

2020 年向陽山、三叉山及 嘉明湖國家步道生態及遊憩衝擊監測

王志強*、楊凱琳†

摘 要

本研究於 2019 年 10 月至 2020 年 9 月針對向陽山、三叉山及嘉明湖國家步道沿線之植群、動物資源、土壤沖蝕現象進行調查監測、並於向陽山屋、嘉明湖山屋、黑水塘及嘉明湖等四處水體進行水質調查。結果顯示：步道截面之年平均凹陷深度為 0.83 cm；截面之平均斷面積約增加 2.73%；土壤硬度 21.63 ± 1.13 mm。水體品質多屬中等品質。樣區內之維管束植物種類共計 69 科 166 屬 264 種。木本植物社會可分為臺灣冷杉型、臺灣鐵杉型、狹葉櫟-高山新木薑子型、臺灣二葉松-紅檜型、臺灣赤楊型、臺灣二葉松-臺灣馬醉木型、玉山圓柏型等 7 型；灌木植物社會分為刺柏-臺灣馬醉木型、玉山圓柏-刺柏型、玉山小檗型、玉山圓柏-玉山小檗型等 4 型；草本植物社會可分為玉山箭竹-曲芒髮草型、高山芒型、玉山箭竹-油薹型、玉山箭竹-玉山針蘭型、臺灣地楊梅-玉山針蘭型等 5 型。影響木本植物主要之環境因子為海拔高、地形位置、全天光空域、直射光空域；灌木以海拔及全天光空域為主要影響因子；草本則以坡度、含石率、土壤 pH 值、直射光空域為主要影響因子。共調查到脊椎動物 24 科 34 科 36 種動物，其中哺乳類有 7 科 11 屬 11 種、鳥類 13 科 19 屬 21 種、兩生類 2 科 2 屬 2 種以及爬蟲類 2 科 2 屬 2 種。水生昆蟲共 19 種，陸生節肢動物 25 科 27 屬 29 種，以向陽國家森林遊樂區與嘉明湖山屋有較多之脊椎動物物種數；水生昆蟲以向陽山屋匯流口最多，嘉明湖最少，其中搖蚊科的分布範圍最廣。選定之 25 株監測樣木之健康度評估結果，樹木傷害種類以腐朽為主。向陽名樹之樹木健康調查評估結果，有根系受損、樹勢衰退之現象，於常受人為踩踏方向(135°、180°)處的土壤硬度均高於 17 mm(219.68 kg/cm²)。問卷調查之部分顯示大多數山友對於山屋硬體設施、清潔與管理員、步道、遊憩衝擊、教育推廣及管理政策滿意至非常滿意和認同至非常認同；管理員與協作人員認為對於單攻之山友必須加強管理，由戒茂斯進入山區之山友須辦理入山，以及增加與加強管理之法源與罰則。

關鍵字

向陽山、三叉山及嘉明湖國家步道、步道沖蝕、水質、植群、動物資源、樣木監測、問卷調查

* 國立屏東科技大學森林系 教授

† 林務局臺東林區管理處 技士

2020 年向陽山、三叉山及 嘉明湖國家步道生態及遊憩衝擊監測

王志強、楊凱琳

壹、前言

向陽山、三叉山及嘉明湖國家步道，為熱門百岳登山路線，沿途有二座山屋及嘉明湖、向陽山及三叉山等據點，又為中央山脈南二段東段入口，是著名且深受大眾青睞及造訪之地。

近年山屋硬體陸續整建完善，並復以山屋管理之服務精進，每年登山健行遊客人數約維持 2 萬人，步道沿線之設施及生態環境受人為造訪形成之壓力，有惡化之趨勢。復以開放山林政策、山屋整體改善計畫等措施之推動，未來之使用量及遊客人數增加的可能性極大，基於上述情況及遊客壓力，本區的調查監測將採用多重項目的實施方式，以因應遊憩使用量持續成長，遊憩衝擊及其衍生問題愈趨複雜化的狀況。本文計畫以步道本體、植群狀況、山屋廁所及沿線水體之排放水質、以及山屋住宿/休憩品質等方面來進行，蒐集及建立資料及資訊。

本文以 2019 年至 2020 年間針對向陽山、三叉山及嘉明湖國家步道進行上述主題調查研究，此等結果亦可做為日後經營管理、學術或保育研究之參考。

貳、前人研究

一、步道土壤監測

步道具提供人類體驗自然與進行遊憩活動的重要功能(Leung and Marion, 1996)。唯步道沿線之環境常因遊憩使用而造成各種不同型態與程度的衝擊，導致步道惡化(trail deterioration)的現象，不但會破壞遊憩環境品質，也影響其遊憩體驗。因此，步道沿線的環境衝擊，已經成為各生態旅遊地經營管理上重要的課題(劉宗勇, 2003)。登山客同時集中進入步道，密集式的踩踏，已造成土壤密實化，影響植群的生長及步道土壤的沖刷流失，坡度區域踏面凹陷、呈溝槽化，對步道環境造成衝擊及破壞(劉瓊蓮、楊凱琳, 2015)。目前本區已實施進入之人數管制，惟每日仍多為滿載之狀態。

