

大清水暨匯德廢棄礦區周邊山域野生 哺乳動物種類與豐度監測計畫

受委託單位：國立屏東科技大學

研究主持人：翁國精教授

內政部國家公園署太魯閣國家公園管理處

委託辦理報告

中華民國 112 年 12 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)

大清水暨匯德廢棄礦區周邊山域野生 哺乳動物種類與豐度監測計畫

受委託單位：國立屏東科技大學

研究主持人：翁國精教授

研究期程：中華民國 111 年 01 月至 112 年 12 月

研究經費：貳佰陸拾萬元整

內政部國家公園署太魯閣國家公園管理處
委託辦理報告

中華民國 112 年 12 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)

目次

目次.....	II
表次.....	IV
圖次.....	V
摘要.....	VI
壹、 前言.....	1
貳、 預期目標.....	3
參、 研究方法.....	4
一、 研究樣區.....	4
二、 自動相機架設方法.....	5
三、 相對豐度指標.....	7
四、 氣候資料.....	9
五、 資料分析.....	9
肆、 結果與討論.....	10
一、 自動相機資料回收狀況.....	10
二、 各物種相對豐度.....	10
三、 物種名錄.....	14
四、 長期監測標準作業程序.....	17
伍、 結論.....	19
陸、 研究進度及預期完成之工作項目.....	21
柒、 參考資料.....	22
附錄一、各樣區附近環境照.....	75
附錄二、飛鼠樣站架設方式.....	85
附錄三、各樣區相機拍攝年平均 OI_3.....	86
附錄四、各物種自動相機照片.....	89
附錄五、長期監測標準作業程序.....	96

表次

表一、本研究架設之自動相機與錄音機資訊表.....	56
表二、各相機每月有效照片張數.....	59
表三、各樣區每月 OI_3 數值。.....	63
表四、各樣區物種 OI_3 與氣候因子相關性.....	69
表五、物種名錄比較表.....	70
表六、SILIC 辨識飛鼠鳴叫正確率.....	71
表七、飛鼠鳴叫天數比例.....	72
表八、飛鼠鳴叫出現時間表.....	74

圖次

圖一、研究範圍圖.....	25
圖二、自動相機與錄音機架設位置圖.....	26
圖三、各樣區中主要物種之每季/每月 OI_3.....	27
圖四、各物種分布位置圖.....	36
圖五、各樣區中主要物種之平均 OI_3.....	45
圖六、飛鼠每月鳴叫天數比例(Ratio).....	50
圖七、飛鼠年平均鳴叫天數比例(Ratio).....	52
圖八、飛鼠分布位置圖.....	53
圖九、飛鼠鳴叫出現時間.....	55

摘要

本計畫為建立以自動相機監測樣區內的中大型哺乳動物族群變化之標準作業程序，針對園區內大清水暨匯德廢棄礦場周邊山域進行中大型哺乳動物調查，以建立研究樣區之中大型哺乳動物名錄，並監測中大型哺乳動物相對豐度之變化。本計畫在匯德礦場、清水礦場、一般管制區(一)與生態保護區(一)架設共 30 台相機與 6 台錄音機。執行期間共記錄長鬃山羊(*Capricornis swinhoei*)、山羌(*Muntiacus reevesi*)、臺灣水鹿(*Rusa unicolor swinhoii*)、臺灣野豬(*Sus scrofa*)、臺灣獼猴(*Macaca cyclopis*)、鼬獾(*Melogale moschata*)、白鼻心(*Paguma larvata*)、黃喉貂(*Martes flavigula*)、黃鼠狼(*Mustela sibirica*)、食蟹獾(*Herpestes urva formosanus*)、赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)、條紋松鼠(*Tamias maritimus*)、大赤鼯鼠(*Petaurista philippensis*)和白面鼯鼠(*Petaurista alborufus*)等中大型哺乳動物。相比過去研究之物種記錄，本研究增加了水鹿、條紋松鼠、大赤鼯鼠和白面鼯鼠的紀錄。

大多數野生動物(包含飛鼠)相對豐度以春季(3-5 月)與秋季(9-11 月)較高。本研究使用 SILIC 辨識飛鼠鳴叫，發現飛鼠鳴叫主要發生於 18:00 – 22:00，但白面鼯鼠鳴叫容易與鳥鳴、蛙鳴和蟲鳴混淆，並且錄音極容易受到風聲、雨聲干擾。本研究建議使用 score 數值 ≥ 0.80 的資料，以降低誤判機率。

建議未來針對較可能出現在樣區的臺灣黑熊(*Ursus thibetanus*)，應鼓勵當地居民參與生態給付，進行自主通報及巡護監測，以利生態保育觀念融入社區。

關鍵字：長期監測、相對豐度、飛鼠鳴叫、自動照相機、錄音機、生物音智慧辨識與標記系統。

Abstract

This study aims to establish a standard operating procedure for monitoring changes in the population of medium- to large-sized mammals using camera traps in study areas. We updated the animal directory and monitored changes in the relative abundance of medium- to large-sized mammals around the mountains of Da-Qingshui River and Huide deserted mining in the Taroko National Park. We deployed 30 camera traps and 6 audio recorders at Huide deserted mining, Qingshui deserted mining, Existing Use Area (One) and Ecological Protected Area (One). The study documented *Capricornis swinhoei*, *Muntiacus reevesi*, *Rusa unicolor swinhoii*, *Sus scrofa*, *Macaca cyclopis*, *Melogale moschata*, *Paguma larvata*, *Martes flavigula*, *Mustela sibirica*, *Herpestes urva formosanus*, *Callosciurus erythraeus*, *Tamiops maritimus*, *Petaurista philippensis*, and *Petaurista alborufus*. This study increased the records of Sambar deer, Striped Squirrel, Giant Flying Squirrel, and Whited-faced Flying Squirrel compared to previous studies.

Including the flying squirrels, the relative abundance of wildlife were high in the spring (March to May) and autumn (September to November). We identified the calls of two kinds of flying squirrels using SILIC. The calls of flying squirrels mainly occurred from 18:00 to 22:00. However, the calls of whited-faced flying squirrels were easily confused with the calls of birds, frogs, or insects. In addition, the audio recordings were easily interfered with by the sounds of wind or rain. The study suggests using a score of ≥ 0.80 for the data to reduce identified mistakes.

We recommend that the government should encourage residents to participate in payments for ecosystem services to protect the Formosan Black Bear (*Ursus thibetanus*) and educate local tribes about ecological conservation.

Keywords: long-term monitoring, relative abundance, calls of flying squirrels, camera traps, audio recorders, SILIC.

壹、前言

臺灣國家公園設立的宗旨，是為了長期保護原生動植物、地景、特殊生態體系以及人文史蹟。因此，國家公園的經營管理自然包含了跨領域、跨議題的多面向性質。在國家公園成立之前，園區範圍內所遺留的各種人類活動的歷史軌跡，卻給國家公園的經營管理帶來了許多不同的挑戰。其中，礦產開採所遺留下來的廢棄礦區之生態恢復，以及轉型正義的社會氛圍下，原住民的狩獵權是否及於國家公園的爭議，都是經營管理上需要面臨的課題。

1950 年代是臺灣經濟起飛的年代，礦產的開發是當時政府扶植的重要經濟活動之一。然而，礦產的開發利用會嚴重破壞地貌、地表與地下水文等，並造成落石山崩、土地荒漠化等結果，植被遭受破壞之後，原棲息地中的野生動物也隨之遷徙，生態系受到的衝擊難以估計。在太魯閣國家公園成立之前，當今的園區範圍內就有 33 個礦區，因此在園區規劃的階段，引起採礦業者相當大的反彈，甚至刻意以怪手和炸藥搶挖礦石，嚴重破壞清水斷崖和三棧溪一帶的自然景觀(李秀美 2011)。

即便 1986 年太魯閣國家公園成立，園區內的採礦業者在礦權屆滿時仍申請展延。保育與經濟的衝突，最終在當時的行政院長蕭萬長拍板以保育為優先，才終於落幕。1998 年起，太魯閣國家公園開始與園區內的礦主商討禁採補償事宜，以利遭破壞的生態能夠恢復。歷經多年的努力，終於在 2007 年簽訂完成所有礦區的禁採補償合約，2008 年完成總面積達 2,570 公頃的全部禁採區，共 16 處礦區補償費的發放。太魯閣國家公園內原本遭到破壞的山林，終能獲得喘息的機會，讓自然的演替取代人為的破壞。然而到目前為止，僅有張惠珠(2008)針對採礦跡地之植被組成、楊懿如(2009)於礦業用地回收區域中之保育類與特有種動物進行過調查，裴家騏(2019)於太魯閣園區內進行大尺度動物資源調查，近幾年針對小尺度地區調查，廢棄礦區中野生動物資源之恢復情形尚無監測成果可供參考。

綜上所述，太魯閣國家公園應積極在受不同程度人為干擾之區域建立野生動物監測網絡。本研究為更新廢棄礦區野生動物資源恢復情形，並調查鄰近部落之一般管制區內野生動物相對豐度，建立野生動物族群動態變化的長期觀察樣區。

長期監測的目的是掌握動物相對豐度的變化趨勢，而不是確實的族群量。族群量估算需要非常嚴謹的方法學，需花費大量的人力、物力和財力，而且實際執行上非常不容易，常見的困難包括捕捉率低、追蹤儀器失效、個體辨識不易...等等，往往造成執行結果無法符合方法學上的要求(如隨機捕捉、多次重複補獲、確實的個體辨識等)，估算出的結果可信度有限，並且只能反應短期瞬時的族群量(例如最近一個月的數量)。因此，族群量估算比較適合每隔數年進行一次，而長期監測主要目標在於掌握族群趨勢，自動相機就是最有效率且可靠的監測工具。

因此，本計畫為建立以自動相機監測不同程度人為干擾樣區內的中大型哺乳動物相對豐度變化，擬針對園區內大清水暨匯德廢棄礦場、一般管制區(一)與生態保護區(一)周邊山域進行調查。本計畫之監測目的有三：(1)監測中大型哺乳動物相對豐度之變化，(2)建立研究樣區之中大型哺乳動物名錄，及(3)提供標準作業流程，以利管理處進行長期監測。

貳、預期目標

- (一) 研究區域內中大型哺乳類動物相對豐度變化情形
 - (1) 架設自動相機至少 20 台
 - (2) 提供各物種每月相對豐度數值
- (二) 研究區域內更新中大型哺乳類動物種類名錄。
 - (1) 與先前研究之物種名錄相比較
 - (2) 使用錄音機，預估飛鼠的相對豐度與活動頻率。
- (三) 建立前述區域中大型哺乳動物長期監測標準作業程序。

參、研究方法

一、研究樣區

本計畫之主要樣區(圖一)位於大清水暨匯德廢棄礦區周邊，北至清水大山，即生態保護區(一)，南至大禮和大同部落範圍，亦即一般管制區(一)，東至大清水溪之清水礦場，西至同禮步道(圖一)，總面積約 22 平方公里。本計畫將匯德礦場與清水礦場合稱為廢礦區，一般管制區(一)簡稱為管(一)，生態保護區簡稱為生(一)。

廢礦區位於海拔 400 m 以下地區，沿大清水溪往上游前行，可至昔南昌石礦場，本計畫稱清水礦場，路途需涉水、溪谷兩側陡峭，攀爬不易，大清水溪全年有水，夏季降雨量豐沛時，溪水湍急，不建議進入樣區，無詳細的植物名錄，但裸露地面積有縮小、植被有恢復的趨勢(張惠珠，2008)；匯德隧道北向出口沿匯源林道可至昔東昌與正德石礦場，本計畫稱為匯德礦場，沿途為全年無水的溪床地形，在張惠珠(2008)調查顯示沿途植物主要為銀合歡(*Leucaena leucocephala*)、大花咸豐(*Bidens chilensis*)、三裂葉蜆蜷菊(*Sphagneticola trilobata*)、象草(*Pennisetum purpureum*)、密花芋麻(*Boehmeria densiflora*)及小花蔓澤蘭(*Mikania micrantha*)等，多為外來種植物，但以望眼鏡觀察山谷兩側的原始植被林維持良好，可能屬於徐國士(2006)所指的樹杞-大葉楠群叢(*Ardisia sieboldii* - *Machilus kusanoi*)或茄冬亞群叢(*Bischofia javanica*)。

管(一)海拔約介於 500 - 1000 m 的地區，從太魯閣國家公園管理處出發，沿大禮步道上攀，路途多為桂竹(*Phyllostachys makinoi*)、相思樹(*Acacia confusa*)、廣東油桐(*Aleurites montana*)和泡桐(*Paulownia fortunei*)等人工林(徐國士，1984)，上攀結束至砂卡礑林道，林道於大禮至大同部落有鋪設水泥地，族人會使用農地搬運車或檔車行駛，減少上下山路程，若機具損壞，大同部落族人也會徒步同禮古道至大禮部落或下山；在大禮部落設有運輸重物的流籠，部落地區山地

多被開墾，種植玉米(*Zea mays*)、薑(*Zingiber officinale*)、高麗菜(*Brassica oleracea*)、桂竹(*Phyllostachys makinoi*)、箭竹屬(*Fargesia*)、落葵(*Allium chinense*)、山胡椒(*Litsea cubeba*)等，周遭人造林的樹種主要為柳杉(*Cryptomeria japonica*)、光桐(*Aleurites fordii*)、廣東油桐、泡桐等(裴家騏，2002)，主要提供族人食用、狩獵或農用等用途(張惠珠，2009)。

生(一)海拔約為 1000 - 1500 m 的地區，車輛無法通行，從大同部落出發，沿砂卡礑林道前行約 9 km 可至清水大山登山口，沿途林道覆蓋落葉或植被，在徐國士等(1984)調查中，此區森林保持原始，為暖溫帶闊葉樹林的組成，樹木組成為錐果桐(*Cyclobalanopsis longinux*)、長尾栲(*Castanopsis carlesii*)、大葉石櫟(*Lithocarpus kawakamii*)...等 13 種優勢種。各樣區之附近環境照如附錄一。

二、自動相機架設方式

考量執行長期監測時，人力、時間之成本與樣點穩定性(例如路況、拍攝情形、失竊風險)等。本計畫規劃之自動相機架設程序如下：

1. 樣區內沿林道與步道旁，人員安全無虞可及且坡度適合之地區。
2. 尋找明顯獸徑、水池等有動物出沒的地點架設自動相機，相機離地高度約 50-100 cm。
3. 初次架設完成後，於一個月後回收記憶卡，並評估架設樣點拍攝狀況，視情況撤下相機或調整相機位置。
4. 確認相機位置，每 3 個月後回收記憶卡，若有必要之因素，將再附近 100 m 之範圍調整相機位置。

本研究於 2022 年 2 月 11 日至 2022 年 2 月 17 日，至石公溪流域之匯德礦場與大清水溪流域之清水礦場進行第一次踏勘，並架設相機 HD01、HD02 與 QS01(圖二、表一)。於 2022 年 4 月 12 日至 2022 年 4 月 15 日，於匯德礦場新增架設 HD03、HD04、HD05(圖二、表

一)，和清水礦場新增架設 QS02、QS03、QS04(圖二、表一)，由於兩個礦場皆為單一出入口的路線，因此另外於兩礦場出入口各架設一台監測人為活動相機 HD-P 和 QS-P(圖二、表一)。人為活動相機因架設初衷並非為拍攝野生動物，因此不列入動物相對豐度的計算。相機之間的距離間隔至少為 100 m，相機型號皆使用 Reconyx HC500 Hyperfire，設定為拍照模式，觸發間隔 1 秒，一次觸發連續拍 3 張照片。

2022 年 2 月 16 日本計畫與花蓮縣秀林鄉同禮部落自然生態自治協進會理事長張文盛先生洽談，說明本計畫之目的，並討論(1)請部落同意本計畫於同禮部落周邊，即一般管制區(一)，架設相機進行動物相調查；(2)請部落推薦 1-2 名族人協助本計畫之執行，特別是擔任同禮部落至清水大山、千里眼山、立霧主山之嚮導，並參加培力課程。張理事長表示由本計畫發公文至協進會後，將協助通知部落族人。於 2022 年 3 月 12 日經理事長回復，兩項討論皆未獲得部落同意。因此本計畫於 2022 年 5 月辦理計畫變更，將一般管制區(一)及「邀請部落族人參與調查及增能培力課程」自履約標的中移除。

雖然未能獲得部落族人協助架設相機，但為達本計畫之調查目的與相機架設台數，研究人員於 2022 年 8 月 30 日至 2022 年 9 月 6 日於一般管制區(一)架設 DL01-DL02、SK01-SK05、TL01-TL04 等 11 台相機(圖二、表一)，相機型號使用 Keepguard KG790。另於生態保護區(一)架設 SK06-SK08 等 3 台相機，相機型號使用 Browning BTC-8A，共新增架設 14 台相機。相機之間的距離間隔至少為 1 km，設定為拍照模式，觸發間隔 1 秒，一次觸發連續拍 3 張照片。

針對較難拍攝之物種如飛鼠和臺灣黑熊，本研究於 2022 年 9 月另外架設飛鼠監測相機 FS01(C)-FS06(C)，共 6 台(圖二、表一)，相機型號使用 Keepguard KG790，設定為拍照模式，朝樹冠層進行拍攝(附錄二)，觸發間隔 1 秒，一次觸發連續拍 3 張照片；與架設錄音機 FS01(V)-FS06(V)共 6 台(圖二、表一)。錄音機型號為 AudioMoth

1.0.0 或 1.1.0，設定於 18:00-6:00 啟動錄音，一次錄音 60 秒，休息 240 秒，合計一個工作天錄音 144 分鐘。相同編號的飛鼠監測相機與錄音機位置皆為成對設置，以便對照拍攝與錄音成果(附錄二)，唯 FS05(V)與 FS05(C)位置因地形限制並未相鄰。

於 2023 年 2 月 9 日，為增加拍攝到臺灣黑熊的機會，新增架設 SK06-1、SK07-1 和 SK08-1 三台相機，架設方式與監測動物相對豐度之相機相同。其中因拍攝不佳或地形危險，撤除 HD02、HD05、QS01 和 QS03 四台相機。合計共有 30 台相機(含 2 台監測人類活動相機)及 6 台錄音機(圖二、表一)。

三、相對豐度指標

自動相機的拍攝頻度可以做為動物相對豐度的指標(Carbone *et al.* 2001, O'Brien *et al.* 2003, Rovero and Marshall 2009, Tanwar *et al.* 2021)，廣泛應用於各種哺乳動物的監測。國外多數的研究稱此指標為 RAI (relative abundance index)，常見之定義為平均每 100 個相機工作天內所拍攝到的獨立出現事件數 (independent photo-capture event)。所謂獨立出現事件數為同一物種間隔 30 分鐘以上之照片張數，且不辨識個體 (e.g. Tanwar *et al.* 2021)。

國內慣用的 OI (occurrence index, 裴家騏及姜博仁，2002)與 RAI 定義略有不同，差異在於 OI 會嘗試辨識個體，並計算每張照片中的個體數(同一照片若有兩隻或兩隻以上個體，則有效照片數等於個體數)，標準化的單位為 1000 個相機工作小時而非 100 個相機工作天，但 OI 與 RAI 皆為單位努力捕獲量的指標。OI 與絕對族群量的相關性在國內已有初步研究成果，例如古馥宇(2018)發現水鹿絕對族群量與 OI 有高度正相關 (Pearson correlation coefficient > 0.7)，嘉義大學劉建男老師發現石虎可辨識的個體數及遊蕩犬隻可辨識的個體數皆與 OI 成顯著正相關(劉建男，未發表資料)，這些研究皆顯示 OI 可反應動物的豐度變化，惟 OI 並不適用於推算絕對族群量。

本計畫採用的相對豐度指標則是修正自 OI 的 OI₃(1hr)，此指標是古馥宇(2018)所開發，其計算方式為：(一物種在某相機樣點的有效照片數/該樣點的總工作時數) x 1000 小時；而有效照片之定義為：(a)自第一張動物照片起 1 小時內所有相同物種的照片皆不計算，超過 1 小時之後的第一張同物種照片計算為第二張有效照片，並由此張照片起 1 小時內的所有同物種照片皆不計算，以此類推。OI₃ 的特點為不分辨個體，亦不計算同一張照片內之個體數。此定義與 RAI 常用之定義方式有相同的意義，差別在於 RAI 通常採用 100 個相機工作天為相機努力量的標準化單位，OI₃(1hr)則以 1000 小時為標準化單位。

採用 OI₃(1hr)的原因有三：(1)此指標與絕對族群量估計值相關係數達 0.764，高於原始定義之 OI 值之 0.748；(2) OI₃(1hr)之變異係數(coefficient of variation)為 0.399，低於原定義 OI 之 0.409 (古馥宇，2018)，表示在相同動物豐度的情況下，OI₃(1hr)的變異量較原始 OI 更低，表現較穩定；(3) 由於 OI₃(1hr)不需要辨識個體，避免了原始 OI 在辨識個體上需依賴完整清晰照片的情況，也避免了人為誤差在辨識個體上造成的變異。因此，各物種的相對豐度將以每月 OI₃ (該月樣區內各台相機 OI₃ 加總/該月樣區內相機台數)以及每季 OI₃ 表示。

本研究使用特有生物研究保育中心研發之 SILIC (Sound Identification and Labeling Intelligence for Creatures，生物音智慧辨識與標記系統)分辨飛鼠鳴叫，以人工確認後，再評估不同 score 的正確率。經評估後，本研究建議採用 score ≥ 0.80 的辨識結果 (見結果與討論)，因此後續分析僅採用 score ≥ 0.80 的資料，未再以人工方式再次確認。飛鼠的相對豐度以「鳴叫天數比例」(Ratio)呈現，Ratio 算法為在某一錄音機錄到鳴叫天數/該錄音機工作天數；活動頻度則以「鳴叫頻度」呈現，鳴叫頻度定義為每台錄音機在某時段 (小時)有錄到飛鼠鳴叫的檔案數 (一次錄音 60 秒為一個檔案)，一個有飛

鼠鳴叫的檔案視為一次鳴叫，不計該檔案內的鳴叫次數，因此每小時的鳴叫頻度上限為 12 個檔案(一次錄音 60 秒，休息 240 秒)。

四、氣象資料

氣象資料來源為中央氣象署－氣候資料服務系統網站下載。考量不同海拔區域，物候也會有所不同，因此本計畫各樣區之參考氣象資料源自不同氣象站；廢礦區使用清水斷崖氣象站資料(海拔 59 m)，管(一)使用天祥氣象站資料(海拔 550 m)，生(一)由於鄰近地區無氣象站，因此使用南山氣象站(海拔 1260 m)。

五、資料分析

各物種在空間上的分布使用 QGIS3.22 內建之距離反比加權法(Inverse Distance Weighting)，計算各樣區以自動相機為圓心，半徑 500 m 之範圍，每個像素為 5 x 5 m 方形大小。

本研究採用 Kruskal-Wallis Test 比較三個樣區各物種年平均 OI_3 值是否有差異，事後檢定採用 Dunn's Test，並校正 α 為 0.016，樣本數為各樣區相機工作的月數，亦即每個樣區每個月所有相機的平均 OI_3 為該樣區的一筆觀測值。另外使用 Mann Whitney U test 檢測兩個樣區飛鼠之年平均相對豐度(鳴叫天數比例)，樣本數為各樣區錄音機工作月數($n = 13$)。相關性分析使用 Spearman's rank correlation coefficient 檢定，統計軟體使用 Microsoft® Excel 2019 與線上計算器計算(<https://www.statskingdom.com/correlation-calculator.html>)。

肆、結果與討論

一、自動相機資料回收狀況

從各相機架設日期截至 2023 年 9 月 20 日，匯德礦場之相機加總工作時數為 20 個月，合計 50,736 小時(表一)。2022 年 2 月至 3 月，QS01 (清水礦場)相機故障，因此僅有匯德礦場的相機資料。清水礦場之相機總工作時數為 20 個月，合計 33,552 小時(表一)；管(一)總工作時數為 13 個月，合計 78,720 小時(表一)；生(一)總工作時數為 13 個月，合計 38,712 小時(表一)；飛鼠樣站總工作時數為 46,248 小時(表一)。

由於匯德礦場與清水礦場相機架設過於密集，且雨季期間溪流湍急危險，地形變化極大，因此考量資料獨立性及人員抵達安全問題，本研究撤下拍攝物種較少或 OI_3 較低(附錄三)且與其他相機距離較近的 4 台相機，分別為 2022 年 10 月 26 日撤下 HD02、HD05 和 QS01，於 2023 年 2 月 6 日撤下 QS03。

二、各物種相對豐度

截至 2023 年 9 月 20 日，共拍攝到偶蹄目 4 種，有效照片數為 12,562 張；靈長目 1 種，有效照片數為 1,925 張；食肉目 5 種，有效照片數為 972 張；嚙齒目 3 種，有效照片數為 124 張；其他 (人類、狗和貓)有效照片數為 35 張(表二)。各樣區拍攝到哺乳類之有效照片累積張數，在廢礦區為 5,341 張；管(一)為 7,859 張；生(一)為 2,416 張(表二)。所有相機皆未拍攝到臺灣黑熊。

動物相對豐度的時間變化

各樣區物種每季與每月 OI_3 變化如圖三與表三。以季來看，山羌在廢礦區的 OI_3 於 12-2 月最低，於 3 月開始攀升至 6-8 月為最高

鋒，管(一)的 OI_3 較無波動，9-11 月為生(一)的 OI_3 數值高峰直至 12-2 月驟降(圖三 1)。山羊在廢礦區的 OI_3 約於 4-5 月開始上升至 9 月高峰，在管(一)與生(一)於 3-5 月 OI_3 略為增長，管(一)逐月下降，生(一)則有逐漸上升趨勢(圖三 2)。野豬在廢礦區與生(一) OI_3 高峰出現於 9-11 月，於 3-5 月最低，管(一)於 12-2 月最低開始上升至 6-8 月(圖三 3)。獼猴在廢礦區 OI_3 高峰出現於 6-8 月，與管(一)都為 12-2 月 OI_3 數值最低，生(一)則為逐季上升的趨勢(圖三 4)。

食肉目動物方面，鼬獾在廢礦區 OI_3 高峰為 8-9 月，在管(一)與生(一)則為 3-5 月與 9-11 月皆略為上升(圖三 5)。食蟹獾在各樣區 OI_3 為 2 月開始上升至 3-5 月(圖三 6)。黃喉貂與黃鼠狼在各樣區則無明顯的季節趨勢(圖三 7、圖三 8)。白鼻心在廢礦區與管(一) OI_3 於 3-5 月為數值高峰，生(一)之高鋒則於 6-8 月(圖三 9)。

各樣區的物種相對豐度與氣溫的相關性方面，在廢礦區山羌($r_s = 0.53$, $P < 0.05$)、長鬃山羊($r_s = 0.60$, $P < 0.01$)、臺灣獼猴($r_s = 0.56$, $P < 0.05$)與溫度呈顯著正相關；降雨量與山羌接近顯著正相關($r_s = 0.43$, $P = 0.055$)，黃喉貂為顯著負相關($r_s = -0.57$, $P < 0.01$, 表四)。在管(一)中物種的相對豐度與溫度、降雨量都無顯著關係(表四)。生(一)僅獼猴與溫度呈顯著正相關($r_s = 0.63$, $P < 0.05$)，與山羌接近顯著正相關($r_s = 0.54$, $P = 0.056$)，降雨量則與山羌($r_s = 0.64$, $P < 0.05$)、臺灣野豬($r_s = 0.67$, $P < 0.05$)呈顯著正相關(表四)。

上述結果顯示在廢礦區和生(一)中，山羌、臺灣獼猴、鼬獾與食蟹獾在冬季 12-2 月離開溪流或海拔較高的樣區，並於春初 3 月相對豐度逐漸上升，直至夏季 9-11 月達到高峰，並且山羌與臺灣獼猴隨季節遷移的趨勢較明顯。管(一)的相對豐度雖與季節無顯著相關，但臺灣獼猴與鼬獾的相對豐度數值仍是冬季較低，春秋季較高，野豬則為春夏較高。由於管(一)、生(一)相鄰，其中野豬相對豐度在兩區的變化呈現相反的趨勢(即管(一)數值高，生(一)則較低)。在趙榮台(1988)的獵人訪談資料中，顯示臺灣野豬為雜食性，食物組成以

植物的根莖葉為主，也會食用動物或腐物，並且喜歡吃箭筍和殼斗科果實，尤其是青剛櫟。而在太魯閣地區的青剛櫟主要分布於海拔 1600 m 以下，500-1000 m 的山區，砂卡礑溪流域出現青剛櫟的機率高(陳添財，2014)，。青剛櫟落果期約在 10 月至隔年 3 月(劉威麟，2000)，這與在 10 月實際調查途中，發現通往生(一)的路線有許多殼斗科植物落果與野豬拱土痕跡(附錄一 4)的結果相似，徐國士等(1984)調查也指出往清水大山行至鞍部有較多殼斗科植物。而管(一)則鄰近部落，族人多在附近開闢農地和竹園，平常會種植馬告、玉米、紫蘇、芋頭等農作物，在 4-6 月時採收箭筍。箭筍的採收期、殼斗科植物落果期、及管(一)與生(一)野豬相對豐度的高峰值三者皆一致，林冠甫(2009)在大分地區亦發現在青剛櫟結果季，野豬的豐富度是非結果季的兩倍。這些研究結果皆顯示野豬的相對豐度變化與食物分布較有關。

動物相對豐度的空間變化

各樣區物種組成，廢礦區物種以山羌相對豐度最高(平均 $OI_3 = 50.35$)，其次為長鬃山羊(平均 $OI_3 = 16.91$)，第三為獼猴(平均 $OI_3 = 14.49$) (表三)。於 2022 年 5 月開始持續記錄到野豬出現(圖三)，另於 2022 年 9 月 HD04 記錄到白面鼯鼠出現(附錄四 13)。

管(一)物種以山羌的相對豐最高(平均 $OI_3 = 79.38$)，其次為獼猴(平均 $OI_3 = 8.31$)，第三為鼬獾(平均 $OI_3 = 6.36$) (表三)。於 2022 年 9 月，TL01 首次記錄到水鹿出現(附錄四 4)，也是本研究唯一的一筆水鹿自動相機紀錄。

生(一)的物種以山羌數值最高(平均 $OI_3 = 42.26$)，其次為長鬃山羊(平均 $OI_3 = 9.33$)，第三為獼猴(平均 $OI_3 = 7.03$) (表三)。於 2022 年 10 月份回收資料路途中，沿途多殼斗科植物落果與野豬拱地痕跡(附錄一)，亦目擊野豬 2 次、長鬃山羊 1 次(附錄一)，於 2023 年 2 月份回收資料路途中於 SK08 附近發現水鹿排遺(附錄一)，2023 年 5 月

份回收資料路途中發現山羊與疑似白鼻心排遺(附錄一)。

各物種在空間上的分布如圖四與圖五。山羊在清水礦場紀錄較少(平均 $OI_3 = 2.26$)，在匯德礦場、管(一)與生(一)皆有分布(圖四 1)，並且管(一)平均 OI_3 顯著高於另外兩個樣區 ($P < 0.001$ ，圖五 1)。山羊主要分布於匯德礦場、管(一)中靠近太魯閣國家公園管理處與生(一)靠近清水大山之地區(圖四 2)，而管(一)平均 OI_3 顯著較低，廢礦區與生(一)則沒有顯著差異(管一 v.s. 廢礦區, $P < 0.001$ ；管(一) v.s. 生(一), $P < 0.01$ ，圖五 2)。野豬主要分布於匯德礦場、管(一)大禮至大同部落中間路段與生(一)(圖四 3)，三個樣區之間的平均 OI_3 沒有達到顯著差異($P = 0.127$ ，圖五 3)。

獼猴主要分布於廢礦區的匯德礦場與管(一)靠近太魯閣國家公園管理處之地區(圖四 4)，廢礦區平均 OI_3 顯著大於與管(一)和生(一)(廢礦區 v.s. 管(一), $P < 0.05$ ；廢礦區 v.s. 生(一), $P < 0.01$ ，圖五 4)。

