台灣水韭棲地及其族群遺傳之研究

內政部營建署陽明山國家公園管理處

委託研究報告

MOI-CPAMI-090-031

台灣水韭棲地及其族群遺傳之研究

受委託者:中華民國國家公園學會

研究主持人:張永達

研究員；黃鈞蕙 邱明成

研究助理：張瑞謙 藍治平 黃雅聆 郭章儀

廖月香 鄭愷鴻 張俊明 林永祥

內政部營建署陽明山國家公園管理處

委託研究

目次

表次

圖次

摘要

自從 1971 年發現台灣水韭後，陽明山國家公園的夢幻湖一直是台灣水韭(*Isoetes taiwanensis*)的唯一原生棲地，然而夢幻湖的面積日益縮減，使的外來陸生物種入侵嚴重，水韭的生存棲地受到威脅。至目前為止，台灣水韭的境外保育仍未完全成功，因此本研究乃針對夢幻湖的環境因子作一探討，以供做為境外保育的參考。本研究所探討的棲地因素包括夢幻湖物理因子、生物因子，並對夢幻湖的湖區與浚深區的水韭生長狀況作一比較，以評估在 1993 年陽管處在夢幻湖北區浚深後對水韭的影響。

研究結果發現在夢幻湖的湖區與浚深區的水韭生長測量後，除了葉片長度有顯著差異外，其餘台灣水韭生長狀況(葉面積，葉片數)與兩地區的狹葉泥碳蘚的乾重並無顯著差異，取樣過程中會因為取樣的差異，會導致結果的不同，因此同樣是浚深區其內水韭生長狀況與狹葉泥碳蘚的分布的變異就有差異。但是根據調查可以發現在湖區的植被分布種類比較多，有 21 種，浚深區只有 11 種。另外浚深區的一地單一物種分布範圍比較廣，因此推斷在湖區陸生物種入侵速度比較快，然有待進一步證實。在樣區的設置上發現在湖區的莩蓋、針藺與水毛花所覆蓋面積明顯變大，台灣水韭與狹葉泥碳蘚所覆蓋的面積變小，因此推斷陸生植物入侵會對水韭的生長造成影響。

關於夢幻湖的物理環境主要測量當地的雨量、深度、溫度、光量。根據這些數據發現今日的夢幻湖處於無法儲水的狀態，只要下雨，湖水迅速上升後，湖水水位降低的速度與水位成正相關，當湖水深度大於 50 公分時，平均每小時可以下降到一公分。而探討無法儲水的原因，其主因不是因為蒸散量、地表流出量、淤積造成，而是夢幻湖東南方的一個出水口，根據文獻記載為 30*5 平方公分大小，目前其出水速度似乎有增加之趨勢。另外關於夢幻湖的光量分析、溫度及雨量深度的資料，都可供陽管處作對於夢幻湖的基本資料建立，而這些物理因子對於台灣水韭生長影響程度還有待進一步的確定。

關鍵詞：台灣水韭、棲地調查、植被調查、外來物種

一、前言

台灣水韭(*Isoetes taiwanensis* DeVol)，根據 1955 年 Geroge 對於水韭的分類，在分類上屬於蕨類植物門(Pteridophyta)，石松綱(Lycopsida)，水韭目(Isoetales)的水韭科(Isoetaceae)，然而後人有將水韭歸於 Pteropsida 綱(Clapham, 1987)。台灣水韭是 1971 年由徐國士、張惠珠在七星山的夢幻湖首度發現，隔年由其指導老師棣慕華教授發表第一篇有關台灣水韭的論文（DeVol, 1972)，政府已依文化資產保存法明令將該物種列入應保育之珍貴稀有物種。然而於 2001 年 9 月 27 日，農委會與經濟部依照文化資產保存法第 49 條及其實施細則第 72 條，解除台灣水韭、蘭嶼羅漢松、台東蘇鐵等三種的珍貴稀有植物，以有利於其境外保育的實施。

水韭是一種多年生沉水性的水生植物，但有時於乾季時會露出水面，在其他國家的水韭其主要的初級消費者為魚、鳥類、家禽、家畜、麋鼠及人類(Pfeiffer, 1922)，但是台灣水韭的初級消費者為鴨子及遷徙的鳥類(Chang, 1977)，因此其主要靠鳥類的遷徙傳播。關於台灣水韭的生理描述，台灣水韭屬於內生孢子型（endosporic type）的生殖方式（黃，1987)，亦即配子體在大孢子中發育，且早期孢子體胚胎的發育也在配子體中進行。

其傳播方式，除了可因鳥類的遷移而傳播之外，台灣水韭含成熟的大、小孢子囊的葉基部份，可自母株上脫落至附近溼潤的土壤中，推測這些土樣可能藉由人為活動而被意外地攜至它處。被夾帶的大、小孢子囊中之孢子則繼續發育且進行其有性生殖，在適合的棲息地可形成新的族群。

台灣水韭的的探討，前人之研究多著重於台灣水韭之生理、形態之研究，例如就其細胞學上探討，觀察其染色體數目為 $2n$=22(DeVol, 1972)，黃淑芳、江蔡淑華研究其內外部型態、孢子之形成萌發與胚胎發育（黃　，1982、1987)；黃增泉、陳幸鐘等人研究其孢粉的分析(Huang, 1987、1992)；張永達等人則是研究其生理及 CAM 代謝作用（張、楊，1987；1988）等；近來也有對於台灣水韭的起源上的探討（Britton & Brunton，1993)，然而針對台灣水韭的次族群間或族群內

的基因歧異度的比較上卻不見有報導文獻。至於生態上的研究也是著重原生棲地方面的植物相（李，1988）；生態系研究（陳，1975；鄭，1987；黃等人，1988）等，由上可知，在其生理及形態上雖已累積了相當多的資料，然而對於其棲息地的保育研究，卻只有斷斷續續的進行。因此本研究主要針對台灣水韭的棲地各種環境因子，包括生物與非生物因子進行探討。

二、研究背景

臺灣水韭自 1971 年在臺灣首度被發現後(DeVol, 1972)，海拔 850 公尺之七星山夢幻湖一直為所眾知臺灣水韭之惟一自然生育地，根據前人研究，夢幻湖全年降雨量達 4000 公厘以上，年蒸發量約有 900 公厘，月平均溫度在 9℃-25℃之間，最小湖形發生於二月中旬，最大湖形發生於六月(鄭，1987)，然而這些因子每年逐漸變化，其變化速度未知，因此後人也陸續作有關夢幻湖環境因子的研究(黃，1988)。

可是近年來夢幻湖正在逐年淤積中（劉，1990；黃等人，1988)，夢幻湖的淤積，造成湖面面積逐年縮減，使陸生物種入侵之情況愈加嚴重，已嚴重影響台灣水韭的生存，因此謝等人建議長期監測夢幻湖的環境因子，尤其是測定其淤積速度(謝，1990)。陽明山國家公園管理處有鑑於此，在 1993 年夏天，於夢幻湖北區做了浚深的工作，將北區的土壤挖起移至別處，使得台灣水韭生長範圍得以延伸到浚深部分，因此調查夢幻湖區與浚深區的水韭生長狀況，有助於釐清夢幻湖之浚深工作對台灣水韭保育之成效，作為後續保育台灣水韭之重要參考。

夢幻湖面積的縮小，探討其原因，根據 1999 年，王如意、易任的應用水文學中提到水平衡法，一個湖泊大小受到下列幾種因素影響，降雨量、地表流入量、地下流入量會使湖泊水量增加、蒸散量、地表流出量、地下流出量會使湖泊水量減少另外湖泊本身的儲蓄改變量也會對湖泊面積造成影響，對於夢幻湖而言，其儲蓄改變量主因來自夢幻湖的淤積，另外 1993 年浚深工作對夢幻湖的儲蓄改變量也會造成影響。本研究擬根據水平衡法中提到的數個因素，探討夢幻湖無法儲水的主要原因。另外前人曾嘗試將台灣水韭移植至鴛鴦湖、姊妹潭，但都未成功，然而在小棲地如魚缸的種植，成功的例子很多，因此推測大環境必有一些因子影響台灣水韭的生長，因此有必要了解夢幻湖的物理、生物因子，以供未來作境外保育的參考。

植被調查，並與前人做過的研究(黃，楊，1991、張，1987)比對，可以了解

夢幻湖的陸生植物物種入侵速度。另外，台灣水韭之遺傳基因是否將趨向僵化，到目前為止仍無足夠資料可參考，有必要儘速建立基本資料；對於種內變異，其基因歧異度變異適合用 Isozyme 的比較，然而蕨類植物與種子植物的同功異構酵素表現不同，並且有的歧異度是由於對偶基因所產生的歧異度，而有的卻是因為多倍體的不同 loci 所導致，因此所檢測的系統必須與一般種子植物的系統有差異 (Soltis, 1983)。

從夢幻湖淤積之早期土壤中取得孢子，並予以培養，由孢子之萌發、長成成株，則可以了解先前族群的基因狀況，並可以了解以現有族群與先前族群比對基因歧異度之可能性。

另外 2000 年已於冷水坑及竹子湖設置之台灣水韭之次族群（subpopulation）有必要了解其生長之情形，並在早期給與適當之人為干預，以協助其生活史能順利完成，並作為設置台灣水韭境外保育之重要參考。

三、研究方法

一、台灣水韭棲地部分

(一)物理因子部分

1.夢幻湖的雨量、深度、溫度、光量強度等資料收集：分別以 STARLOG(雨量深度計)、LiCor1000(光量溫度計)、放置於浚深區北側的芒草與湖邊交界處，放置約一星期後收一次資料，每次資料間隔為 1-2 個月，(STARLOG 為一個月收一次資料；LiCor1000 為兩個月收一次資料)。

2. 在湖的西側(小水池)、東側(觀景平台)、北側(浚深區)、南側(湖區)分別設置鋁質標竿，上面附上鐵尺，紀錄其起始刻度，之後每兩個月紀錄一次以觀察夢幻湖淤積情形。

3. 將夢幻湖湖區之水樣取 600ml，帶回實驗室以 pH meter 測其酸鹼值、HACH drel/2000 儀器測水樣氯離子、硝酸根離子、亞硝酸根離子、磷酸根離子、硫酸根離子濃度等。

4. 土壤中有機物質含量：另外取各不同深度的土壤各 30 克，置於 500℃的烘箱烘烤 3 個小時，測量烘烤完後的重量，以估算夢幻湖土壤中有機質百分比，並推算當時的土壤中的生物量，以對照上述結果作比較。

(二)生物因子部分

1. 狹葉泥碳蘚生長量測量部分：每兩個月距離湖邊緣約 10 公尺處，取一樣區大小為 30*30cm^{2}的區域測量其中狹葉泥碳蘚的乾重與鮮重，以觀測不同季節之狹葉泥碳蘚量的變化

2. 陸生植物入侵狀況：在夢幻湖西側與白背芒交接處設一 2*10m^{2}大小的樣區，樣區內含有夢幻湖中的各種植被，如狹葉泥碳蘚、針蘭、台灣水韭、莩藎、水毛花等，每兩個月將該樣區的植被拍照做紀錄，並將該樣區的植被變遷以作圖法顯示陸生植物入侵狀況

