

台灣南部嘉明湖底質與底棲無脊椎動物初探

A Preliminary Survey of Sediments and Benthic Invertebrates of Chia-Ming Lake in Southern Taiwan

林斯正¹ 黃朝慶¹ 邱錦和² 林宗以³ 楊平世⁴ 謝森和^{5,*}

Sue-Cheng Lin¹, Chao-Ching Huang¹, Chin-Her Chiu², Chung-Yi Lin³,
Ping-Shih Yang⁴ and Sen-Her Shieh^{5,*}

¹ 行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

² 宜蘭社區大學 宜蘭縣宜蘭市復興路二段77號

³ 台灣大學生態學與演化生物學研究所 台北市羅斯福路四段1號

⁴ 台灣大學昆蟲學系 台北市羅斯福路四段1號

⁵ 靜宜大學生態學系 台中市沙鹿區中棲路200號

¹ Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

² Yilan Community University, Yilan, Taiwan

³ Institute of Ecology and Evolutionary Biology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

⁴ Department of Entomology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan

⁵ Department of Ecology, Providence University, Taichung, Taiwan

* 通訊作者: shshieh@pu.edu.tw

* Corresponding author: shshieh@pu.edu.tw

摘要

本研究於2007年3月16日調查南台灣嘉明湖底質與底棲無脊椎動物，共記錄底棲無脊椎動物2綱4目4科6種(taxa) 3,375隻，包括雙翅目3種，貧毛綱、毛翅目、鞘翅目皆1種。其次，由不同水深底質分析顯示，深水區底質強熱減量最高，淺水區則有較大底質粒徑與較少粉泥黏土含量。底棲動物空間分布上，貧毛綱動物隨水深增加而數量減少，其他種類則無較明顯的差異。

Abstract

A preliminary survey of sediments and benthic macro-invertebrates was conducted for mountain Lake Chia-Ming in the southern Taiwan on 16 March 2007. A total of 3,375 specimens of the macro-invertebrates were collected. They were consisted of six taxa: three taxa of the order Diptera and a taxon for each of the three orders Oligochaeta, Trichoptera and Coleoptera. Sediments differed at different depths; the ignition loss was the highest in deep water, and a higher median size particles and less silt-clay contents in shallow water. Oligochaetes decreased in density with the increase of depth, while no obvious depth gradients were found for other invertebrates.

關鍵詞：嘉明湖、底質、底棲大型無脊椎動物、台灣

Key words: Chia-Ming Lake, sediment, benthic macroinvertebrates, Taiwan

收件日期：100年2月14日

接受日期：100年4月11日

Received: February 14, 2010

Accepted: April 11, 2011

緒 言

嘉明湖(海拔3,310m)是南台灣著名高山湖泊，位於23°17'42"N，121°01'34"E，即中央山脈南段三叉山(3,496m)東南側約1 km處。行政區域隸屬台東縣海端鄉，毗鄰高雄縣桃源鄉與花蓮縣卓溪鄉，並在林務局台東林區管理處轄區範圍。由於湖泊形狀呈卵圓形，又有「蛋形池」之稱。本湖泊長度約120m，寬度約90m，面積約0.9 ha，深度約6m，並隨降雨情況而有所增減(羅等1994)。

嘉明湖發現於1930年，日人吉井隆盛首登三叉山後發現此湖，當時稱此湖為「三叉池」(吳2002)。羅等(1994)報導嘉明湖湖濱植被、水質、浮游生物、沉積物等基礎資料，其中湖濱植被分為4區：砂礫堆積且植物無法生長的鄰水區；鄰水區外圍之髮草(*Deschampsia caespitosa*)散生區；草種較多的髮草—川上短

