

行政院農業委員會林務局委託研究系列 96-19
行政院農業委員會林務局保育研究系列 96-04-8-03

奧萬大國家森林遊樂區生態池長期生態監測計畫

(2/3)



委託機關：行政院農業委員會林務局南投林區管理處

執行機關：華梵大學

2007 年 12 月

摘 要

生態水池營造後，持續監測濕地環境的演替狀態以及人工濕地對於周圍原有環境的影響，是生態水池的經營管理與效益評估重要的基礎。本計畫分別以水質、藻類、水生植物、水棲昆蟲、兩棲類與中小型地棲哺乳動物為指標，利用水質變化與不同藻類對營養鹽濃度變化的反應，監測生態水池的演替狀況；並以兩棲類物種在不同時程的組成變化以及水池周圍中小型地棲哺乳動物的組成與活動行為，評估生態水池對周圍原有環境的影響。水質檢測的樣品採樣及保存，依照行政院環保署公告之水質檢測標準執行；藻類分為浮游藻類與附著藻類兩種分別於固定樣點採樣分析；水生植物採穿越線調查；水棲昆蟲以目視法調查並輔以捕蟲網捕捉個體確認；兩棲類與中小型地棲哺乳動物調查方法則包括聲音收集、夜間調查與紅外線自動照相機等，紀錄並分析調查物種與分佈。水質分析資料顯示水池有逐漸傾向營養濃度遞減的狀態，應與水池無明顯污染源注入有關。藻類監測結果顯示，浮游藻類組成因時改變，初期以浮游藻類為主，後期伴隨大型水生植物的生長，以附著藻類、水棉與水網藻等佔優勢。水藻的組成與水中營養鹽變化與水生植物生長密切相關。動物相調查結果全區共發現物種 14 科 20 種，扣除非目標物種後包括地棲型動物物種共 11 科 14 種，侷限分布物種在今年度才開始有紀錄；人工濕地周圍的樣點與其他樣點地棲型物種並無太大差異，水池對整體生態系而言，並沒有太大改變。兩棲類共發現 3 科 9 種，自水池工程施作完畢後兩棲類依序進入，與各物種紀錄之繁殖季節大致吻合，兩棲類物種有固定的分布空間，顯示多樣的微棲環境可以提供不同物種所需的棲所。兩年的兩棲類物種調查並無顯著差異，顯示水池的建置已提供兩棲類重要的棲息環境與繁殖場所。

關鍵字：人工濕地、環境監測、水質、浮游藻類、附著藻類、自動相機

Abstract

After the construction of a man-made wetland, it is important to monitor the succession path of the wetland and impacts the wetland have to the surrounding area. In this project, we evaluated the wetland condition by monitoring the water quality and composition of algae, amphibians, and surface-dwelling mammals to assess the effects of the newly constructed wetland and to provide further management suggestions. Water and algae samples were collected periodically and lab analysis were conducted to quantify water condition indices and to identify algae species. Night survey were conducted monthly to understand the amphibian species occurrence and auto-cameras were set up to collect information of surface-dwelling mammals. A total of 9 amphibian species and 14 surface dwelling mammal species were found during the survey period. Results showed nutrients in the water had gradually decreases and algae composition has changed accordingly. The man-made wetland seems to provide a good habitat to wetland dependent species and have no impact on surrounding native larger mammals. It is suggested that a continue monitor program is needed to understand the long term impact of the man-made wetland. Water control and vegetation management may have to initiates in order to maintain wetland condition and functions.

Keyword: Man-made wetland, monitor, water quality, algae, auto-camera

目錄

摘要

Abstract

目錄	.....	i
圖目錄	.....	ii
表目錄	.....	iii
壹、計畫背景	.....	1
貳、前言	.....	4
參、執行方法	.....	5
肆、結果與討論	.....	14
伍、教育訓練	.....	60
陸、監測機制	.....	61
柒、結論與建議	.....	61
捌、致謝	.....	69
玖、參考文獻	.....	70
壹拾、委託研究團隊	.....	74
附錄一 奧萬大國家森林遊樂區生態池植物名錄	.....	75
附錄二 奧萬大國家森林遊樂區生態池主要水生植物生態照	.....	77
附錄三 奧萬大國家森林遊樂區生態池建置前水生昆蟲名錄	.....	78
附錄四 第一梯次解說教育訓練成果	.....	79
附錄五 第二梯次解說教育訓練成果	.....	88
附錄六 第一梯次參訓學員名錄	.....	94
附錄七 第一梯次參訓學員簽到紀錄	.....	95
附錄八 第二梯次參訓學員名錄	.....	101
附錄九 第二梯次參訓學員簽到紀錄	.....	102
附錄十 奧萬大國家森林遊樂區生態池解說教育訓練講義	.....	106
附錄十一 奧萬大國家森林遊樂區生態池長期監測操作手冊	.....	149
附錄十二 期中報告審查意見回覆表	.....	158
附錄十三 期末報告審查意見回覆表	.....	162

圖目錄

圖 1	奧萬大國家森林遊樂區生態池配置圖.....	3
圖 2	奧萬大國家森林遊樂區生態池附著板置放點 (A1-A4)	7
圖 3	以壓克力附著板記錄附著藻類的變化.....	8
圖 4	奧萬大國家森林遊樂區生態池穿越線之設置點.....	9
圖 5	以穿越線估算水生植物之覆蓋率.....	10
圖 6	奧萬大國家森林遊樂區生態池自動照相機架設樣區位置.....	12
圖 7	2005 年 11 月至 2007 年 10 月生態池水質之水溫、溶氧與導電度之變化.....	18
圖 8	2005 年 11 月至 2007 年 10 月生態池水質之濁度與懸浮固體之變化.....	19
圖 9	2005 年 11 月至 2007 年 10 月生態池水質之有機氮、總磷與磷酸鹽之變化.....	20
圖 10	奧萬大國家森林遊樂區生態池浮游藻類之種類數與細胞數變化.....	22
圖 11	奧萬大國家森林遊樂區生態池浮游藻類之優勢度指數與歧異度指數變化.....	23
圖 12	奧萬大國家森林遊樂區生態池浮游藻類之豐富度指數與均勻度指數變化.....	23
圖 13	奧萬大國家森林遊樂區生態池附著藻類之種類數與平均細胞數變化.....	30
圖 14	奧萬大國家森林遊樂區生態池附著藻類之歧異度指數與優勢度指數變化.....	30
圖 15	奧萬大國家森林遊樂區生態池附著藻類之豐富度指數與均勻度指數變化.....	30
圖 16	奧萬大國家森林遊樂區生態池中水生植物覆蓋率與水域面積之消長變化.....	32
圖 17	奧萬大國家森林遊樂區生態池中主要水生植物覆蓋率變化.....	32
圖 18	奧萬大國家森林遊樂區生態池水生昆蟲之生態照.....	41
圖 19	奧萬大國家森林遊樂區生態池水生昆蟲出現之月份.....	42
圖 20	奧萬大國家森林遊樂區生態池兩棲類調查物種照片(1).....	46
圖 21	奧萬大國家森林遊樂區生態池兩棲類調查物種照片(2).....	47
圖 22	奧萬大國家森林遊樂區各生態池之蛙類分佈圖.....	48
圖 23	奧萬大國家森林遊樂區地棲型動物物種照片(1).....	52
圖 24	奧萬大國家森林遊樂區地棲型動物物種照片(2).....	53
圖 25	奧萬大國家森林遊樂區非地棲型動物物種照片.....	54
圖 26	奧萬大國家森林遊樂區刺鼠日時間序列之活動模式.....	56
圖 27	奧萬大國家森林遊樂區鼬獾日時間序列之活動模式.....	57
圖 28	奧萬大國家森林遊樂區山羌日時間序列之活動模式.....	57
圖 29	淡水域溼地環境，四類不同形式之優勢藻類之交互作用示意圖.....	65

表目錄

表 1	2005 年 11 月至 2007 年 10 月奧萬大國家森林遊樂區生態池之水質變化.....	16
表 2	奧萬大國家森林遊樂區生態池浮游藻類生物多樣性相關指數變化.....	22
表 3	奧萬大國家森林遊樂區生態池之浮游性藻類細胞數含量.....	24
表 4	奧萬大國家森林遊樂區生態池A1 測站之附著性藻類及細胞數含量.....	26
表 5	奧萬大國家森林遊樂區生態池A3 測站之附著性藻類及細胞數含量.....	27
表 6	奧萬大國家森林遊樂區生態池A4 測站之附著性藻類及細胞數含量.....	28
表 7	奧萬大國家森林遊樂區生態池各測站生物群聚指數.....	29
表 8	2007 年 4 月奧萬大生態池水生植物種類及其覆蓋率(%).....	33
表 9	2007 年 6 月奧萬大國家森林遊樂區生態池水生植物種類及其覆蓋率(%).....	34
表 10	2007 年 8 月奧萬大國家森林遊樂區生態池水生植物種類及其覆蓋率(%).....	35
表 11	2007 年 10 月奧萬大國家森林遊樂區生態池水生植物種類及其覆蓋率(%).....	36
表 12	2007 年 4-10 月奧萬大國家森林遊樂區生態池水生植物調查結果.....	37
表 13	2007 年 4~10 月奧萬大生態池之水生昆蟲種類與個體數量紀錄.....	39
表 14	奧萬大國家森林遊樂區生態池兩棲類物種名錄.....	44
表 15	奧萬大生態池兩棲類物種出現季節與以往主要繁殖季節記錄.....	45
表 16	奧萬大國家森林遊樂區自動照相機動物調查物種名錄.....	50
表 17	奧萬大國家森林遊樂區自動照相機動物調查非目標物種名錄.....	51
表 18	自動相機拍攝地棲動物出現樣區頻度與相對密度.....	55
表 19	奧萬大國家森林遊樂區人工生態池大事紀.....	59
表 20	奧萬大國家森林遊樂區生態池解說教育訓練講師與專長.....	61
表 21	溼地四種不同階段之優勢藻種與特性.....	66

壹、計畫背景

台灣位處亞熱帶地區，由於地勢陡峭險峻造就了多變的環境，生物多樣性極高，尤其在中海拔山區通常具有高度的生物多樣性。奧萬大國家森林遊樂區海拔高度介於1,100~2,600公尺之間，東臨馬軍山，西臨萬大地區，南接萬大溪，北與馬海僕富士山為界；區內有腦寮溪、清水溪、瑪谷溪、萬大南北溪等大小溪流穿越。遊樂區內的生態池原為簡易的人工景觀水池，偏離生態概念的營造方式不但無法融入當地生態系統中，更使野生動物不易親近。由於溼地生態系為生態系中重要的動植物棲地環境，具有高生產力與高生物多樣性等特色，並且在生態規劃與環境教育上，常具有指標作用，因此近年來人工生態池常為各生態園區重要的生態規劃之一。為了改善原有的景觀水池的遊憩品質，並提供一個陸域水岸棲地環境，南投林區管理處將原有的景觀水池改建為人工生態池，希望藉由此人工生態池的創造，創造區域內重要的水域棲境提供一個具備生態功能與教育意義的生態環境，以發揮森林遊樂區維護原有生態系、促進區域生物多樣性、與提供優質生態旅遊的功能。工程範圍除了生態池(含人工溪流)之外，還包含鄰近3個無動力控制的小水池：一個林下池、一個楓葉池與一個香杉池(圖1)。香杉池與生態池只有一個步道之隔，林下池在通往小木屋的步道旁天然林坡面下，楓葉池與林下池相隔一個步道，與草地相接。

生態池營造完成後，評估是否提供預期的功能將成為接下來的首要工作。尤其是生態水池之監測計畫，需長期為之以收集完整的監測資料，監測收集的資料才有意義。為了解此一棲地重建之效益以及其對區域內原有物種的影響，管理處於2006年3月開始委託華梵大學執行新建生態水池之長期監測計畫，已收集從人工溼地開始注水後的水文基礎資料，採樣監測水中藻類，結合藻類的群聚組成分析，建構溼地藻類演替機制，並在人工生態池濱水區內，架設紅外線自動照相機，調查物種種類、相對數量與空間分布，以評估生態池創造後的持續變化，以及生態池所創造的棲地環境效益。此外，為達到生態水池的生態環境教育之目的，並協助管理單位後續之監測與管理，自第二年起，

除原定之監測項目之外，亦根據監測資料，提供解說教育訓練，以利將來管理單位之解說導覽，並製作監測之操作手冊，以建立簡易之監測機制。

有鑑於此，本監測計畫案主要目的包括提供奧萬大國家森林遊樂區人工生態池建造後，(一)其周圍濱水區內地棲型動物相與分布；(二)藻類群聚組成變動與週遭環境之相關性；(三)辦理2次解說教育訓練；(四)制定生態水池長期監測操作手冊，以作為生態水池對環境及其他溼地物種影響評估之參考，以及管理單位後續維護管理與解說教育之基礎。

目前各地的人工濕地的建置尚在起步階段，許多機制尚未明瞭。此監測結果，除可以提供管理單位了解生態水池之物種現況與持續演替狀況，以作為後續經營之參考外，還可以提供其他人工濕地工程重要的生態資訊。



圖 1 奧萬大國家森林遊樂區生態池配置圖

貳、前言

一、工作內容

當環境受到污染或是環境改變，除了透過一般物理及化學的資料可以得知外，生物常作為環境狀態的參考指標。溼地生態系是一具有高生物多樣性的環境，由於溼地位於水陸交界的緩衝地帶，生活其中的物種種類包含了藻類、水生植物、無脊椎動物、兩棲類、爬蟲類、鳥類及哺乳類等，都可被選擇做為溼地環境的指標生物。奧萬大森林遊樂區之生態池，為一新構築之人工溼地，而國內以生物指標對人工溼地環境監測之評估尚未完全建立。因此，本研究計劃除延續第一年之水質、藻類、兩棲類與地棲型哺乳類相之持續調查與監測外，另外針對水生植物種類組成，覆蓋面積的季節性變化與水棲昆蟲群聚演替過程，結合第一期之成果，期能建構此一中海拔山區之生態池之生態效益及水池環境中物種的演替機制，以作為往後生態工法施作時之生態效果評估及後續環境維護與管理之參考依據。

二、預定工作項目

1. 瞭解人工生態池中水生植物的種類、分布與生長狀況，並藉由季節性物種組成調查，分析水生植物的演替過程。對於池中生長快速較佔優勢之水生植物，提供維護與管理之參考。
2. 瞭解生態池中水生昆蟲的種類與季節性出現與族群數量上的變化情況。
3. 彙整不同時節出現於生態池中，較佔優勢之水生植物與水生昆蟲指標物種，提供做為園區生態景觀與教育展示之用。
4. 持續追蹤微細藻類的種類組成改變及水質變化，以瞭解生態池建立後，第一年與第二年間的變化差異。
5. 持續監測生態水池濱水帶之動物種類、相對數量與空間分布。
6. 提供解說教育訓練，以提昇解說導覽品質。
7. 建立監測機制與製作監測操作手冊，在水池演替達穩定後，管理單位可以自行從事監測。

三、執行期間

自 2006 年 3 月 1 日至 2007 年 12 月 31 日

參、執行方法

本研究計畫範圍包括奧萬大國家森林遊樂區人工生態水池施工區與其鄰近區域，以環境監測為主，並包含二次解說教育訓練與監測機制之建立等。環境監測之項目則包括水質、藻類、水生植物、水棲昆蟲、兩棲類與哺乳動物等指標，以下分項詳述其材料與方法。

一、水質分析

本計畫對於水質檢測部分的樣品採樣及保存，依照行政院環保署 1997 年 11 月 22 日（86）環署檢字第六四二六三號公告之「水質檢測方法總則—保存篇」（NIEAW102.50A）進行。除現場量測外，並保留 1 公升做為實驗室水質分析之用，運送過程以冰箱保存，以避免水質產生變化。水質測量方法如下：

- (1).水溫 $^{\circ}\text{C}$ ：依環保署 NIEA W217.51AT 水溫檢測方法，現場將 YSI3200 溫度計置於水面下測量並記錄各調查地點的水溫值。
- (2).酸鹼值 pH：以 YSI3200 sension1 pH meter 於水面下測量並記錄各採樣調查地點的酸鹼值。
- (3).濁度：依環保署 NIEA W219.51CT 水中濁度檢測方法—濁度計法，以 HACH2100P 濁度計測量並記錄各採樣調查地點的濁度值。
- (4).導電度 E.C：依環保署 NIEA W203.51B 水中導電度檢測方法—導電度計法，以 YSI3200 導電度計測量並記錄各採樣調查地點的導電度值。
- (5).溶氧 DO：以電子溶氧計（YSI3200 DO meter）在水面下測量並記錄各採樣調查地點的溶氧值。
- (6).生化需氧量 BOD5：五天生化需氧量，參照環保署 NIEA W510.54B，水中生化需氧量檢測方法，將水樣置於 300ml 之 BOD 瓶中，置於 $20^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 恆溫培養箱中放置五天，測定水中好氧性微生物在此期間氧化水中物質所消耗之溶氧（YSI3200 DO meter）。
- (7).化學需氧量 COD：化學需氧量，參照環保署標準方法 NIEA W515.53A，水中

化學需氧量檢測方法—重鉻酸鉀迴流法，以重鉻酸鉀進行迴流煮沸，再以硫酸亞鐵銨溶液滴定，由消耗之重鉻酸鉀量，即可求得水樣中之化學需氧量，以表示水樣中可被氧化有機物之含量。

- (8).懸浮固體 (SS)：參照環保署標準方法 NIEA W210.56A，水中懸浮固體檢測方法—水中懸浮固體檢測方法，將混合均勻之水樣於已知重量之玻璃纖維濾片過濾，移入 103~105°C 之烘箱續烘至恆重，所增加之重量即為懸浮固體重。
- (9).總磷 (TP)：參照環保署水中磷檢測方法 NIEA W427.51B 水中磷檢測方法—維生素丙比色法，水樣以硫酸、過硫酸鹽消化處理，使其中之磷皆以正磷酸鹽之形式存在後，正磷酸鹽與鉬酸銨、酒石酸銻鉀作用生成一雜多酸—磷鉬酸 (phosphomolybdic acid)，經維生素丙還原為藍色複合物鉬 (molybdenum blue)，以分光光度計測其吸光度定量之。
- (10).氨氮(NH₃-N)：參照環保署標準方法 NIEA W416.50A 以納氏比色法水樣以鹼液及硼酸鹽緩衝溶液調整 pH 值至 9.5，加入去氯試劑後，經硼酸溶液吸收蒸出液，最後以納氏試劑呈色，以分光光度計測其吸收度定量之。
- (11).總有機氮：本計劃總有機氮利用分光光度計法進行。水中總氮為硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮、凱氏氮(凱氏氮為氨氮與總有機氮之和)之總和，因此分別由前述三種檢測分析結果之總和即為水中總氮含量。
- (12).正磷酸鹽：磷酸鹽的測定原理係以 1962 年 Murphy 與 Riley 建立的抗壞血酸磷鉬還原比色法，磷酸根在酸中與鉬酸結成黃色的磷鉬複合物 (Dodecaphosphomolybdenum complex)，再以抗壞血酸還原成藍色的磷鉬複合物，並以銻為催化劑，最後的產物由分光光度計以 880 nm 為測定之波長。
- (13).葉綠素 a：水中葉綠素 a 的濃度含量，以攜帶式葉綠素測定儀，進行直接測量。並藉此水質資料，瞭解水中浮游藻類的生物量變化。

二、浮游藻類與固著藻類採樣調查與分析

(1). 浮游藻類的採集與保存：每月採樣一次。採樣時，分別於水池不同之採樣點（共四處，圖 2），取表層水樣 1 公升放入水桶內。（由於生態池面積不大，可視為一均質之生態系統，但為避免水樣及浮游生物因採樣造成偏差，故以此法維持均樣）。將上述所採之 4 公升水樣混合均勻後，取 1 公升放入廣口塑膠瓶中，其餘水樣另外取 1 公升裝瓶，攜回實驗室進行水質分析。將上述 1 公升之水樣加 3ml 路戈氏碘液(Lugol)固定液保存，並標記後置於暗處保存。（此固定液之組成和配製方法如下:10 g 碘化鉀，5 g 碘溶於 70 ml 水中，全溶後加 5g 醋酸鈉，並定容至 100ml。）

(2). 附著藻類的採集與保存（Biggs and Kilroy, 2000; McNair and Chow-Fraser, 2003）：持續在第一年設置壓克力附著板地點，每月進行附著藻類之採樣，採樣調查時以毛刷自壓克力板上刷下單位面積上之所有附著藻類，再將其匯集流入採集瓶中，同樣以路戈氏碘液保存液（或 10%福馬林水溶液）固定（圖 3）。

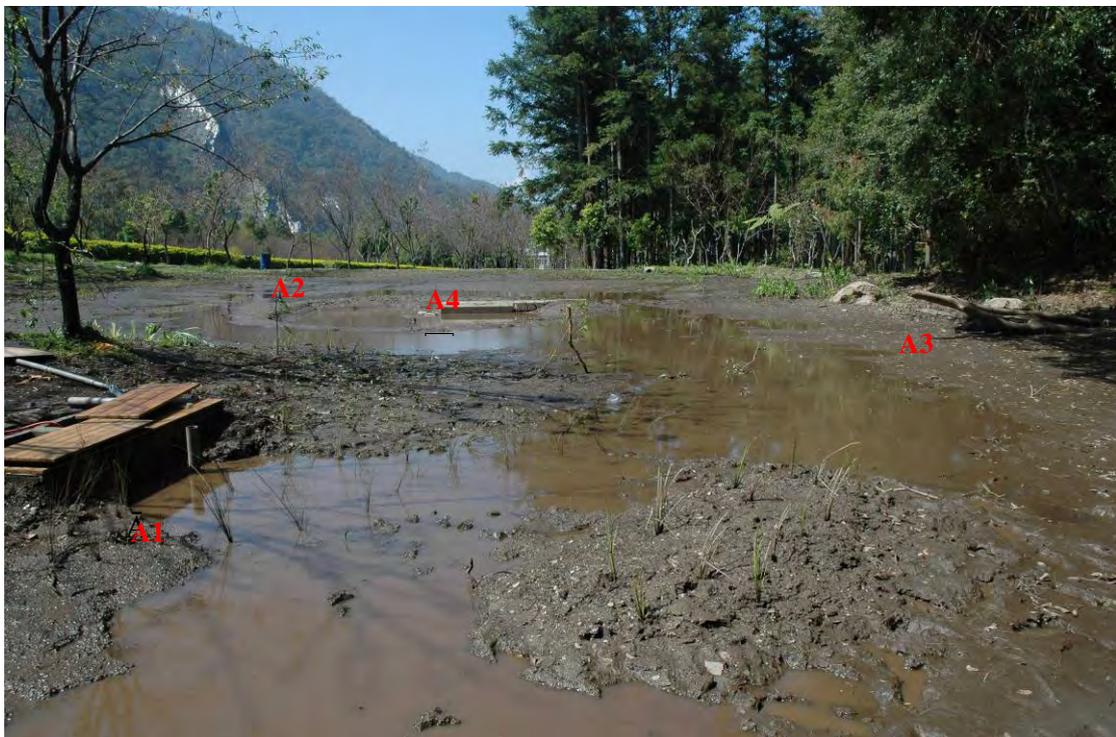


圖 2 奧萬大國家森林遊樂區生態池附著板置放點（A1-A4）



圖 3 以壓克力附著板記錄附著藻類的變化

- (3). 將攜回實驗室含有藻類之水樣，不論是浮游藻類或是附著藻類，均過濾於 $0.45\ \mu\text{m}$ 孔徑、材質為硝酸纖維之濾膜上，過濾時採用減壓過濾方式，壓力不得大於 $5\ \text{mm Hg}$ ，過濾後將濾片置於玻片上乾燥，待完全乾燥後滴加顯微鏡鏡油，使濾片透明化，蓋上蓋玻片後在顯微鏡下進行種類之觀察鑑定和計數藻細胞數目。經換算所量取之體積後，即可得單位體積之藻細胞數。

三、水生植物覆蓋面積與群聚組成變動之估算

水生植物是溼地環境中重要的組成，隨著水中環境的變化與植物的族群變動，往往影響溼地中其他物種的生存。為瞭解水生植物在生態池中的生長情況，本年度就水生植物之種類（包括漂浮在水面的藻類團塊）及其分布之區域範圍，每隔二月進行一次覆蓋率之調查。由於生態池中的水生植物植栽，並非屬於均勻分布，故於水池兩端每間隔2-3公尺設立一條穿越線，總共架設六條固定穿越線，六條穿越線的位置如圖4所示。

調查時以捲尺作為穿越線，固定兩端定點後，紀錄所經過之水生植物種類與其垂直相對於捲尺上之長度，再估算此長度佔穿越線總長度的百分比，推估成為該種水生植物於該條穿越線上的覆蓋率（圖5）。另外，就六條穿越線所得到的每種水生植物之覆蓋率，推估其在生態池中的平均覆蓋率及其出現頻度。

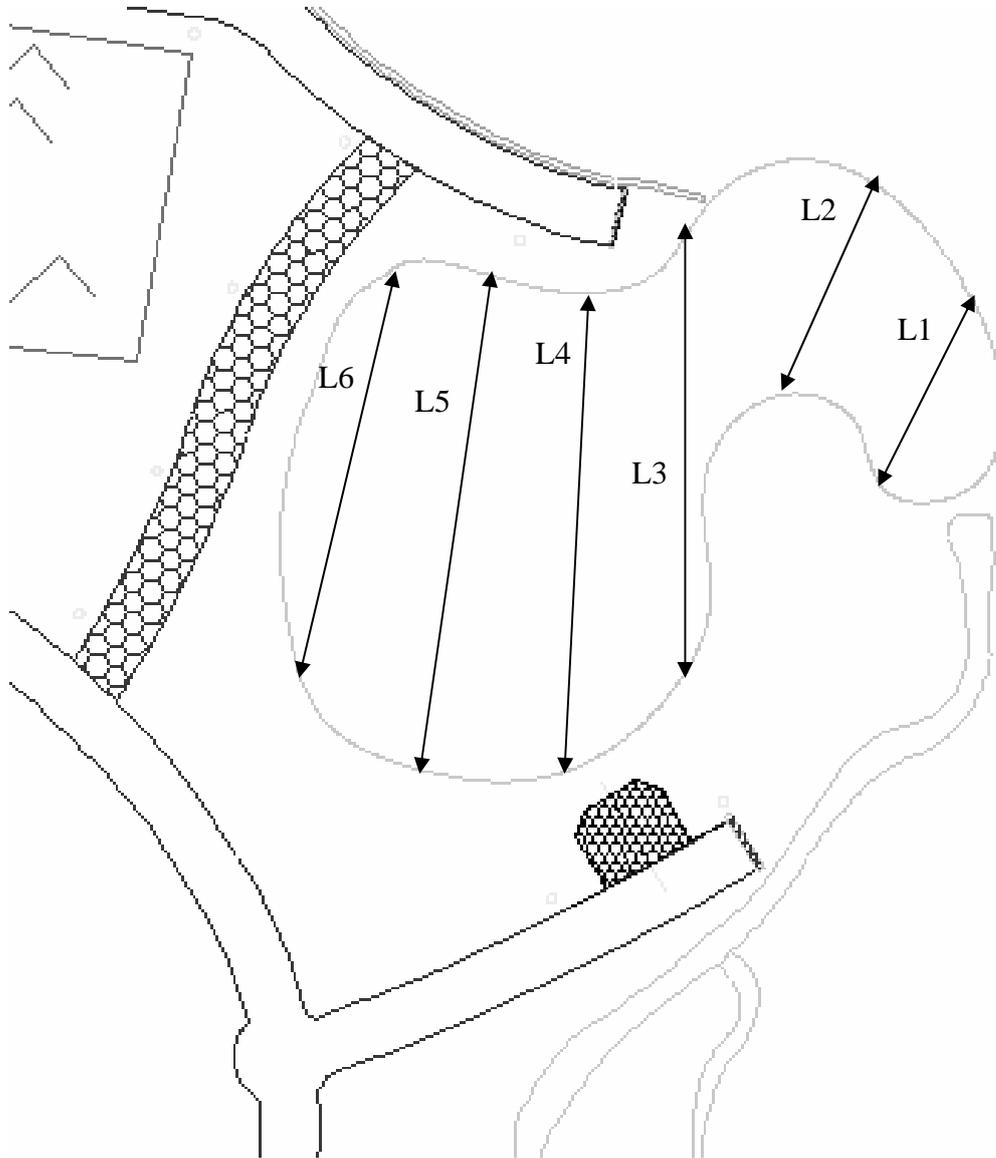


圖 4 奧萬大國家森林遊樂區生態池穿越線之設置點



圖 5 以穿越線估算水生植物之覆蓋率

四、水生昆蟲採樣與種類組成調查

常見且具代表性的水生昆蟲採集法，包括蘇伯氏法(Surber net)、踢擊法(kicking method)、挖取法(dredge method)、管心法(Core method)、人工底質法(artificial substratemethod)和漂流網法(drift net)等(Merritt and Cummins, 1996; Sutherland, 1996)。但因本計畫屬靜水域溼地環境，生存其中的水生昆蟲大多具游泳能力或在底土裡活動，為能有效獲得可供計數及辨識之樣本，故以修正後的管心採樣法(modified core method)較為可行。

本計劃預計與水池內放置附著板進行水生昆蟲採樣。採樣時，首先置放一直徑20cm，且網目為200（即每一英吋的長度或寬度內有20個孔）的圓形篩網於溼地水層底部，再從水層表面垂直置入一段內徑為20cm的PVC管，套住篩網後，記錄水域深度，

再取出水面使PVC管中的水流通過篩網，使棲息於水層底部至表層間的水生昆蟲，順水流入篩網上，再將其用鑷子夾入標本瓶或用刷子刷入淺盤中，進行種類鑑定與分類計數，由此可得到單位體積中水生昆蟲的數量。部分昆蟲樣本製成標本保存，其餘則在計數後釋放回水池，藉以避免水池生態系統的變動過度劇烈。

另以目視觀察估計生態池周遭出現的蜻蛉目（包括都娘與蜻蜓兩大類）的種類與數量。

五、兩棲類組成與分佈調查

針對水池周圍可能出現的兩棲類物種，進行夜間調查並輔以聲音收集，以瞭解水域周圍的兩棲類動物組成與分佈現況。夜間調查以人工生態池周圍濱水區域為主要調查區域，每月一次，依固定調查路線在夜間 7-10 點間進行沿線調查。除夜間沿線調查之外，每月一次，於固定點，利用指向型集音器面對水池錄音，收集蛙類鳴叫聲，以協助確認兩棲物種名錄。

六、哺乳動物組成與分佈調查

計畫執行期間，以人工生態池周圍濱水區域為主要調查區域，於調查區域內天然林或次生林內，以水池為中心放射狀設置兩條穿越線，在穿越線上尋找主要獸徑，並於獸徑交會處設置樣區裝置紅外線自動照相機（圖 6）。自動相機架設在樹幹離地 1.5~2.0 公尺處，在恆溫動物經過時，因紅外線感測溫度之變化，啟動相機拍照紀錄。每 3~4 個星期，調查人員定期至樣區收集底片、維護照相系統、並更換相機電池。利用拍攝之照片辨識經過物種，收集物種名錄，物種名錄以所有照片紀錄過之物種為準；並分別計算各物種之相對密度指數（Occurrence index, $OI = \text{每 } 1,000 \text{ 個相機工作小時所獲得照片數}$ ），由於照相機之調查方式以拍攝恆溫動物在獸徑活動為主，物種之相對密度之計算，僅限於中小型地棲哺乳動物；最後利用各物種之照片拍攝時間與各時間內之各物種之拍

攝照片數，製作日時間序列之物種活動模式圖。赤腹松鼠與台灣獼猴雖有一半時間為樹棲，但經研究顯示 OI 值仍可適切做為物種相對密度之指標(裴，1998)，然因台灣獼猴為群聚型物種，故其 OI 值之計算以群為單位，不以個體為單位。大型雉科鳥類由於其地棲活動特性，因此可以使用 OI 值作為相對密度之指標。

分析在人工生態水池濱水區內不同距離的相機樣區所拍攝的物種種類與相對密度，評估物種對人工生態水池的趨避程度。將物種在本區的活動模式與歷史資料比較，分析各物種在本區的活動特性以及了解是否有異常狀況。

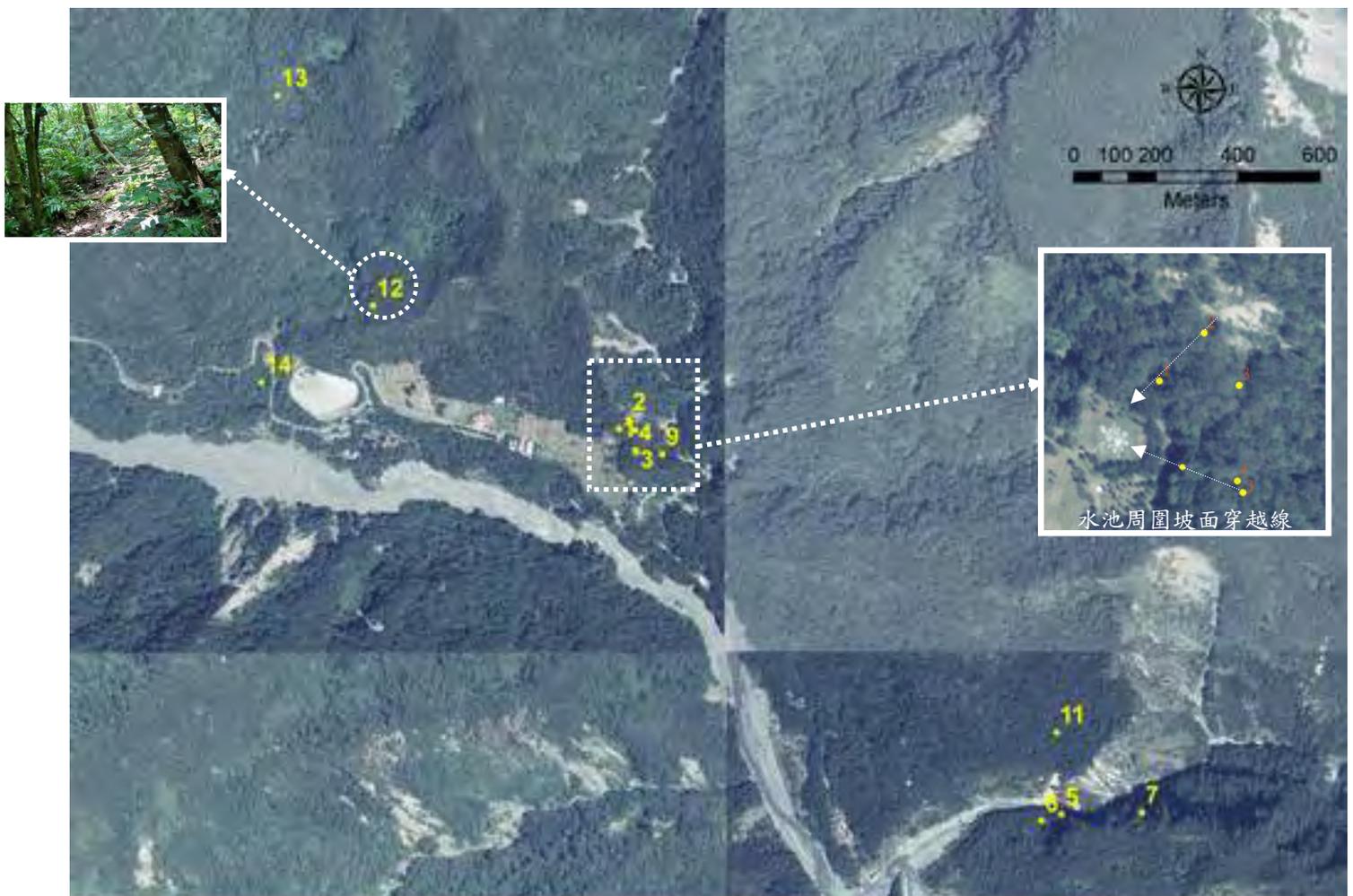


圖 6 奧萬大國家森林遊樂區生態池自動照相機架設樣區位置

七、群聚組成分析與統計方法

野外調查各物種的基本資料經過各種生態指標分析後，更容易瞭解樣區的生態狀況的變化。因此，以生物群聚的歧異度(Species diversity)的變化來了解藻類群聚組成的變動，但水生植物及水生昆蟲等群聚組成的時間與空間變動，由於無法獲得實際的族群數量，故僅以覆蓋率、出現頻度（以上為水生植物）及粗估之個體數（水生昆蟲）表示。生物種類組成的結構關係，亦可用來表示自然集合群聚的變化情形。

本研究使用下列之指數，分別為 Shannonsz 多樣性指數(Shannon index of diversity, H')、均勻度指數(Evenness index, J')及種數的豐富指數(Species richness index, SR)來進行分析 (Pielou, 1977; 1984; Ludwig and Reynolds, 1988)。各項指數的分析方式如下：

(1). Shannon 多樣性指數(Shannon index (H'))：

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

S：各群聚中所記錄到之動物種數

P_i：各群聚中第 i 種物種所佔的數量百分比

本指數可綜合反映一群聚內生物種類之豐富度(Species richness)及個體數在種間分配是否均勻。若 H' 值愈大，則表示群聚間種數愈多或種間分配較均勻。

(2). 物種豐富度指數，即 Margalef 指標(Margalef's diversity index (SR))：

$$SR = (S - 1) / \log_{10} N$$

S：為第 i 種生物之個體數；N：所有種類之個體數

SR 愈大則表示該群落內生物愈豐富。

(3). Pielou 均勻度指數(Pielou's evenness index (J'))：

$$J' = H' / H'_{\max}$$

$$H'_{\max} = \log_{10} S$$

$$\therefore J' = H' / \log_{10} S$$

S=所出現的物種；H'=歧異多樣性指數

J' 值愈大，則個體數在物族群聚組成的分配愈均勻，亦表示較無優勢種的出現。

肆、 結果與討論

4.1 水質分析

2007 年 4 至 10 月奧萬大森連遊樂區之生態池水質採樣結果與實驗室水質分析數據如表 1 所列。各項水質分析敘述如下：

A. 現場水質實測資料

- (1). 水溫：人工生態池的水溫變化，最高溫為 9 月 30 日之 24.9°C，最低溫則是 4 月 21 日之 16.3°C。相較於去年同期的水溫，除 9 月份因生態池進行較大規模的抽水曝池的生態維護工作，其餘月份並無明顯差異。(圖 7)
- (2). 溶氧量：本年度生態池水中的溶氧量變化介於 4.2 – 10.0 mg/L 之間，除 6 月 30 日的水中溶氧達到 10.0mg/L，接近飽和濃度外，其餘各月的溶氧量的調查結果有逐漸下降的趨勢，顯示生態池的水質狀況，可能因為底部沈積物的分解消耗大量氧氣，加上水面佈滿水生植物，使得水體中的浮游植物數量減少，導致光合作用產生的溶氧有限所致。(圖 7)
- (3). pH 值：生態池的 pH 值介於 7.8-8.9 之間，屬於弱鹼性水質。其中以 6 月的 pH 值最高，相較於去年同期亦無明顯差異，但隨著有機物質的分解與溶氧的下降，pH 值有些許下降的趨勢。
- (4). 導電度：各次採樣之導電度介於 189.5-235.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 之間，最高月份為 9 月，最低月份則為 10 月。除 10 月因生態池的維護，導致導電度下降外，其餘各月份的變動幅度不大，從 4 月至 9 月，生態池的導電度呈現一較穩定的狀況。(圖 7)
- (5). 濁度：濁度代表光線可穿透水的深度，濁度值愈高，懸浮固體值亦相對升高，光線穿透時會受到阻礙。本年度生態池的濁度介於 1.3-4.4 NTU 之間，較去年同期略微上升，顯示水中的懸浮顆粒有增加的情況。尤其是生態池維護工作之後，10 月份水中的濁度明顯升高。(圖 8)
- (6). 葉綠素 a：由葉綠素測定儀所測量的葉綠素 a 濃度值，介於 2.60~0.37 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 之間，除 4 月及 6 月，水中葉綠素的濃度較高外，其餘月份的葉綠素濃度較低。

B. 實驗室水質分析資料

從野外攜回實驗室的水樣，所進行的水質分析，包括氨氮、生化需氧量、化學需氧量、總磷、有機氮、磷酸鹽及懸浮固體等項目。分析結果顯示，生態池之水質在上述項目均達環保署所公告之甲類水體水質標準，亦即池水並未受到外來污染物質注入的影響。

其中氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$) 值介於無法檢出至 0.07 mg/L 之間，與去年相比並無明顯差異，顯示水體中的氨氮來源穩定，不易產生劇烈變動。(表 1)

有機氮濃度則在 0.12-0.62 mg/L 之間波動，本年度 8~10 月明顯升高，除受到池中外來物種 (福壽螺與吳郭魚) 的干擾之外，水體中有機氮來源明顯增加，對此一濃度的增加現象需進行後續的監測，必要時需找出有機氮之產生原因，並予以管制。(圖 9)

生化需氧量 (BOD) 的測量值雖大都在 1.9 mg/L 以下，但較去年同期有偏高的趨勢，化學需氧量 (COD) 則是介於 1.6-6.2 mg/L 之間，亦較去年同期明顯增加，顯示生態池水體中的可分解之有機物，經由一段時間的累積後，需要開始消耗水體中的溶氧，而此化學需氧量濃度值的上升，亦可從本年度水體中溶氧濃度偏低的情況中獲得印證。(表 1)