食肉目動物分佈方面，鼬獾主要分布於管(一)靠近大禮與大同部落之地區(圖四 5)，管(一)鼬獾平均 OI_3 顯著大於另外兩個樣區($P < 0.001$ ，圖五 5)。食蟹獾主要分布於清水礦場與管(一)靠近大禮和大同部落之地區(圖四 6)，三個樣區之間的平均 OI_3 沒有達到顯著差異($P = 0.986$ ，圖五 6)。黃喉貂零散分布於匯德礦場與管(一)靠近大禮和太魯閣國家公園管理處之地區(圖四 7)，三個樣區之間的平均 OI_3 沒有顯著差異($P = 0.924$ ，圖五 7)。黃鼠狼僅在廢礦區與生(一)拍攝到，並且主要分布於生(一)(圖四 8)，三個樣區之間的平均 OI_3 沒有顯著差異($P = 0.339$ ，圖五 8)。白鼻心零散分布於清水礦場、管(一)與生(一)內(圖四 9)，三個樣區之間的平均 OI_3 沒有顯著差異($P = 0.076$ ，圖五 9)。

2022 年 9 月在管(一)TL01 相機(靠近大禮部落)拍攝到 1 張臺灣水鹿的照片，族人也表示過去曾在 TL01 相機附近目擊水鹿，本研究在架設 TL01 相機時與在 SK08 附近也有發現水鹿排遺(附錄一)。楊懿

如(2009)與顏士清(2010)的調查中，管(一)附近尚無水鹿的分布，但顏士清(2010)「太魯閣國家公園台灣水鹿分布之預測」所做的分布預測中，管(一)有符合分布預測之最低門檻，顯示此區適合水鹿生存。本研究之結果支持顏士清(2010)的預測，並顯示水鹿在太魯閣國家公園已有向東擴散的情形。

三、物種名錄

截至 2023 年 9 月 20 日，本計畫自動相機已記錄到長鬃山羊、山羌、臺灣水鹿、臺灣野豬、臺灣獼猴、鼬獾、白鼻心、黃喉貂、黃鼠狼、食蟹獾、赤腹松鼠、條紋松鼠、白面鼬鼠與大赤鼬鼠(附錄四)。與先前研究相比，在靠近清水礦場之地區，裴家騏(2019)使用自動相機監測到山羌、長鬃山羊、臺灣野豬、臺灣獼猴、鼬獾與食蟹獾，本計畫則新增白鼻心、黃喉貂與黃鼠狼(表五)。在匯德礦場，張惠珠(2008)主要針對礦區植被復育的組成與種類做調查，僅提到踏查期間在匯源林道(即接近本計畫匯德礦場樣區)有目擊朱鷲、小卷尾、紅嘴黑鵯與大冠鷲、耳聞大彎嘴畫眉與小彎嘴畫眉之記錄，其餘哺乳類動物的踏查記錄不多。而楊懿如於 98 年進行白天與夜間的穿越線調查，在正德—東豐礦場(即本計畫匯德礦場樣區)的哺乳動物分別為長鬃山羊、臺灣野豬、臺灣獼猴、食蟹獾、赤腹松鼠、白面鼬鼠、大赤鼬鼠與刺鼠。裴家騏(2019)新增調查到鼬獾、白鼻心與黃喉貂，本計畫在匯德礦場則新增 1 筆白面鼬鼠的拍攝記錄，但並未記錄到大赤鼬鼠(表五)。雖然本計畫之自動相機有拍攝到小型啮齒目，但難以從照片辨認，因此本計畫無法提供小型啮齒目物種的資訊。

在管(一)樣區，相較於 108 年自動相機的調查，本計畫新增了臺灣水鹿、條紋松鼠、白面鼬鼠與大赤鼬鼠的拍攝記錄(表五)；在生(一)樣區，本計畫則新增赤腹松鼠與條紋松鼠的拍攝記錄、臺灣水鹿排遺、大赤鼬鼠與白面鼬鼠的鳴叫(表五)。因架設相機時，有針對樹棲型啮齒目進行拍攝，因此相較過去的拍攝結果，兩樣區都增

加了嚙齒目物種的記錄。本計畫在所有樣區的物種數記錄皆有新增。

關於樣區內是否有黑熊，有部分居民表示有看過黑熊，並且都是在靠近清水大山附近的區域。而依據陳添財(2015)報告中的審查會議紀錄(104 年 11 月 25 日)，審查委員表示「蘇花管理站保育巡查員阿楚·尤給以過去曾有在清水山區遭台灣黑熊追趕的經驗」。這些紀錄顯示生態保護區(一)內應有黑熊分佈，但豐度可能較低且不穩定。至於穿山甲(*Manis pentadactyla*)，族人均表示目前沒有人看過穿山甲，都說要再往南一點(銅門)才會有。本研究推測因本區域地表土壤深度較淺，土壤下多為堅硬石塊，造成穿山甲不易挖掘洞穴，因此目前尚未記錄到穿山甲。

飛鼠的相對豐度與活動頻率

FS01-FS06 相機從架設日期至 2023 年 9 月總工作時數為 46,248 小時(表一)，但由於樹葉晃動，容易使相機空拍至沒電，因此拍攝成效並不如預期，因此飛鼠監測相機僅記錄有無拍攝到飛鼠的結果，不使用 OI_3 等計算。赤腹松鼠在 FS01-FS06 每台相機皆有記錄，條紋松鼠則在 FS04 與 FS06 出現，白面鼯鼠在 FS01 與 FS02 出現，大赤鼯鼠僅在 FS01 有拍攝記錄。

錄音機從開始架設至 2023 年 9 月為止，總工作天數為 1984 台天(表一)。由於錄音資料龐大，本研究先採用部分資料做 SILIC 自動辨識的正確率估算，確定資料品質的評估標準後，再以此評估標準使用 SILIC 分析其他資料。其中，FS01、FS03、FS05 與 FS06 使用 2022 年 9-10 月的資料做正確率評估，而 FS02 與 FS04 因樣本數過少或故障造成資料缺失，因此使用 2023 年 3-4 月的資料做正確率評估。本研究將 SILIC 辨識為飛鼠的錄音片段以人工方式判讀，正確率的計算為「SILIC 辨識正確的檔案數/SILIC 辨識為飛鼠的檔案數」，因此正確率的意義為排除偽陽性(false positive)後的正確率。由於樣本數龐大(總計有將近 29 萬筆錄音，每筆 1 分鐘)，因此本研究並未檢視

「SILIC 未辨識為飛鼠，但事實上為飛鼠」的錄音片段，亦即未排除偽陰性(false negative)的結果。

結果發現，當 SILIC 自動辨識的 score 為 0.90 – 0.99 時，大赤鼯鼠與白面鼯鼠的正確率皆為 100%，當 score 為 0.80 – 0.89 時，正確率整體平均則下降至 51%，其下降主因為 FS03 和 FS04 正確率較低(表六)。在人工辨識過程中，發現 SILIC 易將尖銳之蟬鳴、鳥鳴或蛙鳴誤認成白面鼯鼠鳴叫，尤其是蛙鳴干擾會大幅影響數據。而雨聲及風造成的樹葉摩擦聲也會干擾判斷，因此錄音機若架設於潮濕多雨的中低海拔環境，SILIC 辨識白面鼯鼠的正確率會大幅下降。

獲得上述結果後，本研究以 $\text{score} \geq 0.80$ 為標準，使用 SILIC 分析其他錄音檔，不再以人工確認辨識結果。另外，因正確率過低而排除 FS03 與 FS04 白面鼯鼠的 SILIC 辨識結果。為了統一辨識標準，所有錄音全部都採用 SILIC 辨識的結果（包含經過人工辨識的資料），即使是 SILIC 辨認錯誤的，只要 score 大於等於 0.80 也會被視為飛鼠鳴叫。

大赤鼯鼠與白面鼯鼠每季或每月相對豐度(Ratio 值)如圖六與表七。大赤鼯鼠的 Ratio 高峰出現在 3-5 月與 9-11 月，12-2 月與 6-8 月則較低(圖六 1)，並且在生(一)大赤鼯鼠鳴叫出現的月份僅在 4、6 和 9 月(表七)。白面鼯鼠的 Ratio 季節峰值與大赤鼯鼠相似，中低海拔的管(一)會在 10 月下降後，持平至 1 月，高海拔生(一)的白面鼯鼠相對豐度則是在 10 月逐漸下降至 1 月最低。在春秋兩季兩種鼯鼠在樣區內的相對豐度較高，冬夏則較低，尤其在 12-1 月大赤鼯鼠在兩樣區皆無記錄，兩樣區鼯鼠的相對豐度與溫度、降雨量都無顯著關係。

飛鼠的鳴叫行為與警戒捕食者靠近、個體間社交溝通、競爭領域或繁殖機會等有關(Diggins. 2021)。在臺灣過去的研究指出大赤鼯鼠雄鼠在 3-6 月與 10-11 月為性活躍高峰，雌鼠性活躍高峰期為 3-6 月與 11-1 月，在 12-2 月與 6-8 月為懷孕期(Lee *et al.* 1993)，此結果

與本研究大赤鼯鼠相對豐度高峰出現的月份一致，而白面鼯鼠在繁殖季發出的警戒音次數會高於非繁殖季(沈霈珊，2013)，顯示兩鼯鼠的鳴叫行為與繁殖期較相關。

在空間分布上，管(一)的大赤鼯鼠相對豐度顯著高於生(一)(圖七 1， $P < 0.001$)，主要分布於砂卡礑林道靠近大禮部落的地區(圖八 1)，但每台錄音機年平均 Ratio 與海拔無顯著相關($n = 6$ ， $r_s = -0.46$ ， $P = 0.354$)；白面鼯鼠在兩樣區間無顯著差異(圖七 2)，主要分布於靠近清水大山之區域(圖八 2)，每台錄音機年平均 Ratio 與海拔也無顯著相關($n = 4$ ， $r_s = 0.32$ ， $P = 0.684$)。

SILIC 辨識出大赤鼯鼠鳴叫檔案數，在管(一)共 171 個，生(一)共 3 個；白面鼯鼠的鳴叫檔案數，在管(一)共 1116 個，生(一)共 2393 個(圖九、表八)。兩種鼯鼠的鳴叫高峰主要發生於 18:00 – 19:59，其次為 20:00 – 21:59，清晨 04:00 – 05:59 則較少(圖九、表八)，與過去研究結果不相同。林文隆與曾翌碩(2008)使用無線電追蹤在台中市霧峰區桐林地區的大赤鼯鼠，發現一天中有三個活動時段，分別為 18:00 – 21:00、23:00 – 02:00 與 04:00 – 05:00；而在福山植物園，大赤鼯鼠一天中有兩個活動高峰，分別於 19:00 – 21:00 與 02:00 – 05:00，並且日落與日出時間會明顯影響活動高峰的時間點(郭奇芊，1999)，本計畫的兩種鼯鼠於清晨 04:00 – 05:59 非鳴叫高峰，顯示各地區的鼯鼠的活動時間有略微差異。

四、長期監測標準作業程序

此結果收錄於本報告之附錄五。建議各樣區長期監測的架設點位，以拍攝到物種數較多，以及相對豐度較高的點位為優先考量。若使用物種數低、相對豐度低之相機點位，其偵測動物豐度變化的靈敏度會降低。依據上述標準，本研究建議清水礦場的野生動物監測相機架設在 QS04，匯德礦場為 HD04；管(一)野生動物監測相機建

議架設在 DL02、SK03、TL01 和 TL04，生(一)為 SK06-1、SK06、SK07 和 SK08。

伍、結論

一、各物種相對豐度

目前為止的調查結果顯示，樣區內的哺乳動物資源比過去的調查更為豐富。時序進入春季 3 月，各物種的每月相對豐度多為增加的情形，並在夏末秋初 9-11 月達到高峰，冬季 12-2 月最低。大多數的物種相對豐度有季節變化的趨勢，其中野豬的豐度變化可能與食物分布有關。廢礦區以長鬃山羊、獼猴和食蟹獾相對豐度高，而匯德礦場拍攝到的物種數比清水礦場多；山羌、鼬獾和大赤鼯鼠主要分布於一般管制區(一)，與其他樣區相比呈顯著差異；野豬、黃鼠狼和白面鼯鼠主要分布於生態保護區(一)；黃喉貂、白鼻心則在各樣區中都有零星分布。

二、物種名錄

與過去研究相比，各樣區物種數皆有增加。清水礦場新增白鼻心、黃喉貂和黃鼠狼的紀錄；匯德礦場新增赤腹松鼠與白面鼯鼠的紀錄；一般管制區(一)、生態保護區(一)皆新增臺灣水鹿、條紋松鼠、白面鼯鼠和大赤鼯鼠的紀錄。

三、飛鼠的相對豐度與活動頻率

春秋季(3-5 月、9-11 月)為大赤鼯鼠和白面鼯鼠的相對豐度高峰值，兩種飛鼠鳴叫主要出現於 18:00 – 22:00，清晨 04:00 – 06:00 最低。雖然使用錄音機與 SILIC 軟體能夠增加調查飛鼠的機率，並節省大量人力，但環境中非目標物種鳴叫聲與風聲、水聲等噪音，可能會大幅降低辨識的正確率及錄音的可行性。

四、長期監測標準作業程序

建議在本計畫拍攝狀況佳的點位附近持續進行監測，未來只要相機點位固定，監測成果即為一個標準化的方法所產生的結果，可以反應動物的豐度變化。

針對飛鼠的調查可使用錄音機與 SILIC 進行辨識，並建議使用 score 數值 ≥ 0.8 的資料，並且仍需提升 SILIC 對白面鼯鼠鳴叫辨認的精準度。

建議未來針對目前較可能出現在樣區的臺灣黑熊，應鼓勵當地居民參與生態給付，進行自主通報及巡護監測，以利生態保育觀念融入社區。

陸、研究進度及預期完成之工作項目

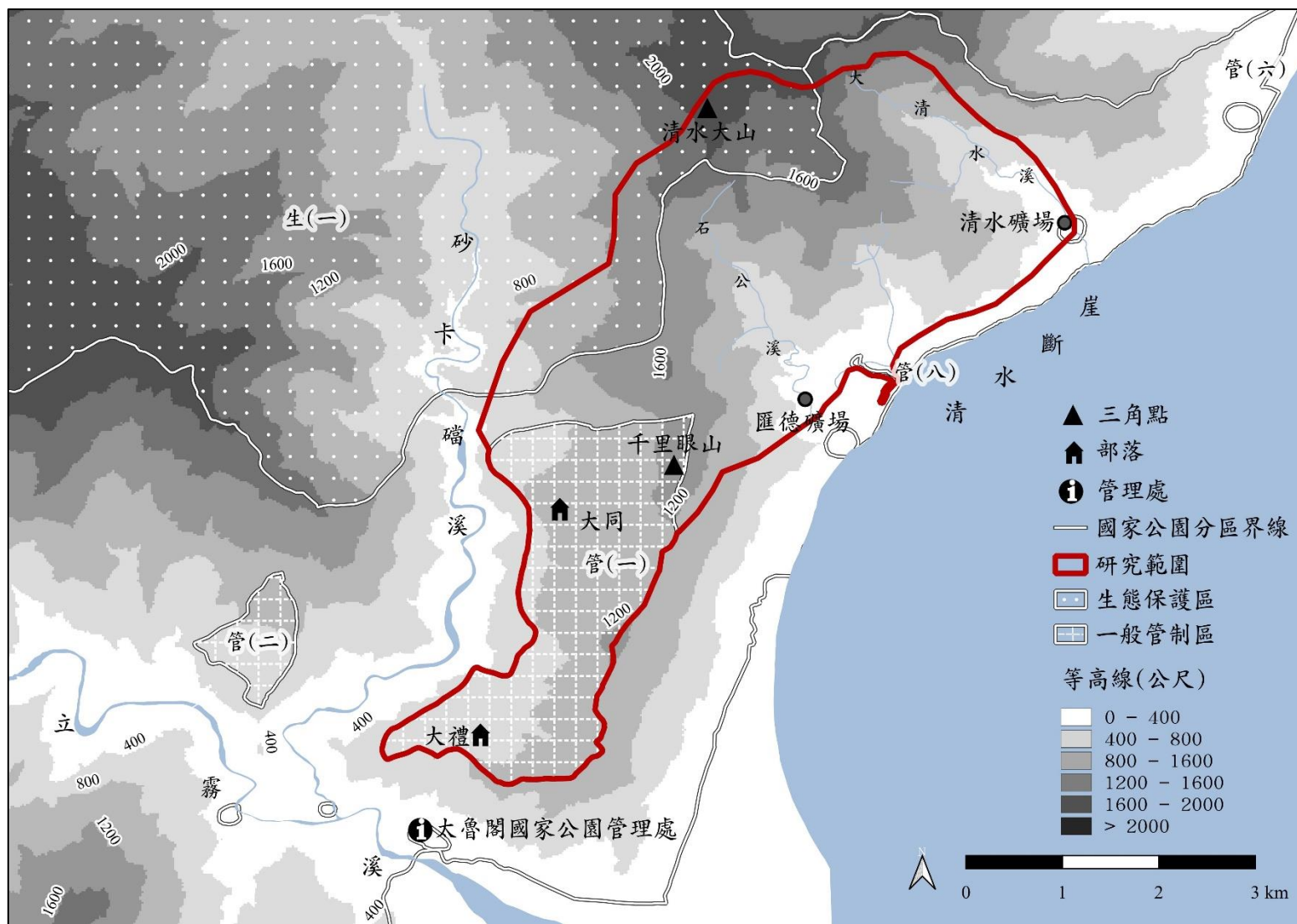
工作項目	年	2022												2023											
	分																								
	月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.背景環境資料及文獻之蒐集與彙整		\	■	■	■																				
2.相機架設及樣線設置(大清水暨匯德廢棄礦區周邊)		\	■	■	■	■	■	■	■																
3.相機資料回收		\		■	■	■		■		■	■		■		■	■		■		■		■		■	■
4.建立長期監測標準作業程序										■	■	■	■	■	■	■	■								
5.資料整理分析與報告撰寫		\	■			■	■			■	■						■	■			■	■	■	■	■
6.研究成果報告書		\	■				■				■						■					■		■	■

柒、參考資料

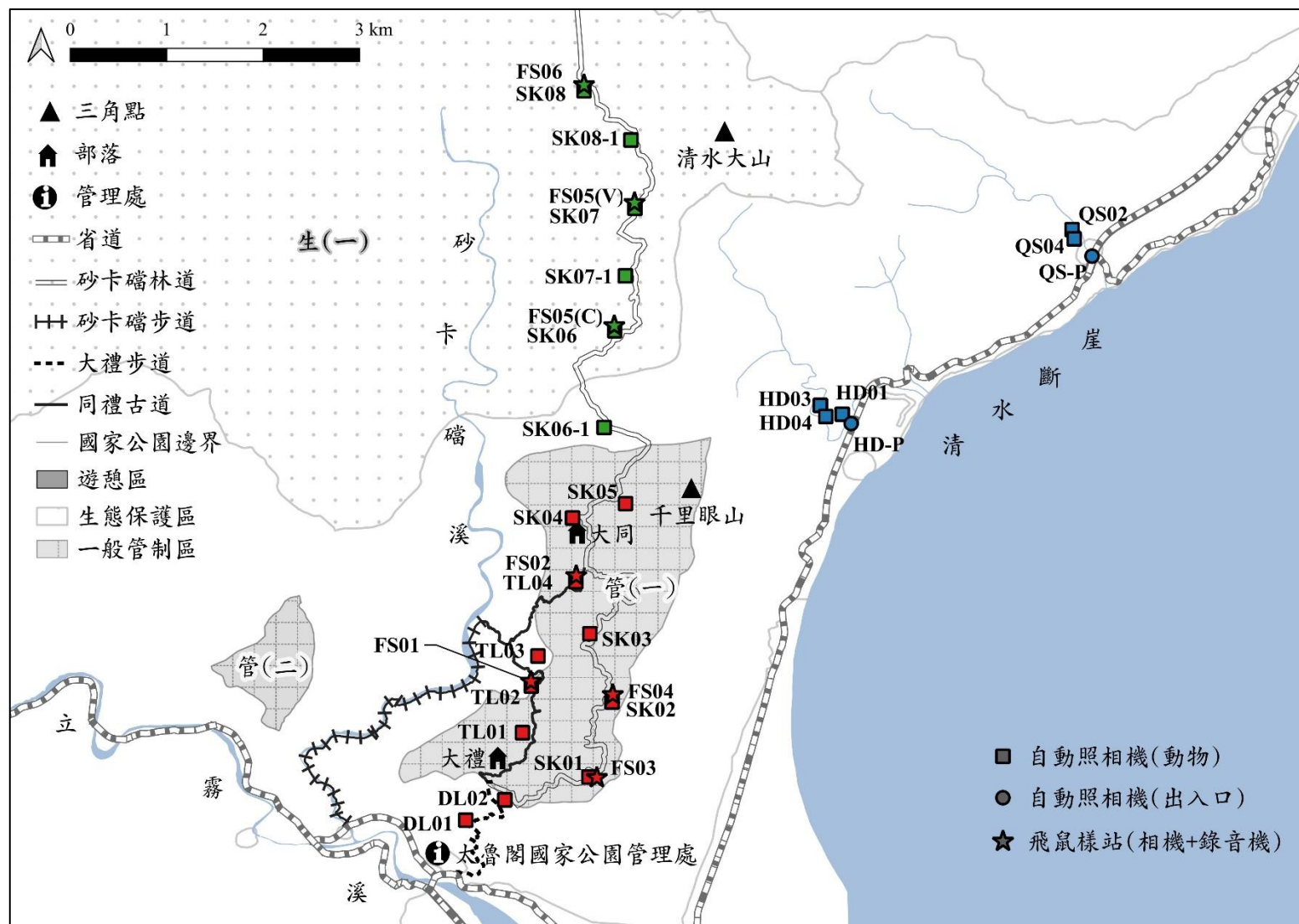
- 古馥宇。2018。台灣水鹿 (*Rusa unicolor swinhoii*)之相對族群量指標開發與評估。國立屏東科技大學碩士論文。45 頁。
- 林文隆、曾翌碩。2008。桐林地區大赤鼯鼠利用人工巢箱的觀察記實。台灣林業 34(3):55-61
- 林冠甫。2009。玉山國家公園大分地區櫟實結果對於大型哺乳動物豐富度之影響。國立屏東科技大學碩士論文。115 頁。
- 陳添財。2015。太魯閣公路沿線青剛櫟族群分布與取用櫟實哺乳類動物自動監測。太魯閣國家公園管理處委託研究報告。67 頁。
- 李秀美。2011。國家公園礦藏保衛戰。國家公園季刊 2011 年九月號：1-2 頁。
- 沈霽珊。2013。阿里山光華地區白面鼯鼠聲音行為研究。國立中山大學碩士論文。55 頁。
- 徐國士。1984。太魯閣國家公園植物生態資源調查報告。太魯閣國家公園管理處委託報告。153 頁。
- 徐國士。2006。太魯閣國家公園中低海拔生態環境變遷之研究。太魯閣國家公園管理處委託報告。115 頁。
- 唐一中。2004。褐林鴉與灰林鴉回播對白面鼯鼠鳴叫行為的影響。國立屏東科技大學碩士論文。56 頁。
- 郭奇芊。1999。福山試驗林大赤鼯鼠(*Petaurista petaurista*)之食性、活動範圍及活動模式。國立臺灣大學碩士論文。68 頁。
- 張惠珠。2008。禁採補償之礦區資源復育監測計畫。太魯閣國家公園管理處委託研究報告。110 頁。
- 張惠珠。2009。太魯閣國家公園大同大禮地區民俗植物與文化生活關連性之調查研究。太魯閣國家公園管理處委託研究報告。175 頁。
- 楊懿如。2009。代表性生態系經營管理—礦業用地回收後生態復育計畫第一期。太魯閣國家公園管理處委託研究報告。137 頁。
- 裴家騏、姜博仁。2002。大武山自然保留區和周邊地區雲豹及其他中大型哺乳動物之現況與保育研究(一)。行政院農業委員會林

- 務局保育研究系列 90-6 號。63 頁
- 裴家騏。2002。砂卡礑部落地圖繪製計劃。太魯閣國家公園管理處委託報告。29 頁。
- 裴家騏。2019。太魯閣族狩獵文化暨太魯閣國家公園動物資源調查計畫案。太魯閣國家公園管理處委託報告。145 頁。
- 顏士清。2009。太魯閣國家公園台灣水鹿(*Rusa unicolor swinhoii*)分布之預測。生物學報 44(2)。89-96 頁。
- 劉威麟。2000。太魯閣國家公園青剛櫟族群生態之研究。國立東華大學碩士論文。75 頁
- 趙榮台、方國運。1988。台灣野豬(*Sus scrofa taivanus*)之生態與行為研究(I)。生態研究，第 009 號。
- Carbone, C., S. Christie., , K. Conforti., T. Coulson., Franklin, N., J. R. Ginsberg., M. Griffiths., J. Holden., K. Kawanishi., M. Kinnard., R. Laidlaw., A. Lynam., D. Martyr., D. McDougal., C. Mcdougal., L. Nath., T. O' Brien., J. Seidensticker., J. I. D. Smith., M. Sunquist., R. Tilson. and W. N. W. Shahrudin. 2001. The use of photographic rates to estimate densities of tigers and other cryptic mammals. Anim. Conserv. 4: 75-79.
- Diggins, C. A., 2021. Behaviors associated with vocal communication of squirrels. Ecosphere 12(6):e03572. 10.1002/ecs2.3572
- Lee, P.-F., Y.-S. Lin, and D. R. Progulsk. 1993. Reproductive Biology of the Red-Giant Flying Squirrel, *Petaurista petaurista*, in Taiwan. Journal of Mammalogy 74:982-989.
- O'Brien, T. G., M. F. Kinnaird and H. T. Wibisono. 2003. Crunching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. Animal Conservation 6:131-139.
- Rovero, F. and A. R. Marshall. 2009. Camera trapping photographic rate as an index of density in forest ungulates. Journal of Applied Ecology 46:1011-1017.
- Tanwar, K. S., A. Sadhu. and Y. V. Jhala. 2021. Camera trap placement for evaluating species richness, abundance, and activity. Scientific reports

11: 1-11.

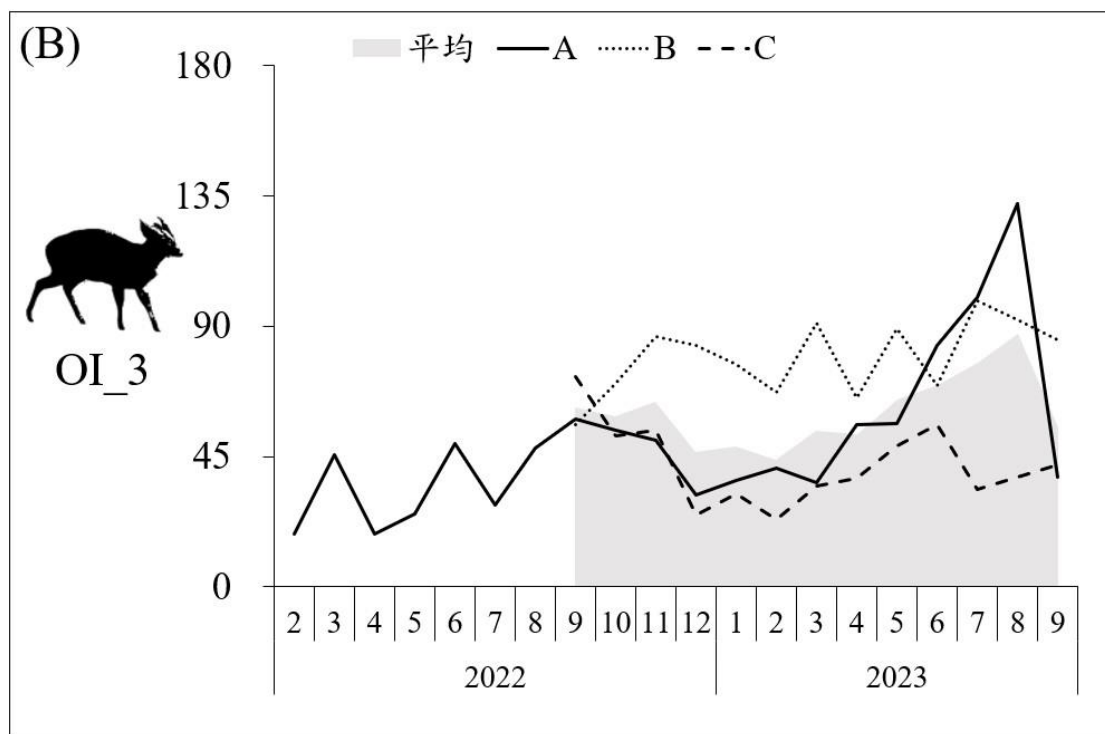
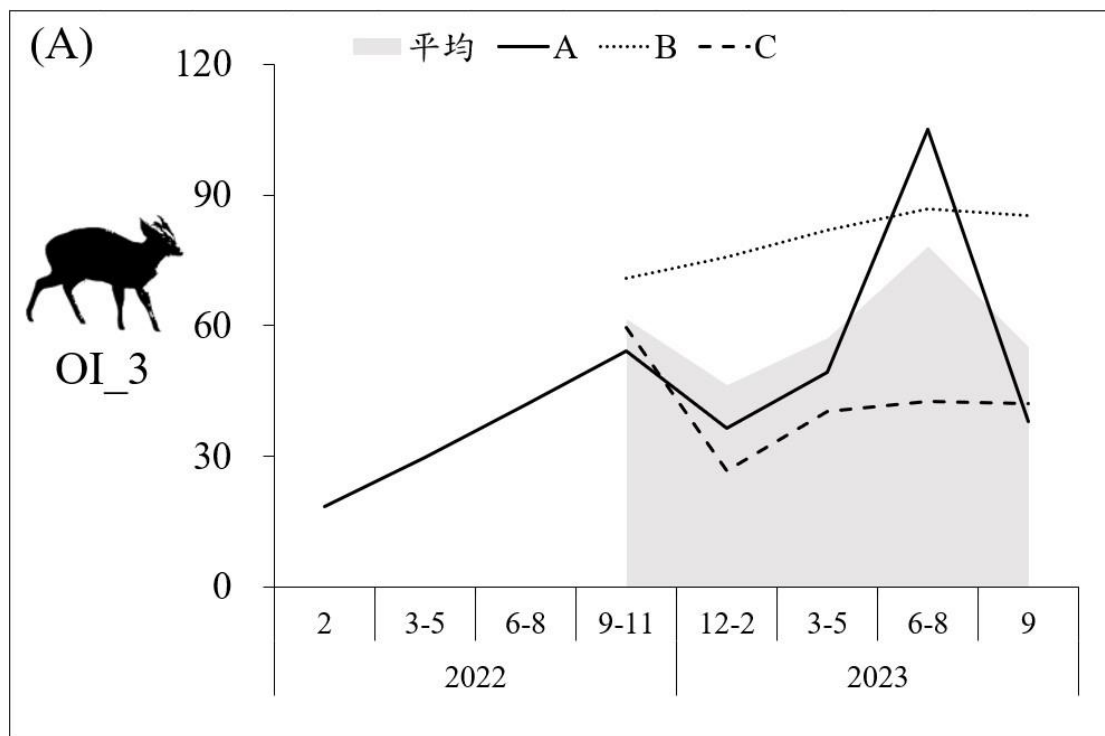


圖一、研究範圍圖。北至清水大山，即「生態保護區(一)」，生(一)」，南至大禮和大同部落範圍，亦即「一般管制區(一)」，管(一)」東至大清水溪之清水礦場，西至同禮步道，總面積約22平方公里，海拔約20至2400公尺。



