

「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) 期中報告書

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 100 年 9 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」(100 年度工作計畫) 期中報告書

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

計畫緣起與目的.....	i
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	
130-1 哺乳類指標物種之族群監測與食性研究.....	1
130-3 斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查.....	13
130-7 湖山水庫生態系保育研究成果資料庫建立與維護.....	30
130-9 湖山水庫圓葉布勒德藤物候及授粉昆蟲調查.....	35
150 湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究.....	45
160 森林生態系復育計畫研擬及檢討.....	79
200 溪流生態系統研究	
230 清水溪指標物種生活史研究.....	135
260 湖山水庫相關溪流生態系經營管理之研擬及檢討.....	153
300 生態保育宣導	
320 湖山水庫地區自然保育宣導計畫.....	193

計畫緣起與目的

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已是政府既定政策，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執行計畫，主要是經由執行環境保護計畫以減輕水庫施工對生態之影響；並依據施工期間環境監測與相關環境調查及生態敏感物種特性調查結果，進行棲地營造；再透過生態調查及監測評估，來瞭解保護措施執行成效（中區水資源局，2005）。本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與監測之執行，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

100 度工作計畫計有森林生態系調查研究部分 6 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 9 項子計畫，詳細計畫名稱如次：

計畫別	計畫 序號	計畫名稱	頁碼
森林生態系	130-1	哺乳類指標物種之族群監測與食性研究 (原：哺乳類指標物種(含食蟹獐)族群變動、棲地相關性及生活史研究)	1
	130-3	斗六丘陵(包括湖山水庫)八色鳥族群數量調查	13
	130-8	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)	30
	130-9	湖山水庫圓葉布勒德藤物候及授粉昆蟲調查 (100 年度新增計畫)	35
	150	湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研究	45
	160	森林生態系復育計畫研擬及檢討	79
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)	135
	260	湖山水庫相關溪流生態系經營管理之研擬及檢討	153
生態保育宣導	320	湖山水庫地區自然保育宣導計畫 (包含中小學校自然教育宣導計畫)	193

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策略研究								
(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

略。相關計畫成果摘要將於期末報告書呈現。

伍、結論與建議

略。相關計畫結論與建議將於期末報告書呈現。

**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**

計畫名稱：哺乳類指標物種之族群監測與食性研究

(原：哺乳類指標物種(含食蟹獾)族群變動、棲地相關性及生活史研究)

英文名稱：Monitoring of relative population size of mammal indicators around the
Hushan Reservoir area

計畫編號：130-1

全程計畫期間：2007 年 1 月 1 日至 2011 年 12 月 31 日止

本年計畫期間：2011 年 1 月 1 日至 2011 年 12 月 31 日止

計畫主持人：鄭錫奇

協同主持人：方引平

研究人員：張簡琳玟、黃光隆、張鈞翔、楊智安、張家維

一、摘要

今(2011)年 1-6 月於幽情谷、北勢坑溪流域(南北支線)、南勢坑溪流域、黃德坑溪流域、以及自然生態保育及復育區(原培厚 A 區)所選擇設置的樣線(點)各進行每季一次的日夜哺乳類指標物種(蝙蝠類和食蟹獾(*Herpestes urva*))調查監測。所有樣線選擇適當處架設網具捕捉以調查蝙蝠相及測錄蝙蝠超音波，而除了自然生態保育區及復育區及北勢坑溪南支線外，其他每個樣線均於適當的地點架設熱感應式紅外線照相機以監測食蟹獾之出現情形與族群相對數量。

蝙蝠類調查部分：總計以網具捕獲 7 種蝙蝠，仍以家蝠類為優勢種。其中北勢坑溪捕獲 6 種 42 隻個體最豐富，包括堀川氏棕蝠(*Eptesicus serotinus*)、長趾鼠耳蝠(*Myotis* sp.)、渡瀨氏鼠耳蝠(*Myotis rufoniger watasei*)、臺灣管鼻蝠(*Murina puta*)與家蝠類(山家蝠(*Pipistrellus montanus*)或臺灣家蝠(*Pipistrellus taiwanensis*)) 29 隻；另在北勢坑溪南支線一處橋墩下(夜棲所)發現臺灣葉鼻蝠(*Hipposideros terasensis*)的排遺。另在幽情谷捕獲黃頸蝠(*Arielulus torquatus*)、臺灣管鼻蝠與家蝠類(山家蝠或臺灣家蝠)共 14 隻；自然生態保育區長趾鼠耳蝠 2 隻；南勢坑溪和黃德坑溪樣區的捕捉情形仍不理想。另測得之超音波回聲定位可鑑定出臺灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)、堀川氏棕蝠、摺翅蝠(*Miniopterus schreibersii*)、臺灣管鼻蝠、黃頸蝠、絨山蝠(*Nyctalus plancyi velutinus*)、家蝠類(包含山家蝠與臺灣家蝠)、鼠耳蝠類(包含長趾鼠耳蝠、長尾鼠耳蝠(*Myotis* sp.3)、渡瀨氏鼠耳蝠)等至少 11 種蝙蝠。此外，持續收集蝙蝠排遺，以分析其內含物。

在食蟹獾部分，目前在幽情谷、北勢坑溪流域(南北支線)、南勢坑溪流域樣區及黃德坑溪流域都有食蟹獾發現資料，包括拍得照片、發現腳印、食痕、排遺等，惟食蟹獾出現的證據與前幾年同期比較明顯銳減。此外，調查期間亦可發

現臺灣鼯鼠 (*Mogera insularis insularis*)、臺灣獼猴 (*Macaca cyclopis*)、臺灣野兔 (*Lepus sinensis formosus*)、刺鼠 (*Niviventer coninga*)、赤腹松鼠 (*Callosciurus erythraeus*)、大赤鼯鼠 (*Petaurista philippensis*)、白鼻心 (*Paguma larvata taivana*)、鼬獾 (*Melogale moschata*)、臺灣野豬 (*Sus scrofa taivanus*) 等 9 種野生哺乳動物，其中以臺灣獼猴發現的頻度最高。期末將彙整呈現包括食蟹獾等食肉目動物之生殖資料。

二、計畫目的

本計畫之調查地區以雲林縣林內鄉及斗六市東側的丘陵地之湖山水庫預定地及周邊區域為主，該區之主要植被型態為人工竹林、竹林闊葉混生林及溪流水域(梅林溪上游流域)。行政院農委會特有生物研究保育中心在 1996 年曾對雲林地區進行野生哺乳類資源調查(鄭等 1996)，結果登錄了 25 種哺乳動物，其中在古坑、林內等較高海拔(>100m)的之山麓地區發現臺灣獼猴 (*Macaca cyclopis*)、白鼻心 (*Paguma larvata taivana*)、麝香貓 (*Viverricula indica pallida*) 與食蟹獾 (*Herpestes urva*) 等四種保育類哺乳動物。經濟部水利署中區水資源局之「湖山水庫工程計畫生態保育措施」(2005)調查報告列出，在 1993 至 1995 年的環境評估報告調查在湖山水庫計畫區及桶頭等臨近地區分別記錄了 10 種及 7 種的哺乳類，而雲林鳥會於 2001 年在第 61 至 73 林班內記錄了 8 種哺乳類，2003 年至 2005 年間的監測結果則發現了 18 種哺乳類，故綜合上述報告，湖山水庫預定地與其他臨近區域總計發現 11 科 22 種的哺乳類動物，其中包括臺灣獼猴、白鼻心與食蟹獾三種保育類哺乳動物。而鄭(2006)執行湖山水庫工程生態保育措施(1.施工導水路工程)之哺乳類調查則發現了 11 科 17 種哺乳類野生動物，其中包括臺灣獼猴、食蟹獾和白鼻心 3 種保育類哺乳動物，以及多種蝙蝠。根據 2007 年「湖山水庫工程計畫生態保育措施」期中報告審查會議審查委員建議，「湖山水庫區域哺乳類名錄、分布及現況評估」執行後可選定食蟹獾與蝙蝠類為湖山水庫預定地及周邊區域之哺乳類指標物種(indicator)進行監測(monitored)，以探討湖山水庫興建工程進行時或進行後對當地生物資源所造成之影響。

食蟹獾喜於溪流域及林近森林域活動覓食。根據莊(1994)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；黃(1995)發現主要為日行性活動的哺乳動物，活動範圍在 40 至 68.2ha；陳(1997)以無線電追蹤器研究發現，食蟹獾的活動範圍面積平均為 33.26ha(範圍在 6.85 至

54.07ha)，非成體個顯著大於成體個體，不同個體活動範圍重疊度很大，但雄性之間不會重疊。

2007 年起至 2010 年的調查發現，在食蟹獾部分，雖然在各樣線均可記錄到食蟹獾的跡象（腳食痕及排遺）或拍得活動個體之照片，但每年均僅有一次食蟹獾的目擊紀錄；以相對數量而言，北勢坑溪樣線與幽情谷樣線所發現的食蟹獾跡象較多。由蝙蝠類的捕獲、目擊或超音波分析結果，總計已發現 18 種蝙蝠，特別的是，這 3 年來每年都有新紀錄種在樣區週邊發現，包括 2007 年黃頸蝠（*Arielulus torquatus*）、長趾鼠耳蝠（*Myotis* sp.）、高頭蝠（*Scotophilus kuhlii*）及游離尾蝠（*Tadarida teniotis insignis*），2008 年長尾鼠耳蝠（*Myotis* sp.3）、2009 年臺灣彩蝠（*Kerivoula* sp.），以及 2010 年的渡瀨氏鼠耳蝠（*Myotis rufoniger watasei*）和絨山蝠（*Nyctalus plancyi velutinus*），顯示出當地除了有長期居留之種類外，另有在不同季節出現的蝙蝠種類。本計畫期持續調查與監測湖山水庫預定地區內與周邊臨近地區所選定之指標物種——食蟹獾與蝙蝠類，以瞭解其種類與族群之時空變化分布情形與生存棲地狀況，並首次著手進行蝙蝠類的食性研究。根據調查與監測的結果將可提供未來指標物種復原賴以為生的棲息地（如闊葉林地、溪流生境等）與改善生存品質的參考，以減緩當水庫興建工程進行時或進行後所造成之負面影響，進而維護湖山地區森林性物種生物多樣性，以及良好的棲地品質。

三、重要工作項目及實施方法

本調查計畫期程為 2009 年 1 月至 2009 年 12 月，預定於湖山水庫預定地及周邊區域設置 6 處樣區，進行食蟹獾與蝙蝠類調查監測與蝙蝠類食性研究。樣區之選擇主要以湖山水庫預定地內之幽情谷溪流域及鄰近闊葉雜林地，以及湖山水庫預定地區外北面之北勢坑溪流域 2 處支流及其鄰近闊葉雜林地、東南面之南勢坑溪流域及臨近闊葉雜林地、南面之黃德坑溪流域及臨近闊葉雜林地、以及自然生態保育及復育區（原培厚 A 區）等 6 處樣區規劃進行(1)日間沿線調查：在樣區內沿著林道和河川水域以徒步緩行方式，記錄沿線所目擊之食蟹獾種類、隻數、出現地點之棲地類型和海拔高度，以及活動狀況，並搜尋記錄其活動跡相（如食痕、排遺、腳印等），據以判斷種類及統計其相對數量。(2)定點調查：除了自然生態保育區及復育區及北勢坑溪南支線外，其他每個樣線均選擇食蟹獾可能經過或出現之路徑或地點架設熱感應式紅外線照相機以監測食蟹獾之出現情形與族群相對數量。(3)夜間捕捉調查：針對蝙蝠類，於樣區內選擇適當之水域及陸

域樣區調查點設置網具(霧網及豎琴網)以捕捉飛行中的蝙蝠個體,同時以 Anabat system II bat detector 測錄蝙蝠超音波以輔助物種辨識。(4)生活史研究:本計劃將彙整呈現包括食蟹獾等食肉目動物及蝙蝠類之生殖與食性資料。(5)發現或捕獲之動物及其跡象均記錄動物種名、相對數量,以及其發現或捕獲之地點、活動狀態或跡象種類、TM 二度座標、海拔高度、棲地類型;捕獲之蝙蝠將測量其頭軀幹長、尾長、前臂長、後腳掌長及耳長等形態特徵值,完成所有工作後原地釋放。

四、結果與討論

本計畫於今(2011)年1至6月調查期間於湖山水庫預定地及周邊區域設置6處樣區進行哺乳類指標物種(食蟹獾與蝙蝠類)之族群監測與食性研究,分別為土地公坑溪上游之幽情谷(海拔範圍在178-202 m)、北勢坑溪流域北面及南面2處支流(N及S線,海拔範圍在185-244 m)及陸域之自然生態保育及復育區(原培厚A區)(海拔約720 m)、南勢坑溪上游(海拔範圍在181-264 m)及黃德坑溪流域(海拔範圍在274-446 m)(圖1、表1),棲地多屬闊葉雜林地及溪流水域。每個樣線選擇1-2處樣點為架設網具捕捉蝙蝠類,並以及測錄蝙蝠超音波;除培厚區外,其餘樣區均選擇長度約1 km的樣線進行食蟹獾跡象搜尋,而除北勢坑溪流域南面支流(S)與培厚區外,均於適當地點均架設熱感應式紅外線照相機以監測食蟹獾之族群數量。

自2011年1月至6月止,總計在湖山水庫預定地及周邊區域所選定之6個調查樣線(點)進行了10次25天的調查監測工作。在食蟹獾部分,雖然在各樣線均可記錄到食蟹獾的跡象(腳印、食痕及排遺)或拍得活動之照片,但未有目擊食蟹獾的記錄,而所發現之數量比往年同期明顯下降許多(表2);以相對數量而言,北勢坑溪南樣線與幽情谷樣線所發現的食蟹獾跡象較多,黃德坑溪樣線與南勢坑溪的狀況相對較差。

蝙蝠類調查部分:總計以網具捕捉、超音波鑑定及夜棲所可發現13種蝙蝠(表3),仍以家蝠類為優勢種。其中網具捕捉於北勢坑溪捕獲6種42隻個體最豐富,包括堀川氏棕蝠(*Eptesicus serotinus*)2隻、長趾鼠耳蝠7隻、渡瀨氏鼠耳蝠1隻、臺灣管鼻蝠(*Murina puta*)3隻與家蝠類(山家蝠(*Pipistrellus* sp.)或臺灣家蝠(*Pipistrellus* sp.))29隻;另在北勢坑溪南支線一處橋墩下亦發現臺灣葉鼻蝠(*Hipposideros terasensis*)的排遺,應為夜棲所。在幽情谷捕獲黃頸蝠2隻、臺灣管鼻蝠4隻與家蝠類(山家蝠或臺灣家蝠)8隻;自然生態保育及復育區長趾鼠耳蝠2隻;南勢坑溪和黃德坑溪樣區的捕捉情形仍不理想。另測得之

超音波回聲定位可鑑定出的種類為臺灣小蹄鼻蝠 (*Rhinolophus monoceros*)、堀川氏棕蝠、摺翅蝠 (*Miniopterus schreibersii*)、臺灣管鼻蝠、黃頸蝠、絨山蝠、家蝠類 (包含山家蝠與臺灣家蝠)、鼠耳蝠類 (包含長趾鼠耳蝠、長尾鼠耳蝠、渡瀨氏鼠耳蝠) 等至少 11 種蝙蝠。另 6 月份所捕獲之雌性臺灣家蝠及雌性黃頸蝠都有懷孕的現象。然自 2006 年起每年 6 月間都可在南勢坑溪的廢棄工寮中發現一對臺灣大蹄鼻蝠母子棲息，雖然去 (2010) 年 5 月間仍可以發現一隻懷孕母蝠 (腹部明顯膨脹)，但 6 月間卻沒發現母子留存該區，今年亦未出現。此外，收集到堀川氏棕蝠 2 隻 11 顆排遺、家蝠類 (山家蝠或臺灣家蝠) 29 隻 240 顆排遺、長趾鼠耳蝠 7 隻 25 顆排遺與臺灣管鼻蝠 2 隻 2 顆排遺。目前正分析其內含物中。

結果顯示，北勢坑溪在食蟹獾及蝙蝠類的調查結果均佳，應是水庫淹沒區外優良的棲息地之一。此外，調查期間亦可發現臺灣鼯鼠 ()、臺灣獼猴、臺灣野兔 (*Lepus sinensis formosus*)、臺灣刺鼠 (*Niviventer coninga*)、赤腹松鼠 (*Callosciurus erythraeus*)、大赤鼯鼠 (*Petaurista philippensis*)、白鼻心、鼬獾 (*Melogale moschata*)、臺灣野豬 (*Sus scrofa taiwanus*) 等 9 種野生哺乳動物，其中以臺灣獼猴發現的頻度最高。最後，本計畫持續彙整包括食蟹獾等食肉目動物之生殖資料，將於期末報告呈現。

五、結論與建議

本計畫特選擇湖山水庫預定地區域內屬土地公坑河流域之幽情谷為未來淹沒區代表，而湖山水庫預定地之北面之北勢坑河流域 (含南北 2 支線) 與陸域之自然生態保育及復育區、東南面之南勢坑河流域以及南面之黃德坑河流域為非淹沒區之調查監測樣區進行指標物種食蟹獾與蝙蝠類的監測工作，以觀察其變化趨勢並探討可能之影響因子。這幾年的調查發現，食蟹獾為珍貴稀有保育類動物，但活動跡象不難被發現及量化，而蝙蝠類種類不僅相當豐富，而且 2007 年起每年都有新紀錄種被發現，可謂是當地的物種多樣性代表類群，兩者均為哺乳類之良好指標物種。

目前已進行了上半年兩季的調查，發現北勢坑河流域南北支線、幽情谷、南勢坑河流域及黃德坑溪流等 5 個溪流樣線均有食蟹獾的活動跡象或紅外線照相機拍得之個體照片，所發現之資料量均比往年下降許多，頗令人憂慮。而蝙蝠捕捉仍以幽情谷與北勢坑溪之捕獲物種與隻數較豐富，其他地區則不佳。

大體而言，自 2006 年至 2010 年在湖山水庫預定地及周邊區域進行哺乳類之調查監測工作已陸續發現了 31 種野生哺乳類動物（包括蝙蝠類 18 種）（附錄 2），許多樣區結果狀況尚屬不錯。但 2009 年上半年隨著水庫工程的大範圍開挖與庫區之興建，原來的棲地已大幅變動，路況與調查樣區亦已受到影響，尤其是屬於土地公坑流域的幽情谷，未來將為淹沒區；其兩邊陡峭之谷地地形，具溪流水域及雜林棲地，原本水量穩定且受到人為之開墾及干擾似乎較少，棲地品質及其涵養之物種在湖山地區算是狀況不錯之處，可謂是當地生物多樣性較為豐富的代表性區域之一。而非淹沒區的北勢坑流域(具備與幽情谷類似的棲地條件)與未來庫區周邊的自然生態保育及復育區是否可做為未來當地的動物移居的替代棲地或生存繁衍之中要棲息處，則有待進一步監測與維護。

六、參考文獻

- 林良恭、李玲玲、鄭錫奇。2004。臺灣的蝙蝠(再版)。國立自然科學博物館。台中。臺灣。177 頁。
- 吳建廷。2007。臺灣地區家蝠屬蝙蝠的分類學研究。國立嘉義大學生物資源系碩士論文。
- 周政翰。2004。臺灣地區鼠耳蝠屬分類地位。私立東海大學碩士論文。
- 周政翰、蔡淳淳、鄭錫奇。2010。玉山國家公園共域性食蟲蝙蝠之族群監測及覓食生態研究（第三年）。生物多樣性資源研究與保育成果發表座談會論文集。內政部營建署玉山國家公園管理處。
- 陳兼善（原著）、于名振（增訂）。1984。臺灣脊椎動物誌（下）。臺灣商務印書館。633 頁。
- 陳順其。1989。食蟹獾行為及生態之初步研究。國立師範大學生物學研究所碩士論文。60 頁。
- 陳德豪。1997。福山地區試驗林食蟹獾(*Herpestes urva*)的巡游行為與空間分布。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。74 頁。
- 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。國立臺灣大學動物學研究所碩士論文。6-18 頁。
- 黃美秀。1995。福山地區試驗林食蟹獾(*Herpestes urva*)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。65 頁。
- 鄭錫奇。2006。湖山水庫工程生態保育措施(1.施工導水路工程)工作執行計畫書-哺乳類調查成果報告。經濟部水利署中區水資源局。
- 鄭錫奇。2007。湖山水庫區域哺乳類名錄、分布及現況評估。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。64-75 頁。
- 鄭錫奇與周政翰。2007。臺灣地區食蟲性蝙蝠超音波資料庫之建置與應用。野生
動物保育與研究學術研討會論文集。199-204 頁。
- 鄭錫奇、方引平、張簡琳玟。2008。哺乳類指標物種之族群變動與棲地相關性研
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（97 年度工作計畫）成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。1-31 頁。
- 鄭錫奇、方引平、周政翰。2010。臺灣蝙蝠圖鑑。行政院農委會特有生物研究保
育中心。144 頁。
- 鄭錫奇、方引平、蔡淳淳、張簡琳玟。2009。哺乳類指標物種之族群監測與食性
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。1-18
頁。
- 鄭錫奇、方引平、蔡淳淳、張簡琳玟。2010。哺乳類指標物種之族群監測與食性
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（99 年度工作計畫）成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。1-16
頁。
- 鄭錫奇、張簡琳玟、張仕緯。1996。雲林縣哺乳類動物之調查。行政院農委會特
有生物研究保育中心。
- 經濟部。2005。湖山水庫工程計畫生態保育措施（定稿本）。經濟部水利署中區
水資源局。中華顧問工程司、民翔環境生態研究有限公司執行。

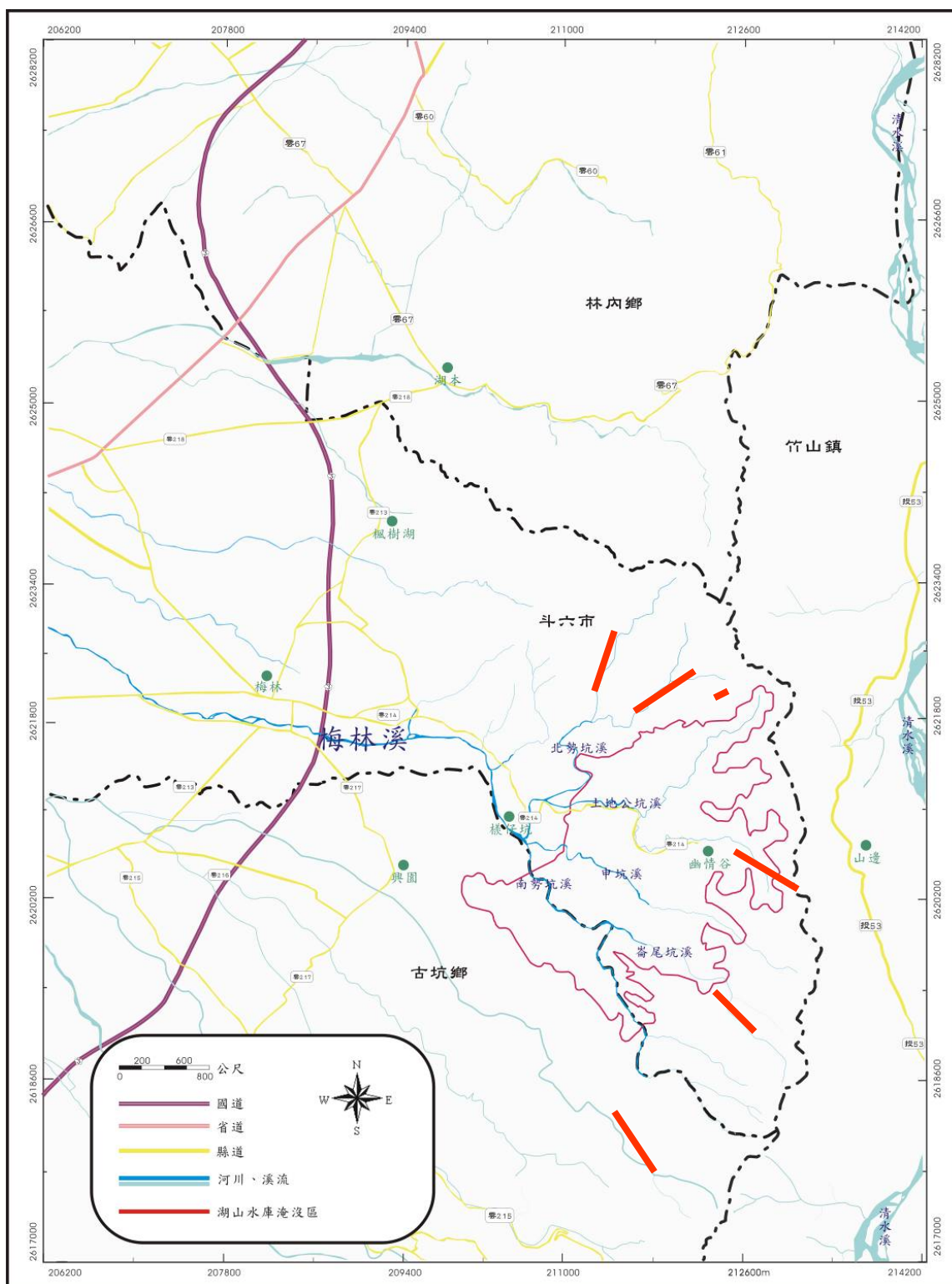


圖 1. 2009 年度湖山水庫預定地及周邊區域哺乳類指標物種調查監測樣區之路線圖(長紅線)與培厚區樣點(短紅線)。

表 1. 2011 年度湖山水庫預定地及周邊區域哺乳類指標物種調查監測樣區之棲地類型與路線資料（N：北支線、S：南支線）

調查區域	棲地 類型	起點		終點	
		海拔 m	TM 二度座標	海拔 m	TM 二度座標
北勢坑溪 N	雜林地、 溪流水域	185	211237, 2622484	244	211056, 2623203
北勢坑溪 S	雜林地、 溪流水域	190	212019; 2622521	215	212792, 2622315
幽情谷	雜林地、 溪流水域	178	212701, 2620891	202	211056, 2623203
南勢坑溪	雜林地、 溪流水域	181	211681, 2619396	264	212268, 2619214
黃德坑溪	雜林地、 溪流水域	274	211540, 2618372	446	212359, 2617840
自然生態保 育及復育區 (培厚區)	雜林地	721	211825, 2621907	735	211835, 2621917

表 2. 自 2011 年 1 月至 6 月間於湖山水庫預定地及周邊區域所調查樣區食蟹獾發現之結果，*無適當處架設紅外線自動照相機

跡象	幽情谷	北勢坑溪 N 線	北勢坑溪 S 線	南勢坑溪	黃德坑溪	合計
目擊	0	0	0	0	0	0
足印	9	1	3	0	0	13
食痕	4	0	4	0	0	8
排遺	2	0	1	0	0	3
挖痕	0	0	0	0	0	0
照片	0	1	*	2	2	3
合計 跡象數	3	2	3	1	1	4

表 3.自 2011 年 1 月至 6 月間於湖山水庫預定地及周邊區域所調查樣點蝙蝠類捕捉、發現夜棲所(*)或超音波測錄(#)所得之結果。自然生態保育及復育區未錄音

	幽情 谷	北勢坑 溪 N	北勢坑 溪 S	南勢 坑溪	黃德 坑溪	自然生態保 育及復育區	合 計
臺灣葉鼻蝠	0	#	*	0	0	0	*#
臺灣小蹄鼻蝠	0	#	#	#	0	0	#
黃頸蝠	4	#	#	0	0	0	4#
岨川氏棕蝠	#	#	1#	#	#	#	1#
臺灣管鼻蝠	0	2#	1#	0	0	0	3#
渡賴氏鼠耳蝠	0	1#	0	0	0	0	1#
長趾鼠耳蝠	#	#	1#	#	#	2#	3#
長尾鼠耳蝠	#	#	#	0	#	0	#
臺灣家蝠	2#	1#	3#	#	#	#	6#
山家蝠	2#	4#	4#	#	#	2#	12#
摺翅蝠	#	#	#	#	0	0	#
絨山蝠	0	#	#	0	0	0	#
合計捕獲隻數	8	8	10	0	0	4	30
合計種類數	7	12	11	6	5	4	12

附錄 I. 本計畫 2011 年 1-6 月間調查監測之哺乳類指標物種、學名及特稀有性

類別	種名	學名	特有性	保育類
哺乳類	臺灣葉鼻蝠	<i>Hipposideros terasensis</i>	◎	
	臺灣小蹄鼻蝠	<i>Rhinolophus monoceros</i>	◎	
	黃頸蝠	<i>Arielulus torquatus</i>	◎	
	崛川氏棕蝠	<i>Eptesicus serotinus</i>		
	摺翅蝠	<i>Miniopterus schreibersii</i>		
	臺灣管鼻蝠	<i>Murina puta</i>	◎	
	渡賴氏鼠耳蝠	<i>Myotis rufoniger watasei</i>	○	
	臺灣鼠耳蝠	<i>Myotis taiwanensis</i>	◎	
	長趾鼠耳蝠	<i>Myotis</i> sp.	?	
	長尾鼠耳蝠	<i>Myotis</i> sp.3	?	
	臺灣家蝠	<i>Pipistrellus taiwanensis</i>	◎	
	山家蝠	<i>Pipistrellus montanus</i>	◎	
	絨山蝠	<i>Nyctalus plancyi velutinus</i>		
	食蟹獾	<i>Herpestes urva</i>		II

註：◎特有種、○特有亞種、? 未確定、II 珍貴稀有保育類。

附錄 II. 自 2006 至 2010 年期間已調查所得的哺乳類野生動物名錄

目名	科名	中文名	學名	特有性	保育類
食蟲目	鼯鼠科	臺灣鼯鼠	<i>Mogera insularis insularis</i>	○	
	尖鼠科	長尾麝鼯	<i>Crocidura tadae</i>	◎	
		臺灣灰鼯鼠	<i>Crocidura attenuata</i>	○	
翼手目	葉鼻蝠科	臺灣葉鼻蝠	<i>Hipposideros terasensis</i>	◎	
	蹄鼻蝠科	臺灣大蹄鼻	<i>Rhinolophus formosus</i>	◎	
		臺灣小蹄鼻	<i>Rhinolophus monoceros</i>	◎	
	蝙蝠科	黃頸蝠	<i>Arielulus torquatus</i>	◎	
		崛川氏棕蝠	<i>Eptesicus serotinus</i>		
		摺翅蝠	<i>Miniopterus schreibersii</i>		
		臺灣彩蝠	<i>Kerivoula</i> sp.	?	
		臺灣管鼻蝠	<i>Murina puta</i>	◎	
		渡賴氏鼠耳	<i>Myotis rufoniger watasei</i>	○	
		臺灣鼠耳蝠	<i>Myotis taiwanensis</i>	◎	
		長趾鼠耳蝠	<i>Myotis</i> sp.	?	
		長尾鼠耳蝠	<i>Myotis</i> sp.3	?	
		東亞家蝠	<i>Pipistrellus abramus</i>		
		臺灣家蝠	<i>Pipistrellus</i> sp.	◎	
		山家蝠	<i>Pipistrellus</i> sp.	◎	
		高頭蝠	<i>Scotophilus kuhlii</i>		
		絨山蝠	<i>Nyctalus plancyi velutinus</i>		
	游離尾蝠科	游離尾蝠	<i>Tadarida teniotis insignis</i>		
靈長目	獼猴科	臺灣獼猴	<i>Macaca cyclopis</i>	◎	III
兔形目	兔科	臺灣野兔	<i>Lepus sinensis formosus</i>	○	
齧齒目	松鼠科	赤腹松鼠	<i>Callosciurus erythraeus</i>		
		大赤鼯鼠	<i>Petaurista philippensis</i>	○	
	鼠科	臺灣刺鼠	<i>Niviventer coninga</i>	◎	
食肉目	獾科	食蟹獾	<i>Herpestes urva</i>		II
	貂科	鼬獾	<i>Melogale moschata</i>	○	
	靈貓科	白鼻心	<i>Paguma larvata taivana</i>	○	III
偶蹄目	鹿科	山羌	<i>Muntiacus reevesi</i>	○	II
	豬科	臺灣野豬	<i>Sus scrofa taivanus</i>	○	

註：總計 7 目 15 科 31 種。◎臺灣特有種，○臺灣特有亞種；II 珍貴稀有保育類、III

其他應予保育類？未確定。

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 - 2011

計畫編號：

全程計畫期間：96 年 5 月 1 日至 103 年 12 月 31 日

本年計畫期間：100 年 1 月 1 日至 100 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 年的八色鳥族群監測年度調查，調查時間為 2011 年 5 月 5 日至 5 月 19 日，地點為阿里山事業區第 61 至 73 林班，其面積約 2,650ha。共進行 315 個調查點，計 478 個點/次的數量調查，記錄至少 57 隻八色鳥，在湖山水庫範圍則記錄 4 隻。整體而言，2011 年調查記錄總數量（57 隻）較往年少很多，較 2010 年（89 隻）少 32 隻，較 2009 年（104）少 47 隻，較 2008 年（117 隻）少 60 隻，約較 2007 年（155 隻）2006 年（162 隻）和 2005 年（156 隻）八色鳥記錄總數量少了近 2/3，較 2004 年（222 隻）少近 3/4。八色鳥族群數量持續下降的趨勢令人憂心。

二、計畫目的

湖山水庫業於 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 2010 年末，整體工程進度更已超越 50%。指標鳥類—八色鳥族群的年間分布與數量改變為湖山水庫生態保育重要議題，本研究針對 2004 至 2010 年調查所建立之長期調查樣區，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 至 2010 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；2010），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 91 個調查點（圖 1），共計 315 個調查點。

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 min，傾聽八色鳥回應的叫聲並判斷其距離，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。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。野外調查時間為四月至七月，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。調查時間為清晨 05:30 至 10:00。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五月上旬至五月中旬間進行，各調查點進行 1 次。固定樣區與大埔溪樣區則於五月上旬至五月中旬間，進行 2 次調查。

（二）八色鳥年間族群數量與分布變化比較

監測八色鳥族群數量變動為長期目標之一。因此，本計畫將利用本年八色鳥族群調查結果與 2004 至 2010 年特有生物研究保育中心調查結果進行比較，以探討 2004 至 2011 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的監測有迫切需要。

本計畫今年將以 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）。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。

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

本年度八色鳥抵達時間異常的晚，往年八色鳥抵達時間是在 4 月 17 日附近，然今年遲至 4 月底才發現八色鳥的蹤跡，故本年度八色鳥調查時間比往年晚超過至少一個星期。本年度八色鳥族群調查日期由 5 月 5 日至 5 月 19 日結束，5 個調查人員，不含踏勘，合計進行 26 個工作天次的野外調查，總計 315 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 91 個調查點，每點調查 2 次。

非固定樣區 152 個調查點在 5 月 5 日至 5 月 15 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 5 月 5 日至 5 月 8 日間進行，第 2 次調查則在 5 月 12 日至 5 月 15 日進行，各樣區 2 次調查時間差異大致為 7 日（表 1）。大埔溪樣區的 2 次調查分別於 5 月 10 日至 5 月 11 日、5 月 18 日至 5 月 19 日進行（表 1）。

由於少數樣點重新選定與部分調查樣點 GPS 定位的年間差異，各林班地內與湖山水庫預定地內的調查點數與前七年稍有些微不同。湖山水庫預定地範圍內調查點數為 46 點，平均每 100ha 有 10.6 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 38 點，平均每 100ha 調查點數在 11.09–22.38 之間，其餘林班調查點數在 12 至 19 點，平均每 100ha 調查點數在 7.38–11.09 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 31 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，但北勢坑樣區的八色鳥數量由 8 隻下降至 1 隻差異最大，斗六大圳由 2 之增加到 6 之差距次之；固定樣區間調查結果差異頗大，北勢坑樣區 12 點調查曾記錄到 6 隻的八色鳥，而崙尾坑樣區與土地公坑樣區卻皆僅記錄 1 隻八色鳥。大埔溪樣區兩次調查結果，分別為 11 與 7 隻；另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，315 個調查點共記錄八色鳥 57 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 46 個調查點中有 4 個調查點有發現八色鳥，記錄有 4 隻（圖 3）。

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 315 個調查點中有 47（14.92%）個點有發現八色鳥，其中記錄 1 隻的有 37（11.75%）個點，

記錄 2 隻有 10 (3.17%) 個點。

圖 2 為各調查點第一次調查結果，由於大埔溪樣區樣點密度較高，因此其發現八色鳥的點數亦較多，為避免樣點數過多造成混淆，以各林班的平均數量和發現機率來看八色鳥分布狀況，發現今年調查結果不論平均數量、發現機率皆以 65 林班地為最高 (表 2)。

(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 2010 年的調查結果(林 2004;2005a; 2006; 2008; 2009; 2010) 與今年調查結果比較，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)，本年度調查記錄總數量 (57 隻) 較往年少得多，較 2010 年 (89 隻) 少 32 隻，2009 年 (104) 少 47 隻，較 2008 年 (117 隻) 少 60 隻，約較 2007 年 (155 隻) 2006 年 (162 隻) 和 2005 年 (156 隻) 八色鳥記錄總數量少了近 2/3，較 2004 年 (222 隻) 少近 3/4 (圖 4)。

2. 年間差異探討

以第一次調查記錄數量來說，八色鳥的數量自 2004 年的 222 隻下降至 2005 年的 155 隻後，2006 年 (162 隻) 與 2007 年 (156 隻) 的記錄數量即未有顯著變化，然而 2008 年八色鳥數量再急遽下降至 117 隻，2009 年再下降至 104 隻，2010 年再下降至 89 隻，今年度更下降至 57 隻。湖山水庫的八色鳥數量自 2007 年以下下降至 10 隻 (含) 以下，歷年來以 2008 年和 2011 年之數量為兩個低點，而 2009 年和 2010 年的數量則較 2008 年和 2011 年略多，但幅度並不顯著 (圖 5)。

由歷年調查結果得知，水庫施工是造成水庫預定地內以及周邊區域八色鳥數量顯著下降的主要原因，而今年度八色鳥數量更為減少。推測以下幾個原因，第一個可能性是由於今年氣候異常，八色鳥抵台時間非常晚，回播調查沒有抓到八色鳥抵達的高峰期，雖然今年八色鳥抵達時間異於以往，但研究人員已特別針對八色鳥適宜的調查時間往後調整，因此八色鳥數量的更進一步減少應不是調查時間之因素；另一個可能是斗六丘陵地區對於八色鳥的干擾行為 (湖山水庫開發、溪谷整治工程)，已讓八色鳥不來本研究區域進行繁殖，以目前的狀況還無法確認是否如此，但這是一個令人擔憂的情形。還有另一個可能是，八色鳥度冬棲地或是遷徙中繼站的環境劣化，讓八色鳥的族群數量減少，然目前仍沒有明顯

的證據顯示有這樣的狀況發生。不論是哪一種狀況，斗六丘陵地區的八色鳥數量已經下降至一個令人非常擔憂的狀況。

對遷徙性候鳥繁殖區最重要的關鍵就是族群的生產力 (Fecundity) (Newton 2004; Rodenhouse 2003)，這對維持族群數量相當重要 (Holmes 2007; Newton 1998)，生產力與食物量、天敵、氣候和其他族群密度依賴因子有關，尤其維持繁殖地的棲地面積與品質非常關鍵。在維持棲地面積與品質是對保護遷徙性候鳥絕對必要之原則下，為避免斗六丘陵地區的八色鳥族群數量大幅減少的狀況持續惡化下去，除了持續監測斗六丘陵地區八色鳥數量之變化，並加速進行鄰近地區生態棲地復育之外，如何協調相關單位盡量減少不必要工程的施作，並與鄰近區域的居民作一些溝通協調，也是非常重要的課題。

五、結論

本研究為始自 2004 年的八色鳥族群監測年度調查，調查時間為 2011 年 5 月 5 日至 5 月 19 日，地點為阿里山事業區第 61 至 73 林班，其面積約 2,650ha。共進行 315 個調查點，計 478 個點/次的數量調查，記錄至少 57 隻八色鳥，在湖山水庫範圍則記錄 4 隻。

由八色鳥數量的年間比較分析發現，以整體數量而言，2011 年調查記錄總數量 (57 隻) 較往年少得多，較 2010 年 (89 隻) 少 32 隻，2009 年 (104) 少 47 隻，較 2008 年 (117 隻) 少 60 隻，約較 2007 年 (155 隻) 2006 年 (162 隻) 和 2005 年 (156 隻) 八色鳥記錄總數量少了近 2/3，較 2004 年 (222 隻) 少近 3/4。八色鳥族群數量持續下降的趨勢令人憂心。

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。經濟部水利署中區水資源局。台中。281-310 頁。
- 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。「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委託。56-79 頁。
- 林瑞興、池文傑。2009。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。經濟部水利署中區水資源局。19-40 頁。
- 林瑞興。2010。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。經濟部水利署中區水資源局。17-46 頁。
- Bibby, C. J., N. D. Burgess and D. A. Hill. 1992. Bird Census Techniques. Academic Press, London.
- Holmes, R. T. 2007. Understanding population change in migratory songbirds: long-term and experimental studies of Neotropical migrants in breeding and wintering areas. Ibis 149(S2): 2-13.
- 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. 1998. Population limitation in birds. Academic Press Limited, London.

- Newton, I. 2004. Population limitation in migrants. *Ibis*. 146: 197-226.
- Rodenhouse, N. L., Sillett, T. S., Doran, P. J. and R. T. Holmes. 2003. Multiple density-dependence mechanisms regulate a migratory bird population during the breeding season. *Proceeding of The Royal Society B: Biology Science*. 270: 2105-2110.
- Sherry, T. W. and R. T. Holmes. 1995. Summer versus winter limitation of populations: what are the issues and what is the evidence? pp. 85-120. *In*: T. E. Martin and D. M. Finch (eds.). *Ecology and management of Neotropical migratory birds*. Oxford University Press, Oxford.
- 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.

