

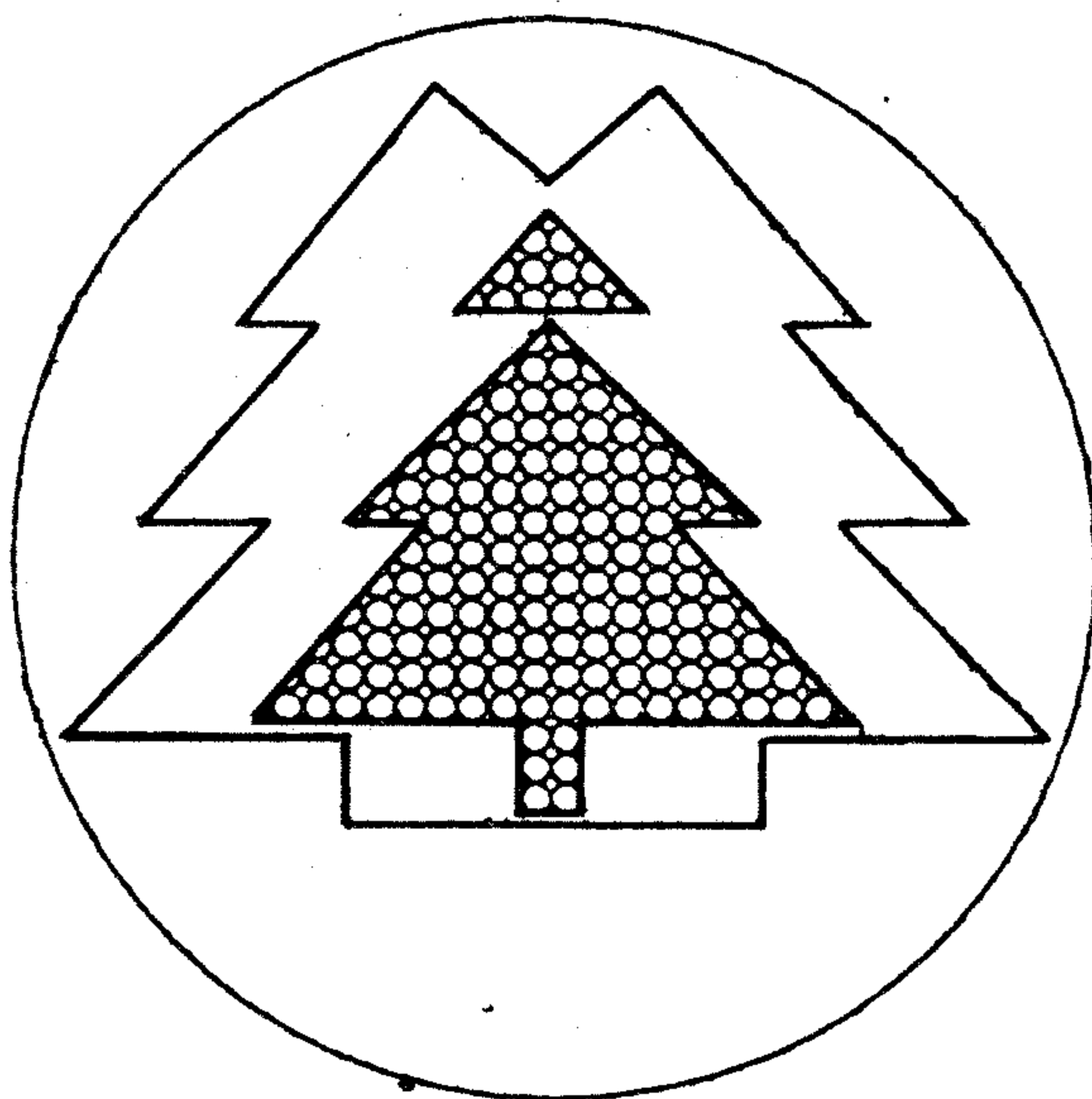
臺灣省農林廳林務局保育研究系列—— 84 - 09 號

小鬼湖鯉魚族群生態之研究

Population Ecology of the Common Carp
(*Cyprinus carpio* L.) in the Small Goast Lake

戴 永 禎

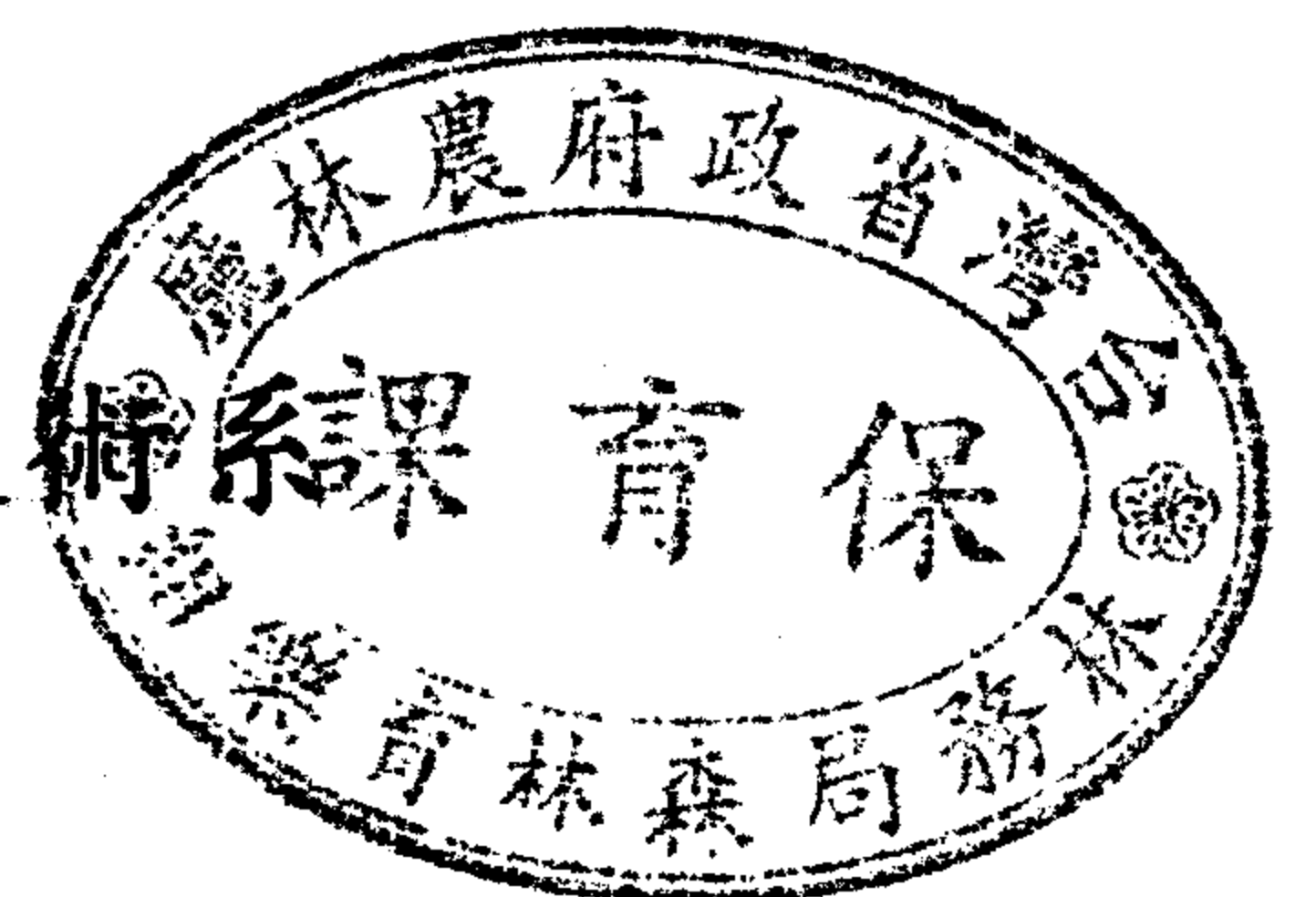
Yeong-Tyi Day



主辦單位：臺灣省農林廳林務局

執行單位：屏東技術學院森林資源技術

水域生態學研究室



中華民國八十五年二月

摘 要

已知大武山保護區境內之小鬼湖（或稱巴油池）原來並沒有魚類生存，大約 20 年前，屏東縣政府在該處放生鯉魚 (*Cyprinus carpio* Linnaeus) 後，才開始有魚類分布。台灣地區放生野生動物行為到處可見，但很少在野放之後對野放物種的族群進行追蹤調查，或進一步去瞭解野放族群對生態環境的影響。本研究自 1994 年 11 月起至 1995 年 12 月止，以潛水觀察法調查鯉魚在小鬼湖與鄰近溪流的分佈，並以刺網配合標放法估算族群量。同時測量水質，以了解小鬼湖水質的變化。1995 年 5 月至 11 月間，因道路中斷而無法進行調查。不同網目之刺網對鯉魚體型有不同的選擇，一寸網目的刺網所網得之鯉魚體型變異最大，一寸四分網與二寸網所得鯉魚全長與體重則都在一寸網範圍內。小鬼湖的鯉魚族群至少有 5 個體長群 (cohorts)。根據 Jolly-Seber 法估算小鬼湖鯉魚族群量平均值在 1180 ± 1332 尾。

謝 言

本調查承林務局補助經費，保育課前楊課長秋霖、劉瓊蓮小姐、徐榮秀小姐在行政上的協助。感謝屏東縣政府漁業課與聯合報記者宋耀光先生提供早年放流的資料，中山大學陳鎮東教授提供小鬼湖相關資料。郭政欣、蔡錦文、葉建成、李登庸、吳政翰、林柱強先生與周斐然、關馥小姐協助採集，在此一併致謝。最後還要特別感謝臺灣大學動物系曾萬年教授與臺灣熱生態聯誼會（TEC）的成員，不厭其煩地多次檢討資料所呈現之生物意義。

表 次

- 表一、以 Jolly 程式模式 A (Model A) 計算 1994 年 11 月至 1995 年 4 月間小鬼湖鯉魚族群量與其月變化。
- 表二、以 Jolly 程式模式 A (Model A) 計算 1995 年 11 月至 1995 年 4 月間小鬼湖鯉魚族群動態參數：上標個體數 (M)、存活率 (PHI)、被捕機率 (p)、增補個體數 (B)。
- 表三、以 Jolly 程式模式 D (Model D) 計算 1994 年 11 月至 1995 年 4 月間小鬼湖鯉魚族群量與其月變化。
- 表四、以 Jolly 程式模式 D (Model D) 計算 1994 年 11 月至 1995 年 4 月間小鬼湖鯉魚族群動態參數：存活率 (PHI)、被捕機率 (p)。
- 表五、以 Jolly 程式模式 D (Model D) 計算 1994 年 11 月至 1995 年 4 月間小鬼湖鯉魚族群動態參數：上標個體數 (M)、增補個體數 (B)。
- 表六、小鬼湖鯉魚不同年齡之鱗徑 (scale radius)。
- 表七、小鬼湖不同年齡之體全長 (TL)。

圖 次

圖一、小鬼湖鄰近地區之地形圖。

圖二、小鬼湖等深線圖。

圖三、小鬼湖水溫月變化。

圖四、小鬼湖水質之濁度 (Turbidity) 與真色 (Aparent color) 月變化。

圖五、小鬼湖水質之氨氮 (ammonia nitrogen) 與反應磷 (reactive phosphorus) 月變化。

圖六、不同網目之刺網對小鬼湖鯉魚之體全長 (TL) 有不同的選擇。

圖七、不同網目之刺網對小鬼湖鯉魚體重 (BW) 有不同的選擇。

圖八、小鬼湖鯉魚單位努力收獲量 (CPUE) 之月變化。

圖九、小鬼湖鯉魚體全長之直方圖。

圖十、小鬼湖鯉魚體全長 (Total length) 頻度月變化。

圖十一、年輪數 (Number of annuli) 與鱗徑 (Scale radius) 之關係。

圖十二、年輪數 (Number of annuli) 與體全長 (Total length) 之關係。

圖十三、屏東縣三地門之月平均氣溫 (Monthly mean temperature)。

圖十四、屏東縣霧台鄉大禮之月平均降雨量。

目 錄

摘要	ii
謝言	iii
表次	iv
圖次	v
緒言	1
方法	6
結果	12
討論	21
結論	27
參考文獻	28
附錄一 Jolly 程式之輸入設定與執行格式	33
附錄二 資料輸入檔 (CARP.JS) 經 JOLLY 程式整理後	38
表	40
圖	47

緒 言

鯉魚 (*Cyprinus carpio* Linnaeus) 是世界上最早被人類所馴養的魚類，生產地遍布南北半球 (Hollebecq and Haffray, 1994)。鯉魚有四種鱗片型：全鱗型 (scaled)、散布鱗型 (scattered)、線鱗型 (linear)、裸鱗型 (nude; Hollebecq and Haffray, 1994)。成長速度快，初期四個月可達 3 g。鯉魚起源於歐洲東部與亞洲西部自北美洲分離了歐亞大陸後。該種即遍布於歐洲與亞洲。其他與鯉魚相近的種類也在這個時期快速地演化。數種大型鯉科魚類如草魚 (*Ctenopharyngodon idellus*)、大頭鱧、鯽魚 (*Carassius auratus*; 金魚為鯽魚的變種之一) 等現在已經成為中國普遍養殖的食用與觀賞魚類。澳洲沒有鯉魚的分布 (但現在已有引進者)，顯示澳洲大陸在鯉魚的祖先出現之前就脫離了歐亞大陸。鯉魚原來的分布範圍可能侷限於黑海 (black sea)、卡斯平海 (Caspian sea)、阿拉爾海 (Aral sea) 的盆地。也可能分布在西歐的某些地區如佛加河 (Volga River)，以及東亞地區如阿姆河南至婆羅洲。人為的傳播使得原來的分布圍更加模糊，鯉魚在羅馬帝國時期被從大奴卑河 (Danube River) 傳引至希臘及意大利，中世紀已經遍布半養殖於歐洲修道院的池塘中。然而

沒有任何的證據顯示歐洲的鯉魚是由中國大陸原本的分布範圍引進歐洲 (Cooper, 1987)。

鯉魚與其他鯉科魚類有異的地方很多，例如韋氏器 (Weberian apparatus)、圓鱗 (cycloid scales)、喉部的舌咽齒 (pharyngeal teeth) 而顎部無齒。所有的鯉類都沒有硬棘，但是鯉魚背鰭與臀鰭的第一隻軟鰭條都硬化成骨質構造。鯉魚的棲地很廣，從高山湖泊至破壞嚴重的下游河川，出現於大型湖泊、水庫、淺塘、沼澤、林澤、流速緩慢的河川、流速快的溪流、以及河川的感潮區。通常鯉魚喜歡較淺多草的水域，底質為泥質或沙質以利嚙食，日行性。表面水溫低的時候，可潛游至較深的水域，最深可達 30 公尺 (Cooper, 1987)。