總磷 (TP) 濃度的範圍介於 0.042-0.093 mg/L 之間，磷酸鹽濃度則在 28-82 $\mu\text{g/L}$ 之間，相較於去年此總磷與磷酸鹽的濃度都在 8 月份開始明顯上升，顯示水體中磷的來源增加 (圖 9)。造成水體中含磷量大量增加的原因，可能與 8 月份進行人工撈除水面的滿江紅後，將此撈起的植物體直接堆放於池邊或水中大型水生植物體上，而植物體死亡後體內的含磷物質被大量分解回至水體有關。

懸浮固體濃度與濁度變化相似，都有逐漸上升的情況，濃度值範圍介於 4.2-11.8 mg/L 之間，顯示水體中的懸浮物質較以往增加。(圖 8)

表 1 2005 年 11 月至 2007 年 10 月奧萬大國家森林遊樂區生態池之水質變化

	日期	水溫 (°C)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	電導度 (μ S/cm)	濁度 (NTU)	氨氮 (mg/L)	生化需氧 量(mg/L)	化學需氧 量(mg/L)	總磷 (mg/L)	有機氮 (mg/L)	磷酸鹽 (μ g/L)	懸浮固體 (mg/L)	葉綠素 a (μ g/mL)
2005	11/22	15.3	6.6	8.1	176	4.8	1.03	<0.8	2.1	0.052	0.15	24	7.9	
	11/23	14.7	6.6	7.9	170	2.7	—	—	—	—	—	—	—	
	11/24	14.3	6.4	8.0	167	4.3	0.03	<1.1	2.8	0.034	0.41	40	3.6	
	11/25	16.4	6.0	8.1	178	3.8	—	—	—	—	—	—	—	
	11/26	14.2	5.6	7.9	171	3.6	—	—	—	—	—	—	—	
	11/27	14.0	5.6	7.3	170	5.3	—	—	—	—	—	—	—	
	11/28	14.8	5.6	8.1	177	5.9	—	—	—	—	—	—	—	
	11/29	15.5	5.4	8.1	181	5.6	—	—	—	—	—	—	—	
	11/30	14.4	6.7	8.1	193	5.2	0.09	<0.6	2.9	0.028	0.18	28	8.1	
	12/1	14.7	6.7	8.2	195	4.6	—	—	—	—	—	—	—	
	12/2	13.5	7.4	7.8	197	3.4	—	—	—	—	—	—	—	
	12/3	14.2	7.8	8.3	200	3.2	0.07	<0.8	2.7	0.024	0.38	36	5.2	
	12/4	15.0	7.5	8.0	202	2.8	—	—	—	—	—	—	—	
	12/5	14.5	7.2	8.3	201	3.4	—	—	—	—	—	—	—	
	12/6	13.0	7.1	7.0	189	3.2	0.04	<1.5	2.5	0.026	0.32	34	4.6	
	12/7	12.8	8.3	7.9	191	3.3	—	—	—	—	—	—	—	
	12/8	12.3	8.8	7.9	188	3.0	—	—	—	—	—	—	—	
	12/9	13.1	9.4	8.3	194	2.6	0.28	2.4	6.3	0.078	0.21	31	7.3	
	12/10	13.5	8.4	8.3	195	3.0	—	—	—	—	—	—	—	

表 1 2005 年 11 月至 2007 年 7 月奧萬大國家森林遊樂區生態池之水質變化 (續)

	日期	水溫 (°C)	溶氧量 (mg/L)	pH 值	電導度 (μ S/cm)	濁度 (NTU)	氨氮 (mg/L)	生化需氧 量(mg/L)	化學需氧 量(mg/L)	總磷 (mg/L)	有機氮 (mg/L)	磷酸鹽 (μ g/L)	懸浮固體 (mg/L)	葉綠素 a (μ g/mL)
	12/12	14.8	8.2	8.3	203	2.1	0.08	<0.7	4.2	0.036	0.26	43	6.3	
	12/13	13.7	8.5	8.3	196	1.9	—	—	—	—	—	—	—	
	12/20	10.6	9.5	8.3	183	1.4	0.07	<0.8	4.5	0.058	0.31	37	2.1	
	12/27	11.6	10.1	8.5	193	2.1	ND	<1.8	4.3	0.028	0.46	64	2.4	
2006	2/9	15.5	10.0	9.0	212	1.0	0.06	<0.6	2.1	0.022	0.17	24	2.4	
	3/10	15.4	7.8	8.9	221	0.5	0.07	<-0.3	2.5	0.038	0.25	20	2.6	
	4/14	16.8	7.4	7.7	213	0.8	ND	<0.3	1.8	0.043	0.17	22	2.2	
	7/4	21.0	7.6	8.4	112	1.3	ND	<0.5	1.5	0.036	0.19	20	4.8	
	8/26	19.5	4.4	8.2	187	1.8	0.04	<0.4	1.8	0.030	0.21	22	4.5	
	11/13	14.2	7.4	7.3	178	2.5	0.05	<0.7	3.2	0.049	0.29	38	8.8	
2007	4/21	16.3	6.5	7.8	219	2.0	0.06	<0.4	1.6	0.042	0.12	28	6.8	2.60
	5/28	19.3	6.2	8.0	208	1.3	0.06	<1.6	4.1	0.051	0.19	32	4.2	0.90
	6/30	20.4	10.0	8.9	204	2.7	ND	<1.9	4.8	0.046	0.14	32	5.1	1.83
	7/31	20.1	6.4	8.0	221	2.0	ND	<1.4	3.7	0.039	0.12	30	4.2	0.37
	8/31	18.6	5.5	8.0	221.0	1.6	0.07	<1.8	4.8	0.093	0.62	31.0	4.4	0.6
	9/30	24.9	4.6	7.9	235.5	1.5	0.04	<1.6	5.6	0.081	0.46	64.0	6.7	0.6
	10/19	17.2	4.2	7.8	189.5	4.4	0.05	<1.8	6.2	0.078	0.56	82.0	11.8	0.9

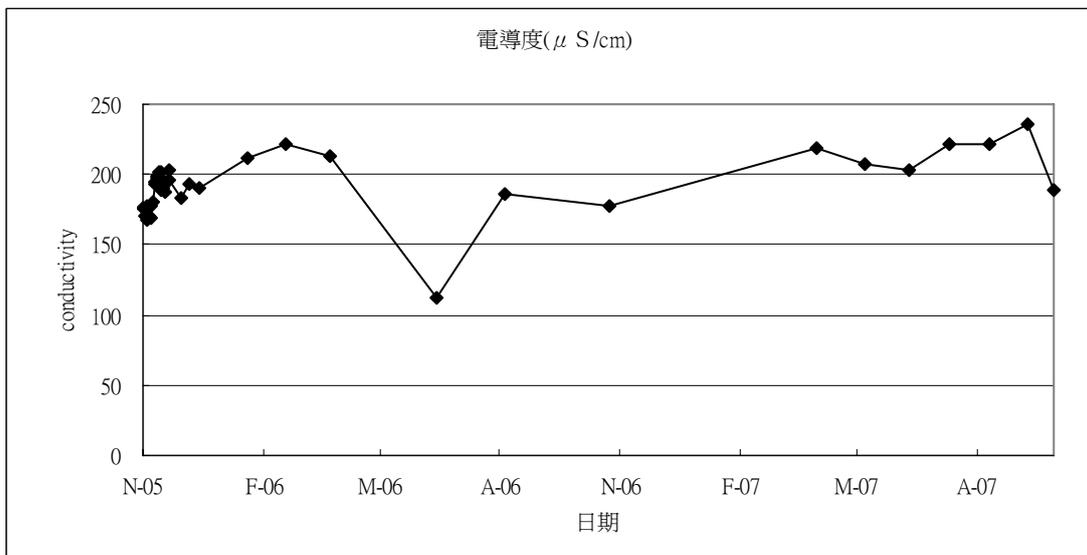
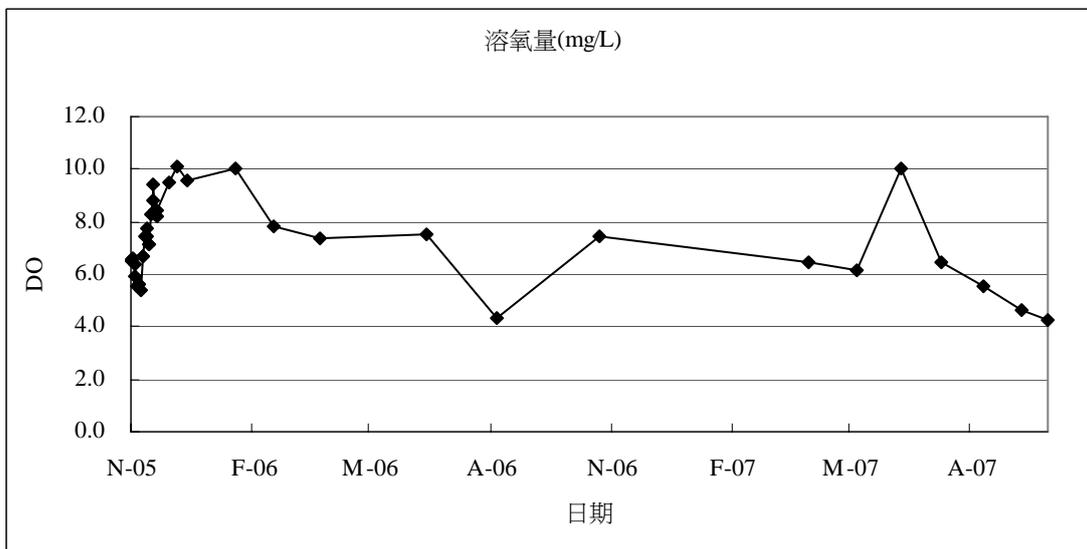
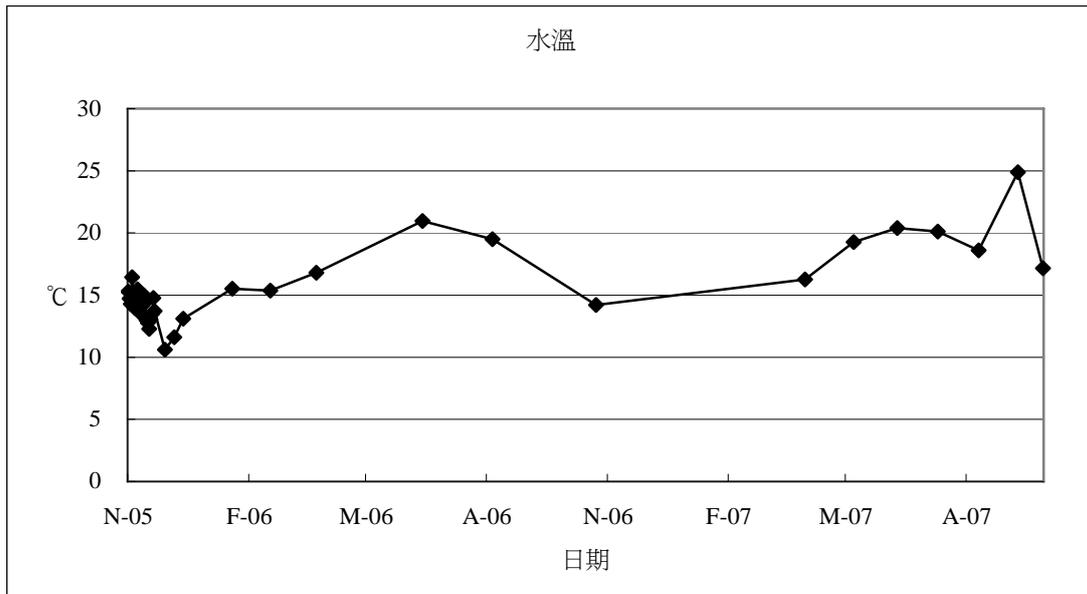


圖 7 2005 年 11 月至 2007 年 10 月生態池水質之水溫(上)、溶氧(中)與導電度(下)之變化

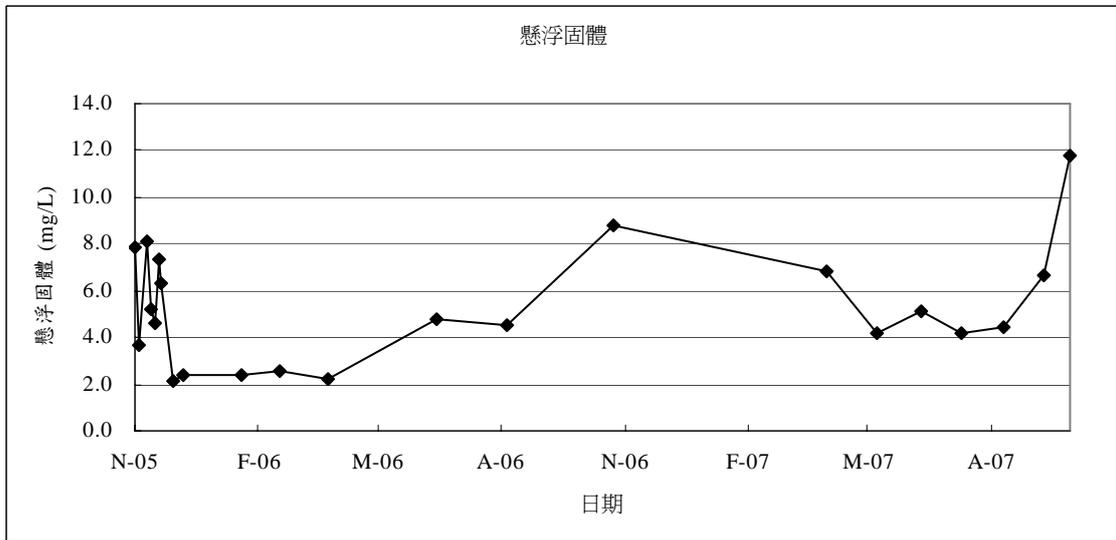
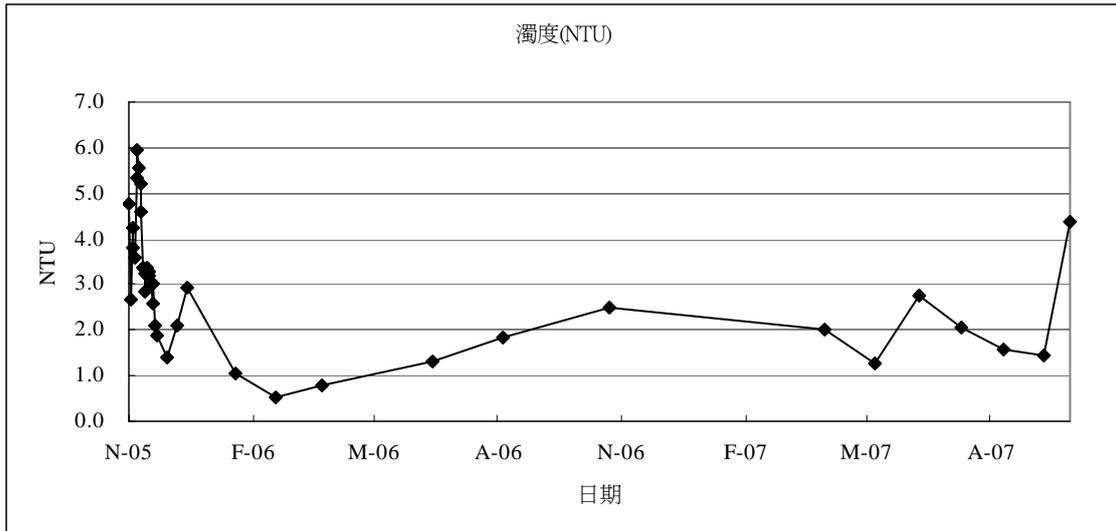


圖 8 2005 年 11 月至 2007 年 10 月生態池水質之濁度（上）與懸浮固體（下）之變化

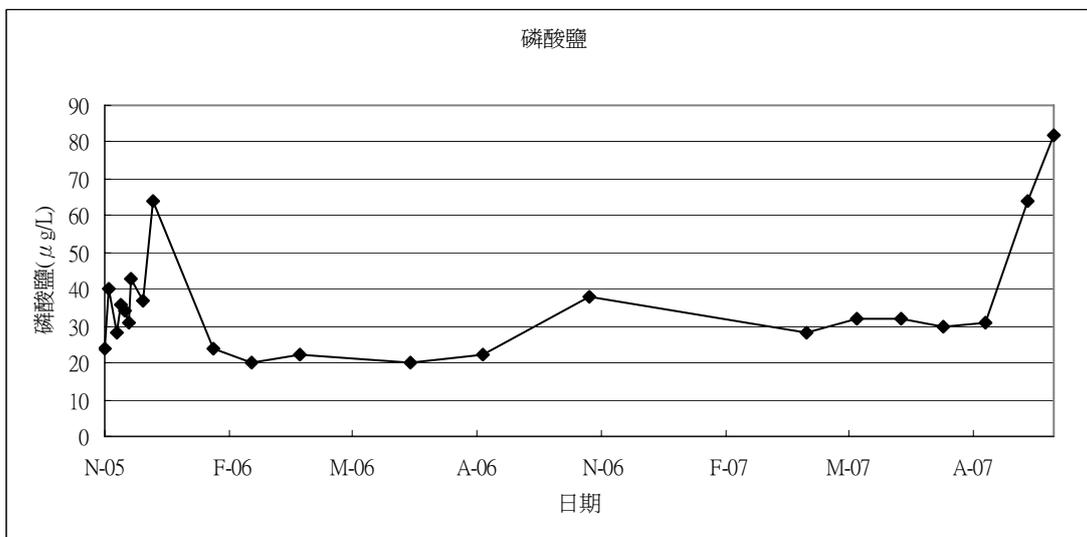
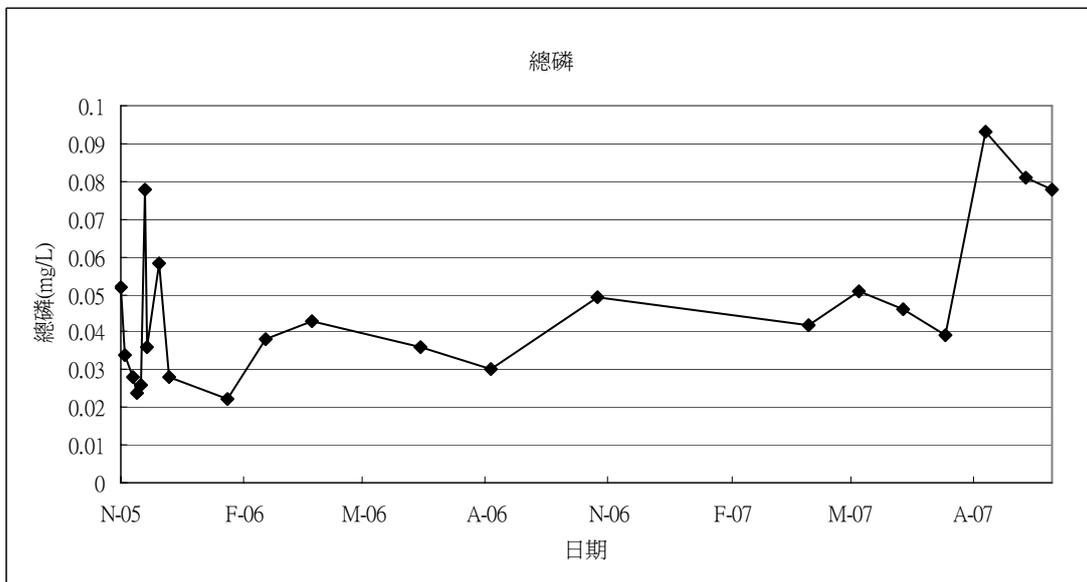
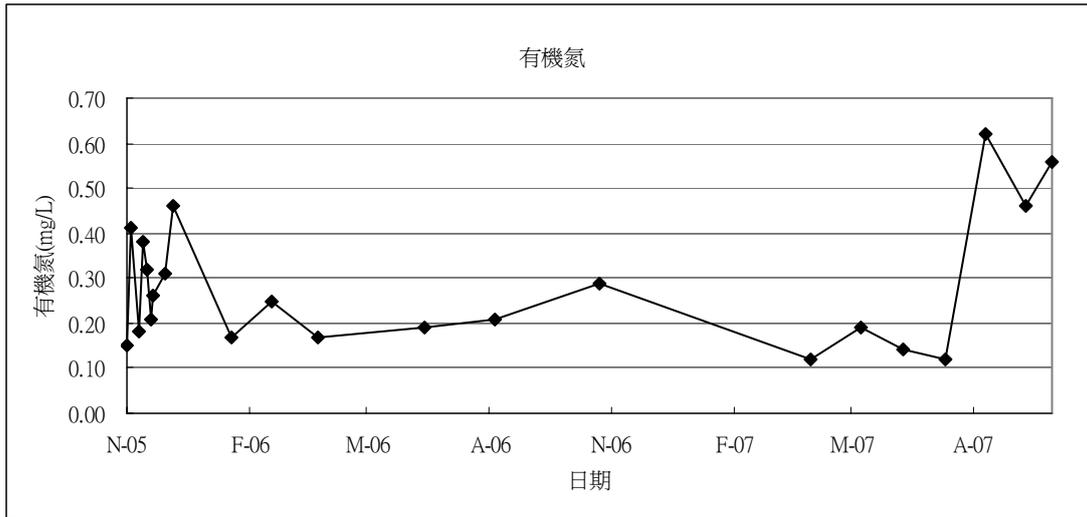


圖 9 2005 年 11 月至 2007 年 10 月生態池水質之有機氮(上)、總磷(中)與磷酸鹽(下)之變化

4.2 浮游藻類與固著藻類

1. 浮游藻類

生態池的浮游藻類相調查自 2007 年 4 月至 2007 年 9 月共採樣了 6 次，每次調查的藻類相與細胞數如表 2 所列。鑑定結果記錄了 48 (57)種浮游藻類，其中矽藻 41 種，綠藻 5 種，裸藻 1 種，藍綠菌（以往稱為藍綠藻）1 種（表 3）。除了種類以矽藻為主，每公升水樣中的浮游藻類細胞數，亦以矽藻佔大多數，其他藻類僅偶而出現其中。除了種類以矽藻為主，每公升水樣中的浮游藻類細胞數，亦以矽藻佔絕大多數，每公升水樣中所含的浮游藻類細胞數介於 374 至 96888 個。六次採樣的結果顯示，以 8 月的種類數較多，6 月的藻細胞數較高。與去年同期相比，本年度浮游藻類種類數於初期調查時略少於去年同期，顯示優勢藻種在生態池達到一較穩定的階段時為水體中主要的藻種，其中 5 月主要受到顫藻（*Oscillatoria* sp.，一種藍綠菌）大量出現的影響（13816 cells/L），6 至 7 月則是以矽藻中的脆桿藻（*Fragilaria* sp.）與變異直鏈藻（*Melosira varians*）為主要的優勢藻種，此兩種藻類的細胞數量佔該月份總細胞數的 80%以上。隨著 8 月後藻類總類數的增加，藻細胞數卻開始下降，尤其是反應在優勢藻種的細胞數量上。但整體而言，本年度水體中各月的浮游藻類細胞數均較上年度明顯增加。

各項藻類群聚組成分析的相關性指數如表 2 所列，分析結果亦顯示 2007 年 8 月以後的豐富度指數（2.98）與歧異度指數（2.61）都達到年度最高，此一結果應與生態池於 8 月進行第一次人工撈除水面滿江紅後，水面有較多的開闊水域，使光線得以進入水體，提供足夠的光照有關。隨著種類數的增加，且無明顯優勢種類出現情況下，浮游藻類的均勻度指數與豐富度指數都維持在一較高的階段（圖 10-12）。

表 2 奧萬大國家森林遊樂區生態池浮游藻類生物多樣性相關指數變化

生物多樣性指數/日期	07'4/22	07'5/28	07'6/30	07'7/31	07'8/31	07'9/30
種類數	4	20	14	15	32	29
細胞數 (cells/ml)	374	20240	96888	47124	33528	13134
豐富度指數(D)	0.51	1.92	1.13	1.30	2.98	2.95
均勻度指數(J')	0.66	0.43	0.30	0.51	0.71	0.78
歧異度指數(H')	0.92	1.30	0.80	1.37	2.46	2.61
優勢度指數(C)	0.53	0.49	0.58	0.37	0.15	0.10

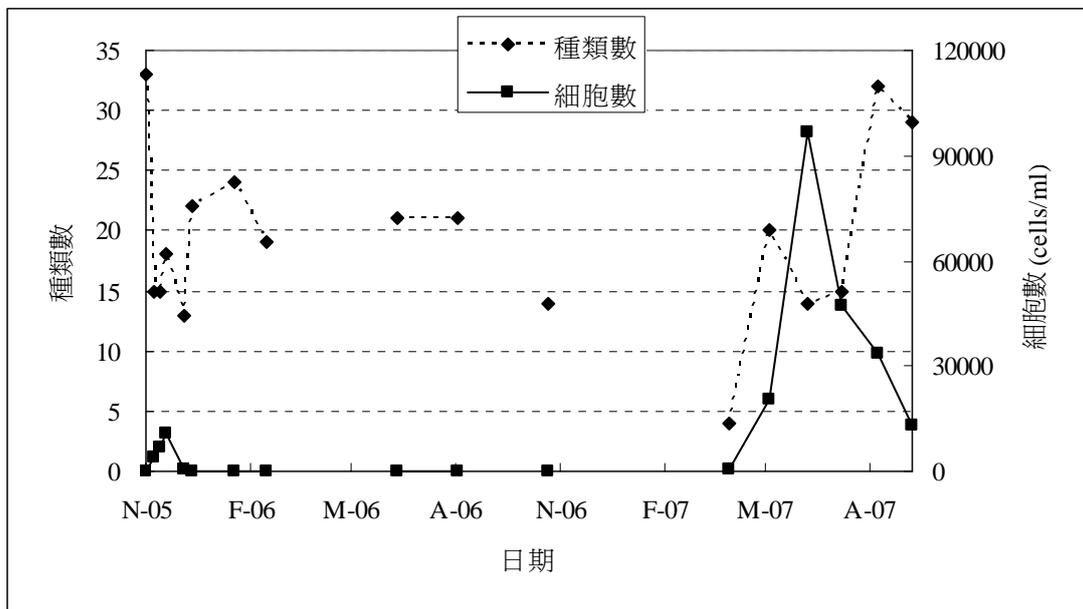


圖 10 奧萬大國家森林遊樂區生態池浮游藻類之種類數與細胞數變化

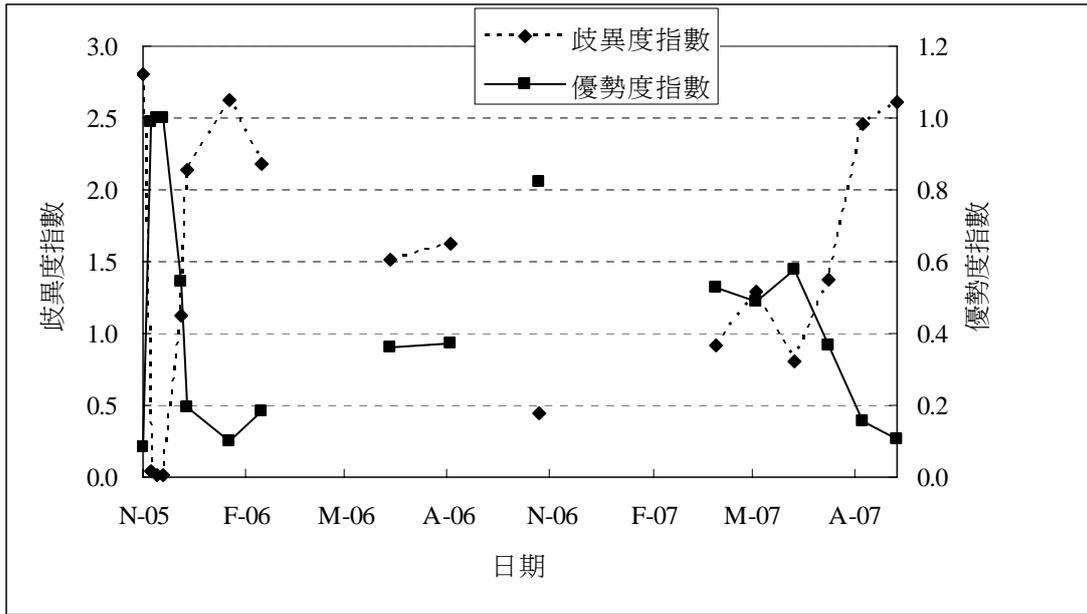


圖 11 奧萬大國家森林遊樂區生態池浮游藻類之優勢度指數與歧異度指數變化

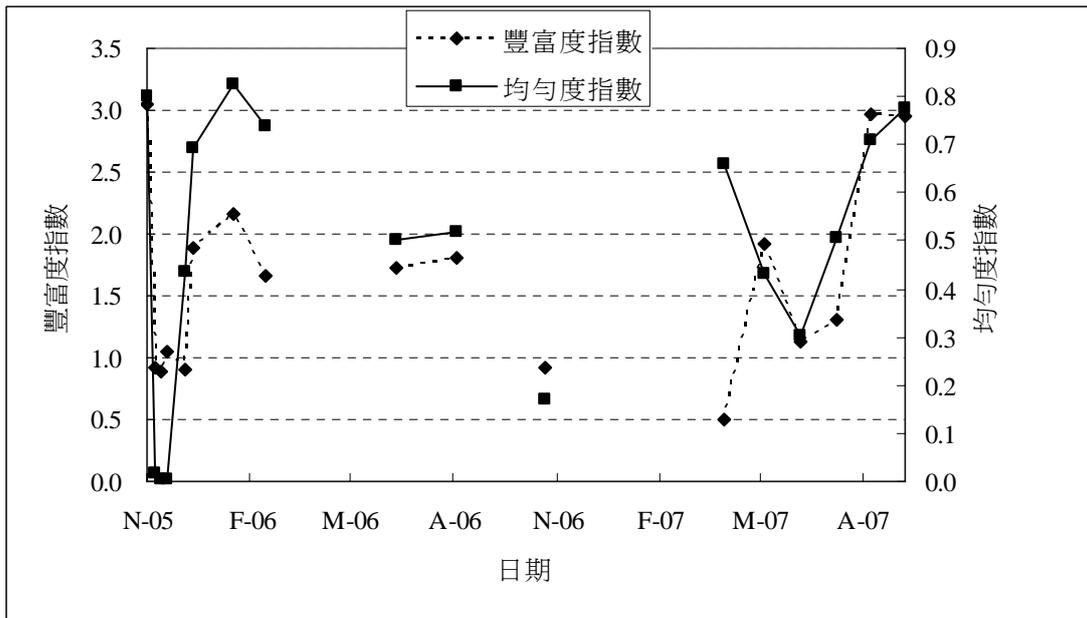


圖 12 奧萬大國家森林遊樂區生態池浮游藻類之豐富度指數與均勻度指數變化

表3 奧萬大國家森林遊樂區生態池之浮游性藻類細胞數含量

Taxa / Dates		4/22	5/28	6/30	7/31	8/31	9/30
Bacillariophytes 矽藻							
<i>Achnanthes hustedtii</i>	平滑曲殼藻	0	0	44	0	0	0
<i>Achnanthes lanceolata</i>	細身曲殼藻	0	44	0	396	264	0
<i>Achnanthes linearis</i>	線形曲殼藻	0	88	0	0	1188	132
<i>Amphora normani</i>	雙眉藻	0	0	0	0	132	0
<i>Amphora ovalis</i>	卵形雙眉藻	0	44	0	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i>	顆粒直鏈藻	0	0	0	528	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	奇異棍形藻	0	132	0	0	264	132
<i>Caloneis silicula</i>	美壁藻	0	0	0	132	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	扁圓卵形藻	0	176	0	1452	5148	1254
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	梅尼小環藻	0	88	0	0	0	1980
<i>Cymbella laevis</i>	平滑橋彎藻	0	220	0	132	924	66
<i>Diatoma vulgare</i>	等片藻	0	0	0	0	132	0
<i>Fragilaria</i> sp.	脆桿藻	0	0	70488	24816	10956	2046
<i>Frustularia rhomboides</i> var. <i>saxonic</i>	菱形肋縫藻	0	132	0	132	0	0
<i>Gomphonema gracile</i>	纖細異極藻	0	220	88	0	660	132
<i>Gomphonema helveticum</i>	直條異極藻	0	0	0	0	528	66
<i>Gomphonema olivaceum</i>	橄欖形異極藻	0	88	0	132	528	198
<i>Gomphonema parvulum</i>	微小異極藻	0	0	88	0	264	132
<i>Melosira varians</i>	變異直鏈藻	264	2508	20460	13596	3564	462
<i>Navicula cryptocephala</i>	隱頭舟形藻	0	1364	440	0	1188	1320
<i>Navicula cuspidata</i> var. <i>ambigua</i>	尖頭舟形藻(變種)	0	132	44	0	132	66
<i>Navicula lanceolata</i>	披針舟形藻	0	0	0	0	132	0
<i>Navicula mutica</i>	截端舟形藻	0	44	0	0	1320	264
<i>Navicula placentula</i>	扁圓舟形藻	0	0	0	0	660	66
<i>Navicula pupula</i>	瞳孔舟形藻	0	0	0	0	528	198
<i>Navicula rhynchocephala</i>	喙頭舟形藻	0	44	44	0	264	0
<i>Navicula salinarum</i> var. <i>intermedia</i>	舟形藻	0	0	0	0	2508	726
<i>Navicula viridula</i>	微緣舟形藻	0	0	0	0	0	66
<i>Nitzschia filiformis</i>	絲狀菱形藻	0	0	44	0	0	0
<i>Nitzschia fonticola</i>	泉生菱形藻	22	264	88	0	132	132
<i>Nitzschia frustulum</i>	碎片菱形藻	0	0	0	0	132	0
<i>Nitzschia linearis</i>	線形菱形藻	0	0	132	264	132	66
<i>Nitzschia palea</i>	穀皮菱形藻	0	0	0	0	132	924
<i>Nitzschia paleacea</i>	鏟狀菱形藻	0	0	0	0	132	132
<i>Pinnularia interrupta</i>	間斷羽紋藻	0	0	0	132	924	66
<i>Pinnularia major</i>	大羽紋藻	0	0	0	0	132	66
<i>Pinnularia microstauron</i>	細條羽紋藻	44	352	0	132	132	66
<i>Rhopalodia gibba</i>	棒桿藻	0	0	0	0	132	0
<i>Rhopalodia gibberula</i>	棒桿藻	0	308	132	0	0	66
<i>Surirella robusta</i>	粗壯雙菱藻	0	0	0	0	132	0
<i>Synedra ulna</i>	肘狀針桿藻	44	0	0	396	0	0
Chlorophytes 綠藻							
<i>Closterium</i> sp.	新月藻	0	0	0	0	132	0
<i>Dictyosphaericum</i> sp.	膠網藻	0	0	0	0	0	2112
<i>Gloeocystis</i> sp.	膠囊藻	0	0	0	0	0	66
<i>Scenedesmus armatus</i>	被甲柵藻	0	176	0	0	0	0
<i>Spirogyra</i> sp.	水棉	0	0	4180	2640	0	0
Euglenophytes 裸藻							
<i>Trachelomonas</i> sp.	囊裸藻	0	0	0	0	0	132
Cyanophytes 藍綠藻							
<i>Oscillatoria</i> sp.	顫藻	0	13816	616	2244	0	0
Total (cells/l)		374	20240	96888	47124	33528	13134

2. 附著藻類

由於生態池的水位較淺，且受到大型水生植物生長的影響，本年度生態池的附著藻類相與細胞數明顯較上年度減少，A1、A3 及 A4 三個測站（A2 的附著板在上年度生態池環境維護時毀壞）各次的採樣結果如表 4 至表 6 所示。自 2007 年 4 月至 2007 年 9 月共採樣了 6 次，其中 A3 測站因 9 月份生態池進行外來物種移除工作，將池水放乾予以曝池而無法進行採集。採樣結果顯示，附著板上的藻類種類共記錄了 33 種，均為矽藻。三個測站之間藻種與細胞數變化並不一致，但各測站都顯示在 8 月份附著藻類的細胞數有明顯增加，尤其是 A4 測站的變動最為劇烈，藻細胞數每平方公分已達到 1.59×10^7 個，主要是受到扁圓卵形藻（*Cocconeis placentula*）大量增加的影響。其餘 2 個測站的附著藻類的群聚組成也有類似的變化，但 9 月份以後，附著藻細胞數經過生態池進行環境維護後，已回復至原先單位面積的細胞數（圖 13）。

為瞭解生態池整體的附著藻類相變化，將三個測站附著藻類的種類數、細胞數及各項藻類群聚組成分析的相關性指數予以整合。所得結果顯示，生態池每次採樣的藻種介於 8-22 種之間，種類出現最多的時期為 5 月，與季節性的變動並無明顯關連；而單位面積的平均細胞數介於 3190 個/100 cm² 至 5494390 cells /100 cm²（表 7）。相較於上年度的矽藻群聚組成，並無明顯差異，僅有受到扁圓卵形藻的影響，而有較明顯的細胞數增加的情況。顯示部分優勢種類在適應水池的水質狀況後會立即大量繁生（圖 13）

各測站之歧異度指數與優勢度之比較，如圖 14 及圖 15 而所顯示。而整合三測站之生物群聚相關性指數結果，如表 7 所列。其中，平均歧異度指數，除 6 月及 9 月有較高的數值外，其餘月份的變動並不明顯；平均優勢度指數與平均歧異度與上年度亦無明顯差異。

表4 奧萬大國家森林遊樂區生態池A1測站之附著性藻類及細胞數含量

Taxa / Stations		4/22	5/28	6/30	7/31	8/31	9/30
Bacillariophytes 矽藻							
<i>Achnanthes exigua</i>	短小曲殼藻	0	660	55	0	330	330
<i>Achnanthes lanceolata</i>	披針曲殼藻	55	660	0	110	330	0
<i>Achnanthes linearis</i>	線形曲殼藻	220	1870	165	1980	1980	4620
<i>Achnanthes minutissima</i>	極小曲殼藻	0	0	0	55	0	0
<i>Amphora normani</i>	雙眉藻	0	0	110	0	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	奇異棍形藻	0	220	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	扁圓卵形藻	2970	24200	2145	39270	15681600	98010
<i>Cymbella affinis</i>	邊緣橋彎藻	0	0	0	55	0	0
<i>Cymbella laevis</i>	平滑橋彎藻	0	0	0	55	1320	0
<i>Fragilaria</i> sp.	脆桿藻	0	0	110	0	0	1650
<i>Gomphonema gracile</i>	纖細異極藻	0	110	0	110	990	660
<i>Gomphonema olivaceum</i>	橄欖形異極藻	0	550	165	660	2970	0
<i>Gomphonema sphaerophorum</i>	球異極藻	0	0	0	0	330	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	微小異極藻	0	330	0	55	0	0
<i>Melosira varians</i>	變異直鏈藻	0	880	0	0	0	330
<i>Navicula cryptocephala</i>	隱頭舟形藻	0	2530	0	440	0	1320
<i>Navicula cuspidata</i> var. <i>ambigua</i>	尖頭舟形藻(變種)	0	110	0	0	0	330
<i>Navicula mutica</i>	截端舟形藻	0	660	55	0	660	330
<i>Navicula salinarum</i> var. <i>intermedi</i>	舟形藻	0	0	0	0	0	990
<i>Nitzschia fonticola</i>	泉生菱形藻	0	2090	0	0	0	0
<i>Nitzschia palea</i>	穀皮菱形藻	0	330	0	0	0	1320
Total (cells/100cm ²)		3245	35200	2805	42790	15690510	109890

表5 奧萬大國家森林遊樂區生態池A3測站之附著性藻類及細胞數含量

Taxa / Dates		4/22	5/28	6/30	7/31	8/31	9/30
Bacillariophytes 矽藻							
<i>Achnanthes exigua</i>	短小曲殼藻	55	2145	0	110	3960	
<i>Achnanthes hustedtii</i>	平滑曲殼藻	0	0	0	0	7920	
<i>Achnanthes lanceolata</i>	披針曲殼藻	110	1320	165	550	17160	
<i>Achnanthes linearis</i>	線形曲殼藻	935	10560	385	440	5940	
<i>Cocconeis placentula</i>	扁圓卵形藻	14135	33495	2805	15125	478500	
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	梅尼小環藻	55	0	0	0	0	
<i>Fragilaria</i> sp.	脆桿藻	0	7095	0	330	1320	
<i>Gomphonema gracile</i>	纖細異極藻	0	0	110	55	0	
<i>Gomphonema parvulum</i>	微小異極藻	0	165	0	55	0	
<i>Navicula cryptocephala</i>	隱頭舟形藻	330	0	110	110	660	
<i>Navicula mutica</i>	截端舟形藻	1705	1320	550	385	14520	
<i>Navicula salinarum</i> var. <i>intermedi</i>	舟形藻	0	0	0	0	660	
<i>Nitzschia fonticola</i>	泉生菱形藻	0	165	0	0	0	
<i>Nitzschia frustulum</i>	碎片菱形藻	0	0	0	0	660	
<i>Nitzschia palea</i>	穀皮菱形藻	0	0	0	0	2640	
Total (cells/100cm ²)		17325	56265	4125	17160	533940	

