

「湖山水庫工程計畫生態保育措施—森林、溪流生態系統之
調查研究規劃」(102 年度工作計畫) 成果報告書



主辦單位：經濟部水利署中區水資源局



執行單位：行政院農業委員會特有生物研究保育中心

中華民國 103 年 6 月

「湖山水庫工程計畫生態保育措施—森林、溪流生態系統之
調查研究規劃」(102 年度工作計畫) 成果報告書

主辦單位：經濟部水利署中區水資源局

執行單位：行政院農業委員會特有生物研究保育中心

目錄

計畫執行摘要.....	i
120 湖山水庫及鄰近地區森林生態系指標物種的選擇及生活史研究	
120-3 斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查.....	1
120-7 湖山水庫生態系保育研究成果資料庫建立與維護.....	27
120-9 湖山水庫錫蘭七子蕨繁殖復育研究.....	35
120-10 湖山水庫棲地改善試辦計畫.....	87
120-12 2013 年台灣八色鳥調查.....	107
140 湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究.....	125
150 森林生態系復育計畫研擬及檢討.....	155
200 溪流生態系統研究	
230 清水溪指標物種生活史研究.....	163
260 湖山水庫相關溪流生態系經營管理之研擬及檢討.....	195
500 生態保育宣導	
510 湖山水庫地區自然保育宣導計畫.....	259
附錄	
101 年期末報告書暨 102 年細部計畫簡報審查會議紀錄及審查意見處理情形.....	265
102 年期中審查會議紀錄及審查意見處理情形.....	277
102 年期末報告書暨 103 年細部計畫簡報審查會議紀錄及審查意見處理情形.....	287

計畫執行摘要

壹、計畫緣起

湖山水庫工程開發案之環境影響評估報告書於 89 年 5 月 17 日經行政院環境保護署環署綜字第 0026821 號函同意認可，工程計畫於 90 年 1 月 30 日奉行政院臺經字第 37096 號函核定實施，「湖山水庫工程計畫生態保育措施」亦於 95 年 1 月 16 日經環保署以環署綜字第 0950005611 號函同意備查有案，惟該函仍請開發單位有關工程施工應確實依照「湖山水庫工程計畫生態保育措施」及「湖山水庫工程計畫環境影響評估報告書」之內容及承諾事項辦理。經濟部水利署中區水資源局乃於「湖山水庫工程計畫生態保育措施」內研提執行作業計畫（含森林生態系統、溪流生態系統及人文生態系統研究之專案研究計畫）據以推動執行。

鑒於湖山水庫之興建是政府既定政策，經濟部水利署中區水資源局報奉行政院 95 年 12 月 11 日院臺經字第 0950057661 號函核定之「湖山水庫工程修正計畫」又將本中心列為新增生態保育措施之協辦單位，本於政府一體，本中心乃於 96 年 2 月 26 日以農特棲字第 0963500907 號函同意依據行政程序法第十九條規定協助該局執行前述生態保育措施有關森林生態系及溪流生態系專案研究計畫之研究規劃及部分生態保育宣導工作。

貳、計畫目的

湖山水庫生態保育措施專案研究，主要為保育整體生態系，擬針對受影響生態系挑選保育類物種（或敏感性物種），進行相關環境調查及生態敏感物種特性調查，將調查結果建立資料庫，據以辦理棲地改善等生態保育措施，並透過雨傘物種等之監測評估，來瞭解保護措施執行成效，必要時並據以調整保育措施（中區水資源局，2007）。「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」計畫之執行係為協助中區水資源局加強落實「湖山水庫工程計畫生態保育措施」。減輕工程開發過程對生態負面之衝擊，維持多樣性生態環境，並期能透過本計畫調查或監測之執行，蒐集復育生態系所需各面向之知識加以整合應用，並將研究成果提供中水局交由生態專案管理顧問公司轉換成為資訊，藉以落實於現地之生態保育措施，進而改善水庫鄰近地區之棲地品質或供為將來進行該區域整體經營管理之參考。

參、計畫內容

102 年度工作計畫計有森林生態系調查研究部分 7 項、溪流生態系調查研究部分 2 項及生態保育宣導 1 項，合計 10 項子計畫，詳細計畫名稱如次：

計畫別	計畫序號	計畫名稱
森林生態系	120-3	斗六丘陵（包括湖山水庫）八色鳥族群數量調查
	120-7	湖山水庫生態系保育研究成果資料庫建立與維護 （原：湖山水庫及鄰近地區地景及自然資源資料庫建立與維護；地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護）
	120-9	湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究
	120-10	湖山水庫棲地改善試辦
	120-12	2013 年臺灣八色鳥族群調查
	140	湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究
	150	森林生態系復育計畫研擬及檢討
溪流生態系	230	清水溪指標物種生活史研究 （原：清水溪及梅林溪河川生態系指標物種的選擇及生活史研究）
	260	湖山水庫相關溪流生態系經營管理之研擬及檢討
生態保育宣導	510	湖山水庫地區自然保育宣導計畫： 1. 湖山水庫地區中小學校自然教育宣導計畫 2. 湖山水庫地區自然保育宣導計畫

各項工作預計辦理時程表如下：

表 1. 生態保育措施各項工作預計辦理時程表

序號	計畫名稱及工作項目	96	97	98	99	100	101	102	103
一	森林生態系統調查研究規劃								
(一)	湖山水庫及鄰近地區森林生態系現況評估								
(二)	湖山水庫及鄰近地區植被群落復育類型及加快演替速度的可能								
(三)	湖山水庫及鄰近地區森林生態系指標物種的選擇及生活史研究								
(四)	湖山水庫棲地復育基地選擇之空間模式研究								
(五)	湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究								
(六)	森林生態系復育計畫研擬及檢討								
(七)	特定生態需求指標物種復育計畫研擬								
二	溪流生態系統調查研究規劃								
(八)	清水溪及梅林溪河川生態系現況評估								
(九)	清水溪及梅林溪河川生態系變遷監測								
(十)	清水溪及梅林溪河川生態系指標物種的選擇及生活史研究								
(十一)	清水溪及梅林溪水域生物棲地需求研究								
(十二)	清水溪及湖山水庫生態系模式之建構								
(十三)	湖山水庫週邊溪流生態系經營管理之研擬及檢討								
三	人文生態系統調查研究規劃								
(十四)	基本調查與研究								
(十五)	整合性系統之研究與初步營造機制之建置								
(十六)	永續流域發展之示範區計劃								
(十七)	人文生態影像紀錄								
四	生態保育措施								
五	生態保育宣導								
(十八)	保育宣導及活動								
(十九)	保育觀念深植教育								
(二十)	工程人員生態保育訓練								
(二一)	建構保育網頁								
(二二)	現地解說教育								

肆、計畫成果摘要

一、森林生態系調查規劃研究

森林生態系 2013 年進行「湖山水庫及鄰近地區森林生態系指標物種的選擇及生活史研究」、「湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究」及「森林生態系復育計畫研擬及檢討」3 大項共 7 項子計畫，其中 1 項新增計畫：「2013 年臺灣八色鳥族群調查」研究期程為 1 年，。各子計畫成果摘要如下：

(一) 斗六丘陵 (包括湖山水庫) 八色鳥族群數量調查：本研究為始自 2004 年的八色鳥 (*Pitta nympha*) 族群監測年度調查，地點為阿里山事業區第 61 至 73 林班，其面積約 2,650ha，其中包含湖山水庫約 300ha，2013 年調查時間為 4 月 28 日至 5 月 15 日。調查區內共進行 314 個調查點，計 476 個點/次的數量調查，記錄至少 41 隻八色鳥，在湖山水庫範圍內記錄 0 隻八色鳥。以全區而言，2013 年調查記錄八色鳥數量雖較 2012 年多，但仍舊維持在低點，僅約 2004 年八色鳥發現數量的 20%。以 TRIM 進行八色鳥族群年間變動趨勢分析結果顯示，斗六丘陵八色鳥族群歷年變化趨勢為陡降型減少，且每年以 16.7% 減少速度遞減；水庫內外族群趨勢明顯有差異，水庫內族群下降趨勢顯著程度高於水庫外。分析湖山水庫內的八色鳥族群年間變動趨勢及環境變化趨勢結果顯示，湖山水庫工程開發是湖山水庫內八色鳥族群變動的主因，但水庫外同時呈現出八色鳥族群陡降減少趨勢，顯示除繁殖地因素外，度冬地及遷徙中繼站棲地的變動也可能是導致斗六丘陵八色鳥族群顯著減少的原因。

(二) 湖山水庫生態系保育研究成果資料庫建立與維護：為促進「湖山水庫生態保育措施相關研究計畫」資料整合流通，建立「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」，整個系統架構包含三大項功能：(1) 提供線上地理空間資訊、(2) 研究計畫之資料庫，以及 (3) 研究資料的空間分布資訊展示系統。線上地理空間資訊提供了湖山水庫與鄰近斗六丘陵的人文、地理、航空照片與植被等相關空間圖層資訊；研究計畫資料庫的內容涵蓋 96-101 年度「湖山水庫生態保育措施」之研究資料，並利用歷年之計畫成果建構了湖山水庫與鄰近地區的環境與生物因子資料庫。另提出「湖山水庫工程計畫森林、溪流生態系統調查研究規劃」資料規範，供資料提供人員與使用者參考，以瞭解彼此之權利義務關係，藉此促進湖山水庫生態保育措施整體研究資料的整合與再利用。

(三) 湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究：錫蘭七指蕨 *Helminthostachys zeylanica* (L.) Hook. 為嚴重瀕臨絕滅級物種，2013 年針對生長於湖山水庫內錫蘭七指蕨的調查研究，於物候生長表現部分，結果顯示四、五月為其新梢抽出土面的高峰期，共觀察到 27 枝及 35 枝新梢，其中分別有 7 枝及 17 枝新梢有孢子囊穗的發育，全年度共萌發 39 枝新梢，孢子囊穗於六月下旬至七月上旬陸續成熟、轉黃。於孢子繁殖部分仍未見有孢子發芽之現象，此部分將持續觀察照顧中。另於湖山水庫樣區土壤中共分離出 4 種菌根菌孢子，分別為 *Acaulospora foveata*、*A. laevis*、*A. mellea* 以及 *A. spinosa*，且觀察到錫蘭七指蕨根部有菌絲和叢枝體的存在，證實菌根菌已感染根部形成共生，並有養分交換的產生。以 LI-6400 可攜式光合作用測定儀檢測錫蘭七指蕨葉片於不同光照強度下的光合作用表現，結果顯示其光補償點小於 $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光飽和點約為 $200\text{-}300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，但光強度達 $1200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 時仍不會產生光抑制。而生長於湖山水庫庫區內的錫蘭七指蕨，在水庫施工單位現場測量的協助下，確認其生育地高程位於水庫滿水位以下，將來水庫完工蓄水後恐有遭淹沒之虞，應尋覓棲地進行移地保育，因此，移地保育工作於 2013 年 9 月至 12 月間進行，合計取回 16 群共 26 枝於當年度抽出之錫蘭七指蕨新梢，目前暫時盆植於行政院農業委員會特有生物研究保育中心網室內，存活率百分之百。

(四) 湖山水庫棲地改善試辦計畫：湖山水庫及鄰近地區近年已建立基礎生態資料，並研擬復育策略建議，但大規模執行機制尚未成形。因此規劃設置「棲地改善試辦區」欲將研究成果於小範圍中應用。同時，建立合作平臺，使當地社區及工程單位能實際參與，尋找適合當地特性之經營策略。試辦區位於湖山水庫西北側，面積 0.26ha，主要為裸露地、芒草坡地及廢棄竹林。自 2012 年起，由中區水資源局、湖山水庫人文生態保護協會及特有生物研究保育中心三方合作下，完成整地、土質改善、苗圃建置與集苗等工作並栽植苗木 21 種 541 棵。2013 年實施定期撫育並補植苗木 6 種 20 棵以增加森林結構及教育意義。同時，由研究人員及中水局同仁 6 名，帶領中水局導覽員課程學員 30 名共同監測苗木的存活率與生長量，至 10 月為止苗木生存率 77%，平均樹高 147cm。試辦區之原生苗木在移除竹林競爭後生長良好，並有動物傳播之小苗萌發。然而，各小區域的演替狀況略有差異，採集土壤檢測後，發現土壤質地及有機質含量有可能影響棲地改善成效。2013 年澆灌及除草撫育花費 9 萬元。本計畫依據實際執行經驗，估計每 0.3ha 的棲地改善，前三年需預算 40 萬元，可為各界參考，但務必依照地形、水源、人力、苗木來源等現況調整。期望本計畫最終能形成案例，讓各界瞭解棲地改善的可行性、方法、成本與效果。

(五) 2013 年臺灣八色鳥族群調查：瞭解族群分布與變化趨勢是進行物種保育的重要環節。本計畫以 2009 年已進行過八色鳥數量調查的 1x1km 網格進行複查，抽取其中 553 個 1x1km 調查網格，於 2013 年 4 月 29 日至 5 月 19 間進行野外調查。同時並針對 2005、2009 年曾進行調查的桃園石門水庫、苗栗獅潭大湖水庫、臺南曾文水庫以及高雄美濃山區共 69 個 1x1km 網格進行複查，以作為監測族群數量變動的參考。在 35 位調查人力的參與並採用標準化的調查方法下，調查共計 3,722 個樣點，已順利完成全臺灣 546 個網格的調查，四大水庫區則完成 69 個監測網格的調查，樣點調查完成率為 95.9%。根據族群趨勢分析結果，臺灣的八色鳥繁殖族群於 2001 年至 2013 年間的變遷趨勢是減少的且臺灣各分區間的八色鳥繁殖族群趨勢方向有顯著的地區間差異。2013 年全臺灣的八色鳥族群僅剩 2001 年的 48.5%，族群趨勢自 2001 年以來即持續以每年減少 5.9%(95%信賴區間：3.4 - 8.4%)的速率遞減。四個分區間以北部和中部的減少程度最為劇烈，此二地區於 2013 年分別僅剩 2001 年的 30.8%與 31.9%；西南與東部於 2013 年相較於 2001 則無顯著差異。

(六) 湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究：本計畫欲藉由實地調查及試驗操作，探討湖山水庫周邊的森林演替模式，尋找符合森林動態及經濟成本的復育策略，以提供未來森林生態系統復育規劃之參考。本計畫工作內容包括：(1) 推估研究地區植物群落現況及其演替階段；(2) 瞭解麻竹林的自然更新狀況；(3) 主動移除麻竹 (*Dendrocalamus latiflorus*) 及補植原生樹種，建立監測指標，瞭解復育過程可能遭遇的困難；(4) 調查不同種類及試驗環境下之苗木生長狀況。研究及試驗範圍位於湖山水庫北側的「自然生態保留及復育區」以及林務局阿里山事業區第 61-73 林班地，計畫自 2008 年執行至 2013 年已有不少重要成果。2013 年研究重點為不同種類苗木在次生林、竹林、伐竹環境的生存率與生長量。

本計畫於 2008-2009 年間試驗苗木共 8 種 900 棵，在 2013 年各樹種在不同環境中的存活率在 23 - 100%之間，平均樹高變化在 -20 - 468cm 之間，冠幅增加量在 0 - 18.2m²之間，多數種類苗木在栽植一年內存活情況將影響往後二至三年內的存活。在伐竹環境及竹林環境，軟毛柿 (*Diospyros eriantha*)、刺杜密 (*Bridelia balansae*) 及無患子 (*Sapindus mukorossii*) 具有高存活率但低生長量的特性；反之，稜果榕 (*Ficus septica*)、水同木 (*Ficus fistulosa*) 具有低存活率但高生長量的特性。軟毛柿及刺杜密能在次生林環境保持較高存活率，但其他樹種在次生林環境的生長量表現不佳。本計畫依據 8 種試驗苗木在不同環境下的生長狀況提出栽植建議，未來管理單位在規劃棲地復育時，可依照環境條件及目的選擇適合

的樹種，並在栽植 1 年內加強撫育工作。

(七) 森林生態系復育計畫建議書研擬：本計畫於 2010 年開始彙整「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」之調查研究成果，以較大的空間尺度，提出整合性的棲地改善建議。建議書的總目標訂為：「改善湖山水庫及鄰近地區之森林生態系棲地，增加森林性物種的棲地面積，以減輕因湖山水庫導致之生物多樣性損失」，子目標包含三個主題：(1) 棲地改善方案：依據不同環境條件，提供適宜的森林復育策略方案；(2) 目標物種需求：考量關鍵或稀有物種的特殊需求；(3) 社會經濟考量：探討社區參與及棲地改善成本。「湖山水庫及鄰近地區森林生態系棲地改善建議書」已於 2010 年完成初稿，2013 年更名為「湖山水庫及鄰近地區森林生態系經營管理建議書」，完成森林生態服務與人類福祉之描述、斗六丘陵天然植群說明、錫蘭七指蕨 (*Helminthostachys zeylanica*) 保育建議更新。同時以建議書第四版草稿為基礎，與工程及保育相關權益單位會談，徵詢意見，提出建議湖山水庫管理單位應優先進行棲地改善的區域及方式。

二、溪流生態系調查規劃研究

(一) 清水溪指標物種生活史研究：2012 年 12 月至 2013 年 12 月期間，於清水溪流域捕獲之臺灣馬口魚 (*Candidia barbata*) 共 388 尾 (雄魚 168 尾；雌魚 91 尾；無法鑑定 129 尾)，平均體長為 4.8 cm，雄魚最小與最大個體長分別為 1.92 cm 及 10.57 cm，而雌魚則分別為 2.20 cm 及 13.03 cm。該流域之臺灣馬口魚可辨識雌、雄魚比例平均值為 0.5：1。以 CF 值、GSI 值及 HSI 值推估繁殖週期，數據顯示臺灣馬口魚繁殖季節推測可能為 6~9 月。

(二) 湖山水庫相關溪流生態系經營管理研擬及檢討：本計畫自 2010 年起持續進行湖山水庫工程影響範圍內溪流生態系魚類資源監測工作，並彙整「湖山水庫工程計畫生態保育措施－溪流生態系統之調查研究規劃」調查研究成果，提出未來湖山水庫庫區與關連溪流生態系經營管理建議書。自 2007 年 5 月至 2013 年 12 月底止，現地調查資料結果顯示梅林溪河段共發現 4 科 8 種魚類，清水溪河段共發現 10 科 26 種魚類。過去 6 年多來捕獲魚種數變化並不大，但近 3 年來單位努力捕獲量有減少的趨勢，且魚類體型小型化，推測應是受水庫即將完工，相關工程緊鑼密鼓推動以及其他人為干擾之影響所致。湖山水庫完工後，溪流生態系將面臨水庫及桶頭攔河堰所造成的水域生物移動限制、下游棲地改變及流量減少造成的水域生物可利用棲地劣化與縮減等問題。庫區內原溪流生態系轉變成水庫生態系後，推測僅有鯉科的粗首鱮、臺灣馬口魚、臺灣石魚賓，鰻鱺科的鱸鰻，

以及鰕虎科的短吻紅斑吻鰕虎、明潭吻鰕虎等魚類可適應存活。經營管理建議書除將呈現施工期間清水溪與梅林溪魚類資源現況外，亦將分析未來湖山水庫完工營運後可能會面對的問題，提供主管機關具體的經營管理策略，以降低水庫工程對關連溪流生態系造成的負面影響。

三、生態保育宣導

(一) 湖山水庫自然保育宣導計畫：

本計畫在 102 年度完成之工作如下：

1. 完成湖山地區三梯次「湖山生物資源解說人員培訓班」，共計 139 人參與本次培訓班課程。
2. 完成中小學校生態保育到校服務，總計完成 15 所學校 1232 位學童之到校服務。分別為南投縣竹山鎮 3 所；雲林縣斗六市 3 所；雲林縣麥寮鄉 3 所；雲林縣口湖鄉 1 所；雲林縣林內鄉 1 所；雲林縣四湖鄉 1 所；雲林縣水林鄉 1 所以及臺西鄉 2 所。
3. 以「湖山動物故事集-那些年那些動物」為主題印製 2014 桌曆 2,000 份，供教育宣導。
4. 本計畫共完成「阿花阿八遊湖山」、「神隱大調查」、「我的自然筆記書」、「盤古與阿杜」、「百萬幸福小學堂」、「候鳥的旅程」、「海岸植物生存戰爭」、「濕地好好玩」、「神秘之光-螢火蟲」、「與龜為伍」與「湖山蛙蛙蛙」等 11 種適合中小學童自然觀察之教材。

伍、結論與建議

一、森林生態系調查規劃研究

(一) 斗六丘陵 (包括湖山水庫) 八色鳥族群數量調查: 2013 年調查區域內共進行 314 個調查點, 記錄至少 41 隻八色鳥, 在湖山水庫範圍則記錄 0 隻。以整體數量而言, 八色鳥發現數量為歷年次低, 僅略高於 2012 年僅約數量歷年峰值 2004 年的 20%。2013 年八色鳥幾乎都集中出現在斗六丘陵北半部, 而南半部的八色鳥數量相當稀少。

斗六丘陵近年來最大的環境變動即是湖山水庫相關工程, 隨著工程的進展湖山水庫範圍內裸露地或短草地所占面積比例也逐年增加, 已由工程未開發前僅 3.35% (2004 年), 急遽增加至 46.20% (2013 年); 因為湖山水庫工程的開發, 原本適宜八色鳥棲息並繁衍的溪谷次生林生態環境, 已超過 40% 轉變為不適合八色鳥棲息利用的開闊地或施工區, 如此劇烈的環境變化是造成湖山水庫範圍內八色鳥數量急遽減少的主因之一。

根據族群趨勢分析結果, 斗六丘陵八色鳥族群年間變動趨勢為顯著下降。由斗六丘陵分區的族群變動趨勢分析可知, 湖山水庫工程開發是湖山水庫內八色鳥數量 2007-2008 年驟降的主因, 但水庫外的八色鳥年間變動趨勢亦呈現陡降型減少, 顯示出整個斗六丘陵八色鳥的族群變動趨勢, 除湖山水庫工程開發影響外, 過境中繼站或度冬棲地劣化皆可能導致族群數量的急劇遞減。

(二) 湖山水庫生態系保育研究成果資料庫建立與維護: 鑒於本計畫即將於 2014 年結束, 為利「湖山水庫工程計畫生態保育措施 - 森林、溪流森林生態系統之調查研究規劃」之相關計畫報告書及資料可為國人易於取得, 衍生附加價值, 系統將該採低維護且常可長期運作的模式更新, 同時開放各研究計畫調查資料。

(三) 湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究: 2013 年的調查結果顯示生長於湖山水庫之錫蘭七指蕨於五月份達到植株冒出地表的高峰期, 而孢子囊穗約於抽穗後二個月發育成熟, 孢子囊由綠色轉黃、開裂, 六月下旬至七月上旬為孢子成熟的高峰期, 植株於十一、十二月間開始出現倒伏現象。影響湖山水庫錫蘭七指蕨於春季冒出土面時間的早晚與整齊度, 以及其於秋冬季休眠時間的早晚, 可能與土壤濕度高低有關。然影響植物生長發育、休眠與打破休眠的環境因子是複雜的, 需要長期監控並比較每年氣候狀況及植株物候期的變化, 並配合光合作用試驗、栽培試驗等加以釐清。在錫蘭七指蕨根部切片觀察到有菌絲和叢枝體的存在, 證

實菌根菌已感染根部形成共生，並有養分交換的產生，且從樣區土壤中共分離出 4 種菌根菌孢子，分別為 *Acaulospora foveata*、*A. laevis*、*A. mellea* 以及 *A. spinosa*，未來繁殖試驗可朝向菌根菌利用的方向進行研究，期能打破繁殖困境。錫蘭七指蕨光補償點小於 $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光飽和點約為 $200\text{-}300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，但光強度達 $1200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 時仍不會產生光抑制，顯示其對生育環境的光照強度要求並不嚴苛。綜合以上，推測日後進行錫蘭七指蕨移地保育地點評估時，環境中光強度並非限制因子，適當的土壤濕度、土壤 pH 值與菌根菌的有無才是其決定其成活的要件。

（四）湖山水庫棲地改善試辦計畫：棲地改善試辦計畫為一種新的嘗試，仍須不斷的學習與調整，瞭解過程中必然要面對的挑戰與風險，以下列出一些需要關注的議題及可能的因應辦法：

1. 依照土質與水源狀況調整策略：淺山地區棲地類型多樣且破碎，在棲地改善時需照不同區域類型進行適當規劃與管理。栽植苗木時土質需為壤土，避免在黏土或砂土，且有機質要達 1% 成效較佳。近年因氣候變遷，極端氣候增加且無法預期，因此無法預先確認除草與澆水頻率，建議在一開始要注意水源的建置，才能確保苗木的存活率與成效。
2. 思考苗木來源：以生物多樣性為考量的苗木多非傳統的經濟樹種，較難由其他單位的苗圃取得；另一方面，當地在早期普遍的樹種，也可能遭受到採集及開發壓力而不容易採集。苗木如果能符合當地基因多樣性，較能提高存活率及符合當地生態特性，如經費許可且有能力照護，建議優先從當地採集，其他苗場來源為輔助。
3. 規劃長期合作及後續維持機制：獲得社區認同、找出長期合作的社區人力，能使棲地改善工作事半功倍。但社區執行的意願及能力，是一個隨地區而異的難題。且管理單位及長官的偶有變換，執行人力的素質與穩定性也難以掌握。在人事變動的風險下，如能在棲地改善計畫起始前，確立復育目標與原則，讓後人依循，才能確保長期棲地改善理念的一致性。森林復育並非短期的工作，苗木照護及監測需要長時間關照，因此建議於復育計畫進行之初，就應規畫後續照護及監測之事宜，妥善訓練培養後續監測人力。
4. 資訊交流與分享：本計畫最終希望建立棲地改善經驗與案例，提升湖山水庫教育、學術與休閒的價值，進而吸引更多資源投入棲地改善工作，增加森林復育面積，補償開發所造成的生物多樣性損失。因此如有機會，盡量與外界

其他單位進行交流與宣傳試辦區的理念。

5. 適應性管理：生態系的運作十分複雜，加上氣候變化難以預測，策略與預算的運用要保持彈性。在棲地改善的過程中應定期監測，依照最新資訊，整合多方單位的意見後，運用適當資源及技術，依照現地狀況調整作法或進行試驗，找尋最佳的策略並累積經驗。

(五) 2013 年臺灣八色鳥族群調查：影響候鳥的棲地類別包括繁殖棲地、度冬與過境棲地，前者決定族群的繁殖率，度冬與過境棲地影響族群的存活率。本研究發現臺灣本島不同地區八色鳥族群的減少趨勢不同，其中以北部與中部的減少速率最快，東部與西部則沒有顯著的減少趨勢，此結果支持八色鳥度冬或過境棲地正在快速損失中，且臺灣北部、中部與西南部、東部的八色鳥族群的度冬地很可能並不相同。本研議提出以下建議，供未來研究參考：

1. 探討臺灣低海拔地區近年來的森林變遷情形，檢驗八色鳥的棲地是否於北部與中部地區相較西南部與東部地區遭受較大的破壞。
2. 進一步研究臺灣不同地區的八色鳥族群的度冬地位置與度冬棲地狀態，同時持續進行臺灣本島八色鳥繁殖族群的監測。

(六) 湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究：

1. 無竹林存在的開闊復育基地，栽植初期人為介入清除雜草與藤蔓覆蓋相當重要，藉此增加苗木競爭力及存活率。原生苗木及栽植苗木，後期會因樹冠逐漸成長，彼此之間產生資源競爭。建議苗木栽植後的 3 年內，持續進行除蔓及除草撫育以確保存活率。存活良好的苗木枝葉逐漸擴展，並加入當地資源競爭行列，未來出現自我疏伐情況亦屬自然現象，往後不建議進行疏伐管理。
2. 復育基地的竹類對當地植群具有一定影響，因此若能在初期伐除林地竹類，使苗木得到足夠光照，將可促進林下苗木至少一年的樹高及冠幅生長量，有助與草灌木的競爭力。
3. 8 種試驗苗木在不同試驗區的存活率、生長量結果顯示，能快速增加地徑、高生長或冠幅的樹種，較能與開闊地的其他樹種、雜草與灌木藤蔓競爭；生長緩慢卻能耐遮蔭與病害的樹種，則適合種植鬱閉的復育基地，或作為補充冠層樹種的儲備植栽。開闊或遮蔽環境中，各有存活率高而生長快慢各異的適合樹種，因此在規劃棲地復育時，可依照環境條件及其他考量，選擇適合

復育基地之樹種，且存活率不宜作唯一評估成效指標，應再加入生長量加以檢視。

4. 紅外線相機監測影像顯示常有犬隻在復育區中活動，與野生動物活動範圍重疊，建議未來對於庫區內犬隻問題，擬定方案，加強管理與宣導。

(七) 森林生態系復育計畫建議書研擬：希望未來水庫管理單位能以與多方單位合作，以長期、小範圍的方式，依照本建議書提供的資訊，逐步推動棲地補償措施。且本復育建議書之對象，不僅止於湖山地區及周邊地區相關工程及管理單位，而是讓有意進行森林復育行動的單位或個人，都能獲得相關資訊。希望未來能持續推廣森林生態系棲地改善概念、增進資訊交流，使對生態保育有興趣的民間團體與個人，都能在能力所及的範圍內，協助森林生態系的復育與補償。

二、溪流生態系調查規劃研究

(一) 清水溪指標物種生活史研究：清水溪流域採捕之臺灣馬口魚研究結果發現雄性比例較雌性比例較高 (1:0.5)，在雨量較高的季節 (3~5 月與 7~8 月)，臺灣馬口魚空胃率之個體有隨之上升的趨勢。胃內容物中的優勢藻種，在 2012 年 12 月至 2013 年 3 月期間，則以矽藻植物門中的舟形藻屬、橋彎藻屬為主，此與環境藻一致，而 2013 年 4 月至 10 月胃內容物中的優勢藻種則以藍綠藻門的平裂藻屬和矽藻植物門的舟形藻屬為優勢藻種，與環境中優勢藻種，矽藻植物門的舟形藻屬、橋彎藻屬 及菱形藻屬組成有些差異，此可能受氣候變化改變環境藻組成之影響，4 月份起氣溫逐漸上升，加上雨季帶入之營養鹽增多，屬藍綠藻門之平裂藻易受水溫及營養鹽上升而大量生長，而平裂藻多懸浮於水中成浮游微藻的成員，或黏附於絲狀藻或懸浮顆粒上，此增加馬口魚因攝食絲藻或懸浮顆粒上的平裂藻之機會，因此在胃內容物中的比例較多。另外，在馬口魚攝食水生昆蟲方面，推測馬口魚應該為雜食與機會型攝食魚種。若以 CF 及 GSI 指標的數據變化推斷，清水溪流域的臺灣馬口魚繁殖季節應該為 6~9 月。

(二) 湖山水庫相關溪流生態系經營管理研擬及檢討：湖山水庫開發期間對於現有一流生態的影響甚鉅且久遠，部分魚種的棲息地也可能將消失，因此為減輕水庫開發過程對溪流生態產生負面影響，除了加強魚類棲息地需求的了解外，往後水庫經營及周邊生態環境長期監測也甚為重要。

三、湖山水庫地區自然保育宣導計畫

(三) 湖山水庫自然保育宣導計畫：湖山水庫區域雖然並非屬於偏遠山區，但就幾年來教育宣導活動的經驗來看，湖山地區之學生的環境知識與都會區學生仍有差距，此點因學校所在地不同而有差異，一般來說山區鄉村學生的環境知識是低於平地市鎮學生的，且對於環境態度與行為也較市鎮區來的負面與消極。此現象可能受山區學校資源不足、學生家庭社經背景較低以及家庭文化資本不同等因素影響。由於環境教育強調學生對於環境的知覺與概念知識的建立，因此以戶外教學方式讓學生有實際觀察經驗，再配合適當的教材解說，將能有效提升學生對生態環境的認知。因此未來將朝向擴大湖山地區中小學生態活動範圍，培養他們正面積極的環境態度。

**120 湖山水庫及鄰近地區森林生態系指標物種
的選擇及生活史研究**

計畫名稱：斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查

英文名稱：Annual survey of the Fairy Pitta (*Pitta nympha*) population in Douliou Hill areas - 2013

計畫編號：120-3

全程計畫期間：2007 年 5 月 1 日 至 2014 年 12 月 31 日

本年計畫期間：2013 年 1 月 1 日 至 2013 年 12 月 31 日

計畫主持人：林瑞興

研究人員：池文傑

一、摘要

本研究為始自 2004 年的八色鳥 (*Pitta nympha*) 族群監測年度調查，地點為阿里山事業區第 61 至 73 林班，其面積約 2,650ha，其中包含湖山水庫約 300ha，2013 年調查時間為 4 月 28 日至 5 月 15 日。調查區內共進行 314 個調查點，計 476 個點/次的數量調查，記錄至少 41 隻八色鳥，在湖山水庫範圍內記錄 0 隻八色鳥。以全區而言，2013 年調查記錄八色鳥數量雖較 2012 年多，但仍舊維持在低點，僅約 2004 年八色鳥發現數量的 20%。以 TRIM 進行八色鳥族群年間變動趨勢分析結果顯示，斗六丘陵八色鳥族群歷年變化趨勢為陡降型減少，且每年以 16.7%減少速度遞減；水庫內外族群趨勢明顯有差異，水庫內族群下降趨勢顯著程度高於水庫外。分析湖山水庫內的八色鳥族群年間變動趨勢及環境變化趨勢結果顯示，湖山水庫工程開發是湖山水庫內八色鳥族群變動的主因，但水庫外同時呈現出八色鳥族群陡降減少趨勢，顯示除繁殖地因素外，度冬地及遷徙中繼站棲地的變動也可能是導致斗六丘陵八色鳥族群顯著減少的原因。

Abstract

In this study, we conducted an annual survey of the Fairy Pitta (*Pitta nympha*) population using a constant survey method starting from 2004, and then analyzed their yearly population fluctuations. The population of Fairy Pitta was surveyed between April 28th and May 15th at the Hushan Reservoir construction site in Yunlin County and its neighboring areas which included the hills of Linnei Township and Douliou City. The total area was 2,650 ha, with 300 ha within the Hushan Reservoir construction site. In total, 476 investigations were conducted from 314 stations and a total of 41 pittas were detected. Of these, no Fairy Pitta was detected within the range of Hushan Reservoir. The population size of 2012 was lowest since 2004. We warn

the sharply decreased trend of the Fairy Pitta population in research area.

In whole research area, the results of TRIM analysis showed the population size was significantly steep decreased and declined of 16.7% per annum. The slope change point is contemporary with the construction time of Hushan Reservoir. The trend of population change between the inside and outside range of Hushan Reservoir were significantly different. Within the range of Hushan Reservoir, the population was steep decreased, and the slope change point is contemporary with the construction time of Hushan Reservoir. Outside the range of Hushan Reservoir, the population trend was also steep decreased. These results imply the construction of Hushan Reservoir was not the only reason accounted for the population steep decrease. Breeding ground habitat degradation, the population dynamic in winter ground and the population dynamic in stop-over site may account for the population steep decrease.

關鍵詞：棲地劣化、族群動態、雲林、臺灣、TRIM

Key words: Habitat degradation, population dynamics, Yunlin, Taiwan, TRIM

二、計畫目的

湖山水庫業已於 2006 年 8 月開始施工，2007 年 4-5 月調查時，施工範圍仍屬有限，但 2008 年已大範圍施工，故環境變化相當劇烈，而至 2014 年初，大壩工程已接近完工。指標鳥類－八色鳥族群的年間分布與數量變化為湖山水庫生態保育重要議題，本研究針對 2004 年至 2012 年調查所建立之長期調查樣區，於 2013 年持續進行八色鳥族群數量及分布調查，以建立湖山水庫及鄰近地區八色鳥族群數量與分布資料，並藉以比較年間數量變動。

三、重要工作項目及實施方法

(一) 八色鳥族群數量及分布調查

利用特有生物研究保育中心於 2004 年至 2012 年建立之湖山水庫淹沒區、集水區及鄰近地區八色鳥族群數量調查樣區(林 2004；2005a；2006；2008；2009；2010a；2011；2012；2013)，調查本年八色鳥族群數量及分布情形。調查範圍為湖山水庫及鄰近地區面積約 2,650 ha，包括 6 個固定樣區 72 個調查點、非固定

樣區 152 個調查點及大埔溪樣區 90 個調查點(圖 1)，共計 314 個調查點。其中非固定樣區在清水溪附近的 3 個樣點，因雨量豐沛河川水位過高，調查人員無法過河抵達原有調查位置，而改以同水系更上游之稜線處進行調查。

調查技術則應用錄放反應法(林等 2002; Lin et al. 2007)，調查人員在調查時攜帶 1 組錄放器材(隨身聽、6w 喇叭、訊號線及 5 分鐘八色鳥錄音帶)、紀錄表、相片基本圖及 GPS(Global Position System Receiver)等器材，於抵達調查點後播放叫聲 5 分鐘，傾聽八色鳥回應的叫聲並判斷其角度與距離，距離區分為 50m、50-100m 及 100m 以上等三種，同一時刻出現不同叫聲，則代表不同的個體；此外，調查後將調查點及發現八色鳥的角度與距離標示在調查地圖上，以判斷是否有重複計數，若發現有重複時，僅保留發現距離較近之調查點之資料；該調查點發現八色鳥數量在去除重複計數後，將不同距離段的八色鳥數量相加，以代表該樣點之八色鳥發現數量。由於天候不佳會明顯影響鳥類活動及調查人員的判斷能力(Bibby et al. 1992)，因此本調查盡量在能見度佳、無雨或小雨及風速在微風以下的天候條件下進行。野外調查時間為每日清晨 05：00 至 10：00。調查頻度與 2004 至 2009 年調查相同。固定樣區進行 2 次調查，2 次調查選在八色鳥抵達研究區並於白日開始鳴叫的 1 週後與第 2-3 週間進行；兩次調查行進路線相異，以降低時間效應。非固定樣區調查則於四月底至五月中旬間進行，各調查點進行 1 次調查。大埔溪樣區則於五月初與至五月中旬各進行 1 次調查。

(二) 八色鳥年間族群數量變化趨勢

監測八色鳥族群數量變動為長期目標之一。故本計畫將利用本年八色鳥族群調查結果與 2004 至 2012 年特有生物研究保育中心調查結果進行比較，以探討 2004 至 2013 年間工作範圍內八色鳥族群數量及分布變動，尤其 2006 年湖山水庫相工程已開始施行，而 2008 年開始大範圍施工，八色鳥族群數量變化趨勢是關注的重點之一。

本計畫續以 TRIM(Trends and Indices for Monitoring data)(Pannekoek and van Strien, 2005)來進行八色鳥族群數量的年間變化分析。TRIM 是一個針對長期野生動物監測資料設計，用以分析其年間變化趨勢的專門軟體；TRIM 利用 Poisson regression 來產生族群指標，以比較不同年間的族群指標，同時評估其趨勢變化的可信度(Strien, et al. 2001)。

TRIM 假設基準年度的族群指標為 1，並由數據計算出族群變動趨勢的斜率

乘值(MS, Multiplicative Slope), 第 $n+1$ 年的族群指標為 MS_n , 這表示若 $MS > 1$, 族群變動為成長, 若 $MS < 1$ 表示族群變動為下降; 若 $MS \pm 1.96SE$ 包含 1, 表示族群變動不顯著; 若 $MS \pm 1.96SE$ 未包含 1, 則表示族群變動趨勢顯著($p < 0.05$), 若 $MS \pm 2.58SE$ 未包含 1, 則表示 $p < 0.01$ 。TRIM 將族群變動顯著的狀況區分成四種情況, 分別為急遽型成長(strong increase)、和緩型成長(moderate increase)、陡降型減少(steep decline)及和緩型減少(moderate decline); 其中急劇型成長之定義為 $MS_{19}-1.96SE$ 大於 2.0, 這表示預估族群在 20 年後族群成長大於 2 倍; 中度成長之定義為 $MS_{19}-1.96SE$ 小於 2.0, 表示預估族群在 20 年後族群成長不大於 2 倍; 陡降型減少之定義為 $MS_{19}+1.96SE$ 小於 0.2, 表示預估族群在 20 年後會下降至原族群 20%以下; 和緩型減少之定義為 $MS_{19}+1.96SE$ 大於 0.8, 表示預估族群在 20 年後會下降至不超過原族群 80%。冀望能以這個更為簡單明確的分析方法, 讓八色鳥年間族群動態變化情形, 以更為簡單明瞭、淺顯易懂的方式呈現。

彙整以往年度八色鳥調查資料, 在 2004 年首度進行斗六丘陵八色鳥調查時, 由於調查者對於研究區域地形不夠瞭解, 固定樣區之調查點有過於接近且兩次調查點位置不一的情形發生(林 2005), 而 2005 年針對這些樣區曾重新選定調樣點, 為避免過多樣點位置改變影響八色鳥族群趨勢之判斷, 以 TRIM 進行年間族群變動分析時, 其族群指標的基準年度為 2005 年。以渥得檢定(Wald Test)檢定水庫內外共變數(covariate)的趨勢差異, 則以是否能顯著的改善迴歸模式的預測能力, 具有顯著效力的分區方式即表示該分區間, 八色鳥繁殖族群的變遷趨勢不同。

(三) 湖山水庫工程對周邊環境影響的年變化趨勢

以 2004 年(開始調查)、2007 年(施工前)、2008 年(大範圍施工後)、2012 年至 2013 年湖山水庫範圍往外 200 公尺的正射化影像評估湖山水庫工程的影響(圖 13), 並利用 ERDAS Imagine 中監督式分類功能進行影像判釋, 將正射化影像依不同的顏色性質區分為兩種土地型態, 一種是以林地為主狀態(代表八色鳥可能會出現的棲地), 一種是裸露地或短草地狀態(代表不適合八色鳥的棲地)。分別計算不同年度兩種土地型態其面積的年間變化, 以評估湖山水庫相關工程進行所造成的環境改變。

四、結果與討論

(一) 八色鳥族群數量及分布調查

1. 調查點的時空分布

2013 年八色鳥抵達斗六丘陵地區時間是在 4 月 17 日附近，抵達時間與歷年相近，調查日期由 4 月 28 日至 5 月 15 日結束，6 個調查人員，不含踏勘，合計進行 28 個工作天次的野外調查，總計 314 個調查點，其中包括固定樣區、非固定樣區及大埔溪樣區等三種類型。每個固定樣區有 12 個調查點，6 個固定樣區共 72 個調查點，每點調查 2 次。非固定樣區則有 152 個調查點，每點調查 1 次。另外，大埔溪樣區有 90 個調查點，每點調查 2 次。

非固定樣區 152 個調查點在 4 月 28 日至 5 月 9 日間進行(表 1)，所有的調查點皆在中期前完成。固定樣區方面，本年度第 1 次調查於 4 月 28 日至 5 月 7 日間進行，第 2 次調查則在 5 月 8 日至 5 月 15 日進行，各樣區 2 次調查時間差異為 8-13 日(表 1)。大埔溪樣區的 2 次調查分別於 4 月 30 日 4 月 30 日、5 月 10 日至 5 月 12 日進行(表 1)。

少數調查樣點因環境改變無法抵達，遂於鄰近地區重新選定樣點，而部分調查樣點 GPS 定位亦存在年間差異性，使得各林班地內與湖山水庫預定地內的調查點數與前八年稍有些微不同。湖山水庫預定地範圍內調查點數為 42 點，平均每 100 公頃有 9.66 個調查點；各林班地調查點數，與大埔溪樣區交集的 66、67 和 68 林班之調查點數達 26 至 40 點，平均每 100 公頃調查點數在 11.09-22.38 之間，其餘林班調查點數在 13 至 20 點，平均每 100 公頃調查點數在 7.99-11.02 樣點間(表 2)。

2. 八色鳥族群調查結果

固定樣區、非固定樣區及大埔溪樣區調查結果如表 1。非固定樣區的 152 個調查點共記錄 22 隻八色鳥。6 個固定樣區兩次調查間調查數量有所不同，多數樣區第二次調查與第一次調查數量差距不大，差距最大的是斗六東溪北樣區，第一次調查該樣區發現 4 隻八色鳥，而第二次調查增加到 10 隻。不同固定樣區間調查結果差異頗大，斗六東溪北樣區 12 個調查點曾記錄到 10 隻的八色鳥，而崙尾坑樣區兩次調查皆未發現任何八色鳥。大埔溪樣區兩次調查結果，分別為 8 與 12 隻；若僅取各調查點第一次調查結果統計，則本年度於湖山水庫及其鄰近地區，314 個調查點共記錄八色鳥 41 隻。至於在湖山水庫範圍，若同樣取各調查點的第一次調查結果，則完全沒有發現八色鳥。

取各點第一次調查結果，各調查點記錄數量在 0 至 2 隻間，在 314 個調查點中有 33(10.51%)個點有發現八色鳥，其中記錄 1 隻的有 25(7.96%)個點，記錄 2 隻有 8(2.55%)個點。

圖 2 為各調查點第一次調查結果，顯示斗六丘陵北邊是八色鳥發現較多區域；以各林班的平均數量來看，以 65 林班地為最高(表 2)；若以發現機率來看，也是以 65 林班地最高。

(二) 年間族群變動

1. 年間族群數量變化

根據特有生物研究保育中心於 2004 年至 2012 年的調查結果(林 2004；2005a；2006；2008；2009；2010a；2011；2012；2013)與 2013 年調查結果比較，若僅以整體數量而言(僅統計三種不同調查的第一次調查結果)，八色鳥數量呈現逐年下降(圖 3)。歷年八色鳥數量最少時間點為 2012 年(34 隻)，而 2013 年(41 隻)雖較 2012 年略為增加，但仍在低點附近，歷年峰值為 2004 年(222 隻)；2013 年八色鳥數量相較於 2004 年(222 隻)已減少近 80%(圖 3)。

湖山水庫範圍內的八色鳥數量自 2007 年以後即降至 10 隻(含)以下，至 2013 年甚至在水庫範圍內完全未發現八色鳥，而 2009 年和 2010 年的數量則較 2008 年、2011 年和 2012 年略多，但幅度不大(圖 4)。

2. 年間族群變化趨勢分析

以 TRIM 針對斗六丘陵全區八色鳥族群變化趨勢分析結果顯示，八色鳥族群數量自 2005 年後以每年減少 16.7%速度持續遞減，且族群變化趨勢為陡降型減少($MS = 0.833 \pm 0.014$, $p < 0.01$)(圖 5)；而表 3 之結果顯示，族群趨勢斜率年變化轉折點為 2007-2008 年間，這時間點正是湖山水庫工程大範圍施工的時刻。將斗六丘陵八色鳥調查點區分為水庫內外，TRIM 分析結果顯示水庫內外的族群變化趨勢有顯著差異(Wald Test = 30.92, $p < 0.0001$)。

湖山水庫內八色鳥族群趨勢自 2005 年後以每年減少 16.2%速度持續遞減，且為陡降型減少($MS = 0.838 \pm 0.034$, $p < 0.01$)(圖 5)；表 4 之結果顯示族群變化斜率有兩個明顯的轉折點，分別是 2006-2007 年與 2007-2008 年，這兩個時間點分別是湖山水庫工程外圍工程施工以及大範圍施工的時刻。湖山水庫外八色鳥族群趨勢自 2005 年後以每年減少 14.4%速度持續遞減，亦為陡降型減少($MS =$

0.856 ± 0.015 , $p < 0.01$)(圖 5); 表 5 之結果顯示族群變化斜率並沒有明顯的轉折點。

另一相關計畫在 2013 年以趨勢分析評估八色鳥在臺灣的繁殖族群近年的族群變遷趨勢(林 2014)，其結果顯示臺灣地區八色鳥繁殖族群自 2001 年後，即以每年減少 5.9%持續遞減，且在不同分區的族群變化趨勢顯著不同，其中北區與中區均顯著減少(北區 $MS = 0.927 \pm 0.041$ ，中區 $MS = 0.930 \pm 0.039$)，西南與東部則與 2001 年無顯著差異。

綜上所述，八色鳥數量銳減之情形不僅僅只發生在斗六丘陵地區，而是全臺灣八色鳥族群皆呈現大幅衰退，且在不同區域的族變化趨勢不同。這意涵對八色鳥繁殖族群造成衝擊的作用力除了繁殖地外，中繼站與度冬地都有其影響力。若來臺灣繁殖的八色鳥族群其度冬地相同，那臺灣八色鳥族群變化趨勢的地區性差異，應源自繁殖地棲地品質的差異性，這同時表示臺灣北區與中區之棲地品質已逐漸劣化；若來臺繁殖的八色鳥族群其度冬地不同，這表示臺灣八色鳥族群變化趨勢的地區性差異，源自其原有度冬棲地或中繼站的棲地大規模變動，導致其在度冬或中繼期間，族群數量大幅減少。未來除持續監測八色鳥族群數量外，尚需盡速釐清其度冬地所在及掌握其棲地變化情形，並同時針對臺灣低海拔山區在近年的棲地改變進行研究分析，以釐清導致八色鳥繁殖族群持續銳減的原因，並能藉此提出適切的保育方針。

3. 湖山水庫工程對周邊環境影響年間變化趨勢分析

因 2007 年的影像在水庫左下角有缺，但該年尚未進行任何重大工程，而該區域與 2004 年的狀況非常相似，這部分面積以 2004 年的相同區域取代(圖 6)；此外，2011 年水庫影像於水庫範圍內部分區域被雲霧覆蓋，可能造成影像判釋有所偏差，而 2013 年水庫右上角影像有缺(圖 6)，但右上角區域與 2011 年的狀況非常相似，故合併 2012 年與 2013 年的影像後，再進行影像判釋。

歷年正射化影像顯示出植被狀態有明顯年間差異(圖 6)，相較於 2004 年與 2007 年裸露地或短草地零星分布，2008 年湖山水庫範圍內已因相關工程造成面積不小的裸露地或短草地生成，而 2012 年水庫範圍內已大面積變更為裸露地或草地(圖 7)。實際計算裸露地或短草地所占面積比例，結果發現 2004 年裸露地或短草地面積僅占水庫範圍內的 3.35%，而 2007 年僅略微增加至 8.12%，但是 2008 年裸露地或短草地所占面積已大幅增加至 31.01%，至 2013 年裸露地或短草地所占面積比例更已高達 46.20%。

五、結論

2013 年調查區域內共進行 314 個調查點，記錄至少 41 隻八色鳥，在湖山水庫範圍則記錄 0 隻。以整體數量而言，八色鳥發現數量為歷年次低，僅略高於 2012 年僅約數量歷年峰值 2004 年的 20%。2013 年八色鳥幾乎都集中出現在斗六丘陵北半部，而南半部的八色鳥數量相當稀少。

斗六丘陵近年來最大的環境變動即是湖山水庫相關工程，隨著工程的進展湖山水庫範圍內裸露地或短草地所占面積比例也逐年增加，已由工程未開發前僅 3.35%（2004 年），急遽增加至 46.20%（2013 年）；因為湖山水庫工程的開發，原本適宜八色鳥棲息並繁衍的溪谷次生林生態環境，已超過 40%轉變為不適合八色鳥棲息利用的開闢地或施工區，如此劇烈的環境變化是造成湖山水庫範圍內八色鳥數量急遽減少的主因之一。

根據族群趨勢分析結果，斗六丘陵八色鳥族群年間變動趨勢為顯著下降。由斗六丘陵分區的族群變動趨勢分析可知，湖山水庫工程開發是湖山水庫內八色鳥數量 2007-2008 年驟降的主因，但水庫外的八色鳥年間變動趨勢亦呈現陡降型減少，顯示出整個斗六丘陵八色鳥的族群變動趨勢，除湖山水庫工程開發影響外，過境中繼站或度冬棲地劣化皆可能導致族群數量的急劇遞減。

六、參考文獻

- 林瑞興、劉寶華、許富雄、徐慶勳、李培芬。2002。生殖季初期播放鳴聲用於調查八色鳥(*Pitta nympha*)的有效性。2002 年生物多樣性保育研討會論文集 248-258 頁。
- 林瑞興。2004。九十三年湖山水庫及鄰近地區八色鳥(*Pitta nympha*)族群數量調查。經濟部水利署中區水資源局。臺中。
- 林瑞興。2005a。九十四年湖山水庫及鄰近地區八色鳥(*Pitta nympha*)族群數量調查。經濟部水利署中區水資源局。臺中。
- 林瑞興。2005b。臺灣低海拔地區八色鳥分布及巨觀棲地分析。經濟部水利署中區水資源局。臺中。
- 林瑞興。2006。95 年斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查。經濟部水利署中區水資源局。臺中。
- 林瑞興、鄭錫奇、李德旺、劉建男、何東輯、黃美秀、蔣鎮宇。2006。瀕危野生

動物繁殖技術及復育技術之研究。行政院農業委員會特有生物研究保育中心
95 年度試驗研究計畫成果報告。行政院農業委員會特有生物研究保育中
心，南投。

林瑞興。2008。96 年斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查。『湖山水庫
工程計畫生態保育措施-森林、溪流生態系統之調查研究規劃』(96 年度工作
計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。南投。281-310 頁。

林瑞興。2009。97 年斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查。『湖山水庫
工程計畫生態保育措施-森林、溪流生態系統之調查研究規劃』(97 年度工作
計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。南投。56-79 頁。

林瑞興。2010a。98 年斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查。『湖山水庫
工程計畫生態保育措施-森林、溪流生態系統之調查研究規劃』(98 年度工作
計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。南投。41-66 頁。

林瑞興。2010b。應用空間預測模式建立臺灣八色鳥(*Pitta nympha*)族群變遷監測
模式及估算其族群量。(98 年度工作計畫)成果報告書。特有生物研究保育中
心。南投。249-268 頁。

林瑞興。2011。99 年斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查。『湖山水庫
工程計畫生態保育措施-森林、溪流生態系統之調查研究規劃』(99 年度工作
計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。南投。

林瑞興。2012。100 年斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查。『湖山水庫
工程計畫生態保育措施-森林、溪流生態系統之調查研究規劃』(100 年度工
作計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。南投。

林瑞興。2013。101 年斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查。『湖山水庫
工程計畫生態保育措施-森林、溪流生態系統之調查研究規劃』(101 年度工
作計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。南投。

林瑞興。2014。2013 年臺灣八色鳥族群調查。『湖山水庫工程計畫生態保育措施
-森林、溪流生態系統之調查研究規劃』(102 年度工作計畫)成果報告書。特
有生物研究保育中心。南投。

Bibby, C. J., N. D. Burgess and D. A. Hill. 1992. Bird Census Techniques. Academic
Press, London.

Lin, R. S., P. F. Lee, T. S. Ding and Y. T. K. Lin. 2007. Effectiveness of playbacks in

censusing the Fairy Pitta (*Pitta nympha*) during the breeding season in Taiwan. Zoological Studies 46: 242-248.

Strien, A.J. van, J. Pannekoek., and D.W. Gibbons. 2001. Indexing European bird population trends using results of national monitoring schemes: a trial of a new method. Bird Study 48: 200-213.

Pannekoek J. and van Strien, A. 2005. TRIM 3.0 manual (Trends and Indices for Monitoring data). Statistics Netherlands, Voorburg.

Zar, J. H. 1984. Biostatistical analysis. 2nd edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

八色鳥回播調查樣點

- 固定樣區
- 非固定樣區
- ▲ 大埔溪樣區
- 大埔溪樣區
- 湖山水庫範圍
- 林班地

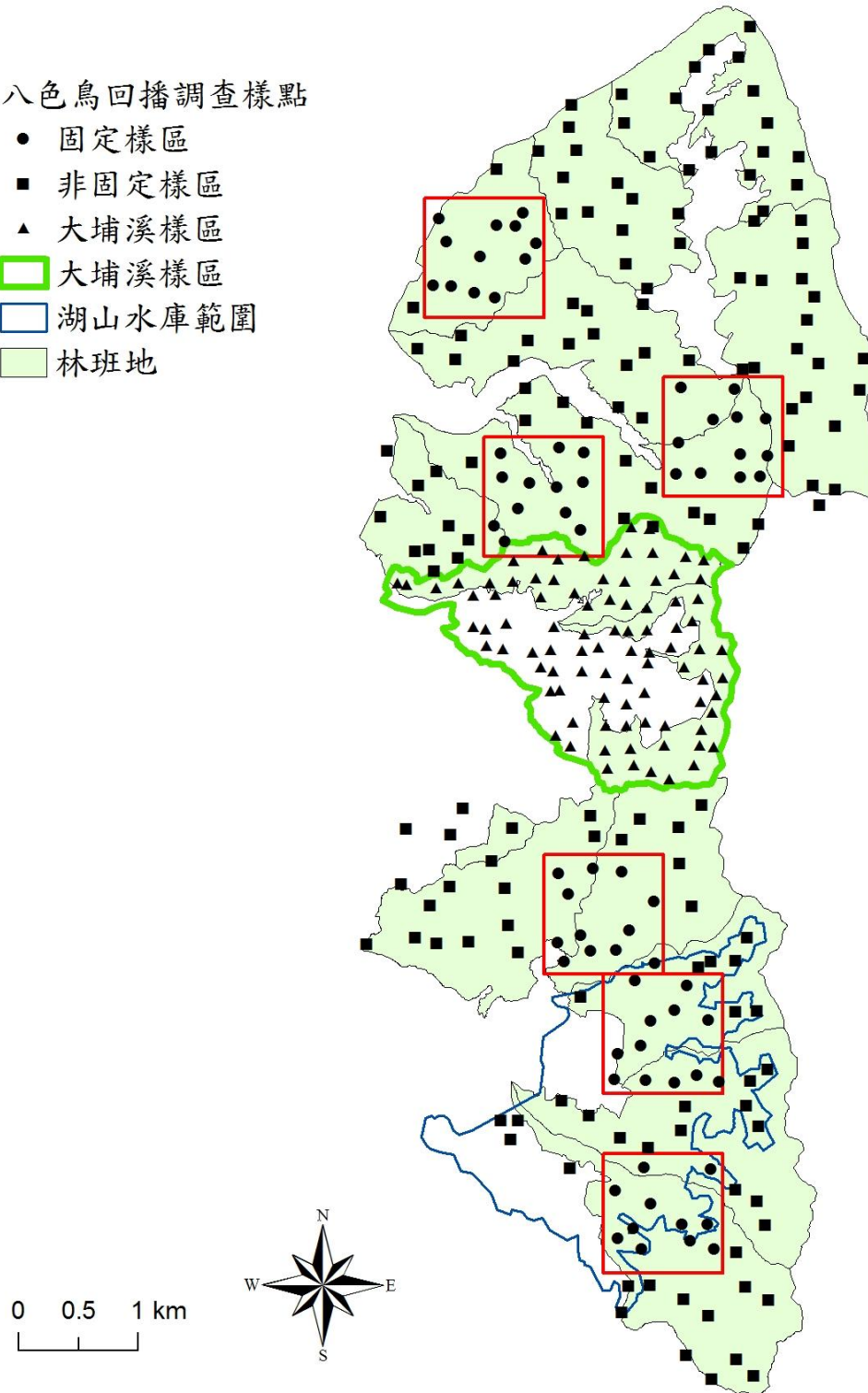


圖 1. 2013 年湖山水庫及鄰近地區八色鳥族群數量調查固定樣區、非固定樣區及大埔溪樣區相對位置圖。六個固定樣區由北至南分別為：斗六大圳、斗六東溪北、斗六東溪南、北勢坑、土地公坑及崙尾坑。綠色線條範圍為大埔溪樣區。固定樣區及大埔溪樣區外的調查範圍泛稱為非固定樣區。藍色線條範圍為湖山水庫預定地。

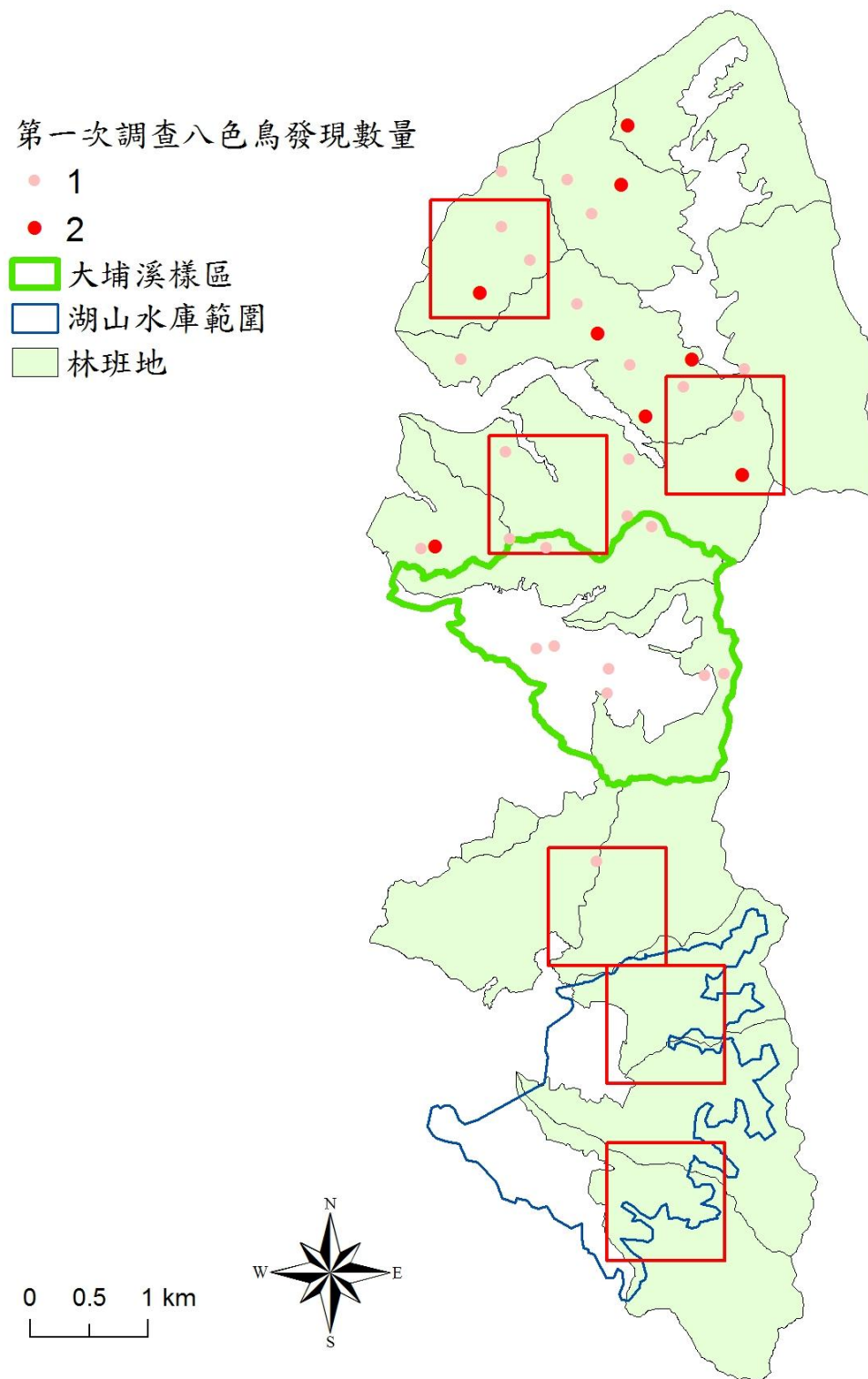


圖 2. 2013 年調查樣區第一次調查八色鳥記錄地點與數量之分布。

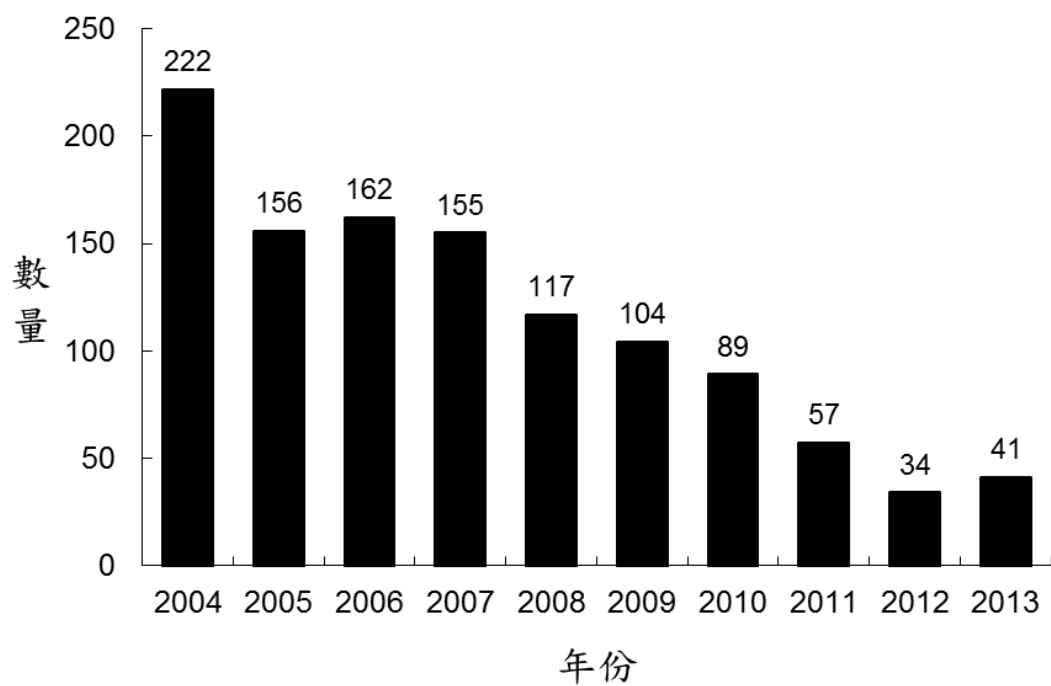


圖 3. 2004 年至 2013 年八色鳥第一次調查發現總數量(隻)。

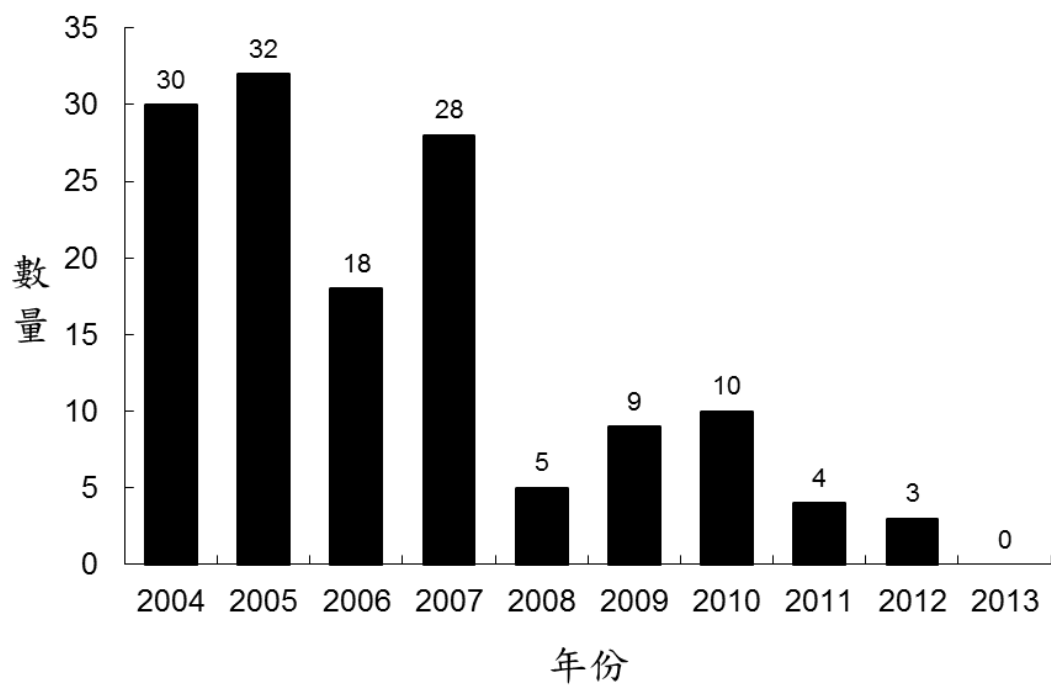


圖 4. 2004 年至 2013 年湖山水庫範圍內，第一次調查時發現八色鳥總數量(隻)。

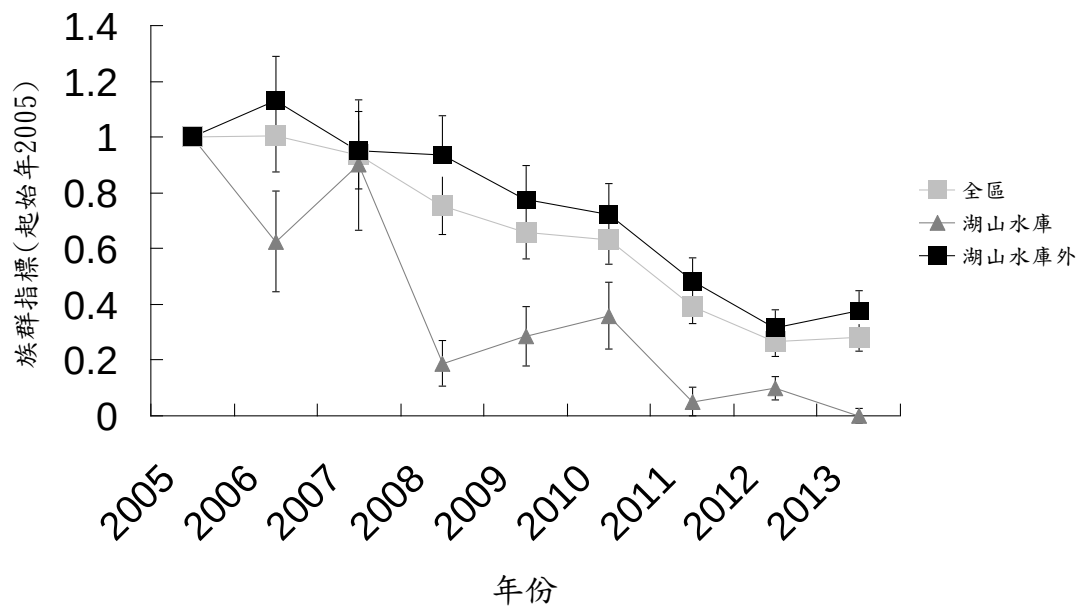


圖 5. 2005 年至 2013 年八色鳥族群指標年度變化趨勢圖。

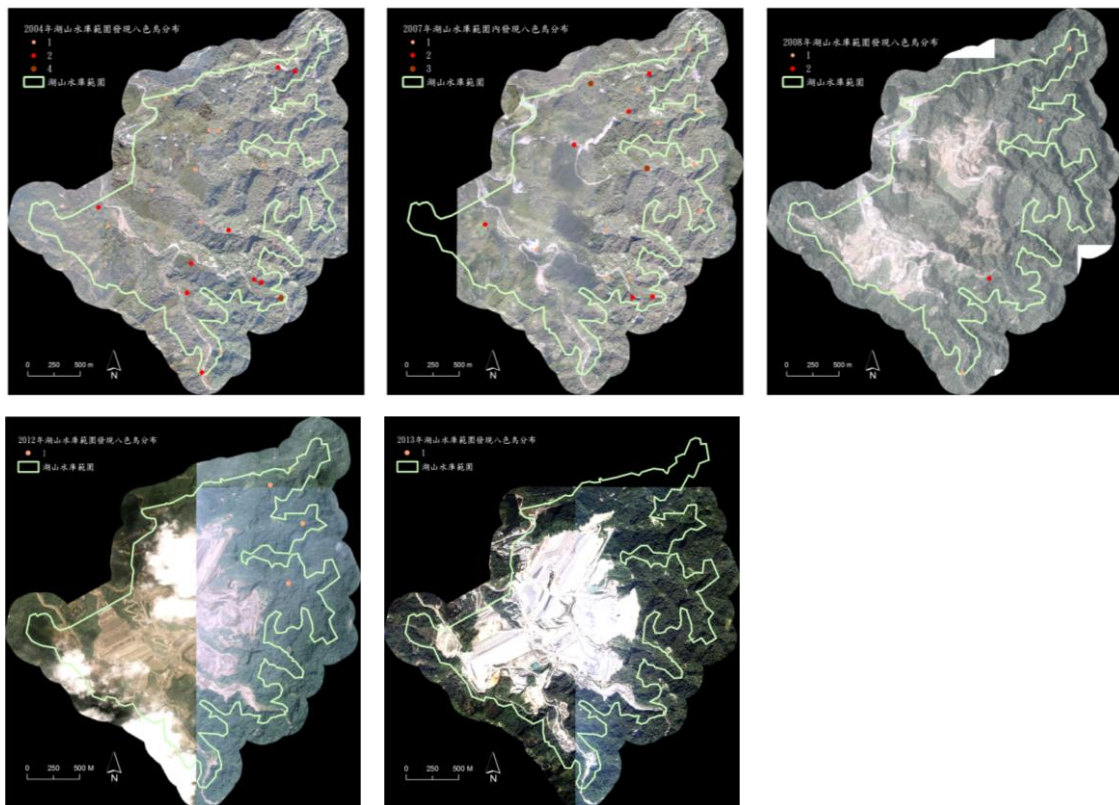


圖 6. 2004 年、2007 年、2008 年、2012 年和 2013 年湖山水庫邊界 200m 內正射化影像與該年水庫內調查發現八色鳥數量與分布；其中 2013 年在水庫範圍內未調查到任何一隻八色鳥。

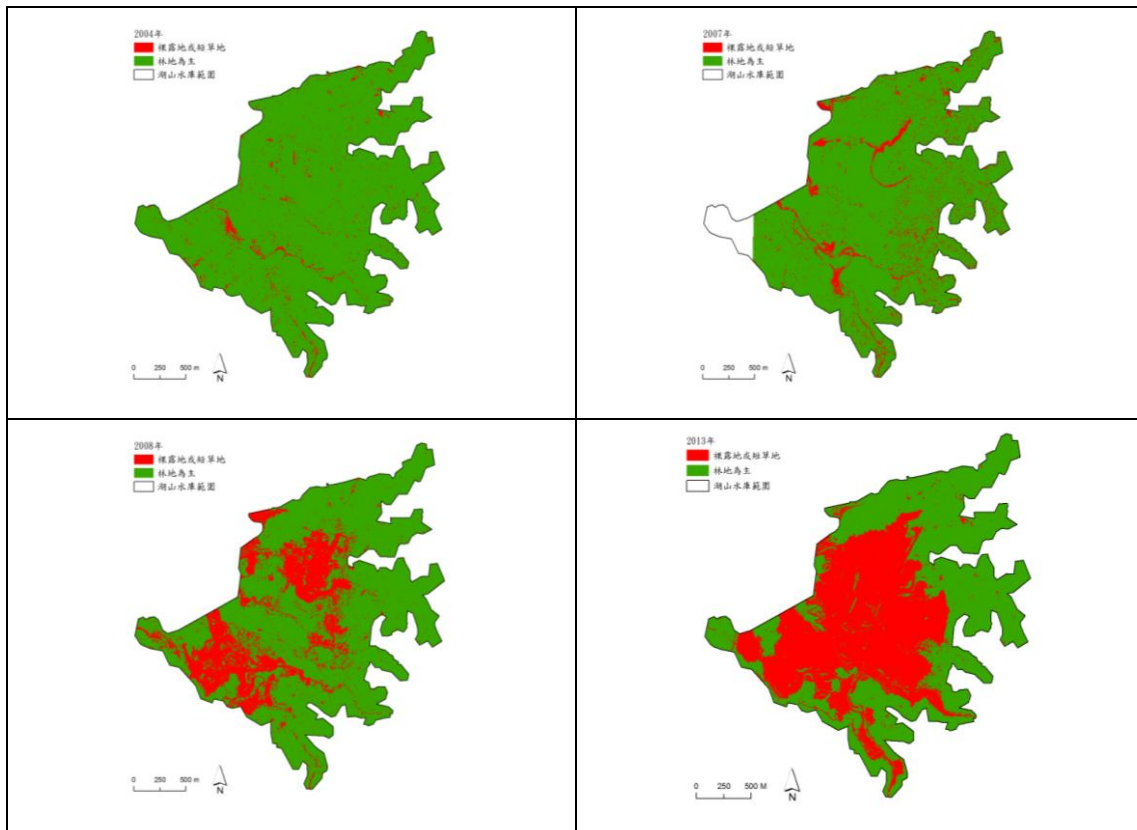


圖 7. 2004 年、2007 年、2008 年和 2013 年湖山水庫範圍裸露地或短草地面積之年間變化。

表1. 2004至2013年湖山水庫及鄰近地區八色鳥(*Pitta nympha*)族群數量各樣區調查日期、調查點數量及八色鳥記錄數量

類型	樣區名稱	2004年									2005年									2006年									2007年								
		第一次調查			第二次調查			第三次調查			第一次調查			第二次調查			第三次調查			第一次調查			第二次調查			第三次調查			第一次調查			第二次調查			第三次調查		
		調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量	調查 日期	調查 點數	數量
固定樣區	斗六大圳	0508 ^a	12	8	514	12	11				428	12	9	507	12	13				426	12	12	506	12	7				427	12	10	508	12	11			
	斗六東溪北	509	12	1	516	12	2				429	12	4	511	12	9				427	12	8	507	12	9				428	12	12	509	12	15			
	斗六東溪南	515	12	3	523	12	4				430	12	5	508	12	5				0428 ^d 0429	12	14	508	12	7				430	12	6	510	12	5			
	北勢坑	504	12	14	0514 ^b 0516	12	5				503	12	9	514	12	3				504	12	6	511	12	11				503	12	2	512	12	5			
	土地公坑	501	12	5	508	12	7				502	12	17	517	12	4				0502 ^e 0503	12	8	510	12	5				501	12	12	511	12	4			
	崙尾坑	429	12	16	513	12	12				501	12	10	0515 ^c 517	12	2				501	12	5	509	12	7				502	12	9	513	12	3			
小計			72	47		72	41					72	54		72	36					72	53		72	46					72	51		72	43			
非固定樣點		0429- 0527	151	110							0428- 0519	151	65							0426- 0511	151	69							0427- 0515	152	60						
大埔溪樣區		0427- 0429	87	65	0511- 0513	85	51	0525- 0527	86	26	0429- 0502	88	37	0508- 0514	86	33	0524- 0527	90	24	0429- 0501	91	40	0512- 0514	91	23	0525- 0528	91	12	0428- 0503	91	44	0510- 0515	90	45	0525- 0529	90	30
總計			310	222		157	92		86	26		311	156		158	69		90	24		314	162		163	69		91	12		315	155		162	88		90	30

^a 0508代表5月8日，其餘依此類推；^b 本樣區12個調查點，8個於5月14日進行，4個於5月16日進行。^c 本樣區12個調查點，3個於5月15日進行，9個於5月17日進行；^d 本樣區12調查點，2個於4月28日進行，10個於4月29日進行；^e 本樣區12調查點，1個於5月2日進行，11個於5月3日進行。

(續)表1. 2004至2013年湖山水庫及鄰近地區八色鳥(*Pitta nympha*)族群數量各樣區調查日期、調查點數量及八色鳥記錄數量

類型	樣區名稱	2008年									2009年									2010年									2011年								
		第一次調查			第二次調查			第三次調查			第一次調查			第二次調查			第三次調查			第一次調查			第二次調查			第一次調查			第二次調查								
		調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量						
固定樣區	斗六大圳	427	12	8	508	12	6				428	12	8	508	12	4				428	12	7	508	12	6	506	12	2	514	12	6						
	斗六東溪北	428	12	9	509	12	3				429	12	4	509	12	2				429	12	5	509	12	3	505	12	2	515	12	2						
	斗六東溪南	429	12	2	510	12	7				430	12	4	510	12	6				501	12	5	510	12	3	506	12	3	513	12	2						
	北勢坑	502	12	6	513	12	5				503	12	6	513	12	3				503	12	8	513	12	1	507	12	6	515	12	1						
	土地公坑	430	12	1	511	12	1				501	12	3	511	12	3				502	12	1	512	12	0	508	12	1	512	12	2						
	崙尾坑	501	12	2	512	12	0				502	12	1	512	12	3				504	12	1	511	12	0	507	12	1	514	12	0						
小計			72	28		72	22					72	26		72	21					72	27		72	13		72	15		72	13						
非固定樣點		0427-0514	152	58							0428-0513	152	49							0428-0513	152	49					0505-0515	152	31								
大埔溪樣區		0429-0501	91	31	0512-0515	91	47	0526-0528	91	33	0430-0502	91	29	0512-0514	91	18	0525-0529	91	9	0501-0503	91	13	0512-0514	91	25	0510-0511	91	11	0518-0519	91	7						
總計			315	117		163	69		91	33		315	104		163	39		91	9		315	89		163	38		315	57		163	20						

^a 0508代表5月8日，其餘依此類推；^b 本樣區12個調查點，8個於5月14日進行，4個於5月16日進行。^c 本樣區12個調查點，3個於5月15日進行，9個於5月17日進行；^d 本樣區12調查點，2個於4月28日進行，10個於4月29日進行；^e 本樣區12調查點，1個於5月2日進行，11個於5月3日進行。

(續)表1. 2004至2013年湖山水庫及鄰近地區八色鳥(*Pitta nympha*)族群數量各樣區調查日期、調查點數量及八色鳥記錄數量

類型	樣區名稱	2012年						2013年					
		第一次調查			第二次調查			第一次調查			第二次調查		
		調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量	調查日期	調查點數	數量
固定樣區	斗六大圳	501	12	4	509	12	6	430	12	4	508	12	4
	斗六東溪北	428	12	5	508	12	4	428	12	4	511	12	10
	斗六東溪南	429	12	0	510	12	0	430	12	2	510	12	2
	北勢坑	502	12	0	510	12	0	507	12	1	515	12	0
	土地公坑	430-501	12	1	509	12	1	429	12	0	508	12	2
	崙尾坑	502	12	0	511	12	0	502	12	0	509	12	0
	小計		72	10		72	11		72	11		72	18
	非固定樣點	0428-0511	152	22				0428-0509	152	22			
	大埔溪樣區	0430-0501	90	2	0508-0509	90	6	0428-0430	90	8	0510-0512	90	12
	總計		314	34		162	17		314	41		162	30

^a 0508代表5月8日，其餘依此類推；^b 本樣區12個調查點，8個於5月14日進行，4個於5月16日進行。^c 本樣區12個調查點，3個於5月15日進行，9個於5月17日進行；^d 本樣區12調查點，2個於4月28日進行，10個於4月29日進行；^e 本樣區12調查點，1個於5月2日進行，11個於5月3日進行

表2. 湖山水庫及61至73林班範圍內第一次調查的調查點密度、平均數量與發現機率

類型	面積 (公頃)	2004年						2005年					2006年					2007年					2008年				
		調查 點數	調查點 密度	鳥數量	平均數量 (mean ± SD)	發現 機率	調查 點數	調查點 密度	鳥數量	平均數量 (mean ± SD)	發現 機率	調查 點數	調查點 密度	鳥數量	平均數量 (mean ± SD)	發現 機率	調查 點數	調查點 密度	鳥數量	平均數量 (mean ± SD)	發現 機率	調查 點數	調查點 密度	鳥數量	平均數量 (mean ± SD)	發現 機率	
湖山水庫	435	43	9.9	30	0.70±0.94	0.44	44	10.1	32	0.73±1.11	0.39	43	9.9	18	0.42±0.55	0.4	45	10.34	28	0.62±0.78	0.4	45	10.34	5	0.11±0.38	0.09	
林班地	61	233.7	21	8.9	8	0.38±0.81	0.24	18	7.7	6	0.33±0.59	0.28	16	6.8	4	0.25±0.45	0.25	18	7.7	2	0.11±0.32	0.11	19	8.13	4	0.21±0.54	0.16
	62	154.2	14	9.1	11	0.79±1.25	0.36	15	9.7	4	0.27±0.70	0.13	17	11	8	0.47±1.01	0.29	16	10.38	6	0.38±0.5	0.38	16	10.38	5	0.31±0.60	0.25
	63	139.9	13	9.3	17	1.31±1.38	0.62	13	9.3	7	0.54±0.88	0.31	14	10	5	0.36±0.50	0.36	13	9.29	5	0.38±0.65	0.31	13	9.29	9	0.69±0.86	0.46
	64	128.2	13	10.1	7	0.54±0.97	0.31	13	10.1	8	0.62±0.77	0.46	14	10.9	15	1.07±1.00	0.64	13	10.14	11	0.85±0.69	0.69	14	10.92	9	0.64±0.75	0.5
	65	201.3	17	8.4	13	0.77±0.83	0.53	17	8.4	7	0.41±0.62	0.35	18	8.9	7	0.39±0.78	0.28	18	8.94	9	0.5±0.71	0.39	18	8.94	10	0.56±0.71	0.44
	66	261.4	31	11.9	10	0.32±0.79	0.16	30	11.5	15	0.50±0.78	0.37	29	11.1	22	0.76±0.87	0.48	30	11.48	16	0.53±0.73	0.4	29	11.09	13	0.45±0.63	0.38
	67	199.4	32	16	22	0.69±1.03	0.41	37	18.6	16	0.43±0.77	0.3	38	19.1	19	0.5±0.69	0.39	40	20.06	21	0.53±0.75	0.4	37	18.56	16	0.43±0.50	0.43
	68	116.2	27	23.2	28	1.04±1.09	0.59	29	25	15	0.52±0.74	0.38	28	24.1	10	0.36±0.49	0.36	27	23.24	10	0.37±0.69	0.26	27	23.24	6	0.22±0.58	0.15
	69	187.2	15	8	13	0.87±0.83	0.6	15	8	10	0.67±0.82	0.47	15	8	8	0.53±0.83	0.33	15	8.01	6	0.4±0.74	0.27	15	8.01	5	0.33±0.62	0.27
	70	162.7	13	8	11	0.85±1.52	0.31	14	8.6	11	0.79±0.89	0.5	13	8	7	0.54±0.52	0.54	13	7.99	7	0.54±0.66	0.46	13	7.99	9	0.69±0.86	0.46
	71	137.6	9	6.5	6	0.67±0.87	0.44	14	10.2	17	1.21±1.25	0.64	15	10.9	7	0.47±0.64	0.4	16	11.63	12	0.75±0.93	0.5	14	10.17	2	0.14±0.36	0.14
	72	223.6	18	8.1	5	0.28±0.58	0.22	18	8.1	6	0.30±0.66	0.22	19	8.5	5	0.26±0.45	0.26	19	8.5	6	0.32±0.75	0.21	19	8.50	0	0	0
	73	209.7	19	9.1	22	1.16±1.13	0.53	18	8.6	12	0.67±1.09	0.39	18	8.6	6	0.33±0.49	0.33	18	8.58	13	0.73±0.89	0.5	20	9.54	4	0.2±0.52	0.15
林班地外	-	68	-	49	0.72±0.88	0.47	58	-	22	0.38±0.72	0.29	60	-	39	0.65±0.78	0.48	59	-	31	0.53±0.80	0.34	61	-	25	0.41±0.69	0.3	

註：調查點密度=調查點數/每百公頃；平均數量=鳥數量/點數；發現機率=發現調查點數/調查點數

(續)表2. 湖山水庫及61至73林班範圍內第一次調查的調查點密度、平均數量與發現機率

類型	面積 (公頃)	2009年					2010年					2011年					2012年					
		調查 點數	調查點 密度	鳥數量	平均數量 (mean ± SD)	發現 機率	調查 點數	調查點 密度	鳥數量	平均數量 (mean ± SD)	發現 機率	調查 點數	調查點 密度	鳥數量	平均數量 (mean ± SD)	發現 機率	調查 點數	調查點 密度	鳥數量	平均數量 (mean ± SD)	發現 機率	
湖山水庫	435	47	10.80	9	0.19±0.50	0.15	46	10.57	10	0.22±0.55	0.15	46	10.57	4	0.20±0.48	0.09	46	10.57	3	0.70±0.25	0.07	
林班地	61	233.7	18	7.70	3	0.17±0.51	0.11	18	7.70	5	0.28±0.46	0.28	19	8.13	3	0.16±0.38	0.16	19	8.13	2	0.11±0.32	0.11
	62	154.2	17	11.02	7	0.41±0.71	0.29	17	11.02	6	0.35±0.79	0.18	17	11.02	2	0.12±0.33	0.12	17	11.02	1	0.06±0.24	0.06
	63	139.9	14	10.01	5	0.36±0.50	0.36	14	10.01	7	0.50±0.76	0.36	14	10.01	5	0.36±0.63	0.29	14	10.01	4	0.29±0.47	0.29
	64	128.2	13	10.14	8	0.62±0.87	0.39	14	10.92	7	0.50±0.86	0.29	14	10.92	2	0.14±0.54	0.07	14	10.92	4	0.29±0.61	0.21
	65	201.3	17	8.45	4	0.24±0.44	0.24	18	8.94	7	0.39±0.78	0.28	17	8.45	7	0.41±0.71	0.29	18	8.94	7	0.39±0.70	0.28
	66	261.4	31	11.86	10	0.32±0.70	0.19	30	11.48	12	0.40±0.77	0.30	29	11.09	6	0.21±0.41	0.21	30	11.48	3	0.10±0.40	0.07
	67	199.4	39	19.56	11	0.28±0.65	0.18	38	19.06	3	0.08±0.27	0.08	38	19.06	6	0.16±0.44	0.13	39	19.56	1	0.03±0.16	0.03
	68	116.2	29	24.96	12	0.41±0.63	0.34	28	24.10	3	0.11±0.42	0.07	26	22.38	2	0.07±0.27	0.08	25	21.51	2	0.08±0.28	0.08
	69	187.2	15	8.01	8	0.53±1.13	0.27	15	8.01	6	0.40±0.63	0.33	17	9.08	3	0.18±0.39	0.18	15	8.01	2	0.13±0.35	0.13
	70	162.7	13	7.99	6	0.46±0.66	0.38	13	7.99	8	0.62±0.77	0.46	12	7.38	4	0.33±0.65	0.25	13	7.99	0	0.00	0
	71	137.6	15	10.90	5	0.33±0.72	0.2	15	10.90	7	0.47±0.83	0.27	15	10.90	2	0.13±0.35	0.13	15	10.90	2	0.13±0.35	0.13
	72	223.6	19	8.50	2	0.11±0.32	0.11	19	8.50	1	0.05±0.23	0.05	19	8.50	1	0.05±0.23	0.05	19	8.50	1	0.05±0.23	0.05
	73	209.7	18	8.58	2	0.11±0.32	0.11	19	9.06	4	0.21±0.54	0.16	18	8.58	4	0.22±0.65	0.11	18	8.58	1	0.06±0.24	0.05
林班地外	-	56	-	21	0.38±0.73	0.25	57	-	13	0.22±0.50	0.19	60	-	10	0.17±0.46	0.13	58	-	4	0.06±0.26	0.07	

註：調查點密度=調查點數/每百公頃；平均數量=鳥數量/點數；發現機率=發現調查點數/調查點數

(續)表2. 湖山水庫及61至73林班範圍內第一次調查的調查點密度、平均數量與發現機率

類型	面積 (公頃)	2013年					
		調查點數	調查點 密度	鳥數量	平均數量 (mean ± SD)	發現機 率(%)	
湖山水庫	435	43	9.89	0	0.00	0	
林班地	61	233.7	20	8.56	1	0.05±0.22	0.05
	62	154.2	17	11.02	2	0.12±0.47	0.06
	63	139.9	14	10.01	4	0.29±0.59	0.21
	64	128.2	14	10.92	5	0.36±0.61	0.29
	65	201.3	18	8.94	10	0.56±0.76	0.39
	66	261.4	29	11.09	7	0.24±0.50	0.21
	67	199.4	40	20.06	5	0.13±0.40	0.10
	68	116.2	26	22.38	1	0.04±0.19	0.04
	69	187.2	15	8.01	1	0.07±0.25	0.07
	70	162.7	13	7.99	0	0.00	0
	71	137.6	15	10.90	0	0.00	0
	72	223.6	19	8.50	0	0.00	0
	73	209.7	17	8.11	0	0.00	0
林班地外	-	57	-	5	0.09±0.28	0.07	

註：調查點密度=調查點數/每百公頃；平均數量=鳥數量/點數；發現機率=發現調查點數/調查點數

表3. 斗六丘陵2005年至2013年八色鳥族群變化轉折點之統計檢定結果

族群變化轉折點	WALD-TEST檢定值	p值
2005-2006	4.66	0.10
2006-2007	4.34	0.11
2007-2008	10.81	*
2008-2009	4.92	0.09
2009-2010	0.08	0.96
2010-2011	3.82	0.15
2011-2012	1.71	0.43
2012-2013	-	-

* 因水庫內於2013年未調查發現八色鳥，無法評估轉折點

表4. 湖山水庫2005年至2013年八色鳥族群變化轉折點之統計檢定結果

族群變化轉折點	WALD-TEST檢定值	p值
2005-2006	3.58	0.06
2006-2007	3.06	0.08
2007-2008	11.12	***
2008-2009	5.01	*
2009-2010	0.06	0.81
2010-2011	3.73	0.054
2011-2012	1.84	0.18
2012-2013	-	-

* 因水庫內於2013年未調查發現八色鳥，無法評估轉折點

表5. 湖山水庫外2005年至2013年八色鳥族群變化轉折點之統計檢定結果

族群變化轉折點	WALD-TEST檢定值	p值
2005-2006	1.23	0.26
2006-2007	1.41	0.23
2007-2008	0.00	0.97
2008-2009	0.05	0.82
2009-2010	0.02	0.89
2010-2011	1.48	0.22
2011-2012	0.23	0.63
2012-2013	2.51	0.11

計畫名稱：湖山水庫生態系保育研究成果資料庫建立與維護

英文名稱：Database and Maintenance of Hushan Reservoir Ecosystem Conservation
Researches

計畫編號：120-7

全程計畫期間：2007 年 1 月 1 日至 2014 年 12 月 31 日

本年計畫期間：2013 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日

計畫主持人：林瑞興

共同主持人：李培芬

一、摘要

為促進「湖山水庫生態保育措施相關研究計畫」資料整合流通，建立「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」，整個系統架構包含三大項功能：(1) 提供線上地理空間資訊、(2) 研究計畫之資料庫，以及 (3) 研究資料的空間分布資訊展示系統。線上地理空間資訊提供了湖山水庫與鄰近斗六丘陵的人文、地理、航空照片與植被等相關空間圖層資訊；研究計畫資料庫的內容涵蓋 96-101 年度「湖山水庫生態保育措施」之研究資料，並利用歷年之計畫成果建構了湖山水庫與鄰近地區的環境與生物因子資料庫。另提出「湖山水庫工程計畫森林、溪流生態系統調查研究規劃」資料規範，供資料提供人員與使用者參考，以瞭解彼此之權利義務關係，藉此促進湖山水庫生態保育措施整體研究資料的整合與再利用。

Abstract

In order to accelerate the integrating and exchanging of ecological conservation research data on the Hushan Reservoir, we established a website "The GIS and Natural Resources Research Systems of the Hushan Reservoir " (<http://arcserver.lifescience.ntu.edu.tw/alake/>). This website included three major functions: (1) To provide the basic GIS-data layers of the Hushan Reservoir area and its neighboring areas. (2) To develop a data transferring system and a data center to integrate the conservation research data. (3) To show the achievements on the internet. We can look up all the geography, aerial photograph and land-use data of the Hushan Reservoir and its neighborhood online by this system. We also uploaded all the ecological conservation research data on the Hushan Reservoir from 2007 to 2012 to the

database. According to these researches' information, we established environmental and biological databases on the Hushan Reservoir and its neighborhood to support other projects. The Data Policy had been published to let all the researchers and people who want to get the data from this database release their right and duty that could accelerate the resource sharing and exchanging of ecological conservation research data on the Hushan Reservoir.

關鍵字：生物多樣性資料庫、資料使用規範

Key words: Biodiversity Database, data policy

二、計畫目的

「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」作為湖山水庫生態保育措施研究計畫的資料整合平臺，除網頁系統功能維護更新外，擴充其整合研究資料庫內容，使其成果展示功能更加完備，以開放研究資料給社會民眾瀏覽為工作目標。並透過整合湖山水庫生態保育措施各子計畫研究成果，建置湖山水庫與鄰近地區之環境因子與生物因子資料庫供相關計畫研究之用。建立資料共享原則，以保護資料提供者權益，促進資料流通與再利用。

1. 「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」功能之維護更新。
2. 利用整合與擴充資料庫，展示現有的研究調查成果。
3. 持續建立湖山水庫與鄰近地區環境因子與生物因子資料庫。
4. 完成湖山水庫生態保育措施研究資料庫之資料共享原則。

三、重要工作項目及實施方法

(一) 「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」功能之維護更新

承續建置完成之「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」(<http://arcserver.lifescience.tu.edu.tw/alake/>)，為增進系統瀏覽速度，使用 ArcServer 建立網路平臺

的空間資料展示系統。本年度將持續更新維護系統功能，使之正常運作。

(二) 利用整合與擴充資料庫，展示現有的研究調查成果

湖山水庫生態保育措施實施以來，陸續完成湖山水庫與鄰近地區生物與環境調查研究，研究人員將研究資料上傳後，除了彙整成研究資料庫供後續復育研究之用外，亦將建立研究成果展示系統，以空間概念將研究成果呈現在地圖上，讓使用者可以了解研究資料的空間分布情形。

(三) 持續建立湖山水庫與鄰近地區環境因子與生物因子資料庫

承繼 99 年度「地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護」之研究成果，持續建置湖山水庫與周圍地區之環境因子資料矩陣，並彙整湖山水庫生態保育措施相關研究成果，建置生物因子資料庫。

(四) 完成湖山水庫生態保育措施研究資料庫之資料共享原則

為使湖山水庫生態保育措施各子計畫研究成果可合理作為湖山水庫棲地復育工作的參考。因此，依據政府資訊公開法的精神，並參考國際長期生態學研究的做法（The US Long Term Ecological Research Network 2008），藉由與研究人員討論，建立資料共享原則之共識，推動近年湖山水庫研究資料數位化、管理與使用方法。使研究人員之間可在資料共享協議的保障下，增加資料的分享與合作，擴大研究層面。

四、結果

(一) 「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」功能之維護更新

利用 ESRI 的 GIS 網路伺服器（ArcServer）做為工具，建置網路平臺「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」（<http://arcserver.lifescience.ntu.edu.tw/alake/>），用以進行資料的流通展示。整個系統包含三大部分：研究報告管理系統、地理資訊系統與使用者權限管理系統。

1. 「研究報告管理系統」

分成「資料上傳系統」與「資料展示系統」兩部分。「資料上傳系統」：當每

位研究者在計畫完成後，就計畫內容提出成果報告書與各項資料的 Word 或 PDF 檔，依網頁系統提供的 Excel 檔案內設定的欄位格式提供研究成果資料，透過網路上傳至研究報告管理系統的資料庫內（林及李 2007, 2008, 2009, 2010, 2011）。此外，研究者也可以依其需要，自行設計表格，將資料上傳到本資料庫。除了研究的文字資料外，本系統同時另提供相關生態、地景與動植物照片的上傳功能（李等 2002）。「資料展示系統」：當研究資料被上傳後，除了可以逐篇檢視各個計畫的研究成果外，更可直接瀏覽計畫內容、樣區資訊、調查資料、照片，或是透過上傳的 Excel 表格內調查點的座標展示其研究樣區或樣點的空間分布位置；亦可利用「資料展示系統」提供的搜尋功能，以關鍵字檢索的方式搜尋資料庫內相關研究計畫資料。若需要計畫完整的報告文字內容，則可點選「研究計畫文件資料」的欄位下載報告全文檔案。

2. 「地理資訊系統」

使用者在取得權限後，可瀏覽「地理資訊系統」內含的湖山水庫與鄰近斗六丘陵相關空間圖層資訊，並且調整空間資訊影像圖幅至所需的大小，列印輸出。同時透過此系統的可瀏覽湖山水庫生態保育措施歷年完成之相關子計畫生態調查的各物種分布位置，與該座標點的 Metadata。「地理資訊系統」的操作頁面另提供隨游標即時顯示 X、Y 座標數值（TWD97）、線上測量距離、面積等附加功能。

3. 「權限管理系統」

提供系統管理維護人員設定使用者權限，分別為「一般查詢」、「資料編修」及「系統管理」三個階層，做為系統開放之準備。「一般查詢」權限僅提供資料查詢、瀏覽與文件下載的功能（帳號：guest，密碼：guest），可供關心湖山水庫生態保育措施的民眾與團體查詢資料；此外，與湖山水庫工程或保育相關之研究人員則將之權限歸屬類別設定為擁有「圖資編修權限」，額外提供資料上傳與編修功能；而系統管理者則擁有「系統管理」權限，可使用全部功能，並進行所有使用者權限管理。

(二) 利用整合與擴充資料庫，展示現有的研究調查成果

自本系統架設以來，共完成 96 年「湖山水庫工程計畫生態保育措施－湖山水庫及鄰近地區森林生態系現況評估」12 篇自然生態調查相關研究計畫，97 年

「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」14 篇，98 年「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」16 篇計畫，99 年「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」14 篇，100 年計畫「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」9 篇之成果摘要與成果報告全文 PDF 檔上傳。101 年計畫「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」10 篇之成果摘要與成果報告全文 PDF 檔上傳

(三) 持續建立湖山水庫與鄰近地區環境因子與生物因子資料庫

為整合湖山水庫生態保育措施各子計畫成果，建置湖山水庫與鄰近地區環境因子與生物因子資料庫，資料範圍以阿里山事業區第 61-73 林班地為基準，並向外延伸 1 km 做為資料建構緩衝區，將此範圍分成 10×10 m (648,290 個網格)、50×50 m (26,358 個網格) 與 100×100 m (6,682 個網格) 三種尺度的網格資料，再分別建置其資料矩陣。環境因子的資料來源為湖山水庫生態保育措施相關子計畫－「湖山水庫及鄰近地區地景及自然資源資料庫建立與維護 (I)」(林及李 2007)、「地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護」(林及李 2008) 與「地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護」(林及李 2009) 之計畫成果，並同時彙整相關計畫成果建置湖山水庫鄰近地區各物種之生物因子資料矩陣。本年度工作主要為接續 99 年計畫成果所建置之環境因子與生物因子資料庫繼續執行工作，目前整體資料庫內容已建置完備。

(1) 環境因子資料庫

將所需的人文、地理與植被等環境因子，分別依類別變數（公私有地、植被類型）與數量變數（DTM 相關變數、距離道路距離、距離水庫距離、降水聚積指數、全年陽光輻射量、坡度、坡向、NDVI、闊葉林面積、闊葉林比例）等兩資料類型，建置入資料矩陣之中，如遇資料缺值則填入-9（李 1997）。

10×10 m 的網格環境因子資料包括 14 項因子：距離水庫的距離、地籍冊、到所有道路的最近距離、數值高程模型、DTM 最大值、DTM 最小值、DTM 變異、DTM 標準偏差、坡度、坡向、全年陽光輻射量、降水聚積指數、植被、NDVI。50×50 m 與 100×100 m 兩種較大尺度的網格資料，則另由 10×10 m 網格的植被類型資料運算而得該尺度網格內的闊葉林面積與闊葉林比例兩項環境因子變數(林及李 2010)。

(2) 生物因子資料庫

彙整 99 年湖山水庫生態保育措施相關子計畫具有生物分布資料的研究結果，由調查成果統整建置湖山水庫鄰近地區的陸域生物資料。資料內容將包括：資料來源文獻、計畫編號、樣點編號、調查點編號、調查點 X 座標、調查點 Y 座標（投影座標系統採用 TWD97）、調查日期、調查時間、物種類別、生物中名、生物學名、數量與相關備註事項。

(四) 確立湖山水庫生態保育措施研究資料庫之資料共享原則

依據政府資訊公開法的精神，參考國際間長期生態研究之概念，並以美國長期生態研究網的資料存取協議為範例（鄭 2005），研擬出資料共享原則、資料集存取的條文與限制，以及資料集所有權等各項條例（表 1）。「湖山水庫工程計畫森林、溪流生態系統調查研究規劃」資料使用規範，可於「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」網站下載全文。

湖山水庫生態保育措施的研究資料經過數位化和標準化，讓研究人員可在資料共享協議的保障下，增進各項研究與調查計畫間的分享與合作，充分利用湖山水庫生態保育措施之研究成果進行保育工作，同時擴大研究層面。

五、參考文獻

李培芬。1997。臺灣地區生態與環境因子地理資訊資料庫。行政院農業委員會。臺北。

李培芬、邱祈榮、許皓捷。2002。長期動物監測資料庫的設立。臺灣繁殖鳥調查推動研討會。特有種生物保育研究中心。南投。

林瑞興及李培芬。2007。湖山水庫及鄰近地區地景及自然資源資料庫建立與維護 (I)。特有生物研究保育中心。南投。經濟部水利署中區水資源局委託。

林瑞興及李培芬。2008。地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護。特有生物研究保育中心。南投。經濟部水利署中區水資源局委託。

林瑞興及李培芬。2009。地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護。特有生物研究保育中心。南投。經濟部水利署中區水資源局委託。

林瑞興及李培芬。2010。地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護。特有生物研究保育中心。南投。經濟部水利署中區水資源局委託。

林瑞興及李培芬。2011。地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護。特有生物研究保育中心。南投。經濟部水利署中區水資源局委託。

鄭美如。2005。生態資料存取協定與分享-以美國長期生態研究網為例。林業研究專訊 12 (6):18-21.

