

张其成

105-106 年  
「陽明山國家公園夢幻湖生態保護區  
水文調查計畫」

陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國 106 年 6 月

(本報告內容及建議純係研究小組觀點，不應引申為本機關之意見)

# 105-106 年 「陽明山國家公園夢幻湖生態保護區 水文調查計畫」

受委託者：國立臺灣大學

研究主持人：施上粟

協同主持人：黃國文

陽明山國家公園管理處委託研究報告

中華民國 106 年 6 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

## 目 錄

表 次 .....	V
圖 次 .....	VI
摘 要 .....	1
Abstract.....	2
第一章 計畫緣起及目的 .....	3
第二章 工作項目及範圍 .....	4
第三章 研究方法 .....	6
第一節 基本資料收集 .....	6
第二節 降雨量及地表逕流量調查 .....	8
第三節 蒸發散量及入滲量調查 .....	11
第四節 水位及水深調查 .....	15
第五節 水深及浸淹頻率空間分佈 .....	18
第六節 水文收支及水文水理模式 .....	19
第四章 結果及討論 .....	21
第一節 基本資料分析 .....	21
第二節 降雨型態 .....	38
第三節 水文調查 .....	40
第四節 水文收支分析 .....	46
第五節 浸淹機率空間分佈分析 .....	51
第六節 水文模式 .....	53
第五章 結論及建議 .....	59
附錄一 期初報告審查意見處理情形 .....	62
附錄二 期中報告審查意見處理情形 .....	64
附錄三 期末報告審查意見處理情形 .....	66
參考書目 .....	68

## 表 次

表 2-1	野外調查時間一覽表.....	5
表 3-1	空照來源及年份整理表.....	7
表 4-1	歷年月平均氣溫.....	22
表 4-2	歷年月平均降雨.....	23
表 4-3	歷年月平均相對濕度.....	23
表 4-4	歷年月平均蒸發量.....	23
表 4-5	歷年月平均風速.....	24
表 4-6	歷年月平均日照時數.....	24
表 4-7	夢幻湖水質紀錄.....	28
表 4-8	各樣區土壤組成分及有機質含量.....	30
表 4-9	2017 年 1 月 20 日降雨事件綜合分析表.....	50
表 4-10	2017 年 4 月 26 日降雨事件綜合分析表.....	50

## 圖 次

圖 2-1	夢幻湖生態保護區地理位置.....	4
圖 3-1	鞍部、竹子湖氣象站位置圖.....	6
圖 3-2	2014 年夢幻湖正射影像圖.....	7
圖 3-3	有效降雨及其產生之直接逕流歷線示意圖.....	8
圖 3-4	傾斗式、虹吸式雨量計照片.....	9
圖 3-5	逕流觀測位置及現地照片.....	10
圖 3-6	蒸發皿及蒸發計.....	11
圖 3-7	蒸發皿、雨量計位置、現場照片.....	12
圖 3-8	常見土壤入滲量測方式.....	14
圖 3-9	土壤入滲試驗位置.....	14
圖 3-10	自記式水位計外觀及高程計算示意圖.....	16
圖 3-11	自記式水位計位置及放置處照片.....	17
圖 3-12	水位超越機率示意圖.....	18
圖 4-1	夢幻湖地形圖.....	25
圖 4-2	夢幻湖簡易 SET 樣站照片及湖底土表沉積深度變化.....	26
圖 4-3	夢幻湖濕地 2009 年 5 月~2010 年 12 月逐日平均水位.....	27
圖 4-4	夢幻湖周圍地質條件.....	29
圖 4-5	2009 年 5 月穿越線法土壤採樣樣區分布圖.....	31
圖 4-6	夢幻湖 2002~2015 年空照圖.....	33
圖 4-7	鞍部站日雨量(2002~2016 年)及空照拍攝時間關係.....	34
圖 4-8	臺灣水韭生活史與月平均降雨量分佈關係.....	36
圖 4-9	三種不同濕度處理/時間之臺灣水韭存活植株數量.....	36
圖 4-10	兩種不同濕度處理/時間之臺灣水韭存活植株數量.....	37
圖 4-11	不同處理方式之臺灣水韭大孢子發芽率.....	37
圖 4-12	六種物種年平均水深下經由覆蓋百分比加權後的常態分佈圖.....	38
圖 4-13	鞍部站年月平均雨量與降雨強度.....	39
圖 4-14	2015 年 11 月~2016 年 11 月鞍部站時雨量.....	39

圖 4-15 2016 年 8 月~2016 年 11 月時雨量.....	40
圖 4-16 逕流觀測點現場照片.....	41
圖 4-17 2015 年 11 月~2016 年 11 月鞍部站蒸發量.....	42
圖 4-18 湖區北側入滲試驗現地照片及成果.....	43
圖 4-19 湖區南側入滲試驗現地照片及成果.....	44
圖 4-20 2016 年 8 月~2017 年 4 月水位及雨量關係.....	45
圖 4-21 湖區水深分佈情形.....	45
圖 4-22 夢幻湖水文收支圖.....	47
圖 4-23 2017 年 1 月 20 日夢幻湖降雨組體圖.....	48
圖 4-24 2017 年 1 月 20 日夢幻湖水位變化.....	48
圖 4-25 2017 年 4 月 26-27 日夢幻湖降雨組體圖.....	49
圖 4-26 2017 年 4 月 26-27 日夢幻湖降雨組體圖.....	49
圖 4-27 2016 年 8 月~2017 年 4 月夢幻湖水位超越機率.....	51
圖 4-28 夢幻湖水位超越機率空間分布.....	52
圖 4-29 夢幻湖周遭地形高程.....	54
圖 4-30 夢幻湖濕地周遭集水區.....	55
圖 4-31 夢幻湖徐昇氏多邊形.....	56
圖 4-32 夢幻湖水位上升、下降速度及平均蒸發、入滲速度分析.....	57
圖 4-33 臺灣水韭最適年平均水深及夢幻湖湖區水深變化圖.....	58

## 摘要

本研究針對陽明山國家公園夢幻湖生態保護區，進行為期一年的水文調查及相關分析工作。夢幻湖區的水文條件是影響生態變遷的重要因素之一，水深變化直接影響湖內植物相及臺灣水韭的競爭優勢。研究內容包括：基本資料收集分析、水位及水深調查、水深及浸淹頻率空間分佈分析、蒸發散量及入滲量調查、降雨量及地表逕流量調查、水文水理模式建立及水文收支分析。本研究利用現地調查資料輔以文獻資料建立相關的水文收支模式，現地架設之儀器包括：自記式雨量計、自記式蒸發計、自記式水位計，及非自記式的入滲量、逕流量調查。

研究發現：年平均降雨量約 3600 mm 左右，8 月到隔年 1 月為豐水期，主要降雨類型為東北季風雨(10 月下旬至 5 月上旬)、颱風雨(7 月至 9 月)、梅雨(5 月中旬至 6 月中旬)、熱雷雨(6 月至 8 月)及鋒面雨(11 月至 3 月)等；年平均蒸發量約 550 mm 左右，約為降雨量的 15%，蒸發速度介於 0.01 ~ 0.04 cm/hr；平均入滲速度約為 0.2 cm/hr，入滲率具空間變異性，湖區南側所得之入滲速度顯著高於北側，與底質條件的差異性吻合(湖區南側土壤組成中，砂質壤土含量明顯較湖區中央及北側高)；逕流量介於間  $8.96 \sim 17.34 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ ，換算成湖區水位上升速度平均約 0.16 cm/hr；湖區水位介於 866.3 m ~ 870.3m 間，枯水時僅有觀景臺西北側區域有水，而豐水時則全湖區皆有水，湖區水位愈高，其水位上升及下降速度愈快，高水位及低水位時水位上升速度約 1.5 cm/hr 及 0.4 cm/hr，高水位及低水位時水位下降速度約 0.3 cm/hr 及 0.1 cm/hr，水位下降速度明顯低於水位上升速度，約略等於入滲速度。

經過一整年的調查，依對夢幻湖水文收支影響程度，由大到小排列依序為：降雨、入滲、逕流、蒸發。夢幻湖湖區水深在臺灣水韭最適水深正負一個標準差以內之時間約占全年 33%。目前的監測方法基本上能提供可靠有用的數據作為水文收支分析之用，應可作為後續長期監測計畫執行時的參考，但入滲率因具有明顯的空間異質性，仍須更多試驗及數據進行相關模式修正。

**關鍵字：**夢幻湖、保護區、水文、水深、臺灣水韭

## Abstract

This study aims at hydrological survey and water-budget model development for Menghuan Lake of Yangming Mountain National Park. The hydrological condition of the Ecological Reserve is one of the important factors that affects the aquatic ecosystem. Aquatic plants growing in the lake were replaced by terrestrial plants gradually. The existence of the endemic pteridophyte *Isoetes taiwanensis* was found to be threatened seriously due to water level fluctuation. Field investigations and laboratory analysis were conducted during one year including water level and water depth survey, water depth and inundation frequency calculation, evapotranspiration and infiltration survey, rainfall and surface runoff survey, hydrological model establishment and water budget analysis.

We discovered that the annual average rainfall was about 3600 mm, and the main rainfall types were northeast monsoon rain (late October to early May), typhoon (July to September), spring monsoon rain (mid-May to mid-June), thunder rain (June to August) and frontal rain (November to March). The annual average evaporation was about 550 mm that was approximately 15% of annual rainfall. The evaporation rate was about 0.01 ~ 0.04 cm/hr while the infiltration rate was about 0.2 cm/hr. The infiltration rate of the south side was significantly higher than that of the north side, indicating the spatial heterogeneity. The runoff discharge was between 8.96 and 17.34  $\times 10^{-3}$  m<sup>3</sup>/s, indicating the contribution for the rise of water level was about 0.16 cm/hr in average. The water level was between 866.3 m and 870.3 m. There is only water in the northwest side of the viewing platform during dry season, and the water level is higher in the whole lake area during rainy season. The water level rises and falls faster in higher water level than those in lower water level. The monitoring method established by this study was able to provide reliable and useful data for the analysis of hydrological revenue and expenditure and was suggested to be used as a follow-up long-term monitoring program for adaptive and integrated management of the lake.

**Keywords:** Menghuan Lake, Ecological Reserve, hydrological, water depth, pteridophyte

*Isoetes taiwanensis*

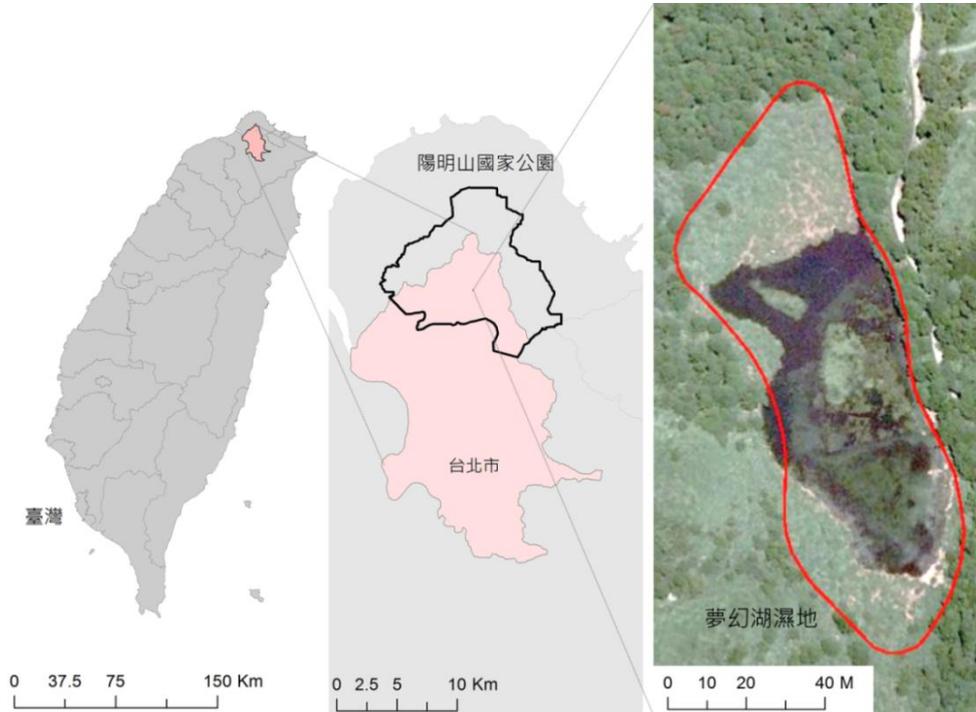
## 第一章 計畫緣起及目的

夢幻湖生態保護區位於七星山東南側，屬內陸濕地，湖水量隨著四季降雨量的大小而有顯著變化。湖區更可能因極端氣候而發生長期乾旱或高水位情形。

由於棲地的人文條件，包括降雨量、逕流量、蒸發散量、水位高度等，是影響生態變遷的重要因素之一，水位高度更會直接影響夢幻湖濕地植物組成。瞭解棲地的人文狀況，亦能瞭解僅自然生長於夢幻湖生態保護區的臺灣特有種臺灣水韭對自然棲地之需要。夢幻湖過去無詳細的水文監測資料，本計畫將建立夢幻湖水文循環的基礎資料，供未來研擬夢幻湖生態保護區的水位管理策略，及棲地保育之基礎研究資料。

## 第二章 工作項目及範圍

本計畫工作範圍為陽明山國家公園夢幻湖生態保護區，湖區面積約 1 公頃(圖 2-1)。



**圖 2-1 夢幻湖生態保護區地理位置**

整體工作內容條列如下，野外調查工作時間整理如表 2-1 所示。

### 一、基本資料收集分析

(一) 國內外文獻及歷年報告。

(二) 氣候、水文、水質、地質、生態、空照圖資等。

### 二、水位及水深調查。

### 三、水深及浸淹頻率空間分佈分析。

### 四、蒸發散量及入滲量調查。

### 五、降雨量及地表逕流量調查。

### 六、水文水理模式建立及水文收支分析。

表 2-1 野外調查時間一覽表

調查項目	調查時間
雨量	2016 年 8 月~2017 年 5 月
地表逕流	2016 年 8 月 11 日、2017 年 1 月 20 日、2017 年 4 月 27 日
蒸發散	2016 年 8 月~2017 年 5 月
入滲	2016 年 11 月 30 日、2017 年 1 月 4 日 2017 年 2 月 22 日、2017 年 3 月 28 日
水位	2016 年 8 月~2017 年 5 月

### 第三章 研究方法

#### 第一節 基本資料收集

收集或購買氣象、水文、水質、地質、生態、地形、空照圖資等基本背景資料，並彙整本研究區相關文獻及報告。

氣候為蒐集中央氣象局鞍部、竹子湖氣象站、夢幻湖氣象站(圖 3-1)歷年資料，資料項目包含氣溫、雨量、相對濕度、蒸發量、風速、日照時數等。就地理位置來看，鞍部氣候條件應較接近夢幻湖。地質為蒐集中央地質調查所資料。

空照圖資為蒐集歷年衛星影像、農林航測所相片基本圖以及正射影像(圖 3-2)。衛星影像為福衛二號所攝，其影像年份自 2005 年至 2016 年；農林航測所之相片基本圖最早為 1979 年，最新正射影像年份為 2015 年，但影像雲覆高達 90%，因此亦採用 Google 衛星圖。圖資年份整理如表 3-1 所示。其餘資料為彙整夢幻湖相關文獻及報告而得。

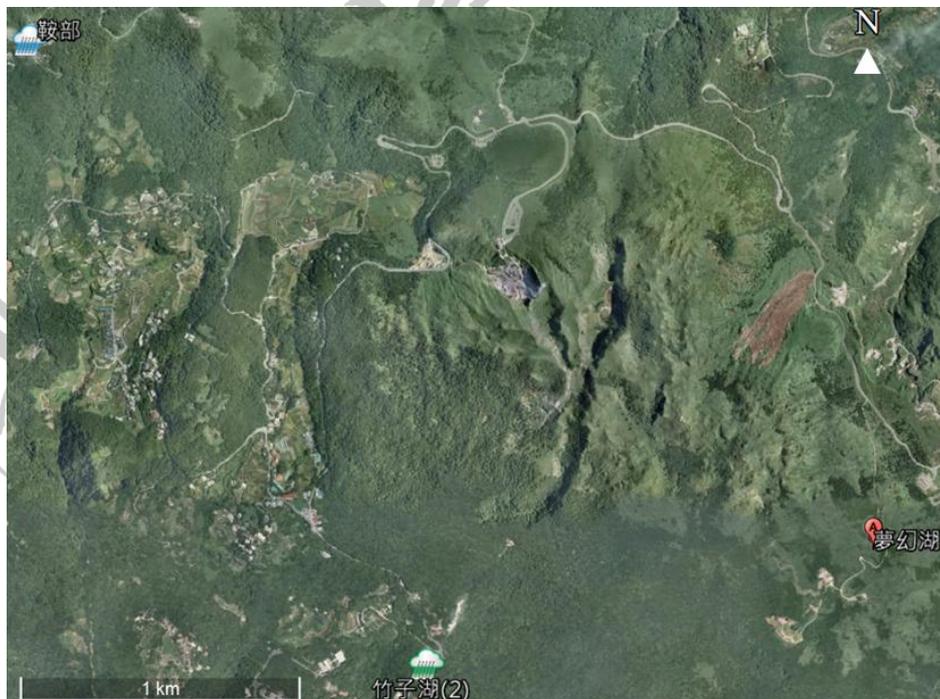


圖 3-1 鞍部、竹子湖氣象站位置圖



**圖 3-2 2014 年夢幻湖正射影像圖**

**表 3-1 空照來源及年份整理表**

空照來源	年份
福衛二號衛星影像	2005~2016
農林航測所相片基本圖	1979、1986、1994、2006
農林航測所正射影像	2002、2007~2014
Google 衛星影像	2002、2003、2005~2006、 2012~2015

## 第二節 降雨量及地表逕流量調查

本區主要水源為降雨及地表逕流。降雨若發生於夢幻湖附近，可直接以雨量筒進行降雨強度及降雨量的量測，再乘上保護區面積可換算得降雨儲水量，此為水文收支中的源項（source）。地表逕流（runoff）分為入流及出流，入流為源項、出流為損失項。地表逕流的源項也可以數值模式進行模擬演算，一般是以降雨資料進行逕流量的演算，示意如下圖 3-3 所示。

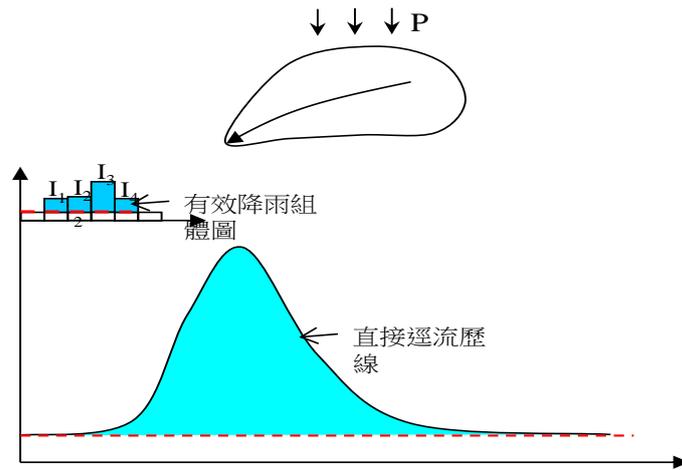


圖 3-3 有效降雨及其產生之直接逕流歷線示意圖

中央氣象局使用的雨量計有三種，分別是傾斗式雨量計、虹吸式雨量計、量杯，如圖 3-4。其中傾斗式雨量計為自記式，為氣象局紀錄雨量時採用之機器，也為本計畫所採用，虹吸式雨量計及量杯為人工觀測，一般是用來校驗傾斗式雨量計。

傾斗式雨量計計量係根據蹺蹺板原理進行量測，利用降水經漏水器量 0.5mm(或 0.1、0.2、1 mm)之標稱容量重量，注入三角形傾斗之力翻傾，同時以另一側傾斗承接接水。而傾斗翻傾同時感應磁簧開關變為電氣信號（乾接點信號），以此電氣信號，每 0.5mm 的水重量使磁簧開關送出一個脈波，脈波推動雨量計數器而測得降水量。傾斗中的水不足於 0.5mm 的水重，傾斗不會翻傾，直到裝滿 0.5mm 的水，若後續沒有持續降雨，傾斗內的水可能會蒸發，此筆紀錄將記載不到；當降雨強度太大時，雨量筒可能會來不及記錄。但傾斗式雨量計本身不需要用電，只有紀錄器需要用電，且可記錄到大部分的降雨強度，因此大多數雨量觀測都是以傾斗式雨量計進行自記量測。本計畫安裝之傾斗式雨量計位置如圖 3-7 所示。



傾斗式雨量計內部構造



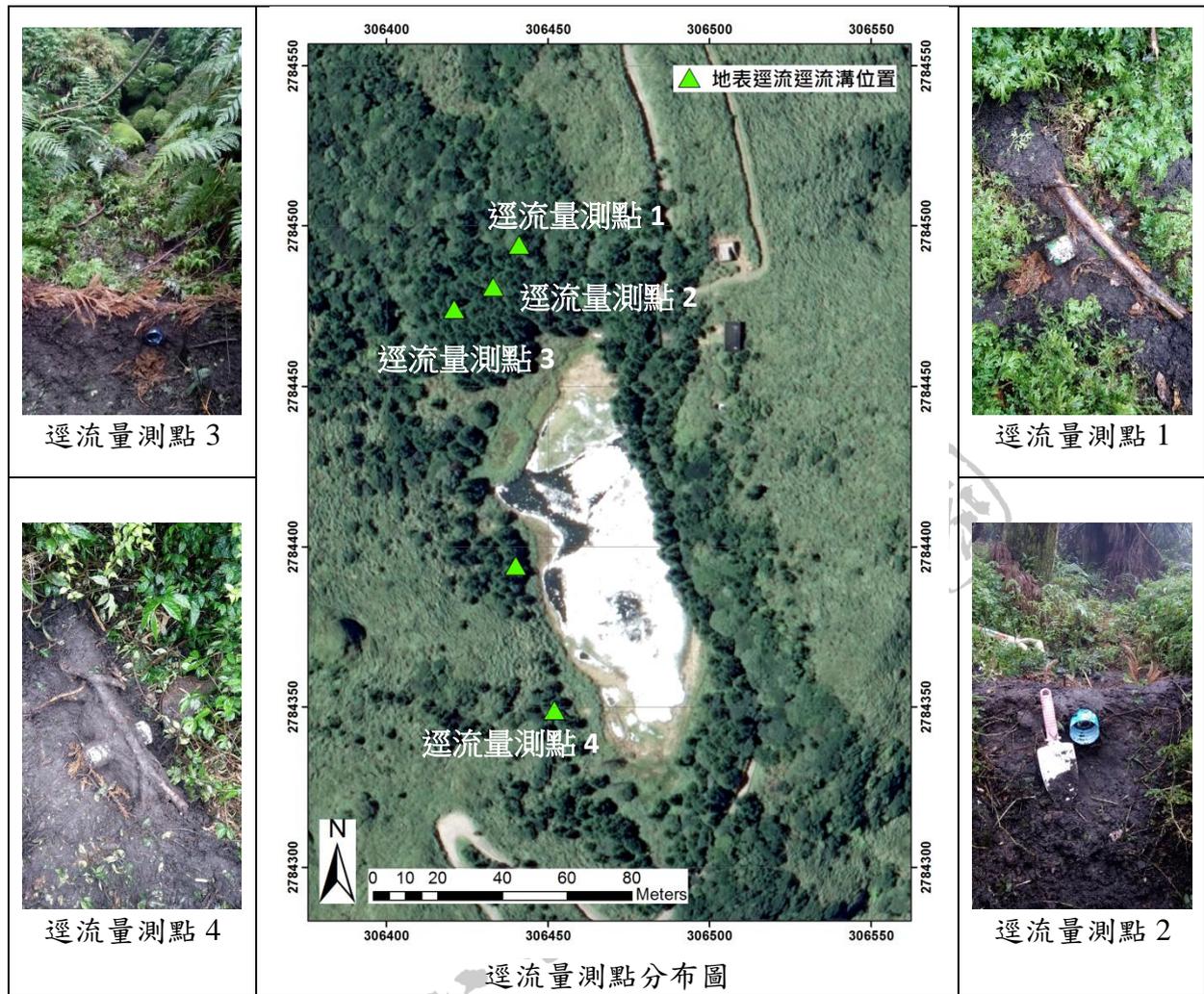
虹吸式雨量計

資料來源：中央氣象局網站，

[http://www.cwb.gov.tw/V7/eservice/docs/overview/observation/metro/sfc\\_obs.htm](http://www.cwb.gov.tw/V7/eservice/docs/overview/observation/metro/sfc_obs.htm)