族群中成長慢的雌魚，要 5 年才會性成熟，平均約需達 3 歲且體長超過 43 公分則可進行第一次生殖，雄魚約 2 歲且體長達 30 公分才成熟。多數於晚春與初夏水溫上升至 17 °C 時開始產卵。水溫低於 16 °C 或超過 26 °C 時會使魚卵死亡。鯉魚的成長速度受到各種生物與環境因素的影響，如遺傳特性、溫度、生長期的長短、水質、食物的可及性 (Cooper, 1987)。三倍體鯉魚在所有的實驗狀況下都比雙倍體之成長速度為慢 (Cherfas, et al. 1994)。在飼養狀況下，鯉魚存活最長的紀錄為 47 年 (Cooper, 1987)。

日本學者 Nakagawa 等人 (1995) 利用鯉魚血液中的 Erythrocyte 5-aminolevulinic Acid dehydratase activity (ALA-D) 作為魚體鉛污染的短期指標 (indicator)。匈牙利的 Szegletes 等人 (1995) 則以鯉魚體中環境毒物對 deltamethrin 之廣泛效應為生物標記之一 (biomarker)，做為評估水域環境中化學物質的反應與其潛在的危險性。鋅對鯉魚的發育有明顯的毒性，飼養在含 20 % 鉛之排放水中之幼魚出現肝腎組織呈現破壞現象 (Sharma and Sharma, 1994)。為保持養殖鯉魚的成長、抗病力與耐寒力等之遺傳品質，則必須進行種內交配 (Hollebecq and Haffray, 1994)。鯉魚之幼魚成長所需食物中，必須含有磷脂 (phospholipid; Geurden, et al. 1995)。不孕的三倍體鯉魚並不會快速成長，亦即不適合作為養殖之用 (Cherfas et al. 1994)。台灣養殖界亦以鯉魚做為研究的材料，海洋大學曾發現在雌性鯉魚之年生殖週期中性賀爾蒙連結蛋白質量與體性賀爾蒙含量並無相關 (Chang and Chen, 1991)。

經營野生動物的目標通常用族群量大小來表示 (Lancia, et al. 1994)，若為瀕臨絕種時需將族群量增加，而對為害物種則試將族群量降低。若處理獵捕物種則需控制適當族群量以達永續利用的目標。

大津高等 (1984) 首度對小鬼湖 (或稱巴油池) 生態做初步的描述；小鬼湖周邊地區的相關研究多為物種調查

(王鑫等, 1987; 1988; 1989; 周蓮香, 1993; 林益仁, 1993; 郭綸耀、楊勝任, 1990)。針對山羌, 則有較詳細的生態研究 (林益仁等, 1993; McCullough, 1993; 裴家騏, 1994), 以模糊集合理論配合地理資訊系統可推估山羌族群於霧頭山自然保護區之空間分布 (陳朝圳, 1993)。小鬼湖底泥之 metal/Al 與 acid-leached metal 之分布顯示表層含有豐富的 Cd 與 Pb (或 Cr 與 Zn), 主要來源為 1940 年開始有人為之輸入 (Wann et al. 1995)。

已知大武山保護區境內之小鬼湖原來並沒有魚類生存, 於民國 68 年, 屏東縣政府在該處放生鯉魚後, 才開始有魚類分布, 同時放生的魚種還包括鯰魚 (*Parasilurus asotus*)、草魚, 以及鯉魚的另一品系德國鯉魚 (宋耀光, 個人通訊), 但是成功存活至放流現場的種僅存鯉魚與德國鯉魚 (屏東縣政府, 個人通訊)。在台灣地區, 放生野生動物行為到處可見, 但很少在野放之後對放生物種的族群進行追蹤調查, 並進一步瞭解野放族群對生態環境的影響。

保育主管機關依據野生動物保育法禁止任意野放野生動物的行為; 惟相關的資料則付之闕如。藉由小鬼湖鯉魚放生後的族群生態學研究, 將可作為保育經營管理工作的基本依據, 是為本調查研究之目的。調查重點在:

- 1、調查目前小鬼湖及附近溪流鯉魚之族群量，並每月調查其相對族群量，以瞭解鯉魚族群量的月變化情形。
- 2、調查目前小鬼湖及附近溪流鯉魚之分布狀況。
- 3、描述小鬼湖及溪流的水質、水文因子，以瞭解小鬼湖地區水域環境之基本狀況。

方 法

一、調查點描述

小鬼湖位於北緯 22 度 44 分、東經 120 度 53 分附近，海拔高度 2,040 公尺（圖一），全境在大武山自然保留範圍內。湖面由西北往東南方向呈細長延伸，佔面積 5.13 公頃，平均深度 0.76 公尺，最大蓄水量約 38,800 立方公尺，湖中央線 800 公尺長，最大寬度約 113 公尺（林志明、陳鎮東，1992），最大水深可達 2 公尺。小鬼湖原來是一條比現在寬的河道，東北岸的草地就是原來的河床地，西南岸是原始森林（圖二）。

大武山自然保留區位於中央山脈南端之東向坡面其集水區範圍涵蓋利嘉、知本、太麻里、金崙、大竹等五大溪流，面積達四萬七千公頃，其西側為屏東林管處所管轄之屏東事業區 24~31 林班，潮州事業區 4~9、12、13、15 等 20 個林班，面積達二萬一千公頃為隘寮溪、東港溪、林邊溪上游之集水區（林務局，1991）。

二、魚類採集與族群量估算

本計畫研究範圍，以高屏溪水系支流北隘寮溪上游之小鬼湖，包括其連結支流（圖一），調查鯉魚之分布狀況與族群量，以做為大武山自然保留區小鬼湖週邊區域經營保育之依據與監視魚類野放後管理之模式。魚類調查與採集方法係包括潛水調查法及刺網漁法。

施行潛水觀察法時，調查人員身著防寒衣、防寒頭套、面鏡、呼吸管直接在水下觀察記錄鯉魚出沒的地點，以確定在小鬼湖與週邊溪流的分布。刺網採集法乃在小鬼湖中每月放置三分、五分、七分、一吋、一吋四分、二吋至少各一件。1994年11月至1995年5月所捕獲得之鯉魚以MS222麻醉後，立即稱重量體全長、頭叉長，並擷取身體左側背鰭基前緣下方與側線間之鱗片二~四枚，再於背鰭基前緣下方以標籤槍標上有個號的 Hallprint tags。將昏迷之鯉魚放在置清水的水桶中，等待酥醒後釋回小鬼湖中。鱗片攜回實驗室，以做為年齡鑑定之用。鱗片浸泡於 Pancreatin (1%) 中，用超音波洗淨器 (Branson 200 Ultrasonic cleaner) 震

盪 15 分鐘，挑出鱗片後在清水中用牙刷將鱗片上之表皮與黏液小心清洗乾淨，再夾於兩片載玻片中，用 10X 立體顯微鏡判定年輪數，並測量鱗片半徑，或稱鱗徑 (scale radius)。1995 年 12 月所捕獲之鯉魚則以酒精 (70%) 固定，帶回實驗室後解剖，以生殖腺判斷性別，再將生殖腺稱重。肥滿度指標 (condition coefficient, K) 計算公式如下 (modified from Hoar, 1976):

$$K = 10^5 \times \frac{BW}{FKL^3}$$

年齡之判定以立體解剖顯微鏡觀察生長輪所形成之年輪數，取眾數個體之年齡。並在顯微鏡下測量鱗徑至 mm，取平均值作為個體之平均鱗徑。

標放法估算族群量的技術，通常可分為兩種，一類為封閉式 (closed) 族群，一類為開放式 (open) 族群。使用於封閉族群的計算方法假設在調查期間之存活率 (PHI, survival rate) 與增補個體數 (B, recruitment) 為零 (White et al. 1982)。開放族群指在調查期間有出生、死亡、遷移之現象者。運用於開放族群的估算方法為 Jolly Seber Model 其參數 (parameters) 包括族群量 (N, population

size)、存活率、增補個體數、和被捕捉機率 (p, catch probability)。

三、水域環境描述

每個月在小鬼湖採集鯉魚同時採取溪水，進行水質分析，監測水質項目包括濁度、硬度、反應磷、氨氮、酸鹼度等。並以高低溫度計測量採集日之最高與最低水溫，以酒精溫度計測量採集時之水溫，以了解小鬼湖監測水溫的月變化。1995年5月找不到高低溫度計，所以沒有5月之日溫差資料。12月因5月所埋設於湖水中之高低溫度計遺失，而備用溫度計亦折斷損毀，故無水溫資料。

(一) 酸鹼度

酸鹼度 pH 是以氫離子的濃度來表示水質酸或鹼的強度 (吳宗榮等, 1992)。pH 值的範圍被排列為 0 到 14，以 $\text{pH} = 7$ 代表中性，0 至 7 代表酸性，7 至 14 則代表鹼性。在野外直接以攜帶型之酸鹼度計 (Suntex pH

meter) 檢測樣水的 pH 值。

pH 值 6.3—9.0 的範圍內皆為魚類合適的生存 (Ellis, 1937)。廢酸水直接排於至水體中，會導致 pH 值下降，而大雨沖刷泥沼或礦區亦會改變 pH 值。水生植物光合作過盛，或酸性廢物直接排放，則會使 pH 值升高 (Alabaster and Lloyd, 1982)。

(二) 硬度 (Hardness)

水的硬度和地質情況有關，以 Sofchek Test Strips for Total Hardness 檢測之通常分為四級：

0~50 mg/l	軟水 (Soft)
50~120 mg/l	中度硬水 (Moderately hard)
120~250 mg/l	硬水 (Hard)
250 mg/l	非常硬 (Very hard)

硬度的成因是由二價的金屬陽離子，主要例如鈣 (Ca^{++})、鎂 (Mg^{++})、鋇 (Sr^{++})、鐵 (Fe^{++})、錳 (Mn^{++}) 等離子 (呂宗榮等，1992)。這些離子能和肥皂起反應而形成沈澱，並且和某些水中存在的陰離子形成鍋

垢。一般來說，有石灰岩存在的地方生產硬水，而缺乏石灰岩存在的地方應為軟水。 Ca^{++} 離子濃度較低時，酸液（pH 低）的毒性則增加 (Alabaster and Lloyd, 1982)，意即在硬度較高的水體中，魚類較能忍受低 pH 之傷害。

(三) 濁度 (Turbidity)

濁度指水中含有懸浮物質，由於光線受視覺深度的干涉而形成的感觀 (吳宗榮, 1992)，濁度由大小懸浮物質 (suspended solids) 所引起的，其顆粒之大小從膠體物質到粗顆粒物質，看其受擾動度的大小而定，河水由於常受擾動，大部分的濁度是由相當大顆粒所形成的。美國公共健康局 (U. S. Public Health Service) 規定公共給水的最高濁度單位為 5 FTU。濁度乃以 Hach 2000 水質光譜儀檢測 $1 \text{ m SiO}_2 / 1 = 1 \text{ FTU}$ 。

水中懸浮物質含量太高時會導致魚隻直接死亡，並且可能更容易罹患疾病，成長減緩，於水中行為改變，產卵場所減少，受精卵死亡等間接影響 (Alabaster and Lloyd, 1982)。

(四) 氨氮 (Ammonia nitrogen)

氮在所有的植物與動物生活史中具有重要的角色，氮在自然界可以有 NH_3^{3-} ， N_2 ， N_2O^{+1} ， NO^{2+} ， $\text{N}_2\text{O}_3^{3+}$ ， NO_2^{4+} ， $\text{N}_2\text{O}_5^{5+}$ 等七種價位 (valence) 存在，其中 NH_3^{3-} 與有機衍生關係最為直接，故指檢氨氮作為代表製造植物與動物蛋白質所需量。動植物屍體之排泄物則會被細菌分解為氨 (吳宗榮，1992)。氨氮含量以 Hach 2000 水質光譜儀檢測。

(五) 反應磷 (Reactive phosphorus)

浮游生物中的藻類皆含有葉綠素，藻類生長時需要水中的養分，而氮和磷即為生長的基本要素。氮、磷成份的多寡程度控制了浮游植物生長的速率。磷的臨界含量約在 $0.01 \text{ mg} / \text{l}$ 左右，不超過臨界含量，即不會發生藻類暴生 (algae bloom) 的現象 (吳宗榮等，1992)。總磷含量以 Hach 2000 光譜儀檢測。

結 果

一、水域環境

小鬼湖水溫以二月最低（圖三），日最低水溫僅 7.5°C ，日溫差僅 1.5°C ，其他月份採集當日之水溫差均為 4 或 5°C 。從整體的趨勢看來，水溫由一月起開始下降二月最低，至三月則突然回升。但在秋末至春末的調查期間小鬼湖水溫之日最大值都沒有超過 19°C 。

小鬼湖水質之濁度介於 3 ~ 9 FTU 之間，真色則介於 20 至 60 CoPt. 之間。濁度與真色表示懸浮物的量以 1995 年三月時最高，於 1994 年十二月與 1995 年二月時偏高，而 1995 年十二月僅 4 FTU（圖四）。小鬼湖水質之有機物（或稱營養鹽類）的含量並不高（圖五），氨氮含量皆少於 0.2 mg/l ，而反應磷含量除 1994 年與 1995 年十二月分別達 1.1 mg/l 與 0.6 mg/l 外，其他月份均低於 0.2 mg/l 。硬度僅 25 ppm 以下，屬軟水。肉眼所見之水色呈綠色或黃綠色。

二、網具的選擇性

不同網目之刺網對鯉魚體型有不同的選擇（圖六、七）。三分網捕獲鯉魚 16 尾，全長平均 60.5 mm，範圍在 56 至 66 mm 之間。五分網則共捕獲鯉魚 109 尾，全長平均 95.1 mm，範圍在 81 至 150 mm 之間，七分網則捕獲鯉魚 120 尾，平均 109.2 mm，最小 94 mm，最大 159 mm，五分網與七分網所得體型差異不大。一寸網所捕獲鯉魚平均值為顯然提高至 192.4 mm，81 尾鯉魚最小為 108 mm，最大為 320 mm。三分網捕獲鯉魚之平均體重 3.3g，範圍在 2 至 5 g 之間。五分網所捕獲者體重平均 13.5 g，範圍在 4 至 22 g 之間，七分網則捕獲鯉魚平均體重 21.8 g，最小 12 mm，最大 50.5 g。一寸網所捕獲鯉魚平均值為顯然提高至 173 g，最小為 19 g，最大為 485 g。一寸網目的刺網所網得之鯉魚體型範圍最大，一寸四分網（全長 284 mm、體重 173 g）與二寸網（全長 196 mm、體重 139 g）因樣本數僅一尾，所得鯉魚全長與體重都在一寸網範圍內。