3. 夢幻湖植被分布狀況：以空拍或實地調查方式紀錄在夢幻湖的植被物種、

植被分布，並與前人資料作比對。

(三)台灣水韭生長狀況：比較夢幻湖南北兩區台灣水韭生長狀況：距離湖邊緣約10公尺處，取夢幻湖南、北（浚深區）30*30cm^{2}測量其中台灣水韭植株數，並取台灣水韭植株各20-30株之生長狀況，每二月測量其植株之葉片，數目、長、寬等基本資料。

(四) 竹子湖與冷水坑族群境外保育部分

1. 境外保育區域水韭生長情形：分別取冷水坑、竹子湖族群的台灣水韭各約20株，測量其葉片數、葉長、葉寬，並計算其葉面積，並與夢幻湖的水韭生長情形做比較，以評估境外保育族群的成效。
2. 將生長於冷水坑、竹子湖的台灣水韭所萌發之孢子，以人工干預的方式，取出其大小孢子，置於塑膠碗中，置於小水池中，觀察其萌發情形。

二、台灣水韭族群遺傳結構部份

(一) 取於夢幻湖、冷水坑種植的台灣水韭各30株，帶回實驗室，參考Werth(2000)的方法，利用其葉片內同功異構酵素的表現，了解台灣水韭族群內的基因歧異度。

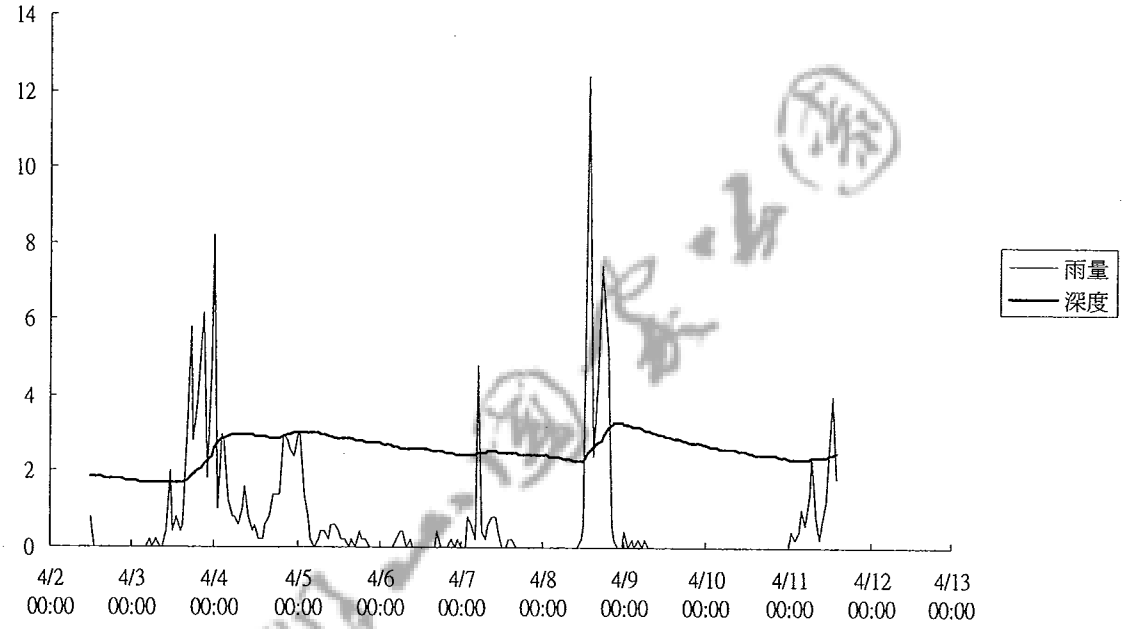
(二) 取一公尺深的土壤，分別取出0-20公分，20-40公分，40-60公分，60-80公分，80-100公分的土壤，取出30克不同深度的土壤，以250um孔徑大小篩網篩出土壤微粒，在解剖顯微鏡下數算台灣水韭孢子數目，並置於培養皿中，以夢幻湖水培養之，並數算孢子萌發數目，以了解不同深度孢子活性，並且將萌芽的水韭育成成株，將之與目前台灣水韭族群基因結構一起比較是否有相同的遺傳結構，經由後續定年代後，可以得知數十年前的孢子遺傳結構。

