

10208

雪霸國家公園及鄰近地區高山水池底棲生物研究

102年度雪霸國家公園管理自行研究報告

雪霸國家公園及鄰近地區高山水池底棲生物研究

102年度雪霸國家公園管理自行研究報告

雪霸國家公園及鄰近地區
高山水池底棲生物研究

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國 102 年 12 月

102-301020500-G0007

雪霸國家公園及鄰近地區 高山水池底棲生物研究

研究與執行人員：楊正雄

雪霸國家公園管理處自行研究報告

中華民國 102 年 12 月

目次

表次.....	II
圖次.....	III
摘要.....	IV
ABSTRACT.....	VI
第一章 前言.....	1
一、研究緣起.....	1
二、研究地點.....	1
第二章、研究方法.....	2
一、湖泊與水池的基本資料建立.....	2
二、水質測量.....	2
三、水域底棲生物採集.....	2
四、文獻資料蒐集與比較.....	2
第三章、結果.....	3
一、基本測量.....	3
二、水質分析.....	5
三、底棲生物（水棲昆蟲、軟體動物及環節動物）.....	5
四、雪山高山湖泊底棲生物的變動.....	13
五、高山豌豆蠅的族群分布與密度評估.....	14
第四章、結論與建議.....	16
第四章、結論與建議.....	17
一、結論.....	17
二、建議.....	18
第五章、參考文獻.....	19

表次

表一：翠池地區歷次調查基本資料統計表.....	20
表二：翠池地區歷次調查水質比較統計表.....	21
表二：翠池地區歷次調查水質比較統計表（續）.....	22
表三：雪山西南稜(大小劍路線)歷次調查水質比較統計表.....	23
表五：合歡山地區豌豆蜆採集調查水質比較統計表.....	25
表六：翠池地區底棲生物組成數量與比例統計表.....	26
表七：雪山西南稜、四秀及合歡山地區水池底棲生物組成數量統計表.....	27
表八：本研究調查與文獻（鹿野與吉村，1934）所採集到的底棲生物組成比較表.....	28
表九：翠池、黑水塘、天巒池及品田池豌豆蜆密度、殼長及總數估計比較表.....	29

圖次

圖一：本研究調查地點—雪霸園區內（翠池、大小劍、四秀）及合歡山山區高山水池分佈圖	30
圖二：翠池高山豌豆蜆 2013 年歷次採集殼徑分布數量圖	31

摘要

關鍵詞：雪霸、高山湖泊、底棲生物、翠池、豌豆蚬

一、研究緣起

高山水池與湖泊因地處偏僻，不易到達，因此並未受到太多人為干擾，自成一個完整的生態體系。但也因高山湖泊的水源不穩定，受到季節雨量影響，因此其中的生物也通常呈現十分特殊的狀況，與一般水域環境的生物組成大不相同。本計畫延續 2011 年的研究，透過一年的時間，持續性的針對雪霸園區及其周遭高山湖泊進行普查工作，並針對豌豆蚬 (*Pisidium cinereum*) 進行更仔細的研究，瞭解各水池的底棲動物組成與差異，以做為未來保育經營管理及遊憩使用的基礎資料，並瞭解近年來氣候變遷可能帶來的衝擊。

二、研究方法及過程

測量取得各個高山湖泊與水池的基本資料，包含當時水池的長、寬與深度，並判斷底質類型，及周邊環境棲地類型。並採集水樣進行水質測量及水域底棲生物採集工作。並帶回實驗室以光學顯微鏡進行檢視分類。此外也蒐集歷年雪山地區與全台其他各地高山湖泊的相關文獻資料，以瞭解園區內與台灣其他地方高山湖泊生物組成差異的狀況。

三、重要發現

重要發現說明如下：

1、翠池及其周邊地區底棲生物共計發現水棲昆蟲 7 科 10 種，軟體動物 1 科 1 種及環節動物 1 科 1 種。水棲昆蟲在緩水域以搖蚊類的數量最為優勢，其次是沼石蛾科，在流水域則以黃石蠅的數量最多。但調查發現除翠池終年有水外，其他都是會完全乾枯的

2、雪山西南稜（大小劍路線）的水棲昆蟲共計調查發現到 3 科 4 種，並未採集到其他環節和軟體動物。但與 2010 年調查資料相較，多紀錄到泰雅晏蜓 (*Aeshna petalura taiyal*) 及褐紋石蛾 (*Oligotricha* sp.) 兩種大型種類。四秀路線的水棲昆蟲共計調查發現到 6 科 6 種，品田池首次記錄到豌豆蜆。新達池的複查結果與 2005 年的底棲生物組成相同。

3、調查發現，翠池的豌豆蜆分佈主要在池中最深的地區底質偏好泥質地形。密度分佈約 27-35 個/公升，而本年度因為嚴重乾旱，降到 5-20 個/公升。殼徑長頻度圖顯示，在翠池中的豌豆蜆主要由三個齡級所構成，且 10 月可能是小蜆的主要發生季節，但其機制仍不清楚。

4、比較翠池歷次及合歡山地區(黑水塘及天巒池)採集高山豌豆蜆殼徑可以發現天巒池和黑水塘的豌豆蜆其最大殼徑都比翠池的小得多。其平均(天巒池 $\text{mean}=3.72\pm 0.63$ ，黑水塘 $\text{mean}=3.48\pm 0.8$)，也比翠池歷次調查或是全部合計 ($\text{mean}=3.87\pm 1.02$) 來得略小些，且各次採集組成的變異也比較小。

四、主要建議事項

依據本年度的調查結果建議如下：

長期性建議—持續監測高山湖泊的生物狀況，並選定具有代表性的湖泊(如：翠池)或是物種(如：豌豆蜆)進行長期性的監測，以瞭解氣候變遷及遊客使用等課題對高山生態環境的潛在性影響。

主辦機關：雪霸國家公園管理處

ABSTRACT

Keywords: Shei-pa, alpine pool, benthos, Ts'-ui lake, Pisidium

Alpine lake and pool become a unique habitat because of the remote districts that not easy to reach and without human disturbance. And the composition of benthos are very different from pool located at the lowland because of the area changed depends on the season and rainfall. The project will to collect the data of benthos composition and difference living at the alpine pool around the Shei-pa National Park and do more detail research to *Pisidium cinereum* in another one year since 2010. All the data will be used to the basal concept of the conservative administration to alpine pool and to know the potential impact by climate.

To measure the pool data including length, width and water depth, judge the substrate type and around habitat, then measure water quality as water temperature, pH and DO and collect water and benthos sample for analysis at laboratory. This project also collected all related reference data for comparison.

Until now, the Ts'ui pool recorded 7 families and 10 species aquatic insects, 1 family and 1 species molluscan, and 1 family 1 species annelid. The Chironomidae is the most dominant aquatic insect in steady pool and the Limnophilidae is the second. The yellow stonefly is the most dominant aquatic insect in riffle habitat. Only Ts'-ui pool always cover water, others around Ts'-ui pool will be drain at dry season.

Collection along Dasiajian Trail found 3 families and 4 species aquatic insects, no molluscan and annelid found, but two new big insects *Aeshna petalura taiyal* and *Oligotricha* sp. recorded since 2010. Collection along Quadruple Mountains Trail found 6 families and 6 species, including *Pisidium cinereum* that new recorded at Pintian pool.

Pisidium cinereum around Ts'-ui pool preferred deepest region with muddy substrate. The density is 27-35 specimens per liter in 6 different collection since 2010~2102, but density

decrease to 5-20 specimens per liter to in 2013 collection. It make sure 3 year-class according to the frequency plot of shear length and newborn shell add into the population in October but need more research to confirm the mechanism.

Comparison of shell length of molluscan among Ts'-ui pool, Hei-shui-tang (black pool) and Tian-luan pool revealed that *Pisidium cinereum* located at Ts'-ui pool longer in length and more variable in statistic than at Hei-shui-tang (black pool) and Tian-luan pool.

We suggest to monitor benthos composition of alpine pool and to choose representative pool (for example: Ts'-ui pool) or species (for example: *Pisidium cinereum*) for long time monitoring in order to know the potential impact of climate and tourists.

第一章 前言

一、研究緣起

雪霸國家公園為台灣第三座山岳型國家公園，座落於台灣中北部山區，範圍跨越苗栗、新竹與台中三縣，以雪山山脈的冰斗地形及大霸尖山的獨特山形而聞名，區內有超過 50 座 3000 公尺以上高山林立，因為地勢陡峭且稜線起伏，湖泊隱匿其中，面積較大者稱之為湖，較小者則以池稱之。這些湖泊有些被當作高山縱走或登山健行的重要水源，例如：翠池、新達池、瓢箪池等。但有更多是草原上不知名的看天池（吳永華，2002）。這些高山水池與湖泊因為地處偏僻，不易到達，因此並未受到太多人為干擾，自從一個完整的生態體系。但也高山湖泊的面積與水源通常不定，會隨季節而改變，因此其中的生物也通常呈現十分特殊的狀況，與一般水域環境的生物組成大不相同。這些水池如果環境夠穩定，也常成為生物的庇護所。例如：以往在南橫天池被紀錄到豌豆蜆（*Pisidium cinereum*）的分布，這種在台灣僅分布於高山地區的淡水小型雙枚貝在溫帶地區卻十分常見，並且廣泛分布在平地水池，台灣的豌豆蜆如何而來，也是個值得深入討論的課題。目前在南橫天池（海拔 2000m）（張等，1978）、阿里山姊妹潭（海拔約 2200m）以及七彩湖（海拔 2900m）（何等，1997）、合歡山區的天巒池（海拔約 2900m）（林，1999）等都有發現記錄。在雪山翠池（海拔 3500m）則在 2004 年個人調查中首次發現。翠池內發現的豌豆蜆數量相當豐富，湖沼底泥的表面即可發現不少個體停棲。除了豌豆蜆之外，高山水池中也有其他底棲生物，例如：泰雅泰雅晏蜓（*Aeshna petalura taiyal*）等特有亞種生物，都曾經在本園區內被紀錄到。

