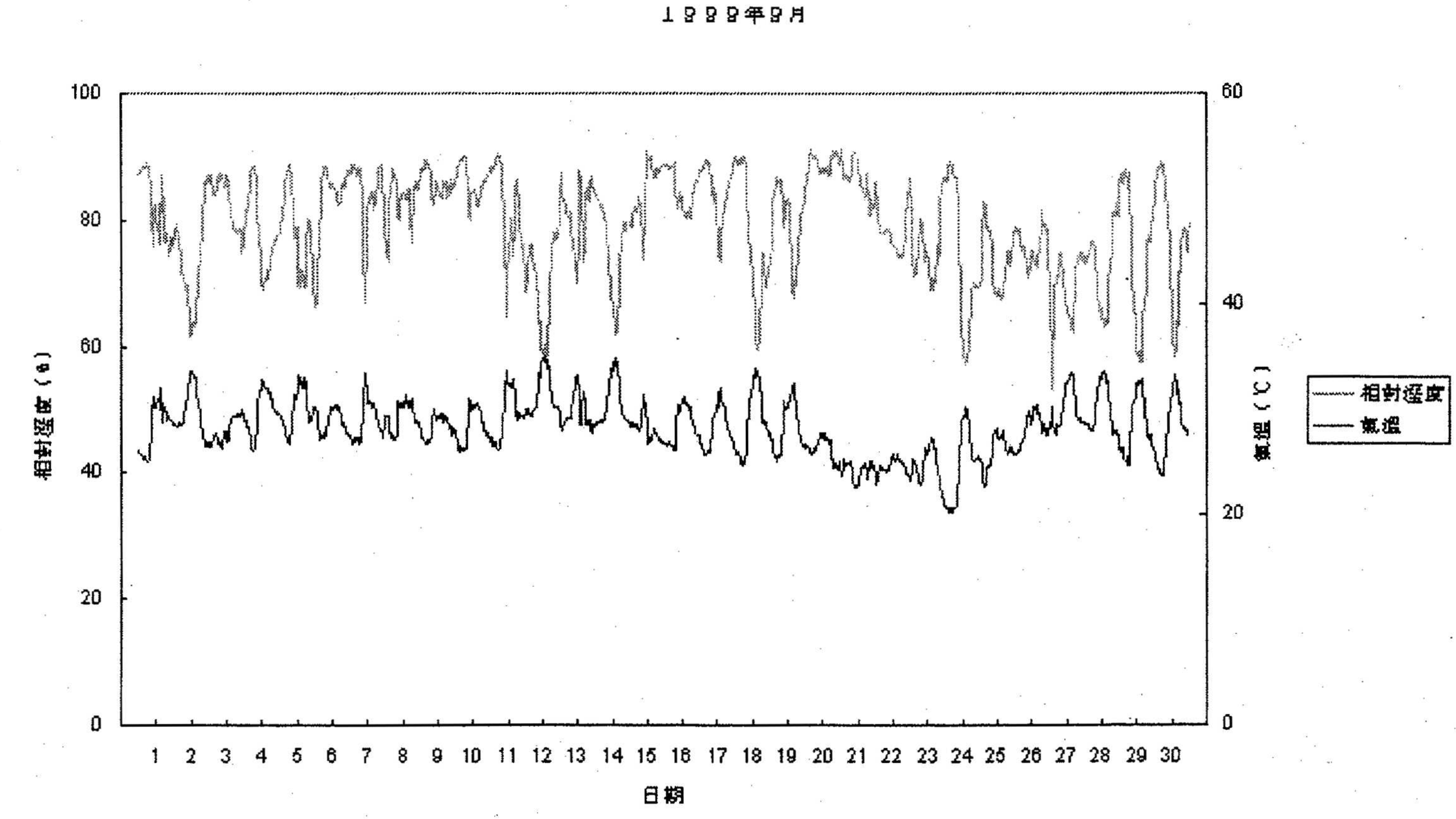
圖七　　淡水河紅樹林微氣候測站六月份氣溫與相對濕度圖



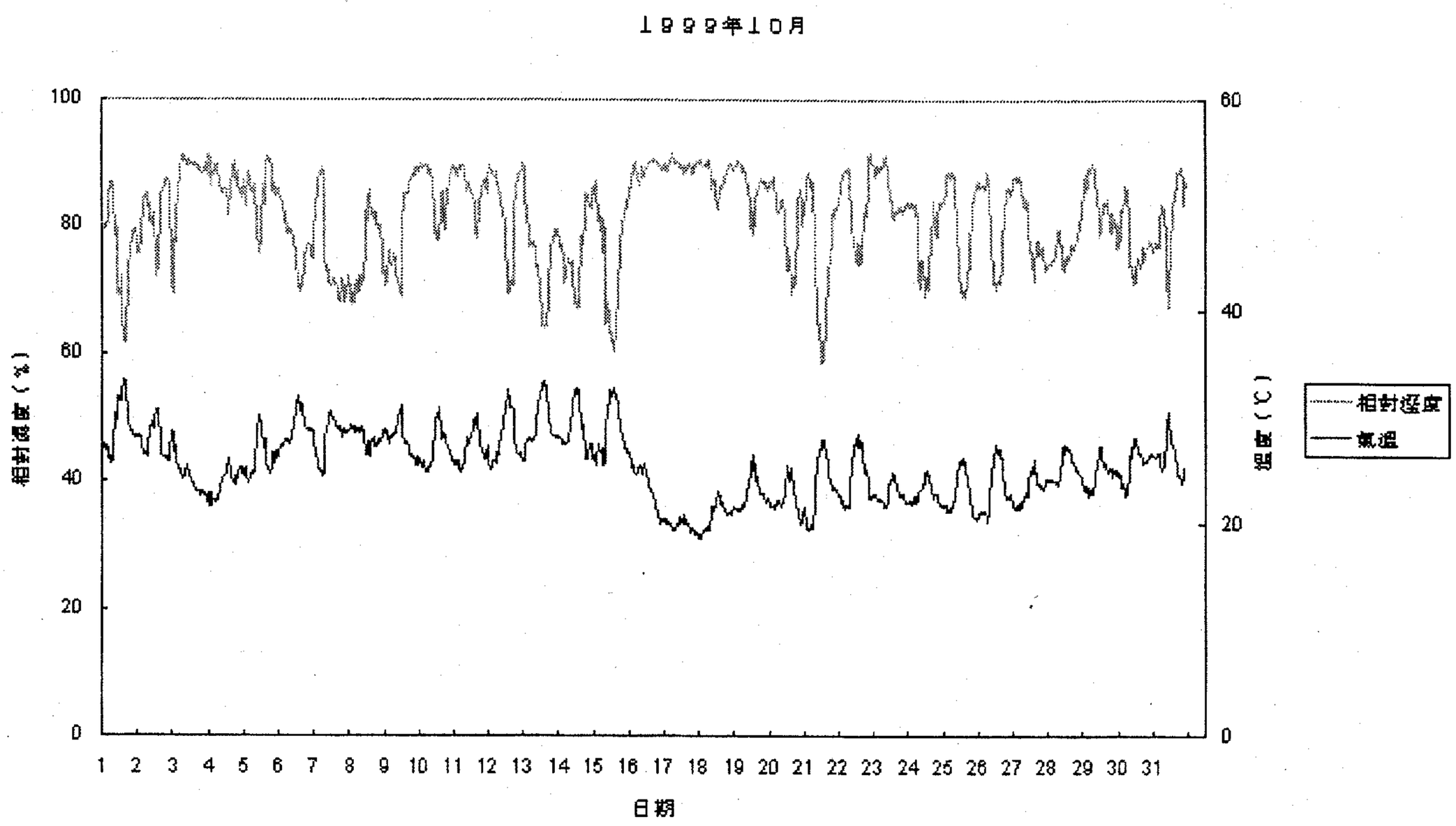
圖八　　淡水河紅樹林微氣候測站七月份氣溫與相對濕度圖



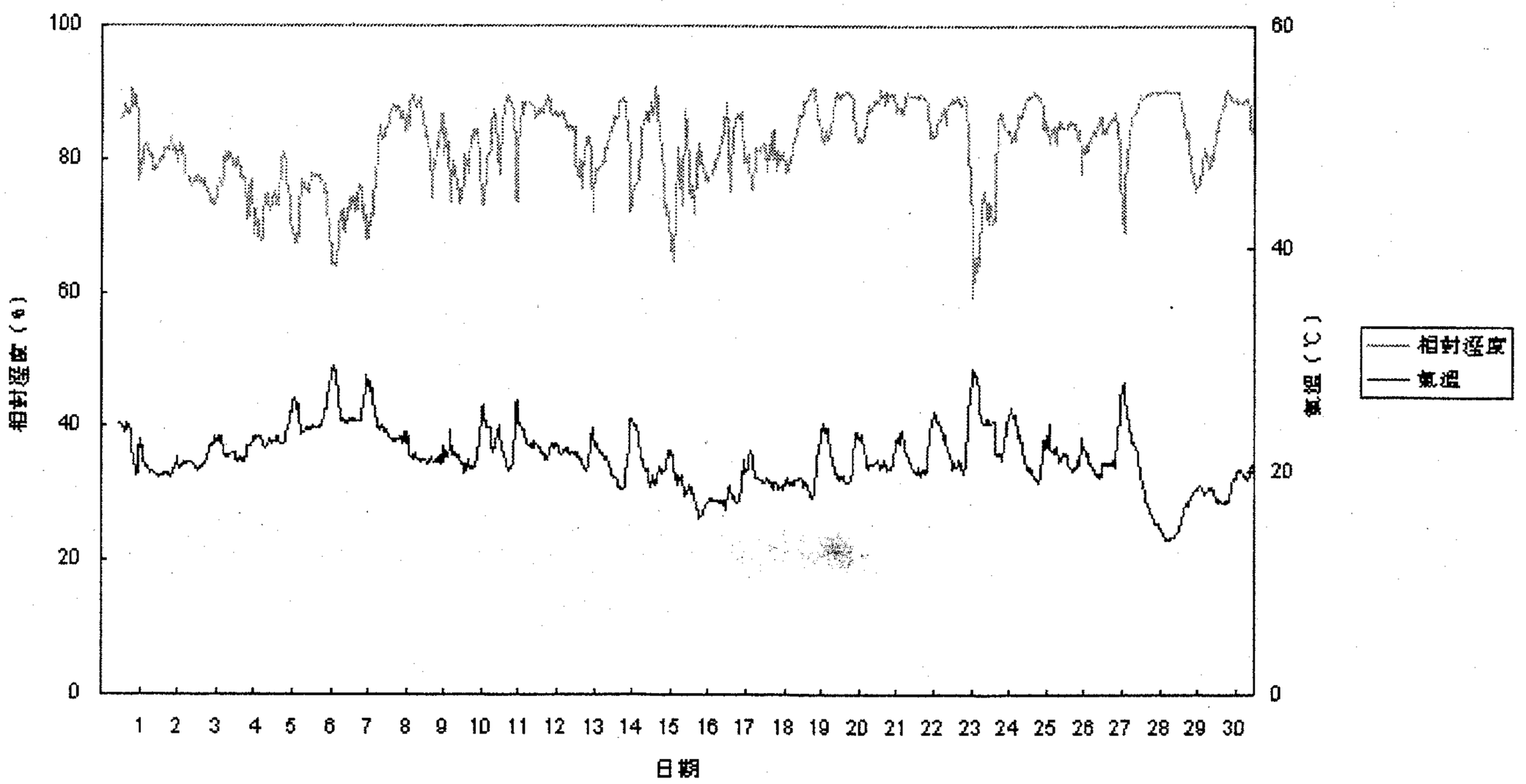
圖九　　淡水河紅樹林微氣候測站八月份氣溫與相對濕度圖



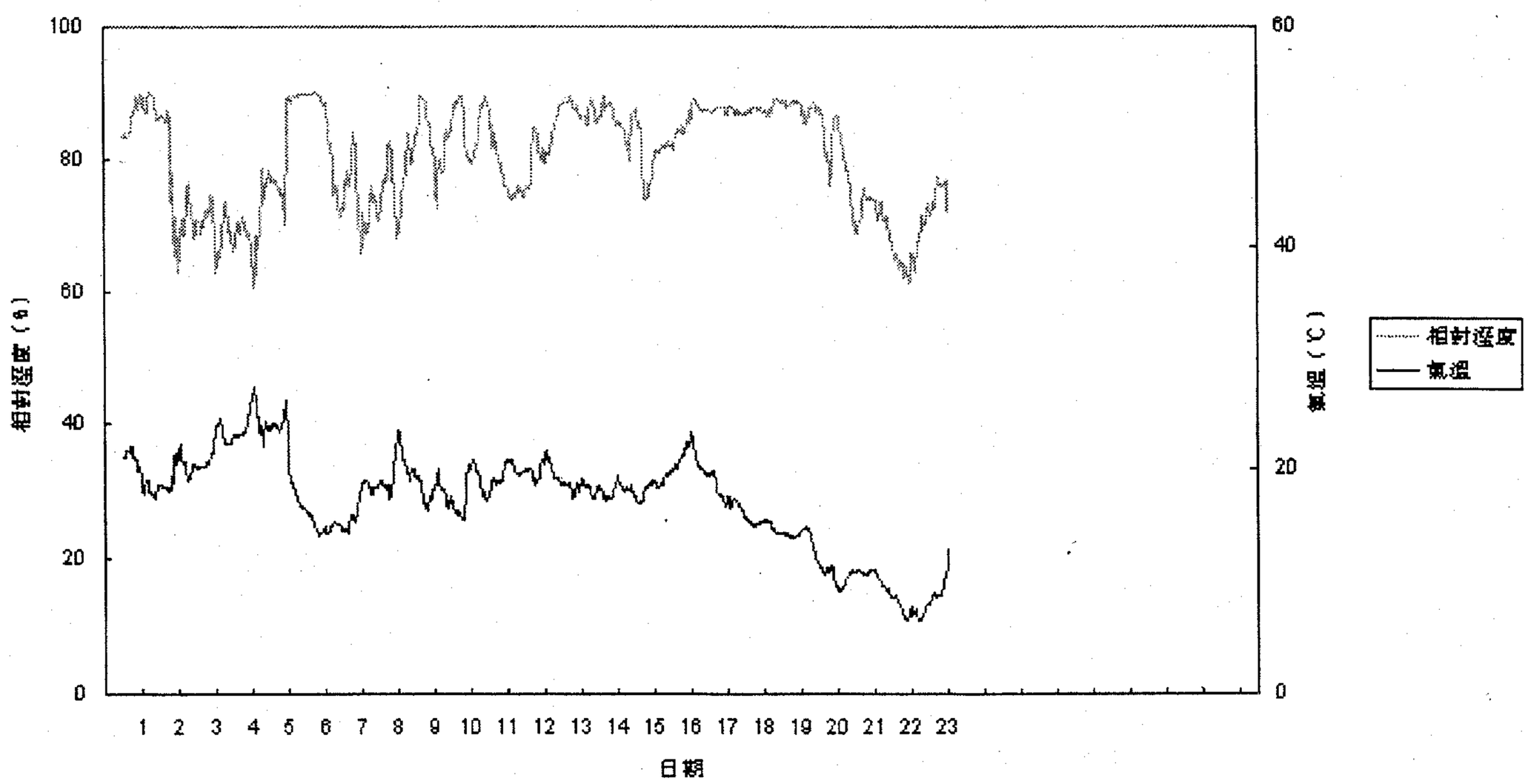
圖十　　淡水河紅樹林微氣候測站九月份氣溫與相對濕度圖



圖十一　　淡水河紅樹林微氣候測站十月份氣溫與相對濕度圖



圖十二　　淡水河紅樹林微氣候測站十一月份氣溫與相對濕度圖



圖十三　　淡水河紅樹林微氣候測站十二月份氣溫與相對濕度圖

2. 降雨

在4月至12月的觀測期中，大約發生了36場降雨，分別是4月的3場、5月的6場、6月的6場、7月的4場、8月的5場與9月的4場、10月3場、11月3場、12月2場。依照統計數據來看，在淡水河紅樹林地區的降雨是以5月與6月場次較多，而且降雨量以及最大降雨強度都比較高。觀測期最高的降雨強度是發生在6月17日，最大降雨強度約為每小時37公釐，非常驚人。而5月8日、5月19日、5月27日、5月31日、6月12-13日、6月17日、10月16-17日、12月16-20日降雨量最高，分別是39.8、57.8、63、49.4、110.3、46.9、32.4與68.2公釐。

除了降雨量的統計之外，由統計表還可以看出春季與夏季降雨特性的差異。在4月與5月初時降雨都偏向於降雨強度較低而降雨延時較長，但是從5月底到9月的期間，降雨明顯變成高強度、高降雨量的情況。也就是春季是屬於綿綿細雨，夏季便轉變為暴雨或午後雷陣雨（西北雨）的情況。冬季的情況與春季也類似，以低降雨強度、長延時的降雨為主。

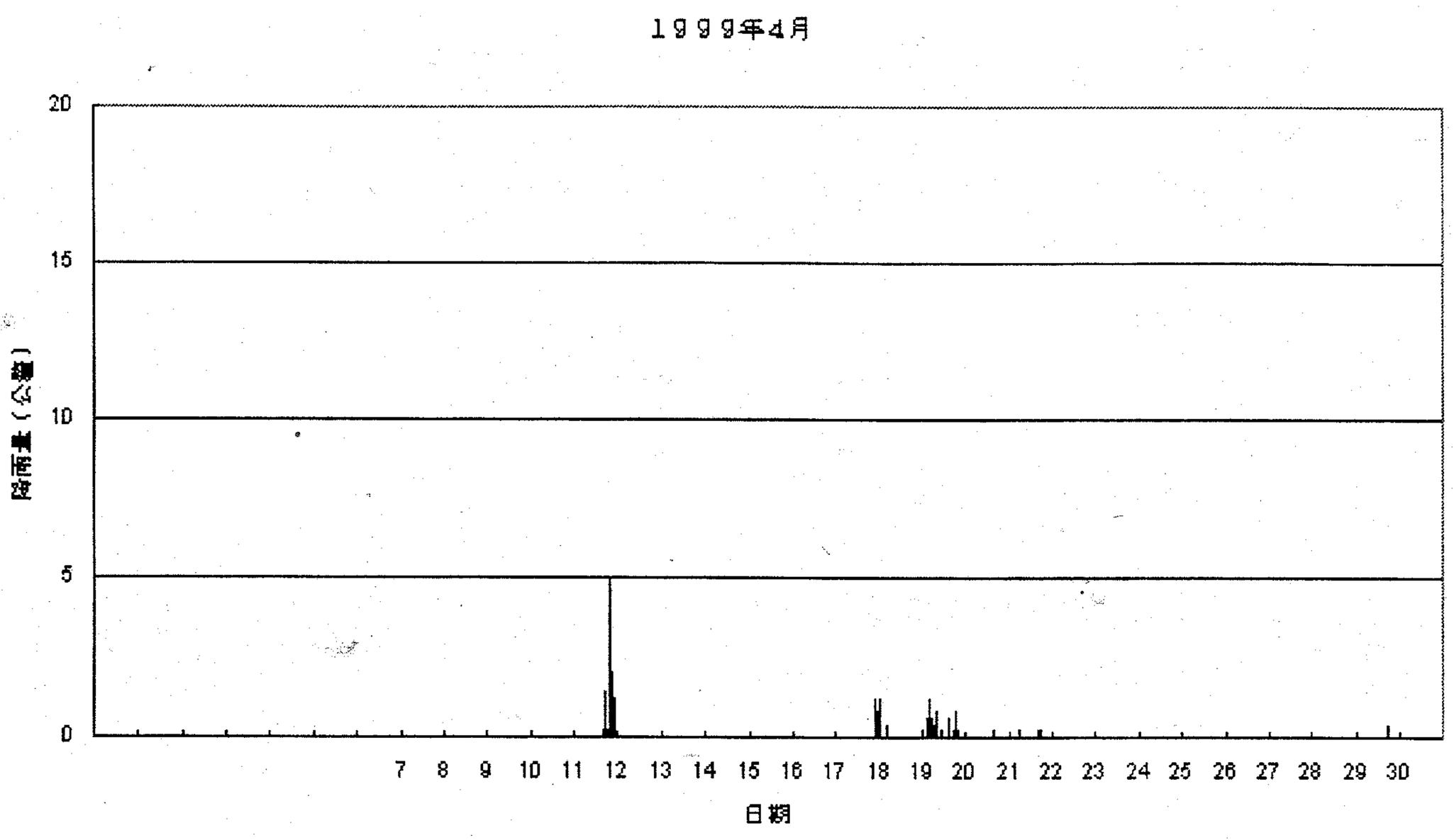
由以往的記錄來看，夏秋兩季是颱風季，也是主要的雨季，但今年台灣受颱風影響小，在6-10月的颱風季中，少有由颱風所帶來的降雨。因此在本次的觀測中算是十分特殊的記錄。整體降雨情況可參閱降雨統計表。

表一　　淡水紅樹林微氣候測站降雨量統計表

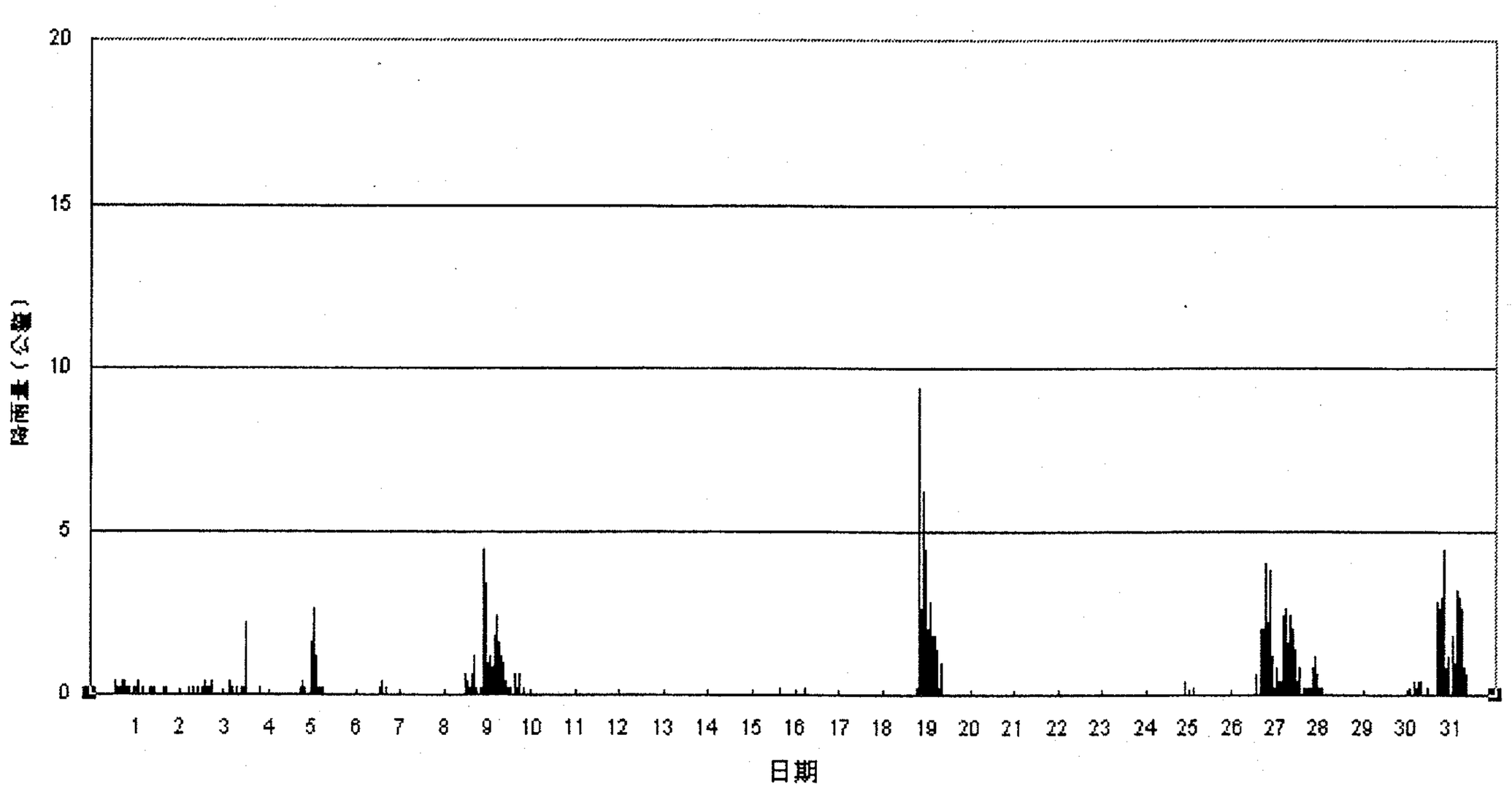
項目 日期	累積降雨量 （公釐）	降雨延時 （小時）	最大降雨強度 （公釐／小時）
1999-4-12	21.0	8.0	10.0
1999-4-18	4.4	6.5	2.0
1999-4-19~20	7.4	20.0	1.8
1999-5-3	3.8	8.5	2.2
1999-5-5	8.8	7.0	4.2
1999-5-8~9	39.8	32.5	5.6
1999-5-19	57.8	14.0	13.2
1999-5-27	63.0	36.5	6.4
1999-5-31	49.4	17.0	6.2
1999-6-6	7.4	7.0	3.0
1999-6-8	10.0	5.5	7.8
1999-6-12~13	110.3	21.0	32
1999-6-17	46.9	5.0	37.0
1999-6-18	18.0	2.0	12.0
1999-6-20	4.2	2.0	3.2
1999-7-19	6.0	1.0	6.0
1999-7-20	4.0	1.5	3.8
1999-7-25	6.2	1.0	6.2
1999-7-26	13.2	5.0	4.4
1999-8-4	17.0	4.0	10.1
1999-8-11	9.6	3.5	8.4
1999-8-23	14.0	4.5	6.6
1999-8-25	8.8	3.5	6.4
1999-8-26	5.2	2.0	4.8
1999-9-3	5.6	8.0	1.8
1999-9-13	5.0	1.5	3.0
1999-9-20~21	22	23.5	4.2
1999-9-21	5.8	5.5	1.8
1999-10-3	17.8	14	4.8
1999-10-5	6.6	8.5	4
1999-10-16~17	32.4	40	7.2
1999-11-1	7.6	3.5	5.8
1999-11-27~28	6.6	24.5	0.6
1999-11-30	3.2	10	0.6
1999-12-5~6	4.8	19.5	0.6
1999-12-16~`20	68.2	87.5	2.2

註1：本表只列出累積雨量到達3公釐以上的降雨場次。

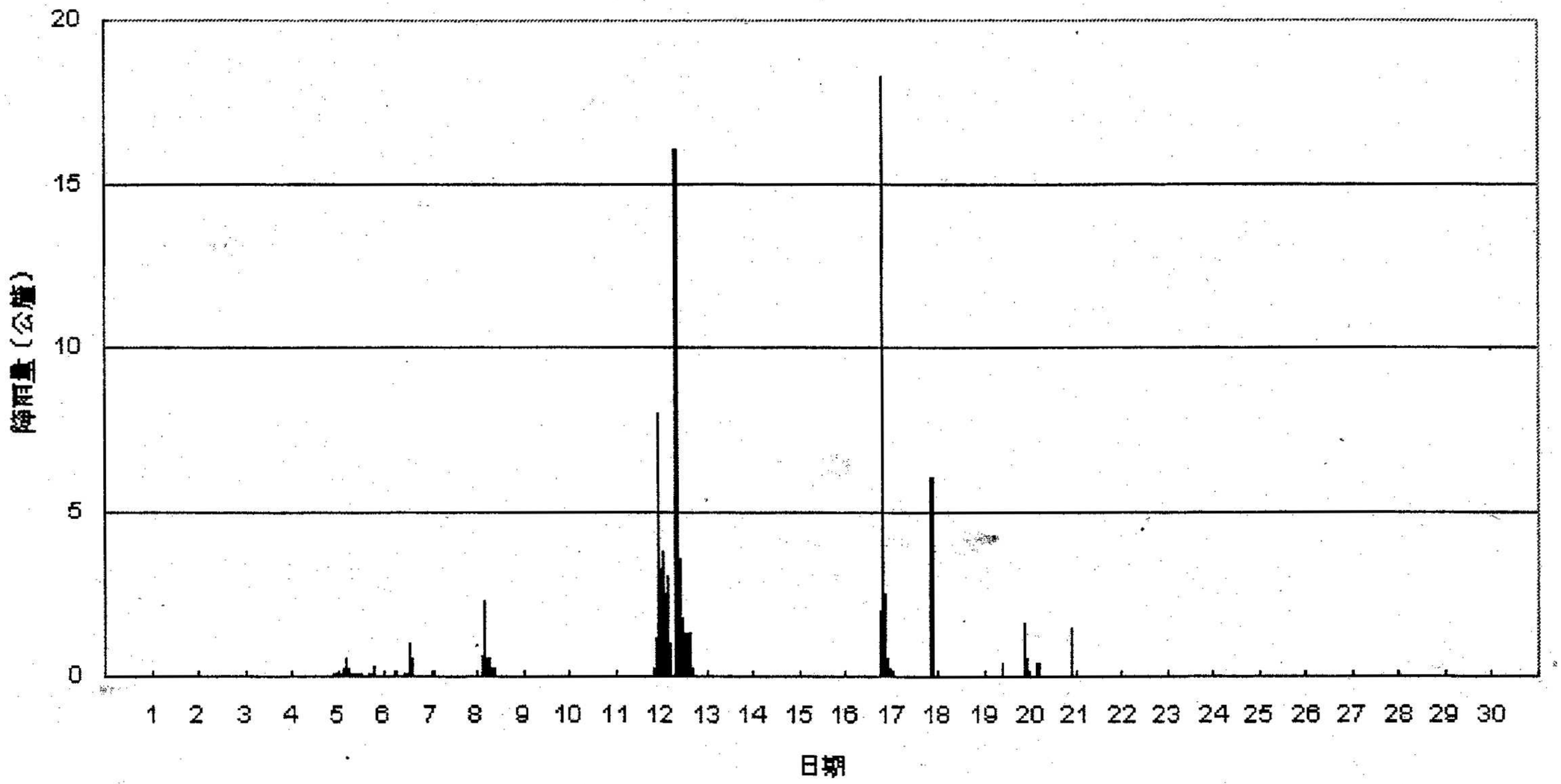
註2：降雨量計於6月9日至7月8日之間故障，因此本記錄是以中央氣象局淡水測站當時的資料代表。