四、結果

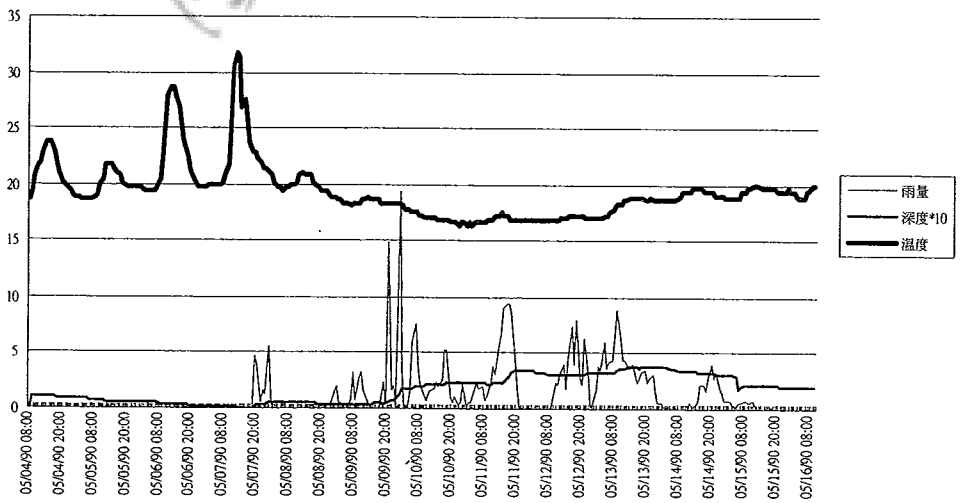
一、台灣水韭棲地調查部分

(一)物理因子部分

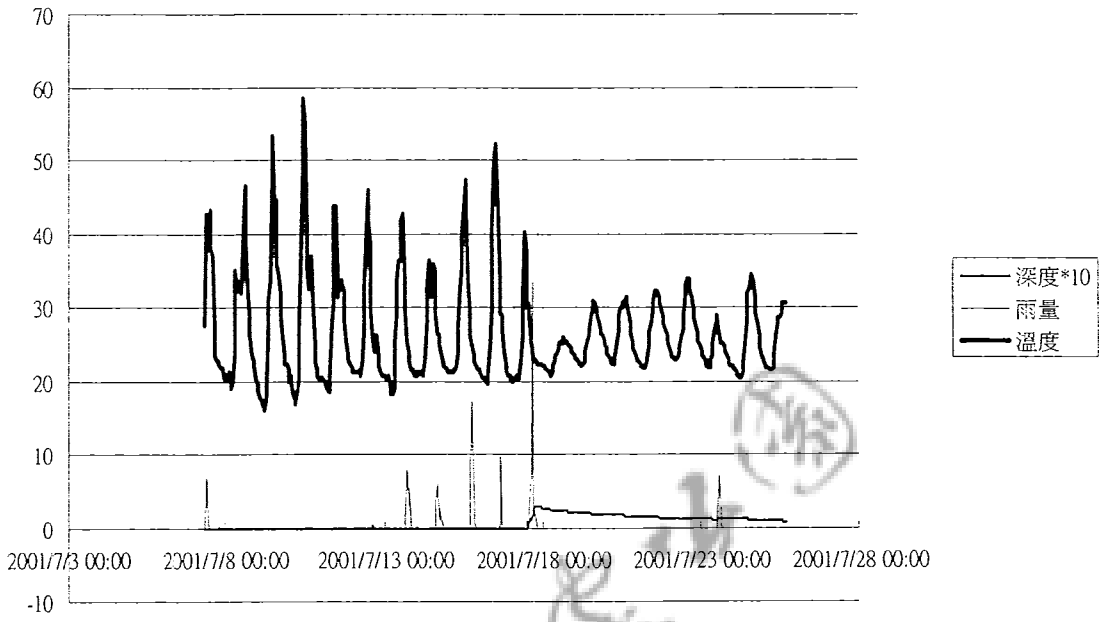
1. 九十年四月到十月測得夢幻湖雨量、湖水深度資料如圖一至圖六。



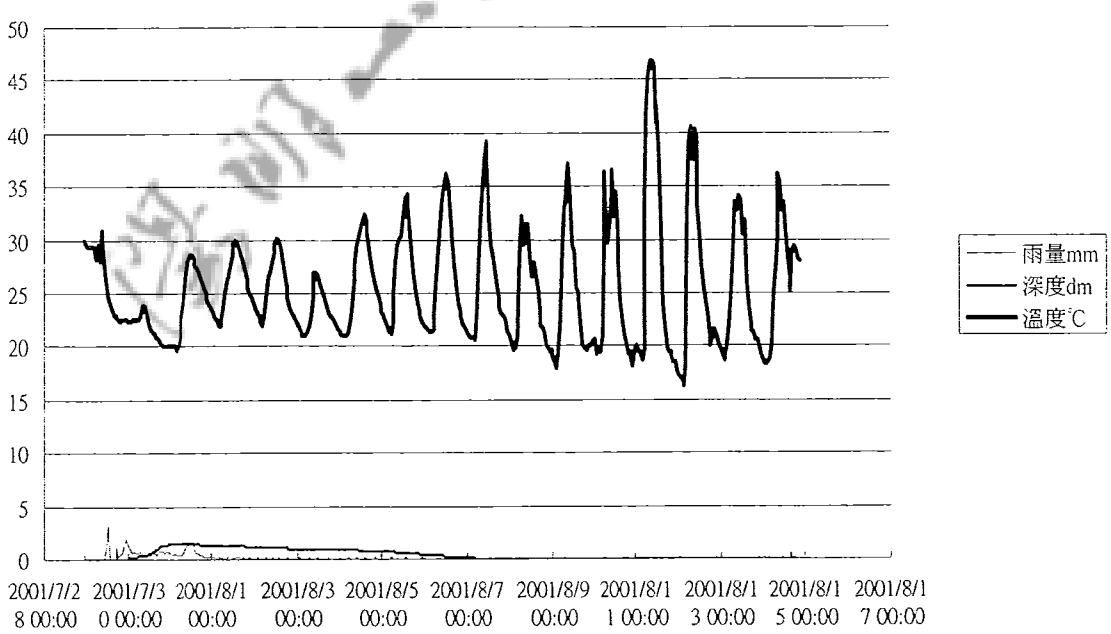
圖一 90 年四月份雨量深度圖



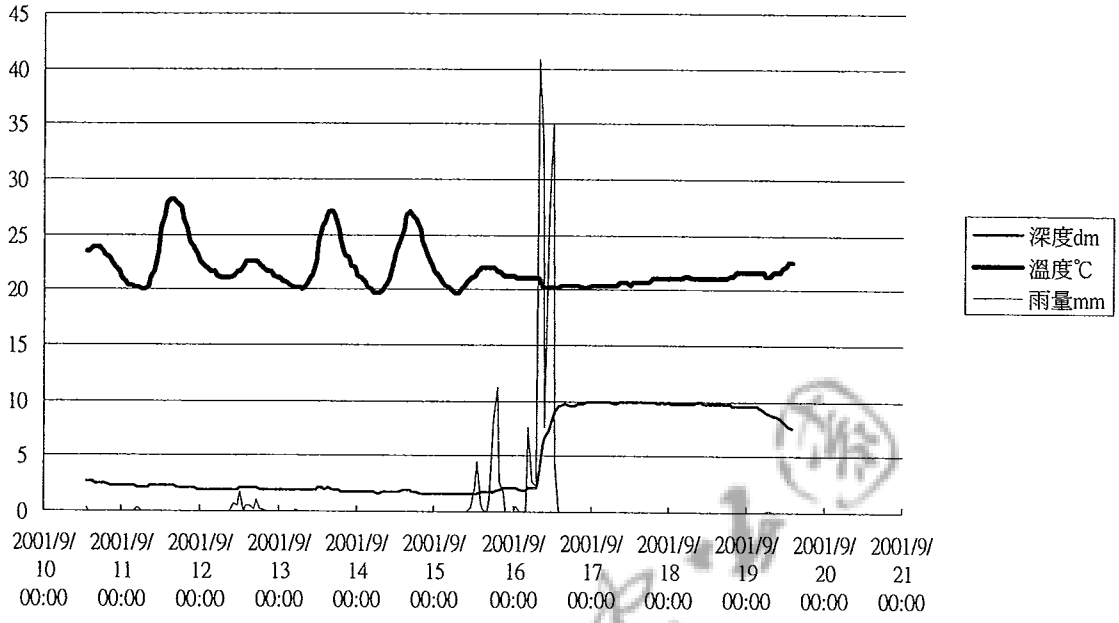
圖二 90 年五月份雨量深度圖



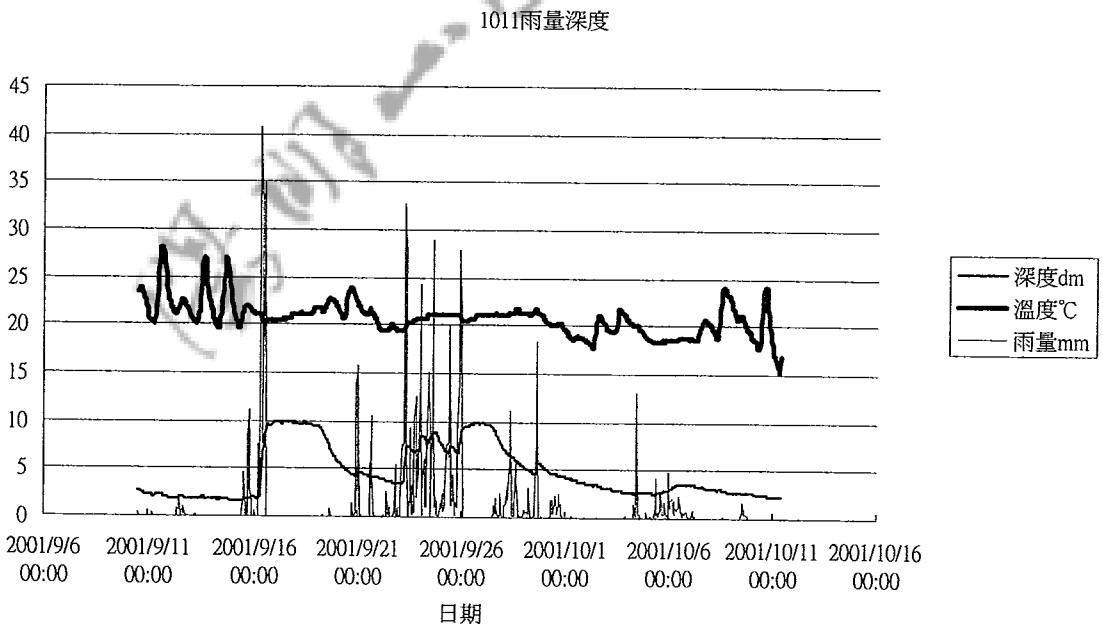
圖三 90 年七月份雨量深度圖



圖四 90 年八月份雨量深度圖

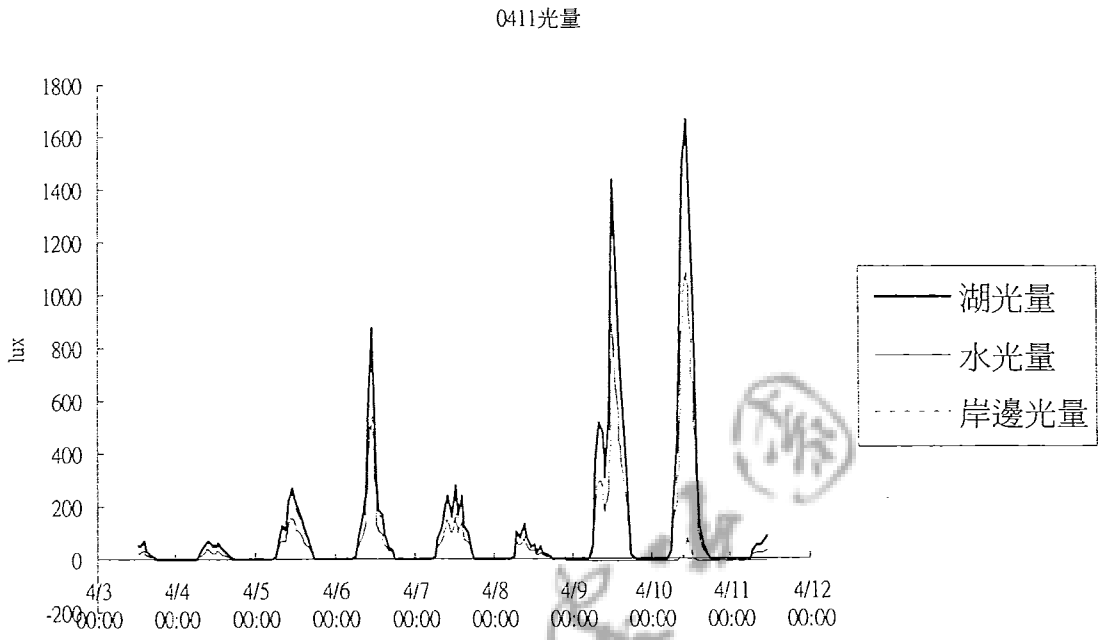


圖五 90 年九月份雨量深度圖

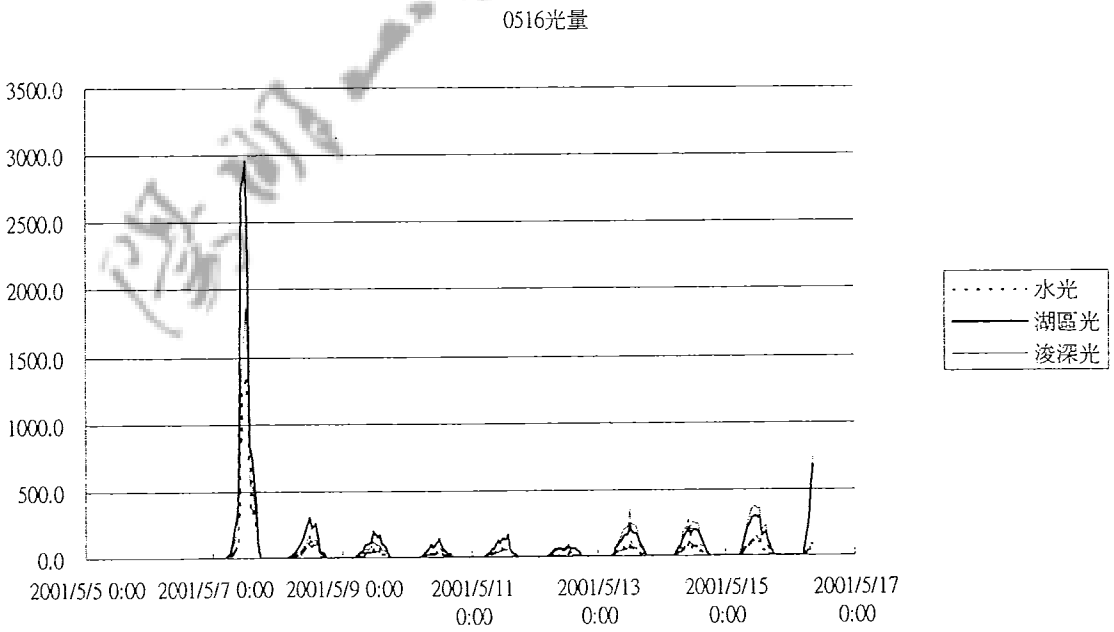


圖六 90 年十月份雨量深度圖

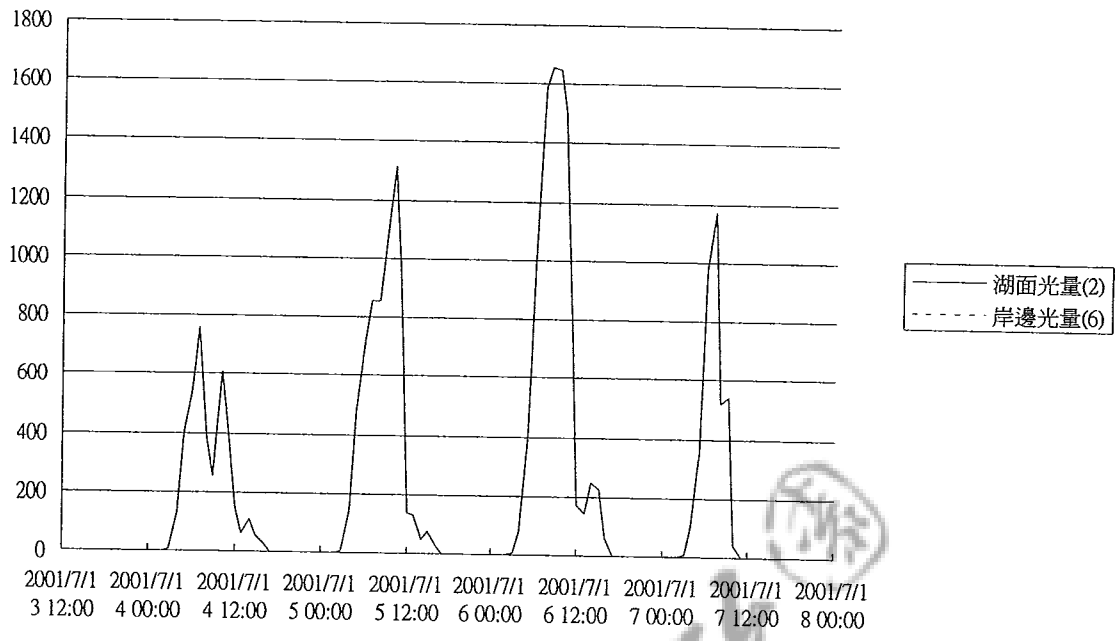
2. 四月到十一月光量圖



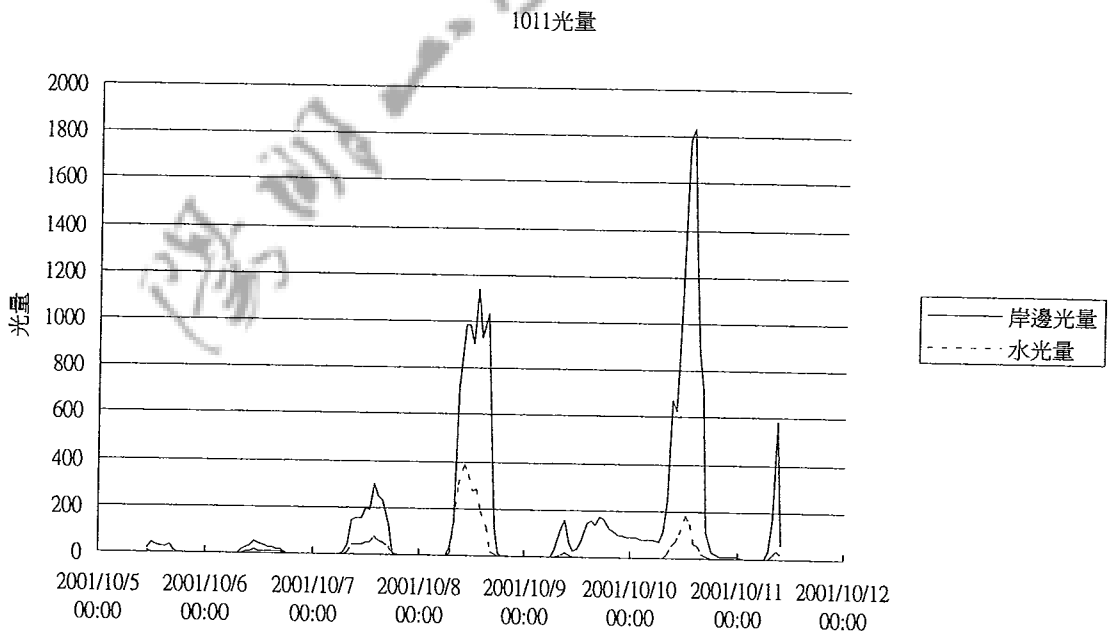
圖七 90 年四月份光量圖



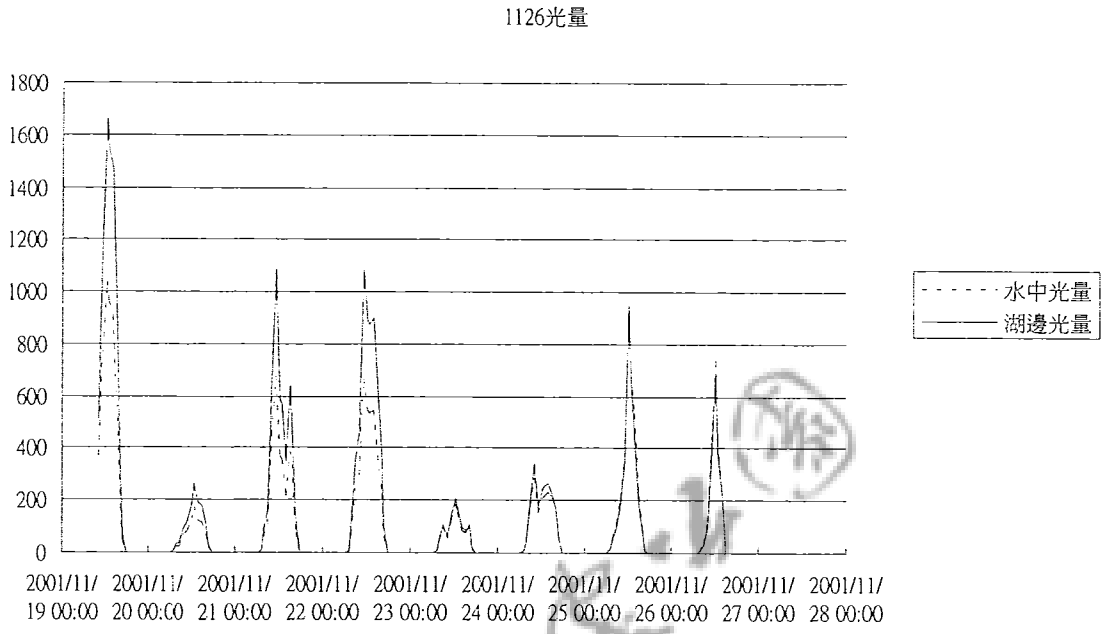
圖八 90 年五月份光量圖



圖九 90 年七月份光量圖

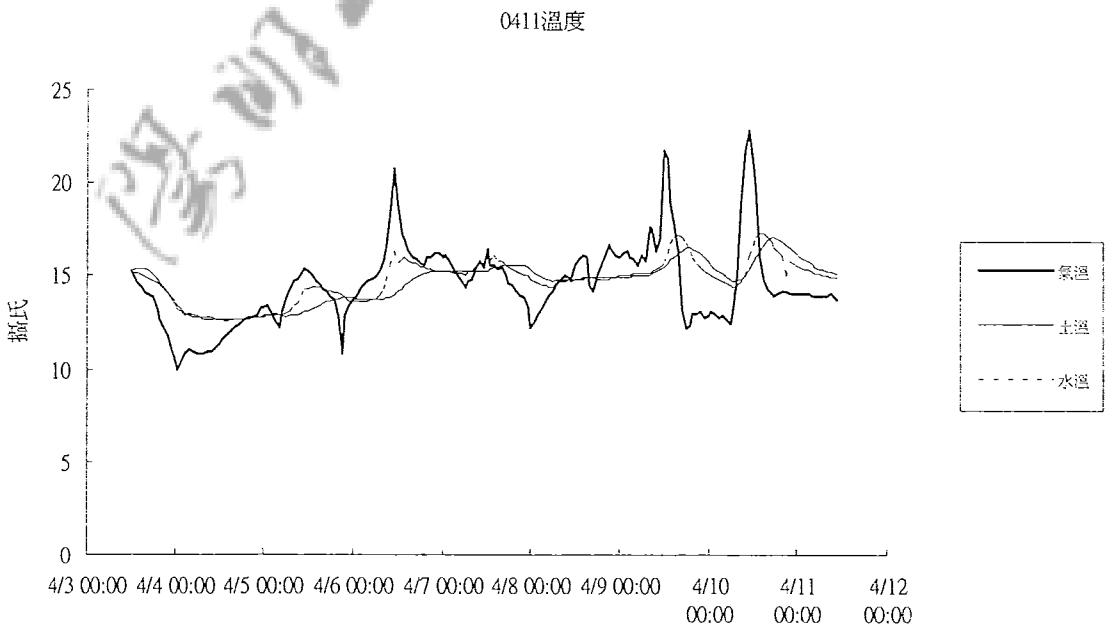


圖十 90 年十月份光量圖

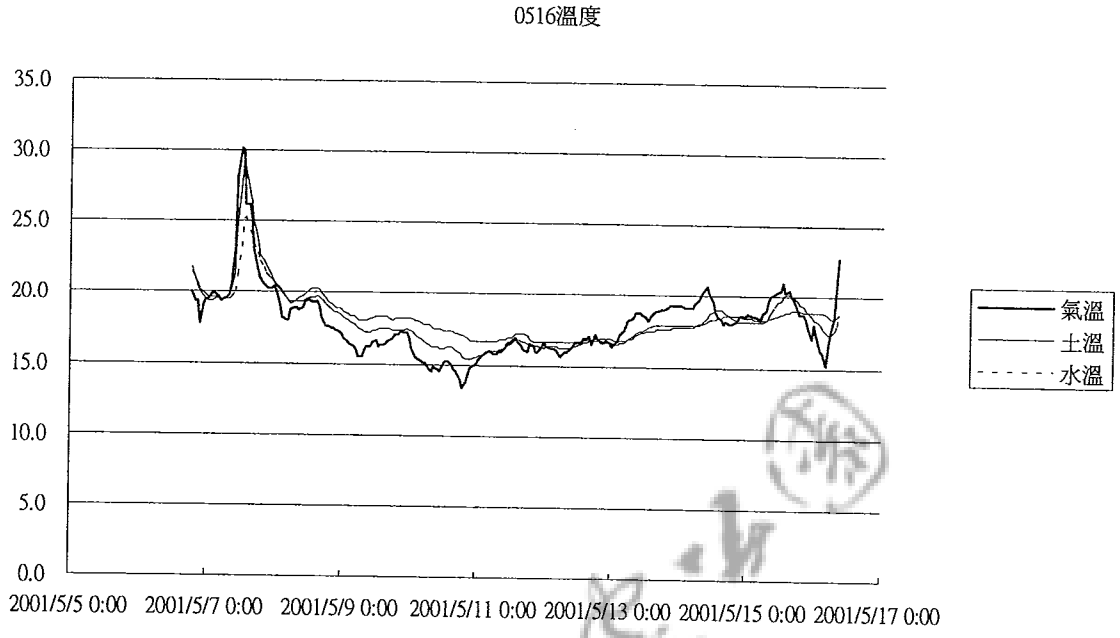


圖十一 90 年十一月份光量

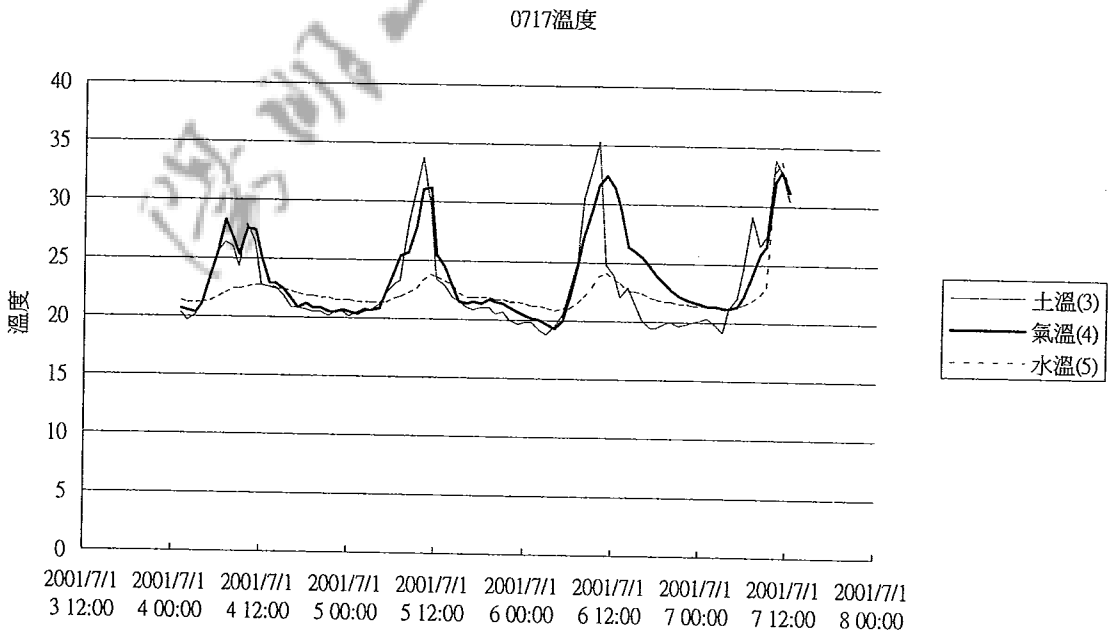
3. 九十年四月到十一月測得夢幻湖溫度如圖十二至圖十七。



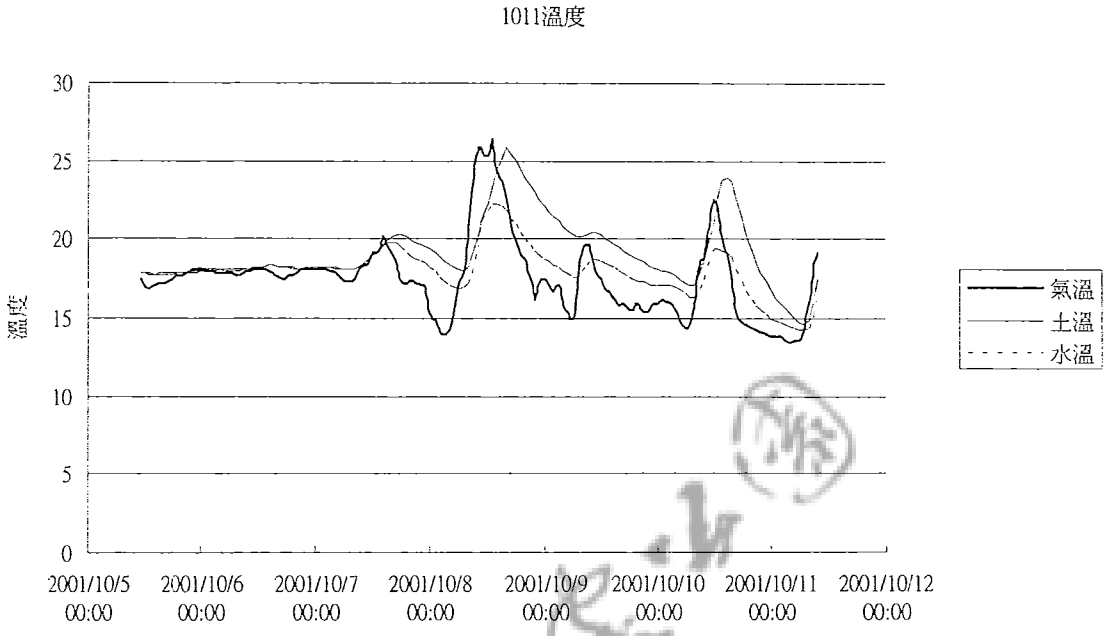