惟高山湖泊由於距離遙遠，加上需背負裝備前往，並不容易隨時抵達，因此在調查上十分不容易，所得的資料通常也較為零碎，本計畫延續 2010 年的調查，透過一年的時間，持續針對雪霸園區內的雪山山脈進行高山湖泊的普查工作，瞭解各水池的底棲動物組成與差異，以做為未來保育經營管理及遊憩使用的基礎資料。近年來氣候變遷議題及其引發之效應逐漸受到關注，對這些中高海拔的水池來說，其衝擊更為直接，透過這些高山湖泊水域內的指標種類進行長期的調查也可用於瞭解氣候變遷帶來的可能衝擊，並且及早做出因應措施。

二、研究地點

本研究地點針對雪霸國家公園境內及其鄰近地區，海拔 2000 公尺以上區域各處高山水池及湖泊進行底棲生物調查工作。2010 年已經完成翠池地區的調查。2012 年則除了持續針對翠池地區的監測之外，也已完成雪山西稜（大雪山路線）及雪山西南稜（大小劍路線）的調查工作，並針對豌豆蜆進行較為詳細的比較，當時也同步前往合歡山區進行幾個確定有豌豆蜆分布的水池進行採集及比較工作，採集地點包含碧池、天巒池及黑水塘等共三個地點。2013 年的研究則完成四秀線（桃山及品田）的調查工作，亦針對翠池的豌豆蜆進行比較密集的採集與測量分析。調查區域如圖一所示。

第二章、研究方法

一、湖泊與水池的基本資料建立

除了以 GPS 定位記錄座標之外，並記錄調查當時水池的長、寬與深度，並判斷底質類型，及周邊環境棲地類型。

二、水質測量

視高山湖泊位置及路線困難程度，以攜帶儀器或攜帶水樣回來檢測方式，監測各水池於調查當時的水質狀況。預計針對水溫、溶氧（DO）、酸鹼度（pH）及導電度進行測量。

三、水域底棲生物採集

分析篩（Bunsekifurui 的 Mesh No.50 型式分析篩，網孔大小為 0.297mm，即 35 目，直徑 2d=20.2cm）進行採樣。並以鏝子將所捕獲的所有生物直接浸泡於 70% 的酒精中，帶回實驗室以光學顯微鏡進行檢視分類。

四、文獻資料蒐集與比較

蒐集歷年雪山地區與全台其他各地高山湖泊的相關文獻資料，以瞭解園區內與台灣其他地方高山湖泊生物組成差異的狀況。

第三章、結果

各項調查結果說明如下：

一、基本測量

1、翠池地區

彙集 2010 年及 2011 年在翠池及其周邊地區完成的調查結果。除了一般登山團體最為熟悉的翠池之外，亦針對楊及王（1991）曾經報導過的上翠池、中翠池及下翠池等區域進行調查。各項湖泊基本測量（長度、寬度與水深等）結果如表一。測量的地點包含翠池、上翠池、下翠池，其中翠池在 2011 年 5 月份調查時是滿水位。長寬分別達到 55 公尺及 16 公尺，最深的水位則有 66 公分，平均水深則在 20 公分左右，水滿溢出往山谷流去，成為大安溪的上游。6 月份調查時水位則稍低，長寬減少至 36.4 公尺及 16.4 公尺，最高水深則有 62 公分，仍有溢流狀況，但水位明顯降低。與 2004 年 11 月的調查結果在低水位（長寬分別為 9.5 公尺及 2.9 公尺，最深水位為 25 公分）相較，恰好是兩個極端的狀況。翠池的底質主要是碎板岩所組成，平均鋪平在底部。不過枯水期的時候，僅會在最深處的地方還可以保有水源，此時的底質明顯是細緻的泥巴底質。2013 年度調查的翠池水位，在 3 月份時接近完全枯水位，僅在最中間的地方還可以保有 3 公分左右的水深，是歷年來各次調查所紀錄到的最低水位，周邊較淺的地方在當時都已經變成泥灘地。

下翠池在 2010 年 6 月 30 日調查時正好遇到滿水位，長寬分別是 22.3 公尺及 10.6 公尺，水深水位 32 公分，平均水深則在 28 公分左右。但 2010 年 7 月 3 日回程時則發現到已經完全乾涸。顯示下翠池本身是個十分不穩定的水池。

上翠池、中翠池則與下翠池有一樣的狀況，2010 與 2011 年多次調查時都是乾枯的狀況，片影像資料，僅在大豪雨過後可以暫時保持水源，平常都是乾涸水池，因此並無測量採樣之必要。

針對楊及王（1991）報導在翠池與下翠池間從在兩個水池，本研究亦嘗試在附近進行搜尋。搜尋結果在鄰近地區確實發現到兩個類似翠池地形的平台，但是前往調查當時也因都無積水，因此無法形成穩定的水池，因此並未採集及測量，僅記錄座標（表一）。下翠池、上翠池與兩個平台的底質都是草地與泥地為主，僅在最中間的地方有大塊板岩所組成。

2、雪山西稜（大雪山路線）沿線

本研究於 2011 年 4 月在進行西稜保育巡查工作時，也針對西稜沿線進行水池尋找及調查工作。不過該路線的水源都是伏流水流出或是表面徑流形式（如：弓水伏流池及奇竣伏流池），並非本研究目的之靜水域水池。因此並未針對此路線之採集結果進行各項比較。

3、雪山西南稜（大小劍路線）沿線

西南稜的調查在 2012 年 10 月進行，包含三個登山路線會經過的水池：推論池、油婆蘭池及完美谷水池進行採集。其中完美谷水池在採集當下，並沒有任何儲水，由現場看來，雖然可能會有 2 個儲水空間，但可能只有雨季豐水季節會有短暫水源。經詢問數位志工及登山客，也說沒有

看過有水的時候。推論池及油婆蘭水池調查結果說明如下：

推論池（T97 二度分帶座標為：271973，2689414，海拔高度為 2819 公尺）在一般登山遊客紀錄中，並非穩定的水源。本次調查在 2012 年 10 月 8 日進行，有兩個水池，兩個看起來都有陸化的狀況，其中南側水池較為嚴重，且面積較小，因此採集是針對北側水池進行。估計長度與寬度約在 25 公尺及 10 公尺，水深最深約 25 公分，平均水深約在 17 公分左右。底質是箭竹竹葉及泥所形成的泥地為主。

油婆蘭水池（T97 二度分帶座標為：270886，2690886，海拔高度為 3283 公尺）為南北向水池，本次調查亦在 2012 年 10 月 8 日進行。估計長度及寬度各在 14.4 公尺及 2.4 公尺左右。最大水深約在 28 公分左右。底質為泥與箭竹，但可見一些石塊。

4、雪山四秀稜線（四秀路線）沿線

四秀的調查在 2013 年 10 月進行，該步道為環形路線，包含三個登山路線會經過的主要水池：桃山黑水塘、新達池及品田池。其中桃山黑水塘位於桃山步道旁，T97 二度分帶座標為：281100，2701542，海拔高度為 2732 公尺），宥於時間，僅採集水樣分析，並未採集底棲生物。新達池及品田池調查結果說明如下：

本研究稱新達池（T97 二度分帶座標為：278339，2702710，海拔高度為 3178 公尺）位於品田步道 1.7K 里程碑處附近，也在新達山屋東方約 60 公尺處，因為在池有山及品田山之間的鞍部有許多小水池，該池屬於面積較大的一個水池，水池北方有一排冷杉林。但地圖上有時會把該池稱為亞美池，而將步道 1.8K 里程碑處附近的一個大面積水池稱為新達池。本人在 2005 年 11 月 12 日時曾經針對新達池及鞍部中間多個水池進行過水質及底棲生物採集，該次採集結果顯示新達山屋旁的這個大水池的生物相種類是比較多元豐富的，因此此次採集僅針對該水池進行複查。估計長度與寬度約在 40 公尺及 20 公尺，水深最深超過 1 公尺，但整個底部呈現碗形，北側較南側深，西側較東側深。底質是冷杉枝條、樹幹及泥所形成的泥地為主。

品田池（T97 二度分帶座標為：277475，2702602，海拔高度為 3395 公尺）位於品田山前鋒約東北方 150 公尺鞍部處，水池大致呈現南北向，周邊為冷杉林包圍，並有許多冷杉斷枝殘幹在水池裡，本次調查在 2013 年 10 月 20 日進行。估計長度及寬度各在 15 公尺及 4.5 公尺左右。水深約在 26 公分左右，但底泥層可達 40 公分以上。底質主要為泥、箭竹及冷杉果葉等。

5、合歡山地區（天巒池、碧池及黑水塘）

合歡山區因為是草原地形，加上其當地氣候特徵，其實有許多看天水池，不過因本山區主要是作為本研究的參考對照區域，因此並未針對整個山區進行普查，只有特定針對碧池、天巒池及黑水塘等已經確認或是傳說有豌豆蜆分佈的區域進行採集。水文各項調查結果說明如下：