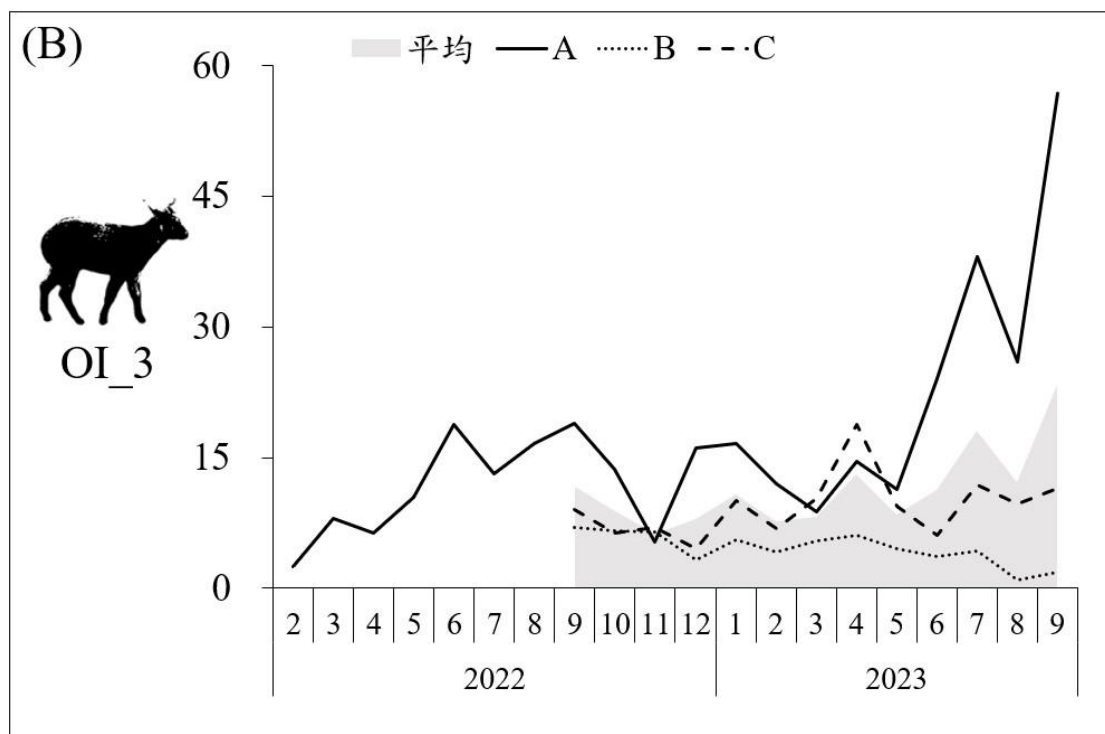
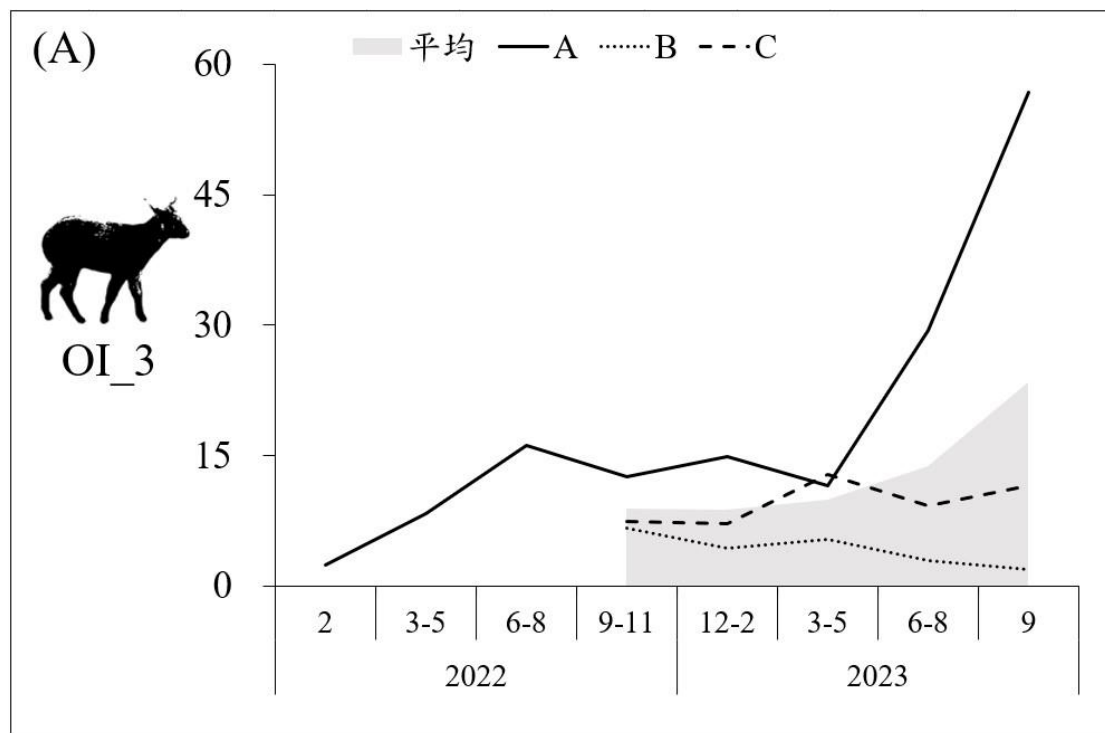
圖二、自動相機與錄音機架設位置圖。藍色標記為廢礦區，紅色標記為管(一)，綠色標記為生(一)的樣點。相機與錄音機基本資訊請參閱表一。

(1)山羌



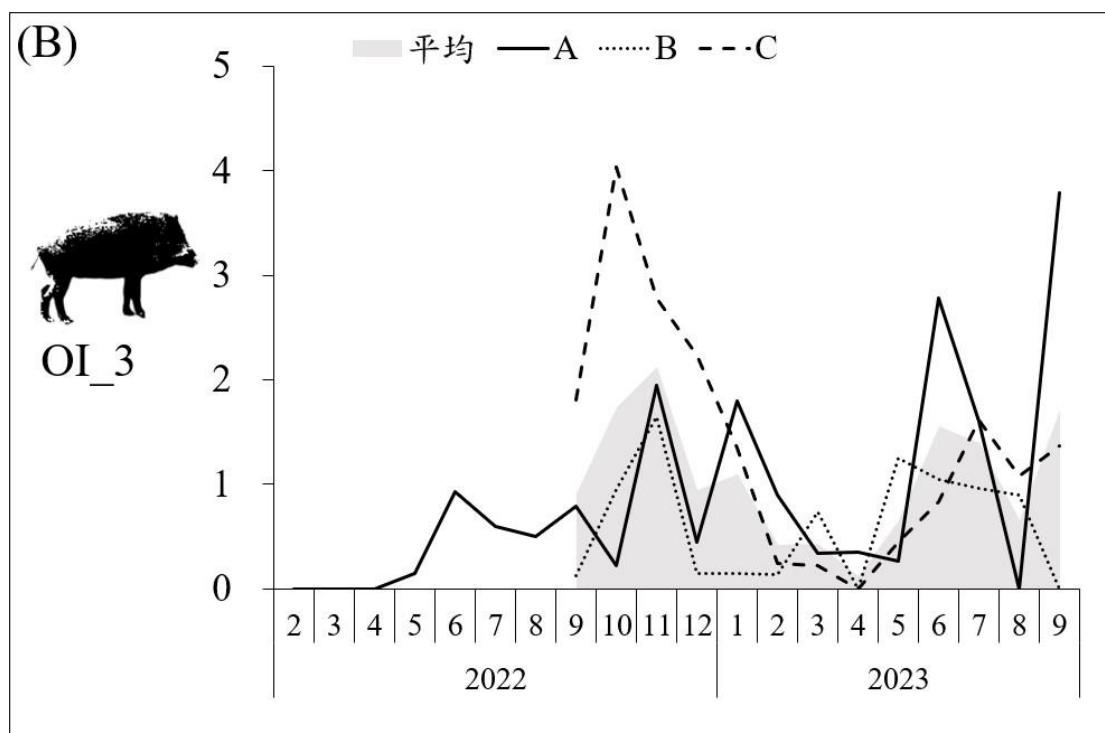
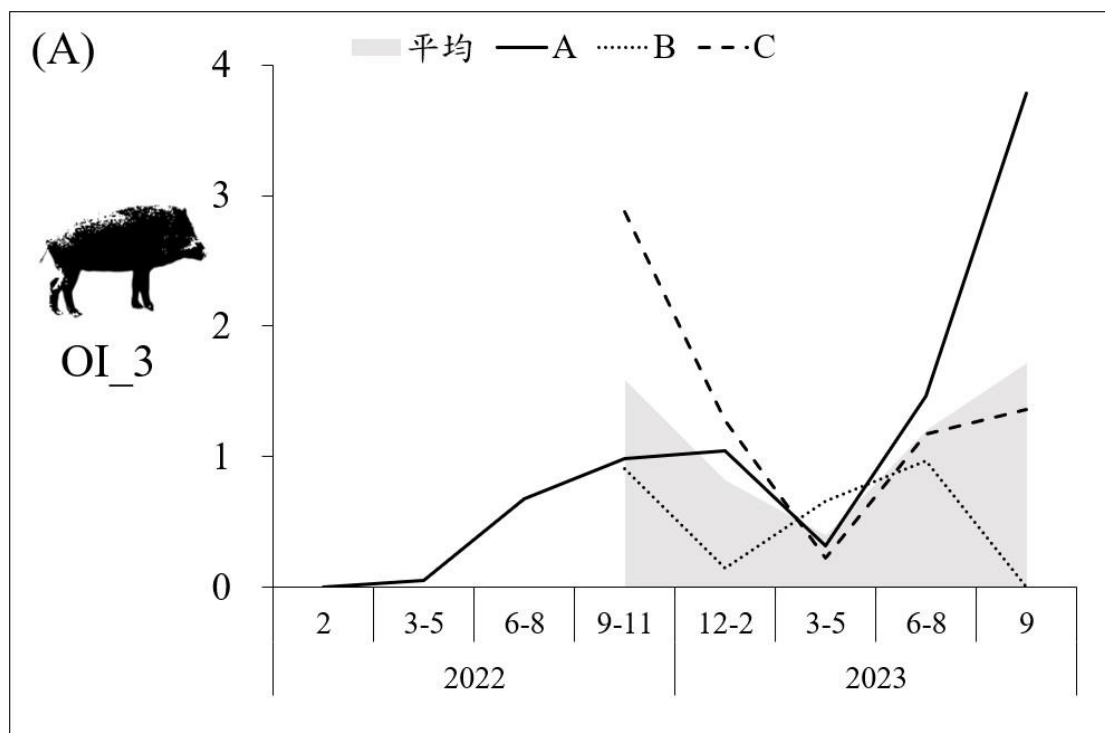
圖三、2022 年 2 月至 2023 年 9 月各樣區中主要物種之 OI_3。(A)圖為每季 OI_3；(B)圖為每月 OI_3；實線 A 為廢礦區，短虛線 B 為一般管制區(一)，長虛線 C 為生態保護區(一)，灰色區域為整合三個樣區的平均 OI_3。

(2)長鬃山羊



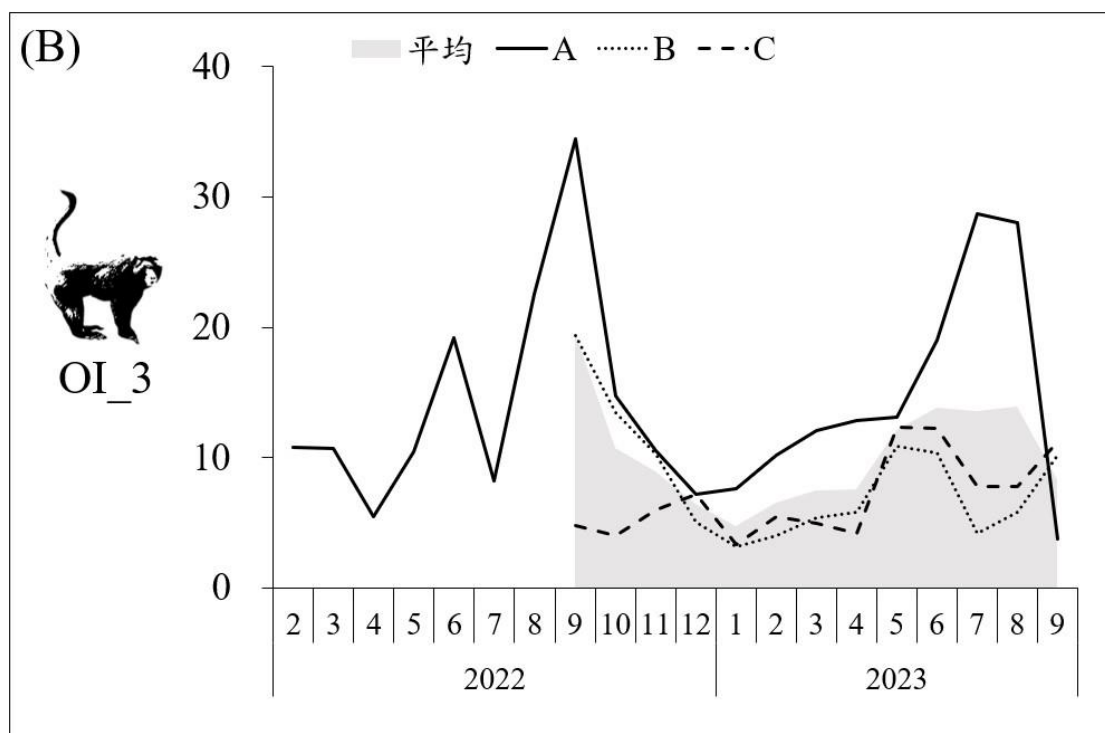
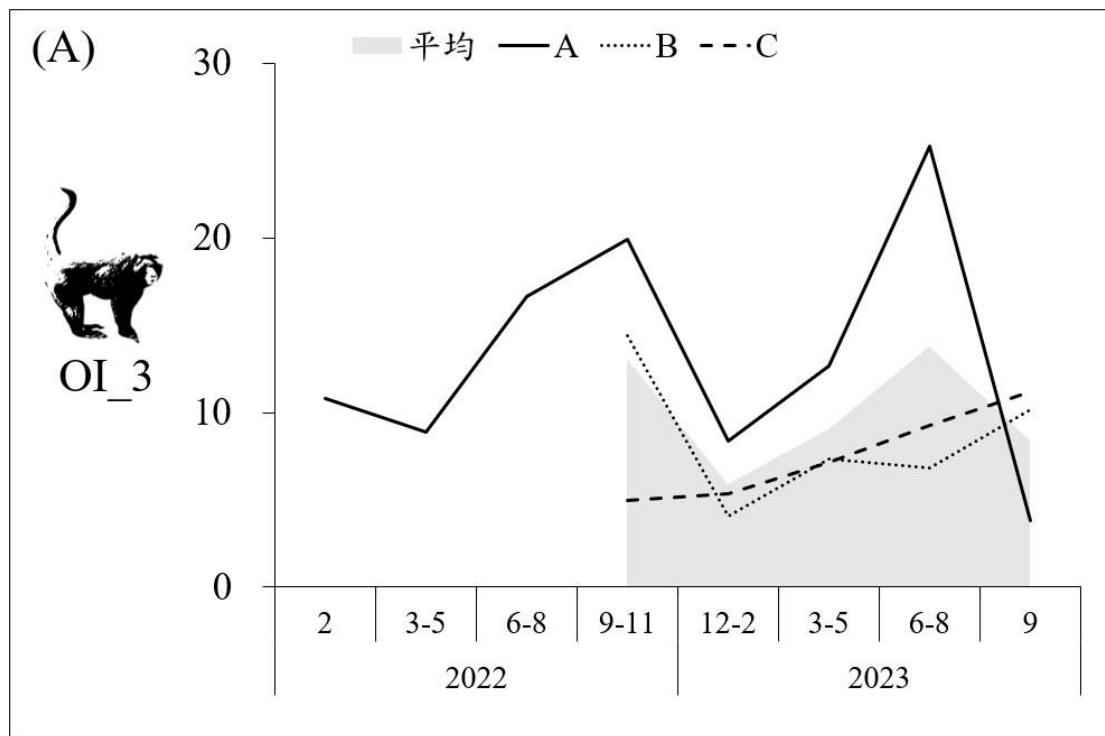
圖三(續)。

(3)野豬



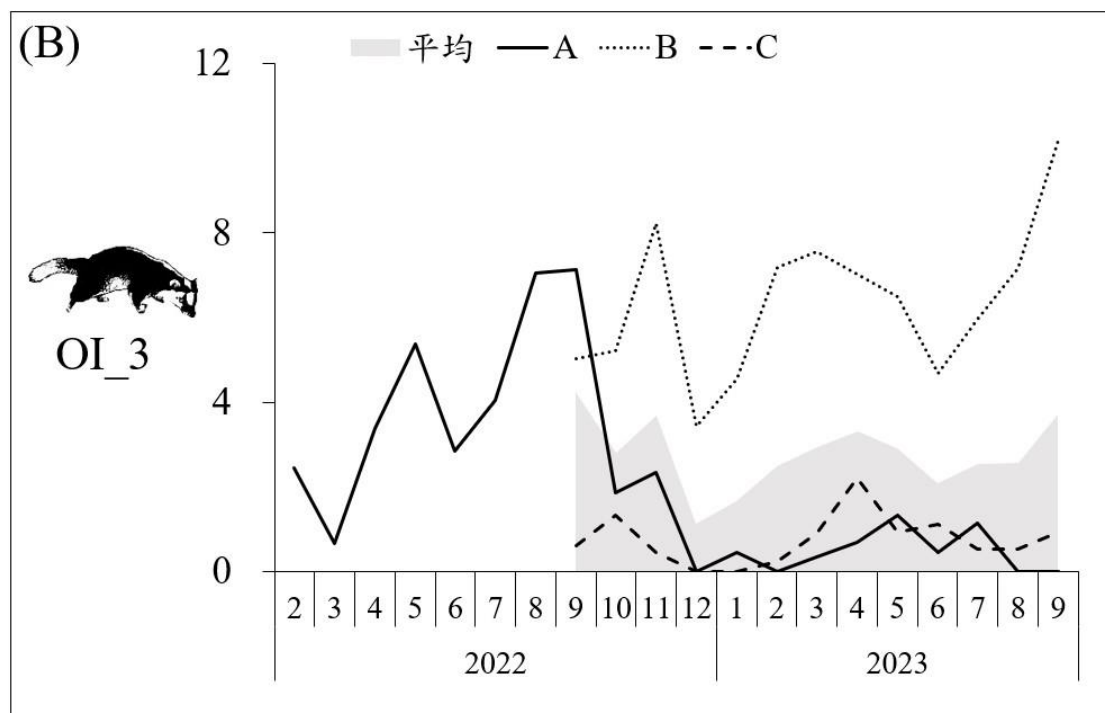
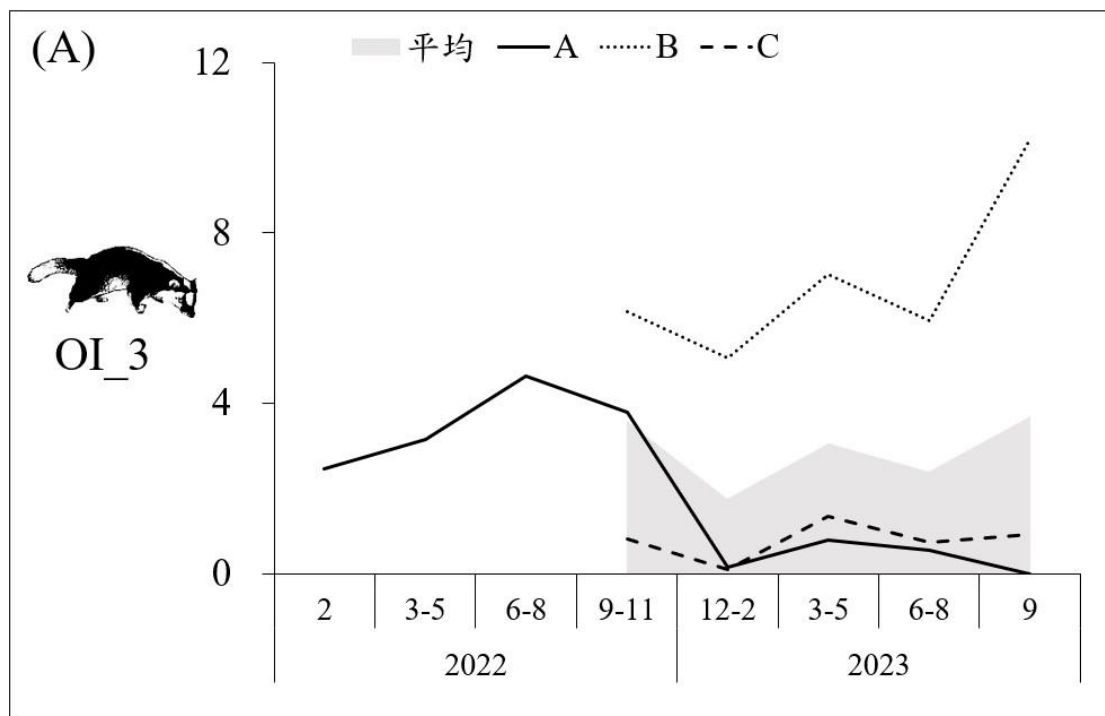
圖三(續)。

(4) 獼猴



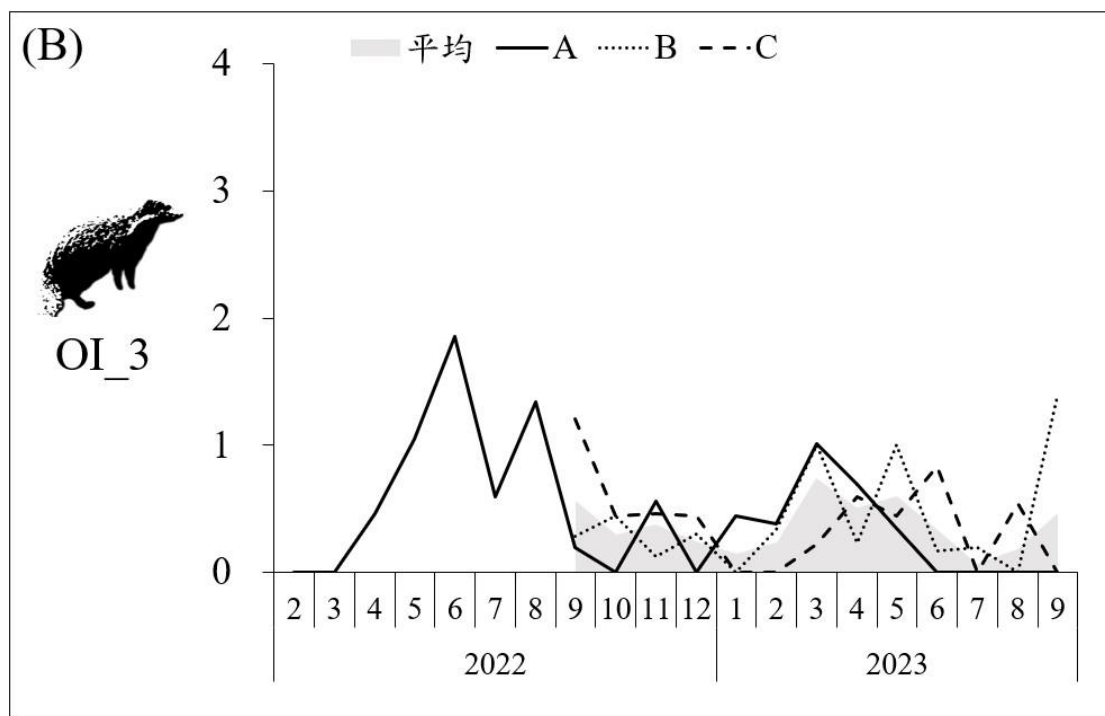
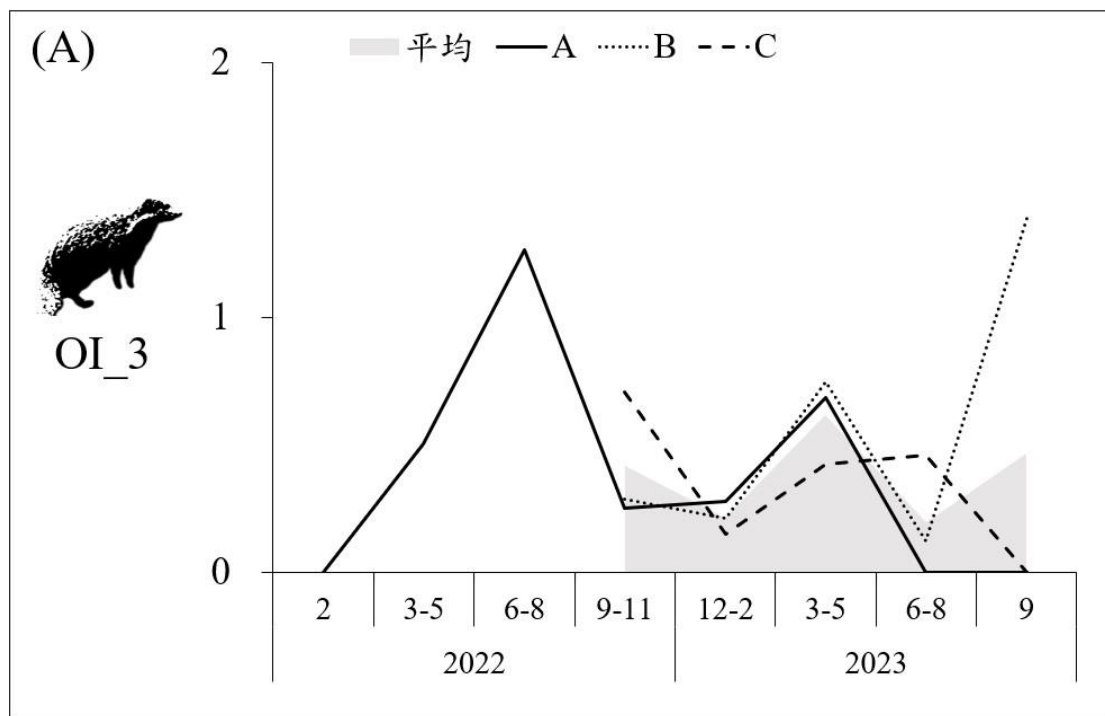
圖三(續)。

(5) 鼬獾



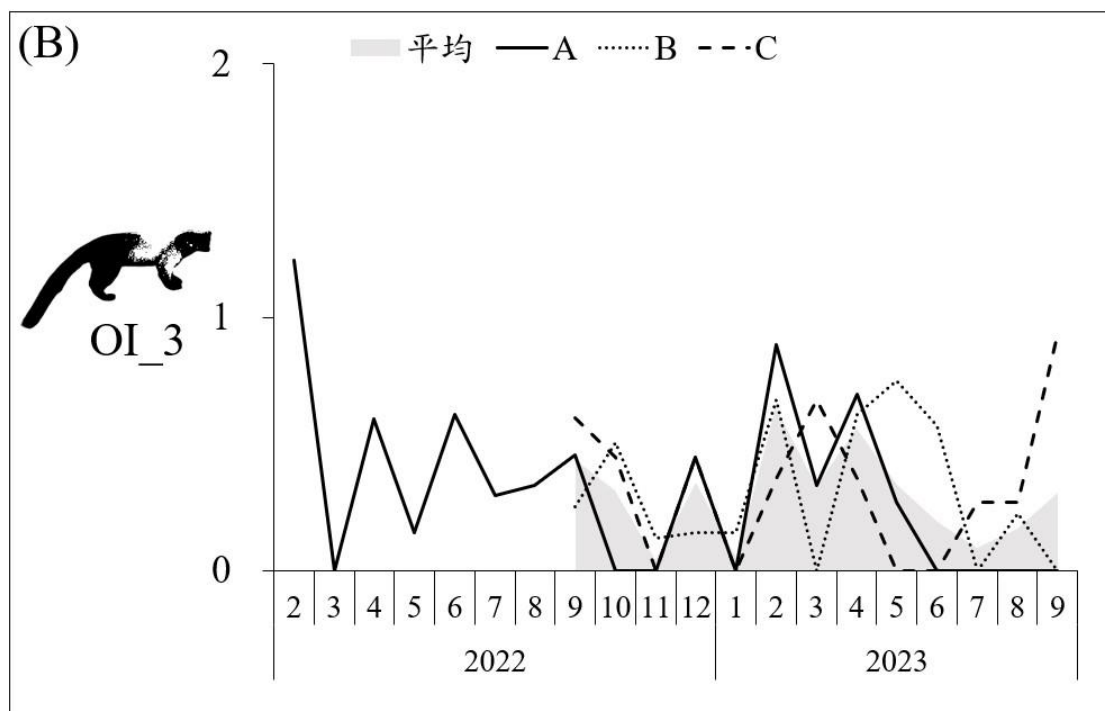
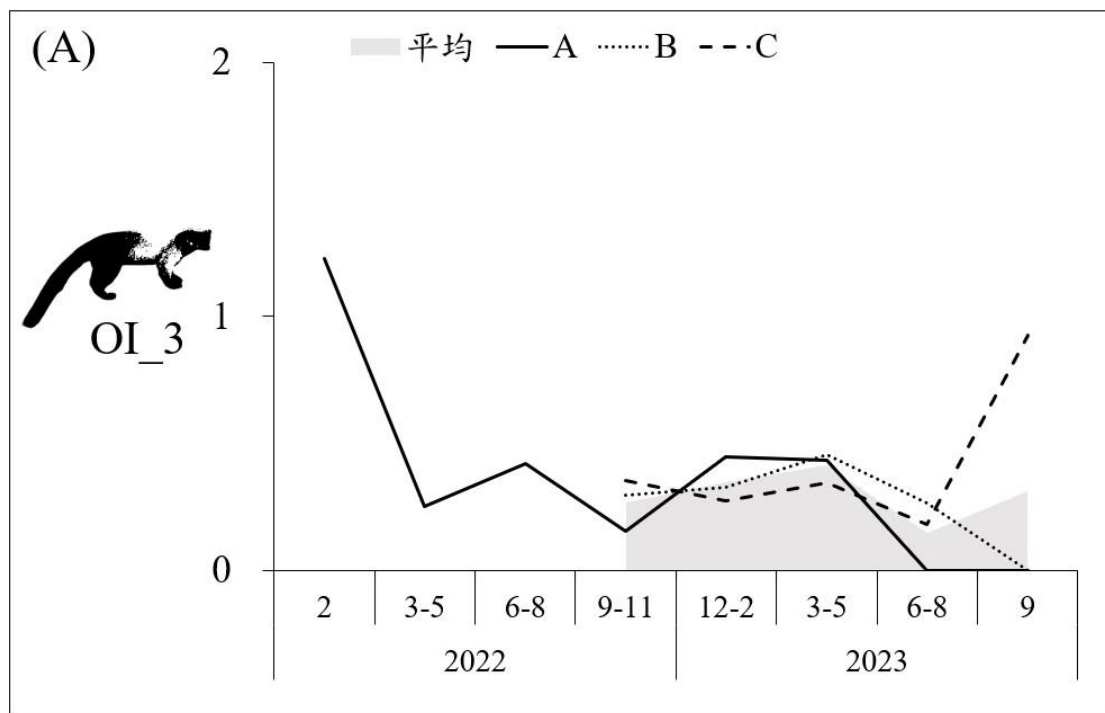
圖三(續)。