**圖 3-4 傾斗式、虹吸式雨量計照片**

地表逕流調查方式為在小溝渠中量測流量，用以估算夢幻湖地表逕流量。經勘查後，夢幻湖西北方靠近山壁處有類似野溪溝渠存在，其底質多為礫石塊，選擇湖區北側及西側明顯溝渠設置 4 處逕流觀測點（圖 3-5），於降雨過後進入保護區觀測。觀測方式為計算單位時間內流入水量收集袋的水體積。



### 第三節 蒸發散量及入滲量調查

蒸發散及入滲是水文收支模式中的兩個損失項 (sink)，其量牽涉到植物特性、土壤特性及當地氣候條件 (風速、溫度、濕度等)。蒸發散量公式迄今已發展出多種不同公式，一般公式運算複雜，且基本氣象資料的蒐集除非特地設置氣象站，否則也容易出现資料短缺的現象，導致公式難以應用。因此本計畫採用較為方便的蒸發皿觀測法，蒸發皿係數 $C_{ET}$ 採用張格綸(2007)之建議值： $C_{ET}$ 乾季(11月至4月)平均值為0.95，濕季(5月至10月)平均值為0.84，常年平均0.88。以下式求算蒸發散量，本計畫取常年平均計算， $C_{ET}$ 值以0.88代入。

$$ET = E_{pan} \times C_{ET} \quad (1)$$

其中， $ET$  為實際蒸發散量 (mm/day)、 $E_{pan}$  為蒸發皿蒸發量 (mm/day)、 $C_{ET}$  為蒸發皿係數。

本計畫採用之蒸發皿為深 25.4cm、直徑 120.7cm 的超低碳不銹鋼材質 (圖 3-6)，全組儀器包含：蒸發皿、蒸發計、連通管件、自動紀錄器及電纜線。蒸發計 (Evaporation Gauge) 由浮標、滑輪、平衡器、精密電位器組成，外面再以白色的防風雨外殼保護，與蒸發皿以連通管相連接 (以連通管原理感應蒸發皿的水位變化；觀測資料最後由自動紀錄器 (Dataloggers) 蒐集，可自動記錄蒸發皿內水位變化。

現地蒸發皿架設位置位於夢幻湖濕地之西北方 (圖 3-7)，此處除了空曠無遮蔽、研究人員容易進入調查，一般民眾不容易發現儀器，因而可降低儀器損害獲遺失的機會。



圖 3-6 蒸發皿及蒸發計



圖 3-7 蒸發皿、雨量計位置、現場照片

濕地的入滲可採用直接量測，或測量土壤的含水量進而推估滲透係數。滲透係數最早於 1856 年由達西(Darcy)所發表，用以推估地下水流出飽和土壤之速度，可表示如下：

$$v = ki \quad (2)$$

其中， $v$ =流出速度，即單位時間內從垂直於水流方向之單位土壤總斷面積流出之水量； $k$ =滲透係數； $i$ 為水力梯度。

常見的土壤入滲率量測方式有環筒入滲計、土壤水分張力計、降雨模擬法(圖 3-8)。環筒入滲計是能直接量測田野土壤入滲能力的環狀鐵器，使用時將環筒敲擊入土壤中，地表留 5~15 cm 高度，並在環內加水，所量測水位下降率即為入滲率。

為了減少土壤內水分的橫向移動，可採用雙環入滲儀，即在兩環筒內皆蓄水，則介於兩環筒間的土壤扮演緩衝區，減少土壤水分的橫向移動。本計畫採用雙環入滲儀作為觀測入滲量之方法，係因雙環入滲儀可直接測得單位時間內之入滲量，並藉其觀測成果繪圖可得入滲曲線與其公式。雙環入滲儀係採用兩鋼製圓筒狀鐵環，高 25cm，外環與內環直徑分別為 58.5cm 與 28.5cm。試驗位置為夢幻湖西北側定點之蒸發皿及雨量筒附近空地，如圖 3-9 所示。

進行現地試驗時，須先選定合適之作業地點，通常為較無植被覆蓋且未受人為影響之空地，並將表層土壤(約 3 至 5cm)刮除，並稍作整平後，依序將外環與內環插入現地土壤中，分別約 15cm 與 10cm 深度。入滲儀現地安裝完成以後，依序將水加入外環與內環中，並將附有尺標之浮球安裝於內環上，始進行入滲量量測之作業。試驗初期，因土壤可能尚未飽和，入滲率可能較大，須採用較為密集之時間間距進行記錄；隨觀測時間加長，土壤愈趨飽和，入滲率亦逐漸下降並趨於一平衡入滲率(Final or Equilibrium Capacity)，此時觀測記錄之時間間距可逐漸拉長，直至其入滲率趨於穩定為止。



資料來源：本研究團隊拍攝

**圖 3-8 常見土壤入滲量測方式**



**圖 3-9 土壤入滲試驗位置**

#### 第四節 水位及水深調查

水深會隨著地形、降雨、逕流、入滲、蒸發散等因素影響，若要進行長期監測有其困難，因此本計畫是以自記水位計長期記錄水位，再以另案測量計畫的成果，轉換為水位值（具動態時間、空間分佈特性）。

水位計為長筒形，外殼直徑 2.46cm、長 15cm，由不鏽鋼與鈦組成全密封外殼，以確保長期使用無故障(圖 3-10)。水位計內部以陶瓷壓力傳感器感應絕對壓力並記錄於水位計中，最高可存取 21,700 組的壓力與溫度資料，可依照使用者需求設定資料紀錄的時間間格，原則上每 15 分鐘記錄一次壓力與溫度。於濕地內以尼龍繩將水位計懸吊於 PVC 管中，使水位計能保持垂直，並避免隨水流搖擺，減少水位計受到破壞，亦能降低量測誤差；PVC 管之管壁則事先鑽孔打通，以利迅速連通 PVC 管外水位，使管內外快速達到相同水位。水位計之高程則配合既有水尺估算，如圖 3-10 所示，由此可得水位計高程如下式：

$$EL. B = EL. A - C \quad (3)$$

其中，EL.A 為懸吊水位計不銹鋼線上端之絕對高程；EL.B 為水位計感應孔之高程；C 為懸吊水位計之不銹鋼線上端至水位計感應孔之距離。

根據上式，由水尺讀取出 EL.A 的刻度 A 後可求出水位計感應孔之絕對高程（即刻度 B），即可換算為水位。經現地勘查後，水位計架設於原本陽管處設置水質儀旁邊，觀景臺往廁所方向約 35m 處(圖 3-11)。

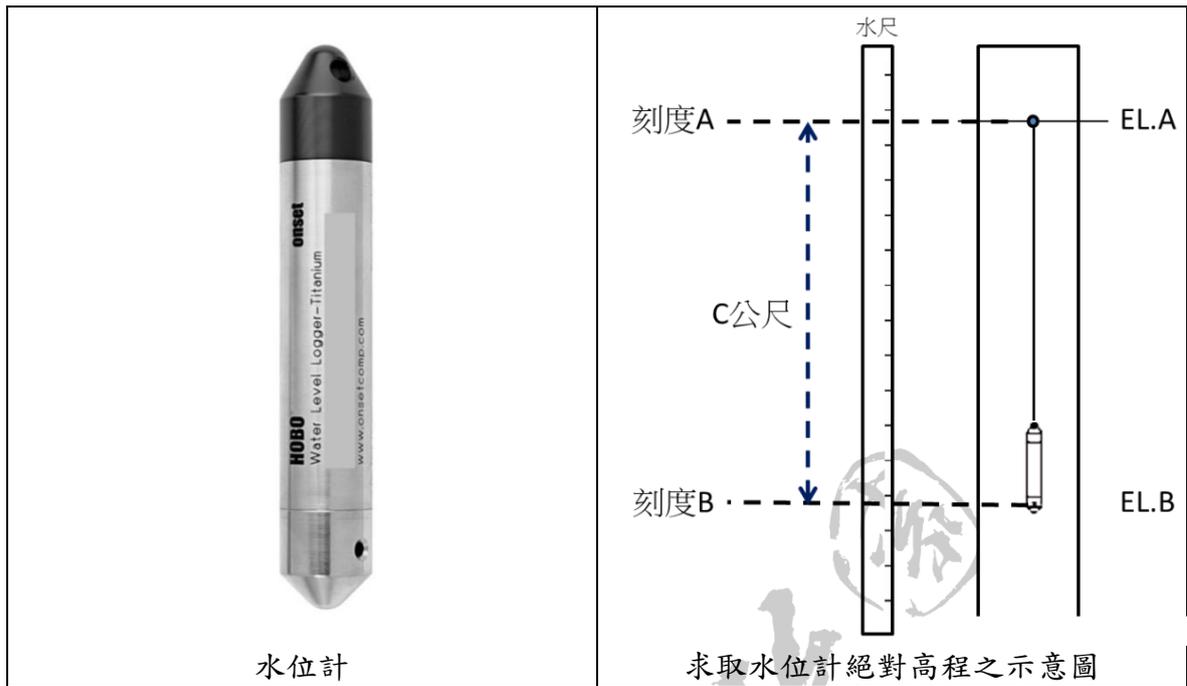
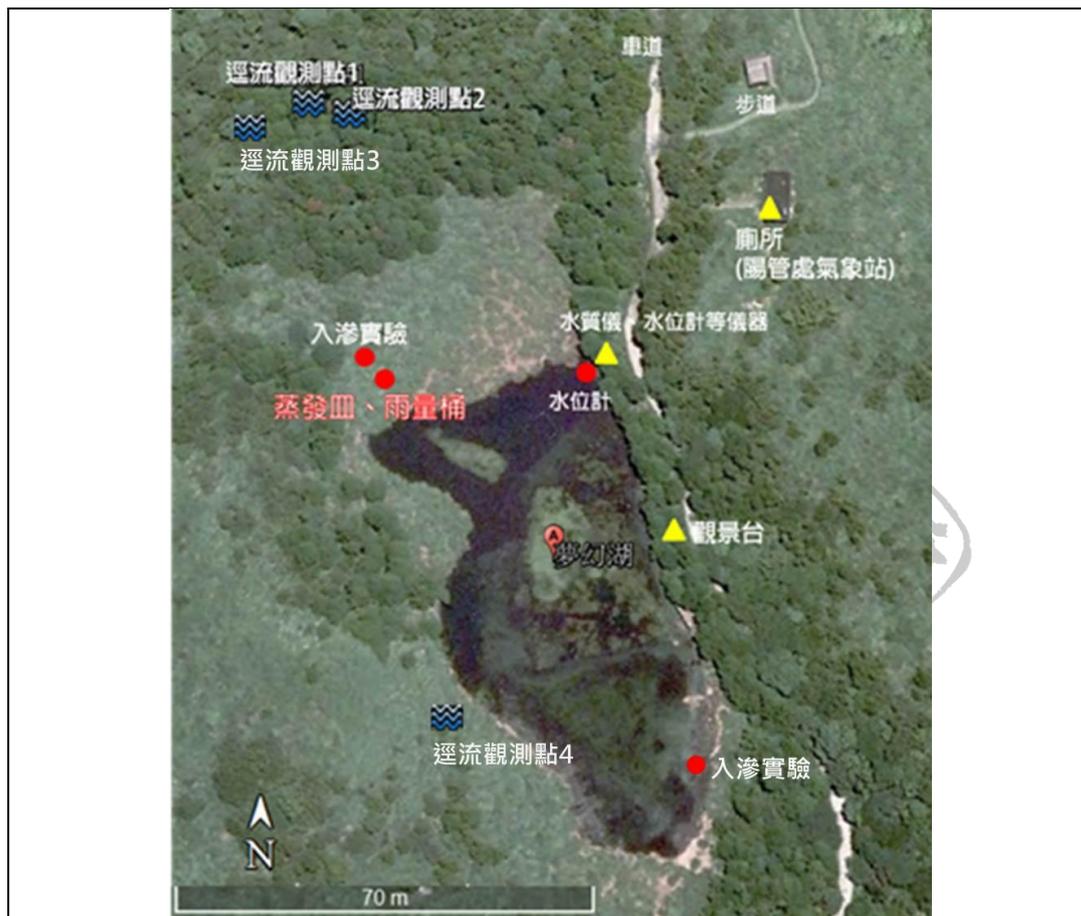


圖 3-10 自記式水位計外觀及高程計算示意圖



水位計位置



現場照片

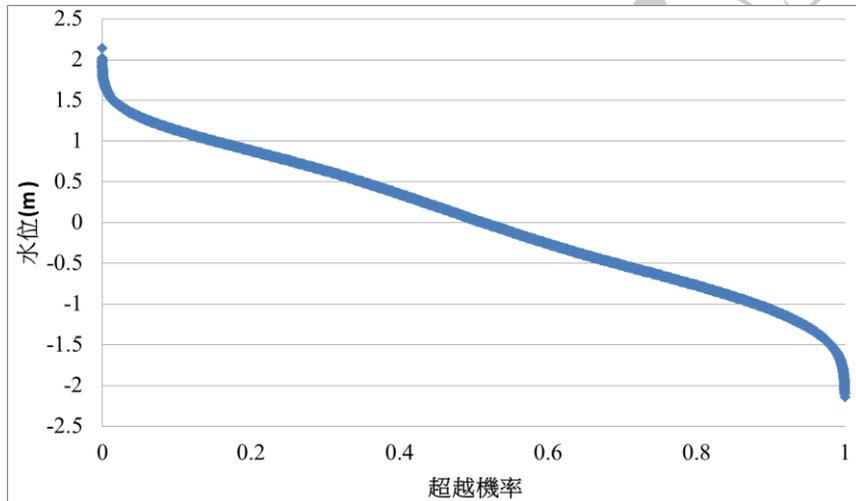
圖 3-11 自記式水位計位置及放置處照片

## 第五節 水深及浸淹頻率空間分佈

根據長期的水位記錄結果即可計算水位超越機率及繪製超越機率曲線（圖 3-12），若與地形資料搭配即可計算不同高程下的浸淹機率或浸淹時間。可以此推算水韭或其他競爭植物耐水浸淹的條件，並進一步評估水韭生育地水文條件。超越機率公式如下所示：

$$EP=[m/(N+1)]\times 100\% \quad (4)$$

其中， $m$  代表該水位的排序， $N$  代表水位資料總數。



**圖 3-12 水位超越機率示意圖**

## 第六節 水文收支及水文水理模式

前述調查完成後可據以進行水文收支模式分析 (water-budget model)，瞭解整體水文條件是否達到平衡狀態 (equilibrium)，並可由此建立水文模式 (hydrological model) 及水理模式 (hydrodynamic model)。水文模式是以數學方程式描述水文循環過程，最後可獲得集水區的入流逕流量，此逕流量可作為水理模式的邊界上游條件 (boundary condition)，水理模式是以數學方程式描述某流量及水位條件下，研究區域內不同位置的流速、水深值 (一般以網格點表示)。經由水文、水理模式的模擬分析，可再進行相關預案之水文收支模式演算，以作為本保護區維護管理的參考。

### 一、水文收支模式

水文循環為地球上的水在大氣、土壤與海洋之間連續的循環過程。當降水從空中落下時，首先落於樹梢或建築物，此現象稱為截留；直接落於地面的雨滴，部分滲入地底稱為入滲；部分漫流於地表，稱為地表逕流。滲入地表的水尚未深達地下水位之前，就流出地面者，稱為中間流；而直接入滲到地下水位以下，稱為地下水。在地表漫流的水，因地勢凹陷而聚積者，稱為窪蓄。當日照旺盛，土壤或水面的水分子，因吸收太陽能量由液態轉為氣態者，形成蒸發現象。

分析水文循環過程的方式稱為水文收支法，依照質量守恆定律，水文循環過程可表示如下：

$$dS = (P + I + GI) - (E + O + GO) \quad (5)$$

其中，P 為降水量；I 為地表水入流量；GI 為地下水入流量；E 為蒸發量；O 為地表水出流量；GO 為地下水出流量；dS 為濕地蓄水體積改變量。

### 二、水文模式

水文模式採用美國陸軍工兵團研發的 HEC-HMS 3.2 模式。HEC-HMS 是美國工兵團水文工程中心 (Hydrologic Engineering Center, HEC) 以 HEC-1 為基礎，並結合地理資訊系統及圖形使用介面所衍生的新一代模式，除了既有的水文分析，資料儲存及管理能力外，其所具備的圖形使用介面與物件導向化系統，不但簡化了建立模型與資料輸入工作，更加強了後續分析與管理工作。HEC-HMS 主要可分為降雨-逕流模擬與參數優選二部分 (US Army Corps of Engineers, 2000b)，在降雨-逕流模型之

建立上包括流域模組(basin model)、氣象模組(meteorologic model)與控制設定(control specification)等三元件，以下概要說明此三元件的內容：

#### (一) 流域模組

本模組主要建構流域水文系統之各種水文單元，水文單元可供選擇項目包括子集水區、支流、匯流點、分流點、堰、源流與沉流等七種，此外輸入選擇之水文單元所需之參數與資料等。

#### (二) 氣象模組

本模組主要在指定流域內水文過程演算所需之雨量資訊，及選擇集水區內雨量之估算方法，雨量資訊給定方式包括雨量組體圖及各雨量站之權重。該模組可容許就歷史事件或以頻率分析為基礎之設計暴雨分別進行演算。

#### (三) 控制設定

該模組主要在設定模式模擬的起始、結束時間及模擬過程之時間間距等，時間間距自 1 分鐘至 1 天不等，可依需求來選擇時間間距。

## 第四章 結果及討論

### 第一節 基本資料分析

#### 一、氣象

本計畫蒐集距離夢幻湖較近之中央氣象局氣象站為竹子湖、鞍部氣象站，以及 2014 年 7 月陽明山國家公園管理處(簡稱陽管處)設置的夢幻湖氣象站資料。竹子湖氣象站位於七星山麓，海拔高度 607.18m；鞍部氣象站位於大屯山東北麓，介於大屯山與小觀音山間之鞍型山凹處，海拔高度 825.75m；夢幻湖氣象站(陽管處)位於夢幻湖生態保護區旁女廁屋頂上，海拔高度 872m。

竹子湖氣象站 1981 年至 2010 年平均氣溫為 18.6°C，2011 年至 2016 年平均氣溫為 18.7°C；月平均氣溫最低為 1 月 11.4°C，最高為 7 月 25.0°C。鞍部氣象站 1981 年至 2010 年平均氣溫為 16.9°C，2011 年至 2016 年平均氣溫為 15.3°C；月平均氣溫最低為 1 月 8.4°C，最高為 7 月 21.1°C。夢幻湖氣象站近 3 年內(2014 年 8 月~2017 年 4 月)的氣溫紀錄，最低紀錄為 12 月 0.104°C，最高月為 7 月 30.78°C，均較竹子湖、鞍部氣象站所記錄的氣溫低。溫度的差異主要來自於測站海拔高度的不同。

夢幻湖降雨可分為東北季風雨(10 月下旬至 5 月上旬)、颱風雨(7 月至 9 月)、梅雨(5 月中旬至 6 月中旬)、熱雷雨(6 月至 8 月)及鋒面雨(11 月至 3 月)等 5 種，其中以 8 月到隔年 1 月為豐水期。竹子湖站 1981~2010 年平均年雨量超過 4,000 mm，最高雨量月份為 9 月，主要受颱風影響；2011~2016 年平均年雨量為 3789.8 mm，最大月平均雨量為 10 月 522.7 mm，比過去最大月平均雨量小。

竹子湖站相對濕度全年維持在 80 % 以上，近 10 年平均濕度受到降雨量影響，較過去些微下降，但仍維持在 80% 以上；鞍部站全年相對濕度為 80% 以上，豐水期的時候相對濕度更高達 90%。

1984 年至 2003 年竹子湖測站之年平均蒸發量為 905.8 mm，月平均蒸發量以 7 月之 113 mm 最多，2 月 48 mm 最少；2011~2016 年之年平均蒸發量為 559.1 mm，月平均蒸發量以 7 月 75.8 mm 最多，12 月 24.4 mm 最少。鞍部站 2011 年~2016 年之平均年蒸發量 541.6 mm，月平均蒸發量以 7 月 89.1 mm 最高，12 月 20.2 mm 最

少。蒸發量與日照時數有關，7月日照時數為162.5hr，高於12月34.9hr甚多。比較過去日照時數的統計數據，近10年的蒸發量有較過去低的趨勢。

竹子湖站1981~2010年平均風速最強出現在1月2.9 m/s，多為東北風，其後逐月漸減至7月1.2 m/s，並在8月後逐漸增強，年平均風速為2.1 m/s，2011~2016年統計資料亦有類似趨勢；日照方面，1994~2010年年日照為1,380小時，相較於2011~2016年間年日照1,314小時，有下降之趨勢。近5年之平均月日照時數以7月最高，1月最低。鞍部站1981~2010年平均風速最高紀錄為9月3.8 m/s，多為南風，全年度月平均風速皆高於2.5 m/s；總日照時數方面1994~2010年平均為935小時，2011~2016年為975.3小時。

表 4-1 歷年月平均氣溫

竹子湖氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計年份
11.8	12.5	14.7	18	21	23.3	24.8	24.6	22.7	19.8	16.8	13.3	18.6	1981-2010
11.4	12.8	14.2	18.3	21.4	24.2	25.0	24.6	23.1	19.4	17.6	12.6	18.7	2011-2016
鞍部氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計年份
10.1	10.9	13.0	16.4	19.4	21.8	23.2	22.9	21.0	17.9	14.9	11.4	16.9	1981-2010
8.4	9.7	10.9	14.3	18.2	20.7	21.1	20.8	19.2	16.6	14.5	9.9	15.3	2011-2016
夢幻湖氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計年份
10.4	10.1	12.4	17.1	20.2	23.3	24.4	23.1	21.5	18.4	15.3	11.3	17.3	2014-2017