The US Long Term Ecological Research Network. 2008. LTER Network Data Access Policy, Data Access Requirements, and General Data Use Agreement. (2008, December 19). The US Long Term Ecological Research Network. Retrieved on July 31, 2009, from <http://www.lternet.edu/data/netpolicy.html>

表 1. 「湖山水庫工程計畫森林、溪流生態系統調查研究規劃」資料使用規範

「湖山水庫工程計畫森林、溪流生態系統調查研究規劃」

資料規範 (Data Policy)

1. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心(以下簡稱特生中心),為「湖山水庫工程計畫森林、溪流生態系統調查研究規劃」計畫(以下稱本計畫)各研究產生資料的使用與再利用,並促進本計畫研究團隊間之橫向資料流通與互相合作,特訂定本規範。
2. 依本計畫產生的研究報告成果,在經濟部中區水資源局(以下簡稱中水局)同意下,將提供給政府、保育機構及任何關心湖山水庫的民間組織,以作為研擬經營管理措施及保育策略的參考。
3. 本計畫之各細部計畫主持人應於期末審查會後 30 日,將資料上傳至「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」,上傳資料應包括:計畫調查原始數值 Excel 檔、照片、圖片與研究計畫文件資料。上傳資料建議使用之研究計畫、樣區和調查資料建置 Excel 表格,亦可在上述網頁中下載。
4. 特生中心依本計畫產生的所有原始數據資料,在中水局同意下,將自該細部計畫完成後 1 年開放予外界使用,惟資料使用前提是申請者欲使用資料的研究主題,須與特生中心正在進行或規劃進行的研究計畫主題沒有衝突。資料索取須取得特生中心同意,同時若產生的研究報告所使用的資料超過 20%,來自特定資料提供者時,特生中心另須先取得該特定資料提供者的同意,始得開放使用。
5. 資料使用者在取得資料後,必須遵守下列規定:
 - (1) 資料經過處理或分析後,所產生的新資料與研究報告,或有意流通這些資訊時,應知會特生中心原資料提供者。
 - (2) 加工處理後的資料,於流通之時,必須詳盡說明處理方法,並註明此處理過的資料並非原始資料。
 - (3) 不能流傳原先取得的資料。
 - (4) 於文件或研究報告內的誌謝中,應註明資料的出處和原始提供者,並引用資料提供者的相關文獻報告與提供資料的單位。
 - (5) 當特定資料提供者被使用的資料超過 20%時,任何利用該資料所產生的研究報告,作者須徵得提供者之同意,並邀請資料提供者列名為共同作者,做為回饋其貢獻。

計畫名稱：湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究

英文名稱：Studies on the propagation and restoration of *Helminthostachys zeylanica* in the Hushan reservoir area

計畫編號：120-9

全程計畫期間：2012 年 1 月 1 日至 2014 年 12 月 31 日

本年計畫期間：2013 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日

計畫主持人：黃朝卿

協同主持人：黃獻文

研究人員：王一霖

一、摘要

錫蘭七指蕨〔*Helminthostachys zeylanica* (L.) Hook.〕為嚴重瀕臨絕滅級物種，本（2013）年度針對生長於湖山水庫內錫蘭七指蕨的調查研究，於物候生長表現部分，結果顯示四、五月為其新梢抽出土面的高峰期，共觀察到 27 枝及 35 枝新梢，其中分別有 7 枝及 17 枝新梢有孢子囊穗的發育，全年度共萌發 39 枝新梢，孢子囊穗於六月下旬至七月上旬陸續成熟、轉黃。於孢子繁殖部分仍未見有孢子發芽之現象，此部分將持續觀察照顧中。另於湖山水庫樣區土壤中共分離出 4 種菌根菌孢子，分別為 *Acaulospora foveata*、*A. laevis*、*A. mellea* 以及 *A. spinosa*，且觀察到錫蘭七指蕨根部有菌絲和叢枝體的存在，證實菌根菌已感染根部形成共生，並有養分交換的產生。以 LI-6400 可攜式光合作用測定儀檢測錫蘭七指蕨葉片於不同光照強度下的光合作用表現，結果顯示其光補償點小於 $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光飽和點約為 $200\text{-}300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，但光強度達 $1200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 時仍不會產生光抑制。而生長於湖山水庫庫區內的錫蘭七指蕨，在水庫施工單位現場測量的協助下，確認其生育地高程位於水庫滿水位以下，將來水庫完工蓄水後恐有遭淹沒之虞，應尋覓棲地進行移地保育，因此，移地保育工作於 2013 年 9 月至 12 月間進行，合計取回 16 群共 26 枝於當年度抽出之錫蘭七指蕨新梢，目前暫時盆植於行政院農業委員會特有生物研究保育中心網室內，存活率百分之百。

關鍵字：物候調查、菌根菌、光合作用、移地保育

二、計畫目的

錫蘭七指蕨〔*Helminthostachys zeylanica* (L.) Hook.〕是瓶爾小草科（*Ophioglossaceae*）七指蕨屬（*Helminthostachys*）的多年草本地生型蕨類植物，

此植物於秋冬季時，地上部會枯萎，植株進入休眠狀態，而於隔年春季後再開始生長。植株高 30-55 cm；根肉質；地下莖極短，肉質，於幼時直立而成熟後呈匍匐狀；葉柄綠色，基部有兩片圓形淡棕色的托葉，葉柄長 10-20 cm，葉片平展，與葉柄直角相交，外形近似半圓形，寬 20-35 cm，三出的三出複葉，頂羽片三裂，裂片長約 10 cm，寬約 3 cm；孢子囊枝直立，分枝多但緊密排列而形似穗狀，長 10-12 cm（郭，2000&2001；Huang et al., 1994）；孢子成熟時為綠色型態孢子，孢子球形或近球形，直徑 30-40 μm ，三裂縫，裂縫長度為孢子半徑的 3/4 或幾達孢子赤道線，外壁厚，由外壁形成紋飾輪廓，呈粗大、多少癒合、上帶小刺的棒狀紋飾，周壁很薄，緊附於外壁上（李等，2001）。

錫蘭七指蕨生長在成熟闊葉林下潮濕開闊處，常為濕地植物。分布於印度、錫蘭、菲律賓等東南亞地區、中國大陸西雙版納及海南島、琉球群島、澳洲北部、太平洋群島及臺灣。

錫蘭七指蕨在臺灣的分布，早期文獻僅見於蘭嶼天池池畔濕地及墾丁森林遊樂區第三區（徐，1980；劉，1995；呂，2000；郭，2001；Huang et al., 1994），後來在惠蓀林場內也發現其族群分布（王和歐，2002；陳等，2008）。不過，在這些地方的族群數量均不多，而生長於蘭嶼天池的數量則視天池水位而定，較常見的數量約 20-30 株，但若水位太高，則當年可能不會出現。

湖山水庫庫區內之錫蘭七指蕨族群，係於 2010 年由水庫工程人員在進行柚木標定時發現，而後經行政院農業委員會特有生物研究保育中心（以下簡稱本中心）植物組人員進入現場勘查後確認，族群數量約 20 枝當年生新梢，分布於 2 x 2 平方公尺範圍內，是當時已知臺灣島內族群數量最多的分布地點。依據本中心 2010 年臺灣維管束植物紅皮書計畫之評估結果，錫蘭七指蕨為嚴重瀕臨絕滅（Critically Endangered, CR）級物種，故對本植物所進行之保育研究成果，將可成為推動湖山水庫保育措施的重要成效之一。

由於此植物於湖山水庫內的分布面積小（約 2 x 2 m^2 ），施工過程中微氣候的改變，可能直接或間接威脅其生存，研究保育工作刻不容緩，蒐集孢子進行新個體的繁殖及將現有植株部分移地保存是短期可採取的處理措施。惟目前國內對此植物的基本生長發育過程均不瞭解，貿然的進行移植無法確保百分之百的存活，在不損傷原族群個體的前題下，採取孢子進行新個體的繁殖是第一考量。故本計畫擬先探討以孢子為繁殖材料，進行族群新個體的增殖，同時嘗試其他的繁殖方法，增加族群數量，計畫最終目標，期望能藉由新族群個體的增加，確保此

植物的永續生存外，新增殖的個體也可作為往後補植、移地復育及解說教育材料使用。

湖山水庫錫蘭七指蕨之生育地，於 2013 年 9 月下旬，經由本中心研究人員會同水資源局及水庫工程人員進行現場會勘，並在水庫施工單位現場測量的協助下，確認其生育地高程位於水庫滿水位以下，將來水庫完工蓄水後恐有遭淹沒之虞，應尋覓其他適當之棲地，並進行錫蘭七指蕨之移地保育。是故必須對錫蘭七指蕨植株所適合之生育環境進行評估，評估項目包括適當之生育環境光度、溫度、土壤溫濕度等，同時分析生育地土壤組成及 pH 值，測量植株在不同光環境下光合作用之表現，以了解適合錫蘭七指蕨生育之棲地環境因子，供作日後移地保育之參考依據。

三、重要工作項目及實施方法

- (一) 文獻蒐集：蒐集國內外相關研究資料，主要包含七指蕨屬、瓶爾小草科植物之生長發育、繁殖及物候資料，蕨類孢子繁殖、無菌操作及微體繁殖等。
- (二) 環境因子監測：以氣象資料記錄器（Data Logger DL2, Delta-T Devices, Cambridge, UK）記錄樣區內光照強度、氣溫、土壤溫度及土壤濕度等環境因子的變化，每半小時自動記錄一次。
- (三) 物候調查及孢子蒐集：於湖山水庫錫蘭七指蕨生育地樣區每月調查一次植株生長情形，將新抽出地面之植株加以編號，每月測量植株株高、孢子囊穗發育狀況。在孢子成熟期間（約六月中至八月中旬），每二週記錄一次孢子成熟階段，並蒐集已轉黃欲開裂之孢子囊穗，供為後續繁殖試驗之材料。孢子發育過程可分為：孢子囊穗呈綠色、孢子囊穗漸轉黃、孢子囊穗全轉黃、孢子囊穗開裂孢子成熟、孢子落光、孢子囊穗乾枯等六階段（圖1）。
- (四) 孢子繁殖：以無菌撒播及無土介質撒播的方式，進行孢子的發芽試驗，以尋求最佳的繁殖技術及條件組合。
 - 1. 無菌撒播：此試驗使用植物組織培養法中之無菌播種法，於操作臺中全程以無菌方式操作，過程如下：
 - (1) 材料：以已轉黃但孢子囊尚未開裂的孢子囊穗為材料，將孢子囊分別自

孢子囊穗中取下，以進行消毒、培養。

- (2) 消毒：將孢子囊置入錐形瓶，以 1%次氯酸鈉 (NaOCl) 添加一滴 0.3% Tween 20 展著劑 (Nacalai Tesque, Kyoto, Japan) 之溶液消毒 15 分鐘，隨後在無菌環境下洗去消毒水，加入無菌水沖洗後去除上清液，無菌水清洗的動作反覆進行三至四次，完成消毒過程。
 - (3) 撒播：將完成消毒的錫蘭七指蕨孢子囊放置於培養基上，以鑷子將孢子囊捏開，讓孢子撒布於培養基上，並在培養基中加入 3 mL 無菌水，完成撒播步驟。使用 6 種培養基，每種培養基撒播 6 盤，共撒播 36 盤培養皿。培養基配方參考 Mazumder 等人 (2010) 錫蘭七指蕨體外培養所用之培養基，以 Murashige and Skoog (MS) (Murashige and Skoog, 1962) 或 Parker and Thompson (PNT) (Klekowski, 1969) 為基本配方，改變 MS 配方中主要鹽類濃度至 1/8、1/4 或全量、PNT 配方使用 5.6 或 4.0 兩種 pH 值以及蒸餾水為對照組，共 6 種培養基，以 NaOH 和 HCl 將 pH 值調整至 5.6 或 4.0 後，添加 $7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 agar (Sigma, USA) (pH 值 5.6 者使用 $7 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ ；pH 值 4.0 者使用 $15 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$)，培養基以滅菌釜於壓力 $1.3 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 、 121°C 下滅菌 20 分鐘。
 - (4) 培養：撒播完成後將培養皿置於培養室，分成光照及黑暗 2 種處理，光照組照光 12 小時 (P.M. 5:00—A.M. 5:00)，培養溫度 25°C 。孢子無菌撒播試驗共 6 種培養基，2 種光度處理，合計共 12 處理，每處理 4 重覆，每重覆 3 盤培養皿。
2. 無土介質撒播：參考一般蕨類植物孢子無土介質撒播方式，使用泥炭苔：珍珠石：蛭石=2：1：1（體積比）為栽培介質，其中泥炭苔 (Fafard No.1) 購自 Fafard 公司 (Fafard Co., Agawam, MA, USA)，珍珠石及蛭石購自南海蛭石工業股份有限公司（臺北，臺灣）。取孢子囊已開裂之錫蘭七指蕨孢子，置入容量 50 mL 之玻璃管，加水 48 mL 配成孢子懸浮液，將其充分混勻後，以滴管滴入裝有上述混合比例之無土介質的培養盒 (Sigma SI-P5929-250EA PHYTATRAY II, $114 \text{ mm} \times 86 \text{ mm} \times 65 \text{ mm}$, Sigma, USA)，每盒滴入 6 mL 孢子懸浮液，共撒播 8 盒，分成光照組及黑暗組 2 處理，均使用同型號之生長箱，溫度設定為日/夜溫 $25/20^{\circ}\text{C}$ ，光照組光期 16 小時，光強度約 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，每處理 4 重複，每重覆 4 盒培養盒。

- (五) 無性繁殖：以營養組織器官為培植體，進行組織培養及無性繁殖試驗。
- (六) 臺灣各地樣區錫蘭七指蕨生長追蹤：自2012年至2013年間，至全臺已知的錫蘭七指蕨樣區對其進行追蹤觀察，了解錫蘭七指蕨於各樣區間物候生長的差異。
- (七) 土壤取樣及分析：採集湖山水庫錫蘭七指蕨生育地區內之土壤，委託中興大學土壤調查試驗中心分析土壤pH值等物理化學性質。
- (八) 菌根菌分析：採集湖山水庫錫蘭七指蕨生育地區內之土壤及植株根部，由本中心菌類研究室同仁協助進行菌根菌之分析。取根系附近土壤，分離並鑑定與錫蘭七指蕨共生的菌根菌種類；切取植株新生長的根系，觀察是否有菌絲、叢枝體的存在，以證實二者間共生的關係。
- (九) 光合作用測量：測量錫蘭七指蕨葉片在不同光度下的光合作用表現，以期了解適合錫蘭七指蕨生長的光照環境條件，以作為日後繁殖復育、移地保育等栽種地點選擇的參考。試驗以LI-6400可攜式光合作用測定儀 (Portable Photosynthesis System, LI-6400, LI-COR, Lincoln, Nebr., USA) 測量錫蘭七指蕨葉片光合作用反應，測量時使用外接方形葉箱截面積為6 cm²，CO₂濃度維持400 ppm，光強度分別設定為0、25、50、75、100、200、300、400、500、600、700、800、900、1,000、1,100及1,200 μmol·m⁻²·s⁻¹等16個光強度級數，取成熟葉片測量其淨光合作用速率 (net photosynthetic rate, Pn)。
- (十) 移地保育：將錫蘭七指蕨移出湖山水庫樣區的操作流程如圖2所示，所需工具有移植鎚、紙巾、12號夾鏈袋。移地保育工作於2013年9月至12月間進行，共進行三次合計取回16群共26枝當年抽出之錫蘭七指蕨新梢，目前暫時盆植於本中心網室內。
- (十一) 分析及成果報告撰寫與審查：分析錫蘭七指蕨的環境因子及孢子發芽的最佳組合。

四、結果與討論

(一) 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區環境因子調查

湖山水庫錫蘭七指蕨樣區內每日最高光強度變化幅度大，以三至十月較為劇烈（圖 3），其中以九月份平均最高光強度的 $720.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 為全年最高（圖 3、表 1—表 13）。氣溫的變動受日照強弱影響，其中每日最高溫之變動幅度與每日最高光強度變動曲線相似，而每日最低溫之變化則較每日最高溫之變化幅度小（圖 4）。各月每日高溫之平均皆為 20°C 以上，六至九月則高達 $29-30^{\circ}\text{C}$ ；各月每日低溫的平均則以一月及十二月最低，僅 12°C 左右，四月及十一月低溫平均約 17°C ，五到九月低溫的平均在 $21-23^{\circ}\text{C}$ 之間（圖 4、表 1—表 13）。

土壤溫度的變化幅度較大氣溫度的變化小，先逐漸上升再逐漸下降（圖 5），以一月及十二月最低，約 16°C ，六到九月土壤溫度最高，約 24°C （圖 5、表 1—表 13）。參考中央氣象局雲林地區每日降雨量之統計，可觀察到土壤濕度起伏與降雨時間、雨量大小有關，在降雨當日或隔日樣區內土壤濕度有升高的情形，而久未降雨則會使土壤濕度降低（圖 5、6）。一至三月份受長期沒下雨的影響，土壤濕度由 35% 左右下降至 20% 左右，四、五月份進入雨季，土壤濕度回升至 40%-45% 之間，六月份降雨稍少，平均土壤濕度降至 34%，七月至九月上旬強度大以及頻率多的大雨，使土壤濕度維持在 35%-45% 之間，九月中下旬後進入乾季，土壤濕度逐漸降至 20% 左右（圖 5&圖 6、表 1—表 13）。

（二）湖山水庫樣區錫蘭七指蕨物候調查

錫蘭七指蕨孢子體生活史及其形態發育過程如下：呈彎鉤狀的新梢露出地面（圖 7A），隨後葉柄部分伸長，但前端仍呈彎鉤形狀（圖 7B），當葉柄生長至一定長度後便不再伸長，此時前端彎鉤開始往上轉向（圖 7C），完成轉向後（轉 180° ，與葉柄呈一直線，與地面呈 90° ）（圖 7D）植株開始展葉，展葉過程小葉由原先相互包覆漸漸張開，與地面角度從 90° 逐漸與地面平行（圖 7E）。錫蘭七指蕨植株一葉可發育一根孢子囊穗，但並非每葉的孢子囊穗皆能成功發育，順利長出孢子囊穗之植株於展葉期間便可觀察到孢子囊穗之發育（圖 7F），並於完成展葉後孢子囊柄、孢子囊穗持續伸長、發育，孢子囊穗膨大（圖 7G）。隨著孢子發育的逐漸成熟，孢子囊穗會由綠轉黃、開裂，並釋放孢子，孢子落光後孢子囊穗逐漸乾枯萎縮，但葉片仍維持綠色（圖 7H）。而孢子囊穗未順利發育之植株，於展葉後在原先應抽穗的位置有一殘留的痕跡器官（圖 7I）。秋季錫蘭七指蕨葉片逐漸由綠轉黃、乾枯，葉柄皺縮，植株倒伏，地上部進入休眠。

本年度在湖山水庫錫蘭七指蕨物候調查部分，於三月底調查時未見植株露出土面；四月底前往調查時，觀察到 27 枝新梢，其中 7 枝新梢有孢子囊穗的發

育；五月底調查時，共觀察到 35 枝新梢，其中 17 枝新梢有發育中的孢子囊穗；六月底及七月初調查時，樣區內分別又新長出 1 枝及 3 枝新梢，但此新梢全無孢子囊穗之發育（圖 8）。約十一月至十二月間，樣區內之錫蘭七指蕨開始出現植株倒伏的現象，但葉片尚未枯黃，顯示植株並未完全進入休眠狀態。總計 2013 年度樣區內共長出 39 枝錫蘭七指蕨新梢，其中 17 枝有孢子囊穗之發育。

十七枝抽出孢子囊穗之錫蘭七指蕨，其中 16 枝於四月間冒出土面，一枝於五月初冒出土面，孢子囊約在孢子囊穗伸長後兩個月轉黃成熟，集中在七月上旬，此時植株高度（即展葉後的水平高度）20-30 cm，孢子囊柄 7-10 cm，孢子囊穗 7-10 cm；其他較晚冒出土面、植株較矮小的錫蘭七指蕨植株，則無孢子囊穗的發育。

(三) 環境因子對錫蘭七指蕨生育之影響

湖山水庫樣區內的錫蘭七指蕨於春季抽出新梢，與文獻記載相符，但文獻中對影響其抽梢和孢子囊穗發育之因子並無詳加探討。比較 2012 年與 2013 年樣區內錫蘭七指蕨物候情形，2012 年雖於三月底即觀察到新梢露出土面，但至四月底僅抽出 7 枝新梢，至五月底共抽出 23 枝新梢，六月至九月間仍有零星新梢抽出，總計有 39 枝新梢，其中僅 11 枝有抽出孢子囊穗。而 2013 年樣區內之錫蘭七指蕨則集中於四月間抽梢，共抽出 27 枝新梢，到五月底共抽出 35 枝新梢，至七月底時共抽了 39 枝新梢，其中 17 枝新梢有發育中的孢子囊穗。2013 年錫蘭七指蕨抽出土面的時間較 2012 年晚約 2 至 3 周，但整體發育過程較集中且植株較健壯，發育孢子囊穗的比率高，而孢子成熟期則提早約 1 至 2 周。

由架設於湖山水庫錫蘭七指蕨樣區內的氣象資料記錄器所記錄之氣象參數讀值，推測影響錫蘭七指蕨春季抽新梢的環境因子（表 1、14）。在溫度部分，不論大氣溫度或土壤溫度，2013 年二月份的溫度與 2012 年三月份的溫度相似，而 2013 年三月份的溫度則高於 2012 年三月（表 1、14），但錫蘭七指蕨並沒有因為溫度的提高而提早冒出土面；2013 年四、五月的溫度皆較 2012 年同期低（表 1、14），然今年錫蘭七指蕨在四月份大量冒出土面，2012 年則至五月才觀察到大量錫蘭七指蕨冒出土面。由以上兩點，推測樣區內溫度的高低並不是影響錫蘭七指蕨於春季抽新梢的限制因子。而在土壤濕度部分，2013 年二、三月土壤濕度僅 20%左右，四月份受豪雨影響土壤濕度升高到 42.4%；2012 年三、四月土壤濕度在 33%-35%間，五月時升高到 42.5%（表 1、14）。對照土壤濕度的變化與樣區內錫蘭七指蕨冒出土表的時間，推測土壤濕度為影響樣區內錫蘭七指蕨春

季抽新梢早晚的因子，當土壤濕度僅 20% 左右時，限制錫蘭七指蕨的生長；當土壤濕度升高至 30% 左右時，錫蘭七指蕨始可以長出新梢，然此時可能因為水分供應仍不足，僅少量零星的生長；當土壤濕度升高至 40% 以上時，錫蘭七指蕨植株得到充足的水分以供應生長，故 2013 年四月份及 2012 年五月份分別於樣區內觀察到大量錫蘭七指蕨冒出土面。

錫蘭七指蕨植株抽孢子囊穗的比率（有孢子囊穗發育之植株數/總植株數*100%）2013 年為 45.9%，較 2012 年的 28.2% 高出約 1.6 倍，且 2013 年孢子囊穗成熟的時間較整齊集中。2013 年有發育出孢子囊穗的植株平均株高達 20-30 cm，其他矮小、葉柄纖弱的植株則無法順利發育出孢子囊穗，此發育的差異可能與植株營養狀況與發育時的溫度有關。水分、溫度及光照強弱皆會影響植物的光合作用速率，進而影響光合產物的累積；而溫度會影響植物的生長發育，過高或過低的溫度會減緩植株的生長發育甚至造成抑制，唯有在適當的溫度範圍內，植株可以順利發育。

湖山水庫樣區內的錫蘭七指蕨，2012 年於九月至十月間全數倒伏，而 2013 年至十一、十二月間才開始出現倒伏現象，顯示這兩年植株休眠時間差了一至兩個月。比較這兩年九至十二月樣區內的氣象資料，觀察到 2013 年十月、十一月不論大氣溫度或土壤溫度，皆較 2012 年九月、十月為低，但植株卻不會進入休眠；在土壤濕度部分，2013 年九月至十二月仍舊維持在 20%-30% 之間，但 2012 年九月時則已降至 10%，十月時土壤已經將近乾旱。由以上兩點，推測影響湖山水庫樣區內錫蘭七指蕨於秋冬季休眠早晚的因子並非大氣溫度或土壤溫度，而是土壤濕度。

位於美國中部的奧克拉荷馬州（Oklahoma）及堪薩斯州（Kansas）的瓶爾小草屬植物（*Ophioglossum engelmannii*）於四月抽梢發育、五月孢子成熟、六月時進入乾季地上部休眠，然若當年秋季有充足降雨，則可在秋季時抽出當年度的第二個新梢，並且孢子囊穗可在十一月時成熟釋出孢子，學者推測土壤濕度高是造成此植物於秋季再次生長的主因。此外，研究報告也指出此植株抽孢子囊穗的比率，春季抽梢者有 23.4% 抽孢子囊穗的比率，而秋季抽梢者抽孢子囊穗的比率降至 13.9%（Whittier, 2008）。以上兩樣土壤濕度影響抽梢以及抽梢時間影響孢子囊穗發育比率的結果，皆與湖山水庫錫蘭七指蕨物後調查的結果相符。

綜合以上結果，推測生長在湖山水庫樣區內的錫蘭七指蕨，影響其春季抽梢時間以及抽梢整齊度的限制因子為土壤濕度，造成其於秋冬季休眠早晚的限制

因子亦為土壤濕度。當土壤濕度僅 20%左右時，限制錫蘭七指蕨的生長；當土壤濕度升高至 30%左右時，錫蘭七指蕨始可以長出新梢；當土壤濕度升高至 40%以上時，錫蘭七指蕨植株得到充足的水分以供應生長。溫度雖然並非影響七指蕨生長的限制因子，但植株生長時的溫度亦可能影響其發育速度與營養狀態。影響植物生長發育、休眠與打破休眠的因子是複雜的，並非單一因子所調控，欲了解環境因子對錫蘭七指蕨生育之影響，需要長期監控並比較每年氣候狀況及植株物候期的變化，並可配合光合作用試驗、栽培試驗等加以釐清。

(四) 孢子繁殖試驗

湖山水庫樣區內錫蘭七指蕨孢子成熟的高峰期，集中於 2013 年的六月下旬至七月上旬間，共採集到七枝孢子囊穗。孢子無菌播種於孢子囊穗採集後一周內進行，共進行 4 次重複試驗，撒播 144 盤培養皿（圖 9A）；在孢子的無土介質培養部分，於收集到適量已開裂的孢子後便進行撒播，已進行 4 次的撒播，共 32 盒培養盒（圖 9B）。目前皆未觀察到孢子發芽之現象，此部分將持續觀察照顧中。

根據文獻資料，瓶爾小草科植物的孢子發芽為地下發芽型，配子體在地底且無光的環境下生長發育。配子體及孢子體的生長發育過程皆需與菌根菌共生，故以人為方式進行繁殖有一定的困難度存在。目前已對樣區內的土壤進行取樣並分析與錫蘭七指蕨共生的菌根菌種類，未來的試驗方向預計朝向菌根菌利用的部分，於無土介質撒播時添加此種菌根菌或於介質中混入部分樣區內的土壤，期能突破目前的繁殖困境。

(五) 無性繁殖

錫蘭七指蕨為多年生蕨類植物，走莖深埋地下，地上部於春季抽新梢並於秋冬季枯萎休眠。挖取錫蘭七指蕨地下部並加以清洗觀察其結構，發現走莖生長的速度緩慢且在取樣的區間內沒有分枝，其上的枝梢彼此緊密相連，乾枯脫落後在走莖上留有葉痕，走莖前端為其生長點，通常含有 1-2 個潛伏芽（圖 10—圖 12）。未來在進行錫蘭七指蕨無性繁殖時，可以使用潛伏芽為材料，切取走莖最前端潛伏芽（圖 11B），進行組織培養試驗，期能快速大量增殖；或用走莖中段隱藏的潛伏芽（圖 11A）進行分株繁殖或取芽進行組織培養，期能達到增殖的目的。

(六) 臺灣各地樣區錫蘭七指蕨生育概況

湖山水庫樣區位於亞熱帶森林底層，在三月底至四月初始有錫蘭七指蕨新梢的生長，連續兩年都記錄到 39 枝新梢；惠蓀林場樣區位於針闊葉混合林底層，約在五月份觀察到 4-6 枝新梢（圖 13）；墾丁國家公園第三區樣區位於公園步道兩旁，為熱帶林，於 2012 年五月、2013 年四月皆觀察到 14 枝新梢（圖 14）；墾丁國家公園保留區為熱帶珊瑚礁地形，調查到超過 140 枝新梢（圖 15）；屏東滿洲鄉一處私人牧場，為養牛的放牧草地，全日照無遮陰樹木，於 2012 年六月、2013 年五月觀察到錫蘭七指蕨新梢生長，共有 3 群約 10-15 枝（圖 16）；蘭嶼天池根據文獻記載有錫蘭七指蕨的分布，但每年生長狀況視天池水位而異。2012 年八月前往調查時，天池為滿水位，並未觀察到錫蘭七指蕨的生長，但在往天池的岔路上一處大樹下有 7 枝錫蘭七指蕨新梢生長（圖 17）；2013 年六月前往調查時，天池水位極低幾乎見底，在天池左側開闊樹林邊緣底層調查到約 40-50 枝新梢（圖 18），另外在天池池底已乾涸的土地上意外的發現超過 50 枝錫蘭七指蕨小苗，此處位於天池淹沒區、全日照無遮陰樹木（圖 19），而在往天池岔路上的大樹下仍觀察到 7 枝錫蘭七指蕨新梢。

(七) 土壤分析

土壤物理化學性質分析委託中興大學土壤調查試驗中心進行檢驗，測得湖山水庫錫蘭七指蕨生育地的土壤 pH 值為 4.1-4.5、電導度 $0.35-0.37 \text{ dS m}^{-1}$ ，質地介於黏土和黏質壤土之間（表 15）。

土壤環境的酸鹼值可能影響錫蘭七指蕨生長發育與分布。培養環境 pH 值對瓶爾小草屬植物的孢子發芽及配子體發育影響甚鉅，在酸性的環境下有促進其孢子發芽及配子體發育的效果，以 pH 4 左右為最佳（Whittier and Moyroud, 1993）。Mazumder 等人（2010）研究錫蘭七指蕨孢子發芽生理，亦發現錫蘭七指蕨在 pH 4.0 的培養基中能有良好的發芽表現（Mazumder et al., 2010）。推測土壤 pH 4 左右為錫蘭七指蕨最佳生長的環境，未來將再採集臺灣地區其他錫蘭七指蕨樣區之土壤進行分析，加以佐證上述之推測。

(八) 菌根菌分析

經本中心菌類研究室同仁協助進行菌根菌分析，於湖山水庫錫蘭七指蕨樣區的土壤中，共分離出 4 種菌根菌孢子，分別為 *Acaulospora foveata*、*A. laevis*、*A. mellea* 以及 *A. spinosa*。由染色切片的鏡檢結果，觀察到錫蘭七指蕨根部有菌絲和叢枝體的存在，證實菌根菌已感染根部形成共生，並有養分交換的產生（圖

20—圖 22)。

(九) 錫蘭七指蕨光合作用測定

目前已完成種植於本中心網室內和生長於惠蓀林場的錫蘭七指蕨葉片光合作用測量，本中心網室的植株為先前採集自湖山水庫及其他樣區作為移地保育的族群，已完全適應網室內的環境。

以 LI-6400 可攜式光合作用測定儀檢測錫蘭七指蕨葉片於不同光照強度下的光合作用反應，發現其光補償點 (light compensation point, LCP) 小於 $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光飽和點 (light saturation point, LSP) 約為 $200\text{-}300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，但光強度達 $1200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 時仍不會產生光抑制 (圖 23、24)，推測在根系供水充足且葉片已完成光馴化的狀況下，錫蘭七指蕨對生育環境的光照強度要求並不嚴苛，此結果也間接說明屏東滿洲鄉牧場和蘭嶼天池池底二個樣區皆為全日照之無遮陰環境，但錫蘭七指蕨卻仍能生長良好。

(十) 移地保育

移地保育工作於 2013 年 9 月至 12 月間進行，共進行三次操作 (9 月 3 日、10 月 18 日及 12 月 3 日)，取回 16 群共 26 枝於當年抽出之錫蘭七指蕨新梢，目前暫時盆植於本中心網室內；生育地另留有 13 枝當年抽出之錫蘭七指蕨新梢，將持續追蹤其物候狀況 (圖 25)。

移地保育操作時，目標植物移出樣區時挖掘的土團越大越完整，對後續移植存活率越佳。移出時用紙巾包裹土團，可防止土團散開影響後續存活並可保濕，隨後將植株放入夾鏈袋中，並在袋內撒一些水，可防止植株失水及保護植株減少運送過程的損傷。以此方式移出的錫蘭七指蕨，種植於五吋盆中看管照顧，可有百分之百的存活率。

五、結論與建議

2013 年度的調查結果顯示生長於湖山水庫之錫蘭七指蕨於五月份達到植株冒出地表的高峰期，而孢子囊穗約於抽穗後二個月發育成熟，孢子囊由綠色轉黃、開裂，六月下旬至七月上旬為孢子成熟的高峰期，植株於十一、十二月間開始出現倒伏現象。影響湖山水庫錫蘭七指蕨於春季冒出土面時間的早晚與整齊度，以及其於秋冬季休眠時間的早晚，可能與土壤濕度高低有關。然影響植物生

長發育、休眠與打破休眠的環境因子是複雜的，需要長期監控並比較每年氣候狀況及植株物候期的變化，並配合光合作用試驗、栽培試驗等加以釐清。在錫蘭七指蕨根部切片觀察到有菌絲和叢枝體的存在，證實菌根菌已感染根部形成共生，並有養分交換的產生，且從樣區土壤中共分離出 4 種菌根菌孢子，分別為 *Acaulospora foveata*、*A. laevis*、*A. mellea* 以及 *A. spinosa*，未來繁殖試驗可朝向菌根菌利用的方向進行研究，期能打破繁殖困境。錫蘭七指蕨光補償點小於 $10 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光飽和點約為 $200\text{-}300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，但光強度達 $1200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 時仍不會產生光抑制，顯示其對生育環境的光照強度要求並不嚴苛。綜合以上，推測日後進行錫蘭七指蕨移地保育地點評估時，環境中光強度並非限制因子，適當的土壤濕度、土壤 pH 值與菌根菌的有無才是其決定其成活的要件。

六、參考文獻

- 王志強、歐辰雄。 2002。 紀錫蘭七指蕨 (*Helminthostachys zeylanica*) 在臺灣之一新分布。 林業研究季刊 24:59-62。
- 呂勝由。 1997。 臺灣稀有及瀕危植物之分級彩色圖鑑 (II)。 行政院農業委員會。
- 徐國士等。 1980。 臺灣稀有及有絕滅危機之植物。 臺灣省政府教育廳。
- 郭城孟。 2000。 臺灣維管束植物簡誌第壹卷。 行政院農業委員會。
- 郭城孟。 2001。 蕨類圖鑑。 遠流出版公司。
- 陳文民、陳恩倫、周文邨、陳宗駿、蔡佳育、陳鳳華、陳志豪、林聖峰、陳明義、俞秋豐。 2008。 臺灣中部烏溪與大甲溪流域之稀有植物。 林業研究季刊 30:1-22。
- 劉瓊蓮。 1995。 臺灣稀有植物圖鑑 (II)。 臺灣省林務局。
- 李新國、戴錫玲、王全喜。 2001。 七指蕨屬孢子形態及其系統學意義的研究。 上海師範大學學報 (自然科學版) 30:63-66。
- Huang, T. C. *et al.* (eds.) 1994. Flora of Taiwan. 2nd. Vol. 1. Editorial committee of the Flora of Taiwan, Second Edition. 648 pp.
- Klekowski. E.J., JR. 1969. Reproductive biology of the Pteridophyta. III. A study of the Blechnaceae. Bot. J. Linn. Soc. 62:361-377.

- Mazumder, P.B., G.D. Sharma, M. Dutta Chaudhury, Bonani Mazumder, and Deepa Nath. 2010. In vitro propagation of *Helminthostachys zeylanica* (L.) Hook - A rare medicinal fern. Assam University Journal of Science & technology: Biological and Environmental Sciences 5:129-133.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiologia Plantarum 15 : 473-497.
- Whittier, D.P. 2008. Forcing autumnal growth of *Ophioglossum*. American Fern Journal 98:47-48.
- Whittier, D.P. and R. Moyroud. 1993. The promotion of spore germination and gametophyte development in *Ophioglossum palmatum* by low pH. American Fern Journal 82:41-46



圖 1. 孢子發育過程及採集情形。(A)發育中的孢子囊穗，呈綠色。(B)孢子囊穗漸轉黃。(C)孢子囊穗全轉黃，尚未開裂。(D)孢子囊穗開裂，孢子成熟。(E)孢子落光。(F)孢子囊穗乾枯。(G)已開裂之孢子採收情形。



圖 2. 湖山水庫錫蘭七指蕨移地保育操作示意圖。A&B：選定欲移植之植株後，將移植鋤深插入土中，圍繞植株挖掘一圈。C：將植株連同土團一同挖出，取出的土團越大越完整，對後續移植存活率越佳。D：移出的植株與移植鋤。E：將土團以紙巾包裹，以防止土團散開影響後續存活並可保濕。F：將植株放入夾鏈袋中，並在袋內撒一些水，以防止植株失水亦可保護植株避免運送過程損傷。

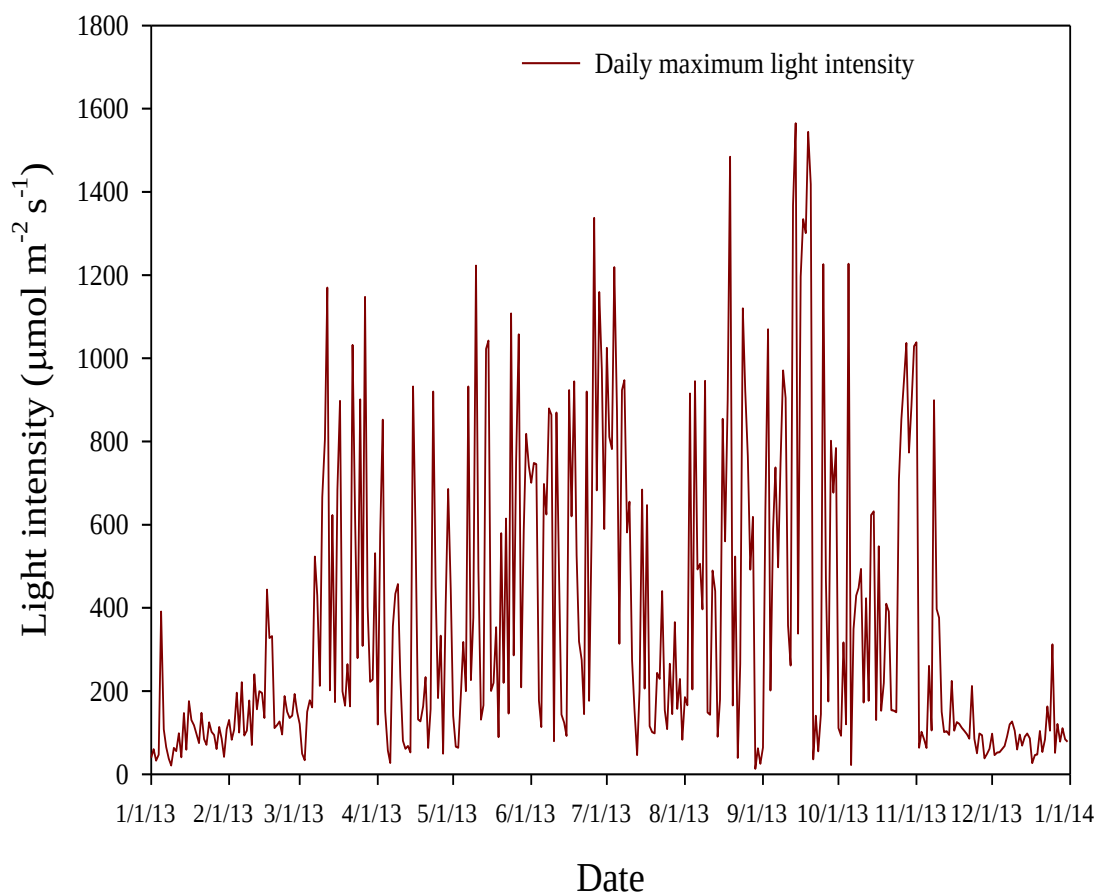


圖 3. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年每日最高光強度 (Daily maximum light intensity) 變化。

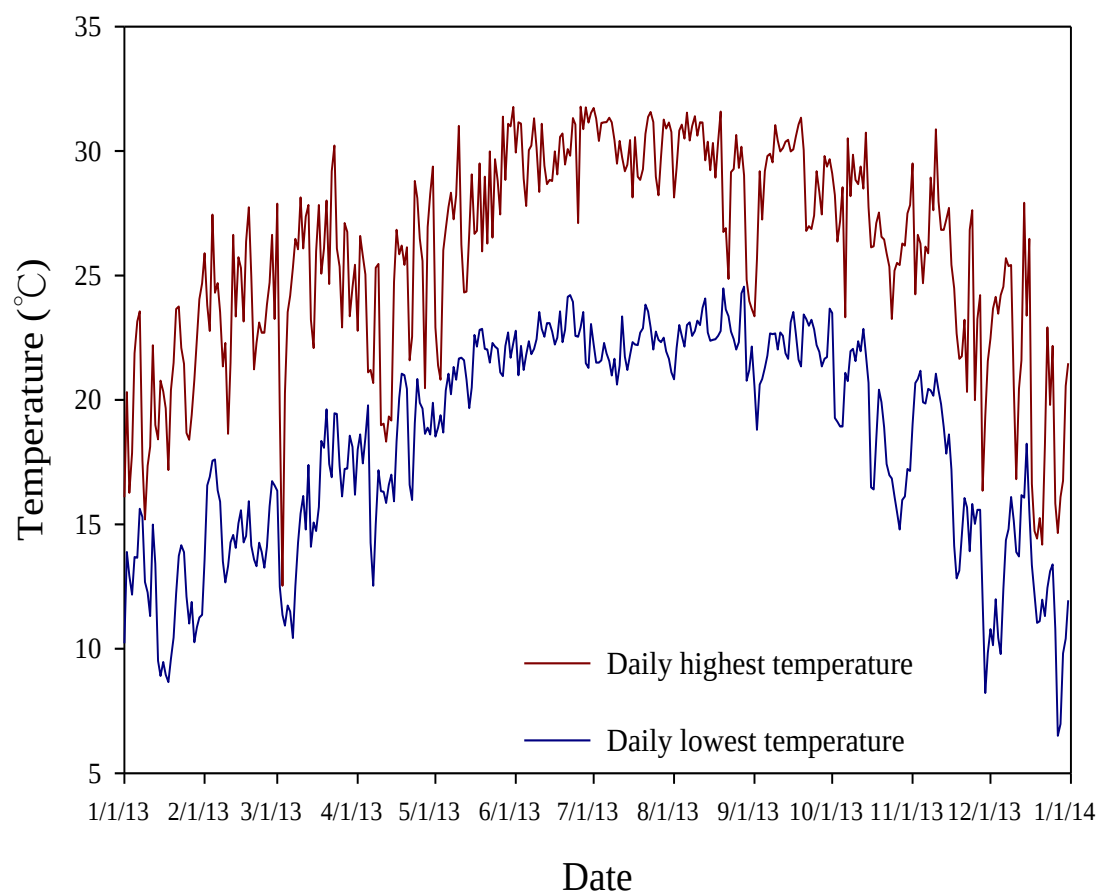


圖 4. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年每日最高溫度 (Daily highest temperature) 及每日最低溫度 (Daily lowest temperature) 變化。

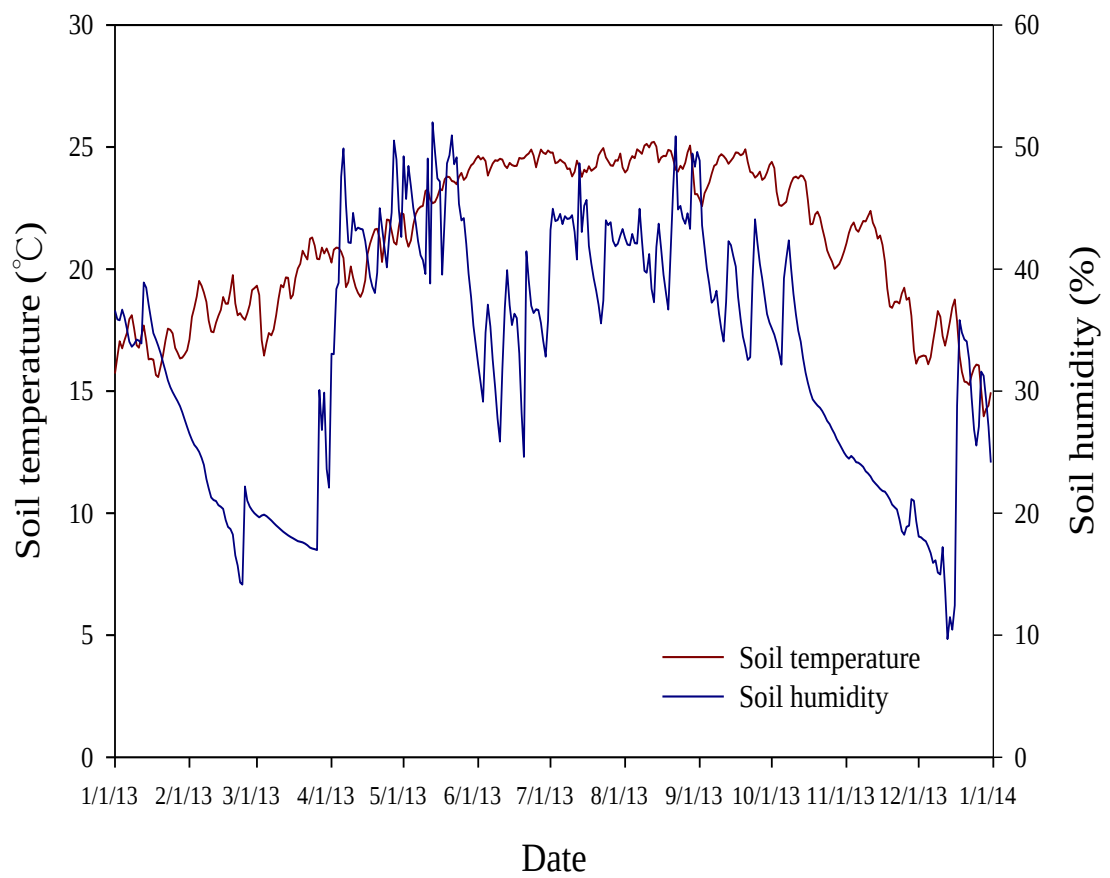


圖 5. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年每日土壤溫度 (Soil temperature) 及土壤濕度 (Soil humidity) 變化。

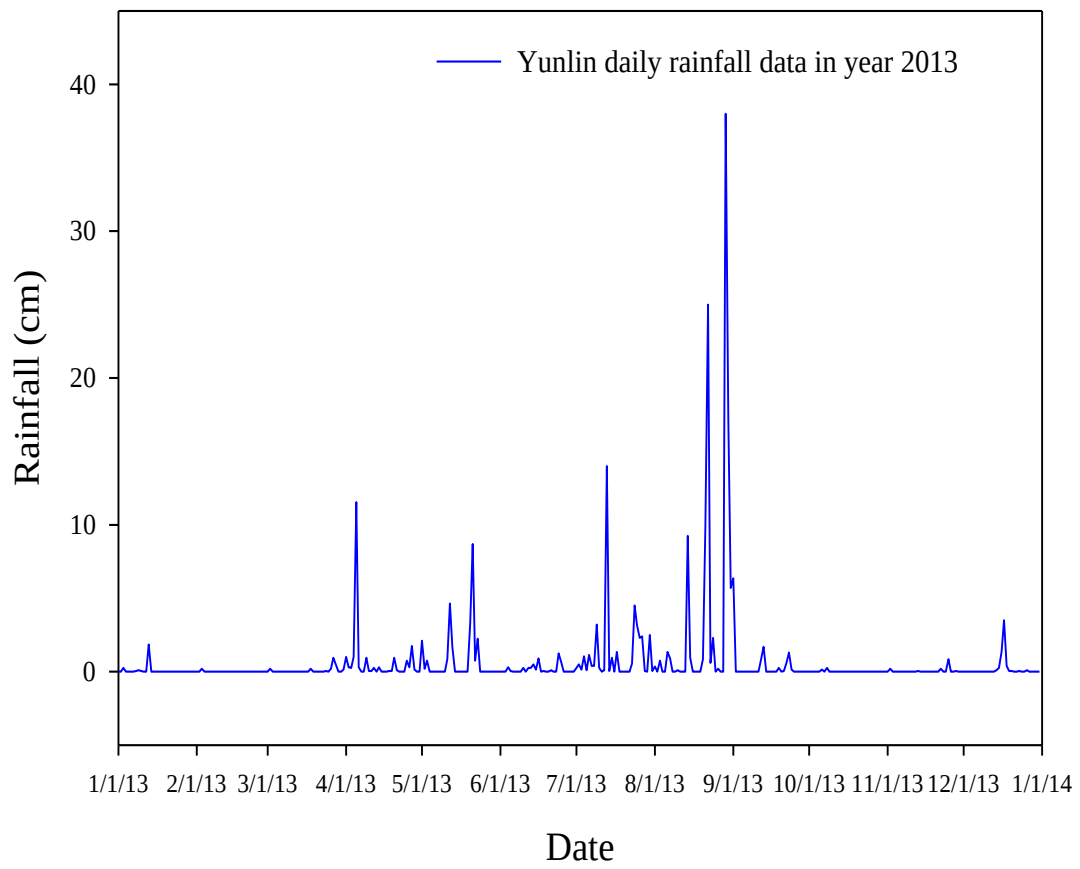


圖 6. 雲林地區 2013 年每日降雨量 (daily rainfall)。(資料來源：中央氣象局)。

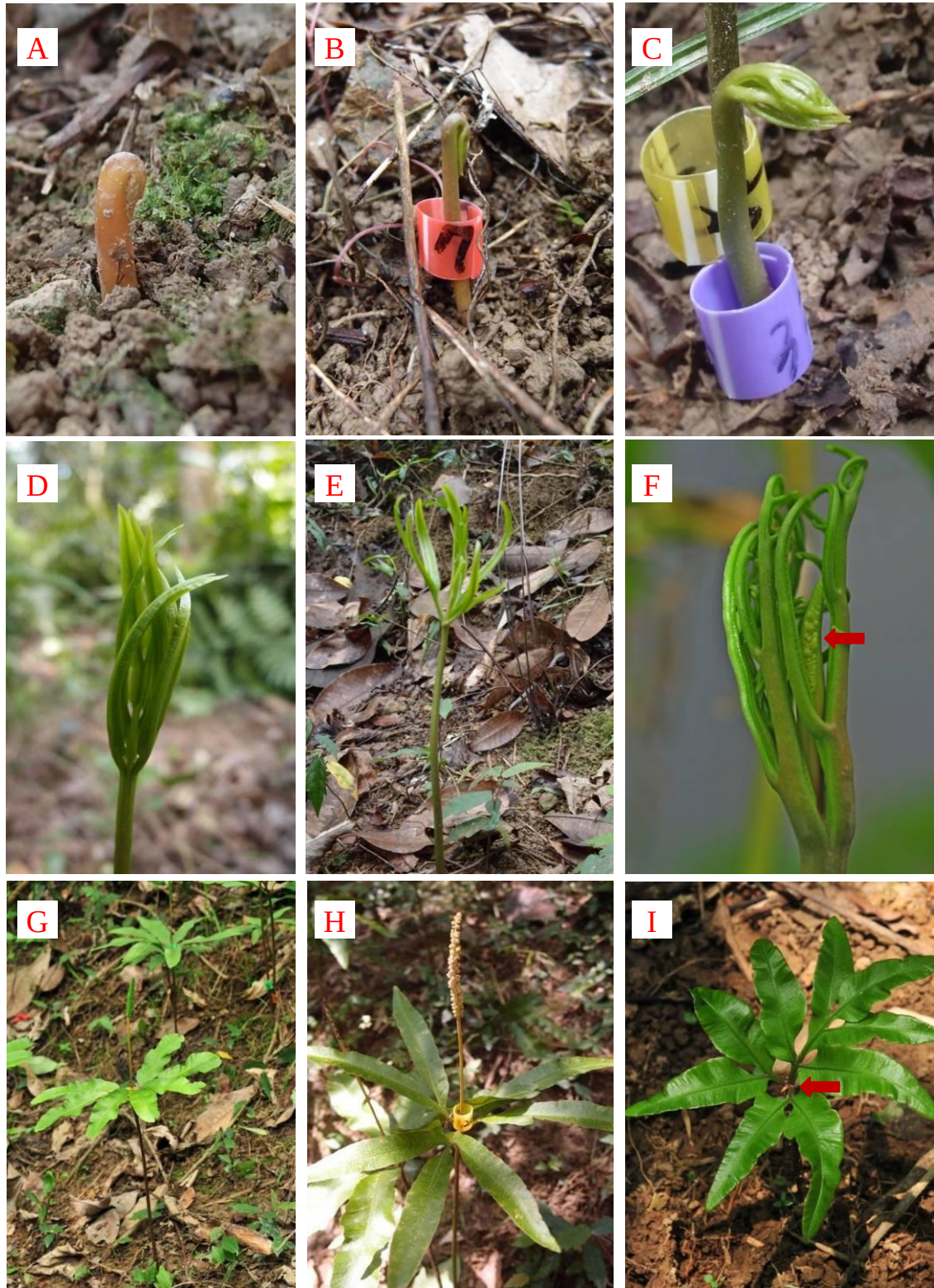


圖 7. 錫蘭七指蕨孢子體形態發育過程。(A)新梢露出地面。(B)伸長中的葉柄。(C)前端彎鉤往上轉向。(D)前端完成轉向，與地面呈 90° 。(E)葉片展葉中。(F)有抽孢子囊穗之植株，於尚未展葉前便可觀察到孢子囊穗之發育（箭頭所指處）。(G)孢子囊柄、孢子囊穗持續伸長、發育。(H) 孢子落光後孢子囊穗逐漸乾枯萎縮，但葉片仍維持綠色。(I) 孢子囊穗未順利發育之植株，於展葉後在原先應抽穗的位置有一殘留的痕跡器官（箭頭所指處）。

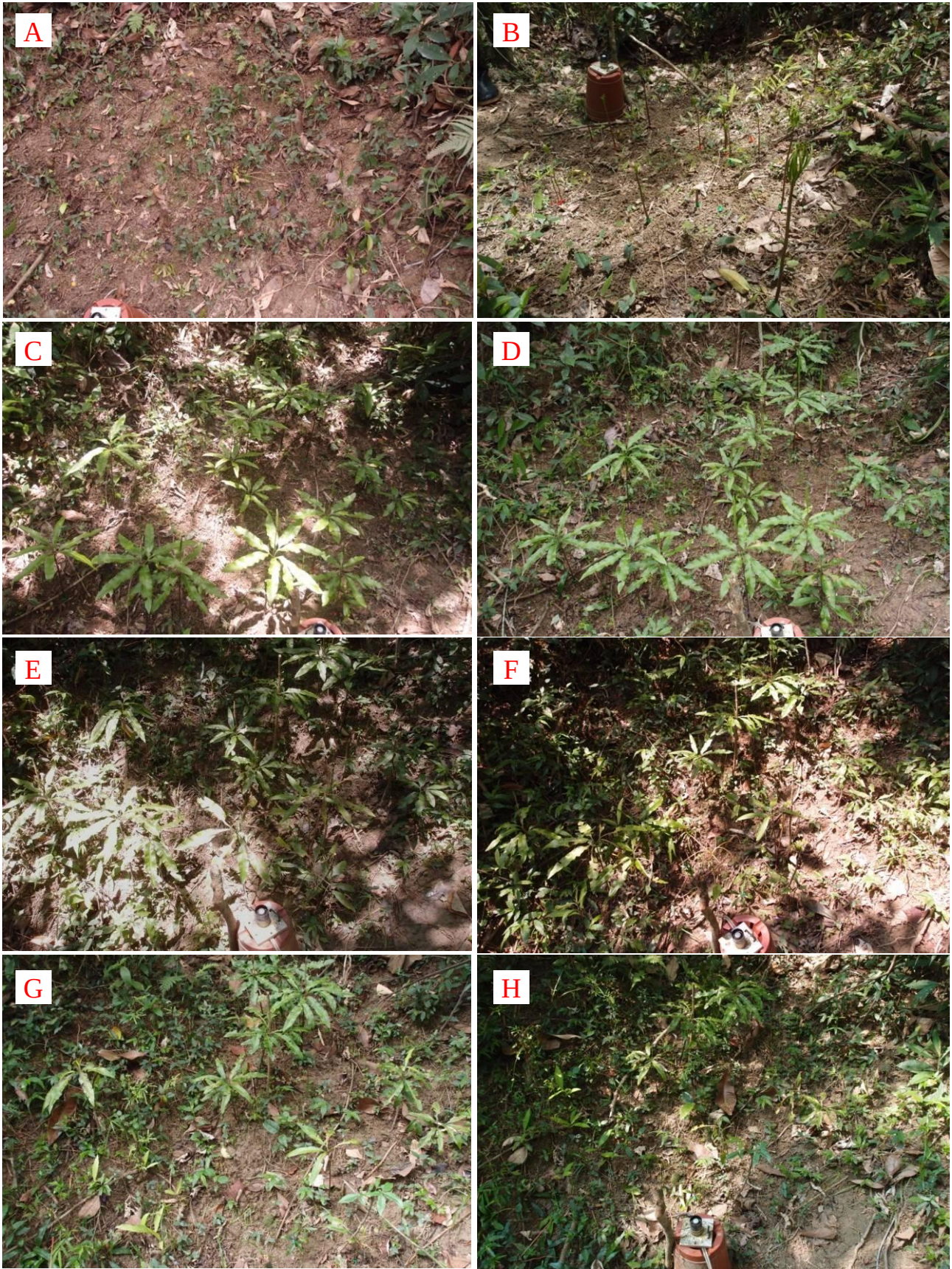


圖 8. 2013 年 3 月到 10 月湖山水庫錫蘭七指蕨樣區內植株變化。(A)三月底。(B)四月底。
(C)五月底。(D)六月底。(E)七月底。(F)八月底。(G)九月底。(H)十月底。

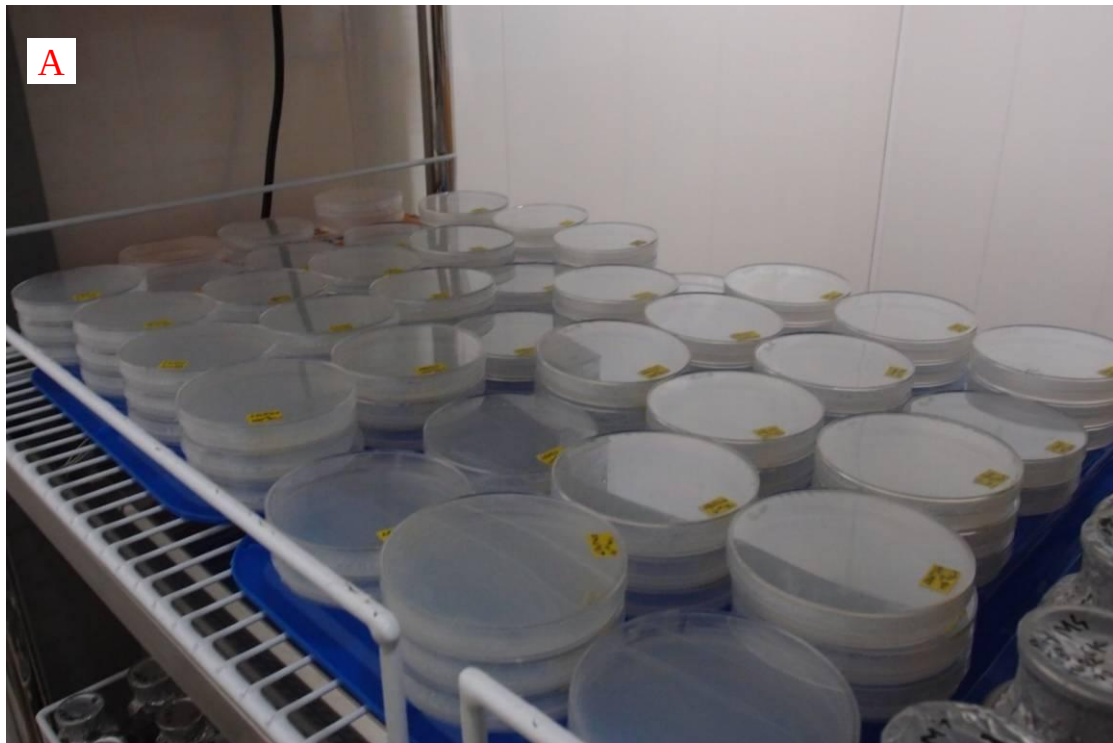


圖 9. 培養情形。(A)無菌培養。(B)無土介質培養。



圖 10. 錫蘭七指蕨植株及根系。

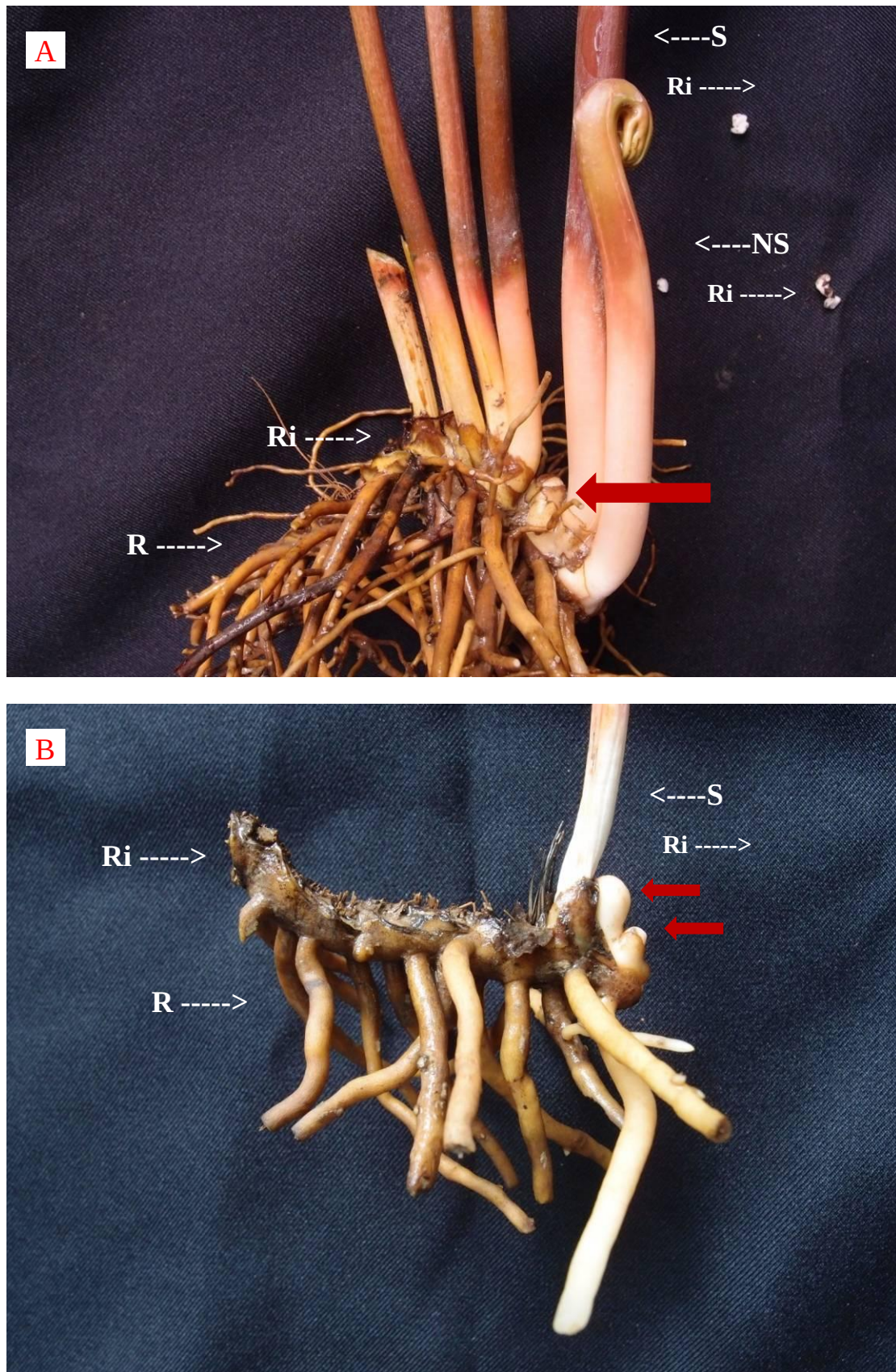


圖 11. 錫蘭七指蕨根系側面圖。Ri : rhizome, 地下莖；S : shoot, 枝梢；NS : new shoot, 新梢；R : root, 根；紅色箭頭：生長點、潛伏芽。

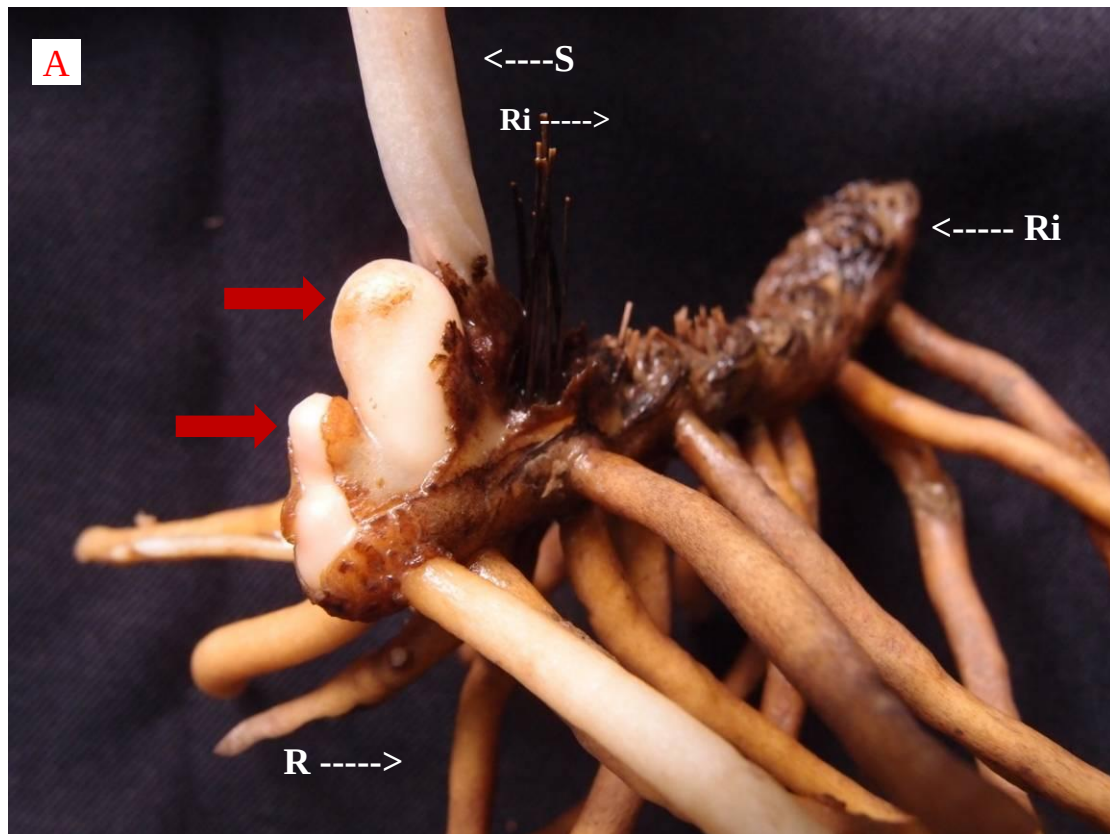


圖 12. 錫蘭七指蕨根系上視圖。Ri : rhizome, 地下莖；S : shoot, 枝梢； R : root, 根；紅色箭頭：生長點、潛伏芽；藍色箭頭：葉痕。



圖 13. 惠蓀林場之錫蘭七指蕨。



圖 14. 墾丁國家公園第三區之錫蘭七指蕨。



圖 15. 墾丁國家公園保留區之錫蘭七指蕨。



圖 16. 屏東滿洲鄉牧場之錫蘭七指蕨。



圖 17. 蘭嶼天池岔路上之錫蘭七指蕨。



圖 18. 蘭嶼天池之錫蘭七指蕨。



圖 19. 蘭嶼天池池底淹沒區之錫蘭七指蕨。

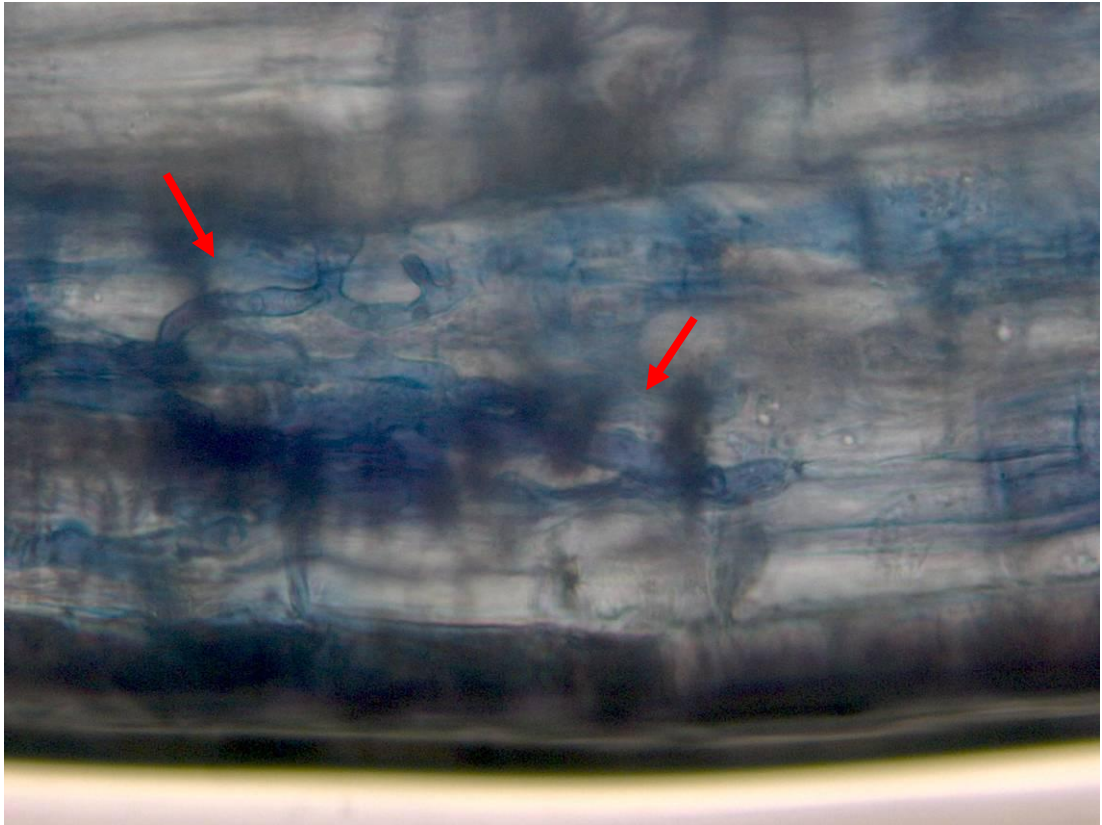


圖 20. 錫蘭七指蕨根部根內菌絲，證實菌根菌已感染根部並形成共生

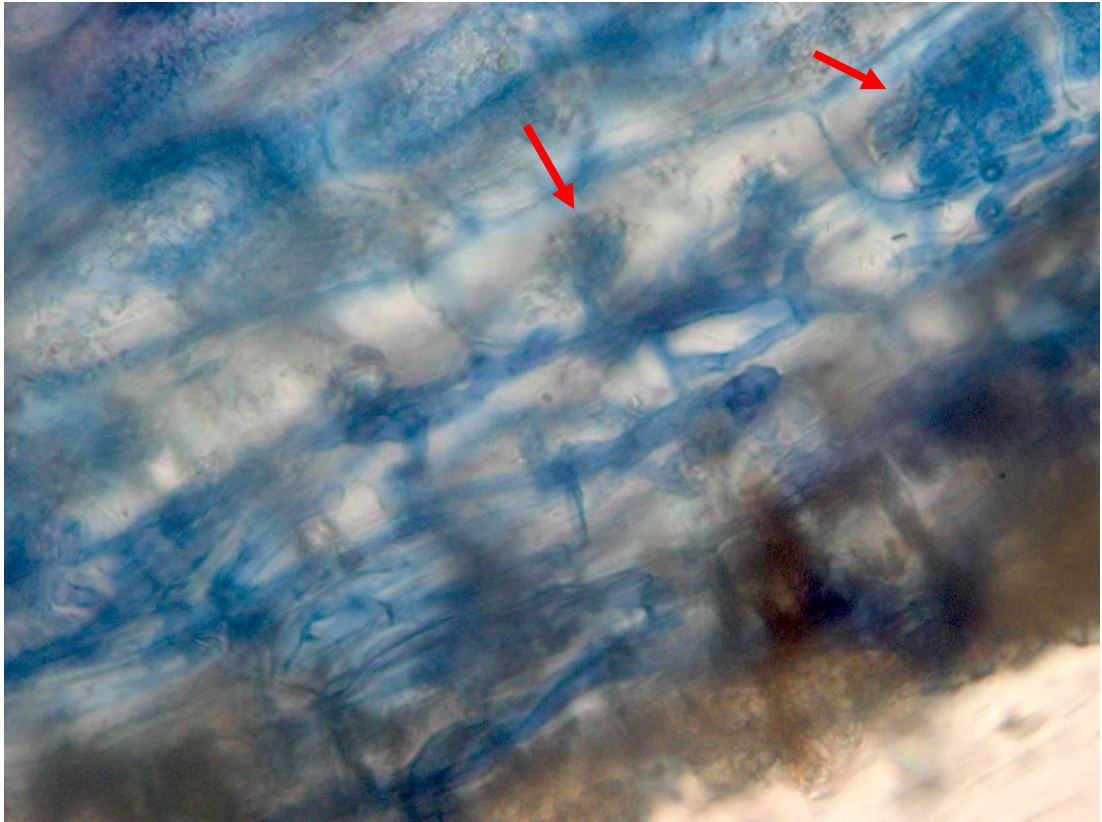


圖 21. 錫蘭七指蕨根內叢枝體，確認菌根菌的共生存在，並有養份交換的產生。

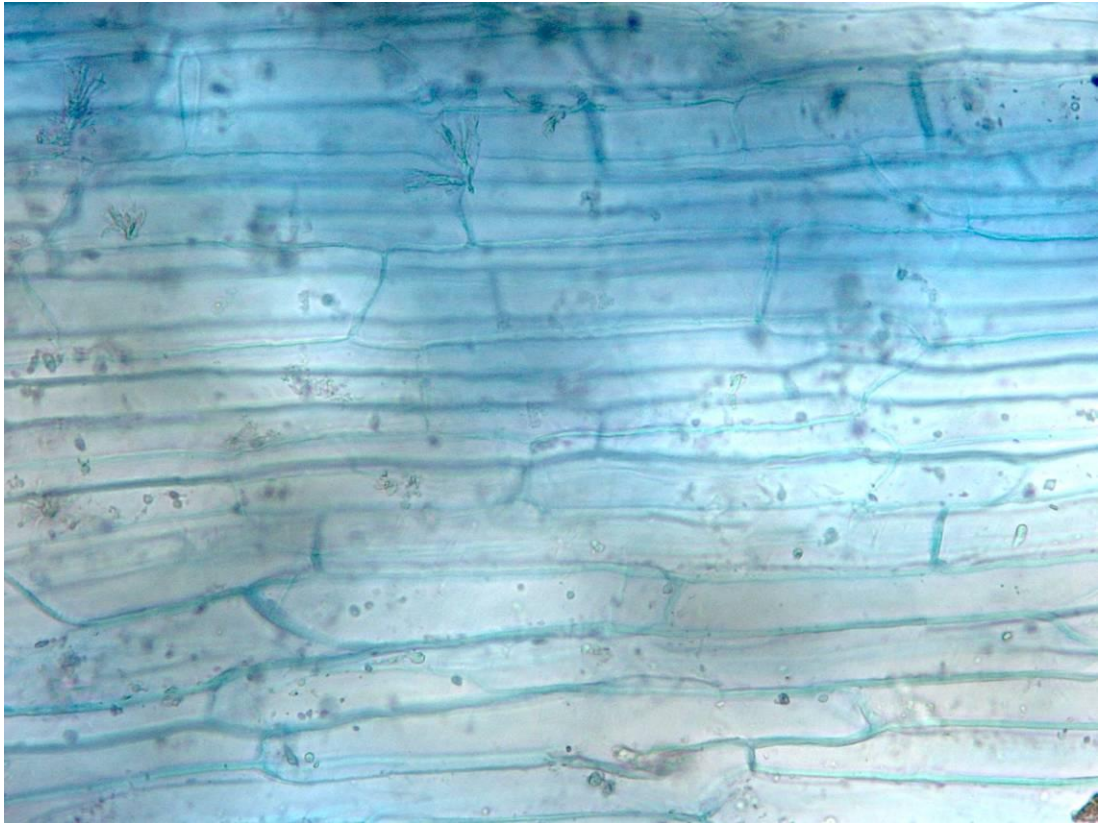


圖 22. 未感染菌根菌之錫蘭七指蕨根部。

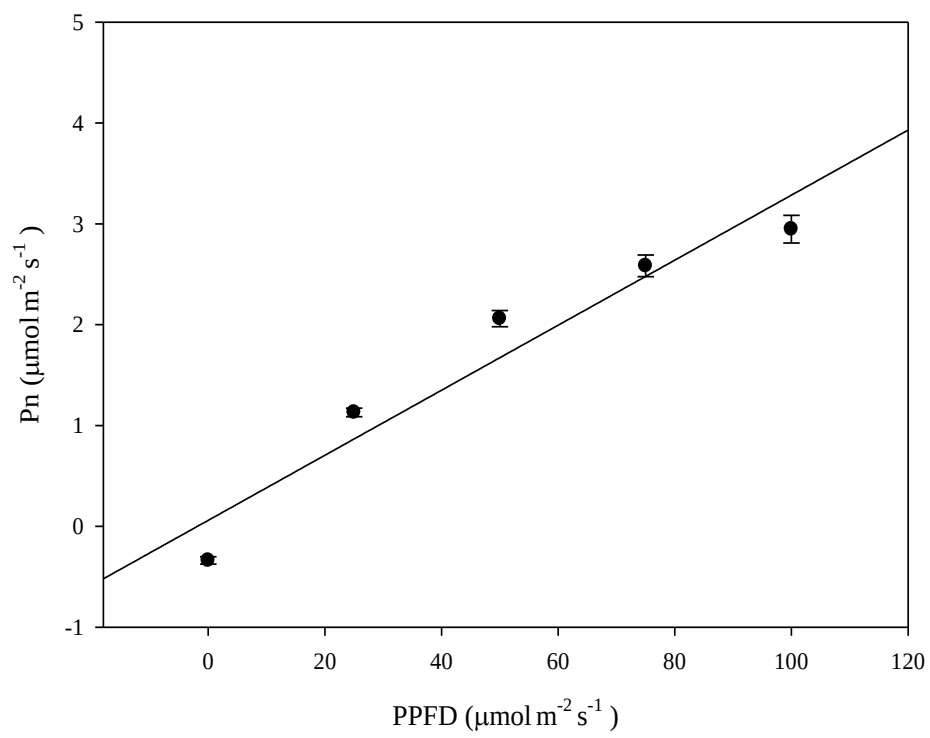
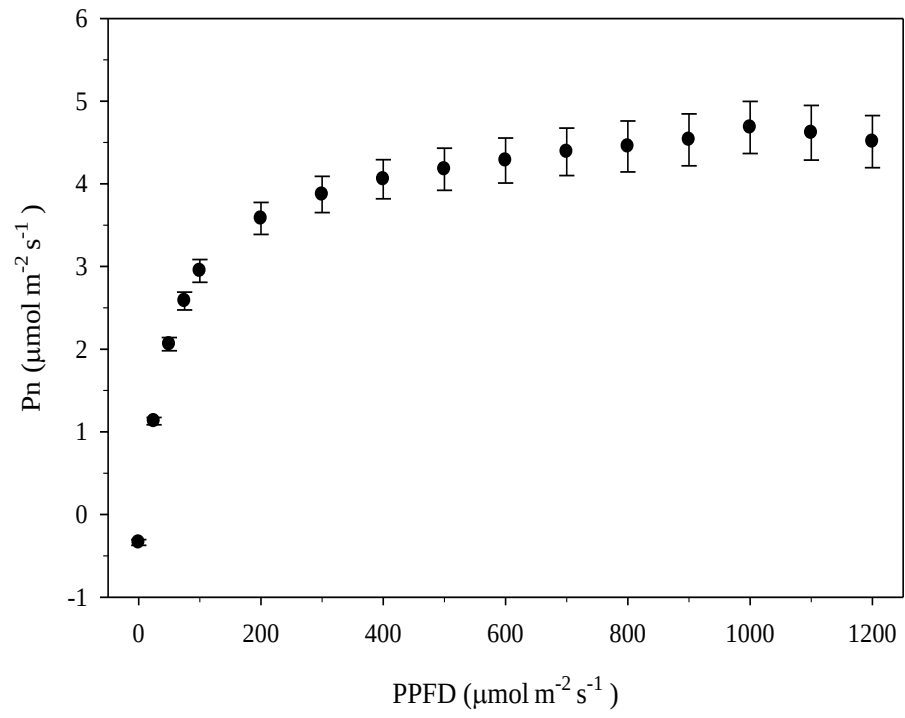


圖 23. 生長於特生中心網室之錫蘭七指蕨光反應曲線。

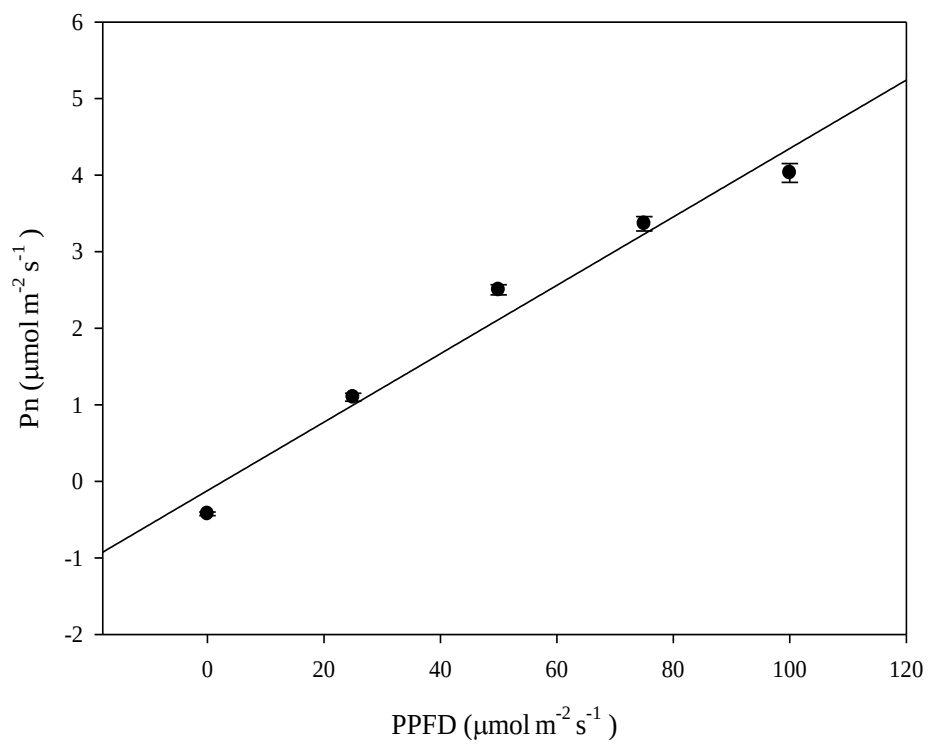
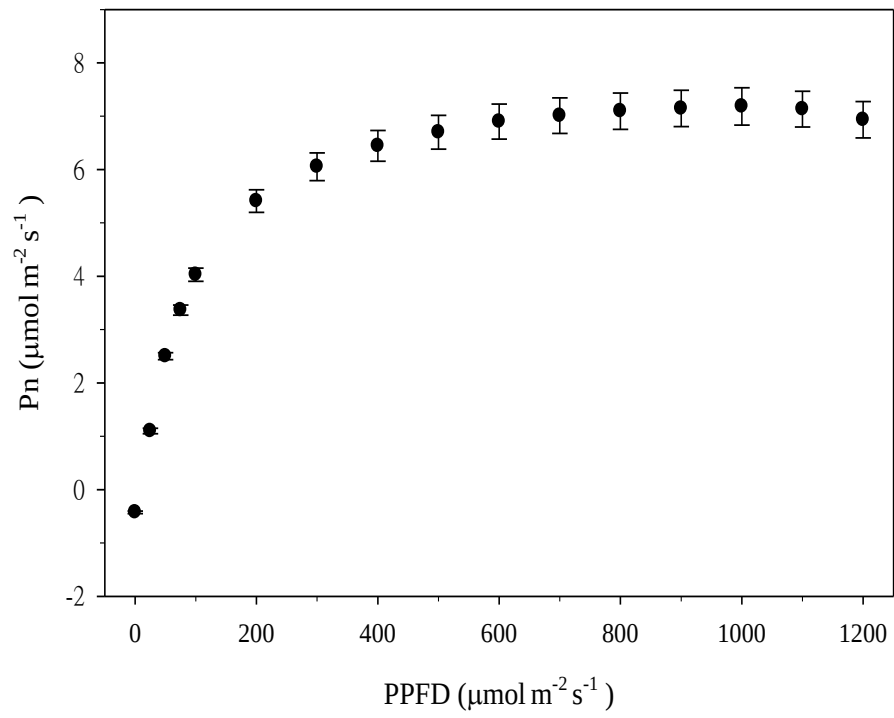


圖 24. 生長於惠蓀林場之錫蘭七指蕨光反應曲線。

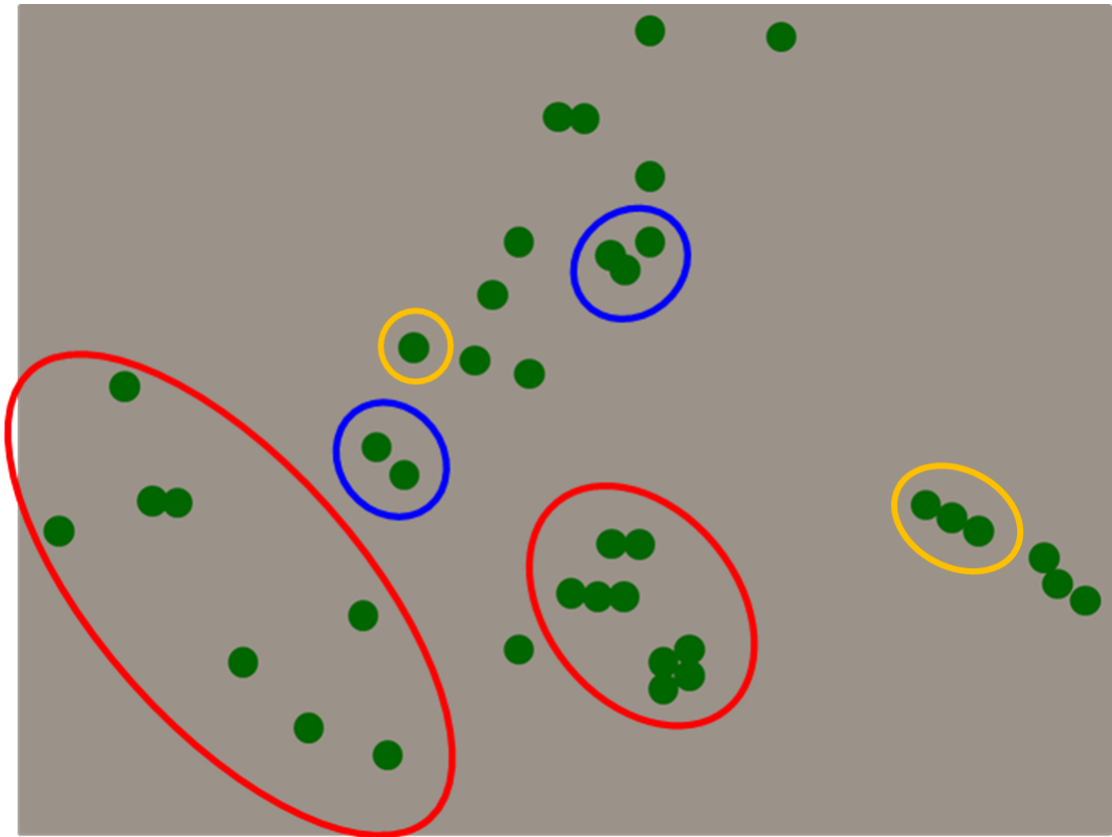


圖 25. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年植株分布相對位置圖暨移地保育移植示意圖。綠色圓點：錫蘭七指蕨植株。藍色線：於 2013 年 9 月 3 日取回 3 叢共 5 枝植株；紅色線：於 2013 年 10 月 18 日取回 11 叢共 17 枝植株；黃色線：於 2013 年 12 月 3 日取回 2 叢共 4 枝植株。

表 1. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年各月之氣象資料

氣象參數	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	93.5	168.6	436.5	313.3	470.0	584.5	421.9	485.6	720.2	457.3	183.4	89.7
最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	390.9	444	1169.6	685.6	1222.4	1337.6	1219.2	1484	1564.8	1227.2	1038.4	312.2
高溫平均 ($^{\circ}\text{C}$)	20.2	23.9	25.1	24.1	27.5	30.1	30.3	29.2	29.0	27.2	24.9	20.6
最高氣溫 ($^{\circ}\text{C}$)	24.7	27.7	30.2	29.4	31.8	31.8	31.7	31.6	31.3	30.7	30.9	26.5
低溫平均 ($^{\circ}\text{C}$)	11.9	14.9	15.6	17.9	21.2	22.6	22.1	22.8	22.1	19.1	17.0	12.5
最低氣溫 ($^{\circ}\text{C}$)	8.7	12.7	10.4	12.5	18.5	21.0	20.6	20.8	18.8	14.8	8.2	6.5
平均土壤溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	16.8	18.5	19.4	20.6	23.1	24.5	24.3	24.5	24.1	22.3	20.2	16.4
平均土壤濕度 (%)	33.3	20.9	19.7	42.4	44.5	34.0	42.6	42.9	38.5	31.7	21.9	22.4

表 2. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 1 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Jan	40.0	16.1	10.2	15.7	36.6
2-Jan	60.4	20.3	13.9	16.4	35.9
3-Jan	33.0	16.3	12.9	17.0	35.8
4-Jan	46.9	17.9	12.2	16.8	36.7
5-Jan	390.9	21.9	13.7	17.1	36.1
6-Jan	108.1	23.2	13.7	17.4	35.1
7-Jan	65.5	23.6	15.6	18.0	34.1
8-Jan	37.5	17.6	15.3	18.1	33.6
9-Jan	21.0	15.2	12.7	17.6	33.8
10-Jan	63.5	17.4	12.3	16.9	34.2
11-Jan	55.5	18.1	11.3	16.8	34.1
12-Jan	98.3	22.2	15.0	17.3	33.9
13-Jan	41.1	19.0	13.4	17.7	38.9
14-Jan	147.3	18.4	9.5	17.1	38.5
15-Jan	59.2	20.8	8.9	16.3	37.1
16-Jan	175.6	20.3	9.5	16.3	35.9
17-Jan	130.3	19.7	9.0	16.3	34.8
18-Jan	117.6	17.2	8.7	15.7	34.2
19-Jan	97.1	20.4	9.6	15.6	33.7
20-Jan	75.1	21.5	10.5	16.0	33.1
21-Jan	147.6	23.7	12.2	16.5	32.4
22-Jan	84.6	23.8	13.7	17.1	31.6
23-Jan	70.9	22.1	14.2	17.6	30.9
24-Jan	124.8	21.5	13.9	17.5	30.3
25-Jan	102.0	18.7	12.1	17.4	29.9
26-Jan	94.3	18.4	11.0	16.8	29.5
27-Jan	60.5	19.4	11.9	16.6	29.2
28-Jan	113.5	20.8	10.3	16.3	28.8
29-Jan	85.8	22.5	10.9	16.4	28.3
30-Jan	42.0	24.1	11.3	16.5	27.7
31-Jan	108.5	24.7	11.4	16.7	27.1
平均	93.5	20.2	11.9	16.8	33.3

表 3. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 2 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Feb	130.5	25.9	13.6	17.1	26.5
2-Feb	82.9	23.8	16.6	18.0	26.0
3-Feb	106.7	22.8	16.9	18.4	25.6
4-Feb	195.6	27.4	17.6	18.9	25.4
5-Feb	100.2	24.3	17.6	19.5	25.0
6-Feb	221.1	24.7	16.4	19.3	24.5
7-Feb	93.0	23.5	15.9	19.0	24.0
8-Feb	104.8	21.4	13.5	18.7	22.8
9-Feb	177.0	22.3	12.7	17.9	22.0
10-Feb	70.3	18.6	13.3	17.4	21.3
11-Feb	240.0	21.5	14.3	17.4	21.1
12-Feb	156.0	26.6	14.6	17.8	21.0
13-Feb	199.3	23.4	14.1	18.1	20.7
14-Feb	195.4	25.7	15.0	18.3	20.5
15-Feb	135.4	25.3	15.6	18.9	20.4
16-Feb	444.0	23.2	14.3	18.6	19.4
17-Feb	327.2	26.4	14.5	18.6	18.9
18-Feb	332.2	27.7	15.9	19.1	18.7
19-Feb	111.2	25.0	14.1	19.8	18.2
20-Feb	118.2	21.2	13.6	18.6	16.5
21-Feb	127.0	22.3	13.3	18.1	15.7
22-Feb	96.0	23.1	14.3	18.2	14.3
23-Feb	187.8	22.7	13.9	18.0	14.2
24-Feb	150.3	22.7	13.3	17.9	22.2
25-Feb	135.2	23.8	14.1	18.2	21.0
26-Feb	140.8	24.7	15.7	18.5	20.5
27-Feb	192.9	26.6	16.7	19.1	20.2
28-Feb	150.3	23.3	16.6	19.2	20.0
平均	168.6	23.9	14.9	18.5	20.9

表 4. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 3 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Mar	120.8	27.9	16.4	19.3	19.8
2-Mar	49.3	19.5	12.5	18.9	19.7
3-Mar	34.0	12.5	11.4	17.1	19.8
4-Mar	150.1	20.3	10.9	16.5	19.9
5-Mar	177.5	23.5	11.7	17.0	19.8
6-Mar	160.8	24.2	11.5	17.4	19.6
7-Mar	523.2	25.3	10.4	17.3	19.4
8-Mar	429.6	26.5	12.5	17.5	19.2
9-Mar	212.8	26.1	14.3	18.1	19.0
10-Mar	666.4	28.1	15.4	18.8	18.8
11-Mar	804.8	26.1	16.1	19.3	18.6
12-Mar	1169.6	27.4	14.8	19.3	18.5
13-Mar	201.7	27.8	17.4	19.7	18.3
14-Mar	623.2	23.2	14.1	19.6	18.2
15-Mar	173.5	22.1	15.1	18.8	18.1
16-Mar	684.0	26.0	14.7	18.9	18.0
17-Mar	897.6	27.8	15.7	19.6	17.8
18-Mar	199.3	25.1	18.4	20.0	17.7
19-Mar	164.8	26.1	18.1	20.2	17.7
20-Mar	264.2	28.0	19.6	20.8	17.6
21-Mar	163.1	24.7	17.4	20.6	17.5
22-Mar	1032.0	29.2	16.9	20.4	17.4
23-Mar	608.0	30.2	19.5	21.2	17.2
24-Mar	279.2	26.1	19.4	21.3	17.1
25-Mar	900.8	25.4	17.3	21.0	17.1
26-Mar	308.7	22.9	16.1	20.4	17.0
27-Mar	1147.2	27.1	17.2	20.4	30.1
28-Mar	403.3	26.8	17.2	20.9	26.8
29-Mar	222.3	23.4	18.6	20.6	29.9
30-Mar	227.9	24.5	18.1	20.8	23.6
31-Mar	531.2	25.4	16.2	20.6	22.1
平均	436.5	25.1	15.6	19.4	19.7

表 5. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 4 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Apr	119.8	22.8	18.0	20.3	33.0
2-Apr	574.4	26.6	18.6	20.8	33.0
3-Apr	852	25.8	17.5	20.9	38.4
4-Apr	151.1	25.0	18.5	20.9	38.9
5-Apr	57.4	21.1	19.8	20.7	47.6
6-Apr	27	21.2	14.3	20.5	49.9
7-Apr	355.6	20.7	12.5	19.3	45.3
8-Apr	433.6	25.3	15.0	19.5	42.2
9-Apr	456.8	25.5	17.2	20.1	42.2
10-Apr	234.9	19.0	16.3	19.7	44.6
11-Apr	80.5	19.0	16.3	19.3	43.2
12-Apr	61.3	18.3	15.9	19.0	43.4
13-Apr	67.7	19.3	16.6	18.9	43.3
14-Apr	52.5	19.2	17.0	19.1	43.2
15-Apr	932	24.7	15.9	19.5	42.3
16-Apr	592	26.8	18.3	20.6	40.9
17-Apr	132	25.9	20.1	21.0	39.4
18-Apr	127.2	26.2	21.1	21.3	38.6
19-Apr	163.3	25.4	21.0	21.6	38.1
20-Apr	233.6	26.1	20.4	21.7	39.7
21-Apr	63	21.6	16.6	21.2	45.0
22-Apr	156.6	22.5	16.0	20.3	43.4
23-Apr	920	28.8	19.1	21.1	41.7
24-Apr	452	28.1	20.8	22.0	40.2
25-Apr	183.2	26.5	19.9	22.0	42.6
26-Apr	332.8	25.6	19.7	21.6	44.6
27-Apr	49.5	20.5	18.6	21.1	50.5
28-Apr	409.6	26.9	18.9	21.0	49.0
29-Apr	685.6	28.3	18.6	21.7	44.9
30-Apr	443.2	29.4	19.9	22.3	42.6
平均	313.3	24.1	17.9	20.6	42.4

表 6. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 5 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-May	140.6	22.9	18.5	22.3	49.2
2-May	66.2	21.4	18.9	21.3	45.8
3-May	63.9	20.8	19.4	20.9	48.4
4-May	190.4	26.0	18.7	21.2	46.8
5-May	317.6	26.9	20.4	21.8	45.0
6-May	200.1	27.8	21.1	22.3	43.8
7-May	932.0	28.3	20.2	22.5	42.3
8-May	226.5	27.3	21.3	22.6	41.1
9-May	376.8	28.2	20.8	22.6	40.7
10-May	1222.4	31.0	21.7	23.2	39.6
11-May	492.0	26.2	21.7	23.3	49.1
12-May	131.2	24.3	21.6	22.9	38.8
13-May	165.7	24.4	20.8	22.7	52.0
14-May	1022.4	26.7	19.7	22.8	49.6
15-May	1042.4	29.1	20.5	23.0	47.4
16-May	200.2	26.7	22.6	23.3	47.2
17-May	219.6	26.8	22.1	23.2	39.6
18-May	353.1	29.5	22.8	23.7	44.2
19-May	89.1	26.0	22.9	23.8	48.7
20-May	579.2	29.0	22.1	23.8	49.3
21-May	219.5	26.3	22.0	23.6	51.0
22-May	614.4	30.0	21.5	23.6	48.6
23-May	146.0	26.5	22.3	23.5	49.2
24-May	1108.0	29.7	22.1	23.8	45.3
25-May	285.9	28.8	22.1	23.9	44.0
26-May	750.4	27.5	21.1	23.7	44.2
27-May	1057.6	31.4	21.0	23.8	42.1
28-May	209.1	28.8	22.2	24.0	39.6
29-May	587.2	31.1	22.7	24.3	37.7
30-May	818.4	31.0	21.7	24.3	35.4
31-May	740.8	31.8	22.3	24.5	33.7
平均	470.0	27.5	21.2	23.1	44.5

表 7. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 6 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Jun	700.8	29.9	22.8	24.6	32.1
2-Jun	748	31.2	21.0	24.5	30.6
3-Jun	745.6	31.1	22.2	24.6	29.1
4-Jun	177	28.9	21.2	24.4	34.8
5-Jun	113.8	27.8	21.8	23.8	37.1
6-Jun	697.6	30.0	22.4	24.1	35.3
7-Jun	624.8	30.2	21.8	24.3	32.6
8-Jun	879.2	31.3	22.1	24.5	30.3
9-Jun	864	30.1	22.4	24.4	27.8
10-Jun	79.5	28.4	23.5	24.5	25.9
11-Jun	869.6	31.1	22.9	24.5	31.8
12-Jun	477.6	29.4	22.5	24.2	36.8
13-Jun	143.5	28.7	23.1	24.1	39.9
14-Jun	124.3	28.8	23.1	24.4	37.0
15-Jun	92.3	28.8	22.7	24.3	35.4
16-Jun	923.2	30.0	22.2	24.2	36.3
17-Jun	620	29.1	22.5	24.2	36.0
18-Jun	944	30.6	23.6	24.6	33.1
19-Jun	526.4	30.7	22.3	24.5	28.2
20-Jun	319.29	29.5	22.8	24.5	24.6
21-Jun	274.7	30.1	24.1	24.7	41.4
22-Jun	144.4	29.8	24.2	24.7	39.1
23-Jun	920	31.3	23.9	24.9	37.0
24-Jun	176.4	31.1	22.6	24.7	36.4
25-Jun	608	27.1	22.5	24.2	36.7
26-Jun	1337.6	31.8	22.9	24.5	36.6
27-Jun	682.4	30.9	23.5	24.9	35.6
28-Jun	1159.2	31.8	21.5	24.8	34.1
29-Jun	972	31.1	21.3	24.7	32.8
30-Jun	589.6	31.5	23.1	24.9	35.8
平均	584.5	30.1	22.6	24.5	34.0

