

屏東縣政府

111年度屏東縣石頭營遺址蝙蝠族群監測調查計畫勞務採購 成果報告

執行廠商：野人谷生態顧問有限公司

研究人員：柯伶樺、吳禎祺

中華民國 112 年 5 月 30 日

目錄

| | |
|---|----|
| 壹、前言..... | 1 |
| 貳、主要工作項目與執行方式..... | 4 |
| 一、洞穴型蝙蝠日棲所調查及族群分布調查..... | 4 |
| 二、夜間蝙蝠族群利用狀況和活動熱區調查..... | 4 |
| 三、研擬蝙蝠經營管理及保育措施改善建議..... | 8 |
| 參、結果..... | 9 |
| 一、洞穴型蝙蝠日棲所調查及族群分布調查..... | 9 |
| 二、夜間蝙蝠族群利用狀況和活動熱區調查..... | 14 |
| 肆、討論..... | 19 |
| 一、石頭營遺址的蝙蝠..... | 19 |
| 二、石頭營遺址的臺灣無尾葉鼻蝠及生態保育..... | 20 |
| 三、石頭營蝙蝠相關經營管理及保育措施建議..... | 21 |
| 伍、參考文獻..... | 24 |
| 附錄表一、2022年12月~2023年5月屏東縣石頭營遺址與周遭調查到的蝙蝠物種。..... | 27 |
| 附錄表二、本調查量測之17個蝙蝠回聲定位叫聲之中英文名稱、英文縮寫單位、量測系統及定義。..... | 28 |
| 附錄圖1. 2022~2023年石頭營遺址調查樣區、生物與工作照。..... | 29 |
| 附錄圖2. 2022~2023年石頭營遺址周遭蝙蝠超音波錄音調查物種音譜。..... | 31 |

111年度屏東縣石頭營遺址蝙蝠族群監測調查計畫

壹、前言

蝙蝠是臺灣陸域哺乳動物中物種多樣性最高的一群，目前有記錄，至少就有38種(Huang *et al.*, 2020)。這群飛行的哺乳動物，除了種類多外，各物種不盡相同的習性也提供了許多重要的生態服務(Maas *et al.*, 2015)，例如農業害蟲的控制、一些植物的授粉與種子的傳播等，而人為活動、光害等環境因素的變動，常造成蝙蝠的棲息地喪失或改變環境中的蝙蝠群聚，尤其是敏感的物種(Frick *et al.*, 2020)，族群存續與否更是容易受到環境變化的影響。由於蝙蝠對環境變動的反應迅速，因此經常做為環境變化的監測指標類群(Jones *et al.*, 2009)。

蝙蝠棲息的地方統稱為蝙蝠的棲所，棲所除了提供蝙蝠繁殖與休息，例如：交配、育幼、休眠、冬眠等需求外，也能降低其被掠食的機率與惡劣氣候的威脅(Kunz, 1982)。蝙蝠會利用多樣的天然或人造環境作為棲息處，而根據型態大致可將這些多樣化的棲所分為建物型、樹棲型及洞穴型。其中洞穴型除了天然形成的洞穴外，還包含了人類所挖掘的礦坑、坑道與水圳，洞穴內的微氣候，如濕度，通常變化較小，相對其他兩種型態的棲所，具有較穩定的內部環境，在一些空間較大的洞穴甚至能容納數十萬隻蝙蝠（徐昭龍，2009）。環境中適合棲息的洞穴對洞穴型蝙蝠而言是一項有限的資源，尋覓合適的休息地是耗費能量的，因此只要洞穴棲所環境變動不大，蝙蝠多半會長期使用（鄭錫奇與張簡琳紋，2003），不會經常變換棲所(Lewis, 1995)。此外，蝙蝠也會因應不同的需求選擇不同的洞穴，除了白天休息的日棲所及夜間活動暫時使用的夜棲所外，也有些洞穴是蝙蝠繁殖或度冬時才會利用（徐昭龍，2009）。因此棲所在蝙蝠的生活史中，是相當重要的；環境中存在適宜又安全的棲所，是讓蝙蝠族群存續的關鍵。

徐昭龍（2009）曾在臺灣107處可能有蝙蝠利用的洞穴進行棲所調查，發現臺灣葉鼻蝠(*Hipposideros armiger terasensis*)、臺灣無尾葉鼻蝠(*Coelops frithii formosanus*)、臺灣大蹄鼻蝠(*Rhinolophus formosae*)、臺灣小蹄鼻蝠(*Rhinolophus monoceros*)、東亞摺翅蝠(*Miniopterus fuliginosus*)、臺灣鼠耳蝠（現已改為臺灣毛腿鼠耳蝠，*Myotis fimbriatus taiwanensis*）、白腹鼠耳蝠（現已改為華南水鼠耳蝠，*Myotis laniger*）、東亞游離尾蝠(*Tadarida insignis*)、金黃鼠耳蝠(*Myotis formosus flavus*)、渡瀨氏鼠耳蝠（現已改為赤黑鼠耳蝠，*Myotis rufoniger*）等十種蝙蝠會利用洞穴作為棲所。通常同種的個體會聚集在一起，不同種蝙蝠也會共用一處棲所，例如體型相近的臺灣小蹄鼻蝠、臺灣毛腿鼠耳蝠、東亞摺翅蝠與華南水鼠耳蝠便常混群棲息，但體型相差大時，則會分開利用洞穴的不同空間，例如臺灣葉鼻蝠與其他蝙蝠共用同一棲所時，因其體型較大，其他較小型的蝙蝠通常會與臺灣葉鼻蝠聚集處保持一段距離。洞穴棲所環境的劇烈改變或人為干擾，會影響蝙蝠繼續使用該棲所的意願（何英毅，2000、李