表6 奧萬大國家森林遊樂區生態池A4測站之附著性藻類及細胞數含量

Taxa / Stations		4/22	5/28	6/30	7/31	8/31	9/30
Bacillariophytes 矽藻							
<i>Achnanthes exigua</i>	短小曲殼藻	165	110	0	495	12540	3630
<i>Achnanthes hustedtii</i>	平滑曲殼藻	0	0	0	0	6600	0
<i>Achnanthes lanceolata</i>	披針曲殼藻	110	220	55	440	28380	330
<i>Achnanthes linearis</i>	線形曲殼藻	770	1320	165	1210	81840	22440
<i>Achnanthes minutissima</i>	極小曲殼藻	0	660	0	0	0	0
<i>Amphora normani</i>	雙眉藻	0	660	0	0	0	0
<i>Aulacoseira granulata</i>	顆粒直鏈藻	0	1760	0	0	0	
<i>Bacillaria paradoxa</i>	奇異棍形藻	0	110	0	0	0	660
<i>Cocconeis placentula</i>	扁圓卵形藻	8745	14410	2365	8745	61380	8580
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	梅尼小環藻	0	0	55	0	0	0
<i>Cymbella cymbiformis</i>	新月形橋彎藻	0	110	0	0	0	0
<i>Cymbella laevis</i>	平滑橋彎藻	0	110	0	0	0	2310
<i>Cymbella minuta</i>	橋彎藻	0	0	0	0	1980	0
<i>Diatoma vulgare</i>	等片藻	0	0	0	0	4620	0
<i>Fragilaria</i> sp.	脆桿藻	0	550	0	0	10560	0
<i>Gomphonema gracile</i>	纖細異極藻	0	0	0	0	3960	3300
<i>Gomphonema olivaceum</i>	橄欖形異極藻	0	0	0	0	1320	660
<i>Melosira varians</i>	變異直鏈藻	0	0	0	0	660	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	隱頭舟形藻	220	1430	0	165	13200	2970
<i>Navicula cuspidata</i> var. <i>ambigua</i>	尖頭舟形藻(變種)	0	0	0	0	1320	330
<i>Navicula mutica</i>	截端舟形藻	330	220	0	220	21780	9570
<i>Navicula pupula</i>	瞳孔舟形藻	0	0	0	0	1320	330
<i>Navicula radiosa</i>	放射舟形藻	0	0	0	0	660	0
<i>Navicula salinarum</i> var. <i>intermedi</i>	舟形藻	0	0	0	0	0	4620
<i>Nitzschia fonticola</i>	泉生菱形藻	55	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia frustulum</i>	碎片菱形藻	0	0	0	0	660	660
<i>Nitzschia linearis</i>	線形菱形藻	0	0	0	0	1320	0
<i>Nitzschia palea</i>	穀皮菱形藻	0	0	0	0	1320	22440
<i>Nitzschia tryblionella</i>	盤形菱形藻	0	110	0	0	0	0
<i>Pinnularia interrupta</i>	間斷羽紋藻	0	0	0	0	1320	0
<i>Pinnularia major</i>	大羽紋藻	0	0	0	0	0	660
<i>Pinnularia microstauron</i>	細條羽紋藻	0	110	0	0	660	0
<i>Synedra acus</i>	尖針桿藻	0	0	0	0	1320	0
Total (cells/100cm ²)		10230	21780	2640	10780	258720	83490

表 7 奧萬大國家森林遊樂區生態池各測站生物群聚指數

生物群聚指數/日期	07'4/22	07'5/28	07'6/30	07'7/31	07'8/31	07'9/30
A1 採樣點						
種類數	3	14	7	10	9	11
細胞數 (cells/100cm ²)	3245	35200	2805	42790	15690510	109890
豐富度指數(D)	0.23	1.16	0.70	0.79	0.51	0.94
均勻度指數(J')	0.30	0.50	0.49	0.17	0.00	0.23
歧異度指數(H')	0.33	1.31	0.95	0.40	0.01	0.55
優勢度指數(C)	0.84	0.49	0.60	0.84	1.00	0.80
A3 採樣點						
種類數	7	8	6	9	11	
細胞數 (cells/100cm ²)	17325	56265	4125	17160	533940	
豐富度指數(D)	0.57	0.60	0.55	0.77	0.81	
均勻度指數(J')	0.36	0.59	0.60	0.26	0.22	
歧異度指數(H')	0.70	1.22	1.07	0.58	0.52	
優勢度指數(C)	0.68	0.41	0.49	0.78	0.81	
A4 採樣點						
種類數	7	15	4	6	22	16
細胞數(cells/100cm ²)	10230	21780	2640	10780	258720	83490
豐富度指數(D)	0.60	1.31	0.35	0.50	1.82	1.44
均勻度指數(J')	0.34	0.51	0.31	0.47	0.68	0.74
歧異度指數(H')	0.67	1.38	0.43	0.84	2.10	2.05
優勢度指數(C)	0.74	0.46	0.81	0.68	0.18	0.18
合計						
總種類數	8	22	13	12	20	18
平均細胞數 (cells/100cm ²)	10267	37748	3190	23577	5494390	96690
平均豐富度指數(D)	0.47	1.03	0.53	0.69	1.05	1.19
平均均勻度指數(J')	0.34	0.53	0.47	0.30	0.30	0.48
平均歧異度指數(H')	0.57	1.30	0.82	0.60	0.88	1.30
平均優勢度指數(C)	0.75	0.45	0.63	0.77	0.66	0.49

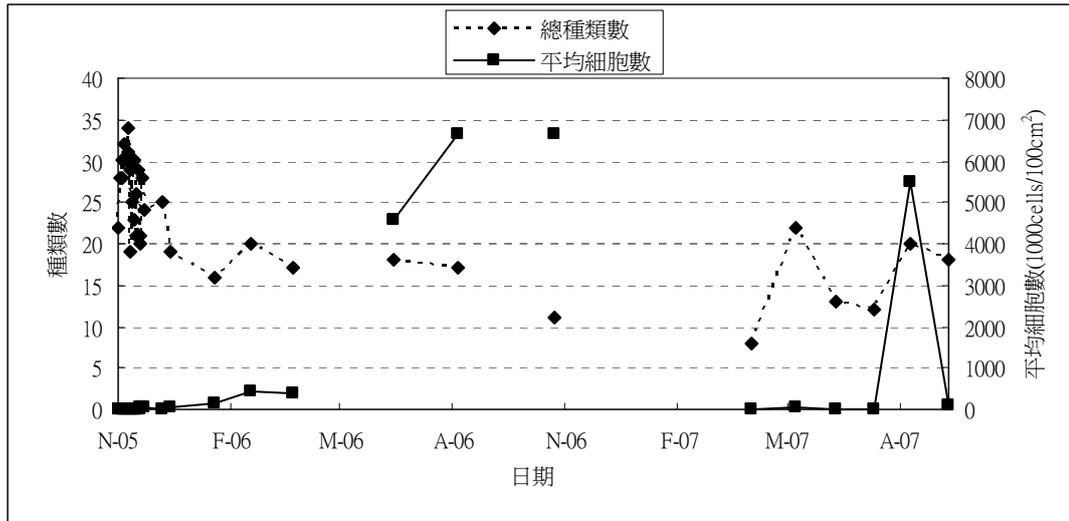


圖 13 奧萬大國家森林遊樂區生態池附著藻類之種類數與平均細胞數變化

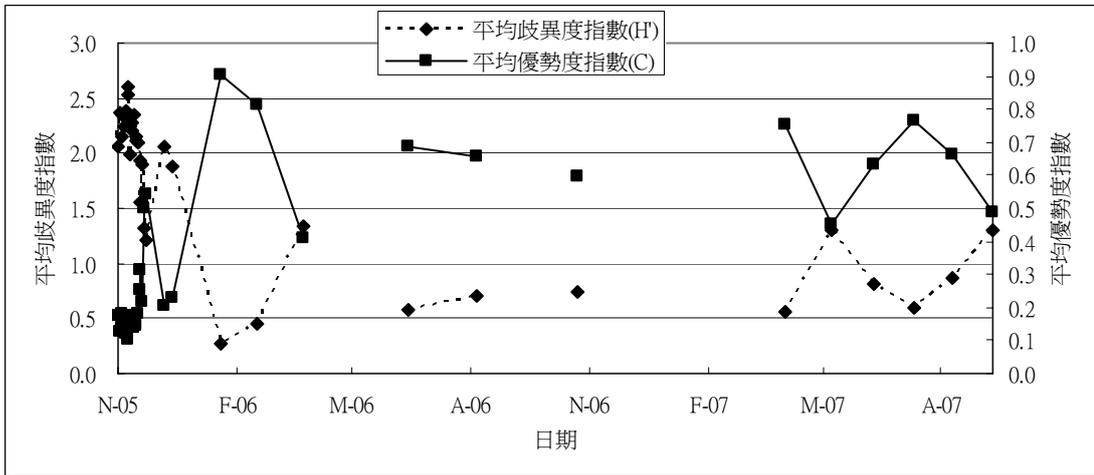


圖 14 奧萬大國家森林遊樂區生態池附著藻類之歧異度指數與優勢度指數變化

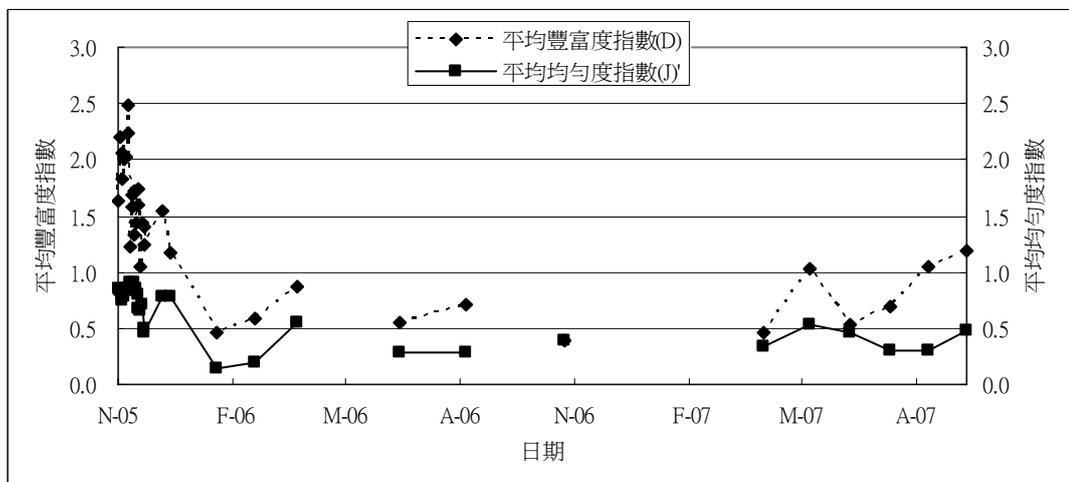


圖 15 奧萬大國家森林遊樂區生態池附著藻類之豐富度指數與均勻度指數變化

4.3 水生植物

本年度分別於4、6、8及10月對奧萬大森林遊樂區生態池之水生植物進行覆蓋率調查，6條穿越線上所記錄的水生植物種類及其覆蓋率如表8至表11所示，總共記錄生態池中的水生植物（含水綿）25種。四次調查結果顯示，水生植物的優勢種類與覆蓋率並不一致，其中4月以荸薺（*Eleocharis dulcis*）及水綿（*Spirogyra* sp.）為較優勢的種類，覆蓋率分別為12.7%及10.8%（表8）；6月較優勢的水生植物為東亞黑三稜（*Spaganium fallax*）、滿江紅（*Azolla pinnata*）、水毛花（*Schoenoplectus mucronatus* subsp. *Robustus*）及水綿，覆蓋率依序為14.0%、11.1%、11.0%及10.1%（表9）；8月優勢的水生植物為滿江紅、水毛花及東亞黑三稜，覆蓋率依序為18.8%、9.0%及7.2%（表10）；10月優勢的水生植物種類則是水毛花、燈芯草（*Juncus effusus*）、荸薺與滿江紅，覆蓋率依序為9.9%、9.3%、9.3%及8.9%（表11）；各次調查所估算水生植物的平均覆蓋率變化，如表12所示。在四次調查中，水生植物覆蓋率的與水域表面間的比例變化顯示，四次調查中6月為水生植物生長的高峰期，水生植物的覆蓋率約佔據整個池面的92.2%（圖16），而8月與10月水生植物覆蓋率的下降，除與水生植物生長的情況有關外，也因為受到生態池的維護管理工作的進行，將部分的植栽清除的影響。

將各次水生植物覆蓋率調查中，水生植物於穿越線上出現的次數除以所有穿越線的總數量（每月6條，共計24條），即得該種水生植物之出現頻度。結果顯示生態池中出現頻度最高的水生植物種類是水毛花，其次依序是滿江紅、東亞黑三稜與野薑花（表12）。顯示，水毛花在6月以後，逐漸成為生態池中數量較豐富，且族群較穩定的族群。

生態池中幾種生物量較豐富的水生植物種類，如水毛花、滿江紅、荸薺及東亞黑三稜等，隨著調查時間的不同，而有不同的覆蓋率變化，如荸薺在進入6月後，植株覆蓋水面的面積明顯減少，但在8月以後，又逐漸開始生長，但其餘部分種類則維持在穩定的族群數量，並無隨調查時間的不同，而有明顯變化（圖17）。滿江紅為生態池中最醒目之水生植物，年度調查中顯示，8月為四次調查中覆蓋面積最高的月份，其覆蓋率達可到18.8%，經由人工清除部分植物體後，10月的覆蓋率已下降至8.9%。此外，從

水池建立初期，即佔據水面大部分面積的優勢藻類——水綿，今年八月以後的覆蓋率已逐漸減小，甚至不在穿越線上，除受到滿江紅覆蓋於水面的影響其接受光照外，其餘水生植物的生長良好，也是抑制水綿大量滋生的主要因素之一。此一結果顯示奧萬大森林遊樂區之生態池已逐漸演替成為以水生維管束植物為主之溼地生態系統。

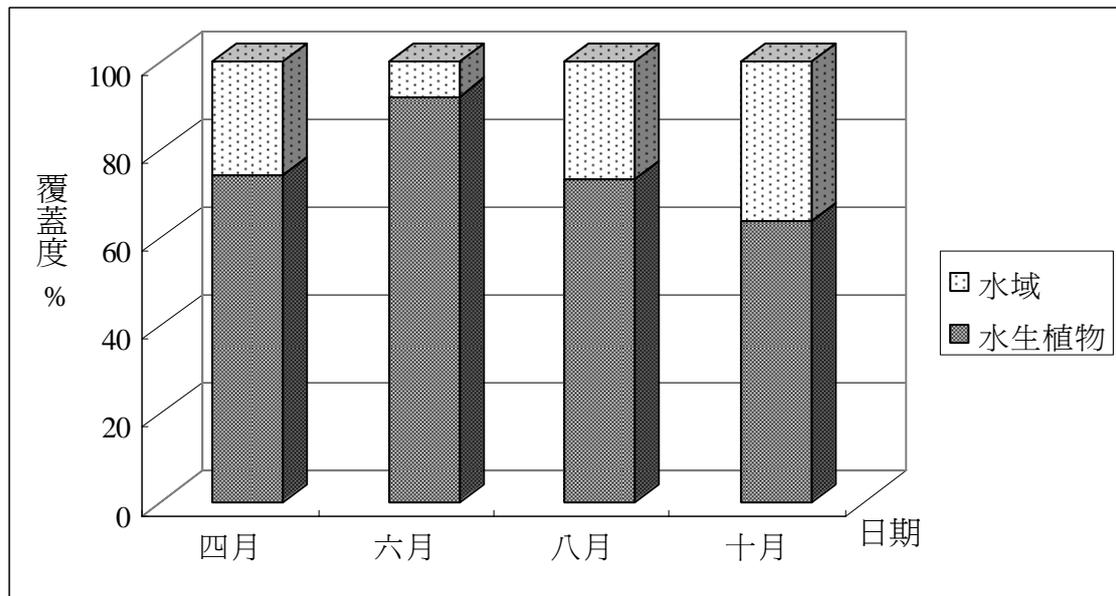


圖 16 奧萬大國家森林遊樂區生態池中水生植物覆蓋率與水域面積之消長變化

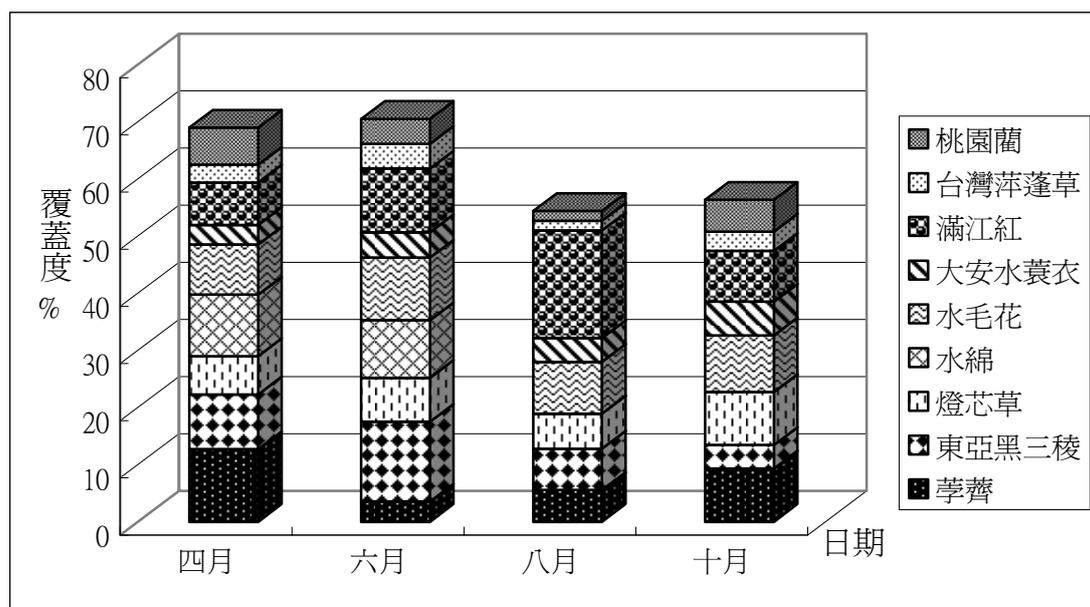


圖 17 奧萬大國家森林遊樂區生態池中主要水生植物覆蓋率變化

表 8 2007 年 4 月奧萬大國家森林遊樂區生態池水生植物種類及其覆蓋率(%)

中文名	學名	L1	L2	L3	L4	L5	L6	平均 覆蓋 率
水綿	<i>Spyrogira</i> sp.	0.0	48.9	15.7	0.0	0.0	0.0	10.8
滿江紅	<i>Azolla pinnata</i>	0.0	0.0	27.7	0.0	16.9	0.0	7.4
南國田字草	<i>Marsilea crenata</i>	0.0	0.2	0.0	1.1	2.0	0.0	0.5
大安水蓼衣	<i>Hygrophila pogonocalyx</i>	0.0	0.0	20.5	0.0	0.0	0.0	3.4
圓葉節節菜	<i>Rotala rotundifolia</i>	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8
小蒼菜	<i>Nymphoides coreana</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.3
台灣萍蓬草	<i>Nuphar shimadai</i>	0.0	0.0	10.9	2.6	5.2	0.0	3.1
卵葉水丁香	<i>Ludwigia ovalis</i>	9.2	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	2.0
石龍尾	<i>Limnophila</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水芹菜	<i>Oenanthe pterocaulon</i>	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
野慈菇	<i>Sagittaria trifolia</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
桃園蘭	<i>Eleocharis atropurpurea</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.9	6.5
荸薺	<i>Eleocharis dulcis</i>	7.5	1.5	0.0	67.2	0.0	0.0	12.7
水毛花	<i>Schoenoplectus mucronatus</i> subsp. <i>Robustus</i>	0.0	6.9	6.6	24.1	8.4	6.7	8.8
豬毛草	<i>Schoenoplectus wallichii</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.2
水竹葉	<i>Murdannia kiesak</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
燈心草	<i>Juncus effusus</i>	21.1	19.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7
李氏禾	<i>Leersia hexandra</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
水生黍	<i>Panicum paludosum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
東亞黑三稜	<i>Spaganium fallax</i>	44.8	0.0	10.0	0.0	2.8	0.0	9.6
野薑花	<i>Hedychium coronarium</i>	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	1.2
水域		17.4	17.0	1.5	2.6	61.4	54.4	25.7
合計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

L1-L6:表示 6 條穿越線

表 9 2007 年 6 月奧萬大國家森林遊樂區生態池水生植物種類及其覆蓋率(%)

中文名	學名	L1	L2	L3	L4	L5	L6	平均 覆蓋 率
水綿	<i>Spyrogira</i> sp.	0.0	26.0	3.9	13.4	16.1	1.1	10.1
滿江紅	<i>Azolla pinnata</i>	5.0	0.0	32.3	17.2	6.8	5.6	11.1
南國田字草	<i>Marsilea crenata</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	20.5	18.9	6.6
大安水蓑衣	<i>Hygrophila pogonocalyx</i>	0.0	0.0	26.6	0.0	0.0	0.0	4.4
圓葉節節菜	<i>Rotala rotundifolia</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小蒼菜	<i>Nymphoides coreana</i>	0.0	0.0	0.0	4.2	11.2	0.0	2.6
台灣萍蓬草	<i>Nuphar shimadai</i>	0.0	0.0	14.8	9.2	2.0	0.0	4.3
卵葉水丁香	<i>Ludwigia ovalis</i>	9.2	0.0	0.0	10.7	0.0	0.0	3.3
石龍尾	<i>Limnophila</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.9
水芹菜	<i>Oenanthe pterocaulon</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
野慈菇	<i>Sagittaria trifolia</i>	0.0	0.0	0.0	6.1	12.9	0.0	3.2
桃園蘭	<i>Eleocharis atropurpurea</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.1	4.4
荸薺	<i>Eleocharis dulcis</i>	21.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5
水毛花	<i>Schoenoplectus mucronatus</i> subsp. <i>Robustus</i>	0.0	15.3	12.2	24.8	11.2	2.2	11.0
豬毛草	<i>Schoenoplectus wallichii</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	1.2
水竹葉	<i>Murdannia kiesak</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
燈心草	<i>Juncus effusus</i>	24.9	21.4	0.0	0.0	0.0	0.0	7.7
李氏禾	<i>Leersia hexandra</i>	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
水生黍	<i>Panicum paludosum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	1.0
東亞黑三稜	<i>Spaganium fallax</i>	39.8	26.7	3.1	4.2	10.0	0.0	14.0
野薑花	<i>Hedychium coronarium</i>	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0	1.2
水域		0.0	0.0	0.0	10.3	2.0	34.4	7.8
合計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

L1-L6:表示 6 條穿越線

表 10 2007 年 8 月奧萬大國家森林遊樂區生態池水生植物種類及其覆蓋率(%)

中文名	學名	L1	L2	L3	L4	L5	L6	平均 覆蓋 率
水綿	<i>Spyrogira</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
滿江紅	<i>Azolla pinnata</i>	0.0	0.0	38.9	40.5	16.5	17.1	18.8
南國田字草	<i>Marsilea crenata</i>	0.0	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.3
大安水蓼衣	<i>Hygrophila pogonocalyx</i>	0.0	0.0	24.9	0.0	0.0	0.0	4.1
圓葉節節菜	<i>Rotala rotundifolia</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小蒼菜	<i>Nymphoides coreana</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.9
台灣萍蓬草	<i>Nuphar shimadai</i>	0.0	0.0	5.2	5.1	0.0	0.0	1.7
卵葉水丁香	<i>Ludwigia ovalis</i>	0.0	0.0	0.0	3.6	0.0	2.3	1.0
大葉田香草	<i>Limnophila rugosa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	1.1
石龍尾	<i>Limnophila</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
毛天胡荽	<i>Hydrocotyle dichondroides</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.6	2.9
水芹菜	<i>Oenanthe pterocaulon</i>	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
野慈菇	<i>Sagittaria trifolia</i>	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	1.9	0.7
桃園蘭	<i>Eleocharis atropurpurea</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	1.7
荸薺	<i>Eleocharis dulcis</i>	21.1	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
水毛花	<i>Schoenoplectus mucronatus</i> subsp. <i>Robustus</i>	0.0	14.5	0.0	31.8	8.0	0.0	9.0
豬毛草	<i>Schoenoplectus wallichii</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2	2.7
水竹葉	<i>Murdannia kiesak</i>	0.0	6.1	0.0	9.9	0.0	2.8	3.1
台灣鳶尾花	<i>Iris formosana</i>	0.0	0.0	8.7	0.0	0.0	0.0	1.5
燈心草	<i>Juncus effusus</i>	22.4	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1
稗	<i>Echinochloa crus-truncatum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	0.9
李氏禾	<i>Leersia hexandra</i>	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0	0.9
水生黍	<i>Panicum paludosum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
東亞黑三稜	<i>Spaganium fallax</i>	33.6	0.0	7.4	0.0	2.4	0.0	7.2
野薑花	<i>Hedychium coronarium</i>	0.0	4.6	11.4	0.0	0.0	0.0	2.7
水域		22.9	45.0	3.5	0.0	66.7	20.8	26.5
合計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

L1-L6:表示 6 條穿越線

表 11 2007 年 10 月奧萬大國家森林遊樂區生態池水生植物種類及其覆蓋率(%)

中文名	學名	L1	L2	L3	L4	L5	L6	平均 覆蓋 率
水綿	<i>Spyrogira</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
滿江紅	<i>Azolla pinnata</i>	0.0	38.9	2.6	7.3	2.2	2.3	8.9
南國田字草	<i>Marsilea crenata</i>	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
大安水蓼衣	<i>Hygrophila pogonocalyx</i>	0.0	0.0	28.9	3.6	2.9	0.0	5.9
圓葉節節菜	<i>Rotala rotundifolia</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
小蒼菜	<i>Nymphoides coreana</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
台灣萍蓬草	<i>Nuphar shimadai</i>	0.0	0.0	13.6	6.6	0.0	0.0	3.4
卵葉水丁香	<i>Ludwigia ovalis</i>	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	4.2	0.8
大葉田香草	<i>Limnophila rugosa</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	1.0
石龍尾	<i>Limnophila</i> sp.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	0.3
水芹菜	<i>Oenanthe pterocaulon</i>	0.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
野慈菇	<i>Sagittaria trifolia</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
桃園蘭	<i>Eleocharis atropurpurea</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5	5.6
荸薺	<i>Eleocharis dulcis</i>	42.2	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3
水毛花	<i>Schoenoplectus mucronatus</i> subsp. <i>Robustus</i>	0.0	16.8	13.6	23.0	0.0	6.0	9.9
豬毛草	<i>Schoenoplectus wallichii</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.2
水竹葉	<i>Murdannia kiesak</i>	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0	1.1
燈心草	<i>Juncus effusus</i>	39.1	14.5	2.1	0.0	0.0	0.0	9.3
李氏禾	<i>Leersia hexandra</i>	0.0	5.3	0.9	0.0	0.0	0.0	1.0
水生黍	<i>Panicum paludosum</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
東亞黑三稜	<i>Spaganium fallax</i>	16.3	0.0	0.0	5.1	3.3	0.0	4.1
野薑花	<i>Hedychium coronarium</i>	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	10.2	2.2
水域		2.5	7.6	35.3	46.7	85.5	40.5	36.3
合計		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

L1-L6:表示 6 條穿越線

表 12 2007 年 4-10 月奧萬大生態池水生植物調查結果

中文名	學名	平均覆蓋率				出現頻度
		四月	六月	八月	十月	
水綿	<i>Spyrogira</i> sp.	10.8	10.1	0.0	0.0	29.2%
滿江紅	<i>Azolla pinnata</i>	7.4	11.1	18.8	8.9	66.7%
南國田字草	<i>Marsilea crenata</i>	0.5	6.6	0.3	0.0	29.2%
大安水蓼衣	<i>Hygrophila pogonocalyx</i>	3.4	4.4	4.1	5.9	25.0%
圓葉節節菜	<i>Rotala rotundifolia</i>	0.8	0.0	0.0	0.0	4.2%
小蒼菜	<i>Nymphoides coreana</i>	0.3	2.6	0.9	0.0	16.7%
台灣萍蓬草	<i>Nuphar shimadai</i>	3.1	4.3	1.7	3.4	41.7%
卵葉水丁香	<i>Ludwigia ovalis</i>	2.0	3.3	1.0	0.8	33.3%
大葉田香草	<i>Limnophila rugosa</i>	0.0	0.0	1.1	1.0	8.3%
石龍尾	<i>Limnophila</i> sp.	0.0	0.9	0.0	0.3	8.3%
毛天胡荽	<i>Hydrocotyle dichondroides</i>	0.0	0.0	2.9	0.0	4.2%
水芹菜	<i>Oenanthe pterocaulon</i>	0.3	0.0	0.5	0.5	12.5%
野慈菇	<i>Sagittaria trifolia</i>	0.0	3.2	0.7	0.0	16.7%
桃園蘭	<i>Eleocharis atropurpurea</i>	6.5	4.4	1.7	5.6	16.7%
荸薺	<i>Eleocharis dulcis</i>	12.7	3.5	5.6	9.3	33.3%
水毛花	<i>Schoenoplectus mucronatus</i> subsp. <i>Robustus</i>	8.8	11.0	9.0	9.9	70.8%
豬毛草	<i>Schoenoplectus wallichii</i>	0.2	1.2	2.7	0.2	16.7%
水竹葉	<i>Murdannia kiesak</i>	0.0	0.0	3.1	1.1	16.7%
台灣鴛尾花	<i>Iris formosana</i>	0.0	0.0	1.5	0.0	4.2%
燈心草	<i>Juncus effusus</i>	6.7	7.7	6.1	9.3	37.5%
稗	<i>Echinochloa crus-truncatum</i>	0.0	0.0	0.9	0.0	4.2%
李氏禾	<i>Leersia hexandra</i>	0.0	1.8	0.9	1.0	16.7%
水生黍	<i>Panicum paludosum</i>	0.0	1.0	0.0	0.0	4.2%
東亞黑三稜	<i>Sparganium fallax</i>	9.6	14.0	7.2	4.1	58.3%
野薑花	<i>Hedychium coronarium</i>	1.2	1.2	2.7	2.2	50.0%
水域		25.7	7.8	26.5	36.3	
合計		100	100	100	100	

4.5 水生昆蟲

由於溼地環境水生植物茂密，而以往針對水生昆蟲的採樣方法大都應用在溪流環境，雖然研究過程中已針對溼地環境中的水生昆蟲進行不同的採樣設計，但採樣結果顯示，對在水體中活動的大型水生昆蟲仍無法進行有效的採集。故本年度，僅就所採樣的水生昆蟲種類進行鑑定，針對部分可估算之族群數量仍予以記錄個體數。個體數大於10或20以上者，則以>10或>20表示。

本年度4~10月生態池所記錄的水生昆蟲種類，如表13所示，部分棲息於生態池周遭的蜻蛉目種類則輔以照相方式記錄（圖18）。共記錄水生昆蟲種類6目21科34種，以蜻蛉目種類出現的頻率與數量都較其他水生昆蟲種類高，其中又以鼎脈蜻蜓（*Orthetrum triangulare*）、昧影細蟴（*Ceriagrion fallax fallax*）為生態池環境中最常見到的蜻蛉目種類，部分保育類的物種，如無霸勾蟴（*Anotogaster sieboldii*）或是本土的特有種類，如黃基蜻蜓（*Sympetrum speciosum taiwanum*）及短腹幽蟴（*Euphaea formosa*），亦曾有被發現過的紀錄；相較於水面上飛行的水生昆蟲，水體中的水生昆蟲種類以半翅目的仰泳椿（*Enithares* sp.）及紅娘華（*Laccotrephes japonensis*）最為常見，水面則是以水黽（*Aquarius elongatus*）為主。然而由於單位面積中所出現的物種數量採樣方式並不一致，故針對水生昆蟲的族群，並無法用生物多樣性指數予以分析。部分種類也因鑑定不易，僅能鑑定至科的分類層級，但若從外觀可確定其與所記錄之物種不同，則暫時以科名加上未知種（unknown sp.）的方式登錄。

調查結果所記錄的蜻蛉目種類，相較於文獻中所出現的時間並未有異常的狀況出現（圖 19）。此外，相較於過去生態池建置時所記錄的蜻蛉目種類（附錄三），本計畫於年度調查中並未全部發現，但也記錄了過去未發現的白痣珈蟴與中華珈蟴南台亞種等兩種類，前者僅在六月發現一次，後者則在六月以後常出現於水池近山壁與溪流兩側之岩石上。

表 13 2007 年 4~10 月奧萬大國家森林遊樂區生態池之水生昆蟲種類與個體數量 (隻) 紀錄

目	科	科名	中文名	學名	April	May	June	August	October*
蜉蝣目	小蜉蝣科	Ephemerellidae	小蜉蝣	<i>Ephemerella</i> sp.	2	0	0	0	
				<i>Eburella brocha</i>	0	1	0	1	
				unknown sp.	0	1	0	1	
	細蜉蝣科	Caenidae	細蜉蝣	<i>Caenis</i> sp.	0	2	0	0	
	蜉蝣科	Ephemeridae	蜉蝣	<i>Ephemera</i> sp.	1	0	1	2	
	四節蜉科	Baetidae	四節蜉	<i>Centroptilum</i> sp.	0	1	0	1	
蜻蛉目	珈蟪科	Calopterygidae	白痣珈蟪	<i>Matrona basilaris</i> subsp.	0	0	1	0	
			中華珈蟪(南台亞種)	<i>Psolodesmus mandarinus dorothea</i>	0	1	2	2	
	幽蟪科	Euphaeidae	短腹幽蟪	<i>Euphaea formosa</i>	1	6	3	0	
	細蟪科	Coenagrionidae	眯影細蟪	<i>Ceriagrion fallax fallax</i>	>30	>30	>20	>20	>20
			青紋細蟪	<i>Ischnura senegalensis</i>	>20	>10	>10	4	1
	勾蜓科	Condulegastridae	無霸勾蜓	<i>Anotogaster sieboldii</i>			1		
	晏蜓科	Aeshnidae	烏帶晏蜓	<i>Anax nigrofasciatus nigrofasciatus</i>				2	2
			麻斑晏蜓	<i>Anax panybeus</i>				2	
	蜻蜒科	Libellulidae	金黃蜻蜒	<i>Orthetrum glaucum</i>					
			霜白蜻蜒(中印亞種)	<i>Orthetrum pruinosum neglectum</i>			1	1	
鼎脈蜻蜒			<i>Orthetrum triangulare</i>	>20	>20	>10	8	5	
猩紅蜻蜒			<i>Crocothemis servilia servilia</i>			1	1	1	
杜松蜻蜒			<i>Orthetrum sabina sabina</i>					8	
		黃基蜻蜒	<i>Sympetrum speciosum taiwanum</i>					3	

表 13 2007 年 4~10 月奧萬大國家森林遊樂區生態池之水生昆蟲種類與個體數量紀錄 (續)

			善變蜻蜓	<i>Neurothemis ramburii ramburii</i>			2	1	2
			大華蜻蜓	<i>Tramea virginia</i>					1
			(水蠅)	unknown sp.	7	2	8	2	
	春蜓科	Gomphidae	闊腹春蜓?	<i>Sieboldius deflexus?</i>	0	1	0	0	
			球角春蜓	<i>Stylogomphus changi</i>	2	0	0	0	
毛翅目	流石蠶科	Rhyacophilidae	流石蠶	<i>Rhyacophila</i> sp.	2	0	0	0	
半翅目	水黽科	Gerridae	大水黽	<i>Aquarlus elongatus</i>	>20	>10	8	8	
	蠍椿科	Nepidae	日本紅娘華	<i>Laccotrephes japonensis</i>			5	12	
	松藻蟲科	Notonectidae	仰泳椿	<i>Enithares</i> sp.		>20	>30	3	
鞘翅目	圓花蚤科	Helodidae	圓花蚤蟲	<i>Helodes</i> sp.	4	2	0	0	
	龍蟲科	Dytiscidae	豆龍蟲	<i>Agabus fulvipennis</i>	0	0	0	2	
雙翅目	搖蚊科	Chironomidae	搖蚊	<i>Chironomus</i> sp.A	7	16	2	11	
			搖蚊	<i>Chironomus</i> sp.B	1	3	0	4	
				unknown sp.	0	0	3	0	
	蚋科	Limnobiinae		unknown sp.	3	1	0	1	
種類數合計					14	15	17	21	9

*由於採樣設計不良，本年度10月份的水生昆蟲的種類僅以目視方式記錄蜻蜓及豆娘種類。



白痣珈蟳	昧影細蟳
青紋細蟳	中華珈蟳南台亞種
烏帶晏蜓	鼎脈與霜白蜻蜓
猩紅蜻蜓	善變蜻蜓
紅娘華	

圖 18 奧萬大國家森林遊樂區生態池水生昆蟲之生態照

物 種		2007											
		2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
白痣珈蟪	出現月份*												
	調查資料												
中華珈蟪 (南台亞種)	出現月份												
	調查資料												
昧影細蟪	出現月份												
	調查資料												
青紋細蟪	出現月份												
	調查資料												
烏帶晏蜓	出現月份												
	調查資料												
麻斑晏蜓	出現月份												
	調查資料												
霜白蜻蜒 (中印亞種)	出現月份												
	調查資料												
鼎脈蜻蜒	出現月份												
	調查資料												
猩紅蜻蜒	出現月份												
	調查資料												
杜松蜻蜒	出現月份												
	調查資料												
善變蜻蜒	出現月份												
	調查資料												
大水黽	出現月份												
	調查資料												
日本紅娘華	出現月份												
	調查資料												
仰泳椿	繁殖季												
	調查資料												

*蜻蛉目各種類出現月份之資料來源：汪良仲（2000）

圖 19 奧萬大國家森林遊樂區生態池水生昆蟲出現之月份

4.6 兩棲類物種

兩棲類的調查方法包括夜間沿線調查與兩棲類聲音收集等，自 2006 年 2 月至 2007 年 10 月，共調查兩棲類無尾目 3 科 9 種（表 14），包括蟾蜍科的磐古蟾蜍（*Bufo bankorensis*）、赤蛙科的腹斑蛙（*Rana adenopleura*）、拉都希氏赤蛙（*Rana latouchtii*）、梭德氏赤蛙（*Rana Sauteri*）、斯文豪氏赤蛙（*Rana swinhoana*）、以及樹蛙科的面天樹蛙（*Chirixalus idiotocus*）、白領樹蛙（*Polypedates megacephalus*）、莫氏樹蛙（*Rhacophorus moltrechti*）與日本樹蛙（*Buergeria japonica*）（圖 20-21）。此外，沿線調查中，在區域其他環境中亦發現有樹蛙科的艾氏樹蛙（*Chirixalus eiffingeri*）與狹口蛙科的小雨蛙（*Microhyla ornata*）。所有兩棲類調查物種，以莫氏樹蛙、日本樹蛙、拉都希氏赤蛙與磐古蟾蜍最先出現，緊接在後的是面天樹蛙，白領樹蛙、腹斑蛙與斯文豪氏赤蛙等大型蛙類則從 5 月開始出現，其中，梭德氏赤蛙在 4 月曾有一次未確認記錄，因未捕捉到個體，因此暫不予列入 4 月出現的蛙種（表 15）。若比較調查物種與以往的研究記錄，則與記錄之蛙類繁殖季節大致吻合。

各兩棲類在生態池的分布大致固定，例如日本樹蛙通常在水池的淺水低矮植生區，莫氏樹蛙則使用靠近山坡的深水密植區，在非繁殖季，盤古蟾蜍大多蹲踞在較深而無濃密植生的入水口，其他如拉都希氏赤蛙、白領樹蛙與腹斑蛙則廣泛分布在水池全區，但以水池南面挺水植物區為主。此外，斯文豪氏赤蛙只有在溪流區出現，而梭德氏赤蛙則多出現在步道旁的溝渠中與人工溪流內。住宿區的水域環境除了生態池（含人工溪流）之外，鄰近還有 3 個無動力控制的小水池（圖 2）。在所有調查到的兩棲類物種中，面天樹蛙在只有林下池發現，並不出現在生態水池中。若以無動力水池為單位來區分物種分布，則林下池有面天樹蛙與拉都希氏赤蛙，池邊排水溝有梭德氏赤蛙，池上方森林中有艾氏樹蛙；楓葉池則主要有腹斑蛙、盤古蟾蜍與拉都希氏赤蛙，周圍林中有時有莫氏樹蛙，但不出現在水池內；香杉池則有莫氏樹蛙與拉都希氏赤蛙。顯示不同的微棲地環境提供了不同兩棲類的棲所（圖 22）。

表 14 奧萬大國家森林遊樂區生態池兩棲類物種名錄

科名	物種	學名	英名	保育等級*
	莫氏樹蛙	<i>Rhacophorus moltrechti</i>	Moltrecht's Treefrog	珍貴稀有
樹蛙科 Rhacophoridae	白領樹蛙	<i>Rhacophorus megacephalus</i>	White Lipped Treefrog	
	日本樹蛙	<i>Buergeria japonicus</i>	Japanese Buerger's Frog	
	面天樹蛙	<i>Chirixalus idiotocus</i>	Meintein Treefrog	
赤蛙科 Ranidae	拉都希氏赤蛙	<i>Rana latouchii</i>	Latouche's Frog, Kuantun Frog	
	斯文豪氏赤蛙	<i>Rana swinhoana</i>	Swinhoe's Frog	
	腹斑蛙	<i>Rana adenopleura</i>	Olive Frog	
	梭德氏赤蛙	<i>Rana sauteri</i>	Sauter's Frog	
蟾蜍科 Bufonidae	盤古蟾蜍	<i>Bufo bankorensis</i>	Central Formosan toad	

* I-瀕臨絕種保育類野生動物；II-珍貴稀有保育類野生動物；III-其他應予保育類野生動物。

表 15 奧萬大國家森林遊樂區生態池兩棲類物種出現季節與以往主要繁殖季節記錄

	2006												2007									
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	
莫氏樹蛙	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
白領樹蛙		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
日本樹蛙	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
面天樹蛙	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
拉都希氏赤蛙	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
斯文豪氏赤蛙	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
腹斑蛙		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
梭德氏赤蛙			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
盤古蟾蜍	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

* 灰色為主要繁殖季節，黑色為已調查所觀察到的季節



(a) 莫氏樹蛙 (*Rhacophorus moltrechti*)



(b) 磐古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*)