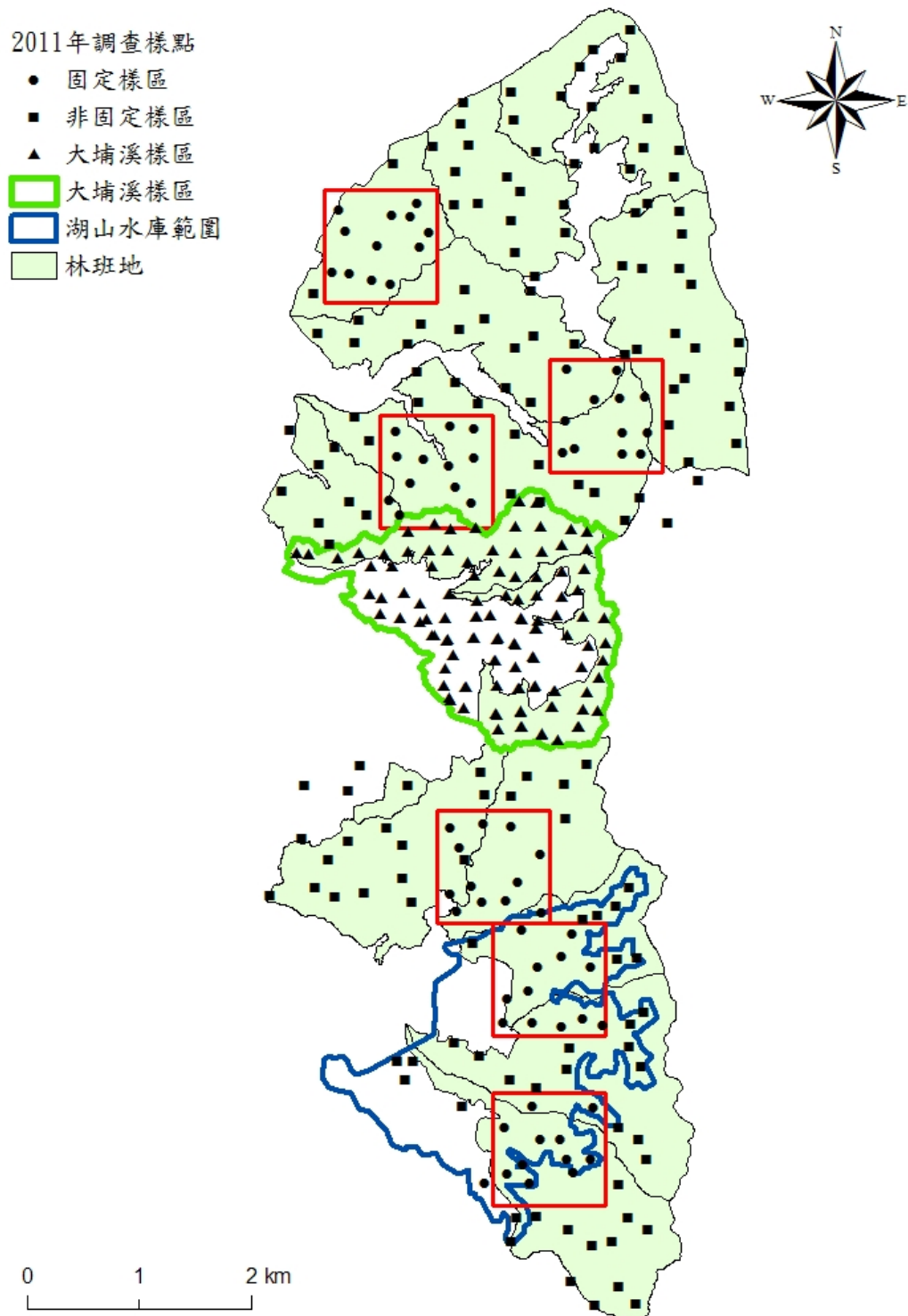


圖 1. 湖山水庫及鄰近地區八色鳥族群數量調查固定樣區、非固定樣區及大埔溪樣區相對位置圖。六個固定樣區由北至南分別為：斗六大圳、斗六東溪北、斗六東溪南、北勢坑、土地公坑及崙尾坑。綠色線條範圍為大埔溪樣區。固定樣區及大埔溪樣區外的調查範圍泛稱為非固定樣區。藍色線條範圍為湖山水庫預定地。62 表示是第 62 林班地，其餘類推。

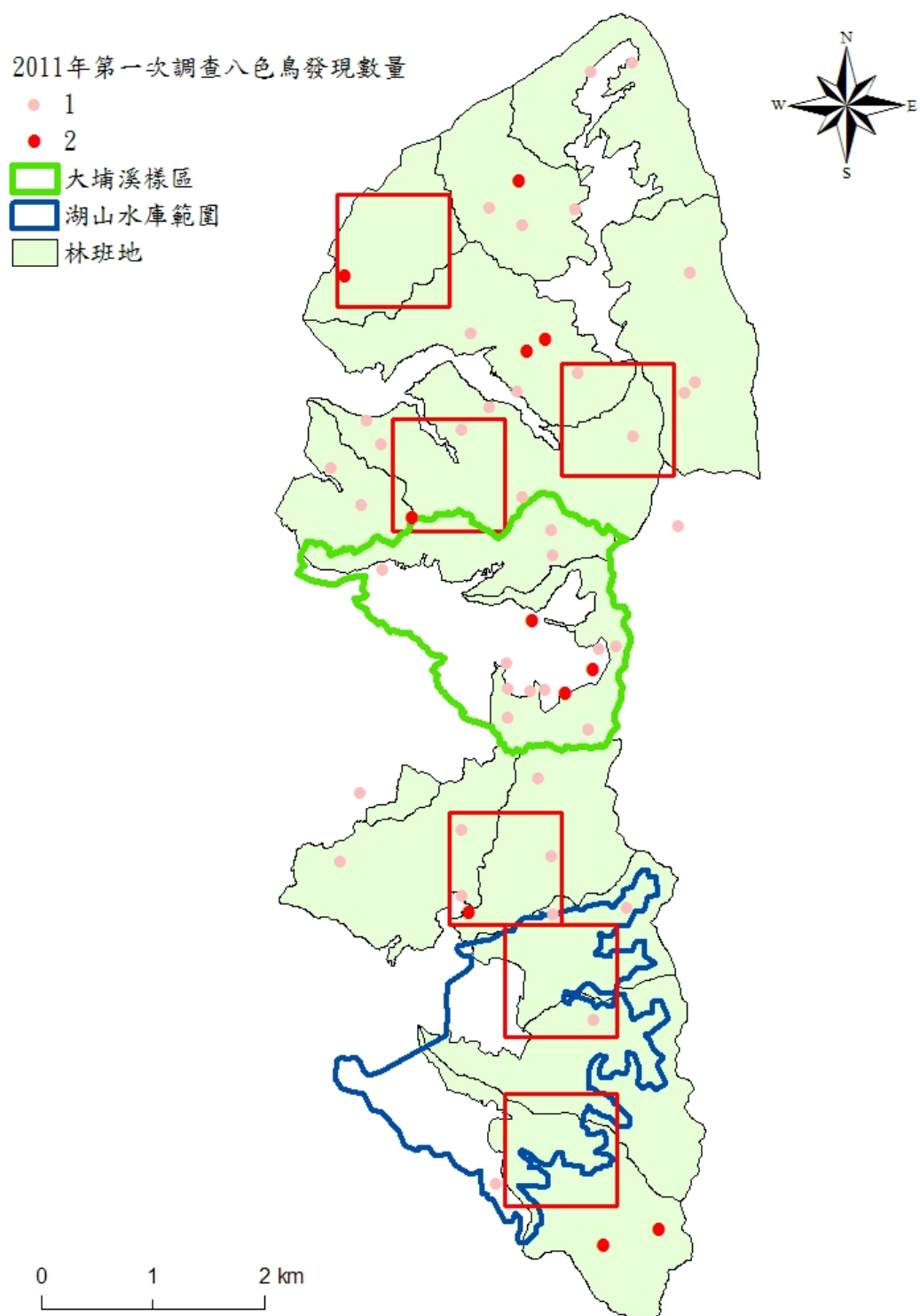


圖 2. 2011 年調查樣區第一次調查八色鳥記錄地點與數量之分布。

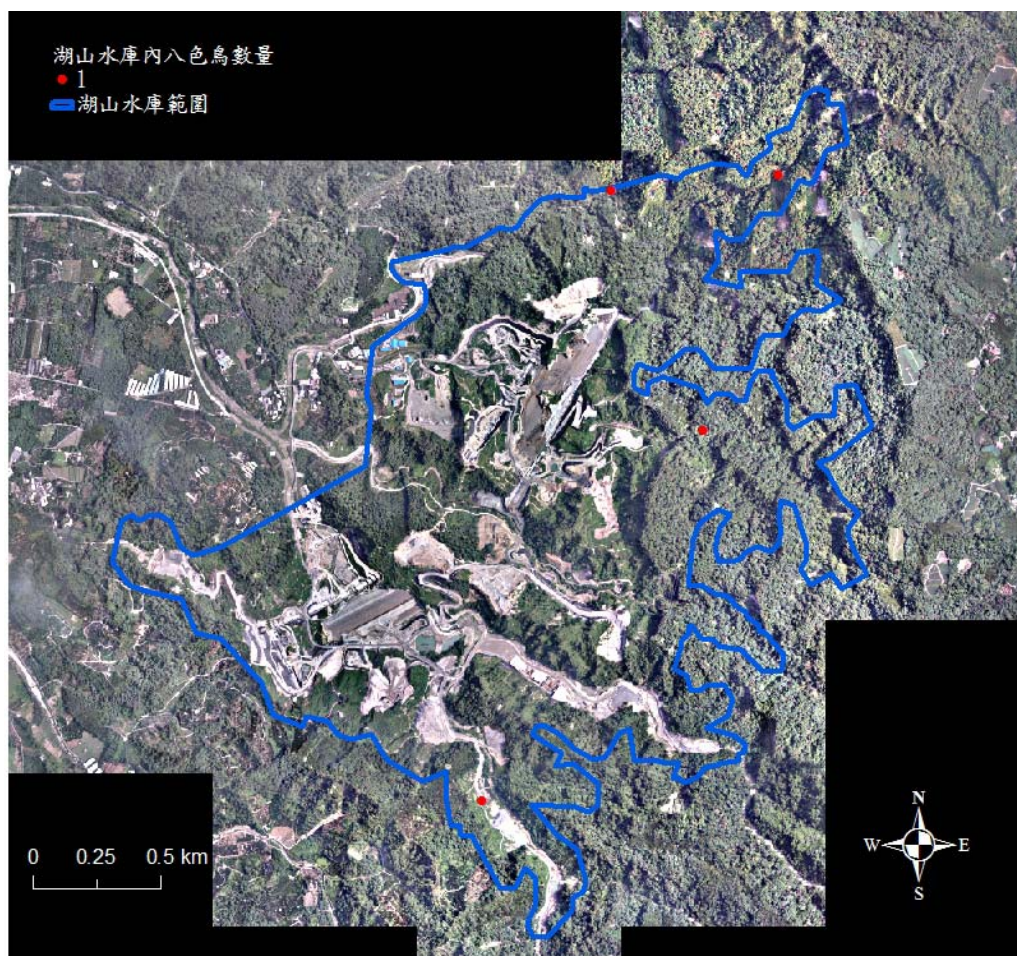


圖 3. 2011 年湖山水庫範圍內八色鳥第一次調查記錄地點與數量分布（正射化影像年份為 2009 年）。

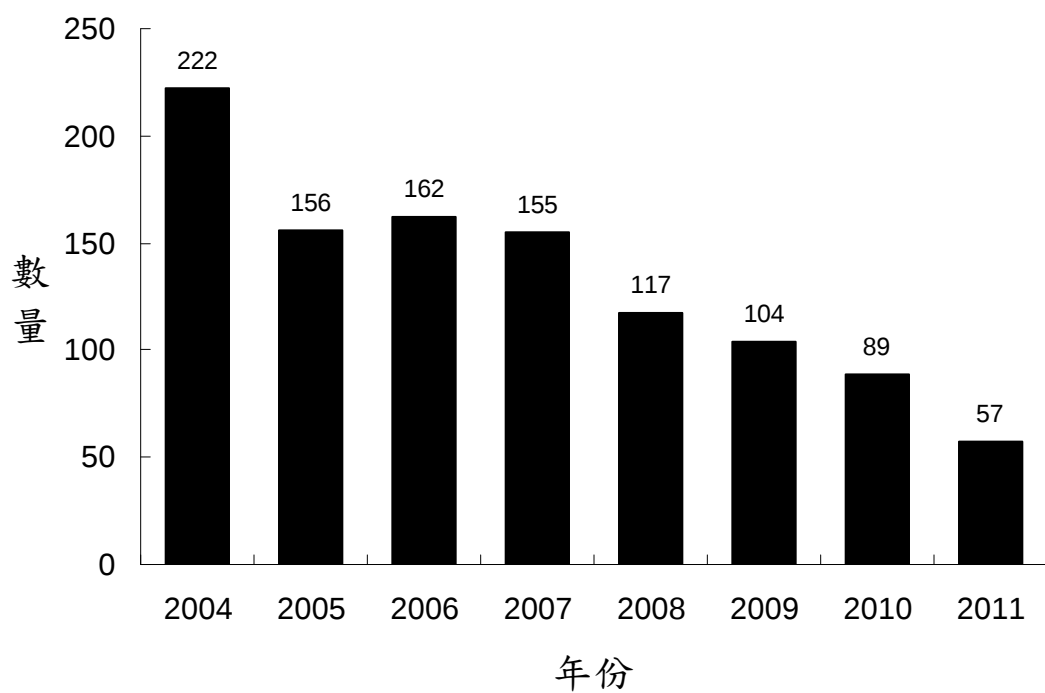


圖 4. 歷年八色鳥第一次調查發現總數量(隻)。

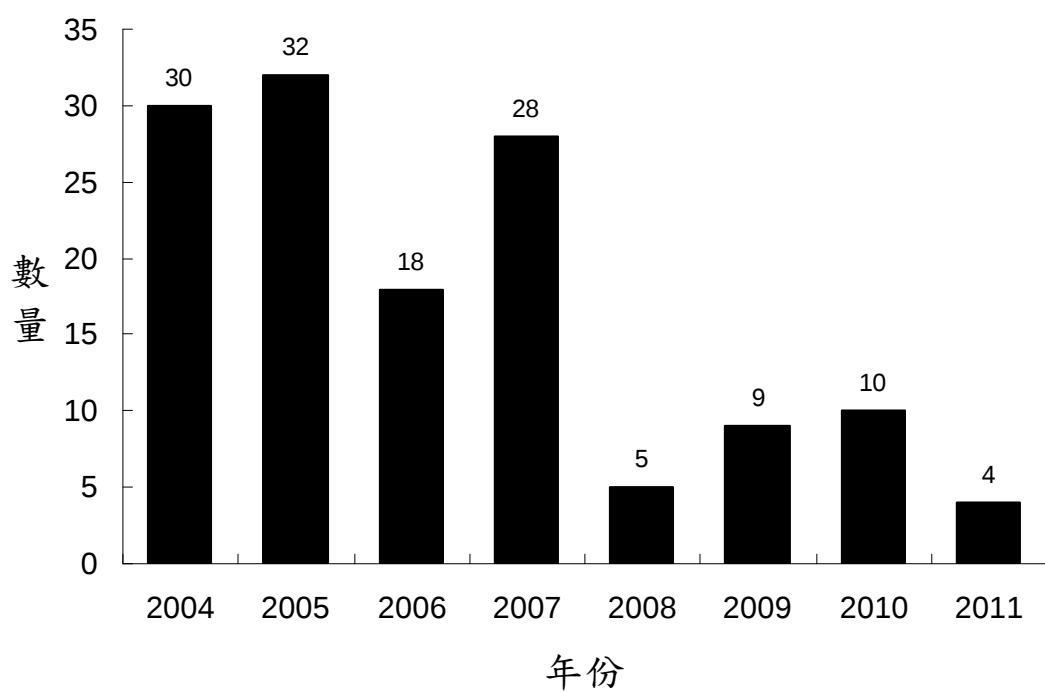


圖 5. 2004 年至 2011 年湖山水庫範圍內，第一次調查時發現八色鳥總數量(隻)。

表 1. 2004 至 2010 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								
		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		
		日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	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			
	斗六東溪 北	509	12	1	516	12	2				429	12	4	511	12	9				427	12	8	507	12	9			
	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			
	北勢坑	504	12	14	0514 ^b 0516	12	5				503	12	9	514	12	3				504	12	6	511	12	11			
	土地公坑	501	12	5	508	12	7				502	12	17	517	12	4				0502 ^e 0503	12	8	510	12	5			
	崙尾坑	429	12	16	513	12	12				501	12	10	0515 ^c 517	12	2				501	12	5	509	12	7			
小計			72	47		72	41					72	54		72	36					72	53		72	46			
非固定樣點		0429- 0527	151	110							0428- 0519	151	65							0426- 0511	151	69						
固定樣點		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
總計			310	222		157	92		86	26		311	156		158	69		90	24		314	162		163	69		91	12

類型	樣區名稱	2007 年									2008 年									2009 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		
		日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量
固定樣區	斗六大圳	427	12	10	508	12	11				427	12	8	508	12	6				428	12	8	508	12	4			
	斗六東溪 北	428	12	12	509	12	15				428	12	9	509	12	3				429	12	4	509	12	2			
	斗六東溪 南	430	12	6	510	12	5				429	12	2	510	12	7				430	12	4	510	12	6			
	北勢坑	503	12	2	512	12	5				502	12	6	513	12	5				503	12	6	513	12	3			
	土地公坑	501	12	12	511	12	4				430	12	1	511	12	1				501	12	3	511	12	3			
	崙尾坑	502	12	9	513	12	3				501	12	2	512	12	0				502	12	1	512	12	3			
	小計		72	51		72	43					72	28		72	22					72	26		72	21			
非固定樣點		0427- 0515	152	60							0427- 0514	152	58							0428- 0513	152	49						
固定樣點		0428- 0503	91	44	0510- 0515	90	45	0525- 0529	90	30	0429- 0501	91	31	0512- 0515	91	47	0526- 0528	91	33	0430- 0502	91	27	0512- 0514	91	18	0525- 0529	91	9
總計			315	155		162	88		90	30		315	117		163	69		91	33		315	102		163	39		91	9

類型	樣區名稱	2010 年						2011 年					
		第一次調查			第二次調查			第一次調查			第二次調查		
		日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量	日期	點數	數量
固定樣區	斗六大圳	428	12	7	508	12	6	506	12	2	514	12	6
	斗六東溪北	429	12	5	509	12	3	505	12	2	515	12	2
	斗六東溪南	501	12	5	510	12	3	506	12	3	513	12	2
	北勢坑	503	12	8	513	12	1	507	12	6	515	12	1
	土地公坑	502	12	1	512	12	0	508	12	1	512	12	2
	崙尾坑	504	12	1	511	12	0	507	12	1	514	12	0
小計			72	27		72	13		72	15		72	13
非固定樣點	0428-0513		152	49				0505-0515	152	31			
	0501-0503		91	13	0512-0514	91	25	0510-0511	91	11	0518-0519	91	7
總計			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 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 林班範圍內第一次八色鳥 (*Pitta nympha*) 調查的調查點密度、平均數量與發現機率

類型	面積 (ha)	2004 年						2005 年						2006 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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
林班地	67	199.4	32	16	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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	

類型	面積 (ha)	2007 年					2008 年					2009 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
湖山水庫	435	45	10.34	28	0.62±0.78	0.4	45	10.34	5	0.11±0.38	0.09	47	10.80	9	0.19±0.50	0.15
61	233.7	18	7.7	2	0.11±0.32	0.11	19	8.13	4	0.21±0.54	0.16	18	7.70	3	0.17±0.51	0.11
62	154.2	16	10.38	6	0.38±0.5	0.38	16	10.38	5	0.31±0.60	0.25	17	11.02	7	0.41±0.71	0.29
63	139.9	13	9.29	5	0.38±0.65	0.31	13	9.29	9	0.69±0.86	0.46	14	10.01	5	0.36±0.50	0.36
64	128.2	13	10.14	11	0.85±0.69	0.69	14	10.92	9	0.64±0.75	0.5	13	10.14	8	0.62±0.87	0.39
65	201.3	18	8.94	9	0.5±0.71	0.39	18	8.94	10	0.56±0.71	0.44	17	8.45	4	0.24±0.44	0.24
66	261.4	30	11.48	16	0.53±0.73	0.4	29	11.09	13	0.45±0.63	0.38	31	11.86	10	0.32±0.70	0.19
林班地 67	199.4	40	20.06	21	0.53±0.75	0.4	37	18.56	16	0.43±0.50	0.43	39	19.56	9	0.23±0.58	0.15
68	116.2	27	23.24	10	0.37±0.69	0.26	27	23.24	6	0.22±0.58	0.15	29	24.96	12	0.41±0.63	0.34
69	187.2	15	8.01	6	0.4±0.74	0.27	15	8.01	5	0.33±0.62	0.27	15	8.01	8	0.53±1.13	0.27
70	162.7	13	7.99	7	0.54±0.66	0.46	13	7.99	9	0.69±0.86	0.46	13	7.99	6	0.46±0.66	0.38
71	137.6	16	11.63	12	0.75±0.93	0.5	14	10.17	2	0.14±0.36	0.14	15	10.90	5	0.33±0.72	0.2
72	223.6	19	8.5	6	0.32±0.75	0.21	19	8.50	0	0	0	19	8.50	2	0.11±0.32	0.11
73	209.7	18	8.58	13	0.73±0.89	0.5	20	9.54	4	0.2±0.52	0.15	18	8.58	2	0.11±0.32	0.11
林班地外	-	59	-	31	0.53±0.80	0.34	61	-	25	0.41±0.69	0.3	56	-	21	0.38±0.73	0.25

類型	面積 (ha)	2010 年					2011 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	
湖山水庫	435	46	10.57	10	0.22±0.55	0.15	46	10.57	4	0.20±0.48	0.09	
林班地	61	233.7	18	7.70	5	0.28±0.46	0.28	19	8.13	3	0.16±0.38	0.16
	62	154.2	17	11.02	6	0.35±0.79	0.18	17	11.02	2	0.12±0.33	0.12
	63	139.9	14	10.01	7	0.50±0.76	0.36	14	10.01	5	0.36±0.63	0.29
	64	128.2	14	10.92	7	0.50±0.86	0.29	14	10.92	2	0.14±0.54	0.07
	65	201.3	18	8.94	7	0.39±0.78	0.28	17	8.45	7	0.41±0.71	0.29
	66	261.4	30	11.48	12	0.40±0.77	0.3	29	11.09	6	0.21±0.41	0.21
	67	199.4	38	19.06	3	0.08±0.27	0.08	38	19.06	6	0.16±0.44	0.13
	68	116.2	28	24.10	3	0.11±0.42	0.07	26	22.38	2	0.07±0.27	0.08
	69	187.2	15	8.01	6	0.40±0.63	0.33	17	9.08	3	0.18±0.39	0.18
	70	162.7	13	7.99	8	0.62±0.77	0.46	12	7.38	4	0.33±0.65	0.25
	71	137.6	15	10.90	7	0.47±0.83	0.27	15	10.90	2	0.13±0.35	0.13
	72	223.6	19	8.50	1	0.05±0.23	0.05	19	8.50	1	0.05±0.23	0.05
	73	209.7	19	9.06	4	0.21±0.54	0.16	18	8.58	4	0.22±0.65	0.11
林班地外	-	57	-	13	0.22±0.50	0.19	60	-	10	0.17±0.46	0.13	

註：調查點密度=調查點數/每 100ha；平均數量=鳥數量/點數；發現機率=發現調查點數/調查點

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

(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)

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

計畫編號：130-8

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：2011 年 1 月 1 日至 2011 年 12 月 31 日

計畫主持人：林瑞興

共同主持人：李培芬

研究人員：吳建龍

一、摘要

為促進「湖山水庫生態保育措施相關研究計畫」之資料流通整合，建立「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統(<http://arcserver.lifescience.ntu.edu.tw/alake/>)。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。本年度將維護網頁系統之運作，完成 2010 年度「湖山水庫生態保育措施研究」之基本資料上傳，並持續建構湖山水庫鄰近地區之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，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。

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。2011 年主要工作內容如下：

1. 「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」功能之維護。
2. 利用整合與擴充資料庫，展示現有的研究調查成果。
3. 持續建置湖山水庫與鄰近地區環境因子與生物因子資料庫。

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

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計畫，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 2010 年度「湖山水庫生態系保育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、結果

(一)「湖山水庫自然生態調查地理資訊系統」功能之維護

利用 ESRI 的 GIS 網路伺服器 (ArcServer) 做為工具，建置網路平台「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)。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 表格內調查點之座標,來展示其空間分布位置;亦可利用「資料展示系統」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,可瀏覽湖山水庫生態保育措施歷年完成之相關子計畫中,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 座標值(TWD97)、線上測量距離或面積等附加功能。

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,做為未來系統開放之準備。「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 2007 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,2008 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,2009 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 篇計畫之成果摘要、調查樣區簡介、生物分布資訊與成果報告全文 PDF 檔上傳。另 2010 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 篇計畫之成果與研究調查原始資料陸續上傳中。

(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。本年度工作主要接續 2010 年計畫成果所建置之環境因子與生物因子資料庫，以擴充生物因子資料庫為目標。

(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、距離道路的距離、距離水庫的距離、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，從而得到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 2009）。

(2) 生物因子資料庫

彙整 2010 年湖山水庫生態保育措施相關子計畫中，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（皆採用 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等。

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。台北。

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。特有生物研究保育中心。南投。

林瑞興、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)。「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。245-260 頁。
- 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。
- 林瑞興、李培芬。2010。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。
- 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>.

計畫名稱：湖山水庫圓葉布勒德藤物候及授粉昆蟲調查

計畫編號：130-9

全程計畫期間：100 年 1 月 1 日至 100 年 12 月 31 日止

本年計畫期間：100 年 1 月 1 日至 100 年 12 月 31 日止

計畫主持人：方懷聖

研究人員：沈明雅、蕭淑娟、邱玉娟、朱汶偵、徐翰慈

一、摘要

為湖山水庫保育措施所需，本計畫於湖山壩導水隧道出水口上方、庫區西北側與黃杞林溪溪谷 3 處設立圓葉布勒德藤 (*Bredia hirsuta*) 調查樣區，進行圓葉布勒德藤物候及授粉昆蟲調查。本年度已完成上半年的物候調查，圓葉布勒德藤族群在樣區中覆蓋度平均為 49.7%，其伴生植物包括臺灣蘆竹 (*Arundo formosana*)、短柄卵果蕨 (*Phegopteris decursive-pinnata*)、粗齒革葉紫萁 (*Osmunda banksiaefolia*)、東方狗脊蕨 (*Woodwardia orientalis* var. *formosana*)、臺灣圓腺蕨 (*Cyclosorus taiwanensis*)、牛膝 (*Achyranthes bidentata*)、臺灣金狗毛蕨 (*Cibotium taiwanense*)、觀音座蓮 (*Angiopteris lygodiiifolia*)、臺灣油點草 (*Tricyrtis formosana*) 等。具振動授粉之花蜂以雄蟲鑑定的種類已有螫無墊蜂 (*Amegilla urens*) 及綠條無墊蜂 (*A. zonata*) 兩種。

二、計畫目的

圓葉布勒德藤 (*Bredia hirsuta*) 為瀕危的珍稀植物 (黃等 1999)，湖山水庫所在的斗六丘陵為主要分布地區之一 (楊 2004)。因此，本植物的保育為湖山水庫保育措施重要項目之一 (水利署中區水資源局 2007)，經調查在水庫內外皆有其群落零星分布 (賴等 2008)，花期在 10 月份左右 (賴等 2008)，惟其繁殖由何種昆蟲媒介尚不明瞭 (水利署中區水資源局 2007)。野牡丹屬 (*Melastoma*) 植物的花粉藏於頂孔開裂的花藥中，可以阻絕許多無授粉作用的昆蟲對其花器的干擾；加上雄蕊的兩型化；開花後雄蕊和雌蕊在花器內排列的方式，使其皆適應於振動授粉 (buzz pollination) 並促進異交，其授粉者為以振動的方式來採集花粉的蜂類為主 (劉等 2008)。故為瞭解調查圓葉布勒德藤之保育措施，本計畫擬探討圓葉布勒德藤之訪花昆蟲是否具傳媒功能、環境適應性、物候及生育地環境，以作為湖山水庫棲地改善及監測等保育工作之依據。

三、重要工作項目及實施方法

(一)研究地區：研究範圍包括湖山水庫範圍導水隧道出水口上方、庫區外西北側及黃杞林溪溪谷內 3 處樣區。

(二)物候及伴生植物調查：於前述樣區每月調查 1 次圓葉布勒德藤生長情形，在開花期內，每兩週記錄一次開花數與結果率；並設置溫度計、溼度計及光度計，記錄生育地環境資料、伴生植物種類及覆蓋度。

(三)花粉活性調查：比較不同月份及長型與短型雄蕊的花粉活性是否有顯著差異，影響結實率及有效種子發芽率。

(四)訪花昆蟲觀察：

在樣區周圍以目測觀察、掃網捕捉法，於花季期間約每 2 星期調查 1 次，記錄項目包括調查起訖時間、樣區、溫溼度、座標及訪花昆蟲數量，並將捕捉到的昆蟲製成標本進行鑑定種類。此外亦使用相機（CANON EOS-500D）拍攝受粉者照片，並以數位攝影機（SONY HDR-XR200）拍攝昆蟲訪花行為。

四、結果與討論

(一)物候及伴生植物

出水口上方圓葉布勒德藤族群著生於岩壁，於樣區中覆蓋度平均為 49.7%，伴生植物有臺灣蘆竹（*Arundo formosana*）、短柄卵果蕨（*Phegopteris decursive-pinnata*）、粗齒革葉紫萁（*Osmunda banksiaefolia*）、東方狗脊蕨（*Woodwardia orientalis* var. *formosana*）、臺灣圓腺蕨（*Cyclosorus taiwanensis*）等。黃杞林溪溪谷樣區為緩坡地形，伴生植物包括牛膝（*Achyranthes bidentata*）、臺灣金狗毛蕨（*Cibotium taiwanense*）、觀音座蓮（*Angiopteris lygodiiifolia*）、臺灣油點草（*Tricyrtis formosana*）等（附錄 I）。於去（2010）年物候調查時發現 8 月 10 日開出第一朵花，9 月已達盛花期，至本（2011）年 2 月束結花期，此開花盛期較以往的紀錄（賴等 2008）提早 1 個月，本年度的的花期仍持續觀察中。

(二)開花過程觀察

於調查期間觀察圓葉布勒德藤的花序與單一朵花開花至花謝的過程發

現，圓葉布勒德藤為複繖房花序，單一花序最多可開超過 20 朵花，但是同一花序上鮮少同時存在 8 朵以上的花。而同時存在的花當中約有一半可能雄蕊已經掉落，僅留下花瓣與雌蕊殘存。成熟的花苞於清晨至上午開始開放，花苞展開的同時雄蕊自摺疊狀態逐漸展開，同時長型雄蕊的花藥逐漸落至下方，短型雄蕊的花藥留在花中央，花苞展開時間長達 6–8 hrs 才完全開放完畢。授粉後的子房逐漸膨大發育成果實，果實為蒴果，成熟時開裂，於兩樣區中觀察結實率均約高於 8 成。以人工授粉的處理顯示，在自花、同株異花和異株授粉的情況下皆能結實，並無明顯的自花不相容的現象。

（三）花粉活性

在比較長型與短型雄蕊的花粉活性方面，長型雄蕊總共檢視 10,522 枚花粉具有活性花粉約占 88.0%；短型雄蕊總共檢視 11,562 枚花粉具有花粉活性約占 76.4%。在兩樣品 Z 測驗中，長型雄蕊中有活性的花粉比例顯著的較短型雄蕊者高 ($Z = 22.52$, $p < 0.001$)。

在比較 2010 年不同月份之花粉活性方面，排水口樣區 11 月 12 日取樣花粉總共檢視 22,084 枚，具有活性比例約占 81.9%；10 月 17 取樣之花粉總共檢視 18,561 枚具有活性之比例約為 91.5%。在兩樣品 Z 測驗中，10 月份花粉具活性比例顯著較 11 月份為高 ($Z = 27.80$, $p < 0.001$)。因此推測 11 月花粉活性有較 10 月份下降的趨勢。

在比較不同樣區之花粉活性方面，在 10 月份分別自黃杞林溪及排水口樣區採集得花粉，黃杞林溪共檢視 20,050 枚花粉，Z 測驗中顯示兩地區花粉具活性比例有顯著差異 ($Z = 30.57$, $p < 0.001$)。因此推測樣區不同，花粉具有活性的比例也不同。

（四）授粉者種類及授粉行為

授粉者訪花生物已記錄 6 類，包括無墊蜂屬、木蜂屬及切葉蜂等 3 類蜂。其中無墊蜂屬訪花時間較長，最有可能是授粉者，初步以雄蟲鑑定的種類已有螫無墊蜂 (*Amegilla urens*) 及綠條無墊蜂 (*A. zonata*) 兩種。

（五）昆蟲訪花次數與昆蟲出沒時間、光度、溫度之關係

兩樣區於清晨 6 時開始記錄時，光度、溫度均為最低（最小光度 0 lux，最低溫度 18°C），於下午 1 時記錄到一整天中之最高光度及最高溫

(排水口樣區最高光度可達 17,690 lux ，黃杞林溪最高光度達 7,160 lux ；排水口樣區最高溫度達 31℃ ，黃杞林溪樣區最高溫度達 30℃) ，午後光度及溫度均開始下降。

分析兩樣區的昆蟲訪花次數與昆蟲出沒時間、光度、溫度之關係，顯示兩樣區的昆蟲訪花行為略有差異。由表 1 可知，黃杞林溪花蜂訪花次數與氣溫呈非常顯著相關($p < 0.01$)，與時間、光度之相關性不顯著。因此，在黃杞林溪樣區溫度越高，花蜂進入樣區訪花次數越多。由表 2 可知，排水口樣區花蜂訪花次數與光度、時間相關性極為顯著(光度： $p < 0.001$ ；時間： $p < 0.001$)，因此在排水口樣區光度越高花蜂進入樣區訪花次數越多，而上午花蜂訪花次數高於下午訪花次數。

五、結論與建議

已知圓葉布勒德藤開花盛期在每年 9 - 10 月間，本年畫預定於 8 月起增加調查頻度，包括估計不同生活型、環境因子、葉片生長狀況對花序生長及結實狀況的關係，並期望能完成無墊蜂屬花蜂的鑑定。

六、參考文獻

- 方懷聖、林宗岐、楊耀隆、周文一、邱玉娟、姚采宜。2009。湖山水庫及其鄰近地區昆蟲功能群分布及現況評估。「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。經濟部水利屬中區水資源局。105-142頁。
- 方懷聖、楊耀隆、石憲宗、周文一、詹美鈴、邱玉娟、姚采宜。2008。湖山水庫及其鄰近地區昆蟲功能群分布及現況評估。「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。經濟部水利屬中區水資源局。200-232頁。
- 宋一鑫。2008。臺灣產花蜂類群多樣性調查現況。2008臺灣物種多樣性I研究現況。177-184頁。
- 林政行。1991。臺灣熊蜂垂直分布及蜜源植物。臺灣省立博物館年刊 34: 33-48。
- 林瑞興、李培芬、宋心怡。2010。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) 期中報告書。經濟部中區水資源局。177 - 224 頁。
- 劉思謙、溫海宏、陳明義、楊正澤。2008。臺灣四種野牡丹植物(Melastomataceae)授粉生態學之研究。臺灣昆蟲 28(2): 67-85。
- 經濟部水利署中區水資源局。2007。湖山水庫工程生態保育措施執行作業計畫。33頁。
- 賴國祥。2008。湖山水庫及鄰近地區植物資源與植物調查。「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。經濟部水利署中區水資源局。9-66頁。
- 鍾明哲。2006。臺灣魔芋的傳粉生物學。國立成功大學生命科學系碩士論文。86頁。台南。
- Andrade, P., E. Forni-Martins, and Martins, F. 2007. Reproductive system of *Eriocnema fulva* Naudin (Melastomataceae), an endemic species of Minas Gerais state, SE Brazil. Brazilian Journal of Biology 67, 313-319.
- Buchmann, S. L. and J. P. Hurley. 1978. A biophysical model for buzz pollination in angiosperms. J. Theor. Biol. 72:639-657.
- Carol, A. K., and D.W. Inouye. 1993. Techniques for Pollination Biologists. University Press of Colorado, Boulder, CO.
- Chiang, C. C., I. H. Sung, K. K. Ho, and P. P. Yang. 2009. Colony development of two bumblebees, *Bombus eximius* and *B. sonani*, reared in captivity in a subtropical area of Taiwan (Hymenoptera, Apidae, Bombini). Sociobiology 54(3):699-714.
- Dafni, A. 1992. Pollination Ecology: a practical approach. Oxford University Press, New York.
- Gross, C. L. 1993. The breeding system and pollinators of *Melastoma affine* (Melastomataceae): A pioneer shrub in tropical Australia. Biotropica 25: 468-474.
- Gross, C. L., F. V. Bartier, and D. R. Mulligan. 2003. Floral structure, breeding system and fruit-set in the threatened sub-shrub *Tetratheca juncea* Smith (Tremandraceae). Annals of Botany 92, 771-777.
- Larson, B. M. H., and S. C. H. Barrett. 1999. The pollination ecology of buzz-pollinated *Rhexia virginica* (Melastomataceae). American Journal of Botany 86, 502-511.
- Luo, Z., D. Zhang, and S. S. Renner. 2008. Why two kinds of stamens in buzz-pollinated flowers? Experimental support for Darwin's division-of-labour

- hypothesis. *Functional Ecology* 22, 794-800.
- Michener, C. D. 2000. *The Bees of the World*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Real, L.(ed.) 1983. *Pollination Biology*. Academic Press, Orlando, FL.
- Renner, S. S. 1989. A survey of reproductive biology in Neotropical Melastomataceae and Memecylaceae. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 76: 496-518.
- Robert, R. B., and S. R. Vallespir. 1978. Specialization of hairs bearing pollen and oil on the legs of bees (Apoidae: Hymenoptera). *Ann. Ent. Soc. Am.* 71: 619-627.
- Sung, I. H., M.Y. Lin., C. H. Chang, A. S. Cheng, W. S. Chen, and K. K. Ho. 2006. Pollinators and their behaviors on Mango flowers in southern Taiwan. *Formosan Entomol.* 26: 161-170.
- Ushimaru, A., T. Watanabe, and K. Nakata. 2007. Colored floral organs influence pollinator behavior and pollen transfer in *Commelina communis* (Commelinaceae). *American Journal of Botany* 94, 249-258.
- Vallejo-Marin, M., E. M. Da Silva, R.D. Sargent, and S. C. H. Barrett. 2010. Trait correlates and functional significance of heteranthery in flowering plants. *New Phytologist* 188, 418-425.

表 1. 黃杞林溪溪谷樣區花蜂訪花普瓦松線性迴歸分析表

Coefficients:	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
Intercept	-0.8207	0.8154	-1.0060	0.3141
light	0.0000	0.0001	0.0680	0.9460
temperature	0.1232	0.0400	3.0780	0.0021 **
time	-0.0647	0.0648	-0.9990	0.3178

*：顯著($p < 0.05$)、**：非常顯著($p < 0.01$)、***：極顯著($p < 0.001$)

表 2. 排水口樣區花蜂訪花普瓦松線性迴歸分析表

Coefficients:	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
Intercept	2.3280	0.8532	2.7280	0.0064 **
light	0.0001	0.0000	3.5400	0.0004 ***
temperature	0.0237	0.03774	0.6280	0.5303
time	-0.1335	0.02908	-4.5930	< 0.001 ***

*：顯著($p < 0.05$)、**：非常顯著($p < 0.01$)、***：極顯著($p < 0.001$)

附錄 I 湖山水庫圓葉布勒德藤棲地之伴生植物

蕨類植物 Pteridophyte

烏毛蕨科 Blechnaceae

東方狗脊蕨 *Woodwardia orientalis* Sw.

桫欏科 Cyatheaceae

筆筒樹 *Cyathea lepifera* (J. Sm.) Copel.

蚌殼蕨科 Dicksoniaceae

臺灣金狗毛蕨 *Cibotium taiwanense* Kuo

觀音座蓮舅科 Marattiaceae

觀音座蓮 *Angiopteris lygodiifolia* Rosenst.

金星蕨科 Thelypteridaceae

臺灣圓腺蕨 *Cyclosorus taiwanensis* (C. Chr.) H. Ito

大金星蕨 *Macrothelypteris torresiana* (Gaud.) Ching

短柄卵果蕨 *Phegopteris decursive-pinnata* (van Hall) Fee

卷柏科 Selaginellaceae

高雄卷柏 *Selaginella repanda* (Desv.) Spring

紫萁科 Osmundaceae

粗齒革葉紫萁 *Osmunda banksiaefolia* (Pr.) Kuhn

雙子葉植物 Dicotyledon

莧科 Amaranthaceae

牛膝 *Achyranthes aspera* Linn. var. *india* Linn.

菊科 Asteraceae

藿香薊 *Ageratum conyzoides* L.

大花咸豐草 *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch. Bip.

大頭艾納香 *Blumea riparia* (Blume) DC. var. *megacephala* Randeria

瓜科(葫蘆科) Cucurbitaceae

垂果瓜 *Melothria pendula* L.

大戟科 Euphorbiaceae

菲律賓饅頭果 *Glochidion philippicum* (Cavan.) C. B. Rob.

血桐 *Macaranga tanarius* (L.) Mull. Arg.

馬鞭草科 Verbenaceae

龍船花 *Clerodendrum kaempferi* (Jacq.) Siebold ex Steud.

樟科 Lauraceae

香楠 *Machilus zuihoensis* Hayata

野牡丹科 Melastomataceae

圓葉布勒德藤 *Bredia hirsuta* Blume var. *rotundifolia* (Y. C. Liu & F. T. Lu) .F. Huang & T. C. Huang

蓼科 Polygonaceae

火炭母草 *Polygonum chinense* L.