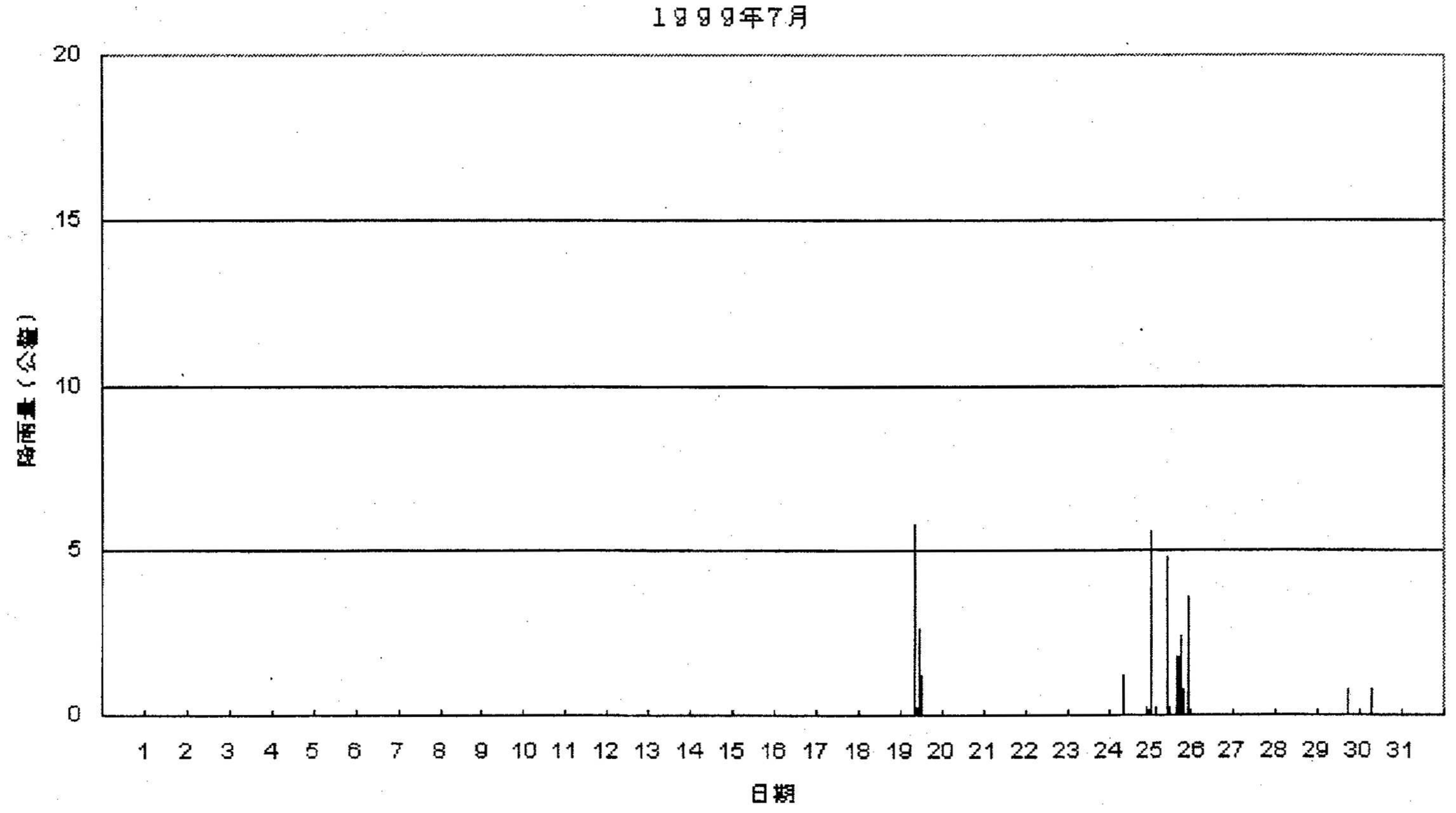
圖十四　　淡水河紅樹林微氣候測站四月份降雨量圖



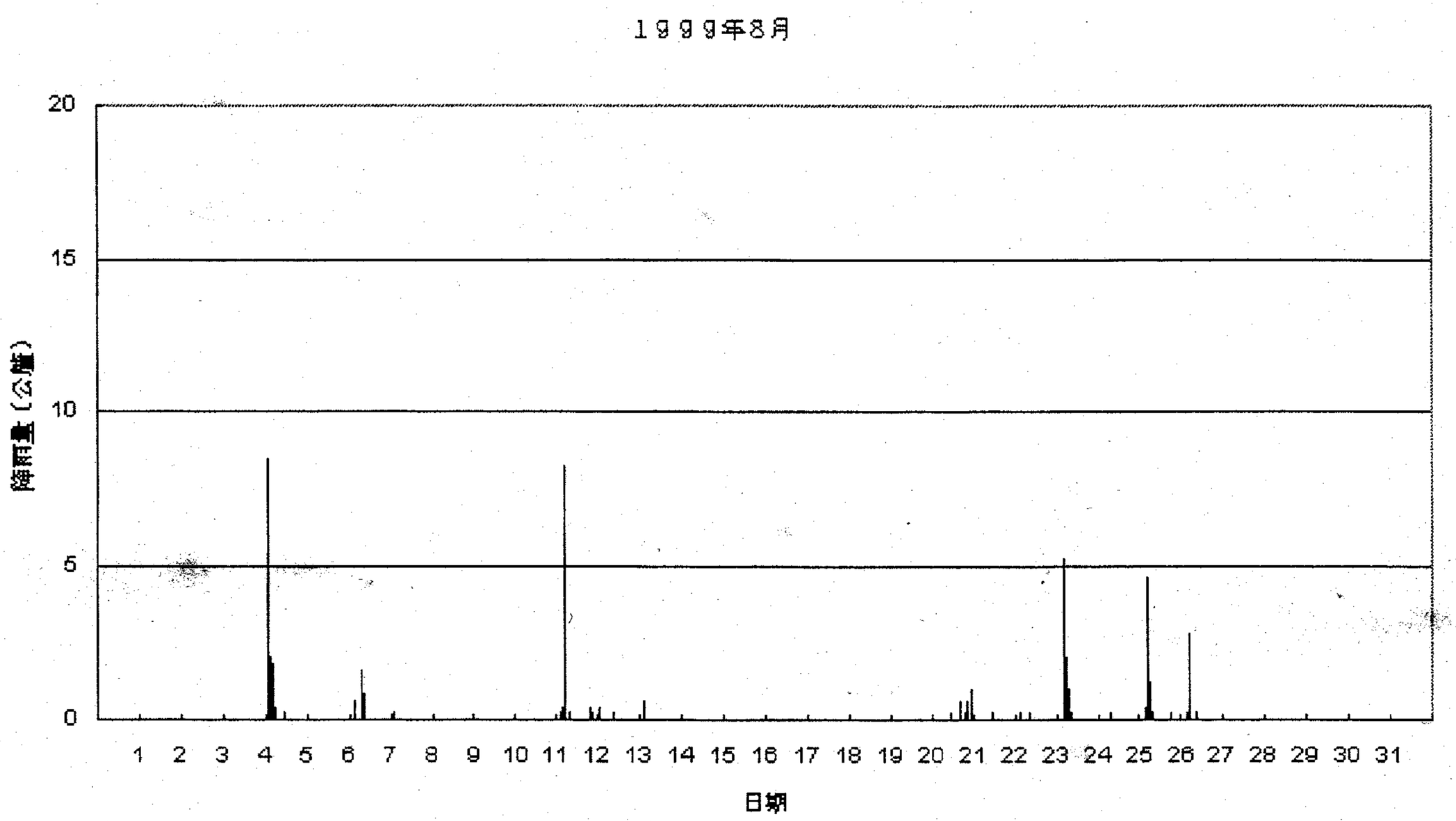
圖十五　　淡水河紅樹林微氣候測站五月份降雨量圖



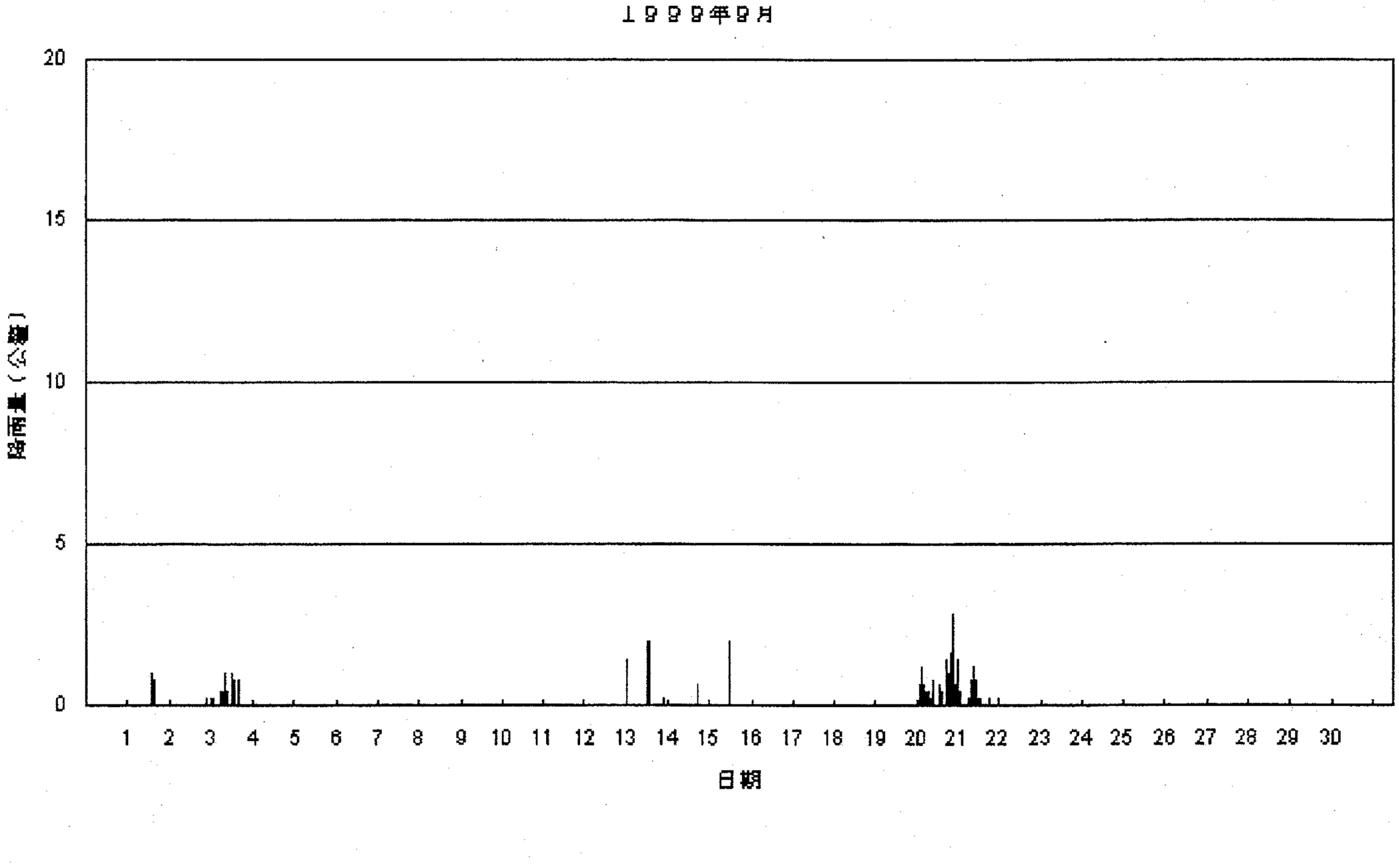
圖十六　　淡水河紅樹林微氣候測站六月份降雨量圖



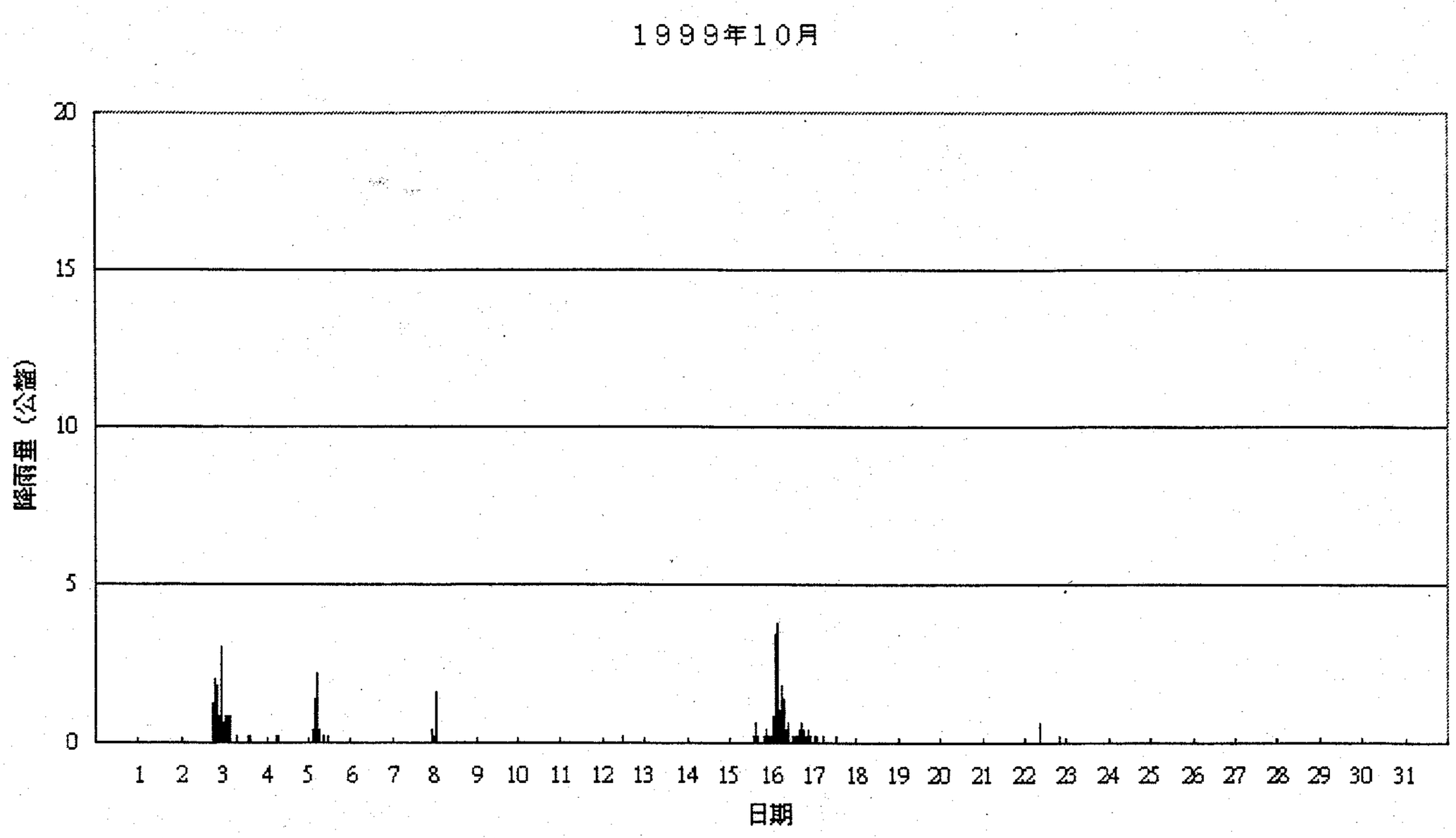
圖十七　　淡水河紅樹林微氣候測站七月份降雨量圖



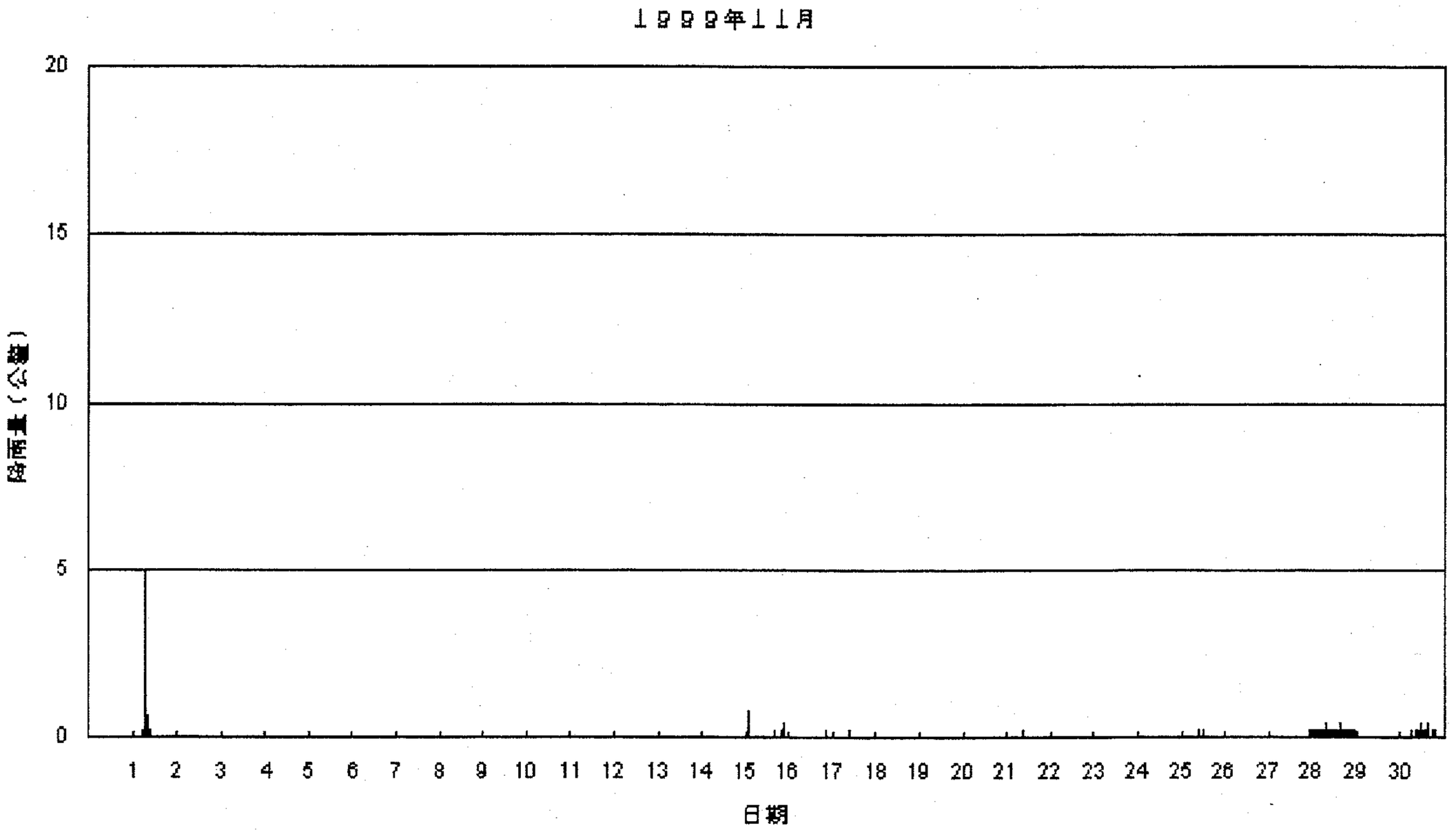
圖十八　淡水河紅樹林微氣候測站八月份降雨量圖



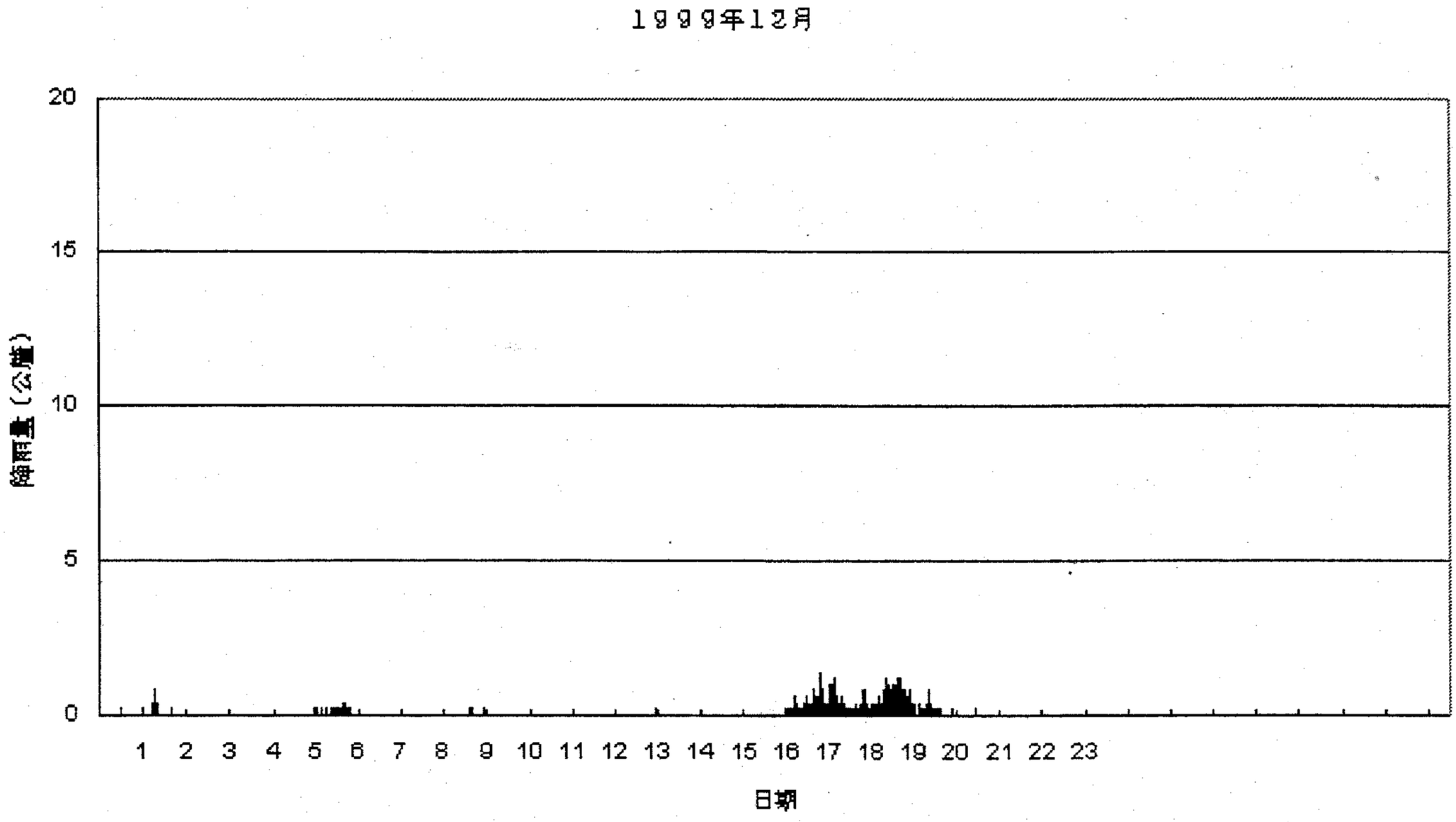
圖十九　淡水河紅樹林微氣候測站九月份降雨量圖



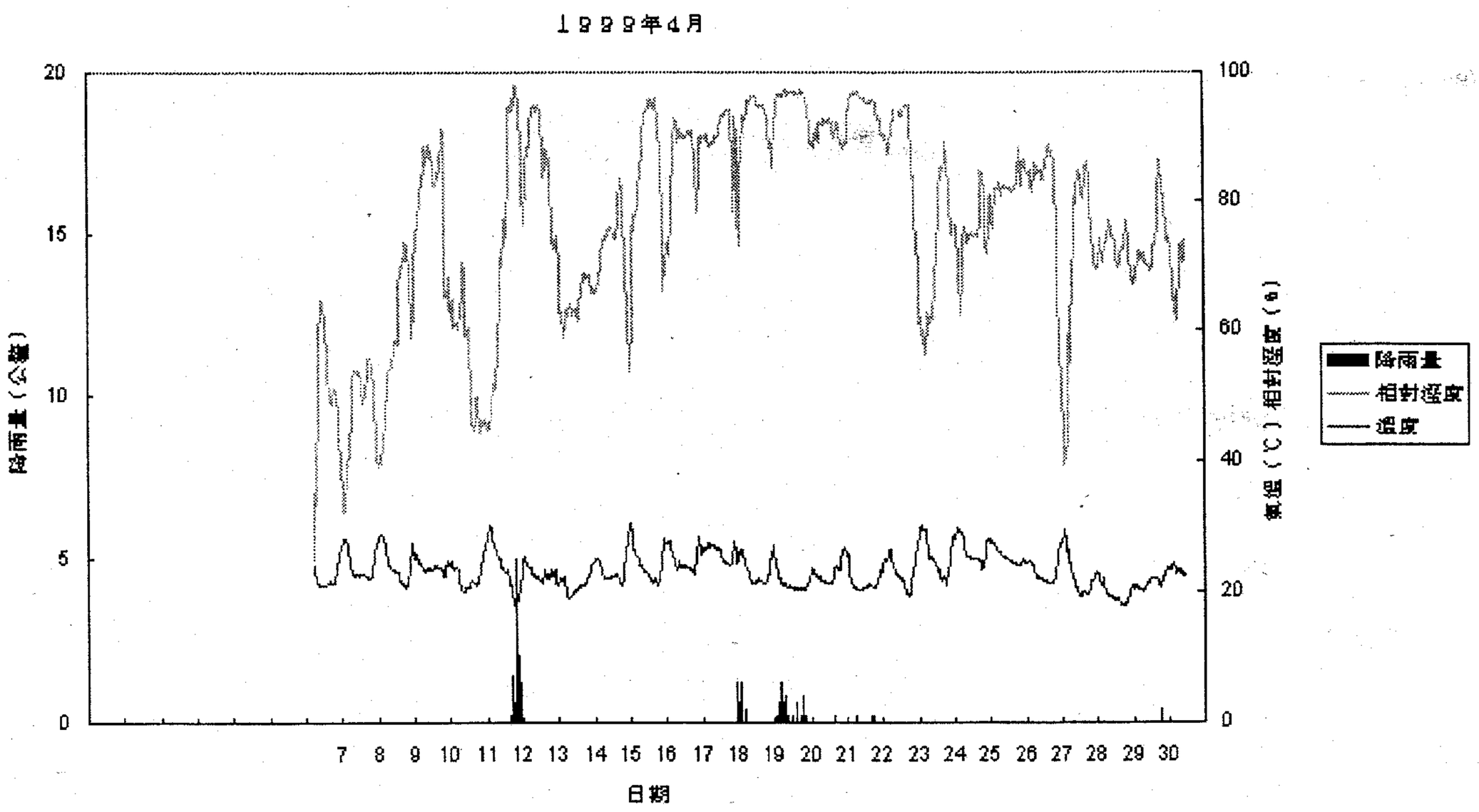
圖二十　　淡水河紅樹林微氣候測站十月份降雨量圖



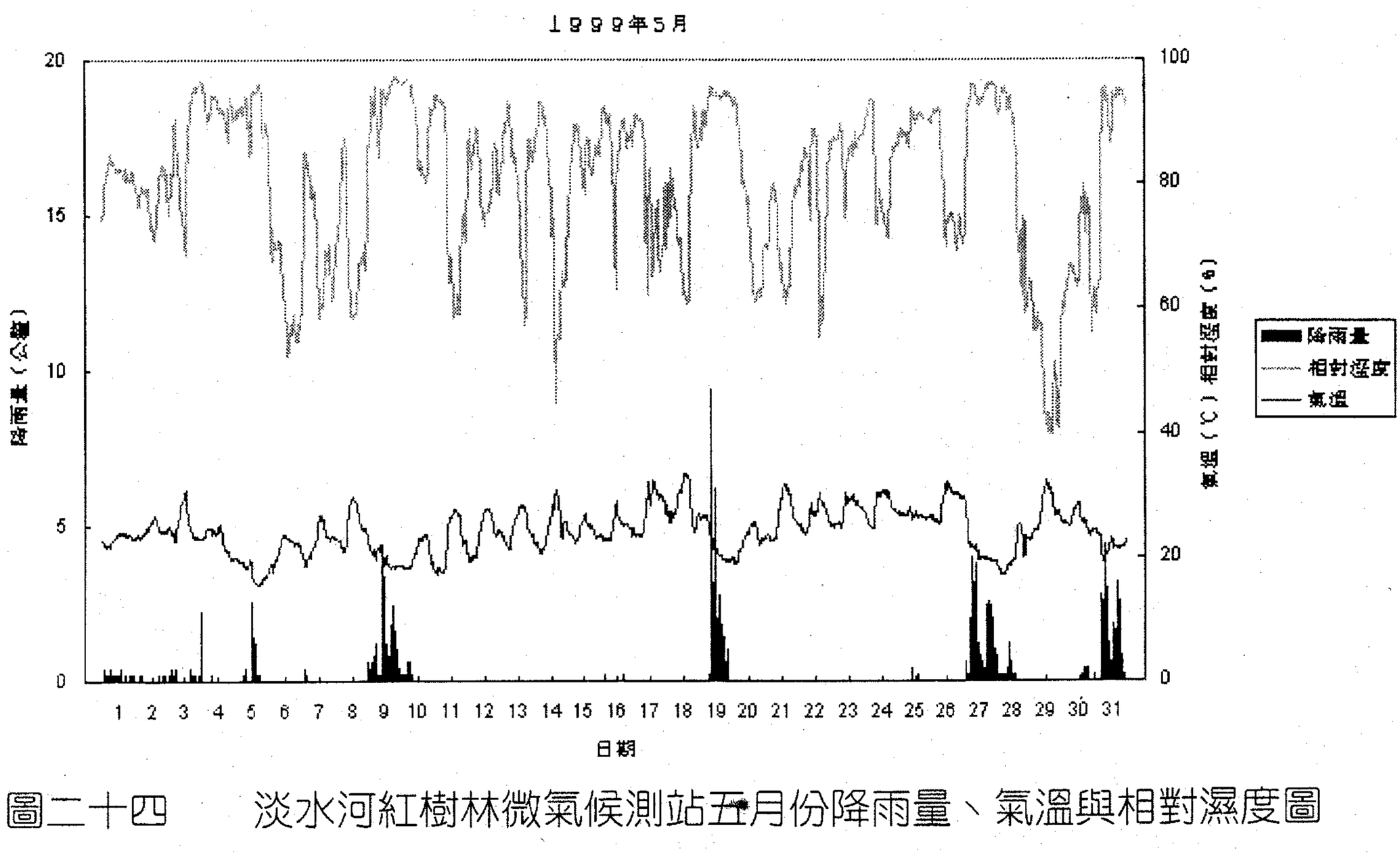
圖二十一　　淡水河紅樹林微氣候測站十一月份降雨量圖



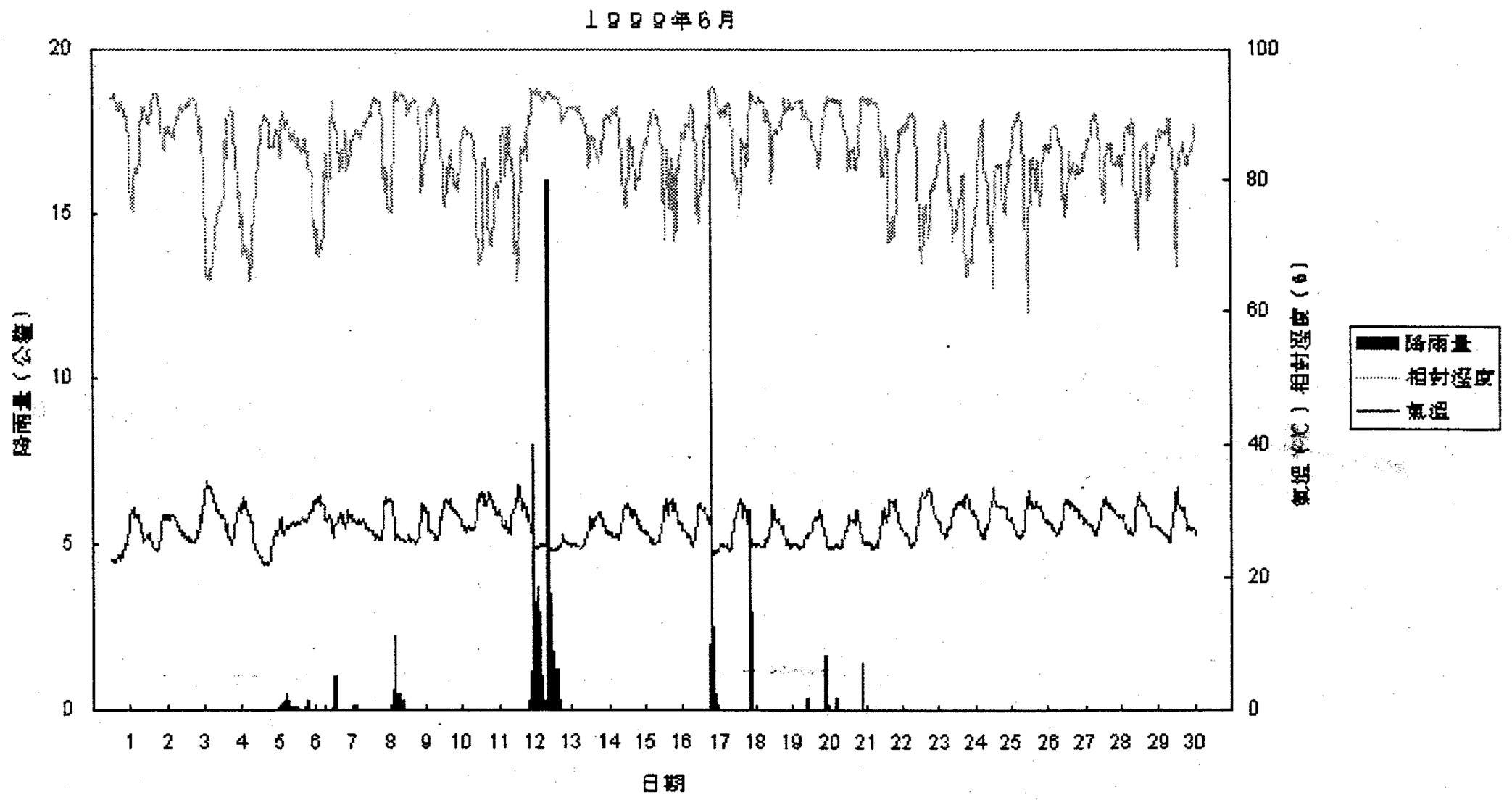
圖二十二　　淡水河紅樹林微氣候測站十二月份降雨量圖



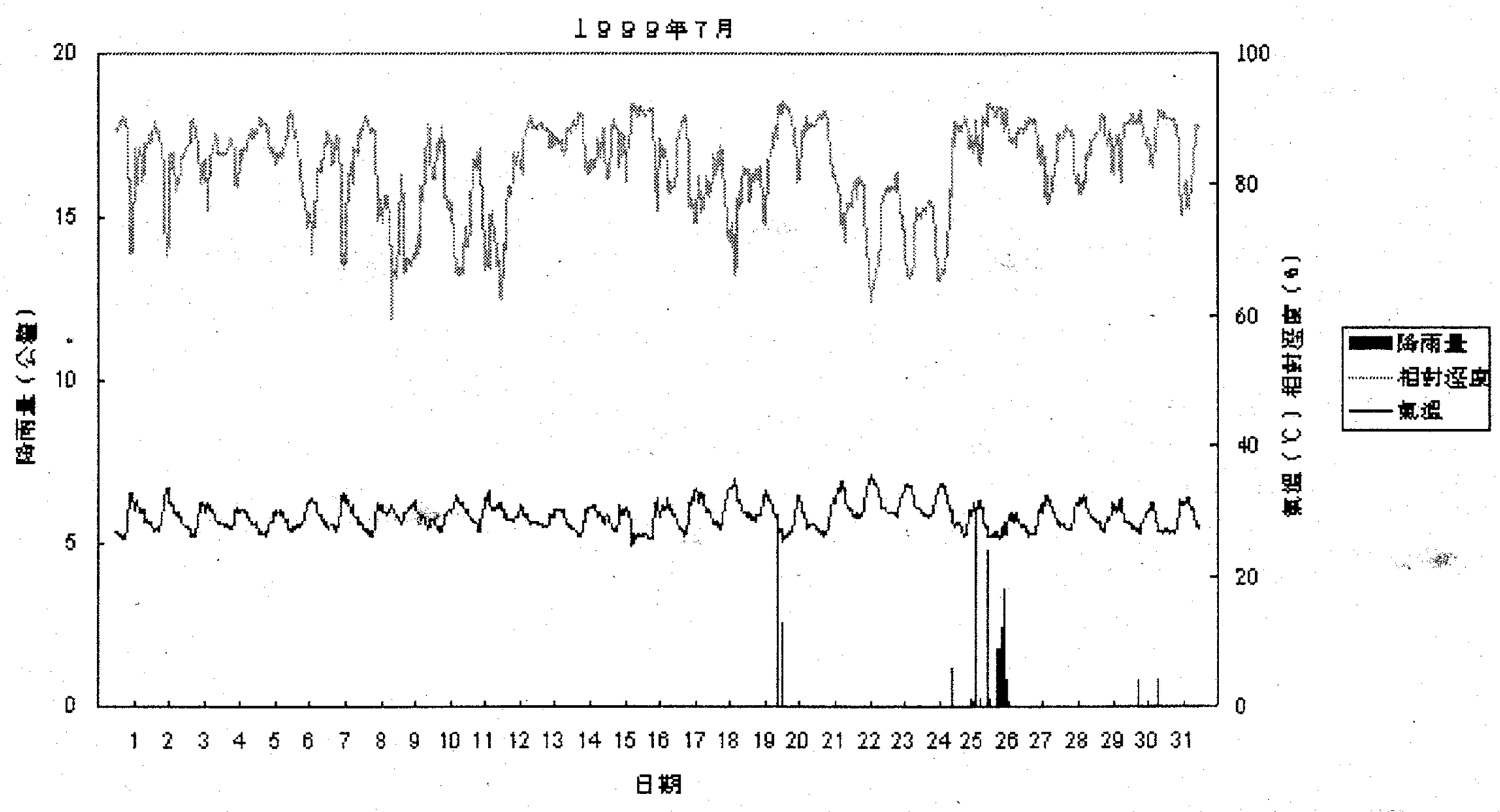
圖二十三　　淡水河紅樹林微氣候測站四月份降雨量、氣溫與相對濕度圖



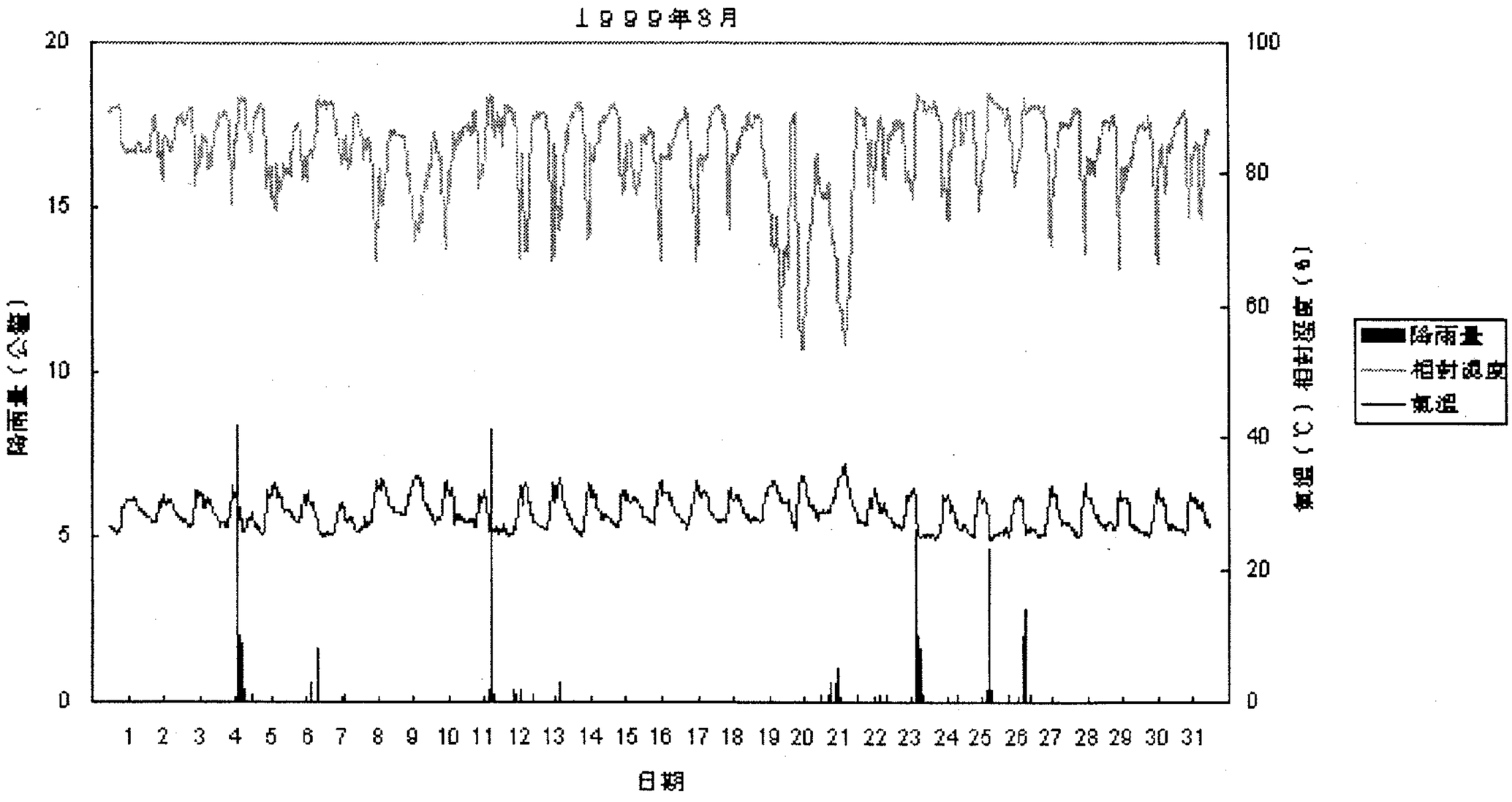
圖二十四　　淡水河紅樹林微氣候測站五月份降雨量、氣溫與相對濕度圖



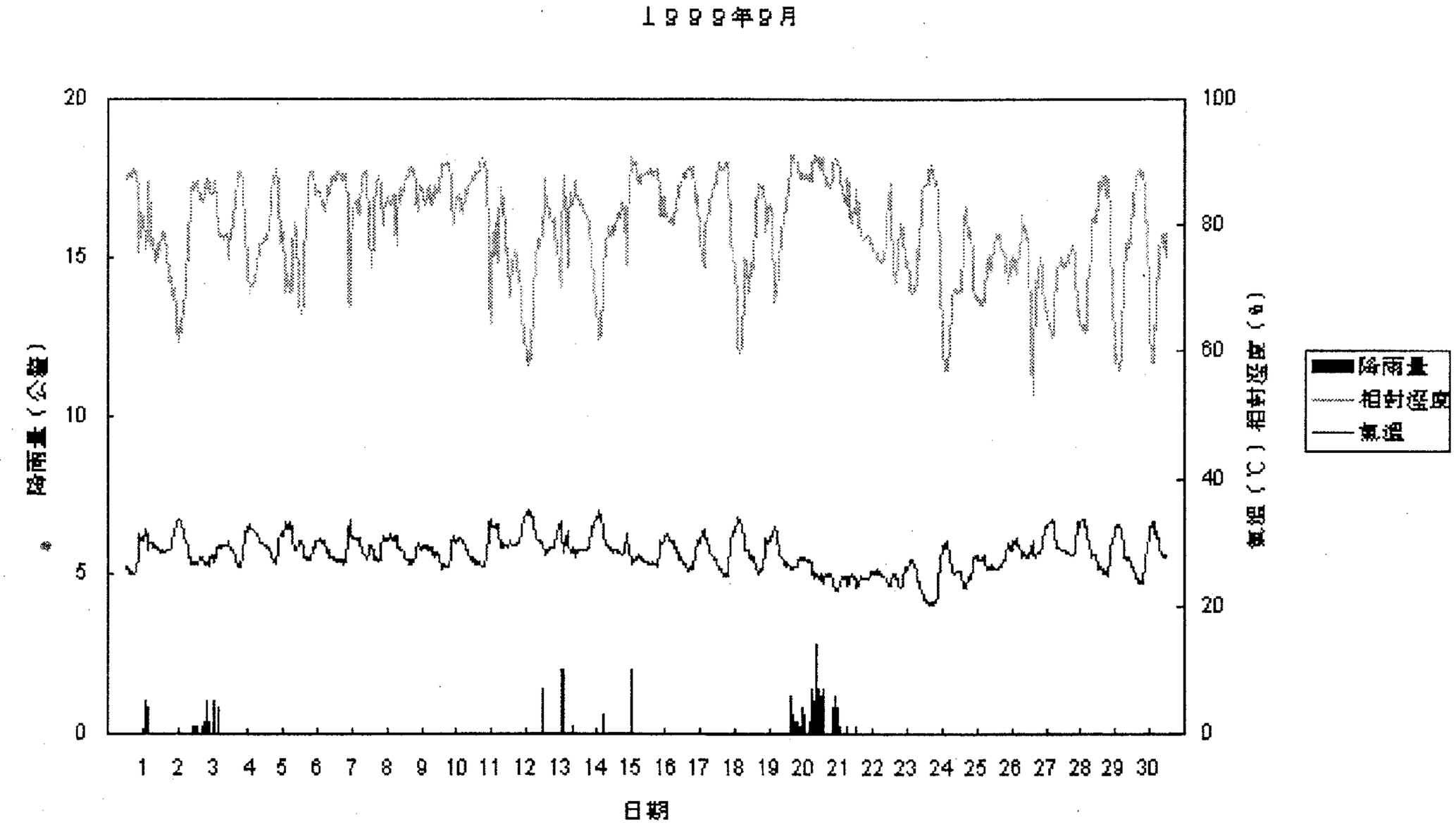
圖二十五　　淡水河紅樹林微氣候測站六月份降雨量、氣溫與相對濕度圖



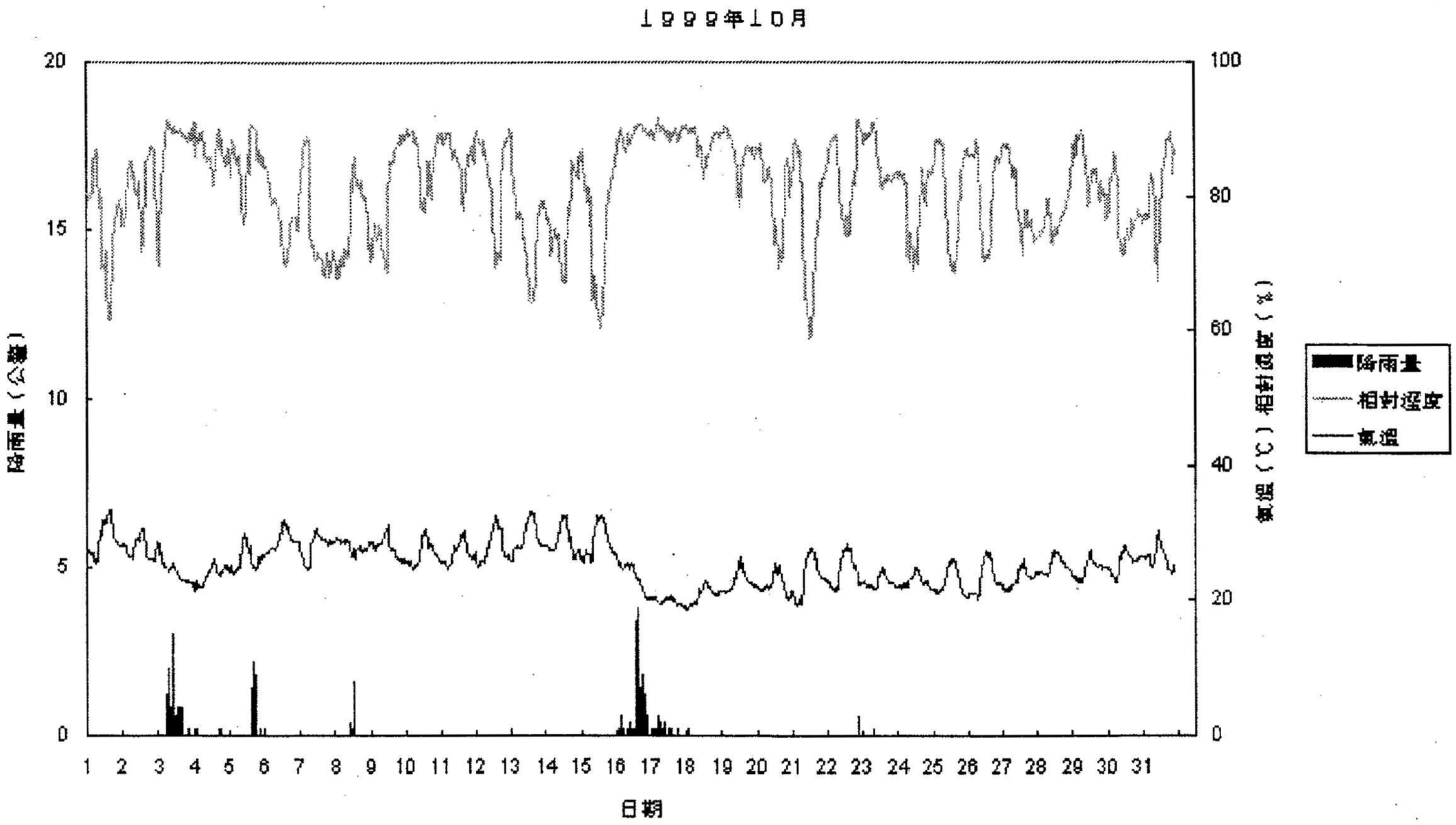
圖二十六　　淡水河紅樹林微氣候測站七月份降雨量、氣溫與相對濕度圖



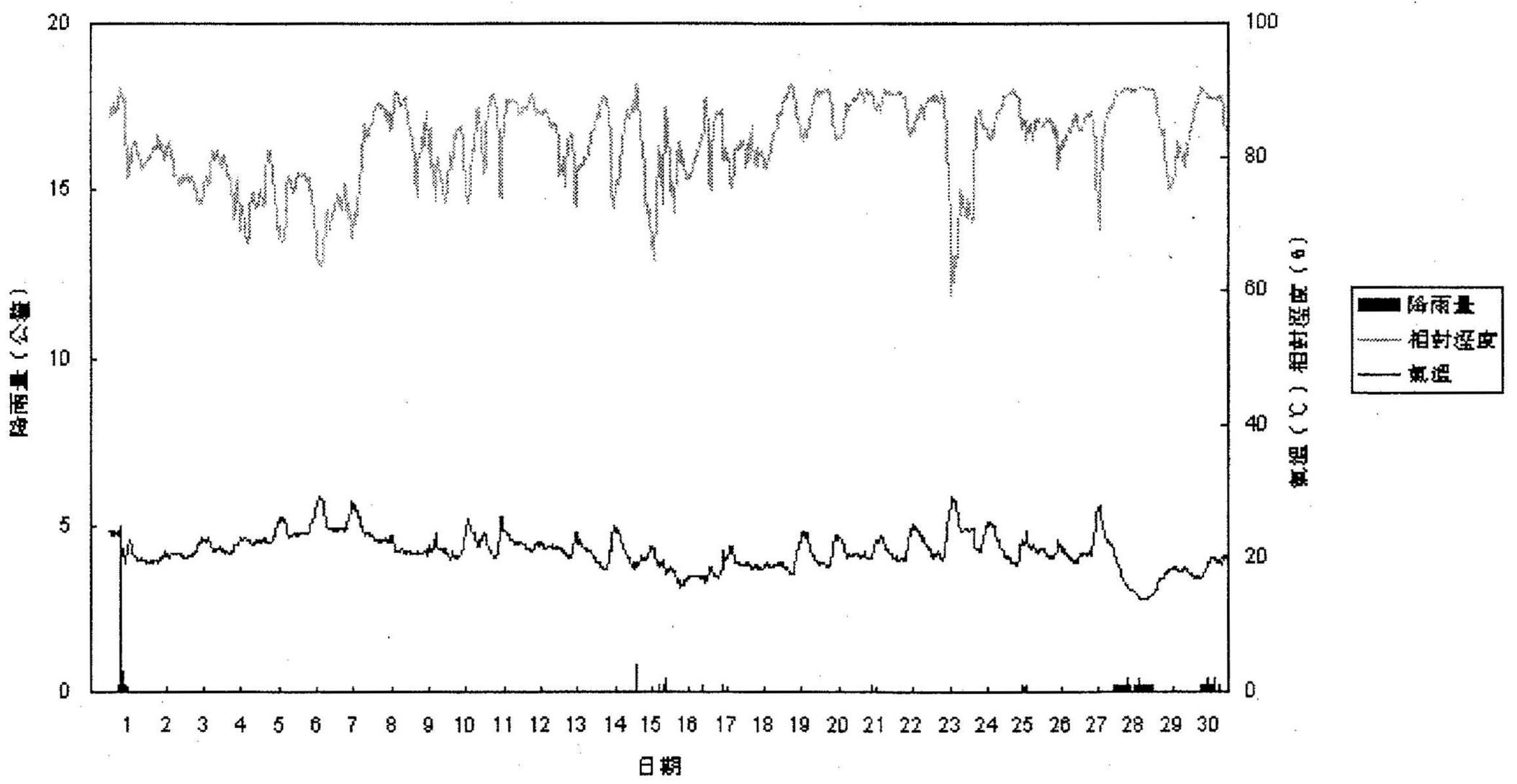
圖二十七　　淡水河紅樹林微氣候測站八月份降雨量、氣溫與相對濕度圖



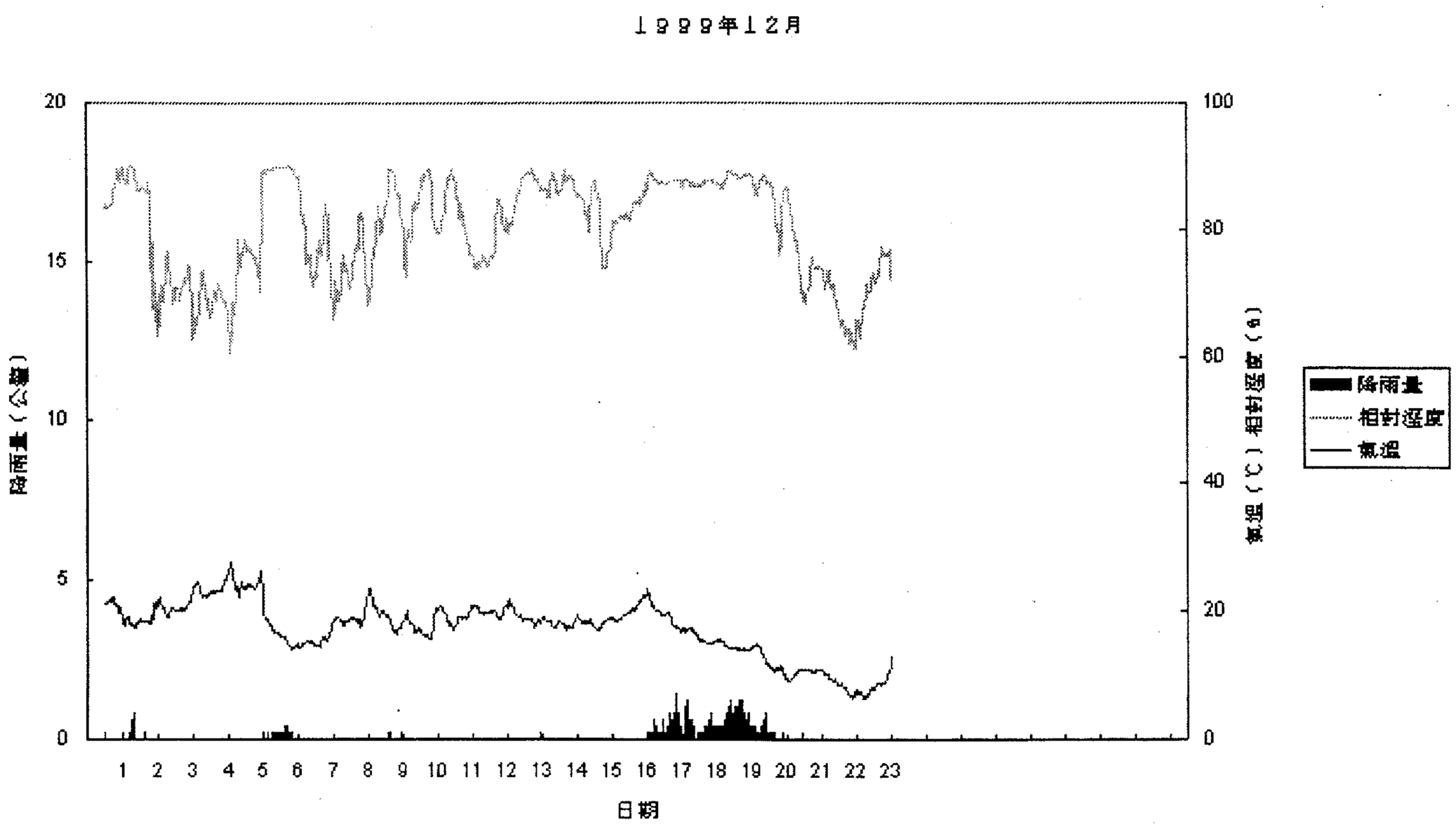
圖二十八　淡水河紅樹林微氣候測站九月份降雨量、氣溫與相對濕度圖



圖二十九　　淡水河紅樹林微氣候測站十月份降雨量、氣溫與相對濕度圖



圖三十　　淡水河紅樹林微氣候測站十一月份降雨量、氣溫與相對濕度圖



圖三十一　　淡水河紅樹林微氣候測站十二月份降雨量、氣溫與相對濕度圖

3. 風速與風向：

淡水河紅樹林地區的風速與風向十分特殊，因為其位處台北盆地邊緣，台北盆地四面有丘陵環繞，淡水河是盆地的主要的一個裂隙，空氣會沿著河道流進及流出而形成風，河道的方向會控制風的流動方向。從4月至6月的資料分析就可以清楚的發現。若以八方位為劃分基準（也就是分為北、東北、東、東南、南、西南、西、西北等方向，每個方位佔45度），可以分辨出主要的盛行風風向在東、東南南、與西北方。其中又以東南風出現頻率最高，顯示從台北盆地中有大量的風沿著淡水河向外海的台灣海峽流動，這便是陸風；相對地，也有許多的風沿著淡水河吹入台北盆地，這便是海風。這兩種風對於相對封閉的台北盆地十分重要而珍貴，可以將盆地內污濁的空氣帶出，再將乾淨的空氣帶入。以資料來看可以發現，東南風出現的比例最高，約佔20%至30%左右，比平均的12.5%高出許多，可以明顯的發現地形對氣候的影響程度。7至9月的情形與之前的盛行風向類似。

而在10月份時因風向儀故障，因此資料無法記錄。11月與12月的風向資料則與之前的有一項明顯的差距，也就是東風、東南風與南風等原本的盛行風出現頻率降低。取而代之的是北風與東北風的出現，形成新的北風、西北風與東北風的盛行風。雖然東風與東南風仍是大於平均值的盛行風，但出現頻率大約下降10-15%。這明顯是由北方大陸冷高壓所帶來的東北季風所形成的現象。也說明了目前正是進入冬季的氣候系統。

以平均風速而言，觀測站所測得的平均風速約在每秒1.6公尺左右，但是在主要盛行風的東南風向上，平均風速可達每秒2.0至2.2公尺，約高出40%左右。在其他的盛行風方向，例如西北、東與南風的平均風速也較整體的平均風速要高出10%至15%左右。

表二　　淡水河紅樹林微氣候測站風速、風向統計表

四月

項目 / 風向	頻率分佈	出現比例	平均風速（每秒／公尺）
東北	87	0.075	1.215
東	184	0.158	1.821
東南	306	0.263	2.013
南	154	0.132	1.780
西南	83	0.071	1.550
西	83	0.071	1.464
西北	179	0.154	1.615
北	89	0.076	1.625
	1165	1	

五月

項目 / 風向	頻率分佈	出現比例	平均風速（每秒／公尺）