(c) 日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)



(d) 日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)



(e) 面天樹蛙 (*Chirixalus idiootocus*)



(f) 梭德氏赤蛙 (*Rana Sauteri*)

圖 20 奧萬大國家森林遊樂區生態池兩棲類調查物種照片(1)



(a)斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*)



(b) 斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*)



(c) 拉都希氏赤蛙 (*Rana latouchtii*)



(d) 腹斑蛙 (*Rana adenopleura*)



(e)白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)



(f) 白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)

圖 21 奧萬大國家森林遊樂區生態池兩棲類調查物種照片(2)



圖 22 奧萬大國家森林遊樂區各生態池之蛙類分佈圖

4.7 哺乳動物

自動相機經期初的微調後，自 2005 年 12 月開始生產有效照片，期間陸續調整最佳之樣區架設地點，至 2007 年 10 月，總計共執行總工作時 86,677 小時，包括 2006 年 1 月至 12 月共 48,380.6 小時及 2007 年 1 月至 10 月共 38,296.0 小時，平均每樣區工作小時為 6,667 小時。共取得有效照片數 1,328 張包含 2006 年 1 月至 12 月有效照片 717 張及 2007 年 1 月至 10 月 611 張。共調查到物種 14 科 20 種，包括哺乳動物 10 科 11 種如台灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、穿山甲(*Manis pentadactyla pentadactyla*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、刺鼠(*Niviventer coxingi*)、臺灣野兔(*Lepus sinensis formosanus*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica davidiana*)、鼬獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)、白鼻心(*Paguma larvata taivana*)、臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)、長鬃山羊(*Naemorhedus swinhoei*)與山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)等哺乳動物；與地棲型鳥類一科 3 種如藍腹鷓(*Lophura swinhoii*)、深山竹雞(*Arborophila crudigularis*)與竹雞(*Bambusicola thoracica*)等，共記錄有地棲型物種 11 科 14 種(表 16，圖 23-24)。除此之外，自動相機亦零星記錄到非目標物種共 3 科 6 種如檀鳥(*Garrulus glandarius*)、台灣藍鵲(*Urocissa caerulea*)、白喉笑鵲(*Garrulax albogularis*)、藪鳥(*Liocichla steeri*)、紫嘯鵲(*Myiophoneus insularis*)與虎鵲(*Zoothera dauma*)等鳥類，可供參考(表 17，圖 25)。非目標物種由於其活動型態非地棲型，因此可作為存在之證據，但非針對此類物種的完整調查名錄。這些物種中，台灣獼猴、穿山甲、白鼻心、山羌與長鬃山羊，以及深山竹雞、藍腹鷓、檀鳥、台灣藍鵲、藪鳥、白喉笑鵲與紫嘯鵲等為保育類物種，台灣獼猴與長鬃山羊為台灣特有種，鳥類中藍腹鷓、台灣藍鵲、深山竹雞、藪鳥與紫嘯鵲亦為台灣特有種。生態水池邊共調查有地棲型物種 7 科 9 種，除了穿山甲、台灣野兔、白鼻心、長鬃山羊、深山竹雞外，其他物種在生態水池周圍樣區都有記錄。兩年的監測調查期間，穿山甲、白鼻心、台灣野豬與長鬃山羊等四種哺乳動物一直到 2007 年才有記錄。

選取 10 個調查資料較為穩定的相機樣區，計算各物種在 10 個相機樣區的出現頻度(表 18)。除了雀形目的 3 科 6 種物種之外，其他 11 科 14 種可以歸類為地棲型動物，

因為自動照相機的調查特性，只有地棲物種可以以此調查方式估算物種之相對族群密度，因此雀形目之 6 種物種之調查資料將不用來推估其相對族群密度。在所有調查之地棲型物種中，以刺鼠(100%)與山羌(92.31%)的出現頻度最高，幾乎出現在所有樣區中，為區域中普遍分布種；反之，穿山甲(7.69%)、白鼻心(7.69%)與長鬃山羊(7.69%)只出現在一個樣區，屬於區域中侷限分布物種。若計算各樣區出現物種數，則最少出現 3 個物種，最多出現 9 個物種。水池周圍的樣區不乏物種豐富度高的樣區，最少出現 4 種最多出現 8 種物種。利用指數(Occurrence index, $OI=$ 每 1,000 個相機工作小時所獲得照片數)計算各物種之相對密度(表 18)，以刺鼠 ($OI=11.25$) 為最高，其次為山羌 (1.37) 與鼬獾 (1.78)；相對密度較低的物種為台灣野兔(0.17)、穿山甲(0.13)、與長鬃山羊(0.34)。

表 16 奧萬大國家森林遊樂區自動照相機動物調查物種名錄

目	科	中文名	學名	2006	2007	水池	保育等級*
靈長	獼猴	臺灣獼猴	<i>Macaca cyclopis</i>	+	+	+	II
兔形	兔	臺灣野兔	<i>Lepus sinensis formosanus</i>	+	+		
啮齒	松鼠	赤腹松鼠	<i>Callosciurus erythraeus</i>	+	+	+	
		刺鼠	<i>Niviventer coxingi</i>	+	+	+	
食肉	貂	黃鼠狼	<i>Mustela sibirica taivana</i>	+	+	+	
		鼬獾	<i>Melogale moschata subaurantiaca</i>	+	+	+	
		白鼻心	<i>Paguma larvata taivana</i>		+		II
鱗甲	穿山甲	穿山甲	<i>Manis pentadactyla pentadactyla</i>		+		II
偶蹄	牛	長鬃山羊	<i>Naemorhedus swinhoei</i>		+		II
		鹿	山羌	<i>Muntiacus reevesi micrurus</i>	+	+	+
	豬	臺灣野豬	<i>Sus scrofa taivanus</i>		+	+	
雞形	雉	藍腹鷓	<i>Lophura swinhoii</i>	+	+	+	I
		竹雞	<i>Bambusicola thoracica</i>	+	+	+	
		深山竹雞	<i>Arborophila crudigularis</i>	+	+		III

* I-瀕臨絕種保育類野生動物；II-珍貴稀有保育類野生動物；III-其他應予保育類野生動物。

表 17 奧萬大國家森林遊樂區自動照相機動物調查非目標物種名錄

目	科	中文名	學名	2006	2007	保育等級*
雀形	鴉	檀鳥	<i>Garrulus glandarius</i>	+	+	III
		台灣藍鵲	<i>Urocissa caerulea</i>		+	II
	畫眉	白喉笑鵲	<i>Garrulax albogularis</i>	+	+	II
		藪鳥	<i>Liocichla steeri</i>	+	+	III
	鵲	紫嘯鵲	<i>Myiophoneus insularis</i>	+	+	III
		虎鵲	<i>Zoothera dauma</i>	+	+	

* I-瀕臨絕種保育類野生動物；II-珍貴稀有保育類野生動物；III-其他應予保育類野生動物。



(a) 台灣獼猴(*Macaca cyclopis*)



(b) 臺灣野兔 (*Lepus sinensis formosanus*)



(c) 赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)



(d) 刺鼠(*Niviventer coxingi*)



(e) 黃鼠狼(*Mustela sibirica davidiana*)



(f) 麝獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)

圖 23 奧萬大國家森林遊樂區地棲型動物物種照片(1)



(a) 臺灣野豬(*Sus scrofa taiwanus*)



(b) 山羌♂(*Muntiacus reevesi micrurus*)



(c) 穿山甲(*Manis pentadactyla pentadactyla*)



(d) 長鬃山羊(*Capricornis crispus swinhoei*)



(e) 藍腹鸚♂(*Lophura swinhoii*)



(f) 白鼻心(*Paguma larvata taiwana*)

圖 24 奧萬大國家森林遊樂區地棲型動物物種照片(2)



(a) 虎鶇 (*Zoothera dauma*)



(b) 藪鳥 (*Liocichla steeri*)



(c) 白喉笑鶇 (*Garrulax albogularis*)



(d) 檀鳥 (*Garrulus glandarius*)



(e) 台灣藍鶇 (*Urocissa caerulea*)



(f) 紫嘯鶇 (*Myiophoneus insularis*)

圖 25 奧萬大國家森林遊樂區非地棲型動物物種照片

表 18 自動相機拍攝地棲動物出現樣區頻度與相對密度

樣點	總工作時	臺灣獼猴	臺灣野兔	赤腹松鼠	刺鼠	黃鼠狼	鼬獾	白鼻心	穿山甲	臺灣野豬	山羌	長鬃山羊	深山竹雞	竹雞	藍腹鶇	物種數
01	9214.493	0.326	0.000	0.217	17.472	0.434	0.760	0.000	0.000	0.000	0.434	0.000	0.000	0.326	0.000	7
02	7286.460	0.137	0.000	1.098	8.646	0.137	1.921	0.000	0.000	0.137	3.157	0.000	0.000	0.412	0.000	8
03	5813.190	0.000	0.000	0.172	19.955	0.000	1.032	0.000	0.000	0.000	0.688	0.000	0.000	0.000	0.000	4
04	8676.583	0.231	0.000	0.346	17.173	0.461	0.115	0.000	0.000	0.000	1.037	0.000	0.000	0.000	0.000	6
05	985.580	0.000	0.000	0.000	5.073	0.000	2.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.015	0.000	1.015	3
06	8346.380	0.240	0.000	0.000	2.037	0.120	0.958	0.000	0.000	0.000	0.479	0.000	0.359	0.719	0.359	8
07	7064.563	0.708	0.283	0.708	6.087	0.283	2.265	0.000	0.000	0.142	3.822	0.566	0.000	0.000	0.566	9
09	2133.780	0.000	0.000	0.000	7.498	0.000	2.812	0.000	0.000	0.000	0.469	0.000	0.000	0.000	0.000	3
11	8732.307	0.000	0.115	1.145	4.695	0.344	0.000	0.000	0.000	0.000	2.634	0.000	0.000	0.802	0.000	7
12	10221.227	0.196	0.098	0.196	6.946	0.098	0.000	0.000	0.000	0.000	0.489	0.000	0.196	0.098	0.196	9
13	8027.560	0.747	0.000	0.000	5.855	0.000	0.000	0.000	0.125	0.997	0.747	0.000	0.000	0.249	0.000	7
14	5540.497	1.263	0.000	0.000	20.034	0.361	5.234	0.541	0.000	0.180	0.541	0.000	0.000	0.000	0.000	8
15	4633.963	0.000	0.000	0.216	24.817	0.863	0.647	0.000	0.000	0.000	1.942	0.000	0.000	0.432	0.000	7
平均 OI 值		0.481	0.165	0.512	11.253	0.345	1.777	0.541	0.125	0.364	1.370	0.566	0.455	0.434	0.564	
有效照片數		28	4	32	955	22	92	3	1	11	118	4	6	24	28	
出現樣區數		8	3	8	13	9	10	1	1	4	12	1	3	7	6	
出現頻度		61.54	23.08	61.54	100.00	69.23	76.92	7.69	7.69	30.77	92.31	7.69	23.08	53.85	46.15	

3.2 物種活動模式

在相機所拍攝到的有效照片數中，以刺鼠(955 張)、山羌(118 張)與鼬獾(92 張)的有效照片數為最多，足以分析日時間序列之物種活動模式。活動模式顯示刺鼠與鼬獾為夜行性活動模式，刺鼠在入夜之後一直到日出前都有蠻高的活動頻率（圖 26）；鼬獾在入夜後活動頻率有逐漸增加的趨勢，在日出前達到活動高峰後就不活動（圖 27）；山羌為全日性活動模式，清晨和傍晚各有一個活動高峰（圖 28），這三種物種的活動模式與台灣其他地區的大致相同。

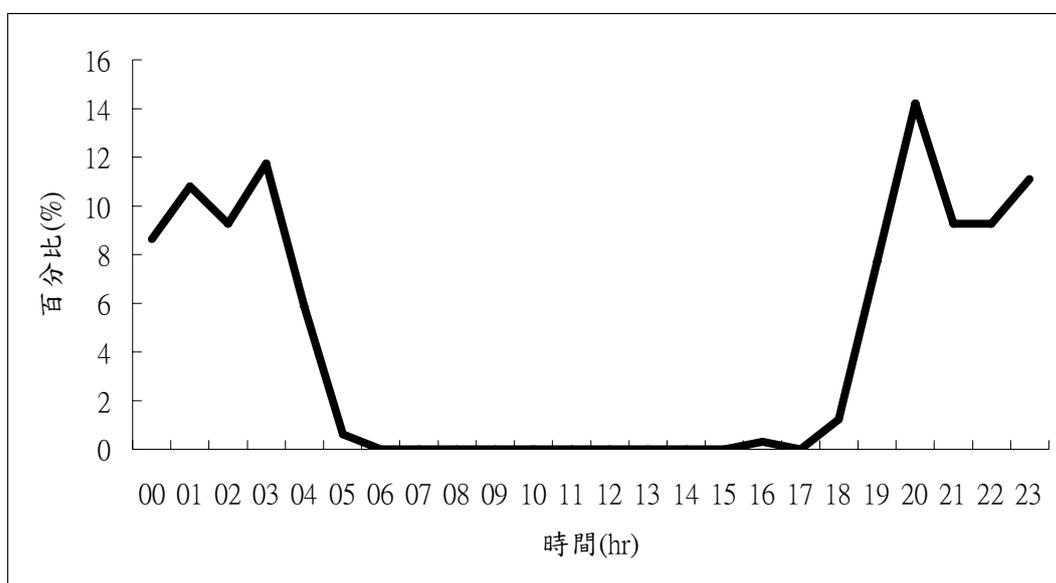


圖 26 奧萬大國家森林遊樂區刺鼠日時間序列之活動模式

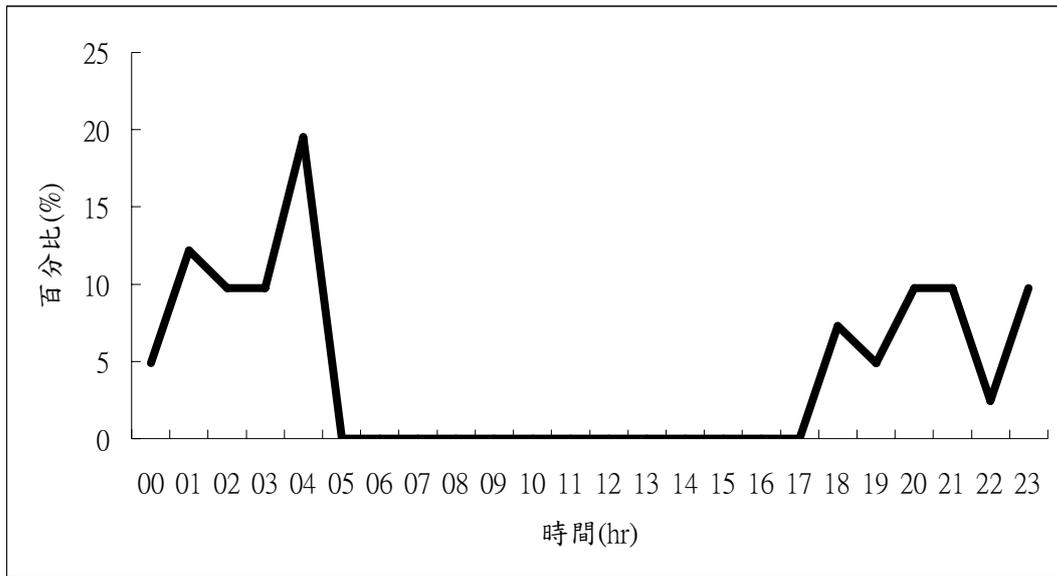


圖 27 奧萬大國家森林遊樂區鼬獾日時間序列之活動模式

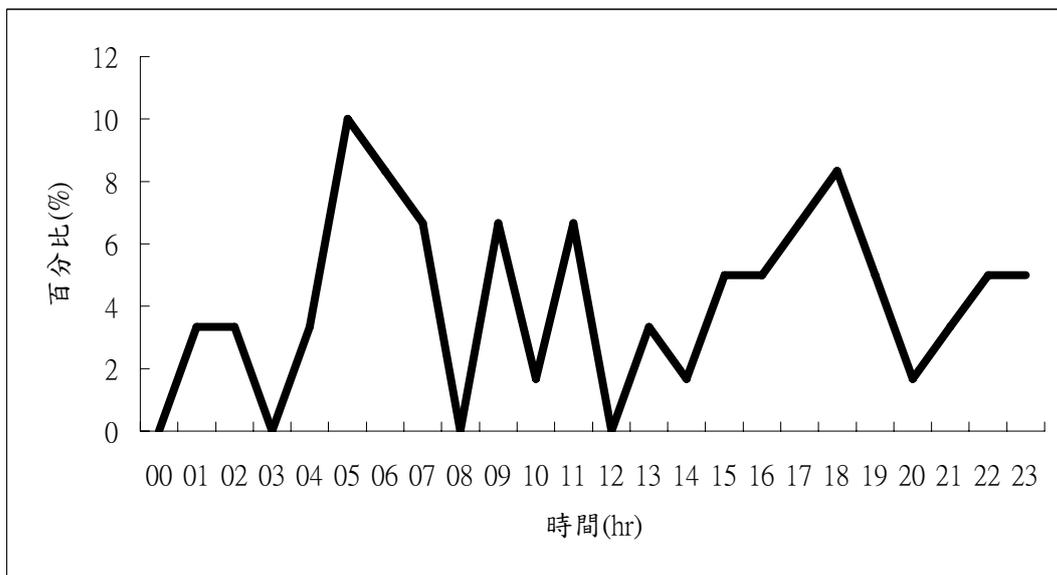


圖 28 奧萬大國家森林遊樂區山羌日時間序列之活動模式

3.3 水池大事紀

奧萬大人工生態水池自 2005 年底施工完畢開始注水至 2007 年底，其間，歷經幾次自然水文循環之枯水期與豐水期，並經過幾次初期小規模水池整理與兩次大規模水生植物整理與外來物種移除。目前看來，兩棲類物種陸續進駐並已呈穩定的利用形態，水生植物生長茂盛，水棲昆蟲多樣性極高，而兩棲類物種雖有其族群密度與活動範圍的差異，也因長期監測之效用而陸續被紀錄。將以上重要時間點以大事紀方式紀錄，可以更清楚呈現(表 19)。然需注意，水棲昆蟲監測從 2007 年始，因此其第一次紀錄並不代表第一次出現。此外，哺乳動物有其分布之最適地理範圍，加上棲地品質與行為模式的差異，因此有族群密度與活動範圍的限制，故第一次紀錄並不代表第一次在紀錄地點出現或活動，不宜過度解釋之。

表 19 奧萬大國家森林遊樂區人工生態池大事紀

2005	11 月	奧萬大國家森林遊樂區生態池完工。
	12 月	自動相機監測開始。拍到刺鼠、赤腹松鼠與黃鼠狼。
2006	1 月	
	2 月	水池水質監測與兩棲類調查開始。發現莫氏樹蛙、日本樹蛙、拉都希氏赤蛙與盤古蟾蜍。
	3 月	發現面天樹蛙。
	4 月	拍到台灣野兔、深山竹雞與藍腹鵯。
	5 月	發現白領樹蛙、斯文豪氏赤蛙與腹斑蛙。拍到台灣獼猴、山羌。
	6 月	
	7 月	發現梭德氏赤蛙。
	8 月	
	9 月	
	10 月	
	11 月	
	12 月	拍到台灣野豬。
2007	1 月	拍到穿山甲。
	2 月	拍到長鬃山羊。
	3 月	水棲昆蟲調查與水生植物監測開始。
	4 月	水池整理，外來種移除。
	5 月	水池植栽整理。
	6 月	發現白痣珈蟪、善變蜻蜓、日本紅娘華。
	7 月	發現烏帶晏蜓、猩紅蜻蜓。
	8 月	發現麻斑晏蜓、杜松蜻蜓。
	9 月	水池第二次整理，外來種移除。
	10 月	第一梯次生態池解說教育訓練。拍到白鼻心。
	11 月	第二梯次生態池解說教育訓練
	12 月	

伍、 教育訓練

本研究除延續監測資料之建立外，並包含二次解說教育訓練。解說教育訓練已分別在 2007 年 10 月 18~19 日以及 2007 年 11 月 6 日於奧萬大國家森林遊樂區以及南投林區管理處舉行。教育訓練之目的主要在培養南投林區管理處及各工作站員工與志工對於溼地物種的認識，及對奧萬大生態水池建置過程的了解，並提供後續經營管理所需之概念與原則。兩梯次共有 60 人次之教育訓練員額，教育訓練內容分別針對不同的需求而選擇不同參訓地點並調整課程重點，第一梯次在奧萬大國家森林遊樂區舉辦，主要參訓人員為解說志工及工作站之同仁，課程以現場之物種認識與解說為主要目標，並安排現場水棲昆蟲與藻類實習與夜間蛙類物種實習；第二梯次在南投林區管理處舉行，主要參訓人員為管理處員工，課程內容以建置過程、物種以及後續經營管理為主。教育訓練共邀請 5 位講師，包括華梵大學環設系副教授賴玉菁老師、育達商業技術學院休閒事業管理系助理教授張睿昇老師、國立宜蘭大學自然資源學系助理教授毛俊傑老師、愛魚生態工程有限公司執行長張文賢先生與愛魚生態工程有限公司吳尚穎先生，分別就工程、物種與管理等各層面進行討論(表 20)。詳細之教育訓練日期、地點、參訓人員、課程與講義詳見附件(附錄四~十)。

表 20 奧萬大國家森林遊樂區生態池解說教育訓練講師與專長

姓名	現職與學歷	專長
賴玉菁	現任華梵大學環設系專任副教授 美國普渡大學森林與自然資源研究所博士	生態與保育、地理資訊系統
張睿昇	現任育達商業技術學院休閒事業管理系助理教授 台灣大學海洋研究所漁業及生物組博士	藻類學、珊瑚礁生態學、濕地生態學
毛俊傑	現任國立宜蘭大學自然資源學系專任助理教授 德國特里爾(Trier)大學博士	兩棲爬蟲動物學、動物資源調查、動物群聚生態學、兩棲爬蟲動物研究調查方法學
張文賢	現任愛魚生態工程有限公司執行長	構築溼地系統設計、營造與操作管理
吳尚穎	現任愛魚生態工程有限公司 國立中山大學生物科學系碩士	水棲昆蟲生態學、溼地生物指標系統

陸、 監測機制

本研究針對奧萬大國家森林遊樂區人工生態池建立一監測機制並製作監測操作手冊，以期在水池演替達穩定後，管理單位可以自行從事監測。監測操作手冊包括水生植物監測、兩棲類物種監測與地棲型哺乳動物監測等三大指標物種群，監測手冊包含之項目則有調查方法、特定物種介紹、調查注意事項與調查表等，詳見附件十一。所有調查監測之方法為針對奧萬大生態水池之水池特性所制定。

柒、 結論與建議

水域生態系統是地球上重要的生態系之一，不僅可以調節氣候，它也提供了許多生物賴以棲息、覓食、繁衍及成長等活動的生活空間。尤其是溼地生態系，

對於水陸兩棲的水生植物、水生昆蟲及兩棲類而言，更是生活史中不可或缺的環境。隨著全球溼地生態系統面臨人為開發的壓力，人工構築溼地的興起，適時減緩溼地環境所受到的生態衝擊。

許多淡水域生態系的研究，大都因為生態系已經進入演替中期，或甚至進入穩定的顛峰群聚（climax community）狀態，對於水域生態系形成初期，藻類群聚組成的變化，及藻種與水質之間關係的探討，都無法獲得實際的瞭解。因此，以往利用藻類作為淡水域環境指標生物的監測，大都針對一特定地點，以季節性調查的方式，分析水中藻類的種類及數量，並評估水質優養化的狀況及受到污染的等級。本計畫為首次針對人工構築之生態水池環境中的浮游藻類與附著藻類進行調查的延續計畫，由於此生態池雖位於屬中海拔山區的奧萬大森林遊樂區內，且無受到家庭、畜牧及工廠等污水注入的影響，藉由工程以生態工法施工的情況下，除可以瞭解生態池在模擬中海拔地區淺水域環境中，浮游藻類與附著藻類的演替情況外，亦可藉由藻類群聚組成的變化與水質之間的關係，提供施工團隊或管理單位在經營與維護管理上的參考。

生態池水質變動

生態池初期水體呈現貧營養鹽的狀態，不僅表現在氨氮濃度逐漸減少外，BOD 值等水質測定結果亦顯示處在較低的狀況；但經過一年後，生態池中的營養鹽逐漸增加，尤其是在本年度調查的後半階段，不論是從有機氮或是磷酸鹽、總磷濃度值有明顯增加外，反應水體的化學需氧量（COD）與生化需氧量（BOD）也同樣於 2007 年 8 月有逐漸提高的趨勢，此一變化與去年同期相仿，加上水體中所反應的懸浮固體與濁度的升高，顯示水體中可分解的物質增加。生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體升高的造成的因素，首先可能是水在濕地中的滯留時間較長，交換率較差而導致營養鹽提高，加上濕地環境強烈的水分蒸散作用，易使水分大量流失，因此，池水蒸發量的差異是受到外來水源輸入量與水域深度的

影響(Sakadevan & Bavor, 1999)。在生態池即將進入冬季之際，可持續追蹤水質後續的變化。

隨著水體的營養鹽增加，部分較優勢的水生植物生長茂盛，如水毛花、滿江紅等，因而對生態池初期造成水質管理困擾的水綿而言，生長良好的水生植物已逐漸取代水綿成為溼地水域主要的生產者。也由於水體中藻類的細胞數逐漸下降，使得水體中的溶氧有降低的趨勢，對於生活在生態池中的無脊椎動物而言，亦有缺氧的可能，雖然 8 月份因滿江紅的清除，而導致水中的藻類數量激增，但在 9 月持續進行的生態池外來物種移除的工程中，水體中的溶氧仍然有偏低的情況。因此，為使生態池能持續維持在一穩定的狀態，表面覆蓋的水生植物移除確有其必要。而過去在類似的人工溼地環境中，明顯的季節交替與植食性水生昆蟲的出現，可以有效地控制在水域中生長的水生植物。然此一現象在奧萬大生態池中並未出現，顯見在中海拔地區的生態池，尤其是小型的人工生態池仍須定期進行環境維護與植栽管理。

一般而言，小型濕地移除氮、磷等營養鹽的效率在水生植物夏季生長季節時較高，反之，冬天時較低；受到水溫開始上升的影響，夏季奧萬大森林遊樂區生態池的氮、磷等營養鹽濃度較低，此與國外的研究結果相似 (Picard et al., 2005)。而本研究地點的人工濕地，於 2007 年 8 月起氨氮、有機氮、磷酸鹽有逐漸上升的趨勢，推測與水生植物的生長逐漸進入秋、冬季，而其吸收效率較差有關，此一現象是否有利於喜歡較高濃度氨氮的矽藻種類出現，有待進一步觀察。另外，人工濕地所植栽的植物種類與季節性的水溫變化是影響水體營養鹽濃度降低最重要的兩個因素；植物的蒸發散、光合作用與微生物的活性都會受到日照量及環境溫度的影響，同時，在低溫的冬天或早春時節，需有較高的溫度才會使得水體中氮、磷營養鹽的移除效率提高。所以，若在寒冷的地區欲使用濕地來改善水質，首要條件必須要克服低溫所造成的限制，才能使其效能提高 (Picard et al., 2005)。因此，本研究建議奧萬大人工濕地於水生植物植栽的維護與管理時，可

於夏季水溫升高前，予以施肥補充水生植物所需的養分，並減短水之滯留時間，在秋冬之際，則以維持水體在一穩定狀態，不需添加養分，並進行植栽的疏伐整理工作為管理方式。

溼地藻類組成與水生植物

溼地藻類的種類組成，以矽藻、綠藻及藍綠菌為主，彼此之間的組成變化或優勢藻種的產生，與溼地的地理位置、光線的照射、水溫的變化、季節的改變、水域深度的週期性變動、大型水生植物的出現及水中營養鹽與礦物質濃度等，均有密切的關係 (Goldsborough and Robison, 1996)。由奧萬大森林遊樂區之生態池的水質資料顯示，受到池底土壤晶化與添加肥料的影響，生態池完工初期水中的營養鹽濃度較高。雖然水體中營養鹽的濃度尚未達到優養化的程度，但由於氨氮 ($\text{NH}_3\text{-N}$) 的濃度稍高，有利於水中藻類的大量生長，因此除了浮游藻類與附著藻類外，兩種在低營養鹽環境中較具競爭力的大型淡水藻類，水綿 (*Spirogira* sp.) 與水網藻 (*Hydrodictyon reticulatum*) 亦是生態池初期生長最旺盛的種類之一，並大量覆蓋在近山壁的水域區塊中。由於生態池受到外來注水的干擾有限，隨著水中營養鹽濃度被利用後逐漸衰減，也因而導致生態池中浮游藻類與附著藻類群聚組成的改變，而水綿與水網藻也因水生植物開始成長，覆蓋水池面積的比例亦逐漸減少，尤其在隨著池水中水生蕨類—滿江紅 (*Azolla pinnata*) 的覆蓋，水綿與水網藻的生長優勢逐漸衰退。

溼地藻類的相關研究指出，溼地環境中藻類的組成，往往會隨著水生植物的生長而改變 (Goldsborough and Robison, 1996)。初期水域較清澈時，以浮游藻類為主，隨著水生植物的生長，可附著的基質增加，逐漸轉換成以附著藻類為主。梅尼小環藻應是屬於浮游性的藻類，而扁圓卵形藻則是以附著性為主，但浮游藻類與附著藻類的水樣鑑定結果，此兩種藻類均同時存在，此一原因應與生態池的水位較淺，造成物種棲地環境界線的重疊有關。因此附著藻類的群聚組成變動，

在生態池中浮游藻類比例逐漸降低之後，藻種的比例組成明顯與水生植物生長成正比，尤其是部分對低營養鹽濃度較敏感之種類，如扁圓卵形藻、曲殼藻屬 (*Achnanthes* spp.)、異極藻屬 (*Gophonema* spp.) 等，除對水體中氮營養鹽濃度較敏感的種類外，舟形藻 (*Navicula* spp.) 與菱形藻 (*Nitzchia* spp.) 兩類較耐污染的矽藻，在調查初期時間內單位體積或面積的細胞個數雖不高，但佔有較高的比例組成。此兩大類矽藻雖無法顯示與氮濃度之間的關係，但仍顯示隨著奧萬大森林遊樂區人工生態池的水質逐漸傾向貧營養鹽的狀態時，比例組成逐漸為上述對氮較敏感的矽藻種類所取代。而國外研究結果亦顯示，浮游藻類與附著藻類在溼地環境的群聚結構變化不同，當水生植物的生長良好，較有利於附著藻類的生存 (圖 29, Goldsbrough and Robison, 1996)。

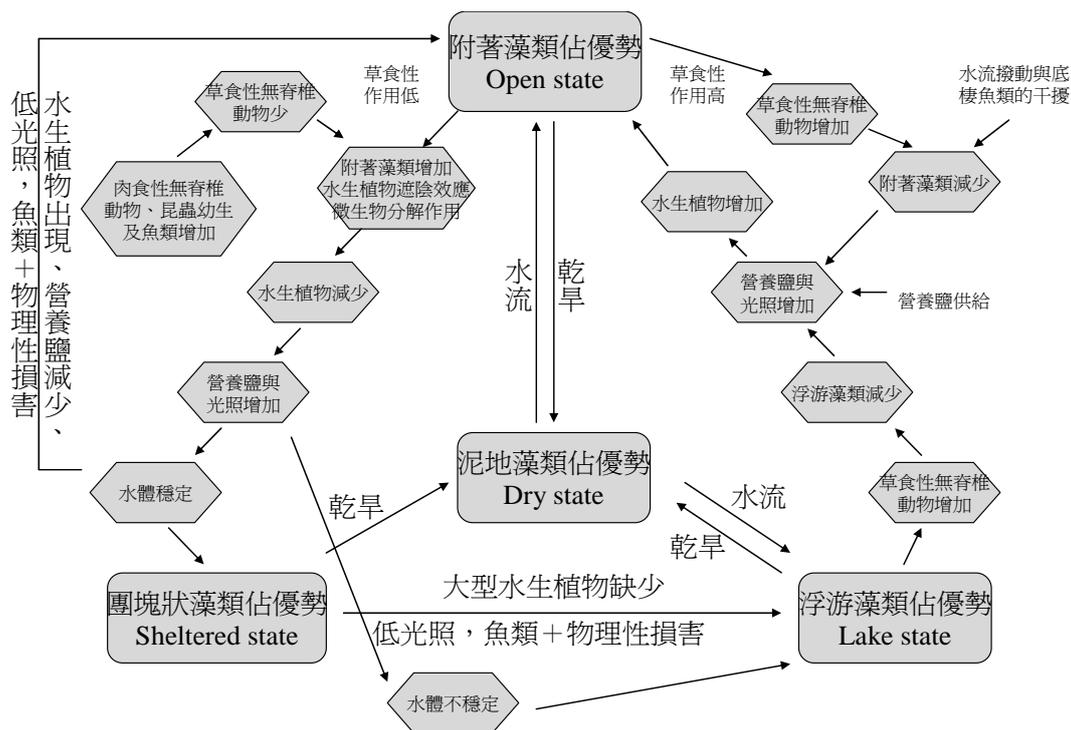


圖 29 淡水域溼地環境，四類不同形式之優勢藻類之交互作用示意圖 (仿自 Goldsbrough and Robison, 1996)

隨著人工溼地完工初期的水質，由於伴隨池底晶化處理與施肥，水質因氮 (NH₃-N) 濃度較高略成富營養化的狀態，有利於部分適合高營養鹽濃度的藻

類增長，因而造成水池注水初期水綿與水網藻的大量繁生，但經過土壤中微生物對含氮化合物形式的轉換，提供水生植物利用後，此兩種藻類滋生的問題可獲得解決，目前此兩種漂浮於水面的藻團，受到滿江紅的影響，覆蓋池水的面積已較小。而水生植物的生長狀況良好，將逐漸取代藻類成為溼地主要的生產者，但也由於水生植物的繁盛，亦導致水體中的溶氧降低。因此適時的對人工溼地進行環境維護與管理是有必要的，如要使人工生態池維持在一較長時間的穩定狀態，將溼地狀況維持在表 21 中的開放期，會是比較適合的選擇。

表 21 溼地四種不同階段之優勢藻種與特性

特性	乾枯期	開放期	遮陰期	湖泊期
優勢藻種	泥地藻類	附著藻類	藻團	浮游藻類
藻類初級生產力	低	中等	高	變動性大
水位	低	中等	中等	高
水體干擾	稀少	經常	稀少	經常
水體透明度	高	變動性大	高	低
營養鹽	高 (?)	中等	高	高
水生植物	稀少	豐富	中等	稀少
草食性作用	低	高	低	低
次級生產力	低	高	低	變動性大

地棲哺乳動物

哺乳動物調查顯示，本區的物種豐富，棲地狀況良好，刺鼠、山羌與鼬獾在區域內廣泛分布，白鼻心、穿山甲與長鬃山羊為侷限分布。生態水池周圍，物種亦相當豐富，由於相機架設之穿越線自水池邊開始達區域稜線止，稜線後即為一個大面積的崩壁，生態水池前方連接遊樂區核心行政範圍，森林範圍狹窄，因此可以推測所調查之物種，應該是在水池周圍的森林中活動，而不是徘徊經過的

個體。由於水池周圍森林面積區塊較小，可以推估其承載量應較其他較大森林區塊小，而水池周圍的物種組成與其他鄰近樣區的組成差異不大，可以推測生態池的創造對於本區大部分的物種應沒有明顯的影響。反之，山羌的相片記錄顯示，水池周圍活動的山羌有可能利用水池。

在這些地棲型哺乳動物中，有些物種如穿山甲、白鼻心、台灣野豬與長鬃山羊等四種哺乳動物一直到 2007 年才有記錄，可能的因為這些物種的族群密度較低或活動範圍較為局限之故。

兩棲類動物

蛙類調查顯示，生態水池創造後，不同的青蛙種類分別進入利用，調查到的青蛙名錄已大致涵蓋相似濕地環境可能出現的兩棲物種，顯示生態水池已經成為區域內重要的兩棲類繁殖地。2007 年 1-2 月由於雨量較少，無動力水池已乾旱無水，生態池水位亦低，因此兩棲類物種較少，但是當水位回升時，物種又增加與前一年同期相似。此外，調查結果顯示各物種間有明顯的利用空間區隔，此一棲位利用的區隔，應該是因為水池中不同水深與水生植物配置所創造的多樣性微棲地。由於較大型的蛙類如斯文豪氏赤蛙與腹斑蛙等已經進入水池，此一生態水池的兩棲類物種，應已達初步的穩定狀況。

建議

本區的物種豐富，新建的人工濕地物種利用狀況佳，應該已經達到原訂模擬台灣中海拔山區溼地生態系的目標，可以提供極高的保育、教育與遊憩價值。目前應先針對中小型哺乳動物，持續進行全區的調查監測，並評估其種類、分佈與相對數量，再根據調查結果制定管理策略，先劃定保育核心區、環衝區與利用區，根據各區域制定經營管理原則，再選定目標物種，針對特定目標物種進行教育與遊憩規劃。針對生態水池周圍，亦可針對周圍出現之物種，選定明星物種，針對這些明星物種進行教育與遊憩規劃。

生態水池的狀況目前似乎已經達到相對穩定的階段，後續應可開始針對物種與棲地環境進行第二階段的經營管理。第二階段的經營管理，以維持人工生態池在濕地演替後期但不進入陸化為主。在棲地經營上，以創造不同微棲環境為目標，將水生植物分為開闊水域、浮水植物區、稀疏挺水植物與密植植物區，對於部分生長過於旺盛的區域進行疏伐，一方面創造多樣的微棲環境，一方面控制物種組成與分佈。在物種經營上，目前溼地生態池的食物鏈中，消費者尚屬缺乏，池中並沒有包括植食、碎屑食性或肉食性的魚類等食物鏈中位階較高的掠食者，然而，由於人工生態池在經營管理上，外在影響較大，為避免溼地生態系的潰敗，目前並不建議引入高階掠食者或植食性魚類，以確保人工水池生態系的穩定。也由於溼地生態池缺乏這類掠食者，水生植物全賴人工之經營管理，因此微棲地之維護便成為生態水池穩定之關鍵，需嚴格掌控。此外，外來種的入侵也是後續經營管理應該持續密切注意的事項。

捌、 致謝

本研究承南投林區管理處提供研究經費；並承管理處育樂課陳啟榮課長、蔡碧麗技正、廖慶森課員與奧萬大國家森林遊樂區工作同仁們的多方協助，謹此一併致謝。

玖、 參考文獻

- Adamus, P.R. 1996. *Bioindicators for assessing ecological integrity of prairie wetlands*. EPA/600/R-96/082. Corvallis, OR: U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory.
- Adamus, P.R., T.J., Danielson and A. Gonyaw, 2001. Indicators for monitoring biological integrity of inland, freshwater wetlands: a survey of North American technical literature (1990-2000). U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Office of Wetlands, Oceans, and Watersheds, Washington, D.C. EPA 843-R-01.
- Biggs B. J. F. and C. Kilroy, 2000. Stream periphyton monitoring manual. The New Zealand Ministry for the Environment. 227pp.
- Borchardt, M. A., 1996. Nutrient. *In: Algal Ecology, freshwater benthic ecosystems* (Stevenson et al.eds),. Academic Press, p183-227.
- Fennessy, M.S., A.D. Jacobs, and M.E. Kentula. 2004. *Review of Rapid Methods for Assessing Wetland Condition*. EPA/620/R-04/009. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Goldsborough L. G. and G. C. C. Robison, 1996. Pattern in wetlands. *In: Algal ecology*, ed. by R. J. Stevenson, M. L. Bothwell, Rex L. Lowe, Academic Press, 89-117 pp.
- Helgen, J., 2001. Methods for evaluating wetland conditions: Developing an invertebrate index of biological integrity for wetlands. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. EPA 822-R-01-007i.
- Kelly, M.G. and Whitton, B.A. 1995. *The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers*. J. Appl. Phycol. 7: 433-444.
- Lai, Y. and K.J. Pei. 2002. An auto-multivariate model of muntjacs habitat use for a geographic information system in southern Taiwan. Proceedings of The

- 23rd Asian conference on remote sensing, Nov. 25-29, Kathmandu, Nepal.
- Lai, Y., K. J. Pei, and K. Y. Suen. 2002. Using GIS for carnivores distribution mapping in fragmented landscape. Proceedings of the Asian conference on GIS, GPS, aerial photography and remote sensing. August 7-9, Bangkok, Thailand.
- Lai, Y. C., K.Y. Suen, 2003, Present Status of larger mammals in Lantau island and their conservation concerns, The 3rd conference on the present status and conservation of wild animals and plants in Hong Kong, New information and ecological conservation concerns for the Lantau island, Hong Kong, Dec. 19, 2003, p 47-59.
- Ludwig, J. A., and J. F. Reynolds, 1988. Statistical ecology, John Wiley & Sons, New York, 337 pp.
- McCormick P.V. and R.J. Stevenson, 1998. Periphyton as a tool for ecological assessment and management in the Florida Everglades. *J. Phycol.* 34: 726-733.
- McNair S. A. and P. Chow-Fraser, 2003. Change in biomass of benthic and planktonic algae along a disturbance gradient for 24 Great Lakes coastal wetlands. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 60: 676-689.
- Morgan, M. D. 1987. Impact of nutrient enrichment and alkalization on periphyton communities in the New Jersey Pine Barrens. *Hydrobiol.*, 144:233-341.
- Picard, C. R., L. H. Fraser, and D. Steer, 2005. The interacting effects of temperature and plant community type on nutrient removal in wetland microcosms. *Bioresource Technology*, 96, 1039-1047.
- Sakadevan, K. and H. J. Bavor, 1999. Nutrient removal mechanisms in constructed wetlands and sustainable water management. *Water Science and Technology*, 40, 121-128.
- Scheffer, M., 2004. *Ecology of Shallow Lakes*, Kluwer Academic Publishers, 357pp.
- Simon, T. P., 1998. Modification of an index of biotic integrity and development of

