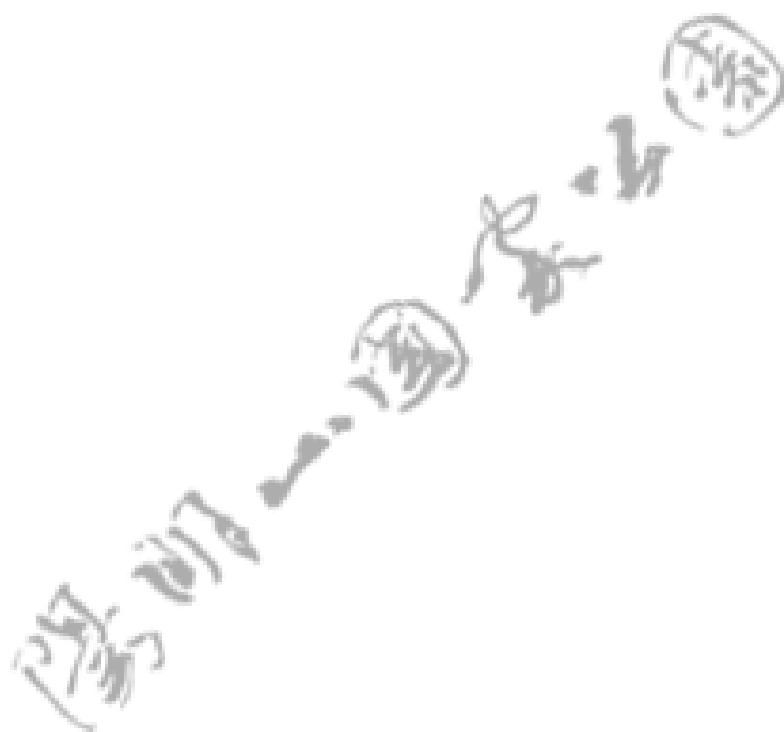


夢幻湖水生態系及水韭棲地復育監測計畫



內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十三年十二月

PG9303-0613

093301020300G1009

夢幻湖水生生態系及水韭棲地復育監測計畫

受託者：中華民國自然與生態攝影學會

研究主持人：張永達

研究員：郭章儀、謝育慈、賴奕佐、洪淑珍

、劉原光

研究助理：張瑞謙、許長青

內政部營建署陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國九十三年十二月

目次

表次.....	II
圖次.....	III
摘要.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究緣起與背景.....	1
第二節 研究目的.....	2
第二章 研究方法.....	2
第三章 結果與討論.....	3
第一節 水韭棲地復育監測.....	3
第二節 環境因子分析.....	7
第三節 植被之變化.....	23
第四章 研究發現.....	30
第一節 夢幻湖之植被消長.....	30
第二節 雨量與水位變化.....	30
第三節 夢幻湖水流失之可能原因.....	31
第四節 影響水韭生長之因素.....	35
第五節 台灣水韭保育之策略.....	38
第五章 結論與建議.....	39
參考書目.....	41

表次

表 3-2-1:93 年夢幻湖降雨情形.....	17
表 3-2-2:93 年夢幻湖浚深區水位變化.....	17
表 3-2-3:90 年至 93 年夢幻湖降雨情形.....	18
表 3-2-4:90 年至 93 年夢幻湖浚深區水位變化.....	18
表 3-2-5 夢幻湖水中離子含量、pH 值比較表.....	20
表 3-2-6:90 年 4 月至 93 年 11 月夢幻湖樣區植被分佈表.....	25

圖次

圖 3-1-1:92 年 1 月 21 日湖區水毛花	4
圖 3-1-2:92 年 10 月 3 日湖區水毛花	4
圖 3-1-3:93 年 1 月 17 日湖區水毛花	4
圖 3-1-4:93 年 2 月 18 日湖區水毛花	4
圖 3-1-5:93 年 4 月 2 日湖區水毛花	4
圖 3-1-6:93 年 6 月 1 日湖區水毛花	4
圖 3-1-7:93 年 7 月 18 日湖區水毛花	4
圖 3-1-8:93 年 8 月 31 日湖區水毛花	4
圖 3-1-9:93 年 2 月 24 日淺碟狀淺深處植被之變化	5
圖 3-1-10:93 年 4 月 2 日湖西側水井邊植被變化及岸邊水韭幼苗	5
圖 3-1-11:93 年 5 月 11 日淺碟狀淺深處植被之變化	5
圖 3-1-12:93 年 7 月 18 日湖西側水井邊植被變化	6
圖 3-1-13:93 年 9 月 9 日淺碟狀淺深處植被之變化	6
圖 3-1-14:93 年 11 月 22 日湖西側水井邊植被之變化	6
圖 3-1-15:建議植被移出區域	6
圖 3-1-16:枯萎植被之移除及植被厚度	7
圖 3-2-1:93 年 2 月夢幻湖光量圖	8
圖 3-2-2:93 年 4 月夢幻湖光量圖	8
圖 3-2-3:93 年 5 月夢幻湖光量圖	8
圖 3-2-4:93 年 7 月夢幻湖光量圖	9
圖 3-2-5:93 年 6 月夢幻湖光質分佈圖	9
圖 3-2-6:93 年 7 月夢幻湖光質分佈圖	9
圖 3-2-7:93 年 7、8 月夢幻湖光質分佈圖	10
圖 3-2-8:93 年 10 月夢幻湖光質分佈圖	10

圖 3-2-9:93 年 11 月 22 日夢幻湖光質分佈圖.....	10
圖 3-2-10:93 年 11 月 29 日夢幻湖光質分佈圖.....	11
圖 3-2-11:93 年夢幻湖光質分佈圖.....	11
圖 3-2-12:93 年 2 月夢幻湖之溫度比較圖.....	12
圖 3-2-13:93 年 4 月夢幻湖之溫度比較圖.....	12
圖 3-2-14:93 年 5 月夢幻湖之溫度比較圖.....	13
圖 3-2-15:93 年 7 月夢幻湖之溫度比較圖.....	13
圖 3-2-16:93 年 1 月夢幻湖雨量深度圖.....	14
圖 3-2-17:93 年 2 月夢幻湖雨量深度圖.....	14
圖 3-2-18:93 年 5 月夢幻湖雨量深度圖.....	14
圖 3-2-19:93 年 6 月夢幻湖雨量深度圖.....	15
圖 3-2-20:93 年 7 月夢幻湖雨量深度圖.....	15
圖 3-2-21:93 年 9 月夢幻湖雨量深度圖.....	16
圖 3-2-22:93 年 10 月夢幻湖雨量深度圖.....	16
圖 3-2-23:93 年 11 月夢幻湖雨量深度圖.....	17
圖 3-2-24:90 年至 93 年夢幻湖每日不同累積雨量佔全年日數百分比之變化情形.....	19
圖 3-2-25:90 年至 93 年夢幻湖淺深區每日不同平均水位深度佔全年日數百分比之變化情形.....	19
圖 3-2-26:93 年夢幻湖水 pH 值之變化.....	20
圖 3-2-27:93 年夢幻湖水氯離子濃度之變化.....	20
圖 3-2-28:93 年夢幻湖水硝酸根離子濃度之變化.....	21
圖 3-2-29:93 年夢幻湖水磷酸根離子濃度之變化.....	21
圖 3-2-30:93 年夢幻湖水硫酸根離子濃度之變化.....	21
圖 3-2-31:93 年夢幻湖水鐵離子濃度之變化.....	22
圖 3-2-32:93 年夢幻湖水亞鐵離子濃度之變化.....	22

圖 3-2-33：夢幻湖觀測植被變化樣區位置圖	23
圖 3-2-34：九十三年五月樣區植被圖	24
圖 3-2-35：九十三年七月樣區植被圖	24
圖 3-2-36：九十三年九月樣區植被圖	24
圖 3-2-37：九十三年十一月樣區植被圖	24
圖 3-2-38：90 年 4 月至 93 年 11 月夢幻湖樣區植被分佈情形	25
圖 3-2-39：九十年六月空照圖	27
圖 3-2-40：九十年六月夢幻湖植被分佈圖	27
圖 3-2-41：九十一年六月空照圖	27
圖 3-2-42：九十一年六月夢幻湖植被分佈圖	27
圖 3-2-43：九十二年七月空照圖	28
圖 3-2-44：九十二年七月夢幻湖植被分佈圖	28
圖 3-2-45：九十三年七月空照圖	28
圖 3-2-46：九十三年七月夢幻湖植被分佈	28
圖 3-2-47：九十年夢幻湖植被比例圖	29
圖 3-2-48：九十一年夢幻湖植被比例圖	29
圖 3-2-49：九十二年夢幻湖植被比例圖	29
圖 3-2-50：九十三年夢幻湖植被比例圖	29
圖 4-2-1：枯萎之白背芒及白背芒之落葉	31
圖 4-3-1：91 年 6 月雷馬遜颱風後至 6 月 25 日左右湖水乾涸	32
圖 4-3-2：93 年 7 月敏都利颱風後至 7 月 15 日左右湖水乾涸	32
圖 4-3-3：夢幻湖地形圖，圓點為地下之出水口位置	33
圖 4-3-4：夢幻湖剖面模式圖，箭頭所指為湖水流出位置。	33
圖 4-3-5：由七星山觀察夢幻湖之空照圖，右上方稜線延伸至與柳杉接觸之位置，即為夢幻湖地下出水口之位置。	34
圖 4-3-6：夢幻湖南側植被下方之湖面龜裂	34

圖 4-4-1：夢幻湖中會以水韭為食物的龜類.....	38
圖 4-4-2：被啃食的台灣水韭.....	38
圖 4-4-3：台師大分部校園之水韭培養池.....	39

陽明國家公園

摘要

關鍵詞：陽明山國家公園、夢幻湖、台灣水韭、保育

一、研究緣起

在國家公園內進行長期生態研究，一方面可作為『台灣長期生態研究網』之一環，觀察全球環境變遷是否會影響到陽明山地區獨特生態系；另一方面則配合國家公園管理需求，監測遊憩活動等人為干擾的影響，做為國家公園制訂政策、規劃發展之參考，使國家公園更能有效的進行資源管理以及永續發展。張等人在九十年受委託進行陽明山國家公園長期生態研究規劃，綜合該研究結果，建議近程中在陽明山國家公園應即刻規劃長期進行之生態研究項目有：夢幻湖環境之變遷及生態保護區生態系之研究；鹿角坑溪生態系之研究；對環境敏感及潛在災害地區之調查研究；動、植物及環境資料庫之持續建置等。

陽明山國家公園位於台北市近郊是目前台灣地區最北端的國家公園，面積一萬一千四百五十六公頃，為台灣最主要的火山區，位於園區內七星山東側的夢幻湖為台灣水韭的自然棲地。

近年來，夢幻湖濕地有急速朝向陸化消長之趨勢，夢幻湖濕地的環境變化將影響台灣水韭的族群存續，因此，對該濕地的監控，瞭解其物化因子等環境之變遷、植被之演替及減緩陸化之趨勢對於保育台灣水韭應有正面積極的意義，這也是政府及民間應積極投入關注的議題。

二、研究方法及過程

甲：水韭棲地復育監測

監測前一年度移除植被之樣區，以能使台灣水韭在該棲地重新生長，為主要目的，對於持續入侵之陸生物種繼續進行移除。

乙：夢幻湖水生生態系演替之監測

1. 蒐集雨量、淺深區水深、日照等變化之基礎資料，以了解與植被變化之相關性，以做為台灣水韭保育之參考。
2. 定期採集夢幻湖湖水，利用酸鹼度計進行水質之酸鹼度檢測，利用滴定法測定水中離子含量，以探討水質之變化及與夢幻湖水生生態系演替之關係。
3. 93年7月26日以空拍及實地觀察等方式記錄夢幻湖水生生態系植被之變化，並估算各主要植被所佔棲地之比例，以瞭解夢幻湖水生生態系植被之演替方向及演替速度。
4. 每季觀察並記錄前兩年度在湖區所設樣區之植被變化，並以電腦軟體估算各主要植被所佔棲地之比例，以佐證空拍分析之結果。

三、重要發現

在樣區台灣水韭及狹葉泥炭蘚所佔之面積比例，由 90 年 4 月 27.8% 的降至 92 年 7 月消失後，即不再恢復。樣區中原約佔棲地面積 15% 的針蘭至 92 年 7 月也消長掉，在樣區不再出現。本年度樣區植被以茅蓋及水毛花為優勢種，並有陸生物種白背芒開始出現，顯示其陸化消長之趨勢。夢幻湖中台灣水韭及狹葉泥炭蘚所佔之棲地面積比例，也呈現了逐年減少之趨勢。90 年台灣水韭及狹葉泥炭蘚所佔之棲地面積百分比為 55%，至 91 年減少為 24.1%，92 年更減少為 8.77%，93 年再進一步減少至 4.8%。

分析比較空拍與設置樣區調查夢幻湖植被，並與民國 90 年、91 年與 92 年之差異，結果發現台灣水韭生存的空間有繼續被針蘭、茅蓋、柳葉箬、白背芒壓縮的趨勢。樣區調查的結果顯示台灣水韭與狹葉泥炭蘚在樣區被壓縮至不再出現，針蘭、柳葉箬、白背芒的面積分布比例提高，同時調查夢幻湖之雨量與湖水深度，與前兩年相比，其雨量有增加，深度亦有上升之情況，其植被之演替應與雨量及湖水水位有關。

雨後大約十天左右，如無雨水補注，淺深區即將成乾涸狀，顯示湖水由東南方出水口流失之速度仍然無減緩之趨勢。以保育台灣水韭而言，地下逕流應設法阻絕，以減緩湖水流失之速度。

四、主要建議事項

本研究就台灣水韭之保育及夢幻湖之經營管理提出下列建議：

建議一

夢幻湖生態系植物殘體之移除：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

協辦機關：國立台灣師範大學生命科學系

經今年度對夢幻湖植被之調查分析，發現植物殘體數量增加，尤其因雨量增加，及水位提高及維持時間較長，導致部份陸生植物物種如白背芒死亡，累積之植物殘體自然分解時間較長，因此建議以人為方式進行清理。

建議二

夢幻湖生態系植被之移除：報經內政部營建署同意後進行

主辦機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

協辦機關：國立台灣師範大學生命科學系

由於夢幻湖部份地區植被之厚度，已超過二十公分以上，例如：

芋蓋、針蘭與水毛花，若其無法自然死亡分解，台灣水韭完全無競爭之優勢，土壤中的孢子也無法萌發。因此，建議此部份之植被應予移除。然而，生態保護區植被移除之工作仍須請主管官署同意後為之。

建議三

夢幻湖水泥步道變更：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

由於夢幻湖湖水無法長期維持，雨停後湖水由地下逕流經東南側出水口流失，應是導致陸化之主因。因此，湖區周圍之水泥步道，應改變設計方式，以阻絕其地下逕流。改以泥巴路，或鋪以碎石子，或改以不連續之水泥塊，皆是可以嘗試之方式。

建議四

夢幻湖生態系之監測：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

協辦機關：國立台灣師範大學生命科學系

夢幻湖長期生態資料之收集至為重要，無論植被是否進行清理，步道是否變更設計方式，夢幻湖植被之演替，光照、光質、溫度、雨量、水深變化、植被演替、乃至於伴生之動植物，應再持續觀察，以收集長時間之資料，作為尋求最佳棲地復育策略之參考。

建議五

域外保育：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

協辦機關：國立台灣師範大學生命科學系

水韭生長之條件及其不利之因素已經累積相當之資料可供營造模擬台灣水韭棲地之參考，該棲地之營造除有利於物種之保育外，也將有利於解說教育及提高國家公園在物種保育及民眾教育上之功效，應值得積極進行。

Abstract

The Dream Lake in Yanmingshan National Park is the smallest area of ecological restoration area in Taiwan. The conservation of *Isoetes taiwanensis* DeVol is one of the main goals of the restoration area. In this study, aerial photography of Dream Lake was compared with that in 2001, 2002, 2003, the superficial measure for the vegetation showed that the habitat area for *Isoetes taiwanensis* has decreased further, but the area for *Eleocharis congesta*, *Sphaerocaryum malaccense*, *Isachne globosa*, *Miscanthus floridulus* has increased. As the result of comparing the investigation in sampling area, it is obvious that the superficial measure of *Isoetes taiwanensis* and *Sphagnum cuspidatum* is not any more from year 2003, it was not recovered this year. The superficial measure of *Eleocharis congesta*, *Isachne globosa*, *Miscanthus* has increased.

