

陽明山國家公園

冷水坑濕地台灣水韭移植與調查 暨
水質水文與湖泊變遷調查計畫

內政部營建署陽明山國家公園管理處

陽明山國家公園
冷水坑濕地台灣水韭移植與調查 暨
水質水文與湖泊變遷調查計畫

國科會計畫編號 PG8903-0077

委託單位：國際珍古德教育及保育協會中華民國總會

計畫主持人：張永達 邱文彥

內政部營建署陽明山國家公園管理處

中華民國八十九年十二月

目錄

摘要.....	1
冷水坑溼地水文水質及湖泊變遷調查計畫.....	2
壹、計畫背景與目的.....	3
貳、冷水坑溼地水文調查.....	3
一、冷水坑溼地概說.....	3
二、氣象.....	4
三、水量調查.....	4
四、水文系統模擬.....	7
伍、結論.....	7
參、冷水坑水質之調查與分析.....	15
一、前言.....	15
二、材料與方法.....	15
三、結果與討論.....	16
肆、湖泊整地變遷與未來管理.....	21
伍、結語.....	21
陸、參考文獻.....	26
冷水坑濕地台灣水韭移植與調查.....	27
壹、研究背景.....	28

貳、研究的重要性.....	28
參、研究目的.....	29
肆、研究材料及方法.....	29
一、研究材料.....	29
二、研究方法.....	29
(一) 冷水坑部分.....	29
(二) 竹子湖部分.....	30
伍、研究結果	30
一、冷水坑部分.....	30
二、竹子湖部分.....	46
陸、結論.....	47
柒、參考文獻.....	47
附錄.....	49
計畫總建議.....	51

摘要

本研究的目的是在於研究陽明山國家公園內的冷水坑溼地水文水質及湖泊變遷並進行台灣水韭的移植，以利台灣水韭物種的保育。本溼地水質甚酸，可能具有復育台灣水韭之潛力。根據本研究調查，本溼地水位通常能維持一定的高度，逕流及地下水在此扮演非常重要的角色，其水文條件應可維持足夠的水量，水質在提供台灣水韭生長所需的營養鹽，應不是問題。為了發揮溼地更多樣性的功能，本研究建議冷水坑溼地應進行區塊劃分，以便於未來之研究控制和相對比較；但區塊之間得視需要以閘門或渠道連通，以應控制暴雨逕流，減緩其淤沙衝擊。此外，為了水韭的保育，當地會以水韭為食物的斑龜，應暫時隔離於水韭生長的水域之外。

Abstract

The major purpose of this research project was to investigate the hydrology and water quality of the Lengshuikeng wetland, located in Yangmingshan National Park, and try to transplant the endemic species quillworts or Taiwan isoetes (*Isoetes taiwanensis* DeVol). It has been regarded as a potential site for replanting *Isoetes* due to its acid water quality. Based on on-site investigations, it is found that surface round off and groundwater play an important role to the hydrology of the Lengshuikeng wetland. The wetland can maintain wet year-round. The nutrients are sufficient to the submerged plant. In order to enhance the natural function and replanting performance, it is suggested that the wetland could be divided into several cells for easy control of their water level and to meet the special needs for replanting project. Besides, for the conservation for *Isoetes*, *Ocadia sinensis* must be isolated out of the water region of *Isoetes*.

冷水坑溼地

水文水質及湖泊變遷調查計畫

邱文彥、楊 磊、張揚祺
國立中山大學海洋環境及工程學系

中華民國八十九年十二月

冷水坑溼地水文水質及湖泊變遷調查計畫

陽明山國家公園是台灣北部最重要的景觀生態、人文史跡和教育研究的資源；為維護這些自然與人文資產，應該持續研究調查，並研擬適當之管理對策。本研究主要係針對冷水坑溼地進行之相關研究。

壹、計畫背景與目的

陽明山國家公園內重要之資源中，冷水坑溼地因地形隱密，較少為人知悉。冷水坑地區在過去礦石煉製之產業頗為興盛，迄今尚有白土煉製廠址、硫磺煮煉工寮舊址和輸送台車軌跡，以及廢渣棄置湖穴等，在人文層面上頗有意義。在另一方面，台灣水韭的發現與復育問題，長久以來一直甚受各方關切，但國家公園內究竟有無可供復育之地，尚無定論。根據本研究群過去結合竹子湖溼地一案，於冷水坑溼地進行之初步調查結果顯示，該一凹池水質甚酸，極為接近目前台灣水韭唯一生育地「夢幻湖」之情況，如果維持原有狀況，或有可能具有復育台灣水韭之潛力。然而，其可行性如何，仍須深入研究，爰有本計畫之提出。

目前陽明山國家公園管理處已著手整地，挖深水池，並將冷水坑溼地廢棄礦渣清除。未來如果計劃在冷水坑溼地進行台灣水韭之復育，必須深入調查其水文水質狀況；同時就湖泊經整地變遷後，將來如何規劃管理等問題，一併審慎研究。綜言之，本研究之目的有三：(1) 進行冷水坑水文狀況之調查；(2) 進行冷水坑水質之採樣分析；(3) 討論冷水坑整地後之變遷與未來管理研究之建議。

貳、冷水坑溼地水文調查

冷水坑地區過去礦石煉製之產業頗為興盛，迄今尚有白土煉製廠址、硫磺煮煉工寮舊址和輸送台車軌跡，以及廢渣棄置湖穴等。陽明山國家公園管理處已於原先廢渣棄置湖穴之舊址，清除廢棄礦渣並開發為一人工溼地，未來計劃在冷水坑溼地進行台灣水韭之復育工作。由於台灣水韭是水生植物，因此了解該溼地的水文條件，方能確定該溼地是否能匯集充足的水，以便在此順利進行台灣水韭的復育工作。

一、冷水坑溼地概述

冷水坑溼地位於冷水坑遊客中心往擎天崗的步道邊，海拔約 730 公尺，面積約為 0.003337 平方公里，與去年調查之竹子湖溼地中間隔了座七星山，相關位置請參考圖 1，由於地形的阻隔使得兩個溼地隸屬的流域也不同，竹子湖溼地是屬於南磺溪流域，而冷水坑溼地則位於菁礮溪上游，該溼地的北側有一條小溪流流入，雨季時則有豐沛的地表逕流從高處流入溼地內，該人工溼地的南方設有一人工排水渠道，宣洩的水則順勢注入冷水坑溪，相關的位置請參閱圖 2。

為了阻止遊客進入溼地內，周圍架設木製的圍籬，圍籬的分布範圍大約如圖 2 所

標示，該範圍的標定是利用全球衛星定位系統 (Global Position System, GPS) 在現場實測的座標資料，並經過圖面校正而得。GPS 是利用美國國防部發射在地球外太空運轉之衛星，接收衛星所傳播的導航訊息，並應用後方交會法，計算接收儀座標值；當初美軍為了維護美國的國家安全，防止其他使用者獲得高精度的定位資料，所以在導航訊號上，加入 S/A (Selective Availability) 效應干擾訊號，一般的 GPS 接收儀因為 S/A 效應干擾訊號，定位精確度降低至 50~100 公尺以內。在今年五月間美國總統柯林頓下令解除 S/A 的干擾訊號，使得現今一般 GPS 接收儀的定位精度提升至 5~10 公尺左右。

二、氣象

由於冷水坑溼地距離中央氣象局竹子湖及鞍部測候所約 2~5 公里遠，因此該地區的氣候形態應與去年調查之竹子湖溼地類似，為了求得較詳細的氣象資料，計畫中將北部地區與陽明山接近的五個氣象測站（台北、淡水、鞍部、竹子湖、基隆）資料，利用內差的方法求得北部地區氣象資料等值線分佈圖，再依據溼地所在位置約略估計相關資料。除此之外，研究中也使用陽管處架設在擎天崗的氣象站雨量資料作為參考。

1. 氣溫：年平均溫度約為攝氏 18.2 度（參見圖 3），一年中氣溫變化的形態，由一月份開始逐漸升高，至七月份候在逐漸下降，全年以一月份為最冷月，七月份為最熱月。
2. 相對溼度：年平均相對溼度約介於百分之 87 與 88 之間（參見圖 4），由此可見冷水坑區域相對溼度相當高，而全年溼度變化應與最相鄰的測站（竹子湖）相似，仍以夏季六、七月時的溼度為最低，冬季時溼度較高。
3. 雨量：年平均雨量約為 4500 公釐左右（參見圖 5），依據擎天崗氣象觀測資料顯示，全年降雨趨勢可區分冬季為溼季而夏季為乾季（參見圖 6），而一至十月份累積的雨量達 3320 公釐，若加上十一及十二月的雨量，年雨量應可達 4500 公釐左右。以降雨日數來看，該區域終年降雨日數約介於 200 與 210 天左右（參見圖 7），仍顯示非常潮溼的氣候形態。

三、水量調查

水量調查主要對象是由北方流入溼地內的小溪流，以及由南方排水渠道流出的水量，因為這兩者是影響冷水坑溼地水文系統中非常重要的因素，所使用的調查方法除了延續過去所使用的鹽滴定法外，在此次研究中壓感式流量計也被用來輔助流量的調查，以便和鹽滴定法相互佐證。

鹽滴定 (salt-titration) 法主要是依據質量不減的原理，在河段的上游將濃度 C_1 的鹽水，以流量 q 的速率投入河川中，在投放鹽水之前，量測投放點上游的河水含鹽濃度 C_0 ，在下游鹽水與河水已均勻混合之處觀察河水的含鹽濃度 C_2 ，假設河川流量為 Q ，

由物質不滅原理可以推導出下式：

$$Q \times C_b + q \times C_1 = (Q + q) \times C_2$$

故流量為 $Q = \frac{C_1 - C_2}{C_2 - C_b} q$, $q = \frac{Vol}{T}$ ，計畫中總共執行三次流量量測工作，其數

據與結果詳列如表 1。

表 1、鹽滴定法量測之數據

量測 編號	$T(\text{sec})$	$Vol(\text{L})$	$C_b (\%)$	$C_1 (\%)$	$C_2 (\%)$	$Q (\text{L/sec})$	$Q(\text{CMS})$
A-I-S	20.4	4.7	0	10	0.6	3.44	0.0034
A-II-S	19	4.0	0	6.6	0.8	1.52	0.0015
B-I-S	38	4.0	0	13	1.8	0.65	0.0006
B-II-S	10	5.0	0	10.2	0.4	12.25	0.0123
C-I-S	15	5.0	0	12.94	0.7	5.83	0.0058
C-II-S	12	5.0	0	9.72	0.2	19.83	0.0198

壓感式流量計 (pressure sense current meter) 主要是利用水流流速造成的動壓力，透過電子儀器轉換成流速，儀器的主體為一類似探測棒的感應器，將此感應器放入水流中，在與其相連之電子儀表板上就可直接讀取即時的流速資料；有了流速資料後，接著必須測量所觀察流速的行水斷面積，對於有固定形狀的人為渠道，如溼地南方的排水道，可直接量取幾何形狀的尺寸，便可計算斷面積，但對於不規則的自然渠道斷面，則必須藉助平均斷面法，將行水斷面依現場狀況分成若干個大小不同的長方形，在一一量取每個長方形的面積並加總後，便可得到概估的行水斷面積。最後將流速乘以行水斷面積，就可以求出所需的流量，計畫中執行兩次的流量計實測，數據與結果詳列在表 2。

表 2 流量計量測之數據

量測 編號	流速 (cm/sec)	行水斷面積 (cm ²)	流量 (cm ³ /sec)	流量 (CMS)
B-I-G	0.8	972	778	0.00078
B-II-G	27.5	548	15070	0.0151
C-I-G	7.4	986	7296	0.0073
C-II-G	34	660	22440	0.02244

以下針對上述流量量測之結果進行說明與討論：

第一次量測 A-I-S 及 A-II-S：

第一次量測的 A-I-S 及 A-II-S 均為溼地北方小溪流之流量，但所得結果相差一倍左右，由於流量非常小，約在 0.0015CMS 與 0.003CMS 之間，所以有可能是鹽滴定法在下列環境、儀器與人為等因素下，造成的誤差。

1. 鹽滴定法假設鹽水經過充分的混合，最好能通過類似堰型的河道，或有激烈的亂流存在，在實際的環境下卻很難達成此一要求，尤其是在渠道斷面較寬、水深較淺的自然河道，在下游處更無法正確量得與鹽水充分混合之河水鹽度。
2. 上游投撒鹽水的濃度不夠，依據文獻建議，上游濃度 C_1 的鹽水最好能達到 25% 以上，然而礙於鹽度計所能量測的上限，現場實驗時無法準備較高濃度的鹽水，造成下游的鹽度較小，鹽度計的靈敏度在此時就會影響實驗的結果。
3. 上游作業時必須是以連續且固定速率的方式投撒鹽水，實驗時只以人為的控制，將一定體積的鹽水在所量測的時間內倒入溪水中，而且投入時間時間不夠久，鹽水可能無法有效與溪水混合，因而造成實驗的誤差。

所以綜合上述原因可知，鹽滴定法在流量量測上還是有若干的限制，因此為了求得更精確的流量量測，本研究研擬下兩次現場量測時使用流速儀，測量河道中某斷面的流速，並配合斷面積的量測，得到所需的流量資料，同時並可用來驗證鹽滴定法的數據。

第二次量測 B-I-S、B-II-S、B-I-G 及 B-II-G：

第二次量測 B-I 及 B-II 的數據是分別代表溼地北方的小溪流及南方的排水渠道流量，S 表示所得數據是使用鹽滴定法，而 G 表示所得數據是使用流量計量測，在小溪流流量量測結果顯示：B-I-S 的流量為 0.0006CMS，和 B-I-G 的流量 0.00078CMS 結果相近，

在排水渠道流量量測結果顯示：B-II-S 的流量為 0.0123 CMS，而 B-II-G 為 0.0151 CMS，所以鹽滴定法結果仍是在可接受的範圍內。

由這次結果發現鹽滴定法與流量計測得的流量雖然有些差距（鹽滴定法所得流量通常小於實際流量），但仍在可接受的範圍內，所以在沒有流量計的情況下，鹽滴定法仍不失為可行的流量量測方法，只不過必須注意其流量推估結果可能低於實際的流量值。此外由這次調查結果亦發現，雖然流入冷水坑溼地的地表逕流非常小（適逢乾季），但溼地的排水渠道流量仍遠大於流入水量，由此可推斷在乾季時溼地的主要水源應來自地中逕流及地下水，這在河川上游森林小集水區內是非常典型的現象，在此也得到印證。

第三次量測 C-I-S、C-II-S、C-I-G 及 C-II-G：

第三次量測 C-I 及 C-II 的同樣是代表溼地北方的小溪流及南方的排水渠道流量，S 代表鹽滴定法，而 G 代表流量計，在小溪流流量量測結果顯示：C-I-S 的流量為 0.0058 CMS，和 C-I-G 的流量 0.0073 CMS 結果相近，在排水渠道流量量測結果顯示：C-II-S 的流量為 0.0198 CMS，而 C-II-G 為 0.02244 CMS，所以鹽滴定法結果仍是在可接受的範圍內。

第三次量測的時間點為雨季，因此不論是流入溼地的小溪流和排水渠道的水量，均較第二次旱季時量測的水量大，同時量測當日為雨天，因此有許多漫地流的現象發生，這些漫地流紛紛流入地勢較低的溼地內，由於冷水坑溼地位處多雨的陽明山區，因此雨季來臨時，漫地流的產生也將是影響溼地水文系統的重要因素之一，以下將以電腦模擬來探討地表逕流與漫地流對冷水坑溼地水文系統的影響。

四、水文系統模擬

在過去，受限於資料蒐集的成本及準確度，集水區水文模擬分析大多為簡單的集中參數（lump parameters）模式，隨著資訊科技發達，複雜的集水區環境，可以藉助地理資訊系統（Geographic Information System, GIS），及配合數值高程資料，有效且正確地提供水文分析所需的環境資訊，以下分別就資料蒐集、處理，及分析程序，作簡單的說明。

陽明山國家公園管理處業已建置一千分之一數值地形圖，並配合開發一親合力高、圖形化人機界面的地形圖管理系統，對輔助管理業務助益良多。向量式的等高線資料，經過該系統可轉換為網格（grid）形態，提供水文系統模擬所需的基礎資料，每一個正方形網格大小為 4m x 4m，水文系統模擬所採用的高程資料為索引圖編號 4468 之區域，該區域恰可涵蓋復育台灣水韭之冷水坑湖泊，圖 8, 9 利用高程資料以 Triangulated Irregular Network (TIN) 模擬該區域的地形，同時搭配向量式基本圖，更方便分析人員了解研究區域的概況。

經吸洞填平之前處理後，數值高程資料中每一網格，均需與相鄰網格之高程進行比對，而最後的流向為某網格與周圍八個網格之最大高程差者，圖 10 以箭號的方向展示網格的流向，也就是代表漫地流在流經某網格後向下游流動的方向，很明顯可以看出，漫地流會從西邊、北邊及東邊流入溼地內，在此人工溼地尚未施工前，即有一條小溪流經此處，由此可見，冷水坑溼地天然上即是窪地地形，應有聚集來自周圍慢地流的功能。

集水區中每一格網都有其唯一路徑流至集水區的匯集點或出口口 (outlet)，稱之為流徑 (flow path)；而流量累積值 (flow accumulation value) 為任一網格累積上游網格流入之個數，依此定義可知，流徑上之流量累積值一定較非流徑的網格大，且愈向下游流量累積值愈大，運用流量累積值即可劃定河川渠道的網路；有了河川渠道網路後，可進一步進行河川級序 (stream order) 的分析，級序分析是將河溪編號，由分水嶺發源之小溪定義為一級河溪，兩條或兩條以上的一級河溪匯流後成二級河溪，依此類推，一般而言，級序愈高，代表其流域面積、河道斷面、流量愈大，圖 12 將河川網路以 Strahler 氏定義的分析方法，所產生的河川級序分佈圖，由電腦模擬之河川級序 4 (紅色的線段) 和實際冷水坑溪的渠道走向一致，可證明模擬結果與實際情形接近；流經冷水坑溼地的河川級序為 2，顯示該流徑匯集了上游大量之地表逕流，由電腦模擬可知在該流徑流入溼地北側時，其流量累積值已達 670，代表在匯入溼地前，該流徑已累積上游漫地流的面積達 $670 \times 4 \times 4$ 平方公尺。電腦分析程序可根據設定之門檻值 (threshold) 自動找出集水區的範圍，對同一區域而言，門檻值愈高，所劃定的子集水區個數就愈少，圖 13 為門檻值設定為 500 時，集水區劃定結果的 3D 鳥瞰圖，從該圖可得知，冷水坑湖泊位於一獨立集水區的中下游區，可以有效地匯集來自集水區上游的降雨。

五、結論

冷水坑溼地為人工復育的溼地，其主要目的是為了將台灣水韭移植至此，成為除了夢幻湖外，台灣水韭另一個可供生長的棲息地，為了完成此目的，冷水坑溼地的水文系統必須事先調查，以確定有充足的水，供應台灣水韭在此繁殖生長。根據本研究調查，在雨季時，直接由溼地北方小溪流注入的水量非常豐沛，再加上潮溼的氣候，使得漫地流普遍發生，並流入溼地內，再加上地下水補助，因此溼地內水量是不虞匱乏；至於在旱季時，由北方流入溼地的小溪流量並不大，但溼地水位仍維持一定的高度，而且南方的排水渠道仍有相當大的水量排出，因此可知地中逕流及地下水在此扮演非常重要的角色。綜合上述觀察，冷水坑溼地的水文條件應可維持足夠的水量，提供台灣水韭復育所需的水環境。