玲玲及黃俊嘉，2007、徐昭龍，2009）。在徐昭龍（2009）觀察的洞穴中，便有不少因不正確的觀光遊憩行為或人為的干擾破壞，導致蝙蝠放棄原本的棲所或甚至造成蝙蝠死亡，報告中也提及蝙蝠洞的觀光行為、噴灑農藥、排水溝消毒、人為整地（含焚燒農地）與車輛通行等各種人為干擾行為，對蝙蝠的棲息都是威脅。因此對於蝙蝠的保育而言，任何蝙蝠現有及潛在棲所的調查與維護都是重要且不應被忽視。

臺灣曾歷經日本殖民統治，當年日軍為了阻止敵軍登陸，實行臺灣島築城計畫，於全島佈下多個防禦工事，戰爭過後日軍撤離臺灣，這些軍事建物如今多已棄置多年未再使用；位於屏東縣枋寮鄉與春日鄉交界的三條崙地區的石頭營要塞即是近年發現保存較為完整的軍事遺址之一。少了人為干擾，這些區域便成為生物可以棲息的場所，包含昆蟲、兩棲類、爬蟲類、鼠類與蝙蝠等。臺灣蝙蝠協會在2021年接受屏東縣政府的委託（林清隆等，2021），於石頭營遺址範圍進行蝙蝠族群調查，分別在2、7、8、10、11與12月，前往司令所、砲陣地與數處機槍堡進行棲所調查（圖1），記錄到4種蝙蝠：臺灣葉鼻蝠、臺灣無尾葉鼻蝠、臺灣小蹄鼻蝠及東亞摺翅蝠；也分別於乾季（10至12月）和濕季（7至9月）在遺址周遭各進行一次固定樣點與樣線超音波錄音調查，至少確定記錄到7個物種：臺灣葉鼻蝠、臺灣小蹄鼻蝠、東亞摺翅蝠、高頭蝠(*Scotophilus kuhlii*)、堀川氏棕蝠(*Eptesicus pachyomus horikawai*)、東亞家蝠(*Pipistrellus abramus*)與絨山蝠(*Nyctalus plancyi*)。兩種調查方式總共累積記錄了8種蝙蝠，其中臺灣無尾葉鼻蝠在臺灣紀錄到的數量稀少，且物種的調查資料相當零星（方引平等，2011），是「野生動物保育法」所公告的珍貴稀有保育類野生動物，亦在「2017 臺灣陸域哺乳類紅皮書名錄」中被列為國家易危(Nationally Vulnerable, NVU)類別（鄭錫奇等，2017），在2021年的調查中，即發現超過200隻的臺灣無尾葉鼻蝠棲息在司令所內，因此本區為臺灣無尾葉鼻蝠非常重要的棲息地之一。

石頭營軍事遺址除蝙蝠協會調查的司令所、砲陣地外，尚還有數十處的軍事建物，如機槍堡、觀測所、人員掩體與坑道等散布在三條崙地區周遭。2022年，屏東縣政府委託高雄市關懷台籍老兵文化協會（杜正宇等，2022）依據日軍、國軍所繪製的陣地圖中，考量多元類型、完整性、易達性、稀有性等條件綜合評估後，從中挑選24處進行初步文化資產盤點與評估，而這些未崩毀的棄置軍事建物都是洞穴型蝙蝠可能的潛在棲所。綜上所述，本計畫將延續上期計畫，主要工作項目為：

1. 洞穴型蝙蝠日棲所調查及族群分布調查
2. 夜間蝙蝠族群利用狀況和活動熱區調查
3. 研擬此區蝙蝠經營管理及保育措施改善建議。

貳、主要工作項目與執行方式

一、洞穴型蝙蝠日棲所調查及族群分布調查

每月至少一次前往石頭營遺址範圍內可能有蝙蝠棲息的棲所進行日棲所調查，除目前已知有蝙蝠的棲所外（林清隆等，2021），也根據前人研究報告（杜正宇等，2022）所提供的建物經緯度座標前往勘查，若有發現新的棲所也會列入調查樣點中（圖2）。於白天進入棲所清點及辨識物種、數量，同時輔以超音波錄音器進行蝙蝠超音波錄音調查，若有需進行捕捉以辨識物種需要時，將以網具進行捕捉，待確認物種後放飛。

二、夜間蝙蝠族群利用狀況和活動熱區調查

在石頭營遺址周圍設置三條夜間蝙蝠超音波錄音樣線（圖3），分別為途徑枋寮鄉、春日鄉、來義鄉、新埤鄉與佳冬鄉的區外樣線1（TL1）；途徑春日鄉的區外樣線2（TL2）與石頭營遺址周遭道路的區內樣線（IN）。每月選擇晴朗無雨的天候，於日落前20分鐘至日落後3小時內，以行車（30公里-時以下）或步行方式，持蝙蝠偵測器Echo Meter Touch 2 PRO (Wildlife Acoustics, USA)沿樣線進行一次錄音。

錄製的wav檔案委由蝙蝠專家黃俊嘉博士進行音譜辨識分析。先以專業聲音分析軟體Kaleidoscope Lite(5.4.2版，Wildlife Acoustics, USA)進行分析。以批次功能將原檔案切成15秒的片段檔案，並進行蝙蝠回聲定位叫聲的偵測，偵測條件設定包括：頻率(sequence range)為12~192千赫茲、訊號長度(length of detected pulses)為2~70毫秒，最大訊號間隔為800毫秒以及最低訊號數量2個。由於臺灣無尾葉鼻蝠(*Coelops frithii formosanus*)的寬變頻 (broadband frequency modulated, BFM)的回聲定位叫聲強度低，且叫聲時間(call duration)普遍短，且頻寬(frequency bandwidth)較大，較容易被Kaleidoscope Lite分析軟體內設的噪音過濾器判定成非蝙蝠之叫聲，因此分切後的所有錄音片段（非噪音與噪音）之音檔，再以人工肉眼初步檢視頻譜圖後，針對有蝙蝠回聲定位與社會叫聲的分切檔進行聲音特徵及量化的分析。