目前國內遊憩衝擊相關的研究大致可分為以下 5 點(林秀娟等, 2009)：(1)遊憩據點或步道沿線之植群與土壤衝擊程度的調查研究；(2)遊客對於遊憩衝擊可接受改變限度(LAC)之調查研究；(3)登山步道遊憩承載量；(4)步道劣化與步道土壤沖蝕及(5)步道社會心理衝擊方面。而劉吉川教授於 2006 至 2008 年間進行向陽國家森林遊樂區及嘉明湖登山步道遊憩衝擊監測研究計畫中表示，未來應持續進行步道沖蝕及流失之調查監測，本研究將針對上述之第 4 點，進行步道劣化及土壤沖蝕進行深入探討。

二、水體調查與監測

向陽山、三叉山及嘉明湖國家步道沿線之水體是登山人員重要飲水來源之一，水質狀況備顯重要，本研究即針對向陽山屋、嘉明湖山屋、黑水塘及嘉明湖等四處水體進行水質調查。

關於嘉明湖過去相關之水質檢測，蘇銘千等(2008)於 2006 及 2007 年針對嘉明湖進行水質分析，檢測項目包含溶氧量、水溫、氫離子濃度指數、導電度、透視度、濁度、總磷、大腸桿菌等共 13 項指標。研究結果指出，嘉明湖枯水期之降雨量少而遊客人數大增，化學需氧量、大腸桿菌升高，顯示人為活動是影響水質之關鍵因素之一，且水質呈現輕微劣化之狀態。

三、高山森林生態系

本區海拔高度約由 2,400 m 至 3,603 m 之間，其中向陽山山頂一帶，屬於高山地區，高山地區泛指生長於樹木界線(Treeline)以上、雪線(Snowline) (亦稱恆雪帶) 以下之區域，多以草本植物為主的植物社會(Nicholls, 2002；Pohl et al., 2011；Anthelme and Dangles, 2012)。此區域木本植物絕跡，植物以草本植物及蘚苔組成為主(劉棠瑞、蘇鴻傑，1983)。往昔對嘉明湖國家步道及鄰近地區之植群調查資料，各研究之調查區域海拔範圍跨度大，結果皆顯示海拔梯度確實會造成植群組成與分布呈現明顯分化而產生變異(Hsieh, 2002；王偉等，2010)。

四、動物資源調查與監測

本調查研究於向陽山、三叉山及嘉明湖國家步道沿線據點進行動物資源調查監測，除了了解目前狀況外，並可比較分析不同地點性質與動物出沒之關係，並作為未來變遷及監測之參考。

五、遊憩體驗調查

國有林班地和國家公園所轄之土地具有極高的遊憩使用價值，長久以來受到喜愛登山健行者之歡迎(原友蘭、劉吉川，2012)。經營者可透過低衝擊遊憩教育和資訊宣導等非間接性的經營管理手段，在不損害到遊客的自由行為下，提供合理的遊客行為之認知基礎，藉以提升低衝擊行為的認識，以促成遊憩者採取低衝擊行為。以嘉明湖國家步道為例，多數登山者係贊成國家步道限制每日入山人數的管理措施以及支持嚴格的執行法律，以管制污染的製造者及減低環境的衝擊(梁峰豪，2009)。或是改善不符合低衝擊概念的行為，進而配合各項管制措施，最終解決遊憩者活動對環境產生各種負面衝擊的問題(Hendee et al., 1978；Cole, 1989；Roggenbuck, 1992)。

參、材料與方法

一、步道土壤監測

本研究採用重複測量方式，以系統取樣設置若干永久樣點，定期觀測步道現況改變之定量監測法。計畫期間從 2019 年 10 起至 2020 年 9 月間，每 3 個月進行步道樣點上的土壤 pH 值、土壤硬度、土壤含水率及步道剖面變化之調查與監測。調查方法主要依據劉吉川(2007,2008)之方法及 2019 年之勘查意見，並依現況及加以調整。