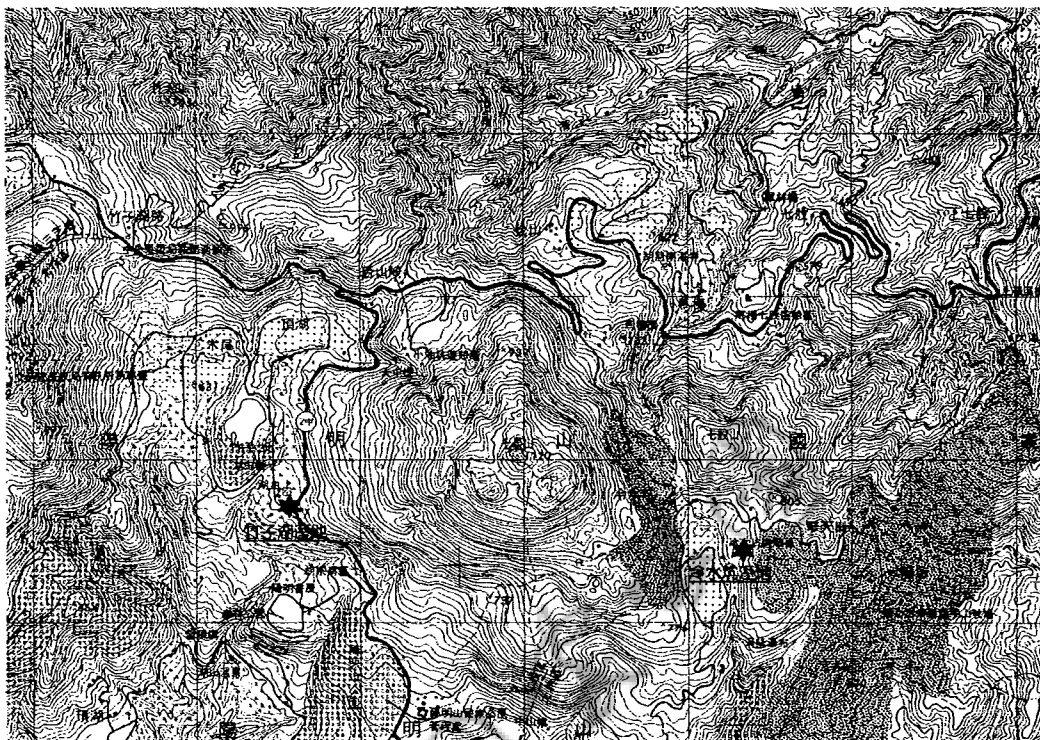


圖 1 冷水坑溼地地形位置

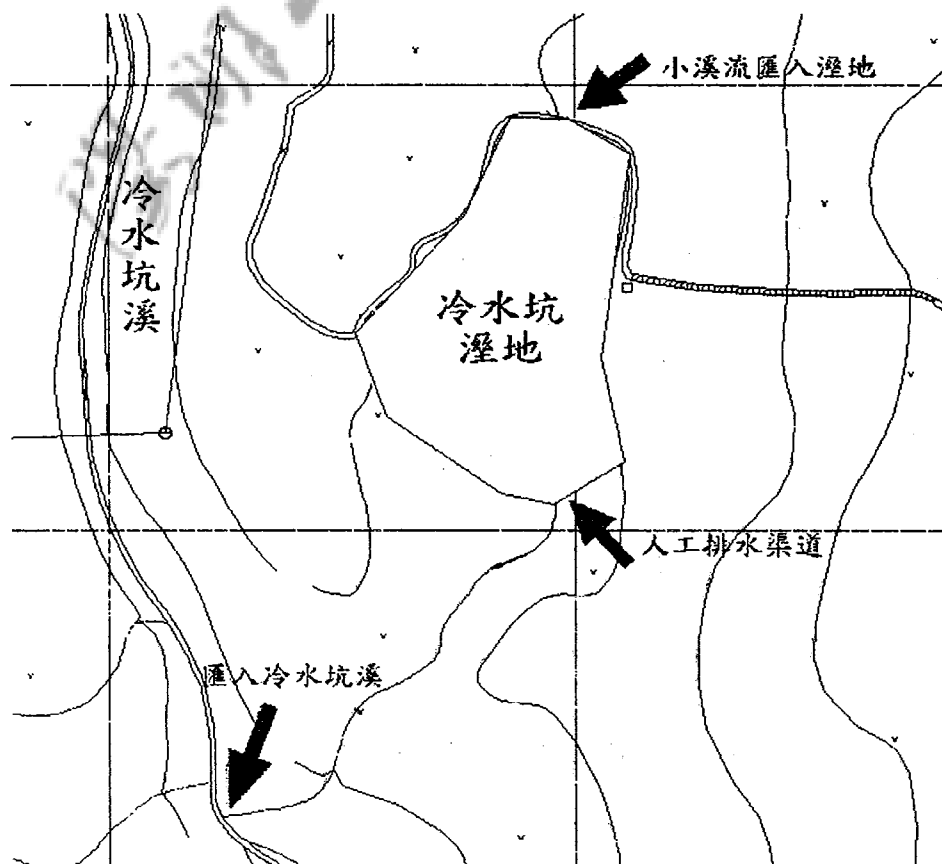


圖 2 冷水坑溼地周圍相關環境

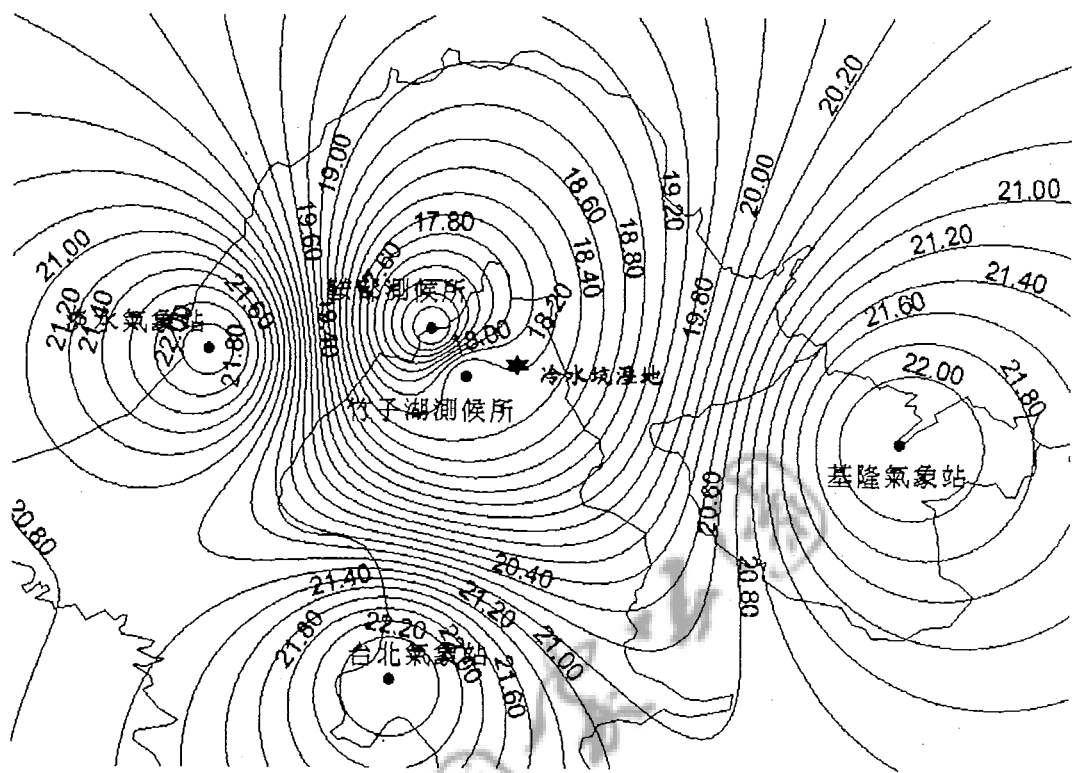


圖 3 北部地區溫度等值線分布

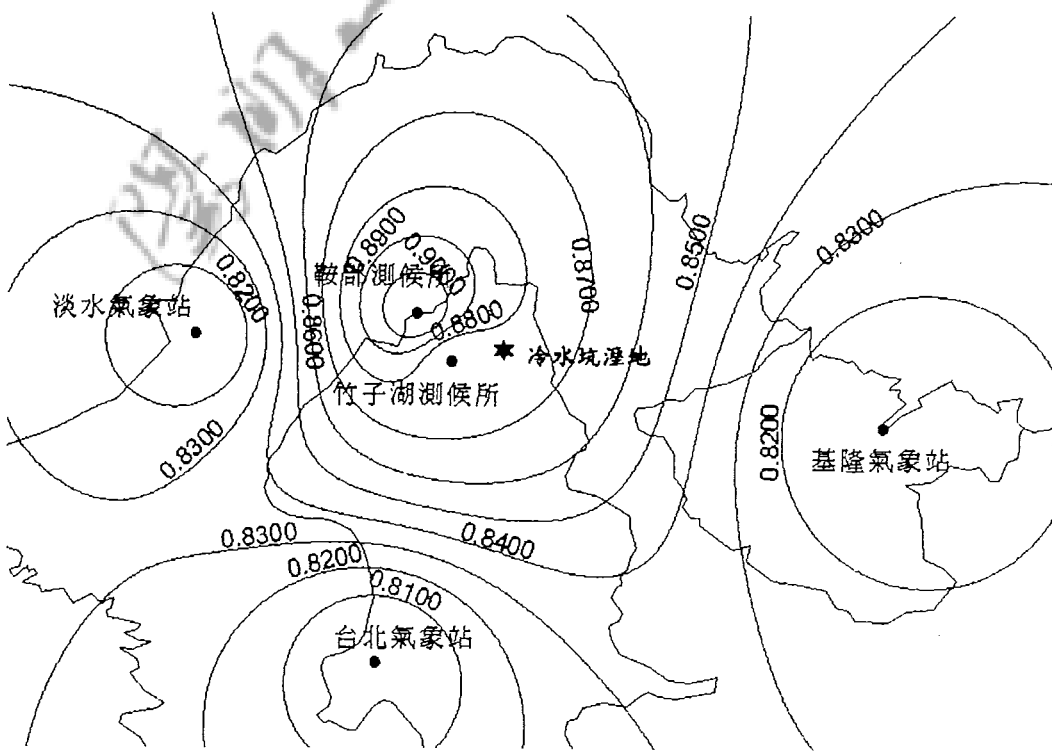


圖 4 北部地區溼度等值線分布

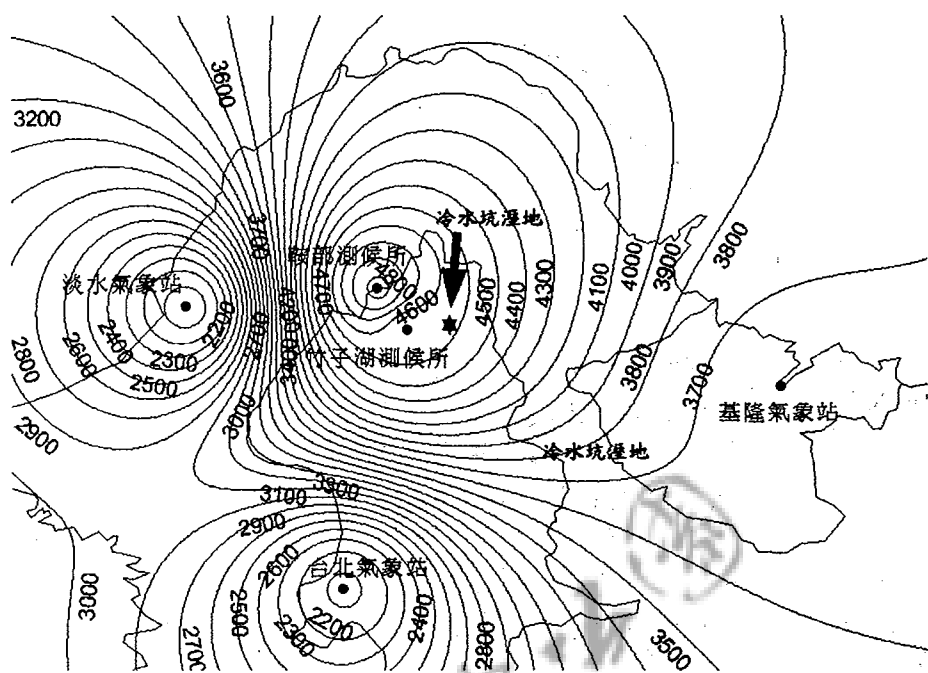


圖 5 北部地區雨量等值線分布

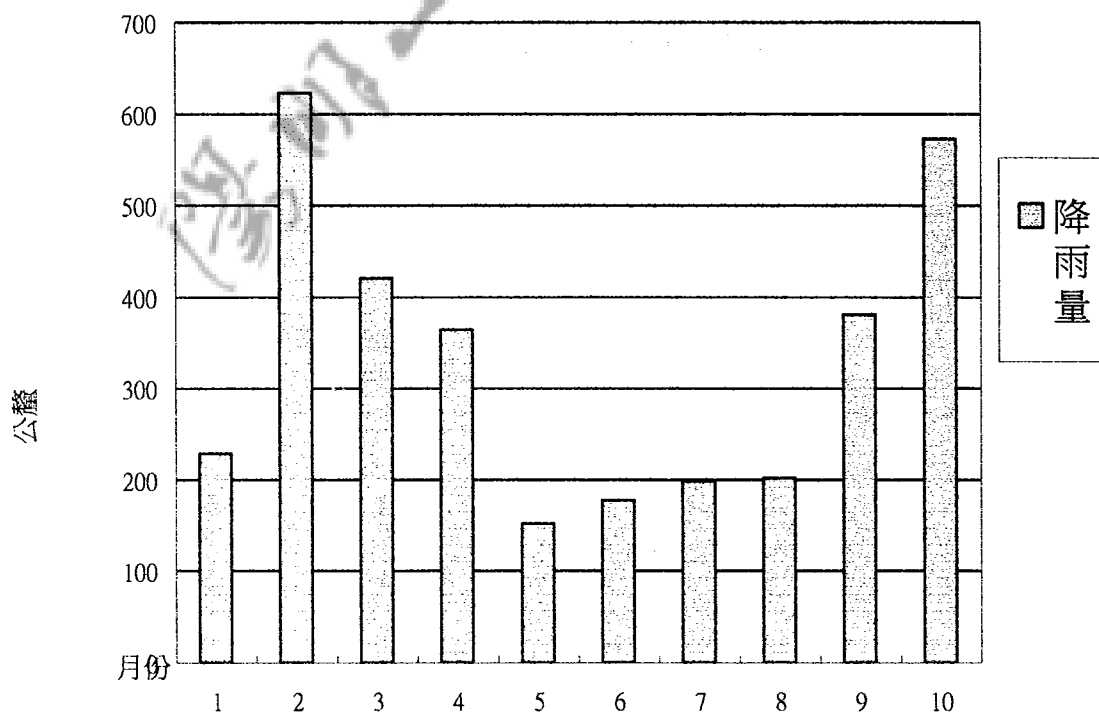


圖 6 擎天崗降雨量分月統計圖

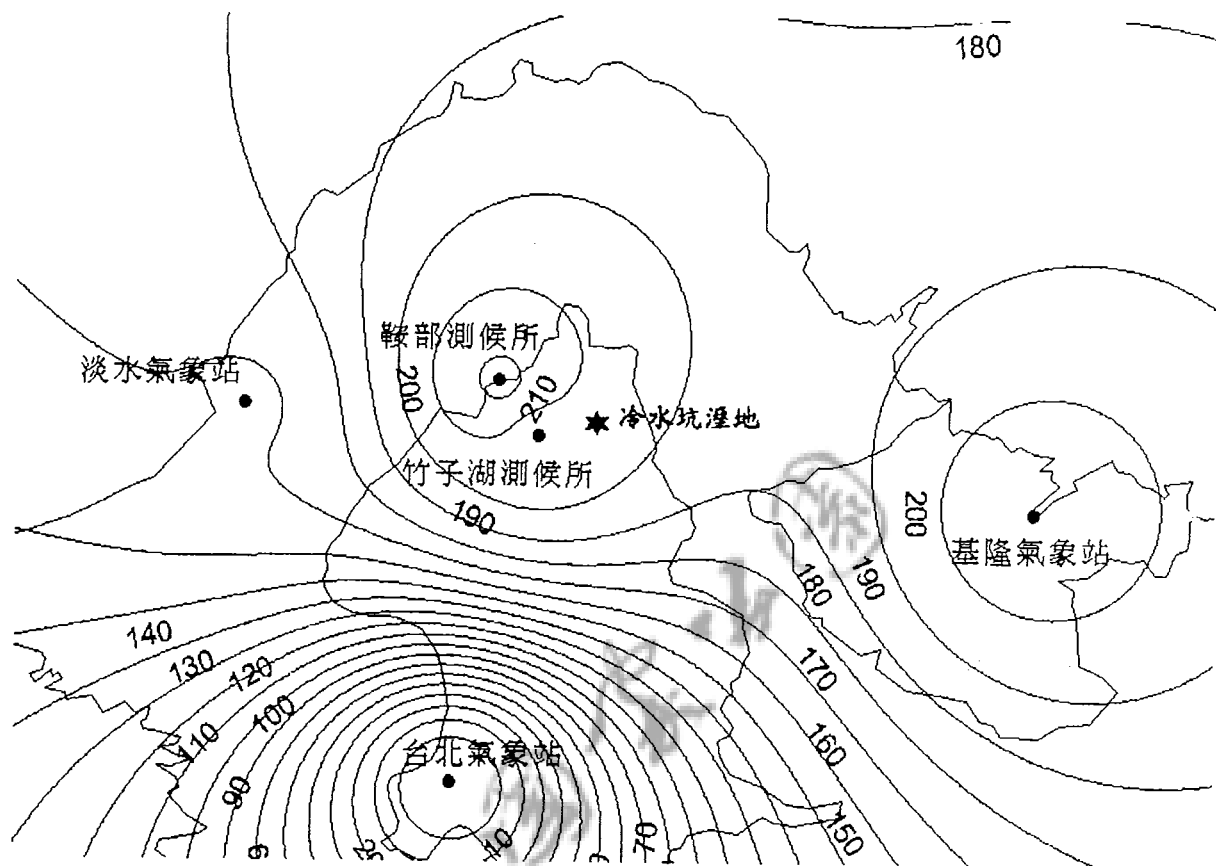


圖 7 北部地區降雨日數等值線分布

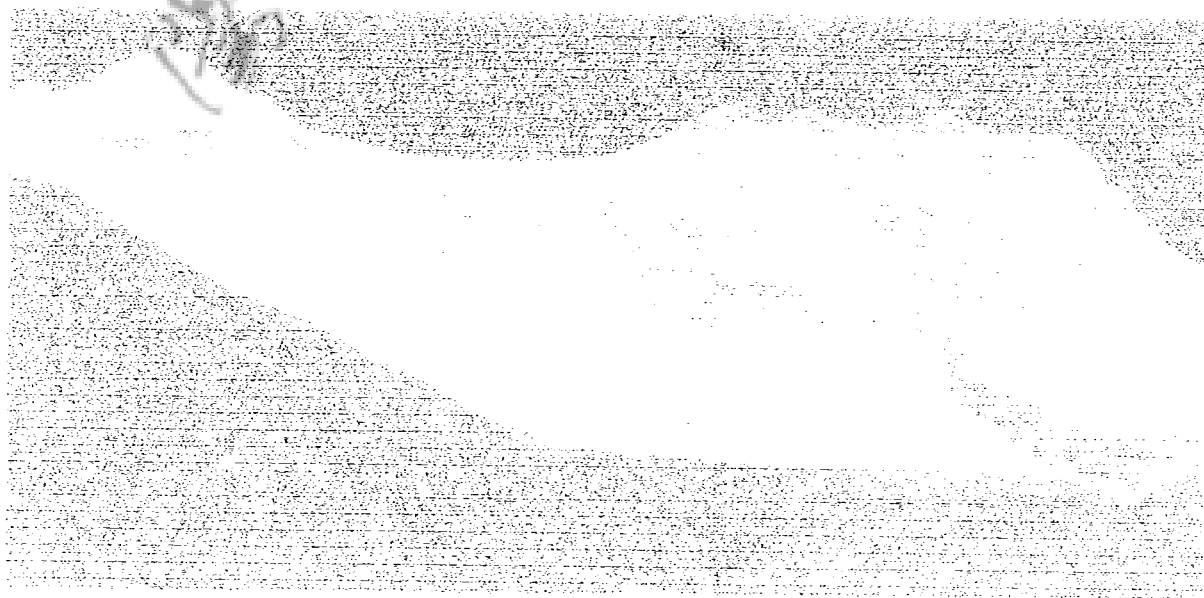


圖 8 冷水坑地區高程 3D 模擬



圖 9 立體高程套疊向量式基本圖

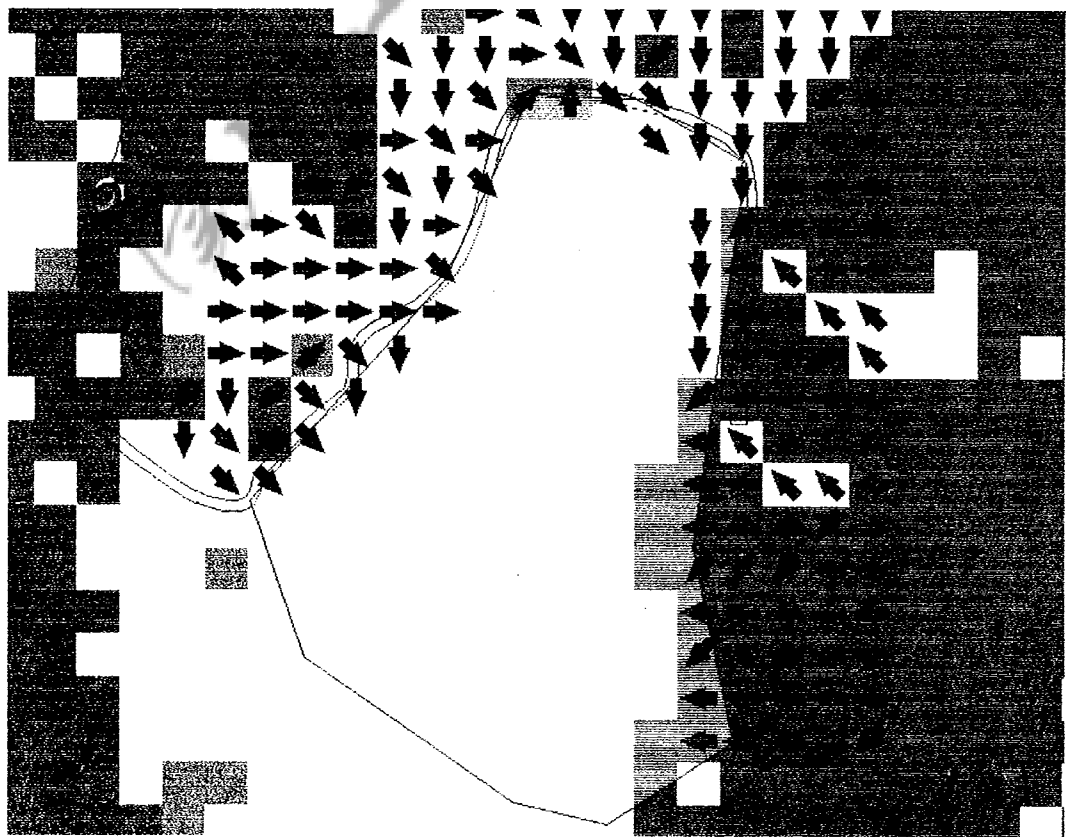


圖 10 降雨匯流方向

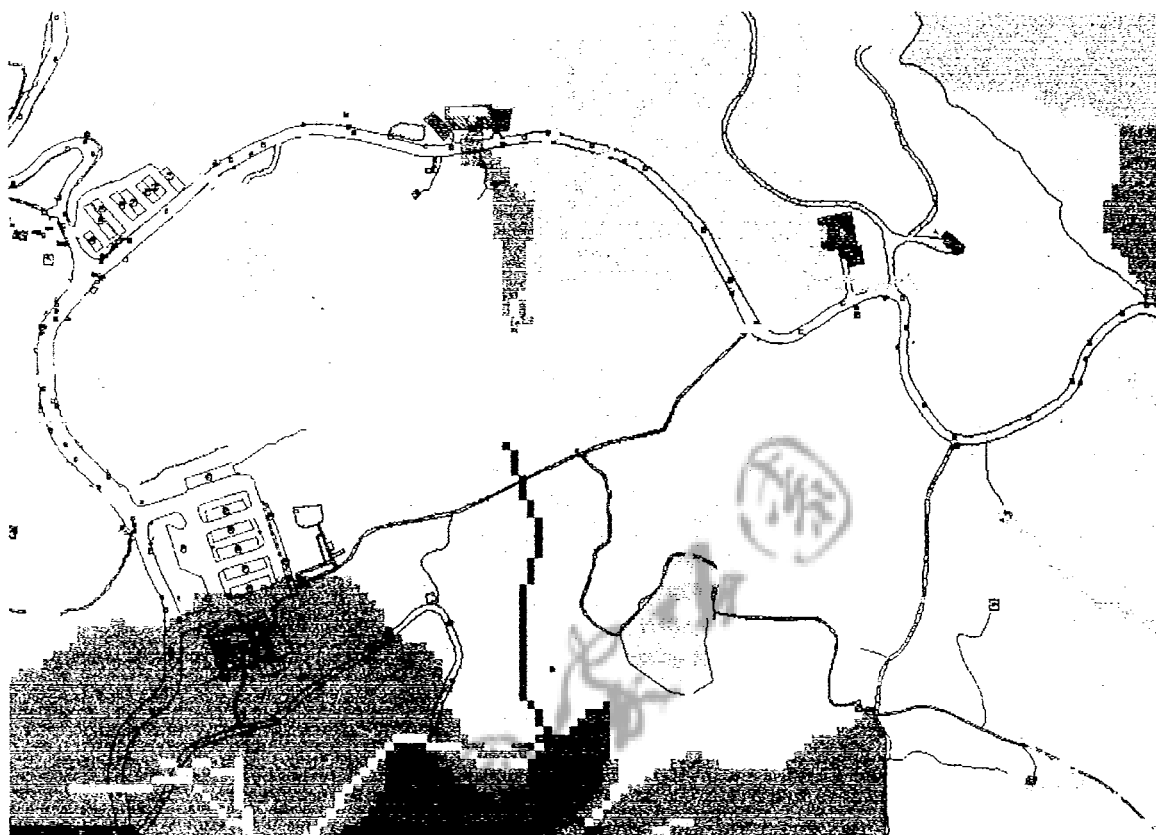


圖 11 集水區與模擬之河川級序

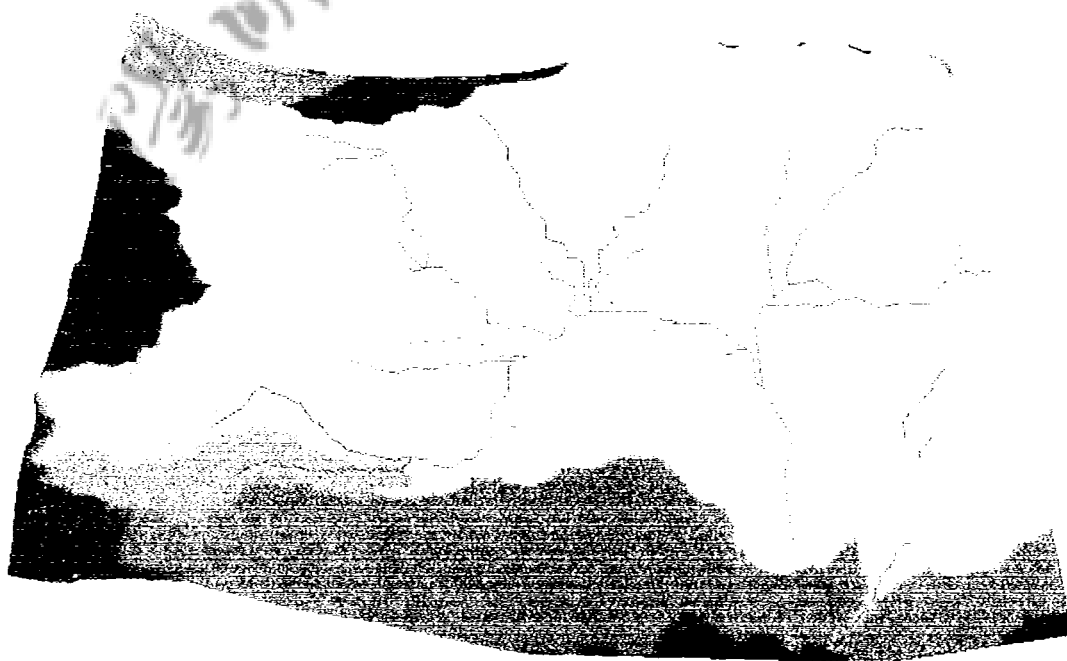


圖 12 集水區 3D 鳥瞰圖

參、冷水坑水質之調查與分析

冷水坑附近過去硫磺礦石冶煉之產業頗為興盛，至今仍有白土煉製廠址、硫磺煮煉工寮舊址及廢礦渣輸送台車軌道等遺跡。而昔日之廢棄硫磺礦渣即棄置於今冷水坑溼地地區，根據初步調查，該一凹地土質及水質呈酸性反應，極為接近目前台灣水韭唯一生育地「夢幻湖」之情況。然而，冷水坑溼地是否具有復育台灣水韭之潛力，其水質變化情況如何，應進行監測調查。

一、前言

冷水坑溼地之主要水源係來自附近農地之農業灌溉迴歸水及雨水。該水源在本計畫調查期間，雖水量因季節不而有所變化，但卻未曾發現有中斷過。因此，才得以使冷水坑溼地之自然風貌及生態環境能得以維持下去。但過去曾利用週邊人工排水渠道將溼地內之水排空，致使溼地含水量大量流失。正因如此，為維持及恢復冷水坑溼地的舊日風貌及其內之自然生態環境，陽明山國家公園管理處已著手完成該溼地之整地及浚深的工作。目前該溼地已近似於一半人工溼地，溼地內之水量也以大量蓄積。未來如果計畫在其內進行台灣水韭之區外保育，必須深入調查該溼地之水文及水質的狀況。所以本部分之研究計畫，係進行冷水坑溼地水源及溼地內之水質及水量資料的蒐集及調查分析等工作。

二、材料與方法

研究調查的方法係以現場採集水樣及攜回實驗室進行分析的方式進行。採樣地點共四處（參見圖 13），分別位於進水渠道口(S1)、溼地內靠近進流口(S2)、溼地內靠近流出口(S3)及溼地出水渠道口(S4)。此外，計畫中亦將對竹子湖及夢幻湖等溼地進行採集水樣及水質分析的工作，以持續上一年度計畫之採樣工作，以及做為與冷水坑溼地所檢測出之數據進行比對的工作。

本計畫進行三次的採樣工作。第一次採樣的日期為八十九年三月六日，而第二次則為八十九年六月二十六日，至於第三次採樣為八十九年之十一月九日，而三次之採樣之時間皆在上午十點至下午一點之時段中。所採回來之水樣，係依據行政院環保署環檢所訂定之方法先行保存之，並儘速攜回至實驗室內進行水樣的分析工作（行政院環保署，1999）。現場即刻進行分析的項目包括有溫度、pH 值及溶氧(DO)等。攜回至實驗室內進行分析的項目包括有懸浮固體物(SS)、生化需氧量(BOD)、化學需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)、亞硝酸氮(NO₂⁻-N)、硝酸氮(NO₃⁻-N)、總凱氏氮(TKN)、磷酸鹽(PO₄⁻³)、總磷(TP)、大腸桿菌(*E. coli.*)、硫酸鹽(SO₄⁻²)及鐵(Fe)等。分析所採用之方法仍將依據行政院環保署環檢所訂定之「水質檢驗方法彙編」（行政院環保署，1999）。各個檢測項目的分析方法分述如下：

- (1) 溫度(TEMP)：水溫檢測方法-溫度計法(NIEA W217.50A)
- (2) 酸鹼值(pH)：水中氫離子濃度指數測定法-電極法(NIEA W424.50A)
- (3) 溶氧(DO)：電極法，疊氮化鈉法(NIEA W421.54C)
- (4) 生化需氧量(BOD)：水中生化需氧量檢測法(NIEA W510.53A)
- (5) 化學需氧量(COD)：重鉻酸鉀迴流法(NIEA W515.53A)
- (6) 總凱氏氮(TKN)：凱氏氮法(NIEA W420.50B)
- (7) 氨氮：納式比色法(NIEA W416.50A)
- (8) 硝酸鹽：馬錢子鹼比色法(NIEA W417.50A)
- (9) 亞硝酸鹽：分光光度計法(NIEA W418.50T)
- (10) 總磷：維生素丙比色法(NIEA W427.50A)
- (11) 正磷酸鹽：維生素丙比色法(NIEA W427.50A)
- (12) 懸浮固體物(SS)：重量法(NIEA W210.55A)
- (13) 大腸桿菌(*E. coli*)：濾膜法(NIEA E202.50T)
- (14) 硫酸鹽(SO_4^{2-})：濁度法(NIEA W430.50A)
- (15) 鐵(Fe)：火焰式原子吸收光譜法(NIEA W306.50A)

三、結果與討論

(一) 第一次水質分析調查結果

表 1 所示為冷水坑人工溼地第一次採樣之分析調查結果。由表中所分析檢測出之數據可知，冷水坑溼地水源之水質屬於偏弱酸性其測值為 4.92，在流經溼地內之後，pH 值又略為降低，平均值為 4.72，與出流口一樣。如前所述，此乃因此區屬酸性地質條件所致。至於 DO 之測值，各採樣點皆很高，都在 8.0 mg/L 以上。

在 COD 分析方面，S1 採樣點之測值最低(1.84 mg/L)，S3 採樣點其次(4.6 mg/L)，而 S2 與 S4 測點較高，皆為 5.52 mg/L。其中，為何水源所在之 S1 測點之測值最低，但在 BOD 測值上，卻又是最高(3.14 mg/L)？非常不合理，其原因應是分析誤差所致，因為又由表 1 中所示竹子湖水樣 BOD 測值同樣為 3.89 mg/L，但其 COD 測值卻高達 5.52 mg/L。因此，以 BOD 測值評估溼地對有機物分解效果較為適當。所以由 BOD 測值可知，冷水坑溼地對有機物分解具有效果。在 SS 之分析方面，可明顯看出，其測值隨著水流經之地點(S1→S2→S3→S4)沒有什麼變化，約為 2.2 mg/L。由此可知，竹子湖溼地對於水質似乎不具有澄清的效用，其原因有可能為採樣當日，天候不佳下雨，致使溼地水

質之濁度增加，抑或目前冷水坑溼地內沒有大量的水生植物，使濾除水中懸浮物質之效果降低。

除水質及水量對於溼地植物很重要之外，水中之各類營養鹽對溼地植物之生長亦具其重要性。因此在此計畫中將進行水源中各類營養鹽之分析工作。由分析結果可知，水源(S1 測站)中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的含量最高 (0.26 mg/L)，流進入溼地內後，降至 0.036 mg/L，但在出水口處又增至 0.13 mg/L，由此可知溼地內之生物之同化及硝化作用會消耗水中氮氣。至於出水口氮氣又略為增高，可能為外部污染源所致。此外，根據檢測之結果可知，水中無機氮營養鹽的成分主要係以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 為主，而非 $\text{NH}_3\text{-N}$ ， $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 之含量亦極少。 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 測值之分析結果亦顯示，其測值隨著水流經之地點(S1→S2→S3)愈來愈小，但與氮氣一樣，在出水口處(S4 測站)又略為增高，也有可能為外部污染源。由此可知，冷水坑溼地對於水中之氮營養鹽具有降解的效用，但與竹子湖溼地相較，不會十分明顯，這是由於竹子湖溼地內的水生植物相非常豐富，大量吸收營養鹽所致。至於磷營養鹽方面，由分析結果可知，冷水坑溼地對其亦具有吸收降解之功能。但仍可看出，其降解不若竹子湖溼地明顯。其原因與氮營養鹽近似。在 *E. coli* 之檢測方面，由分析結果可明顯得知，*E. coli* 於水中之數量並不高，可能與酸性水質有關。

至於此次採樣中，竹子湖及夢幻湖溼地的水質的分析結果顯示，夢幻湖溼地內水的 pH 值顯示亦呈酸性(4.69)。而有機物含量也少，其 BOD 之測值為 1.53 mg/L，與冷水坑測值近似。但此測值卻較竹子湖低甚多。至於在 SS 及 *E. coli* 之測值方面，夢幻湖溼地之 SS 測值(6.7 mg/L)遠高於冷水坑溼地，更大於竹子湖溼地之測值(1.0 mg/L)。可能是因夢幻湖溼地因水淺，因此在採集水樣時，採取到底泥，致使 SS 濃度增加。而在竹子湖溼地，因豐富之水生植物相，而加強濾除水中懸浮物之效能。在營養鹽方面，夢幻湖溼地之氮營養鹽濃度上，低於冷水坑溼地，而磷營養鹽則與冷水坑溼地近似。因此，未來在冷水坑復育台灣水韭，在營養鹽的供給上，應不是問題，而其他水質條件，二個溼地也極為相似。在竹子湖溼地內，顯然氮營養鹽含量最多，而磷營養鹽則與其他二個溼地近似。

(二) 第二次水質分析調查結果