表 8. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 7 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Jul	1024.8	31.7	22.2	24.8	43.2
2-Jul	811.2	31.3	21.5	24.8	44.9
3-Jul	781.59	30.4	21.5	24.3	43.9
4-Jul	1219.2	31.1	21.6	24.4	44.0
5-Jul	872.8	31.2	22.3	24.5	44.5
6-Jul	313.59	31.2	21.9	24.4	43.7
7-Jul	923.2	31.3	21.6	24.3	44.3
8-Jul	947.2	31.2	21.0	24.1	44.1
9-Jul	581.6	30.4	21.7	24.1	44.2
10-Jul	655.2	29.5	20.6	23.8	44.4
11-Jul	274.2	30.4	21.4	24.0	43.0
12-Jul	153.4	29.8	23.4	24.4	40.8
13-Jul	46.2	29.2	21.7	24.2	48.7
14-Jul	200.6	29.5	21.2	23.8	43.0
15-Jul	684	30.4	21.8	24.1	45.2
16-Jul	206.1	28.1	22.3	24.0	45.7
17-Jul	647.2	30.6	22.2	24.2	41.9
18-Jul	115.8	29.0	22.2	24.0	40.4
19-Jul	101.4	28.8	22.7	24.1	39.3
20-Jul	98.19	29.3	22.9	24.2	38.2
21-Jul	243.8	30.7	23.8	24.7	37.1
22-Jul	229.4	31.4	23.6	24.8	35.6
23-Jul	440	31.6	22.9	25.0	37.4
24-Jul	154.1	31.2	22.0	24.6	44.0
25-Jul	108.5	29.0	22.7	24.4	43.6
26-Jul	265.4	28.2	22.4	24.3	43.8
27-Jul	144.6	29.8	22.3	24.2	42.3
28-Jul	365.5	31.3	22.5	24.5	41.9
29-Jul	157.29	30.9	22.0	24.4	42.1
30-Jul	228.7	31.1	21.7	24.7	42.8
31-Jul	83.1	30.8	21.1	24.2	43.3
平均	421.9	30.3	22.1	24.3	42.6

表 9. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 8 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Aug	185.3	28.1	20.8	24.0	42.5
2-Aug	166.1	29.3	22.1	24.1	42.0
3-Aug	915.2	30.8	23.0	24.4	42.0
4-Aug	203.8	31.1	22.6	24.6	42.9
5-Aug	944.8	30.5	22.1	24.5	42.1
6-Aug	492.8	31.5	23.0	24.9	42.1
7-Aug	505.6	30.4	23.1	24.8	44.9
8-Aug	396.6	31.0	22.6	24.7	42.4
9-Aug	945.6	31.4	22.8	25.1	39.9
10-Aug	148.5	30.6	23.2	25.1	39.7
11-Aug	143	31.2	23.0	25.0	41.2
12-Aug	489.6	31.1	23.7	25.2	38.4
13-Aug	440	29.6	24.1	25.2	37.3
14-Aug	90.2	30.4	22.7	25.0	41.8
15-Aug	179.7	29.2	22.4	24.4	43.7
16-Aug	854.4	30.3	22.4	24.6	41.6
17-Aug	560	28.9	22.4	24.6	39.5
18-Aug	899.2	30.4	22.6	24.6	38.0
19-Aug	1484	31.6	22.8	24.9	36.7
20-Aug	165.3	26.8	24.5	24.8	41.8
21-Aug	523.2	26.9	23.6	24.5	46.5
22-Aug	39.6	24.9	23.4	24.1	50.9
23-Aug	265.2	29.2	22.7	24.0	44.9
24-Aug	1120	29.3	22.4	24.2	45.2
25-Aug	922.4	30.6	22.0	24.1	44.2
26-Aug	764	29.3	22.3	24.4	43.7
27-Aug	492	30.2	24.3	24.8	44.6
28-Aug	618.4	29.0	24.6	25.1	43.3
29-Aug	13.2	24.8	20.8	24.3	49.5
30-Aug	62	24.0	21.2	23.1	48.4
31-Aug	25.2	23.7	22.1	23.1	49.6
平均	485.6	29.2	22.8	24.5	42.9

表 10. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 9 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Sep	64.4	23.4	20.5	22.9	48.9
2-Sep	634.4	25.7	18.8	22.6	43.6
3-Sep	1069.6	29.2	20.6	23.1	41.8
4-Sep	201.3	27.3	20.8	23.3	40.1
5-Sep	588	29.2	21.3	23.6	38.7
6-Sep	737.6	29.8	21.8	23.9	37.3
7-Sep	497.6	29.9	22.7	24.2	37.5
8-Sep	748	29.5	22.6	24.3	38.2
9-Sep	970.4	31.0	22.7	24.6	36.4
10-Sep	904.8	30.4	22.0	24.7	35.1
11-Sep	358.1	30.0	22.7	24.6	34.1
12-Sep	261.5	30.1	22.6	24.5	37.3
13-Sep	1367.2	30.4	21.9	24.3	42.3
14-Sep	1564.8	30.5	21.7	24.4	42.0
15-Sep	338.1	30.0	23.1	24.6	41.1
16-Sep	1196	30.1	23.5	24.8	40.2
17-Sep	1334.4	30.6	22.7	24.8	37.7
18-Sep	1300.8	31.1	21.6	24.7	35.9
19-Sep	1544	31.3	21.4	24.7	34.5
20-Sep	1418.4	30.0	23.4	24.9	33.6
21-Sep	35.79	26.8	23.3	24.4	32.6
22-Sep	140.6	27.0	23.0	24.0	32.8
23-Sep	55.1	26.9	23.2	23.9	39.2
24-Sep	144.69	27.4	22.8	23.8	44.1
25-Sep	1226.39	29.2	22.2	23.8	42.2
26-Sep	467.2	28.4	21.9	24.0	40.4
27-Sep	175	27.5	21.4	23.7	39.2
28-Sep	801.6	29.8	21.7	23.7	37.7
29-Sep	676.8	29.4	21.7	24.0	36.3
30-Sep	784	29.7	23.7	24.3	35.6
平均	720.2	29.0	22.1	24.1	38.5

表 11. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 10 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Oct	111.1	29.1	23.5	24.4	35.2
2-Oct	92.7	28.2	19.3	24.1	34.6
3-Oct	316.59	26.4	19.1	23.2	33.9
4-Oct	120	27.2	18.9	22.6	33.1
5-Oct	1227.2	28.5	18.9	22.6	32.2
6-Oct	22.3	23.3	21.1	22.7	39.2
7-Oct	348.6	30.5	20.8	22.8	40.9
8-Oct	429.6	28.2	22.0	23.2	42.4
9-Oct	448	29.9	22.1	23.5	40.1
10-Oct	493.6	28.8	21.6	23.7	38.0
11-Oct	172.7	28.7	22.4	23.8	36.3
12-Oct	423.2	29.4	22.0	23.7	35.0
13-Oct	176.7	28.5	22.9	23.8	34.1
14-Oct	623.19	30.7	21.8	23.8	32.7
15-Oct	632	27.8	20.7	23.6	31.5
16-Oct	130.2	26.1	16.5	22.8	30.7
17-Oct	548	26.2	16.4	21.8	29.9
18-Oct	152.6	27.1	18.4	21.9	29.3
19-Oct	219	27.5	20.4	22.2	29.1
20-Oct	409.6	26.6	19.9	22.4	28.8
21-Oct	391	26.4	18.9	22.1	28.6
22-Oct	154.1	25.9	17.4	21.7	28.4
23-Oct	152.5	25.4	17.0	21.2	28.0
24-Oct	149.19	23.3	16.8	20.8	27.6
25-Oct	707.2	25.2	16.1	20.5	27.3
26-Oct	852.8	25.5	15.5	20.3	26.9
27-Oct	946.4	25.4	14.8	20.0	26.5
28-Oct	1036.8	26.3	16.0	20.1	26.1
29-Oct	773.59	26.2	16.1	20.2	25.7
30-Oct	886.4	27.5	17.2	20.4	25.3
31-Oct	1028.8	27.8	17.2	20.7	25.0
平均	457.3	27.2	19.1	22.3	31.7

表 12. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 11 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Nov	1038.4	29.5	19.0	21.1	24.7
2-Nov	63.6	24.2	20.7	21.5	24.5
3-Nov	102	26.6	20.8	21.8	24.7
4-Nov	83.5	26.3	21.2	21.9	24.5
5-Nov	63.5	24.7	19.9	21.6	24.2
6-Nov	260.29	26.2	19.9	21.5	24.1
7-Nov	105.2	25.9	20.4	21.8	24.0
8-Nov	899.2	28.9	20.4	22.0	23.8
9-Nov	397.2	27.6	20.2	22.0	23.4
10-Nov	376.4	30.9	21.1	22.2	23.3
11-Nov	150.1	28.0	20.4	22.4	23.0
12-Nov	101.3	26.8	19.8	21.9	22.7
13-Nov	103.6	26.8	18.9	21.7	22.4
14-Nov	94.8	27.3	17.8	21.3	22.2
15-Nov	224.39	27.7	18.6	21.4	22.0
16-Nov	105.1	25.4	17.2	21.0	21.8
17-Nov	125.1	24.5	14.1	20.3	21.8
18-Nov	121.1	22.7	12.8	19.2	21.5
19-Nov	111.5	21.7	13.1	18.5	21.1
20-Nov	104.3	21.8	14.6	18.4	20.7
21-Nov	96.3	23.2	16.1	18.7	20.5
22-Nov	85.8	20.3	15.7	18.7	20.3
23-Nov	212.2	26.8	13.9	18.6	19.5
24-Nov	85	27.6	15.8	19.0	18.5
25-Nov	50.7	20.0	15.0	19.2	18.2
26-Nov	97.9	23.3	15.6	18.7	18.9
27-Nov	93.9	24.2	15.6	18.8	19.0
28-Nov	38.6	16.4	12.0	18.1	21.1
29-Nov	49.09	19.4	8.2	16.7	21.0
30-Nov	61.1	21.6	9.8	16.1	19.3
平均	183.4	24.9	17.0	20.2	21.9

表 13. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2013 年 12 月每日平均氣象資料

日期	最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	氣溫 (°C)		土壤	
		最高	最低	溫度(°C)	濕度(%)
1-Dec	97.1	22.5	10.8	16.4	18.1
2-Dec	46	23.7	10.1	16.4	18.0
3-Dec	52.3	24.1	12.0	16.5	17.8
4-Dec	53	23.5	10.4	16.4	17.7
5-Dec	60.2	24.2	9.8	16.1	17.3
6-Dec	67.59	24.6	12.4	16.4	16.7
7-Dec	90.7	25.7	14.4	17.0	15.9
8-Dec	119.6	25.4	14.8	17.6	16.1
9-Dec	126.9	25.4	16.1	18.3	15.1
10-Dec	105.1	20.6	15.1	18.1	15.0
11-Dec	59.5	16.8	13.9	17.3	17.2
12-Dec	95.5	20.4	13.7	16.9	13.8
13-Dec	69.09	21.6	16.2	17.3	9.7
14-Dec	90.1	27.9	16.1	17.9	11.5
15-Dec	97.9	23.4	18.2	18.4	10.5
16-Dec	86.1	26.5	15.5	18.8	12.4
17-Dec	26.7	16.6	13.4	17.9	28.8
18-Dec	45.8	14.7	12.2	16.4	35.8
19-Dec	47.3	14.4	11.0	15.8	34.8
20-Dec	104.1	15.3	11.1	15.4	34.2
21-Dec	53.8	14.2	12.0	15.4	34.1
22-Dec	83.4	18.2	11.3	15.3	32.5
23-Dec	162.6	22.9	12.5	15.6	29.5
24-Dec	105	19.8	13.1	16.0	26.9
25-Dec	312.2	22.2	13.4	16.1	25.5
26-Dec	51.4	15.8	10.8	16.1	27.1
27-Dec	120.9	14.7	6.5	15.1	31.6
28-Dec	78.5	16.1	7.0	14.0	31.3
29-Dec	110.5	16.8	9.8	14.3	29.4
30-Dec	84.2	20.6	10.4	14.4	27.1
31-Dec	77.8	21.5	12.0	15.0	24.1
平均	89.7	20.6	12.5	16.4	22.4

表 14. 湖山水庫錫蘭七指蕨樣區 2012 年各月之氣象資料

氣象參數	月份									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
平均光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	227.7	335.6	415.9	291.4	628.5	201.8	228.0	111.3	76.0	63.5
最高光強度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	816.0	1087.2	1243.2	1280.0	1166.4	796.8	927.2	558.4	202.9	158.8
高溫平均 ($^{\circ}\text{C}$)	23.3	26.6	28.3	28.5	29.9	28.5	28.6	26.6	24.5	21.0
最高氣溫 ($^{\circ}\text{C}$)	30.5	31.5	31.8	31.4	31.8	30.5	30.2	27.8	27.8	26.9
低溫平均 ($^{\circ}\text{C}$)	15.0	19.6	21.6	23.0	23.0	22.6	21.4	18.9	17.5	14.2
最低氣溫 ($^{\circ}\text{C}$)	11.3	15.3	19.5	21.8	21.6	21.4	17.8	16.9	14.0	10.2
平均土壤溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	18.9	21.6	23.8	24.8	25.5	24.9	24.5	22.5	21.3	18.9
平均土壤濕度 (%)	35.1	33.5	42.5	44.9	34.6	30.3	10.2	0.0	19.6	33.8

表 15. 錫蘭七指蕨生育地土壤物理化學性質分析

分析項目 \ 測值	湖山水庫樣點 A 測值	湖山水庫樣點 B 測值
有機質	3.02%	3.83%
pH	4.18	4.47
EC	0.351 dS·m ⁻¹	0.370 dS·m ⁻¹
質地	黏土	黏質壤土
銨態氮	8.11 mg·kg ⁻¹	9.47 mg·kg ⁻¹
硝酸態氮	12.2 mg·kg ⁻¹	16.2 mg·kg ⁻¹
有效磷	1.20 mg·kg ⁻¹	1.48 mg·kg ⁻¹
交換性鈣	122 mg·kg ⁻¹	229 mg·kg ⁻¹
交換性鉀	42.7 mg·kg ⁻¹	46.8 mg·kg ⁻¹
交換性鎂	138 mg·kg ⁻¹	156 mg·kg ⁻¹
交換性鈉	19.4 mg·kg ⁻¹	20.4 mg·kg ⁻¹
CEC	11.8 cmol _c ·kg ⁻¹	12.2 cmol _c ·kg ⁻¹

(委託國立中興大學農業暨自然資源學院土壤調查試驗中心進行分析)

計畫名稱：湖山水庫棲地改善試辦計畫

英文名稱：Constructing a demonstration site to test ecological restoration of lowland forest ecosystem in the Hushan Reservoir Area

計畫編號：120-10

全程計畫期間：2012 年1 月1 日至 2014 年12 月31 日

本年計畫期間：2013 年1 月1 日至 2013 年12 月31 日

計畫主持人：林瑞興

研究人員：宋心怡、鍾雨岑

一、摘要

湖山水庫及鄰近地區近年已建立基礎生態資料，並研擬復育策略建議，但大規模執行機制尚未成形。因此規劃設置「棲地改善試辦區」欲將研究成果於小範圍中應用。同時，建立合作平臺，使當地社區及工程單位能實際參與，尋找適合當地特性之經營策略。試辦區位於湖山水庫西北側，面積 0.26ha，主要為裸露地、芒草坡地及廢棄竹林。自 2012 年起，由中區水資源局、湖山水庫人文生態保護協會及特有生物研究保育中心三方合作下，完成整地、土質改善、苗圃建置與集苗等工作並栽植苗木 21 種 541 棵。2013 年實施定期撫育並補植苗木 6 種 20 棵以增加森林結構及教育意義。同時，由研究人員及中水局同仁 6 名，帶領中水局導覽員課程學員 30 名共同監測苗木的存活率與生長量，至 10 月為止苗木生存率 77%，平均樹高 147cm。試辦區之原生苗木在移除竹林競爭後生長良好，並有動物傳播之小苗萌發。然而，各小區域的演替狀況略有差異，採集土壤檢測後，發現土壤質地及有機質含量有可能影響棲地改善成效。2013 年澆灌及除草撫育花費 9 萬元。本計畫依據實際執行經驗，估計每 0.3ha 的棲地改善，前三年需預算 40 萬元，可為各界參考，但務必依照地形、水源、人力、苗木來源等現況調整。期望本計畫最終能形成案例，讓各界瞭解棲地改善的可行性、方法、成本與效果。

Abstract

Ecological information and restoration suggestions of the Hushan Reservoir areas have been established in recent years, but lack of practical application. Therefore, the aim of this project is to set a demonstration site for small scale application. It can also play a role of cooperation platform, which scholars, local community and engineering staffs can find the best strategy of management. The demonstration site is about 0.26 hectares, located on north-west side of Hushan Reservoir, composes of bare land and abandoned bamboo forest. In 2012, we carried

on soil preparation, nursery establishing, seedling collecting. We planted 542 seedlings of 21 species in 2012 and 20 seedling of 6 species in 2013. We monitored the survival and growing of the seedlings together with local community and engineering staffs. The survival rate of seedlings is 77% in the end of 2013. After removing the grasses and bamboo, the growing of original seedlings were greatly improved. According to this project, we suggest that budget for each 0.3 Hectare restoration should be 400,000 NTD for first three year. The budget should adjust by terrain, water supply, human affairs and seedling sources. We expect the project become a model case, revealing the possibility, cost and result of ecological restoration.

關鍵字：適應性管理、森林復育、主動促進自然更新、多方權益關係人

Keywords: adaptive management, forest restoration, accelerated natural regeneration, multi-stakeholders.

二、計畫目的

有些人主張大自然有自主更新能力，不去管理就是最佳方案。但事實上，有些地區如果不進行人為主動管理，將無法回復原有的生態，必須藉由主動促進自然更新才能使生態恢復常軌(Harrington 1999)。近年各國有許多資源投入植樹造林的活動，但這些行動常缺乏清楚目標或欠缺與當地社群溝通，而無法達成預期改善經濟或環境的成效(Jeffrey et al. 2004)。因此，本計畫希望能在生態層面，以符合當地森林動態的方式，主動促進自然更新，改善棲地品質；在人文層面，瞭解並運用社區資源與人力，增加當地居民的參與，重建人與森林之間的情感聯繫；在制度層面，能與相關單位組成工作小組，並記錄各階段的執行流程與預算運用。

森林生態系復育或棲地改善是一種新的土地利用方式，經由完善的規劃與運用，能提升生態及教育休閒價值，但土地所有人通常對這樣的利用方式不熟悉。如果能設置示範區(demonstration sites)，以小範圍、容易施做的區域開始，建立成功經驗之後，就能將相關經驗推行至更大的面積(Lamb 2007)。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」已分別規劃及執行生態系現況評估、指標物種生活史調查、復育基地選擇空間模式、棲地復育及改善方法試驗、森林生態系復育建議書等，不同類型的研究計畫，相關成果已彙整於「湖

山水庫自然生態調查地理資訊系統」中(林等 2011a)。復育基地選擇空間模式研究顯示，為補償湖山水庫開發所導致的生態損失，建議補償面積為 450ha，最少不應低於損失的闊葉林面積 105ha(林等 2010)。藉由歷年的研究與調查，已研擬有森林生態系復育策略建議書(林等 2011b)，但大規模森林生態系復育之執行機制尚未成形。

國外已有不少結合社區參與、跨單位整合的森林復育計畫，涉及多方權益相關單位(multi-stakeholders)(Sayer 2005)。復育示範區的執行，需仰賴土地所有者、執行單位、決策者、管理者、研究人員、資源擁有者的積極對話 (Shanker Raman and Mudappa 2003；Elliott et al. 2006；Medeiros and von Allmen 2006)，對各方的價值觀、資源與限制，進行討論與協商(Cabin et al. 2004)。雖然初期示範區因面積限制，無法大幅增加生物多樣性，但藉由辦理示範區森林復育行動的展現，能取得社區居民的共識與支持，提升森林復育範圍之學術、旅遊與教育價值，同時培養經營管理的人力，甚至影響決策者及社會大眾的觀念(Gardiner et al. 2008)。本計畫即欲藉由設置「棲地改善試辦區」，將試驗研究的成果具體應用與展現於其中，提供學術與實做之聯繫，並作為當地社區居民參與的平臺。同時，讓蒞臨水庫參觀者，容易親近森林復育的現場，並對森林復育的內涵一目了然。最終希望建立湖山森林復育經驗，讓各單位瞭解森林復育的可行性、執行方法、成本與效果，進而吸引更多資源投入，增加森林復育面積，補償開發所造成的棲地損失。

三、重要工作項目及實施方法

本計畫總目標訂為：「以湖山水庫森林生態系研究為基礎，經由多方單位的合作，以人為主動促進自然更新的方式，建立恢復本地生態特性之試辦區，讓各界瞭解森林生態系復育的可行性、方法、成本與效果」。工作項目分為棲地改善作業以及合作機制建立兩大部分：

1. 棲地改善作業

試辦區設於水庫西北側(N23° 41' 51.0", E120° 37' 41.8") (圖 1)，位於生態保留及復育區內，整體面積約 0.26 公頃。其為 2007 年導水路工程之廢土所堆填之空地與草坡，曾作為庫區內樹木移地移植之場所，坡地上方為廢棄竹林。本計畫依據試辦區環境特性進行規劃，分為 A-G 等 6 個小區(圖 1)。A-C 區原為廢棄竹林、D-E 區原為芒草坡地、F-G 原為短草裸露地。試辦區採框架樹種 (framework species) 種植法(Elliott et al. 2006)，或稱裸母樹(nurse crop)種植法

(Harrington 1999)。於初期栽植生長快速、耐日曬的陽性植物，以提供遮陰環境給後期種植較不耐日曬的樹種。苗木種源以當地採集為主，確保樹苗具有適應當地環境的特質。苗木栽植時，會依照苗木種類特性調整種植區域。

在棲地改善過程中，記錄每一步驟的作法、日期、器材及人力成本，並以拍照影像記錄，比較同一地點施做後的成效。主要棲地改善工作包括以下幾項：

- (1) 整地與改善土質：清除竹叢與雜草，收集有機堆肥原料，混入試辦區土壤中。
- (2) 苗圃建置及集苗：收集周邊野外環境之苗木，少部分至林務機關苗圃索取。
- (3) 苗木栽植：於 4 月進行第一期栽植，10 月進行第二期。隔年進行苗木補植。
- (4) 苗木撫育：於苗木栽植後進行，定期澆灌及清除雜草等。
- (5) 苗木監測：規劃簡易明確之監測步驟、苗木資料建置。

2. 合作機制建立

由特有生物研究保育中心(簡稱特生中心)、中區水資源局(簡稱中水局)及當地社區代表組成合作團隊，定期召開工作會議。由特生中心以湖山水庫森林生態系研究成果為依據，規劃試辦區執行草案，於工作會議中提出。各單位得依照自身資源與限制，給予修正建議。人力安排則以社區居民為優先，部分工作項目配合中水局培力計畫志工人力進行。試辦區初期工作會議原則上每月聚會至少 1 次，由各單位報告進度，並對所遇到的困難進行討論，並決定下個月份的執行細節及人力規劃。於苗木撫育期間，則依現場工作需求，不定期召開會議。

四、結果與討論

1. 棲地改善作業

2012 年試辦區完成整地、改善土質、水源建置、苗圃設置、集苗、苗木栽植及苗木撫育等工作，直接支出於試辦區的雇工及器材成本約 20 萬元，其計算不含苗圃建置維護、嘗試錯誤的預備費用、專業規劃人員的薪資等。本(2013)上半年度進行苗木撫育及苗木補植，支出 4 萬元，各項成本支出及建議預算詳列如表 1。如依據本計畫之策略辦理棲地改善措施，0.3 公頃面積棲地改善的首年需雇工及材料成本 23 萬元，之後第二年撫育照護成本約 13 萬元、第三年則為除草撫育 4 萬元，並依照地形、水源、人力、苗木來源等現況調整。

本計畫各項主要工作過程說明如下：

(1) 整地與改善土質

本計畫目標之一為使試辦區能有自然演替更新能力。試辦區棲地改善的第一步是移除外來種植物的競爭，於 2012 年二月進行，以砍草刀、割草機、鍊鋸為工具，清除試辦區外來種植物、優勢芒草與廢耕作物，種類包括五節芒、象草、大莞草、白茅、麻竹、龍眼等。在移除竹叢後，續以小怪手機具挖除大部分竹頭，僅因水土保持考量而保留少部分竹頭。現場原有樹木種類有血桐、山黃麻、樟樹及水庫移植之正榕、朴樹等共 55 棵。在清除草叢與竹叢後，原生苗木在去除芒草及竹林競爭後生長良好(圖 2)。2012 年 12 月標記實生苗木，發現有許多自然傳播之小苗萌發，共約 50 株，以血桐及白匏子等陽性樹種為主，茄苳、菲律賓榕、白肉榕及水同木等較少。至 2013 年 6 月，雖然大部分自然萌發的小苗被自然競爭淘汰，但也能見到不少實生苗木存活(圖 3)，實生苗木的生存率將於 10 月進行複查。

試辦區範圍中有部分為工程施做後的裸露地 (F-G 區)，土質貧瘠、缺少有機質，表面僅見少數草本植物生長，於是於 2012 年二月進行土質改善。其餘土壤品質較佳的區域，則略過土質改善步驟。原本欲以香菇廠淘汰的太空包，增加試辦區有機質，但因菇場淘汰時間不定、香菇包拆封不易、垃圾過多等缺點而捨棄此方案，改由向雲林縣油車合作農場購買有機肥料。填肥時，先以小怪手機具挖出堆肥溝，再以人工方式將肥料填入、覆土。水源建置於試辦區涼亭後方，此處原有一臨時逕流，於是沿逕流旁挖出一深約 1m，長寬各約 2m 之水池，使下方區域能有充足的水源，並提供水生植、動物生長之環境。

(2) 苗圃建置管理及集苗

本計畫苗圃用地由湖山社區發展協會贊助取得，苗圃面積 160 m²，預計可存放至少兩千棵苗木(圖 4)。社區發展協會有一承租空地，供居民栽種作物及聯誼使用，部分空地有水泥鋪面及現成水源與樑柱，地點位於道路邊，方便社區參與苗木撫育與管理，為設置社區苗圃的絕佳地點。苗圃屋頂鋼架搭建的專業技工含鋼材，覆蓋苗圃用的黑網由社區贊助。此外，苗圃入口泥濘，需鋪設水泥供車輛進入，水泥材料由社區贊助。本苗圃樑柱、黑網、水源、地面水泥都由社區贊助，若從頭興建預計耗費十多萬元，但本計畫苗圃基礎建置人力與器材成本僅耗費約 3 萬元。社區苗圃應請專人託管，並注意定期除草、澆水、巡視並清點死亡苗木。本苗圃現由中水局生態顧問公司人員管理，每日進行 3 小時澆灌及維護，並未另外聘請人工。

苗木採集於 2012 年 3 月天氣適合的日期於水庫附近實行，並於 4 月初至林務機關索取苗木不易採集的種類。於採集前規劃欲採集的種類、數量，並與採集者溝通正確種類，並在採集者徵得地主同意下，於試辦區附近採得實生苗木共 760 棵，加上原有棲地試驗剩餘苗木 140 棵及至林務機關索取 180 棵，結算於第一期苗木栽植前，總計苗圃暫存苗木共 35 種約 1,200 棵。人工採集苗木效率每人每天平均約 35 棵。數量約為規劃栽植之 2 倍，已預留自然折損消耗比例，足夠全年度苗木栽植使用。採集苗木多為湖山水庫週遭常見種類，如血桐、朴樹、咬人狗、菲律賓榕、稜果榕、水同木、菲律賓饅頭果、香楠、大葉楠、茄苳等，另有少數因誤認所採回者，如水冬瓜、水錦樹等。野外採集之苗木高度 50 至 130cm 不等。剛採回之苗木，除需植入盆中外，若較大、枝葉繁盛者也需先修除部分枝葉。放置於苗圃後，約 1 至 2 日澆水一次。野外採集之樹種，以血桐、咬人狗及菲律賓榕於苗圃中死亡率較高（25%-30%），其他樹種約在 10%-15% 之間。2013 年工作計畫決議，在試辦區苗木補植後，剩餘苗木將用於湖山水庫保護帶棲地改善及社區綠化。

(3) 苗木栽植

工作內容包括苗木由苗圃搬運至坡地、掘穴種植。本計畫於 2012 年 4 月 18 日至 20 日進行第一期栽植，以約每 10 m² 1 棵樹的密度，種植 10 種 215 棵苗木，多為生長快速的陽性樹種，並依照樹種特性及區塊環境特性調配種植位置。第二次苗木栽植宜於隔年春季進行，但 2012 年因計畫期程及人力考量，提早於 10 月 20 日至 26 日進行第二次苗木栽植，種植 17 種 326 棵苗木，並加強澆水撫育頻率以應冬季乾燥氣候。第一期加第二期苗木共 21 種 541 棵，加原有實生苗木，試辦區樹木密度達 2,200 棵/公頃，至 2012 年底生存率 91.3%。2013 年 6 月進行苗木補植，包括刺杜密、咬人狗、蟲屎、山柚、水錦樹、羅氏鹽膚木等 6 種 20 棵，除咬人狗外，其餘多為小喬木，以期能增加多樣性及森林結構，並增加教育價值。

(4) 苗木撫育

苗木栽植後，以每月 1 次的頻率除草撫育。過程中需事先以竹桿標示苗木，以免在除草時意外傷及小苗，並定時巡視有無自然萌發的小苗，加以標記。原預計每週兩次請水車澆灌小苗，但因雨水豐沛，因此試辦區並未支出澆水費用。建議苗木撫育與照護的頻率，除草每 2 個月 1 次，澆水頻率乾季每週 1 次，並依照

降雨狀況調整。除草方式分為以割草機除草及靠人力以鐮刀處理兩種。試辦區於整地及栽植初期，因樹木密度低、植被以芒草、象草等高大禾本科為主，以割草機除草較有效率。但隨著試辦區完成苗木栽植，機械除草反而容易傷及苗木，且地被層植被演替會受到較嚴重受干擾。於 2013 年年初雨季來臨前，因有許多自然小苗萌發，且地被層植被由蕨類及較低矮的草本植物取代，於是視地現場狀況，由機械式除草調整為人力除草，減少苗木損傷，保留地被層也有助於土壤保濕及水土保持。但雨季來臨後，草本植物生長茂盛，需以機械式除草較有效率。

(5) 苗木監測

2012 年所栽植 541 棵苗木，於當年 12 月測量並建立胸徑、地徑、樹高、冠幅等基礎數值，同時建立簡易明確的操作步驟及表格，12 月時存活率 91%，平均樹高及標準差 $101 \pm 52\text{cm}$ ，平均冠幅及標準差 $0.24 \pm 0.56\text{m}^2$ 。2013 年 10 月份複查苗木生長狀況，苗木生存率 77%，平均樹高及標準差 $147 \pm 89\text{cm}$ ，平均冠幅及標準差 $0.68 \pm 2.28\text{m}^2$ ，胸徑、地徑亦有成長(圖 5)。周圍植被、水源、微環境、土壤性質、微生物、動物活動等都會影響苗木生長(Holl et al. 2000)。A-G 各小區在計畫一開始，擁有不同的植被與土質，為瞭解試辦區土質基本特性，本計畫將試辦區分為 A-C 區、D 區、E 區、G-F 區等四區採集表土，以每區採集 3 個樣點混合，進行土壤質地、有機質含量及 pH 值檢測。一般而言，壤土較黏土較適合栽種作物，pH 值介於 5.5 - 7.5 之間有利於植物吸收土壤中的元素，有機質介於 2 - 3%代表土壤有足夠肥力。試辦區土質檢測結果如表 3，以原為竹林的 A-C 區整體土質較其他區域佳。

2. 多方單位合作機制建立

(1) 工作團隊

本計畫共召開過 12 次工作會議、2 次植樹活動及 2 次苗木監測培訓，各次集會主旨請參考表 4。每次工作會議皆由中水局、湖山水庫人文生態保護協會及特生中心三方代表及相關人員出席，共同討論與決定計畫過程中的策略作法、行政流程、器材人力與分工，會議出席人數 8 至 12 人。現場執行人力，主要為社區居民 4 人，及現場指揮的專業規劃人員 1 名。另有技術人員需求，如怪手駕駛、苗圃鋼架搭設技工、肥料廠商等，盡量以當地或同縣市的人力、物力資源為優先，減少運輸花費及能源浪費。此外，設計工作團隊標籤 1 式，於各種報告、文宣、軟硬體設施中加註標籤或以文字註明試辦區為三方單位共同合作之計畫，加強合

作目標之展現(圖 1)。

(2) 理念推廣

為進一步讓湖山水庫周遭社區認識當地生態，三方單位與梅林國小及培力計畫志工合作，於 2012 年 10 月辦理「保庇森林」苗木栽植活動。活動內容包括植樹傳承儀式、植樹流程解說、長者引領學童栽植樹苗，最後與會者將共同參與祈福文朗誦，並於現場懸掛祈福牌。活動共 140 人參與，包括國小學童、社區長者、家長、志工、長官及外賓，活動順利圓滿。在活動前，除了設立解說牌之外，並將試辦區理念以漫畫方式呈現(圖 6)，製成筆記本分送學童與社區居民，推廣棲地改善理念。2012 年曾進行兩場次的苗木監測志工培訓課程，對梅林國小教師以及湖山水庫導覽員培訓課程說明苗木監測目的、方法與工具。2013 年 10 月由研究人員及中水局同仁 6 名，帶領中水局導覽員課程學員 30 名共同實地監測試辦區苗木的存活率與生長量，使未來的導覽員能更瞭解棲地改善的過程與森林生態。

(3) 資源與限制

鼓勵當地社區居民參與為本計畫目的之一，除了經過溝通獲得社區認同外，湖山居民多熟稔各項農藝技術，在試辦區實行的過程中，提供許多實務上的寶貴的經驗與知識，且社區人力熟悉當地景歷史及民俗植物資訊，可做為規劃參考。然而，社區面臨人口外移、老化等問題，熟習農藝者都已七、八十歲，在技術傳承上恐有斷層。此外，棲地改善是較新的土地利用方式，如「為何要栽種咬人狗」等生物多樣性觀念，與當地居民溝通上也需要花點心力，需思考如何將學術理論轉化成淺顯易懂的說明，讓參與者能理解並接受其原理。棲地改善試辦區除了提供當地居民額外收入外，參與者在執行過程中，亦表示很樂意見到自己生長的地方可以變得更美麗，畢竟他們是在世代長住、與土地最親近的一群人。

中水局為試辦區計畫能順利執行的重要推手，從行政程序、場地到執行經費，都要仰賴中水局給予資源及機會。工程與生態領域的結合，兩者之間必然有矛盾存在，例如工程單位講求以精準書面計畫、依照規格執行，但生態領域強調依照環境狀況彈性調整，雙方需要頻繁與謹慎的溝通、理解，才能找出最合適的步調作法。行政程序的繁瑣冗長也是過程中的一項挑戰，試辦區在年初即開始啟動整地、集苗、栽種工作，以配合梅雨季節種植苗木，如無法即時獲得經費支援，將錯過最佳時機。建議未來採行棲地改善管理措施時，在行政與經費運用上應有

適性、長遠的規劃。

特生中心具有生態理論及知識的學術背景，擔任規劃與草擬策略的角色，但在實行的過程中須與相關單位支援，給予資源及機會，才能將理論化為實際的行動。並仰賴社區居民提供人力資源、技術，補足實務經驗之不足。雖然本計畫於2012年開始順利執行，但棲地改善需至少3-5年以上才能見到成果，如沒有長期穩定的管理人力，將遭受天候、經費變動等不確定性的風險，而使投注的資源無法得到應有效益。建議未來相關單位如欲進行棲地改善管理，應設置專門人力，明確訂立棲地改善目標，如遭遇人事變動，也能使後續接管人員能延續原有經營方向。

棲地改善試辦區之規劃執行，仰賴中水局、湖山水庫人文生態保護協會、特生中心三方合作。每個單位都有其資源與特色，唯有密集、謹慎、持續的協商才能將資源整合，達到最大的效益。以同理心看待其他單位的限制與困難，思索適合解決問題的方式，才能取得相互的信任、使想法付諸實現。雖然不同權益關係人有不同的角色與考量，但期望各單位的需求都在棲地改善試辦區的執行過程中都能得到滿足。

五、結論與建議

棲地改善試辦計畫為一種新的嘗試，仍須不斷的學習與調整，瞭解過程中必然要面對的挑戰與風險，以下列出一些需要關注的議題及可能的因應辦法：

1. 依照土質與水源狀況調整策略：淺山地區棲地類型多樣且破碎，在棲地改善時需照不同區域類型進行適當規劃與管理。栽植苗木時土質需為壤土，避免在黏土或砂土，且有機質要達1%成效較佳。近年因氣候變遷，極端氣候增加且無法預期，因此無法預先確認除草與澆水頻率，建議在一開始要注意水源的建置，才能確保苗木的存活率與成效。
2. 思考苗木來源：以生物多樣性為考量的苗木多非傳統的經濟樹種，較難由其他單位的苗圃取得；另一方面，當地在早期普遍的樹種，也可能遭受到採集及開發壓力而不容易採集。苗木如果能符合當地基因多樣性，較能提高存活率及符合當地生態特性，如經費許可且有能力照護，建議優先從當地採集，其他苗場來源為輔助。
3. 規劃長期合作及後續維持機制：獲得社區認同、找出長期合作的社區人力，

能使棲地改善工作事半功倍。但社區執行的意願及能力，是一個隨地區而異的難題。且管理單位及長官的偶有變換，執行人力的素質與穩定性也難以掌握。在人事變動的風險下，如能在棲地改善計畫起始前，確立復育目標與原則，讓後人依循，才能確保長期棲地改善理念的一致性。森林復育並非短期的工作，苗木照護及監測需要長時間關照，因此建議於復育計畫進行之初，就應規畫後續照護及監測之事宜，妥善訓練培養後續監測人力。

4. 資訊交流與分享：本計畫最終希望建立棲地改善經驗與案例，提升湖山水庫教育、學術與休閒的價值，進而吸引更多資源投入棲地改善工作，增加森林復育面積，補償開發所造成的生物多樣性損失。因此如有機會，盡量與外界其他單位進行交流與宣傳試辦區的理念。
5. 適應性管理：生態系的運作十分複雜，加上氣候變化難以預測，策略與預算的運用要保持彈性。在棲地改善的過程中應定期監測，依照最新資訊，整合多方單位的意見後，運用適當資源及技術，依照現地狀況調整作法或進行試驗，找尋最佳的策略並累積經驗。

六、參考文獻

林瑞興、李培芬、陳怡秀、柯智仁、陳宛均。2010。湖山水庫棲地復育基地選擇之空間模式研究。「湖山水庫工程計畫生態保育措施-森林、溪流生態系統之調查研究規劃」（98 年度工作計畫）成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。149-166 頁。

林瑞興、李培芬、陳宛均。2011a。地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護。「湖山水庫工程計畫生態保育措施-森林、溪流生態系統之調查研究規劃」（99 年度工作計畫）成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。127-134 頁。

林瑞興、宋心怡。2011b。森林生態系復育計畫建議書研擬。「湖山水庫工程計畫生態保育措施-森林、溪流生態系統之調查研究規劃」（99 年度工作計畫）成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。177-224 頁。

Cabin, R. J., S. Cordell, D. R. Sandquist, J. Thaxton, and C. Litton. 2004. Restoration of tropical dry forest in Hawaii: can scientific research, habitat restoration and educational outreach happily coexist within a small private preserve? Proceedings of 16th International Conference of the society of ecological

restoration, August 24-26, Victoria, Canada.

Elliott, S., D. Blakesley, J. F. Maxwell, S. Doust, and S. Suwannaratana. 2006. How to plant a forest: the principles and practice of restoring tropical forest. Biology Department, Science Faculty, Chiang Mai University, Thailand.

Gardiner, E., J. Stanturf, T. Leininger, P. Hamel, L. Dorris, Jr., J. Portwood, and J. Shepard. 2008. Establishing a research and demonstration area initiated by managers: the Sharkey Restoration Research and Demonstration Site. *Journal of Forestry* 106:363-369.

Harrington, C. A. 1999. Forest planted for ecosystem restoration or conservation. *New Forest* 19:157-190.

Lamb, D. 2007. Identifying site-level option. pp. 71-81. *In*: Rietbergen-McCracken, J., S. Maginnis, and A. Sarre (eds). The forest landscape restoration handbook. Earthscan, London, UK.

Medeiros, A. C., and E. von Allmen. 2006. Restoration of native Hawaiian dryland forest at Auwahi, Maui. U.S. Dept. of the Interior, U.S. Geological Survey.

Sayer, J. 2005. Goals and targets of forest. pp.166-170. *In*: Mansourian, S., D. Vallauri, and N. Dudley (eds). Forest restoration in landscapes: Beyond planting trees. Springer, New York, USA.

Sayer, J., U. Chokkalingam and J. Poulsen. 2004. The restoration of forest biodiversity and ecological values. *Forest Ecology and Management* 201:3-11.

Shanker Raman, T. R., and D. Mudappa. 2003. Bridging the gap: sharing responsibility for ecological restoration and wildlife conservation on private lands in the Western Ghats. *Social Change* 33:129-141.

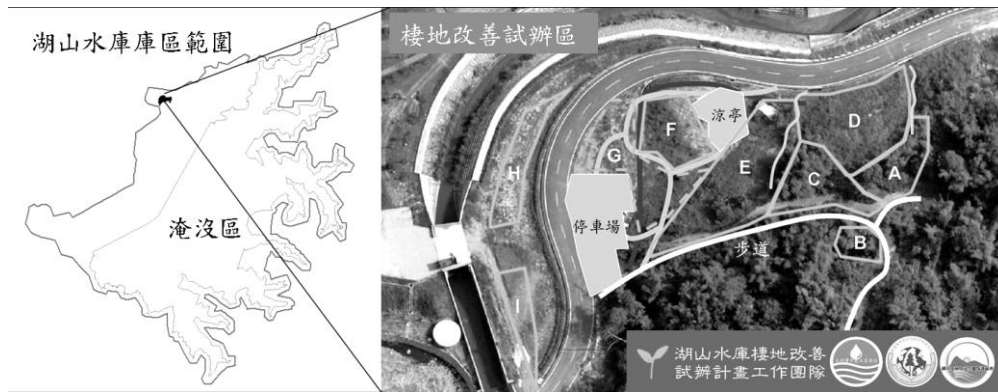


圖 1. 湖山水庫棲地改善試辦區位於湖山水庫庫區西北側，再依照棲地特性不同分為 A-G 六個小區，適性規劃棲地改善策略。



圖 2. 試辦區以清除外來種植物及優勢種芒草的方式，使實生苗木得以獲取陽光與養分：(1) 2012 年 1 月計畫執行前；(2) 2012 年 2 月清除竹叢後；(3) 2012 年 12 月苗木生長情形；(4) 2013 年 6 月苗木生長情形。



圖 3. 試辦區能見到自然萌發的苗木，多為生長迅速的陽性物種。圖中箭頭所指為自然萌發的白孢子。



圖 4. 湖山水庫棲地改善試辦區使用的苗木多於當地採集，存放於苗圃照護。苗圃設置於湖山社區內，面積約 160 平方公尺。現由中水局生態顧問公司人員管理。

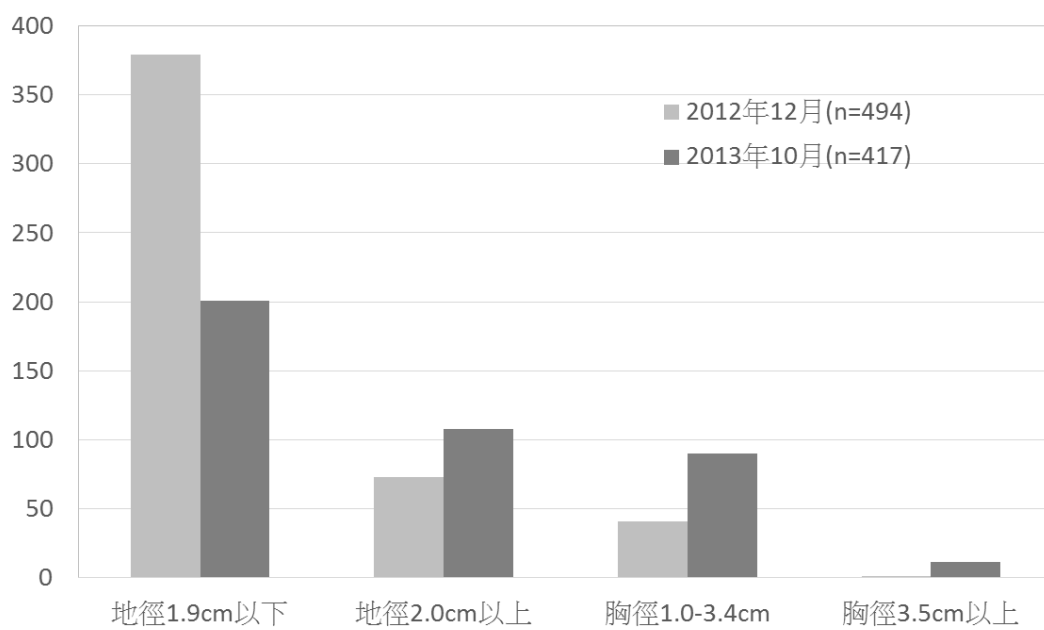


圖 5. 2012 年及 2013 年試辦區苗木徑級分布。



圖 6. 湖山水庫棲地改善試辦區重視在地種源與在地參與，並以漫畫方式讓一般人也能瞭解棲地改善及生物多樣性的概念。

表 1. 棲地改善每 0.3 公頃之建議預算及試辦區實際花費支出(至 2013 年 12 月)。

項目	建議 預算	實際 花費	人力成本 (人-天)	內容
第一年				
整地	40,000	30,000	30	以人工操作除草機、鍊鋸，去除芒草與竹叢
		7,000	1	小怪手挖除竹頭
		3,000		除草機油料、雜支
土質改善	25,000	7,000	1	小怪手挖溝
		7,000	6	人力填肥
		7,000		0.06 公頃土質改善有機肥料 25 公斤裝 100 包
		4,000		劇子及其他雜支
水源建置	20,000	20,000		水源建置(普力桶、水管)與人工
苗木採集	60,000	48,000	40	人工集苗，採集數量為種植數量的兩倍，以每人每日平均採集 35 株計算。
		2,000		油料與雜支
		6,000		7 吋軟盆 1000 個
		4,000		客土 6 方
苗木栽植	10,000	10,000	9	種樹 210 棵。以平均每人每日 25 株計算
		15,000	12	種樹 320 棵。建議於隔年進行。
除草撫育	34,000	32,000	21	5-10 月每月 1 次、11-12 月 2 個月 1 次
澆水	40,000	0	20	5-10 月沒有下雨 2 週 1 次、11-12 月每週 1 次
第一年小計	229,000	202,000		
第二年				
苗木栽植	15,000	0		由研究人員及中水局生態顧問公司同仁執行。
除草撫育	40,000	27,000		每 2 個月 1 次，每次 3 人-天。
澆水	70,000	60,000		每月 5,000 元，請專人進行水源管理及澆灌。
第二年小計	125,000	87,000		
第三年				
除草撫育	40,000			預計每 2 個月 1 次。
澆水	0			苗木已成長，不需澆水。
第三年小計	40,000			
彈性支出				
苗圃建置	*	20,000	1	苗圃鋼柱架設
		10,000	9	苗圃搭建人工
苗圃照護	*	0		每日澆水 1 次
專業規劃管理	*	500,000		
前三年總計	394,000			

表 2. 棲地改善試辦區苗木栽植時間、種類與數量。

栽植時間		2012.4	2012.10	2013.6	
樹種	學名	第一期	第二期	補植	總計
血桐	<i>Macaranga tanarius</i>	20			20
饅頭果	<i>Glochidion spp.</i>	13	3		16
稜果榕	<i>Ficus septica</i>	25	3		28
菲律賓榕	<i>Ficus ampelas</i>	22	10		32
無患子	<i>Sapindus mukorossii</i>	25	2		27
江某	<i>Schefflera octophylla</i>	26			26
水同木	<i>Ficus fistulosa</i>	25	12		37
杜英	<i>Elaeocarpus sylvestris</i>	25	35		60
大葉楠	<i>Machilus japonica var. kusanoi</i>	15			15
九芎	<i>Lagerstroemia subcostata</i>	18			18
香楠	<i>Machilus zuihoensis var. zuihoensis</i>		58		58
小梗木薑子	<i>Litsea hypophaea</i>		40		40
青剛櫟	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>		26		26
土肉桂	<i>Cinnamomum osmophloeum</i>		28		28
軟毛柿	<i>Diospyros eriantha</i>		45		45
九節木	<i>Psychotria rubra</i>		30		30
燈稱花	<i>Ilex asprella</i>		15		15
朴樹	<i>Celtis sinensis</i>		11		11
月橘	<i>Murraya paniculata var. paniculata</i>		5		5
茄苳	<i>Bischofia javanica</i>	1	2		3
魚木	<i>Crateva adansonii subsp. formosensis</i>		1		1
刺杜密	<i>Bridelia balansae</i>			5	5
咬人狗	<i>Dendrocnide meyeniana</i>			5	5
蟲屎	<i>Melanolepis multiglandulosa</i>			4	4
山柚	<i>Champereia manillana</i>			4	4
水錦樹	<i>Wendlandia uvariifolia</i>			1	1
羅氏鹽膚木	<i>Rhus javanica var. roxburghiana</i>			1	1
總計		215	326	20	561

表 3. 試辦區各小區原有植被及土壤物理、化學性質分析結果。

原有植被	小區	面積(m ²)	有機質(%)	pH	土壤質地
竹林	A-C	750	3.16	5.56	黏壤土
芒草坡	D	500	1.01	8.20	砂質黏壤土
芒草坡	E	750	1.26	8.24	粉質黏土
短草地	F-G	600	0.86	6.86	砂質黏壤土

表 4. 湖山水庫棲地改善試辦區重要集會的日期與主題，每次工作會議皆由中區水資源局、湖山水庫人文生態保護協會、特有生物研究保育中心三方代表共同出席討論。

	日期	會議主題
第一次籌備會議	2011.08.23	說明試辦區理念，瞭解三方角色與需求，尋求共識，討論經費、人力、土地資源與行政程序。
第二次籌備會議	2011.11.16	三方共同確認試辦區之目標、範圍、管理分工、人力、施做流程。草擬細部計畫書。
第一次工作會議	2012.01.06	確認整地及土質改善工作內容、人力及機具需求。討論公共安全及行政聯繫制度。
第二次工作會議	2012.02.21	重複確認目標與範圍，並發表工作團隊聯合標誌與成果發表原則。檢討整地及苗圃設置的工作進度，討論三月土質改善和集苗的作法。
第三次工作會議	2012.03.23	檢討三月份土質改善、苗圃設置和集苗成果，並討論四月份第一期苗木栽植的作法與期程。
第一期苗木栽植活動	2012.04.18	由試辦區工作團隊成員栽植，體驗種樹過程。
第四次工作會議	2012.06.08	檢討第一期苗木栽植現況，並草擬第二期苗木栽植活動方式。
第五次工作會議	2012.07.27	討論第二期苗木栽植活動辦理方式與分工。
第六次工作會議	2012.09.04	確認第二期苗木栽植活動流程、志工召集進度。
第七次工作會議	2012.10.02	確認第二期苗木栽植場布及流程細節。
第二期苗木栽植活動	2012.10.20	由國小學童、社區長者、志工、長官共 140 人，共同參與，瞭解試辦區理念並進行苗木種植。
第八次工作會議	2012.11.14	討論苗圃撫育及苗木監測方式。
第一次監測培訓	2012.12.05	至梅林國小對教師進行苗木監測方式解說。
第二次監測培訓	2012.12.09	在湖山水庫志工培力課程中進行苗木監測解說。
第九次工作會議	2013.01.09	成果檢討。苗木長期管理撫育策略討論。
第十次工作會議	2013.06.09	討論苗木補植數量、時間及監測方式。

計畫名稱：2013 年臺灣八色鳥族群調查
英文名稱：Taiwan Fairy Pitta population survey in 2013
計畫編號：120-12
全程計畫期間：2013 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日
本年計畫期間：2013 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日
計畫主持人：林瑞興
執行機關：行政院農業委員會特有生物研究保育中心
研究人員：柯智仁、姚牧君

一、中文摘要

瞭解族群分布與變化趨勢是進行物種保育的重要環節。本計畫以 2009 年已進行過八色鳥 (*Pitta nympha*) 數量調查的 1×1km 網格進行複查，抽取其中 553 個 1×1km 調查網格，於 2013 年 4 月 29 日至 5 月 19 間進行野外調查。同時並針對 2005、2009 年曾進行調查的桃園石門水庫、苗栗獅潭大湖水庫、臺南曾文水庫以及高雄美濃山區共 69 個 1×1km 網格進行複查，以作為監測族群數量變動的參考。在 35 位調查人力的參與並採用標準化的調查方法下，調查共計 3,722 個樣點，已順利完成全臺灣 546 個網格的調查，四大水庫區則完成 69 個監測網格的調查，樣點調查完成率為 95.9%。根據族群趨勢分析結果，臺灣的八色鳥繁殖族群於 2001 年至 2013 年間的變遷趨勢是減少的且臺灣各分區間的八色鳥繁殖族群趨勢方向有顯著的地區間差異。2013 年全臺灣的八色鳥族群僅剩 2001 年的 48.5%，族群趨勢自 2001 年以來即持續以每年減少 5.9% (95%信賴區間：3.4 – 8.4%) 的速率遞減。四個分區間以北部和中部的減少程度最為劇烈，此二地區於 2013 年分別僅剩 2001 年的 30.8%與 31.9%；西南與東部於 2013 年相較於 2001 則無顯著差異。

Abstract

Understanding of population status and trends are critical to species conservation. This project selected and repeated survey 553 1×1km grids which had been surveyed for the number of Fairy Pitta (*Pitta nympha*) in 2009, and 69 grids dispersed in four reservoir areas that had been surveyed in 2005 and 2009 as a reference for monitoring possible population fluctuation. The field survey was conducted with the standard protocol by 35 investigators from April 29 to May 19, 2014. In total, 3,722 survey points distributed in 546 grids in whole Taiwan Island and 69 monitor grids in four reservoir areas were visited, and the completion rate for survey points was 95.9%. From the results of population trend analysis, the changing

trend of the breeding population of Fairy Pitta in Taiwan is decreasing from 2001 to 2013, and the changing trend of each sub-area have significant local difference. The population of Fairy Pitta in Taiwan in 2013 only remains 48.5% of the population in 2001, and the changing trend of the population from 2001 continuing decreased by rate of 5.9% (95% CI: 3.4-8.4%). In four sub-areas, the most dramatic decrease is in northern and center area, which the population remains 30.8% and 31.9% of 2001 respectively; but the south-western and eastern areas have no significant difference from the population of 2001.

關鍵詞：八色鳥、分布預測模式、族群趨勢

Key words: *Pitta nympha*, spatial prediction models, population trends

二、計畫目的

依據始自 2004 年的八色鳥(*Pitta nympha*)族群監測年度調查資料，雲林縣林內鄉及斗六市東側丘陵地區的八色鳥族群量呈現顯著且急遽下降的趨勢(林 2012)。2007-2008 年湖山水庫大規模施工固然是影響湖山水庫範圍內八色鳥族群的主因，惟依據 2008-2012 年監測結果，湖山水庫範圍外，八色鳥族群下降的趨勢亦非常顯著(林 2012)。由於八色鳥為臺灣夏候鳥，影響其族群數量的因子，除來自繁殖地的效應外，度冬地和過境地的狀況，亦對其族群有重要影響。雖然至今仍缺乏八色鳥於度冬地和過境地的族群分布和變動趨勢資料(BirdLife International 2012)，但可藉由臺灣曾進行及本計畫於 2013 年進行的全島族群調查資料，分析其整體族群趨勢，間接地證明其族群變動屬大範圍的共同現象或僅是地區性下降的特殊情形。本計畫參考 2009 年「應用空間預測模式建立臺灣八色鳥(*Pitta nympha*)族群變遷監測模式及估算其族群量」(林 2010)計畫研究結果，就其進行樣區和樣點，於 2013 年選擇具代表性者重新進行調查，並就 2001、2002、2005、2009 及 2013 年的調查資料進行族群趨勢分析。

三、重要工作項目及實施方法

本計畫擬採用 2009 年已調查過的樣區進行複查，依據獲得的資料進行八色鳥全臺族群趨勢分析。

(一) 選取調查樣本

選取調查樣本時，同時考量樣本數與位置的效率性、可行性、是否符合統計

假設，以及經濟成本是否可負荷。本計畫依據 2009 年已調查過的調查樣區進行複查(林 2010)，刪除先前由調查員回報無法抵達的樣點，集中努力在可進行調查超過 5 個樣點的樣區為調查樣本，共選取 553 個調查樣區。

除選取全島族群估算的調查樣本外，亦針對林(2006)時曾進行族群數量調查的特定地點：桃園石門水庫、苗栗獅潭大湖水庫、臺南曾文水庫，以及高雄美濃山區等，選取適當的網格數，共計 69 個調查樣區，以作為監測八色鳥的族群變動的參考。

(二) 野外調查

有效可靠的野外調查必須依據對象物種的生物特性設計。本計畫依據過去 3 次全臺灣八色鳥調查(林 2002, 2006, 2010)，與進行多年的斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查(林 2008)所採用的調查方法進行修正，作為本計畫的標準野外調查方法。

由於本計畫調查範圍涵蓋臺灣本島之所有陸域環境，調查努力甚大，除本計畫人員參與調查外，並尋找各地合宜的調查員進行調查。為了確保調查員能夠正確的執行規範的標準調查方法，本計畫編寫標準工作手冊，也與調查者會面說明，並利用網路通訊及設置線上調查表單，作為計畫執行者與調查者的訊息交流平臺。

(三) 族群趨勢分析

本計畫由野外調查獲得的資料，透過趨勢分析評估八色鳥在臺灣的繁殖族群近年的族群變遷趨勢，以回答三個主要問題：(1)臺灣的八色鳥繁殖族群近年的變遷趨勢是成長、持平，還是減少？(2)近年的族群變遷趨勢方向是哪一年開始的？(3)全臺灣各區的八色鳥繁殖族群趨勢方向是一致的，還是有顯著的地區間差異？

臺灣的八色鳥繁殖族群變遷趨勢以卜瓦松對數線性迴歸進行分析(Poisson log-linear regression)。分析的單位為樣區(1x1km 網格)，網格內若有超過 1 個樣點的調查則視為重複調查。族群變遷趨勢方向取決於使用何一年份的檢定，以逐步選取法(stepwise selection)檢定有資料的年份中，那個年份是顯著的轉折點(change point)。地區的區間趨勢差異，則以渥得檢定(Wald Test)檢定不同分區的共變數(covariate)是否能顯著的改善迴歸模式的預測能力，具有顯著效力的分區

方式即表示該分區間八色鳥繁殖族群的變遷趨勢不同。分析時根據八色鳥族群預測分布模式(李 2005)將全臺灣依據八色鳥的出現機率從低至高進行層級(stratum)劃分為八個等級(圖 1a)(區分方式與林 2009 相同),並依據各等級中的樣區比例給予權重(weight),以校正歷年調查樣區於各機率等級中的比例不一致問題。同時亦於趨勢分析時考量過度離散(overdispersion),以避免變異數大於平均數的情形違反統計假設(Pannekoek and van Strien 2001)。上述分析均採用歐洲鳥類調查委員會(European Bird Census Council, EBCC)分析鳥類族群變遷所採用的 TRIM(TREnds and Indices for Monitoring data)(Pannekoek and van Strien 2001)軟體進行。

分區依據 Su(1985)的生態氣候分區,分成北部、中部、西南、東部共四個區域。除北部合併 Su(1985)中的東北(NE)與西北(WE)區、東部合併北東(EN)與南東(SN)區外,中部(CW)與西南(SW)均與 Su(1985)中的區分相同。分區與歷年(2001 年、2002 年、2005 年、2009 年、2013 年)的調查樣區分布請見圖 1b。

四、結果與討論

(一) 選取調查樣本

1. 設定條件以符合實際調查人力效益

本計畫的目的在於進行族群分布調查及分析族群數量趨勢,為集中努力量於八色鳥的潛在棲地中,我們依據過去的研究成果與林(2010)選取的 1,062 個 1×1 km 網格歷年調查資料,從其中刪除 2009 年經調查志工回報沒有道路可及的調查樣點,並扣除不滿 5 個調查樣點的網格,最後獲得 553 個樣本,這些樣本即為將進行調查的 1×1 km 調查網格,其分布圖如圖 2。

2. 特定地區族群監測網格

針對林(2006)時曾進行族群數量調查的桃園石門水庫、苗栗獅潭大湖水庫、臺南曾文水庫,以及高雄美濃山區,分別抽取 17、21、12,以及 19 個,總共 69 個 1×1 km 網格進行族群監測調查。

(二) 野外調查

本計畫的八色鳥調查方法依循林(2002, 2006, 2010)所使用的調查方法,以定點調查法(point count)輔以回播反應法(playback)進行八色鳥數量調查。此方法已

證實能夠大幅提昇八色鳥的偵測率，且能夠於白晝中不分時段進行，但前提為需於八色鳥對本調查方法反應最高的四月底至五月上旬間進行的野外調查(Lin *et al.* 2007)。

本計畫與林(2002, 2006, 2010)的調查方法中最大不同在於每個 1×1 km 網格中的調查努力量。我們以 2009 年相同網格內可進行調查的樣點為基礎，在距離 50m 內進行回播調查，並於調查時記錄距原樣點的距離。在最理想的狀況下，一個 1×1 km 調查網格至多總計會有 8 個定點調查點。本調查在發現八色鳥時，需記錄最初覺察八色鳥的所在位置距離樣點的距離(m)和方位角，調查方法與林(2010)相同。

為確保所有參與調查的人員能夠正確無誤的瞭解如何調查，我們在正式調查開始前完成了以下工作項目：

1. 編寫「2013 年臺灣八色鳥大調查標準工作手冊」並提供給所有調查人員。
2. 於臺北、臺中、雲林、花蓮、屏東等地區與調查者會面說明，與初次加入八色鳥調查的調查者們溝通調查注意事項。
3. 利用網路通訊方式與調查者溝通調查樣區的分配、可進行調查的天數及提醒調查相關注意事項。
4. 將各調查者負責調查樣區的圖層轉製成 KMZ 檔，方便各調查者使用 Google Earth 免費軟體開啟，並研究製作調查樣點的 GPX 檔，提供給調查者可一次將所有調查點座標匯入 GPS 或導航器材中，以利野外操作使用。
5. 建立「八色鳥全臺大調查-調查進度表單」，讓調查者與我們於調查期間能即時回報調查進度及狀況。

正式野外調查日期範圍為 2013 年 4 月 29 日至 5 月 19 日，為期三週。期間共有調查者計 35 人參與 3,722 個樣點的野外調查，扣除道路中斷、不適合棲地等無法調查的狀況，共完成 546 個 1×1 km 網格的調查樣本及族群變動監測 69 個網格的調查，樣區完成率為 98.9%，樣點完成率為 95.9%。

(三) 族群趨勢分析

2013 年各縣市實際調查樣區及樣點數、八色鳥出現樣點數及紀錄如表 1，八色鳥調查數量以臺東縣最多，臺南市及臺中市次之；樣點平均記錄數量以臺東縣

最多，宜蘭縣及臺中市次之。由於 2009 年以前的全島調查，樣區及樣點選取標準各有不同，初步僅就 2001-2002、2005、2009、2013 年八色鳥調查數量分布圖(圖 3)而言，桃園地區有小數量的八色鳥族群存在，但以 2001-2002 年時最多；東部地區調查在 2013 年的八色鳥數量最高。2005 年為歷年全島調查數量最低，2009 年由分布預測模式做全臺網格抽取調查，調查樣區較歷年最分散、調查數量分布也最分散。

根據族群趨勢分析結果，2013 年的全臺灣八色鳥族群僅剩 2001 年的 48.5%，族群趨勢自 2001 年以來即持續以每年減少 5.9%(95%信賴區間：3.4 - 8.4%)的速率遞減(圖 4、表 2)。不同機率層級之間的族群趨勢無顯著差異(Wald test, $p = 0.71$)，但四個分區間的族群趨勢則有顯著差異(Wald test, $p < 0.05$)，以北部和中部的減少程度最為劇烈且低於平均值(表 2)，此二地區於 2013 年分別僅剩 2001 年的 30.8% (95%信賴區間：11.6 - 50.0%)與 31.9%(95%信賴區間：14.6 - 49.2%)。相對而言，西南與東部於 2013 年相較於 2001 則無顯著差異(兩者的 95%信賴區間均包括 100%)。綜合上述結果，臺灣的八色鳥繁殖族群於 2001 年至 2013 年間的(1)變遷趨勢是減少的；(2)族群變遷趨勢的方向自 2001 年開始即維持減少的趨勢；(3)且臺灣各分區間的八色鳥繁殖族群趨勢方向有顯著的地區間差異，其中北部與中部均顯著減少，西南與東部則與 2001 年無顯著差異；(4)不同機率層級(代表棲地品質的優劣)的族群趨勢沒有差異。

(四) 族群狀態與保育等級

本研究獲得的八色鳥族群狀態將能協助我們首次以科學數據評估八色鳥的保育等級。根據 2001 年至 2013 年的族群趨勢(trend of population size)，八色鳥每年以-5.9% 的速率減少，以 $100\% - 5.9\% = 94.1\%$ 的 9 次方計算，推估 10 年間八色鳥族群的減少幅度達-42.2%。根據預測模式所獲得的八色鳥預測分布圖(李等 2005)可建立八色鳥的地理分布範圍(geographical range by extent of occurrence)為 21,269 平方公里。但 2009 年與 2013 年在層級 1(class 1)中的八色鳥密度均為 0.00 隻/100 公頃，因此推斷近年八色鳥的地理分布範圍應有縮減，將層級 1 的面積扣除而獲得現今之八色鳥地理分布範圍為 18,608 平方公里。綜合上述資訊，將其與 IUCN(2012)建立的瀕危物種評估標準對照(表 3)，可發現依此標準臺灣的八色鳥族群歸屬於「易危(vulnerable)」等級的物種，此與八色鳥現在所歸屬的保育類別一致(Birdlife International 2012)。八色鳥的繁殖族群除了臺灣以外，在日本、南韓、中國等國家亦有繁殖族群分布(Lambert and Woodcock

1996)，但日本與南韓的分布範圍均小於臺灣，該地族群量應不大，而中國的繁殖族群則嚴重資料缺乏，因此本研究所提供的結果應可作為評估全球八色鳥族群現況的主要依據。

八色鳥現在雖歸屬於易危等級，但距離符合「瀕危(endangered)」等級的標準，亦即 10 年內族群減少的程度 $\geq 50\%$ 僅有些微之差(本計畫推估現為減少 42.2%，但 95%信賴區間為 26.9 – 54.5%，上限已大於 50%)。若欲挽救八色鳥的處境，確認造成族群減少的原因是當務之急。目前已知八色鳥所面臨的威脅中，棲地破壞(habitat destruction)是最為人熟知的一項(Birdlife International 2001, 2012)。其中又以湖山水庫開發造成森林植被消失，短草地與裸露地取代成為湖山水庫優勢植被，進而造成湖山水庫位址內八色鳥數量減少 90%的證據最為強烈(林 2012)。然而除了湖山水庫以外，本研究的成果表明了八色鳥數量減少的情形不僅僅只發生在湖山水庫開發區，而是全臺灣八色鳥族群的大幅衰減。這表示目前對八色鳥族群造成衝擊的作用力應有更大尺度的影響。除了棲地破壞(森林砍伐)外，八色鳥面臨的威脅尚包括商業獵捕(hunting)與人為干擾(disturbance)(Birdlife International 2001, 2012)。然而商業獵捕在臺灣近年幾無通報紀錄，人為干擾雖尚無明確研究，但應僅集中在特定地點，造成大範圍的八色鳥族群減少的可能性應不高，棲地破壞因而應仍為最重要的作用因子。

影響候鳥的棲地類別包括繁殖棲地與度冬棲地，前者決定族群的繁殖率，後者決定族群的存活率，兩者的改變均會對族群量的增減造成顯著的影響(Newton 2004)。屬於八色鳥的繁殖棲地的臺灣低海拔森林，在 1991 年政府全面禁伐天然林、保安林後，就少有正式的大面積森林棲地破壞紀錄。目前已知的八色鳥度冬棲地位於婆羅洲的森林中，尤其集中在西北側地區，包括馬來西亞境內的沙巴(Sabah)與沙勞越(Sarawak)地區，還有汶萊境內(Birdlife International 2001, 李 2011)。相對於臺灣的低海拔森林，此區的森林在 1990 年至 2009 年間，有高達 34%的森林都經歷伐木干擾(另有 22%的森林為人工林或次生林，兩者合併高達 56%的森林都於此期間遭受干擾)(Bryan *et al.* 2013)。如此大範圍的棲地破壞很可能會降低八色鳥度冬族群的存活率，進而減少每年能夠抵達臺灣繁殖的八色鳥數量與抵達個體的繁殖成功率。

在臺灣本島，不同預測機率層級的趨勢無顯著不同，但不同地區的八色鳥族群的減少趨勢不同，其中以北部與中部的減少速率最快，東部與西部則沒有顯著的減少趨勢。此結果代表預測機率值所代表的棲地品質好壞不會決定該地區的八色鳥族群的增減，但地區的差異卻會有影響。會造成這個現象的主要原因有二：

(1)繁殖地之間的差異造成的影響：北部與中部低海拔山區的森林棲地可能正在劣化，尤其相對於東部與西南部地區，但目前尚無如森林變遷等的相關證據予以支持；(2)度冬地的影響：八色鳥已知的主要度冬地婆羅洲近二十年內遭受嚴重的森林砍伐，度冬地的棲地破壞所造成的效應很可能會反映在八色鳥的繁殖族群數量上，但臺灣不同地區的八色鳥族群趨勢不同，代表臺灣的八色鳥族群可能並非全部來自森林砍伐嚴重的度冬地區。事實上，由於度冬時期的八色鳥習性極為隱密，目前對八色鳥的全球度冬分布地區仍有許多未知：除了婆羅洲以外，鄰近的東南亞地區仍可能有其他度冬族群存在(e.g. 李 2011)。此外，臺灣的八色鳥族群的度冬地點是否都來自同一個地區，目前也是未知數，只是若現階段造成八色鳥族群趨勢下降的主因是度冬地的棲地破壞，那麼依據遷徙連結度(migratory connectivity)的推論(Webster *et al.* 2002)，臺灣西南部與東部的八色鳥族群的度冬地很可能會在其他未遭遇大規模棲地破壞的區域。

欲落實八色鳥的保育，首先必須確認前述的兩項候選成因何者成立，才能對症下藥。本研究提出 2 項建議，供未來研究參考：

1. 探討臺灣低海拔地區近年來的森林變遷情形，檢驗八色鳥的棲地是否於北部與中部地區相較西南部與東部地區遭受較大的破壞；
2. 確認臺灣不同地區的八色鳥族群的度冬地位置與度冬棲地狀態；持續進行臺灣本島八色鳥繁殖族群的監測。

五、參考文獻：

- 李培芬。2005。利用遙測與 GIS 探討瀕危物種八色鳥之棲地喜好與分布。農委會遙測小組科技研究計畫報告。行政院農業委員會。臺北。
- 李文玉。2011。八色鳥(*Pitta nympha*)潛在繁殖地與度冬地分布預測。碩士論文。國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所，臺北。
- 林瑞興。2002。臺灣八色鳥生態學研究-族群分布之推估。行政院農業委員會特有生物研究保育中心 91 年度試驗研究計畫成果報告。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。南投。
- 林瑞興。2006。臺灣低海拔地區八色鳥分布及巨觀棲地分析。水利署中區水資源局。臺中。
- 林瑞興。2008。97 年斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查。經濟部水利

署中區水資源局。臺中。

林瑞興。2010。應用空間預測模式建立臺灣八色鳥(*Pitta nympha*)族群變遷監測模式及估算其族群量。「湖山水庫工程計畫生態保育措施—森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(98 年度工作計畫)成果報告書。經濟部中區水資源局。臺中。

林瑞興。2012。100 年斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查。「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查規劃研究」(100 年度工作計畫)期末報告書。經濟部水利署中區水資源局。臺中。

BirdLife International. 2001. Fairy Pitta. Pages 1926-1941. Threatened birds of Asia: the BirdLife International Red Data Book. BirdLife International, Cambridge, UK.

BirdLife International. 2012. *Pitta nympha*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 1 December 2013.

Bryan, J. E., P. L. Shearman, G. P. Asner, D. E. Knapp, G. Aoro, and B. Lokes. 2013. Extreme differences in forest degradation in Borneo: comparing practices in Sarawak, Sabah, and Brunei. Plos One 8:e69679.

IUCN. 2012. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Ko, C.-Y., P.-F. Lee, M.-L. Bai, and R.-S. Lin. 2009. A rule-based species predictive model for the vulnerable Fairy Pitta (*Pitta nympha*) in Taiwan. Taiwania 54: 28-36.

Lambert, F., and M. Woodcock. 1996. Pittas, Broadbills and Asities. Pica Press, Sussex, UK.

Lin, R.-S., P.-F. Lee, T.-S. Ding, and Y.-T. K. Lin. 2007. Effectiveness of playbacks in censusing the Fairy Pitta (*Pitta nympha*) during the breeding season in Taiwan. Zoological Studies 46: 242-248.

Newton, I. 2004. Population limitation in migrants. Ibis 146:197-226.

Pannekoek, J., and J. A. van Strien. 2001. TRIM 3 manual. TRends and Indices for

Monitoring data Research paper no. 0102. Vooburg, The Netherlands: Statistics Netherlands. Available freely at <http://www.ebcc.info>.

Su, H. J. 1985. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan. (III). A scheme of geographical climatic regions. Quarterly Journal of Chinese forestry 18:33-44.

Webster, M. S., P. P. Marra, S. M. Haig, S. Bensch, and R. T. Holmes. 2002. Links between worlds: unraveling migratory connectivity. Trends in Ecology & Evolution 17:76-83.

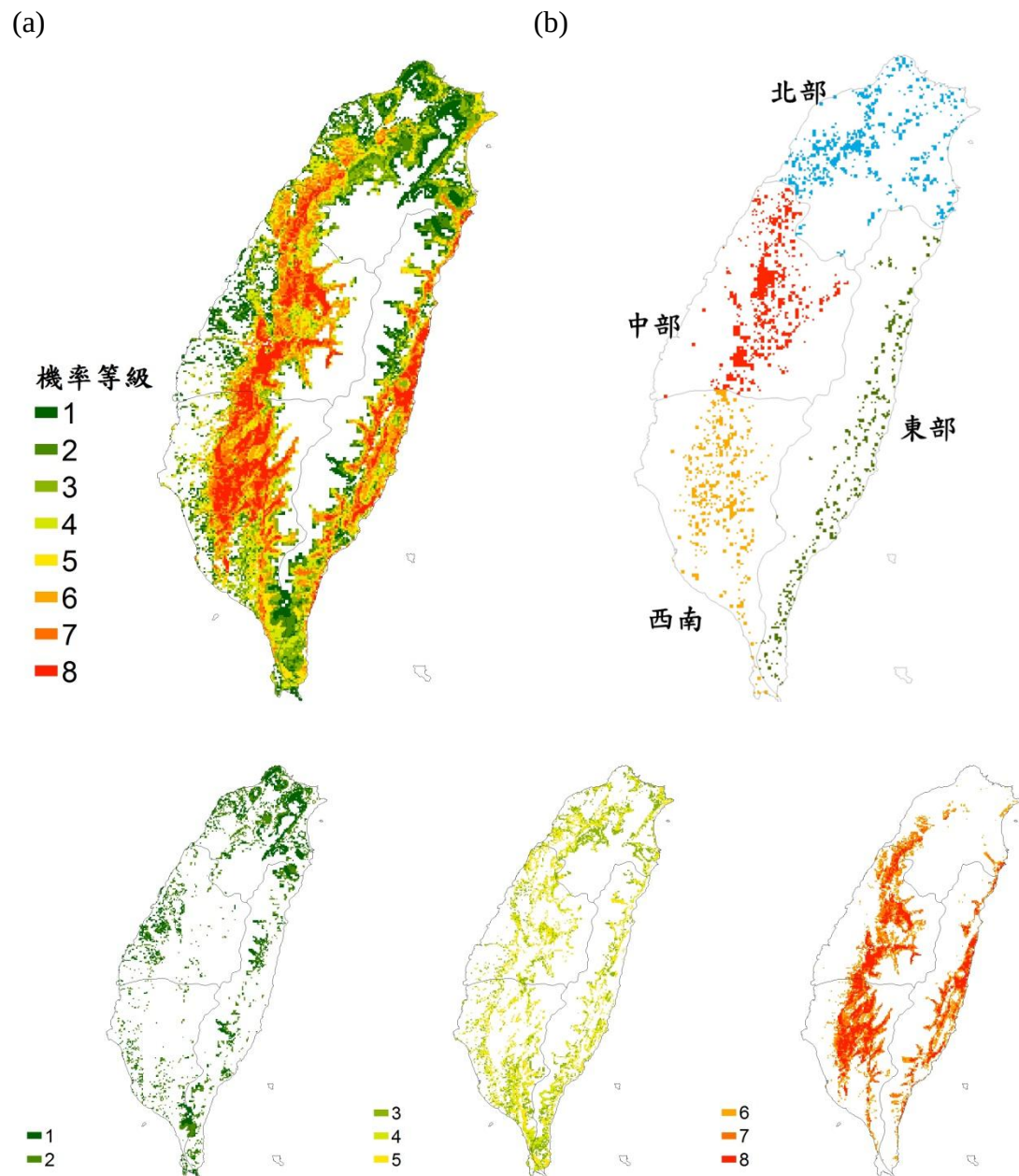


圖 1. 族群趨勢分析時採用的(a)分布預測建立的八色鳥出現機率等級(包括下方的三張分開示意圖)與(b)臺灣分區與歷年調查樣區分布圖。機率等級數字越大表示空間分布模式預測出現機率越高。

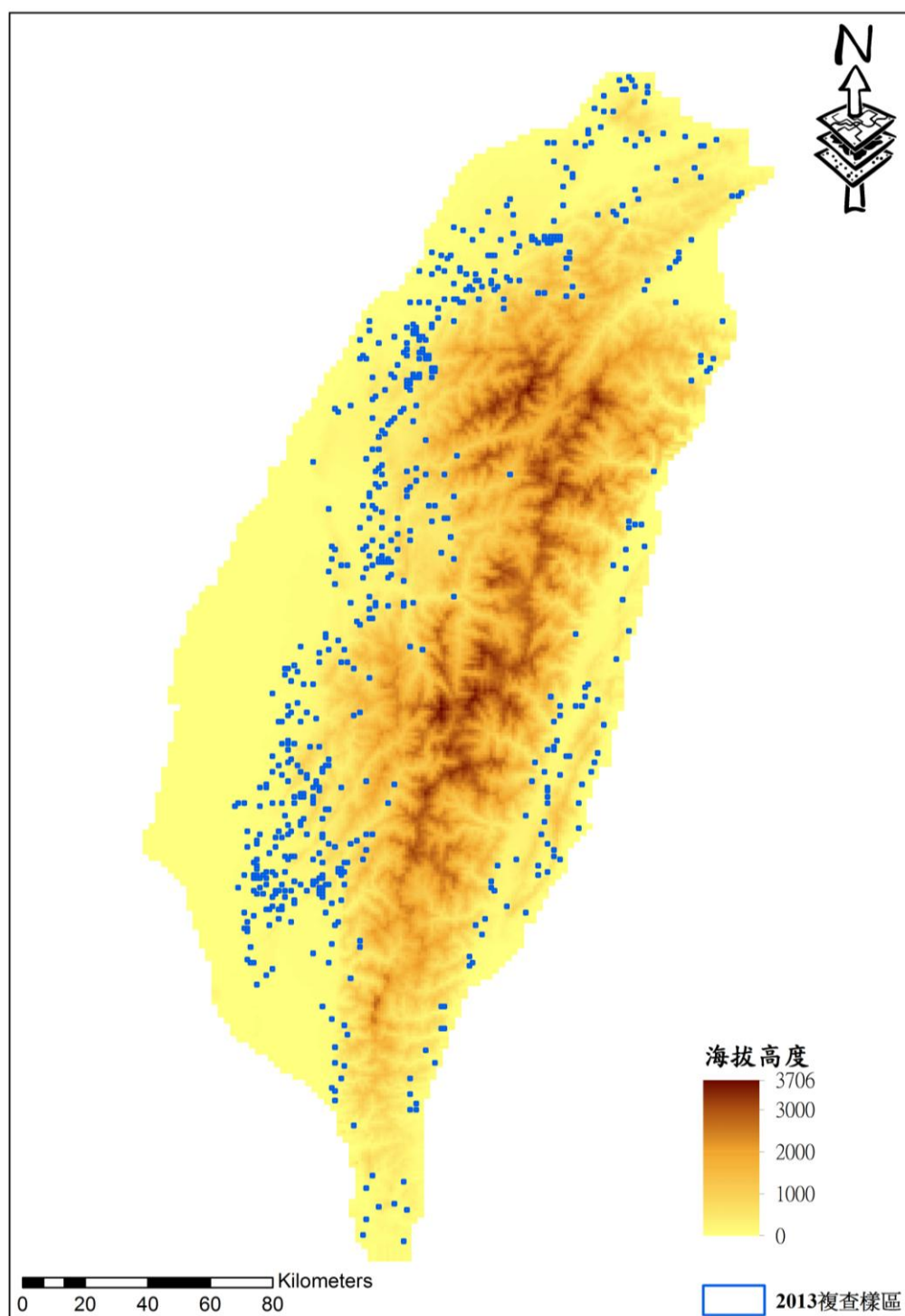


圖 2. 2013 年 1×1 km 複查樣區網格分布圖，藍色方格為複查樣區的網格。

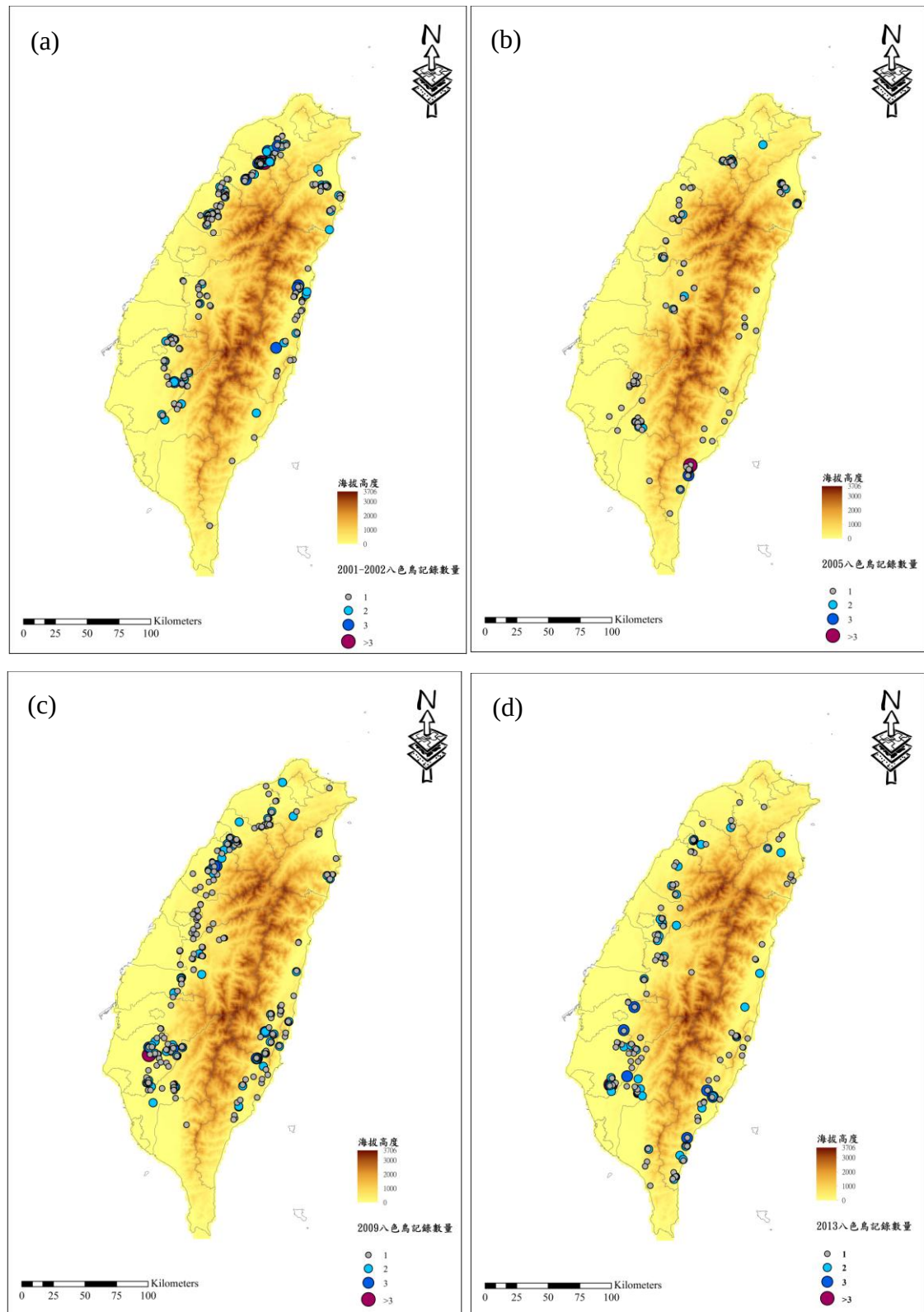


圖 3. (a) 2001-2002、(b) 2005、(c) 2009、(d) 2013 年八色鳥調查數量分布圖，圓圈大小代表調查數量多寡。

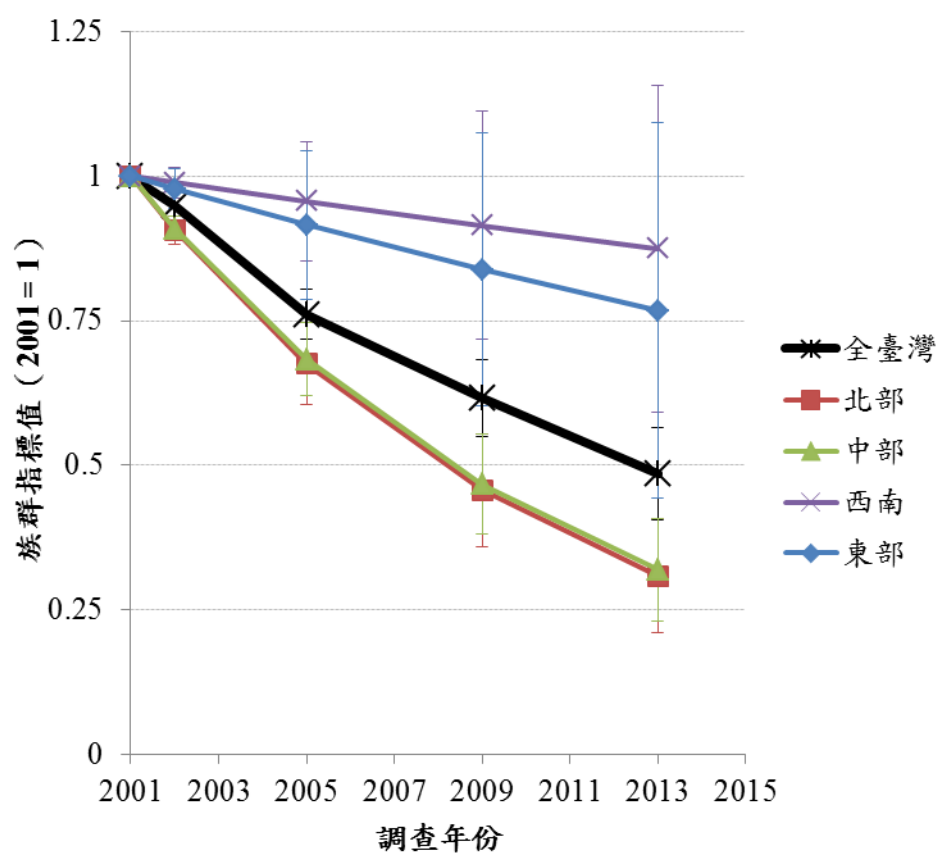


圖 4. 2001 年至 2013 年八色鳥全島族群指標值變化圖，誤差線為 95%信賴區間。

表 1. 2013 年各縣市實際調查樣區數、實際調查樣點數、八色鳥出現樣點數、數量及每樣點平均記錄數量。

樣區_縣市	實際調查樣區數	實際調查樣點數	八色鳥出現樣點數	八色鳥記錄數量	每樣點平均記錄數量
基隆市	2	8	0	0	0
臺北市	5	30	1	1	0.03
新北市	36	227	0	0	0
桃園縣	35	179	5	5	0.03
新竹市	3	17	0	0	0
新竹縣	42	245	13	17	0.07
苗栗縣	68	388	10	12	0.03
臺中市	34	223	23	24	0.11
彰化縣	5	35	0	0	0
南投縣	60	400	11	12	0.03
雲林縣	11	82	3	4	0.05
嘉義市	4	29	0	0	0
嘉義縣	37	227	16	21	0.09
臺南市	72	457	25	34	0.07
高雄市	77	435	20	20	0.05
屏東縣	29	183	6	6	0.03
宜蘭縣	18	103	10	12	0.12
花蓮縣	39	236	14	16	0.07
臺東縣	38	218	40	50	0.23
總計	615	3722	197	234	0.06

表 2. 各分區與臺灣的族群趨勢斜率與標準誤差

地區	族群趨勢斜率 ^a	斜率標準誤差
北區	0.927*	0.041
中區	0.930*	0.039
西南區	1.011	0.045
東區	0.978	0.035
臺灣	0.941*	0.012

^a 族群趨勢斜率的資料均根據 TRIM 計算的乘值(multiplicative slope)與標準誤差(standard error)，*表示斜率顯著。

表 3. 八色鳥的族群趨勢、地理分布範圍以及族群數量現況所對照的 IUCN 標準與建議的 IUCN 保育

IUCN Criteria	Statistics of Fairy Pitta	Suggested Criteria	IUCN criteria description
A. Trend of population size	-42.2% in 10 years (estimated by trend slope)	VULNERABLE (cause of decline NOT understood)	An observed, estimated, inferred or suspected population size reduction of $\geq 30\%$ over the last 10 years or three generations, whichever is the longer, where the reduction or its causes may not have ceased OR may not be understood OR may not be reversible, based on (and specifying) any of (a) to (e) under A1.
B. Geographic range (extent of occurrence)	18,608 km ² (area of class 2 - 8 since density in class 1 declined to nearly 0 in 2009 and 2013)	NEAR THREATENED (only b in a-c confirmed)	Extent of occurrence estimated to be less than 20,000 km ² , and estimates indicating b. Continuing decline, observed, inferred or projected, in (v) number of mature individuals.

**140 湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善
方法試驗研究**

計畫名稱：湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究

英文名稱：Experimental habitat restoration and improvement of a lowland forest ecosystem in the Hushan Reservoir Area

計畫編號：140

全程計畫期間：2008 年1 月1 日至 2013 年12 月31 日

本年計畫期間：2013 年1 月1 日至 2013 年12 月31 日

計畫主持人：林瑞興

研究人員：鍾雨岑、宋心怡

一、摘要

本計畫欲藉由實地調查及試驗操作，探討湖山水庫周邊的森林演替模式，尋找符合森林動態及經濟成本的復育策略，以提供未來森林生態系統復育規劃之參考。本計畫工作內容包括：(1) 推估研究地區植物群落現況及其演替階段；(2) 瞭解麻竹林的自然更新狀況；(3) 主動移除麻竹 (*Dendrocalamus latiflorus*) 及補植原生樹種，建立監測指標，瞭解復育過程可能遭遇的困難；(4) 調查不同種類及試驗環境下之苗木生長狀況。研究及試驗範圍位於湖山水庫北側的「自然生態保留及復育區」以及林務局阿里山事業區第 61-73 林班地，計畫自 2008 年執行至 2013 年已有不少重要成果。2013 年研究重點為不同種類苗木在次生林、竹林、伐竹環境的生存率與生長量。

本計畫於 2008-2009 年間試驗苗木共 8 種 900 棵，在 2013 年各樹種在不同環境中的存活率在 23 - 100% 之間，平均樹高變化在 -20 - 468cm 之間，冠幅增加量在 0 - 18.2m² 之間，多數種類苗木在栽植一年內存活情況將影響往後二至三年內的存活。在伐竹環境及竹林環境，軟毛柿 (*Diospyros eriantha*)、刺杜密 (*Bridelia balansae*) 及無患子 (*Sapindus mukorossii*) 具有高存活率但低生長量的特性；反之，稜果榕 (*Ficus septica*)、水同木 (*Ficus fistulosa*) 具有低存活率但高生長量的特性。軟毛柿及刺杜密能在次生林環境保持較高存活率，但其他樹種在次生林環境的生長量表現不佳。本計畫依據 8 種試驗苗木在不同環境下的生長狀況提出栽植建議，未來管理單位在規劃棲地復育時，可依照環境條件及目的選擇適合的樹種，並在栽植 1 年內加強撫育工作。

Abstract

The ongoing construction of the Hushan Reservoir dam in central-western Taiwan will inevitably result in the loss of wildlife habitats. The purpose of this study

proposes possible restoration strategies considering current habitat status and forest dynamics. To gather the relevant information, we firstly developed the potential succession stages in the study area. Secondly, we surveyed Ma Bamboo (*Dendrocalamus latiflorus*) plantations which have been abandoned for some time to evaluate the levels of ecological recovery. We also evaluated the effects of felling Ma Bamboo and planting native saplings to accelerating the recovery. 8 species of seedlings were planted during 2008-2009. In 2013, the research focuses on seedling survivorship and growing in different plots. For seedlings under bamboo plantation and clear-cut area *Diospyros eriantha*, *Bridelia balansae* and *Sapindus mukorossii* have high survivorship and low growth rate. On the other hand, *Ficus septic* and *Ficus fistulosa* have low survivorship and high growth rate. *Diospyros eriantha* and *Bridelia balansae* can sustain under non-cut natural plantations while other species cannot. We suggested that proper species should be chose in forest restoration projects.