圖十二 90 年四月溫度圖



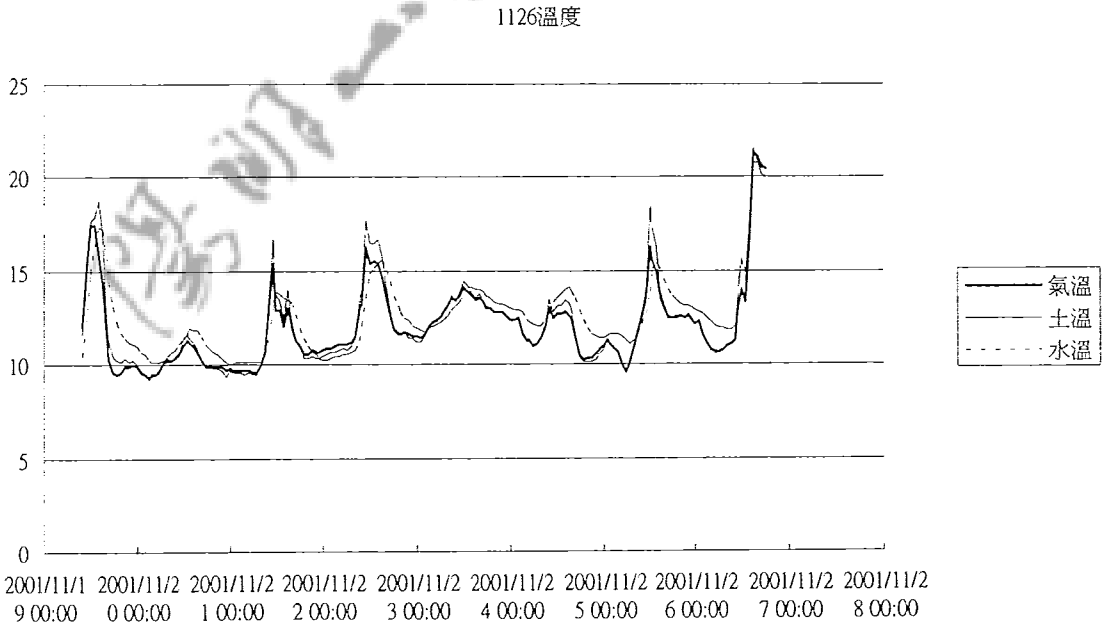
圖十三 90 年五月溫度圖



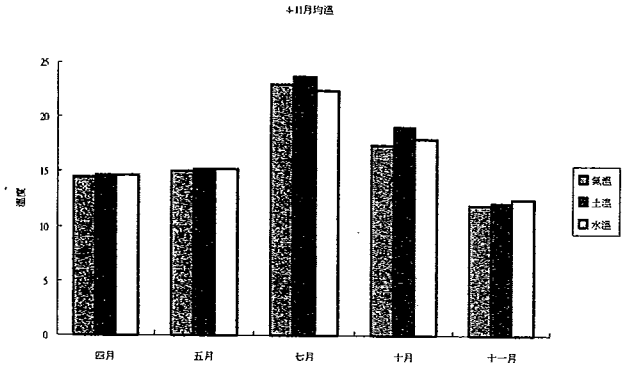
圖十四 90 年七月溫度圖



圖十五 90 年十月份溫度



圖十六 90 年十一月份溫度圖



圖十七 九十年4-11月氣溫土溫水溫之月均溫比較圖

三地區的溫度並沒有顯著差異，P=0. 971(one way ANOVA)

每個月的月均溫除了 4、5 月沒有顯著差異以外，任兩個月皆有顯著差異，統計結果如下表。

表一四到十一月份不同月份溫度比較圖

月份比較	Delta Mean	Std. Error	Sig.	CI95l	
4:5	-.7000	.424	.501	-2.0946	.6946
4:7	-8.5667	.424	.000*	-9.9613	-7.1721
4:9	-3.7667	.424	.000*	-5.1613	-2.3721
4:11	2.2000	.424	.003*	.8054	3.5946
5:7	-7.8667	.424	.000*	-9.2613	-6.4721
5:9	-3.0667	.424	.000*	-4.4613	-1.6721
5:11	2.9000	.424	.000*	1.5054	4.2946
7:9	4.8000	.424	.000*	3.4054	6.1946
7:11	10.7667	.424	.000*	9.3721	12.1613
9:11	5.9667	.424	.000*	4.5721	7.3613

* The mean difference is significant at the .05 level.

4.夢幻湖淤積情形：

表二 四到八月夢幻湖淤積情形(單位：公分)

	浚深區	湖中央	湖西側
四月	8.0	10.5	10.5
八月	8.0	10.5	11