At the same time, the precipitation and the depth of the Dream Lake were investigated to compare the relationship with the vegetation succession in the Dream Lake. Compared with that in 2001, 2002, 2003, it is showed that the precipitation and the depth in Dream Lake were increased in this year. It is worthy to study in advance to resolve the relationship between the vegetation succession and the precipitation and depth in the Dream Lake.

Due to reduce the competition pressure for *Isoetes taiwanensis* from other plants, the artificial treatments to reduce the coverage of other plants to release the habitats for *Isoetes taiwanensis* were needed.

It is suggested that for the reason of the conservation for *Isoetes taiwanensis* in the Dream Lake and Yanmingshan National Park, the subjects of the succession of the ecosystem in Dream Lake and the conservation and investigation of the habitat of *Isoetes taiwanensis* are worth to study further. For the purpose of reducing the underground water outflow, the cement floor around the east and south-east side of Dream Lake could be suggested to change to be discontinued.

Key Words: Yanmingshan National Park、Dream Lake、conservation、*Isoetes taiwanensis* DeVol.

Key words: Yanmingshan National Park, Dream Lake, *Isoetes taiwanensis* DeVol, Conservation

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

在國家公園內進行長期生態研究，一方面可作為『台灣長期生態研究網』之一環，觀察全球環境變遷是否會影響到陽明山地區獨特生態系；另一方面則配合國家公園管理需求，監測遊憩活動等人為干擾的影響，做為國家公園制訂政策、規劃發展之參考，使國家公園更能有效的進行資源管理以及永續發展。然而在一個完整長期生態研究所需耗費的人力及物力極為龐大，所以事先詳盡的規劃是極為重要的；且因人力及經費上的限制，在執行上亦有重要程度及先後順序之分。張等人在九十年受委託進行陽明山國家公園長期生態研究規劃，綜合該研究結果，建議近程中在陽明山國家公園應即刻規劃長期進行之生態研究項目有：夢幻湖環境之變遷及生態保護區生態系之研究；鹿角坑溪生態系之研究；對環境敏感及潛在災害地區之調查研究；動、植物及環境資料庫之持續建置等（張等人，2002）。

陽明山國家公園位於台北市近郊是目前台灣地區最北端的國家公園，面積一萬一千四百五十六公頃，為台灣最主要的火山區，位於園區內七星山東側的夢幻湖為台灣水韭的自然棲地。

1971 年徐國士先生、張惠珠女士在七星山東麓舊稱鴨池的夢幻湖中首度發現台灣水韭 (*Isoetes taiwanensis* DeVol) (Chang & Hsu, 1977)，隔年由棟慕華教授發表第一篇有關台灣水韭的論文 (DeVol, 1972)。時至今日夢幻湖仍是台灣水韭唯一自然之棲息地。

台灣水韭是多年生水生植物，在分類上屬於蕨類植物門 (Pteridophyta)、石松綱 (Lycopside)、水韭目 (Isoetales)、水韭科 (Isoetaceae)、水韭屬 (*Isoetes* spp.) (Flora of Taiwan Vol.1, 1983)。全世界水韭種類在 1922 年時約為 64 種 (Pfeiffer, 1922)，之後陸續增加至 150 種 (Taylor and Hickey, 1992) 或有報告指稱已有 400 種 (Srivastava et al., 1993)，大多分布在溫帶地區之沼澤 (黃、楊，1991)。

台灣水韭葉形細長，叢生於球莖上，綠色稍透明，基部寬胖白色，為大小孢子囊生長處，葉長約五到二十公分，內具四條氣道，球莖三至四瓣，根呈雙分叉以協助固著。生殖時利用葉基部產生的大小孢子囊，分別可以產生大孢子及小孢子，孢子囊成熟期為八至十月，九至十二月間孢子囊破裂，帶有孢子囊的斷裂葉片隨水漂流協助孢子的散佈，大孢子產生卵與小孢子產生的精子結合形成受精卵，受精卵再發育為成株 (黃，1982)。

依台灣水韭的生活習性及外部特徵，可將其歸類為台灣特有種。冬季原生育地陽明山夢幻湖為豐水期，台為水韭可為沉水植物，夏季枯水期則可為挺水植物，但由於底泥濕潤，有助於台灣水韭渡過枯水期。曾有學者嘗試將其移植至鴛鴦湖、姊妹潭等地，但都沒有成功。由於其棲地之侷限性，更顯出夢幻湖對保存台灣水韭之重要性及該物種之脆弱需要保護，因此，2001 年以前政府於文化資產

保存法中明令將該物種列入應保育之珍貴稀有植物名單中。至 2001 年 9 月 27 日公告解除。公告解除指定之珍貴稀有植物包含台灣水韭、台東蘇鐵、蘭嶼羅漢松等三種。依據文化資產保存法公告解除指定之三種珍貴稀有植物，係為落實棲地域內物種保育及域外物種繁衍、推廣之需，未來其位於保護區域（如自然保留區、國家公園等）內之族群，仍將受到嚴格保護及管理；至於該物種之域外繁衍、推廣部分，則將不受該法之規範，對於其族群之維護應有正面之功效。

夢幻湖水域範圍長約八十公尺寬約四十公尺，水深僅約十至三十公分，由於水深不足，因此，稱其為「夢幻溼地」或許較為恰當，夏季因溫度高、水分的蒸發量大，另因湖水由湖東南側之地下出水口流出導致夢幻湖常呈現乾涸狀態。

在夢幻湖中與台灣水韭共生之植物有：七星山穀精草(*Eriocaulon chishingsanensis* Chang)、水毛花(*Schoenoplectus mucronatus*(L.)Palla subsp. *robustus*(Miq.)T. Koyama)、燈心草(*Juncus effusus* L. var. *decipiens* Buchen.)、日本針蘭(*Eleocharis congesta* D. Don subsp. *japonica* (Miq.)T. Koyama)、芋蓋(*Sphaerocaryum malaccense*(Trin.)Pilg.)、柳葉箬(*Isachne globosa* (Thunb.) O. Kuntze)、狹葉泥炭藓(*Sphagnum cuspidatum* Ehrh.)、華薺(*Eleocharis dulcis*(Burm.f.)Trin ex Henschel)及白背芒等植物。早期溼地內有七星鱧等魚類，但在 1992 年嚴重乾旱後，夢幻湖溼地內七星鱧已絕跡。夢幻湖濕地的環境變化將影響台灣水韭的族群存續，因此，對該濕地的監控，瞭解其物化因子等環境之變遷、植被之演替及減緩陸化之趨勢對於保育台灣水韭應有正面積極的意義，這也是政府及民間應積極投入關注的議題。

第二節 研究目的

1. 監測前一年度移除植被之樣區，瞭解其植被之演替趨勢及台灣水韭在該棲地復育之情況，以做為持續保育之參考。
2. 瞭解湖區湖水流失之原因，並研擬因應之策略，以減緩夢幻湖生態保護區消長陸化之速度。
3. 了解與植被之消長，並蒐集雨量、淺深區水深、日照、水質變化等基礎資料，進一步探討水質之變化及與夢幻湖水生生態系演替之關係，做為台灣水韭保育之參考。

第二章 研究方法

甲：水韭棲地復育監測

1. 監測前一年度移除植被之樣區，以能使台灣水韭在該棲地重新生長，為主要目的，對於持續入侵之陸生物種繼續進行移除。
2. 另選擇湖區東南側靠近出水口方向之區域，除移除草本植被，並在潮濕有水

3. 之時機進行適度之浚深，打起泥漿以期填補土壤之縫隙，觀察湖水流失速度之變化。

乙：夢幻湖水生態系演替之監測

1. 蒐集雨量、浚深區水深等變化之基礎資料，以了解與植被變化之相關性，以做為台灣水韭保育之參考。
2. 在浚深區北側設置雨量深度計，每月蒐集分析其資料，以瞭解其雨量與湖水深度之變化，並藉以估算湖水流失之速度。
3. 每季以 LiCor 1000、LiCor 1800 等儀器日照及溫度變化等基礎資料，並比對其與植被變化之相關性。
4. 每二月採集夢幻湖湖水，利用酸鹼度計進行水質之酸鹼度檢測，利用滴定法測定水中離子含量，比對其水質之變化與台灣水韭生長之關係，以進一步探討水質之變化及與夢幻湖水生態系演替之關係。
5. 預計於九十三年七月間（前三年空拍之時間分別為：90 年 6 月 7 日、91 年 6 月 7 日、92 年 7 月 24 日）以空拍及實地觀察等方式記錄夢幻湖水生態系植被之變化，並以電腦軟體 photoshop 估算各主要植被所佔棲地之比例，以瞭解夢幻湖水生態系植被之演替方向及演替速度。
6. 每季觀察並記錄前兩年度在湖區所設樣區之植被變化，並以電腦軟體估算各主要植被所佔棲地之比例，以佐證空拍分析之結果。

第三章 結果與討論

第一節 水韭棲地復育監測

一、夢幻湖湖區定點監測

比較本年度由觀景平台西向湖中心拍攝之水毛花分佈情形，與前一年度之圖片比對，可以看出發現 92 年 1 月 21 日所拍攝圖片中之水毛花幼苗已於本年度長成成株，因此水毛花在此區域所佔據之範圍有擴大之趨勢。由 93 年 2 月至 6 月所拍攝的圖片（圖 3-1-4 至圖 3-1-6）中可以看出，92 年的成株已於此時期枯萎，倒伏的植物枝葉增加夢幻湖植被厚度及腐殖質量，也會影響水韭幼苗之發育及生長。

圖 3-1-1：92 年 1 月 21 日湖區水毛花



圖 3-1-2：92 年 10 月 3 日湖區水毛花



圖 3-1-3：93 年 1 月 17 日湖區水毛花



圖 3-1-4：93 年 2 月 18 日湖區水毛花



圖 3-1-5：93 年 4 月 2 日湖區水毛花



圖 3-1-6：93 年 6 月 1 日湖區水毛花



圖 3-1-7：93 年 7 月 18 日湖區水毛花



圖 3-1-8：93 年 8 月 31 日湖區水毛花



二、淺碟狀浚深處植被之變化

由圖 3-1-9 至圖 3-1-14 湖西側水井邊以及淺碟狀浚深處植被之變化情形可以看出，棲地空出，水韭有機會可以重新長出。但由於雨量、水位以及範圍不夠大之關係，針蘭、草蓋、柳葉箬等植被仍會侵入。

圖 3-1-9：93 年 2 月 24 日淺碟狀浚深處植被之變化



圖 3-1-10：93 年 4 月 2 日湖西側水井邊植被變化及岸邊水韭幼苗



圖 3-1-11：93 年 5 月 11 日淺碟狀浚深處植被之變化



圖 3-1-12：93 年 7 月 18 日湖西側水井邊植被變化



圖 3-1-13：93 年 9 月 9 日淺碟狀淺深處植被之變化



圖 3-1-14：93 年 11 月 22 日湖西側水井邊植被之變化



三、植被移除

夢幻湖濕地的陸化，將使台灣水韭逐漸在夢幻湖喪失競爭之優勢，嚴重將導致該族群之滅絕。原建議進行湖區南側之白背芒、荳蔻、柳葉箬、針蘭等植被移除，並適度浚深以泥漿填補地表裂隙，減緩其陸化之趨勢。植被移除之區域建議如圖下方圈出之範圍，面積約四百平方公尺，以人工方式施工，移除之植被以草本植物為主。在移除植被時，同時記錄並標示地表裂隙之位置，待積水時，再以人工耕除踩踏之方式填補裂隙，移除之植被可堆置於步道另一側。

建議植被移除之範圍中，右下角東南側植被以白背芒為主，其地勢應離湖心越遠越高，實際執行植被移除時，可斟酌實際狀況比湖心高出二十公分之區域。

圖 3-1-15：建議植被移出區域



由於夢幻湖為生態保護區，人為干擾需審慎為之，並經主管官署審核同意，

始可進行。

經於 93 年 4 月 12 日內政部營建署召集專家審核後建議持續觀察棲地演替及復原情況。因此，在夢幻湖東南側，先移除部份植被枯萎之區域，進行小範圍之觀測。

圖 3-1-16：枯萎植被之移除及植被厚度（93 年 6 月 1 日拍攝）



第二節 環境因子分析

一、光照

LiCor 1000 所測得之夢幻湖光量強度之比較

利用 LiCor 1000 測量夢幻湖光強度之變化，測量日期為 93/2/19~93/2/22、93/4/12~93/4/18、93/5/21~93/6/2、93/7/8~93/7/15，其中只有 2 月時淺深區水位較深，才進行水中光量測定。