(6)食蟹獐



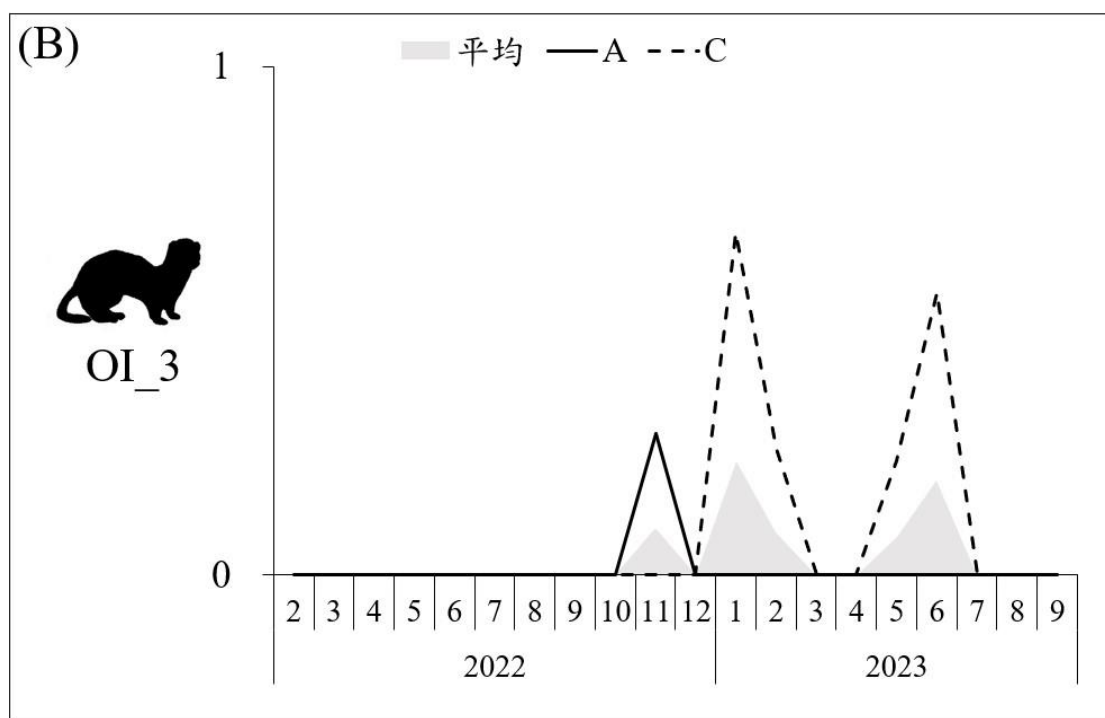
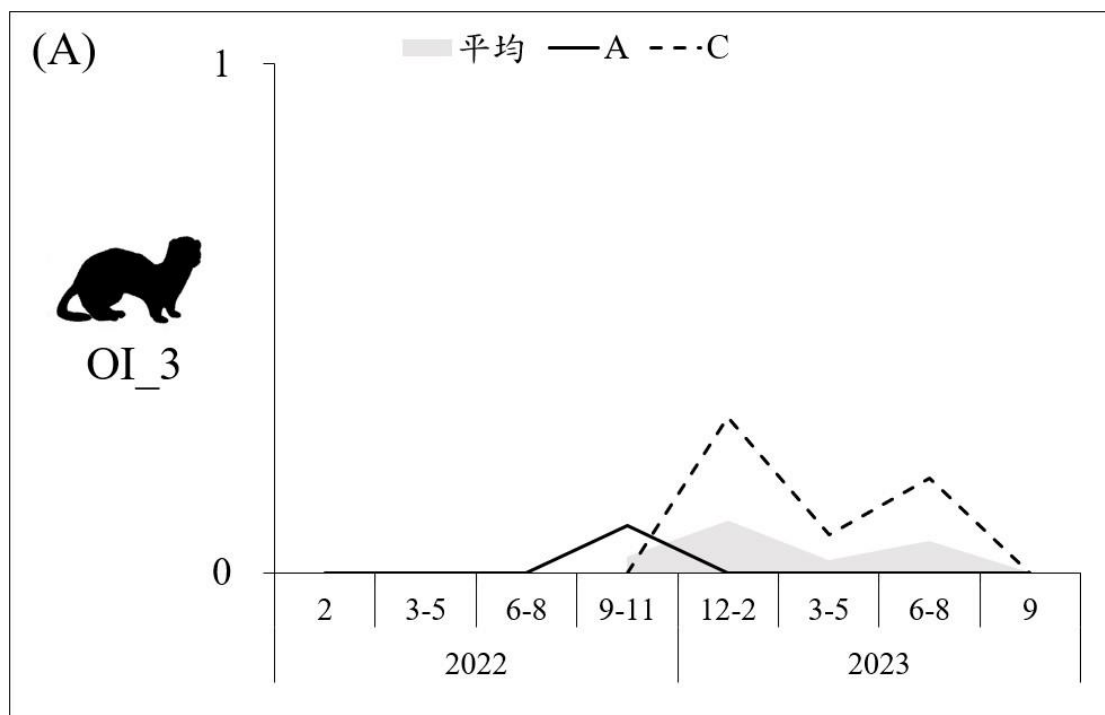
圖三(續)。

(7)黃喉貂



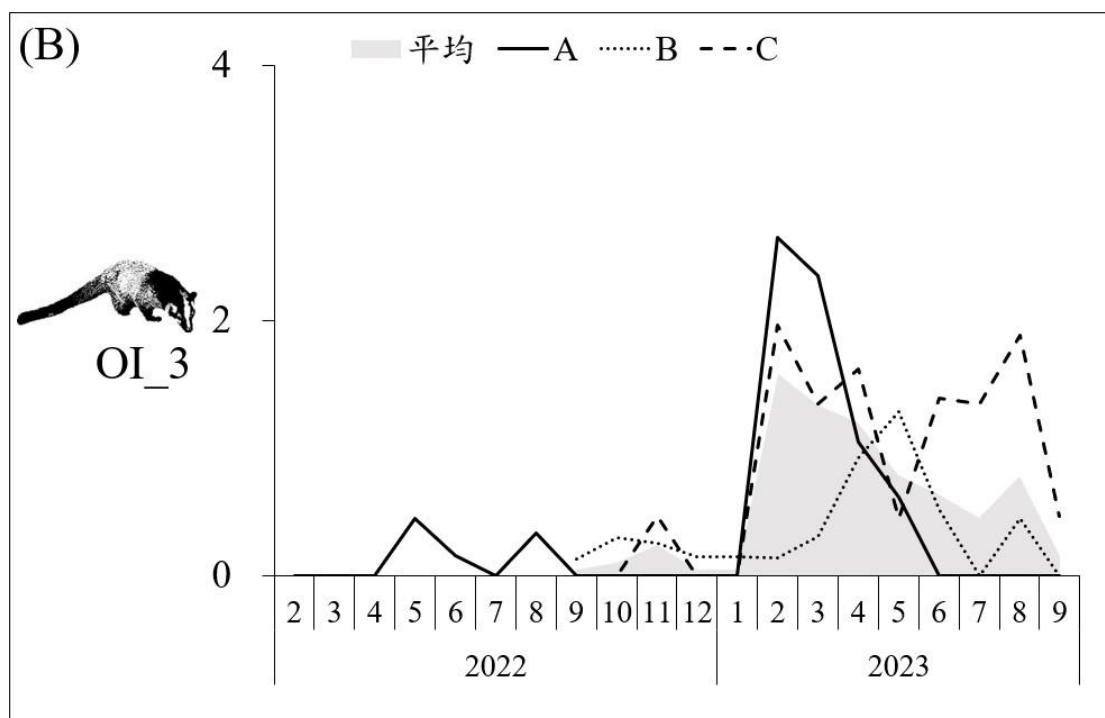
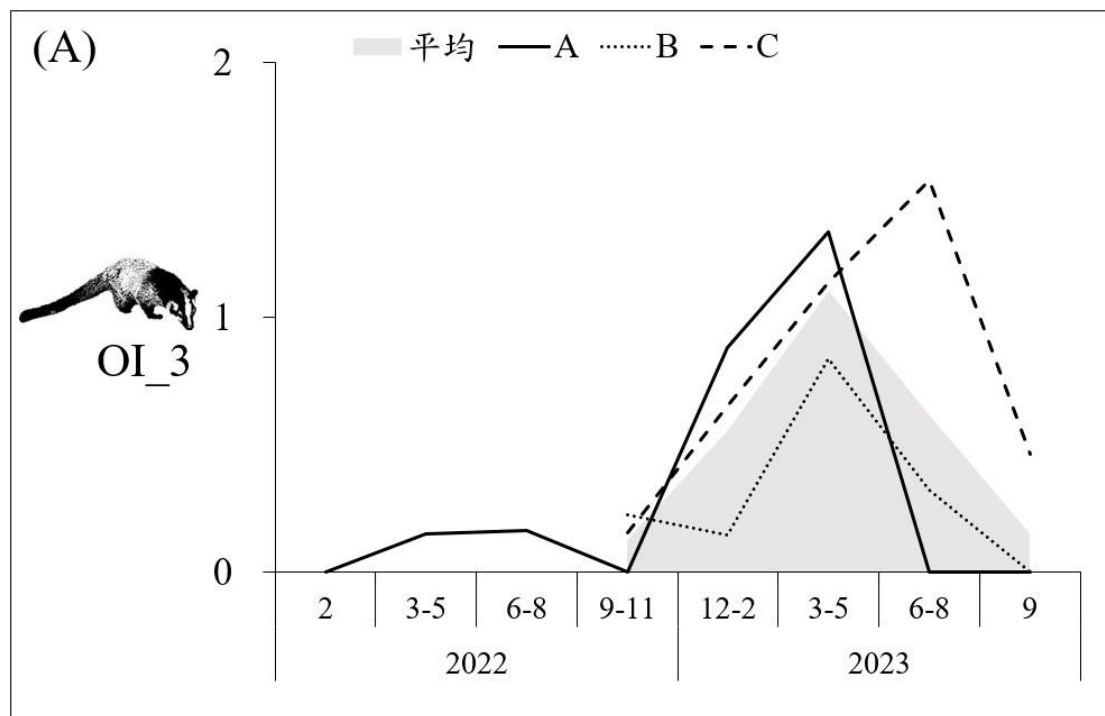
圖三(續)。

(8)黃鼠狼



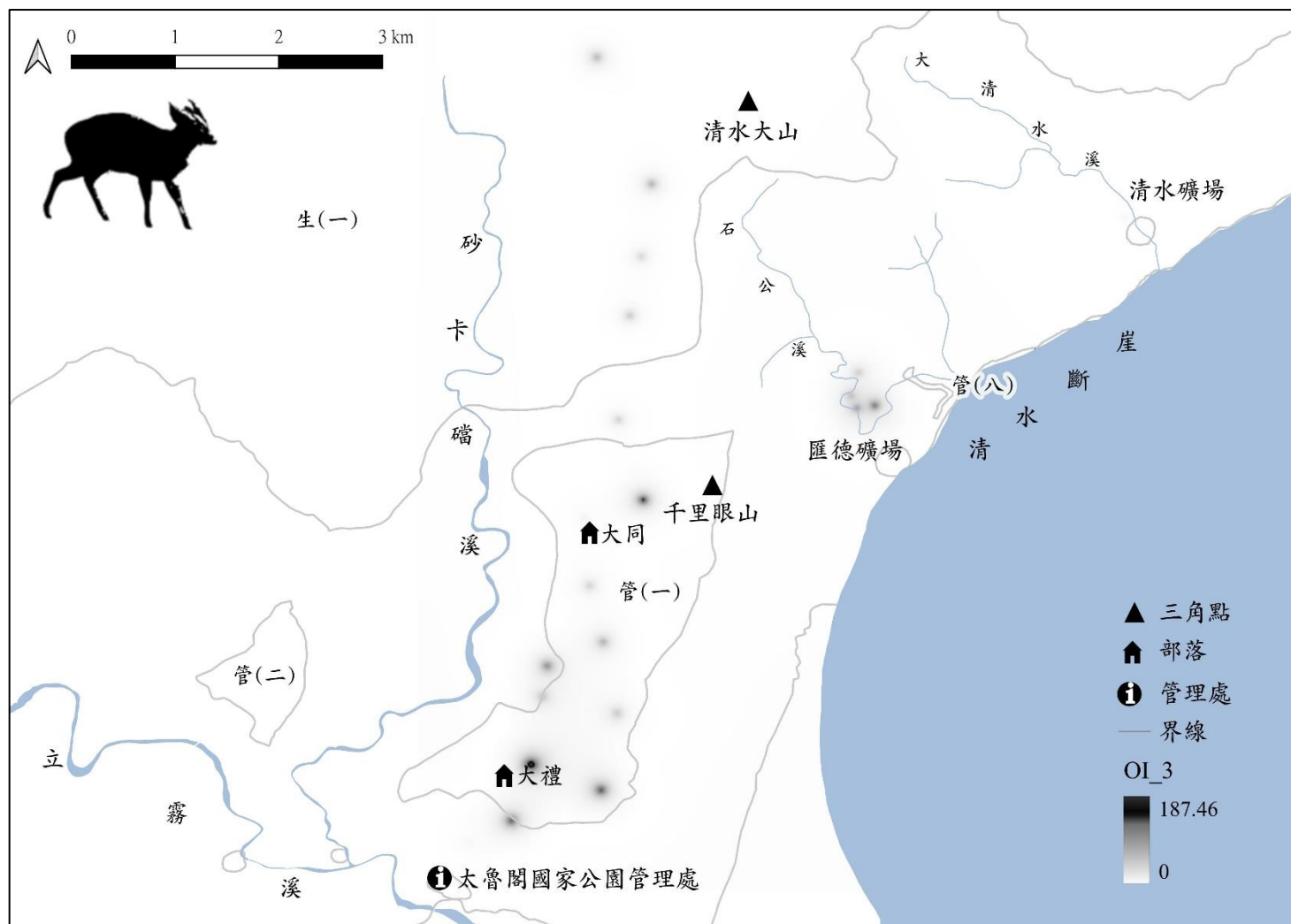
圖三(續)。

(9)白鼻心



圖三(續)。

(1)山羌



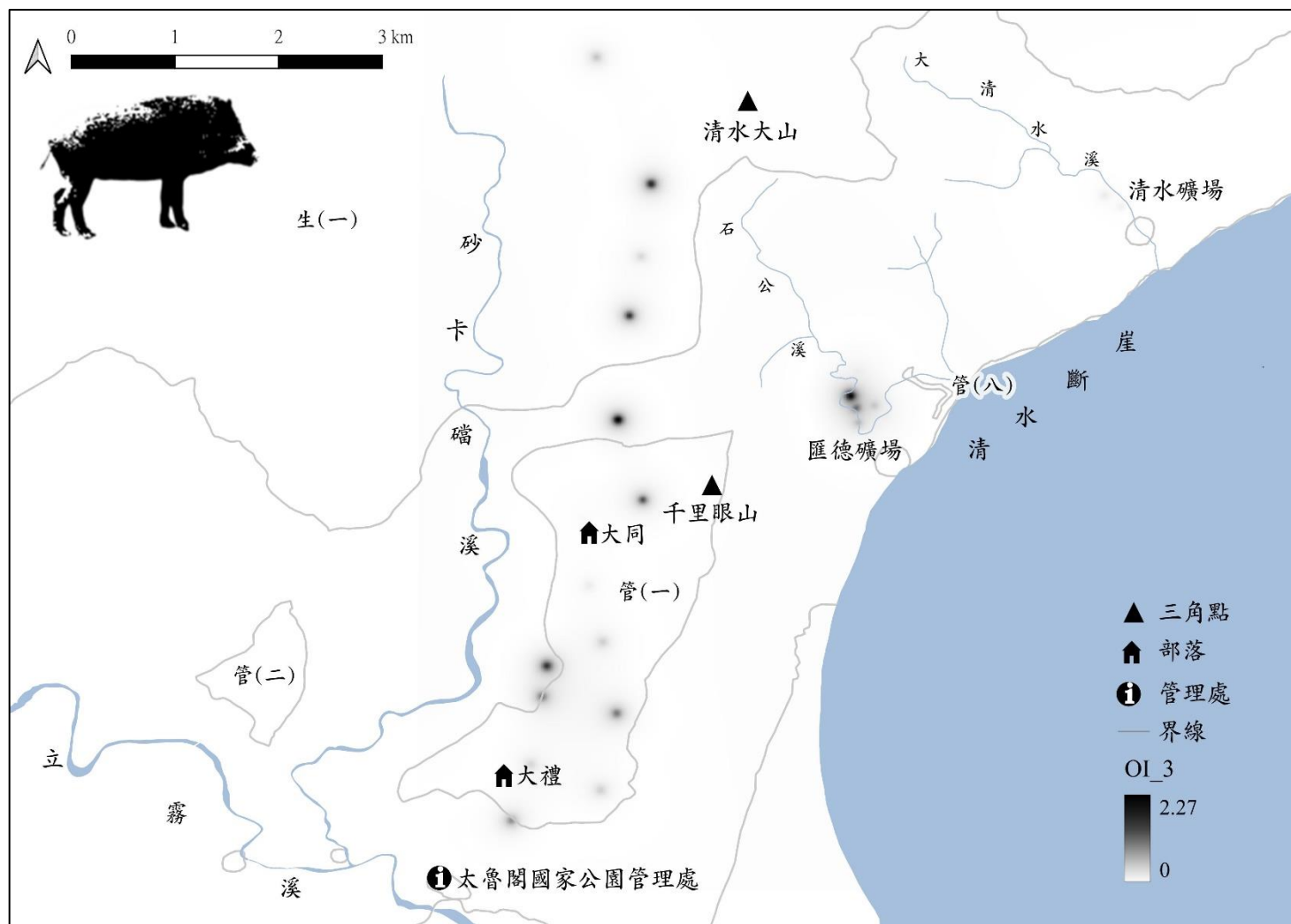
圖四、2022 年 2 月至 2023 年 9 月各物種分布位置與 OI₃ 年平均值。

