

壹、前言：

台灣各地成立的國家風景區一向以山川景色以及自然生態的豐富景觀作為最重要的觀光資源基礎，再輔以其他人文、遊憩活動，以各創不同的特色。相較於其他國家風景區的特色而言，日月潭國家風景區乃是一處台灣中部中海拔山區具有獨特的湖泊生態環境，以及特殊原住民文化的國際級風景特定區，因此，自古以來就是台灣最富盛名的觀光勝地。雖然近幾年來本地的觀光資源開發，並不只著重於湖光山色、原住民文化，或是以一些簡單的水上活動來吸引遊客，慢慢地亦將觀光產業發展的經營策略逐漸著重於如何運用本地雄厚的自然生態資源，以提升風景區的旅遊品質。隨著湧入遊客人數的增加，在發展觀光旅遊業的同時，如何兼顧生態和環境保護的要求，以減少對環境的衝擊是目前日月潭國家風景區即將面臨的嚴峻考驗。

日月潭原本是本省最大的一處天然湖泊，後來雖被整建成為發電用的水庫，但是仍舊維持相當自然的景象。加上此地的氣候條件極為優越，因此一直是本省非常受歡迎的度假勝地。此地和周邊地區的物產豐富，許多被譽為國際級的自然資源（例如埔里的蝴蝶），以及特殊的生物（例如日月潭的總統魚），甚至是一些非常著名的名產（酒類，農產品，林業副產品，花卉與高經濟價值的作物）都使得日月潭國家風景區深受國內外旅遊民眾的歡迎。然而由於大家對於各項自然資源的認識不深，無法好好的利用這些自然資源來作為吸引觀光旅遊的賣點，甚至無法好好保護這些難得的自然資源，例如日月潭最有名的總統魚因此而絕跡（目前所發現的個體乃是後來自南部所再次引進的種源）。本區和周邊地區有極為豐富的動植物資源，不僅有許多常見的種類是最適合做為觀光休閒之用（例如賞鳥賞花或植物），也有不少極為罕見或是特殊的生物，例如魚池地區的豎琴蛙乃是最近所發現的特殊蛙類，都必須藉由主管機關的用心保護，才可以免遭不當開發的損壞。

過去在日月潭周邊所進行的相關研究報告相當少，過去主要學術性的文章以人類學相關調查研究為主，自然生態的調查非常有限。近年來少數的博碩士論文研究工作也只是對於本地的水質或是少數生物種類或是流行病學或寄生蟲學的研究而已。雖然早在日據時代（大島，1922）就有詳細的日月潭魚類生態調查資料，但是近年來的生態調查或是環境影響評估等相關工作（中興社，1986），因為種種原因而能夠對此地的生態了解卻是更為淺薄。因此如何建立一份完整的文獻資料庫也是需要同時進行的工作之一。

自從 1999 年 921 集集大地震之後，日月潭地區遭受嚴重的創傷，如今政府立即成立國家風景區，積極的推動各項復舊計畫以及協助此地觀光產業的復興。然而各項硬體建設積極展開之同時，更應當積極的將此地以往被忽視的自然生態資源，做有系統和全面性的調查，以建立適當的基礎資料，做為經營管理和保育的參考。同時配合國際間生態觀光的潮流，以此地豐富的生態景觀做為賣點，再創日月潭觀光的第二春。

本項計畫的主要工作理念乃在於發掘日月潭國家風景區範圍內的自然資源，根據永續利用以及生態觀光的觀念，除了提供本區各項重要的生態資源基礎資料之外，更結合各項專家學者以及本地區社團和關心生態人士做為主管單位的義工，共同為提升本區觀光旅遊活動的水準而努力。本項計畫的主要執行人力乃是召集本地區各種專長的學者專家以及熱心人士為基礎團隊來執行各項研究調查工作，在輔以邀請國內相關專家協助執行其他不足的項目，同時訓練本地人才期望在建構本區自然資源資料的同時，可以培養出適當的人力，以協助主管單位長期的經營管理工作。

本工作團隊於 2002 至 2006 年期間已持續針對日月潭周遭進行了有系統和全面性的調查，包括水質環境及自然生態的普查，對於包含日月潭、水里溪水域及其周邊社區、道路與步道沿線至水社大山與集集大山稜線等地區做了詳細的調查紀錄，也因此建立了一份較為完整的文獻資料庫供管理單位做為經營管理和保育的參考，其成果簡述如下：

本區共登錄了 30 個景點，主要分佈於日月潭環潭道路上以及水里溪河岸兩旁。本區共分佈四個主要的盆地，加上地利斷層及水裡坑斷層兩條主要斷層通過，造成本區的相對地形起伏。這兩條斷層為接近南北向之逆斷層，而觀察本區之地形及水系的發育，則與當地的岩性及構造的型態息息相關。本研究並收集日月潭的沈積資料，發現日月潭的沈積物沈積速率約為每年 4 公分。

臺灣位居熱帶及亞熱帶，雨量充沛，氣候溫暖，就維管束植物而言有 4000 多種，其中約 1/4 為臺灣特有種，本區記錄維管束植物約 881 種(包括蕨類植物 127 種、裸子植物 23 種、雙子葉植物 588 種、單子葉植物 143 種)。

動物資源方面，臺灣哺乳動物約 80 種、鳥類約 500 種、爬蟲類約 90 種、兩棲類約 30 種、淡水魚約 150 種、已命名昆蟲約有 17600 種，本區動物資源多樣豐富記錄到哺乳動物

10 種、鳥類 138 種(已超過全台灣鳥類記錄的四分之一，對以留鳥為主的單一地區而言，算是種類相當豐富的)、爬蟲類 20 種(佔台灣爬蟲類記錄的 22%)、兩棲類 21 種(佔台灣兩棲類記錄的三分之二)、淡水魚 32 種、昆蟲約 23 目 312 科 148,246 隻近 600 種。鳥類中的五色鳥、台灣山鷓鴣、台灣紫嘯鶇、台灣畫眉、白耳奇鶇、黃痣藪鶇、冠羽鳳鶇、台灣短翅鶇、黃山雀等八種，為台灣僅有的特有種(台灣有 17 種特有種)。保育類鳥種有 11 種，分別為第一級為林雕、朱鷲。第二級為鳳頭蒼鷹、蜂鷹、蛇鶇、鸛鶇、花翅山椒、台灣畫眉、朱鷲。第三級為台灣山鷓鴣、灰喉山椒、台灣紫嘯鶇、白尾鶇、白耳畫眉、冠羽畫眉、紅頭山雀、綠背山雀。

綜合過去調查及文獻記錄結果，本區共計有 73 種特有及特有亞種植物、9 種特有及特有亞種哺乳類、51 種特有及特有亞種鳥類、6 種特有及特有亞種爬蟲類、3 種特有種兩棲類、7 種特有種魚類，珍貴稀有及保育類多達 43 種動物。

日月潭魚類共有 27 種，其中高經濟價值的魚種有翹嘴紅鮒及青魚，其群族數量皆不高。2001 年記錄了河殼菜蛤，新的外來種，2002 年新記錄泰國鱧及暹羅雙邊魚外來種，2003 年記錄的外來種為吳郭魚，2004 年記錄的外來種為雙斑伴麗魚 (*Hemichromis bimaculatus*)，顯示潭區新的外來種不斷增加，水里溪魚類共 23 種，蝦蟹類在日月潭 2004 年共記錄到 2 種，水里溪則有 5 種蝦類。在日月潭並採集發現 6 種螺貝類，水里溪則有 41 種之底棲生物暨水棲昆蟲。與日月潭文獻紀錄的 10 種螺貝類，水里溪的 18 種水棲昆蟲比較，除了川蟪、塔蟪和瘤蟪至今仍然存在於日月潭及水里溪外，其他 6 種螺貝類並未採集得到，但增加了河殼菜蛤一種的新記錄。日月潭及水里溪採集之浮游性藻類分別紀錄有 39 屬及 23 屬，以綠藻門數量最多，其中又以小環藻所占族群比例最高，浮游性藻類的組成顯示整個日月潭水域是呈現貧營養狀態的。

日月潭地區長久以來即有豐富的生態觀光資源，累計多年的資源調查結果，發現水域生態資源有逐漸改變及減少的趨勢，這與近日在日月潭地區盛行大規模的宗教放生活動及其他人為干擾（過度捕撈、棲地破壞）有相當大的相關性。雖然前幾年的調查成果相當豐碩，但是隨著各項復舊計畫的硬體建設逐漸完成之同時，湧入風景區的遊客數量亦日益增加，伴隨而來的是對水質環境及自然生態的負荷增加。以日月潭潭區水域生態為例，日月潭潭區一直以來都是許多宗教團體進行放生儀式的熱點，在過去的調查中亦發現外來種種類增加的速度

驚人，可說是以一年一種的速率增加。這些外來種在潭區的出現勢必已造成其他水中生物的影響與威脅，玻璃魚造成奇力魚族群數量銳減就是一個最明顯的例證，加上許多動植物資源有週期的變動，因此需要有進一步的調查方可以清楚的了解目前的狀況，同時能發現一些非常值得關切的自然生態問題，例如日月潭中的外來種問題的嚴重性對於本區漁業與觀光事業的影響程度，因此為了尋求更好的解決之道，也必須做長期的監測工作。今年度的調查工作，除了將持續進行陸域及水域各類物種的記錄工作，亦針對全區水質污染調查的部分加強調查，也將針對特別的水質環境及自然生態問題進行較密集的監測工作。另外，對於過去記錄數量較少的哺乳類與爬蟲類，也將持續進行調查補遺工作。水域方面，除著重於現有水域生物（魚類、大型底棲生物及浮游生物）的調查外，並進一步針對日月潭國家風景區外來種生物入侵途徑進行評估與研究分析，以做為外來種入侵防治策略的參考，期能有效杜絕外來種生物的再次入侵。日月潭地區原本是許多漁民賴以維生的高生產力水域，湖中生產的奇力魚與曲腰魚更是聞名全島，但過去調查發現其生產力與漁獲較以往降低許多，應與外來種的加入有密切關係。

貳、 工作流程及調查方法：

一、 工作範圍：

日月潭國家風景區全域，重點調查區域包括：日月潭、頭社、向山、車埕、水里溪、公路（含台二十一省道、台二十一甲省道、一三一縣道）沿線兩旁五〇公尺、後尖山、及兩社山登山步道、水社大山及集集大山山頂至水邊或路邊之穿越調查線。

二、 工作項目：

- (一) 全區水域生態調查及監測，包括：魚類、大型底棲生物及浮游生物。
- (二) 日月潭水域水質自動及定期定點監測，地點：水社地區、伊達邵地區、向山周邊水域及水里溪等處。
- (三) 全區陸域生態調查及監測，包括：種子植物、蕨類植物及哺乳類動物、鳥類、爬蟲類、兩棲類及昆蟲類等。
- (四) 解說叢書文稿乙份撰寫（以種子植物為主）。
- (五) 兩爬類與哺乳類解說手冊 1,000 本。

三、 工作流程：

- (一) 建立工作團隊與諮詢顧問，收集相關研究文獻資料。
- (二) 擬定工作項目與執行計畫（包括調查頻度、記錄格式、整理與分析模式、進度管制）。
- (三) 樣區會勘與設定、長期野外調查。
- (四) 資料整理與分析。
- (五) 報告及解說叢書撰寫與修改。
- (六) 提交工作成果。

四、 監測調查方法：

本計畫會依各種不同生態資源的特性，在區域內選擇不同的調查樣區，同時以不同的尺度（例如森林植物採較大尺度，水域生態採較小尺度），以及不同的調查頻率（植物選擇開花季節為主的季節性調查，其他動物則採四季和更密集的月週期調查）。

(一) 水域生態監測

➤ 調查方法

- (1). 本研究之水域生態調查工作以刺網 (gill net) 捕捉魚類為主，並輔以垂釣者或當地捕魚者訪談，記錄各項漁獲。刺網則使用網目 7.5 吋 (19.1 公分)，7 吋 (17.8 公分)，(10 公尺高，120 公尺長)；4.5 吋 (11.2 公分)，4 吋 (10.2 公分)，(2.5 公尺至 3.5 公尺高 90 公尺長)；2 吋 (5.1 公分)，1.2 吋 (3 公分) 及 0.6 吋 (1.5 公分) (2 公尺至 3 公尺高，50 公尺長) 等各型刺網。
- (2). 同時以米糠，萬能餌為誘餌之魚籠為輔來採集魚類。河川型環境則以魚、蝦為主要漁具，水質清澈之河段輔以浮潛目視觀察的方式記錄之。
- (3). 底棲生物以目視採集並配合採泥器捕獲。

➤ 路線、調查頻度及進度

- (1). 日月潭全域每季採集一次，每次各作業三日。
- (2). 作業首日下午佈網，網具離水表自 1 至 15 公尺不等深度。
- (3). 每日清晨五至六時檢查記錄漁獲並清洗網具，當日下午再清洗網具一次。
- (4). 各種魚類記錄資料包括魚類種類、體長、體重，魚鱗取樣及魚類胃含物與寄生蟲等項目。
- (5). 作業時一併以聲納進行掃描探測魚群分布情形。
- (6). 浮游生物的採集則以定體積之採集瓶採集水體，再加入染色劑 (coomasie blue) 五至十滴，過濾在濾膜上，做成永久玻片做定性定量分析。

(二) 植物監測

➤ 調查方法

- (1). 以目視方式記錄沿途出現的蕨類植物及種子植物。

(2). 無法當場鑑定的種類則採集枝葉製成標本，另行比對或請教專家。

(3). 遇正值開花或新紀錄種即拍照存檔。

➤ 路線、調查頻度及進度

(1). 調查路線及進度。

a：植物的監測計畫，調查樣區與鳥類調查相同，進行大竹湖步道、青年活動中心、水蛙頭步道及慈恩塔的穿越線調查。目前已完成大竹湖步道及水蛙頭步道的監測調查。

b：由於日月潭地區木本植物數量、種類均穩定少有變化，其他草本植物亦因景觀理由引入大量外來種，因此選定本區數量、種類均豐富具有特色，且少有外來入侵種的「蕨類植物」做為監測的目標。

c：今年新增加向山地區蕨類及高等植物的基礎調查，調查樣區同鳥類調查的穿越路線，以初步了解該地區的植物資源。目前已大致完成調查，少數禾本科種類尚未確定的，已採集標本供比對鑑定。

(2). 本計畫預定編撰日月潭風景區高等植物解說手冊文稿，該解說手冊暫定名為「明潭常見植物」其內容包括以下數項

壹 前言

貳 日月潭的自然環境(含地圖)

參 日月潭的植物特色

肆 日月潭常見植物選介

(此部分分木本植物、蔓藤植物及草本植物三大類，預計介紹約 130 種，日月潭地區常見或較為具代表性的植物。)

伍 日月潭國家風景區植物名錄及記錄地點

大略內容如下例：

黃杞

學名：*Engellharkia roxburghiana* 改斜體

科名：胡桃科 JUGLANDACEAE

生態習性與特徵：

高大喬木，高可達 10 公尺，分布於中、低海拔闊葉林；在日月潭地區各步道，因數量普遍且植株高大，故各處均明顯易見。

偶數羽狀複葉，互生，無托葉；小葉 2~5 對，全緣，具明顯葉柄，葉柄長 0.5~1.0 公分。雌雄同株，數枝雄花序簇升或排成圓錐狀，雌葉萼花序頂生，單生或與數個雄花序排成圓錐花序。小堅果球形，具三裂的翅。

➤ 向山調查路線

本計畫新增加向山地區蕨類及高等植物的基礎調查，調查樣區同鳥類調查的穿越路線，以初步了解該地區的植物資源。目前已完成基礎調查。

(三) 陸域動物類監測

各種動物的調查以季節或月份為單位，選定不同的樣區和路線，進行季節性變化與地區變化的調查，主要的調查方法說明如下：

A. 鳥類

➤ 調查路線

- (1). 本監測計畫，依據往年監測調查路線，選定大竹湖、水蛙頭、慈恩塔及青年活動中心等四條步道。
- (2). 另環湖的 21 甲道路，距離長，涵蓋的棲地類型多樣，較能代日月潭風景區的全貌。

(3). 本年度新增加的向山地區資源調查，由於過去未有基礎資料，因此進行每月一次的鳥類調查。

➤ 調查頻度及進度

(1). 本監測計畫作每季一次的監測調查。此部分已完成以上四條穿越線 2008 年六月、九月、十二月及 2009 年三月的四次調查。

(2). 環湖道路進行每季的調查。已完成 2008 年六月、九月、十二月即 2009 年三月的四次調查，三月另加一次夜間調查。

(3). 向山地區已完成 2008 年六月至 2009 年三月份的十次調查。

➤ 調查方法

(1). 以望遠鏡直接搜尋觀察。

(2). 聆聽鳴聲。

(3). 撿拾落羽或屍體。

B. 昆蟲類

昆蟲類生態照片以目視法看到之現場物種拍照即可，減少對昆蟲資源的傷害，除非有必要帶回鑑定者，否則均在野外原地拍照且不採集。各種物種的鑑定，以相關圖鑑做初步的鑑識，如有疑問者才帶回請教相關專家。

昆蟲類的監測主要以掉落式陷阱法進行 7 個監測站（貓嘯山、青年活動中心、松柏崙步道、慈恩塔、頭社、水里車埕、向山基地）進行定點監測。

➤ 調查路線

(1). 過去已有 5 年以上定期對日月潭國家風景區內昆蟲棲地環境進行固定監測站資料。

今年持續監測風景區內已有六個監測站（貓嘯山、青年活動中心、慈恩塔、頭社，

水里，車埕)，並新增向山監測站，共七個監測站，每一監測站各有四個樣點。

(2). 新增向山監測站以每三個月定期監測一次，其他監測站則每年定期監測一次。

(3). 各監測站樣點之衛星定位及海拔高度資料見下表 2-1:

表 2-1 各監測站採集樣點之衛星定位及海拔高度

樣站 樣點	貓矸山	松柏崙 步道	青年 活動中心	慈恩塔	頭社	車埕	向山
1	23°52'40.2"N 120°54'14.2"E H: 832 m	23°52'7.2"N 120°55'15.1"E H: 802 m	23°51'12.7"N 120°55'54.5"E H: 843 m	23°50'48.7"N 120°54'37.6"E H: 851 m	23°50'39.8"N 120°53'52.6"E H: 701 m	23°49'56.4"N 120°51'31.4"E H: 314 m	23°50'59.8"N 120°54'14.4"E H:744 m
2	23°52'40.4"N 120°54'14.1"E H: 835 m	23°52'6.5"N 120°55'14.6"E H: 790 m	23°51'13.5"N 120°55'54.3"E H: 845 m	23°50'48.0"N 120°54'38.8"E H: 855 m	23°50'40.1"N 120°53'52.3"E H: 706 m	23°49'55.8"N 120°51'31.6"E H: 313 m	23°50'59.0"N 120°54'14.6"E H:738 m
3	23°52'40.4"N 120°54'14.2"E H: 840 m	23°52'5.4"N 120°55'14.4"E H: 805 m	23°51'12.94"N 120°55'54.5"E H: 844 m	23°50'47.8"N 120°54'38.3"E H: 855 m	23°50'35.7"N 120°54'33.6"E H: 703 m	23°49'55.6"N 120°51'31.9"E H: 314 m	23°50'58.1"N 120°54'15.4"E H:724 m
4	23°52'40.2"N 120°54'14.2"E H: 843 m	23°52'4.4"N 120°55'15.4"E H: 794 m	23°51'14.1"N 120°55'53.7"E H: 838 m	23°50'47.6"N 120°54'38.3"E H: 859 m	23°50'29"N 120°53'44.4"E H: 706 m	23°49'54.8"N 120°51'31.8"E H: 316 m	23°50'56.4"N 120°54'15.4"E H:746 m

➤ 調查頻度及進度

(1). 貓矸山、松柏崙步道、青年活動中心、慈恩塔等四個監測站於 2002 年 7 月起至 2006 年 10 月為止，每季監測一次；2008 年起，每年春季監測一次，合計 20 次。

(2). 頭社自 2005 年 1 月起至 2006 年 10 月為止，每季監測一次；2008 年起，每年春季監測一次，合計 10 次。

(3). 水里車埕自 2006 年 1 月起至 2006 年 10 月為止，每季監測一次；2008 年起，每年春季監測一次，合計 6 次。

(4). 向山自 2008 年 4 月起，每季監測一次，合計 6 次。各監測站選取四個採樣點，以全球衛星定位儀記錄經緯度及海拔高度(表 2-1)。

(5). 各監測站相對地理位置及植被介紹詳見郭等(2006)。

➤ 調查方法

監測方式採掉落式陷阱法(pitfall traps)。陷阱杯為一口徑 9 cm，底徑 5.5 cm，深 13.5 cm 之塑膠杯，將其埋於地表，杯口與地面齊，倒入約 100 ml 之 FAA 溶液 (70 %酒精：冰醋酸：福馬林 = 20：1：1) 作為保存液 (見圖 2-1)，並於上方設置一小型遮雨棚避免下雨陷阱杯滿溢，每一監測站 4 重複，10 天後再收陷阱並攜回室內鑑定記錄各目各科及蟲數。

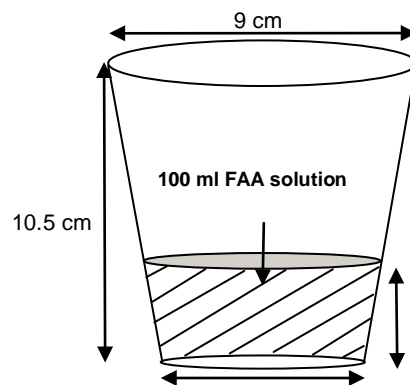


圖 2-1 掉落式陷阱杯示意圖。

在探討生態特性時，由於同一科昆蟲除了形態之共同分類特徵外，大部分皆會表現出相似的生物學特性，且因鑑定人力之不足，往往無法在短時間內將龐大標本鑑定至種。為研究生態之需，因此鑑定至科，是較為可行之法 (Blanche et al., 2001)。昆蟲鑑定部分，主要參考張(1965)之分類系統及膜翅目昆蟲參考 Goulet and Huber (1993)檢索表，依據外部形態將標本鑑定至科後，記錄各月及各樣區昆蟲數量，並將標本烘乾保存於中興大學昆蟲學系昆蟲生態研究室。除了昆蟲以外，本研究亦誘得其他節肢動物、兩棲類、爬蟲類與哺乳類動物，其數據未列入分析。

➤ 數據分析

各季各監測昆蟲組成以 Office XP Access 建立資料庫後加以彙整計算再將資料輸出到 Excel 製成表表示。各多樣性指數計算如下(Ludwig and Reynolds, 1988; Krebs,

1999) :

科豐富度指數(Family richness index)

$$d = (F-1) / \ln N$$

辛普森多樣性指數(Simpson' s index)

$$D = 1 - \sum [n_i(n_i-1) / N(N-1)]$$

夏農-威納多樣性指數(Shannon-Wiener' s diversity index)

$$H' = - \sum (P_i) \times (\ln P_i)$$

均勻度指數(Pielou' s evenness index)

$$e = [- \sum (P_i) \times (\ln P_i)] / \ln F$$

F = 種數 (本研究以科數代替), N = 總個體數, $P_i = n_i/N$, $n_i =$ 第 i 科個體數

C. 哺乳動物、兩棲類及爬蟲類

➤ 調查路線

(1). 潭區

a: 選定日月潭風景區內主要和次要道路 (台 21、台 21 甲、縣道 131 和投 62), 由水里鄉縣道 131 水里車站往北, 至與台 21 線 (57.5K) 交會處往南繞行潭一周以及環繞頭社盆地的投 62 進行調查, 沿著道路, 每 500 公尺為一個樣點, 共計 111 個樣點見 (圖 2-2)。