柄草(*Brachypodium kawakamii*)伴生區；離岸最外圍的玉山箭竹(*Yushania niitakayamensis*)區。水質方面：兩個測點在1993年1月的表水溫度為5.5、6.4°C，7月表水溫度為15.3、15.5°C，無明顯躍溫層(thermocline)；表層水呈弱酸性，深水區轉呈弱鹼性；表水溶氧量呈飽和狀態，隨深度增加而漸減；營養鹽與葉綠素濃度低，屬於水質清淨的貧營養湖泊(oligotrophic lake)。浮游植物計有綠藻、矽藻等貧營養湖指標藻類7種，另有劍水蚤(*Cyclops* sp.)等浮游動物4種。沉積物有機質含量較低，屬於草原型湖泊，沉積速率約每百年3 cm。比較有趣的是嘉明湖形成原因，目前有二種解釋，一是隕石撞擊形成的隕石湖(陳等2000)，另一派認為是高山冰河作用所形成的冰斗湖(齊2003; 何等2010)。由於往昔並無嘉明湖底棲動物相關報導，本研究針對湖泊底棲動物進行調查，結果可作為後續研究參考。

本次調查日期為 2007 年 3 月 16 日，調查方式是設立 I (Sts. 1-3)、II (Sts. 4-6)、III (Sts. 7-9) 等 3 條調查穿越線，在每條穿越線的淺水層(水深 1.5m)、中水層(3.5m)與深水層(5.5m)各設立 1 採樣站，3 條調查穿越線總計有 9 採樣站(Sts. 1-9)，各採樣站位置見圖 1。採樣方法是以採樣面積 15 x 15 cm 的 Ekman 底泥採

樣器(Ekman grab sampler)於每採樣站採集底質樣品 4 重複，其中第 1 個重複樣品，以兩個 50 ml 小罐收集，攜回實驗室進行底質物理化學性質分析，另外 3 個重複樣品則合併成爲 1 個生物樣品，此生物樣品經 0.5 mm 網目篩出大型無脊椎動物後，以 5% 福馬林固定後攜回。

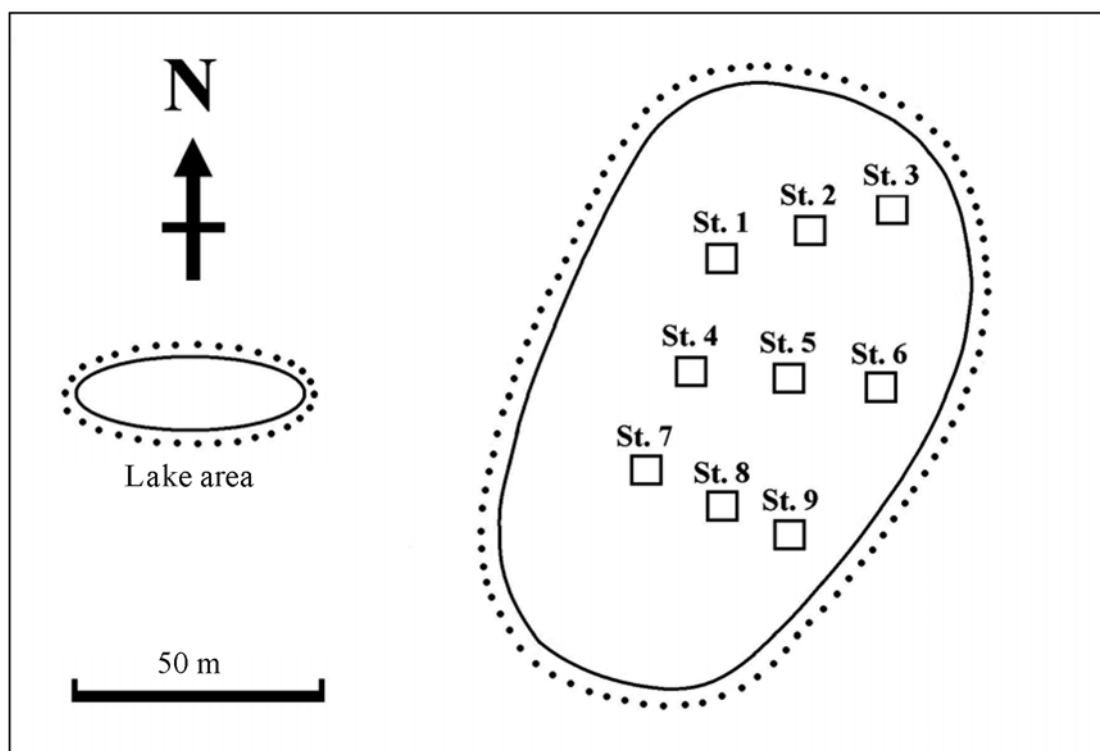


圖 1. 嘉明湖 9 採樣站(Sts. 1-9)位置(空心方形代表採樣站)。

Fig. 1. Sampling stations (open squares, Sts. 1-9) at Chia-Ming Lake.