碧池（T97 二度分帶座標為：278866，2674673，海拔高度為 3279 公尺）因其形狀又被稱為臺灣池，在合歡北峰與小風口登山口間的冷杉林包圍。該水池長度與寬度的估計約在 60 公尺及 30 公尺左右。水深估計在 2 公尺以上。底質除了泥沙之外，還有很多傾倒的冷杉木頭及枝葉。

天巒池（T97 二度分帶座標為：278899，2677759，海拔高度為 2920 公尺）在合歡北峰及武法奈尾山的鞍部之間。周邊是冷杉林及玉山箭竹草坡的交界帶。該水池長度與寬度的估計在 100 公尺及 30 公尺左右。最大水深約在 1 公尺左右，但底泥深度可能超過 1 公尺。湖中亦有很多傾倒的冷杉木頭及枝葉。

黑水塘（T97 二度分帶座標為：281765，2668418，海拔高度為 2751 公尺）位於奇萊主峰及

登山口之間的鞍部，位於奇萊主峰登山路線黑水塘山屋的旁邊。周邊都是冷杉林。該水池長度與寬度估計分別約 40 公尺及 20 公尺，最大深度約 30 公分，但淤泥深度也超過 30 公分。底質除了泥及細礫石之外，亦有很多杜鵑葉子及冷杉木頭及枝葉。

二、水質分析

水樣採集的水質分析結果則分別整理如表二（翠池區域）、表三（大小劍路線）表四（四秀路線）及表五（合歡山區域），包含 2004 年以來迄今的各次水質分析結果，都是由本處的高山志工陳盛燮先生協助完成的。另外翠池資料亦包含鹿野等（1934）及陳等（1997）的早期水質資料進行比較。

近年各次的水質調查都有比較完整的分析，但因為是想檢測各高山水池作為登山水源的乾淨與否，因此在重量允許的情況下，會將水樣進行檢測項目包含各類重金屬及生化需氧量

（B.O.D）、氨氮、硝酸鹽、硫酸鹽、大腸桿菌、總菌落數等都是偏向於飲用水指標為主。檢測結果顯示各水池無論在低水位或是高水位時期的水質狀況都不會太差，重金屬的含量大多也都在標準值以下。

與歷年檢測項目比較，酸鹼度（pH）和溶氧（DO）是比較可以進行跨年度比較的項目。以 pH 來說，翠池的 pH 都在 5.6 至 6.9 之間，一般來說高山湖泊可能會偏向酸性，甚至有水質酸化的危機（陳等，1997），不過翠池的 pH 歷年變化看來，都還在穩定的範圍內，即使相較其他高山湖泊，pH 也相對較為「不酸」（陳等，1997）。溶氧則都在 6.4 以上，也並不算低，並且湖泊中的生物種類與密度都不算高，因此溶氧消耗也不算多。不過除了翠池較為穩定之外，其他水池如西南稜路線的推論池及油婆蘭水池，四秀路線的新達池等，歷年資料都有 pH 較低，呈現水質偏酸的情況，可能需要特別注意。合歡山區的天巒池則較偏鹼性。

三、底棲生物（水棲昆蟲、軟體動物及環節動物）

本研究調查包含翠池及其周圍、雪山西南稜（大小劍路線）、四秀路線與合歡山區所採集到的水棲昆蟲分別如表六及表七。翠池周圍區域為 2011 年以前歷次採集調查結果之整理比較，周圍各區域湖泊中以翠池採集到 3 科 5 種最多。2010 年 6 月與 2004 年 5 月所採集到種數相同，不過搖蚊的種類各有一種不同於另一年度，但無論是那一種類所採集到的數量都不多。主要優勢種類是沼石蛾科的奇異沼石蛾（*Limonophilus alienus*）。另外，在翠池的溢流水道中亦在豐水期時（2010 年 6 月）進行過一次採集，共採集到 5 科 5 種，其中和翠池的種類僅有奇異沼石蛾是相同種類，但溢流水道的數量發現不多，可能是由翠池水池區所擴散而來。溢流水道所發現的最優勢種類為黃石蠅科，和翠池水池地區的優勢種類完全不同，而這些密度極高的黃石蠅在溢流水道變成乾枯之前，是否來得及完成羽化，離開翠池地區，值得存疑。

下翠池地區在 2010 年 6 月調查時為滿水位，但並未採集到任何底棲生物，僅在 2010 年 7 月完全乾枯時在石堆底下採集到接近羽化的石蠶一尾，經檢視判定為短尾石蠶科，但種類仍待鑑定。至於上翠池及另外兩個水池，則並未發現任何底棲生物個體。

翠池區域中除了水棲昆蟲之外，軟體動物則僅在翠池持續發現到豌豆蜆一種。環節動物則曾經紀錄過顫蚓一種。2010 年 6 月針對溢流水道的調查中並未發現到豌豆蜆，但有採集到顫蚓個

體。

雪山西南稜的水棲昆蟲共計調查發現到 3 科 4 種，油婆蘭水池的種類較推論池來的多，推論池僅採集到搖蚊 1 種及 1 種高山湖泊常見的特有亞種大型蜻蛉目種類：泰雅晏蜓(*Aeshna petalura taiyal*)，油婆蘭水池則多紀錄到奇異沼石蛾 (*Limnephilus alienus*) 及臺灣豆龍蝨 (*Agabus taiwanesis*) 的成蟲。除了水棲昆蟲之外，並未紀錄到環節動物和軟體動物。合歡山區的水棲昆蟲調查中，以黑水塘紀錄到 5 科 5 種較為豐富，另外天巒池和碧池都是 3 科 3 種。優勢種類都以紅搖蚊類群 (*Chironomus spp.*) 最多。泰雅晏蜓可在黑水塘及天巒池中發現；臺灣豆龍蝨則在碧池和黑水塘被發現到。黑水塘則除了其他水池都有見到的沼石蛾外，另有一種大型的石蛾科褐紋石蛾 (*Oligotricha sp.*) 種類被發現。

四秀路線的水棲昆蟲共計調查發現到 6 科 6 種。其中新達池本次的調查與 2005 年的結果在種類數相同，並未有所差異，其優勢種類以紅搖蚊類群 (*Chironomus spp.*) 最多，其次是奇異沼石蛾 (*Limnephilus alienus*)。品田池則為今年度新紀錄到豌豆蜆的水池，其共域種類為紅搖蚊類群 (*Chironomus spp.*) 及奇異沼石蛾 (*Limnephilus alienus*)。

除了水棲昆蟲之外，在黑水塘及天巒池還有紀錄到軟體動物的豌豆蜆種類，且數量上並不算少。以往文獻中有豌豆蜆採集紀錄的碧池 (林等, 2006)，本研究採集則並未發現。

針對本研究各區域所發現的較重要種類說明生活習性與照片如下：

1、 襁翅目：黃石蠅科 (*Chloroperlidae*) *Haploperla sp.*

稚蟲的長度約在 15mm，石蠅的稚蟲一般來說活動力十分快速，也喜歡在乾淨流水域活動為主。文獻提及在功能攝食群的類別上，此屬在食性上為捕食其他底棲生物的獵食者 (Predator)。本屬在該區域的數量密度十分驚人，不過大多數個體的體型都不大，也未見到較成熟的個體，這可能跟發現該稚蟲分佈的水域屬不穩定水域有很大的關係。本種僅在翠池的溢流水道中被紀錄過。



2、毛翅目：沼石蛾科 (*Limnephilidae*) 奇異沼石蛾 *Limnephilus alienus*

稚蟲的體長最長約 18mm，腹部的背及側方有膜質突起，可以幫助鉤結筒巢，分布在上游細

流或是源頭的緩流環境。筒巢為圓筒狀，由砂粒、圓柏針葉、果實碎片及其他有機物黏附在分泌物內膜所構成，相當脆弱易碎。文獻提及在功能攝食群的類別上，此屬多為碎食者（Shredder），因此其覓食策略應為在翠池底部四處漫遊尋找大型葉片，一邊組成巢材植物碎片，但也幫助植物形成碎片供其他生物使用。但石蛾本身可能在某種程度上也同時扮演集食性採食者（Gathering Collector）的角色。此種在各區域的湖泊中都有紀錄，不過並非每個水池都有。



3、毛翅目：石蛾科（Phryganeidae）褐紋石蛾 *Agrypnia* sp.

此種石蛾屬於大型種類，此科的大多數成蟲都十分鮮豔美麗，例如同科但另一屬的豔色褐色石蛾 *Ebasillisa regina* 是台灣地區所有石蛾中最為大型且最為漂亮的種類。幼蟲的全長約在 27mm 左右，與 *Perissoneura* sp. 雷同，在腹部的背及側方亦有膜質突起，可以幫助鉤結筒巢，分布在河川上游緩流區或是湖沼環境。腹部體節的氣管鰓十分發達，前肢較後者明顯大得許多，會將植物葉片（箭竹）切成柵狀後再組合成大型圓桶狀的可攜帶巢躲藏其中。在功能攝食群（Functional Feeding Groups, FFGs）的類別上，此屬則應為碎食者（Shredder）的角色。本種在 2005 年及 2013 於新達池的調查中都有紀錄，但在翠池周圍並未有紀錄，西稜及西南稜各次採集亦無發現，奇萊黑水塘水池則在 2012 年有發現紀錄。



4、雙翅目：搖蚊科 (Chironomidae)，共記錄過三種以上不同搖蚊稚蟲

A、搖蚊 Chironominae 亞科 *Chironomus* sp.，屬於體型較大的搖蚊種類，體長約 12mm，頭部為紅褐色，眼兩對分離，體色為明顯的紅色，故俗稱紅搖蚊，是屬於強腐水性的代表物種。在各水池中都是屬於最為優勢的種類。