分析時，頻譜圖的快速傅立葉轉換原則上使用預設值：解析度(FFT size)為512個點位、視窗大小(Window size)為256個點位；此外針對回聲定位叫聲長度較短的鼠耳蝠等寬調頻物種，則使用時間解析度(temporal resolution)較高的設定(FFT size 256個點位，Window size 128個點位)進行分析，以獲得較精準之時間特徵描述(Russ, 2021)。

聲音特徵分析，以肉眼初步區分於頻譜圖中叫聲特徵明顯不同蝙蝠叫聲，針對各類型叫聲中選取與背景噪音訊噪比 (signal to noise ratio) 至少5分貝 (db) 的樣本進行後續量測和叫聲類型判定。回聲定位叫聲類型判定，參考Jones and Teeling (2006) 與López-Bosch *et al.* (2021) 的翼手目回聲定位叫聲分類系統，將本區蝙蝠叫聲區分為定頻 (constant frequency, CF)、窄變

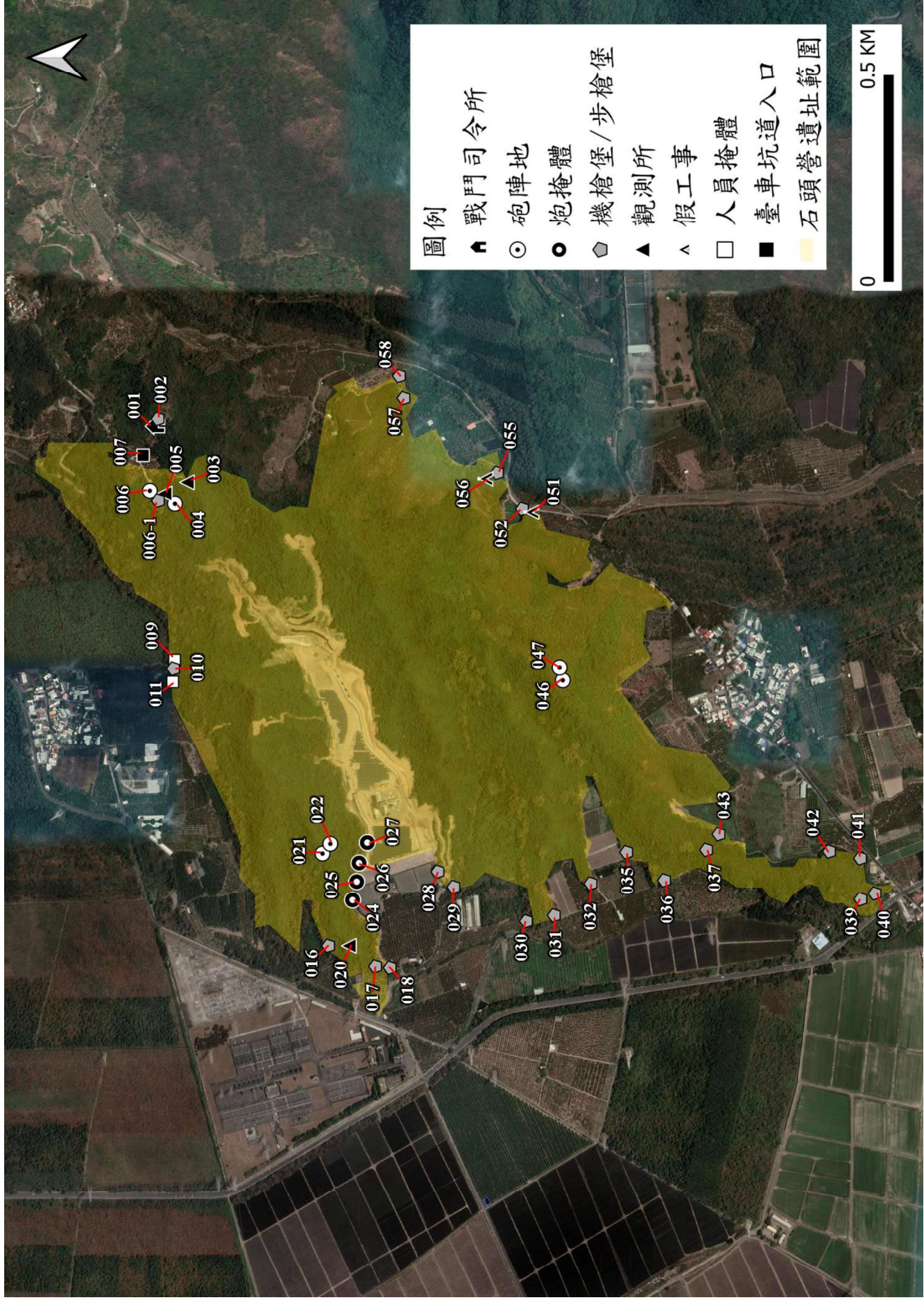


圖2. 石頭營軍事遺址蝙蝠棲所調查分布圖 (累計至2023年5月)。

頻 (narrow-band frequency modulated, 又可稱作似定頻, quasi-constant frequency, QCF)、寬變頻、寬體窄尾變頻 (broadband body with narrow-tailed frequency modulated, FQ) 等四個類型。量化特徵以Kaleidoscope Lite的分析 (analyze) 功能, 共量測了17個聲音特徵 (詳見黃俊嘉與張恒嘉, 2020)。