因為標竿的刻度位於水中，因此在八月份時重設標竿，此時尺放置於水泥中固定，因此觀察時可以將整個盆子拿起來便於觀察。

表三 重新插標竿後的夢幻湖淤積情形(單位：公分)

	南側(湖區)	北側(浚深區)	湖西側(小水池)	湖東側(觀景平台)
8 月	47.9	58.8	59	15
11 月	48	58.8	59	21

5.夢幻湖水樣的酸鹼值、各種離子濃度：

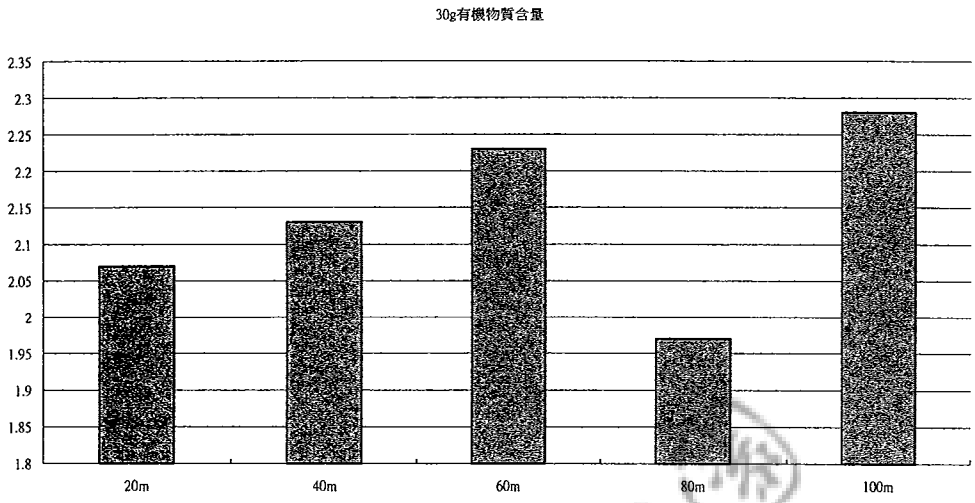
表四 不同月份湖水酸鹼值比較

	浚深區	湖區	小水池	逕流	雨水	上游水溝	下游水溝
7 月 17 日	4.83	5.41	4.35	3.95	5.11	5.5	4.72
9 月 10 日	4.3	4.1					

表五 不同月份湖水各種離子含量(單位：mg/L)

mg/l	氯離子	硝酸根	亞硝酸根	磷酸根	硫酸根	鐵離子
9 月	1.48	0.8	0.023	3.25	27	0.14
10 月	1.76	1.2	0.025	6	29	0.028
12 月	4.55	25.5	0.018	16	16	0.01

6.夢幻湖土壤中有機物質的含量：如下圖



圖十八 不同深度 3 克土壤中有機物質的含量比較圖

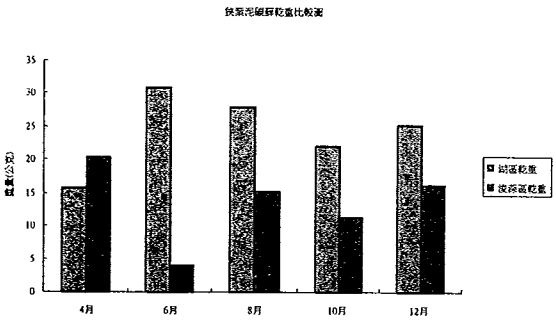
(二) 生物因子部分

1. 狹葉泥碳蘚生長量

表六 夢幻湖湖區與浚深區狹葉泥碳蘚生長量比較，單位：公克

	湖區鮮重	浚深區鮮重	湖區乾重	浚深區乾重
4 月	303.45	438.95	15.65	20.31
6 月	628.39	79.29	30.74	3.9
8 月	133.6	128.64	27.79	15.28
10 月	175.4	94.96	21.92	11.28
12 月	250.33	176.23	25.14	16.12

※ 以 paired sample t test 檢測，湖區與浚深區的狹葉泥碳蘚的量並無顯著差異，p=0.177，另外比較不同月份之間狹葉泥碳蘚的量的差異，也是未達顯著水準，P=0.941。下圖為其柱狀圖。