- reference conditions expectations for dunal, palustrine wetland fish communities along the southern shore of Lake Michigan. *Aquat. Ecosys. Health Manag.* 1: 49-62.
- Stevenson, R.J., McCormick P.V. and R. Frydenborg, 2001. Methods for evaluating wetland conditions: using algae to assess environmental conditions in wetlands. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C. EPA 843-B-00-002k.
- U.S. EPA. 2002. *Methods for Evaluating Wetland Condition: Introduction to Wetland Biological Assessment*. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. EPA/822/R-02/014.
- Zelinka, M. and Marvan, P. 1962. *Zur Prazisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fliessender Gewasser*. *Arch. Hydrobiol.* 57: 387-498.
- 王穎(2004)丹大地區野生動物重要棲息環境分區規劃及動物監測 (第二年)。
行政院農業委員會林務局保育研究系列 92-11 號。
- 朱達仁、施君翰、徐笑情、張睿昇、陳有祺(2004)「以水生昆蟲生物指標法評估石門水庫上游集水區水質之研究」，水資源管理研討會論文集。
- 朱達仁、施君翰、張睿昇(2003a)石門水庫集水區及水庫內藻類相之季節性變動。
中華藻類學會論文發表會。
- 朱達仁、施君翰、張睿昇(2003b)以底棲動物群聚評估石門水庫上游集水區水質之研究。水資源管理研討會。
- 汪良仲(2000)台灣的蜻蛉。人人月曆股份有限公司，349 頁
- 何東輯、楊吉宗、彭仁傑、黃獻文、方懷聖、張仕緯、楊耀隆、林斯正、賴肅如、何健鎔、沈明雅、黃朝卿(2003)烏石坑地區生態系長期監測(3/4)。
行政院農業委員會特有生物研究保育中心九十二年度研究報告。
- 張睿昇、朱達仁、施君翰、陳有祺(2004)「石門水庫上游集水區附著藻類之季節性變動與水質相關性研究」，第十四屆水利工程研討會論文集。
- 黃美秀(2004)自動照相機應用於中大型野生動物族群監測之研究。內政部營

- 建署雪霸國家公園管理處委託研究報告。
- 楊遠波、顏聖紘、林仲剛(2001)台灣水生植物圖誌。行政院農業委員會，378頁。
- 裴家騏(1998)利用自動照相設備記錄野生動物活動模式之評估。台灣林業科學 13(4):317-324。
- 裴家騏、林宗穎、李登庸(1995)利用自動照相設備研究野生動物活動模式之評估。野生動物保育彙報及通訊 3(2):3-7。
- 裴家騏、陳朝圳、吳守從、滕民強(1997)利用自動照相設備與地理資訊系統研究森林野生動物族群之空間分布。中華林學季刊 30(3)：279-289。
- 裴家騏、姜博仁(2004)大武山自然保留區和周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究(三)。行政院農委會林務局保育研究系列 92-02號。
- 賴玉菁、裴家騏、許立達、姜博仁(2003)應用地理資訊系統及多元回歸模式推估台灣南部山區山羌棲地之分布。航測及遙測學刊 8(4):1-8。
- 賴玉菁、鄭祈全、張哲彰(2003)利用地理資訊系統建構六龜地區野生動物族群密度之分布。第七屆台灣地理學術研討會論文集 P189-194。

壹拾、委託研究團隊

序號	機關名稱	單位名稱	研究人員	職稱
1.	華梵大學	環設系	賴玉菁	副教授
2.	育達商業技術學院	通識教育中心	張睿昇	助理教授
3.	華梵大學	環設系	黃冠傑	研究生
4.	華梵大學	環設系	李佳琪	研究生
5.	華梵大學	環設系	龔展寬	大學生
6.	華梵大學	環設系	鄭仲岑	大學生
7.	華梵大學	環設系	許馨元	助理

附錄一 奧萬大國家森林遊樂區生態池植物名錄

1. Pteridophyte 蕨類植物

Athyriaceae 蹄蓋蕨科

Anisogonium esculentum (Retz.) Presl. 過溝菜蕨

Azollaceae 滿江紅科

Azolla pinnata R. Brown 滿江紅*

Marsileaceae 蘋科

Marsilea minuta L 田字草

Salviniaceae 槐葉蘋科

Salvinia natans (L.) All. 槐葉蘋

2. Dicotyledon 雙子葉植物

Acanthaceae 爵床科

Hygrophila pogonocalyx Hayata 大安水蓑衣

Begoniaceae 秋海棠科

Begonia formosana (Hayata) Masam. 水鴨腳秋海棠

Campanulaceae 桔梗科

Lobelia chinensis Lour. 半邊蓮

Lythraceae 千屈菜科

Rotala rotundifolia (Wall. ex Roxb.) Koehne 圓葉節節菜

Menyanthaceae 睡菜科

Nymphoides coreana (Lev.) Hara 小苔菜

Nymphoides cristata (Roxb.) O. Kuntze 龍骨瓣苔菜

Nymphaeaceae 睡蓮科

Nuphar shimadai Hayata 台灣萍蓬草

Onagraceae 柳葉菜科

Ludwigia octovalvis (Jacq.) Raven 水丁香

Polygonaceae 蓼科

Polygonum pubescens Bl. 八字蓼 (腺花毛蓼)*

Ranunculaceae 毛茛科

Ranunculus cantoniensis DC. 水辣菜

Ranunculus sceleratus L. 石龍芮

Salicaceae 楊柳科

Salix kusanoi (Hayata) Schneider 水社柳

Saururaceae 三白草科

Houttuynia cordata Thunb. 蕺菜

Scrophulariaceae 玄參科

Limnophila rugosa (Roth) Merr. 大葉田香草

Limnophila stipitata (Hayata) Makino & Nemoto 小花石龍尾

Limnophila trichophylla Komarov 絲葉石龍尾

Torenia concolor Lindl. 倒地蜈蚣*

Umbelliferae 繖形科

Hydrocotyle batrachium Hance 台灣天胡荽

Oenanthe javanica (Bl.) DC. 水芹菜

3. Monocotyledon 單子葉植物

Alismataceae 澤瀉科

- Alisma canaliculata* A. Braun & Bouche ex. Samuel. 窄葉澤瀉
Sagittaria trifolia L. 野慈姑
- Araceae 天南星科
Acorus gramineus Soland. 石菖蒲
Colocasia konishii Hayata 山芋
- Canna 美人蕉科
Canna indica Linn 美人蕉*
- Cyperaceae 莎草科
Cyperus malaccensis Lam. subsp. *monophyllus* (Vahl) T. Koyama 單葉鹹草
Eleocharis acutangula (Roxb.) Schult. 桃園藺
Eleocharis congesta D. Don subsp. *japonica* (Miq.) T. Koyama 針藺
Eleocharis dulcis (Burm. f.) Trin. ex Henschel 野荸薺
Schoenoplectus juncooides (Roxb.) Palla 螢藺 (大井氏水莞)
Schoenoplectus mucronatus subsp. *Robustus* 水毛花
Schoenoplectus validus (Vahl) T. Koyama 莞 (大水莞)
Scirpus ternatanus Reinw. ex Miq. 大莞草
- Commelinaceae 鴨跖草科
Murdannia keisak (Hassk.) Hand.-Mazz. 水竹葉*
- Hydrocharitaceae 水蘘科
Blyxa aubertii Rich. 無尾水篩 (瘤果澤藻)
Hydrilla verticillata (L. F.) Royle 水王孫
- Iridaceae 鳶尾科
Iris formosana Ohwi 台灣鳶尾
- Juncaceae 燈心草科
Juncus effusus L. 燈心草
Juncus leschenaultii J. Gay ex Laharpe 錢蒲
- Lemnaceae 浮萍科
Lemma aequinoctialis Welwitsch 青萍*
Spirodela polyrhiza (L.) Schleid. 水萍*
- Philydraceae 田蔥科
Philydrum lanuginosum Banks & Sol. ex Gaertn 田蔥
- Poaceae 禾本科
Leersia hexandra Sw. 李氏禾*
Panicum paludosum Roxb. 水生黍*
- Potamogetonaceae 眼子菜科
Potamogeton malaianus Miq. 馬來眼子菜
Potamogeton octandrus Poir. 馬藻
- Sparganiaceae 黑三稜科
Sparganium fallax Graebner 東亞黑三稜
- Typhaceae 香蒲科
Typha angustifolia L. 水燭
Typha orientalis Presl 香蒲
- Zingiberaceae 薑科
Hedychium coronarium Koenig 野薑花

*可能為自生非植栽種類(資料來源：愛魚生態工程公司)

附錄二 奧萬大國家森林遊樂區生態池主要水生植物生態照



大葉田香草	大安水蓼衣
水毛花	燈芯草
桃園蘭	台灣鳶尾花
東亞黑三稜	台灣萍蓬草
滿江紅與田字草	

附錄三 奧萬大國家森林遊樂區生態池建置前水生昆蟲名錄

綱	目	科	中文名	學名	保育等級	特有性
昆蟲	蜻蛉目 (不均翅亞目)	幽蟪	短腹幽蟪	<i>Euphaea formosa</i> Hagen, 1869		特有種
		絲蟪	青紋絲蟪	<i>Indolestes cyaneus</i> (Selys, 1862)		
		琵琶蟪	脛蹠琵琶蟪	<i>Copera marginipes</i>		
		細蟪	昧影細蟪	<i>Ceriagrion fallax fallax</i> Ris, 1914		
			青紋細蟪	<i>Ischnura senegalensis</i> (Rambur, 1842)		
			白粉細蟪	<i>Agriocnemis femina oryzae</i> (Lieftinck, 1962)		
	蜻蛉目 (均翅亞目)	勾蜓	無霸勾蜓	<i>Anotogaster sieboldii</i> (Selys, 1854)		II
			晏蜓	李斯晏蜓	<i>Planaeschna risi risi</i> Asahina, 1964	
		晏蜓	烏帶晏蜓	<i>Anax nigrofasciatus nigrofasciatus</i> Oguma, 1915		
			麻斑晏蜓	<i>Anax panybeus</i> Hagen, 1867		
			綠胸晏蜓	<i>Anax parthenope julius</i> Brauer, 1865		
			金黃蜻蜒	<i>Orthetrum glaucum</i> (Brauer, 1865)		
			霜白蜻蜒(中印亞種)	<i>Orthetrum pruinosum neglectum</i> (Rambur, 1842)		
			灰黑蜻蜒	<i>Orthetrum melania</i> (Selys, 1883)		
			鼎脈蜻蜒	<i>Orthetrum triangulare</i> (Selys, 1878)		
			侏儒蜻蜒	<i>Diplacodes trivialis</i> (Rambur, 1842)		
			猩紅蜻蜒	<i>Crocothemis servilia servilia</i> (Drury, 1770)		
			黃基蜻蜒	<i>Sympetrum speciosum taiwanum</i> Asahina, 1951		特有亞種
			善變蜻蜒	<i>Neurothemis ramburii ramburii</i> (Kaup, 1866)		
紫紅蜻蜒	<i>Trithemis aurora</i> (Burmeister, 1839)					
大華蜻蜒	<i>Tramea virginia</i> (Rambur, 1842)					
薄翅蜻蜒	<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius, 1798)					
半翅目	水黽	大水黽	<i>Aquarlus elongatus</i>			
	蠍椿	日本紅娘華	<i>Laccotrephes japonensis</i>			
	松藻蟲	仰泳椿	<i>Enithares</i> sp.			
毛翅目	流石蠹		<i>Rhyacophila</i> sp.			
鞘翅目	圓花蚤		<i>Helodes</i> sp.			
蜉蝣目	小蜉蝣		<i>Ephemerella</i> sp.			
			<i>Eburella brocha</i>			
	細蜉蝣		<i>Caenis</i> sp.			
	蜉蝣		<i>Ephemera</i> sp.			

資料來源：愛魚生態工程公司。

附錄四 第一梯次解說教育訓練成果

- 一、教育訓練名稱：奧萬大國家森林遊樂區生態池解說教育訓練
- 二、目標：為使南投林區管理處及各工作站的員工和志工對於物種的認識及奧萬大生態池的建置過程能更加了解，特此舉辦教育訓練。
- 三、日期：2007年10月18、19日
- 四、地點：奧萬大國家森林遊樂區
- 五、參訓單位：奧萬大國家森林遊樂區與二水臺灣獼猴生態教育館志工
- 六、講師名錄：

姓名	現職與學歷	專長
賴玉菁	現任華梵大學環設系專任副教授 美國普渡大學森林與自然資源研究所博士	生態與保育、地理資訊系統
張睿昇	現任育達商業技術學院休閒事業管理系助理教授 台灣大學海洋研究所漁業及生物組博士	藻類學、珊瑚礁生態學、濕地生態學
毛俊傑	現任國立宜蘭大學自然資源學系專任助理教授 德國特里爾(Trier)大學博士	兩棲爬蟲動物學、動物資源調查、動物群聚生態學、兩棲爬蟲動物研究調查方法學
張文賢	現任愛魚生態工程有限公司執行長	構築溼地系統設計、營造與操作管理
吳尚穎	現任愛魚生態工程有限公司 國立中山大學生物科學系碩士	水棲昆蟲生態學、溼地生物指標系統

七、課程表

日期 時間	10月18日 (星期四)		10月19日 (星期五)	
	課程內容	授課老師	課程內容	授課老師
07:00-08:00			早餐	
08:00-09:00			水棲昆蟲導覽	吳尚穎
09:00-10:00			人工生態溼地工法介紹	張文賢
10:00-10:30	報到		溼地植生解說	吳尚穎/ 張文賢
10:30-11:00	開幕式			
11:00-11:15	咖啡時間		咖啡時間	
11:15-12:00	奧萬大人工生態池建置過程與物種介紹	賴玉菁	綜合座談暨結業式	
12:00-13:00	午餐		午餐與賦歸	
13:10-14:00	台灣溼地之外來種與影響	張睿昇		
14:10-15:00	溼地生態與維護管理	張睿昇		
15:00-15:15	咖啡時間			
15:15-16:00	兩棲爬蟲類導覽	毛俊傑		
16:10-17:00	溼地生態池調查與監測	賴玉菁		
17:00-19:00	晚餐與宿舍分配			
19:00-21:00	兩棲類解說	毛俊傑/ 賴玉菁		

八、執行過程

本校執行行政院農業委員會林務局南投林區管理處委託計劃(96407A005)「奧萬大國家森林遊樂區生態池長期生態監測計畫」案，已於 10 月 18、19 日兩天於奧萬大國家森林遊樂區舉辦第一梯次解說教育訓練，參加對象為奧萬大國家森林遊樂區及二水保育志工 30 人。



報到過程



參與學員



南投林區管理處育樂課課長陳啟榮致詞



南投林區管理處育樂課蔡碧麗技正致詞

開幕式邀請到南投林區管理處育樂課課長陳啟榮及蔡碧麗技正來為這次的活動致詞。接著開始第一堂課程，是由本計畫主持人華梵大學環境與防災設計學系賴玉菁老師解說「奧萬大人工生態池建置過程」，內容包括生態池改造計劃的目的、目標及成果，也介紹生態池建置後而進駐的一些物種。



賴玉菁老師說明生態池建置過程



賴玉菁老師說明生態池建置過程

午餐過後，下午的第一堂課是由育達技術學院張睿昇老師講解「台灣溼地之外來種與影響」及「溼地生態與維護管理」，內容包括外來種的定義、特性以及哪些外來種存在於台灣的溼地環境中，而它們帶來什麼影響，且後續如何去管制和防治，這些切身的問題與在座的與會人員息息相關，因此也引起了一陣討論。



張睿昇老師講解外來種的影響



張睿昇老師與學員之討論

下午最後的兩堂課是由宜蘭大學毛俊傑老師和華梵大學賴玉菁老師分別解說「兩棲爬蟲類導覽」及「奧萬大溼地生態池調查與監測」。毛俊傑老師說明了兩棲類與爬蟲類之定義、它們所適應的環境及奧萬大發現到的兩棲爬蟲類動物，包括講解特徵及辨認物種之要點，使大家都感到獲益良多。接著賴玉菁老師則說明了在奧萬大生態池所進行的調查與監測，包括有水質檢測、藻類調查、水生植物調查、兩棲類調查及地棲型哺乳動物調查，由於藻類與水生植物是近年來評估溼地水域常用的重要物種群，而兩棲類與哺乳動物是屬食物鍊較上層位階，常做為監測的指標物種，因此持續的調查與監測不僅可反應溼地所存在的特殊生態價值，也可了解這些物種的棲息狀況，進而對此溼地環境提出評估報告及相關的管理監測建議。



毛俊傑老師介紹兩棲爬行類動物



毛俊傑老師與學員之討論

晚餐過後，在微微細雨的天氣中，由毛俊傑老師與賴玉菁老師帶領各位學員到生態池及生態池周邊進行夜間的「兩棲類解說」課程。在生態池及其周邊環境中，不僅可聽到池內蛙類的叫聲，也可在路旁水溝中發現一些愛好淺水域的蛙類，當天看到的物種有腹斑蛙（*Rana adenopleura*）、拉都希氏赤蛙（*Rana latouchii*）、梭德氏赤蛙（*Rana Sauteri*）、盤古蟾蜍（*Bufo bankorensis*）、莫氏樹蛙（*Rhacophorus moltrechti*）及日本樹蛙（*Buergeria japonica*）。許多學員對於此次難得的經驗，感到十分的興奮，並更深刻體會解說教育的實際狀況。解說要則，提供各位學員未來在對遊客解說時有更充分的資訊及經驗。



夜間兩棲類解說



夜間兩棲類解說



梭德氏赤蛙 (*Rana sauteri*)



莫氏樹蛙 (*Rhacophorus moltrechti*)



腹斑蛙 (*Rana adenopleura*)



拉都希氏赤蛙 (*Rana latouchii*)

第二天早上吃過早餐後，就在生態水池旁開始了第一堂課程，前半節課是由張睿昇老師示範水質檢測與取樣，後半節課是由愛魚生態工程有限公司的吳尚穎老師為學員們解說生態池中的植生及水棲昆蟲。



張睿昇老師示範藻類取樣



水質檢測儀



吳尚穎老師解說生態池的水生昆蟲



吳尚穎老師解說生態池的植生

接下來的二堂課回到教室中，由愛魚生態工程有限公司的吳尚穎老師和張文賢老師講解「水棲昆蟲導覽」及「人工生態溼地工法介紹」。「水棲昆蟲導覽」的內容包括有水棲昆蟲的生活型態及種類，讓多數不是很熟悉水棲昆蟲的志工學員感到獲益匪淺。張文賢老師則介紹應用在人工溼地的防滲工法，包括有晶化工法、地工止水膜、地工皂土布及黏土層工法，也分享了建置奧萬大生態池時所遭遇到的困難及後續解決辦法。

最後召集這兩天上課的老師們與學員們一起進行綜合討論。討論的內容包含上課內容的延伸問題與奧萬大國家森林遊樂區生態池解說教育現況問題及相關保育議題。討論的過程中，學員站在使用者及解說員的角度拋出許多的問題出來討論，也得到熱烈的迴響，並且在建造者與多位老師的回應後，奧萬大國家森林遊樂區生態池解說教育訓練也宣告順利圓滿的落幕。



綜合座談與會講師



綜合座談與會學員



綜合座談學員們熱烈的討論



綜合座談學員們熱烈的討論

附錄五 第二梯次解說教育訓練成果

一、教育訓練名稱：奧萬大國家森林遊樂區生態池解說教育訓練

二、目標：為使南投林區管理處及各工作站的員工和志工對於物種的認識及奧萬大生態池的建置過程能更加了解，特此舉辦教育訓練。

三、日期：2007年11月06日

四、地點：南投林區管理處

五、參訓單位：南投林區管理處處內員工

六、講師名錄：

姓名	現職與學歷	專長
賴玉菁	現任華梵大學環設系專任副教授 美國普渡大學森林與自然資源研究所博士	生態與保育、地理資訊系統
張睿昇	現任育達商業技術學院休閒事業管理系助理教授 台灣大學海洋研究所漁業及生物組博士	藻類學、珊瑚礁生態學、濕地生態學
毛俊傑	現任國立宜蘭大學自然資源學系專任助理教授 德國特里爾(Trier)大學博士	兩棲爬蟲動物學、動物資源調查、動物群聚生態學、兩棲爬蟲動物研究調查方法學
張文賢	現任愛魚生態工程有限公司執行長	構築溼地系統設計、營造與操作管理
吳尚穎	現任愛魚生態工程有限公司 國立中山大學生物科學系碩士	水棲昆蟲生態學、溼地生物指標系統

七、課程表

日期 時間	11月6日 (星期二)	
	課程內容	授課老師
08:00-08:30	報到	
08:30-09:00	開幕式	
09:00-10:00	人工生態溼地工法介紹	張文賢
10:00-11:00	水棲昆蟲導覽	吳尚穎
11:00-11:15	咖啡時間	
11:15-12:00	奧萬大生態池調查方法與物種介紹	賴玉菁
12:00-13:00	午餐	
13:10-14:00	台灣溼地之外來種與影響	張睿昇
14:10-15:00	溼地生態與維護管理	張睿昇
15:00-15:20	咖啡時間	
15:20-16:30	兩棲爬蟲類導覽	毛俊傑

八、執行過程

本校執行行政院農業委員會林務局南投林區管理處委託計劃(96407A005)「奧萬大國家森林遊樂區生態池長期生態監測計畫」案，已於11月6日於奧萬大國家森林遊樂區舉辦第二梯次解說教育訓練，參加對象為南投林區管理處處內員工30人。



參訓會場



報到現場



許明城副處長為開幕式致詞



許明城副處長為開幕式致詞

開幕式邀請到南投林區管理處許明城副處長來為這次的活動致詞。接著開始第一堂課程，是由愛魚生態工程有限公司的張文賢老師和吳尚穎老師講解「人工生態溼地工法介紹」及「水棲昆蟲導覽」。張文賢老師介紹應用在人工溼地的防滲工法，包括有晶化工法、地工止水膜、地工皂土布及黏土層工法，也分享了建置奧萬大生態池之施工過程與建置其他地方之生態池的差異及遭遇問題。而吳尚穎老師的「水棲昆蟲導覽」之內容包括有水棲昆蟲的生活型態及種類，還分享了在奧萬大生態池所觀察到的水棲昆蟲交配趣事，讓多數不是很熟悉水棲昆蟲的參訓學員感到非常有趣。



張文賢老師介紹人工生態溼地工法



張文賢老師介紹人工生態溼地工法



吳尚穎老師介紹水棲昆蟲



吳尚穎老師介紹水棲昆蟲

短暫的咖啡時間過後，由華梵大學賴玉菁老師說明「奧萬大生態池調查方法與物種介紹」。賴玉菁老師說明了在奧萬大生態池所進行的調查與監測，包括有水質檢測、藻類調查、水生植物調查、兩棲類調查及地棲型哺乳動物調查，由於藻類與水生植物是近年來評估溼地水域常用的重要物種群，而兩棲類與哺乳動物是屬食物鍊較上層位階，常做為監測的指標物種，因此持續的調查與監測不僅可反應溼地所存在的特殊生態價值，也可了解這些物種的棲息狀況，進而對此溼地環境提出評估報告及相關的管理監測建議。



賴玉菁老師說明規劃設計目標



賴玉菁老師說明植生管理問題

午餐過後，下午的兩堂課是由育達技術學院張睿昇老師講解「台灣溼地之外來種與影響」及「溼地生態與維護管理」，內容包括外來種的定義、特性以及哪些外來種存在於台灣的溼地環境中，而它們帶來什麼影響，且後續如何去管制和防治。



張睿昇老師講解外來種的影響



張睿昇老師說明溼地之定義

下午最後的一堂課是由宜蘭大學毛俊傑老師講解「兩棲爬蟲類導覽」。毛俊傑老師說明了兩棲類與爬蟲類之定義、它們所適應的環境及奧萬大發現到的兩棲爬蟲類動物，包括講解特徵及辨認物種之要點，使大家都感到獲益良多。



毛俊傑老師介紹兩棲爬蟲類動物



毛俊傑老師介紹兩棲爬蟲類動物

附錄六 第一梯次參訓學員名錄

姓名	服務單位	職稱
余月珠	二水臺灣獼猴生態教育館	志工
伍勁健	二水臺灣獼猴生態教育館	志工
張錫棟	二水臺灣獼猴生態教育館	志工
王德義	二水臺灣獼猴生態教育館	志工
簡宗熙	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
陳錫揚	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
曾曜霖	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
李秀霞	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
賴正瑤	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
何采青	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
林正瑜	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
邱國賓	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
羅玉湫	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
蔡有傳	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
蘇淑美	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
江錦雲	奧萬大國家森林遊樂區	解說志工
楊麗蓉	南投林區管理處育樂課	業務士
姜碧惠	南投林區管理處育樂課	技術士
陳必卿	二水臺灣獼猴生態教育館	志工
賴艷秋	二水臺灣獼猴生態教育館	志工
黃文光	二水臺灣獼猴生態教育館	志工眷屬
陳翠虹	二水臺灣獼猴生態教育館	志工眷屬
洪儷庭	二水臺灣獼猴生態教育館	志工眷屬
陳富美	二水臺灣獼猴生態教育館	志工眷屬
蔡宗佑	奧萬大國家森林遊樂區	護管員
廖慶森	奧萬大國家森林遊樂區	課員
吳瑞結	奧萬大國家森林遊樂區	技術士
黃景堂	奧萬大國家森林遊樂區	志工
柳美玲	二水臺灣獼猴生態教育館	志工
李常榮	二水臺灣獼猴生態教育館	志工
蔡碧麗	南投林區管理處育樂課	技正

附錄七 第一梯次參訓學員簽到紀錄

奧萬大森林遊樂區生態池解說教育訓練 ^{18日} 早上

簽到表

姓名	服務單位	簽到
余月珠	二水臺灣獼猴生態教育館	
伍勁健	二水臺灣獼猴生態教育館	伍勁健
張錫棟	二水臺灣獼猴生態教育館	張錫棟
王德義	二水臺灣獼猴生態教育館	王德義
簡宗熙	南投處奧萬大	簡宗熙
陳錫揚	南投處奧萬大	陳錫揚
曾曜霖	南投處奧萬大	曾曜霖
李秀霞	南投處奧萬大	李秀霞
賴正瑤	南投處奧萬大	賴正瑤
何采青	南投林區管理處	何采青
林正瑜	南投處奧萬大	林正瑜
邱國賓		邱國賓
羅玉湫	南投處奧萬大	羅玉湫

柳美玲 二水 柳美玲
李尚琴 二水 李尚琴

蔡有傳	南投處奧萬大	蔡有傳
蘇淑美	南投處奧萬大	蘇淑美
江錦雲	南投處奧萬大	江錦雲
楊麗蓉	南投處育樂課	楊麗蓉
姜碧惠	南投處育樂課	姜碧惠
陳必卿	二水臺灣獼猴生態教育館	陳必卿
賴艷秋	二水臺灣獼猴生態教育館	賴艷秋
黃文光	二水臺灣獼猴生態教育館	黃文光
陳翠虹	二水臺灣獼猴生態教育館	陳翠虹
洪儷庭	二水臺灣獼猴生態教育館	洪儷庭
陳富美	二水臺灣獼猴生態教育館	陳富美
蔡宗佑	奧萬大國家森林遊樂區	蔡宗佑
廖慶森	奧萬大	廖慶森
吳瑞結	奧萬大	吳瑞結

賴聰源 //

蔡淑美 蔡碧惠

賴聰源

18日

奧萬大森林遊樂區生態池解說教育訓練 下午

簽到表

姓名	服務單位	簽到
余月珠	二水臺灣獼猴生態教育館	
伍勁健	二水臺灣獼猴生態教育館	伍勁健
張錫棟	二水臺灣獼猴生態教育館	張錫棟
王德義	二水臺灣獼猴生態教育館	王德義
簡宗熙	南投處奧萬大	簡宗熙
陳錫揚	南投處奧萬大	陳錫揚
曾曜霖	南投處奧萬大	曾曜霖
李秀霞 <small>世甲 日不 崗士</small>	南投處奧萬大	李秀霞
賴正瑤	南投處奧萬大	賴正瑤
何采青	南投林區管理處	何采青
林正瑜	南投處奧萬大	
邱國賓		
羅玉湫	南投處奧萬大	羅玉湫
李美玲 <small>木崗 子中 火木</small>	二水臺灣獼猴生態教育館	李美玲
李蔚	"	李蔚

蔡有傳	南投處奧萬大	蔡有傳
蘇淑美	南投處奧萬大	蘇淑美
江錦雲	南投處奧萬大	江錦雲
楊麗蓉	南投處育樂課	楊麗蓉
姜碧惠	南投處育樂課	姜碧惠
陳必卿	二水臺灣獼猴生態教育館	陳必卿
賴艷秋	二水臺灣獼猴生態教育館	賴艷秋
黃文光	二水臺灣獼猴生態教育館	黃文光
陳翠虹	二水臺灣獼猴生態教育館	陳翠虹
洪儷庭	二水臺灣獼猴生態教育館	洪儷庭
陳富美	二水臺灣獼猴生態教育館	陳富美
蔡宗佑	奧萬大國家森林遊樂區	
廖慶森	奧萬大	
吳瑞結	奧萬大	
蔡石麗	南投林區管理處	蔡石麗

奧萬大森林遊樂區生態池解說教育訓練 19日 早上

簽到表

姓名	服務單位	簽到
余月珠	二水臺灣獼猴生態教育館	
伍勁健	二水臺灣獼猴生態教育館	伍勁健
張錫棟	二水臺灣獼猴生態教育館	張錫棟
王德義	二水臺灣獼猴生態教育館	王德義
簡宗熙	南投處奧萬大	簡宗熙
陳錫揚	南投處奧萬大	陳錫揚
曾曜霖	南投處奧萬大	曾曜霖
黃子亮 李秀霞	南投處奧萬大	黃子亮
賴正瑤	南投處奧萬大	賴正瑤
何采青	南投林區管理處	何采青
林正瑜	南投處奧萬大	
邱國賓		
羅玉湫	南投處奧萬大	羅玉湫

李秀霞 = 水
柳美玲 = 水

盧嘉翠
柳美玲

蔡有傳	南投處奧萬大	蔡有傳
蘇淑美	南投處奧萬大	蘇淑美
江錦雲	南投處奧萬大	江錦雲
楊麗蓉	南投處育樂課	楊麗蓉
姜碧惠	南投處育樂課	姜碧惠
陳必卿	二水臺灣獼猴生態教育館	陳必卿
賴艷秋	二水臺灣獼猴生態教育館	賴艷秋
黃文光	二水臺灣獼猴生態教育館	黃文光
陳翠虹	二水臺灣獼猴生態教育館	陳翠虹
洪儷庭	二水臺灣獼猴生態教育館	洪儷庭
陳富美	二水臺灣獼猴生態教育館	陳富美
蔡宗佑	奧萬大國家森林遊樂區	蔡宗佑
廖慶森	奧萬大	廖慶森
吳瑞結	奧萬大	吳瑞結

南投如育樂課 蔡碧蓉

附錄八 第二梯次參訓學員名錄

姓名	服務單位	職稱
吳佩芳	南投林區管理處 會計室	課員
莊麗馨	南投林區管理處	工友
何秋芬	南投林區管理處 秘書室	課員
蔡錦梅	南投林區管理處 秘書室	課員
洪志中	南投林區管理處 治山課	技士
高孟榛	南投林區管理處 埔里工作站	約僱護管員
林健勇	南投林區管理處 埔里工作站	技術士
李浚生	南投林區管理處 埔里工作站	技術士
王之珩	南投林區管理處 竹山工作站	技術士
余佩珊	南投林區管理處 丹大工作站	技士
胡曉琅	南投林區管理處 丹大工作站	主任
賴佳郎	南投林區管理處 丹大工作站	技術士
卓孝娟	南投林區管理處 作業課	技士
王智弘	南投林區管理處 作業課	技士
汪明學	南投林區管理處 水里工作站	技術士
梁志義	南投林區管理處 水里工作站	技術士
楊義忠	南投林區管理處 水里工作站	技術士
呂桂琴	南投林區管理處 人事室	課員
余政貞	南投林區管理處 人事室	技術士
王浩羽	南投林區管理處 育樂課	約僱護管員
陳彩銀	南投林區管理處 秘書室	課員
簡綱欣	南投林區管理處 林政課	技正
賀秀英	南投林區管理處 秘書室	課員
陳國鈿	南投林區管理處 林政課	課員
劉雪莉	南投林區管理處 育樂課	課員
陳啟榮	南投林區管理處 育樂課	課長
蕭月娟	南投林區管理處 育樂課	課員
李志宏	南投林區管理處 竹山工作站	技術士
李秀霞	二水臺灣彌猴生態教育館	志工

附錄九 第二梯次參訓學員簽到紀錄

奧萬大森林遊樂區生態池解說教育訓練 11/6 上午

簽到表

姓名	服務單位	職稱	簽到
吳佩芳	南投林管處會計室	課員	吳佩芳
莊麗馨	南投林管處	工友	莊麗馨
何秋芬	秘書室	課員	何秋芬
蔡錦梅	秘書室	課員	蔡錦梅
洪志中	南投林管處治山課	技士	洪志中
高孟榛	埔里工作站	約僱護管員	高孟榛
林健勇	埔里工作站	技術士	林健勇
李浚生	埔里工作站	技術士	李浚生
王之珩	南投林管處 竹山工作站	技術士	王之珩
余佩珊	南投林區管理處 丹大工作站	技士	余佩珊
胡曉琅	南投林區管理處 丹大工作站	主任	胡曉琅
賴佳郎	南投林區管理處 丹大工作站	技術士	賴佳郎
卓孝娟	南投處作業課	技士	卓孝娟
王智弘	南投處作業課	技士	王智弘
郭玉鈴	台中站	技正	
汪明學	水里工作站	技術士	汪明學

梁志義	水里工作站	技術士	梁志義
楊義忠	水里工作站	技術士	楊義忠
呂桂琴	人事室	課員	呂桂琴
董藜	育樂課	技正	
余玫貞	人事室	技術士	余玫貞

育樂課

育樂課

秘書室

志 工

林政課

育樂課

竹山站

志 工

蔡若毫

王浩羽

陳新銀 賀香英

羅玉淑

簡桐欣

陳國鈞

劉雪莉 陳啓榮

黃月娟

李友宏

李香霞

奧萬大森林遊樂區生態池解說教育訓練 11/6 下午

簽到表

姓名	服務單位	職稱	簽到
吳佩芳	南投林管處會計室	課員	
莊麗馨	南投林管處	工友	莊麗馨
何秋芬	秘書室	課員	何秋芬
蔡錦梅	秘書室	課員	蔡錦梅
洪志中	南投林管處治山課	技士	洪志中
高孟榛	埔里工作站	約僱護管員	高孟榛
林健勇	埔里工作站	技術士	林健勇
李浚生	埔里工作站	技術士	李浚生
王之珩	南投林管處 竹山工作站	技術士	
余佩珊	南投林區管理處 丹大工作站	技士	余佩珊
胡曉琅	南投林區管理處 丹大工作站	主任	胡曉琅
賴佳郎	南投林區管理處 丹大工作站	技術士	賴佳郎
卓孝娟	南投處作業課	技士	卓孝娟
王智弘	南投處作業課	技士	王智弘
郭玉鈴	站	技正	
汪明學	水里工作站	技術士	汪明學

梁志義	水里工作站	技術士	梁志義
楊義忠	水里工作站	技術士	楊義忠
呂桂琴	人事室	課員	呂桂琴
董秦	育樂課	技正	
余玖貞	人事室	技術士	余玖貞

育樂課
49山站

約僱護管員

王志明

李志宏

蔡培基

林政課 技正

簡國欣

南萬大志工

李秀霞

附錄十 奧萬大國家森林遊樂區生態池解說教育訓練講義



奧萬大國家森林遊樂區
生態池解說教育訓練



時 間：96年10月18、19日
地 點：奧萬大國家森林遊樂區
主辦單位：行政院農業委員會林務局南投林區管理處
華梵大學 環境與防災設計學系
協辦單位：華梵大學 山坡地永續發展研究中心

目錄

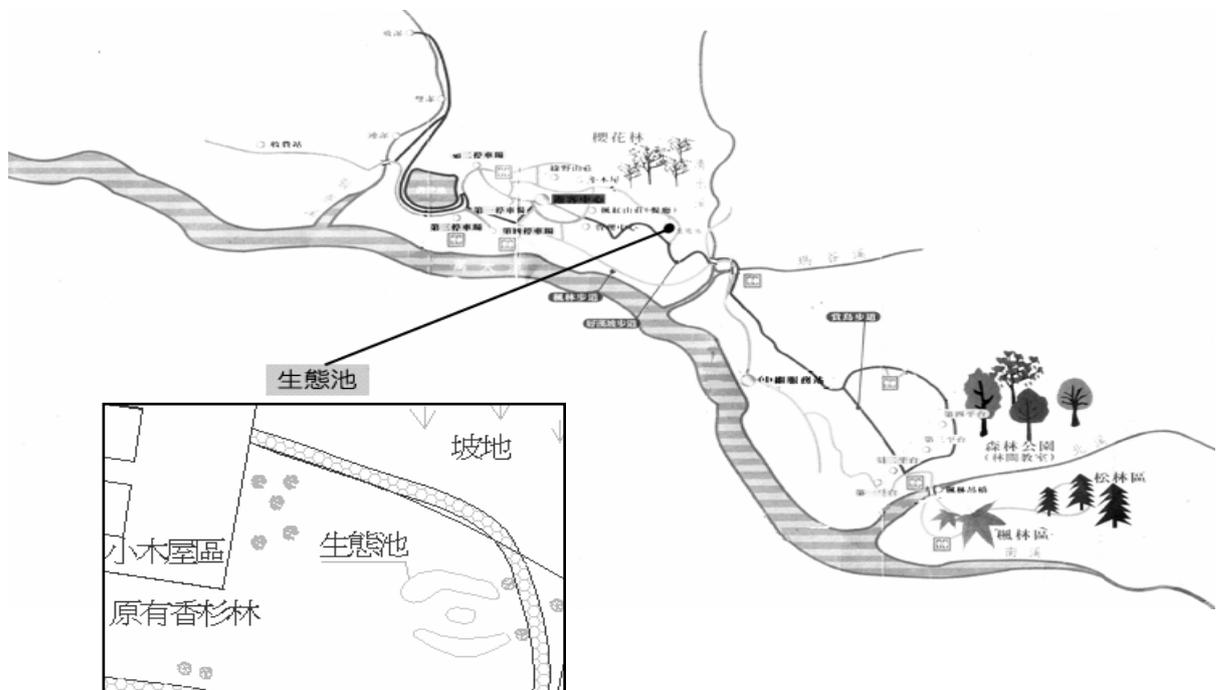
奧萬大人工生態池建置過程.....	賴玉菁... 1
台灣溼地之外來種與影響.....	張睿昇... 7
溼地生態與維護管理.....	張睿昇...13
奧萬大兩棲爬行動物導覽.....	毛俊傑...19
奧萬大溼地生態池調查與監測.....	賴玉菁...24
水棲昆蟲導覽.....	吳尚穎...27
人工溼地防滲工法探討.....	張文賢...31

奧萬大人工生態池建置過程

賴玉菁¹ 張文賢²

1. 華梵大學環境與防災設計學系專任副教授
2. 愛魚生態工程有限公司

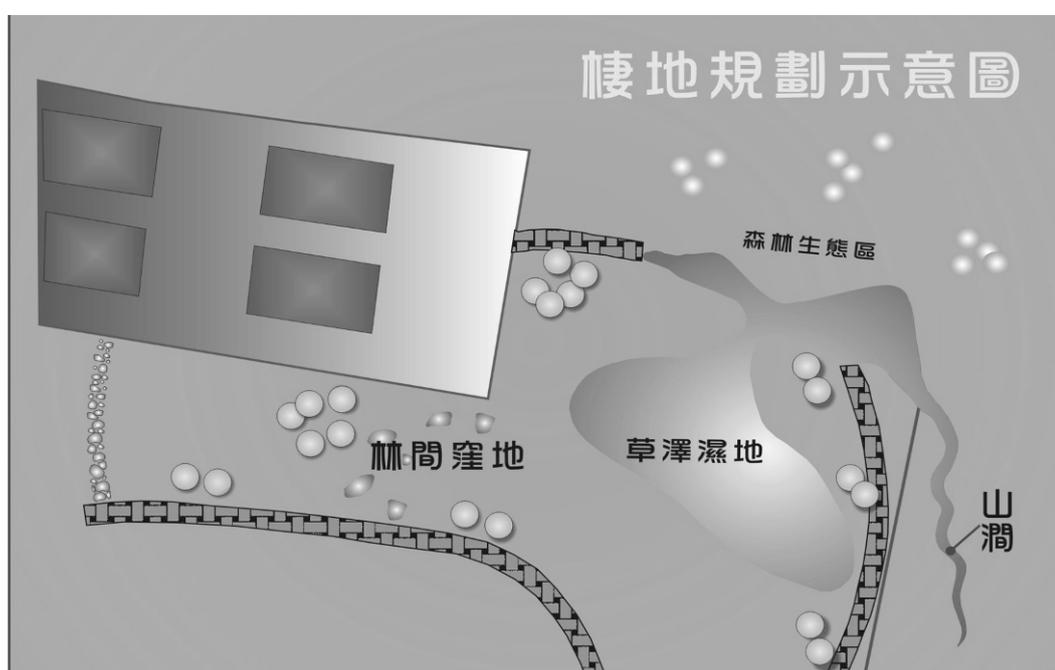
奧萬大國家森林遊樂區海拔高度介於 1,100~2,600 公尺之間，東臨馬軍山，西臨萬大地區，南接萬大溪，北與馬海僕富士山為界；區內有腦寮溪、清水溪、瑪谷溪、萬大南北溪等大小溪流穿越，原本就是一個生物多樣性極高的森林環境。在遊樂區內，原先設置有一組水池，海拔約在 1,280 公尺。水池包括一個圓形水池和兩個彎月形小水池，位在園區的櫻花林內，靠近遊客主要的住宿、餐飲區域，但不直接緊鄰，水池北面臨一個天然闊葉林緩坡，中間有步道連接到住宿餐飲區，西邊周圍主要的林相為人工香杉林，南面為大面積的草生地，東南面有一個水塔，是遊樂區的重要水源供應來源，由於水池所在地地勢較低，因此水池主要的水源來自水塔的溢流水。這一個水池原先是垂直水泥壁面之的簡易的人工景觀水池，偏離生態概念的營造方式不但無法融入當地生態系統中，更使野生動物不易親近，在國家森林遊樂區內，尤其不適合。有鑑於此，南投林管處育樂課於 2005 年中提出生態池的改造計畫。