表 2 所示為冷水坑人工溼地第二次採樣之分析調查結果。由表中所分析檢測出之數據可知，冷水坑溼地水源之水質仍屬於偏弱酸性，其 pH 測值與第一次相近為 4.80。但在流經溼地內之後，pH 值反而升高至 6.36 (S2 採樣站)及 6.71 (S3 採樣站)，在出水口處(S4 採樣站)處，又略為降低至 6.19，但仍遠高於進水口處水樣測值。此一現象與第一次採樣之結果大不相同。探究其原因，有可能係因冷水坑在施工整地後，在地形外觀上看來較屬於深水池塘型溼地，所以蓄積的水量較大，且此次採樣之水位甚高，將溼地內之二個人工島皆淹沒入水中，此一大的蓄水體積因而影響了水質。而夢幻湖內之

水質為何仍能維持其弱酸性(pH 值為 4.90)，也正是因其係屬於淺水池塘型溼地，使其蓄水量較少，受雨水蓄水之影響較小之故。

至於 DO 之測值，各採樣點測值較第一次為低，皆在 7.0 mg/L 以下。冷水坑之進流口 DO 值為 7.0mg/L，但進入溼地內後，更降低至 5.75 及 6.31 mg/L，而出水口處 DO 測值為 5.96 mg/L。在 COD 分析方面，於冷水坑進水口處 S1 採樣點之測值最低(2.88 mg/L)，進入溼地內之後，S2 及 S3 採樣點 COD 測值分別為 6.72 及 7.96 mg/L，在出水口 S4 測點則為 6.86 mg/L。其中，有關第一次採樣時 S1 測點之 COD 測值高於 BOD 測值，第二次採樣時已無此現象，因此其原因應是分析誤差所致。至於此次採樣之 BOD 測值，S1 及 S4 測站分別測出為 0.6 及 1.0 mg/L，此測值又較第一次採樣時為低。因此冷水坑溼地對有機物分解效果在此次採樣所呈現出之效果不甚明顯，可見雨水之稀釋效果至為明顯。而 COD 測值遠大於 BOD 測值，乃因水中腐質值構成 COD 但卻很難被生物分解而呈現出較低之 BOD。

在 SS 之分析方面，可明顯看出，冷水坑溼地對於水質不具有澄清的效用，其測值在 S1 進水口處為 0.9 mg/L，隨著水流經之地點 S2、S3 及 S4 分別為 4.1、3.9 及 5.6 mg/L，較第一次採樣時之變化較大。由此可知，溼地內水質之濁度明顯較第一次採樣時增加。至於溼地內水中 SS 測質增高之原因，應不是來自溼地之水源中，而是來自溼地之內部，可能是藻類的繁殖，也有可能來自週遭沖刷進入溼地內之泥沙。再加上目前冷水坑溼地內因水太深，因而沒有大量的挺水性水生植物生長，致使溼地之濾除水中懸浮物質的效果降低。再由水中之各類營養鹽之分析結果顯示，水源(S1 測站)中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的含量為 0.21 mg/L，流進入溼地內後，S2 測站降至 0.07 mg/L，而 S3 測站又增高至 0.35 mg/L。但在出水口處又降至 0.28 mg/L，由此可知溼地內之生物之同化及硝化作用會消耗水中氮氣。至於溼地內 S3 測站及出水口 S4 測站之氮氣又增高，有可能是外部污染源所致。

此外，根據檢測之結果可知，水中另一無機氮營養鹽的成分為 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ，而 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 之含量較少。 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 測值之分析結果亦顯示，其測值隨著水流經之測站 S1、S2 及 S3 先減少在隨之略增，但與氮氣不同的是，在出水口處(S4 測站)又反而降低，可見外部污染源之型態為氮氣，而非硝酸鹽氮。由此可知，再不受外來污染源干擾之下，冷水坑溼地對於水中之各類型之氮營養鹽具有降解的效用，但與竹子湖溼地相較，不會十分明顯。這是由於竹子湖溼地內的水生植物相非常豐富，大量吸收營養鹽所致。至於磷營養鹽方面，由分析結果可知，冷水坑溼地對其亦具有吸收降解之功能。但磷源並非來自溼地之水源中，有可能來自溼地週遭之點源及非點源性污染。然而，這項結果仍可看出，其降解不若竹子湖溼地明顯。其原因仍是因植物相不夠豐沛所致。

在 *E. coli* 之檢測方面，由分析結果可明顯得知，*E. coli* 於水中之數量並不高，可能與偏酸性水質有關，至於出水口 *E. coli* 之測質之增高有可能仍由於外來污染源所

致。

本次採樣中有增測水中硫酸鹽(SO_4^{2-})及鐵(Fe)之含量。由表 2 中可知，S1、S2 及 S3 等三個測站中之 SO_4^{2-} 濃度皆相近，約為 0.26 mg/L，但在 S4 出水口處之測值降為 0.19 mg/L。至於 Fe 之變化則較大，進水口處為 0.37 mg/L，但在溼地內部之 S2 及 S3 測站則分別增高至 1.08 及 0.98 mg/L，在 S4 出水口處，又增至 1.13 mg/L。可見冷水坑溼地底值成分含有鐵質，但不含硫酸鹽。

至於此次採樣中，竹子湖及夢幻湖溼地之水質的分析結果顯示，夢幻湖溼地內水的 pH 值顯示仍顯示呈酸性(4.90)。但有機物含量較第一次採樣時增多，其 BOD 之測值為 2.6 mg/L，COD 測值更高達 20.16 mg/L，皆較冷水坑及竹子湖之測值還高。

至於在 SS 及 *E. coli* 之測值方面，夢幻湖溼地之 SS 測值(9.9 mg/L)高於冷水坑溼地，但較竹子湖溼地之測值(23.7 mg/L)為低。可能是因夢幻湖溼地及竹子湖溼地因水淺，因此在採集水樣時，而皆採取到底泥，致使 SS 濃度增加。在營養鹽方面，夢幻湖溼地之氮營養鹽濃度上，低於冷水坑溼地，而磷營養鹽則略高於冷水坑溼地。因此，未來在冷水坑復育台灣水韭，在營養鹽的供給上，應不是問題，而其他水質條件，二個溼地也極為相似。在竹子湖溼地內，顯然氮及磷營養鹽含量皆最多。

(三) 第三次水質分析調查結果

表 3 所示為冷水坑人工溼地第三次採樣之分析調查結果。由表中所分析檢測出之數據可知，冷水坑溼地水源之水質雖仍屬於弱酸性，但其 pH 測值與第一及第二次略高些，為 5.02。但在流經溼地內之後，pH 值在 S2 測站又降低至 4.89 及 S3 測站升高至 6.02，在出水口處(S4 採樣站)處，則又略為降低至之 5.30，略高於進水口處水樣之測值。此次採樣 pH 值分析之結果與第一及第二次採樣之結果大不相同的原因，有可能是因氣象條件不同，採樣當天正逢降雨，因此冷水坑內之水位極高，幾乎要溢流出來。滿水位的水量，加上不斷連續有雨水流入溼地，具有稀釋功能，致使 pH 值之升高，且分布不均勻。進流水 pH 值略為升高，亦是因雨水稀釋的效果。

至於 DO 之測值，各採樣點測值似乎又較第一及第二次為低，皆在 5.20 mg/L 以下。冷水坑之進流口 DO 值為 5.20mg/L，但進入溼地內後，更降低至 4.88 及 4.97 mg/L，而出水口處 DO 測值為 5.10 mg/L。出水口 DO 測值增高之原因為水體降落至排水渠道時，有亂流之現象，致使 DO 增高。

在 COD 分析方面，於冷水坑進水口處 S1 採樣點之測值最高(17 mg/L)，在進入溼地內之後，S2 及 S3 採樣點 COD 測值分別為 9 及 8 mg/L，在出水口 S4 測點則降低為 1 mg/L。此次採樣顯示冷水坑溼地似乎對 COD 具有降解之功能。但此次採樣之 BOD 測值卻十分低，S1、S2 及 S3 測站分別測出為 0.2、0.2 及 0.5 mg/L (S4 測站因水樣運送途中

流失，BOD 未測出)，此測值又較第一及第二次採樣時均低。因此冷水坑溼地對有機物分解效果在此次採樣所呈現出之效果仍不甚明顯，可見雨水之稀釋效果至為明顯。但 COD 測值仍測出遠大於 BOD 測值，原因仍為中腐質值構成 COD 但卻因很難被生物分解而呈現出較低之 BOD。但也有可能因降雨沖刷效應，將許多顆粒狀之有機物流至進流水中，致使其 COD 值突然增高至 17 mg/L，當流進冷水坑溼地後，因沉澱效應，又將顆粒狀 COD 去除之。

由 SS 之分析，可明顯看出，冷水坑溼地對於水質之澄清效用不大，其測值在 S1 進水口處為 3.5 mg/L，隨著水流經之地點 S2、S3 及 S4 分別為 8.7、2.0 及 3.4 mg/L，較第一次採樣時之變化較大，而與第二次採樣近似。由此可知，溼地內水中 SS 測質較水源中為高之原因，應是來自溼地之內部，可能是藻類的繁殖，也有可能來自週遭雨水沖刷進入溼地內之泥沙。

至於水中之各類營養鹽之分析結果顯示，水源(S1 測站)中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的含量為 0.49 mg/L，流進入溼地內後，S2 測站增高至 0.58 mg/L，而 S3 測站又增高至 0.84 mg/L。但在出水口處又降至 0.55 mg/L，由此可知溼地內之生物之同化及硝化作用(會消耗水中氮氮)再此次之採樣時，又轉變為不明顯。至於溼地內 S3 測站及出水口 S4 測站之氮氮又增高，仍有可能是外部污染源所致。此外，根據檢測之結果可知，水中另一無機氮營養鹽的成分為 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ，而 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 之含量較少。 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 測值之分析結果亦顯示，其測值隨著水流經之測站 S1、S2 及 S3 隨之遞增，但在出水口處(S4 測站)又增高，有可能由外部污染源帶來至出流口。