薔薇科	Rosaceae
虎婆刺	<i>Rubus croceacanthus</i> Levl.
紫金牛科	Myrsinaceae
日本山桂花	<i>Maesa japonica</i> (Thunb.) Moritzi ex Zoll.
茜草科	Rubiaceae
水錦樹	<i>Wendlandia uvariifolia</i> Hance
蛇根草	<i>Ophiorrhiza japonica</i> Blume
忍冬科	Caprifoliaceae
有骨消	<i>Sambucus chinensis</i> Lindl.
苦苣苔科	Gesneriaceae
角桐草	<i>Hemiboea bicornuta</i> (Hayata) Ohwi
桑科	Moraceae
水同木	<i>Ficus fistulosa</i> Reinw. ex Blume
菲律賓榕	<i>Ficus ampelas</i> Burm. f.
稜果榕	<i>Ficus septica</i> Burm. f.
濱榕	<i>Ficus tannoensis</i> Hayata
蕁麻科	Urticaceae
密花苧麻	<i>Boehmeria densiflora</i> Hook. & Arn.
苧麻	<i>Boehmeria nivea</i> (L.) Gaudich.
長梗紫麻	<i>Oreocnide pedunculata</i> (Shirai) Masam.
奮起湖冷水麻	<i>Pilea funkikensis</i> Hayata
西番蓮科	Passifloraceae
三角葉西番蓮	<i>Passiflora suberosa</i> L.
單子葉植物	Monocotyledon
鴨跖草科	Commelinaceae
鴨跖草	<i>Commelina communis</i> L.
天南星科	Araceae
芋頭	<i>Colocasia esculenta</i> var. <i>esculenta</i> (L.) Schott
鈴樹藤(電信蘭)	<i>Epipremnum pinnatum</i> (L.) Engl. ex Engl. & Kraus
莎草科	Cyperaceae
大莞草	<i>Scirpus ternatanus</i> Reinw. ex Miq.
百合科	Liliaceae
臺灣油點草	<i>Tricyrtis formosana</i> Baker
禾本科	Poaceae
臺灣蘆竹	<i>Arundo formosana</i> Hack.
竹節草	<i>Chrysopogon aciculatus</i> (Retz.) Trin.
兩耳草	<i>Paspalum conjugatum</i> Bergius
金絲草	<i>Pogonatherum crinitum</i> (Thunb.) Kunth

**150 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：150

全程計畫期間：97 年1 月1 日至 102 年 12 月 31 日

本年計畫期間：99 年1 月1 日至 99 年 12 月 31 日

計畫主持人：林瑞興

研究人員：林宗岐（彰化師範大學生物學系）、簡錕榮、鍾雨岑、宋心怡、吳建龍、鄭蕙如

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) 分析研究地區植物群落現況及推估其演替模式；(2) 調查廢棄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) 藉由實際操作，主動移除麻竹林及補植原生樹種，瞭解復育過程可能遭遇的困難及監測苗木生長狀況；(4) 建立指標系統。本（2011）年度延續前兩年調查結果，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 林班地進行各項調查與試驗。

斗六丘陵之植群演替最終期應為榕楠林帶，而 2010 年調查顯示目前植群演替階段處於初期與中期。典型對應分析（CCA）可演替植群可分為咬人狗-菲律賓賓榕型，無患子-白匏子型兩型，其分型與地形位置（上稜、中稜或溪谷）及人為干擾程度最為相關。2011 年下半年度預計增加次生林地樣區調查，與廢棄麻竹林樣區資料加以比較，了解現存次生林與廢棄麻竹林演替限制。

本計畫於 2008-2009 年於試驗區進行伐竹處理，每 1ha 樣區減少 0.2ha 麻竹林面積。本年度現場觀察，試驗區內麻竹覆蓋面積已有減少，但亦有少數竹叢仍持續萌芽生長。伐竹樣區仍處在演替之前期；竹闊葉混合林則處於干擾回復後的前中期植被；殘存的闊葉林則接近演替中後期。喬木層監測調查，顯示在 3 種處理的樣區內，喬木層種類數增加不多，但整體單位數量有逐年提高的趨勢。

補植原生樹種試驗中，本年度（2011）完成試驗苗木複查，選植的 8 種樹種中，水同木適生於無遮蔭的開闊砍竹環境下。菲律賓饅頭果能耐受林下煤煙病的危害，適生麻竹闊葉混合林環境中。稜果榕能在伐竹及天然林遮蔭環境下快速生

長，惟易受煤煙病影響且易斷。軟毛柿、刺杜密及無患子，在開闊地或遮蔽環境中存活率較佳。本年度將新增 41 種實生苗木的生長與存活之監測調查，可做為復育樹種名單之參考。此外，撫育頻率由原本每月 1 次，調整為為 1-6 月每月 1 次，7 月後每季 1 次，以減少撫育成本。

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」的主要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）來降低水庫興建對森林生態系的負面效應（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（lowland evergreen broadleaved forest）（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，以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、能長久佔據生育地、具有毒性、落葉量多及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，經由主動伐除麻竹以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，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 (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) 調查廢棄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) 藉由實際操作，主動移除麻竹林及補植原生樹種，瞭解復育過程可能遭遇的困難並監測苗木生長狀況；(4) 建立指標系統及標準監測方法，持續進行監測。

本計畫執行兩年來，已有不少重要成果。2010 年調查斗六丘陵之廢棄竹林，顯示其植群演替階段處於初期與中期 (圖 1)。典型對應分析 (CCA) 可演替植群可分為咬人狗-菲律賓榕型，無患子-白袍子型兩型，其分型與地形位置 (上稜、中稜或溪谷) 及人為干擾程度最為相關。主動移除麻竹林及補植原生樹種試驗中，苗木於伐竹樣區地徑與高度成長最快，且原生種源之萌發狀況良好，但伐竹樣區苗木存活率最低且維護成本高。另於 2009 年建立 13 項復育指標架構，定期進行監測，以期能評估成效。本 (2011) 年度延續前兩年調查結果，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 林班地進行各項調查與試驗。

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，主要屬林務局阿里山事業區第 61 至 73 林班 (圖 2)。整體研究區北以濁水溪與彰化縣二水鎮相鄰，東邊則以清水溪與南投縣竹山鎮接壤。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 (海拔高度 519m)，區內海拔高度多在 300m 以下。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)。研究區為臺灣重要野鳥棲地之一 (中華民國野鳥學會 2001)，另林務局於 2008 年已將 61-70 林班公告為「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。

本計畫主要的調查樣區依其各自試驗目的、所在位置及層級區分為(1)廢棄麻竹林樣區，(2)位於復育區內的試驗樣區，及(3)位於試驗樣區內的植物永久樣區等三種樣區。廢棄麻竹林樣區位於 61 至 73 林班地，沿既有道路、農路、林徑及溪谷河床尋找具有低度農耕活動的廢棄麻竹林，已選取 34 個竹林與闊葉林混合且有不同人為干擾程度之森林進行取樣，各樣區距離約 100-500m（圖 3）。試驗樣區位於湖山水庫北側的復育區，於 2008 年已設置 8 個 1ha（編號為 No.1、No.4 - No.10）、1 個 1ha 檳榔園及 1 個 0.25ha（編號為 No.3）的試驗樣區（圖 4）。植物永久樣區則有 24 個，每個試驗樣區內各設置 3 個，每個面積為 250m²。

（二）植群調查

1. 廢棄麻竹林樣區

本研究植群調查採用多樣區法（multiple plot method），樣區大小為 10×25 m²，每一樣區由 10 個 5×5 m 的方形小區所組成，調查時將植物區分為喬木層及地被層。而於樣區內量測胸高直徑（D130）≥1 cm 之木本植物，列入喬木層，記錄樹種名稱與胸徑。其他胸高直徑小於 1cm 之樹種及草本植物等皆列為地被層，並評估其覆蓋度。另外，在每個 10×25m² 的樣區內，選擇兩個 5×5m² 的樣區進行 DBH 未滿 1cm 之木本苗木數量調查，以瞭解不同干擾程度及地形之麻竹林下，小苗的數量及組成。對於爾後森林復育之樹種選擇，能有更多的資訊可供參考。喬木層調查所得之植群數據，依物種計算其密度、頻度、優勢度後，再將結果轉換為相對百分率，各百分率加總即為重要值指數（important value index, IVI）（劉及蘇 2000），再製作物種原始矩陣供分析使用。維管束植物之學名則依據 Flora of Taiwan Vol. 6（Editorial Committee of the Flora of Taiwan 2003）。未來希望能由環境因子得知特定地區的演替的速度及方向，因此另外記錄樣區環境因子如下：

- (1) 海拔高度：海拔高為高層次之環境因子，其可能會造成氣候上的改變，為一直接影響因子，可作為局部氣溫之評估值。而其量測則利用 Garmin 60CSx 攜帶式衛星定位儀其內建氣壓式高度計直接量測。
- (2) 坡度：坡度指生育地地面之傾斜度，生育地之坡度控制了太陽的入射角，而影響到太陽之輻射強度及局部氣候，所以坡度常與其他因子合併考慮，以評估局部氣候因子（蘇 1987）。其量測方式則於生育地上利用傾斜儀直

接量測數次，而取其平均，記錄讀數。

- (3) 坡向：方位係指樣區或生育地最大坡度所面臨的方向，此方向即與等高線垂直之線所指的方向。
- (4) 水分梯度：方位角的不同會對溫度、日照、濕度與土壤水分造成差異，故將其角度轉化成效應之相對值，利用 Day and Monk (1974) 的水分相對指標值，其將一圓周切分為 16 等級，而給予乾與濕區分。東北向最陰濕(16)，西南向最乾燥(1)，而給予 1 - 16 之相對值。
- (5) 干擾程度：以近幾年有無挖筍之痕跡、有無促進竹林生長之砍竹疏伐痕跡、是否對竹林下植被進行清理以及竹叢中是否有老死之竹桿等，進行人為干擾程度評估，將樣區分為三個干擾級，竹林有挖筍、砍竹及地被清除者是為干擾最嚴重的第 1 級，僅有前述一到兩種干擾者視為第 2 級，無人為干擾而僅剩大量枯竹的竹林環境則視為第 3 級。
- (6) 地形位置：以樣區所在坡面為描述基準，將地形位置分為 1（稜線）、2（上坡）、3（中坡）、4（下坡近溪谷）四種代表值。

植群分析部分則利用植群分析軟體 PC-ORD 4.0 版，先以雙向指標種分析（TWINSpan）將異質性高的植物社會切分成較為等質的林型（vegetation types），再配合降趨對應分析（Detrended correspondence analysis, DCA），找出較為集中的相似樣區及差異較大而互相遠離之樣區，得到各樣區在主要變異梯度軸上的相對應位置。最後再以典型對應分析（Canonical correspondence analysis, CCA），找出主要影響植群分布的環境因子。

2. 植物永久樣區

目前試驗樣區的 3 種試驗處理方式為：第 1、6、7 樣區為降低麻竹密度並補植原生樹種（B-T+），第 3、4、9、10 樣區為不降低麻竹密度但補植原生闊葉樹種（B0T+）及第 5、8 樣區為不做處理的控制組（B0T0）。植物永久樣區的調查方法同「廢棄麻竹林樣區」，共設置 24 個固定樣區，樣區內喬木層每株予以掛牌並進行編號。喬木層調查頻度每 3 年 1 次，地被層草本植物出現因季節而異，調查頻度為每年春季調查 1 次，用以監測不同試驗處理下物種變化與植群演替情形。

(三) 演替推估

依據近年於斗六丘陵及鄰近的八卦山區進行的植群研究所得之演替趨勢圖

為背景（陳 2007；楊 2008），評估植群調查樣區所處之演替時期，藉以在未來瞭解復育處理是否能有效促進復育區之演替速度，及預期植群演替之方向。演替分數（successional index）為評估演替階段常用的方法之一，以樣區中耐陰性樹種的優勢度，探討植群的演替進程（Petrere *et al.* 2004）。關於個別植物物種所屬的演替階段，依照過去植群調查資料所得之演替趨勢圖，利用當地植群資料進行演替等級分配，建立適用於研究區域內之各植物物種演替分數。各分數等級分別以1分代表演替初期，5分代表演替中前期，10分代表演替中後期，及15分代表演替後期。各樣區的演替級分，再由樣區內植物組成推算而得。若一樣區級分愈高則表示該樣區之植物組成以演替後期普遍出現之物種為主。

評估永久樣區所屬的演替現況時，以喬木層進行演替級分的計算。其過程為先統計喬木層每種植物之密度、頻度、優勢度，再將以上資料轉換為重要度。當得知一樣區中各物種之重要度值，即可計算其演替分數，所得演替分數將會落於所訂定之 1-15 級分範圍中，以表現各層次原生樹種和植栽苗木下之潛勢演替過程。其公式如下：

$$\text{演替分數} = \Sigma (\text{物種重要值(IVI)}) / \Sigma \text{物種重要值}$$

(四) 主動更新試驗

1. 伐竹

本研究則欲利用人工伐除麻竹方式，降低麻竹林覆蓋面積，來瞭解麻竹林對森林演替的影響。比較人工主動移除與麻竹林天然更新之差異，並評估其效果與成本效益。伐竹樣區於試驗年度乾季時期（2008 年 10 月至 2009 年 2 月及 10 至 12 月）實施麻竹伐除，此時期多數植物生長減緩或停止，地被層草本植物多為乾枯，於此時期進行麻竹伐除作業可降低對周邊植物的傷害，並可減少對原生育地內其他生物之干擾。麻竹移除的覆蓋面積，現場以皮尺實地測量而得。伐除作業時採用電鋸伐倒，並進行枝條及分節後移置適當區域的方式處理，以減少對其他苗木的影響，並加速麻竹枝葉的分解。詳細砍竹處理的步驟及成本如附錄 1。

2. 種樹

此處理欲藉由種樹來改善森林演替，並評估其成效與成本。在復育初期，種植苗木時即記錄種植的數量。本計畫於 2008 年 2 月至 5 月進行湖山水庫及鄰近地區原生天然下種苗木之收集，採集所得苗木先移植於設置在林內鄉湖本村當地果園農地內的臨時苗圃，之後再將植株優良健壯之苗木作為試驗用之植栽。栽植

原生苗木之步驟與成本請參考附錄 1。

3. 麻竹對苗木影響之試驗

竹類可能會影響森林的更新或林木的生長 (Griscom and Ashton 2003)，但臺灣仍缺乏相關研究文獻。本研究分別於湖山水庫周邊地區闊葉林環境、麻竹林環境及伐竹開闊環境栽種試驗苗木，藉由量測苗木生長量變化差異情形，期望能了解麻竹對於原生林木發育的影響。闊葉林環境則設置於麻竹潛在影響範圍外之闊葉林下，麻竹林環境標準為有 60% 以上面積為麻竹所生長之均勻林相，且以主竹叢根部生長位置邊界以外之 5m 距離範圍內為影響區域，而伐竹環境為上層麻竹清除後之較大面積開闊地。

本試驗延續 2008 年的樹苗栽植工作，於 2009 年 4 月份繼續進行試驗苗木栽種，計有香楠 (*Machilus zuihensis*)、杜英 (*Elaeocarpus sylvestris*)、稜果榕 (*Ficus septica*)、水同木 (*Ficus fistulosa*)、菲律賓饅頭果 (*Glochidion philippicum*) 等 5 種共 450 棵，並於本 (2010) 年度再增加 450 棵，第二次樹苗栽植工作於 2010 年 7 月進行，包含杜英、刺杜密 (*Bridelia insulana*)、香楠、軟毛柿 (*Diospyros eriantha*)、無患子 (*Sapindus mukorossii*) 五種，兩次栽植之試驗苗木共 8 種 900 棵 (表 1)。每個月對苗木進行撫育 (除草、修蔓)，以排除雜草藤蔓對苗木的生長影響。此處理欲藉由種樹來改善森林演替，並評估其成效與成本。另於各永久樣區內尋找林下生長小苗，選擇主幹枝條皆完整、地徑小於 1cm 且苗高 30cm 以下之實生苗，量測項目與時間同人工栽植苗木。在復育初期，種植苗木時即記錄種植的數量。並於每年 4 月及 11 月時觀測下列項目。2009 年 11 月為第一次苗木調查，作為該苗木生長之基值，永久樣區林下實生苗則以 2011 年 4 月觀測植作為該批苗木生長基準，記錄項目如下：

1. 苗木存活狀況 (存活或死亡)。
2. 高度(cm)：苗木從地際至生長點之高度。
3. 覆蓋面積(cm^2)：測量苗木垂直投影 (長×寬) 覆蓋面積。
4. 地徑(cm)：利用測圍尺測量苗木地際之地徑。
5. 煤煙病：記錄苗木有或無煤煙病。
6. 竹葉厚度(cm)：利用魯班尺測量並記錄苗木地際所被覆蓋竹葉厚度。

上述調查所得數據，分別進行下列分析：

1. 苗木存活率：分別計算不同樣區內不同物種之苗木存活率。

苗木存活率 (%) = (苗木存活株數 / 樣區試驗總株數) × 100

2. 苗木高度變化：以第一年生長季結束後（冬季）所調查之高度為基準，於次年調查記錄高度後，計算前後兩年之高度差，並計算不同樣區內不同物種之苗木每年之平均高度生長量。
3. 覆蓋面積變化：以第一年生長季結束後（冬季）所調查之覆蓋面積為基準，於次年調查記錄覆蓋面積後，計算前後兩年之面積變化，並計算不同樣區內不同物種之苗木每年之平均覆蓋面積擴增量。
4. 地徑 (cm)：以第一年生長季結束後（冬季）所調查之，於之後每年 11 月調查記錄地徑，比較年間不同物種之地徑生長差異，並計算不同樣區內不同物種之苗木每年之平均地徑生長量。

所得數據就伐竹樣區、麻竹林樣區及闊葉林樣區之苗木存活率、高度變化、覆蓋面積變化及地徑生長等數據進行差異分析，以檢驗不同處理間之差異性，及其與環境因子之關係。

(五) 復育指標

2009 年建立了復育監測指標，欲以各種生態指標 (ecological indicators) 來監測復育試驗區的棲地結構、物種多樣性與生態功能 (表 2)，涵蓋了植物、無脊椎動物、鳥類、外部指標類別，並建立操作標準流程 (附錄 2)。分析方式將視指標性質分成「整體」以及「試驗樣區間指標」，比較年間的差異以得知復育成效，及分析各處理樣區之間的差異，以得知不同處理所造成的效果。另除非特別標示，結果中的數值均以 Mean±SD 呈現。

四、結果與討論

(一) 演替推估與竹林自然演替

依據近年於斗六丘陵及鄰近的八卦山區進行的植群研究所得之演替趨勢圖為背景 (陳 2007; 楊 2008)，斗六丘陵之植群演替後期型態應為香楠型或大有樹型，演替最終期應為榕楠林帶。2009 年利用演替級分之計算斗六丘陵 19 個樣區及復育區中 24 個樣區的演替分數，顯示該區域喬木層多落在演替初期至中期，麻竹佔有較大之比例，顯示湖山水庫及鄰近地區多處在早期植物社會之競爭階段。2010 年增加斗六丘陵廢棄麻竹林樣區數目，演替分數多落於 1-10 分之間

（演替最終期為 15 分）。於樣區調查時常發現許多砍痕明顯的殘存樹墩，林地裡甚少留存中大徑級林木，而調查結果亦顯示，樣區中許多優勢樹種徑級分布，常呈小苗多但大樹少的反 J 型曲線或不連續狀況（圖 5），推測當地植物處於干擾過後的恢復時期。

（二）比較不同廢棄年份麻竹林的自然更新狀況

2010 年底於雲林縣古坑鄉、林內鄉選擇竹闊混合林設置 34 個樣區，區分出當地兩林型分別為無患子-白匏子型與咬人狗-菲律賓榕型。前者主要為稜線至中坡地形，當地竹林鮮少人為活動已近荒廢狀態。後者為中坡至下坡近溪谷的地形，竹林仍有清除地被、砍竹或挖筍等人為活動痕跡。兩種林型皆有優勢及次優勢冠層樹種徑級分布呈反 J 型曲線，且林下稚樹量普遍偏低之現象。

本年度（100 年）將延續去年多樣區法（multiple plot method）調查方式，預計於雲林縣古坑、林內地區，尋找四周較無竹林包圍的殘存次生林，設立 15 個 $10 \times 25 \text{ m}^2$ 大樣區，所收集之資料將與 34 個竹闊混合林樣區共同分析、比較。期能更完整呈現雲林斗六丘陵完整植群樣貌，了解演替現況及未來趨勢，並能從中找出曾經適生本地的植物，作為復育種植樹種參考。

（三）主動更新試驗

伐竹

本計畫已於 2008-2009 年間完成降低麻竹覆蓋作業，作業範圍為第 1 號、6 號及 7 號植物永久樣區，樣區週圍並有種植或標定人工栽種之試驗苗木。連續兩年進行麻竹伐除作業，由目前現場觀察看來，已使試驗區內麻竹覆蓋面積顯著減少，但亦有少數竹叢仍持續萌芽生長。

麻竹伐去後林冠孔隙增大，林下光照量增加。許多陽性植物得以進入生長，其中小花蔓澤蘭與大花咸豐草為目前樣區中伐竹處理後空曠地之優勢草本，這類陽性草本及藤蔓在雨季時生長快速，與樣區中自然更新及栽植的木本小苗競爭，常纏繞或遮蔽苗木使其生長不良或死亡；乾季來臨時，由於水份短少及氣溫降低，草本生長較差或凋萎，苗木此時雖然生長也較為緩慢，但藤蔓及草本對苗木的影響此時也減小。於伐竹結束後便開始施予每月 1 次之除草除蔓撫育工作，因以上草藤有季節上的消長狀況，將今年撫育頻率調整為 1-6 月每月 1 次，下半年度 7 月開始則為每季一次，藉由除草頻率之調整，減少撫育成本。

地被層調查結果

維管束植物組成方面，本季（2011 年 3 月）植物永久樣區喬木調查共記錄有維管束植物 25 科 60 種，其中物種數最多的科為大戟科 14 種，其次依序為桑科 6 種、樟科 4 種、紫金牛科 4 種、馬鞭草科 3 種等。

伐竹開闊環境為 1、6 及 7 號樣區，樣區為陽光充足的坡地，其中 1 及 7 號樣區位置為陽光充足的中上坡，樹冠層多為血桐及構樹（*Broussonetia papyrifera*），樹冠層喬木數量不多、高度不高。次級冠層則由蓮草（*Tetrapanax papyriferus*）或血桐混合少量其他樹種構成，惟一號樣區內，次級層及灌木層皆為大量的蓮草成為調查樣區內的優勢植被。6 號樣區位於溪谷的中坡，冠層樹種以菲律賓榕為優勢樹種，次級層及灌木層種類多樣：水同木、咬人狗、大葉楠及稜果榕等。地被生長旺盛且快速，如大花咸豐草（*Bidens pilosa* var. *radiata*）、觀音座蓮（*Angiopteris lygodiiigolia*）、密毛毛蕨（*Cyclosorus parasiticus*）、大葉鴨跖草（*Commelina paludosa*）、龍船花及小花蔓澤蘭等覆蓋度較為優勢的種類。其中，小花蔓澤蘭在這三樣區大量生長攀爬於苗木之上，常完全遮蔽苗木樹冠，影響苗木生長。

麻竹與闊葉林混生的環境為 3、4、9 及 10 號，地形位置涵蓋乾燥的稜線、上坡、中坡，及近溪谷的潮濕環境。此四區之樹冠層多為血桐、菲律賓榕及當初種植竹林時未伐去的香楠，樣區下樹種因所處的地形而略有改變，但大多數為耐陰樹種及龍眼；樣區常有大量小花蔓澤蘭覆蓋於林木上，中國穿鞘花、觀音座蓮、廣葉鋸齒雙蓋蕨、密毛毛蕨、熱帶鱗蓋蕨（*Diplazium dilatatum*）及三葉五加（*Eleutherococcus trifolius*）為主要優勢地被。

闊葉林環境為 5 及 8 號樣區，大多為闊葉林環境，森林組成較為多樣。地形位置屬潮濕的中下坡位置，樹冠組成種類多：血桐、稜果榕、水同木、大葉楠、菲律賓榕及香楠；次級冠層組成也較其他樣區複雜，如：大葉楠、水冬瓜（*Saurauia oldhamii*）、菲律賓饅頭果、咬人狗、鵝掌柴、朴樹（*Celtis sinensis*）等；另外灌木層也出現較多其他樣區較少或沒有出現之物種，如：燈稱花（*Ilex asprella*）、樹杞（*Ardisia sieboldii*）及米碎柃木（*Eurya chinensis*）。地被以觀音座蓮最為常見，其他覆蓋度較為優勢之種類為中國穿鞘花、密毛毛蕨、大線蕨及姑婆芋等植物。

麻竹對苗木影響

試驗苗木於 2009 年 4 月栽植 450 株於湖山水庫培厚區試驗地，於當年 11 月

完成第一次苗木調查，2010 年 4 月完成第二次試驗苗木調查，7 月再次栽植 450 株苗木，共計栽植 8 種 900 株（表 1），並於 11 月進行第三次苗木調查。而本年度 3 月則進行第四次栽植苗木調查。

2009 年 4 月及 2010 年 7 月所栽植之 900 株樹苗，截至本年度 3 月為止，共計 674 棵試驗苗木存活，存活率 75%，各樹種存活率以高達 95% 的軟毛柿居首，其次則為 93% 的刺杜密及無患子。各樣區苗木存活率，以麻竹樣區 83% 最高，伐竹樣區 73% 次之，闊葉林樣區 69% 最低。麻竹林中存活率最高為軟毛柿（100%），最低者為水同木（67%）；伐竹樣區存活率最高為無患子（95%），最低者為菲律賓饅頭果（50%）；闊葉林樣區則以刺杜密與軟毛柿最高（100%），水同木（43%）最低（表 3）。

自 2010 年 4 月至 2011 年 3 月半年間，各樹種平均地徑增加量、平均胸徑及平均高度增加量，各不相同（表 4）。試驗苗木樹種間比較，平均地徑增加量最大為菲律賓饅頭果，最小為刺杜密、軟毛柿及無患子；平均高度增加量最高為菲律賓饅頭果，最低為刺杜密。各樹種在不同樣區間之平均地徑（Two-way ANOVA $F=12.8$; $p<0.005$ ）與樹高（Two-way ANOVA $F=8.5$; $p<0.005$ ），在不同栽植區域中，生長量有明顯的差異。樣區間總平均地徑增加量最高為伐竹樣區（0.39cm），依次為麻竹林樣區（0.16cm）與闊葉林樣區（0.01cm）（表 4），而平均高度增加量，趨勢亦與平均地徑相同（表 5）。

選植的 8 種樹種中，存活率維持在 77% 左右的水同木雖地徑增加量少，但在無遮蔭且有雜草競爭與藤蔓纏勒的開闢砍竹環境下，高生長表現較其他種類佳。麻竹闊葉混合林環境中，則以菲律賓饅頭果存活率較佳（維持在 90% 以上），且能耐受林下煤煙病的危害，增加較多地徑及高生長。稜果榕則屬能在伐竹後開闢環境，及天然林遮蔭環境下（存活率 70% 以上）生長較快的物種，惟在麻竹闊葉混合林下易受煤煙病影響且枝條脆弱易斷，植株常呈矮小狀。軟毛柿、刺杜密及無患子三種，則能在遮蔽度低卻有雜草競爭，或麻竹及冠層喬木遮蔽的環境中有較佳表現存活率（皆 85% 以上），其中刺杜密及無患子呈現高生長偏低，且地徑增加最少的生長緩慢狀況，耐遮蔭的軟毛柿則能在鬱蔽環境中增加較多地徑及高生長。

(四) 復育指標

次生林演替分數及歧異度指標些微上升

由演替分數得知伐竹樣區仍處在演替之前期，因伐去麻竹後，光照驟變使得陽性先驅樹種增加，竹闊葉混合林，目前處在干擾回復後的前中期植被，殘存的闊葉林則接近演替中後期。在三種處理的樣區內，喬木層種數雖然增加不多，但整體單位數量皆有逐年提高。在三種不同試驗處理的多樣性指數雖然相近，但其組成樹種仍有一定的差異存在，使其演替分數上有所不同。

五、結論與建議

1. 8種試驗苗木在不同試驗區的存活率、生長量結果顯示，能快速增加地徑或高生長的樹種，較能與開闢地的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。開闢或遮蔽環境中，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。目前已在永久樣區中增加監測苗木樹種種類，期能提供更多適合棲地復育使用的樹種名單。
2. 次生林演替監測顯示，伐竹樣區之種數、單位面積株數及演替分數等，都有增加的狀態，而未處理之麻竹樣區及闊葉林樣區在減少人為活動的狀態下也有相同的狀況，此3者的更新狀況上是否有所差異，本研究期間會持續追蹤監測，了解人為介入之更新與自然更新的差異性，並為棲地復育建議之參考。

本年度上半年完成永久樣區之例行監測工作，並在樣區內及四週標定實生苗木以供後續監測，主要為陽性先驅樹種及先前未監測之原生樹種。獲得的資訊可為復育樹種及時程規劃之參考。下半年度將進行例行性苗木調查及試驗區外次生闊葉林之樣區調查，可與廢棄麻竹林調查之資料比對分析，除了解次生林的演替現況及物種組成結構，可做為進行復育時，植樹及後續森林監測的參考資料。

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。
- 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。
- 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。
- 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 of 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-firma forests of southwestern Amazonia. *Journal of the Torrey Botanical Society* 134: 108-125.
- Henry, C. P., and C. Amoros. 1995. Restoration ecology of riverine wetlands: I. A scientific base. *Environmental Management* 19: 891-902.
- 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.

- Janzen, D. H. 1988. Tropical ecological and biocultural restoration. *Science* 239: 243-244.
- 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.
- 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.
- 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.

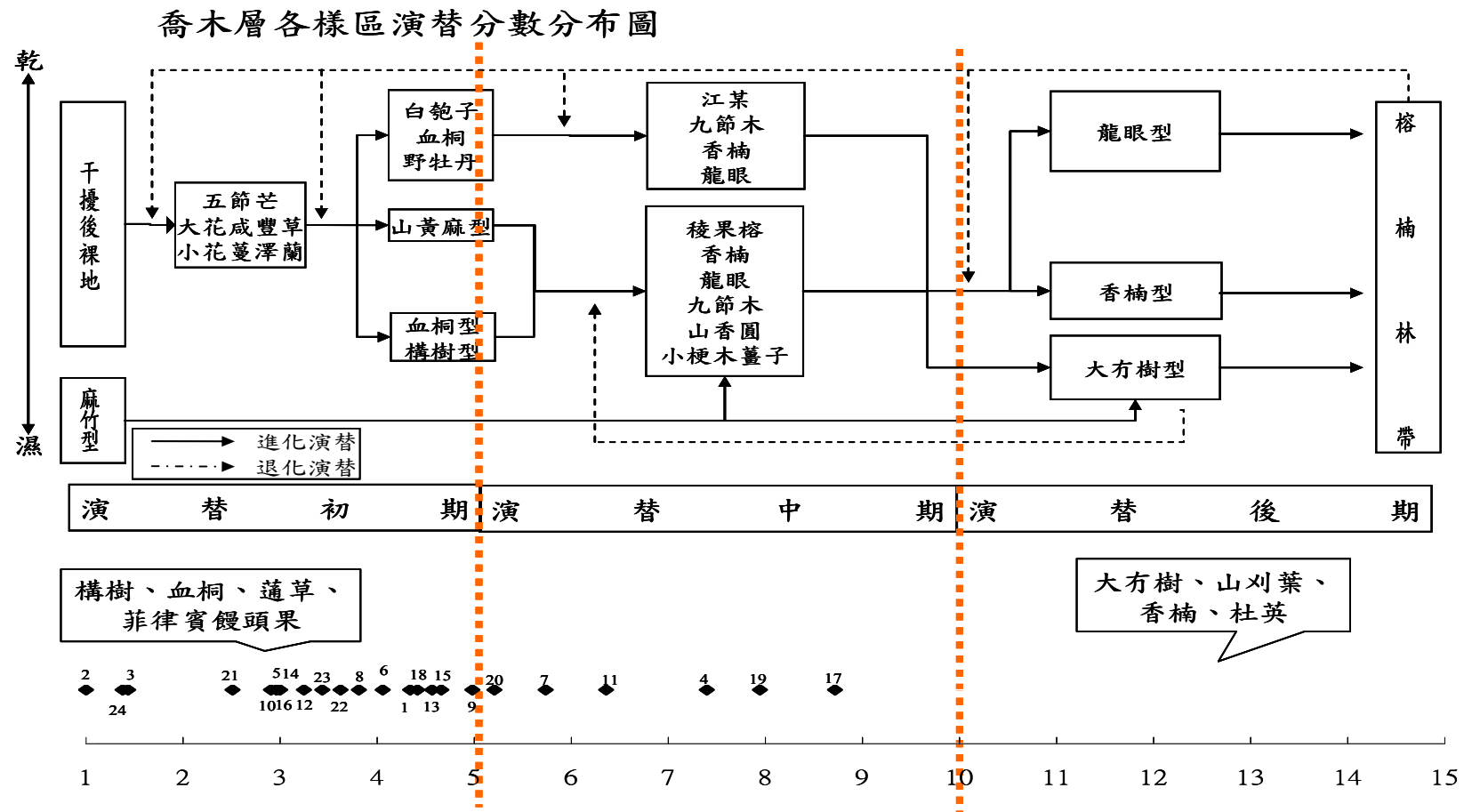


圖 1. 斗六丘陵喬木層演替推估圖及演替現況。下方橫軸為演替分數(1-15 分)，分數越高表示演替越接近後期，上方的黑點為 2009 年復育區中植物永久樣區所在之演替階段。

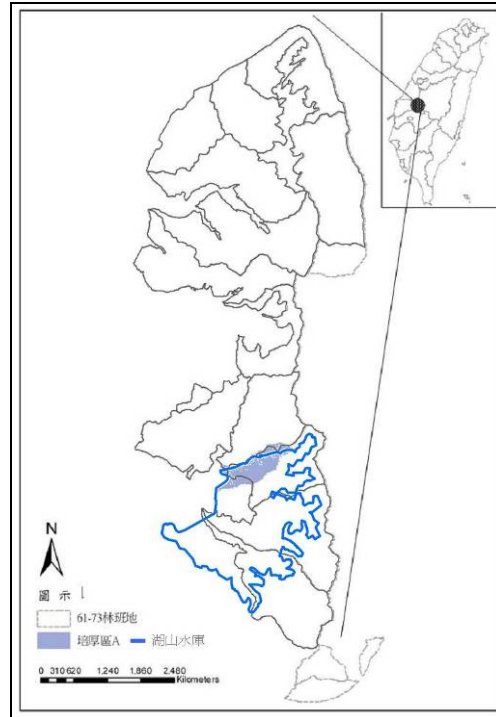


圖 2. 湖山水庫及鄰近地區棲地復育及改善方法試驗研之研究範圍，「培厚區 A」為「自然生態保留與復育區」之舊稱。



圖 3. 廢耕麻竹林樣區分布圖。選取竹林與闊葉林混合且有不同人為干擾程度之森林進行取樣 (n=34)，各樣區距離約 100-500m (有些樣點距離過近，在圖中不易呈現)。

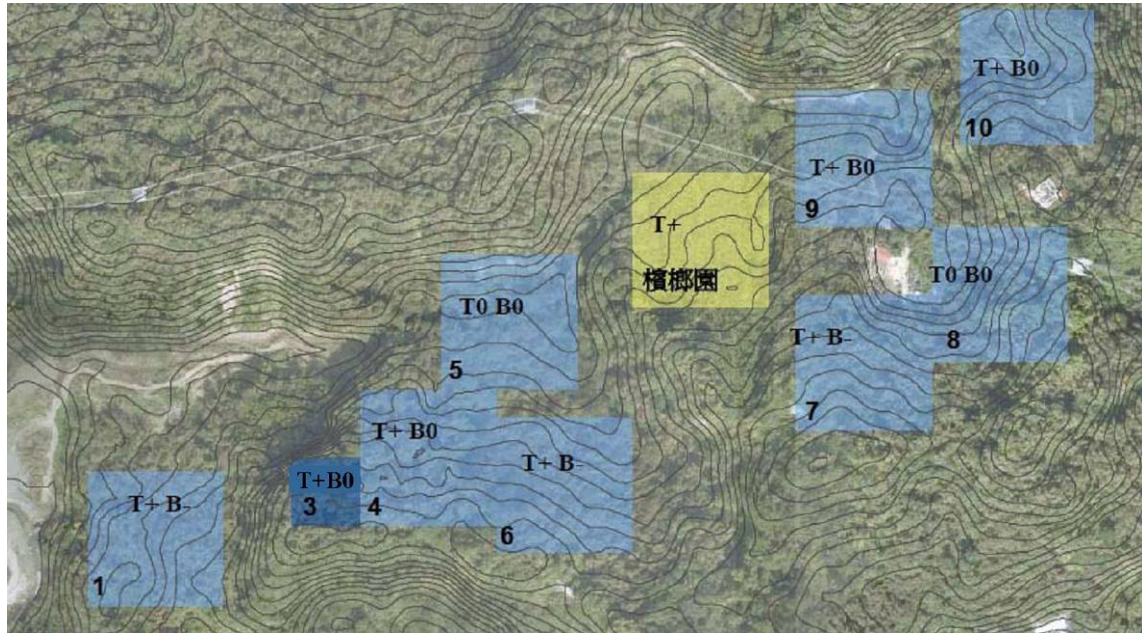


圖4. 雲林縣湖山水庫自然生態保留與復育區中試驗樣區之分布。阿拉伯數字表示該試驗樣區命名編號；各種操作處理代號的意義為T+種樹、T0不種樹；B-降低麻竹密度，及B0不處理麻竹。

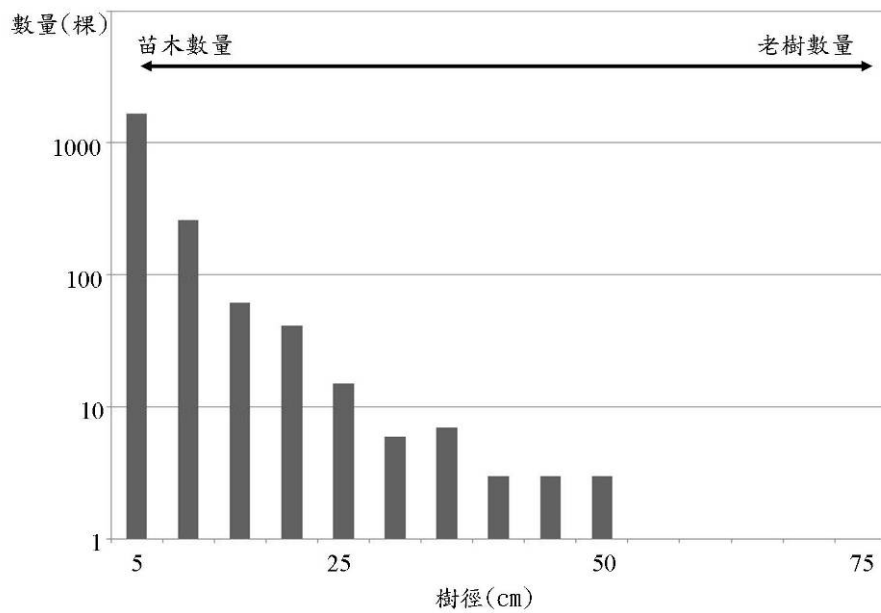


圖5. 斗六丘陵次生林中的喬木樹徑粗細的數量分布圖，苗木多而大樹少。

表 1. 2009 年及 2010 年栽植試驗用苗木共 8 種 900 棵，本計畫將試驗中對這些苗木進行存活率與生長量之調查與分析

		環境型態與年份						
		伐竹環境		麻竹林環境		闊葉林環境		
樹種	學 名	2009	2010	2009	2010	2009	2010	總計
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>Ficus septica</i>	30	30	30	30	30	30	180
水同木	<i>Ficus fistulosa</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. 棲地復育試驗研究之 13 項監測指標列表，及各監測指標在生態系中的意義
內涵和監測的層次

編號	指標名稱	包含的變量	監測層次		
			棲地 結構	物種多 樣性	生態系 功能
1	麻竹覆蓋度	竹林覆蓋度、成本	V		
2	闊葉林覆蓋度	闊葉林覆蓋度、種植苗木數量、 成本、苗木存活率	V		
3	次生林演替分數	喬木層演替分數	V		
4	次生林歧異度	喬木層種類、數量、地被層種數	V	V	
5	蛾類成蟲歧異度	種數、數量		V	
6	昆蟲生物量	昆蟲生物量、蛾類成蟲生物量。			V
7	鳥類族群密度	鳥類密度/ha			V
8	保育類雉科相對密度	臺灣山鷓鴣和藍腹鷓鴣的出現機 率、臺灣山鷓鴣密度		V	
9	森林性鳥種比例	鳥種總數、森林性鳥類種數與比 例		V	
10	鳥類族群健康度	幼鳥比例			V
11	水庫開發程度	水庫區裸露地百分比	V		
12	狩獵壓力	狩獵跡象		V	
13	劇烈天候次數	颱風次數	V		

表 3. 麻竹對苗木影響試驗，栽植於不同環境苗木存活率 (n=900，單位:%)

	香楠	杜英	菲律賓 饅頭果	稜果榕	水同木	刺杜密	軟毛柿	無患子	平均存活率
伐竹樣區	72	63	50	77	77	90	85	95	76
麻竹樣區	82	77	97	80	67	90	100	90	85
闊葉林區	62	68	47	72	43	100	100	95	73
平均存活率	72	69	64	76	62	93	95	93	

表 4. 麻竹對苗木影響試驗，試驗苗木於不同環境間地徑生長量(n=674,單位: cm)

	香楠	杜英	菲律賓 饅頭果	稜果榕	水同木	刺杜密	軟毛柿	無患子	平均增加地 徑
伐竹樣區	0.356	0.380	0.900	0.350	0.300	0.259	0.141	0.411	0.387
麻竹樣區	0.230	0.375	0.143	0.144	0.194	0.033	0.155	0.033	0.163
闊葉林區	-0.084	-0.002	0.064	-0.033	0.031	0.026	0.055	-0.016	0.005
平均增加地徑	0.167	0.251	0.369	0.154	0.175	0.106	0.117	0.143	Two way ANOVA F=12.8; p<0.005

表 5. 麻竹對苗木影響試驗，試驗苗木於不同環境間樹高增加量(n=674,單位: cm)