三、族群動態

(一) 族群分布

小鬼湖的西南岸為原始林，此處湖岸與湖底多枯枝落葉，故為鯉魚棲息的地點，東南角較淺、水草密集，是小魚集中的場所。鯉魚偶爾會洄游至中間與靠近東北岸。小鬼湖的湖水由西北角出水口流向隘寮溪，由地形圖判斷，該溪流向西不久就有一落差極大之處，應為小鬼湖鯉魚族群分布的極限。

(二) 單位努力漁獲量

1994 年 11 月至 1995 年 4 月間，捕捉小鬼湖鯉魚單位努力漁獲量的指標 NPN (number of individuals per net) 與 GPN (gram per net) 的月變化模式相同 (圖八)。冬季時 (12、1、2 月) 漁獲量較低，1994 年 12 月與 1995 年 1、2、12 月之 NPN 值皆低於 3，1995 年 12 月之 NPN 值最低至 1.5。

由鯉魚全長的直方圖 (圖九) 可推測小鬼湖的鯉魚族群至少有 5 個群，第一群因網具所限應有大批 2 - 4 公分左右的小魚沒有被捕獲。第二

群則在 10 - 12 公分間為主，第三則在 19 - 22 公分間為主，第四群則約在 24 - 30 公分間，第五群則約為 31 - 32 公分間。目前尚無法由月體長頻度看出鯉魚成長的模式（圖十），在 1994 年 11 月至 1995 年 5 調查月期間，各體長群之峰並無向右偏移現象，表示成長速度很慢。1995 年 12 月由於樣本數太少所以無法訂出體長群，與成長速度的推斷。

1994 年 11 月之 GPN 值相對 NPN 值為高（圖八），乃該月捕獲鯉魚體長有較多大於 250 mm 以上之個體（圖十）。1995 年 3 月之漁獲單位努力量 (NPN) 增加（圖八），主要原因為鯉魚體長介於 100 至 120 mm 之個體捕獲增加所造成（圖十）。

(二) 標放試驗

以 Jolly 程式之「模式 A」可算出小鬼湖鯉魚族群量 (N) 平均為 572.9 尾（表一），標準誤差 (SE: standard error) 為 553.5 尾，故 95% 之信賴區間 (CI: confidence interval) 為 -512.9 至 1657.8 尾。1994 年 12 月至 3 月族群量之月變化呈現穩定的現象 (340~470)，而 4 月時陡

增至 1300.5 尾。由於資料量不足，而無法算出 1995 年 3 月與 4 月的標準誤差與信賴區間。1994 年 11 月至 1995 年 5 月調查期間，保持平均 33.6 尾 (M) 有標識的鯉魚 (表二)。出現於某月份之鯉魚在該月被捕捉的機率 (p: catch probability) 平均僅 0.04，而到下個月還存活之機率 (PHI: survival rate) 平均為 0.58。每個月至下個月仍活著的新增個體數 (B: recruitment) 平均為 190.6 尾。

以 Jolly 程式之「模式 D」 (Model D)，可算出小鬼湖鯉魚族群量平均為 1180.2 尾，標準誤差為 1331.8 尾，故 95% 之信賴區間為 -1430.1 至 3790.5 尾 (表三)。族群量之月變化稍有起伏，1995 年 2 月最低 (821.5 尾)，4 月最高 (1652.0 尾)。1994 年 11 月至 1995 年 5 月調查期間，保持平均 48.0 尾有標識的鯉魚 (表四)。出現於某月份之鯉魚在該月被捕捉的機率平均僅 0.04，在該月被捕捉的機率為 0.031 (因假設捕捉機率每月相同)，標準誤差為 0.014，其 95% 信賴區間介於 0.003 至 0.058 間。而到下個月還存活之機率平均為 0.739 (因假設每月採集之間鯉魚的存活率相同，所以此模式只算出一個存活率值)，其標準誤差為

0.141，95% 信賴區間即為 0.463 至 1.017（表五）。每個月至下個月仍活著的新增個體數平均為 433.6 尾，以 1995 年 3 月之 953.7 尾最多。

四、成長

小鬼湖鯉魚的肥滿度指標 (condition coefficient, K) 平均 1.59，標準偏差 0.31，介於 0.18 與 2.43 間。體重與體長的迴歸關係如下：

$$\begin{aligned} \text{Log BW} &= 2.89 \text{ Log TL} - 4.59, & R^2 &= 0.93 \\ & & F &= 4548 \\ & & p &< 0.001 \\ & & N &= 237 \end{aligned}$$

鱗徑與體全長為顯著之迴歸關係，其迴歸方程式如下，其中常數項之 t-test 檢驗為不顯著，表示該項可以省略。

$$\begin{aligned} \text{Radius} &= 0.002 \text{ TL} - 0.002 & R^2 &= 0.54 \\ t &= 32.39^{**} \quad -0.25^{\text{N.S.}} & F &= 1049 \\ & & p &< 0.001 \\ & & N &= 886 \end{aligned}$$

年齡乃依據年輪判定而得，並假設每年形成一輪。鱗徑與年齡亦成顯著地迴歸關係，其迴歸方程式如下：

$$\begin{aligned} \text{Radius} &= 23.55 \text{ Age} + 73.05 & R^2 &= 0.22 \\ t &= 15.90^{**} \quad 17.66^{**} & F &= 252^{***} \\ & & p &< 0.001 \\ & & N &= 886 \end{aligned}$$

所以由以上兩個迴歸方程式顯示可以由體全長作為年齡判斷之形質。年輪數為零之鱗徑與年輪數為一、二、三者間可顯著區分 (p 's < 0.05 ; 圖十一)，至年輪數為四以上者之鱗徑則無顯著差異 (表六)，表示年輪的判定至四輪以上較不穩定。鱗片年輪數隨著鯉魚體全長平均值增加而增加，但四、五、六輪者之體全長並無顯著差異 (圖十二; 表七)。小鬼湖的鯉魚族群至少有 5 個群，第一群 90 mm 以下的個體應為 0+ 齡魚。第二群則體長在 90 - 140 mm 間，應包括 1+、2+、3+ 齡魚。第三群則在 160 - 220 mm 間者，應包括 4+、5+ 齡魚即部份 6+ 齡魚。第四群則約在 240 - 300 mm 間則為 6+，第五群則約為 310 mm 以上者，應為 7+ 以上。

1995 年 12 月所採集的鯉魚魚體經解剖後，判定皆已達生殖成熟。然而，在 1994 年 11、12 月一直到 1995 年 5 月的採樣中，擠壓魚體腹部時從未擠出任何精液或卵粒，可見小鬼湖鯉魚族群可能有隔年生殖的現象。

討 論

一、水域環境

由三地門地區 1993 年 1 月至 1994 年 12 月間之氣溫（月均溫；圖十三）得知，每年 12 月至翌年 3 月之氣溫較其他月份為低，至 4 月時氣溫明顯提昇。小鬼湖水溫則以 2 月較其他月份為低，3 月時顯著提昇（圖三）；三地門氣溫則以 1 月最低。由於三地門氣溫顯示 5 月至 10 月均超過 25°C ，故可推測小鬼湖水溫於夏秋二季應可高於 19°C 。1983 年至 1990 年對小鬼湖水質調查的數個報告中之水溫質均在 11.6 至 19.5°C 間（林志明、陳鎮東，1992），因採樣時間不同，所以無法加以比較，唯推斷小鬼湖水溫會超過 20°C 應為合理（但是並不會超過 25°C ）。水溫的月變化，必須補足夏季水溫資料才能斷定。

小鬼湖水質濁度與真色之月變化樣式相符合，表示水中懸浮物變化的情形（圖四）。1994 年 12 月與 1995 年 2、3 月濁度均超過自來水質的標準（ 5 FTU ；呂宗榮等，1992）。而過去資料顯示小

鬼湖之硝酸、亞硝酸含量很低 ($< 0.02 \text{ mg/l}$)，本調查所得氨氮含量在 0.2 mg/l 以內，可視為貧養湖泊。

反應磷之含量在每年 12 月時所測得之值較高 (0.6 與 1.1 mg/l)，林志明、陳鎮東 (1992) 於 1990 年測量小鬼湖正磷酸含量時恰巧為 12 月份，亦獲得較高的值，是否小鬼湖氮元素所形成的有機物含量具有特定的月變化情形，值得進一步調查，小鬼湖可提供做為水化學研究的場所。

根據阿禮地區 1992 年 1 月至 1994 年 12 月之降雨量 (月平均值) 資料顯示 (圖十四)，降雨量的月變化模式因年而異，而雨量亦年年不同。但是，大致上可歸納出，雨季由 4 月或 5 月開始，至 9 月或 10 月結束。乾季則 10 月或 11 月開始，3 月或 4 月結束。

二、網具的選擇性

小鬼湖中所放生的魚種包括鯉魚、鯰魚、草魚，及鯉魚的另一品系德國鯉魚 (宋耀光，個人通訊)，其中鯰魚與草魚沒有成功地存活至放流現場 (屏東縣政府漁業課，個人通訊)，由刺網與潛水

觀察並沒有發現鯉魚以外的其他魚種，可見得鯉魚是唯一在小鬼湖成功存活的魚種。二寸網所網得鯉魚體型之大小在一寸網所得範圍之內，所以如果小鬼湖中還有更大的魚類個體，則需三寸以上之網才可能捕獲。

由於一寸網所得最小個體與五分網所得最大個體重覆，意即七分網所網到的個體用五分網或一寸網都可網到，減少人力與財力，針對小鬼湖鯉魚採取三分網、五分網與一寸網即可。若有更大的鯉魚可能需用到三寸以上網目者。選用三分、五分、一寸、三寸網目之網具組合並不適用於其他的魚種（戴永禎，1995），但是未了解族群結構時，則可是用於其他地區。

三、族群動態

根據訪問常駐當地的礦場工作人員得知，小鬼湖的鯉魚族群數量曾經相當龐大，在小鬼湖週邊溪流處（圖一）即可已肉眼見到鯉魚。但是根據潛水觀察法調查鯉魚分布時，在小鬼湖週邊溪流較深的彎道才會有 1 或 2 尾鯉魚。目前，小鬼湖鯉魚族群

集中分布於湖區靠西南岸處，尤其是東南方的角區（圖二）。

捕捉小鬼湖鯉魚的效率可能與鯉魚的活動力有關，在天冷的季節所捕獲鯉魚之單位努力量都較低（圖三、八、十三）。林務局未來若要監測小鬼湖的族群狀況，可以在每年 3 月或 11 月時進行。3 月時氣溫回升而雨季未臨，11 月則因溫度未降而雨季已離。

由單位努力收獲量資料顯示，1995 年 3 月由體長於 100 至 120 mm 之個體大量加入族群，而由 Jolly 程式 Model D 估算得知 1995 年 3 月新增個體達 953.7 尾，表示小鬼湖鯉魚在 3 月時已由前次之生殖季成長至可被 100 至 120 公分。而 100 至 120 mm 大小的鯉魚已經為 1+ 或 2+（圖十一）。加上生殖腺判斷資料支持，小鬼湖鯉魚為隔年或數年才發生一次生殖季。

小鬼湖鯉魚族群結構成穩定成長現象。鯉魚具有很強的競爭力，能夠在新的、未開發的，及干擾大的水域建立新的族群 (Cooper, 1987)。動物族群以相同的速率增加稱為具有穩定之年齡分布 (stable age distribution)，增加速率為零者則稱為靜止年齡分布 (stationary age distribution; Brewer, 1994)。在體長可代表年齡的假設下，小鬼湖鯉魚體長分布

圖呈現金字塔型（圖九），表示鯉魚族群為穩定族群。

四、成長

以鱗片年輪數判斷小鬼湖鯉魚之年齡 4+、5+、6+ 者相當不準確，或者由於成長速度不同。台灣大學曾萬年教授 (Tzeng, 1994) 曾利用耳石 (otolith) Sr/Ca 比例來重建鰻魚 (*Anguilla japonica*) 生習環境水溫變化的歷史。目前尚無法由月體長頻度看出鯉魚成長的模式，可能以耳石研究較能確定小鬼湖鯉魚成長的過程。因小鬼湖水溫較低使得鯉魚成長速率十分緩慢，在夏季時才進行較快速成長，並且若食物有限時，雖然溫度合宜亦會抑制生長，所以造成個體成長速率不同的現象。魚類為外溫動物可藉由水溫環境加速生長， $20 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 時鯉魚之成長為 $BW = 229.8 + 2.2 \text{ DAY}$ (Rehulka, 1993)。

若以吃浮游生物的魚類將浮游生物除去，鯉魚會轉食使池塘中底棲巨型無脊椎動物，使底棲巨型無脊椎動物的量顯著地減少 (Tátrai, 1994)。由小鬼湖的水質資料可猜測湖水中之浮游生物的數量相當不穩定，其他底棲無脊椎動物的數量也非常少。而絲狀藻則顯然增加。根據對登山

者、當地工人的訪問一致認為小鬼湖的水質有顯然的惡化現象（水色變綠、能見度變差）。

小鬼湖鯉魚的鱗片遍布全身為全鱗型，呈暗金黃色，可見遺傳之變異顯然較小。魚類之自交品系的形成需 15 - 20 代，每代 1.5 - 2 年的時間或更久 (Wiegerties, et al. 1994)。鯉魚在小鬼湖成功地生存，且形成穩定的族群，但是要評估小鬼湖生態所造成的影響，則需要更廣範地進行長期生態監測。非洲的他娜湖 (Lake Tana) 經過二百萬年演化的結果，一種原生存於溪流的魚巴魚 (*Barbus* spp.) 因食性不同而分化成 13 種形態型 (morphotypes; Nagelkerke, et al. 1994)。小鬼湖鯉魚僅生存近 20 年，應尚無種分化現象產生。

