



行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 95-25

保育研究計畫系列 95-04-08-04

奧萬大國家森林遊樂區生態池長期生態監測



委託單位：行政院農業委員會林務局南投林區管理處

執行單位：華梵大學 環境與防災設計學系

中華民國九十五年十二月

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。本計畫以兩個子計畫分別以水質、藻類、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。兩棲類與中小型地棲哺乳動物調查方法包括陷阱、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。調查結果全區共發現地棲物種 11 科 16 種，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，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。定期採集生態水池水樣和水池中的浮游藻類與附著藻類，測量各水質指標並鑑定藻類物種、計算單位細胞數與組成。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。

本研究建議奧萬大人工濕地可於夏季水溫升高前，予以施肥並逐漸減短池水於生態池內之滯留時間，在秋冬之際，則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。

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 surrounding area. In this project, we evaluated the wetland condition by monitoring the water quality and, algae, amphibians and surface-dwelling mammals composition 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 connect information of surface-dwelling mammals. A total of 9 amphibian species and 16 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 quality to wetland dependent species and have no impact to 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.....	iv
壹、 計畫背景.....	1
貳、 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....	3
一、 前言.....	3
二、 材料與方法.....	4
三、 結果與討論.....	8
四、 結論與建議.....	23
參、 微細藻類在人工溼地構築的演替機制之探討.....	25
一、 前言.....	25
二、 材料與方法.....	27
三、 結果與討論.....	31
四、 結論與建議.....	58
肆、 致謝.....	60
伍、 參考文獻.....	61
陸、 期中報告審查意見回覆.....	65
柒、 期末報告審查意見回覆.....	67
捌、 委託研究團隊.....	70

圖目錄

圖 1 奧萬大地形圖.....	2
圖 2 「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」 自動照相機架設樣區位置圖.....	5
圖 3 「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」 物種照片(1).....	11
圖 4 「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」 物種照片(2).....	12
圖 5 「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」 物種照片(3).....	13
圖 6 「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」刺 鼠日時間序列之活動模式.....	15
圖 7 「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」鼬 獾日時間序列之活動模式.....	16
圖 8 「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」山 羌日時間序列之活動模式.....	16
圖 9 「奧萬大國家森林遊樂區」物種空間分布圖.....	18
圖 10 「奧萬大國家森林遊樂區生態池」兩棲類調查物種照片(1).....	21
圖 11 「奧萬大國家森林遊樂區生態池」兩棲類調查物種照片(2).....	22

圖 12	奧萬大森林遊樂區人工生態池.....	27
圖 13	以壓克力附著板記錄附著藻類的變化.....	29
圖 14	奧萬大森林遊樂區人工生態池浮游藻類之種類數與細胞數變化.....	35
圖 15	奧萬大森林遊樂區人工生態池浮游藻類之優勢度指數與歧異度指數變化.....	35
圖 16	奧萬大森林遊樂區人工生態池浮游藻類之豐富度指數與均勻度指數變化.....	36
圖 17	奧萬大森林遊樂區人工生態池各測站附著藻類之種類數比較.....	42
圖 18	奧萬大森林遊樂區人工生態池各測站附著藻類之細胞數比較.....	45
圖 19	奧萬大森林遊樂區人工生態池附著藻類之種類數與平均細胞數變化.....	45
圖 20	奧萬大森林遊樂區人工生態池各測站附著藻類之細胞數歧異度指數比較.....	47
圖 21	奧萬大森林遊樂區人工生態池各測站附著藻類之優勢度指數比較....	47
圖 22	奧萬大森林遊樂區人工生態池附著藻類之歧異度指數與優勢度指數變化.....	48
圖 23	奧萬大森林遊樂區人工生態池附著藻類之豐富度指數與均勻度指數變化.....	48
圖 24	奧萬大森林遊樂區人工生態池之水溫、溶氧及導電度變化.....	50
圖 25	奧萬大森林遊樂區人工生態池之懸浮固體及濁度變化.....	51
圖 26	奧萬大森林遊樂區生態池之浮游藻類組成百分比之變動（比例組成顏色依藻屬字母由下而上排列）.....	53
圖 27	奧萬大森林遊樂區生態池附著藻類於 A1-A4 採樣點（由上而下）之優勢藻種組成變動。（比例組成顏色依藻屬字母由下而上排列）.....	55
圖 28	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 Goldsborough and Robison, 1996）.....	56

表目錄

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」工作日程表.....	6
表 2 「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」各項調查工作進度表.....	7
表 3 「奧萬大國家森林遊樂區」自動照相機動物調查物種名錄.....	9
表 4 「奧萬大國家森林遊樂區」生態水池周圍自動相機物種調查名錄.....	10
表 5 「奧萬大國家森林遊樂區」生態水池周圍其他沿線調查發現物種名錄.....	10
表 6 自動照相機拍攝地棲動物出現樣區頻度與相對密度.....	14
表 7 「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.....	19
表 8 「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出現季節與以往主要繁殖季節記錄.....	20
表 9 奧萬大森林遊樂區人工生態池之浮游性藻類細胞數含量.....	33
表 10 奧萬大森林遊樂區人工生態池浮游藻類生物多樣性相關指數變化.....	34
表 11 奧萬大森林遊樂區人工生態池 A1 測站之附著性藻類及細胞數含量.....	38
表 12 奧萬大森林遊樂區人工生態池 A2 測站之附著性藻類及細胞數含量.....	39
表 13 奧萬大森林遊樂區人工生態池 A3 測站之附著性藻類及細胞數含量.....	40
表 14 奧萬大森林遊樂區人工生態池 A4 測站之附著性藻類及細胞數含量.....	41
表 15 奧萬大森林遊樂區人工生態池各測站生物群聚指數.....	44
表 16、溼地四種不同階段之優勢藻種與特性.....	59

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（圖 1）。遊樂區內的生態池原為簡易的人工景觀水池，為一垂直水泥壁面之圓形水池，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。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，期待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。

生態池位於園區櫻花林內，靠近遊客主要住宿與餐飲區域但不直接緊鄰，海拔 1,280 公尺，周圍主要的林相包括人工針葉林與天然闊葉林，主要的水源來自水塔的溢流水。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。

生態池營造完成後，評鑑是否提供預期的功能以及了解對周圍環境的影響將成為接下來的首要工作。生態池是否提供預期的功能，可由水池的演替狀況來決定，而水池的演替狀況則可由特定的指標物種監測得知。至於生態池對原有環境的影響，除了創造了一個新的水域利用空間之外，對於周圍原來在此棲息的動物也有不同程度的影響，可以利用指標物種之監測得知。因此本計畫擬利用地棲型動物與藻類作為陸域及水域的指標，填補往昔對於研究中海拔溼地生態系的空缺之處，並提供管理單位瞭解生態池鄰近區域之物種現況，以作為後續經營之參考。計畫共分為「奧萬大國家森林遊樂區生態池濱水區地棲型動物行為監測計畫」與「微細藻類在人工溼地構築的演替機制之探討」兩個子計畫，分別由相關專業研究背景人員執行。

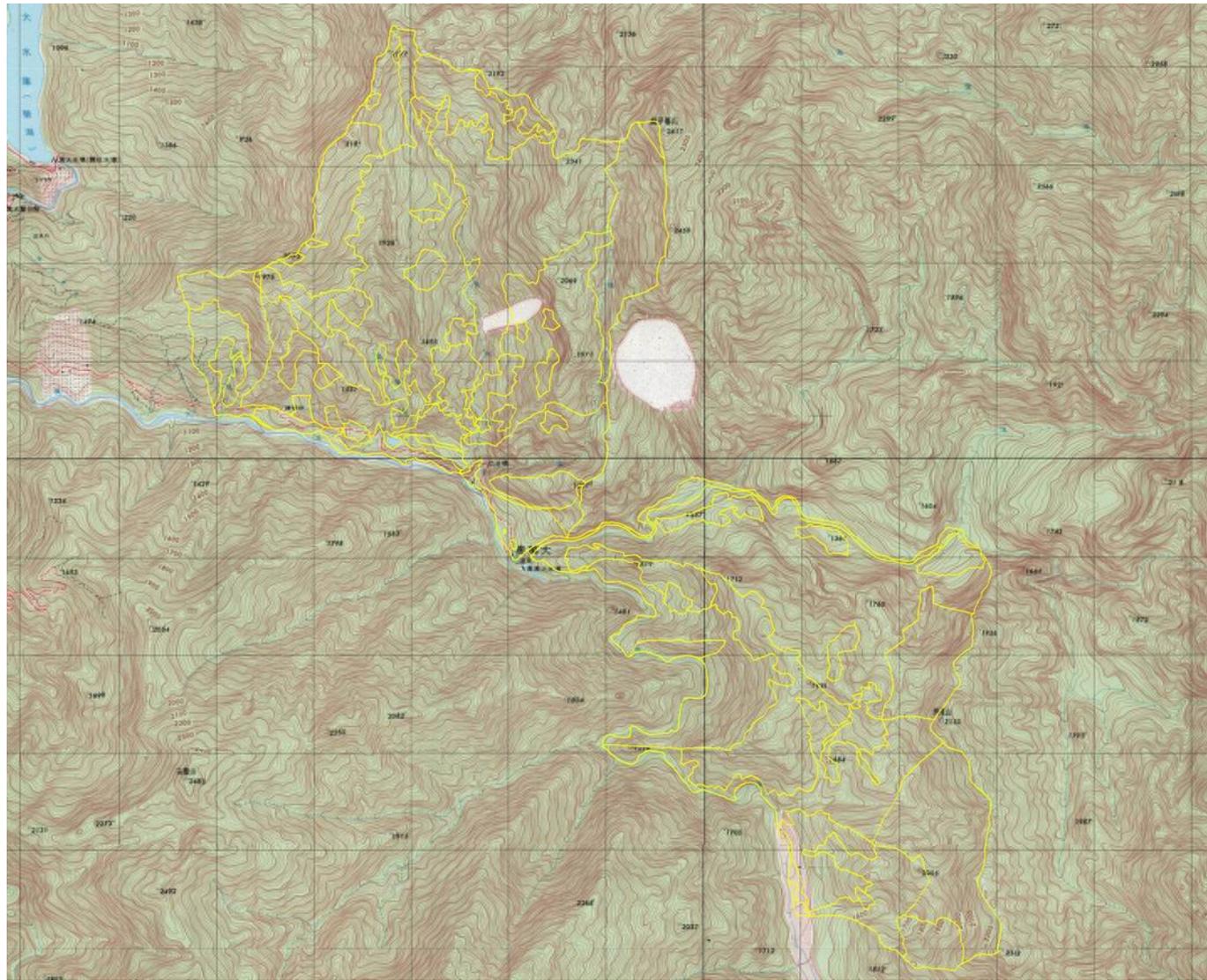


圖 1 奧萬大地形圖

貳、 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

執行單位：華梵大學環境與防災設計學系

計畫主持人：賴玉菁

一、前言

1.1 計畫目的

本監測計畫案旨在監測奧萬大森林遊樂區內，人工生態水池建造後，其周圍濱水區內地棲型動物的行為。

1.2 預定工作項目

1. 人工生態池濱水帶地棲型恆溫動物名錄
2. 人工生態池濱水帶地棲型恆溫動物族群相對數量
3. 人工生態池濱水帶中小型哺乳動物空間分布
4. 人工生態池濱水帶中小型哺乳動物活動模式

1.3 計畫緣起

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。奧萬大森林遊樂區原有的景觀水池在設計之初，以水資源的多重利用與景觀遊憩為設計目標，並無考慮水域的生態需求；然而一個森林遊樂區除了以提供景觀遊憩之所需外，更須提供一個具備生態功能與教育意義的生態環境，才能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。為了提供重要的陸域水岸棲地環境，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。為了解此一棲地重建對區域內原有物種的效益與影響，因此擬藉由此監測計畫，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、空間分布與行為模式，以評估生態池所創造的棲地環境效益，並了解生態池之創造對原有物種的影響。藉由此監測結果，可以提供管理單位生態水池鄰近區域之物種現況，以作為後續經營之參考。

1.4 執行期間

執行期間：2006 年 3 月 15 日至 2006 年 12 月 31 日

二、材料與方法

自動照相機之架設為計畫之主要工作項目，人工生態池周圍濱水區域為主要調查區域，此外，由於本區的前期基礎資料缺乏，為了解水池對周圍濱水區域的影響，於鄰近集水區同時設置樣區，作為對照。水池周圍濱水區域共有南向與西向兩坡，分別於兩坡向架設兩條穿越線，由於腹地較為狹窄，自坡腳至稜線約僅 60 公尺，因此兩穿越線各架設 2 台自動相機，其他調查區域以樣點架設為主。區域內林分多為天然闊葉次生林、人工闊葉林、以及人工針葉林，於調查區域內天然林或次生林內，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，啟動相機拍照記錄。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。自 2005 年 10 月開始於生態池周圍次生林測試架設並調整相機狀況，於 2005 年 12 月開始生產有效之相片資料，自 2006 年 4 月持續增加自動照相機工作樣區數，並依收回之調查資料，持續調整自動相機架設位置，至 2006 年 10 月共有 11 台自動照相機分別在不同次集水區架設（圖 2）。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記錄過之物種為準；並分別計算各物種之相對密度指數（Occurrence index, OI =每 1,000 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。

除以自動相機調查地棲恆溫動物之外，為顧及調查物種之完整性，將針對水池周圍其他可能出現的小型哺乳動物以及兩棲爬蟲類物種，輔以夜間調查與小型哺乳動物調查。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 點間調查水域周圍的兩棲爬蟲類動物。自 2006 年 10 月至 2006 年 10 月本項計畫共調查 10 趟 36 人次（表 1），工作項目包括自動相機架設、掉落式(pitfall)

陷阱調查、隔板陷阱調查、夜間沿線調查與兩棲類聲音收集等（表2）。

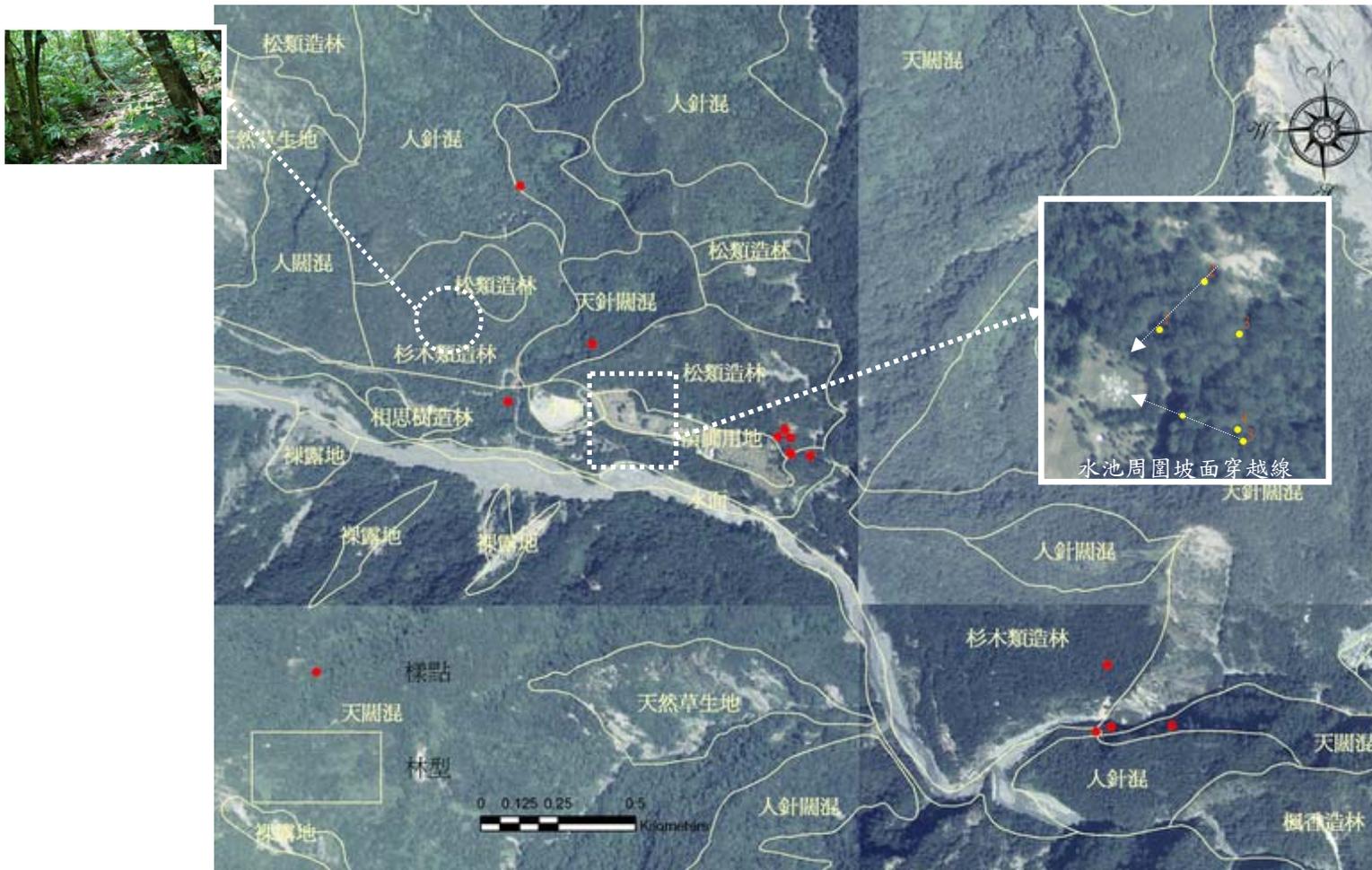


圖2 「奧萬大國家森林遊樂區人工生態池濱水區地棲型動物行為監測計畫」自動照相機架設樣區位置圖

使用奧萬大區域的兩萬五千分之一的地形圖、林班圖、與第三次全國資源調查的土地利用圖，並利用地理資訊系統空間展示之功能，以各照相機所在位置、調查路徑、與捕捉器位置為基準，繪製各物種在人工生態池濱水區內之空間分布圖。