	香楠	杜英	菲律賓 饅頭果	稜果榕	水同木	刺杜密	軟毛柿	無患子	平均增加高 度
伐竹樣區	34.5	25.9	35.0	3.0	44.6	-12.6	15.7	25.1	21.4
麻竹樣區	15.6	16.8	31.9	15.7	21.9	-34.7	17.0	-5.6	9.8
闊葉林區	-6.4	-1.8	2.4	3.0	0.2	-27.9	7.6	-13.3	-4.5
平均增加高度	14.6	13.6	23.1	7.2	22.2	-25.0	13.4	2.0	Two way ANOVA F=8.5; p<0.005

表 6. 棲地復育試驗研究之 13 項監測指標，成果總表

植物指標				試驗處理		
指標名稱	變量	年份	整體 (No.1-No.10)	B-T+ (No.1.6.7)	B0T+(No.3 ^a .4.9.10)	B0T0(No.5.8)
1 麻竹覆蓋度	竹林覆蓋度	08		降低 0.07-0.09ha		
		09		預計降低 0.1ha		
	成本	人事	637,500 元/ha			
		器材	138,100 元/ha			
2 闊葉林覆蓋度	闊葉林覆蓋度	08	蒐集 28 種 7419 棵苗木			
		09	栽植 18 種 775 棵苗木	475 棵	300 棵	
		10	累計 18 種 1225 棵苗木	240 棵	135 棵	75 棵
	成本	人事	413,000 元/ha			
		維持	48,000 元/ha/年			
		器材	96,000 元/ha			
	栽植苗木存活率	09	84%(n=450)			
		10	66%(n=450)			
3 次生林演替分數	喬木層演替分數	08	6.9	5.5	7.2	8.6
		09	7.7	5.8	8.8	8.4
		11	7.3	5.9	7.6	8.6
4 次生林歧異度	樣區平均喬木種數	08	8.3	6.3	8.4	10.2
		09	7.4	6.8	7.4	7.8
		11	14.4	15.1	13.0	15.2
	樣區單位面積 喬木數量	08	624.2 株/ha	444.4 株/ha	575 株/ha	853.3 株/ha
		09	890 株/ha	720 株/ha	970 株/ha	980 株/ha
		11	1888.5 株/ha	2137.7 株/ha	1788 株/ha	1740 株/ha

無脊椎動物指標				試驗處理		
指標名稱	變量	年份	整體 (No.1-No.10)	B-T+ (No.1.6.7)	B0T+(No.4.9.10)	B0T0(No.5.8)
5 蛾類成蟲歧異度	種數	09	(待補)			
		10	(待補)			
	數量	09	839/8ha	110±59	99±11	106±8
		10	997/8ha	139±20	94±15	149±52
6 昆蟲生物量	昆蟲生物量(g)	09	65.29/8ha	8.5±4.7	3.7±1.9	14.4±7.4
		10	66.75/8ha	12.6±3.0	4.7±2.3	7.4±5.5
	蛾類成蟲生物量(g)	09	10.45/8ha	1.6±0.7	1.1±0.4	1.2±0.7
		10	17.18/8ha	3.4±2.7	0.9±0.4	2.4±0.7

鳥類指標			試驗區					
指標名稱	變量	年份	麻竹耕作區	檳榔園	B-T+(No.1.6.7)	B0T+(No.4.9.10)	B0T0(No.5.8.)	總計
7 鳥類族群密度*	鳥類密度/ha	08	14.5±5.2	35.1	39.7±1.4	41.0±3.0	34.1±0.8	38.8±3.4
		09	7.6±2.1	9.3	15.2±4.1	14.1±0.9	16.4±2.8	15.1±3.1
		10	24.3±8.2	19.3	19.7±3.4	33.4±9.3	28.1±2.3	26.1±8.2
8 保育類雉科 相對密度	臺灣山鷓鴣出現 機率(OI 值)	08	-	-	-	-	-	0.09
		09	-	-	-	-	-	0.04
		10	-	-	-	-	-	0.03
		11(上)	-	-	-	-	-	0.04
	臺灣山鷓鴣族 群密度/ha	08	-	-	-	-	-	0.005
		09	-	-	-	-	-	0.005
		10	-	-	-	-	-	0.001
	藍腹鷓鴣出現機 率(OI 值)	08	-	-	-	-	-	0.60
		09	-	-	-	-	-	0.59

		10	-	-	-	-	-	0.18
		11	-	-	-	-	-	0.63
9 森林性鳥種 比例	總鳥類種數	08	-	-	29	29	29	35
		09	-	-	29	31	28	39
		10	-	-	25	34	27	39
		11	-	-	27	25	26	34
	森林性鳥種數	08	-	-	21	20	21	25
		09	-	-	20	23	20	28
		10	-	-	19	27	21	30
		11	-	-	18	19	20	25
	森林性鳥種比 例	08	-	-	0.72	0.69	0.72	0.71
		09	-	-	0.69	0.74	0.71	0.72
		10	-	-	0.76	0.79	0.78	0.77
		11	-	-	0.67	0.76	0.77	0.74
	10 鳥類健康度指標 成鳥捕獲率	09						136.2
		10						77.5
	成幼鳥比例	09						0.27
		10						0.41

*: 2008 和 2010 調查 6min; 2009 調查 3min。

外部指標			
指標名稱	變量	年份	
11 水庫開發程度	裸露地百分比	04	3.4%
		08	8.1%
		09	31.0%
		10	無圖資

12	狩獵壓力	狩獵跡象	09	6 次，2 次槍聲、2 次遭遇獵人還有 2 次獸夾記錄
			10	春節時有聽見槍響 1 次。其餘時間只在水庫管理範圍外有回報狩獵狀況。
			11	發現有外勞設置吊鎖陷阱數次。
13	劇烈天候次數	颱風次數	08	6 個颱風，警報發佈報數 124
			09	4 個颱風，警報發佈報數 99
			10	5 個颱風，警報發佈報數 80

表 7. 2010 年復育區紅外線照相紀錄物種隻次統計

樣區相機編號	No.1	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.9-2	No.9-3	No.10	No.10-2	總計	OI
工作時數(hr)	7462	7662.4	4172.9	7683	8160	8425	2567	6819.7	1798	6911	5277.08	66937.8	
有效動物隻數	66	80	23	70	49	16	2	41	1	68	36	452	
臺灣獼猴 (<i>Macaca cyclopis</i>)	21	17	3	11	10	2		2	1	16	14	97	1.45
臺灣野兔 (<i>Lepus sinensis</i>)	1	9		8	19					1		38	0.57
臺灣彩蝠(<i>Kerivoula sp.</i>)		2						2				4	0.06
白鼻心 (<i>Paguma larvata</i>)	7	2	1	2		2		1		9		24	0.36
食蟹獾 (<i>Herpestes urva</i>)	1	2									3	6	0.09
鼬獾 (<i>Melogale moschata</i>)	15	15	12	30	7	3	1	12		1		96	1.43
臺灣野豬 (<i>Sus scrofa</i>)										1	2	3	0.04
赤腹松鼠 (<i>Callosciurus erythraeus</i>)	1	11			3			11		26		52	0.78
臺灣刺鼠 (<i>Niviventer coxingi</i>)	4	2		8	4			4		10		32	0.48
臺灣山鷓鴣 (<i>Arborophila crudigularis</i>)		2										2	0.03
竹雞 (<i>Bambusicola thoracicus</i>)	2				3			3				8	0.12
藍腹鵲 (<i>Lophura swinhoii</i>)				2	2	1	1	3		2	1	12	0.18
小白鷺(<i>Egretta garzetta</i>)											6	6	0.09
黑冠麻鷺 (<i>Gorsachius melanolophus</i>)	12	14	4	6	1	8		3		1	3	52	0.78
大冠鷺(<i>Spilornis cheela</i>)											1	1	0.01
鳳頭蒼鷹 (<i>Accipiter trivirgatus</i>)											5	5	0.07
珠頸斑鳩(<i>Streptopelia chinensis</i>)	2			1								3	0.04
翠翼鳩 (<i>Chalcophaps indica</i>)			2	1						1	1	5	0.07
臺灣紫嘯鶇(<i>Myiophoneus insularis</i>)			1									1	0.01
虎鶇(<i>Zoothera dauma</i>)		1										1	0.01
白腹鶇(<i>Turdus pallidus</i>)		2										2	0.03
小彎嘴 (<i>Pomatorhinus ruficollis</i>)		1		1								2	0.03

附錄 1. 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殆盡為止。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。若於開闊之苗圃地，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，第一星期為每兩天澆水一次，第二星期則為每三天澆水一次，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，而原地樹種旁具遮陰處可栽種陰性樹種。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。

附錄 2. 各種生態指標作業流程

1. 植物指標 - 麻竹覆蓋度

依照每年 10 月攝得之正射化影像圖進行分析。計算時係將 1 ha 樣區劃分為 100 個 10 x 10 m 小方格，若小方格內麻竹覆蓋超過 80% 則將之歸類為麻竹林，並給予權重值為 1，而若為麻竹覆蓋度介於 20% 至 80% 之間，則將之歸類為混合林，給予麻竹覆蓋權重值為 0.5，其餘類型給予權重值 0。各樣區麻竹覆蓋度為前述權重值的總和。

2. 植物指標 - 闊葉林覆蓋度

依照每年 10 月攝得之正射化影像圖進行分析。計算時係將 1 ha 樣區劃分為 100 個 10 x 10 m 小方格，若小方格內闊葉林覆蓋超過 80% 則將之歸類為闊葉林，並給予權重值為 1，而若為闊葉林覆蓋度介於 20% 至 80% 之間，則將之歸類為混合林，給予闊葉林覆蓋權重值為 0.5，其餘類型給予權重值 0。各樣區麻竹覆蓋度為前述權重值的總和。並記錄每年種植的苗木數量，與存活率。

3. 植物指標 - 次生林演替分數

請參照「演替推估」之演替級分計算。

4. 植物指標 - 次生林歧異度

瞭解復育處理之後，地被層及喬木層歧異度逐年變化的趨勢。預期透過砍竹及栽植處理，逐步提高次生林歧異度，增加森林植物多樣性。方式為調查植物永久樣區內喬木層及地被層其種數及數量，進行 Shannon 多樣性指數分析。

5. 無脊椎動物 - 蛾類成蟲歧異度

曾經被用來做為指標生物的地表無脊椎動物主要有昆蟲和蜘蛛，昆蟲包括鞘翅目、鱗翅目和膜翅目。鱗翅目蛾類相變化對於森林影響極大，能量流動比所有其他動物總合為高 (Janzen 1988; Marquis and Whelan 1994)。此外，鱗翅目蛾類大部分能以定量方式來做燈光誘集而獲得資料，具便利及省時之優點。復育區之蛾類監測方式：於 4、6、8、10 月每月進行 1 次調查，於農曆月初 (1-7) 及月末 (24-30)，任選 2 天進行。將燈光誘集器放置在 8 個樣區的中心點，並於 19:30-20:00、20:30-21:00、21:30-22:00、22:30-23:00，4 個誘蟲效果最好時段進行誘集。燈光誘蟲器內放入乙酸乙酯。於隔天 7:30-9:00 蒐集將燈光誘集器中的昆蟲，統計蛾類成蟲數量與種類。

6. 無脊椎動物 - 昆蟲生物量

採集頻率與方式同蛾類成蟲歧異度。各樣區每次所誘得昆蟲，依秤量乾重 (精確至 0.1g)，每 1 樣區成蟲採合併測量，進行生物量 (biomass) 之分析。以定量採集方法所獲得的總數，秤其乾重量進行年間的 analysis。並挑出鱗翅目成蟲，各樣

區鱗翅目成蟲乾重採合併測量。

7. 鳥類 - 鳥類族群密度

以固定半徑定點計數法 (point count) 進行樣區內鳥類族群密度調查，於 8 個樣區的中心點進行地查，另選檳榔園樣區及 3 個耕作中的麻竹林樣區 (C1、C2、C3) 作為比較樣點。於繁殖季 3 至 5 月，每 2 週 1 次，由 2 名調查員分別由調查樣線的兩端對向而行。調查時間為日出前 15 min 至日出後 3 hr。每個樣點停留時間為 6 min，記錄停留時間內所看到或聽到的鳥種、數量、與調查者間的水平距離。距離分為 <30m, 30~50m, >50m 三個間距，飛行而過或空中盤旋者亦記為 >50m。各樣區之鳥類密度僅以 30m 內之紀錄進行估算。密度計算公式如下： $D = n \times 10^4 / (\pi r^2 C)$ ，單位為每公頃隻數。其中 n 為特定基礎半徑內記錄的總隻數； r 為特定基礎半徑 (m)，本計畫固定為 30m； C 則是調查次數。

7. 鳥類 - 保育類雉科相對密度

雉科鳥類是對森林依存性較高的類群，本計畫選用復育區內 2 種保育類雉科藍腹鵲 (*Lophura swinhoii*) 與臺灣山鷓鴣 (*Arborophila crudigularis*) 的相對密度做為監測指標。本研究採用紅外線自動照相機拍攝之張數，進行 OI 值 (Occurrence Index) 計算： $OI = \text{有效隻數} / \text{相機工作時數} \times 1,000$ 。每樣區樣區至少架設 1 臺，總共架設 10 臺紅外線自動相機進行全年監測。此外，臺灣山鷓鴣雖不易目擊，但於繁殖季時公鳥會在定點進行鳴叫，因此適合在繁殖季時使用定點計數法進行密度估算。調查方法與密度估算同上述之固定半徑定點計數法，唯因山鷓鴣密度太低，此處採用 50m 內記錄之隻數進行密度估算。

9. 鳥類 - 森林性鳥種比例

為瞭解復育森林生態系的成效，以森林性鳥種數的變化作為監測指標，預期隨著闊葉林的演替成長，因食物或棲地增加，森林性鳥種數與比例也將提高。分析由定點計數法 (此處採 50m 以內紀錄之鳥種) 及紅外線自動照相機所得之鳥種資料，參考翟 (1977) 對於森林性鳥種之界定以及本計畫歷年之調查經驗，計算該樣區森林性鳥種比例如下：森林性鳥種數/全部鳥種數。

10. 鳥類 - 鳥類族群健康度

如整體棲地品質提升，族群繁殖狀況應更好。2009 年繫放調查樣區主要在 No.4-No.10 等 7 個試驗樣區內進行，調查時間為繁殖季 (3-9 月)。繁殖季每月進行 2 次調查，每次調查共架設 18 張霧網 (12m×4 層)，作業時間由天亮至天亮後 6 個小時；每次平均覆蓋於 7 個試驗樣區。藉由繫放所得資料，計算復育區整體鳥類成幼鳥比例作為繁殖狀況之指標。

11. 外部 - 水庫開發程度

依照每年 10 月攝得之正射化影像圖，分析水庫開發區中裸露地及草生地的

12. 外部 - 狩獵壓力

在進行復育措施時，也應同時評估狩獵壓力的嚴重程度（Peres 2000; Peres 2001; Cullen *et al.* 2000）。本計畫以訪談調查人員及當地居民，詢問其發現狩獵跡象的次數與狀況。藉以瞭解復育區整體及鄰近區域遭受狩獵壓力的程度。以發現狩獵跡象的次數及陷阱樣式，評估其影響的物種及範圍，以及對當地野生動物多樣性造成的影響。

13. 外部 - 劇烈天候次數

至中央氣象局颱風資料庫搜尋當年颱風個數及警報發布報數。

附錄 5. 2008-2011 年復育區及鄰近地區鳥類種類出現狀況

中名	學名	特有種/亞種	保育等級	2008	2009	2010	2011
雉科	Phasianidae						
台灣山鵪鶉	<i>Arborophila crudigularis</i>	特有種	III	V	V	V	V
竹雞	<i>Bambusicola thoracicus</i>	特有亞種		V	V	V	V
藍腹鵲	<i>Lophura swinhoii</i>	特有種	II	V	V	V	V
鷺科	Ardeidae						
小白鷺	<i>Egretta garzetta</i>				V	V	V
黃頭鷺	<i>Bubulcus ibis</i>				V		V
夜鷺	<i>Nycticorax nycticorax</i>				V		
黑冠麻鷺	<i>Gorsachius melanolophus</i>			V	V	V	V
鷹科	Accipitridae						
東方蜂鷹	<i>Pernis ptilorhynchus</i>		II		V		V
大冠鷲	<i>Spilornis cheela</i>	特有亞種	II	V	V	V	V
鳳頭蒼鷹	<i>Accipiter trivirgatus</i>	特有亞種	II	V	V	V	V
松雀鷹	<i>Accipiter virgatus</i>	特有亞種	II		V		V
北雀鷹	<i>Accipiter nisus</i>		II				V
灰面鵟鷹	<i>Butastur indicus</i>		II		V		
鵟	<i>Buteo buteo</i>		II	V			
隼科	Falconidae						
紅隼	<i>Falco tinnunculus</i>		II	V	V		
遊隼	<i>Falco peregrinus</i>		I		V		V
秧雞科	Rallidae						
灰腳秧雞	<i>Rallina eurizonoides</i>	特有亞種		V	V	V	V
鵲科	Charadriidae						
小環頸鵲	<i>Charadrius dubius</i>				V		V
燕鵲科	Glareolidae						
燕鵲	<i>Glareola maldivarum</i>		III			V	
鳩鵲科	Columbidae						
野鳩	<i>Columba livia</i>				V		
紅鳩	<i>Streptopelia tranquebarica</i>				V		
珠頸斑鳩	<i>Streptopelia chinensis</i>			V	V	V	V
翠翼鳩	<i>Chalcophaps indica</i>			V	V	V	V
綠鳩	<i>Treron sieboldii</i>			V	V	V	V
杜鵑科	Cuculidae						
中杜鵑	<i>Cuculus saturatus</i>			V	V	V	V
小杜鵑	<i>Cuculus poliocephalus</i>			V			
鸛科	Strigidae						
黃嘴角鸛	<i>Otus spilocephalus</i>	特有亞種	II	V	V	V	V
領角鸛	<i>Otus lettia</i>	特有亞種	II	V	V		
雨燕科	Apodidae						

叉尾雨燕	<i>Apus pacificus</i>				V	
小雨燕	<i>Apus nipalensis</i>	特有亞種	V	V		V
翠鳥科	Alcedinidae					
翠鳥	<i>Alcedo atthis</i>			V		V
赤翡翠	<i>Halcyon coromanda</i>			V		
擬鴉科	Megalaimidae					
五色鳥	<i>Megalaima nuchalis</i>	特有種	V	V	V	V
啄木鳥科	Picidae					
小啄木	<i>Dendrocopos canicapillus</i>		V	V	V	V
八色鳥科	Pittidae					
八色鳥	<i>Pitta nympha</i>	II	V	V	V	V
山椒鳥科	Campephagidae					
灰喉山椒鳥	<i>Pericrocotus solaris</i>		V	V	V	V
伯勞科	Laniidae					
紅尾伯勞	<i>Lanius cristatus</i>	III	V	V	V	V
黃鸝科	Oriolidae					
朱鸝	<i>Oriolus traillii</i>	II	V	V	V	V
卷尾科	Dicruridae					
大卷尾	<i>Dicrurus macrocercus</i>	特有亞種	V	V		V
小卷尾	<i>Dicrurus aeneus</i>	特有亞種	V	V	V	V
王鵓科	Monarchidae					
黑枕藍鵲	<i>Hypothymis azurea</i>	特有亞種	V	V	V	V
紫綬帶	<i>Terpsiphone atrocaudata</i>	II	V			
鴉科	Corvidae					
樹鵲	<i>Dendrocitta formosae</i>	特有亞種	V	V	V	V
巨嘴鴉	<i>Corvus macrorhynchos</i>			V		
燕科	Hirundinidae					
家燕	<i>Hirundo rustica</i>		V	V	V	
洋燕	<i>Hirundo tahitica</i>		V	V	V	V
赤腰燕	<i>Cecropis striolata</i>		V	V		V
樹鶯科	Cettiidae					
遠東樹鶯	<i>Cettia canturians</i>				V	
棕面鶯	<i>Abroscopus albogularis</i>		V	V	V	V
鶇科	Pycnonotidae					
白環鸚嘴鶇	<i>Spizixos semitorques</i>	特有亞種	V	V	V	V
白頭翁	<i>Pycnonotus sinensis</i>	特有亞種	V	V	V	V
紅嘴黑鶇	<i>Hypsipetes leucocephalus</i>	特有亞種	V	V	V	V
柳鶯科	Phylloscopidae					
黃眉柳鶯	<i>Phylloscopus inornatus</i>				V	V
極北柳鶯	<i>Phylloscopus borealis</i>		V	V	V	V
大尾鶯科	Megaluridae					
台灣叢樹鶯	<i>Bradypterus alishanensis</i>	特有種		V		

扇尾鶯科	Cisticolidae						
斑紋鷓鴣	<i>Prinia crinigera</i>	特有亞種		V			
褐頭鷓鴣							V
林鶯科	Sylviidae						
粉紅鸚嘴	<i>Paradoxornis webbianus</i>	特有亞種			V		
鶇科	Muscicapidae						
寬嘴鶇	<i>Muscicapa dauurica</i>						V
藍尾鶇	<i>Tarsiger cyanurus</i>			V			
白腰鵲鶇	<i>Copsychus malabaricus</i>	外來種		V	V	V	V
鉛色水鶇	<i>Rhyacornis fuliginosa</i>	特有亞種	III	V			
白尾鶇	<i>Cinclidium leucurum</i>	特有亞種	III	V	V	V	V
鶇科	Turdidae						
藍磯鶇	<i>Monticola solitarius</i>						V
台灣紫嘯鶇	<i>Myophonus insularis</i>	特有種		V	V	V	
虎鶇	<i>Zoothera dauma</i>					V	
白眉鶇	<i>Turdus obscurus</i>				V		
白腹鶇	<i>Turdus pallidus</i>					V	V
赤腹鶇	<i>Turdus chrysolaus</i>			V			
畫眉科	Timaliidae						
大彎嘴	<i>Pomatorhinus erythrocnemis</i>	特有種		V	V	V	V
小彎嘴	<i>Pomatorhinus musicus</i>	特有種		V	V	V	V
山紅頭	<i>Stachyris ruficeps</i>	特有亞種		V	V	V	V
頭烏線	<i>Alcippe brunnea</i>	特有亞種		V	V	V	V
繡眼畫眉	<i>Alcippe morrisonia</i>	特有亞種		V	V	V	V
繡眼科	Zosteropidae						
綠畫眉	<i>Yuhina zantholeuca</i>			V	V	V	V
綠繡眼	<i>Zosterops japonicus</i>			V	V	V	V
鵲鶇科	Motacillidae						
灰鵲鶇	<i>Motacilla cinerea</i>			V	V	V	
白鵲鶇	<i>Motacilla alba</i>			V	V		V
樹鶇	<i>Anthus hodgsoni</i>				V		
梅花雀科	Estrildidae						
白腰文鳥	<i>Lonchura striata</i>			V	V	V	V
斑文鳥	<i>Lonchura punctulata</i>			V	V		V

*分類依據中華民國野鳥學會發布之 2010 年臺灣鳥類名錄

160 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：160

全程計畫期間：99 年 1 月 1 日至 103 年 12 月 31 日

本年計畫期間：100 年 1 月 1 日至 100 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 年開始整合「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」調查成果，以較大的空間尺度，提出整合性的生態復育建議，以期能提供給對森林復育有興趣之相關單位或團體參考。復育建議的範圍定位在湖山水庫、61-73 林班地及周邊私有地。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」，子目標包含三個主題：(1)棲地改良方案：依據當地植群特性，依照不同棲地環境提供適宜的復育方案及樹種建議；(2)目標物種需求：對關鍵或稀有物種，在森林復育的同時考量其特殊需求；(3)森林復育試辦區規劃指引：以規劃試辦區的方式，加強社區參與，並提供技術應用的平臺。建議書初稿已於 2010 年完成。本年度（2011）上半年，對棲地改良方案選擇及優先復育範圍有更多補充與說明。同時，積極與相關權益單位之意見徵詢與溝通協調，瞭解各方資源與限制，持續進行建議書之修正與調整，實踐適應性管理之精神。

二、計畫目的

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 400ha。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）。為降低水庫興建對森林生態系的負面效應，森林生態系的復育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

已於過去 4 年（2007-2010）間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以及棲地復育及改善方法試驗等不同類型的研究計畫，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（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，已有相當程度之成效（經濟部水利署中部水資源局 2010）。然而，目前各研究規劃之成果，仍侷限於各物種類群，仍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，僅能管轄計劃區域內範圍，相關措施目前限於水庫周邊。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，來研擬森林生態系復育計畫建議書。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。同時，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復育計畫建議書」。

2010 年已完成建議書初稿，本年度（2011）除了持續修訂森林生態系復育計畫建議書外，也持續進行跨領域、跨單位的討論，邀請各方的權益關係人（stakeholders），以不同的面向考量，進行意見交流意見與資訊。未來將依照復育行動實際執行情況，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，廣泛收集對復育建議書之建議與修正意見。

（二）持續修訂森林生態系復育計畫建議書。持續藉由文獻收集、報告整理、與

專家討論、與權益關係人討論交流等方式，對 2010 年森林生態系復育計畫建議書初版進行更新與修正。

四、結果與討論

建議書初稿已於 2010 年完成，本年度（2011）持續收集相關文獻及報告，進行修正補充，完成森林生態系復育建議書二版草稿（如附件）。2011 年上半年度所更新的部分整理如表 1，詳細說明如下：

(一)前言與基本資訊

增加「湖山水庫裸露地比例示意圖」及照片，加強說明水庫開發後所造成的森林面積損失。此外，統整歷年報告，繪製「主要生物類群之互動關係圖」，湖山地區總計調查到的物種共達累積達 1,500 種以上，建立森林生態系中生物多樣性之間的網絡關係圖，能使讀者瞭解森林開發後所造成的生態損失。另一部份，是對國內森林復育現況或造林資訊進行更新，近年全球環境變遷及節能減碳概念之推廣，許多政府、企業、地方團體與個人，紛紛投入森林復育或造林工作，持續蒐集相關資訊，可作為案例與資源參考。

基本資訊中的動植物資源介紹，預計下半年度將增加與臺灣其他地點生物多樣性之比較，以突顯湖山水庫地區生物多樣性之豐富度與其價值。

(二)經營管理

新增復育基地選擇的研究原理與初步成果。下半年度會以「復育基地選擇之空見模式研究」為基礎，考量地權所處單位及行政限制，進行具體建議。除此之外，我們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」，供有興趣進行森林生態系復育之單位或個人參考，方案選擇之條件，包含幾個關鍵因素：棲地劣化程度、復育面積大小、種植作物之需求、種子庫及種源距離、預算、土壤狀況等，使有興趣從事森林復育的單位或個人，能依照現場環境情況及本身之資源能力，提供不同程度的森林復育策略。

復育樹種選擇，增加了生態價值的說明，下半年度將參考棲地復育試驗計畫的調查成果，增加建議的樹種。目標物種需求，持續與專家研討，進行修正與補充。錫蘭七指蕨於上半年度由中水局會同特生進行探勘後，發現生育地位於淹沒區之外緣，建議進行現地保育並維持保護緩衝帶的棲地樣貌即可。

棲地改良-復育試辦區的部分，於 5 月與中水局進行過一次會談，瞭解執行單位之限制。預計於下半年度安排與社區代表，進行三方會談，討論社區之特色與資源，考量各權益關係人之需求，以試辦區為平台，促進執行單位與社區之間的合作機制。並在過程中進行記錄，瞭解各權益單位的考量，作為未來進行類似復育行動時的經驗參考。

(三)成效監測

尚未進行研擬。下半年度將統整「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」之指標物種研究方法，並與各類群物種專家進行討論，提供監測方法及復育目標之建議。以容易操作、可反應森林棲地品質的方向，進行研擬。

適應性管理機制方面，將初步建立湖山水庫及周邊地區的人力資料庫，瞭解各權益關係單位之資源、人力、專長與聯絡中心，增加未來資訊流通與跨單位支援與合作機會。

五、結論與建議

本年度（2011）上半年，對棲地改良方案選擇及優先復育範圍有更多補充與說明。同時，以復育試辦區為平台，積極與相關權益單位之意見徵詢與溝通協調，瞭解各方資源與限制，持續進行建議書之修正與調整，實踐適應性管理之精神。

森林生態系復育所涉及的領域廣泛，各單位資源有其侷限，無法單獨完成棲地補償之理想目標。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，而是希望有意進行森林復育行動的單位或個人，都能獲得相關資訊。希望未來能設置森林生態系復育專門資訊網頁及討論區，以推廣森林生態系復育概念為主要目標，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。

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。

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. 2011 年森林生態系復育計畫建議書二版草稿更新狀況及預期進度，如未說明，表示無更動或已完成。

章節名稱	2011 年上半年進度	2011 年下半年預期進度
(一) 前言		
a. 源起	新增湖山水庫裸露地比例示意圖。	下半年可獲得 2011 航照圖，分析最新地景變化。
b. 目標		
c. 願景	新增主要生物類群之互動關連網絡圖。	
d. 國內森林復育概況	新增地方政府與民間團體合作案例，以及企業參與森林復育案例。	持續進行資訊收集。
e. 建議書研擬流程	更新進度描述。	持續更新。
(二) 基本資料		
a. 地理資料		
b. 植群特性與類型		
c. 動植物資源		增加與臺灣其他地點之生物多樣性比較。
(三) 經營管理		
子目標(1)：棲地改良		
a. 建議優先復育區域	新增「復育基地選擇之空間模式研究」的原理與初步結果。	以「復育基地選擇之空間模式研究」為基礎，考量地權所屬單位，進行具體建議。
b. 棲地改良方案說明		
c. 棲地改良方案選擇	新增復育方案選擇流程。	持續進行修正。
d. 樹種選擇與種樹指引	新增樹種的生態價值說明。	於復育試驗計畫調查結束後，新增補植樹種建議
子目標(2)：目標物種需求		
植物、昆蟲、兩棲類、爬行類、鳥類、哺乳類	持續進行修正。更新錫蘭七指蕨分佈狀況。	持續進行修正。
子目標(3)：森林復育試辦區規劃指引		
a. 試辦區的特色與目的		
b. 權益單位之資源與限制		藉由與權益關係人討論之經驗，進行整理。
(四) 成效監測		
a. 森林生態系復育成效監測	未完成。	與各類群專家進行討論，列出各種面向的監測方法。
b. 適應性管理機制	未完成。	建立湖山地區人力資源資料庫。

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

森林生態系復育計畫建議書

(二版草稿)

2011 年 7 月

目錄

(一)前言

- a. 源起
- b. 目標
- c. 願景
- d. 國內森林復育概況
- e. 建議書研擬流程

(二)基本資料

- a. 地理資料
- b. 植群特性與類型
- c. 動植物資源

(三)經營管理

子目標(1)：棲地改良

- a. 建議優先復育區域
- b. 棲地改良方案說明
- c. 棲地改良方案選擇
- d. 樹種選擇與種樹指引

子目標(2)：目標物種需求

- a. 植物
- b. 昆蟲
- c. 兩棲類
- d. 爬行類(含湖山水庫食蛇龜移地保育持續照顧建議)
- e. 鳥類
- f. 哺乳類

子目標(3)：森林復育試辦區規劃指引

- a. 試辦區的特色與目的
- b. 權益單位之資源與限制

(四)成效監測

- a. 森林生態系復育成效監測
- b. 適應性管理機制

(一) 前言

a. 源起

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 400ha。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，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。森林生態系的復育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的實際可能作為²。

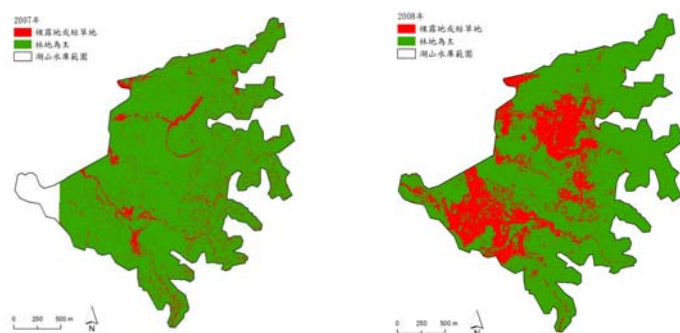


圖 1-1. 2007 年湖山水庫庫區內裸露地百分比 8.12%(左)，2009 年裸露地百分比 31.01%(中)⁴。2010 年缺乏航照資料，2011 年裸露地百分比將於年底進行分析。



(攝影/林亦甫)

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，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，水利署中部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，仍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復育計畫建議書」(圖 1-1)。尺度為整個斗六丘陵，含水庫及

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

周邊地區、林班地與部分私有地（圖 1-2）。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、跨單位的討論，邀請各方權益關係人，以不同的面向考量，進行意見交流意見與資訊。持續進行策略方案之修正與調整，實踐適應性管理之精神。

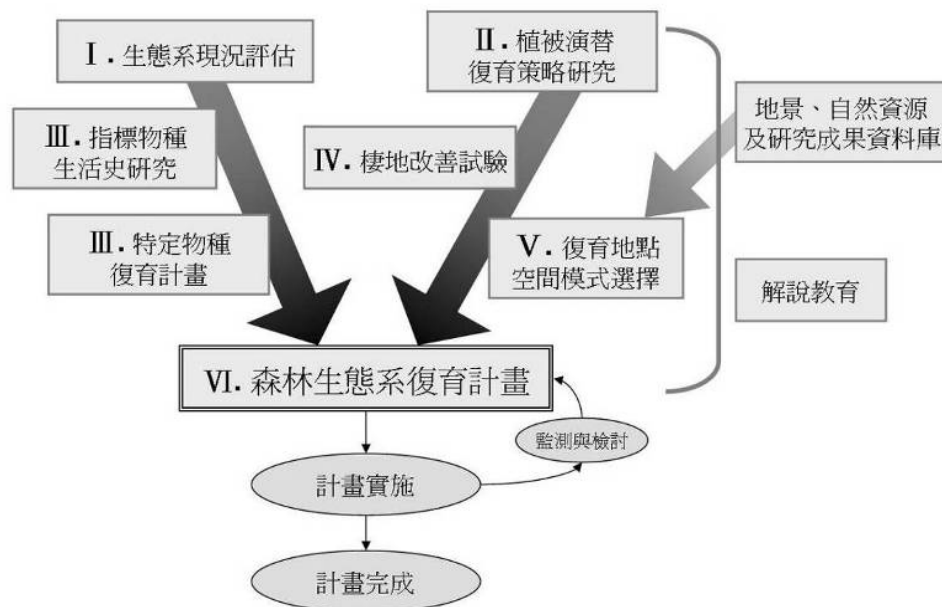


圖 1-1. 森林生態系復育建議書彙集歷年湖山水庫之研究調查成果，提出適合斗六丘陵自然環境之復育建議。

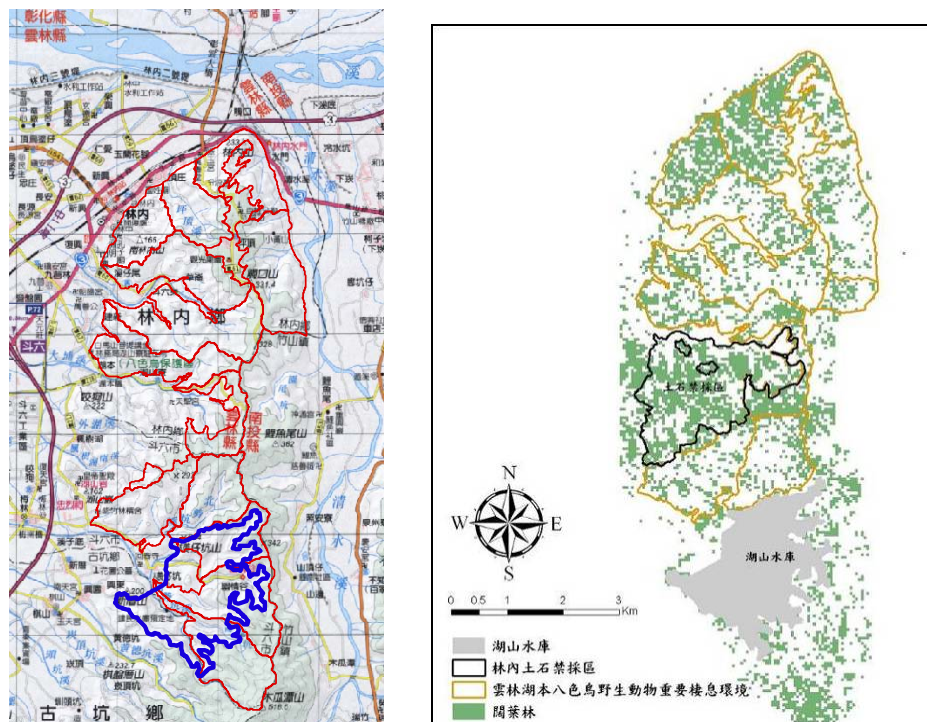


圖 1-2. 森林生態系復育建議書的研擬範圍。

b. 目標

復育總目標為：「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」，包含三個子目標：

- (1) 棲地改良：對不同環境與棲地類型提供適宜的復育方案；
- (2) 目標物種需求：期望在森林復育的同時，考量特殊物種需求；
- (3) 森林復育試辦區規劃指引：探討進行森林復育需涵蓋的社會經濟層面。

研擬子目標內容的同時，希望能持續進行跨領域、跨單位的討論，邀請各方的權益關係人（stakeholders），以不同的面向考量，進行意見交流。依照實際執行情況，進行策略修正與調整，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。

c. 願景

森林生態系能支持健全的動植群落，並與環境因子維持適應性互動關係。在自然環境中，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，卻常造成棲地很難回復，或造成不可逆的後果，森林永遠無法回復原本的樣貌。

歷年的調查結果累計，湖山水庫及鄰近地區的森林中，共有 1,500 種以上的動植物。各物種之間的互動關係，交織成綿密的網絡(圖 1-3)。這是經過千萬年的演化而形成的生態平衡。任一條連結的失衡，都有可能影響我們的生活。

長期的復育目標與願景，希望能漸漸復育部分受人為干擾棲地，回復成闊葉林，以改善棲地品質，降低水庫興建的負面影響。維護並增加森林性物種生物多樣性，提供指標物種充分的棲地，以繁衍其族群。健全的森林生態系結構、組成與功能，提供更多森林生態系服務，例如水源涵養、林地保安、淨化空氣、調節氣候、支持生物多樣性、肥沃土壤、寓教娛樂等價值，實際範例與行動，能作為教育工具及提供生態旅遊之運用。同時改善自然環境與居民生活品質，補償工程開發之生態環境影響。森林生態系復育的價值，除了維護生命本有之生存權，也是為了人類後代的永續福祉。



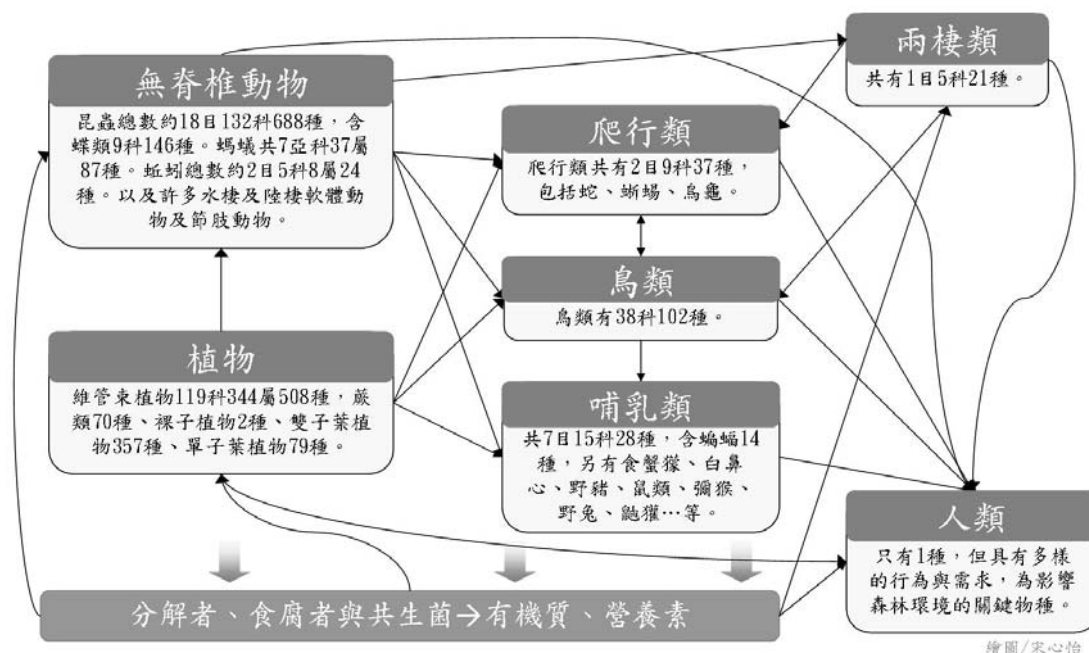


圖 1-3. 湖山水庫及鄰近地區的森林生態系中，主要生物類群之互動關連網絡。

d. 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，農業委員會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ha，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，在全台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

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

體，例如喜馬拉雅自然文明保護協會、綠色陣線協會及臺灣綠化植栽技術協會等，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。荒野保護學會則進行棲地圈護行動，監護與管理荒地，作為保育與教育之用。詩人吳晟則以自家 2 ha 廢耕土地種植 3,000 棵臺灣原生樹種。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 ha 果園變成森林，甚至影響更多企業家投入復育森林的行動。

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，種植 10 萬棵樹苗，創造友善的生態環境。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。

e. 建議書研擬流程

時間	內容	參與單位
自 2007 年至今	「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」研究調查計畫	中水局、特生中心
2010 年 1-3 月	文獻收集、大綱研擬、目標確立	特生中心
2010 年 4-12 月	復育建議書草稿研擬	特生中心、中水局
2011 年 1 月	完成第一版草稿	特生中心
2011 年 4 月	研擬復育試辦區之各種可能的復育行動	特生中心
2011 年 5-7 月	以復育試辦區為議題，廣邀各權益關係單位進行討論，以瞭解各方之資源與限制	特生中心、中水局、社區
2011 年 7 月	復育建議書之補充與修正	特生中心

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>。

(二) 基本資料

a. 地理資料

地權所屬

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 435ha。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 2,285ha 及非林班地約 500ha。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。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 519m，區內海拔高度多在 300m 以下（圖 1-2）。

氣溫與雨量

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 2,200mm（圖 2-1）。4 月至 11 月之月均溫皆在 20°C 以上，3-10 月每月累積降雨皆有可能達到 100mm 以上，8 月易有颱風帶來之豪大雨，11-2 月份天候乾燥¹。