結論：

- ◎建議族群長期監測於每年 3 月或 11 月進行。
- ◎建議進行採集時，使用三分、五分、一寸、三寸網目刺網的組合。
- ◎小鬼湖鯉魚為隔年或數年才發生一次生殖季。
- ◎小鬼湖鯉魚族群結構呈穩定成長現象。

參考文獻

- 大津高、家藤武雄、曾晴賢、張萬福，1984。南臺灣高山湖「巴油池」之概況。東北地理 36(4): 247-256。(日文，附英文摘要，李淑珠曾譯為中文)
- 王鑫、楊遠波、呂勝由、王穎、李玲玲、呂光洋、趙榮台，1987。大武山自然資源之初步調查(一)。農委會 76 年生態研究第 15 號。
- 王鑫、楊遠波、陳擎霞、石磊、王穎、呂光洋、李玲玲、趙榮台，1988。大武山自然資源之初步調查(二)。農委會 77 年生態研究第 20 號。
- 王鑫、楊遠波、陳擎霞、石磊、王穎、呂光洋、李玲玲、趙榮台，1989。大武山自然資源之初步調查(三)。農委會 78 年生態研究第 23 號。
- 吳宗榮、蔡基湧，1992。水及廢水分析。復文書局。
- 周蓮香，1993。霧頭山自然保護區動物相之初步調查研究。林務局。
- 林志明、陳鎮東，1992。小鬼湖水質與沈積物概況。大自然 37:114-119。
- 林良恭，1995。國有林自然保護區的面積與野生動物種數關係之分析初探。NOW 3(1): 3-7。

- 林益仁，1993。小鬼湖臺灣森鼠 (*Apodemus semotus*) 性別比之初探。NOW 1(3)：5-7。
- 林益仁、黃修德、裴家騏，1993。小鬼湖地區臺灣山羌 (*Muntiacus reevesi micrurus*) 頭骨變異之研究。NOW 1(4)：8-11。
- 林務局，1991。大武山自然保留區管理維護計畫執行報告。農委會 79 年生態執行報告第 001 號。
- 郭綸耀、楊勝任，1990。霧頭山自然保護區植群生態之研究。林務局保育研究系列——79-05號。
- 陳朝圳，1993。地理資訊系統在森林經營管理上之應用——以自然保護區為例。中興大學博士論文。
- 裴家騏，1994。屏東小鬼湖地區山羌糞便內氮元素含量之月變化。NOW2(4)：10-12。
- 戴永禎，1995。臺灣石魚賓 (*Acrossocheilus paradoxus*) 之生物學研究。海洋博物館籌備處。
- Alabaster, J. S. and R. Lloyd. 1982. Water quality criteria for freshwater fish. FAO, UN, Butterworths. 361 pp.
- Brewer, R. 1994. The science of ecology, 2nd. ed. Saunders Colledge Publ., Ft. Worth.
- Chang, C. F. and M. R. Chen, 1991. Lack of correlation found between plasma sex steroids and sex steroid-binding capacity during the annual cycle of the female common carp. Bull. Inst. Zool., Academia Sinica 30(2): 81-86.

- Cherfas, N. B., B. Gomelsky, N. Ben-Dom, Y. Peretz, and G. Hulata. 1994. Assessment of triploid common carp (*Cyprinus carpio* L.) for culture. *Aquaculture* 127: 11-18.
- Cooper, E. L. 1987. *Carp in North America*. American Fisheries Soc., Bethesda, Maryland. 84 pp.
- Geurden, I, J. Radünz-Neto, and P. Bergot. 1994. Essentiality of dietary phospholipids for carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae. *Aquaculture* 131: 303-314.
- Hoar, W. S. 1976. Smolt transformation: evolution, behavior, and physiology. *J. Fish. Res. Bd., Canada* 33: 1234-1252.
- Hollebecq, M.-G. and P. Haffray, 1994. Genetic improvement of common carp *Cyprinus carpio* L.: State of the Art. *B. Fr. Pêche Piscis*. 333: 93-124. (in French with English abstract).
- Lancia, R. A., J. D. Nichols, and K. H. Pollock. 1994. in Bookhout, T. A. ed. Estimating the number of animals in wildlife populations. Pp. 215-253. *Research and management techniques for wildlife and habitats*. 5th ed. pp.740.
- McCullough, D. R. 1993. Progress report of the Formosan Reeve's muntjac research, Small Ghost Lake, Pingtung. *NOW* 1(3): 16-17.

- Nagelkerke, L. A.J., F.A. Sibbing, J. G. M. van den Boogaart, R. H. R. R. Lammens, and J. W. M. Osse. 1994. The barbs (*Barbus* spp.) of Lake Tana: a forgotten species flock? *Env. Biol. Fish.* 39: 1-22.
- Nakagawa, H., K. Nakagawa, and T. Sato. 1995. Evaluation of erythrocyte 5-aminolevulinic acid dehydratase activity in the blood of carp *Cyprinus carpio* as an indicator in fish with water lead pollution. *Fisheries Sci.* 61(1): 91-95.
- Rehulka, J. 1993. Erythrodermatitis of carp, *Cyprinus carpio* (L.): An electrophoretic study of blood serum protein fraction levels. *ACTA VET. BRNO* 60:187-197.
- Sharma, A. and M. S. Sharma. 1994. Toxic effect of zinc smelter effluent to some development stages of freshwater fish *Cyprinus carpio* (Linnaeus). *J. Env. Biol.* 15(3): 221-229.
- Szegletes, T., CS. Polyhos, T. Bálint, A. A. Rady, G. Láng, O. Kufcsák and J. Nemcsók. 1995. In vivo effects of deltamethrin on some biochemical parameters of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Env. Monitoring and Assessment* 35: 97-111.
- Tátrai, I., E. H. Lammens, A. W. Breukelaar, and J. G. P. K. Breteler. 1994. The impact of nature cyprinid fish on the composition and biomass of benthic macroinvertebrates. *Arch. Hydrobiol.* 131(3):309-320.

- Tzeng, W. N. 1994. Temperature effects on the incorporation of strontium in otolith of Japanese eel *Anguilla japonica*. J Fish Biol. 545: 1055-1066.
- Wann, J. K., C. T. A. Chen, Z. M. Lin and S. J. Jiang. 1995. Sources and sinks of lead and other trace metals enriched in the surface sediments of remote subalpine lakes in Taiwan. TAO 6(3):379-392.
- White, G. C., D. R. Anderson, K. P. Burnham, and D. L. Otis. 1984. Capture-recapture and removal methods for sampling closed populations. Los Alamos National Laboratory, New Mexico LA-8787-NERP. pp. 235.
- Wiegertjes, G. F., R. J. M. Stet, and W. B. Van Muiswinkel. 1994. Divergent selection for antibody production in common carp (*Cyprinus carpio* L.) using gynogenesis. Animal Genetics 25:251-257.

附錄一 Jolly 程式之輸入程式設定與 執行格式。

程式 Jolly 是以個體記號標放法 (marked-recapture) 所之資料來計算存活率、族群量、遷出率等族群動態參數的程式。此程式採用 Jolly (1965; Biometrika 52:225-246) 的模式 (Model A)。允許死亡與遷出發生，並且採用 goodness-of-fit 檢驗法來決定模式是否恰當。第二個模式 (Model A') 則允許死亡但不可以有遷出發生。程式中還包括另一種模式 (Model 2)，乃假設被捕個體與上標個體間之存活率不同。還有兩種縮減模式，Model B 假設存活率為常數而被捕機率一時間而定，Model D 假設存活率與捕捉機率皆為常數。

資料輸入檔 (data input file) 必須在資料錄 (data records) 之前包含控制錄 (control records)。控制錄指示程式資料的標題錄 (TITLE)、捕捉次數錄 (NUMBER OF PERIOD)、採集 (取樣) 間隔錄 (INTERVALS)、資料格式錄 (FORMAT)。控制錄格式如下：

Parameter = value

每一錄只能有一個 parameter 和一個等號。除了標題錄之

外，等號右邊不可以加空格。下列則為本研究分析時所使用的資料輸入檔：

檔案名稱： CARP.JS

```
1 Title='CARP DATA OF SMALL GOAST LAKE'  
2 NUMBER OF PERIODS=7  
3 FIRST=1  
4 INTERVALS=1,1,1,1,1,1  
5 FORMAT=(5X,7(I1),I3)  
6     1000000 30  
7     1010000 4  
8     1101000 1  
9     0100000 23  
10    0100001 1  
11    0010000 36  
12    0010100 1  
13    0001000 23  
14    0001100 1  
15    0000100 29  
16    0000010 49  
17    0000011 1  
18    0000001 43  
19    0000002 1
```

說明：

錄一：資料之標題

錄二：捕捉取樣次數為 5。

錄三：第一次捕捉時間代號。

錄四：捕捉取樣間距之天數、月數或年數。

錄五：再捕獲資料錄之讀取格式，以福傳 (Fortran) 程式語言之格式表示。

錄六—十九：第 6 格至第 12 格之數字 (0-4) 所代表意義，

0--未被捕捉。

1--捕捉並釋放。

2--捕捉但未與釋放。

3--在本次取樣與下次取樣間被捉。

4--在本次被捕獲而在下次取樣前被捕捉，即 1+3。

第 13-15 格為具有本錄捕捉史之個體數。

錄六：有 30 隻動物個體在第 1 次被捕捉過後，就沒有再被捕獲。

錄七：有 4 隻動物個體在第一次被捕獲，第三次取樣時又被捕獲，而在其他的取樣行動時都沒有捉到過。

錄八—十八：省略說明。

錄十九：有一隻動物個體在第 7 次取樣時，因死亡而未放回湖中。

執行程式的方法與設定格式如下，在 Choise 下選擇
適當數字再鍵入：

```
C:\CAPTURE\JOLLY>jolly <CR>
```

```
Program JOLLY <01/24/91>
```

```
-----
```

- 1) Data filename:carp.js
- 2) Name of print file:carp.out
- 3) Models:A,D
- 4) Print definitions:YES
- 5) Print Var-Cov of N:NO
- 6) Run...
- 7) Quit

```
Choice(1...7)?
```

說明：

- 1) 資料檔名： carp.js
- 2) 結果輸出檔名： carp.out
- 3) 模式：
- 4) 列印定義說明：是

5) 列印變異數共變數分析：否

6) 執行 . . .

7) 結束

附錄二 資料輸入檔 (CARP.JS) 經 JOLLY

程式整理後。

Time of !								
last !	Time of recapture							
capture !	1	2	3	4	5	6	7	

1 !	0	1	4	0	0	0	0	
2 !	0	0	0	1	0	0	1	
3 !	0	0	0	0	1	0	0	
4 !	0	0	0	0	1	0	0	
5 !	0	0	0	0	0	0	0	
6 !	0	0	0	0	0	0	1	
7 !	0	0	0	0	0	0	0	
Marked !	0	1	4	1	2	0	2	
Unmarked!	35	24	37	24	29	50	44	
Caught !	35	25	41	25	31	50	46	
Released!	35	25	41	25	31	50	45	
Other summary stats:								
R(i) !	5	2	1	1	0	1	0	
z(i) !	0	4	2	2	1	1	0	
z'(i) !	208	188	149	125	95	45	0	

$r(i)$ = Number of animals caught in sample i , and
recaptured later

第 I 次取樣時被捕獲而之後又被再捕獲之個體數。

$z(i)$ = Number of animals caught before and after
sample i , but not caught in sample I

第 I 次取樣之前之後所捕獲但在第 I 次取樣未被捕
獲之個體數。

$z'(i)$ = $z(i)$ + animals caught for the first time
subsequent to sample i

$z(i)$ + 第 I 次取樣之後所新抓到的個體數。

表一、以 Jolly 程式模式 A (Model A) 計算 1994 年 11 月至 1995 年 4 月間小鬼湖鯉魚族群量與其月變化。

Period		95% Conf. Interval			
Year	Month	N	SE(N)	U	L
1994	12	463.7	586.7	-686.4	1613.7
1995	1	386.4	514.2	-621.5	1394.3
	2	351.0	559.6	-745.9	1447.9
	3	362.7	-----	-----	-----
	4	1300.5	-----	-----	-----
Mean		572.9	553.5	-512.9	1657.8

Model A: the standard Jolly-Seber model for open populations (Jolly 1965; Biometrika 52:225-241).

N(i) = Estimated population size at time i.

L: Lower limits.

U: Upper limits.

-----: Devide by zero.

表二、以 Jolly 程式模式 A (Model A) 計算 1995 年 11 月至 1995 年 4 月間小鬼湖鯉魚族群動態參數：上標個體數 (M)、存活率 (PHI)、被捕機率 (p)、增補個體數 (B)。

Year	Month	PHI	SE(PHI)	p	SE(p)	M	SE(M)	B	SE(B)
1994	12	1.02	0.88	0.03	0.04	35.7	30.9	102.0	347.7
1995	1	0.61	0.84	0.09	0.10	46.0	58.3	266.2	481.7
	2	0.22	0.33	0.04	0.06	27.0	35.7	203.6	-----
	3	0.45	-----	0.06	-----	34.0	-----	-----	-----
	4	-----	-----	0.00	-----	25.5	43.4	-----	-----
MEAN		0.58	-----	0.04	-----	33.6	-----	190.6	-----

Model A: the standard Jolly-Seber model for open populations (Jolly 1965; *Biometrika* 52:225-241).

----- : Devide by zero.

M(i) = Estimated number of marked animals in the population at time i.

p(i) = Estimated probability that an animal alive at time i is captured in the i-th sample

PHI = Estimated probability that an animal alive at time i survives to time i+1

B(i) = Estimated number of new animals recruited during the interval i to i+1 and alive at time i+1 (Recruitment includes birth and immigration)

SE(x) = Standard error of parameter x including non-sampling error terms

表三、以 Jolly 程式模式 D (Model D) 計算 1994 年 11 月至 1995 年 4 月間小鬼湖鯉魚族群量與其月變化。

Period		95% Conf. Interval			
Year	Month	N	SE(N)	L	U
1994	12	837.3	401.5	50.4	1624.2
1995	1	1276.8	605.4	90.2	2463.4
	2	821.5	410.4	17.2	1625.8
	3	991.1	488.0	34.6	1947.5
	4	1652.0	801.2	81.8	3222.3
	5	1502.4	718.0	95.2	2909.6
Mean		1180.2	1331.8	-1430.1	3790.5

Model D is the Jolly-Seber model with both survival rate and capture probability assumed constant per unit time.

N(i) = Estimated population size at time i.

L: Lower limits.

U: Upper limits.