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。總括以上調查分析結果，本計畫預計將產生人工生態池濱水區內物種名錄、中小型地棲哺乳動物物種相對族群數量、各中小型地棲哺乳動物空間分布圖、與各中小型地棲哺乳動物活動模式，並評估人工生態水池對區域內原有物種可能之效益與影響。

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」工作日程表

日期	天數	自動相機樣點編號	工作樣點數	人次
051015	1	01,02	2	1
051212	2	01,0102,02,0202	4	3
060115	2	01,0102,02,0202	4	1
060215	2	01,0102,02,0202	4	7
060405	3	01,0102,02,0202,03-10	12	4
060519	3	01,0102,02,0202,03,0302,04-12	15	4
060628	2	01,0203,0302,0402,05-07,09,11-14	12	4
060719	2	01,0203,0302,0402,06,07,09,11-15	12	4
060828	2	01,0203,0302,0402,06,07,09,11-15	12	4
061014	2	01,0203,0302,0402,06,07,11-15	11	4
總計	21			36

表 2 「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」各項調查工作進度表

日期	工作項目	2005 年						2006 年								
		8/22	9/1	9/12	10/2	10/5	10/16	12/12	1/15	2/15	4/5	5/19	6/28	7/19	8/28	10/14
生態池工程		開工	生態池施工	溪流施工	放水	林間窪地施工	完工									
生態調查工作項目	自動相機															
	夜間調查															
	兩棲類收音															
	掉落式陷阱															
	隔板式陷阱															

三、結果與討論

3.1 調查物種名錄與相對豐度

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 2006 年 10 月，總計共執行總工作時 35,649.58 有效照片數 483 張。共調查到物種 11 科 16 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*)、臺灣野豬(*Sus scrofa taiwanus*) 與山羌(*Muntiacus reevesi micrurus*) 等哺乳動物，以及藍腹鵯(*Lophura swinhoii*)、深山竹雞(*Arborophila crudigularis*)、竹雞(*Bambusicola thoracica*)、檀鳥(*Garrulus glandarius*)、白喉笑鵯(*Garrulax albogularis*)、藪鳥 (*Liocichla steeri*)、紫嘯鵯 (*Myiophoneus insularis*) 與虎鵯 (*Zoothera dauma*) 等鳥類(表 3，圖 3-5)。其中，台灣獼猴、山羌以及藍腹鵯、檀鳥、藪鳥、白喉笑鵯與紫嘯鵯等為保育類物種，台灣獼猴與山羌為台灣特有種。除了雀形目的 3 科 5 種物種之外，其他 8 科 11 種可以歸類地棲型動物，因為自動照相機的調查特性，只有地棲物種可以利用 OI 值做相對族群量的估算(表 3)。生態水池邊共調查有 9 科 12 種，扣除雀形目的 3 科 5 種非地棲型鳥類，共調查有地棲型物種 6 科 7 種，除了台灣野兔、臺灣野豬、深山竹雞與藍腹鵯外，其他物種在生態水池周圍樣區都有記錄，而黃鼠狼則只有在生態水池邊的樣區有記錄，其他區域沒有發現(表 4)。

除自動照相機拍攝之鳥類照片外，其他在調查過程中目視見到之鳥類尚有鉛色水鵯(*Rhyacornis fuliginosus*)、小剪尾(*Enicurus scouleri*)、樹鵯(*Dendrocitta formosae*)與巨嘴鵯(*Corvus macrorhynchos*)等(表 5，圖 9) 可供物種名錄之確認，其中，鉛色水鵯與小剪尾為保育類物種。

選取 12 個調查資料較為穩定的相機樣區，計算各物種在 12 個相機樣區的出現頻度，在所有調查之地棲型物種中，以刺鼠(100%)、山羌(91.67%)與鼬獾(75%)的出現頻度最高，除了兩三個樣區外，幾乎出現在所有樣區中；反之，台灣野兔(8.33%)、台灣

野豬(8.33%)、深山竹雞(8.33%)與竹雞(8.33%)的出現頻度最低，只分別在 1 個樣區有看到 (表 6)。12 個樣區中，最少出現 2 個物種，最多出現 6 個物種，物種豐富度最高的 4 個樣區中包含 2 個水池周圍的樣區。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，以刺鼠 (OI=8.7683) 為最高，其次為山羌 (1.6392) 與鼬獾 (1.2924)；相對密度較低的物種為竹雞(0.1912)、台灣野兔 (0.2833)、黃鼠狼(0.4663)與台灣野豬(0.4791)。

表 3 「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	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>	
偶蹄	豬	臺灣野豬	<i>Sus scrofa taivanus</i>	
		鹿	山羌	<i>Muntiacus reevesi micrurus</i>
雞形	雉	深山竹雞	<i>Arborophila crudigularis</i>	III
		竹雞	<i>Bambusicola thoracica</i>	
		藍腹鵲	<i>Lophura swinhoii</i>	II
雀形	鴉	檀鳥	<i>Garrulus glandarius</i>	
		畫眉	白喉笑鸚	<i>Garrulax albogularis</i>
	鵲	藪鳥	<i>Liocichla steeri</i>	
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。

表 4 「奧萬大國家森林遊樂區」生態水池周圍自動相機物種調查名錄

目	科	中文名	學名	保育等級*
靈長	獼猴	臺灣獼猴	<i>Macaca cyclopis</i>	II
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>	
偶蹄	鹿	山羌	<i>Muntiacus reevesi micrurus</i>	II
雞形	雉	竹雞	<i>Bambusicola thoracica</i>	
雀形	鴉	檀鳥	<i>Garrulus glandarius</i>	
		畫眉	<i>Garrulax albogularis</i>	II
	鶇	藪鳥	<i>Liocichla steeri</i>	
		紫嘯鶇	<i>Myiophoneus insularis</i>	III
		虎鶇	<i>Zoothera dauma</i>	

表 5 「奧萬大國家森林遊樂區」生態水池周圍其他沿線調查發現物種名錄

科	中文名	學名	保育等級*
鶇	鉛色水鶇	<i>Phoenicurus fuliginosus</i>	III
	小剪尾	<i>Enicurus scouleri</i>	II
	樹鶇	<i>Dendrocitta formosae</i>	
鴉	巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos</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(*Melogale moschata subaurantiaca*)

圖 3 「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」物種照片
(1)



(a) 臺灣野豬(*Sus scrofa taiwanus*)



(b) 山羌♂(*Muntiacus reevesi micrurus*)



(c) 山羌♀(*Muntiacus reevesi micrurus*)



(d) 藍腹鷓♂(*Lophura swinhoii*)



(e) 藍腹鷓♀(*Lophura swinhoii*)



(f) 紫嘯鶇 (*Myiophonus insularis*)

圖 4 「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」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) 竹雞 (*Bambusicola thoracica*)



(f) 小剪尾 (*Enicurus scouleri*)

圖 5 「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」物種照片
(3)

表 6 自動照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	臺灣野豬	山羌	深山竹雞	竹雞	藍腹鷓	物種數
01	5,572.73	0.5383	0.0000	0.0000	18.1240	0.3589	0.3589	0.0000	0.5383	0.0000	0.0000	0.0000	5
02	5,229.12	0.0000	0.0000	0.5737	7.8407	0.5737	1.5299	0.0000	2.8686	0.0000	0.1912	0.0000	6
03	1,377.10	0.0000	0.0000	0.7262	20.3326	0.0000	2.9047	0.0000	2.9047	0.0000	0.0000	0.0000	4
04	3,740.22	0.0000	0.0000	0.8021	10.6946	0.0000	0.2674	0.0000	0.8021	0.0000	0.0000	0.0000	4
05	985.58	0.0000	0.0000	0.0000	5.0731	0.0000	2.0293	0.0000	0.0000	1.0146	0.0000	0.0000	3
06	3,227.23	0.0000	0.0000	0.0000	1.2395	0.0000	1.8592	0.0000	0.6197	0.0000	0.0000	0.9296	4
07	3,530.05	1.1331	0.2833	1.1331	9.0650	0.0000	3.3994	0.0000	4.5325	0.0000	0.0000	0.0000	6
09	2,133.78	0.0000	0.0000	0.0000	5.6238	0.0000	1.8746	0.0000	0.4687	0.0000	0.0000	0.0000	3
11	2,480.08	0.0000	0.0000	0.0000	2.8225	0.0000	0.0000	0.0000	3.6289	0.0000	0.0000	1.2096	3
12	3,730.45	0.0000	0.0000	0.0000	6.4335	0.0000	0.0000	0.0000	0.2681	0.0000	0.0000	0.0000	2
13	2,087.07	0.4791	0.0000	0.0000	3.8331	0.0000	0.0000	0.4791	2.3957	0.0000	0.0000	0.4791	5
14	1,556.17	0.6426	0.0000	0.0000	14.1373	0.0000	1.2852	0.0000	0.6426	0.0000	0.0000	0.0000	5
平均 OI 值		0.6983	0.2833	0.8088	8.7683	0.4663	1.7232	0.4791	1.7882	1.0146	0.1912	0.8728	
總工作時／有效照片數	35,649.58	9	1	11	324	5	41	1	60	1	1	7	
出現樣區數		4	1	4	12	2	9	1	11	1	1	3	
出現頻度		33.33	8.33	33.33	100.00	16.67	75.00	8.33	91.67	8.33	8.33	25.00	

3.2 物種活動模式

在調查資料較穩定的樣區裡，相機所拍攝到的有效照片數中，以刺鼠(324 張)、山羌(60 張)與鼬獾(41 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。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 6)；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 7)；山羌為全日性活動模式，清晨和傍晚各有一個活動高峰(圖 8)，這三種物種的活動模式與台灣其他地區的大致相同。

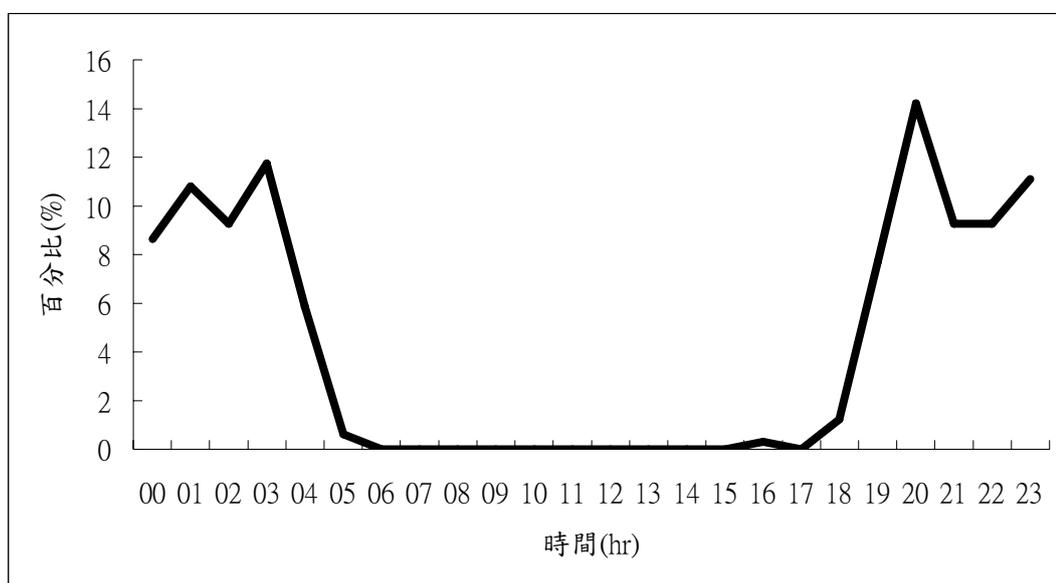


圖 6 「奧萬大國家森林遊樂區人工生態池濱水區地棲型動物行為監測計畫」刺鼠日時間序列之活動模式

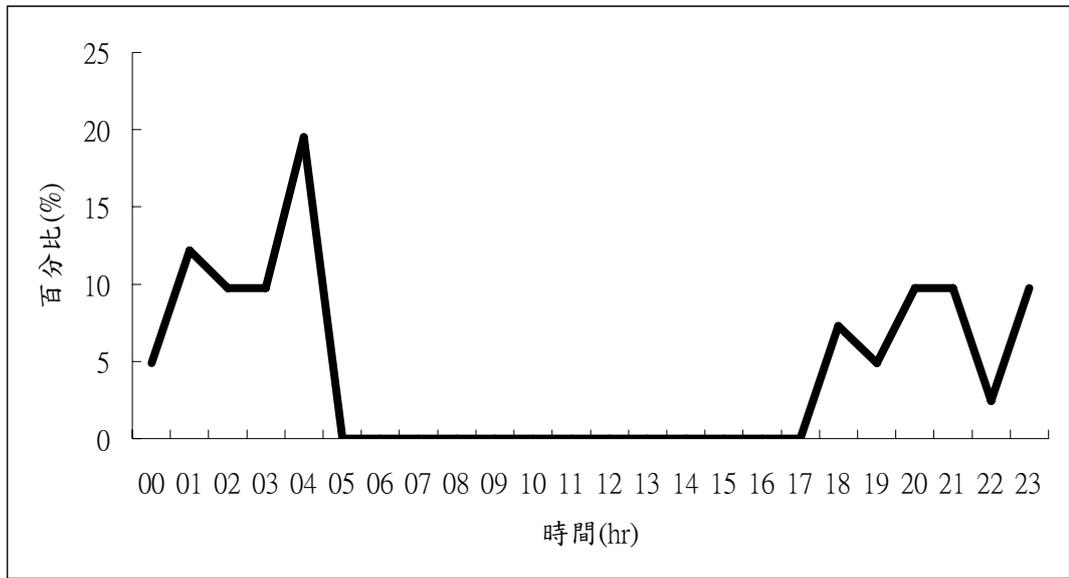


圖 7「奧萬大國家森林遊樂區人工生態池濱水區地棲型動物行為監測計畫」鼬獾日時間序列之活動模式

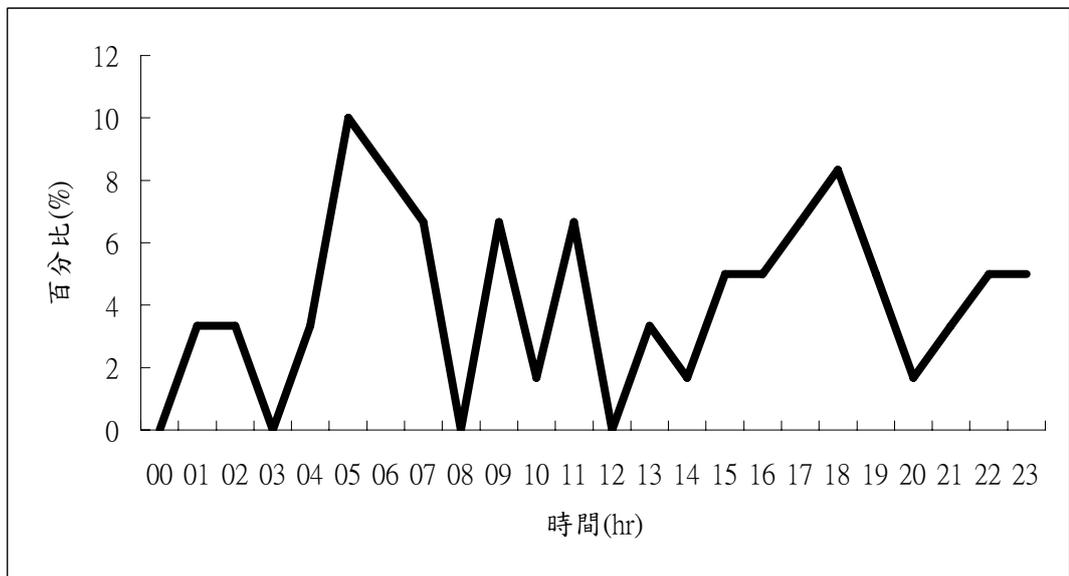
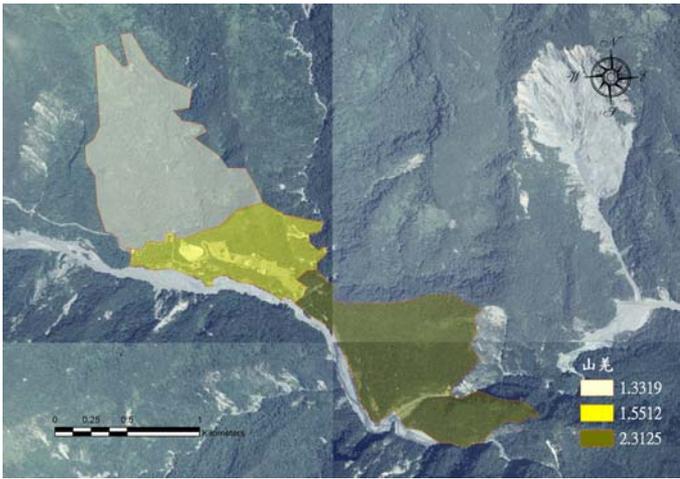


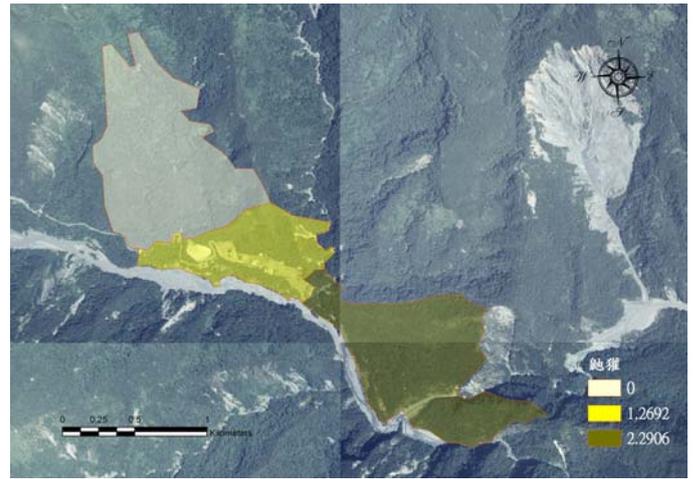
圖 8「奧萬大國家森林遊樂區人工生態池濱水區地棲型動物行為監測計畫」山羌日時間序列之活動模式

