

中海拔人工生態濕地營造—以奧萬大生態池為例

文、圖 ■ 蔡碧麗 ■ 林務局南投林區管理處育樂課技正（通訊作者）

吳尚穎 ■ 愛魚生態工程公司工程師

張文賢 ■ 愛魚生態工程公司工程師

一、緣起

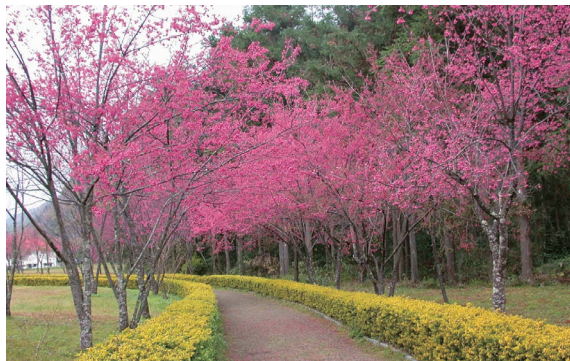
奧萬大國家森林遊樂區位南投縣仁愛鄉，面積2,787公頃，海拔高度介於1,100~2,600公尺之間，東有馬軍山，西臨萬大地區，南接萬大溪，北以馬海濮富士山為界；區內有腦寮溪、清水溪、瑪谷溪、萬大南北溪等大小溪流穿越，地形大致由南向北緩昇，呈南北走向的山脊分布，區內具有優良林相及豐富動植物資源，每年吸引無數遊客到訪；特別是秋末冬初的滿山楓紅，早已成為國人心中戶外休閒活動的重要選擇。另本區因適宜的氣候、濕度孕育至少2科5屬14種的螢火蟲（何健鏞，93），在每年4~6月間的黑翅螢及11~12月的雪螢大發生期，點點螢光更為奧萬大的夜晚增色不少（照片1、2）。

奧萬大位處檜木林帶及暖溫帶闊葉林帶交會區，這2個生態區的植物種類約佔台灣的六成左右，如此豐富的植物相，孕育無數野生動物棲息期間；豐饒的自然資源為自然觀察及生態旅遊活動得以在奧萬大扎根的獨特條件之一。

90年間林務局南投林區管理處（以下簡



▲照片1 奧萬大綠野山莊。



▲照片2 奧萬大一景。

稱本處）在小木屋區東側香杉林旁設置3個簡易的人工景觀水池，但傳統營造工法無法融入當地生態系統中，進而使野生動物不易親近。有鑑於此，復於94年中進行生態池的改造計畫，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濕地環境。整體改善計畫，除了生態池與導入水源的近自然式溪流外，還包含鄰近3個無動力控制的小水池，依距離生態池遠近分別為林下池、楓葉池與香杉池。

生態池位於海拔1,280公尺的櫻花林內，周圍主要林相為人工針葉林與天然闊葉林，面積約0.5公頃，為中海拔第一個營造成功的人工濕地；主要水源來自水塔的溢流水，並循環使用以減少水資源浪費。池體施作採用「晶化防滲工法」，也就是過去農夫防止水稻田滲漏的技術，無須使用不織布或防水布，是一種符合生態概念的營造方式。

二、營造方法及特色

(一) 楓葉池

功能

利用森林底層水域，營造無植被、低日照量、小面積之靜止水域。

構想

以晶化防滲工法進行池底防水處理，利用生態池溢流水調控水體大小，並維持終年有水狀態（照片3）。

特色

位處楓香林下的水域，隨風飄散的大量楓葉在池畔安詳沈睡，因而得名。楓葉池旁有數棵楓香大樹，層疊的樹冠層僅少量日光穿透，整體日照量仍嫌不足，導致水生植物不易生長。少數具有耐陰性、耐水浸泡特性的莎草科植物，如七星斑囊果薹（*Carex phacota* Sprengel）可在水中生長一段時間。水池內的