B、搖蚊 Chironominae 亞科 *Micropsectro* sp. 體型明顯較小，體長約 7mm。體色為深褐色，頭部為黑色，具有明顯而長的觸角。

C、搖蚊 Tanypodinae 亞科 *Apsectrotanypus* sp. 體型與 *Chironomus* sp.類似，長度約 12mm。體色亦為紅色，頭部為淡褐色。與 *Chironomus* sp.最大的不同在於頭部觸角可以伸縮，眼兩對不分離。

以上三種搖蚊都會掘泥洞躲藏在湖泊底部的泥層中，在功能攝食群的類別有所不同，*Chironomus* sp.與 *Micropsectro* sp.都歸類在集食性採食者 (Gathering Collector)。◦*Apsectrotanypus* sp.由文獻來看是屬於掠食者 (Predator)，不過實際以顯微鏡觀察其胃含物，可能還是以集食性採食者 (Gathering Collector) 為主要，以有機碎屑為食物來源。





5、鞘翅目：龍蝨科 (Dytiscidae) 台灣豆龍蝨 *Agabus taiwanesis*

小型龍蝨，頭背部具有兩個明顯的橘色圓點，體長小於 10mm，約 6mm 左右，後足具有游泳足，可以在水中快速移動，幼體為完全水生，而成體由於利用空氣薄膜的腹甲呼吸 (Plastron Respiration)，因此一段時間就必須浮到水面上進行換氣，也可利用鞘翅飛行離開原棲息地。肉食性，會潛至底層捕抓搖蚊稚蟲或顫蚓為食。由於篩網採集方法無法捕抓到龍蝨，因此辨識用的標本個體是以網具直接進行撈捕所獲得，龍蝨 (成蟲) 雖然分布在許多湖泊中，例如：雪山山脈的翠池、新達池、大小劍路線的油婆蘭水池以及中央山脈合歡山區的碧池、黑水塘等都有紀錄，但在各湖泊中的分佈數量都不多。且各水域的各次調查都未有採集到龍蝨幼體的紀錄。





6、蜻蛉目：晏蜓科 (Aeshnidae) 泰雅晏蜓 *Aeshna petalura taiyal*

大型蜻蛉目水棲昆蟲，為台灣特有亞種。體型甚大，通常是各高山湖泊中體型最大的水棲昆蟲。本種的食性為肉食性，白天有時會潛伏在底泥中，一段時間才在外伺機捕食，2005 年在新達池時即曾觀察到幼蟲在夜間捕抓石蠶幼蟲吸食的情形。不過本研究在推論池和油婆蘭水池的調查時，發現該兩水池的泰雅晏蜓密度很高，且有很多幼蟲不斷在水體中游泳尋找食物的狀況。林斯正 (1997) 中對泰雅晏蜓的型態與生活史有十分詳盡的描述與說明，當時林的研究指出本種幼體曾在小雪山天池 (海拔 2530m)、阿里山姊妹潭 (海拔 2100m)、七彩湖 (海拔 2900m)、溪南山池 (海拔 2600m) 等地記錄過。成體的分布則較為廣泛，目前由自然攝影中心依據網友熱心彙整的拍照影像所匯集的資料 (<http://nc.kl.edu.tw/bbs/showthread.php?p=371176>) 顯示，成體其分布遍及苗栗縣 (觀霧)、台中市 (小雪山天池、鞍馬山、大雪山、橫嶺山隧道、福壽山農場、武陵、梨山、松茂推論池)、南投縣 (合歡山區、小風口、松嶺、梅峰農場、鳶峰停車場、松雪樓停車場、夫婦池、地獄池、合望山、石門、新人崗、松崗、北東眼山、合歡山奇萊山登山口、天鑾池、塔塔加、杉林溪遊樂區)、嘉義縣 (阿里山、姊妹潭、自忠、奮起湖)、高雄縣 (藤枝溪南山)、宜蘭縣 (加羅湖、偉蛋池、嘉蘭池、給給池、翠峰湖、神秘湖)、花蓮縣 (松雪樓、碧綠神木、新白楊、關原、奇萊山登山口、七彩湖)、台東縣 (向陽) 等區域。幾乎台灣的雪山、中央山脈北中南各段及阿里山山脈都曾經有過記錄，不過至少需在海拔 1500m 的山地區域，為台灣所有現有已知蜻蛉中分布海拔最高的種類。由於本種的生活史主要侷限在高海拔地區，且其分布和其他各地的大陸亞種 (*Aeshna petalura petalura*) 親戚呈現不連續的分布，因此本種極有可能亦是冰河子遺物種之一 (林斯正, 1997)。本種由於分佈在較為寒冷的高海拔山區水池，因此其生活史有許多不同於其他蜻蛉目的特殊習性，例如林斯正等 (2004) 最新的研究指出，本種雌蜓在夏季產卵，但卵的發育十分遲緩，以卵的形式越冬後在隔年的春季才孵化，屬於延遲發育型 (delayed development)。但因為各湖泊條件的不同而已 1 年一代或 2 年一代的不同情況。本研究的觀察發現，羽化殼蛻的長度可在 4~5 公分左右。



7、豌豆蜆科 (Pisidiidae) 高山豌豆蜆 *Pisidium cinereum*

淡水小型雙枚貝，殼長約 5mm，外型很像迷你的「蛤仔」，呈現光滑的淡黃色，外殼表面有十分細長的生長輪，殼薄易碎。以濾食有機碎屑為生，會以斧足潛藏至底部淤泥中。在溫帶地區十分常見，廣泛分布在平地水池，而在亞熱帶的台灣，則僅在高山湖泊地區有記錄。台灣最早的採集紀錄是在 1931 年即在雪山地區各次調查中有所發現，不過當時僅以未定名的 *Pisidium* sp. 記錄。黑田德米 (Tokubei Kuroda) 則在 1941 年依據於海拔 3300m 的畢祿山地區採集個體定名為台灣豌豆蜆 (*Pisidium taiwanese*) (Tokubei, 1941)。後來在南橫天池 (海拔 2000m) (張及林, 1978)、阿里山姊妹潭 (海拔約 2200m) 以及七彩湖 (海拔 2900m) (何等, 1997)、合歡山區的天巒池 (海拔約 2900m) 及碧池 (海拔約 3200m) (林, 1999) 等都有發現記錄，亦有報告指出立霧溪的上游上亦有分布，但可能是不同種類。在雪山翠池 (海拔 3500m) 則於 2004 年首次紀錄到。四秀地區的品田池 (海拔 3400m 左右) 則於本 (2013) 年度調查首次確認有所分布。目前發現翠池內發現的豌豆蜆數量相當豐富，湖沼底泥的表面即可發現不少個體停棲，但品田池的數量則相對來說少得許多。本研究前往比較調查的黑水塘及天巒池等，數量上亦不算少。



8、環節動物 顛蚓科 (Tubificidae)

體型細長，全長在 10mm 以下，種類待鑑定。顛蚓在分類上是屬於環節動物的貧毛綱，常見分布於河川中、下游富含有機物泥灘地，屬於水生蚯蚓的一種，通常成群聚集且數量可觀，因為體色為紅色，因此亦稱為「紅蟲」。平時棲息於泥中，並用黏液與黏土作成軟管，躲藏其中覓食，食用有機碎屑為主，尾巴並在水中持續擺動以增加氧氣吸收，因此可以生活在低溶氧環境。本研究中歷次採集僅於翠池有所發現，且紀錄到的數量都不多，僅有零星個體，主要潛藏在湖泊底部的泥層中。



四、雪山高山湖泊底棲生物的變動

由本研究中實際調查結果及登山客的經驗交流可以發現，絕大多數的高山湖泊本身都並非穩定的水域環境，若在旱季時無法獲得足夠的雨水補充，即有可能造成完全乾涸的狀況，例如本研究第一年針對翠池地區周圍的研究，發現上翠池、中翠池及下翠池以及周邊幾個窪地地形等都有這樣的狀況。本研究中調查時間最久的翠池，9年以來的不定期監測下，雖然水位豐枯之間的水位變化可以超過 50cm 以上，但至少仍未完全乾枯的情況下，仍可保有一定的水量作為底棲生物的庇護所，因此底棲生物組成也都十分穩定，並沒有大幅改變的狀況發生。

以較本研究長期以來在雪山地區數個水池調查的結果，與鹿野與吉村（1934）針對次高山湖泊的比較如表八所示，可以發現這近 80 年來的底棲生物狀況變化十分劇烈。鹿野與吉村（1934）當時的採集並未對底棲生物進行詳細的鑑種，但對類群的有效描述仍然提供十分有效的比較。當時的研究其實共調查過 10 個水池，本研究僅針對共同都有調查的翠池、下翠池、新達池、油婆蘭池及推論池等 5 個水池進行比較。雖然並沒有當時每個水池的環境照片和詳細的資料可以比對，位置因為沒有確定的點位座標，而無法完全確認，僅能由路線經過及文字的描述來大概作為比對，但對照兩個時代的資料，仍然可以發現一些湖泊歷經變遷的狀況。

各湖泊間的種類數雖然都不算多，但卻有相當大的組成變異。對照當時環境照片，看來和今日相近幾乎沒有太大環境變動的翠池，但鹿野與吉村（1934）當時並未採集到豌豆蜆及搖蚊類，當時有採集到豌豆蜆的區域是反而是在下翠池及新達池中。若不管搖蚊種群內的種類數，今日調查種群最多的地點是在翠池，而當時調查最多的則是在新達池，共有 4 個類群。2005 年在新達池的調查顯示，新達的底棲生物類群也算豐富，但當時調查就是沒有發現到豌豆蜆的分布。