針對部分叫聲特徵重疊之物種組合 (例如東亞家蝠 vs. 東亞摺翅蝠、東亞家蝠 vs. 長趾鼠耳蝠), 亦嘗試以單一叫聲序列 (call sequence) 內不同叫聲變化於時間序列上變化之趨勢或社會叫聲 (social call) 進行區分 (Huang, 2015、Russoa and Papadatou, 2014)。時間序列變化區分為轉換 (switching)、互置 (alternation)、隨機 (random) 三個類型 (Huang, 2015); 社會叫聲之描述, 主要根據Middleton *et al.* (2022) 之建議, 依據叫聲在頻譜圖上的頻率變化趨勢進行分類。分析過程中, 如有錄音品質良好但不確定種類之蝙蝠回聲定位叫聲, 除進行高階分類群的初步判斷外, 將以叫聲形態、部分特徵測量值以及叫聲序列變化之方式進行音群 (call group) 之分類與命名; 如音檔品質不佳 (例如音量過低), 導致蝙蝠叫聲描述困難, 僅判定為蝙蝠, 不進行後續鑑定。

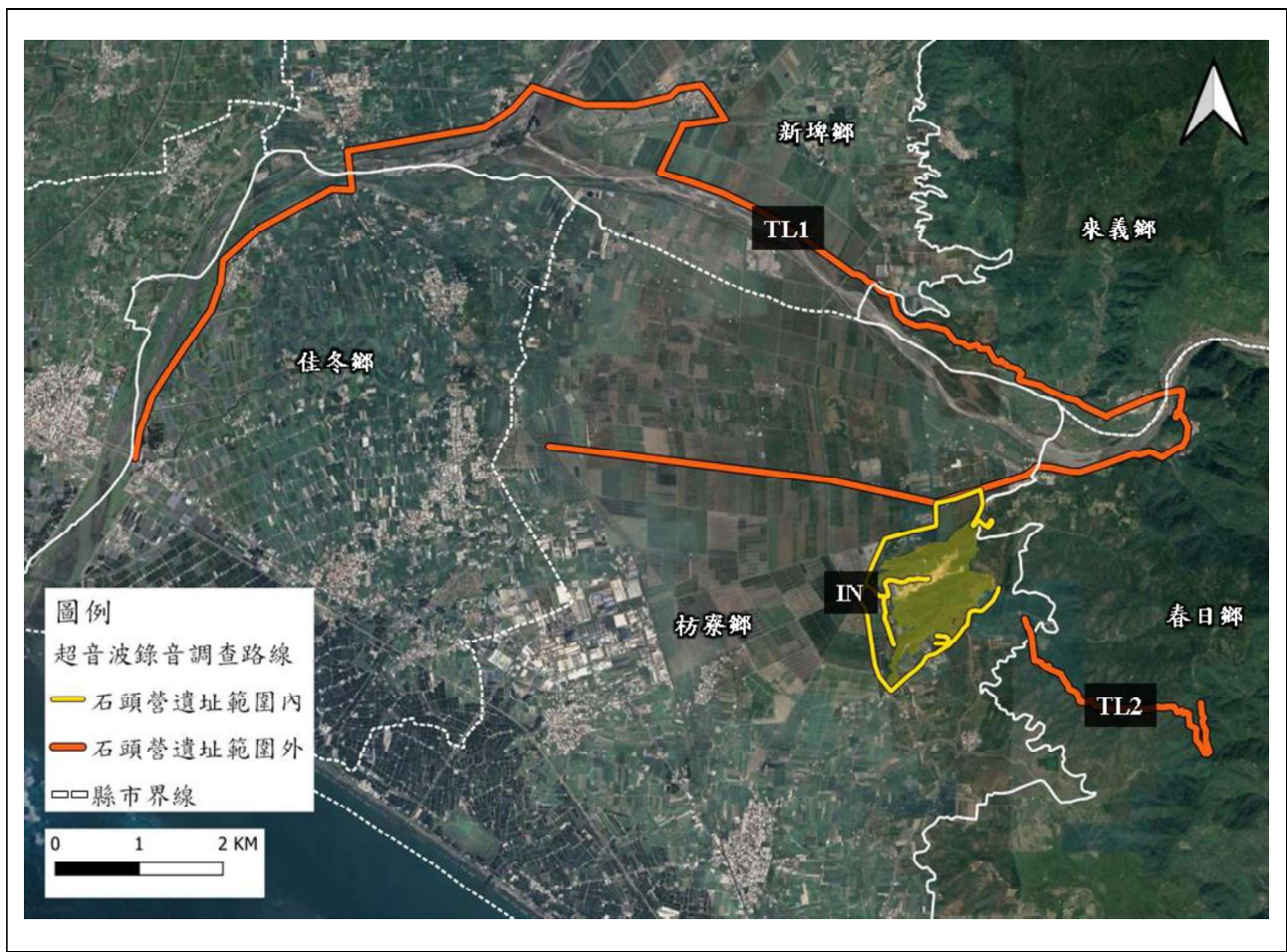


圖3. 石頭營軍事遺址周圍蝙蝠超音波錄音樣線。

回聲定位叫聲之物種判定主要參考國內外（鄭錫奇等，2017、郭浩志等，2017、Ohdachi *et al.*, 2015、López-Bosch *et al.*, 2021）對於臺灣蝙蝠物種叫聲的描述、蝙蝠聲音資料庫公開平台——ChiroVox (Görföl *et al.*, 2022) 以及合作學者的未發表資料（黃俊嘉，Acoustic keys to bats in low mountains of Taiwan version 1.2）。由於研究樣區石頭營為海拔較低的淺山區，因此在進行蝙蝠叫聲的物種辨識時，不考慮姬管鼻蝠 (*Murina gracilis*)、臺灣長耳蝠 (*Plecotus taivanus*)、印度寬耳蝠 (*Barbastella darjelinensis*)、紅棕鼠耳蝠 (*Myotis soror*)、寬吻低齒丘鼠耳蝠 (*Submyotidon latirostris*) 和 *Pipipstrellus* sp. group 3 等僅在中高海拔有紀錄之物種（吳建廷，2007、張家維，2009、Kuo *et al.*, 2015）的可能性；亦不考慮僅在離外島記錄過之大黃蝠 (*Scotophilus heathii*)、棕果蝠 (*Rousettus leschenaultii*) 與大足鼠耳蝠 (*Myotis pilosus*) (Huang *et al.*, 2020)。社會叫聲之物種判定主要參考國立臺灣師範大學蝙蝠生態與聲學研究室之資料（黃俊嘉，私人通訊），除了以社會叫聲輔助回聲定位叫聲區分東亞摺翅蝠和東亞家蝠外，亦單獨以社會叫聲鑑定東亞家蝠、高頭蝠 (*Scotophilus kuhlii*) 和臺灣葉鼻蝠 (*Hipposideros armiger terasensis*)。