(一)樣點設置

自向陽國家森林遊樂區之雙橋登山口至嘉明湖，全長約 14 km，其中登山口至向陽名樹(約 5.9 K)之間已進行手作步道整修；因此僅針對具代表性之樣點進行觀察記錄，以 6.0 K 處至 14.0 K 處之嘉明湖間採取固定距離之系統取樣，每 250 m 設立一個樣點，至嘉明湖為終點，共計設置 33 個樣點(圖 1)。每一個樣點記錄其標點編號、海拔高、GPS 定位、步道寬、路面傾斜度、坡度、方位角、鋪面狀況。



圖 1 向陽山、三叉山及嘉明湖國家步道監測樣點分布圖

(二)樣點監測方法

本研究計畫每三個月進行一次，每次測量包括土壤硬度、土壤 pH 值、土壤含水率、步道剖面深度(圖 2)、步道路面狀況。



圖 2 步道監測工作圖

二、沿線水體調查與監測

對於沿線之水體(嘉明湖、嘉明湖避難山屋、黑水塘、向陽山屋(進水、排放口、放流水))等進行水質取樣，檢測重金屬、大腸桿菌數、總磷、透視度、濁度、氨氮、溶氧量、化學溶氧量、酸鹼值、水生昆蟲等。並定期複查及分析，每季各取樣一次，進行資料建檔與分析。另針對嘉明湖之底泥進行重金屬分析，檢測嘉明湖之重金屬污染狀況，並依據環保署公告之地下水污染標準，檢視嘉明湖受重金屬污染之狀況。

三、高山生態系植群監測與調查

選擇具代表性之植群進行監測樣區之設置與調查。

四、動物出沒狀況監測

利用紅外線自動相機記錄出沒於山屋附近及其他代表性地點之動物種類、數量及頻度等情形。並進行其他動物資源調查，每季一次。

五、樹木樣木監測及向陽名樹(玉山圓柏)健康度評估與對策

樹木樣木監測範圍包含向陽森林遊樂區、向陽山、三叉山及嘉明湖國家步道全區，計監測 25 株樹木及向陽名樹。

六、遊客數量、承載量及山屋住宿/休息品質等遊憩體驗調查

利用訪談、問卷調查等方式了解上述遊憩構面調查，提供管理措施之參考。

肆、結果與討論

一、步道土壤監測

嘉明湖國家步道之步道截面之年平均凹陷深度 0.83 cm；截面之平均斷面積約增加 2.73%；平均土壤沖蝕量 87.73 cm³/cm；每單位寬度(cm)之沖蝕量 0.88 cm³/cm。若以每單位寬度(cm)之沖蝕量為基準與玉山國家公園塔塔加地區三條主要登山步道做比較(劉儒淵, 2004)，則本區 0.88 (cm³/cm)為最高，其次為沙里仙步道之 0.81 (cm³/cm)為最高，再次為玉山步道之(0.65 cm³/cm)，最低者為塔塔加步道僅為(0.55 cm³/cm)。本區之單位寬度的沖蝕量較其他三條步道高。

表 1 嘉明湖國家步道之土壤沖蝕量統計表

調查時間	平均凹陷 深度(cm)	平均斷 面積(cm ²)	平均沖蝕量 (cm ³ /cm)	每單位寬度 沖蝕量(cm ³ /cm)	平均步道 硬度(mm)
2019.10	-	3217.09	-	-	23.56
2020.01	-0.46	3171.94	-45.15	-0.45	20.96
2020.04	0.42	3215.16	43.22	0.43	20.74
2020.07	0.87	3304.82	89.66	0.90	21.26
2019-2020	0.83	87.73(2.73%)	87.73	0.88	21.63±1.13

土壤硬度平均為 21.63 ± 1.13 mm，顯示出本區步道土壤的密實情況偏高。根據 Liddle(1975) 及 Cole(2004) 提出之踐踏引起的生態衝擊概念中可得知頻繁使用步道將會使此土壤緊實進而引起透水性降低及增加逕流與沖蝕。