關鍵詞：湖山水庫、森林復育、生態補償

Key words: Hushan Reservoir, forest restoration, ecological compensation

二、計畫目的

生態系統退化將會對人類生活造成負面影響，生態復育即為啟動生態系統恢復，使該系統回復良好的穩定性及生態系服務功能(Rapport *et al.* 1998; Clewell 2004; Cairns 1990; Henry and Amoros 1995)。湖山水庫工程計畫用地位於雲林縣斗六市東側丘陵地，面積約400ha，該用地範圍已知為臺灣西部低海拔具有高度生物多樣性的地點之一，且為保育鳥類八色鳥(*Pitta nympha*)的重要分布地，水庫開發必然對當地生態造成負面影響。為因應水庫開發造成的生態損失與負面影響，衍生有湖山水庫工程計畫生態保育措施的擬定與施行(經濟部水利署中區水資源局2005)。「湖山水庫工程計畫生態保育措施」中「森林生態系統」的研究方向即為在水庫須興建的前提下，如何透過生物多樣性補償(biodiversity offset)來降低水庫興建的負面效應(ten Kate *et al.* 2004)。

雲林低海拔丘陵地區的植被類型為低地常綠闊葉林(劉 2003)，原生樹種主要為榕屬及楠木類植物之榕楠林帶(Su 1984)。因此，湖山水庫森林生態系復育計畫初步以「森林生態系」為復育的主體，在瞭解當地演替過程及控制因子後，增加原生低海拔闊葉樹林的覆蓋面積，期望能增加森林性物種所需的核棲地面

積，並減少該類物種在不同棲地區塊間移動的障礙。斗六丘陵今多為栽種麻竹(*Dendrocalamus latiflorus*)為經濟作物(呂等 1997)，部分早年耕作的麻竹林，因為地處偏僻而遭廢棄(楊 2008)。但麻竹生長快速、能長久占據生育地、具有毒性、落葉量多、引發底層煤煙病等諸多效應，影響底層苗木萌發與生長(Chou and Hou 1981; Griscom *et al.* 2007; 張及范 1989; Nelson 2008)。在生態系中，只有當竹子開花結束生活史之後，底層的植被才能開始由先驅樹種開始演替(Griscom and Ashton 2003)。斗六丘陵除因湖山水庫興建的壓力外，也面臨棲地退化壓力。本試驗計畫目的之一，即欲嘗試以人力處理代替自然的過程，經由主動伐除麻竹及種植原生苗木的過程，來加速闊葉林演替，並評估復育過程所須之成本及成效。

森林生態的復育是相當艱難且長期的工作，復育過程中，應建立監測指標展現復育成效，同時對阻礙因子進行提前預警。森林生態系的運作十分的複雜，監測指標應涵蓋不同層次與面向，包括棲地結構、物種多樣性與生態功能等都應考量，並顧及各類群的生物。除了生態系各面向之外，也應包含社會經濟之指標，以供未來決策時進行考量(Lawton *et al.* 1998; Vallauri *et al.* 2002)。優良的指標要能反映環境狀況，且與復育的目的或決策項目有關，並有易理解、易測量、能預測、對改變具敏感性、在相同環境間具有一致性等特點(Dale and Beyeler 2001)。依照美國環境保護署訂立的指標選擇的指導方針(Jackson *et al.* 2000)，在選定指標後應建立標準的作業程序以減低誤差，以利進行長期監測。

本計畫欲藉由實地調查及試驗操作，探討湖山水庫周邊的森林演替模式，欲尋找符合森林動態及經濟成本的森林復原策略，以提供未來森林生態系統復育規劃之參考。工作內容包括：(1) 分析研究地區植物群落現況及推估其演替模式；(2) 調查麻竹林的自然更新狀況，瞭解影響其演替方向的環境因子；(3) 藉移除麻竹林及補植原生樹種，同時建立生態監測指標，以瞭解復育的成效與困難；(4) 調查不同處理環境下各試驗苗木生長狀況。

計畫自 2008 年執行至今，已有不少重要成果：(1) 利用演替趨勢圖(圖 2)建立適用於研究區域內之植物物種的演替分數，調查顯示「自然生態保留及復育區」植群演替階段處於初期與中期；(2) 於斗六丘陵進行植群調查，將當地植群分為：香楠-白孢子型、龍眼-血桐型、稜果榕-水同木型等 3 型(圖 3)，植群分型與地形及人為干擾有關(圖 4)。下坡溪谷植群的演替分數最高，稜線植群次之、中坡最低。中坡喬木層種數及小苗種數也低於另外兩型，推測多數樹種在中坡無法與麻竹競爭，此型林下以龍眼小苗數量最多，建議經營管理時在中坡處伐除麻竹及大徑級

龍眼，並補植適宜樹種；陵線及溪谷地形，因原生種小苗種類較多，僅移除麻竹競爭即可；(3) 2008-2009 年於 3 個 1ha 試驗樣區減少 0.2ha 麻竹林並補植原生樹苗(圖 5)，並建立 20 項各層面之生態指標架構，至 2012 年監測以地景覆蓋度、外來種植物覆蓋度、喬木層密度、喬木層種類數、鳥類密度、狩獵壓力等指標較能在短期內反應管理成效(圖 6)；(4) 於 2008-2009 年共種植 8 種 900 棵試驗苗木，進行存活率與生長量調查，發現伐竹樣區之苗木平均成長量高於其他試驗樣區，但苗木存活率略低。本(2013)年度研究重點在持續比較不同種類苗木在次生林、竹林、伐竹樣區的存活率與成長量。

三、重要工作項目及實施方法

(一) 研究地區

本計畫執行地點為雲林縣林內鄉及斗六市東側丘陵地，為臺灣重要野鳥棲地之一(中華民國野鳥學會 2001)。主要屬林務局阿里山事業區第 61 至 73 林班，林務局於 2008 年公告為「雲林湖本八色鳥野生動物重要棲息環境」；主動更新之試驗範圍則為於湖山水庫北側「自然生態保留區與復育區」(舊稱培厚區 A，以下簡稱復育區)中(圖 1)。區域內海拔高度多在 300m 以下，最高點位於斗六市南側與古坑鄉、竹山鎮交界的木瓜潭山(海拔高度 519m)。稜線西側為北港溪上游集水區，主要由砂岩、頁岩及礫岩所組成，溪流上游近山稜處形成許多邊坡陡峭的侵蝕山溝(林及周 1974)。調查樣區位於湖山水庫北側的復育區，為 2008 年設置的 8 個 1ha(編號為 No.1、No.4 - No.10)試驗樣區(圖 5)。

(二) 主動更新試驗

麻竹對苗木影響之試驗

本研究為瞭解麻竹對於原生林木發育的影響，以及不同苗木之生長特性。於不同試驗環境(伐竹環境、麻竹林環境、次生林環境)栽植苗木，並測量苗木生長量變化差異情形。苗木收集原則為 2008 年 6 月至 10 月於湖山水庫及鄰近地區，採集同棵母樹下不超過 10 株而苗高介於 50-100 cm 的同種實生苗木，採後移植當地臨時苗圃培育。並於 2009 年 4 月及 2010 年 7 月，分批選出生長良好的苗木，共 8 種 900 株栽植。栽植地點分為伐竹環境、竹林環境及次生林環境等三種處理，伐竹環境為 2008 年 10 月至 2009 年 2 月及 2009 年 10 至 12 月麻竹叢清除後之開闢地，竹林環境為麻竹占 60%以上面積之竹闊混合林，次生林環境則為麻竹潛在

影響範圍外之闊葉林。

兩批苗木分別於 2009 年 11 月及 2010 年 11 月進行第一次調查，之後每年 3 月及 9 月進行監測，直至 2013 年 9 月為止。除記錄存活狀況，並同時測量栽植苗木之地徑(若樹高 1.3 m 處直徑已>1 cm，即開始改測量胸徑)、樹高(地際至生長點之高度)、樹冠幅(樹冠投影面積)。徑級共分為七級，地徑分為 2.0cm 以下及 2.0cm 以上兩級，胸徑每 2.5cm 為一級分 5 級，第七級為胸徑 11cm 以上者。由於研究地區人車甚易抵達，苗木偶因工程、除草、採筍而遭砍斷，調查時若發現苗木主幹或側枝受砍伐而呈現切口整齊樣貌，即記錄為人為干擾。自 2010 年 11 月起，每株苗木測量其週邊環境數值包括：地際竹葉覆蓋厚度、光照等級(依樹冠受直射光及側面入射光照射面積占全樹冠面積百分比分為五級，等級越高受光照比例越高：第一級完全無光照，第二級樹冠有 20-40%側面入射光及少於 10%直射光，第三級樹冠有 40-60%頂端直射光，第四級樹冠超過 90%的直射光但側面入射光部分或完全遮蔽，第五級樹冠完全照到直射光及側面入射光)，並記錄苗木葉片上煤煙病之有無。

於存活率分析時即排除具人為干擾歷史之苗木，試驗苗木的存活率依照不同批次及種類分別進行統計並計算平均值，生長量則以平均值±標準誤(SE)表示。存活率為當次調查存活株數占該批次最初種植的比例，以卡方檢定存活率是否在三種環境處理間具有差異。生長量分析則在排除具人為干擾歷史之苗木後，僅分析最後 1 次調查時還存活的個體。樹高、冠幅、地徑及胸徑等，皆確認為常態分布後，以 ANOVA 分析苗木生長量是否存在環境間差異。環境因子與存活率分析，取種植後半年的環境數值與，半年至一年間的存活狀況進行簡單邏輯斯迴歸分析(simple logistic regression)。

四、結果與討論

麻竹對苗木影響

1. 存活率

自栽植起至 2013 年 9 月所有批次及種類的試驗苗木之存活率如表 1。2010 年栽種的軟毛柿、刺杜密及無患子，在三種環境下均可維持 70%以上的存活率，且三種環境下的存活率無顯著差異。2009 年栽植的水同木、香楠、稜果榕在三種環境下存活率皆低於或等於 60%，其中水同木及香楠在三種環境間的存活率有顯著差異或接近顯著差異，且兩種苗木在伐竹環境中有最高的存活率，但在次生

林環境則存活率最低；兩批稜果榕在三種環境下的存活率則無顯著差異。2009 年栽植的菲律賓饅頭果及杜英在三種環境間的存活率有顯著差異，又以竹林環境的存活率最高，可達 70% 以上。而 2009 年栽植的菲律賓饅頭果及 2010 年栽植的杜英兩批苗木的死亡率，會受覆蓋苗木的竹葉厚度影響，竹葉覆蓋越厚死亡率越高，可見兩者雖然在竹林中存活率高，但竹葉依舊影響苗木死亡，此外 2010 年栽植的杜英，死亡率也因光照程度增加而降低。兩批次所有樹種苗木的短期死亡率與煤煙病較無相關(表 3)。軟毛柿及刺杜密的存活曲線在年間呈現穩定趨勢，而無患子在竹林及次生林環境的存活率則持續微幅下降，其餘種類苗木在栽植一年內存活曲線快速下降，之後二至三年內在伐竹及竹林環境中的存活率多維持穩定，但在次生林環境則有存活率逐年下降的狀況(圖 7)。

2. 生長量

自栽植起至 2013 年 9 月，所有批次及種類的試驗苗木之樹高增加量如表 4。兩批次所有樹種在三種環境間的平均樹高增加量皆有顯著差異，而除了軟毛柿在伐竹與竹林環境的樹高增加量差異較小外，所有樹種在伐竹環境的樹高增加量皆顯著高於另外兩種環境。各批次苗木在不同環境的樹高增長情形不一，2009 年栽植者在竹林環境的樹高增加量明顯高於次生林環境，但 2010 栽植者在竹林與次生林之間則無顯著差異。在伐竹環境中，兩批苗木皆以稜果榕的樹高增加量最多。竹林環境下則以 2009 年栽植的水同木增長最高、稜果榕次之，而 2010 年栽植者則以稜果榕增加量最高、軟毛柿次之。在次生林環境中，除了軟毛柿及 2009 年栽植的杜英略增 0.5m 以上外，其餘樹種各批次平均樹高增加量都在 0.2m 以下。樹高增長曲線，在伐竹環境中皆呈現穩定增加之趨勢。竹林環境中，除了 2009 年栽植的香楠在 40 個月後增長量逐漸減少，而 2010 年香楠樹高生長停滯之外，其餘種類苗木之高生長皆逐年略微增加，次生林環境中的苗木樹高增長曲線則平緩少有增長(圖 8)。

自栽植起至 2013 年 9 月，所有批次及種類的試驗苗木之冠幅增加量如表 5。所有樹種兩批苗木在三種環境間的平均冠幅增加量皆有顯著差異，且伐竹環境增加量顯著高於次生林環境。在伐竹環境中，2009 年栽植的所有樹種平均冠幅增加量都在 5m^2 以上，2010 年栽植者則增加 0.5m^2 以上，而次生林環境中平均冠幅增加量皆不超過 0.5m^2 。兩個批次在三種環境的平均增加量又皆以稜果榕平均冠幅增加最多而香楠增長最少。冠幅成長曲線，可從伐竹環境看出水同木、香楠及杜英呈現夏季成長較快、冬季較慢的季節性變化，而稜果榕則較無冠幅成長的季

節差異(圖 9)。

最後一次調查之兩批次所有樹種的徑級分布整理如表 6，徑級分布如圖 10。所有樹種兩批苗木在三種環境間的徑級皆有顯著差異，且伐竹環境顯著高於次生林環境。2009 年栽植者除稜果榕外，其餘在伐竹環境與竹林環境之徑級並無差異；竹林與次生林的苗木，除水同木在兩環境下的增加量差異較不明顯，其餘皆具有顯著差異。2010 年栽植者，在伐竹環境與竹林環境的苗木徑級有差異，而竹林環境與次生林環境的苗木所表現出的徑級則較為相似。兩批次苗木皆顯示在伐竹環境中有較高的徑級，又以 2009 年栽植的稜果榕徑級最大，而次生林環境中所有樹種則普遍維持在最低徑級。

3. 綜合討論

所有苗木的生長量以伐竹環境最高，栽植後苗木在開闊的伐竹林地面臨曝曬以及雜草藤蔓競爭，造成第一年內苗木大量死亡。在伐竹及竹林環境中，栽植後一年內的存活率將影響往後二至三年的存活表現，三年後若環境無劇烈變化則存活狀況維持穩定。研究樣區內鬱閉度較高的竹林，苗木栽植後一到兩年面臨竹林環境的不適應而存活率下降，但在研究進行第三年後，竹叢開始呈現老化現象，枯死倒塌後產生許多開闊孔隙使林下光度增加，且後期竹葉覆蓋與煤煙病逐漸減少，以致二到三年後有些苗木的生長狀況與伐竹環境苗木幾無差異。此現象與亞熱帶森林，竹類抑制林下苗木密度及形質生長，直至開花枯亡一年後當地的苗木地徑及高度才明顯增加的情況相似(Budke et al. 2010；Montti et al. 2011)。次生林長期鬱閉，苗木存活率多呈逐年下降情況，林下苗木往往呈現矮小狀態，所有苗木徑級皆以次生林最小。

稜果榕較不受環境影響，能在三種環境下展現明顯的高度及冠幅生長。水同木與軟毛柿分別屬於中度耐陰及耐陰樹種(郭等 2011)，在竹林及次生林環境下展現良好高度增長。有研究指出香楠在森林孔隙生長情況良好，在高光或低光環境下存活率會大幅下降(張等 2011)，或許是本研究所栽植的香楠苗木較難適應當地次生林環境，以及初期在伐竹環境下死亡率高的原因。菲律賓饅頭果及杜英屬於陽性至中度耐陰樹種，難以在低光下生長(郭等 2011)，因此苗木雖然適應竹林環境而展現高存活率，但若竹葉覆蓋太多或冠層鬱閉使苗木所能受到的光照比例降低，仍是造成其苗木死亡的影響因子。

8 種植物因分屬不同耐陰程度，對生育環境條件要求各異，因此在選擇棲地改善之樹種時，應依照現地條件與需求加以挑選(表 7)。面對開闊環境的強烈光

照或鬱閉環境的陰暗低光，栽植初期除了仰賴苗木本身對環境的耐受度，人為介入清除雜草與藤蔓覆蓋也相當重要，以減少苗木競爭並維持後期苗木存活率。竹林環境於研究開始後，前兩年鬱閉狀態近似次生林，但從第二年之後竹叢陸續枯亡產生孔隙，使苗木存活率漸與伐竹環境相近，因此研究初期伐除林地竹類，使林地取得足夠的光照，某方面可促進竹林下的苗木至少一年的樹高及冠幅生長量，顯示伐竹處理有其一定的功效。

五、結論與建議

1. 無竹林存在的開闊復育基地，栽植初期人為介入清除雜草與藤蔓覆蓋相當重要，藉此增加苗木競爭力及存活率。原生苗木及栽植苗木，後期會因樹冠逐漸成長，彼此之間產生資源競爭。建議苗木栽植後的3年內，持續進行除蔓及除草撫育以確保存活率。存活良好的苗木枝葉逐漸擴展，並加入當地資源競爭行列，未來出現自我疏伐情況亦屬自然現象，往後不建議進行疏伐管理。
2. 復育基地的竹類對當地植群具有一定影響，因此若能在初期伐除林地竹類，使苗木得到足夠光照，將可促進林下苗木至少一年的樹高及冠幅生長量，有助與草灌木的競爭力。
3. 8種試驗苗木在不同試驗區的存活率、生長量結果顯示，能快速增加地徑、高生長或冠幅的樹種，較能與開闊地的其他樹種、雜草與灌木藤蔓競爭；生長緩慢卻能耐遮蔭與病害的樹種，則適合種植鬱閉的復育基地，或作為補充冠層樹種的儲備植栽。開闊或遮蔽環境中，各有存活率高而生長快慢各異的適合樹種，因此在規劃棲地復育時，可依照環境條件及其他考量，選擇適合復育基地之樹種，且存活率不宜作唯一評估成效指標，應再加入生長量加以檢視。
4. 紅外線相機監測影像顯示常有犬隻在復育區中活動，與野生動物活動範圍重疊，建議未來對於庫區內犬隻問題，擬定方案，加強管理與宣導。

六、參考文獻

- 中華民國野鳥學會。2001。臺灣重要野鳥棲地手冊。中華民國野鳥學會。
- 呂錦明、陳春雄、吳國伍。1997。竹類種子苗造林試驗－麻竹。臺灣林業科學 12: 269-278。

- 林務局。2008。公告「雲林湖本八色鳥野生動物重要棲息環境」之類別及範圍。
- 林朝榮、周瑞燉。1974。臺灣地質。臺灣省文獻委員會編印。
- 楊迪嵐。2008。斗六丘陵植群生態之研究。國立中興大學森林系研究所碩士論文。臺中。
- 張玉珍、范義彬。1989。臺灣樹木重要害蟲調查。林試所林業叢刊 32: 45。
- 張乃航、林欣德、陳國章、林元祥。2011。不同光照環境中生長之三種闊葉樹幼苗葉部結構變化。2011森林資源保存與利用研討會論文集。
- 經濟部水利署中區水資源局。2005。湖山水庫工程計畫生態保育措施。經濟部水利署中區水資源局。
- 陳鳳華。2007。八卦山臺地植群分類與製圖。國立中興大學生命科學系碩士論文。臺中。
- 郭耀綸、陳海琳、葉慶龍。2011。臺灣原生闊葉樹種光合潛力與其天然更新苗光環境的關係。2011森林資源保存與利用研討會論文集。
- 劉崇瑞、蘇鴻傑。2000。森林植物生態學。臺灣商務印書館。臺北。
- 劉靜榆。2003。臺灣中西部氣候區森林植群分類系統之研究。國立臺灣大學森林學研究所博士論文。臺北。
- 翟鵬。1977。臺灣鳥類生態區隔的研究。東海大學碩士論文。臺中。
- Budke, J. C., M. S. Albert, C. Zanardi, C. Baratto, and E. M. Zanin. 2010. Bamboo dieback and tree regeneration responses in a subtropical forest of South America. *Forest Ecology and Management* 260 (8): 1345-1349.
- Cairns, J. Jr. 1990. The prediction, validation, monitoring and mitigation of anthropogenic effects on natural systems. *Environmental Auditor* 2: 19-25.
- Clewell, A., J. Aronson, and K. Winterhalder. 2004. The SER International primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona, USA.
- Chou, C. H. and M.H. Hou. 1981. Allelopathic research in subtropical vegetation in Taiwan. I. Evaluation of allelopathic potential of bamboo vegetation. *Proceedings of the National Science Council*. 5: 284-292.

- Dale, V. H., and S. C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.
- Editorial Committee of the Flora of Taiwan 2nd. Ed. 2003. *Flora of Taiwan*, Vol. 6. Taiwan, Republic of China: Department of Botany, National Taiwan University, Taipei.
- Griscom, B. W. and P. M. S. Ashton. 2003. Bamboo control and forest succession: *Guadua sarcocarpa* in Southeastern Peru. *Forest Ecology and Management* 175: 445-454.
- Griscom, B. W., D. C. Daly, and M. S. Ashton. 2007. Floristics of bamboo-dominated stands in lowland terra-firme forests of southwestern Amazonia. *Journal of the Torrey Botanical Society* 134: 108-125.
- Henry, C. P., and C. Amoroso. 1995. Restoration ecology of riverine wetlands: I. A scientific base. *Environmental Management* 19: 891-902.
- Jackson L.E., J. Kurtz, and W.S. Qisher. 2000. Evaluation guidelines for ecological indicators. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, North Carolina, USA.
- Janzen, D. H. 1988. Tropical ecological and biocultural restoration. *Science* 239: 243-244.
- Lawton, J. H., D. E. Bignell, B. Bolton, G. Q. Bloemers, P. Eggleton, P. M. Hammond, M. Hodda, R. D. Holt, D. S. Srivastava, and A. D. Watt. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391: 72-76.
- Marquis, R. J., and C. J. Whelan. 1994. Insectivorous birds increase growth of white oak through consumption of leaf-chewing insects. *Ecology* 75: 2007-2014.
- Montti, L., P. L. Campanello, M. G. Gatti, C. Blundo, A. T. Austin, O. E. Sala, and G. Goldstein. 2011. Understory bamboo flowering provides a very narrow light window of opportunity for canopy-tree recruitment in a neotropical forest of Misiones, Argentina. *Forest Ecology and Management* 262: 1360-1369.
- Nelson, S. 2008. Sooty mold. *Plant disease* 52: 1-3.

- Peres, C. A. 2000. Effects of subsistence hunting on vertebrate community structure in Amazonian forest. *Conservation Biology* 14: 240-253.
- Peres, C. A. 2001. Synergistic effects of subsistence hunting and habitat fragmentation on Amazonian forest vertebrates. *Conservation Biology* 15: 1490-1505.
- Petrere, M. Jr., L. C. Giordano, and P. De Marco, Jr.. 2004 Empirical diversity indices applied to forest communities in different succession stages. *Brazilian journal of biology* 64: 841-851.
- Rapport, D. J., R. Costanza, and A. J. McMichael. 1998. Assessing ecosystem health. *Trends in Ecology and Evolution* 13: 397-402.
- Su, H. J. 1984. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II): Altitudinal vegetation zones in relation to temperature gradient. *Quarterly Journal of Chinese Forestry* 17(4): 57-73.
- ten Kate, K., J. Bishop, and R. Bayon. 2004. Biodiversity offsets: Views, experience, and the business case. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and Insight Investment, London, UK.
- Vallauri, D. R., J. Aronson, and M. Barbero. 2002. An analysis of forest restoration 120 years after reforestation on badlands in the Southwestern Alps. *Restoration Ecology* 10: 16-26.

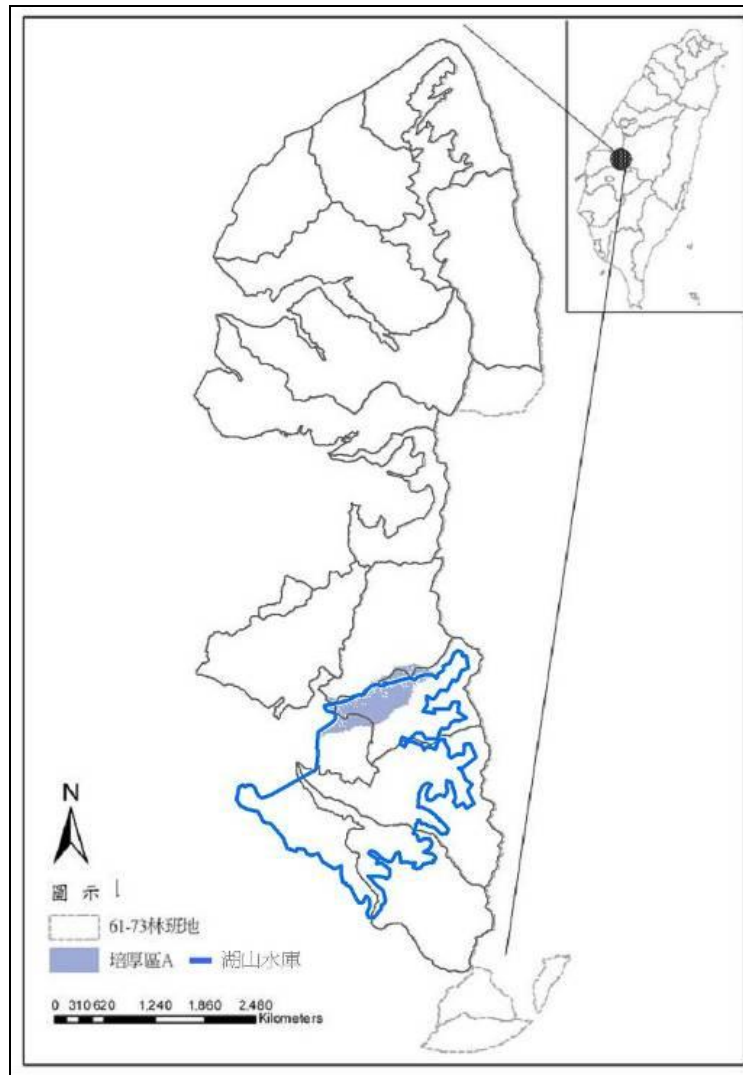


圖 1. 湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗之研究範圍，「培厚區 A」為「自然生態保留與復育區」之舊稱。

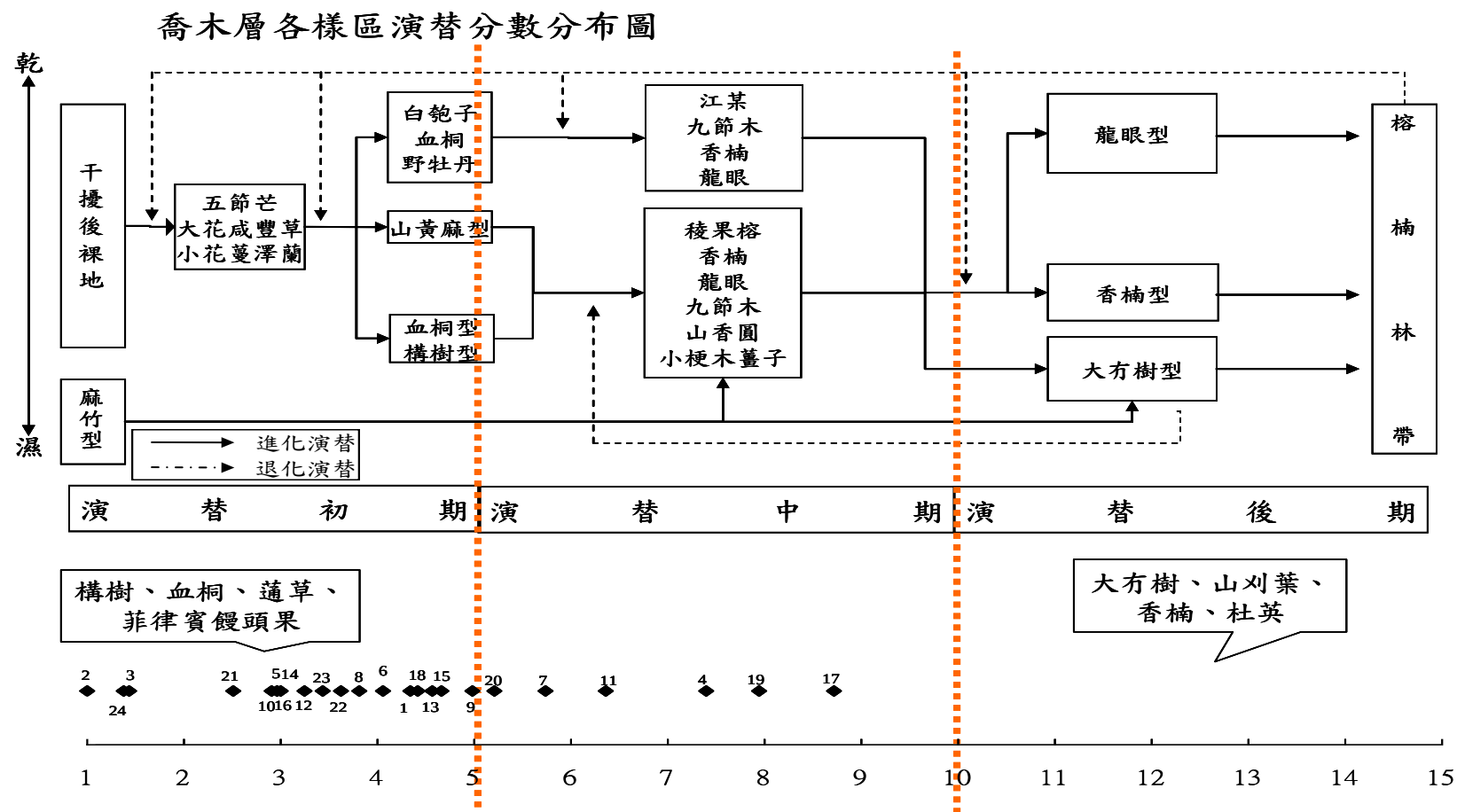


圖 2. 斗六丘陵喬木層演替推估圖及演替現況。下方橫軸為演替分數(1-15 分)，分數越高表示演替越接近後期，上方的黑點為 2009 年復育區中植物永久樣區所在之演替階段。

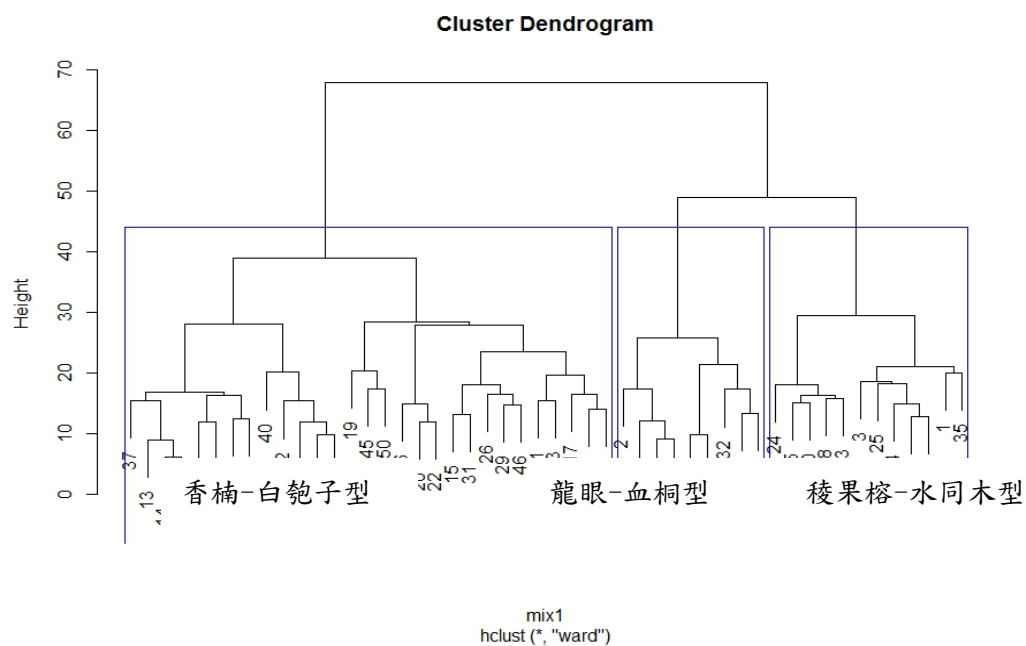


圖 3. 斗六丘陵廢棄麻竹林(n=35)及次生林(n=15)整合之植群群團分析樹狀圖。

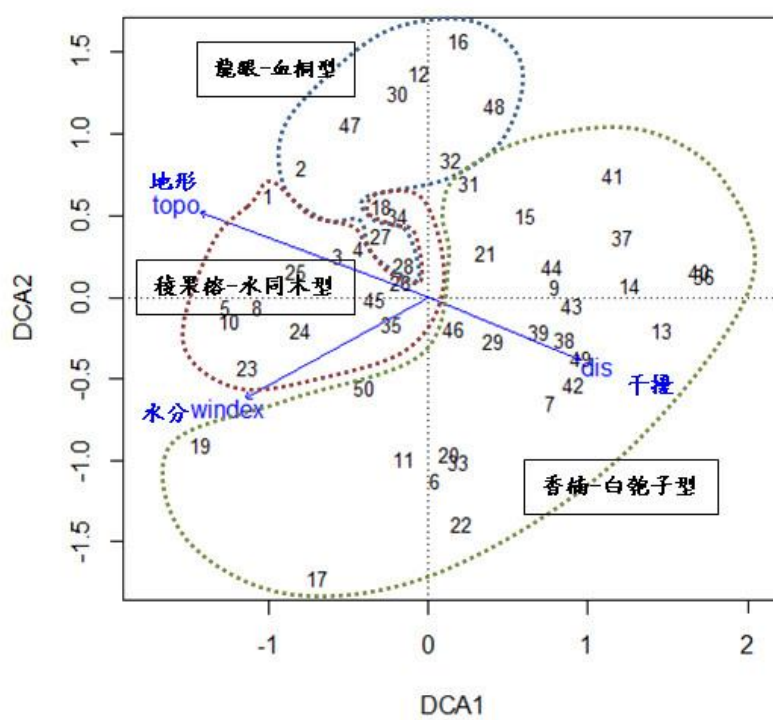


圖 4. 斗六丘陵廢棄麻竹林(n=35)及次生林(n=15)樣區整合，與環境因子變異在 DCA 序列軸上之分布。



圖5. 湖山水庫自然生態保留與復育區中8個1ha試驗樣區之分布圖。No.1-No.10為該試驗樣區編號；各種操作處理代號的意義為B-降低麻竹密度，及B0不處理麻竹；T+種樹、T0不種樹。底圖為2009年庫區航照圖。

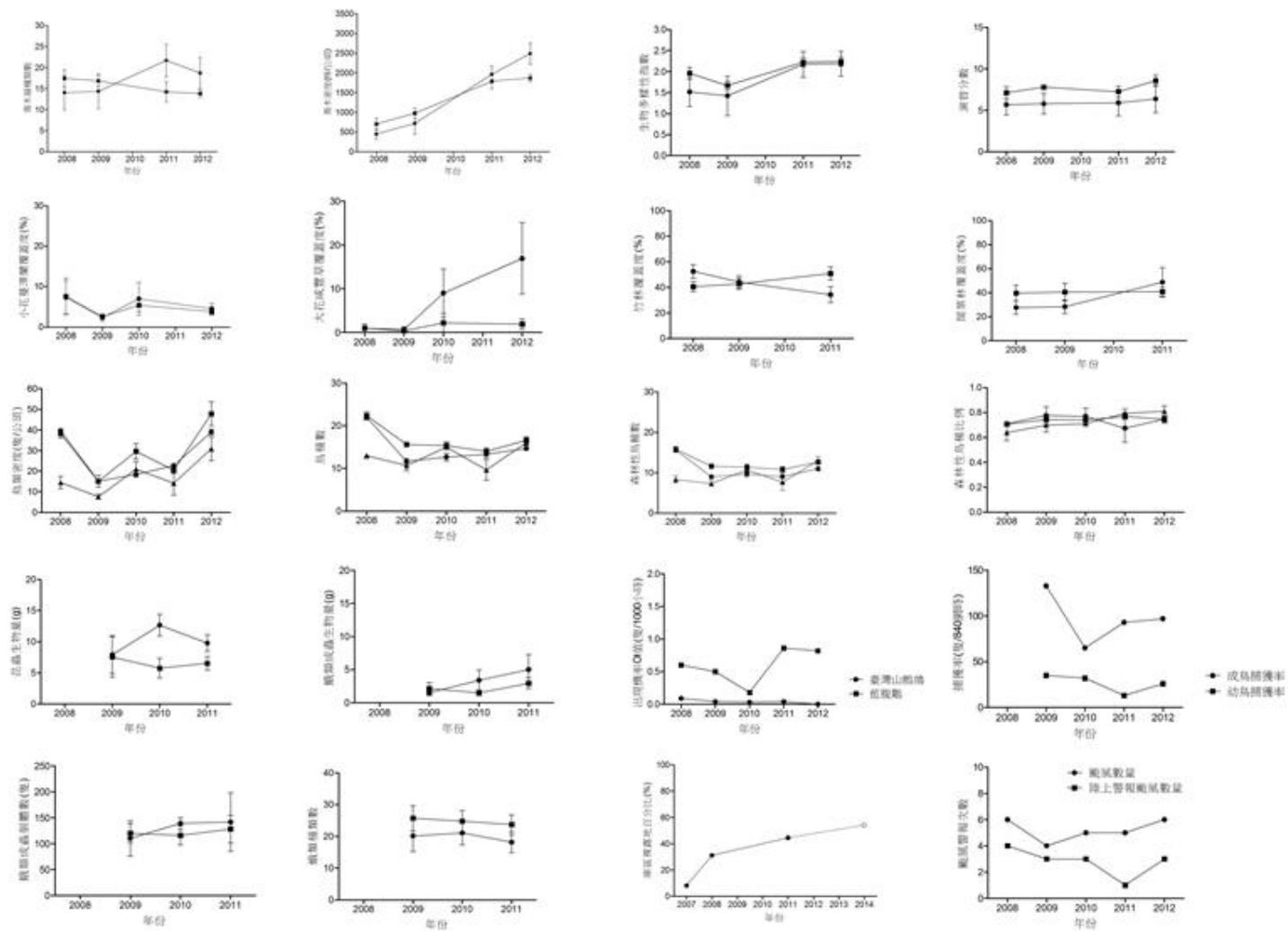


圖6. 於2008-2012年間於湖山水庫復育區進行20項生態監測指標之監測，瞭解伐竹樣區(-●-)及非伐竹樣區(-■-)各生態層面之變化。

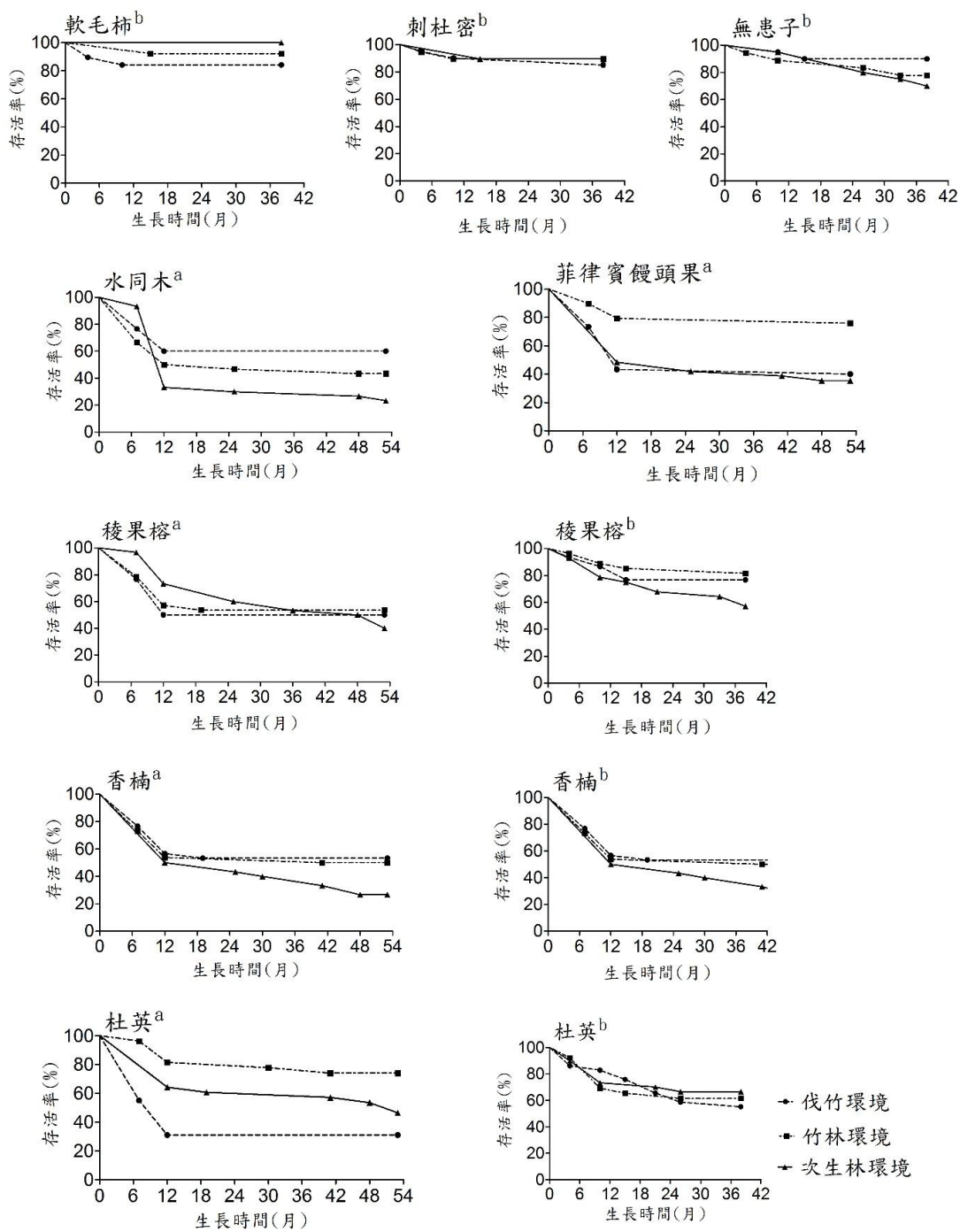


圖 7. 自栽植起至 2013 年 9 月，不同批次的試驗苗木的存活曲線。樹種右上方英文字母為栽植時間：a：2009 年 4 月；b：2010 年 7 月。

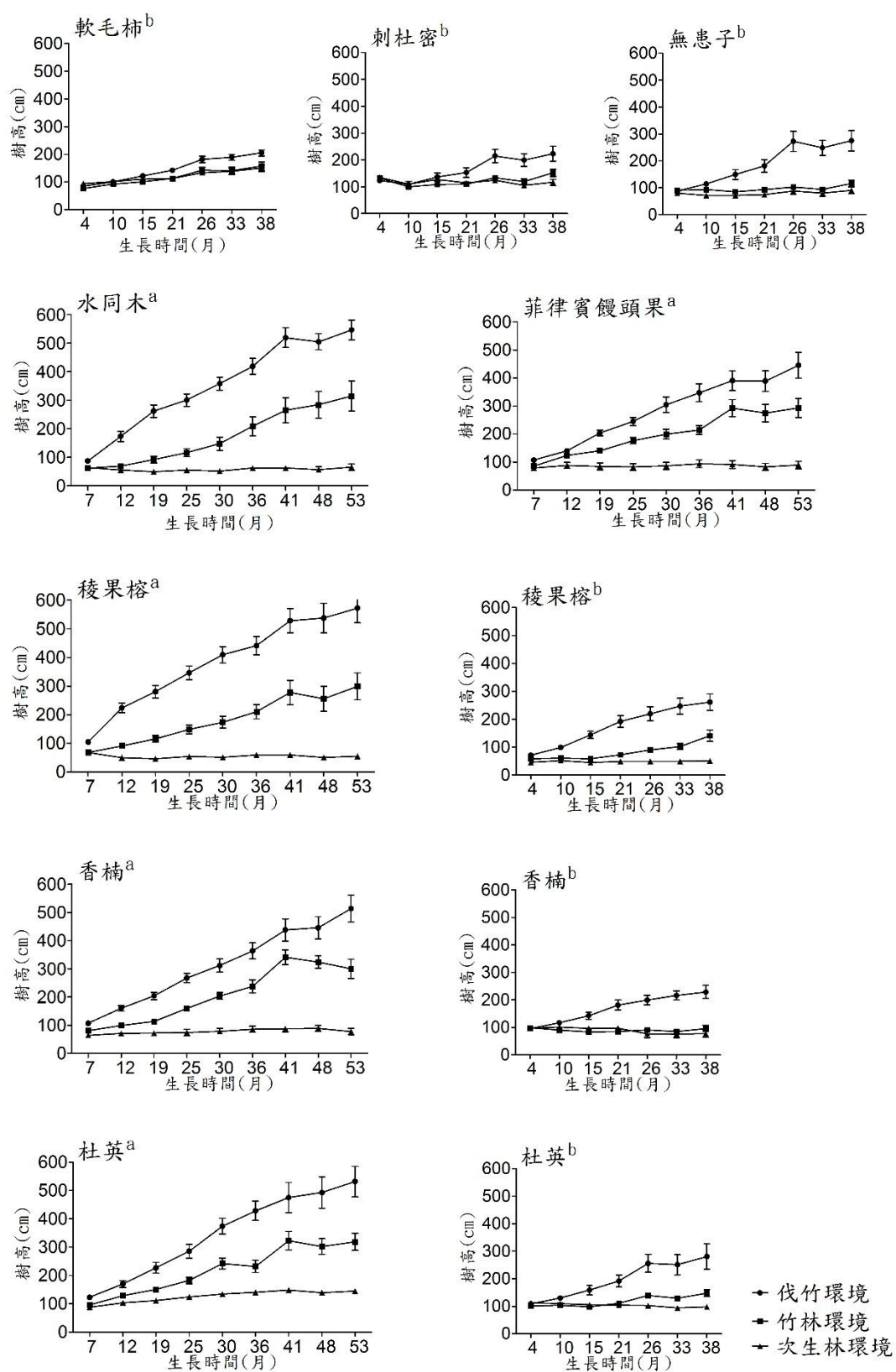


圖 8. 自栽植起至 2013 年 9 月，不同批次的試驗苗木的平均樹高。樹種右上方英文字母為栽植時間：a：2009 年 4 月；b：2010 年 7 月。

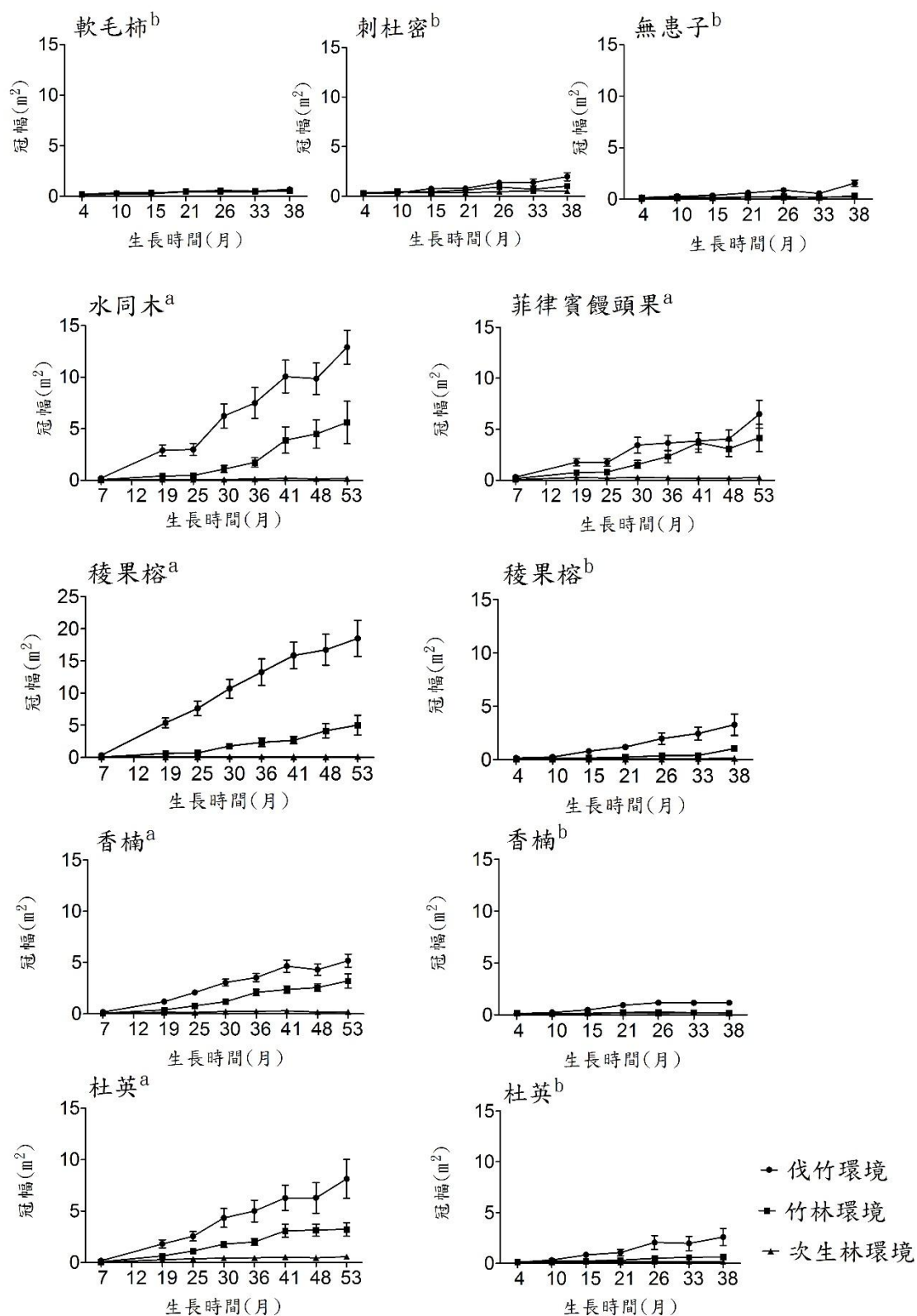


圖 9. 自栽植起至 2013 年 9 月，不同批次的試驗苗木的平均冠幅。樹種右上方英文字母為栽植時間：a：2009 年 4 月；b：2010 年 7 月。

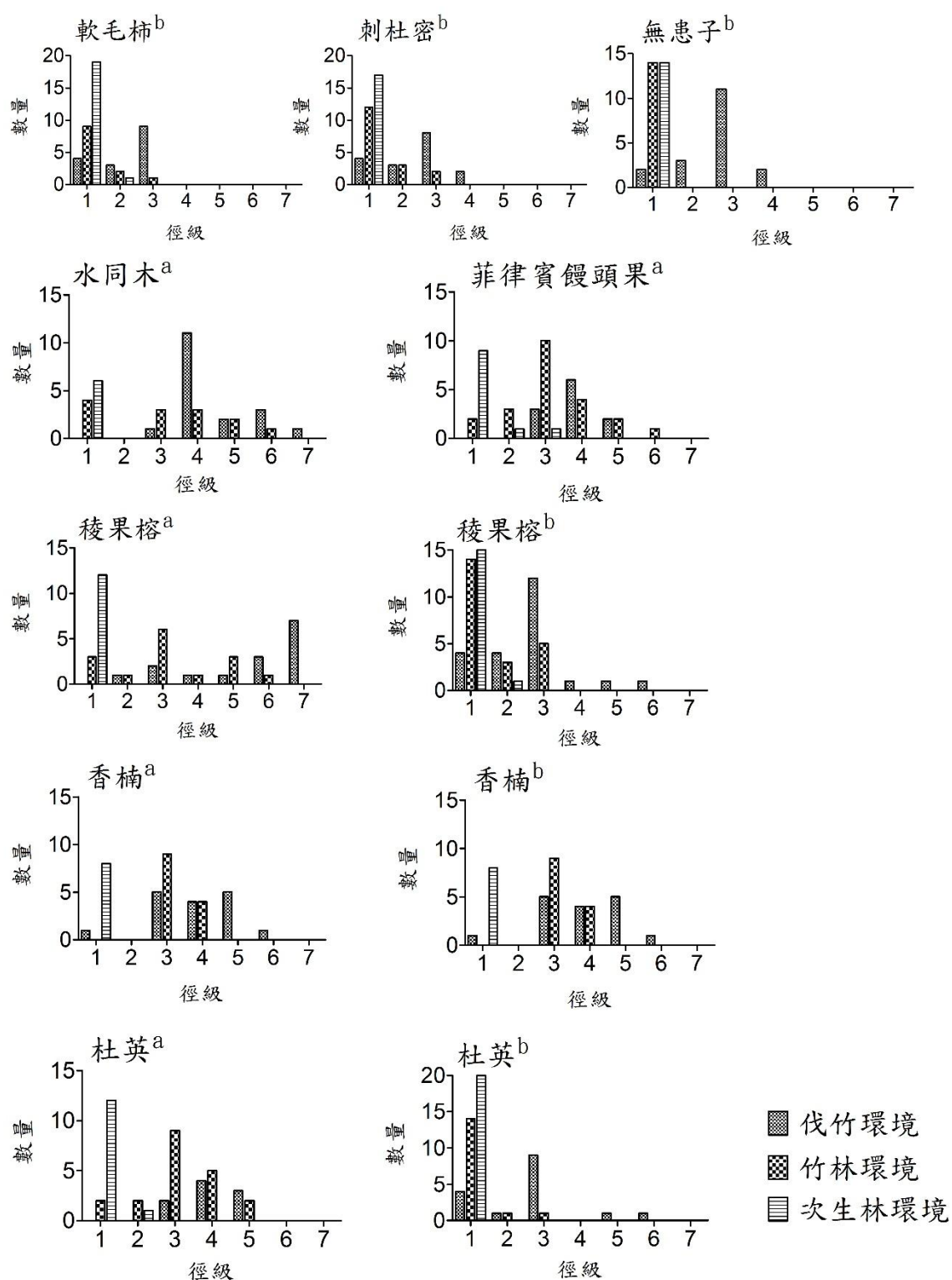


圖 10. 2013 年 9 月最後一次苗木調查，不同批次的試驗苗木的徑級分布。樹種右上方英文字母為栽植時間：a：2009 年 4 月；b：2010 年 7 月。

表 1. 2009 年及 2010 年栽植試驗用苗木種類和數量，兩年合計栽種 8 種 900 棵。

樹種		學 名		環境型態與栽植年份						
				伐竹環境		麻竹林環境		闊葉林環境		總計
				2009	2010	2009	2010	2009	2010	
香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>	30	30	30	30	30	30	180		
杜英	<i>Elaeocarpus sylvestris</i>	30	30	30	30	30	30	180		
菲律賓 饅頭果	<i>Glochidion philippicum</i>	30		30		30		90		
稜果榕	<i>Qicus septica</i>	30	30	30	30	30	30	180		
水同木	<i>Qicus qistulosa</i>	30		30		30		90		
無患子	<i>Sapindus mukorossii</i>		20		20		20	60		
刺杜密	<i>Bridelia balansae</i>		20		20		20	60		
軟毛柿	<i>Diospyros eriantha</i>		20		20		20	60		

表 2. 自栽植起至 2013 年 9 月不同種類、批次的試驗苗木，在三種試驗環境的存活率，並以卡方檢定檢測在環境間有無顯著差異。

種植時間	樹種	存活率% (n)			P-value
		伐竹環境	竹林環境	次生林環境	
2009 年 4 月	水同木	60 (30)	43 (30)	23 (30)	0.0158
	香楠	53 (30)	50 (26)	27 (30)	0.0784
	稜果榕	50 (30)	54 (28)	40 (30)	0.5589
	菲律賓饅頭果	40 (30)	76 (29)	35 (31)	0.0031
	杜英	31 (29)	74 (27)	46 (28)	0.0051
2010 年 7 月	無患子	90 (20)	78 (18)	70 (20)	0.2901
	刺杜密	85 (20)	89 (19)	89 (19)	0.2471
	軟毛柿	84 (19)	92 (13)	100 (20)	0.1808
	稜果榕	77 (30)	81 (27)	57 (28)	0.1019
	香楠	63 (27)	83 (30)	33 (27)	0.0006
	杜英	59 (29)	62 (26)	67 (30)	0.8117

表 3. 以 logistic regression 檢測苗木種植後半年到一年間的死亡與環境因子的關連性。

樹種	光照		竹葉厚		煤煙病	
	P-value	95% Odds ratio	P-value	95% Odds ratio	P-value	95% Odds ratio
水同木	0.11	0.997-1.029	0.18	0.9-1.744	0.97	0.276-3.811
杜英	0.32	0.974-1.008	0.13	0.712-2.058	0.22	0.566-11.685
香楠	0.35	0.992-1.024	0.76	0.799-1.358	0.32	0.079-2.294
菲律賓饅頭果	0.43	0.797-1.009	0.06	0.978-2.687	0.17	0.067-1.629
稜果榕	0.30	0.799-1.007	0.67	0.807-1.398	0.98	0.233-4.107
第一批全部	0.89	0.993-1.006	0.01	1.046-1.399	0.18	0.325-1.232
杜英	0.01	0.194-0.833	0.02	1.025-1.416	0.98	0.001-999
刺杜密	0.47	0.461-5.397	0.36	0.875-1.446	-	-
香楠	0.16	0.266-1.244	0.81	0.780-1.216	0.98	0.001-999
軟毛柿	0.91	0.001-999	0.94	0.001-999	0.98	0.001-999
無患子	0.87	0.351-2.440	0.91	0.648-1.469	0.97	0.001-999
稜果榕	0.79	0.473-1.773	0.21	0.534-1.144	-	-
第二批全部	0.08	0.542-1.040	0.23	0.963-1.168	0.98	0.001-999

表 4. 自栽植起至 2013 年 9 月不同種類、批次的試驗苗木，在三種試驗環境的樹高增加量，以 one-way ANOVA 檢測如有顯著差異，則以 Tukey's multiple comparison test 檢測，相同字母代表在環境間無顯著差異(P>0.05)。

種植時間	樹種	樹高增加量(cm) Mean $\pm$ S.E (n)			P-value
		伐竹環境	竹林環境	次生林環境	
2009 年 4 月	稜果榕	468.3 $\pm$ 45.7 ^a (15)	231.2 $\pm$ 47.6 ^b (15)	-13.3 $\pm$ 6.5 ^c (12)	<0.0001
	水同木	439.1 $\pm$ 25.1 ^a (18)	268.4 $\pm$ 37.3 ^b (13)	-1.4 $\pm$ 7.9 ^c (7)	<0.0001
	杜英	408.4 $\pm$ 52.1 ^a (9)	222.5 $\pm$ 32.1 ^b (20)	56.8 $\pm$ 7.6 ^c (13)	<0.0001
	香楠	406.8 $\pm$ 45.1 ^a (16)	219.5 $\pm$ 36.1 ^b (13)	13.0 $\pm$ 7.8 ^c (8)	<0.0001
	菲律賓 饅頭果	338.4 $\pm$ 42.5 ^a (12)	207.2 $\pm$ 33.4 ^b (22)	10.6 $\pm$ 15.1 ^c (11)	<0.0001
2010 年 7 月	稜果榕	190.0 $\pm$ 29.2 ^a (23)	82.3 $\pm$ 21.2 ^b (22)	5.3 $\pm$ 8.3 ^b (16)	<0.0001
	杜英	171.6 $\pm$ 44.6 ^a (16)	47.2 $\pm$ 14.7 ^b (16)	-14.7 $\pm$ 8.4 ^b (20)	<0.0001
	刺杜密	100.4 $\pm$ 29.3 ^a (17)	19.4 $\pm$ 13.2 ^b (17)	-18.4 $\pm$ 9.1 ^b (17)	0.0003
	無患子	187.1 $\pm$ 35.4 ^a (18)	25.9 $\pm$ 12.0 ^b (14)	10.1 $\pm$ 12.7 ^b (14)	<0.0001
	香楠	133.2 $\pm$ 22.5 ^a (17)	-2.4 $\pm$ 10.8 ^b (25)	-20.0 $\pm$ 16.7 ^b (9)	<0.0001
	軟毛柿	120.2 $\pm$ 8.7 ^a (16)	80.8 $\pm$ 12.3 ^{ab} (12)	56.8 $\pm$ 7.6 ^b (20)	0.0005

表 5. 自栽植起至 2013 年 9 月不同種類、批次的試驗苗木，在三種試驗環境的冠幅增加量，以 one-way ANOVA 檢測，如有顯著差異，則以 Tukey's multiple comparison test 檢測，相同字母代表冠幅增加量在環境間無顯著差異(P>0.05)。

種植時間	樹種	冠幅增加量(m ²) Mean $\pm$ S.E (n)			P-value
		伐竹環境	竹林環境	次生林環境	
2009 年 4 月	稜果榕	18.2 $\pm$ 2.8 ^a (15)	5.0 $\pm$ 1.5 ^b (15)	0.1 $\pm$ 0.0 ^b (12)	<0.0001
	水同木	12.7 $\pm$ 1.6 ^a (18)	5.5 $\pm$ 2.1 ^b (13)	0.1 $\pm$ 0.0 ^b (7)	0.0002
	杜英	8.0 $\pm$ 1.9 ^a (9)	3.1 $\pm$ 0.7 ^b (20)	0.5 $\pm$ 0.1 ^b (13)	<0.0001
	菲律賓 饅頭果	6.2 $\pm$ 1.3 ^a (12)	4.0 $\pm$ 1.3 ^{ab} (22)	0.2 $\pm$ 0.1 ^b (11)	0.0231
	香楠	5.0 $\pm$ 0.6 ^a (16)	3.1 $\pm$ 0.7 ^a (13)	0.2 $\pm$ 0.1 ^b (8)	<0.0001
2010 年 7 月	稜果榕	3.1 $\pm$ 1.0 ^a (23)	1.0 $\pm$ 0.3 ^{ab} (22)	0.1 $\pm$ 0.1 ^b (16)	0.0082
	杜英	2.5 $\pm$ 0.8 ^a (16)	0.5 $\pm$ 1.0 ^b (16)	0.0 $\pm$ 0.0 ^b (20)	0.0007
	刺杜密	1.7 $\pm$ 0.4 ^a (17)	0.7 $\pm$ 0.1 ^b (17)	0.2 $\pm$ 0.1 ^b (17)	0.0002
	無患子	1.4 $\pm$ 0.3 ^a (18)	0.2 $\pm$ 0.0 ^b (14)	0.2 $\pm$ 0.0 ^b (14)	<0.0001
	香楠	1.0 $\pm$ 0.2 ^a (17)	0.0 $\pm$ 0.0 ^b (25)	0.0 $\pm$ 0.1 ^b (9)	<0.0001
	軟毛柿	0.5 $\pm$ 0.0 ^a (16)	0.3 $\pm$ 0.1 ^{ab} (12)	0.3 $\pm$ 0.0 ^b (20)	0.0315

表 6. 自栽植起至 2013 年 9 月不同種類、批次的試驗苗木徑級中位數，以 Kruskal-Wallis test 檢測徑級分布，如有顯著差異，則以 Dunn's multiple comparison test 檢測，相同字母代表在環境間無顯著差異(P>0.05)。

種植時間	樹種	徑級(cm) Medium (n)			P-value
		伐竹環境	竹林環境	次生林環境	
2009 年 4 月	稜果榕	6 ^a (15)	3 ^b (15)	1 ^c (12)	0.0001
	水同木	4 ^a (18)	3 ^{ab} (13)	1 ^b (7)	<0.0001
	杜英	4 ^a (9)	3 ^a (20)	1 ^b (13)	<0.0001
	菲律賓饅頭果	4 ^a (12)	3 ^a (22)	1 ^b (11)	<0.0001
	香楠	4 ^a (16)	3 ^a (13)	1 ^b (8)	<0.0001
2010 年 7 月	稜果榕	3 ^a (23)	1 ^b (22)	1 ^b (16)	<0.0001
	杜英	3 ^a (16)	1 ^b (16)	1 ^b (20)	<0.0001
	刺杜密	3 ^a (17)	1 ^b (17)	1 ^b (17)	<0.0001
	無患子	3 ^a (18)	1 ^b (14)	1 ^b (14)	<0.0001
	香楠	3 ^a (17)	1 ^b (25)	1 ^b (9)	<0.0001
	軟毛柿	3 ^a (16)	1 ^{ab} (12)	1 ^b (20)	<0.0001

表 7. 依據本計畫試驗結果評估於伐竹、竹林及次生林環境依據不同考量所建議栽植之苗木種類。

樹種	存活率			生長量		
	伐竹 環境	竹林 環境	次生林 環境	伐竹 環境	竹林 環境	次生林 環境
軟毛柿	○	○	○	×	×	○*
刺杜密	○	○	○	×	×	
無患子	○			×	×	
稜果榕			×	○	○	
水同木		×	×	○	○	
杜英	×				○	○*
菲律賓饅頭果	×		×			
香楠		×	×			

○：建議栽植 ×：不建議栽植 ○*：未達建議栽植標準但屬生長量最好的苗木
評估標準(若苗木同時有兩批栽植者取等級最高的一批列入評分)

存活率級分：1. 60%以下；2. 60-80%；3. 80-100%

生長量級分：樹高級分 + 冠幅級分 + 徑級級分

樹高級分：1. 100cm 以下；2. 100-300cm；3. 300cm 以上

冠幅級分：1. 5 m² 以下；2. 5-10 m²；3. 10-15 m²；4. 15 m² 以上

徑級級分：1. 2 級以下；2. 3-5 級；3. 6 級以上

附錄 1. 地被層(<3m)植物演替級分參考。

0 分 -百香果、風車草、麻竹、平原菟絲子、木鼈子、刺竹、長穗木、洋落葵、美人蕉、美洲含羞草、馬櫻丹、瑪瑙珠、綠竹

1 分 -一枝香、大花咸豐草、大莧草、大黍、大葉金星蕨、大葉鴨跖草、大頭艾納香、小毛蕨、小花蔓澤蘭、山苦瓜、五節芒、毛西番蓮、火炭母草、加拿大蓬、光果龍葵、印度牛膝、地毯草、竹仔菜、艾納香、兩耳草、虎葛、金腰箭、青牛膽、青苧麻、青莧、青箱、垂果瓜、昭和草、紅腺懸鉤子、香澤蘭、倒地蜈蚣、剛莠竹、粗毛金星蕨、野牡丹、棕葉狗尾草、紫花藿香薊、菁芳草、菜欒藤、菟絲子、象草、酢醬草、碗仔花、落葵、漢氏山葡萄、臺灣何首烏、臺灣葛藤、銳葉牽牛、頭花香苦草、鴨跖草、龍葵、雞屎藤、藿香薊、鷓鴣蔓、升馬唐、多子漿果莧、虱母草、金午時花、長序木通、臭杏、葉下珠、臺灣青芋、臺灣蘆竹、槭葉牽牛、盤龍木

5 分 -三角葉西番蓮、三葉五加、千金藤、土防己、大青、大線蕨、山素英、山菅蘭、天門冬、月桃、木防己、毛玉葉金花、王瓜、冇骨消、全緣卷柏、地錦、地膽草、多花油柑、竹葉草、串鼻龍、求米草、芋葉括樓、走馬胎、波氏星蕨、虎婆刺、穿山龍、紅果薑、飛龍掌血、海金沙、密毛毛蕨、粗毛鱗蓋蕨、莎草、稀毛蕨、筆筒樹、絨毛芙蓉蘭、紫莖牛膝、絡石、華南苧麻、黑果馬絞兒、菝葜、絹毛鳶尾、過山龍、過溝菜蕨、臺灣魚藤、臺灣紫珠、臺灣圓腺蕨、臺灣澤蘭、酸藤、德氏雙蓋蕨、熱帶鱗蓋蕨、翼莖粉藤、隱鱗藤、蕺菜、雙花龍葵、雙面刺、獨黃、大葉南蛇藤、山芙蓉、日本金粉蕨、毛葉腎蕨、水竹葉、扛香藤、冷飯藤、芒萁、長葉苧麻、長葉鳳尾蕨、南投涼喉茶、島田氏澤蘭、假蹄蓋蕨、淡竹葉、瓶蕨、細圓藤、野茛蒿、鹿藿、麥氏鐵線蓮、腎蕨、華南薯蕷、菊花木、猿尾藤、腺果藤、裡白葉薯榔、臺灣矢竹、廣葉星蕨、擬鴨舌廣、薄瓣懸鉤子、藤竹草

10 分 -三葉崖爬藤、中國穿鞘花、毛果竹葉菜、百部、老荊藤、金狗毛蕨、長梗紫麻、雨傘仔、細葉複葉耳蕨、雀梅藤、紫金牛、華九頭獅子草、距花黍、間型沿階草、黃藤、圓果冷水麻、臺灣鱗球花、箭葉鳳尾蕨、錫蘭饅頭果、糙莖菝葜、薄單葉鐵線蓮、藤崖椒、光果翼核木、大錦蘭、珍珠蓮、紅點忍冬、書帶蕨、疏花魚藤、蛇根草、傅氏三叉蕨、短柄卵果蕨、華茜草樹、愛德氏肋毛蕨、臺灣海棗、臺灣溲疏

15 分 -三柰、小杜若、山月桃、山棕、平柄菝葜、瓜馥木、生根卷柏、光滑菝葜、同蕊草、杜若、姑婆芋、捻樹藤、南五味子、南投三叉蕨、屏東擬肋毛蕨、柚葉藤、觀音座蓮、苗栗崖爬藤、風藤、海南實蕨、斜方複葉耳蕨、細葉麥門冬、單邊鐵角蕨、紫柄三叉蕨、萊氏線蕨、臺灣山蘇花、臺灣杪櫨、臺灣鱗毛蕨、廣葉鋸齒雙蓋蕨、

附錄 2. 伐竹與種樹復育措施的人事成本(a)、器材成本(b)與步驟流程(c.d.)。成本以每 0.1ha(或 200 株樹苗)為單位。

a. 工作機會與人事成本

工作內容	工作份量	薪資/天	人	天	人-天	成本
伐竹處理						
目標竹叢的選定與標示	中等	1,250	1	1	1	1,250
伐除麻竹及現場整理	重	1,700	7	5	35	59,500
伐竹後的修飾與維護	稍重	1,500	2	1	2	3,000
總計					38	63,750
補植原生苗木						
栽植苗木收集	稍重	1,500	3	1	3	4,500
苗圃設置與培育(一個月)	輕	800	1	8	8	6,400
植栽作業(掘穴)	重	1,700	3	1	3	5,100
植栽作業(種植及搬運)	重	1,700	7	2	14	23,800
植栽作業(撫育)	稍重	1,500	1	1	1	1,500
總計					29	41,300

b. 器材成本

內容	器材	單位	成本	內容	器材	單位	成本
伐竹處理				補植原生苗木			
目標竹叢的選定與標示				栽植苗木收集			
	噴漆	1 罐	100		鏟子	2 把	400
	砍刀	1 把	250		圓鋤	1 把	400
伐除麻竹及現場整理					修枝剪		3 把
	電鋸	具	9,900		塑膠軟盆	200 個	200
	電鋸保養維修	1 次	300		租車與油資		3,000
	鏈條	1 條	600	苗圃設置與培育			
	機油	5 罐	600		水電費	1 個月	700
	混合油	1 罐	500	植栽作業(掘穴)			
	汽油	4 公升	100		5 吋鋤頭	4 把	2,200
	汽油桶(8 公升裝)	1 具	80		十字鎬	2 把	900
	手工鋸子	4 把	800		鐮刀	2 把	200
	手套	5 雙	100	植栽作業(種樹及搬運)			
伐竹後的修飾與維護					租車與油資		1,000
	農藥(嘉磷塞)	1 罐	400				
	農藥(塗刷)	2 把	40				
	農藥(勺子)	2 具	40				
總計			13,810	總計			9,600

c. 伐竹流程步驟及注意事項

- 一、目標竹叢的選定與標示：由樣區劃定後，選擇所要處理之麻竹叢，以生長單叢密度高且單株數多者，或是影響其他闊葉樹生長者和形質為劣者優先伐除。被伐竹叢用削皮或噴漆標示，而標誌於麻竹叢上方向一致，以便作業者清楚且便於作業。於每年 10 月至 2 月份乾季時實施伐除，此時多數草本多為乾枯，可避免對原生育地過多之干擾。
- 二、伐除麻竹及現場整理：使用工具伐倒，伐除時由樣區下坡向上坡依序砍除，每株均須主幹分枝分離，並截取適當長度整齊放置於適當位置處，並整理散落區域之竹枝殘體。每次砍除後必須立即整理分枝，以免大量伐倒竹子整理困難。竹子伐倒方向應注意切口，且貼近地際植株節處，使生長機會降低，其倒向及伐倒後之位置，考量降低被壓林木之損害及與堆置棄竹之距離，以節省人力搬運時間和對林地之干擾。竹子應逐枝切除並整理，因竹林梢端多為糾纏，避免梢端捆綁成群，待支撐不力時，一併倒下，唯恐重力落下及橫枝節飛，傷及無辜。
- 三、伐竹後的修飾與維護：竹叢砍除後，可再進行切口修飾，避免留下過長竹節若因下雨累積雨水，造成病媒蚊滋生。選擇施用農藥嘉磷塞，以塗抹方式直接處理竹體，嘉磷塞為對於禾本科植物效果較佳之除草劑，可降低藥劑對環境的影響程度，1 至 2 次塗抹於植株切口，以加速後續造林作業或復育措施，若不施用藥物，則待伐除竹叢每二星期，加以工時，重覆再將其所新生長的竹芽再予以清除，直至原竹叢之能量消耗迨盡為止。塗藥後，竹叢尚未死亡，仍然會有新芽長出，須約每個月固定清除及塗抹農藥，使其加速死亡。

d. 種植原生苗木執行流程步驟及注意事項

- 一、栽植苗木之蒐集：採用當地原生闊葉樹苗木，作業前須對作業人員進行作業訓練，包含原生苗木鑑識及挖掘注意事項等。挖掘時保持根系與其周圍土壤完整性以提高存活率，且避免於同一母株下將苗木挖掘殆盡。取苗後即置入塑膠容器內，搬運至苗圃再以當地苗圃土壤將塑膠容器填實，區分種類排至整齊，以方便估算苗木數量。
- 二、苗圃設置：本試驗臨時苗圃設置於當地果園農地內，除節省遮蔭費用，並可與當地村民合作。若於開闢之苗圃地，則需搭置紗網等降低陽光照射量，隨苗木長大而改用透光率較大之材料。在夏天因陽光有時至少要用透光率約75%遮蔭網，避免日灼傷害。
- 三、苗木培育：育苗的土壤呈飽水狀態或太乾燥都會限制根系生長。當手持土壤時可感覺到濕氣且握緊時可形成土球，但以手指輕敲則會散開，即為適當水分狀態。澆水方法利用自動撒水器方式視土壤現況進行。育苗之土壤常含有大量雜草種子，移植後隨之發芽生長，應於雜草種子發芽後即連根拔起，避免生長旺盛而影響苗木健康。且蒐集苗木至開始移植需要數個月時間，當苗木根系發展超出塑膠容器，必須進行斷根處理，以促進容器內之根系健全發展。育苗期間每隔一段時間應將塑膠容器移動或重新排列，同時淘汰不良或已死苗木。移植前進行斷水及日曬處理，使苗木習慣缺水及日曬狀態。將所需出栽之苗木移至光量較大之地，第1週為每兩天澆水一次，第2週則為每3天澆水一次，直到出栽前澆水使其溼潤，即可預備進行出栽作業。
- 四、栽植作業：選擇當地多樣的原生樹種種類進行植栽，選用10種以上當地原生或潛在植被類型之物種。苗木栽植距離密度一般在2,500株/ha至2,000株/ha之間，採三角形栽植方式。在移植至植樹地點前，可先就目的地點之環境狀況，包括坡度、坡面、山溝位置等，以適合之陽性、陰性樹種分別配置，腹地會較為空曠處可先選擇陽性物種，而原地樹種旁具遮蔭處可栽種陰性樹種。栽植其方法採用掘穴栽植法，於梅雨季節左右完成，可於下雨時期充分溼潤穴洞。掘穴之深度與直徑需較苗木根系稍大。苗木垂直置入穴內後填平表土，再輕微提苗木使根系開展不盤結，再填入土壤，覆土壓緊後略低於周邊地面。苗木須穩定，栽植深度要適當，勿深植而使側根低於地面10 cm，也勿過淺而使側根露出地表，否則造成根系生長不良。
- 五、苗木撫育：若栽植區的草本植物大量生長，應定期將苗木周邊位置的雜草適

當清除，減少初期根系對資源的競爭。但不必完全移除。留下部份周圍草本根系生長不僅可保護土壤，避免雨水直接沖刷，並增加土壤保濕度，及降低土壤溫度上升所造成水分流失。

150 森林生態系復育計畫研擬及檢討

計畫名稱：森林生態系復育計畫建議書研擬

英文名稱：A Restoration Plan for Forest Ecosystem in Hushan Reservoir Area

計畫編號：150

全程計畫期間：2010 年 1 月 1 日 至 2014 年 12 月 31 日

本年計畫期間：2013 年 1 月 1 日 至 2013 年 12 月 31 日

計畫主持人：林瑞興

協同主持人：李培芬

研究人員：宋心怡

一、摘要

本計畫於 2010 年開始彙整「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」之調查研究成果，以較大的空間尺度，提出整合性的棲地改善建議。建議書的總目標訂為：「改善湖山水庫及鄰近地區之森林生態系棲地，增加森林性物種的棲地面積，以減輕因湖山水庫導致之生物多樣性損失」，子目標包含三個主題：(1) 棲地改善方案：依據不同環境條件，提供適宜的森林復育策略方案；(2) 目標物種需求：考量關鍵或稀有物種的特殊需求；(3) 社會經濟考量：探討社區參與及棲地改善成本。「湖山水庫及鄰近地區森林生態系棲地改善建議書」已於 2010 年完成初稿，2013 年更名為「湖山水庫及鄰近地區森林生態系經營管理建議書」，完成森林生態服務與人類福祉之描述、斗六丘陵天然植群說明、錫蘭七指蕨 (*Helminthostachys zeylanica*) 保育建議更新。同時以建議書第四版草稿為基礎，與工程及保育相關權益單位會談，徵詢意見，提出建議湖山水庫管理單位應優先進行棲地改善的區域及方式。

Abstract

In 2013, the fourth edition of Restoration Plan for Forest Ecosystem in Hushan Reservoir Area was accomplished after 6 years of biological assessment and research. The restoration plan provides comprehensive suggestions for agencies and community groups that are interested in forest restoration in this area. The goal of the plan is to increase area and integrity of forest habitat for wildlife population, compensating biodiversity loss caused by construction of the Reservoir. The objectives of the plan are as follows: (1) Habitat improvement: provide restoration strategy options and principles based on local environment and topology. (2) Meet the requirements of target species: take notice on special demands of vulnerable or keystone species. (3) consider economic and society needs: budget suggestion and community participation. According to the principles of adaptive management, we will continuously consult with stakeholders, evaluate the results of restoration actions, and review the plan

annually.

關鍵詞：棲地改善、生態補償、生物多樣性補償

Key words: habitat improvement, ecological compensation, biodiversity offsets

二、計畫目的

森林復育行動在全世界各國有許多案例可參考，並有許多專書出版，復育行動初步分為自然更新及主動更新兩類（Sabogal 2005；Mansourian et al. 2005）。自然更新較為被動，以劃設保護區的方式，使劣化的棲地自然演替，回復正常生態功能。然而，積極的主動更新對某些劣化棲地的復育亦是必須的。主動更新措施，如移除草本植物、種植苗木等，並需同時考量土壤狀態、灌木層的維持等較細緻的層面。除了大範圍的復育行動，在零星邊緣地帶，也可以多種植原生苗木，或與社區居民及當地農民合作，推動小規模社區綠化、農林間作等，皆是可行之作為。各種森林復育策略都有不同的優缺點及適用條件。有興趣從事森林復育的單位或個人，應依照現場環境及本身資源，選擇適當的森林復育策略。

早年國內森林復育著重在地震或颱風後損壞的崩坍地，由植生自然更新復原，或以人工播種及栽植苗木加速復育，過程中由學術單位進行研究監測，累積森林復育經驗，但這些復育案例面積較小，樹種組成與結構、環境維護及生態功能不及天然林（郭及劉 2010）。2008 年起，行政院農業委員會林務局推動「綠色造林計畫」實施平地及山坡地的造林獎勵（林務局 2011），然而此計畫偏向種植經濟樹種，無法顧及生物多樣性之回復；且為大面積補助與施作，難以對特定地理環境進行策略性之調整。近年來，各地政府機關也頻繁與專業民間團體攜手合作，以回復森林結構及推廣森林復育為目標，在全臺各地進行較大面積且規劃良善之森林復育計畫，並在專家指導下，廣邀民眾參與植樹行動。除了政府機關外，亦有不少民間社團、個人及企業投入森林復育行動。

湖山水庫工程計畫用地主要位於雲林縣斗六市東側的丘陵地，面積約 400 ha。由於該用地範圍已知為臺灣西部低海拔生物多樣性相當高的地點之一。為因應水庫興建必然的生態負面影響，衍生有湖山水庫工程計畫生態保育措施的擬定與施行（經濟部水利署中區水資源局 2005）。為減輕水庫興建對森林生態系的負面效應，森林生態系的棲地改善計畫以盡量達到生態零淨損失為前提，來規劃生物多樣性補償（ten Kate et al. 2004）的實際可能作為。

湖山水庫工程之特色在於水庫興建前期，即具有多層面的生物多樣性研究，

且能即時進行某些必要的生態保育措施，並有長期經營森林復育或棲地改善措施之能力與制度，有潛力成為臺灣工程開發與生態補償之示範案例。湖山水庫森林生態系已於 2007-2010 年，分別規劃及執行生態系現況評估（包含植物、哺乳類、鳥類、爬蟲類、兩棲類、昆蟲、蚯蚓、菌根菌及土壤）、指標物種（哺乳類、鳥類、爬蟲類、史丹吉氏小雨蛙、昆蟲、食蛇龜）生活史調查、復育基地選擇空間模式及棲地復育與改善方法試驗等不同類型的研究計畫（林及李 2008；2009）。森林生態系調查研究規劃所提出之建議，水利署中部水資源局即委託專案顧問公司統籌，執行相關生態保育措施，並已有相當成效（經濟部水利署中部水資源局 2010）。然而，各研究規劃之成果，仍侷限於各物種類群，尚未統籌出具整體生態系尺度之規劃建議。此外，水利署中區水資源局基於政府單位權責，僅能管轄計畫區域內範圍限於水庫周邊。如欲達成棲地補償之目標，則需考量更大的尺度，與更多相關單位之權益關係。

本計畫即在此前提之下，彙集、分析及檢討自 2007 年開始推動的「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」中有關森林生態系部分的調查成果，並依據已有的研究成果及所有可用之資料，輔以縝密的推理，來研擬森林生態系棲地改善建議書。建議書中將擬定明確的計畫目標、策略及可行的經營管理或復育方案。著重於與各專家與相關單位的討論，期望考量各方意見與資源，建立共同參與的機制，並評估執行的可能性與實用性。放眼在較大的規模的區域，尺度為整個斗六丘陵，含水庫及周邊地區、林班地與部分私有地，研擬一目標明確、以資訊為基礎的「湖山水庫森林生態系棲地改善建議書」。建議書已於 2010 年完成初稿，2013 年更名為「湖山水庫及鄰近地區森林生態系經營管理建議書」，除了持續修訂外，也加強與各方權益關係人（stakeholders），以不同的面向考量，進行意見與資訊的交流。未來將依照推動的實際執行情況，持續進行策略方案之修正與調整，實踐適應性管理（adaptive management）之精神。並期望相關單位就確實可行之建議，逐步具體推動之。

三、重要工作項目及實施方法

- (一) 針對相關政府組織、地方團體及學術單位進行訪問、面談與舉辦會議，廣泛收集對棲地改善建議書之建議與修正意見。
- (二) 持續修訂森林生態系棲地改善建議書。持續藉由文獻收集、報告整理、與專家討論等方式，對森林生態系棲地改善建議書初版進行更新與修正。

四、結果與討論

湖山水庫森林生態系棲地改善的總目標訂為：「復育湖山水庫鄰近地區之森林生態系，增加森林性物種的棲地面積，以補償因湖山水庫導致之生物多樣性損失」。範圍包含湖山水庫、61-73 林班地、私有地。子目標包含三大主題：：(1) 棲地改善方案；(2) 目標物種需求；(3) 社會經濟考量。於 2013 年完成附錄「森林生態系棲地改善建議書」第四版草稿(如附件)。2013 年完成森林生態服務與人類福祉之描述、斗六丘陵天然植群說明、錫蘭七指蕨保育建議更新。同時，以建議書第四版草稿為基礎，與中水局湖山工務所、中區水資源局計畫課、林務局保育組、林務局南投林管處等相關單位會談，徵詢意見，提出建議湖山水庫管理單位應優先進行棲地改善的區域及方式。

本建議書大綱架構分為前言、基本資料、經營管理、成效監測與評估等四大章節，各章節內涵概述如下：

1. 前言：本章敘述復育建議書發起源由、面臨壓力與現有研究成果與學術資源，在此基礎上，闡明復育目標及子目標、長期目標及森林生態系的生態價值。並收集國內森林復育案例，概述國內森林棲地改善之發展現況，做為案例資源參考，並思考湖山水庫案例在國內森林復育領域中的角色。最後，並持續記錄本建議書研擬流程與參與單位。期望使讀者能瞭解本建議書之背景源由，與各相關單位及各類群專家之努力。
2. 基本資料：本章節彙整歷年調查研究成果，介紹湖山水庫及鄰近地區的環境特性、棲地特徵及動植物資源等基礎生態資訊，內容包括：復育建議範圍內之地權所屬、氣溫與雨量、地質與地形、棲地利用現況、植群特性與類型、物種類群名錄概況等。本區植被類型屬於海拔 500 m 以下之榕楠林帶，開發歷史較早，次生林處於演替初期階段，原生植物之苗木眾多，但大樹數量稀少，目前以麻竹為主要的經濟作物。統計歷年研究報告中各類群物種的物種數，目前湖山地區總計調查到的物種共達累積達 1,500 種以上，可見其自然資源之豐富。
3. 經營管理：本章節整合湖山水庫歷年研究調查成果及國內外科學文獻，針對湖山水庫地區之棲地、物種及社會經濟等各層面，提出具體、完整的管理策略方針；如無足夠資訊提出詳細說明，則列出建議的管理原則，供相關單位參考。本建議書撰寫期間，持續與相關生物類群專家研討，依照最近資訊，

進行策略更新；同時，與相關權益單位討論，瞭解管理需求與資源限制，提出務實的策略建議。

子目標(1) - 棲地改良策略：依據不同環境條件，提供適宜的森林復育策略方案，內文包括：a. 以斗六丘陵為尺度，依據「復育基地選擇空間模式」研究成果，提出應優先保護及復育的範圍及應復育補償的面積；b. 提供各種森林復育策略說明，並參考國外復育工作手冊及林務局造林經驗，建立「復育方案選擇流程」，使有興趣從事森林復育的單位或個人，能依照現場環境情況及本身之資源能力，規劃適地適性的森林復育策略方案；c. 依照「棲地復育與改善方法試驗」成果及相關文獻收集，提出適合湖山地區的樹種，並列出樹種生長特性，及栽植苗木時應注意的事項，並提出外來種植物(小花蔓澤蘭、麻竹、大花咸豐草)及優勢種芒草(五節芒)的管理建議。

子目標(2) - 目標物種需求：在森林復育的同時考量關鍵或稀有物種的特殊需求。彙整歷年物種調查及指標物種生活史的研究成果，與參與湖山水庫之專家，依文獻、經驗或實際狀況，決定選擇目標物種，目標範圍可為類群、物種或功能群(Davidson and Dawson 1990; French 2005; Orr *et. al.* 1995)。主要選擇原因可歸納為四種：(1)具有特有性、屬保育類、分布侷限；(2)具有特殊需求或對環境干擾敏感；(3)具有重要生態功能與地位；(4)受輿論高度關切之物種。針對目標物種之族群現況與特殊需求，提出適當的復育策略，並持續評估是否有需要增加或刪減之物種。2010 年本建議書初版有 13 種目標物種，2011 年新增錫蘭七指蕨為目標物種，2012 年新增紫斑蝶為目標物種。目前共有 15 個目標類群(表 1)，2013 年持續進行資訊更新。

子目標(3) - 社會經濟考量：探討湖山水庫權益關係人之角色，除了權益單位之外，尚須考量附近社區居民的期望、各單位資源上的限制、執行成本、輿論期望、生態價值的發揮等。因此，經多方討論及資源整合後，2012 年起設置「棲地改善試辦區計畫」以提供當地社區居民參與的平臺，並將試驗研究的成果具體應用與展現，做為學術與實做之聯繫。藉由此過程建立湖山森林復育經驗，讓各單位瞭解森林復育的成本與方法。

4. 成效監測與評估：森林生態系棲地改善監測指標設立，即應檢視棲地改善或復育目標及現有資源，依照案例特性設計監測指標。並瞭解復育過程中會遭受生態及社會經濟上的不確定因素風險，如氣候變遷、社會經濟波動、人事更替...，並應保持彈性、隨時修正的適應性管理精神。

五、結論與建議

希望未來水庫管理單位能以與多方單位合作，以長期、小範圍的方式，依照本建議書提供的資訊，逐步推動棲地補償措施。且本復育建議書之對象，不僅止於湖山地區及周邊地區相關工程及管理單位，而是讓有意進行森林復育行動的單位或個人，都能獲得相關資訊。希望未來能持續推廣森林生態系棲地改善概念、增進資訊交流，使對生態保育有興趣的民間團體與個人，都能在能力所及的範圍內，協助森林生態系的復育與補償。

六、參考文獻

林瑞興、李培芬。2008。地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護。「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(97 年度工作計畫)成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。143-152 頁。

林瑞興、李培芬。2009。地景、自然資源及研究成果資料庫建立與維護。「湖山水庫工程計畫生態保育措施－森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(98 年度工作計畫)成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。143-148 頁。

林務局。2011。行政院農業委員會近三年施政績效。綠色造林。下載自 <http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=23522>。

郭幸榮、劉興旺。2010。國有林區劣化地之復育。臺灣林業 36(1):26-34。

經濟部水利署中區水資源局。2005。湖山水庫工程計畫生態保育措施。經濟部水利署中區水資源局。臺中。

經濟部水利署中區水資源局。2010。湖山水庫工程生態保育措施 98 年度工作報告。經濟部水利署中區水資源局。臺中。

Davidson, P. W., and R. Dawson. 1990. Williston Wildlife Compensation Program management plan. Peace/Williston Fish and Wildlife Compensation Program, Report No. 5, British Columbia, Canada.

French, P. 2005. Restoration and management plan for the landfill cover and the adjacent riparian area Whilamut Natural Area. Eugene City Office, Oregon, US.

Mansourian, S., V. Daniel, and N. Dudley. 2005. Forest restoration in landscapes: Beyond planting trees. Springer, New York, USA.

- Orr, K., A. Danks, and K. Gillen. 1995. Two Peoples Bay Nature Reserve management plan. National Parks and Nature Conservation Authority, Perth, Western Australia/
- Sabogal, C. 2005. Site-level restoration strategies for degraded primary forest. pp. 83-96. *In*: J. Rietbergen-McCracken, S Maginnis and A. Sarre (eds.). The forest landscape restoration handbook. Earthscan, London, UK.
- ten Kate, K., J. Bishop, and R. Bayon. 2004. Biodiversity offsets: Views, experience, and the business case. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and Insight Investment, London, UK.

表 1. 目標物種及選定原因：(1)具有特有性、屬保育類、分布侷限；(2)具有特殊需求或對環境干擾敏感；(3)具有重要生態功能與地位；(4)受輿論高度關切。

			選定原因			
	學名	臺灣特有	(1)	(2)	(3)	(4)
1. 植物						
圓葉布勒德藤	<i>Bredia hirsuta</i>	●	●	●		●
傅氏三叉蕨	<i>Tectaria fauriei</i>		●	●		
錫蘭七指蕨	<i>Helminthostachys zeylanica</i>		●	●		
2. 昆蟲						
黃裳鳳蝶	<i>Troides aeacus formosamus</i>		●	●	●	●
紫斑蝶	<i>Euploea spp.</i>			●	●	●
3. 兩棲類						
兩棲類整體		●	●	●	●	●
4 爬行類						
食蛇龜	<i>Cuora flavomarginata</i>		●	●		●
斯文豪氏游蛇	<i>Rhabdophis swinhonis</i>	●	●	●		
臺灣鈍頭蛇	<i>Pareas formosensis</i>	●	●	●	●	
臺灣滑蜥	<i>Scincella formosensis</i>	●	●	●		
5. 鳥類						
八色鳥	<i>Pitta nympha</i>		●	●		●
森林性鳥種		●			●	
森林洞巢性鳥類			●	●		●
6.哺乳類						
食蟹獾	<i>Herpestes urva</i>		●	●	●	●
蝙蝠類整體		●		●	●	

湖山水庫及鄰近地區 森林生態系經營管理建議書

第四版

經濟部水利署中區水資源局
行政院農委會特有生物研究保育中心

中華民國 102 年 12 月

目 錄

一、前言.....	2
(一) 源起與目標.....	2
(二) 森林生態系服務及人類福祉.....	4
(四) 建議書研擬流程.....	6
二、基本資料.....	9
(一) 地理資料.....	9
(二) 植群特性與類型.....	11
(三) 動植物資源：.....	13
三、經營管理 (一)子目標 1：棲地改善策略.....	15
1. 棲地改善的方向－斗六丘陵天然植群類型說明.....	15
2. 建議保育與棲地改善的位置與方式.....	19
3. 各類森林棲地改善策略及方案選擇.....	23
4. 樹種選擇與種樹指引.....	27
5. 外來種植物及優勢種芒草之管理建議.....	31
三、經營管理 (二)子目標 2：考量目標物種需求.....	38
1. 植物.....	39
2. 昆蟲.....	44
3. 兩棲類.....	46
4. 爬行類.....	47
5. 鳥類.....	51
6. 哺乳類.....	58
三、經營管理 (三)子目標 3：社會經濟考量.....	60
1. 森林生態系棲地改善試辦區的特色與目的.....	61
2. 權益單位之資源與限制.....	62
3. 成本估算.....	63
四、成效監測與評估.....	65
(一) 森林生態系棲地改善及復育監測指標.....	65
(二) 風險及適應性管理.....	65

一、前言

(一) 源起與目標

湖山水庫工程用地主要位於雲林縣斗六市東側的丘陵地，面積約 400 公頃。由於該範圍已知為臺灣西部低海拔生物多樣性相當高的地點之一。森林生態系中的生物及環境維持著動態平衡。健全的生態系在面對自然干擾時可在一段時間內自然回復，但人為開發所造成的干擾，卻常造成不可逆的後果。歷年調查累計，湖山水庫及鄰近地區的森林中，有 1,500 種以上動植物生存，物種之間交織成綿密的關係網絡，人類則是其中的一員，任何變動都將影響我們的生活。

為因應水庫興建所造成的生態負面影響，衍生有湖山水庫工程計畫生態保育措施的擬定與施行¹。森林生態系的棲地改善計畫以盡量達到生物多樣性零淨損失為前提來規劃生物多樣性補償的實際可能作為²。

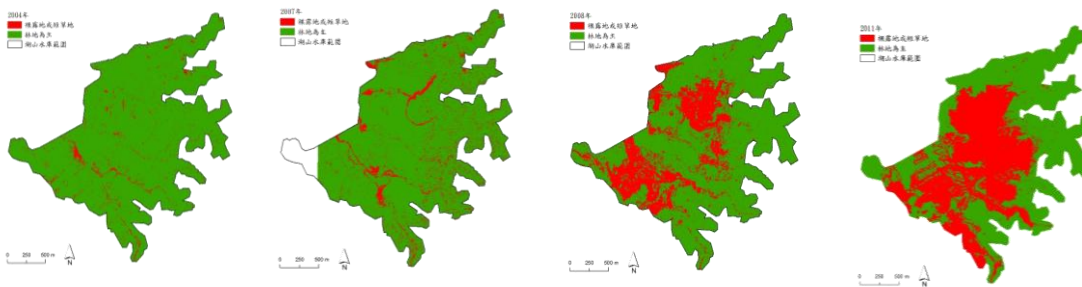


圖 1-1. 2004 年水庫區域裸露地佔水庫範圍 3.35%，2011 年已高達 44.51%



經濟部水利署中區水資源局於 2007 年起，於水庫興建前期即開始推動的「湖山水庫工程計畫生態保育措施 - 森林、溪流生態系統之調查研究規劃」，分別執行生態系現況評估、指標物種生活史調查、復育基地選擇空間模式及棲地復育及改善方法試驗等，匯集專家學者共十多人，進行二十多項調查研究計畫(附件 1)，對湖山水庫及鄰近地區之植群演替狀況及各類群物種生態，進行多方面的瞭解，相關成果亦已彙整於「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」中³。森林生態系調查研究規劃所提出之建議，水利署中區水資源局即委託專案顧問公司統籌，執行相關生物保育措施，已有相當之成效⁴。然而，目前各研究規劃之成果，

仍侷限於各物種類群，尚未統籌出具整體生態系尺度之規劃建議。

本計畫即在此前提之下，欲彙集及檢討自 2007 年來的研究成果，研擬「湖山水庫森林生態系棲地改善建議書」。尺度為整個斗六丘陵，含水庫及周邊地區、林班地與部分私有地(圖 1-3)。

總目標定為：

**改善湖山水庫及鄰近地區之森林生態系棲地，
增加森林性物種的棲地面積，
以減輕因湖山水庫導致之生物多樣性損失。**

總目標下包含三項子目標：

子目標 1：森林棲地改善：對不同環境與棲地類型提供適宜的復育方案；

子目標 2：目標物種需求：期望在森林棲地增加的同時，考量特殊物種需求；

子目標 3：社會經濟考量：探討權益關係人之角色、資源與限制。

本計畫在 2010 年底完成建議書初稿，並期望未來持續進行跨領域及單位討論，邀請各方的權益關係人(stakeholders)，以不同面向考量，進行意見交流。依照實際執行情況修正策略，實踐適應性管理(adaptive management)之精神。並期望相關單位就確實可行之建議，逐步具體推動之。

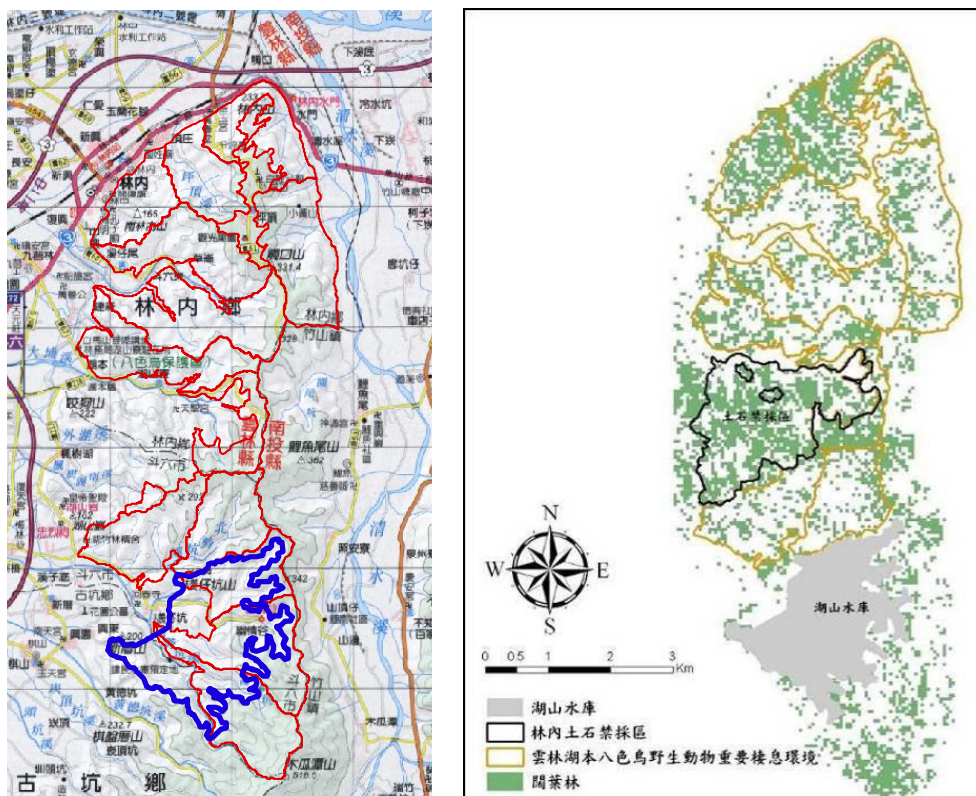


圖 1-3. 森林生態系棲地改善建議書的研擬範圍

(二) 森林生態系服務及人類福祉

改善森林棲地的目的除了保育生物多樣性外，也關係著人類本身的生活福祉。森林生態系能提供林木、森林副產品、森林遊憩收入等直接價值，還能提供涵養水源、節能減碳、幫助營養循環、淨化空氣、水土保持、保存基因資源等間接價值¹⁶。湖山水庫為因應水源需求而興建，雖然湖泊生態系在水源保存、水源調節、淨化污染及休閒等層面的價值優於森林，但較無法提供營養循環、木材及材料、調節氣候、水土保持、基因資源等服務¹⁷，此為選擇興建水庫，喪失森林棲地後所減損的權益。

湖山水庫周邊森林接近人類生活範圍，人類與森林之間互動密切。湖山附近居民多種植麻竹及果樹，其基礎土壤養分及環境需求仰賴森林提供，居民也會到林間採集藥材和薪柴。森林能調節氣候，大面積的樹冠遮蔽使環境保持涼爽，維持人類居住環境的舒適並涵養水源，也創造適當環境給許多動植物，如蚯蚓、蕨類。森林能協助維持生物平衡，如昆蟲及獼猴等動物，在森林受到擾動時，會影響其族群或食物，進而影響到人類的生活。低海拔闊葉林生產力旺盛，固碳效能較針葉林或針闊混合林佳，有助於減少二氧化碳¹⁸。森林也提供人類休閒的環境，湖山地區有許多步道，是居民清晨運動的場所。森林能滿足心靈、美學、教育需求，附近許多寺廟都依山而建，以尋求一份清靜與靈氣。

森林棲地改善的願景，是希望能在妥善設計及人為管理下，漸漸復育部分受人為干擾的棲地，盡量回復成符合當地生態特性的闊葉林。一個健全森林具有動態平衡及彈性，可在干擾之後自然回復原本的狀態，不再需要人為介入。雖然棲地改善無法回復到最初的原始林，但當森林生態系結構、組成與功能更趨健全，即能提供更多森林生態系服務，進而改善自然環境與居民生活品質，減輕工程開發之負面影響。

(三) 國內森林復育概況

國內森林復育案例，以往著重在地震或颱風後損壞的崩坍地，通常先以生態工法整治崩塌坡面後，再由植生自然更新復原，或以人工播種及栽植苗木加速復育，撫育過程中由學術單位進行研究監測，累積森林復育經驗，但這些復育案例面積較小，缺乏將復育導向自然化之目標，植群在樹種組成與結構、環境維護及生態功能應不及天然林⁵。

自 2008 年起，林務局結合國家政策發展目標，推動「綠色造林計畫」實施平地及山坡地的造林獎勵。並訂定「企業團體認養公有土地造林管理規範」增加企業參與的機會，為近年來較大規模之森林復育計畫，預計於 8 年內平地造林 6 萬公頃，欲恢復森林生態服務功能，並協助休閒產業之發展⁶。然而，「綠色造林計畫」計畫偏向種植經濟樹種，無法顧及生物多樣性之回復；且為大面積補助與施作，難以對特定地理環境進行策略性之調整。

近年來，各地政府機關也頻繁與專業民間團體攜手合作，以回復森林結構及推廣森林復育為目標，在全臺各地進行較大面積且規劃良善之森林復育計畫，並在專家指導下，廣邀民眾參與植樹行動。參與森林復育行動的民間團體，例如喜馬拉雅自然文明保護協會⁷、綠色陣線協會⁸及臺灣綠化植栽技術協會⁹等，皆具有許多整合資源進行植樹及森林復育行動之經驗。

除了政府機關外，亦有不少民間力量致力於森林環境復育，如財團法人慈心有機農業發展基金會推行「種樹護地球」活動¹⁵；臺灣國際珍古德教育與保育協會推行「綠拇指計畫」，與校園及社區合作種植原生植物¹⁰；荒野保護協會則進行棲地圈護行動，例如「自然谷環境信託案」管理低海拔原始森林，作為保育與教育之用¹¹；詩人吳晟則以自家 2 公頃廢耕土地種植 3,000 棵臺灣原生樹種¹²；大雅貨運及雲道國際有限公司董事長賴倍元，23 年來耗資近 15 億，以收購土地、聘請工人種樹的方式，種植 20 萬株樹苗，讓 130 公頃果園變成森林，甚至影響更多企業家投入復育森林的行動¹³。

在企業方面，奇美企業創立的樹谷文化基金會，計畫於南部科學工業區百公頃土地，提出 10 萬棵樹苗種植計畫，創造友善的生態環境¹⁴。原生苗木之育苗、培土、種植，都由基金會進行管理規劃，並持續進行植樹志工培訓及生態觀念推廣教育，為企業回饋生態環境的良好案例。

(四) 建議書研擬流程

本建議書於 2010 年確立目標後，共蒐集 30 餘篇國外復育計畫書，歸納出復育建議書所須包含之要項，草擬本計畫之復育建議書大綱。其後，彙整歷年報告、及基礎物候資料，並邀請執行湖山水庫調查研究之各物種專家研擬物種類群建議，完成建議書第一版。2011 年確認稀有植物於庫區的族群與管理策略，以復育試辦區為議題，邀請各權益關係單位進行討論，瞭解實際復育過程中的挑戰與限制，完成建議書第二版。2012 年依據實際管理需求，提出外來種植物及優勢植物五節芒的管理策略建議，並新增紫斑蝶為目標物種。社會經濟考量部分，增加森林棲地改善建議成本及流程。2013 年度將「湖山水庫及鄰近地區森林生態系棲地改善建議書」更名為「湖山水庫及鄰近地區森林生態系經營管理建議書」，完成森林生態服務與人類福祉之描述、斗六丘陵天然植群說明、錫蘭七指蕨保育建議更新，並持續與工程及保育相關權益單位會談，徵詢意見，提出建議湖山水庫管理單位應優先進行棲地改善的區域及方式。

本建議書研擬期間，感謝特有生物研究中心各組室之研究人員參與討論，並提供目標物種之最新資訊及建議：植物-沈明雅、張和明、黃朝卿、范素偉；昆蟲-方懷聖；兩棲類-林春富；爬行類-林德恩；鳥類-范孟雯、林瑞興；哺乳類-鄭錫奇。感謝中水局協助更新稀有植物於水庫之分布狀況，並積極進行保育策略之討論。感謝林務局南投林管處施佩君小姐提供選擇復育策略之成本建議。感謝中區水資源局及湖山水庫人文生態保護協會共同參與社會經濟考量相關之討論會，協助我們瞭解湖山水庫森林生態系中，各方單位之角色、資源與限制。

參考文獻

1. 經濟部水利署中區水資源局。2005。湖山水庫工程計畫生態保育措施。臺中。
2. ten Kate, K., J. Bishop and R. Bayon. 2004. Biodiversity offsets: Views, experience, and the business case. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and Insight Investment, London, UK.
3. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2009。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(97年度工作計畫成果報告書)。經濟部水利署中區水資源局。臺中。
4. 經濟部水利署中區水資源局。2010。湖山水庫工程生態保育措施98年度工作報告。鉅樺工程顧問有限公司。臺中。
5. 郭幸榮、劉興旺。2010。國有林區劣化地之復育。臺灣林業 36(1):26-34。
6. 行政院農業委員會。行政院農業委員會近三年施政績效。綠色造林。
<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=23522>。
7. 喜馬拉雅自然文明保護協會。<http://www.newloulan.org/>。
8. 綠色陣線協會。<http://www.gff.org.tw>。
9. 臺灣綠化植栽技術協會。<http://www.wetrees.org/>。
10. 臺灣國際珍古德教育與保育協會-「綠拇指計畫」。<http://green.goodall.org.tw>。
11. 自然谷環境教育基地-荒野保護協會環境信託。<http://sowtrust.sow.org.tw>。
12. 「吳晟 種樹植林 為書造屋」。2011年10月1日。人間福報。
<http://www.merit-times.com.tw/NewsPage.aspx?unid=239912>。
13. 雲道咖啡。<http://www.coffeetree.tw/>。
14. 財團法人樹谷文化基金會。<http://www.tvf.org.tw>。
15. 財團法人慈心有機農業發展基金會-「種樹護地球」。<http://tree.toaf.org.tw/>
16. 靳芳、魯紹偉、余新曉、饒良懿、牛建植、謝媛媛、張振明。2005。中國森林生太系統服務功能及其價值評價。應用生態學報 16(8):B1531-1536。
17. Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. O'Neill, J. Paruelo, R. Raskin, P. Sutton and van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature. Natures 387: 253-260.
18. Zhang, J., Y. Ge, J. Chang, B. Jiang, H. Jiang, C. Peng, J. Zhu, W. Yuan, L. Qi and S. Yu. 2007. Carbon storage by ecological service forests in Zhejiang Province, subtropical China Forest Ecology and Management 245:64-75.