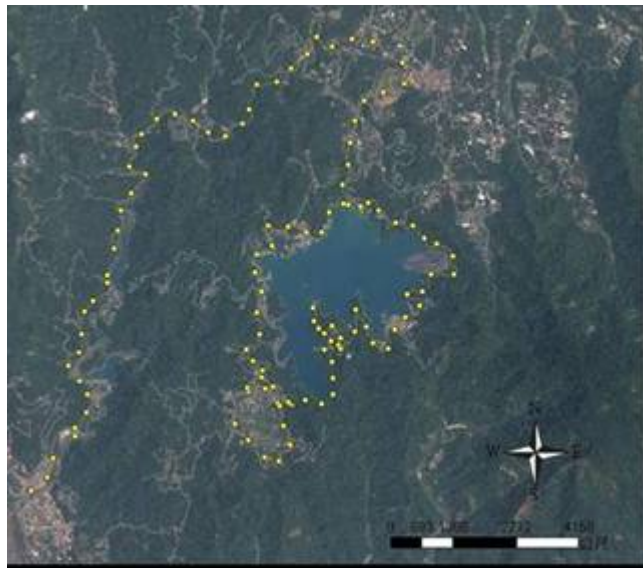


圖 2-2 日月潭風景區內主要和次要道路上的樣點，共 111 點

(2). 集集大山

a: 由富山國小旁的石盤巷進入，沿著道路里程數，經富山產業道路、大山巷，每 500 公尺為一個樣點，至大山電視轉播站為止，共計 15K，31 個樣點見（圖 2-3）。

b: 集集大山大多種植檳榔和果樹，至 12 公里以上，道路兩旁主要為竹林。

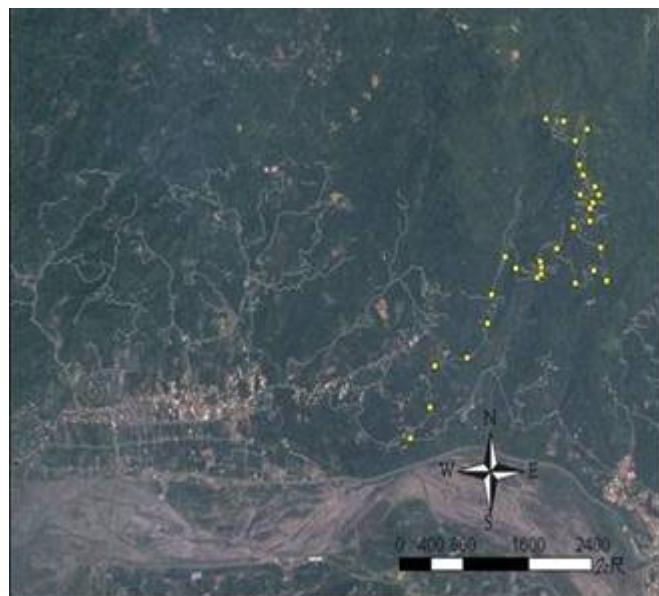


圖 2-3 集集大山的樣點，共 31 點。

(3). 水社大山

- a：以徒步的方式由伊達邵水社大山登山口進入，沿著步道進行調查，海拔每 300 公尺為一個樣點，共計 5 個樣點，各樣點資料見（表 2-2）。
- b：入口處（海拔 800 公尺）附近為人工種植之針葉林見（圖 2-4 左圖）和竹林，至海拔 1100 公尺左右則為次生闊葉林見（圖 2-4 右圖），以上則主要為竹林見（圖 2-5 左圖），1700 公尺以上林相又改變為闊葉林見（圖 2-5 右圖），2000 公尺則有箭竹和闊葉樹交替生長見（圖 2-6）。

表 2-2 水社大山樣點資料。

樣點	緯度	經度	海拔
水社大山-1	23°50'50.7"	120°56'06.0"	822
水社大山-2	23°50'58.3"	120°56'35.0"	1116
水社大山-3	23°50'38.3"	120°57'21.0"	1414
水社大山-4	23°50'23.5"	120°57'29.3"	1694
水社大山-5	23°50'28.1"	120°57'58.3"	2000



圖 2-4 左圖為水社大山海拔 800 公尺處；右圖為水社大山海拔 1100 公尺處。



圖 2-5 左圖為水社大山的竹林，右圖水社大山海拔 1700 公尺處。



圖 2-6 水社大山海拔 2000 公尺處。

(4). 向山

- a： 向山位於日月潭的西側，右側緊鄰日月潭湖畔，左側為台 21 線公路，目前正進行行政中心新建工程。其中未開發的地區約占 19.64 公頃，為地勢平緩的小山丘，最高海拔僅 765 公尺。
- b： 區域內的植被類型以蕨類植物和樟科、楠科為主的密林見（圖 2-7 左圖）。向山後方通往明潭進水口處，有一處裸露地，五節芒散生其中見（圖 2-7 右圖），夏季時生長茂密且高達 2 公尺以上，但人工除草後植被覆蓋極為稀疏；道路的另一側為纜車興建預定地，植被主要為五節芒、竹林和次生闊葉林構成。
- c： 共設置四條穿越線見（圖 2-8），第一條穿越線於向山南側之裸露地旁，周遭有非

常茂密的蕨類植物和闊葉樹，覆蓋度很高；第二條穿越線位於向山西側由工地內進入，約 20 公尺會遇見一片竹林，其他部份為密生的蕨類植物和闊葉樹；第三條和第四條穿越線位於台 21 線馬路的另一側，第三條穿越線前半段為五節芒，可高達 2 公尺以上，但林上層覆蓋度不高，並有少數廢棄物散置其中，後半段則為竹林，林上層覆蓋度相當高，林下層則植被稀疏；第四條穿越線約 5 公尺即進入次生闊葉林和竹林鑲嵌的棲地類型。



圖 2-7 左圖為向山內的植被以蕨類為主；右圖為向山內的裸露地。



圖 2-8 向山的樣點和穿越線位置。

➤ 調查頻度及進度

(1). 潭區

a： 每個月一次，每次兩個夜晚，每次人員三至四名。目前已進行的月份為 2008 年 6 月至 2009 年 3 月，共計十次調查。

b： 另外每季一次，於潭區周遭步道進行調查，目前已進行 2008 年 12 月，共計一次調查。

(2). 集集大山

a： 每季一次並於春夏季提高調查頻度，每次一個夜晚，每次人員三至四名。

b： 目前已進行的月份為 2008 年 8 月、11 月和 2009 年 3 月，共計三次調查。

(3). 水社大山

a： 一年兩次，分別於春秋兩季進行調查，每次一天於早上 9 點開始調查，於當晚 12 點前結束調查，目前已進行了 2008 年 8 月和 2009 年 1 月，共計兩次調查。

(4). 向山

a： 針對纜車興建預定地及向山保留地進行每季一次，每次固定連續四天，分別對小型哺乳類、蝙蝠與兩棲爬蟲進行調查。

b： 調查的日期如下：2008 年 12 月 11~14 日。

➤ 調查方法

(1). 哺乳類調查方法

a： 於各樣點周遭以目視（手電筒照射和夜視鏡）的方式進行哺乳動物的調查，並搜索是否有獸跡或排遺，若於道路上遭遇則記錄 GPS。

b： 翼手目以蝙蝠偵測器（Anabat SD1）於樣點進行 2 分鐘錄音，並將資料帶回實驗

室分析翼手目動物的叫聲。

(2). 兩棲爬蟲類調查方法

- a：於日落後一個小時，每個樣點停留 2 分鐘，紀錄兩生類鳴叫聲。記錄方式採用北美兩生類監測計劃 (North American Amphibian Monitoring Program; NAAMP)，以 1、2、3 分別代表其鳴叫個體之相對數量：1 代表能夠區分不同的鳴叫個體，為不連續之叫聲；2 代表數個個體之連續叫聲，叫聲相連，但仍可辨認出每隻鳴叫的聲音；3 代表多數個體之合鳴，此時無法分辨出單獨個體之叫聲。
- b：並搜索樣點周圍可能躲藏的環境，如果有目擊個體或路斃個體，也予以記錄溫度、GPS 並檢拾製造標本以利日後研究之用。

➤ 向山調查方法

由於向山的調查集中於四天三夜中，因此於下另外詳述調查的方式，分類如下

(1). 兩棲爬蟲類

- a：每日三次，共計十二次調查，兩位調查人員於早上、下午和晚上進行穿越線上的徒步搜索調查，採目視、聽叫聲並搜索兩棲爬蟲可能藏匿位置的方式，記錄沿線出現的兩棲爬蟲種類、隻數、性別和該點的 GPS 位置。

(2). 小型哺乳動物

- a：利用薛門氏陷阱 (Sherman's trap) 和台製鼠籠進行小型哺乳類的捕抓調查，在穿越線上每隔 10 公尺設置一個樣點，每個樣點放置兩個薛門氏陷阱，並於每條穿越線的第 1、第 5 和第 10 個樣點放置台製鼠籠，共計 80 個薛門氏陷阱，12 個台製鼠籠，若見到疑似獸穴或獸跡則在旁邊補架設台製鼠籠；薛門氏陷阱內置誘餌，使用地瓜片混以花生醬和剪碎的麵包蟲製成的蟲醬，台製鼠籠內則放置對切的香腸，共放置四天三夜，每日上午 9 點開始收籠，下午 4 點開始設置陷阱，且在穿越線調查兩棲爬蟲的同時進行小型哺乳類的目視觀察。

- b：在翼手目動物的調查方面，考慮到蝙蝠偵測器在森林內的有效範圍為 30 公尺，因此僅在每條穿越線的第 1、第 5 和第 10 個樣點偵測蝙蝠，於調查期間的夜晚進行偵測。

(四) 日月潭水質監測

➤ 水域定點水質人工監測

本計畫將於日月潭潭區內之規定地點(包括水社、伊達邵、向山周邊水域及水里溪上、中、下游)進行人工採樣分析之工作，以了解水質之情況。調查分析頻率以每兩個月進行一次為原則，採樣亦將配合水域生態調查的時間同步進行，以利水質數據與水域生態調查分析結果之解釋。水質分析項目包括：水溫、酸鹼值、導電度、溶氧、生化需氧量(BOD)、化學需氧量(COD)、氨氮、硝酸鹽氮、總磷、葉綠素 a 等項目。上述監測方法將依照環檢所公告之標準方法進行之，實驗室品保品管 QA/QC 工作亦將依規定辦理管制工作。

➤ 水質自動監測站之持續操作與維護

日月潭浮台式自動化水質監測系統已設置於水社碼頭自來水取水口附近，以監控水庫內水質的狀況。自動化水質監測系統包括四個主要單元，分別為監測儀器設備(DataSonde 4a)、資料處理與傳輸系統、太陽能供電系統、現場校正系統等。因為監測儀器乃必須長期放置於野外，基於過去本研究團隊執行的結果，發現以一個半月校正乙次及配合每三星期清洗一次為最佳的維護頻率，並依過去的經驗建立標準操作維護作業程序，計畫執行期間亦將依照此程序進行相關的操作與維護工作。

本計畫除了進行自動化水質監測站的連續監測之外，並將持續配合人工採樣的方式來驗證其準確性，而一些自動監測站無法測定的項目亦將由人工採樣分析的方式來彌補，同時延續上年度使用統計分析的方法求得其間之相關性，以利未來水質指標的快速獲得及判定。人工採樣的目的主要用於驗證水質監測站的準確性與穩定度，故人工採樣點將與自動水質監測站相同(如圖 2-9 所示)。

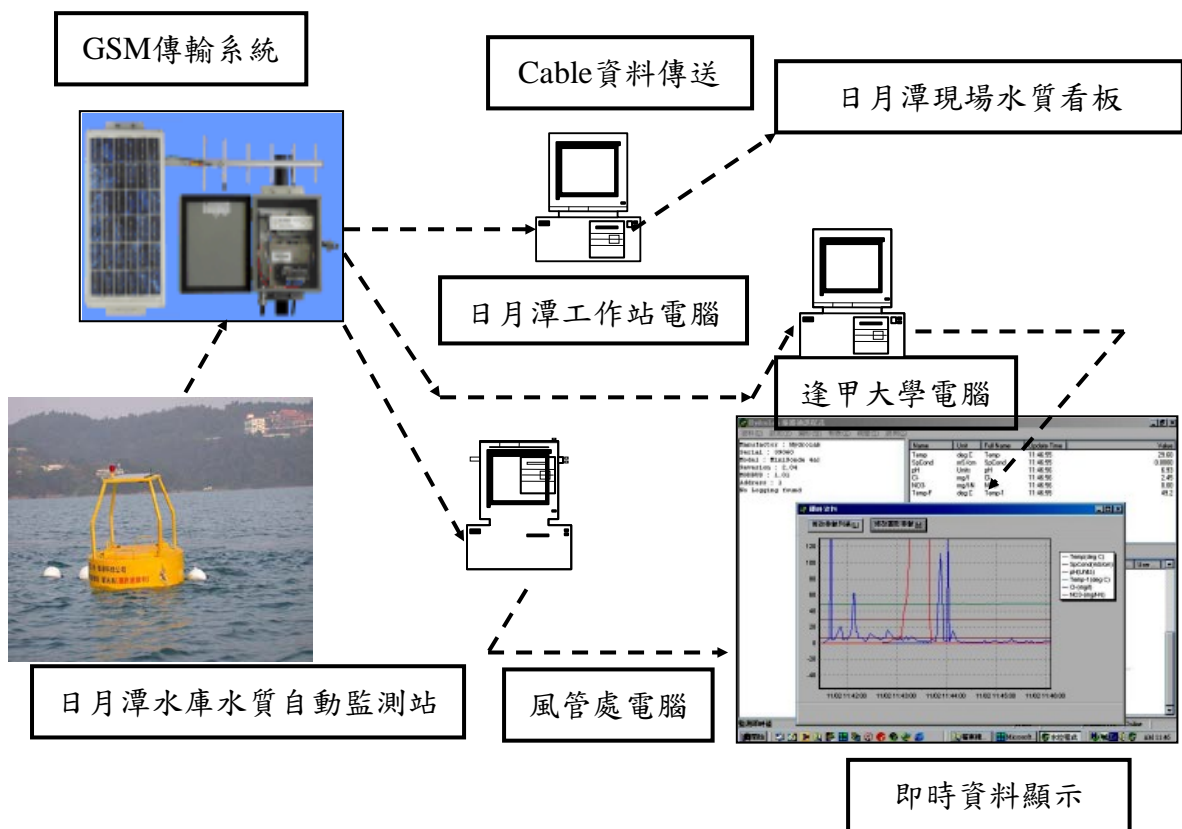


圖 2-9 水質自動監測站的運作架構及模式圖

(1). 採樣次數與頻率

本計畫之人工採樣部分將於本年度四月起開始進行。計畫執行期間將配合進行每 3 個月一次的例行性採樣驗證。每次採樣以組合水樣 (Composite Sample) 作為最後實驗室水質分析的樣本，組合水樣以監測站為中心的前、後、左、右 (各一公尺長度範圍內) 四點表面水 (水面下 50 公分處) 進行等比例的體積組合。

(2). 水質分析項目

本研究為瞭解各項物化水質之間的相關性，並作為後續各項比對及驗證之基礎，選擇之水質測定項目 (包括現場及實驗室分析) 如表 2-3

表 2-3 物化檢驗項目及方法表

檢驗項目	環保署公告水質檢驗法之 編號	測定地點	備註
水溫	NIEA W217.51A	現場	
透明度	NIEA E220.50C	現場	日間 9~15 點間進行
pH	NIEA W424.50A	現場	
DO	NIEA W421.54C	現場	
導電度	NIEA W203.51B	實驗室	
濁度	NIEA W219.50T	實驗室	
NH ₃ -N	NIEA W416.50A	實驗室	
NO ₃ -N	NIEA W419.50A	實驗室	
總磷	NIEA W427.51B	實驗室	
葉綠素 a	NIEA E508.00B	實驗室	

(3). 採樣流程作業程序

a：採樣計畫

人工採樣的準確性對水質分析數據的代表性影響相當大，也同時會直接影響後續水質資料比對分析之結果。因此，參與現場採樣之人員必須對本計畫擬定之採樣計畫的內容有相當瞭解，如此方能達到具代表性的採樣工作。

本研究之採樣計畫內容包括：

- 採樣日期與工作時程
- 採樣點分佈位置
- 樣品種類與分析項目
- 採樣器具及保存試劑
- 樣品前處理步驟

- 樣品保存容器與樣品保存期限
- 人員調派
- 交通工具
- 聯絡工作（人員、實驗室、交通）
- 記錄及其他

b：採樣流程

b.1：採樣前

對於採樣相關人員需給予適當的行前訓練及明確的工作內容分配。採樣人員應於採樣前預先填好每一支採樣瓶的標籤，並依序排列裝入冰桶內以備現場使用；出發前應依照表之清單清點相關物品上車。

b.2：採樣現場

採樣人員開車抵達日月潭水庫後，將採樣必需之設備及容器搬運至租（借）的船上，並即刻進行現場儀器之校正（包括 pH 及溶氧計），待船隻駛至自動水質監測站位置，隨即進行週遭四點採樣（水深 50 公分），及樣品等體積組合的工作，並確切記錄每一個採樣的時間與現場狀況。船上可進行量測的水質項目包括溫度、pH 及溶氧，而透明度（沙奇盤深度）的測量僅在白天 9~15 點間進行，待水樣之組合作業完畢後，將之分裝於數支不同體積之容器中，然後加入適當的保存藥劑，並置入黑暗之冷藏箱中保存。

b.3：採樣後

採樣完成後，即刻開車將所有收集的樣品運回逢甲大學的實驗室，並依據品保品管之規定進行相關水質的分析工作。

➤ 統計分析作業

本計畫所使用之統計分析主要包括兩個部分，第一個部分是水質自動監測站監測資料與人工採樣驗證的比對分析，第二個是連續監測站水質資料的趨勢分析。以下就這兩個部分的工作內容簡要說明。

本研究執行期間將利用四次人工採樣的方式所得之檢測數據與水質自動監測站的數據進行相關性的探討。水質自動監測站水質資料之趨勢分析。如果水質自動監測站一切處於操作正常的狀態(無資料遺失)，理論上每個月每個水質項目應該至少可以收集到約 720 個資料，監測站執行期間為十二個月，因此水質資料庫的收集相當可觀。為掌握各項水質的常年變動趨勢，並比較每季與每月之間的顯著差異，移動平均法將被用來評估水質變化的趨勢，也可以將一些不正常之極端值因素稀釋掉，水質變動的趨勢將更易於分析與判斷。

➤ 實驗室水質分析品保品管 (QA/QC) 計畫

本實驗室在進行水質分析時多參照環保署公告之標準檢驗方法及美國公共健康協會 (APHA) 之標準方法 (Standard Method, 20th edition)，且依其步驟執行檢測，但參照這些已公告的檢驗方法，並不能就此確保可以獲得精確的數據，其誤差可能由許多原因所造成，包括不可預期的干擾效應、儀器異常、人員的疏失等等，為克服這些可能的誤差，實驗室必須建立一套良好的品保程序，以測知實驗方法的既存偏差或是操作狀況的系統誤差和隨機誤差；而評估誤差的方式，可藉由求取精確度和準確度來瞭解其誤差的大小。實驗室為獲致高品質的數據，即應正確執行品保程序，評估誤差，找出原因並且精準校正以達到高研究水準，本計畫對分析數據之品保目標列於表 4-4。進行品保作業時，必須執行的管制措施相關專用名詞意義如下：

(1). 批次：

為品管的基本單元，通常是指在相同時間，或連續的一段時間內，以同組試劑相同分析處理步驟，所檢測的樣品。

(2). 空白分析：

為一不含分析物之水溶液或試劑，伴隨每一分析批次，依同樣操作程序分析，以判

知分析過程是否遭受污染及遭受污染之程度。

(3). 重複分析：

為確定操作的精確性及可靠度，針對同批之同一樣品做兩次以上之分析。

(4). 查核樣品：

係指將適量濃度之標準品（不同於製備檢量線的標準品）添加於與樣品相似的基質中配製而成之樣品。

(5). 添加標準品分析：

將樣品等分為二，一部份直接依步驟分析，另一部份添加適當濃度之標準品後再分析，以確認樣品中有無基質干擾或所用之分析方法是否適當之過程。

(6). 一般檢驗方法：

泛指重量法、滴定法及其他傳統分析之檢驗方法。

(7). 方法偵測極限（MDL）：

為一待測物在某一種基質中以某一特定檢驗方法所能測得之最小濃度。

(8). 準確度：

為一組檢驗值（或平均值 X ）與真值（true value）的差異。通常可由分析參考樣品（reference sample）求得，以回收率百分比（percent recoveries）表示之。

(9). 精確度：

為一組重複分析之測量值與平均值間的標準偏異。通常可由重複分析樣品求得相對百分偏差表示之。

(10). 檢量線：

於一特定儀器所求得之讀值，相對其配製之濃度，所繪製成的 XY 圖。

(11). 試劑水：

不含待測物、試劑的純水，通常是指蒸餾水、去離子水，於實驗室配製時使用。

(12). 測不到 (ND)：

樣品分析值低於偵測極限值時，即視為「測不到」，檢驗記錄表中濃度值以 $<MDL$ 值表示之。

(13). 參考物質：

內部或外部查核及評估實驗分析技巧之樣品，其來源有外購標準樣品，實驗室配製及與其它實驗室比測之真實樣品。

參、 結果與討論：

3-1 全區水域生態調查

3-1.1 生物組成監測及調查

(一) 魚、蝦、蟹類

根據計畫執行至今調查的結果發現，實際存在日月潭中共可整理出有 4 目 9 科 19 種魚類（名錄如附錄一），包括鯉魚、鯽魚、 條、翹嘴紅 鮎、鯪魚、高經濟價值的魚種有翹嘴紅鮎及青魚，但其族群數量皆不高。另外參考日月潭區漁會往年之資料，過去魚類年產量方面以 條有最高的族群數量，但近年受外來種（雙邊魚）入侵之影響， 條族群數量已減少許多。今年以魚籠及蝦籠方式調查，共發現外來種（雙斑伴麗魚）206 尾個體及雜交種吳郭魚 1 尾個體（表 3-1.1）。

潭區淡水蝦蟹類共 1 目 2 科 3 屬 5 種，包括有秀麗白蝦、粗糙沼蝦、台灣沼蝦、擬多齒米蝦、長額米蝦及日月潭澤蟹，其中秀麗白蝦經濟價值隨不高，但卻是台灣淡水域中唯一的白蝦屬蝦類，目前僅分佈於日月潭、台北內湖一帶及屏東龍巒潭、南仁湖。秀麗白蝦之地理分佈以溫帶為主，台灣亦是本種蝦類地理分佈的最南界。今年以魚籠及蝦籠方式調查共發現台灣沼蝦 2 隻個體及粗糙沼蝦 4 隻個體，其捕獲量並不高。以手撈的方式調查到 133 隻秀麗白蝦。（表 3-1.2）

根據歷年調查的結果，水里溪共發現有 6 目 12 科 23 種魚類（名錄如附錄一），包括台灣纓口鰍、鯉魚、台灣馬口魚、台灣石 鰍、台灣鏟頰魚、翹嘴紅 鮎、粗首魚、青魚、草魚、羅漢魚、香魚，其中香魚為 2003 年所發現，其族群數量稀少，應屬人為放流之族群。2004 年族群數量並未增加，族群組成大多為成魚，並未發現幼魚個體，2005 年調查並無發現，但在 2006 年的調查中於明潭電廠站則無發現，今年的調查中也無發現。