(2)長鬃山羊



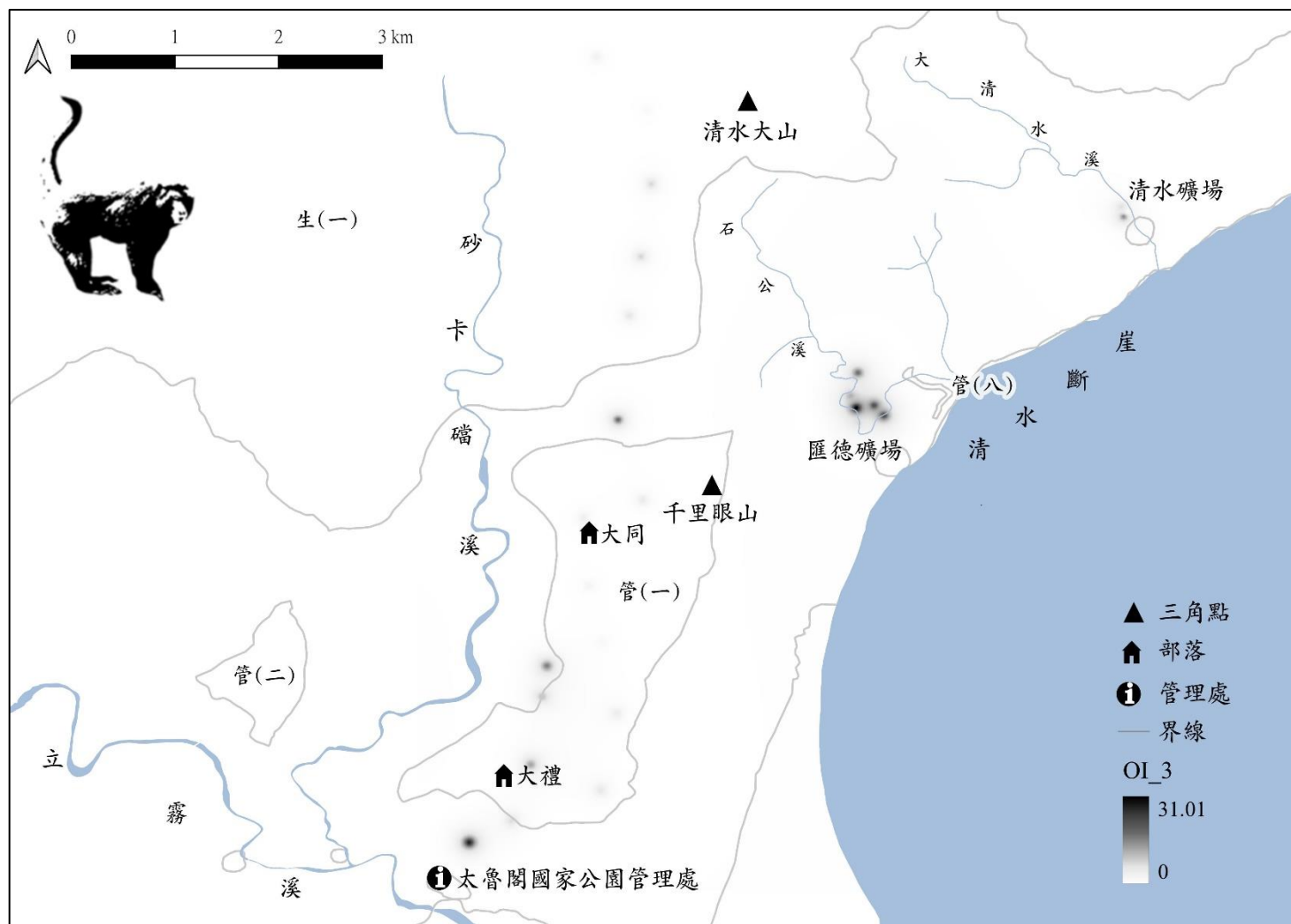
圖四(續)。

(3)野豬



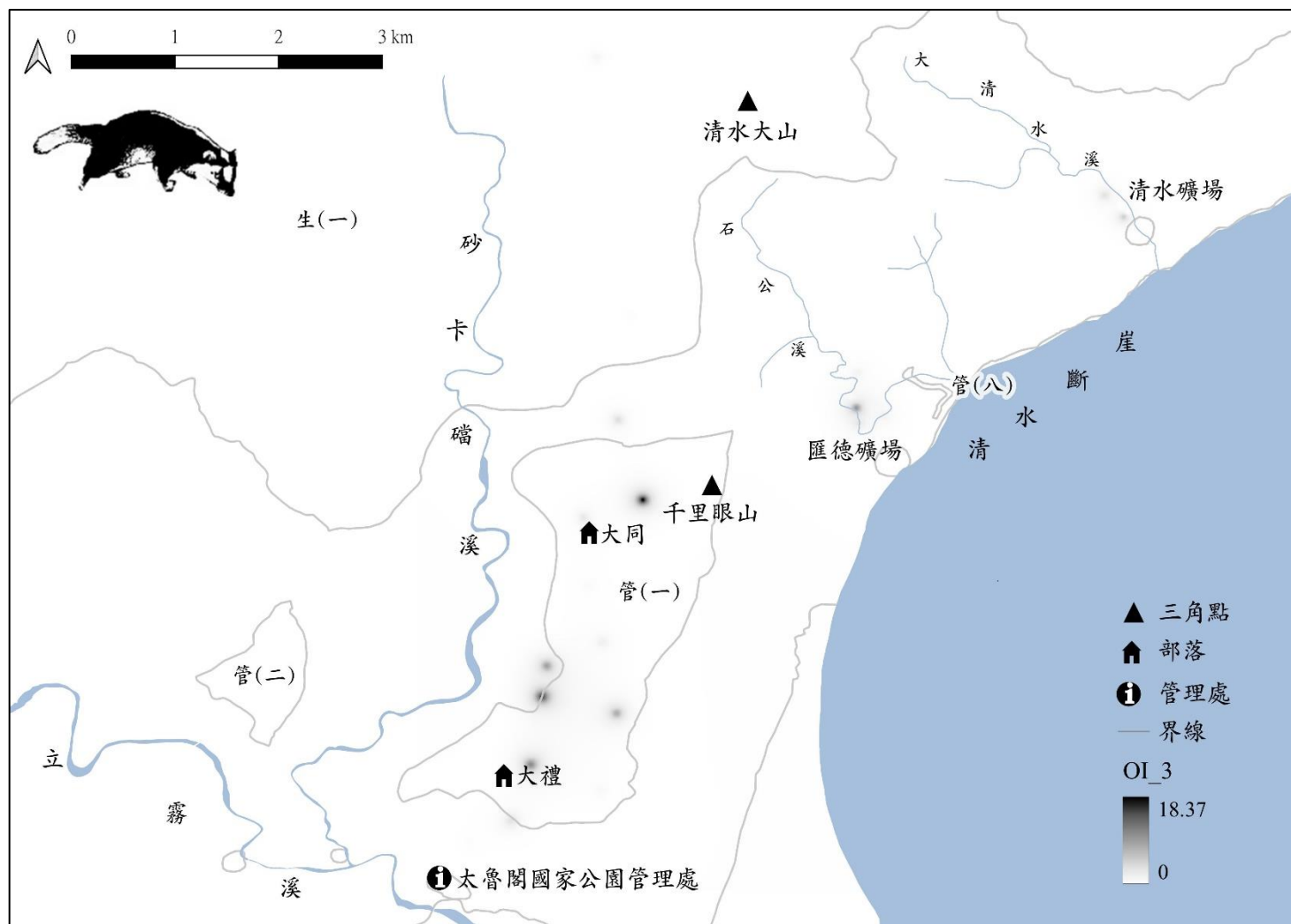
圖四(續)。

(4) 獼猴



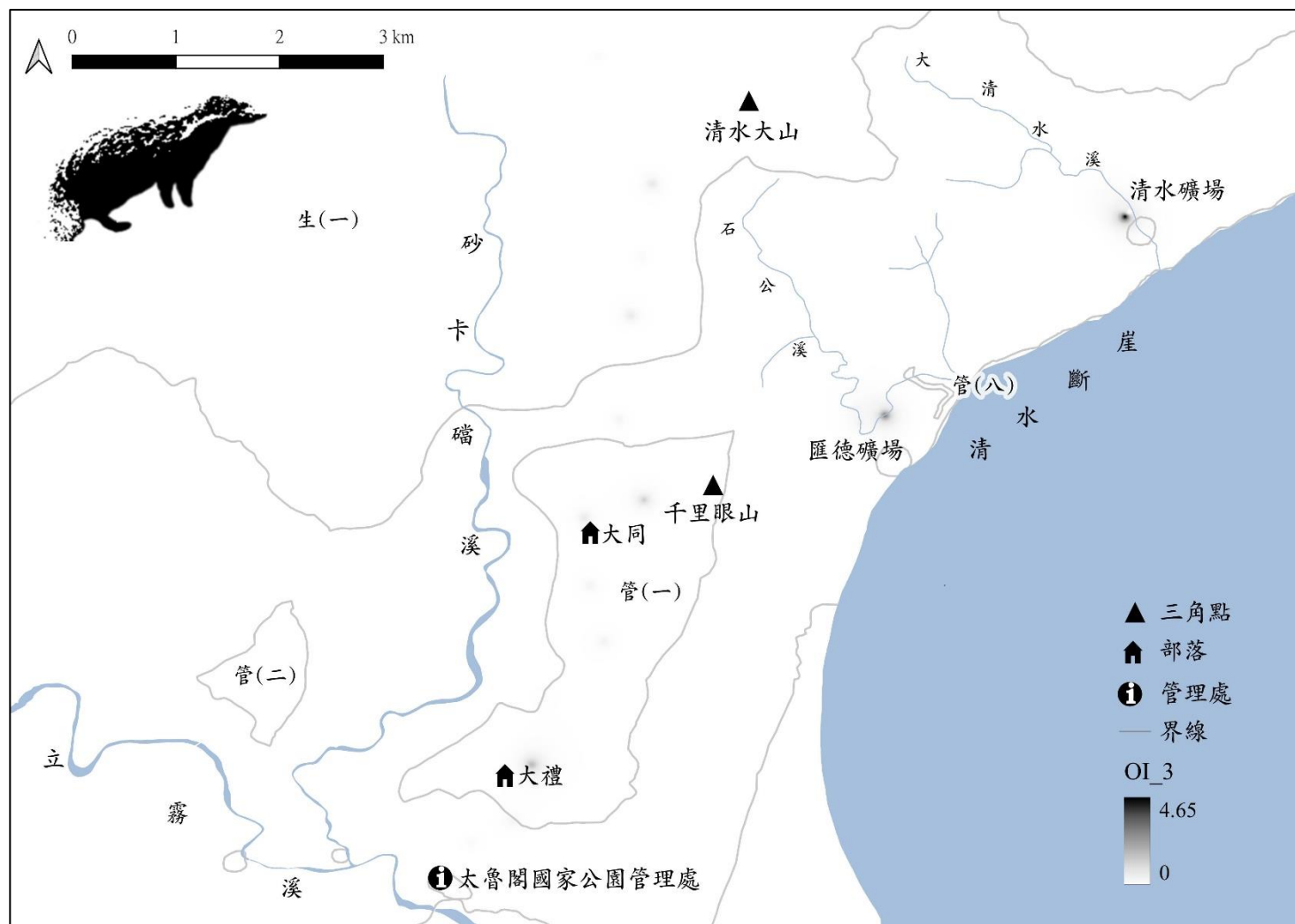
圖四(續)。

(5) 鼬獾



圖四(續)。

(6)食蟹獾



圖四(續)。

42

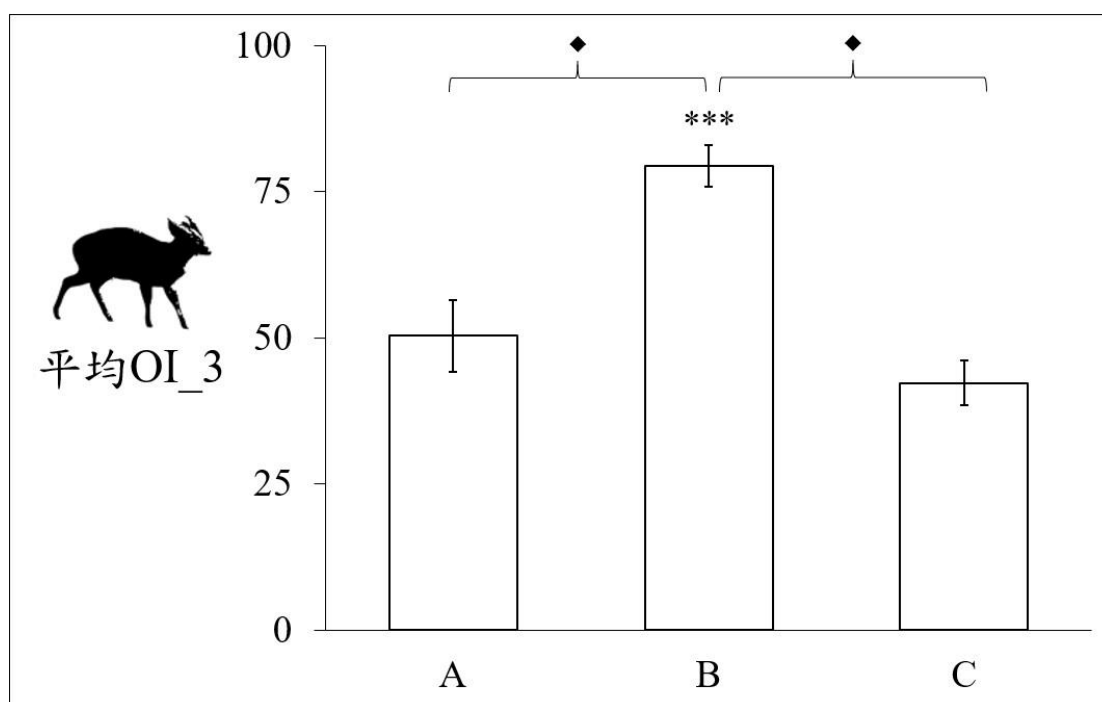
(8)黃鼠狼



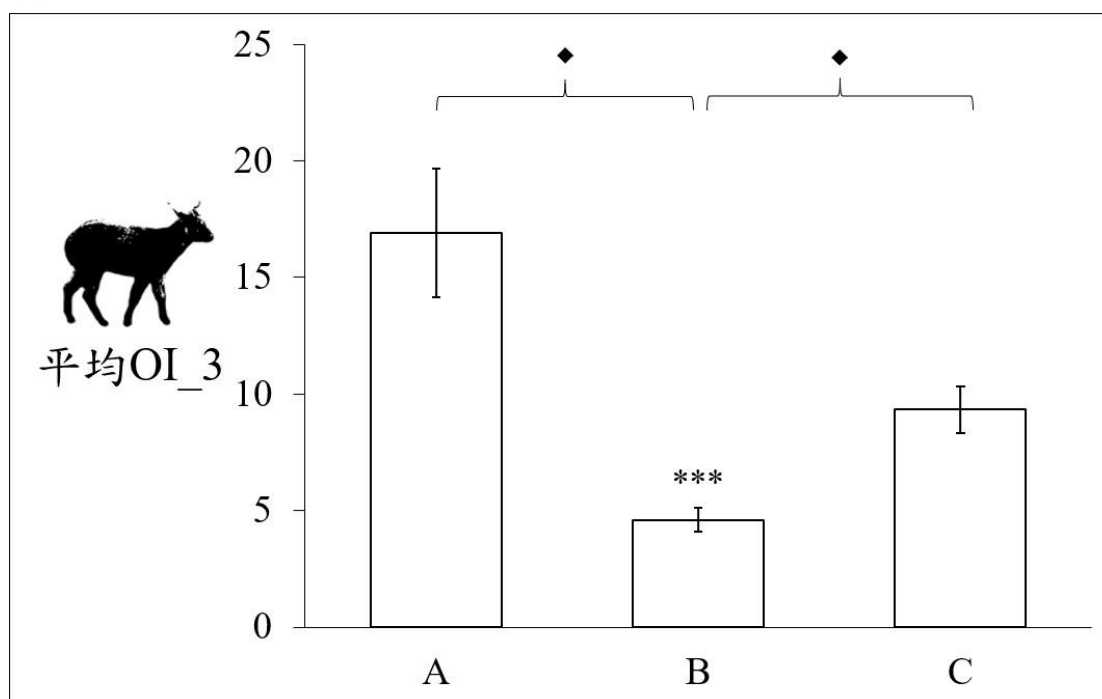
圖四(續)。

44

(1) 山羌

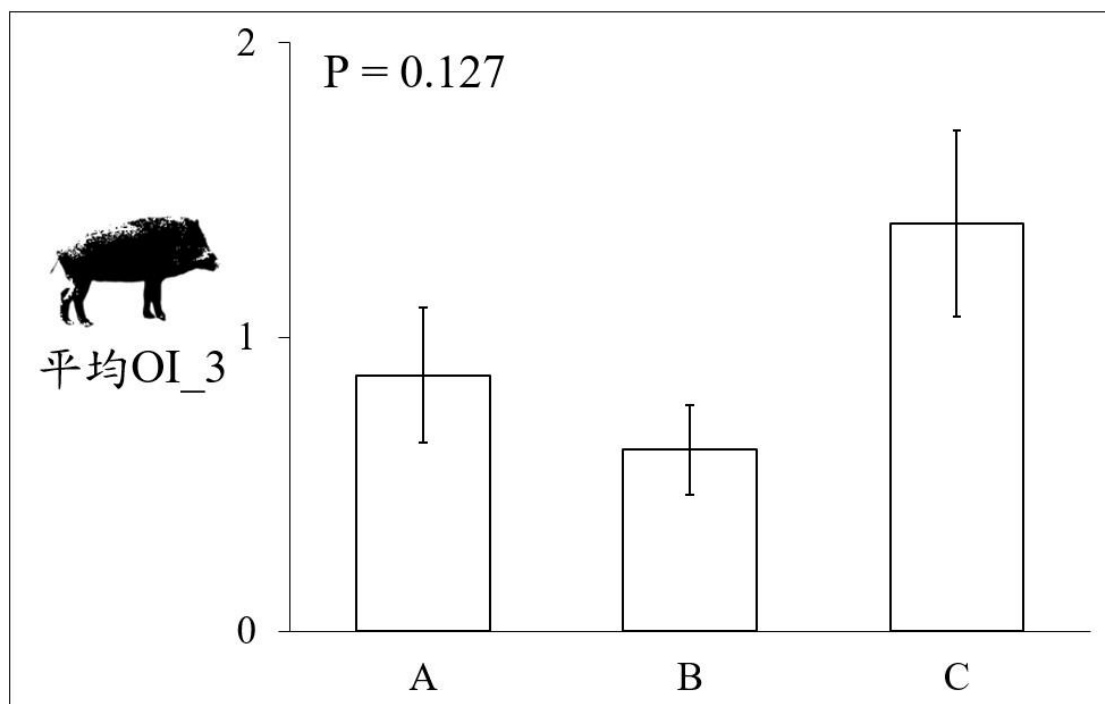


(2) 山羊

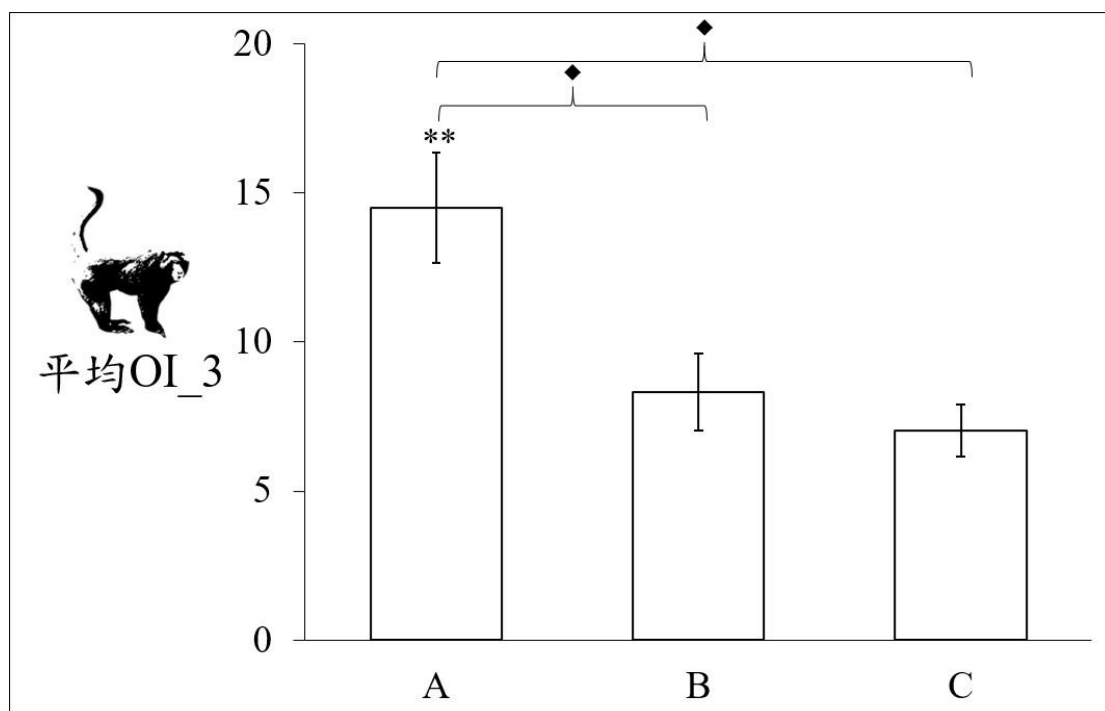


圖五、2022 年 2 月至 2023 年 9 月各樣區中主要物種之年平均 OI₃。A 為廢礦區，B 為一般管制區(一)，C 為生態保護區(一)，垂直線為標準誤差。HD-P 和 QS-P 的資料不納入分析。三樣區的比較使用 Kruskal-Wallis Test，成對樣區之間的比較採用 Dunn's Test (校正 $\alpha = 0.016$)。* $P < 0.05$ ；** $P < 0.01$ ；*** $P < 0.001$ ；◆ $P < 0.016$ 。

(3)野豬

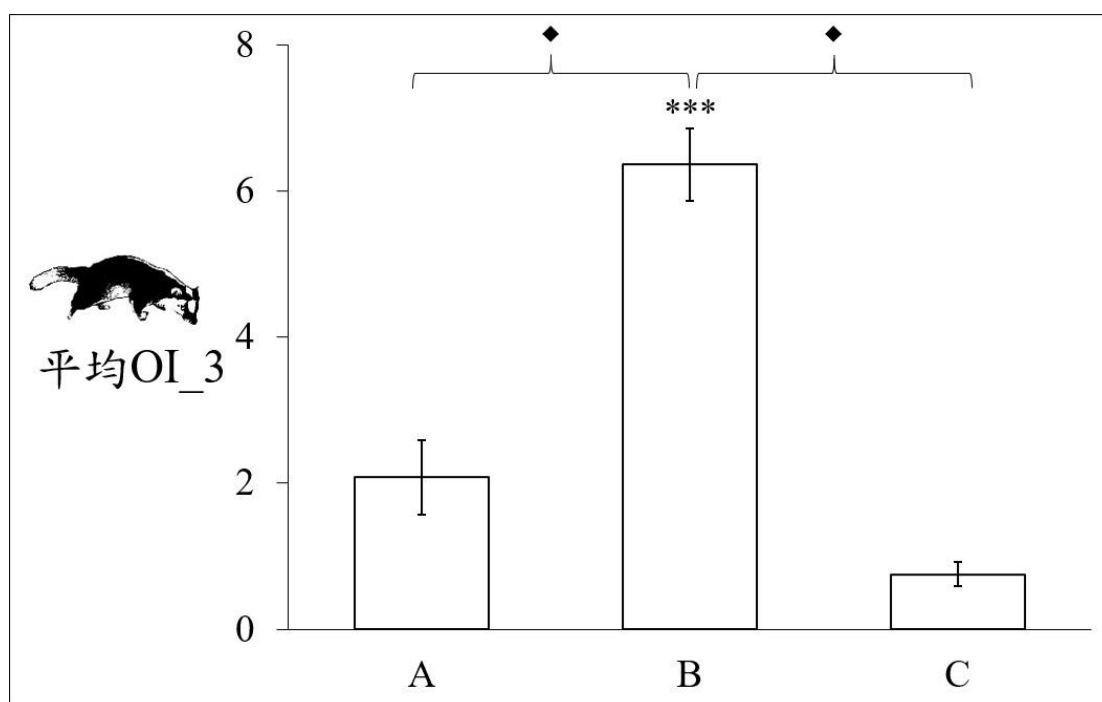


(4)獼猴

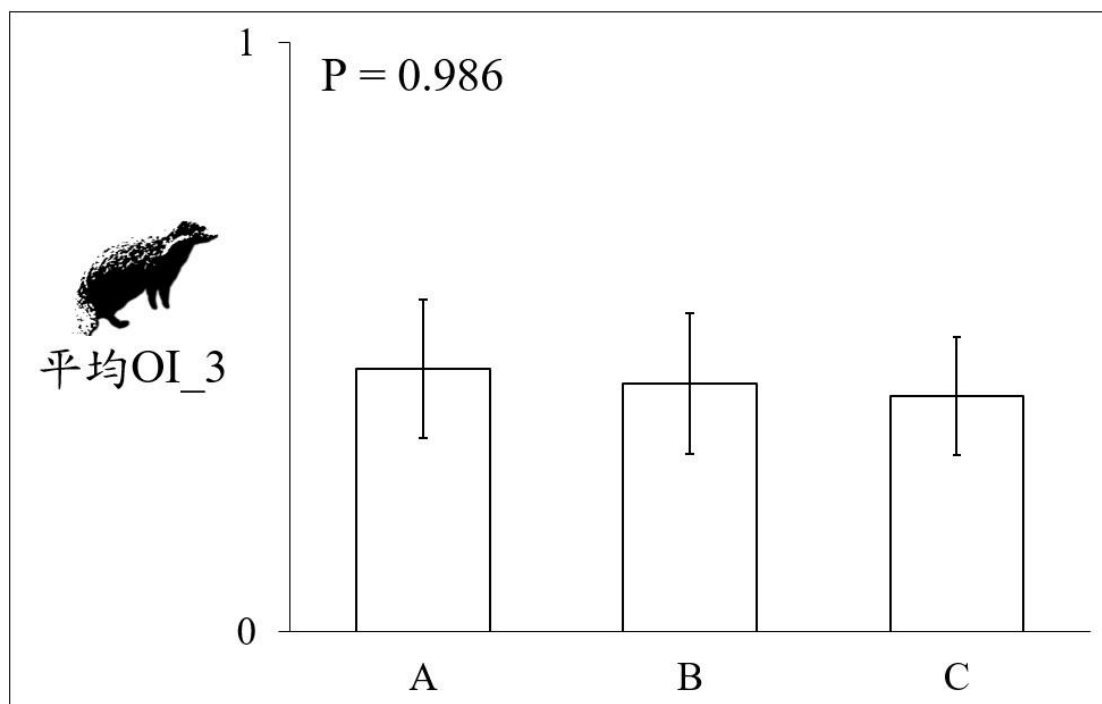


圖五(續)。

(5) 鼬獾

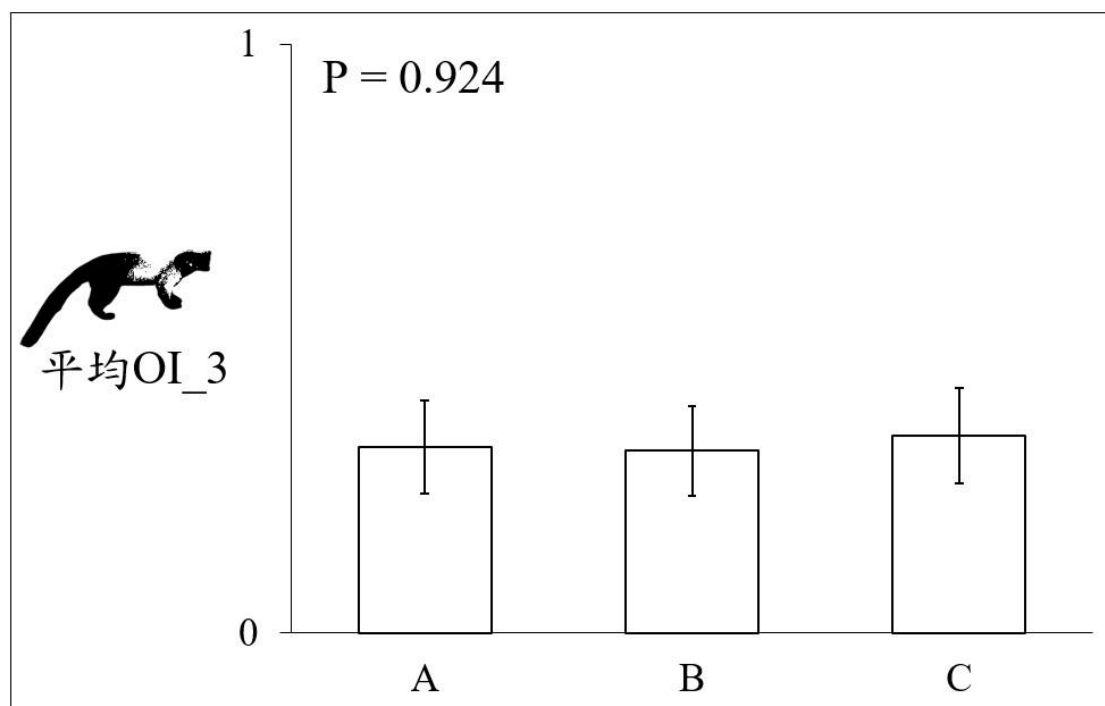


(6) 食蟹獾

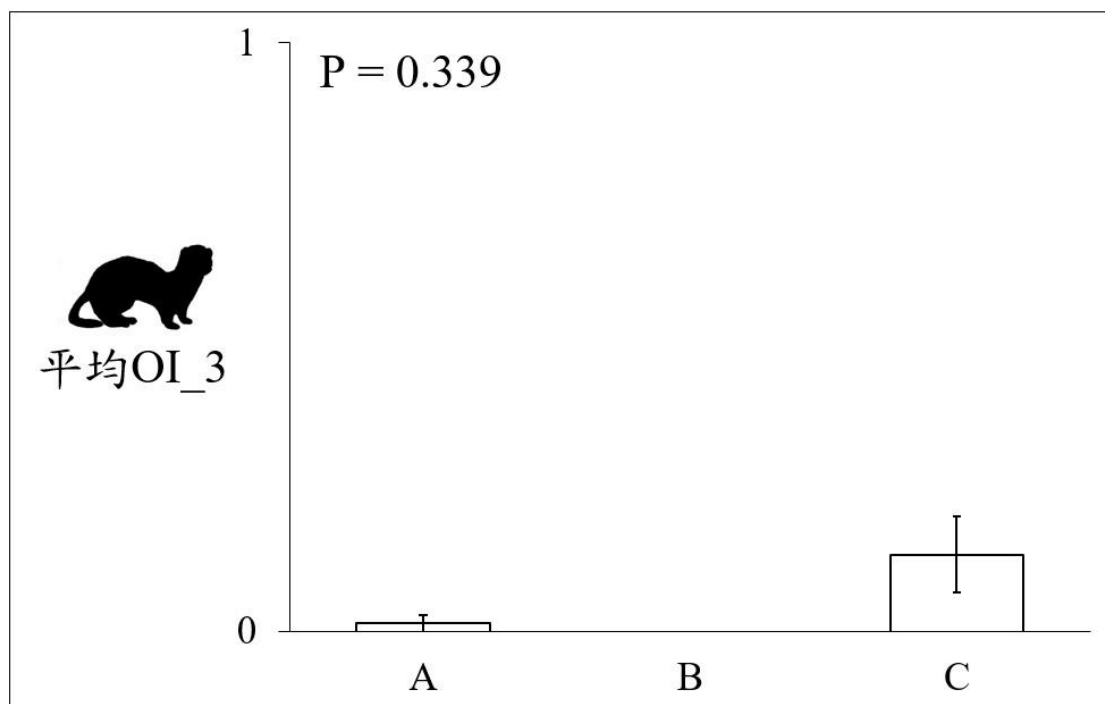


圖五(續)。

(7)黃喉貂

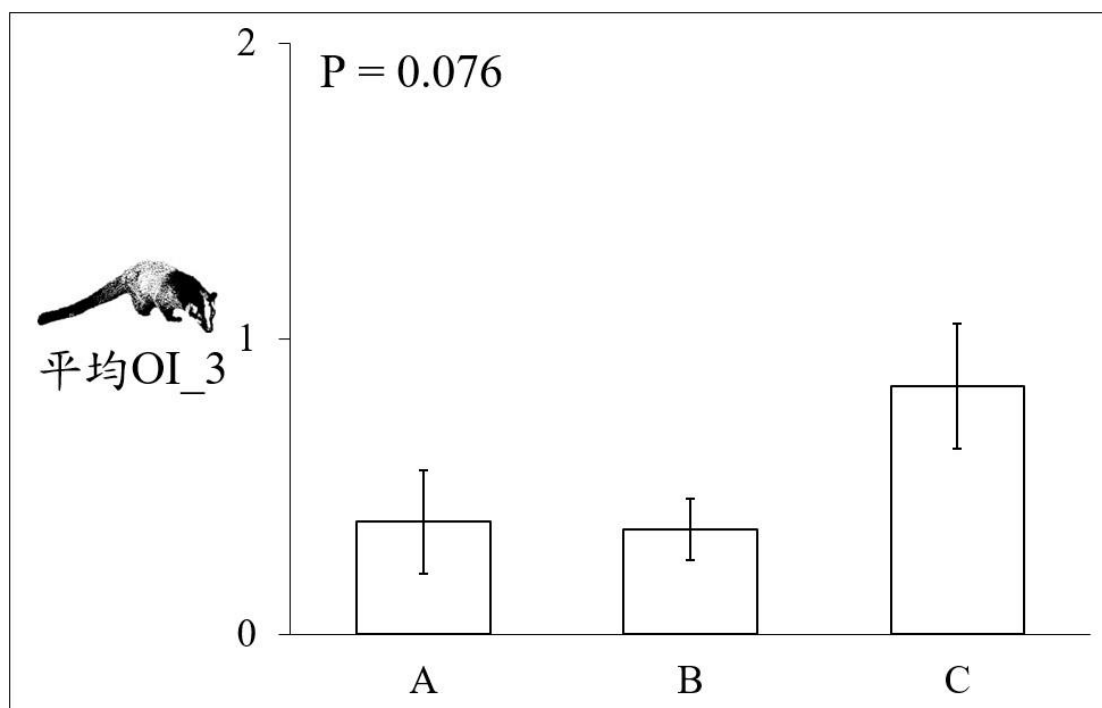


(8)黃鼠狼



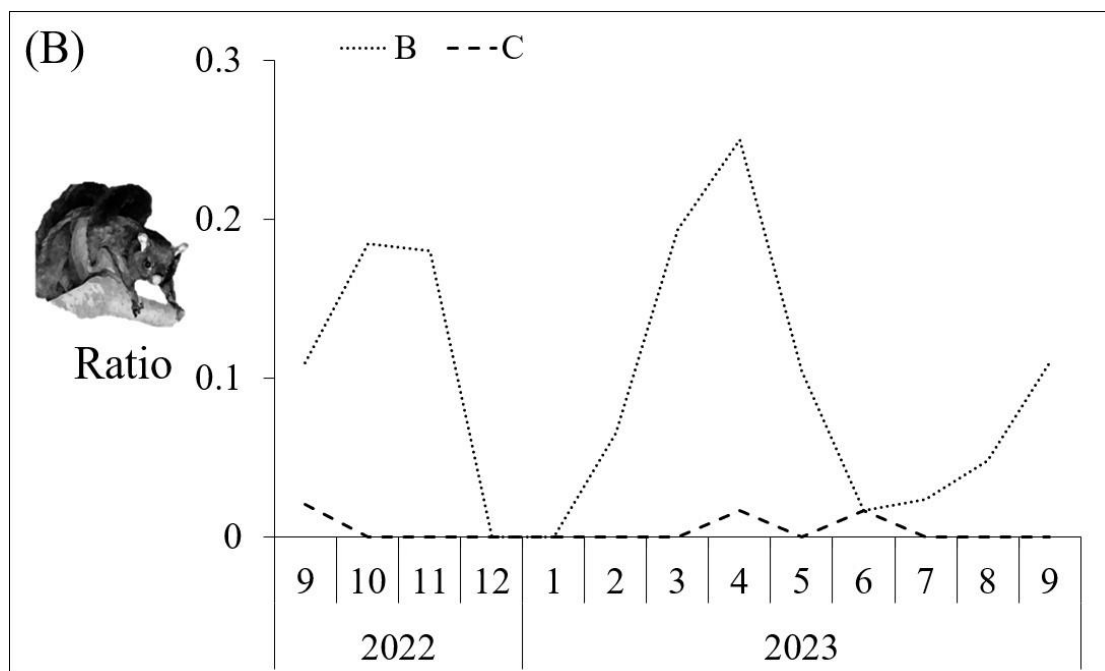
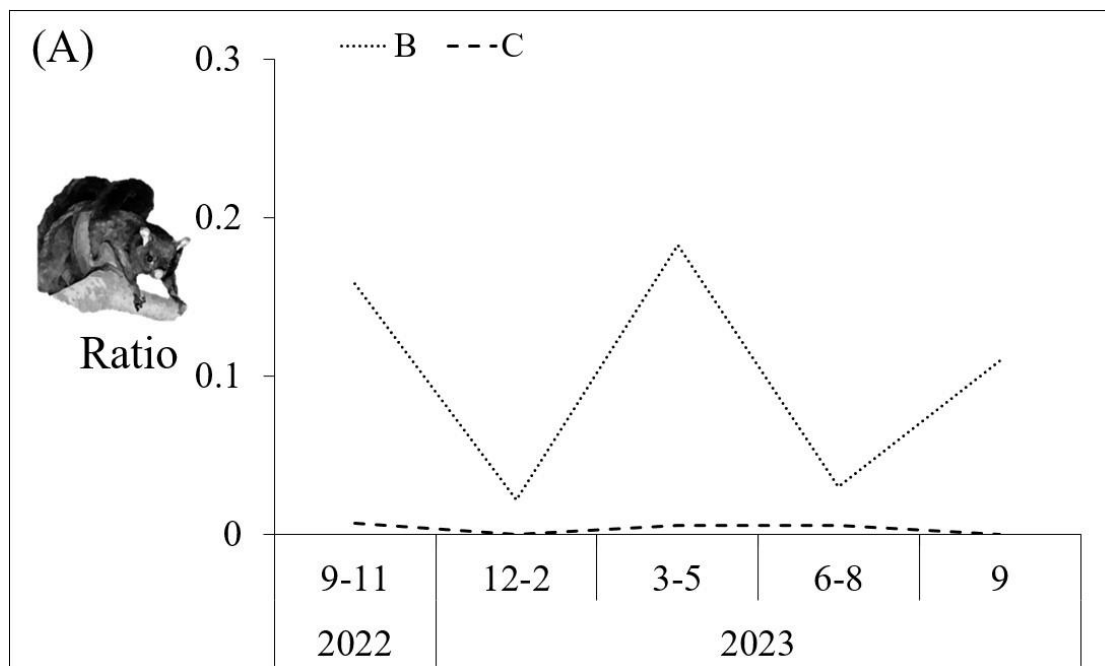
圖五(續)。

(9)白鼻心



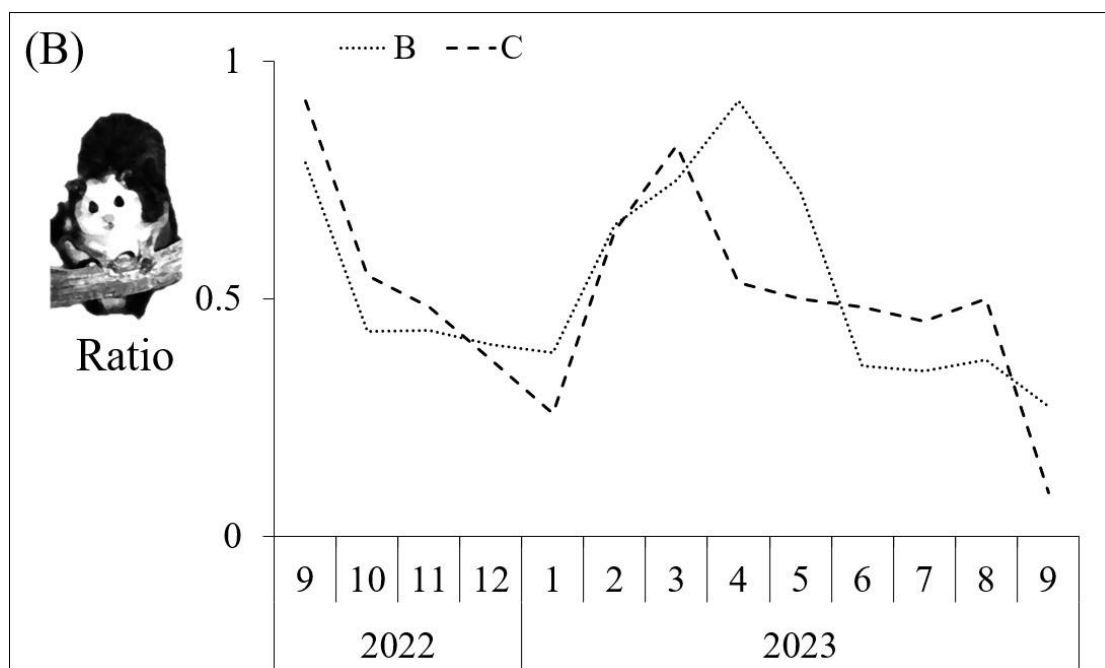
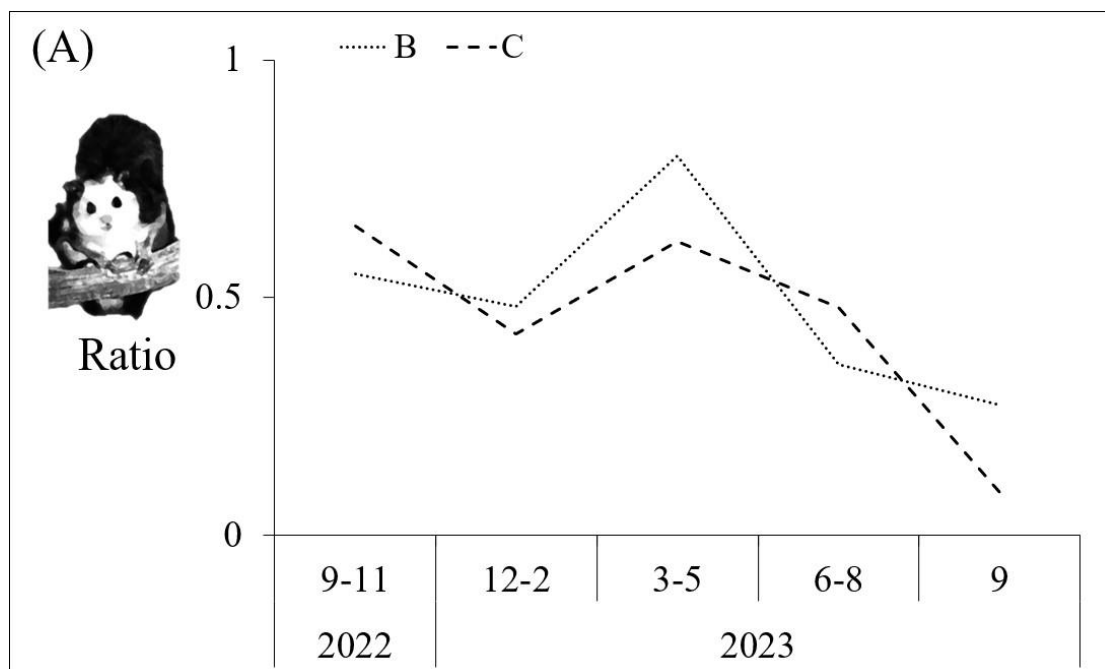
圖五(續)。

(1)大赤鼯鼠



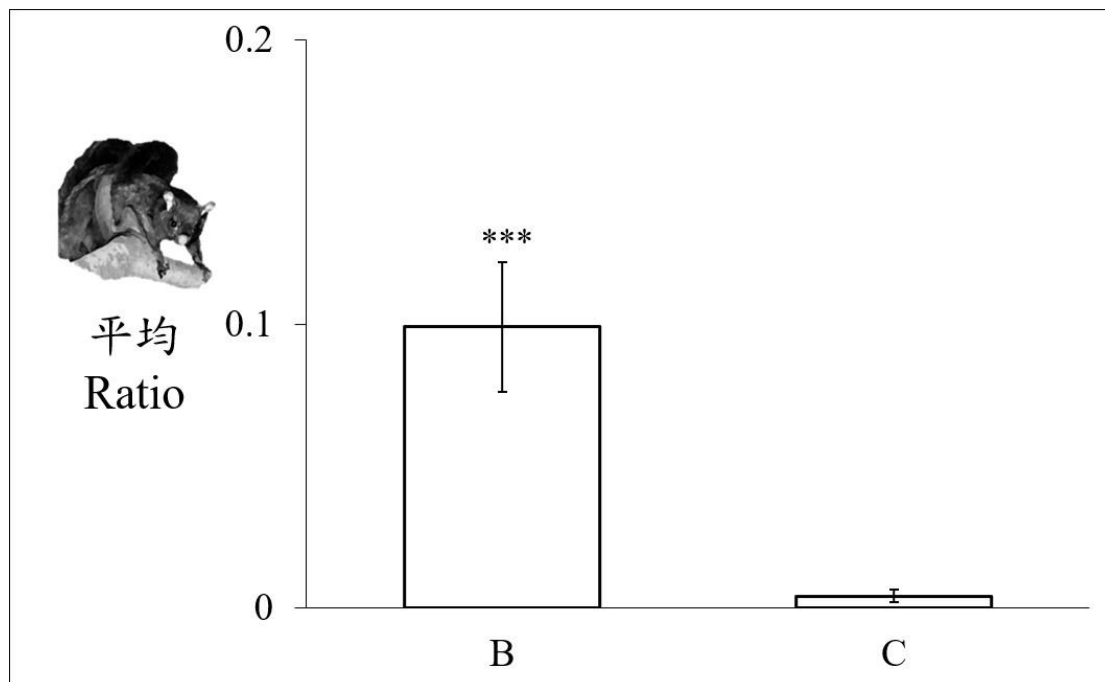
圖六、2022 年 9 月至 2023 年 9 月各樣區中飛鼠之鳴叫天數比例 (Ratio)。(A)圖為每季鳴叫天數比例；(B)圖為每月鳴叫天數比例；短虛線 B 為一般管制區(一)，長虛線 C 為生態保護區(一)。Ratio = 鳴叫天數/工作天數。