圖 3-2-1：93 年 2 月夢幻湖光量圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

93年2月夢幻湖光量比較圖

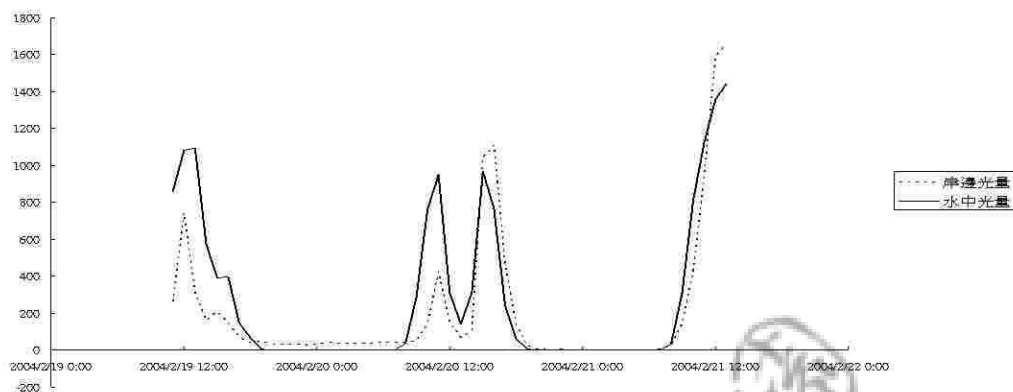


圖 3-2-2：93 年 4 月夢幻湖光量圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

93 年 4 月夢幻湖光量比較圖

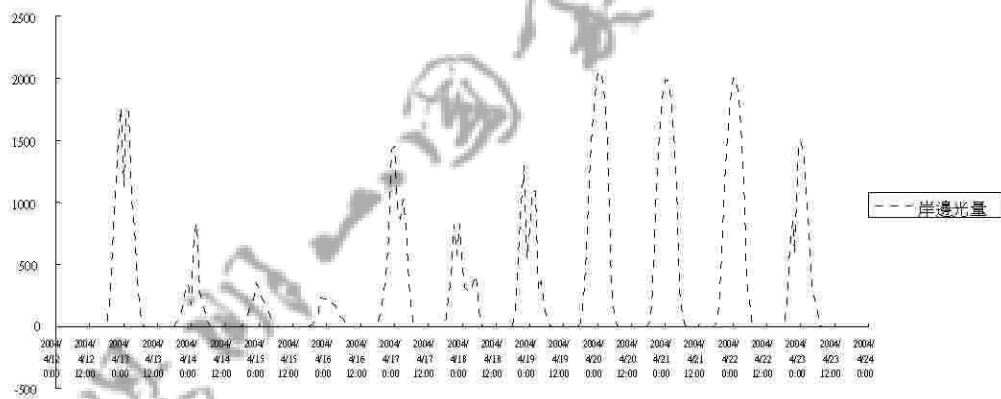


圖 3-2-3：93 年 5 月夢幻湖光量圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

93年5月夢幻湖光量圖

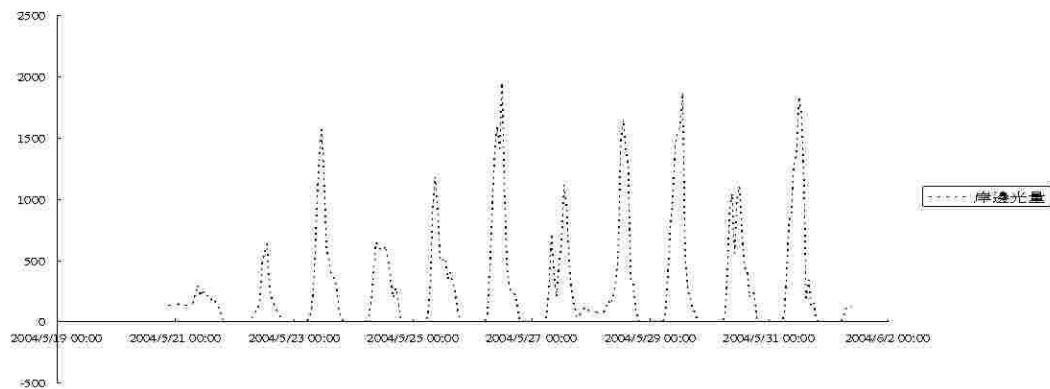


圖 3-2-4：93 年 7 月夢幻湖光量圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

93年7月夢幻湖光量圖

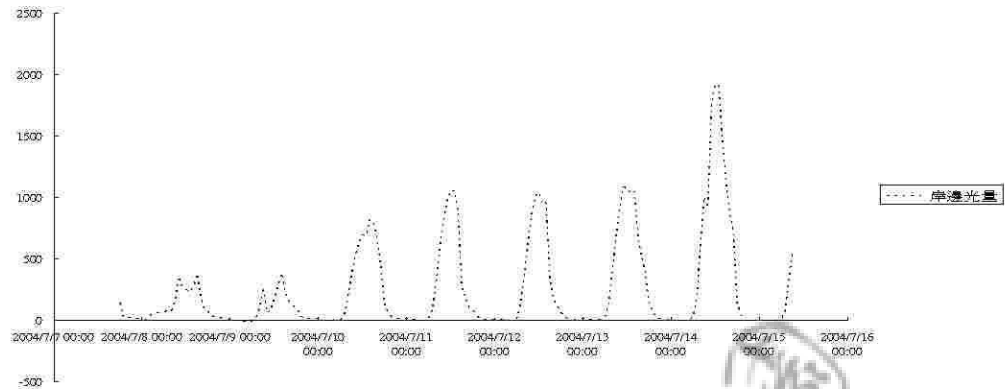


圖 3-2-5：93 年 6 月夢幻湖光質分佈圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

民國93年6月18日夢幻湖光質比較

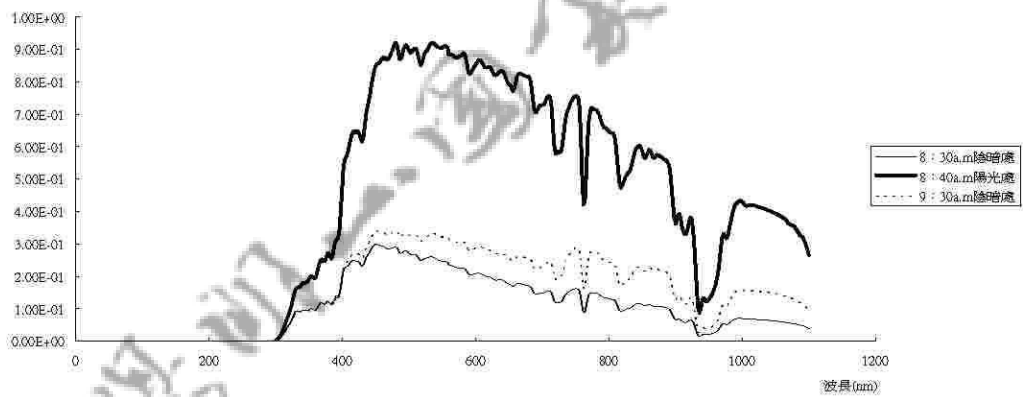


圖 3-2-6：93 年 7 月夢幻湖光質分佈圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

民國93年7月11日夢幻湖之光質分析圖

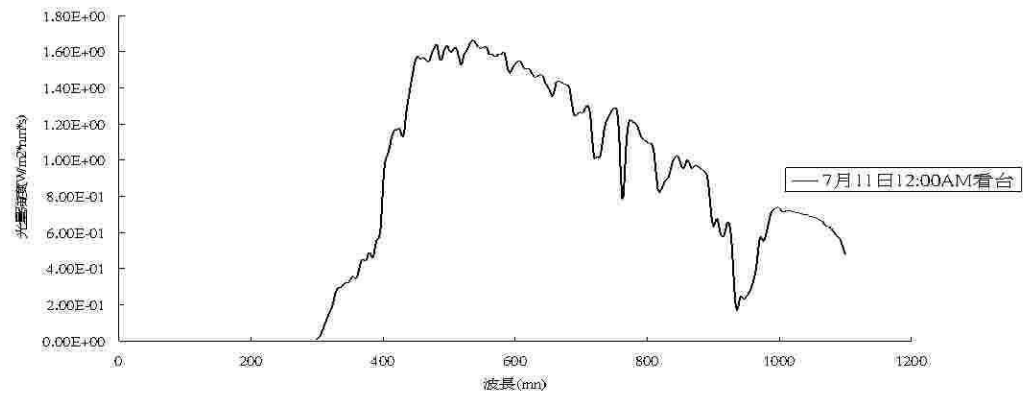


圖 3-2-7：93 年 7、8 月夢幻湖光質分佈圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

民國93年7月27日夢幻湖之光質分析圖

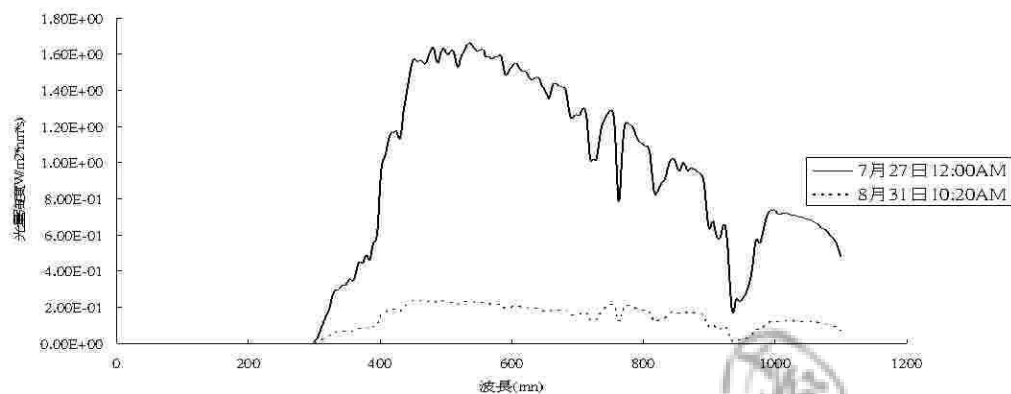


圖 3-2-8：93 年 10 月夢幻湖光質分佈圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

民國93年10月1日夢幻湖之光質分析圖

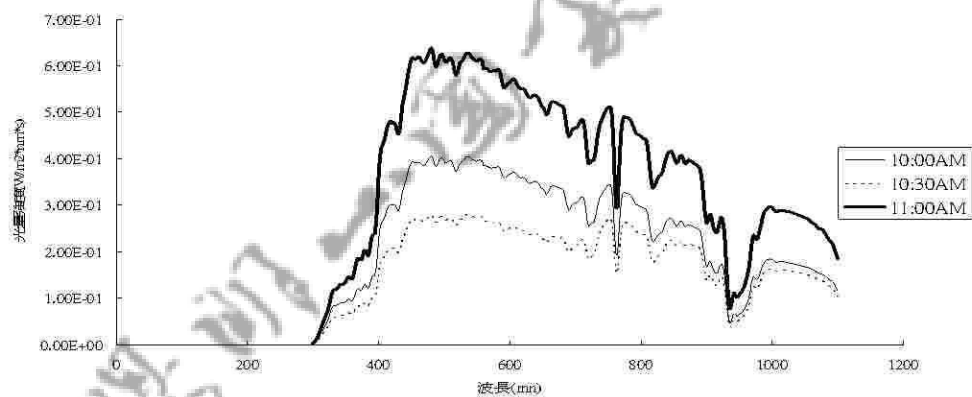


圖 3-2-9：93 年 11 月 22 日夢幻湖光質分佈圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

民國93年11月22日夢幻湖之光質分析圖

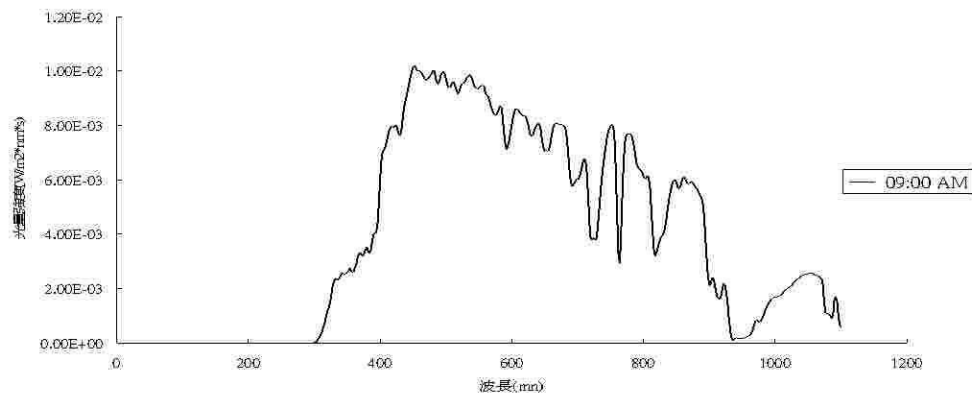
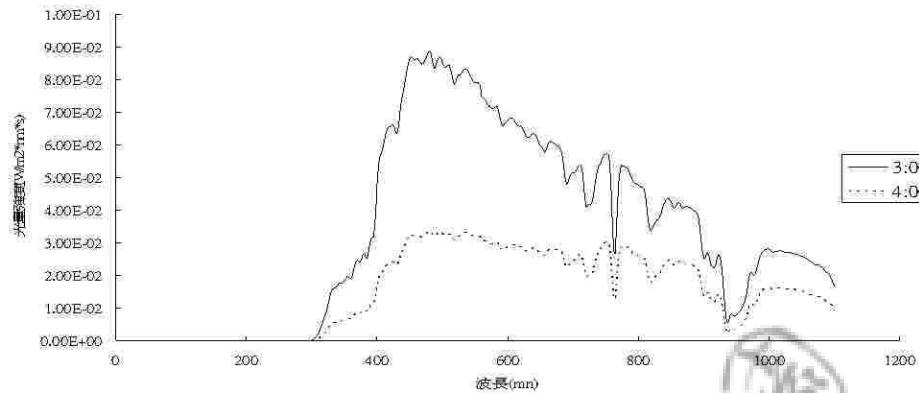
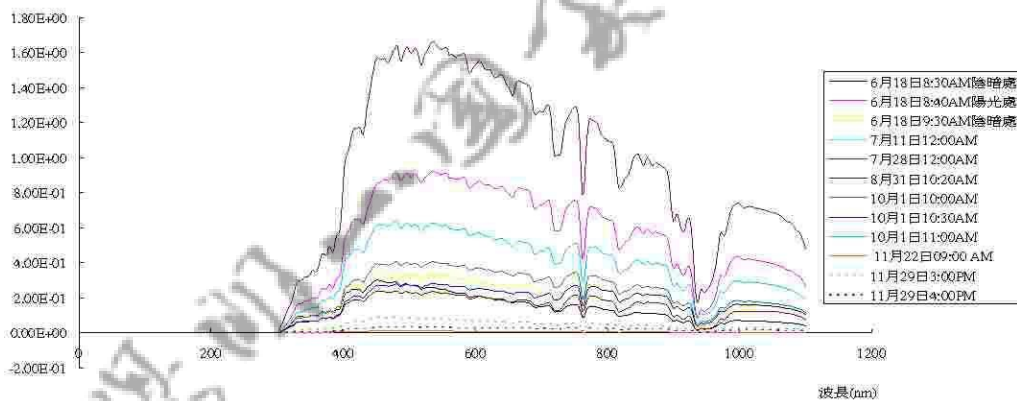


圖 3-2-10：93 年 11 月 29 日夢幻湖光質分佈圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

民國93年11月29日夢幻湖之光質分析圖

圖 3-2-11：93 年夢幻湖光質分佈圖 (y 軸單位： $\mu\text{mole}/\text{m}^2\text{s}$)

民國93年6、7、8、10、11月夢幻湖光質比較



利用 LiCor1000 測量夢幻湖光強度變化如圖 3-2-1 至圖 3-2-3，光強度仍以夏季光線較冬季強。由於七月間將 LiCor1000 與雨量深度計 Stallogger 等儀器放置於夢幻湖，93 年 8 月 24 日艾莉颱風侵襲台灣，夢幻湖水位超出儀器放置位置之高度，導致儀器淹沒進水故障，LiCor1000 無法使用，請廠商維修不及，因此，只記錄至五月。93 年 6 月至 11 月間用 LiCor1800 測量夢幻湖區光質之分佈情形如圖 3-2-4 至 3-2-9，彙整如圖 3-2-10。由彙整圖 3-2-10 可以看出，在弱光情況下，可見光（波長 400-700nm）所佔之比例下降得較遠紅光部份多。光照強度及長度較長時，將影響台灣水韭之生長，尤其在葉片數目及葉片之長度上（Chang, 1997；張、楊、童，1991），因此，在弱光環境下，遠紅光比例增加是否影響台灣水韭之生長，值得進一步探討。

二、溫度

以 LiCor 1000 所測得之夢幻湖淺深區之氣溫、土溫、水溫比較圖，測量日期為 93/2/19~93/2/22、93/4/12~93/4/18、93/5/21~93/6/2、93/7/8~93/7/15 結果如圖 3-2-11 至圖 3-2-14。由圖可看出氣溫高於土溫，而水溫則日夜溫差較小。二月間高溫亦可達 25°C，四月某些日子日夜溫差大，高溫可達 35°C，夜晚可降至 10°C 以下，日夜溫差可達 20 度。五月間日夜溫差異大，高溫可達 30°C，低溫則在 15°C 左右，七月日夜溫差縮小，溫度在，20°C 及 30°C 之間。