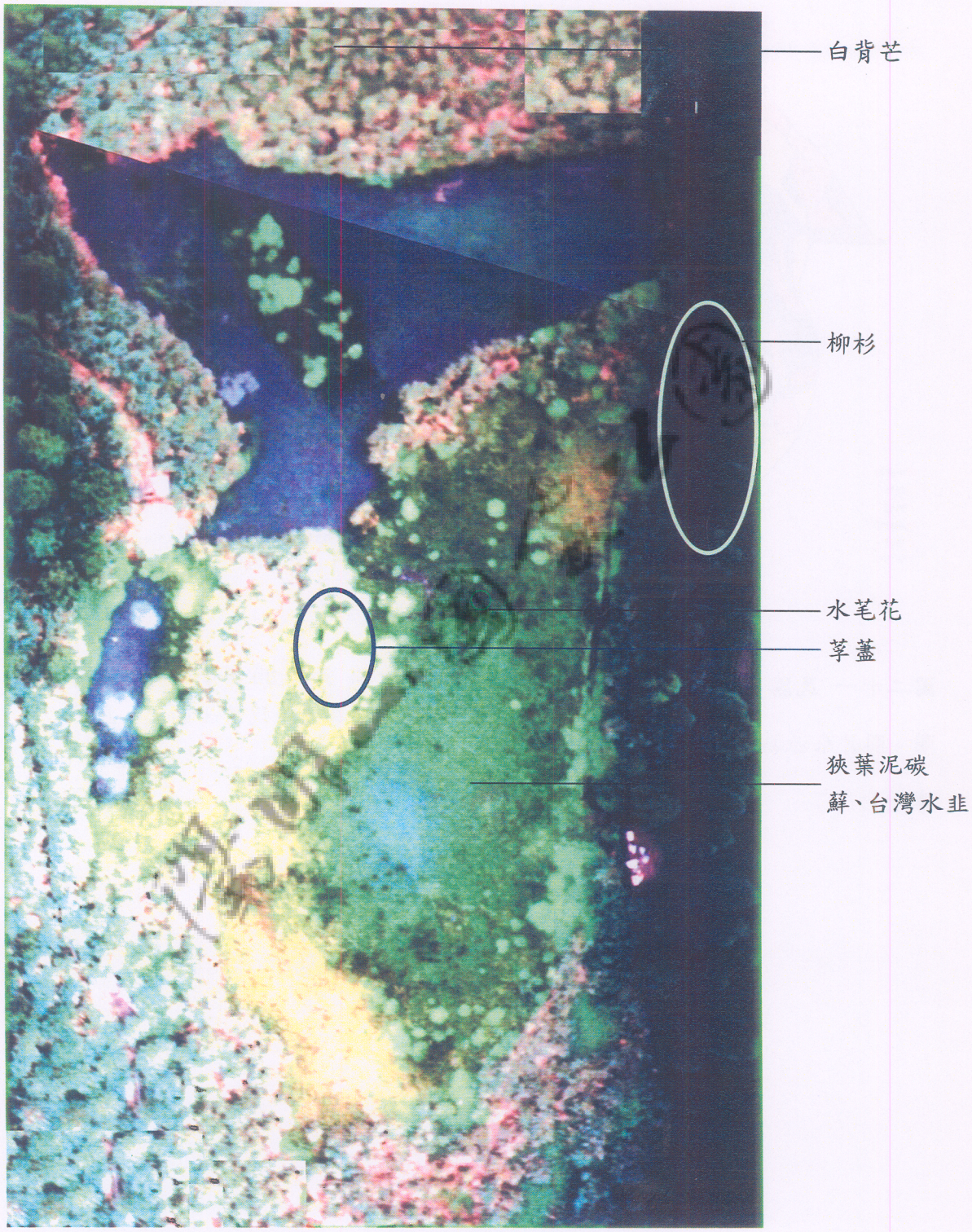


圖十九 湖區與浚深區的狹葉泥碳蘚量比較

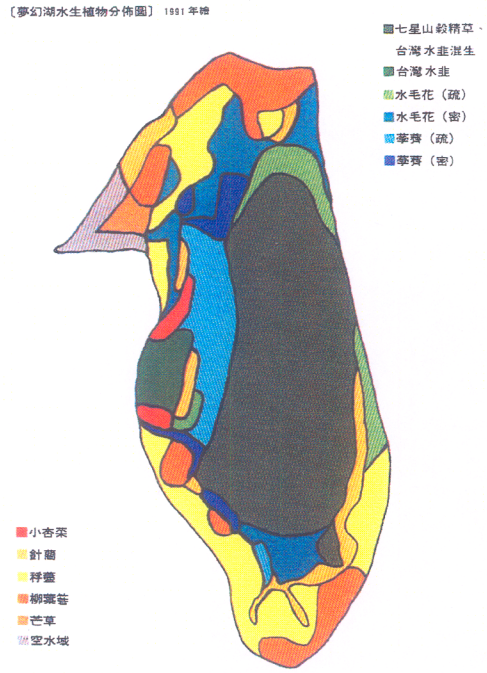
2. 夢幻湖植被分布狀況：以下為實地調查所得的夢幻湖植被

表七 夢幻湖植被種類

台灣野稗	*Echinochloa crusgallu(Linn.)* P. Bearv. Var. formosensis ohwi
圓果雀稗	*Paspalum orbiculare* Forst.
莩藎	*Sphaerocaryum malaccense(Trin.)* Pilg.
針藺	*Eleocharis congesta* D. Don subsp.japonica(Miq.) T. koyama
水芼花	*Schoenoplectus mucronatus*(L.)Palla subsp, robustus(Miq.)T. Koyama
火炭母草	*Polygonum chinense* L.
綠豆	*Phaseolus radiatus*
紅豆	*Phaseolus angularis*
薏仁	*Coix lacryma-jobi*
玉米	*Zez mays* L.
狹葉泥碳蘚	*S. cuspicadum*
小莕菜	*Nymphoides coreana*(Lev.)Hara
七星山穀精草	*Eriocaulon chishingsanensis* Chang
野牡丹	*Melastoma candidum* D. Don
荸薺	*Eleocharis dulcis*(Burm. f.)Trin ex Henschel
柳葉箬	*Isachne globosa*(Thunb.)O. Kuntze
白背芒	*Miscanthus sinesis var.glaber*(Naki)J.Lee
水豬母乳(圓葉節節蓼)	*Rotalo rotundifolis*(Wallich. Ex Roxb.)Koehne
花蓼	*Polygonum posuvbu* Buch-Ham ex Don



圖二十 2000 年 6 月夢幻湖空拍資料圖



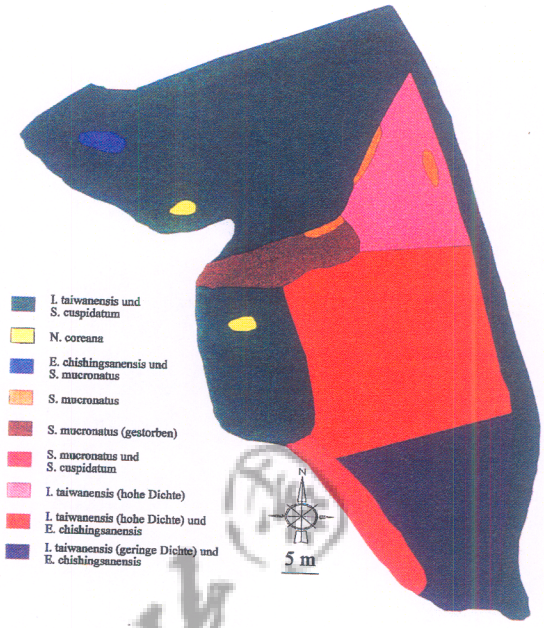


Abb. 3.3.6 Die Verteilung der Pflanzen im Traumsee im März 1996

圖二十一 民國 80 年夢幻湖植被分布圖。圖片來源為黃淑芳，1991，夢幻湖傳奇

圖二十二 民國 85 年夢幻湖植被分布圖
圖片來源為張永達博士論文，1997

(三) 台灣水韭生長狀況部分

表八 夢幻湖湖區與浚深區之水韭生長狀況

	湖區				浚深區			
	數量*	長度	葉面積	30*30cm^2 水韭植株數	數量*	長度	葉面積	30*30cm^2 水韭植株數
五月	10.67	7.61			9.29	10.46		
六月	15.40	10.40	1.03		14.68	16.41	1.97	
八月	19.20	8.08	0.99	24.00	16.35	9.98	1.13	32.00
十月	19.25	23.10	2.97	21.00	12.65	20.70	2.73	19.00
臘月	21.250	21.010	3.218	12.00	16.100	21.090	2.832	36.00

以 paired sample t test 檢驗，*代表有顯著差異，$P<0.05$，所以生長狀況中只有葉片數量有顯著差異，其餘葉長度、葉面積、水韭植株數皆沒有顯著差異。

然而以變異數分析(one way ANOVA)分析台灣水韭不同月份生長狀況，在浚深區的 5-12 月之間的水韭生長狀況中，5、8 月生長狀況最不好，與其他月份有顯著差異，其他 10、12 月份生長狀況最好，與其他月份也有顯著差異，分析結果如下表，表格內數值代表機率，有標注星號者代表有顯著差異，其中在五月份因為沒有測量台灣水韭葉寬度，因此沒有比較數值。在台灣水韭葉片數方面，浚深區 8、10 月份水韭葉片數有顯著差異，然而在湖區任何一月份的台灣水韭葉片數並沒有顯著差異，在比較這一項時，因為 5、6 月份的樣區與 8-10 月的樣區並不相同，因此不一起做統計分析。分析結果如下表：

表九 不同月份水韭生長狀況比較表， 5/6代表5月與6月份的比較，表格內為接受原假設的機率

不同月份比較	浚深葉長	湖區葉長	浚深葉面積	湖區葉面積
5/6	.000*	.017*	-	0.995
5/8	.998	.986	-	.00*
5/10	.000*	.000*	-	.00*
5/12	.000*	.000*	-	.00*
6/8	.000*	.059	0.00*	.00*
6/10	.002*	.000*	0.00*	.00*
6/12	.000*	.000*	0.00*	.00*
8/10	.000*	.000*	0.00*	.00*
8/12	.000*	.000*	0.00*	.00*
10/12	.973	.942	0.927	0.957

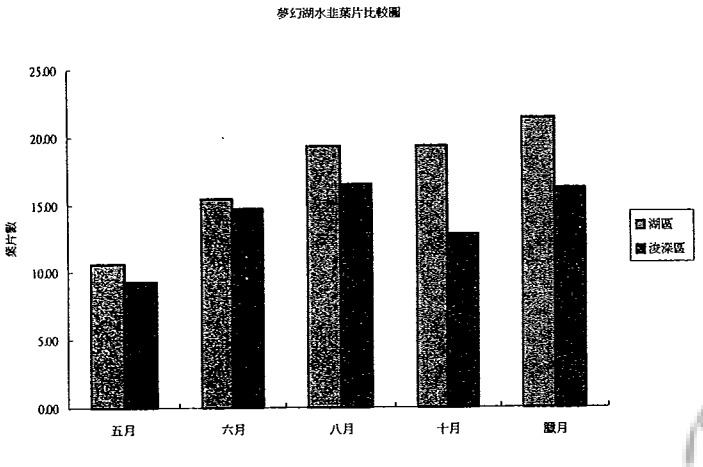
- The mean difference is significant at the .05 level.

表十 不同月份水韭葉片數比較，Tukey，表格內為機率

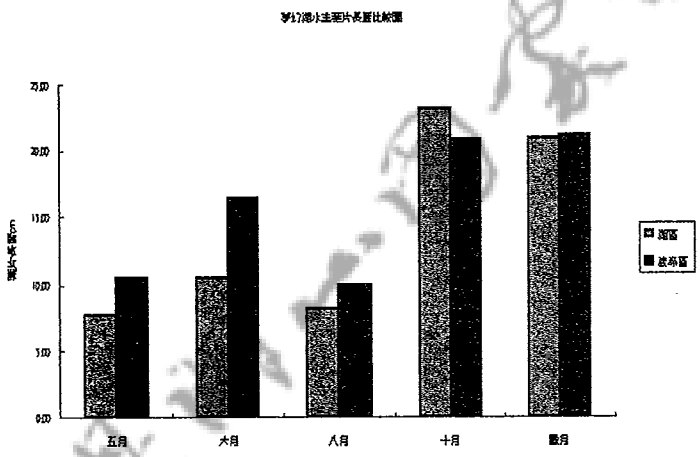
月份	月份	浚深區葉片數	湖區葉片數
8.00	10.00	.043*	1
	11.00	.985	0.835
10.00	11.00	.063	0.842

* The mean difference is significant at the .05 level.