表 2 步道各樣點四季之平均硬度

樣點	2019.10.	2020.01.	2020.04.	2020.07.
6	25.67	22.30	19.33	21.17
6.25	25.67	20.43	20.33	24.33
6.5	23.00	19.83	18.00	17.83
6.75	22.33	20.67	16.00	19.17
7	29.00	16.50	19.17	23.50
7.25	27.67	19.17	19.00	23.00
7.5	27.27	21.50	23.00	19.33
7.75	24.00	23.33	20.67	16.17
8	23.33	21.67	19.00	24.00
8.25	28.00	23.17	23.33	22.00
8.5	26.33	24.20	24.67	23.33
8.75	23.00	19.00	20.00	22.50
9	23.33	22.33	19.33	22.83
9.25	22.00	19.67	20.33	23.00
9.5	20.33	16.33	21.00	20.50
9.75	25.87	22.83	19.33	22.83
10	27.00	26.67	21.33	25.67
10.25	22.67	22.67	21.00	22.33
10.5	20.00	21.17	20.00	19.00
10.75	24.00	21.00	17.33	21.00
11	23.67	23.33	22.33	26.83
11.25	24.33	19.50	22.33	19.67
11.5	21.17	20.50	21.83	17.67
11.75	24.33	17.83	19.83	19.00
12	20.33	20.50	23.67	22.00
12.25	19.67	22.17	25.00	22.83
12.5	28.00	21.33	23.67	24.50
12.75	22.00	23.50	23.00	21.00
13	19.33	20.33	18.67	17.00
三叉山前端	17.33	17.33	19.00	19.00
三叉山後端	19.67	19.00	21.33	16.00
平均硬度	23.56 ± 2.99	20.96 ± 2.31	20.74 ± 2.16	26.83 ± 2.75

步道踏面有嚴重凹陷情形，加上步道逕流的情況出現，登山客不願走在逕流中，改走其他路徑，導致步道溝槽化，越走越寬。研究初期為監測嘉明湖步道的寬度是否有增加，每次調查皆測量步道寬。未來可針對此項目再行嚴謹之調查設計及比較不同年度相同季節之變化。

表 3 步道各樣點四季寬度之監測(單位：m)

樣點	2019.10.	2020.01.	2020.04.	2020.07.
6	1.65	1.67	1.71	1.7
6.25	1.5	1.63	1.74	1.42
6.5	1.33	1.33	1.34	1.16
6.75	1.45	1.47	1.52	1.24
7	1.2	1.3	1.43	1.1
7.25	1.2	1.29	1.45	1.18
7.5	1.4	1.27	1.52	1.33
7.75	1.3	1.25	1.41	1.26
8	1.3	1.29	1.15	1.2
8.25	1.2	1.1	1.28	1.22
8.5	1.1	1.1	1.15	1
8.75	1.3	1.28	1.42	1.15
9	1.1	1.32	1.33	1.23
9.25	1.1	1.16	1.22	1.07
9.5	1.2	1.13	1.26	1.7
9.75	1.25	1.19	1.24	1.12
10	1.2	1.1	1.39	0.9
10.25	1.4	1.41	1.51	1.31
10.5	1.04	1.09	1.23	1.05
10.75	1.3	1.12	1.23	1.12
11	1.4	1.12	1.35	1.13
11.25	1.2	1.1	1.24	1.1
11.5	1.1	1.09	1.27	1.09
11.75	1.7	1.7	1.65	1.13
12	1.2	1.23	1.33	1.26
12.25	1.2	1.18	1.21	1.13
12.5	1.3	1.14	1.22	1.1
12.75	2.3	2.2	2.29	1.34
13	1.2	1.1	1.27	1.11
三叉山前端	3	1.13	1.2	1.13
三叉山後端	1	1.12	1.27	1.04
平均值	1.36±0.39	1.28±0.24	1.38±0.23	1.19±0.17

二、沿線水體調查與監測

本計畫使用溶氧、大腸桿菌群、pH 值、氨氮及總磷等五項水質參數計算水質指數(WQI)(表 4)。由各次檢測結果可知，水體品質最佳者為向陽山屋進水口，介於中等至優良之間；其次為向陽山屋匯流口、黑水塘及嘉明湖，水體品質介於中等至良好之間；向陽山屋放流口屬於登山客排遺後之清洗用水，故水體品質較差介於中下至中等之間。雖放流口之水體品質較差，但其排放後經由土壤及植物淨化至匯流口時，水體品質介於中等至良好之間，故整體而言，向陽森林遊樂區沿線之水體多屬中等品質。

表 4 向陽森林遊樂區沿線水體之 WQI 指數與水質分類之變化

樣站名稱	日期	WQI 指數	水體品質	水質分類
進水口	108/11	54.24	優良	約與甲類或較優之乙類水質相當
	109/1	53.91	中等	約與丙類水質相當
	109/4	51.37	良好	約與乙類或較優之丙類水質相當
	109/7	40.09	中等	約與丙類水質相當
放流口	108/11	27.60	中等	約與丙類水質相當
	109/1	34.36	中下	
	109/4	23.93	中下	約與丁類水質相當
匯流口	108/11	40.91	良好	約與乙類或較優之丙類水質相當
	109/1	51.48	中等	
	109/4	46.40	中等	約與丙類水質相當
	109/7	49.28	中等	
黑水塘	108/11	37.98	良好	約與乙類或較優之丙類水質相當
	109/1	49.84	中等	約與丙類水質相當
	109/4	49.83	良好	約與乙類或較優之丙類水質相當
	109/7	39.20	中等	約與丙類水質相當
嘉明湖	108/11	43.64	良好	約與乙類或較優之丙類水質相當
	109/1	51.12	中等	
	109/4	44.93	中等	約與丙類水質相當
	109/7	40.06	中等	