下翠池在調查當時的 1933 年似乎水量還十分穩定，雖然沒有太多種類，但卻有豌豆蜆的紀錄，顯示在當時至少枯水季節是不會呈現完全乾涸的狀態。而油婆蘭池在當時的類群很少，僅有記錄到一種石蠶類幼蟲，但卻是本研究今年度的調查所沒有發現到的。



五、高山豌豆蜆的族群分布與密度評估

本年度在雪山地區新記錄到另外一個豌豆蜆的分布地：品田池，但由於該水池僅有一次的採樣，因此在討論豌豆蜆的生態資料時，仍是以翠池的調查結果為主，目前豌豆蜆在翠池僅分佈在最中央位置。這個位置一方面是水位最深的地方，即使在枯水期的時候也不會完全乾枯，另外一方面也是泥質為主的棲地型態，和翠池其他區域可見大塊板岩組成有極大的差異。另外值得注意的是，即使是在豐水期，池水淹沒石板底質地形，但其下方仍然沒有發現到豌豆蜆的個體。在溢流水道的地方，目前調查上也尚未發現到豌豆蜆的擴散狀況，可見豌豆蜆對底質環境有強烈偏好，且不具有移動性。

由底棲生物定性採集的結果發現，豌豆蜆在翠池的數量密度是所有底棲生物中最高的。且因其生活形式的特殊，因此本研究特別針對豌豆蜆進行較為詳細的調查與採樣。為了瞭解豌豆蜆在翠池中的密度及推估年齡組成，以定面積的方式進行採集。並且帶回測量全部採集個體的殼長作為組成之推估。以密度來估計，2010年~2012年共七次定量採集估計豌豆蜆在翠池中心區的分布密度約在 27-35 個/公升。但 2013 年共採集 5 次，在 3 月份時因為接近完全乾枯的情況下，豌豆蜆的數量有大幅減少的情況，特別是在周邊地區的泥地上，都可以發現到許多豌豆蜆白化死亡的外殼散佈，也因此 2013 年的密度明顯降低至 2-20 個/公升，最低密度發生在 5 月的採集上，但後來水位逐漸穩定之後，密度有稍微提高的狀況，回復至 11 月採集時的 20 個/公升。

一般雙枚貝會有明顯的輪脈可以用來推估其生長狀況，但豌豆蜆的生長輪並不明顯，因此這類用於其他貝類的方式並不適用。不過豌豆蜆在某些採集個體上有類似年輪的狀況，但這還仍須進一步確認。因此本研究將 2013 年共五次（間隔約每 2 個月）採集豌豆蜆所測量得到的殼徑每 0.5 釐米分組做成長條圖如圖二所示，可以依據不同月份之間組成頻度的不同，推測豌豆蜆的齡級組成。由圖二可以看出，約有三個齡級組成，每個齡級的殼長約在 2 釐米左右，以往由採集時的殼長連續分布排列也看不出其不連續變化，因此無法推估其成長齡級，但今年度在 10 月時，採集到許多 2 釐米左右的個體，最小的個體也接近 2 釐米左右，顯示 10 月份可能是豌豆蜆幼年期大發生的重要時間。但若與其他二枚貝的生長比較，理應可以採集到更小殼徑的個體才是，但歷次採集卻都無法發現。因此是否有雌雄同體或是卵胎生的現象，可能需要再以其他方式確認。



爲了比較各地區以及翠池不同時期定面積採集的結果，將翠池本年度 5 次採集結果及之前歷次採集、與今年度首次記錄到的品田池和合歡山區的天巒池及鄰近的黑水塘（屬於奇萊山區）比較如表 9 所示。可以發現到幾個現象：1、翠池 2013 年採集的結果，因爲小殼徑族群比例的提高，讓平均殼徑與 2010-2011 年的採集平均結果降低不少，從平均值 3.84 ± 0.93 降低至 3.73 ± 1.07 ，其殼徑的變異也有所增加。2、天巒池和黑水塘的豌豆蜆其最大殼徑都比翠池的小得多。比較其平均（天巒池 $\text{mean} = 3.72 \pm 0.63$ ，黑水塘 $\text{mean} = 3.48 \pm 0.8$ ），可以發現比翠池來得略小些，且各次採集組成的變異也比較小。3、品田池的豌豆蜆是目前採集到平均殼徑最大的，可以達到 4.46 ± 1.02 ，但其每次採集可以得到的數量遠較於其他地方都少得多。

由於翠池在 2013 年前的每次定面積所採集的數量都差異不大，因此本研究推估豌豆蜆族群並未因爲採集而造成數量上的減少，因此將豌豆蜆採集密度作爲各水池中的族群平均密度，加上湖泊的面積，則可以用來估計各湖泊中的豌豆蜆族群數量如表九所示。因 2013 年翠池發生的環境變化，因此將 2013 年各次採集結果另外並列，作爲翠池兩個不同時期的比較。表中可以發現，翠池在 2010-2011 每次平均採集到族群密度儘管都比黑水塘和天巒池更高，但因爲後兩個水池的面積都較大，且其合適豌豆蜆分布的泥質棲地較廣，因此估計出來的總量是明顯高出翠池一個量級的。估計之後，翠池的總數量約在 14 萬個左右，黑水塘和天巒池則分別在 184 萬及 160 萬個左右。而 2013 年時，因爲春季的嚴重乾旱，造成族群數量的大幅縮減，若由密度來估計，則族群數量降低了約 65%。由原本 14 萬個左右降低至 4.8 萬個左右。品田池因爲密度和面積都小，因此估計出來僅有 2.8 萬個，是各水池中數量最少的。不過這類估計僅是做爲參考之用，因另外兩個水池的採樣頻度各僅有 1 次，明顯不夠具有代表性，加上底質可能因爲不同而呈現各地點密度不均的狀況，可能有十分大的誤差。

由以上討論可以說明，在高山湖泊中，豌豆蜆是十分優勢的種類，如果湖泊環境合適，則其族群量將十分驚人。因爲豌豆蜆濾食性的取食方式，對於高山湖泊水質的穩定和淨化過程中可能扮演一個相當重要的角色。不過這也引起我們想知道另外一個問題，爲何有些水池有豌豆蜆的分布，但很多水池卻沒有，而且其在各地區的分布呈現十分不連續的分布狀況？

本研究目前底棲生物所紀錄到的各個類群中（表六及表七），水棲昆蟲大多數都是幼體在水中，但經過完全或不完全變態之後，成蟲都會具有飛行用的翅膀，尋找其他合適的地方產卵，因

此在族群播遷上，一般認定並不會有太大的問題。環節動物則有些種類具有半水棲離水的能力，雖然行動緩慢，但可能藉著地表潮濕或是降雨時隨著表面徑流進行主動式的移動播遷。唯獨軟體動物的豌豆蜆，其完全封閉式的生活形態，似乎僅能依賴被動式的播遷。張與林（1978）認為豌豆蜆可能是冰河播遷過來的，而非一般想像的是透過其他動物來協助播遷的。但實際狀況如何，可能需要投入更多的研究才能確定。

第四章、結論與建議

一、結論

高山湖泊一般認為位於河川上游及高山地區，因此和低海拔的湖泊或是水池比較起來，常被認為是相對貧營養性的水域環境（陳等，1997）。翠池及鄰近地區多年來的監測共採集到 6 目 9 科 12 種底棲生物（Benthos），組成已經算不少了，但與文獻中其他高山湖泊的生物組成相較，翠池的種類數算是最底的。更不用說今年度調查的幾個推論池和油婆蘭池等水池。種類上更為貧瘠。不過這可能與本研究所調查的幾個湖泊海拔高度較高，湖域面積較小，以及調查次數較少有關。

台灣所有海拔中，以翠池的海拔最高。其生物種類雖然不多，但仍形成完整的食物鏈生態體系，由其功能攝食群（Functional Feed Group）來看，捕食有機物的採食者（Collector）可以歸類為生產者，包含石蠶與搖蚊都屬於這類；碎食者（Shredder）則可視為初級消費者或分解者，石蠶在某種程度上屬於此類；肉食性的龍蝨與晏蜓則歸類在次級消費者。以有機碎屑（Detritus）為主的搖蚊，甚至顫蚓，也可以視為分解者。

在各高山湖泊中水棲昆蟲組成中數量上最為優勢的通常是搖蚊類，但體型較小，單一生物量（Biomass）最大的反而是石蛾或是晏蜓的稚蟲，但如翠池，其實數量上真正最多的其實應該是小到很容易被忽略的豌豆蜆，其密度也十分可觀。在活體的周圍也可以發現到許多豌豆蜆的外殼，可能也有許多個體潛藏湖底泥沼中，調查所得數量通常僅次於搖蚊科總數。

底棲生物的組成與穩定與水質有關，因此可以利用指標生物（Biological indicator）判定水中營養鹽多寡，不過目前調查的各水池底棲生物組成太過於單純，據此判定可能會有較大的誤差。若可以像翠池一樣，有較為長期的監測結果可以做為參考，才能做出比較準確的判斷。由翠池池水及底泥的分析結果顯示，鉛、鋅等重金屬有累積在翠池底泥的現象，不過比較「土壤污染管制標準」的幾種重金屬管制標準，則都在管制標準範圍內。由於底棲生物中有些以底泥中的有機碎屑為食，這些重金屬也會被同時吸收進入生物體內殘留，例如：顫蚓中有些種類經研究確認可以將吸收的重金屬由酵素作用形成顆粒儲存隔離，而不至於傷害到自體本身（吳，2003）。雖然翠池中的顫蚓數量不多，但或許仍有幫助減低污泥重金屬濃度的功效。