由以上調查可知，在不受外來污染源干擾之下，冷水坑溼地在冬季時對於水中之氮氮營養鹽較不具有降解的效用，但對硝酸鹽氮則有去除效果。但與竹子湖溼地相較，則不十分明顯。這是由於竹子湖溼地內的水生植物相非常豐富，大量吸收營養鹽所致。至於磷營養鹽方面，由分析結果可知，冷水坑溼地對其亦具有吸收降解之功能。但磷源仍顯示並非來自溼地之水源中，有可能來自溼地週遭之點源及非點源性污染。同時仍可看出，其降解仍不若竹子湖溼地明顯。其原因也是因植物相不夠豐沛所致。

至於 *E. coli* 之檢測方面，由分析結果可得知，此次採樣所測得之 *E. coli* 數量明顯較第一及第二次為高，除溼地水源(S1 測站)外，均超過 1000 CFU/100 mL。此次採樣大腸菌群增高之原因，有可能是因降雨雨水流經溼地週遭牛隻排泄物，再流至溼地內，致使溼地內水中大腸菌群密度增加。本次採樣中仍增測水中硫酸鹽(SO_4^{2-})濃度。由表 3 中可知，S1、S2、S3 及 S4 等四個測站中之 SO_4^{2-} 濃度分別為 0.084、0.202、0.056 及 0.058 mg/L，而仍以 S2 測站直最高，S1 測站最低。可見在 S2 測站，外來污染源的確很明顯。

此次採樣中，竹子湖及夢幻湖溼地的水質的分析結果顯示，夢幻湖溼地內水的 pH

值顯示仍顯示呈酸性(4.32)。但有機物含量較第一及第二次採樣時測值均低，其 BOD 之測值僅 0.3 mg/L，但 COD 之測值卻高達 11 mg/L，皆較冷水坑及竹子湖內之水質測值還高。BOD 及 COD 差值極大之原因為非溶解性有機物因降雨而大量流入溼地內。至於在 SS 及 *E. coli* 之測值方面，夢幻湖溼地之 SS 測值(8.3 mg/L)大致高於冷水坑溼地，也較竹子湖溼地之測值(0.5 mg/L)高出甚多。可能是因夢幻湖溼地因水淺，因此在採集水樣時，而皆採取到底泥，致使 SS 濃度增加。在營養鹽方面，夢幻湖溼地之氮及磷營養鹽濃度均與冷水坑溼地近似。因此，未來在冷水坑復育台灣水韭，在營養鹽的供給上，應不是問題，而其他水質條件，二個溼地也極為相似。在竹子湖溼地內，顯然磷營養鹽含量較其他二溼地多。

肆、湖泊整地變遷與未來管理

湖泊變遷之研究，最近在全球變遷(Global Change)研究趨勢下，甚受矚目。圖 14 為美國堪薩斯州 Devils 湖在一九七三年和一九八八年的變遷比較。一般而言，此一變遷工作之研究，基本上需要至少兩套年代不同、且較為精確之數化地理資訊，以為比對。我國雖使用衛星影像圖甚為普遍，但因每一圖幅含括區域廣泛，以冷水坑之面積狹小，很難在衛星影像圖中，作出明顯的差異分析。如果使用航照圖，其取得須經國防部之同意，雖然目前取得此一圖片尚不致有太大困難；但如遇軍事地區，按例均須刮白，造成圖幅品質低劣。另方面，目前這些航照圖多半尚未經過數化修正調整，在變遷研究僅能作定性判斷，難有實際效用。即便是現地測量，也需在未來一段時間後再作比對。換言之，以冷水坑極小面積之溼地而言，現階段尚無法進行湖泊(平面)面積之比對，僅能先利用 GPS，初步建立其座標資料，供未來比對參考。因此，本部分不得不側重在其剖面深度之(整地)變遷後，對於此一溼地之探討。

冷水坑溼地在民國八十七年間，曾經經過整地，挖深水池，並移除原堆棄於窪地內大部分之硫磺煉製之廢礦渣後，已經形成一處深水池。固然溼地類型與功能甚多，河川、湖泊、魚塢、埤塘，甚至水庫均屬於溼地之一環，每一類型之溼地，也各具功能。但深度一定且深度頗大之水池，對於水鳥、水生植物等生態系統，未必有利。這類深池，在國外通常做為調節洪水或暴雨逕流使用(Campbell and Ogden, 1999)。即使以調節水流或淨化水質為目的，國外通常還配套以若干較淺之溼地，強化這種溼地之功能。

以過去一年間水質部分之調查結果來看，冷水坑經挖深後對於水質改善的功能似乎沒有助益，且其水質受到匯聚豐沛水量之影響，而有相當之變異。從安全上，現今冷水坑因水深可觀，而有相當之威脅性。如果要復育台灣水韭，水深、水質和季節乾濕變遷恐怕已有困難。因此，目前冷水坑的現況，在復育研究和開放利用上，應該還需要進一步研究。

伍、結語

本研究群繼竹子湖溼地之研究後，持續對於冷水坑、夢幻湖進行監測調查，對於三個湖泊之狀況已較能掌握，研究資訊對於陽明山國家公園內溼地之管理，應具有一定之參考價值。由於溼地在全球變遷下的變遷情形，目前為國際矚目，惟現有地理資訊之取得尚有一定困難，尤其航照圖數化修正部分，目前一些機關仍在轉檔或建置中，因此本階段尚無法取得完成。但此一問題應在最近可以獲得突破，因此本研究群期望陽明山國家公園洋管理處能持續重視轄區內所有溼地之生態環境變遷問題，並於來年支持其長期之研究，俾供未來管理與因應對策之參考。

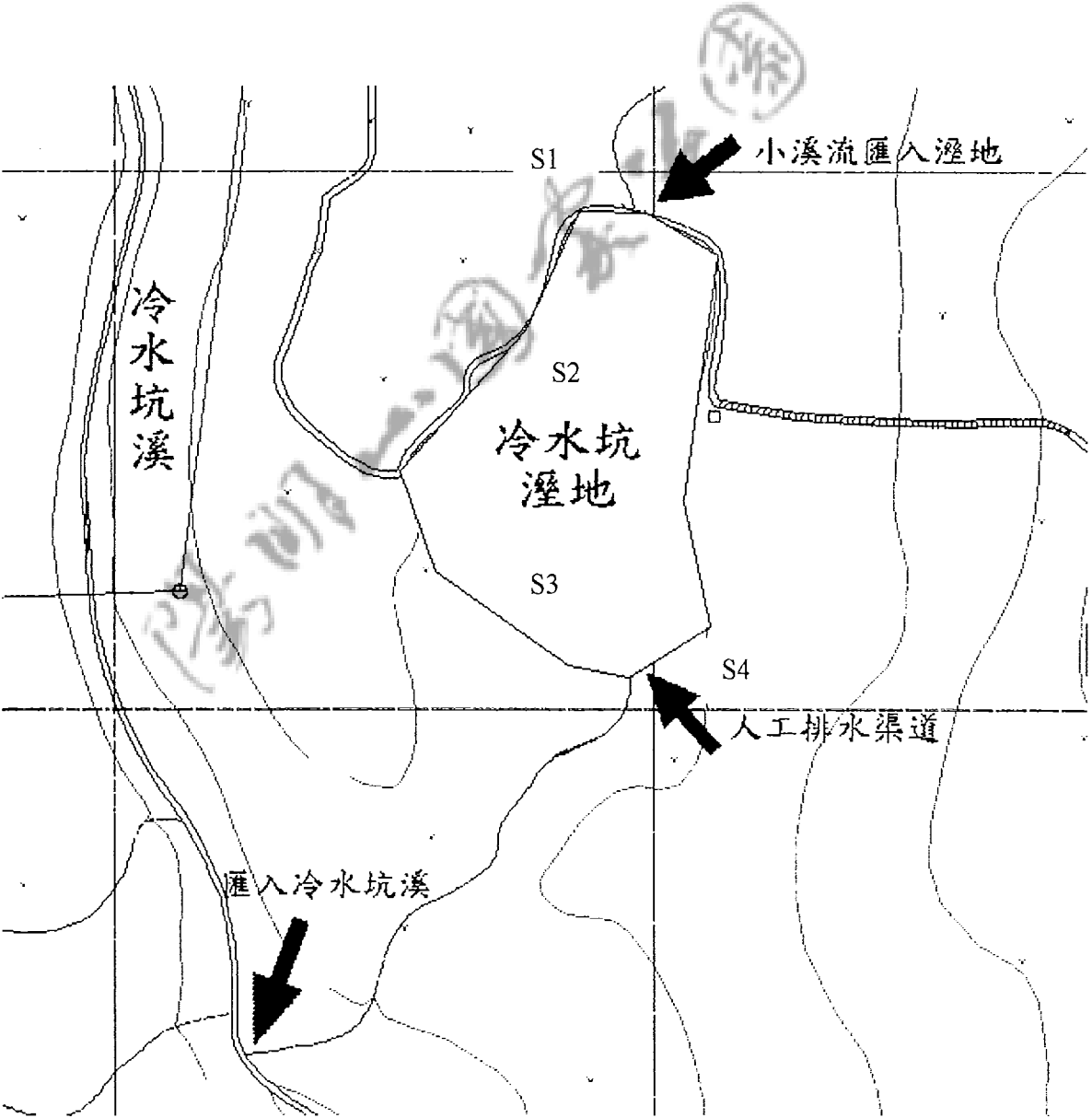


圖 13 冷水坑採樣點示意圖

表 1 第一次採樣(89 年 3 月 6 日)水質分析之結果

檢測點 檢測項目	冷水坑				竹子湖	夢幻湖
	採樣點 S1.	採樣點 S2.	採樣點 S3.	採樣點 S4.		
Temp. (°C)	13.9	14.8	14.7	14.7	15.9	14.1
pH	4.92	4.78	4.67	4.72	5.34	4.69
DO (mg/L)	8.4	8.2	8.4	8.4	8.2	9.2
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.35	0.31	0.24	0.29	0.63	0.12
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.0029	0.0024	0.0024	0.0024	0.0015	0.0049
NH ₃ -N (mg/L)	0.26	0.036	0.036	0.13	0.036	—*
TKN (mg/L)	8.88	0.31	0.88	4.38	0.88	—
PO ₄ ⁻ (mg/L)	0.0544	0.0242	0.0091	0.0142	0.0242	0.0242
TP (mg/L)	0.0460	0.0125	0.0669	0.0069	0.0293	—
BOD (mg/L)	3.14	1.36	1.13	1.35	3.89	1.54
COD (mg/L)	1.84	5.52	4.6	5.52	5.52	—
S. S. (mg/L)	2.2	2.4	2.2	2.1	1.0	6.7
<i>E. coil</i> (CFU/100mL)	145	20	153	63	480	21

* 檢測分析失敗

表 2 第二次採樣(89 年 6 月 26 日)水質分析之結果

檢測點 檢測項目	冷水坑				竹子湖	夢幻湖
	採樣點 S1.	採樣點 S2.	採樣點 S3.	採樣點 S4.		
Temp. (°C)	22.5	27.8	28.2	27.4	24.4	32.3
pH	4.80	6.36	6.71	6.19	6.18	4.90
DO (mg/L)	7.00	5.75	6.31	5.96	3.34	6.27
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.22	0.07	0.06	0.11	0.02	0.01
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.0016	0.0040	0.0037	0.0037	0.0012	0.0040
NH ₃ -N (mg/L)	0.21	0.07	0.35	0.28	0.49	0.07
TKN (mg/L)	0.42	0.63	0.42	1.11	2.44	2.65
PO ₄ ⁻ (mg/L)	ND	0.006	ND	0.004	0.018	0.016
TP (mg/L)	0.013	0.031	0.025	0.024	0.193	0.068
BOD (mg/L)	0.6	—*	—*	1.0	0.8	2.6
COD (mg/L)	2,88	6,72	7.96	6.86	3.84	20.16
S. S. (mg/L)	0.9	4.1	3.9	5.6	23.7	9.9
<i>E. coli</i> (CFU/100mL)	25	3	320	2	15500	4700
SO ₄ ⁻² (mg/L)	0.26	0.27	0.19	0.26	0.11	0.09
Fe (mg/L)	0.37	1.08	0.98	1.13	0.29	1.36

* 檢測分析失敗

表 3 第三次採樣(89 年 11 月 9 日)水質分析之結果

檢測點 檢測項目	冷水坑				竹子湖	夢幻湖
	採樣點 S1.	採樣點 S2.	採樣點 S3.	採樣點 S4.		
Temp. (°C)	17.6	17.6	17.5	17.5	17.2	18.9
pH	5.02	4.89	6.02	5.30	5.71	4.32
DO (mg/L)	5.20	4.88	4.97	5.10	4.80	2.21
NO ₃ ⁻ (mg/L)	0.79	0.37	0.26	0.39	0.39	0.73
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0.003	0.004	0.004	0.003	0.001	0.001
NH ₃ -N (mg/L)	0.49	0.58	0.84	0.55	0.46	0.58
TKN (mg/L)	2.02	1.88	1.95	2.59	1.88	1.73
PO ₄ ⁻ (mg/L)	0.029	0.032	0.013	0.016	0.029	0.016
TP (mg/L)	0.029	0.032	0.019	0.016	0.029	0.016
BOD (mg/L)	0.2	0.2	0.5	—*	0.3	0.3
COD (mg/L)	17	9	8	1	8	11
S. S. (mg/L)	3.5	8.7	2.0	3.4	0.5	8.3
<i>E. coil</i> (CFU/100mL)	580	1170	1130	1600	15800	2630
SO ₄ ⁻² (mg/L)	0.084	0.202	0.056	0.058	0.211	0.089

* 檢測分析失敗

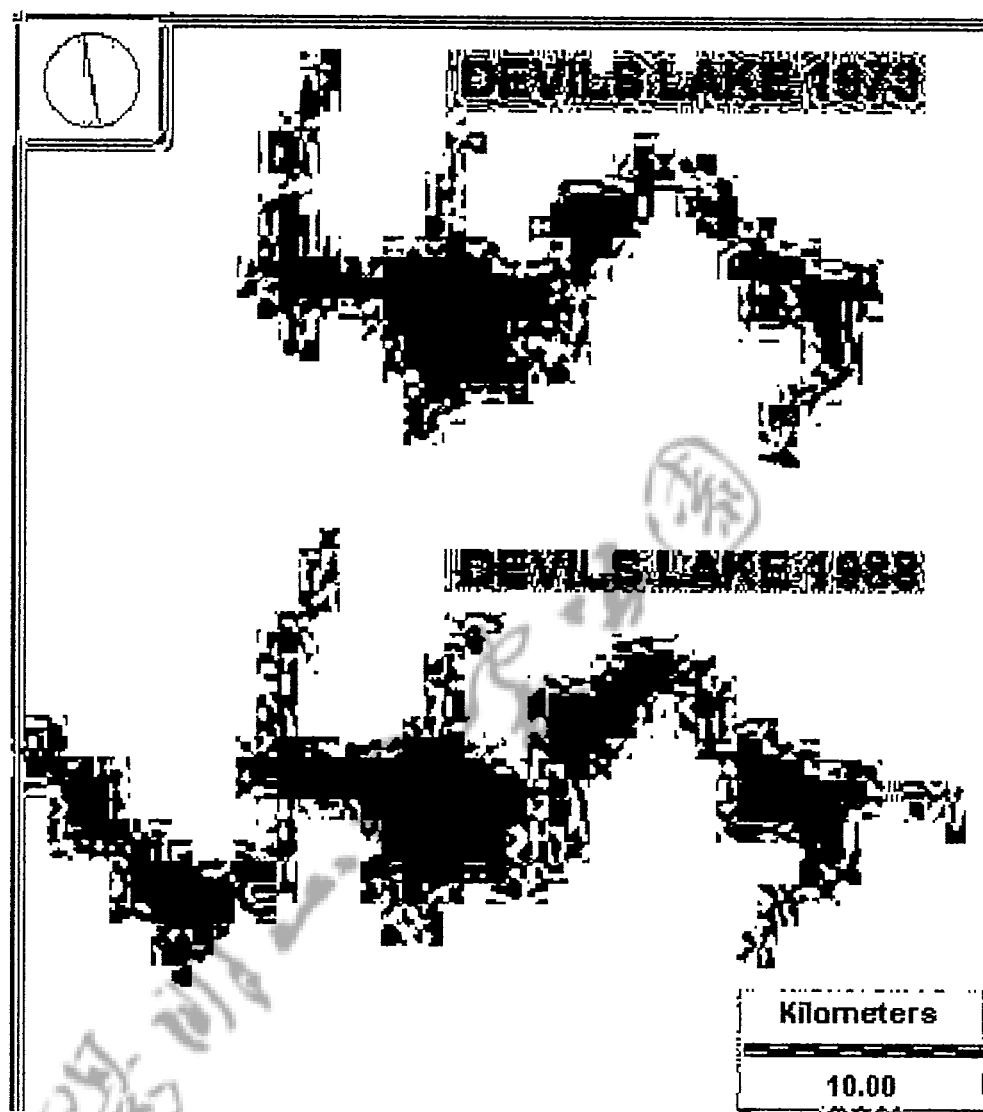


圖 14 美國堪薩斯州 Devils 湖變遷比較

陸、參考文獻

- 行政院環境保護署 (1999), 「水體水質監測資料庫」, <http://alphapc.epa.gov.tw>。
- 邱文彥 (2000), 「海岸管理：理論與實務」, 國立編譯館主編, 五南圖書出版公司。
- Campbell, C. S. and Ogden, M. H. (1999), *Constructed Wetlands in the Sustainable Landscape*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- IWA (2000), *Constructed Wetlands for pollution Control*. London.

冷水坑濕地台灣水韭移植與調查

張永達 邱明成

國立臺灣師範大學生物學系

中華民國八十九年十二月

冷水坑濕地台灣水韭移植與調查

壹、研究背景

陽明山國家公園是台灣北部最重要的景觀生態、人文史跡和教育研究的資源。其中，台灣水韭的發現與復育問題，長久以來一直甚受各方關切。夢幻湖正在逐年淤積中，若任其自然演替下去，那原生棲地的台灣水韭，將會滅絕，所以尋找另一棲地以及如何減緩演替速度就顯得非常重要。

根據過去於冷水坑濕地進行之初步調查結果，該一凹池水質 pH 值相當低，極為接近目前台灣水韭唯一生育地「夢幻湖」之情況，可能具有區外保育台灣水韭之潛力。

然而，冷水坑地區在過去礦石煉製之產業頗為興盛，迄今尚有白土煉製廠址、硫磺煮煉工寮舊址和輸送台車軌跡，以及廢渣棄置湖穴等。目前陽明山國家公園管理處已整地完成，未來計劃在冷水坑濕地進行台灣水韭之區外保育，須深入調查確實以備將來作為保育之參考。

竹子湖人工濕地位於陽金公路與竹子湖路的交會路口北側，面積約 4000 平方公尺，東西長約近 75 公尺，南北寬約 60 公尺；當竹子湖路開通後，因人為工程及路邊傾倒廢土的結果，而形成中央地形凹陷的一塊區域，且因為此區域的水源充足，人為造成之小面積濕地於焉形成（張、陳，1999）。此地原來因為陽明山國家公園管理處為擬解決該路口遊客停車而造成之交通問題，而興建停車場，但工程進行期間卻意外在此區域的水域內發現台灣水韭，而導致停車場之興建工程因為須依法保護保育類之物種而停工。現已規劃成部分停車場，部分保留原貌，原先生長於此之台灣水韭已不復存在，陽明山國家公園管理處擬建立一人工溼地並移植部分臺灣水韭於此，作為解說及教育之用。

竹子湖的解說景點業已興建完成，其中有一個人工水池將要移植台灣水韭，期望該地的水韭亦能存活，在意義上著重於教育的價值。

貳、研究的重要性

1. 臺灣水韭之生境侷限於夢幻湖對臺灣水韭物種之保存終究不利，隨著湖泊的消長變遷，極有可能被其他植物所取代，因此嘗試開發另一棲地確有其必要。
2. 竹子湖水韭移植的主要目的不在於保育，而是在解說及教育上，期望民眾瞭解在生態保育及地方利益衝突下如何能尋求一個合理的解決方案。

參、研究目的

本研究主要以冷水坑濕地為台灣水韭區外保育之目標地點，了解台灣水韭在該地之生長情形，環境中物化因子對其生長之影響。希望能成功移植台灣水韭至該地，或以移植台灣水韭為目標提供該棲地改進之意見，以協助該物種之保育。

竹子湖人工溼地之臺灣水韭移植之目的則主要在於其教育及宣導之功能，本研究亦將了解該處水韭之生長狀況，以期能於該人工水池中長期存活為目標。

肆、研究材料及方法

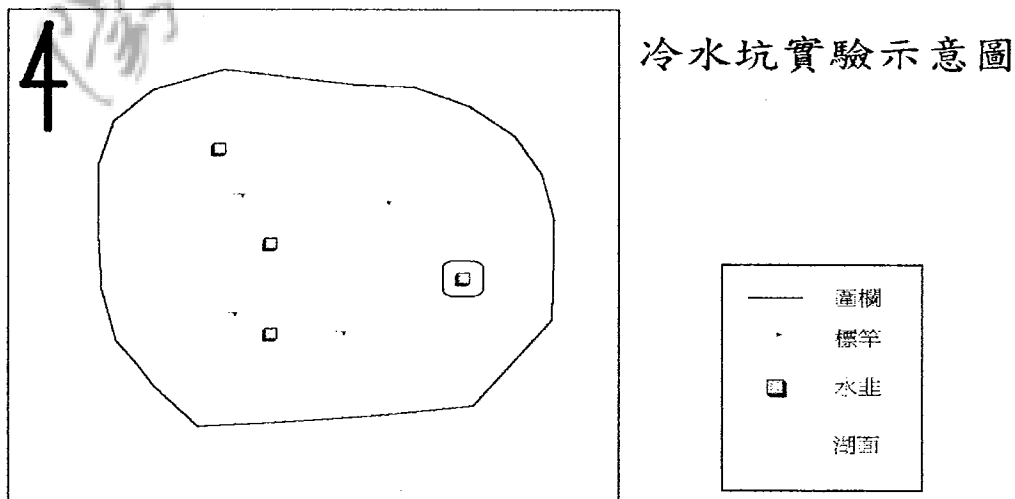
一、研究材料：

移植用之台灣水韭是由夢幻湖帶回之土壤於菁山自然中心自然萌發後，以小塑膠碗分株移植於水槽中培養，待成長至適當大小而且根系發育良好之後備用。

二、研究方法：

(一) 冷水坑部分

1. 將菁山自然中心繁殖及分株成功之台灣水韭置於塑膠網籃中移植於冷水坑濕地四處不同位置，每組網籃有 25 至 30 株台灣水韭，並於植株球莖之中心固定一小鐵環，每二月監測其生長狀況(包括葉數、葉長及孢子囊之生長狀況等)一次。