今年度於 5 月份及 9 月份調查期間因水里溪上游明潭電廠調節性洩洪，導致明潭電廠站及水里橋站水量暴增，礙於安全考量無法以浮潛方式調查，僅以放置蝦籠之方式進行

調查。蝦籠法調查結果僅發現 3 科 3 種魚類及 3 種蝦類，魚類包括台灣纓口鰍、台灣石及明潭吻蝦虎魚共 7 隻個體，其中以台灣石 為主佔總捕獲量 42.8% (表 3-1.2)；蝦類則有粗糙沼蝦及擬多齒米蝦共 43 個個體，其中以粗糙沼蝦為主佔總捕獲量 88.3%。(表 3-1.2)

表 3-1.1、日月潭國家風景區水域環境魚類種類及數量

物種	日月潭									
	水社							向山		
	2008/5/9	2008/5/9	2008/9/4	2008/11/14	2008/11/14	2008/11/14	2009/3/17	2008/10/3	2008/11/13	2009/3/17
蝦籠	手撈/10min	蝦籠	蝦籠	手撈	釣客訪談	蝦籠	刺網+訪談	刺網+訪談	刺網+訪談	
台灣纓口鰍 <i>Crossostoma lacustre</i>										
粗首鱯 <i>Zacco pachycephalus</i>										
陳氏鰍鮓 <i>Gobiobotia cheni</i>										
台灣石 <i>Acrossocheilus paradoxus</i>										
台灣馬口魚 <i>Candidia barbata</i>										
高身小鰍鮒 <i>Microphysogobio alticorpus</i>										
鯽魚 <i>Carassius auratus</i>								10		3
鯉 <i>Cyprinus carpio</i>								1		5
鯛魚 <i>Scaphesthes barbatulus</i>										
革條副鱚 <i>Paracheilognathus himantegus</i>										
何氏棘鯪 <i>Spinibarbus hollandi</i>										
鱮 <i>Aristichthys nobilis</i>						6		1		
青魚 <i>Mylopharyngodon piceus</i>										1
翹嘴紅鮰 <i>Culter alburnus</i>								1		1
草魚 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>						2				
鯪魚 <i>Cirrhinus molitorella</i>										3
唇 <i>Hemibarbus labeo</i>										
埔里中華爬岩鰍 <i>Sinogastromyzon puliensis</i>										
台灣間爬岩鰍 <i>Hemimyzon formosanum</i>										
泥鰍 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>										
大鱗副泥鰍 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>										
台灣鮠 <i>Pseudobagrus brevianalis taiwanensis</i>										
鱧 <i>Parasilurus asotus</i>										
明潭吻蝦虎魚 <i>Rhinogobius candidianus</i>										
極樂吻蝦虎魚 <i>Rhinogobius giurinus</i>				1						
短吻紅斑吻蝦虎魚 <i>Rhinogobius rubromaculatus</i>										
雜交種吳郭魚 <i>Oreochromis</i> sp.						1	1	17		13
馬拉麗體魚 <i>Parachromis managuensis</i>						2		2		4
紅魔麗體魚 <i>Cichlasoma citrinellum</i>									13	4
雙斑伴麗魚 <i>Hemichromis bimaculatus</i>	67		72	13	6	14	34			
線鱧 <i>Channa asiatica</i>								1		
白鰻 <i>Chelon subviridis</i>										
暹羅副雙邊魚 <i>Parambassis siamensis</i>		6								
大肚魚 <i>Gambusia affinis</i>		4								
種數	1	2	1	2	1	5	2	7	1	8
個體總數	67	10	72	14	6	25	35	33	13	34

* 表示樣區因調節性洩洪，水量增加使蝦籠遭沖走。

表 3-1.1、日月潭國家風景區水域環境魚類種類及數量(續)

物種	水里溪流域												
	水里橋				明潭發電廠				石觀音橋				
	2008/5/9 放水：蝦籠	2008/9/4 放水：蝦籠	2008/11/14 蝦籠	2009/3/17 蝦籠	2008/5/9 放水：蝦籠	2008/9/4 放水：蝦籠	2008/11/14 蝦籠	2009/3/17 蝦籠	2008/5/9 蝦籠	2008/9/4 蝦籠	2008/11/14 蝦籠	2009/3/17 蝦籠	
台灣纓口鰍 <i>Crossostoma lacustre</i>					1	*			4				
粗首鱧 <i>Zacco pachycephalus</i>						*							
陳氏鰍蛇 <i>Gobiobotia cheni</i>						*							
台灣石 <i>Acrossocheilus paradoxus</i>			1	30		*		3		1			
台灣馬口魚 <i>Candidia barbata</i>	4	1		1		*			13	12			
高身小鱧鰻 <i>Microphysogobio alticarpus</i>						*							
鯽魚 <i>Carassius auratus</i>						*							
鯉 <i>Cyprinus carpio</i>						*							
細魚 <i>Scaphesthes barbatulus</i>						*							
革條副鱚 <i>Paracheilognathus himantegus</i>						*							
何氏棘鯉 <i>Spinibarbus hollandi</i>						*							
鱮 <i>Aristichthys nobilis</i>						*							
青魚 <i>Mylopharyngodon piceus</i>						*							
翅嘴紅鮎 <i>Culter alburnus</i>						*							
草魚 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>						*							
鯪魚 <i>Cirrhinus molitorella</i>						*							
唇 <i>Hemibarbus labeo</i>						*							
埔里中華爬岩鰍 <i>Sinogastromyzon puliensis</i>						*							
台灣間爬岩鰍 <i>Hemimyzon formosanum</i>			1			*							
泥鰍 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>						*							
大鱗副泥鰍 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>						*							
台灣鮪 <i>Pseudobagrus brevianalis taiwanensis</i>				1		*				1			
鮎 <i>Parasilurus asotus</i>						*							
明潭吻蝦虎魚 <i>Rhinogobius candianus</i>				1		*	2	1	5	12		17	
極樂吻蝦虎魚 <i>Rhinogobius giurinus</i>						*							
短吻紅斑吻蝦虎魚 <i>Rhinogobius rubromaculatus</i>						*							
雜交種吳郭魚 <i>Oreochromis</i> sp.						*							
馬拉麗體魚 <i>Parachromis managuensis</i>						*							
紅魔麗體魚 <i>Cichlasoma citrinellum</i>						*							
雙斑伴麗魚 <i>Hemichromis bimaculatus</i>						*							
線鱧 <i>Channa asiatica</i>						*							
白鱧 <i>Chelon subviridis</i>						*							
暹羅副雙邊魚 <i>Parambassis siamensis</i>						*							
大肚魚 <i>Gambusia affinis</i>						*							
種數	1	1	2	4	1	*	1	2	3	4	0	1	
個體總數	4	1	2	33	1	*	2	4	22	26	0	17	

* 表示樣區因調節性洩洪，水量增加使蝦籠遭沖走。

表 3-1.2 日月潭國家風景區水域與水里溪地區環境甲殼類種類及數量

物種	日月潭潭區					水里溪流域			
	水社					水里橋			
	2008/5/9	2008/5/10	2008/9/4	2008/11/14	2009/3/17	2008/5/9	2008/9/4	2008/11/14	2009/3/17
	蝦籠	手撈/10min	蝦籠	蝦籠	蝦籠	放水：蝦籠	放水：蝦籠	蝦籠	蝦籠
秀麗白蝦 <i>Exopalaemon modestus</i>		133							
粗糙沼蝦 <i>Macrobrachium asperulum</i>			2		2	13	4	5	16
日本沼蝦 <i>Macrobrachium nipponense</i>									
台灣沼蝦 <i>Macrobrachium formosense</i>					2				
多齒新米蝦 <i>Neocaridina denticulata</i>									
拉氏清溪蟹 <i>Candidiopotamon rathbuni</i>									
黃綠澤蟹 <i>Geothelphusa olea</i>									
種數	0	1	1	0	2	1	1	1	1
個體總數	0	133	2	0	4	13	4	5	16

* 表示樣區因調節性洩洪，水量增加使蝦籠遭沖走。

表 3-1.2 日月潭國家風景區水域與水里溪地區環境甲殼類種類及數量(續)

物種	水里溪流域							
	明潭發電廠				石觀音橋			
	2008/5/9	2008/9/4	2008/11/14	2009/3/17	2008/5/9	2008/9/4	2008/11/14	2009/3/17
	放水：蝦籠	放水：蝦籠	蝦籠	蝦籠	蝦籠	蝦籠	蝦籠	蝦籠
秀麗白蝦 <i>Exopalaemon modestus</i>		*						
粗糙沼蝦 <i>Macrobrachium asperulum</i>	2	*	12	24	9	15	4	31
日本沼蝦 <i>Macrobrachium nipponense</i>		*						
台灣沼蝦 <i>Macrobrachium formosense</i>								
多齒新米蝦 <i>Neocaridina denticulata</i>		*		3				2
拉氏清溪蟹 <i>Candidiopotamon rathbuni</i>		*	2				1	
黃綠澤蟹 <i>Geothelphusa olea</i>		*						
種數	1	0	2	2	1	1	2	2
個體總數	2	0	14	27	9	15	5	33

* 表示樣區因調節性洩洪，水量增加使蝦籠遭沖走。

魚類族群數量方面，由於明潭發電廠及水里橋附近則因為水庫調節性洩洪，水量大增亦無法以浮潛方式觀察，而改以放置蝦籠進行調查，所以在比較水里溪流今年與歷年度魚類組成方面發現，魚種種類組成與往年差異不大，至於族群數量變動的原因則是因調查方式的不同而產生的差異。另外，石觀音樣站於 2005 年調查期間發現右岸砂石疑似遭人盜採砂石，使整個右岸滿目瘡痍的現象，2006 年度調查期間，已逐漸回復以往平緩之河岸地形。今年調查前間山壁呈現崩塌過的狀態，但不影響河岸的地形。(圖 3-1.1~3-1.2)



圖 3-1.1 左圖為原本為平緩之河岸地形(2005/08/24)；右圖為疑似遭人盜採砂石，河岸滿目瘡痍，河岸與水面產生約一公尺的落差(2005/11/08)



圖 3-1.2 左圖為石觀音樣站已逐漸回復以往平緩之河岸地形(2006/6/23)；右圖為今年的樣站範圍有崩塌的狀況 (2009/03/17)。

(二) 螺貝類

彙整曾等(2001及2002)、郭等(2003、2004及2005)及2006年之調查資料(名錄如附錄二)。由此可知，水里溪下游的螺貝類種類最多，有7科9種，其中以瘤蜷為優勢種，其次為日月潭的4科6種，其優勢種為河殼菜蛤，瘤蜷次之。在2009年3月的訪談，因日月潭水位下降，民眾到水岸邊的底泥採集田蚌，每個田蚌都有一個手掌大(圖3-1.3)



圖 3-1.3 民眾至潭邊挖取的田蚌

(三) 浮游生物

曾等(2001及2002)及郭等(2003及2004)調查結果中顯示日月潭所採集到之浮游生物共累積6門6綱15目22科39屬(表3-1.3及附錄三)，以綠藻門為主共19屬，其次為矽藻門占共17屬，這與莊(1986)及森若(1990)之結果相符；水里溪採集之浮游生物共累積4門4綱11目15科23屬，以矽藻門為主共16屬。今年度針對日月潭潭區、水里溪流域的調查結果，共發現5門6綱14目21科30屬，依然以矽藻門為主共16屬。

表 3-1.3 日月潭與水里溪地區浮游生物組成百分比

種名	潭區 日月潭			水里橋			水里溪流域 明潭發電廠			石觀音橋		
	2008/9/4	2008/11/14	2009/3/17	2008/9/4	2008/11/14	2009/3/17	2008/9/4	2008/11/14	2009/3/17	2008/9/4	2008/11/14	2009/3/17
念珠藻屬 <i>Nostoc</i> sp.						18.05%						
微囊藻屬 <i>Microcystis</i> sp.	0.42%											19.58%
裸甲藻屬 <i>Gymnodinium</i> sp.			9.55%									0.42%
小環藻屬 <i>Cyclotella</i> sp.	80.36%	60.55%	33.82%	68.23%	61.18%	1.50%	72.15%		1.59%	4.08%	0.84%	0.83%
直鏈藻屬 <i>Melosira</i> sp.									5.12%	25.51%		
直鏈藻屬 <i>Aulacoseira</i> sp.						3.76%	0.46%					
脆杆藻屬 <i>Fragilaria</i> sp.	3.05%		8.09%	11.98%	3.53%	5.26%	10.05%		1.95%	14.29%	29.41%	12.50%
針杆藻屬 <i>Synedra</i> sp.			0.90%			0.75%			0.24%	1.02%	2.52%	1.25%
平板藻屬 <i>Tabellaria</i> sp.	0.48%											
扇型藻屬 <i>Meridion</i> sp.										1.02%		
等片藻屬 <i>Diatoma</i> sp.		1.15%		1.56%			4.11%			1.02%		2.92%
舟形藻屬 <i>Navicula</i> sp.	0.06%		5.28%	1.04%		27.82%	0.91%		1.95%	9.18%	0.84%	19.58%
異極藻屬 <i>Gomphonema</i> sp.			0.79%	1.04%		0.75%			0.61%	6.12%	0.84%	2.50%
橋彎藻屬 <i>Cymbella</i> sp.	0.36%	1.15%	1.46%	1.56%		14.29%			2.56%	6.12%	1.68%	22.92%
雙眉藻屬 <i>Amphora</i> sp.		0.00%										
曲殼藻屬 <i>Achnanthes</i> sp.	3.68%	1.61%	2.36%	3.65%		10.53%	3.20%		0.49%	22.45%	15.97%	8.33%
卵形藻屬 <i>Cocconeis</i> sp.					0.59%	0.75%			0.12%		7.56%	2.92%
短鏈藻屬 <i>Eunotia</i> sp.				1.04%								0.42%
菱形藻屬 <i>Nitzschia</i> sp.				1.56%		15.04%			0.85%	5.10%		5.42%
卵囊藻屬 <i>Oocystis</i> sp.		1.38%										
盤星藻屬 <i>Pediastrum</i> sp.	3.47%	31.88%	34.38%	8.33%	14.12%				15.49%			
柵藻屬 <i>Scenedesmus</i> sp.	0.45%	2.29%					9.13%		1.83%	4.08%		
十字藻屬 <i>Crucigenia</i> sp.					2.35%							
膠網藻屬 <i>Dictyosphaerium</i> sp.	7.05%				18.24%							
小球藻屬 <i>Chlorella</i> sp.	0.57%					1.50%			65.73%			0.42%
空星藻屬 <i>Coelastrum</i> sp.			2.58%									
鼓藻屬 <i>Cosmarium</i> sp.			0.79%									
微孢藻屬 <i>Microspora</i> sp.									1.46%			
剛毛藻屬 <i>Cladophora</i> sp.											40.34%	
囊裸藻屬 <i>Trachelomonas</i> sp.	0.06%											
總個體數	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	100%	100%	100%	100%
種數	12	7	11	10	6	12	7	0	14	12	9	14

3-1.2 歷年生物組成比較

(一) 魚、蝦、蟹類

若根據歷年（2001~2008）之資料，顯示日月潭潭區水域生物組成正隨著時間改變。在種類數上因外來種魚類的入侵而有增加的趨勢；在族群數量方面，因外來種（雙邊魚科及慈鯛科魚類）的數量持續增加並成為潭區最常見的魚類，使得其他魚種（條）及蝦類的生態區位受到擠壓，族群數量逐漸減少中。

水里溪流域水域生物組成相當豐富，根據歷年度魚蝦蟹類組成方面發現，魚蝦蟹種類組成與往年差異不大，各年度族群數量的變動則是因調查方式的不同而產生的差異。雖然魚蝦蟹類組成差異不大，但在魚類個體大小方面卻有逐漸趨於小型化的趨勢，顯示人為捕獵的行為已造成水里溪流域魚類生存的壓力之一。

(二) 螺貝類

若根據歷年（2001~2008）之資料，顯示螺貝類歷年的生物組成的差異並不大，日月潭潭區水域以河殼菜蛤為優勢種，瘤蜷次之，其他貝類則零星出現。水里溪流域螺貝類歷年的生物組成變動亦不大，螺貝類的生物組成以瘤蜷為主，河殼菜蛤並無大量出現，而且僅零星出現於明潭發電廠下游，顯示水里溪流域因抽蓄發電的操作，使得水位變動大的環境似乎不適合河殼菜蛤的生長，所以河殼菜蛤在水里溪流域並無大量增生的現象，對水里溪流域的水生生物影響亦不大。

(三) 浮游生物

根據歷年（2001~2008）之資料，顯示浮游生物歷年的生物組成的差異並不大，今年日月潭潭區水域的浮游生物以矽藻門為主，水里溪流域也以矽藻門為主。

3-2 全區陸域生態生態監測及調查

(一) 植物部分

大竹湖步道的蕨類，歷年共記錄了 38 種，2006 年紀錄 35 種，本監測調查紀錄減為 28 種；其中新紀錄 3 種而 10 種未記錄到。水蛙頭步道的蕨類植物，歷年共名錄了 62 種，2006 年有 54 種紀錄，本監測調查紀錄了 36 種，其中有 18 種已從步道旁消失。大竹湖及水蛙頭兩條步道的蕨類植物種類數量逐漸減少，推測原因為，步道兩側地面清理得較為乾淨，致使喜好較蔭濕的種類如生芽鐵角蕨、細柄雙蓋蕨等從步道兩旁消失，代之以強勢的非洲鳳仙及蔓澤蘭亦使多樣的物種逐漸流失。

青年活動中心雖範圍較廣，但有大比例的土地作為草皮及花園來經營，歷年有 57 種蕨類的紀錄，2006 年紀錄 54 種，本監測調查則紀錄了 42 種，其中 18 種舊有的消失，而有 6 種新紀錄。本區地被有經常性的除草等作業，部份區域去年有土石流的發生，地生蕨類受干擾大，流失種類較明顯，著生的種類則相對穩定。慈恩塔步道，歷年有 52 種蕨類紀錄，2006 年紀錄了 46 種，本監測調查減為 44 種，其中新增 6 種減少 8 種。

(二) 鳥類部分

經夏、秋、冬、春四季的監測調查共紀錄到鳥類 83 種，分屬 14 目 3 科(名錄如附錄五)，其中種類較多的分類群為畫眉科 10 種，鷺科 7 種，鳩鴿科、鵝科、鶯科、鶻科各 5 種。本監測調查 2008 年 12 月 3 日於大竹湖步道紀錄烏灰鵝 1 隻，12 月 24 日於慈恩塔步道紀錄紅尾鵝 1 隻，另夜間調查時於頭社附近記錄到南亞夜鷹，均為日月潭地區的新紀錄種，風景區的鳥種紀錄至目前為 141 種。

本調查的 83 種鳥類中，以本地區留鳥最多有 52 種，佔 63%，北方南遷的冬候鳥有 17 種，過境鳥 3 種，高山降遷的種類有 11 種。如表 3-2.1 所示約略可看出日月潭地區冬天可見到的鳥種數最豐富，春秋次之，夏天種類較少；各步道間以 21 甲公路距離較長，涵蓋棲地類型多，出現種類較多；而青年活動中心人為開發程度較大，環境相對單純，出現種類也較單純

表 3-2.1 各步道四季出現的鳥種數

	夏	秋	冬	春	平均	鳥種數
活動中心	21	25	23	24	23.3	34
大竹湖	24	15	33	24	24.0	47
水蛙頭	18	22	28	27	23.8	45
慈恩塔	16	21	33	21	22.8	41
21 甲	29	37	34	32	33.0	59
平均	21.6	24.0	30.2	25.6		

本監測調查的紀錄中(如表 3-2.2 所示)，屬台灣特有種者有五色鳥、台灣紫嘯鶇、台灣畫眉、白耳奇鶇、黃痣藪鶇、冠羽鳳鶇、台灣短翅鶇、黃山雀等 8 種(台灣畫眉及五色鳥為新近研究而分出的特有種)；保育類鳥種 16 種，分別為：

第二級：赤腹鷹、鳳頭蒼鷹、蜂→雕頭鷹、蛇鶇→大冠鶇、鸛鶇、黃嘴角鶇、朱鶇、黃山雀、壽→綬帶鳥、台灣畫眉、花翅山椒等 11 種。

第三級：綠→青背山雀、黃腹仙鶇→琉璃、白尾鶇、鉛色水鶇→鶇、紅尾伯勞等 5 種。

遷移性猛禽於九月份紀錄 776 隻次，最大量在 9/17 的大竹湖紀錄了 760 隻赤腹鷹，夜行性猛禽紀錄到鸛鶇及黃嘴角鶇 2 種。

表 3-2.2 各步道每次調查均出現的優勢種類

活動中心	紅頭穗鷗、紅嘴黑鵯、繡眼雀鷗、綠繡眼、灰喉山椒、白頭翁、珠頸斑鳩、洋燕、赤腰燕、棕面鷓鴣、小卷尾
大竹湖	紅頭穗鷗、小彎嘴鷗、綠繡眼
水蛙頭	紅頭穗鷗、紅嘴黑鵯、繡眼雀鷗、小彎嘴鷗、綠繡眼、灰喉山椒、白頭翁、五色鳥、小白鷺、烏線雀鷗、棕面鷓鴣、黑枕王鷓
慈恩塔	紅頭穗鷗、紅嘴黑鵯、繡眼雀鷗、小彎嘴鷗、五色鳥、小雨燕、烏線雀鷗、綠啄花
21 甲	紅頭穗鷗、紅嘴黑鵯、繡眼雀鷗、小彎嘴鷗、綠繡眼、灰喉山椒、白頭翁、五色鳥、小白鷺、珠頸斑鳩、綠鳩、洋燕、赤腰燕、黑枕王鷓、麻雀、小卷尾、樹鵲

(三) 昆蟲部分

(1). 目視法

過去目視法觀察記錄日月潭昆蟲資源中之鱗翅目有 15 科 83 種 2258 隻，其中蝴蝶有 7 科 50 種，鞘翅目有 13 科 47 種 220 隻蟲，蜻蛉目有 4 科 10 種(2003 年記錄)。2008 年 9 月於水里溪看到過去未發現之銀斑小灰蝶(銀斑小灰蝶科)，因此累計記錄蝴蝶有 8 科(台灣產蝴蝶共 11 科)。銀斑小灰蝶科於 1999 年才被學者自小灰蝶科中獨立分出的蝶種，僅發現銀斑小灰蝶 *Curetis acuta formosana* 及台灣銀斑小灰蝶 *Curetis brunnea* 兩種，因後翅腹面銀白色又稱銀背小灰蝶。兩者外型相似，以後翅外緣曲線區分，銀斑小灰蝶後翅外緣有明顯角度，反之台灣銀斑小灰蝶後翅外緣曲線較平滑。幼蟲以豆科台灣葛藤為食，成蟲具領域性且飛行快速，偏好停佇於潮濕地面吸水，分布於台灣全島低海拔及山區。這隻銀斑小灰蝶(如圖 3-2.1 所示)是 2008 年 9 月於水里溪遇見的，正中午時銀斑小灰蝶停下來喝水，遠遠看到所捕捉到的身影，很快就不見蹤跡。其它看到的蝴蝶有小紋青斑蝶、姬小紋青斑蝶、雌紅紫蛺蝶、青斑鳳蝶、黑鳳蝶、大白斑蝶、紋白蝶、小三線蝶、臺灣黃蝶、

端紅粉蝶等，其中以臺灣黃蝶數量達 15 隻為最多；蜻蛉目有霜白蜻蛉、紫紅蜻蛉、短腹幽蟪等，以紫紅蜻蛉數量達 30 隻為最多。2009 年 4 月向山目視法中看到蝴蝶有台灣波紋蛇目蝶、圓翅紫斑蝶、雌紅紫蛺蝶、淡黃粉蝶等，其中以台灣波紋蛇目蝶數量達 15 隻為最多；蜻蛉目則看到紫紅蜻蛉。