附件 1. 「湖山水庫工程計畫生態保育措施 - 森林、溪流生態系統之調查研究規劃」中與森林生態系相關之計畫名稱、計畫主持人及執行年份

計畫名稱	計畫主持人	執行年度
I.生態系現況評估		
湖山水庫及鄰近地區植物資源與植被調查	賴國祥	2007-2008
湖山水庫區域哺乳類名錄、分布及現況評估	鄭錫奇	2007-2008
湖山水庫及鄰近地區鳥類名錄、分布及現況評估	范孟雯	2007-2008
湖山水庫及鄰近地區爬行類名錄、分布及現況評估	林德恩	2007-2008
湖山水庫及鄰近地區兩棲類名錄、分布及現況評估	林春富	2007-2008
湖山水庫及鄰近地區昆蟲功能群分布及現況評估	方懷聖	2007-2008
湖山水庫及鄰近地區蚯蚓資源、分布及現況評估	沈慧萍	2007-2008
湖山水庫及鄰近地區菌根菌與植被類型關係之研究	林子超	2007-2008
湖山水庫預定地土壤特性和植被類型的關係	薛美莉	2007-2008
II.指標物種生活史研究		
湖山水庫預定地土壤特性和植被類型的關係	薛美莉	2008
-湖山水庫預定地淹沒區外蚯蚓棲地之土壤特性		
哺乳類指標物種之族群變動與棲地相關性研究	鄭錫奇	2008
哺乳類指標物種之族群監測與食性研究	鄭錫奇	2009-2011
斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查	林瑞興	2007-2013
鳥類指標物種生活史研究：(I)不同繁殖階段八色鳥(<i>Pitta nympha</i>)活動範圍及棲地利用的變化	林瑞興	2008-2009
應用空間預測模式建立臺灣八色鳥族群變遷監測模式及估算其族群量	林瑞興	2009
湖山水庫爬行類指標物種族群量監測及生活史研究	林德恩	2008-2010
湖山水庫及鄰近地區史丹吉小雨蛙的生活史	林春富	2008-2009
湖山水庫及鄰近地區諸羅樹蛙的棲地需求與分布	林春富	2010
湖山水庫及鄰近地區森林生態系昆蟲群聚及指標昆蟲評估	方懷聖	2008-2010
湖山水庫圓葉布勒德藤物候及授粉昆蟲調查	方懷聖	2011
III.特定物種復育計畫		
湖山水庫食蛇龜族群移地保育計畫	林德恩	2008-2009
湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究	黃朝卿	2012-2013
II.植被演替復育策略研究、IV.棲地改善試驗		
湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究	林瑞興、賴國祥 ^a 2008-2013	
V.復育地點空間模式選擇		
湖山水庫棲地復育基地選擇之空間模式研究	林瑞興、李培芬 ^b 2008-2009	
VI.森林生態系復育計畫		
森林生態系復育計畫建議書研擬	林瑞興	2010-2013
成果資料庫		
湖山水庫及鄰近地區地景及自然資源資料庫建立與維護	林瑞興、李培芬	2007-2009
湖山水庫生態系保育研究成果資料庫建立與維護	林瑞興	2010-2013

^a：2007/5/1-2008/6/30；^b：2008 共同主持；^c：2008、2009 共同主持

二、基本資料

(一) 地理資料

土地權屬

湖山水庫用地位於林務局阿里山事業區第 71 至 73 林班，地處雲林縣斗六市東邊的丘陵地，屬於北港溪支流梅林溪上流河谷，水庫用地面積共 435 公頃。鑑於湖山水庫用地半數以上將於完工後成為淹沒區及相關水庫設施涵蓋的空間範圍，考量生態補償所需面積及連續性，本計畫目前規劃的復育建議地區涵蓋了雲林縣林內鄉及斗六市東側的丘陵地，區內包括林務局阿里山事業區第 61 至 73 林班內 2,285 公頃及非林班地約 500 公頃。區域北以濁水溪與彰化縣二水鄉相鄰，東邊則以清水溪與南投縣竹山鎮接壤(圖 1-3)。

氣溫與雨量

區域內最高點位於斗六市南側與古坑鄉、竹山鎮交界的木瓜潭山，海拔 519 公尺，區內海拔高度多在 300 公尺以下。本區氣候屬亞熱帶，夏日炎熱潮濕、冬天乾涼的型態。年均溫為 22°C，年降雨量約 2,200 公釐(圖 2-1)¹。4 至 11 月之月均溫在 20°C 以上，3 至 10 月每月累積降雨平均達到 100 公釐以上，8 月易有颱風帶來之豪大雨，11 至 2 月份天候乾燥。

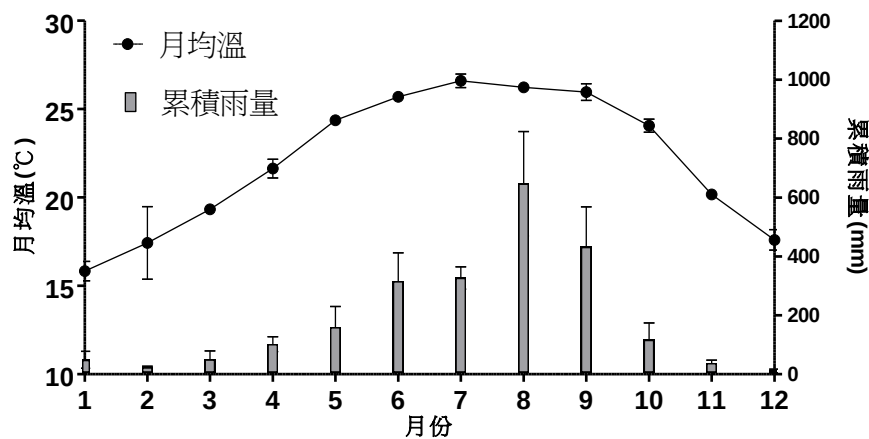


圖 2-1. 建議書涵蓋地理範圍月均溫與每月累積雨量的逐月變動趨勢¹

地質與地形

本區丘陵地質主要由砂岩、頁岩及礫岩所組成，其岩質較鬆且其淘選較差，礫石大小不一，愈往上礫岩愈多²，因此在溪流上游近山稜處形成許多邊坡陡峭的侵蝕山溝。

雲林縣湖山地區正處臺灣西部麓山帶之砂頁岩與粘板岩雜處之丘陵地帶，土壤分類概以新成土及弱育土為主。新成土乃由母質經由簡單之物理、化學風化作

用生成之土壤，通常很淺，含石量超過 50% 以上，排水、通氣良好，唯土層淺肥力低，大都分布於山坡地或森林地之陡峭區，地形不穩定，甚易崩塌，不宜農牧用途，只宜造林、保育。弱育土是由母質弱度化育生成的土壤，有明顯的土壤構造，是臺灣主要沖積平原的農耕土壤，或臺灣丘陵地上的主要土壤，是臺灣地區農業生產的主要地區²。

棲地利用現況

建議區內目前以麻竹為主要的經濟作物，普遍栽植於坡度較和緩的山坡地及稜線，稍微寬闊的溪谷兩側通常亦已植滿麻竹。雖然麻竹占據多數空間，在上游處的深狹溪谷內及部分稜線上仍生有許多原生闊葉樹種。

表 2-1. 2000 年林務局南投林區管理處阿里山事業區第 61 至 73 林班林型統計表

林型	面積(公頃)	林型	面積(公頃)
人工竹林純林	869.83	溪流地池沼	17.57
人工竹林闊葉樹混生林	828.63	稚樹發生地	17.28
天然竹林闊葉林混生林	273	墾地旱作地	8.51
果園	66.46	天然闊葉林	8.13
人工闊葉樹純林	47.47	建築用地	5.4
崩塌地	42	道路	3.49
闊葉樹散生地	32.01	天然竹林針葉樹	0.82
草生地	24.63	墳墓用地	0.36
天然竹林純林	20.41	其他施業除地	0.26



圖 2-2. 斗六丘陵常見礫岩組成之侵蝕山溝(左)，土地利用方式以麻竹林為主(右)。

(二) 植群特性與類型

本區植被類型以次生林為主要，並屬於海拔500 m以下之榕楠林帶，相當於熱帶氣候之森林，原生樹種主要為榕屬及楠木類植物。臺灣全島海拔低且地勢平緩處，由於開發歷史較早，目前僅臺灣東部的少數地區保留植群原始狀態，其餘多數區域的原始植被多已消失，僅有次生林與人工林殘存。本區次生林處於演替初期階段，原生植物之苗木眾多，但大樹數量稀少⁵(圖2-3)。代表植物種類有稜果榕、構樹、小葉桑、香楠、茄苳、青剛櫟；次生林以白匏子、山黃麻、血桐、野桐為主；人工林則有相思樹、油桐、桂竹、綠竹、麻竹等³。

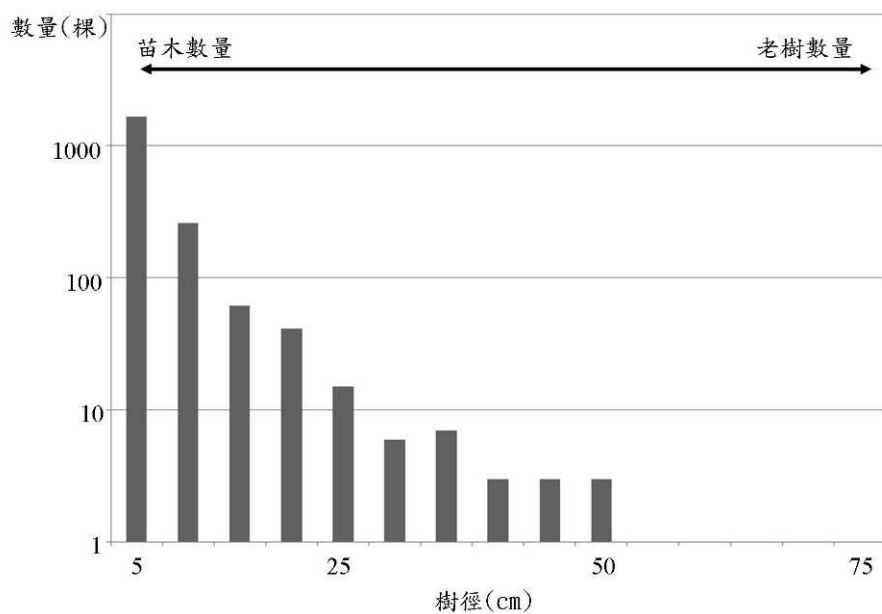


圖2-3. 斗六丘陵次生林中的喬木樹徑粗細的數量分布圖，苗木多而大樹少⁵。

依照當地植群現況，可分為 11 種類型³(表 2-2)。其中香楠型與水同木型，為天然之演替後期植群類型，香楠型分布於小稜脊及中坡等較乾燥的環境，水同木則分布於較靠近溪谷之潮濕環境。而血桐-構樹-稜果榕型、山黃麻型可歸為天然演替之前期及過渡期的類型，位於開墾地的邊緣及裂隙間；龍眼林型、千年桐型、相思樹林型、果園型為曾經受人為開墾活動干擾的類型；此外，其他如竹林、檳榔等類型，是屬人為干擾較大之人工林型，其生物多樣性較低，物種組成簡單。竹林、檳榔皆為大型單子葉淺根性植物，其水土保持功能較為薄弱，森林生態系服務的功能性較低。

表 2-2. 湖山水庫及鄰近地區之植群型態、主要組成植物及特性³

a. 天然林型演替後期

植群型	林冠	低層林冠	灌木層、草本層
香楠林型	香楠	小梗木薑子、白匏子、刺杜密、龍眼、血桐、麻竹	香楠、海金沙、龍船花、芒萁、山棕、觀音座蓮、香楠小苗
水同木林型	水同木	大葉楠、水冬瓜、血桐、咬人狗、柑橘、菲律賓榕、筆筒樹	觀音座蓮、姑婆芋、中國穿鞘花、臺灣圓腺蕨

b. 天然林型演替前期

植群型	林冠	低層林冠	灌木層、草本層
血桐-構樹-稜果榕林型	血桐、構樹、稜果榕	柑橘、苦楝、山黃麻	龍眼、五節芒、姑婆芋、小花蔓澤蘭、熱帶鱗蓋蕨
山黃麻林型	山黃麻	麻竹、白匏子、血桐、野桐、柑橘	青芋麻、五節芒、小花蔓澤蘭、熱帶鱗蓋蕨、火炭母草、中國穿鞘花

c. 人工林型深根

植群型	林冠	低層林冠	灌木層、草本層
龍眼林型	龍眼、香楠	刺杜密、芒果、山黃麻、稜果榕	龍眼、玉山紫金牛、小梗木薑子、龍眼小苗、火炭母草、姑婆芋、中國穿鞘花
千年桐林型	千年桐	香楠、龍眼	野牡丹、九節木、小花蔓澤蘭、姑婆芋、火炭母草、海金沙
相思樹林型	相思樹	香楠、白匏子、山黃麻、龍眼	大青、小梗木薑子、酸藤、小花蔓澤蘭、絡石、三角葉西番蓮

d. 人工林型淺根

植群型	林冠	低層林冠	灌木層、草本層
麻竹林型	麻竹	大葉楠、水同木、江某、臺灣山香圓、刺杜密	小梗木薑子、密毛小毛蕨、龍船花、火炭母草、觀音座蓮、風藤
檳榔林型	檳榔	血桐、構樹、稜果榕	咬人狗、冇骨消、水同木、小花蔓澤蘭、大花咸豐草、觀音座蓮、密毛小毛蕨、檳榔小苗
孟宗竹林型	孟宗竹		華八仙、江某、冇骨消、撚樹藤、馬藍、距花黍
桂竹林型	孟宗竹		圓葉雞屎樹、華八仙、馬藍、廣葉鋸齒雙蓋蕨

(三) 動植物資源：

湖山水庫與斗六丘陵地區之生物調查，累計至今至少發現有500種植物、1,000種動物棲息其間^{3,4,5}，各類群生物名錄現況概述如下：

- **植物：**共記錄維管束植物119科344屬508種，蕨類70種、裸子植物2種、雙子葉植物357種、單子葉植物79種。圓葉布勒德藤、岩生秋海棠、鹿谷秋海棠、傅氏三叉蕨、蔓荳荷、錫蘭七指蕨等較為稀有之植物。
- **無脊椎動物：**昆蟲總數約18目132科688種。蝶類紀錄達9科146種，占臺灣蝶類總種數39.5%，包含臺灣特有種2種，埔里三線蝶及大波紋蛇目蝶，其他應予保育類野生動物1種：黃裳鳳蝶。每年3-4月其間，在水庫東側可觀察到紫斑蝶群集向北遷移之現象。螞蟥共累積7亞科37屬87種，其中包含22種稀有種及23種特有種。以家蟻亞科為最優勢。蚯蚓總數約2目5科8屬24種，臺灣特有種4種。六胸遠盲蚓及福爾摩沙腔環蚓為當地常見之大型蚯蚓。
- **兩棲類：**共有1目5科21種兩棲類動物，其中有5種屬於為臺灣特有種兩棲類動物，分別為盤古蟾蜍、褐樹蛙、面天樹蛙、莫氏樹蛙及諸羅樹蛙。並有第II級保育類諸羅樹蛙。
- **爬行類：**水庫預定地範圍及週邊的爬行類共記錄有2目9科37種，包括7種特有種(臺灣滑蜥、古氏草蜥、臺灣草蜥、蓬萊草蜥、斯文豪氏攀蜥、臺灣鈍頭蛇及斯文豪氏游蛇)、1種特有亞種(中國石龍子)及8種保育類(食蛇龜、龜殼花、雨傘節、眼鏡蛇、環紋赤蛇、錦蛇、鉛色水蛇及斯文豪氏游蛇)。
- **鳥類：**鳥類種數累積共有38科102種，其中包括23種保育類。尤其珍貴稀有之保育類八色鳥最受關注。
- **哺乳類：**哺乳類動物已經累計達7目15科31種，其中包含臺灣獼猴、白鼻心與食蟹獾等多種保育類野生動物，以及18種蝙蝠。哺乳類為生態系中的高階消費者，能反應生態系之功能健全度，是優良的監測指標。

參考文獻

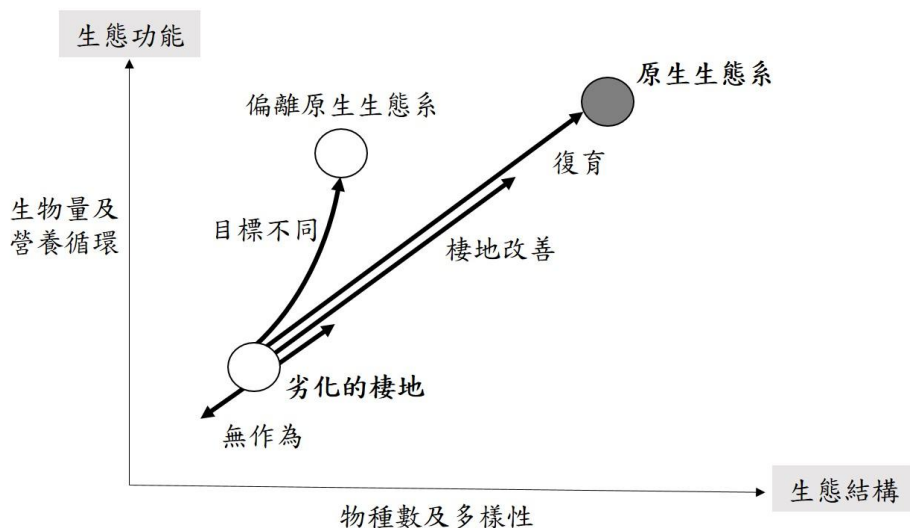
1. 2007-2009 年中央氣象局大埔氣象站，位於雲林縣，離湖山水庫工程區約 6.5km，所處海拔 349m。
2. 林朝榮、周瑞燉。1974。臺灣地質。臺灣省文獻委員會。臺中。
3. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2008。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(96 年度工作計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。臺中。
4. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2009。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(97 年度工作計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。臺中。
5. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2010。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(98 年度工作計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。臺中。

三、經營管理 (一)子目標 1：棲地改善策略

1. 棲地改善的方向－斗六丘陵天然植群類型說明

一、為什麼要瞭解天然植群？

本建議書以補償森林棲地及生物多樣性為目標，因此預先瞭解棲地改善所期望的方向與森林樣貌，有助我們選擇適當的樹種、數量組成及種植環境，確保森林演替的軌跡不致偏離。縱使我們最終無法全然復原所破壞的棲地的原始樣貌，但希望能盡力恢復及補償當地原生森林所應有的結構與功能。



二、臺灣榕楠林帶特點及分布

依崔瓦沙氣候分區系統最冷月均溫於 0-18°C，且 8 個月以上的平均氣溫超過 10°C 者，屬於亞熱帶夏季濕潤炎熱氣候¹，分布於臺灣西、北、東北和東部之平地丘陵。對照蘇鴻傑(1992)²地理氣候區為中西部內陸區，為夏雨型氣候。斗六丘陵海拔約 100－300m，無論根據蘇鴻傑(1984)³的研究或是近期全臺植群多樣性調查研究結果^{4,5}所屬植物社會類型為低地常綠闊葉林，即榕楠林型。一般認為榕楠林型分布於北部 300m 以下、臺灣中部 300-500m 以下或南部 500－600m 以下低海拔丘陵區域。由於臺灣低海拔地區開發已久，多數為居住地或農耕、造林及破壞地，因此本群系主要零星分布於臺灣北部烏來山區、彰化八卦山區、南部山區低地溪谷、恆春半島南仁山、老佛山區，面積僅存約 9000 公頃⁶。

國內學者利用近期全臺植群多樣性調查分析，將過去所認定位於臺灣北部偏

冷濕環境的楠榕林，劃分入亞山地常綠闊葉林^{4,5}，稱之為**雅楠-楠屬亞山地常綠闊葉林**⁵，同蘇(1984)年所提之山地下層常綠闊葉林，即俗稱的楠儲林。而典型榕楠林出現於中、南部地區，稱**榕楠丘陵常綠闊葉林**⁵。這兩者均以樟科楠屬及桑科植物為主要優勢種，但後者其環境更為溫暖且乾燥，榕屬植物將多於樟科植物更為優勢。

根據調查資料顯示湖山水庫庫區溪谷地區具有豐富的水同木、稜果榕等桑科榕屬植物，其植群類型即歸屬於榕楠丘陵常綠闊葉林。然而，斗六丘陵區域內偏北向、較為潮濕坡面則出現較豐富的樟科植物(如香楠)，礫石砂質土壤的較乾燥谷地甚至可以出現有落葉樹，如九芎、朴樹等，則為雅楠-楠屬亞山地常綠闊葉林。邱清安等人(2008)⁷所提出的臺灣潛在植群形相分類，也強調水份的限制，其分類結果也恰好將本計畫區歸於亞熱帶丘陵/低地常綠闊葉混交林的濕潤到略濕環境。如以整個斗六丘陵來看，其海拔高度跨越由 100 - 1,100m，高於海拔 600m 區域將轉變為以樟科楠屬、雅楠屬及殼斗科栲屬為優勢的楠屬-栲屬亞山地常綠闊葉林。

植群類型英文譯名對照：

榕楠丘陵常綠闊葉林

Ficus-Machilus foothill evergreen broad-leaved forest

雅楠-楠屬亞山地常綠闊葉林

Phoebe-Machilus submontane evergreen broad leaved forest

楠屬-栲屬亞山地常綠闊葉林

Machilus-Castanopsis sub-montane evergreen broad-leaved forest

三、斗六丘陵天然植群描述

湖山水庫庫區內之潛在原生植群類型，依地形可分為：1. 位於溪谷潮濕處、下坡至中坡的**榕屬-楠屬丘陵常綠闊葉林**，目前為果園、檳榔園、麻竹林及次生闊葉林混生植被；2. 山頂稜線處的**雅楠屬-楠屬亞山地常綠闊葉林**，目前為以香楠、白匏子為優勢的次生林。3. 如將區域擴大至外圍斗六丘陵海拔高於 600m 以上區域將轉變為**樟科楠屬-殼斗科栲屬亞山地常綠闊葉林**(圖 3-1-1)。以下根據現場調查資料並比對臺灣現生原生植群分群，分別描述其結構及組成：

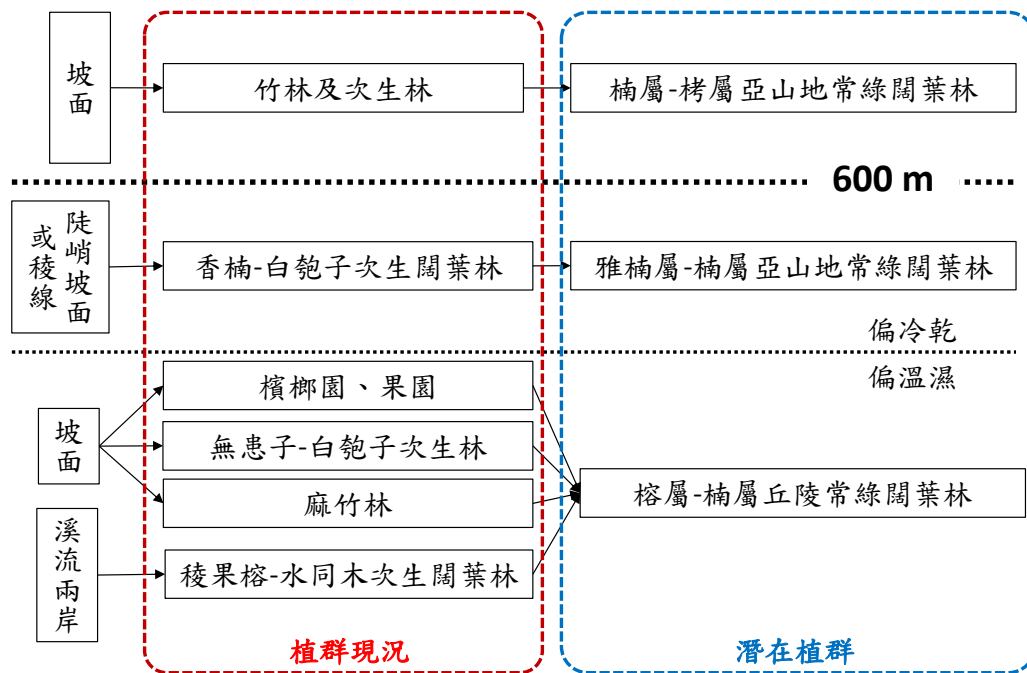


圖 3-1-1. 湖山水庫庫區及外圍植群現況與潛在植群關係圖。

1. 榕屬-楠屬丘陵常綠闊葉林

分布於斗六丘陵 600m 以下溪谷、中坡至下坡處，林冠高度約 12m，冠層覆蓋約 80%，植株密度約每公頃 3,700 株，底面積每公頃 61m²。木本植物以樟科 (Lauraceae) 和桑科 (Moraceae) 為主要優勢科。若依據底面積優勢度排序，則以桑科 (Moraceae) 所佔底面積最高佔整體底面積之 15.4%、其次依序為樟科佔 14.5%、紫金牛科 (Myrsinaceae) 佔 8.0%；而若以植株密度排序，則以樟科密度最高每公頃約 460 株，其次為茜草科 (Rubiaceae) 每公頃約 390 株、紫金牛科 290 株及大戟科約 260 株。發育良好的該種森林中，桑科植物雖株數不多，因樹木直徑大、底面積高可成為優勢。

樹冠層組成有榕屬 (水同木、幹花榕)、楠屬 (大葉楠)、小梗新木薑子、山菜豆、山黃麻、蟲屎、無患子、臺灣朴樹、九芎；次冠層有樹杞、咬人狗、柿樹屬、榕屬、血桐屬、野桐屬、月橘屬、紫麻屬、山香圓屬，而灌木層為樹杞屬、芋麻屬、山柑屬、八仙花屬、冬青屬、山桂花屬、九節木屬、灰木屬等，草本層覆蓋高 90% 以上以蕁麻科植物為主，可見巨大的山棕。

2. 雅楠屬-楠屬亞山地常綠闊葉林

分布於斗六丘陵 600m 的稜線及礫石砂質土壤的較乾燥谷地。樹冠高度約 15 公尺，樹冠覆蓋度約 80%，植株密度每公頃約為 4,000 株，底面積每公頃約 60 平方公尺。木本植物以樟科 (Lauraceae) 和桑科 (Moraceae) 為主要優勢科。但有殼斗科 (Fagaceae) 植物出現。礫石砂質土壤的較乾燥區域則有九芎、大戟科落葉樹種分布。

樹冠層組成有榕屬(稜果榕)、楠屬(香楠)、瓊楠屬、厚殼桂、屏東木薑子、臺灣雅楠、烏心石、九芎、鵝掌柴植物。次冠層有樹杞、紅淡比、筆筒樹、柿樹屬(軟毛柿、山紅柿)、山龍眼、長梗紫麻、水冬瓜、山香圓、水金京植物。而灌木層為樹杞屬、柏拉木屬、紫珠屬、柃木屬、榕屬、山柑屬、八仙花屬、雞屎樹屬、山桂花屬、九節木屬、安息香屬、灰木屬，具有豐富的附生植物如：山蘇屬、崖薑蕨屬為其特色。

3. 楠屬-栲屬亞山地常綠闊葉林

分布於斗六丘陵 400 - 600m 到 1,138m 低中海拔區域，其樹冠高度約達 18m，樹冠覆蓋度約 80%，植株密度每公頃約為 4,500 株，底面積每公頃約 60m²。在木本植物以樟科(Lauraceae)、殼斗科(Fagaceae)、茶科(Theaceae)、為主要優勢科方面。若依據底面積優勢度排序，則以樟科(Lauraceae)所佔底面積最高(佔整體底面積之 28%)、其次依序為殼斗科佔 18%、茶科 6%及胡桃科(Juglandaceae)5.2%為主；而若以植株密度排序，則以樟科密度最高每公頃約 700，其次為殼斗科約每公頃約 400 株、茜草科(Rubiaceae)約 300 株、紫金牛科約 300 株及茶科約 200 株。

樹冠層組成楠屬(香楠、紅楠)、樟屬、瓊楠、栲屬(長尾栲)、青剛櫟、榕屬、杜英、黃杞、長葉木薑子、烏心石屬、柯屬、鵝掌柴屬、木荷屬植物。次冠層有小葉樹杞、虎皮楠屬、柿樹屬、山龍眼屬、八角屬、鼠刺屬、野桐屬、新木薑子屬、櫻屬、赤楠屬、狗骨仔屬、山香圓屬植物。灌木層有紫金牛屬(玉山紫金牛、黑星紫金牛)、柏拉木、衛矛屬、柃木屬、八仙屬、野桐屬、新木薑子屬、雞屎樹屬、九節木屬等植物，地被植物則有馬藍、廣葉鋸齒雙蓋蕨、捻樹藤、距花柃等。

四、斗六丘陵的獨特性

斗六丘陵位於臺灣中西部為東亞低海拔榕楠森林由濕潤轉為乾燥型的交界處也是臺灣低海拔森林南北的交會，因此，該地除了典型低海拔的楠屬及榕屬植物外，還出現許多熱帶南部闊葉林的樹種，如山柚、咬人狗、屏東木薑子、蟲屎等；當地為臺灣低海拔植群轉為西南半乾燥落葉林的過渡帶，植群中出現落葉樹種的混雜植群特色，多石及乾溼混雜的環境也孕育了如布勒德藤、岩生秋海棠等特有植物。亞熱帶常綠闊葉林為東亞地區海洋植群的主要類型，但由於東亞沿海地區人口稠密開發嚴重，臺灣低海拔森林成為碩果僅存的海洋植群代表。臺灣亞熱帶亞山地常綠闊葉林面積約 30 萬公頃，而低地常綠闊葉林僅存 9,000 公頃，根據臺灣全島植群調查及繪圖計畫統計二植群型受到保護的面積分別僅為 30.49%和 29.36%，為臺灣各植群型受保護面積偏低的兩型，更顯出復育當地天然植群的重要。

2. 建議維持現狀與棲地改善的區域及方式

範圍如何決定？

藉由數化 2004 年水庫動工前之土地覆蓋類型，評估湖山水庫興建所導致的生態損失，建議補償面積為 460 公頃，且不應低於損失的闊葉林面積 105 公頃。進行棲地改善區域位址選擇時，首先依目前森林品質及指標生物的分布，既有棲地品質較高者予以區別並維持，隨後再依棲地改善實施後可增大闊葉林的面積、降低破碎化程度、提高周遭山系連結及提供最大棲地予指標物種等目標建議實施位址(圖 3-1-2)。除研究區域範圍內部棲地品質考量外，建議需考慮與周圍山系之連結性，使棲地改善範圍成為有實質效益的完整生態廊道¹³。

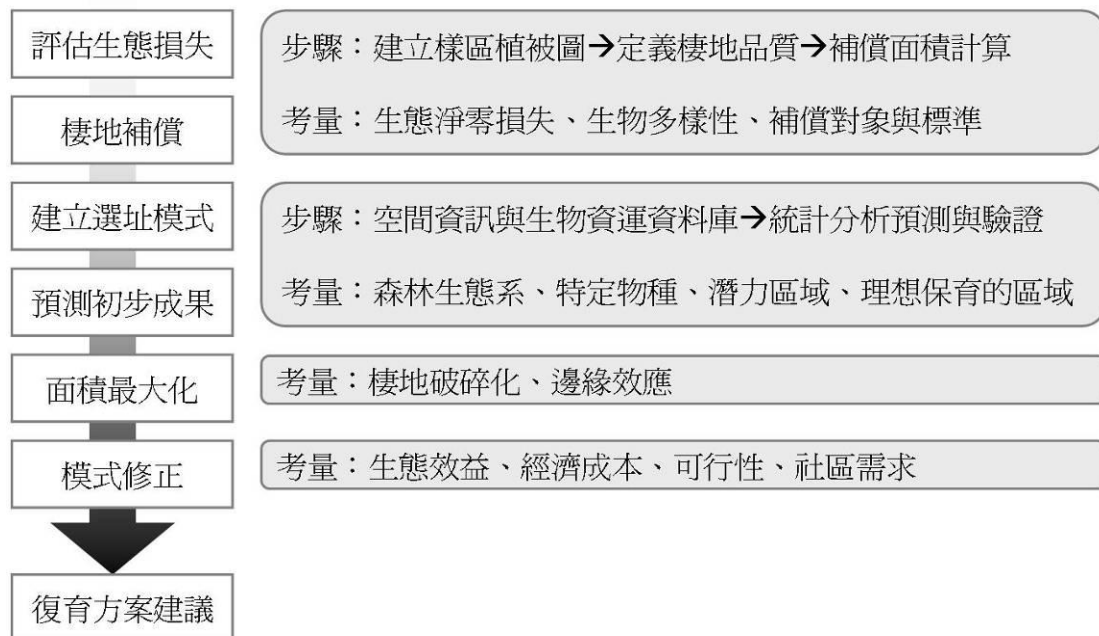


圖 3-1-2. 湖山水庫及鄰近地區棲地改善實施地點選址的步驟與考量⁶。

建議維持現狀的範圍

以每一塊闊葉林與其相鄰最近的闊葉林距離總和(平均最近綴塊面積權重距離(ENN-AM))，同時進行闊葉林面積大小的加權，並結合圓葉布勒德藤、食蟹獾、翠翼鳩、白鼻心、莫氏樹蛙、食蛇龜以及山柚等具有森林生態系代表性物種之潛在最適棲地分布預測結果，選出具有高森林生態系品質且有最多生物潛在棲地的網格，以該網格為中心向外擴展 500 m 緩衝帶，以此劃設出建議優先維持現狀之範圍，約 1,400 公頃，而其中有 485 公頃在雲林湖本八色鳥野生動物重要棲息環境範圍之外，建議該區域應審慎維護其棲地品質，以保護湖山水庫鄰近地區之森林生態系¹³(圖 3-1-3)。

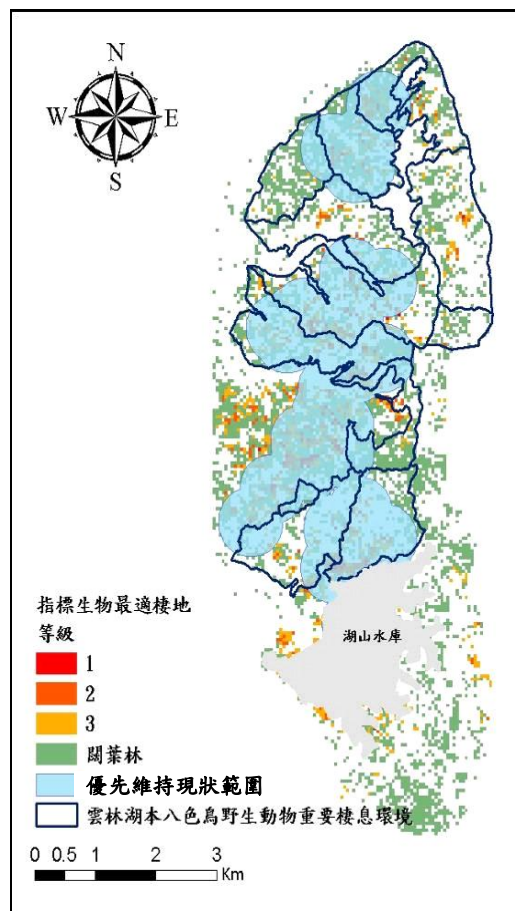


圖 3-1-3. 由闊葉林面積與指標生物分布進行分析，找出優先維持現狀的範圍⁶。

建議棲地改善的面積與位置

空間模式的建構，首先以闊葉林為森林生態系的主要標的，使用 FRAGSTATS 3.0 計算「單平均最近綴塊面積權重距離」地景指數。並利用

Maximum Entropy Modeling 方法推估圓葉布勒德藤、食蟹獾、翠翼鳩、白鼻心、莫氏樹蛙、食蛇龜以及山柚等 7 種森林性指標物種之最適棲地。隨後整合森林生態系及森林性指標物種的評估結果，針對最小、中等及最大補償面積準則提出三種不同建議棲地改善實施範圍。將數值結果全距，依據自然分隔原則劃分成 1-5 個等級。其中，等級 1 範圍內建議操作區域估計約為 110 公頃，可補償最小補償面積標準，即水庫內損失之闊葉林面積；擴增至等級 2 範圍內，建議操作區域約為 350 公頃，足以彌補中等補償面積標準，即水庫內竹闊葉混合林加權面積；再擴增至等級 3 範圍內，建議操作區域約為 577 公頃，已超過水庫計畫範圍總面積¹³(圖 3-1-4)。

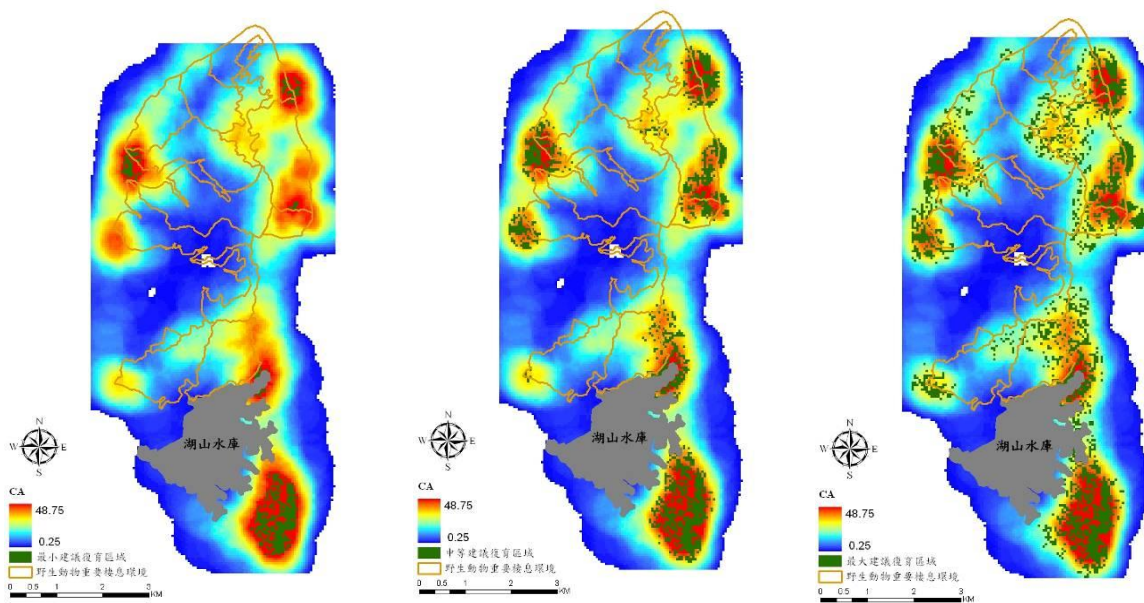


圖 3-1-4. 建議棲地改善位址，最小補償面積 110 公頃(左)、中等面積 350 公頃(中)、最大面積 577 公頃(右)⁶。

建議湖山水庫管理單位優先進行棲地改善的區域及方式：

區域	說明	時程	面積
水庫工程設施區	一般工程設施區區域(78 公頃)及原有生態保育措施區域(44 公頃)，生態保育措施區域包括自然生態保留區與復育區(含試辦區)、植物保存區、總工務所。	短期	122 公頃
	建議棲地改善方式及原則： ● 維持原有保育設施維護。 ● 於工程施做後的零星空地、路邊，散佈種植原生苗木。 ● 於完整空地或草生地實行森林生態系棲地改善計畫。 ● 防止盜獵與採集，加強宣導與查緝。		
水庫保護帶	水庫範圍海拔 215 公尺以上區域。海拔 215 公尺以下共 235 公頃，將轉變為湖泊生態系。	短期	78 公頃
	建議棲地改善方式及原則： ● 因交通不易到達，建議維持現狀。 ● 防止盜獵與採集，加強宣導與查緝。		
集水區	梅林溪集水區，為 71-73 林班地於水庫淹沒後殘存區塊。	中期	233 公頃
	建議棲地改善方式及原則： ● 與林務局合作，長期、小面積實行棲地改善計畫。 ● 如為次生林則不可再干擾，如為廢棄、無管理的竹林或果園可優先進行棲地改善。 ● 若為承租地或私有地，可輔導地主以友善生態的方式種植。		
斗六丘陵	原 61-70 林班地（雲林湖本八色鳥野生動物重要棲息環境）及土石禁採區私有地	長期	2379 公頃
	建議棲地改善方式及原則： ● 與林務局合作，長期、小面積實行。 ● 如為次生林則不可再干擾，如為廢棄、無管理的竹林或果園可優先進行棲地改善。 ● 若為承租地或私有地，可輔導地主以友善生態的方式種植。		

3. 各類森林棲地改善策略及方案選擇

森林棲地改善及復育策略在全世界各國有許多案例可參考，並有許多專書出版。我們初步可將策略分為自然更新及主動更新兩類^{8,9}(圖 3-1-5)。

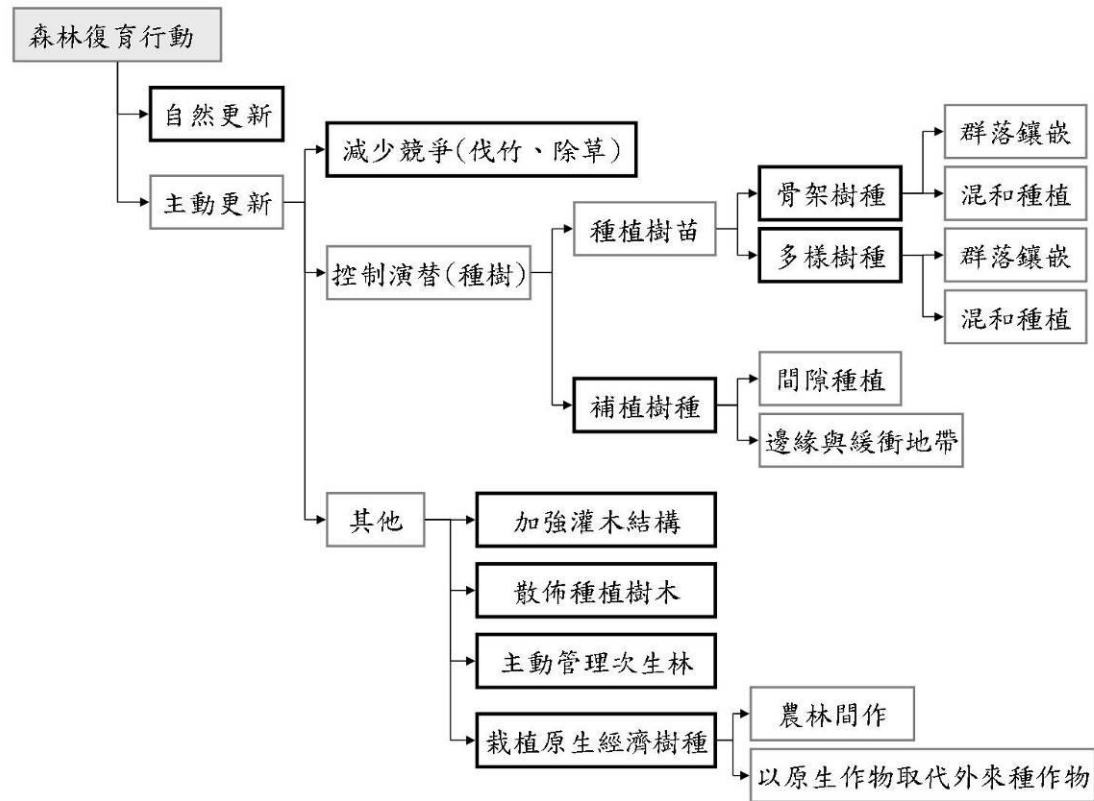


圖 3-1-5. 國際間森林棲地改善及復育案例主要策略總整理。

自然更新較為消極，以劃設保護區的方式，使劣化的棲地自然演替，回復正常生態功能。然而，對於某些嚴重劣化的棲地，勢必需要更積極的主動更新措施，如移除草本植物、種植苗木等，並需同時考量土壤狀態、灌木層的維持等較細緻的層面。除了大範圍的棲地改善或復育行動外，在零星邊緣地帶，也可以多種植原生苗木，或與社區居民及當地農民合作，推動小規模社區綠化、農林間作等，皆是可行之作為。各種棲地改善復育行動之相關說明列於表 3-1-2。

表 3-1-2. 棲地改善方案之備選策略

自然更新 Natural regeneration	移除棲地劣化外在壓力，常見壓力有外來入侵種、獵捕、農藥利用或農耕畜牧行為，通常去掉這些壓力之後，自然演替就可以進行，但要注意土地利用者的權益。可有少量人為管理，如劃設保護區、核心區、設置圍籬、巡邏。但不包含種樹等主動更新作為。
主動更新	減少競爭

Managing and Directing Natural Succession	● 以疏伐來減少優勢種的競爭，增加其他樹種生存空間，例如移除種源或苗木旁的竹子、藤蔓。有移除物也可以提供經濟助益。 ● 抑制草本入侵，可小範圍以人力除草或機械除草。草太多可以找草食動物來吃，但要小心樹苗別被吃了。 控制演替(種樹)→需選擇種樹策略 ● 瞭解區域內的演替方向與限制，解除演替限制。如果演替初期有限制，無法順利演替至後期，可補植演替後期的樹種 改善演替條件 ● 替換土質、施肥、鬆土、推置腐植質或落葉等。 ● 增加廊道、增加遮陰及增加鳥類停棲的機會，以利種子傳播 散布栽植樹木 ● 於嚴重劣化地區，如社區或空地，種植樹木或樹群。 栽種原生經濟樹種 ● 種植原生經濟樹種，以原生種取代原本的外來種作物鼓勵農林間作，於農作區混和作物與原生樹木，使棲地能有不同的種類、根系與結構 加強灌木層結構 自然演替下灌木層會自然生長，予以保護不受清除 主動管理次生林 ● 清除目標樹種(如關鍵物種)附近的競爭樹種
種樹策略	
栽植樹苗 (種植面積較大) Tree-planting	培育苗木、進行種植，或直接將種子灑在棲地中。 種植骨架樹種 “Framework Species” Method 整理好場地之後，密集種植(1000 棵/公頃)快速增長且耐旱的樹種，促進覆蓋度密和。在陽性樹種成長後，可搭配補植樹種策略，加強補植演替後期的物種。→選擇種樹方法、選擇樹種 種植多樣樹種 Dense Plantings of Many Species (Restoring a Biodiversity Island) 整理好場地之後，密集種植多樣樹種，含底層灌木，依照地理環境特性，重建整體棲地結構。特性為選擇許多演替後期的物種。並且在演替各階層物種形成穩定群落之後，對演替初期的樹苗進行疏伐。→選擇種樹方法、選擇樹種
補植樹種 (零星補植)	補植有演替限制的樹種，種子不易傳播或不易定植者，尤其是具有經濟或生態功能重要性的樹種。

Enrichment planting 地點：

- 帶狀種植(line planting)**：，去除不想要的植物，包含上層的覆蓋及下層的草本及灌木。清出 1.5-2m 寬的間距，以 2-5m 的距離種植苗木，每條帶狀處理相隔 10-20m 寬
- 邊緣和緩衝地帶種植(gap planting)**，在路旁、溪流旁或是一些零星的空地種植樹木，增加廊道及棲地多樣性且有助於水土保持

種樹方法

群落鑲嵌

Mosaics of Species Monocultures

於單一樹種的栽植區域的周邊種植其他樹種

混和種植

Mixed Species Plantations

同時混和種植多種樹種

棲地改善方案選擇

各種森林棲地改善及復育策略都有不同的優缺點及適用條件。圖 3-1-6 提供選擇流程示範，考量的選擇條件，包含棲地劣化程度、面積大小、種植作物之需求、種源距離、預算、土壤狀況...等，使有興趣從事森林復育的單位或個人，能依照現場環境及本身資源，選擇適當的森林復育策略。

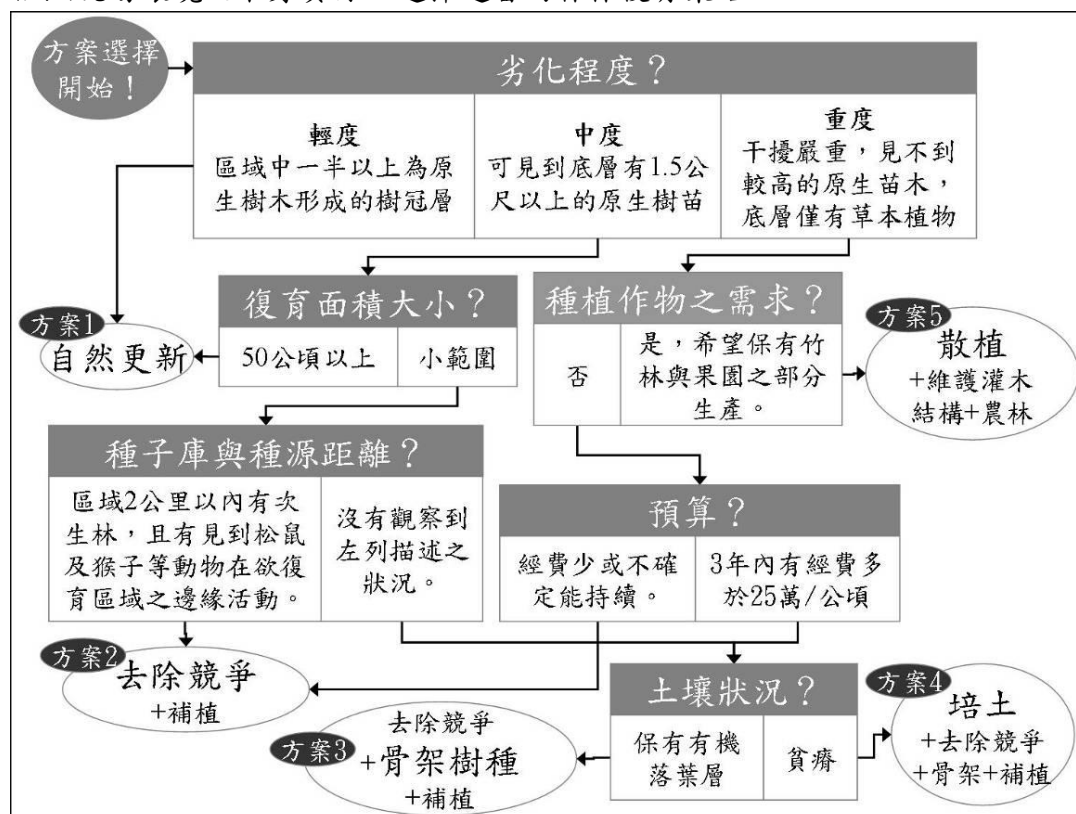


圖 3-1-6. 棲地改善方案套餐選擇流程。

方案說明

方案 1：

棲地僅輕度劣化，附近有次生林作為種源，或土地中有原生種子庫。即可藉由少量的管理，使棲地依其生態區特性逐步回復至近似原始的狀態。主要策略為移除棲地劣化壓力，如減少外來入侵種數量、取締非法獵捕行為、減少農藥利用...等，常見的方式為劃設保護區、設置圍籬、巡邏，但不包含種樹等主動更新作為。優點為可大面積實施，成本低，巡守工作可由社區組織擔任。雖然復育速度較慢，只要能持續長期管理，避免人為過多干擾，自然更新策略是最符合自然平衡的一種方式。

方案 2：

如果面積小，且鄰近地區原生樹種種源充足，可適度進行競爭移除策略，以使自然演替能順利回復常軌。斗六丘陵地區，可加強麻竹、芒草、小花蔓澤蘭的移除。但在過程中要注意，移除覆蓋或移除競爭之後，容易被少數優勢或雜草入侵，需小心進行原生苗木之撫育，或可在間隙種植樹苗。

方案 3：

適用於棲地品質劣化中等至嚴重的區域，或自然種源不足的空地，於整地之後，密集種植 10-20 種原生樹苗，操作方式可參考下一節「樹種選擇與種樹指引」之描述，選擇適合當地特性之樹種。缺點是成本較高，要持續撫育與監測，小心草本植物之入侵。

方案 4：

棲地劣化嚴重的區域，或開發歷史較久的區域，時常會遇到地力不足的問題。劣化輕微的棲地，會有殘存的落葉有基層，如果範圍中沒有有機落葉層，就無法提供樹苗生長的養分。此時，應先進行培土，以較天然環保的方式進行，堆置有機質，使地力逐漸恢復。避免使用大量化肥肥料，以免改變當地原生土質或影響水源。等地力回復，再進行種植樹苗等復育策略。

方案 5：

如原有土地已種植經濟作物，並希望維持經濟作物之收入。可選擇逐漸將原有外來作物，替換成原生種的經濟作物；或於經濟作物周遭空地或林下，種植原生種樹木。同時減少整地干擾，維持底層灌木結構。在顧及經濟收益的同時，提升對生物多樣性的助益，達到永續利用的效果。

4. 樹種選擇與種樹指引

本節欲幫助在雲林低海拔地區，海拔 400m 以下山區及平地，有意從事森林棲地改善及復育的工作者一些基礎植樹概念與指引，提供在本範圍內種植樹種時，適地適性之參考，以及種植苗木之注意事項。然而，因部分研究及試驗尚在進行中，資料尚未完備。未來會依照每年研究成果與資訊，進行些微調與更新。

要種哪些種類的樹木？

雲林地區氣候溫和而乾濕季分明，這裡的原生森林中植物種類組成複雜多樣，每個小區域的植物組成也不盡相同。殘存的天然林為低海拔闊葉樹種，在海拔較高的稜線至中坡，樹冠層以白匏子、血桐、香楠、大香葉樹及鵝掌柴較為優勢，在樹冠層底下則是大量的蕨類、灌叢及地被層植物。下坡近溪谷環境中，是以菲律賓榕、龍眼、香楠及稜果榕為優勢，蕨類植物也是演替初期時的優勢種之一^{12, 13, 14, 15}。每個區域的環境都有其特性，在進行復育策略之前，要瞭解區域的物理環境，如濕度、坡向、土質、排水，這些都會影響一個地區的植物組成。選擇樹種最佳作法，是在附近區域內尋找附近相似環境中的天然林或老熟的次生林，仿照裡面的樹種組成³。也可參考我們所列出的建議樹種。

注意有些演替後期繁盛的樹種並不適合直接種植於空曠的裸地上。演替後期的樹種需要避風與遮蔭的環境，在森林的環境中可以免於風吹、日曬及乾旱，一旦種植於裸地將無法生存。因此，如果復育是從空曠的裸地開始，則需要先種植耐旱且生命力較為強勁的樹木或灌木，提供更好的環境給演替後期物種進駐。斗六丘陵地區之建議先期種植樹種及後期種植樹種如下：

先期種植樹種		後期種植樹種	
白匏子	<i>Mallotus paniculatus</i>	無患子	<i>Sapindus mukorosii</i>
血桐	<i>Macaranga tanarius</i>	杜英	<i>Elaeocarpus sylvestris</i>
野桐	<i>Mallotus japonica</i>	香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>
構樹	<i>Broussonetia papyrifera</i>	水同木	<i>Ficus fistulosa</i>
小葉桑	<i>Morus australis</i>	朴樹	<i>Celtis sinensis</i>
稜果榕	<i>Ficus septica</i>	江某	<i>Schefflera octophylla</i>
菲律賓饅頭果	<i>Glochindion philippicum</i>	刺杜密	<i>Bridelia balansae</i>
山黃麻	<i>Trema orientalis</i>	山柚仔	<i>Champereia manillana</i>
華八仙	<i>Hydrangea chinensis</i>	天仙果	<i>Ficus formosana</i>
		軟毛柿	<i>Diospyros eriantha</i>

● 先期種植樹種特性

先鋒樹種生長快速並有忍受高溫及乾燥的能力，在大片裸地中應優先大量栽種這類樹種。先鋒樹種可以給未來自然萌發或人為栽種的樹苗更好的環境。表 3-1-3 為一些建議種植的先鋒樹種，可自由挑選。在選擇時最好能搭配實地的地理

環境狀況，注意栽植的地形是處於溪谷、中坡或稜線，依照環境地形及濕度選擇適合的樹種³。盡量混和不同的種類，以達到輔助自然演替更新的效果。

表 3-1-3. 適合先期種植之樹種，依照地理特性有不同的選擇

樹種	適合地形 ^{5, 6, 7, 8}			誘蝶誘鳥功能 ⁴		適合的棲地環境 ^{7, 8} ●最適合；○次適合； △普通；X 未試驗		
	下坡 近溪谷	中坡	上坡 近稜線	誘蝶	誘鳥	開闊地	竹闊 混和林	次生林
白袍子		●	●				X	
血桐		●	●	●	●		X	
野桐		●	●	●	●		X	
構樹	●	●			●		X	
小葉桑	●	●		●	●		X	
稜果榕	●	●		●	●	●	○	△
菲律賓 饅頭果	●	●		●	●	○	●	△
山黃麻	●	●	●	●	●		X	
華八仙	●	●					X	

● 後期種植樹種特性

樹種建議在先期種植數年之後進行補植，這些樹種對環境耐受度較低，需要依賴先鋒樹種提供遮陰才能有較好的存活率。同樣必須依照地理環境的濕度，適地選擇樹種(表 3-1-4)。

表 3-1-4. 適合補植之樹種，依照地理特性有不同的選擇。

樹種	適合地形 ^{5, 6, 7, 8}			誘蝶誘鳥功能 ⁴		適合的棲地環境 ^{7, 8} ●最適合；○次適合； △普通；X 未試驗		
	下坡 近溪谷	中坡	上坡 近稜線	誘蝶	誘鳥	開闊地	竹闊 混和林	次生林
無患子		●	●			○	△	○
杜英	●	●	●			○	●	●
香楠		●	●	●		○	○	△
水同木	●	●				●	●	△
朴樹	●	●	●	●			X	
江某	●	●	●		●		X	
刺杜密	●	●		●		△	△	○
山柚仔	●	●					X	
天仙果	●	●		●			X	
軟毛柿	●	●				△	○	●

開始植樹

如果要要以植樹方式復育大面積的森林，有些事情需要在事先考量：

1. 當地的地理環境與濕度，會如何影響植物的生長？
2. 是否需要事前準備工作？如圍欄、除草。
3. 需要多少棵與多少種類的樹？先期栽植建議以 1 棵/平方公尺來進行。
4. 種植的季節以及未來補植的年份。
5. 確認是否有古蹟或文化遺址在其中，尋求相關單位協助。
6. 察看附近的天然林或老熟的次生林，觀察這些生態系的樣貌並仿效。確認復育基地與天然種子來源的距離。
7. 種植部分誘鳥或可為野生動物利用的樹種。
8. 考慮樹苗的取得及遺傳特性，直接購買或自行培育。
9. 持續管理與撫育制度。

苗木來源

最好是能由當地取得的種子來培育樹苗，這些樹苗的遺傳特性比較適應當地的環境狀況，能有較好的存活率。如果是購買樹苗，請儘量尋找是由野外種子或栽枝培育而成的樹苗，避免購買經過育種、配種的品系，因為真正的原生來源的苗木才能確保這些樹苗能適應野外的環境。如果要在野外自行挖掘種子或採集樹枝進行扦插，記得取得土地所有人的同意。

種植時機

在雲林地區最佳種植時機在 3-4 月，最慢可至 5 月，在這段時間種植，可讓樹苗在適當的氣候生長茁壯，以面對夏季的炎熱或颱風，以及冬季的乾旱。避免在炎熱的大晴天或颶大風的天氣栽植樹苗，小苗可能很快就會死亡。

栽植訣竅

- 如果有會危害小苗的野生動物或家畜，就應先設置圍籬。
- 移除雜草，如果有小花蔓澤蘭，可先在幾個月之前以人工刈除。
- 不要死板的直線種植，盡量模仿自然隨機的生長狀態排列。
- 種植樹苗的策略，最終的目的是要恢復原生樹木的樹冠層，提供的遮蔽與適宜的環境可讓下層的樹苗順利生長。因此以 1 公尺間隔種植先鋒物種，可以快速生長充分伸展，樹冠層的遮陰也可抑制雜草的生長入侵。
- 如果樹苗是會成長為比較大棵的物種，如山黃麻、白匏子、構樹、血桐及稜果榕等，可以給予約 5 公尺的間隔空間。如有種植低矮樹種或灌木，如華八仙、天仙果、小葉桑，間隔 30 公分即可。
- 可適當在苗木根部周圍加上護蓋物，有抑制雜草與保水的功能。
- 將種植好的苗木加上記號，例如使用竹竿插地並在其上綁螢光布條，以利後續監測與撫育。

管理與撫育

- 定期除草撫育
- 監測苗木存活與生長狀況，享受看著苗木成長的過程，棲地因此吸引更多野

生動物，也有自然演替的能力。拍照比對每年的變化。

- 先驅物種建立了覆蓋度之後，可進行其他樹種的補植。

野生動物復育

- 盡量選擇多種樹種，以提供更多棲地給森林性野生動物。
- 潮濕的土壤、朽木跟落葉層，適合無脊椎動物生存。可將大塊的枯木或朽木搬運到復育區中。朽木要出現在天然演替的森林中，可能需要很久的時間累積，但如果以人為處理，很快就可以達到效果，成為無脊椎動物的優良棲地。
- 如果要吸引特定種類的野生動物，請與專家聯繫，尋求建議。

5. 外來種植物及優勢種芒草之管理建議

(1) 小花蔓澤蘭(*Mikania micrantha*)

分類：菊科(Asteraceae)蔓澤蘭屬(*Mikania*)入侵種植物，原產於中南美洲。

對森林的影響：小花蔓澤蘭會蔓生纏勒在植物上、遮蔽陽光，使植物無法行光合作用而死亡。喬木、灌木及地被層植物都會受到侵害，進而改變原有棲地結構及物種分布¹⁸，影響原有生態系之穩定。

湖山現況：湖山地區常見其攀附於倒塌的竹叢、森林邊緣的開闊地及果園周邊，長期佔據空間、遮蔽陽光，影響植物生長，並使原生樹種的小苗無法萌發。在湖山水庫自然保留及復育區中，沒有人為介入管理的試驗樣區，小花蔓澤蘭的平均覆蓋度 6.7%，最高可達 25%，

生態習性：小花蔓澤蘭喜好海拔 1000 公尺以下光照強、水分高的環境，在林地邊緣常見。目前臺灣在中、南及東部的淺山、廢耕地都有其族群¹⁸。小花蔓澤蘭為多年生植物，生長快速、種子數量多，族群繁衍快速。夏季為生長期，10 月中旬開始開花，開花後約 15 日後種子即可成熟，11-12 月大量結實，之後呈乾枯狀。種子藉由風力、昆蟲、動物活動散播¹⁰。除有性繁殖之外，也可利用莖蔓的節間進行無性繁殖¹⁸。

建議管理方法：以物理性防制最為普遍、有效。建議自 7 月生長期開始，以每月 1 次的頻率切斷蔓莖，連續 3 次，可達到防制效果，於 10 月開花期前執行完畢，效果最佳¹⁷。若其攀附在喬木上，只要切斷離地 10-20 公分內的蔓莖即可，殘留部分掛於樹上使其自然乾枯，不可讓殘留的蔓莖接觸地面土壤，以免節間繼續長出不定根；如攀附位置在較低的灌叢或地面，則應將蔓莖移除，以塑膠袋包裹使其腐爛或集中放置，待乾燥後焚燒或覆蓋，避免再度萌發¹⁷。小花蔓澤蘭的小苗不耐陰，在低光度環境下無法生長¹⁶，如森林樹冠層完整，即可抵禦小花蔓澤蘭的入侵。



(2) 麻竹 (*Dendrocalamus latiflorus*)

分類：禾本科(Poaceae)麻竹屬(*Dendrocalamus*)，原產於中國及緬甸北部。

對森林的影響：耕作中的麻竹林地，因人為清除底層，棲地趨向單一化；麻竹植物體中會製造次代謝物，對其他植物有相剋作用²¹；且麻竹落葉量多、不易腐爛，覆蓋於林地，上述特性皆會抑制原生苗木之生長、阻礙森林演替，造成棲地退化壓力^{22,23}。此外，麻竹會吸引竹葉扁蚜 (*Astegopteryx bambusifoliae*) 聚集，扁蚜分泌出的蜜露，會誘使煤煙病菌生長，覆於底層植物的葉片表面，致使林下植物體光合作用效率降低²²。

湖山現況：斗六丘陵之麻竹林為經濟效益而廣泛種植，部分早年耕作的麻竹林，因為地處偏僻而遭廢棄^{19,20}。在湖山水庫自然保留及復育區中，沒有人為介入管理的試驗樣區，麻竹林的平均覆蓋度 57.5%，如未進行管理，在數年內樣區麻竹覆蓋度不會減低，有些樣區中的竹林反而漸漸擴張。

生態習性：為叢生型竹叢，生長高度可達 25 公尺，從平地到海拔 1500 公尺山區都可栽植，是早期農業時代充分利用山區陡峭坡地的重要作物。麻竹出筍期以 6-8 月的夏季為主，出筍與土壤溫度及水分有關。麻竹的換葉期在 2-4 月間。麻竹開花是單叢零星發生，而不是整片的開花。開花結實後，竹叢隨即死亡。

建議管理方法：於每年 10 月至隔年 2 月乾季期間實施竹叢伐除作業，可避免地被層的草本植物萌發過於迅速而產生干擾，亦可銜接後續植樹或撫育管理。竹叢以人工方式伐除，竹枝在整理後堆置現場。隨後以機具挖除竹頭，過程中必須注意水土保持，如坡地過陡則不建議挖除竹頭；如有竹頭保留者，則每個月修剪萌發之新芽，同時注意竹筒積水滋生蚊蟲的問題。施做方式應照面積調整，參考「行政院農業委員會林務局經管國有林地排除占用侵害後續復育造林注意事項」之標準，竹林 0.5 公頃以下採皆伐方式辦理；0.5 公頃以上則採帶狀或塊狀砍伐，於其間隙進行造林復育，造林 3 年後，應視林木長成狀況，評估是否伐除剩餘竹林。



(3) 大花咸豐草 (*Bidens pilosa*)

分類：菊科(Asteraceae)鬼針草屬(*Bidens*)入侵種植物，原產於中南美洲。

對森林的影響：其繁殖力強、生長快速、拓展能力強，與原生植被競爭空間與資源，並會分泌次級代謝物，抑制原生植物發芽與生長^{25, 26}。

湖山現況：於有人為干擾的開闊地，常可見其整片生長，或於小徑邊零星分布，在樹林或竹林底層則較少見。湖山水庫自然保留及復育區中，沒有人為介入管理的試驗樣區，大花咸豐草的覆蓋度極低。在較開闊的樣區則有 5%左右的覆蓋度，但在較多人為管理的干擾下(如伐除竹叢)，可達到 10%-20%的覆蓋度。

生態習性：為一年生草本植物，對環境適應力高，能耐受乾旱及貧瘠的環境，可生長於各種棲地中。從平地到高海拔都有分布，在臺灣於海拔500公尺以下地區出現頻度最高，之後隨海拔高度下降²⁵。以種子進行繁殖，一年四季皆可開花，可自花授粉或交叉授粉，每年產生大量種子。發芽後4個月開花，開花後1個月產生成熟種子。種子不會休眠，可存活5-6年，野外發芽率高²⁶。其瘦果具有倒刺或芒刺，可黏附在人類或動物身上傳播。

建議管理方法：為避免化學除草藥劑對環境的不良影響，建議以機械或人力移除。雨季時每月除草1次，乾季時兩至三個月1次。於除草作業時，應避免傷及原生苗木。待苗木成長，樹冠逐漸鬱閉後，較不易遭受入侵。



(4) 五節芒(*Miscanthus floridulus*)

分類：禾本科(Poaceae)芒屬(*Miscanthus*)，為臺灣原生種植物。

對森林的影響：五節芒具有護坡、改善土質、作為飼料、光合作用效率高等優點²⁷，並為草地型野生動物提供棲息環境。但五節芒生長迅速、植株高大，使原生小苗常掩埋於芒草叢下，無法與其競爭，阻礙森林演替更新。因此，如能在特定區域適當管理，將有助於森林生態系之復原。

湖山現況：工程施工後的裸露地、周邊地區廢棄、無人為管理的空地，常見植株較為高大者以五節芒，與象草(*Pennisetum purpureum*)及其他禾本科植物混生。

生態習性：為多年生草本植物，外型高大可達 2-3 公尺，叢生，地下莖發達，可無性繁殖。在臺灣低海拔山區常見，能耐受乾旱及貧瘠的土地²⁴。花期約為 4 到 7 月，靠風力傳粉，種子靠著風力及重力傳播。

建議管理方法：割除芒草的同時，配合苗木撫育或栽植，以免苗木尚未長成又被芒草覆蓋。以機械或人工方式割除，過程中須小心避開原有苗木。於坡地上的芒草叢砍除後應保留草頭，以維持坡地土石穩定，除草頻率在雨季時每月1次，乾季時兩至三個月1次；位於平坦空地上的芒草叢可考慮在割除後，以小型機械將草頭挖除或予以覆蓋，避免重新萌生。河川、溪流兩側應以水土保持為優先考量²⁸，宜保留芒草叢，維護沿岸土壤植被，避免土石流失，並可做為草生型動物棲息環境。



其他建議管理外來種植物時的注意事項：

- 於開花結果前處理的成效最佳。
- 配合降雨情形及外來種生長狀況調整除草頻率。
- 於小苗數量較多的棲地中，應使用人力除草，以免傷及小苗。
- 避免使用除草藥劑，維護環境健康。
- 撫育時注意不要傷及原生樹種的小苗，最好能事先巡視並以竹竿進行標示。
- 適合做為蝴蝶幼蟲食草的藤蔓植物，如馬兜鈴科，最好能事先巡視並標示
- 除本章建議的外來種植物種類外，如有其他種類性質相近，會威脅到原生苗木生長的外來種植物，可適度進行管理。
- 移除後的枝條要妥善處理，以免重新萌發。
- 使用刀具要注意安全防護措施並配掛護目鏡。

參考文獻

1. 邱祈榮、梁玉琦、賴彥任、黃名媛，2004，臺灣地區氣候分區與應用之研究，臺灣地理資訊學刊 1: 41-62。
2. 蘇鴻傑，1992，臺灣之植群：山地植群帶與地理氣候區，中央研究院植物研究所專刊 11:39-53，中央研究院植物研究所。
3. 蘇鴻傑，1984，臺灣天然林氣候與植群型之研究(II)：山地植群帶與溫度梯度之關係，中華林學季刊 17(4):57-73。
4. 林建融，2009，臺灣植群多樣性組成及分布之探討，國立臺灣大學森林環境暨資源學研究所碩士論文，127 頁。
5. Li, Ching-Feng, Milan Chytrý, David Zelený, Ming-Yih Chen, Tze-Ying Chen, Chyi-Rong Chiou, Yue-Joe Hsia, Ho-Yih Liu, Sheng-Zehn Yang, Ching-Long Yeh, Jenn-Che Wang, Chiou-Feng Yu, Yen-Jen Lai, Wei-Chun Chao and Chang-Fu Hsieh 2013 Classification of Taiwan forest vegetation. *Applied Vegetation Science* 16(4): 698–719.
6. 邱祈榮，陳子英，謝長富，劉和義，葉慶龍，王震哲，2009，臺灣現生天然植群圖集，行政院農業委員會林務局，420 頁。
7. 邱清安、林鴻志、廖敏君、曾彥學、歐辰雄、呂金誠、曾喜育，2008，臺灣潛在植群形相分類方案，林業研究季刊 30(4): 89-112。
8. Sabogal, C. 2005. Site-level restoration strategies for degraded primary forest. pp. 83-96. *In: Rietbergen-McCracken, J., S Maginnis and A. Sarre (eds.). The forest landscape restoration handbook.* Earthscan, London, UK.
9. Mansourian, S., V. Daniel and N. Dudley. 2005. *Forest restoration in landscapes: Beyond planting trees.* Springer, New York, USA.
10. Auckland Regional Council. 2000. Native forest restoration planting. Downloaded from <http://www.arc.govt.nz>
11. 沈秀雀。2009。臺灣的誘蝶與誘鳥植物。生態與工程入口網。行政院農委會特有生物保育中心。<http://ecoeng.tesri.gov.tw/>。
12. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2008。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(96 年度工作計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。臺中。
13. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2010。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(98 年度工作計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。臺中。
14. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2011。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(99 年度工作計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。臺中。
15. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2012。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(100 年度工作計畫)成果報告書。特有生物研究保育中心。臺中。
16. 郭耀綸、陳志遠、黃慈薇。2003。小花蔓澤蘭的生態生理性狀。小花蔓澤蘭危害與管理研討會專刊 11-27 頁。中華民國雜草學會。
17. 陳阿興、蕭祺暉。2003。小花蔓澤蘭防治與管理。小花蔓澤蘭危害與管理研討會專刊 69-77 頁。中華民國雜草學會。
18. 黃士元、彭仁傑、郭曜豪。2003。小花蔓澤蘭在臺灣之蔓延及監測。小花蔓澤蘭危害與管理研討會專刊 123-145 頁。中華民國雜草學會。
19. 鐘欣芸、陳財輝。2011。臺灣麻竹產業亟待振興。林業研究專訊 18(2): 63-66。
20. 楊迪嵐。2008。斗六丘陵植群生態之研究。國立中興大學森林系研究所碩士論文。臺中。
21. Chou, C. H., and M. H. Hou. 1981. Allelopathic research in subtropical vegetation in Taiwan. I. Evaluation of allelopathic potential of bamboo vegetation. *Proceedings of the National Science Council.* 5: 284-292.

22. Griscom, B. W., and P. M. S. Ashton. 2003. Bamboo control of forest succession: *Guadua sarcocarpa* in Southeastern Peru. *Forest Ecology and Management* 175: 445-454.
23. Griscom, B. W., D. C. Daly, and M. S. Ashton. 2007. Floristics of bamboo-dominated stands in lowland terra-firma forests of southwestern Amazonia. *Journal of the Torrey Botanical Society* 134: 108-125.
24. Nelson, S. 2008. Sooty mold. *Plant Disease* 52: 1-3.
25. 鄧書麟、何坤益、張怡萱、蔡景株、呂福原。2004。入侵植物在臺灣—以大花咸豐草為例。林業研究專訊 11(4): 18-21。
26. Invasive Species Specialist Group. 2010. Global Invasive Species Database. Auckland, New Zealand. <http://www.issg.org/database>
27. 江友中、John C. Clifton-Brown、王薇琍、沈姿秀。2008。風吹草低見能源。科學發展 425: 20-25。
28. 經濟部水利署。2006。水庫濱水帶植生群落之重要性。臺灣河川復育網。
http://trrn.wra.gov.tw/trrn_file/static/upload/download/12c30ed68430000041d2.pdf

三、經營管理 (二)子目標 2：考量目標物種需求

依據「湖山水庫工程計畫生態保育措施」之內容，並經由歷年調查結果、報告文獻蒐集及與相關專家共同討論後，選出 14 項目標類群(表 3-2-1)。選擇原因可歸納為 4 種：(1)具有特有性、屬保育類、分布侷限，如珍稀植物及黃裳鳳蝶；(2)具有特殊需求或對環境干擾敏感，如食蟹獐、洞巢性鳥類；(3)具有重要生態功能與地位，如蝙蝠類、兩棲類；(4)受輿論高度關切之物種，如食蛇龜及八色鳥。未來還會持續評估是否有需要增加或刪減之物種。並針對目標物種之族群現況與特殊需求，提出適當的復育策略。

表 3-2-1. 目標物種及選定原因：(1)具有特有性、屬保育類、分布侷限；(2)具有特殊需求或對環境干擾敏感；(3)具有重要生態功能與地位；(4)受輿論高度關切之物種

			選定原因			
	學名	臺灣特有	(1)	(2)	(3)	(4)
1. 植物						
圓葉布勒德藤	<i>Bredia hirsuta</i>	●	●	●		●
傅氏三叉蕨	<i>Tectaria fauriei</i>		●	●		
錫蘭七指蕨	<i>Helminthostachys zeylanica</i>		●	●		
2. 昆蟲						
黃裳鳳蝶	<i>Troides aeacus formosamus</i>		●	●	●	●
紫斑蝶	<i>Euploea</i> spp.			●	●	●
3. 兩棲類						
兩棲類整體		●	●	●	●	●
4 爬行類						
食蛇龜	<i>Cuora flavomarginata</i>		●	●		●
斯文豪氏游蛇	<i>Rhabdophis swinhonis</i>	●	●	●		
臺灣鈍頭蛇	<i>Pareas formosensis</i>	●	●	●	●	
臺灣滑蜥	<i>Scincella formosensis</i>	●	●	●		
5. 鳥類						
八色鳥	<i>Pitta nympha</i>		●	●		●
森林性鳥種		●			●	
森林洞巢性鳥類			●	●		●
6.哺乳類						
食蟹獾	<i>Herpestes urva</i>		●	●	●	●
蝙蝠類整體		●		●	●	

1. 植物

(1) 目標類群及選定原因：

過去曾在報告中被提出為稀有植物者有：圓葉布勒德藤、岩生秋海棠、鹿谷秋海棠、蔓荳荷、傅氏三叉蕨等。2010年湖山水庫調查人員通報在庫區發現另一種在臺灣稀有植物—錫蘭七指蕨。以上珍稀植物，經統整在庫區及鄰近地區之分布資料(圖3-2-1)，配合臺灣整體分布狀況，會同專家討論後，認為圓葉布勒德藤、傅氏三叉蕨及錫蘭七指蕨應優先予以關注。

圓葉布勒德藤 *Bredia hirsuta* Bl. var. *rotundifolia*

野牡丹科(Melastomataceae)。臺灣特有變種。「臺灣稀有及瀕危植物」之分級列為受威脅的瀕臨絕滅(EN)等級¹。並於「臺灣地區稀特有植物名錄」中列為第3級特稀有植物，為生態評估時需特別關注之物種²。在「臺灣植物紅皮書」中被列為接近威脅(NT)等級²⁵。

傅氏三叉蕨 *Tectaria fauriei*

三叉蕨科(Aspidiaceae)。於「南投縣維管束植物資源之調查調查」中列為稀有(R)等級，為族群數量少，有生存危機，如果危害因子繼續作用在短期內將瀕臨絕滅³。在「臺灣植物紅皮書」中評估為易受害(VU)等級²⁵。

錫蘭七指蕨 *Helminthostachys zeylanica*

瓶爾小草科(Ophioglossaceae)。於「臺灣稀有及瀕危植物」之分級列為瀕臨絕滅(EN)¹。在「臺灣植物紅皮書」中被評估為嚴重瀕臨絕滅(CR)等級²⁵，急待保護。

下列其他種類之植物，暫不列入本建議書之關注重點：鹿谷秋海棠(*Begonia lukuana*)在「臺灣植物紅皮書」中被評為易受害(VU)等級²⁵，但在淹沒區邊緣僅發現1處分布點，預期整體族群不會在水庫淹沒後受到影響；岩生秋海棠(*Begonia ravenii*)於「臺灣稀有及瀕危植物之分級」及「臺灣植物紅皮書」中都列為接近威脅(NT)^{1,25}，因其危險等級不高且分布較為廣泛，暫不納入；蔓荳荷(*Floscopa scandens*)雖被濕生植物的愛好者列為不常見的稀有植物⁴，「臺灣植物紅皮書」中列為接近威脅(NT)等級²⁵，但它在庫區外有分布，應可持續在庫區外繁衍。上述物種，應持續注意其族群狀況，未來如臺灣其他地區族群因故急遽減少，仍需調整列入目標物種考量。

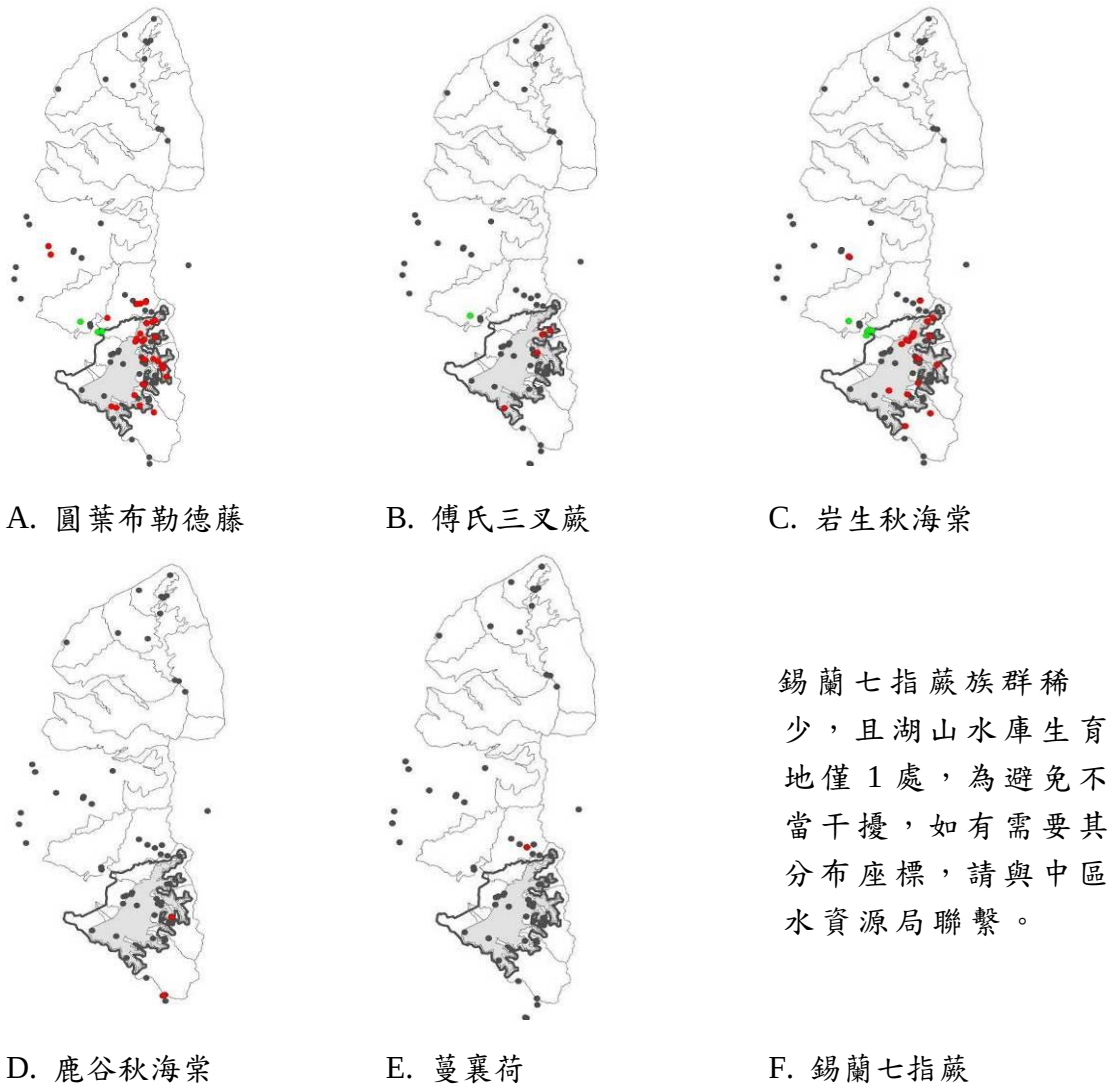


圖3-2-1. 歷年於湖山水庫相關報告中被提出需關注之 6種植物於斗六丘陵及湖山水庫鄰近地區的分布概況。● 調查點位、● 珍稀植物分布點位¹⁵、● 珍稀植物分布點位¹⁸。

(2) 目標類群之現況

圓葉布勒德藤

分布於中南部低海拔山區，目前發現地點有雲林林內、南投關刀溪、嘉義瑞里、高雄旗山等地。在庫區內發現29個分布點，覆蓋總面積約495.7平方公尺，庫區外也有分布¹⁵(圖3-2-1)。中水局以改變導水路洞口施工方式，保留原有族群；並將位於淹沒區內之植株移至特稀植物網室中，進行移地保育，加強培育與繁殖；未受工程進度影響族群，則進行定期巡視作業，以監測分布地點及面積。

傅氏三叉蕨

傅氏三叉蕨分布於印度、中南半島、中國，分布範圍南至馬來半島、東北至琉球群島，臺灣於中南部及東部地區的低海拔岩石環境可發現²⁶，因分布廣泛且栽培容易，整體族群暫時不受太大威脅壓力。2006年發現少量存在於湖山壩導水路出口處東側之峽谷峭壁上。因並未生長在導水路施工範圍內，因此採取原地保護措施¹⁸。水庫淹沒區外分布較少，水庫淹沒區內尚有數個族群存在¹⁵(圖3-2-1)。

錫蘭七指蕨

錫蘭七指蕨生長在成熟闊葉林下潮濕開闊處，常為濕地植物，分佈於印度、錫蘭、菲律賓、中國大陸西雙版納及海南島、琉球群島、澳洲北部、太平洋群島及臺灣等地區。錫蘭七指蕨在臺灣的分布，依據族群分佈的調查結果，目前發現其生育地點有五個地區共10個樣點，分別為蘭嶼天池附近3個樣點，約40-50枝成熟新梢及超過50枝小苗；墾丁國家公園內2個樣點，一處約14枝新梢，另一處則有約超過140枝的新梢；滿洲鄉私人牧場共3個樣點，約10-15枝新梢；惠蓀林場約4-6枝新梢及湖山水庫庫區內，約39枝新梢。

湖山水庫庫區內之錫蘭七指蕨族群，係於2010年由水庫工程人員在進行柚木標定時發現，而後經特生中心植物組人員進入現勘後確認，其時族群數量約20枝，分布於 $2 \times 2 \text{ m}^2$ 的範圍內，是當時已知臺灣島內族群數量較多的分布地點之一。

湖山水庫錫蘭七指蕨之生育地，於2013年9月下旬，經由特生中心研究人員會同水資源局及水庫工程人員進行現場會勘，經由GPS定位後，初步確定其生育地高程位於水庫滿水位以下，水庫施工後期地上物清除作業的操作過程及地上物清除後造成微氣候的改變，可能直接或間接威脅其生存，而將來水庫完工蓄水後，錫蘭七指蕨目前的棲地則會被淹沒，故應尋覓其他適當之棲地，並進行錫蘭七指蕨之移地保育。因此必須對錫蘭七指蕨植株所適合之生育環境進行評估，包括記錄生育環境之光度、大氣溫度、土壤溫溼度等，分析生育地土壤環境，及測量植株在不同光環境下光合作用之表現，以了解適合錫蘭七指蕨生育之棲地，供作日後移地保育時新棲地選擇之參考依據。

(3) 目標類群之需求

圓葉布勒德藤

生長於有苔蘚繁生且陰濕的溪谷峭壁上，10月開始進入花季。生育地屬於砂質岩壁，土壤硬度約為25-27；pH值約為4.3-6.9，較偏酸性；電導度為144-534 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 。生育地之相對光度約為5%-39%之間，光照太強之裸露岩壁或植物覆蓋太密導致透光太少之環境，皆不適宜圓葉布勒德藤之生長。

傅氏三叉蕨

生長於濕潤岩壁，覆蓋度高且陰濕的溪谷環境。

錫蘭七指蕨

錫蘭七指蕨是屬瓶爾小草科 (Ophioglossaceae) 七指蕨屬 (*Helminthostachys*) 的多年草本地生型蕨類植物，此植物於秋冬季時，地上部會枯萎，植株進入休眠狀態，而於第二年春季後再開始生長。影響錫蘭七指蕨春季冒出土面時間的早晚與整齊度及秋季休眠的因子可能與土壤溼度有關，土壤溼度僅20%左右時，限制錫蘭七指蕨的生長；土壤溼度30%-40%時，錫蘭七指蕨始可以生長。而影響錫蘭七指蕨植株抽孢子囊穗的比率，可能與植株營養狀況與發育時的溫度有關。

調查臺灣 10 處錫蘭七指蕨的生育地，觀察到其對生育環境的光照強度和土壤要求並不嚴苛，森林底層、珊瑚礁區(墾丁)、全日照草地(滿洲牧場)、全日照乾濕季分明的黏土環境(蘭嶼天池)皆可生長。以光合作用測定儀檢測錫蘭七指蕨於不同光照強度下的光合作用反映，發現其光補償點(light compensation point, LCP) $< 10 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 而光飽和點(light saturation point, LSP)約 $200 - 300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，但光強度達 $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 時仍不會產生光抑制。

生長在湖山水庫庫區內之錫蘭七指蕨，其族群位於溪溝支流旁較高的次生林邊坡，樹冠層鬱閉度約 80% 以上，土壤為黏質壤土，表層具腐植質並有枝葉層的堆積，土壤中有機質含量 3-4%、pH 值約為 4.2-4.5。



庫區內七指蕨棲地照片

(4) 目標類群之策略與作法

圓葉布勒德藤

- 2010年將由南華大學進行現地移植及撫育、移地復育及監測等工作。宜加強單位間的資訊及資源之交流與分工。
- 進行大規模森林生態系復育措施時，除非有特殊狀況，不用特別進行移植復育，讓種子自然傳播即可。
- 移植阡插的移植技術與存活率已經成熟。惟維持族群的基因多樣性仍要注意。在導水路生態措施的報告中，已對圓葉布勒德藤植株的移植技術有詳盡

的說明。初步建議，移植地點的覆蓋度約在50%以下的適宜棲地即可。

- 網室中的移植族群，有昆蟲進入網室進行傳粉，且成功結果。未來要對其種子進行萌發率測試，判斷是否為有效的種子，並進行授粉昆蟲的研究。

傅氏三叉蕨

- 如進行原地復育，需特別注意原地復育之周邊環境，尤其是上方覆蓋度之保存，維持生長環境之濕度。

錫蘭七指蕨

目前進行中的保育措施與研究：

- 環境因子監測：自 2012 年 3 月 6 日起以氣象資料記錄器 (Data Logger DL2, Delta-T Devices, Cambridge, UK) 持續記錄樣區內光照強度、氣溫、土壤溫度及土壤濕度等環境因子的變化。
- 物候調查及族群變化監測：於湖山水庫錫蘭七指蕨生育地樣區每月調查一次植株生長情形，每年持續監測庫區內七指蕨之數量變化。
- 孢子繁殖：以無菌撒播及無土介質撒播的方式，進行孢子的發芽試驗，以尋求最佳的繁殖技術及條件組合。
- 無性繁殖：以營養組織器官為培植體，進行組織培養及無性繁殖試驗。
- 土壤取樣及分析：進行不同生育地土壤的取樣，分析土壤 pH 值等理化特性。
- 菌根菌分析：分析與錫蘭七指蕨共生的菌根菌種類。
- 光合作用測量：測量錫蘭七指蕨在不同環境因子下的光合作用反應，期能了解適合錫蘭七指蕨生長的環境條件，以作為日後繁殖復育、移地復育等栽種地點選擇的參考。
- 移地保育：錫蘭七指蕨生育地高程位於水庫滿水位以下，將來水庫完工蓄水後恐有遭淹沒之虞，故亟需將部分植株移出庫區外，進行移地保育備份族群。

2. 昆蟲

(1) 目標類群及選定原因

黃裳鳳蝶 *Troides aeacus formosamus*

湖山水庫及鄰近地區的蝶相豐富且穩定^{15,16,17}。如能持續進行森林生態系之復育，保持原生植物的多樣化，蝶類的生存沒有太大的威脅。僅有 1 種保育類蝴蝶：黃裳鳳蝶，應予以關注。

紫斑蝶 *Euploea* spp.

臺灣有四種紫斑蝶：小紫斑蝶(*Euploea tulliolus*)、斯氏紫斑蝶(*Euploea sylvester*)、端紫斑蝶 (*Euploea mulciber*)及圓翅紫斑蝶 (*Euploea Eunice*)，皆在湖山水庫有出現。紫斑蝶類雖非列名保育類，但因斗六丘陵為其重要遷徙路線之一，為此區重要的觀光資源，深受當地居民所重視。

(2) 目標類群之現況

黃裳鳳蝶

黃裳鳳蝶廣布於亞洲東部。可分為 5 個亞種，分別是指名亞種(*T. a. aeacus*)、四川亞種(*T. a. szechwanus*)、馬來亞種(*T. a. malaiianus*)、印尼亞種(*T. a. insularis*)和臺灣亞種(*T. a. formosanus*)。臺灣亞種分布於平地及 2,000m 以下的山區，其中以恆春半島之族群量最大，臺灣東半部及中央山脈四周山區亦有少量族群分布。但近來由於大量開發造成棲地破壞，加上黃裳鳳蝶幼蟲只能食用特定的馬兜鈴科植物，而使數量日漸稀少。水庫淹沒區、庫區西北側及東側皆有見到黃裳鳳蝶的蹤跡，淹沒區的族群必然會受到水庫的影響^{15,17}。

紫斑蝶

早期臺灣的紫斑蝶因棲地破壞、外來種植物入侵及人為捕捉而減少。湖山地區自 2007-2010 年進行紫斑蝶類的族群監測，發現在 4 月及 10 月間皆可觀察到紫斑蝶類群集往北飛越本區上空，或暫棲於谷地中。此類斑蝶之組成因年而異，每年數量最多的種類都不同。2010 年紫斑蝶群集往北遷移的期間自 4 月 1 日至 13 日。每年單日觀察平均為 180-500 隻不等，每年發生的數量及期間不定。

(3) 目標類群之需求

黃裳鳳蝶

臺灣的馬兜鈴屬植物共有 6 種，皆可為黃裳鳳蝶幼蟲的食草植物。異葉馬兜鈴分布於臺灣中、北部低海拔山區的森林邊緣，容易遭受棲地開發破壞的威脅。湖山水庫淹沒區內及鄰近地區有許多異葉馬兜鈴的族群分布，水庫區內的異葉馬兜鈴會因水庫淹沒而使族群減少。南部地區出現高峰為每年 3-4 月和 9-10 月，湖山水庫地區出現時間集中在 3-6 月^{15,17}。

紫斑蝶

紫斑蝶 3-4 月間會由度冬地離開，向北遷移到全臺各地低海拔山區繁殖。紫斑蝶會在特定寄主植物的嫩芽上產卵。端紫斑蝶幼蟲寄主植物為多種桑科榕屬植物和夾竹桃科的細梗絡石；圓翅紫斑蝶幼蟲取食多種桑科榕屬植物如榕樹和糙葉榕等；斯氏紫斑蝶幼蟲是以夾竹桃科的羊角藤為寄主植物；小紫斑蝶幼蟲的寄主植物為桑科的盤龍木。卵約 4-6 天孵化成幼蟲，幼蟲期約 20-25 天，蛹期約為 9-15 日。紫斑蝶的成蟲 10 月秋季會遷移到臺灣南部地區過冬，度冬期偏好朝南、背風、水源充足的森林及乾溪溝，著名的蝶谷如高雄縣茂林鄉與臺東縣大武鄉。

(4) 目標類群之策略與作法

黃裳鳳蝶

- 於森林邊緣可適度種植馬兜鈴，增加黃裳鳳蝶幼蟲的寄主植物。

紫斑蝶

- 種植蜜源植物，供成蟲食用。
- 種植湖山地區原生植物且為紫斑蝶食草者：
 - 紫端斑蝶：菲律賓榕(*Ficus ampelas*)、臺灣天仙果(*Ficus formaosana*)、澀葉榕(*Ficus irisana*)、珍珠蓮(*Ficus sarmentosa*)、島榕(*Ficus vergatata*)、細梗絡石(*Trachelospermum gracilipes*)、絡石(*Trachelospermum jasminoides*)、隱鱗藤(*Cryptolepis sinensis*)
 - 圓翅紫斑蝶：牛奶榕(*Ficus erecta*)、澀葉榕、雀榕(*Ficus virgata*)、島榕
 - 小紫斑蝶：盤龍木(*Malaisia scandens*)
 - 斯氏紫斑蝶：武靴藤(*Gymnema sylvestre*)
- 建議在每年自 3 月下旬起至 4 中下旬於特定樣區每日進行監測。

3. 兩棲類

(1) 目標類群及選定原因

兩棲類整體

全臺35種兩棲類中，湖山水庫占了21 種兩棲類資源；其中臺灣特有種兩棲類有5種，分別為盤古蟾蜍、褐樹蛙、面天樹蛙、莫氏樹蛙及諸羅樹蛙。依2009年野生動物保育法公告之珍貴稀有保育類動物者，有諸羅樹蛙1種。

諸羅樹蛙因屬於臺灣特有種兩棲類且目前僅零星分布於雲林縣、嘉義縣、嘉義市及臺南市，相較於與臺灣本島其它兩棲類物種的數量上相對稀少，此外由於諸羅樹蛙分布在海拔100公尺以下的低海拔地區，因建築及馬路的切割，使得目前分布的地點十分侷限⁵，其棲地易受破壞而減少，不經意的開發很有可能使該物種隨時消失在低海拔的城鎮中。此外，由於諸羅樹蛙繁殖地點均在人類的農耕地中，農藥過分使用可能導致卵或蝌蚪的畸型或死亡。

(2) 目標類群之需求

- 溪流環境：盤古蟾蜍、日本樹蛙、拉都希氏赤蛙、褐樹蛙、梭德氏赤蛙。
- 樹林或次生林等環境(附近有小積水)：史丹吉氏小雨蛙、黑蒙西氏小雨蛙、小雨蛙、面天樹蛙、澤蛙。
- 大水池：貢德氏赤蛙、莫氏樹蛙、黑眶蟾蜍。
- 竹林：艾氏樹蛙、諸羅樹蛙、白領樹蛙、中國樹蟾。
- 溼地：虎皮蛙、澤蛙、諸羅樹蛙、黑蒙西氏小雨蛙、小雨蛙、貢德氏赤蛙、中國樹蟾。

(3) 目標類群之策略與作法

- 依照想增加的種類類群，創造適合的棲地。
- 注意農藥之使用。

4. 爬行類

(1) 目標類群及選定原因

食蛇龜 *Cuora flavomarginata*

食蛇龜已被華盛頓公約組織列入 CITES(瀕危野生動植物國際貿易公約)附錄二的物種⁶，意即若不加以管制，將使之面臨絕滅危險之物種。國際自然及自然資源保育聯盟(IUCN)於 2000 年，將食蛇龜列為瀕危(Endangered)物種⁶。理由為食蛇龜因棲地的減少與人為開發，族群量在過去十年已減少 50%；且在未來十年可能繼續減少，減少數量至少達到現有的 50%。

斯文豪氏游蛇 *Rhabdophis swinhonis*

斯文豪氏游蛇為臺灣特有種，屬於保育等級三的「其他應予保育之野生動物」，由於數量極為稀少，不易觀察記錄，國內尚無相關研究；主要分布於平地至海拔 1,800 公尺山區，此範圍正是國內目前開發較為嚴重的區域，對於斯文豪氏游蛇的生存可能造成威脅^{7,8}。

臺灣鈍頭蛇 *Pareas formosensis*

臺灣鈍頭蛇為臺灣特有種蛇類，原屬於保育類名錄中保育等級二的「珍貴稀有保育類野生動物」，直到 2008 年保育類名錄更動時，才將之修正並公告為「一般類野生動物」。雖然整體而言，此物種目前受威脅的情形已獲得改善，但由於其食性特化為以蛞蝓和蝸牛為食，故生活棲地多為潮溼的森林，對於環境的需求較高，族群容易受環境變動而影響，因此在生態功能與地位上具有重要地位，可以視為軟體動物的護傘物種(umbrella species)^{7,8}。

臺灣滑蜥 *Scincella formosensis*

臺灣滑蜥為臺灣特有種，原為保育類名錄中保育等級二的「珍貴稀有保育類野生動物」，直到 2008 年保育類名錄更動時，才將之修正並公告為「一般類野生動物」。然而此物種體型小，最大吻肛長僅 4 公分，行動力較差，而且對於低海拔森林且潮溼環境的依賴性高，屬於對環境干擾敏感的物種，族群容易受開發所影響^{7,8}。

(2) 目標類群之現況

食蛇龜

原生於臺灣、琉球群島及中國大陸等地⁶。臺灣島上 1,000m 以下丘陵地，皆可能發現其蹤影；研究顯示，在基隆、臺北、南投、雲林、墾丁、宜蘭、花蓮等地，有目擊或捕獲紀錄⁹。其中，翡翠水庫、雲林林內鄉與墾丁有較大族群⁹。

依據 2008 年於湖山水庫湖山副壩區的調查，在 16 公頃的面積中，分布有 47 隻食蛇龜；水庫淹沒區共計 201.85 公頃，故粗估淹沒區內至少有 592 隻食蛇龜。所以水庫開發區內尚有超過 400 隻個體，可能已因棲地破壞而大量消失。湖山水庫食蛇龜移地保育計畫期間(2008-2009 年)，已自湖山水庫未被工程破壞的區域中捕獲 160 隻，皆已移往林內鄉湖本村臨時保護區暫養。

另於計畫實施期間，曾發現當地獵人假借筍農名義進入獵捕食蛇龜。通報水庫管理單位後，已禁止該名獵人進入，但在水庫周邊地區仍時有發現盜獵情形。

斯文豪氏游蛇

為特有種蛇類，研究資料缺乏，目前多為零星紀錄，小型蛇類，最大全長約 70 公分，全島海拔 500~1,000 公尺的山區都有發現紀錄，但數量極為稀少，喜好出現於潮溼森林底層。生態狀況及需求不明，可能是以蚯蚓、小型蛙類及小蜥蜴為主要食物^{7,8}。湖山水庫預定地原觀景臺(湖南壩及湖山壩中間)底下的廢棄檳榔園及鄰近的林內湖本地區都有發現紀錄，數量稀少(發現紀錄少於 10 隻)。

臺灣鈍頭蛇

主要分布於全島海拔 1,000 公尺以下的山區，數量尚可，湖山水庫預定地的「自然生態保留及復育區」於調查過程曾捕獲 1 隻，竹山古道頂的樣區(幽情谷上游)也有 1 筆資料，之後未曾再捕獲。由於此物種僅以無脊椎動物的蛞蝓及有肺類蝸牛為食^{7,8}。食性專一且特別，屬於森林性物種，可以視為軟體動物的護傘物種，而在斗六丘陵地區可能族群數量已很稀少，應列為保護的對象。

臺灣滑蜥

臺灣滑蜥全島低海拔山區都有發現，而且數量穩定¹¹，因此於 2008 年 7 月新公告的野生動物保育類名錄中，將臺灣滑蜥的等級降為一般類野生動物。湖山水庫預定地內有穩定的臺灣滑蜥族群，鄰近的整個斗六丘陵地也都可發現其蹤跡。雖然全臺都有分布，然而於湖山水庫範圍內連續三年的調查顯示其活動模式與南部大漢山的族群有很大的差異¹²，生殖高峰完全錯開，很有可能已分化為不同物種，而這個觀點在與臺灣師大林思民教授討論後也得到証實，根據全臺低海拔不

同滑蜥族群的遺傳變異研究，初步結果顯示北、中、南為完全獨立的分支¹³，因此極有必要小心保存斗六丘陵地的臺灣滑蜥族群。

(3) 目標類群之需求

食蛇龜

依據 2009 年湖山水庫食蛇龜移地保育計畫與基礎生活史研究，可知食蛇龜棲息於次生林或竹林底層，草叢與落葉層豐富的地點，且樹冠層覆蓋度需超過 80%。4-10 月間為其活動期，11 月至隔年 3 月間為休眠期，偶有活動情形。活動期所需躲藏地相對濕度需高於 70%，而休眠期則需高於 90%。所需活動範圍平均約 3,000 平方公尺(1,000-4,000 平方公尺)，休眠期會選擇於同一棲地內棲息，不會移動至其他棲地。而無線電追蹤發現食蛇龜有歸家行為。

斯文豪氏游蛇

小型日行性蛇類，詳細資料嚴重缺乏，極待研究之物種。根據文獻資料，此物種可能主要以蚯蚓、小型蛙類及小蜥蜴為食，且喜好於潮溼的森林底層活動^{7,8}，因此推估對於環境溼度需求較高；而由於此物種為日行性蛇類，且發現的地點多為森林邊緣，顯示其仍需要部分之光照來維持活動。

臺灣鈍頭蛇

夜行性的小型樹棲蛇類，主要食物為蛞蝓及有肺亞綱的蝸牛，對於環境溼度的需求高於斯文豪氏游蛇，同樣是屬於森林性的物種。雖然相關研究仍缺乏，由於食性專一，生活棲地中必須有足夠的軟體動物供其獵食，因此可以推估其適合的環境必須為闊葉林、底層林相豐富且溼度足以供大部分軟體動物生存的棲地；此外由於臺灣鈍頭蛇的行動力較差，夜間喜於森林邊緣獵食，非常容易遭車輛輾斃，故生存棲地最好減少道路開設或夜間管制車流量。

臺灣滑蜥

臺灣滑蜥的生態棲位較窄，對於環境需求較高，偏好隱密的草地及落葉環境¹²。而在湖山水庫爬行類指標物種族群監測及生活史研究的過程中發現，湖山地區的族群喜好麻竹及闊葉混合林，而且底層植相完整且溼度高的環境，此外也常出現在溪谷及鬱閉的林道旁。湖山地區的臺灣滑蜥於 12 月開始生殖活動，1 月及 2 月達到高峰後隨即消失，明顯與大漢山林道的全年活動不同(夏天為活動高峰期)¹²，也就是說冬天反而是其重要的時段，若此時期受到干擾，可能影響其生殖成功率，必需特別注意。

(4) 目標類群之策略與作法

食蛇龜

為避免食蛇龜圈養過久而失去野外生存能力，而且經國立中興大學生命科學系吳聲海教授研究証實，斗六丘陵地區食蛇龜個體屬於同一族群。經中水局、林務局、中興大學及特生中心多位專家學者多次開會討論之共識，認為此 180 隻移地圈養之食蛇龜最佳處理方式是立即就地野放，而不再以人工捕捉後釋回水庫週邊。因此於 2011 年 9 月就地拆除圍籬進行野放。而為了瞭解食蛇龜野放後之生存及移動情形，野放時並隨機取樣 20 隻個體，以背負式無線電發報器上標後釋放並長期追蹤其移動距離、成長及生殖情形，用以評估成效。

斯文豪氏游蛇

由於研究資料缺乏，目前仍難以制訂策略，首要目標應先了解其真正的食性為何；而若根據目前僅有的出現環境資料判斷，維持環境溼度是第一條件，換句話說，一個健全的森林生態系(樹種多樣、樹冠層遮蔽高、林下植被完整且落葉層豐富)將有助於其生存。

臺灣鈍頭蛇

首要目標都是維持森林完整性，而更重要的是增加森林植被的多樣性，以提高當地蝸牛及蛞蝓種類與數量，如此方能提供臺灣鈍頭蛇足夠的食物來源。因此建議未來需對當地的軟體動物種類及數量進行監測，並對這些珍稀及易受干擾的蛇種進行詳細調查。

臺灣滑蜥

由於臺灣滑蜥體型小，相對表面積較大，水分容易散失，因此維持環境溼度的棲地特徵就顯得較為重要，例如落葉層厚度、樹冠層遮蔽度及森林底層灌叢豐富度等，而這樣的環境除了可維持環境溼度恆定外，也有助於臺灣滑蜥躲藏，降低其被他種生物捕食的機會。此外，冬天(12、1 及 2 月)是臺灣滑蜥生殖交配的高峰期，對於維持族群數量穩定非常重要，若是此時段受到嚴重干擾，可能會影響其生殖成功的機率，是必須要注意的地方。

5. 鳥類

(1) 目標類群及選定原因

八色鳥 *Pitta nympha*

八色鳥在臺灣地區屬於稀有夏繁殖鳥，是行政院農業委員會公告之野生動物保育法中的第二級珍貴稀有保育類野生動物，並為國際鳥盟(BirdLife International)亞洲鳥類紅皮書中易危(Vulnerable)鳥種之一，同時亦是CITES附錄二物種。林務局阿里山事業區第61至70林班已於2008年為林務局公告為「雲林湖本八色鳥野生動物重要棲息環境」。除屬保育類外，八色鳥亦為社會大眾感受力強的旗艦物種(flagship species)，備受輿論矚目。八色鳥因巢位與食性有其特殊需求，僅能在特定的棲息地類型繁殖，是很好的指標物種(indicator species)，因此，在進行森林生態系棲地改善或復育的同時，即應考量八色鳥的狀況與特殊需求，進行策略研擬。