圖 3-2-12：93 年 2 月夢幻湖之溫度比較圖

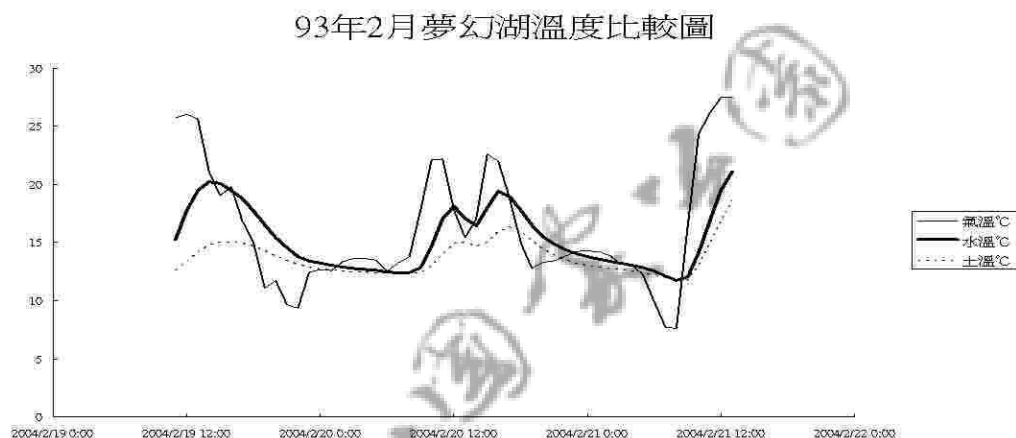


圖 3-2-13：93 年 4 月夢幻湖之溫度比較圖

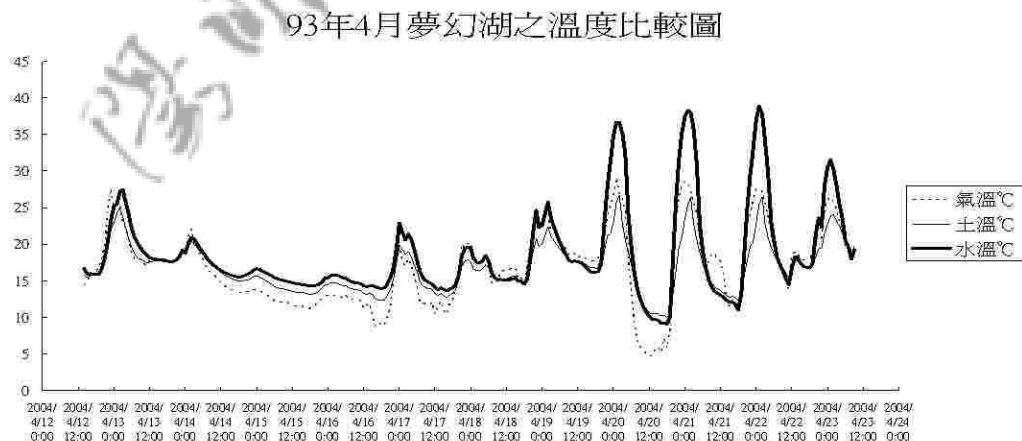


圖 3-2-14：93 年 5 月夢幻湖之溫度比較圖

93年5月夢幻湖溫度比較圖

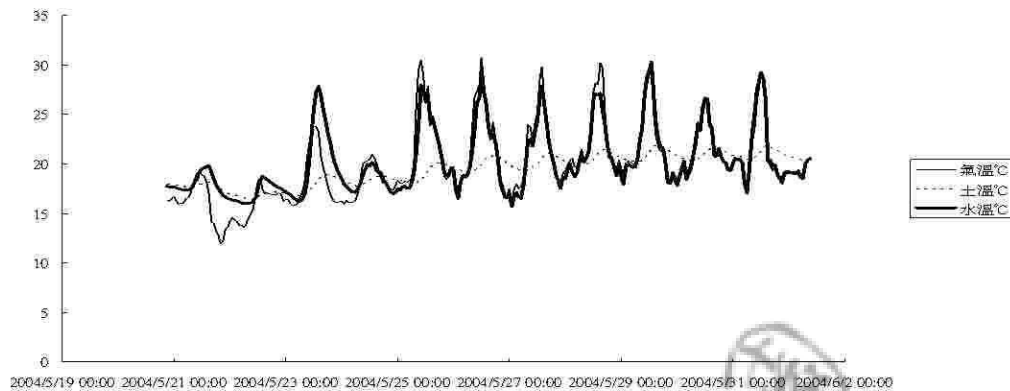
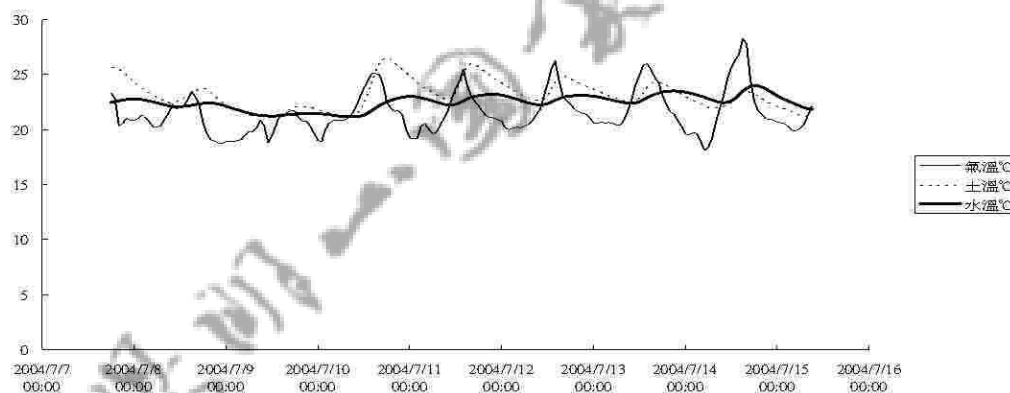


圖 3-2-15：93 年 7 月夢幻湖之溫度比較圖

93年7月夢幻湖溫度比較圖



三、雨量與深度

1. 以 starlogger 雨量深度計測得之雨量及深度變化

本年度利用 Starlogger 記錄夢幻湖雨量深度以及水溫之變化，Starlogger 裝置於淺深區北側。93 年 1 月夢幻湖雨量不多，2 月初雨量較多，溫度低，由於深度感應頭故障，故深度的資料無法判讀。由於儀器維修，三、四月無資料記錄。儀器維修後，由於溫度深度感應頭經常故障，推測是因為監測地點常處於無水狀態，感應頭暴露在空氣中容易故障，因此接受廠商之建議，將溫度深度感應頭放置塑膠桶中，在沒入地下，使其即使在淺深區乾涸時仍能處於水中，以減少因過度乾燥而造成感應頭失效。由於感應頭沒入地下，因此溫度日夜變化小。

圖 3-2-16：93 年 1 月夢幻湖雨量深度圖

93年1月夢幻湖雨量深度之紀錄

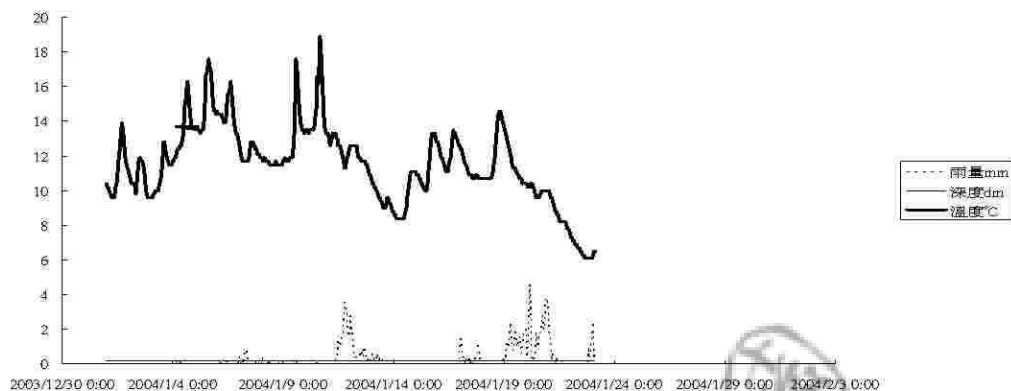


圖 3-2-17：93 年 2 月夢幻湖雨量深度圖

93年2月夢幻湖雨量深度之紀錄

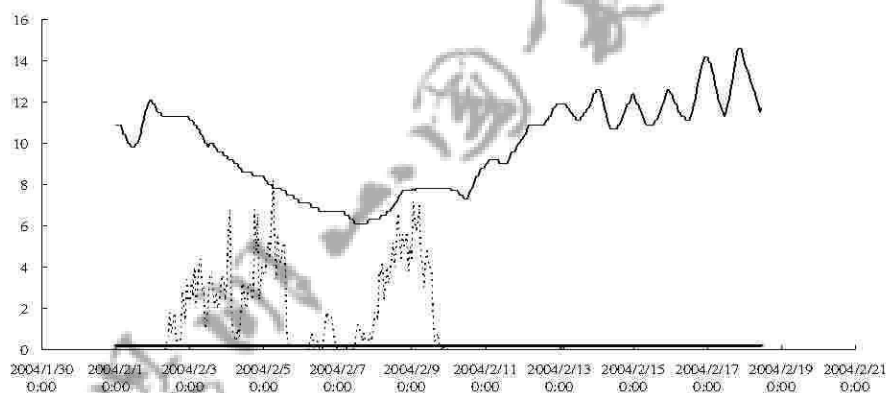
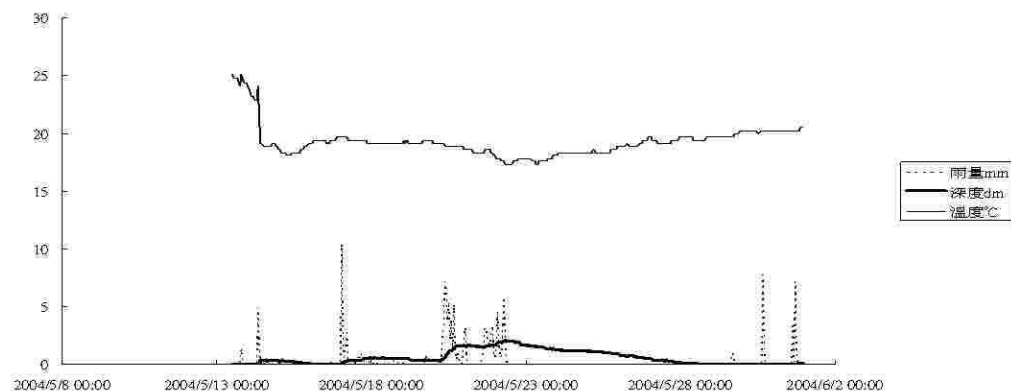


圖 3-2-18：93 年 5 月夢幻湖雨量深度圖

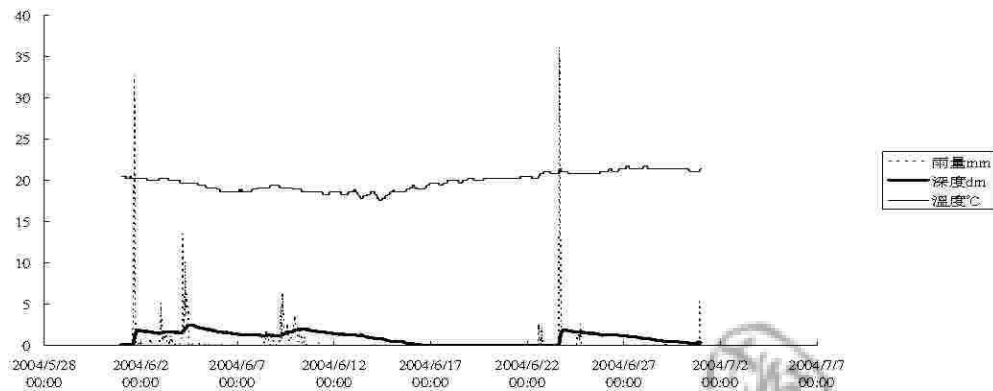
93年5月夢幻湖雨量深度之紀錄



93 年 5 月雨量少，5 月 20 日前後的降雨，使水位回升，深度約 25 公分，其後因無雨，至 5 月 28 日淺深區即已乾涸。水下溫度約 15 至 20°C。

圖 3-2-19：93 年 6 月夢幻湖雨量深度圖

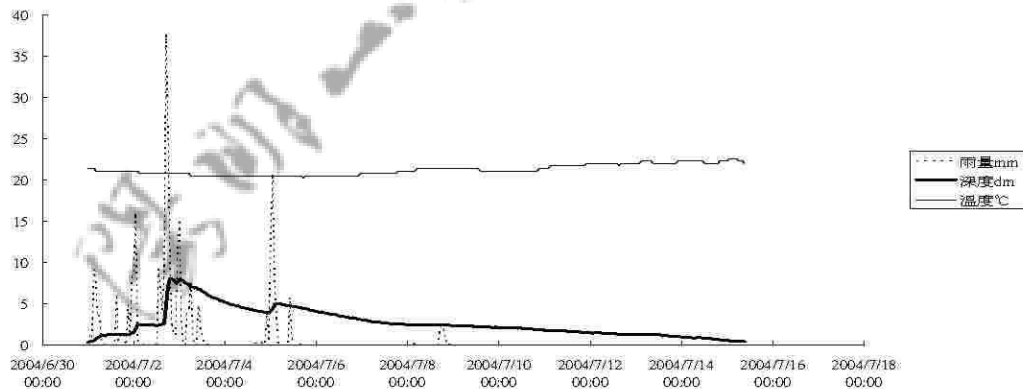
93年6月夢幻湖雨量深度之紀錄



93 年 6 月零星降雨，6 月 10 日降雨後，至 6 月 17 日乾涸，其後因無雨，至 5 月 28 日浚深區即已乾涸。6 月 23 日水位回升後至 6 月 30 日亦已乾涸，因此，不下雨後乾涸的時間約一星期至十天。深度約 20 公分，水下溫度約 20°C。

圖 3-2-20：93 年 7 月夢幻湖雨量深度圖

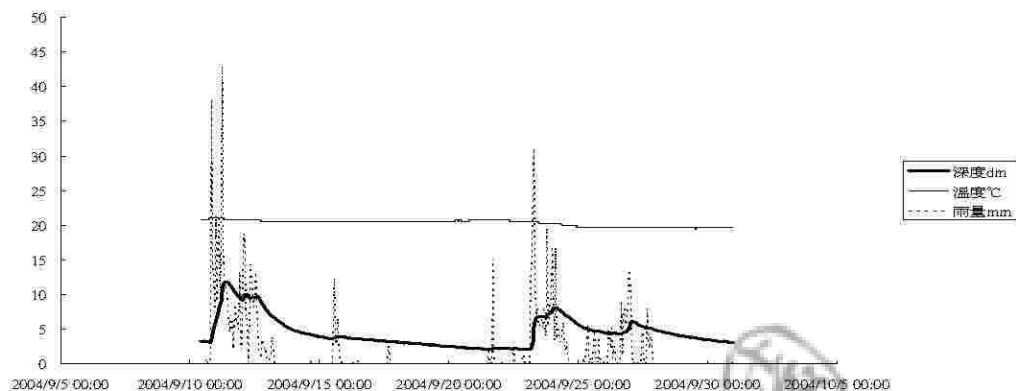
93年7月夢幻湖雨量深度之紀錄



七月初敏督都利颱風降下豪雨，水位上升至 80 公分，其後零星降雨補注，水位下降後於 7 月 5 日再略微上升，其後至 7 月 15 日已近乾涸，因此，不下雨後乾涸的時間約十天。水下溫度約 20°C。7 月 15 日收完數據後，八月因艾莉颱風之豪大雨，致使儀器淹沒進水故障，請廠商另購入新儀器致使八九月無資料記錄。

圖 3-2-21：93 年 9 月夢幻湖雨量深度圖

93年9月夢幻湖雨量深度之紀錄



9 月 10 日重新安裝 Stalogger 雨量深度計，93 年 9 月 12 日海馬颱風侵台，10 月 25 日娜坦颱風來襲，使水位上升超過一公尺，9 月雨量多至 10 月初雨量稍歇，10 月 18 日左右浚深區即近乾涸。10 月 25 日娜坦颱風來襲，帶來大豪雨後，11 月陸續之降雨使得浚深區始終維持有水之狀態。10 月 25 日娜坦颱風來襲時，水位上升超過一公尺，其後水位約維持在 50 公分以下。十一月水下溫度降低，約 15°C。

圖 3-2-22：93 年 10 月夢幻湖雨量深度圖

93年10月夢幻湖雨量深度之紀錄

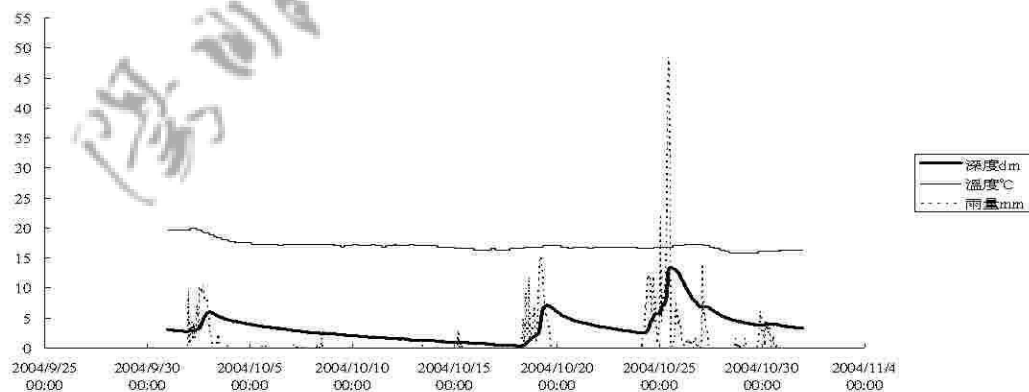


圖 3-2-23：93 年 11 月夢幻湖雨量深度圖

93年11月夢幻湖雨量深度之紀錄

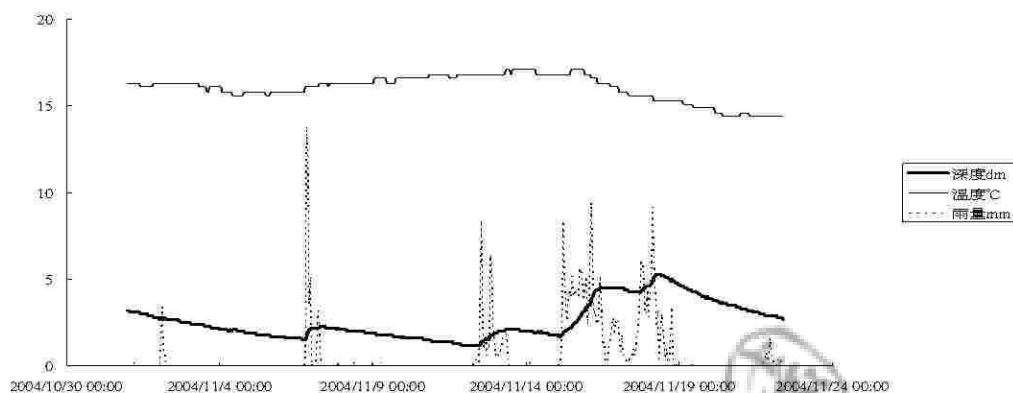


表 3-2-1：93 年夢幻湖降雨情形

93 年	每日累積雨量之天數										總天數	
mm	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	>100	
一月	22	4	2	1	2							31
二月	10	1	1				1	3		1		17
三月	雨量計故障											0
四月	雨量計故障											0
五月	13	1	3		1							18
六月	25	1			3	1						30
七月	10				2	1					1	14
八月	雨量計故障											0
九月	10	2	1	1		1			2		3	20
十月	21	2	1	1	1		1				4	31
十一月	14	1		2	1	1	1			1		21
十二月												0
	125	12	8	5	10	4	3	3	2	2	8	182
百分比(%)	68.681	6.593	4.396	2.747	5.49	2.198	1.648	1.65	1.099	1.099	4.396	100