第 1 份 50 ml 小罐的底質樣品，在實驗室以溼篩法及定量吸管法測出底質粒徑的中間值(median diameter, $Md\Phi$)，以及代表較小顆粒成分的粉泥黏土量(silt-clay, %) (謝等 1993)。另 1 份 50 ml 小罐底質樣品先以冷凍真空乾燥秤出恆重，再置入 500°C 灰化爐 4 hr 後秤重，計算強熱處理後重量損失之強熱減量(ignition loss, %)，可代表底質有機物含量。

另外 3 個重複樣品所合併成的 1 個生物樣品，攜回實驗室後先以水清洗，再以肉眼由採集物中挑出動物標本。標本在顯微鏡下鑑定種類，再置入 80% 酒精保存，鑑定依據主要參考 Wiederholm (1983)。標本鑑定後，計算底棲動物群聚指數，包括：種數、密度、多樣性指數(Shannon-Wiener's index, H)與均勻度指數(Pielou's evenness index, e)。多樣性指數公式爲：

$H = - \sum_{i=1}^S P_i \log_e P_i$, P_i 為第 i 種所占隻數比例, S 為種數。均勻度指數公式為: $e = H / \log_e S$, H 為多樣性指數, S 為種數。

表 1 為 Sts. 1-9 採樣站之底質物理化學性質、底棲大型無脊椎動物密度與群聚參數。各採樣站強熱減量介於 4.3-13.7%, 粒徑中間值介於 0.03-0.13 mm, 粉泥黏土量介於 27.5-77.0%。底棲大型無脊椎動物共採獲貧毛綱(Oligochaeta) 與昆蟲綱(Insecta)等 2 綱 4 目 4 科 6 種(taxa) 3,375 隻, 其中貧毛綱 1 種 319 隻, 鞘翅目

(Coleoptera)豆龍蟲(*Agabus fulvipennis*) 1 種 1 隻, 毛翅目(Trichoptera)奇異沼石蛾(*Limnephilus alienus*) 1 種 23 隻, 雙翅目(Diptera)搖蚊科(Chironomidae) 3 種 3,041 隻, 包括原搖蚊(*Procladius* sp.) 1,175 隻, 素搖蚊(*Polypedilum* sp.) 1,598 隻, 搖蚊(*Chironomus* sp.) 268 隻。各採樣站的調查種數介於 3-6 種, 密度介於 1,244-9,230 隻/m², 多樣性指數介於 0.96-1.28, 均勻度指數介於 0.60-0.94。

表 1. 嘉明湖 9 採樣站之底質組成、底棲大型無脊椎動物密度(單位: 隻/3 個樣本, 1 個樣本=225 cm²) 及群聚參數

Table 1. Sediment characters, benthic macroinvertebrates density (number per 3 x 225 cm²) and community characters of Chia-Ming Lake (Sts.1-9, sampling stations)

Sampling stations	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	St. 9
Sediment									
Water depth (m)	5.5	3.5	1.5	5.5	3.5	1.5	5.5	3.5	1.5
Ignition loss (%)	13.5	8.5	8.6	12.9	6.1	4.3	13.7	7.3	4.5
Median diameter (mm)	0.06	0.04	0.08	0.04	0.04	0.11	0.03	0.08	0.13
Silt and clay content (%)	53.9	77	43.5	59.4	65.3	35.7	69.4	37.9	27.5
Invertebrate taxa									
Oligochaeta	5	19	75		30	27		66	88
Coleoptera									
<i>Agabus fulvipennis</i>			1						
Trichoptera									
<i>Limnephilus alienus</i>	10	3	4		3	2			1
Diptera									
<i>Procladius</i> sp.	203	203	237	59	82	76	38	82	195
<i>Polypedilum</i> sp.	364	64	115	43	159	191	31	386	245
<i>Chironomus</i> sp.	41	31	55	18	29	8	15	42	29
Community characters									
Number of taxa	5	5	6	3	5	5	3	4	5
Density (individual/m ²)	9230	4741	7215	1778	4489	4504	1244	8533	8267
Diversity (H)	0.96	1.05	1.28	1.00	1.19	0.98	1.03	0.98	1.19
Evenness (e)	0.6	0.65	0.71	0.91	0.74	0.61	0.94	0.71	0.74