(2)白面鼯鼠

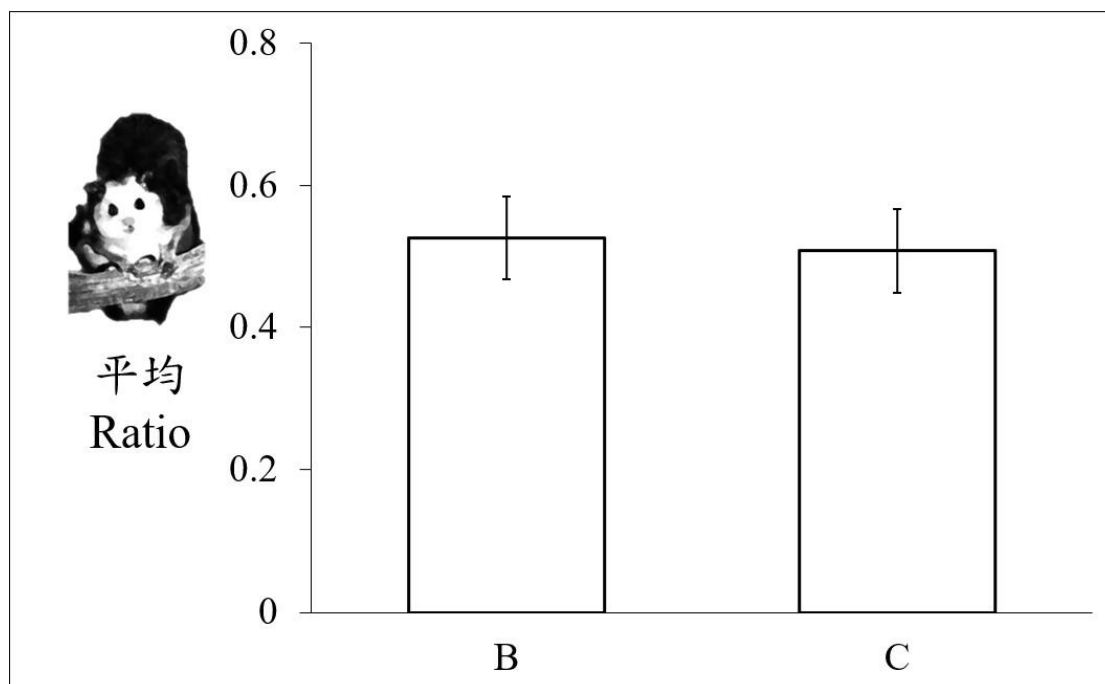


圖六(續)。

(1)大赤鼯鼠

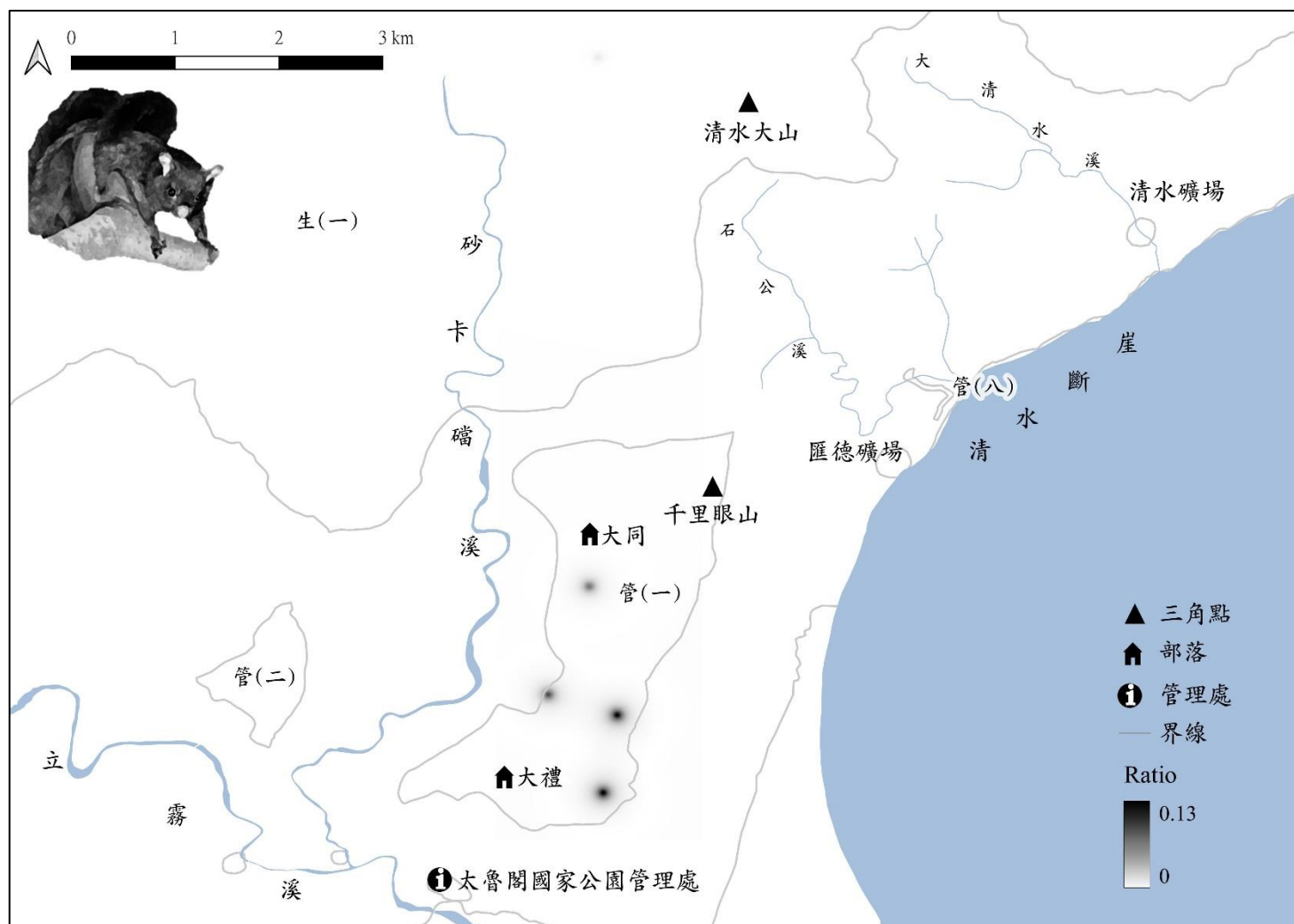


(2)白面鼯鼠



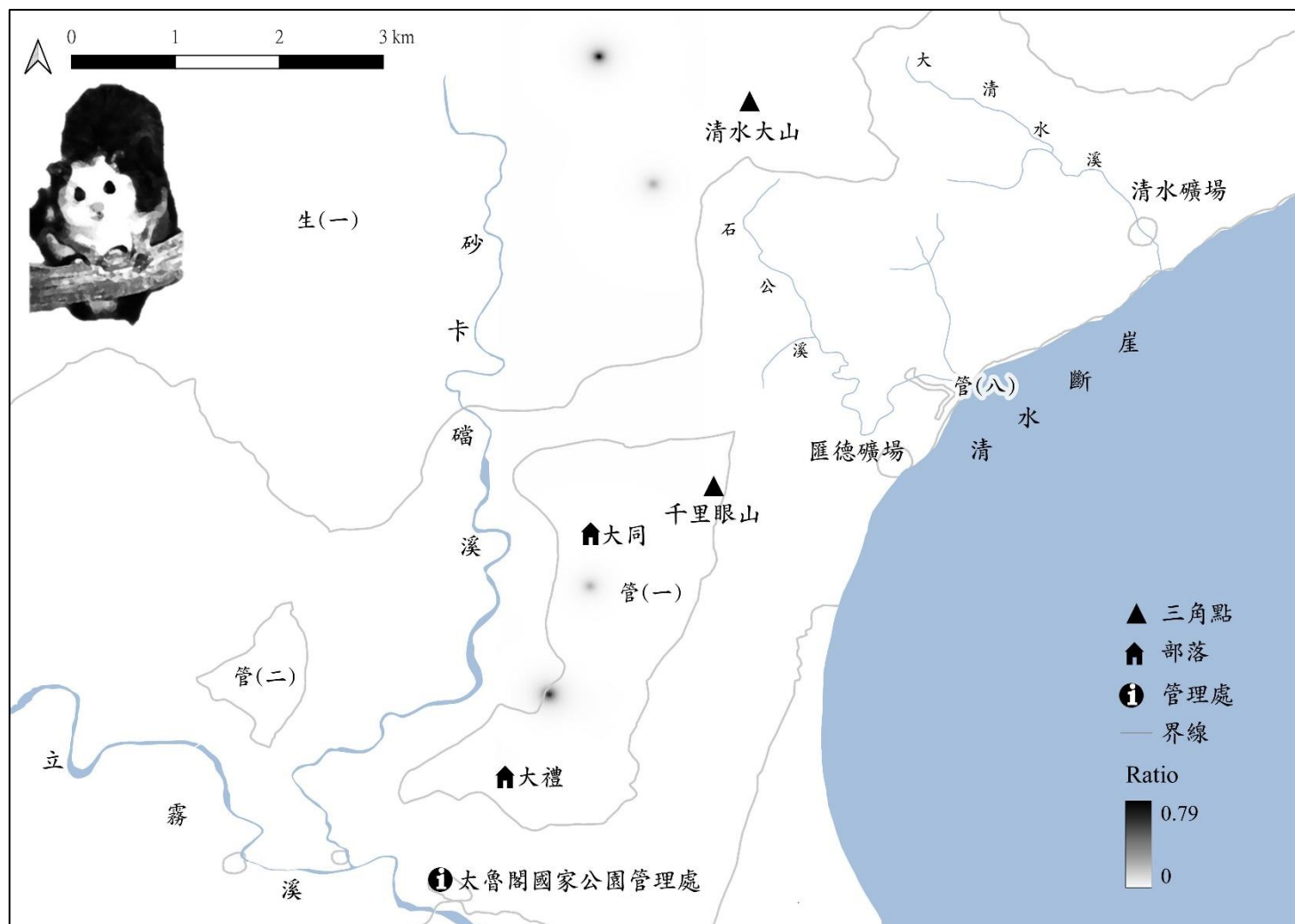
圖七、2022 年 9 月至 2023 年 9 月各樣區中飛鼠之年平均叫聲天數比例(Ratio)。B 為一般管制區(一)，C 為生態保護區(一)，垂直線為標準誤差。兩樣區的比較使用 Mann Whitney U test。*** $P < 0.001$ 。

(1)大赤鼯鼠

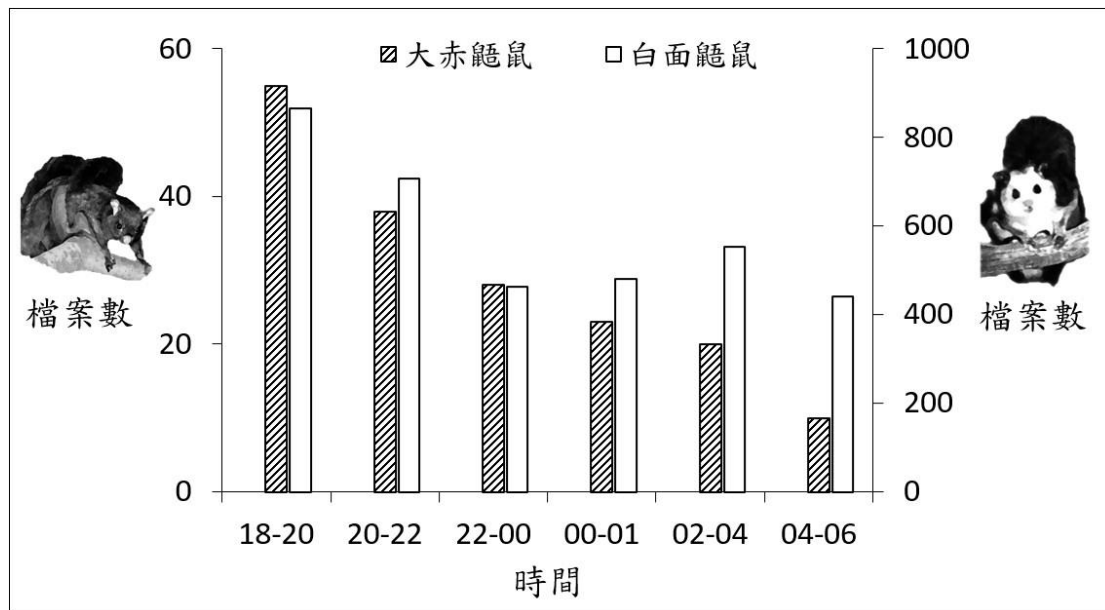


圖八、2022 年 9 月至 2023 年 9 月飛鼠分布位置與鳴叫天數比例年平均值。。

(2)白面鼯鼠



圖八(續)。



圖九、飛鼠鳴叫出現時間。縱軸為加總檔案數，橫軸為時段。

表一、本研究架設之自動相機與錄音機資訊表。依地理位置將樣區分為廢礦區，管(一)一般管制區(一)，生(一)生態保護區(一)，另於樣區中架設飛鼠樣站。

樣區	位置	台數	相機編號	紀錄工作 起始日 - 結束日	總工作 時數(hr)	拍攝 方位角	海拔 (m)	WGS84 座標	
								X	Y
廢礦區	匯德礦場	4	HD-P	2022.04.14 - 2023.06.26	7944	112.5°	147	121.66455	24.20321
			HD01	2022.02.16 - 2023.08.17	10704	112.5°	368	121.66363	24.20415
			HD02	2022.02.11 - 2022.09.24	5376	22.5°	134	121.66209	24.20727
			HD03	2022.04.14 - 2023.09.12	10896	112.5°	319	121.66140	24.20507
			HD04	2022.04.14 - 2023.07.25	11184	135°	278	121.66196	24.20393
			HD05	2022.04.14 - 2022.10.25	4632	225°	237	121.66212	24.20254
	清水礦場	3	QS-P	2022.04.12 - 2023.09.11	10392	292.5°	62	121.68913	24.22029
			QS01	2022.02.17 - 2022.10.25	4680	157.5°	121	121.68772	24.22253
			QS02	2022.04.12 - 2023.05.22	7488	157.5°	130	121.68709	24.22299
			QS03	2022.04.15 - 2022.11.15	5112	45°	168	121.68550	24.22408
			QS04	2022.04.15 - 2023.05.25	5880	337.5°	147	121.68730	24.22205
一般管制區(一)	大禮步道	2	DL01	2022.09.06 - 2023.06.14	6720	247.5°	465	121.62522	24.16273
			DL02	2022.09.01 - 2023.09.19	9192	135°	846	121.62921	24.16480
	砂卡礑林道	5	SK01	2022.09.06 - 2023.07.16	7056	247.5°	936	121.63770	24.16769
			SK02	2022.09.06 - 2023.09.09	7656	337.5°	1039	121.63923	24.17498
			SK03	2022.09.06 - 2023.09.19	9048	315°	1008	121.63789	24.18175
			SK04	2022.09.08 - 2023.09.19	9000	67.5°	916	121.63611	24.19355
			SK05	2022.08.31 - 2023.09.19	6000	337.5°	1015	121.64153	24.19503

表一(續)。

樣區	位置	台數	相機編號	紀錄工作	總工作 時數(hr)	拍攝 方位角	海拔(m)	WGS84 座標	
				起始日 - 結束日				X	Y
一般管制區(一)	同禮步道	4	TL01	2022.09.01 - 2023.05.17	5256	0°	661	121.63106	24.17012
			TL02	2022.09.01 - 2023.09.19	7128	22.5°	610	121.63213	24.17657
			TL03	2022.09.01 - 2023.05.18	6096	0°	644	121.63259	24.17948
			TL04	2022.09.01 - 2023.06.06	5568	67.5°	867	121.63659	24.18708
生態保護區(一)	砂卡礑林道	6	SK06	2022.09.07 - 2023.09.20	9048	247.5°	1170	121.64042	24.21267
			SK07	2022.09.07 - 2023.09.12	7632	67.5°	1358	121.64248	24.22517
			SK08	2022.09.07 - 2023.06.06	6072	22.5°	1512	121.63730	24.23717
			SK06-1	2023.02.09 - 2023.09.19	5304	315°	959	121.63934	24.20280
			SK07-1	2023.02.09 - 2023.09.20	5328	157.5°	1218	121.64151	24.21829
			SK08-1	2023.02.09 - 2023.09.20	5328	270°	1424	121.64208	24.23214
飛鼠樣站	管(一)	4	FS01(C)	2022.09.01 - 2023.09.19	7080	315°	607	121.63262	24.17694
			FS02(C)	2022.09.01 - 2023.09.19	9192	247.5°	870	121.63667	24.18722
			FS03(C)	2022.09.06 - 2023.09.19	9048	0°	948	121.63787	24.16761
			FS04(C)	2022.09.06 - 2023.08.25	8448	90°	1038	121.63920	24.17497
	生(一)	2	FS05(C)	2022.11.01 - 2023.08.19	6984	22.5°	1161	121.64042	24.21267
			FS06(C)	2022.11.01 - 2023.08.21	5496	270°	1515	121.63737	24.23726
總計		30							

表一(續)。

樣區	位置	台數	錄音機 編號	紀錄工作 起始日 - 結束日	總工作 夜晚數(天)	海拔(m)	WGS84 座標	
							X	Y
飛鼠樣站	管(一)	4	FS01(V)	2022.09.01 - 2023.09.19	308	607	121.63262	24.17694
			FS02(V)	2022.10.26 - 2023.09.19	328	870	121.63667	24.18722
			FS03(V)	2022.09.06 - 2023.09.19	378	948	121.63787	24.16761
			FS04(V)	2023.02.08 - 2023.09.19	223	1038	121.63920	24.17497
	生(一)	2	FS05(V)	2022.09.07 - 2023.09.20	378	1358	121.64251	24.22521
			FS06(V)	2022.09.07 - 2023.09.11	369	1515	121.63737	24.23726
總計		6						

表二、各樣區每月相機拍攝努力量與各物種有效照片張數。A 為廢礦區，B 為一般管制區(一)，C 為生態保護區(一)。

		年分	2022 年												
		月份	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月		10 月			
		樣區	A	A	A	A	A	A	A	A	B	C	A	B	C
		相機數	2	2	9	9	9	9	8	7	11	3	6	9	3
		總工作時數 (hr)	696	1488	4176	6696	6240	6192	5952	4872	6432	1656	4128	6264	2232
有效 照 片 張 數	偶蹄目	山羌	15	68	97	169	270	134	286	283	371	120	239	409	116
		長鬃山羊	2	12	31	70	117	86	99	93	53	15	60	44	14
		臺灣野豬	0	0	0	1	6	4	3	4	1	3	1	5	9
		臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	靈長目	臺灣獼猴	8	16	25	70	118	53	134	169	131	8	65	86	9
		食肉目	鼬獾	2	1	13	36	18	27	42	36	34	1	8	35
	食蟹獾		0	0	2	7	12	4	8	1	2	2	0	3	1
	黃喉貂		1	0	3	1	4	2	2	2	2	1	0	2	1
	黃鼠狼		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	白鼻心		0	0	0	3	1	0	2	0	1	0	0	2	0
	齧齒目	赤腹松鼠	0	0	0	0	0	0	1	0	4	3	1	10	2
		條紋松鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
		白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	其他	人類	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
		狗	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		貓	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0

表二(續)。

		年分	2022 年						2023 年						
		月份	11 月			12 月			1 月			2 月			
		樣區	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
		相機數	5	11	3	3	9	3	3	9	2	5	11	6	
		總工作時數(hr)	3216	7296	2160	2232	6696	2232	2232	6696	1488	3048	6984	3168	
有效 照片 張 數	偶蹄目	山羌	182	575	117	71	559	55	82	515	48	115	473	78	
		長鬃山羊	18	48	15	36	22	10	37	37	15	36	30	21	
		臺灣野豬	7	13	6	1	1	5	4	1	2	3	1	1	
		臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	靈長目	臺灣獼猴	38	78	13	16	34	16	17	22	5	29	28	16	
		食肉目	鼬獾	5	56	1	0	23	0	1	31	0	0	45	1
			食蟹獾	2	1	1	0	2	1	1	0	0	1	2	0
			黃喉貂	0	1	0	1	1	1	0	1	0	3	5	1
	黃鼠狼		1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
	齧齒目	白鼻心	0	2	1	0	1	0	0	1	0	7	1	6	
		赤腹松鼠	0	15	2	0	7	2	0	2	5	0	7	8	
		條紋松鼠	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
		白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	其他	人類	0	1	0	3	2	0	3	0	0	0	1	0	
		狗	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	
		貓	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	

表二(續)。

		年分	2023 年											
		月份	3 月			4 月			5 月			6 月		
		樣區	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
		相機數	4	11	6	4	9	6	5	11	6	3	8	5
		總工作時數(hr)	2976	7776	4464	2880	6408	3816	3312	7368	4392	2160	5352	3600
有效 照片 張 數	偶蹄目	山羌	107	682	156	161	419	119	208	621	209	180	400	202
		長鬃山羊	26	43	46	42	39	64	42	35	41	52	17	22
		臺灣野豬	1	6	1	1	0	0	1	7	2	6	6	3
		臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	靈長目	臺灣獼猴	36	42	22	37	37	17	45	70	55	41	44	44
	食肉目	鼬獾	1	60	4	2	45	9	5	48	4	1	27	4
		食蟹獾	3	8	1	2	2	2	1	5	2	0	1	3
		黃喉貂	1	0	3	2	4	1	1	4	0	0	2	0
		黃鼠狼	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
	齧齒目	白鼻心	7	3	6	3	6	7	2	11	2	0	3	5
		赤腹松鼠	0	13	8	0	5	7	0	4	0	0	3	2
		條紋松鼠	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	其他	人類	3	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
		狗	0	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
		貓	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表二(續)。

		年分	2023 年								
		月份	7 月			8 月			9 月		
		樣區	A	B	C	A	B	C	A	B	C
		相機數	3	7	5	2	6	5	1	5	5
		總工作時數(hr)	2064	4824	3720	1128	4464	3720	264	2160	2064
有效 照片 張 數	偶蹄目	山羌	207	480	125	120	412	141	10	195	82
		長鬃山羊	74	16	44	35	4	36	15	4	22
		臺灣野豬	3	5	6	0	4	4	1	0	3
		臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	靈長目	臺灣獼猴	58	22	29	23	26	29	1	22	22
	食肉目	鼬獾	2	31	2	0	32	2	0	24	2
		食蟹獾	0	1	0	0	0	2	0	3	0
		黃喉貂	0	0	1	0	1	1	0	0	2
		黃鼠狼	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	齧齒目	白鼻心	0	0	5	0	2	7	0	0	1
		赤腹松鼠	0	1	1	0	0	0	0	0	1
		條紋松鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	其他	人類	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		狗	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		貓	0	0	0	0	0	0	0	1	0

表三、2022 年 2 月至 2023 年 9 月廢礦區各物種每月 OI_3 數值。%為累計調查期間該物種之 OI_3 占所有物種 OI_3 總和之百分比。

			廢礦區										
			2022 年										
			2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
OI_3	偶蹄目	山羌	18.38	45.70	18.11	25.24	49.61	28.17	48.05	57.84	54.13	50.56	31.81
		長鬃山羊	2.45	8.06	6.33	10.45	18.75	13.16	16.63	18.88	13.64	5.32	16.13
		臺灣野豬	0	0	0	0.15	0.93	0.60	0.50	0.79	0.22	1.94	0.45
		臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	靈長目	臺灣獼猴	10.83	10.75	5.50	10.45	19.21	8.23	22.51	34.44	14.76	10.56	7.17
	食肉目	鼬獾	2.45	0.67	3.38	5.38	2.85	4.03	7.06	7.14	1.86	2.34	0
		食蟹獾	0	0	0.46	1.05	1.85	0.60	1.34	0.20	0	0.56	0
		黃喉貂	1.23	0	0.60	0.15	0.62	0.30	0.34	0.46	0	0	0.45
		黃鼠狼	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.28	0
	齧齒目	白鼻心	0	0	0	0.45	0.15	0	0.34	0	0	0	0
		赤腹松鼠	0	0	0	0	0	0	0.17	0	0.22	0	0
		條紋松鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0.20	0	0	0
	其他	人類	0	0	0	0	0	0	0.17	0.20	0	0	1.34
		狗	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		貓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表三(續)。

			廢礦區										
			2023 年										
			1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	平均	%
OI_3	偶蹄目	山羌	36.74	40.86	35.95	55.90	56.43	83.33	99.93	132.31	37.88	50.35	58.47
		長鬃山羊	16.58	12.01	8.74	14.58	11.37	24.07	38.12	26.04	56.82	16.91	19.63
		臺灣野豬	1.79	0.89	0.34	0.35	0.27	2.78	1.61	0	3.79	0.87	1.01
		臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	靈長目	臺灣獼猴	7.62	10.24	12.10	12.85	13.13	18.98	28.73	28.06	3.79	14.49	16.83
	食肉目	鼬獾	0.45	0	0.34	0.69	1.34	0.46	1.16	0	0	2.08	2.42
		食蟹獾	0.45	0.38	1.01	0.69	0.35	0	0	0	0	0.45	0.52
		黃喉貂	0	0.89	0.34	0.69	0.27	0	0	0	0	0.32	0.37
		黃鼠狼	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.02
		白鼻心	0	2.65	2.35	1.04	0.62	0	0	0	0	0.38	0.44
	齧齒目	赤腹松鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.02
		條紋松鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.01
	其他	人類	1.34	0	1.01	0	0.40	0	0	0	0	0.22	0.26
		狗	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		貓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表三(續)、2022 年 9 月至 2023 年 9 月管(一)各物種每月 OI_3 數值。%為累計調查期間該物種之 OI_3 占所有物種 OI_3 總和之百分比。

			一般管制區(一)							
			2022 年				2023 年			
			9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
OI_3	偶蹄目	山羌	56.04	70.39	86.61	83.48	76.84	67.06	91.11	65.37
		長鬃山羊	7.01	6.57	6.48	3.21	5.53	4.18	5.49	6.04
		臺灣野豬	0.13	0.95	1.64	0.15	0.15	0.14	0.73	0
		臺灣水鹿	0.13	0	0	0	0	0	0	0
	靈長目	臺灣獼猴	19.35	13.46	10.31	5.08	3.21	4.01	5.39	5.80
	食肉目	鼬獾	5.03	5.23	8.22	3.43	4.55	7.18	7.57	7.03
		食蟹獾	0.28	0.45	0.13	0.30	0	0.33	1.0	0.23
		黃喉貂	0.25	0.51	0.13	0.15	0.15	0.68	0	0.62
		黃鼠狼	0	0	0	0	0	0	0	0
		白鼻心	0.13	0.30	0.25	0.15	0.15	0.14	0.31	0.93
	啮齒目	赤腹松鼠	1.09	1.70	1.96	1.05	0.30	0.95	1.77	0.81
		條紋松鼠	0	0	0.13	0	0	0	0.12	0
		白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0
	其他	人類	0.16	0	0.06	0.22	0	0.07	0.06	0.08
		狗	0.13	0	0.00	0.07	0	0.07	0.36	0.15
		貓	0.33	0	0.13	0.30	0.15	0	0.60	0

表三(續)。

			一般管制區(一)						
			2023 年						
			5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	平均	%
OI_3	偶蹄目	山羌	89.14	69.44	98.92	92.29	85.19	79.38	78.21
		長鬃山羊	4.55	3.63	4.30	0.90	1.85	4.59	4.53
		臺灣野豬	1.25	1.04	0.96	0.90	0	0.62	0.61
		臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0.01	0.01
	靈長目	臺灣獼猴	10.85	10.36	4.22	5.82	10.19	8.31	8.19
	食肉目	鼬獾	6.48	4.69	5.95	7.17	10.19	6.36	6.27
		食蟹獾	1.0	0.17	0.19	0	1.39	0.42	0.42
		黃喉貂	0.75	0.57	0	0.22	0	0.31	0.31
		黃鼠狼	0	0	0	0	0	0	0
		白鼻心	1.28	0.52	0	0.45	0	0.35	0.35
	啮齒目	赤腹松鼠	0.70	0.52	0.19	0.00	0	0.85	0.84
		條紋松鼠	0	0	0	0	0	0.02	0.02
		白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0
	其他	人類	0	0	0	0	0	0.05	0.05
		狗	0.12	0	0	0	0	0.07	0.07
		貓	0	0	0	0	0.46	0.15	0.15

表三(續)、2022 年 9 月至 2023 年 9 月生(一)各物種每月 OI_3 數值。%為累計調查期間該物種之 OI_3 占所有物種 OI_3 總和之百分比。

			生態保護區(一)							
			2022 年				2023 年			
			9 月	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
OI_3	偶蹄目	山羌	72.46	51.97	54.17	24.64	32.26	23.22	34.95	37.48
		長鬃山羊	9.06	6.27	6.94	4.48	10.08	6.85	10.30	18.80
		臺灣野豬	1.81	4.03	2.78	2.24	1.34	0.25	0.22	0
		臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0	0	0
	靈長目	臺灣獼猴	4.83	4.03	6.02	7.17	3.36	5.50	4.93	4.17
	食肉目	鼬獾	0.60	1.34	0.46	0.00	0	0.25	0.90	2.20
		食蟹獾	1.21	0.45	0.46	0.45	0	0	0.22	0.60
		黃喉貂	0.60	0.45	0	0.45	0	0.37	0.67	0.37
		黃鼠狼	0	0	0	0	0.67	0.25	0	0
		白鼻心	0	0	0.46	0	0	1.96	1.34	1.62
	啮齒目	赤腹松鼠	1.81	0.90	0.93	0.90	3.36	2.34	1.79	1.62
		條紋松鼠	0	2.24	0	0.45	0	0.25	0	0
		白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0
	其他	人類	0	0	0	0	0	0	0	0
		狗	0	0	0	0	0	0	0	0
		貓	0	0	0	0	0	0	0	0

表三(續)。

			生態保護區(一)						
			2023 年						
			5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	平均	%
OI_3	偶蹄目	山羌	48.52	56.11	33.60	37.90	42.14	42.26	66.20
		長鬃山羊	9.40	6.11	11.83	9.68	11.49	9.33	14.61
		臺灣野豬	0.45	0.83	1.61	1.08	1.36	1.39	2.17
		臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0	0
	靈長目	臺灣獼猴	12.37	12.22	7.80	7.80	11.19	7.03	11.01
	食肉目	鼬獾	0.94	1.11	0.54	0.54	0.93	0.75	1.18
		食蟹獾	0.45	0.83	0	0.54	0	0.40	0.63
		黃喉貂	0	0	0.27	0.27	0.93	0.34	0.53
		黃鼠狼	0.22	0.56	0	0	0	0.13	0.20
		白鼻心	0.45	1.39	1.34	1.88	0.46	0.84	1.31
	啮齒目	赤腹松鼠	0	0.56	0.27	0	0.44	1.15	1.80
		條紋松鼠	0	0	0	0	0	0.23	0.35
		白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0
	其他	人類	0	0	0	0	0	0	0
		狗	0	0	0	0	0	0	0
		貓	0	0	0	0	0	0	0

表四、各樣區物種相對豐度與氣候因子相關性。 r_s 為 Spearman's rank correlation coefficient，以檢測每月各物種 OI_3 與溫度、降雨量之關係， n 為樣本數，* $P < 0.05$ ；** $P < 0.01$ 。

	廢礦區 (n=20)				管(一) (n=13)				生(一) (n=13)			
	溫度		雨量		溫度		雨量		溫度		雨量	
	r_s	P	r_s	P	r_s	P	r_s	P	r_s	P	r_s	P
山羌	0.53	*0.017	0.43	0.055	0.32	0.292	0.26	0.386	0.54	0.056	0.64	*0.018
長鬃山羊	0.60	**0.005	0.35	0.131	-0.23	0.442	0.06	0.707	0.20	0.517	-0.17	0.590
臺灣野豬	0.25	0.281	0.30	0.197	0.30	0.325	0.20	0.510	0.11	0.714	0.67	*0.012
臺灣獼猴	0.56	*0.011	0.27	0.257	0.48	0.100	0.53	0.071	0.63	*0.022	0.23	0.452
鼬獾	0.38	0.099	-0.07	0.760	0.13	0.661	0.20	0.535	0.36	0.229	0.35	0.235
食蟹獾	0.11	0.657	-0.38	0.098	-0.11	0.727	0.06	0.858	0.30	0.321	0.19	0.536
黃喉貂	-0.29	0.213	-0.57	**0.009	-0.08	0.780	-0.33	0.272	-0.11	0.729	0.13	0.675
黃鼠狼	-0.04	0.868	0.02	0.934	無資料	無資料	無資料	無資料	-0.26	0.387	-0.28	0.362
白鼻心	-0.13	0.581	-0.22	0.346	-0.04	0.897	-0.31	0.296	0.30	0.328	-0.51	0.077

表五、物種名錄比較表。楊懿如(2009)之「代表性生態系經營管理－礦業用地回收後生態復育計畫第一期」、裴家騏(2019)之「太魯閣族狩獵文化暨太魯閣國家公園動物資源調查計畫案」與本計畫調查之哺乳類野生動物名錄比較。V 穿越線調查記錄，O 為自動相機記錄，O₁ 為排遺記錄，O₂ 為錄音機記錄。

	物種出現與否									
	廢礦區					管(一)		生(一)		
	清水礦場		匯德礦場							
	108年	本計畫	98年	108年	本計畫	108年	本計畫	108年	本計畫	
長鬃山羊	O	O	V	O	O	O	O	O	O	
山羌	O	O		O	O	O	O	O	O	
臺灣水鹿							O		O ₁	
臺灣野豬	O	O	V	O	O	O	O	O	O	
臺灣獼猴	O	O	V	O	O	O	O	O	O	
鼬獾	O			O	O	O	O	O	O	
白鼻心		O		O	O	O	O	O	O	
黃喉貂		O		O	O	O	O	O	O	
黃鼠狼		O						O	O	
食蟹獾	O	O	V	O	O	O	O	O	O	
赤腹松鼠			V		O	O	O		O	
條紋松鼠							O		O	
白面鼯鼠			V		O		O		O ₂	
大赤鼯鼠			V				O		O ₂	
刺鼠			V							

表六、各錄音機 SILIC 辨識飛鼠鳴叫正確率。每台錄音機篩選兩個月資料，使用 SILIC 系統初步辨識大赤鼯鼠與白面鼯鼠鳴叫，再以人工辨認計算各錄音機 SILIC 辨識結果的正確率。score 為 SILIC 給予音檔之分數；
- 為無辨識資料。