表 3-2-2：93 年夢幻湖淺深區水位變化

93 年	每日平均深度之天數											總天數
cm	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	>100	
一月	31											31
二月	深度感應器故障											0
三月	雨量計故障											0
四月	雨量計故障											0
五月	13	5										18
六月	15	14	1									30

七月	2	4	4	2	2		1					15
八月	雨量計故障											0
九月			4	6	4	2	1	1		1	1	20
十月	4	5	5	7	4	3	1			1	1	31
十一月		8	6	3	3	1						21
十二月												0
	65	36	20	18	13	6	3	1	0	2	2	166
百分比(%)	39.2	21.7	12	10.8	7.831	3.61	1.81	0.6	0	1.205	1.2	100

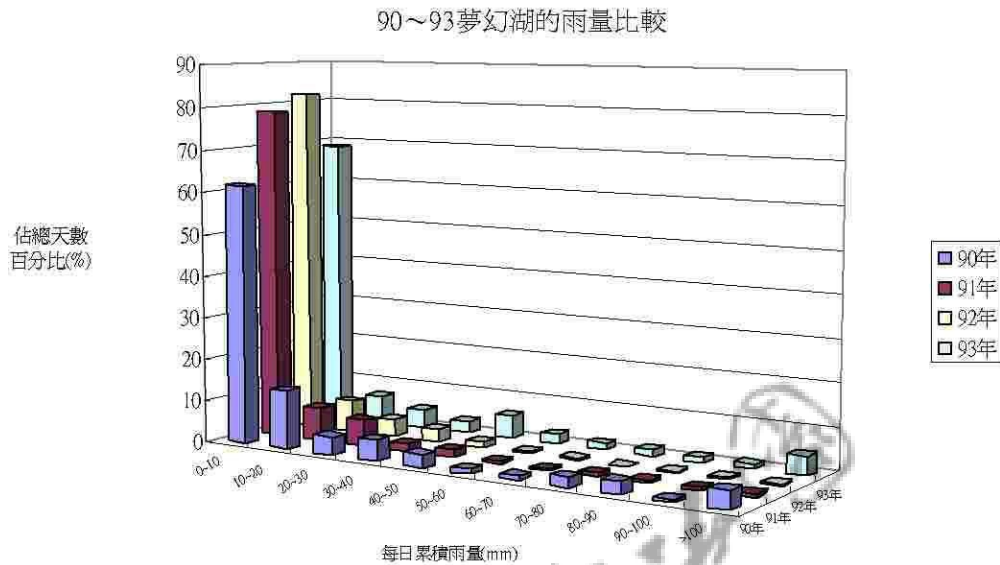
表 3-2-3：90 年至 93 年夢幻湖降雨情形

mm	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	>100	總天數
90 年	61.68	13.77	4.19	4.79	2.99	1.198	1.198	2.395	2.99	0.599	4.192	167
91 年	78.46	7.717	6.11	1.61	1.93	0.643	0.322	0.965	0.64	0.643	0.965	311
92 年	82.04	7.347	4.08	3.27	1.22	0.408	0.408	0	0.41	0.408	0.408	245
93 年	68.68	6.593	4.4	2.75	5.49	2.198	1.648	1.648	1.1	1.099	4.396	182

表 3-2-4：90 年至 93 年夢幻湖淺深區水位變化

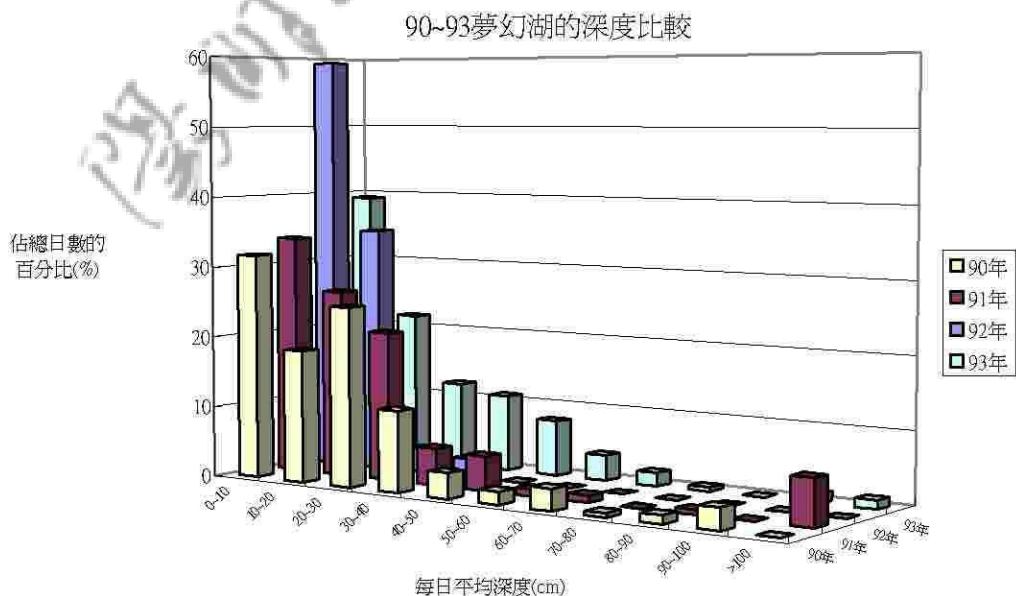
cm	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	>100	總天數
90 年	31.74	18.56	25.1	11.4	3.59	1.796	2.994	0.599	1.2	2.994	0	167
91 年	33.76	26.37	20.9	5.14	4.82	0.965	0.965	0	0.64	0	6.431	311
92 年	59.25	34.72	3.4	2.64	0	0	0	0	0	0	0	265
93 年	39.16	21.69	12	10.8	7.83	3.614	1.807	0.602	0	1.205	1.205	166

圖 3-2-24:90 年至 93 年夢幻湖每日不同累積雨量佔全年日數百分比之變化情形



由分析夢幻湖 93 年降雨情形及深度之變化，如表 3-2-1 至表 3-2-4，以與前三年之數據比較，可以發現 90 年與 93 年雨量較多，91 年與 92 年雨量較少。由圖 3-2-24 亦可看出，0~10 公分水位之日數比例，在 93 年亦降低。

圖 3-2-25:90 年至 93 年夢幻湖淺深區每日不同平均水位深度佔全年日數百分比之變化情形



四、水質

利用酸鹼度計進行水質之酸鹼度檢測，利用滴定法測定水中離子含量，結果如下表。

表 3-2-5 夢幻湖水中離子含量、pH 值比較表

單位 mg/l	PH	氯離子	硝酸根	磷酸根	硫酸根	亞鐵離子	鐵離子
93 年 04 月夢幻湖(淺深區)	4.36	5.9	0.06	0.01	11	0.33	0.13
93 年 05 月夢幻湖(淺深區)	4.49	9.8	0.05	0.1	9	0.51	0.14
93 年 06 月夢幻湖(淺深區)	4.23	4.9	0.02	0.12	7	0.67	0.56
93 年 07 月夢幻湖(淺深區)	5.16	4.7	0.04	0.34	9	0.28	0.11
93 年 08 月夢幻湖(淺深區)	4.68	7.4	0.1	0.32	22	0.51	0.42
93 年 09 月夢幻湖(淺深區)	4.24	5	0.09	0.08	7	0.33	0.16
93 年 10 月夢幻湖(淺深區)	4.73	5.2	0.02	0.1	7	0.11	0.27
93 年 11 月夢幻湖(淺深區)	4.22	12.8	0.11	0.07	10	0.27	0.23

圖 3-2-26：93 年夢幻湖水 pH 值之變化

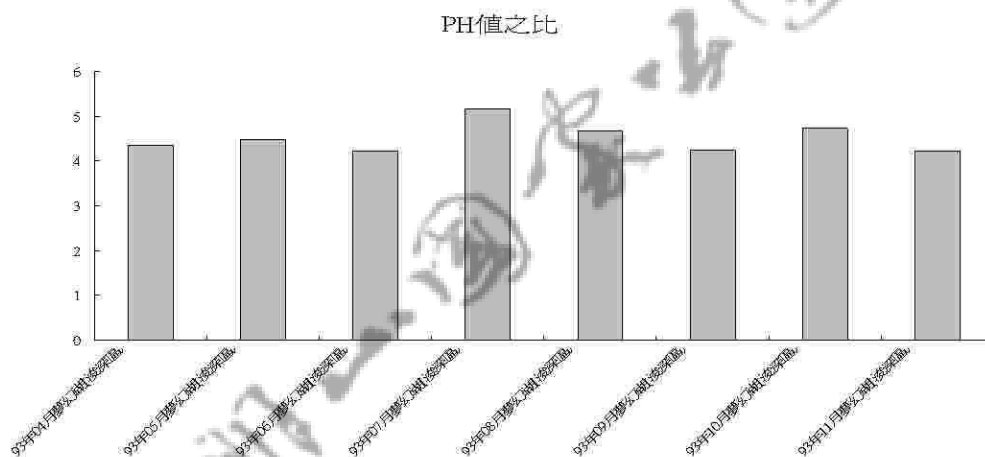


圖 3-2-27：93 年夢幻湖水氯離子濃度之變化

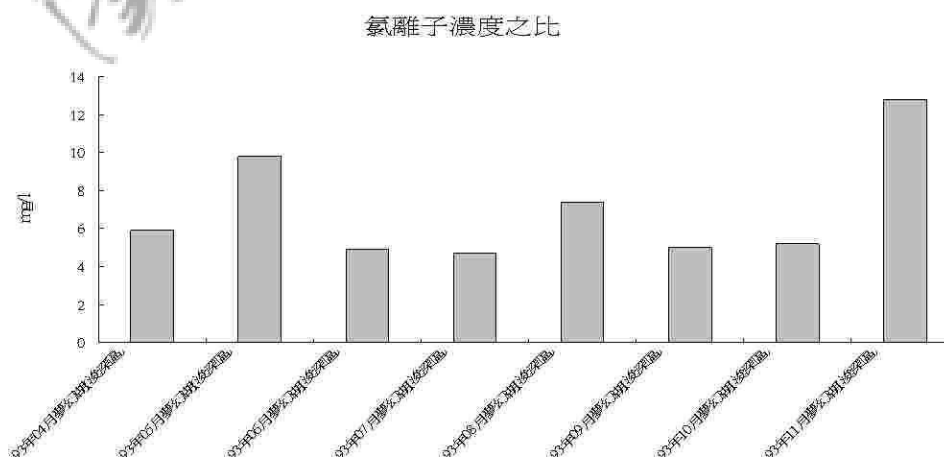


圖 3-2-28：93 年夢幻湖水硝酸根離子濃度之變化

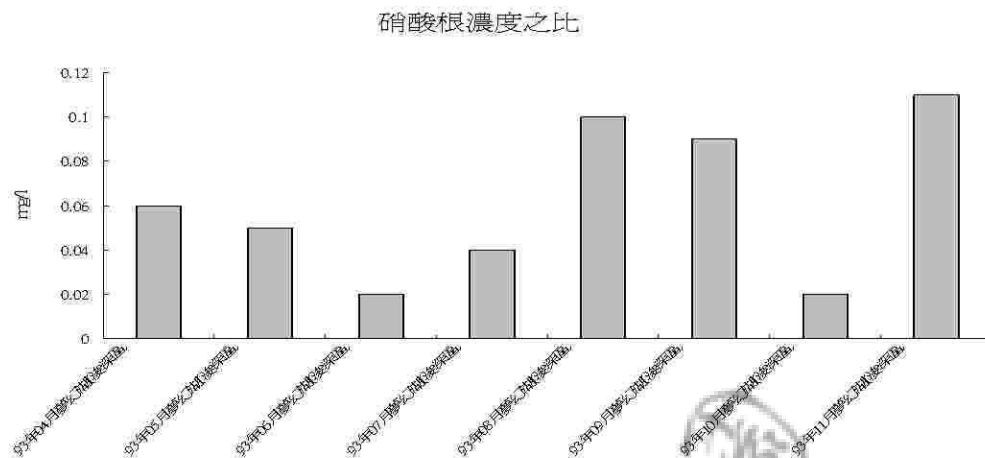


圖 3-2-29：93 年夢幻湖水磷酸根離子濃度之變化

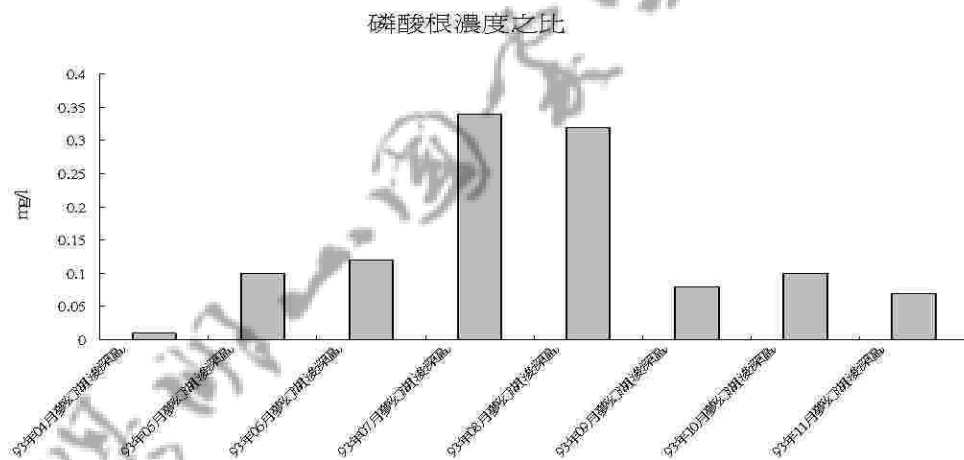


圖 3-2-30：93 年夢幻湖水硫酸根離子濃度之變化

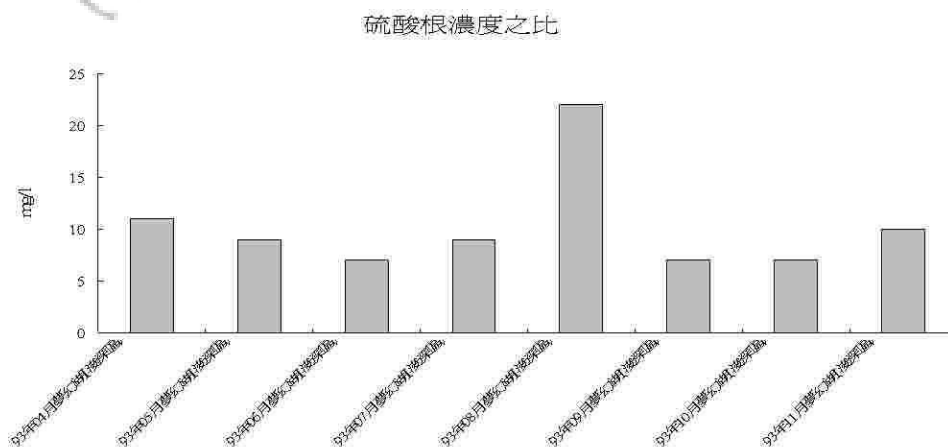


圖 3-2-31：93 年夢幻湖水鐵離子濃度之變化

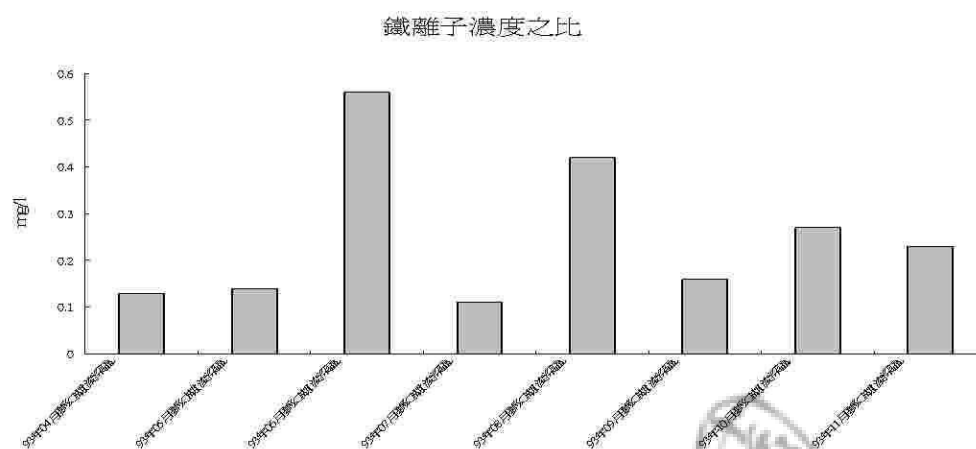
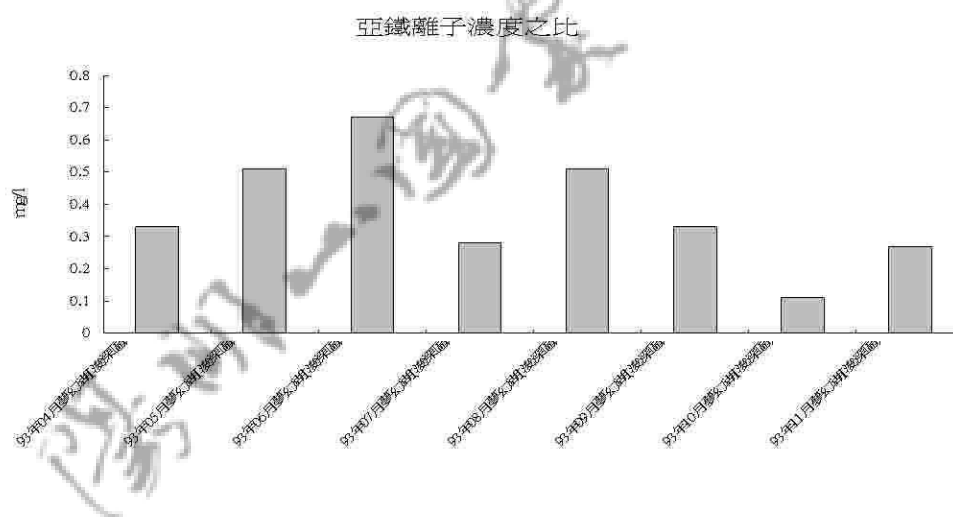