東北	92	0.062	1.536
東	232	0.156	2.164
東南	462	0.310	2.111
南	226	0.152	1.771
西南	136	0.091	1.896
西	91	0.061	1.940
西北	176	0.118	1.924
北	73	0.049	1.770
	1488	1	

六月

項目 / 風向	頻率分佈	出現比例	平均風速（每秒／公尺）
東北	75	0.053	0.989
東	195	0.137	1.238
東南	311	0.219	1.339
南	220	0.155	1.473
西南	138	0.097	1.150
西	139	0.098	1.825
西北	265	0.187	2.120
北	76	0.054	1.528
	1419	1	

七月

項目 / 風向	頻率分佈	出現比例	平均風速（每秒／公尺）
東北	93	0.063	0.856
東	201	0.135	1.150
東南	297	0.200	1.441
南	195	0.131	1.536
西南	182	0.122	1.791
西	145	0.097	2.146
西北	299	0.201	2.035
北	76	0.051	1.534
	1488	1	

八月

項目 / 風向	頻率分佈	出現比例	平均風速（每秒／公尺）
東北	92	0.062	0.882
東	190	0.128	1.238
東南	365	0.245	1.364
南	256	0.172	1.369
西南	141	0.095	1.298
西	106	0.071	2.017
西北	263	0.177	2.470
北	75	0.050	1.665
	1488	1	

九月

項目 / 風向	頻率分佈	出現比例	平均風速（每秒／公尺）
東北	102	0.079	1.982
東	226	0.175	1.663
東南	294	0.227	1.735
南	154	0.119	2.250
西南	83	0.064	1.453
西	65	0.050	1.936
西北	235	0.181	2.541
北	136	0.105	2.580
	1295	1	

十月份

風向計毀損，故不列入登記。

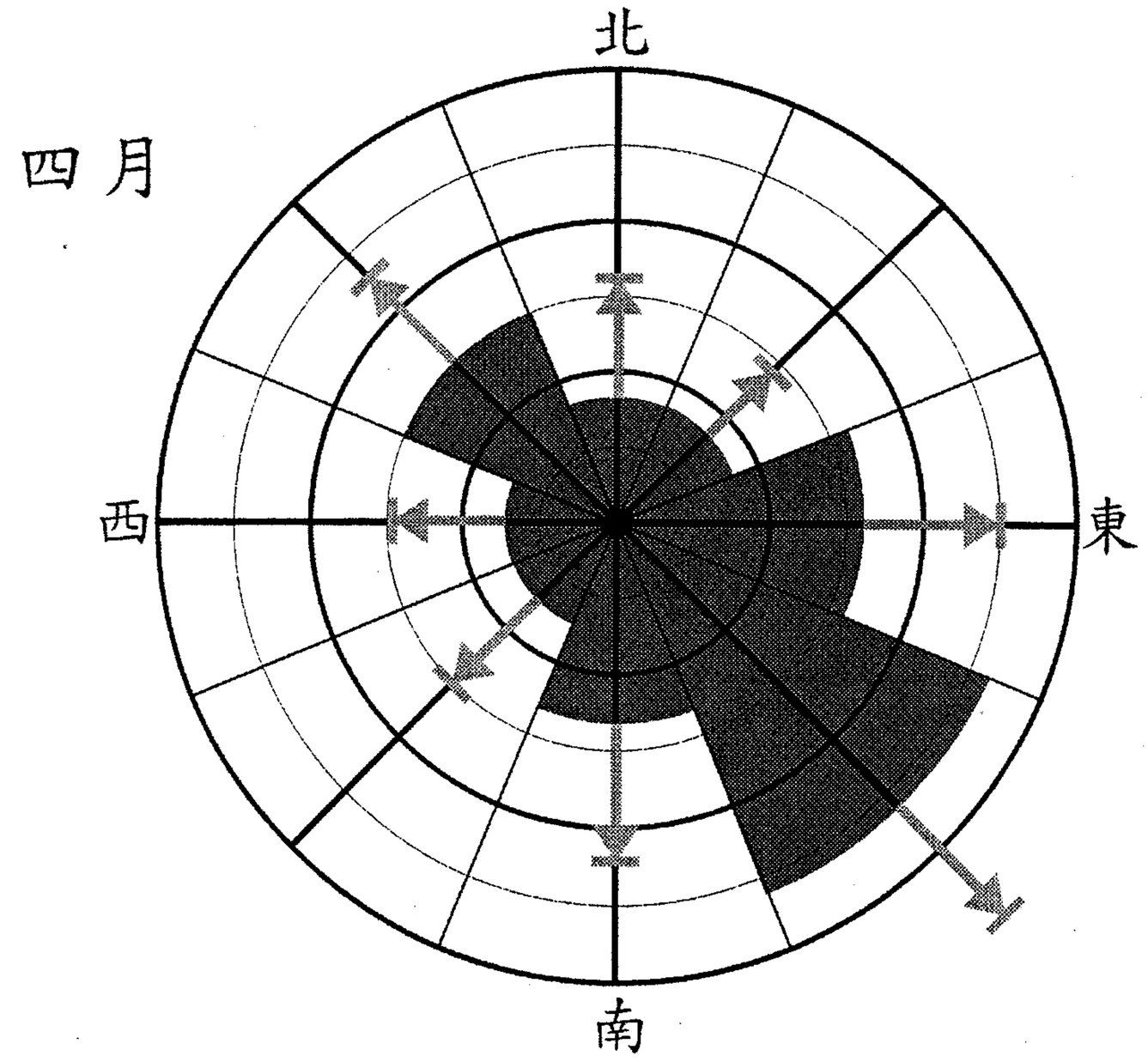
十一月

項目 / 風向	頻率分佈	出現比例	平均風速（每秒／公尺）
東北	205	0.142	1.433
東	212	0.147	1.316
東南	266	0.185	1.669
南	118	0.082	1.510
西南	101	0.070	1.233
西	82	0.057	1.235
西北	238	0.165	1.650
北	218	0.151	1.875
	1440	1	

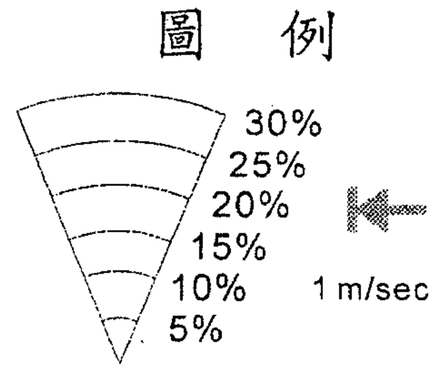
十二月

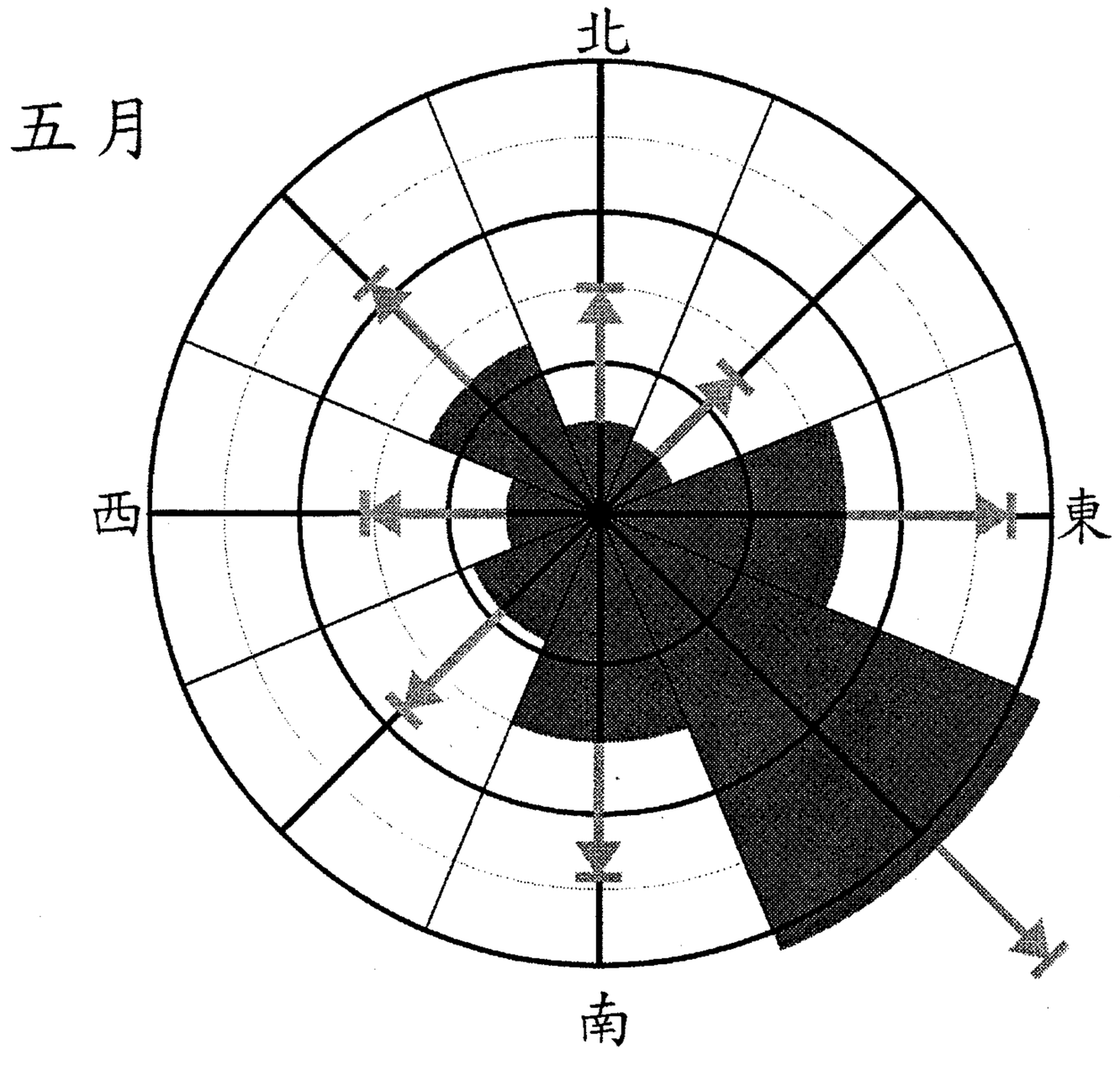
項目 / 風向	頻率分佈	出現比例	平均風速（每秒／公尺）
東北	161	0.149	1.734
東	147	0.136	1.800
東南	175	0.162	1.816
南	88	0.081	1.664
西南	54	0.050	1.476
西	67	0.062	1.459
西北	168	0.155	1.772
北	221	0.204	2.057
	1081	1	

附註：12月份的風向資料截止至12/23中午12：00，共計1081筆

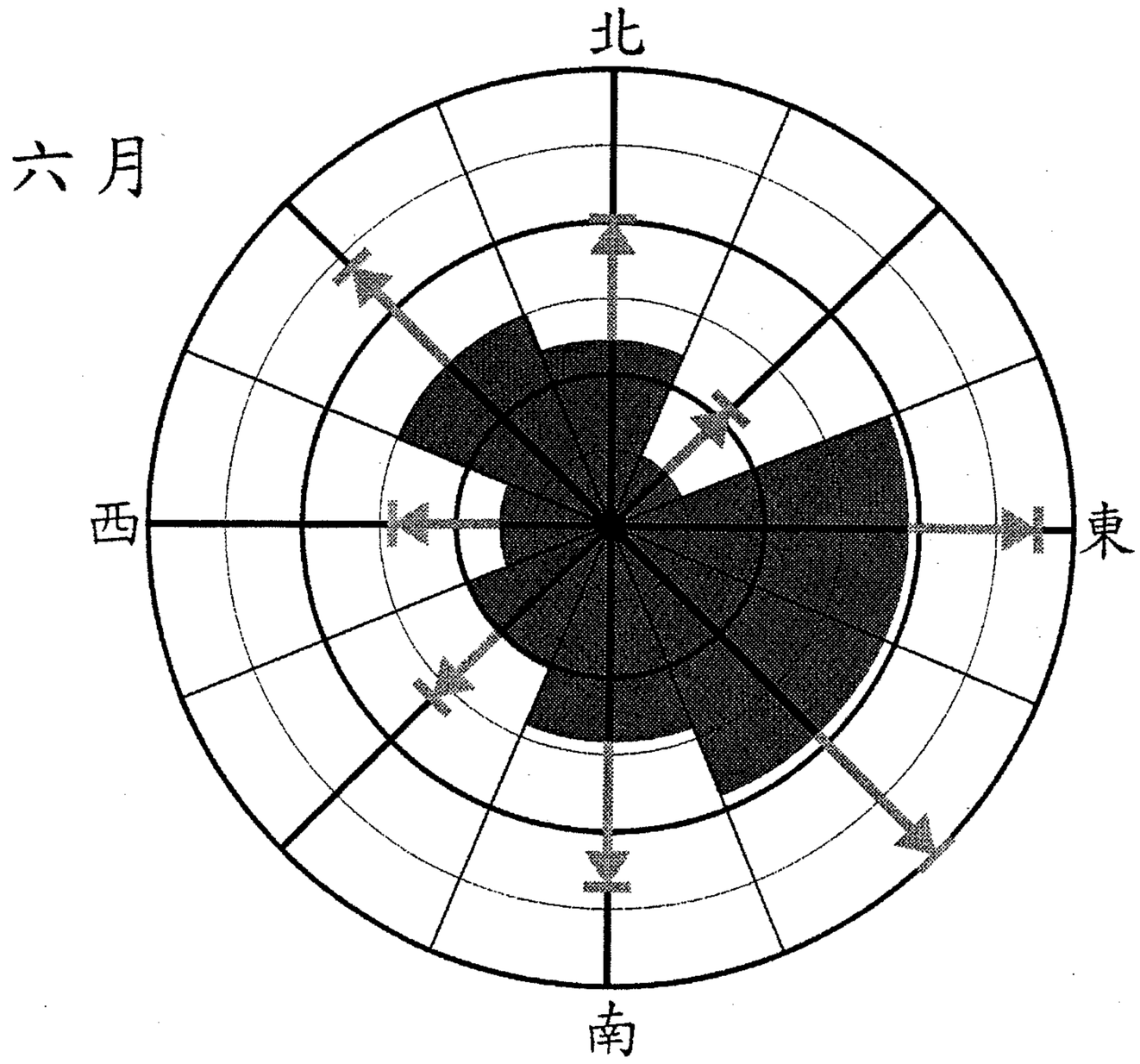


圖三十二　　淡水河紅樹林微氣候測站四月份風速、風向圖

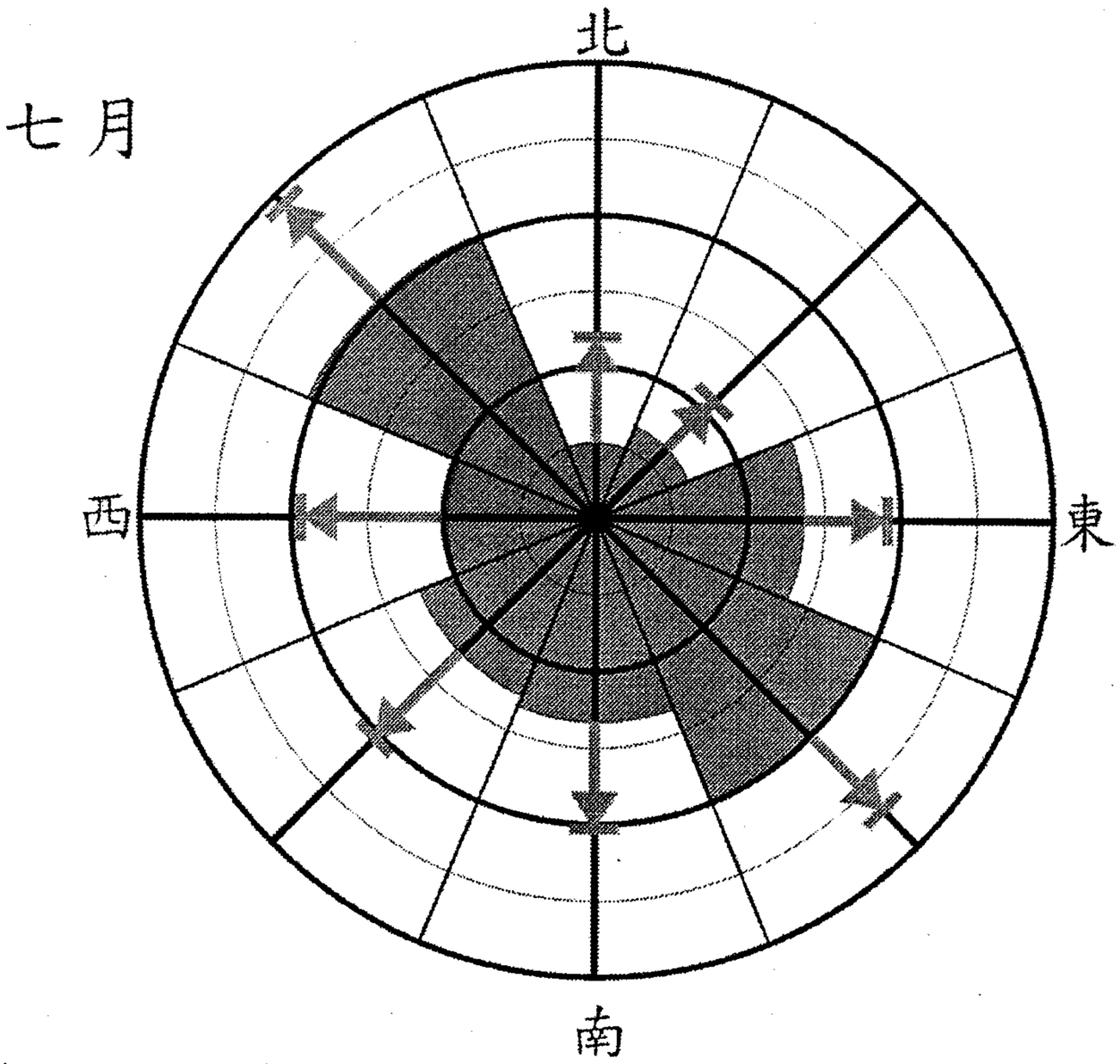




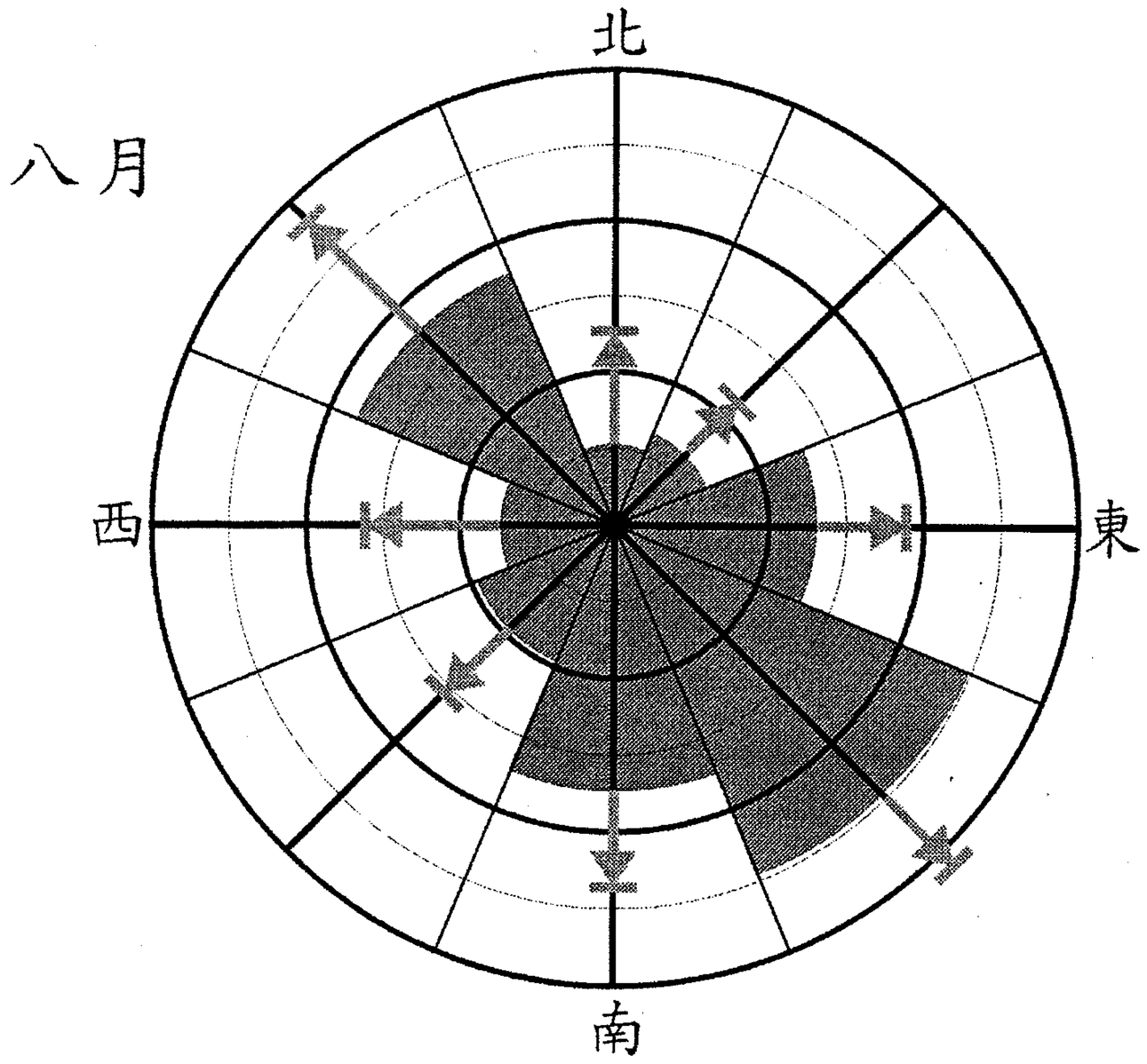
圖三十三　　淡水河紅樹林微氣候測站五月份風速、風向圖



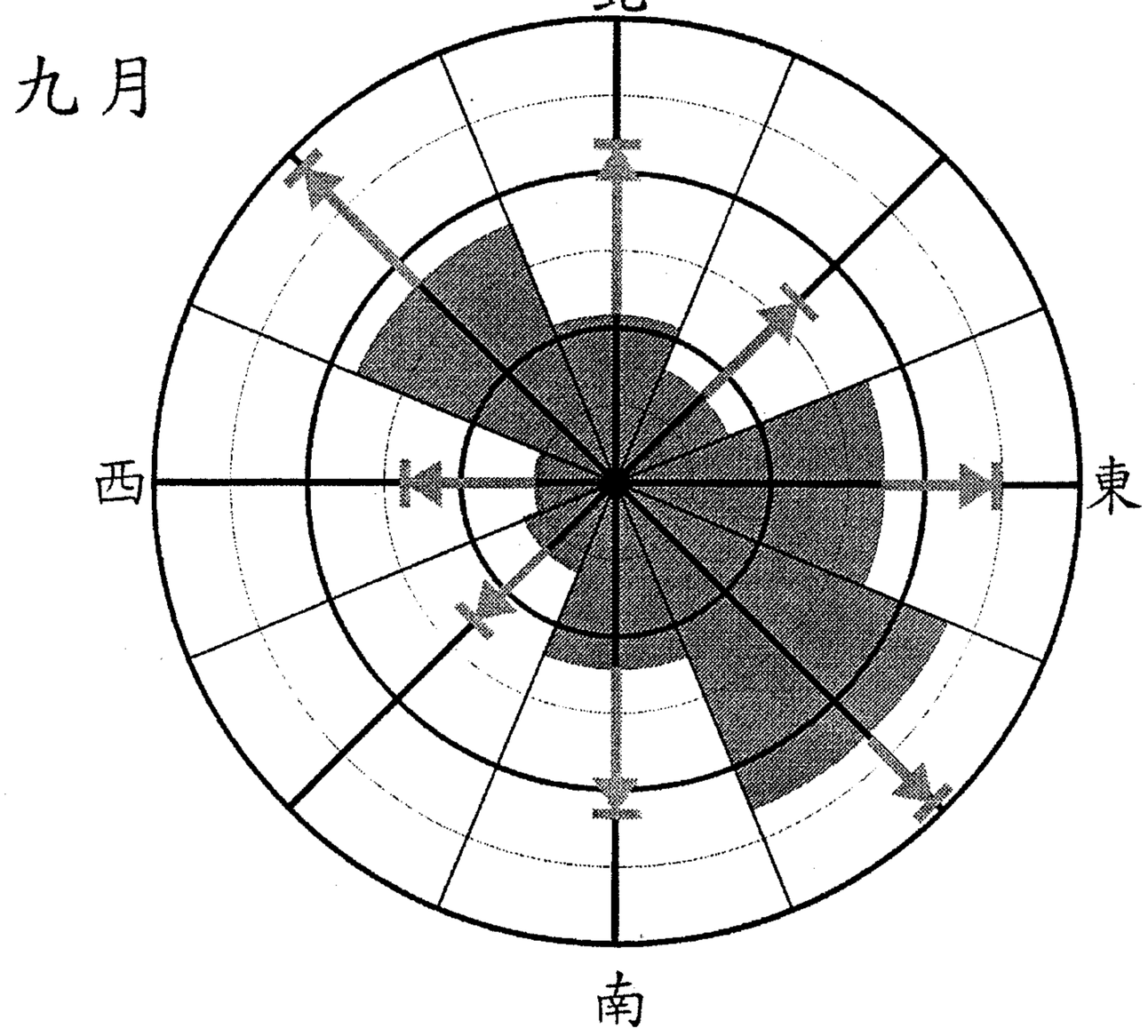
圖三十四　　淡水河紅樹林微氣候測站六月份風速、風向圖



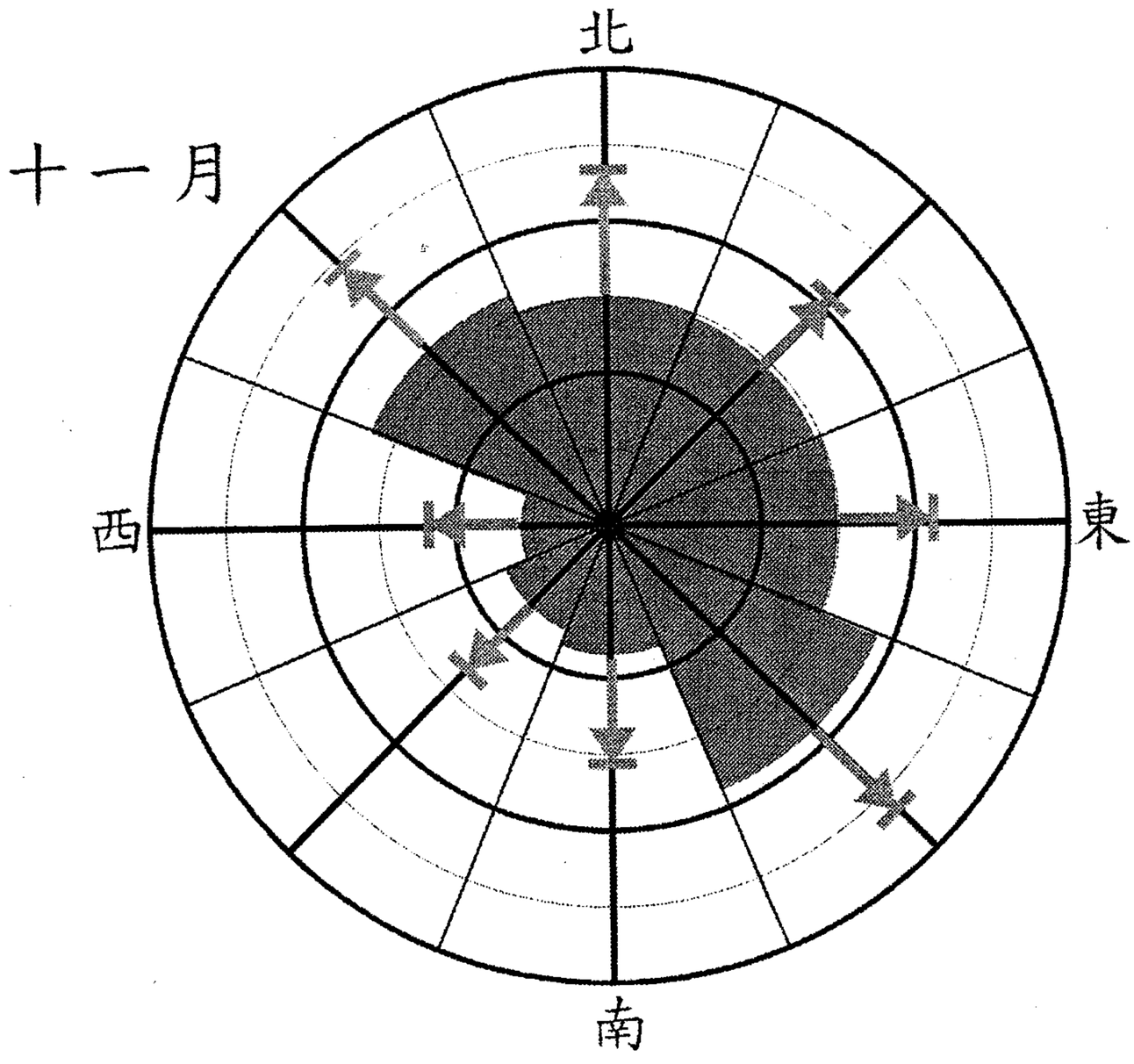
圖三十五　　淡水河紅樹林微氣候測站七月份風速、風向圖



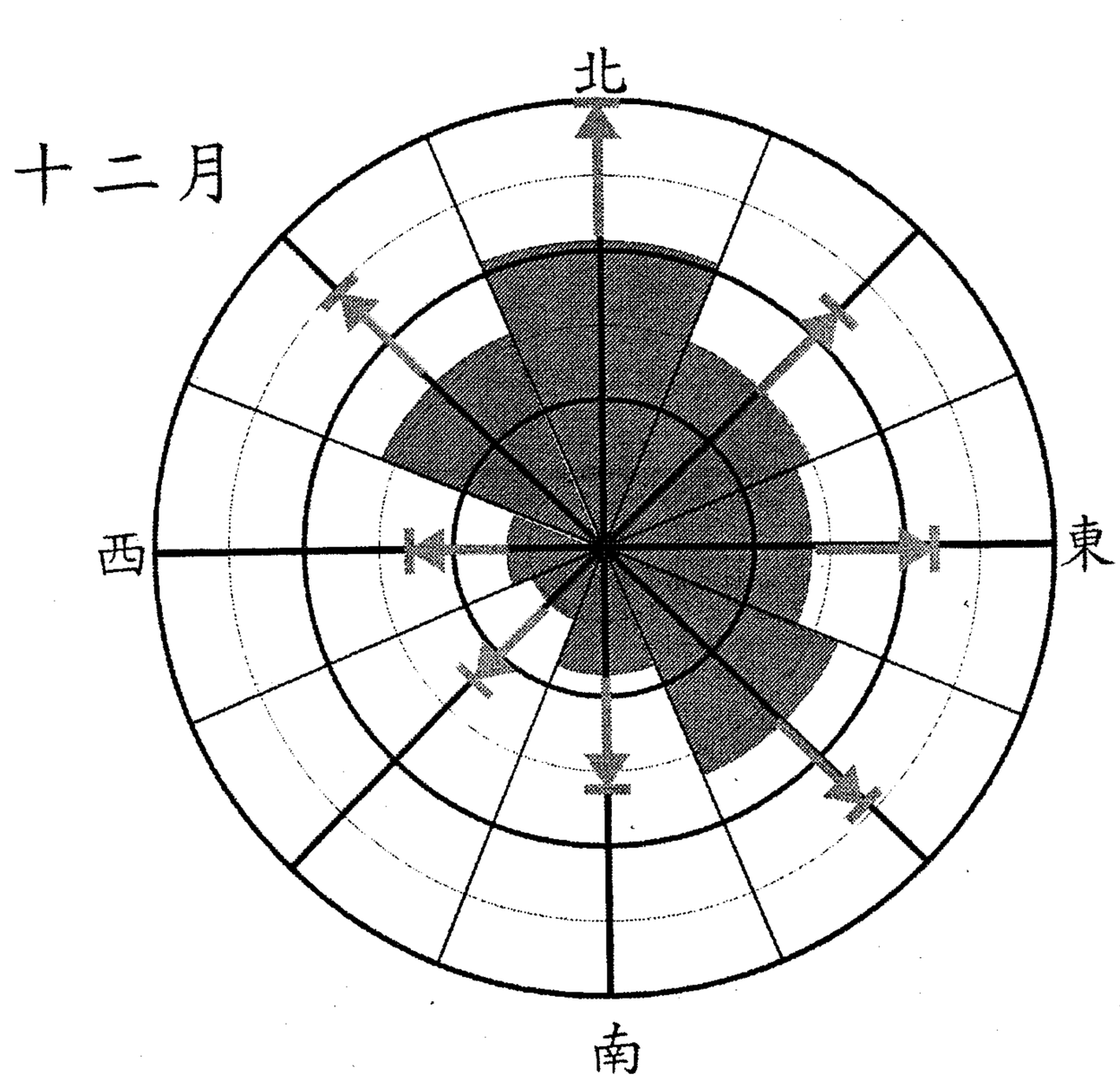
圖三十六　　淡水河紅樹林微氣候測站八月份風速、風向圖



圖三十七　　淡水河紅樹林微氣候測站九月份風速、風向圖



圖三十八　　淡水河紅樹林微氣候測站十一月份風速、風向圖



圖三十九　　淡水河紅樹林微氣候測站十二月份風速、風向圖

（二）水文觀測

本計畫中的微氣候觀測於民國88年4月25日，本次資料的終點是民國88年11月27日。

觀測結果請參閱潮位圖，由圖中可觀察出每一天之中有兩個潮位高點與兩個潮位低點，點與點之間的間隔是6小時25分左右，所以一般漁民或靠海居住的人都會以每天潮汐都較前一日晚50分鐘來推估次日的漲、退潮時間。兩個潮位高點是高潮位，而兩個潮位中的低點是低潮位。