表四、以 Jolly 程式模式 D (Model D) 計算 1994 年 11 月至 1995 年 4 月間小鬼湖鯉魚族群動態參數：

存活率 (PHI)、被捕機率 (p)。

Parameters	SE	95%Conf. Interval
PHI	0.739	0.141 0.463 1.017
p	0.031	0.014 0.003 0.058

Model D is the Jolly-Seber model with both survival rate and capture probability assumed constant per unit time.

p(i) = Estimated probability that an animal alive at time i is captured in the i-th sample

PHI = Estimated probability that an animal alive at time i survives to time i + 1

SE(x) = Standard error of parameter x including non-sampling error terms

表五、以 Jolly 程式模式 D (Model D) 計算 1994 年 11 月至 1995 年 4 月間小鬼湖鯉魚族群動態參數：

上標個體數 (M)、增補個體數 (B)。

Year	Month	M	SE(M)	B	SE(B)
1994	12	53.5	20.8	646.2	307.8
1995	1	68.4	26.9	-82.9	300.0
	2	37.7	24.3	385.0	230.8
	3	43.9	29.3	953.7	418.5
	4	19.0	23.0	265.8	309.2
	5	65.3	51.0		
MEAN		48.0	57.4	433.6	257.7

Model D is the Jolly-Seber model with both survival rate and capture probability assumed constant per unit time.

M(i) = Estimated number of marked animals in the population at time i.

B(i) = Estimated number of new animals recruited during the interval i to i + 1 and alive at time i + 1 (Recruitment includes birth and immigration)

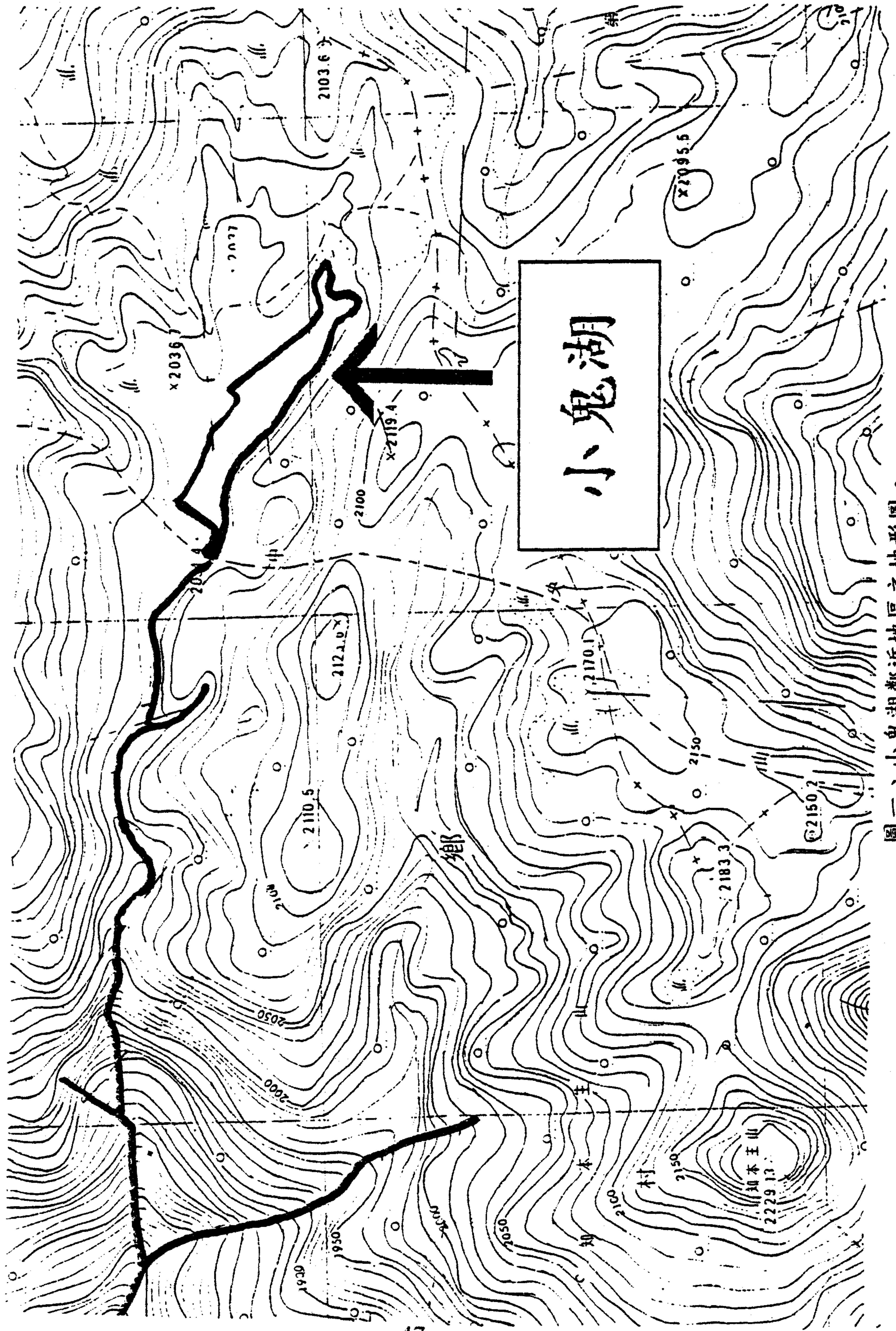
SE(x) = Standard error of parameter x including non-sampling error terms

表六、小鬼湖鯉魚不同年齡之鱗徑 (scale radius)。

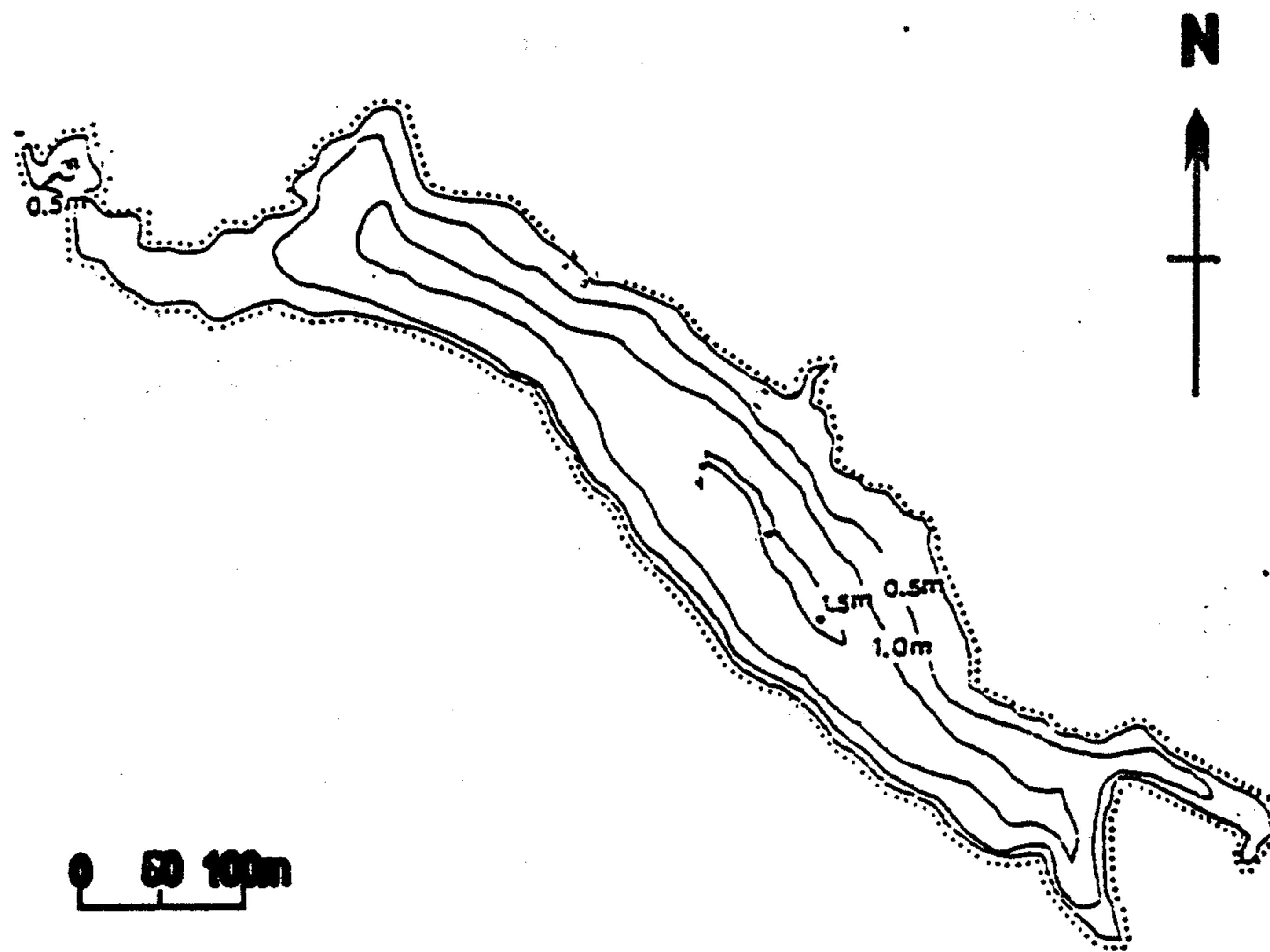
Age	Mean - 2SE	Mean	Mean + 2SE
0+	0.13	0.13	0.14
1+	0.16	0.17	0.17
2+	0.18	0.20	0.21
3+	0.21	0.24	0.26
4+	0.28	0.32	0.35
5+	0.34	0.37	0.39
6+	0.31	0.37	0.42

表七、小鬼湖鯉魚不同年齡之體全長 (TL)。

Age	Mean - 2SE	Mean	Mean + 2SE
0+	78.9	84.4	90.0
1+	94.4	97.3	100.2
2+	105.7	110.7	115.7
3+	117.8	130.0	142.1
4+	164.7	181.4	198.2
5+	173.2	195.1	217.0
6+	183.6	206.9	230.2



圖一、小鬼湖鄰近地區之地形圖。



圖二、小鬼湖等深線圖。

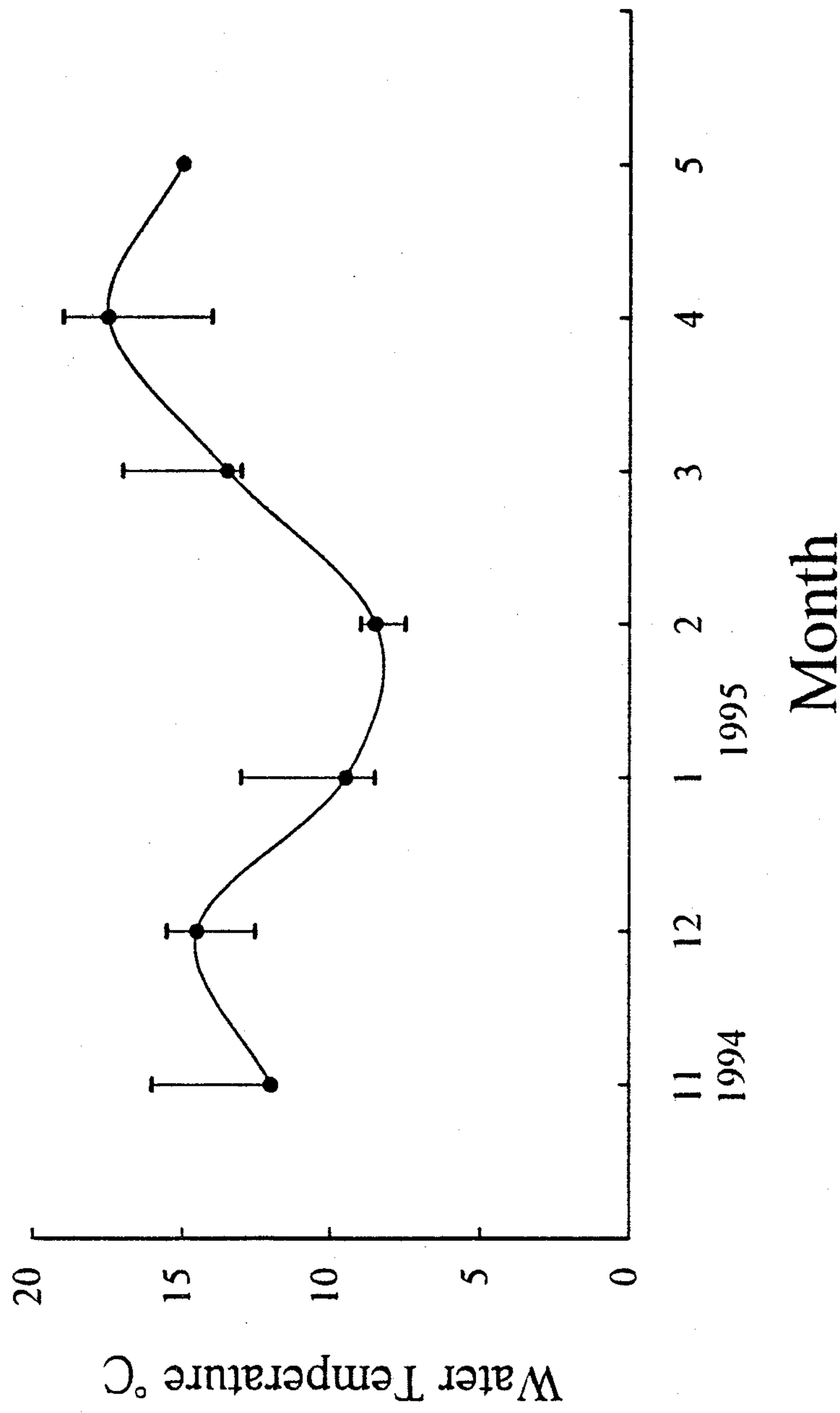


Figure 3. Water temperature of the Small Coast Lake between November 1994 and April 1995.

Dashes above and below the vertical line indicate maximum and minimum water temperatures at collecting respectively.