3.3物種空間分佈

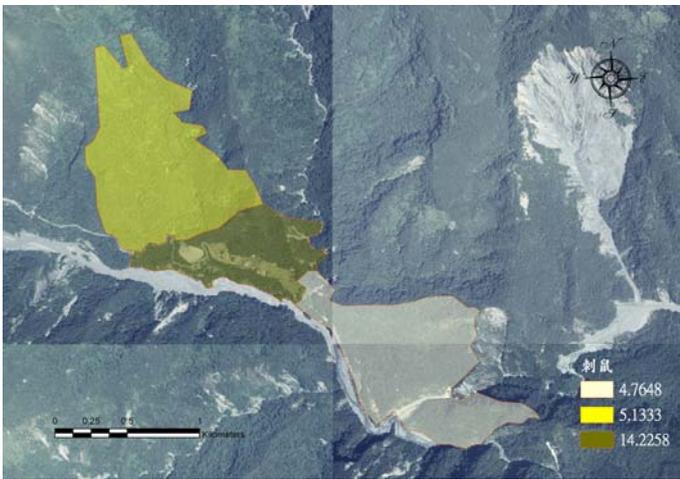
將地棲型物種依其相對密度指數分別製作空間分布圖表現各區域物種的相對物種豐量的變化。以樣區落入的小集水區為物理環境均質的區域，將遊樂區依次分為干擾程度低中高三區，干擾程度較低的次集水區在園區西邊，只有一條維護步道，除了園區維護管理與研究需要外遊客不會到達，平常干擾程度低；干擾程度中等區域在園區東邊楓林松林區，只有腳程較好的賞楓遊客到達，並且通常會侷限在步道與部分廣場；干擾程度最高的區域為園區主要的行政中心，有遊客中心與住宿區，遊客多漫遊其中不受侷限。山羌、鼬獾與刺鼠為區域內廣泛分布的物種，在各個區域都有發現，其中，除了刺鼠在各樣點間族群密度差異較大之外（圖 9）。台灣獼猴、赤腹松鼠與藍腹鷓在 3 個以上的樣區有發現，屬侷限分布物種（圖 9）。台灣野兔、台灣野豬、黃鼠狼、深山竹雞與竹雞為區域內侷限分布的物種，只在 1 個樣區有發現（圖 10）。



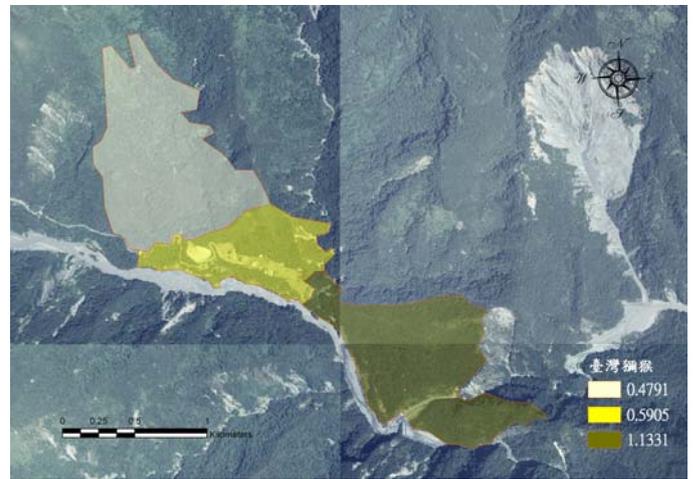
(a)



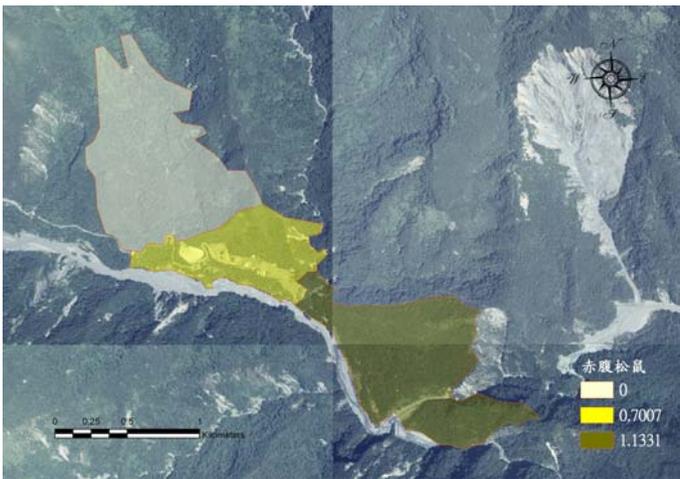
(b)



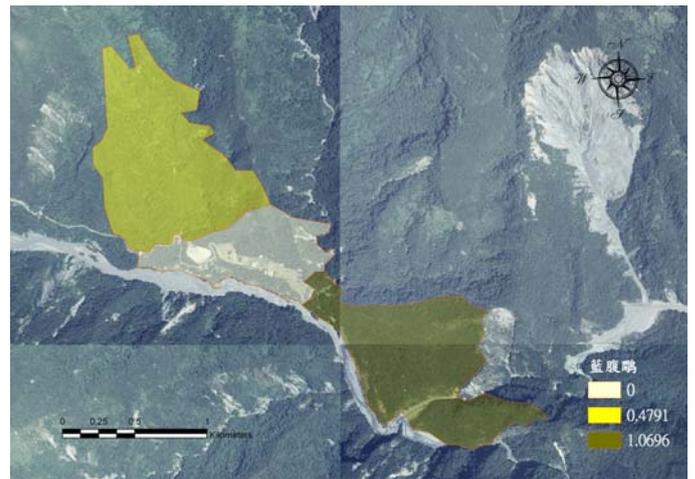
(c)



(d)



(e)



(f)

圖 9 「奧萬大國家森林遊樂區」物種空間分布圖
 (a)山羌 (b)鼯猴 (c)刺鼠 (d)台灣獼猴 (e)赤腹松鼠 (f)藍腹鵲

兩棲類的調查方法包括掉落式(pitfall)陷阱調查、隔板陷阱調查、夜間沿線調查與兩棲類聲音收集等，自 2006 年 2 月至 2006 年 10 月，共調查有 3 科 9 種 (表 7)，包括蟾蜍科的盤古蟾蜍 (*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 10-13)。所有兩棲類調查物種，以莫氏樹蛙、日本樹蛙、拉都希氏赤蛙與盤古蟾蜍最先出現，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 8)。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。

表 7 「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*
樹蛙科 Rhacophoridae	莫氏樹蛙	<i>Rhacophorus moltrechti</i>	Moltrecht's Treefrog	珍貴稀有 (台灣特有種)
	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	

表 8 「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出現季節與以往主要繁殖季節記錄

物種	1月	2月	4月	5月	6月	7月	8月	10月	11月	12月
莫氏樹蛙	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色
白領樹蛙	白色	白色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	白色	白色	白色
日本樹蛙	白色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	黑色	白色	白色
面天樹蛙	白色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	白色
拉都希氏 赤蛙	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色
斯文豪氏 赤蛙	白色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	白色
腹斑蛙	白色	白色	灰色	灰色	灰色	灰色	灰色	白色	白色	白色
梭德氏赤 蛙	白色	白色	高海拔	白色	白色	白色	白色	灰色	灰色	低海拔
盤古蟾蜍	灰色	灰色	白色	白色	白色	白色	白色	灰色	灰色	灰色

* 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 idiotocus*)



(f) 梭德氏赤蛙 (*Rana Sauteri*)

圖 10 「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 11 「奧萬大國家森林遊樂區生態池」兩棲類調查物種照片(2)

四、結論與建議

地棲型哺乳動物調查顯示，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，臺灣野兔、黃鼠狼與台灣野豬為侷限分布。由於樣區全在森林中架設，並非竹雞與深山竹雞的主要棲息環境，因此雖然只有一個樣區中有發現，並不能確定其分布狀況為侷限分布。對山羌與鼬獾而言，各區域的相對豐富度差異不大。

生態水池的周圍，物種亦相當豐富，由於相機架設樣區已達區域稜線，稜線後即為一個大面積的崩壁，前方為生態水池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，其活動模式又與其他研究報告所指之活動模式相同，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。

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，至 2006 年 10 月為止，調查到的青蛙名錄以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。夜調結果顯示各物種間似有不明顯的區域利用空間，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。

本區的地棲型物種豐富，應該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。

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。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。物種經營上，則可以開始適度引入食物鏈較高的掠食者，如包括植食或碎屑食性的魚類，最後引入食物鏈最高階的肉食魚類。在引入魚類時，需密切監測水域生態系的變化，以確保人工水池生態系的穩定。

參、微細藻類在人工溼地構築的演替機制之探討

執行單位：育達商業技術學院通識教育中心

計畫主持人：張睿昇

一、前言

生態工法的議題近來普獲各界重視，隨著研究、應用及推廣等知識的累積，生態工法的內涵不斷被賦予更深層的意義。以構築人工溼地的工法而言，不僅要使溼地具備滯洪、除污、景觀等功能外，更須營造成生物多樣性較高的生態系統，同時合乎生態理念之親水性的利用型態。因此施工期間，除考量工程施作對生態所造成的衝擊外，也必須強調工程與環境的調和，藉由工程操作減緩衝擊，最終以恢復溼地的生命力，提升環境生活品質、維護自然景觀及生態平衡等為目標。近年來，國外以指標生物針對溼地環境的狀態評估方法，受到相當程度的重視 (Adamus *et al.* 2001)，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。

然而過去的相關研究中，不論是生物性整合指標 (Index of Biotic Integrity) 或是其他的生物指標，大都以魚類或底棲無脊椎動物作為調查評估的對象 (Simon, 1998; Helgen, 2001, 朱等人, 2003; 2004)，部分則以水生維管束植物為主 (Admus, 2001)。但除了這些指標物種外，藻類也成為近年來評估溼地水域的重要物種之一 (McCormick and Stevenson, 1998; Stevenson *et al.*, 2001; McNair and Chow-Fraser, 2003)。就藻類而言，水中藻類群聚組成的變化早已是湖泊、水庫及河川等水域優養化之重要評估指標，隨者水域特性與營養鹽濃度的不同，藻類相亦有所差異 (張等人, 2004)。通常在水流較平緩靜滯的水域，如池塘、魚池或湖泊、水庫等，以浮游性的藻類作為採樣的對象 (包括大多數的單細胞藻類，如綠藻、矽藻、渦鞭毛藻、金黃藻及藍綠菌等)；而在河川或溪流等水流流動的水域，則選擇附著性的藻類 (以矽藻為主) 作為觀察的指標。當水體中營養鹽濃度適中，藻類的多樣性會增加，若太高 (優養化) 或太低 (貧養化) 則藻類多樣性會下降，並容易產生優勢藻種。而溼地也是這群藻類重要的棲息環境，除了扮演生產者的角色之外，對於溼地的食物網結構也有著舉足輕重的地位。受到季節性的漫淹或枯水期的影響，使得溼地的水位上升或下降，進而改變水體中營養的組成，都會影響

溼地中藻類的群聚組成變動，但國內目前並未針對溼地的藻類群聚組成進行相關研究。

溼地中的藻類組成，依水域狀態可分為浮游性藻類（phytoplankton）與附著性藻類（periphyton）。浮游藻類與溼地環境中水的滯留時間與混濁度有密切關係，附著性藻類則是一群附著在底泥、岩石或大型植物上生活的底棲藻類，兩者都是對環境改變相當敏感的生物指標。因為這群生物可以有效反應水域受到物理與化學等因素干擾的狀況（Morgan, 1987; reviewed in Borchardt, 1996）。藻類的群聚組成之所以可作為湖泊、水庫、溪流、河川或溼地等水域環境改變評估的最佳指標，係因為：

1. 物種種類多，不會受限於物種稀少而產生判斷上的困難。
2. 由於不具遷移能力，故可反應特定水域整體及長期累積的水質狀況（包括暴露環境所產生的新變化或回復至先前的狀態）。
3. 藉由有經驗的專家可將物種鑑定至種的層級。
4. 採樣容易，不需太多人力。
5. 許多種類對於特殊環境（乾淨、污染或介於其中）的容忍力或是敏感程度都已經被瞭解。

依據國外生態工法對人工溼地構築的經驗，顯示有必要了解施工前、中、後等各階段，是否因施工受到影響，或是達到某程度之生態效益，這些環境敏感評估技術是推行生態工法必行之方向。由於過去許多整治開發工程都必須經過環評程序，而環評項目也相當繁瑣，包括：物理及化學、生態、景觀及遊憩、社會經濟及文化等。由於所進行之環境影響評估項目涉及範圍太廣，營運或使用單位不易有效掌控調查與評估結果所代表的意義，並做適當的工程改善。因此，在未來的環境影響評估模式中，應朝向操作容易、項目少且具代表性等的技術或方法來進行。而藻類組成的變動與演替機制，即是有效反應人工溼地生態的重要指標生物之一。

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，特別是一個新形成的溼地水域生態系統。理論上，自然的水域環境在形成初期，生化地質循環系統尚未建立完全，使得能適應此一環境的先鋒物種非常有限，且物族群聚組成易產生變化，生物多樣性不高；然而人工生態池最重要的目的，不僅在工程結構需與周邊自然環境合而為一，也要儘速在短時間之內將此生

態系統的期初狀態導入至一穩定的群聚組成狀態。以溼地環境而言，達到穩定的群聚組成與較高的生物多樣性，往往是處在一水域較優氧的狀態，為加速生態系統達到穩定的狀態，施工團隊以較易分解之有機肥料（如雞糞）與土壤進行攪拌精化處理。由於該生態池以近自然工法構築，並已於 2005 年 11 月施工完畢後開始注水，故可視為一新形成之天然水池，因此，本研究擬配合奧萬大人工溼地施工工程之進行，期從人工溼地開始注水後的水文基礎資料，結合生態池完工後不同時期藻類的群聚組成分析，建構溼地藻類演替機制，以作為生態工法施作時之生態效果及環境影響評估之探討。

二、材料與方法

2.1 研究地點與日期：

本研究以奧萬大森林遊樂區內之新建人工生態水池進行採樣工作（圖 12）。為了能掌握生態池之初期水文資料與藻類相變化，於 2005 年 11 月 22 日起，隨即進行本計畫之前置作業，包括採樣點之選擇、採樣流程的確立，同時記錄該水池連續三週之水文資料，及進行生態池水域初期之浮游藻類與附著藻類的密集採樣工作。三週之後，改為每週採樣一次至 12 月底，2006 年 1 月起則改為每月採樣一次。



圖 12 奧萬大森林遊樂區人工生態池

2.2 藻類相採樣調查、鑑定與分析：

- (1). 浮游藻類的採集與保存：於水池注水後隨即採樣，並於採樣初期，每週採樣一次。採樣時，分別於水池不同之採樣點（共四處），取表層水樣 1L 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 4L 水樣混合均勻後，取 1L 放入廣口塑膠瓶中，其餘水樣另外取 1L 裝瓶，攜回實驗室進行水質分析。將上述 1L 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（路戈氏碘液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 100 ml。）。約三週後，水池之水質變化較穩定後，改以每月採樣一次（依據環署檢字第 O 二一九八號之檢測方法進行）。
- (2). 附著藻類的採集與保存：於注水之前，選擇特定地點，放置壓克力附著板於固定架上，並置於水池中（圖 13）。注水後，前三週每日進行附著藻類採樣工作，三週之後改為每週採樣一次，待再五週後，改為每月採樣一次。採樣調查時以毛刷自壓克力板上刷下正反兩面單位面積（約 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ）上之附著藻類，再將其匯集流入採集瓶中，同樣以路戈氏碘液保存液固定(Biggs and Kilroy, 2000; McNair and Chow-Fraser, 2003)。



圖 13 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，即可得單位體積或單位面積之藻細胞數。
- (4). 藻類群聚組成分析：以生物群聚的歧異度(Species diversity)變化來了解藻類群聚組成的時間與空間變動，而歧異度是以生物種類組成的結構關係，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 Shannon 種歧異度指數(Shannon diversity, H')、優勢度指數(Dominance Index, C)、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)。

2.3 水質分析：本計畫對於水質檢測部分的樣品採樣及保存，依照行政院環保署中華民國 86 年 11 月 22 日 (86) 環署檢字第 64263 號公告之「水質檢測方法總則—保存篇」(NIEA W102.50A) 進行。於上述浮游植物採樣時，保留 1L 做為實

驗室水質分析之用，運送過程以低溫方式保存，以避免水質產生變化。各項水質項目的測量方法如下：

- (1).水溫(°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：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°C±1°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：本計畫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 Riley³ 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，並以錒為催化劑，最後的產物由分光光度計以 880 nm 為測定之波長。

三、結果與討論

3.1 浮游藻類

生態池的浮游藻類相調查自 2005 年 11 月至 2006 年 11 月共採樣了 12 次，每次調查的藻類相與細胞數如表 9 所列。鑑定結果記錄了 57 種浮游藻類，其中矽藻 53 種，綠藻 4 種(表 9)。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，綠藻僅偶而出現其中。就水中浮游藻類的種類數而言，生態池完工初期(2005 年 11 月 24 日)的種類最多，有 33 種，而每毫升的藻類細胞數為 35 個；但相隔六天後的第二次採樣，浮游藻類種類數僅剩 15 種，而細胞數卻上升至每毫升 4,010 個，顯示部分的浮游藻類開始呈現優勢，此一優勢至 2005 年 12 月中旬達到最高峰，每毫升的細胞數可達 10,657 個。至 12 月下旬，浮游藻類的種類雖仍有 13 種，但細胞數卻銳減至每毫升只有 529 個。2006 年 1-3 月的採樣結果，雖然浮游藻類種類數上升至 19-24 種，但每毫升的細胞數維持在 41-65 個左右。生態池初期浮游藻類細胞數迅速增加與減少的變化，主要是受到梅尼小環藻(*Cyclotella meneghiniana*)的影響，調查初期每毫升有 1.5 個，但第二次調查即增加約 2,750 倍，每毫升的細胞數 3,992 個，12 月中旬的細胞數更高達每毫升 10,644