由於水棲昆蟲的生活史長短不同，生活史極短的種類如搖蚊，其各個時節種類組成歧異度可能極高，加上許多高海拔棲地的生物都發展出短期完成世代交替的適應策略，因此有必要在不同時間進行底棲生物的採集工作，以期了解翠池地區完整的水生生物組成及變動情形。此外，豌豆蜆目前所面臨到的一些問題，也都必須要有每月或是短期密集採集，甚至是透過飼養觀察才能幫助解答。此外，由於翠池在冬天時會呈現冰封狀態，因此水池內的生物如何度過嚴寒的冬天，也是個相當有趣的課題。

目前文獻中有紀錄到豌豆蜆的一些高山湖泊，如：南橫天池（海拔 2000m）（張等，1978）、阿里山姊妹潭（海拔約 2200m）以及七彩湖（海拔 2900m）（何等，1997）、合歡山區的碧池與天巒池（海拔約 2900m）（林，1999），其跳躍分布的狀況，令人感到十分好奇。某些水池，如新達池與文獻中這些水池的植被、底質狀況差異不大，且其和翠池在相對距離上並不算遠，因此當時沒有發現到豌豆蜆的蹤影，確實令人有些意外，這部分可能有其他原因需要探究。

連續幾年針對翠池的監測結果顯示，高山微氣候的改變對於水池本身，以及棲息其中的生物可能有十分關鍵的影響，高山水池本身的水位本來就常會隨著季節而呈現高低變化，甚至是乾

涸，這樣的變化對周邊大型動物的利用除了會造成影響之外，對於生活其中的底棲生物來說，更是影響族群數量與分佈的關鍵。湖域面積的縮減，可能造成生物集中的效應，如果食物來源又不足的話，更會影響到族群數量的多寡。又由於高山水池等可能作為周邊動物的在該地區的重要水源，水中及底泥的重金屬濃度及各個生物食性之間的關係，透過食物鏈累積的程度，都是我們還不清楚的地方，這些都有待更進一步的研究以及持續的監測才能獲得足夠的數據。此外，高山湖泊通常會容易受到氣候變遷的影響導致酸化或是水溫提高等，這些也會反應在生物的組成與分佈上，都是值得討論的課題。

二、建議

長期性建議—持續監測高山湖泊的生物狀況，並選定具有代表性的湖泊（如：翠池）或是物種（如：豌豆蜆）進行長期性的監測，以瞭解氣候變遷及登山遊客取用水源等課題對高山生態環境的潛在性影響。

主辦機關：雪霸國家公園管理處

第五章、參考文獻

- Morse C., Yaug L., and Tian L., 1984, Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality. Hohai University Press China, 570pp.
- Tokubei Kuroda, 1941, A Catalogue of Molluscan Shells from Taiwan (Formosa), with Description of new Species, 台北帝國大學理農學部紀要 22(4):65-216。
- 上野益三, 1973, 日本淡水生物學, 北隆館, 760 頁。(日文)
- 川合禎次, 1985, 日本產水生昆蟲檢索圖說, 東海大學出版會, 409 頁。(日文)
- 何健鎔、姜碧惠、陳添水, 1997, 七彩湖水生昆蟲記述, 自然保育季刊 17: 31-41。
- 吳靖穎, 2003, 河川金屬污染的過濾器等一類, 自然保育季刊 41: 52-55。
- 吳永華。2002。臺灣高山湖泊發現小史。宜蘭文獻雜誌, 58: 85-106。
- 谷田一三, 1991, 水棲昆蟲圖解手冊, 茲賀縣小中學教育研究會理科部會, 行政院環保署環境檢驗所編譯, 54 頁。
- 谷田一三, 2000, 原色川蟲圖鑑, 全國農村教育協會, 244 頁。(日文)
- 汪良仲, 1997, 陽明山國家公園水棲肉食甲蟲相及分類學研究, 陽明山國家公園管理處研究報告, 21 頁。
- 何健鎔、姜碧惠、陳添水。1997。七彩湖水生昆蟲記述。自然保育季刊 17: 31-41。
- 林斯正, 1997, 泰雅晏蜓簡介, 自然保育季刊 17: 53-55。
- 林斯正, 1999, 合歡山高山湖沼群水生大型無脊椎動物初探, 自然保育季刊 26: 20-23。
- 林斯正、陳錦生, 2004, 合歡山區泰雅晏蜓卵期與稚蟲期之發育, 特有生物研究 6 (1): 29-38。
- 林斯正、謝森和、楊平世, 2006, 合歡山池沼群底棲大型無脊椎動物之分布, 台灣昆蟲 26: 261-271。
- 林斯正、黃朝慶、邱錦和、楊平世、謝森和, 2011, 台灣東北部山區湖沼水質與底棲生物無脊椎動物群聚之關係, 台灣生物多樣性研究 13 (1): 37-51。
- 林斯正、黃朝慶、邱錦和、林宗以、楊平世、謝森和, 2011, 台灣南部嘉明湖底質與底棲無脊椎動物初探, 台灣生物多樣性研究 13 (2): 167-173。
- 張寬敏、林朝榮, 1978, Description of a New Subspecies of *Pisidium taiwanense* from Tienchi, Taiwan (台灣天池產新亞種豌豆蜆之記載), 貝類學報 5: 23-28。
- 梁象秋、方紀祖、楊和荃, 1998, 水生生物學 (型態與分類), 水產出版社, 688 頁。
- 鹿野忠雄、吉村信吉. 1934. 次高山附近に於ける高山池沼に就いて. 陸水學雜誌 4: 54-65 (日文)
- 陳鎮東、王冰潔, 1997, 台灣的湖泊與水庫, 國立編譯館, 536 頁。
- 楊平世, 1992, 水棲昆蟲生態入門, 台灣省政府教育廳, 152 頁。
- 楊南郡、王素娥, 1991, 《雪山、大霸尖山國家公園登山步道系統調查研究報告》, 內政部營建署, 124 頁。
- 台灣貝類資料庫, 2001, 中央研究院動物研究所軟體動物學研究室製作 (數位典藏國家型科學計畫), http://shell.sinica.edu.tw/chinese/index_c.php。

表一：翠池地區歷次調查基本資料統計表

	翠池		下翠池		上翠池	鄰近平台 A	鄰近平台 B	翠池	
調查日期	2010/05/26	2010/06/30	2010/06/30	2010/07/04	2010/07/01	2010/07/01	2010/07/01	2004/11/27	1989./05/15(*)
座標(T97)	272550		271804		273011	272181	2697640		
	2697721		2697647		2697557	2697483	2697686		
海拔	3520m		3365m		3650m	3508m	3475m		
長軸長度	55m	36.4m	22.3m	--	--	--	--	9.5m	48m
短軸長度	16m	16.4m	10.6m	--	--	--	--	2.9m	15m
平均水深	20-22cm		28-30cm	--	--	--	--		
最大水深	66cm	62cm	32cm	--	--	--	--	25cm	50cm
狀況描述	水逸滿流出	水逸滿流出	滿水	乾枯	無水	無水	無水	低水位	
水溫(°C)	10.1	15.6	16.7	--	--	--	--	10	4.5
pH	9.52	8.31	8.76	--	--	--	--	6.92	5.67
DO	--	--	--	--	--	--	--	9.45	9.23

表二：翠池地區歷次調查水質比較統計表

項次	樣品編號*	分析值 (mg/L)																		
	檢驗項目	1931/7/21	1933/11/14	1989/5/15	2004/11/27	2005/7/9	2005/10/29	2006/12/23	2010/5/26	2011/4/23	2011/7/5	2012/4/7	2012/5/15	2012/10/10	2013/3/13	2013/5/26	2013/8/4	2013/10/5	2013/11/24	限值*
1	鐵				0.02	0.01	0.05	<0.01	0.021	0.015	0.022	0.09	0.02	0.08	0.27	0.15	0.15	0.052	0.08	0.3
2	鉻				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
3	鎘				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
4	銅				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
5	銀				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
6	鉛				<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01	0.1
7	錳				<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
8	鋅				<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.5
9	鈣			Ca ²⁺ 0.049		1.9	3.2	2.5	2.2	2.29	0.66		2	2.27	1.97	2.27	2.34	2.43	2.4	
10	鎂			Mg ²⁺ 0.026		0.47	0.75	0.27	0.49	0.5	0.18		0.51	0.48	0.4	0.57	0.53	0.57	0.64	
11	水溫(°C)	7.5	14	4.5	10	10			10.1											
12	PH	6.1	6.6	5.67	6.92	6.58			6.77	6.45	5.76	6.8	6.74	6.15	7.04	7.46	7.65	7.47	7.6	6.5~8.5
13	溶氧		6.4	9.23	9.45	6.83			0.31											>6.5
14	濁度 (NTU)					0.1	1			0.18	0.48		0.25	0.37	8.8	0.45	0.65	0.3	0.65	
15	生化需氧量				1	1.9	6	6.6												<1.0
16	總硬度				13.5	5.93	9.9	12.3	5.6	6.22	1.48	6	6.3	6.38	5.9	7.1	7.2	7.5	7.6	
17	硫酸鹽			0.001	0.4	0.48	0.3													250
18	硝酸鹽氮			0.279	0.11	0.16	0.1													10
19	砷				<0.001															0.05
20	總汞				<0.001															0.002
21	大腸桿菌群* (CFU/100mL)				<1															<50
22	氨氮				0.4															<0.1
23	導電度(μs/cm)								18	18.08	18.59	22.8	24	18.04	29.1	22.2	19.8	20.9	27	400