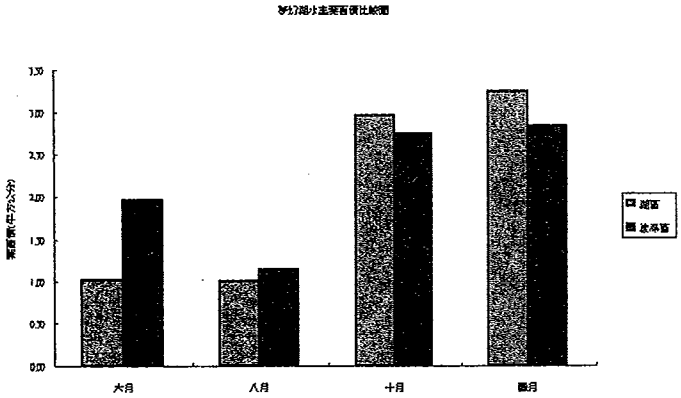
台灣水韭於夢幻湖湖區與浚深區生長狀況圖



圖二十三　不同月份水韭葉片數比較圖



圖二十四　不同月份水韭葉片長度比較圖



圖二十五 不同月份水韭葉面積比較圖

(四) 冷水坑與竹子湖境外保育部分

1. 境外保育區域水韭生長情形： 目前在冷水坑的竹林下約有 20 棵水韭，其生長狀況良好，平均葉片長度為 16.5 公分。

2. 境外保育水韭孢子萌發情形：目前在冷水坑的小水池與樹林下的水韭已經產生了孢子，並已經有水韭幼苗產生，

二、台灣水韭族群遺傳結構部分

(一) 同功異構酵素表現情形：

目前已經測試到可用的系統與酵素如下表，因為尚未完全測試成功，因此僅就一點結果作分析，共測得 9 個基因位(loci)，其中被 fix 的 loci 共有 4 個，其餘的基因座至少有 2 個以上的異型合子。

表十一 檢測出可以分辨出 allele 的酵素

系統	enzyme
SYS2	SKDH
SYS2	6PGD
SYS1	PGM
SYS1	F1,6DP
SYS6	AAT
SYS8-	DIA

(二) 深層土壤孢子活性情形：

表十二 不同深度的土壤內孢子數以及一個月後的萌發數目

	20m	40m	60m	80m	100m
30g 土壤孢子過濾後留下的 250um 大小的顆粒中的孢子數	1032	580	1800	8	60
30g 土壤過濾後的孢子萌發數	205	16	0	0	1
萌發率	20%	3%	0	0	2%

五、討論

本研究的期間由民國 90 年 3 月到 11 月之間，大約有半年，因此有些研究如植被的變遷調查，台灣水韭的同功異構酵素分析，還有待後續長期的研究，以取得可靠分析的數據；唯有物理因子方面的數值，如光量、溫度、雨量、湖水深度等，可以做為夢幻湖台灣水韭棲地基本資料的建立。以下依照材料與方法分為兩大部分討論。

一台灣水韭棲地部分

(一)夢幻湖物理因子部分

夢幻湖一直是台灣水韭唯一原生棲地，並且其內的水韭生長狀況良好(由後面的結果可得此結論)，針對其內的光量、光質、氣溫作分析。其中光量可以看出夢幻湖在陰天與晴天的時候光量變化極大，在五月份(圖八)一星期內的光量變化可以差到 30 倍以上(由 5/12 的 90.2 umole/sec*m^2 變化到 5/7 的 2953 umole/sec*m^2)。在所測量的 4 月到 11 月(圖七-圖十一)內 36 天之中，每天最強光照強度小於 400 umole/sec*m^2 的就有 20 天，由此可知夢幻湖的環境大多時候偏陰天，只有少部分時間屬於晴天。這 36 天之中光照強度最強出現在 5 月 7 日中午 12 點(圖八)，強度為 2953 umole/sec*m^2，而通常每天光量強度最強的時間出現在 11：00-13：00 之間。

另外所放置的光量計(LiCor1000)，共有兩個 sensors，一個置於夢幻湖的浚深區中，另一個置於 LiCor1000 儀器上頭，由結果顯示出來，通常水中光量小於岸邊光量，這是因為在水中會反射掉某些波長的光線。另外在夢幻湖的溫度比較，設置了三個溫度計，一個置於浚深區中(簡稱水溫)，一個置於儀器旁邊(簡稱氣溫)，另一個置於儀器旁的土壤中(簡稱土溫)，此溫度計也是裝置於 LiCor1000，所以在 4-11 月之間亦是共測量 36 天，由這 36 天的數據看來(圖十二-圖十六)，變動最大的時間出現於 7 月(圖十四)，一天的溫差有 16.5℃，由月均溫來看(圖十七)，七月份月均溫最高，11 月份月均溫最低，4、5 月份的月均溫沒有顯著差異

(表一)。另外在由空氣均溫、土壤均溫、水均溫看來，三個溫度亦沒有顯著差異，P=0.971，然而這是平均溫度的比較，若是由圖看來，土溫的變動最大，水溫變動最小，這想必是 sensor 與所接觸的物體的比熱有關。在浚深區的水韭大致生長在水中，因此所處的環境應該是日夜溫差差異不大之處。然而七月之時，因為降雨量不足，使得即使是浚深區亦完全乾涸，而此時水韭的生長狀況亦最不好(8 月生長狀況顯著比其他月份差)(表九、圖二十四-圖二十五)，可見水韭生長的地點至少要有一些水存在。

夢幻湖的另一個物理因子為其雨量、湖水深度。這兩項因子直接影響到夢幻湖本身的水位。由王如意、易任的應用水文學中(1999)提到湖泊容積的改變受到數種因子影響，降雨量、地表流入量、地下流入量使的湖泊容積增加；蒸散量、地表流出量、地下流出量使的湖泊的容積減少；另外湖泊本身的儲蓄改變量也會造成容積的改變。若討論到夢幻湖無法儲水，則可以觀察當沒有降雨，即流入量=0 時，代表此時湖泊大小只受流出量的影響，藉此探討哪一個流出因子對其容積改變量影響最大。分以下數點討論：

蒸散量：在 10 月份於浚深區的白背芒草叢間放置了一個方形塑膠桶，其內加入了約一半高度的水位，於 11 月份的時候觀察時，其水位已達最高點，由此可知在夢幻湖的降雨量遠大於其蒸散量；另一個佐證為當夢幻湖水位高於 50 公分時，其水位下降速度為平均每小時下降 1 公分(由 9 月份的雨量深度資料得知)，且水深降低時，水位下降速率也降低，因此推測其下降速率與蒸散率無太大關聯。

地表流出量：曾經在 9 月 10 日，於夢幻湖下大與之時，觀察其地表流出的位置，然仍無法發現之，因此其地表流出的孔道並不明顯，推測其並非造成夢幻湖無法盛水的原因。

地下流出量：1988 年黃淑芳於夢幻湖傳奇一書提到，在夢幻湖東南側方向有一 30*5cm^2 大小的出水口，於 10 月份時也發現在其東南側的一棵筆筒樹下，發現了一個出水口，由於當時已經一陣子沒有下雨，而當地附近除了夢幻湖以外

亦沒有集水區，因此推定此一出水口即為夢幻湖的出水口，然而這一出水口從何時開始出現，並無法考據。

而其高度的推測，因為無法就近觀察，只能間接以浚深區水深度推測其高度，當 10 月 5 日浚深區的深度為 36 公分(圖六丶)，此時出水口仍持續出水，因此推斷其高度必定低於浚深區 36 公分水深的高度，目前推得其高度大約在浚深區的水位 10-20 公分之間，因此當浚深區的水位低於出水口的高度時，其水位的下降主要在於蒸散速率，所以可以藉由雨量深度計推算得知，當水位下降變緩慢之際，其水位下降只受到蒸散量的影響，反推可得到出水口的高度。然而目前因為資料不足，無法確切知道其高度為何。

淤積狀況：夢幻湖的淤積也有可能造成湖泊儲蓄量的改變，因此所設置的鋁質標竿可以測定其淤積速率，然而在這 6 個月(表二、表三)的結果中發現，其淤積狀況，除了觀景平台下方的標竿淤積了 6 公分外，其他 3 個標竿皆沒有淤積的狀況。而觀景平台為後來國家公園管理處所設置，為了方便遊客觀賞湖區風景，其下有一入水口，當下雨天時，此入水口收集了沿步道水溝兩旁的水源，等於收集了山上的水，其水量夠大導致泥沙大量沖刷，觀景平台下方的淤積速率增加，而其他的標竿或許離雨水直接沖刷地點遠，因此淤積狀況並不明顯，也或許放置的時間不夠長久，淤積狀況仍顯現不出來。劉聰桂教授在 1990 年曾經提到之前的夢幻湖以每年 0.8 公分的速度淤積，因此也可以藉由這一次的觀察，看夢幻湖的淤積速率是否升高。然而不管如何淤積，都趕不及夢幻湖水位的上升或下降的速率，因此亦推斷其並非夢幻湖水位迅速下降的主因。

夢幻湖水的 pH 值(表四)：與當地雨水的酸鹼質差不多，皆偏酸性，其範圍在 3-5 之間，並且不同時間的酸鹼值亦不同；另外離子濃度(表五)在不同月份也有差異，並沒有哪一種離子濃度特別高。

土壤中有機物質含量(圖十八)：由圖可以看出 60-80 公分深的土壤中有機物質含量最少，但是到了 80-100 公分的有機物質含量又增多，然而這些結果仍需以土壤定年代後，確定當時的歷史事件，才能加以解釋。

(二)台灣水韭棲地生物因子

狹葉泥碳蘚量(表六、圖十九)：狹葉泥碳蘚在夢幻湖是一個優勢種，與台灣水韭共同生長，其量的分布在夢幻湖湖區與浚深區並沒有顯著差異，另外不同月份的狹葉泥碳蘚量也沒有顯著差異，而台灣水韭的生長在不同月份的生長狀況差異性很大，因此推斷台灣水韭與狹葉泥碳蘚並沒有所謂的共生現象。然而在浚深區，有些區域只有狹葉泥碳蘚分布(於 4、12 月份於該區域採樣)，並沒有台灣水韭的分布，推論其原因為該地方的水位太深，使的水韭不容易生長，然這樣的推論仍有待證明；而其他有台灣水韭分布的地方，狹葉泥碳蘚的量明顯減少(在 6-12 月於該區域採樣)，約可以減少一半(由 31.51 公克減少到 16.12 公克)，可能是因為該地區二者共同利用同一資源，如光線等，導致狹葉泥碳蘚的量分布不均勻。

另外在取樣的過程中發現，於夢幻湖湖區的樣區取狹葉泥碳蘚，其內所含的生物種除了台灣水韭、狹葉泥碳蘚外，通常還會夾雜水毛花、針蘭、七星山穀精草等其他物種，而在浚深區的樣區採樣時，物種較為單一，因此推測夢幻湖湖區受到陸生物種入侵情況比浚深區要嚴重。