圖一冷水坑實驗示意

及水質之調查結果了解其相關性，做為冷水坑濕地保育台灣水韭之參考。

3. 以 Licor 1800 測冷水坑、菁山、竹子湖等地之光質。

4. 立裝有鋼尺的鋁質標竿於湖中各處，每一季以水中潛望鏡觀察其淤積程度。(如圖一所示)
5. 放置 25× 25 cm底面積的玻璃盒於湖中，每一季收集其中淤積之泥沙，以濾紙過濾後秤重，測量其淤積量。
6. 取冷水坑濕地之池水及土壤於實驗室之生長箱中培育台灣水韭之孢子，觀察其萌發及長成植株之成功率，以了解台灣水韭在冷水坑濕地自我繁衍之可能性。

(二) 竹子湖部分

將移植的台灣水韭置於塑膠網籃中，網籃有三十株台灣水韭並於植株球莖之中心固定一小鐵環，每二月監測其生長狀況(包括葉數、葉長及孢子囊之生長狀況等)一次。

伍、研究結果

一、冷水坑部分

1. 已將湖岸周圍種植之臺灣水韭移出膠碗中。生長情形良好，皆已長出孢子囊。
 2. 已設置標竿及收集盒以測量其淤積程度
- 結果如下：

標竿位置	中央	出水口	岸邊	入水口
淤積高度 (CM)	5	3.5	3	15.5

表一 各標竿淤積高度

由數字中可以看出在入水口處由於流速急遽減緩，泥沙之堆積量為最高，隨著向出水口移動則淤積減緩。收集盒 (25X25CM) 中的泥沙經過烘乾秤重後，換算之後可得 1500g/m² 的淤積量。

3. 分四區放置整籃的水韭，生長情況良好，其數據 (89 年 4 月 1 日至 89 年 10 月 2 日) 如下 (N=25-30)：

時間		四至六月	六至八月	八至十月
水韭位置				
冷水坑濕地南側	葉片數	15.0± 3.34	14.8± 3.83	10.4± 3.58
	葉片長 (cm)	17.6± 3.38	14.7± 1.98	16.5± 2.60
冷水坑濕地北側	葉片數	21.3± 5.94	11.4± 5.59	11.2± 1.77
	葉片長 (cm)	15.0± 1.82	14.2± 3.24	15.3± 2.15
冷水坑濕地小水池	葉片數	31.6± 7.75	21.0± 6.30	19.4± 6.87
	葉片長 (cm)	18.7± 1.84	15.8± 2.12	16.1± 2.08
冷水坑濕地中央	葉片數	31.7± 6.26	20.6± 6.92	14.9± 3.91
	葉片長 (cm)	15.7± 1.66	18.1± 2.95	17.0± 2.05

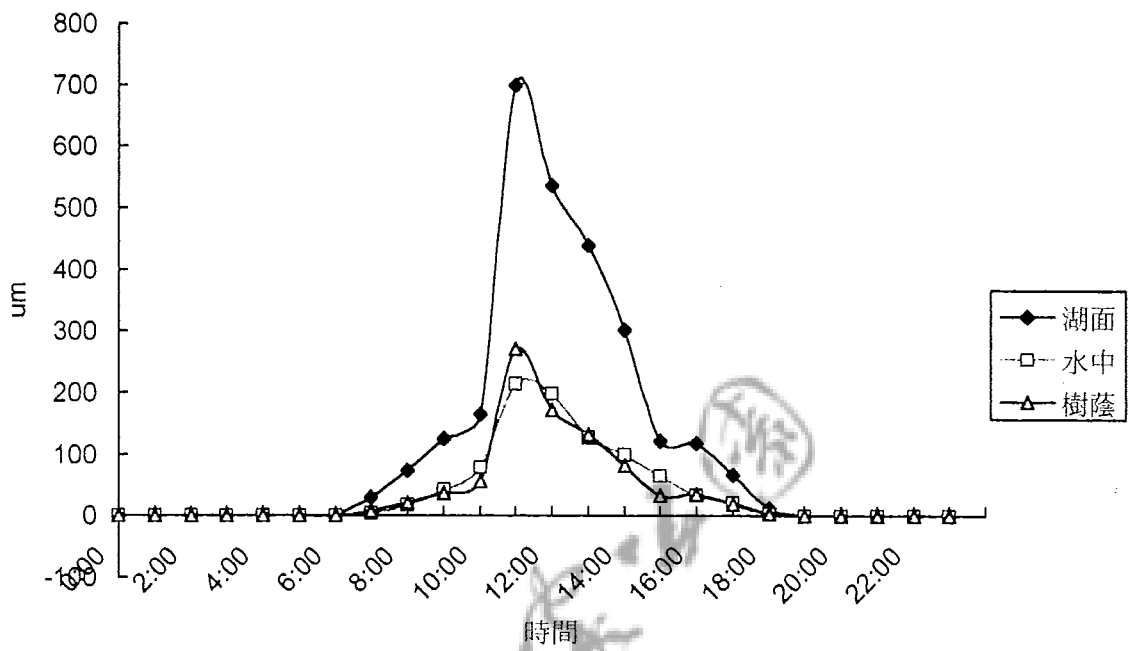
表二 台灣水韭生長情況(I)

時間		四至六月	六至八月	八至十月
水韭位置				
冷水坑濕地南側	平均葉面積 (mm ²)	190.33± 55.99	143.30± 56.67	235.57± 47.94
冷水坑濕地北側	平均葉面積 (mm ²)	181.00± 50.67	153.91± 48.22	241.76± 56.25
冷水坑濕地小水池	平均葉面積 (mm ²)	187.75± 52.31	191.44± 35.65	203.24± 47.12
冷水坑濕地中央	平均葉面積 (mm ²)	204.38± 62.69	199.89± 56.85	256.61± 44.80

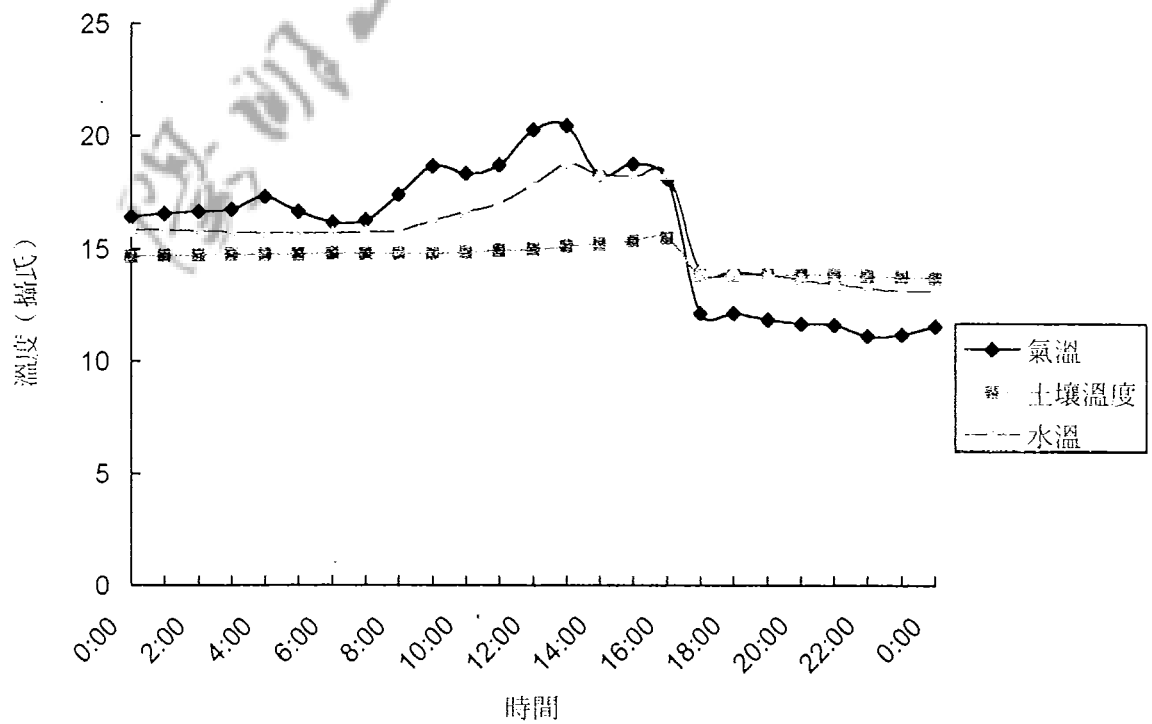
表三 台灣水韭生長情況(II)

4. 續收集四至十月份之環境資料，整理如下：

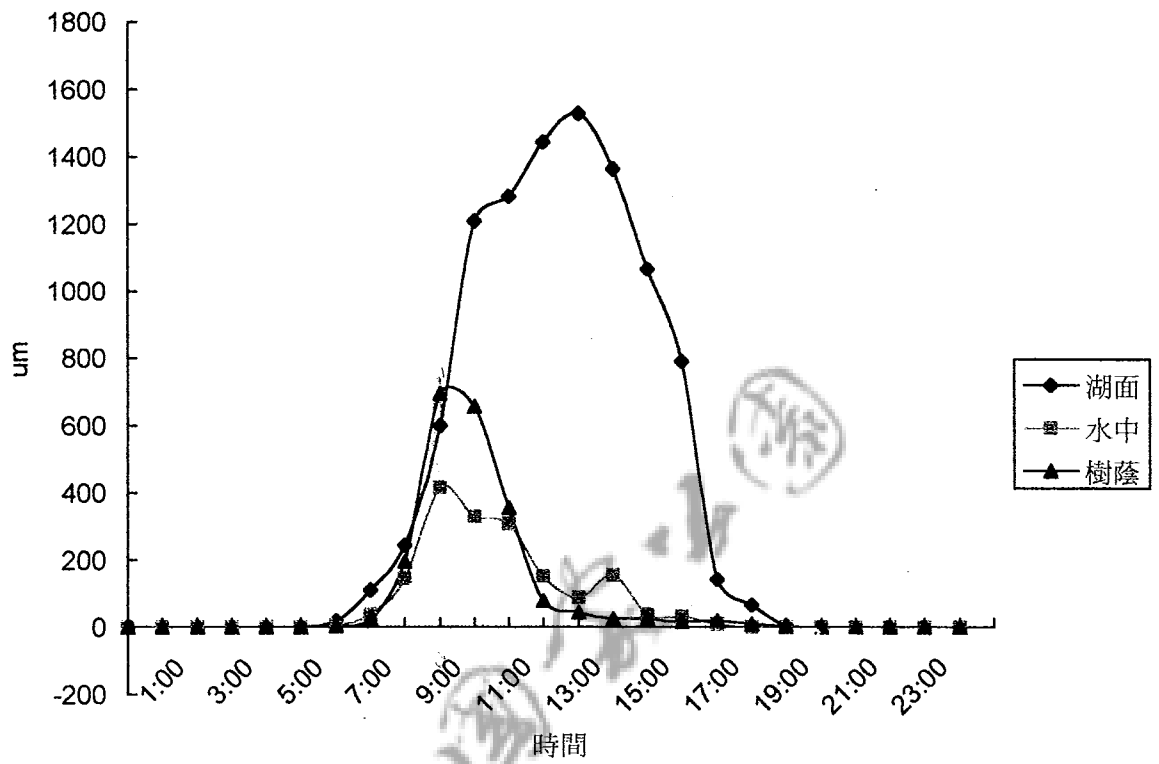
冷水坑之東側小池所測的資料與冷水坑相差無幾。



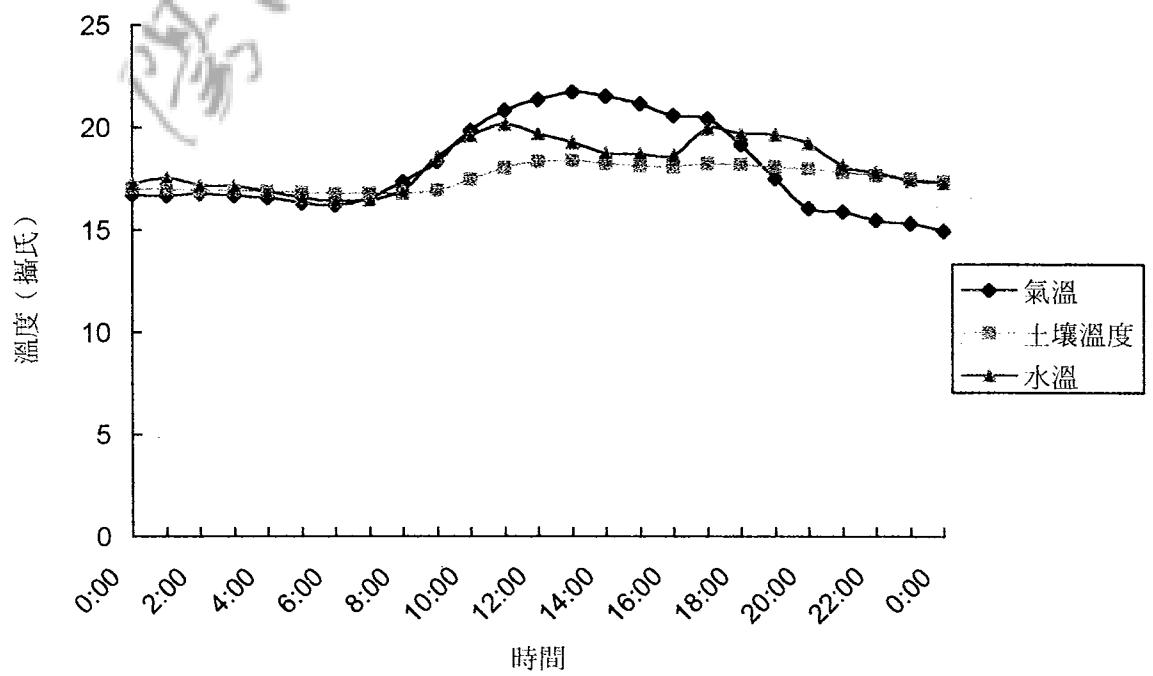
圖二 冷水坑日光照變化 (4/11)



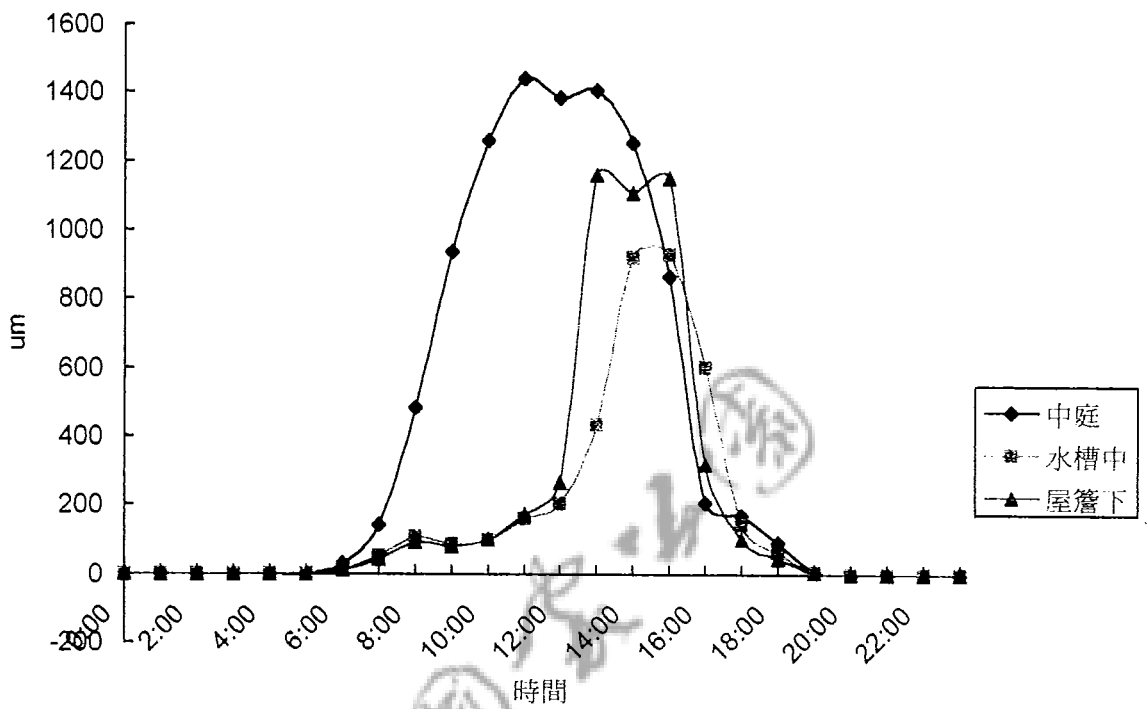
圖三 冷水坑日溫變化 (4/11)



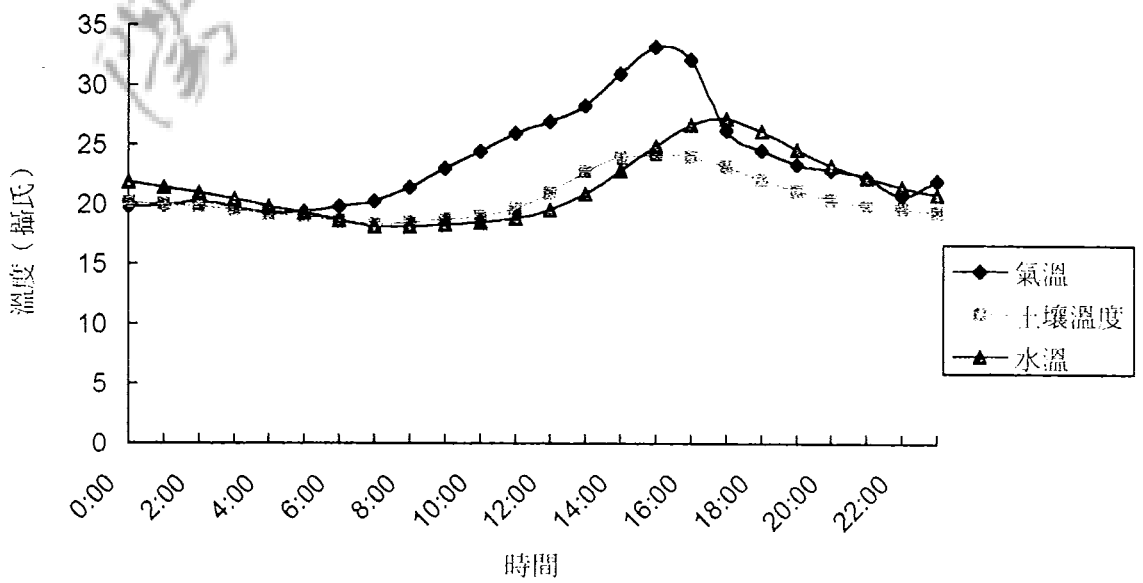
圖四 冷水坑日光照變化 (5/9)



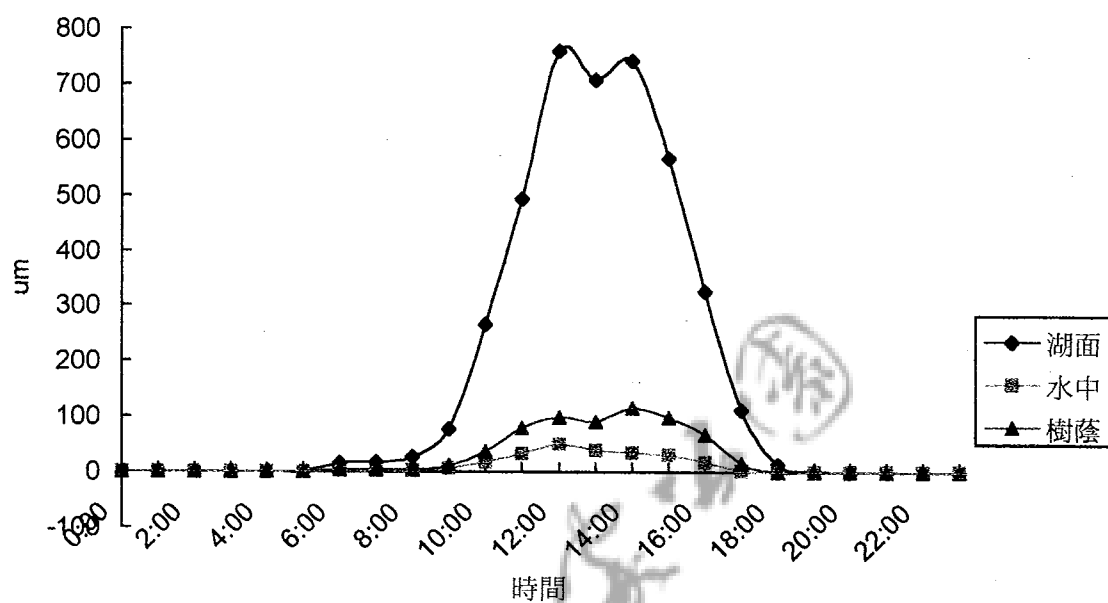
圖五 冷水坑日溫變化 (5/10)



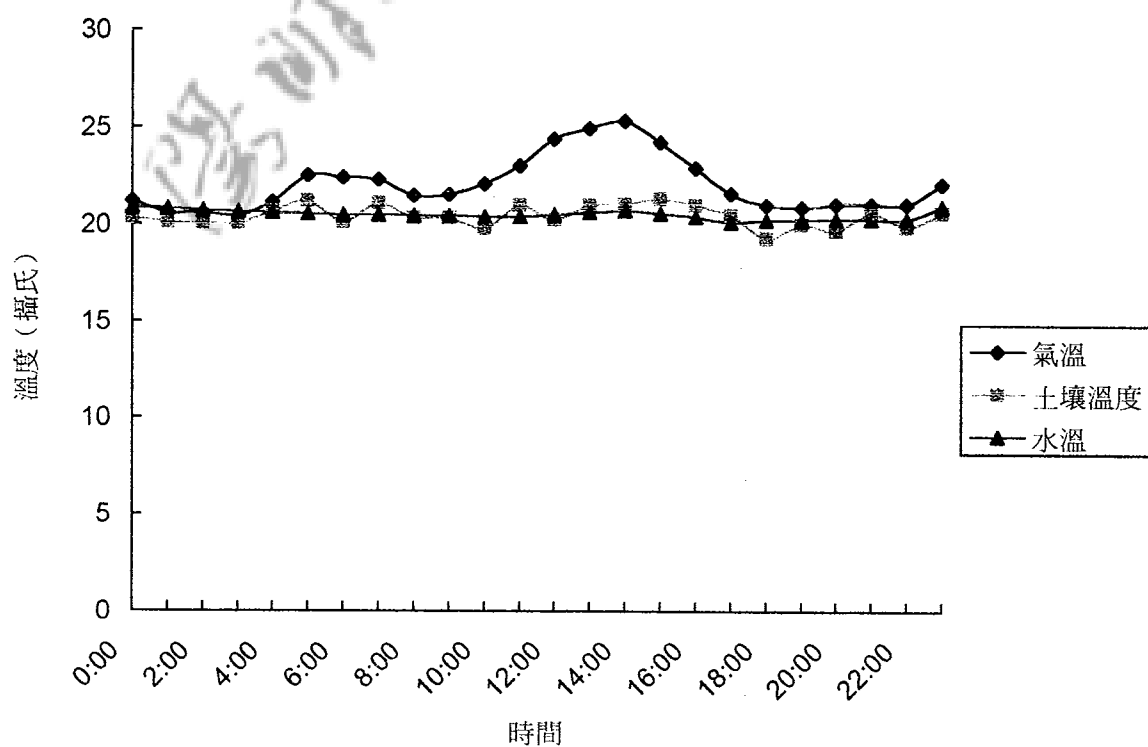
圖六 菁山自然中心日光照變化 (5/12)