單位：℃；1981-2010：中央氣象局網站；2011-2016：本計畫整理；2014-2017：夢幻湖氣象站係由陽明山國家公園管理處提供。

表 4-2 歷年月平均降雨

竹子湖氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計年份
232.6	273.5	227.1	207.2	267.4	314.8	247.7	439.5	717.4	683.9	488.8	289.1	4389.0	1981-2010
271.1	217.9	186.3	185.5	449.1	288.7	219.4	522.7	340.6	401.7	335.8	371.1	3789.8	2011-2016
鞍部氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計年份
294.3	329.2	281.8	247.9	321.2	345.8	266.1	422.5	758.5	703.5	534.7	357.6	4863.1	1981-2010
353.8	284.0	229.9	235.0	495.2	318.8	233.4	472.9	539.6	460.6	438.8	497.0	4558.9	2011-2016

單位：mm；1981-2010：中央氣象局網站；2011-2016：本計畫整理。

表 4-3 歷年月平均相對濕度

竹子湖氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計年份
88.6	89.3	87.9	86.4	85.2	86.2	83.3	84.3	85.7	87.4	88.0	87.8	86.7	1981-2010
87.3	88.0	86.2	84.2	86.4	85.2	81.6	83.6	81.6	84.2	86.4	87.6	85.2	2011-2016
鞍部氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計年份
92.2	92.6	90.4	88.7	87.6	87.7	85.8	87.6	89.7	91.2	91.7	91.3	89.7	1981-2010
92.3	91.7	90.0	87.2	89.8	88.7	86.3	87.2	88.0	90.5	91.4	94.2	89.8	2011-2016

單位：%；1981-2010：中央氣象局網站；2011-2016：本計畫整理。

表 4-4 歷年月平均蒸發量

竹子湖氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	統計年份
25.4	27.9	41.8	50.4	53.5	59.0	75.8	69.8	61.2	40.9	29.1	24.4	559.1	2011-2016
鞍部氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	統計年份
22.3	25.8	41.5	55.0	46.3	59.6	89.1	65.5	52.8	37.6	30.8	20.2	546.1	2011-2016

單位：mm；2011-2016：本計畫整理。

表 4-5 歷年月平均風速

竹子湖氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計年份
2.9	2.7	2.2	1.8	1.6	1.4	1.2	1.3	1.8	2.5	2.7	2.7	2.1	1981-2010
2.9	2.6	2.4	1.7	1.4	1.1	1.0	1.1	1.6	2.3	2.6	3.2	2.0	2011-2016
鞍部氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均	統計年份
3.5	3.4	3.2	3.0	2.7	2.6	3.0	3.3	3.8	3.7	3.8	3.6	3.3	1981-2010
3.1	2.9	2.7	2.4	2.2	2.0	2.5	2.6	3.0	3.2	3.1	3.4	2.7	2011-2016

單位：m/s；1981-2010：中央氣象局網站；2011-2016：本計畫整理。

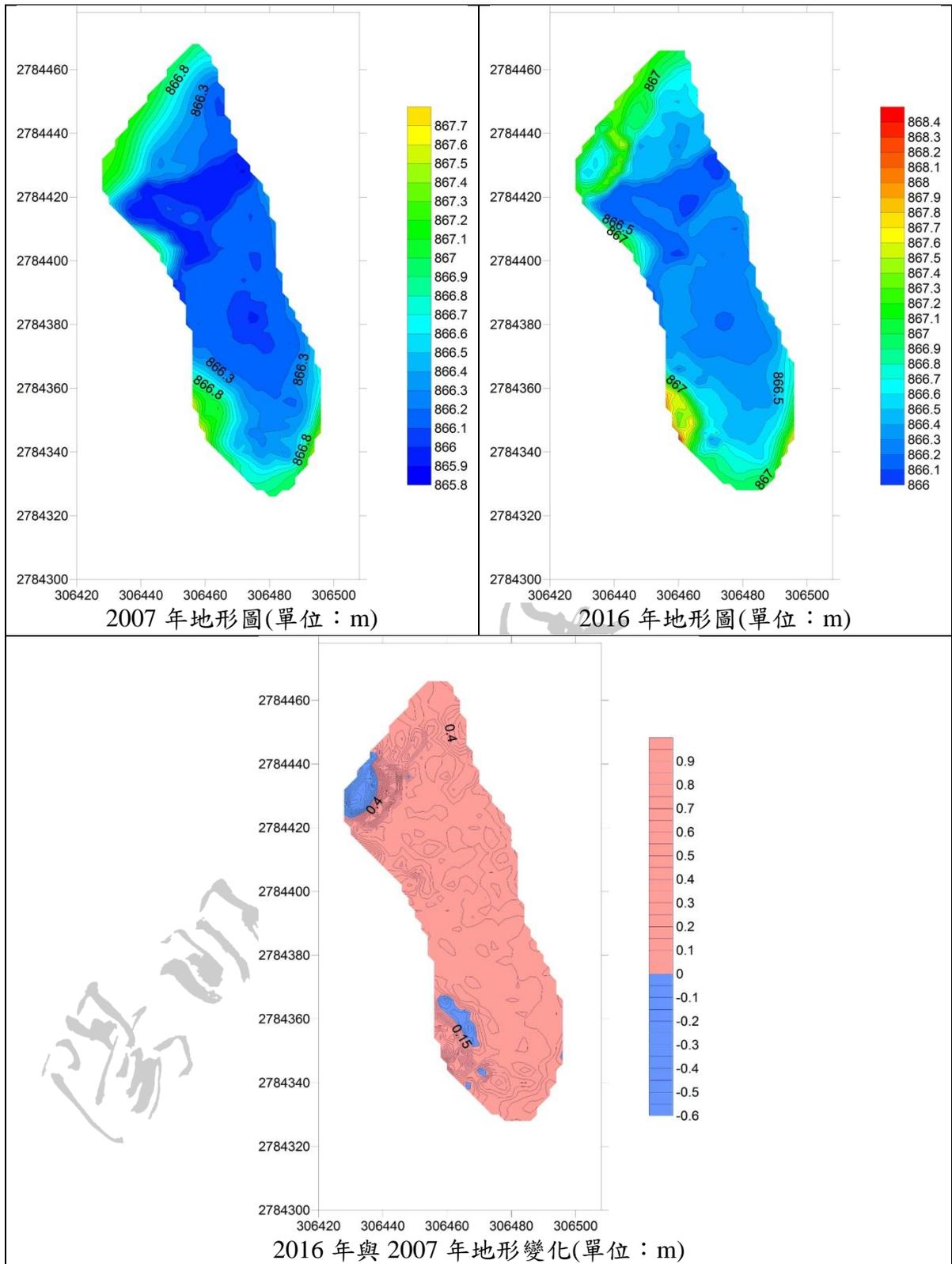
表 4-6 歷年月平均日照時數

竹子湖氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	統計年份
94.3	83.0	100.4	97.2	112.5	115.7	164.8	167.5	131.1	113.0	102.2	98.2	1379.9	1994-2010
78.0	79.2	93.8	102.5	82.1	116.1	186.0	147.3	160.1	109.5	95.8	64.7	1314.8	2010-2016
鞍部氣象站													
1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計	統計年份
60.5	57.8	76.7	71.3	85.0	81.6	129.7	124.1	87.5	59.5	50.9	50.4	935.0	1994-2010
51.6	57.8	78.3	88.7	65.0	90.0	162.5	123.9	106.9	63.0	52.6	34.9	975.3	2011-2016

單位：hr；1994-2010：中央氣象局網站；2011-2016：本計畫整理。

## 二、地形

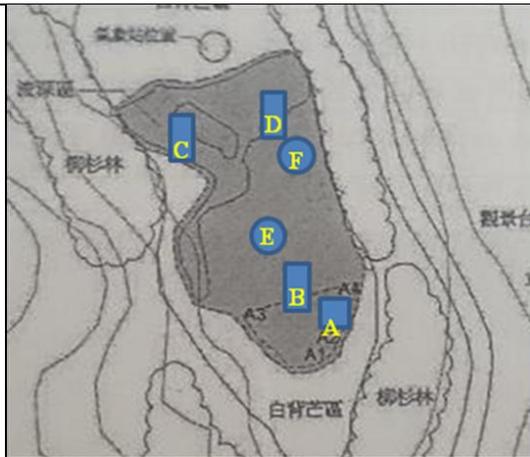
根據 2016 年「105 年夢幻湖生態保護區地形量測計畫分析報告」，經過 9 年變化，大部分區域為淤積，僅小部分區域為沖蝕(圖 4-1)。將沖蝕與淤積體積相加後，可知總淤積量為 873.91m<sup>3</sup>。再將總淤積量除以比較範圍面積，可得 9 年間單位面積之淤積高度為 0.19 m，亦即每年單位面積平均淤積高度為 0.02m。林幸助(2015)則利用簡易土壤沉積侵蝕高度計量測了夢幻湖底質沉積高度的變化，發現不同位置在不同季節有不同的沉積變化(圖 4-2)，部分季節呈現沖刷(如夏秋)，故知本湖區地形的沖淤具季節特性。



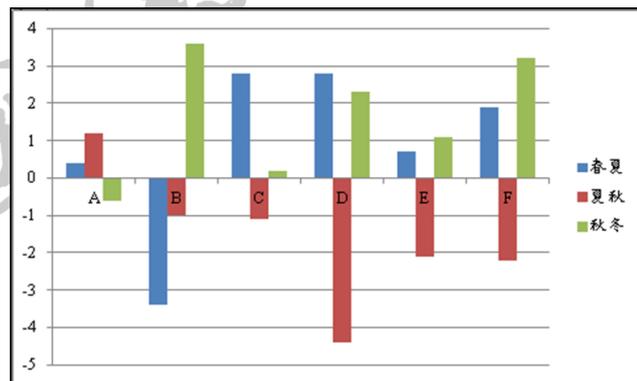
**圖 4-1 夢幻湖地形圖**



簡易土壤沉積侵蝕高度計



樣點位置



2015 年各樣點各季土表沉積深度變化

資料來源：林幸助，2015

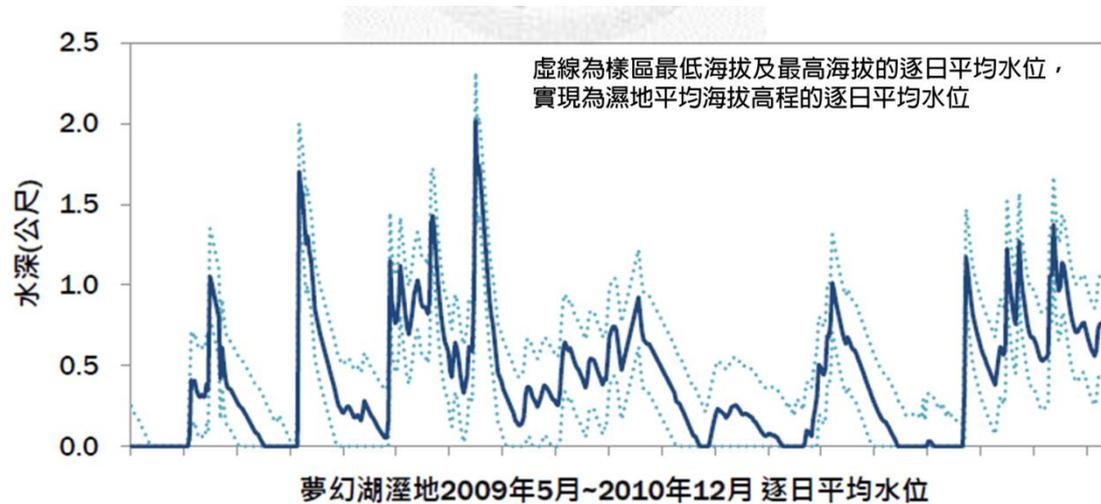
圖 4-2 夢幻湖簡易 SET 樣站照片及湖底土表沉積深度變化

### 三、水文

陽明山國家公園內，大屯山水系分向南北呈放射狀發育。河流以大屯山、七星山、小觀音山及竹子山等為頂點，呈放射樹枝狀向四方流出，其中與夢幻湖濕地較接近之水系為向西南流入基隆河之雙溪。

夢幻湖主要的湖水來源是雨水及地表逕流，水域面積最廣可達 2,800m<sup>2</sup>，水位主要隨著降雨量而變化。根據游雅婷(2012)觀察，夢幻湖濕地曾於 2007 年 5 月、7

月及 2009 年 5 月記錄到濕地為全面乾涸的狀況(圖 4-3)；2010 年豐水期水位變動量最大可達每月 203cm。本計畫現勘發現，濕地的西面及東北方有幾處裂隙，初步推判當水位高於該裂隙時，將產生出流現象，。



資料來源：游雅婷，2012

**圖 4-3 夢幻湖濕地 2009 年 5 月~2010 年 12 月逐日平均水位**

#### 四、水質

根據陳德鴻等(2007)、陳德鴻(2008~2010)、林幸助(2015) 水質調查結果，夢幻湖水 pH 值介於 3~6.1 之間，屬於偏酸性水質(表 4-7)。導電度反映水中解離礦物質含量，平均值為 51.3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，屬於低電解淡水環境。溶氧平均達 7.1 mg/L，為充足溶氧狀態。濁度平均為 11.1 NTU、懸浮固體值平均為 17.1 mg/L，在河川汙染指數內屬於「未(稍)受汙染」。硫酸鹽濃度平均值為 5.6 mg/L，低於最大限度，而硫酸鹽為硫化氫氧化後的產物，當水中溶氧不足的情況， $\text{SO}_4^{2-}$  會還原成  $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NH}_3$  及  $\text{CH}_4$  等氣體同時放出，發生臭味，降低環境品質。氯鹽平均值為 5.1 mg/L，為淡水標準。硝酸鹽為營養鹽，值越高越容易有藻華現象，平均值為 2.3 mg/L。氨氮濃度越高對水生生物越有毒性，2015 年第 1~3 季皆小於標準 3 mg/L，第 4 季高達 33.7 mg/L。

林幸助(2015)採用環保署河川汙染指數 RPI 進行本區水質調查結果解釋：溶氧及懸浮固體皆為未(稍)受汙染，氨氮濃度為嚴重汙染。研判可能是夢幻湖迎東北季風，中國飛塵汙染物隨東北季風輸入，適逢雨季，形成酸性沉降落入夢幻湖而導致。

表 4-7 夢幻湖水質紀錄

年份	監測 季節	pH 值	導電度 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	溶氧 量 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	濁度 ( $\text{NTU}$ )	懸浮 固體 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	硫酸 鹽濃 度 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	氯鹽 濃度 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	硝酸鹽 濃度 ( $\text{mg}/\text{L}$ )	氨氮 濃度 ( $\text{mg}/\text{L}$ )
2007	Q1	4.9	46	7.2	99.8	99.5	3.3	4.3	0.1	-
	Q2	4.1	51.6	6.4	20.7	22.8	4.3	ND	0.2	-
	Q3	4.1	38.2	6.3	6.9	1.7	5.4	8.2	0.3	-
	Q4	4.2	68.3	8.3	13.4	4.4	8	16.3	0.3	-
2008	Q1	4.2	78.1	11.3	17.5	11.4	8.8	6.7	0.8	-
	Q2	4.2	55.9	8.1	7.7	4.8	10.9	2.6	0.4	-
	Q3	4.2	61.9	6.1	10.9	82.4	6.8	0.6	0.2	-
	Q4	4.5	53.1	5.6	5.4	ND	6.3	6.1	0.4	-
2009	Q1	3.9	58.8	8.6	1	2.5	5	6.5	0.3	-
	Q2	4.7	38.8	8	2.7	7.6	7.9	1	0.6	-
	Q3	4.1	28.4	8.2	8.7	6.8	0.1	0	0	-
	Q4	4.5	51.8	7.1	1.5	2.4	0	3.5	0	-
2010	Q1	5.2	59.5	7	2.4	2	-	-	0	-
	Q2	4.4	35.9	6.5	3.6	4.7	-	-	0	-
	Q3	4.9	41.1	5.3	3.1	10.8	-	-	0	-
	Q4	4.2	53.8	5.7	3.9	5.04	-	-	0	-
2015	Q1	5.4	45.4	9.4	2.8	6.3	-	-	5.6	0.045
	Q2	6.1	40	7.6	3.5	33.3	-	-	1.7	1.75
	Q3	3	63.2	3	1.8	8.8	-	-	1.6	2.26
	Q4	4.6	56	5.6	3.8	6.8	-	-	33.7	11.7
平均		4.5	51.3	7.1	11.1	17.1	5.6	5.1	2.3	3.93

Q1: 1~3月、Q2: 4~6月、Q3: 7~9月、Q4: 10~12月；ND表低於偵測極限；-表無資料。

資料來源：陳德鴻等，2007；陳德鴻，2008~2010；林幸助，2015

## 五、地質

七星山(海拔 1,120m)是陽明山大屯火山群諸峰最高的主峰。七星山為大屯火山群中最高且為最新之火山體，外形為標準的火山錐；由安山岩流、火山灰和粗粒碎屑噴發物等之連續噴發，交互疊置形成層狀火山，覆蓋在時代不同之中新世沉積岩基磐之上；其安山岩流大部分屬於輝石安山岩、角閃石安山岩及紫蘇輝石安山岩，或是以上 3 類之複合岩類，如圖 4-4 所示(林幸助，2015)。

根據游雅婷(2012)於 2009 年 5 月所進行的土壤採樣結果，夢幻湖土壤含砂

量 23~58 %、含粉粒量 24~41%、含黏粒量 18~37%。土壤組成以黏質壤土為主，其次為壤土、少部分的砂質壤土以及砂質黏壤土。該研究之穿越線土壤採樣樣區分布如下圖 4-5 所示，其中各樣區之土壤組成含量則如下表 4-8 所示。由上述圖表可知，夢幻湖湖區南側土壤之砂質及砂質壤土含量明顯較高，顯示土壤有明顯的空間差異性；全域平均土壤有機質含量為 15.7%、土壤假比重為 0.71 g/cm<sup>3</sup>、土壤滲透係數平均值為 1.42 cm/day。



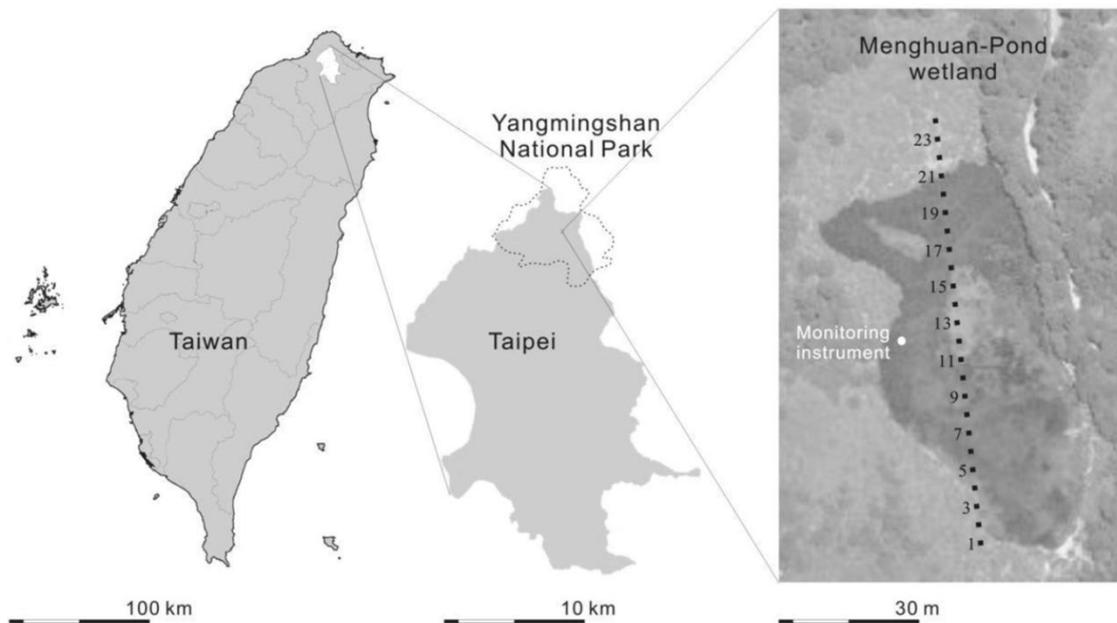
資料來源：中央地調所網站

**圖 4-4 夢幻湖周圍地質條件**

表 4-8 各樣區土壤組成分及有機質含量

樣區	砂粒含量 %	粉粒含量 %	黏粒含量 %	土壤性質 %	有臺灣水韭
1	44	29	26	壤土	
2	45	29	25	砂質壤土	
3	58	24	18	砂質壤土	
4	57	1	23	黏質壤土	
5	30	38	32	黏質壤土	○
6	25	41	34	黏質壤土	○
7	31	38	31	黏質壤土	○
8	29	39	32	黏質壤土	○
9	23	41	37	黏質壤土	○
10	41	31	28	黏質壤土	○
11	30	37	33	黏質壤土	○
12	24	38	38	黏質壤土	○
13	38	32	31	黏質壤土	○
14	32	34	34	黏質壤土	
15	31	38	31	黏質壤土	○
16	37	35	27	壤土	○
17	42	35	22	壤土	○
18	33	37	30	黏質壤土	○
19	28	37	35	黏質壤土	○
20	30	37	34	黏質壤土	○
21	30	38	32	黏質壤土	○
22	37	31	33	黏質壤土	○
23	32	32	36	黏質壤土	○
24	38	34	28	壤土	○

資料來源：游雅婷(2012)