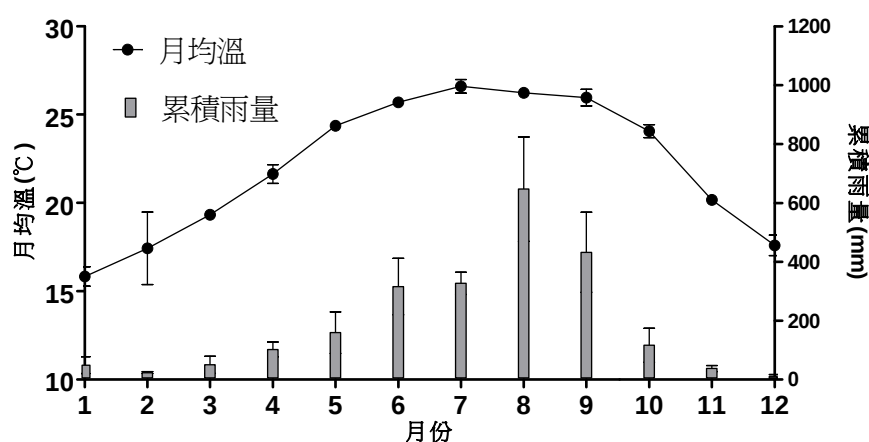


圖 2-1. 復育建議範圍月均溫與每月累積雨量的逐月變動趨勢

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（林與周 1974），因此在溪流上游近山稜處形成許多邊坡陡峭的侵蝕山溝。

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(ha)	林型	面積(ha)
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
崩壞地	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)，土地利用方式以竹林為主(右)。

b. 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。本類型位於海拔低且地勢平緩處，開發歷史較早，目前僅臺灣東部的少數地區保留原始狀態。其餘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（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。

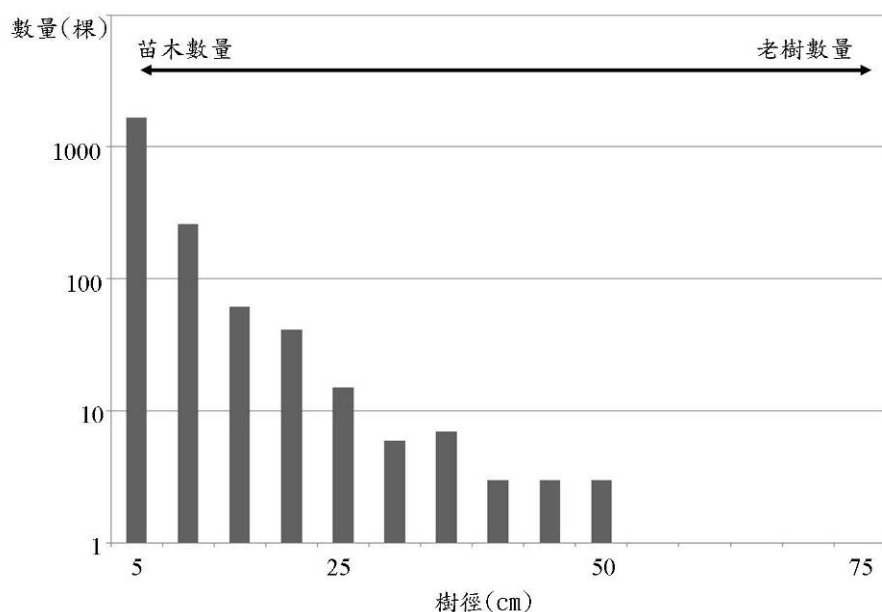


圖2-3. 斗六丘陵次生林中的喬木樹徑粗細的數量分布圖，苗木多而大樹少。

依照當地植群現況，可分為 11 種類型²（表 2-2）。其中香楠型與水同木型，可歸為為天然之演替後期類型，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、果園型可歸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²

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

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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

c. 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^{2,3,4}，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。蝶類記錄達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

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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28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，以及多種蝙蝠。哺乳類為生態系中的高階消費者，能反應生態系之功能是否健全，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. 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。
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。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。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。
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. 行政院農業委員會林務局。綠色造林計畫。<http://green.forest.gov.tw/green.aspx>。

(三) 經營管理 子目標(1)：棲地改良

a. 建議優先復育區域

如何決定優先復育的範圍？

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 ha，最少不應低於損失的闊葉林面積 105 ha。進行復育區域位址選擇時，首先依目前森林品質及指標生物的分布，將既有棲地品質較高者予以區別並保留，隨後再依復育後可增大闊葉林面積、降低破碎化程度、提高周遭山系連結及提供最大棲地與指標物種等目標建議復育位址（圖 3-1-1）。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，使復育區範圍成為有實質效益的完整生態廊道。



圖 3-1-1. 湖山水庫及鄰近地區棲地復育基地選址的步驟與考量。

建議保護留區範圍

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，劃設出森林生態系之保護留區，約 1,400 ha，而其中有 485 ha 在雲林湖本八色鳥野生動物重要棲息環境範圍之外，建議該區域應予以保留，以保護湖山水庫鄰近地區之森林生態系(圖 3-1-2)。

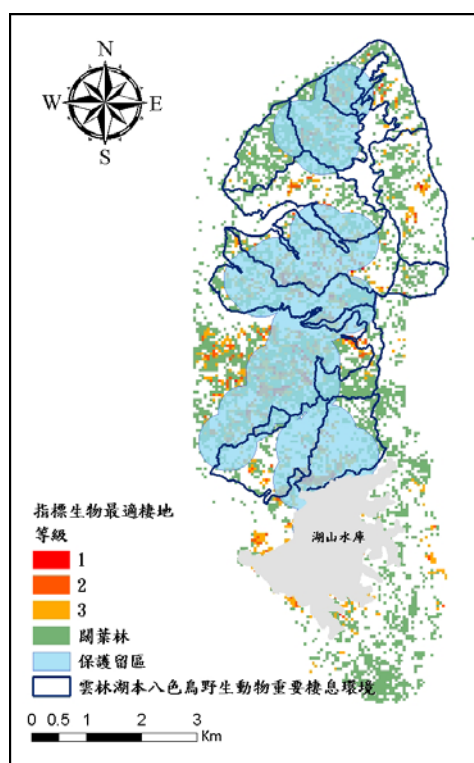


圖 3-1-2. 由闊葉林面積與指標生物分佈進行分析，找出最適合劃設保留區的範圍。

建議棲地復育位址

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復育區域範圍。將數值結果全距，依據自然分隔原則劃分成 1-5 個等級，等級越高表示該地建議棲地復育面積總和越高，具有復育潛力。其中，等級 1 範圍內建議操

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

作區域估計約為 110.25 ha，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 349.75 ha，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 576.75 ha，始足以彌補水庫全區面積（圖 3-1-3）。

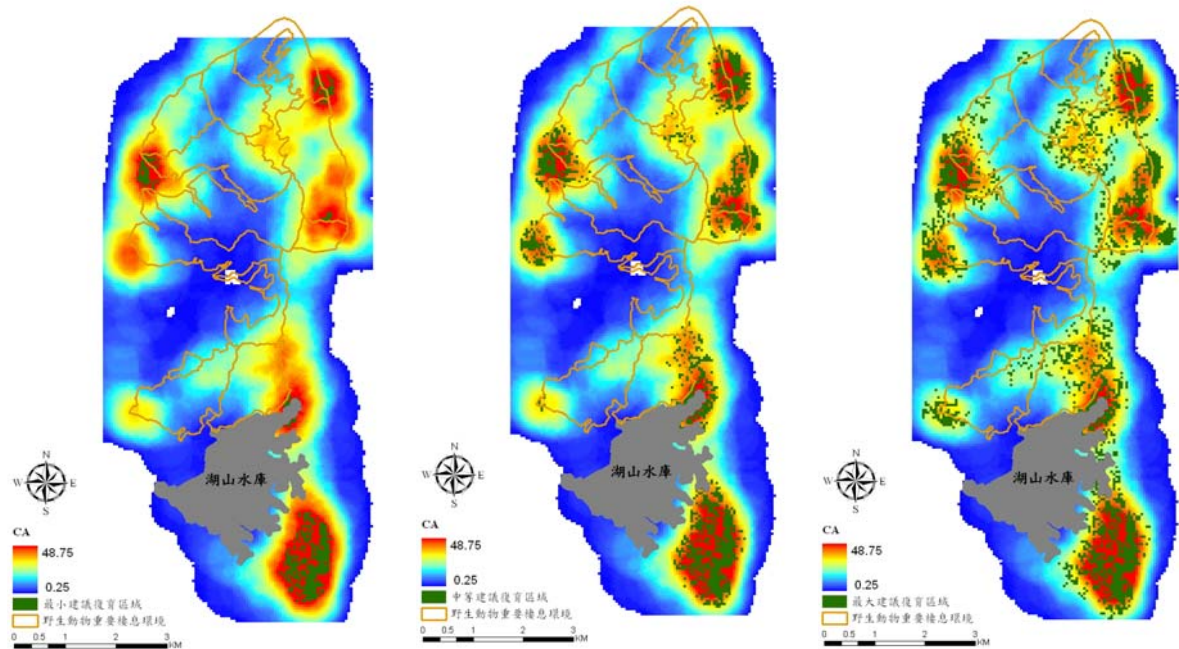


圖 3-1-3. 建議復育區域，最小補償面積 110.25ha(左)、中等面積 349.75ha(中)、最大面積 576.75ha(右)。

具體方案

未來將就建議復育範圍較集中的區域，分區編號。考量各區塊的主管單位，提出可以優先進行復育行動的區塊及建議的作法。

b. 各類森林復育行動

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。復育行動中，我們可初步分為自然更新及主動更新兩類^{1,2}（圖 3-1-4）。

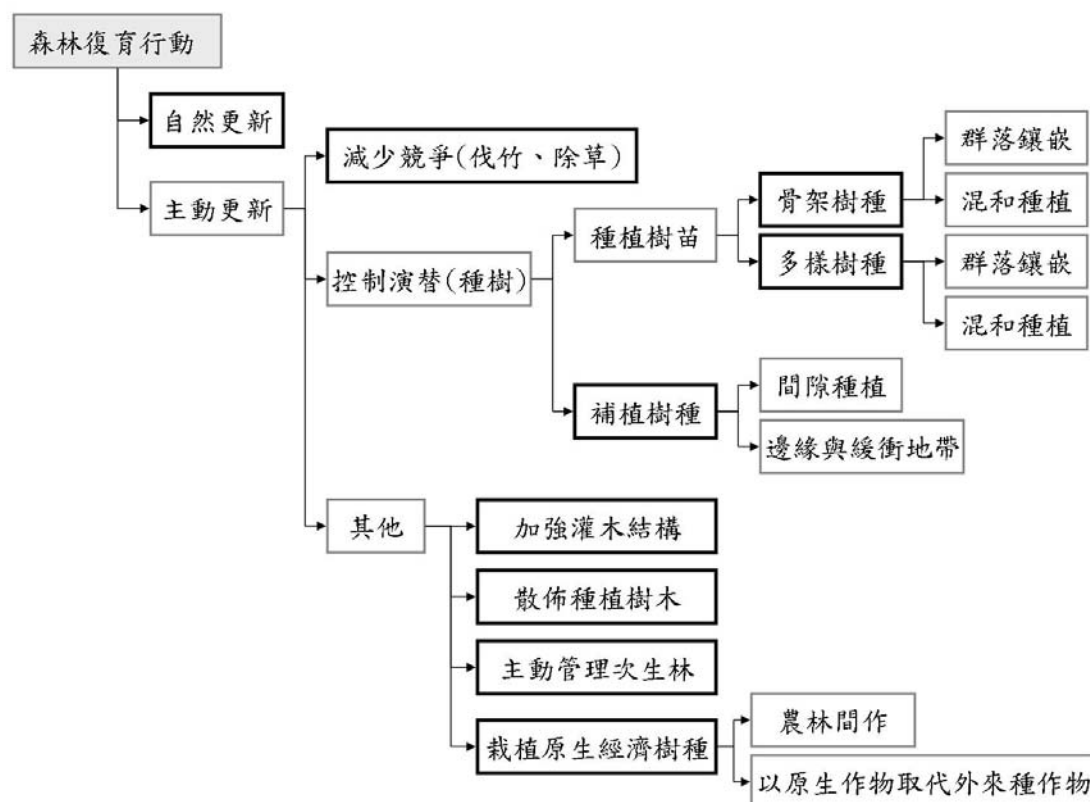


圖 3-1-4. 國際間森林復育案例之主要復育策略總整理。

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，如要補償大面積之劣化棲地，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。各種棲地改良復育行動之相關說明列於表 3-1-2。

表 3-1-2. 棲地改良方案之備選行動

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 散佈栽植樹木 ● 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/ha）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	補植有演替限制的樹種，種子不易傳播或不易定植者，尤

(零星補植)	其是具有經濟或生態功能重要性的樹種。
Enrichment planting	地點： a. 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 b. 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	於單一樹種的栽植區域的周邊種植其他樹種
Mosaics of Species Monocultures	
混和種植	同時混和種植多種樹種
Mixed Species Plantations	

c. 棲地改良方案選擇

各種森林復育策略都有不同的優缺點及適用條件。圖 3-1-1 提供選擇流程示範，考量的選擇條件，包含棲地劣化程度、復育面積大小、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。

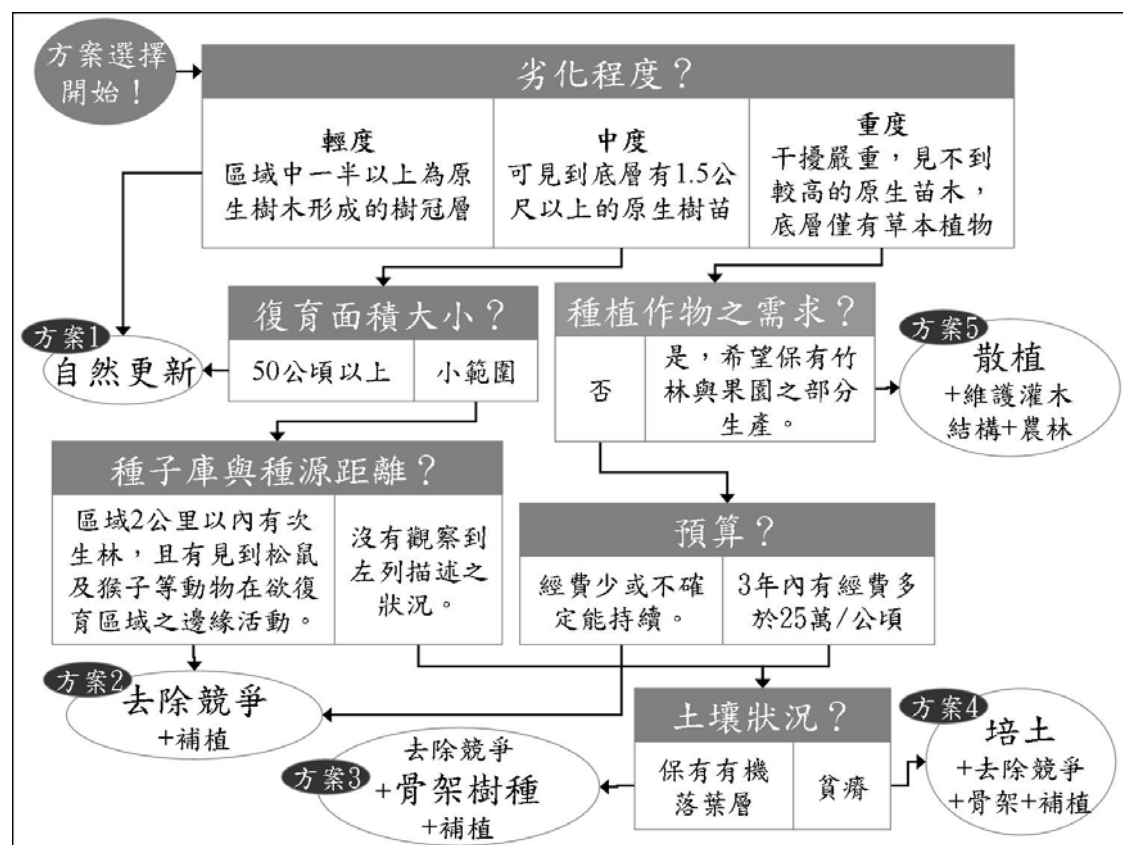


圖 3-1-1. 棲地改良方案套餐選擇流程

方案說明

方案 1：

棲地僅輕度劣化，附近有雜木林作為種源，或土地中有原生種子庫。即可藉由少量的管理，使棲地自然回復原始的狀態。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：

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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行動。

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。

d. 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，進行些微調整與更新。

要種哪些種類的樹木？

雲林地區氣候溫和而乾濕季較分明，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。每個區域的環境都有其特性，在進行復育行動之前，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。亦或是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。這些樹種需要避風與遮蔭的環境，在森林的環境中，這些物種可以免於風吹、日曬及乾旱，一旦種植於裸地，它們將無法生存。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。

● 先期種植樹種

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。

中文名/俗名	學名	下坡近 溪谷	中坡	上坡近 稜線	誘鳥/誘蝶 功能 ⁴
白匏子	<i>Mallotus paniculatus</i>		●	●	
血桐	<i>Macaranga tanarius</i>		●	●	誘蝶、誘鳥
野桐	<i>Mallotus japonica</i>		●	●	誘蝶、誘鳥
構樹	<i>Broussonetia papyrifera</i>	●	●		誘鳥
小葉桑	<i>Morus australis</i>	●	●		誘蝶、誘鳥
稜果榕	<i>Ficus septica</i>	●	●		誘蝶、誘鳥

菲律賓饅頭果	<i>Glochindion philippicum</i>	●	●		誘蝶、誘鳥
山黃麻	<i>Trema orientalis</i>	●	●	●	誘蝶、誘鳥
華八仙	<i>Hydrangea chinensis</i>	●	●		

● 補植樹種

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。

中文名/俗名	學名	下坡近 溪谷	中坡	上坡近 稜線	誘鳥/誘蝶 功能 ⁴
無患子	<i>Sapindus mukorosi</i>		●	●	
杜英	<i>Elaeocarpus sylvestris</i>	●	●	●	
香楠	<i>Machilus zuihoensis</i>		●	●	誘蝶
水同木	<i>Ficus fistulosa</i>	●	●		
朴樹	<i>Celtis sinensis</i>	●	●	●	誘蝶
江某	<i>Schefflera octophylla</i>	●	●	●	誘鳥
刺杜密	<i>Bridelia balansae</i>	●	●		誘蝶
山柚仔	<i>Champereia manillana</i>	●	●		
天仙果	<i>Ficus formosana</i>	●	●		誘蝶

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？先期栽植密度估計約每 1m² 1 棵樹。
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。

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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。
- 種植樹苗的行動，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 1m 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 5m 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 30cm 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。

參考文獻

1. 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.
2. Mansourian, S., V. Daniel and N. Dudley. 2005. Forest restoration in landscapes: Beyond planting trees. Springer, New York, USA.
3. Auckland Regional Council. 2000. Native forest restoration planting. Downloaded from <http://www.arc.govt.nz>
4. 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/>

(三) 經營管理 子目標(2)：目標物種需求

經由報告文獻蒐集，並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，如食蟹獾、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. 初步擬訂之目標物種及選定原因

	選定原因				
	屬保育類、稀有或分布侷限	臺灣特有	具特殊需求或對環境干擾敏感	具重要生態功能	輿論關切
A. 植物					
圓葉布勒德藤	●	●	●		●
傅氏三叉蕨	●		●		
錫蘭七指蕨	●		●		
B. 昆蟲					
黃裳鳳蝶	●		●	●	●
C. 兩棲類					
兩棲類整體	●	●	●	●	●
D. 爬行類					
食蛇龜	●		●		●
臺灣鈍頭蛇	●	●	●	●	
斯文豪氏游蛇	●	●	●		
臺灣滑蜥	●	●	●		
E. 鳥類					
八色鳥	●		●		●
森林性鳥種		●		●	
森林洞巢性鳥類	●		●		●
F. 哺乳類					
食蟹獾	●		●	●	●
蝙蝠類整體		●	●	●	

A. 植物

一、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。此外，2010年有調查人員通報在庫區發現另一種在臺灣稀有且分布侷限之植物—錫蘭七指蕨。以上珍稀植物，經會同專家討論後，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。

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

野牡丹科。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，分級標準為全臺灣族群小且狹隘分布，能繁殖之成熟個體小於250株，族群實際佔有面積小於100km²¹。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. 傅氏三叉蕨 *Tectaria fauriei*

三叉蕨科。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。

3. 錫蘭七指蕨 *Helminthostachys zeylanica*

於「臺灣稀有及瀕危植物」之分級列為瀕臨絕滅(EN)。其餘種類，暫時不列入優先復育的目標類群：鹿谷秋海棠(*Begonia lukuana*)在庫區內僅發現1個分布點，且位於淹沒區邊緣，預期整體族群並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」中列為接近威脅(NT)，因其危險等級不高且全臺分布較為廣泛，亦不納入湖山復育之重點物種。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，但它廣泛散布於臺灣低海拔地區，庫區外亦有分布，且無官方或學術研究文獻將之列為稀有植物。上述種類雖然不列入復育重點，但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，則需調整列入復育考量。

二、目標類群之現況

1. 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495.7m²，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

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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。

2. 傅氏三叉蕨

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）。

3. 錫蘭七指蕨

分布區域小，全臺生育地點不超過 5 處，族群僅侷限分布於蘭嶼與恆春等地。2010年曾有調查人員在庫區內發現。2011年由中水局會同特生中心人員前往現地探勘，確認最初發現地點位於淹沒區外圍。

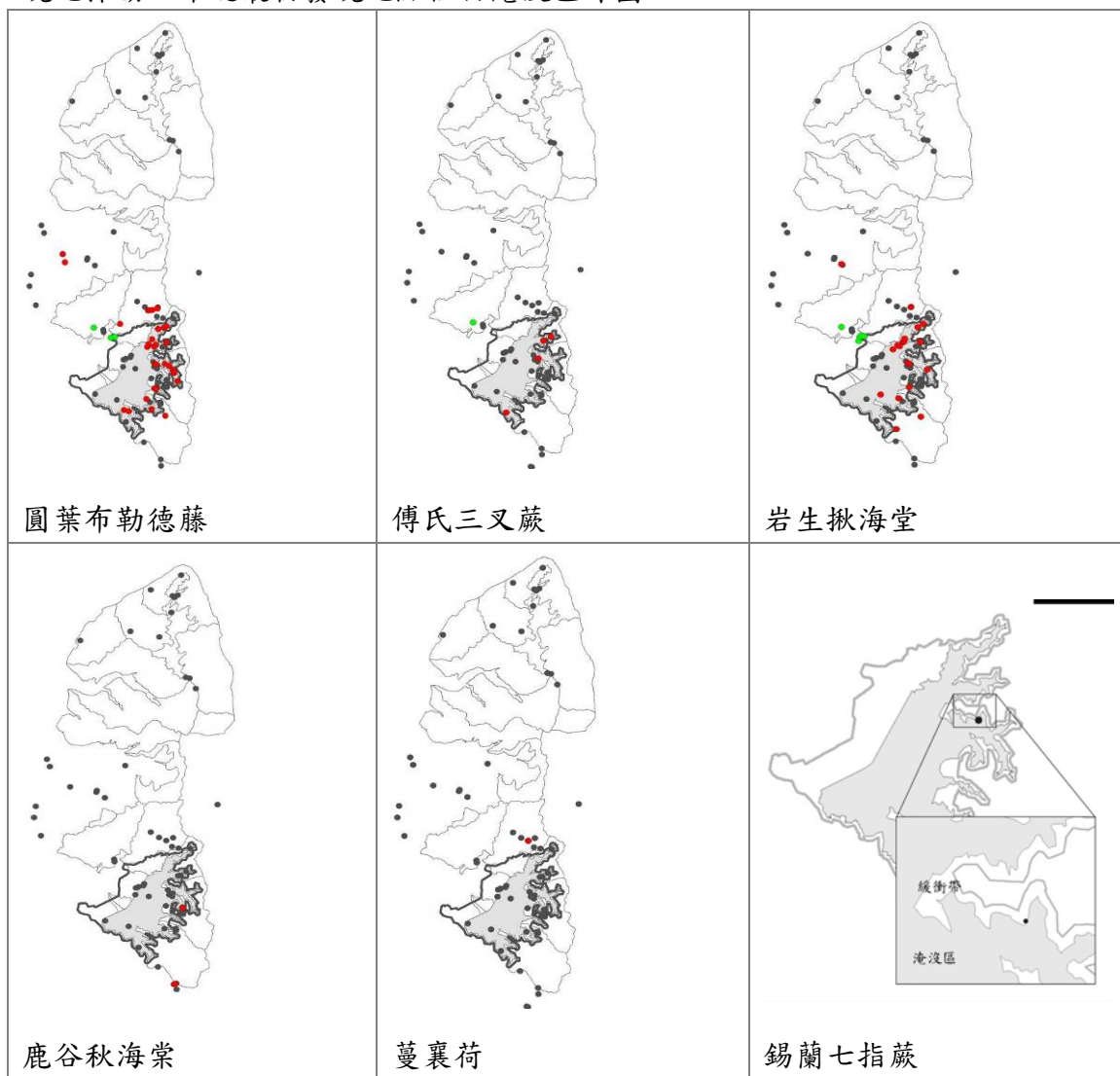


圖3-2-1. 歷年於湖山水庫相關報告中被提出需關注之 6種植物於斗六丘陵及湖山水庫鄰近地區的分布概況。● 調查點位、● 珍稀植物分布點位¹⁵、● 珍稀植物分布點位¹⁸。

三、目標類群之需求

1. 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。

2. 傅氏三叉蕨

生長於濕潤岩壁，覆蓋度高且陰濕的溪谷環境。

3. 錫蘭七指蕨

溪谷中濕潤的泥灘環境。

四、目標類群之策略與作法

1. 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。
- 移植扦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。

2. 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。

3. 錫蘭七指蕨

- 進行原地復育，需特別注意原地復育之周邊環境。

B. 昆蟲

一、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。綜觀湖山水庫地區，僅有 1 種其他應予保育之蝶類：黃裳鳳蝶，應予以關注。

二、目標類群之現況

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}。

三、目標類群之需求

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}。

四、目標類群之策略與作法

- 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。

C. 兩棲類

一、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局部零星分布於雲嘉南三縣市，與臺灣全島上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100m 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。

二、目標類群之需求

- (1) 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。
- (2) 樹林或雜木林等環境（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。
- (3) 大水池：貢德氏赤蛙、莫氏樹蛙、黑眶蟾蜍。
- (4) 竹林：艾氏樹蛙、諸羅樹蛙、白領樹蛙、中國樹蟾。
- (5) 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。

三、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。

D. 爬行類

一、目標類群及選定原因

1. 食蛇龜 *Cuora flavomarginata flavomarginata*

食蛇龜已被華盛頓公約組織列入CITES（臨絕種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%。

2. 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}。

3. 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雨傘物種（umbrella species）^{7,8}。

4. 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 cm，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}。

二、目標類群之現況

1. 食蛇龜

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

原生於臺灣、琉球群島及中國大陸等地⁶。臺灣島上一千公尺以下丘陵地，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，有目擊或調查捕獲記錄⁹。其中，翡翠水庫、雲林林內鄉與墾丁有較大族群⁹。

湖山水庫食蛇龜移地保育計畫期間（2008-2009），已自湖山水庫未被工程破壞的區域中捕獲 168 隻，皆已移往林內鄉湖本村內臨時保育區暫養。依據 2008 第一個月調查結果（調查地點為湖山副壩區），在 16 ha 的面積中，分布有 47 隻；水庫淹沒區共計 201.85ha，故初估淹沒區內至少有 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。

另於計畫實施期間，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。

2. 斯文豪氏游蛇

為特有種蛇類，研究資料缺乏，目前多為零星記錄，小型蛇類，最大全長約 70 cm，全島海拔 500~1,000 m 的山區都有發現記錄，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記錄，數量稀少（發現記錄少於 10 隻）。

3. 臺灣鈍頭蛇

主要分布於全島海拔 1,000 m 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雨傘物種，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。

4. 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文獻記載中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。

三、目標類群之需求

1. 食蛇龜

已移往湖本村之食蛇龜，未來需持續照護直到水庫完工後，野放回水庫內非淹沒區或鄰近適合其生存之區域。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 m² (1,000-4,000 m²)，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。

2. 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。

3. 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。

4. 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），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。

四、目標類群之策略與作法

1. 食蛇龜

- 未來食蛇龜野放回水庫非淹沒區或鄰近適合其生存之區域時，應依據食蛇龜

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

需求，選擇次生林或竹林等適當棲地野放。野放之棲地大小需大於食蛇龜所需活動範圍及微棲地需求。目前微棲地需求及生活史正由原計畫共同主持人中興大學生命科學系吳聲海教授持續且深入研究中，為本著節省政府有限資源、相關議題不重覆研究等原則，故本中心不再另提研究計畫，以免造成資源浪費，加重國家經濟負擔，若中水局有充足經費可運用，建議應予以吳聲海教授經費上之支持。

2. 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。

3. 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。

4. 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一些條件就顯得較為重要，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。

湖山水庫食蛇龜移地保育持續照顧建議

總目標

- 持續照顧已移至湖本村的食蛇龜至 2013 年。
- 待水庫完工後（預定 2014 年），將食蛇龜重新移回水庫的水源保護區或鄰近區域中。

緣起

食蛇龜在臺灣屬二級保育類動物，過去的調查資料顯示，湖山水庫集水區內有大量族群分布^{9,10}；近年來臺灣各地皆有盜獵及走私食蛇龜的情形²²，在過往的訪問中得知，湖山及湖本地區存在著嚴重的盜獵問題¹⁰。所以為求水庫內食蛇龜族群可永續及安全的存活，於 2008 至 2009 年水庫工程期間，已將原區域內的部分食蛇龜個體移轉到鄰近湖本村內；預計未來水庫建設完成後，再將其移回水庫的水源保護區或鄰近適合其生存之區域中。

移地保育從 2008 年-2009 年，共捕獲 180 隻食蛇龜，數量如下表。被捕獲之個體，於皮下植入被動式晶片，以做為個體辨識之用，並測量形態特徵後移動至臨時保育區釋放。

	雌性	雄性	亞成體	無法判別	總計
2008 年	57	19	22	9	107
2009 年	40	22	10	1	73
總計	97	41	32	10	180

臨時保育區位於雲林縣林內鄉湖本村，園區面積約為 0.35 ha，週長約為 310 m，原為私人的果園地，現已不再噴灑農藥及除草劑，故區內草本植物及灌木叢生長茂盛。園區為長方形，園內被一斜坡分為上下兩區，斜坡坡長約 2 m，坡度約 45°。上區面積約佔總面積的 1/5，大部分草本植物與灌木叢，提供地表的覆蓋及食蛇龜的躲藏處，區內種植柳丁樹、龍眼樹及白柚樹等木本植物；下區種植香蕉樹及柳丁樹。各果樹間均覆蓋茂盛的草本植物，下區東南方接近入口處有一長方形人造水池，大小約為 23 × 7 m。為防止食蛇龜逃脫以及當地的齧齒類動物及野狗進入園區內，園區圍籬是以高 150 cm 的菱形鐵網所建成，間隔 1 m 以白鐵管做為支撐，鐵網底部則使用沙包壓疊。

由於食蛇龜移地保育計畫已於 2009 年度底因經費問題而中止，經審慎評估後且據吳聲海教授研究證明，整個斗六丘陵地都有食蛇龜分布而且 DNA 遺傳物質證明其屬於同一族群。換句話說，整個斗六丘陵地都適合其生存，而且未來食蛇龜是釋放在原棲地旁，並非帶至遙遠他處野放（例如：臺灣東部，若如此，則需

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

進行野放棲地評估)，對於此批食蛇龜而言是「回家」，並非遠走他鄉。換句話說，單純就未來幾年照顧及野放所需之參考資料，2008 及 2009 年度所蒐集之食蛇龜基礎生物資料已足夠因應。然而目前急待解決的問題是該計畫所捕捉並圈養之食蛇龜，自 2010 年起暫時由吳聲海教授研究團隊全權「自費」照護中，此實非合乎權責之道，因此建議自 2011 年度起，中水局應盡速以「湖山水庫現地保育執行工作」接手管理此 180 隻移地復育之食蛇龜，直至水庫完工後釋放回適當之地點，以減少原本生存在湖山水庫週邊食蛇龜族群因興建水庫所受到的衝擊，維持足夠穩定的族群數，讓該地的食蛇龜族群能夠永續生存。

建議執行方法

● 食蛇龜餵食及照護

餵食頻度區分為活動期、過渡期及休眠期：

月份	餵食頻率	餵食份量
活動期 4 月-10 月	每週 1 次	1 次餵食 3 包市售之「三色豆冷凍蔬菜」 (每包重量約為 1 公斤)及狗飼料約 1 公斤 充分混合後均勻分灑至臨時保育區內
過渡期 3 月、11 月	每週 1 次	1 包冷凍蔬菜及些許狗飼料即可
休眠期 12 月-2 月	暫停餵食	

全年每月於臨時保育區內誘捕食蛇龜，個體捕獲後進行健康檢查，包含檢查眼睛周圍是否有凹陷，以確認有無脫水情形；檢查鼻孔是否有分泌物，以瞭解是否有呼吸道感染（與類似人類感冒症狀相似）；查看腹甲閉合力道是否足夠及順利、體表有無明顯外傷或異常情形、體重是否過輕（比對記錄資料）等³。健康狀態良好個體，隨即釋放入臨時保育區；嚴重者，將轉送獸醫院診治，待健康後再行釋放於臨時保育區內。誘捕陷阱係利用鼠籠為陷阱本體，並以香蕉等水果為誘餌²⁴，於園區內共設 5 條穿越線，每條穿越線共 7 個籠子，籠子每間隔 10 m 設置 1 個，設置一日後，於隔天巡視陷阱；捕獲之食蛇龜均測量其體重及背甲長度，以瞭解體型變化情形。

● 臨時保育區維護及管理

臨時保育區之維護及管理部分，需維持園區之圍籬阻隔功能，菱形鐵網所建成，間隔 1 m 以白鐵管做為支撐，鐵網底部則使用沙包壓疊，若有損壞則需立即修復，建議設置巡察人員至少 2 名，建議僱用地主或當地居民為最佳，以保護臨時保育區之食蛇龜。

● 搬移方式

於湖本村臨時保育區內捕捉食蛇龜，轉送到水庫保護帶之適當地點釋放，經由 2007 年及 2008 年的研究成果已可佐證斗六丘陵都有食蛇龜分布及棲息，但仍有環境偏好的特性，原則上能分批分散移入較佳。捕捉方式分為兩種，陷阱誘捕與主動搜尋；誘捕陷阱係利用鼠籠為陷阱本體，並以香蕉等水果為誘餌引誘食蛇龜²⁴。主動搜尋則利用晶片掃描器，由於所有自水庫移入臨時保育區之龜個體，體內皆有植入微型晶片，因此可利用具高功率之晶片掃描器，於園區內以地毯式掃描搜尋食蛇龜，縮短捕捉時間及提高效率。臨時保育區內之誘捕陷阱是利用臺製鼠籠附掛香蕉或是鳳梨當誘餌，每個月設籠 1 次，共設 5 條穿越線，每條穿越線共有 7 個籠子，籠子間間隔為 10 m；每次設籠捕捉執行至少 5 天 4 夜。

E. 鳥類

一、目標類群及選定原因

1. 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73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」，可見八色鳥為臺灣低海拔森林地區的護傘物種（umbrella species），在保護八色鳥的同時，也能保護同一範圍內的其它物種與棲息地。八色鳥亦成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，在復育森林生態系的同時，即應考量八色鳥的狀況與特殊需求，進行策略研擬。

2. 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、4 種特有種（表 3-2-2）。

3. 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。

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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
藍腹鵒	<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
朱鷀	<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
白尾鵲	<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		
棕面鵲	<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
大冠鵲	<i>Spilornis cheela</i>	3	2	2.33	2.4	9.73	森林性	II	臺灣特有亞種
鵲鵒	<i>Glaucidium brodiei</i>	3	1	2.33	3.2	9.53	森林性	II	臺灣特有亞種

二、目標類群之現況

1. 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 年在臺灣進行系統化的調查與預測後，估計全臺八色鳥族群數量介於 8,000-12,000 隻之間¹⁷，顯示臺灣可能是全球八色鳥族群數量最高的地區。八色鳥雖廣泛分布於臺灣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 100ha 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，2008 與 2009 年數量更明顯下降（圖 1），應與湖山水庫大面積開發造成裸露地增加有關¹⁷。

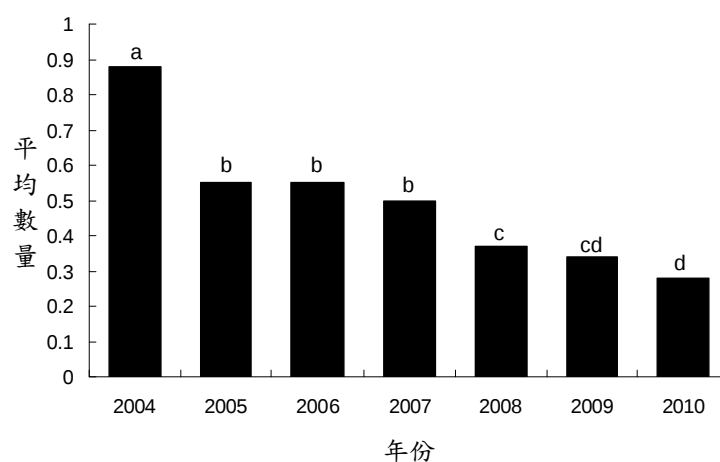


圖 3-2-3. 2004 年至 2010 年斗六丘陵地區，每調查點八色鳥平均數量（隻/樣點）不同英文符號代表統計檢定有顯著差異。

2. 森林性鳥類：

在 21 種應優先關注的森林性鳥種中。湖山水庫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。

3. 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。

三、目標類群之需求

1. 八色鳥

臺灣的八色鳥主要於海拔 500m 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 1–4ha 之間，平均活動範圍為 2.3ha (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。

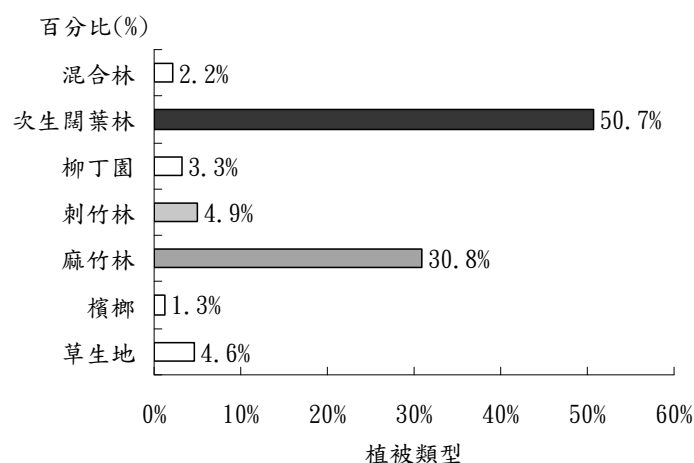


圖 3-2-4. 八色鳥成鳥活動範圍內棲地類型覆蓋平均百分比 (n=15)。

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	草生地
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 0.6-5.3m 之間，平均為 2.1m (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。

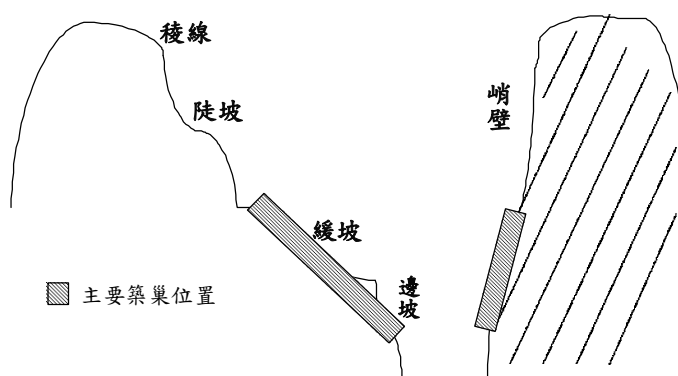


圖 3-2-5. 八色鳥巢位示意圖。

2. 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。而臺灣紫嘯鸛會築巢於岩壁縫隙、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。

3. 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、棕面鵯)，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 2-13m，平均 5.82m，巢洞位置之枝幹直徑為 10-37cm。
- 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。

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

- 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。
- 鴿鷓：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。

四、目標類群之策略與作法

1. 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，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復原之前，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。
- 在進行闊葉林復原的過程中，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。

2. 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

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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。

3. 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。

F：哺乳類

一、目標類群及選定原因

1. 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。

2. 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。

二、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。

三、目標類群之需求

1. 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，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。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。

2. 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。

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。行政院農業委員會特有生物研究保育

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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 Mittermeier, R. A. (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。
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. 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。南投。
16. 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。南投。
17. 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。經濟部水利署中區水資源局。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、食蟹獐、鼬獾)的食性研究。國立臺灣大學碩士論文。臺北。
20. 黃美秀。1995。福山試驗林食蟹獐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。

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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。
23. 連振曄。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。
24. Lue KY and TH 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.