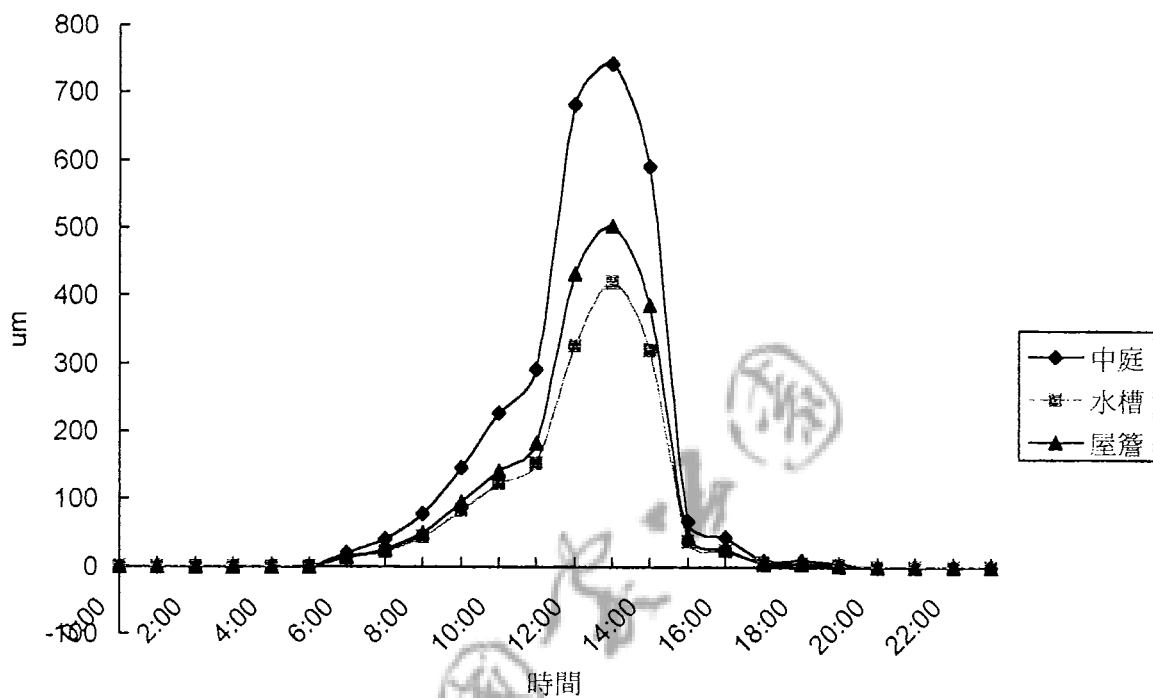
圖七 菁山自然中心日溫變化 (5/12)



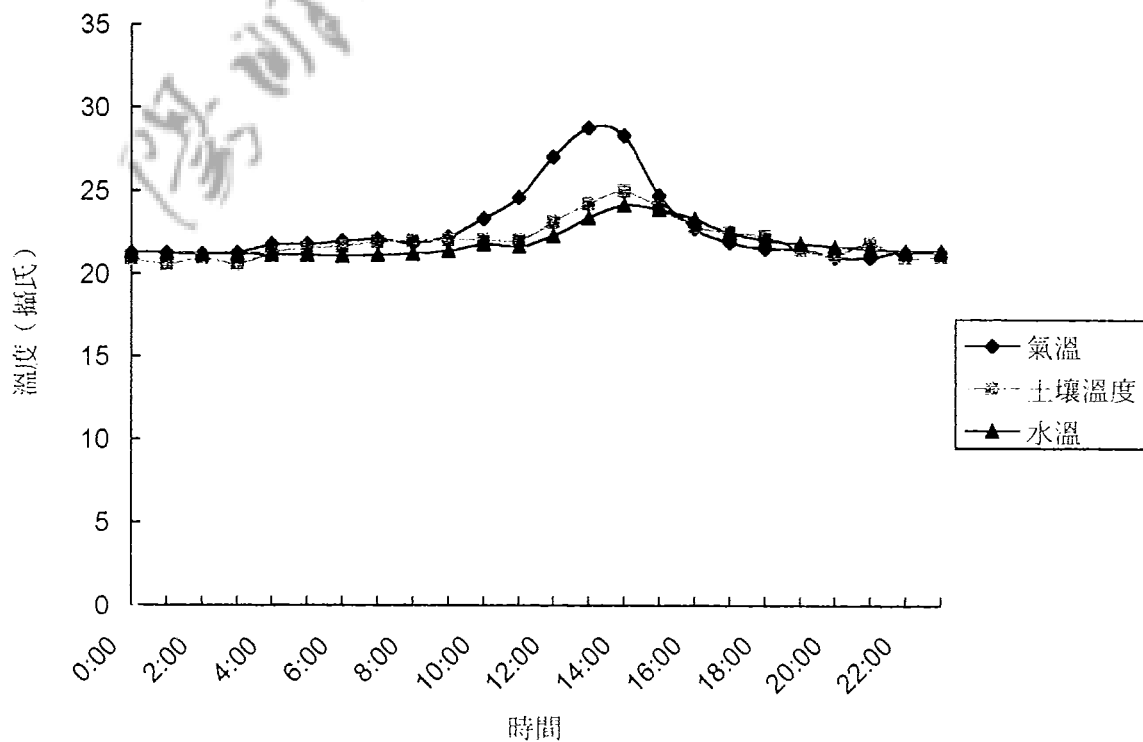
圖八 冷水坑日光照變化 (6/10)



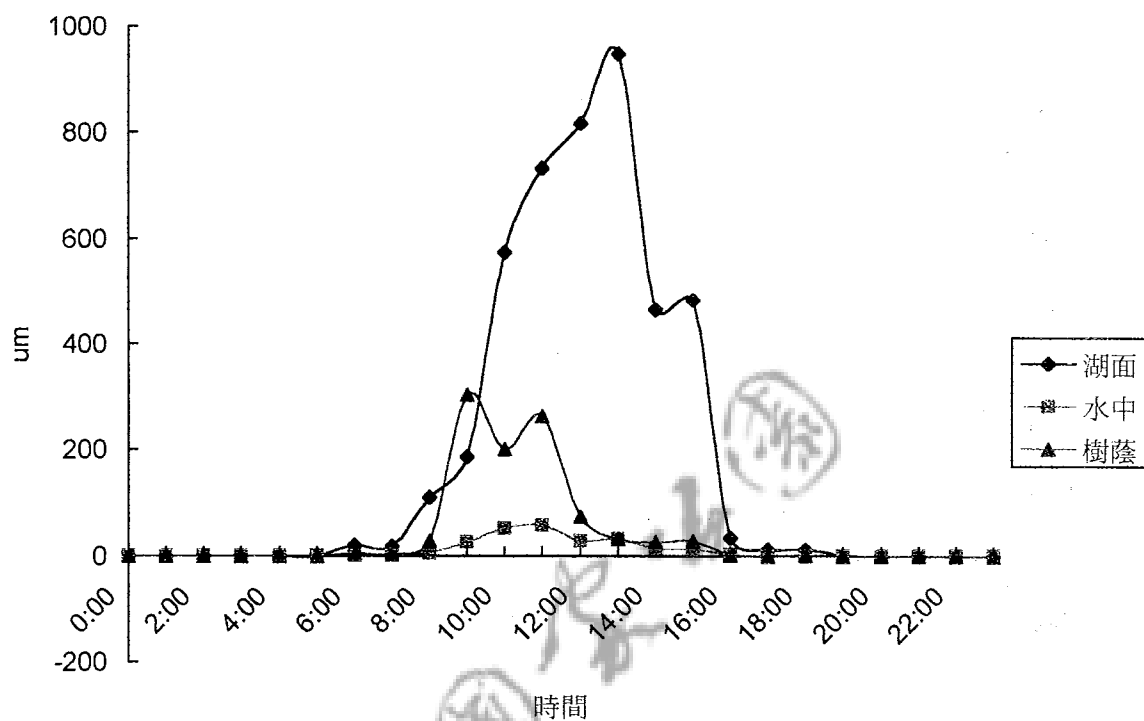
圖九 冷水坑日溫變化 (6/10)



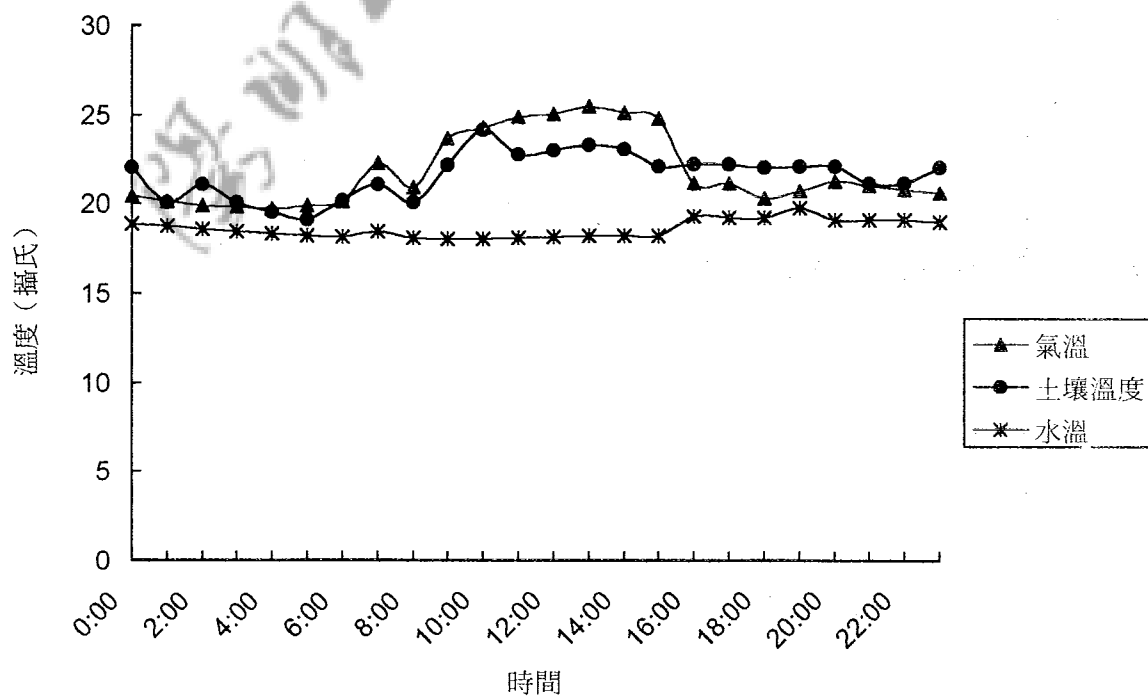
圖十 菁山自然中心日光照變化 (6/17)



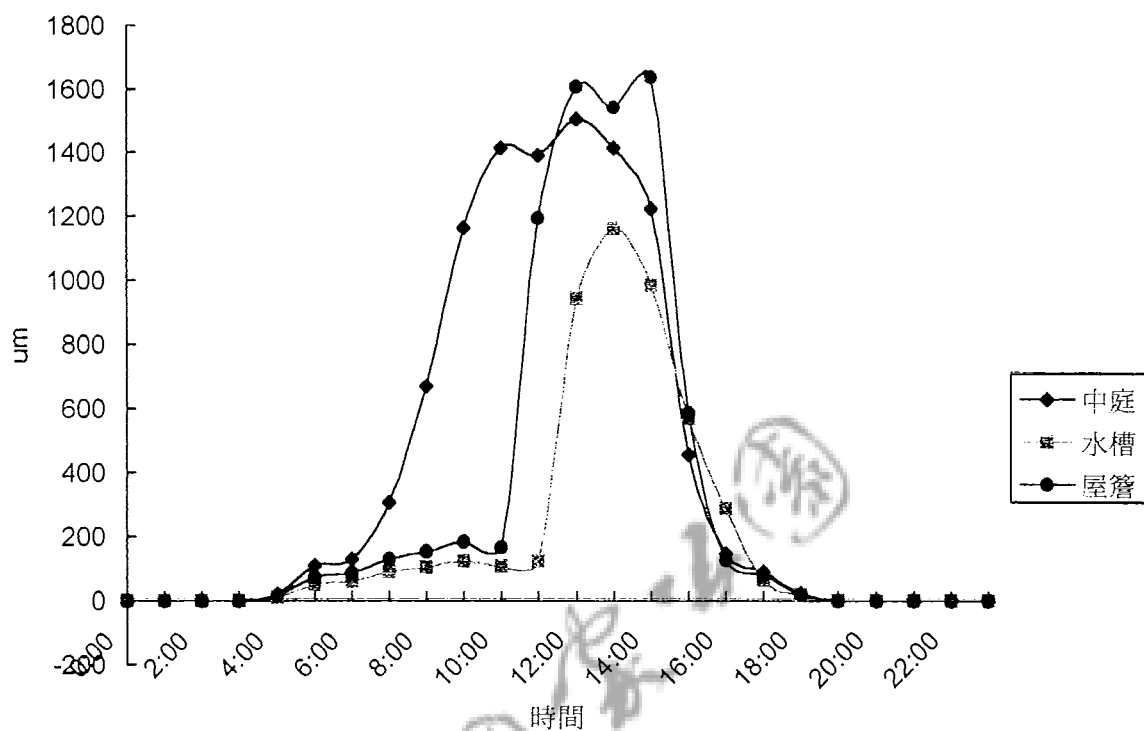
圖十一 菁山自然中心日溫變化 (6/17)



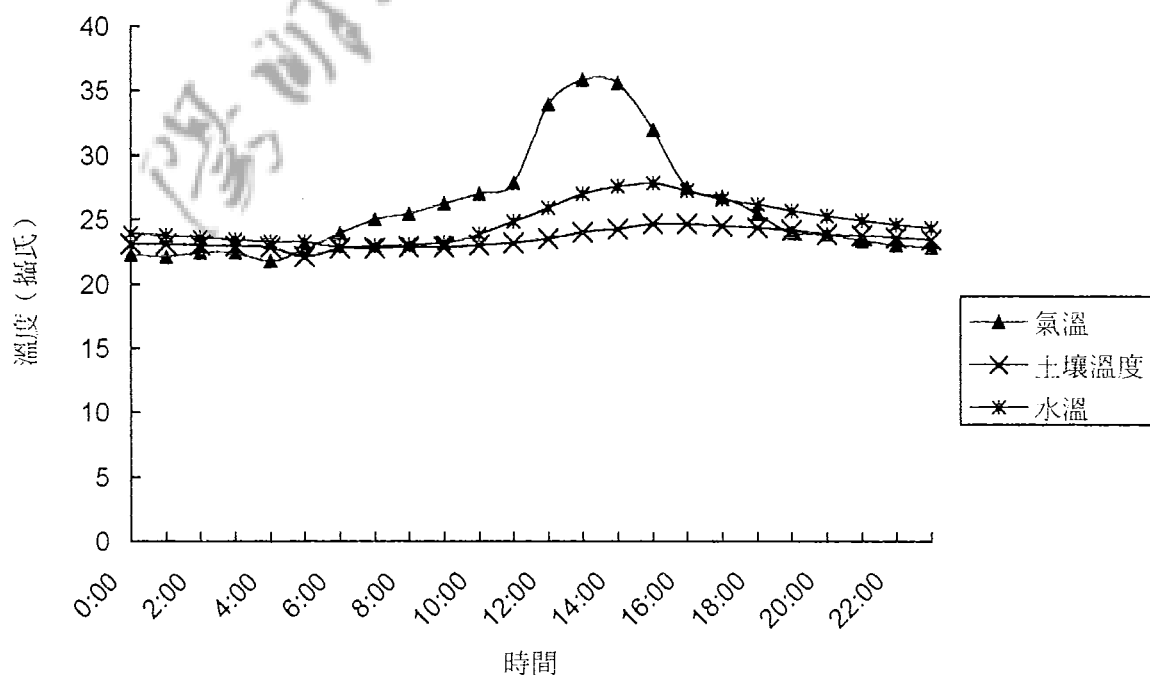
圖十二 冷水坑日光照變化 (7/10)



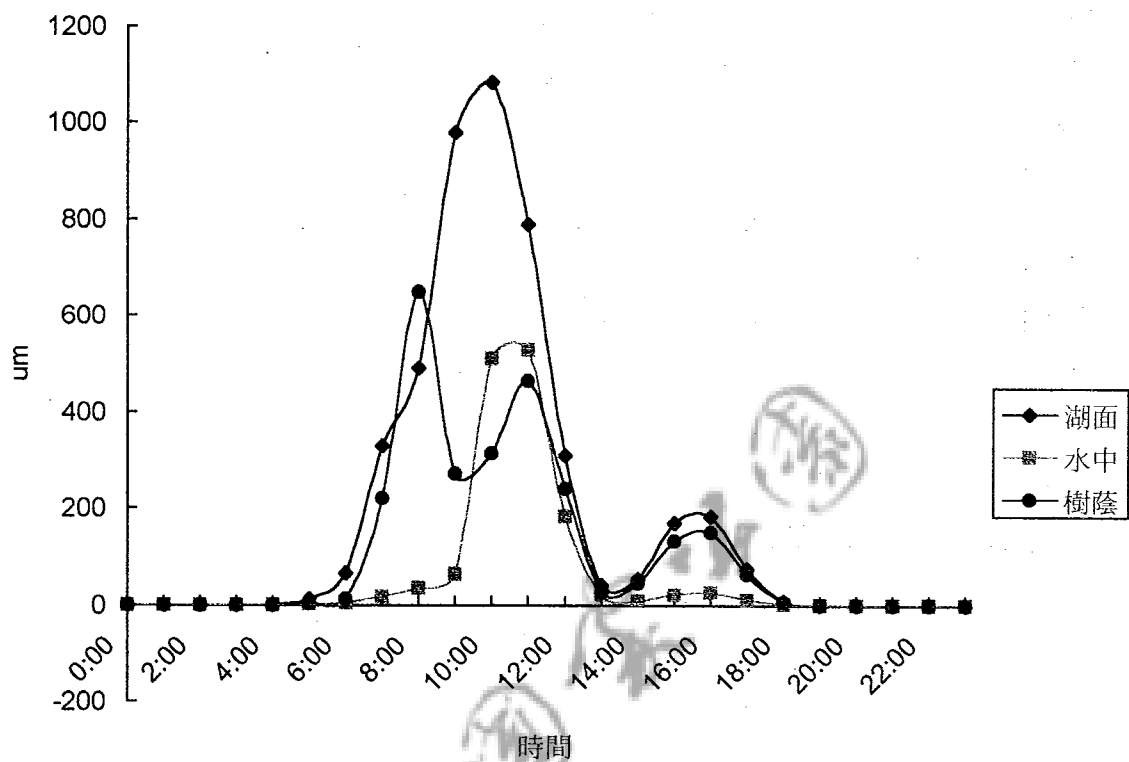
圖十三 冷水坑日溫變化 (7/10)



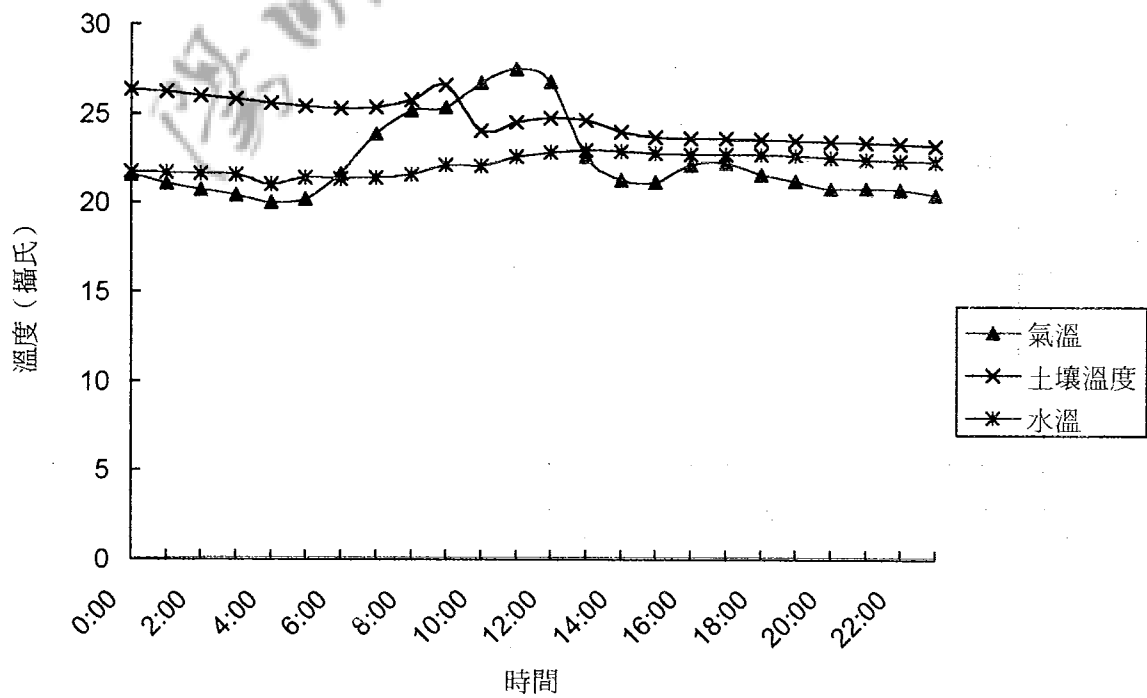
圖十四 菁山自然中心日光照變化 (7/10)