▲照片3 楓葉池。



▲照片4 林下池一景。

枯枝落葉提供養分使藻類滋長，連帶使得刮食藻類的椎實螺在此大量繁殖，景象特殊。

(二) 林下池

功能

森林底層的臨時性積水環境，有明顯的豐、枯水期，適合適應力較強或需要特殊棲境變化的生物棲息。

構想

以不透水布進行池底防水處理後覆土，利用生態池溢流水調控水體大小，並擺置大型枯木營造多孔隙空間供動物躲藏（照片4）。

特色

代表森林自然原貌，擁有豐厚林下枯落物的天然次生林底層水域，取名為林下池。

水源來自生態池的溢流水，當春、夏季降雨量較多時，水域可望穩定存在；秋、冬兩季雨量稀少，僅殘餘覆有厚厚落葉的濕泥窪地，豐枯水期區隔明顯。由於劇烈的季節性水源變動，致使此處少有長久定居的生物存在，多半為具有高度遷移性的水生昆蟲，或面天樹蛙這類生活史中，只有幼生期需要利用短暫水域的物種；換句話說，這裡的住民與其他水域有明顯不同。

（三）香杉池

功能

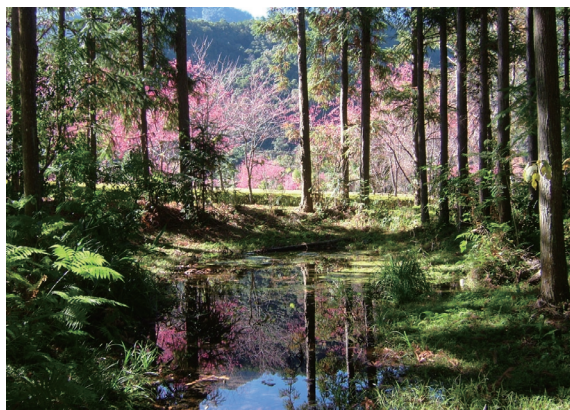
在有水生植物生長的森林底層水域，營造可供兩棲類與小型水生昆蟲棲息、繁衍的小面積、低日照量靜止水域。

構想

以晶化防滲工法進行池底防水處理，利用生態池溢流水調控水體大小，並維持終年有水狀態（照片5）。

特色

位於香杉造林地內的水域，池內遍布香杉枝條與落葉，故取名為香杉池。此處緊鄰近森林邊緣，每天上午有穩定日光射入，水岸植被與水域內的植物豐富度已比前述水域提高；只需少數養分即可大量增長的水棉與滿江紅，更長期佔滿整片水域。此處分布的生物與生態池相近，但水域面積較小，使其生物承载力相對降低，物種多樣性也比生態池少了許多。然而，香杉池的所在位置與微棲地類型都與生態池相近，將來可作為生態池進行外來種清除或池體清淤等維護工作，而需放乾池水時的臨時庇護棲地。



▲照片5 香杉池（攝影／廖慶森）。

（四）生態池

功能

供給中大型動物利用的穩定大面積水域，兼具生態與景觀效益。

構想

以晶化防滲工法進行池底防水處理外，復以自然、安全、景觀功能為營造原則。池底呈碗狀，最高水深為60公分左右，利用水塔溢流水調控水體大小，並維持終年有水狀態。外觀模擬日月潭儲水前樣貌，希望呈現荷葉重錢（註：重錢指的是野菱）的濕地景觀；以草澤濕地連結步道旁的森林，營造適合中海拔森林生物利用的永久水域，並藉由水域的隔離，減少來自步道上的人為活動干擾（照片7~9）。

特色

擁有最多變化的棲地樣貌、最豐富的生物多樣性，充滿生態之美的水域而得名。水域內種植東亞黑三稜、水毛花等挺水型，滿江紅、青萍等飄浮型，台灣萍蓬草、小荇菜等浮葉型，日本篳藻等沈水型水生植物形成多層次空間，經自然演替為水生動物的棲息



▲照片6 生態池夏季一景。



▲照片7 生態池夏季景觀。

地；加上岸邊種植的賊仔樹、冇骨消、馬兜鈴等蜜源植物與昆蟲食草，供給豐富的食物來源，提高整體的生物多樣性。在步道上行走時，遠遠就可聽見生態池旁傳來陣陣莫氏樹蛙及腹斑蛙叫聲，但遍尋不著蹤影；這就是複層式、多孔隙空間棲地營造出的絕妙效果，讓各種生物能在安全無虞、不受干擾的環境中，自然而然的生活、繁衍（圖1）。