圖 3-2.1 銀斑小灰蝶

(2). 掉落式陷阱法

a：2008 年定點監測站陸域昆蟲資源：(表 3-2.3)

誘集記錄：貓囑山 8 目 28 科 530 隻蟲、青年活動中心 8 目 26 科 325 隻蟲、松柏崙步道 8 目 24 科 1204 隻蟲、慈恩塔 8 目 25 科 342 隻蟲、頭社 8 目 30 科 524 隻蟲、車埕 9 目 32 科 376 隻蟲。多樣性指數分析結果顯示 Family richness index 為 2.82 ~5.00，Simpson's index 為 0.39~ 0.88，Shannon- Wiener's index 為 1.05~ 2.47 及 Pielou's evenness index 為 0.34~ 0.73。松柏崙步道多樣性指數分析結果較其他監測站為低，其次為慈恩塔步道。

表 3-2.3 定點監測站 2008 年 1 月 11 日之陸域昆蟲相(FAA 陷阱)

目名	科名	貓嘯山	青年活 動中心	松柏崙 步道	慈恩塔	頭社	車埕
半翅目	盲椿科					1	
	盾椿科			1			
	軍配蟲科	1					
	椿科	1		2			
	擬盲椿科				1		
同翅目	白蠟蟲科	4	1		1	6	4
	沫蟬科						1
	蚜蟲科	1	3	4	2	11	3
	葉蟬科			8		5	
直翅目	穴蟲科		1		1		
	蟋蟀科	2					7
彈尾目	長角跳蟲科	50	60	43	88	107	34
	球角跳蟲科	97	76	925	120	59	9
	等節跳蟲科	176	58	55	19	134	68
彈尾目	圓跳蟲科	4	4	10	5	6	
	癩跳蟲科					9	
	鱗跳蟲科	16	3	11	3	3	44
膜翅目	小蜂總科	4	7	3	2	6	9
	卵蜂總科	19	10	7	13	11	4
	姬蜂科						1
	寄生樹蜂總科				1		
	莖蜂科						1
	緣腹細蜂科	1				1	1
	蟻科	1	3	6		5	14
	鈎腹蜂科		1				

表 3-2.3 定點監測站 2008 年 1 月 11 日之陸域昆蟲相(FAA 陷阱)(續)

目名	科名	貓嘯山	青年活 動中心	松柏崙 步道	慈恩塔	頭社	車埕
鞘翅目	大萋蟲科				1	1	
	小蠹蟲科	6	7	10	10	14	24
	出尾萋蟲科						1
	出尾蟲科	4	17	11	8	8	71
	長蠹蟲科			1			
	偽瓢蟲科				2		1
	象鼻蟲科			1			
	穀盜科			1			
	隱翅蟲科	84	39	13	12	31	11
	蟻塚蟲科				2	2	3
	蘚苔蟲科	2					1
	纓甲科	8	3			4	
雙翅目	Unknown	3	2	4	2	6	2
	果蠅科	19	7	75	33	66	43
	原大蚊科		3		2	2	1
	蚊蚋科	2					
	蚤蠅科	2	2	5	10	15	2
	黑翅萋蚋科		6			2	1
	搖蚊科					1	
雙翅目	舞蠅科	8					1
	萋蚋科			3			
	癭蚋科	9	2		1	4	1
纓翅目	管蓟馬科						4
	蓟馬科						1
鱗翅目	Unknown		1	2	1		7
嚙蟲目	Unknown		2	3		1	1
	毛嚙蟲科	1					
積翅目	短尾石蠅科					1	
總計數量		530	325	1204	342	524	376
總計目數		8	8	8	8	8	9
總計分類群數		28	26	24	25	30	32
Family richness index		4.15	3.81	2.82	3.78	4.32	5.00
Simpson's index (1-lambda)		0.82	0.86	0.39	0.79	0.85	0.88
Shannon- Wiener's index		2.14	2.30	1.05	2.03	2.35	2.47
Pielou's evenness index		0.65	0.73	0.34	0.65	0.71	0.73

b：2009年定點監測站陸域昆蟲資源：(表 3-2.4)

誘集記錄：貓嘯山 7 目 17 科 70 隻蟲、青年活動中心 9 目 31 科 183 隻蟲、松柏崙步道 8 目 23 科 96 隻蟲、慈恩塔 9 目 25 科 116 隻蟲、頭社 7 目 23 科 120 隻蟲、車埕 7 目 20 科 131 隻蟲。多樣性指數分析結果顯示 Family richness index 為 3.62 ~5.20，Simpson's index 為 0.78~ 0.89，Shannon- Wiener's index 為 2.03~ 2.52，及 Pielou's evenness index 為 0.73~ 0.84。貓嘯山多樣性指數較其他監測站為低，主要因為有一陷阱杯及周圍植被有被干擾的情形(圖 3-2.2)。由於本站有少數孟宗竹生長於此，可能是受竹筍採收之人為活動干擾。



圖 3-2.2 貓嘯山監測站陷阱杯及周圍植被有被干擾的情形。

表 3-2.4 定點監測站 2009 年 1 月 8 日之陸域昆蟲相(FAA 陷阱)

目名	科名	貓嘯山	青年活動中心	松柏崙步道	慈恩塔	頭社	車埕
半翅目	盲椿科				1		
	扁椿科	1				1	
	椿科		2	1	4		
同翅目	擬盲椿科		2				
	白蠟蟲科	3			3	1	1
	蚜蟲科	5	2	2	5	9	9
直翅目	葉蟬科						1
	穴螽科		2		1		
脈翅目	蟋蟀科						3
	草蛉科	1					
蜚蠊目	蜚蠊科			2			
彈尾目	長角跳蟲科	28	62	22	31	17	21
	球角跳蟲科		10	6	2		
	等節跳蟲科	8	11	7	15	35	26
	圓跳蟲科	1		11	3	1	
	癩跳蟲科					1	
	鱗跳蟲科		8	1	4		6
	小蜂總科	2	13	1	3	1	5
膜翅目	卵蜂總科		6	6	3	1	2
	姬蜂科			1			
	莖蜂科			4			
	蜜蜂科						1
	緣腹細蜂科					1	
	蟻科		7	18	9	11	31
	Unknown(鞘翅目)		1		1	2	
鞘翅目	出尾蕈蟲科		1				
	出尾蟲科		2				
	穀盜科	1					
	隱翅蟲科	3	14	2		3	1
	蟻形蟲科					1	
	蟻塚蟲科		1	1		1	
	蘚苔蟲科		14	1	5		2

表 3-2.4 定點監測站 2009 年 1 月 8 日之陸域昆蟲相(FAA 陷阱) (續)

目名	科名	貓嘯山	青年活 動中心	松柏崙 步道	慈恩塔	頭社	車埕
雙翅目	Unknown(雙翅目)	7	1		2		
	小頭蛇科		1				
	果蠅科	2	6	4	7	20	9
	花蠅科		1	1			
	家蠅科						4
	臭虻科						1
	蚊科		1				
	蚊蚋科				2		
	蚤蠅科	1	2	1	4	7	3
	窗虻科			1			
	黑翅蕈蚋科	1	1		2		2
	搖蚊科	1		1		1	
	蛾蚋科		1				
	槍蠅科	1	2		1	2	
	蕈蚋科		2	1	2		
	癭蚋科	4	2		2	1	2
纓翅目	管蓟馬科		1			1	1
	蓟馬科		2	1		1	
鱗翅目	Unknown(鱗翅目)		2		2		
	穀蛾科					1	
嚙蟲目	毛嚙蟲科				2		
總計數量		70	183	96	116	120	131
總計目數		7	9	8	9	7	7
總計分類群數		17	31	23	25	23	20
Family richness index		3.62	5.20	4.82	4.46	4.40	3.90
Simpson's index (1-lambda)		0.78	0.85	0.89	0.89	0.85	0.87
Shannon- Wiener's index		2.03	2.52	2.51	2.60	2.25	2.35
Pielou's evenness index		0.73	0.76	0.80	0.84	0.73	0.78

C：陸域昆蟲群聚多樣性

由過去六年在本區內進行陸域昆蟲棲地環境之資料顯示，步道重新整修及颱風是影響昆蟲群聚結構及多樣性的主要原因之一，進而生態系受到衝擊。慈恩塔步道及松柏崙步道分別於 2002 年及 2003 年有進行重新整修，不僅路旁植物的種類及數量受不少影響，也對昆蟲資源造成不小的衝擊。由科豐富度指數發現，慈恩塔步道及松柏崙步道於 2002 年時，豐富度較其他監測站為高，但陸域昆蟲棲地環境遭受永久性更動後，豐富度開始下降，至今慈恩塔步道及松柏崙步道豐富度仍較其他監測站為低(圖 3-2.3)。

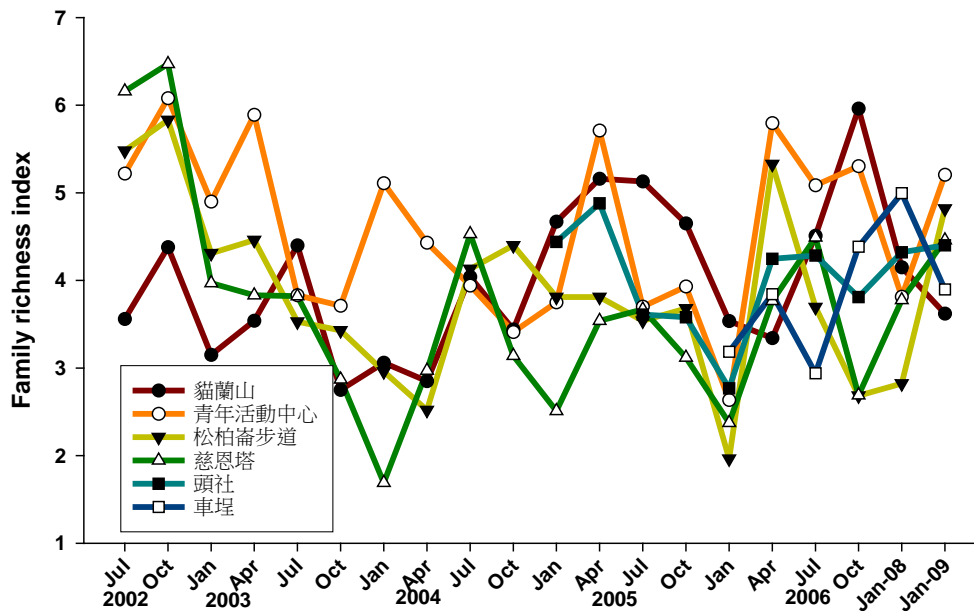


圖 3-2.3 各監測站陸域昆蟲之科豐富度指數(Family richness index)。

2002 至 2003 年沒有颱風干擾，貓蘭山、松柏崙步道、青年活動中心、慈恩塔等四個監測站之多樣性波動一致，呈現春季至秋季指數上升，隨後秋季至冬季指數下降之趨勢。但 2004 年 7 月 2 日敏督利颱風及 8 月 25 日艾利颱風的干擾，2004 年所誘得蟲數及多樣性較 2003 年為低外，四個監測站之多樣性波動呈現不一致的結果，可區分為兩組分別為貓蘭山與青年活動中心、松柏崙步道與慈恩塔，前組受颱風的影響，颱風後之秋季至冬季多樣性指數下降。後組 2004 年 1~4 月多樣性較低，颱風的影響顯得並不大，

多樣性波動與 2003 年相同，呈現春季至秋季多樣性指數上升，隨後秋季至冬季多樣性指數下降之趨勢。但 2005 年 7 月 18 日海棠颱風及之後接連的風災侵襲，各監測站多樣性指數明顯受到影響，皆呈現颱風後秋季多樣性下降至 2006 年春季多樣性達最低點。2006 年颱風頻度和強度都較以往干擾小，各監測站多樣性指數則呈現回升趨勢。綜觀昆蟲群聚結構受颱風的干擾而改變，物種多樣性、豐富度及均勻度受颱風影響而下降，所幸都能恢復，各監測站之 Shannon- Wiener's 指數可維持在 1.5~2.5 之間(圖 3-2.4)。各監測站之 Simpson's 指數(圖 3-2.5)及 Pielou's evenness 指數(圖 3-2.6)波動與 Shannon- Wiener's 指數相同。慈恩塔及松柏崙步道監測站步道整修及人為施作化之後，昆蟲群聚結構、物種多樣性、豐富度及均勻度不僅受颱風的影響而下降，波動的幅度範圍也加巨，顯示其對環境壓力越敏感。反之，暗示生態系具較複雜的結構，對物理環境的干擾具較強之抵抗力。

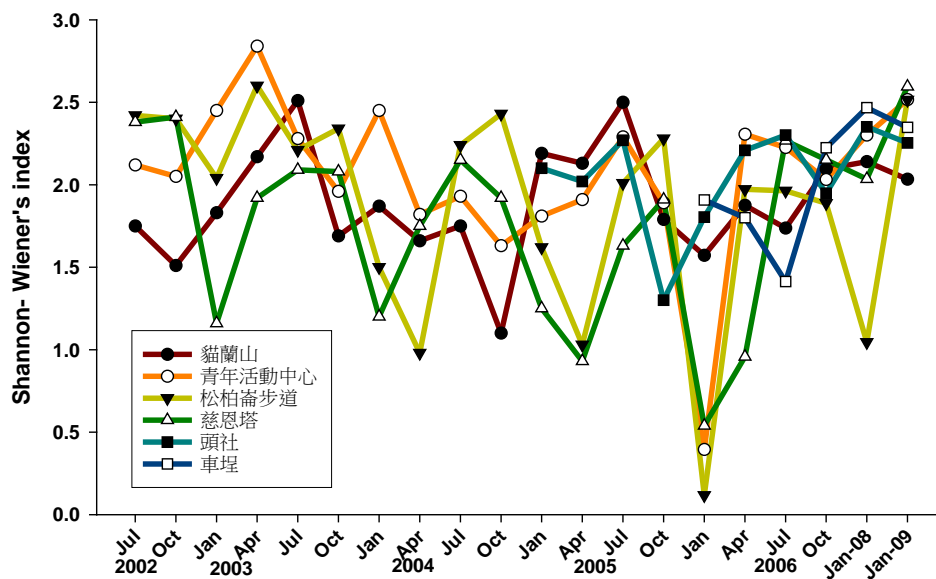


圖 3-2.4 各監測站陸域昆蟲之夏農-威納多樣性指數 (Shannon- Wiener's diversity index)。

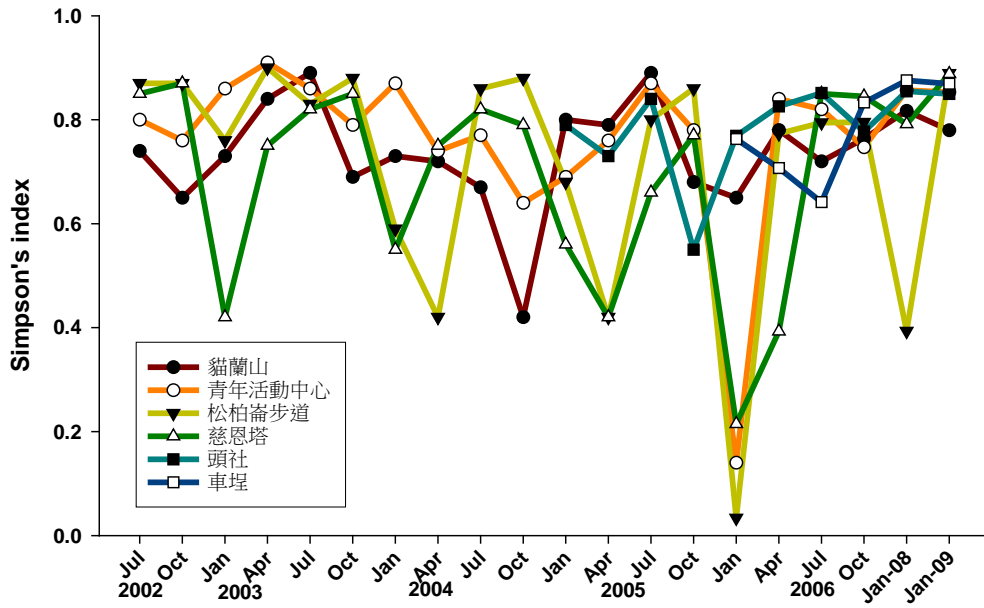


圖 3-2.5 各監測站陸域昆蟲之辛普森多樣性指數(Simpson' s index)

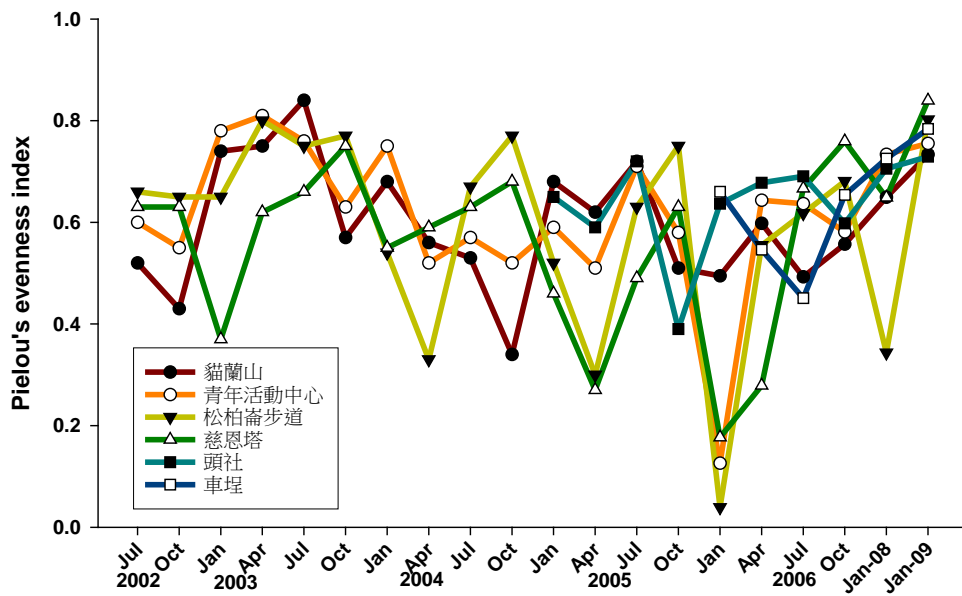


圖 3-2.6 各監測站陸域昆蟲之均勻度指數(Pielou' s evenness index)

d：陸域昆蟲群聚結構及相對組成(表 3-2.5)

綜觀過去資料顯示：20 筆記錄有貓嘯山監測站 15 目 111 科 13,379 隻、青年活動中心監測站 16 目 147 科 14,669 隻、松柏崙步道監測站有 14 目 126 科 27,993 隻、慈恩塔監測站 14 目 129 科 21,678 隻。頭社監測站 10 筆記錄有 13 目 83 科 5,392 隻、車埕監測站 6 筆記錄有 12 目 65 科 4,108 隻，合計有 18 目 210 科 87,219 隻。由各站昆蟲相對組成得知：貓嘯山以彈尾目跳蟲科佔 14.23%、長角跳蟲科佔 25.65%、鞘翅目毛萆甲科佔 18.29% 為優勢；青年活動中心以彈尾目跳蟲科佔 37.11%、長角跳蟲科佔 11.59%、鞘翅目毛萆甲科佔 11.75% 為優勢；松柏崙步道以彈尾目跳蟲科佔 71.8%、長角跳蟲科佔 6.24% 為優勢；慈恩塔以彈尾目跳蟲科佔 57.01%、長角跳蟲科佔 12.67% 為優勢；頭社以彈尾目跳蟲科佔 6.44%、長角跳蟲科佔 42.43% 為優勢；車埕以彈尾目長角跳蟲科佔 21.15%、雙翅目果蠅科佔 27.14%、鞘翅目隱翅蟲科 16.92% 為優勢。各站皆以體型細小之彈尾目跳蟲科、長角跳蟲科於枯枝落葉中取食之腐食性昆蟲最為優勢。彈尾目皆屬於分解者，在生態系中藉由分解腐植質可加速營養的循環，尤其是可以增加土壤硝酸鹽類以及其他種類之養分 (Teuben and Verhoef, 1992)，對當地生態及環境扮演了重要的角色。

表 3-2.5 定點監測站 2002~2009 年之陸域昆蟲群聚結構及相對組成(FAA 陷阱)

目名	科名	貓嘯山	青年活動中心	松柏崙步道	慈恩塔	頭社	車埕	Total
毛翅目	Unknown(毛翅目)	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	姬石蠹科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Unknown(半翅目)	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
	土椿科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	刺椿科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.04%	0.02%	0.01%
	盲椿科	0.00%	0.01%	0.02%	0.01%	0.04%	0.00%	0.01%
	長椿科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	長頭椿科	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.09%	0.02%	0.01%
	扁椿科	0.01%	0.03%	0.00%	0.00%	0.02%	0.05%	0.01%
	盾椿科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	軍配蟲科	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	絲黽科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	椿科	0.03%	0.03%	0.01%	0.03%	0.00%	0.00%	0.02%
	黽椿科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	緣椿科	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	擬刺椿科	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%

表 3-2.5 定點監測站 2002~2009 年之陸域昆蟲群聚結構及相對組成(FAA 陷阱)(續)

目名	科名	貓嘯山	青年活動中心	松柏崙步道	慈恩塔	頭社	車埕	Total
半翅目	擬盲椿科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
同翅目	Unknown(同翅目)	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	0.00%	0.01%
	介殼蟲科	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
	木蝨科	0.02%	0.06%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.02%
	白蠟蟲科	0.09%	0.05%	0.02%	0.03%	0.41%	0.29%	0.07%
	沫蟬科	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%
	扁蚜科	0.23%	0.17%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%	0.07%
	蚜蟲科	0.04%	0.05%	0.02%	0.06%	0.39%	0.46%	0.08%
	葉蟬科	0.14%	0.05%	0.06%	0.07%	0.09%	0.17%	0.08%
	蟬科	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
直翅目	穴蟲科	0.15%	0.06%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.04%
	菱蝗科	0.06%	0.10%	0.05%	0.03%	0.02%	0.10%	0.06%
	蝗科	0.01%	0.02%	0.00%	0.00%	0.04%	0.19%	0.02%
	蟋蟀科	0.29%	0.35%	0.29%	0.17%	0.22%	0.54%	0.28%
	蟋蟲科	0.03%	0.02%	0.02%	0.05%	0.07%	0.10%	0.04%
脈翅目	草蛉科	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
等翅目	草白蟻科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Unknown(蜚蠊目)	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	姬蠊科	0.10%	0.08%	0.08%	0.07%	0.00%	0.00%	0.07%
	蜚蠊科	0.07%	0.06%	0.04%	0.04%	0.13%	0.12%	0.06%
彈尾目	Unknown(彈尾目)	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
	長角跳蟲科	25.65%	11.59%	6.24%	12.67%	42.43%	21.15%	14.66%
	球角跳蟲科	0.73%	0.59%	3.33%	0.56%	1.09%	0.22%	1.50%
	短角跳蟲科	0.02%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%
	等節跳蟲科	1.38%	0.47%	0.22%	0.16%	3.13%	2.29%	0.70%
	圓跳蟲科	5.15%	1.93%	3.82%	2.25%	2.67%	1.44%	3.13%
	跳蟲科	14.23%	37.77%	71.80%	57.01%	6.44%	3.60%	46.32%
	癩跳蟲科	0.75%	1.71%	0.53%	4.56%	0.91%	0.12%	1.77%
	鱗跳蟲科	0.12%	0.07%	0.04%	0.03%	0.06%	1.22%	0.11%
膜翅目	Unknown(膜翅目)	0.00%	0.01%	0.02%	0.01%	0.04%	0.00%	0.01%
	大痣細蜂科	0.01%	0.05%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%
	小土蜂科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	小蜂科	0.01%	0.14%	0.11%	0.07%	0.52%	0.61%	0.14%
	小蜂總科	0.04%	0.14%	0.01%	0.02%	0.13%	0.34%	0.06%
	小蕪蜂科	0.02%	0.00%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%
	分盾細蜂科	0.12%	0.08%	0.03%	0.13%	0.04%	0.00%	0.08%
	卵蜂總科	0.18%	0.12%	0.05%	0.09%	0.28%	0.63%	0.13%
	赤眼蜂科	0.13%	0.03%	0.00%	0.05%	0.02%	0.00%	0.04%
	刺角蜂科	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%
	金小蜂科	0.00%	0.01%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.01%
	長尾小蜂科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%
	長尾姬蜂科	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	長背泥蜂科	0.00%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%
	長頸樹蜂科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	青蜂科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	冠蜂總科	0.20%	0.03%	0.10%	0.15%	0.00%	0.00%	0.11%
	胡蜂科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%
	姬蜂科	0.10%	0.01%	0.02%	0.03%	0.06%	0.05%	0.04%
	蚜小蜂科	0.04%	0.08%	0.11%	0.05%	0.00%	0.00%	0.07%
	寄生樹蜂總科	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.02%	0.00%	0.00%
	異卵蜂科	0.01%	0.00%	0.01%	0.00%	0.04%	0.00%	0.01%
	細腰蜂總科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