生態池改造計畫以模擬台灣中海拔原生溼地生態為目標，確切的目標包括：

1. 以生態保育為主的設計理念為主軸，改善現有人工水池，營造適合生物生存的濕地環境。
2. 改善後的生態池，須兼顧森林遊樂區所提供的濕地復育、生態保育及景觀遊憩等功能。
3. 建立適合當地濕地生態導覽系統的規劃建議。

改建後的生態池，除了能改善原有水池單調的景觀之外，更創造了新的濕地環境，不但可以提供溼地物種重要的棲息環境，並且增加園區景觀多樣性，提供了更多生態教育的功能。企盼在合乎生態原則的施作概念下，使生態池改頭換面，成為具備生態保育、景觀遊憩與環境教育等多功能的溼地環境。



生態水池從創建到現在，已經有很多物種先後進駐。其中，兩棲類共發現 3 科 9 種(表 1)，包括蟾蜍科的磐古蟾蜍(*Bufo bankorensis*)、赤蛙科的腹斑蛙(*Rana adenopleura*)、拉都希氏赤蛙(*Rana latouchii*)、梭德氏赤蛙(*Rana Sauteri*)、斯文豪氏赤蛙(*Rana swinhoana*)、以及樹蛙科的面天樹蛙(*Chirixalus idiootocus*)、白領樹蛙(*Polypedates megacephalus*)、莫氏樹蛙(*Rhacophorus moltrechti*)與日本樹蛙(*Buergeria japonica*) (圖 1-2)。所有兩棲類調查物種，以莫氏樹蛙、日本樹蛙、拉都希氏赤蛙與磐古蟾蜍最先出現，緊接在後的是面天樹蛙，白領樹蛙、腹斑蛙與斯文豪氏赤蛙等大型蛙類則從 5 月開始出現自水池工程施作完畢後依序進入，與各物種紀錄之繁殖季節大致吻合，顯示水池的建置已經提供兩棲類重要的棲息環境與繁殖場所。

表 1 「奧萬大國家森林遊樂區人工生態池濱水區地棲型動物行為監測計畫」

生態水池兩棲類物種名錄

科名	物種	學名	英名	保育等級*
	莫氏樹蛙	<i>Rhacophorus moltrechti</i>	Moltrecht's Treefrog	珍貴稀有 (台灣特有種)
樹蛙科 Rhacophoridae	白領樹蛙	<i>Rhacophorus megacephalus</i>	White Lipped Treefrog	
	日本樹蛙	<i>Buergeria japonicus</i>	Japanese Buerger's Frog	
	面天樹蛙	<i>Chirixalus idiootocus</i>	Meintein Treefrog	(台灣特有種)
赤蛙科 Ranidae	拉都希氏赤蛙	<i>Rana latouchii</i>	Latouche's Frog, Kuantun Frog	
	斯文豪氏赤蛙	<i>Rana swinhoana</i>	Swinhoe's Frog	
	腹斑蛙	<i>Rana adenopleura</i>	Olive Frog	
	梭德氏赤蛙	<i>Rana sauteri</i>	Sauter's Frog	
蟾蜍科 Bufonidae	盤古蟾蜍	<i>Bufo bankorensis</i>	Central Formosan toad	



(a) 莫氏樹蛙 (*Rhacophorus moltrechti*)



(b) 磐古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*)



(c) 日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)



(d) 日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)



(e) 面天樹蛙 (*Chirixalus idiotocus*)



(f) 梭德氏赤蛙 (*Rana Sauteri*)

圖 1 「奧萬大國家森林遊樂區生態池」兩棲類調查物種照片(1)



(a)斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*)



(b) 斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*)



(c) 拉都希氏赤蛙 (*Rana latouchii*)



(d) 腹斑蛙 (*Rana adenopleura*)



(e)白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)



(f) 白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)

圖2 「奧萬大國家森林遊樂區生態池」兩棲類調查物種照片(2)

動物相調查結果全區共發現物種 13 科 20 種，扣除鳥類後包括地棲與哺乳動物物種共 10 科 13 種。包括台灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、臺灣野兔(*Lepus sinensis formosanus*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、刺鼠(*Niviventer coxingi*)、鼬獾(*Melogale moschata subaurantiaca*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica davidiana*)、穿山甲(*Manis pentadactyla pentadactyla*)、臺灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)、長鬃山羊(*Capricornis crispus swinhoei*)與山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*)等哺乳動物；與藍腹鵲(*Lophura swinhoii*)、深山竹雞(*Arborophila crudigularis*)與竹雞(*Bambusicola thoracica*)等地棲型物種 13 種。除此之外，自動相機亦零星記錄到台灣藍鵲(*Urocissa caerulea*)、松鴉(*Garrulus glandarius*)、檜鳥(*Garrulus glandarius*)、白喉笑鵲(*Garrulax albogularis*)、藪鳥(*Liocichla steeri*)、紫嘯鵲(*Myiophoneus insularis*)與虎鵲(*Zoothera dauma*)等鳥類 7 種。其中，台灣獼猴、山羌以及藍腹鵲、檜鳥、藪鳥、白喉笑鵲與紫嘯鵲等為保育類物種，台灣獼猴與山羌為台灣特有種。人工濕地周圍的發現的物種種類和其他遊樂區內其他天然林發現的物種並沒有太大的差異，顯示水池對整體生態系而言，並沒有太大改變。

台灣溼地之外來種與影響

張睿昇

育達商業技術學院休閒事業管理系助理教授

一、外來種的定義及其特性

A. 何謂外來種 (Exotic species, alien species)

- **外來種**：係指由人為主動或間接引入，出現於自然分佈範圍以外的種。某些外來種，尚可在自然或半自然生態系中，建立能持續繁衍的族群，進而改變或威脅入侵地的生物多樣性(資料來源：IUCN 網頁，<http://www.iucn.org/themes/ssc/pubs/policy/invasivesEng.htm>)。換句話說，外來種生物可以以自體移動，或經由貿易、運輸、旅行等人類活動，無意或被有意地帶離原棲地，進入新的活動區域，並存活及產生下一代。
- **入侵種 (invasive species)**：經由人類活動，一物種離開原棲地進入新環境，順利存活、繁殖後，對新棲地原生種、環境、農業或人類造成傷害稱之。
- **歸化種**：經過評估引進的外來種植物，經過一定時間，產生適應本地形態的新品系稱之。

B、外來種的來源

- 島外 (國外)：如大陸畫眉、紅耳龜、美洲螯蝦、福壽螺、非洲慈鯛。
- 天然分布地之外：西部溪哥放流至東部，南部壁虎擴散至北部。

C、分布途徑

- 自然分布區域的擴大，例如西部白頭翁入侵東部
- 人為引入：非刻意：輪船壓倉水、船運貨物、車輛、動物身體
刻意：i. 放生：宗教行為。
ii. 放流：人工增殖：食物、蔬果、經濟動物
生物防治：衛生用昆蟲、魚

D、外來種侵略成功的條件

- 相似的環境條件
- 缺乏天敵和競爭對手
- 適當的餌料生物
- 較強的繁殖力和環境適應力

E、外來物種的特性

- 繁殖速度快，散播能力強
- 存活率高
- 適應環境能力佳（耐寒，抗熱等）
- 沒有天敵
- 具有特殊化學物質（抑他作用）
- 沒有經濟價值？

二、台灣溼地中的外來物種及其特性

A、動物

(一)福壽螺 (*Ampullarium insularum*)

俗稱蘋果螺、金寶螺，原產阿根廷，1979年引進台灣作為食用螺類，並於次年開始大量推廣養殖，但因肉質不佳，養殖業者求售無門，因此紛紛棄養，造成水稻等經濟作物重大危害。

(二)美國螯蝦 (*Procambarus clarkii*)

原由水族業者引入做為觀賞用，因繁殖力驚人，頻遭棄養放生。但因適應環境能力很強，近來各處農村稻田常發現其蹤跡；而螯蝦的利爪會剪斷農民插植的秧苗，且喜挖洞躲藏，造成水田漏水及嚴重的作物損失。

(三)牛蛙 (*Rana catesbeiana*)

赤蛙科，是台灣蛙類唯一的外來種類，因叫聲似牛而得名。原產美國東部及南部，由養殖場逸出或放生至野外，體大型會捕食他種蛙類，蝌蚪會捕食同類或他種蝌蚪。

(四)吳郭魚 (*Tilapia sp.*)

屬於慈鯛科的魚類，具有口孵及照顧幼魚的特性。生性兇猛，會捕食其他魚種的幼魚，在生殖季節有其獨特的築巢領域行為，對環境適應力強且耐污染，成為各水域中最強勢的魚種之一。由於與原有的淡水魚類競爭食物及生存的空間，易造成原生魚種的消失，且因會在底泥上挖掘凹洞築巢，造成水生植物無法著根、生長不良。

(五)琵琶鼠 (*Hypostomus sp.*)

棘甲鯰科，俗稱垃圾魚，原分布南美洲，亦由水族飼養所遺棄。主要生活於水流緩慢之水域底層、環境適應力強、可生活在優養化及污染嚴重之水域。雜食性、嗜食附著性藻類、有機碎屑、會吸食行動緩慢或受傷之魚的傷口使之死亡，幾乎無以牠為食的天敵。

(六)大肚魚 (*Gambusia affinis*)

鱒魚科，屬卵胎生，原分布美國中部，為蚊子幼蟲孑孓的天敵。1913年（一說1911年）為控制瘧蚊由夏威夷引進。喜生活於靜水池塘或緩流之表層以小型昆蟲為食、耐污染。

(七)紅耳泥龜 (*Trachemys scripta elegans*)

俗名巴西龜，原分布於美國中部至墨西哥灣，頭後兩側各有一塊明顯的紅斑，故名。會大量捕食小型魚、貝及蛙類的卵及蝌蚪，如此將使部份水域的生態系因整個食物網瓦解而崩潰。

B、植物

(一)大萍 (*Pistia stratiotes*)

天南星科，又稱水芙蓉，原產南美洲，為園藝業者所引進，繁殖力強，常長滿水面、淤塞河道。

(二)粉綠狐尾藻 (*Myriophyllum aquaticum*)

小二先草科，原產中國大陸及歐洲，為水族業者所引進，繁殖力強。

(三)布袋蓮 (*Eichhornia crassipes*)

兩久花科，由巴西引進作為觀賞之用，繁殖迅速、適應力強，常大量生長阻塞河道。尤其是布袋蓮在缺少水分的時候，原本莖部膨大的通氣組織會萎縮，莖向上抽長。原本懸浮於水中的根也會向下固著於泥土中，由浮水植物轉變為挺水植物。

(四)人厭槐葉萍 (*Salvinia* sp.)

槐葉萍科，又稱速生槐葉萍，葉型較原生槐葉萍大，生長迅速及競爭力也較本土種的槐葉萍強，在野外對原生槐葉萍造成不小的影響，因此稱它「人厭槐葉萍」。

三、外來物種的管制與防治

人類活動是引進入侵種的最主要原因，入侵種一旦在生態系中立足，便難以驅除。因此對於入侵物種，特別是較強勢的物種，在人工溼地的環境管理上便必須以較積極的態度進行處理；此外，遊客的教育宣導亦是重要的管理方法之一。

溼地中常見的外來入侵種可區分為植物與動物兩大類，依個別物種、危害情形及管理方法等，分別簡介如表一及表二所示。

參考文獻：

張文賢、柯淳涵、張睿昇、林幸助、劉淑蕙、林仲剛、戴永禎、林思民、廖孟儀、吳尚穎、張瀚元、廖明誠及黃兆鎮，2005。建立人工溼地設置與操作作業程序及技術之研究，行政院公共工程委員會，417pp。

表一、入侵種的危害與管理方法—動物篇

物種	危害情形	管理方法
福壽螺	<p>1.原為應食物需求而大量引進，因肉質不適口而遭棄養，適應力強且繁衍迅速，已入侵全省平原地帶水域。</p> <p>2.食性廣且食量大，所到之處，水草或水生作物幾乎被啃食殆盡，已造成慘重的農業損失。</p> <p>3.農民為撲殺福壽螺而大量施用農藥，間接也造成水域中其他生物(如水昆、魚、蝦及蛙類等)的死亡。</p>	<p>1. 非生物性防治法： (1)可施用無殘留性的化學物質，如茶粕。 (2)小面積的溼地，可利用誘捕法等人工作業清除之。</p> <p>2. 生物性防治法： (1)可引入黃鱔、塘虱等原生魚種，以抑制福壽螺類數量。 (2)植栽選種時，可考慮福壽螺較不喜攝食的物種。 (3)青魚(俗稱烏鯰)以螺類為主食，因此可能適用於控制福壽螺的族群。但是除非經過審慎的評估，不建議引入這類外來的大型鯉科魚種。</p>
吳郭魚	<p>1.原為應食用需求而引進，經大力推廣而入侵全省平原地帶水域。</p> <p>2.具雜食性、適應力強，以及護卵、護幼的競生優勢，直接威脅了水域中各式原生的水生動植物。</p>	<p>只要有一對吳郭魚進入溼地系統中，除非將池水放乾曝池，否則幾乎沒有任何對策可以將牠們完全移除。</p>
螯蝦	<p>1.原為水族業者引進的玩賞寵物，逸出至野外後，迅速入侵全省平原地帶水域。</p> <p>2.為性情兇殘的雜食性甲殼類，任何可以到手的獵物都不放過，原生的水草、魚蝦無一倖免。</p> <p>3.喜掘洞破壞田埂，許多寶貴的灌溉水資源因而流失。</p>	<p>1.施用培丹粒劑等化學方法，可獲得一定的防治成效，惟對於溼地生態的衝擊太大，不建議使用。</p> <p>2.小面積的溼地可利用誘捕等人工作業方式抑制數量。</p>
巴西龜	<p>1.適應力強且具攻擊性，食性廣而成長快速，易於在野外建立優勢的族群，而取代原生龜鱉動物。</p> <p>2.食性極廣且食量大，原生的水草、魚蝦均可列為它的菜單。</p>	<p>1.須嚴格禁止放生的行為，特別是宗教團體的大量放生。</p> <p>2.可利用陷阱捕捉，能稍抑制其族群數量，惟不易完全移除。</p>
大肚魚	<p>1.1911年為控制虐疾病媒蚊而大規模放養，適應力強且繁衍迅</p>	<p>1.請勿再宣導以大肚魚進行病媒蚊控制，許多原生魚種均可取而代之</p>

	<p>速，已入侵全省平原地帶水域。</p> <p>2.與原生的青鱗魚棲位相似，已取而代之成為上層水域的優勢種，使青鱗魚瀕臨絕跡。</p>	<p>之。</p> <p>2.欲完全移除並不容易，需將池水放乾曝池。</p>
琵琶鼠	<p>1.原為水族業者引進的觀賞魚，逸出至野外後，迅速入侵全省平原地帶水域。</p> <p>2.食性廣泛且食量大，抗污性強，親魚擁有護卵的習性，加上完全沒有天敵與漁獲的壓力，因此成為部份水域中極為優勢的品種，大量啃食原生水生植物。</p>	<p>只要有一對琵琶鼠進入溼地生態系中，除非將池水放乾曝池，否則幾乎沒有任何對策可以將牠們完全移除。</p>

表二、入侵種的危害與管理方法—植物篇

物種	危害情形	管理方法
布袋蓮	<p>1. 因其美豔的花形花色而被引進，繁殖力驚人而迅速擴及全省平原地帶水域，其種子壽命可長達廿年，不易清除。</p> <p>2. 其強勢的繁殖力直接壓迫了原生水生植物的生存，過高的覆蓋度易造成水體的厭氧狀況；此外，其呼吸蒸散作用較正常水域高出 2~8 倍，造成水資源的額外損耗。</p>	<p>1. 非生物性防治：不建議施用殺草劑，大面積溼地可設置浮阻設施，配合人工或機械清除之；小面積溼地可直接以人工作業撈除之。</p> <p>2. 生物性防治：可考慮引入布袋蓮象鼻蟲及布袋蓮螟蛾等天敵生物，於世界其他國家的防治效果良好，且這類天敵的專食性極高，不易造成二次生態污染（施劍縈，2001）。</p>
水芙蓉	<p>1. 可行無性繁殖，能迅速覆蓋大面積的水域，易堵塞水道並消耗水中溶氧。</p> <p>2. 性喜高溫，在南部地區的危害較嚴重，已取代許多原生水生植物成為優勢種。</p>	<p>不建議施用殺草劑，大面積溼地可設置浮阻設施，配合人工或機械清除之；小面積溼地可直接以人工作業撈除之。</p>
人厭 槐葉蘋	<p>1. 可行無性繁殖，能迅速覆蓋大面積的水域，易堵塞水道並消耗水中溶氧。</p> <p>2. 迅速入侵全省平原地帶水域，已取代許多原生水生植物成為優勢種。</p>	<p>不建議施用殺草劑，大面積溼地可設置浮阻設施，配合人工或機械清除之；小面積溼地可直接以人工作業撈除之。</p>
小花 蔓澤蘭	<p>1. 素有「綠癌殺手」的惡名，蔓延速度快，被覆蓋的植物常因光線不足而減弱光合作用，造成大面積的植物體死亡。</p> <p>2. 繁殖能力驚人，每平方公尺平均可播散 17 萬顆種子。</p>	<p>1. 生物性防治法：可考慮引入蔓澤蘭綿蚜、大麗燈蛾等原生的專食性天敵，昆蟲性天敵應為最具前瞻性的防治方法。（陳滄海等，2003）</p> <p>2. 非生物性防治法：發現幼苗時應立即以人工拔除。</p>

資料來源：張文賢等人（2005）

溼地生態與維護管理

張睿昇

育達商業技術學院休閒事業管理系助理教授

良好的規劃、設計與施作只是一個優質人工溼地的開端，為使計畫能有效的執行，兼顧未來的中長程發展，須建構一套完善的維護管理機制，藉以執行長期的推動運作，方能使人工溼地環境維持在一較穩定的生態系統。

一、維護管理的原則

(一) 低維護管理的人工溼地設計原則

一個完整的生態系，各物種間的關係環環相扣，透過系統中每一物種所扮演的角色、食物網中能量的交流，以及各種循環的進行等，可達到一種動態的平衡並具有多樣化的動植物相、棲地型態及微氣候環境，並可減少不良的疫病大面積傳染。一個成功的人工溼地亦是如此，是個低維護管理的生態環境。

維護管理的作業從規劃設計階段就要考量，預期並容許生態系統自我調節所造成的效應，拿捏維護管理作業介入生態系發育過程中的強度與時間，並透過人工溼地評估模式的監測，適度調節景觀遊憩與教育解說活動的干擾強度。

(二) 適度的干擾可維持溼地生物多樣性

棲地整理對於小型動物如昆蟲、兩棲類、爬蟲類、鳥類和小型哺乳類的干擾較大，就生態的觀點而言，放任其自然演替，沒有人為干擾的人工溼地更具生態保育的價值。但若改採教育解說的觀點論之，缺乏適度的維護管理，將使人們難以清楚地清楚地瞭解展示的內容。

適度的干擾有助於維持環境中的生物多樣性，景觀在無干擾的情況下，內部會趨於均質化，適度的干擾可使內部的異質性增加，包含了物種與棲地的多樣化。然而不當的干擾，如不當時機的干擾或過於頻繁的干擾，可能會造成人工溼地的棲地品質下降。

二、人工溼地的生態化經營管理

為輔助人工溼地朝向生物多樣性的目標發展，須採用生態式的經營管理，以維持植生及微棲地的多樣化發展。其經營管理的重點如下：

(一) 給予系統發育的時間

從濕地構築完成後的起始條件，演替發育到模擬目標生態系所需的穩定態，應給予系統足夠的時間來發育。

(二) 容許大自然的自我組構參與

給予溼地生態系更多的可能性，讓大自然參與設計與發育，多樣化的播種計畫或移植計畫，有助於加速潛在植被的引入；建立開放度較高的水文系統，有助於釋放溼地的訊息流，吸引遷徙性高的動物進駐，提昇基地的物種豐度。自然可同時選擇它自己所需之生物種類，並給予保育類物種生存的機會。

(三) 生態化經營管理模式

為使溼地朝向原設計的生物多樣性目標發展，應依棲地屬性的不同而擬訂合適的管理作法，如表一所示。

表一、溼地的生態化經營管理模式 (林曜松等, 1988)

對象	目標	方法	注意事項
土壤	維持適合水生植物生長的基質條件	1.適時投入有機質如堆肥等 2.可適量引入生活污水補充營養源	部份區域可適時翻耕，活化底棲生物的環境
水文	善用週期性水文變化來管理溼地	1.匯入降雨逕流，補充水源 2.適時補注地下水層及下游水體的耗用 3.提供週邊植生帶的澆灌水源	應配合自然界的水文律動
濱水林木帶及陸島	1.提供動物餌食及棲息空間 2.發揮緩衝綠帶功能	1.保留懸垂於水面的植條 2.密度過高應予疏伐，以維持植栽的多樣性 3.外來植物應予清除	管理作業應避開動物敏感期
草澤植生帶	維持不同型態的植生多樣性	1.容許潛在植被參與棲地的演替 2.強勢物種應適時疏拔，特別針對體型較大的高莖挺水植物	植生多樣性為棲地多樣性的重要基礎
枯木	增加微棲地多樣性	1.保留枯立木作為營巢空間 2.聚集枯倒木堆砌成多孔隙空間	避免因景觀需求移出溼地外
落葉	土壤腐植質的補充	1.林下落葉層可任其自然 2.路緣的落葉可集中為堆肥	落葉層常成為昆蟲及爬蟲的棲息空間

三、穩定狀態下的操作

人工溼地屬於「生態系統」，其經營須依循自然的變動與演替，且不需要介入過多的人為管理。所包含的主要操作流程是水位調控設備。經營者必須是觀察敏銳的，當問題產生時，採取適當的動作，並實施必要的操作監測。

(一) 水體水面和水流控制

水體水面和水流控制通常是唯一的操作差異，對於設計良好所建構的溼地其執行上會有重要的影響。水體水面的改變影響了溼地水分的滯留時間、大氣中的氧氣擴散入水裡的狀態和植物的覆蓋等。

(二) 水流一致性的維持 (Maintenance of Flow Uniformity)

藉由入流口和出流口的調整設備來維持通過溼地水流的一致性對於達到預期處理執行效果是非常重要的。入流口和出流口的支管應該要例行的檢查，規律的調整，並清除那些可能阻塞入流口和出流口的碎屑，水堰和隔板上的碎屑和細

菌生物膜的去除是必要的。此外，浸水的入流口和出流口支管要週期性的沖洗，必須時得輔以高壓水流噴霧和機械方式的沖洗。入流的懸浮固體會累積在溼地入流口附近。這些累積物會降低水力遲滯時間，故須要加以去除。植物浸潤底床系統在沒有排放和移除這些介質的情況下，無法輕易的去除爛泥。因此，植物浸潤底床系統較不適用於處理高懸浮固體負荷的廢水。

(三) 植栽管理 (Vegetation Management)

溼地植栽的例行維護是不需要系統操作的設計參數和精確地植栽底部深度控制。溼地植物群落是自我維持的，並且每年都會有生長、死亡和再生長。在適當的環境下（例如：在植物生理範圍內的深度），植物會自然的分佈到未植栽的地區，並且取代那些環境壓力大的區域。

在植栽管理上其主要的目標乃是維持那些打算在溼地所計畫栽種的植物群落。上述目標的達成需藉由符合的預處理操作流程、不常改變的水體水面，合適的收穫用植物。當植物的覆蓋出現了缺陷，改善覆蓋的管理活動包括水體水面的調整，減少負荷等行動要加以執行。

收穫和枯枝落葉的移除依照系統的設計可能是需要的。部分溼地植物的移除，為了處理的目標，可能是需要的，但一個設計良好和操作良好的植物浸潤底床系統應該不需要例行的收割。

(四) 氣味控制 (Odor Control)

氣味的控制可透過溼地的污染負荷控制加以抑制。由開放水體地區所散發出有氣味的化合物往往與溼地的厭氧狀況有關，大都與有機質分解所產生的含氮物質及硫化氫氣體所造成，因此，減少有機物和氮負荷可以控制氣味。也就是說，整個植栽地區的有氧開放水體會引導氧氣進入系統地區，可有效提高系統的溶氧值。若建構的溼地無法去除硫化氫等成分時，將容易造成嚴重的氣味問題，使溼地的水域環境走向一灘死水的困境。

四、人工溼地內的能量移除方式

不同功能訴求的人工溼地，其營養鹽供應模式略有差異。人工溼地的營養鹽循環，最初來自於水體外（污水流入或肥料供給），經由生化循環後進入各營養階層；若有營養鹽過多的狀況，通常會累積在增生的優勢植物族群與高階消費者體內。溼地內的營養鹽累積過多，容易造成溼地趨向演替末期狀態，使溼地喪失其訴求功能。

高階消費者如鳥類，在溼地活動後所獲取的能量，會隨之帶離溼地範圍內；大型溼地環境中的魚類，可借由每年定期開放民眾參與的漁撈期，將魚蝦類捕撈離開溼地水體，達成高階消費者端的能量移除；如以景觀呈現為主的小型溼地中優勢的植群，同樣可進行定期植物體清除，將過多的能量削減，使環境內的質能流循環趨於穩定。

(一) 人工溼地內推移帶雜草植物的去除

雜草植物通常以禾本科與莎草科植物組成，競爭力強且不易去除，建議盡量少用除草劑處理；若面積不大，在這類植物開花之前以人力清除即可，避免種子散佈而再次引起困擾。此外，亦可利用前文所提的周期性水位消長管理，經過水位高度的調控，使此類陸生植物經水漫淹而死亡。

(二) 人工溼地內藻類的去除

藻類的色澤及外型差異很大；依藻類的生長方式不一，有些漂浮在水中，有些則附著在其他生物或無生物體上生活，其中又以絲狀藻中的水綿佔絕大部份。由於藻類對於太陽能利用效率高、生長繁殖迅速、對環境的適應性強等特性，過度生長後所造成的水域景觀與水質的改變，常成為人工溼地維護管理的頭痛問題。

造成藻華的原因與水域內累積過多的硝酸鹽及磷酸鹽有密切的關係，當水中總磷超過0.015mg/L，氮超過0.3mg/L 時，藻類便會大量繁殖。而大量繁生的藻類對人工溼地所造成的不良影響主要為：

- (1) 由於藻類數量太多，在夜間行呼吸作用時會消耗大量的氧氣，造成溶氧量不足，導致水域內的生物缺氧而死亡。
- (2) 藻體死亡被微生物分解，分解時耗用大量氧氣並造成水質惡化，直接衝擊水域生物的生存空間。

國內外處理藻華的方式大致可分為物理法（超音波除藻技術）、化學法（抑藻劑、植物萃取液施用等）、生態法、底泥污染控制法（清淤法、覆蓋法、固化法、曝氣法等）與直接撈除法等（如表二）。

表二、各種藻華去除的方法及其優缺點一覽表

除藻方式	功能描述	優點	缺點	
物理法	超音波除藻 (Tu et al., 2004)	利用頻率 18kHz 以上的音波，在適當頻率和強度的處理後，就可以嚴重抑制藻類生長。主要抑藻機制為破壞細胞壁、破壞液泡、破壞活性酶，影響細胞的生理生化活性，使藻類死亡。	高效、迅速、簡單、無二次污染。	可能造成水體內其他水生生物的傷害。
	覆蓋法 (李政道, 1985; 蘇利局, 1987)	在水域的 1/3 面積上設置人工浮島，減少光合作用，降低局部水溫、加速局部水流，抑制藻類細胞的生長。	若於藻類大量生長的早期使用，抑制水中藻類細胞數、水質透明度、葉綠素 a 等效果顯著。	1. 不適用於流水域環境。 2. 若水體覆蓋時間過長，會造成需強光的水生植物生長弱勢。
化學法	抑藻劑 (Duvall et al., 2001)	以氧化劑快速殺藻，並進一步氧化藻細胞損傷釋放的代謝物質和有毒有害物質，常用的除藻劑有硫酸銅、氯、二氧化氯、臭氧和高錳酸鉀等。	對封閉、不流動的水域內的藻類有十分優良的清除力。	1. 不適用於流動式水域。 2. 消滅藻類所造成的初級生產力下降，對環境生態可能造成嚴重影響。
	植物萃取液施用 (Nakai et al., 2000; Suzuki et al., 1998)	利用植物間相互作用 (Allelopathy) 所產生的次級代謝物質，抑制某些特定性的藻類生長。可用的有大麥、水稻、香蒲、金魚藻、芥薺、銀子菜、石龍尾等植物的萃取物。	各類型的溼地皆可施用，生態危害小且效果好、速度快。	1. 抑制物在植物的天然組織中較少，大量生產仍有困難，單價略高。 2. 不同種類的抑制物對水域生態的影響還有待進一步評估。
生態法	放養濾食魚種或利用植物資源競爭	利用水生生物對藻類的捕食或資源競爭作用，投入這些抑制性的生物，再定期捕撈或收割。常用鱖魚、鱣魚等濾食性的植食魚類，慈姑、菱角、芡白芩等植物控制藻類的生長。	所需費用便宜且可回收，同時可建立合理的水域生態循環。	1. 生物在減少藻類的同時，本身也會排洩相當量的營養物，代表同時有較大比例的營養物進入礦化循環而沒有真正被去除。 2. 生物控制物種常謹慎，避免引入外來物種而引起更大的生態危機。
底泥控制法	清淤法	將水體下富含營養鹽的底泥以機器撈除，避免營養鹽再度釋放。	屬治標的方式，小面積水域尚可使用。	1. 大面積水域的施作工程巨大且費用昂貴，底泥清出後又無法處理。 2. 在破壞了水體底部生物和水生植物環境，將深層底泥暴露後，使其中所含的氮磷溶解到水體中，完工初期會有一段時間的藻華問題。
	固化法 (劉志仁, 1995)	以鐵、鈣、鋁、矽、聚合硫酸鐵和氫氧化鈣等凝結劑投入水體內，與磷結合為低溶解度的化合物並沉積於底泥內。	對大面積且深水域的水體效果顯著。	1. 只能結合水體中溶解態的磷，其他形式的磷無效。 2. 在缺氧或氧化還原電位降低的條件下，這些化合物不穩定，會釋放出溶解態磷。 3. 凝結劑用於大面積水體時用藥量大，可能與水體中其他物質發生不利反應。
其他	直接撈除法	以人力或機械撈除藻類。	藻類生長狀態可直接控制，短期效果顯著。	大面積水域較不符合經濟效益；若在藻類大量繁殖後再去撈，工作量更大。

資料來源：張文賢等人(2005)

五、結論

適當的人工溼地管理與經營，可維護人工溼地環境中的生物多樣性、避免外來物種的入侵或是因過度的人為干擾導致提早陸化等，除可提高溼地的生態價值外，亦是永續經營中不可或缺的一環。

參考文獻：

張文賢、柯淳涵、張睿昇、林幸助、劉淑蕙、林仲剛、戴永禔、林思民、廖孟儀、吳尚穎、張瀚元、廖明誠及黃兆鎮，2005。建立人工溼地設置與操作作業程序及技術之研究，行政院公共工程委員會，417pp。

奧萬大兩棲爬行動物導覽

毛俊傑

國立宜蘭大學自然資源學系助理教授

一、何謂兩棲類？何謂爬行類？

當脊椎動物由水生的魚類開始朝著完全缺水的陸地生活拓展的時候，大自然這個演化的實驗室便創造了一群適應水與陸之間過渡生活型態的脊椎動物，這些脊椎動物以現代科學的分類角度來看，就是我們所說的兩棲類(Amphibian)與爬行類(Reptile)。

一般俗稱的蟾蜍、青蛙、蠉螈、山椒魚、娃娃魚以及蚓螈等都屬於兩棲類動物。兩棲類動物，顧名思義指的是在它的生活史中，必須經歷水生世代及陸生世代兩個時期，並且在水、陸世代間歷經“變態”的過程，以完成形態與生理上的轉換。這樣的變態過程，主要的意義在適應變態前後棲居地點的差異，例如理化因子及環境的介質不同與氧氣濃度的差異。生活於水中的幼體，歷經變態發育為成體後，就能在陸地上生活，這樣，既能保存先祖水棲時期的形態，又同時擁有多項陸棲脊椎動物的優勢。但是也因為這樣，兩棲類動物通常有裸露並且缺乏抗旱的角質化皮膚，無法阻止水分的散失，使得兩棲類變態後雖然可以離開水中生活，可是卻又不能離水太遠。

兩棲類主要可用尾巴及四肢的有無來分類：不具尾巴但有四肢的無尾目(Anura)，如蛙和蟾蜍，約有 3500 多種；同時具有尾巴及四肢的有尾目(Caudata)如蠉螈、山椒魚和娃娃魚，約有 350 餘種；以及有尾巴卻無四肢狀似蚯蚓的無足目(Apoda)如蚓螈，約有 160 多種(Pough et al., 1998)。

爬行類在演化史上，是最早的真陸生動物的後裔，它們不像魚類只能生活於水中，也不像兩棲類需要在水中渡過其幼年時期。它們以體內的肺臟呼吸，體表覆蓋著能免于乾燥減少蒸發的鱗片、盾片或骨板，雄性具有行體內受精的交接器，胚胎在發育過程中，發展成適應陸生乾燥環境的羊膜卵等等，已完全具有適應陸地生活的各種特徵。

爬行動物以鱗片、盾片、骨板與交接器的形態來劃分，可以分為具有鱗片及成對交接器的有鱗目(Squamata)如蛇、蚓蜥及蜥蜴等，約有 7000 種左右；體背

覆有盾片並且具有單個交接器的鱷目(Crocodylia)如鱷、短吻鱷及恆河鱷，約有 22 種；體背、腹側均覆有骨板並且具有單個交接器的龜鱉目(Chelonia)如龜及鱉，約有 260 種；以及體覆鱗片但不具外交接器的喙頭目(Rhynchocephalia)如鱷蜥，現生 2 種 (Pough et al., 1998)。

二、兩棲、爬行動物適應的環境

水、溫度與食物是影響兩棲、爬行動物生存的三个最重要的因子。兩棲類由於體表水分的通透性較佳，體表水分蒸散作用旺盛，因此不同的種類會藉由皮膚層理間的脂質構造多寡、體表的腺體、行為的改變以及活動環境的選擇等等方式，來減緩體內水分的散失。又因為兩棲動物的卵和幼體不具有防止水分散失的構造，因此它們的卵通常需要產在水中或留存於陸地陰濕的地方。相較之下，爬行類的皮膚層理、體表結構就具有較佳的抗水分蒸散能力，再加上它們代謝的產物主要為毒性較低的尿素，大大的減少了爬行動物水分的消耗，因此爬行類不論成體或幼體，對水的依存度就沒有那麼高。雖然如此，如果細分它們的生存環境，還是可以將兩棲、爬行動物大致區分為水棲與陸棲兩大環境適應型，陸棲型如果再細分，則可以分為地棲、穴居與樹棲三型。水棲、陸棲兩型除了在體表水分通透度上有差異之外，它們的身體構造以及生理調節也有明顯的不同。值得注意的是，爬行類在各分類階層中，為了適應水域與陸域棲地之間不同介質的差異，產生了許多與兩棲類截然不同的形態適應，例如相較於陸生的龜，水棲的龜具有較扁平的背甲與發達的趾間蹼狀構造；海蛇有著扁平的尾部及佔據著大部分體腔的肺臟，而陸棲的蛇類則否等。

此外，由於兩棲、爬行動物都屬於外溫動物，也就是它們體內的生化反應通常會受到外界溫度的影響，所以如何維持適當的體溫對於兩棲、爬行動物來說，是非常重要的。為了滿足不同的生理需求，它們經常藉由環境中不同溫度點間的位移改變，來調節生理需求。也就是說，兩棲類及爬行類都必須主動調節它們的水分含量以及體溫的變化。

在食物的需求方面，兩棲類動物都是葷食性動物，隨著種類的不同，取食範圍涵蓋軟體動物、節肢動物、魚類、兩棲類、爬行類、鳥類甚至小型哺乳類。爬行類的取食則在葷素種類間有著極大的差異，龜鱉類及蜥蜴的食性隨種類的差異，涵蓋了素食、雜食及葷食；鱷魚、蛇類則全為肉食性。許多肉食性的物種甚至發展出各種壓制獵物的特殊行為、構造以及幫助消化的特化腺體，來幫助獵食，例如黑眉錦蛇會用纏勒的方式制服獵物；百步蛇則有出血性蛇毒與大型的管牙。

三、 奧萬大的兩棲爬行類動物

目前台灣現存的兩棲類共有有尾目一科 5 種及無尾目五科 30 種，至於無足目則大多分布於鄰近赤道的熱帶地區，在台灣並沒有發現其蹤跡。而原生的陸棲爬行類有龜鱉目兩科 5 種，以及有鱗目十一科約有 80 餘種。

根據現有的調查資料，奧萬大地區共有兩棲類無尾目 3 科 9 種，包括蟾蜍科 (Bufonidae) 盤古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*)、赤蛙科 (Ranidae) 的腹斑蛙 (*Rana adenopleura*)、拉都希氏赤蛙 (*Rana latouchtii*)、梭德氏赤蛙 (*Rana Sauteri*)、斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*)、以及樹蛙科 (Rhacophoridae) 的面天樹蛙 (*Chirixalus idiootocus*)、白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)、莫氏樹蛙 (*Rhacophorus moltrechti*) 與日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)。有鱗目爬行類 3 科 5 種，分別為：飛蜥科 (Agamidae) 的斯文豪氏攀蜥 (*Japalura swinhonis*)、蝮蛇科 (Viperidae) 的赤尾青竹絲 (*Trimeresurus stejnegeri stejnegeri*) 以及黃領蛇科 (Colubridae) 的台灣鐵線蛇 (*Calamaria pavementata*)、大頭蛇 (*Boiga kraepelini*)、紅斑蛇 (*Dinodon rufozonatum rufozonatum*) 及白梅花蛇 (*Lycodon ruhstrati ruhstrati*)，以下就各物種辨識特徵簡述如下：

蟾蜍科 (Bufonidae)

盤古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*)

大型蟾蜍，具明顯耳後腺，體背顏色多變，但以灰褐色為基色，部份個體體色偏黃或紅，有些個體體表或腹面具有黑斑或橙紅色斑點，外表佈滿腺性瘤狀突起。

赤蛙科 (Ranidae)

腹斑蛙 (*Rana adenopleura*)

中、小型蛙類，頭部扁平，吻端鈍圓，上唇及頷線白色，具明顯鼓膜，鼓膜旁有黑色菱形斑，背部灰褐或棕褐色，散佈一些不規則斑點，體背中央有一條不明顯的背中線，體側具細長的背側褶。

拉都希氏赤蛙 (*Rana latouchtii*)

中、小型蛙類，背部為黃褐色或赤褐色，體背側褶寬大明顯，後段形成斷續的小疣粒。從吻端沿鼻孔、背側褶下方有黑色縱紋，體側有許多大大小小的黑斑。

梭德氏赤蛙 (*Rana Sauteri*)

中、小型蛙類，鼓膜處具有一塊黑褐色的菱型斑，背部紅褐色或灰褐

色，背中央有一個小型八字形黑斑，身體兩側各有一條細長明顯的背側褶，趾端略膨大為吸盤狀。

斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*)

大型赤蛙，體色多變多為綠褐色、黃褐色或具大小形狀不等的綠、褐色斑塊，背側褶斷斷續續而不明顯，為適應溪流、山澗等流水環境，趾端膨大為吸盤狀。

樹蛙科 (Rhacophoridae)

面天樹蛙 (*Chirixalus idiotocus*)

隨環境深淺差異，體色會形成淡褐色或深褐色兩種。背部具有一明顯X型深色斑。表皮粗糙具有許多顆粒狀小突起，腹白但散佈一些灰黑色斑點，趾端有吸盤。

白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)

中型樹蛙，眼睛虹膜為金黃色，體背黃褐色，腹白，後肢的內緣有黑白相間的網紋，趾端有吸盤。

莫氏樹蛙 (*Rhacophorus moltrechti*)

中型綠色樹蛙，眼睛虹膜為紅色，體表光滑呈翠綠色，躲藏於深色環境時會呈現深墨綠色，腹白，腹部及後肢腿股內、外兩側為橙紅色，並有圓塊狀黑斑。

日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)

小型樹蛙，體背灰褐色，雄蛙生殖季呈鮮黃色，體背佈滿顆粒狀小突起，背部中央具有一對短棒狀突起。

飛蜥科 (Agamidae)

斯文豪氏攀蜥 (*Japalura swinhonis*)

體表覆強鱗脊鱗片，頸後明顯脊鱗，口內下頷呈紫黑色，體色為褐色至深褐色，深淺會隨著溫度調節及環境深淺改變，尾部具有深褐色環紋，成年雄性體側有鮮黃色縱向斑紋。

蝮蛇科 (Viperidae)

赤尾青竹絲 (*Trimeresurus stejnegeri stejnegeri*)

中小型蝮蛇科毒蛇，頭三角，披覆不規則細小之鱗片，體色翠綠，尾巴末端為磚紅色，體側具有白色側線，多數雄蛇除白色側線外，在下緣另有一紅色的細線相鄰，在兩側眼鼻之間各有一明顯三角孔狀感熱的頰窩。

黃領蛇科 (Colubridae)

台灣鐵線蛇 (*Calamaria pavementata*)

小型無毒蛇，體長小於 40 公分，頭小且橢圓，不具明顯頸部，體深褐色，頸部有一深色環紋，鱗片光滑有金屬光澤，腹部橙色，少數黃色，尾短小末端鈍。

大頭蛇 (*Boiga kraepelini*)

具後溝牙微毒性，頭大具明顯頸部，體細長軀幹略為側扁，眼睛大而圓，瞳孔呈紡錘狀，尾部細長，體色琥珀或灰褐色，並具有許多不規則深褐色的斑紋。

紅斑蛇 (*Dinodon rufozonatum rufozonatum*)

中型無毒蛇，頭扁略成三角型，體呈長圓柱狀，體表光滑，體色紅棕、深暗褐色，具有橫向長圓黑色斑塊通體排列。

白梅花蛇 (*Lycodon ruhstrati ruhstrati*)

中小型蛇無毒蛇，頭扁具明顯頸部，體細長，體色近似雨傘節，呈黑白環狀鋸齒紋，體前段黑白分明，體中後段白色環紋逐漸變為灰色。

四、 參考文獻

- Beebee, T.J.C. 1996. Ecology and Conservation of Amphibians. Chapman & Hall, London. pp.156-166.
- Pough, F.H., R.M. Andrews, J.E. Cadle, M.L. Crump, A.H. Savitzky and K.D. Well. 1998. Herpetology. Prentice Hall, New York.