個，但 12 月底又迅速下降至每毫升細胞數 5.3 個。其餘種類的細胞數變化，大都維持在每毫升數個至數十個之間（圖 14）。然而於 2006 年 11 月的水樣中，發現可能是脆桿藻的藻細胞數大量增加，該種藻類以群體排列方式出現，細胞數量可達 1,179 cells/ml。

各項藻類群聚組成分析的相關性指數如表 10 所列，分析結果亦顯示調查初期（2005 年 11 月）的豐富度指數（3.06）與歧異度指數（2.80）都最高，隨著梅尼小環藻優勢藻種的出現，歧異度則降到最低（0.01），而優勢度則正好相反，達到最高（1.0）。待梅尼小環藻細胞數降低，優勢度明顯下降，而豐富度指數與歧異度指數則又回升（圖 15）。除了梅尼小環藻外，2006 年 11 月的浮游藻類組成中，一種屬於脆桿藻屬的矽藻大量出現，因而導致歧異度指數再度下降，而優勢度指數再度上升。豐富度指數與均勻度指數於調查初期下降，至 12 月中旬後又稍有增加，隨後亦隨著種類組成的比例而有波動（圖 16）。

表9. 奧萬大森林遊樂區人工生態池之浮游性藻類細胞數含量

Taxa / Dates	2005					2006							
	11/24	11/30	12/06	12/12	12/27	01/03	02/09	03/10	04/14	07/04	08/26	11/13	
Bacillariophytes 矽藻													
<i>Achnanthes exigua</i>	短小曲殼藻	0	0	0	0	264	0	0	0	0	264	0	
<i>Achnanthes hustedtii</i>	平滑曲殼藻	0	0	0	0	1320	792	0	0	0	0	0	
<i>Achnanthes lanceolata</i>	細身曲殼藻	132	792	264	264	22440	5016	1320	2376	0	264	1584	
<i>Achnanthes linearis</i>	線形曲殼藻	396	0	0	0	38280	11616	5544	5808	0	8976	2904	
<i>Achnanthes minutissima</i>	極小曲殼藻	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Amphora laevis</i>	平滑雙眉藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	0	
<i>Amphora nomani</i>	雙眉藻	264	264	0	528	0	792	0	528	0	0	0	
<i>Amphora ovalis</i>	卵形雙眉藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	0	
<i>Aulacoseira granulata</i>	顆粒直鏈藻	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Bacillaria paradoxa</i>	奇異棍形藻	660	792	0	792	0	0	528	264	0	0	0	
<i>Cocconeis placentula</i>	扁圓卵形藻	132	0	0	1056	9240	2112	4224	18216	0	25608	68640	
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	梅尼小環藻	1452	3991680	7032960	10644480	5280	0	3168	0	0	0	0	
<i>Cyclotella stelligera</i>	具星小環藻	0	0	0	0	0	3696	0	264	0	0	0	
<i>Cymbella affinis</i>	邊緣橋彎藻	0	0	264	0	0	528	264	0	0	0	0	
<i>Cymbella laevis</i>	平滑橋彎藻	0	0	264	0	0	264	1848	0	0	528	792	
<i>Cymbella minuta</i>	橋彎藻	0	0	0	0	0	264	264	0	0	0	0	
<i>Cymbella tumida</i>	膨脹橋彎藻	0	0	0	0	1320	0	0	264	0	0	0	
<i>Epithemia zebra</i>	窗紋藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	792	264	
<i>Fragilaria</i> sp. 1	脆桿藻	396	0	0	0	0	0	2904	3960	0	792	0	
<i>Fragilaria</i> sp. 2	脆桿藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62568	13464	
<i>Frustularia vulgaris</i>	普通肋縫藻	132	0	0	0	0	0	264	264	0	0	0	
<i>Gomphonema clevei</i>	克氏異極藻	0	0	0	0	0	264	0	0	0	0	0	
<i>Gomphonema constrictum</i>	異極藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	264	
<i>Gomphonema gracile</i>	纖細異極藻	132	0	0	792	5280	2904	528	528	0	2112	3168	
<i>Gomphonema helveticum</i>	直條異極藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	528	264	
<i>Gomphonema olivaceum</i>	橄欖形異極藻	132	0	0	0	0	528	0	1320	0	792	1320	
<i>Gomphonema parvulum</i>	微小異極藻	1980	2112	1584	264	2640	2376	792	528	0	3696	9504	
<i>Gomphonema sphaerophorum</i>	球異極藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	528	0	
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	尖布紋藻	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gyrosigma kutzingii</i>	細布紋藻	264	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Melosira varians</i>	變異直鏈藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1056	
<i>Navicula bacillum</i> var. <i>Gregoryar</i>	桿狀舟形藻	0	0	0	0	0	0	7392	528	0	0	0	
<i>Navicula cryptocephala</i>	隱頭舟形藻	2640	2112	1584	528	385440	24288	6072	3432	0	528	5016	
<i>Navicula exigua</i>	短小舟形藻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	0	
<i>Navicula mutica</i>	截端舟形藻	132	0	0	0	0	0	0	0	0	1056	8448	
<i>Navicula pupula</i>	瞳孔舟形藻	1848	792	528	1320	0	0	264	0	0	264	264	
<i>Navicula radiosa</i> var. <i>parva</i>	放射舟形藻(變種)	0	264	0	0	0	0	264	0	0	0	0	
<i>Navicula rhynchocephala</i>	喙頭舟形藻	2508	1320	792	1056	2640	264	792	528	0	3168	4224	
<i>Navicula salinarum</i> var. <i>intermed</i>	舟形藻	132	0	1056	264	3960	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia acicularis</i>	細菱形藻	0	0	264	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia clausii</i>	克勞氏菱形藻	132	0	264	0	0	264	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia filiformis</i>	絲狀菱形藻	264	264	0	0	0	0	0	0	0	792	0	
<i>Nitzschia fonticola</i>	泉生菱形藻	6732	2640	1056	2640	14520	3168	792	1848	0	0	528	
<i>Nitzschia frustulum</i>	碎片菱形藻	132	0	0	792	0	0	0	0	0	792	0	
<i>Nitzschia linearis</i>	線形菱形藻	2640	0	0	0	0	0	528	0	0	528	0	
<i>Nitzschia palea</i>	穀皮菱形藻	3696	3696	528	1056	36960	5280	0	528	0	0	0	
<i>Pinnularia interrupta</i>	間斷羽紋藻	3300	1848	792	528	0	0	1056	0	0	0	264	
<i>Pinnularia microstauron</i>	細條羽紋藻	1188	1584	0	264	0	264	264	0	0	0	792	
<i>Pinnularia viridula</i>	微綠羽紋藻	0	0	264	0	0	0	264	0	0	0	264	
<i>Rhopalodia gibba</i>	棒桿藻	1320	0	0	264	0	264	1056	2904	0	0	2904	
<i>Surirella angusta</i>	窄雙菱藻	792	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Synedra acus</i>	尖針桿藻	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Synedra ulna</i>	肘狀針桿藻	132	264	0	528	0	0	1056	0	0	0	528	
Chlorophytes 綠藻													
<i>Coelastrum sphaericum</i>	空星藻	0	0	0	0	0	0	0	143616	0	0	0	
<i>Cosmarium impressulum</i>	凹凸鼓藻	0	0	0	0	0	264	0	0	0	0	0	
<i>Crucigenia</i> sp.	十字藻	0	0	0	0	0	0	0	4224	0	0	0	
<i>Scenedesmus armatus</i>	被甲柵藻	1056	0	0	0	0	0	0	0	0	1056	0	
Total (cells/l)		35244	4010424	7042464	10657416	529320	65472	41448	48312	143616	114048	116424	1302840

表 10 奧萬大森林遊樂區人工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	2005 年					2006 年						
	11/24	11/30	12/06	12/12	12/27	01/03	02/09	03/10	04/14*	07/04	08/26	11/13
種類數	33	15	15	18	13	22	24	19	1	21	21	14
細胞數 (cells/ml)	35	4010	7042	10,657	529	65	41	48	144	11	12	130
豐富度指數(D)	3.06	0.92	0.89	1.05	0.91	1.89	2.16	1.67	—	1.72	1.80	0.92
均勻度指數(J')	0.80	0.02	0.00	0.00	0.44	0.69	0.82	0.74	—	0.50	0.52	0.17
歧異度指數(H')	2.80	0.04	0.01	0.01	1.12	2.14	2.62	2.18	—	1.52	1.62	0.44
優勢度指數(C)	0.09	0.99	1.00	1.00	0.54	0.19	0.10	0.19	—	0.36	0.37	0.82

*該次採樣結果，僅有 1 種綠藻，並未發現任何矽藻，可能採樣過程發生問題。

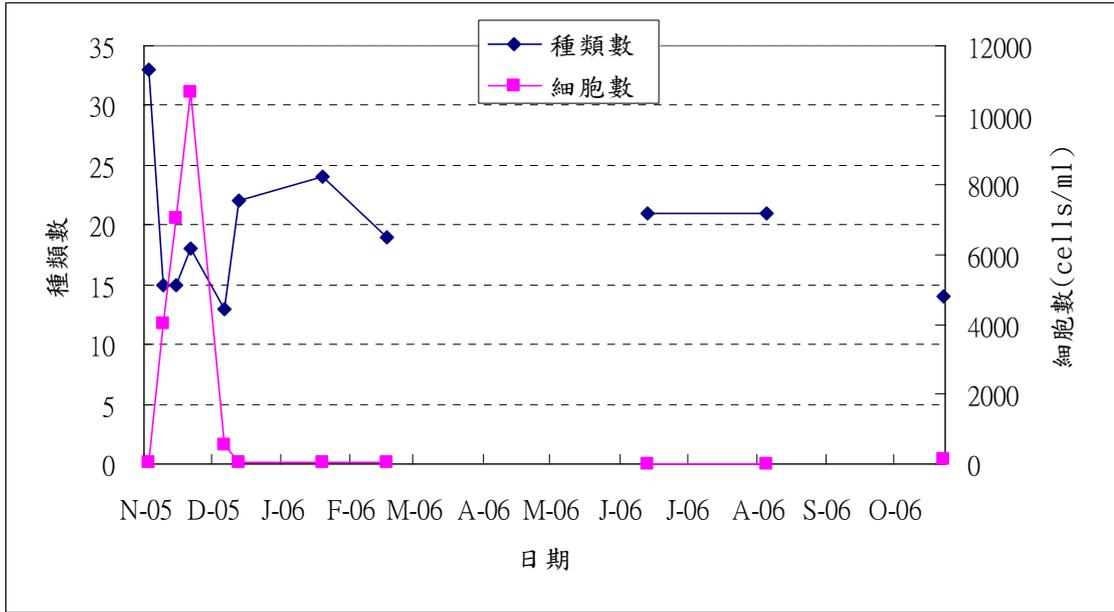


圖 14 奧萬大森林遊樂區人工生態池浮游藻類之種類數與細胞數變化

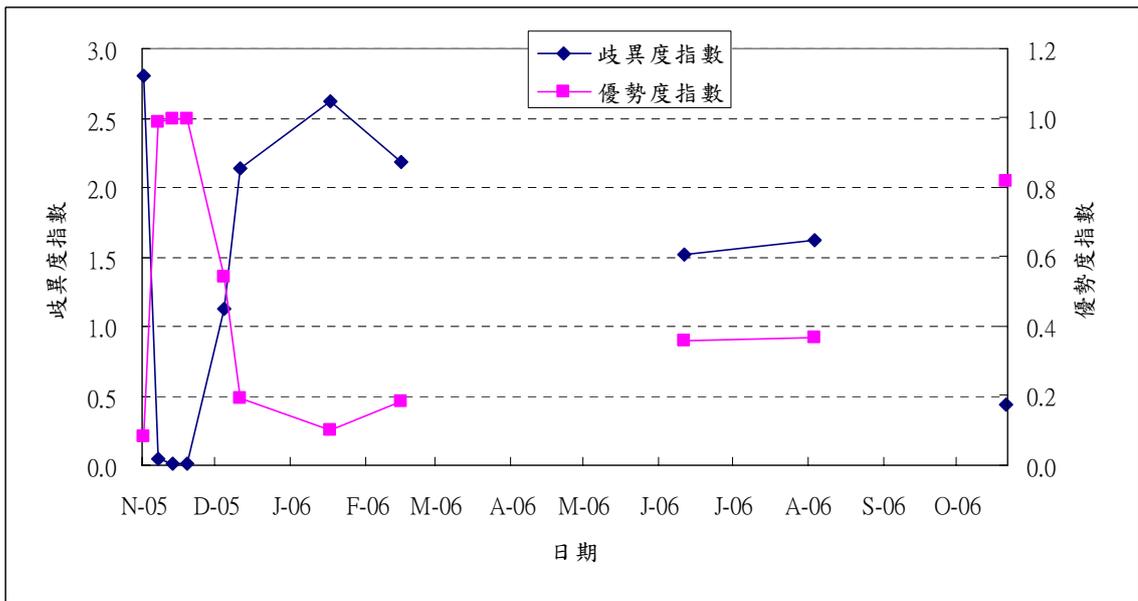


圖 15 奧萬大森林遊樂區人工生態池浮游藻類之優勢度指數與歧異度指數變化

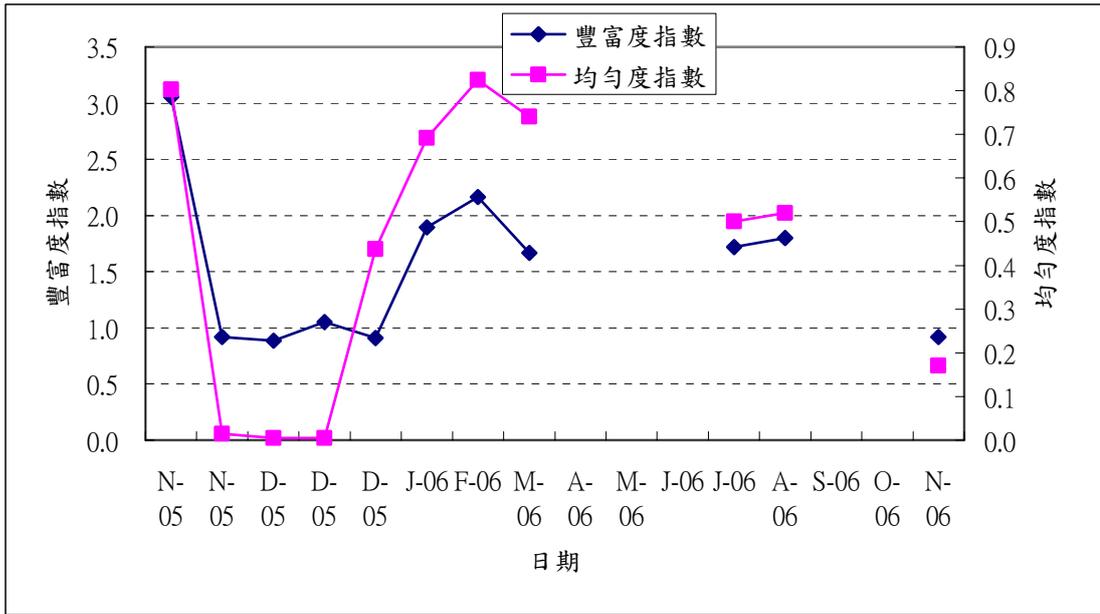


圖 16 奧萬大森林遊樂區人工生態池浮游藻類之豐富度指數與均勻度指數變化

3.2 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，生態池的附著藻類相與細胞數均較浮游藻類豐富，四個測站各次的採樣結果如表 11 至表 14 所示。自 2005 年 11 月至 2006 年 11 月共採樣了 29 次，採樣結果顯示，附著板上的藻類種類共記錄了 57 種，其中僅有一種綠藻，其餘均為矽藻。四個測站之間藻種與細胞數變化並不一致，各測站之間的附著藻類種類，除 A3 測站的變動趨於平穩外，其餘 3 個測站的附著藻類的種類數都有下滑並低於平均值的情況（圖 17），但單位面積附著藻類的細胞數，四個測站則都有明顯增加的現象，尤其是 A1 測站，每 100 cm² 中，附著藻類的細胞數高於 149 萬個，特別是扁圓卵形藻（*Cocconeis placentula*）的細胞數比例，在 2006 年 2 月以後幾乎達到 100%。此種藻類於調查初期的細胞數量極少，甚至不見蹤跡，但至 12 月中旬，便開始增加，至 2006 年 3 月，是附著藻類細胞數量最高的種類（表 11）。但 2006 年 7、8 月以後，附著藻類優勢藻種改為以曲殼藻（*Achnanthes* spp.）為主。其中，A1 與 A4 兩採樣點之曲殼藻屬，細胞數達 8×10^7 cells/100 cm²，佔該測站所有附著藻類組成的 75% 以上。