森林性鳥類：

以適合斗六丘陵現況之「湖山水庫地區鳥類保育優先次序評估系統」計算，共篩選出21種應優先關注的鳥種¹⁴，含有12種保育類鳥種及4種特有種(表3-2-2)。

森林洞巢性鳥類

除了大尺度的棲地類型經營需考量之外，鳥類對棲地中資源及環境的要求條件：例如，可營巢的位置，如樹洞、枝桠或土堤等；充分的食物供應；可用以躲避捕食者的良好隱蔽性或躲藏處；以及適合的微氣候條件等需求，也應予考量。不論是利用枯枝營巢的初級洞巢鳥類，或是依賴現存樹洞營巢的次級洞巢鳥類，其族群成長均會受到棲地中營巢位置供應的限制。因此在森林生態系棲地營造的同時，保留棲地中樹洞、殘幹及可供挖洞築巢的土坡對於洞巢鳥的族群量應有正面助益。湖山水庫地區洞巢性鳥類計有五色鳥、小啄木、領角鴉、黃嘴角鴉、鵲、棕面鶯等6種。

表 3-2-2. 湖山水庫地區應優先關注類群的森林性鳥種分數排序

鳥種	學名	族群 現況	分類 地位	面臨 威脅	易受 害性	總分	棲地類型	保育類	分類地位
藍腹鷗	<i>Lophura swinhoii</i>	4	3	2.67	3.6	13.27	森林性	II	臺灣特有種
臺灣山鷓鴣	<i>Arborophila crudigularis</i>	4	3	2.33	3.8	13.13	森林性	III	臺灣特有種
朱鷗	<i>Oriolus traillii</i>	4	2	3	3.4	12.40	森林性	II	臺灣特有亞種
臺灣藍鵲	<i>Urocissa caerulea</i>	2.67	3	4	1.6	11.27	森林性	III	臺灣特有種
白尾鷓	<i>Myiomela leucura</i>	2.67	2	3	3.2	10.87	森林水域性	III	臺灣特有亞種
紅頭綠鳩	<i>Treron formosae</i>	4	2	1.67	3	10.67	森林性	II	臺灣特有亞種
灰腳秧雞	<i>Rallina eurizonoides</i>	4	2	2	2.6	10.60	森林性		臺灣特有亞種
大彎嘴	<i>Pomatorhinus erythrogenys</i>	3	2	2.33	3.2	10.53	森林性		臺灣特有亞種
小彎嘴	<i>Pomatorhinus ruficollis</i>	2.33	2	3	3.2	10.53	森林性		臺灣特有亞種
松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	3.33	2	2.67	2.4	10.40	森林性	II	臺灣特有亞種
臺灣紫嘯鸛	<i>Myophonus insularis</i>	2.33	3	1.67	3.2	10.20	森林水域性		臺灣特有種
頭烏線	<i>Alcippe brunnea</i>	2.33	2	2.67	3	10.00	森林性		臺灣特有亞種
八色鳥	<i>Pitta nympha</i>	3	1	3	3	10.00	森林性	II	
黑枕藍鶇	<i>Hypothymis azurea</i>	3	2	2.33	2.6	9.93	森林性		臺灣特有亞種
翠翼鳩	<i>Chalcophaps indica</i>	3.33	1	2.33	3.2	9.87	森林性		
棕面鶇	<i>Abroscopus albogularis</i>	3	1	3	2.8	9.80	森林性		
綠鳩	<i>Treron sieboldii</i>	3	2	2	2.8	9.80	森林性		
棕噪	<i>Garrulax poecilorhynchus</i>	3	2	2	2.8	9.80	森林性	II	臺灣特有亞種
鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	3	2	2.33	2.4	9.73	森林性	II	臺灣特有亞種
大冠鶇	<i>Spilornis cheela</i>	3	2	2.33	2.4	9.73	森林性	II	臺灣特有亞種
鵲鸛	<i>Glaucidium brodiei</i>	3	1	2.33	3.2	9.53	森林性	II	臺灣特有亞種

(2) 目標類群之現況

八色鳥

國際鳥盟推估全球八色鳥數量約在 2,500-10,000 隻之間。2009 年在臺灣全島進行系統化抽樣，經過標準化野外定點調查與模式預測後，估計全臺八色鳥族群數量介於 8,000-12,000 隻之間¹⁷，於適合棲地內之平均密度為 0.49 ± 0.05 隻/100 公頃。顯示臺灣可能是全球八色鳥繁殖族群極重要的分布地點。八色鳥雖廣泛分布於臺灣本島低海拔山區棲地適合的地點，但就特生中心多次的普查發現，雲林縣林內鄉及斗六市確實是臺灣八色鳥分布重要熱點之一。斗六丘陵地的八色鳥平均密度平均每 100 公頃有 6.8 ± 17.3 隻，約為全臺環境最佳棲地的 5 倍，顯見斗六丘陵地對八色鳥族群的重要性¹⁷。然而，斗六丘陵地的八色鳥有逐年減少的趨勢，雖然原因仍未能完全釐清，但 2008 與 2009 年數量的明顯下降(圖 1)，應與湖山水庫大面積開發造成裸露地增加有關¹⁷。

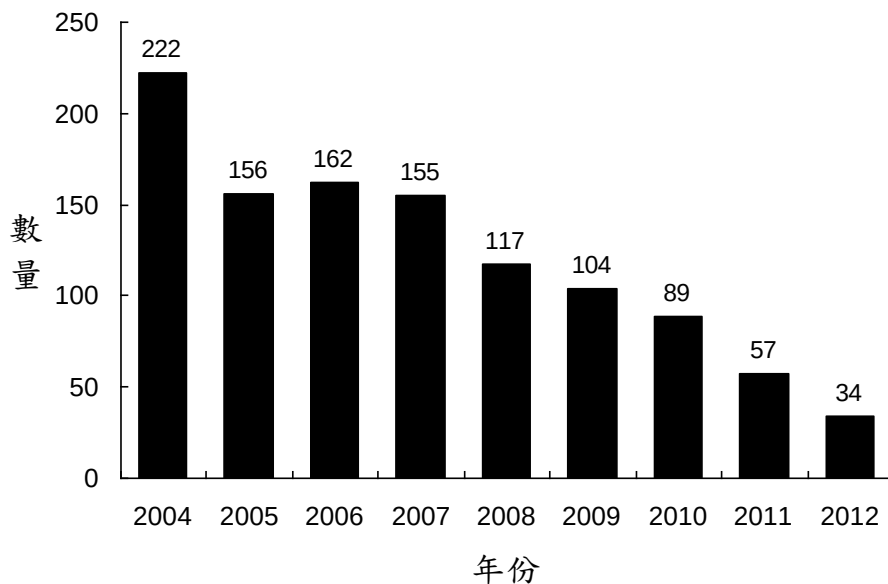


圖 3-2-3. 歷年八色鳥調查發現總數量(隻)。

森林性鳥類：

在 21 種應優先關注的森林性鳥種中。斗六丘陵地區鳥類所面臨之生存壓力，主要是非法獵捕、棲地消失及外來入侵種的迫害等，捕獵壓力對 81% 的鳥種造成中等影響、62% 的鳥種在近幾年面臨棲地喪失的威脅、29% 的鳥種有可能受到外來種鳥類危害。

洞巢性鳥類

五色鳥及小啄木屬於數量多且普遍的留鳥，這些初級巢洞者在森林中所使用過的舊巢，可以被其他洞巢性鳥類所使用。而次級洞巢性鳥類，天然營巢環境常

常遭受破壞，森林中的枯木容易被人為清除，使得可以營巢的樹洞資源減少，使這些次級巢洞鳥類必須選擇非原始的環境營巢。除此之外，尚有獵捕、路殺、外來種競爭等問題，族群數量較不穩定。

(3) 目標類群之需求

八色鳥

臺灣的八色鳥主要於海拔 500 公尺以下的低海拔山區繁殖，出現地點則以地形陡峭、道路密度偏低的次生闊葉林或闊葉林與其他植物混生的環境中。透過無線電追蹤，發現每隻成鳥的活動範圍大小在 1-4 公頃之間，平均活動範圍為 2.3 公頃(n=15)。其活動範圍內所占比例最高的棲地類型為次生闊葉林(50.7%)，依次為麻竹林及刺竹林(圖 3-2-4)。不同繁殖時期各棲地類型所占比例也有所不同。繁殖前期利用麻竹林的比例最高；孵蛋期、育雛期、幼鳥離巢後獨立前，及幼鳥獨立後遷移前的棲地類型比例，最高皆為次生闊葉林，占第二大比例的為麻竹林。顯示八色鳥固然可棲息於以麻竹為主的棲地類型，但仍會在其中尋找以次生闊葉林為主的棲地生存。

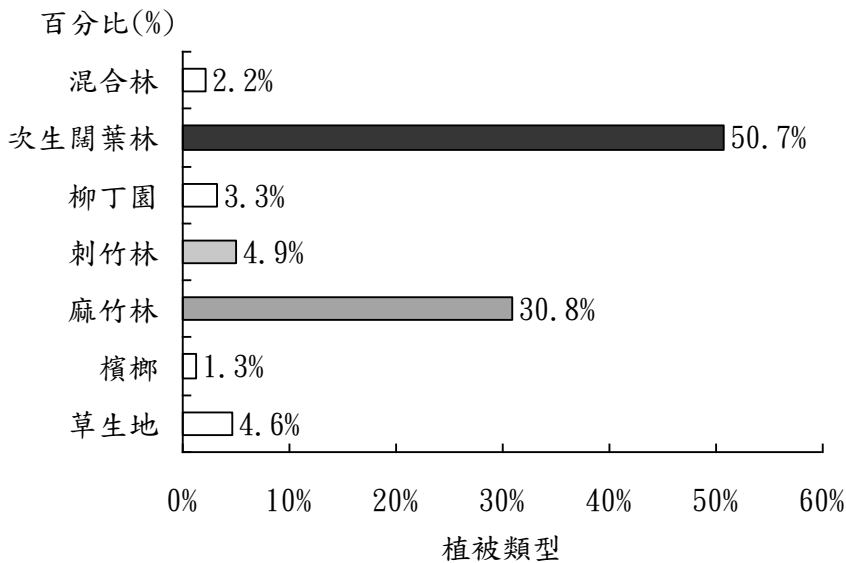


圖 3-2-4. 八色鳥成鳥活動範圍內棲地類型覆蓋平均百分比(n=15)。

表 3-2-4. 八色鳥成鳥在各繁殖時期利用之棲地類型百分比

時期	麻竹林	刺竹林	果園	闊葉林	竹闊葉混合林	草地
繁殖前期	46.2	11.9	1.1	27.3	0.9	9.9
孵蛋期	34.3	3.3	2.7	51.6	2.4	1.8
育雛期	30.6	5.2	6.7	44.9	3.9	2.6
幼鳥離巢後至獨立前	21.0	4.0	1.3	62.5	1.0	7.7
幼鳥獨立後至遷徙前	27.1	6.7	1.4	55.6	2.4	5.1

八色鳥偏好於由多種樹種組成的次生闊葉林環境中築巢。巢位所在通常樹冠層鬱蔽，林下灌木層密度則屬適中，巢口方向則喜好展望清楚的微環境。除植被組成之外，在林內、斗六丘陵地區，微地形變化也明顯影響到八色鳥的巢位選擇。八色鳥絕大部分(>90%)將巢築於小溪谷邊坡、峭壁、單面斜坡或溪谷中大石上。巢口距地垂直落差高度在 0.6-5.3 公尺之間，平均為 2.1 公尺(n = 67)(圖 3-2-5)。少數築在樹洞、藤蔓上的巢，則多位於地勢平坦之處。富地形多樣性且有次生林生長的溪谷(溪溝)環境是八色鳥重要的繁殖棲地，維持該類環境是維護八色鳥族群的重點之一。

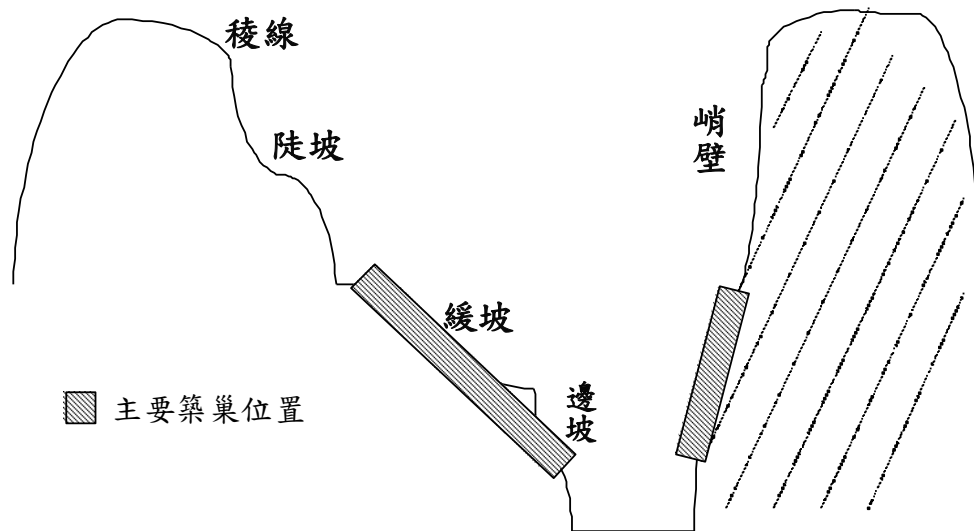


圖 3-2-5. 八色鳥巢位示意圖。

森林性鳥類：

愈複雜的森林結構能提供更多鳥類物種生存。除了樹冠植被外，更重要的是下層灌叢植被，可提供底層活動鳥種更多的遮蔽、食物及保護。另外，於河濱林帶建立生態廊道(corridors)，其可提供鳥類較多的活動棲地，亦可供移動能力較差之鳥種於零碎棲地間移動、覓食及繁殖。而臺灣紫嘯鸕會築巢於岩壁縫隙、石穴或土堤，因此河濱之岩壁、石穴及土堤應予以保留，避免於森林內小溪谷、山溝進行非必要工程，如不得不進行護岸工程時，則應避免過度水泥化，以打樁編柵、土堤護岸或砌石護岸為優先考量。

森林洞巢性鳥類

分為初級洞巢(五色鳥、小啄木)及次級洞巢鳥種(領角鴉、黃嘴角鴉、鵲鴝、棕面鶯)，對巢洞之要求各不相同¹⁵：

- 五色鳥：繁殖期以 6-7 月為高峰，利用枯木自行鑿洞築巢，巢洞高度距離地

面 2-13 公尺，平均 5.82 公尺，巢洞位置之枝幹直徑為 10-37 公分。

- 小啄木：利用枯木自行鑿洞築巢，巢洞位置與巢樹選擇尚無研究。
- 領角鴉：於天然環境利用樹洞或大樹的凹穴築巢，在缺乏大樹的地區，可利用樹枝分叉處、檳榔或椰子的葉基、人工巢箱或建物等結構適合的位置繁殖。
- 黃嘴角鴉：繁殖的需求較不具專一性，除樹洞與舊巢洞之外，樹枝分支處、斷落的檳榔樹、巢箱、地面都可以是繁殖的場所。
- 鵲鵲：利用天然樹洞、啄木鳥或五色鳥的舊巢洞營巢。
- 棕面鶯：繁殖期 5-8 月，在樹洞、石縫中築巢，亦會利用竹筒挖洞或木板釘成的巢箱。

(4) 目標類群之策略與作法

八色鳥

- 林內、斗六丘陵的八色鳥族群量已呈顯著下降的趨勢，雖然導致水庫施工範圍外族群下降原因，仍未能釐清，但在整體的保育原則上建議：應首先避免棲地再有任何重大且不可逆的改變。
- 其他影響八色鳥族群之壓力尚包括：(1)陸砂開採、(2)野溪治理工程及(3)農路開發。前述壓力主要與當地土地利用定位有關，建議應重新釐清當地土地利用類型及其比例，各項開發工程，應在優先考量維持棲地品質的前提下，評估其必要性，而後評估其施作的地點、規模、工法及時間等，以減少負面影響的程度。
- 殘存的闊葉林及地形變化大的溪谷(溝)環境，為八色鳥繁殖期間所需的重要棲地。故在進行低海拔森林棲地改善之前，應首先確實掌握殘存闊葉林所在位置，並盡量避免破壞。復原過程也必需降低對既有棲地的負面影響。
- 在進行棲地改善的過程中，可以既有的闊葉林中品質較佳者為中心點，向外逐步復原，以擴大闊葉林的面積。
- 八色鳥雖偏好於小溪谷邊坡、峭壁、單面斜坡或溪谷中大石上築巢，但不建議直接營造此類為棲地環境，一則八色鳥使用此類微環境的前提，在於周遭棲地適合繁殖，二則此類微環境目前應不是限制八色鳥繁殖的主因，故營造巢位微環境並不實際。

森林性鳥類

- 應提高植被結構複雜性及植物種組成的多樣性，以提供較多樣的棲地予較多的鳥種棲息。
- 保留森林溪流兩岸之河濱林帶，以供森林溪流型鳥種利用，且可作為移動能

力差之鳥種於棲地區塊間移動之生態廊道。

- 河濱之岩壁、石穴及土堤等繁殖資源也應予以保留，避免於森林內小溪谷、山溝進行非必要工程，如不得不進行護岸工程時，則應避免過度水泥化，以打樁編柵、土堤護岸或砌石護岸為優先考量。
- 工程之進行應避開繁殖期(4-8月)，減少大型機具及車輛產生之噪音，以免干擾鳥類的繁殖。

森林洞巢性鳥類

- 對於棲地中的樹洞、殘幹及可供挖洞築巢的土坡亦應保留，以供洞巢鳥繁殖築巢使用。

6. 哺乳類

(1) 目標類群及選定原因

食蟹獾 *Herpestes urva*

主要以淡水蝦蟹類及陸生蝸牛為食，乾淨且流量穩定的溪流與大面積的闊葉林對其生存相當重要，容易受人為活動干擾。

蝙蝠類

湖山水庫蝙蝠種類眾多，且有半數為臺灣特有種。此外，湖山水庫蝙蝠種類均為食蟲性蝙蝠(insectivorous bats)，在森林生態系中扮演重要的昆蟲制衡角色。

(2) 目標類群之現況

湖山水庫蝙蝠類已達 14 種，約佔已知臺灣產蝙蝠類動物的 47%，其中 7 種為臺灣特有種，是當地最具物種多樣性及獨特性的一類哺乳動物¹⁷。

(3) 目標類群之需求

食蟹獾

食蟹獾喜於溪流域及林近森林域活動覓食。在宜蘭縣福山地區的研究結果顯示，食蟹獾以昆蟲類、甲殼類及兩棲類為其主要食物¹⁹，湖山地區食蟹獾則主要以淡水蝦蟹類及陸生蝸牛為食¹⁵。食蟹獾主要為日行性活動的哺乳動物，活動範圍在 6.85 至 68.2 公頃之間^{20,21}。以無線電追蹤器研究中，食蟹獾成體個體較非成體活動範圍小，不同個體活動範圍重疊度很大，但雄性之間不會重疊²¹。

蝙蝠類

乾淨且流量穩定的溪流、大面積的闊葉林、天然或人工的洞穴、部分廢棄工寮對蝙蝠類的生存相當重要¹⁵。

(4) 目標類群之策略與作法

保持乾淨且流量穩定的溪流與大面積的闊葉林對食蟹獾及蝙蝠的生存相當重要。

參考文獻

1. 行政院農委會林務局。2004。臺灣的稀有及瀕危植物資料庫。<http://econgis.forest.gov.tw/rareplant/index.htm>
2. 黃增泉、吳俊宗、謝長富。1999。環境影響評估及環境影響說明書有關陸域植物生態之調查及撰寫規範-臺灣地區稀特有植物名錄。國立臺灣大學。臺北。
3. 彭仁傑、黃士元、曾彥學、許再文、黃朝慶、孫于卿、沈明雅、楊嘉棟。1996。南投縣維管束植物資源之調查研究。特有生物研究保育中心。南投。
4. 林春吉。2005。臺灣的水生與濕地植物。綠世界出版社。臺北。
5. 盧建名。2005。棲地零碎化對諸羅樹蛙族群遺傳結構的影響。國立師範大學碩士論文。臺北。
6. Ota, H., Yasukawa, Y., Fu, J. and Chen, T.-H. 2009. *Cuora flavomarginata* (Gray 1863) - Yellow-margined box turtle. In: Rhodin, A. G. J., Pritchard, P. C. H., van Dijk, P. P., Saumure, R. A., Buhlmann, K. A., Iverson, J. B. and R. A., Mittermeier (eds). Conservation Biology of Freshwater Turtles and Tortoises: A Compilation Project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs 5: 035.1-035.10.
7. 呂光洋、杜銘章、向高世。1999。臺灣兩棲爬行動物圖鑑。大自然雜誌社，臺北。
8. 杜銘章。2004。蛇類大驚奇。遠流出版事業股份有限公司。臺北。
9. 陳添喜。2003。臺灣地區淡水龜的現況及其生物多樣性保育問題。啟動臺灣生物多樣性研究行動研討會。行政院農業委員會。臺灣。
10. 吳聲海。2004。孵化溫度對食蛇龜性別決定之影響。行政院農業委員會。臺北。
11. 向高世。2001。臺灣蜥蜴自然誌。大樹出版社。臺北。
12. 朱宏達。2002。南部地區六種石龍子科蜥蜴棲地利用之研究。國立中山大學碩士論文。高雄。
13. 林思民。私人通訊。
14. 方偉、林瑞興、范孟雯。2010。湖山水庫地區鳥類保育優先次序評估系統。臺灣生物多樣性研究 12(2): 143-166。
15. 特有生物研究保育中心。2008。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(96 年度工作計畫成果報告書)。特有生物研究保育中心。南投。
16. 特有生物研究保育中心。2009。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(97 年度工作計畫成果報告書)。特有生物研究保育中心。南投。
17. 特有生物研究保育中心。2010。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(98 年度工作計畫成果報告書)。特有生物研究保育中心。南投。
18. 經濟部水利署中區水資源局。2006。湖山水庫施工導水路工址生物相調查及生態保育措施。經濟部水利署中區水資源局。臺中。
19. 莊順安。1994。福山森林生態系三種食肉目動物(麝香貓、食蟹獾、鼬獾)的食性研究。國立臺灣大學碩士論文。臺北。
20. 黃美秀。1995。福山試驗林食蟹獾族群與資源利用之研究。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。臺北。
21. 陳德豪。1997。福山試驗林食蟹獾(*Herpestes urva*)的巡遊行為與空間分布。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。臺北。
22. 陳添喜。2007。臺灣地區龜類貿易對龜類野生族群的衝擊？野生動物保育與研究學術研討會。國立臺灣大學生物多樣性中心。臺北。
23. 連振暉。2005。兩棲爬蟲類的檢疫。臺北市動物園兩棲爬蟲飼養繁殖暨醫療管理研討會。臺北市立動物園。臺北。
24. Lue, K. Y. and T. H. Chen. 1999. Activity, movement patterns, and home range of the yellow-margined box turtle (*Cuora flavomarginata*) in northern Taiwan. Journal of Herpetology 33: 590-600.
25. 王震哲。2011。建構全國生物物種多樣性指標系統—植物紅皮書編纂及出版計畫。特有生物研究保育中心。南投。
26. 郭城孟。2010。蕨類圖鑑2進階珍稀篇。遠流出版事業股份有限公司。

三、經營管理 (三)子目標 3：社會經濟考量

「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」中森林生態系統部分，已於 2007-2010 年間分別規劃及執行生態系現況評估、指標物種生活史調查、復育基地選擇空間模式及棲地復育及改善方法試驗等，不同類型的研究計畫^{1,2}。研究規劃所提出之建議，由水利署中區水資源局委託專案顧問公司統籌，執行相關生物保育措施，包含棲地營造、棲地改善、動物移地保育、植物移地保育、稀及(或)特有植物保育、成效監測...等，已有相當成效³。然而，生態系復育一個很重要的部分，為「人」在復育過程中所扮演的角色。在復育過程中，相關權益單位(stakeholders)之間的互動，以及權益單位與環境之間的關係，這些社會層面較不易以科學研究數據呈現。

在湖山水庫森林生態系棲地改善或復育的社會經濟層面上，除了權益單位之間互動之外，尚須考量附近社區居民的期望、各單位資源上的限制等，以及執行成本、輿論的期望、生態價值的發揮等。因此，建議設置「森林復育試辦區」，以提供當地社區居民參與的平臺，並將試驗研究的成果具體應用與展現於其中，提供學術與實做之聯繫。「森林復育試辦區」的設計，能讓蒞臨水庫參觀者容易親近森林復育的現場，對森林復育的內涵一目了然。最終希望建立湖山森林復育經驗，讓各單位瞭解森林復育的可行性、執行方法、效果，進而吸引更多資源(林務局、縣市政府、民間團體、地主)投入，增加森林棲地改善或復育面積，補償開發所造成的損失。

森林棲地改善或復育作為對土地擁有人而言，通常是一種新的土地利用方式，小心的規劃與運用才能展現出其價值。因此，可以先設置示範區(試辦區)，以面積適當且容易施做的區域開始，成功之後，就可以不斷複製成功的經驗。此時，也可以多嘗試與不同的權益單位合作。⁴國外已有不少結合社區參與、跨單位整合的森林復育獲棲地改善計畫，涉及多重權益相關單位(multi-stakeholders)⁵。棲地改善或復育工作中有許多需要互相配合與支援，如執行復育措施、人力統籌、人力培訓、研究發表、技術調整、教育與宣傳、旅遊規劃...等；示範區的執行，需仰賴土地所有者、執行單位、決策者、管理者、研究人員、資源擁有者、贊助者的積極對話^{6,7}。雖然初期示範區的面積不大，無法直接且大幅增加生物多樣性，但結合眾人之力，驗證森林復育技術的可行性，有助於取得社區居民的共識與支持，示範區並具有旅遊與教育價值，同時培養經營管理的人力，甚至影響決策者的觀念⁴。

1. 森林生態系棲地改善試辦區的特色與目的

試辦區的特色

國外成功的森林復育試辦區經驗指出，要能達成預期成效，需有幾項特點⁸：

- **土地的中立與安全：**土地的取得在法令上沒有阻礙；土地主管機關(人)與其團隊可穩定地支持復育行動；公有土地能確保其中立性，使各團體願意投入參與；土地能長久存在並持續執行復育措施。
- **土地特性具有代表性：**試辦區的選擇，能代表周圍大部分土地的利用狀況，也符合周邊主要地理地質特性，這樣未來擴展復育面積時，能廣泛且直接應用於周邊土地。
- **試辦區的可及性：**要顧慮一般廣大民眾與政府組織人員的腳程，試辦區最好能在公路旁，民眾在旅遊時都會順道經過並且能輕易觀察到成效。試辦區內部可規劃小徑，民眾能很容易的進入觀察不同的處理產生的成果。
- **試辦區的面積不可過小：**面積越大，教育與宣傳價值越高。面積加強了視覺印象，復育處理獲棲地改善效果的對比會更明顯。要在試辦區內進行小型的試驗或複合式處理也比較有空間。但成本跟面積會成正比，在考量面積效益時，也要考量成本。
- **著重現場實做：**將復育獲棲地改善措施及研究實際應用，集中研究人員與執行人員的意見，將想法實現。未來參觀者也能瞭解過程中所須的材料與經過，或許參觀者手上有這些條件時，也會意願仿效。同時，在實做的過程中，對過程中需要花費的成本進行記錄，這是最直接實際的成本支出。未來如有單位或個人想進行時，能有一份森林復育獲棲地改善經驗傳遞。
- **設計相鄰的對照區：**有對照區的設立非常有用，能帶來衝擊性的視覺差異，也可以當作操作前與操作後的對照基準。

試辦區目的

- (1) 提供當地社區居民參與的平臺
- (2) 加入更多在地人文與生態元素，提升教育與休閒價值
- (3) 成為優質案例與示範，建立森林復育及棲地改善經驗，供相關單位參考

2. 權益單位之資源與限制

各權益單位

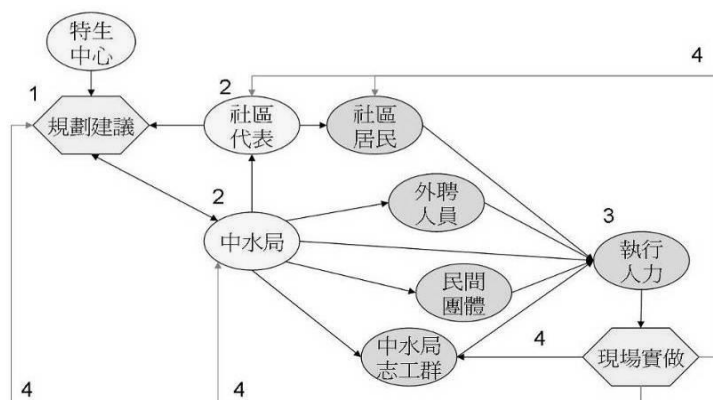
如在湖山水庫周圍地區設置森林復育試辦區，此行動可能會涉及許多權益相關單位(表 2-3-1)。各權益單位應於試辦區的不同階段進行討論與參與。關於試辦區經費來源、管理人力與社區參與部分，希望能多整合各相關單位的意見，後續再來規劃。期望未來藉由試辦區的設置，增加當地居民實際參與森林復育的機會，同時提供更全面的執行與管理經驗，給有興趣進行復育的團體或個人，以強化森林復育觀念之推廣，共同補償森林開發導致的生物多樣性損失與社會責任。

表 2-3-1. 湖山地區森林生態系棲地改善中，各權益單位的角色與獲益

相關單位	在試辦區中的可能角色	成效
民意代表	人力資源整合	聲望、社區價值與特色
當地居民	人力來源	社區價值與特色、經濟來源
民間團體	人力來源、管理規劃	志工培養、社團經營目標
中水局-管理階層	經費、土地來源	機關績效、社會責任
中水局-執行階層	實做執行、資源整合	就業機會、復育經驗
林務局	經費、土地來源	機關績效
特生中心	研究、理論應用	證明理論、技術更新
媒體	觀念傳播	復育觀念傳遞
其他政府官員	運用者	瞭解趨勢與可行性
大專院校	運用者、研究	研究成果發表、培養學生
國中小學校	運用者	鄉土教育
遊客/一般大眾	運用者	深度旅遊

試辦區中主要權益單位的可能角色

1. 由特生中心提出初步建議，與社區代表及中水局討論，就現有資源及限制調整建議之方向。
2. 中水局確認執行流程、資源與人力。在適合的項目下，與社區代表討論，優先尋求社區中的人力資源。
3. 中水局統整人力狀況，規劃執行與監督機制。
4. 執行過程中，由中水局、社區代表、特生參與討論，提出修正規劃建議。
5. 執行之過程與成果，可做教育與宣傳之用，並成為社區發展特色。



3. 成本估算

依據「森林復育試辦區」2012 年執行經驗，建議 0.3 公頃的棲地改善，3 年預算 40 萬元，可為各界參考，但務必依照地形、水源、人力、苗木來源等現況調整。湖山水庫內損失之闊葉林面積約為 110 公頃為最小補償面積標準，如全數補償，整體粗估需材料及雇工經費 1 億 5 千萬元，建議可分年度、小面積規劃執行，並與相關林務單位及民間團體合作。湖山水庫地區建議以框架樹種種植法進行棲地改善，建議作法及預算請參考表 2-3-2。

表 2-3-2. 湖山水庫地區棲地改善建議之預算與作法流程。

項目	建議預算	建議作法
第一年		
整地	40,000	保留原有苗木，以人工去除芒草與竹叢。隨後以小怪手挖除竹頭，過程中需注意安全及水土保持措施。
土質改善	25,000	於土壤貧瘠處，以小怪手挖溝並以人力填入有機肥。
水源建置	20,000	購置普力桶、水管及馬達。
苗木採集	60,000	人工集苗，採集數量為種植數量的兩倍，以每人每日平均採集 35 株計算，於鄰近地區採集，但須注意苗木所屬權。苗木採集後，植於軟盆中照護，使根系回復，至少 3 個月以後再進行栽植。如苗木是由苗場或林務單位索取，可直接進行栽植。如苗木是以種子培育，則待 1 年後種苗成長後才適合栽植。
苗木栽植	10,000	以平均每人每日 25 株計算。第一期於首年的雨季進行，以約 1000 株/公頃的密度栽植，以生長快速的陽性及中性樹種為主。
除草撫育	34,000	頻率 5-10 月每月 1 次、11-12 月 2 個月 1 次
澆水	40,000	頻率 5-10 月沒有下雨 2 週 1 次、11-12 月每週 1 次。
第二年		
苗木栽植	15,000	為第一期栽植後隔年雨季，以 2000-2500 株/公頃密度栽植陰性樹種及增加森林結構之灌木。
除草撫育	40,000	頻率 5-10 月每月 1 次、11-4 月 2 個月 1 次
澆水	70,000	頻率 5-10 月沒有下雨 2 週 1 次、11-4 月每週 1 次
第三年		
除草撫育	40,000	頻率 5-10 月每月 1 次、11-4 月 2 個月 1 次
彈性支出		
苗圃建置	*	存放附近野外採集的苗木。
苗圃照護	*	澆水照護及苗木換盆。
專業規劃管理	*	規劃及清點種植的樹種、數量、位置。聯繫執行現場工作的人力，監督工作之執行。調整策略。
前三年總計	394,000	

參考文獻

1. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2008。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(96 年度工作計畫)成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。臺中。
2. 行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2009。「湖山水庫工程計畫生態保育措施森林、溪流生態系統之調查研究規劃」(97 年度工作計畫)成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。臺中。
3. 經濟部水利署中區水資源局。2010。湖山水庫工程生態保育措施 98 年度工作報告。經濟部水利署中區水資源局。臺中。
4. Lamb, D. 2007. Identifying site-level option. pp. 71-81. *In*: Rietbergen-McCracken, J., S. Maginnis, and A. Sarre (eds.). The forest landscape restoration handbook. Earthscan, London.
5. Sayer, J. 2005. Goals and targets of forest. pp.166-170. *In*: S. Mansourian, D. Vallauri, and N. Dudley (eds.). Forest restoration in landscapes: Beyond planting trees. Springer, New York, USA.
6. Medeiros, A. C. 2006. Restoration of native hawaiian dryland forest at Auwahi, Maui. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.
7. Rattanasorn, T. 2010. Doi Mae Salong Factsheet, IUCN. 30/11/2010 downloaded from http://cmsdata.iucn.org/downloads/dms_factsheet_final_version_1.pdf.
8. Gardiner, E., J. Stanturf, T. Leininger, P. Hamel, L. Dorris, Jr., J. Portwood and J. Shepard. 2008. Establishing a research and demonstration area initiated by managers: the Sharkey Restoration Research and Demonstration Site. *Journal of Forestry* 106: 363-369.

四、成效監測與評估

(一) 森林生態系棲地改善及復育監測指標

森林生態系棲地改善及復育是一項長期的工作，前期就需要建立監測指標架構。監測指標之目的，為確保森林演替的方向朝著預期目標前進，並能釐清過程中阻礙棲地改善或復育的因子，提前預警，以作為調整策略的參考資訊。

森林生態系的運作十分的複雜，監測指標應涵蓋不同層次與面向。包括棲地結構、物種多樣性與生態功能等都應考量，並顧及各類群的生物。而且除了考量生態層面之外，社會、經濟、政策等也都會影響森林棲地改善或復育的成效^{2,3}，設計指標探討社會經濟層面及其他會影響監測的外部變因。優良的指標要能反映環境狀況、與目標有關，並有易理解、易測量、能預測、對改變具敏感性、在相同環境間具有一致性等特點¹。在設計指標架構時，即應檢視棲地改善或復育目標及現有資源，依照案例特性設計監測指標。

在選定指標後，明訂其執行步驟、資料保存方式和經費需求，建立標準的作業程序以減低誤差，以利進行長期監測⁴。在設計監測指標時，最好能設置對照組。選擇對照樣區時，盡可能和實施棲地改善或復育地點的條件相似，包括海拔、坡度以及土地利用方式都要相近。此樣區不做任何處理，以便與棲地改善或復育地點進行對照。對照樣區建議設置在棲地改善或復育地點數百公尺以外的距離。

執行監測時，需確保調查工作合於法律規範及程序，如調查工作如涉及野生動物之獵捕採集，需經過當地方主管機關許可。調查方法設計，以不干擾當地原有生態為原則。調查過程中，應隨時注意調查人員及野生動物之安全。劃設樣區時，需經過當地地主之同意。

(二) 風險及適應性管理

生態上的不確定性

自然界的運作，是一種極度複雜的動態過程。科學的發展有限，我們無法瞭解生態系的全貌。僅僅憑藉幾組單純的數據，無法顧及的所有生態系的層面，或不免有測量誤差及技術的限制。我們無法精準預測自然界種種因子的趨勢，致使在經營管理規劃上有所缺漏。雖然科學能協助我們解答某些自然現象的因果關連，但完整的科學研究通常需要耗費許多心力與時間。然而，在保育經營的決策過程中，時常沒有充裕的時間與人力進行研究，致使決策者必須就現有的資訊進行判斷與決策。

社會經濟的不確定性

除了生態上的不確定性，社會、經濟及政治都會影響自然保育的經營。景氣及預算的波動，會影響決策者及投資者的意願，預算會隨之增減。通常透過政府補助及生態產品認證等措施，可以協助維持永續經營。有些市場的價值波動，也會致使在區域中不當或非法的情事增加，像是盜獵、盜伐、非法採集、資源開發、非必要的工程...等，都會使長期保育目標受到威脅。此時，我們必須尋求適當的策略與制度來進行管理，以求兼顧人類及生物多樣性的福祉。政治與管理階層的輪替，也會使自然保育的管理遭受風險。可能管理階層觀念不同，而使預算或人力大為縮減。因此，保育經營策略的規劃，應存有一定的彈性，萬一預算及資源遭受縮減，還能維持基本的管理目標。

適應性管理

經營管理策略並不只有一種，亦非一成不變。因為每個地點與案例，都有其特殊的性質，而且過程中有太多的不確定性。因此管理策略的實施的過程中，需要抱持著試驗的心態。適應性管理之定義為：「以新獲得的資訊，不斷重複檢視及修改現有的經營管理策略」。在實行保育管理策略之前，要先建立監測方式，在管理策略實行後，經過時間驗證，我們可以瞭解策略是否有效，並適時進行策略改良或修正。如果失敗，從錯誤中學習，重新檢討；如果成功，就持續執行及監測。在適應性管理中，要隨時保持彈性與創新⁶。使用多種策略，或準備備選策略以應付多變的狀況。

嚴謹的科學研究文獻有限，除了正式科學文獻之外，決策時所須要的資訊可有多樣的來源，例如經驗累積、詳細的紀錄觀察、監測數據、合乎邏輯的推理，並且多留意在地傳統的生態知識，都能協助策略的擬定⁶。但決策者必須去決定哪些資訊是可以採用的。有時候我們也不得不承認，我們的確缺乏某些知識。要明瞭這個事實，並在過程中持續測試及改良，運用多方資訊，不斷調整，找出適地、適性、適時的最佳策略。

參考文獻

1. Dale, V. H. and S. C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.
2. Lawton, J. H., D. E. Blignell, B. Bolton, G. F. Bloemers, P. Eggleton, P. M. Hammond, M. Hodda, R. D. Holt, D. S. Srivastava and A. D. Watt. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391: 72-76.
3. Vallauri, D. R., J. Aronson and M. Barbero. 2002. An analysis of forest restoration 120 years after reforestation on badlands in the Southwestern Alps. *Restoration Ecology* 10: 16-26.
4. Jackson, L. E., J. Kurtz and W. S. Fisher. 2000. Evaluation guidelines for ecological indicators. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, North Carolina, USA.
5. Petrer, M. Jr., L. C. Giordano and P. De Marco, Jr.. 2004. Empirical diversity indices applied to forest communities in different succession stages. *Brazilian Journal of Biology* 64: 841-851.
6. Brosnan, D. M. and M. J. Groom 2006 The integration of conservation science and policy: The pursuit of knowledge meets the use of knowledge. pp. 625-659. *In*: Groom, M. J., G. K. Meffe and C. R. Carroll (eds.). *Principles of Conservation Biology*, Third Edition. Sinauer Associates, Massachusetts, USA.

200 溪流生態系統研究

計畫名稱：清水溪指標物種生活史研究

(原：清水溪及梅林溪河川生態系指標物種的選擇及生活史研究)

英文名稱：Studies on the lifecycle of biological indicator in Cingshui Creek.

計畫編號：230

全程計畫期間：2007 年 4 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日

本年計畫期間：2013 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日

計畫主持人：葉明峰

研究人員：張世倉、賴弘智、陳淑美

一、摘要

2012 年 12 月至 2013 年 12 月期間，於清水溪流域捕獲之臺灣馬口魚 (*Candidia barbata*) 共 388 尾 (雄魚 168 尾；雌魚 91 尾；無法鑑定 129 尾)，平均體長為 4.8 cm，雄魚最小與最大個體長分別為 1.92 cm 及 10.57 cm，而雌魚則分別為 2.20 cm 及 13.03 cm。該流域之臺灣馬口魚可辨識雌、雄魚比例平均值為 0.5：1。以 CF 值、GSI 值及 HSI 值推估繁殖週期，數據顯示臺灣馬口魚繁殖季節推測可能為 6~9 月。

關鍵詞：清水溪流域、馬口魚、攝食習性、繁殖季節

Abstract

Monthly collections of fish, *Candidia barbata*, with electric fishing shocker at the Cingshui Creek continued from January 2013 to December 2013. The *C. barbata* was found to be the most dominant species of the fishes with 388 specimens (168 males and 91 females) collected. They showed sexual dimorphism and had a sexual ratio of 0.5 for the females to males. The total length in average were 5.5 cm. Total lengths were 1.9~10.6 cm for the males, and were significantly smaller for the females, 2.2~13.0 cm. *C. barbata* is an omnivorous fish due to both algae and insect were found in the stomach. The results of gonadosomatic indices (GSI), condition Factor (CF) and hepatosomatic index (HSI) suggested that the breeding seasons of the fish were in June to September.

Keywords：Cingshui Creek, *Candidia barbata*, feeding habit, breeding season

二、計畫目的

湖山水庫開發期間對於現有溪流生態的影響甚鉅且久遠，部分魚種的棲息地可能將消失，因此為減輕水庫開發過程對溪流生態造成的負面影響，並提供主管機關未來河川棲地復育與魚類生態保育施政之參考，除了加強瞭解當地魚類的棲地需求外，魚類之食性、成長、繁殖機制及族群結構等生活史相關研究也甚為重要。目前對於湖山水庫工程影響區域內之梅林溪及清水溪流部分優勢魚種之食性、成熟、繁殖機制及族群結構等生活史已有初步瞭解，本年度將繼續針對此兩流域中皆有分布的另一臺灣特有魚種-臺灣馬口魚 (*Candidia barbata*) 進行生活史相關研究。臺灣馬口魚俗稱一枝花，臺灣特有種魚類，主要分布於西部各河川中、上游及其支流，性喜冷水域，為雜食性 (曾，1990；詹，1989)。喜好棲息在水流緩慢的潭頭、潭尾及潭邊淺灘區域，繁殖期雄魚之鰓蓋呈青藍色，吻部布滿追星，頭部下側、腹部及胸鰭、腹鰭有鮮紅的婚姻色出現 (陳及方，1999)。

三、重要工作項目及實施方法

(一) 樣本採集

1. 魚類採集：

臺灣馬口魚樣本採集每月進行一次固定樣點調查，於濁水溪水系選擇適合背負式電魚器操作的棲地設置樣區，每個月隨機捕獲 30 尾臺灣馬口魚進行編號，將樣本以福馬林 (10%) 浸泡帶回實驗室解剖，同時測量水質、水溫、水深、流速及河寬等相關棲地環境因子。

2. 標本處理：

經編號之臺灣馬口魚以 10% 中性福馬林溶液固定 7 天後，於流動式清水下沖洗 24 小時。以游標卡尺測量體全長 (Total length, TL)(± 0.1 cm) 及電子磅秤紀錄體重 (g) 後進行解剖，分別取出生殖腺、肝臟和胃部秤重 (± 0.01 g)，以 75% 酒精保存利後續鑑定。

(1) 性別鑑定：將生殖腺置於玻片上，於光學顯微鏡下鑑定其性別。

(2) 胃內容物分析：將胃置於 6 cm 玻璃培養皿中，以組織剪刀縱向剪開，以

10% 福馬林 4 ml 將胃內含物沖出後，平均分裝於 2 個離心管，1 管作為胃內容物藻類分析，其餘則作為胃內容物水生昆蟲分析。藻類分析為吸取 10 μ l 至血球計數盤 (counting chamber) 並利用複式顯微鏡加以分類和計數。

3. 藻類採集：

樣站中選取三個瀨區，每一區域逢機將一顆溪石小心拾起，以刷子輕刷刮取附生藻類 16 cm^2 ，將其洗入 100 ml 樣本瓶後加入 0.3 ml 路戈氏藻類固定液 (Lugol's Solution)，放入冰桶中攜回實驗室後，取 1 ml 搖晃均勻之藻類懸浮液，以血球計數盤進行數量估算及藻種鑑定。

4. 水生昆蟲採集：

在沿岸水深 50 cm 內，以蘇伯氏採集網 (Suber net sampler) 於河中的各種流速下採 3 網，採獲之水生昆蟲先以 75% 酒精固定，並記錄採集地點與日期，帶回實驗室進行鑑定分析及估算其生物量。

(二) 資料分析

1. 體全長及體重間的關係

利用統計迴歸分析求得臺灣馬口魚體長與體重之關係式：

$$\text{體重} = a \times \text{體長}^b \quad \text{【※ 體重(g)，體長(cm)，a、b 為參數】}$$

2. 攝食習性

(1) 空胃率判定

當臺灣馬口魚胃中無殘留食物時將判定為空胃，將空胃之魚體予以記錄，並進一步進行定性定量分析 (陳及郭，2009)。

$$\text{空胃率 \%} = \frac{\text{無胃內容物之魚尾數}}{\text{總魚尾數}} \times 100\%$$

(2) 定性法

臺灣馬口魚攝食食物種類出現頻率百分率 (percentage of frequency occurrence, F%) 分析 (陳及郭，2009)。

$$F\% = \frac{\text{胃內容物所含某種食物 種類之魚尾數}}{\text{總魚尾數}} \times 100\%$$

(3) 定量法

臺灣馬口魚之胃內含物中所分析的餌料生物種類以計數法(numerical method) 計算所攝食食物種類之平均豐富度百分比(percentage of average abundance, N%)(Hyslop, 1980)。

$$N\% = \frac{\text{胃內容物中含某種食物 種類}}{\text{攝食食物種類}} \times 100\%$$

(4) 微藻相對豐富度等級之表示

將解剖出之胃內含物以 10% 福馬林定量 1 ml 後移至血球計數盤中，以光學顯微鏡進行數量估算及藻種鑑定，並以下列相對豐富度之等級 (rank of relative abundance) 表示，A：觀察 1 ml 樣本中出現個體數量大於 1000 (dominant)；B：觀察 1 ml 樣本中出現個體數量在 50-100 之間 (rich but not dominant)；C：觀察 1ml 樣本中出現個體數量在 10-50 (not rich)；D：觀察 1 ml 樣本中出現個體數量小於 10 (rare)(方等，1996)。

3. 生殖週期

(1) 性別比例 (Ikejima and Shimizu, 1999)：

$$\text{性別比例} = \frac{\text{雌魚尾數}}{\text{雌魚尾數} + \text{雄魚尾數}} \times 100\%$$

(2) 肥滿度 (Condition Factor, CF%)：

$$CF\% = \frac{\text{魚體重量}}{(\text{魚體全長})^3} \times 10^3$$

(3) 生殖腺指數 (Gonadosomatic index, GSI%)(Herrera *et al.*, 1988)：

$$GSI\% = \frac{\text{生殖腺量重量}}{\text{魚體重量}} \times 100\%$$

(4) 肝臟指數 (Hepatosomatic index, HSI%)：

$$HSI\% = \frac{\text{肝臟重量}}{\text{魚體重量}} \times 100\%$$

(三) 成果報告撰寫

將調查所得整理分析，並參考相關文獻，撰寫報告。

四、結果與討論

(一) 成長分布

2012 年 12 月至 2013 年 12 月間，於清水溪流域共捕獲臺灣馬口魚 388 尾，雌雄兩性體重與體長，均呈曲線迴歸關係 (圖 1)。其迴歸方程式分別為：

$$\text{雄魚：體重} = 0.0074 \times \text{體長}^{3.2811} \quad (N=168, R^2=0.9917)$$

$$\text{雌魚：體重} = 0.0077 \times \text{體長}^{3.2538} \quad (N=91, R^2=0.9924)$$

而標準體長與體全長間呈線性關係 (圖 2)，其方程式為：

$$\text{雄魚：標準體長} = 0.8652 \times \text{體全長} - 0.1511 \quad (N=168, R^2=0.9972)$$

$$\text{雌魚：標準體長} = 0.8571 \times \text{體全長} - 0.1087 \quad (N=91, R^2=0.9984)$$

捕獲臺灣馬口魚之雄魚平均體長為 5.05 cm (N=168)，平均體重為 2.56 g，其中雄魚最小個體體長為 1.92 cm (出現於 2013 年 2 月)，雄魚最大個體體長為 10.57 cm (出現於 2013 年 7 月) (圖 3)；捕獲臺灣馬口魚之雌魚平均體長為 6.38 cm (N=91)，平均體重為 5.34 g，雌魚最小個體體長為 2.20 cm (出現於 2013 年 2 月)，雌魚最大個體體長為 13.03 cm (出現於 2013 年 7 月) (圖 4)。本研究結果顯示雄魚平均體長與平均體重皆小於雌魚。根據顏等 (1995) 指出哈盆溪臺灣馬口魚雄魚平均體長為 11.76 cm (N=198)，雌魚平均體長為 11.18 cm (N=190)，本研究清水溪流域馬口魚雄雌魚平均體長皆小於哈盆溪者。

雌雄魚在月份體型分佈上有相似的趨勢，於 2012 年 12 月~2013 年 5 月以體長 2~4 cm 為最多，約占 65-91%，2013 年 6~9 月雄魚以體長 7~9 cm 最多，而雌魚以體長 8~10 cm 最多，約占 66-72%，2013 年 10~12 月以體長 3~4 cm 為最多，約占 79-100%，比較 2013 年 12 月與 2012 年 12 月體長分佈相比有相同的趨勢。造成體型分布隨著月份變動的可能原因為體型分佈與族群繁殖季節有關，於繁殖期的魚隻體型分佈較其餘時期大。2012 年清水溪及梅林溪粗首鱲雌雄魚體長隨月份波動，體長高峰出現在 4~7 cm 之間。另外彭 (1991) 報告指出石鱸的體型分布隨月份變化，於繁殖期魚隻體型分佈較大，此

與本研究有相似的情形。

(二) 攝食習性

1. 空胃率

本年度計畫 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間所採集到的臺灣馬口魚樣本中有 92 尾魚的胃中未發現有攝食任何物質，2013 年 8 月空胃率 47% 為最高，而 2 月空胃率 7% 為最低。造成空胃率高的因素可能與降雨有關，根據中央氣象局阿里山氣象站逐月雨量平均值分布情形分析發現，降雨量較高的季節 (3~5 月與 7~8 月)，臺灣馬口魚空胃率有上升的趨勢 (圖 5)。

水域中餌料生物數量多寡會因季節和地區變化而有不同，此外，其它氣候因子 (包括降雨量、風力、溶氧、光照等) 也會對餌料生物的生長產生間接影響 (殷，1998)。2009 年清水溪明潭吻鰕虎生活史研究報告顯示，清水溪高密度的水生昆蟲出現於水流較平緩流域，因此推測雨季空胃率較乾季高，可能是受到雨季雨量充沛，水流湍急，導致魚類餌料生物較為不足，而造成雨季空胃率提高之故。然而在 2011 與 2012 年清水溪及梅林溪河川生態系指標物種的選擇及生活史研究報告顯示，降雨量與粗首鱻空胃率的結果顯示兩者有相反之趨勢。

2. 胃內含物組成

水生昆蟲監測調查上，2012 年 12 月至 2013 年 12 月間，於清水溪流域每月採集 3 網次採集，共調查到水生昆蟲 7 目 19 科 25 種 (taxa) 1,264 隻。

在種類組成上，7 目中，以蜉蝣目 7 種最多 (佔種類組成 28%)，蜻蛉目 6 種 (24%) 次之，雙翅目 5 種 (20%)，毛翅目 3 種 (12%)，鞘翅目 2 種 (8%)，廣翅目與鱗翅目各 1 種 (各 4%)(表 1)。

在數量上，6 目中，以雙翅目 930 隻最多 (佔調查個體數 73.6%)，其次蜉蝣目 260 隻 (20.6%)、鞘翅目 36 隻 (2.8%)、蜻蛉目 20 隻 (1.6%)、毛翅目 12 隻 (0.9%)、鱗翅目 5 隻 (0.4%)、廣翅目 1 隻 (0.1%)(表 1)。

在個別種類的調查數量上，搖蚊科 (Chironomidae) 計 833 隻最多，佔調查個體數 65.9%，其次為四節蜉蝣科之 *Baetis* spp. 計 120 隻 (9.5%)，姬蜉蝣科之 *Caenis* spp. 計 109 隻 (8.6%)、糠蚊科之 *Bezzia* sp. 計 86 隻 (6.8%)，長角泥蟲科之 *Zaitzevia* spp. 計 34 隻 (2.7%)。以上 5 個常見種類共計 1,182

隻，佔總調查數量的 93.5% (表 1)。

馬口於食性調查上，2012 年 12 月至 2013 年 12 月間，計分析 90 隻魚體消化道內含物，其中 69 隻未發現水生昆蟲，僅 21 隻魚體消化道共調查出 3 目 3 科 5 種 (taxa) 10 隻的水生昆蟲，包括：搖蚊科 (Chironomidae) 26 隻、四節蜉蝣科 (含 *Baetis* spp. 與 *Baetiella* sp.) 9 隻、網石蛾科 (*Hydropsyche* spp. 與 *Cheumatopsyche* sp.) 4 隻。在 21 隻有攝食水生昆蟲的魚體中，搖蚊科 (Chironomidae) 在 15 隻檢體中有攝食紀錄，為較常發現的餌食項目。四節蜉蝣科 (含 *Baetis* spp. 與 *Baetiella* sp.) 在 7 隻檢體中有發現。網石蛾科 (*Hydropsyche* spp.) 皆在 3 隻檢體中有發現。

由於馬口魚消化道食性分析中，23% 的檢體有調查到水蟲，故屬於雜食水生昆蟲的魚種。其次，由於溪流水生昆蟲主要組成 (如搖蚊科、四節蜉蝣科等) 與馬口魚消化道水蟲組成相近，因此馬口魚對於水生昆蟲應無特別的選食偏好，屬於食性廣泛的機會型攝食魚種。

在調查期間馬口魚胃內容物中微細藻類之組成結果以平裂藻屬 (*Merismopedia* sp.)、舟形藻屬 (*Navicula* sp.) 及卵形藻屬 (*Cocconeis* sp.) 所佔的比例為前三名。2012 年 12 月至 2013 年 3 月以矽藻植物門的舟形藻屬、橋彎藻屬 (*Cymbella* sp.)、幅節藻屬 (*Stauroueis* sp.) 為馬口魚主要攝食微藻來源。2013 年 6 月起，矽藻植物門的卵形藻屬 (*Cocconeis* sp.) 數量則開始有增加的趨勢，而舟形藻屬及幅節藻屬則有下降的趨勢，但在 2013 年 4、5 和 9 月則是以藍藻植物門的平裂藻屬 (*Merismopedia* sp.) 為優勢藻種 (見表 2、3 及圖 6)，此趨勢與環境微藻組成在此期間所觀察到之數據有別，主要原因可能是水域中附著藻類仍以矽藻為主，平裂藻多懸浮於水中成浮游微藻的成員，或黏附於絲狀藻或懸浮顆粒上，4 月份起氣溫逐漸上升，加上雨季帶入之營養鹽增多，屬藍綠藻門之平裂藻易受水溫及營養鹽上升而大量生長，此增加馬口魚因攝食絲藻或懸浮顆粒上的平裂藻之機會，因此在胃內容物中的比例較多。馬口魚在 7~9 月攝食微藻的數量顯著高於其他月份 3-20 倍，此與臺灣馬口魚繁殖季節推測可能為 6~9 月的數據相吻合。另外，在 2013 年 11 及 12 月則因觀測樣品結果均為空胃，而致數值為零。

此外，馬口魚攝食絲狀藻類在 2、3 和 8 月時達到高峰，此可能與氣溫變化有關。2、3 月時氣溫尚未回升，微細藻類數量低，大型絲藻則成為主要食物來源，而 8 月份時因颱風帶來大量雨水，水中濁度增加使微細藻類被覆蓋而數

量減少，大型絲藻便成為主要食物來源。然而在 9、10 月份的分析結果中發現，馬口魚胃內容物中矽藻及藍綠藻明顯增多，此與微細藻在夏季颱風過後生物量回復與遽增相符（見表 4 及圖 7）。

（三）生殖週期

1. 性徵 (sexual characteristics)

2012 年 12 月~2013 年 12 月間採捕之臺灣馬口魚其中有 55 尾有追星與婚姻色等情形，分別是 2013 年 7 月 21 尾，2013 年 8 月 15 尾以及 2013 年 9 月 19 尾，且雌雄魚皆有追星出現，而在其餘月份之個體皆沒有發現追星與婚姻色等情形，造成追星與婚姻色出現的應為繁殖期時魚類成熟所呈現之第二性徵。例如：粗首鱾 (*Zacco pachycephalus*) 繁殖期時其雄魚會有追星及鮮艷的婚姻色出現（陳及方，1999），丹氏鱾 (*Zacco temmincki*) 繁殖期時雄雌魚頭部與雄魚臀鰭上的追星及體側的婚姻色出現 (Katano, 1990)。在丹氏鱾的生殖行為研究中 (Katano, 1985) 認為追星作用為競爭食物時的攻擊武器。曾 (1990) 認為雌魚沒有追星，而有文獻指出臺灣鏟頰魚與臺灣石鱾的雌雄魚皆有追星且雄魚頭部追星較雌魚明顯，婚姻色也較為明顯（顏等，1995），與本研究有相似的情形。

2. 性別比例

綜合魚類第二性徵的表現及顯微鏡觀察生殖腺的方式鑑定其性別，發現 2012 年 12 月~2013 年 12 月間採捕之臺灣馬口魚樣本中雌魚 91 尾，雄魚 168 尾，雌、雄比例為 0.5:1。比較不同月份間之雌魚性別比例，2013 年 6 月之 50% 為最高，2013 年 2 月與 10 月的 10% 為最低（圖 8）。顏等 (1995) 指出哈盆溪馬口魚雌雄比例為 1:1，另外在 2011 與 2012 年清水溪及梅林溪河川生態系指標物種的選擇及生活史研究報告顯示，粗首鱾的雌雄性別比例為 1:0.97。本研究馬口魚雌雄比例較低，除了自然的因素外，也有可能為本研究中許多馬口魚的體型較小，無法分辨性別所造成。

3. 繁殖季節

分析 2012 年 12 月~2013 年 12 月間採捕之清水流域臺灣馬口魚 CF 值、GSI 值及 HSI 值月平均值變化，據以推估其繁殖週期（圖 9）。CF 指標

結果顯示，臺灣馬口魚雄雌魚 CF 值在 12~4 月維持平穩而 5 月下降到最低 (8.42%~9.20%)，在 6~9 月逐漸升高，在 9 月達到最高點 (12.72%~12.80%) 後便開始下降，並於 2013 年 12 月降到最低 (8.94%~8.80%)。在 GSI 指標部分，雄魚與雌魚 GSI 值在 5 月之後升高 (0.41%~0.74%) 至 9 月達到最高 (1.69%~3.71%) 而後迅速下降，雌魚 GSI 值除了 2013 年 1 月外，其餘月份皆高於雄魚。在 HSI 指標部分，雄雌魚 HSI 值在研究期間介於 0.26%~1.71% 之間，其結果與 CF 或 GSI 的結果變化並無顯著的一致性。

根據 CF 值及 GSI 值結果，推測清水溪流域臺灣馬口魚的生殖季節約為 6~9 月。另有研究指出 1992 年哈盆溪的臺灣馬口魚生殖季節為 4~10 月，生殖高峰期為 4~7 月 (顏，1995)，大甲溪中游臺灣馬口魚的生殖季為 3~12 月 (詹，1989)，上述研究與本研究清水溪流域的馬口魚生殖季節為 6-9 月有些微差異，可能原因為不同地點，其環境因子不同，而造成生殖季的分佈不同。

臺灣不同地區的溪流魚類生殖季長短會有地理差異，溫度的影響比光週期更大，例如臺灣鏟頰魚及臺灣纓口鰍在武陵農場流域的生殖季分別為 4~6 月及 4~7 月 (呂和汪，1987; 張，1989)，而在哈盆溪則分別為 5-11 月及 4~8 月，造成哈盆溪魚類生殖季較長的可能原因為哈盆溪水溫較武陵農場高所導致。

(四) 環境微藻組成

清水溪自 2012 年 12 月至 2013 年 12 月之調查結果顯示：在棲息環境中的附著藻類以矽藻植物門為主，約佔年總量的 94.9%，其中以舟形藻屬 (*Navicula* sp.)、橋彎藻屬 (*Cymbella* sp.) 及菱形藻屬 (*Nitzschia* sp.) 為主，舟形藻屬所佔比例最高，但在 2013 年 5~9 月時，菱形藻數量明顯增加，此與夏季時雨水沖刷與營養鹽上升有關 (見表 5 及 圖 10)。本調查期間所觀察到的數據與 2010 年 11 月至 2011 年 11 月以及 2011 年 12 月至 2012 年 11 月的環境藻類組成類似，說明了清水溪環境中所含的優勢微藻為矽藻。在奧萬大國家森林遊樂區生態池長期生態監測結果顯示：水域中的附著藻類也以矽藻植物門為主 (賴，2008)。此外，劉等 (2005) 的調查結果也顯示：在八掌溪流域中上游區段，水域中的附著藻類也以矽藻植物門為主。單位面積中藻類豐度以 8 月份最多，此受氣候變化影響，2013 年 8 月時潭美及康芮颱風帶來豐沛的雨量，雨水沖刷造成水中濁度上升，營養鹽也上升，浮游藻類因濁度及雨水沖刷作用而減少，附著藻及大型絲藻因而成為優勢藻種。

五、結論與建議

清水溪流域採捕之臺灣馬口魚研究結果發現雄性比例較雌性比例較高(1:0.5)，在雨量較高的季節(3~5月與7~8月)，臺灣馬口魚空胃率之個體有隨之上升的趨勢。胃內容物中的優勢藻種，在2012年12月至2013年3月期間，則以矽藻植物門中的舟形藻屬、橋彎藻屬為主，此與環境藻一致，而2013年4月至10月胃內容物中的優勢藻種則以藍綠藻門的平裂藻屬和矽藻植物門的舟形藻屬為優勢藻種，與環境中優勢藻種，矽藻植物門的舟形藻屬、橋彎藻屬及菱形藻屬組成有些差異，此可能受氣候變化改變環境藻組成之影響，4月份起氣溫逐漸上升，加上雨季帶入之營養鹽增多，屬藍綠藻門之平裂藻易受水溫及營養鹽上升而大量生長，而平裂藻多懸浮於水中成浮游微藻的成員，或黏附於絲狀藻或懸浮顆粒上，此增加馬口魚因攝食絲藻或懸浮顆粒上的平裂藻之機會，因此在胃內容物中的比例較多。另外，在馬口魚攝食水生昆蟲方面，推測馬口魚應該為雜食與機會型攝食魚種。若以CF及GSI指標的數據變化推斷，清水溪流域的臺灣馬口魚繁殖季節應該為6~9月。

六、參考文獻

- 彭弘光、劉富光。1991。石鱸生物學的初步研究。Bulletin of Taiwan Fisheries Research Institute No.50: 85-92。
- 陳義雄、方力行。1999。臺灣淡水及河口魚類誌。海洋生物博物館籌備處。
- 陳智宏、郭世榮。2009。日月潭水庫外來入侵種暹羅副雙邊魚(*Parambassis siamensis*)攝食生態之研究。特有生物研究 11(2): 31-46。
- 方力行、蘇六裕、陳義雄、韓僑權、陳益惠。1996。高身鯢魚形態、分布及生物學之研究。生物科學期刊 39(1): 78-87。
- 曾萬年、劉錫江。1972。東海南區，臺灣海峽產白口魚之生殖生態的研究，臺灣水產學會刊。1(2)，20-28。
- 曾晴賢。1990。臺灣淡水魚 (1)。臺灣野生動物資源調查手冊 (3) 農委會 81 頁。
- 殷名稱。1998。魚類生態學。水產出版社。
- 許嘉恩。1991。桶后溪石鱸之生殖生物學研究。國立臺灣大學動物研究所碩士論文。

- 顏俊雄、呂光洋、陳永樹、鄭振寬。1995。哈盆溪臺灣馬口魚 (*Zacco barbata*) 之生殖生態。國立臺灣師範大學生物學報。30(2): 69-81。
- 詹見平。1989。大甲溪魚類生態調查報告 教育部 15 頁。
- 呂光洋和汪靜明。1987。武陵農場河域之原產魚種生態之初步研究。農委會生態研究第 010 號 57 頁。
- 張明雄。1989。有勝溪臺灣纓口鰍 (*Crossostoma lacustre*) 之生態學研究。國立臺灣師範大學生物研究所碩士論文。
- 賴玉菁。2008。奧萬大國家森林遊樂區生態池長期生態監測計畫 (3/3)。行政院農業委員會林務局委託研究系列 97-08-4-02 號。
- 劉正川等。2005。八掌溪河系河川情勢調查計畫(1/2)，經濟部水利署第五河川局。
- Bye, V. T. 1984. The role of environmental factor in the timing of reproductive cycles. Pp.187-205. In G. W. Potts. (eds), Fish reproduction: Strategies and Tactics. Academic Press, London.
- Cushing, D.H. 1990. Plankton production and year-class strength in fish population : an update of the match/mismatch hypothesis. *Adv. Mar. Biol.* 26: 249-293.
- Delahunty, G. and V. L. de Vlaming. 1980. Seasonal relationships of ovary weight, liver weight and fat stores with body weight in the goldfish, *Carassius auratus* (L.). *Journal of Fish Biology*, 16:5-13
- Herrera, M., J. A. Herando, C. Fernandez-Delga, and M. Bellido. 1988. Age, growth and preduction of the barbell barbus-sclateri gunther1868 in a first-order stream in southern Spain. *J. Fish Biol.* 33 : 371-381
- Htun-Han, M. 1978. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *J. Fish Biol.* 13:369-378
- Hyslop, 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Fish Biology* 17:411-429.
- Ikejima, K. and M. Shimizu. (1999). Sex ratio in the dragonet, *Repomucenus svalenciennei*. *Ichthyol. Res.*, 46(4): 50-55.

Katano, O. 1985. Aggressive behavior and dominance relationship of the dark chub, *Zacco temmincki*, with special reference to their individual recognition. *Jap. J. Ichthyol.* 32 : 225-238.

Katano, O. 1990. Dynamics relationships between the dominance of male dark chub, *Zacco temmincki*, and their acquisition of females. *Anim. Behav.* 40: 1018-1034

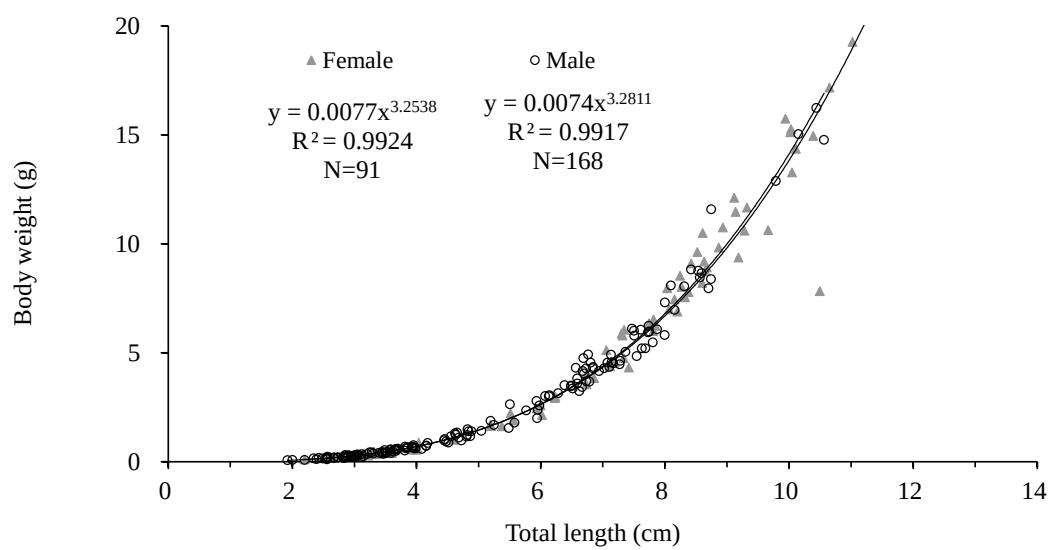


圖 1. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月清水溪臺灣馬口魚體重與體長間關係圖。

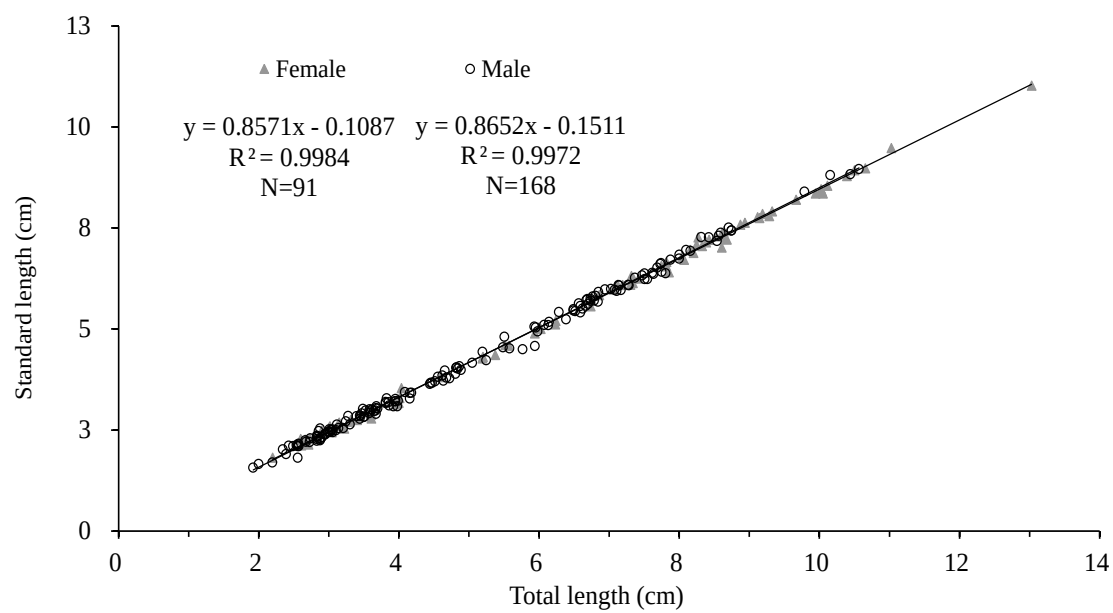


圖 2. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月清水溪臺灣馬口魚標準體長與體全長關係圖。

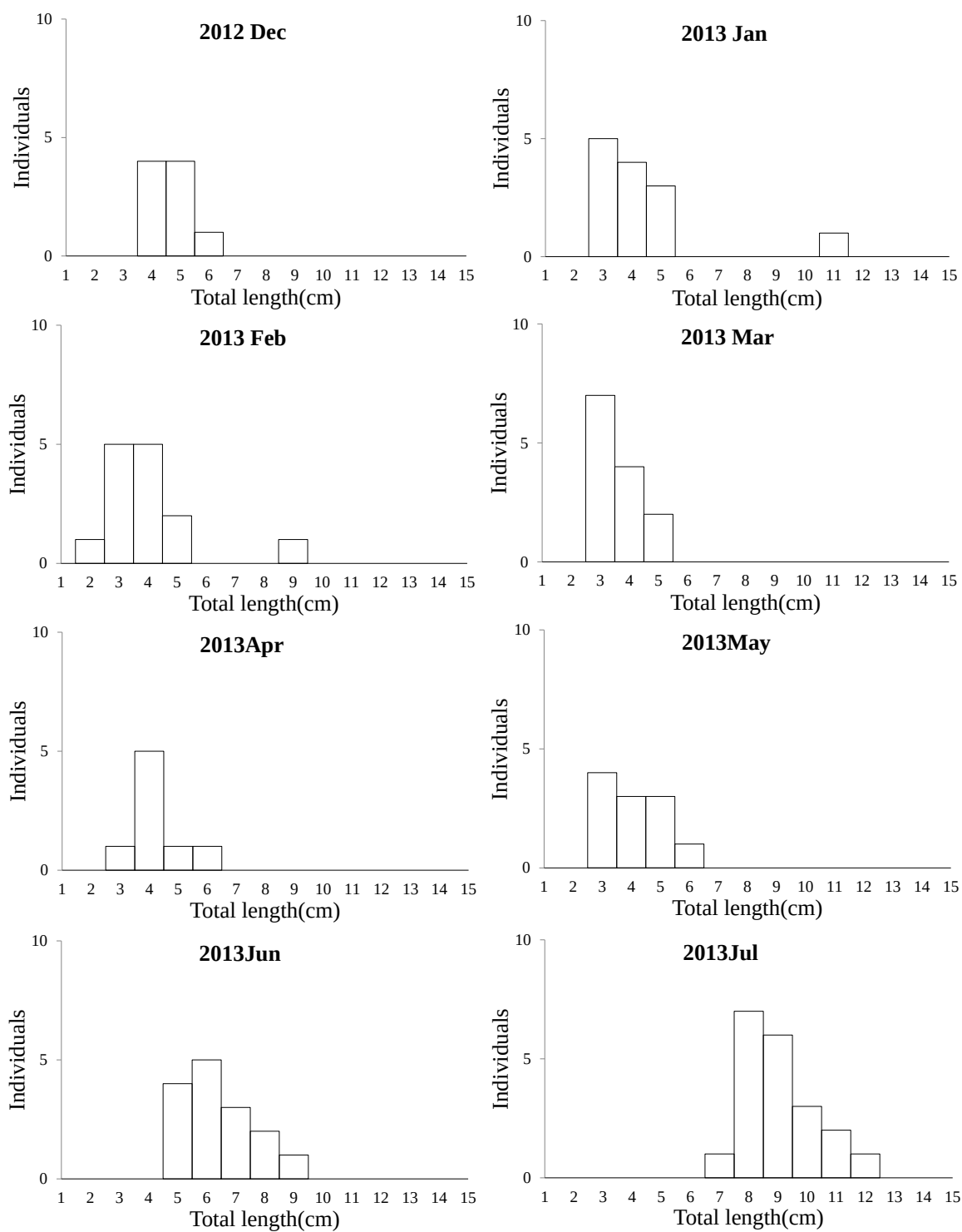


圖 3. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月清水溪雄性臺灣馬口魚體長分布。

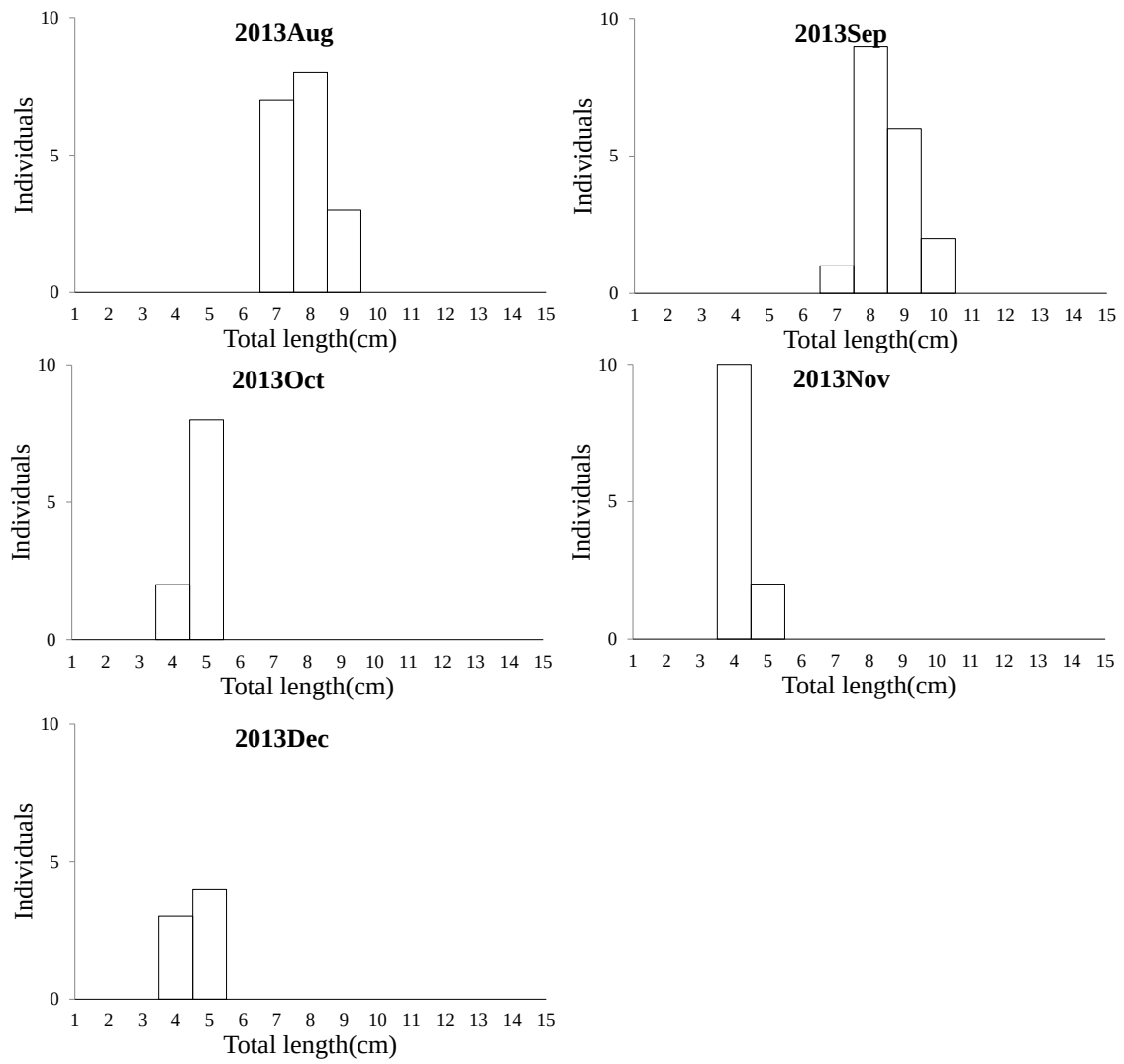


圖 3 (續). 2012 年 12 月至 2013 年 12 月清水溪雄性臺灣馬口魚體長分布。

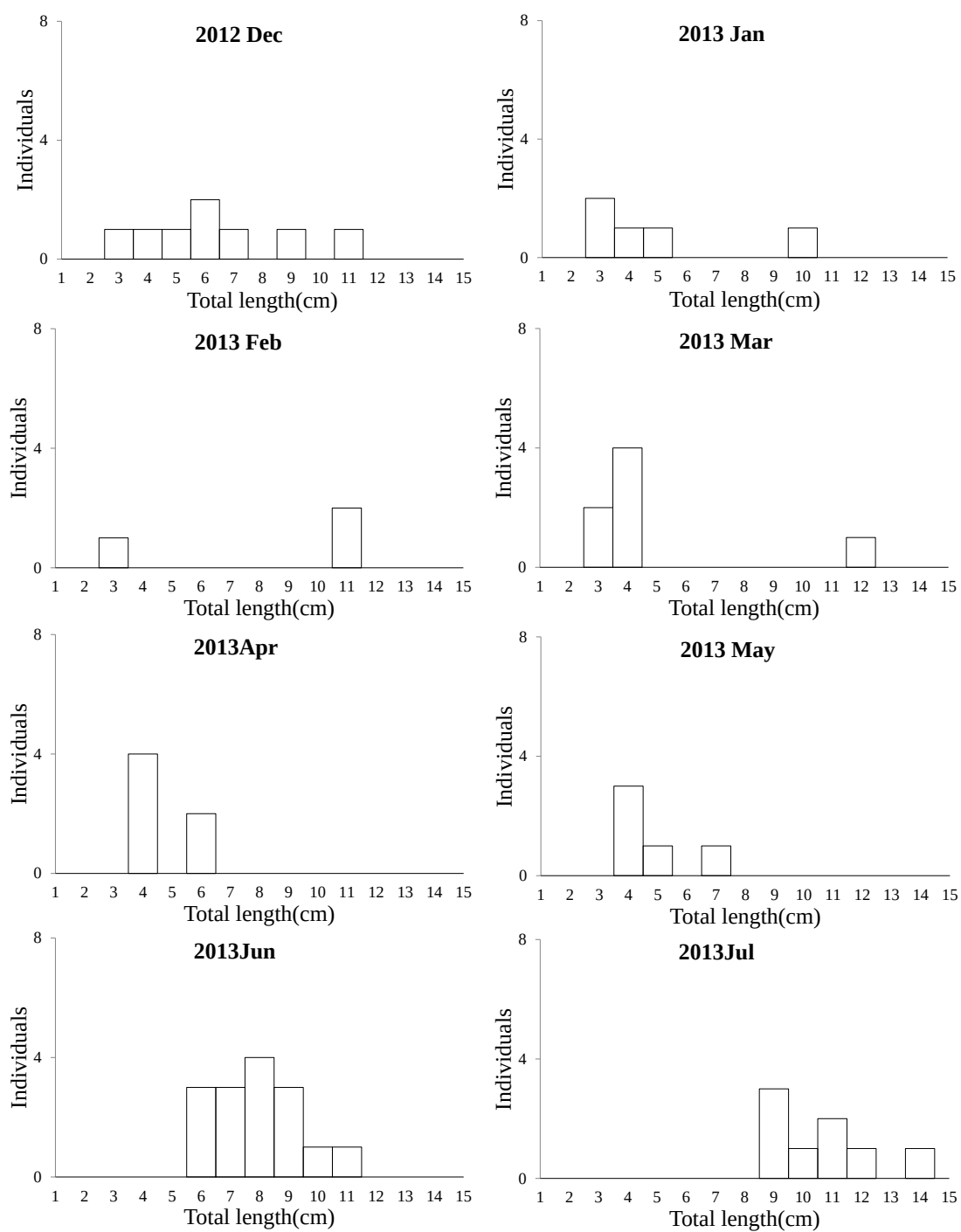


圖 4. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月清水溪雌性臺灣馬口魚體長分布。

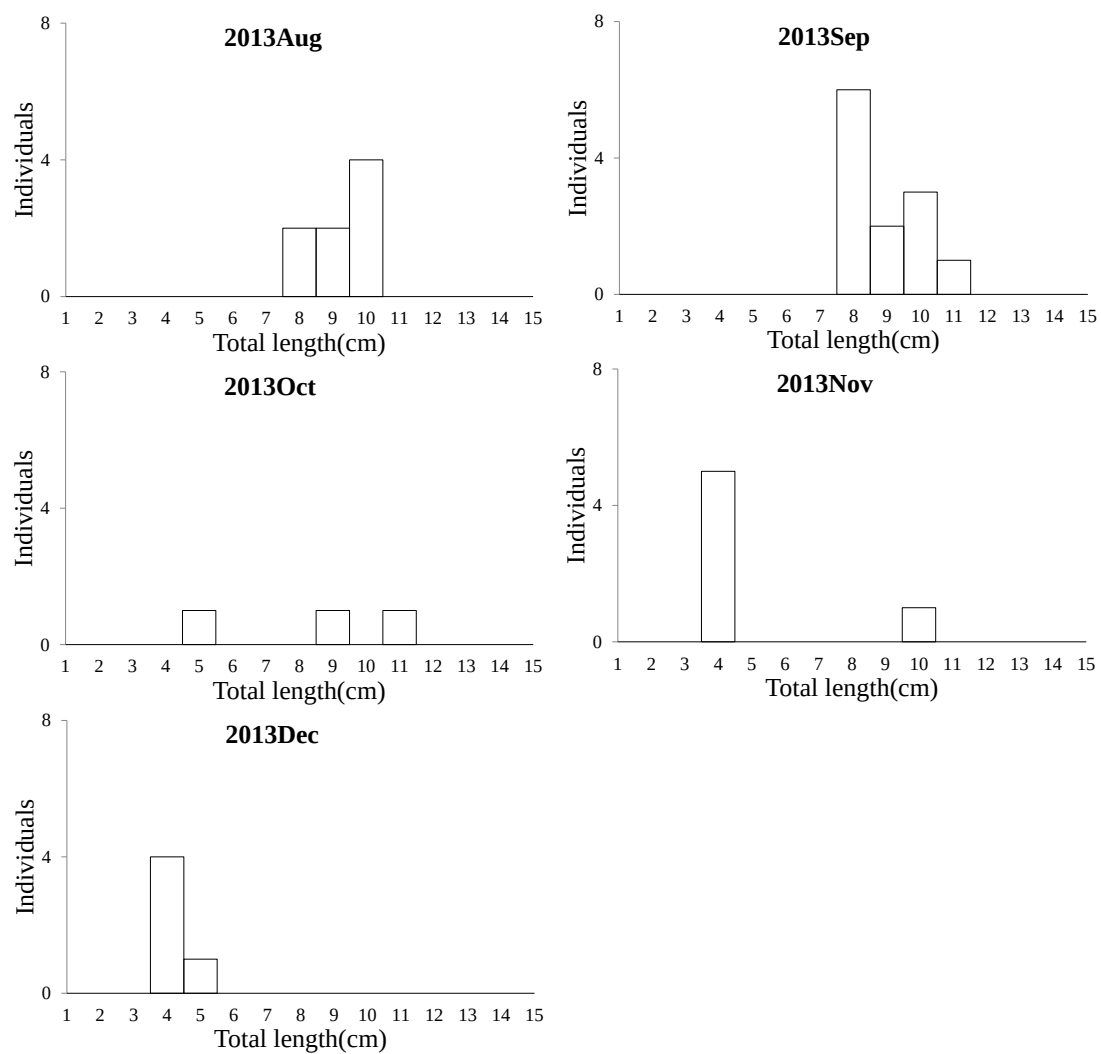


圖 4 (續). 2012 年 12 月至 2013 年 12 月清水溪雌性臺灣馬口魚體長分布。

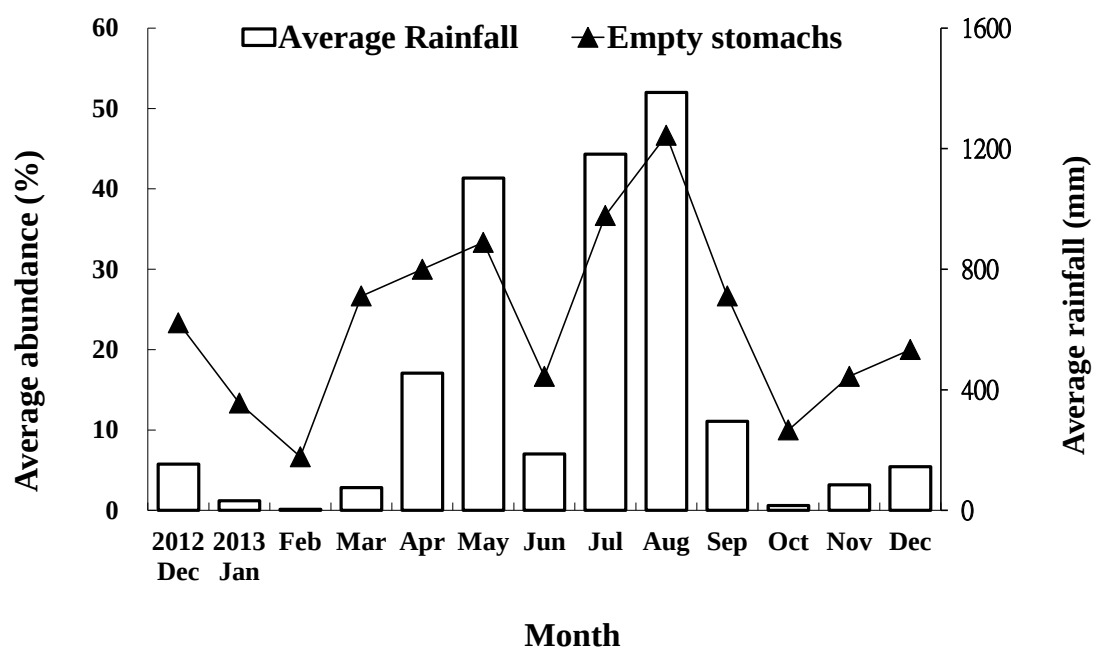


圖 5. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月清水溪流域臺灣馬口魚空胃率與中央氣象局阿里山氣象站降雨量逐月分布情形。

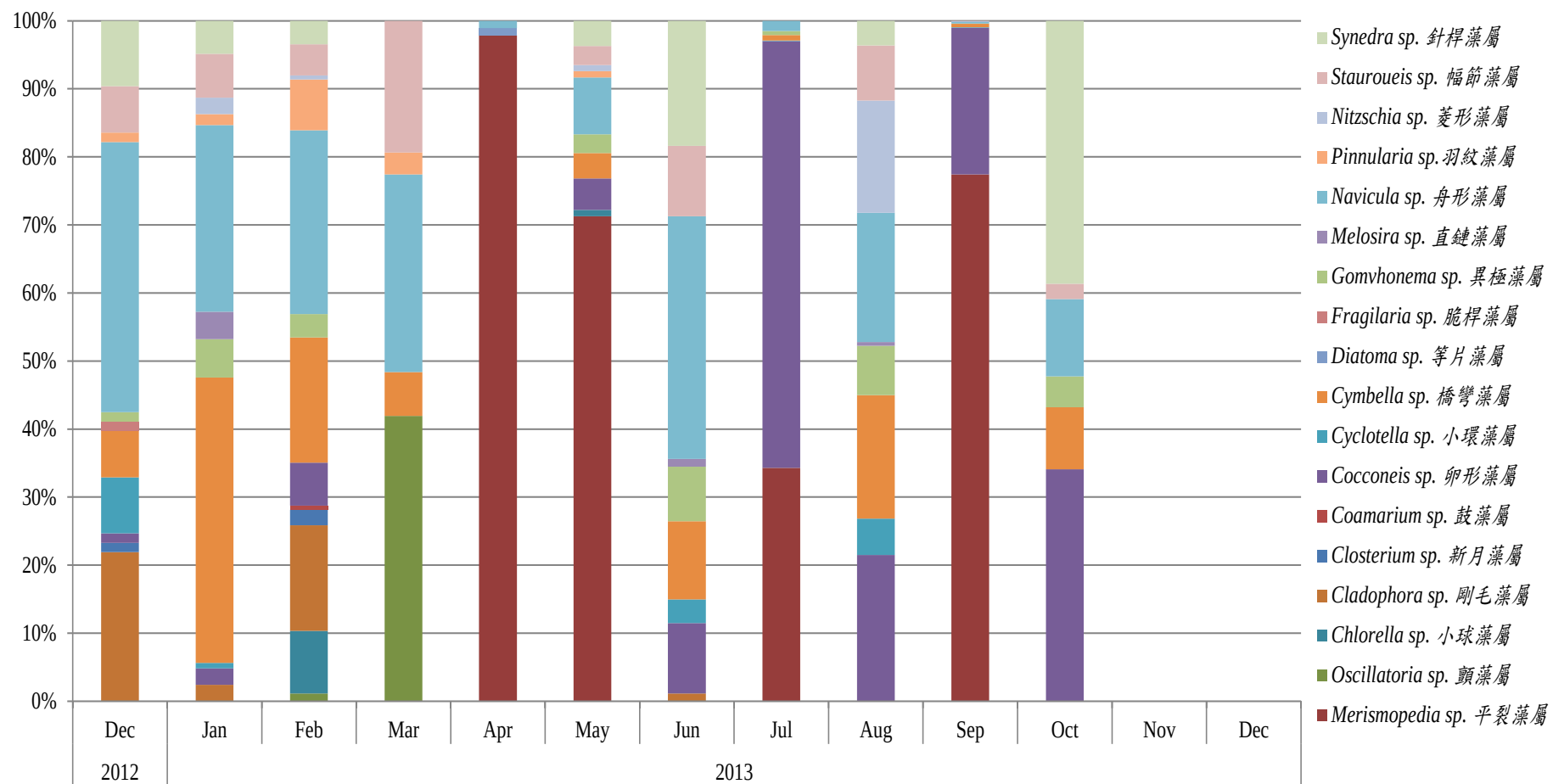


圖 6. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間馬口魚胃內容物中微細藻類之組成百分比變化圖。

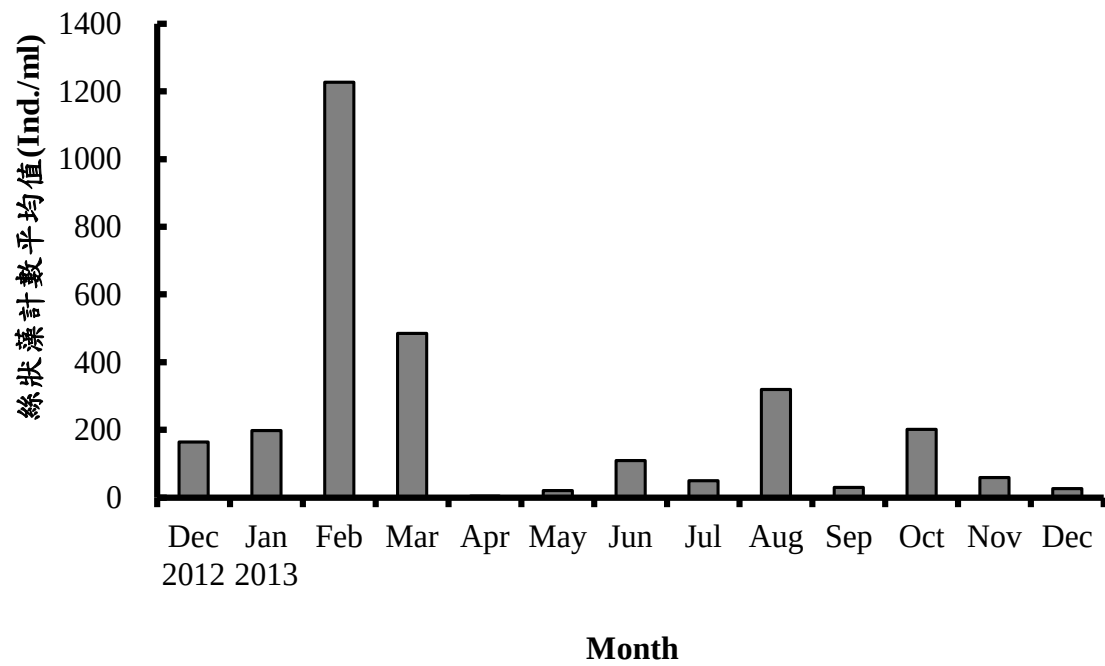


圖 7. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間馬口魚胃內容物絲狀藻平均值 (Ind./ml)。

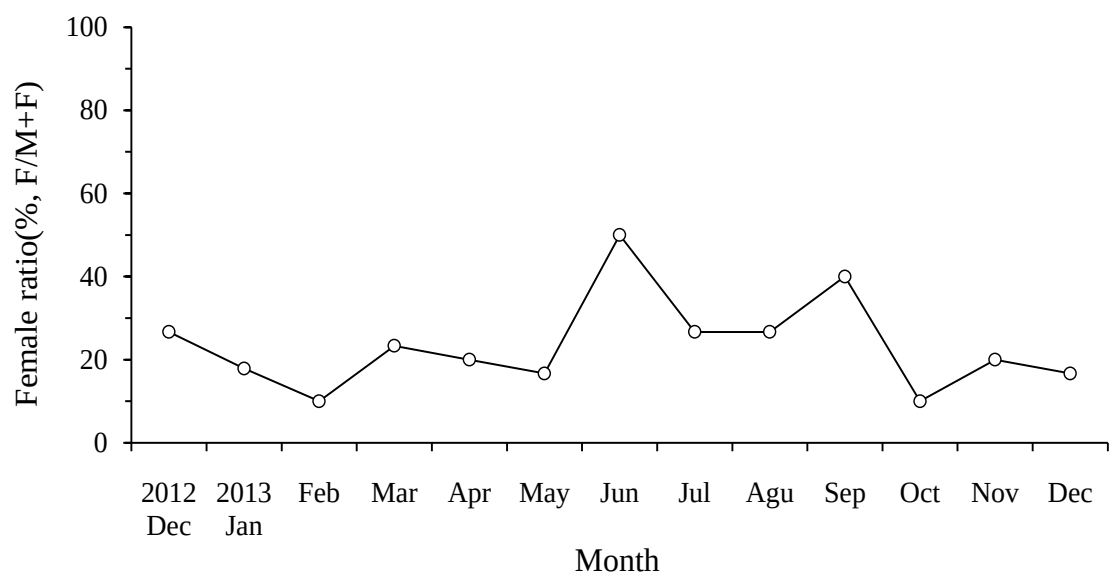


圖 8. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月清水溪採集之臺灣馬口魚雌魚百分比之月份變化。

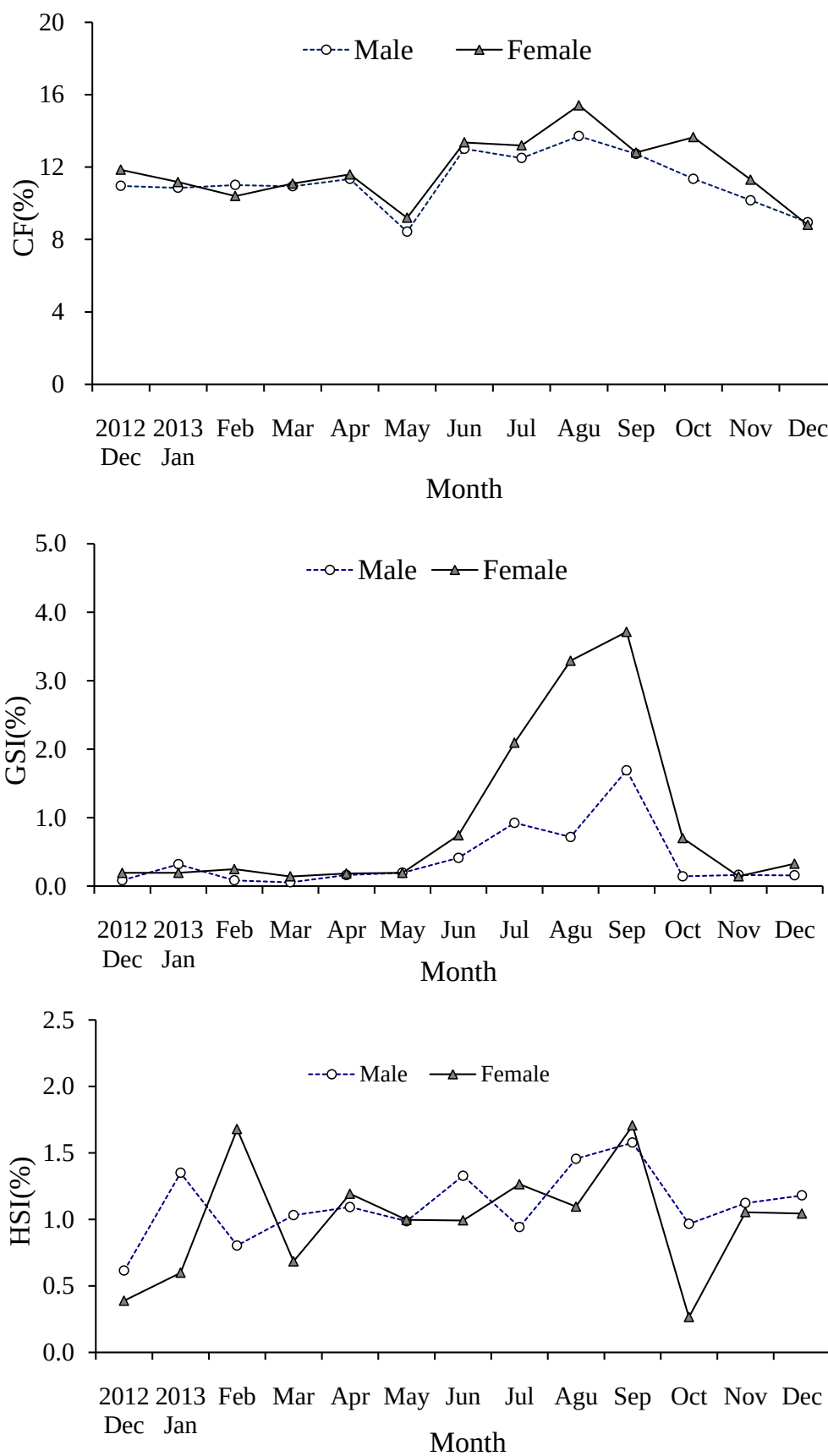


圖 9. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月清水溪採集之臺灣馬口魚 CF、GSI 及 HSI 值分布。

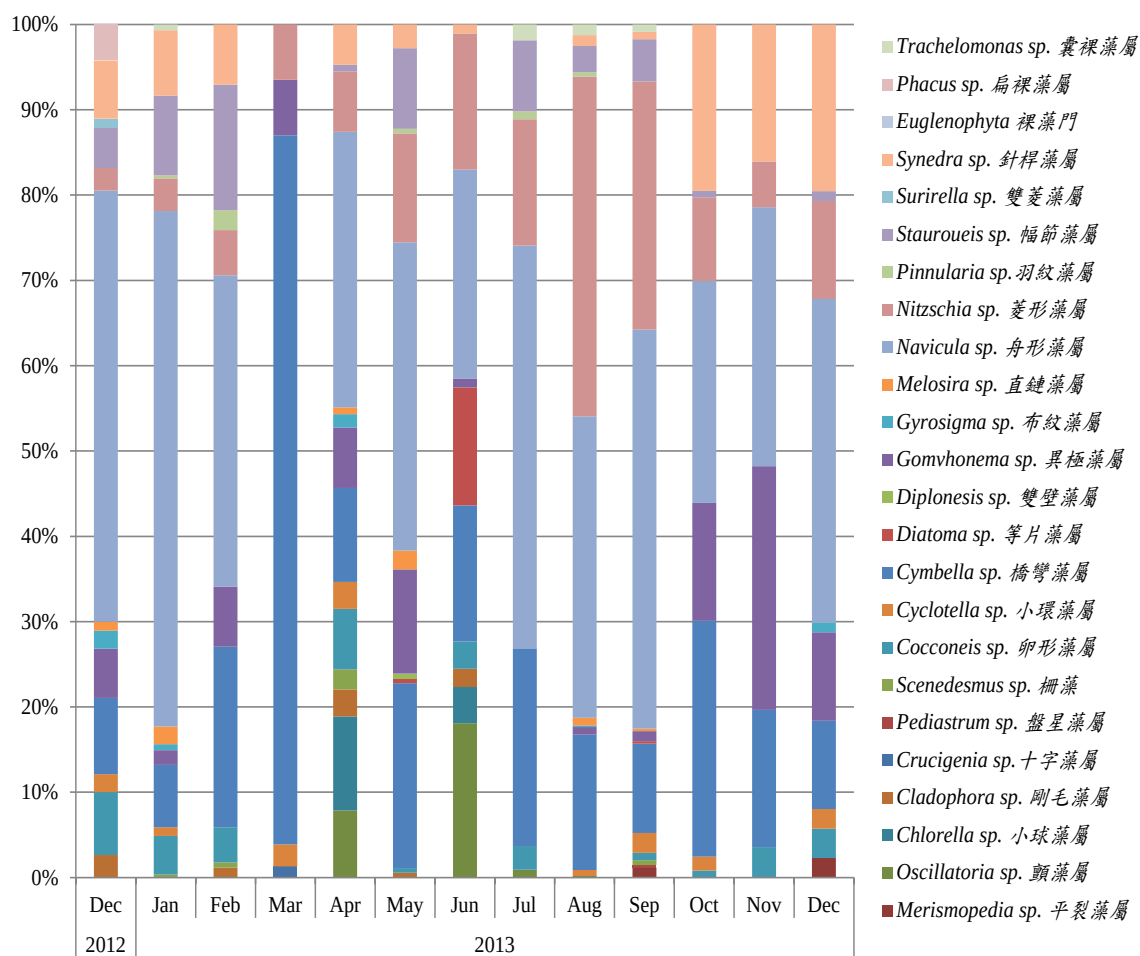


圖 10. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間清水溪環境中微細藻類之組成百分比變化圖。

表 1. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間清水溪環境中水生昆蟲群聚結構。

		2012 2013													
		Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
蜉蝣目	EPHEMEROPTERA														
	EPHEMERIDAE														
	<i>Ephemera</i> sp.							1		1			1		
	LEPTOPHLEBIIDAE														
	<i>Thraulus</i> sp.		2		2	2		1	1	3					
	HEPTAGENIIDAE														
	<i>Afronurus hyalinus</i>							2		1	2				
	CAENIDAE														
	<i>Caenis</i> spp.	5	19	17	1			52	1	1	7	3	3		
	BAETIDAE														
蜻蛉目	<i>Baetis</i> spp.	7	7	4		1		38	3	12	46	1		1	
	<i>Pseudocloen</i> sp.	1													
	<i>Baetiella bispinosus</i>	6		2		1		1			1				
	ODONATA														
	GOMPHIDAE														
	<i>Stylogomphus</i> sp.		2		1										
	<i>Lameliogomphus formosanus</i>			1		1						1			
	EUPHAEIDAE														
	<i>Euphaea formosa</i>	1				5							1		
	LIBELLULIDAE														
	<i>Trithemis</i> sp.	1			1								2	1	
	<i>Neurothemis</i> sp.		1												
	<i>Orthetrum</i> sp.												1		

(續) 表 1. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間清水溪環境中水生昆蟲群聚結構。

廣翅目	MEGALOPTERA													
	<i>CORYDALIDAE</i>													
	<i>Protohermes</i> sp.													1
毛翅目	TRICHOPTERA													
	HYDROPSYCHIDAE													
	<i>Hydropsyche</i> spp.													3
	<i>Cheumatopsyche</i> sp.													4
	PHILOPOTAMIDAE													
	<i>Chimarra</i> sp.													1
鱗翅目	LEPIDOPTERA													
	PYRALIDAE													
	<i>Eoophyla</i> spp.													2
鞘翅目	COLEOPTERA													
	ELMIDAE													
	<i>Zaitzevia</i> spp.													2
	HYDROPHILIDAE													
	<i>Hydrobius</i> sp.													3
雙翅目	DIPTERA													
	CERATOPOGONIDAE													
	<i>Bezzia</i> spp.													6
	CHIRONOMIDAE													
	<i>Chironomidae</i>													118
	PSYCHODIDAE													
	<i>Pericoma</i> sp.													95
	TABANIDAE													
	<i>Tabanus</i> sp.													23
	TIPULIDAE													
	<i>Tipula</i> spp.													66
														13
														5
														73
														1
														5
														73
														1
														113
														305
														15
														4
														2

表 2. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間清水溪馬口魚胃內容物中微細藻之組成變化。

Species	Month	2012	2013											
		Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Cyanophyta 藍藻植物門														
Merismopedia sp.平裂藻屬		D	D	D	D	A	A	D	A	D	A	D	D	D
Oscillatoria sp. 顫藻屬		D	D	B	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Chlorophyta 綠藻植物門														
Chlorella sp. 小球藻屬		D	D	A	D	D	B	D	D	D	D	D	D	D
Cladophora sp. 剛毛藻屬		A	B	A	D	D	D	B	D	D	D	D	D	D
Closterium sp. 新月藻屬		B	D	A	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Coamarium sp. 鼓藻屬		D	D	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Bacillariophyta 矽藻植物門														
Cocconeis sp. 卵形藻屬		B	A	A	D	D	A	A	A	A	A	A	D	D
Cyclotella sp. 小環藻屬		B	B	D	D	D	D	A	B	A	A	D	D	D
Cymbella sp. 橋彎藻屬		B	A	A	A	D	A	A	A	A	A	A	D	D
Diatoma sp. 等片藻屬		D	D	D	D	A	D	D	D	D	D	D	D	D
Fragilaria sp. 脆桿藻屬		B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Gomvhonema sp. 異極藻屬		B	A	A	D	D	B	A	A	A	B	A	D	D
Melosira sp. 直鏈藻屬		D	A	D	D	D	D	B	D	A	D	D	D	D
Navicula sp. 舟形藻屬		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	D	D
Pinnularia sp.羽紋藻屬		B	B	A	B	D	B	D	D	D	D	D	D	D
Nitzschia sp. 菱形藻屬		D	A	B	D	D	B	D	D	A	A	D	D	D
Stauroueis sp. 幅節藻屬		B	A	A	A	D	B	A	D	A	A	A	D	D
Synedra sp. 針桿藻屬		A	A	A	D	D	A	A	D	A	D	A	D	D

註：A：觀察 1 ml 樣本中出現個體數量大於 1000 (dominant)；B：觀察 1 ml 樣本中出現個體數量在 50-1000 之間 (rich but not dominant)；C：觀察 1 ml 樣本中出現個體數量在 10-50 之間 (not rare)；D：觀察 1 ml 樣本中出現個體數量小於 10 (rare)。

表 3. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間馬口魚胃內容物中微細藻類之組成百分比變化。

Species	Month	2012	2013											
		Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Cyanophyta 藍藻植物門														
Merismopedia sp. 平裂藻屬		0.0	0.0	0.0	0.0	97.9	71.3	0.0	34.3	0.0	77.4	0.0	0.0	0.0
Oscillatoria sp. 顫藻屬		0.0	0.0	1.1	41.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Chlorophyta 綠藻植物門														
Chlorella sp. 小球藻屬		0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cladophora sp. 剛毛藻屬		21.9	2.4	15.5	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Closterium sp. 新月藻屬		1.4	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Coamarium sp. 鼓藻屬		0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bacillariophyta 矽藻植物門														
Cocconeis sp. 卵形藻屬		1.4	2.4	6.3	0.0	0.0	4.6	10.3	62.7	21.5	21.6	34.1	0.0	0.0
Cyclotella sp. 小環藻屬		8.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.1	5.3	0.1	0.0	0.0	0.0
Cymbella sp. 橋彎藻屬		6.8	41.9	18.4	6.5	0.0	3.7	11.5	0.8	18.2	0.5	9.1	0.0	0.0
Diatoma sp. 等片藻屬		0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fragilaria sp. 脆桿藻屬		1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Gomvhonema sp. 異極藻屬		1.4	5.6	3.4	0.0	0.0	2.8	8.0	0.6	7.3	0.0	4.5	0.0	0.0
Melosira sp. 直鏈藻屬		0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
Navicula sp. 舟形藻屬		39.7	27.4	27.0	29.0	1.1	8.3	35.6	1.5	19.0	0.2	11.4	0.0	0.0
Pinnularia sp.羽紋藻屬		1.4	1.6	7.5	3.2	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Nitzschia sp. 菱形藻屬		0.0	2.4	0.6	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	16.5	0.1	0.0	0.0	0.0
Stauroueis sp. 幅節藻屬		6.8	6.5	4.6	19.4	0.0	2.8	10.3	0.0	8.1	0.1	2.3	0.0	0.0
Synedra sp. 針桿藻屬		9.6	4.8	3.4	0.0	0.0	3.7	18.4	0.0	3.6	0.0	38.6	0.0	0.0
總計(%)		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0

表 4. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間清水溪臺灣馬口魚胃內容物絲狀藻數量 (Ind./ml)。

Month	絲狀藻計數平均值(Ind./ml)
Dec 2012	164.4
Jan 2013	197.7
Feb	1227.4
Mar	485.6
Apr	4.6
May	20.4
Jun	109.1
Jul	49.7
Aug	319.3
Sep	29.8
Oct	202.0
Nov	59.0
Dec	27.0

表 5. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間清水溪環境中微細藻類之組成百分比變化。

Species	Month	2012	2013											
		Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Cyanophyta 藍藻植物門														
Merismopedia	sp. 平裂藻屬	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	2.4
Oscillatoria	sp. 顫藻屬	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9	0.0	18.1	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
Chlorophyta 綠藻植物門														
Chlorella	sp. 小球藻屬	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cladophora	sp. 剛毛藻屬	2.6	0.0	1.2	0.0	3.1	0.6	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Crucigenia	sp. 十字藻屬	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pediastrum	sp. 盤星藻屬	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
Scenedesmus	sp. 柵藻	0.0	0.3	0.6	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0
Bacillariophyta 矽藻植物門														
Cocconeis	sp. 卵形藻屬	7.4	4.5	4.1	0.0	7.1	0.6	3.2	2.8	0.0	0.9	0.8	3.6	3.5
Cyclotella	sp. 小環藻屬	2.1	1.0	0.0	2.6	3.1	0.0	0.0	0.0	0.7	2.4	1.6	0.0	2.4
Cymbella	sp. 橋彎藻屬	8.9	7.3	21.2	83.1	11.0	21.7	16.0	23.1	15.9	10.6	27.6	16.1	10.6

(續) 表 5. 2012 年 12 月至 2013 年 12 月間清水溪環境中微細藻類之組成百分比變化。

<i>Diatoma</i> sp. 等片藻屬	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	13.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
<i>Diplonopsis</i> sp. 雙壁藻屬	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Gomphonema</i> sp. 異極藻屬	5.8	1.7	7.1	6.5	7.1	12.2	1.1	0.0	0.9	1.2	13.8	28.6	10.6
<i>Gyrosigma</i> sp. 布紋藻屬	2.1	0.7	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.2
<i>Melosira</i> sp. 直鏈藻屬	1.1	2.1	0.0	0.0	0.8	2.2	0.0	0.0	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0
<i>Navicula</i> sp. 舟形藻屬	50.5	60.4	36.5	0.0	32.3	36.1	24.5	47.2	35.3	47.4	26.0	30.4	38.8
<i>Nitzschia</i> sp. 菱形藻屬	2.6	3.8	5.3	6.5	7.1	12.8	16.0	14.8	39.8	29.4	9.8	5.4	11.8
<i>Pinnularia</i> sp. 羽紋藻屬	0.0	0.3	2.4	0.0	0.0	0.6	0.0	0.9	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Stauroueis</i> sp. 幅節藻屬	4.7	9.4	14.7	0.0	0.8	9.4	0.0	8.3	3.1	5.0	0.8	0.0	1.2
<i>Surirella</i> sp. 雙菱藻屬	1.1	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>Synedra</i> sp. 針桿藻屬	6.8	7.6	7.1	0.0	4.7	2.8	1.1	0.0	1.3	0.9	19.5	16.1	20.0
Euglenophyta 裸藻門													
<i>Phacus</i> sp. 扁裸藻屬	4.2	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>Trachelomonas</i> sp. 囊裸藻屬	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	1.3	0.9	0.0	0.0	0.0
總計(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

計畫名稱：湖山水庫相關溪流生態系經營管理研擬及檢討

英文名稱：The proposition of management for river ecosystem on Hushan reservoir

計畫編號：260

全程計畫期間：2010 年 1 月 1 日至 2014 年 12 月 31 日

本年計畫期間：2013 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日

計畫主持人：張世倉、葉明峰

一、摘要

本計畫自 2010 年起持續進行湖山水庫工程影響範圍內溪流生態系魚類資源監測工作，並彙整「湖山水庫工程計畫生態保育措施-溪流生態系統之調查研究規劃」調查研究成果，提出未來湖山水庫庫區與關連溪流生態系經營管理建議書。自 2007 年 5 月至 2013 年 12 月底止，現地調查資料結果顯示梅林溪河段共發現 4 科 8 種魚類，清水溪河段共發現 10 科 26 種魚類。過去 6 年多來捕獲魚種數變化並不大，但近 3 年來單位努力捕獲量有減少的趨勢，且魚類體型小型化，推測應是受水庫即將完工，相關工程緊鑼密鼓推動以及其他人為干擾之影響所致。湖山水庫完工後，溪流生態系將面臨水庫及桶頭攔河堰所造成的水域生物移動限制、下游棲地改變及流量減少造成的水域生物可利用棲地劣化與縮減等問題。庫區內原溪流生態系轉變成水庫生態系後，推測僅有鯉科的粗首鱮、臺灣馬口魚、臺灣石鱚，鰻鱺科的鱸鰻，以及鰕虎科的短吻紅斑吻鰕虎、明潭吻鰕虎等魚類可適應存活。經營管理建議書除將呈現施工期間清水溪與梅林溪魚類資源現況外，亦將分析未來湖山水庫完工營運後可能會面對的問題，提供主管機關具體的經營管理策略，以降低水庫工程對關連溪流生態系造成的負面影響。

Abstract

For the appropriate use of water resources, building a reservoir is one of solutions. In other countries, the management of reservoir includ water flow management, water quality management, and fisheries management. The ecosystem of stream in the area of Hushen reservoir present the problems about the limited movement of aquatic organisms, habitat changes and reduction instream flow. From May 2007 to December 2013, 8 species of fishes from Merlin stream, and 26 species from Chingshui stream were collected. After reservoir construction would reduce the flow of water on downstream, and result the reduction of habitats. We propose to

discharge sufficient instream flow to the downstream ecosystem for reducing the impact on aquatic.