奧萬大溼地生態池調查與監測

賴玉菁

華梵大學環境與防災設計學系專任副教授

一、為什麼需要做持續的調查與監測？

自然的演替，在大方向上雖然可以預期，但是細部的變化，卻往往無法控制。尤其是濕地環境，本就具有生態演替之不穩定的過渡性特質，因此若不能持續加以維護與管理，極易陸化或潰敗。然而目前台灣對於生態水池的經營管理資訊極度缺乏，因此常常在一個生態水池創建之後，便任由其自生自滅，使得人工濕地失敗者多，而招致許多的批評與檢討。因此，生態池營造完成後，評估是否提供預期的功能，並進而提供經營管理的重要資訊，就成為接下來的首要工作。必須注意的是，生態水池的監測計畫，需要長期收集完整的監測資料，監測收集的資料才有意義。為了解棲地重建之效益以及其對區域內原有物種的影響，南投林區管理處針對奧萬大國家森林遊樂區人工濕地水池，從 95 人工水池開始動工時，便委託執行新建生態水池的長期監測計畫，從人工溼地開始注水後的水文基礎資料開始，一路收集包含各種營養階層的物種監測資料到現在，在目前國內的人工水池創建計畫中，算是第一個完整而確實的紀錄，在人工濕地生態池的建構與經營管理上，有極重要的意義。

二、奧萬大生態池目前的監測項目有哪些？

目前奧萬大生態池持續收集的採樣監測對象包括水池水質、水中藻類、水生植物、兩棲類與哺乳動物。水質檢測項目包括水溫、酸鹼值、濁度、導電度、溶氧、生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體、總磷、氨氮、總有機氮與正磷酸鹽等。水中藻類的調查監測包括浮游藻類與固著藻類兩大項，除了了解這些藻類的種類與數量之外，並利用這些資料結合藻類的群聚組成分析，來建構溼地藻類演替機制；水生植物部分以了解水中植生種類和它們在水池中的空間分布為主；除了植物之外，也持續在人工生態池每月固定路線，調查兩棲類物種的種類與出現區域，繪製水池的兩棲類空間分布圖；並且在人工生態池濱水區內，架設紅外線自動照相機，調查地棲型哺乳物種的種類、相對數量與空間分布，以評估生態池創造後的持續變化，以及生態池所創造的棲地環境效益。

1. 水質檢測

水質檢測依照行政院環保署公告的檢測方法操作，現場檢測的資料包括水溫、溶氧量、pH 值、導電度與濁度。並攜帶一公升水樣回實驗室檢測其他水質檢測項目。

2. 藻類調查

每月採樣一次。採樣時，分別於水池不同之採樣點，取表層水樣 1 公升放入水桶內，帶回實驗室作浮游藻類鑑識；並且設置壓克力附著板，每月進行附著藻類之採樣，採樣調查時以毛刷自壓克力板上刷下單位面積上之所有附著藻類，再將其匯集流入採集瓶中，以路戈氏碘液保存液（或 10% 福馬林水溶液）固定。將攜回實驗室含有藻類之水樣，不論是浮游藻類或是附著藻類，均過濾於 0.45 μm 孔徑、材質為硝酸纖維之濾膜上，過濾後將濾片置於玻片上乾燥，待完全乾燥後滴加顯微鏡鏡油，使濾片透明化，蓋上蓋玻片後在顯微鏡下進行種類之觀察鑑定和計數藻細胞數目。經換算所量取之體積後，即可得單位體積之藻細胞數。



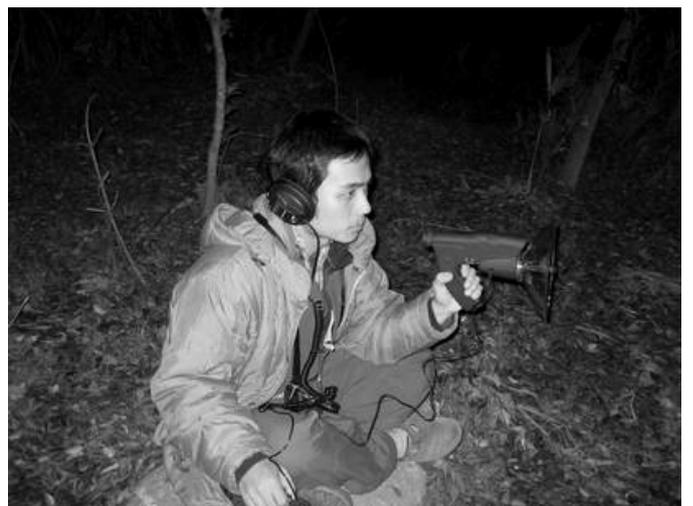
以壓克力附著板記錄附著藻類的變化

3. 水生植物調查

池中水生植物（包括大型的藻類團塊）之種類及其分布之區域範圍之調查，以穿越線調查為主，於水池中架設 4 條穿越線並紀錄水生植物之種類與覆蓋長度，再推估成覆蓋面積。

4. 兩棲類調查

針對水池周圍可能出現的兩棲類物種，架設陷阱、進行夜間調查並輔以聲音收集，以瞭解水域周圍的兩棲類動物組成與分佈現況。夜間調查以人工生態池周圍濱水區域為主要調查區域，每月一次，依固定調查路線在夜間 7-10 點間進行沿線調查。除夜間沿線調查之外，每月一次，於固定點，利用指向型集音器面對水池錄音，收集蛙類鳴叫聲，以協助確認兩棲物種名錄。



集音器聲音收集

5. 地棲型哺乳動物調查

計畫執行期間，以人工生態池周圍濱水區域為主要調查區域，於調查區域內

天然林或次生林內，以水池為中心放射狀設置兩條穿越線，在穿越線上尋找主要獸徑，並於獸徑交會處設置樣區裝置紅外線自動照相機。自動相機架設在樹幹離地 1.5~2.0 公尺處，在恆溫動物經過時，因紅外線感測溫度之變化，啟動相機拍照紀錄。每 3~4 個星期，調查人員定期至樣區收集底片、維護照相系統、並更換相機電池。利用拍攝之照片辨識經過物種，收集物種名錄，物種名錄以所有照片紀錄過之物種為準；並分別計算各物種之相對密度指數，由於照相機之調查方式以拍攝恆溫動物在獸徑活動為主，物種之相對密度之計算，僅限於中小型地棲哺乳動物；最後利用各物種之照片拍攝時間與各時間內之各物種之拍攝照片數，製

作日時間序列之物種活動模式圖。

分析在人工生態水池濱水區內不同距離的相機樣區所拍攝的物種種類與相對密度，評估物種對人工生態水池的趨避程度。將物種在本區的活動模式與歷史資料比較，分析各物種在本區的活動特性以及了解是否有異常狀況。



紅外線自動感應相機的架設

三、結語

近年來，國外多利用指標生物來評估溼地環境的狀態。由於環境生物指標監測的原理，是以環境生物的狀態來標定環境品質，選擇一些具有代表性的指標生物，監測這些環境指標生物族群在不同外在條件下可能產生的變化，從而推論環境品質的狀況。因此，此一方法不僅可反應溼地所存在的特殊生態價值，同時也可瞭解依賴溼地環境的水鳥、昆蟲、魚類等野生動物之棲息狀況，進而對此溼地環境提出評估報告及相關的管理監測建議。

藻類與水生植物是近年來評估溼地水域常用的重要物種群，此外，兩棲類與哺乳動物由於屬食物鍊較上層位階，也常做為監測的指標物種。由於國內這方面的相關資料仍相當缺乏。目前各地的人工濕地的建置尚在起步階段，許多機制尚未明瞭。因此奧萬大人工生態池除了依據水體的物理化學因子予以分析外，亦以各營養階層的物種的群聚組成變化評估生態池的水質狀況。這樣的監測結果，可能可以協助管理者，選取指標生物，以指標生物針對溼地環境的狀態評估方法。除了反應出生態池目前及未來可能的發展方向，提供管理單位了解生態水池之物種現況與持續演替狀況之外，並能提供奧萬大森林遊樂區相關工作人員進行後續維護與管理之參考，還可以提供其他人工濕地工程重要的生態資訊。

水棲昆蟲導覽

吳尚穎

愛魚生態工程有限公司

一、水生昆蟲簡介

水生昆蟲泛指生活史中有一部份在水中渡過的昆蟲，如蜉蝣目、蜻蛉目、半翅目、鞘翅目，亦即常見的蜻蜓、豆娘和蜉蝣等昆蟲。為適應水棲的環境，水生昆蟲發展出各異其趣的生理構造與生活方式，例如龍蝨、仰泳椿那對長著細毛的槳狀游泳足，能在水中快速划動，利於牠們追捕獵物；紅娘華、水螳螂有一對型似收合式大鐮刀的捕捉足，面對長滿鱗片或外型圓滑的水生動物，仍能從容不迫的緊緊抓住；或是像蜉蝣、石蠅特化成扁平、流線型的身體，以適應流水中的生活。然而，其中最特殊的就是呼吸方式。

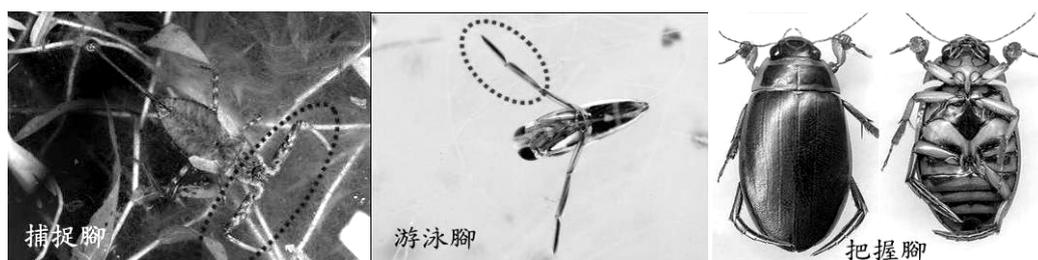


圖 1 水棲昆蟲的特殊生活型態—腳的特化

在流動水域中，水流速度大於水生昆蟲的游泳能力，致使牠們無法時常浮出水面換氣，因此演化出可直接在水底呼吸的鰓。幼蟲幾乎全部棲息於水中的有蜉蝣目、蜻蛉目、積翅目、毛翅目；雙翅目有許多種類的幼蟲生活在水中；半翅目及鞘翅目則有些許種類在生活史中存在水棲階段。水棲昆蟲用許多不同機制來應付水中較低的含氧量，對最小型的水生昆蟲而言，利用表皮擴散就已足夠；其餘的水棲昆蟲則有開放式氣管系統，或缺乏與外界直接聯繫的閉鎖式氣管系統。

以下介紹幾種水生昆蟲的呼吸方式：

1. 開放式氣管系統—體壁呼吸

部分水生昆蟲的幼蟲，體內雖有氣管系統但無氣孔，以柔軟的體壁吸取溶解於水中的氧氣，如雙翅目。

2. 開放式氣管系統—氣管鰓呼吸

氣管鰓是某些水生昆蟲幼體體壁的一部分，向外突出如絲狀或葉片狀的構造，其內有豐富的微氣管，氣體就在微氣管與水之間的上皮細胞內交換。大部分水生昆蟲行體壁呼吸常不能滿足代謝需要，還需以氣管鰓呼吸。氣管鰓因所處位置而有不同名稱，如豆娘稚蟲的氣管鰓在尾部，稱尾鰓；蜉蝣稚蟲和毛翅目幼蟲的氣管鰓由腹部向外延伸，叫做腹鰓。

3. 閉鎖式氣管系統—氣膜呼吸

水生昆蟲的成蟲體表有疏水性細毛，當它露出水面進行換氣時，在體表形成一層氣膜或氣泡，形成一個貯氣的構造。該貯氣構造與氣門相通，直接將氧氣輸送到需氧的細胞或組織。在水中浮游的龍蝨，氣孔位於腹部背面，其上有堅硬的前翅翅鞘；在翅鞘與腹部間有個可儲存空氣的空腔，可形成一片氣膜，儲存的氧氣即供龍蝨在水中呼吸之用；但空腔容積有限，因此龍蝨還是必須浮上水面，將腹部尖端露出水面進行呼吸新鮮空氣。與龍蝨外型相近的牙蟲，也有著類似的呼吸法；牙蟲的腹部下表面生長著許多疏水性短毛，當呼吸時，可將空氣由尾端吸入，填滿腹面下方的氣膜。仰泳蜻身體腹面有兩條長滿細毛，可利用毛瓣開關而儲存空氣的長條狀氣道，水下生活數小時至數十小時，再到水面換氣。

4. 閉鎖式氣管系統—呼吸絲或呼吸管

除了以上幾種特化的呼吸器官，有些水生昆蟲為適應特殊的生活環境，生長在身體兩旁的氣孔退化，而位於身體兩端的氣孔相對發達。許多半翅目的昆蟲，如負子蟲、水螳螂、紅娘華等，發展出空心的呼吸管或呼吸絲構造，不需要直接利用水中的氧氣，可藉由穿透水面的呼吸管吸取空氣並儲存在體內一段時間；需要換氣時，只要游向水面，把呼吸管伸出水面就行了。由於水面易有波動，可能會影響空氣吸收的效益，因此牠們常借助水生植物的莖稈，將身體固定住進行呼吸。此外，某些水生昆蟲能直接吸取植物組織內的氧氣，例如水生金花蟲的幼蟲，腹部末端有鉤狀的空心呼吸管，可刺入水稻、慈姑、荷花等水生植物的根或地下莖內，除了固著身體不致隨水漂動，還可由植物細胞間隙中獲取氧氣。



圖 2 水棲昆蟲的特殊生活型態—氧氣的取得

水生昆蟲為適應環境而做了許多改變，這些變化限制了牠們在特定環境中的生存率；同時，各式的水生昆蟲也扮演著生態系統內質能流循環的重要關鍵，將植物所產生的初級生產力，轉化為其他生物的食物來源，成為溼地中許多鳥類、兩棲爬行類動物重

要的營養來源。導因於此，水生昆蟲也成為水域環境的最佳指標生物。

溪流溼地中，蜉蝣目、毛翅目、襉翅目昆蟲必須生活在含氧量高且水質乾淨的環境；由於這種特性，使得這三個目的昆蟲成為許多國家檢驗水質狀況優劣的指標物種。

在池沼型的溼地中，蜻蛉目、半翅目、鞘翅目昆蟲可作為環境是否健康的代表性物種；因為穩定的環境可以提供此類肉食性昆蟲充足的食物與空間，其中蜻蛉目昆蟲更已被歐洲國家使用為溼地自然狀態的指標：蜻蜓的種類越多，代表環境複雜度高，生態環境越健全。此外，蜻蛉目中的薄翅蜻蜓與青紋細蟴，因為抗污染性強，也常被視為湖沼環境的先驅物種，常可在人工環境或遭受人為強烈干擾後的溼地裡出現蹤影；反之，若僅出現此兩類蜻蛉，則必須考慮到環境是否已遭受強烈干擾。

目前在奧萬大生態池步道及週邊已記錄到仰泳椿、紅娘華、龍蝨、石蠹蛾與 20 種以上的蜻蜓等水生昆蟲；屬於中高海拔的指標蜻蜓種—青紋絲蟴也出現在生態池及香杉池，並可觀察到完整的生活史，顯見多樣性水域棲地的營造確實可以吸引水生昆蟲利用。

表 1 奧萬大國家森林遊樂區生態池水棲昆蟲名錄

綱	目	科	中文名	學名	保育等級	特有性	
昆蟲	蜻蛉目 (不均翅亞目)	幽蟪	短腹幽蟪	<i>Euphaea formosa</i> Hagen, 1869		特有種	
		絲蟪	青紋絲蟪	<i>Indolestes cyaneus</i> (Selys, 1862)			
		琵琶蟪	脛蹼琵琶蟪	<i>Copera marginipes</i>			
		細蟪	昧影細蟪	<i>Ceriagrion fallax fallax</i> Ris, 1914			
			青紋細蟪	<i>Ischnura senegalensis</i> (Rambur, 1842)			
			白粉細蟪	<i>Agriocnemis femina oryzae</i> (Lieftinck, 1962)			
		蜻蛉目 (均翅亞目)	勾蜓	無霸勾蜓	<i>Anotogaster sieboldii</i> (Selys, 1854)	II	
				晏蜓	<i>Planaeschna risi risi</i> Asahina, 1964		
				烏帶晏蜓	<i>Anax nigrofasciatus nigrofasciatus</i> Oguma, 1915		
			蜻蜓	麻斑晏蜓	<i>Anax panybeus</i> Hagen, 1867		
	綠胸晏蜓			<i>Anax parthenope julius</i> Brauer, 1865			
	杜松蜻蜓			<i>Orthetrum sabina sabina</i> (Drury, 1770)			
	金黃蜻蜓			<i>Orthetrum glaucum</i> (Brauer, 1865)			
	霜白蜻蜓(中印亞種)			<i>Orthetrum pruinosum neglectum</i> (Rambur, 1842)			
	灰黑蜻蜓			<i>Orthetrum melania</i> (Selys, 1883)			
	半翅目	水黽	鼎脈蜻蜓	<i>Orthetrum triangulare</i> (Selys, 1878)			
			侏儒蜻蜓	<i>Diplacodes trivialis</i> (Rambur, 1842)			
		蠍椿	猩紅蜻蜓	<i>Crocothemis servilia servilia</i> (Drury, 1770)			
			黃基蜻蜓	<i>Sympetrum speciosum taiwanum</i> Asahina, 1951		特有亞種	
紫紅蜻蜓			<i>Trithemis aurora</i> (Burmeister, 1839)				
薄翅蜻蜓		<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius, 1798)					
毛翅目		大水黽	<i>Aquarlus elongatus</i>				
	日本紅娘華	<i>Laccotrephes robustus</i>					
鞘翅目	松藻蟲	仰泳椿	<i>Enithares</i> sp.				
	流石蠹		<i>Rhyacophila</i> sp.				
蜉蝣目	圓花蚤		<i>Helodes</i> sp.				
	小蜉蝣		<i>Ephemerella</i> sp.				
				<i>Eburella brocha</i>			
蜉蝣目	細蜉蝣		<i>Caenis</i> sp.				
	蜉蝣		<i>Ephemera</i> sp.				

人工溼地防滲工法探討

張文賢

愛魚生態工程有限公司

人工溼地底層結構的滲漏性能對於水文收支有著決定性的影響，滲漏量的大小悠關補注水量的多寡；當引用的水源為污水時，亦須注意滲漏水量可能造成的地下水污染問題；此外，由於溼地底層結構為水生植物根系的著床空間，關於植物的生長狀況亦扮演相當重要的角色。一般而言，人工溼地的底層多設計為不透水性，特別是針對針對有污染地下水之虞的水質淨化型溼地。因此，在人工溼地的設計與施作階段，溼地底層結構防滲處理工法的選擇，成為關鍵性工作之一。常用的工法包含了土工止水膜（防水布）、土工皂土布（皂土）、黏土層及晶化防滲處理（牛踏層）等，茲分別簡介如后。

應用人工溼地進行地下水補注時，須先充份瞭解當地的土壤結構與地下水層分佈，在無動力加壓的情況下，人工溼地僅能補注淺層地下水；對於因超抽地下水所引起的地層下陷情形，則無實質助益。因為地盤的重量是由土壤中顆粒之間的有效應力與含水層中的地下水壓所共同支撐(賈儀平，1998)，抽取地下水的過程中會造成地下水壓的降低，部份原由水壓承載的重量轉由土壤顆粒間來支撐，增加顆粒間的有效應力，並形成土壤體積壓縮、孔隙度減少的「壓密現象」，且因該現象多發生在受限含水層中，並不易利用人工溼地重力入流加以補注，須配合其他工法始能奏效，特此說明。

一、晶化防滲處理工法及作業流程

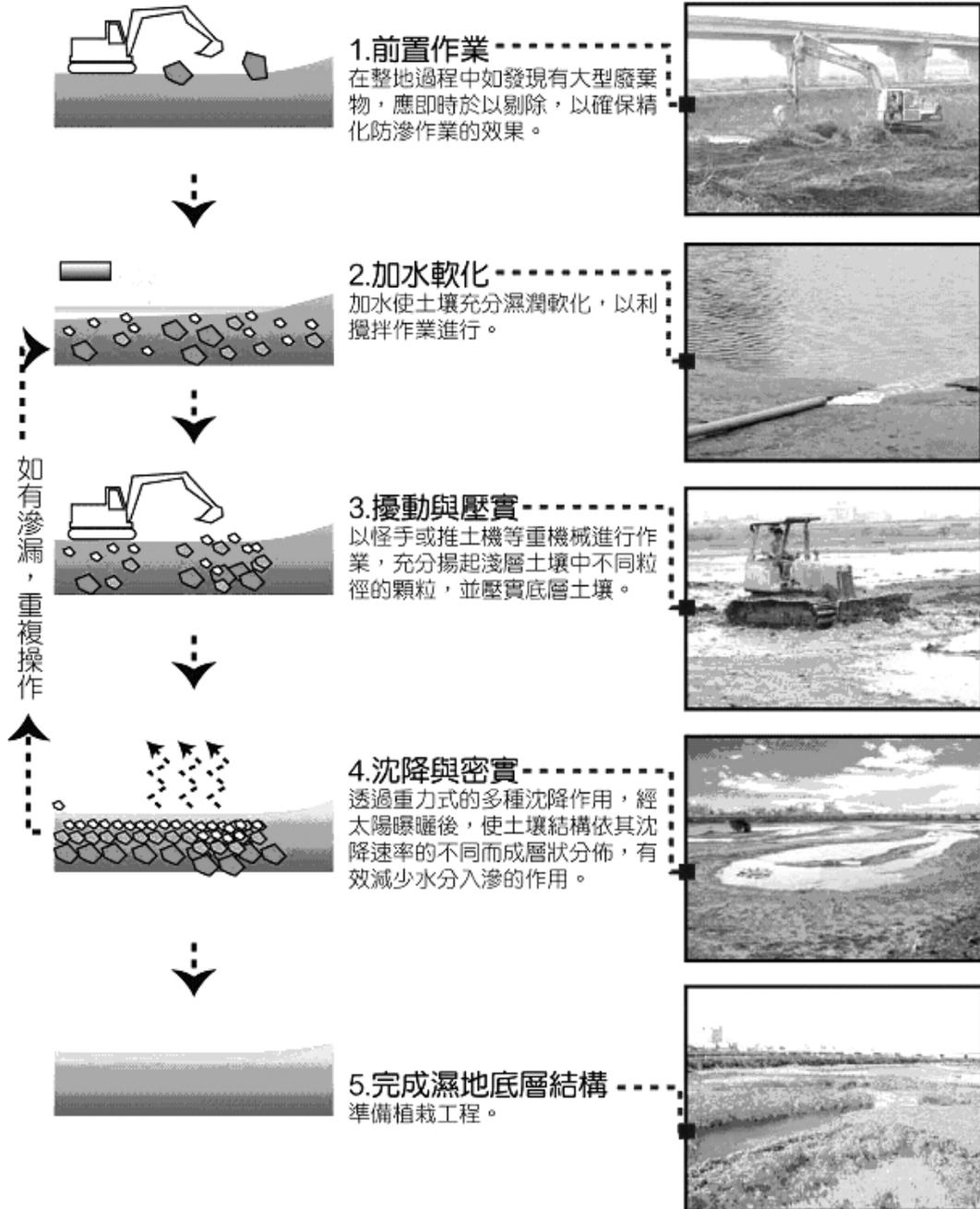
晶化防滲處理旨在利用現地土壤配合機械的擾動與壓實後，重新排列土壤分層結構，減少土壤顆粒間的孔隙，有效降低其滲漏速率，形成水域底部的天然防水層。

作為構築水域生態棲境的重要基礎步驟，使系統具有更大的恢復彈性，且能融入更大幅度的生態自我組構，是最符合生態原理的一項工法。

(一) 作業流程

晶化防滲處理的作業流程如圖 4-6-1 所示，包含了前置作業、加水軟化、擾動壓實、以及沈降密實等步驟。茲分別說明如下：

晶化防滲處理作業



1. 成分分析：確認土壤成份對於基地保水性及地力的影響，進而針對可能遭遇的問題研擬各項作業對策。
2. 前置作業：整地過程中如發現有大型廢棄物，應即時予以剔除，以確保晶化防滲作業的效果。
3. 加水軟化：加水使土壤充份溼潤軟化，以利攪動作業進行。
4. 擾動與壓實：怪手、堆土機等重型機械進行作業，充份揚起淺層土壤中不同粒徑的顆粒，並夯實底層土壤。
5. 沈降與密實：透過重力式的單顆粒沈降、層沈降與壓密沈降作用，使土壤結構依其沈降速率的不同而呈層狀分佈，有效減少水份的入滲作用。

(二) 晶化工法原理探討與施作原則

1. 晶化工法機制探討

水田在耕犁作業過程中，對於土壤層的作用力可區分為兩大類：耕犁擾動時所造成的細顆粒填塞孔隙作用，以及獸力或機械對於土壤的壓縮作用。分述如下：

(1) 細顆粒填塞孔隙的機制探討：

- a. 表面沈積過濾(surface cake filtration)：係指土壤粒徑較大，未能隨水流滲入孔隙中而於表面沈積者。
- b. 剪力過濾(straining filtration)：係指細顆粒於孔隙中受到其他顆粒之剪力作用而停滯於孔隙中的行為。
- c. 物理化學過濾(physical-chemical filtration)：係指細顆粒的粒徑極小或因帶電荷而有高受吸附性，會於孔隙中受介質吸附。

(2) 壓縮作用(compression)的機制探討：

包含了夯實(compaction)與壓密(consolidation)兩種機制，皆有增加土壤密實度的作用，使土壤整體被壓縮，土壤被壓時會排出空氣與水分，導致減低土壤孔隙度。分述如下：

- a. 夯實作用：係指非飽和土壤受壓使孔隙間的空氣體積減少，進而提高土壤密實度的作用。由於空氣的壓縮性較礦物固體與水分之壓縮性大，在非常溼潤的土壤中，於浸水期內空氣會被包圍於分離之氣泡中，於受壓或溫度升高時氣泡會溢出。
- b. 壓密作用：係指土壤水份的壓縮作用，受限含水層(aquifer)內的水體，在承受極大的荷重壓力下，確實會有相當程度的水分壓縮作用。

2. 晶化工法操作原則探討

對於晶化工法實地操作而言，目前僅有操作程序流程，而尚無一定之操作規範，本研究將分為夯實度、牛踏層厚度與土壤選擇三部分來探討。

(1) 夯實度控制

對於夯實度而言，工程上與農藝上有不同之看法與見解；工程上視土壤為建築材料，需增加土壤強度並減少通透度之可能性，所以土壤夯實度越高越好；而在農藝上，土壤為植物生長之培养基，土壤過度夯實乃是一災害，當土壤很堅實時，會限制根部通氣性、阻礙根部穿透與水分滲透，必須避免，以免土壤變為不適於作物生長。

在本研究中，探討的是人工溼地之底層土壤，觀念較傾向於農業上之取向，如何達成一適宜之夯實度，可以提供水生植物之培养基，並有充足的保水能力，相當值得探討。

一般而言夯實的方式與能量來源可分為靜載重、時間變數動載重與震動三類，晶化層的做法是為動載重的方式，而其夯實程度乃是根據 Proctor 試驗，或稱為標準土壤夯實指標，依據土壤內部溼度與總體密度之關係所建立。

圖 4-6-2 乃是說明總體密度隨土壤溼度增加而增高，到達頂峰稱為最大密度 (Maximal Density)，超過此溼度，密度又將降低，其原因為在投入一定之夯實能量，乾土因其堅硬基質與高度顆粒間之結合、連鎖、或對變形之摩擦阻抗抵抗夯實，當土壤溼度增加時，水膜使顆粒之結合變弱，引起膨脹與潤滑，降低內部摩擦；但是當土壤溼度超過最適水分，趨於飽和時，可排放之空氣減少，土壤不易夯實，水分增加反而降低土壤之可夯實度，除非水分被排放，總體密度將不會升高。

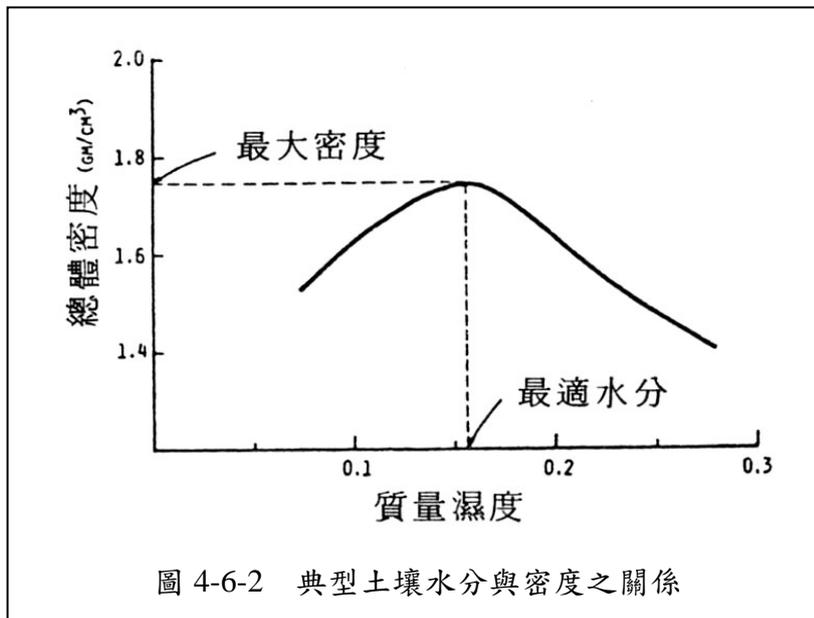


圖 4-6-2 典型土壤水分與密度之關係

在水分飽和土壤中，由於水的黏滯性較空氣高 50—100 倍，排除水分是很緩慢的過程，特別是反覆連續性壓縮封閉最大孔隙，而下次夯實過程中水必須在較窄又較彎孔道中進行，所以其提升之整體夯實度有限。

圖 4-6-3 則是討論不同投入夯實能量 ($E_1 > E_2 > E_3 > E_4$) 下，所得水分—密度曲線，其所有總體密度與溼度曲線於飽和度 85~90% 間趨於重合，達到最高的夯實度，而 100% 飽和線則代表零充氣孔隙之模擬數值。

在實地晶化工法操作中，乃是採用機械方式進行土壤翻動與夯實，其所產生的夯實能量投入與夯實度控制，較少被探討；在本研究中，需考量土壤過度夯實的後果—根系不能進入比根尖狹小的孔隙，如果要穿越夯實土壤，必須移開土粒，以擴大孔隙，而根據根部生長力學阻礙效應，以 Pfeffer(1983)的研究為例，大麥根部擴大孔隙之能力，與土壤內部壓力有關，當土壤內部壓力為 0.2 BAR 時，根系伸長速率減低 50%，當土壤內部壓力增加至 0.5 BAR 時，根系伸長速率將減低 80%。

所以在晶化工法操作時，泥濘層與牛踏層間之控制，適宜夯實度之達成，皆應建立一定之操作基準，並對其夯實能量、方式與頻度進行定量之工作，以利後續規範之推行。

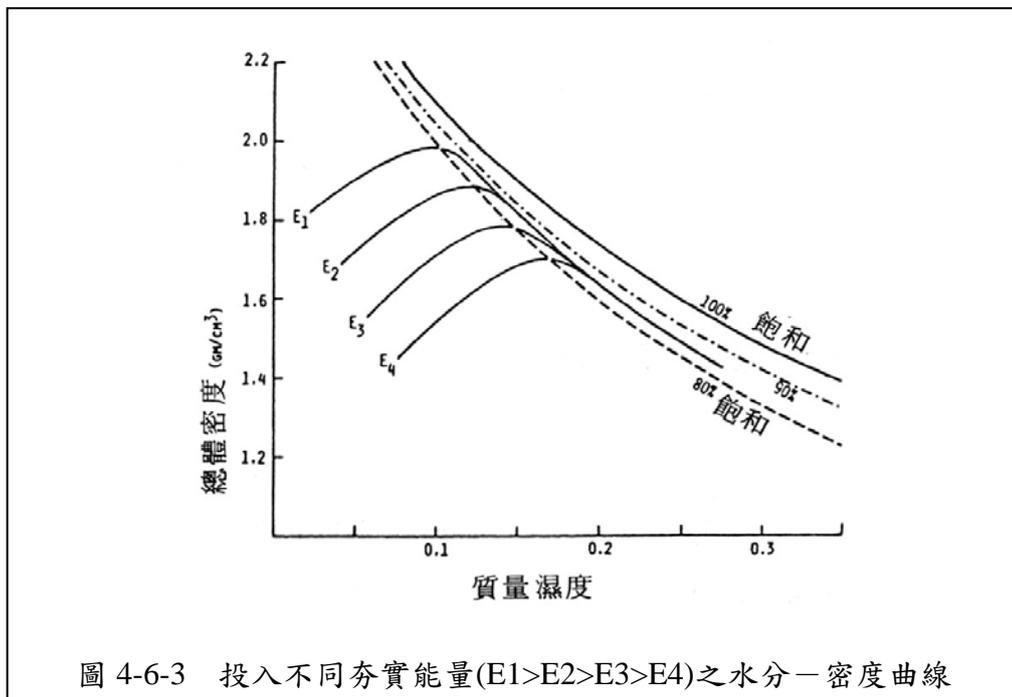


圖 4-6-3 投入不同夯實能量($E_1 > E_2 > E_3 > E_4$)之水分—密度曲線

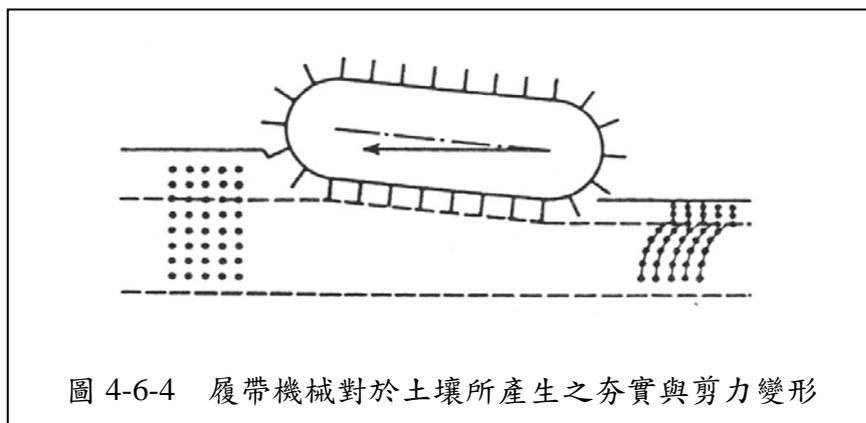


圖 4-6-4 履帶機械對於土壤所產生之夯實與剪力變形

(2) 牛踏層控制與滲透性能

底層土壤中的牛踏層之滲透性能乃是人工溼地保水主要關鍵，根據陳文正(2001)的實驗，經過耕犁與夯實 14 次後(與晶化作用類似)，水分滲透率降為初始滲透率之 4%，大致呈穩定狀態，再增加耕犁與夯實次數對於入滲率降低有限。

而對於牛踏層之厚度與滲透性能亦有相當之關係，根據陳世楷(1999)的實驗，牛踏層厚度為 10 cm 時，水分滲透率為 2.4×10^{-8} m/sec，而當牛踏層厚度為 5 cm 時，水分滲透率則升高為 4.8×10^{-8} m/sec。

經由晶化工法所造成之牛踏層與泥濘層分層作用，亦須考量水生植物生長根系深度與晶化層厚度之關係，根據陳世楷(1999)的實驗，開挖後稻作根系深度可達 60cm，90%之根系總長度分布於田面至 20cm 深度以內，也就是說根系大部分分布於泥濘層內，而牛踏層會對根系造成生長阻礙，但還是有部分根系會穿越該層；若所選擇的植栽為強根性水生植物時，建議應增加泥濘層的厚度，或採覆蓋壤土、砂土等有利於根系發育的介質，以維持正常的植物生理。

(3) 土壤選擇與工法適性分析

晶化工法必須考慮當地土壤質地，並非所有地質皆適合該工法之操作；由於牛踏層主要為土壤中粘粒與粉粒沉降所構成，所以砂質含量過高的土壤並不易產生牛踏層；而黏粒含量太高，牛踏層也不明顯，此時整個土層滲透性能皆低，屬於較差之植物根系生長環境。

所以在施工前期，應先進行土壤分析實驗，以利後續決定最佳晶化模式；而在地質不適合區域，則可以考慮地質改良或導入黏土底層。

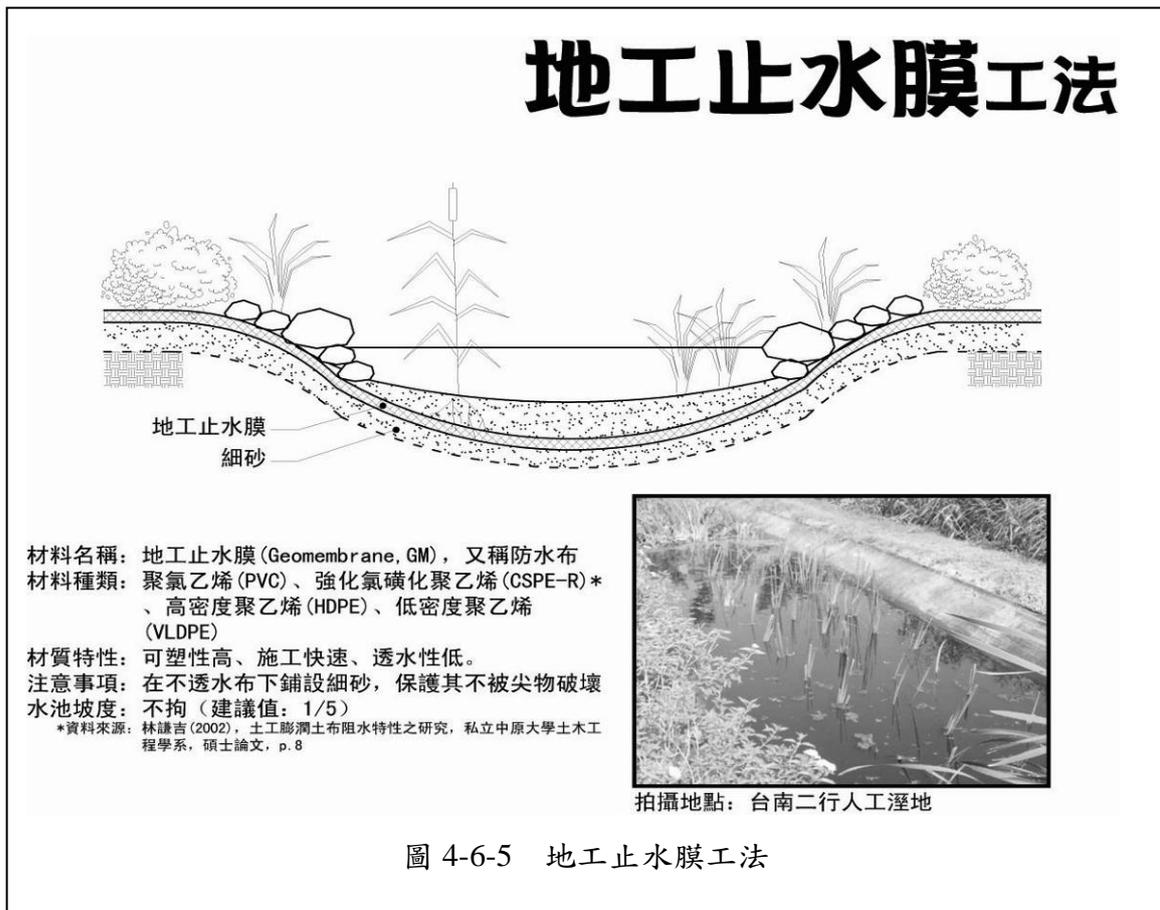
二、地工止水膜(Geomembrane, GM)