表 12. 奧萬大森林遊樂區人工生態池A2測站之附著性藻類及細胞數含量

Taxa / Stations	11/22	11/23	11/24	11/25	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/01	12/02	12/03	12/04	12/05	12/06	12/07	12/08	12/09	12/10	12/12	12/13	12/27	01/03	02/09	03/10	04/14	07/04
Bacillariophytes 矽藻																											
<i>Achnanthes exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Achnanthes lanceolata</i>	66	22	44	0	0	0	0	44	66	0	132	0	132	0	132	0	132	0	264	0	66	66	0	528	0	0	0
<i>Achnanthes linearis</i>	44	0	0	0	99	132	0	132	0	66	264	132	132	132	0	66	198	132	0	0	66	132	462	792	1320	110352	25344
<i>Amphora nomani</i>	66	22	176	0	66	0	44	0	66	0	264	0	132	0	0	0	132	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0
<i>Amphora ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0	264	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8448	0
<i>Caloneis bacillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Caloneis silicula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cocconeis placentula</i>	0	0	0	0	33	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	594	198	30888	174768	86592	233904
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	132	154	792	880	264	792	440	660	0	264	2112	1584	594	396	1452	1452	6270	4884	13728	73920	2112	462	264	0	0	0	0
<i>Cymbella affinis</i>	0	0	0	0	0	44	88	88	66	0	0	66	0	0	0	0	0	132	264	0	0	66	0	0	0	0	0
<i>Cymbella laevis</i>	0	0	88	0	0	0	0	0	198	0	132	0	66	0	198	66	132	528	0	132	132	132	264	0	1584	0	
<i>Cymbella minuta</i>	0	0	0	0	0	44	0	0	66	0	66	0	66	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	528	0
<i>Cymbella silesiaca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Cymbella tumida</i>	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diatoma vulgaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diploneis elliptica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Epithemia zebra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1056	0
<i>Fragilaria intermedia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0
<i>Fragilaria sp.</i>	110	308	2376	880	429	2156	0	748	396	0	5016	1056	396	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Frustularia rhomboides var. saxonic</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Frustularia vulgaris</i>	0	0	0	44	33	0	0	0	198	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema gracile</i>	44	0	0	44	0	0	0	0	0	462	924	0	330	0	198	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1584	0
<i>Gomphonema helveticum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gomphonema olivaceum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12144	0
<i>Gomphonema parvulum</i>	110	44	528	484	198	440	308	88	1716	792	1980	990	396	726	528	1518	330	1584	2640	1584	66	132	330	528	0	0	0
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	0	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula bacillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	66	110	880	440	99	176	308	484	792	330	1584	396	462	330	924	924	198	132	792	0	330	990	132	0	0	5280	528
<i>Navicula exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0
<i>Navicula gracile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula lanceolata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula mutica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula placentula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula pupula</i>	110	22	396	220	99	264	396	396	132	132	396	132	528	264	0	264	0	132	0	264	0	66	0	0	0	0	0
<i>Navicula radiosa var. parva</i>	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula rhynchocephala</i>	308	176	1452	1672	891	1364	1584	572	1716	0	1056	264	594	792	396	1188	924	132	20592	1848	132	660	264	0	1584	1584	
<i>Navicula salinarum var. intermedia</i>	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0
<i>Navicula viridula</i>	0	0	0	44	66	88	88	44	132	0	132	0	264	0	66	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neidium iridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia filiformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	132	66	0	66	0	0	66	66	0	0	3168	0	0	0
<i>Nitzschia fonticola</i>	1188	550	2420	792	660	660	1804	528	924	198	3960	1122	1914	1980	462	1386	990	2244	14784	2640	0	462	462	0	264	7920	0
<i>Nitzschia frustulum</i>	0	0	0	0	0	132	88	66	66	264	0	264	0	264	0	198	66	0	1056	264	66	0	66	0	0	0	0
<i>Nitzschia linearis</i>	0	22	44	44	33	44	0	198	0	132	0	0	66	0	0	0	0	0	264	0	0	0	0	264	0	5280	0
<i>Nitzschia obtusa var. scalpelliformis</i>	0	0	0	44	0	44	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia palea</i>	176	242	1716	792	429	352	748	440	726	198	528	330	264	264	198	330	66	0	264	0	132	0	0	0	0	1584	0
<i>Pinnularia interrupta</i>	0	44	572	572	495	440	308	660	792	198	132	264	396	132	0	132	0	0	264	0	132	66	66	264	0	0	0
<i>Pinnularia microstauron</i>	0	22	44	44	132	484	308	132	1188	66	264	198	198	66	66	330	132	132	264	0	66	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia viridula</i>	0	0	0	0	0	44	0	0	66	132	0	66	0	0	0	0	0	0	264	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rhopalodia gibba</i>	132	198	836	308	594	1056	440	352	1122	660	1320	0	792	264	264	132	0	924	792	0	198	66	0	0	0	0	0
<i>Rhopalodia gibberula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	528	0	0
<i>Stauroneis anceps</i>	22	22	0	0	0	88	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Surirella angusta</i>	0	22	132	0	0	0	0	44	66	0	264	0	66	198	0	66	0	0	264	0	264	0	264	0	0	0	0
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlorophytes 綠藻																											
<i>Cosmarium sp.</i>	0	0	0	0	0	44	264	308	990	330	792	198	330	264	264	396	0	132	264	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (cells/100cm²)	2574	1980	12496	7392	4620	8844	7304	5852	12210	3960	22440	6930	8184	6534	4620	9174	9438	10824	56760	81048	3366	4752					

表13. 奧萬大森林遊樂區人工生態池A3測站之附著性藻類及細胞數含量

Taxa / Dates	11/22	11/23	11/24	11/25	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/01	12/02	12/03	12/04	12/05	12/06	12/07	12/08	12/09	12/10	12/12	12/13	12/27	01/03	02/09	03/10	04/14	07/04	08/26	11/13
Bacillariophytes 矽藻																													
<i>Achnanthes exigua</i>	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	792	0	0	0	0	0	2640	0	0	
<i>Achnanthes lanceolata</i>	44	44	0	0	44	0	88	0	88	0	0	132	0	132	0	198	0	66	0	1320	66	792	0	264	264	0	3960	0	
<i>Achnanthes linearis</i>	132	0	44	0	88	22	132	0	88	0	0	132	0	0	66	66	330	0	66	66	1056	198	198	264	264	3432	370656	2640	
<i>Amphora nomani</i>	176	110	132	22	44	0	44	0	352	0	0	66	0	0	66	0	66	0	0	1320	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Amphora ovalis</i>	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Bacillaria paradoxa</i>	0	22	0	66	88	44	132	176	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	528	0	0	0	0	264	0	0	0	
<i>Caloneis bacillum</i>	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Caloneis silicula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cocconeis placentula</i>	0	22	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	66	0	198	462	43560	26136	7920	43296	174240	0	
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	198	396	1628	550	440	242	880	264	440	0	66	330	462	66	1188	726	3366	6072	858	3300	792	528	66	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella affinis</i>	0	44	0	0	44	22	0	88	44	0	0	66	0	0	0	0	0	0	132	132	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella laevis</i>	0	0	44	66	0	88	220	44	0	0	0	0	0	198	66	66	0	0	0	0	132	0	0	0	264	0	0	0	
<i>Cymbella minuta</i>	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella silesiaca</i>	0	0	0	0	44	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Cymbella tumida</i>	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Diatoma vulgare</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	528	0	0	0	0	
<i>Diploneis elliptica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Fragilaria intermedia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	396	0	0	0	0	0	
<i>Fragilaria sp.</i>	0	330	3784	1188	4488	418	1276	3256	132	0	1650	2244	0	0	0	0	0	0	0	0	1188	0	1320	0	0	0	0	0	
<i>Frustularia rhomboides</i> var. <i>saxoni</i>	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Frustularia vulgaris</i>	0	44	88	0	88	22	264	132	88	0	66	0	0	0	198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gomphonema constrictum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	0	0	0	
<i>Gomphonema gracile</i>	22	44	88	0	88	0	0	0	0	0	0	66	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	792	0	17952	0	0	
<i>Gomphonema helveticum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gomphonema olivaceum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1056	264	0	0	
<i>Gomphonema parvulum</i>	22	154	528	198	264	176	352	484	660	66	0	330	594	66	396	594	594	396	198	198	1056	66	264	528	7920	0	22176	1320	
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula bacillum</i>	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula cryptocephala</i>	0	154	396	264	484	0	440	924	88	0	66	396	198	0	858	660	1254	0	66	0	6600	132	264	264	264	792	2112	2640	
<i>Navicula exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula gracile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	0	0	0	0	
<i>Navicula lanceolata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula mutica</i>	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula placentula</i>	0	0	44	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula pupula</i>	0	44	0	154	308	176	88	88	176	264	0	66	66	0	66	264	0	66	66	2376	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula radiosa</i> var. <i>parva</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula rhynchocephala</i>	22	132	396	220	484	176	484	220	0	66	66	0	132	198	396	1980	2244	330	264	3960	396	66	264	0	528	2640	0	0	
<i>Navicula salinarum</i> var. <i>intermedia</i>	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	198	0	0	0	0	0	0	
<i>Navicula viridula</i>	0	0	0	0	0	22	44	132	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Neidium iridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia filiformis</i>	0	0	88	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	132	0	0	0	66	66	0	264	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia filicicola</i>	110	616	2332	836	836	660	924	616	132	66	264	396	330	66	990	594	1386	2640	528	462	20328	726	1914	264	0	0	0	1320	
<i>Nitzschia frustulum</i>	0	0	44	0	0	22	132	88	88	0	264	132	66	0	198	66	0	66	132	792	66	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia linearis</i>	0	22	44	0	44	44	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1056	0	0	0	0	0	0	0	1320	
<i>Nitzschia obtusa</i> var. <i>scalpelliformis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Nitzschia palea</i>	132	660	1188	990	968	660	1144	572	352	66	0	264	198	66	66	0	264	132	132	66	5808	66	66	0	264	0	0	0	
<i>Pinnularia interrupta</i>	44	66	308	198	176	110	220	264	132	0	66	0	0	0	66	0	132	264	0	0	2376	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinnularia microstauron</i>	0	22	88	66	132	154	484	176	176	66	0	198	0	198	0	66	0	132	0	1056	0	264	0	0	0	0	0	0	
<i>Pinnularia viridula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	
<i>Rhopalodia gibba</i>	44	176	440	374	660	198	880	396	88	66	528	66	330	0	132	198	132	132	0	66	0	132	0	264	3696	0	0	0	
<i>Rhopalodia gibberula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	528	0	0	0	0	
<i>Stauroneis anceps</i>	0	0	0	22	0	44	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Surirella angusta</i>	0	0	0	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	528	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Synedra ulna</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	0	0	0	0	
Chlorophytes 綠藻																													
<i>Cosmarium</i> sp.	0	0	0	0	616	154	1232	924	440	0	726	462	396	66	264	330	396	0	0	132	0	0	0	1320	0	0	0	0	
Total (cells/100cm³)	1078	3102	11836	5258	10604	3520	9504																						

表14. 奧萬大森林遊樂區人工生態池A4測站之附著性藻類及細胞數含量

Taxa / Stations	11/22	11/23	11/24	11/25	11/26	11/27	11/28	11/29	11/30	12/01	12/02	12/03	12/04	12/05	12/06	12/07	12/08	12/09	12/10	12/12	12/13	12/27	01/03	02/09	03/10	04/14	07/04	08/26	11/13				
Bacillariophytes 矽藻																																	
<i>Achnanthes exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Achnanthes lanceolata</i>	0	44	0	0	88	0	22	44	0	0	0	0	0	198	0	0	0	0	0	132	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Achnanthes linearis</i>	44	0	132	88	132	0	0	88	88	0	0	0	0	0	66	0	198	0	132	66	132	264	0	0	792	18480	7983360	7128000	6937920				
<i>Amphora nomani</i>	88	0	132	0	0	0	0	0	44	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Amphora ovalis</i>	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Bacillaria paradoxa</i>	44	242	748	0	132	0	0	44	88	0	264	0	0	0	0	0	0	0	0	330	0	0	0	0	0	49632	0	0	0	0			
<i>Caloneis bacillum</i>	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
<i>Caloneis silicula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Cocconeis placentula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	66	0	198	66	132	66	0	0	990	3894	53328	214368	968880	1919280	3467640	0	0			
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	286	176	616	220	440	22	44	176	132	0	198	198	132	0	66	198	660	198	1122	5346	58344	330	198	0	264	0	0	0	0	0			
<i>Cymbella affinis</i>	0	44	0	0	44	0	0	44	88	0	66	66	0	66	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Cymbella laevis</i>	0	22	220	0	0	0	0	132	44	0	132	0	0	0	0	0	66	0	66	132	0	66	0	66	0	8976	1584	0	0	0			
<i>Cymbella minuta</i>	0	22	0	0	44	0	0	0	44	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1056	0	0	0			
<i>Cymbella silesiaca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Cymbella tumida</i>	0	44	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<i>Diatoma vulgare</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Diploneis elliptica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Epithemia zebra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1056	528	0	0	0	0		
<i>Fragilaria intermedia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Fragilaria sp.</i>	22	1078	528	8800	0	0	0	440	0	0	0	0	0	0	0	0	594	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Frustularia rhomboidea</i> var. <i>saxoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Frustularia vulgaris</i>	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gomphonema constrictum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4224	528	1056	0	0	0	0	
<i>Gomphonema gracile</i>	44	0	0	220	0	0	0	132	0	132	198	66	66	198	66	330	132	264	66	0	0	0	0	0	0	0	21648	59136	0	0	0	0	
<i>Gomphonema helveticum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Gomphonema olivaceum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	44	0	198	0	66	0	0	66	0	0	0	0	0	66	0	0	0	10560	11616	5280	0	0	0	0	
<i>Gomphonema parvulum</i>	198	132	484	176	352	22	0	440	924	0	330	198	330	0	198	0	726	132	264	330	660	66	0	0	264	5808	18480	132528	44880	0	0	0	
<i>Gyrosigma acuminatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<i>Hantzschia amphioxys</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Melosira varians</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula bacillum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula cryptocephala</i>	132	220	660	396	1364	22	0	748	352	66	264	66	198	132	330	66	528	66	66	198	264	660	66	66	528	31680	0	22176	6600	0	0	0	
<i>Navicula exigua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula gracile</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula lanceolata</i>	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula mutica</i>	0	0	0	0	44	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1320
<i>Navicula placentula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	528	0	0
<i>Navicula pupula</i>	0	22	264	132	0	22	44	176	88	132	264	132	66	0	0	0	0	0	66	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula radiosa</i> var. <i>parva</i>	0	0	0	0	88	0	0	44	0	0	132	0	0	132	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula rhychocephala</i>	176	924	3652	4268	1936	110	132	704	308	132	1122	726	330	198	264	528	1914	1320	1980	462	264	132	132	0	0	530640	22704	2640	0	0	0	0	
<i>Navicula salinarum</i> var. <i>intermedia</i>	0	0	0	0	44	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Navicula viridula</i>	22	66	44	44	176	22	0	220	44	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Neidium iridis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia acicularis</i>	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia filiformis</i>	0	0	44	88	0	22	88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia fonticola</i>	440	374	1320	528	1320	0	0	484	220	132	396	330	330	264	462	528	264	132	792	0	792	66	198	0	0	87120	5280	12144	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia frustulum</i>	0	0	0	88	0	0	0	176	0	198	0	132	66	132	0	0	0	0	198	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3960
<i>Nitzschia linearis</i>	0	22	132	176	132	0	0	0	0	0	66	0	0	0	0	0	0	0	66	132	0	0	0	0	0	101376	528	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia obtusa</i> var. <i>scalpelliformi</i>	22	0	0	44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nitzschia palea</i>	506	660	880	924	3168	44	66	1100	792	198	330	0	66	66	0	132	0	132	66	396	0	0	0	0	264	24288	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia interrupta</i>	154	88	264	176	308	0	22	220	88	0	66	198	0	66	132	0	66	66	0	66	66	198	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia microstauron</i>	44	22	132	220	44	22	0	44	88	0	198	0	66	66	66	0	66	66	132	66	66	264	0	0	264	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pinnularia viridula</i>	22																																

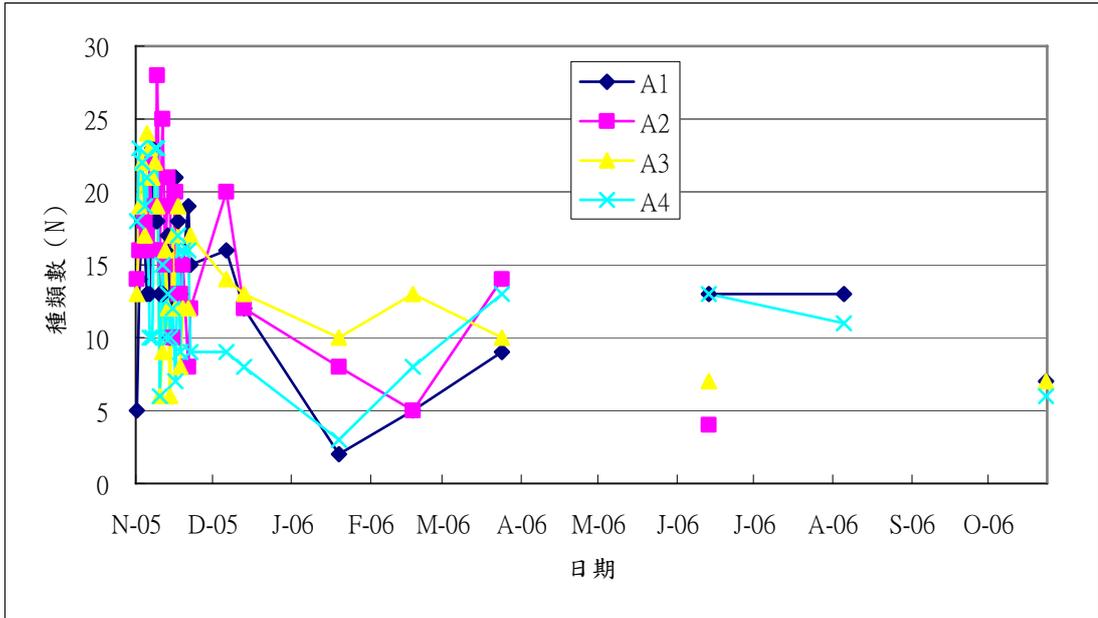


圖 17 奧萬大森林遊樂區人工生態池各測站附著藻類之種類數比較

為瞭解生態池整體的附著藻類相變化，四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（表 15）。所得結果顯示，生態池每次採樣的藻種介於 11-34 種之間，種類出現最多的時期在注水後 1-2 個星期，此後因部分藻種不再出現，導致附著藻種有逐漸減少的趨勢；而單位面積的細胞數，調查初期（2005 年 11 月）的平均細胞數為 1,518 個/100 cm²，但受到扁圓卵形藻迅速增加的影響，2006 年 3 月的平均細胞數增加至 442,860 cells /100 cm²，至 2006 年 11 月則增加為 6,673,920 cells /100 cm²。顯示在種類減少的情況下，藻類細胞數增加，應是部分優勢種類在適應水池的水質狀況後大量繁生所致（圖 18，21）。