圖 3-2-32：93 年夢幻湖水亞鐵離子濃度之變化



第三節 植被的變化

一、樣區植被之變化

由於 93 年 3-4 月間，雨水較豐，水位較深，因此，在 5 月從設樣區後，至 93 年 11 月樣區植被之變化如下：本年度樣區之植被以草蓋、水毛花、白背芒為優勢。水韭及狹葉泥炭藓之分佈在樣區已經不存在，草蓋所佔面積由 93 年 5 月 64% 逐漸增加至 93 年 7 月 86%，93 年 9 月再略微上升至 88%，不過，93 年 11 月則降至 76%。水毛花所佔面積由 93 年 5 月 34% 逐漸減少至 93 年 7 月 13%，93 年 9 月再略微下降至 11%，不過，93 年 11 月則又增加至 22%。本年度白背芒在樣區的分佈則有略微增加的趨勢，93 年 5 月佔樣區面積的 1.41%，至 93 年 11 月則增加至 2%

比較 90 年 4 月至今樣區植被的變化，可以發現原來樣區中台灣水韭、狹葉泥炭藓之分佈範圍佔樣區 27.8%，此後逐年減少至 92 年 1 月調查時在樣區台灣水韭已經不再存在。針蘭在調查期間原來變化並不明顯，但是至 92 年 1 月時在樣區也已消失不見。

此樣區目前之優勢物種為草蓋與水毛花，水毛花之分佈似乎可以看出具有季節性消長之現象，冬天、春天分佈範圍較廣，相較之下，夏天、秋天則分佈範圍較窄。草蓋與水毛花則有相互之消長。此外，白背芒則以明顯侵入樣區，雖然目前佔據面積並不大，只佔樣區面積的 2%，但畢竟是陸生物種，代表陸化的趨勢，因此，必須正視此消長現象所代表之嚴重課題。

圖 3-2-33：夢幻湖觀測植被變化樣區位置圖



圖 3-2-34：九十三年五月樣區植被圖



圖 3-2-35：九十三年七月樣區植被圖



圖 3-2-36：九十三年九月樣區植被圖



圖 3-2-37：九十三年十一月樣區植被圖

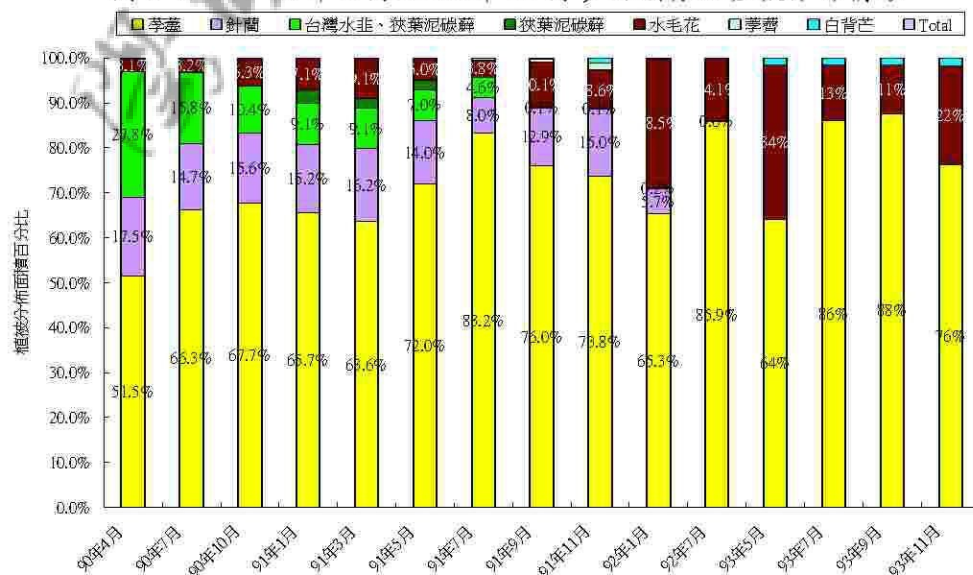


表 3-2-6：90 年 4 月至 93 年 11 月夢幻湖樣區植被分佈表

	90 年 4 月	90 年 7 月	90 年 10 月	91 年 1 月	91 年 3 月	91 年 5 月	91 年 7 月	91 年 9 月
茅蓋	51.5%	66.3%	67.7%	65.7%	63.6%	72.0%	83.2%	76.0%
針蘭	17.5%	14.7%	15.6%	15.2%	16.2%	14.0%	8.0%	12.9%
台灣水韭、狹葉泥碳蘚	27.8%	15.8%	10.4%	9.1%	9.1%	7.0%	4.6%	0.1%
狹葉泥碳蘚	0.0%	0.0%	0.0%	3.0%	2.0%	2.0%		
水毛花	3.1%	3.2%	6.3%	7.1%	9.1%	5.0%	3.8%	10.1%
葶薺	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	<1%	0.5%	0.6%
白背芒							0.0%	0.2%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

	91 年 11 月	92 年 1 月	92 年 7 月	93 年 5 月	93 年 7 月	93 年 9 月	93 年 11 月
茅蓋	73.8%	65.3%	85.9%	64%	86%	88%	76%
針蘭	15.0%	5.7%	0.0%				
台灣水韭、狹葉泥碳蘚	0.1%	0.2%	0.0%				
狹葉泥碳蘚		0.0%	0.0%				
水毛花	8.6%	28.5%	14.1%	34%	13%	11%	22%
葶薺	1.5%	0.3%	0.0%				
白背芒	1.1%	0.0%	0.0%	1.41%	1%	2%	2%
Total	99%	100.0%	100.0%	100.0%			

圖 3-2-38：90 年 4 月至 93 年 11 月夢幻湖樣區植被分佈情形



二、夢幻湖空拍之植被變化

本(93)年度於7月26日進行夢幻湖空拍植被紀錄，與90年6月7日、91年6月7日及92年7月24日之空拍圖(如圖3-2-38、3-2-40、3-2-42)進

行比較，在 phtoimpact 軟體中依物種之分佈轉畫為不同顏色之色塊（如圖 3-2-39、3-2-41、3-2-43），綠色色塊代表台灣水韭及狹葉泥碳蘚所佔之棲地面積。由圖 3-2-46 到 3-2-49 可看出，台灣水韭及狹葉泥碳蘚所佔之棲地面積由 90 年的 55% 至 91 年減少為 24.1%，92 年減少為 8.77%，93 年則再進一步減少至 4.8%。91 年針蘭的棲地面積則由 90 年完全被忽略，到 91 年突然增加為 24.6%，92 年針蘭的棲地面積仍然維持約 19.91%，至 93 年針蘭的棲地面積又增加至 31.9%，推測針蘭減少及增加的原因可能與雨量及水位有關，93 年因雨量增加可能因此導致針蘭的棲地面積增加。荳蔻在前二年棲地面積約為 15%，92 年雨量較少，荳蔻棲地比例增加至 21.99%，93 年則減少至 12.8%。水毛茛由 90 年的 3.3% 增加到 91 年的 6.5%，92 年則為 7.48%，93 年則再減少至 5.3%。柳葉菜 90 年約佔棲地 13.9%，91 年較大幅度增加到 19%，92 年則約維持在 21.2%，93 年再略微增加至 25.7%。而白背芒在 90 年 12% 增加至 93 年的 19.5%，在棲地所佔面積之比例增加，但由於本年度雨水較多，深水位時間較長，部份侵入湖區之白背芒有枯萎之趨勢。

植被變化與水量有極大之關係，整體變化的趨勢有朝陸化消長之，較令人憂心的是水韭棲地日益被壓縮，近幾年在自然情況下，如不能因雨量之改變，使陸生物種消失，並且死亡之植物體能在夢幻湖土壤中水韭孢子尚未完全失去活性前能被分解完成，空出棲地供水韭生長，則台灣水韭恐將自夢幻湖消失。因此，在夢幻湖生態保護區內或保護區周邊地區適時適當的人力介入，為了台灣水韭的保育，恐將無法避免。

圖 3-2-39：九十年六月空照圖



圖 3-2-40：九十年六月夢幻湖植被分佈圖

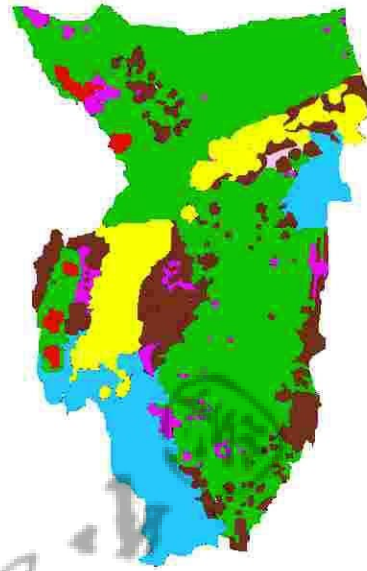


圖 3-2-41：九十一年六月空照圖

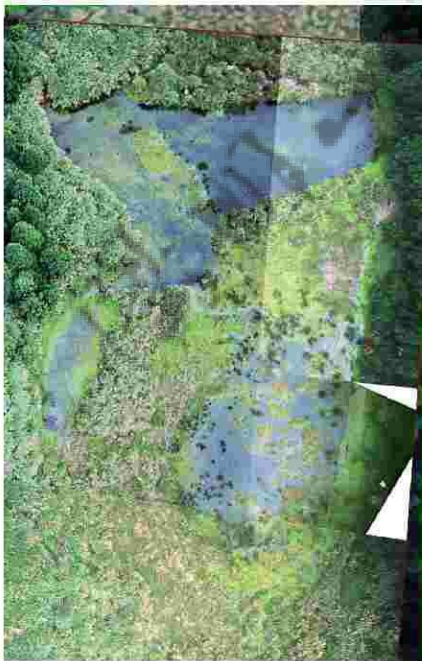


圖 3-2-42：九十一年六月夢幻湖植被分佈圖

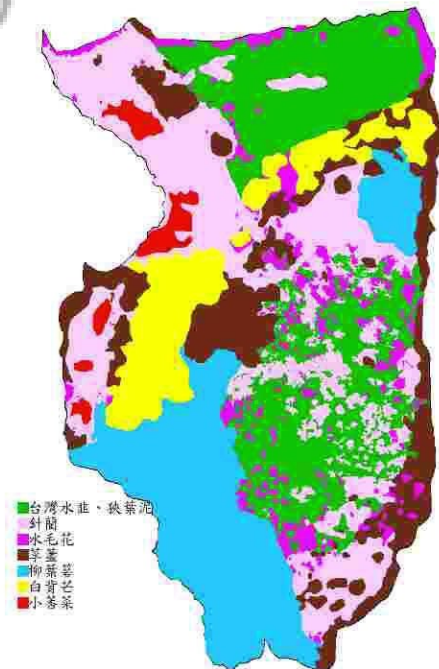


圖 3-2-43：九十二年七月空照圖



圖 3-2-44：九十二年七月夢幻湖植被分佈圖

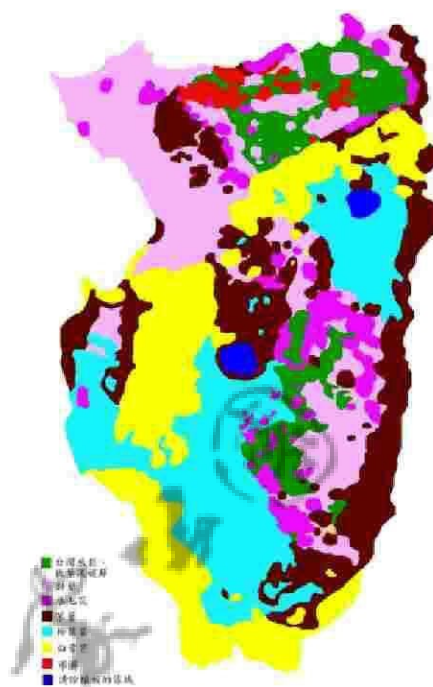
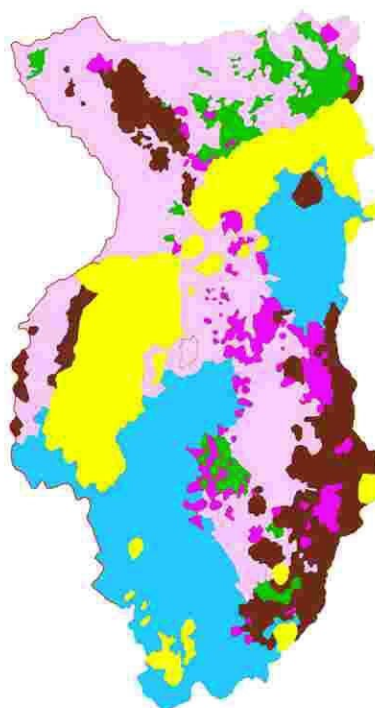


圖 3-2-45：九十三年七月空照圖



圖 3-2-46：九十三年七月夢幻湖植被分佈圖



圖

圖 3-2-47：九十年夢幻湖植被比例圖

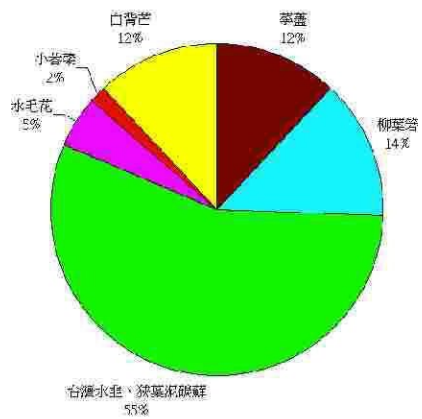


圖 3-2-48：九十一年夢幻湖植被比例圖

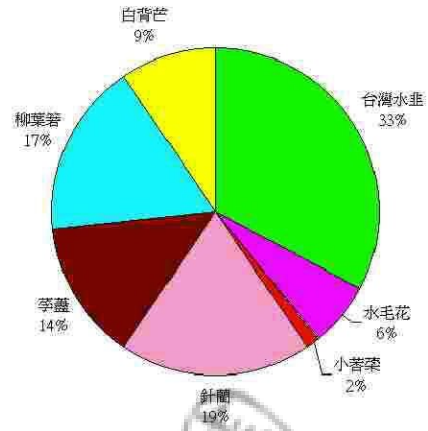


圖 3-2-49：九十二年夢幻湖植被比例圖

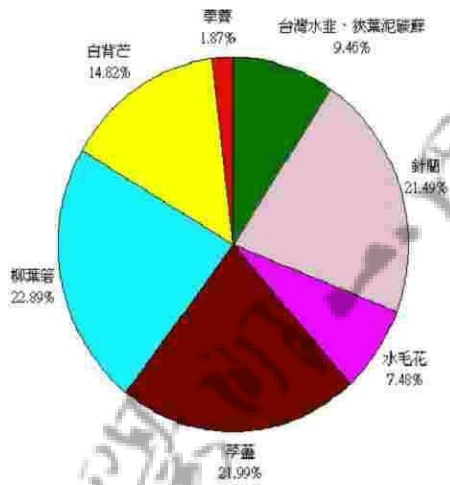


圖 3-2-50：九十三年夢幻湖植被比例圖



第四章 研究發現

第一節 夢幻湖之植被消長

由圖 3-2-37 棲地植被消長之情形可看出，台灣水韭及狹葉泥碳蘚所佔之面積比例，由 90 年 4 月 27.8% 的降至 92 年 7 月消失後，即不再恢復。原約佔棲地面積 15% 的針蘭至 92 年 7 月也消長掉，在樣區不再出現。樣區植被以荳蔻及水毛茛為優勢種，並有陸生物種白背芒開始出現，顯示其陸化消長之趨勢。92 年至 93 年間荳蔻及水毛茛之消長之趨勢則有待進一步觀察。