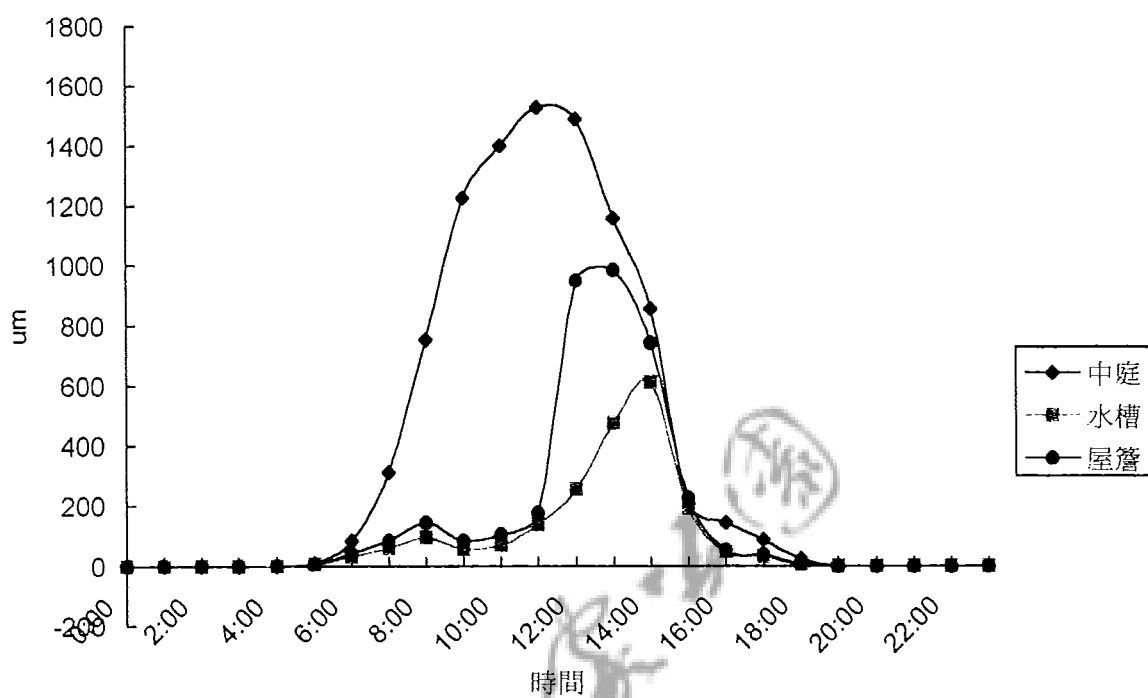
圖十五 菁山自然中心日溫變化 (7/10)



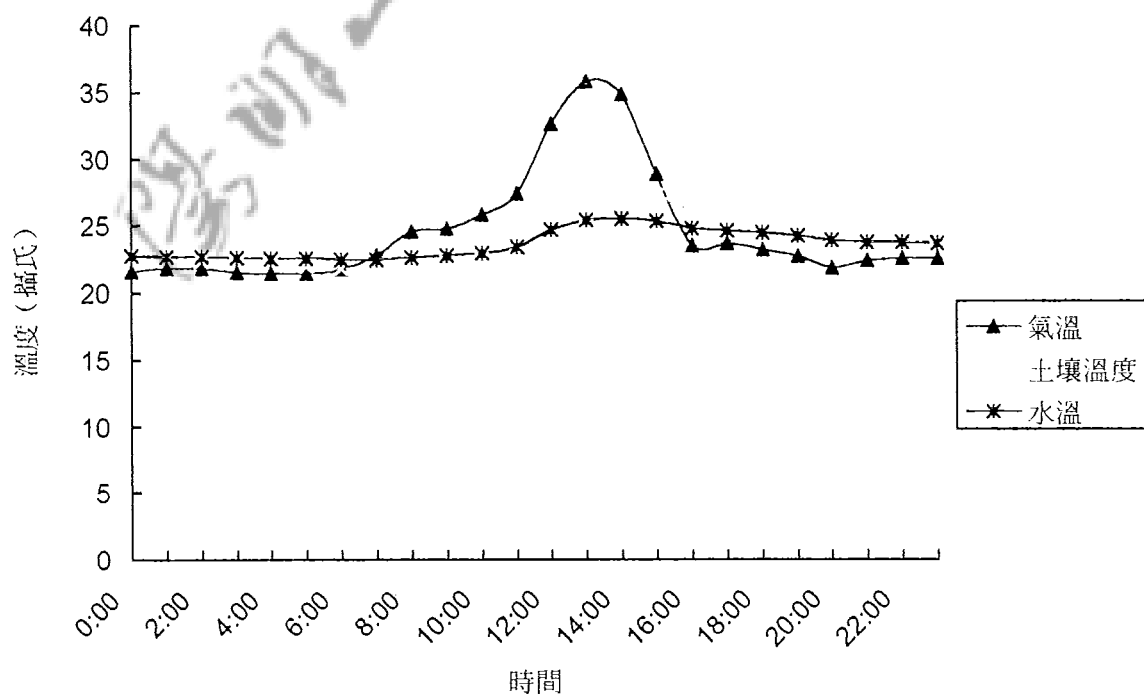
圖十六 冷水坑日光照變化 (8/16)



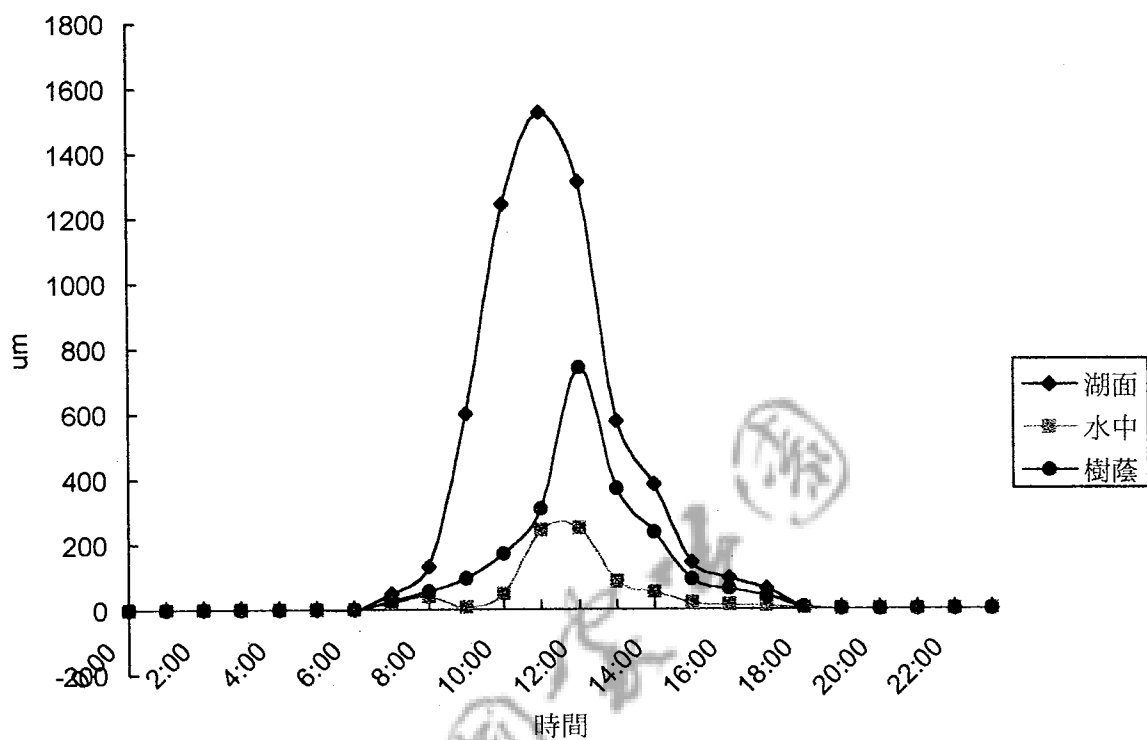
圖十七 冷水坑日溫變化 (8/16)



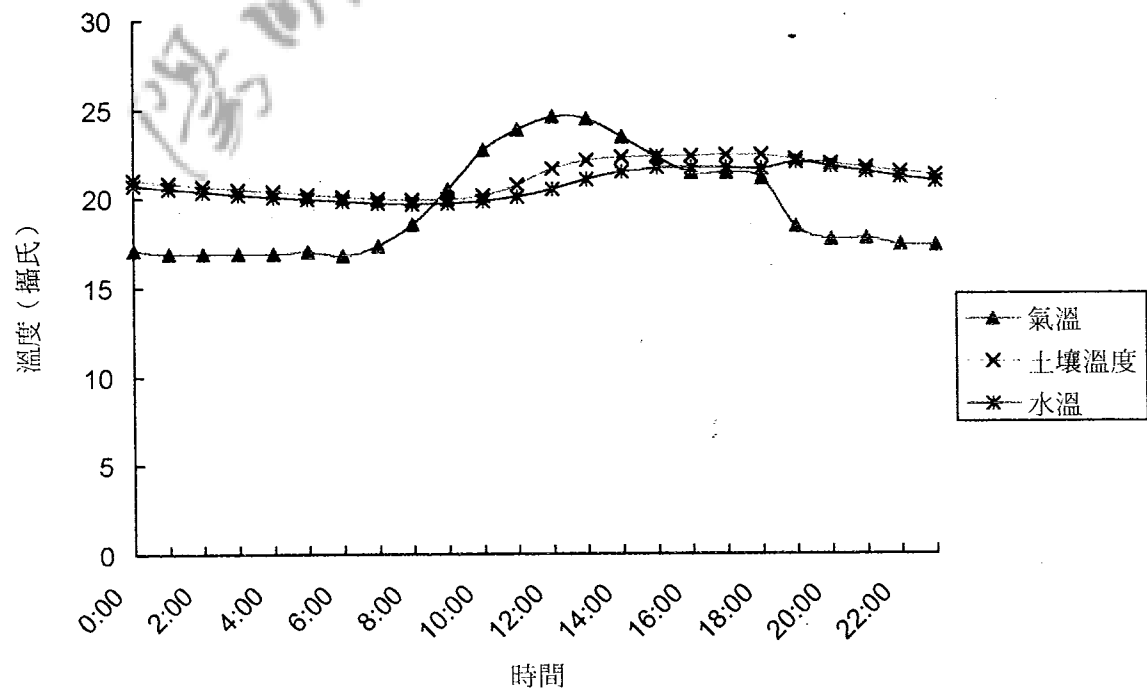
圖十八 菁山自然中心日光照變化 (8/16)



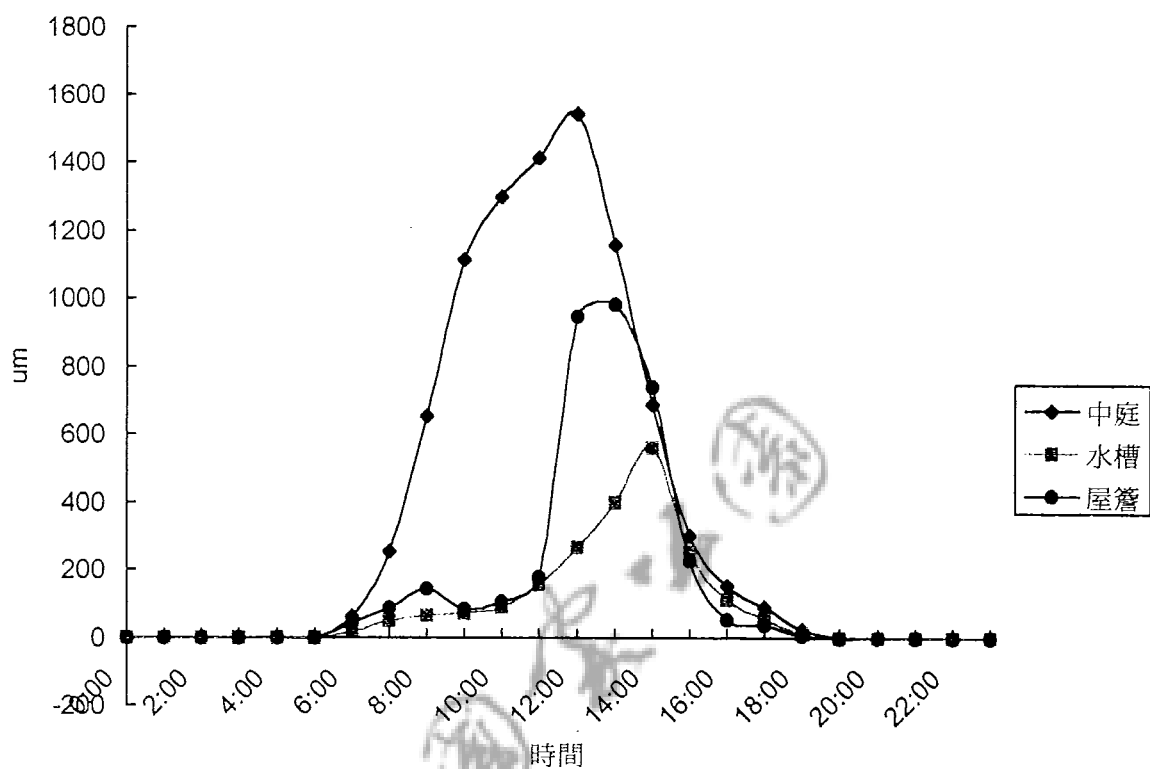
圖十九 菁山自然中心日溫變化 (8/16)



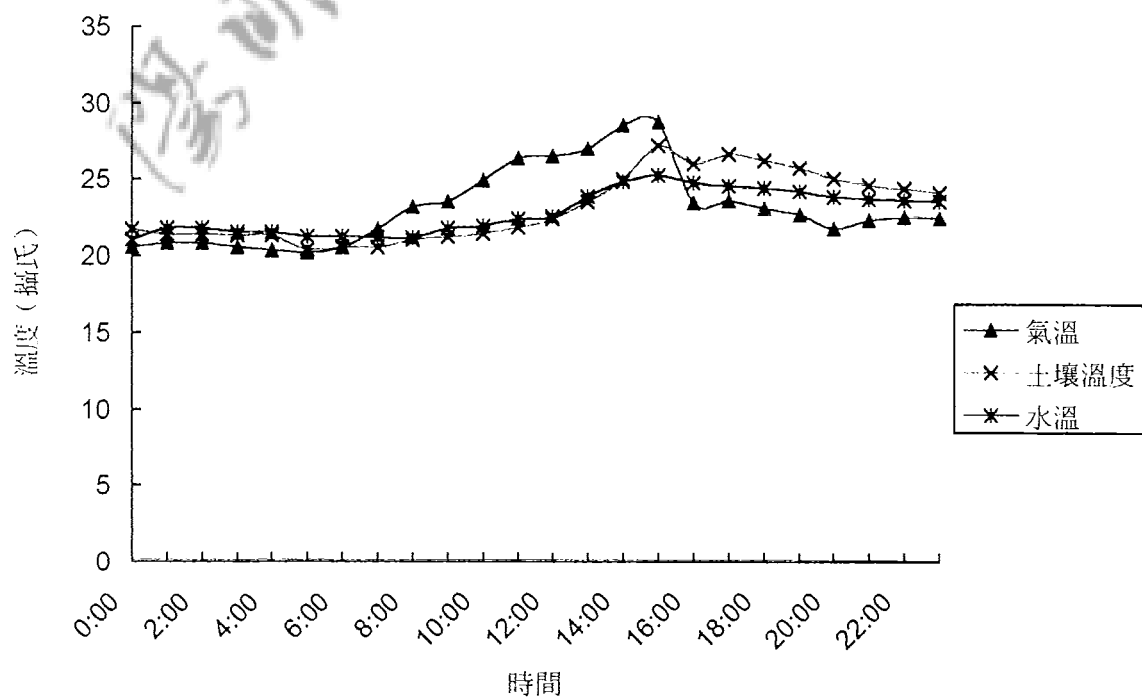
圖二十 冷水坑日光照變化 (9/28)



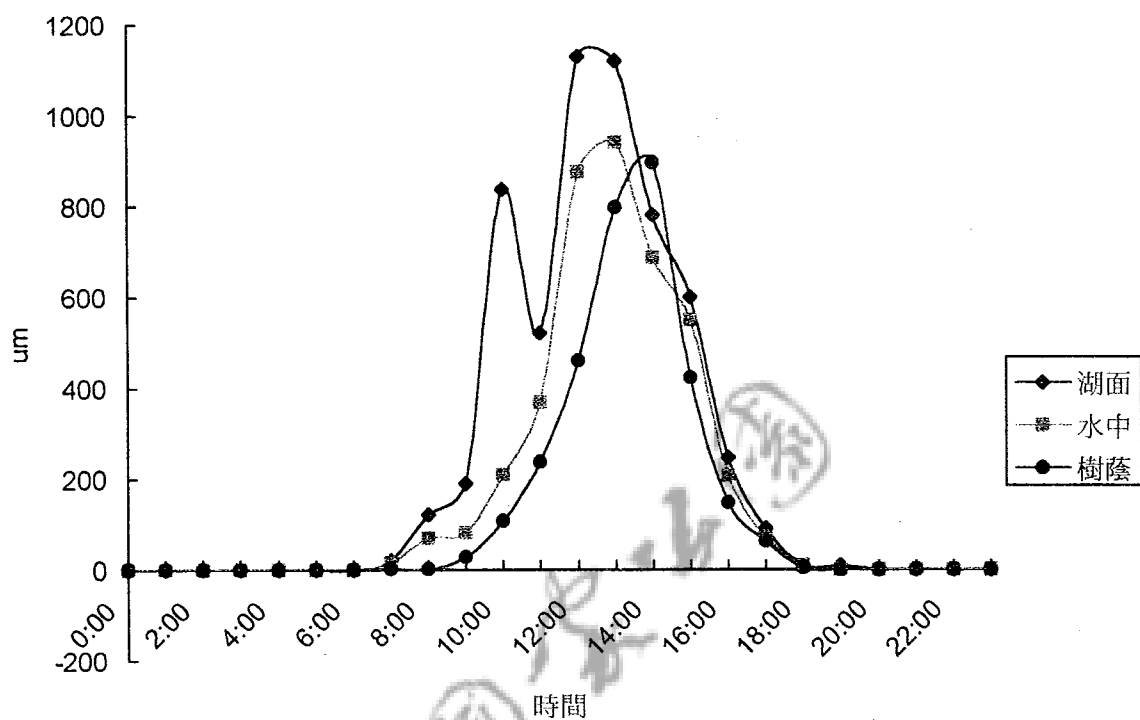
圖二十一 冷水坑日溫變化 (9/28)



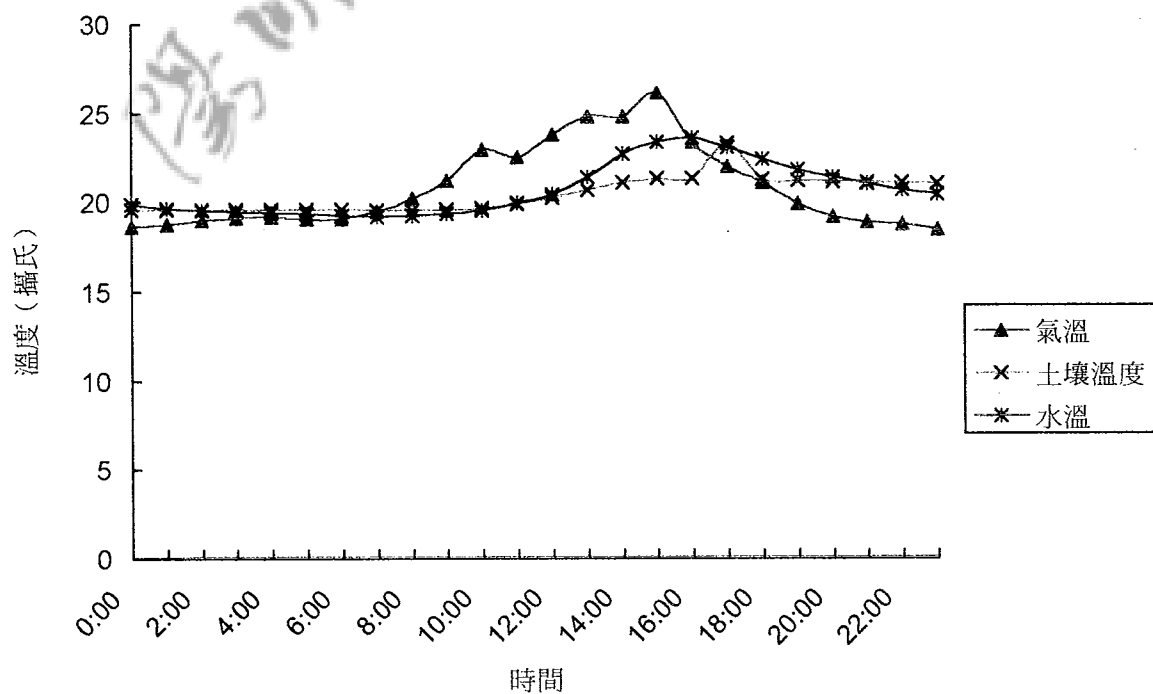
圖二十二 菁山自然中心日光照變化 (9/30)