表15、奧萬大森林遊樂區人工生態池各測站生物群聚指數

生物群聚指數/日期	94/11/22	94/11/23	94/11/24	94/11/25	94/11/26	94/11/27	94/11/28	94/11/29	94/11/30	94/12/01	94/12/02	94/12/03	94/12/04	94/12/05	94/12/06	94/12/07	94/12/08	94/12/09	94/12/10	94/12/12	94/12/13	94/12/27	95/01/03	95/02/09	95/03/10	95/04/14	95/07/04	95/08/26	95/11/13
A1採樣點																													
種類數	5	14	18	16	13	13	23	18	18	13	13	16	17	10	12	21	18	13	15	19	15	16	12	2	5	9	13	13	7
細胞數 (cells/100cm ²)	66	836	2750	6160	2838	2860	2860	4136	2332	2640	1650	4686	6006	1980	3168	10428	8382	43824	38808	8844	21516	72864	96624	503184	1492656	237072	8625408	4005408	9372000
豐富度指數(D)	0.95	1.93	2.15	1.72	1.51	1.51	2.76	2.04	2.19	1.52	1.62	1.77	1.84	1.19	1.36	2.16	1.88	1.12	1.32	1.98	1.40	1.34	0.96	0.08	0.28	0.65	0.75	0.79	0.37
均勻度指數(J')	0.97	0.97	0.89	0.87	0.86	0.84	0.82	0.88	0.88	0.88	0.90	0.85	0.84	0.92	0.84	0.68	0.70	0.68	0.68	0.77	0.34	0.59	0.71	0.01	0.00	0.39	0.30	0.29	0.60
歧異度指數(H')	1.56	2.56	2.57	2.41	2.20	2.16	2.56	2.55	2.54	2.25	2.30	2.34	2.39	2.12	2.08	2.08	2.01	1.75	1.85	2.26	0.93	1.65	1.75	0.00	0.01	0.87	0.78	0.75	1.16
優勢度指數(C)	0.22	0.08	0.09	0.11	0.13	0.14	0.10	0.10	0.10	0.13	0.13	0.13	0.12	0.14	0.18	0.24	0.22	0.25	0.25	0.15	0.66	0.35	0.23	1.00	1.00	0.62	0.49	0.68	0.38
A2採樣點																													
種類數	14	16	16	18	17	22	16	19	28	16	25	15	21	19	10	20	13	13	15	8	12	20	12	8	5	14	4	—	—
細胞數 (cells/100cm ²)	2574	1980	12496	7392	4620	8844	7304	5852	12210	3960	22440	6930	8184	6534	4620	9174	9438	10824	56760	81048	3366	4752	2574	33792	179784	244464	261360	—	—
豐富度指數(D)	1.66	1.98	1.59	1.91	1.90	2.31	1.69	2.08	2.87	1.81	2.40	1.58	2.22	2.05	1.07	2.08	1.31	1.29	1.28	0.62	1.35	2.24	1.40	0.67	0.33	1.05	0.24	—	—
均勻度指數(J')	0.74	0.80	0.82	0.81	0.85	0.79	0.83	0.89	0.82	0.88	0.80	0.84	0.88	0.83	0.85	0.83	0.50	0.65	0.60	0.21	0.60	0.85	0.92	0.22	0.10	0.55	0.27	—	—
歧異度指數(H')	1.96	2.23	2.29	2.35	2.41	2.43	2.30	2.61	2.74	2.44	2.56	2.27	2.68	2.44	1.96	2.48	1.28	1.66	1.62	0.43	1.49	2.54	2.28	0.45	0.15	1.45	0.37	—	—
優勢度指數(C)	0.25	0.15	0.12	0.12	0.11	0.12	0.14	0.08	0.08	0.11	0.11	0.13	0.10	0.14	0.18	0.11	0.46	0.28	0.26	0.83	0.41	0.11	0.12	0.84	0.95	0.34	0.81	—	—
A3採樣點																													
種類數	13	19	22	17	24	23	21	22	19	6	9	16	12	6	17	12	19	8	12	12	17	14	13	10	13	10	7	—	7
細胞數 (cells/100cm ²)	1078	3102	11836	5258	10604	3520	9504	9064	3696	594	2112	4686	5148	462	5214	4026	10824	12012	2640	4884	51744	3960	4818	47520	43032	14256	461472	—	187440
豐富度指數(D)	1.72	2.24	2.24	1.87	2.48	2.69	2.18	2.30	2.19	0.78	1.05	1.77	1.29	0.81	1.87	1.33	1.94	0.75	1.40	1.30	1.47	1.57	1.42	0.84	1.12	0.94	0.46	—	0.49
均勻度指數(J')	0.90	0.81	0.69	0.80	0.70	0.82	0.87	0.76	0.90	0.88	0.81	0.81	0.78	0.98	0.83	0.89	0.74	0.64	0.83	0.53	0.76	0.82	0.77	0.20	0.52	0.61	0.39	—	0.19
歧異度指數(H')	2.30	2.39	2.13	2.26	2.21	2.57	2.64	2.34	2.64	1.58	1.78	2.24	1.93	1.75	2.35	2.21	2.18	1.34	2.05	1.32	2.15	2.15	1.97	2.45	1.34	1.40	0.75	—	0.37
優勢度指數(C)	0.12	0.13	0.18	0.14	0.21	0.11	0.09	0.17	0.09	0.26	0.22	0.17	0.23	0.18	0.13	0.13	0.17	0.34	0.18	0.47	0.20	0.16	0.21	0.84	0.41	0.37	0.66	—	0.87
A4採樣點																													
種類數	18	23	22	19	21	10	10	23	23	6	15	10	13	10	12	7	17	9	16	16	9	9	8	3	8	13	13	11	6
細胞數 (cells/100cm ²)	2354	4378	10868	16720	10164	330	418	5632	3872	726	4224	2046	2112	1188	1980	1584	6006	2244	5742	7392	61248	1914	1782	4026	55968	1088208	9042000	9285408	10462320
豐富度指數(D)	2.19	2.62	2.26	1.85	2.17	1.55	1.49	2.55	2.66	0.76	1.68	1.18	1.57	1.27	1.45	0.81	1.84	1.04	1.73	1.68	0.73	1.06	0.94	0.24	0.64	0.86	0.75	0.62	0.31
均勻度指數(J')	0.83	0.74	0.77	0.53	0.70	0.90	0.89	0.84	0.81	0.96	0.91	0.85	0.93	0.93	0.90	0.82	0.80	0.68	0.75	0.46	0.13	0.86	0.72	0.15	0.13	0.64	0.16	0.27	0.37
歧異度指數(H')	2.40	2.32	2.39	1.55	2.14	2.08	2.06	2.63	2.53	1.72	2.46	1.96	2.38	2.14	2.23	1.60	2.26	1.50	2.09	1.26	0.28	1.90	1.50	0.17	0.28	1.63	0.41	0.66	0.67
優勢度指數(C)	0.12	0.14	0.15	0.35	0.17	0.16	0.16	0.10	0.12	0.19	0.11	0.18	0.11	0.12	0.12	0.25	0.15	0.37	0.19	0.53	0.91	0.19	0.34	0.94	0.91	0.30	0.79	0.63	0.55
合計																													
總種類數	22	28	30	28	30	32	30	31	34	19	29	25	30	23	21	26	29	20	21	28	24	25	19	16	20	17	18	17	11
平均細胞數(cells/100cm ²)	1518	2574	9488	8883	7057	3889	5022	6171	5528	1980	7607	4587	5363	2541	3746	6303	8663	17226	25988	25542	34469	20873	26450	147131	442860	396000	4597560	6645408	6673920
平均豐富度指數(D)	1.63	2.19	2.06	1.84	2.01	2.02	2.03	2.24	2.48	1.22	1.68	1.58	1.73	1.33	1.44	1.60	1.74	1.05	1.43	1.39	1.24	1.55	1.18	0.46	0.59	0.87	0.55	0.71	0.39
平均均勻度指數(J')	0.86	0.83	0.79	0.75	0.78	0.84	0.85	0.84	0.85	0.90	0.85	0.84	0.86	0.91	0.85	0.81	0.68	0.66	0.71	0.49	0.46	0.78	0.78	0.14	0.19	0.55	0.28	0.28	0.39
平均歧異度指數(H')	2.06	2.37	2.34	2.14	2.24	2.31	2.39	2.53	2.61	2.00	2.27	2.21	2.34	2.11	2.15	2.09	1.93	1.56	1.90	1.32	1.21	2.06	1.88	0.27	0.44	1.34	0.58	0.70	0.74
平均優勢度指數(C)	0.18	0.12	0.14	0.18	0.16	0.13	0.12	0.11	0.10	0.17	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.18	0.25	0.31	0.22	0.50	0.54	0.20	0.23	0.90	0.82	0.41	0.69	0.65	0.60

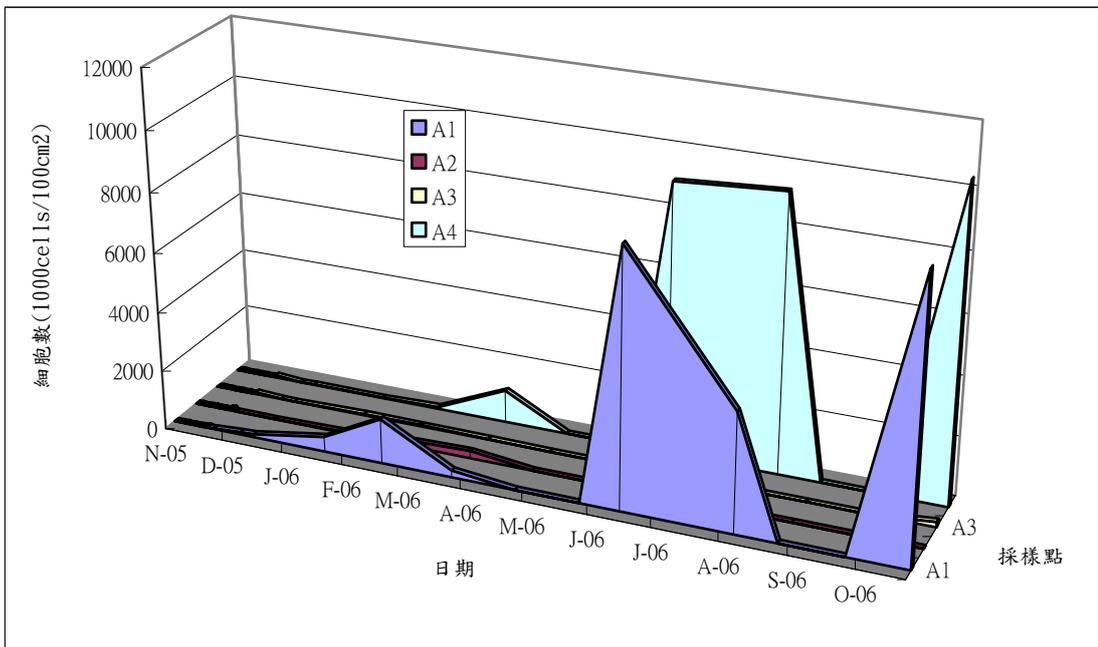


圖 18 奧萬大森林遊樂區人工生態池各測站附著藻類之細胞數比較

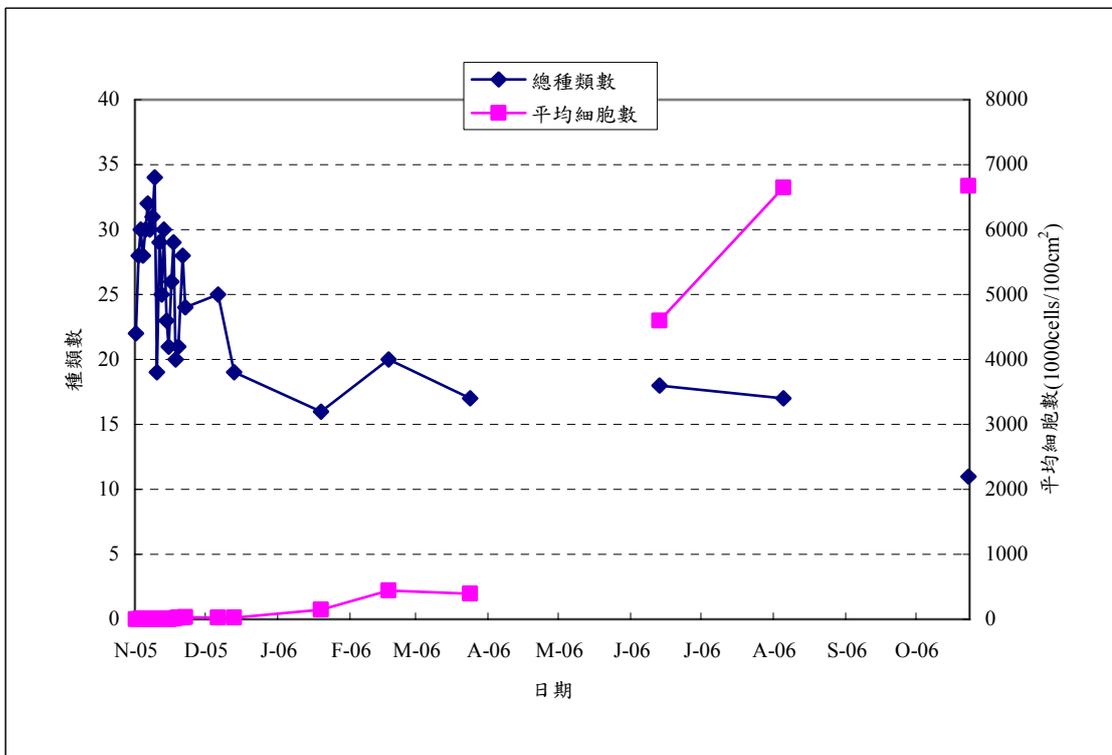


圖 19 奧萬大森林遊樂區人工生態池附著藻類之種類數與平均細胞數變化

各測站之歧異度指數與優勢度之比較，如圖 20 及圖 21 而所顯示。而整合四測站之生物群聚相關性指數結果，如表 15 所列。其中，平均歧異度指數，從初期的 2.06 上升至 2.61，隨後開始下降，至 2006 年 3 月降至最低，僅 0.44；平均優勢度指數則與平均歧異度相反，由最初的 0.18 上升至 0.82 (圖 22)。此結果顯示生態池中種類數下降，且單一藻種的細胞個數增加，自然也會導致平均均勻度指數與平均豐富度指數隨之降低 (圖 23)。然而，在夏季期間，附著藻類的平均優勢度指數因平均歧異度稍有增加而下滑。