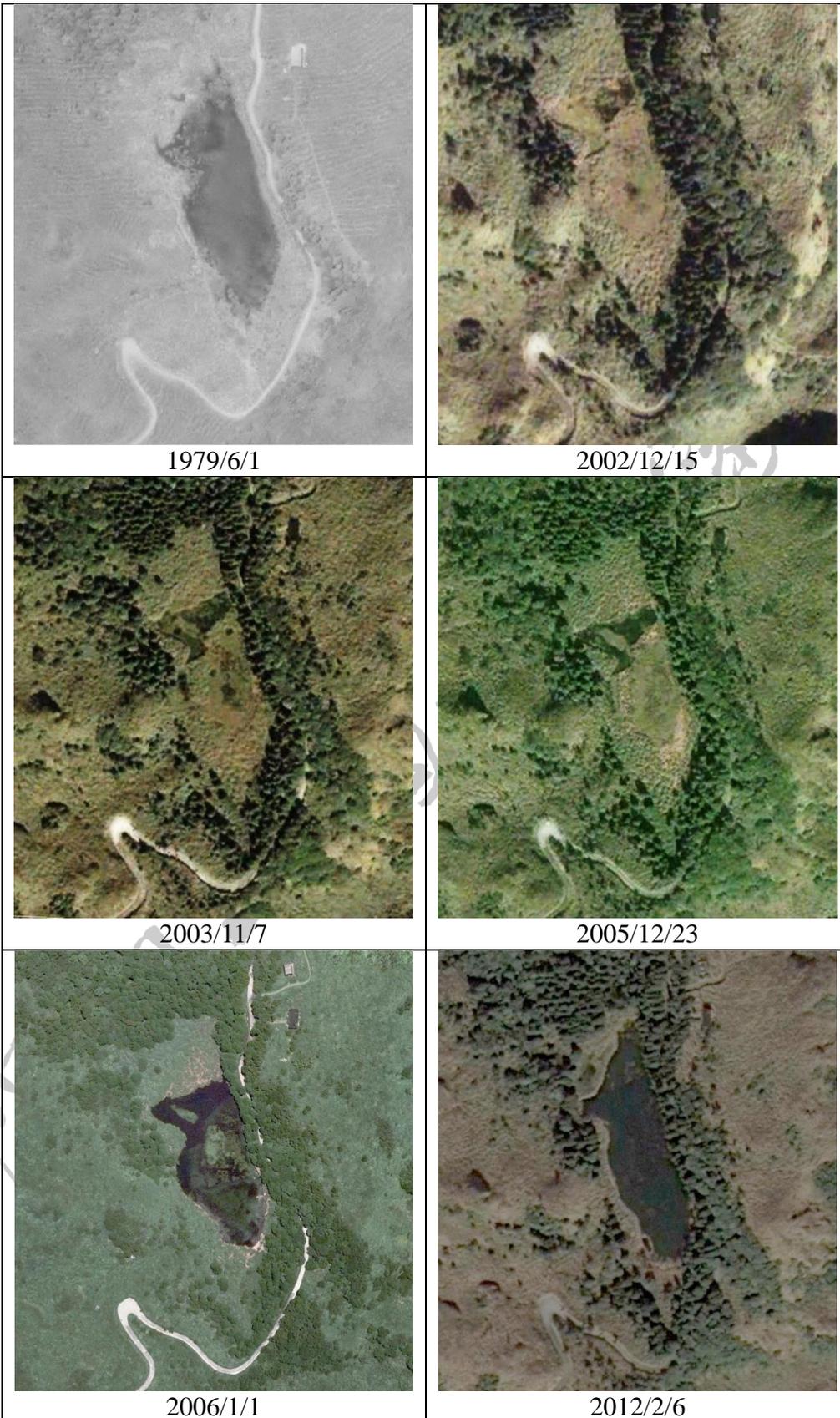


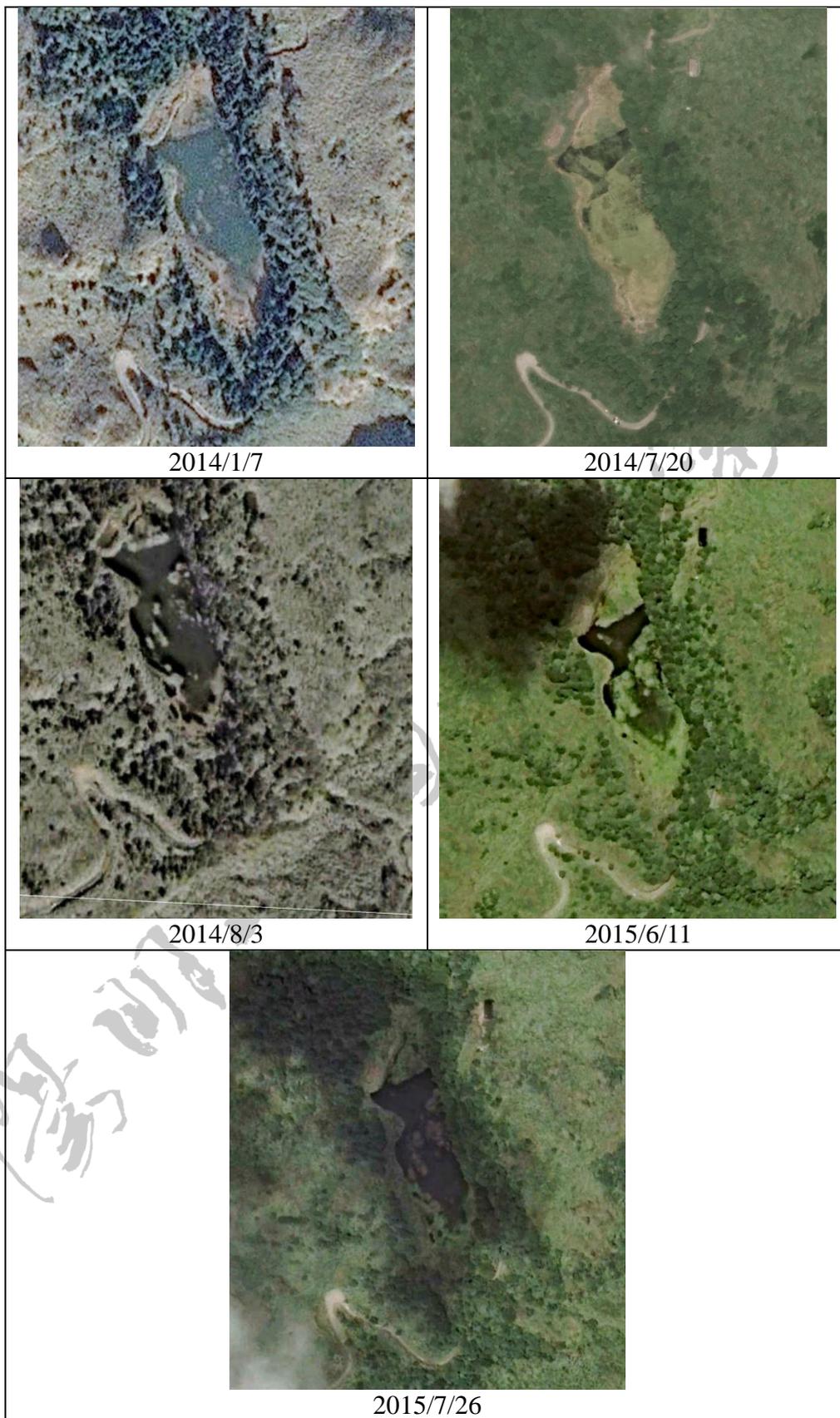
資料來源：游雅婷(2012)

**圖 4-5 2009 年 5 月穿越線法土壤採樣樣區分布圖**

#### 六、空照圖

收集夢幻湖 1979 年至 2015 年空照資料 (圖 4-6) 及鞍部站 2002~2016 年日雨量資料, 將兩者發生時間進行比對 (圖 4-7)。觀察前後兩張空照時間間隔之日雨量, 可確認夢幻湖的主要水源來自降雨。根據氣象局定義, 24 小時累積雨量達 80mm 以上, 或時雨量達 40mm 以上之降雨現象為「大雨」(heavy rain); 24 小時累積雨量達 200mm 以上, 或 3 小時累積雨量達 100mm 以上之降雨現象定義為「豪雨」(extremely heavy rain); 若 24 小時累積雨量達 350mm 以上稱之為「大豪雨」(torrential rain); 24 小時累積雨量達 500mm 以上稱之為「超大豪雨」(extremely torrential rain)。由氣象局的降雨定義, 夢幻湖空照圖明顯有水多有「大雨」或「豪雨」等級或以上等級的降雨事件發生。





**圖 4-6 夢幻湖 2002~2015 年空照圖**

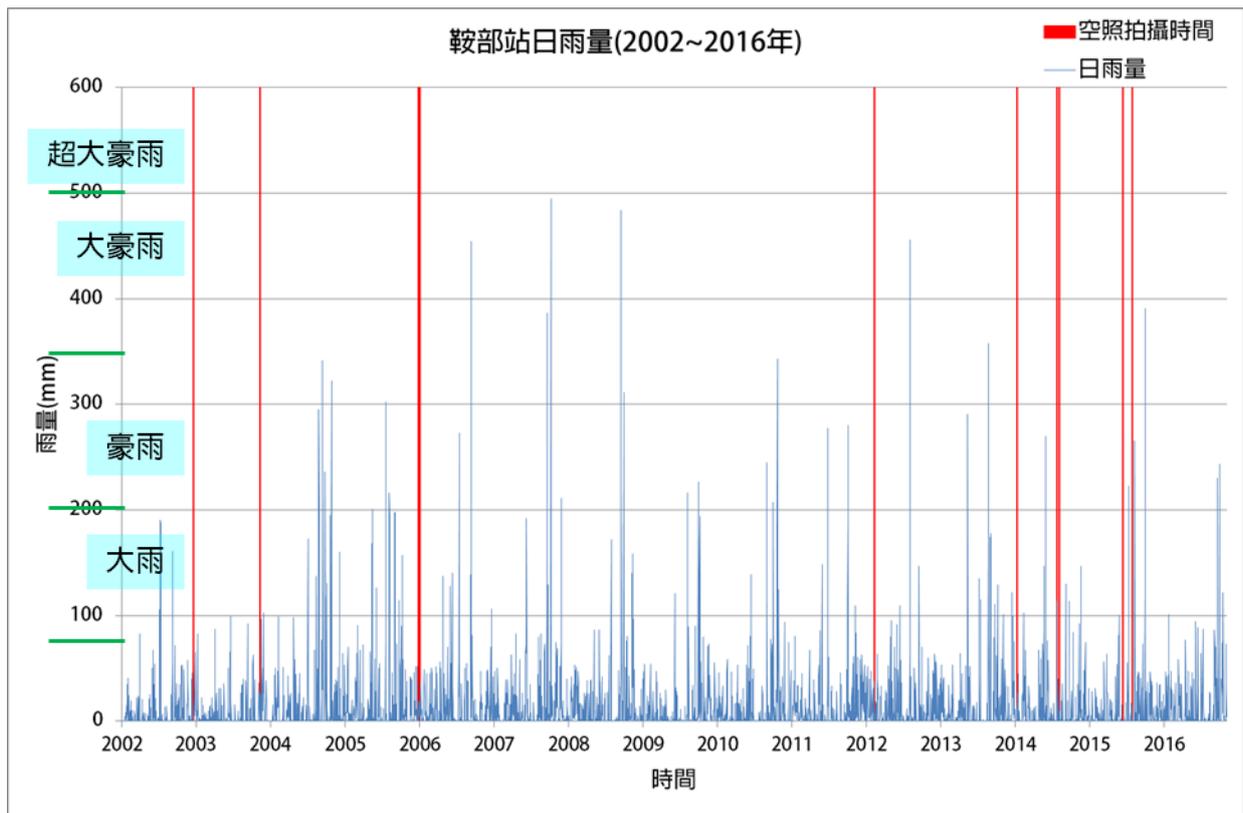


圖 4-7 鞍部站日雨量(2002~2016 年)及空照拍攝時間關係

## 七、臺灣水韭生態

### (一) 生命史

臺灣水韭(*Isoetes taiwanensis*)為多年生蕨類，生活史分為孢子體世代與配子體世代，孢子體世代植物具雙倍染色體，可減數分裂成單倍體孢子。配子體世代由孢子發育而成，僅具單倍染色體，可產生為精子或卵細胞的配子，再經由有性生殖產生孢子體，完成兩個世代的交替。

臺灣水韭之生活史配合環境乾濕之變化，孢子體全年可生長，配子體形成於雨季(秋末冬初)，新孢子體形成於春天，孢子囊發生於 2-3 月、成熟於 9-10 月(圖 4-8)。

### (二) 永久凋萎點與發芽活性

夢幻湖的水位變化大，有水處以臺灣水韭為絕對優勢物種，無水處則以針藺較為優勢，陸化處則有大量水毛花或荸薺生長。可見水位是影響湖中植物結構之主因，也是各種植物競爭之主要限制因子，而過去研究也針對了環境水份

的可用性，探討了臺灣水韭的生存力。

永久凋萎點為某植物所能汲取的最低土壤含水量百分比。游雅婷(2012)於室內實驗發現臺灣水韭的永久凋萎點，為土壤體積含水量達 40% 以下，或是連續無水達 30 日。

林幸助(2015)以浸水、氣乾(相對濕度 50-70%)與潮溼(相對濕度 95-100%)三種環境處理臺灣水韭植株 10 天，發現潮溼的處理方式在實驗過程中，植株存活率無下降趨勢(圖 4-9)。而進一步以植株死亡率較高的浸水與氣乾處理法，進行長達 6 個月的實驗過程中，發現浸水植株在實驗進行 14 天以上即開始明顯出現腐敗情況，氣乾處理組則能持續存活並保有抽出新葉之能力，指出臺灣水韭為耐旱植物(圖 4-10)。另外在臺灣水韭大孢子發芽率的實驗中，以新鮮孢子、氣乾 10 天、氣乾 2 個月與 3 個月的孢子進行陪養，發現水韭大孢子發芽所需時間甚長(>8 週)，經過近半年時間，仍有大孢子陸續發芽，孢子發芽率還需更長的時間方能夠達到穩定狀態。氣乾處理之孢子不論在發芽速度與比例上都低於新鮮孢子(圖 4-11)。

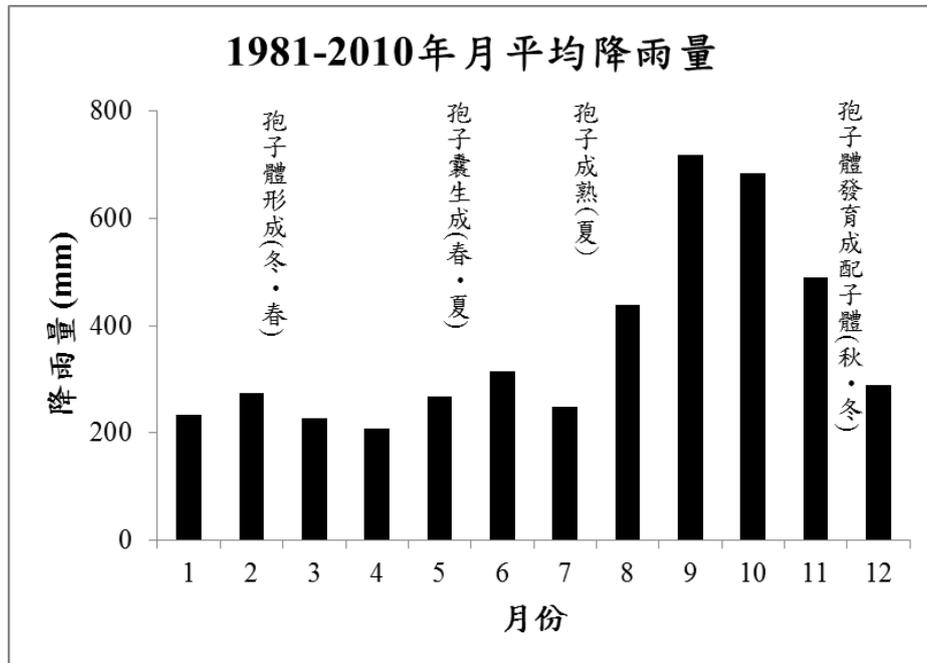
### (三) 植群與種間競爭

林幸助(2015)與游雅婷(2012)皆指出針蘭為當地覆蓋率第二的植物，僅次於臺灣水韭，應為臺灣水韭最主要的競爭對象，陳德鴻(2008)同樣認為臺灣水韭與針蘭、稗蓋呈競爭關係。覆蓋率第三的狹葉泥炭苔，則有可能讓濕地底質缺氧、限制孢子漂移，而對臺灣水韭有負面影響；但其保水能力卻可能幫助延長臺灣水韭對抗乾旱的能力，陳德鴻(2009)亦指出湖央區域的臺灣水韭覆蓋率，與狹葉泥炭苔覆蓋率呈正相關、與針蘭覆蓋率呈負相關。

游雅婷(2012)發現夢幻湖當地前六種優勢植物分別為臺灣水韭、針蘭、稗蓋、狹葉泥炭苔、荸薺與水毛茛，而以年平均水深對應年平均植物覆蓋率發現，年平均水深 46.8 至 185.6cm 時，臺灣水韭為競爭力最強的物種(圖 4-12)。林幸助(2015)認為夢幻湖若一直處於淹水狀態，將有利於挺水植物(如水毛茛)的生長，並會遮住生長在底層之臺灣水韭光線，產生生育地競爭壓力。