圖三、小鬼湖水溫月變化。

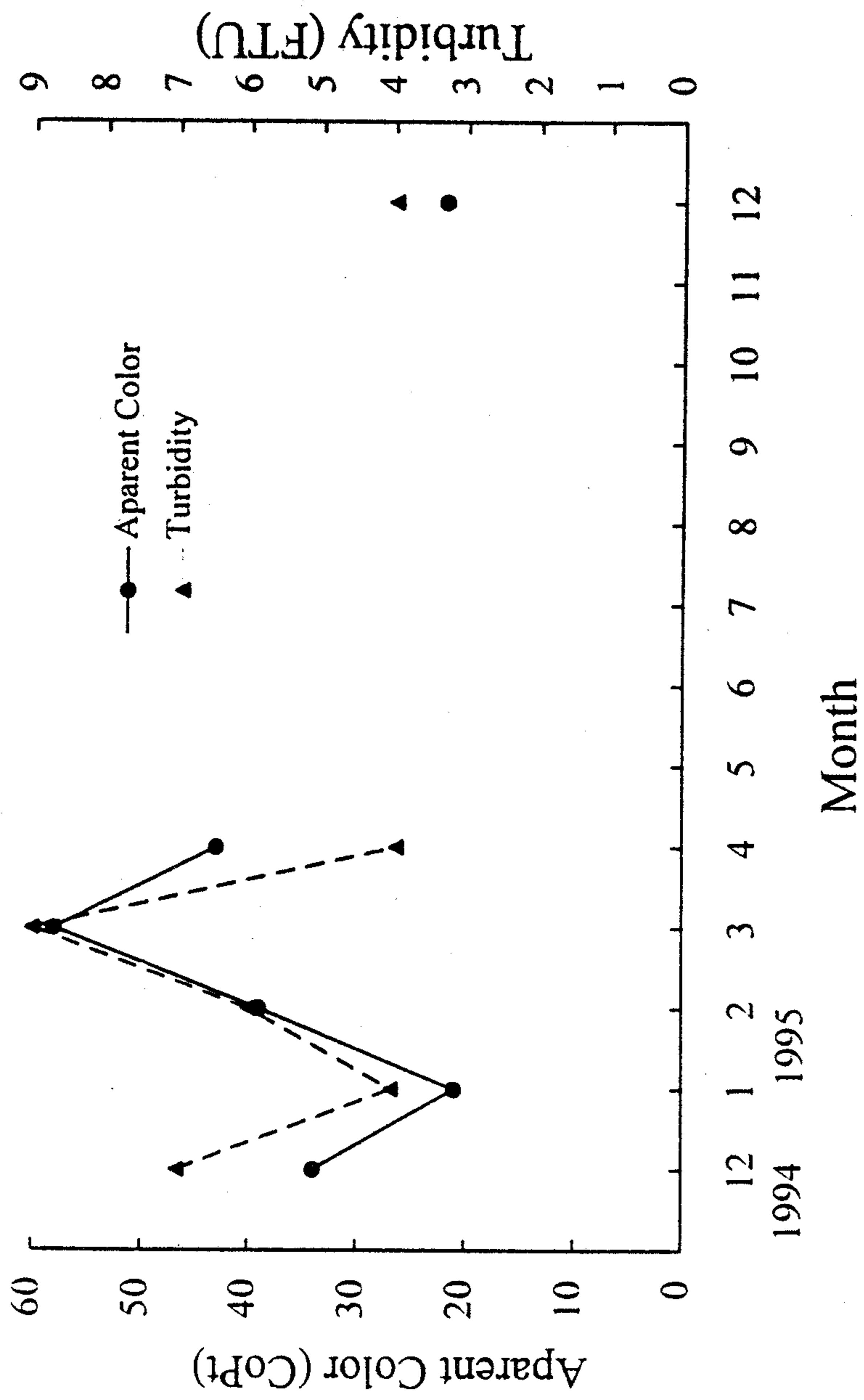


Figure 4. Aparent color and turbidity of the Small Goast Lake.

圖四、小鬼湖水質之濁度 (Turbidity) 與真色 (Aparent color) 月變化。

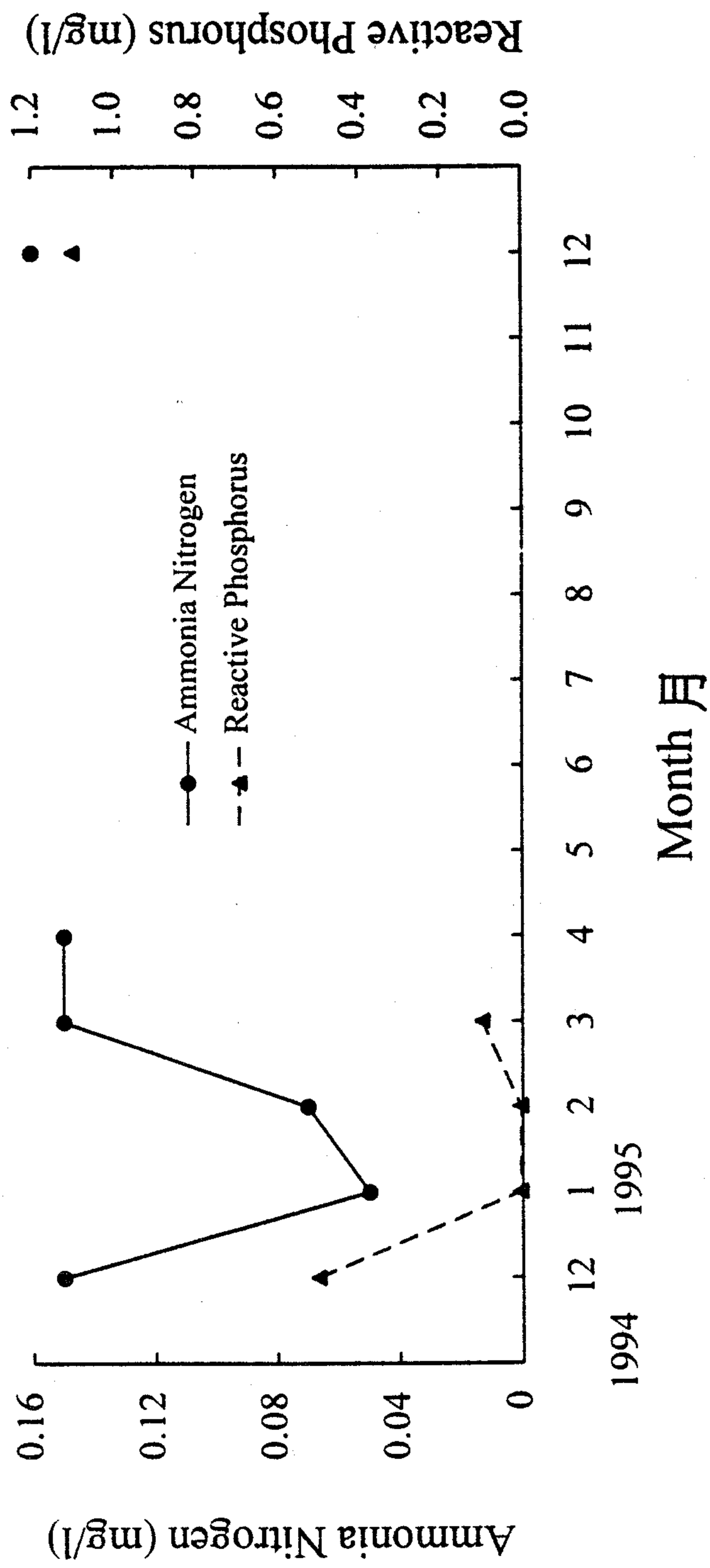
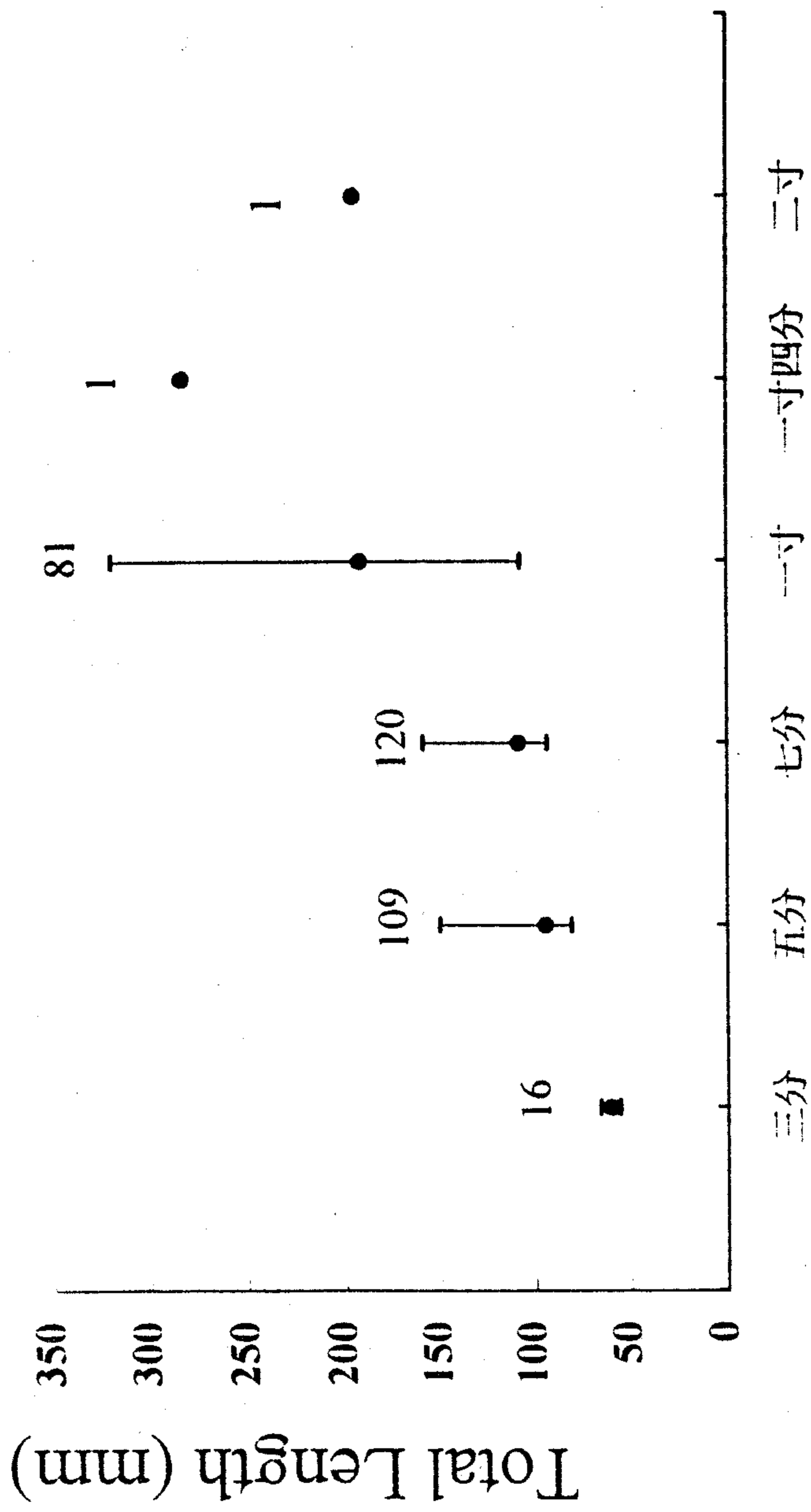


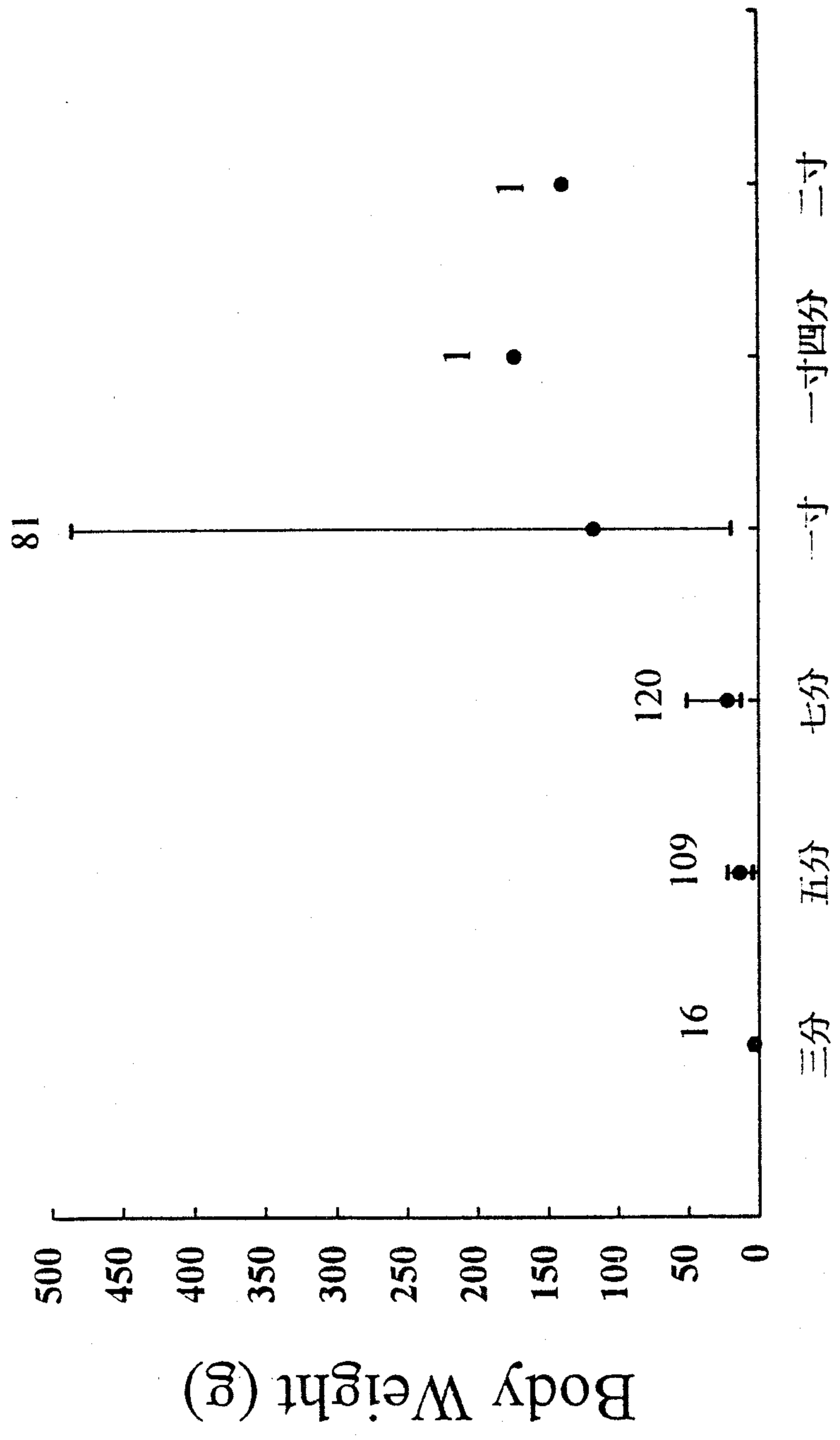
Figure 5. Ammonia nitrogen and reactive phosphorus of the Small Goast Lake.
 圖五、小鬼湖水質之氨氮 (ammonia nitrogen) 與反應磷 (reactive phosphorus) 月變化。



Mesh Size

Figure 6. Size selectivity of the gill nets on the total length of common carp in the Small Goast Lake. Dashes above and below vertical line indicate maximum and minimum length respectively. Numbers above represent sample size.