比較 90 年至 93 年空拍圖中台灣水韭及狹葉泥碳蘚所佔之棲地面積，也呈現了逐年減少之趨勢。90 年台灣水韭及狹葉泥碳蘚所佔之棲地面積百分比為 55%，至 91 年減少為 24.1%，92 年更減少為 8.77%，93 年再進一步減少至 4.8%。91 年針蘭的棲地面積則由 90 年完全被忽略，到 91 年突然增加為 24.6%，92 年針蘭的棲地面積仍然維持約 19.91%，至 93 年針蘭的棲地面積又增加至 31.9%，推測針蘭減少及增加的原因可能與雨量及水位有關。荳蔻棲地比例增加至 21.99%，93 年則減少至 12.8%。水毛茛由 90 年的 3.3% 增加到 91 年的 6.5%，92 年則為 7.48%，93 年則再減少至 5.3%。柳葉箬 90 年約佔棲地 13.9%，91 年較大幅度增加到 19%，92 年則約維持在 21.2%，93 年再略微增加至 25.7%。而白背芒在 90 年 12% 增加至 93 年的 19.5%，在棲地所佔面積之比例增加，但由於本年度雨水較多，深水位時間較長，部份侵入湖區之白背芒有枯萎之趨勢。無論由定點照相比對，樣區植被調查之結果，以及空拍的結果皆顯示台灣水韭的生存空間持續被壓縮之中。

湖心定點拍攝水毛茛之消長發現，本年度二至四月間，水毛茛植株有更新之現象。水毛茛植株之死亡，究係與光照、溫度、雨量或水位相關則有待進一步研究。

由 93 年 6 月 1 日所拍攝圖 3-1-16 枯萎植被之移除及植被厚度，可以看出，目前夢幻湖累積幾年植被之消長，死亡之植物殘體及草生植被已經有相當之厚度，部份區域已可達 20 公分以上。如果任其在地自然分解，以空出棲地供水韭生長，除了雨量的配合，抑制已侵入之陸生植物生長外，可能也需要相當長之時間。因此，人為移除陸生植被或枯萎之枝葉，有其必要性及急迫性。

第二節 雨量與水位變化

本年度七月初敏督都利颱風、9 月 12 日海馬颱風、10 月 25 日娜坦颱風、甚至於 12 月 4 日南瑪都颱風是第一個侵台的冬颱，今年度颱風特別多，雖然因儀器因雨損失，導致於幾個月的數據流失，但由現有的數據分析，仍能發現今年度雨水較多，水深維持的時間也較長。雖然由樣區之調查以及空拍圖之分析發現白背芒佔棲地之面積有增加之趨勢，但因水位維持之時間較長，導致於白背芒枯萎（如圖 4-2-1），枯萎之白背芒落葉，應予清除，以免影響水韭之生長。

本年度水位上升至一公尺以上之記錄至少有三次，包含8月、9月、11月各有一次，這些時間大概都是颱風來襲之時。然而湖水流失的速度仍然快，因此，如何減緩湖水流失的速度，是保育台灣水韭在其原生棲地繼續生長之重要課題。

圖 4-2-1：枯萎之白背芒及白背芒之落葉（93 年 10 月 1 日拍攝）



第三節 夢幻湖水流失之可能原因

91 年 6 月雷馬遜颱風後至 6 月 25 日左右湖水乾涸（如圖 4-3-1）以及本年度 7 月敏都利颱風後至 7 月 15 日左右湖水乾涸（如圖 4-3-2），大概可以看出雨後，大約十天左右，如無雨水補注，淺深區即將成乾涸狀。

實際觀察夢幻湖南側之植被下方可發現湖面土壤有嚴重之龜裂（如圖 4-3-6），湖水可能由地表之裂隙漏出，再由夢幻湖東南側峭壁上的地下出水口流出，（如圖 4-3-3、圖 4-3-5），其關係如模式圖 4-3-4。

湖水往東南側的地下逕流如能阻斷，應能減緩湖水流失之速度，環湖的東側及東南側的水泥步道，若能移除，改以泥巴路，或鋪以碎石，甚或以不連續的水泥塊取代現有的連續路面，對於阻絕湖水的地下逕流，應有幫助。

圖 4-3-1：91 年 6 月雷馬遜颱風後至 6 月 25 日左右湖水乾涸

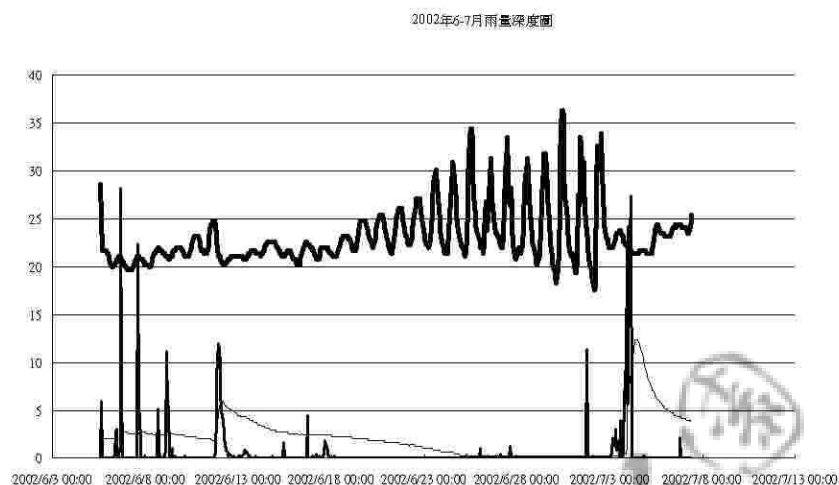


圖 4-3-2：93 年 7 月敏都利颱風後至 7 月 15 日左右湖水乾涸

93年7月夢幻湖雨量深度之紀錄

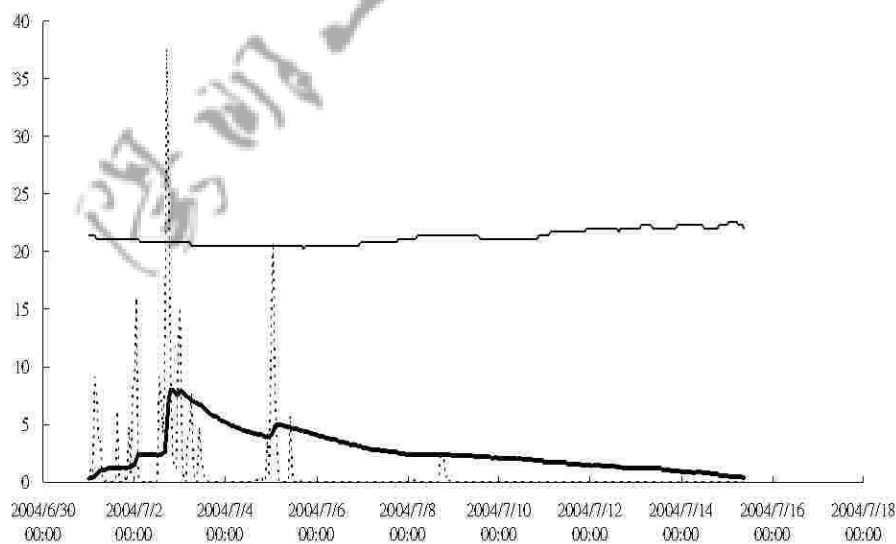


圖 4-3-3：夢幻湖地形圖，圓點為地下之出水口位置



圖 4-3-4：夢幻湖剖面模式圖，箭頭所指為湖水流出位置。

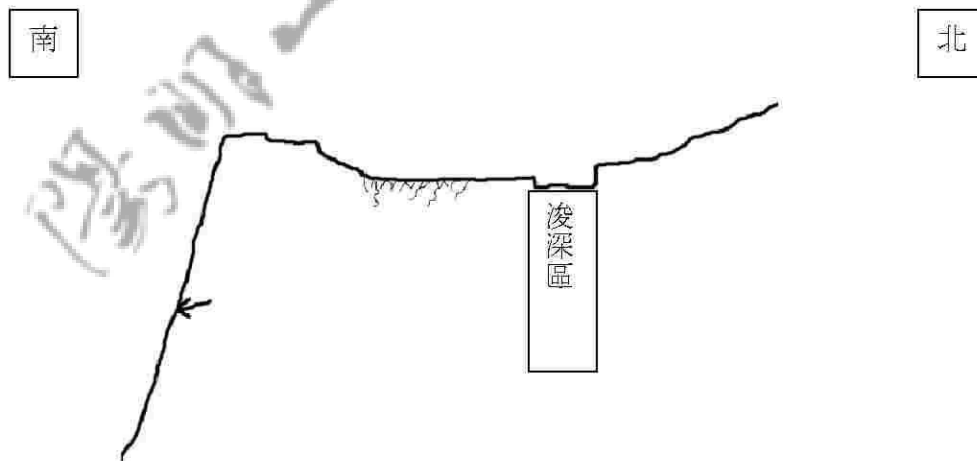


圖 4-3-5：由七星山觀察夢幻湖之空照圖，右上方稜線延伸至與柳杉接觸之位置，即為夢幻湖地下出水口之位置。



圖 4-3-6：夢幻湖南側植被下方之湖面龜裂



第四節 影響水韭生長之因素

一、水深

水韭生長的環境受到水深的影響很大，大部分的水韭適合生長在淺層的水域(Rørslett, 1987)，並且當湖泊水位線上升時，水韭會大量死亡，其能忍受的深度因不同物種而異(Gacia & Ballesteros, 1998)，大部分小於 3 公尺(Rørslett & Johansen, 1995; Gacia & Ballesteros, 1998)。在深水中的水韭無法存活，主要原因是水深處氧氣被耗盡，另外可發現水韭葉片長度會增長，以應付缺乏的光線(Gacia & Ballesteros, 1998)。

二、水質與土壤

水韭比較適合生長在軟水、貧養的湖泊 (Gacia et al., 1994)。且在酸性貧養湖泊中，通常水韭類植物會成為當地的優勢物種 (Roelofs et al., 1994)，湖泊是否處於貧養狀態可使用 Carlson 於 1977 年提出的 TSI (Trophic State Index)，以總磷、葉綠素 a 與透明度三種指數之 TSI 值判定，TSI 值大於 50 為優養湖，TSI 介於 40 與 50 之間為中養湖，小於 40 為貧養湖。

土壤因子，如酸鹼度、礦物營養鹽、有機質、土壤含水量及離子交換能力等均會影響當地的植物族群，不同地區土壤物理性質不同，生長的水韭也不同。Srivastava 等人 (2001) 研究印度四種水韭生長區域的土壤性質發現，*I. panchananii* 生長環境的土壤屬於砂質 (sandy)，其粒子絕對表面積的比值較小，不易保持水分，礦物質或其他養分也會隨著水分流失，因此土壤的 pH 值會下降；而 *I. coromandelina* 生長環境的土壤則是黏土質 (clay)，其性質與砂質恰好相反，粒子表面積比值較大，保持水分的能力較好，也較易保留住礦物營養，表現出的 pH 值只有一點點的酸性。Wild 及 Trehen (1993) 認為黏土 (clay) 是許多植物營養的主要來源，且有較高的離子交換能力；砂質土壤則因為孔隙太多，下雨時營養鹽便流失了，因此是缺乏養分的土壤。*I. panchananii* 生長環境的土壤有機碳含量較高，這些差異可能是因為植被類型與物種的組成不同所造成，當植物體在養分循環的過程中，對於營養鹽的吸收大於釋出時，土壤的營養成分就會下降。這四種水韭 (*I. panchganiensis*、*I. coromandelina*、*I. panchananii*、*I. mahadevensis*) 生活環境的 pH 分別為 5.7、5.55、5.45、5.3，顯示酸性環境對水韭的生長較有利，在印度，水韭類植物在中酸性 (pH5.2) 到弱酸性 (pH6.3) 間的環境生長得較好 (Srivastava et al., 2001)。此外，微量元素過多也會對水韭產生不良的影響，研究顯示水韭植株高度對於土壤中銅離子的含量甚為敏感，其中 *I. panchganiensis*、*I. panchananii* 和 *I. mahadevensis* 的植株高度和土壤含銅量成顯著負相關，對 *I. coromandelina* 的影響則不顯著；而 *I. panchganiensis* 的植株高度和土壤的含錳量呈顯著正相關，但錳對 *I. coromandelina* 的影響則不明顯。

土壤中鋅的含量也與水韭的植株高度有顯著正相關，除了 *I. panchananii*，鋅對它的生長有明顯的負面影響 (Srivastava et al., 2001)；鋅是很重要的微量元素，若缺乏會造成植物的黃萎病，因而降低其光合作用效

率。在印度的 Pachmarhi 和 Western Ghats 兩個地區含有大量的鐵，可能是因為土壤由玄武岩風化而來，且和其他元素（鈣、鎂、氮）相比，鐵的穩定性較高，不易因下雨而流失，土壤中含鐵量對水韭植株高度也有顯著的負面影響。Chotta Mahadev 地區的研究顯示此處三價鐵含量較高，因此土壤較偏酸性，*I. mahadevensis* 的植株亦較為矮小，只有 10cm；而在附近土壤含鐵量較低的環境中（其 pH 較高）生長的植株，高度可以達到幾乎兩倍（19cm）。

關於水韭類植物與底質土壤間的交互作用，因為水韭的根部會釋放出氧氣（Sand-Jensen et al., 1982; Christensen et al., 1994），使周圍土壤的氧化還原電位（redox potential, E_h ）升高，因此抑制了硫酸根的還原作用；而在沒有水韭生長的土壤底質，因為缺乏此種作用，所以土壤孔隙中含有較多還原態的硫（ S^{2-} 、 HS^- 、 H_2S ），這些硫會和水中的鐵離子形成硫化鐵（iron sulfides）沈澱下來（Roden and Wetzel, 1996），所以在有水韭生長區域的土壤，硫化物的沈積物會較少。在水韭生長根部周圍土壤孔隙中所含的 DOC（dissolved organic carbon）和醋酸（acetate）濃度比沒有水韭生長區域的土壤高，高 DOC 值可能來自於水韭植株碎屑的分解或由根部釋放（Capone et al., 1979）。前人對陸生植物的研究顯示根部釋出 DOC 可能是對磷獲取量不足的反應（Lipton et al., 1987; Hoffland et al., 1989），因為根部放出這些有機酸可以增加土壤中磷的移動性（Lambers and Poorter, 1992）；根部放出 DOC 的另一原因也可能是因為菌根（mycorrhiza）的作用，Wigand et al.（1998）發現生長在有機質含量較低之土壤中的水韭，受到菌根感染的機率較有機質含量高區域的水韭大，且這些水韭根部附近的 DOC 值也較高；在陸生植物的研究中，已知其和菌根的共生是對磷獲取量低的適應（Lajtha and Harrison, 1995）。