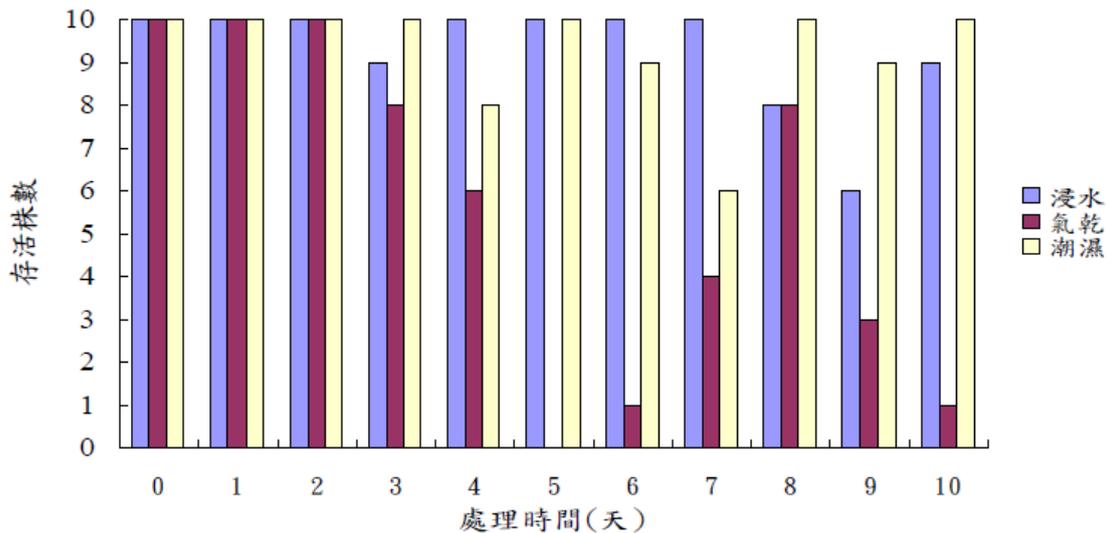
綜上所述，臺灣水韭對短期的環境變化具應變能力，但長時間的浸水與乾

旱皆不利生長，因此，可推測保育臺灣水韭應著重維持水位之季節性變化，更甚於維持水位及環境之穩定。



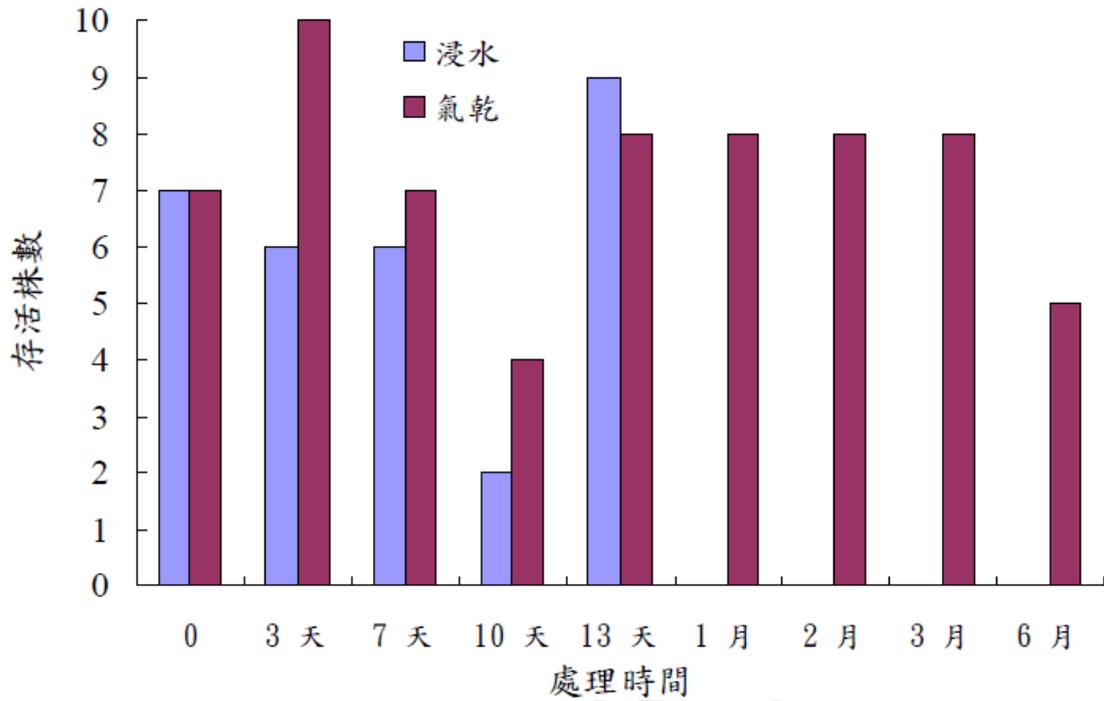
資料來源：本計畫整理

圖 4-8 臺灣水韭生活史與月平均降雨量分佈關係



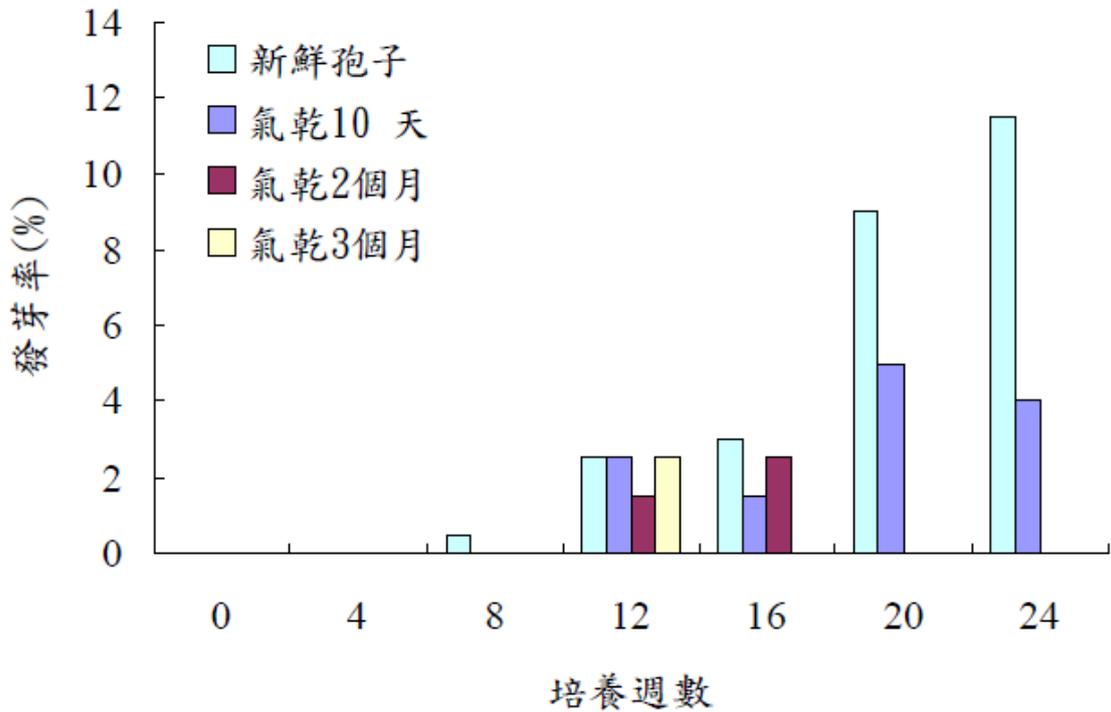
資料來源：林幸助，2015

圖 4-9 三種不同濕度處理/時間之臺灣水韭存活植株數量



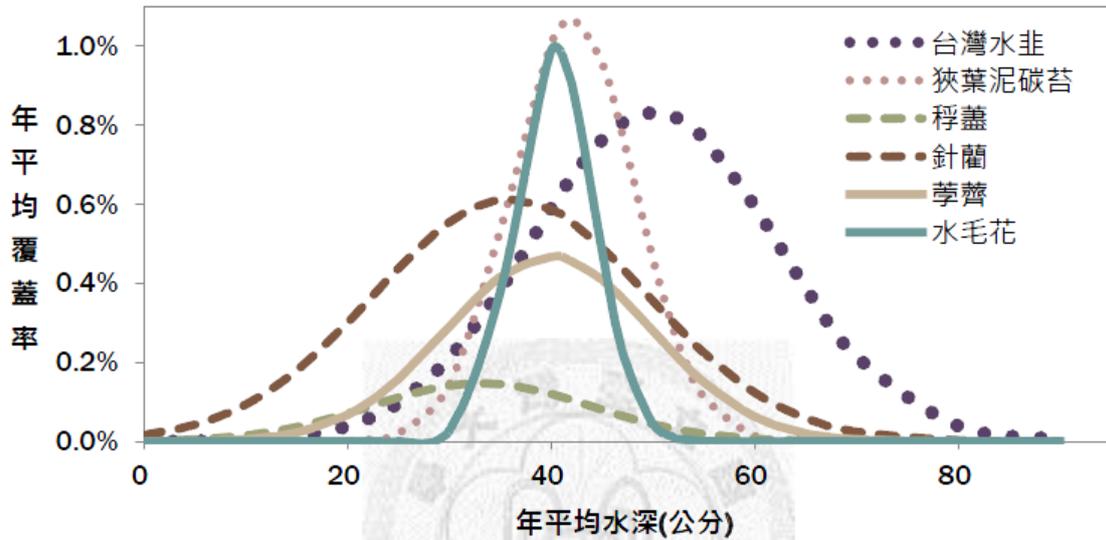
資料來源：林幸助，2015

圖 4-10 兩種不同濕度處理/時間之臺灣水韭存活植株數量



資料來源：林幸助，2015

圖 4-11 不同處理方式之臺灣水韭大孢子發芽率



資料來源：游雅婷，2012

圖 4-12 六種物種年平均水深下經由覆蓋百分比加權後的常態分佈圖

## 第二節 降雨型態

降雨特性可由降雨強度與降雨延時來表示。降雨強度為單位時間內的降雨量，降雨延時為降雨事件的歷程。圖 4-13 為鞍部氣象站 1981~2010 年中每個月平均降水總量以及降雨強度(平均降水總量/平均單月降雨總天數)，由平均降水總量來看，一年之中 9 月最高、7 月最低，但若觀察降雨強度可發現，7 月的降雨強度並非最低，反而是降水總量相近的 1 月份。這表示 7 月降雨集中在某幾天，主要為颱風的影響；而 1 月降雨屬延續型的小雨量。雖然兩者總雨量可能相同，但因為降雨強度不同，所引發的現象會不一樣：強降雨所挾帶的沖刷力大，可能造成嚴重的土壤沖蝕；長延時低強度的降雨落在地表上，可能產生入滲或形成流速較慢的漫地流，對地表泥砂的攜帶能力低。9 月~11 月的降水總量與降雨強度相較於其他月份高出許多，為湖區水量最充足的時期，主要為颱風降雨或鋒面雨所致。

再分析鞍部站 2015 年 11 月~2016 年 11 月時雨量(降雨強度)資料(圖 4-14)，圖上直柱狀範圍為颱風事件的時間點。由圖可知 2015 年 11 月~2016 年 4 月之降雨強度偏低但延時長，4 月以後降雨強度增加但降雨延時較短；7 月初尼伯特颱風過後，降雨量明顯減少也導致夢幻湖水位下降；9 月莫蘭蒂颱風前有幾場大雨事件，為對流雨影響；10 月過後降雨強度降低但延時較長，夢幻湖水位維持一定程度。

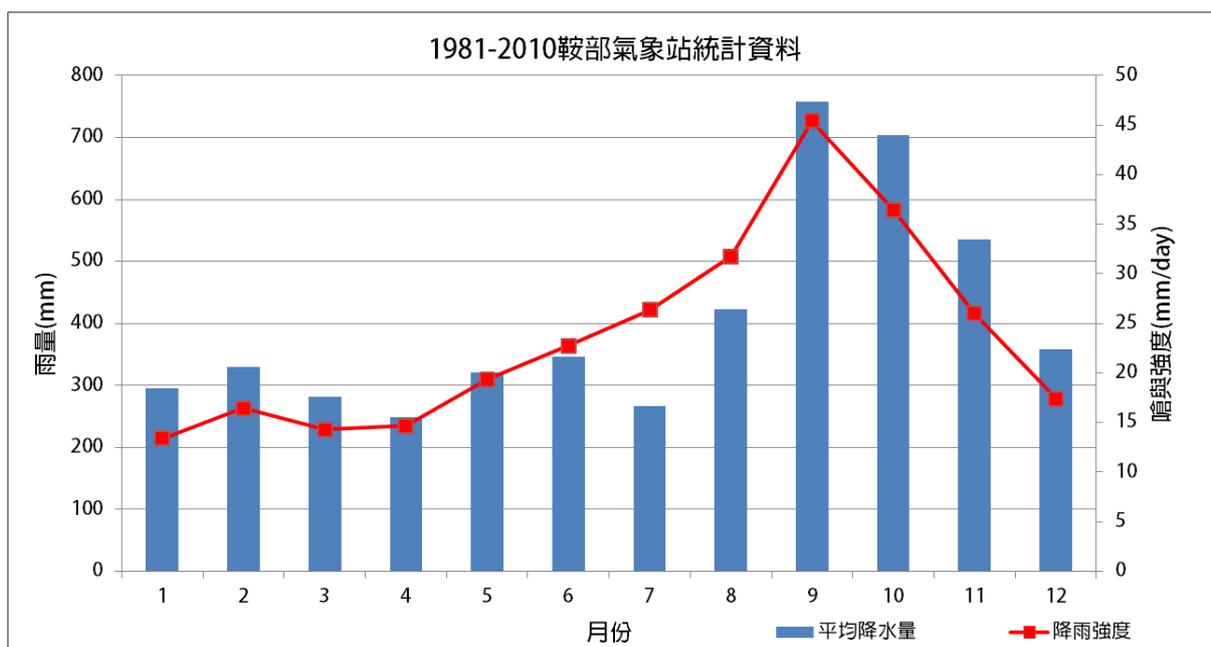


圖 4-13 鞍部站年月平均雨量與降雨強度

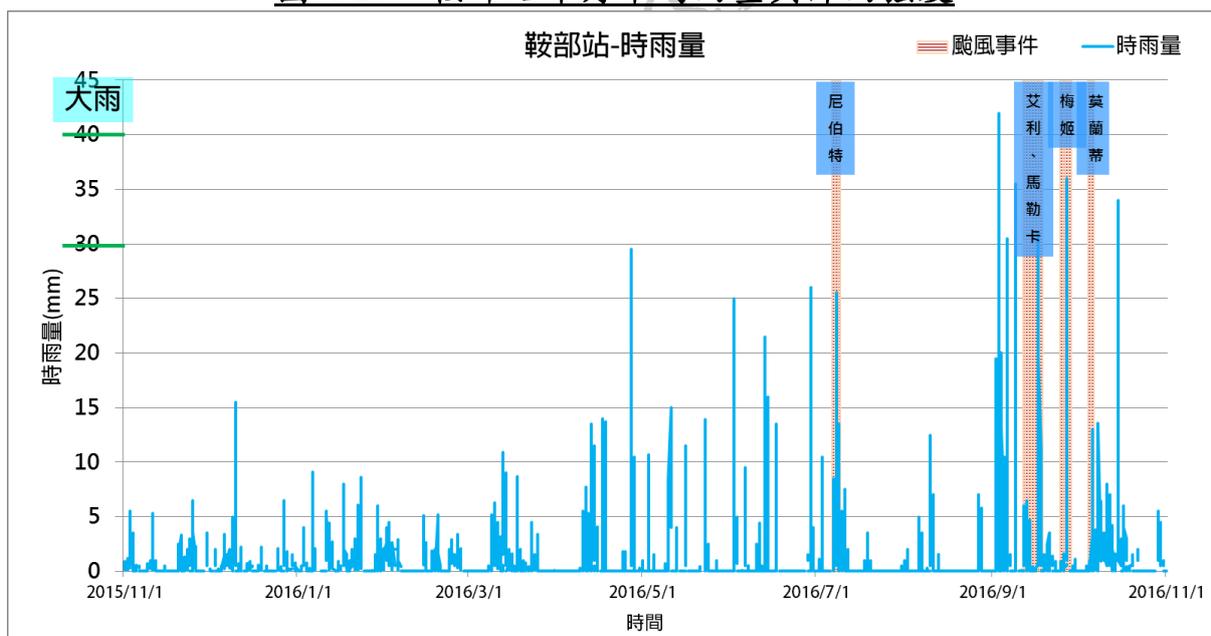


圖 4-14 2015 年 11 月~2016 年 11 月鞍部站時雨量

### 第三節 水文調查

#### 一、雨量與地表逕流

本計畫設置之雨量站曾因颱風影響導致儀器時有故障，必須經常進行故障排除及雨量資料補遺。比對本計畫雨量站及鞍部雨量站資料之後發現，兩雨量站之降雨型態相當接近，故本區缺漏之雨量資料是由鞍部雨量站資料進行補遺（圖 4-15）。另為提高夢幻湖雨量計故障排除率，後續可提高收資料之頻率，同時會進行雨量計維護動作，盡量避免儀器故障再次發生，以維持資料持續性。

另外，2016 年 8 月 11 日進行首次現地逕流量調查(圖 4-16)，所量測到的流量：觀測點 1 為  $1.167 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ ，觀測點 2 為  $2.267 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ 。2017 年 1 月 20 日以及 2017 年 4 月 27 日，進行第二及第三次調查。2017 年 1 月 20 日 11 點~15 點累積雨量為 6 mm，測得流量：觀測點 1 為  $1.491 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ，觀測點 2 為  $4.125 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ，觀測點 3 為  $1.801 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ，觀測點 4 則為  $1.544 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ，合計約為  $8.961 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ 。2017 年 4 月 26 日夜間至隔日中午累積雨量約 66 mm，測得流量：觀測點 1 為  $3.138 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ，觀測點 2 為  $8.303 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ，觀測點 3 為  $5.263 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ，觀測點 4 則為  $6.341 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ ，合計約為  $1.734 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ 。

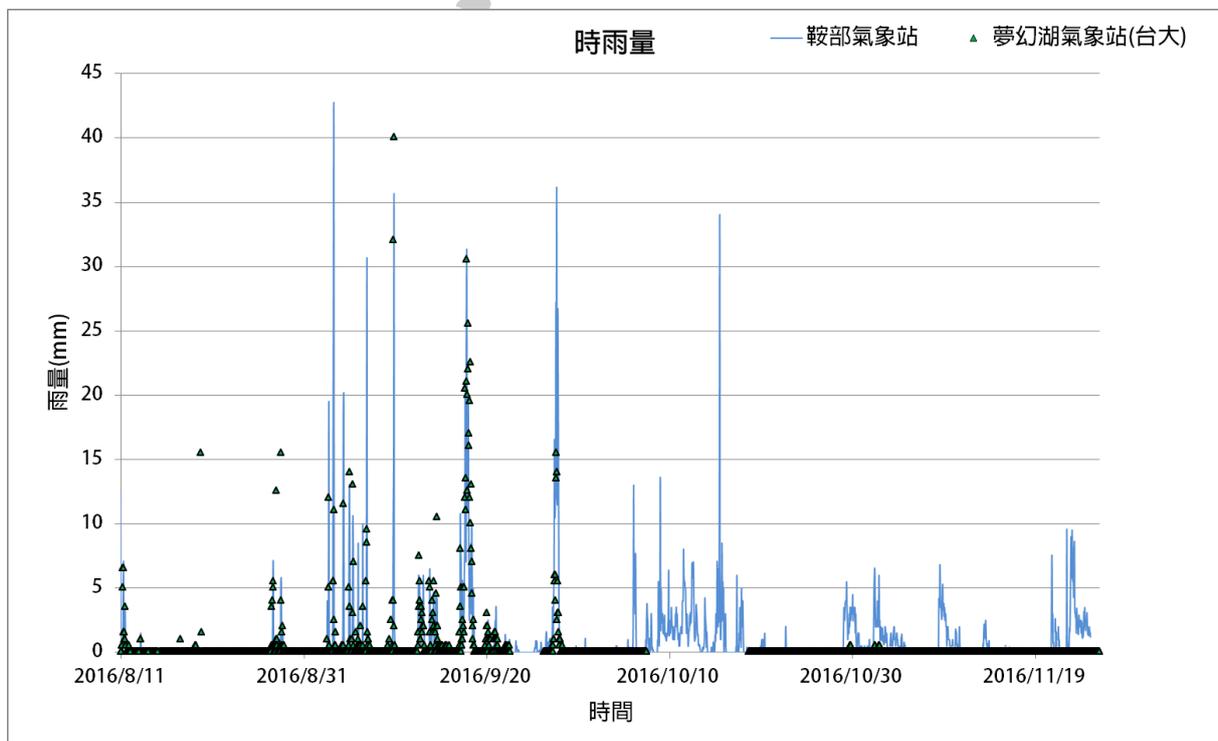


圖 4-15 2016 年 8 月~2016 年 11 月時雨量



逕流觀測點 1



逕流觀測點 2



逕流觀測點 3

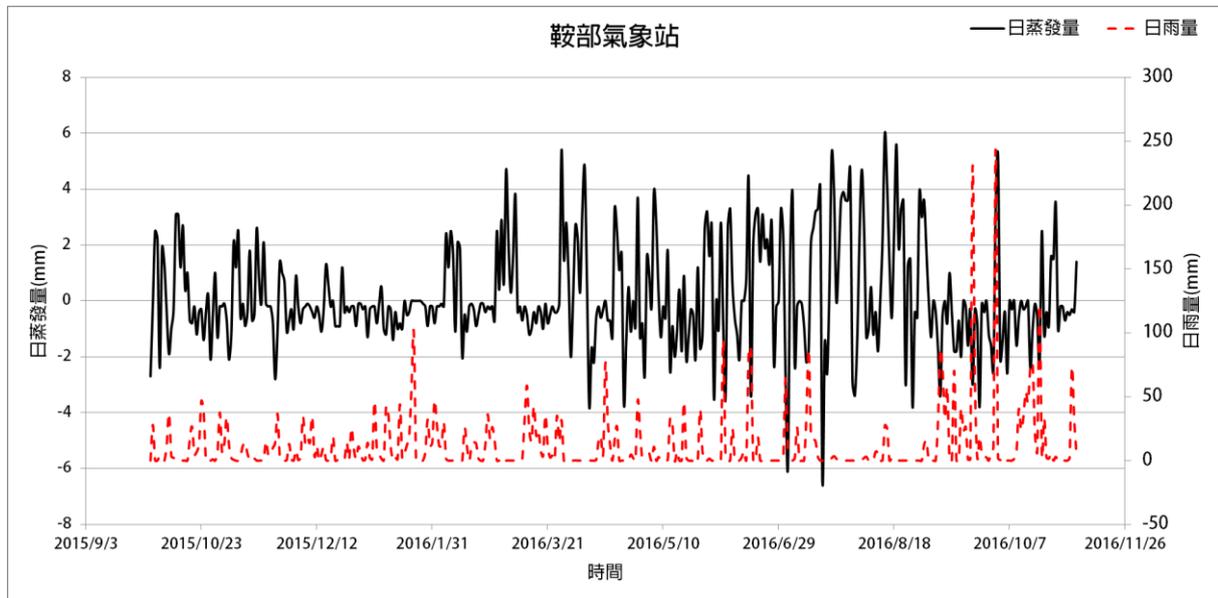


逕流觀測點 4

**圖 4-16 逕流觀測點現場照片**

## 二、蒸發量及入滲

蒸發皿在設置之初同樣有儀器故障的狀況，故亦蒐集鞍部站日蒸發量分析進行補遺。由圖 4-17 結果可知，降雨時蒸發量為負值，未降雨時蒸發量為正值，因此捨棄降雨時的蒸發數據。2016 年 8 月無降雨事件時，最高蒸發量可達 6 mm/day。



**圖 4-17 2015 年 11 月~2016 年 11 月鞍部站蒸發量**

第一及第二次現地入滲試驗分別於 2016 年 11 月 30 日及 2017 年 1 月 4 日，在湖畔北側(靠近本研究團隊設置蒸發皿之位置)進行，現地照片如圖 4-18 所示。第一次試驗(2016 年 11 月 30 日)觀測之初始時間間距為 30 秒，後續則以倍數並根據當下情況依序調增為 1 分鐘、2 分鐘、5 分鐘、10 分鐘及 20 分鐘。此次試驗進行時，夢幻湖水位相當高，因此湖區內與其週遭土壤應為飽和或接近飽和狀態。於此狀態下，觀測所得之入滲率理應接近一定值，即平衡入滲率。由圖 4-18 結果來看，除第一筆數據顯著高於其他資料(應為測量誤差)以外，現地試驗所得之入滲率大多接近 0.004 cm/min，亦即每日入滲量約為 5 至 6cm 水深。第二次試驗(2017 年 1 月 4 日)進行量測時，試驗地點之土壤仍然潮濕，而當日現地試驗所得之入滲率大多接近 0.003 cm/min，亦即每日入滲量約為 3 至 4cm 水深。

湖區南側亦進行過二次現地入滲試驗，其成果如下圖 4-19 所示。由 2017 年 2 月 23 日進行之試驗成果，可見實測之入滲率變化相當接近指數分布(exponential distribution)，符合前述之理論假設，可見該次量測時，該處土壤明顯未飽和；但 2017

年3月28日的調查卻發現入滲率並未隨時間有顯著變化(圖4-19),推測當時之土壤較接近飽和狀態,故所得之試驗成果較接近平衡入滲率。由現地試驗成果可見,湖區南側所得之入滲率顯著高於北側所得之入滲率,甚至為不同數量級(order of magnitude)。根據游雅婷(2012)夢幻湖湖區土壤土質分布分析結果,湖區南側土壤組成中,砂質壤土含量明顯較湖區中央及北側高,故本計畫調查發現湖區南側之入滲率顯著大於北側屬合理結果。又由於湖區中央之土壤組成比例較接近湖區北側,故於後續水量收支模式中,是採用北側現地試驗所得之平均入滲率,用以估算湖區入滲量。未來如遇湖區接近乾涸時,可再於湖區中央部分進行現地入滲試驗,以使其更臻完整。

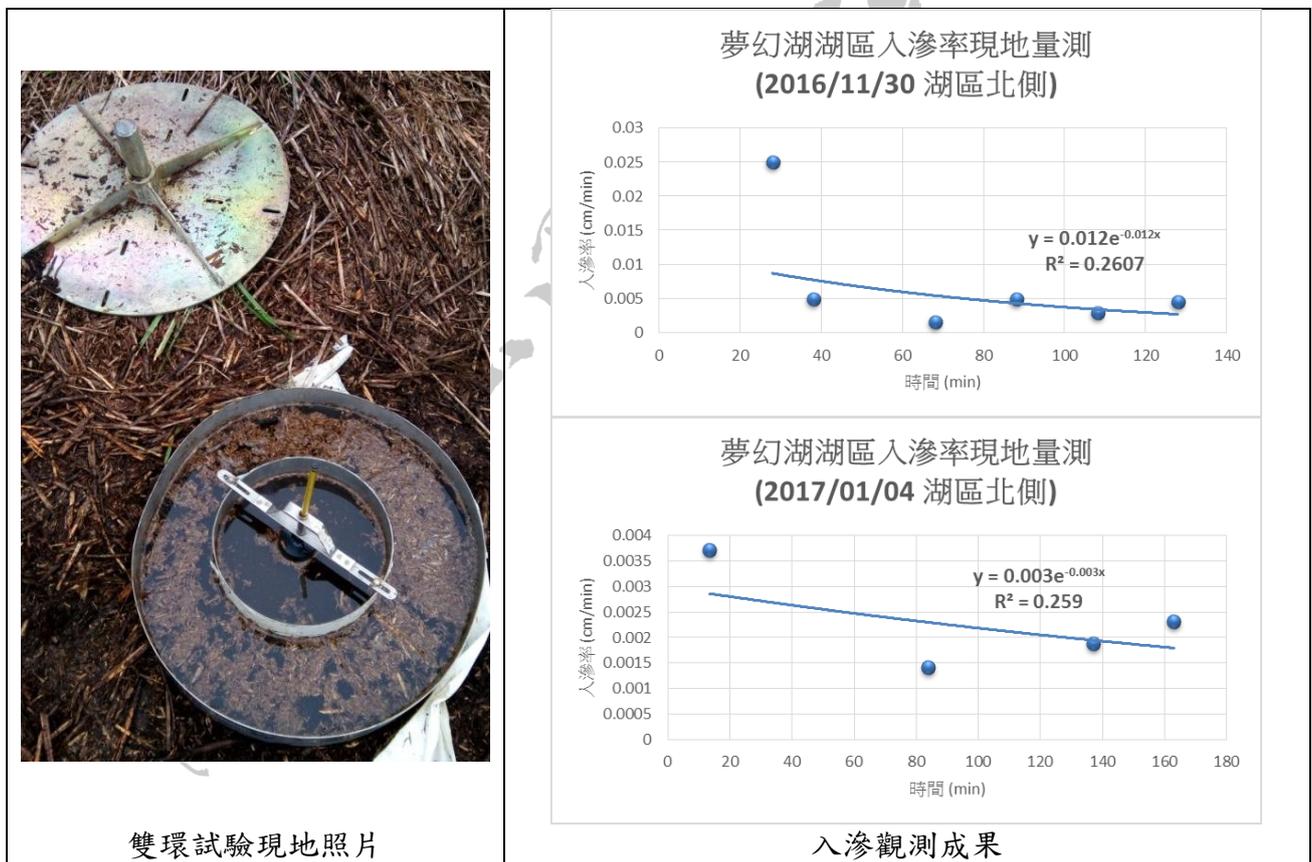


圖 4-18 湖區北側入滲試驗現地照片及成果

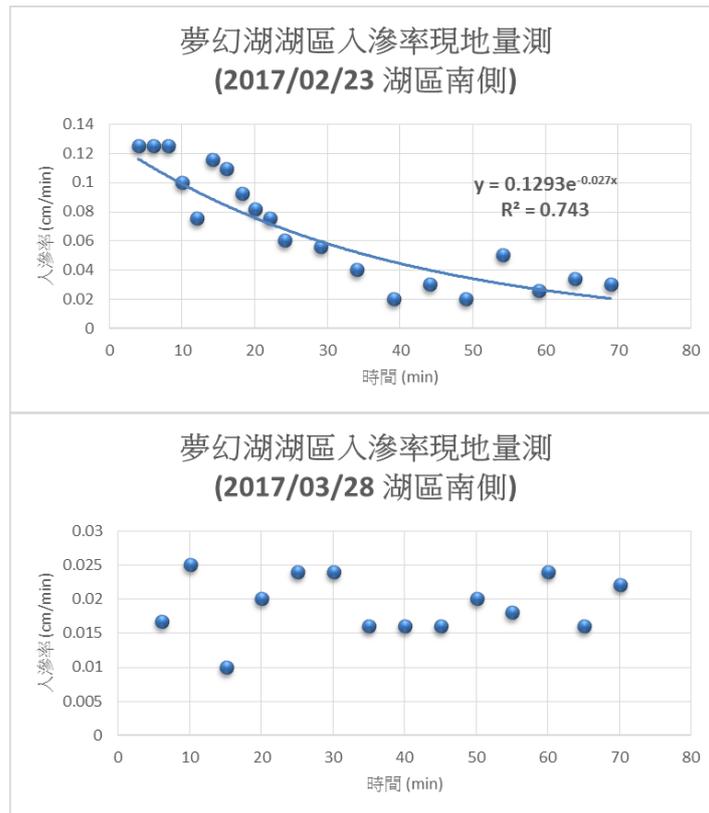


圖 4-19 湖區南側入滲試驗現地照片及成果

### 三、水位及水深

水位計連續監測資料是經引點而取得絕對高程資料，並扣除空氣中水位計的大氣壓力而得。水位計自 105 年 8 月設置開始，約有半個月夢幻湖接近乾涸狀態，這段時間只有零星降雨，但強度不夠強且延時也不長，因此夢幻湖水位一直沒有明顯增加。9 月初的大雨造成夢幻湖水量及水位持續上升，但 9 月馬勒卡颱風過後降雨減少，夢幻湖水位也逐漸下降，直到 10 月梅姬颱風才又降下強降雨，兩個颱風 10 天間隔內水深下降 0.8m，平均一天下降 8cm。由圖中可明顯看出，強降雨導致水位上升，沒降雨時水位緩緩下降，直到下一場降雨再行補充（圖 4-20）。