關鍵詞：溪流生態系、經營管理

二、計畫目的

經濟部水利署計畫於北港溪河系上游建置湖山水庫，其水源主要自濁水溪支流清水溪桶頭附近越域引水，引水處屬於中游河川生態。另水庫位址為北港溪河系上游支流梅林溪河谷，屬於上游河川生態，且為雷公溪型河川，暴雨來時河水迅速上漲，過後水量遽減，乾季時甚至部分河段斷流情形頻仍。湖山水庫營運後，水源自桶頭攔河堰引入後，不但清水溪桶頭以下河段之生態環境將會因流量減少而受到影響，湖山水庫庫區下游水域（梅林溪部分）之河川生態亦將連帶產生劇變。本計畫擬分析未來湖山水庫完工營運後可能會面對的問題，藉由水域生物監測、指標魚種生活史、水域生物適合之棲地及基流量及水域生物生態系食物網模式等相關研究計畫成果之彙整，研議湖山水庫庫區與關連溪流生態系經營管理建議書，提供具體的經營管理策略，期儘量降低水庫工程造成之生物多樣性損失。

三、重要工作項目及實施方法

(一) 文獻蒐集

蒐集國內外水庫經營管理、生態保育相關參考文獻，提供未來主管機關施政之參考與應用。

(二) 湖山水庫地區魚類資源現況調查

主要以電魚法採捕河川魚類，使用漁具為固定 110 volt 輸出的交流電背負式電魚器，採捕時在樣區以 Z 字形路線由下游往上游間歇性放電捕撈，採樣時間 30 分鐘。另使用蝦籠陷阱定置誘捕，當日放置，隔日回收。採捕完畢後當場鑑定種類、計數並記錄體長與體重等資料後立即釋放回原採捕溪段，調查頻度每月一次。

(三) 成果報告撰寫

彙整國內外參考文獻與歷年來湖山水庫地區魚類資源現況調查成果，撰寫報告及湖山水庫庫區與關連溪流生態系經營管理建議書，提供相關單位未來施政之參考。

湖山水庫庫區與關連溪流生態系 經營管理建議書

初 稿

經濟部水利署中區水資源局
行政院農委會特有生物研究保育中心

中華民國 102 年 12 月

目錄

一、 前言	201
1.1 緣起與目標	201
1.2 建議書研擬流程	202
二、 溪流生態系基本資料	202
2.1 地理資料	202
2.1.1 庫區	203
2.1.2 梅林溪	203
2.1.3 清水溪	203
2.2 湖山水庫地區魚類資源現況	204
2.2.1 梅林溪流	204
2.2.2 桶頭攔河堰上游(清水溪上游)	204
2.2.3 桶頭攔河堰下游(清水溪下游)	205
三、 經營管理策略	206
3.1 湖山水庫庫區	206
3.1.1 水質管理	206

3.1.2 外來種與放生.....	217
3.1.3 垂釣.....	229
3.2 梅林溪、清水溪(桶頭攔河堰).....	231
3.2.1 河川天然流量與水域可利用棲地面積減少.....	231
3.2.2 洄游性魚類溯游障礙.....	237
四、 結語與建議.....	239
五、 參考文獻.....	240

一、前言

1.1 緣起與目標

臺灣的河川流路短促，河床比降頗大，上游多超過 1/100，下游則介於 1/200–1/500 間。流域面積小，降雨集中於 5–10 月，水量豐枯懸殊，豐水期流量大，雨季及颱風季節甚至泛濫成災，枯水期細水涓涓，甚至乾竭。因此，為了充分利用有限的珍貴水資源，建立水庫為常用的解決方法之一。根據經濟部水資源局統計資料顯示，臺灣目前的水庫共有 41 座（不包含外島 24 座水庫），其中較大型的水庫如翡翠水庫、石門水庫、日月潭水庫、鯉魚潭水庫等，其管理單位分別為經濟部水利署臺北水源特定區管理局、經濟部水利署北區水資源局、臺灣電力股份有限公司、經濟部水利署中區水資源局，另較大型的水壩及攔河堰約 28 座（表 1）。臺灣多數的水庫營運後的經營管理，多偏重於庫區及集水區內水質、水文的管控與水量的調配等非生物面向，卻常忽略與水庫水體健康息息相關的生物面向。近年來隨著生態保育觀念的抬頭，水庫水域與周邊環境生態資源調查研究與經營管理逐漸受到水庫管理單位的重視，例如「石門水庫上游集水區保育治理之生態保育措施評估」計畫（2007–2008）、「翡翠水庫水生動物多樣性之長期監測」計畫（2006–2008）、「鯉魚潭水庫水域與周邊環境生態資源調查」計畫（2008–2009）等。過去日月潭水庫長期進行水中生物資源監測計畫，記錄魚種有 12 科 32 魚種，其中屬於特有魚種 8 科 16 種，另外 5 科 16 魚種為放流魚種，放流魚種佔 50%。本（2013）年以前放流魚種以曲腰魚（*Culter erythropterus*）、青魚（*Mylopharyngodon piceus*）、鯪魚、鯉魚（*Carassius cuvieri*）及草魚（*Ctenopharyngodon idellus*）為大宗，偶有鰱魚（*Cirrhinus molitorella*）、鯽魚（*Carassius auratus*）、泥鰱及武昌魚（*Megalobrama amblycephala*）放流。日月潭區漁會有紀錄者自 2007 年至 2012 年止，分別有 10,000 尾、118,767 尾、108,000 尾、38,000 尾、471,400 尾、149,600 尾，每年放流數量差異大，每年漁獲量亦完全闕如。另放流單位以宗教團體及臺電較為頻繁，其他尚包括南投縣政府、日月潭區漁會（該會自 2010 年起已停止放流魚種）及個人等等。庫區內水域生物種類、數量與水體品質息息相關，近年來雖然有相關放流(生)法令予以規範，但因缺乏對水域生物資源長期、計畫性的監測與控管，相關法令常無法有效落實與推動。因此，

如何充分並即時掌握水域生物資訊，事前科學性規劃控管、事後計畫性追蹤評鑑，實為未來水庫永續經營管理必需面對的課題。

經濟部水利署計畫於北港溪河系上游建置湖山水庫，其水源為濁水溪河系之支流清水溪，屬中游河川生態，另水庫位址位於北港溪河系上游支流梅林溪河谷，屬上游雷公溪型河川生態，暴雨來時河水迅速上漲，過後水量遽減，乾季時甚至部分河段有斷流情形。因此，水庫水源自清水溪越域引入後，不但清水溪下游河川生態會因流量減少而受衝擊，湖山水庫庫區下游水域（梅林溪部分）之河川生態亦將會造成影響。

因此本計畫擬藉由水域生物監測、指標魚種生活史、水域生物棲地需求及基流量、水域生物生態系食物網模式等資料累積與彙整，並參考國內外文獻與歷年來湖山水庫地區魚類資源現況調查成果，撰寫報告及湖山水庫庫區與關連溪流生態系經營管理建議書，提供相關單位未來水庫與溪流生態系經營管理及系統化監測參考。

1.2 建議書研擬流程

2001 年 1 月 30 日湖山水庫工程計畫奉行政院臺經字第 37096 號函核定實施，惟為降低該計畫對生態環境造成的衝擊，2006 年 1 月 16 日「湖山水庫工程計畫生態保育措施」經環保署以環署綜字第 0950005611 號函同意備查，工程開發單位施工時必需確實依照生態保育措施及「湖山水庫工程計畫環境影響評估報告書」相關內容及承諾事項辦理。

本計畫為生態保育措施專案研究計畫中之溪流生態系統之調查研究規劃計畫項下之子計畫，本計畫自 2010 年開始先討湖山水庫溪流生態系遭遇問題及未來經營管理方向架構圖（圖 1），擬依此架構並持續納入 2007 年 5 月至 2013 年 12 月底溪流生態系相關調查研究成果分析資料加強並修正建議書的內容。

二、溪流生態系基本資料

2.1 地理資料

湖山水庫為一離槽水庫，位於雲林縣斗六市湖山里及古坑鄉棋盤村，水庫壩體分為湖山主壩、湖山副壩及湖南壩三部份，分別位於北港溪支流

梅林溪上游之北勢坑溪支流土地公坑溪、中坑溪及南勢坑溪主流上。水庫設置目的主要為解決雲林地區用水供應並減緩沿海因長期抽用地下水導致地層下陷的問題。其集水區位於斗六丘陵西麓，北港溪支流梅林溪上游，行政區域則為雲林縣斗六市、古坑鄉相鄰山區，總集水面積僅 6.58 平方公里，水庫容量 5,347 萬噸，因梅林溪本身水源有限，故在鄰域濁水溪支流清水溪構築桶頭攔河堰（集水面積 259.20 km²）引水挹注。

2.1.1 庫區

庫區內共選擇 3 個樣站，分別為：南勢坑溪、崙尾坑溪及土地公坑溪，3 條溪流都為可跨越性之雷公溪型溪流，暴雨來時河水迅速上漲，雨後溪流水量迅速變小，乾季時甚至部分河段有斷流情形，3 條溪流又因溪流長度、坡降及河床底質的不同，形成不同的流況及生態環境。整體而言，崙尾坑溪底質組成偏大，流量小時地表逕流易出現不連續之情況，甚至完全變成伏流，較不利水域生物生存。另南勢坑溪雖然流路較長、水量較多且有連續流況，但因施工頻繁且環境變遷較劇，生態棲地環境較不穩定，上游區域亦有部分河段有斷流情形，亦不利水域生物生存。土地公坑溪擁有彎曲綿長的河道，也有穩定的水量及幽閉的環境，水庫完工蓄水後上游應仍有部分溪流型棲地環境存在，提供僅適合生活於溪流型棲地的魚類生存。2013 年間各樣區之棲地環境因施工範圍擴大而造成改變（圖 2）。

2.1.2 梅林溪

庫區外梅林溪河段共選擇 2 個樣點調查，分別為梅林溪及北勢坑溪。2 條溪流河道較寬，水流趨於平緩；梅林溪因施工影響，泥沙堆積作用旺盛，水流量較不穩定；北勢坑溪的河道較彎曲綿長，也有穩定的水量及幽閉的環境，屬於溪流型溪地，以淺流為主（圖 3）。

2.1.3 清水溪

清水溪主流河段以桶頭攔河堰分為上、下游，各選擇 3 個樣點分別為：上游的樟湖吊橋、瑞草橋及桶頭吊橋；下游為桶頭橋下游、鯉魚大橋及南雲大橋。樟湖吊橋因自然災害的影響，造成道路及橋墩損害，河床上布滿大小不一的石頭，屬於溪流型的棲地，洪水時期，水流深且廣，也有部分深潭形成；其餘樣點的河道寬且長，洪水時期水流深且急，其中桶頭吊橋

因長期施工而無法進入調查（圖 4）。

2.2 湖山水庫地區魚類資源現況

2.2.1 梅林溪流

自 2013 年 1 月至 2013 年 12 月底止，梅林溪河段共選擇 5 個樣點（包含土地公坑溪、北勢坑溪、南勢坑溪、中坑溪及崙尾坑溪等支流）魚類調查共發現 3 科 5 種 163 尾魚類（表 1），皆為臺灣特有種，無保育類魚種，主要優勢魚種為鰕虎科的短吻紅斑吻鰕虎（*Rhinogobius rubromaculatus*，33.7%）、明潭吻鰕虎（*R. candidianus*，24.5%）及鯉科的粗首鱖（*Zacco pachycephalus*，23.3%）（圖 5）；整體而言，自 2007 年 5 月至 2013 年 12 月底止，魚類調查共發現 4 科 8 種 3273 尾魚類（表 2），臺灣特有種計 8 種，特有種比例 99%，其中包括屬於保育等級Ⅲ「其他應予保育之野生動物」的魚類埔里中華爬岩鰕（*Sinogratromyzon puliensis*），就整體數量觀之，主要優勢魚種為鯉科的臺灣馬口魚（*Z. barbata*，29.5%）、鰕虎科的短吻紅斑吻鰕虎（26%）、鯉科的粗首鱖（22.6%）及明潭吻鰕虎（20.9%）（圖 6）。

自 2013 年 1 月至 2013 年 12 月底止，蝦蟹類共記錄 3 科 3 種 140 隻，主要優勢物種為粗糙沼蝦（*Macrobrachium asperulum*，94%），其餘為多齒新米蝦（*Neocaridina denticulate*，1%）及拉氏清溪蟹（*Candidiopotamon rathbunae*，5%）（圖 7）；整體而言，自 2007 年 5 月至 2013 年 12 月底止，蝦蟹類調查共發現 4 科 6 種 2016 隻，主要優勢種為粗糙沼蝦（84%）、多齒新米蝦（10%）及拉氏清溪蟹（5%）（圖 8）。

2.2.2 桶頭攔河堰上游(清水溪上游)

自 2007 年 5 月至 2013 年 12 月底止，清水溪河段（含上、下游，6 個樣點）共發現 10 科 26 種 7153 尾魚類，其中特有種 12 種；珍貴稀有保育類野生動物 1 種（埔里中華爬岩鰕）（表 2）；主要優勢魚種為明潭吻鰕虎（22.3%）、埔里中華爬岩鰕（17.3%）、臺灣間中華爬岩鰕（*Hemimyzon formosanum*，16%）、臺灣石鱖（*Acrossocheilus paradoxus*，12.1%）及粗首鱖（10.8%）（圖 9）；在上游河段部分，則共發現 6 科 14 種 3248 尾，主要優勢魚種類組成相同，分別為臺灣間中華爬岩鰕（27.2%）、埔里中華爬岩鰕（23.6%）、明潭吻鰕虎（14.3%）、臺灣石鱖（11.3%）及粗首鱖（6.2%）。

(圖 10)。

桶頭攔河堰上游樣站從 2013 年 1 月至 12 月底止，共發現 4 科 10 種 257 尾魚類，主要優勢魚種為臺灣間爬岩鰍 (33%)、短臀鮠 (22%)、臺灣石鱚 (13%) 及明潭吻鰕虎 (9%) (圖 11)；相較於去年，魚類調查共發現 5 科 11 種 586 尾，主要優勢魚種為埔里中華爬岩鰍 (28.3%)、臺灣間中華爬岩鰍 (25.8%)、明潭吻鰕虎 (16%) 及臺灣石鱚 (9.4%)；因桶頭攔河堰的施工範圍擴大，桶頭吊橋樣點站全年無法進入調查，且隨著今年的雨季較多且集中在 5 月至 8 月期間，上游 2 個樣點之調查數量有逐漸減少趨勢。

蝦蟹類自 2007 年 5 月至 2013 年 12 月底止，清水溪河段共記錄 4 科 8 種 1994 隻，分別為粗糙沼蝦 (62.9%)、大和沼蝦 (*M. japonicum*, 20.8%) 及多齒新米蝦 (15.7%)，其中粗糙沼蝦明顯較為優勢 (圖 12)；在上游河段部分，則共發現 3 科 6 種蝦蟹類，主要優勢種組成相同，以粗糙沼蝦 (66.2%) 為主要優勢，其次為大和沼蝦 (31.4%) 及多齒新米蝦 (1.8%) (圖 13)。

桶頭攔河堰上游樣站自 2013 年 1 月至 12 月底止，共發現 2 科 3 種，主要優勢種為粗糙沼蝦 (55.9%)、大和沼蝦 (42.6%) 及多齒新米蝦 (1.5%) (圖 14)，優勢種蝦蟹類的組成比例與去年相似，分別為粗糙沼蝦 (73%)、大和沼蝦 (23.6%) 及多齒新米蝦 (2.1%)。

2.2.3 桶頭攔河堰下游(清水溪下游)

清水溪過了桶頭吊橋後，其坡度漸緩，流速也漸緩慢，河道也較上游寬，自 2007 年 5 月至 2013 年 12 月底止，清水溪下游河段之桶頭橋下游、鯉魚大橋及南雲大橋為調查記錄種類最多的樣站，共發現 9 科 26 種 3905 尾，主要優勢魚種類組成與清水溪河段 (含上、下游) 相同的為明潭吻鰕虎 (29%)、粗首鱚 (14.6%)、臺灣石鱚 (12.7%)、埔里中華爬岩鰍 (12.2%) 及相異的高身小鰾魮 (9.7%) (圖 15)。從 2013 年 1 月至 12 月底止，共發現 7 科 17 種 257 尾魚類，主要優勢魚種為明潭吻鰕虎 (20.7%)、埔里中華爬岩鰍 (15.6%)、粗首鱚 (14.2%)、臺灣石鱚 (13.8%) 及短臀鮠 (12.4%) (圖 16)；相較於去年之魚類數量較為減少，共發現 7 科 17 種 514 尾，主要優勢魚種為明潭吻鰕虎 (20.4%)、埔里中華爬岩鰍 (15.4%)、粗首鱚 (14%)、臺灣石鱚 (13.6%) 及短臀鮠 (12.3%)。

蝦蟹類自 2007 年 5 月至 2013 年 12 月底止，在下游河段部分共發現 3 科 5 種蝦蟹類，主要優勢種組成相同，以粗糙沼蝦（63.9%）為主要優勢，其次為多齒新米蝦（19.2%）及大和沼蝦（16.2%）（圖 17）。

桶頭攔河堰下游樣站自 2013 年 1 月至 12 月底止，共發現 2 科 4 種 646 隻，主要優勢種為粗糙沼蝦（73.4%）、大和沼蝦（18.4%）及多齒新米蝦（8.0%）（圖 18），優勢種蝦蟹類的組成比例與去年相似，共發現 2 科 4 種 878 隻，分別為粗糙沼蝦（53%）、多齒新米蝦（28.8%）及大和沼蝦（18.1%）。

在分布方面，於桶頭攔河堰上游分布的魚種有鮎魚及臺灣纓口鰍；而桶頭攔河堰下游分布的魚種有鯰、尼羅口孵魚、大鱗泥鰍、日本鯽、鯉魚、羅漢魚、中華花鰍及泥鰍；桶頭攔河堰上下游都有分布的魚種為明潭吻鰕虎、埔里中華爬岩鰍、粗首鱗、臺灣石鱗、短臀鮠及臺灣間爬岩鰍，都為臺灣溪流常見魚類。桶頭攔河堰上游共調查記錄 10 種魚類，桶頭攔河堰下游共調查記錄 17 種魚類。如以魚科別比較上下游差異，桶頭攔河堰上游魚類組成大多以平鰭鰍科為優勢族群，桶頭攔河堰下游以鯉科為優勢，可見桶頭攔河堰上下游的魚類組成有所不同。

三、經營管理策略

3.1 湖山水庫庫區

3.1.1 水質管理

3.1.1.1 問題解析

(1) 泥沙淤積

水庫集水區內的崩塌地所產生的岩塊或山坡上所沖蝕下來得泥沙，由地表逕流攜帶進入水庫，大量沉澱下來成為淤積。淤積會影響水庫的正常運作，減少有效蓄水容量，同時也可能影響取水口之正常運轉及水庫調節性能等甚至堵塞洩流設施而危及水庫安全，且泥沙淤積的速度對水庫使用的年限影響很大。

造成臺灣地區水庫淤積的主因有：地質結構較鬆散，岩層和土壤都很容易被水沖蝕而下；地形陡峻，強化逕流的沖刷能力；降雨時間集中，雨

量豐沛，沖刷力量強大且水庫上游區域之土地利用密集，其主要影響因素有：

A. 農業活動

人類之農業活動常需清除地面上原有植被及鬆動表土，導致抗蝕能力降低，土壤侵蝕率升高。其侵蝕比例與土地坡度、土壤特性、作物種類及耕種方式有關。如清除山地上之森林所造成之侵蝕率遠大於清除緩坡或平地之植被；農業活動在泥岩地區所形成之侵蝕率大於抗蝕力較強之沙岩地區；坡地上栽種桂竹所造成之侵蝕率大於一般果園；山坡地以梯田方式耕作之侵蝕率將小於順坡耕種者。

B. 伐木

森林在伐木後可能因下列原因而導致山坡地崩塌：(a) 樹根腐化影響土層強度，減低坡面移動之抵抗力；(b) 擾動伐木區表土及破壞植被；(c) 蒸發散量 (evapotranspiration) 降低增加土壤水份，影響坡塊安定性。伐木對崩塌之影響與餘木密度、地被層植生、林地再生率及型態、伐木區具體條件及逕流特性等因素有關。坡地崩塌常在林木砍伐後，因根部腐化失去抗滑作用而發生，其程度在 10 年內常可增加 4~5 倍 (Bishop and Stevens, 1964)。

C. 築路

山區築路是土壤加速侵蝕之主要原因之一。築路施工時常需於上坡面進行挖掘而於下坡面進行填土，多餘之土壤常被直接倒入下坡面，於暴雨時經逕流沖刷入河川。且山地築路也常導致坡面發生崩塌。其原因為：下坡面承受重量因填土而變大；坡面變陡，挖掘使上坡面支撐變弱；道路之排水導致逕流集中，沖刷能力變大；道路因排水不良而增加入滲量，使坡塊含水量趨於飽和 (Sidle et al., 1986)。以臺灣之翡翠水庫集水區為例：該集水區面積為 303 km²，1984 年水庫完工至 1995 年間之年均淤積率為 882,000 m³。因來沙幾乎全部淤積於水庫內，此期間集水區之年均土壤侵蝕率可估得為 2.91 mm。1996 年，因北宜高速公路之施工，當年 7 月 31 日~8 月 1 日受到強烈賀伯颱風之侵襲，集水區泥沙產量大增，水庫年淤積率升為 3,470,000 m³，相當於 11.45 mm 之年均土壤侵蝕率。依此來看，

除因賀伯颱風侵襲外，北宜高速公路之施工可能為該年度土壤侵蝕率劇升因素之一。1997～2008 年間，水庫年均淤積率降為 623,000 m³ (王文江，2013)。

D. 其他沙源

人為活動除了加速表土侵蝕外，也可能增加溪流沖刷量，例如溪流因河道內人工結構物（例如水庫、攔沙壩等）來攔阻泥沙使下游河床形成長距離沖刷，或因橋樑結構等緊縮水流而形成局部性沖刷。溪流也可能因集水區人為開發導致暴雨逕流集中，河道洪水流量變大而挾帶泥沙至下游河段堆積。

自然界中的崩坍與沖蝕，其因素複雜，如氣象、水文、地質、地形、山林等，多非人力所能控制，因此為減低水庫內泥沙淤積的速度，應結合政府與民眾力量來共同維護自己的居住地及延長水庫的使用年限。

(2) 水庫集水區營養鹽來源

水庫營養源可分為天然因素及人為排放因素兩部分，天然因素部分，在水庫開始蓄水後，被淹沒地面植被、枯枝、落葉等會逐漸的腐爛，生態系統中扮演分解者（decomposers 或 reducers）角色的異營性生物，最終會將其分解成簡單的化合物或氮、磷等基本元素，經大氣沉降進入水體中或與土壤微生物形成固氮作用並重新參與物質循環，被自營性生物再次利用。

水庫蓄水初期，隨著時間逐漸增加「優養化」將加速進行，優養化是指水域中藻類生長所需的營養鹽濃度逐漸增加的一種情形，原本水域的優養化是一水域生態系自然消長的過程，而人們總喜歡居住在河邊或湖岸，其日常生活過程中所需的水，經生活而排出的廢水亦都直些排放至水中，故也會逐漸使水中營養鹽濃度增加，形成優養化現象。這種人為因素造成水域的優養化稱為人為優養化，人在營養過剩的情況下會有疾病產生，而水庫亦同，當水域中的營養鹽過量時，對環境也會造成負面影響。水體所涵容的氮、磷營養鹽逐漸增加，再加上人為排放因素使水庫水體之含氮、磷營養物質過高，而因人為活動而帶入大量的營養物質，如水庫上游水源地經農牧、工礦廢水、生活污水、垂釣汙染、山坡開墾種植所需之農藥及人工肥料等非源點汙染流入河川，再沉降於水庫中與底泥結合，而底泥釋

出的磷、氮元素為藻類生長的主要來源，過多的營養元素提供浮游植物、藻類突發性過度增殖的能量，其結果造成藻類大量繁殖，又稱為藻華 (algal bloom)。藻華增加，常見藍綠藻和鞭毛藻類的大量繁殖。水域中魚蝦貝類的初級消費者大都無法攝食這兩類藻類，又此兩類藻類的代謝作用產物往往有毒，可能造成紅潮，使魚蝦貝類死亡，水質惡化，嚴重影響水庫供水品質及水域生態。水域中浮游藻類的增加原本為提高生態系中的生產量，原利於生態系生物，但當數量超過消費者所能消耗時，多餘的浮游藻類就大量死亡而在水中腐爛分解，造成水域中缺氧，使水中的魚蝦貝類死亡 (註一)。又因水體缺氧造成有機酸的累積使 pH 降低，此同樣不利水生生物的生存。另底泥含有過多營養物質亦曾經厭氧釋出黃酸、腐植質等有機酸，在自來水廠處理時會生成三鹵甲烷之物質而影響人體健康。

點污染源是透過支流及排水路的收集流入河道進入水庫，而晴天累積在地表及土壤中的營養鹽則在降雨時透過地表沖刷及地表下滲漏的途徑以非點源污染的形式流進河道或水庫 (樓基中, 2010)。另水庫如使用生物防治方式來減低藻類形成時，要控制生物防治之魚類多寡，如太多其排泄物或釣客使用太多之人工餌料，亦會造成水質優養化。要減少水域的優養化，唯有將我們日常生活所產生的廢水經過處理，減少磷酸鹽及硝酸鹽等成分後再排放到水中，再者改變我們的生活習慣及減少合成肥料的使用也非常重要 (圖 19)。

3.1.1.2 國內外水庫相關案例蒐集與探討

(1) 污染源控制

污染源分為非點源污染及點源污染，在水庫集水區營養鹽的來源及控制方面，非點源污染包括集水區地面氮與磷的收支及機轉與非點源污染之控制；點源污染包括水庫集水區營養鹽之控制方法及點源污染控制—人工濕地法。

A. 日本：

日本湖泊集水區營養鹽控制策略與方法主要分為點源控制工法及非點源控制工法。日本湖泊流入排水路營養鹽控制的方法，有礫間處理系統、接觸填充水路淨化法、曝氣法、薄層流淨化法、伏流淨化法、多自然型河

川工法、水生植物淨化法、人工浮島等。非點源控制工法上，源頭控制較常使用包括林地更換較不易落葉的樹種、農地使用測溝施肥或緩效性肥料施肥；逕流處理，日本較常使用的控制方法，植物緩衝帶或保護帶、滯留池或人工濕地等，這些方法若國內地理環境許可，亦可適用；流入湖庫之河道或排水溝的淨化法，礫間氧化、接觸排水路、入滲、薄層流、漫地流、濕原、人工濕地、河道浚渫或湖口湖等，若環境條件合適、設計、施工與管理適當，國內均可使用。

B. 美國與歐洲：

美國與歐洲湖泊的集水區營養鹽控制策略，水體營養鹽水質標準或目標之訂定，美國集水區營養鹽控制技術措施，包括人工濕地及濱水區緩衝帶。德國非點源營養鹽污染防治現況，包括使用源頭控制、人工濕地及濱水緩衝區及歐美案例與作法適用性分析。

C. 國內：

於其他優養水庫集水區營養鹽控制方法之建議，為區域性營養鹽準則之擬定、水庫基本資料調查、水庫水質、藻類調查與優養評估、水庫污染負荷調查與估計、水庫水質模式之建立與應用、湖庫優養模式、建立湖庫參考狀態之輔助模式、集水區管理模式及水庫優養控制規劃來減低水庫營養鹽之濃度（國立成功大學環境研究中心，2005）。

(2) 生物防治

浮游植物、藻類大量發生的同時，淡水魚類將隨著水體由天然溪流棲地進入庫區湖泊型棲地，或藉由人為有計畫的放流、亦可能是非法與不當的放生活動進入庫區，新水體的魚類群聚結構將會在數年內逐漸建立。根據國外研究報告（Bhukaswan, 1980）指出，在水庫建造完成後之前幾年，水庫中魚類的生產力會因食物來源供應無虞之故達到最高。而影響水庫魚類生產力的因素包括土壤中釋出之營養物質、淹水後植物分解形成之有機物含量與水庫底層一些地表營養物質之溶解釋出量等。植食性（phytophagy）魚類雖能有效降低水體中浮游植物或藻類的數量，但當其族群量達高峰時，大量的排泄物與因自然或食物鏈中消費者間的掠食競爭而死亡的個體，亦將嚴重影響水域生態的健康。採取有效的魚類資源管理

手段，維持水域生態系中生產者與消費者的適度平衡，是水庫管理單位在水庫開始蓄水後必需認真面對與重視的經營管理課題。

3.1.1.3 未來經營管理策略建議

(1) 設立水文站

水文站包括氣象站、雨量站、水位站等，設置目的在收集水庫集水區域內的氣象（包含風速、風向、氣壓、蒸發量、相對溼度及氣溫等）與降雨量，及水庫集水區與上游各主要河川的水位資訊，作為水庫蓄水、調蓄利用的操作參考。現今因全球暖化、氣候變遷等因素影響，對於未來水文環境變化仍具高度之不確定性，如驟雨頻率變多、降雨量及強度增加、乾旱期增加等，極端水文事件發生規模與頻率改變，對水利建設及河防安全也造成很大的衝擊。因此除水文站外建議設置流量觀測站，維持水文觀測能量，強化即時傳輸功能，並能即時掌握及監控水文環境資訊與加值預報應用，以降低環境變遷的衝擊。

(2) 防污、水土保持

水庫建立後為減少淤沙進入水庫，應於集水區或周邊地域做好水土保持，集水區人為開發所引起之加速侵蝕可實施水土保持來抑止，其原則為依侵蝕型態採取適當措施，以降低地表逕流之侵蝕能力，提高表土之抗蝕能力，及攔阻逕流所挾帶之泥沙。各類型態土壤侵蝕可依其具體條件，單獨或綜合的應用上述各類水土保持措施來控制。說明如下：

A. 表土侵蝕：

多發生於裸露地或農地。控制裸露地之表土侵蝕宜採植生措施，在已遭人為破壞之地表或坡面種植草生植物，以減低雨滴對表土之撞擊力及阻滯地表逕流以減低其沖刷及輸沙能力，並以其根系抵抗逕流沖刷。植生所用植物宜以能適應當地土質與氣候為重要考慮因素。農地則宜採取梯田（亦即平臺階段）措施。

B. 蝕溝沖刷：

集水區內之蝕溝在暴雨時因地表逕流入溝而發生坡面沖刷與溝底溯

源冲刷。坡面冲刷治理措施包括：坡面植生以保护表土；在坡顶设置植物过滤带及截洩沟以避免逕流及泥沙进入坡面；在坡面上设置安全排水设施，以避免逕流过度集中而冲刷坡面或淘刷坡脚。沟底溯源冲刷可沿蚀沟以适当间隔设置潜坝或节制坝以抬高水深、降低流速来抑止。

C. 崩塌地土壤流失：

坡地崩塌不仅在坡脚堆积大量泥沙，而且坡面也易遭受侵蚀。控制措施包括：设置坡面稳定工程，以抑止崩塌之继续发生；于坡面植生及设置安全排水设施，以抑制表土冲刷；于崩塌处下游河道修筑防沙坝以拦阻泥沙。

D. 林地土壤流失：

集水区内宜林地因滥伐、滥垦以致发生崩塌或严重表土流失时，应儘快造林；近程措施为在坡面植生，并设置边坡稳定与安全排水设施，以避免坡面逕流过度集中而发生严重冲刷或扩大崩塌范围。

E. 道路土壤流失：

集水区内未施以水土保持措施之道路极易在暴雨时形成滑塌与冲刷。改善措施包括：设置边坡稳定工程及安全排水设施，并于坡面植生；设置路面排水设施；铺设柏油或水泥路面，并使其具有纵向坡度，以避免因积水而至路面受损发生冲刷。

F. 河道冲刷：

河水可能冲刷河床或淘刷岸脚而发生崩塌。河床冲刷通常起因于上游来沙不足或河道局部过陡。改善方法为在陡急河段兴建防沙坝、潜坝或节制坝。弯道凹岸可用护岸工程来抑止冲刷。

(3) 水库水质污染防治

要减少水库优养化即要减少在水库集水区的营养盐来源，需先统计水库水质资料以瞭解藻类生长之限制因子，并调查集水区内的营养来源（图20），但来自天然的营养盐来源很难控制，而人为最主要营养盐来源为作物的施肥，水质污染防治可分为两方面来进行，分别为源头控制及逕流处理，

可參考農地非點源污染最佳管理作業（表 3，范，1998），利用此作業規範來達成降低流速、減少沖刷、增加入滲以及利用植生控制等方法來減少污染量，以有效控制源頭之營養鹽來源。其主要方式如下：

A. 源頭控制：

在營養鹽發生的地區實施各種污染防制措施，主要內容為集水區管理以及污染行為的管制。例如以氮肥管理為例，可加強推廣有機肥的使用，而其來源可參考日本低負荷資源循環策略（森田等，2001），將集水區中產生之農牧業廢棄物處理後再回歸集水區使用；磷的部分，植體內含磷量不高，使用複合肥料往往造成磷的過量，且磷肥與土壤的結合能力強，植物的有效吸收與施肥部位息息相關，因此單質肥料的使用及有效施肥的推廣，可有效降低磷肥的浪費。

B. 逕流處理：

主要是以硬體的結構物將逕流加以處理，水庫集水區內受到坡度大的地形限制使得結構物設置不易，因此著重利用水庫邊較平緩的濱水區或下游河川做逕流處理，利用緩衝帶、緩衝區、天然及人工濕地、灌木樹籬及遮蔽帶等生態工法，利用植物攝取營養鹽或與土壤結合而沉降方式，以緩衝性的生態系統來減緩水庫優養化現象。

C. 藥物控制法：

使用硫酸銅去除藻類及植物性浮游動物。

D. 去層化作用：

一般藻華之發生多及中在水表層，利用混合作用打破層化作用，以控制藻類濃度。

E. 高級處理：

利用二段過濾法，微細篩，混凝沉澱及生物處理法去除氮、磷（林駿，2007）。

(4) 點源污染控制-人工濕地：

點源污染控制方法很多，但期望以生態工法-人工濕地來處理污水措施。人工濕地係以工程方式構築池塘或溝渠，性質與自然濕地類似，並種植水生植物，導入廢污水進行淨化處理之技術。即具有飽和含水層的土地領能承受經常性的洪水氾濫，並且有水生植物生長在水域上。濕地底不可為不透水土壤層或其他介質 20~30 公分，以提供水生植物著根(國立成功大學環境研究中心，2005)。

(5) 生物防治

生物防治法最常被利用之水生動物為魚類，國內、外研究發現，有許多種魚類對於湖泊水庫水質具有顯著的影響，例如鯉科的黑鰱(*Aristichthys nobilis*，又叫花鰱或大頭鰱)與白鰱(*Hypophthalmichthys molitrix*，俗稱竹葉鰱或白葉鰱)。黑鰱性情溫馴，時常緩慢悠游於水域上層，主要攝食動物性浮游生物，且成長快速，和其他魚種一起混養，不只可以充分運用水體中的天然餌料，同時也經由食物鏈達到動態平衡以維持水質的穩定，黑鰱的浮游生物攝取量可達 6.7%體重。白鰱善於跳躍，對環境適應力強，成長迅速，棲息於大型河流或湖泊的上層水域，並以浮游植物為食，又稱食藻魚，是藍綠藻天然的剋星，其可改善水體優養化的情況，減少水體中的氮磷含量並維護水體品質。研究報告顯示(石等，1976)，白鰱在浮游植物繁盛水域中，每小時可攝食體重 1.4–1.6 %左右(乾重)或 13.3%左右(濕重)的藻類。在 4–10 月之生長期間，白鰱攝食的浮游植物平均可達其體重量的 11.4%。體長 9–11cm 左右的白鰱，每天可濾食六百萬個細胞的螺旋魚腥藻(*Anabaena spiroides*)。黑鰱、白鰱類因其終身攝食浮游生物的特性，對於控制水庫中各種藻類數量具有顯著的功效(石等，1976)。另據侯文祥(2010)在翡翠水庫調查結果分析顯示，水庫內黑鰱及高身鯽數量與藻個數呈負相關，顯示增加水庫內黑鰱及高身鯽數量可有效控制藻個數。根據前人經驗，為平衡控制水庫浮游動、植物的滋生，一般係以 3:1 的比例來放流白鰱與黑鰱。

另草魚喜歡覓食湖底或邊緣的大型水生植，例如茳草(*Vallisneria spiralis*)、黑藻(*Hydrilla verticillata*)、菹草(*Potamogeton crispus*)、小茨藻(*Najas minor*)等，甚至亦會覓食昆蟲及幼蟲。草魚的食量相當大，每天攝取沉水植物超過體重的 93%，甚至超過魚的體重。雖然某些魚類並無

法完全消化藻類(尤其是綠藻)，但是半消化物卻可能成為其他雜食性水生生物(如蝦子)的食物，因此可以藉由食物鏈將所有藻類能量蓄積到大型魚類或是蝦類身上，再藉魚類和蝦類適當的資源管理，有效的清除水庫中的生質能，因此除了魚類之外，通常亦會放流相當數量的底棲性沼蝦(如日本沼蝦，*M. nipponense*)，以清除水庫底部沈積營養物質。

A. 魚(物)種選擇

B. 群聚結構

通常庫區魚類資源量會在水庫開始蓄水營運後幾年迅速增加，待魚類族群量達到高峰後，接下來會有年間或季節性的波動現象，然後再逐漸趨於穩定。年間或季節性的波動現象與魚類的生活史及環境變化有關，研究並瞭解這些變動因素將有利於庫區內魚類族群變動量的長期預測與未來水庫的永續經營管理。

a. 魚類族群之形成

水庫建造完成後魚類的來源是原本上游流域存活下來及放養的魚種，湖山水庫因梅林溪本身水源有限，另自鄰域濁水溪支流清水溪構築桶頭攔河堰越域引水挹注，故其魚類來源尚包括來自清水溪的魚種。水庫的魚類群聚結構建立取決於個別魚種的性成熟時間長短，因此需要幾年的時間才會穩定下來。溫帶氣候地區將新開發水庫中之魚類群聚結構變化分為3個階段：A.成長期：魚類族群量快速生長增加；B.衰退期：溪流型魚類數量急劇減少；C.穩定期：形成以水庫型魚類為主體的群聚結構。通常在熱帶地區因為魚類的生活史週期較短，庫區魚類群聚結構達到穩定所需的時間相對也較溫帶地區為短。

b. 魚種組成

水庫建立完成初期，可能有些魚種無法適應新的水體條件而無法在水庫中生存，但有些魚種則非常適應新水體環境。在魚類族群已達穩定狀態的水庫中，也有可能受人為影響而破壞族群數量比例，例如無限制或無計畫性的開放捕撈、垂釣或人為不當的放生行為所引起的強勢掠食外來魚種入侵，皆將導致原已趨穩定的水庫魚類群聚結構失衡，進而崩

解重組。因此，透過有系統的調查、監測與研究，謹慎研議、規劃水庫的魚類資源管理措施並加以落實推動，是水庫管理單位永續維護水庫生態品質必須採取的手段。

c. 群族量分布

魚類是水庫最主要且最常見的水生生物族群，水庫的魚類群聚結構與族群數量與水庫的水質及生態環境品質息息相關。不同的魚種有不同的生活史階段、棲地喜好、攝食方式與季節變動，隨各自之生態習性不均勻的分布在水庫中。為了維護水庫良好的水質與生態環境，建議水庫管理單位最好可以長期、定期進行水庫的魚類資源調查及族群量評估，隨時準確、有效的掌控水庫各魚種組成、數量與分布等生物參數，俾據以擬訂適當有效的資源管理措施。一般常用的水庫魚類調查方法包括刺網、手拋網、大型蝦籠、魚籠、延繩釣等漁法。另特有生物研究保育中心曾於 2008 年利用科學魚群探測機，針對苗栗縣鯉魚潭水庫的魚類分布時空位置與現存量進行水下超音波聲學調查研究。相較於傳統庫區的漁法，聲學法可以相對快速、精確且大範圍的掌握水下生物現存量的多寡，提供管理單位更迅速、精確的生物資訊，值得未來湖山水庫經營管理單位參採。

C. 水生生物資源管理

a. 水生植物管理

在熱帶國家，很容易發生水庫區中的水生植物（漂浮型水生植物、沉水性植物及藻類）過量增生而導致水質惡化的問題，例如水庫上游集水區土壤營養鹽漸出，致使水生植物大量繁殖，因此水生植物管理為水庫經營管理上之重要問題。通常在經營管理上，針對水生植物清除方法有下列 3 種：A.利用人工、機械清除或過濾等物理方法；B.使用不傷害人、動物及魚類的化學藥劑清除方式；C.利用某些草食性魚類、蝦蟹、螺貝類及水棲昆蟲等生物抑制水生植物大量增殖的生物防治法。上述 3 種方法也可以彈性地綜合應用。

b. 魚類資源管理-人工產卵場

在溫帶國家，因為鱒魚、鮭魚等需要洄游完成生活史之魚種，會因水庫調整放水量使其無法上溯至合適之產卵棲所，致使這些魚種的族群量減少。因此，經營管理單位會在水庫上、下游建造人工產卵場，提供對象魚種繁衍棲地。在熱帶地區則因為具上溯習性的魚種主要為草食性魚種，這些魚類主要的繁殖季節通常都在雨季，因雨季水流量較大，若水庫的溢流流速在其游泳能力範圍內，牠們通常可以順著水庫的溢流上溯至上游河中找到合適的產卵地。在經營管理上，則需於水庫的上下游區域之魚類產卵棲地限制魚類的捕撈活動，確保其生存安全。

D. 水質生態長期監測

需長期蒐集水庫注水後完整的水文基礎資料，採樣監測水中藻類，結合藻類的群聚組成分析，建構藻類生態系的演替機制，並調查其物種種類、相對數量與空間分布，以評估水庫水體的持續變化，以及生態棲地環境效益以及其對區域內原有物種的影響。

E. 水生物疾病與寄生蟲防治

魚類若感染寄生蟲，會使生長、繁殖等功能受到影響，導致魚類數量減少，一般而言，魚類寄生蟲一般存在於 A. 淹沒前的溪流或土壤中；B. 新引進的魚種已感染；C. 食魚性鳥類或淡水軟體動物等中間宿主攜帶寄生蟲卵；D. 由上游溪流中流入。寄生蟲的數量與水庫年齡呈正比，Bhukaswan (1980) 建議在水庫經營管理上，應在水庫建置完成前後，定期於相同季節、固定樣站以固定方法採取水樣檢測來長期監控及預防控制寄生蟲大發生的問題。

3.1.2 外來種與放生

3.1.2.1 問題解析

(1) 外來種分布現況

在清水溪部分自 2007 年 5 月至 2013 年 12 月調查到的外來魚種有 5 種 24 尾，數量最豐為尼羅口孵魚 15 尾，其次為吉利慈鯛 3 尾，鯉魚、日

本鯽跟琵琶鼠各 2 尾。調查到最多外來魚種之樣站為南雲大橋 st6，共捕獲到 4 種外來魚種，分別為鯉魚、日本鯽、尼羅口孵魚及吉利慈鯛，而琵琶鼠分別於 2010 年及 2011 年 9 月於鯉魚大橋 st5 樣站中發現，而尼羅口孵魚分布最廣，除南雲大橋 st6 樣站外，亦發現於桶頭橋下 st3 及鯉魚大橋 st5 樣站；在梅林溪部分目前並未發現到任何外來魚種。

(2) 外來種的影響

A. 非蓄意引入：開發中國家對工業化國家的主要輸出是各種尚未加工的初級產品，如木材、農產品等。砍伐後的木材往往成為許多動物的臨時棲所，最常見的有蛇及蜥蜴等。當木材運送至目的地後，這些不請自來的動物也進入了當地的環境，並有可能透過捕食或競爭，對當地生態造成衝擊。此外，這些木材也可能帶有各種害蟲，一旦擴散之後，對當地的林業將造成很大的損害。在農產品方面，假如引進時沒有透過正常管道檢疫，被帶進來的害蟲有可能攻擊當地的作物，對經濟將有相當大的衝擊。許多水棲外來種生物也會經由貨船的壓艙水帶到遠處，此種入侵管道是最紛雜且最難預防控制的。以下為部分已入侵臺灣之外來物種（註七）：

a. 貓腥菊（Praxelis）

原產於南美洲，具有長的開花期、種子的繁殖率極高、很強的養份吸收力等特性，有助於快速生長及迅速覆蓋地面，影響其他植物的生長，目前常見於路邊、管理不良的農田、廢耕地及水邊。目前正在新竹、苗栗、臺中等地擴張中。

b. 野生種向日葵（Wild sunflower）

來自北美洲的向日葵是重要油料作物，早在 1700 年已引入臺灣。1995 年間，彰化縣漢寶附近卻出現一種類似向日葵的野生植物，經研究後認為是野生種的向日葵。野生種與栽培原種的區別最主要在野生種分枝性很強，而栽培種是單莖幹的。該野生種在當地似乎可以週年開花結實、種子萌芽力強且耐風耐鹽，並常見於西部海邊地區。

c. 銀膠菊 (Parthenium weed)

早在 1986 年高雄縣美濃地區的人就把它當做花材來運用。到了 1995 年它已往北擴展到彰化縣漢寶地區，生長高度接近 2 公尺的銀膠菊已成為當地優勢的草本植物。另外在金門島，1983 年前全島未曾看過銀膠菊，然而在 1997 它已為最嚴重的入侵植物。近年來花蓮縣的光復地區及南投縣仁愛鄉山區也已發現它的蹤跡。這種植物也會引起人類皮膚及呼吸道不適。

d. 大白花咸豐草 (Hairy beggarticks)

原產於美國，適應性很強、在臺灣幾乎全年開花結實、並能粘附動物皮毛上傳播。在臺灣各地平野地區幾乎都有它的分佈，也影響了許多原生植物的生存。

e. 多線南蜥 (Indonesian Skink)

此種蜥蜴相信是隨東南亞進口的原木從高雄港進來的，臺灣首次發現地就是在澄清湖附近。多線南蜥的體長可達 12 公分，而尾長約為體長的 1.5 倍。它的食性與棲地需求非常的廣，因此它已影響到許多本土蜥蜴的生存。

f. 中國梨木蝨 (Chinese pear psyllid)

果農因改良品種而從中國私自帶入梨穗進來，這當然沒有經過檢疫的過程，間接也進口了中國梨木蝨。剛開始為害時，只在果農自己的果園為害，損失的也只是增加農藥的防治成本、環境的污染及本身梨子的收成量，當中國梨木蝨擴散出去後，影響範圍也逐漸擴大。目前中國梨木蝨在臺中縣、南投縣及苗栗縣梨園皆有為害，需要動員政府農業及學術單位來防治。

B. 蓄意引入 (顏仁德，2000)：

a. 農業引種或貿易行為：

基於農業發展或貿易上的需求，人類有計畫大規模引進飼養動物或栽培植物以作為食物來源，如早已歸化的吳郭魚、已有野外繁殖紀錄的

牛蛙；或因藥用、牧草用、飼料及綠肥等用途所引進之外來植物（如藥用：毛地黃；牧草用：象草、白花三葉草；綠肥用：田菁；木材生產：銀合歡）。

b. 娛樂及觀賞用：

此類所引進物種多以民眾漁獵、育樂或觀賞用，包括寵物之飼養、放生、魚苗放流及觀賞花卉植物引進等，如巴西龜、大陸畫眉，各種熱帶鸚鵡，馬纓丹，非洲鳳仙。

c. 生物防治：

希望藉由天敵生物引進，以寄生或捕食方式來控制另一種生物的數量，進而減少農藥噴灑，為目前生物防治上所採用的方法。如引進瓢蟲以捕食介殼蟲，引進大肚魚以捕食蚊子的幼蟲孑孓等。

d. 科學研究：

因科學研究所需，引進飼養或栽植於實驗室之生物，逃脫或不慎溢出後，而入侵當地生態系。例如非洲蜜蜂（African honey bee）即是從實驗室不慎溢出而分布於美國並造成危害的一種外來種生物。

(3) 外來種影響

A. 正面影響

增加可食作物或生物種類促進經濟發展。例如：一九四六年引進以來，吳郭魚創造了可觀的經濟價值，除了供國內民眾食用之外，養殖業者更打開了日本、美國等主要市場，可說成為外銷自用兩相宜的重要養殖魚種。引進新物種可利用其天性解決本土問題。例如：布袋蓮作為水質淨化的植物，因為繁殖力極高，能吸收水中大量的重金屬，在部分重金屬污染較嚴重的工業區，能夠減輕水質優養化，是淨水、污水處理時的優良植物。

B. 負面影響（顏仁德，2000）：

a. 對原生種的影響：

(a) 掠食

掠食性的外來種會捕食當地原生物種，導致其族群量下降甚至滅絕。例如：1950 年褐色樹蛇由新幾內亞被引進關島後，至今已使 12 種特有鳥類消失了 9 種；非洲的維多利亞湖引進尼羅鱸後，捕食湖中各種魚類，造成 50% 以上的魚種滅絕。

(b) 競爭

外來種的習性若與原生種相近，就會和原生種競爭食物與棲地等資源，排擠或驅逐原生種，以取代當地原生物種的生態地位，嚴重者亦會導致原生種之滅絕。例如引進臺灣的象草、五節芒以及引進蘭嶼的木麻黃均威脅原生植物；引進的家八哥、泰國八哥則威脅臺灣八哥的存活。

(c) 傳染疾病或寄生蟲

外來種身上可能帶有外來疾病或寄生蟲，易感染沒有抵抗力的原生物種，使得原生種大規模染病，甚至死亡。早年歐洲人到世界各地探險、移民，傳播了各種疾病，引發原住民的感染與死亡。熱帶家蚊於 1826 年意外引進夏威夷，之後這個傳播禽鳥瘧疾和禽痘病毒的媒介昆蟲便迅速蔓延，並使 Kauai 島低海拔的特有唐納雀全數消失。二十年前在臺灣北部發生的松樹萎凋病，是由外來的松材線蟲引起的，造成琉球松樹的大量死亡。

(d) 雜交

如外來種與原生種親緣相近，兩者自然雜交的機會將大幅提高，其結果會改變原生種的基因組成，降低遺傳多樣性，而汙染原生種的基因。例如大陸畫眉與高麗雉分別因叫聲優美與具觀賞價值，而被引進臺灣並大量飼養，但少部分被放生或逃逸的個體，在野外適應良好並與臺灣原生種雜交，汙染了原生種的基因庫。

(e) 改變生態系統

一個生態系中，各種生物均維持穩定的動態平衡，外來種的引進常會擾亂當地的生態系統，造成失衡現象。例如：將野放家豬引進夏威夷

後，因豬有挖掘植物根莖的習性，加上從其腸道排出未消化的種子，因而促進當地少數外來種植物的傳播與生存，大幅改變當地的植物相。另琵琶鼠、大肚魚與吳郭魚引進臺灣後，這些適應性強的外來魚種，已成為臺灣污染河川中的優勢種。

b. 對人類的影響：

(a) 經濟損失

外來種最直接的影響就是金錢損失。各國政府每年都必須支付龐大的金額防治入侵種或賠償外來入侵種所造成的農業、健康及生態損失。以臺灣為例，過去引進養殖的福壽螺與非洲大蝸牛，因為市場崩盤、農民棄養，使得這些外來種族群擴散，入侵農業生態系，噬食經濟作物，不但造成稻米大量減產，嚴重影響農作物收成，政府必須貼補農民損失，而農民則必須購買農藥進行防治，這些都是巨大的經濟成本。另一入侵種小花蔓澤蘭其生長快速，會奪取其它植物的養分，且阻礙寄生植物的光合作用，導致其他植物難以生存，故有「綠色殺手」或「植物殺手」之稱，亦嚴重危害經濟。

(b) 健康威脅

引發人類新疾病。

(4) 不當放生外來種對生態的影響

放生為當前臺灣社會普遍存在的一種民間活動，因而也成為國內常見的外來種引入管道之一，儀式性放生的動物數量通常相當龐大，原生種及外來種都可能被作為放生動物，由於大多數儀式性放生活動僅為放生而放生，缺乏對於生態影響及被放生動物特性之了解，放生的結果除可能因環境不適合致使放生動物大量死亡外，然而放生過程釋放非常大量的個體，這種族群數量的急劇變化，提升了交配機會，並可能加快族群的擴張，更可能會對被放生地點生物帶來危害，甚至物種的雜交改變了原有物種族群的遺傳結構，更有可能導致原生物種的滅絕等生態災害。如生存臺灣淡水水域的巴西龜、福壽螺、烏頭翁與白頭翁雜交導致基因獨特性的流失、而日月潭也遭到外來魚類（如食人魚及玻璃魚）侵

入等實例（方國運，2000）。

3.1.2.2 國內外水庫相關案例蒐集與探討

(1) 各國外來種入侵情形

A. 夏威夷

以夏威夷為例，滿山滿谷耀眼的美麗植物，幾乎都是外來種，就連套在旅客身上的花圈，都是外來種花卉編織而成。根據植物學家的鑑定，在 1,935 種開花植物中，有 902 種是外來植物，它們幾乎佔滿了整個夏威夷，只除了最原始的棲地，即使在海岸低地及山坡較低處，看起來最自然的棲地，其植物也大半是由外界引入的。看起夏威夷曾經擁有一萬種以上的原生物種，經過無數殖民者的森林砍伐、濫殺鳥類與動物，以及成為太平洋商業及運輸中心之後，外來植物、動物、微生物，從全球各地不斷湧入，原生物種根本抵抗不了外來物種的壓境，只能接受外來種擴張成為「自然棲地」的事實（註三）。

B. 福壽螺

福壽螺於 1979 年引進臺灣，1980 年開始大量飼養與推廣，由於此螺飼養管理簡單，繁殖速度極快，所以飼養者趨之若鶩，但因肉質不合臺灣地區民眾口味，且可食部份僅及整體之 19%，加工製罐成本過高，因此養殖業者將大量福壽螺棄置於排水、灌溉水渠中。至 1982 年 7 月間各地二期稻作開始受到農害，受害農作面積達 17,000 公頃，其中水稻田面積達 4,000 公頃，政府花費三千九百多萬元試圖撲滅，但沒有效果。此後福壽螺危害越烈，19,980 公頃，單就稻米損害就高達 3,090 萬美元。福壽螺除在臺灣造成重大農業災害外，在亞洲其他國家亦有農害報告。於菲律賓 1989 年受害水稻田面積達 400,000 公頃，於日本在 1985 年受害農作物面積達 16,195 公頃，其中水稻田面積高達 16,122 公頃，此外中國大陸自 1988 年起也傳出福壽螺危害農作物的消息，整個亞洲國家均已受到福壽螺的入侵與危害（註四）。

C. 小花蔓澤蘭

小花蔓澤蘭雖於 1986 年在屏東地區即有標本採集紀錄，然而當時均

未多加重視，孰料近些年來，卻在臺灣南部、中部及花東地區頻傳其危害報導，且已擴及北部地區。小花蔓澤蘭在臺灣地區業已造成嚴重的危害，目前在中、南及東部海拔 1,000 公尺以下的山坡地、林班地、廢耕地、人跡罕至的公有地、圳堤溝壁、廢耕或管理不良的果園、檳榔園等，都可見其蹤跡。小花蔓澤蘭在入侵地區到處蔓延肆虐，許多植物都被它纏勒覆蓋而死，或因光合作用受阻，使樹勢衰弱「窒息」而死，直接競爭原生物種生存棲地，導致原生生態系的生物多樣性受到侵害，嚴重地影響著當地物種多樣性的維持及穩定。故被稱為恐怖的「植物殺手」、「綠癌」、「綠色福壽螺」或「生態入侵者」(註五)。

D. 紅火蟻

入侵紅火蟻 (Red imported fire ant, RIFA; *Solenopsis invicta*) 原分布於南美洲巴拉那河 (Parana) 流域，在二十世紀初入侵美國南方，造成美國農業與環境衛生上非常嚴重的問題，也造成經濟上極大損失。目前美國南方 13 個州以上超過 1 百萬公頃的土地被入侵紅火蟻所盤據，受侵害地區經濟損失每年估計約 50 億美元以上，單是農業上的損失即超過 7 億 5 千萬美元以上。據美國德州政府西元 2001 年的統計，因入侵紅火蟻危害所造成的實際經濟損失每年就高達 12 億美元以上。近來因商業活動與農業運輸全球化的影響，入侵紅火蟻危害的問題不再只是美國或美洲國家重視的問題，全世界各國皆需極力防範入侵紅火蟻的侵入。但因交通便利及世界貿易全球化，而使防堵入侵紅火蟻向外擴散的策略終究百密一疏，於 1975~1984 年間入侵波多黎各，1998 年入侵南加州，更於 2001 年於紐西蘭與澳洲建立了新族群，並且已造成農業與環境上的危害。亞洲地區過去一直未有發現入侵紅火蟻的報告發表，在 2003 年 9~10 月於桃園與嘉義地區發現疑似入侵紅火蟻危害農地案例，經臺灣大學採樣鑑定後確定是入侵紅火蟻，且陸續有農民與民眾被叮咬而送醫的案例通報 (註六)。

(2) 各國外來種防制相關法案 (註二)

A. 美國

美國因外來種入侵所造成的損失已達 1000 億美元，同時美國境內有超過 40% 的瀕危物種受到外來種之威脅。由於自然環境受到嚴重影響，

美國在 1999 年成立「入侵種委員會」(Invasive Species Council)，並於 2001 年展開「國家入侵種管理計畫」，提供有效處理外來種問題的重要架構與藍圖。「入侵種委員會」由內政部、農業部、商務部共同主導，協調包含州政府、財政部、國防部、內政部、農業部、商務部、運輸部、衛生及公眾服務部及環保署等機關。「國家入侵種管理計畫」目標在於統合相關機關管制外來種，與增強民間參與及國際合作。

B. 日本

於 2005 年通過管理外來種專法——「特定外來生物被害防止法」，明令規定禁止飼養、栽種、保管、運輸、輸入及其他處理的「特定外來種生物」，並以 5-10 年的時間來驅除 20 種特定外來物種。此外，該專法也規定若有野放特定外來種等違法情事，將對個人處以 3 年以下有期徒刑或 300 萬日圓罰金，對法人處以 1 億日圓以下的高額罰款。

C. 紐西蘭

於 2002 年提出「生物安全計畫」(Bio-security Program)，並由生物安全委員會 (Bio-security Council) 統籌包含農林部、保育部、保健部、漁業部、環境部、研究及科學技術部、環境風險管理局等部門推動該計劃，以強化並確保未來紐西蘭的生產與自然環境不受有害生物及疾病的影響。

3.1.2.3 未來經營管理策略建議

(1) 立法管制之相關法令規範

A. 管制外來種

生物多樣性保育是目前全世界所重視的議題，然而不論是在面對本土生物多樣性的保育或是原生物種的保護，外來種問題都不容輕忽；臺灣擁有獨特島嶼生態系，對外來生物的入侵是敏感且脆弱的，因此深入瞭解外來生物在臺灣的發展現況與影響，並確實管理外來生物的引入，是亟需且必要的。目前國內管理外來種生物的法令及管理措施，可依循「畜牧法」、「國家公園法」、「動物保護法」、「野生動物保育法」、「植物品種及種苗法」、「森林法」、「漁業法」、「動物傳染病防治條例」及「植物防疫檢疫法」等法規。農委會負責大部分管理業務，並定期追蹤各部會辦理情形。若違

反外來種相關管理法令時，罰則包括：(1) 非經中央主管機關同意輸入野生動物，處新臺幣 1 萬元以上 5 萬元以下罰鍰；(2) 違反經中央主管機關公告禁止飼養、輸入或輸出之動物者，處新臺幣 5 萬元以上 25 萬元以下罰鍰；(3) 擅自從國外引進新品種或新品系之種畜禽或種原，處新臺幣 2 萬元以上 10 萬元以下罰鍰；(4) 販賣或持有經公告禁止或限制的水產動物，處 3 年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣 3 萬元以下罰金。(5) 如果棄養的動物有破壞生態之虞，可處 2 至 10 萬元罰鍰。

國內推動外來種防治的現況可分為建立跨部會管理機制、分級防治與監控等部分，分述如下：(1) 建立跨部會管理機制：由農委會邀請內政部、衛生署、環保署、海岸巡防署等相關機關及專家學者舉辦跨部會會議，進行監測及防治；(2) 加強入侵種生物防治：農委會將 21 種入侵種生物分為「優先防治」、「長期管理」及「觀察評估」等三類；(3) 持續蒐集聯合國國際保育聯盟所列世界惡性入侵生物名錄及鄰近國家（包括中國大陸）之入侵種名錄。(4) 加強寵物店販售生物之管理（黃德昌，2005）。

B. 放生保育相關法令

a. 中央主管機關

為規範不當的放生行為，行政院通過野生動物保育法修正草案，規定放生將採「許可制」，須經指管機關同意。若違法放生，導致大量死亡，將處最高 250 萬元罰鍰，放生「是放經飼養之野生動物」，應經農委會同意，以防止民眾任意棄養或放生飼養的野生動物，造成生態破壞。近代放生活動其來源多購自野生動物飼養販賣業者，除可能倒置放生動物不適應而死亡，也增加破壞生態環境、散播疾病的可能性，因此林務局依公告之「營利性野生動物飼養繁殖管理辦法」修正草案，明確要求業者其動物來源必須合法，並應遵守飼主責任，以解決長久以來野生動物飼養、繁殖、販售的亂象。

野生動物保育法修正草案規定，違反規定釋放一般類野生動物，處新臺幣 5 萬元以下罰鍰，違反規定釋放保育類野生動物，處 5 萬元以上、25 萬元以下罰鍰。違反規定致釋放的野生動物大量死亡或有破壞生態之虞者，處 50 萬元以上、250 萬元以下罰鍰。

在水庫集水區的放生活動，依照水庫蓄水範圍使用管理辦法規定，應事先向主管機關提出申請。若未依規定申請任意放生，則依水利法第 93 條之 3 的規定，可處新臺幣 1 萬元以上 5 萬元以下之罰鍰。若在海洋、潟湖或潮間帶等任意進行放生活動，則依漁業法規定，可處 3 萬元以上 15 萬元以下之罰鍰。

b. 地方主管機關

(a) 臺中市

放生保育自治條例：於 2012 年 10 月 22 日公布，其條例內容為進行放生行為前要先與農業局申請，內容須包括申請人或團體之基本資料、放生目的與實施方法、時間、地點、放生對象之基本資料，包括來源、數量、食性、自然棲息環境等及預防造成放生動物緊迫或死亡與為害生態及風險評估管理措施。如未申請可處 2 萬元以上 10 萬元以下罰鍰，且違反規定導致為害生態環境之虞者，應負清理責任；如未清理則由農業局依行政執行法規定辦理。

(b) 南投縣

放生保育自治條例：於 2007 年 4 月 14 日公布，內容與臺中市放生保育自治條例相似，因此不再論述。

(c) 臺北市政府

於 95 年 6 月 6 日公布臺北市公園管理自治條例，以加強公園管理，維護公園環境設施，避免少數行為人因不依規定使用之禁止行為，給予適當之行政處分，以保障多數民眾使用公有設施之權益。如違反第 13 條第 2 款在公園內不得在水池或湖泊內隨意放生之規定，將依自治條例規定，分別處以新臺幣 1,200 以上 10 萬元以下罰鍰，或移請警察機關依社會秩序維護法之規定處理。

(2) 放生魚種的限制及選擇

密集並選擇性的捕撈以及非法或不當放生行為的禁止，可以有抑制較強勢領 的肉食性魚類（如鯰魚，*Parasilurus asotus*）以及雜食性的外來入

侵種魚類的族群數量，而使得原生雜食性及草食性魚種數量增加，維護水質與生態平衡。

放流可選擇不同魚種組合，以達其放流目的。一般以當地或臺灣原生魚種為優先，其次為外來魚種。放養前應謹慎評估，避免破壞食物鏈的平衡。一般水庫放流魚種組合多選擇濾食動物性浮游生物的黑鰱、濾食植物性浮游生物的白鰱、攝食水生植物的草魚、攝食浮游動物、池底的螺、貝、昆蟲、紅筋蟲等底棲生物與植物種子，水生植物，底屑等的鯉魚、攝食浮游生物、藻類、水草碎片和腐植質的鯽魚等。由於鯉魚多於水庫底層攝食，攝食時會擾動底層沉澱的淤泥腐植質，造成水體污染，因此水庫蓄水初期前幾年不建議放流鯉魚。

(3) 建立外來種監（偵）測、鑑定及早期預警機制

入侵種對於社會、經濟、生態環境、人類健康所造成的影響已引起各界重視，如何有效管理已刻不容緩。為避免外來種入侵造成水庫生態的衝擊，相關主管機關單位，應依照分工權責建立「水庫入侵種生物管理機制」，推動各項重點工作，包括：

- A. 建置外來種之管制：對於現有本土野生動物的保護及限制外來種引進的相關法規應適時修法，來保障原生物種之生存及降低外來種可能造成之傷害。
- B. 定期環境物種監測機制：培訓新的物種監測人員，使監測人員知悉外來物種及當地原生種之相關知識與資訊，以增加監測人員在進行環境物種監測時能降低物種辨識錯誤之情形，提升監測人員的監測能力，並建立監測調查計畫所需之頻度、時間及其他注意事項，且將監測資料建立成資料庫以方便查詢。
- C. 當地社區參與生態及環境因子之長期監測其相關計畫：主管機關應與水庫周邊社區建立夥伴關係，對社區民眾講解當地的生態特色及外來種危害之嚴重性，進而以社區自發性意識主動參與自然資源保育，使社區能因保育資源而受惠。
- D. 外來種影響評估、管理及偵測機制：在水庫周邊應設立禁止放生之告

示牌，並且積極進行影響原生種多樣性之入侵種防治，以及建立外來種清單，以維護水庫之生態平衡並對各種蓄意、非蓄意引入管道設計足夠的偵測機制，並能夠快速反應。如外來種有入侵之潛力，而造成水庫內原生物種生態環境之危害時，即啟動「入侵種生物防除機制」系統，透過行政體系告知各入侵種生物管理分工主管機關或縣市政府轉知轄內人員或主動透過媒體進行宣導及教育，鼓勵區域內所有人員主動配合及隨時進行防除活動，減低外來種入侵之傷害。同時加強宣導及教育民眾充分認識水庫內的低風險或尚無立即防除必要之入侵物種，並瞭解其拓殖的速率或趨勢，反映給水庫各入侵種生物管理分工主管機關了解。建立流暢迅速的通報系統，一旦發現意外進入的生物，權責單位即可在最短時間主動介入處理，避免進一步的擴散污染；同時，水庫之生物防治須引進外來種生物時，應做好環境生態影響評估，降低或避免對原生物種造成衝擊。

3.1.3 垂釣

3.1.3.1 問題解析

(1) 是否開放垂釣

水質維護是水庫管理單位必需重視的課題，水庫水質污染源不外乎人為活動將污染物和營養鹽帶入水庫。釣魚活動雖為健康的休閒娛樂，釣餌、誘餌及垃圾對水庫水質所造成負面影響卻可能大於正面影響。為維護公共用水之品質，水庫營運初期建議暫不開放垂釣。未來若有意開放垂釣，建議先行針對水庫魚種現存量作有效評估，並針對開放垂釣的季節、地點、人數、釣竿數量、魚鉤數量與大小、誘餌使用管制、漁獲數量與魚種體型限制等訂定嚴謹的垂釣管理辦法，俾在民眾享受釣魚樂趣的同時，亦能兼顧水庫水體品質與生態環境之健全。垂釣管理辦法研議時必需考慮(註九)：

A. 劃設禁釣區域及季節

可對水域內的所有魚類訂定一個最短的共同禁止釣魚期間，亦可視對象魚種之生活史來訂定不同魚種之繁殖期及繁殖區域來設置禁釣區域及禁釣季節，避免對象魚種在繁殖期時被大量釣獲而造成族群量失衡，亦可減少對繁殖期的干擾。在繁殖期間，除了因為人工繁殖的目的必須捕捉種

魚外，通常是禁止捕捉魚類的。繁殖期不但可保護魚類之生殖，也可保護濱水植物的生長及水鳥的棲息。

B. 魚體大小限制

為避免尚未成長的魚類被捕捉，因此限制可釣獲魚類的體型大小，若水庫內的功能性魚種種類不多時，限制開放釣獲的魚體型大小，可以保護繁殖能力較差之魚種。通常每一魚種的體型限制標準設定在可供漁獵活動的適當成熟體型，可以雌魚的體型為設定之標準依據。而一般常見的控管措施為規定網目或魚鉤大小與數量。當然魚類體型會因生活環境不同而改變。而此限制雖給釣客帶來許多不便，但為使魚類資源確保永續利用，其是水庫經營管理重要的一環。

C. 魚釣限制

限制每日釣客數量、使用漁具、釣獲數量及收費等項目。漁獲量限制可以緩減捕捉壓力，亦使釣客有感受釣魚的樂趣。

D. 漁法限制

嚴禁破壞性的捕撈方式，如電魚、炸魚或毒魚等或是其他危害性較強的網具或漁法。

(2) 衍生問題

(3) 利弊分析

3.1.3.2 國內外水庫相關案例蒐集與探討

(1) 香港：在現有的十七個水塘於魚類非繁殖季節(即每年九月一日至翌年三月三十一日)會開放給民眾釣魚。如欲到水塘釣魚的民眾，須先向水務署申請釣魚牌照。如釣獲 36 公分以下的鱸魚、30 公分以下的鱧魚及其他 18 公分以下的各種魚類均須生放回水塘內，而長度測量是由魚頭最前端起計至魚尾最末端止，另每名釣魚民眾一天的漁獲，不得多於長度 36 公分以上的鱸魚兩尾，30 公分以上的鱧魚兩尾，以及其他 18 公分以上的每種魚類兩尾(註八)。

(2) 美國：在美國科羅拉多州 Big Thompson 河，當地漁業局規定垂釣者一天至多只能釣二尾鱒魚，而且尺寸不得小於 16 英吋。

3.1.3.3 未來經營管理策略建議

- (1) 限制或禁止法令規範
- (2) 漁期、漁具、漁法、漁場、努力量之限制或禁止
- (3) 巡守、監測與控管

3.2 梅林溪、清水溪(桶頭攔河堰)

3.2.1 河川天然流量與水域可利用棲地面積減少

3.2.1.1 問題解析

未來將面臨的重大問題為：

- (1) 移動限制：攔河堰因切割原本連續的河道，廊道中斷使得洄游性生物路徑阻隔和區隔化。
- (2) 水域棲地不足：攔河堰下游流量減少後，部分魚種將會受到影響或限制。
- (3) 河川水質問題

河川污染主要是由於污染物未經妥善處理即排入水體，超過了水體的涵容能力，以至影響水體正常用途，或危害國民健康及生態環境。污染來源可分為：

A. 點源

污染物透過管線網路收集，並且在固定地點排放，例如工業廢水、都市廢水等。

B. 非點源

主要由降雨造成地表逕流所產生，暴雨初其所產生之地表逕流造成大面積的沖刷與土壤侵蝕，沖刷帶走自然或人為之污染物，如泥沙、營養鹽與毒性物質，直接進入承受水體，最後沉澱堆積於河川。非點源污染變動性遠比點源污染為大，發生之地點及時間均有很大的不確定性，主要受降雨、土地利用、水文、地形及地質等因素影響，且傳輸途徑與過程十分複雜，難以辨別及監控。其主要來源包括：

- a. 農業活動施肥、除草劑、殺蟲劑等過量使用。
- b. 地表逕流沖刷路面地表油漬或是毒性化合物。
- c. 河床侵蝕或是建造用地、農地及林地不當管理所產生之沉積物。
- d. 灌溉活動所產生的營養鹽及垃圾掩埋場之滲出液。
- e. 家禽或是動物排泄物所產生之營養鹽及微生物。
- f. 大氣沉降作用及雨水之變化。

(4) 外來種問題

水庫建造後，水庫下方溪流流量減少，將造成下游水質惡化及水庫中外來魚種流入溪流中，目前外來魚種大多耐污染、耐低溫，且性兇猛、領域性強、易攻擊其它魚種，嚴重影響下游溪流之原生物種之生存，可能使其族群量減少甚至滅絕。

3.2.1.2 國內外水庫相關案例蒐集與探討

(1) 國外案例：

根據 2011 年科學期刊指出，以國外經驗而言，美國在 1950 年代所建的堰壩，至今據估計約有超過 75000 座的堰壩接近或已達到其使用年限，需要聯邦能源組織等相關單位核可發行續用許可。因此進一步促使了相關單位對水工結構物所造成環境生態系統可能有的衝擊進行詳細的檢查評

估。以位於奧勒岡州（Oregon State）、因發電與供水需求而興建於 1909 年的馬莫（Marmot）壩為例，其壩高 15 公尺，攔蓄泥砂量約 75 萬立方公尺。由於其在營運 80 年後已失去原本的功效，且因執照使用年限屆滿，經過整體評估後，馬莫壩於 2007 年被移除。在拆除的過程中，生物學家同時先行遷移數百條在影響河道範圍的魚類，移至相關養殖區放置，以免在壩體移除後，泥砂所造成河道濁度標高，影響當地鮭魚，壩體拆除後魚類可往上洄游、多了近 150 公里的棲地可供利用，且已在原壩址上游發現為數不少的鮭魚。

(2) 國內案例：

「濁水溪流域上游栗栖溪之魚類棲地改善及生態評估」計畫針對臺灣高山河川之魚類生態常因水利工程之開發而受破壞，進行研究調查與生態評估（汪靜明，2011）。藉由河川生態基流量之設計，當以維護或改善魚類等河川生物之存活條件，並保持河川生物多樣性與生態完整性為規劃理念。在魚類棲地改善之生態效益評估上，經由長期生態監測結果，發現原河段調查之指標生物—原生種魚類，包括：臺灣爬岩鰍、埔里中華爬岩鰍、臺灣石鮚、臺灣鮭、鮎魚、粗首鱨、川鰕虎，均仍棲息於整治河段，且數量有明顯增加之趨勢。因此，以生態工法進行魚類棲地改善工程，可形成多樣化的水域型態，對於魚類棲地改善及恢復具有幫助，而有效維繫生態基流量，亦有助於栗栖溪魚類的保育。

(3) 改善魚類棲地：

在河川魚類生產力低的環境中，經過人為棲地的改變往往可增加河川中魚類的數量。例如在日本兵庫縣的圓山川流域，其水域原來最深僅 80cm，後來挖掘成 3m 的水潭，結果在 1m×2m 的範圍裡，魚群的密度增加了 4 至 15 倍，現存重量則增加了 60 至 120 倍，魚體體型也自改善前的 5cm 增加為 25 至 40 cm（水野，1987）。在威斯康辛州的小溪中，1980 年也曾因為使用河流改向設計，使河寬變窄、深度增加，並且增加河岸遮蔽物，結果使得魚類數量以及垂釣者的漁獲量也增加。在一條有遮蔽物的溪流中，以縱向 6 公尺間隔放置一半邊原木（Single half-log），使得體長 25 公分或甚至更大的野生鱒魚族群在三年之內，由放置前平均每英哩有

40 尾魚，放置後平均每英哩有 450 尾，共增加了 11 倍(註九)。

3.2.1.3 未來經營管理策略建議

(1) 基流量

A. 清水溪河川生態基流量建議

若以臺灣石鱸為清水溪魚類之雨傘物種，依據「清水溪水域生物棲地需求研究」計畫執行成果資料顯示，以當時清水溪河川斷面現況與臺灣石鱸棲地適合度資料評估，流速參數對映之權重可使用面積在流量 10 cms 及 1.5 cms 達相對大值，即為 WUA 值之理想值。當考量水源利用效率時，若以 WUA 值之理想值或 WUA 佔總水域面積百分比之極大值的某個百分比（如 80%）為考量，則枯水期之生態基流量約為 0.5 cms、豐水期之生態基流量約為 6 cms。

枯水期之生態基流量為 0.5 cms 時，低水河槽水深為 0.12 m、流速為 0.69 m/s，水深遠低於一般生態學者建議之 0.30 m，將產生水溫提高及棲地多樣性惡化之不良影響，故建議枯水期之生態基流量維持 1.5 cms，水深為 0.17 m、流速為 0.87 m/s。豐水期之生態基流量為 6 cms 時，低水河槽水深為 0.35 m、流速為 1.42 m/s，可滿足棲地多樣性，低水河槽流速偏大時魚類會移往低水河槽兩側與灘地交界處，當地之流速降至約 0.40 m/s。

B. 梅林溪生態基流量：

因湖山水庫為自然溢流型水庫，梅林溪原即為雷公型河川，原河道水量即相當不穩定，雨季有水，乾季可能斷流僅剩伏流。未來水庫完工後，當乾季水庫水位未滿無法溢流時，如何排放生態基流量至下游，將是水庫管理單位必需思考的課題。

(2) 雨傘物種選擇與保育

(3) 封溪護魚

封溪護魚係地方政府依據漁業法第 44 條規定，公告特定溪流河段之特定時間限制或禁止捕獵使用水中魚類等生物資源，達到資源管理之目的，而當地社區亦配合成立巡守隊與保育社團，共同維護溪流生態資源。湖山

水庫施工後，梅林溪上游的土地公坑溪、南勢坑溪、中坑溪的魚類族群量隨著工程的進行而逐漸減少，北勢坑溪則反而有增加之趨勢，顯示施工區河段魚類有移棲北勢坑溪的現象，北勢坑溪成為保存庫區原有魚種之重要溪段。建議有關單位協助當地民眾申請北勢坑溪為封溪護魚之重點水域，嚴加保護梅林溪上游僅剩的魚類棲地，並由學術研究單位輔導當地居民在該溪段封溪前、中、後進行水域生物監測調查與棲地的巡守與維護管理工作，以經營維護良好之溪流生態，未來可成重要之休閒產業與環境教育資源。

(4) 棲地補償與改善措施（蜿蜒化、深潭、生態池... ..）

改善魚類棲地：可將原溪段蜿蜒的地方用人工方式挖掘為深潭水域，深潭除了在雨季時儲水，亦可增加魚群的棲地利用範圍。

(5) 水質污染防治

河川遭棄置廢棄物後受污染之河水將引起食物鏈的變化，直接或間接對人體產生不利的影響，有鑑於此，對河川水質防治為一種要課題。除了定期做河川水質監測外亦須結合其他工作項目一同進行以降低水質污染之程度，其他工作項目如下（林駿，2007）：

A. 加強污染源管制及排放削減

a. 源頭控制

在營養鹽發生地區實施各種污染防制措施，以提升水質，維護水域生物之棲息環境與保障飲用水水源。

b. 輔導管制工廠及畜牧業污染改善

研訂輔導管制辦法及計畫，以改善工廠及畜牧業之廢污水排放。

c. 加強污染源稽查管制

訂定稽查管制計畫管制事業及地下工廠，加強工業區水污染管制，廢液污泥管制，建立水庫周邊溪流之污染源基本資料，提升地方政府執行管制能力。

B. 推動排放許可制度

a. 建立污染源基本資料檔案

建構水庫周邊溪流之資料檔及地理資訊系統，以不同河段涵容能力來審核污染源之排放許可，以免造成部分河段之水質惡化。

b. 建立操作檢測申報制度

嚴格執行申報資料之審查，要求排放廢水之工廠及畜牧業者在排放廢水之前須做基本的廢汙水處理才可排放。

C. 河川之水資源經營及管理：

a. 河川治理

(a) 河川行水區違規行為之取締

嚴格取締河川行水區內違法養殖、墾殖或亂倒垃圾之行為，建立巡查通報制度依法執行取締，以維護河川之生態。

(b) 河川治理與空間使用

結合生態工法來確保河川防汛及改善水質功能，如建立生態池，利用當中支水生昆蟲及水生動植物來自自然分解淨化改善家庭廢水，減少社區汙水處理與環境惡化的問題。但其重要的是日後應結合各單位與民眾來持續維護管理才能將功能持續發揮所長。

b. 管治生態水平衡

管制河川取水量及廢水排放水量，維持生態保育最低流量，攝至魚道等生態基礎建設以維持河川生態平衡。

(a) 生態環境長期監測

一般魚類選擇棲所的原因為 i. 棲地能提供魚群最大食物能量，使個體獲得最好的生長速率，並提供成功繁殖子代的環境；ii. 減少被捕食的風險（方等，1995；呂及孫，2010），因此建立良好的棲地環境對魚類的生存非常重要，並藉由長期監測生態環境提供良好的建

議改善其棲地環境並達到永續經營的目的。建議定期、定點調查，監測項目包含：水質參數、水文、魚類資源、蝦蟹類資源等。

(b) 巡守維護管理（結合在地化，建立夥伴關係）

3.2.2 洄游性魚類溯游障礙

3.2.2.1 問題解析

3.2.2.2 國內外水庫相關案例蒐集與探討

(1) 美國：立法減輕水壩對魚類的危害(註九)，1934 年美國國會通過了『魚類與野生動物協調法案』(Fish and Wildlife Coordination Act)，該法案要求聯邦政府建築水壩的機構或核發水壩建築執照的單位，在核發執照或興建水壩之前，應與漁業局協調，只要經濟上許可，水壩工程必須包括魚梯工程。這方案也附帶要求商業部協助聯邦、州政府或其他機構從事魚類的繁殖、放養、魚病與污染研究。在 1946 與 1958 年的魚類與野生動物協調法案，又附加新的條款，要求水資源機構必須平等對待水與魚類資源，在任何改變溪流環境的計劃，應設法防止對魚類與野生動物的傷害，包括合理的魚類與野生動物保護計畫。

(2) 美國奧勒崗州波特蘭：附近的哥倫比亞河上，有二座建於 1900 年的大水壩，因阻隔了鮭魚的迴游，所以電力公司便於 1958 年興建一個長達二英哩的魚梯，橫跨兩個大水壩，可讓約三萬尾的迴游性鮭、鱒魚上溯至上游產卵，幼魚也可經魚梯向下方迴游至海洋成長。魚梯附有自動照相裝置，可以計數溯溪而上的成魚及判別種類，也附有可取樣計數下海迴游小魚之裝置。在奧勒崗州 Dallas 河，落差很大，當地州政府漁業與野生動物管理處便興建了兩座相連的魚梯，第一座落差約 1.5 公尺，第二座約 1 公尺，兩座魚梯之間有水潭，以供魚類 (Steelhead) 休息後，重新跳躍至上游。

3.2.2.3 未來經營管理策略建議

(1) 究明魚類游泳能力

(2) 監測可能利用魚道的物種

(3) 魚道改善評估

「魚道」，顧名思義為提供魚類通行的水道，通常設置在水庫、攔河堰或防砂壩等影響河川魚類溯游的橫向水工構造物上，主要的功能為協助河川魚類克服水域中之游泳障礙順利上溯，以完成其生活史的階段性使命。既謂之「魚」道，設計、施工過程絕對不可忽略「水」和「魚」二項重要因子，否則設置魚道的效益將大打折扣。所謂「水」是指魚道所在位置之河川水理、水文等特性，「魚」是指魚道「使用者」魚類能夠游多快、能持續游泳多久、能夠跳躍多高等行為生態習性。

臺灣現有魚道九成以上多為階段式魚道（pool and weir type fishway）（顧，1995），其設計亦多參仿國外以寒帶大型洄游性魚類為對象魚種之設計範例，卻忽略臺灣河川坡陡流急、流路短促、水量豐枯不均、溪水土石含量高、流路變化快的特性與臺灣本土魚類的生態需求，以致魚道設置後發生魚道淤塞、有水無魚等「水土不服」之窘境。湖山水庫為一溢流型水庫，大壩並無魚道之設計，下游魚類亦難以上溯，就算上溯亦難有適合之棲地生存。惟其主要水源清水溪因越域引水之需建構桶頭攔河堰，桶頭攔河堰位於南投縣竹山鎮桶頭里清水溪桶頭吊橋下游約 70 m 處，為一臥箕型自由溢流堰，橫向截斷清水溪流路，堰高 4 m，未來將設置魚道以暢通洄游性魚類之生態廊道。過去在未就臺灣河川及本土魚類量「地」、量「身」打造的情形下逕行設置之魚道，究竟是否為本土魚類的「可行之道」？人類對於河川魚類保育之美意是否完全轉化為協助魚類溯游的正面助益？長久以來在魚道完工、完成以「人」為主體的制度面工程驗收工作後似乎即已劃下句點，甚少於魚道現地進行以「魚」為主體的溯游監測研究，請魚道實際使用者魚類親身檢驗魚道功能之良窳。建議桶頭攔河堰魚道應針對清水溪原生魚類之生態習性加以設計，並在完工後立即推動原生魚種之魚道現地溯游試驗，以科學方法實地瞭解魚類究竟能否利用魚道順利上溯以及上溯之成功率，並長期予以維護管理，使其能發揮其生態廊道效益。

(4) 魚道維護管理

(5) 生態環境長期監測

四、結語與建議

湖山水庫開發期間對於現有一流生態的影響甚鉅且久遠，部分魚種的棲息地也可能將消失，因此為減輕水庫開發過程對溪流生態產生負面影響，除了加強魚類棲息地需求的了解外，往後水庫經營及周邊生態環境長期監測也甚為重要。

五、參考文獻

- 方力行、韓僑權、陳義雄。1995。高身鮎魚—臺灣溪流中珍貴稀有的原住民。國立海洋生物博物館籌備處。
- 水野信彥編，1987，內水面漁場環境，利用實態調查報告書。日本全國內水面漁業協同組合連會印。
- 王文江等。2013。水利工程中之泥砂問題。中興工程科技研究發展基金會。
- 王筱雯、郭偉丞。2011。科學發展。467 期，52～57 頁。
- 臺灣大百科全書。<http://taiwanpedia.culture.tw/web/content?ID=3419>。
- 呂映昇、孫建平。2010。魚類於生命週期的不同階段棲地使用與物理棲地因子之量化關係。農業工程學報第 56 卷第 1 期。
- 汪靜明。2002。河川生態保育。國立自然科學博物館。
- 汪靜明。2011。「棲地生態資訊整合應用於水利工程生態檢核與河川復育措施」。經濟部水利署水利規劃試驗所。第 60 至 64 頁。
- 林駿。2007。環境規劃與管理(下)-實務篇及國際篇。鼎茂圖書出版股份有限公司。
- 國立成功大學環境研究中心。2005。以生態工法去除水庫集水區營養源研究計畫。行政院環境保護署。
- 張世倉、葉明峰、李訓煌。1997。攔砂壩對河川魚群及其棲地影響之研究。特有生物研究保育中心研究報告。
- 張世倉、葉明峰、李訓煌。1998。攔砂壩對河川魚群及其棲地影響之研究。特有生物研究保育中心研究報告。
- 陳義雄、方力行。1999。臺灣淡水及河口魚類誌。海洋生物博物館籌備處。
- 森田昌敏，酒井伸一，稻森悠平，2001。環境低負荷型・資源循環型水環境改善關係調查研究，國立環境研究所。
- 註一：全人教育百寶箱。
<http://hep.ccic.ntnu.edu.tw/browse2.php?s=936>。

註二：林務局，外來入侵種生物管理資訊網。

<http://ias.forest.gov.tw/invast/knowledge/Situation.aspx>。

註三：威爾森。生物圈的未來。(臺北市：天下文化，2002)。頁 88-89 頁。

註四：陳韻如。「臺灣生物多樣性的損失—哪些資源正在流失？」

<http://bc.zo.ntu.edu.tw/article/005.htm> (檢索日期 2008/8/12) 論「生態殺手—外來種」之影響與防治。

註五：黃士元、彭仁傑、郭曜豪。2003。「小花蔓澤蘭之生態習性及蔓延監測」。頁 128。

註六：國家紅火蟻防制中心。

<http://www.fireant.tw/> (檢索日期 2014/3/13)。

註七：國立自然科學博物館 失序的自然—外來種特展。

http://info.nmns.edu.tw/nmns_source/94-11-out/out-2.htm (檢索日期 2014/3/13)。

註八：香港特別行政區政府-水務局。

http://www.wsd.gov.hk/tc/customer_services_and_water_bills/application_for_licence_certificate/application_for_fishing_licence/index.html

註九：中華民國溪流環境協會。

http://wagner.zo.ntu.edu.tw/sos/sosknow/sosknow_3_2.htm

黃德昌(農委會動植物防疫檢疫局)，2005，國政研究報告-入侵種生物之現況與管理，財團法人國家政策研究基金會。

經濟部水利署中區水資源局—湖山水庫工程計畫網頁。

<http://www3.wracb.gov.tw/>。

經濟部水利署北區水資源局。2010。石門水庫集水區水域指標生物習性調查及棲地環境營造計畫。國立臺灣大學。

經濟部水利署全球資訊網。<http://www.wra.gov.tw/>。

葉明峰、張世倉、何東輯。2009。鯉魚潭水庫水域及周邊環境生態資源調查委託服務計畫-期末報告。經濟部水利署中區水資源局。

顏仁德。「外來種與放生問題」-- 2000 生物多樣性保育展望大會議論文集，中華民國自然生態保育協會(SWAN)。2000。

Baker, J. P, H. Olem, C.S. Creager, M.D. Marcus and B.R. Parkhurst.1993.Fish and Fisheries Management in Lakes and Reservoirs. EPA 841-R-93-002. Terrene Institute and U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

Bhukaswan T. 1980. Management of Asian reservoir fisheries. North American Journal of Fisheries Management 17 : 85–92.

Bhukaswan, T. and S. Pholprastith. 1977. The fisheries of Ubolratana Reservoir in the first ten years of impoundment. Proc. IPEC, 17(3):195–205.

Bishop, D. M. and M. E. Stevens, 1964, “Landslides on Logged Areas in Southeast Alaska,” Res. Pap. NOR-1, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Juneau, Alaska.

Jenkins, R.M. 1970. Reservoir fish management. Page 178 in N.G.

Sidle, R. C., A. J. Pearce and C. L. O’Loughlin, 1986, “Hillslope Stability and Land Use,” American Geophysical Union, Water Resources Monograph 11.