圖六、不同網目之刺網對小鬼湖鯉魚之體全長 (TL) 有不同的選擇。



Mesh Size

Figure 7. Size selectivity of gill nets on the body weight (g) for common carp in the Small Goast Lake. Vertical lines indicate the maximum and minimum weights respectively. Numbers above represent sample size.

圖七、不同網目之刺網對小鬼湖鯉魚體重 (BW) 有不同的選擇。

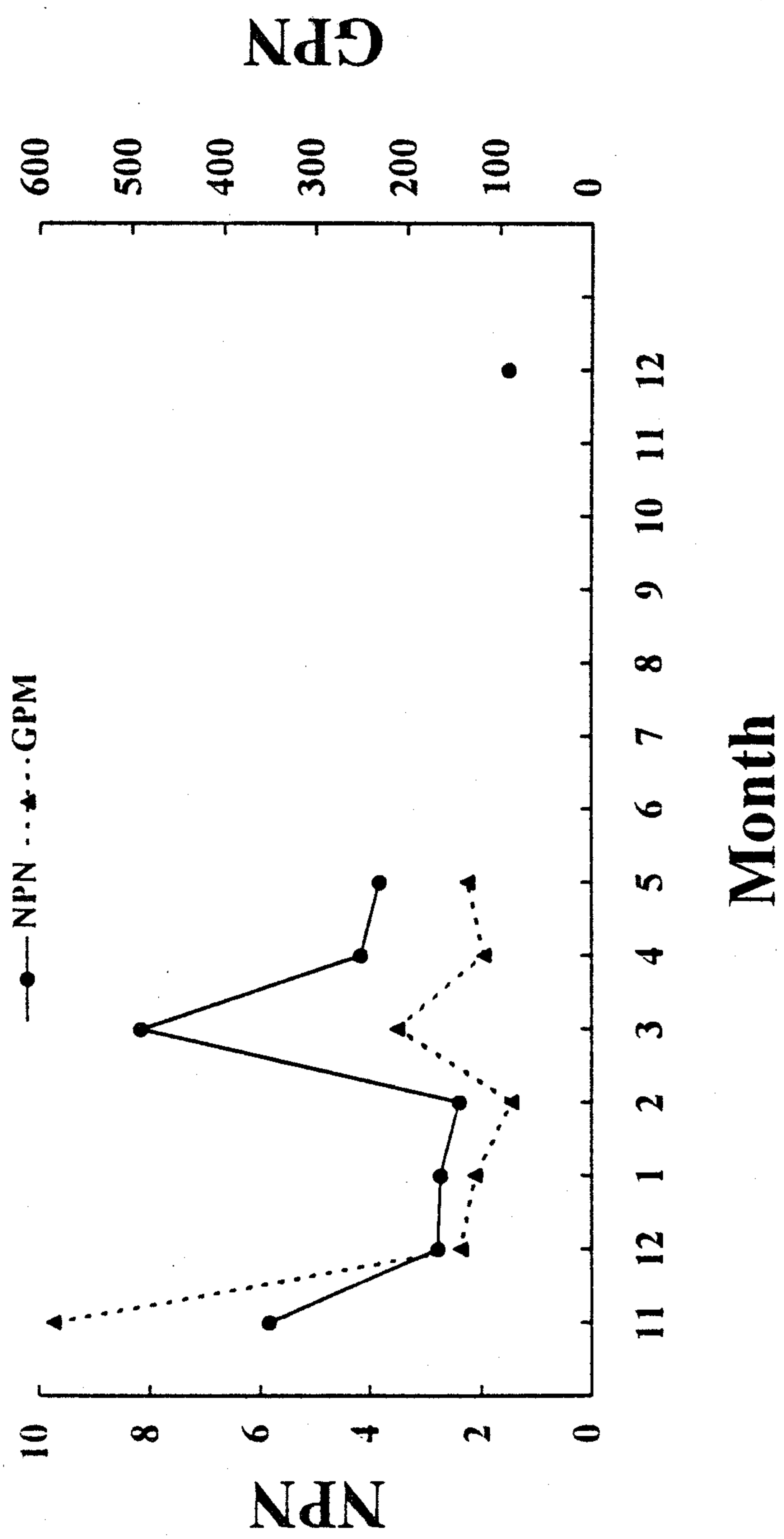
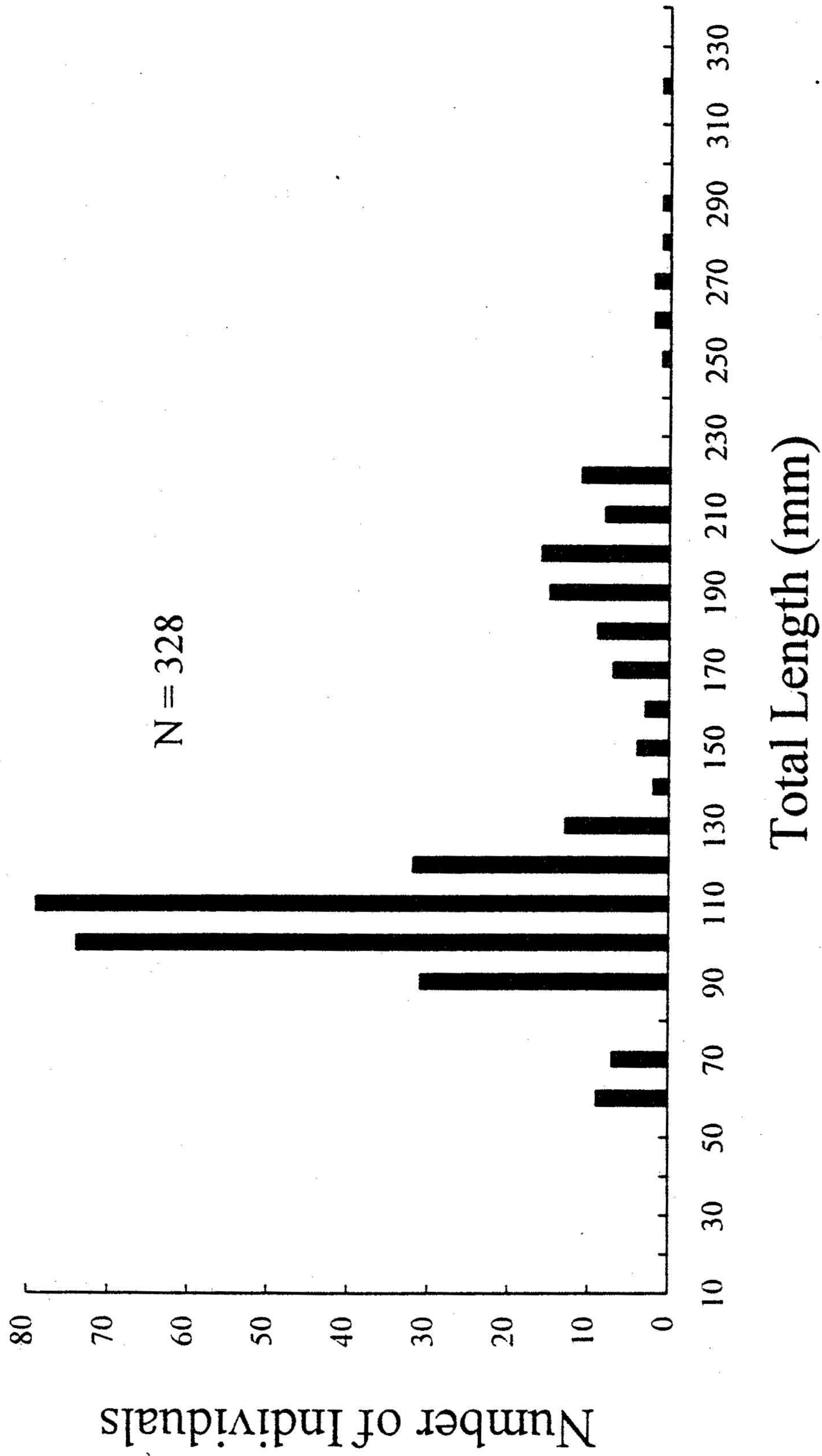


Figure 8. Monthly catch per unit effort (NPN and GPN) of common carp in the Small Goast Lake.

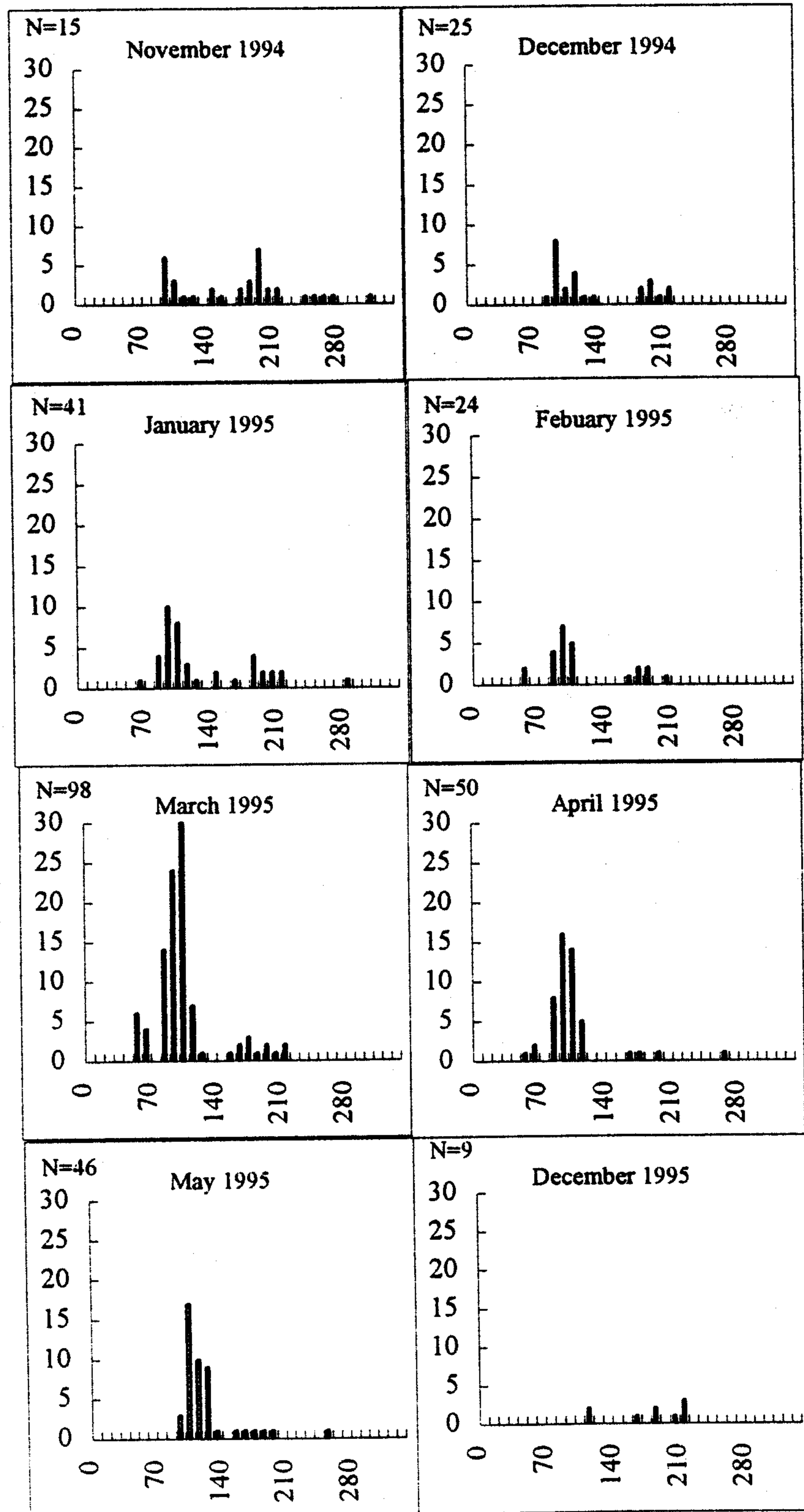
圖八、小鬼湖鯉魚單位努力收獲量 (CPUE) 之月變化。



圖九、小鬼湖鯉魚體全長之直方圖。

Figure 9. Length distribution of common carp in the Small Goast Lake.

Number of Individuals



Total Length, mm

圖十、小鬼湖鯉魚體全長 (Total length) 頻度月變化。
 Figure 10. Monthly histogram of total length of common carp in the Small Goast Lake.