此外研究團隊和公開資料庫收集的聲音資料顯示，部分物種種內變異大，與其他物種的叫聲特徵相似，加上部分物種的參考音頻之樣本較為缺乏（例如灰伏翼 (*Hypsugo pulveratus*)、堀川氏棕蝠、霜毛蝠 (*Vespertilio sinensis*)），可能不足以涵蓋各物種的種內變異，因此以下組合之回聲定位叫聲的物種鑑定有一定程度的不確定性：灰伏翼—堀川氏棕蝠、霜毛蝠—絨山蝠、山家蝠—臺灣家蝠—高頭蝠、長趾鼠耳蝠—東亞家蝠—東亞摺翅蝠、(師大蝙蝠生態與聲學研究室，未發表資料)。

鑑定物種或音群後的資料，以片段音檔為樣本單位，記錄各物種和音群出現之有無，估算各物種或音群的活動指標 (Activity Index, AI) 與蝙蝠群聚活動量 (式1、2，黃俊嘉與張恆嘉，2020)，以做為石頭營遺址蝙蝠棲地經營管理的基礎資料。計算公式如下：

$$\text{活動指標(AI, \%)} = \frac{\text{單一物種出現紀錄檔案數}}{\text{全部錄音檔數}} \times 100 \quad (\text{式1})$$

$$\text{蝙蝠群聚活動量(\%)} = \sum_1^n AI(\text{物種或音群})_i \quad (\text{式2})$$

AI : active index ,

i : 特定物種或音群 ,

n : 為物種或音群總數。

三、研擬蝙蝠經營管理及保育措施改善建議

石頭營蝙蝠相關經營管理及保育措施建議請見討論。

參、結果

一、洞穴型蝙蝠日棲所調查及族群分布調查

至2023年5月，共進行6次遺址建物內蝙蝠調查，累計調查56處遺址（圖2、表一），包括戰鬥司令所1處、6處砲陣地、3處觀測所、23處機/步槍堡、6處人員/砲掩體、2處假工事與14處坑道等，因一些遺址之間有坑道可以連接，因此在計算蝙蝠數量時，將這些有坑道連通的遺址合併為同一區，以遺址群代稱。6次調查共記錄到5種蝙蝠：臺灣葉鼻蝠、臺灣無尾葉鼻蝠、臺灣小蹄鼻蝠、東亞摺翅蝠與一種鼠耳蝠屬蝙蝠（表二），累計隻次以臺灣葉鼻蝠數量最多，主要棲息在6處砲陣地與兩處機槍堡遺址群內，除東南區尚未發現有超過百隻的棲所外，其他區域（東北區、西半區）均有過百個體棲息的棲所，東北區的砲陣地在冬季（12~2月）的聚集量更高達1500隻以上（圖4.A~C、附錄圖1）。臺灣小蹄鼻蝠數量雖次之，但累計隻次與臺灣葉鼻蝠相差不大，且會棲息的遺址較多，散布全區，幾乎有發現蝙蝠棲息的遺址均有其蹤跡，是利用棲所分布最廣的物種，而東亞摺翅蝠則零星出現，僅在冬季與初春調查記錄到，主要棲息在東北區的砲陣地，與臺灣小蹄鼻蝠混棲。臺灣蝙蝠協會於2021年調查記錄到的保育類臺灣無尾葉鼻蝠，在目前各次調查中亦均有記錄到，且相較2021年紀錄到的1處棲所（戰鬥司令所），目前已增加3處遺址群發現有臺灣無尾葉鼻蝠棲息利用，分布在遺址範圍的東北區與中西區，且除12月外，其餘各次調查總數量均在600隻以上，1月在南48-030+031遺址群中更記錄到超過700隻個體（圖4.B）。