(三) 經營管理 子目標(3)：森林復育試辦區規劃指引

「人」在生態系復育過程中扮演很重要的角色。然而，相關權益單位之間的互動，較不易以科學研究數據呈現。在進行森林復育時，除了依照自然環境特性選擇適當方案，尚須考量社區居民期望、各單位資源上的限制、執行成本、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，並將研究成果具體應用於其中，提供學術與實務之聯繫。並讓蒞臨水庫參觀者實境體會森林復育的內涵。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，進而吸引更多資源與單位，如林務局、縣市政府、民間團體、地主，投入森林生態系復育之行列。

初期試辦區以社區參與為主要目的，雖然面積有限，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，自然能取得社區居民的共識與支持。試辦區並具有旅遊與教育價值，能同時培養經營管理的人力，甚至影響決策者的觀念⁴。

a. 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復育成效。試辦區內部可規劃小徑，民眾能很容易的進入觀察不同的復育處理產生的成果。
- **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，復育處理的對比會更明顯。要在試辦區內進行小型的復育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復育過程所須的材料與過程，或許參

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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復育時，能有一份森林復育經驗傳遞。

- **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。

森林復育試辦區

近期於湖山水庫管理範圍內，留意道路可及性，設置至少 1 處，面積 1 - 2ha 的試辦區。並檢視土地利用的現況，於相鄰處設置 1ha 不做任何處理的對照區，以利後續執行與宣傳之用。例如植物保留區停車場附近，已有移植至庫區的大樹，但尚未進行森林結構與功能之復育，可在此類型區域，規劃試辦區與對照區，於試辦區中結合社區之人力資源，種植原生苗木、進行苗木撫育。遠期則建議擴大政府組織間的伙伴關係，如與林務局合作，於國有林地規劃第二期面積更大的試辦區。

試辦區目的

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

b. 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，此復育行動有可能會涉及許多權益相關單位(表 2-3-1)。各權益單位應於復育試辦區的不同階段進行討論與參與。關於試辦區資金來源、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復育中，各權益單位的角色與獲益。

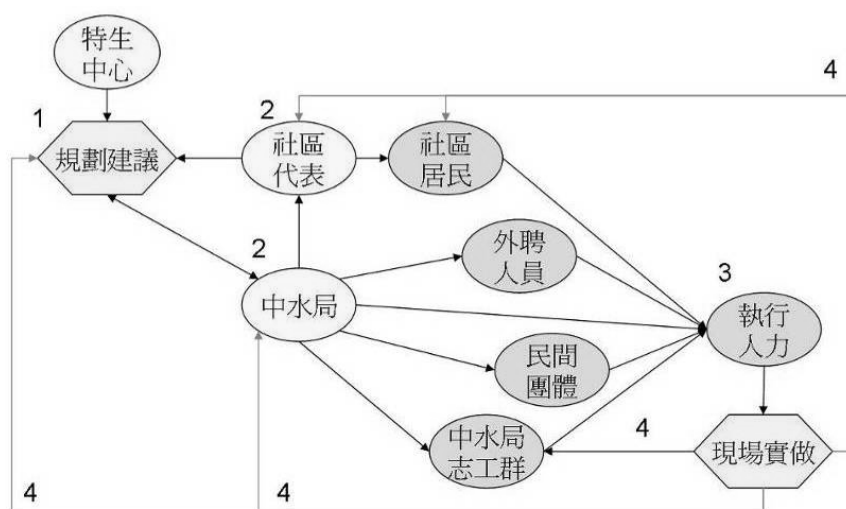
相關單位	在試辦區中的可能角色	成效
民意代表	人力資源整合	聲望、社區價值與特色
當地居民	人力來源	社區價值與特色、經濟來源

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

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。



SWOT 現況分析-以植物保存區停車場周邊為例

土地本身

優勢(Strengths)	劣勢(Weaknesses)
● 緊鄰自然保留區，物種傳播容易 ● 鄰近社區 ● 劣化嚴重，能凸顯棲地改善效果 ● 靠近馬路，運輸容易	● 土質不佳 ● 缺乏苗木取得與苗木管理機制 ● 腹地較小且破碎 ● 水道缺乏生態規劃

附件：森林生態系復育計畫建議書 2011 年二版草稿

● 地權明確	● 需除草整地
● 有周邊基礎生態資料	● 未統計現存林木資源
外部資源	
機會(Opportunities)	威脅(Threats)
● 短期有經費與人力	● 歷任長官的支持度
● 周邊有復育設施，能形成系列景點	● 行政程序繁瑣、較無彈性
● 臺灣沒有相關案例，有潛力成為特色，吸引遊客	● 社區人口老化、人才有限
● 各單位有棲地補償的共識	● 長期的管理制度及經費不明
● 外界輿論支持	● 對於試辦區議題，中水局及社區尚無的合作及討論機制

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. Dept. 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.
9. 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。

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)

計畫編號：230

全程計畫期間：2007 年 5 月 1 日至 2013 年 12 月 31 日

本年計畫期間：2011 年 1 月 1 日至 2011 年 12 月 31 日

計畫主持人：張世倉

研究人員：許蓓怡、吳旻燕

一、摘要

2010 年 11 月至 2011 年 4 月期間，於清水溪流域捕獲之粗首鱨 (*Zacco pachycephalus*) 共 180 隻 (雄魚 67 隻；雌魚 113 隻)，其屬於雜食性魚類，平均體長為 4.5 cm，雄魚最小個體體長與最大個體體長分別為 4.01 cm 及 11.73 cm，而雌魚則分別為 4.08 cm 及 9.96 cm。該流域之粗首鱨雌、雄比例平均值為 1.69 : 1，捕捉到的雄魚中 6.72cm 體表即有婚姻色產生。以 CF 值、GSI 值及 HIS 值推估繁殖週期，發現於 3 月時皆達最高而後 4 月有下降之趨勢，將持續進行資料蒐集及分析後推估其繁殖季節。

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負面影響，除了加強魚類棲息地需求的了解外，魚類生活史之研究也甚為重要，只有對其食性、成熟、繁殖機制及族群結構等生活史資料蒐集更完整清楚，對於部分需要復育的魚類族群才能提供一完善之作業依據而執行本計畫。

目前對於梅林溪流域及清水溪流域優勢魚種食性、成熟、繁殖機制及族群結構等生活史資料蒐集已有初步了解，後續將針對此兩流域中優勢魚種進行評估，選擇具有共通性且相關研究文獻較缺乏之魚種，進行更深入之生活史方面相關研究。

三、重要工作項目及實施方法

分析 2010 年清水溪流域主要分布優勢魚種為臺灣石鱚 (*Acrossocheilus paradoxus*) (20.91%)、粗首鱨 (*Zacco pachycephalus*) (19.54%) 及明潭吻鰕虎 (*Rhinogobius candidianus*) (19.54%) 等魚種，梅林溪流域主要分布優勢魚種為短吻紅斑吻鰕虎 (*Rhinogobius rubromaculatus*) (37.74%)、粗首鱨 (33.77%) 及明潭吻鰕虎 (18.68%) 等魚種，故可發現兩溪流間具有共通性的優勢魚種為

粗首鱨及明潭吻鰕虎。

(一) 樣本採集

1. 魚類採集：

粗首鱨樣本採集每月進行一次固定樣點調查，選擇適合背負式電魚器操作的棲地設置樣區（圖 1），每個月隨機捕獲 30 尾粗首鱨進行編號，測量其體全長（TL）及體重（g），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. 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 cm²，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，以浮游生物計數盤（Sedgewick-Rafter cell）進行數量估算及藻種鑑定。

3. 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) 標本處理

經編號之粗首鱨以 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，以蒸餾水將胃內含物沖出後，於培養皿下方墊一張方格紙（每格長為 1 mm），方便估算內含物大小，於解剖顯微鏡下以尖鑷小心分離胃內含物，並加以分類和計數。

(三) 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粗首鱚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

當粗首鱚胃中無殘留食物時將判定為空胃，將空胃之魚體予以排除，並利用定量及定性法進一步分析（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

粗首鱚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

粗首鱚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二次水（distilled de-ionized water）定量 1 mL 後移至浮游生物計數盤（Sedgewick-Rafter cell）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

$$\text{性別比例} = \frac{\text{雌魚尾數}}{\text{雌魚尾數} + \text{雄魚尾數}} \times 100\% \quad (\text{Ikejima and Shimizu 1999})$$

(2) 肥滿度 (Condition Factor, CF%) (Sorensen, 1991) ;

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

(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%) : 分析不同月份間 HIS 值，可對照生殖腺指數 (GSI) 來推估繁殖季節。

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

(四) 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

粗首鱚俗稱溪哥仔，為臺灣特有種，主要分布於河川中下游及溝渠中，喜好棲息在水流緩慢的潭區或淺灘區域，於繁殖期時其雄魚會有追星及鮮艷的婚姻色出現 (陳與方 1999)，其亦可棲息於水庫棲地深水域中 (葉等 2009)。

(一) 成長分布

2010 年 11 月至 2011 年 4 月間，於清水溪流域捕獲粗首鱚 180 隻，雌雄兩性體長與體重，均呈曲線迴歸關係 (圖 2)。其迴歸方程式分別為：

$$\text{雄魚：體重} = 0.0065 \times \text{體長}^{3.2391} \quad (N=67, R^2=0.9707)$$

$$\text{雌魚：體重} = 0.0049 \times \text{體長}^{3.3723} \quad (N=113, R^2=0.9384)$$

分析粗首鱚成長分布情形 (圖 2)，雌魚體長之平均值無異於雄魚 ($P>0.05$)，雌魚體重之平均值無異於雄魚 ($P>0.05$)，故雌魚和雄魚可合併視為一直線。捕獲粗首鱚之平均體長為 7.69 cm，平均體重為 5.43g，其中雄魚最小個體體長為 4.01 cm (出現於 2011 年 4 月)，雄魚最大個體體長為 11.73 cm (出現於 2011 年 3 月)；雌魚最小個體體長為 4.08 cm (出現於 2011 年 4 月)，雌魚最大個體體長為 9.96cm (出現於 2011 年 3 月) (圖 3)。

(二) 攝食習性

於清水溪流域採捕之粗首鱚胃內含物中發現的餌料生物包括：動物類 (水棲昆蟲類、蟻科及水生貧毛類) 及植物類 (藻類碎屑、植物碎屑及底泥碎屑)

類)，顯示其食性屬於雜食性之魚類。

1. 空胃率

水域中餌料生物數量多寡(季節和地區變化)，及其他因子(包括降雨量、風力、溶氧、光照等)會對魚類的生長產生間接影響(殷 1998)。於 2009 年清水溪明潭吻虎生活史研究報告顯示，清水溪高密度的水棲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，導致魚行攝食餌料生物較為不足，而造成雨季空胃率提高。

2010 年 11 月至 2011 年 4 月間所採集到的粗首鱻樣本中有 82 尾魚的胃中未發現有攝食任何物質。根據中央氣象局阿里山氣象站逐月雨量平均值分布情形(圖 4)。統計分析結果發現，2011 年 1 月空胃率 70%為最高，而 4 月空胃率 12.12%為最低，初步觀察空胃率與降雨量有相同之趨勢(圖 5)。

2. 胃內含物組成

各月份間攝食食物種類出現頻度之變化(圖 6)與攝食食物種類變化(圖 7)，顯示各個月份皆以有機碎屑、絲藻片段及水棲昆蟲為最主要攝食物種；其他在胃內容物中出現頻率較少的有水生貧毛類(Aquatic Oligochaeta)、線蟲(Nematoda)、輪蟲(Rotifera)及蟻科(Formicidae)。

分析 2010 年 11 月至 2011 年 4 月間清水溪粗首鱻主要攝食物種的水棲昆蟲、有機碎屑及絲藻片段與中央氣象局阿里山氣象站逐月雨量平均值分布情形(圖 8)，發現雨量多時粗首鱻胃內攝食有機碎屑比率增加，而攝食水棲昆蟲與絲狀藻比率則隨雨量增加而減少，初步推估降雨量大小對於粗首鱻攝食食物種類數量有不同之消長趨勢。

攝食動物性餌料生物之優勢種類，以毛翅目(Trichoptera)、蟻科(Formicidae)及雙翅目(Diptera)(圖 9)；攝食微細藻類之優勢藻種，以針桿藻屬(Synedra sp.)、矽片藻屬(Diatoma sp.)及直鏈藻屬(Melosira sp.)為主(表 1)。後續與環境中餌料生物分布情形進行分析，以了解其攝食習性。

(三) 生殖週期

1. 性徵 (sexual characteristics)

魚類的生殖腺與相關之局部外生殖器官等所呈現之性徵為第一性徵(primary sexual characters)；而第二性徵(secondary sexual characters)則多在魚類成熟時形成，例如：多數成熟鯉科魚類的吻端和鰓蓋具角質狀之

追星 (nuptial tubercles)、鰕虎在某些部位具特殊鮮豔之婚姻色 (nuptial coloration) 等。2010 年 11 月至 2011 年 4 月間採捕之粗首鱨中，有 8 尾雄魚帶有婚姻色，平均體長為 9.81 cm，其中最大為 11.73 cm，最小為 7.62 cm。

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 2010 年 11 月至 2011 年 4 月間採捕之粗首鱨中雌魚 113 尾，雄魚 67 尾，雌、雄比例為 1.69:1。以不同月份間之性別比例來看 2010 年 11 月之 76.37% 為最高，2011 年 3 月的 56.67% 為最低 (圖 10)。

3. 繁殖季節

影響魚類生殖週期的變化主要是環境因子，包括：光週期、水溫變化、水深流速或是餌料生物是否充足等 (Bye 1984)。生殖腺指數 (GSI 值) 隨生殖腺之成熟、增重而增大，當生殖腺指數由最高值而降低時，即為產卵或排精時期 (曾及劉 1972)。臺灣石鱨之肥滿度 (CF) 可反映個體生殖腺發育狀態，並表現生殖活動情形；當肥滿度逐漸增加至最高點後下降，則為生殖活動之開端 (許 1991；彭及劉 1991)。鯽魚 (*Carassius auratus*) 於繁殖季時，肝臟能量儲存用於卵巢的成長發育，故 HSI 值會在產卵前達最高，在產卵後則降低 (G. Delahunty and V. L. de Vlaming 1980)；因此 HSI 值可用以推估魚類的繁殖期 (Htun-Han 1978)。

分析 2010 年 11 月至 2011 年 4 月間採捕之清水溪流域優勢魚種粗首鱨 CF 值、GSI 值及 HSI 值月平均值變化來推估其繁殖週期 (圖 11)，顯示此三個數值於 3 月時皆達最高而後 4 月有下降之趨勢。將持續進行資料蒐集及分析後推估其繁殖季節。

五、結論與建議

由清水溪流域採捕之粗首鱨胃內含物中發現的餌料生物，確定其為雜食性，至於是雜食偏向於肉食或是雜食偏向於草食，或是季節變化之溪流量差異 (乾季、雨季和颱風過後) 是否會影響溪中粗首鱨空胃率和胃內容物種類組成，以及各成長階段食性之改變，是為了適應環境而改變食性，或為了適應生理需求仍有待持續研究。魚類的生殖是生活史重要的一部分，在繁殖季節的推估上，仍有待調查數據持續累積後，做進一步研究探討。

六、參考文獻

- 方力行、蘇六裕、陳義雄、韓僑權、陳益惠。1996。高身鯛魚形態、分布及生物學之研究。生物科學期刊 39(1): 78-87。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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、郭世容。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。
- 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.
- 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 preproduction 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.

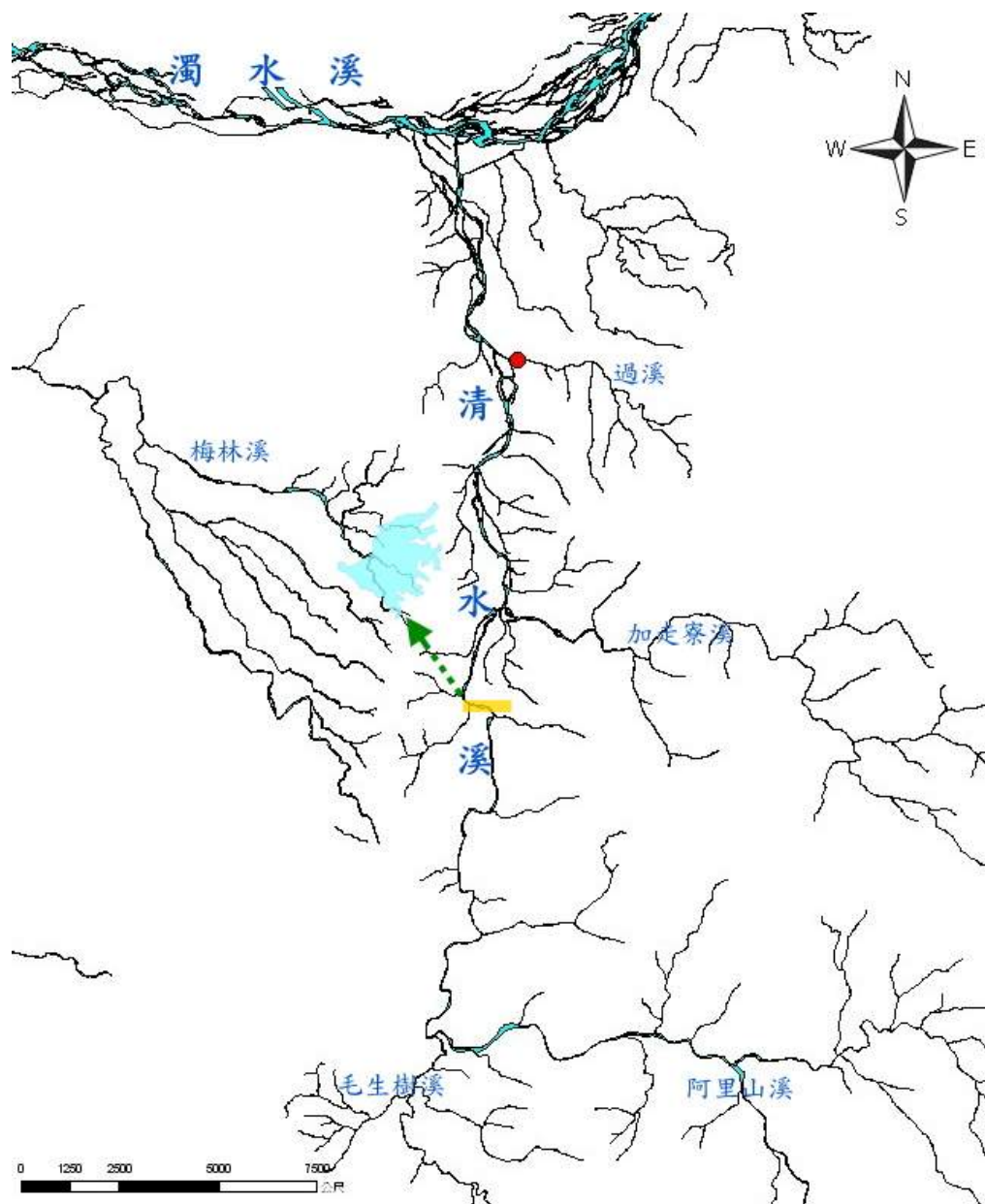


圖 1. 清水溪流域 2010 年 11 月至 2011 年 4 月粗首鱻固定採樣區（紅圈處）。

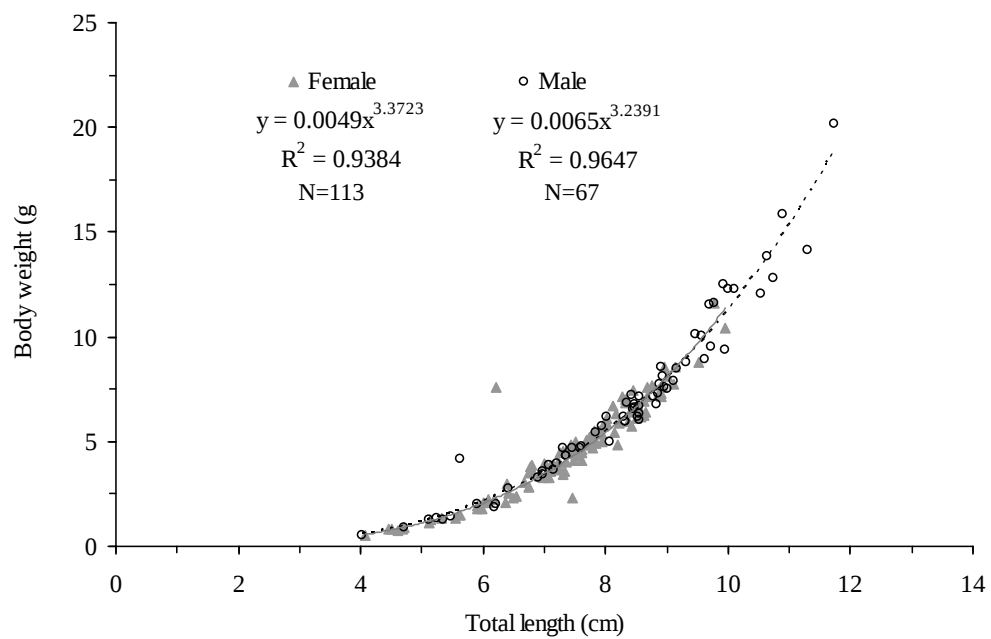


圖 2. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月清水溪粗首鱻體重與體長間關係圖。

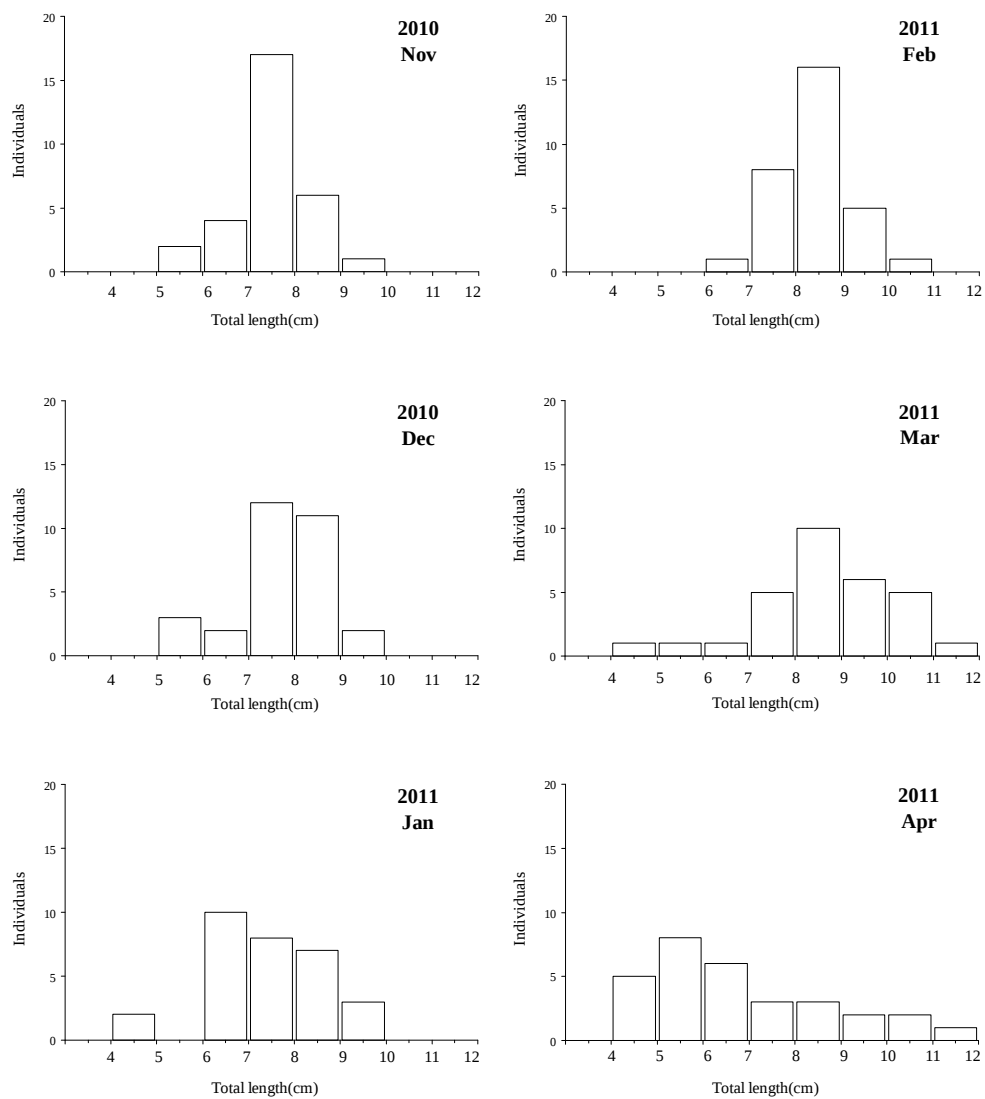


圖 3. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月清水溪粗首鱻體長分布。

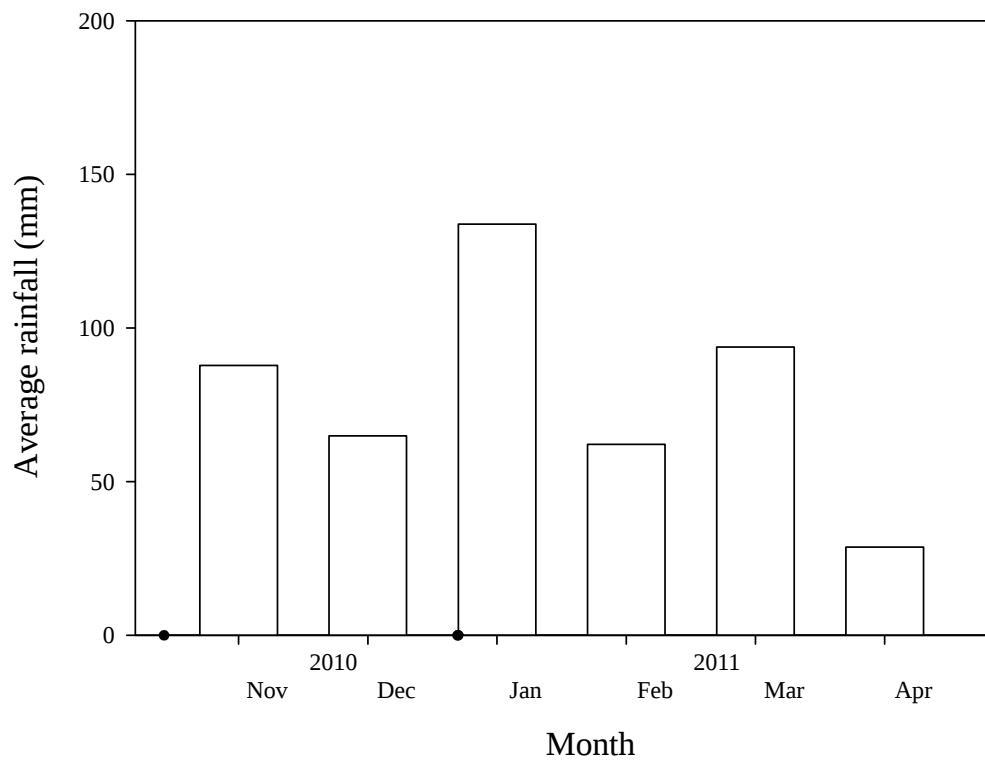


圖 4. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月中央氣象局阿里山氣象站逐月雨量平均值分布。

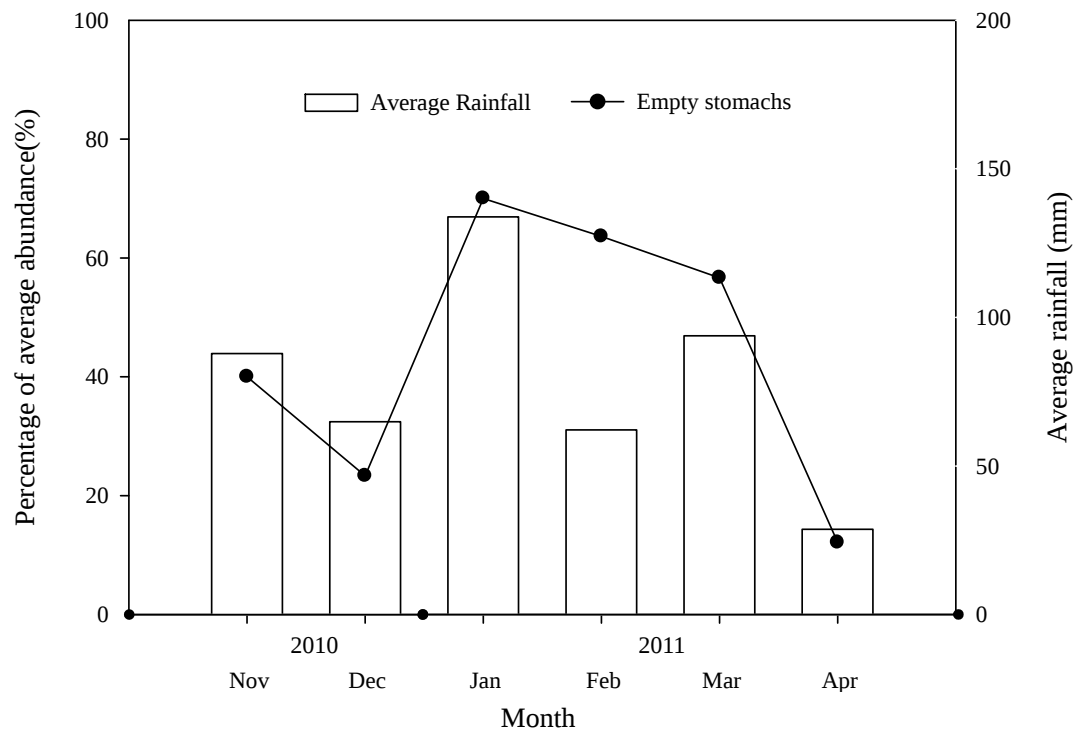


圖 5. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月清水溪流域粗首蠟空胃率與中央氣象局阿里山氣象站降雨量逐月分布情形。

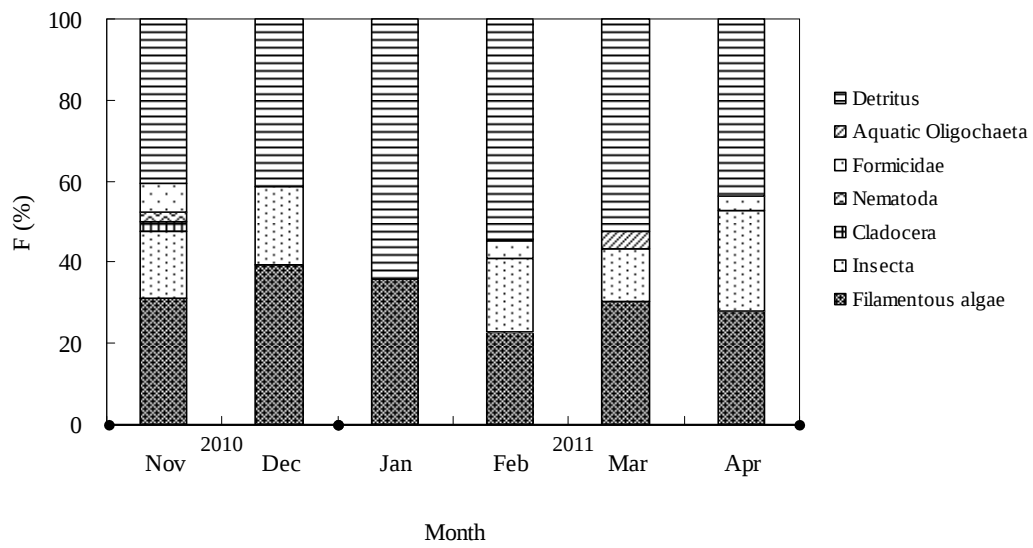


圖 6. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月間清水溪粗首鱖攝食食物種類出現頻率之月份變化。

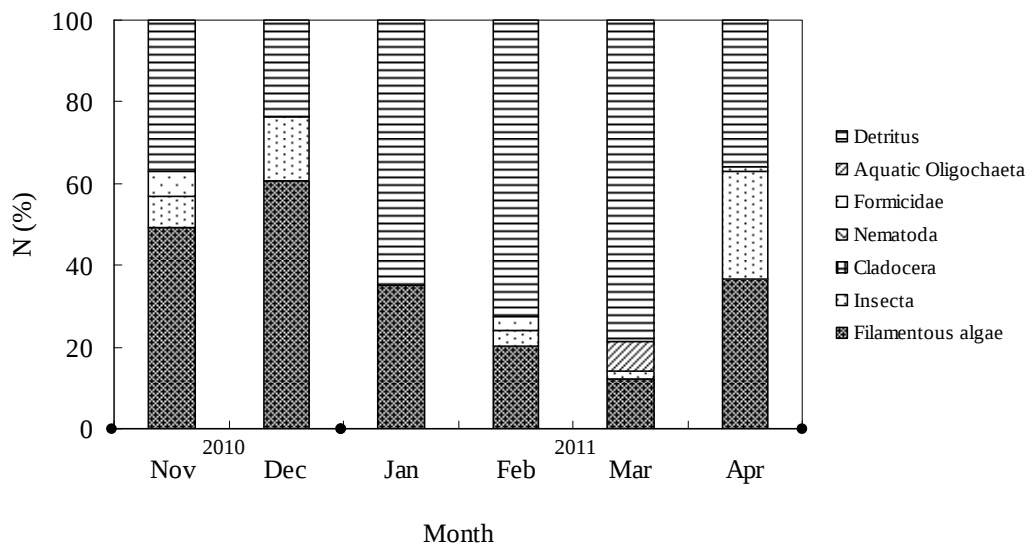


圖 7. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月間清水溪粗首鱖攝食食物種類平均豐度百分比之月份變化。

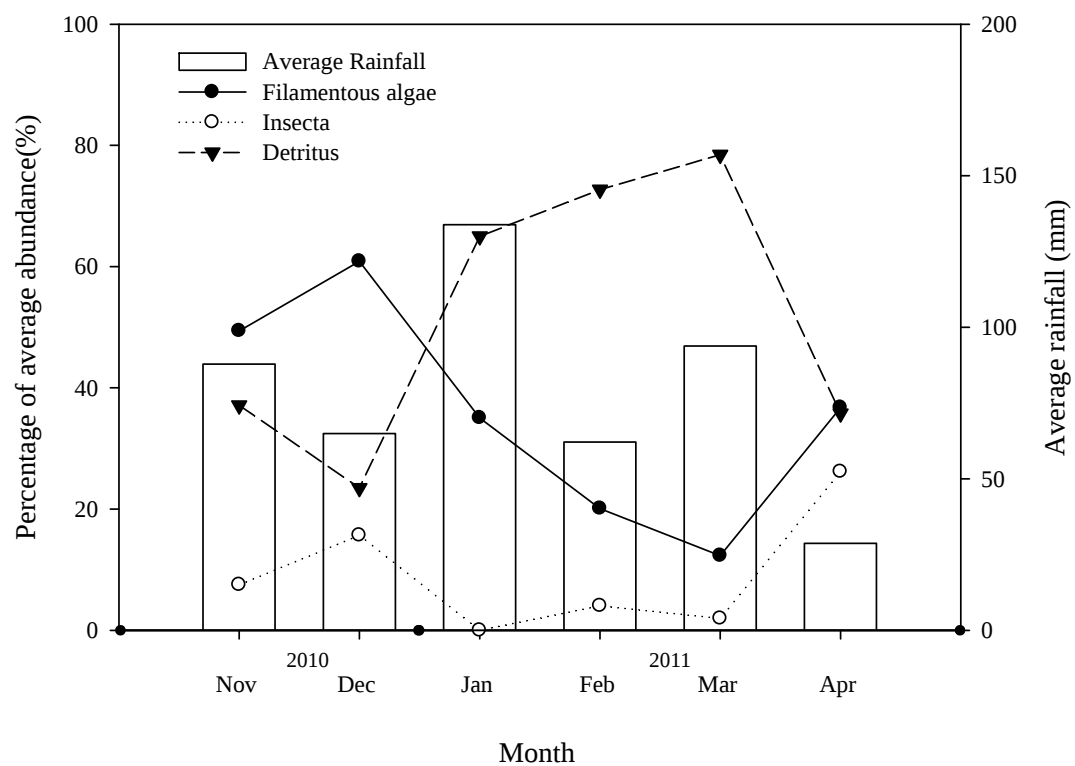


圖 8. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月間清水溪粗首鱻主要攝食物種-水棲昆蟲、有機碎屑與絲藻片段及中央氣象局阿里山氣象站逐月雨量平均值分布。

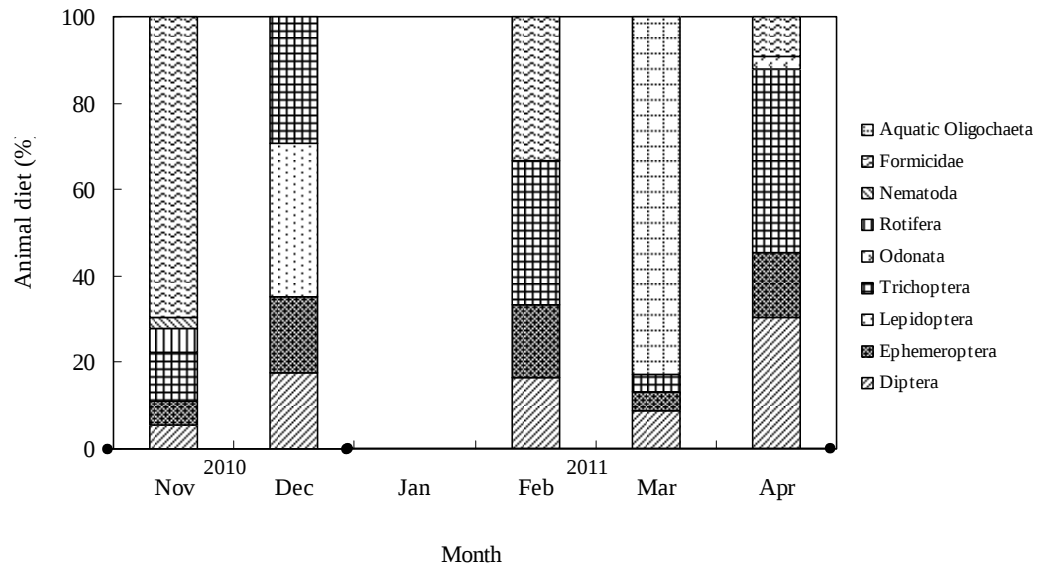


圖 9. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月清水溪粗首鱻攝食動物性餌料生物組成百分比之月份變化。

表 1. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月間清水溪粗首鱻攝食微細藻之組成變化

Species	2010		2011			
	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr
Chlorophyta 綠藻植物門						
<i>Closterium</i> sp. 新月藻屬	C					D
<i>Coamarium</i> sp. 鼓藻屬					B	C
<i>Pediastrum</i> sp. 盤星藻屬						B
<i>Scenedesmus</i> sp. 柵藻屬		A	B	D	B	B
Bacillariophyta 矽藻植物門						
<i>Achnanthaceae</i> sp. 曲殼藻屬	D	B	B	B	B	B
<i>Biddulphia</i> sp. 盒形藻屬		D				
<i>Cocconeis</i> sp. 卵形藻屬	B	B	B	D	0	B
<i>Cymbella</i> sp. 橋彎藻屬	B	A	B	B	B	B
<i>Diatoma</i> sp. 等片藻屬			C	A	A	B
<i>Gomvphonema</i> sp. 異極藻屬	B	B	B	B		B
<i>Melosira</i> sp. 直鏈藻屬	C	A	B	B	B	C
<i>Navicula</i> sp. 舟形藻屬	B	B	B	B	B	B
<i>Nitzschia</i> sp. 菱形藻屬	B	A	B	B	B	B
<i>Synedra</i> sp. 針桿藻屬	A	A	A	B	A	B

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)。

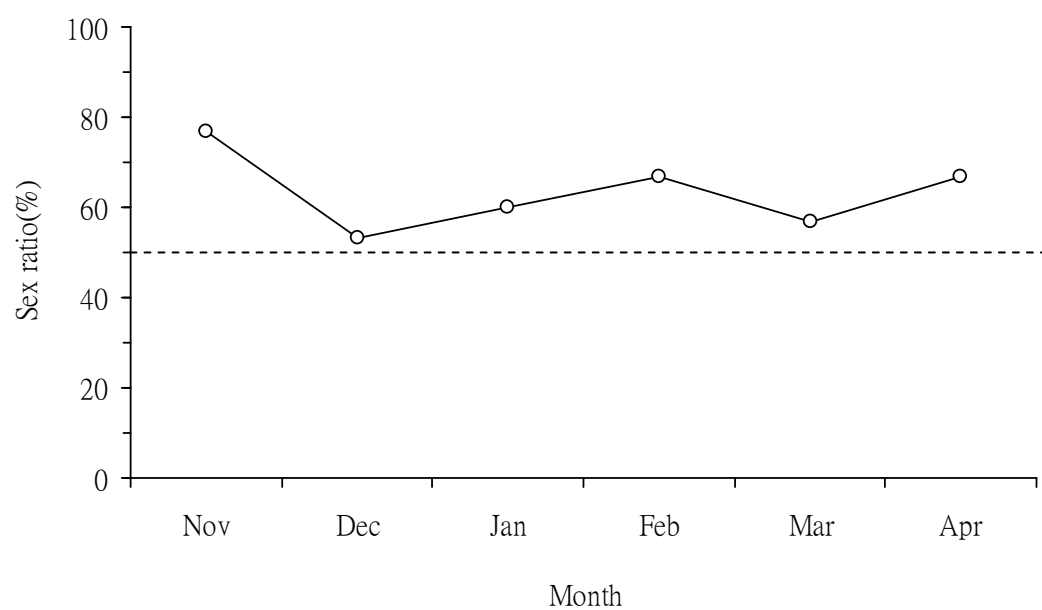


圖 10. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月清水溪採集之粗首鱾雌魚性別比例組成百分比之月份變化。