(一) 嘉明湖底泥之重金屬檢測結果

本計畫於 2020 年 1 月 14 日採集嘉明湖之底泥，4 月分析後得 32 種重金屬之檢測結果，如表 5 示。

表 5 嘉明湖底泥之 32 種重金屬含量

重金屬	檢測平均值(ppm)	重金屬	檢測平均值(ppm)
Mo 鉬	0.21	Mn 錳	166.59
Zr 鋯	293.36	Cr 鉻	17.93
Sr 鋇	60.39	V 釩	46.49
U 鈾	0.50	Ti 鈦	4549.25
Rb 鉀	93.31	Sc 釷	-0.89
Th 釷	15.16	Ca 鈣	1904.76
Pb 鉛	25.29	K 鉀	20224.41
Se 硒	-0.94	S 硫	508.93
As 砷	5.18	Ba 鋇	388.71
Hg 汞	4.59	Cs 銫	46.18
Zn 鋅	53.65	Te 碲	58.52
W 鎢	11.70	Sb 銻	11.46
Cu 銅	22.48	Sn 錫	23.22
Ni 鎳	12.63	Cd 鎘	1.66
Co 鈷	47.29	Ag 銀	2.11
Fe 鐵	24109.03	Pd 鈀	0.04

參照環保署公告之 8 項底泥品質指標分類管理辦法(表 5)，砷、鉻、銅、鎳、鉛及鋅等重金屬，皆低於環保署公告之下限，表示底泥之重金屬含量符合標準，鎘含量介於下限值與上限值之間，含量無超標亦符合標準。唯汞含量超出上限值 5.28 倍，超出環保署公告之規定。比較劉吉川等(2008)針對嘉明湖之重金屬檢測結果，本計畫檢測之 Pb、Zn、Cu、Cr、Cd 含量皆明顯高於過去之最高檢測量。

三、高山生態系植群監測與調查

(一) 植物社會分類

本計畫於 2019 年 11 月至 2020 年 4 月進行植群調查，完成木本植物社會 40 個樣區、灌木 22 個樣區以及草本 25 個樣區之調查、分析。

1. 木本植物社會

共劃分出 7 型植物社會，分別為：臺灣冷杉型(*Abies kawakamii* type)、臺灣鐵杉型(*Tsuga chinensis* type)、狹葉櫟-高山新木薑子型(*Cyclobalanopsis stenophylloides* - *Neolitsea acuminatissima* type)、臺灣二葉松-紅檜型(*Pinus taiwanensis* - *Chamaecyparis formosensis* type)、

臺灣赤楊型(*Alnus formosana* type)、臺灣二葉松-臺灣馬醉木型(*Pinus taiwanensis* - *Pieris taiwanensis* type)、玉山圓柏型(*Juniperus morrisonicola* type)。

本研究調查臺灣冷杉林時發現樹皮被臺灣水鹿(*Rusa unicolor swinhoii*)啃食之情形，於樣區內計算被啃食過的臺灣冷杉個體，其被啃食比率佔樣區內有個體數之 45.8 %-91.1 %之間，具有相當高之被啃食率。臺灣地區學者(林子佑等，2015；葉川逢，2015；劉士豪，2016)曾針對臺灣水鹿對樹皮啃食偏好及原因進行研究探討。結果顯示臺灣水鹿於嘉明湖山屋及嘉明湖有固定數量之族群，以嘉明湖最多，關於高山地區臺灣水鹿生態習性及水鹿啃食對植群之影響等研究應值得持續調查與研究。

2. 灌木植物社會

共區分出 4 型植物社會，分別為：刺柏-臺灣馬醉木型(*Juniperus formosana*- *Pieris taiwanensis* type)、玉山圓柏-刺柏型(*Juniperus squamata*- *Juniperus formosana* subtype)、玉山小檗型(*Berberis morrisonensis* type)、玉山圓柏-玉山小檗型(*Juniperus squamata* - *Berberis morrisonensis* type)

3. 草本植物社會

共劃分出 5 型植物社會，分別為：玉山箭竹-曲芒髮草型(*Yushania niitakayamensis* - *Deschampsia flexuosa* type)、高山芒型(*Miscanthus sinensis* type)、玉山箭竹-油蘆型(*Yushania niitakayamensis* - *Carex satzumensis* type)、玉山箭竹-玉山針藺型(*Yushania niitakayamensis* - *Trichophorum subcapitatum* type)、臺灣地楊梅-玉山針藺型(*Luzula taiwaniana* - *Deschampsia flexuosa* type)。