表一、2022年至2023年石頭營遺址建物調查表。

| 分類 | 1986年國軍編號 | 工事種類 | 調查月 | | | | | |
|----|-----------|------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 2022.12 | 2023.1 | 2023.2 | 2023.3 | 2023.4 | 2023.5 |
| - | | | x | x | x | x | x | x |
| - | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| - | | | x | x | x | x | x | x |
| | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| - | | | △ | △ | △ | x | x | ● |
| - | | | △ | △ | x | △ | △ | △ |
| - | | | △ | △ | x | △ | x | △ |
| - | | | x | x | x | x | x | x |
| | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | | | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | | ● | ● | ● | △ | △ | ● |
| | | | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| | | | | | | △ | △ | x |
| | | | | | | ● | ● | ● |
| - | | | | | x | x | △ | x |
| - | | | x | x | x | x | △ | x |
| - | | | | | x | x | △ | - |
| - | | | x | x | x | △ | ● | x |
| - | | | x | x | x | x | x | x |
| - | | | x | x | x | △ | x | x |
| - | | | x | x | x | △ | x | x |
| - | | | | x | - | △ | △ | △ |
| - | | | | x | x | △ | △ | x |
| - | | | x | x | x | △ | △ | x |
| - | | | x | x | x | x | x | x |
| - | | | △ | x | x | x | △ | △ |
| | | | | | | | | ● |
| | | | | | | | | ● |
| | | | | | | | ● | ● |
| | | | | | | | | x |
| | | | | | | | | ● |

*：現場建物上編號，非當時編號。●：有蝙蝠棲息。x：無蝙蝠棲息。△：蝙蝠排遺。灰格：尚未發現遺址。--：未調查。

表二、2022年12月至2023年5月石頭營遺址內棲息的蝙蝠物種與數量。

| 調查月份 物種 | 2022 | | 2023 | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 臺灣小蹄鼻蝠 | 2759 | 2311 | 795 | 1008 | 973 | 1116 |
| 臺灣葉鼻蝠 | 1745 | 2339 | 1983 | 1868 | 1276 | 1824 |
| 臺灣無尾葉鼻蝠 | 269 | 888 | 736 | 658 | 778 | 835 |
| 東亞摺翅蝠 | 36 | 7 | 5 | 3 | 0 | 0 |
| 鼠耳蝠屬* | V | - | - | - | - | - |