在本研究之中，潮位計觀測的密度為每10秒鐘取一點讀數，每10分鐘將這些讀數加以平均，求的一個資料點並且將之記錄於資料記錄器之中。因此，潮位的資料密度是每個小時6點，每天144點，其單位是公分。

由整個月的資料可以很明顯的發現潮位有週期變化，也就是說在某一段時間高低潮差會比較大，某一段時間高低潮差又比較小。這是因為地球上的潮汐是受月球與太陽位置的影響，當距離較近、引力較大時，潮差就會比較大，換句話說也就是高潮位會比較高而低潮位也會比較低。如果對照陰曆（農曆）就又會發現潮差大的時間是發生在初2、3與17、18附近，而潮差較小的時間則是在初9、10與24、25附近。但是一般來說，可能會有1-2天的誤差，也就是說可能會有提早或是延後的狀況。

但是每日潮位的變化並非全都由潮差所控制，河川上游的逕流量與海岸的風向、風速都對潮位有所影響。當上游河川流量較大時，河水向外流的速度就會受阻而較低，使潮位居高不下，即使是在一般低潮位的情況。相同的，若是有海風也會造成水流的阻礙，進而局部地提高潮位。

表三　　淡水河潮位測站每日潮位與潮差統計表

1999年4月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
25	-82.0	107.5	189.4	
26	-108.0	129.5	237.6	
27	-125.2	123.2	248.4	
28	-130.3	125.3	255.6	
29	-131.1	116.0	247.2	
30	-130.9	119.0	249.9	

1999年5月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
1	-131.0	116.7	247.7	
2	-131.0	117.7	248.7	
3	-130.9	131.3	262.3	
4	-130.9	137.2	268.1	
5	-131.0	128.4	259.5	
6	-131.1	115.1	246.2	
7	-126.1	108.0	234.0	
8	-116.9	100.6	217.5	
9	-108.0	100.8	208.9	
10	-106.8	102.1	208.9	
11	-110.2	120.1	230.3	
12	-125.7	124.2	249.9	
13	-131.3	137.1	268.4	
14	-131.3	152.6	283.8	
15	-130.8	164.3	295.1	
16	-131.0	167.4	298.5	
17	-131.1	170.2	301.3	
18	-131.1	172.7	303.8	
19	-130.7	155.5	286.2	
20	-130.7	124.6	255.3	
21	-130.6	108.7	239.3	
22	-130.7	107.8	238.5	
23	-126.1	102.7	228.8	
24	-113.9	100.7	214.6	
25	-114.7	107.0	221.6	
26	-124.9	101.4	226.3	
27	-131.1	99.0	230.0	
28	-131.2	104.5	235.7	
29	-131.0	104.5	235.5	
30	-130.6	104.5	235.1	
31	-130.5	107.9	238.4	

1999年6月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
1	-130.8	114.9	245.7	
2	-130.9	116.0	246.8	
3	-130.9	115.2	246.1	
4	-131.3	112.6	243.9	
5	-130.8	103.9	234.7	
6	-126.4	86.8	213.2	
7	-126.0	103.0	229.0	
8	-121.3	98.5	219.8	
9	-129.5	144.5	274.0	
10	-147.6	164.2	311.8	
11	-156.0	189.3	345.3	
12	-155.7	203.9	359.6	
13	-155.9	213.4	369.3	
14	-155.7	188.7	344.4	
15	-155.6	183.2	338.8	
16	-155.8	178.4	334.2	
17	-110.9	172.4	283.3	
18	-109.7	162.1	271.8	
19	-66.6	158.4	225.0	
20	-91.8	147.5	239.3	
21	-74.4	134.4	208.8	
22	-73.8	127.0	200.8	
23	-90.0	118.5	208.5	
24	-97.6	118.2	215.8	
25	-107.4	123.9	231.3	
26	-115.0	134.4	249.4	
27	-124.3	140.2	264.5	
28	-135.2	139.8	275.0	
29	-126.6	148.2	274.8	
30	-129.0	150.3	279.3	

1999年7月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
1	-132.7	153.0	285.7	
2	-119.6	150.8	270.4	
3	-121.2	156.1	277.3	
4	-109.7	146.7	256.4	
5	-99.5	142.1	241.6	
6	-86.9	140.9	227.8	
7	-85.5	135.4	220.9	
8	-100.0	131.8	231.8	
9	-115.9	144.4	260.3	
10	-129.1	162.2	291.3	
11	-141.4	172.5	313.9	
12	-144.1	186.9	331.0	
13	-153.5	185.1	338.6	
14	-154.7	184.8	339.5	
15	-139.4	184.4	323.8	
16	-135.8	177.0	312.8	
17	-123.0	158.5	281.5	
18	-100.8	147.1	247.9	
19	-74.4	153.3	227.7	
20	-64.3	161.4	225.7	
21	-64.6	149.1	213.7	
22	-72.7	137.0	209.7	
23	-93.7	134.4	228.1	
24	-96.6	151.1	247.7	
25	-96.7	175.2	271.9	
26	-103.3	188.2	291.5	
27	-110.2	199.3	309.5	
28	-121.9	193.5	315.4	
29	-132.7	193.0	325.7	
30	-130.2	192.3	322.5	
31	-125.3	190.9	316.2	

1999年8月

（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
1	-112.3	188.0	300.3	
2	-99.3	197.1	296.4	
3	-89.4	187.8	277.2	
4	-89.5	180.7	270.2	
5	-92.1	169.8	261.9	
6	-93.3	174.6	267.9	
7	-106.9	182.5	289.4	
8	-122.1	197.3	319.4	
9	-134.0	201.0	335.0	
10	-136.5	208.5	345.0	
11	-133.5	209.7	343.2	
12	-143.3	205.8	349.1	
13	-140.1	204.2	344.3	
14	-126.5	194.3	320.8	
15	-116.3	183.6	299.9	
16	-90.7	172.2	262.9	
17	-86.5	160.6	247.1	
18	-82.0	143.7	225.7	
19	-78.3	124.5	202.8	
20	-90.4	102.7	193.1	
21	-85.0	123.9	208.9	
22	-83.7	124.1	207.8	
23	-101.4	138.0	239.4	
24	-122.9	157.3	280.2	
25	-128.7	161.9	290.6	
26	-134.0	171.8	305.8	
27	-144.4	169.5	313.9	
28	-139.7	169.3	309.0	
29	-135.0	172.1	307.1	
30	-127.3	168.3	295.6	
31	-118.0	163.6	281.6	

1999年9月

（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
1	-121.6	158.4	280.0	
2	-120.4	143.3	263.7	
3	-122.8	155.4	278.2	
4	-114.1	161.5	275.6	
5	-121.8	163.6	285.4	
6	-130.9	177.5	308.4	
7	-136.4	185.2	321.6	
8	-140.0	191.4	331.4	
9	-143.9	192.5	336.3	
10	-139.5	188.3	327.7	
11	-127.5	189.0	316.5	
12	-120.9	179.4	300.3	
13	-113.9	172.3	286.2	
14	-110.6	175.7	286.3	
15	-99.1	167.9	267.0	
16	-89.3	155.2	244.5	
17	-83.1	146.6	229.7	
18	-83.6	128.6	212.2	
19	-74.4	129.6	204.0	
20	-56.8	161.8	218.6	
21	-90.5	161.4	251.9	
22	-98.6	187.4	286.0	
23	-107.8	195.6	303.4	
24	-138.2	184.9	323.1	
25	-147.8	183.3	331.1	
26	-142.7	190.0	332.7	
27	-133.2	200.2	333.4	
28	-140.9	195.2	336.1	
29	-147.2	188.1	335.3	
30	-141.2	182.7	323.9	

1999年10月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
1	-131.1	170.1	301.2	
2	-119.9	157.7	277.6	
3	-94.1	151.2	245.3	
4	-128.0	140.4	268.4	
5	-121.3	171.4	292.7	
6	-126.5	182.7	309.2	
7	-127.6	177.9	305.5	
8	-115.1	171.3	286.4	
9	-104.4	188.6	293.0	
10	-118.8	194.6	313.4	
11	-129.0	196.7	325.7	
12	-130.3	183.5	313.8	
13	-134.3	176.8	311.1	
14	-123.0	171.1	294.1	
15	-117.8	156.7	274.5	
16	-101.3	157.5	258.8	
17	-89.7	94.9	184.6	
18	-85.7	84.8	170.5	
19	-83.8	119.8	203.6	
20	-97.9	141.5	239.4	
21	-112.5	159.6	272.1	
22	-121.7	172.5	294.2	
23	-128.3	178.6	306.9	
24	-131.8	188.0	319.8	
25	-144.1	203.7	347.8	
26	-159.3	217.0	376.3	
27	-164.1	213.8	377.9	
28	-166.7	204.0	370.7	
29	-157.1	200.7	357.8	
30	-145.9	177.7	323.6	
31	-131.7	167.1	298.8	

1999年11月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
1	-110.2	171.6	281.8	
2	-124.2	127.1	251.3	
3	-119.0	143.6	262.6	
4	-116.0	140.0	256.0	
5	-118.6	152.1	270.7	
6	-128.9	162.2	291.1	
7	-135.6	171.5	307.1	
8	-134.0	180.3	314.3	
9	-135.7	172.1	307.8	
10	-146.4	170.7	317.1	
11	-143.5	172.4	315.9	
12	-131.7	164.4	296.1	
13	-134.8	146.5	281.3	
14	-126.5	145.9	272.4	
15	-102.9	148.7	251.6	
16	-93.4	100.2	193.6	
17	-110.7	110.1	220.8	
18	-99.1	129.0	228.1	
19	-112.2	140.0	252.2	
20	-117.0	156.9	273.9	
21	-128.6	157.4	286.0	
22	-153.1	176.2	329.3	
23	-170.3	191.8	362.1	
24	-167.3	206.3	373.6	
25	-156.5	217.9	374.4	
26	-157.3	182.0	339.3	觀測站自11/26的7:40停止接收資料

在本統計表之中，可以很清楚的看出在淡水河潮位站的潮位變化，在本研究之中將所有潮位的資料加以處理，整理出相關潮差最大與最小的資料，請參閱下表。

表四　　淡水河潮位站最大與最小潮差統計表

1999年5月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
4	-130.9	137.2	268.1	最大潮差 農曆3月19日
10	-106.8	102.1	208.9	最小潮差 農曆3月25日
18	-131.1	172.7	303.8	最大潮差 農曆4月4日
24	-113.9	100.7	214.6	最小潮差 農曆4月10日

1999年6月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
2	-130.9	116.0	246.8	最大潮差 農曆4月19日
6	-126.4	86.8	213.2	最小潮差 農曆4月23日
13	-155.9	213.4	369.3	最大潮差 農曆4月30日
22	-73.8	127.0	200.8	最小潮差 農曆5月9日

1999年7月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
1	-132.7	153.0	285.7	最大潮差 農曆5月18日
7	-85.5	135.4	220.9	最小潮差 農曆5月24日
14	-154.7	184.8	339.5	最大潮差 農曆6月2日
22	-72.7	137.0	209.7	最小潮差 農曆6月10日
29	-132.7	193.0	325.7	最大潮差 農曆6月17日

1999年8月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
5	-92.1	169.8	261.9	最小潮差 農曆6月24日
12	-143.3	205.8	349.1	最大潮差 農曆7月2日
20	-90.4	102.7	193.1	最小潮差 農曆7月10日
27	-144.4	169.5	313.9	最大潮差 農曆7月17日

1999年9月　　（單位：海拔公分）

國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
2	-120.4	143.3	263.7	最小潮差 農曆7月23日
9	-143.8	192.5	336.3	最大潮差 農曆7月30日
14	-110.6	175.7	286.3	最小潮差 農曆8月05日
28	-140.9	195.2	336.1	最大潮差 農曆8月19日

1999年10月　　（單位：海拔公分）

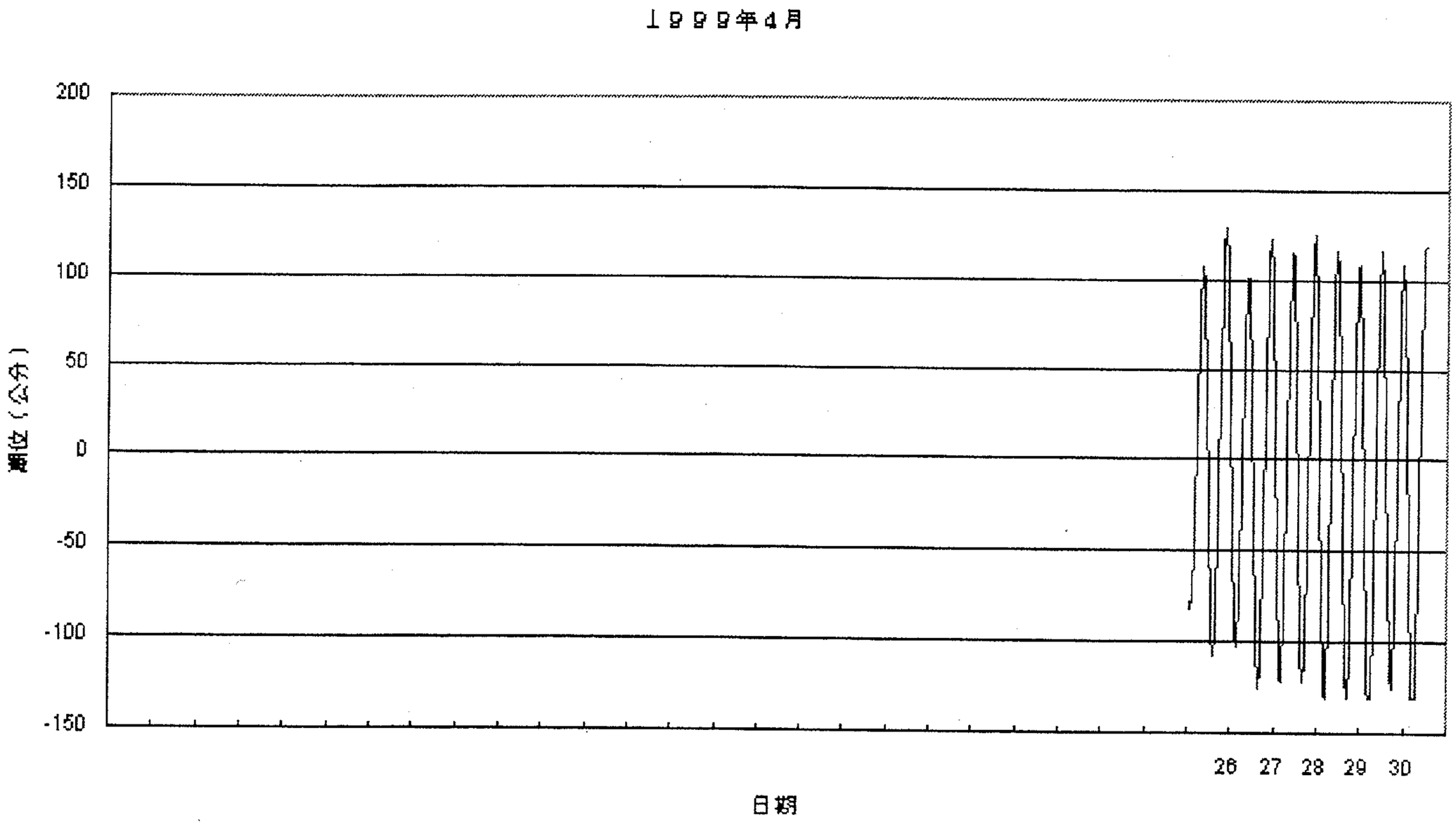
國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
3	-94.1	151.2	245.3	最小潮差 農曆8月24日
11	-129.0	196.7	325.7	最大潮差 農曆9月3日
18	-85.7	84.8	170.5	最小潮差 農曆9月10日
26	-159.3	217.0	376.3	最大潮差 農曆9月18日

1999年11月　　（單位：海拔公分）

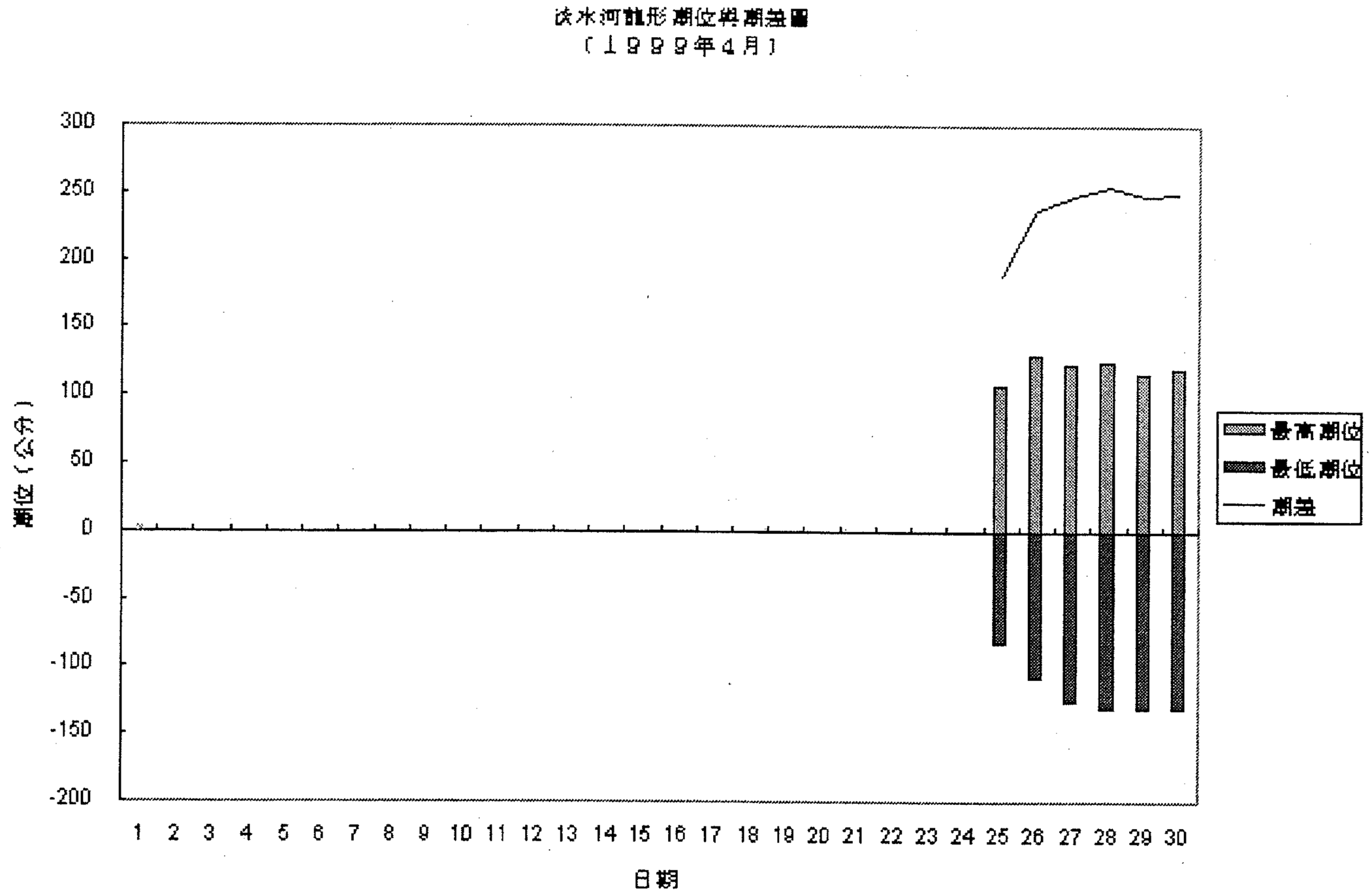
國曆日期	低潮位	高潮位	潮差	備註
2	-124.2	127.1	251.3	最小潮差 農曆9月25日
10	-146.4	170.7	317.1	最大潮差 農曆10月3日
16	-93.4	100.2	193.6	最小潮差 農曆0月9日
25	-156.5	217.9	374.4	最大潮差 農曆10月18日

在表中可以很清楚的發現，最大與最小潮差在農曆每個月會各有兩次，最大潮差是在農曆的2日與17日，最小潮差則發生在9日與24日。這是與月球以及地球的相對引力位置有關。但是並不是每一次都會如此的準確，還是會有其他因素會影響潮位與潮差，這些觀測數據只是一種最終結果的呈現。

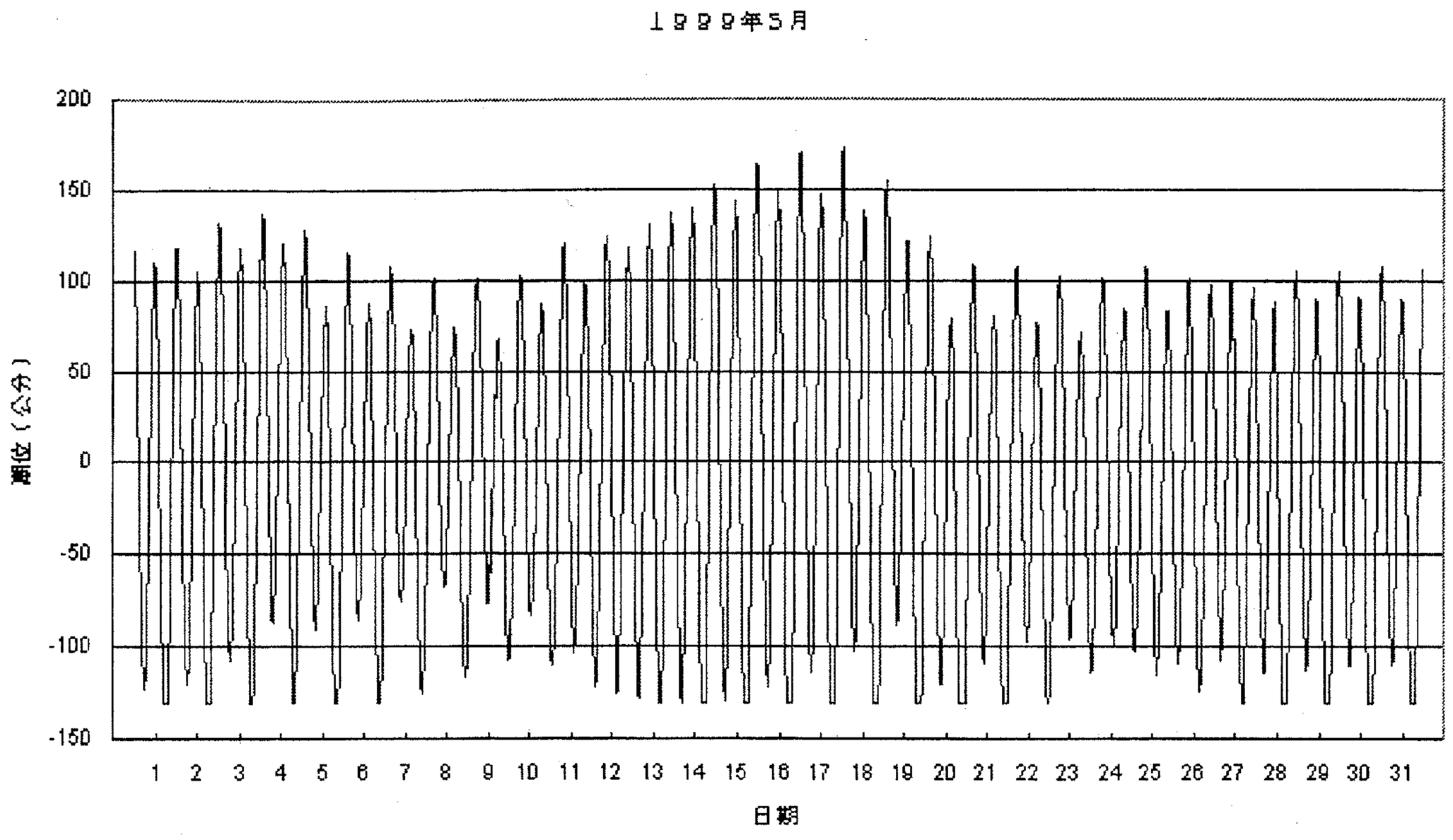
在觀測期之中，潮位站所測得的最大潮差是3.693公尺（1999年6月13日、農曆4月30日）、最小潮差則是1.931公尺（1999年8月20日、農曆7月10日），顯示這個區域的潮差並不小，潮位變化也相當大。而且有另一個現象是當出現潮差較大的時候，馬上接著會出現潮差較小的時候，這就反映在觀測期之間的相鄰的最高潮差與最低潮差的時間上。此外，根據以往的經驗，在農曆8月16、17左右會出現全年的最高潮與最低潮，在那個時候可能會出現最低潮低於儀器設計的極限，這是另一個要想辦法突破的地方。