(二)維管束植物資源清單

本研究區內共記錄維管束植物 69 科 166 屬 264 種，其中蕨類植物 16 科 29 屬 49 種，裸子植物 3 科 8 屬 12 種，雙子葉植物 44 科 103 屬 164 種，單子葉植物 6 科 26 屬 39 種。

四、動物出沒狀況監測之結果

本計劃於 2019 年 11 月共於研究範圍內架設 15 臺紅外線自動相機 (KeepGuard® 790)。共記錄到哺乳動物 7 科 11 屬 11 種，鳥類則有 13 科 19 屬 21 種。

(一)哺乳類

共記錄到哺乳動物 7 科 11 屬 11 種含鼠科(*Muridae*)，分別為水鹿(*Rusa swinhoii*)、臺灣山羌(*Muntiacus reevesi*)、臺灣野山羊(*Capricornis swinhoei*)、臺灣野豬 (*Sus scrofa taicanus*)、臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、黃喉貂(*Maries flavigula chrysospila*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica taivana*)、臺灣森鼠(*Apodemus semotus*)、高山白腹鼠(*Niviventer culturatus*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus taiwanensis*) 與條紋松鼠(*Tamiops maritimus* subsp. *formosanus*)。

(二) 鳥類

共記錄到鳥類 13 科 19 屬 21 種分別為巨嘴鴉(*Corvus macrorhynchos colonorum*)、臺灣朱雀(*Carpodacus formosanus*)、臘嘴雀(*Coccothraustes coccothraustes japonicus*)、臺灣噪眉(*rochalopteron morrisonianum*)、褐頭花翼(*Fulvetta formosana*)、帝雉(*Syrnaticus mikado*)、臺灣竹雞(*Bambusicola sonorivox*)、岩鷓(*Prunella collaris fennelli*)、山鵲(*Scolopax rusticola*)、白氏地鸚(*Zoothera aurea subsp.*)、冠羽畫眉(*Yuhina brunneiceps*)、白眉林鵯(*Tarsiger indicus formosanus*)、黃嘴角鴞(*Otus spilocephalus hambroeki*)、鷓鴣(*Troglodytes troglodytes taivanus*)。而在有穩定水域的黑水塘則有記錄到多筆鳥類記錄，臺灣噪眉、臘嘴雀、朱連雀(*Bombycilla japonica*)與褐頭花翼；森林遊樂區樣區內亦記錄到較多種鳥類，如：白氏地鸚、臺灣山鷓鴣(*Arborophila crudigularis*)、帝雉、黃胸薺眉(*Liocichla steerii*)、白尾鵯(*Myiomela leucura montium*)、臺灣紫嘯鸚(*Myophonus insularis*)等。本研究發現臺灣噪眉會啄食向陽山屋洗手槽內之食物殘渣，建議未來應加強清理頻度，避免食物殘渣吸引鳥類等野生動物。

(三) 兩生類

共記錄到兩生類 2 科 2 屬 2 種，為阿里山山椒魚(*Hynobius arisanensis*)與盤古蟾蜍(*Bufo bankorensis*)，阿里山山椒魚紀錄位置為嘉明湖山屋前方，阿里山山椒魚為Ⅱ級保育類，據訪談與相關資料顯示，向陽山屋至嘉明湖山屋處均有阿里山山椒魚分布；盤古蟾蜍則於遊樂區範圍內記錄之，然數量不多。

(四) 爬蟲類

共記錄到兩生類 2 科 2 屬 2 種，為菊池氏龜殼花(*Trimeresurus gracilis*)與臺灣標蛇(*Achalinus formosanus*)，紀錄位置皆於向陽森林遊樂區內，菊池氏龜殼花屬於Ⅲ級保育類動物，主要以山椒魚、台灣蜓蜥、雪山草蜥、台灣森鼠和細尾長尾鮑為獵物(杜銘章，2004)，向陽山、三叉山及嘉明湖國家步道有許多臺灣森鼠活動，根據過往記錄，向陽一帶為菊池氏龜殼花之重要棲地，入山管理員亦常目擊，可見其於此處有穩定之族群。

(五) 水生昆蟲

2019 年 10 月及 2020 年 1 月、4 月、7 月沿線採集結果，於黑水塘、向陽山屋進水口、向陽山屋匯流口及嘉明湖，物種共 23 科。向陽山屋進水口及向陽山屋匯流口之水生昆蟲種類較相似，而黑水塘與嘉明湖之種類較相似。依據環保署之水生昆蟲指標，向陽山屋進水口及匯流口具有指標物種，該物種為扁蜉蟴科，對應之水體水質為未受汙染。而黑水塘及嘉明湖則尚未捕撈出該列表之指標物種。