*：檢視棲所調查所錄蝙蝠超音波檔案補充物種。

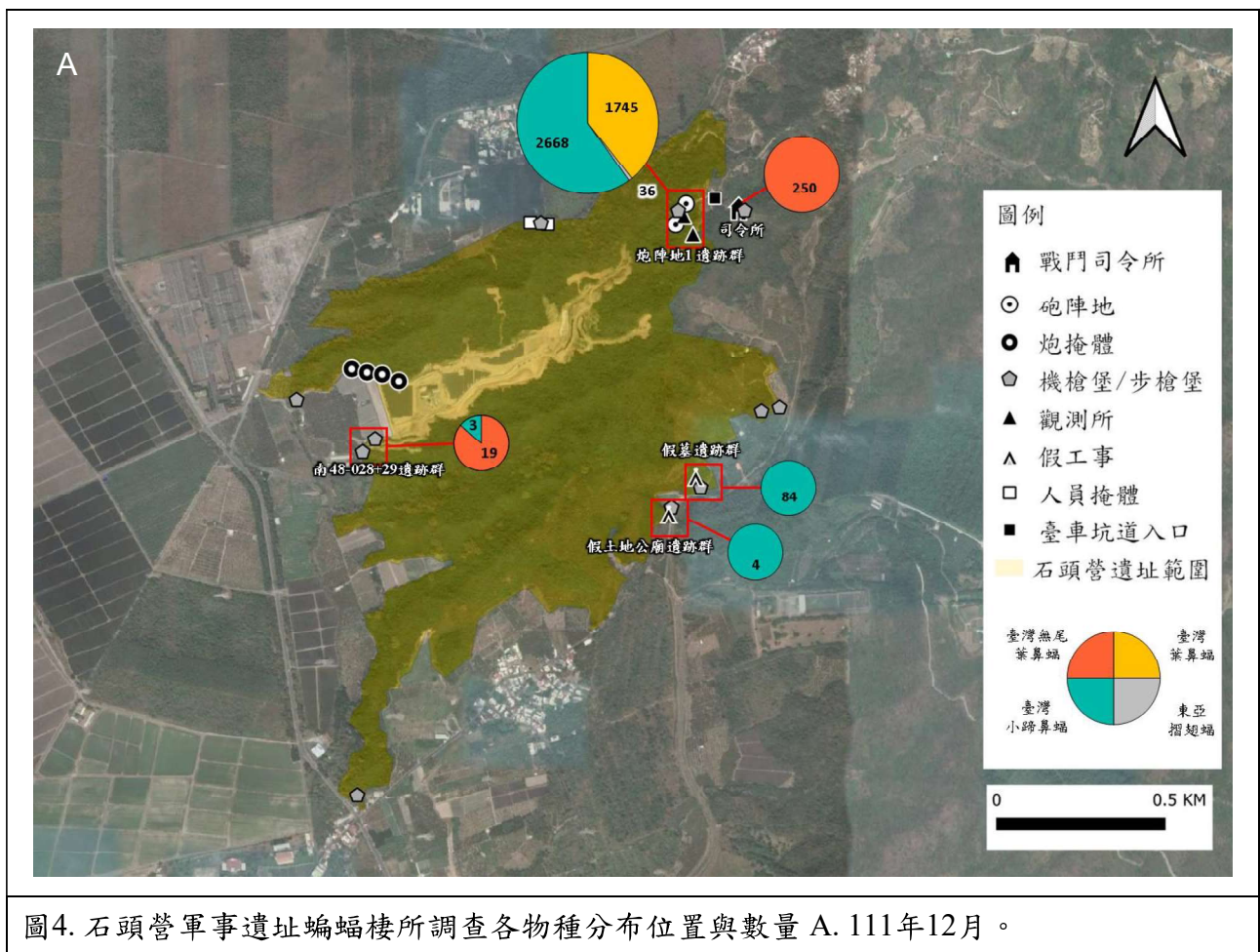
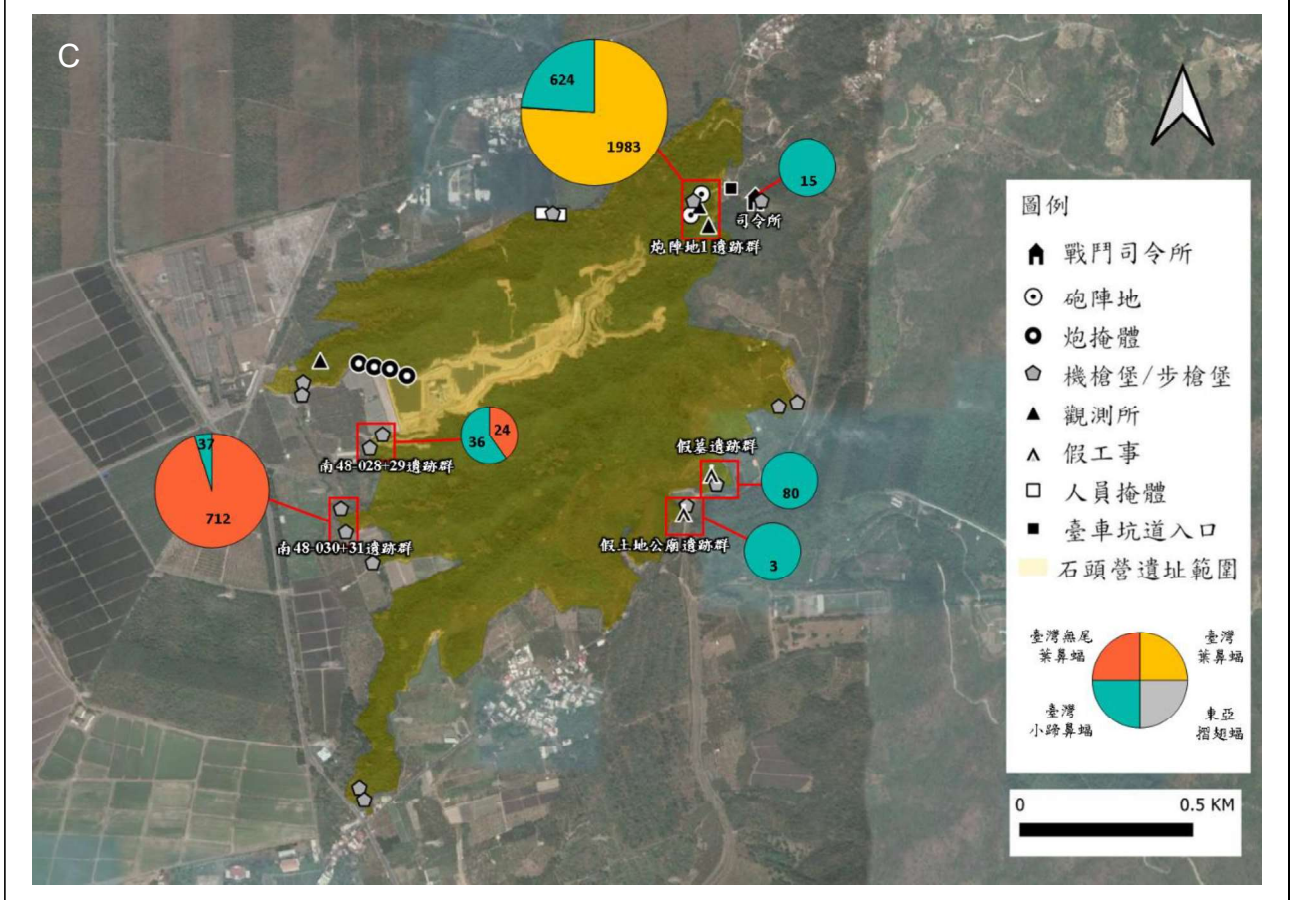