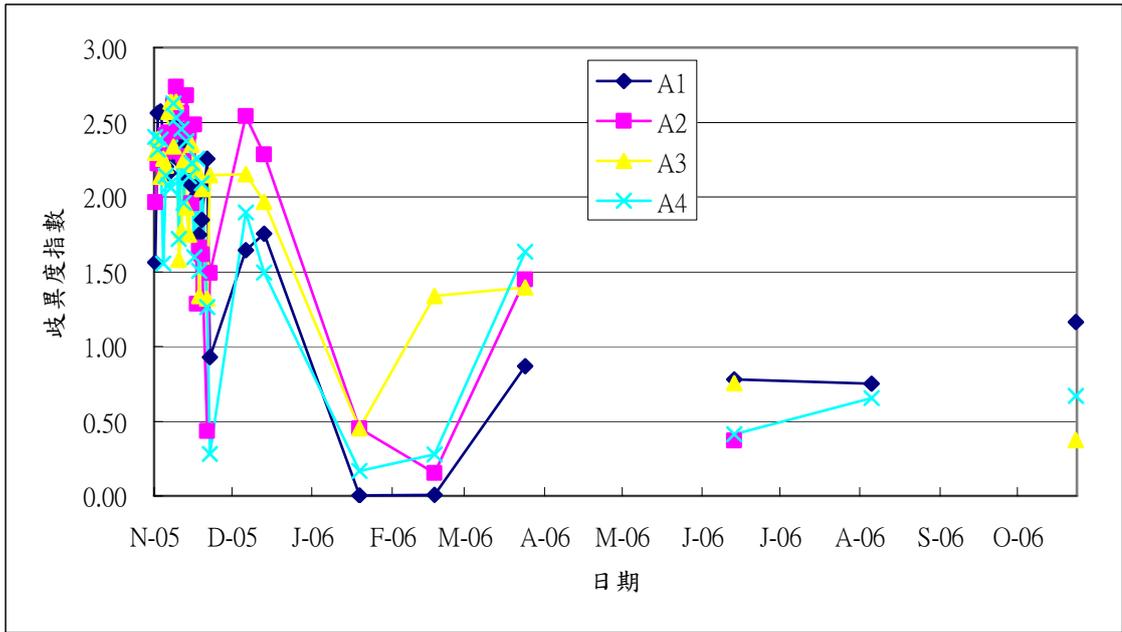


圖 20 奧萬大森林遊樂區人工生態池各測站附著藻類之細胞數歧異度指數比較

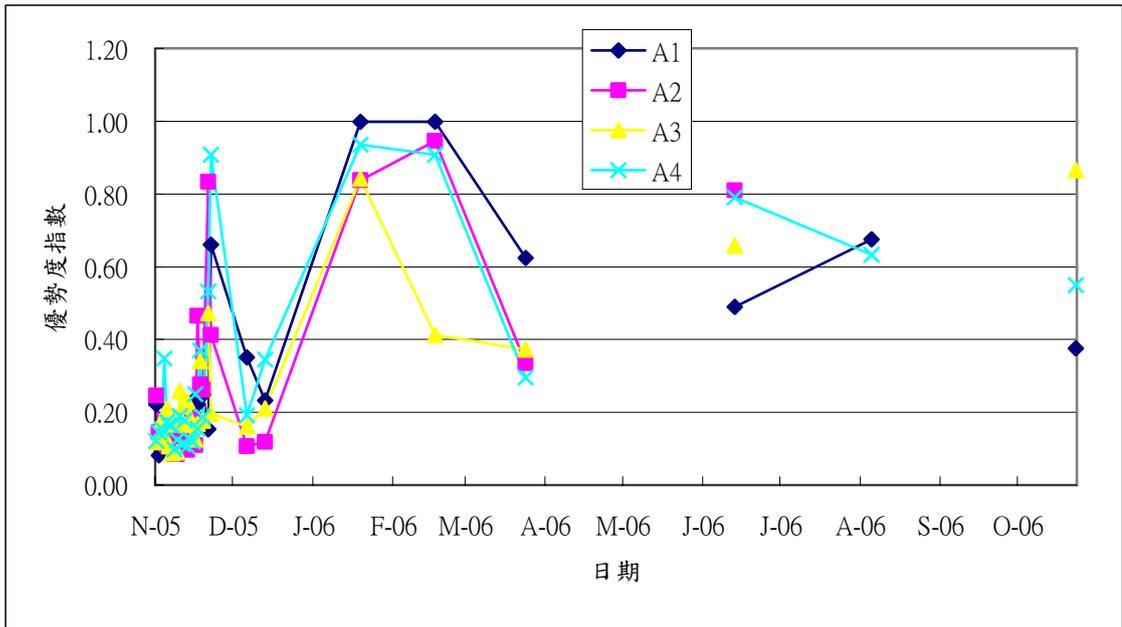
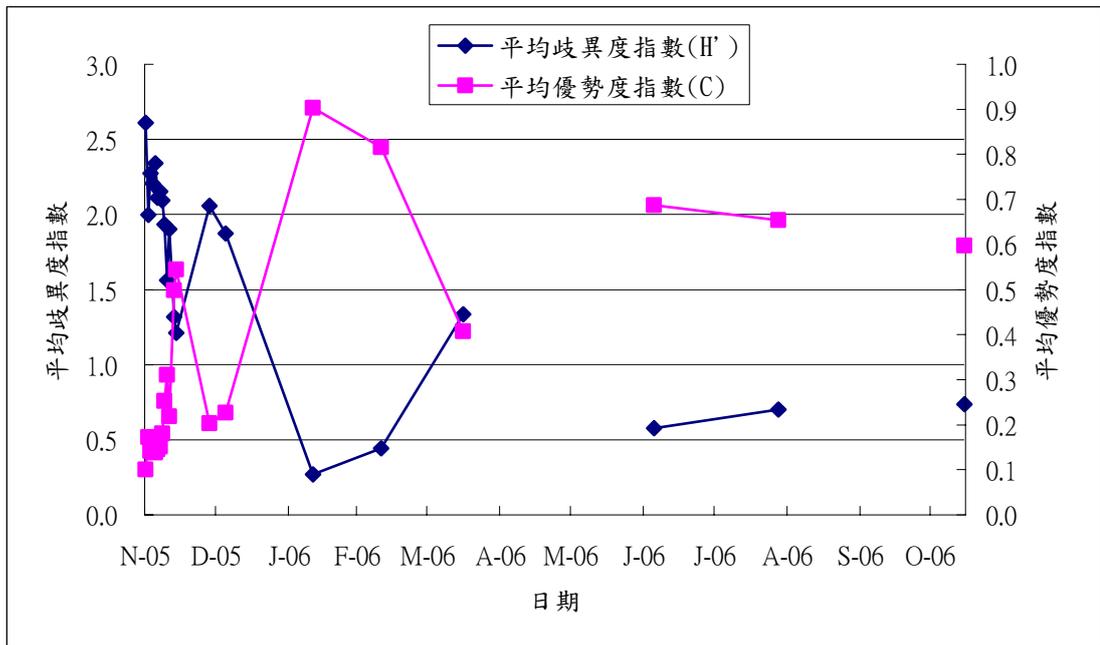


圖 21 奧萬大森林遊樂區人工生態池各測站附著藻類之優勢度指數比較



3.3 水質分析

生態池的水質採樣自 2005 年 11 月 22 日起開始至 2006 年 11 月止，採樣頻率初期為配合浮游藻類種類組成調查每三日採樣一次，並隨浮游藻類採樣間隔增加而逐漸調整為每月一次，同時藉以監測生態池的水質狀況。現場水質採樣結果與實驗室水質分析數據如表八所列。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 2006 年 7 月 4 日之 21.0°C ，最低溫則是 2005 年 12 月 20 日之 10.6°C 。除夏季受到日曬影響，水溫略高外，採樣時生態池的水溫大都介於 $12\text{-}16^{\circ}\text{C}$ 範圍內。(圖 24)
- (2). 溶氧量：生態池水中的溶氧量變化介於 $5.4\text{-}10.1\text{ mg/L}$ 之間，調查初期(2005 年 11 月)的溶氧量較低，至 2006 年 12 月底溶氧量達到最高，此與該時期池水溫度較低且水中出現大量微細藻類有關，至 2006 年 3 月溶氧量水溫升高又逐漸下降至 7.8 mg/L 以下。整體來說，調查期間，除夏季(2006 年 7 月)的池水溶氧量較低外，生態池的溶氧量大都處在一較高的狀態。(圖 24)
- (3). pH 值：生態池的 pH 值變動不大，介於 $7.03\text{-}8.98$ 之間，屬於弱鹼性水質。其中 2005 年 12 月 6 日係因降雨，導致池水 pH 值降低至 7.03 。(表 16)
- (4). 電導度：各次採樣之電導度介於 $167\text{-}221\text{ }\mu\text{S/cm}$ 之間，變動幅度不大，僅 2006 年 7 月的導電度值為最低，僅 $112\text{ }\mu\text{S/cm}$ ，並於 8 月之後有上升的趨勢。(圖 24)
- (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。生態池的濁度介於 $0.5\text{-}5.9\text{ NTU}$ 之間，生態池蓄水初期，濁度變化較大，隨著群聚結構傾向穩定，濁度逐漸下降，並於 2006 年 3 月達到最低，隨著水中藻類的增加，落葉等水中懸浮顆粒的增加，濁度有略微升高的趨勢。(圖 24)

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 1.03 mg/L 之間，生化需氧量 (BOD) 亦大都在 1.8 mg/L 以下，化學需氧量 (COD) 則是介於 1.5-4.5 mg/L 之間，總磷 (TP) 濃度的範圍介於 0.022-0.078 mg/L 之間，有機氮濃度則在 0.15-0.46 mg/L 之間波動，磷酸鹽濃度介於 20-64 $\mu\text{g/L}$ 之間，懸浮固體濃度則有逐漸降低的情況，範圍介於 2.1-8.1 mg/L 之間 (圖 25)。

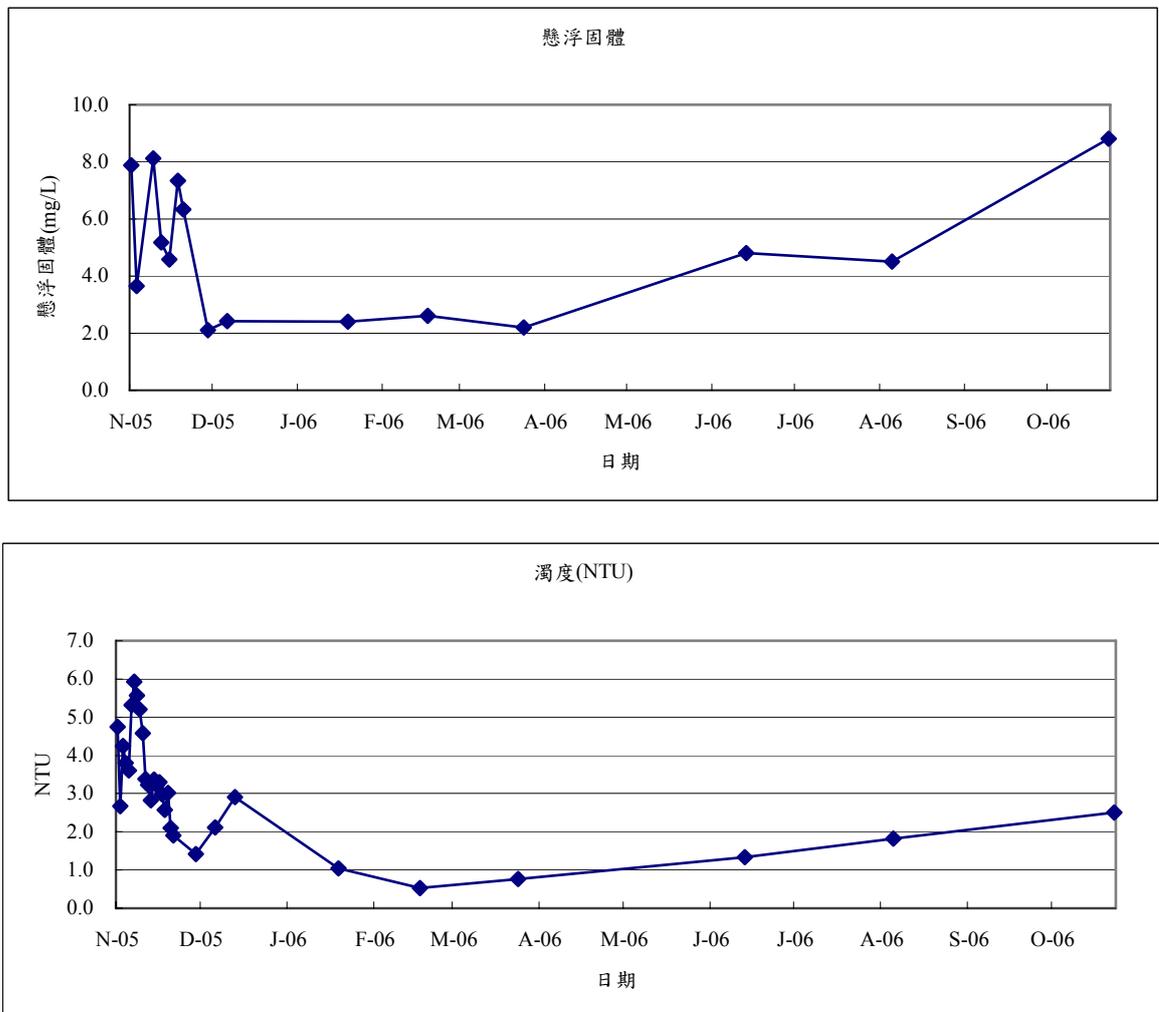


圖 25 奧萬大森林遊樂區人工生態池之懸浮固體及濁度變化

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（artificial constructed wetland）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。本計畫除了是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，由於此生態池雖位於屬中海拔山區之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。

溼地藻種組成

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，受到池底土壤精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 7、8 月隨著池水中水生蕨類—滿江紅 (*Azolla* spp.) 的大量覆蓋水池表面，水棉與水網藻的生長優勢逐漸衰退。

以浮游藻類而言，生態池注水初期形成優勢的梅尼小環藻 (*Cyclotella meneghiniana*)，隨著水中氮氮濃度的增加而大量出現，但又隨著氮氮濃度的降低，細胞數亦開始下降，甚至消失不再出現，顯示此種藻類適合生活於氮氮濃度較高的水域環境 (圖 26)。因此，當氮氮濃度低於至某一濃度狀態時，便不利於梅尼小環藻的生長，由於生態池並未有外來的水源導入，推測此一氮氮來源應與土壤精化過程中，扮攪雞糞肥料有關。除了梅尼小環藻外，浮游藻類中的扁圓卵形藻 (*Cocconeis placentula*) 則隨著氮氮濃度的降低而開始大量增加，佔有藻類組成較高的比例，顯示扁圓卵形藻對於低氮氮濃度的環境有較高的偏好，並隨著池水中氮氮濃度維持在極低的狀態下，細胞數量呈現穩定的成長 (圖 26)。雖然進一步的相關性分析顯示，梅尼小環藻與氮氮濃度的正相關，以及扁圓卵形藻與氮氮濃度的負相關並不明顯，未來仍有必要針對此兩種矽藻與氮氮濃度之間的關係，作更進一步的實驗分析。

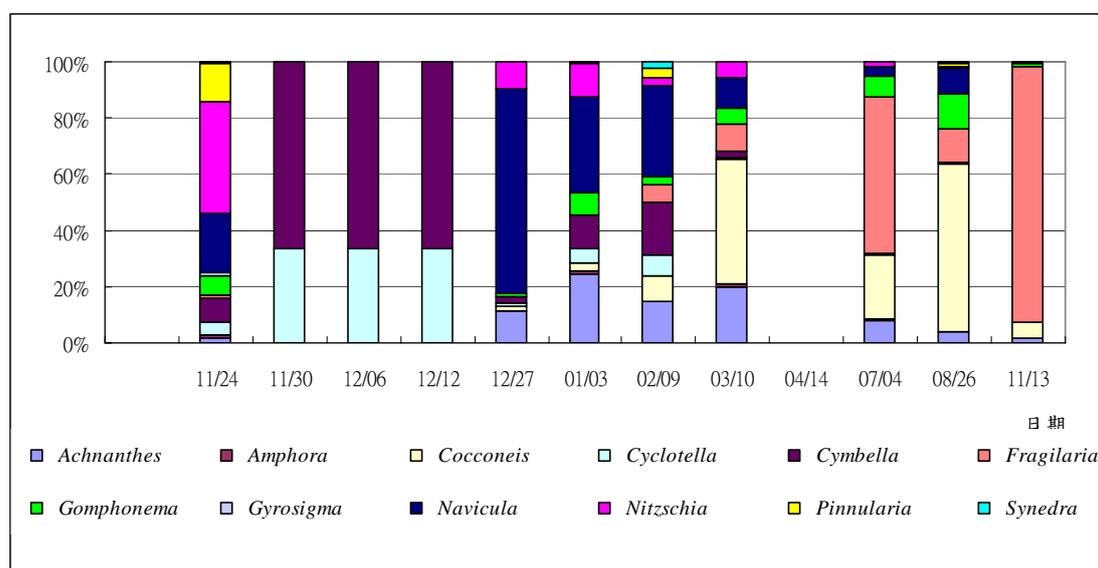


圖 26 奧萬大森林遊樂區生態池之浮游藻類組成百分比之變動 (比例組成顏色依藻屬字母由下而上排列)

附著藻類的分布與細胞數變化在奧萬大森林遊樂區之人工生態池四個測站並無明顯的差異（圖 27），初期的附著藻類藻種以舟形藻（*Navicula*）、菱形藻（*Nitzschia*）及異極藻（*Gomphonema*）三大類為主，2005 年 12 月以後，卵圓藻（*Cocconeis*）的數量開始增加，2006 年 7 月以後，曲殼藻（*Achnanthes*）又逐漸取代卵圓藻成為優勢的藻種。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。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.）等。除對水體中氮氮營養鹽濃度較敏感的種類外，異極藻屬（*Gomphonema* spp.）、舟形藻（*Navicula* spp.）與菱形藻（*Nitzschia* 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，但卻佔有較高的比例組成，隨後在扁圓卵形藻與曲殼藻的大量出現後，逐漸被取代。由於異極藻等三類藻種出現在水池的時間較短，無法顯示與氮氮濃度之間的關係，但仍顯示隨著奧萬大森林遊樂區人工生態池在無明顯外來的污水注入情況下，水質逐漸傾向貧營養鹽的狀態時，藻類組成比例亦反應出由上述對氮氮較敏感的矽藻種類所逐漸取代（圖 27）。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 28，Goldsborough and Robison, 1996），奧萬大生態池亦有同樣的現象。