（五）山澗

功能

可作為水塔與生態池間的聯繫通道，以近自然式工法，將此通道轉變為生物可利用且區隔其他水域的地景；而來自水塔的潔淨水源



▲照片8 生態池一景。



▲照片9 生態池一景。

及不逾20公分的水深，更是園區內最佳的親水空間。

構想

以山澗的意象，改善原有排水系統，營造一處緩流水域；鋪設不透水布進行防水處理，並於其上覆土30公分，營造水生植物生長的环境，間接吸引黃胸黑翅螢和春蜓科蜻蜒等喜好小型溪流的水生昆蟲入住（照片10、11）。

特色

為本區步道上唯一的流動水域，依其意象取名山澗。接續著來自水塔的山泉水，兩條山澗緩緩交會後注入生態池；規模雖小，



圖1 奧萬大森林遊樂區林下池、楓葉池、香山池與人工生態之蛙類分布。



▲照片10 人工溪澗。

卻能模擬河川自深山幽谷湧出再匯入大湖的過程，沿途的短瀑、深淵、急流、緩流水域也形成各種不同的微棲地，除了讓原本生活在此處



▲照片11 人工溪澗。

的水生生物重獲新生；在炎炎夏日裡，更有成群的鳥兒在上游喝水嬉戲，顯見這條山澗已獲得大自然肯定，並被森林萬物所接受。



三、營造效益

(一) 生物資源

94年10月生態池營造完成後，為了解是否提供預期的功能，以及對周圍環境的影響，旋即於95年至98年委託華梵大學進行生態池長期生態監測，經華梵大學的研究團隊以紅外線自動照相機進行生態池週邊樣區的定點調查，結果共記錄11科16種地棲動物：台灣獼猴、台灣野兔、赤腹松鼠、刺鼠、黃鼠狼、鼬獾、台灣野豬、山羌、深山竹雞、竹雞、檀鳥、白喉笑鵝、藪鳥、台灣紫嘯鵝、虎鵝、藍腹鵝等動物，其中族群密度最高者為刺鼠，次為山羌與鼬獾。

蜻蛉目種類有6科15種：青紋絲蟴、青紋細蟴、昧影細蟴、中華珈蟴、鼎脈蜻蜒、霜白蜻蜒、杜松蜻蜒、猩紅蜻蜒、灰黑蜻蜒、薄翅蜻蜒、黃基蜻蜒、烏帶晏蜓、綠胸晏蜓、烏基晏蜓、無霸勾蜓。兩棲類共發現3科9種，包括蟾蜍科的盤古蟾蜍、赤蛙科的腹斑蛙、拉都希氏赤蛙、梭德氏赤蛙、斯文豪氏赤蛙，以及樹蛙科的面天樹蛙、白頰樹蛙、莫氏樹蛙與日本樹蛙。自水池工程施作完畢後兩棲類依序進入，與各物種記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。至於生態池對原有環境的影響，除了創造新的水域利用空間外，對整體生態環境並沒有太大改變。

(二) 景觀資源

生態池完工後，以生態工程構築的各處水域創造出不同的微棲地生境，增加森林生態系的棲地多樣性；而作為種原基因庫保留的

水生植物、陸陸續續被吸引而定居的動物們，也將生物多樣性漸次提高，達到森林生態保育的功效；模擬自然的濕地景觀，更匯集了遊客的目光焦點，提供民眾進行兼具知性、感性與自然之美的森林生態之旅，成為台灣中海拔山區難得一見的戶外濕地生態教室。

(三) 環境解說教育

自96年4月份起本處陸續在此辦理同仁暨國家森林解說志工的生態池體驗及解說導覽研習活動，讓奧萬大環境教育推廣工作往前邁進一大步（照片12、13）。

97年8月奧萬大自然教育中心啟用後，更將生態池之場域，導入該中心之戶外研習課



▲照片12 生態池解說活動花絮。



▲照片13 生態池解說研習班合影。

程中，讓參與之民眾及中小學生進行水生昆蟲、水生植物、蛙類、螢火蟲、蜻蜓等物種之實地觀察及解說活動中，更增添戶外教學課程之活潑性及教育性功能。

奧萬大生態池全年物候觀察及水生植物賞花期資訊（詳表1及表2）。

四、生態池維護管理

為輔助生態池朝向提高生物多樣性的目標發展及達到預設的模擬目標生態系，需採用生態式的經營管理模式，讓大自然參與設計與發育，減少過多的人為干預；而生態池的維護管理，大致可分成定期性的植栽管理、水文調控、多樣化棲地的維持及外來種的防範與管理。