一般管制區(一)							生態保護區(一)		
score			FS01	FS02	FS03	FS04	FS05	FS06	加總
人工辨識 檔案數 / SILIC 辨識 檔案數	大 赤 鼯 鼠	0.50–0.59	0/2	3/6	3/10	10/12	1/5	0/2	17/37
		0.60–0.69	0/8	5/7	8/22	8/8	0/1	1/6	22/52
		0.70–0.79	0/7	6/8	9/21	11/12	0/1	–	26/49
		0.80–0.89	0/4	24/27	35/52	18/18	0/1	–	77/102
		0.90–0.99	–	–	3/3	–	–	–	3/3
	白 面 鼯 鼠	0.50–0.59	39/236	11/552	5/532	0/2056	21/301	116/358	192/4035
		0.60–0.69	48/228	21/441	9/380	3/1623	44/195	232/460	357/3327
		0.70–0.79	87/205	36/356	23/275	2/1039	104/172	465/650	717/2697
		0.80–0.89	123/168	89/197	15/212	3/223	152/169	735/820	1117/1789
		0.90–0.99	–	4/4	–	–	–	44/44	48/48
score			FS01	FS02	FS03	FS04	FS05	FS06	平均
SILIC 辨識正確率 (%)	大 赤 鼯 鼠	0.50–0.59	0	50	30	83	20	0	31
		0.60–0.69	0	71	36	100	0	17	37
		0.70–0.79	0	75	43	92	0	–	42
		0.80–0.89	0	89	67	100	0	–	51
		0.90–0.99	–	–	100	–	–	–	100
	白 面 鼯 鼠	0.50–0.59	17	2	1	0	7	32	10
		0.60–0.69	21	5	2	0	23	50	17
		0.70–0.79	42	10	8	0	60	72	32
		0.80–0.89	73	45	7	1	90	90	51
		0.90–0.99	–	100	–	–	–	100	100

表七、錄音機飛鼠鳴叫天數比例。分母為當月錄音機工作天數，分子為當月有錄到飛鼠鳴叫的天數。

			一般管制區(一)					生態保護區(一)		
			FS01	FS02	FS03	FS04	平均	FS05	FS06	平均
Ratio (出現天數/工作天數)	大 赤 鼯 鼠	2022 9 月	3/30	故障	3/25	故障	0.11	1/24	0/24	0.02
		10 月	0/31	1/6	12/31	故障	0.18	0/31	0/31	0
		11 月	1/24	2/30	13/30	故障	0.18	0/30	0/30	0
		12 月	故障	0/31	0/31	故障	0	0/31	0/31	0
		2023 1 月	故障	0/31	0/31	故障	0	0/31	0/31	0
		2 月	0/21	1/28	1/28	4/21	0.07	0/28	0/28	0
		3 月	8/31	5/31	5/31	6/31	0.19	0/31	0/31	0
		4 月	10/30	13/30	2/30	5/30	0.25	0/30	1/30	0.02
		5 月	2/31	0/31	5/31	6/31	0.10	0/31	0/31	0
		6 月	0/30	0/30	0/30	2/30	0.02	0/30	1/30	0.02
		7 月	1/31	0/31	0/31	2/31	0.02	0/31	0/31	0
		8 月	1/31	0/31	5/31	0/31	0.05	0/31	0/31	0
		9 月	3/18	0/18	2/18	3/18	0.11	0/19	0/11	0

表七(續)。

			一般管制區(一)					生態保護區(一)		
			FS01	FS02	FS03	FS04	平均	FS05	FS06	平均
Ratio (出現天數/工作天數)	2022	9 月	22/30	故障	—	故障	0.79	20/24	24/24	0.92
		10 月	8/31	1/6	—	故障	0.43	9/31	25/31	0.55
		11 月	8/24	2/30	—	故障	0.43	1/30	28/30	0.48
		12 月	故障	1/31	—	故障	0.40	4/31	19/31	0.37
	2023	1 月	故障	0/31	—	故障	0	2/31	14/31	0.26
		2 月	21/21	7/28	—	—	0.65	18/28	18/28	0.64
		3 月	30/31	21/31	—	—	0.75	23/31	28/31	0.82
		4 月	29/30	24/30	—	—	0.92	5/30	27/30	0.53
		5 月	28/31	11/31	—	—	0.73	0/31	31/31	0.50
		6 月	14/30	5/30	—	—	0.36	0/30	29/30	0.48
		7 月	19/31	2/31	—	—	0.35	0/31	28/31	0.45
		8 月	22/31	6/31	—	—	0.37	1/31	30/31	0.50
		9 月	6/18	0/18	—	—	0.27	0/19	2/11	0.09

表八、錄音機飛鼠鳴叫出現時間與次數表。次數代表該台相機在該時段有錄到飛鼠鳴叫的檔案數。

		一般管制區(一)					生態保護區(一)			
		FS01	FS02	FS03	FS04	平均	FS05	FS06	平均	
鳴 叫 出 現 時 間 點	大赤鼯鼠	18:00-19:59	19	11	12	12	13.50	0	1	0.50
		20:00-21:59	10	6	18	4	9.50	0	0	0
		22:00-23:59	4	0	18	6	7.0	0	0	0
		00:00-01:59	3	7	6	7	5.75	0	0	0
		02:00-03:59	1	3	9	7	5.0	0	0	0
		04:00-05:59	2	1	5	0	2.0	1	1	1.0
	白面鼯鼠	18:00-19:59	196	40	—	—	118.0	96	534	315.0
		20:00-21:59	171	26	—	—	98.50	69	441	255.0
		22:00-23:59	143	25	—	—	84.0	52	242	147.0
		00:00-01:59	156	29	—	—	92.50	52	243	147.50
		02:00-03:59	138	27	—	—	82.50	55	333	194.0
		04:00-05:59	151	14	—	—	82.50	36	240	138.0

附錄一、各樣區附近環境照。清水礦場。

(1) 2022 年 2 月第一次踏勘於大清水溪旁發現廢棄坑洞，坑洞內地面有大量蝙蝠排遺。



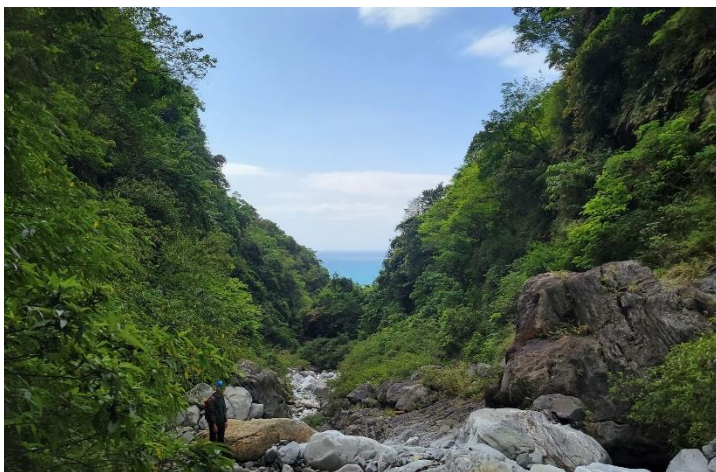
(2) 在枯水期與豐水期水流量差異大，若作為長期監測樣點需考量人員安全與資料不易回收的問題。左為枯水期，右為豐水期，A 為同一地點之參考點。



附錄一(續)、各樣區附近環境照。清水礦場。



(3)溪谷兩側地形陡峭、腹地小、多落石。



附錄一(續)、各樣區附近環境照。匯德礦場。

(4)2022 年 7 月匯德礦場發現之野豬食用姑婆芋屬植物的痕跡。



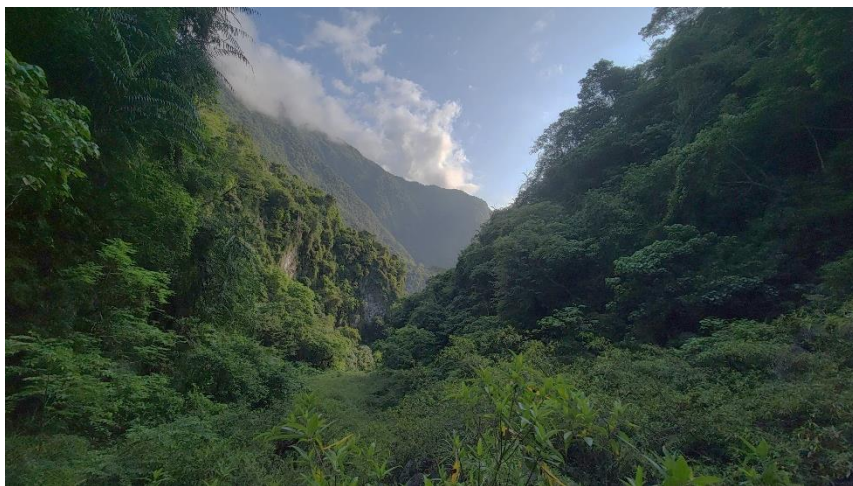
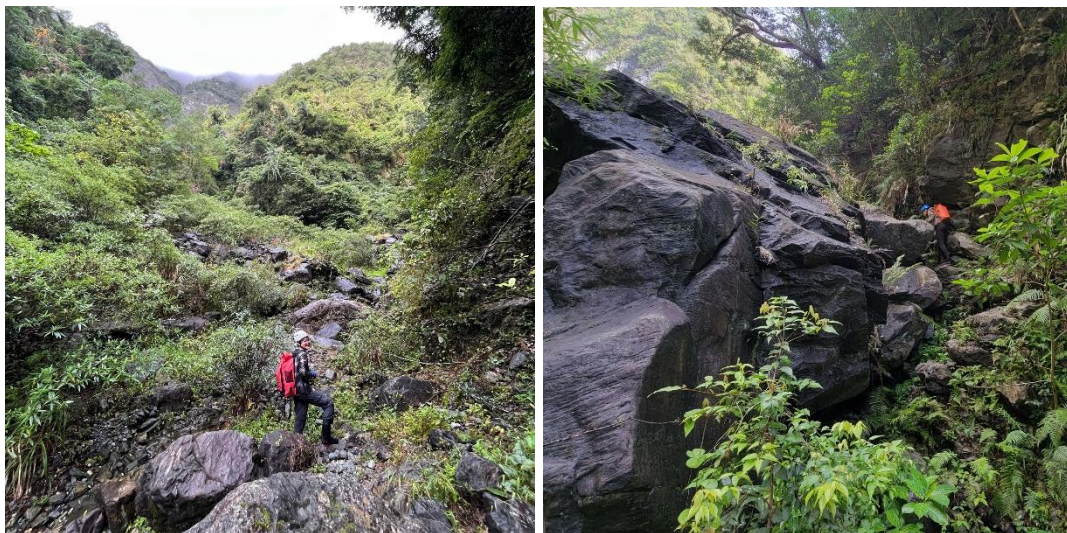
(5)往廢棄石礦場沿途已有生長植被。



附錄一(續)、各樣區附近環境照。匯德礦場。



(6)沿乾枯溪床地形行走，山谷兩側地區原始林保存良好，



附錄一(續)、各樣區附近環境照。一般管制區(一)

(7)於 TL01 拍攝到臺灣水鹿出沒之自動相機附近環境，為靠近大禮部落，被開墾過的開闊草原地形，海拔為 661 m。



(8) 2023 年 9 月於靠近大禮部落的砂卡礑林道，發現被擊斃之食蟹獾

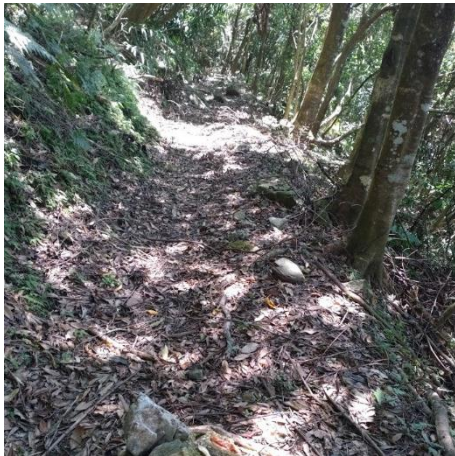


附錄一(續)、各樣區附近環境照。一般管制區(一)

(9) 大禮步道為之字路型，路面為裸露土壤與石塊，附近多為人工林。



(10) 同禮古道路徑較窄，坡度陡峭，容易有落石發生。



(11) 大禮至大同部落段的砂卡礑林道有鋪設水泥地，供車輛通行使用。



附錄一(續)、各樣區附近環境照。生態保護區(一)。

(12)2022 年 10 月於生(一)通往清水大山之林道，目擊長鬃山羊與野豬，並發現沿途大片野豬拱土痕跡。



(13)2023 年 2 月於 SK08 附近發現水鹿排遺。



附錄一(續)、各樣區附近環境照。生態保護區(一)。

(14) 2023 年 5 月砂卡礑林道往清水大山登山口之路途，發現山羊排遺。



(15) 2023 年 5 月於砂卡礑林道往清水大山登山口之路途，發現疑似白鼻心排遺。



附錄一(續)、各樣區附近環境照。生態保護區(一)。

(16) 2023 年 9 月於砂卡礑林道往清水大山登山口之路途，發現長鬃山羊骨骸與泥圓翅鍬形蟲(*Neolucanus doro doro*)。

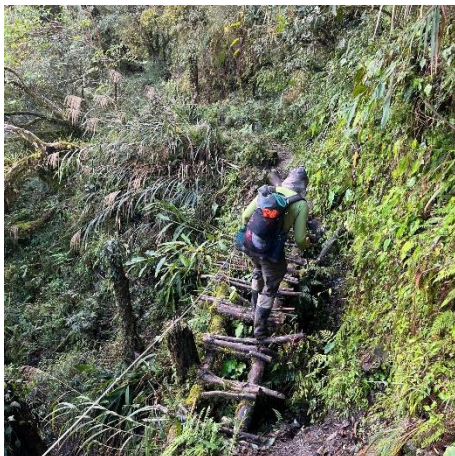
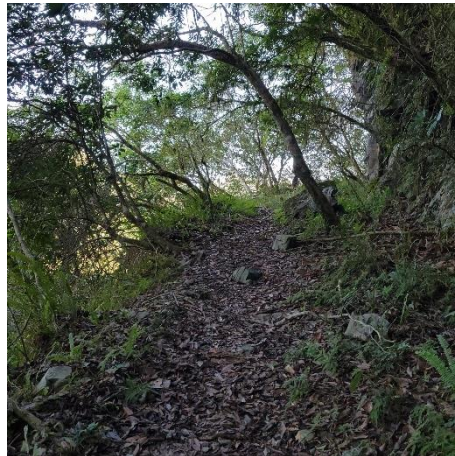
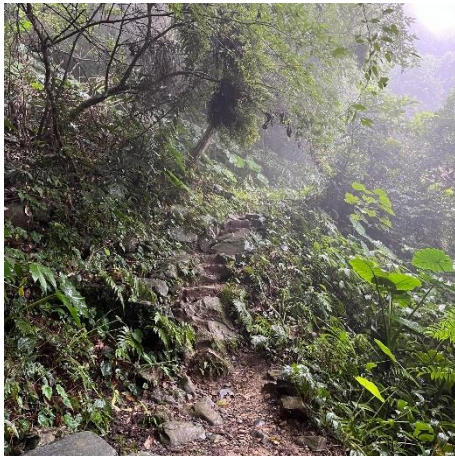


(17) 2023 年 9 月往清水大山三角點路途中，發現疑似黃喉貂或黃鼠狼排遺。



附錄一(續)、各樣區附近環境照。生態保護區(一)。

(18)大同部落至清水大山登山口之砂卡礑林道，此路段僅能徒步抵達，林道兩側多為原始林相，路面覆蓋落葉或有生長植被，路途需通過溪溝地形，若遇豪雨常有崩塌路斷的情形發生。



附錄二、飛鼠樣站架設方式。

飛鼠樣站之自動相機架設在傾斜的樹幹上，並在旁綁設一台錄音機。



附錄三、各樣區相機拍攝年平均 OI_3。物種順序以全部相機每月拍攝 OI_3 之加總，由高至低排列；年平均 OI_3 值顏色由淺至深代表數值由低至高。

相機編號	廢礦區										
	QS-P	QS01	QS02	QS03	QS04	HD-P	HD01	HD02	HD03	HD04	HD05
監測月數	16	7	11	8	9	12	17	8	16	16	7
監測物種數	1	4	8	7	7	9	9	6	9	10	7
山羌	0	1.54	0.92	0	6.95	14.46	109.98	39.87	53.80	78.41	15.66
臺灣獼猴	0	1.08	6.95	0.50	14.85	23.32	21.40	17.99	11.56	31.01	7.10
長鬃山羊	0	2.01	3.72	2.91	7.46	7.71	14.58	10.90	28.18	26.76	11.01
鼬獾	0	0	0.12	3.51	5.25	1.57	1.09	1.47	0.60	9.75	2.98
赤腹松鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17	0
臺灣野豬	0	0	0.13	0.17	0	0.14	0.49	0.17	2.13	1.09	0.58
食蟹獾	0	0	0.37	0.17	4.65	2.85	0.32	0	0.08	0.34	0.40
白鼻心	0	0	0	0.34	3.32	0.26	0.24	0	0.08	0	0
人類	4.04	0.39	0.42	0	0	1.03	0.08	0	0.08	0.42	0
黃喉貂	0	0	0	0.17	0.30	0.73	0.24	0.53	0.43	0.79	0.37
條紋松鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
貓	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
狗	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
黃鼠狼	0	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0
白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0
大赤鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

□ 0 □ 0.01-1 ■ 1.01-10 ■ 10.01-50 ■ >50

附錄三(續)、各樣區相機拍攝年平均 OI₃。

相機編號	一般管制區(一)										
	DL01	DL02	SK01	SK02	SK03	SK04	SK05	TL01	TL02	TL03	TL04
監測月數	10	13	11	11	13	13	10	8	11	9	8
監測物種數	8	10	7	9	11	11	8	9	7	8	10
山羌	7.60	125.15	134.73	43.57	60.88	9.08	144.55	187.46	48.58	92.65	36.85
臺灣獼猴	27.58	7.12	5.68	4.66	1.86	4.07	5.27	12.68	10.22	16.46	2.67
長鬃山羊	18.69	1.36	6.77	2.25	1.67	1.47	3.06	5.11	5.01	6.72	4.83
鼬獾	0.44	3.48	0.89	7.93	1.81	2.82	18.37	10.81	15.47	9.07	0.71
赤腹松鼠	0	1.15	0.43	0.77	0.73	0.16	1.27	3.27	0.25	2.34	1.12
臺灣野豬	0	0.85	0.41	1.0	0.42	0.05	1.29	0.34	0.99	1.53	0.17
食蟹獾	0.17	0.31	0	0	0.36	0.63	1.27	1.68	0.12	0	0.34
白鼻心	0.27	0.52	0	1.23	0.11	0.74	0.14	0	0	0.75	0.17
人類	0.17	0	0	0	0	0.37	0	0	0	0	0
黃喉貂	1.45	0.22	0.54	0.12	0.11	0	0	0.69	0	0.77	0
條紋松鼠	0	0	0	0	0.21	0	0	0	0	0	0
貓	0	0	0	0	0.62	0.51	0	0	0	0	0.40
狗	0	0.11	0	0.12	0	0.37	0	0	0	0	0.24
黃鼠狼	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
大赤鼯鼠	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0	0	0.17	0	0	0

□ 0 □ 0.01-1 □ 1.01-10 ■ 10.01-50 ■ >50

附錄三(續)、各樣區相機拍攝年平均 OI₃。

相機編號	生態保護區(一)					
	SK06-1	SK06	SK07-1	SK07	SK08-1	SK08
監測月數	8	13	8	12	8	9
監測物種數	10	11	8	8	4	10
山羌	37.52	44.19	32.82	61.24	0.17	57.19
臺灣獼猴	18.92	6.14	8.02	7.65	1.74	3.18
長鬃山羊	11.76	3.27	6.18	11.53	17.30	11.69
鼬獾	4.01	0.46	0	0	0	1.16
赤腹松鼠	2.02	2.71	0.34	0	0.17	0.63
臺灣野豬	2.27	1.53	0.34	1.66	0	0.50
食蟹獾	0.34	0.66	0.17	0.67	0	0.15
白鼻心	4.68	0.32	0.62	0.34	0	0.93
人類	0	0	0	0	0	0
黃喉貂	1.08	0.10	0.17	0.37	0	0.50
條紋松鼠	0	0.73	0	0	0	0
貓	0	0	0	0	0	0
狗	0	0	0	0	0	0
黃鼠狼	0.35	0.10	0	0.11	0	0.17
白面鼯鼠	0	0	0	0	0	0
大赤鼯鼠	0	0	0	0	0	0
臺灣水鹿	0	0	0	0	0	0

□ 0 □ 0.01-1 ■ 1.01-10 ■ 10.01-50 ■ >50

附錄四、各物種自動相機照片。

(1)山羌。在 SK01 拍攝到體色較淺之個體。



(2)長鬃山羊。



附錄四(續)、各物種自動相機照片。

(3)臺灣野豬。



(4)臺灣水鹿。



附錄四(續)、各物種自動相機照片。

(5)臺灣獼猴。



(6)鼬獾。



附錄四(續)、各物種自動相機照片。

(7)食蟹獾。



(8)黃喉貂。



附錄四(續)、各物種自動相機照片。

(9)黃鼠狼。



(10)白鼻心。

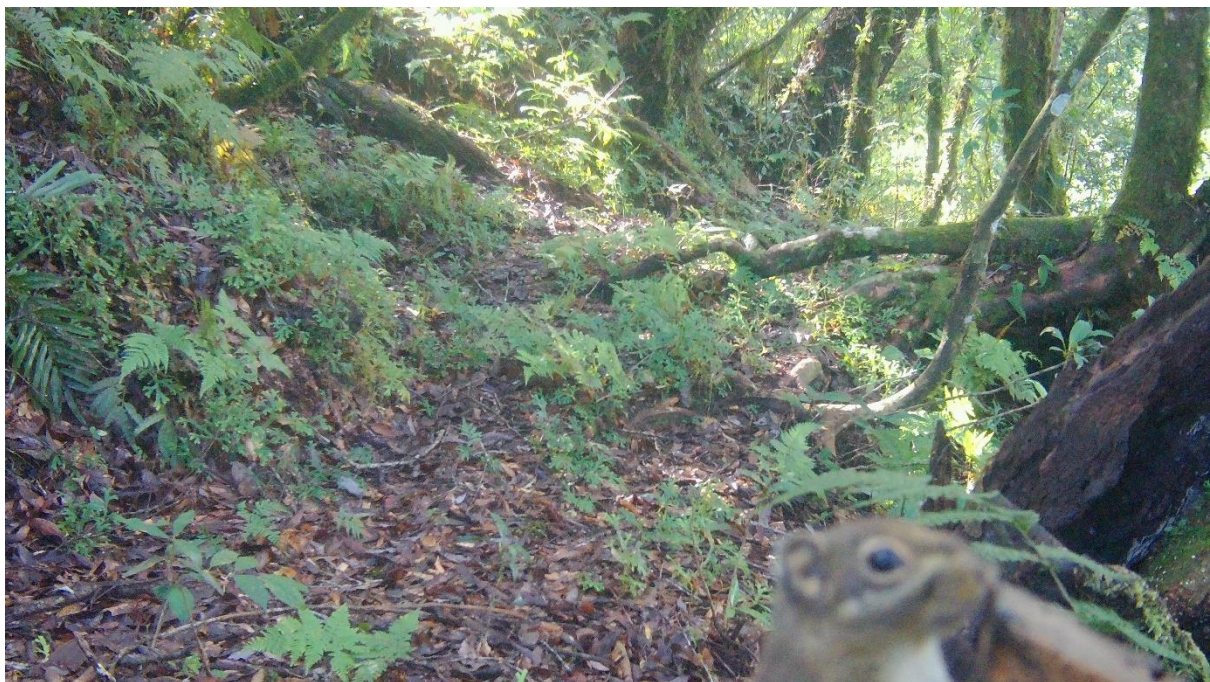


附錄四(續)、各物種自動相機照片。

(11)赤腹松鼠。



(12)條紋松鼠。



附錄四(續)、各物種自動相機照片。

(13)白面鼯鼠



(14)大赤鼯鼠



大清水暨匯德廢棄礦區周邊山域野生 哺乳動物種類與豐度監測計畫

長期監測標準作業程序

受委託單位：國立屏東科技大學

研究主持人：翁國精教授

內政部國家公園署太魯閣國家公園管理處
委託辦理報告

中華民國 112 年 12 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)

目次

目次.....	II
壹、 目的.....	1
貳、 方法.....	1
一、 選擇監測樣點.....	1
二、 使用自動相機監測.....	2
(一)自動相機架設方法.....	2
(二)自動相機的設定.....	3
(三)自動相機狀況檢查與排除.....	3
參、 資料分析與彙整備份.....	4
一、 相對豐度指標.....	4
二、 物種名錄.....	4
三、 彙整管理與備份.....	4
肆、 流程圖.....	5
伍、 參考資料.....	5
附錄 1、自動相機外觀說明.....	6
附錄 2、Reconxy HC500 自動相機操作說明.....	7
附錄 3、BrowningUT8 自動相機操作說明.....	10
附錄 4、KeepGuard790 自動相機操作說明.....	14
附錄 5、AudioMoth 錄音機外觀說明.....	18
附錄 6、AudioMoth 錄音機操作說明.....	19

壹、 目的

此標準作業程序為提供調查人員，對中大型哺乳動物進行地區上之長期監測方法，目的為使調查人員快速了解工作項目、統一人員之調查方式、避免資料缺失等情形，以利後續分析資料，並建立資料庫。進行長期監測可掌握一地區族群在空間與時間上的趨勢變化，提供委託單位規劃經營管理策略之參考資料。此標準作業程序以本計畫例，為評估大清水暨匯德廢棄礦區，周邊中大型哺乳動物恢復情形，說明如何使用自動相機評估地方上的物種相對豐度。

貳、 方法

一、 選擇監測樣點

至現場挑選監測樣點前，可預先使用如電子地圖、航照圖、QGIS 等地理資訊系統標選出可架設樣點的潛力地點，篩選條件如等高線較緩、量測監測樣點之間所需距離(在樣區中劃設方格，或於樣線量測等距距離等)，與選擇欲監測樣點之地形為森林、岩石裸露地、河流等。探勘前，將潛力地點之座標存入手持式 gps 機械中，如 Garmin 或使用手機之登山軟體(如:Oruxmaps、Hikingbook、綠野遊縱等)。

在現場時，可根據選出的座標為方向，在座標點附近進行探勘，並主要以現場情勢，如人員抵達的安全性、是否有動物痕跡(獸徑、食痕、排遺等)、是否受地形限制(如溪谷地形，雖然坡度緩，但較不易找到合適樹木架設相機)或其他限制(如人為開墾地、獵人狩獵路徑或登山步道)等，來判斷是否適合在此地點架設監測樣點。以本計畫為例，利用過去廢棄礦坑遺址與太魯閣國家公園管制區域圖，將樣區分為廢棄礦坑區、一般管制區(一)與生態保護區(一)。在廢棄礦坑區，因人員抵達不易，每個監測樣點之間距離為 100-200 m；一般管制區(一)與生態保護區(一)，則是於林道旁之獸徑進行架設，每

個監測樣點之間距離為 500-1000 m；而選擇監測樣點的要領為 1.較少人為活動之路徑，避免監測樣點遭人為破壞。2.視野寬闊之獸徑交會點，以增加拍攝到動物的機會，使監測效果良好。3.監測樣點盡可能均勻分布於樣區或樣線中。

在選定監測樣點的地點後，應詳實記錄地點之樣區名稱、監測樣點編號、相機型號、位置、GPS 座標、海拔、地形、環境照、開始監測之日期與時間，以及其他備註等，將這些資訊建立檔案並與工作日誌一同存放，以避免背景資料遺失，並有利未來資料分析或回朔查驗。

二、 使用自動相機監測

使用自動相機調查中大型哺乳動物的豐度，相較於其他調查法(如穿越線調查法、標記釋放法等)，其優點為可節省人力資源、對動物干擾程度小，並且能長期持續監測。

(一) 自動相機架設方法

在架設自動相機前，應先整理周遭環境，將拍攝畫面中的雜草枯枝與獸徑上的倒塌樹木清除，減少自動相機因環境影響(如雜草晃動容易空拍至設備沒電、畫面雜亂容易擋住動物而難以辨認、受阻的獸徑動物較不會行走等)而降低工作效率，再選擇拍攝視野範圍最大的樹木進行架設。

架設自動相機工具需攜帶:彈力繩、扁平綁帶、角鋼、六角木螺絲、螺絲釘、墊片、螺帽、6-10 號六角板手、鐵鎚、鋸子、山刀、修枝剪、相機鐵殼、防盜鎖、防盜鍊、防盜鑰匙、自動相機、空記憶卡、新電池與手機讀卡器等。架設相機可使用彈力繩、扁平綁帶或角鋼等方式；彈力繩與扁平綁帶只需穿過相機本身的繩孔(附件一)，再綁緊於樹木上，即架設完成，但此方式的缺點是自動相機無

法裝設鐵殼，角度容易晃動不固定；欲裝設相機鐵殼可使用原廠提供之角鋼零件架設，或使用兩片角鋼以 L 型方式，一片固定於樹木上，另一片鎖緊於相機鎖孔或相機鐵殼，可上下調整適合角度後鎖緊兩片角鋼來架設。

相機架設於離地約 60-100 cm 處，與動物之拍攝距離約為 3 公尺，因應坡度、無法移除之障礙物等環境地形，調整相機上下左右角度，角度不可過高、過低或偏離獸徑；人員可站至期望動物出現並被拍攝位置，進行相機角度的調整，參考如人員 A，身高 160，於平坦地型架設相機，欲檢測中大型哺乳動物，當人員 A 站於期望動物被拍攝位置後，相機畫面應要至少包含人員 A 的腳踝至肩的範圍，使用相機顯示影像功能或手機讀卡器，在現場檢查畫面的拍攝角度，重複此過程直至拍攝畫面合宜，便可進行自動相機的設定。

(二) 自動相機的設定

每次開機工作必須檢查日期與時間、拍攝模式、連拍張數或錄影秒數、連拍間隔時間、畫質、相機名稱、工作時間、定時拍照等模式設定。以 Reconxy HC500、Browning-BTF-8A、Keep Guard 790 三種相機型號舉例說明，詳情操作請見附錄 2 至附錄 4。

(三) 自動相機狀況檢查與排除

建議每間隔 1-2 個月一次，檢查自動相機監測狀況，若為正常拍攝，應更換空記憶卡與新電池，並回收資料。而若有以下情形應進行排除，如狀況 1.拍攝照片大多為空拍照，可能為相機故障或環境因素(植物晃動、曝曬地)導致，建議更換成備用相機、清理相機前之雜草或於原監測樣點更換拍攝方向；狀況 2.拍攝照片過少(參考值如 1 個月拍攝照片數低於 100 張)，可能為相機故障或監測地點之獸徑已荒廢，建議更換成備用相機，或於原監測樣點附近之同質性區域更換架設地點；狀況 3.相機失竊，發現第一時間應拍攝遭竊之監

測樣站的環境，並提供環境照、GPS 座標、相機廠牌、型號與價格，於管轄之派出所報案後索取三聯單，而原監測樣點應廢除，不應在附近再架設相機，建議重新選擇同質性區域架設新監測樣點。

參、 資料分析與彙整備份

一、相對豐度指標

可使用古馥宇(2018)所提出的動物出現指數 OI_3 (occurrence index)來表示動物的相對豐度，此方法的特點為不需辨認個體，並且不計算照片內的個體數， OI_3 除了與絕對族群量有高度正相關，亦能節省人工處理分析資料的時間。其計算方式為：(一物種在某相機樣點的有效照片數/該樣點的總工作時數) $\times 1000$ 小時；而有效照片之定義為：(a)自第一張動物照片起 1 小時內所有相同物種的照片皆不計算，超過 1 小時之後的第一張同物種照片計算為第二張有效照片，並由此張照片起 1 小時內的所有同物種照片皆不計算，以此類推。