表 2 為淺水層(由 Sts. 3, 6, 9 組成)、中水層(由 Sts. 2, 5, 8 組成)與深水層(由 Sts. 1, 4, 7 組成)之底質物理化學性質、底棲大型無脊椎動物密度與群聚參數。在湖泊東側淺水層底質的強熱減量平均值(5.8%)，較中水層(7.3%)與深水層(13.4%)低，此外，淺水層的粉泥黏土量(35.6%)亦低於中水層(60.1%)與深水層(60.9%)。底質粒徑中間值方面，淺水層(0.11 mm)則高於中水層(0.05 mm)與深水層(0.04 mm)。雖然中水層的強熱減量(7.3%)較深水層

(13.4%)為低，但二者在粒徑中間值與粉泥黏土量卻接近。底棲無脊椎動物組成方面，貧毛綱在淺水層數量最豐，中水層次之，深水層最少，呈現隨深度增加而減少現象。鞘翅目豆龍蝨調查量很少，僅淺水層之 St. 3 有 1 隻紀錄。毛翅目之奇異沼石蛾與 3 種雙翅目搖蚊，在淺、中、深水層的調查數量則接近。在群聚參數方面，種數、密度與多樣性指數，皆以淺水層最高，中水層次之，深水層再次之。均勻度指數則以深水層較高，淺、中水層較低。

表 2. 淺水層(由 Sts. 3, 6, 9 組成)、中水層(由 Sts. 2, 5, 8 組成)與深水層(由 Sts. 1, 4, 7 組成)之底質組成、底棲大型無脊椎動物密度(單位：隻/3 個樣本，1 個樣本=225 cm²)及群聚參數(mean±standard deviations, n=3)

Table 2. Sediment characters (mean±standard deviations, n=3), benthic macroinvertebrate density (number per 3 x 225 cm²) and community characters at shallow water (Sts. 3, 6, 9), medium water (Sts. 2, 5, 8), and deep water (Sts. 1, 4, 7) of Chia-Ming Lake

Water depth	Shallow water	Medium water	Deep water
Sediment characters			
Ignition loss (%)	5.8 ± 2.4	7.3 ± 1.2	13.4 ± 0.4
Median diameter (mm)	0.11 ± 0.03	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.02
Silt and clay contents (%)	35.6 ± 8.0	60.1 ± 20.1	60.9 ± 7.9
Invertebrate taxa			
Oligochaeta	63.3 ± 32.1	38.3 ± 24.6	1.7 ± 2.9
Coleoptera			
<i>Agabus fulvipennis</i>	0.3 ± 0.6		
Trichoptera			
<i>Limnephilus alienus</i>	2.3 ± 1.5	2.0 ± 1.7	3.3 ± 5.8
Diptera			
<i>Procladius</i> sp.	169.3 ± 83.5	122.3 ± 69.9	100.0 ± 89.8
<i>Polypedilum</i> sp.	183.7 ± 65.3	203.0 ± 165.4	146.0 ± 188.9
<i>Chironomus</i> sp.	30.7 ± 23.5	34.0 ± 7.0	24.7 ± 14.2
Community characters			
Number of taxa	5.33 ± 0.58	4.67 ± 0.58	3.67 ± 1.15
Density (individual/m ²)	6662 ± 1941	5291 ± 2266	4084 ± 4465
Diversity (<i>H</i>)	1.15 ± 0.15	1.07 ± 0.11	1.00 ± 0.04
Evenness (<i>e</i>)	0.69 ± 0.07	0.70 ± 0.05	0.82 ± 0.19