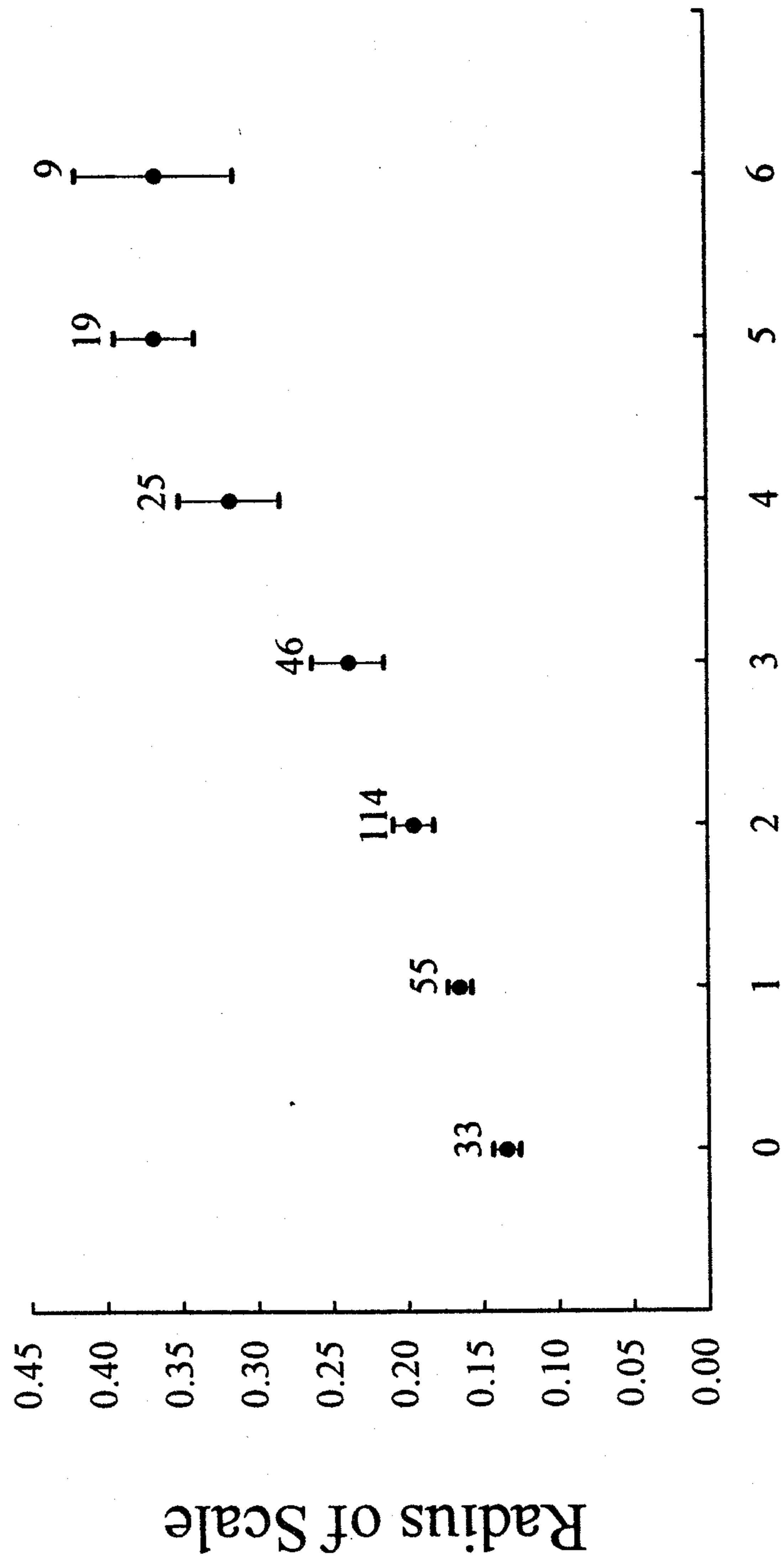
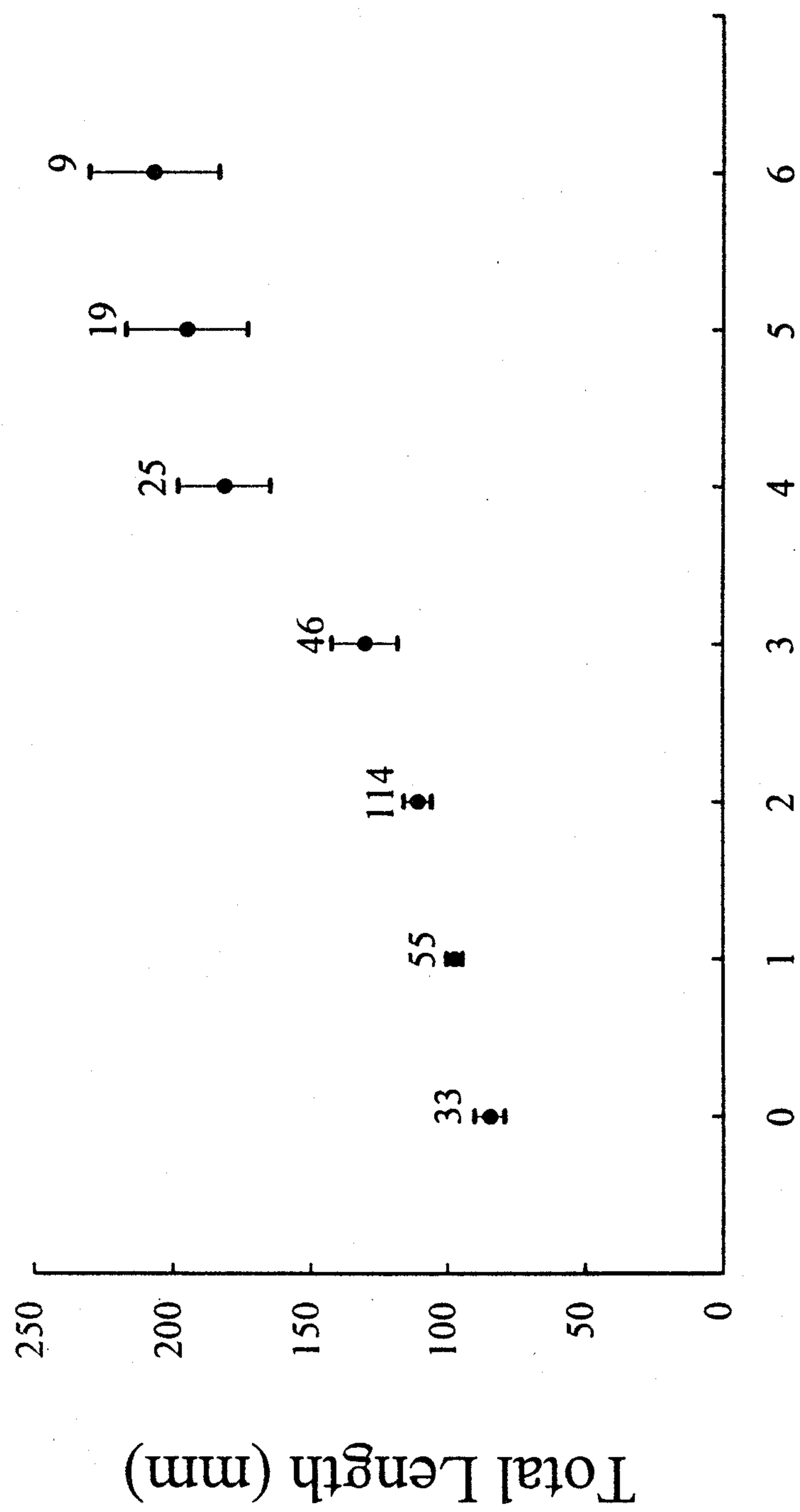


Figure 11. Radius and annuli number of the scale of common carp in the Small Goast Lake.

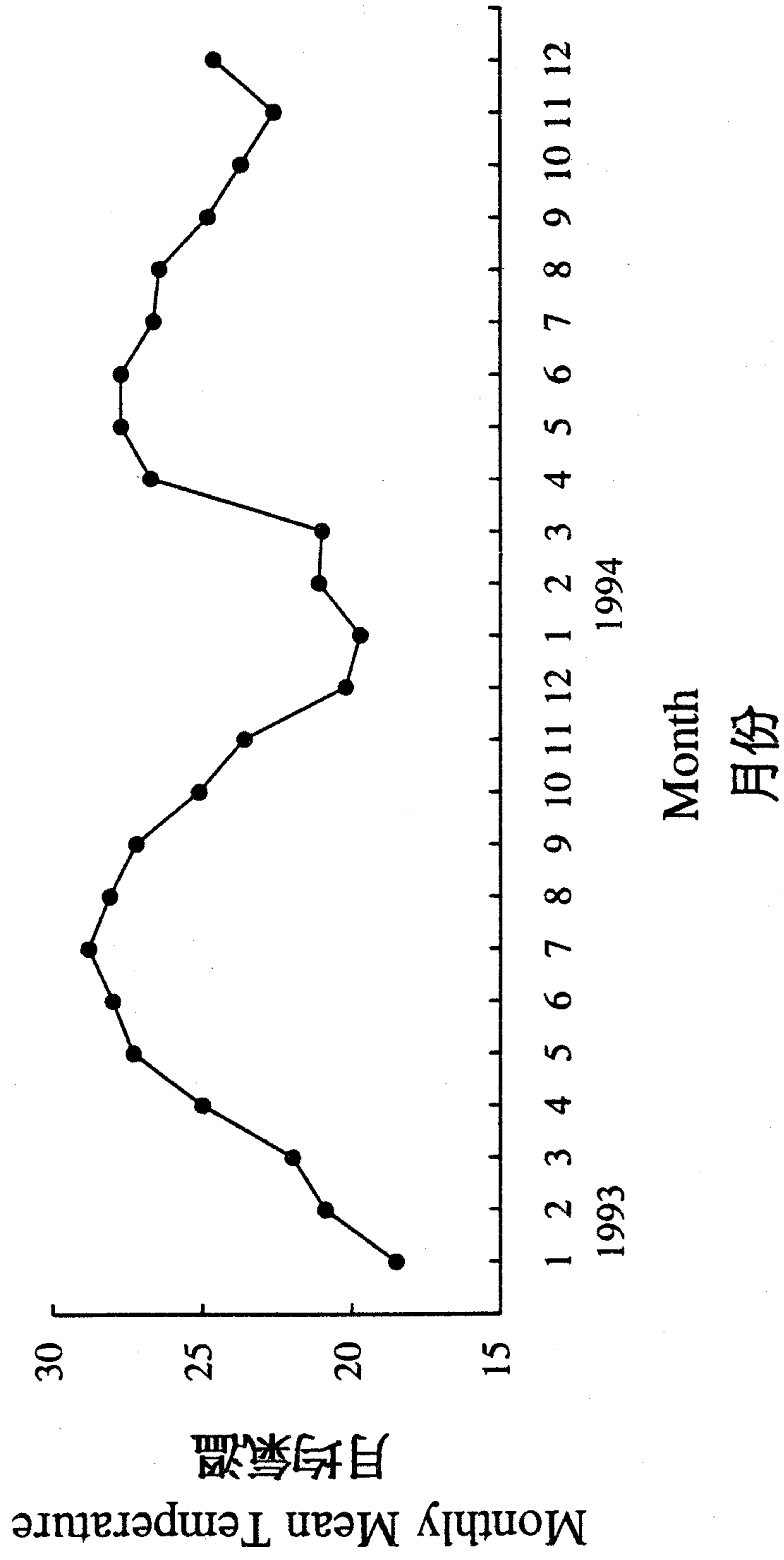
圖十一、年輪數 (Number of annuli) 與鱗徑 (Scale radius) 之關係。



Number of Annuli

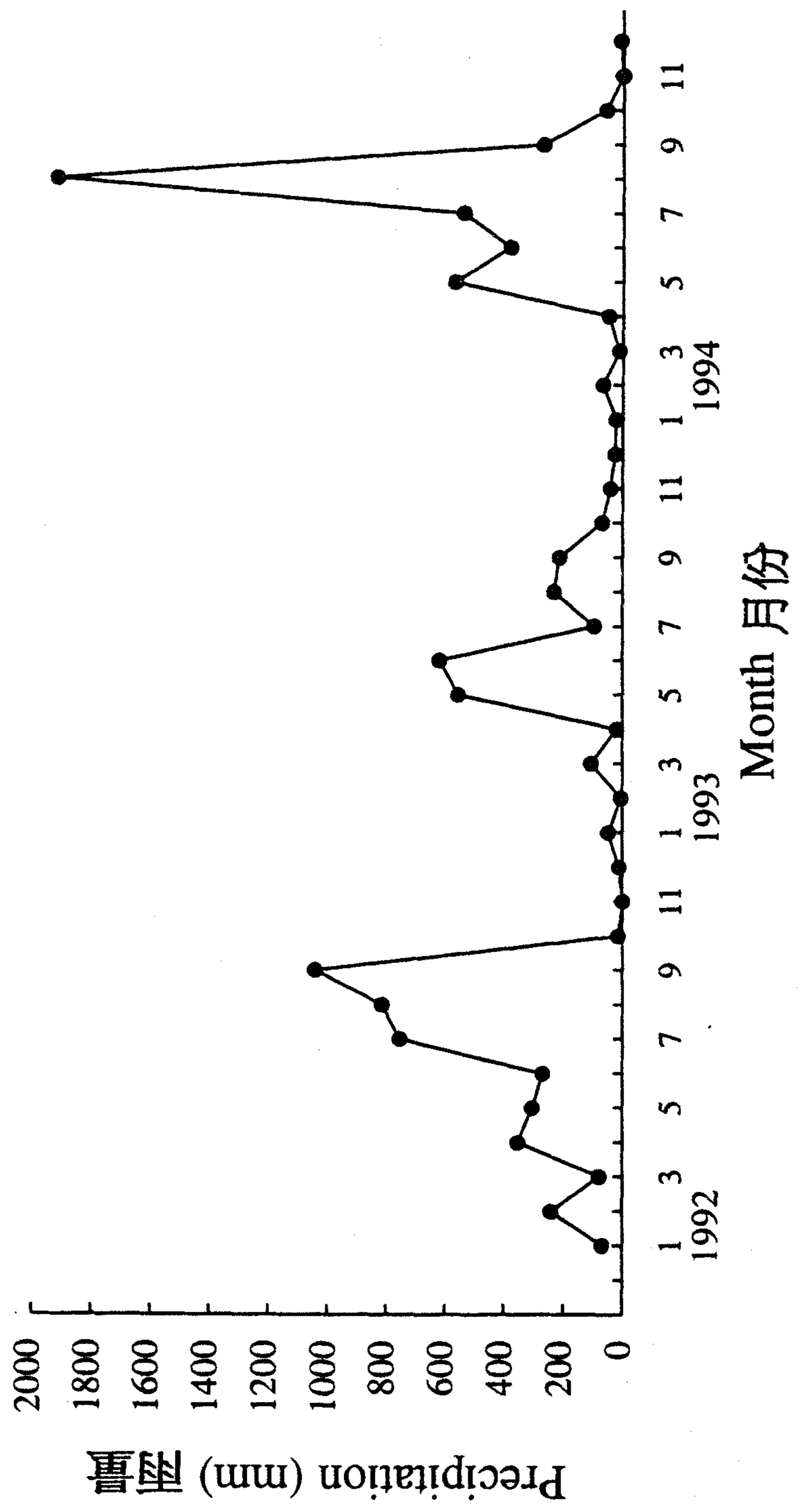
Figure 12. Total body length on the sacel annuli number of the common carp in the Small Goast Lake.

圖十二、年輪數 (Number of annuli) 與體全長 (Total length) 之關係。



圖十三、屏東縣三地門之月平均氣溫 (Monthly mean temperature)。

Figure 13. Monthly air temperature mean in San-Dee-Men, Pingtung.



圖十四、屏東縣霧台鄉大禮之月平均降雨量。
 Figure 14. Monthly mean precipitation in Da-Lee, Pingtung.