夢幻湖的植被變化：今年六月於夢幻湖空拍所得的資料(圖二十)，根據植被顏色的不同，主要可以分辨出白背芒、莩藎、水毛花、狹葉泥碳蘚與台灣水韭、柳杉等不同區域，並與前人資料作比較(圖二十一-圖二十二)，發現台灣水韭的量明顯減少，因此推測陸生物種入侵的確導致台灣水韭的棲地縮小。

藉由上述方式可以鳥瞰夢幻湖的植被變遷，然仍需要實地調查，以觀察到當地植被分布(表七)，包括當地非優勢種的生物，實地調查夢幻湖植被時，發現在夢幻湖除了所移植於該地的外來種野牡丹、柳杉以外，還有當地附近居民於該地舉行宗教祈福儀式，祈福的過程，順道灑下常見五穀雜糧的種子，如玉米、薏苡等禾本科植物、紅豆、綠豆等豆科植物，然而經過那莉颱風之後，所有的豆科植物皆被水淹死，即使是灌木的野牡丹上的葉子也幾乎掉光，然而禾本科的玉米經過颱風後卻仍存活，對於這樣外來種生物，對於水韭生長的威脅又加了一層，

因此應該加以管制，以免使的正被陸生物種快速入侵的夢幻湖，加速其演替的速率。

(三)台灣水韭的生長狀況

夢幻湖中的水韭生長主要分成兩部分，主要原因為要探討在浚深區與湖區的水韭生長狀況，以評估在 1993 年陽管處的浚深工作的成效。由研究結果可以發現，雖然經過浚深的工作，但生長主要仍以湖區生長狀況比較好，其葉片數、葉長度、葉面積都比浚深區高，然而經過統計檢測，發現二者除了葉片長度湖區顯著高於浚深區外，其他皆沒有差異(表八)。而在湖區與浚深區，不同月份的水韭生長狀況卻有顯著差異(表九、圖二十三-圖二十五)，如在浚深區的葉長度，5、8 月的葉片長度顯著低於 6、10、12 月的葉片長度；在湖區的葉片長度 5、6、8 月的葉片長度顯著低於 10、12 月的葉片長度；根據前人研究，當湖水深度增加時，台灣水韭的葉片長度會明顯增加，而在夢幻湖 5-8 月的水位比 9-12 月的水位低，因此這點與前人的研究相符合。另外在葉面積的比較上，除了 10、12 月之間的比較沒有明顯差異以外，其他月份彼此之間皆有明顯差異，其中生長最差的為 8 月，其次為 6 月，最好的為 10、12 月，8 月份為夢幻湖的枯水期，因此葉片數的生長狀況較差，亦符合前人的研究結果。另外再探討葉片數的差異性(表十)，浚深區的台灣水韭葉片數，8 月顯著高於 10 月的葉片數，與葉片長度的結果剛好相反，由此可推測，當葉面積或葉長度值較高時，其葉片總數有可能相對減少，即生態學上所謂的 self-thining effect(Akcakaya, *et al.* 1999)，一地能維持一水韭的養分是一定的，當水韭葉片數多時，每一片葉子所獲得的養分就相對減少。

冷水坑中的水韭，目前已經產生孢子的有小水池與樹林下，其葉片長度平均約 16.3 公分，雖然比夢幻湖短(約有 21.4 公分長)，然而這已經代表水韭在當地能夠自然生長，而在竹子湖的台灣水韭植株，因為當地為一風景區，因此常看見在竹子湖的小水池中有許多垃圾，可能會導致水韭生長狀況不佳，皆處於焦黑狀態。而在冷水坑的台灣水韭中，以小水池、樹林下的水韭生長狀況良好，已經長出大小孢子囊。也已經取出其大小孢子囊，移植在塑膠碗中，期許其能長出幼

苗，以繼續於當地完成生活史。由這兩個地方發現，冷水坑的台灣水韭境外保育狀況較優良，唯其為一集水區，常受山上的水流沖刷，並小水池本身泥土所含的離子的影響，以致台灣水韭上有褐色的氧化鐵附著，推測所覆蓋的氧化鐵會影響其光合作用的效率，使水韭生長狀況受影響；另外在小水池周圍有陸生物種如莎蓋、栗蕨，會往小水池內生長，亦會影響光線到達水中，因此必須定期鋤草，以避免小水池中的台灣水韭因周圍生物干擾，而無法在當地完成其生活史。

二、台灣水韭的族群遺傳研究

目前檢測了台灣水韭的同功異構酵素約有近 20 種，其中可以分辨出基因座的有 4 種系統中的 6 種酵素(表十一)，約 10 個基因座，其中整個台灣水韭族群中皆屬於同型合子的有 4 個基因座，其餘皆含有異型合子，因此推測台灣水韭的生殖主要來自於有性生殖，藉由大小孢子的結合產生小孢子體，因此整個基因結構看來，並沒有趨於僵化的傾向。然仍需要後續繼續研究，針對更多不同酵素作檢測，以算出族群間、族群內的自交係數，正確的看出其族群遺傳結構。

夢幻湖深層土壤孢子活性(表十二)：將夢幻湖的深層土壤(一公尺)帶回實驗室，以 250μm 大小的篩孔過濾 30 公克土壤，(台灣水韭的大孢子大小約在 300 μm 左右)，將留於其上的孢子以夢幻湖水培養之，經過 40 天左右，約 40 公分以上的孢子萌芽，其他深度的土壤皆未萌芽(除了 100 公分的土壤萌發了一棵以外)，因此推論其土壤中的有活性的孢子位在 40 公分以上的土壤當中，其中 20 公分深的土壤中的孢子萌芽率最高，可達 20%，20-40 公分深的土壤孢子萌發率為 3%，另外再 100 公分深的土壤有一個孢子萌發，目前仍不知道原因為何，或許是深層土壤孢子萌發速度較慢，40-80 公分深的孢子尚未萌發，或許時間久一點就會萌發，這一點有待繼續研究討論。由孢子萌芽率的結果，可以得知台灣水韭的孢子活性可持續的時間，並且在後續的研究中可以將已萌發的孢子與現今台灣水韭之間的遺傳結構的比較，若是其分開的時間夠久，則可將之視為另一個族群，作為移植的對象，另一面亦可以避免台灣水韭的基因趨於僵化的現象。

六、建議與展望

未來對於棲地研究進行應著重在如何減緩夢幻湖的演替，建議可以從以下幾點著手：

1. 減緩陸生植物的入侵：陸生物種應經過長期評估，加以計劃後再與以除去。
2. 外來物種加以人為干預，並對於遊客民眾給予環境教育，避免因為遊客帶來的物種參與夢幻湖的演替，加速陸生植物入侵的速度。
3. 在夢幻湖的西側小水池中的墓碑，應予以干預，使前去燒香之人對於其焚燒紙錢後之殘遺物與以妥善處理。
4. 因為浚深區與湖區之水韭生長狀況沒有差異，因此這次浚深工作對水韭生長並無負面影響，然而是否會因為浚深使得夢幻湖地基變動而無法存水，這是未來要防範的，所以浚深的深度應該慎重考量，未來若再浚深，應該重新針對各面考量。
5. 因為夢幻湖旁的觀景平台，主要有教育的功能，若能在陽明山的其他有解說區與的地方種植台灣水韭，形成自然生態園，使遊客不必親身到夢幻湖區域，就能觀賞到水韭，藉此可以減緩夢幻湖受到遊客的干擾。

另外對於夢幻湖各種環境因子與台灣水韭生長狀況，若要確切知道彼此之間的因果關係，應該藉由實驗室的穩定環境的控制，個別針對不同物理因子對台灣水韭進行生理測試；或在實驗室進行釐清狹葉泥碳蘚與台灣水韭兩物種在生態上的關係；未來若能將深層土壤的孢子培育成成株，就能並與現有族群進行同功異構酵素的分析。另外未來應並對於在冷水坑與竹子湖境外保育的台灣水韭族群，進行長期監控，以協助其在當地完成生活史。

七、參考文獻

王如意、易任，1999。應用水文學，國立編譯館。

李瑞宗，1988。夢幻湖與鴨池之植物相分析。中華植物學會通訊 20：14

陳幸鐘，1975。七星山植物生態之研究。台灣大學植物所碩士論文。

張永達、楊冠政，1987。台灣水韭之生理研究。台灣師範大學生物所碩士論文。

張永達、楊冠政，1988。台灣水韭景天酸代謝現象之研究。師大生物學報 23。

黃淑芳，1982。台灣水韭的孢子生成及配子生成，台灣大學植物所碩士論文。

黃淑芳，1987。台灣水韭的胚胎發育，台灣大學植物所博士論文。

黃淑芳、楊國禎，1991 。夢幻湖傳奇-台灣水韭的一生，內政部營建署陽明山國家公園管理處，共 103 頁。

黃增泉、江蔡淑華、陳尊賢、黃淑芳、楊國禎、陳香君，1988。夢幻湖植物生態系之調查研究，內政部營建署陽明山國家公園管理處，共 142 頁。

鄭先祐，1987。陽明山國家公園夢幻湖生態保護區生態系之研究，陽明山國家公園委託研究。

劉聰桂，1990。夢幻湖及附近窪地之剖面分析及定年研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。

謝長富、黃增泉、楊國禎、謝宗欣，1990。陽明山國家公園稀有植物族群生態調查。內政部營建署陽明山國家公園管理處委託中華民國自然生態保育學會調查，p7-9。

Akcakaya, H. R., Burgman, M. A. and Ginzburg, L. R., 1999. Applied Population Ecology. Simauerr Associates, Inc. p74-75.

Britton, D.M. and Brunton. D. F., 1993. The spores and affinities of *Isoetes*

taiwanensis. Fern Gazette 14(2)：73-81.

Chang, H. J. and Hsu, K. S., 1977. *Isoetes taiwanensis* DeVol and its associates. Quart. J. J. Chinese For. 10(2)：138-142.

Clapham, A. R., Tutin, T. G. and Moore, D. M., 1987. Flora of the British Isles, Cambridge. P3.

DeVol, C. E., 1972. *Isoetes* found on Taiwan. Taiwania 17(1)：1-7.

Geroge, H. M., 1955. Taxonomy of vascular plants. The Macmillan company, New York. P335, 340.

Huang, T. C. and Chen, H. J., 1987-1988. The pollen analysis of the Dream Lake, Taipei, Yang Ming Shan National Park. J. Palynol. 23-24：213-216.

Hunag, T. C., Chen, H. J. and Li, L. C., 1992. A palynological study of *Isoetes taiwanensis* DeVol. Amer. Fern. J. 82(4)：142-150.

Pffeifer, N. E., 1922. Monograph of Isoetaceae. Ann. Miss. Bot. Gard. 9：76-232.

Soltis, D. E., Haufler, C. H., Darrow, D. C. and Gastony, G. J., 1983. Starch gel electrophoresis of ferns：a compilation of grinding buffers, gel and electrode buffers, and staining schedules. Am. Fern. J. 73：9-27.

分析軟體：SPSS 8.0

書名：台灣水韭棲地及其族群遺傳之研究
發行人：蔡百祿
出版機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處
地址：臺北市士林區竹子湖路 1-20 號
電話：(02)28613601
網址：www.cpami.gov.tw/ymsnp/ymshome.htm
著作者：
計劃受託單位：中華民國國家公園學會
計劃主持人：張永達
出版年月：中華民國 90 年 12 月
版次：初版