林等(2006)報導台灣中部合歡山天巒池等 8 個池沼(海拔 2,900 至 3,200m)底棲大型無脊椎動物種數介於 6-11 種，與嘉明湖 6 種相比，種類數皆不多，可能高山寒冷氣候，僅少數種類才能生存。在物種組成上，嘉明湖 6 種底棲大型無脊椎動物，在合歡山池沼群皆有調查紀錄，其中 3 種搖蚊，原搖蚊、素搖蚊、搖蚊，皆是兩地數量豐富種類，故底棲無脊椎動物種類相近。

湖泊底質堆積作用受到沉降顆粒大小、比重、帶電性等性質，以及湖岸侵蝕、湖水擾動、離岸遠近等水文因素影響。本調查中，淺水層底質粒徑較大，小顆粒的粉泥黏土含量較少，顯示大顆粒底質因沉降速度較快、搬遷距離較短，易堆積在淺水層。至於中水層與深水層雖然在底質粒徑大小與粉泥黏土含量接近，但由深水層強熱減量(13.4%)較中水層(7.3%)為高，顯示深水層有較高比例的有機物，惟沉降顆粒堆積作用與其有機物含量間關係，仍待後續探討。

底質粒徑大小、粉泥黏土含量、有機物及氧化還原層等因素，與底棲無脊椎動物分布關係密切(劉等 1998; 許 2005)。本調查中，目前僅貧毛綱動物呈現隨深度增加而數量減少的現象。林等(2006)報導合歡山 8 個池沼中，貧毛綱動物僅分布於有機物相對較少，屬於貧腐水性的合歡碧池與中腐水性的天巒池，屬於富腐水性的其他 6 個池沼則無調查紀錄。在宜蘭縣山區的加羅湖群，貧毛綱動物也被建議作為水中有機物含量較少的生物指標(林等 2011)。由於嘉明湖溶氧量隨深度遞減(羅等 1994)，且深水區底質有機物較淺水區為多，可能受到溶氧量、有機物等底質因素影響，使貧毛綱動物呈現隨深度增加而數量遞減現象。

雖然嘉明湖目前沒有受到明顯污染與破壞，但本區高山遊憩等人為活動仍多，持續監測調查，了解湖泊現況有其必要。底棲大型無脊椎動物由於密度高、底棲型而易於採樣，且

對水質耐受性明顯，生活史也反映較長期環境狀況，是湖沼監測重要指標之一。本研究顯示，貧毛綱動物在嘉明湖底質隨深度增加而數量減少現象，人為破壞或湖沼長期變遷可能影響此分布型式，建議可作為環境變遷監測的生物指標。

謝 誌

本研究承蒙林務局台東林區管理處與向陽工作站主管及同仁的支持協助，阿彰與阿光兩位撐艇勇士協助野外工作，兩位審稿委員費心指正並提供寶貴建議，謹此一併致謝。

引用文獻

- 何立德、陳淑樺、齊士崢。2010。台灣第四紀高山冰川後退模式。地理學報 59: 19-38。
- 吳永華。2002。台灣高山湖泊發現小史。宜蘭文獻雜誌 58: 85-106。
- 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: 261-272。
- 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無脊椎動物群聚之關係。台灣生物多樣性研究 13(1): 37-51。
- 許仁利。2005。香山溼地大型底棲無脊椎動物群聚之時空變異。國立新竹教育大學數理教育系碩士論文。
- 陳肇夏、李元希、鐘三雄、陸挽中、賴慈華、黃文正、謝凱旋。2000。台灣中央山脈南部嘉明湖窪地成因之探討。地質 20: 1-24。
- 齊士崢。2003。天神的眼淚—嘉明湖湖盆是隕石坑還是冰斗？。中國地理學會會刊 32: 1-16。
- 劉弼仁、謝蕙蓮、林志國、陳朝金、陳章波。1998。金門慈湖的底棲環境與大型底棲動

物分布。國家公園學報 8: 12-25。

謝蕙蓮、黃守忠、李坤瑄、陳章波。1993。潮

間帶底棲生物調查法。生物科學 36: 71-80。

羅建育、王冰潔、徐寶琛、陳鎮東。1994。台

灣高山湖—嘉明湖之初步研究。大自然

44: 98-104。

Wiederholm, T. 1983. Chironomidae of the holarctic

region-keys and diagnoses, part 1 larvae. En-

tomologica Scandinavica Supplement 19: 1-457.