表二：翠池地區歷次調查水質比較統計表（續）

項次	樣品編號*	分析值 (mg/L)																		
	檢驗項目	1931/7/21	1933/11/14	1989/5/15	2004/11/27	2005/7/9	2005/10/29	2006/12/23	2010/5/26	2011/4/23	2011/7/5	2012/4/7	2012/5/15	2012/10/10	2013/3/13	2013/5/26	2013/8/4	2013/10/5	2013/11/24	限值*
24	陰離子介面活性劑				<0.05															0.5
25	總菌落數*(CFU/mL)				90															100
	湖面 長*寬			48*15	9.5*2.9	36*15	10*2.5		55*16	36.1*15.2		10.2*4.8								
	*深（公尺）			0.5	0.25		*0.20		0.6	0.6	0.55	0.2	0.53	0.47	0.03~		0.36	0.45	0.05~0.1	

1931.7.21 及 1933.11.14--翠池，資料引用自鹿野與吉村(1934)

1989.5.15--翠池 接近滿水位？ 整理自陳等(1997)

2004.11.27--翠池 低水位

2005.07.09--翠池 滿水位 2005.10.29--翠池 低水位

2006.12.23--翠池 滿水位湖面結冰

2010.05.26--翠池 滿水位

2011.04.23--翠池 滿水位 2011.07.05--翠池 滿水位

2012.04.07--翠池 低水位 2012.05.15--翠池 滿水位 2012.10.10--翠池 高水位

2013.03.13--翠池 接近枯水位 2013.05.26—翠池 滿水位 2013.08.04--翠池 高水位 2013.10.05—翠池 滿水位 2013.11.24--翠池 接近枯水位

表三：雪山西南稜(大小劍路線)歷次調查水質比較統計表

項次	樣品編號*	推論池				油婆蘭水池				限值*
	檢驗項目	2007/5/1	2007/8/3	2007/11/25	2012/10/8	2007/5/1	2007/8/3	2007/11/25	2012/10/8	
1	鐵	0.13	0.36	0.26	0.68	0.65	0.87	0.23	1.46	0.3
2	鉻	0.012	<0.01	<0.01	<0.01	0.011	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
3	鎘	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
4	銅	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
5	銀	0.011	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
6	鉛	<0.1	<0.05	<0.05	<0.05	<0.1	<0.05	<0.05	<0.05	0.1
7	錳	0.02	0.02	<0.01	0.046	0.015	<0.02	<0.01	0.019	0.05
8	鋅	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.5
9	鈣				0.12				0.14	
10	鎂				0.053				0.044	
11	水溫(°C)									
12	PH	5.21	5.64	5.42	6.08	5.47	5.77	5.64	6.18	6.5~8.5
13	溶氧		3.74				2.67			>6.5
14	濁度 (NTU)	4.2	6.3	17	12	5.3	3	2.6	7.25	
15	生化需氧量									<1.0
16	總硬度	0.28	0.4	0.4	0.43	0.29	0.4	0.3	0.46	
17	硫酸鹽									250
18	硝酸鹽氮									10
19	砷									0.05
20	總汞									0.002
21	大腸桿菌群*(CFU/100mL)									<50
22	氨氮									<0.1
23	導電度(μs/cm)	8	7	6	8.17	10	6	6	7.03	400
24	陰離子介面活性劑									0.5
25	總菌落數*(CFU/mL)									100
	湖面 長*寬				25m*10m				14.4m*4.2m	
	*深 (公尺)				0.25				0.28	

表四：雪山四秀 (四秀路線)歷次調查水質比較統計表

項次	樣品編號*	新達池				品田步道 1.85K 處水池		品田池	桃山黑水塘
	檢驗項目	2005.01.08	2005.11.12	2008.11.08	2013.10.20	2005.11.12	2013.10.20	2013.10.20	2013.10.20
1	鐵	<0.01	0.5	<0.01	0.63	1.2	0.37	0.53	0.53
2	鉻	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
3	鎳	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
4	銅	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
5	銀	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
6	鉛	<0.05	<0.05	<0.05	<0.01	<0.05	<0.01	<0.01	<0.01
7	錳	<0.01	0.05	<0.01	0.04	0.07	0.03	0.06	0.09
8	鋅	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01
9	鈣	1.95	0.18		0.11	0.27	0.1	0.61	0.22
10	鎂	0.49	0.07		0.05	0.12	0.04	0.17	0.12
11	水溫(°C)		12			12			
12	PH		5.92	5.83	7.2	5.82	7	6.6	6.4
13	溶氧		4.3			6.4			
14	濁度 (NTU)	0.12	1.3	0.31	3.1	22.2	1.7	0.9	1.1
15	生化需氧量	2.5	7.2			70.2			
16	總硬度	6.1	0.64		0.4	1	0.35	1.95	0.85
17	硫酸鹽	0.46	0.52			0.28			
18	硝酸鹽氮	0.2	<0.01			<0.01			
19	砷								
20	總汞								
21	大腸桿菌群* (CFU/100mL)								
22	氨氮								
23	導電度(µs/ cm)				13.6		6.3	12	17.6
24	陰離子介面 活性劑								
25	總菌落數* (CFU/mL)								
湖面 長*寬			30.7m*17.3m		40m*20m	14.5m*14m		15m*4.5m	
*深 (公尺)			1m		>1m	0.25m		26cm , 泥 41cm	

表五：合歡山地區豌豆蜆採集調查水質比較統計表

項次	樣品編號*	天巒池	碧池	黑水塘	限值*
	檢驗項目	2012.11.10	2012.11.11	2012.11.11	
1	鐵	0.18	0.04	0.25	0.3
2	鉻	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
3	鎳	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
4	銅	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
5	銀	<0.01	<0.01	<0.01	0.05
6	鉛	<0.05	<0.05	<0.05	0.1
7	錳	0.04	<0.01	0.02	0.05
8	鋅	<0.01	<0.01	0.01	0.5
9	鈣	0.36	9.1	0.47	
10	鎂	0.11	4.7	0.11	
11	水溫(°C)	11.4 (15:30)	10.4 (09:50)	10.8 (15:20)	
12	PH	7.93	6.98	6.95	6.5~8.5
13	溶氧				>6.5
14	濁度 (NTU)	0.32	1.2	0.3	
15	生化需氧量				<1.0
16	總硬度	1.18	34.5	1.45	
17	硫酸鹽				250
18	硝酸鹽氮				10
19	砷				0.05
20	總汞				0.002
21	大腸桿菌群*(CFU/100mL)				<50
22	氨氮				<0.1
23	導電度(μs/cm)	7.48	98.1	17	400
24	陰離子介面活性劑				0.5
25	總菌落數*(CFU/mL)				100
湖面 長*寬		100m*30m	60m*30m	40m*20m	
*深 (公尺)		>1m, 泥>1m	>2m, 泥	>30cm, 泥>30cm	

表六：翠池地區底棲生物組成數量與比例統計表

門別	目別	科別	屬種	2004.11.27	2010.5.26	2010.6.30	2010.7.4
				翠池 數量(尾)	翠池 數量(尾)	溢流水道 數量(尾)	下翠池 數量(尾)
節肢動物	鞘翅目	龍蝨科	<i>Agabus taiwanesis</i>	1	3		
		積翅目	黃石蠅科	<i>Haploperla</i> sp.			172
	毛翅目	沼石蠅科	<i>Limonephilus alienus</i>	16	10	2	
		短尾石蠅科	待鑑定			1	
		長鬚石蠅科	<i>Ecnomus</i> sp.				1
	雙翅目	搖蚊科	<i>Chironomus</i> sp.	11	42		
			<i>Micropsectro</i> sp.	2	1		
			<i>Apsectrotanypus</i> sp.	23			
			待鑑定		1	7	
			待鑑定			1	
軟體動物	廉蛤目	豌豆蜆科	<i>Pisidium cinereum</i>	30	23		
環節動物	近孔寡毛目	顫蚓科	待鑑定	4	6	1	
種類				7	7	6	1
數量				87	86	184	1