表 3-2.5 定點監測站 2002~2009 年之陸域昆蟲群聚結構及相對組成(FAA 陷阱) (續)

目名	科名	貓囑山	青年活動中心	松柏崙步道	慈恩塔	頭社	車埕	Total
膜翅目	莖蜂科	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.02%	0.01%
	蛛蜂科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	絨小蜂科	0.00%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	榕小蜂科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	蜜蜂科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.02%	0.00%
	廣腹細蜂科	0.02%	0.01%	0.02%	0.05%	0.00%	0.00%	0.02%
	瘦蜂科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	0.00%	0.00%
	緣腹細蜂科	0.07%	0.09%	0.01%	0.10%	0.04%	0.02%	0.06%
	橫盾小蜂科	0.15%	0.01%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.03%
	澳細蜂科	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%
	擬柄土蜂科	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	環腹癭蜂科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	錘角細蜂科	0.16%	0.12%	0.05%	0.09%	0.06%	0.00%	0.09%
	螫蜂科	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	蟻形蜂科	0.01%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%
	蟻科	2.83%	1.93%	1.20%	1.40%	3.51%	4.87%	1.94%
	纓小蜂科	0.09%	0.05%	0.08%	0.03%	0.09%	0.88%	0.10%
	鈎腹蜂科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
鞘翅目	Unknown(鞘翅目)	0.01%	0.05%	0.04%	0.05%	0.04%	0.00%	0.04%
	大萐蟲科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%
	小蠹蟲科	3.28%	6.03%	2.11%	7.09%	15.13%	5.99%	5.17%
	天牛科	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	木吸蟲科	0.03%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%
	毛萐甲科	18.29%	11.75%	1.06%	2.80%	0.00%	0.00%	5.82%
	出尾萐蟲科	0.25%	0.74%	0.10%	0.41%	1.34%	3.29%	0.53%
	出尾蟲科	0.56%	1.76%	1.54%	0.89%	2.24%	3.38%	1.40%
	叩頭蟲科	0.00%	0.01%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
	地膽科	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%
	步行蟲科	0.09%	0.06%	0.03%	0.02%	0.00%	0.07%	0.04%
	金花蟲科	0.08%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%
	金龜子科	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%
	長小蠹蟲科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	長蠹蟲科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	扁甲科	0.01%	0.02%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%	0.01%
	扁蠹蟲科	0.00%	0.03%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	埋葬蟲科	0.01%	0.05%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.01%
	姬薪蟲科	0.01%	0.10%	0.01%	0.04%	0.00%	0.00%	0.03%
	蚊甲科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	偽金花蟲科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.06%	0.00%	0.00%
	偽瓢蟲科	0.01%	0.01%	0.00%	0.01%	0.00%	0.02%	0.01%

表 3-2.5 定點監測站 2002~2009 年之陸域昆蟲群聚結構及相對組成(FAA 陷阱) (續)

目名	科名	貓嘯山	青年活動中心	松柏崙步道	慈恩塔	頭社	車埕	Total
鞘翅目	球蕈甲科	0.00%	0.01%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
	郭公蟲科	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%
	菊虎科	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
	象鼻蟲科	0.03%	0.05%	0.03%	0.02%	0.00%	0.07%	0.03%
	圓刺蟲科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	穀盜科	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	標本蟲科	0.00%	0.03%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%
	瓢蟲科	0.36%	0.27%	0.04%	0.30%	0.00%	0.05%	0.19%
	螢科	0.01%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	閻魔蟲科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	擬叩頭蟲科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	擬步行蟲科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	冀金龜科	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	鍬形蟲科	0.00%	0.03%	0.00%	0.01%	0.02%	0.12%	0.01%
	隱翅蟲科	4.01%	3.48%	2.48%	2.00%	4.78%	16.92%	3.59%
	蟻形蟲科	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.00%	0.00%

(四) 兩棲類

(1). 潭區

自 2008 年 6 月至 2009 年 3 月，共調查到六科 17 種蛙類，各種蛙類在不同月份的情形如(表 3-2.6)，由(圖 3-2.7)可見，2008 年進入秋季後，面天樹蛙的叫聲漸減，2009 年三月以後叫聲增加，除了秋冬季外，均佔總樣點數的七成以上。其次依序為艾氏樹蛙、莫氏樹蛙和拉都希氏赤蛙見(圖 3-2.8)。進入秋冬季後，大部分的蛙類叫聲均銳減，但拉都希氏赤蛙則是漸增。各樣點物種數見(圖 3-2.9)，一個樣點的兩棲類物種數最多 10 種，最少 0 種，其中縣道 131 的 33 和 32.5 公里處由於鄰近水里街道和市集，至今仍未有任何兩棲類物種出現。台 21 甲線環湖公路 18.5 至 13.5 公里沿路的山壁水管能提供兩棲類良好的庇護場所，至今已觀察到澤蛙、褐樹蛙、盤古蟾蜍、艾氏樹蛙和斯文豪氏赤蛙出現在山壁水管中。

表 3-2.6、各類蛙類鳴叫的月份。(聽到叫聲月份以“○”代表)

月份	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月	三月
黑眶蟾蜍	○				○				○	○
盤古蟾蜍									○	
澤蛙	○	○	○	○	○	○	○		○	○
虎皮蛙	○									
古氏赤蛙									○	○
中國樹蟾						○				
黑蒙西氏小雨蛙	○	○	○	○	○				○	○
腹斑蛙	○	○	○	○	○	○	○			○
斯文豪氏赤蛙		○			○				○	○
貢德氏赤蛙	○	○	○	○						○
梭德氏赤蛙						○				
拉都希氏赤蛙	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
日本樹蛙	○	○		○	○					○
面天樹蛙	○	○	○	○	○	○			○	○
艾氏樹蛙	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
白領樹蛙	○	○	○							○
莫氏樹蛙	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

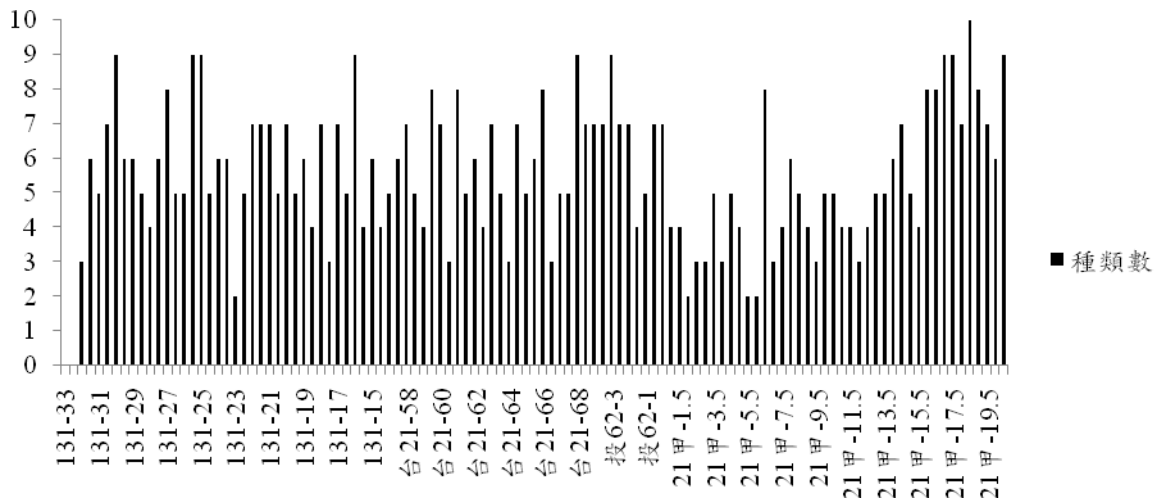


圖 3-2.7 潭區內各樣點的蛙類種類數。

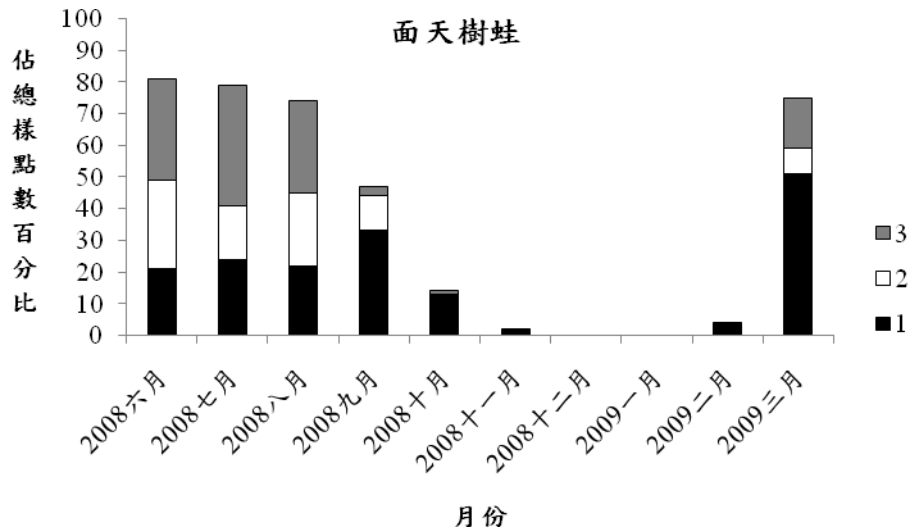


圖 3-2.8 面天樹蛙各月份的鳴叫指數比例和佔總樣點數的百分比。

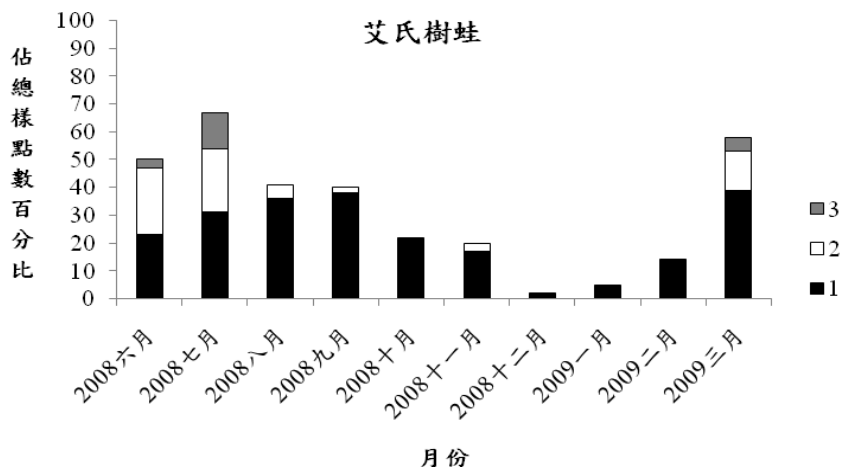


圖 3-2.9 艾氏樹蛙各月份的鳴叫指數比例和佔總樣點數的百分比。

(2). 集集大山

2008 年 8 月、2008 年 11 月和 2009 年 3 月，共記錄到五科 10 種蛙類，其中 2008 年 11 月和 2009 年 3 月份各個樣點的蛙鳴資料請見(圖 3-2.10、圖 3-2.11); 2009 年 3 月，由於 14 公里以上至大山電視台轉播站前道路維修的關係，有兩個樣點並未收集資料。詳細名錄見(附錄六(一))。

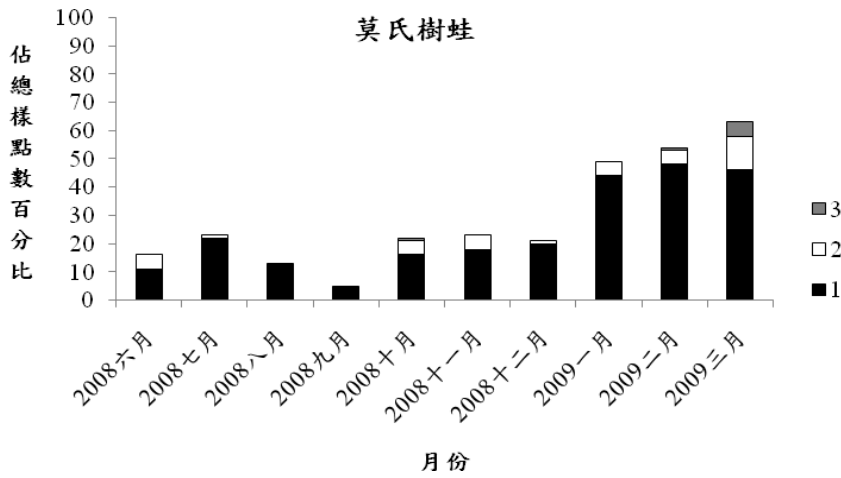


圖 3-2.10 莫氏樹蛙各月份的鳴叫指數比例和佔總樣點數的百分比。

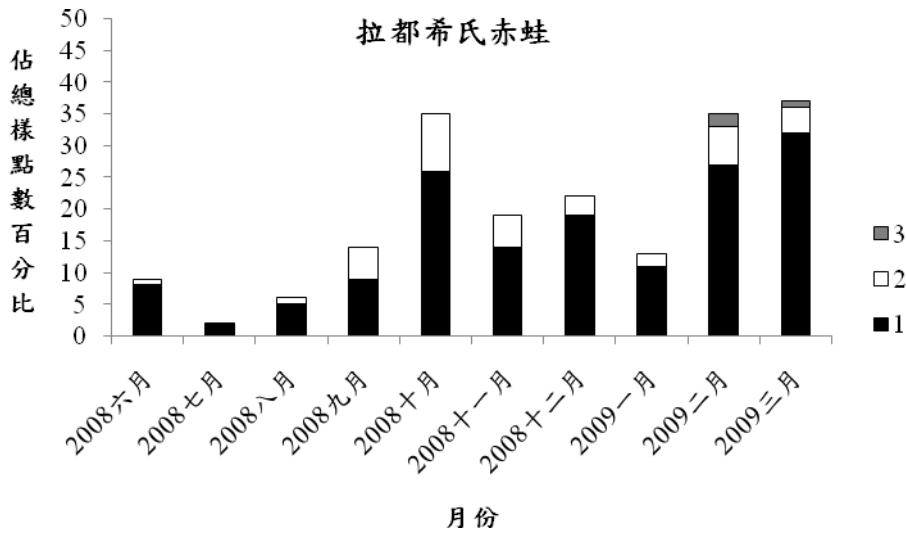


圖 3-2.11 拉都希氏赤蛙各月份的鳴叫指數比例和佔總樣點數的百分比。

(3). 水社大山

2008年8月和2009年1月兩次調查共記錄到四科5種蛙類，詳細名錄見(附錄六(二))。

(五) 爬蟲類

(1). 潭區

自 2008 年 6 月至 2009 年 3 月，共記錄到六科 9 種，詳細名錄見（如附錄七）。

(2). 集集大山

集集大山目前只記錄到雨傘節，共計一科 1 種。

(3). 水社大山

目前記錄到斯文豪氏攀蜥、斯文豪氏游蛇、青蛇、台灣滑蜥，共四科 4 種。

自 2002 開始調查至今，日月潭爬蟲類累計共十一科 25 種，整體名錄見（附錄八）。

(六) 哺乳類

(1). 潭區

2008 年 6 月至 2009 年 3 月，縣道 131 二十三公里吉仙宮附近捕抓到一隻鼬獾。自 2002 開始，日月潭風景區內累積的調查記錄共八科 14 種，詳細名錄見（附錄九），其中翼手目共三科 4 種，分別為台灣大蹄鼻蝠、台灣小蹄鼻蝠、台灣葉鼻蝠和東亞家蝠，各月份翼手目出現的次數和種類見（圖 3-2.12），由於目前的資料庫無法比對鼠耳蝠屬的種類，故僅以鼠耳蝠屬表示，除了 12 月份以外，各月份東亞家蝠出現的次數均最多。

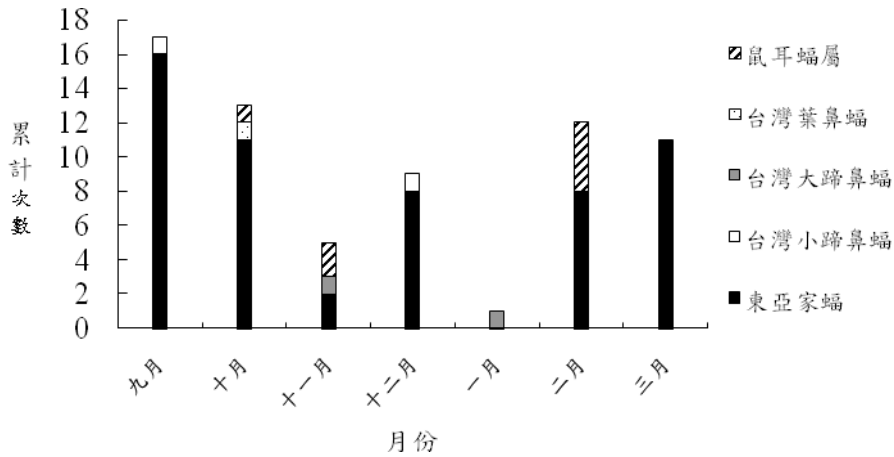


圖 3-2.12 各月份翼手目出現的次數和種類。

(2). 集集大山

在 2008 年 11 月的調查中，在里程數 10.5K 附近記錄到一隻鼬獾。在翼手目方面偵測到台灣大蹄鼻蝠和東亞家蝠，共兩科 2 種。

(3). 水社大山

經過 2008 年 8 月以薛門氏陷阱計 200 個有效籠次捕抓小型哺乳類和 2009 年 1 月以步行目視的方式進行調查，至今並沒有捕抓和目擊任何個體。也沒有任何的蝙蝠出現。

以蛙類的種類數來看，131 縣道的 30、25.5、25、16K，台 21 的 68K，投 62 的 3K 以及台 21 甲 18.5K，為較適合觀賞蛙類活動的地點；到目前為止，發現蛇類的地點多集中在台 21 甲線（環湖公路）末端（18K 至 13.5K），該地區的特點為人為干擾較小、且有山壁水管提供蛇類產卵和庇護，以保育的觀點來看，應將該地列為重點保護區域。綜觀 2008 年的調查中，腹斑蛙於 12 月仍有零星鳴叫聲出現，而在日月潭周邊步道的調查中，於 12 月在貓欄山步道發現鈍頭蛇的蹤跡，顯見由於冬季氣溫偏高，以往多在春夏活動的種類，在冬季仍偶有零星活動，是否為氣候暖化的警訊則有待後續的監測。集集大山的蛙類主要為艾氏樹蛙和莫氏樹蛙，由於艾氏樹蛙則偏好竹林和闊葉林，而莫氏樹蛙偏好果園、茶園等有人工蓄水池和小池塘的環境，該地種植型態多為檳榔園、果園和孟宗竹林，正好提供了此兩種樹蛙適合的棲地環境。

3-3 日月潭水質監測

3-3.1 日月潭本年度水質監測

(一) 本年度水質連續監測結果與分析

本水質連續自動監測系統於 97 年 4 月至 98 年 3 月的監測數據以時間序列之移動平均進行分析，並將所有監測項目以 24 小時為一週期來顯示其水質特性之變化趨勢。由於 97 年 12 月 17 日到 98 年 1 月 9 日儀器故障，用原廠維修，故此時段無數據呈現。日月潭水溫主要受到氣溫（氣溫及相對濕度資料來自中央氣象局）的影響，春季、夏季水溫隨氣溫逐漸上升，9 月進入秋季之後，水溫開始間使下降（圖 3-3.1）；另外，相對濕度變化亦與氣溫趨勢相似（圖 3-3.2），其原因乃溫度上升時，水蒸發量上升，相對濕度也隨之上升。日月潭水庫水溫隨季節變化，但溫差並不大（水溫平均約在 25°C 左右），由於日月潭水面積遼闊，對當地微氣候變化應有調節的作用。水質之導電度（圖 3-3.3）在 5 月之後因雨量增加而稀釋水體，固導電度隨之下降，但 10 月因降雨量減少，導電度逐漸上升，到了 2 月導電度趨於平穩。圖 3-3.4 得知日月潭水體 pH 的變化均穩定在 8 ~ 9 之間，並未隨季節變化有明顯的差異，其原因乃原水中有足夠的鹼度進行緩衝作用，且水體浮游植物表現之光合作用及呼吸作用反差影響應相當低，顯示日月潭水庫並無優養化的趨勢。影響水中溶氧濃度的主要因子為水溫及光合作用，當溫度較低時會有較多的溶氧進入水體（亨利定律），而光合作用亦會增加溶氧的濃度，此兩主要因子在夏冬季時相互抵銷，而由圖 3-3.5 中可看出，日月潭夏季溶氧濃度較低，但水中藻類密度低（圖 3-3.9），表示溶氧主要受溫度影響。另外，日月潭溶氧濃度幾乎能維持在 6.5 mg/L 以上，且春、冬兩季溶氧濃度可達 8 mg/L，符合環保署所訂定的甲類陸域水體水質標準。圖 3-3.6 顯示，氨氮在 4 月至 10 月的旅遊旺季時間，濃度較為偏高；10 月以後氨氮趨勢逐漸平緩，其值約在 0.06~0.07 mg/L，但整體而言，氨氮濃度皆在 0.1 mg/L 之下，亦符合甲類水體水質標準。硝酸鹽氮介於 400~800 $\mu\text{g/L}$ 之間，其趨勢與氨氮濃度之變化相似（圖 3-3.7）。由於本水質自動監測系統使用光學透視的儀器來量測水體的清澈程度，故可以直接將其透光率轉化為優養化重要指標參數-沙奇盤深度（Secchi-disk depth）。透光率（Transmissivity）主要是藉由自動光學發射偏紅外光波長（660 nm）經 25 公分光徑距離所量測剩餘之光線強度，單位以百分比（%）表示。本監測項目主要可用來輔助量測

Secchi Disk 深度的另一種科學方法，依據 Beer-Lamber law 之定義，即

$$I = I_0 e^{-k_e H}$$

其中 I = 水深 H 之剩餘光強度

I_0 = 表面水之光源強度

k_e = 穿透損失係數

H = 水深或光徑長度(m)