（一）植栽管理

生態池內的水生植物吸收營養鹽（尤其以氮、磷為主）與能量後，會將其轉變為本身的組織；產生的組織若未經移除，待植物枯萎凋亡後，形成有機碎屑的狀態累積在池內。久而久之，在營養鹽只進不出的養分增量狀況下，形成了以「光」為唯一限制因子的生態

系，最終的生物群落以最佳競爭光優勢的物種為主（如大安水蓼衣、滿江紅、水棉等），進而抑制其它水生植物生長，降低生物多樣性。此外，若磷的濃度提高，還可能造成水域優養化，使藻類大量生長，使水體透明度及溶氧量降低，造成大量水生動物死亡，最終導致水域生態系崩解。因此，定期進行濕地內優勢植物的族群管理，視植物生長狀況進行適度的生物量移除（如採摘、收割等），避免優勢種佔據生態池內過多的空間並消耗過多的養分，才能維持正常的質能流循環。

（二）水文調控

在自然環境中，水深是控制植物生長的必然要素，太淺的水域會使得挺水植物到處蔓延難以控管，增加生態池陸域化的速率；過深的水域導致日光無法穿透，水生植物不易生長。因此，配合自然界的水文韻動，調整生態池水位高度以迎合週期性豐枯水期，使水生植物生長更符合自然，也可延長生態池壽命。

（三）多樣性棲地的維持

生態池內有人工擺設的枯立木，也有自

表1 奧萬大生態池全年物候一覽表

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
賞花期	◎	◎		◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
螢火季				◎	◎	◎				◎	◎	◎
蛙鳴季			◎	◎	◎	◎	◎	◎				
蜻蜓季				◎	◎	◎	◎	◎	◎			



表2 奧萬大生態池全年水生植物賞花期一覽表

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
水辣椒	◎	◎									◎	◎
水丁香				◎	◎	◎	◎	◎	◎			
台灣萍蓬草			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
田蔥				◎	◎	◎	◎	◎				
香蒲				◎	◎	◎	◎					
水燭				◎	◎	◎	◎					
窄葉澤瀉			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎			
野慈姑			◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎			
小荳菜				◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
龍骨瓣荳菜				◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		
蕺菜				◎	◎	◎	◎	◎	◎			
水芹菜				◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
水社柳	◎	◎										◎
大安水蓼衣	◎	◎	◎							◎	◎	◎
台灣鳶尾				◎	◎	◎						
半邊蓮				◎	◎	◎	◎					
石龍尾					◎	◎	◎	◎				
圓葉節節菜			◎	◎								

然掉落的枯枝落葉，更有不同水生植物所構築的多樣化棲地供動物棲息。因此，適度保留枯倒木，使其自然堆疊形成多孔隙空間；密度過高的水生植物也應進行疏伐，惟注意應避免於動物繁殖季節施作。

(四) 外來種防範與管理

外來種是經由人為主動或間接引入，

出現於自然分布範圍以外的物種；某些外來種還會轉變為入侵種，其可在自然或半自然生態系中建立能繁衍的族群，遂而改變或威脅入侵地的生物多樣性。由於生態池週邊並無可供外來物種族群擴散的來源，多數出現在池中的外來種，可能為民眾放生或植栽夾帶進入。較為可行的管理方式，應定期檢查有無吳郭魚、福壽螺、水芙蓉、人厭槐葉



1·前置作業

整地，移除大型石塊或樹根等影響晶化防滲處理作業的物體。



2·加水軟化

注入水源，使土壤充分濕潤軟化，以利進行攪拌。



3·重機具擾動

以怪手進行作業，充分揚起淺層土壤中不同粒徑的顆粒，並壓實底層土壤。



4·沉降與密實

透過重力式的多種沉降作用，經太陽曝曬後，使土壤結構依其沉降速率的不同而成層狀分布，有效減少水分入滲。



5·完成濕地結構

準備植栽工程。

如有滲漏，重複操作

▲晶化防滲工法。

萍、布袋蓮等名列首惡的外來生物入侵，發現初期需儘速移除；若入侵物種已有穩定族群，應考慮釋放天敵防治或進行人工移除，以免擴散至園區內的其他水域，進而影響原有生態。🌱

*人工濕地營造小知識—晶化防滲工法：晶化防滲工法是利用現地土壤，配合機器的擾動與壓實後，重新排列土壤分層結構，減少土壤顆粒間隙，有效降低其滲漏速率，形成水域底部的天然防水層。