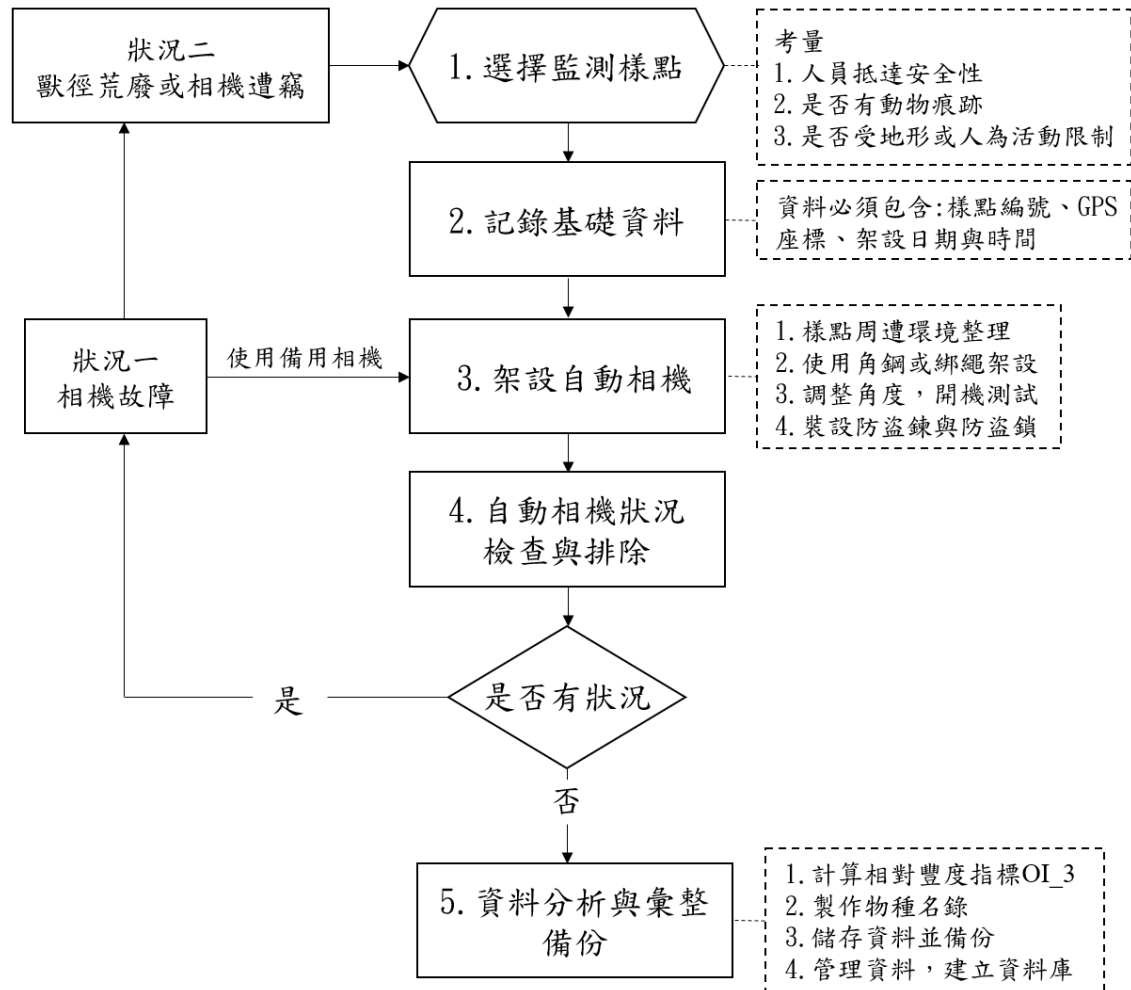
二、物種名錄

將調查期間所記錄到之物種，依照生物分類法分類，並儲存物種之照片和出現位置，製作該地區的物種名錄。

三、彙整管理與備份

回收之自動相機照片或分析過之資料，都應妥善儲存並且備份檔案，而在儲存時，應建立有序的儲存路徑及命名方式，以便日後在長期監測下，即使資料持續地累積，仍然能有效管理，除了避免資料遺失的情形，亦建立該地區的生態資料庫。

肆、 流程圖



伍、 參考資料

古馥宇。2018。台灣水鹿 (*Rusa unicolor swinhoii*) 之相對族群量指標開發與評估。國立屏東科技大學碩士論文。45 頁。

附錄 1、自動相機外觀說明。

A 紅外線補光燈。B 鏡頭。C 動態及溫度感應器。D 指示燈。



E 綁帶孔。F 螺絲孔。



G 顯示螢幕。H 操作鈕。I 記憶卡卡槽位置。J 電池槽。



附錄 2、Reconyx HC500 自動相機操作說明。

1. 在裝設記憶卡和電池後，方可開啟相機至 ON。畫面顯示相機目前日期與時間(05-16-23 03:47PM)、記憶卡空白空間(0%FULL)、電量(54%ALK)。



2. 使用按鈕>，調至畫面中 CHANGE SETUP，按 OK，進入 ADVANCED。

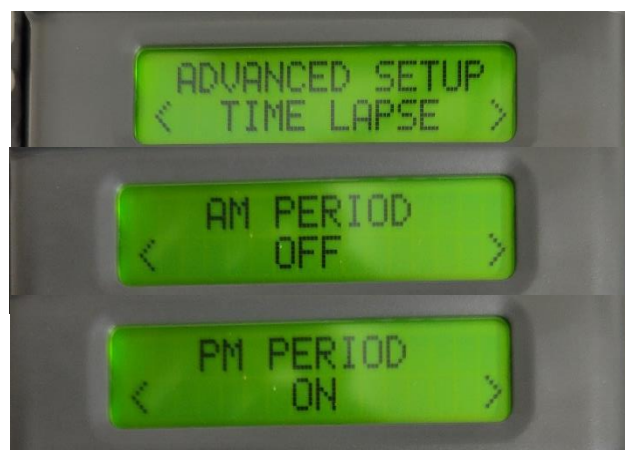


3. 選擇 TRIGGER，依圖示進行設定。MOTION SENSOR(動作感應)、SENSITIVITY(感應器靈敏度)、PICS PER TRIGGER(一次感應拍幾張照)、PICTURE INTERVAL(照片與照片之間的間隔)、QUIET PERIOD(下次觸發間隔)、FINISHED(完成)。

附錄 2(續)。



4. 進入 ADVANCED，選擇 TIME LAPSE，依圖示進行設定。在 12-13 點的期間，間隔 1 小時會拍攝一張測試照。



附錄 2(續)。



5. 進入 ADVANCED，選擇 DATE/TIME/TEMP 進行設定。



6. 依電池種類，調整 BATTERY TYPE。



7. 開啟 ARM CAMERA，螢幕畫面應進入 10 秒倒數，指示燈會閃爍。設定完成後，一定要開啟 ARM CAMERA，否則相機並不會開始工作。



附錄 3、Browing-BTF-8A 自動相機操作說明

1. 在裝設記憶卡和電池後，方可開啟相機至 ON。畫面顯示相機目前模式(MODE)、畫質(Resolution)、連拍(Shot)、倒數開始拍照工作(DLY:00:28)、電量(80%)、記憶卡空間(0/9402)。

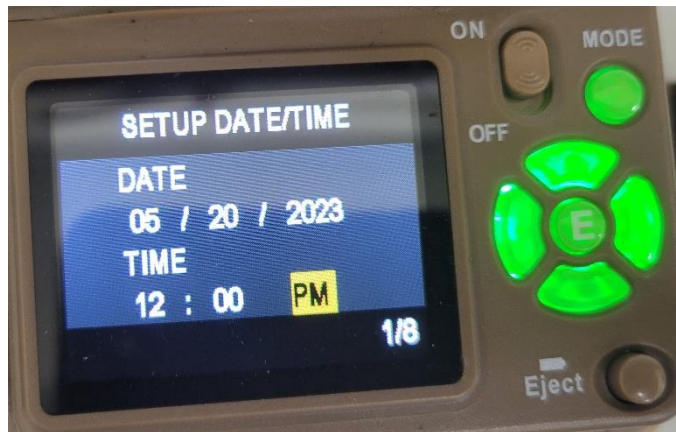


2. 使用按鈕 MODE，可選擇進入 CAMERA SETUP(相機設定)、PLAYBACK(相片回放)、HOME SCREEN(主畫面)。

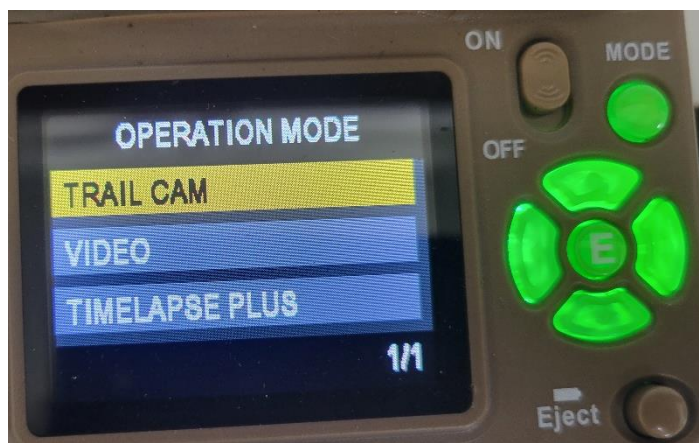


附錄 3(續)。

3. 進入 CAMERA SETUP，設定日期與時間。當設定完成應按 E 鍵確認儲存，若按 MODE 鍵則為不儲存並返回上一層。



4. 設定自動相機模式為 TRAIL CAM(拍照模式)。



5. 設定相片畫質。



附錄 3(續)。

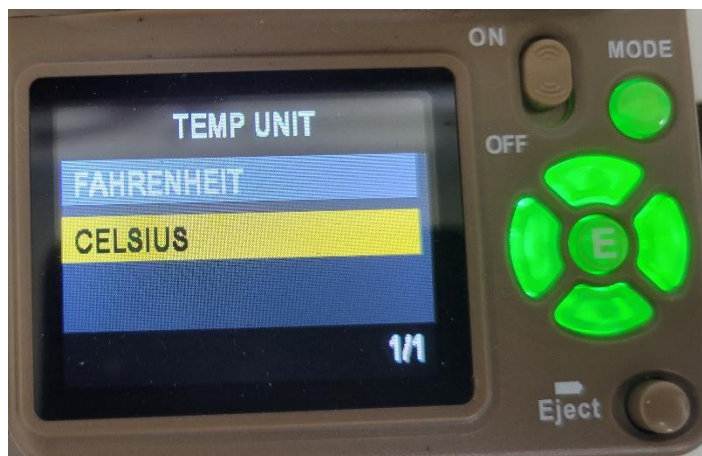
6. 設定下次啟動拍照間隔時間。



7. 設定一次啟動連拍幾張照片，及連拍照片之間間隔時間。



8. 設定溫度模式。



附錄 3(續)。

9. 設定電池種類。

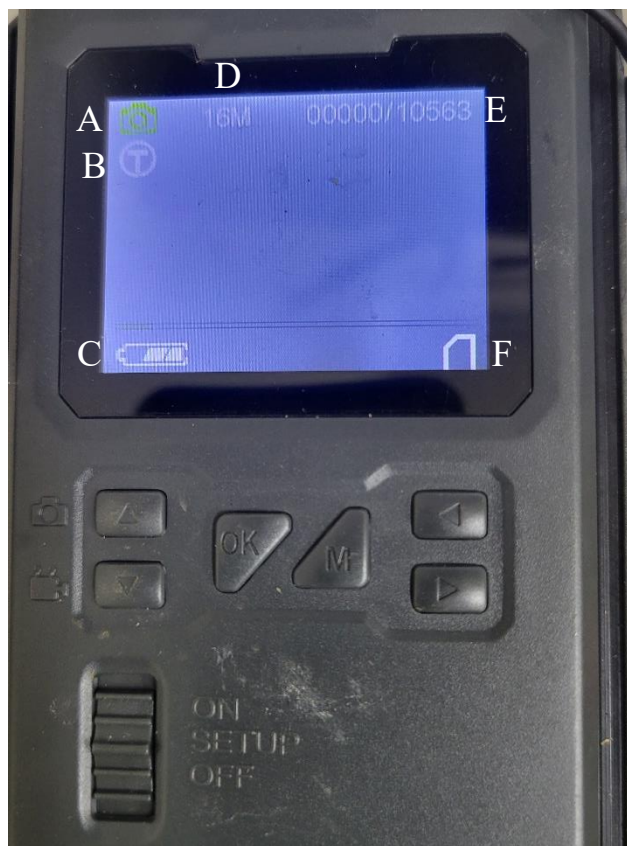


10. 回到主畫面，等相機倒數 30 秒，便會開始拍攝工作。



附錄 4、Keep Guard 790 自動相機操作說明。

1. 在裝設記憶卡和電池後，方可開啟相機至 SETUP。畫面顯示 A 拍照模式。B 日期標記。C 電量顯示。D 照片尺寸。E 記憶卡空間。F SD 卡顯示。



2. 在主畫面按 OK 可回放相片，按 M 開始設定相機。設定日期與時間，按 OK 儲存設定。



附錄 4(續)。

3. 按右鍵進入下一項設定，設定相機模式。



4. 設定照片尺寸。



5. 設定一次啟動連拍幾張照片。



5. 設定照片品質。



7. 設定照片比例。



8. 輸入相機名稱。



9. 設定下次觸發拍照間隔。



附錄 4(續)。

10. 座標輸入關閉。



11. 工作時間若開啟，

意旨為僅在該時段拍攝。



12. 定時拍照關閉。



13. 設定紅外線光。



14. 設定夜間快門速度。



15. 設定感應器敏感度。



16. 設定密碼關閉。



17. 循環複寫關閉。



附錄 4(續)。

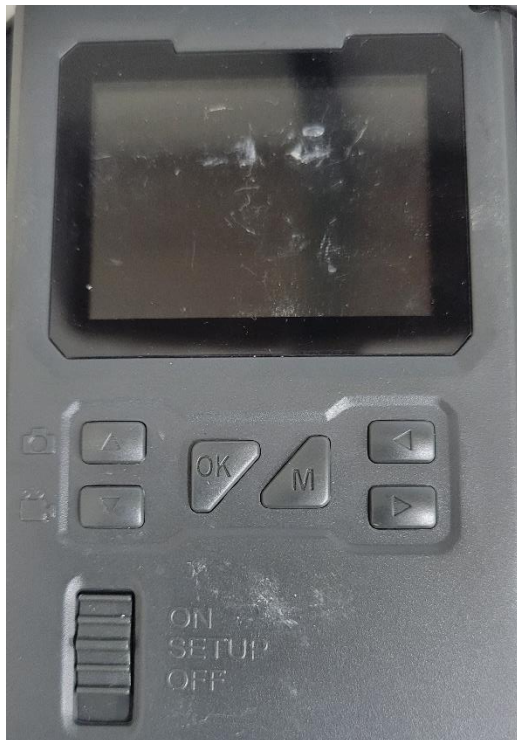
18. 日期標記開啟。



19. 設定語言。

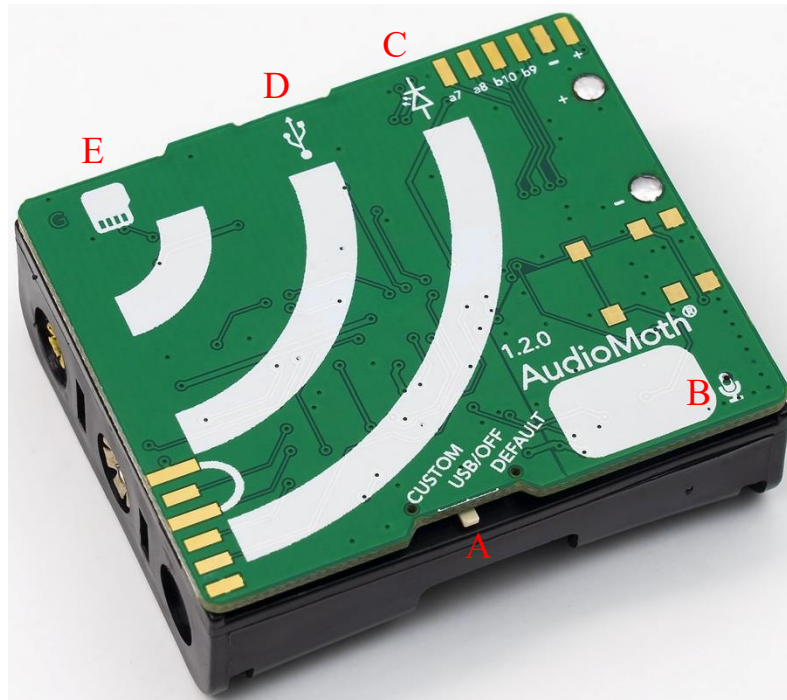


20. 設定完成後，退回主畫面，並將相機開關調至 ON，螢幕會沒有畫面，但指示燈會閃爍，當停止閃爍時，相機即開始工作。

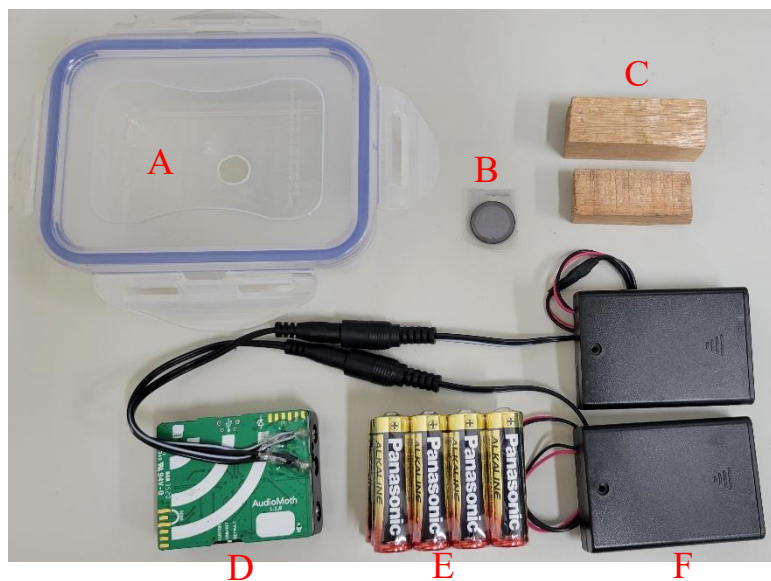


附錄 5、AudioMoth 錄音機外觀說明。

A 開關[CUSTOM(依設定內容開始錄製)USB/OF(進行設定/關機)DEAULT(以原廠設定開始錄製)]。B 收音孔。C 信號燈。D USB 連接埠。E 記憶卡卡槽位置。



A 防水外殼。B 防水透音膜。C 固定錄音機位置用之木塊。D 錄音機。E 1.5V 電池。F 增加電量之改裝電池盒。



附錄 6、AudioMoth 錄音機操作說明。

1. 將錄音機主機裝入 3 顆 1.5V 電池和 microSD 記憶卡(格式需為 FAT32)。

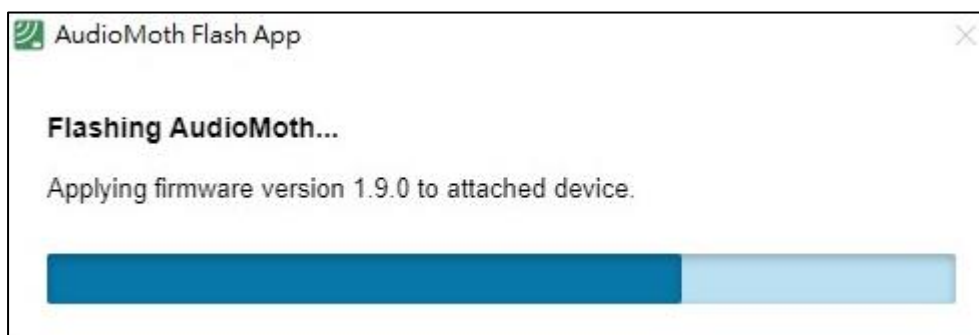
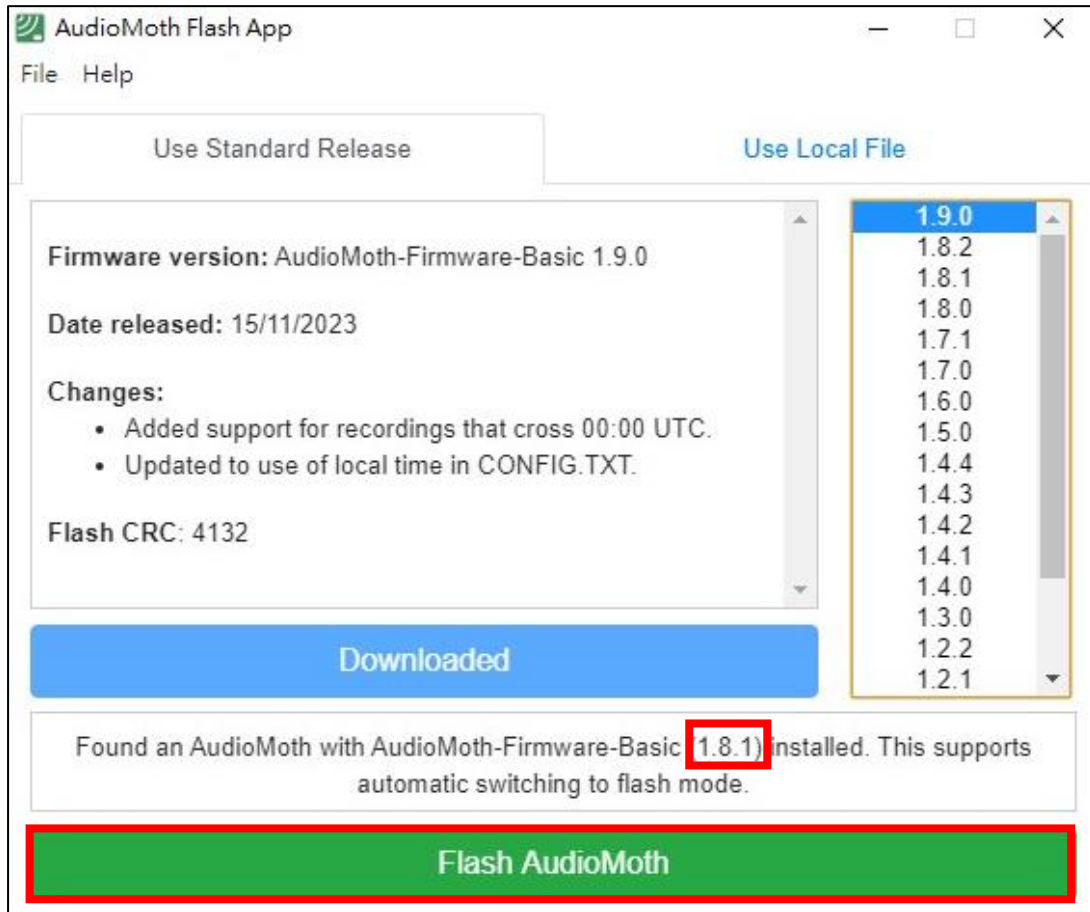


2. 錄音機開關切換至 USB/OF，使用 micro USB 線連接電腦，信號燈應恆亮綠燈。



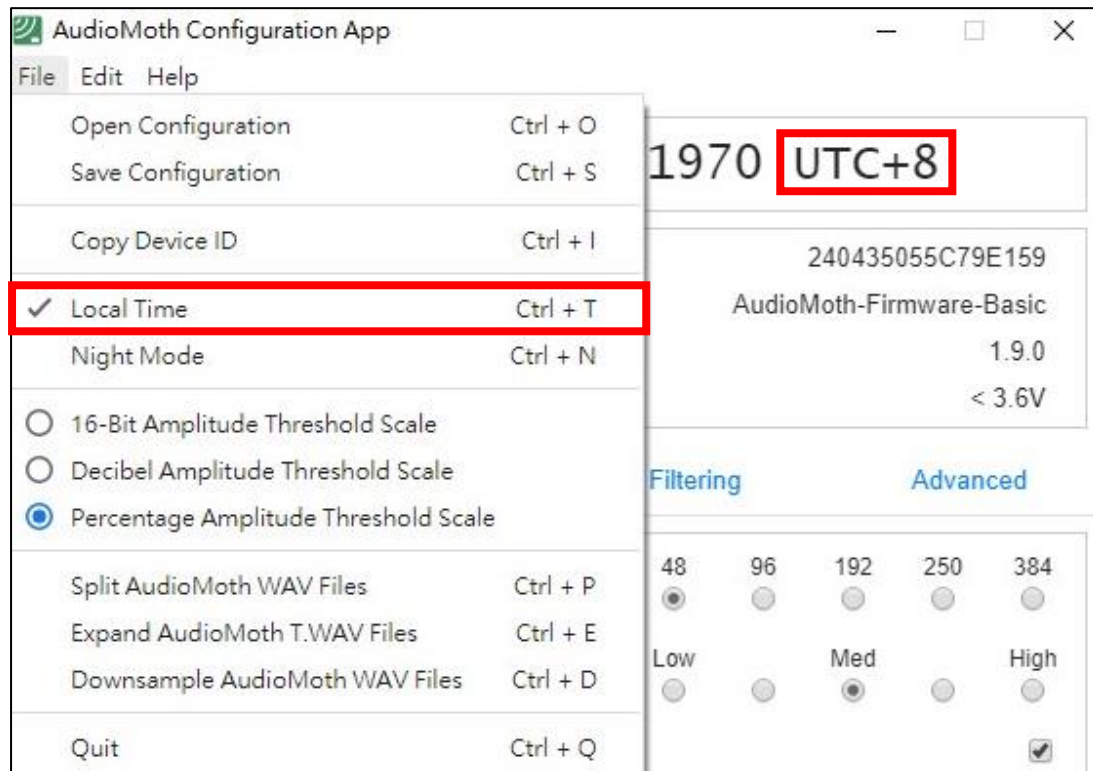
附錄 6(續)。

3. 開啟 AudioMoth Flash App，下載最新版本韌體 1.9.0，點選 Flash AudioMoth 進行更新，完成後紅框中應顯示更新後版本。



附錄 6(續)。

4. 開啟 AudioMoth Configuration App，點選 File，選擇 Local time。
時間表應顯示 UTC+8。



附錄 6(續)。

5. 設定錄音機模式。本研究使用 Sample rate: 48 kHz、Gain: Med、Sleep duration: 240 s、Recording duration: 60 s、勾選 Enable battery level indication。

備註：若勾選 Enable LED 會在休息時信號閃綠燈，錄製時閃紅燈，建議可取消勾選，以節省電量；若勾選 Enable low-voltage cut-off 則在低電量時關閉 LED 功能；Enable battery level indication 會在關閉錄音機電源時，閃信號燈次數以表示剩餘電量。

The screenshot shows the 'AudioMoth Configuration App' window. At the top, it displays the time '08:13:33' and date '01/01/1970 UTC+8'. Below this, device information is listed: Device ID (240435055C79E159), Firmware description (AudioMoth-Firmware-Basic), Firmware version (1.9.0), and Battery level (< 3.6V). The 'Recording' tab is selected, showing various settings. The 'Sample rate (kHz)' is set to 48, 'Gain' is set to Med, and 'Enable sleep/record cyclic recording' is checked. The 'Sleep duration (s)' is set to 240 and 'Recording duration (s)' is set to 60. At the bottom, there are checkboxes for 'Enable LED' (unchecked), 'Enable low-voltage cut-off' (unchecked), and 'Enable battery level indication' (checked). A green button at the bottom is labeled 'Configure AudioMoth'. A summary box at the bottom states: 'Each day this will produce 288 files, each 5760 kB, totalling 1659 MB. Daily energy consumption will be approximately 65 mAh.'

AudioMoth Configuration App

File Edit Help

08:13:33 01/01/1970 UTC+8

Device ID: 240435055C79E159

Firmware description: AudioMoth-Firmware-Basic

Firmware version: 1.9.0

Battery: < 3.6V

Recording Schedule Filtering Advanced

Sample rate (kHz): 8 16 32 48 96 192 250 384

Gain: Low Med High

Enable sleep/record cyclic recording: ☒

Sleep duration (s): 240

Recording duration (s): 60

Enable LED: ☐

Enable low-voltage cut-off: ☐

Enable battery level indication: ☒

Each day this will produce 288 files, each 5760 kB, totalling 1659 MB.
Daily energy consumption will be approximately 65 mAh.

Configure AudioMoth

附錄 6(續)。

6. 設定錄音機行程後，點按 Add recording period。本研究使用 Start recording 18:00，End recording 06:00。即每天 18:00 – 06:00 會開始錄音。

The screenshot displays the 'AudioMoth Configuration App' window. At the top, it shows the current time and date: '08:14:08 01/01/1970 UTC+8'. Below this, device information is listed: Device ID (240435055C79E159), Firmware description (AudioMoth-Firmware-Basic), Firmware version (1.9.0), and Battery level (< 3.6V). The 'Schedule' tab is selected, showing a 24-hour timeline from 00:00 to 24:00. A red bar indicates the recording period from 18:00 to 06:00. The 'Start recording' field is set to 18:00 and the 'End recording' field is set to 06:00, both highlighted with red boxes. A blue button labeled 'Add recording period' is also highlighted with a red box. Other buttons include 'Remove selected period' and 'Clear all periods'. At the bottom, there are checkboxes for 'First recording date (UTC+8)' and 'Last recording date (UTC+8)', both set to 2023/11/24. A green bar at the very bottom contains the text 'Configure AudioMoth'.

AudioMoth Configuration App

File Edit Help

08:14:08 01/01/1970 UTC+8

Device ID: 240435055C79E159

Firmware description: AudioMoth-Firmware-Basic

Firmware version: 1.9.0

Battery: < 3.6V

Recording Schedule Filtering Advanced

00:00 06:00 12:00 18:00 24:00

Start recording: 18:00

End recording: 06:00

Add recording period

Remove selected period

Clear all periods

18:00 - 06:00 (UTC+8)

☐ First recording date (UTC+8): 2023/11/24

☐ Last recording date (UTC+8): 2023/11/24

Each day this will produce 144 files, each 5760 kB, totalling 829 MB.
Daily energy consumption will be approximately 32 mAh.

Configure AudioMoth

附錄 6(續)。

7. 設定完成後點按 Configure AudioMoth，應顯示正確日期，並預估每天所產生之檔案數、單個檔案容量，每天總檔案容量及耗電量。

AudioMoth Configuration App

File Edit Help

13:55:54 24/11/2023 UTC+8

Device ID: 240435055C79E159

Firmware description: AudioMoth-Firmware-Basic

Firmware version: 1.9.0

Battery: < 3.6V

Recording Schedule Filtering Advanced

Sample rate (kHz): 8 16 32 48 96 192 250 384

Gain: Low Med High

Enable sleep/record cyclic recording: ☒

Sleep duration (s): 240

Recording duration (s): 60

Enable LED: ☐

Enable low-voltage cut-off: ☐

Enable battery level indication: ☒

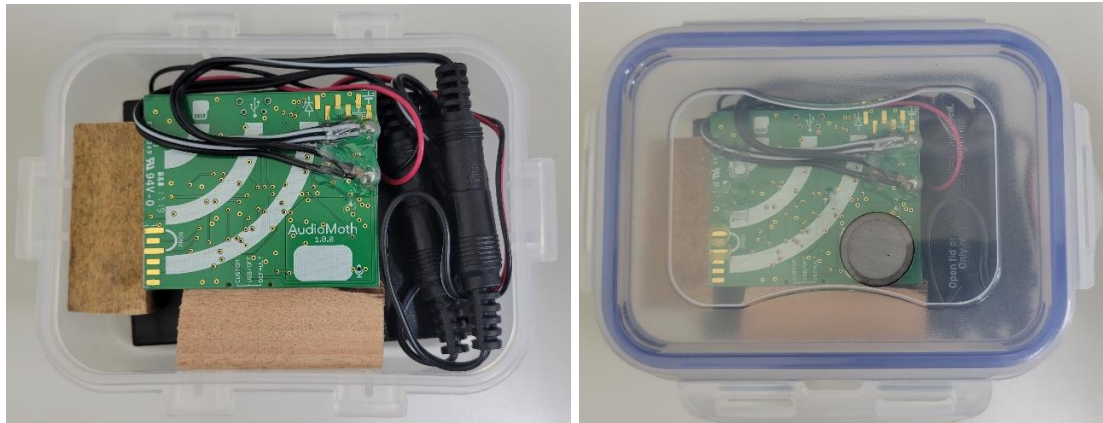
Each day this will produce 144 files, each 5760 kB, totalling 829 MB.
Daily energy consumption will be approximately 32 mAh.

Configure AudioMoth

附錄 6(續)。

8. 將設定完成的錄音機擺放至防水殼中，需特別注意兩件事情：

- ① 若拆卸錄音機本身的電池，必須重新設定錄音模式與行程。
- ② 收音孔與防水透音膜的位置必須一致，否則會使錄音檔聲音模糊不清。



9. 將開關切換至 CUSTOM，依預監測之目標物種架設於野外環境。



10. 其他資訊：

- ① [AudioMoth 官網程式下載](#)
- ② [AudioMoth 官網詳細操作手冊](#)