Secchi 透明度雖然是以沙奇盤配合傳統目測方法來進行量測，但是其誤差程度仍相當大（主要來自量測者視覺上的偏差）。根據許多研究者對 Secchi 透明度所賦予的科學定義（Chapra, 1997）乃光線在通過該水體之能量損耗達 85% 之實際穿透距離。假設表水之光源穿透損失達 85%，即

$$0.15 = e^{-k_e SD}$$

因此，Secchi 透明度之換算式可以推估如下：

$$SD = \frac{0.25 \times \ln 0.15}{\ln\left(\frac{I}{I_0}\right)}$$

其中 SD = 換算之沙奇盤深度 (m)

$$\frac{I}{I_0} = \text{自動監測站之透光率 (\%)}$$

根據 Carlson 優養指標之定義，Secchi Disk 的最大深度為 64 公尺，相當於透光率為 0.9926，其它不同 Secchi 深度之相對透光度整理如下表 3-3.1 所示。依 USEPA 及 Carlson 優養指標來判斷透光度相對之優養的程度。由該表可初步推論，當透光度達 88.8% 以上時，依 USEPA 及 Carlson 優養指標來看，屬於貧養的程度；透光度介於 78.9%~88.8% 之間則屬於普養的程度；透光度低於 78.9% 以下時屬於優養的程度。

表 3-3.1 Secchi 深度之相對透光度換算表

透明度 (m)	64	32	16	8	4	2
透光率 (%)	99.26	98.53	97.08	94.24	88.82	78.89

圖 3-3.8 顯示 9 月到 10 月期間，由於颱風頻繁，邊坡沖刷及湖水翻騰導致日月潭水體之透明度偏低；但日月潭水體之沙奇盤深度普遍介於 2~7 公尺之間，若依美國環保署及 Carlson 的優養界定，日月潭水體水質介於貧養至普養程度之間；葉綠素 a 是反應水中藻類密度最直接且最重要的一項指標，監測期間之葉綠素 a 濃度幾乎低於 2 $\mu\text{g/L}$ 以下(圖 3-3.9)，顯示日月潭藻類的密度不高，優養化程度屬於貧養至普養之間，偏向貧養。

由於水質自動監測項目缺乏 Carlson TSI 總磷之項目，因此本計畫中僅以葉綠素 a 及透明度計算出日月潭水庫之 Carlson 優養複合指標。Carlson 指數 (圖 3-3.10) 介於 40~50 之間，屬於普養程度。

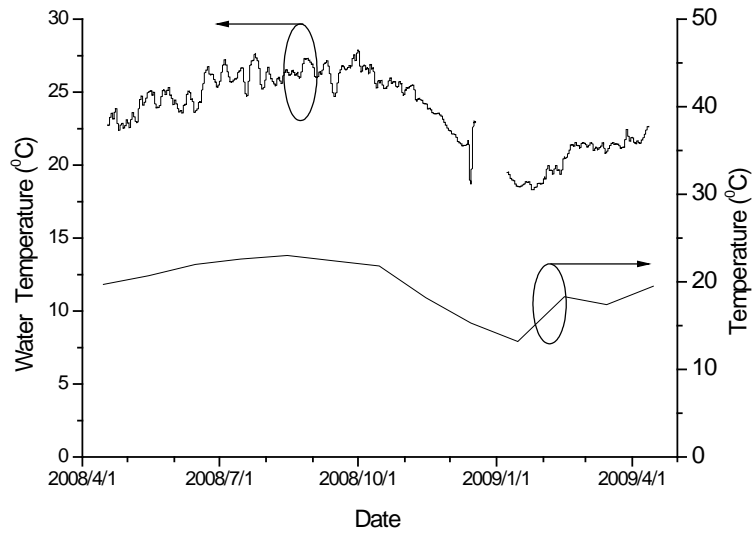


圖 3-3.1 監測站 97 年 4 月至 98 年 4 月水溫與氣溫相對趨勢圖

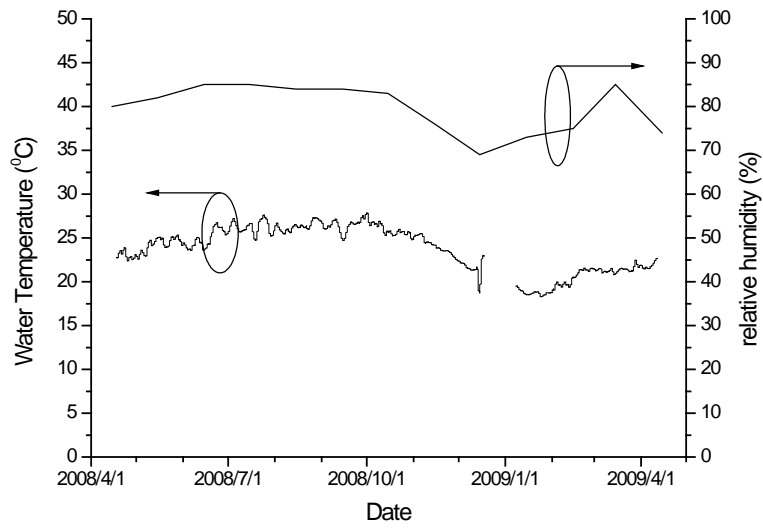


圖 3-3.2 監測站 97 年 4 月至 98 年 4 月水溫與相對濕度相對趨勢圖

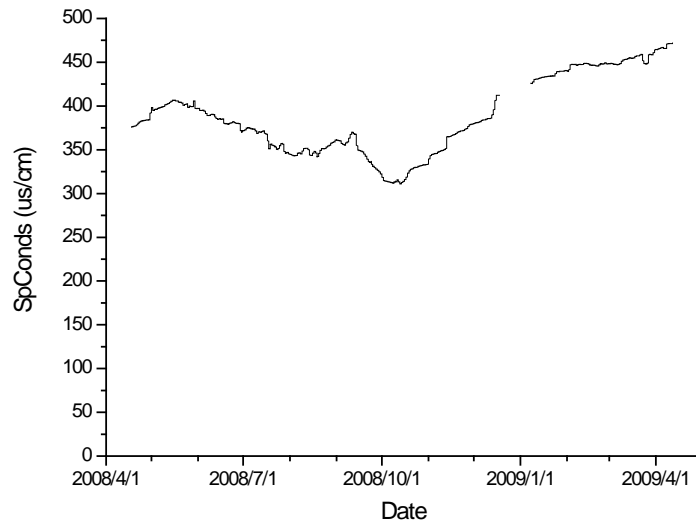


圖 3-3.3 監測站 97 年 4 月至 98 年 4 月導電度趨勢圖

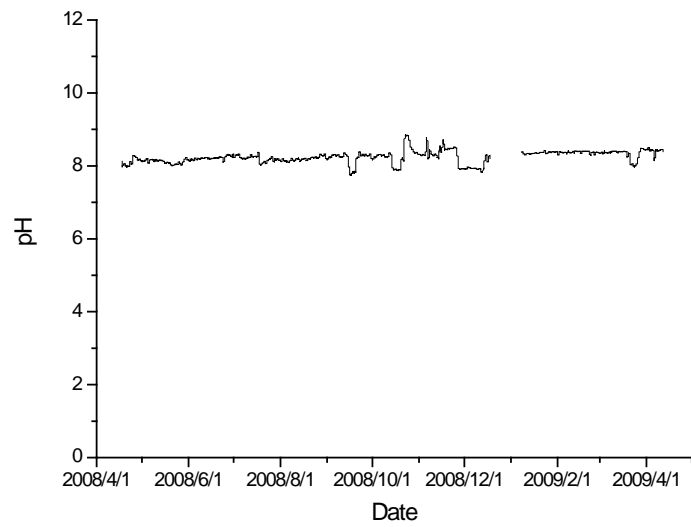


圖 3-3.4 監測站 97 年 4 月至 98 年 4 月 pH 趨勢圖

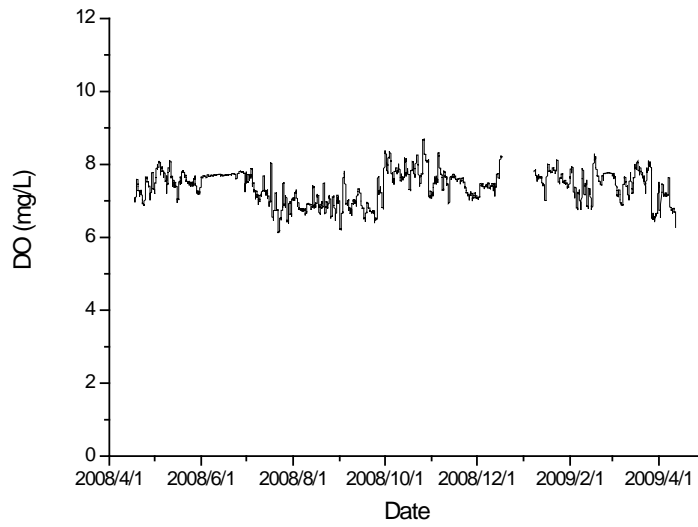


圖 3-3.5 監測站 97 年 4 月至 98 年 4 月溶氧趨勢圖

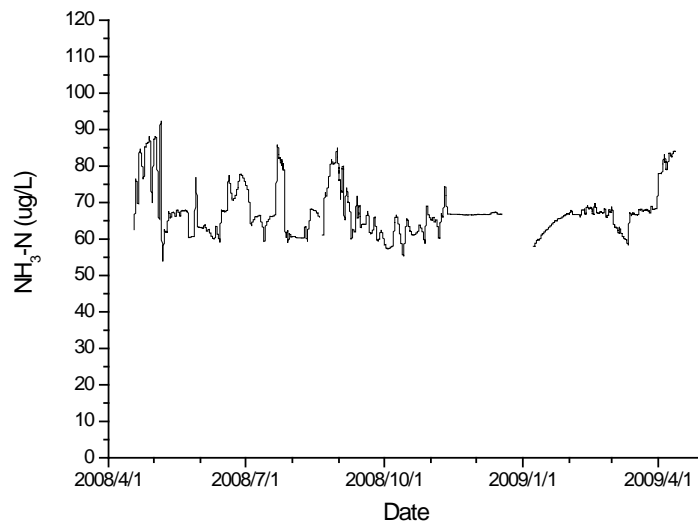


圖 3-3.6 監測站 97 年 4 月至 98 年 4 月氨氮趨勢圖 (換算後數值)

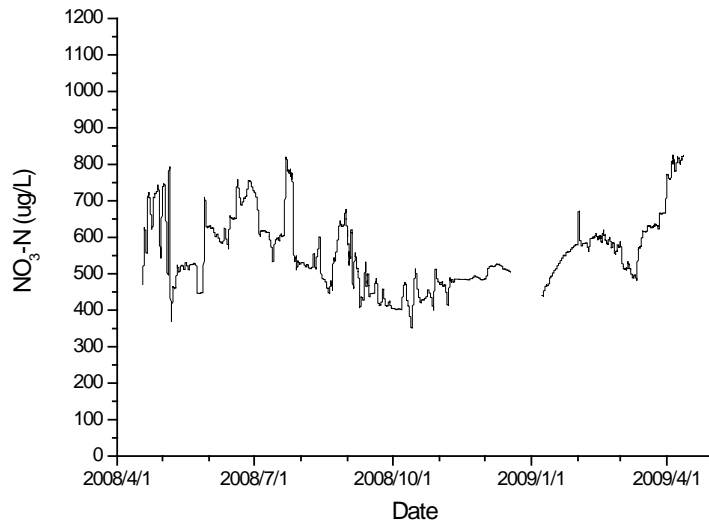


圖 3-3.7 監測站 97 年 4 月至 98 年 4 月硝酸鹽氮趨勢圖 (換算後數值)

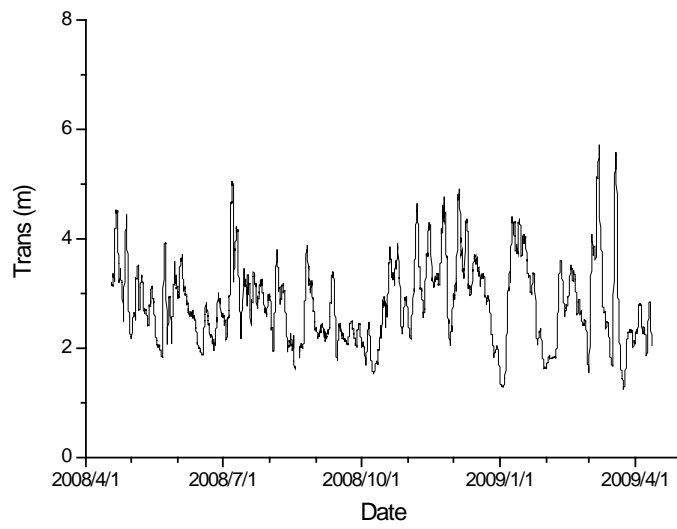


圖 3-3.8 監測站 97 年 4 月至 98 年 4 月透明度趨勢圖 (換算後數值)

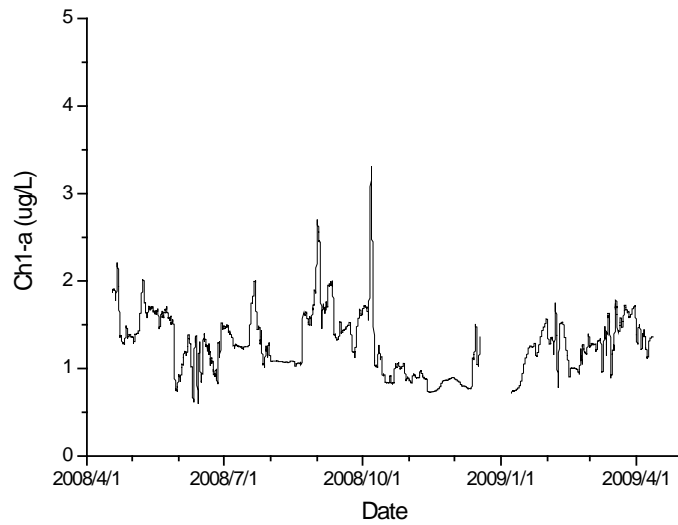


圖 3-3.9 監測站 97 年 4 月至 98 年 4 月葉綠素 a 趨勢圖（換算後數值）

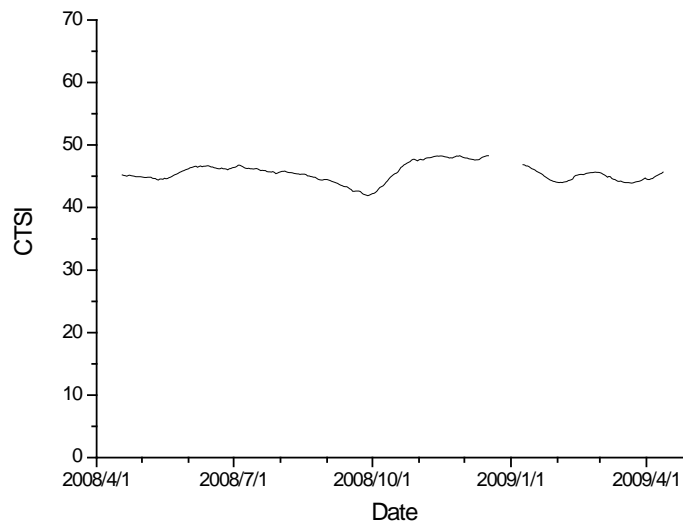


圖 3-3.10 監測站 97 年 4 月至 98 年 4 月 Carlson 優養複合指標趨勢圖

(二) 物化項目人工採樣驗證與水質自動監測站之比對分析

本計畫進行人工採樣的主要目的乃是驗證電阻電極、電化學電極、光學電極及離子電極四種電極換算公式之準確性及電極校正頻率之穩定性。其中電阻電極是指用來監測溫度的電

極；電化學電極是指監測導電度、鹽度、阻抗、總溶解固體物、pH、溶氧六個水質項目的電化學電極；光學電極是指監測透光率(Transmissivity)及葉綠素 a 的電極；離子電極則是指監測硝酸鹽氮及氨氮的電極。

(1). 人工採樣與自動監測比對分析

本計畫分別於 2008 年 5 月 9 日、6 月 27 日、9 月 4 日和 11 月 13 日及 2009 年 1 月 6 日和 3 月 17 日進行六次人工採樣分析，利用自動監測數據與人工驗證資料進行 Paired t-test 統計分析，發現兩者之間並無顯著差異性 ($P > 0.025$)，結果如表 3-3.2、表 3-3.3 所示。顯示以目前水質自動監測系統之維護與保養頻率均能使其維持正常的運作。

表 3-3.2 水質監測站與人工驗證比對表之一

採樣日期	採樣項目							
	溫度 (°C)		pH		導電度 (us/cm)		溶氧 (mg/L)	
	監測站	人工 驗證	監測站	人工 驗證	監測站	人工 驗證	監測站	人工 驗證
5/9/08	25.1	24.21	8.63	8.17	372	339	7.7	7.63
6/27/08	26.03	26.03	7.94	8.32	363	380	8.0	7.81
9/4/08	26.04	26.04	8.44	8.29	372	359	8.4	8.83
11/13/08	24.84	24.7	8.24	8.34	361	348	8.71	8.28
01/06/09	-	18.8	-	8.46	-	348	-	8.85
03/17/09	21.76	21.8	8.22	8.43	475	485	8.39	8.57
平均	24.75	23.60	8.29	8.34	388.6	376.5	8.24	8.38
比對結果	P=0.718		P=0.195		P=0.711		P=0.762	

表 3-3.3 水質監測站與人工驗證比對表之二

採樣日期	採樣項目							
	透視度 (m)		氨氮 (ug/L)		硝酸鹽氮(ug/L)		葉綠素 a (ug/L)	
	監測站	人工 驗證	監測站	人工 驗證	監測站	人工 驗證	監測站	人工 驗證
5/9/08	2.23	1.98	79.4	61.7	469.8	458.1	1.72	1.93
6/27/08	2.00	1.93	87.4	77.8	672.1	642.3	0.87	1.03
9/4/08	1.90	1.80	82.7	77.6	593.0	595.1	1.23	1.49
11/13/08	3.10	3.90	66.7	62.4	532.2	523.5	0.88	1.13
01/06/09	3.20	3.50	-	67.8	-	474.2	-	1.18
03/17/09	1.40	1.80	62.5	25.3	425.4	405.3	1.15	1.04
平均	2.31	2.49	75.7	62.1	538.5	516.4	1.17	1.30
比對結果	P=0.718		P=0.195		P=0.704		P=0.554	

(2). 日月潭各區人工採樣水質項目比較

為能充份了解日月潭水庫基本的水質特性，本計畫除了水質自動監測站(自來水出水口)外，並增加潭區內(包括水社、伊達邵、向山及水里溪等地)的人工採樣分析，水質檢測項目包括溶氧(DO)、總懸浮固體物(SS)、化學需氧量(COD)、透明度、總磷、正磷、氨氮、硝酸鹽氮、亞硝酸鹽氮及葉綠素 a 等共十項。檢測結果如下表 3-3.4，透明度平均位於 2~3 公尺。硝酸鹽氮在夏季(6~9 月)稍為偏高；且水里溪上游之硝酸鹽氮較其他採樣點來的高，推估其原因，水里溪上游是釣魚地點，再加上 3~10 月為釣魚季，較多的釣客、遊客所帶來的較多污染緣故；亦可能是水溫偏高導致硝化作用(Nitrification)較強。依據世界經濟合作發展組織(OECD)之湖泊水庫優養程度分級標準，日月潭水庫之葉綠素 a 濃度分級為貧養；總磷濃度分級為貧養；透明度則介於普養和貧養之間。除了檢測項目外，在此將人工驗證中的總磷、葉綠素 a 和透明度進行卡爾森指標(CTSI)換算，公式如下

$$\begin{aligned} \text{TSI (SD)} &= 60 - 14.41 \ln \text{SD} \\ \text{TSI (Chl-a)} &= 9.81 \ln \text{Chl-a} + 30.6 \\ \text{TSI (TP)} &= 14.42 \ln \text{TP} + 4.15 \end{aligned}$$

式中：

$$\begin{aligned} \text{SD} &= \text{透明度(m)} \\ \text{Chl-a} &= \text{葉綠素 a 濃度}(\mu\text{g/L}) \\ \text{TP} &= \text{總磷濃度}(\mu\text{g/L}) \end{aligned}$$

$$\text{卡爾森指標 CTSI} = (\text{TSI(SD)} + \text{TSI(TP)} + \text{TSI(Chl-a)})/3$$

從表中得知人工採樣各站點之 CTSI 皆小於 40 以下，依卡爾森指標而言，日月潭潭區的水質應屬於貧養程度。

整體而言，日月潭各區各項水質條件，包括溶氧(>6.5 mg/L)、懸浮固體(<25 mg/L)、總磷(<20 ug/L)及氨氮(<100 ug/L)等皆能符合環保署所訂之陸域甲類水體水質標準，此結果顯示目前日月潭水庫潭區水質尚屬良好，且可適合各種水體用途。

表 3-3.4 人工採樣項目之各區比較

採樣地點	監測站	水社碼頭	伊達邵	向山	水里溪上游	水里溪中游	水里溪下游
採樣日期	97 年 5 月 9 日						
DO (mg/L)	6.7	7.2	7.2	6.9	6.8	7.4	8.0
SS (mg/L)	2.9	6.1	7.3	6.3	3.6	18.6	6.3
COD (mg/L)	N.D	N.D	N.D	N.D	4.3	4.5	5.1
BOD(mg/L)	0.5	0.4	0.6	0.8	0.8	0.9	1.0
透明度(m)	3.5	2.5	2.5	2.5	-	-	-
總磷 (ug/L)	6.8	6.5	4.4	11.1	6.2	6.7	8.2
正磷 (ug/L)	4.6	4.5	4.1	4.3	4.9	4.4	4.5
氨氮 (ug/L)	79.4	23.3	54.4	25.5	18.8	38.9	64.0
硝酸鹽氮 (ug/L)	352.8	322.6	337.7	345.3	1028.3	296.2	360.4
亞硝酸鹽氮(ug/L)	3.6	3.3	2.9	2.6	1.9	0.4	0.8
葉綠素 a (ug/L)	1.48	2.33	1.62	1.57	-	-	-
CTSI	36.07	38.95	35.88	40.23	-		

表 3-3.4 人工採樣項目之各區比較(續)