(六)陸生節肢動物

2019年10月及2020年1月、4月、7月沿線採集結果，陸生節肢動物共有25科27屬29種，其中蛛形綱7科7屬7種；昆蟲類16科18屬20種；軟甲類1科1屬1種，以及唇足綱1科1數1種，而昆蟲類則包含3種臺灣特有種。

五、樹木樣木監測及向陽名樹(玉山圓柏)健康度評估之結果

(一)樹木樣木監測

樹木樣木監測範圍包含向陽森林遊樂區嘉明湖國家步道全區，共選定25株監測樣木(圖3)。樹種包含臺灣二葉松(*Pinus taiwanensis*)、紅檜(*Chamaecyparis formosensis*)、臺灣雲杉(*Picea morrisonicola*)、臺灣鐵杉(*Tsuga chinensis* var. *formosana*)、臺灣冷杉(*Abies kawakamii*)及玉山圓柏(*Juniperus morrisonicola*)。海拔分布範圍涵蓋2,368至3,477 m。調查項目計有樹木基本資料及樹木健康度評估及監測。

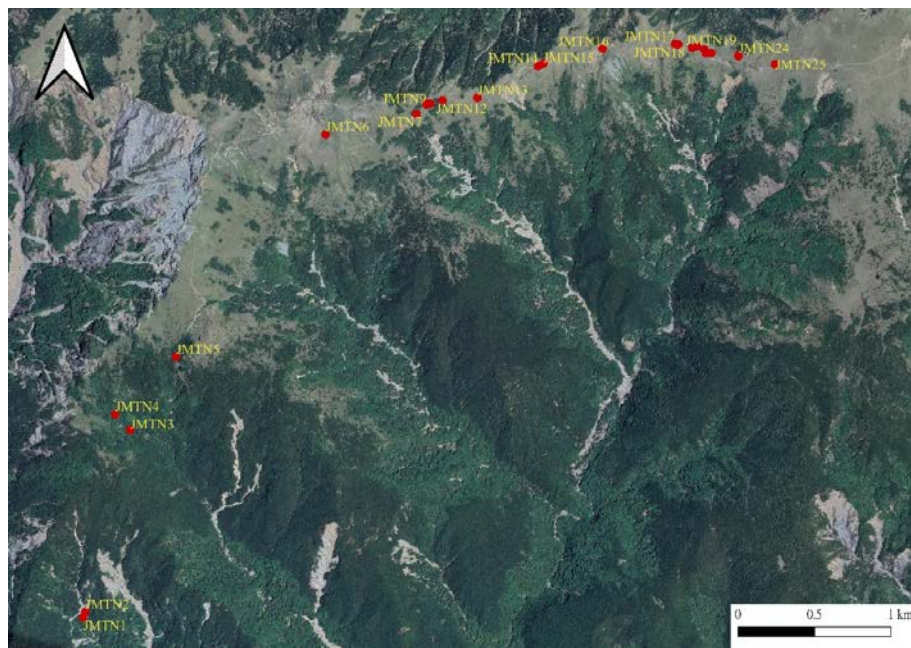


圖3 監測樣木之位置圖

樹木腐朽率及土壤硬度結果，本研究調查之樣木編號5、11、12及18有較高的風險存在。

(二)向陽名樹(玉山圓柏)健康度評估

1. 扭斷之枝條傾倒於地，樹幹撕裂。
2. 基部根系裸露，土壤遭踩踏而密實。
3. 根部之幹皮因踩踏而受傷。
4. 枝葉部分見多量枯枝，整體樹勢漸稀疏而呈不健康之狀態。

本區著名之向陽名樹為玉山圓柏，許多遊客慕名而至，並與之合影，長久以來過度的人為踩踏已經造成其生育地的變化。本研究針對向陽名樹周遭土壤進行硬度的量測。其中 135°、180°兩方位為最常受人為踩踏之處，若捨去測量點為石塊的點不計，則此兩方位的土壤硬度均高於 17 mm(219.68kg/cm²)，根據劉儒淵(1993)的觀點來看此處確實受人為干擾嚴重，且可能會對向陽名樹之根系造成傷害及通氣不良之影響。

伍、結論

一、根據 2019 年 11 月至 2020 年 7 月之調查監測結果，嘉明湖國家步道之步道截面之年平均凹陷深度 0.83 cm；截面之平均斷面積約增加 2.73%；平均土壤沖蝕量 87.73 cm³/cm；每單位寬度(cm)之沖蝕量 0.88 cm³/cm；土壤硬度 21.63±1.13 mm。以單位寬度(cm)之沖蝕量為基準時，較玉山國家公園其他三條步道來得高。