整合前述之水位資料及湖區地形資料結合後，可繪製湖區水深分佈（圖 4-21），豐水為 9 月馬勒卡颱風時期的最高水位(867.9m)，枯水水位選擇 11 月 19 日水位(866.62m)。由圖亦可知枯水時，僅有觀景臺西北側區域有水；而豐水時則全湖區皆有水。

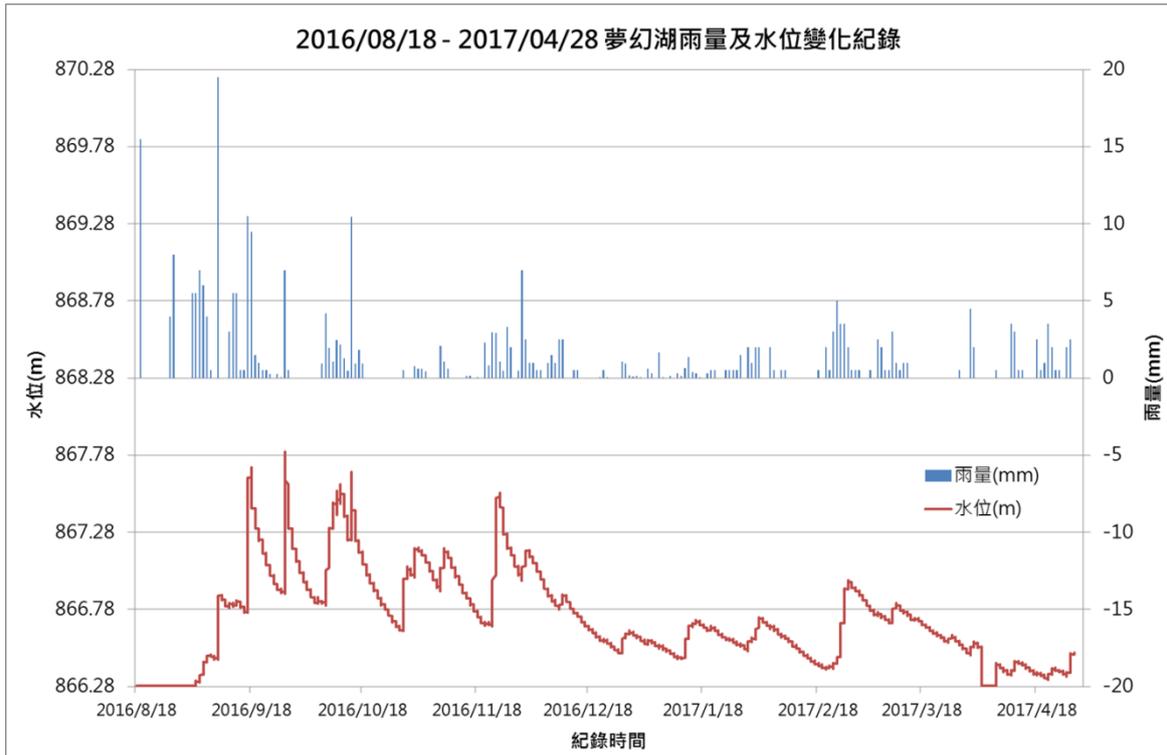


圖 4-20 2016 年 8 月~2017 年 4 月水位及雨量關係

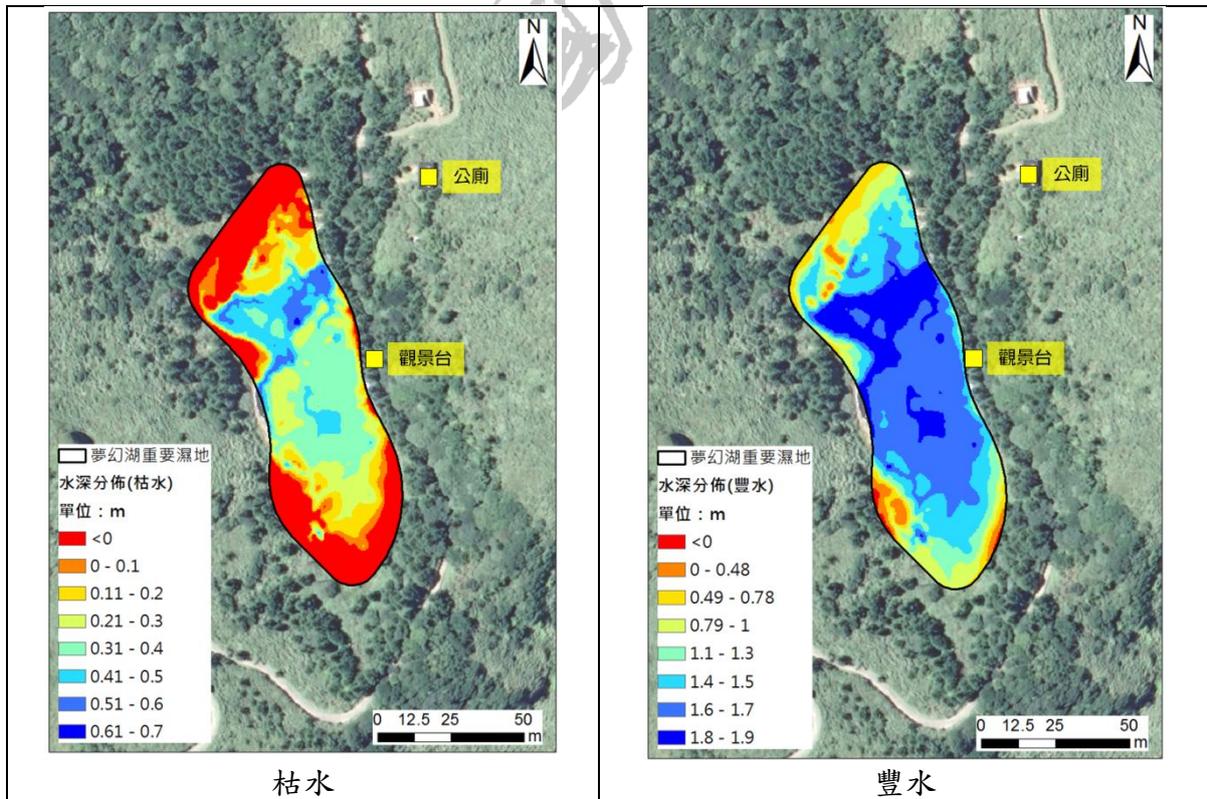


圖 4-21 湖區水深分佈情形

## 第四節 水文收支分析

本計畫根據現地水文調查建立水文收支平衡模式。降雨量、蒸發量以及水位計為自記儀器記錄之連續時序列，入滲量、逕流量則為單一時間點及位置之資料。以下之水量分析是將各水文學量換算為深度的單位以利比較。

### 一、綜合分析

2016年8月~2017年4月(253天)水文收支情形整理如下圖4-22，並簡述如下：平均入滲量加上平均蒸發量約為每小時2.24 mm，總量約為13,600 mm；降水總量約為3,610 mm；綜合分析二次降雨事件，可得逕流溝流量對水位上升量之貢獻約為降水總量之0.77倍，以此數據初步推估，則逕流溝流量使水位上升總量約為2,770 mm，然最後續留在夢幻湖裡的水量仍為負；根據水位歷線，夢幻湖於此期間並未乾涸。此係由於除降水及逕流溝流量以外，夢幻湖湖區尚有其他水文待定項，包括：漫地流、伏流水、地下水、蒸發量與入滲量之時空間分布不均。目前根據二次降雨事件綜合分析，初步推得待定值與逕流溝流量貢獻上升量之比值約為1.607，亦即在此253天之記錄期間，未知項總體貢獻之估算值約為4,450 mm；然而以此數值推估待定項，並帶入水文收支計算以後，仍存在部分誤差，因此此參數仍可於未來透過更多降雨事件之綜合分析及現地水文調查校正，使其更臻精確而完整。

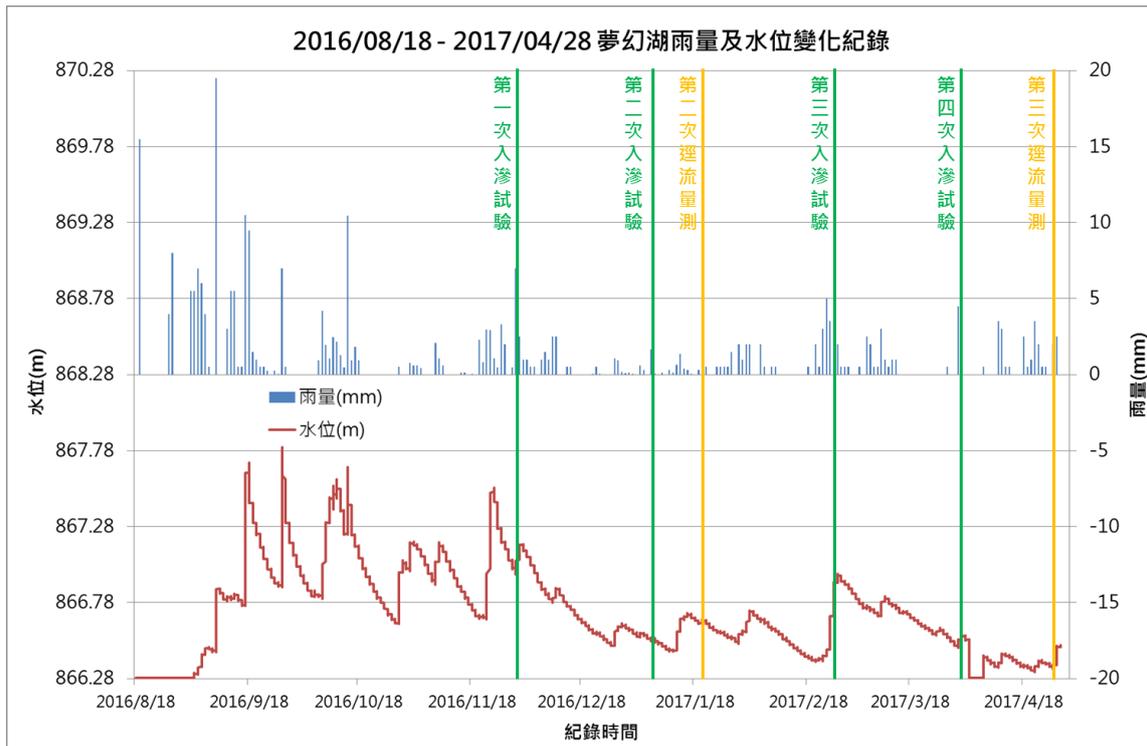


圖 4-22 夢幻湖水文收支圖

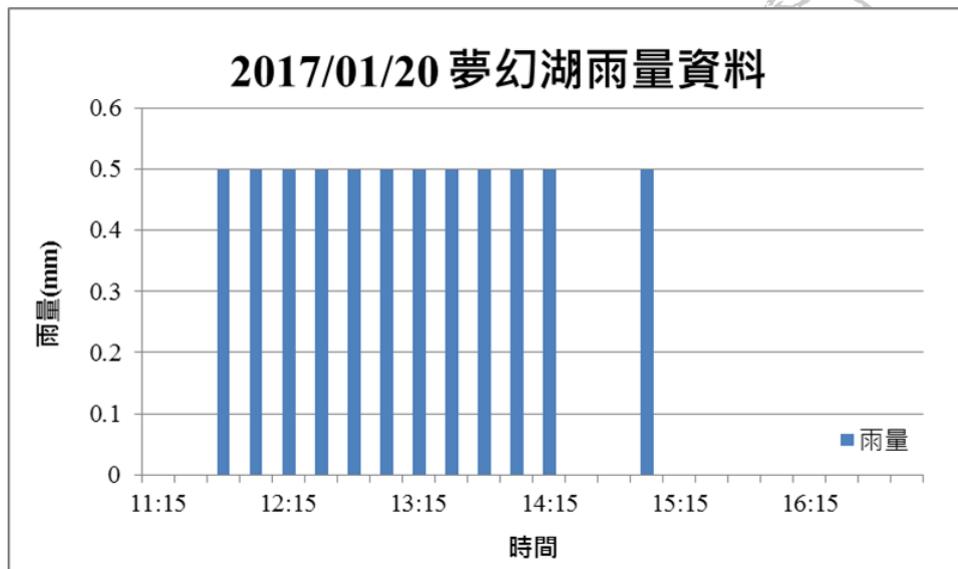
## 二、單一降雨事件分析

本計畫共計進行過三次降雨事件現地逕流量量測，但第一次的調查僅兩處逕流點，第二次及第三次則有 4 處逕流點，故後續分析以第二次及第三次為主。降雨組體圖以及水位歷線整理如下圖 4-23~圖 4-26 所示。

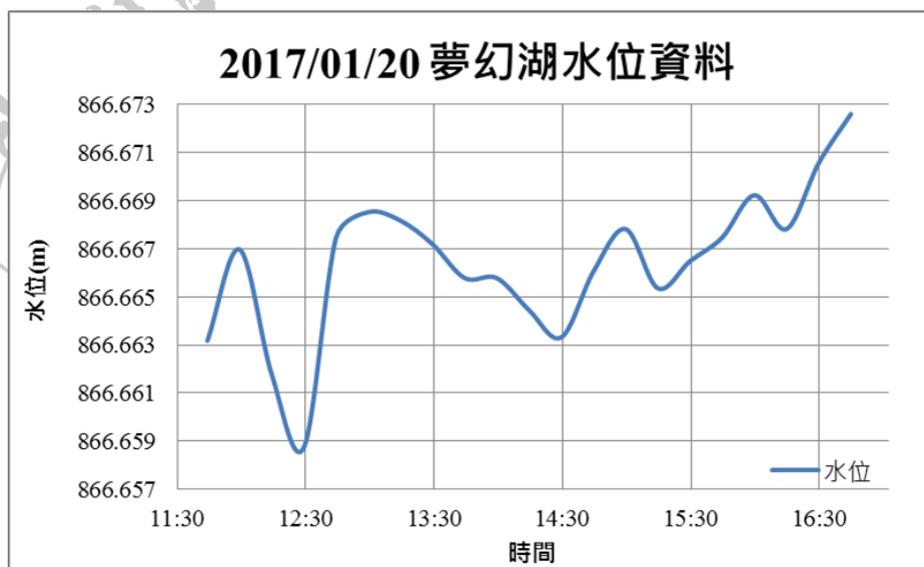
根據水文收支方程式，將已知項目進行初步分析以後，此次降雨事件仍有數 cm 之待定值，此待定值之來源可能導因於湖區內入滲量及逕流量之時空間變化、伏流水及地下水之流動等。本計畫是透過現有之降雨事件，針對此待定值和雨量以及逕流量之關係進行分析，建立一經驗參數，以於未來降雨事件中，間接瞭解完整之水文收支過程。

為求得此參數，針對 2017 年 1 月 20 日以及 2017 年 4 月 26 日之降雨事件分別進行分析，並綜合分析兩場降雨事件之待定值，推算降雨量、逕流溝流量以及該待定值間之關係。分析發現：此二次降雨事件中，待定量與逕流溝流量造成之上升量屬於同一數量級(order of magnitude)，且在所有項目中，待定量之量值與逕流溝流量造成之上升量最為接近。在 2017 年 1 月 20 日降雨事件中，「待定量」與「逕流

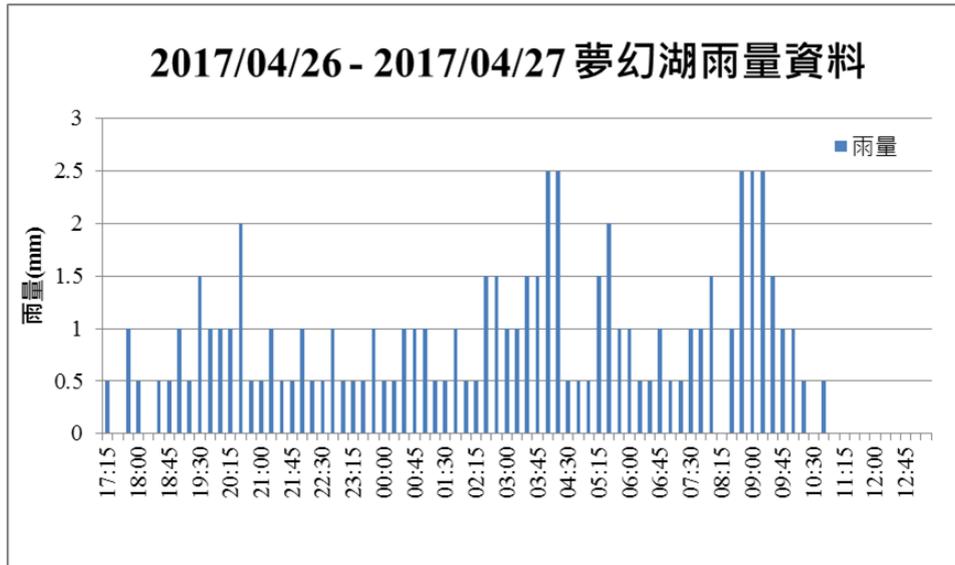
造成之上升量」之比值約為 1.822 (表 4-9)；2017 年 4 月 26 日之降雨事件中，該比值則約為 1.391 (表 4-10)。若以此二次降雨事件所得之比值做平均，則可得一待定參數  $C \cong 1.607$ ，作為此待定量與實測逕流溝流量造成之上升量的比值。目前僅二次完整降雨事件之紀錄及分析，尚未稱完整，如未來可收集更多降雨事件之資料並進行綜合分析，此參數值尚可根據上述方式，進行修改並提高準確度，以期建立更完整精確之水量收支模式。



**圖 4-23 2017 年 1 月 20 日夢幻湖降雨組體圖**



**圖 4-24 2017 年 1 月 20 日夢幻湖水位變化**



**圖 4-25 2017 年 4 月 26-27 日夢幻湖降雨組體圖**



**圖 4-26 2017 年 4 月 26-27 日夢幻湖降雨組體圖**

表 4-9 2017 年 1 月 20 日降雨事件綜合分析表

項目	量值(cm)	備註	
常駐現地儀器測得之連續資料	(1)水位總上升量	0.942	
	(2)總降雨量	0.6	
	(3)總蒸發量	0.155	扣除雨量，蒸發皿係數 0.88
單一時間點及位置之量測成果	(4)平均入滲速率	0.204 (cm/hr)	湖區北側入滲試驗成果
	(5)總入滲量	1.021	(4)*5HR
	(6)平均逕流量	0.000896 (m <sup>3</sup> /s)	當日現地量測成果
	(7)總逕流量	16.129 (m <sup>3</sup> )	(6)*5HR
	(8)逕流造成之上升量	0.538	(7)/3000 m <sup>2</sup>
	(9)待定量	<b>0.980 *</b>	(1)+(3)+(5)-(2)-(8)

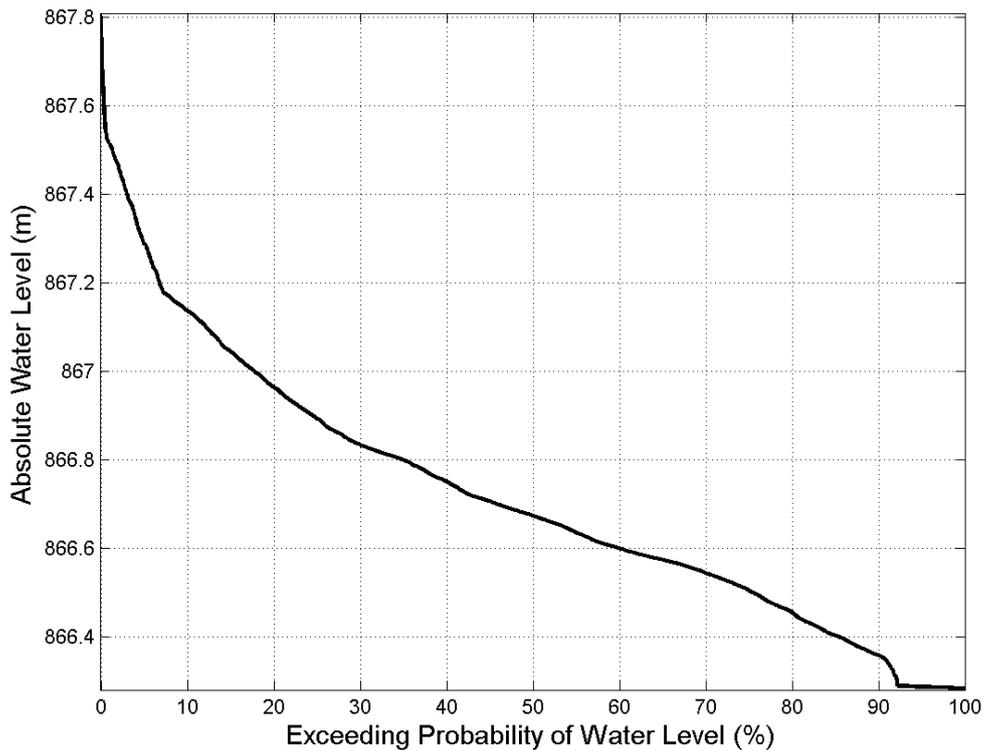
表 4-10 2017 年 4 月 26 日降雨事件綜合分析表

項目	量值(cm)	備註	
常駐現地儀器測得之連續資料	(1)水位總上升量	11.069	
	(2)總降雨量	6.6	
	(3)總蒸發量	1.393	扣除雨量，蒸發皿係數 0.88
單一時間點及位置之量測成果	(4)平均入滲速率	0.204 (cm/hr)	湖區北側入滲試驗成果
	(5)總入滲量	4.085	(4)*20HR
	(6)平均逕流量	0.001734 (m <sup>3</sup> /s)	當日現地量測成果
	(7)總逕流量	124.839 (m <sup>3</sup> )	(6)*20HR
	(8)逕流造成之上升量	4.161	(7)/3000 m <sup>2</sup>
	(9)待定量	<b>5.786 *</b>	(1)+(3)+(5)-(2)-(8)