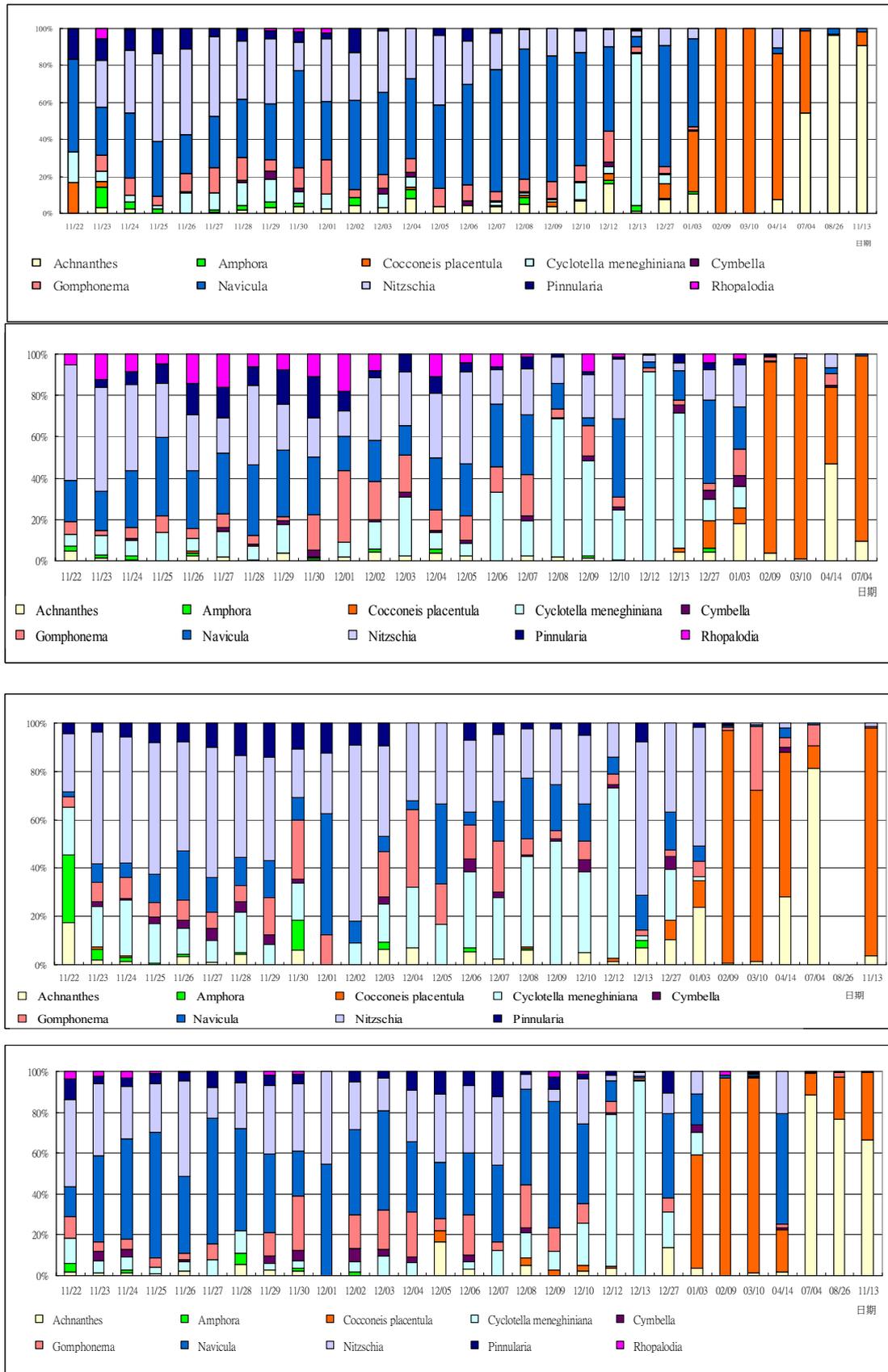


圖 27、奧萬大森林遊樂區生態池附著藻類於 A1-A4 採樣點（由上而下）之優勢藻種組成變動。（比例組成顏色依藻屬字母由下而上排列）

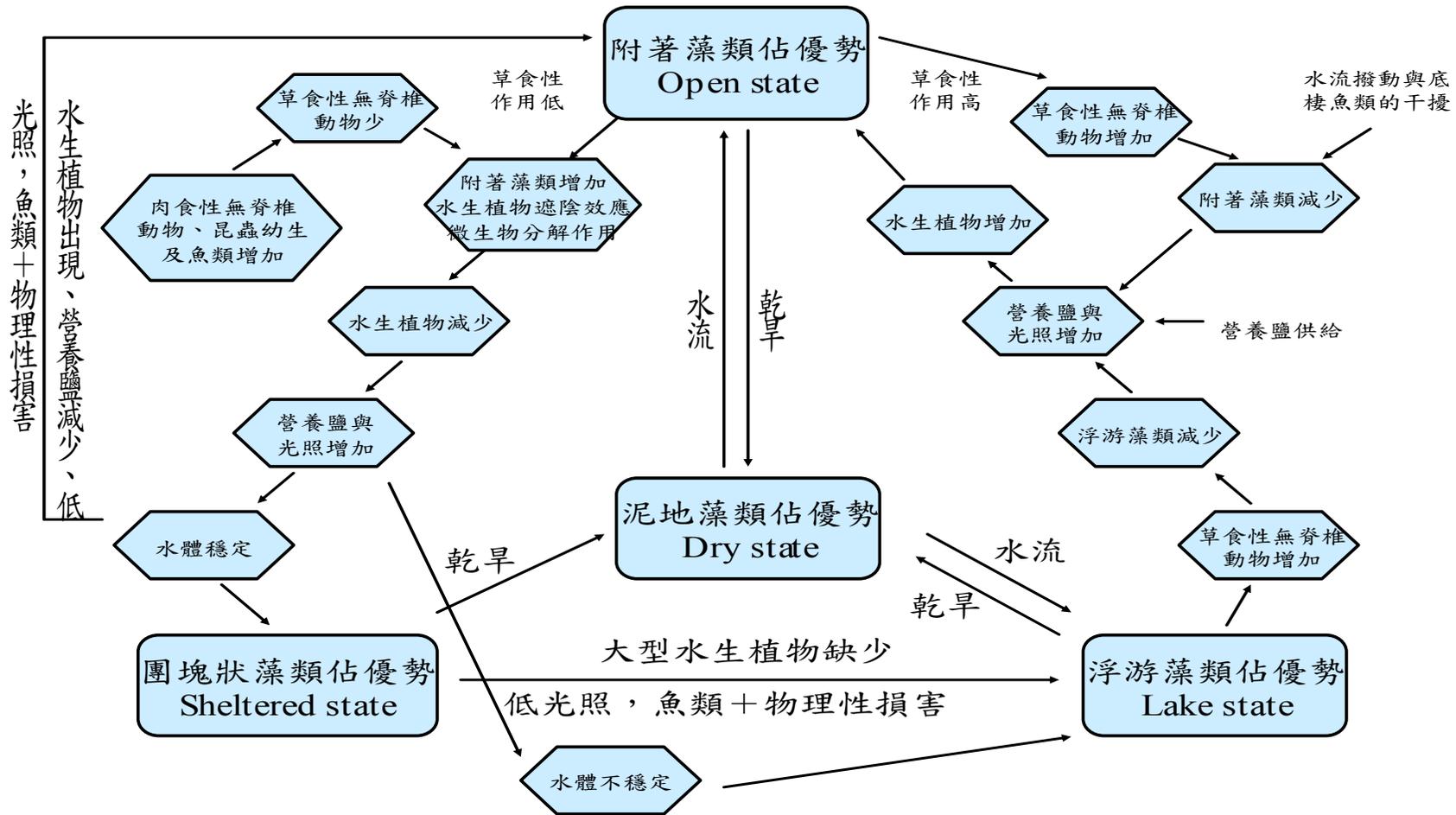


圖 28、淡水域溼地環境，四類不同形式之優勢藻類之交互作用示意圖（仿自 Goldsborough and Robison, 1996）

藻類的調查中，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。另外，就矽藻種類對營養鹽喜好程度而言，部分耐污染性的微細藻類，如微緣舟形藻、鼓藻、碎片菱形藻、穀皮菱形藻等種類的細胞數逐漸減少，而部分對水質較敏感的種類，如短小曲殼藻、線形曲殼藻、卵形橋彎藻、放射舟形藻等種類則有逐漸上升的趨勢，尤其是線型曲殼藻的細胞數可達 10^8 cells / 100cm²，顯示生態池中的營養鹽濃度逐漸下降，有利於對水質較敏感的微細藻類出現，並形成優勢藻種，而部分較耐污染的種類，亦隨著。此外，隨著人工溼地完工初期的水質，由於伴隨池底精化處理與施肥，水質因氨氮（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小網藻的大量繁生，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。針對這些對不同水質環境較敏感的種類可再進一步研究，做為未來人工溼地環境維護與管理，或甚至是台灣水域環境監測的指標物種。

生態池水質變動

生態池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。雖然生態池剛注水時，水中的氨氮值達到 1.03 mg/L，但隨著氨氮濃度的降低，部分氨氮應轉換成硝酸鹽或亞硝酸鹽，以提供水生植物吸收利用。此一結果顯示，在構築一無外來水源且水質傾向貧營養鹽的生態池時，建構初期水生植物的生長，有必要給予外來營養鹽的補助，否則容易因水中可供利用養分的缺乏，導致水生植物生長狀況不佳，並使得利用水中營養鹽較容易的絲狀藻類（如水棉等）得以大量滋生，而影響生態池的景觀。

本研究於 2005 年 11 月 22 至 2006 年 11 月 13 日止，針對奧萬大生態濕地進行水質監測，結果顯示水溫呈現季節性波動，溶氧量於 2006 年 8 月呈現較低外，其餘月份大致落在 6.5~8.0 (mg/L) 之間，pH 也大致落在 7.0~8.0 之間，導電度除了 2006 年 7 月 4 日有較低的現象外，其餘月份皆落在 170~220 (mg/L) 左右，濁度則於 2005 年 3 月 7

日後有逐漸上升的現象。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2006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，生化需氧量、化學需氧量、懸浮固體也同樣於2006年8月有逐漸提高的趨勢。推測造成的因素，首先可能是濕地水的滯留時間較長，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)。其二，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)。

四、結論與建議

就奧萬大人工生態池而言，除改善水池與周遭環境景觀的協調性之外，亦提供一較佳的自然生態棲所，作為依賴水池環境生活水生動植物生活場所，故此生態池的維護與管理，應針對水生植物景觀與生態特性兩項主要目的作為考量，表九即是不同生態水池在水質與植栽等生態特性所反應的狀況。因此，綜合以上藻類群聚組成的變化與水質測定的結果，本研究建議奧萬大人工濕地於進行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，並逐漸減短池水於生態池內之滯留時間，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主要管理方式，將生態池以人工方式維持在開放期的的階段，會是較佳的維護經營與管理模式(表16)。

表 16、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

*乾枯期常因營養鹽累積而呈現高濃度狀態，但須溼地環境的底質而定。

肆、 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；野外調查由華梵大學吳杰龍、許馨元、龔展寬、鄭仲岑、柯乃品與邱于貞共同完成，謹此一並致謝。

伍、 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.
- 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、施君瀚、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、施君瀚、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。
- 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。
- 孫元勳、裴家騏(2001)野火強度對環山地區二葉松林鳥類群聚的影響。中華林學季刊 34 (2): 131-145。
- 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。
- 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(2001)墾丁國家公園內野放台灣梅花鹿 (*Cervus nippon taiouanus*) 的現況。
中華林學季刊 34 (4): 427-440。
- 裴家騏(2004)墾丁國家公園較大型哺乳類動物的現況及保育。台灣林業科學 19(3):
199-214。
- 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(2004) 生態規劃之生物調查設計與目標物種選擇。第五次野生動物研究與調
查方法研討會論文集 P101-110。
- 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。

陸、 期中報告審查意見回覆

編號	審查單位及人員	審查意見	意見回覆
壹	行政院農業委員會特有生物研究保育中心 鄭組長錫奇	(一)請列入人工生態水池之背景資料：如面積、水源、海拔、周邊植物相及以前大致面貌等。	遵照辦理，詳見 P1
		(二)請加入所選地棲物種與生態池之相關性(如：利用情形、種類、頻度...)。	詳見報告貳·二材料與方法
		(三)請補充說明所謂目標物種、非目標物種之選定條件及區別為何？	詳見報告貳·二材料與方法
		(四)地棲目標物種之分析(OI 值)缺竹雞？而松鼠及台灣獼猴之分析可能要考慮其樹棲性之行為。	詳見報告貳·二材料與方法
		(五)可將水池周邊之相片資料與其他地區之相片資料區分、比較。	詳見報告貳·三結果與討論
		(六)報告內容之年代(西元 VS.民國)及表格不一致，請修正一致。	遵照辦理
		(七)可將藻類變化及水質元素之季節變化結果(現象)、生態意義引伸簡論之。	遵照辦理
		(八)期末報告建議或可加入後續之監測及經營管理討論及建議事項。	遵照辦理
貳	行政院農業委員會林務局劉簡任技正瓊蓮	(一)本監測計畫研究結果可作為本人工生態池之管理參考，但請先確認本人工生態池施作之目標，各目標之優先順序；未來生態池之經營管理。	敬悉，由業主決策。
		(二)請說明陸棲動物調查監測所設之樣區，每個樣區選定之理由如何？	詳見報告貳·二材料與方法

		(三)請說明本區內梅尼小藻增減之原因？是因優養化或含氧量下降使然？	梅尼小環藻較常出現在水中營養鹽濃度較高的環境，因此當生態池在進行精化處理時，所加入的有機肥料釋出後，可能有利於該藻種的出現。水池中的溶氧一直維持在一定的狀態，應並非含氧量下降所造成。
		(四)本調查監測計畫內容具專業技術及知識性，對林業人員而言，相當新穎，建議林管處未來可邀請二位老師做專題報告，以增進同仁之專業素養。	敬悉，由業主決策。
參	愛魚生態工程有限公司張文賢	(一)請將兩棲類調查部分標示出現點(位置)，以利未來監測及生態解說參考。	遵照辦理
		(二)請說明兩棲類的季節性變化及棲地穩定後物種變化情形。	遵照辦理
		(三)請將水質、藻類的交叉比對關連性以圖表方式並列呈現。	已針對水質與藻類之間的關係進行相關性分析，結果並不顯著，會再收集水質數據與藻類細胞數據資料予以分析後，以圖表呈現。
肆	作業課藍課長其安	(一)可否提供國內不同海拔高度之藻類分佈資料供本處比較。	國內目前仍缺乏高海拔水域環境的藻類相資料庫，暫無法提供相關資料。
		(二)本生態池引入外來之水生植物，是否會干擾該區之生態。	因非本計畫內容，將請廠商處理。
伍	育樂課廖課員慶森	(一)本區池面佈滿江紅，是否應撈除或任其自然演替？	遵照辦理。將於期末評估討論。
		(二)香杉池內之林間窪地，水綿旺盛，會不會影響生態？	遵照辦理。將於期末評估討論。

柒、 期末報告審查意見回覆

編號	審查單位及人員	審查意見	意見回覆
壹	國立中興大學生命科學系教授林幸助	1.報告請加摘要。	遵照辦理
		2.缺建造前之資料，若能找到之前的資料，可以互相比較，說明建造後之改變。	因以往無相關之調查資料，因此以鄰近集水區調查資料作為對照。
		3.地棲型動物之採樣相機的設置需重新考量，若目的是在生態池之影響，則需環繞水池周遭，往外放射。	敬悉。原有水池周圍樣區為放射狀穿越線。
		4.地棲型動物需要包括昆蟲，否則題目宜做修改。	敬悉，由業主決策。將於報告中指明地棲型哺乳動物以減少誤解。
		5.動物活動模式是否已受到遊客之影響。	因非計畫內容，暫無法由調查資料得知。
		6.蛙類在水池周遭之分佈型態是否與環境因子或遊客有關。	因遊客干擾非計畫內容，暫無法分析遊客對蛙類分佈的影響，然目前的分布狀況似乎與環境因子較為相關。
		7.底藻之採樣種類變化應去比較附著板與底土上之差異。	遵照辦理。
		8.底藻與浮游藻在小型生態池恐不易區分，請重新考慮其必要性。	由於水池初期並無大量的水生植物出現，水質清澈，是當時兩大類型藻類同時採樣的元素，會重新檢視浮游藻類與附著藻類資料。
		9.單位請更改為 cells/cm ²	由於採樣初期，附著藻類數量稀少，若以此單位，則單位面積細胞數以小數呈現，為求統一故以 cells/100cm ² 呈現。
		10.營養鹽請加入 NO ₃ NO ₂	遵照辦理

		11.四種不同形式之優勢藻類之交互作用，請以本土化方式描述，供管理單位使用。	遵照辦理
		12.水綿應該是出現在高營養鹽狀況，請參酌修正。	遵照辦理
		13.請慎重考慮加營養鹽之管理措施。	遵照辦理
貳	特有生物研究中心副研究員薛美莉	1.報告中地圖及樣區表達無法辨識，請改善。	遵照辦理
		2.設置樣區海拔高及棲地狀況，應加以敘明。	遵照辦理
		3.水池設置後，該區動物相之變動為何？	遵照辦理
		4.兩棲類之調查及棲地應用模式，可以再深入研究。	遵照辦理
		5.水質調查中微細藻為何？測氮氮對於硝酸態氮是否應加入？	微細藻的種類大都以矽藻為主要組成。硝酸態氮分析遵照辦理。
		6.水質調查之採樣是否加入水源採樣，以瞭解水池設置後，其水源與池水的水質是否有變動。	遵照辦理
		7.水生植物上之附生藻，應加入調查。	遵照辦理
		8.藻類相之變動，除水域自行演替外，水質與季節(溫度、水量)對於藻類相之影響如何？	水溫上升，有助於藻類的繁殖；水體流動加快，則有助於附著性較強的藻類出現，但細胞數會有下降的趨勢，有利於水生植物的生長。
參	林務局簡任技正劉瓊蓮	1.期中審查意見記錄應提供給與會人員參考。	遵照辦理
		2.本研究結果及建議南投處應妥善應用在奧萬大生態池之維護管理上。	敬悉，由業主決策。
		3.本研究報告 P.29 四、討論一節，指出”顯示生態池的創造對於大部分物種應沒有明顯影響，反之，...”所謂的「沒有影響」是與什麼樣的背景資料來比較，建議要在報告中說明白。	詳見報告貳·四討論與建議
		4.本研究計畫經費有限，建議結案報告的色彩頁，請再精選。	遵照辦理

		5.本生態池微細藻類變化，經過一年的調查，是否可以確認呈現穩定的變化。	目前生態池之藻類群聚組成以不若注水初期有劇烈變動，藻類相從 95 年 3 月至 11 月並無明顯變化，但建議仍須持續監測，以瞭解年度之間是否有季節性的藻類消長現象。詳見報告參·四討論與建議
肆	林務局 專員許 曉華	1.請補充本生態池未來之經營管理方式如水位高低、植生狀況、安全維護...等，以供南投處經營管理參考。	遵照辦理
		2.請在明年度研提計畫中加入水生昆蟲、水生植物相等之調查監測項目，以充實、彰顯本生態池之內容及功能。	敬悉，由業主決策。
伍	埔里工 作站技 正楊叔 錠	請問本報告中 P.18 之自動相機拍攝總工作時及有效張數，如何計算？	詳見報告貳·二材料與方法
陸	育樂課 技正蔡 碧麗	1.報告中有部分圖表之字型與內文不同，請修正。	遵照辦理
		2.報告書封面請加林務局之 LOGO，並加「書背」說明。	遵照辦理

捌、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	助理教授
2.	華梵大學	環設系	吳杰龍	研究生
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	邱于貞	大學生
8.	華梵大學	環設系	柯乃品	大學生
9.	華梵大學	環設系	許馨元	助理
10.	育達商業技術學院	通識教育中心	張睿昇	助理教授