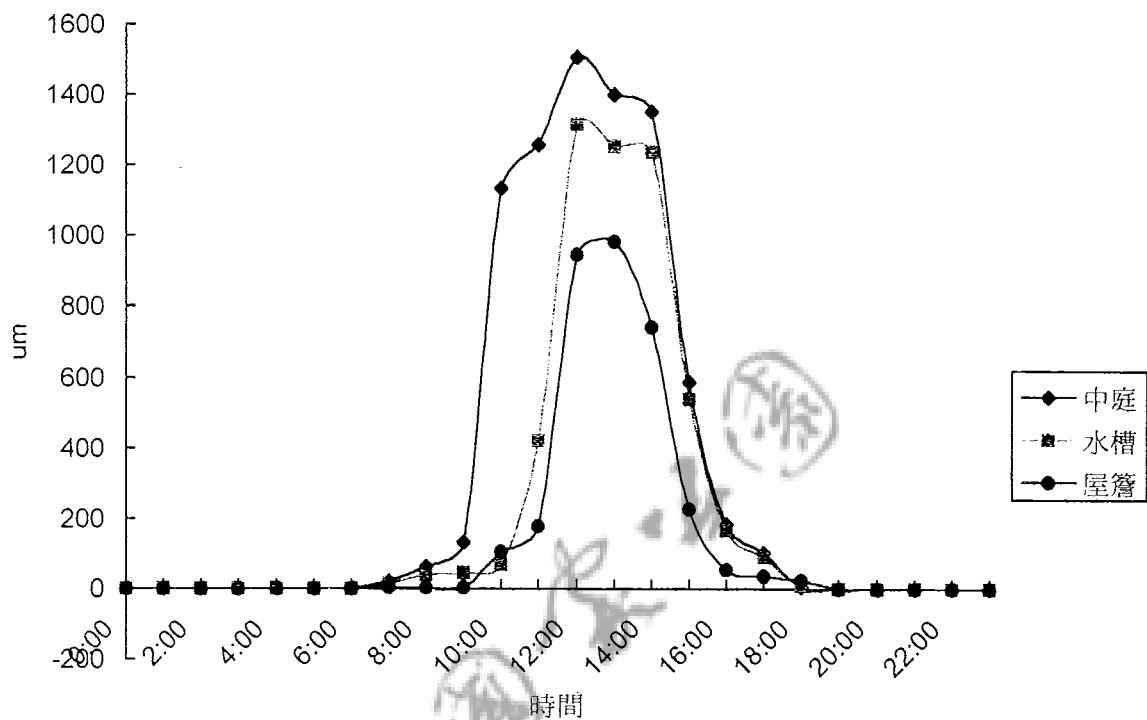
圖二十三 菁山自然中心日溫變化 (9/30)



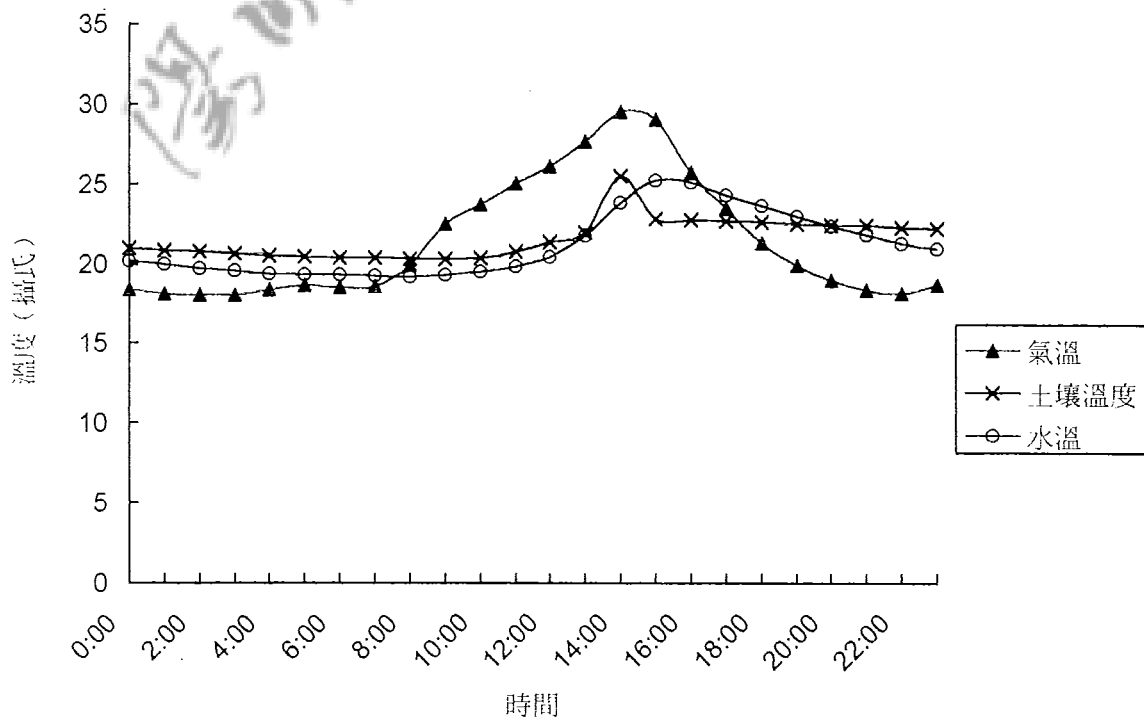
圖二十四 冷水坑日光照變化 (10/20)



圖二十五 冷水坑日溫變化 (10/20)

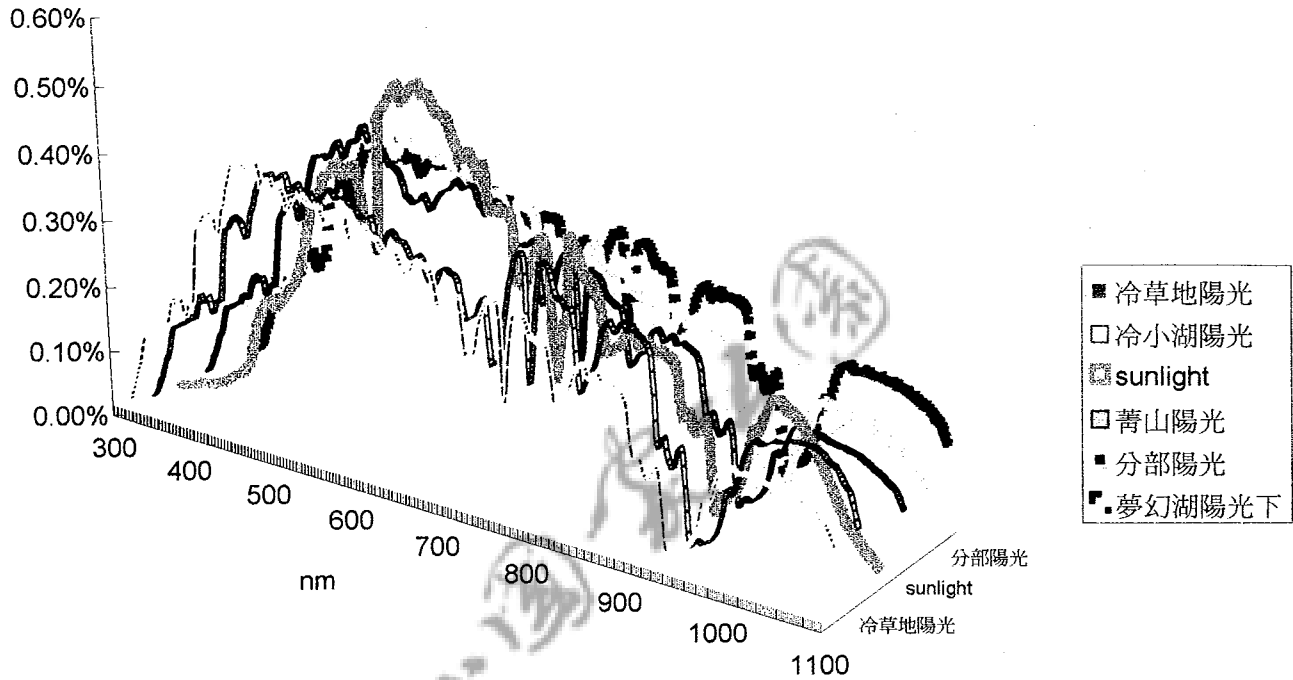


圖二十六 菁山自然中心日光照變化 (10/22)



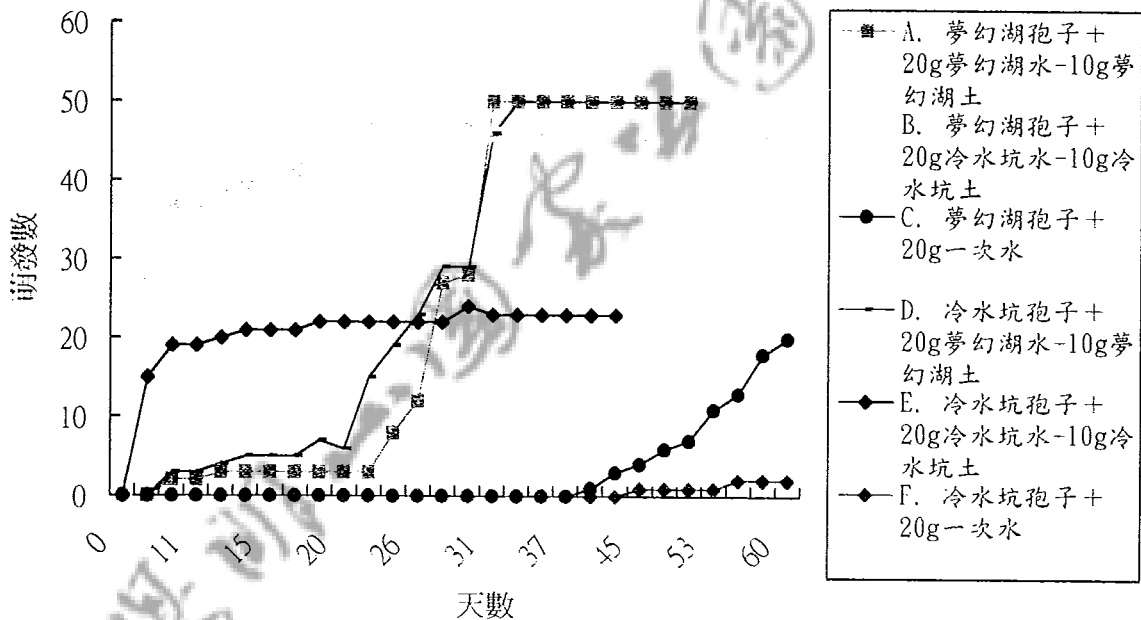
圖二十七 菁山自然中心日溫變化 (10/22)

5. LICOR1800 測得之光譜圖形：(為避免各地陽光強度差距太大，下圖已經標準化)



圖二十八 各樣區光譜圖形

5. 冷水坑濕地的伴生植物以牛毛氈、錢蒲為優勢種，分佈在濕地四周及中央，其餘尚有荳薺、荳蓋等成點狀分佈，比較乾燥的區域亦有五節芒等禾本科植物。
6. 冷水坑溼地本身屬於集水區之匯流處的狀態，其環境包含著濕地與池塘交替並伴隨著周圍的一些小逕流，而使本區兼具著數種不同類型的水生生態，動物相相當豐富，至目前為止記錄到的動物最多的是昆蟲，包括數量最多的水黽、蜻蛉目的各類常見種(青紋細蟴、無霸勾蜓、猩紅蜻蜒等)、水棲的紅娘華、松藻蟲、龍蟲等，其次是七星鱧及澤蛙等也普遍見於本區水域及四周，另外有發現小型齧齒目動物及爬蟲類如斑龜、過山刀等。
7. 孢子萌發實驗結果：



圖二十九 在不同處理下孢子萌發情形 (放入大小孢子各50)

二、竹子湖部分

1. 水韭已可產生孢子囊，十月觀察已有小苗長出。
2. 竹子湖人工濕地中的人工池中之伴生物種以剛毛藻、輪藻居多，其對於台灣水韭而言並無直接競爭關係，然而數量甚多的藻類則會使光線變弱，因而水韭的葉片會長得較為細長而色淺。
3. 竹子湖人工濕地中水韭生長情形：

時間	四至六月	六至八月	八至十月
葉片數	14.5± 6.05	14.2± 4.56	11.1± 5.18
葉片長 (cm)	13.3± 2.92	13.6± 1.79	14.6± 2.19
平均葉面積 (mm ²)		150.95± 44.96	164.70± 58.07

表四 竹子湖台灣水韭生長情況

陸、結論

1. 移植於冷水坑及竹子湖人工溼地與原來種植於菁山自然中心的水韭生長情形皆良好，冷水坑濕地的土壤及水樣於實驗室中培養孢子萌發率也在 90% 以上，在無外力干擾下，應能順利完成生活史。
2. 冷水坑濕地以目前情況而言，若水位保持在一定深度時台灣水韭便能保持一定之優勢，但水位若因淤積而變淺，則會有日本針蘭、錢蒲、五節芒等優勢物種競爭之不利影響。
3. 冷水坑溼地本身屬於集水區之匯流處的狀態，其環境包含著濕地與池塘交替並伴隨著周圍的一些小逕流，而使本區兼具著數種不同類型的水生生態，動物相相當豐富，有植食性及肉食性的昆蟲還有捕食昆蟲的脊椎動物及高階消費者形成完整的食物網，其中對台灣水韭之生長影響最大者為植食性的斑龜，斑龜喜食台灣水韭葉片勝於其他植物，對於台灣水韭而言在生物量未達足夠做為斑龜之食物供給而不受太大影響之前，最好將斑龜移除或與台灣水韭隔離。除此之外陽明山為數不少的流浪狗也是問題，曾有見過野狗在本濕地中玩耍對於種植於岸邊的台灣水韭造成影響。
4. 冷水坑溼地除了雨量多造成濕地進水量大之外，地面逕流所夾帶之泥沙與翻動造成底層泥沙懸浮之後的沈降可達每季約 $1500\text{g}/\text{m}^2$ 泥沙量，對於台灣水韭之幼期生長與濕地的壽命和周圍陸生植物入侵的速度有著重要的影響。依照這種淤積速度，水深不到一公尺的濕地，若以每半年淤積 3 公分，則十七年後將會消失成為平地，這將是此一保育地的隱憂。
4. 累積至目前為止的結果顯示，在幾個被選出的保育地點，目前說來台灣水韭皆能在該地正常生長，孢子的萌發也沒有問題，唯在該地環境中台灣水韭其他動、植物互動的關係，為台灣水韭是否可能成功移植於該地的重要因素。

柒、參考文獻

中文部分：

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。

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。

張惠珠、徐國士，1977。鴨池中的台灣水韭及其伴生植物，中華林學季刊，10(2): 138-141.

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。

張永達、陳志雄，1999。竹子湖濕地保育專案植物資源調查計畫期末報告。

張永達，1994。台灣珍貴稀有植物-台灣水韭。環境教育季刊 20:46-51

鄭先祐，1987。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。

英文部分：

Britton D.M. and D.F. Brunton. 1993. The spores and affinities of *Isoetes taiwanensis* Fern Gazette 14(2):73-81

Richard Brewer, 1993。The Science of Ecology，second edition。621-622

附錄：工作日程與內容

日期	工作紀錄
2000/2/29	勘查，雨大，水位甚高，原有的出水口排水量不夠。地面逕流由四面八方流入。
2000/3/3	出水口堵塞，無法排水，經清除後恢復正常排水。另行在接近入水口處開挖一 3x2m 的水池。於冷水坑湖中植入相當數量的水韭。
2000/3/21	水管又再度堵塞，再次清理。放入兩籃臺灣水韭並上好標記。在湖中四個位置設立標竿。湖中有小型魚類（一條）及水黽。
2000/3/24	水面清澈，以自製潛望鏡觀察記錄標竿水底地面位置。
2000/3/28	放入三組玻璃盒用以收集沉澱泥沙（使用橡皮艇工作）。發現一隻斑龜及紅娘華、水蠆、澤蛙等動物。繼續種植水韭於冷水坑湖中央。
2000/3/31	玻璃盒被好奇民眾移動。繼續挖深水池到水面下約 20cm，土質為黏土地下水上不來。再放入兩籃水韭於不同位置。
2000/4/1	放置資料收集器 LI-COR1000 三天後收回。
2000/4/29	移植水韭至竹子湖，水槽內有積水，水質混濁。有蛙類出現，但體呈紅色，有一隻遭水蛭吸附。
2000/5/8	竹子湖裝水韭塑膠籃子不見，水質依然混濁。
2000/5/9	於冷水坑放置資料收集器 LI-COR1000 三天後收回，再置於菁山自然中心。竹子湖的蛙類死亡數隻，仍有存活，水質依然混濁。
2000/5/12	放置資料收集器 LI-COR1000 於菁山自然中心，另移植十棵生長較好的水韭補植於竹子湖。
2000/5/19	從冷水坑移了六盆水韭至竹子湖。冷水坑的水韭葉片上有發現生物產卵於葉上。
2000/6/2	量測冷水坑各位置種植之水韭的葉長及葉片數。竹子湖水槽以可見底，發現只有放置水韭的籃子被拿走，水韭被棄置於水槽中。
2000/6/9	更換冷水坑的排水管為活動關節式，放置資料收集器 LI-COR1000 三天後收回。兩地的水韭均長出孢子囊了，竹子湖水槽中有蛙類產卵及蝌蚪孵化。
2000/6/19	於冷水坑放置資料收集器 LI-COR1000 三天後收回，再置於菁山自然中心。

2000/6/29	量測竹子湖種植之水韭的葉長及葉片數。
2000/7/9	於冷水坑放置資料收集器 LI-COR1000，遇颱風過境，水位很高
2000/8/2	量測冷水坑各位置種植之水韭的葉長及葉片數。並放水以便帶回收集盒中的淤積泥沙，讀取標尺刻度。發現水韭有被吃食的痕跡，發現斑龜（嫌疑犯）。
2000/8/9	於冷水坑放置資料收集器 LI-COR1000 三天後收回，再置於菁山自然中心。
2000/8/31	量測竹子湖種植之水韭的葉長及葉片數。放水並去除池中過多的藻類及垃圾。
2000/9/4	將種植水韭的籃子蓋上紗網，避免吃食。
2000/9/11	放置捕鼠籠，以餌食誘捕斑龜。
2000/9/12	未捕獲，更換餌食。冷水坑放置資料收集器 LI-COR1000 三天後收回，再置於菁山自然中心。
2000/9/16	抓到老鼠，發現蛇，流浪狗會於岸邊玩水，恐怕會對水韭的生長有影響。
2000/10/3	量測冷水坑各位置種植之水韭的葉長及葉片數。將種植於岸邊的水韭加上圍籬，以避免動物吃食。
2000/10/19	冷水坑放置資料收集器 LI-COR1000 三天後收回，再置於菁山自然中心。豪雨，水位高。
2000/10/23	收回資料收集器 LI-COR1000，發現捕鼠籠捕獲七星鱧，水韭正常沒被咬，亦無發現斑龜蹤跡。
2000/10/31	量測竹子湖種植之水韭的葉長及葉片數。關閉水閥。
2000/11/13	冷水坑放置資料收集器 LI-COR1000 三天後收回，再置於菁山自然中心。
2000/11/20	收回資料收集器 LI-COR1000，豪雨，水位高。

計畫總建議

為了發揮本溼地更多樣性的功能，茲參酌國內外經驗（邱文彥，2000; IWA, 2000），提出建議策略如下：

1. 冷水坑溼地應進行區塊（cells）劃分，以便於未來之研究控制和相對比較；但區塊之間得視需要以閘門或渠道連通，以利水韭或其他水生植物孢子之流佈散播。
2. 為使溼地環境具有多樣性，應該將分割之每一區塊，規劃出不同之水深；如有必要，得區分為不同面積之區塊，以利不同設定條件之實驗或復育工作。
3. 為配合研究需求，每一區塊之水深，應有控制進水或水深、水量之設計，以因應季節或天候之變遷，以及復育物種或誘引物種所需。
4. 為減少暴雨逕流之影響，冷水坑進水之前端，可考慮設置一處較深水池，以減緩水流，增加沈積之效果，以去除強流帶入之含沙量；如有必要，宜增加一道洪流繞越道，讓暴雨逕流不致穿越溼地。
5. 溼地或物種復育後獲取經驗後，宜儘可能使冷水坑溼地回復自然狀態，但須輔以長期之觀察監測計畫，以掌握其變遷。
6. 夏季斑龜活動頻繁，應將水韭種植區予以隔離，冬季溫度低斑龜不在水域中活動則可以免除。
7. 適宜種植水韭的區域建議在濕地周圍較淺的水邊。或為避免泥沙之淤積影響台灣水韭幼苗之生長，兩半島處可以土堤相連，堤底以水管相連通，圍成一小水域，水域內種植台灣水韭。
8. 冷水坑溼地西側之地勢平緩處，可以設置解說牌，以增加教育之價值。
9. 為兼具景觀及保育之經營管理，水位可以維持在出水口刻度第四格處（每格水深五公分）。
10. 夢幻湖自 1971 年發現臺灣水韭迄今，湖面及深度不斷縮小及變淺，近幾年陸生物種入侵之情況愈為嚴重，有必要全面調查，以與前人之結果比對，了解其演替狀況。
11. 對於台灣水韭的保育，依據目前研究的結果，排除動植物交互作用的競爭關係，如李氏禾、水蘊草、淡水螺、草食性魚類等，對於台灣水韭有負面影響的生物，在陽明山國家公園內找尋適當地點（如管理處基地範圍內）建立其棲地，移植台灣水韭維持數個次族群（subpopulation），以形成關聯族群（metapopulation），

應為保育台灣水韭適當的策略。

- 12.陽明山國家公園管理處原對於夢幻湖部分範圍的浚深工作，至今已有數年，有必要對該基地生物消長及湖泊變遷進行了解與研究，以做為在夢幻湖繼續保育台灣水韭的參考。
- 13.針對台灣水韭的遺傳基因是否已經僵化，有必要對現有族群的基因歧異度進行了解，並嘗試找尋十年前或數十年前的孢子，研究其基因歧異度之差異。
- 14.台灣水韭生長之水質，在夢幻湖及冷水坑溼地其 pH 值介於 4-5 之間，而其他培養地點 pH 範圍則可以到達 8-9，因此初步估計 pH4.5-8.5 應都是台灣水韭可以生長的範圍。
- 15.沉入水中的台灣水韭葉片其光合作用途徑有景天酸代謝 (CAM) 的現象，因此對於短暫的強光可以忍受，但長時間的強光則對葉片的生長不利 (葉片會趨短)。30 $\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{s}$ 到 500 $\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{s}$ 照光時間十小時，每天約有四小時是 500 $\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{s}$ ，可以生長良好，短暫時間 (<4hrs.) 的光強度達到 1000 $\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{s}$ 以上，亦可忍受。但 500 $\mu\text{m}/\text{m}^2.\text{s}$ 以上的光強度，照光時間超過四小時，會使葉片長度趨短。

書名：陽明山國家公園冷水坑濕地台灣水韭移植與調查暨
水質水文與湖泊變遷調查計畫

出版機關：陽明山國家公園管理處

地址：臺北市陽明山竹子湖路 1-20 號

電話：02-28613601

網址：www.cpami.gov.tw/ymsnp/ymsnhome.htm

委託單位：國際珍古德教育及保育協會中華民國總會

計劃主持人：張永達 邱文彥

出版年月：中華民國八十九年十二月 第一版

統一編號：002254890212

工本費：新台幣八十元整

陽明山國家公園

統一編號

002254890212

工本費新台幣八十元