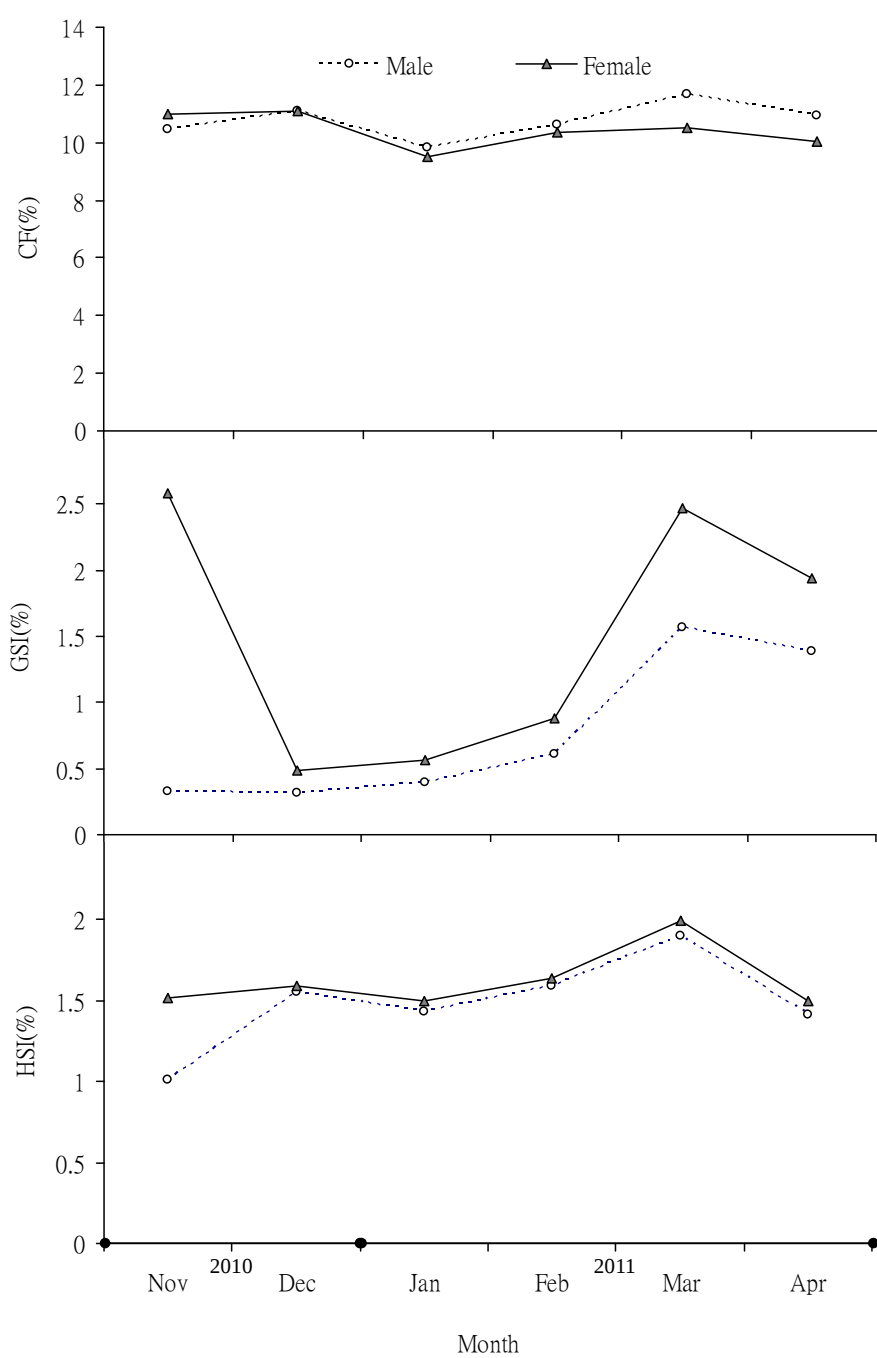


圖 11. 2010 年 11 月至 2011 年 4 月清水溪採集之粗首鱲 CF、GSI 及 HSI 值分布。

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：2011 年 1 月 1 日至 2011 年 12 月 31 日

計畫主持人：張世倉、葉明峰

研究人員：陳美洙、陳德鴻

一、摘要

臺灣的水系特性為河川長度短、流路短促、河床比降大、降雨集中等特性，因此為了水資源充分利用，建立水庫為解決方法之一。湖山水庫建置後將呈現三區塊不可回復之明顯改變：（一）清水溪（桶頭攔河堰下游）因流量減少而影響其下游河川生態；（二）湖山水庫庫區下游水域（北港溪部分）之河川生態也將受影響；（三）原水庫區之河川生態改為水庫生態。本計畫之目標擬推動湖水水庫及相關溪流生態系永續經營管理並研擬及探討分析前述三類變化對溪流生態系影響程度及研擬緩解影響的可能作為，並蒐集整理國內外水庫常見經營管理辦法後提出供湖山水庫經營管理參考用。溪流生態系轉變為水庫生態系後，棲地無法回復，且水域生物較難以棲地復育技術來進行規劃，因此相關溪流生態系經營管理著重於將來水庫建造完成後水庫區域、水庫下游溪流、北勢坑溪及清水溪等河段之經營管理辦法之訂定，未來並持續與相關管理單位及當地居民討論後隨時修正與檢討，使本計畫未來在經營管理應用上更臻完備。

二、計畫目的

湖山水庫其水源為濁水溪河系之清水溪，屬於中游河川生態，而水庫位址則屬於北港溪河系上游支流梅林溪之水源河谷，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，雨水停時溪流量小，乾季時甚至部份河段有斷流情形，因此水庫水源引入後，將呈現三區塊不可回復之明顯改變：（一）清水溪（桶頭攔河堰下游）因流量減少而影響其下游河川生態；（二）湖山水庫庫區下游水域（北港溪部分）之河川生態也將受影響；（三）原水庫區之河川生態改為水庫生態。

故溪流生態系整體計畫之目的旨在探討及分析前述三類變化對溪流生態系影響程度及研擬緩解影響的可能作為，並蒐集整理國內外水庫常見經營管理辦法後提出供湖山水庫經營管理參考用。其研究策略主要藉由調查及監測相關溪流生態系統之水域生物相、指標魚種生活史、水域生物適合之棲地及基流量，以及架構水域生態系食物網模式等工作，來釐清水庫興建對溪流生態系之影響，並針對影響提出具體建議。因

此本計畫擬藉由水域生物監測、指標魚種生活史、水域生物適合之棲地及基流量及水域生物生態系食物網模式等累積資料，訂定未來溪流生態系及水庫經營管理辦法，並依此提出溪流生態系經營管理計畫研擬及檢討更新，俾利將來水庫完工後之經營管理參考。

三、重要工作項目及實施方法

（一）溪流生態系與水庫經營管理研擬及檢討

本計畫先參考國內外相關文獻，撰寫報告及研擬溪流生態系經營管理方向，另邀請溪流生態系相關專家學者及中區水資源局研擬討論，並持續納入當地社區居民相關意見及溪流生態系相關調查研究成果分析資料後，進行檢討與修正，俾利將來水庫完工後之經營管理參考。

（二）歷史資料與長期監測資料分析與檢討

根據以往清水溪及梅林溪調查並監測相關溪流生態系統之水域生物相、指標魚種生活史、水域生物適合之棲地、基流量與食物網組成等基礎資料，再加上長期監測資料，定時分析並檢討修正後納入經營管理計畫書中。

四、結果與討論

湖山水庫位於雲林縣斗六市、古坑鄉相鄰山區，設置的目的主要供應雲林地區工業與民生用水，並減緩雲林沿海地層下陷，改善當地環境品質之中型離槽水庫。本計畫我們檢討出三大方向：1.溪流生態系轉變為湖泊生態系的意義；2.溪流與水庫的經營管理技術；3.經營管理計畫的研擬與評估，詳如附錄「湖山水庫相關溪流生態系經營管理建議書初版」本計畫整個架構圖如圖 1，主要架構與內容如下：

第壹章、前言

- 一、計畫緣起
- 二、湖山水庫工程基本資料
- 三、參考文獻

第貳章、擬解決問題與未來展望

- 一、擬解決問題
- 二、未來展望
- 三、參考文獻

第參章、湖山水庫及其相關溪流概況

- 一、湖泊及水庫生態介紹

二、水域生態介紹

(一)梅林溪流域

(二)清水溪流域

三、參考文獻

第肆章、湖山水庫及其相關溪流經營管理辦法研擬

一、水庫管理：湖山水庫區域經營技術與管理方案、策略及作法等

二、流域管理：水庫下游、北勢坑溪及清水溪桶頭攔河堰上下游經營管理要點

三、社區發展及管理

四、參考文獻

五、結論與建議

溪流生態系轉變為水庫生態系後，棲地無法回復，且水域生物較難以棲地復育技術來進行規劃，因此相關溪流生態系經營管理著重於將來水庫建造完成後水庫區域、水庫下游溪流、北勢坑溪及清水溪等河段之經營管理辦法之訂定，未來並持續與相關管理單位及當地居民討論後隨時修正與檢討，使本計畫未來在經營管理應用上更臻完備。

六、參考文獻

汪靜明。2002。河川生態保育。國立自然科學博物館。

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(1/2)。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(2/2)。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。

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。

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/>。

經濟部水利署全球資訊網。<http://www.wra.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。

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.

Jenkins, R.M. 1970. Reservoir fish management. Page 178 *in* N.G.

表 1. 湖山水庫相關溪流生態系經營管理之研擬及檢討計畫預定進度表

工作項目/年度	99	100	101	102	103
1. 溪流生態系經營管理計畫書大綱研擬及檢討	✓	✓	✓	✓	✓
2. 桶頭攔河堰下游最低水位之生態基流量計算及建議			✓		
3. 推估梅林溪及清水溪受影響物種、食物網變化及相關建議		✓	✓	✓	
4. 建立以關鍵/優勢物種為指標的標準監測程序		✓	✓	✓	✓
5. 梅林溪主流及北勢坑溪監測及經營管理建議		✓	✓	✓	✓
6. 庫區魚類食性及清水溪引入魚種之生活史研究		✓	✓	✓	
7. 模擬庫區魚類食物網模式			✓	✓	
8. 水質、外來種管理建議之研擬				✓	✓

第壹章、前言

一、計畫緣起

雲林縣位於濁水溪下游南岸，人口約 74 萬人。因濁水溪豐枯懸殊，且大多為農業灌溉所用，故雲林縣自來水每日用水 24 萬 ton，全部來自地下水，且圳路下游末端之農業灌溉及沿海之養殖用水亦大部分抽取地下水供應，致使雲林地區之地下水年超抽量高達 2 億 ton 以上，造成雲林縣大部份地區地層下陷，局部地區下陷量甚至超過 2m，且仍持續沉陷中。部分地區之地下水發現「砷」污染，已不適於飲用水源，所以亟需另尋地表水源以茲替代，並期能減緩本區之地層下陷問題。另近年來臺灣高鐵雲林站所在之土庫鎮及元長鄉下陷速率亦增至平均每年 9.5cm，如未能設法遏止或減緩，將嚴重威脅高速鐵路行車安全。

經濟部水利署經多年規劃並經方案比較後，計畫於斗六丘陵西麓闢建湖山水庫，由清水溪引入豐水期餘水蓄存，以提供枯水期供水。預估完工後，與集集共同引水工程聯合運用（即豐水期藉集集堰引用濁水溪水源，枯水期再利用湖山水庫之蓄水），為雲林地區提供質優量穩之地表水源，除可作為民生用水之替代水源以減抽地下水，緩和地層下陷及提升民生用水品質外，剩餘水量亦可提供區域發展用水，提高產業投資意願。

二、湖山水庫基本資料

湖山水庫的大壩共有湖南壩、湖山主壩及湖山副壩等三座，前兩者壩體高度最高達76m，湖山副壩最高則為63m，由北往南分別湖山主壩、湖山副壩及湖南壩（如圖1）（中興工程顧問股份有限公司 2006）。

◎位置：雲林縣斗六市、古坑鄉

◎河系：梅林溪

◎集水面積：湖山水庫集水區位於北港溪支流梅林溪上游，總集水面積僅 6.58 km²，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

◎最高洪水位（又稱最大可能供水位（CMS））：標高213.4m

◎總蓄水量：5,347 萬 ton

◎有效蓄水量：有效蓄水量（呆水位標高以上容量）為 5,218 萬 m³。

◎呆水位標高：165m

◎壩型：中央心牆式土石壩

◎壩頂：標高216m

◎最大壩身高度：76m

- ◎壩頂長度：湖山主壩約 615m、湖山副壩約 394m、湖南壩約 648m
- ◎壩頂寬度：10m
- ◎壩體積：1,295m³
- ◎大壩工程開工日期：2007 年 6 月 11 日
- ◎預計完工日期：2014 年 9 月 1 日
- ◎溢洪道：設計流量每秒 346m³
- ◎取出水工：設計取水量每秒 10m³
- ◎輸水管路：自水庫到林內約 13.58km

桶頭攔河堰部分：

- ◎位置：南投縣竹山鎮桶頭里，清水溪桶頭吊橋下游約 70m
- ◎堰型：原設計案已重新發包，相關資訊待確認
- ◎堰頂高度：原設計案已重新發包，相關資訊待確認
- ◎堰高：原設計案已重新發包，相關資訊待確認

引水路：

- ◎長度：4,120m
- ◎設計引水量：每秒 20m³

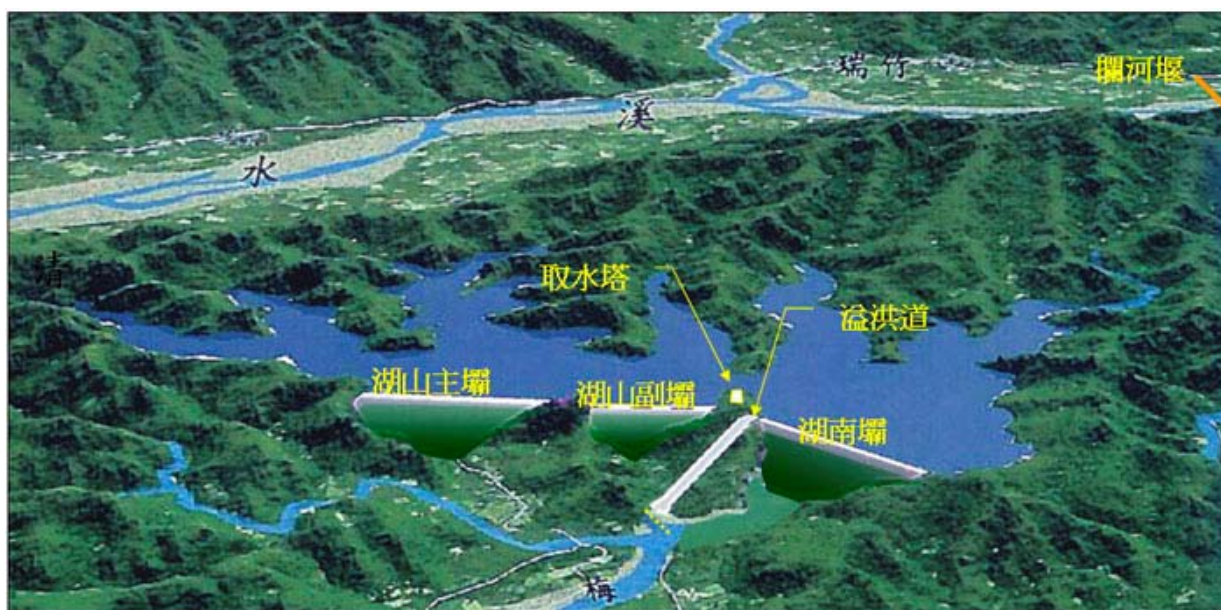


圖 1. 湖山水庫完工模擬圖。（資料來源：經濟部水利屬中區水資源局-湖山水庫工程計畫網頁）

本計畫之目標旨在推動湖水水庫及相關溪流生態系永續經營管理並研擬及探討分析湖山水庫建置後：（一）清水溪（桶頭攔河堰下游）因流量減少而影響其下游河川生態；（二）湖山水庫庫區下游水域（北港溪部分）之河川生態也將受影響；（三）原水庫區之河川生態改為水庫生態等三項對溪流生態系影響程度及研擬緩解影響的可能作為，並蒐集整理國內外水庫常見經營管理辦法後提出供湖山水庫經營管理參考用。

未來經營管理目標為下列三項：

- （一）規劃湖山水庫永續經營管理白皮書：透過有效的水庫及集水區管理方式，結合水資源永續利用的概念，延長水庫運轉壽命。
- （二）提出減輕溪流生態系轉變為水庫生態系對當地原生魚種衝擊之方案；
- （三）促進在地民眾及社區自治發展。

三、參考文獻

中興工程顧問股份有限公司。2006。湖山水庫工程計畫大壩工程細部規劃報告。經濟部水利署中區水資源局。

經濟部水利署中區水資源局-湖山水庫工程計畫網頁。<http://www.wracb.gov.tw/>。

經濟部水利署全球資訊網。<http://www.wra.gov.tw/>。

第貳章、擬解決問題及未來展望

一、擬解決問題

未來湖山水庫庫區的棲地將由溪流型轉變為水庫型態，將面臨的重大問題為（如圖 2）：

- (一)移動限制：湖山水庫水壩壩體及清水溪桶頭攔河堰將成為上下游水域生物移動障礙，未來應否擬訂定期監測或建議清水溪桶頭攔河堰魚道效益評估等。
- (二)水域棲地不足：湖山水庫水壩及清水溪桶頭攔河堰下游流量減少後，何種魚種將會受到影響或限制？因應對策為何？棲地改變後的物種及其生態系模式之推擬。
- (三)水質及外來種問題：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之問題，因此將蒐集桶頭攔河堰完工後之河川斷面資料，並試算下游最低水位之生態基流量及下游淘沙狀況建議。

二、未來展望

陽光、空氣和水為生命三要素。河流是地球上所有生物與人類賴以維生的重要資源，也是水循環中非常重要的一部分。河川被視為集水區生態系統賴以維持的動脈，隨著人為活動的發展，對水質與水量的影響程度愈來愈大，河川生態問題亦隨之惡化，造成溪流生物與濱溪生物生存環境壓力增加，影響棲息物種的種類及數量。因此本計畫長期的目標為降低或減緩湖山水庫及桶頭攔河堰興建後，對溪流生態系的負面衝擊，提供指標物種所需的棲地建議及最佳化管理，以利其族群繁衍並維護溪流生物多樣性，供國內水利相關人員之參考應用，有助於提昇臺灣地區水資源多元化及永續經營之管理成效。



二、 參考文獻

- 李麗華。2010。湖山水庫水域生態食物網模式之建構。「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。389－404 頁。
- 陳榮宗、張世倉、陳德鴻、蘇美如、張仁川、陳美洙。2010。清水溪及梅林溪河川生態系變遷監測。「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。225－310 頁。
- 陳榮宗、張世倉、陳德鴻、蘇美如、陳美洙。2009。清水溪及梅林溪河川生態系變遷監測。「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。269－374。
- 陳榮宗、張世倉、陳德鴻、蘇美如、陳美洙。2008。清水溪及梅林溪河川生態系變遷監測。「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。267－363 頁。
- 陳榮宗、張世倉、李芬芳、陳美洙。2007。清水溪及梅林溪河川生態系現況評估。「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。311－373 頁。
- 葉明峰、張儷瓊。2010。清水溪及梅林溪水域生物棲地需求研究。「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」(99 年度工作計畫)成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。343－388 頁。
- 葉明峰、張儷瓊。2009。清水溪及梅林溪水域生物棲地需求研究。「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。395－446 頁。
- 葉明峰、張儷瓊。2008。清水溪及梅林溪水域生物棲地需求研究。「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」(97 年度工作計畫)成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。337－387 頁。
- 葉明峰、張儷瓊。2007。清水溪及梅林溪水域生物棲地需求研究。「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」(96 年度工作計畫)成果報告書。經濟部水利署中區水資源局。383－421 頁。

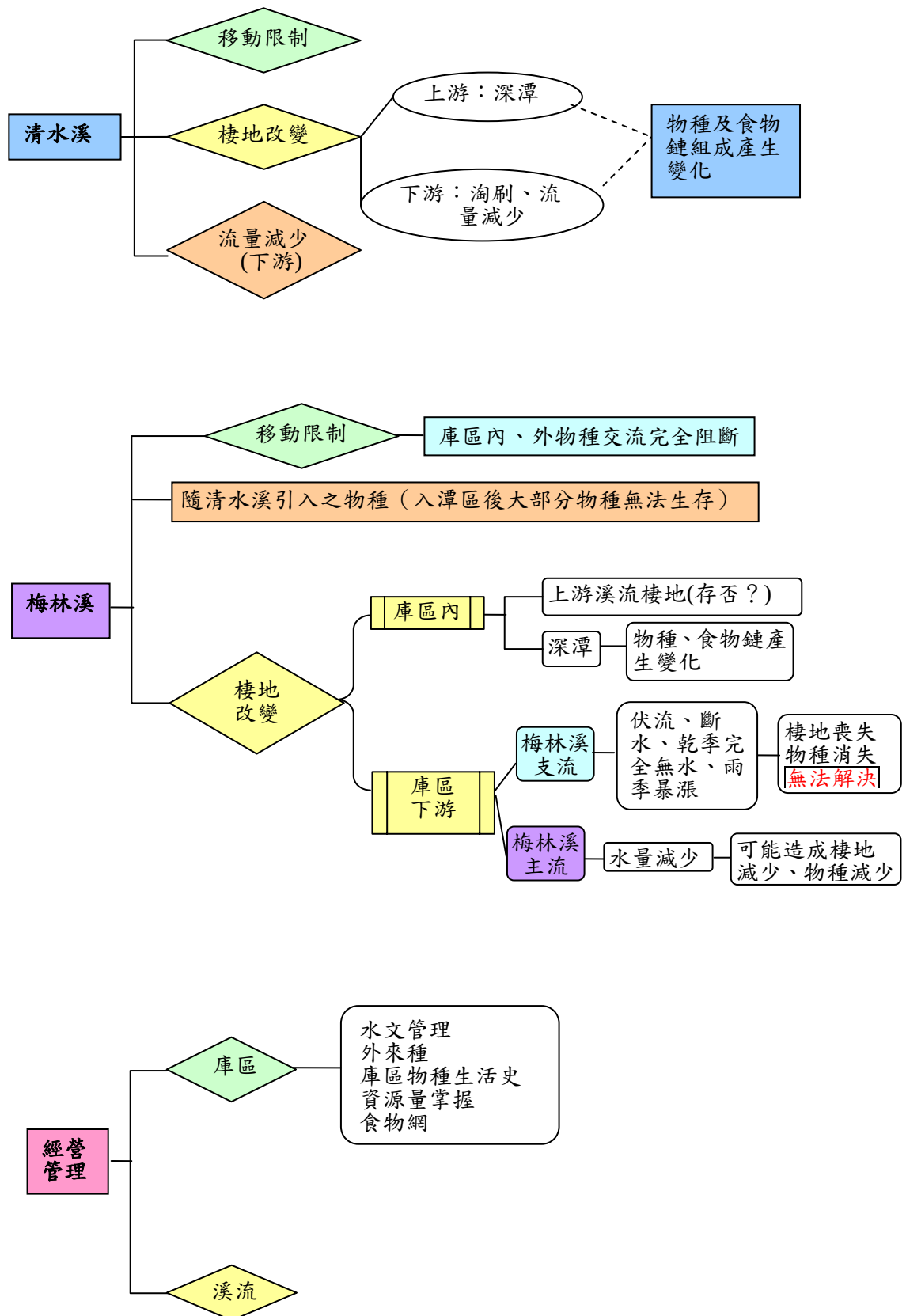


圖 2.湖山水庫溪流生態系遭遇問題及未來經營管理方向研擬架構圖。

第參章、湖山水庫及其相關溪流概況

一、湖泊及水庫生態系統

從湖沼學嚴格的定義來看，所謂「湖泊」是指有一定深度的靜止水體，湖的某一部分陽光是無法穿透照射到的。而廣義的湖泊定義則是指由地表窪地蓄水而成，具有一定的蓄水量，並且不與海洋發生直接聯繫的水體，它是由湖岸、湖面、湖盆、湖水以及水中所含的物質所組成的一種複雜自然環境（何及王 2002）。陸地的天然湖泊，或是人造埤塘、水庫，都是屬於湖泊的一種。從地質史的角度來看，湖泊是屬於暫時性的水體，最終會被集水區內沖刷下來的泥砂淤積，演變成深度愈來愈淺、面積慢慢縮限的現象，並逐步演化為陸地，只是此老化過程或有速度與幅度上的差異而已（中華民國溪流環境協會網頁）。

湖泊因水域面積大小、深淺、植生有無或陸域化程度的差異，衍生出許多看似南轅北轍的名稱，這些名稱多屬當地民眾習慣的用法，至今未必有統一的科學標準能加以區隔。在華人社會，通常面積較大者稱為海、湖、泊、潭，面積小而圓者稱為池或塘；湖中或湖岸長有大量的草、灌木或樹者稱為沼澤。至於透過人工方式構築，具有給水、防洪、發電、灌溉、觀光遊憩等功能的湖泊，則稱為水庫。

- ◆ **湖泊及水庫生態系統。**湖泊及水庫生態系統為連續性變化，如光線增加與減少、植物生長與死亡、營養的產生與利用、水生昆蟲的孵化與出現、水的定期與不定期循環等。認識到湖泊及水庫內部的生態系統自然變化，不僅可以了解湖泊生態，也可預測湖泊及水庫管理成果成功與否。例如，夏季藻類大量增生產生優養化現象，造成藻類及水生生物大量死亡，破壞食物鏈的平衡。如果了解這些湖泊及水庫的自然生態系統變化及，儘早提出正確的管理及因應辦法，可避免浪費人力和資源，並增加水庫經營管理之成效。
- ◆ **集水區流域（watershed）。**湖泊或水庫為其上游集水區流域所蓄積而成，因此水庫上游集水區的土壤、顆粒、沈積物質、有機碎屑等，皆會沈積至水庫區域中形成水庫生態系統之一部分。因為在湖泊及水庫管理上，集水區流域的管理也是重要的環節。

「水庫集水區」，依水土保持法第 3 條定義為水庫大壩（含離槽水庫引水口）全流域稜線以內所涵蓋之地區，水庫集水區面積小則數平方公里，大至數百平方公里，目前臺灣地區水庫集水區面積最大者為石門水庫集水區，高達 763.4 km²，集水區保育之良窳直接影響下游匯流處水庫之水源、水質及水量（陳炳訓、陳芳瓊 2008）。

水庫集水區治理權責劃分經行政院政務委員多次協調，95年3月20日行政院核

定由經濟部、內政部及行政院農業委員會會銜報院之「水庫集水區保育綱要」，該綱要中明確揭示，水庫集水區保育計畫有關水土保持工程依業務權責及專長分工治理，說明如下：

1. 經濟部水利署負責水庫蓄水範圍（含保護帶）治理。
2. 行政院農業委員會林務局負責國有林班地治理（不含蓄水範圍）
3. 行政院農業委員會水土保持局負責2者以外之山坡地治理。
4. 有關道路水土保持部分，則由道路主管機關依權責辦理（路權及上下邊坡不可分割之治理範圍）。

水庫集水區面積廣大，牽涉的法令很多，除水利法、野生動物保育法、森林法、水土保持法、山坡地開發利用條例、國家公園法、文化資產保存法、發展觀光條例等等有關土地使用的法令及水污染防治法、廢棄物清理法、空氣污染防制法等有關環境污染的管制法令。此外，尚牽涉國有財產法、民法、原住民保留地管理辦法。與河川土壤工程維修有關的尚有水利法、公路法。如何有效連結龐雜的相關法規，或訂定統一的「水庫集水區管理法」，應是討論水庫集水區管理改進的重要問題。

- ◆ **暨有水庫集水區管理現況與問題。**臺灣因地狹人稠，大部分水庫上游集水區已有不同程度的開發，如何整治避免水庫的水質污染，已為重要的處理問題。因此，相關單位應就該地區集水區內各類型開發做詳實的資料調查，並篩選出重點地區進行處置；其他則透過折遷補償、農藥肥料使用技術的指導、低污染農藥低價或免費的發送等誘因手段，以減少污染。此外，也不排除在較污染地區實行總量管制（亦即採用經濟誘因手段，或非點源控制（nonpoint source control）以達成最佳管理作業（BMP, Best Management Practices）的目標。另尚有土地使用權、水庫集水區迴饋費用之規劃、不當放生原生物種或外來物種等相關問題（水環境研究中心網頁）。

目前依水利署公告之水庫蓄水範圍使用管理辦法（1999年訂定，2001年、2003年及2005年修訂）規定，蓄水範圍內有下列行為時，需向管理機關（構）申請許可：1. 施設建造物；2. 變更地形地貌；3. 放生、捕撈孳生魚類、水產物；4. 行駛船筏、浮具；5. 水域、水面使用；6. 其他影響水庫水質、水庫營運安全之使用行為。2007年日月潭受外來魚種入侵，嚴重破壞水庫內生態平衡，南投縣政府特訂定「南投縣放生保育自治條例」（參考附錄I），條例內容針對放生的申請規定及相關獎勵罰則規定清楚，在自然保育管理上為一良好典範。

因湖山水庫為離槽水庫，主要引用清水溪流域之水源，因此除了水庫上游集水區管理外，清水溪上游集水區也是未來管理的重點之一。

二、溪流生態系統

（一）梅林溪流域

◇ 流域概況簡介

梅林溪發源於斗六市及古坑鄉交會之木瓜潭山附近，為北港溪上游虎尾溪支流之一，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，雨水停時水量小，乾季時甚至有部分河段為斷流情形。虎尾溪上游河段多位處丘陵山坑中，呈散形放射狀蜿蜒流向西南方後，與石榴班水系等支流匯入虎尾溪流域後，最終為北港溪由雲林縣口湖鄉台子村入海。本流域山地部分標高約在 100–270m 間。梅林溪上游各河段植被遮蔽度較高，河床底質主要為砂、小礫石及大礫石為主；流水型態以淺流為主，偶有深流及深潭分布（黎明工程顧問股份有限公司 2007）。梅林溪流域係由南勢坑溪、中坑溪、北勢坑溪及土地公坑溪匯流而成，注入梅林溪後至埤頭匯入石榴班溪至縱貫鐵路橋下游始稱虎尾溪，河道自發源地至虎尾溪（縱貫鐵路橋下游）至與大埔溪匯流止，全長約 11.5km，流域面積約 57.76 km²，流域河道平均坡降以梅林橋為界，上游河道坡降約為 1/100，下游河道坡降約為 1/170（經濟部水利署水利規劃試驗所 2002）。

◇ 地質與土壤

本流域上游地質在東側斗六丘陵露出地層屬更新世之頭嵙山層，包括火炎山礫石與香山砂岩兩種岩相；土壤教為崩積土，凡較陡之地形其土壤及由發育較久之土壤物質與發育時間較短者混合之，但因不同土壤物質發生土壤位移現象故稱崩積土。崩積土之特性為剖面內含有未成土之碎石或岩塊。且崩積土因分布於地形較陡之處，成土較不穩定且未充分發育，尚保有母質特性，因此肥力及滲透性較佳並疏鬆。

自梅林溪主流附近起則為全新世沖積層，由礫石、砂及黏土組成。沖積土由河流泥砂沈積而成，一般多為高經濟農作物耕作地。

◇ 產業活動

本流域多屬淺山丘陵地，除天然林外，主要以竹林、檳榔、芒果、柑橘及龍眼等經濟作物為主。

◇ 水質

依據行政院環境保護署 2010 年 1 月至 2011 年 7 月梅林橋水質檢測平均資料來看，該地區河川水質以臺灣河川污染指數（River Pollution Index, RPI）來看為中度污染至嚴重污染等級，水體分類水質標準為乙類水體（二級公共用水，指經混凝、沈澱、過濾、消毒等一般通用之淨水方處理可供公共給水之水源）（行政院環境

分析歷年梅林溪流域捕獲魚種中，未來由溪流型生態轉變為水庫型生態後，原本生存物種受棲地型態改變仍可適應者為鯉科的粗首鱖、臺灣馬口魚、臺灣石鱖、鰻鱺科的鱸鰻、鰕虎科的短吻紅斑吻鰕虎及明潭吻鰕虎，依據鯉魚潭水庫（葉2009）的調查結果顯示，庫區內靠近岸邊處，皆可捕獲臺灣石鱖、臺灣馬口魚、粗首鱖、明潭吻鰕虎、短吻紅斑吻鰕虎及鱸鰻等，但上述這些魚種是否可在潭區型態水域完成生活史，仍需待進一步研究瞭解。梅林溪上游共有土地公坑溪、中坑溪、北勢坑溪、南勢坑溪及崙尾坑溪等5條上游型河川，水庫建造完成受工程構造物阻隔後，梅林溪匯流口附近流量僅剩北勢坑溪的流量可補充，屆時梅林溪主流流量勢必減少，而損失流量的水位差，即是水域生物可利用棲地減少的面積，如此勢必對梅林溪河段水域生物會有一定程度的影響。原本梅林溪河段中數量頗豐的粗首鱖則因原本生活區域皆在庫區以外，因此我們推估粗首鱖族群可能會往下游移動。另外庫區動工後，庫區外（北勢坑溪）及梅林溪主流下游的魚類捕獲量有增多的趨勢。因此我們建議管理單位需適時由水庫排放適合水生生物生存之水量至庫區下游，以補充損失的流量。建議湖山水庫壩體下游定期實行河川斷面檢測，以計算生態基流量基本排放量。

◇ 水庫上游棲地評估

魚類等水生族群移動範圍僅在溪流中，因此溪流生態系棲地遭破壞後，除非原棲地回復或改善，否則這些水生族群無法生存。梅林溪上游水域棲地遭水庫興建破壞後，即由原本溪流生態系轉變為湖泊生態系，使原本適合棲息於溪流生態系的魚類相改變。本計畫於2010年實地勘查完三條庫區溪流（土地公坑溪、崙尾坑溪及南勢坑溪）環境後，三條溪流都為可跨越性溪流，屬性為水源河谷的上游河川生態，為雷公溪型河川，暴雨來時河水迅速上漲，雨水停時溪流水量少，乾季時甚至部份河段有斷流情形，三條溪流又因溪流長度與坡降及河床地質的不同，形成不同的流況及生態環境，整體而言，崙尾坑溪大部分底質性質較大，使得表面流水多為不連續之情況，水域生態較無法長久穩定形成，所以已不存在繼續提供原棲息於此之物種生存的條件。而南勢坑溪雖然溪流長度長，水量較多且有連續流況，但因施工頻繁環境變遷較大，生態棲地環境不穩定，上游區域也有許多部分有斷流情形發生，也已不存在繼續提供原棲息於此之物種生存的條件。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，評估後尚存有溪流棲地之環境，該環境可繼續提供原棲息於此之物種生存的溪流。

整理以上三溪流之情況，將來庫區引入水源後，大部分的棲地將因淹沒而減少或消失，唯有土地公坑溪可繼續提供原棲息於此之物種生存。我們考量以往現地調查資料，三條庫區溪流內之魚類相組成無特殊魚種存在，並考量人力及節省

經費成本，將來如有需要監測上游生態環境變化，建議可併入本計畫中實施。

（二）清水河流域

◇ 流域概況簡介

清水溪為濁水溪重要支流之一，發源於阿里山（海拔 2,280 m）北麓，清水流域為礫石河床，河流湍急而富變化，水流至桶頭地區河床漸寬，主流河床平均坡降約 1/100，主流流路長約 46km（其上游行正橋至乾坑溪匯流口河床平均坡降約 1/66，流路長 22km；阿里山溪河床平均坡降約為 1/10，流路長 4km）。清水流域東高西低，河道走勢為東南向西北，流經阿里山山脈、南投丘陵、竹山丘陵等山區，至二水鐵路橋上游匯入濁水溪，清水流域近 80% 為山地與丘陵地。

◇ 地質與土壤（經濟部水利署 第四河川局 2010）

清水河流域上游大致為砂岩及頁岩互層，中上游之岩層岩質較軟弱，節理特別發達，每逢大雨後，或受地下水之浸潤，導致頁岩軟化，易沿傾斜之層面崩落。清水流域最具災害潛能處當屬草嶺崩塌地一帶，週遭地區露出地層由老至新分別為：上新世綿水頁岩與卓蘭層、更新世台地堆積層等。

清水河流域下游多為沖積土、雜地及紅壤等；丘陵低山地區則為崩積土、黃壤及石質土等所組成。

◇ 產業活動

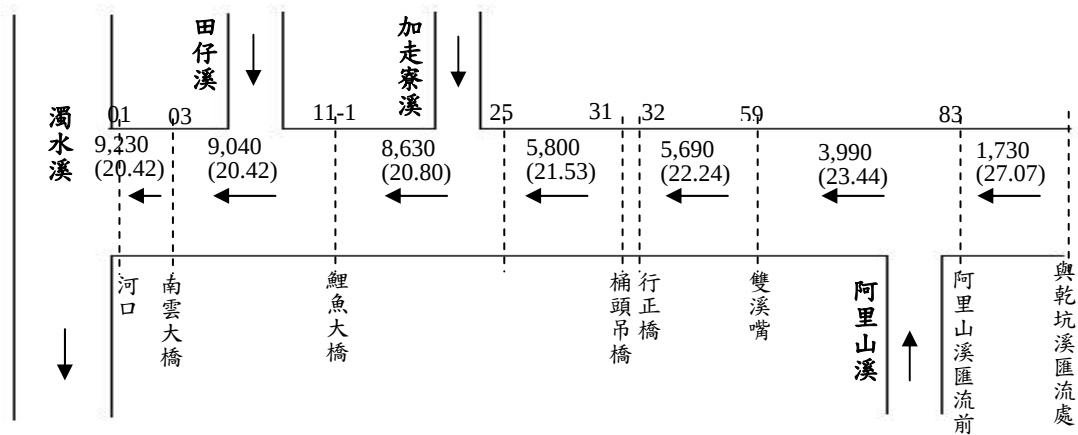
清水流域除闊葉林、針葉林等天然林之外，其他主要以竹林、茶葉、香蕉與稻米為大宗。

◇ 水質

依據行政院環境保護署 2010 年 1 月至 2011 年 6 月止南雲大橋水質檢測平均資料來看，該地區河川水質以臺灣河川污染指數來看為未(稍)受污染至中度污染等級，水體分類水質標準為乙類水體（行政院環境保護署網頁資料）。清水溪屬山區型河川，水質較不易有工業或住宅區污染之情形，但大雨過後溪水會夾帶大量泥砂，懸浮固體增加，導致 RPI 值為中度污染等級。

◇ 河川流量

清水溪河段因地質環境特殊，加上 1999 年 921 地震後，造成集水區地層鬆動，崩塌地遍布，每遇颱風暴雨，常造成土石流，使本溪形成高含砂水流的流動型態，且河段坡陡水急流路蜿蜒且分歧，河槽遷徙很大，流路不穩定。另清水溪流域水文特性為豐枯水期明顯，且地勢坡陡，容易因降雨強度增大導致地面衝擊力增加，故需配合治山防洪工作（經濟部水利署第四河川局 2010）。



單位：m³/s；()內為比流量

圖 4. 清水溪流域各河段計畫洪峰量分配圖（高含砂水流）（資料來源：經濟部水利署第四河川局 2010）。

◇ 清水溪魚類生態

自 2007 年 5 月至 2010 年 12 月底止，清水溪河段共發現 8 科 23 種魚類(表 5)，其中特有種 13 種；屬珍貴稀有保育類野生動物-埔里中華爬岩鰍 1 種；外來種為尼羅口孵魚。桶頭攔河堰下游主要優勢魚種為臺灣石鱖、粗首鱖、明潭吻鰕虎、臺灣間爬岩鰍、埔里中華爬岩鰍及高身小鰮鰻；桶頭攔河堰上游主要優勢魚種為臺灣石鱖、明潭吻鰕虎及粗首鱖；蝦類則以洄游型的大和沼蝦為主。

分析歷年清水溪捕獲魚種中，在清水溪主流河段上下游皆有分布的魚類有臺灣石鱖、臺灣馬口魚、高身小鰮鰻、粗首鱖、明潭吻鰕虎、臺灣間爬岩鰍、埔里中華爬岩鰍、短臂鮠等；蝦蟹類則為大和沼蝦及臺灣沼蝦。未來桶頭攔河堰建造時，應考量上述會受桶頭攔河堰影響的魚蝦蟹，另藉由 Ecosim 模擬清水溪興建桶頭攔河堰後物種的變化顯示，各生物類群的生物量皆會隨藻類生物量減少而遞減，其中清水溪植食性魚類生物量降到 10% 以下。藻類生物量下降到 60% 時，可能會對植食性魚類造成較大的衝擊影響，因此建議在攔砂壩興建後，攔砂壩下游水量排放基準，應考量足夠下游藻類維持 60% 以上的生物量。

葉等於 2010 年報告中以 2009 年桶頭水位流量站資料，套入水理模式計算研究河段在各種流量下之水理參數（水深、流速），並配合當地優勢魚種－臺灣石鱖、明潭吻鰕虎之棲地適合度曲線，試評估桶頭吊橋河段生態基流量。以臺灣石鱖為例，枯水期之生態基流量約為 0.5cms，低水河槽水深為 0.12m、流速為 0.69m/s，水深遠低於一般生態學者建議之 0.30m，將棲地多樣性相關的惡化因子之不良影響納入考慮，故建議枯水期之生態基流量維持 1.5cms，水深為 0.17m、

流速為 0.87m/s；豐水期之生態基流量約為 6cms，低水河槽水深為 0.35m、流速為 1.42m/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 0.40m/s。

建議桶頭攔河堰上下游定期實行河川斷面檢測，以計算生態基流量基本排放量。

三、參考文獻

水環境研究中心網頁。集水區經營管理。

http://140.124.61.21/newpublic_html/watershed/info/watershed_info_management.htm

。

行政院環境保護署。<http://www.epa.gov.tw/>。

汪靜明。2002。河川生態保育。國立自然科學博物館。

何立德、王鑫。2002。臺灣的湖泊。遠足文化事業有限公司。

林孟龍、王鑫。2002。臺灣的河流。遠足文化事業有限公司。

曹先紹。湖泊與水庫。中華民國溪流環境協會網頁。

http://wagner.zo.ntu.edu.tw/sos/sosknow/sosknow_1_4.htm#label1。

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(1/2)。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(2/2)。特有生物研究保育中心研究報告。

陳炳訓、陳芳瓊。2008。資源永續利用-水庫集水區治理與保育。經濟部水利署 節水季刊 48:15-19。

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。

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。

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。

經濟部水利署水利規劃試驗所。2002。湖山水庫下游河道治理規劃報告。經濟部水利署

黎明工程顧問股份有限公司。2007。北港溪河系河川情勢調查計畫(1/2)成果報告。經濟部水利署第五河川局。

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.

Jenkins, R.M. 1970. Reservoir fish management. Page 178 *in* N.G.