採樣地點	監測站	水社碼頭	伊達邵	向山	水里溪上游	水里溪中游	水里溪下游
採樣日期	97年6月27日						
DO (mg/L)	8.0	8.0	8.1	7.8	7.7	7.9	7.8
SS (mg/L)	2.6	1.45	1.65	0.45	1	0.55	1.45
COD (mg/L)	N.D	4.4	4.3	N.D	4.2	5.4	6
BOD (mg/L)	0.4	0.3	0.4	0.7	0.7	1.0	0.9
透明度(m)	2	2.5	2.5	2	-	-	-
總磷 (ug/L)	6.7	5.7	6.0	10.7	7.7	11.2	12.8
正磷 (ug/L)	6.3	5.1	5.2	6.4	3.4	5.1	6.4
氨氮 (ug/L)	87.4	33.2	10.8	9.0	9.1	30.5	29.3
硝酸鹽氮 (ug/L)	523.0	485.4	485.4	489.5	497.1	543.9	569.0
亞硝酸鹽氮(ug/L)	1.5	1.7	1.4	1.0	1.0	N.D.	0.4
葉綠素 a (ug/L)	0.84	1.54	1.23	1.10	-	-	-
CTSI	36.83	36.96	36.47	39.96	-	-	-
採樣日期	97年9月4日						
DO (mg/L)	8.4	8.2	8.2	8.3	7.5	7.9	7.8
SS (mg/L)	1.50	1.56	0.88	2.06	0.94	3.19	1.56
COD (mg/L)	N.D	N.D	N.D	4.5	N.D	6.1	5.0
BOD (mg/L)	0.3	0.4	0.2	0.8	1.0	0.9	1.1
透明度(m)	1.9	2	2.5	2	-	-	-
總磷 (ug/L)	7.5	6.3	7.0	10.8	10.2	11.5	13.2
正磷 (ug/L)	6.7	5.9	6.7	7.4	7.9	6.1	6.8
氨氮 (ug/L)	82.7	17.4	31.9	23.1	32.2	14.0	26.0
硝酸鹽氮 (ug/L)	593.0	581.9	585.6	593.0	1091.1	622.5	629.9
亞硝酸鹽氮(ug/L)	1.7	2.4	3.1	2.4	2.1	1.5	2.8
葉綠素 a (ug/L)	1.29	1.43	1.03	1.07	-	-	-
CTSI	39.02	38.27	36.64	39.92	-	-	-
採樣日期	97年11月13日						
DO (mg/L)	8.28	8.54	8.23	8.45	7.5	8.7	8.11
SS (mg/L)	2.2	1.6	3.0	1.2	1.0	1.9	2.1
COD (mg/L)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	4.5	5.4
BOD (mg/L)	0.7	0.5	0.9	0.5	0.7	1.0	1.1
透明度(m)	3.9	3.9	3.5	4	-	-	-
總磷 (ug/L)	6.0	6.1	5.8	5.3	6.2	6.1	8.8
正磷 (ug/L)	5.9	5.8	5.4	5.1	5.7	5.1	6.2
氨氮 (ug/L)	294.2	331.5	274.5	219.8	381.4	255.2	504.6
硝酸鹽氮 (ug/L)	554.3	525.4	521.7	539.9	550.7	405.8	543.5
亞硝酸鹽氮(ug/L)	1.72	2.22	2.29	2.42	2.11	2.06	1.77
葉綠素 a (ug/L)	1.3	2.4	2.1	1.9	-	-	-
CTSI	34.52	36.61	36.45	35.04	-	-	-

表 3-3.4 人工採樣項目之各區比較(續)

採樣地點	監測站	水社碼頭	伊達邵	向山	水里溪上游	水里溪中游	水里溪下游
採樣日期	98 年 1 月 6 日						
DO (mg/L)	8.85	8.85	8.69	8.81	9.60	9.05	9.04
SS (mg/L)	3.30	4.00	2.90	3.00	1.80	3.40	3.20
COD (mg/L)	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	4.3	5.1
BOD (mg/L)	0.5	0.4	0.3	0.7	0.7	0.9	1.1
透明度(m)	3.5	3.5	4.5	4	-	-	-
總磷 (ug/L)	6.7	6.0	6.5	6.0	6.9	7.7	8.0
正磷 (ug/L)	6.3	5.7	5.9	5.8	5.7	5.3	4.1
氨氮 (ug/L)	67.79	50.75	59.24	62.12	109.71	105.39	84.77
硝酸鹽氮 (ug/L)	474.2	410.7	426.6	418.7	728.2	474.2	410.7
亞硝酸鹽氮(ug/L)	2.16	2.33	1.33	1.98	1.53	2.19	2.30
葉綠素 a (ug/L)	1.18	1.18	1.04	1.33	-	-	-
CTSI	35.25	34.72	33.49	34.47	-	-	-
採樣日期	98 年 3 月 17 日						
DO (mg/L)	8.57	9.37	8.85	8.34	8.43	8.31	9.07
SS (mg/L)	4.00	0.70	2.00	3.50	7.70	1.70	2.10
COD (mg/L)	10.43	15.62	12.71	13.00	11.53	11.26	12.57
BOD (mg/L)	0.5	0.4	0.3	0.7	0.7	0.9	1.1
透明度(m)	1.8	1.5	2	1.5	-	-	-
總磷 (ug/L)	9.0	9.5	9.1	12.7	9.5	9.6	11.8
正磷 (ug/L)	3.6	5.3	5.2	4.0	5.8	7.3	6.8
氨氮 (ug/L)	25.3	11.7	8.5	9.5	10.7	16.2	17.2
硝酸鹽氮 (ug/L)	379.3	367.6	414.5	355.9	769.9	336.3	266.0
亞硝酸鹽氮(ug/L)	2.5	2.1	2.9	2.5	2.8	3.1	2.4
葉綠素 a (ug/L)	1.04	1.78	1.93	2.22	-	-	-
CTSI	39.45	42.34	41.02	44.46	-	-	-

(3). 自動監測與台電人工採樣數據之比較

本年新增了台灣電力公司日月潭水庫每季採樣數據與自動監測站數據之比較，監測站和台灣電力公司各採樣點相對位置如圖 3-3.11 所示。台電分別在 2008 年 05 月 28 日、08 月 27 日和 11 月 26 日上五 9 時進行採樣，故以水質自動監測站相同日期和時間的數據進行比較。採樣項目有水溫、透明度、溶氧、pH、氨氮、硝酸鹽氮和葉綠素，從表 3-3.5 得知自動監測數據與台電人工採樣數據之偏差不大；且潭區內各採樣點之監測濃度變化亦相當小。就數據的比較而言，只有監測站的葉綠素較其他人工採樣點稍低，其原因可能使用不同之測定方法所致，且監測位置亦有所不同。



圖 3-3.11 監測站及台灣電力公司採樣點位置圖

表 3-3.5 台電日月潭水庫檢測與自動監測站比較

採樣地點		監測站	台電-1	台電-2	台電-3	台電-4	台電-5
測站方位	東經	120°54'57.36	120°54'26.1	120°55'16.8	120°55'59.5	120°54'51.0	120°54'18.7
	北緯	23°51'56.12	23°50'55.0	23°52'08.6	23°51'33.3	23°51'19.9	23°51'41.7
採樣日期		2008 年 05 月 28 日					
水溫(°C)		25.0	25.2	27.4	27.0	26.4	26.0
透明度(m)		1.7	2.6	2.0	3.0	2.3	2.0
pH		7.7	7.9	7.8	7.8	7.8	7.8
溶氧(mg/L)		7.8	8.4	8.5	8.5	8.4	8.5
氨氮(µg/L)		60.8	127	120	129	203	133
硝酸鹽氮(µg/L)		447	319	308	309	279	285
葉綠素(µg/L)		1.61	2.43	2.25	2.19	2.61	2.87
採樣日期		2008 年 08 月 27 日					
水溫(°C)		27.09	27.8	28.0	28.0	27.9	27.8
透明度(m)		3.32	2.1	2.3	2.1	3.1	2.5
pH		8.42	8.1	8.3	8.3	8.3	8.0
溶氧(mg/L)		7.31	8.8	8.9	8.8	8.8	9.0
氨氮(µg/L)		82	8	41	47	75	38
硝酸鹽氮(µg/L)		648	568	620	562	563	554
葉綠素(µg/L)		1.45	1.66	2.90	2.13	1.48	2.34

表 3-3.5 台電日月潭水庫檢測與自動監測站比較(續)

採樣地點		監測站	台電-1	台電-2	台電-3	台電-4	台電-5
測站方位	東經	120°54'57.36	120°54'26.1	120°55'16.8	120°55'59.5	120°54'51.0	120°54'18.7
	北緯	23°51'56.12	23°50'55.0	23°52'08.6	23°51'33.3	23°51'19.9	23°51'41.7
採樣日期		2008 年 11 月 26 日					
水溫(°C)		23.2	23.7	23.2	22.8	23.2	22.4
透明度(m)		4.3	5.0	4.3	5.5	4.2	4.3
pH		8.5	8.2	8.0	8.0	8.0	8.2
溶氧(mg/L)		7.4	8.2	8.5	8.6	8.3	8.6
氨氮(µg/L)		66	100	70	69	84	85
硝酸鹽氮(µg/L)		491	507	491	486	488	486
葉綠素(µg/L)		0.88	1.72	1.90	1.78	1.72	1.98

3-3.2 日月潭歷年水質監測結果與分析

日月潭水庫自動化連續監測系統從 92 年起至今已累積有 5 年的監測歷史，故本節將歷年水質數據進行分析與比較。如圖 3-3.12 所示，日月潭水溫隨季節呈穩定的週期性變化趨勢。歷年的 pH 維持在 7.5~8.5 之間(圖 3-3.13)，顯示水中有足夠的鹼度緩衝來進行緩衝作用。從圖 3-3.14 顯示，歷年的電導度在冬季枯水期數值高而春夏季雨季數值低的變化趨勢；此外，電導度每年變化振幅逐年增加，推估其原因，歷年冬夏雨量差增加的緣故。日月潭歷年的溶氧皆能維持在 6.5 mg/L 以上(圖 3-3.15)。92、93 年度的氨氮及硝酸鹽氮濃度明顯較 94、95 和 97 年度高，顯示 94 年度以後日月潭的污染源有減少之趨勢(圖 3-3.17~圖 3-3.18)。圖 3-3.19 中所示，可能因為 92 至 95 年度之間，年降雨量相較於其它年度較多，造成邊坡沖刷及潭水擾動，透明度偏低。由圖 3-3.16 及圖 3-3.20 看出，葉綠素 a 和卡爾森優養複合指標均未呈現明顯的變動，顯示日月潭水庫之水質狀況相當穩定。

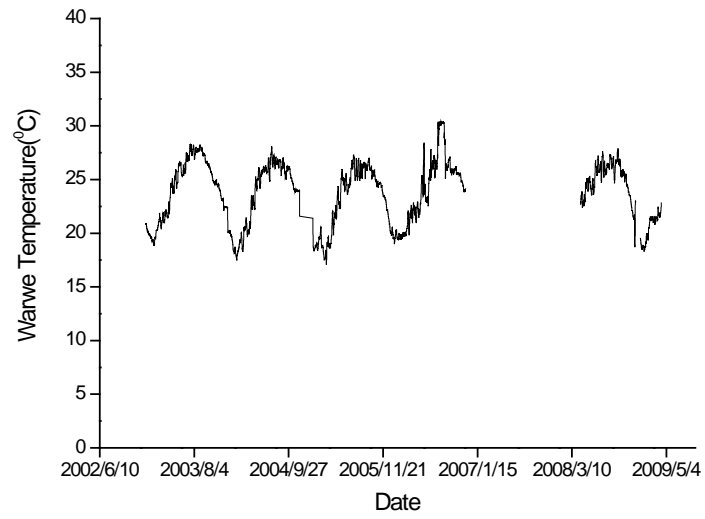


圖 3-3.12 監測站 92 年 1 月至 98 年 4 月水溫趨勢圖

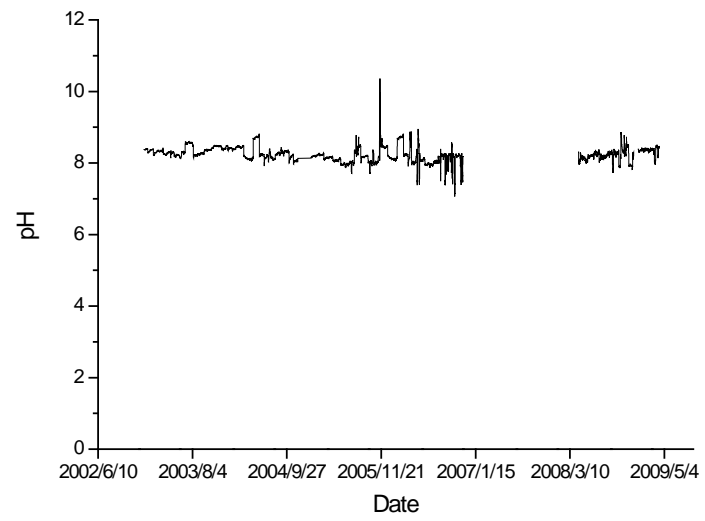


圖 3-3.13 監測站 92 年 1 月至 98 年 4 月 pH 趨勢圖

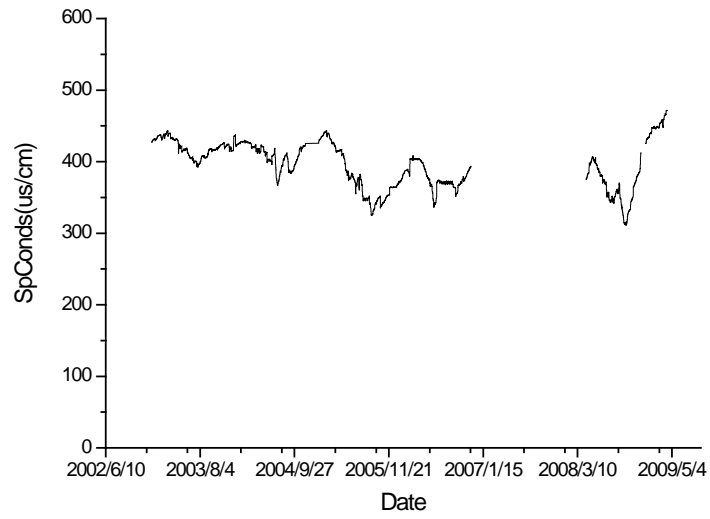


圖 3-3.14 監測站 92 年 1 月至 98 年 4 月電導度趨勢圖

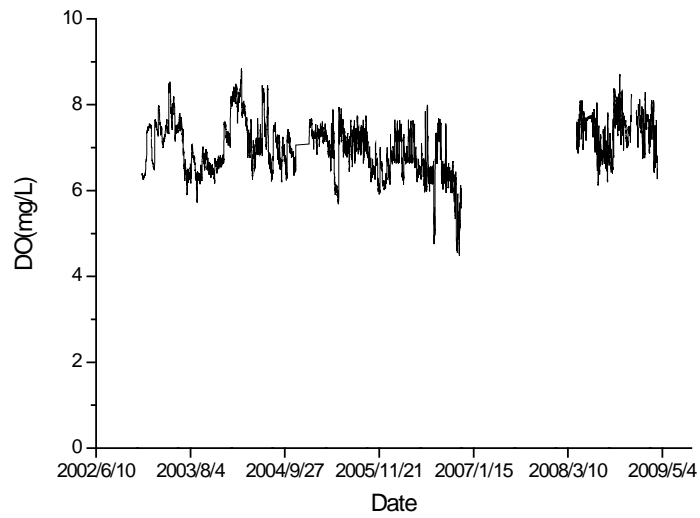


圖 3-3.15 監測站 92 年 1 月至 98 年 4 月溶氧趨勢圖

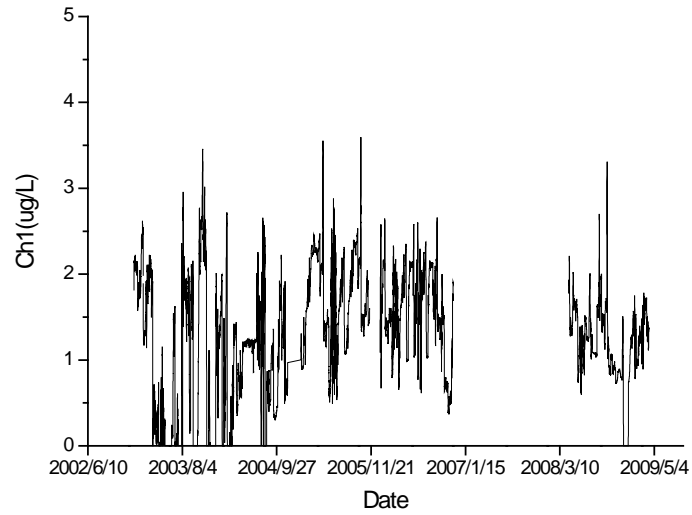


圖 3-3.16 監測站 92 年 1 月至 98 年 4 月葉綠素 a 趨勢圖 (換算後數值)

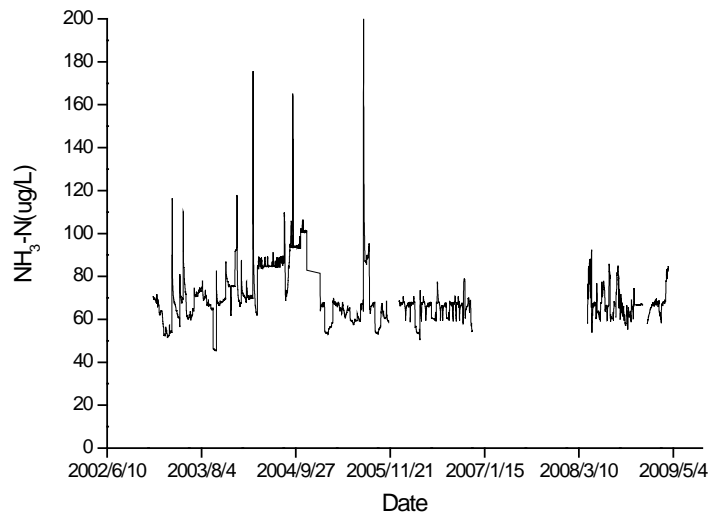


圖 3-3.17 監測站 92 年 1 月至 98 年 4 月氨氮趨勢圖 (換算後數值)

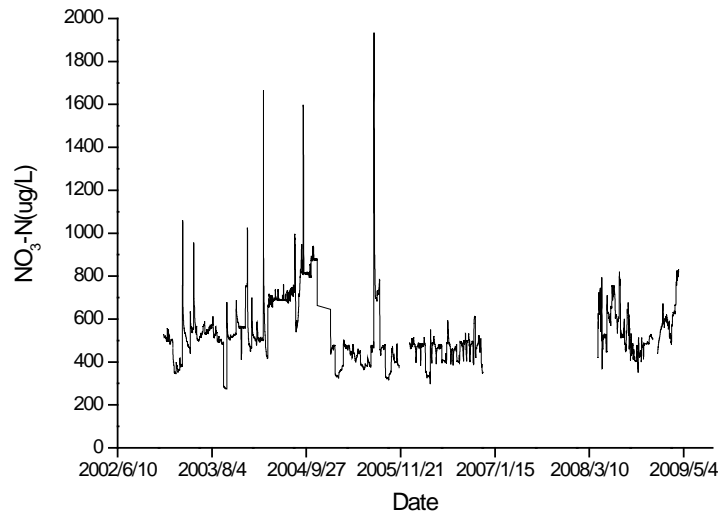


圖 3-3.18 監測站 92 年 1 月至 98 年 4 月亞硝酸鹽氮趨勢圖（換算後數值）

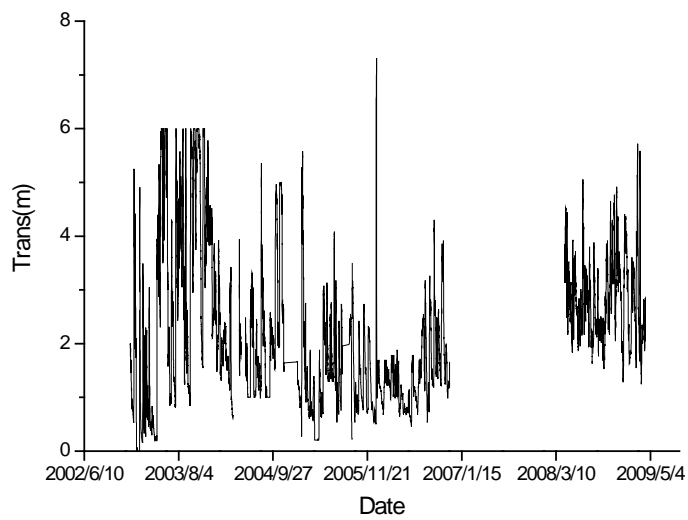


圖 3-3.19 監測站 92 年 1 月至 98 年 4 月透明度趨勢圖

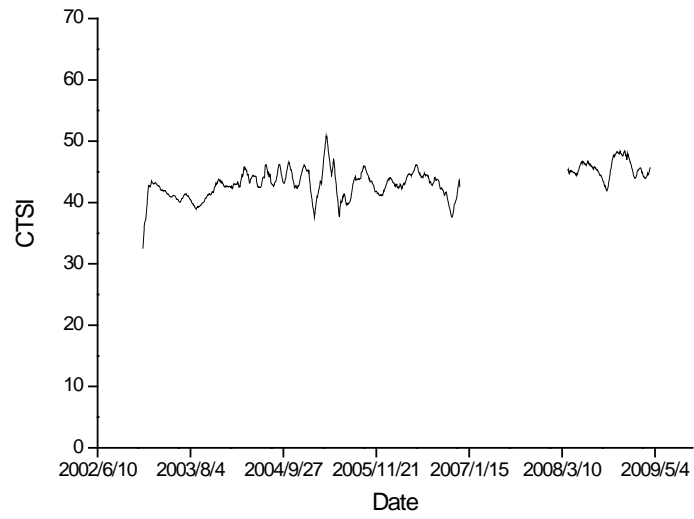


圖 3-3.20 監測站 92 年 1 月至 98 年 4 月 Carlson 優養複合指標趨勢圖

3-4 向山地區調查

3-4.1 植物部份

向山地區的調查共紀錄維管束植物 171 種，包括蕨類植物 15 科 26 種、裸子植物 1 科 1 種、雙子葉植物 43 科 115 種、單子葉植物 6 科 29 種(名錄如附錄十)。在調查中紀錄到四種日月潭地區的新紀錄種，一種是生長於向陽濕地的星毛蕨，兩種為禾本科的鋪地黍及囊穎草，另一為列當科的野菰，為寄生於禾本科根部的寄生植物。最近的調查另記錄了垂頭地寶蘭，也是日月潭風景區的新紀錄種；第一半年報告中提出的新紀錄種-星毛蕨，因工程進行的關係，棲地已不復存在。

3-4.2 鳥類部分

在 2008 年六月至 2009 年三月的 10 次調查中，共記錄鳥類 59 種分屬 27 科(名錄如附錄十一)，其中以畫眉科 9 種最多，鷺科、鳩鵲科、鶉科各 4 種其次，主要為日月潭地區的留鳥共 44 種，佔 75%；冬候鳥有蒼鷺、磯鶉、樹鶉、灰鵲、紅尾伯勞、紅喉歌鶉、短翅樹鶉、黑臉鶉等 8 種；高山降遷種類有金背鳩、毛腳燕、白尾鶉、白耳奇鶉、冠羽鳳鶉、台灣短翅鶉及綠背山雀等 7 種，另十月及三月記錄了兩次外來種紅耳鶉。

在 10 次調查中出現 6 次以上的優勢鳥種(表 3-4.2.1)，此 20 種為組成向山地區鳥類族群的基本成員。

表 3-4.1 向山地區鳥種出現次數

次 數	種 類
10 次	洋燕、白頭翁、小彎嘴鶉、紅頭穗鶉、綠繡眼、小卷尾、樹鶉
9 次	黑枕王鶉
8 次	小白鶉、紅嘴黑鶉、繡眼雀鶉、褐頭鷓鴣
7 次	珠頸斑鳩
6 次	灰鷺、赤腰燕、白鵲、灰喉山椒、烏線雀鶉、綠鳳鶉、灰頭鷓鴣

3-4.3 昆蟲部分

向山定點監測站(表 3-4.3.1)誘集記錄：2008 年 4 月有 11 目 38 科 448 隻蟲；2008 年 7 月有 11 目 34 科 276 隻蟲；2008 年 10 月有 8 目 34 科 1361 隻蟲；2009 年 1 月有 6 目 14 科 159 隻蟲，合計有 12 目 58 科 2236 隻。多樣性指數分析結果顯示 Family richness index 下降最多，由 5.58 降至 2.4；Shannon- Wiener's index 由 2.73 下降至 1.77~ 1.82，Simpson's index 由 0.91 下降至 0.74~0.77。Pielou's evenness index 為 0.52~0.77。多樣性指數分析結果顯示呈現春夏季高於秋冬季。2009 年 1 月向山監測站所誘集到昆蟲資源明顯較 2008 年少，物種多樣性、豐富度及均勻度呈現下降，且豐富度下降最快。