水韭類植物根部釋出氧氣可能是因為要使根部周圍的含氧量增加，以及解除植物毒素與還原性物質的毒性，因為植物毒素與還原性物質會抑制根部的新陳代謝（Armstrong, 1979），共生的內菌根也需要其根部釋出氧氣所提供的氧化態環境（Khan and Belik, 1995）。在有機質含量高的土壤中，氧化還原電位較低，但可在土壤中找到被氧化的鐵，溶解態的鐵和錳則會在根的表面沈澱下來（Christensen et al., 1994），但找不到游離的硫（sulfide），這顯示水韭類植物的生長對於底質土壤釋出的還原性物質（如 sulfide 和 Fe^{2+} ），產生了一種緩衝作用。根部釋出氧氣對於維持湖泊的貧養狀態可能也很重要，因為氧化還原電位較高的根部周圍，土壤粒子對於磷酸鹽的吸附能力較高，即使土壤中有高濃度的磷，但在這些孔隙中磷的移動能力卻變差了，因此一般植物的生長是受磷限制的（P-limited）（Holmer et al., 1998）。理論上，如果底質土壤中硫酸根的還原作用增加，會促進 iron-bound P（已和鐵結合的磷）的釋出，使湖泊的貧養狀態發生改變，而對水韭生長產生不好的影響（Jensen et al., 1995），但因為水韭根部周圍土壤的氧化還原電位較高，所以即使硫酸根增加（酸雨等因素），對於促進硫酸根還原作用的影響也不大，但若在較深的土壤層，因缺氧使氧化還原電位降低，便可能發現硫酸根的還原速率加快了（Holmer et al., 1998）。

三、溫度

水韭類植物對溫度的耐受性相當高，以台灣水韭（*Isoetes taiwanensis* DeVol）來說，從冬季低至 5°C 到夏季高達 29°C 之環境皆可生長繁衍，其較重要

的要求是在生長過程中必須要有部份時間水溫高於 20℃，以誘發孢子囊之形成 (Chang, 1997)，若無高於 20℃ 則無法形成孢子囊。在台灣近 40 個湖泊中 (陳及王, 1997)，海拔高度在 1500 公尺以上的湖泊，年均溫約在 7 至 15 度以下，如鴛鴦湖、翠峰湖等皆不適於台灣水韭之生長繁衍。

四、光照

光照長度及強度會影響水韭之生長，強光葉片較短，弱光葉片則較長。光線過弱，低於其光合作用之補償點，其淨光合作用量不足以維持植物本身呼吸作用的需求，長時間將導致於植株養分耗盡而死亡。光照亦會影響其孢子的萌發，夢幻湖土壤中仍保有數年前水韭之大小孢子，如給予適當之光照、溫度以及充足之水分，在其活性未消失前仍有萌發長成植株之機會。

五、伴生生物

某些魚類與龜鱉類會以水韭為食物，軟體動物的福壽螺、淡水螺等也會以水韭為食物。前人研究 (黃淑芳, 1982) 中提到移植台灣水韭至鴛鴦湖及姊妹潭均未能存活，也可能是這些因素造成的。台灣海拔高度在 1500 公尺以下的湖泊，如明池、碧湖等多半水位較深，亦無枯水期，且已有相當多的魚、龜、螺等生活其中，因此不適水韭生長。

夢幻湖原有肉食性的七星鯉，民國八十一年間因大旱而自夢幻湖消失，其後不再出現，夢幻湖不再出現其他魚類。所幸目前夢幻湖尚未發現福壽螺及其他淡水螺類，但會以水韭為食物的龜類則有相當數量。若以保育台灣水韭為夢幻湖生態保護區設置之主要目的，當台灣水韭在夢幻湖也成稀有物種時，會以台灣水韭為食物來源之生物即應適當移除。

圖 4-4-1：夢幻湖中會以水韭為食物的龜類（6 月 18 日拍攝）



圖 4-4-2：被啃食的台灣水韭（9 月 9 日拍攝）



第五節 台灣水韭保育之策略

一、台灣水韭原生棲地之保育策略

在台灣眾多湖泊中，唯有夢幻湖發現台灣水韭之身影，應有其獨特之因素。夢幻湖週期性的豐水期與乾涸，正有利於台灣水韭完成其生活史，乾涸前水位降低，水溫升高，正有利於水韭孢子囊之發育。乾涸後，長出孢子囊之葉片枯萎，也有利於水韭孢子之散布。除龜類外無螺類等喜食水韭之生物，因此，適合水韭之生長。然而，由近年研究之結果發現，夢幻湖植被之演替有朝陸化之趨勢，演替之速度也相當快，推測其原因應與水文狀況有關，湖水無法長期維持，雨停後湖水由地下逕流經東南側出水口流失，應是導致陸化之主因。因此，湖區周圍之水泥步道，應改變設計方式，以阻絕其地下逕流。

此外，由於累積了幾年的陸生植被，待其自然分解以空出棲地，恐將緩不濟急，因此，應進行人為植被之移除，或先移除累積之植物殘體，以空出棲地供水韭生長。

二、域外保育

為了保育台灣水韭，邱曾在民國 88 年將部份台灣水韭植株移植到冷水坑溼地及竹子湖人工溼地（邱，2001）。竹子湖人工溼地人工水池之移植目的在於教育之意義而不在於保育，冷水坑湖區水位較深，禾本科等植被亦為優勢種，林下部份雖然仍存活，並可以長出孢子囊，但仍未見有孢子萌發之子代長出。水質、水位之管控、植被之干預等都需要密集之人力。就棲地的經營管理而言，若以保育標的生物為主要目的，則可移除其自然天敵作為保護稀有植物之手段（Cranshaw, 1995; Bevill, 1998; Bevill et al., 1999）。以在菁山自然中心以及在台師大復育之水韭為例（如圖 3-4-3），在人力可及且易於密集干預之處，建造人工濕地，排除不利之生物因子，例如：移除斑龜、淡水螺等，應能順利培育台灣水韭之成株，無論在教育或保育上應具有其價值。

圖 4-4-3：台師大分部校園之水韭培養池



第五章 結論與建議

不論由空拍圖、樣區調查或分析定點拍照以比較夢幻湖民國 90 年、91 年、92 年與 93 年植被的變化，發現台灣水韭生存的空間有逐年被針蘭、水毛花、芋蓋壓縮的趨勢。夢幻湖植被仍繼續朝陸化之方向消長。台灣水韭在夢幻湖所佔之棲地比例，本年度再度下降至 5% 左右。

同時分析其環境因子之變化，光質的分析結果顯示，在弱光環境下，可見光的比例下降，而台灣水韭的葉片會抽長，因此，遠紅光比例增加是否影響台灣水韭之生長，值得進一步探討。

雨量在 90 年至 92 年有逐漸減少之趨勢，但 92 年 12 月起，由於東北季風及冷峰過境，雨量開始有增加之趨勢。93 年雨量及深度分析的結果也顯示，本年度

雨量確實增加，夢幻湖也能有較長時間水位的維持，水毛花在本年六月間有新植株的更替，部份入侵的白背芒也因水位較深而死亡。然由於入侵之針蘭、水毛花、芋蓋等植被已有相當之厚度，不以人為方式干預，要留待自然的分解以空出棲地供水韭生長將需要相當長時間之等待。

雨量之狀況是否能使夢幻湖保持長時間之潮濕有水之狀態，以目前地下出水口出水量沒有減緩之跡象而言，也將有其困難。本年度雖降雨量較多，水位較深，但雨停後，湖水仍在十天至十五天乾涸。

經於 92 年 3 月間在夢幻湖湖區南側、北側與淺深區交接處、西側深水域以及原淺深區西側進行淺碟狀淺深或植被移除之工作，之後每月照片拍攝進行記錄，結果發現原陸生植被厚度達數十公分，如果水量恢復，要等陸生植被腐爛分解完才能將棲地空出來供水韭生長，因此人為干預以保育台灣水韭而言更顯得必要。

台灣水韭在夢幻湖棲地之範圍仍有被壓縮之趨勢，本年度雖雨量之回升，但台灣水韭之棲地比例仍進一步被壓縮，將來夢幻湖植被之演替是否能減緩陸化之趨勢或回復舊觀，有待進一步之研究觀察。

無論將來雨量之變化如何，夢幻湖生態保護區湖水流失以及草生植被或植物殘體覆蓋過密都攸關台灣水韭是否能繼續在此生存。因此，適當的植被或植物殘體之移除，以及阻絕或減緩地下逕流之人為干預，應積極進行。

台灣水韭之域外保育，以分散風險之觀念應可積極進行，除可達保育之功效外，也可以發揮教育功能。

綜合本研究之結論，就台灣水韭之保育及夢幻湖之經營管理提出下列建議：

建議一

夢幻湖生態系植物殘體之移除：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

協辦機關：國立台灣師範大學生命科學系

經今年度對夢幻湖植被之調查分析，發現植物殘體數量增加，尤其因雨量增加，及水位提高及維持時間較長，導致部份陸生植物物種如白背芒死亡，累積之植物殘體自然分解時間較長，因此建議以人為方式進行清理。

建議二

夢幻湖生態系植被之移除：報經內政部營建署同意後進行

主辦機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

協辦機關：國立台灣師範大學生命科學系

由於夢幻湖部份地區植被之厚度，已超過二十公分以上，例如：芋蓋、針蘭與水毛花，若其無法自然死亡分解，台灣水韭完全無競爭之優勢，土壤中的孢子也無法萌發。因此，建議此部份之植被應予移除。然而，生態保護區植被移除之工作仍須報請主管官署同意後為之。

建議三

夢幻湖水泥步道變更：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

由於夢幻湖湖水無法長期維持，雨停後湖水由地下逕流經東南側出水口流失，應是導致陸化之主因。因此，湖區周圍之水泥步道，應改變設計方式，以阻絕其地下逕流。改以泥巴路，或鋪以碎石子，或改以不連續之水泥塊，皆是可以嘗試之方式。

建議四

夢幻湖生態系之監測：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

協辦機關：國立台灣師範大學生命科學系

夢幻湖長期生態資料之收集至為重要，無論植被是否進行清理，步道是否變更設計方式，夢幻湖植被之演替，光照、光質、溫度、雨量、水深變化、植被演替、乃至於伴生之動植物，應再持續觀察，以收集長時間之資料，作為尋求最佳棲地復育策略之參考。

建議五

域外保育：立即可行建議

主辦機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

協辦機關：國立台灣師範大學生命科學系

水韭生長之條件及其不利之因素已經累積相當之資料可供營造模擬台灣水韭棲地之參考，該棲地之營造除有利於物種之保育外，也將有利於解說教育及提高國家公園在物種保育及民眾教育上之功效，應值得積極進行。

參考書目

中文部份

1. 邱明成，2001。台灣水韭棲地及其復育策略之研究。國立台灣師範大學碩士論文。
2. 陳鎮東、王冰潔，1997。台灣的湖泊與水庫。國立編譯館。
3. 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。
4. 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。
5. 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。
6. 張永達、楊冠政、童武夫，1991。光照對台灣水韭葉片生長之影響，師大生物學報 26:1-10。
7. 張永達、黃鈞蕙、賴奕佐、黃生，2002。陽明山國家公園長期生態規劃之初步研究，

國家公園學報 12(2) : 170-190。

英文部份

1. Armstrong, W., 1979. Aeration in higher plants. *Advances in Botanical Research* 7: 225-332.
2. Bevill, R. L., 1998. The study and management of rare plant species with special attention to the threatened pitcher' s thistle and insect herbivory. M. S. thesis University of Nebraska, Lincoln.
3. Bevill, R. L., S. M. Louda, and L. M. Stanforth, 1999. Protection from natural enemies in managing rare plant species. *Conservation Biology* 13:1323-1331
4. Capone, D. G. , P. A. Penhale, R. S. Oremland, and B. F. Taylor, 1979. Relationship between productivity and N_2 (C_2H_2) fixation in a *Thalassia testudinum* community. *Limnology and oceanography* 24: 117-125.
5. Chang, H. J. and K. S. Hsu, 1977. *Isoetes taiwanensis* DeVol and its associates. *Quart. J. J. Chinese For.* 10(2) : 138-142.
6. Christensen, P. B., N. P. Revsbech, K. Sand-Jensen, 1994. Microsensor analysis of oxygen in the rhizosphere of the aquatic macrophyte *Littorella uniflora* (L.) Ascherson. *Plant Physiology* 105: 847-852.
7. Cranshaw, W., 1995. Management recommendation for insect pests of trees and shrubs. Extension bulletin XCM-38. Colorado State University, Fort Collins.
8. DeVol, C. E., 1972. *Isoetes* found on Taiwan. *Taiwania* 17(1) : 1-7.
9. Editorial Committee of the Flora of Taiwan, 1983. *Flora of Taiwan*. Taipei, Taiwan, ROC: The Committee.
10. Gacia, E., E. Ballesteros, L. Camarero, O. Delgado, A. Palau, R. J. Lluís, and J. Catalan, 1994. Macrophyte form lakes in the eastern Pyrenees: community composition and ordination in relation to environmental factors. *Freshwater Biology* 32(1): 73-81.
11. Gacia, E. and E. Ballesteros, 1998. Effects of building up a dam in a shallow mountain lake (Baciver, central Pyrenees, Spain). *Oecology and Aquatany* 11: 55-66.
12. Hoffland, E., G. R. Findenegg, and J. A. Nelemans, 1989. Solubilization of rock phosphate by rape: II. Local root exudation of organic acids as a response to P-starvation. *Plant and Soil* 113: 161-165.
13. Holmer M., H. S. Jensen, K. K. Christensen, C. Wigand, and F. Ø. Andersen, 1998. Sulfate reduction in lakes sediments inhabited by the isoetid macrophytes *Littorella uniflora* and *Isoetes lacustris*. *Aquatic Botany* 60(1998) : 307-324.
14. Jensen, H.S., S.P.B. Mortensen, F. Ø. Anderson, E. Rasmussen, and A. Jensen, 1995. Phosphorus cycling in a coastal marine sediment Aarhus Bay, Denmark.

- Limnology and Oceanography 40: 908-917.
15. Khan, A. G., and M. Belik, 1995. Occurrence and ecological significance of mycorrhizal symbiosis in aquatic plants. In: Varma, A., and B. Hock (Eds.). Mycorrhiza. Structure, Penetration, Molecular Biology and Biotechnology. Springer-Verlag, Berlin, pp.627-666.
16. Lajtha, K., and A. F. Harrison, 1995. Strategies of phosphorus acquisition and conservation by plant species and communities. In: Tiessen, H. (Eds.). SCOPE 54, Phosphorus in the Global Environment. Wiley, Chichester, pp.139-147.
17. Lambers, H., and H. Poorter, 1992. Inherent variation in growth rate between higher plant : a search for physiological causes and ecological consequences. In: Woodward, F.I. (ed.). Advances in Ecological Research. Academic Press, London, pp. 227-229.
18. Lipton, D. S., R.W. Balanchar, and D. G. Blevins, 1987. Citrate, malate, and succinate in exudates from P-sufficient and P-stressed *Medicago sativa* L. seedlings. Plant Physiology 85: 315-317.
19. Pffeifer, N. E., 1922. Monograph of Isoetaceae. Ann. Miss. Bot. Gard. 9 : 76-232.
20. Roelofs, J. G. M., T. E. Brandrud, and A. J. P. Smolders, 1994. Massive expansion of *Juncus bulbosus* L. after liming of acidified SW Norwegian lake. Aquatic Botany 48(3-4): 187-202.
21. Rørslett, B., 1987. Downslope limits of aquatic macrophytes : a test of the transient niche hypothesis. Aquatic Botany 29(1): 83-96.
22. Rørslett, B. and S. W. Johansen, 1995. Dynamic response of the submerged macrophytes, *Isoetes lacustris*, to alternating light levels under field conditions. Aquatic Botany 51(3-4): 223-242.
23. Srivastava, G. K., D. D. Pant and P. K. Shukla, 1993. The genus *Isoetes* L. in India. Am. Fern J. 83 : 105-119.
24. Srivastava, M. and G. K. Srivastava, 2001. Edaphic diversity and growth of some Indian *Isoetes* L. species. Taiwaniana 46(2) : 145-157.
25. Taylor, W. C. and R. J. Hickey, 1992. Habitat, evolution, and speciation in *Isoetes*. Ann. Missouri Bot. Gard. 79: 613-622.
26. Wild, A. and S. P. Trehan, 1993. Effects of an organic manure on the transformations of ammonium nitrogen in planted and unplanted soil. Plant and Soil 151(2): 287-294.
27. Wigand, C., F. Ø. Andersen, K.K. Christensen, M. Holmer, and H.S. Jensen, 1998. Endomycorrhizae of isoetids along a biogeochemical gradient. Limnology and Oceanography 43(3): 107-128.
28. Yung-ta, Chang, 1997. Die ökologische und physiologische Charakterisierung von *Isoetes taiwanensis* DeVol an wechselfeuchten Standorten. Doctor Thesis Univ. Vienna, Austria.