整體而言，嘉明湖國家步道於夏季時將承受最大的遊客量，導致步道的踐踏量大幅提升，加上夏季雨水的沖蝕，導致土壤沖蝕量於 7 月份達到高峰。同時也提升了土壤之硬度。

二、本計畫使用溶氧、大腸桿菌群、pH 值、氨氮及總磷等五項水質參數計算水質指數(WQI)，水體品質最佳者為向陽山屋進水口，介於中等至優良之間；其次為向陽山屋匯流口、黑水塘及嘉明湖，水體品質介於中等至良好之間；向陽山屋放流水體品質介於中下至中等之間。整體而言，沿線之水體多屬中等品質。

三、嘉明湖底泥砷、鉻、銅、鎳、鉛及鋅等重金屬符合環表屬標準，鎘含量介於下限值與上限值之間，含量無超標亦符合標準。唯汞含量超出上限值 5.28 倍。比較過去對嘉明湖之重金屬檢測結果，本計畫檢測之 Pb、Zn、Cu、Cr、Cd 含量皆明顯高於過去之最高檢測量。

四、本研究於樣區內共調查記錄 69 科 166 屬 264 種維管束植物，其中共有 29 種紅皮書植物。木本植物社會可分為臺灣冷杉型、臺灣鐵杉型、狹葉櫟-高山新木薑子型、臺灣二葉松-紅檜型、臺灣赤楊型、臺灣二葉松-臺灣馬醉木型、玉山圓柏型等 7 型；灌木植物社會分為刺柏-臺灣馬醉木型、玉山圓柏-刺柏型、玉山小檗型、玉山圓柏-玉山小檗型等 4 型；草本植物社會可分為玉山箭竹-曲芒髮草型、高山芒型、玉山箭竹-油蘘型、玉山箭竹-玉山針蘭型、臺灣地楊梅-玉山針蘭型等 5 型。其中木本植物遭水鹿啃食的狀況增加。

五、影響木本植物主要之環境因子為海拔高、含石率、地形位置、土壤 pH 值、全天光空域、直射光空域，其中以海拔高、地形位置、全天光空域、直射光空域呈極顯著差異；灌木以海拔及全天光空域呈極顯著差異；草本則以坡度、含石率、土壤 pH 值、直射光空域呈極顯著差異，反而海拔為次要影響之環境因子。

六、本研究目前共調查到脊椎動物 24 科 34 屬 36 種動物，其中哺乳類有 7 科 11 屬 11 種、鳥類 13 科 19 屬 21 種、兩生類 2 科 2 屬 2 種以及爬蟲類 2 科 2 屬 2 種。水生昆蟲共 19

種，陸生截肢動物 25 科 27 屬 29 種。各樣站以森林遊樂區與嘉明湖山屋有較多之脊椎動物物種數，向陽名樹則最少，向陽黑水塘、嘉明湖山屋與嘉明湖 3 處皆有穩定之水鹿族群活動。水生昆蟲部分，以向陽山屋匯流口調查到的水生昆蟲最多，嘉明湖最少，其中搖蚊科的分布範圍最廣，於向陽山屋進水口、向陽山屋匯流口、黑水塘及嘉明湖皆有捕獲。向陽山屋進水口及向陽山屋匯流口之水生昆蟲種類較相似，而黑水塘與嘉明湖之種類較相似。向陽山屋進水口及匯流口具有扁蜉蟬科之指標物種，為未受汙染之水質。

七、沿線之監測樹木所受傷害類型以腐朽為主。向陽名樹進行 8 方位角各延伸 5 m 的距離來量測其土壤硬度，其中 135°、180°的土壤硬度均高於 17 mm(219.68 kg/cm²)，為最常受人為踩踏之處。

八、遊客滿意度問卷調查部分，總體而言，大多數山友對於山屋硬體設施、清潔與管理員、步道、遊憩衝擊、教育推廣及管理政策滿意至非常滿意和認同至非常認同，但嘉明湖山屋之床鋪裝備掛勾、床鋪隱私隔間窗簾、廁所、山屋內部及廚房之清潔相較於向陽山屋，不滿意度有變高，以及少數山友對於山屋抽籤制度、商業團及協作之商業行為、山林開放政策持不滿意及非常不滿意之意見。山屋管理員與協作對步道、山屋管理意見調查之部分，皆持有相反之看法，但對於單攻單攻山友必須加強管理，由戒茂斯入山之山友須辦理入山手續，以及增加與加強管理之法源與罰則。

陸、參考文獻(逕洽作者)