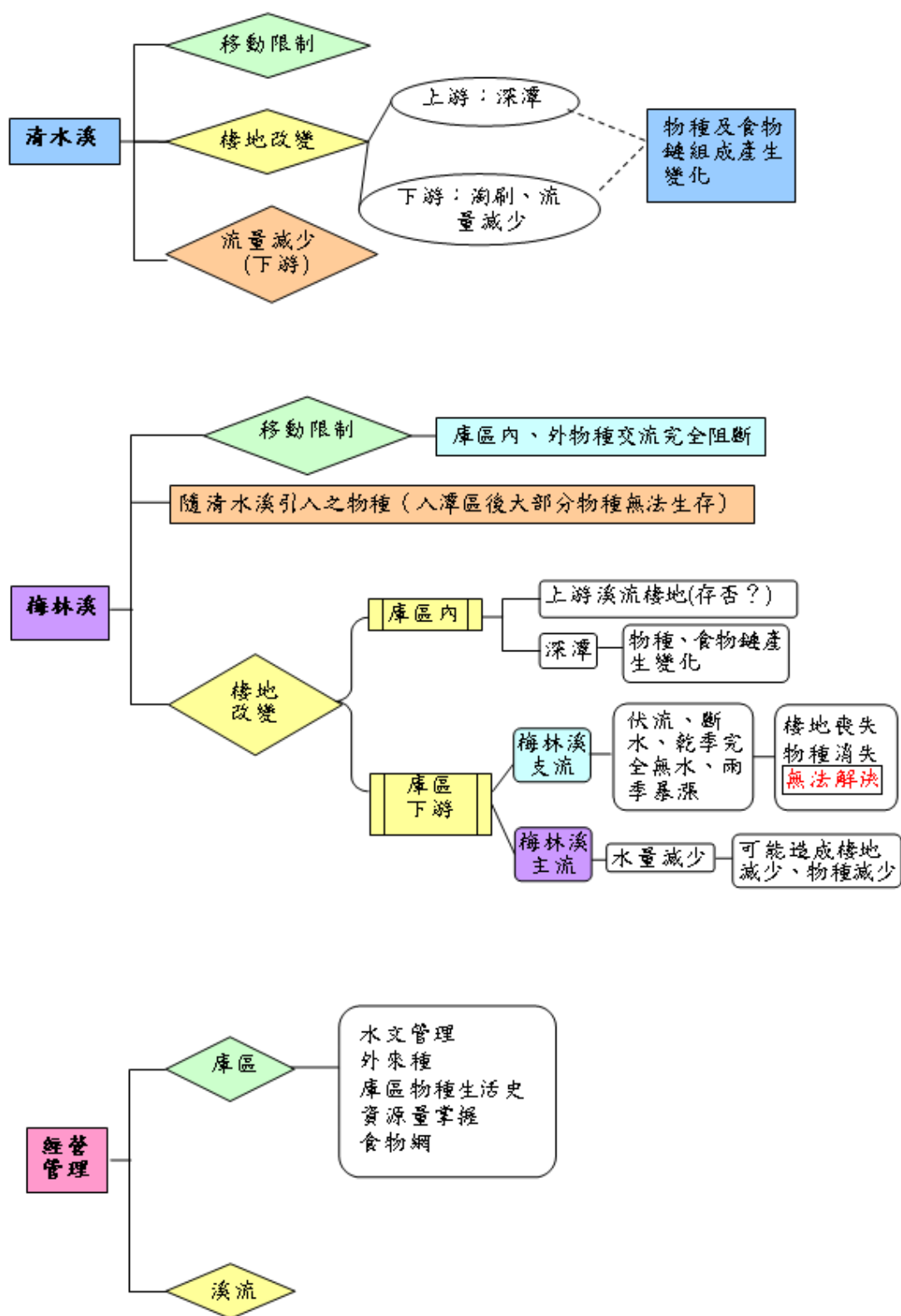


圖 1. 湖山水庫溪流生態系遭遇問題及未來經營管理方向研擬架構圖。

庫區內
 南勢坑溪樣點照
 崙尾坑溪樣點照
 土地公坑溪樣點照

圖 2. 2013 年梅林溪（庫區內）各樣點環境照。

庫區外
 梅林溪樣點照
 北勢坑溪樣點站

圖 3. 2013 年梅林溪（庫區外）各樣點環境照。

桶頭攔河堰上游	桶頭攔河堰下游
 樟湖吊橋樣點照	 桶頭橋下游樣點照片
 瑞草橋樣點照	 鯉魚大橋樣點照片
 桶頭吊橋	 南雲大橋樣點照片

圖 4. 2013 年清水溪各樣點環境照。

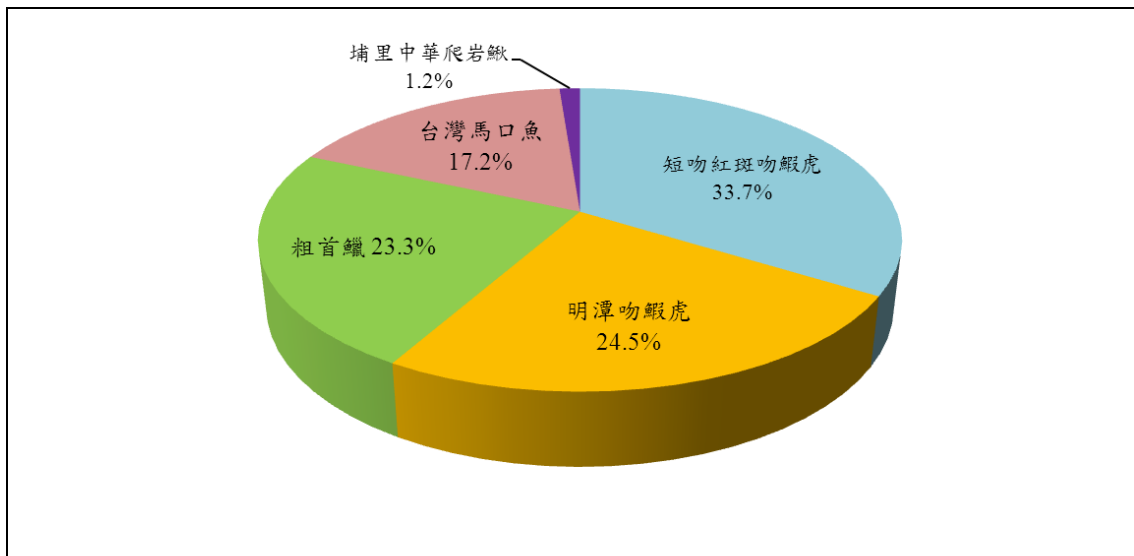


圖 5. 2013 年 1 月至 2013 年 12 月梅林溪調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

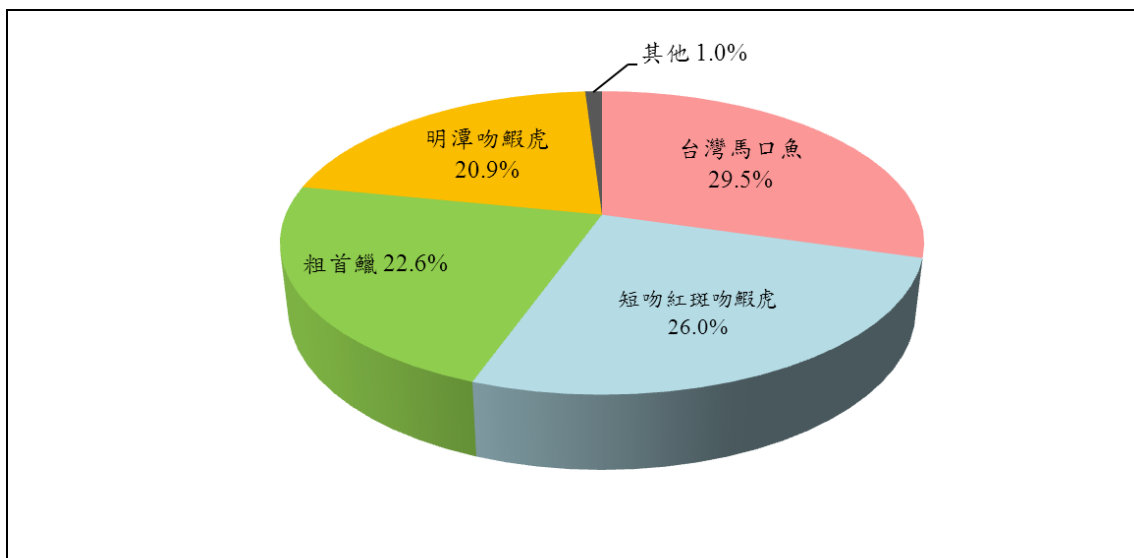


圖 6. 2007 年 5 月至 2013 年 12 月梅林溪調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

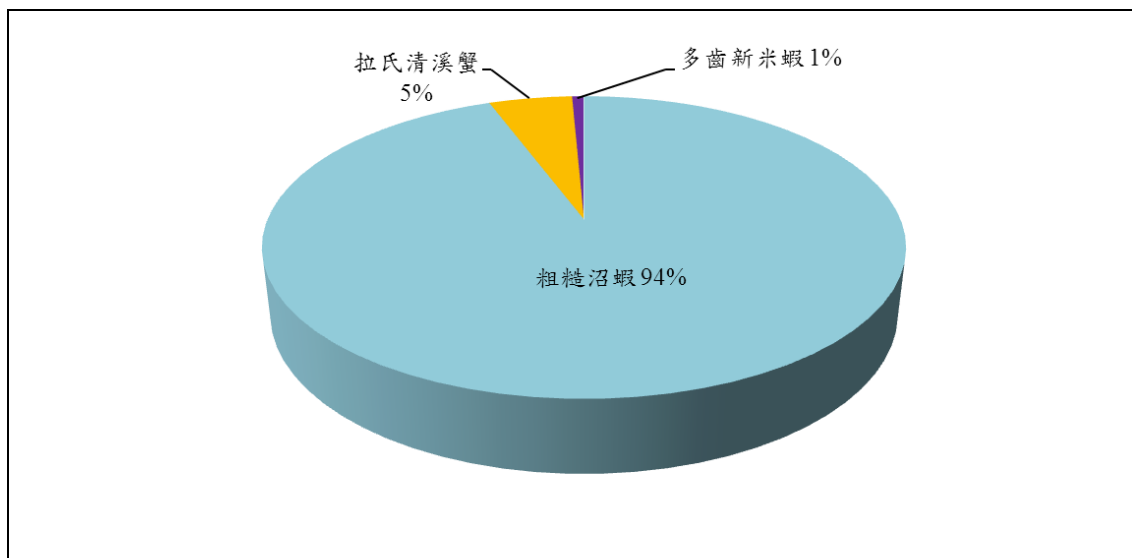


圖 7. 2013 年 1 月至 2013 年 12 月梅林溪調查樣點捕獲蝦蟹類優勢種數量比例圖。

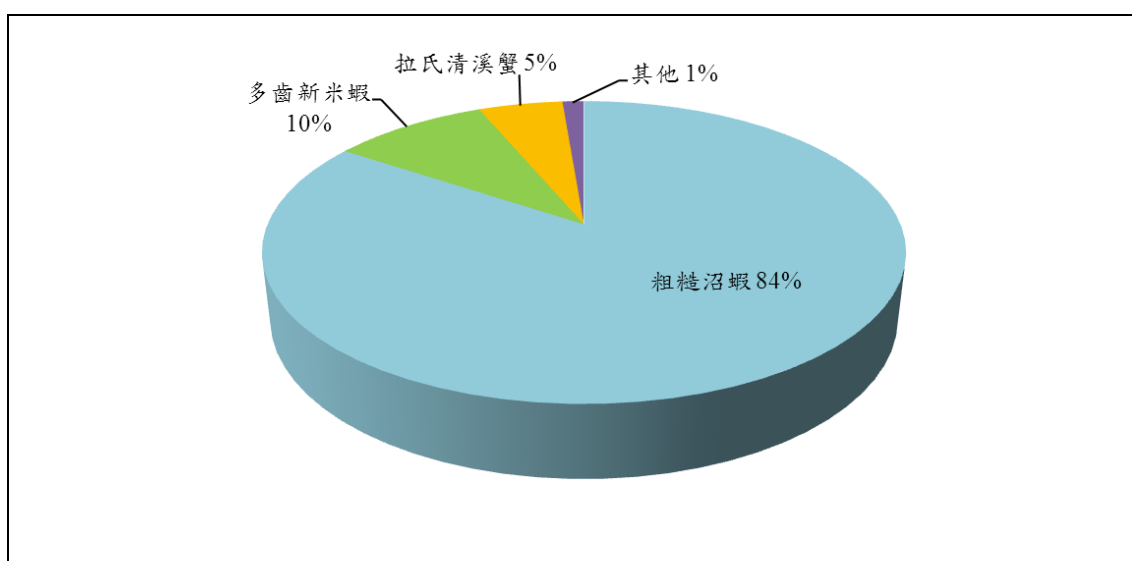


圖 8. 2007 年 5 月至 2013 年 12 月梅林溪調查樣點捕獲蝦蟹類優勢種數量比例圖。

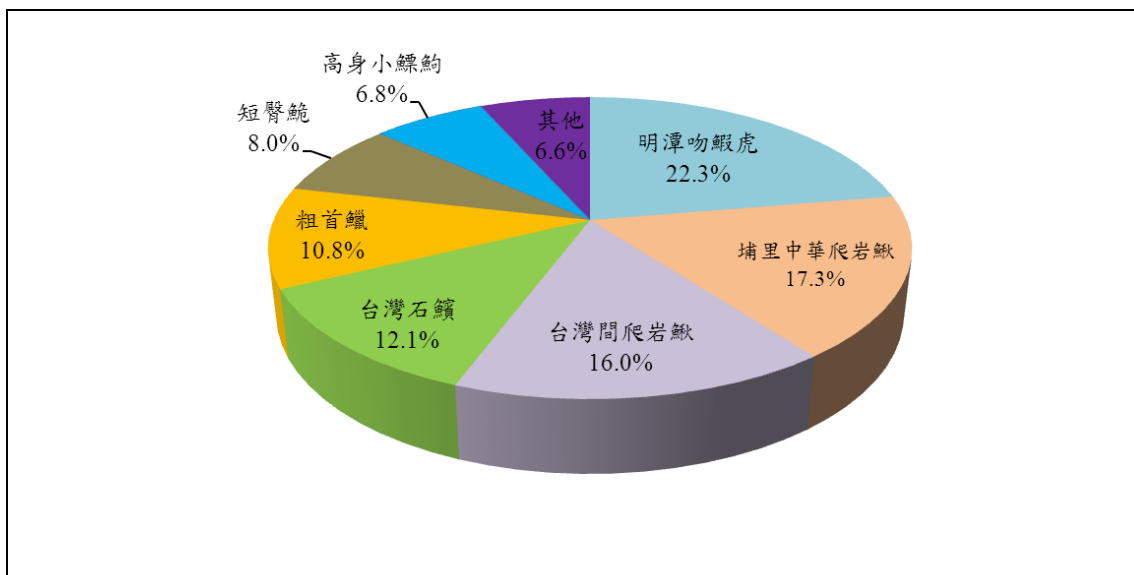


圖 9. 2007 年 5 月至 2013 年 12 月清水溪河段調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

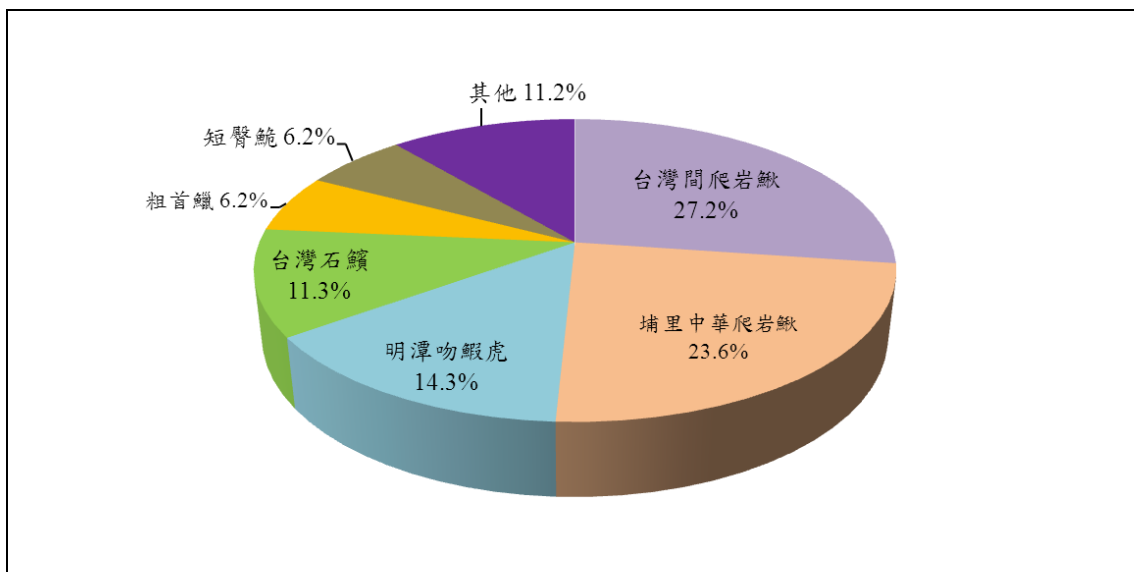


圖 10. 2007 年 5 月至 2013 年 12 月桶頭攔河堰上游調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

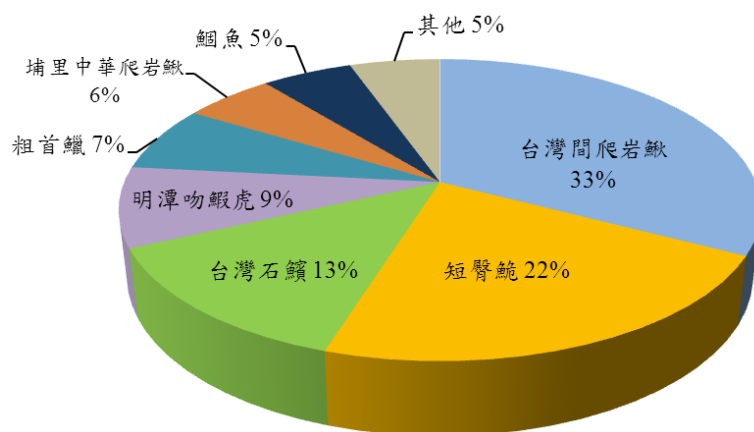


圖 11. 2013 年 1 月至 2013 年 12 月桶頭攔河堰上游調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

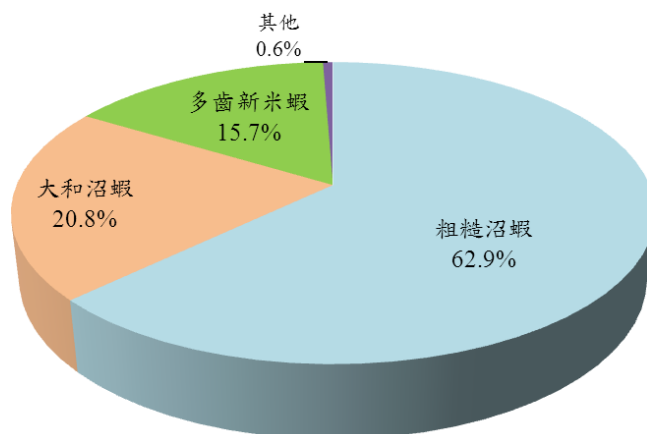


圖 12. 2007 年 5 月至 2013 年 12 月清水溪河段調查樣點捕獲蝦蟹類優勢種數量比例圖。

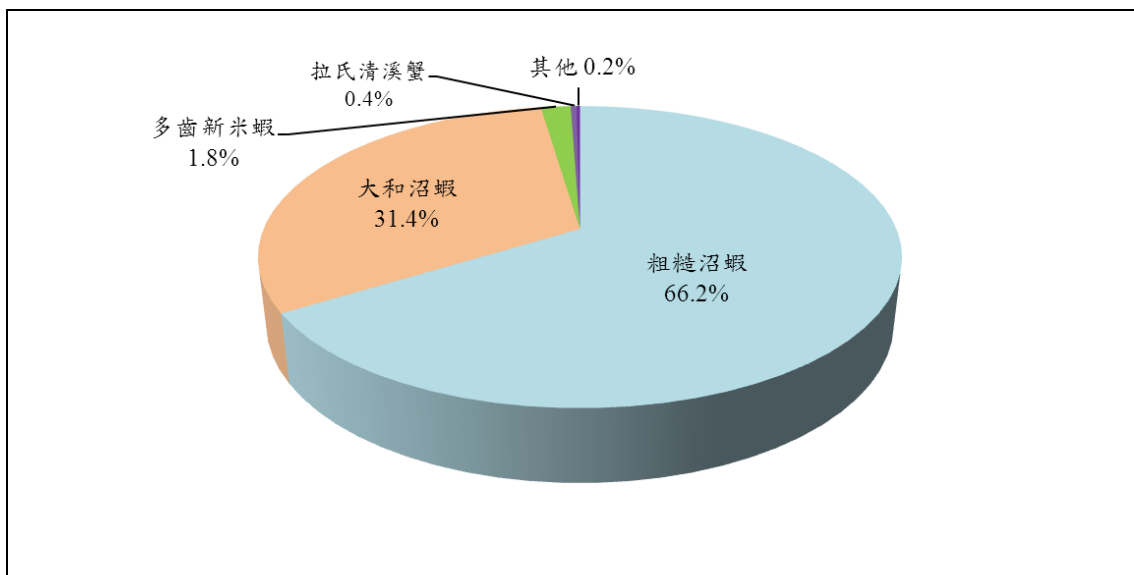


圖 13. 2007 年 5 月至 2013 年 12 月桶頭攔河堰上游調查樣點捕獲蝦蟹類優勢種數量比例圖。

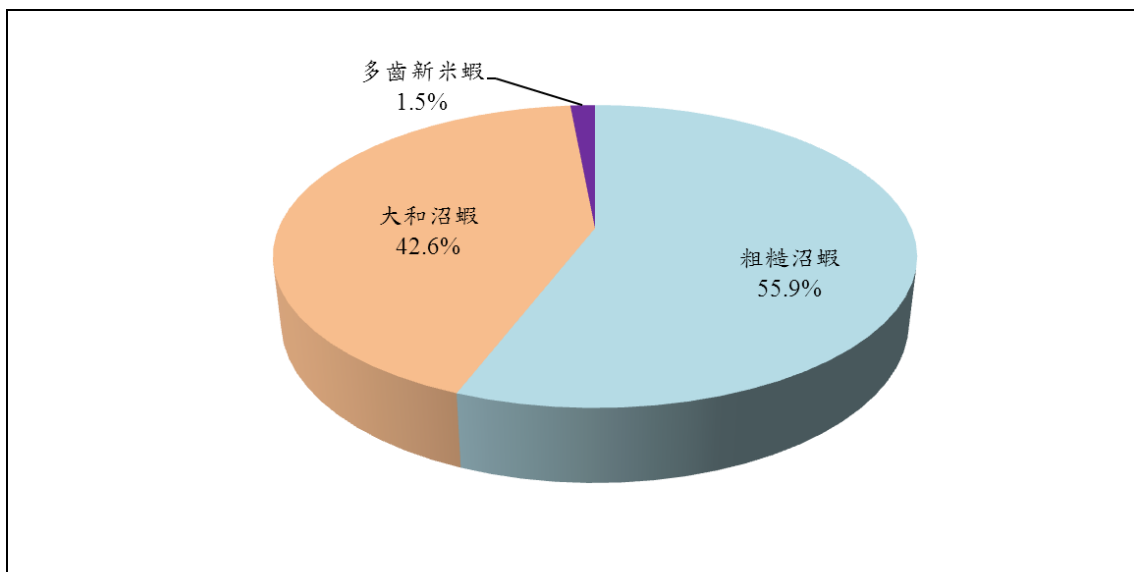


圖 14. 2013 年 1 月至 2013 年 12 月桶頭攔河堰上游調查樣點捕獲蝦蟹類優勢種數量比例圖。

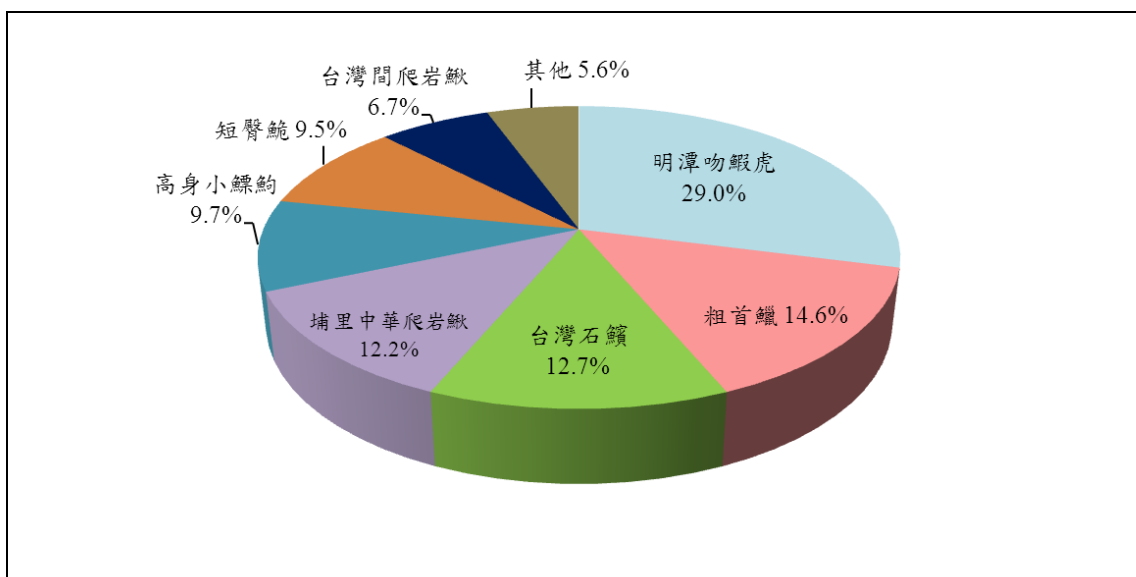


圖 15. 2007 年 5 月至 2013 年 12 月桶頭攔河堰下游調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

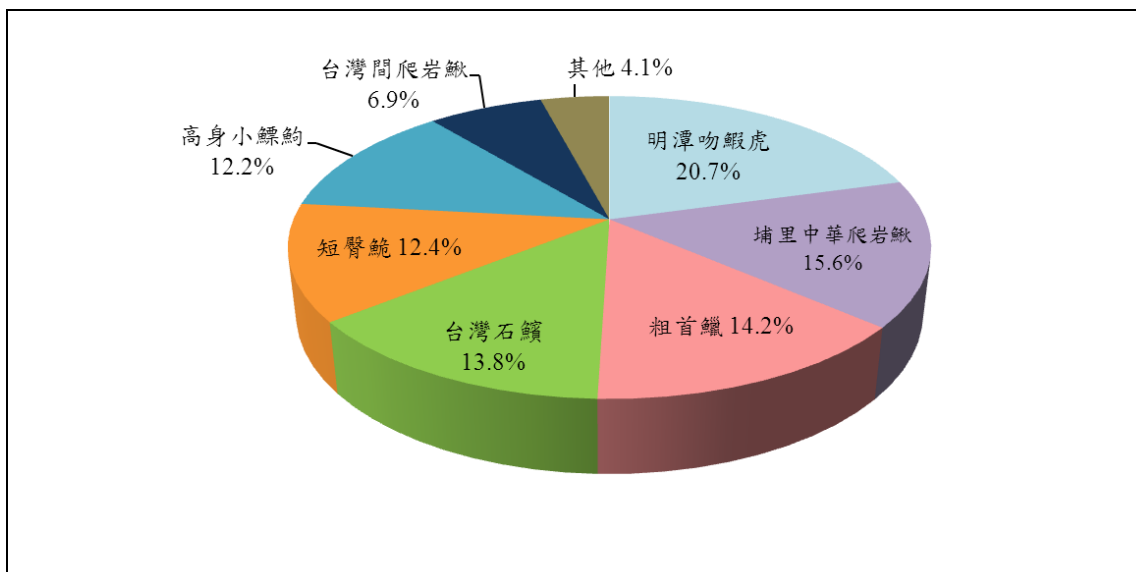


圖 16. 2013 年 1 月至 2013 年 12 月桶頭攔河堰下游調查樣點捕獲魚類優勢種數量比例圖。

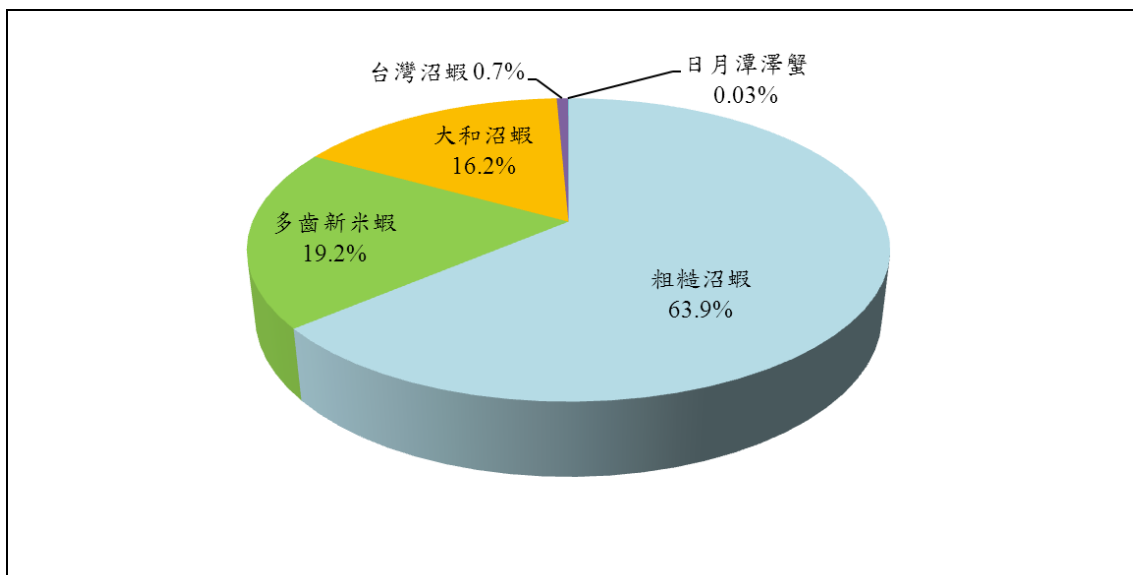


圖 17. 2007 年 5 月至 2013 年 12 月桶頭攔河堰下游調查樣點捕獲蝦蟹類優勢種數量比例圖。

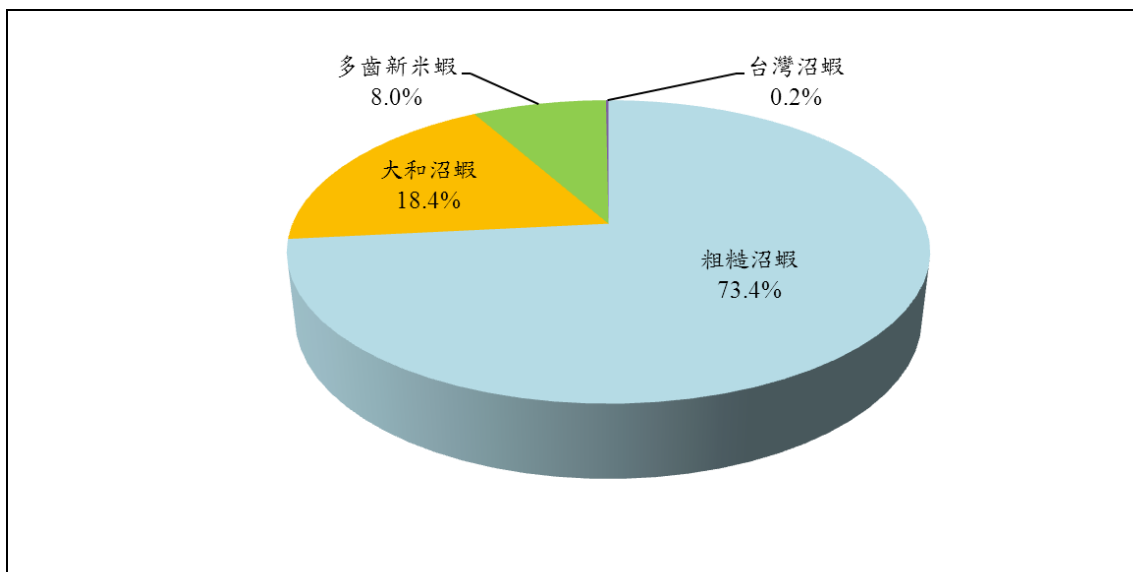


圖 18. 2013 年 1 月至 2013 年 12 月桶頭攔河堰下游調查樣點捕獲蝦蟹類優勢種數量比例圖。

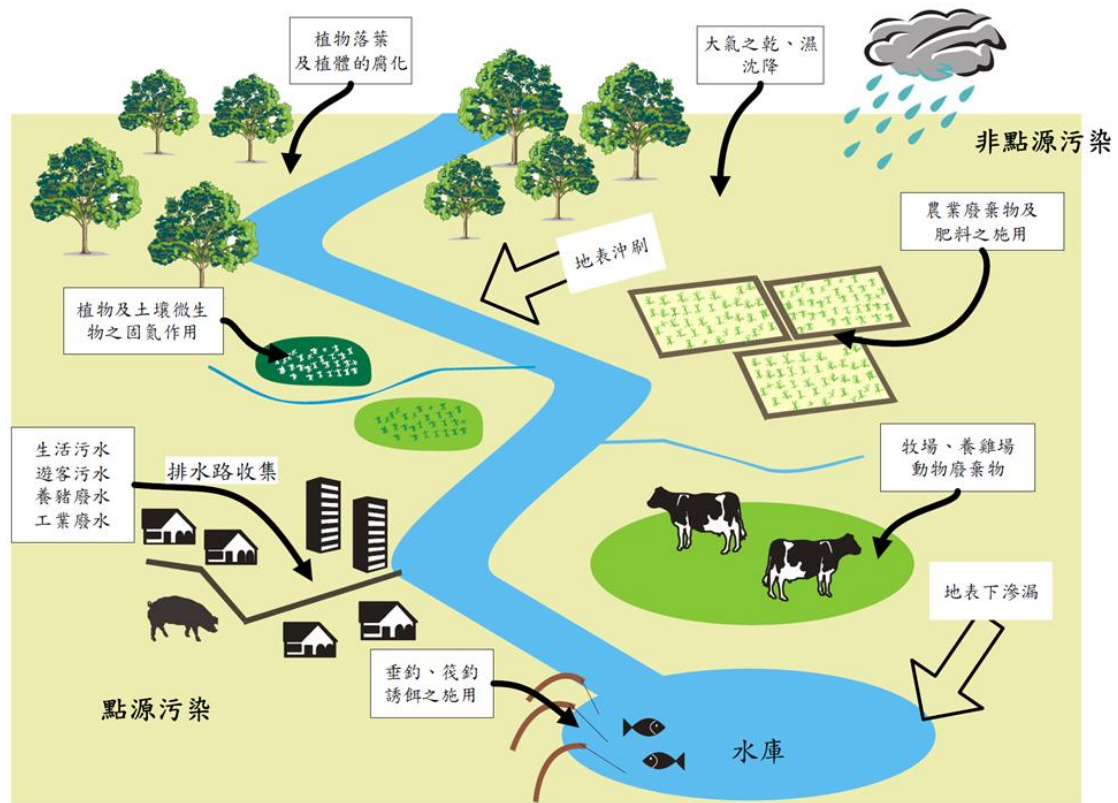


圖 19. 水庫集水區營養鹽的來源及傳輸 (國立成功大學環境研究中心, 2005)。

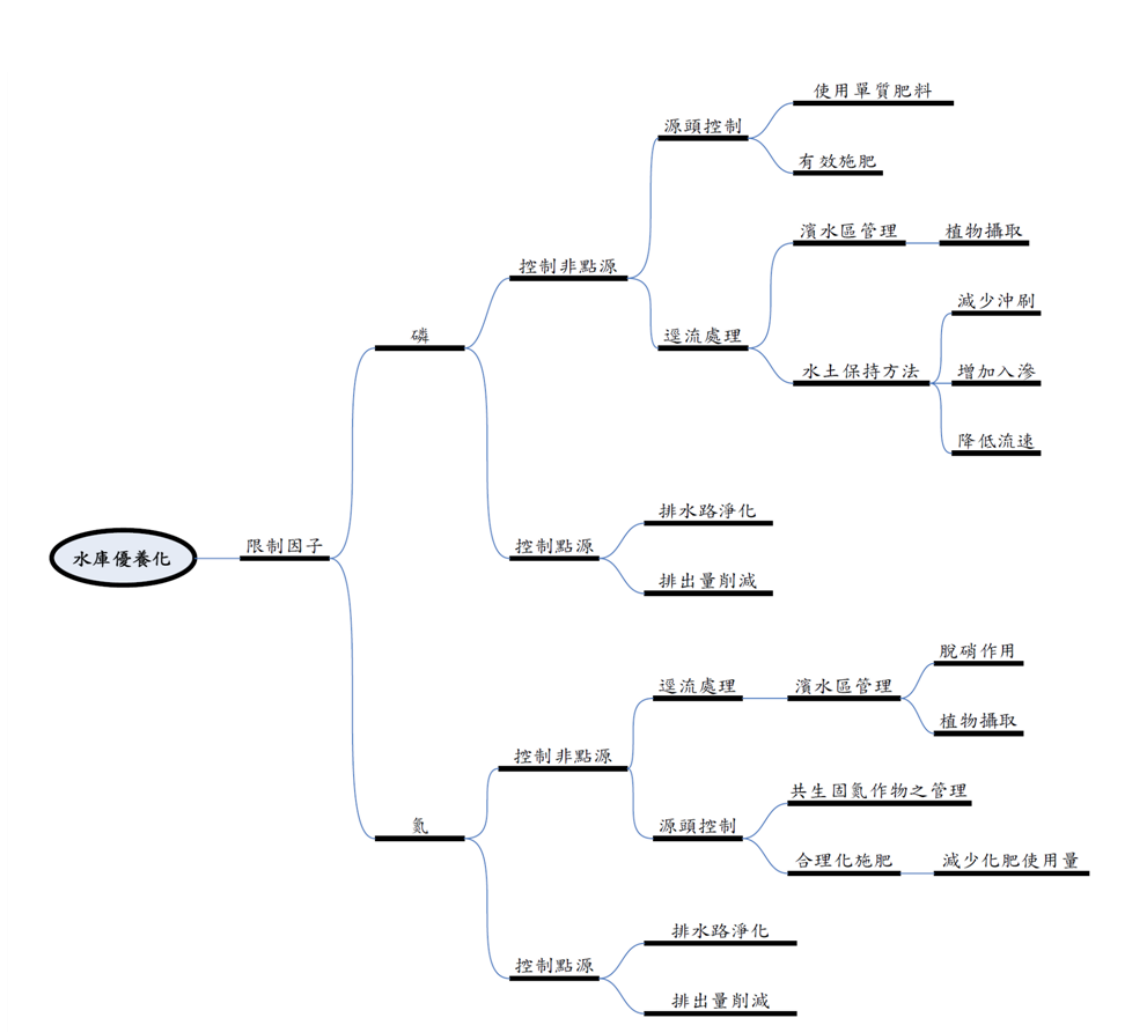


圖 20. 水庫集水區營養鹽控制策略（國立成功大學環境研究中心，2005）。

表 1. 2007 年 5 月至 2013 年 12 月梅林溪調查樣點魚類名錄

科名	中文名	學名	特有種	保育 等級	隻數
鰻鱺科 Anguillidae	鱸鰻	<i>Anguilla marmorata</i>			2
鯉科 Cyprinidae	臺灣石鱮	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	◎		19
	臺灣馬口魚	<i>Zacco barbata</i>	◎		966
	粗首鱮	<i>Zacco pachycephalus</i>	◎		741
鰕虎科 Gobiidae	明潭吻鰕虎	<i>Rhinogobius candidianus</i>	◎		683
	南臺吻鰕虎	<i>Rhinogobius nantaiensis</i>	◎		2
	短吻紅斑吻鰕虎	<i>Rhinogobius rubromaculatus</i>	◎		850
平鰭鰕科 Homalopteridae	埔里中華爬岩鰕	<i>Sinogratomyzon puliensis</i>	◎	III	10

註 1：“III”為其他應予保育類野生動物；“◎”為臺灣特有種。

註 2：空格部分為非保育類、非特有、非外來種。

表 2. 2007 年 5 月至 2013 年 12 月清水溪調查樣點魚類名錄

科名	中文名	學名	特有種	保育等級	隻數	上游	下游
鮠科 Bagridae	短臂鮠	<i>Pseudobagrus brevianalis brevianalis</i>	◎		464	✓	✓
塘虱魚科 Clariidae	塘虱魚	<i>Clarias fuscus</i>			1		✓
鯽科 Cobitidae	中華花鯽	<i>Cobitis sinensis</i>			6		✓
	泥鯽	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>			2	✓	
	大鱗泥鯽	<i>Misgurnus dabryanus</i>			3		✓
鯉科 Cyprinidae	臺灣石鱮	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	◎		778	✓	✓
	鯽魚	<i>Carassius auratus</i>			47		✓
	鯉魚	<i>Carassius cuvieri</i>	▲		2	✓	✓
	日本鯽	<i>Cyprinus carpio</i>	▲		2		✓
	高身小鰮鯽	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	◎		434	✓	✓
	羅漢魚	<i>Pseudorasbora parva</i>			1		✓
	鯛魚	<i>Scaphesthes barbatulus</i>	◎		147	✓	✓
	何氏棘魮	<i>Spinibarbus hollandi</i>	◎		1		✓
	臺灣石鮒	<i>Tanakia himantegus</i>			1		✓
	臺灣馬口魚	<i>Zacco barbata</i>	◎		118	✓	✓
	粗首鱲	<i>Zacco pachycephalus</i>	◎		726	✓	✓
慈鯛科 Cichlidae	尼羅口孵魚	<i>Oreochromis niloticus</i>	▲		15		✓
	吉利慈鯛	<i>Tilapia zillii</i>	▲		3		✓
鰕虎科 Gobiidae	明潭吻鰕虎	<i>Rhinogobius candidianus</i>	◎		1522	✓	✓
	極樂吻鰕虎	<i>Rhinogobius giurinus</i>			5		✓
	短吻紅斑吻鰕虎	<i>Rhinogobius rubromaculatus</i>	◎		52	✓	✓
平鰭鰕科 Homalopteridae	臺灣纓口鰕	<i>Crossostoma lacustre</i>	◎		22	✓	✓
	臺灣間爬岩鰕	<i>Hemimyzon formosanum</i>	◎		1100	✓	✓
	埔里中華爬岩鰕	<i>Sinogratomyzon puliensis</i>	◎	III	1204	✓	✓
棘甲鯰科 Loricariidae	琵琶鼠	<i>Pterygoplichthys</i> sp.	▲		2		✓
鯰科 Siluridae	鯰	<i>Parasilurus asotus</i>			28	✓	✓

註 1：“III”為其他應予保育類野生動物；“◎”為臺灣特有種；“▲”為外來種。

註 2：空格部分為非保育類、非特有、非外來種。

表 3. 農地非點源污染最佳管理作業（行政院環保署，2005）。

非結構性 BMP		結構性 BMP
管理作業	植生與耕犁系統	
肥料管理 ^S	保育耕作 ^{I, E}	階段 ^{E, I}
整體性農藥管理 ^S	等高耕種 ^{I, E}	調節暨攔砂池 ^V
灌溉用水管理 ^{E, V}	等高帶狀耕種	分水工 ^E
調節性排水系統 ^E	過濾帶(緩衝帶) ^E	邊坡穩定結構物 ^{V, E}
土壤鹽分管理 ^S	田埂 ^E	草溝 ^M
地下水位控制 ^I	覆蓋和綠肥作物 ^{F, E}	灌溉系統：尾水回收 ^M
農業廢污管理 ^S	保育輪作 ^E	水量管制結構物 ^M
逕流管理系統 ^E	田間防風林 ^{風林}	護岸 ^M
	草及豆科植物之間作 ^E	濕地開發與復育 ^M
	田間條作 ^{I, E}	農業化學污染物之管理及處置 ^S

S：源頭控制，E：減少沖刷，V：降低流速，I：增加入滲，M：綜合

500 生態保育宣導

計畫名稱：湖山水庫地區自然保育宣導計畫

--湖山水庫地區中小學校自然保育教育宣導計畫

--湖山水庫地區社區民眾自然保育教育宣導計畫

英文名稱：Nature conservation education promotion of Hu-Shan Reservoir area

計畫編號：510

全程計畫期間：2007 年 5 月 1 日至 2014 年 12 月 31 日止

本年計畫期間：2013 年 1 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日止

計畫主持人：薛美莉

一、摘要

(一) 本計畫在 102 年度完成之工作如下：

1. 完成湖山地區三梯次「湖山生物資源解說人員培訓班」，共計 138 人參與本次培訓班課程。
2. 完成中小學校生態保育到校服務，總計完成 15 所學校 1232 位學童之到校服務。分別為南投縣竹山鎮 3 所；雲林縣斗六市 3 所；雲林縣麥寮鄉 3 所；雲林縣口湖鄉 1 所；雲林縣林內鄉 1 所；雲林縣四湖鄉 1 所；雲林縣水林鄉 1 所以及臺西鄉 2 所。
3. 以「湖山動物故事集-那些年那些動物」為主題印製 2014 桌曆 2,000 份，供教育宣導。

(二) 本計畫共完成「阿花與阿八湖山逗陣行」、「甲蟲王者」、「我的自然筆記書」、「盤古與阿杜」、「百萬幸福小學堂」、「候鳥的旅程」、「海岸植物生存戰爭」、「濕地好好玩」、「神秘之光-螢火蟲」、「與龜為伍」與「湖山蛙蛙蛙」等 11 種適合中小學童自然觀察之教材。

Abstract

The results of this project are as follow:

1. This project took a year to do 3 rounds of instructions in the Ecological education course. A total of 139 narrators took part in this project.
2. We provided 15 times ecological education services for the primary and junior high schools on adjacent Hu-Shan Reservoir area.

3. We produced 2000 prints of “The animal story of Hushan Reservoir calendar “. These calendars were shared with neighborhood of Hu-Shan Reservoir area.
4. We designed 11 ecology teaching materials. They are “Lets go to Hu-Shan”, “Bird watching in Taiwan”, “My nature notebook”, “A story about two frogs”, “One million Happiness”, “A long Journey for bird”, “Have fun in wetland”, “Seed dispersal”, “Turtle ”, “Firefly”, and “Frog of Hushan Reservoir “. Those materials provided for student train course.

關鍵詞：生態教材、湖山水庫、生態教育

Key word: ecology teaching material, Hushan Reservoir, Ecological education

二、計畫目的

湖山水庫的預定地因特殊之棲地特性，形成臺灣低海拔物種的寶庫。然而湖山水庫完工後，許多棲地將不復見，惟其鄰近區域尚存有許多類似之棲地型態，因此若能透過良好保育宣導活動，讓當地中小學之師生及社區民眾認識當地可貴的生物與環境資源，將復育研究及行動以學校為基點推展至社區，將有助於未來保育工作之執行，達成生態保育與開發和諧目的。

三、重要工作項目及實施方法

1. 以 2013 年出版的「湖山生物多樣性解說手冊」作為湖山生物資源解說人員培訓班之主要教材，分為三梯次進行，邀請各方面的專家學者擔任講師，課程內容包含湖山水庫之植群、河川生態、哺乳動物、爬蟲類、蛙類與昆蟲等，除了室內課程外也帶領學員進行戶外研習，學員包括雲林縣斗六市、古坑鄉、林內鄉或南投縣竹山鎮等地區對湖山生物資源有興趣之民眾，總計有 138 人次完成訓練。
2. 以湖山地區編製結合地方特色之自然解說及教育宣導教材，本年度以「湖山動物故事集-那些年那些動物」為主軸編印年曆，蒐集研究人員架設紅外線自動照相機所拍攝之照片，讓湖山地區民眾了解周遭環境出現的動物種類，並牽引出保育觀念之重視。
3. 於南投縣竹山鎮及雲林縣地區中小學校進行到校服務，提昇中小學生之自然保育專業知能。以湖山地區周遭之生物為主題介紹，結合生態保育與水庫興

建觀念之宣導。

四、結果與討論

(一) 教材製作與生態教育推廣

由於本計畫至今為第 7 年，在教材製作部分以湖山地區之生態特色及水域相關主題來製作解說教材，並持續透過到校服務及生態營的方式來進行生態教育推廣，雖然在湖山地區擁有豐富的生物調查資料，但是這些資料並未轉化成適當的教材，因此在執行本計畫之初以製作適合中、小學童之生態教材為主。目前已完成自然生態教材其主要內容如下：

1. 阿花與阿八湖山逗陣行：以八色鳥生態習性為主，介紹八色鳥的遷徙、覓食、求偶、育雛及面臨危機等，並搭配生態影片讓學童對於八色鳥之保育有深刻的認識。
2. 甲蟲王者：以小朋友最愛的甲蟲製作生態教材，輔以標本或真實的甲蟲讓學童更貼近融入課程教學。
3. 盤古與阿杜：以說故事的方式讓盤古（盤古蟾蜍）與阿杜（拉都希氏赤蛙）介紹兩棲類的生活史及臺灣現有的 30 種青蛙。
4. 「我的自然筆記書」：以生物觀察與手繪本方式，教導學童自然觀察技巧及手工書製作。
5. 「幸福百萬小學堂」：運用動畫與影片，以有獎徵答的方式解說蝙蝠的生態。
6. 「候鳥的旅程」：運用木偶戲之方式。搭配生態影片介紹鳥類的遷移、生態習性及生活史。
7. 「海岸植物生存戰爭」：則以海岸植物之種子特性。介紹沿海環境及海岸植物特殊的繁殖與傳播方式。
8. 「濕地好好玩」：以濕地上不同的生物如多毛類、魚、蝦、蟹及鳥類的棲地為主軸。並以食物鏈的概念來串連整個濕地生態系。
9. 「神秘之光-螢火蟲」：介紹臺灣螢火蟲種類，並加上棲地限縮遊戲讓學童從遊戲中獲得保育觀念。
10. 「與龜共伍」：將臺灣的烏龜依照分類，以淺顯易懂方式作介紹，並帶入烏

龜的生態保育概念。

11. 「湖山蛙蛙蛙」：以湖山地區主要蛙種當作課程重點，利用有趣的記憶方式搭配聲音，加速學童認識與吸收。

除上述教材應用外，更搭配生態遊戲，讓整體的課程規劃上更為活潑生動。並且應用前後測的方式，瞭解學童在本項教學後認知的提昇程度。湖山地區學童在生態實際體驗較為深入，在適度引導後均可大幅提昇其生態認知。

(二) 到校服務之推動

到校服務為一種直接與學童接觸的方式，並可以運用前後測來進行學習效果評量。完成中小學校生態保育到校服務，總計完成 15 所學校 1232 位學童之到校服務。分別為南投縣竹山鎮瑞竹國小、過溪國小、秀林國小；雲林縣斗六市斗六國小、雲林國小、久安國小；雲林縣麥寮鄉豐安國小、明禮國小、麥寮國小海豐分校；雲林縣四湖鄉三崙國小；雲林縣口湖鄉崇文國小；雲林縣林內鄉重興國小；雲林縣水林鄉宏仁國小以及臺西鄉臺西國中、泉州國小。

(三) 解說宣導品的印製

本年度以「湖山動物故事集-那些年那些動物」為主題，使用研究人員為進行野生動物調查而設置紅外線自動照相機所拍攝到的珍貴畫面為桌曆設計主軸，編印桌曆 2000 份發送給當地民眾與中小學，使民眾深刻感受及了解生活周遭真實出現過的生物種類，進而引發保育棲地之觀念的重視。

五、結論

湖山水庫區域雖然並非屬於偏遠山區，但就幾年來教育宣導活動的經驗來看，湖山地區之學生的環境知識與都會區學生仍有差距，此點因學校所在地不同而有差異，一般來說山區鄉村學生的環境知識是低於平地市鎮學生的，且對於環境態度與行為也較市鎮區來的負面與消極。此現象可能受山區學校資源不足、學生家庭社經背景較低以及家庭文化資本不同等因素影響。由於環境教育強調學生對於環境的知覺與概念知識的建立，因此以戶外教學方式讓學生有實際觀察經驗，再配合適當的教材解說，將能有效提升學生對生態環境的認知。因此未來將朝向擴大湖山地區中小學生態活動範圍，培養他們正面積極的環境態度。

六、參考文獻

- 王聖賢。2006。福寶濕地自然保育課程對國小中、高年級學童的適當性及濕地自然保育認知、態度之影響研究。國立臺中教育大學：環境教育研究所碩士論文。
- 吳忠宏譯。2002。21 世紀的解說趨勢--解說自然與文化的 15 項指導原則 236pp。品度圖書。
- 李麗芳。1997。博物館學習與學校教育的互動。博物館學季刊（11）3:9。
- 汪靜明。1995。自然保育內涵及其特徵。環境教育季刊（26）：23 - 36。
- 施明發。2000。如何規劃博物館教育活動。博物館利用叢書 9。行政院文化建設委員會。
- 郭姿瑩。(2010)。博物館兒童教育趨勢考察—以法國博物館為例。博物館學季刊，24（2），99 - 115。
- 陳炳輝。黃志誠。張素禎。2002。環境教育對遊客態度影響之研究—以大雪山森林遊樂區生態旅遊為例。2002 生態旅遊學術論文發表會論文集 15 - 34 頁。
- 黃慧子。洪維勵。2002。環境教育對環境行動的效果探討—以生態旅遊為例。2002 生態旅遊學術論文發表會論文集 217 - 227 頁。
- 傅千芳、吳美麗。2009。濕地生態教學對學生生態保育概念及態度、行為之研究 162：26 - 33
- 張宛綺。2004。七股濕地遊憩體驗與環境認知之研究—以國小學童為例。朝陽科技大學：休閒事業管理系碩士論文。

附錄

101 年工作計畫期末報告書暨 102 年細部計畫說明書審查會會議紀錄及審查意見處理情形

一、開會時間：102 年 4 月 24 日（星期三）上午 10 時 10 分

二、開會地點：特有生物研究保育中心二樓國際會議廳

三、主持人：李代理主任訓煌

四、出席人員：如簽名冊

五、主持人致詞：略

六、簡報：略

七、討論：略

八、與會委員審查意見：

報告題目/計畫主持人	審查委員意見	回應情形
130 湖山水庫及鄰近地區森林生態系指標物種的選擇及生活史研究 130-3 <u>斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查/林組長瑞興</u>	(一)林委員志樺 (書面資料)： 2004~2012 年八色鳥數量由多變少，調查計畫是否在水庫完成之後仍然持續推動？ (二)林務局許技正曉華 (書面資料)： 1. 八色鳥的研究宜與東亞國家相關鳥類專家聯繫，以便瞭解該國境內八色鳥是否與臺灣同樣有數量下降之趨勢；或可嘗試研提農委	(一) 於 103 年計畫結束之後，建議持續進行監測以瞭解後續八色鳥族群變化情形。 (二) 1. 感謝委員建議。目前正持續地積極與其他國家聯絡，包括：韓國和日本。八色鳥在韓國因分布範圍較小，因此族群量的掌握較容

130-3 (續) <u>斗六丘陵(包括湖山水庫)</u> <u>八色鳥族群數量調查</u> <u>查/林組長瑞興</u>	會高科技人才培育計畫，直接調查該國之八色鳥現況。 2. 研究人員是否曾洽臺灣各地鳥會瞭解八色鳥的數量，全臺八色鳥之族群是否與湖山地區一樣有下降的趨勢。建議比照貴中心近來推動全民科學家的方式，廣納各地關心八色鳥的訊息與資訊。 3. 在「森林生態系復育計畫研擬」報告中提到2009-2011年缺乏航照圖資料，請問原因為何？可否分析水庫開發面積與八色鳥數量之關聯？另與臺灣獼猴因工程開發外移有無相關性？ (三)張委員淑姬 (書面資料)： 八色鳥是遷移性物種，應與國際有關單位聯絡，瞭解數量減少的情形是否為全球性情況。	易；在日本的部分，因無法固定地點或長時間進行調查，故往後需再查詢相關資料補充說明。 2. 感謝委員建議。本(102)年八色鳥調查因前置作業期間有限，採取尋找專業調查人員協助方式進行，未來考慮以公民科學方式，每隔數年固定地推動全臺八色鳥族群調查，以有效地掌握其族群變化趨勢。 3. 經查已取得2009及2011年航照圖，已將資訊更新。水庫開發面積與八色鳥數量關聯將於期末報告時補充。若有獼猴相關計畫進行，相關資料可提供運用。 (三) 感謝委員建議。有關國際間八色鳥資訊聯繫，目前正持續地積極與其他國家聯絡，相關結果將補充於期末報告中。

130-3 (續) <u>斗六丘陵(包括湖山水庫)</u> <u>八色鳥族群數量調查</u> <u>林組長瑞興</u>	(四)陳委員章波： 因為臺灣仍無法與世界隔離，除了調查全臺八色鳥的數量分布外，建議可與全球總量的變化比較，探討目前所調查到的數量減少之原因為何，並可舉行國際會議進行研討。	(四) 感謝委員建議。除國際聯繫外，八色鳥監測成果擬於 2014 年於日本國際鳥類學大會中發表。
130-8 <u>湖山水庫生態系保育研究成果資料庫建立與維護</u> <u>林組長瑞興</u>	(一)陳委員章波： 目前資料庫的使用程度及成效為何？是否已有人使用或如何鼓勵大家來使用？	(一) 目前使用狀況不佳。未來將配合本中心生物乎多樣性資料庫，將相關資訊匯集於一處，以提高使用的動機。
130-10 <u>湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究</u> <u>黃助理研究員朝卿</u>	(一)林務局許技正曉華(書面資料)： 是否有在錫蘭七指蕨的棲地檢測 pH 值？也許七指蕨的孢子需要在一定的 pH 值的環境下才會發芽。 (二)陳委員章波： 1. 建議增加蕨類植物生理相關之調查，例如植物的最低光照因子等。 2. 請探討植物本身分散地較廣之原因，是因沒有適當的棲地可供生長或是人為破壞導致	(一) 目前已規劃將於本年度內採集樣點的土壤，送至中興大學土壤研究中心進行檢測，希望未來可以使數據更為完整，並進行補充說明。 (二) 1. 感謝委員的建議，有關錫蘭七指蕨生態生理學的調查部分，將於本年度內酌量增加此部分的研究調查工作。 2. 依據目前調查結果，錫蘭七指蕨植物的生育地環境差異極大，且考慮到有些族群是位於

130-10 (續) <u>湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究</u>/黃助理研究員 朝卿	之緣故？並請比較棲地環境之差異性。 3. 報告中陳述 39 株的植株只有 11 株有孢子囊的植株，可否探討其原因。 4. 強調原生棲地環境之重要性有利於未來原生棲地保存的經營管理，在繁殖的過程如何模仿其原生棲地環境並獲得成效？並請說明判斷有無成效之依據。	保留區內，因此在錫蘭七指蕨點位的調查中，目前仍有部分未公布，日後將補充至完整報告中。 3. 依據 101 年度的調查結果，湖山水庫內錫蘭七指蕨當年共萌發有 39 個新梢，不過因錫蘭七指蕨的生長形態為叢生狀，故無法由地表的生長狀況，判斷其正確的族群數量。此外，於 101 年度中所抽出具有孢子囊穗的 11 株植株，均是於 3~5 月間冒出地表的個體，至於 6 月份以後冒出地表的新梢，即使具有孢子囊穗，也無法進一步生長與發育，故初步推測孢子囊穗的生長發育可能與個體的成熟度與營養的供給有關。 4. 根據在恆春的調查結果，發現錫蘭七指蕨可生長在全日照的環境下，因此推估植物的根系在強健的情況下，對於光照強度的要求不太嚴謹，且至目前為止，過去已曾在墾丁地區進行兩次的採收，生存率皆達 100%，在移地復育的部分，並沒有太大的問題。

130-10 (續) <u>湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究/黃助理研究員朝卿</u>	(五)經濟部水利署中區水資源局及鉅樺生態顧問公司： 關於庫區內錫蘭七指蕨的原生地問題，因預計於 102~103 年內將進行最後一次水庫內地表的清除，故不久後必須將物種進行移地保育，建議是否可提供其他適合其生長的棲地位置。	(五) 非屬本次審查會議之議題，建議將意見反應至中水局之湖山水庫生態保育工作小組會議中討論。
130-11 湖山水庫棲地改善試辦計畫/林組長瑞興	(一)林委員志樺 (書面資料)： 試辦計畫是一個很好的計畫，所以應建議業者可以用這樣的模式由社區和研究、學術單位在適當的地點推動。	(一) 感謝委員肯定，本中心將彙集及整理研究過程所獲致的經驗，並融入於復育建議書中，供各界參考運用。
150 <u>湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究/林組長瑞興</u>	(一)林委員志樺 (書面資料)： 建議開發單位知會包商在水庫邊緣的開發應更小心的處理，因生態復育和水庫開發兩者不一定不能並存。 (二)陳委員章波： 由調查的結果，希望可以提高層次加以運用在其他的方面，並尋找其通則，例如：那些植物屬於頂芽優勢等，可提供未來相關研究	(一) 感謝委員提醒，研究人員若於現場發現環境變化，將立即通知中區水資源局相關人員，並透過工作小組會議交換相關資訊。 (二) 感謝委員的意見，將在期末報告增加相關分析與歸類。

	單位之參考。	
160 <u>森林生態系復育計畫研擬及檢討</u> /林組長瑞興	(一)林務局許技正曉華 (書面資料)： 1. 「湖山水庫及鄰近地區森林生態系棲地改善建議書」第 4 頁地圖 1-1 及 1-2 是否與報告的對應有誤？ 2. 建議建議書的架構再予調整，例如前言的內容不宜太複雜、表一所列相關研究計畫及本建議書研擬流程也許可以另列於附錄或其他章節，各章節的參考文獻宜整合再列出較為一致。 (二)陳委員章波： 1. 考慮增加經濟上之誘因，例如增加碳的儲存量、計算生物多樣性的效益及成長結果等等。 2. 在調查結果的圖表中，目前主要仍以物種的種類為主，希望未來可以擴充探討至群聚或將人類加入至整個生態系中進行討論與建議。	(一) 1. 感謝指正，已將之修正。 2. 謝謝委員的建議，已將之修正。 (二) 1. 感謝建議，將於期末報告中增加湖山水庫森林生態系之生態價值等主題。 2. 感謝建議，將於期末報告中補充人類與湖山森林生態系互動的描述。

	3. 增加說明整個計畫在未來希望能做到何種程度。 4. 建議增加人為問卷之調查。	3. 感謝建議，將於期末報告中補充。 4. 人為問卷的設計、執行與分析需要人文科學專業，可能短時間內無人力進行也並未規劃在計畫之中，但會在未來注意是否有與其他單位或學者合作的可能性。
200 溪流生態系統研究 230 <u>清水溪指標物種生活史研究</u>/葉助理研究員明峰	(一)陳委員章波： 1. 報告中已進行許多動物學的研究，例如魚類的食性，卵徑大小等等因子，但探討的方向是否仍應以生態系的保育為主？ 2. 建議進行庫區的水質監控，探討未來應如何進行管理。 3. 可探討採集之魚類體型變小或數量變少的原因，以及魚類在水庫中所扮演的角色為何，才是保育之目的。	(一) 1. 本計畫研究魚類生活史對象以將來水庫可以存活對象之當地魚類為主，目的除了為保育河川生態系外，另外將建立水庫基礎生態能量模式，以提供水庫管理單位參考。 2. 水質監控部分在水利利用單位開發計畫內已有完善規劃，本計畫亦將於計畫內建議適當放養草魚、鯪魚等草食性魚種藉以控制水草生長及水質維護。 3. 感謝委員的意見。對於水庫未來的管理方向，會以魚類為主要重點，一個水庫要有良好的水質，魚類的族群及水庫經營管理兩者都很重要。水庫中應將肉食性、雜食性及草

		食性魚類合宜搭配，以避免因食性的關係造成藻華現象，使水質遭受污染。因此本計畫擬藉由水域生物監測、指標魚種生活史及水域生物生態系食物鏈模式等相關調查研究，提供未來湖山水庫水域生態系經營管理之參考。
260 <u>湖山水庫相關溪流生態系經營管理之研擬及檢討</u>/張助理研究員世昌	(一)林委員志樺 (書面資料)： 水庫的管理部分，就湖山水庫的功能而言，未來是否可能發展觀光或開放垂釣，請先瞭解才不致浪費研究資源。 (二)陳委員心慧 (書面資料)： 1. 為維護清水溪下游生物量、基流量穩定性，建議規劃建置適當之生態補償措施，以降低建水庫後對下游河川生態造成之影響。 2. 請有關單位確實督導桶頭攔河堰施工過程對生態造成的影響，例如施工時是否應避免全斷面施工或瞬間臨時改變流路，以提供溪流生物避難、棲息的空間。	(一) 感謝委員的建議。 (二) 1. 湖山水庫及桶頭攔河堰下游之生態好壞取決於水流量大小，即使設置多功能溼地避難所也無法改善下游河川生態，因此僅能建議水利管理單位放流量盡量放大，減少對下游河川生態衝擊。 2. 將彙整意見與相關單位進行討論。

500 生態保育宣導 510 <u>湖山水庫自然保育宣導計畫</u>/薛副研究員美莉 540 <u>湖山水庫週邊生態資源導覽解說手冊</u>/薛副研究員美莉	(一)張委員淑姬 (書面資料): 設計好的教材能否分享?如果學校老師能深入瞭解,相信更能深根到孩童心中。 (二)陳委員章波 (書面資料): 應思考如何提升自己的層級,提供自我成長的方向,例如提升學生學習後的自我行動力等等。	(一) 目前已與各機關、學校老師分享所使用的教材,謝謝委員的意見。 (二) 將設計讓學生能實際參與之行動,提昇學生自我行動力。感謝委員的指教,日後將盡力配合。
綜合	(一)林務局許技正曉華 (書面資料): 本局「湖山水庫工程計畫第5次環境影響差異分析報告」中,曾有獼猴危害事件提出,獼猴危害雖非湖山水庫之特殊案例,但此區域之獼猴危害有可能係因水庫開發而加劇,有關本區域之臺灣獼猴因開發而轉移至庫區周遭民眾之農作區,雖族群不受工程開發影響,但所造成之獼猴危害事件,應提出具體改善措施。 (二)陳委員心慧 (書面資料): 工程導致獼猴遷徙,嚴重影響周遭農作物收成,建議適度規劃處理農民農作物收成減少之補償措施。	(一) 因非屬「生態保育措施執行計畫」本中心行政協助之範疇,相關意見將彙整後送相關單位參考。 (二) 將彙整意見並向相關單位,包括環保署、林務局、當地縣市政府等相關單位反應,並研議解決或改善之道。

九、散會：中午 12 時 30 分

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 會議簽名冊

會議名稱：「湖山水庫工程計畫生態保育措施—森林、溪流生態系統之調查研究規劃」

101 年期末報告書暨 102 年度細部計畫說明書審查會議

會議時間：102 年 4 月 24 日 10 時 00 分		會議地點：本中心二樓國際會議廳	
主持人：李代理主任訓煌		記錄人：游智涵	
出席人員	簽名	出席人員	簽名
李代理主任訓煌	李訓煌	行政院農業委員會林務局 張科長 弘毅	許曉華
楊主任秘書嘉棟		南投縣政府農業處保育科 莊科長 瑞均	
		台灣大學生態學與演化生物學研究所 李教授 培芬	
		中央研究院生物多樣性中心 陳研究員 章波	陳章波
		中興大學森林學系 曾副教授 彥學	
植物組黃組長獻文	黃獻文	台灣環境與資源保育學會 鄭理事長 皆達	鄭皆達
黃助理研究員朝卿	黃朝卿	湖山水庫人文生態保護協會 林總幹事 志樺	林志樺
		台灣省野鳥協會 張監事淑姬	張淑姬
		台灣大學生化科技系 李教授 平篤	
		社團法人南投縣清水溪生態保育協會 陳顧問 心慈	陳心慈
棲地生態組林組長瑞興	林瑞興	經濟部水利署	
葉助理研究員明峰	葉明峰		
張助理研究員世倉	張世倉		
		經濟部水利署中區水資源局	曾兆祥
			蔡錫安、王清花、林其晏
七股研究中心籌備處 薛副研究員美莉			薛美莉
		南投林區管理處	蔡錫安、王清花、林其晏
計畫助理	王一霖		蔡錫安、王清花、林其晏
	張麗環	雲林縣政府	蔡錫安、王清花、林其晏
	柯淑惠		
	陳明常		
	蔡志欣	南投縣政府	
	廖錦輝	雲林縣野鳥協會	
	林泉竹	經濟部水利署第四河川局	
	黃玉華	經濟部水利署第五河川局	
	鍾雨冬	南投縣清水溪生態保育協會	
	宋心怡	湖山水庫人文生態保護協會	
	姚牧君		
	劉婉蓮	林朝卿	
	黃嘉恩	陳美萍	
	林玲如	陳美萍	
	曾秋雲	陳美萍	

黃嘉恩
陳美萍
游智涵

謝朝卿
廖國勝

102 年工作計畫期中報告書審查會會議紀錄及審查意見處理情形

一、開會時間：102 年 9 月 11 日（星期三）上午 09 時 30 分

二、開會地點：特有生物研究保育中心二樓國際會議廳

三、主持人：方主任國運

四、出席人員：如簽名冊

五、主持人致詞：略

六、簡報：略

七、討論：略

八、與會委員審查意見：

報告題目/計畫主持人	審查委員意見	回應情形
120 湖山水庫及鄰近地區森林生態系指標物種的選擇及生活史研究 120-3 <u>斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查</u> /林組長瑞興	(一) 李委員培芬 1. 八色鳥數量變化之資料是否與中水局所進行之監測資料一致？	(一) 1. 以 2004-2013 年雙方調查數據進行比對，歷年變化趨勢大致相同。雖然本計畫今年於庫區沒有記錄到八色鳥(2012 年為 3 隻)，中水局今年監測數值有 4 隻八色鳥(2012 年為 0 隻)，但比起 2004-2008 年雙方在庫區內的調查介於 15-54 隻的數量，兩方數據皆顯示 2008 年庫區開發後，八色鳥數量明顯減少且處於 10 隻以下。

120-3 (續) <u>斗六丘陵(包括湖山水庫)</u> <u>八色鳥族群數量調查</u>/林組長瑞興	2. 報告書中 p.69 之地圖比例尺有錯。 3. 在環評審查中，有鑑於八色鳥和其他指標物種之變化會要求中水局進行合理之瞭解，同時因為生態保育措施相關計畫即將結束，也要求中水局考慮將生態保育計畫作適當之延長。建議本規劃單位能就相關之課題進行檢討，並向中水局提出後續之計畫內容。 (二) 張委員弘毅 1. 在臺灣八色鳥族群調查上，初步與 2009 年所調查之數量比較，發現其數量平均下降 20% 之趨勢，除了湖山水庫部分係棲地破壞外，其他各區樣點是否觀察到微棲地之變化？ 2. 目前大埔溪樣區的八色鳥族群已很少，對於土石禁採區的論述，是否應該加強調查？並建議可預為因應之措施。	2. 感謝指正，遵照委員意見修正。 3. 感謝委員意見，相關意見將送水利署中區水資源局供參考。 (二) 1. 調查紀錄中的確可見有一部分樣點因小規模修路施工或新建工程而產生微棲地變化，但是否因此造成全臺八色鳥數量下降之影響尚待更多研究。但在微棲地變化分析上具有一些困難，主要是 2013 年八色鳥數量複查大部分的調查員與 2009 年的調查員不同，且複查樣點僅要求調查員抵達 2009 年樣點的 50 公尺內回播調查，離原樣點上有一小段距離，且棲地的判斷及記錄相較主觀。將於期末報告中加入初步的統計及討論。 2. 感謝委員建議，鑑於斗六地區八色鳥族群數量屬短期內快速下降，且鄰近湖山水庫北側的丘陵數量又明顯少於更北的林內地區，故未能完全排除水庫工程對鄰近地區八色鳥可能產生擴散性影響，建議持續監測以瞭解

120-3 (續) <u>斗六丘陵(包括湖山水庫)</u> <u>八色鳥族群數量調查</u> <u>林組長瑞興</u>	(三) 陳委員心慧 鳥類多著墨於八色鳥，對清水溪鳥類有失公允，未來水庫營運後對清水溪勢必造成嚴重衝擊，關於相關的配套措施及對策卻無隻字片語，建議增加清水溪沿岸鳥類專題研究。	後續水庫完成之後族群的變化。另土石禁採區目前並不在固定的長期監測的範圍內，鑑於人力有限，將視需要及人力安排加強調查。 (三) 感謝委員意見。森林生態系復育研究於 96 年之鳥類名錄、分布及現況評估計畫，已針對湖山水庫周遭地區（含部分清水溪區域）之鳥類進行調查資料彙集或調查。委員意見將轉請水利署中區水資源局參考。
120-9 <u>湖山水庫錫蘭七指蕨</u> <u>繁殖復育研究</u>/黃助理 研究員朝卿	曾委員彥學 就錫蘭七指蕨保育措施方面，建議仍然需以有性繁殖方式增加族群數量，無性繁殖是保育最後不得不的手段，雖然目前利用有性繁殖尚無法突破，但仍可利用其他方法來改善。	感謝委員的意見與指教。
120-10 <u>湖山水庫棲地改善試</u> <u>辦計畫</u>/林組長瑞興	張委員弘毅 棲地補償試驗樣區 0.26 ha，而建議棲地改善實施位址由等級 1 之 110 ha 至將改之 577 ha，是否評估改善經費與自然演替間之差距？另外，改善棲地若位於中水局之湖山水庫區域外，應與相關機關（南投林管處）協調合作。	感謝委員建議。自然演替具有花費較少的優點，但有些植被狀況如不進行人為主動管理則無法自然演替，使棲地改善及補償的成效受到限制。因此，棲地改善應以長期、小規模實行為原則，以減少經費壓力，並藉由現場植被狀況，調整棲地改善之策略。未來將積極與相關單位聯繫、討論，尋求相關單位合作的可能性。

120-12 <u>2013 年臺灣八色鳥調查</u>/林組長瑞興	(一) 張委員淑姬 1. 針對八色鳥全島調查紀錄，以各縣市出現鳥數量表列中，如苗栗縣八色鳥出現樣點數為 13，八色鳥記錄數量為 12；雲林縣出現樣點數為 0，但鳥類記錄數量為 4；花蓮縣出現樣點數為 24，鳥類記錄數量卻為 16，請就鳥類出現的樣點數與數量作說明。 2. 研究團隊的用心，值得肯定。 (二) 莊委員瑞均 八色鳥全省調查資料中顯示臺東縣之鳥類數量超多，根據鳥會過去之調查資料是否曾有記錄紀載？	(一) 1. 感謝委員指正，本表格因資料整理過程疏漏而導致數據錯誤，將於期末報告中修正。苗栗縣八色鳥出現樣點數應為 10，雲林縣八色鳥出現樣點數應為 3，花蓮縣八色鳥出現樣點數應為 14，原表格中八色鳥出現樣點數未扣除額外調查樣點數，八色鳥記錄數量為扣除額外調查樣點後的記錄數量。 2. 感謝委員的肯定。 (二) 過去臺東縣即有八色鳥的記錄。但鳥會並無系統性的調查研究，因此鳥會資料庫中雖有觀察記錄，但難以與其他地區或其他年份進行比較。
140 <u>湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究</u>/林組長瑞興	(一) 曾委員彥學 針對棲地復育及改善方法試驗研究，建議需考量針對樹種的習性，如先驅樹種與極盛相樹種；稜線型(耐旱型)樹種、山腰型(中性型)樹種與溪谷型(潮溼型)樹種，如果能將之先行分類，對爾後復舊森林能事半功倍之效。 (二) 莊委員瑞均 野生哺乳類動物調查資料，鼬獾居次，但本年度狂犬病防疫工作執行迄今，南投縣所補送之件數已達百件以上，惟雲林縣之數據顯	(一) 感謝委員建議，未來將於試驗成果中加強討論。 (二) 野生動物疾病的起源及傳染機制十分複雜，因目前無相關研究，無法確認各縣市狂犬病盛行率的狀況及差異原因。

	示不及南投縣之四分之一，是否族群之比例差異。	
150 <u>森林生態系復育計畫研擬及檢討</u> /林組長瑞興	(一) 李委員培芬 傅氏三叉蕨在臺灣的分布情形和族群量為何？是否為 貴中心植物紅皮書之稀有物種？此物種之未來趨勢為何？ (二) 林委員志樺 在試驗區所調查到之外來種植物小花蔓澤蘭的數量非常多，建議進行移除以避免影響試驗之調查研究。	(一) 傅氏三叉蕨在植物紅皮書中列為易受害 (VU)，在建議書中已有說明，關於其分布情形及族群資訊將補充更新如下：傅氏三叉蕨主要分布於臺灣中南部及東部地區的低海拔岩石環境，從山區到靠近海岸的溪谷都有分布，因分布廣泛且栽培容易，整體族群暫時不受太大威脅。 (二) 感謝委員建議。本計畫在苗木試驗初期，有密集進行苗木撫育，以減少外來種植物對試驗苗木的影響。但撫育工作耗費人力且長期管理不易，待苗木成長之後，較不會因小花蔓澤蘭纏勒而死亡，即逐漸減少除蔓的頻率。
200 <u>溪流生態系統研究</u> 230 <u>清水溪指標物種生活史研究</u> /葉助理研究員明峰	李委員培芬 有關水域生態系指標物種之生活史是否已研究清楚？如何讓這些資料對於溪流、水庫之經營與生態保育有所幫助？建議研究人員能多多利用這些資料於「溪流生態系經營管理研擬及檢討」計畫內，並提供相關之	遵照委員意見辦理。未來將彙整歷年來指標魚種之攝食習性、生殖周期、族群結構等生活史相關研究成果，納入「水庫集水區水域生態環境經營管理建議書」內，提供相關單位保育溪流魚類之參考。

	SOP 內容。	
260 <u>湖山水庫相關溪流生態系經營管理之研擬及檢討</u> /葉助理研究員明峰	(一) 李委員培芬 1. 不建議 貴中心在建議書中建議於水庫內放養外來種魚類。 2. 有關超音波遙測魚類族群之內容是否已有研究？ (二) 林委員志樺 水庫營運後勢必對清水溪生態環境造成衝擊，河川於枯水期可能會造成無水的狀態，因此建議對清水溪下游整體生態需求建立棲地補償措施，如人工湖或溼地避難池。	(一) 1. 早期自中國引進的黑鯪、白鯪、草魚、鯉魚、鯽魚等魚種，會濾食浮游生物或攝食水生植物、底棲生物與腐植質，棲地較侷限於湖泊、水庫等深、緩水域，長期以來常被利用來改善湖泊、水庫水質。原簡報資料「以當地或臺灣原生魚種為優先，其次為外來魚種」所謂之「外來魚種」係意指上述魚種，非指諸如吳郭魚、琵琶鼠等外來入侵種。因簡報文字敘述過於扼要，實易造成誤解，已酌予修正，感謝委員指教。 2. 國內目前以超音波(科學魚探)評估水庫魚類族群量之案例，於鯉魚潭水庫、石門水庫已有相關研究報告可稽，未來將彙整相關資料於「水庫集水區水域生態環境經營管理建議書」中提供有關單位參考。 (二) 感謝委員建議。未來將針對水庫營運後清水溪下游棲地補償措施(如避難池、生態池等)之可行性研議相關具體建議，納入「水庫集水區水域生態環境經營管理建議書」中，提供有關單位參考。

260 (續) <u>湖山水庫相關溪流生態系</u> <u>經營管理之研擬及檢</u> <u>討/葉助理研究員明峰</u>	(五) 莊委員瑞均 1. 清水溪流域與新庫區之經營管理，宜徹底依研究報告之建議事項去執行，以防範未然。另應杜絕外來種之入侵，並適度引導相關放流（生）單位之需求，以達雙贏。 2. 庫區完成後，桶頭攔河堰取水口之取水量應考量清水溪流域之河流生態永續發展，尤其在枯水期流量少，尚有潛勢流域之威脅。	棲地需求相關生物參數重新評估生態基流量，以符當時棲地環境現況，勿逕以 1.5 cms 據以放流。 (五) 1. 委員的寶貴建議皆將納入「水庫集水區水域生態環境經營管理建議書」中，提供水庫管理單位施政之參考。感謝委員指教。 2. 未來將建議桶頭攔河堰管理單位應就河川斷面現況與指標魚種水深、流速等棲地需求相關生物參數予以評估生態基流量並據以放流，以維下游水域生物基本生存需求。感謝委員的建議。
綜合	林委員志樺 1. 報告內容之相關研究人員都非常認真及用心，並清楚呈現試驗之相關數據與結果。 2. 最近庫區內的野狗數量增多，考慮近日狂犬病之流行疫情，提醒進入庫區內的調查研究人員應多加注意自身安全。	1. 感謝委員的肯定及指教。 2. 感謝委員的提醒，會後會將此訊息告知所有進入庫區調查之人員，務必注意自身安全。

九、散會：上午 11 時 45 分

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 會議簽名冊

會議名稱：「湖山水庫工程計畫生態保育措施—森林、溪流生態系統之調查研究規劃」

102 年度期中報告審查會議

會議時間：102 年 9 月 11 日 9 時 30 分		會議地點：本中心二樓國際會議室	
主持人：方主任國運		記錄人：林美婷、張麗霞	
出席人員	簽名	出席人員	簽名
方主任國運	方國運	行政院農業委員會林務局 張科長 弘毅	張弘毅
李副主任訓煌		南投縣政府農業處保育科 蘇科長 瑞均	莊瑞均
楊主任秘書嘉棟	楊嘉棟	台灣大學生態學與演化生物學研究所 李教授 瑞芬	李瑞芬
		中央研究院生物多樣性中心 陳研究員 章波	
植物組組長秋文	黃秋文	中興大學森林學系 曾副教授 彥學	曾彥學
黃助理研究員朝卿	黃朝卿	中興大學水土保務學系 鄭教授 皆達	
		湖山水庫人文生態保護協會 林總幹事 志輝	林志輝
棲地生態組組長瑞興	謝瑞興	台灣省野鳥協會 張監事 淑姬	張淑姬
黃助理研究員明雄	黃明雄	台灣大學生化科技系 李教授 平陽	
張助理研究員世會		社團法人南投縣山水溪生態保育協會 陳顧問 心慧	陳心慧
七股研究中心籌備處 薛副研究員美莉	薛美莉	經濟部水利署	
		經濟部水利署中區水資源局	江廷輝 曾北棟
計畫助理 張麗霞			
林美婷			
宋心怡		南投林區管理處	蔣若蓀
謝怡君			
王-新			
陳香清		雲林縣政府	
		南投縣政府	莊瑞均 潘傳華
		雲林縣野鳥協會	
		經濟部水利署第四河川局	
		經濟部水利署第五河川局	
		南投縣清水溪生態保育協會	
		湖山水庫人文生態保護協會	
		鉅海工程顧問公司	蔡錫雲 張政和

102 年工作計畫期末報告書暨 103 年細部計畫說明書審查會會議紀錄及審查意見處理情形

一、開會時間：103 年 4 月 18 日（星期五）上午 9 時 30 分

二、開會地點：特有生物研究保育中心二樓國際會議廳

三、主持人：方主任國運

四、出席人員：如簽名冊

五、主持人致詞：略

六、簡報：略

七、討論：略

八、與會委員審查意見：

報告題目/計畫主持人	審查委員意見	回應情形
120 湖山水庫及鄰近地區森林生態系指標物種的選擇及生活史研究 120-3 <u>斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查</u> /林組長瑞興	(一)李委員培芬 (書面資料)： 八色鳥之數量在臺灣和計畫之鄰近區域均有明顯之減少，建議特生中心將相關資訊提供林務局參考，水利主管機關進行適切之保育工作。同時，本案之主管機關中水局亦應重視，並擬訂小區域之復育保護措施和計畫，盡到開發單位之責任。	(一) 感謝委員建議，調查資料將提供給相關單位參考。

120-3 (續) <u>斗六丘陵(包括湖山水庫)</u> <u>八色鳥族群數量調查</u> <u>林組長瑞興</u>	(二)李委員平篤 (書面資料)： 1. 八色鳥族群減少原因應盡可能釐清。應辦理「全臺普查」，並與度冬區及遷徙區資料比較。 2. 物種名稱除中、英併列外，宜附學名，特別是「關鍵詞」。	(二) 1. 感謝委員建議。八色鳥度冬區與遷徙區目前資料極度欠缺。八色鳥在雲林地區減少之現象，除了湖山水庫興建的影響外，來自遷徙或度冬區的影響，目前可進行方式係透過繁殖區族群資訊來反推。依據臺灣 2001 年至 2013 年 5 次全臺調查，可發現臺灣整體族群呈現明顯下降趨勢，尤以臺灣中部和北部，故雲林地區八色鳥族群下降分別受到地區性湖山水庫工程及大範圍（度冬區與遷徙區）族群數量下降的影響。 2. 感謝委員建議。
120-9 <u>湖山水庫錫蘭七指蕨</u> <u>繁殖復育研究</u> <u>黃助理研究員朝卿</u>	(一)李委員培芬 (書面資料)： 錫蘭七指蕨之移地保育工作可以寫成一份標準作業程序，並進行相關之傳承工作，可提供中水局後續之復育參考。其他之稀有植物亦可比照辦理。	(一) 感謝委員的建議，本中心將俟計畫結束，全臺各地錫蘭七指蕨相關資料蒐集齊備後，嘗試進行有關錫蘭七指蕨移地保育操作標準作業程序的撰寫。

120-9 (續) <u>湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究</u>/黃助理研究員朝卿	(二)李委員平篤 (書面資料): 1. 因植物於水庫內的分布面積小 (約為 2 x 2 m²) 幾乎會導致滅絕, 因此建議七指蕨分布地區面積應設法擴大 (根據細部計畫說明書第 21 頁) 2. 關於孢子組織之培養, 建議可嘗試改變不同蔗糖及 IAA 的濃度 (以不同組合進行搭配) 找出最適當濃度發芽處理。又可試驗以植物之何種部位作為無性繁殖為最佳 (根據細部計畫說明書第 23 頁)。 3. 根據 102 年 9 月、10 月及 12 月份植株移地保育情形, 是否以哪個月分移出之植物生長情形最佳? 植物種植月份很重要, 宜慎加考量。 4. 土壤及培養基的 pH 值是影響植物生長很重要因素。可比較臺灣各地有七指蕨分布地區	(二) 1. 感謝委員的建議, 此部分將於移地保育操作時, 多增加幾處的新棲地以為因應。 2. 感謝委員的建議, 此部分將規劃入本年度孢子及無性繁殖之試驗操作中。 3. 湖山水庫庫區內的錫蘭七指蕨, 於民國 102 年 9 月、10 月及 12 月間共進行三次的移地操作, 根據目前的觀察結果, 所有錫蘭七指蕨植株生長均良好, 並未受到移地操作月份的影響, 惟若移植的月份越早, 當濕度足夠時, 錫蘭七指蕨並不會進入休眠, 宿存的葉片可持續進行光合作用, 將有利於隔年新梢的生長。 4. 感謝委員的建議, 此部分已規劃於本年度的調查工作項目中。

120-9 (續) <u>湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究</u>/黃助理研究員朝卿	土壤 pH 值。 (三)曾委員彥學 (書面資料)： 1. 整個結果內容非常詳實，包括文獻資料的蒐集及基礎資料的規劃，值得肯定。 2. 錫蘭七指蕨的年齡如何判釋？ 3. 移地保育的地點，有無腹案？如何選定？	(三) 1. 感謝委員的肯定。 2. 野外生長的錫蘭七指蕨於秋冬季時，地上部會枯萎進入休眠，因此原則上可以由根莖上的枝梢痕跡來推估錫蘭七指蕨的年齡，不過由於錫蘭七指蕨的根莖深埋於地底下且有些植株一年會萌發多次枝梢，故在年齡判別上存在有很大的困難度及誤差值。 3. 有關湖山水庫庫區內的錫蘭七指蕨，因其生育地位於水庫滿水位淹沒線以下，故需進行移地保育。有關此移地保育工作，已於民國 102 年 4 月 1 日召開的「湖山水庫生態保育工作小組第 16 次會議」中進行討論。因為水庫內原生地附近林相已進行地表清除，造成微環境的改變，經現場評估將不適合錫蘭七指蕨長期的生長，目前初步的構想將於水庫庫區外另覓其他適合生育的地點進行栽植，如森林棲地復育區；部分植物亦可保存

120-9 (續) <u>湖山水庫錫蘭七指蕨繁殖復育研究</u>/黃助理研究員朝卿	4. 土壤的內容物常隨季節有所變化，本次的檢測分析是何時採樣？可作代表性？	於湖山水庫所屬保育區復育網室中；另為分散風險，亦可分送其他研究單位進行栽植。 4. 有關 102 年錫蘭七指蕨生育地的土壤分析係於 7-8 月間進行，採樣的時間點考量主要是因為錫蘭七指蕨的孢子成熟期主要集中在這段時間，而且錫蘭七指蕨的孢子為綠色型態的孢子，孢子壽命很短，此時期土壤的組成對孢子發芽的影響最直接，因為在此段時間進行土壤的採樣，應是具有代表性的。
120-10 <u>湖山水庫棲地改善試辦計畫</u>/林組長瑞興	(一)李委員平篤 (書面資料)： 就八色鳥棲地而言，「竹林」保護與栽植應為可行方案之一，而非一味「伐竹」。	(一) 感謝委員建議。依據八色鳥生活史及棲地利用相關研究的結果，顯示八色鳥雖會棲息在有竹林的環境，但仍以利用次生闊葉林為主。本計畫初衷是為了提高水庫週邊遭破壞的森林生態系功能及生物多樣性，並將研究成果提供給集水區內外管理單位參考，而非僅針對八色鳥進行森林棲地改善。當地竹林環境下，生物多樣性低且森林更新緩慢，因此伐竹試驗有助釐清竹林對林下苗木生長影響，提供相關管理單位規劃短、中及長期之生態系經營策略及方向。

120-10 (續) <u>湖山水庫棲地改善試辦計畫</u> <u>畫/林組長瑞興</u>	(二)陳委員心慧 (書面資料)： 建議未來可以於水庫保護帶包含水庫鄰近區域之範圍內進行棲地改善及資源調查。 (三)莊委員瑞均 (書面資料)： 竹林伐除地或竹林內之林木植株生長，呈現種類不同有不同差異之生長，是否有分析過竹林之根系分泌物而影響林木之生長？孟宗竹林間伐木更新，造林之成活率概論偏低，是否有關聯性？	(二) 感謝委員建議。以「湖山水庫棲地改善試辦計畫」試辦區推動成果，以及目前齊頭並進的「湖山水庫及鄰近地區森林生態系經營管理建議書」所彙整之建議，期望能提供水庫內外管理單位作為經營水庫保護帶及鄰近區域之森林生態系復育及棲地改善之短、中及長程規劃參考。 (三) 周昌弘等人曾在 1981 年發表「Allelopathic research in subtropical vegetation in Taiwan. I. Evaluation of allelopathic potential of bamboo vegetation.」及 2006 年發表於生物技術與綠色農業研討會專刊的「農業廢棄物之利用與環保：植物相剋作用在永續農業之利用」文中提及，麻竹及孟宗竹林的淋溶液具有高含量有毒物質，會抑制林地生物多樣性。當初擬訂研究計畫後，僅進行文獻蒐集但並未將竹林根系分泌物是否影響林木生長之議題納入試驗設計中，目前只能利用文獻之研究結果推論，麻竹及孟宗竹所分泌之物質可能是影響麻竹林或孟宗竹林間伐更新後苗木存活

		率偏低的原因之一。
120-12 <u>2013 年臺灣八色鳥調查</u> /林組長瑞興	(一)張委員淑姬 (書面資料): 請於 102 年期末報告之 107 頁，八色鳥出現機率等級，圖示中之說明，可再補充詳細。	(一) 感謝委員指正，已修正。
150 <u>森林生態系復育計畫研擬及檢討</u> /林組長瑞興	(一)李委員平篤 (書面資料): 1. 後續宜考量「如何保護水庫安全與使用年代」的方向研究生態系相關措施(根據細部計畫說明書第 41、42 頁)。 2. 指標物種不宜列「哺乳類、鳥類、爬蟲類……」之籠統名稱，宜列出特定之物種(species)(根據細部計畫說明書第 42 頁)。	(一) 1. 感謝委員建議，於更新版本時將納入委員建議。 2. 感謝委員建議。細部計畫說明書所稱指標物種，哺乳類為食蟹獾 <i>Herpestes urva</i> 、湖山地區所有食蟲性蝙蝠 insectivorous bats。鳥類為八色鳥 <i>Pitta nympha</i> 、藍腹鵯 <i>Lophura swinhoii</i> 、臺灣山鷓鴣 <i>Arborophila crudigularis</i> 、朱鸕 <i>Oriolus traillii</i> 、臺灣藍鵲 <i>Urocissa caerulea</i> 、白尾鵯 <i>Cinclidium leucurum</i> 、紅頭綠鳩 <i>Treron formosae</i> 、灰腳秧雞 <i>Rallina eurizonoides</i> 、大彎嘴 <i>Pomatorhinus erythrocnemis</i> 、小彎嘴 <i>Pomatorhinus musicus</i> 、松雀鷹 <i>Accipiter</i>

150 (續) <u>森林生態系復育計畫研擬及檢討/林組長瑞興</u>	3. 已完成之「湖山水庫森林生態系復育計畫建議書」和擬影印版本之差異宜作比較（根據細部計畫說明書第 44 頁）。	<i>virgatus</i>、臺灣紫嘯鶇 <i>Myophonus insularis</i>、頭烏線 <i>Schoeniparus brunnea</i>、黑枕藍鶇 <i>Hypothymis azurea</i>、翠翼鳩 <i>Chalcophaps indica</i>、棕面鶇 <i>Abroscopus albogularis</i>、綠鳩 <i>Treron sieboldii</i>、棕噪眉 <i>Garrulax poecilorhynchus</i>、鳳頭蒼鷹 <i>Accipiter trivirgatus</i>、大冠鶇 <i>Spilornis cheela</i>、鸛鷀 <i>Glaucidium brodiei</i>、五色鳥 <i>Megalaima nuchalis</i>、小啄木 <i>Dendrocopos canicapillus</i>、領角鴉 <i>Otus lettia</i>、黃嘴角鴉 <i>Otus spilocephalus</i>。爬行類為食蛇龜 <i>Cuora flavomarginata</i>、斯文豪氏游蛇 <i>Rhabdophis swinhonis</i>、臺灣鈍頭蛇 <i>Pareas formosensis</i>、臺灣滑蜥 <i>Scincella formosensis</i>。昆蟲則為黃裳鳳蝶 <i>Troides aeacus formosamus</i>、紫斑蝶 <i>Euploea spp.</i>。在正式的「湖山水庫及鄰近地區森林生態系經營管理建議書」中將會詳細列出指標物種名稱。 3. 湖山水庫森林生態系復育計畫建議書目前已修訂至第四版，並以適應性修訂方式將蒐集到的各方意見彙整製作成第五版，之後也會於第五版中指出新增加的部分。

200 溪流生態系統研究 260 <u>湖山水庫相關溪流生態系經營管理之研擬及檢討</u>/葉助理研究員明峰	(一)李委員培芬 (書面資料)： 1. 溪流生態系復育之作法，似乎仍以物種為考量之基礎，建議在撰寫經營管理之計畫書時，能有納入生態系或地景之整體考量。 2. 濕地保育法施行後，主管機關（內政部營建署）考量以流域生態廊道之概念建構流域型之濕地保育方案，此作法採用跨機關之機制，打破過去不同機關之管理作為，建議本案之水域生態系和溪流棲地保育之作為可以參考濕地保育之案例。 (二)李委員平篤 (書面資料)： 溪流生態系經營管理除考量「枯水期」外，也應考量「洪氾期」。 (三)陳委員心慧 (書面資料)： 為在地相關機關、社團及社區辦理溪流巡守、監測、控管方法之研習活動，以利未來長期經營管理維護。	(一) 1. 未來將於期末報告中以物種、群聚或生態系等面向撰寫經營管理建議書，感謝委員建議。 2. 感謝委員建議，將蒐集濕地保育案例參考辦理。 (二) 將蒐集、參考相關文獻及案例，考量「洪氾期」溪流生態系的經營管理措施，感謝委員建議。 (三) 目前相關監測本中心仍持續推動中，地方若有研習需求，將納入2014年湖山水庫地區自然保育宣導計畫辦理。

260 (續) <u>湖山水庫相關溪流生態系</u> <u>經營管理之研擬及檢</u> <u>討/葉助理研究員明峰</u>	(四)經濟部水利署第四河川局 (規劃課：胡又仁先生之書面意見)： 1. 本局擬提供 98 年「濁水溪水系支流清水溪治理規劃報告」、100 年「濁水溪水系支流清水溪治理基本計畫」，供貴中心參考，並納入參考文獻內。 2. 是否可針對部分特定保育物種就水利建造物之建造(例如丁壩、橫縱向及底床構造物等)其影響程度進行研究。 3. 是否可提供湖山水庫及其河川上、下游之「河川生態維護和環境營造之可能對策」，以利本局進行相關工程規劃參考之依據。	(四) 1. 感謝貴局提供相關文獻及資料，未來將研讀參酌納入期末報告中。 2. 目前湖山水庫及鄰近地區水域內保育類魚種僅有埔里中華爬岩鰍 1 種，因本年度為計畫期程最後 1 年，水利構造物對該物種影響之研究已不及規劃納入本計畫。相關單位若有實質需求，建議未來另規劃委辦計畫推動相關研究。 3. 將於期末報告中就湖山水庫及鄰近地區水域環境之經營管理研擬相關建議與策略，屆時惠請卓參。 食性魚類合宜搭配，以避免因食性的關係造成藻華現象，使水質遭受污染。因此本計畫擬藉由水域生物監測、指標魚種生活史及水域生物生態系食物鏈模式等相關調查研究，提供未來湖山水庫水域生態系經營管理之參考。

270 <u>清水溪生態池設置可行性評估之研究</u>/葉助理研究員明峰	(一) 李委員培芬 (書面資料)： 就目前所提之內容，尚難看出其未來成效，建議再就地點之選擇，以其更精細之 GIS 分析，進行合理之探討，同時提出其經費估算，並將此結果提供中水局在未來參考辦理。 (二) 莊委員瑞均 (書面資料)： 擬設置地點之選定與面積之大小，因清水溪洪水期水量集中，應避免沖刷而損壞並可維持攔河堰至加走寮溪交會點間河段之生態，當地保育協會也會樂於協助執行監測。	(一) 感謝委員建議，遵照辦理。 (二) 地點選定會將沖刷問題與面積納入考量，感謝委員建議。
500 生態保育宣導 510 <u>湖山水庫自然保育宣導計畫</u>/薛副研究員美莉	(一) 李委員培芬 (書面資料)： 除了目前已有之作法外，建議將相關內容資訊化，放入資料庫內，或適合 i Pad 觀賞之內容，以提供更多單位、團體及個人參閱。 (二) 李委員平篤 (書面資料)： 1. 每年編印週曆、年曆及小冊子宜作民調調查「歡迎度」及「利用性」，評估是否繼續出版；「學習活動」及「訓練」宜考量參與人員的代表性與多元性。應多宣導「放生」與	(一) 本中心取得所有圖片授權後將會提供給中水局放入資料庫內，供各界參考。 (二) 1. 每年編印年曆因需求者眾才會持續編印，另會將不要放生及養鳥的觀念放入本年度教材中。

	「養鳥」之災害（根據細部計畫說明書第 64 頁）。 2. 多宣導「不吃、不養、不放生」的環保概念。 (三) 陳委員心慧 (書面資料)： 為落實在地民眾生態保育觀念，解說人員訓練、生態營與到校服務之相關活動，是否能與在地相關社團協同辦理或承辦？	2. 本年度教材會加強「不吃、不養、不放生」的環保概念。 (三) 本年度將與竹山地區相關社團共同辦理訓練課程。
綜合	(一) 李委員培芬 (書面資料)： 1. 雖然湖山水庫工程計畫生態保育措施的研究計畫將於本年完成，但是有鑑於開發計畫仍處於施工一完工階段，環境仍有不穩定之處，且開發所造成之破壞仍有待中水局努力去完成復育工作。建議特生中心能將相關研究成果彙整，並提出相關之建議內容，以短、中、長期之方案，提供中水局和後續水庫主管機關運用。 2. 本案之相關運作可作為臺灣開發案之參考，建議將其故事寫成一篇文章，提供開發	(一) 1. 感謝委員建議，本案將於 103 年度完成森林及溪流生態系復育建議書，相關書件將參酌委員建議以短、中、長期之方案，提供中水局和後續水庫主管機關運用。 2. 感謝委員建議。

綜合(續)	單位了解，或許可以提供潛在之開發單位使用。 (二) 李委員平篤 (書面資料)： 1. 「國科會」名稱宜修正為「科技部」。 2. 報告書中的「臺」字請勿簡寫為「台」。 3. 報告書請勿使用「今年、去年」名詞，宜改用「2013、2012」字樣，以避免產生誤解。 (三) 陳委員章波： 1. 建議應以「生態系」的角度作為計畫執行之主要目標，勿僅以單一物種進行單方面之論述。 2. 應思考如何培養人才，提升自我層級，加強跨領域合作。 3. 對於未來水庫蓄水後之下一步走向，建議特生中心可將過去之經驗和相關案例提報至	(二) 1. 將彙整意見並向相關單位，包括環保署、林務局、當地縣市政府等相關單位反應，並研議解決或改善之道。 2. 感謝指正，遵照委員意見修正。 3. 感謝指正，遵照委員意見修正。 (三) 1. 感謝委員建議，將請各計畫主持人參辦。 2. 感謝委員建議，遵照辦理。 3. 感謝委員建議，將請各計畫主持人於未來報告中酌予著墨，並於適當會議或場合提報討

綜合(續)	相關單位以進行後續討論。 (四)張委員淑姬 (書面資料)： 研究資料結果盡量放於網站上，供大眾使用。	論。 (四) 感謝委員的意見，遵照辦理。

九、散會：中午 12 時 05 分

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 會議簽名冊

會議名稱：「湖山水庫工程計畫生態保育措施—森林、溪流生態系統之調查研究規劃」

102 年度期末報告書暨 103 年度細部計畫說明書審查會議

會議時間：103 年 4 月 18 日 9 時 30 分		會議地點：本中心二樓國際會議室	
主持人：方主任國運		記錄人：林奧好、張麗瓊	
出席人員	簽名	出席人員	簽名
方主任國運	方國運	行政院農業委員會林務局 張簡任技正 弘毅	
李副主任訓煌 (請假)		南投縣政府農業處保育科 莊科長 瑞均	(簽於南投縣政府欄列)
楊主任秘書嘉棟	楊嘉棟	臺灣大學生態學與演化生物學研究所 李教授 培芬	李培芬
		中央研究院生物多樣性中心 陳研究員 章波	陳章波
動物組組長鄭錫奇		中興大學森林學系 曾副教授 彥學	曾彥學
羅助理研究員英元	羅英元	中興大學水土保持學系 鄭教授 皆達	
植物組黃組長獻文	黃獻文	湖山水庫人文生態保護協會 林總幹事 志樺	
黃助理研究員朝卿	黃朝卿	臺灣省野鳥協會 張監事淑姬	張淑姬
棲地生態組林組長瑞興	林瑞興	臺灣野鳥保育協會 李常務理事 平篤	李平篤
葉助理研究員明峰	葉明峰	社團法人南投縣清水溪生態保育協會 陳顧問 心慧	陳心慧
七股研究中心籌備處 薛副研究員美莉	薛美莉	經濟部水利署	
		經濟部水利署中區水資源局	
計畫助理	王郁		王郁
	張麗瓊	南投林區管理處	曾兆祥
	黃玉華		
	林煥彰		葉俊余 韓景
		雲林縣政府	
		南投縣政府	莊瑞均
		雲林縣野鳥協會	
		經濟部水利署第四河川局	(請假)(提供書面意見)
		經濟部水利署第五河川局	王俊哲
		南投縣清水溪生態保育協會	
		湖山水庫人文生態保護協會	
		鉅樺工程顧問公司	張政嘉
			林其瓊
			林婉鄺