## 第五節 浸淹機率空間分佈分析

統計夢幻湖 2016 年 8 月~2017 年 4 月水位資料得到的浸淹機率整理繪製如圖 4-27 所示。由於 8 月份的夢幻湖為幾近乾涸狀態，水位絕對高程約為 866.23 m，此水位之筆數高達 1500 筆，導致超越機率曲線有不規則跳動。

將地形資料搭配浸淹機率曲線，可得到每個高程點被浸淹的機率，進而得到浸淹機率空間分布(圖 4-28)。空間分布計算方式係利用地理資訊系統(GIS)內建空間內插功能(Topo to raster)功能，將地形點資料、等高線等向量(Vector)資料內插成網格(Raster)資料，就可得到範圍內每一個點的空間資料。浸淹機率 100 為時常被水淹沒狀態，數字越小表示浸淹機率低、地形越高、水越難淹沒。由結果可知，夢幻湖的北方為高程較低的地方，對照現勘資料，此處在 2016 年 8 月乾季仍有水，顯示分析結果吻合現況。



**圖 4-27 2016 年 8 月~2017 年 4 月夢幻湖水位超越機率**

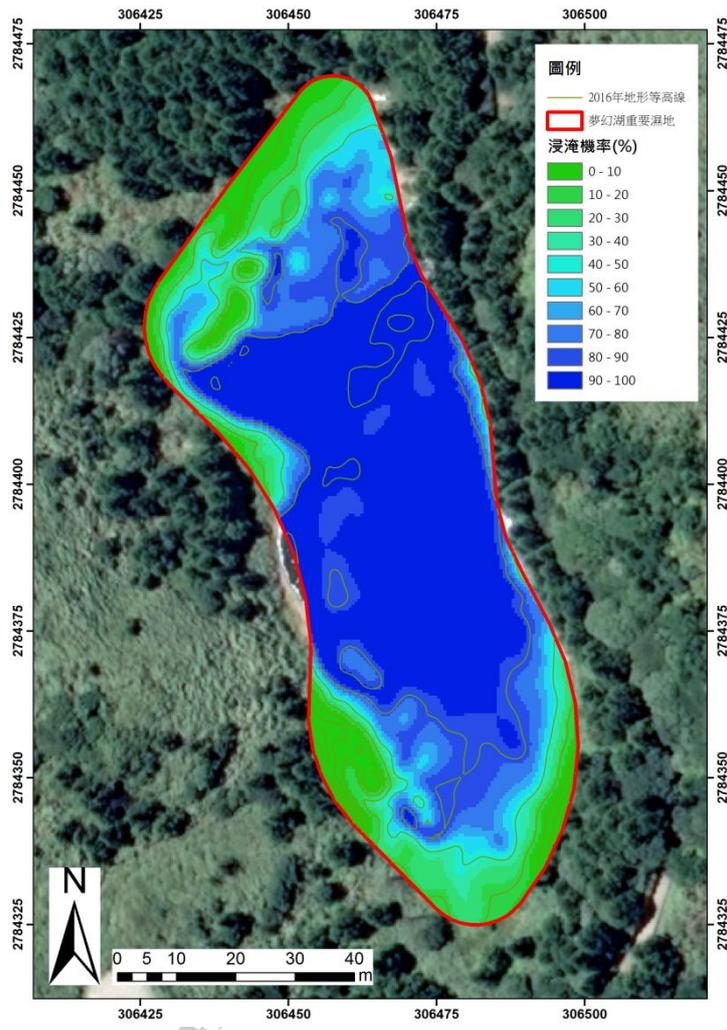


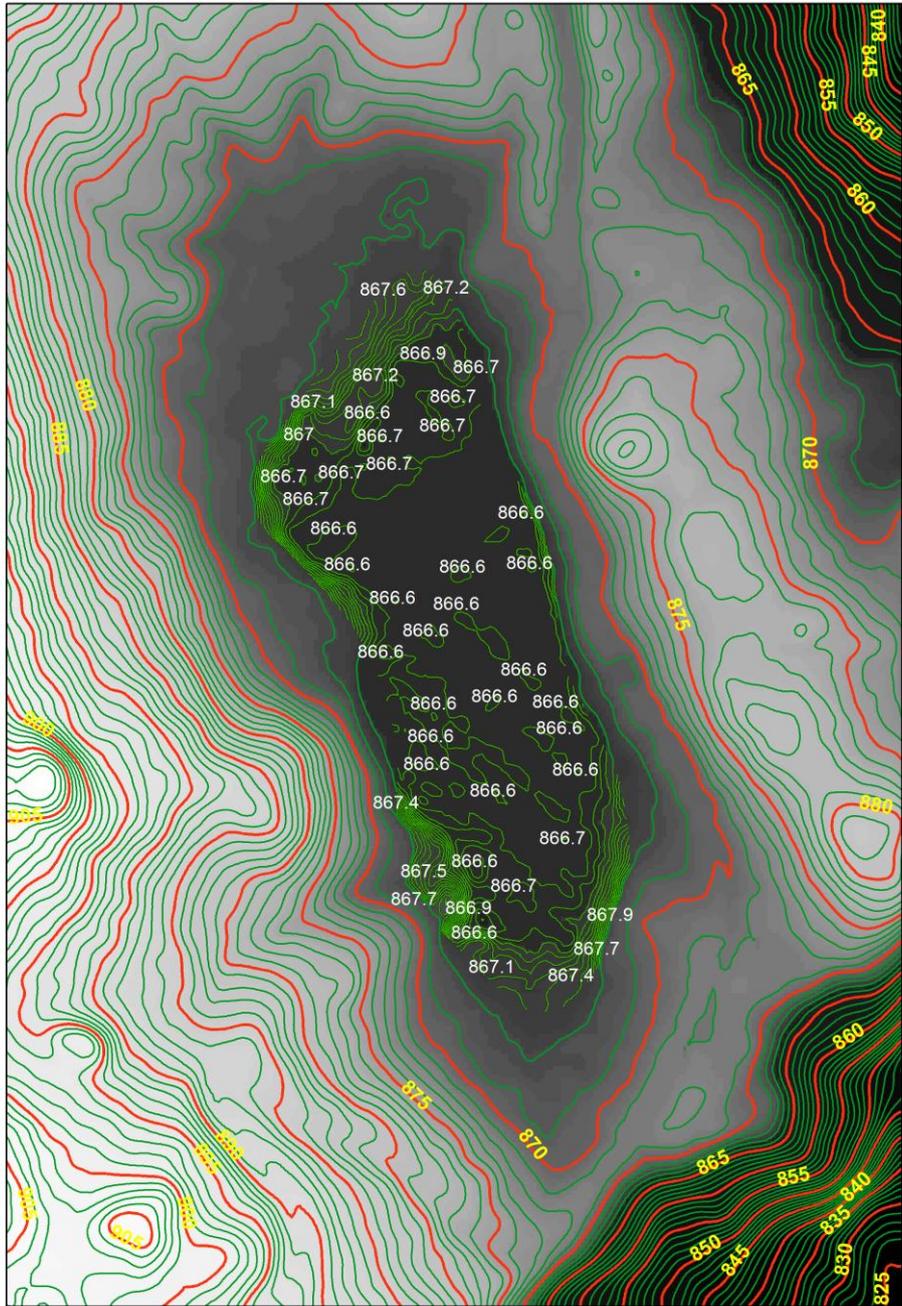
圖 4-28 夢幻湖水位超越機率空間分布

## 第六節 水文模式

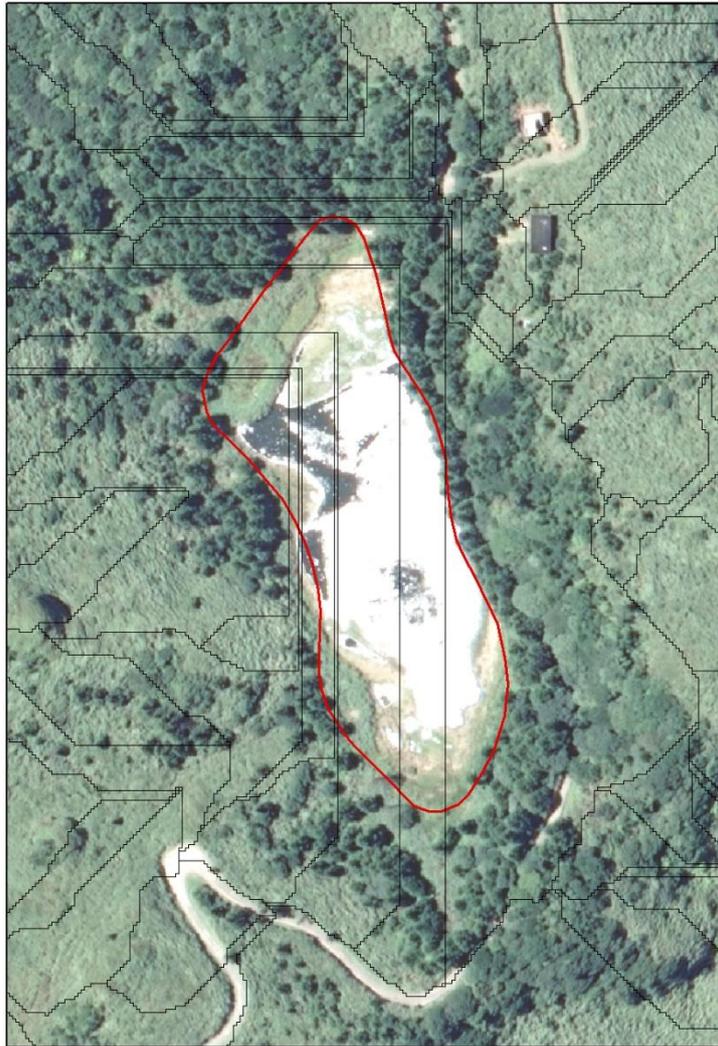
### 一、集水區劃分

由於夢幻湖濕地水源以雨水、地表逕流為主，欲進行水文分析，須了解集水區範圍以及地表逕流的流向，故本計畫利用地理資訊系統（GIS）技術，以空照圖資及地形資料，進行集水區劃設、流路演算，作為水文 HEC-HMS 模式的輸入背景資料（流域模組、氣象模組）。

地形資料是採用陽明山國家公園管理處提供之 1m×1m 數值地形模型(DEM)，以及經建版地形圖等高線資料整合而成，如圖 4-29 所示。夢幻湖西邊為七星山，由等高線形狀可明顯看出，湖區西南邊有小山谷，畫出的集水區範圍(圖 4-30)也顯示夢幻湖為周遭山谷的窪蓄地或集流出口。



**圖 4-29 夢幻湖周遭地形高程**



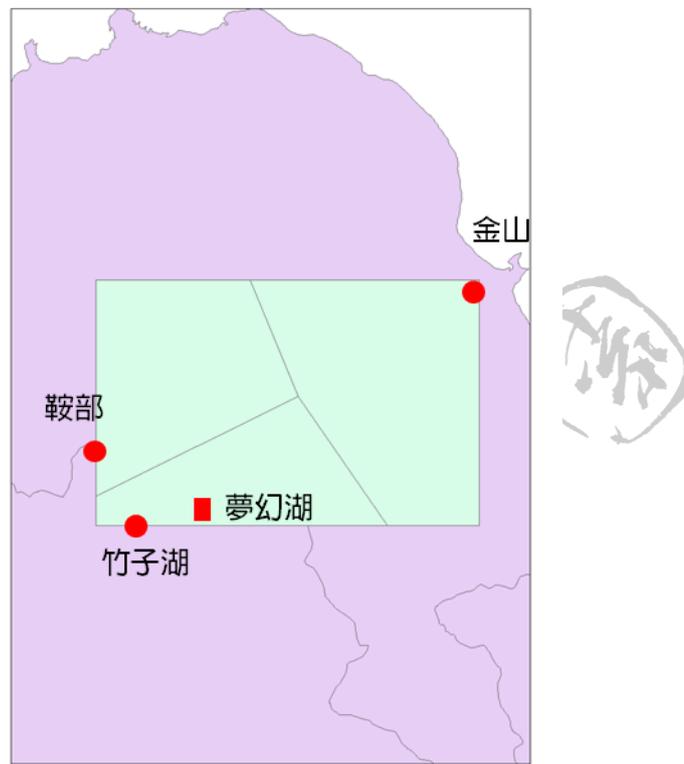
**圖 4-30 夢幻湖濕地周遭集水區**

## 二、集水區降雨分布

由於夢幻湖本身並無長期雨量資料，因此需要以附近雨量站進行補遺或延長。徐昇氏多邊形法為水文學中常見的降雨分佈處理方法之一，依照各雨量站的相對位置，決定各雨量站的控制面積。方法是將數個水文站以直線相互連接，構成多個三角形，再做三角形各邊之垂直平分線，三垂直平分線必交於一點，即為三角形之外心。連接各三角形之外心，可形成數個徐昇式多邊形，而每個雨量站所控制的範圍為該多邊形面積  $A$ ，因此可得集水區之平均雨量。

圖 4-31 為利用中央氣象局鞍部、竹子湖、金山測站所繪製的徐昇式多邊形，

由圖可知，竹子湖為最靠近夢幻湖的氣象站，但由於竹子湖為夢幻湖的背風處，受到山脈影響，兩者降雨型態應有差異，因此以鞍部站進行分析。



**圖 4-31 夢幻湖徐昇氏多邊形**

### 三、湖區水位與水量流失速率之關係

由水位計監測成果可知，當降雨事件發生時，湖區水位將於短時間內急遽上升，而當降雨停歇以後，水位下降速率則顯著慢於其上升速率（圖 4-32）。以 2016 年 9 月中、2016 年 10 月初、2016 年 11 月底以及 2017 年 2 月底水位變化為例，各水位段上升、下降速率不一，代表有不同的水文因子在主導。另外，圖中各降雨事件停歇後之水位下降段又可見，水位下降速度又與水位峰值成正相關，亦即水位愈高，則水位下降速度愈快，水位上升之速度均顯著高於下降速度，高水位及低水位時水位上升速度約 1.52 cm/hr 及 0.43 cm/hr。上述列舉四處水位變化段當中，又以 2016 年 9 月中以及 2016 年 10 月初之水位下降速率較快，明顯高於本研究於湖區北側雙環入滲試驗測得之入滲率(0.2042 cm/hr)；根據游雅婷（2012）之研究，此現象應係導因於夢幻湖湖區裂縫之出流現象(outflow)，但由於該裂縫高程偏高，故須待水位

上升至一定高度，方產生出流現象，初步發現在水位達 866.98m 時，有較明顯的出流造成水位下降現象發生；2016 年 11 月底以及 2017 年 3 月之水位下降段，則顯著可見其下降速度低於本研究現地試驗測得之平均入滲率，此應導因於該時間區段中，除蒸發、入滲等水量流失項以外，尚有零星降雨事件發生(詳見圖 4-22)，因此在該時間區間中，水位下降速度低於本研究現地試驗所得之平均入滲速率。現階段使用之平均入滲率，於時間空間分布上，確實尚有修正空間，但尚與此時間區間內之水位下降速率屬於同一數量級(order of magnitude)，未來可再增加不同時間、空間之現地試驗，以修正入滲速度推估值。另一方面，上述四個水位下降段之蒸發速度，其數量級均顯著低於水位下降速度以及入滲速度，可知該水文項於事件中並非主導項目。綜合上述，可見除高水位之出流現象以外(此時水位下降速度約為 0.14 ~ 0.39 cm/hr)，夢幻湖湖區於降雨事件後，水位之下降速度約為 0.06 ~ 0.22 cm/hr，此下降速度約略等於湖區北側之入滲速度，亦間接證明入滲為夢幻湖湖區水量主要流失(水支)。

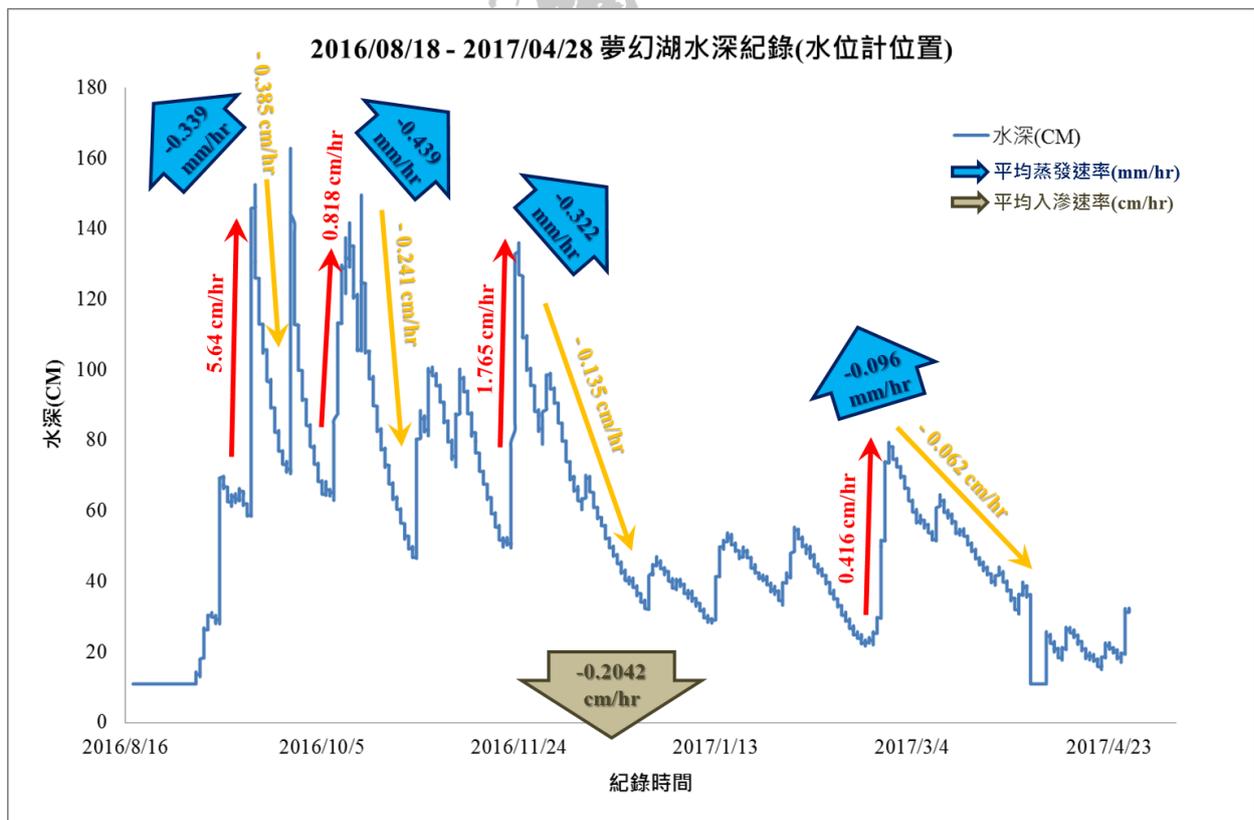


圖 4-32 夢幻湖水位上升、下降速度及平均蒸發、入滲速度分析

四、水位監測成果及臺灣水韭最適水深

游雅婷(2012)經過現地監測數據及統計分析指出，臺灣水韭最適年平均水深為 50.1cm，標準差為 12.1cm，且當年平均水深大於 50cm 時，臺灣水韭將擁有更佳之生長優勢。本研究於 2016 年 8 月至 2017 年 4 月底之水位監測成果可見，夢幻湖湖區水深(以本研究水位計設置位置為準)介於此最適年平均水深正負一個標準差以內之時間約占總監測時間之 33%，水深大於 38.0cm 之時間(亦即臺灣水韭擁有生長優勢之水深)，則約占總監測時間之 68% (圖 4-33)。