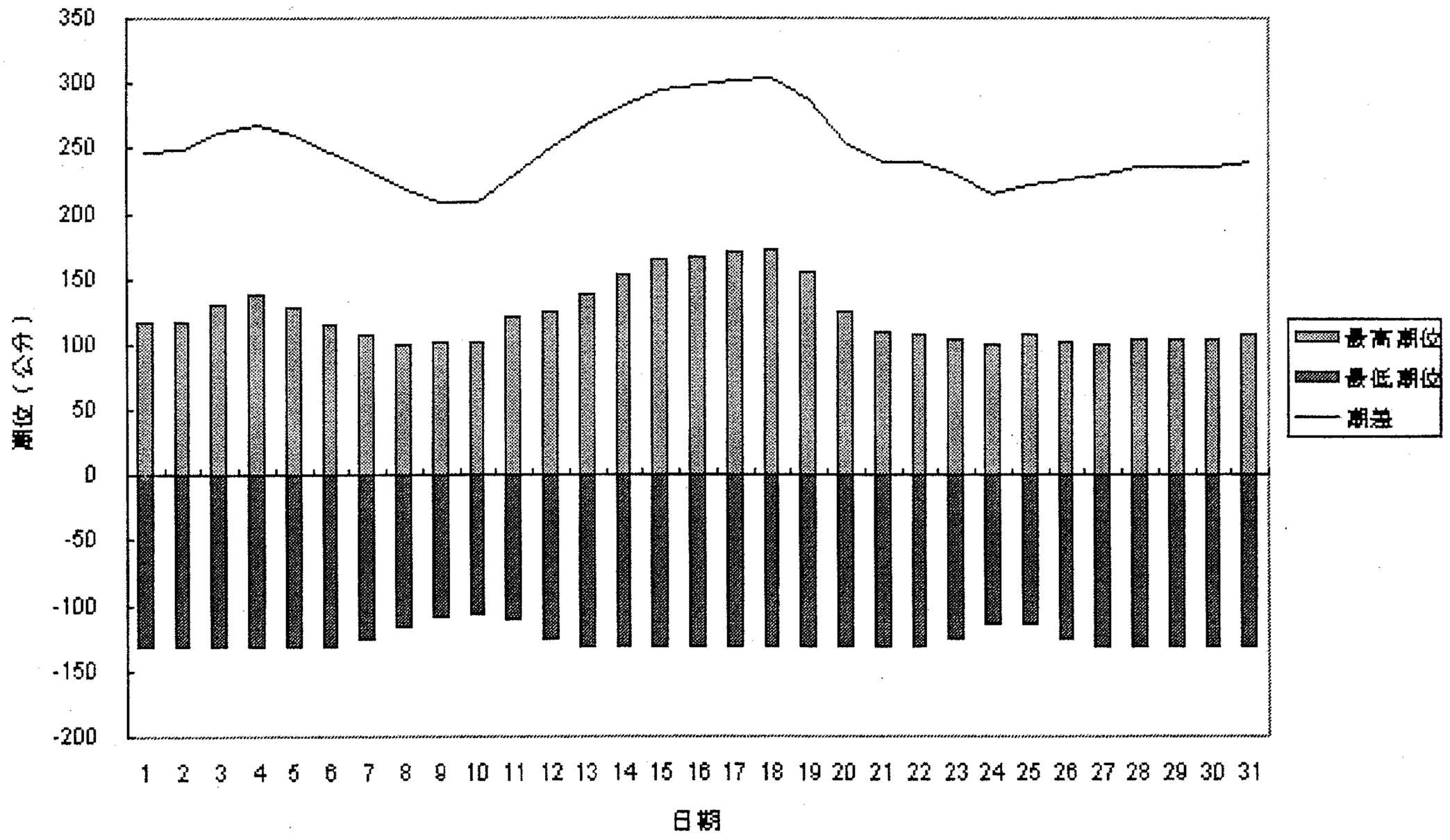
圖四十　淡水河龍形潮位測站四月份潮位圖



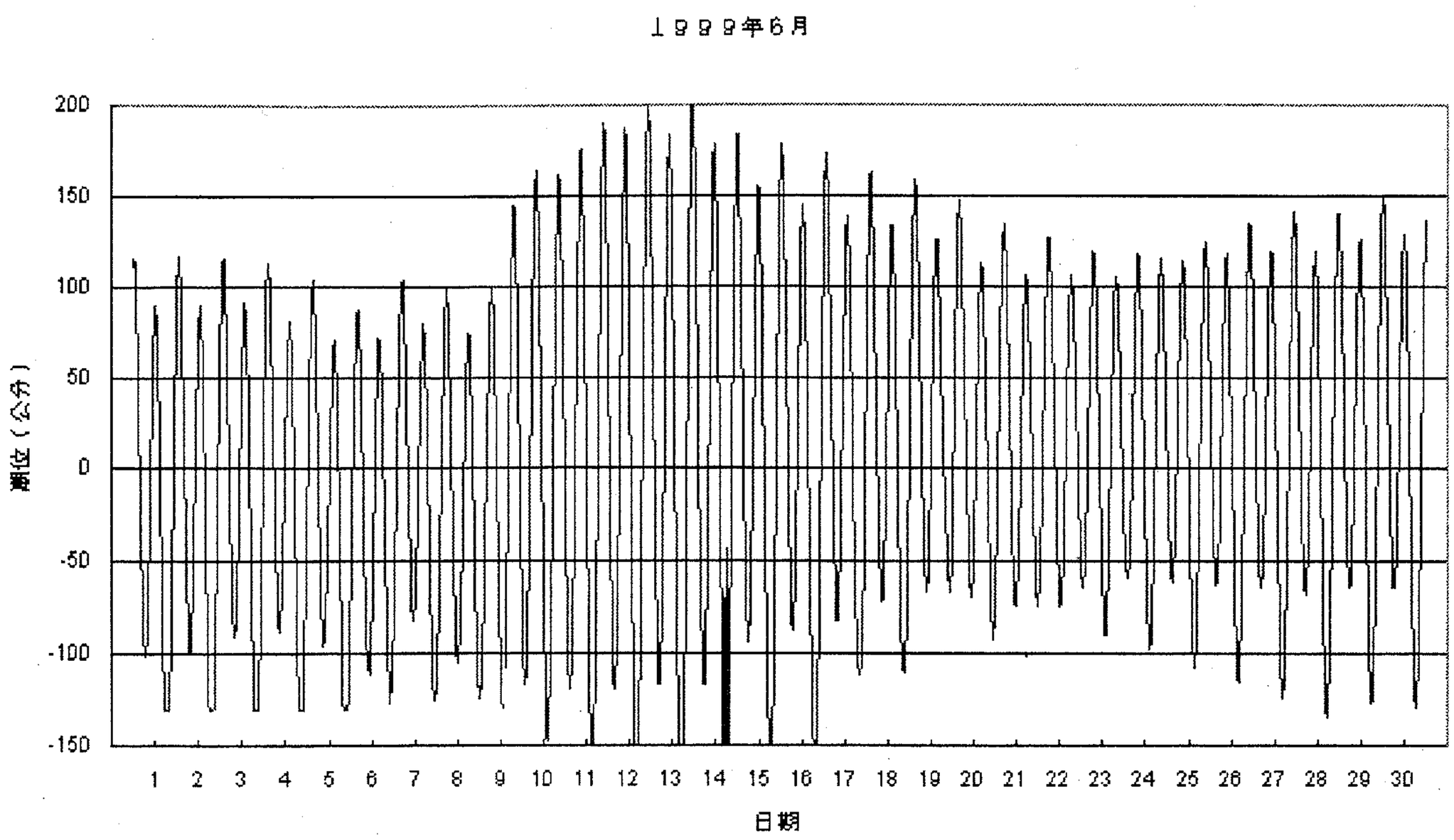
圖四十一　淡水河龍形潮位測站四月份潮位與潮差圖



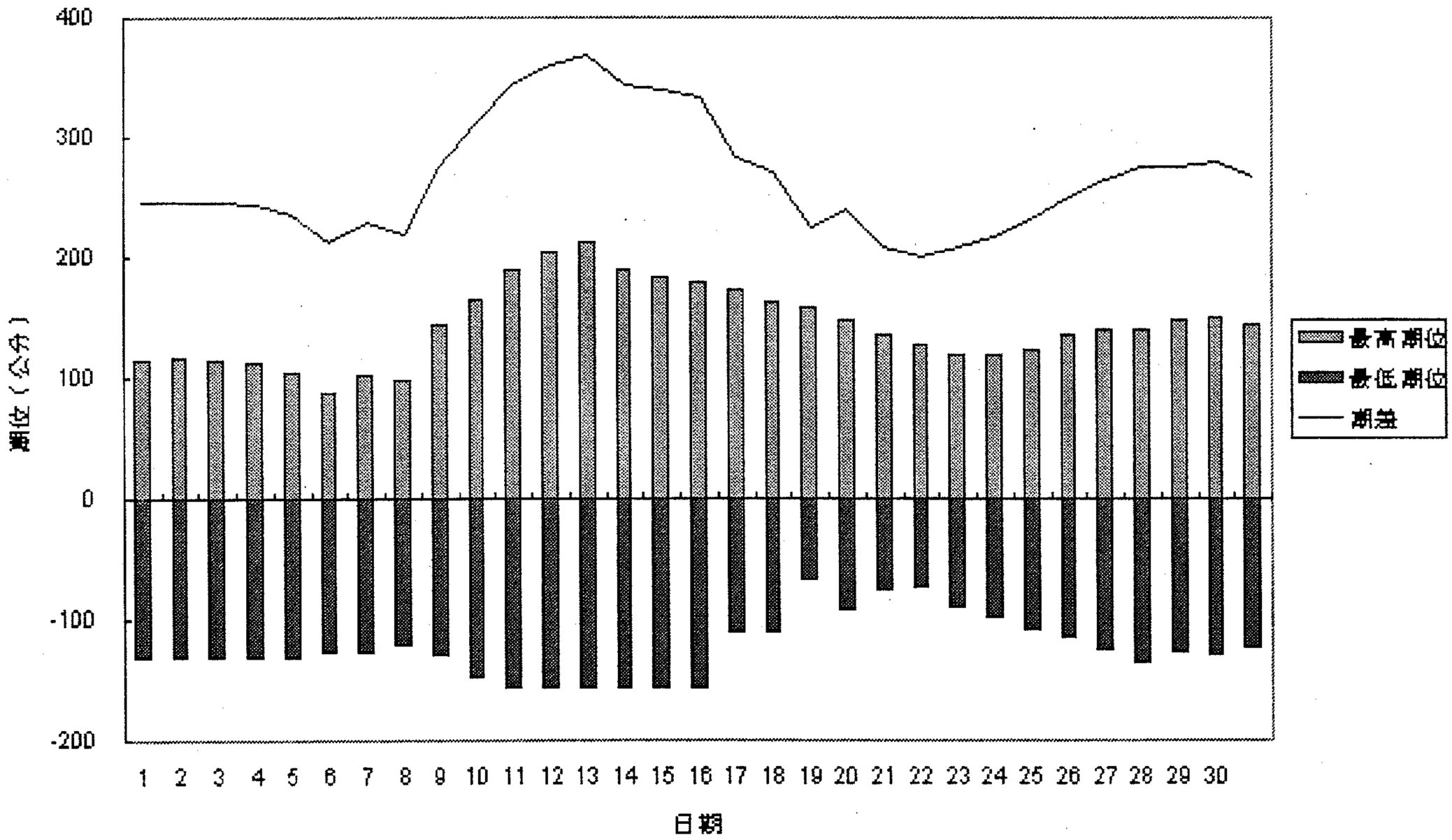
圖四十二　　淡水河龍形潮位測站五月份潮位圖



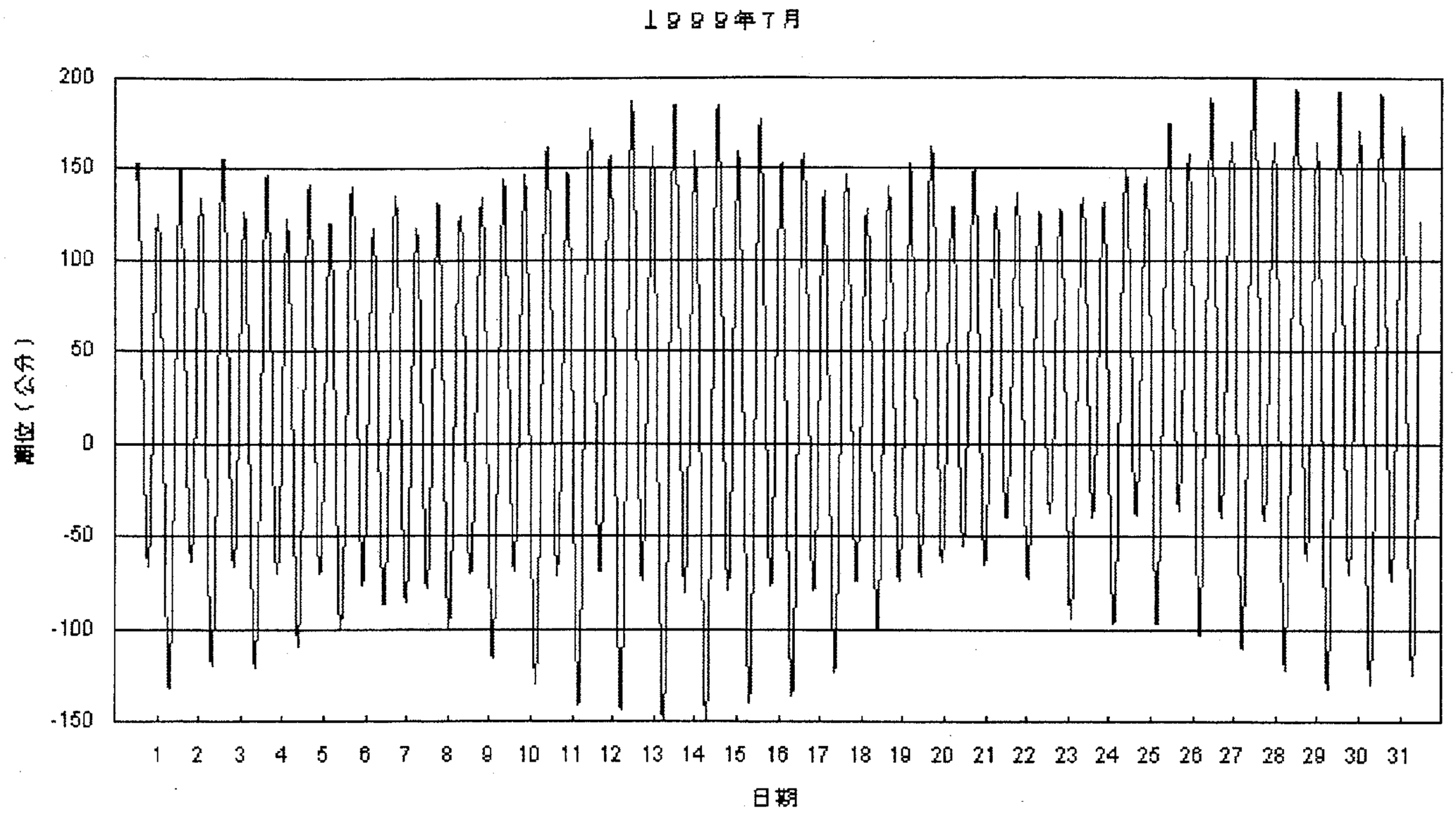
圖四十三　　淡水河龍形潮位測站五月份潮位與潮差圖



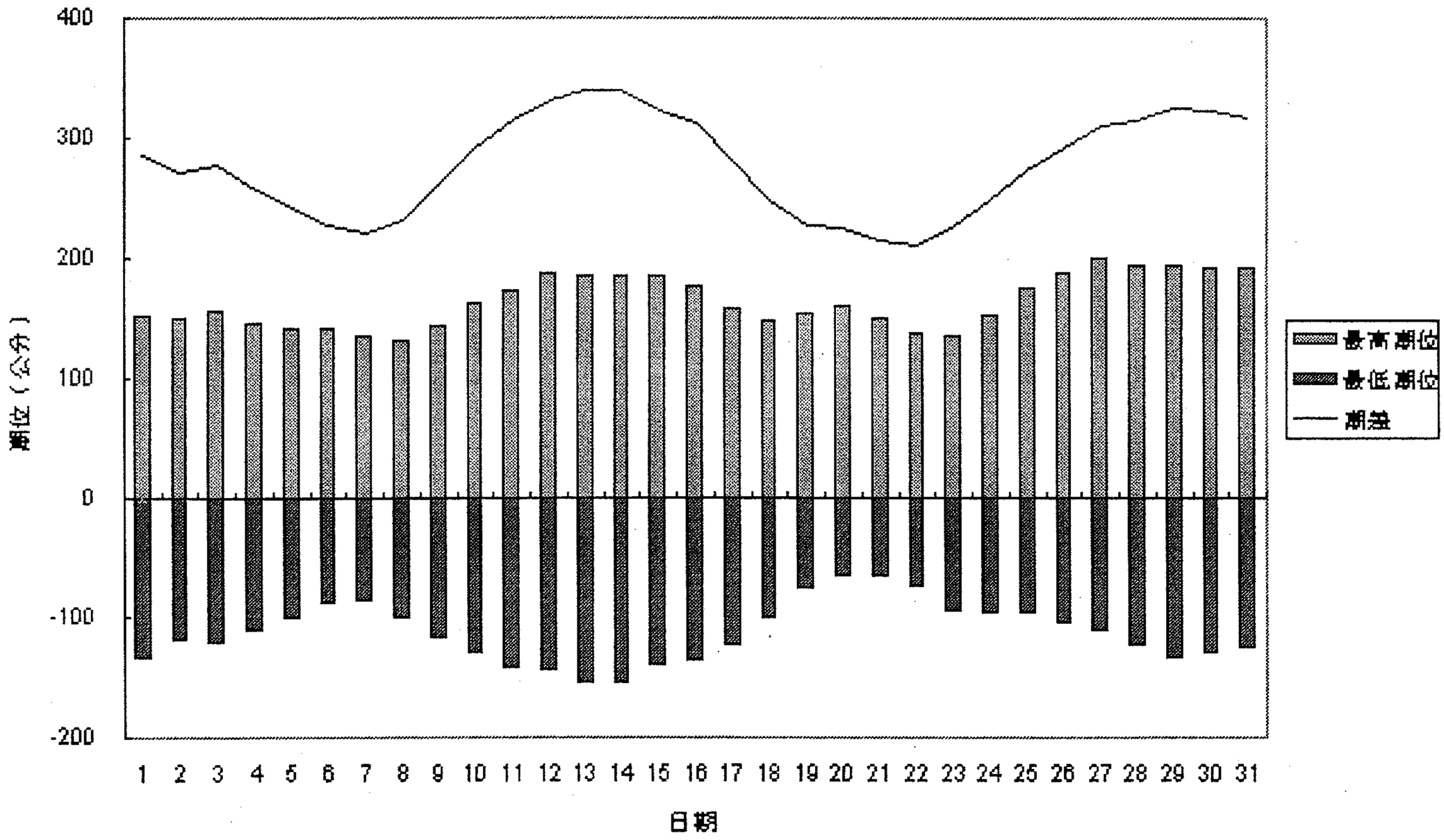
圖四十四　　淡水河龍形潮位測站六月份潮位圖



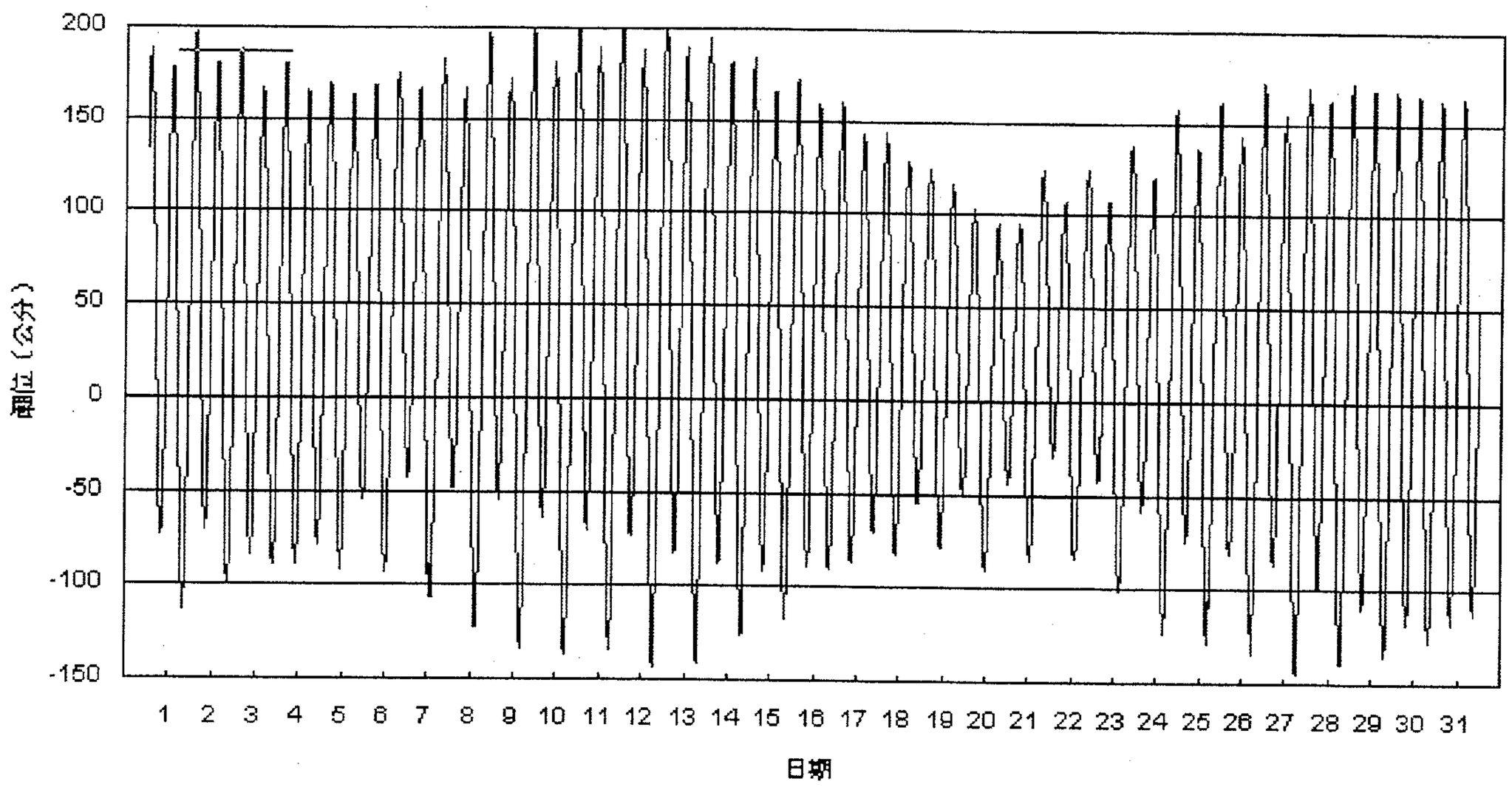
圖四十五　　淡水河龍形潮位測站六月份潮位與潮差圖



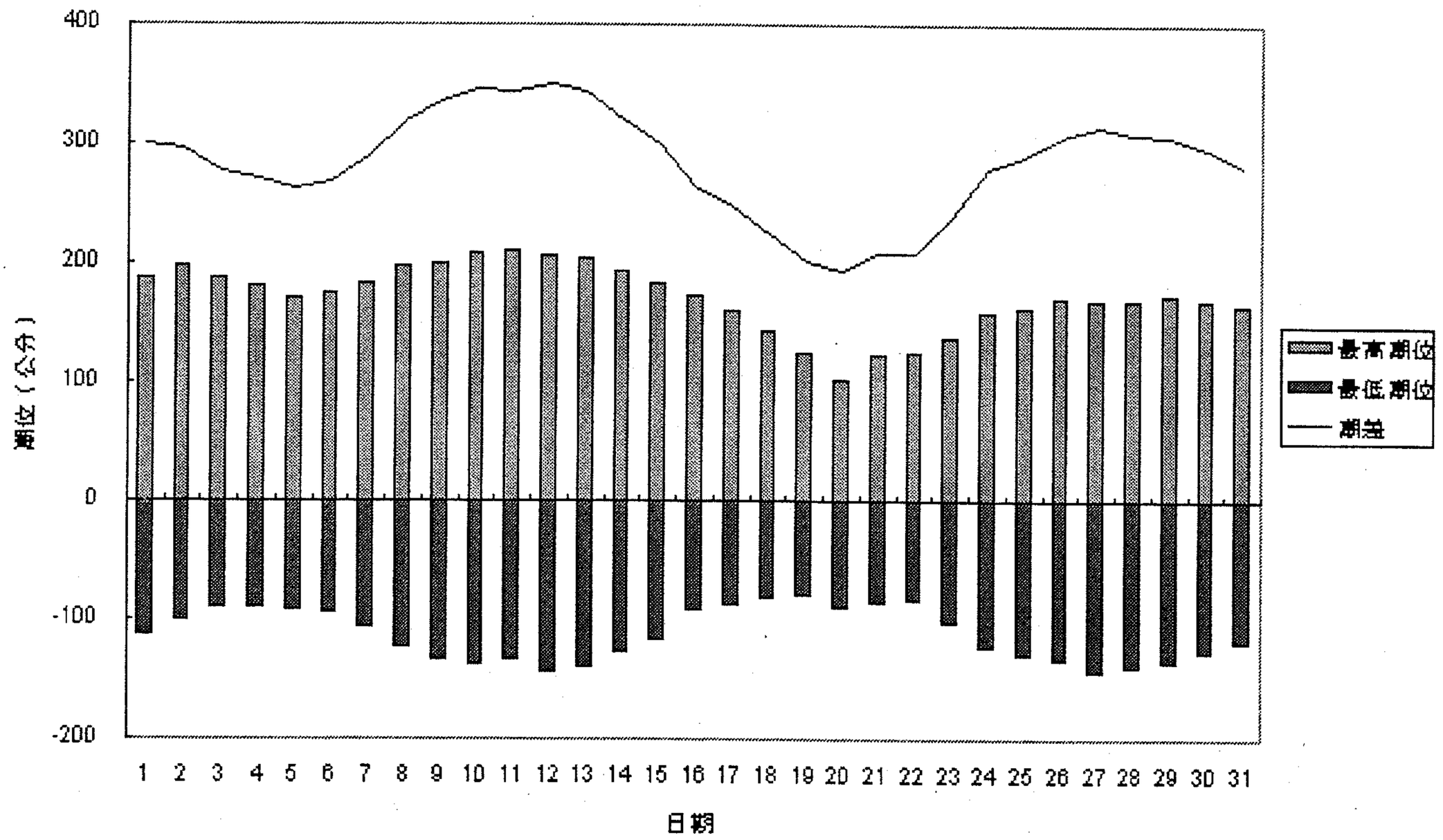
圖四十六　　淡水河龍形潮位測站七月份潮位圖



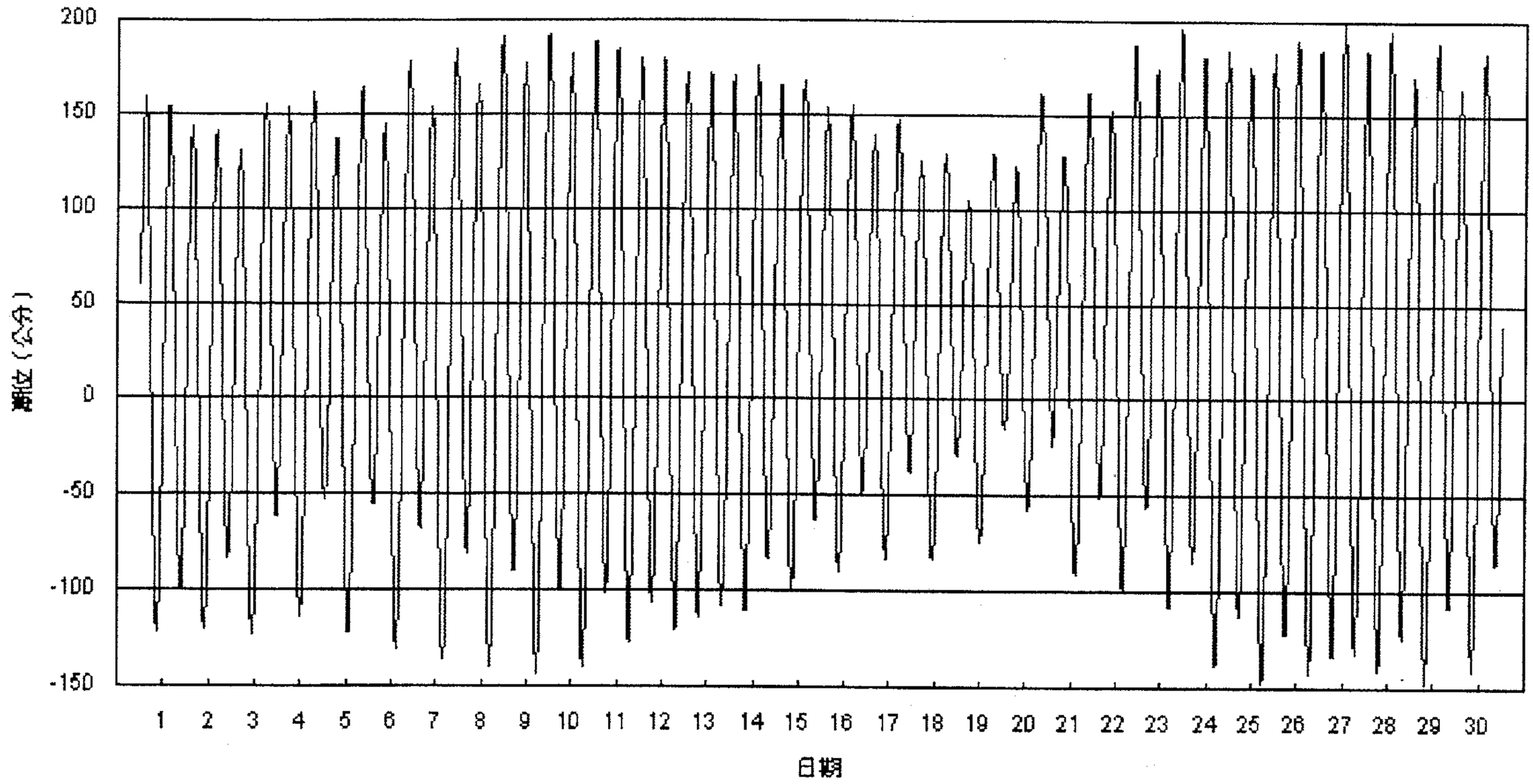
圖四十七　　淡水河龍形潮位測站七月份潮位與潮差圖



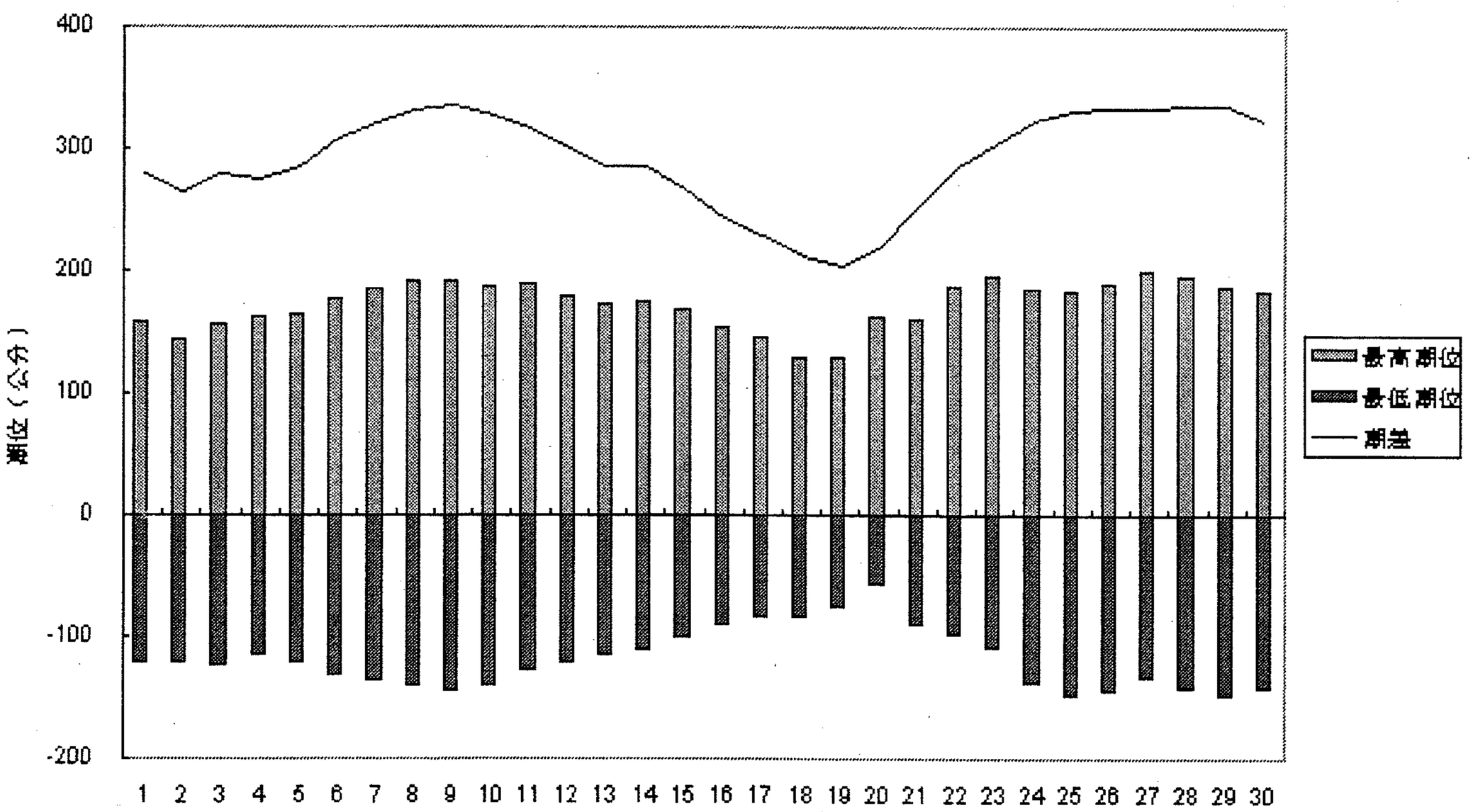
圖四十八　　淡水河龍形潮位測站八月份潮位圖



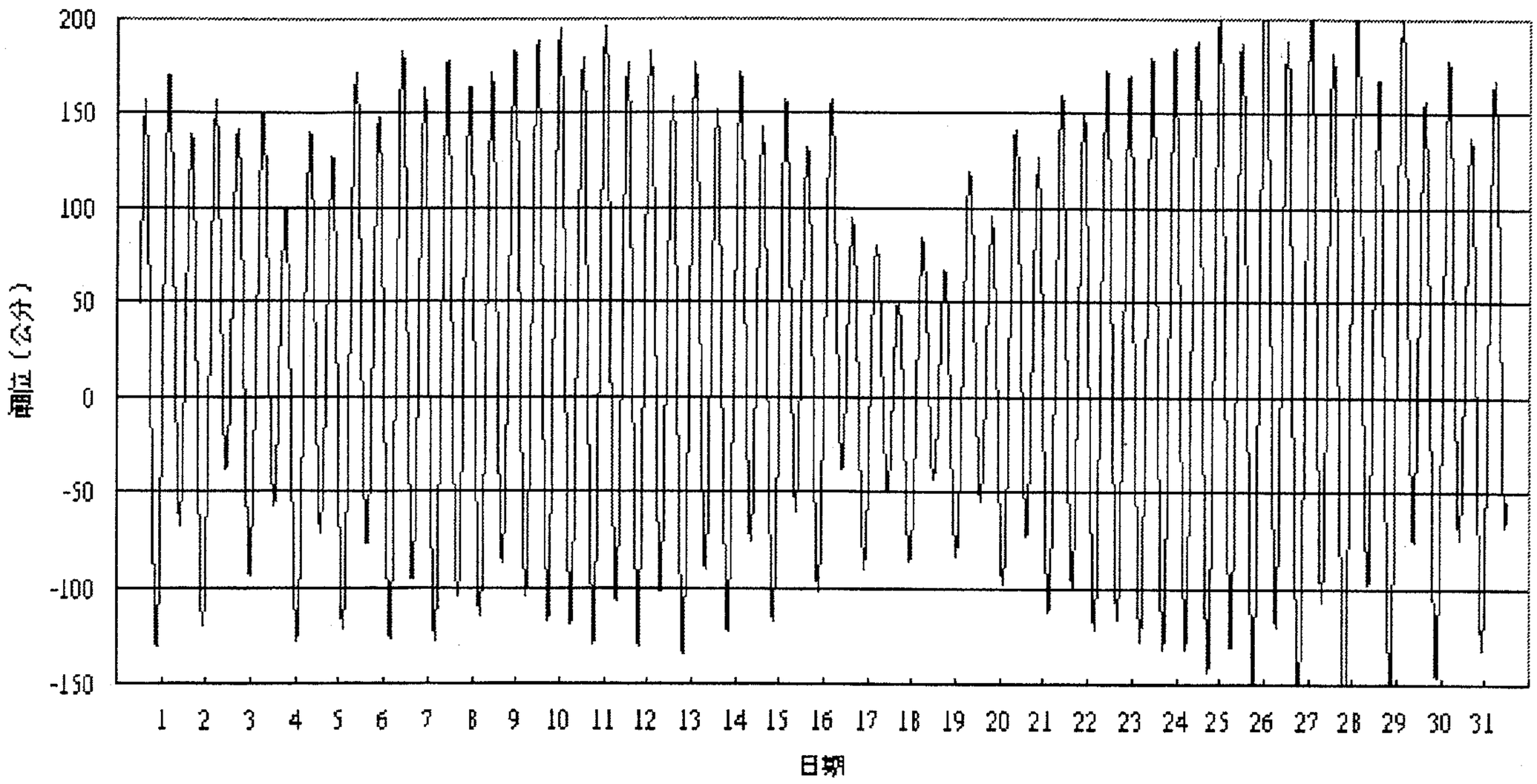
圖四十九　　淡水河龍形潮位測站八月份潮位與潮差圖



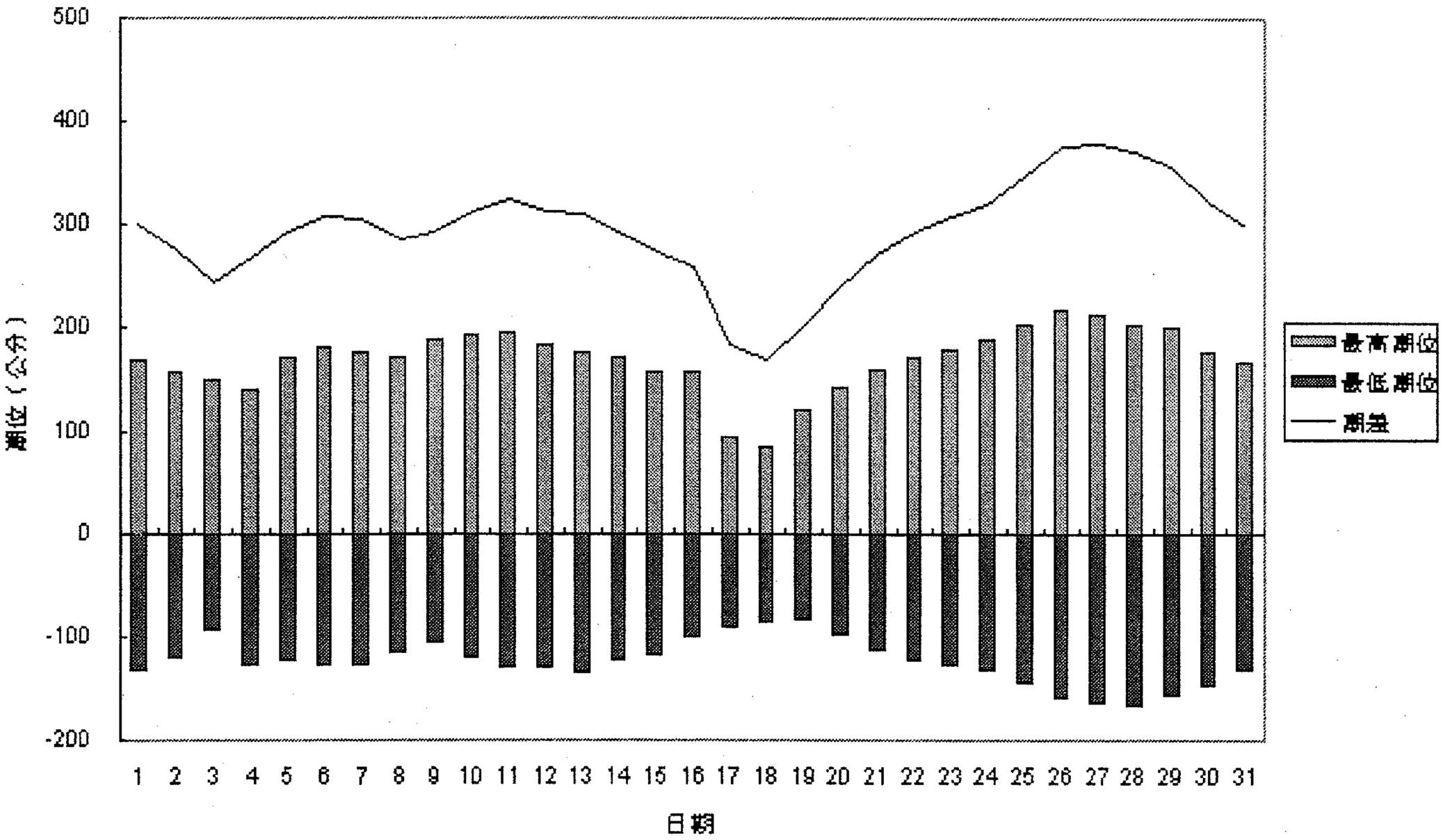
圖五十　　淡水河龍形潮位測站九月份潮位圖



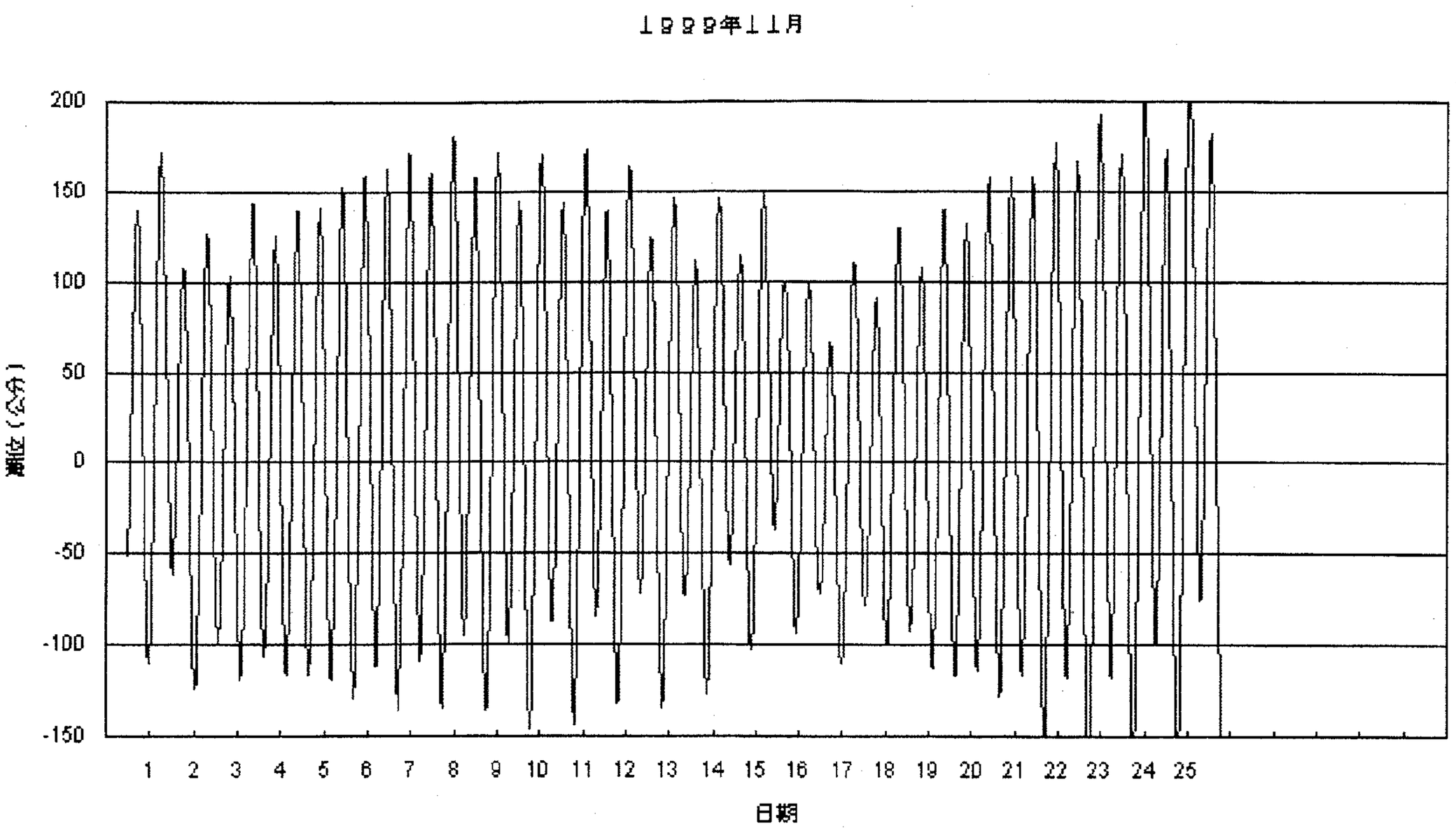
圖五十一　　淡水河龍形潮位測站九月份潮位與潮差圖



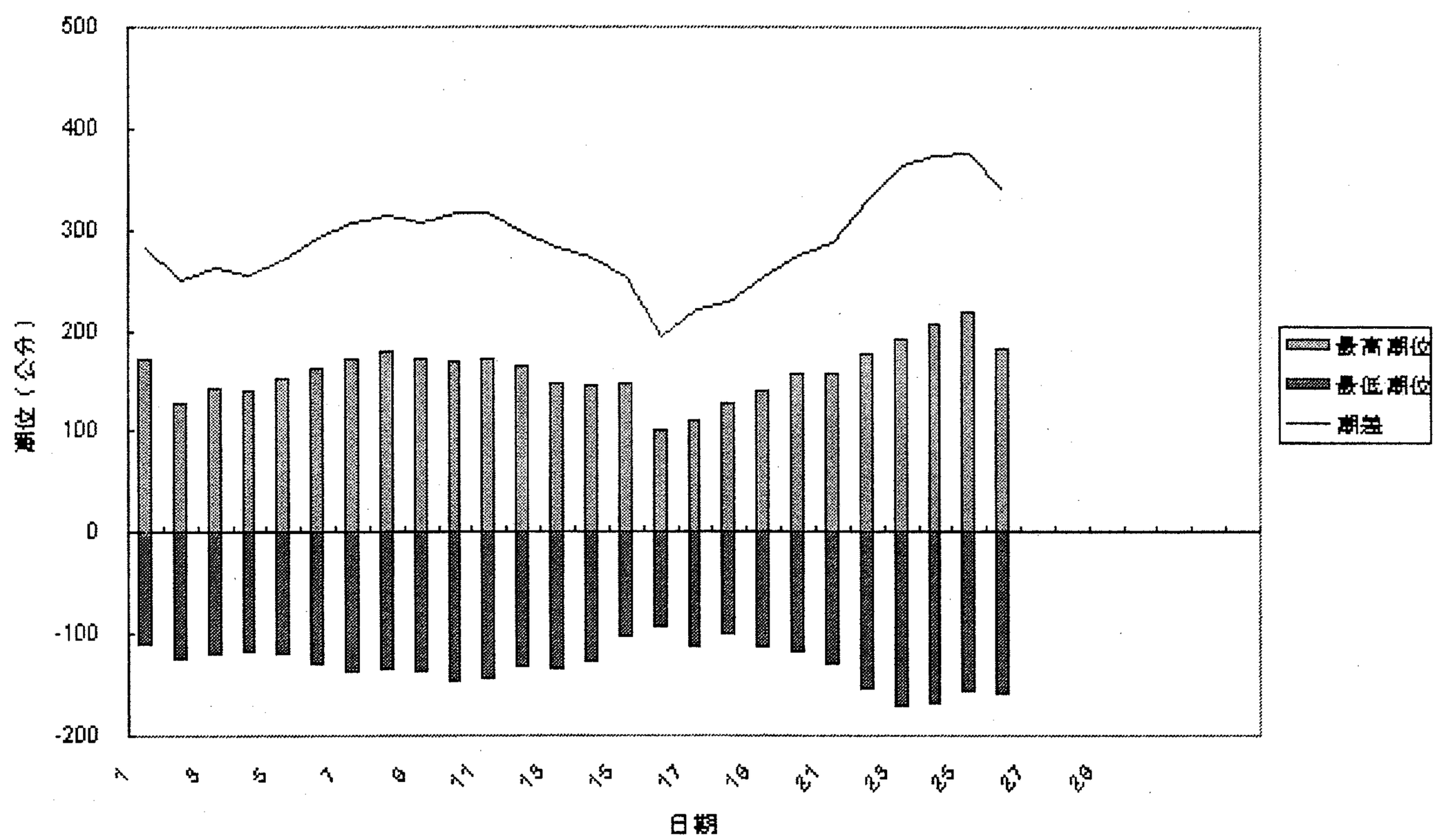
圖五十二　　淡水河龍形潮位測站十月份潮位圖



圖五十三　　淡水河龍形潮位測站十月份潮位與潮差圖



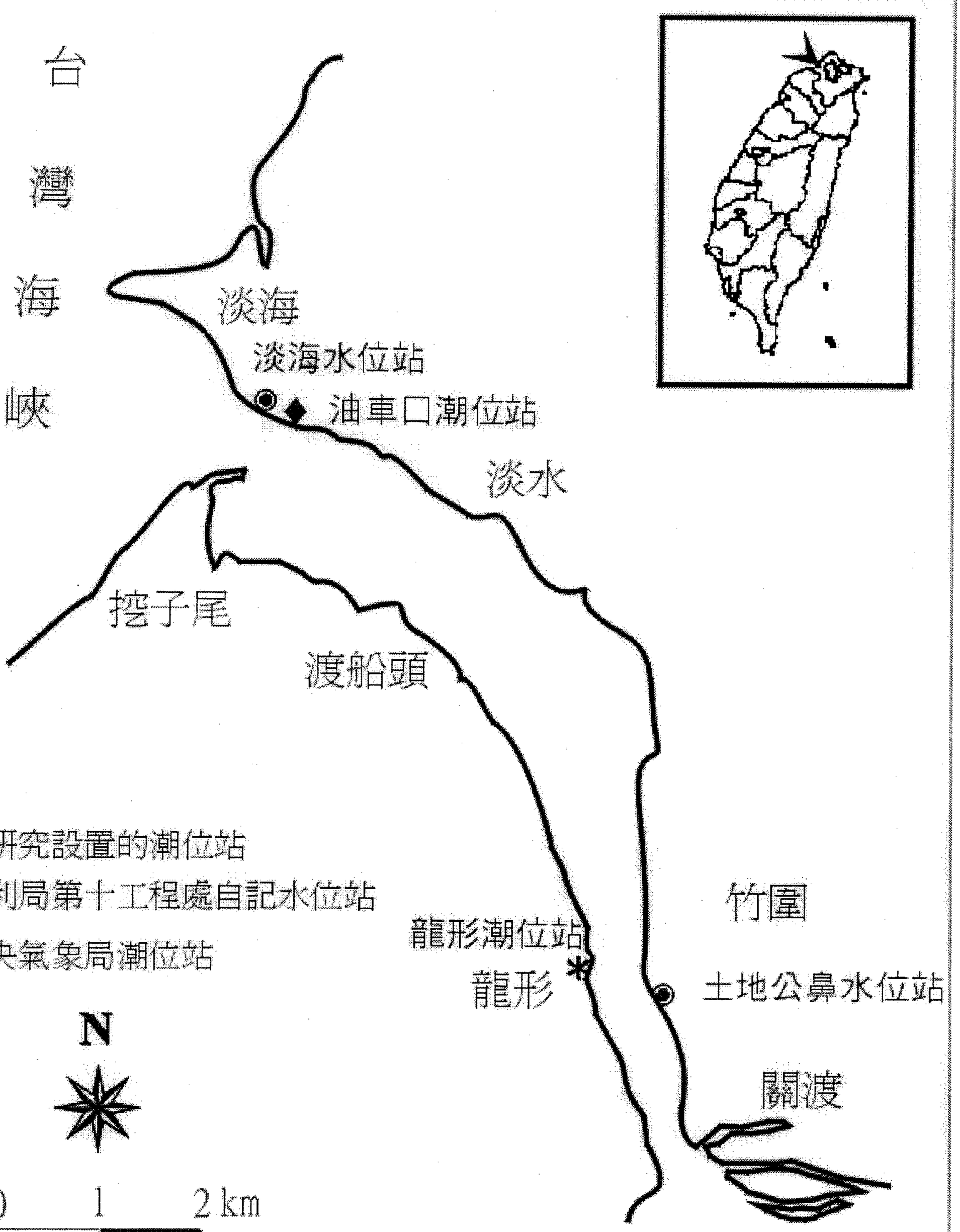
圖五十四　　淡水河龍形潮位測站十一月份潮位圖



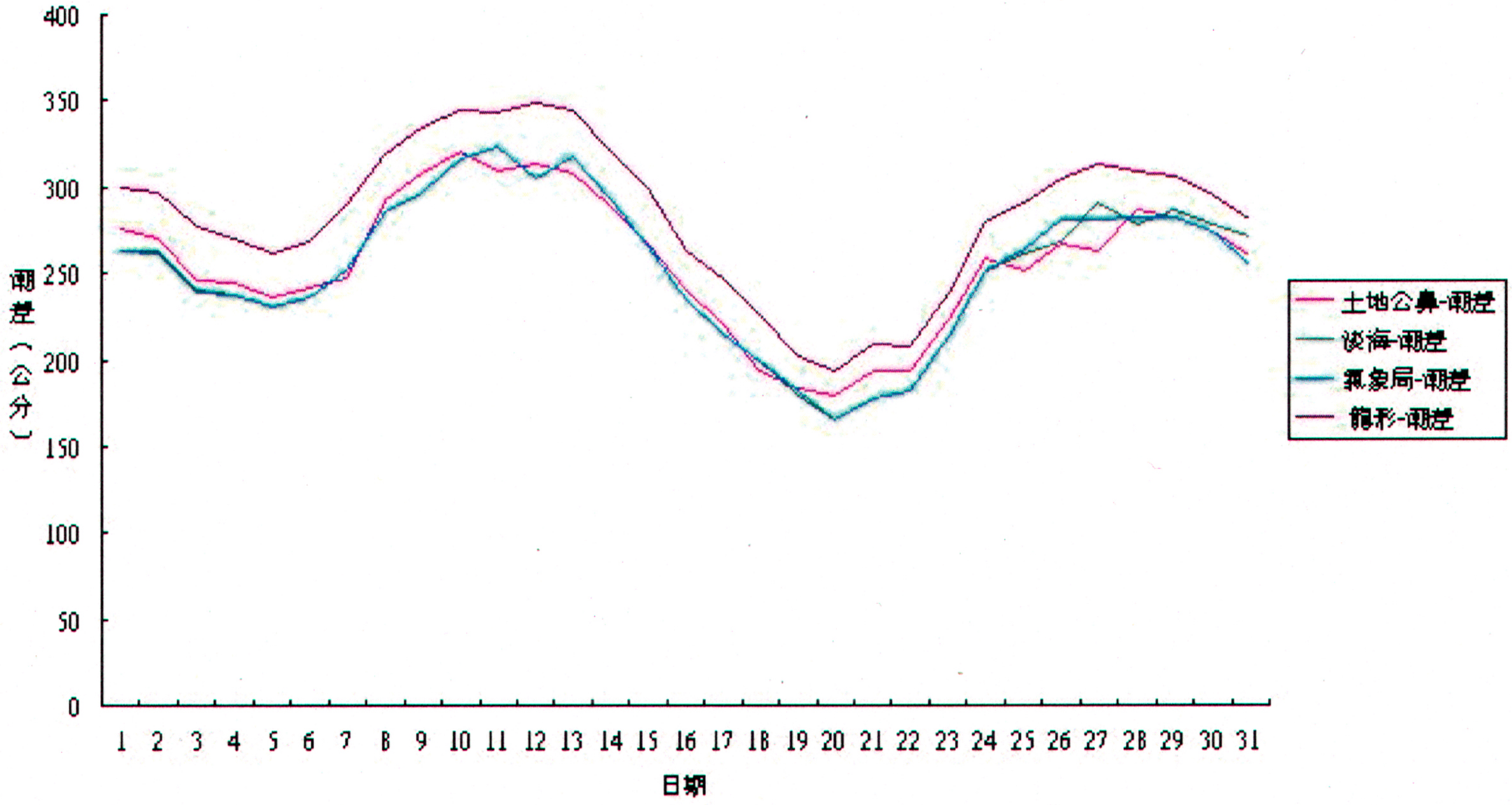
圖五十五　　淡水河龍形潮位測站十一月份潮位與潮差圖

在得到實地量測的潮位資料後，與淡水河相關的潮位站進行資料比對。在淡水河本河段有兩個單位所設的三個潮位站，分別是水利局的土地公鼻站、淡海站與氣象局的油車口測站。其中土地公鼻站是位於淡水河右岸關渡大橋下方，與本研究所設立的測站位置較為接近。淡海站與油車口站則位於淡水河口右岸的淡海附近，這兩個測站較為接近。以88年8月份的資料為例，四個測站呈現了相同的潮位變化，但在局部之間各站的觀測還是有所差別。在8月1-20日之間，本研究所設的龍形測站在高潮的資料與其他站相比，其差距在15-40公分之間，而其他測站之間也有5-10公分的差異。在低潮方面，則有0-10公分的差距，整體潮差的差異有20-30公分的差異。事實上，在20-31日之間，測站潮位資料的差異就有明顯的縮小，高潮位的差異在5-10公分之間，低潮位的差異也相類似，整體潮差的差異在10-30公分之間，有明顯的縮小。

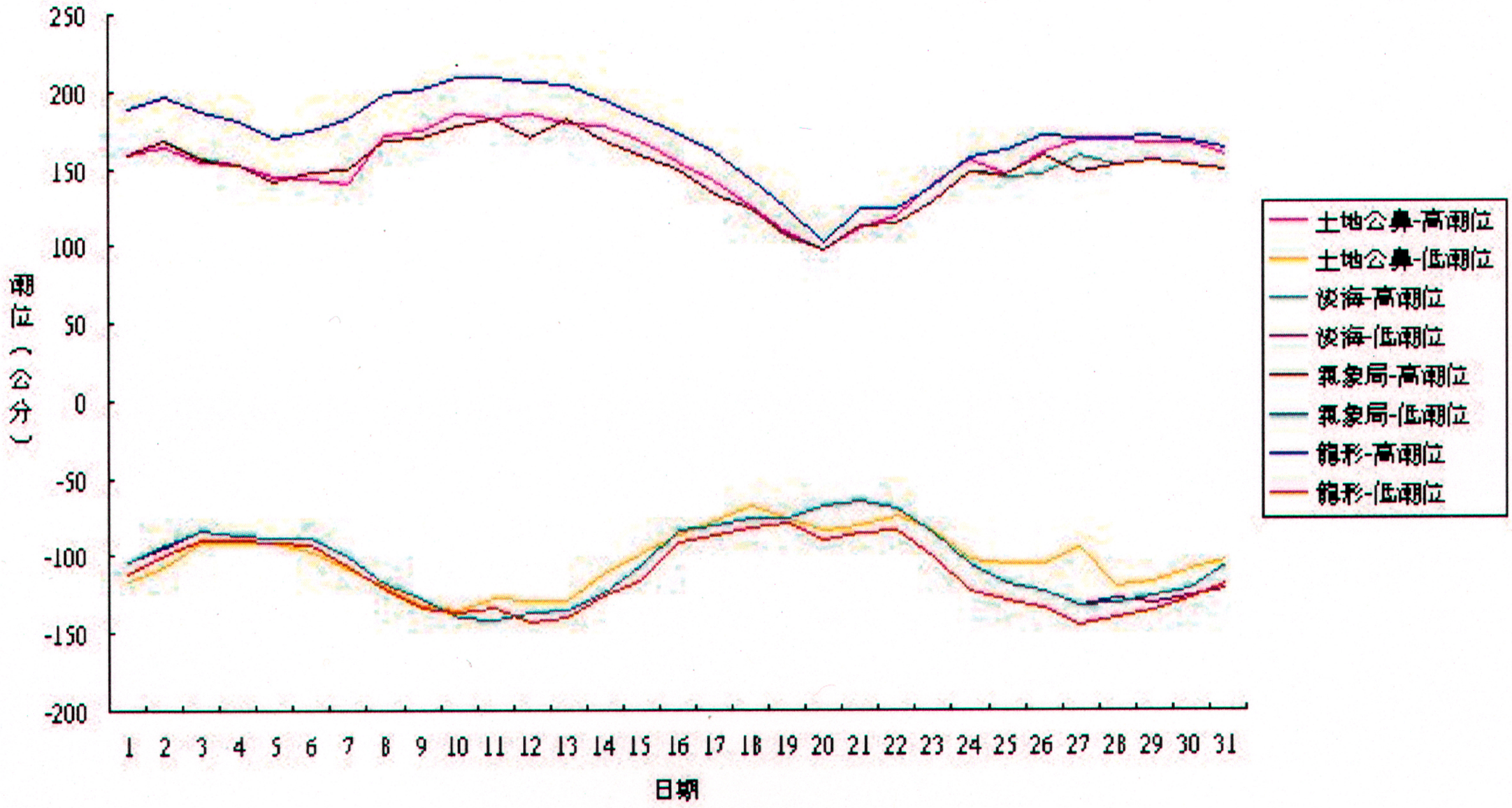
整體潮位資料有差距的原因可能在於測站位置，因為本研究的測站在淡水河左岸，而其他測站是位於淡水河右岸，可能因為河底地形與潮汐運行位置造成如此的潮位差異，但還需要更多資料來佐證。



圖五十六　　淡水河口潮位站分布圖



圖五十七　　淡水河口各測站潮差比較圖



圖五十八　　淡水河口各測站高低潮位比較圖