(一) 工法特性分析

地工止水膜(又稱不透水布、防水布等，如圖 4-6-5 所示)，是一種透水性極低的合成薄膜，依其組成材料的不同，大致分為四大類：聚氯乙稀(PVC)、強化氯磺化聚乙稀(CSPE-R)、高密度聚乙稀(HDPE)、低密度聚乙稀(VLDPE)。因為其具有品質穩定、施工簡便等特性，多年以來，常被工程界用來作水池、垃圾掩埋場或油庫的阻水材料。然地工止水膜易被異物穿透而破裂、與現地自然資材的契合度不佳、以及非環保材料等因素，在生態工程領域中漸漸被捨棄。

(二) 注意事項

若選用地工止水膜作為溼地底層防滲工法時，為利於植物根系的發育，以及溼地生物地質化學反應的進行，較折衷的作法應覆蓋至少 30~50 公分的客土，再進行植栽種植作業，除可提昇溼地的生態效益與景觀美質外，亦可同時避免日光直射而加速地工止水膜的氧化，延長其使用壽命。



三、地工皂土布 (Geosynthetic Clay Liner, GCL)

(一) 工法特性分析

地工皂土布(又稱皂土毯,如圖 4-6-7)最早使用於美國的垃圾掩埋場(1988 年),近年來在歐美國家被廣泛使用的地工防滲材料。它是由遇水會膨脹的皂土(Bentonite clay)與一層或多層的地工織物製作而成。

其施工程序與地工止水膜相似,均需於整地完成後始能進行施作,惟其接縫處無須進行高周波熔接,僅預留 10 公分的寬度進行搭接即可。最大的特性是當地工皂土布被小型異物刺透時,具有自動修復的功能,且在防滲處理的效果較傳統的黏土層為佳 (Robert M.,1997)。因此在大地工程的使用上,有漸漸取代傳統工法的趨勢。

(二) 注意事項

以地工皂土布作為溼地底層防水結構時,建議覆蓋至少 30~50 公分的客土,以利植物根系的生長發育。

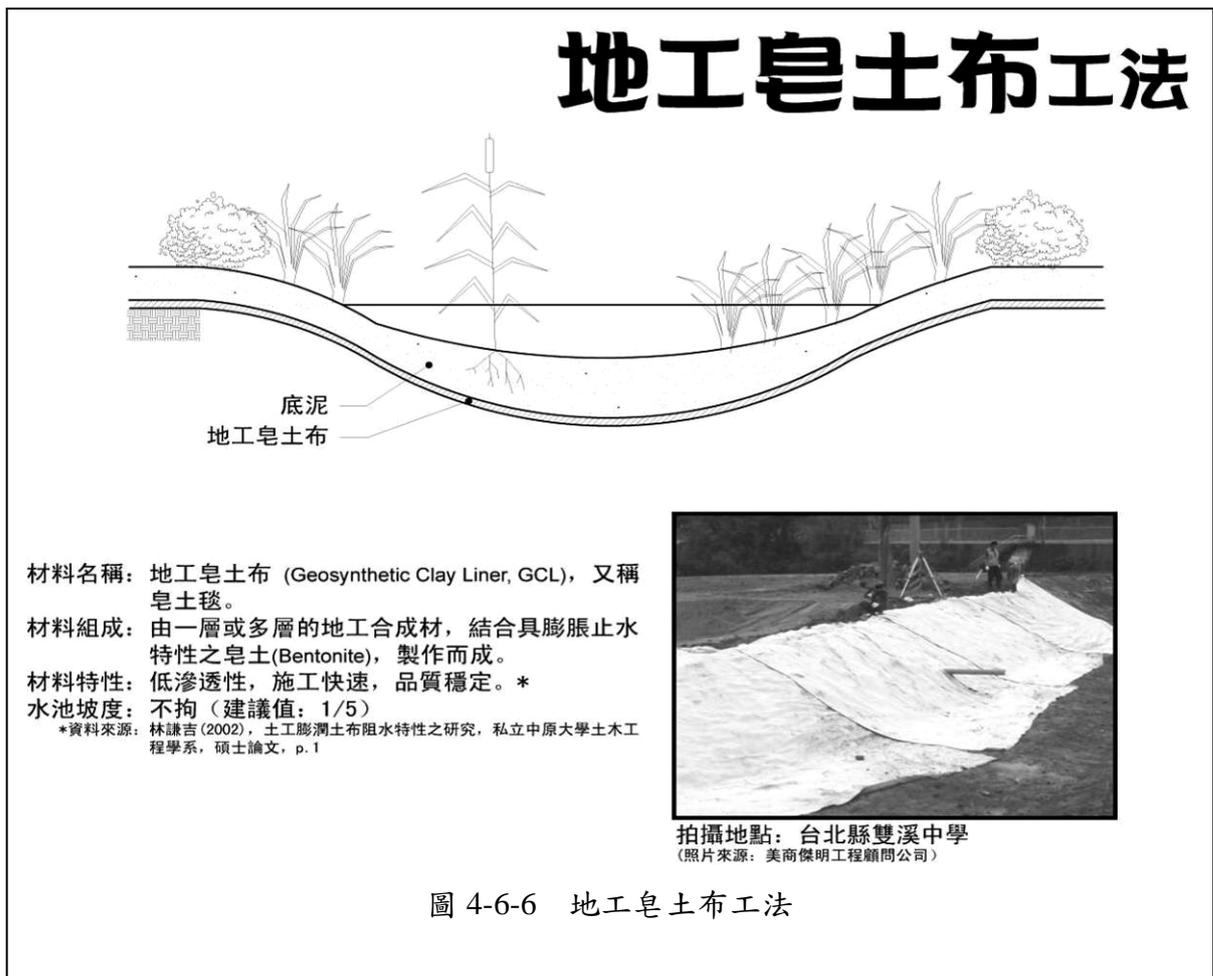


圖 4-6-6 地工皂土布工法

四、黏土層 (Clay Liner, CL) 工法

(一) 工法特性分析

黏土層是一種傳統工程上常用的防滲工法(圖 4-6-8)，然近年來因黏土取得困難，以及在施工上需配合重機械夯實，且施工費時，黏土層在破損時，也不易修復等因素。在使用上被其他工法所取代。但因黏土與自然材料契合度較佳，屬於天然材質，所以在生態工程領域，又漸漸被人重視。

(二) 注意事項

黏土屬於一種質地細密且透水係數極低的材質，過度夯實可能會不利於植物根系的發育，建議覆蓋至少應覆蓋 30~50 公分的客土，或採地質改良的方法，以維持植物的正常生長。

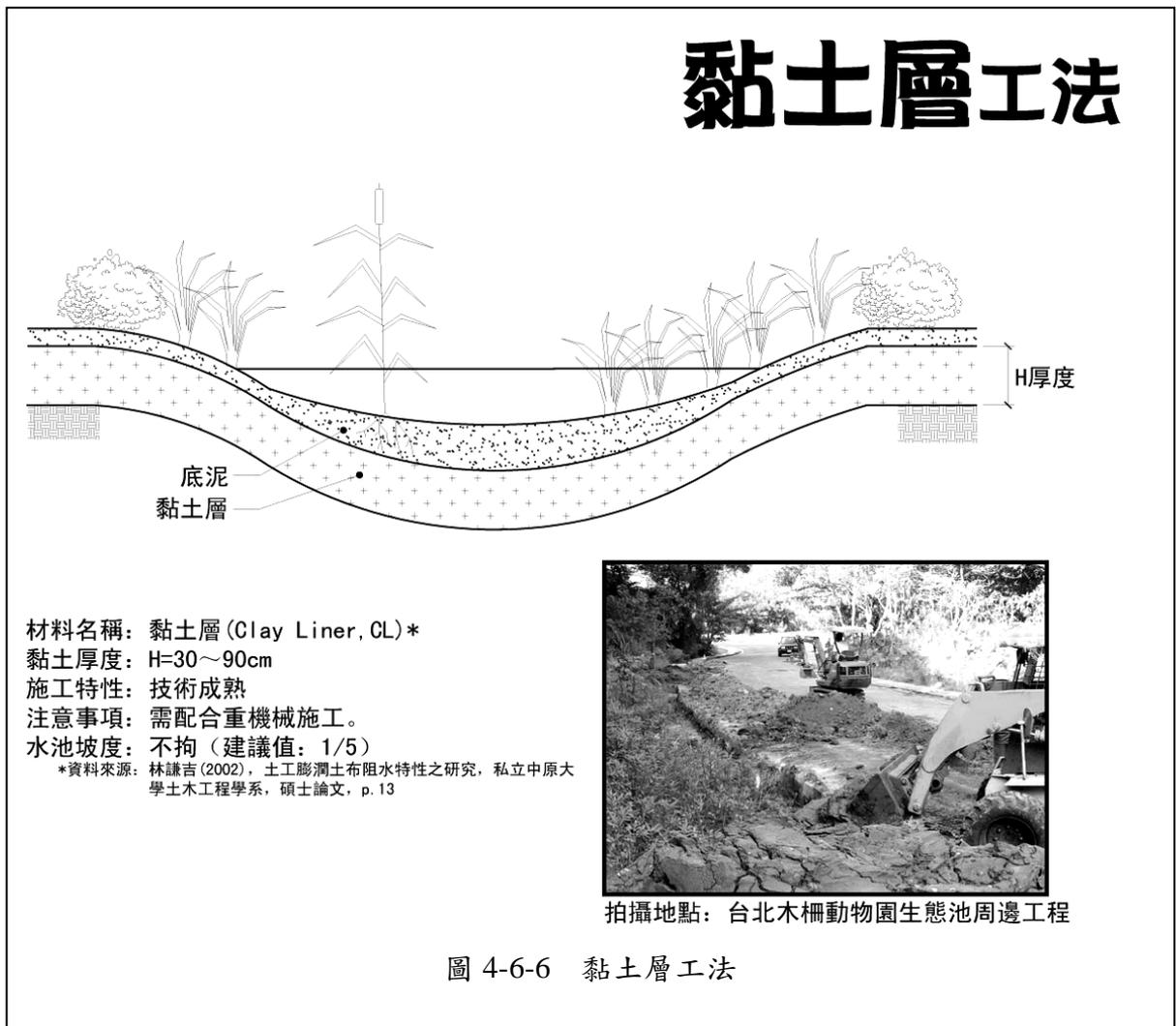


圖 4-6-6 黏土層工法

五、溼地底層結構防滲處理工法比較與適用範疇

茲就各工法的特性、適用範疇之比較整理如表 4-6-1 所示。在人工溼地的應用範疇裡，為了基地保水性、減少地下水層受污染等需求，底層結構通常要求透水性低；但在部份情形下，以減少地表逕流或地下水補注為主要目標的溼地環境中，則以透水性的底層為主要結構。

現今，各種不同創新有效之人工溼地底層結構防滲處理工法，正持續在發展與創新中。然工程實務界在選擇工法時，仍須依現地實際狀況，進行權宜的選擇和調整，並無一套放諸四海皆準的標準工法，而是應儘量減少非自然資材的使用，以因地制宜為主要原則。

表 4-6-1 溼地底層結構防滲處理工法比較與適用範疇

	晶化防滲處理	土工止水膜	土工皂土布	黏土層工法
施工材料	現地土壤	不透水布(如 HDPE 等)	皂土毯	黏土、坩土
建議施作厚度	20~40 公分	—	—	30~50 公分
平均滲透係數	9.61 E-7 m/sec	—	2.12 E-9 m/sec	1.25 E-7 m/sec ¹
施工器具	配合重機械或人力 操作	施工簡易、須高週 波熔接	簡易機具施工	配合重機械操作
成本	低	中	高	中
技術需求	中	低	低	低
適用基質條件	砂質或礫質含量不 要過高的土壤即可	基質不拘，尖銳物 及積水須先行排除	基質不拘	基質不拘
生態效益	高	低	低	中
優點	無須引入外來介 質，有利於植物根 系及底棲生物發育	技術成熟、施工便 利	技術成熟、施工便 利，異物穿刺時具 自動修補功能	技術成熟、施工便 利
缺點	須有經驗之操作人 員始能確保其防水 效果	引入外來介質，須 覆土始能進行植栽 工程，且使用年限 較短。	引入外來介質，須 覆土始能進行植栽 工程	引入外來介質，須 覆土始能進行植 栽工程

註：1.以黏土層厚度 40 公分推估之。

2.不考慮蒸發散量。

附錄十一 奧萬大國家森林遊樂區生態池長期監測操作手冊

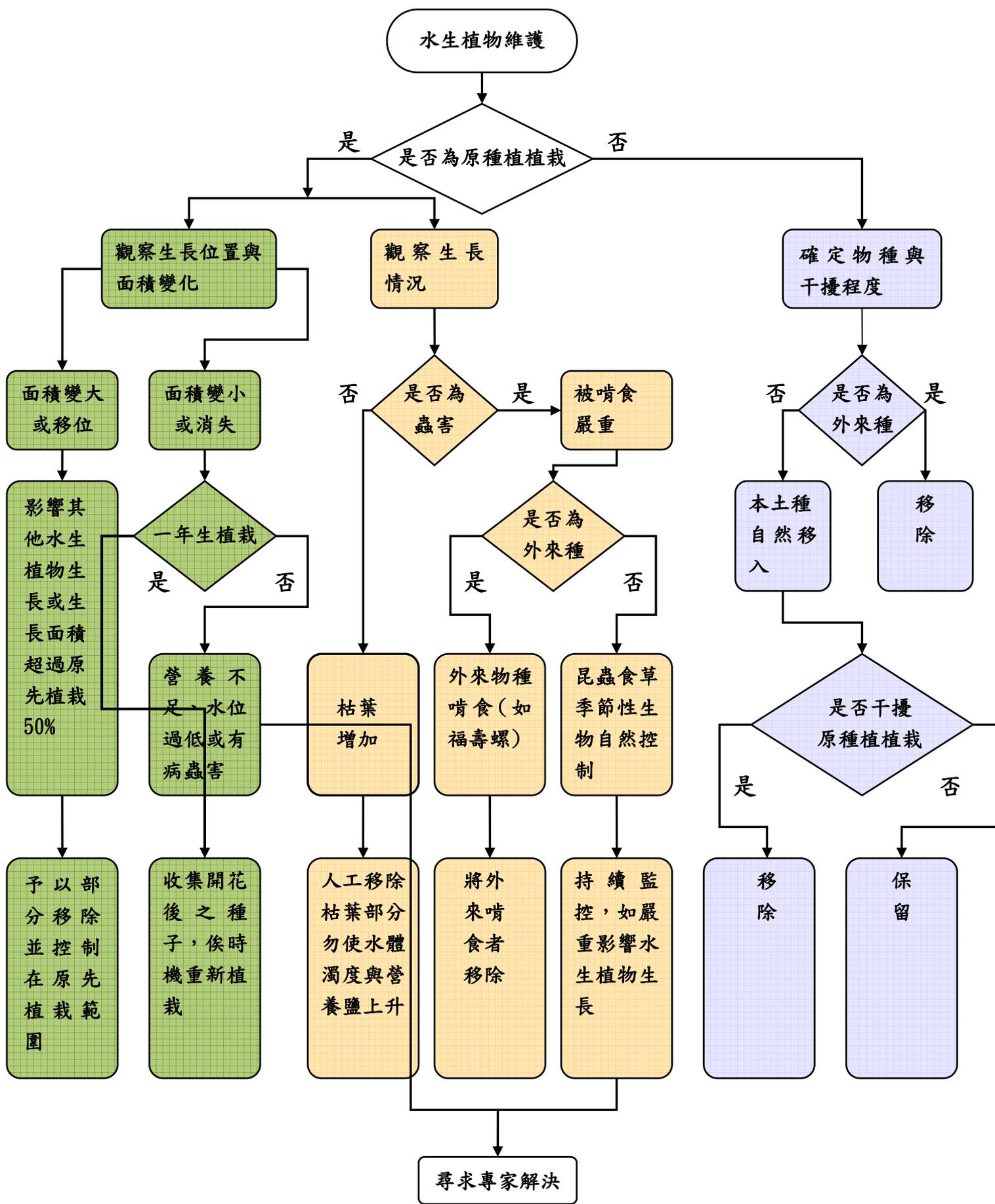
水生植物的監測手冊

水生植物為溼地環境的重要指標之一，為瞭解奧萬大森林遊樂區生態池之水生植物生長狀況，可利用本計畫所固定調查之穿越線，每間隔兩個月進行一次水生植物覆蓋率調查，除觀察水生植物生長狀況外，亦可藉由水生植物覆蓋率的變化，瞭解水生植物生長位置與覆蓋面積的改變。

針對生態池之水生植物植栽，應以原先植栽之水生植物種類為主（奧萬大生態池之原生水生植物植栽，可參考本報告之附錄一），如有任何引進植栽之水生植物種類應事先詢問相關人員，以避免造成原先水生植物植栽設計的改變。若可引進非原生植栽的水生植物種類，應先置於他處或檢疫池一段時間，俟無外來其他物種（如福壽螺或其他水生植物）的出現，方可移入生態池中之適當位置。

若自然發生於生態池中，則先確定該植株之種類，如為會嚴重干擾其他水生植物生長者，尤其是繁殖迅速的外來種，需立刻予以移除，如布袋蓮、大萍、紙莎草、銅錢草、粉綠狐尾藻、李氏禾等；如為本土種或因其他生物帶入者，則視其干擾原生植栽之生長狀況，予以監控並作適時的清除，如稗、青萍、水萍、滿江紅等。

水生植物的維護與管理須視原生植栽的生長情況與覆蓋面積的變化而決定，其維護流程如圖所示。



兩棲類物種監測手冊

一 調查方法

針對水池周圍可能出現的兩棲類物種，進行夜間調查，以瞭解水域周圍的兩棲類動物組成與分佈現況。夜間調查以人工生態池周圍濱水區域為主要調查區域，含 3 個無動力水池(林下池、楓葉池與香杉池)。每月一次，依固定調查路線在夜間 7-10 點間進行沿線調查，以確認兩棲物種名錄與出現季節。紀錄表格如表 1。

表 1 兩棲類物種調查紀錄表

兩棲類物種調查紀錄表

日 ：

填表者：

開始時間：

結束時間：

時 分	物種	數量	地點	備 註

二、奧萬大青蛙照片



(a) 莫氏樹蛙 (*Rhacophorus moltrechti*)



(b) 磐古蟾蜍 (*Bufo bankorensis*)



(c) 日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)



(d) 日本樹蛙 (*Buergeria japonica*)



(e) 面天樹蛙 (*Chirixalus idiotocus*)



(f) 梭德氏赤蛙 (*Rana Sauteri*)



(a) 斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*)



(b) 斯文豪氏赤蛙 (*Rana swinhoana*)



(c) 拉都希氏赤蛙 (*Rana latouchii*)



(d) 腹斑蛙 (*Rana adenopleura*)



(e) 白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)



(f) 白領樹蛙 (*Polypedates megacephalus*)

自動照相機監測調查手冊

近年來，對於地棲型野生動物的普查與監測工作，研究人員常使用紅外線自動照相機作為調查工具。相較於往傳統調查方法，紅外線自動照相機至少具有以下之優點：1) 技術門檻較低，可以短期訓練資料收集人員；3) 有效偵測稀有或不易見之物種，增加物種調查之正確性與完整性；4) 同時收集多物種資料，增加工作效益；5) 不因調查人員的差異而有不同；6) 降低野生動物受到傷害的程度。

紅外線自動相機雖有以上優點，在使用上仍然需要注意它的適用範圍、適用物種，並須在架設時注意相關事宜，以確保資料正確性與資料品質。目前，生態水池周圍的地棲行動物物種監測之目標，以收集物種名錄與計算相對豐富度為主，因此可以選取物種出現較為密集的点，如獸徑交會處，長期架設自動照相機，收集物種的資料。相機架設之注意事項、架設流程與資料表格等分述如下：

一、紅外線自動照相機資料收集之目標物種

紅外線自動照相機是一種針對地棲型活動物種所設計的調查器材。地棲型動物通常包括主要活動範圍在地面的哺乳動物如野豬、野兔、山羌、穿山甲、鼬獾、食蟹獾等，以及如藍腹鵝、帝雉與環頸雉等雉科動物，與竹雞與深山竹雞等。需要注意的是，像台灣獼猴與赤腹松鼠等物種，雖然有一半的活動時間在樹冠層，但研究顯示，對於這類物種紅外線自動相機資料仍然可以適切的反應族群相對密度，因此仍然可以使用。此外，為了避免相對族群密度的估算偏差，除非可以確認為不同個體，否則出現時間間隔小於30分鐘的相同物種需視為同一個體；另外，由於台灣獼猴是群居物種，可以選擇以群為單位而非以個體為單位。對於非目標物種，雖然偶而也會有記錄，但是對這樣的物種紀錄必須小心使用，以免誤導。亦即：

1. 以地棲型物種為主，含台灣獼猴與赤腹松鼠。
2. 出現間隔小於30分鐘之同物種個體照片，若不能分辨個體差異則不予計算，但是如果可以確認為不同個體，則計算為不同個體。
3. 各物種以個體為單位，單張照片有兩個個體者以兩個個體計算，台灣獼猴以群為單位計算。
4. 非目標物種可以做為存在依據，但不可作為類群名錄之唯一或主要資料來源。

二、紅外線自動照相機架設注意事項

除了以上有關目標物種注意事項之外，在現場架設自動照相機進行調查時，還需注意下列幾點：

1. 避免日光直射或周圍環境造成反射，導致自動照相機產生非工作感應現象。
2. 自動照像機內部須避免外在物種侵入導致相機拍攝不良。
3. 感應器放置之位置與感應範圍，應隨環境的差異做些許的調整，以拍攝最佳照片。
4. 調查人員在野外工作需隨時注意自身和伙伴的安全。

三、紅外線自動照相機調查流程

以下是對於自動照相機個調查流程之介紹；

1. 行前準備

行前準備工作之確實，將有助於整個資料蒐集過程的流暢以及資料的完整。一般來說，行前的準備工作包括應包含：

(1) 掌握目前使用中的樣點狀況

出發前，必須先確認樣點位置，並且了解此一樣點之前自動照相機的運作狀況。為了確認樣區，通常可以將樣區的位置繪製在區域地圖、地形圖、相片基本圖或正攝影像圖等地圖上，來製作樣區分佈圖。使用的地圖比例尺必需可以適切的展現樣區位置與樣區環境。利用 GPS 衛星定位系統技術可以精確的收集並標訂樣區的座標，通常台灣區域性的直角座標系統使用的是 TW67 虎子山座標系統或是 TW97 座標系統，可以視所用底圖座標系統而定，必要時可以相互轉換。如果樣區所在位置太過鬱閉或當時衛星位置不佳，無法及時收集到有效的座標值，則可以利用相對位置盡量標訂確實的樣區位置，並盡量於其他季節、天候或時間再次利用 GPS 收集座標值。

根據樣區位置、數量與資料量，分配各樣區應到點的時間，並在每次出發前，利用樣區分佈圖確認當次應到點的樣點位置。原則上，每一樣區，最少應每月到點一次，更換相機底片、電池。在物種豐富或族群活動頻繁的樣區，更應適當的縮短到點間隔，以維持資料品質。此外，為了維持相機正常運作，相機需適時輪替，以進行維護保養。

除了確認樣區位置之外，出發前，必須了解自動照相機之前的運作狀況，以便及時將障礙排除。將上次同一樣點收回的資料，進行初步檢核，檢核項目包括如像機是否發生連拍？相機是否受潮受損而故障？區域內是否光線過強或光影變化太大的現象？樣點是否有地被生長而影響照片收集或判釋？等，以便攜帶更換器材或準備整理周圍環境等工作。

(2) 器材的準備：

在出發前，可以使用「裝備檢核表」(表 1)進行攜帶器材的確認，以避免到點後，發生器材缺乏，徒勞無功的狀況。

表 1 紅外線自動照相機野外裝備檢核表

1	比例尺	封口袋	紀錄板	底片	電池	指南針	記錄紙
2	8 號扳手	10 號扳手	12 號扳手	電火布	工作手套	鐵鎚	
3	原子筆	奇異筆(細)	白板筆				
4	感應器	照相機	支架	備用螺絲			

2. 現場操作

每 3~4 個星期，調查人員定期至樣區收集底片、維護照相系統、並更換相機電池。到達現場後主要的工作項目為：(1)檢查樣點相機有無反應；(2)更換底片、電池，必要時需更換感應器或相機；(3)紀錄樣點與相機相關資料(如表 2)；(4)拍攝測試片，確認相機正常運作。

3. 資料整理

蒐集回來的底片經過沖洗後轉成為電子檔的照片儲存，並且紀錄每捲底片的樣點、底片編號、照片編號、日期、時間、物種及照片狀況等等資料，以作為物種名錄和相對出現頻度等後續分析之基礎資料庫。

利用拍攝之照片辨識經過物種，製作物種名錄，並分別計算各物種之相對密度指數。相對密度指數(Occurrence index, OI)為每 1000 工作小時所拍攝到的單一物種照片數。工作小時指最後一張照片之拍攝時間(到點時底片已拍攝完畢)或到點時間(到點時底片未拍攝完畢)減去架設或上次更換底片的時間。

$$OI = \text{照片數} / \text{工作小時} \cdot 1,000$$

附錄十二 期中報告審查意見回覆表

編號	委員	審查意見	意見回覆
一	中興大學 生命科學系 林委員幸助	在有限的經費下，該計畫資料非常豐富，應持續支助進行該計畫	敬悉。
		從收集之資料看來生物多樣性相當豐富，該人工濕地似已發揮其生態功能，希望能在期末報告與其他地方資料作比較。	因水池尚未穩定，將於第三年選擇相近生態系比較。
		經過一年半調查，應確認是否已有規律性變化，生態是否已穩定？	似呈穩定趨勢，但尚待觀察。
		應開始進行資料整合分析，例如藻類組成的變化是否可反映水質狀況？如交互作用圖。	敬悉，遵照辦理。
		如何建立生態監測系統？需符合委託單位的需求。	敬悉，遵照辦理。
		天災颱風是否有影響？	有影響，須後續維管。
		監測方法應視需要檢討改進。	敬悉，遵照辦理。
		遊客的影響應進行評估。	敬悉，建議另以計劃評估。
		應有初步結論放在期中報告中。	敬悉，遵照辦理。
		測站位置應標示。	敬悉，遵照辦理。
		圖 3-5 應加入 standard deviation(SD)。	敬悉，遵照辦理。
二	藏生環境規 劃有限公司 林委員穎明	水生昆蟲的調查方法建議可以再做修正。	敬悉，遵照辦理。
		調查位置是否可以區分靜水域及流水域來了解物種的分佈。	敬悉，遵照辦理。
		可以選擇重點物種(如將來可以提供作為解說標的的物種)作較深入的研究或調查。	敬悉。
		針對外來物種的入侵，遊客的教育與宣導是重要的。	敬悉。
		是否針對生態池的目標與功能，進行生態池的維護管理的方式？	敬悉，遵照辦理。
		水生昆蟲可以針對蜻蜓成蟲進行掃網及目視方法，可以得到較完整的蜻蜓名錄，有關稚蟲方面，春蜻蜓及蜻蜓科應該有專家可以提供。	敬悉，遵照辦理。

三	行政院農業 委員會林務 局許技正 曉華	建議報告書提送日期宜提早，並增加專家委員參與提供意見。	敬悉，遵照辦理。
		P3 地形圖 1，宜更換解析度較佳者，方利應用於調查取樣點之標示，以說明報告數據的意義。	敬悉，遵照辦理。
		報告中計畫背景與計畫緣起內容有部分重複，宜釐清重新整理。	敬悉，遵照辦理。
		水質應為生態池演替之根本，但與其他生物之間的關聯未見著墨，宜再整合分析提出。	水質分析係作為一生態池環境現況之數據提供，以便使相關單位能對生態池之可能發生的干擾進行維護與處理。
		水生植物的分布可否選取 2-3 種優勢種來呈現演替競爭之趨勢，另外水生植物僅就覆蓋度分析，建議增加相對頻度之分析與比較。	敬悉，遵照辦理。
		本年為第二年研究，宜與去年結果整合分析討論。	敬悉，遵照辦理。
		P13 群聚組成分析與統計方法，本次未提出成果，期末時務請提出說明並分析結果。	敬悉，遵照辦理。
		為何面天樹蛙、斯文豪氏赤蛙在 2006 年以後就無記錄；腹斑蛙、梭德氏赤蛙及盤古蟾蜍出現的頻度比繁殖季頻繁？	無紀錄表示在調查期間未發現；繁殖季為參考文獻曾發現繁殖的季節。已修正展現方式以利閱讀。
		水生昆蟲是否鑑定到種，報告的呈現方式請參考其他學術期刊。	一般水生昆蟲大多只調查到科，且有許多水生昆蟲並未發表，鑑定到種較為困難。
本計畫還有解說教育訓練建立監測機制與製作監測操作手冊，奧萬大 10 月起即為旺季，為免造成工作同仁工作負荷，請預先安排規劃。	敬悉，遵照辦理。		

四	行政院農業委員會林務局歐技士懿慧	為利日後經營管理工作之落實，期待期末簡報可針對未來生態池經營管理提出具體建言，如滿江紅、吳郭魚的出現，如何妥適處理，提供指標性的參考，作日後生態池維護的依據。	敬悉。
		生態池故事書內之注意事項，建議與本計畫監測之結果結合，除減少林管處日後管理維護困擾，亦富教育意義。	敬悉，遵照辦理。
		奧萬大往自然教育中心發展轉型，建議爾後林管處針對生態池教育作摺頁，增加園區豐富度。	敬悉，由貴處決策。
五	水里工作站張技士燕鄒	針對水生昆蟲調查，可分為： 1. 稚蟲部分因鑑定不易，是否可以鑑定到科或屬，用同工群的方式呈現。 2. 針對調查資料多的科或岸邊，可針對成蟲，作掃網等方式鑑別種類。	謝謝提供調查建議，由於生態池中佈滿水生植物，已嘗試用不同方式進行水生昆蟲採集。
六	育樂課陳課長啟榮	請華梵大學協助愛魚生態工程公司製作水生昆蟲檢索表，供編印生態池故事輸運用。	敬悉，遵照辦理。
		生態池周邊遊樂干擾行為為可接受範圍，請華梵大學納入觀察並加以宣導。	敬悉。
七	育樂課許技士逸玫	紅外線自動相機於執行方法中未見具體架設位置及台數？是否可於期末將 GPS 點及穿越線之 X、Y 軸提供參考。	敬悉，遵照辦理。
		紅外線拍得穿山甲成果不易，是否有特殊技巧可分享。	應與本區穿山甲族群數量與密度，以及架設位置有關。
		水生昆蟲中未見紅娘華，但目測即可見？不知是否可補充其他調查方法或改採其他方式進行。	四、五月因受限於採樣方式，故未記錄到紅娘華之個體數量。六月以後已將所觀察紅娘華予以記錄。
		P38 分析，建議可用圓餅圖，更易了解。	敬悉，遵照辦理。
		請增列外來非目標種的移除建議方法。	敬悉，遵照辦理。
		蛙類為何一年四季都在繁殖。 對經營管理建議，期末報告應納入。	同上。 敬悉，遵照辦理。
八	育樂課廖技士慶森	目前生態池面臨外來種入侵及水生植物消長問題，如何維護管理實為當務之急，端賴本委託計畫監測並提供意見，作為管理單位就日後生態池經營管理之依據。	敬悉，遵照辦理。

九	育樂課 蔡技正碧麗	建議將 95 年、96 年調查的各項物種名路，如鳥類、蛙類、哺乳類... 等物種出現利用水池情形，並增加蜻蜓類調查及另外三小池（林下池、香衫池、楓葉池）、人工溪流之物種調查。	敬悉，遵照辦理。
		請將附著藻採樣點之位置圖放在報告書中。	敬悉，遵照辦理。
		水質分析、浮藻類、附著藻類、水生植物出現之機率與覆蓋率多寡所代表之意義與水池生態系穩定與否之關連性為何？初步結論為何？	水生植物植栽與水中浮游藻類的數量往往成負相關，因此易導致水中溶氧的降低，使溼地易累積沈積物，水中濁度上升。但此因素也常受到藻食性動物數量的影響。
		報告中所列各圖、表，請加註圖例及代碼說明。	敬悉，遵照辦理。
		水質分析、水生植物與水生昆蟲之關聯性？即如出現何種水生植物預期應有何種水生昆蟲產生？	由於溼地環境中的水生昆蟲部分為肉食性，如水蠶、紅娘華、水黽等，不易與水生植物的種類產生直接的關連。水質分析中的營養鹽濃度則與水生植物的生長有關。

附錄十三 期末報告審查意見回覆表

編號	委員	審查意見	意見回覆
一	行政院農業委員會特有生物研究保育中心 劉委員建男	本計畫計三年，建議於前言部份將三年工作目標及執行項目詳列。	敬悉，已於工作內容中詳列。
		將來調查及監測部份將移交管理處同仁執行，所以監測手冊宜簡單明瞭易操作，由管理處同仁可執行的方式為佳。	敬悉，遵照辦理。
		紅外線相機如有拍到人、貓、狗等，請知會管理單位做必要的處理。	敬悉，遵照辦理。
		日時間序列之物種活動模式在執行方法 (p.12) 裡有提到，但結果並未列？	敬悉，遵照辦理。
		台灣山羊為台灣特有種，(p.53 Rana sauteri)；「盤」古蟾蜍宜統一；盤古蟾蜍為台灣特有種 (p.54) 深山竹雞為台灣特有種 (p.46)；山羌非特有種 (p.46)，刺鼠為台灣特有種 (p.46)；學名應斜體 (p63)。	敬悉，遵照辦理。
		白鼻心、台灣獼猴歸類為地棲及台灣獼猴為群居，在分析時易產生混淆，宜於方法裡說明清楚。	敬悉，遵照辦理。
二	中興大學生命科學系林 審查委員 幸助	水質分析中缺少硝酸氮、亞硝酸氮資料，應設法測量，COD 是否需要，請考慮。	敬悉，下年度嘗試增加硝酸鹽與亞硝酸鹽無機氮資料。
		p.15 結果與討論，葉綠素 A 應改為葉綠素 a，請補充單位。	敬悉，遵照辦理。
		p.19 圖 8 DO 與 Conductivity 缺乏單位，X 軸時間軸應考慮實際時間長短間隔。	由於採樣初期頻度較密集，而本年度的頻度則為每月一次，為使初期資料與目前資料一併呈現，故將時間軸以每三個月一間隔，圖中的標記則為各次採樣的實際日期。

		<p>第二年監測後期 DO 下降，營養鹽升高，懸浮固體上升，NTU 上升，應有合理解釋，究竟發生了何事，同時干擾發生時應在內文中標出。</p>	<p>已於文中說明，DO 下降與水中需要分解的物質增加，導致水中的溶氧亦被消耗，再者水生植物覆蓋於水面的面積增加，導致藻類數量降低，光合作用產生氧氣的效率降低亦是可能的因素。懸浮固體與濁度的增加，亦顯示水中的懸浮顆粒增加，與水中被分解的碎屑顆粒增加有關，加上外來種（吳郭魚）的翻攪，亦是水質產生變化的原因之一。</p>
		<p>藍綠藻應改為藍綠菌。</p>	<p>敬悉，遵照辦理。</p>
		<p>每種生物利用生態池之棲地與位置應標出。</p>	<p>敬悉，遵照辦理。</p>
		<p>解說教育訓練成果應改列在後面，讓報告較具連續性。</p>	<p>敬悉，遵照辦理。</p>
		<p>應將生態池之連續性時間序列變化清楚標出。</p>	<p>敬悉，遵照辦理。</p>
		<p>操作監測建議好像著墨不多，應加強實地操作。</p>	<p>敬悉，遵照辦理。</p>
		<p>外來種吳郭魚、福壽螺從何而來？</p>	<p>應與植栽檢疫與放生有關，建議進行宣導並加強防護。</p>
		<p>藻類與水生植物的出現與環境變化之關係應再詳加說明。</p>	<p>水生植物的覆蓋率增加，易導致浮游藻類細胞數量下降，附著藻類的細胞數增加。</p>
		<p>表 13 缺單位面積單位？</p>	<p>敬悉，已補正。</p>

		是否可由資料畫出食物網？	敬悉。擬於下年度計畫執行。
		英文摘要文法錯誤很多，請更正。	敬悉，遵照辦理。
三	藏生環境規劃有限公司 林委員穎明	建議建立完整的食物網結構，可以作為將來解說教材之用，讓民眾了解生態池與物種之間的關係。	敬悉。擬於下年度計畫執行。
		表 13 中，水生昆蟲的採樣是成蟲還是稚蟲？蜻蛉目的調查建議使用捕蟲網採集成蟲，在採樣與鑑定上會較容易。	水體內之水蠶、浮游類等為幼蟲，水面上之蜻蜓與豆娘種類則為成蟲。採樣方法於下年度之採樣工作中遵照建議進行。
		水生昆蟲的空間分佈可以再增加可依據靜水域與流水域的不同環境，說明這些水生昆蟲的分佈情形。	於下年度之採樣工作中遵照建議進行。
		請進一步調查取食水生植物的初級消費者，因這些初級消費者可能是串連食物網的重要物種。	於下年度之採樣工作中遵照建議進行。
		能不能找到明星的物種，做為園區的解說導覽之資料。	敬悉。擬於下年度計劃執行。
		建議建立水生植物維護管理的標準模式，做為將來管理單位進行維護管理之依據。	敬悉。詳見監測操作手冊。
		外來物種的清除方式可能會影響生態池內其他的物種，請著墨建議處理時應注意事項供參。	敬悉。建議轉請施工單位提供清除方法與注意事項。
四	行政院農業委員會林務局許技正 曉華	中文摘要已修改，但英文未修改。	敬悉，遵照辦理。
		p3 圖面不清楚，圖面上有無意義，宜增加全區配置。	敬悉，遵照辦理。
		p13 建議標出參考點，如生態池位置。	敬悉，遵照辦理。
		p14 群聚組成分析與統計方法，原規劃藻類，水生植物、水生昆蟲等項，結果分析只有藻類一項。	已於內文修正。因水生植物與水生昆蟲並無計算個體數，故無法進行群聚相關指數之計算。
		p21 圖未加圖表名稱宜比照 p20。	敬悉，遵照辦理。

			已於內文修正。
		兩棲類出現樣區，宜另整理內容，並以表格方式呈現，另應增加各物種之相對豐度。	敬悉。兩棲類因族群估算之技術限制，不宜以相對豐度表現。
		請將哺乳類調查資料轉換、表現在時間序列上，以了解動物在不同時間對棲地之利用。	哺乳動物常有其固定之領域與活動範圍，不宜以時間序列表現。
		所附之操作手冊對現場人員據以執行仍有困難，請增加調查表單（是否需測水溫、pH）？	敬悉。詳見監測操作手冊。
五	丹大工作站 余技士佩珊	p.3 地形圖解析度太低，數字看不清楚，請修正。	敬悉，遵照辦理。
		p.74 提到本生態池未出現一般生態池有的現象，即未因季節交替 vs 植食水生昆蟲出現控制水生植物的數量，即推論為中海拔的影響，是否建議再敘明具體因素，例如溫度？	平地溼地之水生植物往往會形成優勢種類，但隨著以該種植物為食草之昆蟲出現，可抑制該種水生植物的蔓延，並降低其優勢度，可藉此提高溼地環境中的水生生物多樣性。但奧萬大生態池並未有類似的現象發生，需再做進一步的追蹤確認。
		p.74 提到生態池仍需定期維護，但 p.78 已建議放入植食甚至肉食魚類，後續發展已經過審慎評估考量否？	謝謝指正，放入肉食性魚類於奧萬大森林遊樂區之生態池並不恰當，已將內文予以修正。
		外來種入侵如何維護管是期中審查建議意見之一，但在本文中未看到，宜多加著墨。	敬悉。詳見監測操作手冊。

		p.47、48 自動照相機動物調查名錄表(表14), 是否可以將頻度或相對密度列入表中?	詳見表 16。
六	育樂課 陳課長啟榮	奧萬大森林遊樂區未來朝轉換以「自然教育中心」為經營模式, 故生態池完整食物網之建立, 為本區設計教材、教具之參據重點, 請華梵大學協助本處設計教材、教具, 供未來營運應用。	敬悉。
		96 年度新發現物種有白鼻心、穿山甲、山豬等物種, 請問有無過去發現物種目前減失之情形?	無減少。
七	育樂課 廖技士慶森	就現場經營管理而言, 有關未來生態池之維護管理機制, 其變動影響、切入時間點等為最迫切需求, 建請以簡易經營原則加以著墨, 供本處參據。	敬悉。詳見監測操作手冊。
八	育樂課 蔡技正碧麗	封面之委託機關, 請修正為「行政院農業委員會林務局南投林區管理處」, 第一行請加行政院農業委員會林務局委託研究系列 96-23, 第二行請加行政院農業委員會林務局保育研究系列 96-08-4-03, 並加書背。	敬悉, 遵照辦理。
		p.55 頁所提盤古蟾蜍主要繁殖季為 9~2 月; 調查觀察季節為全年皆有, 其代表意義為何? 若族群量很多, 會不會影響其他蛙類棲息?	應為正常現象, 可持續觀察。
		請加入代表性藻類相片、蜻蜓繁殖季節及出現之年月份, 供本處參據。	藻類照片因染色無法顯現實際樣貌, 建議於下年度以其他方式採樣後照相, 再列入報告呈現, 另外, 蜻蜓出現季節則已加入於內文。
		請將期中、期末報告審查意見回覆表納入報告書中。	敬悉, 遵照辦理。