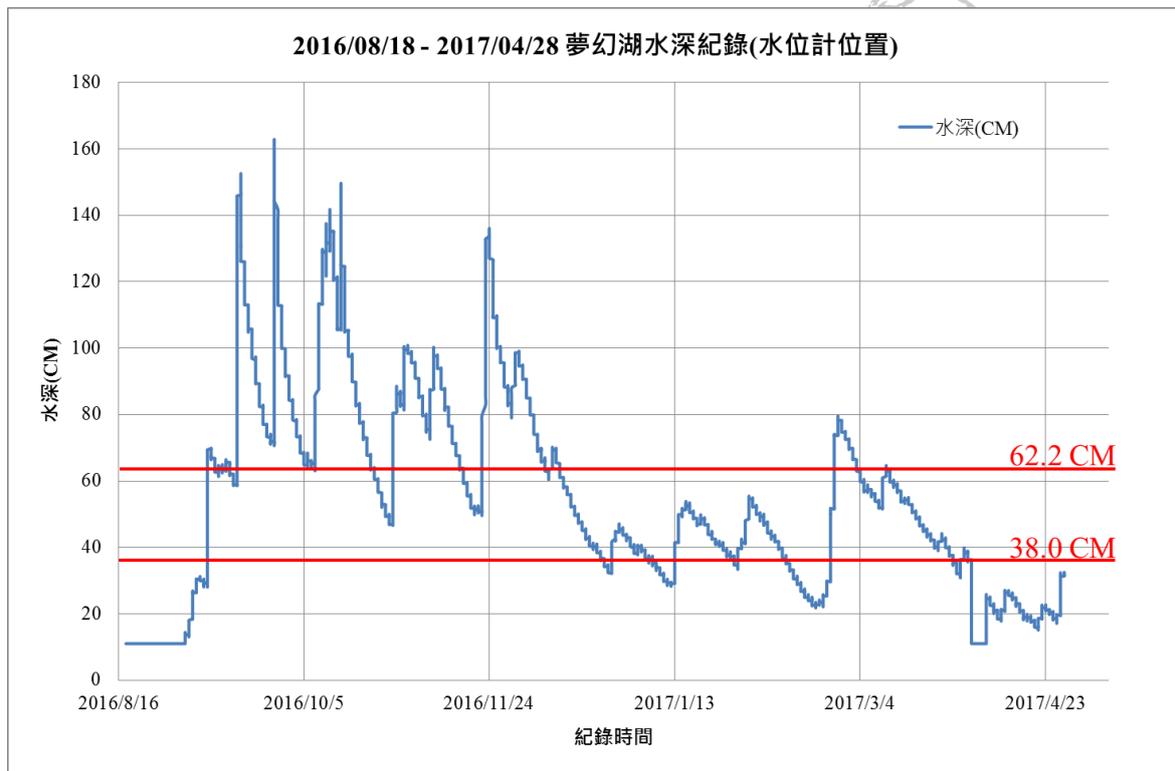


圖 4-33 臺灣水韭最適年平均水深及夢幻湖湖區水深變化圖

## 第五章 結論及建議

### 一、結論

1. 夢幻湖目前呈現年淤積趨勢，不同季節則有不同的沉積變化，部分季節呈現沖刷（如夏秋），應與水文條件及植物生長、分解有關。
2. 本區年平均降雨量約 3600 mm，8 月到隔年 1 月為豐水期，主要降雨類型為東北季風雨(10 月下旬至 5 月上旬)、颱風雨(7 月至 9 月)、梅雨(5 月中旬至 6 月中旬)、熱雷雨(6 月至 8 月)及鋒面雨(11 月至 3 月)。
3. 夢幻湖水量之主要來源為降雨（precipitation），由當年度颱風強度（豐水）及東北季風挾帶降雨（枯水）所主導，降雨總量及降雨強度直接影響湖區水位變動。夢幻湖主要損失於豐水時為逕流出流，枯水時為入滲（infiltration）。
4. 研究期間之入滲總量加上蒸發總約 13,600 mm，降水總量加上逕流總量約 6,380 mm（逕流溝流量對水位上升量之貢獻約為降水總量之 0.77 倍）。水文收支模式分析顯示尚有待定之水量，推估此待定量係數（「待定量」/「逕流造成之上升量」），其值介於 1.39 至 1.82 間，平均值約 1.61。
5. 入滲量於湖區水位穩定時呈現穩定狀態(日平均入滲量約為 5~6cm)。入滲量呈現指數分布（exponential decay）型態，南側入滲量高於北側，差距可達 1 個 order 以上，顯示土壤或地質呈現空間不均勻性。
6. 降雨事件發生時，湖區水位將於短時間內急遽上升，而當降雨停歇以後，水位下降速率則顯著慢於其上升速率，與湖區水位是否高達逕流出流有關。此現象應係導因於夢幻湖湖區裂縫之出流現象(outflow)，但由於該裂縫高程偏高，故須待水位上升至一定高度，方產生出流現象，初步發現在水位達 866.98m 時，有較明顯的出流造成水位下降現象發生。
7. 臺灣水韭最適年平均水深為 50.1cm，標準差為 12.1cm，且當年平均水深大於 50cm 時，臺灣水韭將擁有更佳之生長優勢。夢幻湖湖區水深介於此最適年平均水深正負一個標準差以內之時間約占總監測時間之 33%，水深大於 38.0cm 之時間(亦即臺灣水韭擁有生長優勢之水深)，則約占總監測時間之 68%。
8. 目前的監測方法基本上能提供可靠有用的數據作為水文收支分析之用，可作為後續長期監測計畫執行時的參考。

### 二、建議

1. 監測水位與植物社會之關係，規劃合理的水位控管計畫。
2. 入滲率因具有明顯的空間異質性，仍須更多試驗及數據進行相關模式修正。
3. 建立現地監測數據分析及儀器偵錯標準程序，以利後續長期資料維護管理。

## 建議事項內容

### 建議一：長期水文監測

建議性質：立即可行建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：無

說明：參考目前已建置之監測機制，包含使用之儀器以及各水文量調查頻率，以進行長期水文監測，並針對主要水文項的貢獻度進行進一步的調查及分析。現地常駐儀器設備，如：雨量筒、蒸發皿、水位計等，每 20-30 日至少應至現場檢查、維護乙次，以確保其正常運作，避免資料缺失。其他儀器設備或水文調查，如：現地入滲試驗及逕流溝流量量測，原則上前者至少應於每 60-90 天進行乙次。並於調查範圍內不同位置進行操作，後者則應在人員安全狀況下，於大雨事件發生時前往現地進行，以作為後續分析比較使用。入滲率因具有空間異質性，需要增加空間樣點，包含枯水期時於湖區進行入滲率調查。

### 建議二：建立湖區面積、水位、流量關係

建議性質：立即可行建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：無

說明：根據本期研究結果，尚有部分待定量水文量需釐清，除藉由上述建議一進行長期監測以獲得更完整的分析數據外，因逕流量轉換成水深值目前採用定常轉換，但湖區面積可能會因為不同水位而有不同面積，兩者間應屬非定常關係，故需藉由 DEM 等數值地形的套繪以推估其關係式，作為後續推算及修正水文收支模式之用。

### 建議三： 建立湖區地形 SET 監測

建議性質： 中長期建議

主辦機關：陽明山國家公園管理處

協辦機關：內政部營建署

說明：根據「105 年夢幻湖生態保護區地形量測計畫分析報告」的調查，湖區呈現年淤積趨勢，另根據「陽明山國家公園夢幻湖生態保護區棲地調查與監測」的研究，湖區地形呈現空間異質及季節差異。因此有必要建立一套具國際規範的長期地形監測機制，建議引進 SET (Surface Elevation Table) 的濕地監測儀器，並定期以大地測量方法確認 SET 的沈陷量以校正地形變異量。

## 附錄一 期初報告審查意見處理情形

時間：中華民國 105 年 8 月 9 日 10 時 00 分(星期二)

地點：陽明山國家公園管理處

主持人：盧淑妃副處長

記錄：高千雯小姐

討論意見	處理情形
<p>一、盧副處長淑妃</p>	
<p>1. 根據貴團隊現地調查觀測，夢幻湖是否可能有少量的地下水來源？另如果水位下降的速度大於蒸散散度，則湖水是否可能從湖緣的裂隙流失？</p> <p>2. 夢幻湖整個湖區僅放置 1 支水位計是否足夠？另請確認本處置放的水位計目前功能運作正常，能搭配本次計畫運用。</p> <p>3. 能否說明如何透過岸上固定樁和水中的標尺測量沉陷量？</p>	<p>1. 夢幻湖的水源應該只有雨水，而流失的主要原因目前推測應是蒸發和入滲，本計畫將會透過水位變化，再確認其他可能的流失途徑。</p> <p>2. 湖區各點的水位都是一樣的，只是水深不同，因此只要 1 支水位計設置在長期有水的地方，參照湖底地形數據，即可推算得到全湖區的水位數據。</p> <p>3. 岸上的標定點理論上不會沉陷。如此可用全測站一再標定點打標尺，即可知高程變化。設置永久水尺後，研究團隊可協助監測。</p>
<p>二、廖課長敏君</p>	
<p>1. 簡報中提到將於湖區設置土壤沉積侵蝕高度計(SET)，未見於書面報告中，請補充。因本處規劃於夢幻湖進行長期性的水質監測，可否請貴團隊協助設置永久性的 SET，相關經費由本處支付。</p> <p>2. 氣象資料請加入中央氣象局於鞍部測候站的資料，本課亦會持續提供本處設置於夢幻湖旁的氣象站資料。</p> <p>3. 夢幻湖的水源來源主要是雨水，但冬夏季雨量不同，降雨型態也不同，請於資料彙整分析時納入考量，以便瞭解不同季節、不同降雨型態與水位變化的關係。</p>	<p>1. SET 是由本研究團隊參考國外文獻自行設計，委由廠商製作，若陽管處有需要在夢幻湖長期放置，本團隊可以代為設置，費用應只有材料費支出。SET 之外，建議於湖內設置數支沉陷樁，岸邊則放置不沉陷的固定樁，每一次可以紀錄樁點位置，搭配永久水尺，即可得知水尺有無沉陷量，便可同時測得水位和沉陷情形。</p> <p>2. 感謝委員建議及幫忙，已蒐集鞍部氣象站資料。</p> <p>3. 水文資料為長期監測，可以比較出冬夏差異。地表逕流豐枯若分別做兩次以上逕流調查，應該可以反映豐枯差異。</p>

三、高課員千雯	
1. 水位計預計放置地點的選擇標準為何？	1. 本計畫選定的水位計放置地點較隱密，調查時不易受遊客干擾，搭配陽管處原已放置的水位計對照，便可以測得實際水位變化。且只要水位計位置長年有水就足夠代表整個水體，加上地形資料就可推算整個湖區的水深分佈。
四、主席結論	
1. 期初報告審查原則通過，請受託單位針對夢幻湖水體進行徹底調查，並請依契約書辦理後續請款事宜。 2. 如有需要本處配合協助之處，請隨時提出。另有關逕流調查部分，請陳主任及保育課協助，建立即時通訊群組，掌握山上降雨狀況。 3. 請受託單位協助本處設置永久水尺，俾進行長期性監測。	1. 遵照辦理。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理。

## 附錄二 期中報告審查意見處理情形

時間：中華民國 105 年 12 月 16 日 10 時 30 分(星期五)

地點：陽明山國家公園管理處

主持人：盧淑妃副處長

記錄：高千雯小姐

討論意見	處理情形
<p>一、盧副處長淑妃</p>	
<p>1. 從目前研究蒐集到的資料看來，夢幻湖於 2007-2016 年間淤積量增加不少，因夢幻湖的淤積情況將影響該區之經營管理措施，也攸關臺灣水韭的生命史，請貴團隊在後續資料蒐集更完整後能協助推估湖區的淤積速度。</p> <p>2. 影響入滲速度的原因應是相當複雜，如湖區裂隙的分布、地下水位的高低、土壤粒徑等，不知是否有可能釐清其入滲的過程和影響入滲的原因？</p> <p>3. 陳德鴻老師執行的「夢幻湖臺灣水韭原棲地保育監測及維護工作」研究報告中曾提到夢幻湖周邊有一個很大的裂隙，是降雨大量流失的主要原因，貴團隊是否有發現該裂隙？</p>	<p>1. 淤積速度的分析已整合另一計畫的全區地形數據，及林幸助教授 2015 年單點連續監測數據推估而得。</p> <p>2. 目前調查所得數據已能推斷何處有較大的入滲發生，相關土壤性質則是參考游雅婷（2012）的數據進行綜合說明。</p> <p>3. 根據現勘，應是位處觀景台正對面處之裂隙，由湖區水位在較大降雨後迅速下降的現象，亦間接證實可能是由此裂隙出流造成。</p>
<p>二、陳主任彥伯</p>	
<p>1. 根據目前的研究結果，夢幻湖大部份區域都處於淤積狀態，本計畫是否可以預估其淤積速度，以利本處評估其陸化進程？</p>	<p>1. 根據 2016 年「105 年夢幻湖生態保護區地形量測計畫分析報告」，經過 9 年變化，大部分區域為淤積，僅小部分區域為沖蝕。將沖蝕與淤積體積相加後，可知總淤積量為 873.91 立方公尺。再將總淤積量除以比較範圍面積，可得單位面積之淤積高度為 0.19 公尺，除以 9 年時間，得每年單位面積平均淤積高度為 0.02 公尺。林幸助（2015）利用簡易土壤沉積侵蝕高度計量測了夢幻湖底質沉積高度的變化，發現不同位置在不同季節都有不同的沉積變化。</p>

三、廖課長敏君	
1. 期初簡報時，本處曾建議於湖區設置永久水尺，以利日常水位觀測，但後續評估似有窒礙難行之處，請貴團隊就設置永久水尺的必要性提供更多建議	1. 考量到生態保育及遊客觀感，及本區已設置自記水位計可進行長期連續監測，故暫不建議設置永久水尺。
四、張秘書順發	
1. 入滲試驗是否能增加 1、2 個不同的地點，以瞭解湖區平均的入滲量？此外，是否能針對入滲試驗地點的土壤進行初步分析，以瞭解土質和入滲量間的關聯。 2. 建議於報告書中增加水位計放置數量與選址的分析，俾使報告內容更完整	1. 已增加入滲調查樣點，土壤的粒徑分析資料則是參考游雅婷博士 2012 年的研究結果。 2. 湖區各點的水位原則上是一致的，只是水深不同。因此原則上只要 1 支水位計設置在長期有水的地方，參照湖底地形數據，即可推算得到全湖區的水位數據。
三、高課員千雯	
1. 感謝研究團隊不畏天候不穩或低溫，持續定期進入湖區做調查。 2. 報告中提到湖區西南角的沖蝕可能是西南方山壁逕流造成的，建議研究團隊可以在西南方尋找有無其他逕流溝。 3. 本處於夢幻湖架設的氣象站資料未納入報告書中，是否數據不適用？ 4. 影響入滲程度的原因有哪些？不同地點、水體覆蓋時間不同的地區是不是會有不同的入滲量？如果是，建議在明年春夏之交湖區水量較少時，進入冬季有水覆蓋的湖區再進行一次入滲量調查，藉以對照。	1. 感謝肯定。 2. 謝謝建議，目前已有 4 處逕流調查樣點，西南方調查人員較難靠近，可列為後續評估可行後再進行。 3. 夢幻湖氣象站資料確因有部份數據有明顯偏差，故僅做參考，未納入報告書。 4. 入滲的原因確實相當複雜。一般而言，入滲如果碰到拘限含水層，地下水位會比較固定，以目前測得夢幻湖的入滲速度來看，本區地表下可能沒有拘限含水層或拘限含水層較深。建議後續可於湖區水量較少時，再進行一次湖區入滲量調查。
四、主席結論	
1. 期中報告通過，請依契約書辦理後續請款事宜。 2. 考量目前湖區已有安裝水位計記錄水位變化，且水尺可能會受到酸性湖水侵蝕，效益不高，暫緩設置。SET 因對湖區環境干擾太大，同意受託單位建議，不予設置。	1. 謝謝肯定。 2. 敬表同意。

### 附錄三 期末報告審查意見處理情形

時間：中華民國 106 年 5 月 22 日 14 時 30 分(星期一)

地點：陽明山國家公園管理處

主持人：盧淑妃副處長

記錄：高千雯小姐

討論意見	處理情形
一、張秘書順發	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 簡報新增內容請補充於報告書中。</li> <li>2. 建議針對過去 1 年所調查到的水文數據再多做敘述，以加強研究結果與結論的關聯性。另，簡報結論第 2 點敘及「866.98 以上的水位，退水速度普遍高於 866.98 以下的退水速度」，請補充說明如何計算得出此基準點。</li> <li>3. 結案報告建議增加目前使用監測方法之可行性評估，以作為後續執行夢幻湖水文長期監測計畫之參考。</li> <li>4. 建議未來針對各項水文調查數據進行交叉比對，進一步瞭解各事件的相互關聯程度。</li> <li>5. 於湖區南北邊所做入滲試驗結果差異相當大，除了南北兩邊底質成分差異之外，是否可能有其他原因？</li> <li>6. 後續或可以用雨量來測定部份數值，如雨量小時即直接扣掉蒸發量，利用水位數據即可得到入滲量。目前研究結果尚存在不少不確定因子，建議多進行不同數值的交叉比對來得到比較精準的數據資料。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 已將期末簡報的相關內容補充並更新至成果報告中。</li> <li>2. 根據一整年的水位數據，觀察發現在水位達 866.98m 時，有較明顯的水位下降現象發生，故推論可能為有裂縫造成明顯的出流所致。未來可利用測量技術確認裂縫位置的高程。</li> <li>3. 已增加監測方法可行性評估的說明於「摘要」內。</li> <li>4. 期末報告內容已進行各種水文資料的交叉比對，並發現降雨、逕流及入滲為主要的水文因子。</li> <li>5. 與底質條件、地下水位等均有關係。</li> <li>6. 期末報告內容已進行各種水文資料的交叉比對。後續的研究再評估所建議的方式的可行性。</li> </ol>
二、林教授俊全	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 入滲速率如果真如實驗結果顯示那麼高，那湖水應該已經乾掉，所以入滲量可能有高估。</li> <li>2. 雙環入滲儀是測量底土的入滲速率，但如果實驗地點的土壤為飽和含水，或有較細緻的泥土，都會影響入滲速度，所以必須</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 發生比較強的降雨事件時，降雨量+逕流量的速度超過入滲速度，此時湖區水位不降反升。觀察湖區實測的水位資料，確實有些時間會完全乾涸，又可能外表看似沒有水，但土壤是相當濕潤的，其實是有水的狀態。</li> <li>2. 雙環入滲儀的確只能得到推估值，未來會將入滲試驗的數據和水位變化（排除蒸發影響）加以比對確認。</li> </ol>

<p>瞭解土壤組成才能得到較可靠的結果。或可以改以實際觀察水位變化來得到入滲速率。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>建議於蒸發皿上方加置可遮蔽的屋頂，排除降雨影響，另把濕度也納入計算，如此或可得到比較精確的數據。</li> <li>「105年夢幻湖生態保護區地形量測計畫分析報告」推算湖體每年單位面積平均淤積高度為2公分，此數值似乎偏高，須考慮為前後測量基準點不同造成誤差。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>實測數據發現降雨時蒸發量為負值，未降雨時蒸發量為正值，故本研究捨棄降雨時的蒸發數據。</li> <li>該計畫是採用e-GPS及全測站經緯儀進行地形測量，並與96年測量作業一樣，採用內政部公告鄰近夢幻湖生態保護區之一等水準點2099、2100、2101等點位，作為控制基準之用。在前後期採用相同基準點之基礎下，進行地形變化分析，就測量的理論而言具有可靠度。另根據林幸助教授的研究發現，本區的地形沖淤在短期內尚存在季節性變化。</li> </ol>
<h3>三、高課員千雯</h3>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>本報告書尚有部份錯漏字，再請貴團隊參考本處校對文件修正。</li> <li>本報告書中「滲漏」和「入滲」2詞偶有混用，請問兩詞彙意義有無不同？</li> <li>本處於夢幻湖架設的氣象站資料未納入報告書中，是否數據不適用？</li> <li>報告書第26頁敘及「濕地的西面及東北方有發現幾處裂隙，當水位高於裂隙時湖區南面的山麓觀察到出流水」請問這是現地觀察發現或是引用過去研究資料？若是實地觀察到，請記錄其正確位置。</li> <li>建議事項第2、3項有關建立單位歷線和量化逕流量-體積-水位的關係，需要再多做哪些項目的調查？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>謝謝提供錯漏字修正意見，已逐字修正於成果報告中。</li> <li>已統一為「入滲」(infiltration)。</li> <li>月平均氣溫的部分已納入表格中。</li> <li>本團隊確實在濕地的西面及東北方發現幾處裂隙，西面的裂隙是根據張文亮老師建議找到一疑似地點，後續會測量裂隙高程和水位資料相互比對，但關於「湖區南面的山麓觀察到出流水」僅為推測，會再修正成果報告內容。</li> <li>目前已有地形量測的數據，因此可以推算水位和水深，再加上測得的逕流量，即可得到逕流量—體積和水位的關聯。單位歷線的部分，須將逕流測量時間拉長，單點做數次以上，因此涉及降雨的時間長短和時間點，未必能取得完整數據，另外入滲速度尚須參考底質分析，因此需仰賴其他的調查結果。</li> </ol>
<h3>四、主席結論</h3>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>請業務單位再次確認105年所做地形量測結果是否正確。</li> <li>期末報告通過，請依討論意見修正報告書內容。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>關於地形量測資料的疑義，會再請教負責執行的黃國文博士。</li> <li>感謝肯定，均依委員審查意見進行報告內容的修正。</li> </ol>

## 參考書目

1. Boumans, R., and J.W. Day, Jr. 1993. High precision measurements of sediment elevation in shallow coastal areas using a sedimentation-erosion table. *Estuaries* 16:375-380.
2. Chow, V.T., 1959, Open-channel hydraulics, McGraw-Hill, New York.
3. Chow, V.T., 1988, Applied hydrology. McGraw-Hill book company, Singapore.
4. Schoot, P. M. and J.E.A. de Jong. 1982, Sedimentatie en erosiemetingen met behulp van de Sedi-Eros-Tafel (Set).
5. Shih, S.S., G.W Hwang, H.L. Hsieh, C.P. Chen, Y.C. Chen, 2015, Geomorphologic dynamics and maintenance following mudflat, creek and pond formation in an estuarine mangrove wetland, *Ecological Engineering*. 82: 590-595.
6. Wu, W., S.S.Y. Wang, 2004, A depth-averaged two-dimensional numerical model of flow and sediment transport in open channels with vegetation, in *Riparian Vegetation and Fluvial Geomorphology*, 253-265.
7. USGS , <http://www.pwrc.usgs.gov/set> 。
8. 內政部，2013，陽明山國家公園計畫(第三次通盤檢討)計畫書。
9. 江介倫、許駿騰、胡茵婷、吳若穎，2009，地理資訊系統及 HEC-HMS 應用於中小集水區降雨逕流模擬，*坡地防災學報* 8(2)：29-44。
10. 李光敦，2002，*水文學*，五南圖書出版股份有限公司。
11. 宜蘭縣政府，2012，101 年無尾港濕地水文收支監測及分析。
12. 張格綸，2007，應用蒸發皿係數推估地區蒸發散量之研究，成功大學資源工程學系碩士論文。
13. 張德鑫、梁庭維，2011，紅壤土之入滲試驗及參數推估，*農業工程學報* 57:37-48。
14. 陳德鴻，2008，夢幻湖臺灣水韭原棲地保育監測及維護計畫，陽明山國家公園管理處研究計畫。
15. 陳德鴻，2009，夢幻湖臺灣水韭原棲地保育監測及維護工作，陽明山國家公園管理處研究計畫。
16. 陳德鴻，2010，夢幻湖臺灣水韭原棲地保育監測及維護工作，陽明山國家公園管理處研究計畫。

17. 陳德鴻等，2007，夢幻湖長期生態監測與臺灣水韭復育研究計畫，陽明山國家公園管理處研究計畫。
18. 游雅婷，2012，環境因子和人為干擾對夢幻湖濕地臺灣水韭的影響，國立臺灣大學博士論文。
19. 陽明山國家公園管理處，2014，陽明山國家公園集水區經營管理策略及架構探討。
20. 陽明山國家公園管理處，2015，陽明山國家公園夢幻湖生態保護區棲地調查與監測。
21. 陽明山國家公園管理處，2016，105 年夢幻湖生態保護區地形量測計畫分析報告。
22. 賴威宇，2004，現地導水度試驗評估，國立交通大學碩士論文。
23. 中央氣象局網站，<http://www.cwb.gov.tw/V7/index.htm?member=5886269>。
24. 行政院環境保護署網站，<http://wq.epa.gov.tw/Code/Business/Standard.aspx>。
25. 經濟部中央地質調查所網站，<http://gis.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/index.cfm>。
26. 經濟部水利署網站，<http://www.wra.gov.tw>。