（三）微地形觀測

1.微地形量測與GPS定位

本研究自7、8月份完成縱向與橫向剖面佈樁，在10月、11月2日、與12月15日各進行一次野外測量，因測量剖面所花費的時間較長，與每日潮水漲退時間的限制，故至12月底為止，所得到的微地形觀測資料有限，僅就目前所得的資料說明如下：

橫剖面：

共計設置NO.20、39、60、80、100的5個剖面，除了平均測量淡水河沿岸的侵蝕後退現象，也代表本研究區五種微地形。各剖面描述如下：

NO.20：研究區北段，該處土堤的高度約1-1.5公尺不等。

NO.39：在NO.38與39間有小潮溪注入淡水河的南岸，潮溪渠道的深度約30-60公分，寬度約1-1.5公尺，潮溪兩旁土堤的寬度約30公尺，土堤至此變的較平緩，據現地觀察，潮溪兩旁1-2公尺的灘地的土質為泥質，2公尺後漸變為砂質灘地，剖面39的位置距潮溪5-10公尺不等。

NO.60：高壓電塔的南端，鄰近NO.58、59樁點處有一小潮溪，同NO.39處的潮溪，皆是十數年前人為開鑿的道路，近年河岸侵蝕後退，裸露的路面變成河水注入的通道。洪水來襲時潮溪與淡水河兩處的水流狀況如何受到高壓電塔影響而侵蝕附近的地形，是本剖面待觀察的重點。

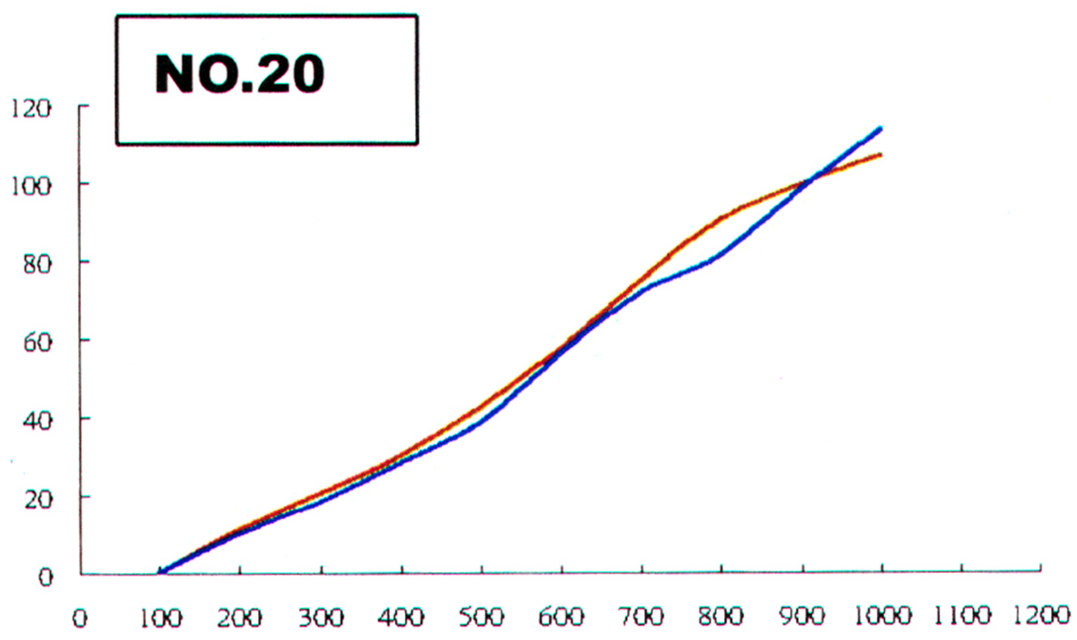
NO.80：淡水河沿岸土堤的南端，該處的土堤高度不到1公尺，紅樹林生長範圍較逼近河岸。

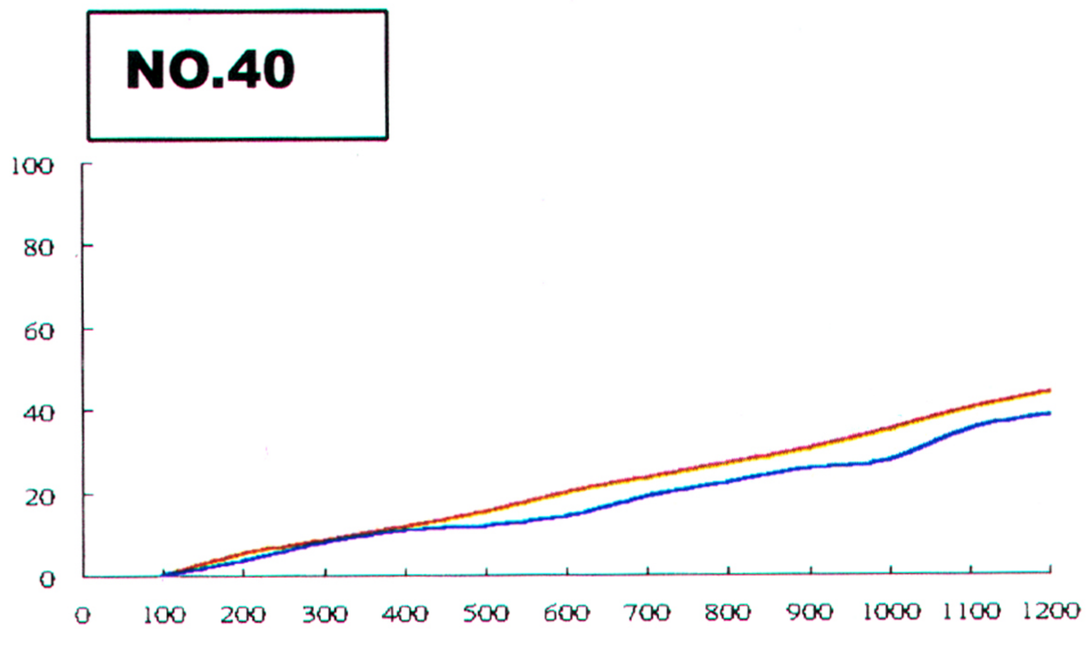
NO100：位在大潮溪與淡水河交接的南端，潮溪寬度約25公尺，在低潮位時仍有水流通過。NO.100的樁位距潮溪出口約75公尺，

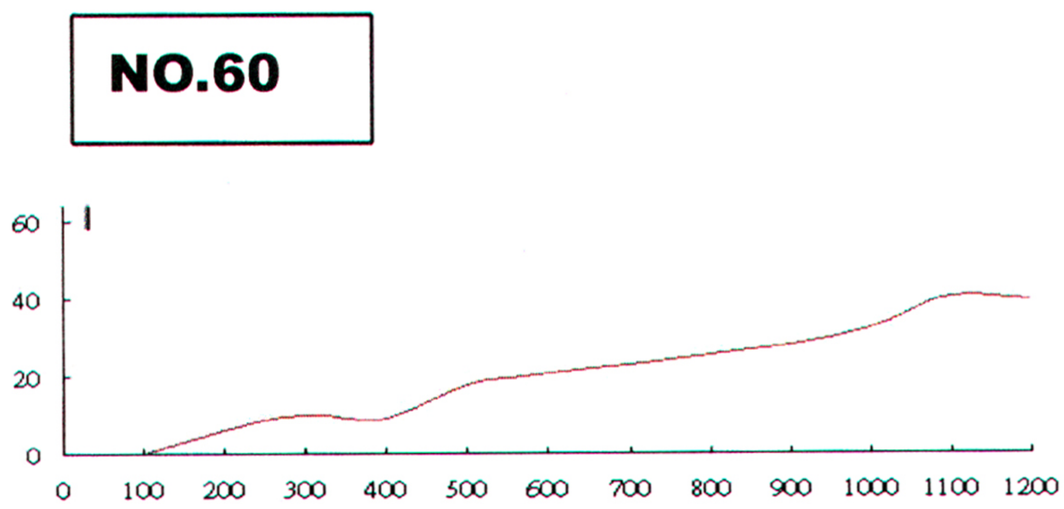
目前在研究區北端樁位7號、15號、22、39號處，以水準儀與傾斜儀量測剖面長度、傾斜角度與植物生長的位置，並在土堤的頂端、與堤的兩側，各採取土樣，帶回實驗室進行分析，得到的剖面資料圖。每一個剖面的原點表該樁位的位置與高程，剖面的橫座標與縱座標皆為對應原點的相對值，剖面說明如下：

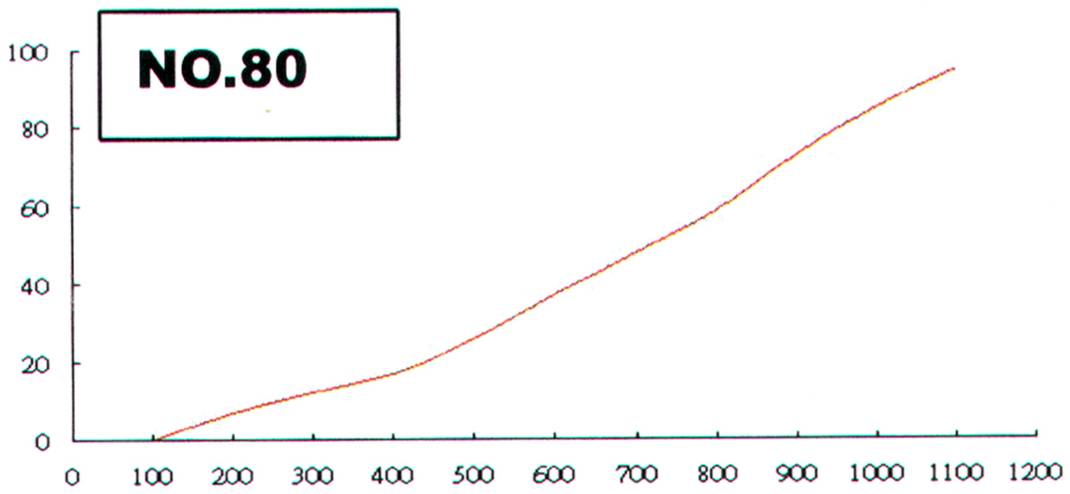
NO.7：土堤寬約18公尺，高約2公尺，面河側的土堤坡度較背側河平緩。

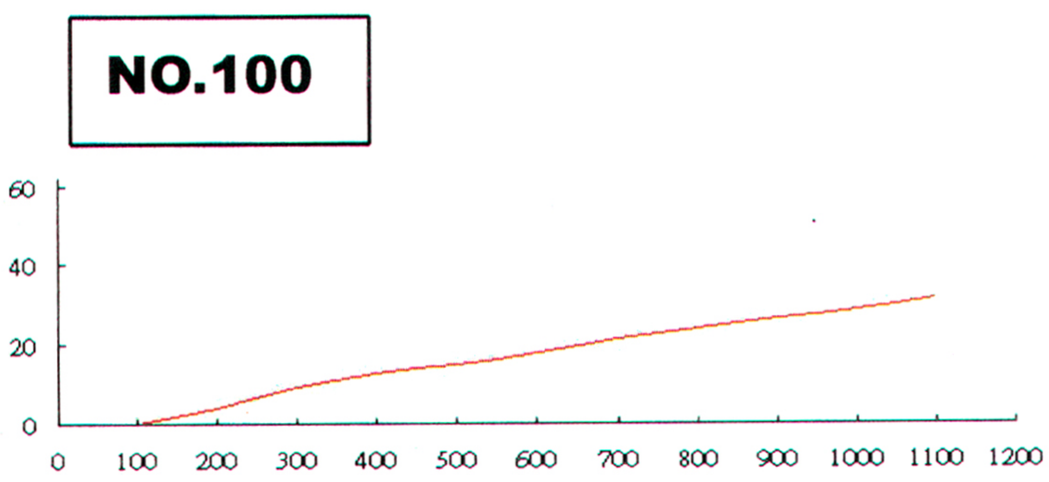
NO.15：剖面也呈現面左側的坡度較平緩的趨勢，左側的剖面傾斜約5度，右側







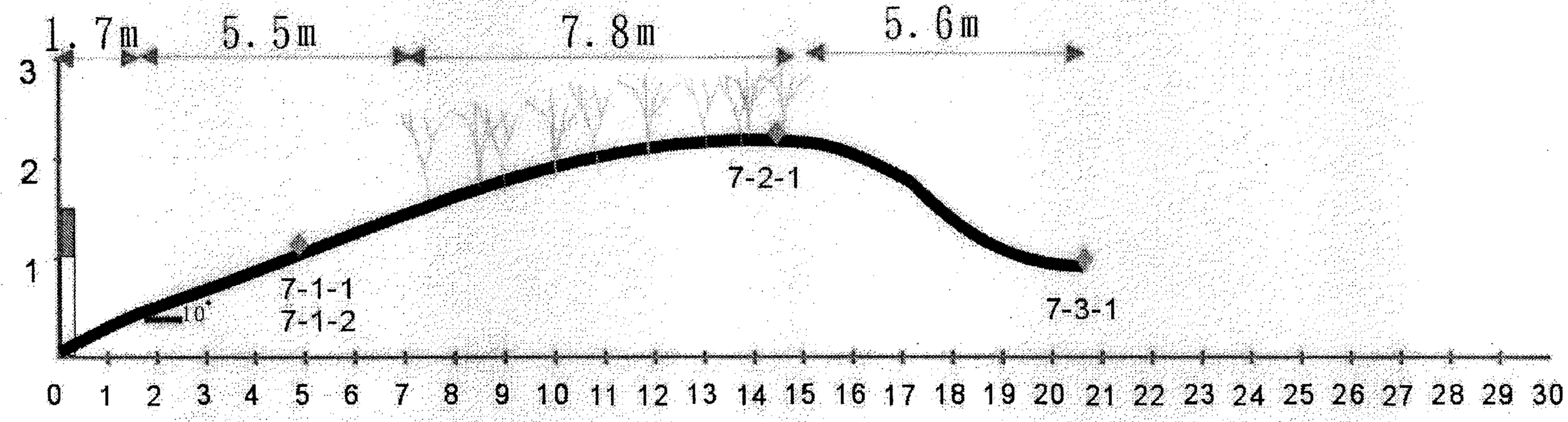




座標單位：公分（垂直座標誇張6倍）

圖五十九　　淡水河沿岸各樁點剖面比較圖

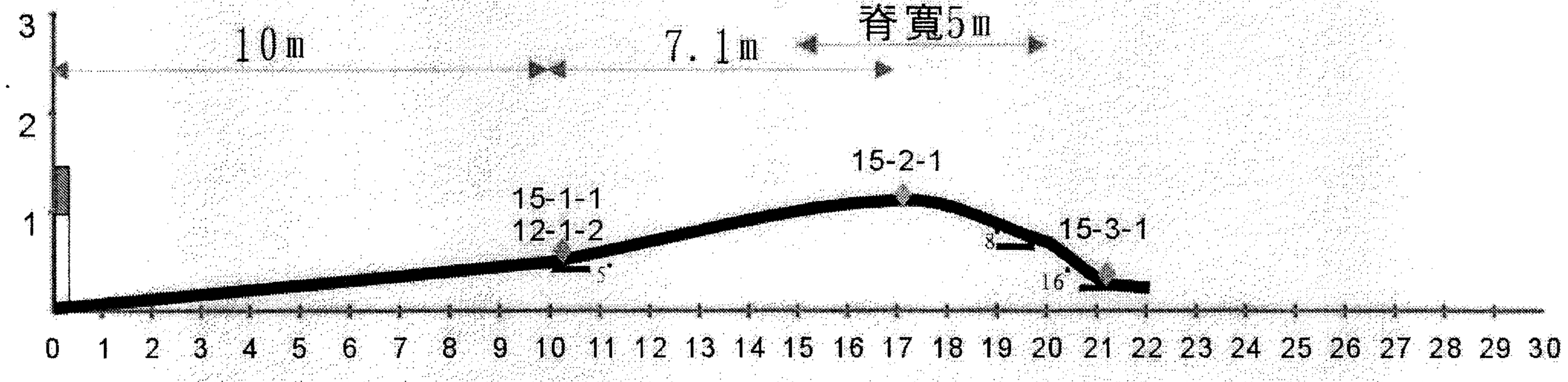
NO. 7



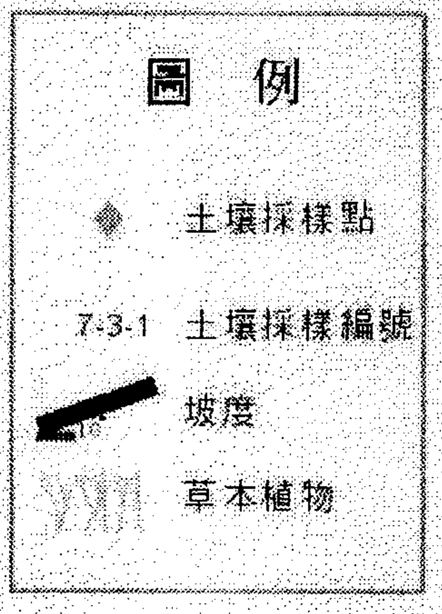
單位:公尺(垂直座標誇張2倍)

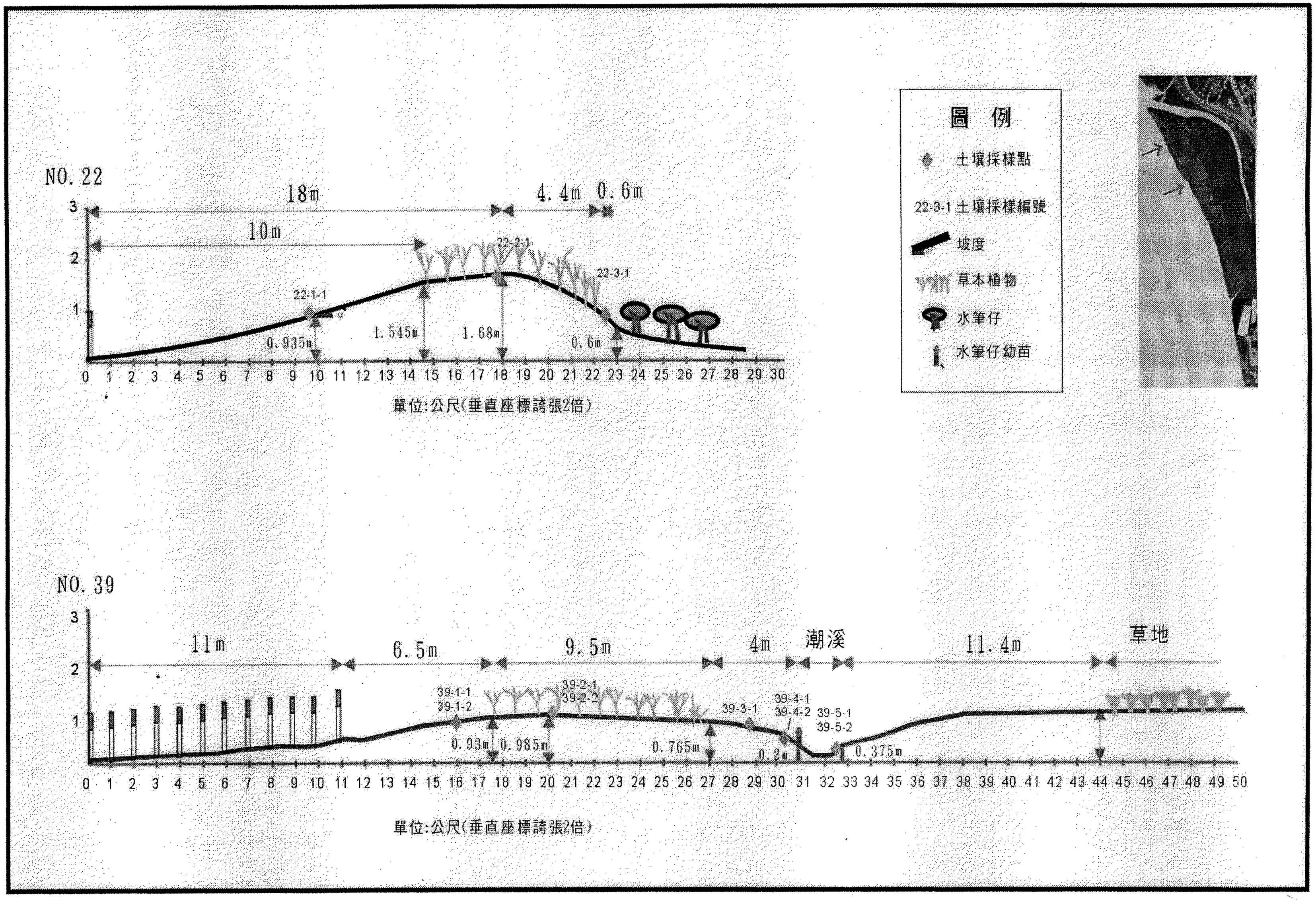


NO. 15

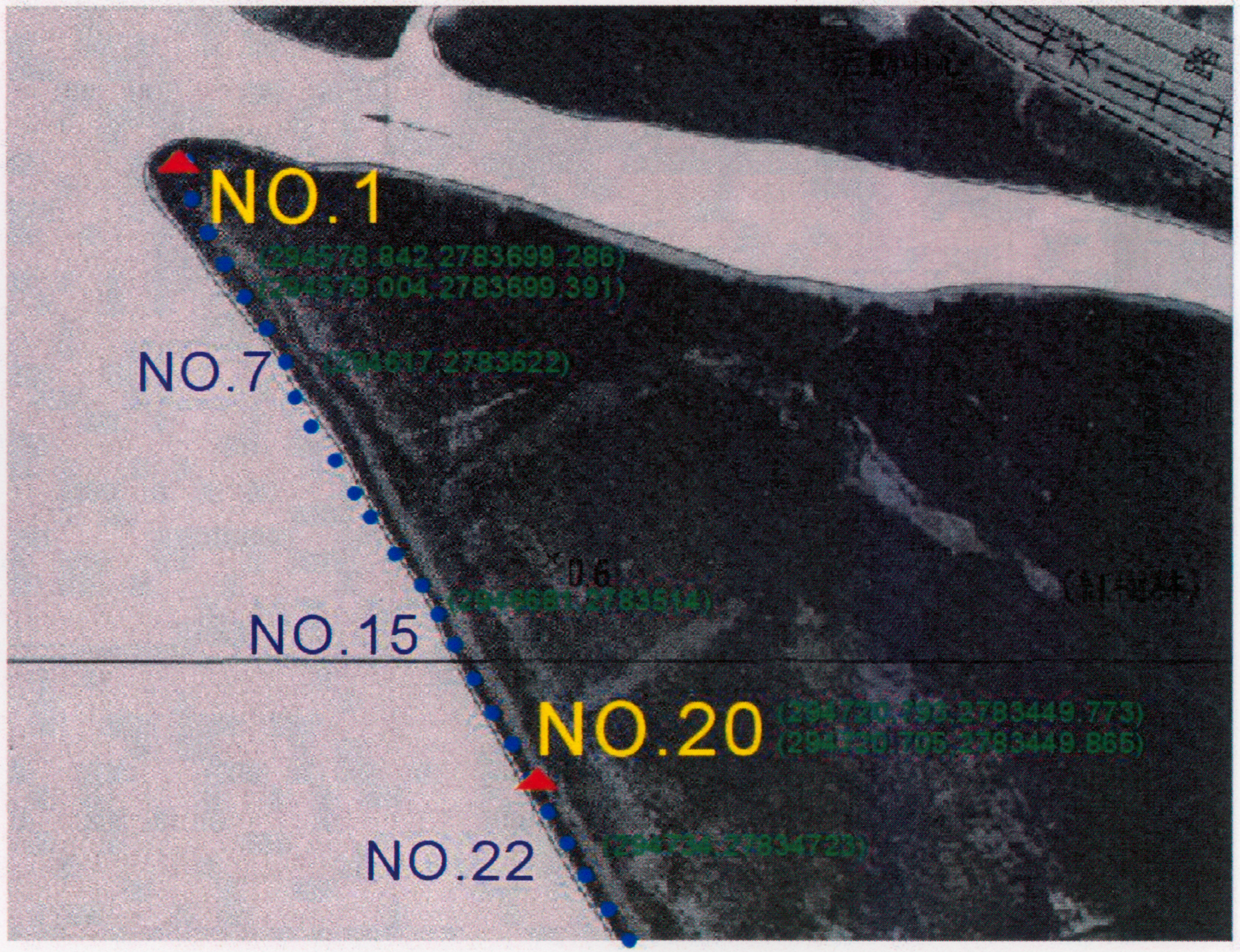


單位:公尺(垂直座標誇張2倍)





圖六十一　　淡水河紅樹林沿岸剖面與植物分佈圖（二）



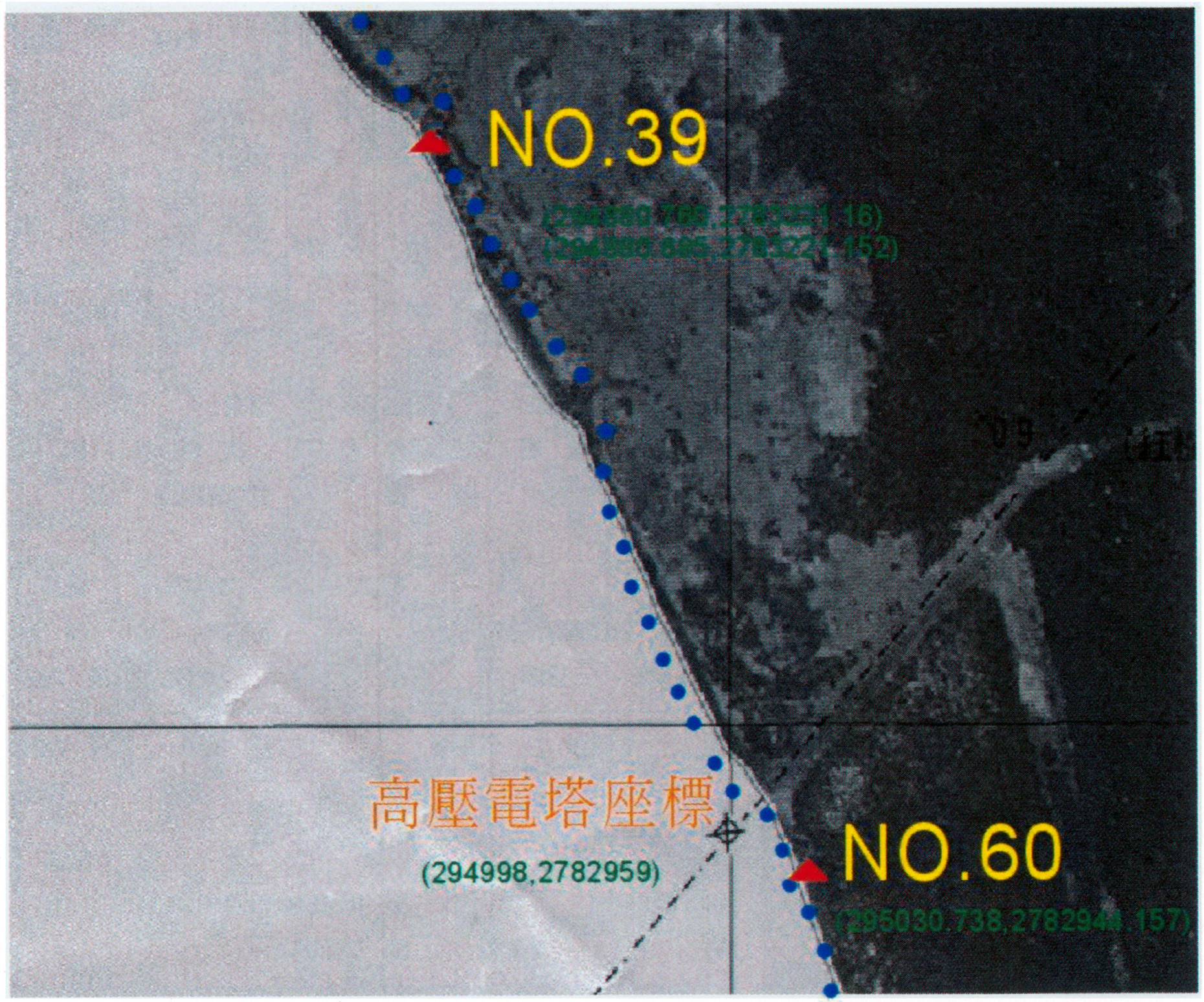


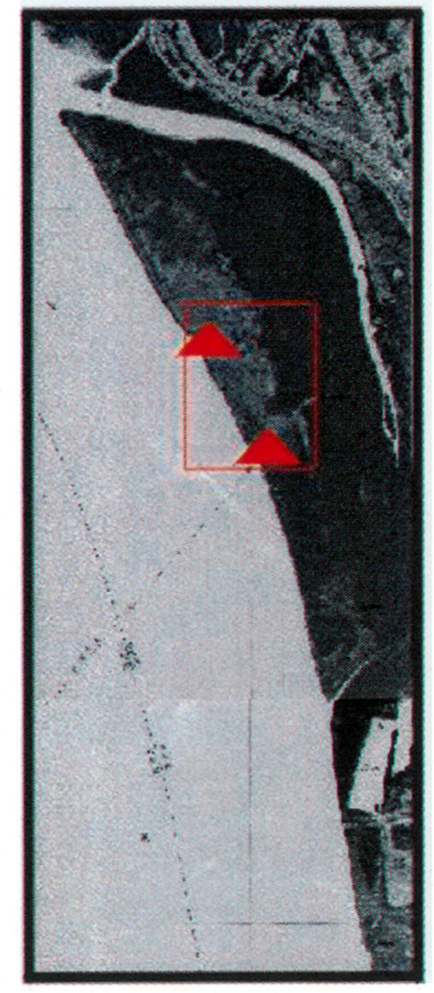


0 125 250 M

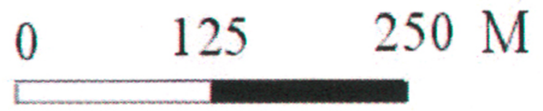
底圖:聯合勤務總司令部測量署,中華民國臺灣地區像片基本圖第三版:淡水,龍形,五千分之一,1994
▲: 以GPS量測的樁位
●: 以第一個樁位相對定位的樁位