表七：雪山西南稜、四秀及合歡山地區水池底棲生物組成數量統計表

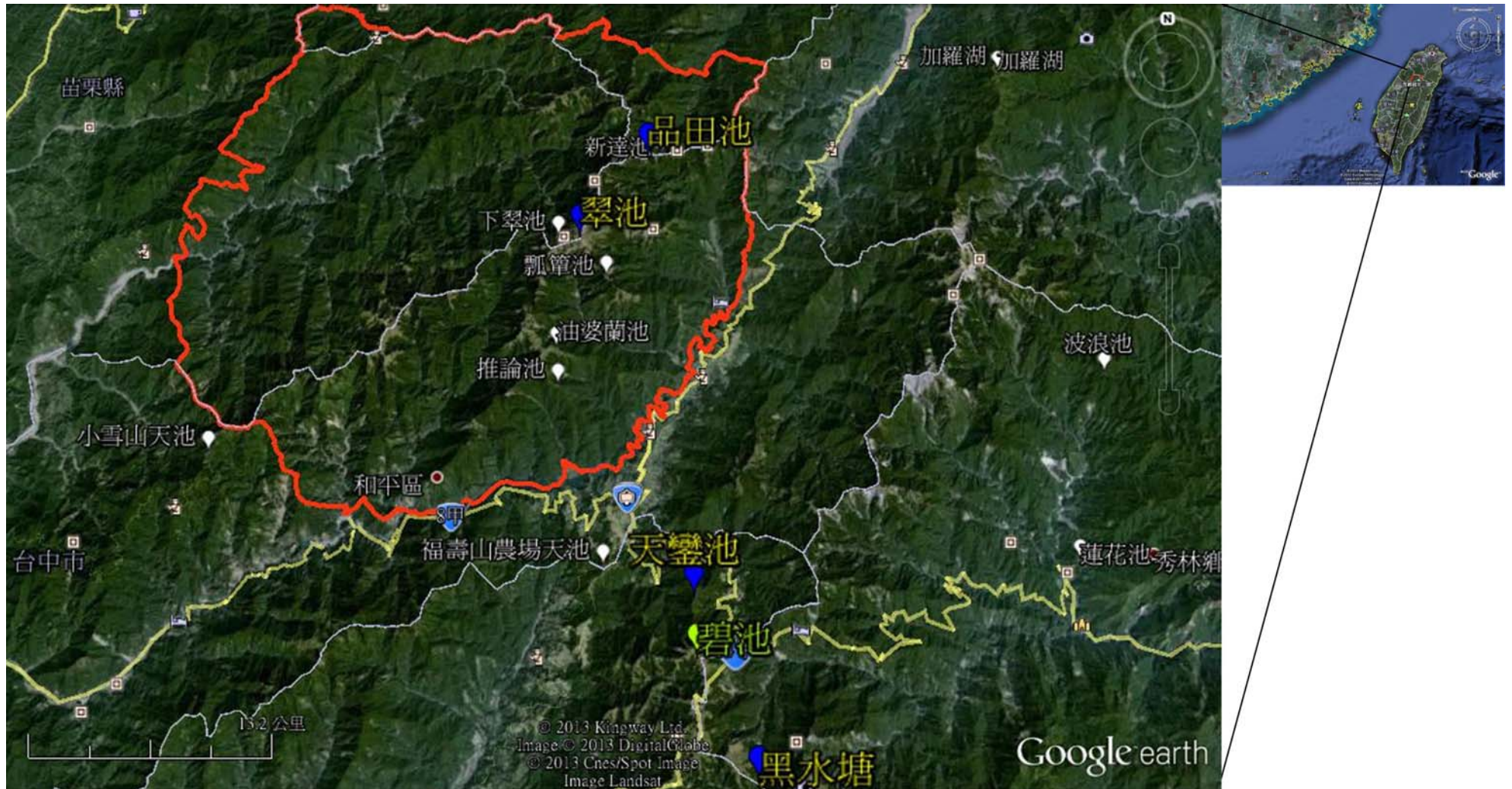
門別	目別	科別	屬種	雪山西南稜		四秀		合歡奇萊山區			翠池 2004	新達 2005	
				推論池	油婆蘭水池	新達池	品田池	天巒池	碧池	黑水塘			
				2012.10.8	2012.10.8	2013.10.20	2013.10.20	2012.11.10	2012.11.11	2012.11.11			
數量(尾)	數量(尾)	數量(尾)	數量(尾)	數量(尾)	數量(尾)	數量(尾)	數量(尾)	數量(尾)					
節肢動物	蜻蛉目	晏蜓科	<i>Aeshna petalura taiyal</i>	8	3	2		1		2		*	
	鞘翅目	龍蝨科	<i>Agabus taiwanesis</i>		2	2			1	1		*	
	襀翅目	黃石蠅科	<i>Haploperla</i> sp.										
	毛翅目	沼石蠅科	<i>Limnophilus alienus</i>		7	3	4	5	16	8		*	*
			待鑑定										
			<i>Ecnomus</i> sp.										
			<i>Oligotricha</i> sp.			1					2		*
	雙翅目	搖蚊科	<i>Chironomus</i> sp.		23	32	16	34	43	143	77		*
			<i>Micropsectro</i> sp.										*
			<i>Apsectrotanypus</i> sp.										*
<i>Polypedilum</i> sp.												*	
Orthocladiidae 亞科，待鑑定												*	
		待鑑定											
	蚋科	待鑑定											
軟體動物	廉蛤目	豌豆蜆科	<i>Pisidium cinereum</i>				14	9		69		*	
環節動物	近孔寡毛目	顫蚓科	待鑑定									*	
		種類		2	4	5	3	4	3	6	7	7	
		數量		31	44	24	52	58	160	159			

表八：本研究調查與文獻（鹿野與吉村，1934）所採集到的底棲生物組成比較表

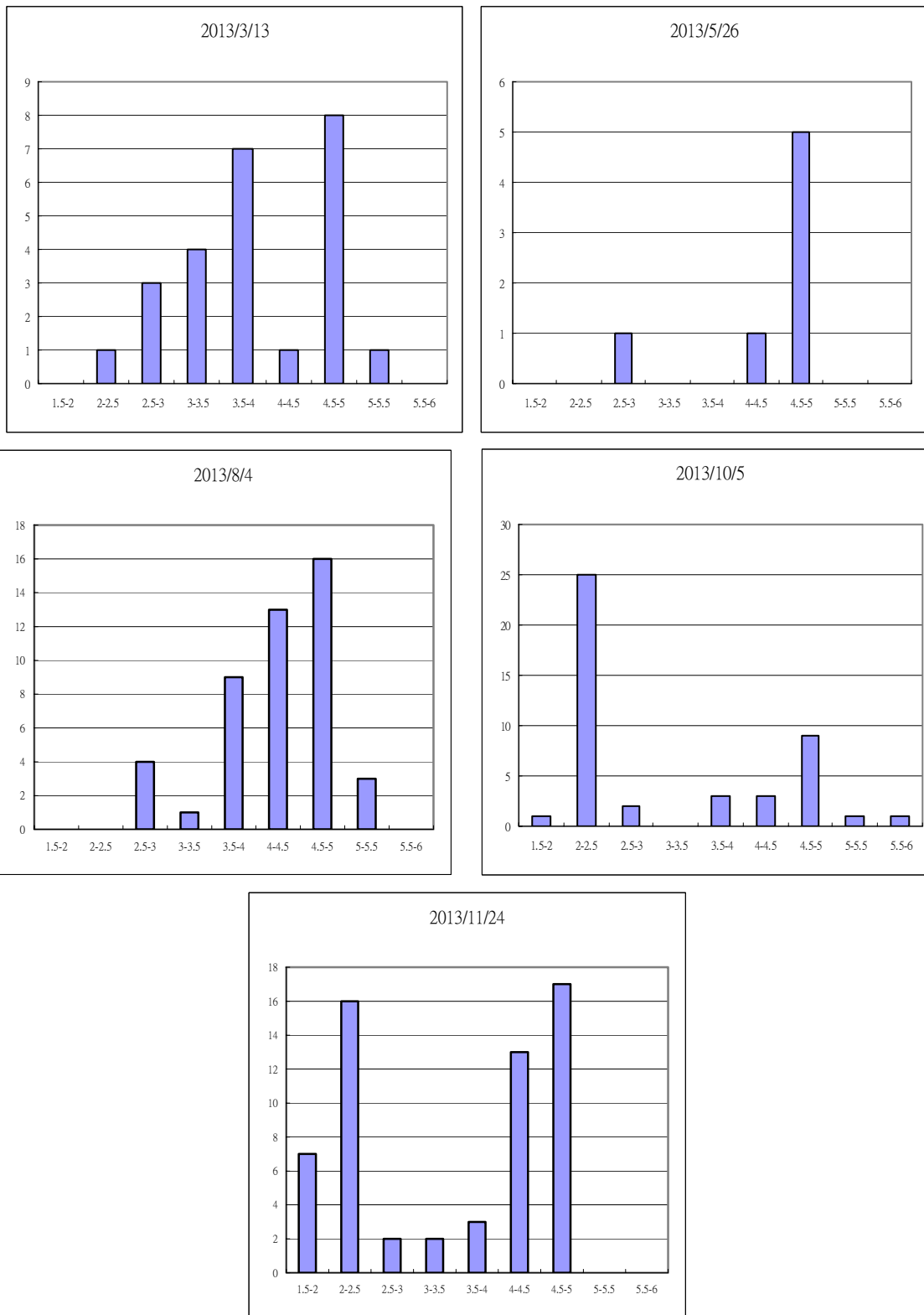
生物群類別/地點		翠池		下翠池		新達池		油婆蘭池		推論池	
學名*	中文名	1931/7/21	2004/ ~2012/	1933/11/14	2010/	1933/10/1	2005/	1931/7/20	2012/	1933/10/6	2012/
<i>Pisidium</i> sp.	豌豆蜆		●	●		●					
Trichopteros larvae	毛翅目(幼)	●	●		●	●	●	●		●	
<i>Chironomus</i> sp.	搖蚊		●			●	●		●		●
<i>Aeschna</i> larvae	晏蜓(幼)	●					●		●	●	●
<i>Agabus</i> sp.	龍蝨	●	●			●	●		●	●	

表九：翠池、黑水塘、天巒池及品田池豌豆蜆密度、殼長及總數估計比較表

地點/項目	採樣時間	面積(m ²)	密度(個/m ²)	估計總數(個)	殼長(mm)
翠池	2010-2012 年(平均)	約 10*4m	3483.333	139,333	3.84±0.93
翠池	2013 年(平均)	約 10*4m	1220	48,800	3.73±1.07
黑水塘	2012 年/11 月	約 40*20m	2300	1,840,000	3.72±0.80
天巒池	2012 年/11 月	約 100*30m	533	1,599,000	3.48±0.63
品田池	2013 年/10 月	約 15*4m	466	27,960	4.46±1.02



圖一：本研究調查地點—雪霸園區內（翠池、大小劍、四秀）及合歡山山區高山水池分佈圖



圖二：翠池高山豌豆蠅 2013 年歷次採集殼徑分布數量圖