表 2. 湖山水庫下游河道各控制點計畫洪水量

單位：cms

控制站別	水庫興建前	水庫興建後			
	25 年重現期洪峰流量	25 年重現期洪峰流量 (扣除上游水庫集水面積)	25 年重現期洪峰流量 (加水庫溢流量)	25 年重現期洪峰流量 (加緊急排水工排水量)	採用值
南勢坑出口	75	75-54=21	-	-	75
中坑出口	25	25-14=11	11+64=75	11+38.4=49.4	75※
北勢坑出口	115	115-42=73	-	-	115
土地公坑出口	60	60-42=18	-	-	60
北勢坑溪與土地公坑溪匯流前	55	-	-	-	55
梅南橋	270	270-110=160	160+64=224	160+38.4=198.4	270
梅林橋	290	290-110=180	180+64=244	180+38.4=218.4	290
梅林溪與石榴班溪匯流前	310	310-110=200	200+64=264	200+38.4=238.4	310
石榴班橋	710	710-110=600	600+64=674	600+38.4=638.4	710
縱貫鐵路橋	765	765-110=655	655+64=719	655+38.4=693.4	765
虎尾溪與大埔溪匯流前	1100	1100-110=990	990+64=1054	990+38.4=1028.4	1100

說明：※ 表示最大流量較 25 年(水庫興建前、後)重現期洪峰流量為大。

資料來源：經濟部水利署水利規劃試驗所 2002

表3. 清水溪主流各控制點計畫洪水量

控制點	控制面積 (km ²)	重現期距(年)								
		1.11	2	5	10	20	25	50	100	200
清水溪河口	452.07	440	2,010	3,970	5,330	6,700	7,150	8,580	10,010	11,480
南雲大橋	442.73	440	2,000	3,900	5,220	6,580	7,020	8,410	9,800	11,250
鯉魚大橋	414.85	430	1,880	3,660	4,900	6,190	6,590	7,890	9,200	10,550
加走寮溪匯流口前	269.34	280	1,240	2,390	3,230	4,060	4,310	5,130	5,990	6,860
桶頭吊橋	255.87	270	1,190	2,280	3,070	3,870	4,100	4,890	5,690	6,530

單位:m³/s

表 4. 2007 年 5 月至 2010 年 12 月梅林溪調查樣站魚類名錄表

科名	中文名	學名 Species	屬性	水庫區內	備註	水庫區外	備註
鰻鱺科 Anguillidae	鱸鰻	<i>Anguilla marmorata</i>		✓		✓	
	臺灣石鱸	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	◎	✓		✓	
	臺灣馬口魚	<i>Candidia barbata</i>	◎	✓	優勢種	✓	優勢種
鯉科 Cyprinidae	高身小鰾鮒	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	◎			✓	
	粗首鱯	<i>Zacco pachycephalus</i>	◎	✓	優勢種	✓	優勢種
	明潭吻鰕虎	<i>Rhinogobius candidianus</i>	◎	✓	優勢種	✓	
鰕虎科 Gobiidae	南臺吻鰕虎	<i>Rhinogobius nantaiensis</i>	◎	✓		✓	
	短吻紅斑吻鰕虎	<i>Rhinogobius rubromaculatus</i>	◎	✓	優勢種	✓	

註 1：“II”為珍貴稀有保育類野生動物；“◎”為臺灣特有種；“△”為外來種。

註 2：調查計畫包含「清水溪及梅林溪河川生態系現況評估」、「清水溪及梅林溪河川生態系變遷監測」。

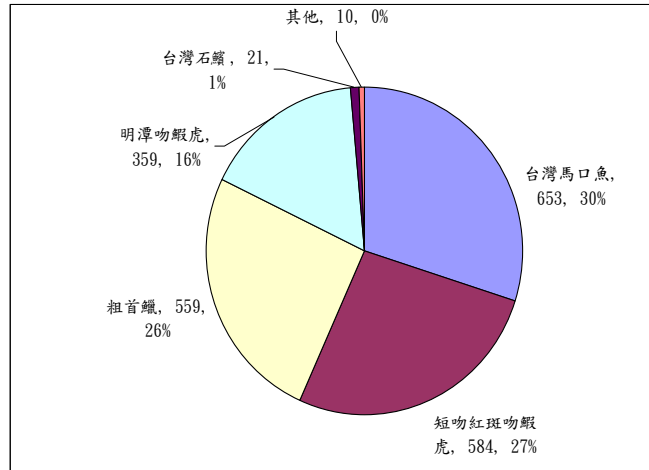
表 5. 2007 年 5 月至 2010 年 12 月清水溪調查樣站魚類名錄表

科名	中文名	學名 Species	屬性	上游	備註	下游	備註
鯉科 Cyprinidae	臺灣石鱖	<i>Acrossocheilus paradoxus</i>	◎	✓	1,2,優勢	✓	1,2,優勢
	臺灣馬口魚	<i>Candidia barbata</i>	◎	✓	1,2	✓	1,2
	鯽魚	<i>Carassius auratus</i>				✓	1,2
	鯉魚	<i>Cyprinus carpio</i>		✓	1		
	陳氏鰕鮒	<i>Gobiobotia cheni</i>				✓	2
	白鰻	<i>Hemiculter leuculus</i>				✓	2
	高身小鰾鮒	<i>Microphysogobio alticorpus</i>	◎	✓	1	✓	1,2,優勢
	鰻魚	<i>Scaphesthes barbatulus</i>		✓	1,2	✓	1,2
	臺灣石鮒	<i>Tanakia himategus</i>				✓	1
	粗首鰻	<i>Zacco pachycephalus</i>	◎	✓	1,2,優勢	✓	1,2,優勢
平鰭鰕科 Homalopteridae	臺灣纓口鰕	<i>Crossostoma lacustre</i>	◎	✓	1,2	✓	1,2
	臺灣間爬岩鰕	<i>Hemimyzon formosanus</i>	◎	✓	1,2	✓	1,2,優勢
	埔里中華爬岩鰕	<i>Sinogastromyzon puliensis</i>	◎ II	✓	1,2	✓	1,2,優勢
鰕科 Cobitidae	中華花鰕	<i>Cobitis sinensis</i>				✓	1,2
	泥鰕	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>				✓	2
鮠科 Bagridae	脂鮠	<i>Pseudobagrus adiposalis</i>	◎	✓	2		
	短臂鮠	<i>Pseudobagrus brevianalis brevianalis</i>	◎	✓	1	✓	1,2
鯰科 Siluridae	鯰	<i>Parasilurus asotus</i>		✓	1	✓	1,2
	棘甲鯰科						
Loricariidae	琵琶鼠	<i>Pterygoplichthys sp.</i>	△			✓	1
慈鯛科 Cichlidae	尼羅口孵魚	<i>Oreochromis niloticus</i>	△			✓	1,2
	明潭吻鰕虎	<i>Rhinogobius candidianus</i>	◎	✓	1,2,優勢	✓	1,2,優勢
鰕虎科 Gobiidae	極樂吻鰕虎	<i>Rhinogobius giurinus</i>				✓	1,2
	短吻紅斑吻鰕虎	<i>Rhinogobius rubromaculatus</i>	◎	✓	1	✓	1,2

註 1：“II”為珍貴稀有保育類野生動物；“◎”為臺灣特有種；“△”為外來種。

註 2：調查計畫包含「清水溪及梅林溪河川生態系現況評估」、「清水溪及梅林溪河川生態系變遷監測」及「清水溪水域生物棲地需求研究」，因此備註欄中電魚法採獲標本標示為 1；電格法採獲標本標示為 2。

梅林溪



清水溪

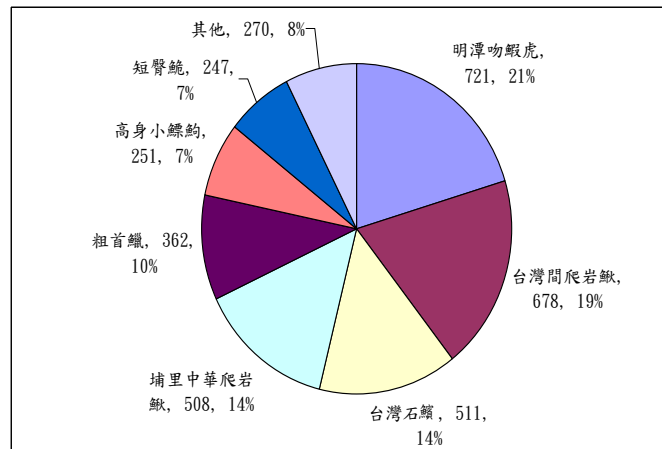


圖 5. 2007 - 2010 年兩溪流固定樣站調查魚類數量比例。

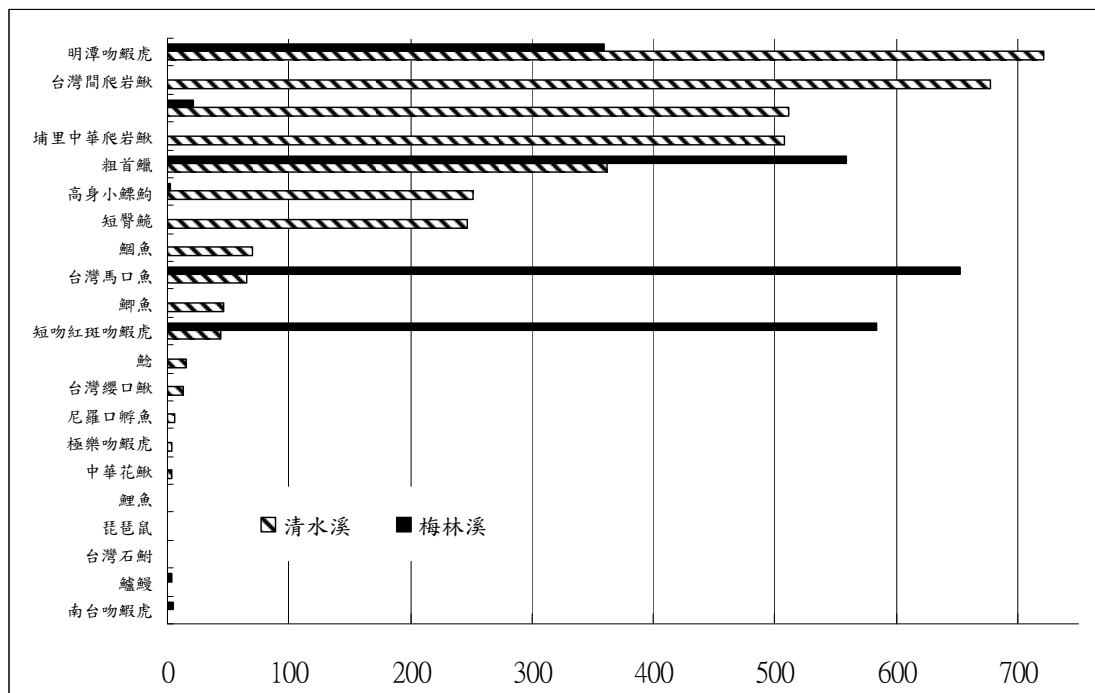


圖 6. 2007 - 2010 年兩溪流固定樣站調查魚種類數量比較。

第肆章、湖山水庫及其相關溪流經營管理辦法研擬

一、水庫管理

水庫的管理最終目標即為水質管理。我們蒐集國內外水庫常見管理辦法如下：

（一）臺灣的水庫現況

臺灣的水系特性為河川長度短、流路短促、河床比降大、降雨集中等特性，因此為了水資源充分利用，建立水庫為解決方法之一。根據經濟部水資源局統計資料整理指出，臺灣目前的水庫共有 41 座（不包含外島 24 座水庫），較大型的水壩及攔河堰約 28 座（表 7）。國內大型的水庫如翡翠水庫、石門水庫、日月潭水庫、鯉魚潭水庫等管理單位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等，在水庫營運後的經營管理僅著重於水庫區及集水區內水質及水文的管控，而國外的水庫經營管理除上述管控外，水庫魚群管理也為重要的一環，本計畫蒐集國外常用水庫的經營管理約略可分為下列幾項：

1. 水庫建造後常見問題

根據研究報告（Bhukaswan 1980）指出，水庫中魚類的生產力會在水庫建造完成後之前幾年達到最高，這是因為魚類可攝食之食物來源增加之故，但實際變化仍需視水庫位置及深度不同而定。而影響水庫魚類生產力的因素又大約分為：(1).土壤中釋出之營養物質；(2).淹水後植物分解形成之有機物含量；(3).水庫底層一些營養物質之流失量等。水庫的魚類生產力於初期達高峰後會因食物量減少而下降，此時應用魚群的經營管理則可提高並維持魚類的生產力。

2. 庫區魚類族群研究

通常庫區魚類會在水庫最初建造完成後幾年迅速增加，待魚類族群量達到穩定後，一般都會有年間或季節性的波動現象，而這些波動則與不同魚類的生活史及環境變化有關，因此了解這些變動因素後，較有利長期預測庫區內的魚類族群變動量。

（1）.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，水庫的魚種族群建立取決於各別魚種的性成熟時間長短而定，所以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族群變化分為三個階段：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。

水庫中的魚類族群建立達到穩定狀態可能需花費數年的時間，主要與魚種的生活史週期長短有關，通常在熱帶地區因為魚種的生活史週期較短，魚類族群達到穩時時間長度也較溫度地區短。

(2).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。

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，如無限制性的開放商業捕撈。因此水庫的魚群管理方式必須謹慎的進行，因為商業捕撈通常僅針對某些經濟型魚種，若無限量或限時（季節）捕撈，則魚種組成很快會失衡。

(3).族群量分布

為了有利於管理單位或人員更準確的預估水庫的魚群數量，建議最好可定期調查及估算水庫的魚群數量，一般常用的庫區內魚群量調查方法為刺網、拖網及魚探機等方式記錄庫區魚類的族群量、生長率、繁殖率，再輸入模式內來預估魚類的生產力，但因為各魚種喜好的棲息環境、不同的生活史階段、攝食方式、季節變動或物理、化學變化等條件，所以各個魚種是不均勻的分布在水庫中，所以在調查時需注意上述因子，以利準確分析魚類族群量。

3.庫區棲地管理

為了減少不當的水質、魚類棲地的劣化或水草增生過快降低水庫中魚類的產量，建議在棲地管理上必須注意下列幾點：

(1).木料的清除

許多水庫建造時是將庫區內的樹木完全清除才放水，但有研究學者指出，保留部分庫區樹木有下列優點：A.節省成本；B.林木可減少波浪沖刷岸邊；C.岸邊枯掉的樹木可減少邊坡的淘沖作用；D.有機物質分解時產生的二氧化碳，有助於混濁的粘土凝聚成膠狀物質；E.提供魚類更多樣化的棲地環境；F.提高附生在水庫中的木材、碎屑等有機物上之水生生物，增加魚類食物來源。但保留庫區中的木料則不利於將來發展中底層的漁撈活動。

(2).魚道的應用

水壩為需要洄游上溯產卵魚種的屏障之一，此時，魚道就可以讓需上溯的魚種有通道可游回上游棲地。溫帶地區的水庫應用魚道工程非常常見，因為溫帶地區溪流有大型經濟性魚種，如鱒魚、鮭魚等需要上溯到溪流上游產卵之魚種。但因魚道的設置成本昂貴，因此在魚道的設計上必須請專家學者與工程師密切配合，以規劃適當坡度、流速及符合對象魚種之型式，提高魚道的利用率。而臺灣河川短、坡降大與流速急為臺灣河川特性，夏季又常有短時暴雨之情形，往往造成溪水土石含量高，流路變化快速等變因，所以在臺灣的魚道設計上更需考量建置後魚道管理問題。

(3).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，因為水庫大壩調整放水量，使魚類無法上溯至合適之產卵棲所，致使這些魚種的族群量減少，因此溫帶國家的魚群管理中會納入在水庫上下游建造人工產卵棲地，提供這些經濟魚種的繁衍。在熱帶地區則因為具上溯習性的魚種主要為草食性魚種，這些魚主要的繁殖季節通常都在雨季，因為此時水流量較大，所以牠們通常可以順著水庫上溢至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。

(4).水庫下游水質管理

水庫下游的水源來自水庫的放水，而水庫受季節變化、水庫有機物或無機物的變動、水質物理或化學變化等皆會影響水庫下游之水質。因此水庫放水量管理也是值得深入研究之課題。

(5).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三種：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控制方法，如草魚等經濟性草食性魚種來達到抑制水生植物大量生長的目的，而將來這些魚種也可提供人類食用。上述三種方法也可以彈性地綜合應用。

4.放養魚種管理

水庫放養魚種管理就是應用不同程度的環境控制來達到魚種及族群量管

理的目的，一般常見的控制因素如下：

(1).某些不受歡迎魚種之移除

在東南亞及印度等熱帶地區，魚類是重要的蛋白質來源之一，因此所有的淡水魚都可當作人類的食物來源。密集並選擇性的捕撈，可以抑制較強勢領域性食肉魚類（如鯰魚）的族群數量，而使得雜食性及草食性魚種數量增加，提高經濟效益。

(2).放養魚種的選擇

魚類放養為一種最成功的水庫魚群經營管理方式。放養可分為二種，一種為放養當地原生魚種，另一為放養外來魚種。放養前應謹慎評估，避免破壞了整個食物鏈的平衡。

(3).增加食物供給

據研究報告（Bhukaswan and Pholprasith 1977; Jhingran and Tripathi 1977）指出適時的提供浮游生物、底棲生物或小型甲殼類，如 *Relicta*、*Pallasea quadrispinosa* 等，可以提高水庫中魚類的生產量。

(4).魚類疾病及寄生蟲問題

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(1)淹沒前的溪流或土壤中；(2)新引進的魚種已感染；(3)食魚性鳥類或淡水軟體動物等中間宿主攜帶寄生蟲卵；(4)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。

5.開放釣魚之管理條例

水庫建置完成後的魚群管理，是為了確保魚類的生產量維持在一定的水準內，因為開放釣魚後，某些受釣客喜歡的魚種數量會減少，使得魚類族群量失衡，因此開放釣魚後，必須針對下列幾點設置管理條例：

(1).劃設禁釣區域及季節

視魚種而定，若對象魚種生活史較長，則應設立禁止釣魚的季節及禁釣區域，避免對象魚種在繁殖期時被釣獲而減低魚種的生產力。

(2).魚體大小限制

限制可釣獲魚類的體型大小也為水庫經營管理很重要的一環，若水庫內的經濟魚種種類不多時，限制開放釣獲的魚體型大小，可以保護繁殖能力較差的魚種，避免被過撈。而一般常見的控制管理為規定漁撈作業的網目大小。

(3).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。

(4).捕釣規範及限制

嚴禁許多破壞性的捕撈方式，如炸魚或毒魚等。

二、流域管理

河川生態系統為水循環途徑中重要之一環，它的生態特性複雜而多元，且與陸域環境、生產建設、人文活動及土地利用情形環環相扣，往往牽一髮而動全身。河川生態系統具有侵蝕、搬運、堆積、氧分的輸送及淨化功能，而一個水庫或湖泊的水質狀況就是反映其集水區流域的管理優劣情形（Holdren et al. 2001），相形之下，水庫或湖泊集水區的流域管理則相對重要。傳統的水資源管理均著重於河川水道防護範圍內防災及消極性之限制與管制，但針對流域內的土地利用情形、環境保護及生態系統多樣性較不著重。行政院研究發展考核委員會於 2002 年曾針對臺灣河川流域管理進行研究分析指出目前臺灣有關流域管理所面臨的主要問題有：

（一）管理及執行困難面：

1. 河川流域自上、中、游至海岸屬不同主管機關，導致管理整治資源分散，無法有效整體規劃執行；
2. 集水區之各類保護區或特定區重疊，管理與執行標準不一；
3. 水量與水質分屬水利及環保機關主管，未能與河防工程及河川整體性規劃治理工作相互配合。

（二）自然因素面：

1. 河川輸砂量過大，導致水源含泥砂量過高；
2. 受自然水文限制，造成無大型蓄水工程地區，水資源利用偏低，潛存枯水期缺水危機。

（三）人為因素面：

1. 集水區內濫墾濫划、土地超限利用或不當使用，影響水源涵養功能，以

致下游水流呈現不穩定狀態；

2. 欠缺專責警力巡防取締污染源及濫墾濫划等不當之行為，管理成效不佳。
3. 劃設之管制區未能落實受限者補償措施，並影響當地居民權益，導致管理成效不佳。

由上述管理問題可看出，臺灣流域管理中，人為管理及執行層面問題占最大宗。目前臺灣現行水利行政體系依水利法分為水利主管機關（如水利署、各縣市政府設工務局及建設局）水利目的事業單位（如各地農田水利會、自來水公司及臺灣電力公司）和水利目的事業主管機關（如行政院農業委員會、水利署與行政院環保署）三類（如下圖）：

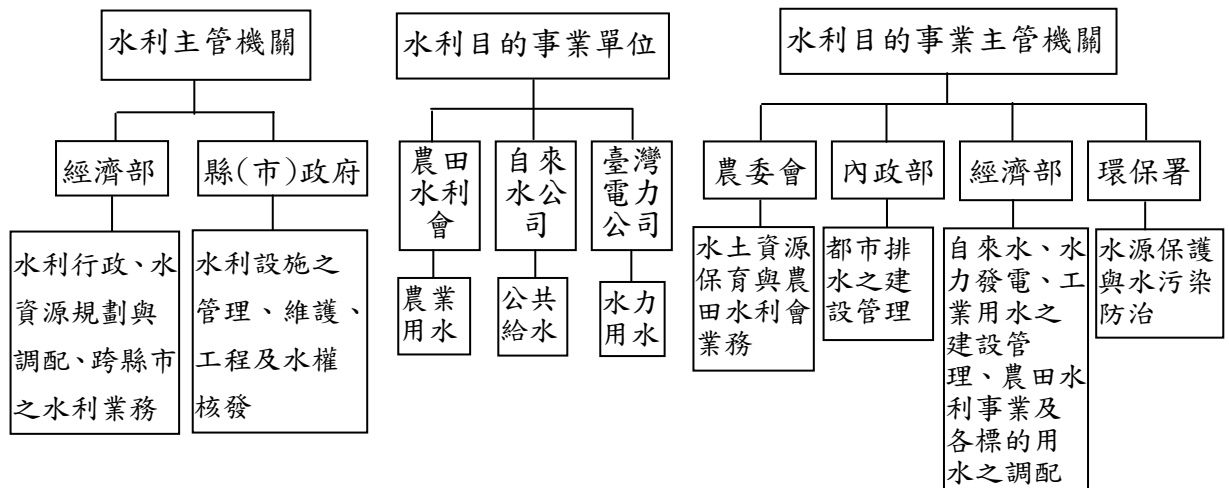


圖 7. 臺灣現行水利行政單位及權責掌管分配圖（改繪自陳等 2002）。

臺灣水利行政組織及各權責管理單位較分散（表 8），非由專責機關統合管理，較易產生水資源經營管理缺乏水土林整合的觀念、缺乏水系整體管理的觀念與設計、水利政策的重要性未見凸顯及中央主管關位階過低等情形，例如河川上、中、下游分割成不同轄區及單位管理；水利資源運用政策是以開發及利用為主，而不似開發國家是以生態保育、水源涵養及適度水資源使用之理念等。

三、社區發展及管理

- (一)加強保護北勢坑溪及水庫上游集水區：該流域在未來為保存庫區原有魚種之重要溪段，調查該流域有無崩塌地、造林或工程施工等活動，並諮詢目前臺灣其他封溪河段或已組成河川巡守隊團體等相關資料與申請程序，再建議給湖山地

區當地民眾申請北勢坑溪為封溪護魚之重點水域，且未來由當地居民或社區進行管理，若未來成為封溪護魚段，應在該溪段封溪前、中、後進行水域生物監測調查。

- (二)加強保護清水溪流域及集水區：未來湖山水庫水源將由清水溪流域引入水庫，因此清水溪流域的環境保護相對重要。清水溪流域境內林相自然生態豐富，社區協會發展已臻成熟，境內有「社團法人南投縣竹山鎮清水溪生態保育協會」，除定期護溪巡檢、生物多樣性資源調查及水質監測外，也經常辦理生物多樣性研習營、社區林業計畫等產業及人文活動，成效頗佳，建議有關單位可配合當地社區，增列有關當地生態及人文保育等計畫，協助並維護當地良好的生態資源並增加在地人口就業機會。

四、參考文獻

南投縣政府。<http://www.nantou.gov.tw>。

陳秋陽、陳春生、陳章鵬、陳啟仁、陳幸德。2002。我國流域管理之研析。行政院研究發展考核委員會。

Holdren, C., W. Jones, and J. Taggart. 2001. Managing Lakes and Reservoirs. N. Am. Lake Manage. Soc. and Terrene Inst., in coop. with Off. Water Assess. Watershed Prot. Div. U.S. Environ. Prot. Agency, Madison, WI.

表 6. 臺灣流域管理相關事權現況分析表

重要事權	辦理事項	中央管理機關	相關法令
水利	水資源開發及管理	經濟部水利署	水利法
	水資源利用	經濟部水利署、農業委員會	自來水法、農田水利會組織通則
	河川整治及管理	經濟部水利署	水利法、河川管理辦法、臺灣省海堤管理規則
	河川砂石採取管理	經濟部礦務局、水利署	礦業法、土石採取規則
環境保護	水質監測及管理	環境保護署	水污染防治法
	水污染防治	環境保護署	水污染防治法、海洋污染防治法
	土壤及地下水保護	環境保護署	土壤及地下水污染整治法
林地及坡地保育	集水區森林保育及經營 集水區坡地保育	農業委員會林務局、退輔會森林保育處、內政部營建署 農業委員會水土保持局	森林法、國家公園法 廢棄物清理法 原住民保留地開發管理辦法
土地管制	建築管理及下水道建設管理	內政部營建署	下水道
	垃圾廢棄物清運及管制	環境保護署	廢棄物清理法
	原住民保留地管理	原住民委員會、內政部、農業委員會	原住民保留地開發管理辦法
其他保護區或管制區	自來水水源水質水量保護區	內政部(委託經濟部代管)	自來水法
	飲用水水源水質保護區	環境保護署	飲用水管理條例
	特定水土保持區	農業委員會水土保持局	水土保持法
	野生動物保護區	農業委員會	野生動物保育法
	古蹟保存區、生態保育區、自然保留區	內政部、文化建設委員會、經濟部	文化資產保存法、國家公園法
	地下水管制區、水庫蓄水範圍、防洪區、保護水道範圍	經濟部水利署	水利法
	水污染管制區	環境保護署	水污染防治法
	保安林	農業委員會	森林法

（資料來源：陳等 2001）

表 7.臺灣水庫及其集水區一覽表

縣市別	鄉鎮別	水庫名稱(管理單位編號)
基隆市	安樂區、七堵區、暖暖區	新山水庫(1)、西勢水庫(1)
臺北縣	三峽鎮、平溪鄉、石碇鄉、汐止市、坪林鄉、烏來鄉、貢寮鄉、新店市、雙溪鄉、鶯歌鎮	石門水庫(6)、西勢水庫(1)、直潭壩(5)、阿玉壩(4)、青潭堰(5)、桂山壩(4)、粗坑壩(4)、榮華壩(6)、翡翠水庫(3)、鳶山堰(1)、羅好壩(4)
臺北市		無
桃園縣	八德市、大溪鎮、復興鄉、龍潭鄉	石門水庫(6)、隆恩堰(6)、榮華壩(6)、鳶山堰(1)、羅好壩(4)
新竹縣	五峰鄉、北埔鄉、尖石鄉、竹東鎮、芎林鄉、峨眉鄉、新埔鎮、橫山鄉、關西鎮、寶山鄉	上坪攔河堰(6)、士林壩(4)、大埔水庫(G)、石門水庫(6)、隆恩堰(6)、榮華壩(6)、鳶山堰(1)、德基水庫(4)、寶山水庫(1)、寶山第二水庫(6)
新竹市		無
苗栗縣	三義鄉、三灣鄉、大湖鄉、公館鄉、卓蘭鎮、南庄鄉、泰安鄉、造橋鄉、獅潭鄉、銅鑼鄉、頭份鎮、頭屋鄉	上坪攔河堰(6)、士林壩(4)、大埔水庫(9)、天輪水庫(6)、永和山水庫(1)、石門水庫(6)、谷關水庫(4)、明德水庫(9)、榮華壩(6)、劍潭水庫(9)、德基水庫(4)、鯉魚潭水庫(7)
臺中縣	太平市、石岡鄉、后里鄉、和平鄉、東勢鎮、新社鄉	士林壩(4)、天輪水庫(4)、石岡壩(7)、石門水庫(6)、谷關水庫(4)、青山水庫(4)、馬鞍壩(4)、溪畔壩(4)、榮華壩(6)、德基水庫(4)
臺中市	北屯區	石岡壩(7)
彰化縣		無
南投縣	中寮鄉、仁愛鄉、水里鄉、竹山鎮、信義鄉、埔里鎮、國姓鄉、魚池鄉、鹿谷鄉、集集鎮	天輪水庫(4)、日月潭水庫(4)、木瓜壩(4)、玉峰堰(1)、甲仙攔河堰(8)、石岡壩(7)、谷關水庫(4)、明湖下池壩(4)、明潭下池壩(4)、武界壩(4)、馬鞍壩(4)、高屏溪攔河堰(8)、曾文水庫(8)、集集攔河堰(7)、溪畔壩(4)、銃櫃壩(4)、德基水庫(4)、頭社水庫(10)、龍溪壩(4)、霧社水庫(4)、水簾壩(4)
雲林縣		無
嘉義縣	大埔鄉、中埔鄉、水上鄉、民雄鄉、竹崎鄉、阿里山鄉、番路鄉	仁義潭水庫(1)、內埔子水庫(11)、玉峰堰(1)、甲仙攔河堰(8)、白河水庫(11)、南化水庫(1)、高屏溪攔河堰(8)、鹿寮溪水庫(2)、曾文水庫(8)、集集攔河堰(7)
嘉義市	東區	仁義潭水庫(1)、蘭潭水庫(1)
臺南縣	大內鄉、山上鄉、六甲鄉、玉井鄉、白河鎮、官田鄉、東山鄉、南化鄉、柳營鄉、新化鎮、楠西鄉、龍崎鄉	玉峰堰(1)、甲仙攔河堰(8)、白河水庫(11)、尖山埤水庫(2)、虎頭埤水庫(11)、南化水庫(1)、烏山頭水庫(11)、高屏溪攔河堰(8)、鹿寮溪水庫(2)、曾文水庫(8)、德元埤水庫(11)、鏡面水庫(1)、鹽水埤水庫(11)

臺南市		無
高雄縣	那瑪夏鄉(三民鄉)、大社鄉、大寮鄉、大樹鄉、仁武鄉、內門鄉、六龜鄉、田寮鄉、甲仙鄉、杉林鄉、岡山鎮、林園鄉、美濃鎮、茂林鄉、桃源鄉、鳥松鄉、旗山鎮、燕巢鄉	中正湖水庫(13)、玉峰堰(1)、甲仙攔河堰(8)、阿公店水庫(8)、南化水庫(1)、高屏溪攔河堰(8)、曾文水庫(8)、集集攔河堰(7)、鳳山水庫(1)、澄清湖水庫(1)、鏡面水庫(1)、觀音湖水庫(2)
高雄市	三民區、小港區	澄清湖水庫(1)、鳳山水庫(1)
屏東縣	九如鄉、三地門鄉、內埔鄉、竹田鄉、牡丹鄉、里港鄉、來義鄉、長治鄉、屏東市、恆春鎮、崁頂鄉、泰武鄉、高樹鄉、新園鄉、獅子鄉、萬丹鄉、萬巒鄉、滿州鄉、瑪家鄉、潮州鎮、霧臺鄉、麟洛鄉、鹽埔鄉	高屏溪攔河堰(8)、牡丹水庫(8)、東港溪攔河堰(1)、龍鑾潭水庫(12)
臺東縣	海端鄉、延平鄉、卑南鄉、金峰鄉、綠島鄉	高屏溪攔河堰(8)、酬勤水庫(1)
花蓮縣	秀林鄉、卓溪鄉、萬榮鄉	木瓜壩(4)、水簾壩(4)、武界壩(4)、高屏溪攔河堰(8)、集集攔河堰(7)、溪畔壩(4)、德基水庫(4)、龍溪壩(4)、霧社水庫(4)
宜蘭縣	三星鄉、大同鄉、五結鄉、冬山鄉、南澳鄉、員山鄉、頭城鎮、礁溪鄉、羅東鎮	石門水庫(6)、阿玉壩(4)、榮華壩(6)、翡翠水庫(3)、德基水庫(4)、羅好壩(4)、羅東攔河堰(6)
澎湖縣	七美鄉、白沙鄉、西嶼鄉、馬公市、望安鄉、湖西鄉	七美水庫(1)、小池水庫(1)、成功水庫(1)、西安水庫(1)、赤崁地下水庫(1)、東衛水庫(1)、烏溝蓄水塘(1)、興仁水庫(1)
金門縣	大金門、小金門烈	蘭湖(14)、瓊林水庫(14)、擎天水庫(14)、榮湖水庫(14)、陽明湖(14)、金沙水庫(14)、田浦水庫(14)、山西水庫(14)、太湖水庫(14)、蓮湖(14)、菱湖(14)、西湖(14)
連江縣	北竿鄉、東引鄉、南竿鄉	儲水沃水庫(15)、勝利水庫(15)、秋桂山水庫(15)、津沙水庫(15)、津沙一號水庫(15)、后沃水庫(15)、板里水庫(15)、東湧水庫(15)

備註：括弧中數字參照表 2 管理單位。

表 8.水庫管理機關列表

編號	水庫名稱	管理機關
1	新山、西勢、鳶山堰、寶山、永和山、仁義潭、蘭潭、南化、鏡面、玉峰堰、澄清湖、鳳山水庫、東港攔河堰、酬勤、成功、興仁、東衛、小池、西安、烏溝蓄水塘、七美、赤崁地下水庫	臺灣自來水股份有限公司
2	鹿寮溪、尖山埤、觀音湖	臺灣糖業股份有限公司
3	翡翠	臺北翡翠水庫管理局
4	阿玉壩、羅好壩、桂山壩、粗坑壩、士林攔河堰、德基、青山壩、谷關、天輪壩、馬鞍壩、霧社、武界壩、日月潭、明湖下池、明潭下池、銃櫃壩、溪畔壩、龍溪壩、木瓜壩、水簾壩	臺灣電力股份有限公司
5	直潭壩、青潭堰	臺北自來水事業處
6	榮華壩、石門、隆恩堰、寶山第二水庫、上坪攔河堰、羅東攔河堰	經濟部水利署北區水資源局
7	鯉魚潭、石岡壩、集集攔河堰	經濟部水利署中區水資源局
8	曾文、阿公店、高屏溪攔河堰、甲仙攔河堰、牡丹	經濟部水利署南區水資源局
9	大埔、劍潭、明德	苗栗農田水利會
10	頭社	南投農田水利會
11	內埔子、白河、德元埤、烏山頭、鹽水埤、虎頭埤	嘉南農田水利會
12	龍鑾潭	屏東農田水利會
13	中正湖	高雄縣政府
14	山西、擎天、榮湖、金沙、田浦、太湖、瓊林、蘭湖、蓮湖、菱湖、陽明湖、西湖	金門自來水廠
15	東湧、板里、邱桂山、儲水沃、津沙、勝利、津沙一號、后沃	連江縣政府

附錄 I 南投縣放生保育自治條例

中華民國 96 年 4 月 14 日府行法字第 09600752830 號令公布

第一條 南投縣政府（以下簡稱本府）為維護本縣自然生態環境，規範人為不當放生行為，避免生態環境平衡遭受破壞，特制定本自治條例；本自治條例未規定者，適用其他有關法律之規定。

第二條 本自治條例之主管機關在縣為本府（農業局），在鄉（鎮、市）為鄉（鎮、市）公所。

第三條 本自治條例用辭定義如下：

一、野生動物：係指一般狀況下，應生存棲息於自然環境下之哺乳類、鳥類、兩棲類、魚類、爬蟲類、昆蟲及其他種類之動物。

二、經人工飼養繁殖之動物：係指凡經人工飼養繁殖之動物，包含寵物、經濟動物、野生動物經人工飼養繁殖第二代以後之個體。

三、棲息環境：係指維持動植物生存之自然環境。

四、保育：係指經科學實證，無礙自然生態平衡之原則，對於野生動植物，所為保護、復育管理之行為。

五、外來種動物：係指非台灣地區原生種動物，對本地環境及生態有危害之虞者。

六、放生：係指以放流、野放或其他方法，將動物投入自然環境。

第四條 本府得依施政需要或鄉（鎮、市）公所申請，會同相關機關就相關生態棲息環境勘查後，公告不得辦理放生活動地區及動物種類。

前項之地區及動物種類由本府參酌中央主管機關相關公告或規定，並彙集人文、宗教、地方需求及本縣生態特色訂定公告實施。

第五條 為加強自然環境維護，落實本縣放生保育自治條例，各主管機關應積極籌措經費，辦理轄管自然資源調查、保育、教育宣導、管理作業、獎勵及取締、處理違法案件等事項。

第六條 本自治條例管理範圍內禁止下列行為：

一、於公告範圍擅自放生。

二、放生未經核准之外來種動物、野生動物及經人工飼養繁殖動物、寵物或經濟動物。

三、於自然環境採捕野生動物，作為放生物種。

四、擅自破壞或改變棲息地環境。

五、未依核准物種及數量放生者。

第七條 放生應於實施前十五日擬具放生計畫向當地鄉(鎮、市)公所提出申請核轉本府核准後始得為之。

前項放生計畫應載明下列事項：

一、申請人姓名或法人團體負責人姓名、地址、電話。

二、放生實施時間、地點。

三、放生物種學名、中文名、俗名、來源、數量、雌雄別。

四、放生之目的。

五、參與放生之對象及人數。

六、放生實施方法。

簡易之放生申請由鄉(鎮、市)公所核准，其放生種類及數量由本府另行公告之。

第八條 放生行為及棲息環境維護之巡查輔導事項得由本府農業局、水利局、環境保護局、警察局、觀光局、鄉(鎮、市)公所、相關保育機關、團體，依實際需要辦理。

第九條 違反本自治條例第六條規定禁止之行為，處新臺幣十萬元以下罰鍰，其尚未放生之物種沒入。

第十條 對本縣自然生物資源調查或推動放生法令、教育、宣導有功人員或團體，得由本府予以表揚獎勵。

第十一條 凡民眾檢舉違反本自治條例案件，經查證屬實者，得由本府給予獎金獎勵。其獎勵辦法由本府另定之。

第十二條 執行本自治條例規定事項有功之警察人員及各級行政人員，由本府依其優良事蹟，函請其所屬機關從優敘獎。

第十三條 本自治條例自公布日施行。

300 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

計畫編號：310

全程計畫期間：96 年 5 月 1 日 至 100 年 12 月 31 日

本年計畫期間：100 年 1 月 1 日 至 100 年 12 月 31 日

計畫主持人：薛美莉、羅華娟、黃書彥

一、摘要

本計畫在上半年度完成之工作如下：

- 1.完成湖山地區中小學「2011 認識台灣溼地體驗營」，計有石榴、桶頭、興昌、鯉魚、名間及林內國小等 6 個學校 307 位學員參與。
- 2.與雲林縣林內鄉坪頂社區發展協會合作辦理「2011 坪頂生態探索夏令營」，夏令營活動自 100 年 7 月 29 日至 7 月 31 日止。
- 3.本年度另辦理「湖山精靈—紫斑蝶」特展，目前特展地點已選定以賞蝶聞名雲林縣成功國小，除可提供學童學習外，亦可提供每年賞蝶民眾自然教育之機會。
4. 中小學校生態保育到校服務，將在下學期展開已完成 14 所學校之預約。

二、計畫目的

湖山水庫的預定地因特殊之棲地特性，形成台灣低海拔物種的寶庫。湖山水庫的完工後，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，對於當地的資源保育及棲地復育將有極大之效益，並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。本計畫之主要目的為結合社區民眾與中小學校推動保育教育宣導工作。

三、重要工作項目及實施方法

1. 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 2 式。本年度以紫斑蝶及溪流生態為教材編印之內容。
2. 協助南投縣、雲林縣及嘉義縣中小學校進行自然科學輔助教學，提昇中小

3. 邀請雲林及南投地區之中小學生及以親子同樂之方辦理生態研習營，了解水庫興建之過程及當地生態社區之營造，並進一步與自然教學結合。
4. 行動教室之推動：於成功國小辦理小型展覽，達到全面性且更深入的學習效果。

四、結果與討論

（一）教材製作與生態教育推廣

在教材製作部分以往主要湖山地區之生態特色來製作解說教材，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，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為「阿花阿八遊湖山」、「神隱大調查」、「盤古與阿杜」、「甲蟲王者」及「百萬幸福小學堂」等都是以湖山地區較具特色生物為教材，然而由於湖山地區為於山區學童對於河流與海洋之串連知識普遍不足，因此本年度發展兩項教材「濕地好好玩」及「候鳥的旅程」，擴展當地學童自然生態知識層面。

為提昇學童對於台灣生態全面性之認知，並讓在偏遠山區學生實際體驗海洋環境教育，在本年度舉辦「2011 認識台灣溼地體驗營」，讓湖山地區學生可以親近海岸濕地，帶給眾多學生對於自然環境與生物多樣性保育的認識，讓山區偏遠學校將獲得更多的學習機會。

（二）行動教室之推動

行動教室是以湖山的生態資源為主，應用特展方式達到全面性且更深入的學習效果。然而以往特展的設置往往因為到學校參觀之人數較少無法達到全面性推廣，因此本年度選擇林內鄉「成功國小」推動「湖山精靈——紫斑蝶」特展。該校為賞蝶特色小學，每年蝶季均有數以萬計的民眾到此賞蝶，因此將特展設置此處，除提供當地教學使用外，也可以在每年賞蝶季時對至此處賞蝶之民眾進行生態教育，增加推廣之可及性。

（三）解說宣導品的印製

本年度預計 2 種保育宣導品，以「紫斑蝶」及「溪流生態」為主題進行解說宣導品的印製。

五、結論

本年度延續各項推廣活動外，也希望能了解學生之學習效果以及學習主題之需求，因此將根據教材內容的重要知識概念設計認知測驗試題，並於教學執行前後對學生進行評量，再檢定學生於學習後的測驗分數是否有顯著增加，並針對參與的教師設計問卷，以了解教師對於活動設計的滿意度及對於教學上的具體建議，同時也調查教師需求以作為未來活動規劃之參考。

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。國立台中教育大學：環境教育研究所碩士論文。
- 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。
- 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。
- 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。
- 許謐穎。2001。戶外教學對國小學童環境行為意向及其相關因素之影響。國立臺灣師範大學：衛生教育研究所碩士論文。
- 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。