圖六十二　　淡水河紅樹林沿岸地形觀測原始樁位圖（一）







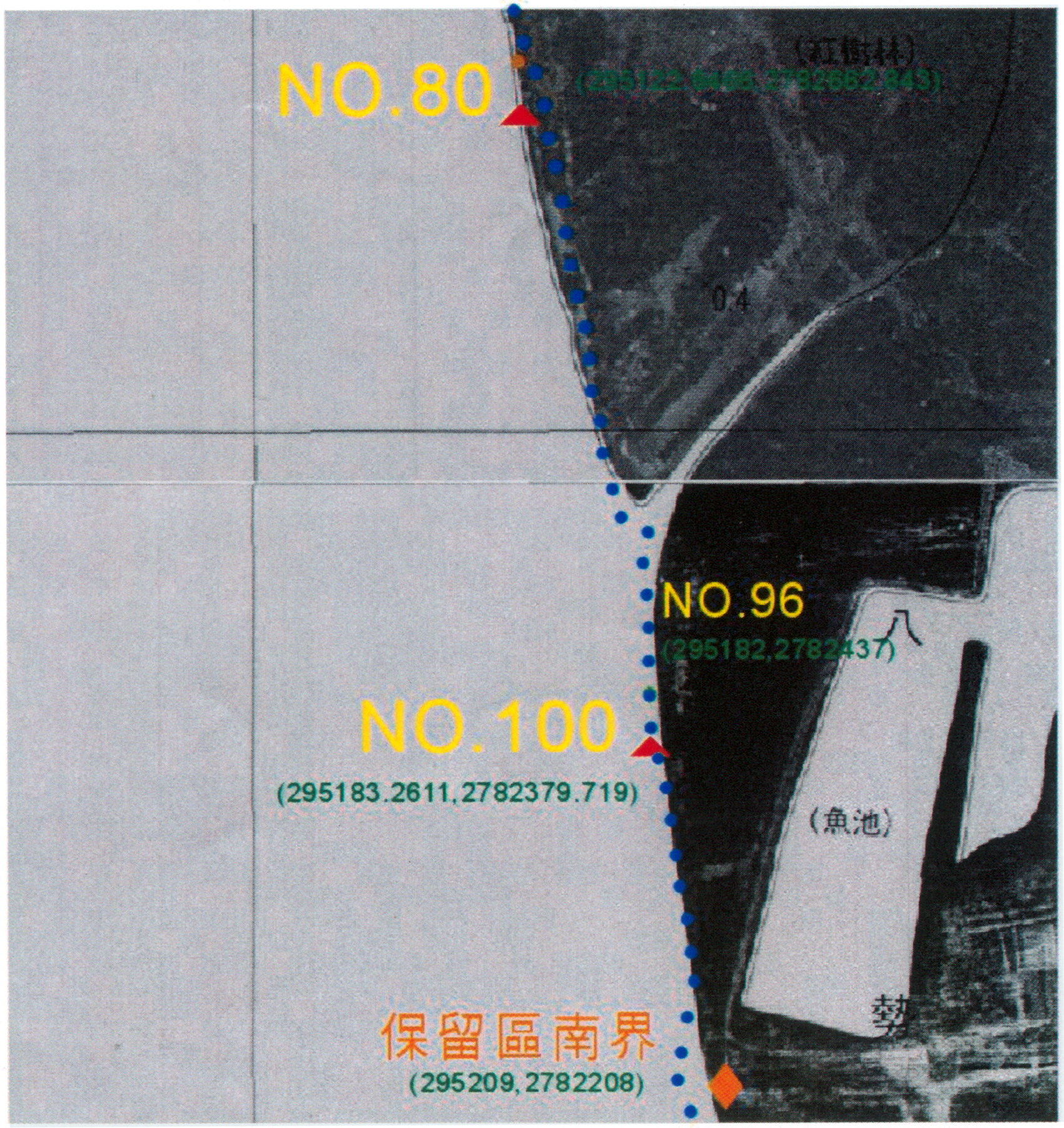


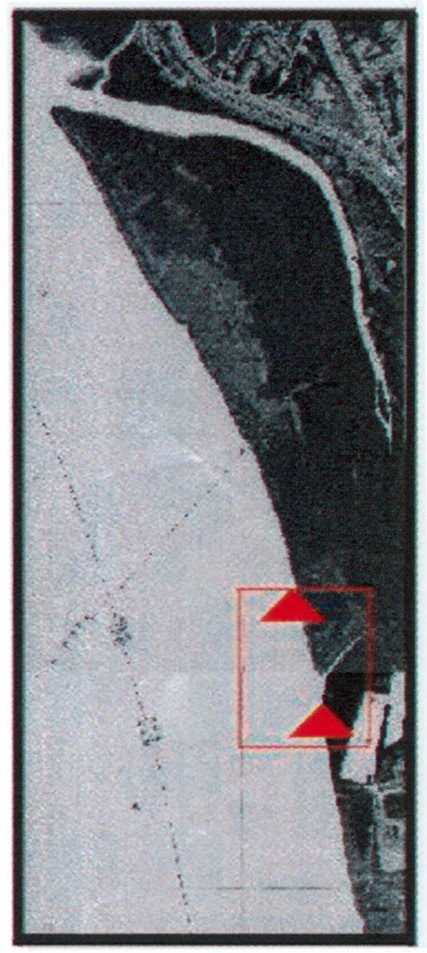
底圖:聯合勤務總司令部測量署,中華民國臺灣地區像片基本圖第三版:淡水,龍形,五千分之一,1994

▲: 以GPS量測的樁位

●: 以第一個樁位相對定位的樁位

圖六十三　　淡水河紅樹林沿岸地形觀測原始樁位圖（二）







底圖:聯合勤務總司令部測量署,中華民國臺灣地區像片
基本圖第三版:淡水,龍形,五千分之一,1994
▲: 以GPS量測的樁位
●: 以第一個樁位相對定位的樁位

圖六十四　淡水河紅樹林沿岸地形觀測原始樁位圖（三）

的剖面傾斜約8-16度。

NO.22：土堤寬約13公尺，最高處較原點高出168公分，土堤的左側距原點高154.5公分處到開始出現蘆葦、鹽地鼠尾栗等草本植物，至距原點60公分處開使出現水筆仔，水筆仔高度不超過50公分，是剛生長不久的新樹苗。

NO.39：除量測原觀測樁所位於的灘地微變化，因附近有潮溪流經，為瞭解潮溪與微地形間的關係，量測距離延伸至後方30公尺。從圖得知土堤寬度約19公尺，最高處距原點高98.5公分，土堤左側的坡度較被河側陡，兩邊的坡度都不超過6度。堤上只有部份面積覆蓋低矮的草本植物，生長的高程距原點高76.5-93公分間。在潮溪兩旁，距原點高20公出現一株水筆仔幼苗，沿著潮溪，同高度的灘地上也零星出現幾株幼苗，可知潮溪為紅樹林散佈至保留區內側裸地的路徑。潮溪右側裸地的高程較高，潮水較難淹沒，故灘地上多裸地與草地，在剖面中右側灘地上草本植物生長的高度約距原點高104.5公分。

每個剖面的橫座標可由GPS定位得知，縱座標採實際觀察，以觀測測量時間時的水位高度，對比水線在剖面上的相對位置，得原點的高度，以NO.22剖面為例，得原點約為海平面0公分處，以在龍形地區設置的潮位站和淡海、土地公鼻平均潮位資料資料比對，龍形在本年度4-11月份所測得的平均高潮位為157.5公分，淡海與土地公鼻的年平均高潮位1.5公尺，對應到剖面22，約為土堤左側草本植物生長的界限，土堤另一側則到海平面60公分都還有草本植物，知土堤左側植物的生長範圍受限於淡水河主流高流速的衝擊，植物難以附著生長；土堤的右側紅樹林生長的區域，在航空照片中判釋，可發現大多為裸地，近年來開始有植物陸續生長，裸地已慢慢變成質地較鬆軟的灘地，潮水應從NO.1附近較低矮的土堤越過與NO.38、39號的小潮溪處進入裸地，並攜帶紅樹林幼苗附著。

縱剖面：

本研究共設置120根觀測樁，以GPS差分定位後得到座標位置如下表。在佈樁完成的9月初至12月之間，因該區沒有發生重大的颱風、洪水事件，經測量與觀察，短時距內縱向樁位變化不大，造成高程值的不同多來自灘地受潮水影響的小變化，如波痕、小波脊、或垃圾的堆積，且木樁易受到人為破壞（如

被連根拔起），故縱剖面的觀察方式在此區可能需加以改善，改挑幾個代表區將樁點做較密集的橫向與縱向交錯網格排列，搭配GPS測量定位資料，以做進一步的研究。

表五　　DGPS差分定位前後之位置分佈表

NO1差分前-第1次	X座標	Y座標
點位的平均值	294560.2	2783713
點位的標準差（m）	2.1875	6.961389
NO1差分後-第1次	X座標	Y座標
點位的平均值	294578.8	2783699
點位的標準差（m）	0.281494	0.143205
NO1差分前-第2次	X座標	Y座標
點位的平均值	294590.5	2783727
點位的標準差（m）	22.7745	3.693189
NO1差分後-第2次	X座標	Y座標
點位的平均值	294579	2783699
點位的標準差（m）	0.05048	0.121031
NO20差分前-第一次	X座標	Y座標
點位的平均值	294741.5	2783480
點位的標準差（m）	15.534	5.373092
NO20差分後-第一次	X座標	Y座標
點位的平均值	294720.8	2783450
點位的標準差（m）	0.006766	0.197642
NO20差分前-第2次	X座標	Y座標
點位的平均值	294689.9	2783455
點位的標準差（m）	3.861	11.42451
NO20差分後-第2次	X座標	Y座標
點位的平均值	294720.7	2783450
點位的標準差（m）	0.104451	0.153093
NO39差分前-第一次	X座標	Y座標

點位的平均值	294873.2	2783234
點位的標準差（m）	17.441	10.36544
NO39差分後-第一次	X座標	Y座標
點位的平均值	294880.8	2783221
點位的標準差（m）	0.075946	0.128847
NO39差分前-第2次	X座標	Y座標
點位的平均值	294894.6	2783238
點位的標準差（m）	15.8835	18.47253
NO39差分後-第2次	X座標	Y座標
點位的平均值	294880.7	2783221
點位的標準差（m）	0.086026	0
NO60差分前	X座標	Y座標
點位的平均值	295048.6	2782926
點位的標準差（m）	1.25	17.5305
NO60差分後	X座標	Y座標
點位的平均值	295030.7	2782944
點位的標準差（m）	0.010335	0
NO80差分前	X座標	Y座標
點位的平均值	295120.9	2782682
點位的標準差（m）	18.168	2.739504
NO80差分後	X座標	Y座標
點位的平均值	295122.6	2782663
點位的標準差（m）	0.091942	0
NO100差分前	X座標	Y座標
點位的平均值	295175.4	2782393
點位的標準差（m）	7.871001	8.118086
NO100差分後	X座標	Y座標
點位的平均值	295183.3	2782380
點位的標準差（m）	0.20044	0.03125

其中NO.60、80、100號的樁點因觀測時間限制，在本次沒有進行2次的測量，但依NO.1、20、39的測量結果，差分後的點位X、Y座標分佈皆不差過50公分，兩個時段差分後的值十分吻合，即以1次的測量值當作座標。將第一次測量樁位分佈的資料套疊以第2次GPS定位的6個樁位座標，得到樁位的分佈圖，將座標值標註在旁邊，NO.1、20、39有上下兩個數值代表第1、2次的座標平均值；NO.7、15與22號因調查過剖面資料，也將座標標出，供往後進行剖面調查時對位。另標註保留區兩個固定的地標-高壓電塔與保留區柵欄南端的座標，若未來設備許可，考慮在此定點加設GPS基站觀測點，增加與移動站資料差分比對的資料。

從樁位原始分佈圖發現，有些樁位分佈與筆者實際感受的位置有異，有平均往內陸退縮的現象，推測因套繪最新版的五千分之一項片基本圖為民國83年的航空照片製作，5年間地形受侵蝕下沿岸土堤會平移後退。

2.土壤分析：

本研究選定四條土堤上的橫剖面進行土壤顆粒採樣及實驗，分析在空間上顆粒大小差異之分佈情形。本次先以北側的NO.7、NO.15、NO.22與NO.39剖面，其中剖面編號是根據河岸定樁的樁號（參照沿岸剖面與植物分佈圖）。以顆粒粒徑對照剖面尚可發現，位置接近潮溪的樣本細顆粒（粉砂與黏土粒徑者）的比例較高，約可達到15-25%，粒徑在砂及以上者約75-85%。相對地在其他位置表層所採的樣本，除少數之外，細粒的比例卻低於10%，砂的比例則在90以上。若以分類來看，表層靠潮溪的土壤是砂質壤土（細粒比例較高），其他為壤質砂土或是砂（砂比例較高），顆粒大小充分顯示不同的沈積環境。

表六　　淡水河沿岸土堤土壤質地表

編號	Sand（%）	silt（%）	Clay（%）	土壤質地
no. 7-1-1	97.02	0.65	2.33	砂
no. 7-1-2	86.12	8.43	5.45	壤質砂土
no. 7-2-1	96.53	1.73	1.73	砂
no. 7-3-1	78.05	14.44	7.51	壤質砂土
no. 15-1-1	97.06	1.63	1.31	砂
no. 15-1-2	75.28	10.47	14.24	砂質壤土
no. 15-2-1	96.54	1.84	1.62	砂
no. 15-3-1	77.60	18.84	3.57	壤質砂土
no. 22-1-1	93.31	2.52	4.18	砂
no. 22-2-1	94.97	1.93	3.10	砂
no. 22-3-1	84.19	11.01	4.79	壤質砂土
no. 39-1-1	84.04	7.74	8.22	壤質砂土
no. 39-1-2	93.48	2.76	3.76	砂
no. 39-2-1	94.82	3.78	1.40	砂
no. 39-2-2	94.82	2.28	2.90	砂
no. 39-3-1	88.64	7.06	4.30	砂-壤質砂土
no. 39-3-2	86.14	6.80	7.06	砂-壤質砂土
no. 39-4-1	78.05	15.12	6.84	壤質砂土
no. 39-4-2	72.58	15.96	11.47	砂質壤土
no. 39-5-1	90.94	5.20	3.86	砂
no. 39-5-2	94.07	2.62	3.31	砂

八、結論

1. 本次監測計畫主要任務有三個。第一個是建立紅樹林自然保留區的環境監測系統。第二個是對微地形的觀測；第三個是長期觀測保留區的地形變遷及其相關因子。目前這三個任務皆已告一段落。主要的環境監測說明及其資料庫均已整理，可提供委託單位運用。
2. 本次監測過程中，並沒有較大的颱風豪雨影響本研究區，因此地形的觀測部分，較沒有變動太多。然本研究亦嘗試將觀測的基準點以DGPS方式，將位置記錄。目前根據差分的結果，其精確度應該在0.2-0.4公尺左右。用以差分的資料來源是林務局在網站上所提供的資料。如果保留區附近能有更好的基準點，或許誤差可以更小，相對位置也可以更精確。建議能在設立好基準點後，能再加以比對，使此次的資料品質能更佳。
3. 對微地形的觀察而言，精度越好，成果會越好。但是由於紅樹林自然保留區原為泥灘濕地，河水水位高度呈現動態變化，量測有實際上的困難。因此運用DGPS的方式，對紅樹林保留區的邊界的持續監測（尤其是靠淡水河側）是一個好辦法。由本研究瞭解，在紅樹林的泥灘地上要進行微地形的觀察，其高程精度大約有0.5—1公尺左右的誤差，主要的原因是因為量測的基準點受到潮汐的影響、泥灘地的測量困難。如欲求得更高的精度，除了必須做更好的基準點的量測外，也必須注意的潮汐的漲落、可以工作的時間、儀器設備與人力乃至於天氣。
4. 潮位站的設立，是本研究中觀測的重點。由於地形的限制，本研究的設立位置是位於淡水河對岸。根據此次的監測，發現九二一地震，並沒有對淡水河口的潮位產生影響。然觀測期間，仍有因觀測儀器被損壞的情形，損失了近三個星期的資料，非常可惜。本研究也嘗試與淡水河口兩個潮位站進行比對，發現並沒有太大差異，這也是另一項成果。然潮位站受到海水的浸泡，其維修問題，需要相對的多加注意。
5. 本研究也發現本區的風向受到地形的限制，主要以西北—東南方向為主。即使東北季風盛行，仍然沒有太大的影響。這也是一個新鮮空氣進入台北盆地的管道。
6. 淡水河紅樹林自然保留區南側的棄土區是可能影響本區地形變遷的原因之

一。研究期間並沒有颱風豪雨，所以目前看來還沒有影響，但值得繼續觀察。

7. 本次的監測中，並沒有針對紅樹林進出的水質變化以及紅樹林內的土壤剖面的特性加以分析及監測，微氣候的變化及其差異，也是值得蒐集的資料，尤其是位於紅樹林自然保留區的風速等資料。本研究限於許多因素，並沒有能進行該項資料收集。將來如果要讓保留區的資料更加以完備，則可以考慮繼續增加該項資料的收集，整個監測計畫的監測項目、相關儀器與分析方式，參見表。

8. 淡水河紅樹林自然保留區的相關環境資料，目前已經初步具備。在台灣地區的保留區乃至於其他保護區、國家公園的經營中，並不多讓，如能繼續長期收集相關的資料，將會在台灣地區的相關資料收集中，具有一定的貢獻。

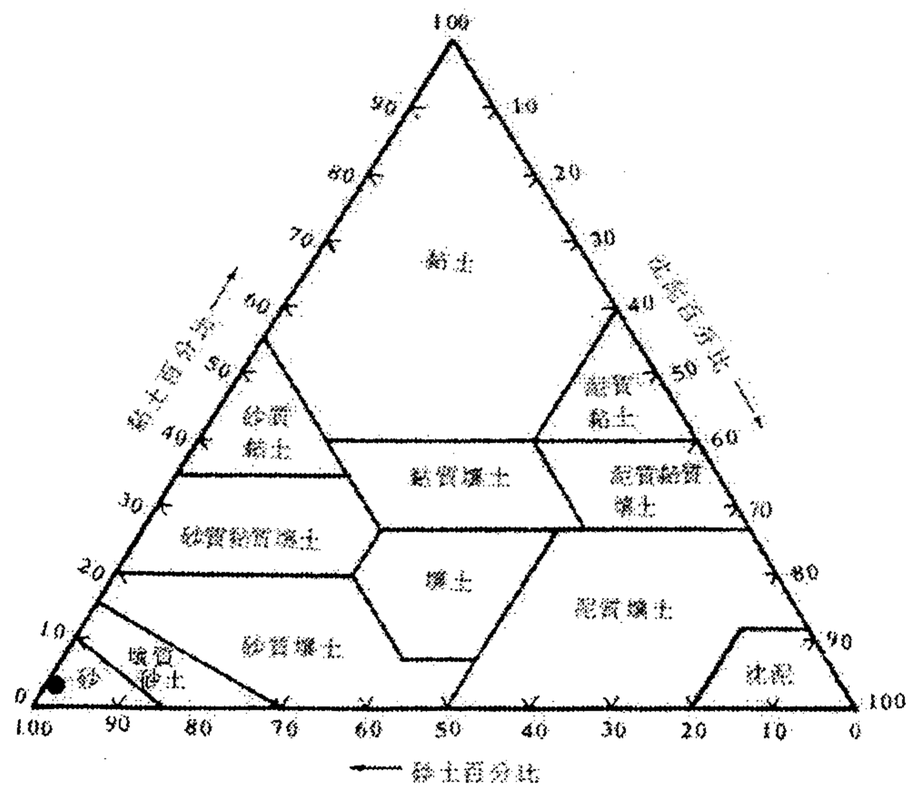
表七　　淡水河紅樹林濕地監測建議項目

項目	所需儀器	建議資料蒐集頻率
雨量	雨量計	逐時
風速	風速、風向儀	逐時
風向	風速、風向儀	逐時
溫度	溫、濕度感測器	逐時
濕度	溫、濕度感測器	逐時
潮位	水位感測器	逐時
水溫	溫度計	逐時
pH值	pH計	逐時
導電度	比導電度計	逐時
土壤剖面	經緯儀、標尺	每季或半年
土壤有機質	實驗室處理	每年
地溫	地溫計	逐日
淨輻射	淨輻射計	逐時

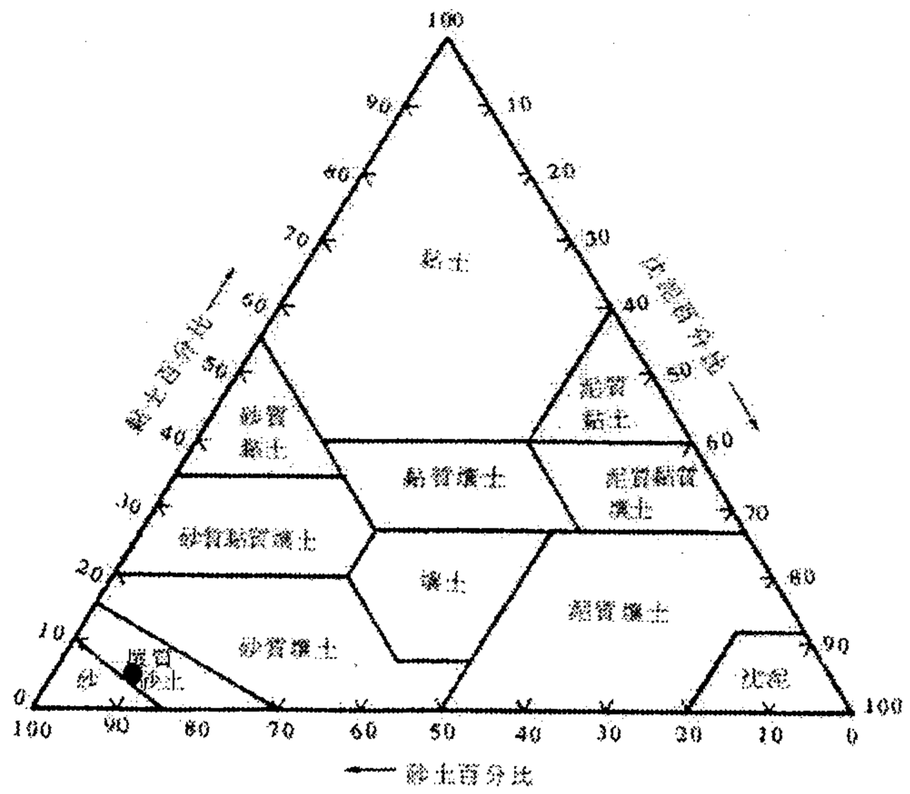
九、參考書目

1. 王儀臻（1999）：河口濕地之生態研究—以關渡沼澤地植群變遷為例，國立臺灣大學地理學研究所碩士論文
2. 台灣省水利局第十工程處淡水河觀測預報隊（1996）：淡水河長期水理觀測計畫工作報告
3. 台灣省交通處基隆港務局（1997）：淡水港第二期工程（含淡水港外廓防波堤興建工程）環境影響說明書—附錄三 海岸地形變遷及防護對策研究
4. 周昌弘、張富鈞、黃元勳（1987）：紅樹林生態研究之回顧，台灣植物資源與保育論文集，23-48
5. 周明德（1991）：淡水港口的沙洲：浮線，台灣風物，41(3)，101-107
6. 林俊全（1998）：淡水河紅樹林自然保留區沙洲陸化問題探討，臺灣省林務局保育研究系列87-07號
7. 林雪美（1996）：臺灣西部河口地區之地形學研究，國立臺灣師範大學地理學研究所博士論文
8. 陳擎霞（1988）：淡水河口植物資源，自然資源保育研討會論文集。
9. 曾清涼、儲慶美（1999）GPS衛星測量原理與應用，國立成功大學衛星資訊研究中心技術叢書003號。
10. Blasco,F., Saenger,P. & Janodet,E.（1996）:Mangrove as Indicators of Coastal Change,Catena,27:167-178
11. Copper,J.A.G. & Mason,T.R. (1990) :Geomorphological effects of catastrophic flooding on a small subtrophic estuary,Earth Surface Processes and Landforms,15,25-41