表 3-4. 2 向山 2008 年 4 月到 2009 年 1 月之陸域昆蟲相(FAA 陷阱)

目名	分類群	2008/4/18	2008/7/1	2008/10/2	2009/1/8
半翅目	盲椿科	1	1		
	長足椿科		1		
	長頭椿科	1			
	椿科	1			
	擬盲椿科	1		1	
同翅目	白蠟蟲科	4	6	7	6
	角蟬科	1			
	沫蟬科	2		3	
	蚜蟲科	3	1	1	10
	葉蟬科	2	1		
直翅目	菱蝗科	1	5	1	
	蝗科			5	
	蟋蟀科		5	179	
	螞蚱科	8			
革翅目	絲尾蠹蝮科		1		
蜚蠊目	匍蜚蠊科		1		
	蜚蠊科	2			
彈尾目	長角跳蟲科	61	42	100	61
	球角跳蟲科	35	6	10	
	等節跳蟲科	68	26	12	30
	圓跳蟲科	51	16	283	8
	跳蟲科		9		
	癩跳蟲科		2		
	鱗跳蟲科	17		6	15

表 3-4.2 向山 2008 年 4 月到 2009 年 1 月之陸域昆蟲相(FAA 陷阱)(續)

目名	分類群	2008/4/18	2008/7/1	2008/10/2	2009/1/8	
膜翅目	小蜂總科	21	7	13	2	
	卵蜂總科			4	1	
	姬蜂科		1			
	寄生樹蜂總科	3				
	葉蜂總科	2				
	緣腹細蜂科	2	1	3		
	蟻科	19	24	33	10	
	鈎腹蜂科		1	1		
	鞘翅目	Unknown(鞘翅目)	1		1	
		大角步行蟲科	1			
小蠹蟲科		23	68	593		
木吸蟲科			1			
出尾蟲科		55	19	6		
細堅蟲科			1			
隱翅蟲科		20	8	8		
蟻塚蟲科				1	1	
雙翅目		Unknown(雙翅目)	1	1	1	
		果蠅科	5	9	72	2
	花蠅科	1				
	原大蚊科			4		
	家蠅科			1		
雙翅目	蚤蠅科	17		1	1	
	黑翅蕈蚋科	7	2	1	1	
	蛾蚋科	1		1		
	槍蠅科	3	1	1		
	潛蠅科			1		
	蕈蚋科		2			
	癭蚋科	2	3	1		
	鹵虻科			1		
	縷翅目	管蓊馬科	2			
		鱗翅目	Unknown(鱗翅目)	2	1	5
嚙蟲目	螟蛾科			1		
	毛嚙蟲科	1				
	裸嚙蟲科		2			
總計數量		448	276	1361	151	
總計目數		11	11	8	6	
總計分類群數		38	34	34	14	
Family richness index		5.58	5.52	4.16	2.40	
Simpson's index (1-lambda)		0.91	0.89	0.74	0.77	
Shannon- Wiener's index		2.73	2.62	1.77	1.82	
Pielou's evenness index		0.77	0.75	0.52	0.71	

3-4-4 兩棲類

2008 年 8 月和 2008 年 12 月兩次調查共記錄到五科 11 種蛙類，詳細名錄見（如附錄十二）。在十二月份的記錄中，氣溫平均 $20.1\pm 2.8^{\circ}\text{C}$ ，可見到許多剛變態的面天樹蛙俯伏於五節芒的葉上，數量相當龐大。

3-4-5 爬蟲類

目前記錄到斯文豪氏攀蜥，共一科 1 種。

表 3-4.6 自 2002 年調查開始日月潭風景區內累計之爬蟲類名錄。

3-4-6 哺乳類

2008 年 8 月放置 120 個薛門氏陷阱一個夜晚和 2008 年 12 月放置 80 個薛門氏陷阱、12 個台製鼠籠三個晚上，兩次調查均未捕獲任何小型哺乳類，亦沒有偵測到任何的翼手目出現。

在向山的調查方面，雖然在兩次調查中均未捕獲任何小型哺乳類，但在 2008 年 12 月 14 日當天晚上的調查中，調查人員曾目擊刺鼠的蹤影，可見該地仍是存在小型哺乳動物，只是與人類的接觸頻繁，非常具有戒心。

肆、第一年度結論與建議：

一、全區水域生態

- (一) 根據歷年（2001~2008）之資料，顯示日月潭潭區水域生物組成正隨著時間改變。在種類數上因外來種魚類的入侵而有增加的趨勢；在族群數量方面，因外來種（雙邊魚科及慈鯛科魚類）的擠壓，族群數量逐漸減少中。
- (二) 水里溪流域水域生物組成相當豐富，魚蝦蟹種類組成與往年差異不大，但在魚類個體大小方面卻有逐漸趨於小型化的趨勢。
- (三) 日月潭潭區水域及水里溪流域螺貝類歷年的生物組成的差異並不大，日月潭潭區水域以河殼菜蛤為優勢種，水里溪流域螺貝類以瘤蜷為主。
- (四) 浮游生物歷年的生物組成的差異並不大，日月潭潭區水域的浮游生物以綠藻門為主，水里溪流域則以矽藻門為主。
- (五) 含括在計畫調查範圍內的風景區水域約略可分為日月潭潭區、水里溪流域二個水域，分別針對現階段風景區水域最為迫切之水域問題討論及管理規劃之建議。

(1). 日月潭區：

長久以來一直是著名的觀光旅遊景點及宗教團體放生祭典的好去處，日積月累之下已出現不少外來種，包括河殼菜蛤、雜交種吳郭魚、線鱧、雙斑伴麗魚及暹羅雙邊魚等相繼出現，這些外來種的出現或多或少對潭區水域生態都有影響，例如暹羅雙邊魚（玻璃魚）族群數量暴增導致 條（奇力魚）減產的情況，凸顯民眾錯誤放生觀念影響生態的問題，所以現階段對於潭區水域外來種入侵的管制需特別注意。在整個潭區周邊，水社壩附近是需多宗教團體放生的熱門地點之一，所以建議能在水社壩附近設立告示牌，告示牌需註明申請單位及方式，或是架設及時攝影機，若發現有大規模放生活動可立即派員處理，以防止不當的放生活動在日月潭水域持續蔓延。

(2). 水里溪流域：

水里溪流域因水力發電的設置，使河川生態系被抽蓄水庫分割成兩大部分，包括抽蓄

電廠上游（石觀音樣站）及下游之河段（明潭電廠下游站、水里橋站）。

a： 石觀音站

附近水域環境自然，水流穩定、水量適中、水質清澈及擁有豐富的水域生態資源，適合一般民眾的親水活動，但基於生態保育之考量，應維持現況以減少多餘之工程設施而產生畫蛇添足的反效果。由於民眾親水頻率高，所以石觀音樣站目前需特別注意的問題為民眾親水所帶來之垃圾問題及砂石疑似被盜採等。

b： 明潭電廠下游站及水里橋站

因抽蓄水庫調節性洩洪導致水量變化過大之問題，並不適合一般民眾太接近河川以免發生危險。另外，水里溪橋樣站附近在歷次的調查中皆可發現相當多的雜交種吳郭魚，顯示附近外來種問題的嚴重性，所以需加強外來種入侵問題之控管。

二、 全區陸域生態

- (一) 日月潭風景區經歷數次的颱風侵襲，部分地區有土石崩塌的災害，依監測調查的紀錄看，鳥類的生息狀況，包括本地留鳥如朱鷗、綠啄花、花翅山椒及遷移的過境鳥種如綬帶鳥、赤腹鷹等並未受到災害的影響。建議於步道的適當地點，針對常見的優勢鳥種，設立解說牌，可幫助有興趣的遊客對風景區鳥類的認識。
- (二) 向山調查的 59 種紀錄中，翠翼鳩、樹鵲、白環鸚嘴鵲、紅耳鵲、黃頭扇尾鶯、台灣短翅鶯及黑臉鵲等七種為其他步道未記錄到的種類，除翠翼鳩外，多為適應高大草地間有稀疏樹木的演替初期環境的物種，向山地區的生境在日月潭周邊也算是獨樹一格的。
- (三) 向山樣區在向山南側及進水口間有一片以五節芒為主的高草地，日月潭各步道少有類似生境，該處棲息著為數不少的鷓鴣、扇尾鶯及台灣畫眉等鳥種，也是冬候鳥紅喉歌鵲及鵲科鳥類的主要棲息地，如無特別需求，建議保留這片看似荒蕪的草生地，對風景區的鳥類多樣性必有助益。
- (四) 各步道的蕨類監測(如附錄四)，普遍的現象為物種逐漸減少，部分原因推測最近三季來雨量偏低，致使好陰濕的種類生長受限。另一原因地被的清理過於頻繁且徹底，調查中雖也

有新增的種類，但多為能適應強度干擾的雜草型種類，如假蹄蓋蕨、密毛小毛蕨、大金星蕨等，雖數量龐大，就物種多樣性說是降低的。再次建議，地被的清理維護若能放任些，在一定的時間後，必能增加各步道的植物豐富度，當有助於自然生態的導覽解說。

- (五) 向山地區除坡面為次生林外，大面積平地多為向陽的禾草生育地，不少種類在日月潭地區只在向山出現，但多為辨識困難，不起眼的小草，加上工程進行中，地貌時有變化，這些草本植物的種類及數量仍有很大的更動空間。
- (六) 向山坡面為一發育良好的次生林，邊緣密生芒萁及五節芒等叢藪，不易親近，如能有一步道進入，一則方便做生態觀察，山頂向東也有俯瞰潭區的良好視野。
- (七) 昆蟲種類與數量繁多，且對環境改變具高敏感度，因此可藉由長期監測昆蟲的種類與數量的變化，用以預測干擾對環境影響的結果 (Didham et al., 1996)。陸域昆蟲多樣性調查中，有許多不同採集方式，採用掉落式陷阱法，是因此法在標本處理上方便、易於保存，且昆蟲相大多屬於地棲性昆蟲，可以反映出當地土壤環境與植被的變化，適合用於長期監測。本區面臨環境重建、觀光資源開發及天災等因素對自然生態資源生態之影響，宜繼續進行定點定期之監測。
- (八) Margalef (1972) 認為夏農-威納多樣性指數對群聚中擁有稀有物種之組成變化具較高敏感性，其值通常介於 1.5 至 3.5 之間，很少高於 4.5 或 5 (Magurran, 1988; Krebs, 1999)，本研究顯示各站昆蟲群聚組成受步道整修干擾或夏季雨量及颱風干擾影響，雖夏農-威納多樣性指數有波動且下降明顯，然而各站波動情形相似，且隨時間變化各站夏農-威納多樣性指數已能維持在 1.5 以上。顯示本地生態系對干擾具有彈性，有能力抵抗，維持在一定之適應範圍。
- (九) 目前約有 95% 的陸域環境受到人類活動影響，其中主要包含了農業活動，而高達 98% 以上的糧食則由這些農業棲地提供 (Paoletti, 1995)，無脊椎動物作為反映環境的指標生物具有相當的潛力 (Paoletti et al., 1991)，尤其地棲性無脊椎動物如蝸蟬、昆蟲幼蟲以及彈尾目、總尾目昆蟲等等，更可以反應出土地耕作與植被覆蓋的情形 (Paoletti, 1995)。自然界中，昆蟲與植物物種組成與棲地有密切關係，而棲地裡的植物作為提供植食性昆蟲的生產者以及提供昆蟲棲所，若是受到天災或是人力干擾 (土地利用方式：耕作、施肥以及人造

林等等) 而改變了整個植物相，由於生產者的改變，導致初級消費者以及更高階消費者受到影響，最終使得整個昆蟲群聚結構也隨之改變 (Kim, 1993; Greenberg and McGrane, 1996; Humphrey et al., 1999)。相關單位經營管理上，建議應種草植樹，進行綠化工程，以增加森林覆蓋率、增加綠化覆蓋率，達到增加昆蟲棲息地為目標。

(十) 2008 年六月至 2009 年三月，共計聽到六科 17 種蛙類叫聲。今年新增的水社大山、集集大山和向山地區，蛙類分別紀錄到四科 5 種、五科 10 種、五科 11 種。日月潭兩生類累計共六科 17 種。

(十一) 2008 年六月至 2009 年三月日月潭周邊道路及步道上發現食蛇龜、黃口攀蜥、紅斑蛇、臭青公、白梅花蛇、雨傘節、蝎虎、台灣鈍頭蛇、龜殼花、赤尾青竹絲，共計六科 9 種爬蟲類。水社大山的爬蟲類記錄到青蛇、斯文豪氏攀蜥、斯文豪氏游蛇（日月潭地區首次記錄）和台灣滑蜥共 4 科 4 種。向山地區則記錄到斯文豪氏攀蜥，共一科 1 種。自 2002 年以來，日月潭爬蟲類調查累計共十一科 25 種。

(十二) 2008 年八月份在水社大山、集集大山以及向山地區均設陷阱捕捉；2008 年十二月份再次於向山設置陷阱捕捉，至今仍未捕獲任何哺乳類。在縣道 131 線 23K 附近的吉仙宮、投 62 線 3K 處和集集大山皆捕捉到鼬獾。翼手目調查目前於潭區偵測到台灣葉鼻蝠、台灣大蹄鼻蝠、台灣小蹄鼻蝠、東亞家蝠共三科 4 種，鼠耳蝠屬由於受限於資料庫無法比對，目前並未詳列出種類，僅以鼠耳蝠屬表示；在集集大山方面，則有台灣大蹄鼻蝠和東亞家蝠，共兩科 2 種；水社大山和向山兩地目前以 Anabat SD1 並未偵測到任何蝙蝠出現。日月潭哺乳類累計共八科 14 種。

三、 日月潭水質監測

(一) pH 值皆穩定維持於 8~9 之間，並未隨著季節的轉化而有所差異

(二) 因夏季多雨造成水質稀釋，使得導電度呈現逐漸下降，而 10 月以後與量漸減，導電度逐漸上升。

(三) 夏季溶氧偏低，但本年度的溶氧值幾乎高於環保署所訂之陸域甲類水體水質標準 (6.5mg/L)，顯示水質狀況一直維持良好的狀況。

- (四) 氨氮值皆在 0.1 mg/L 以下，且硝酸鹽氮濃度介於 400~800 $\mu\text{g/L}$ 之間，顯示營養鹽污染程度較低。
- (五) 夏季因較強之光合作用而導致葉綠素 a 濃度較高，但整體而言，濃度大多低於 2 $\mu\text{g/L}$ 以下，屬於貧養的分類等級。根據 Carlson 優養複合指標的計算，若僅考慮葉綠素 a 與透明度兩項因子的話，數值大多介於 40~50 之間，表示日月潭的水質條件符合普養程度的水質分類。
- (六) 藉由人工同步採樣分析結果之驗證，目前水質連續自動監測站所測得之數據應有相當高之代表性。

伍、參考文獻：

1. 行政院環境保護署，甘泉計劃(I)水庫水質維護大型計劃-子計劃(二)水庫優養化資料庫及專家系統研究(第一年)，1990。
2. 行政院環境保護署，水庫監測與集水區污染防治規劃-台灣地區水庫水質評析與水質管理規劃，1999。
3. 行政院環保署，板新水源保護區、翡翠水庫水源集水區氮、磷污染調查、分析及整治規劃，2000。
4. 行政院環保署，八十九年度台灣地區主要水庫水質監測計劃，2001。
5. 行政院環保署，九十年度台灣地區主要水庫水質監測計劃，2002。
6. 交通部觀光局日月潭國家風景區管理處，<http://www.sunmoonlake.gov.tw/sml/sitemap.htm>
7. 台灣省水污染防治所，日月潭水庫水質管理規劃報告，1983。
8. 台灣省政府環境保護局，日月潭水庫水質特性研究報告，1984。
9. 朱木壽、蔡易良，非點源污染對水庫優養化之影響，學士論文，逢甲大學水利工程學系，1991。
10. 吳健民、洪銘堅，水資源開發與環境-台灣地區水庫優養潛勢之分析，環境保護與污染防治，第 93-105 頁，1988。
11. 吳俊哲、胡苔莉、吳志超、郭鍾秀，"日月潭水庫水質自動監測系統設置及研究"計畫，南投縣環保局，2003。
12. 胡峻毓。2001。關刀溪森林生態系華南鼬 (*Mustela sibirica*) 與長尾麝鼩 (*Crocidura kurodai*) 食餌昆蟲之碎片分析。國立中興大學昆蟲學系碩士論文。94 頁。
13. 高橋良一。1930。日月潭的昆蟲概觀 (日文)。台灣博物學會報 20: 145-156。
14. 陳育偉，應用多變量統計方法辨識水庫優養化，台灣大學農業工程研究所碩士論文，1994。
15. 郭美華、謝易霖、丘明智。2006。日月潭地區陸域昆蟲多樣性調查。台灣昆蟲 26 (2): 125-142。
16. 郭振泰、溫清光、曾怡禎、陳樹群、邱瑤，"鳳山水庫優養之探討與模擬(一)(二)"，行政院環境保護署，國立台灣大學土木工程學研究所，1989。
17. 郭振泰、吳俊宗、吳建鎰、馬培穎，"台灣地區給水水源優養化評估法之建立及其優養程度調查(一)"，行政院環境保護署，國立台灣大學土木工程學研究所，1990。
18. 張書忱。1965。昆蟲分類學。國立中興大學。640 頁。
19. 詹智全，國內水庫優養化評估因子及藻類指標間之相關性研究，中興大學環境工程研究所

碩士論文，2001。

20. 程樹森，台北地區蓄水庫優養潛勢之初步探討及藻類去除技術之研究，台灣大學環境工程研究所碩士論文，1986。
21. 馮豐隆、楊正澤、蔡尚憲。1998。以東北角海岸國家風景特定區之植生與昆蟲為例探討整合性森林資源調查與監測。農林學報 47: 67-87。
22. 楊正澤。1995。利用黃色黏蟲紙調查惠蓀林場第三林班昆蟲資源。中興大學實驗林研究報告 17: 77-91。
23. 經濟部水資源統一規劃委員會，台灣地區重要水庫水質暨優養化之研究，1993。
24. 駱尚廉、蔡淑芬，水庫優養化專家系統初探—水質評估，中國環境工程學刊，第二卷第一期，1992。
25. Alenka Gaberščik and Olga Urbanc-Bercic, "Monitoring Approach to Evaluate Water Quality of Intermittent Lake Cerknica", *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 33, No. 4-5, 357-362, 1996.
26. Basset, T., and V. Novotny. 1999. Species richness of insect herbivore communities on *Ficus* in Papua New Guinea. *Biol. J. Linn. Soc.* 67: 477-499.
27. Blanche, K. R., A. N. Andersen, and J. A. Ludwig. 2001. Rainfall-contingent detection of fire impacts: responses of beetles to experimental fire regimes. *Ecol. Appl.* 11: 86-96.
28. Carlson, R.E., "A Trophic State Index for Lakes", *Limnol. Oceanogr.*, 22(2): 361-369, 1977.
29. Ceballos, B. S. O., König, De A. and Oliverira, J. F. De, "Dam Reservoir Eutrophication : A Simplified Technique for a Fast Diagnosis of Environmental Degradation", *Wat. Res.*, 32, 3477-3483, 1998.
30. Didham, R. K., J. Ghazoul, N. E. Stork, and A. J. Davis. 1996. Insects in fragmented forests: a functional approach. *Trends Ecol. Evol.* 11: 255-260.
31. Edomoondon, W.T., "Secchi Disk and Chlorophyll", *Limnol. Oceanogr.* 25(2): 378-379.
32. Fruh, E. G., "The Overall Picture of Eutrophication", *J. WPCF*, Vol. 39, No. 9, 435-442, 1967.
33. Greenberg, C. H., and A. McGrane. 1996. A comparison of relative abundance and biomass of ground-dwelling arthropods under different forest management practices. *For. Ecol. Manage.* 89: 31-41.
34. Goulet, H., and J. T. Huber. 1993. Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families. Agriculture Canada Research Branch Monograph, Canada. 668 pp.
35. Henderson-Sellers, B., Markland, H. R., "Decaying Lakes, the Origins and Control of

Cultural Eutrophication”, New York, 1987.

36. Hoback, W. W., T. M. Svatos, S. M. Spomer, and L. G. Higley. 1999. Trap color and placement affects estimates of insect family-level abundance and diversity in a Nebraska salt marsh. *Entomol. Exp. Appl.* 91: 393-402.
37. Humphrey, J. W., C. Hawes, A. J. Peace, R. Ferris-Kaan, and M. R. Jukes. 1999. Relationships between insect diversity and habitat complexity in plantation forests. *For. Ecol. Manage.* 113: 11-21.
38. Jones, R. A., Lee, G. F., “Recent Advances in Assessing Impact of Phosphorus Loads on Eutrophication-related Water Quality”, *Wat. Res.*, Vol. 16, 503-515, 1982.
39. Kim, K. E. 1993. Biodiversity, conservation and inventory: why insects matter. *Biodiv. Conserv.* 2: 191-214.
40. Krebs, C. J. 1999. *Ecological methodology*. 2nd ed. Addison-Welsey Educational Publishers, Menlo Park, CA. 620 pp.
41. Ludwig, J. A., and J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing*. Wiley, New York. 337 pp.
42. Malthus, T.J. and Dekker, A.G., “First Derivative Indices for the Remote Sensing of Inland Water Quality Using High Spectral Resolution Reflectance, *Environment International*”, Vol. 21, No. 2, 221-232, 1995.
43. Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. *Trans. Connect. Acad. Arts. Sci.* 44: 211-235.
44. Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey. 179 pp.
45. Moore, N. W. 1991. Observe extinction or conserve diversity? pp. 1-8. *In*: Collins, N. M., and J. A. Thomas, eds. *The Conservation of Insects and Their Habitats*. Academic Press, London.
46. Morihiro, A., Outoski, A., Fuhushima, T., Kawai, T., Hosome, M. and Muraoka, K., “Application of Modified Carlson’s Trophic State Index to Japanese Lakes and It’s Relationships to Other Parameters Related to Trophic State”, *Res. Rep. Natl. Inst. Environ. Stud.*, 23, 12-30, 1981.
47. Paoletti, M. G. 1995. Biodiversity, traditional landscapes and agroecosystem management. *Landsc. Urban Plann.* 31: 117-128.
48. Paoletti, M. G., M. R. Favretto, B. R. Stinner, F. F. Purrington, and J. E. Bater. 1991. Invertebrates as bioindicators of soil use. *Agric. Ecosyst. Environ.* 34: 341-362.
49. Paoletti, M. G. 1995. Biodiversity, traditional landscapes and agroecosystem

management. *Landsc. Urban Plann.* 31: 117-128.

50. Paoletti, M. G., M. R. Favretto, B. R. Stinner, F. F. Purrington, and J. E. Bater. 1991. Invertebrates as bioindicators of soil use. *Agric. Ecosyst. Environ.* 34: 341-362.
51. Somlyódy, L., "Eutrophication Modeling, Management and Decision Making: the KIS-BALATON Case", *Wat. Sci. Tech.*, Vol. 37, No. 3, 165-175, 1998.
52. Teuben, A., and H. A. Verhoef. 1992. Direct contribution by soil arthropods to nutrient availability through body and faecal nutrient content. *Biol. Fertil. Soils* 14: 71-75
53. Teuben, A., and H. A. Verhoef. 1992. Direct contribution by soil arthropods to nutrient availability through body and faecal nutrient content. *Biol. Fertil. Soils* 14: 71-75.
54. U.S. Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/>.
55. USGS, "Guidelines and Standard Procedures for Continuous Water-Quality Monitors: Site Selection, Field Operation, Calibration, Record Computation, and Reporting", Reston, VA, US, 2000.