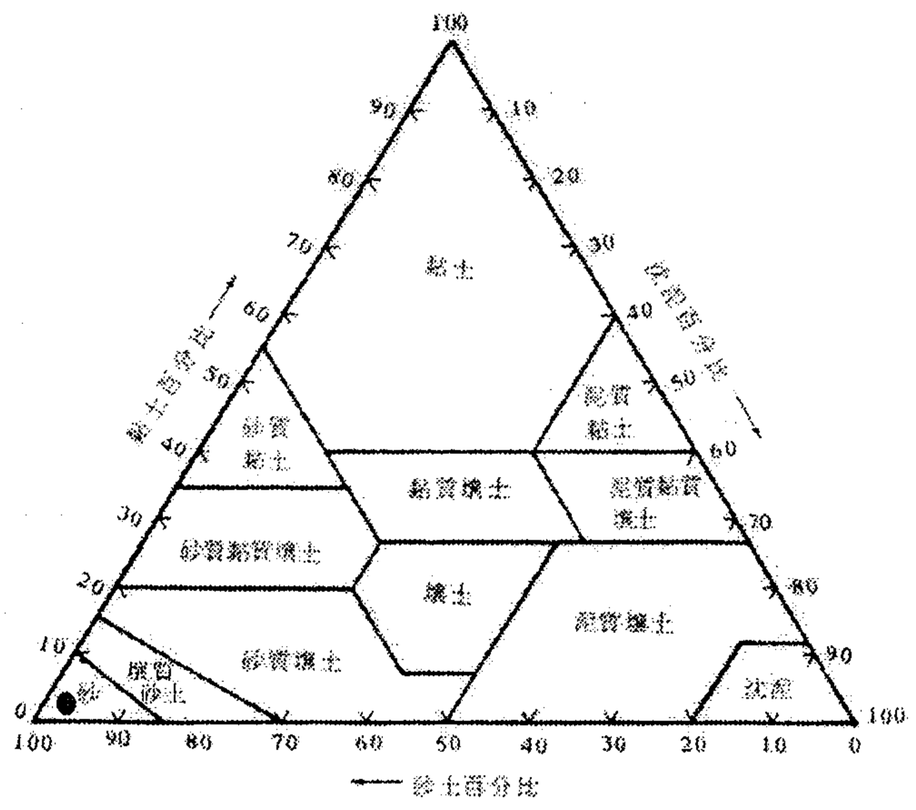
附錄一：淡水河沿岸土壤分布圖



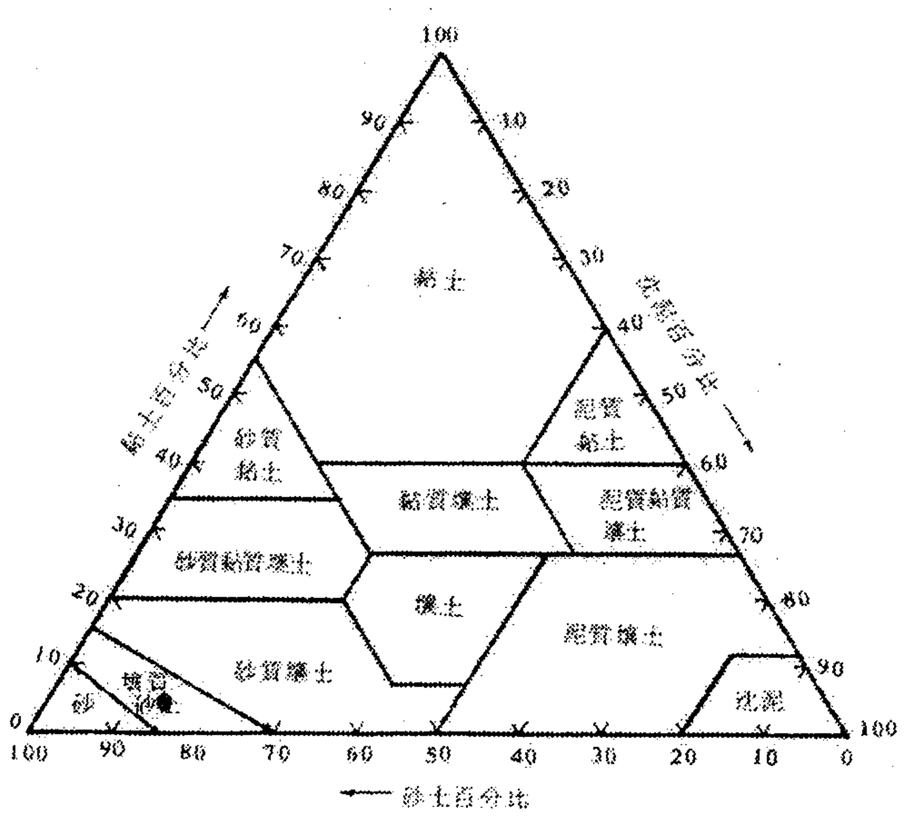
7-1-1樣本



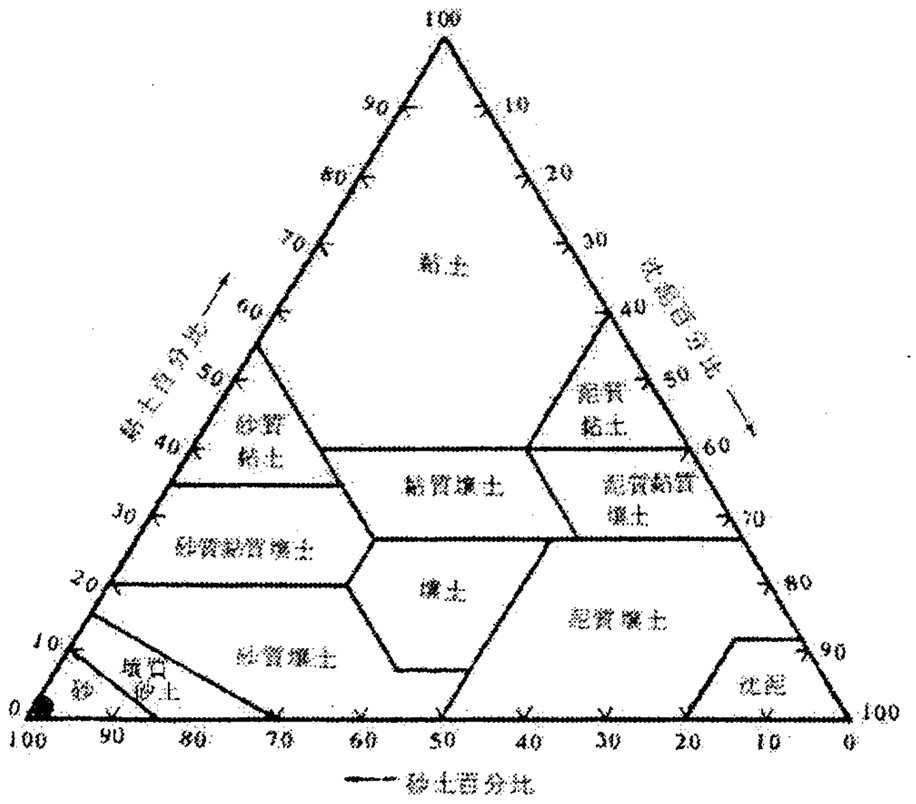
7-1-2樣本



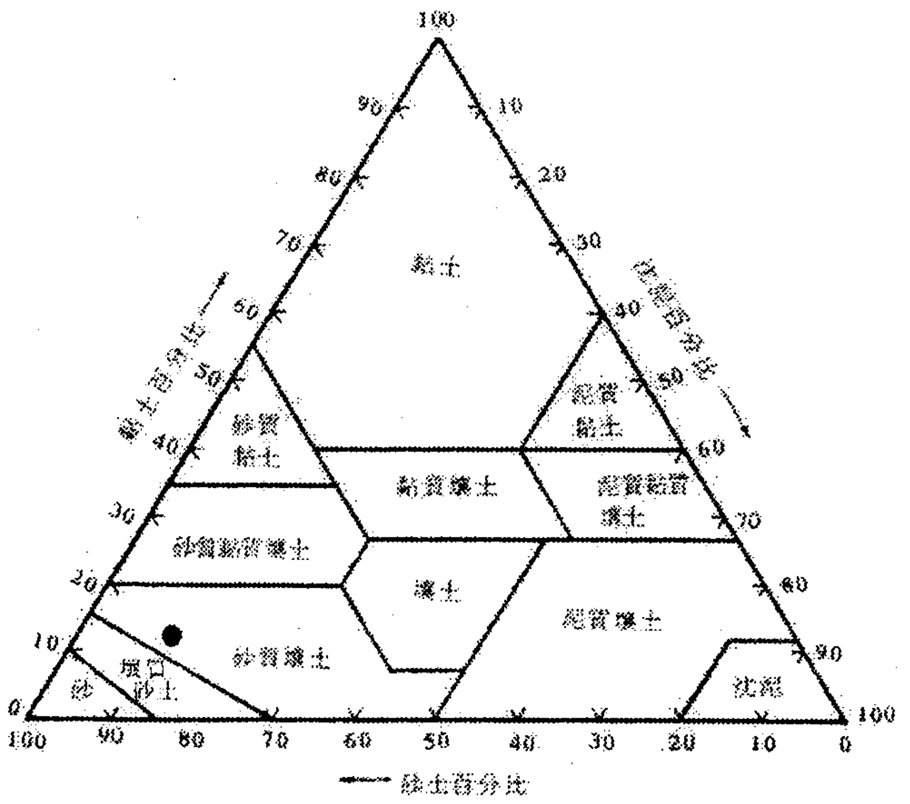
7-2-1樣本



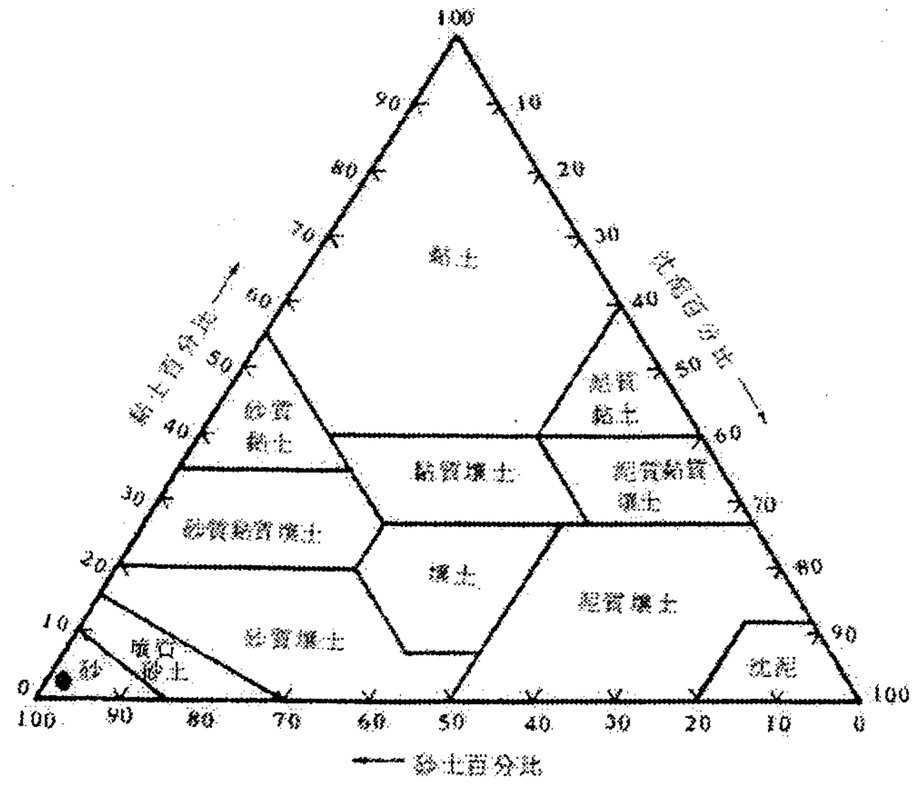
7-3-1樣本



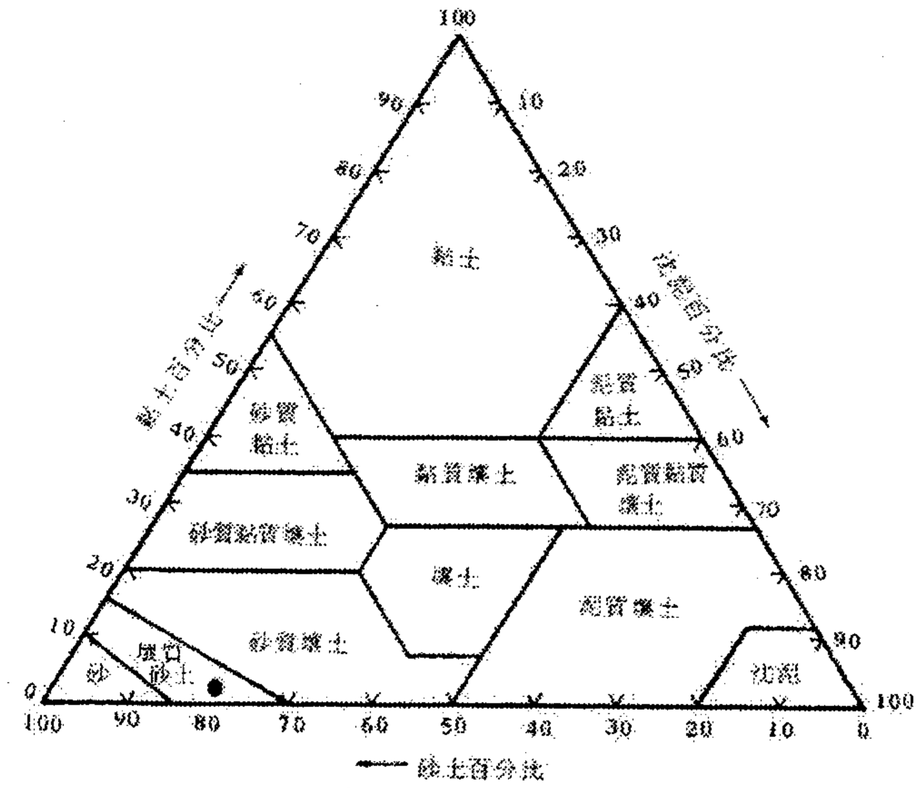
15-1-1樣本



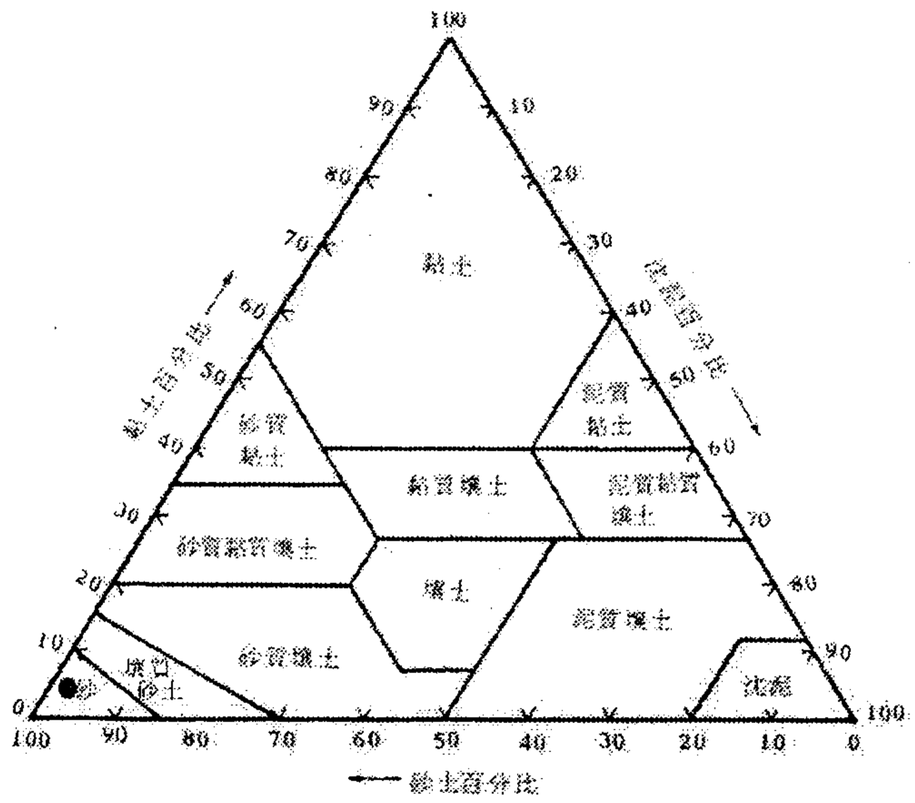
15-1-2樣本



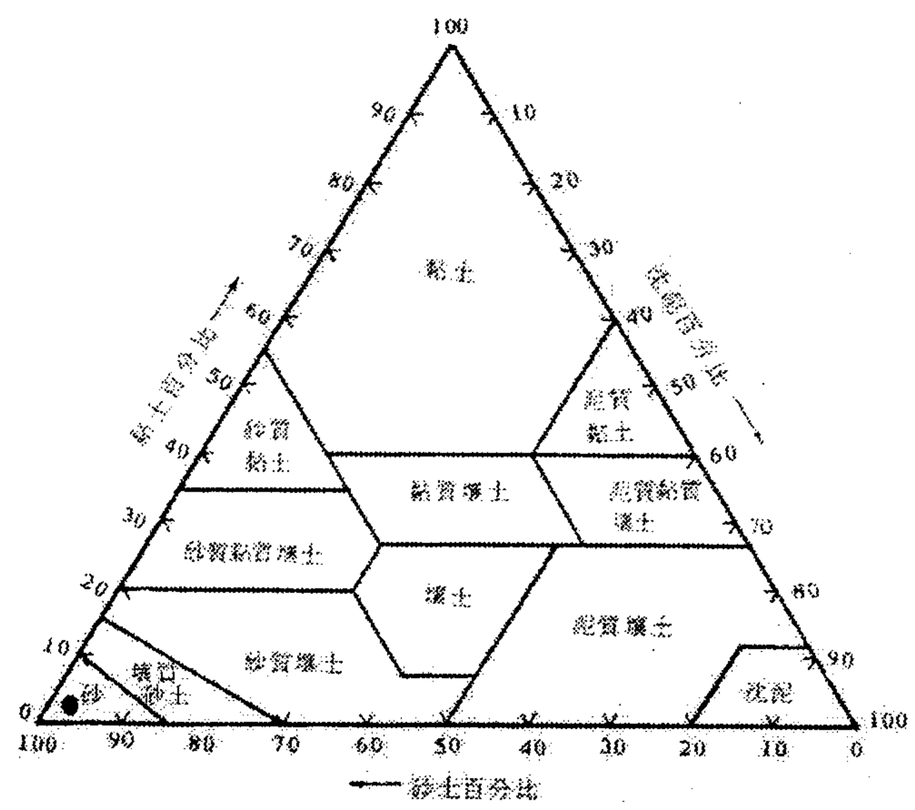
15-2-1様本



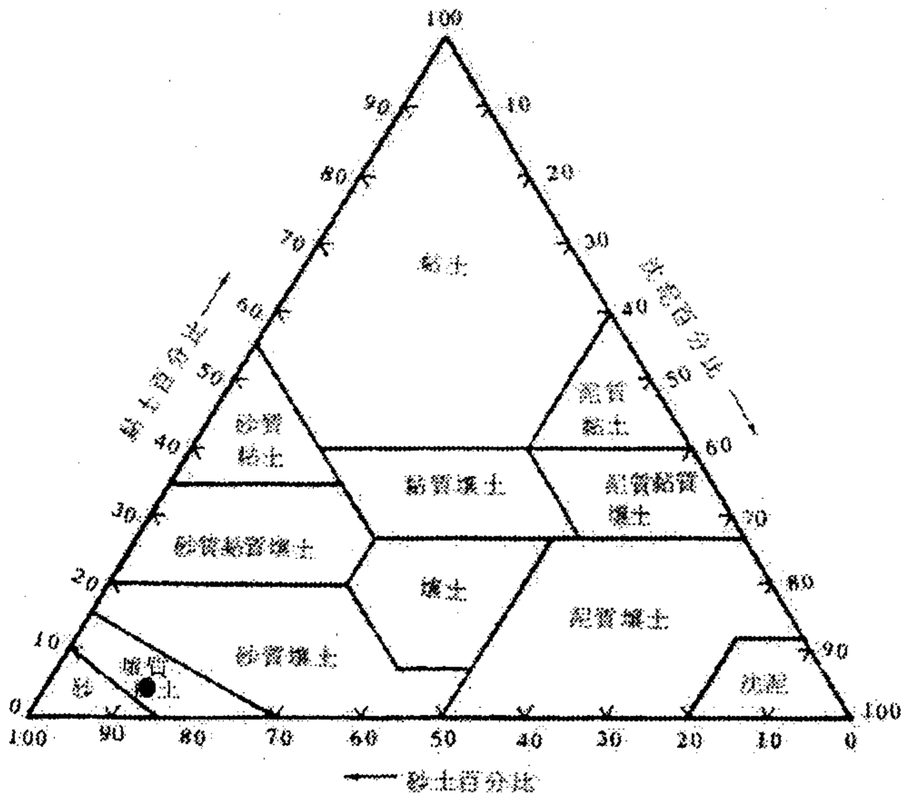
15-3-1様本



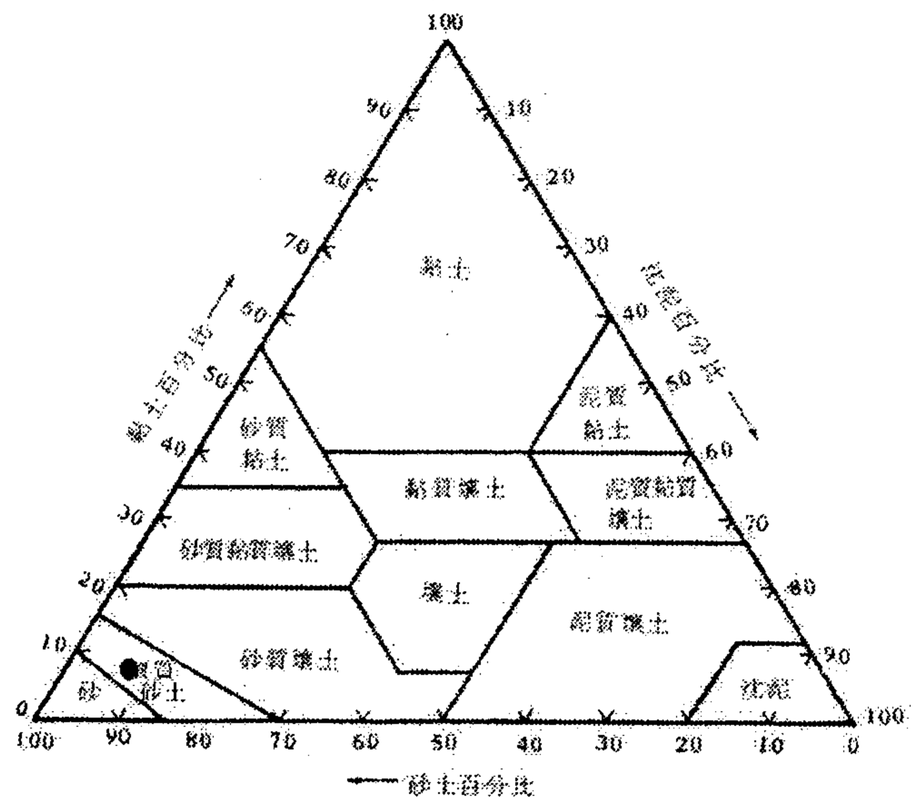
22-1-1様本



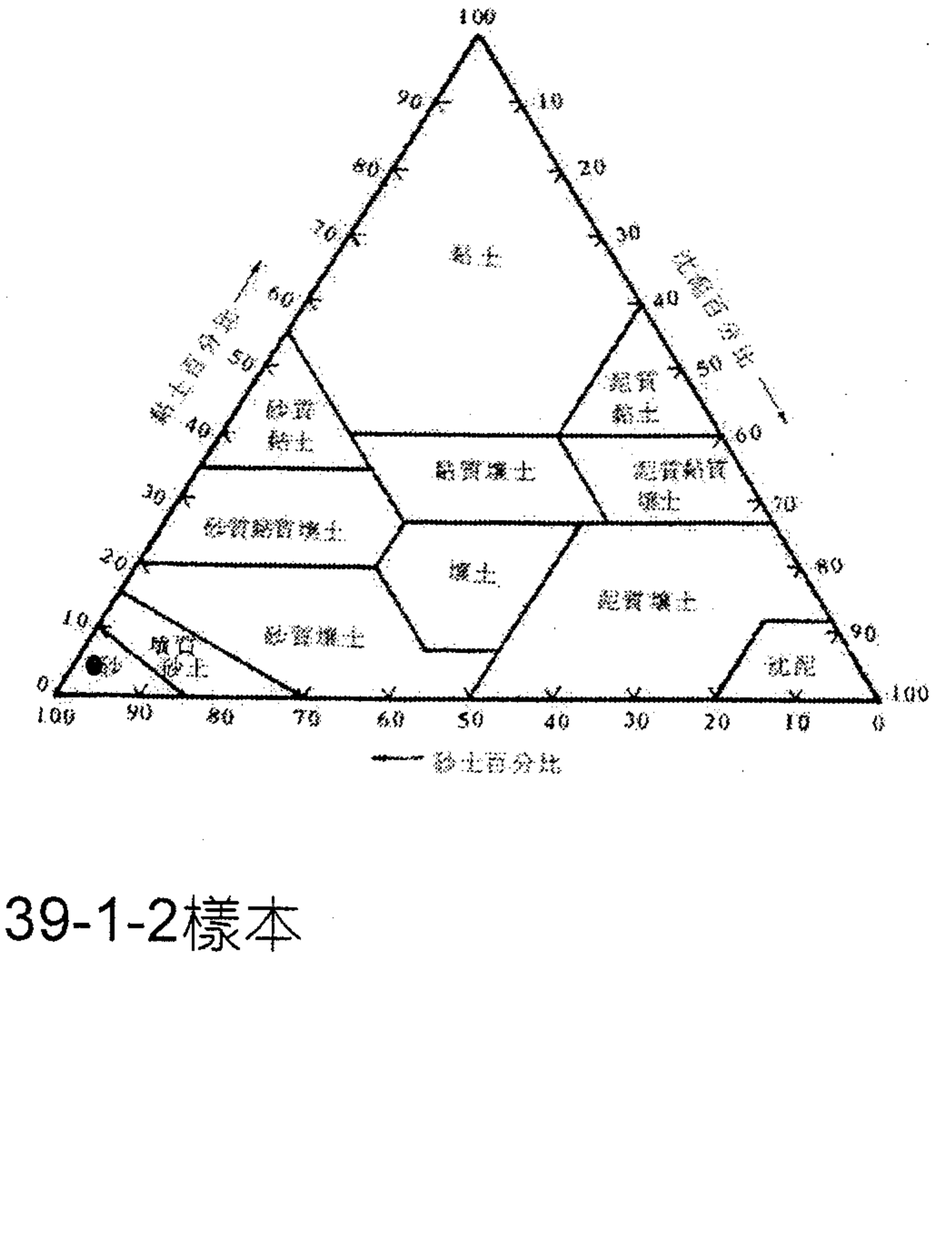
22-2-1様本



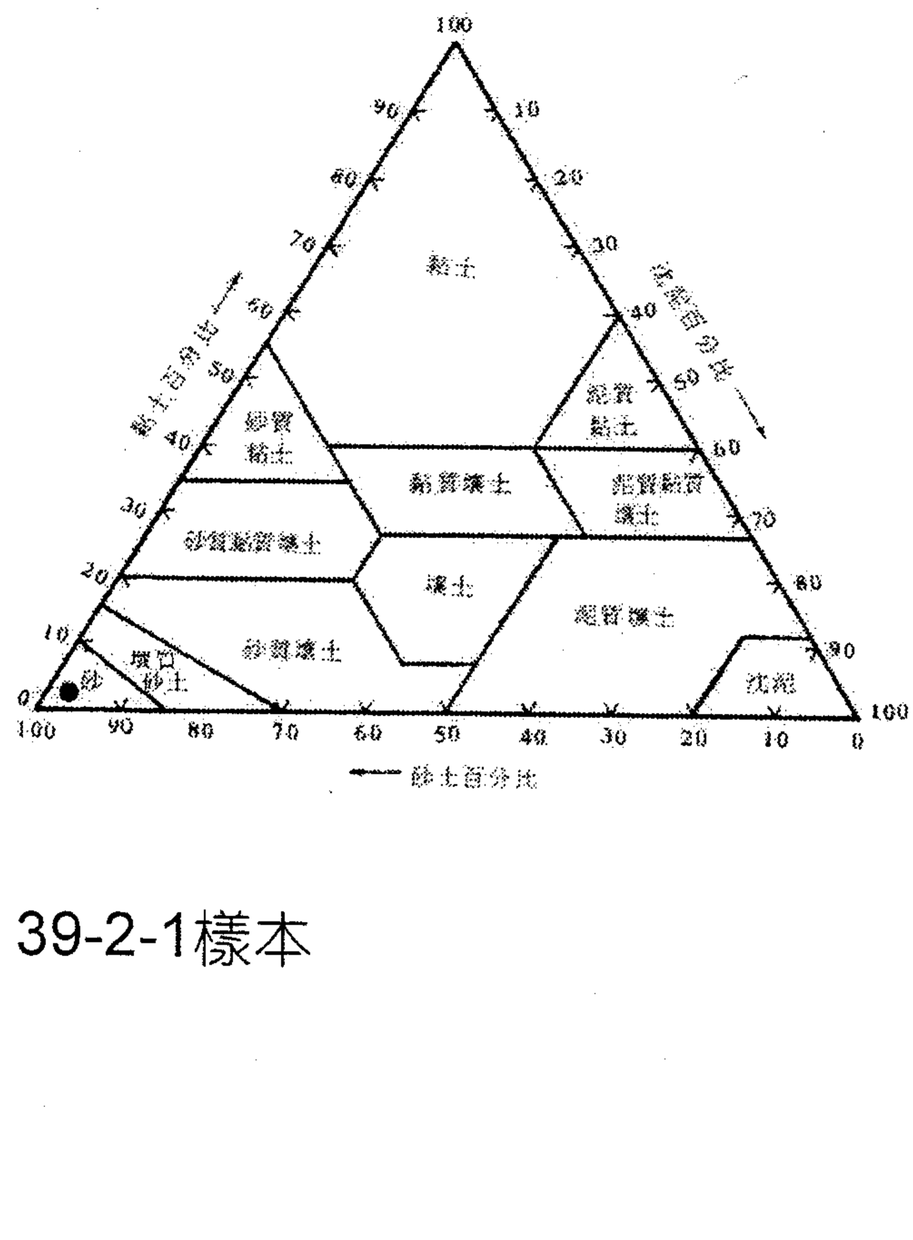
22-3-1様本



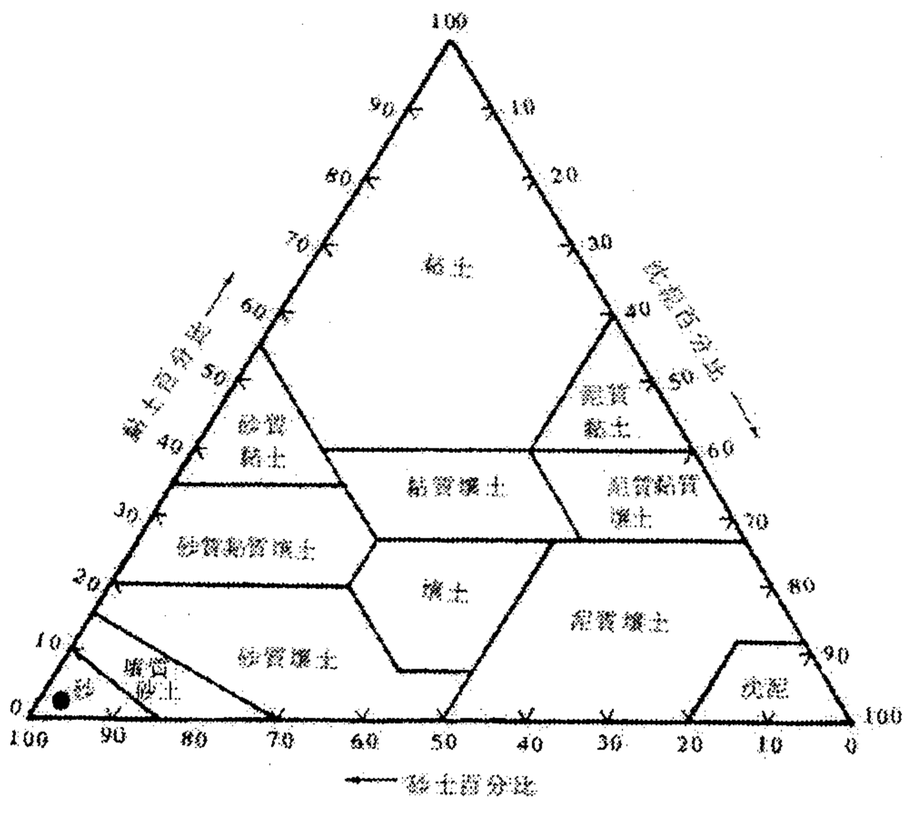
39-1-1様本



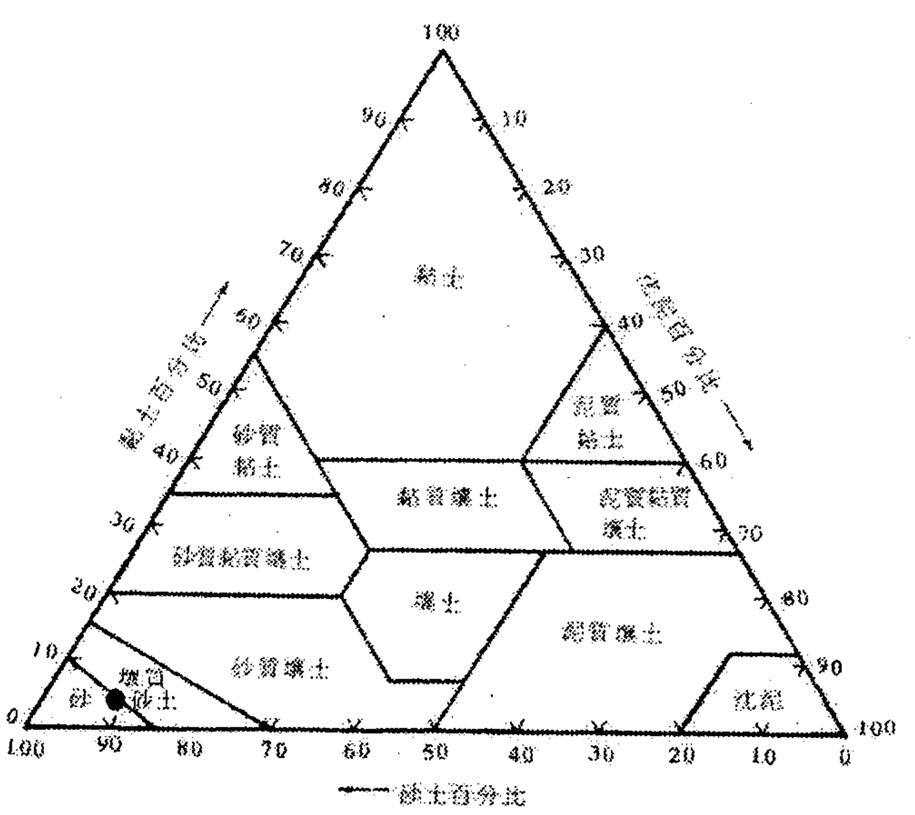
39-1-2樣本



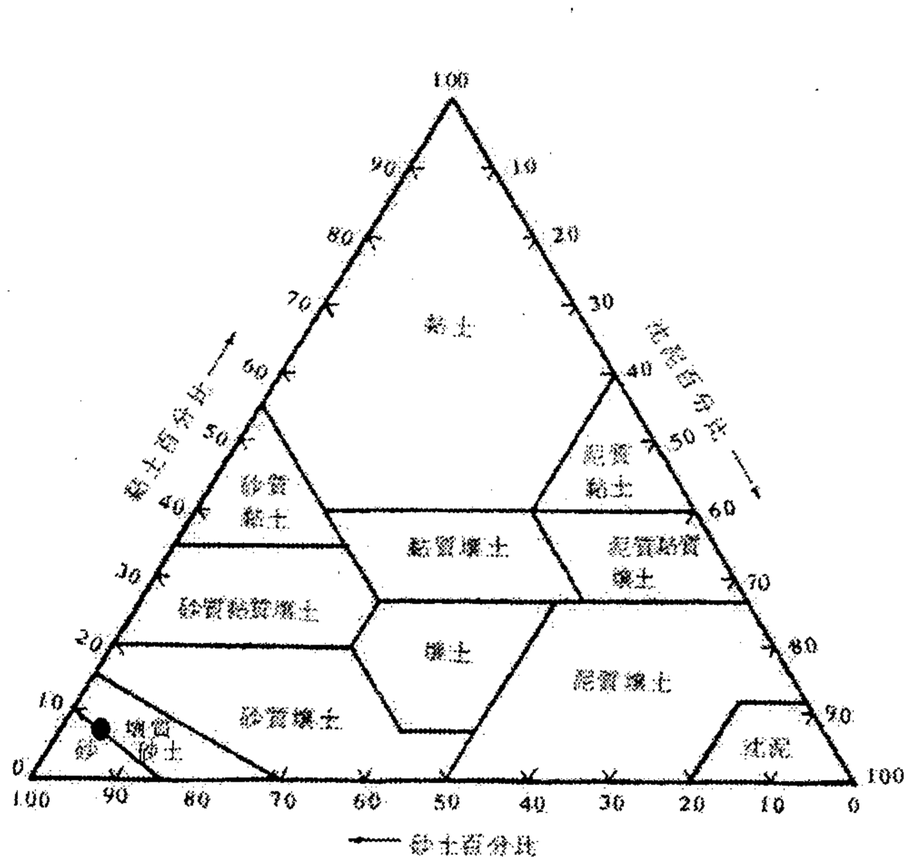
39-2-1樣本



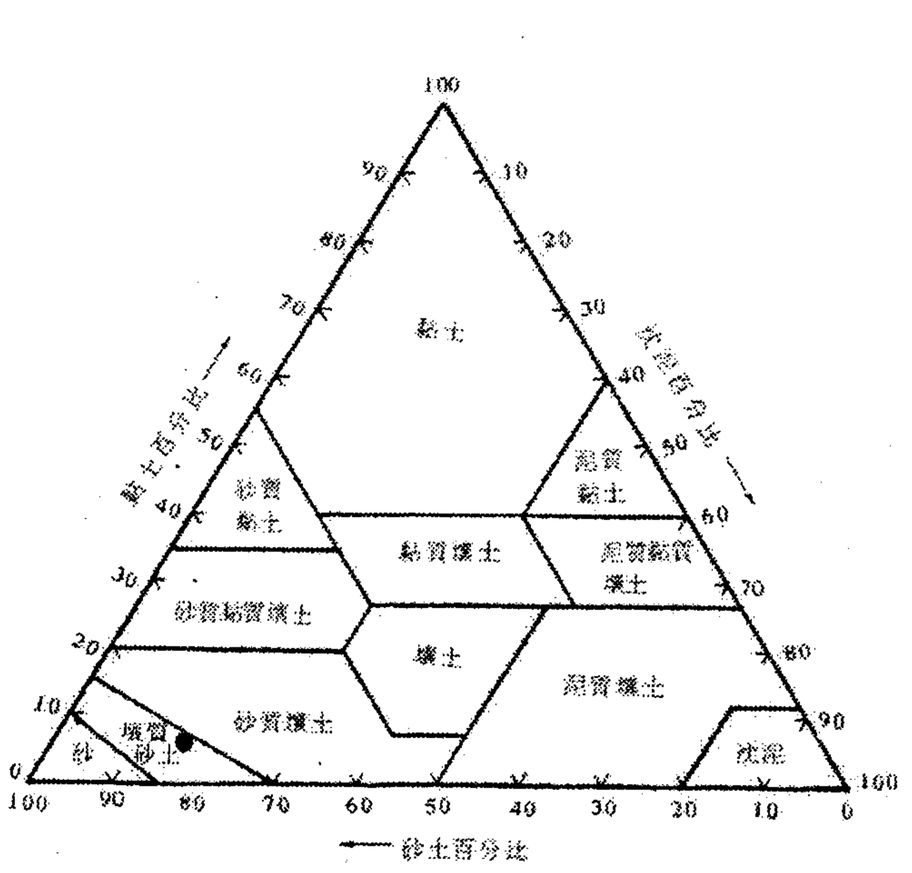
39-2-2樣本



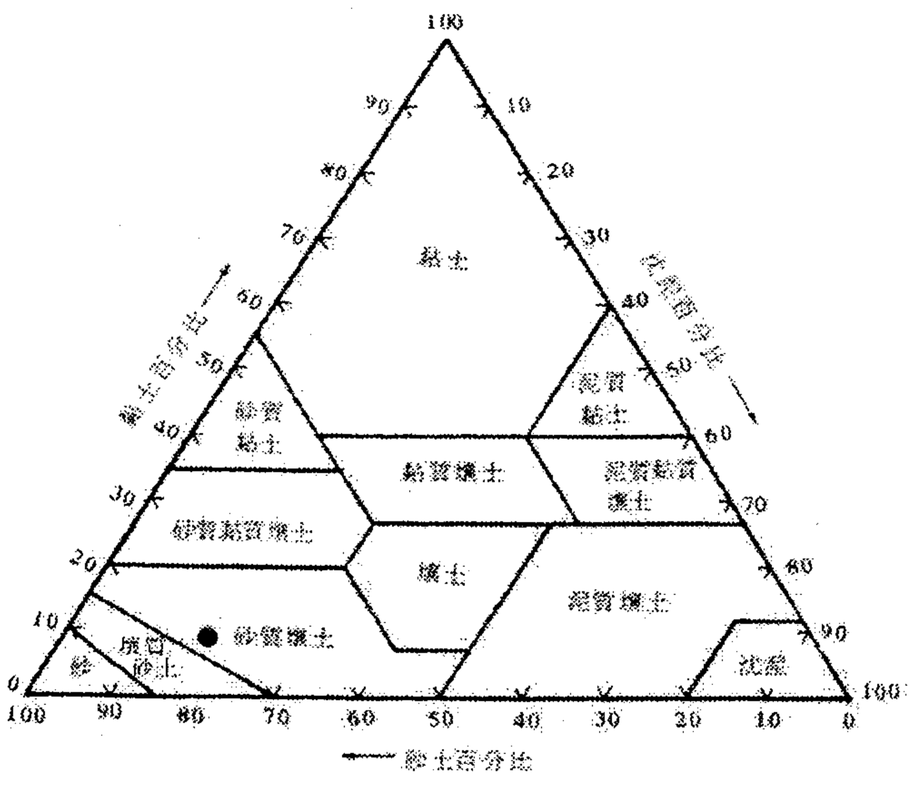
39-3-1樣本



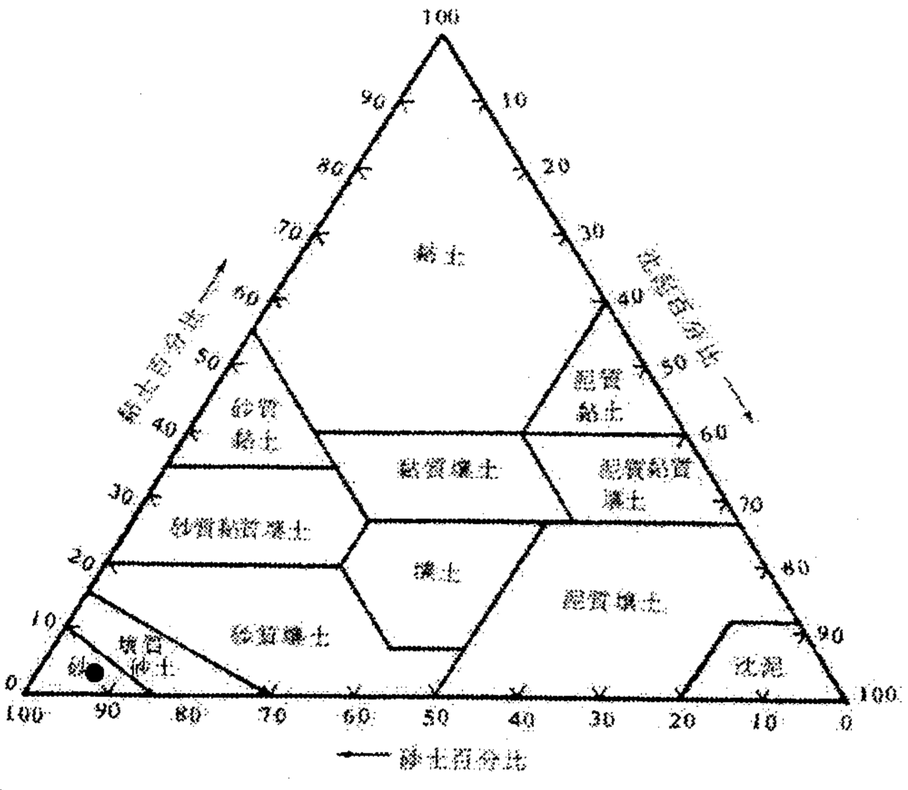
39-3-2樣本



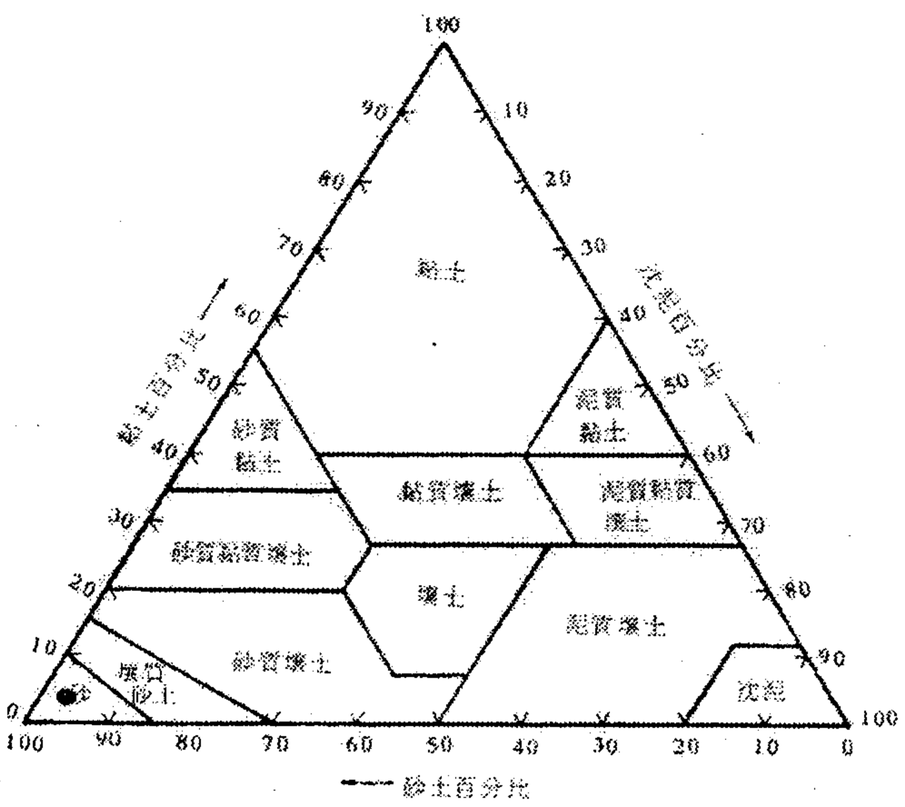
39-4-1樣本



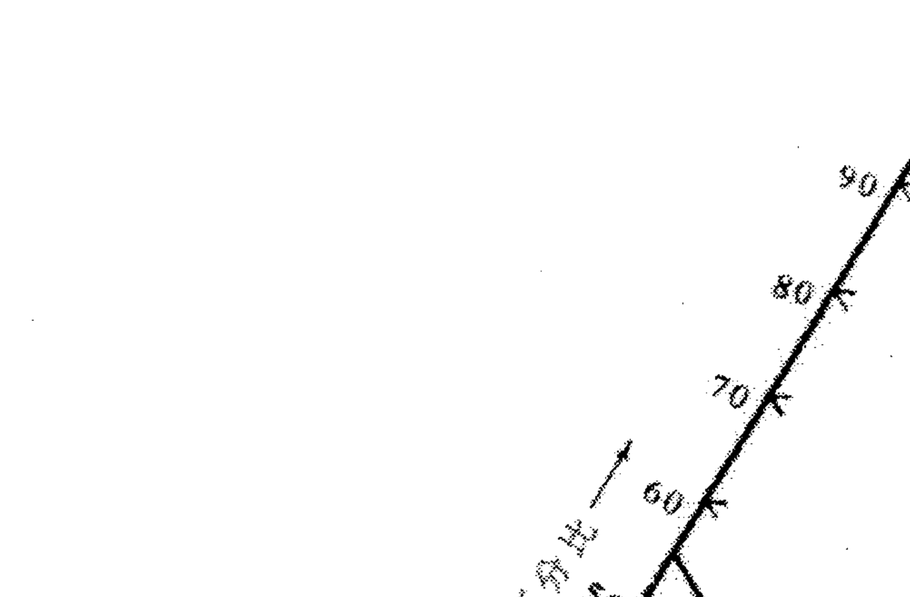
39-4-2樣本



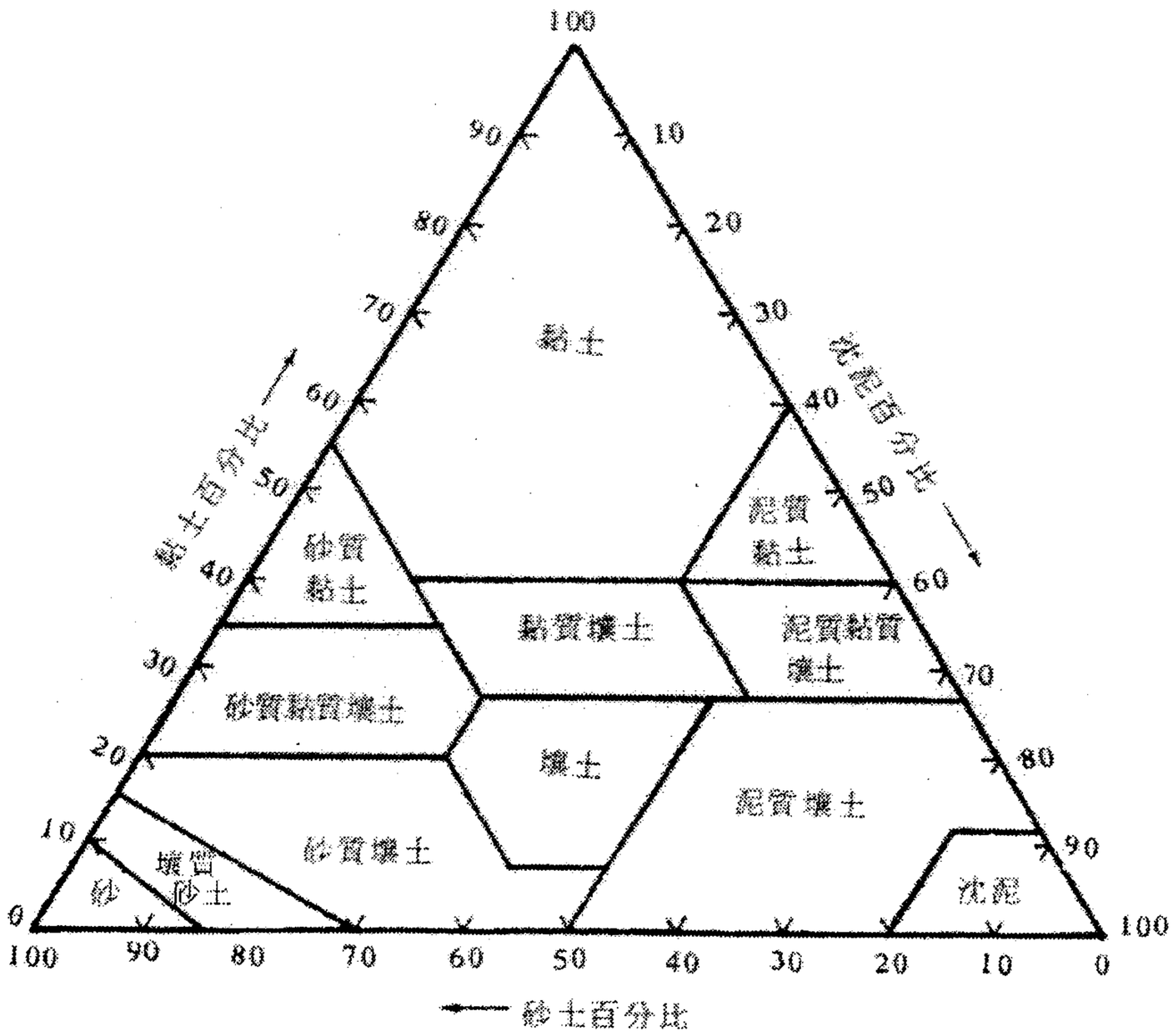
39-5-1樣本



39-4-2樣本



39-5-2樣本



三角座標分類法圖

附錄二：期中與期末報告會議結論

期中報告會議記錄

會議時間：民國八十八年十月七日

會議結論：

1、影響紅樹林沙洲變化之主要因子，列入期末報告資料。

2、本研究計畫設立之潮位暫予水利局潮位站資料之比較，列入期末報告資料。

3、植生與地形變化之研究，列入期末報告資料。

期末報告會議記錄

會議時間：民國八十九年一月十九日

會議結論：

1、期中報告會議記錄所提改進事項，以於本期末報告中增列完成。

2、本年度本處將於淡水河紅樹林自然保留區設立氣象站，請計畫執行單位，針對管理單位如何設站及執行方式、監測項目等提供意見。

附錄三：工作幻燈片說明

1、紅樹林氣象觀測站全景，研究人員定期維修並讀取資料。

2、紅樹林潮位觀測站—資料處理記錄儀內部裝置。

3、紅樹林潮位觀測站—潮位感測器設置的情形。

4、在淡水河沿岸進行微地形剖面觀測，以木樁定位，定期量測木樁深度,以瞭解侵蝕速率。

5、保留區中間的地勢平坦，近河岸處為鹽生植物為主的草地，離河岸較遠處為裸露地。.

6、研究人員採集沿岸土堤的土樣，再攜回室內進行土壤分析。

7、退潮後遺留在淡水河沿岸的大量垃圾，影響景觀也威脅水筆仔生長。

8、保留區內側潮溪，漲潮時水深可供小船駛入，退潮時露出大片鬆軟的泥灘地。

9、潮溪北端入口，拍攝時為漲潮，紅樹林多浸在潮水中。

10、NO.20木樁處的剖面-保留區北端的灘地，受水流能量影響，剖面較南端剖面陡。

11、NO.60木樁處的剖面-沿河岸已無土堤保護，土堤後為生長不久的水筆仔林。

12、原位在沙洲上的高壓電塔，近年因受侵蝕沙洲後退，現浸泡於河道中。

13、潮溪南端入口，為淡水河流水另一條疏通的管道。

14、NO.100木樁處的剖面—從木露的情形可看出剖面所處的灘地較平坦，質地較泥濘，樹林生長茂盛，約1公尺高以上。

15、保留區南端的填土區高於水面2公尺左右，填土區的物質是否會隨颱風豪雨沖刷攜出，進而影響紅樹林地形變化，還待進一步觀察。

16、保留區中央的裸露地，漲潮時潮水可淹沒，退潮時變成招潮蟹出沒的灘地。

17、裸地上新生的水筆仔幼苗。

18、淡水河沿岸受潮水侵襲的紅樹林。

19、位在潮溪內側的保留區邊界，舊柵欄所處的邊坡受侵蝕而坍落，必需再築新的柵欄。

20、保留區柵欄南端的新生水筆仔，原有的魚池受河水侵蝕而被棄置為河灘地，近年來水筆仔陸續附著生長，成為周圍紅樹林擴展最快速的區域。