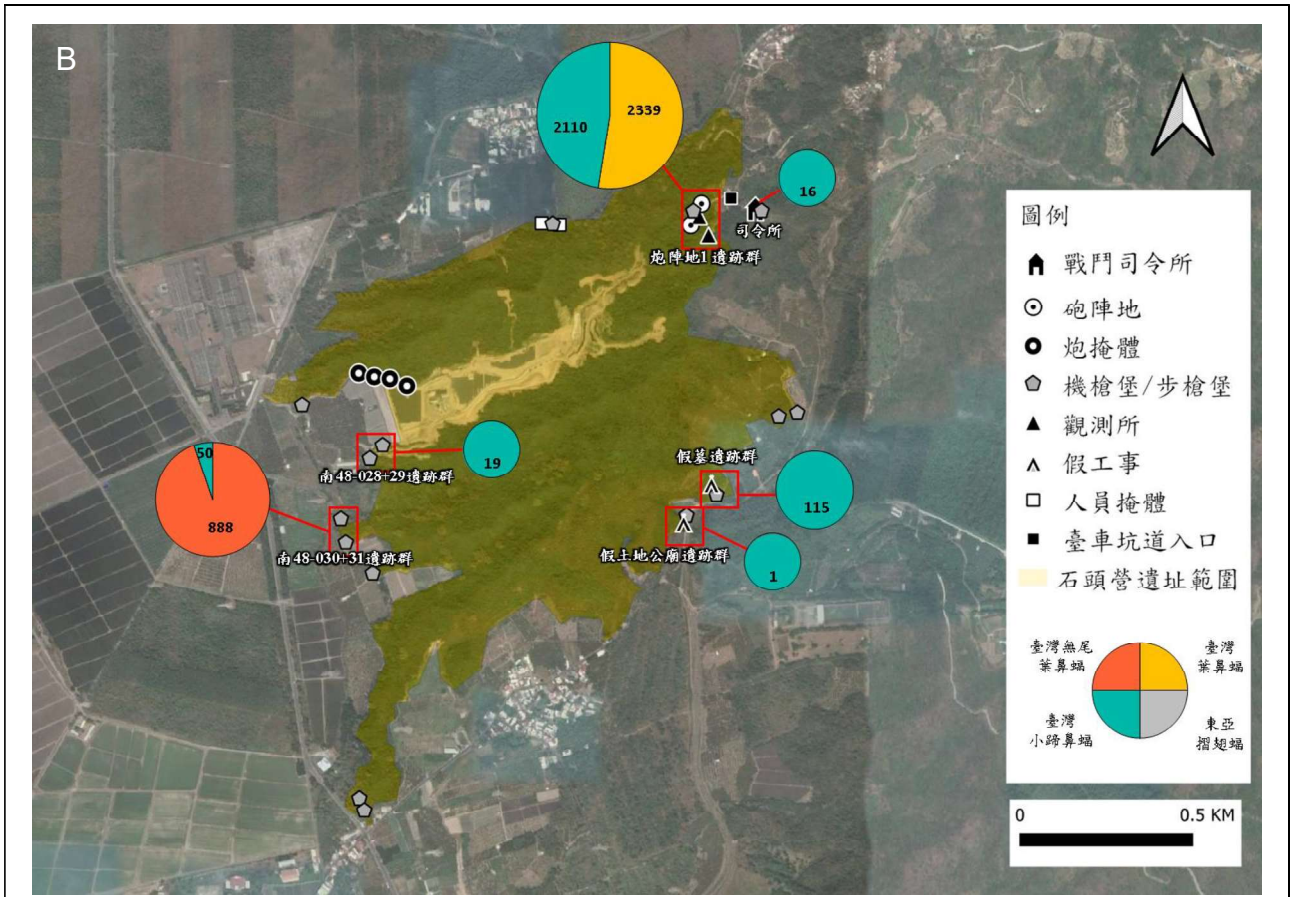
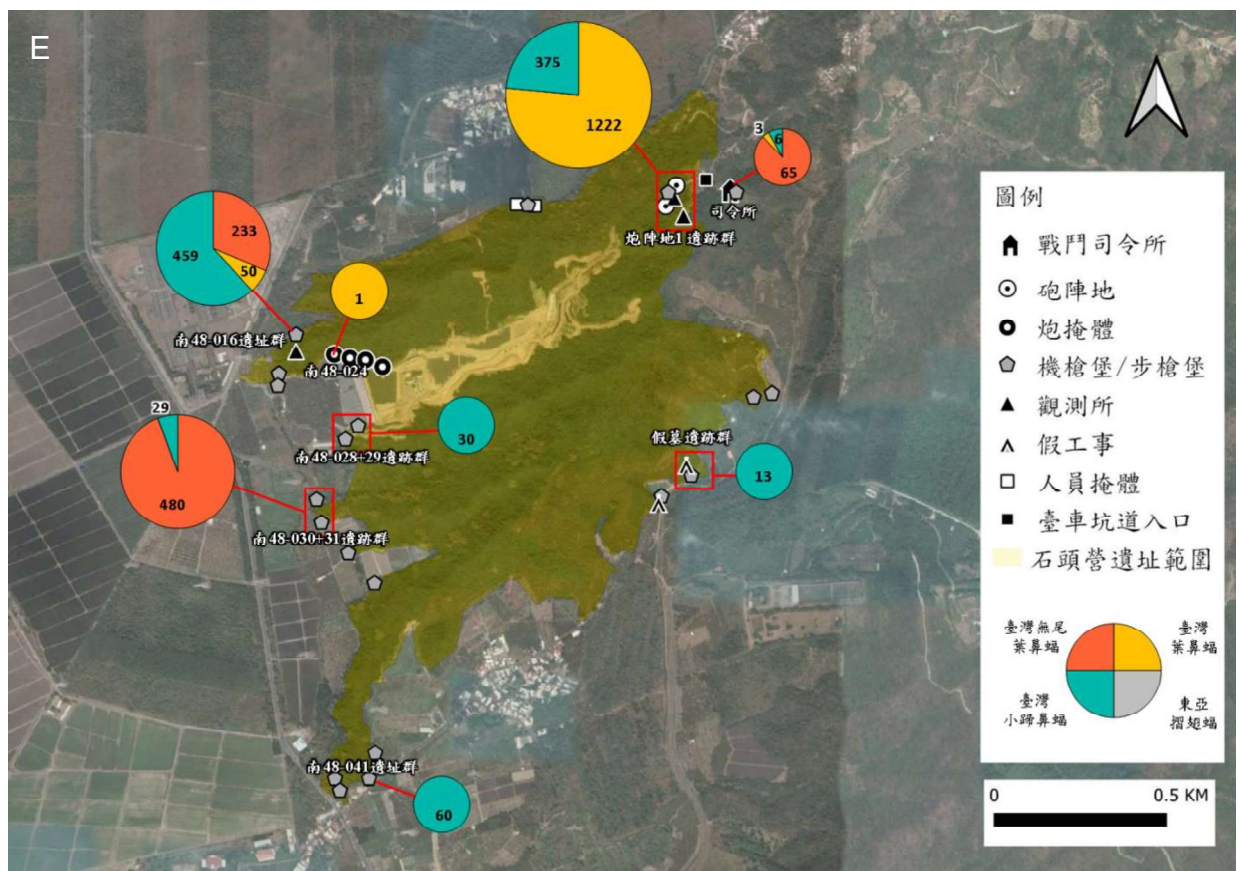
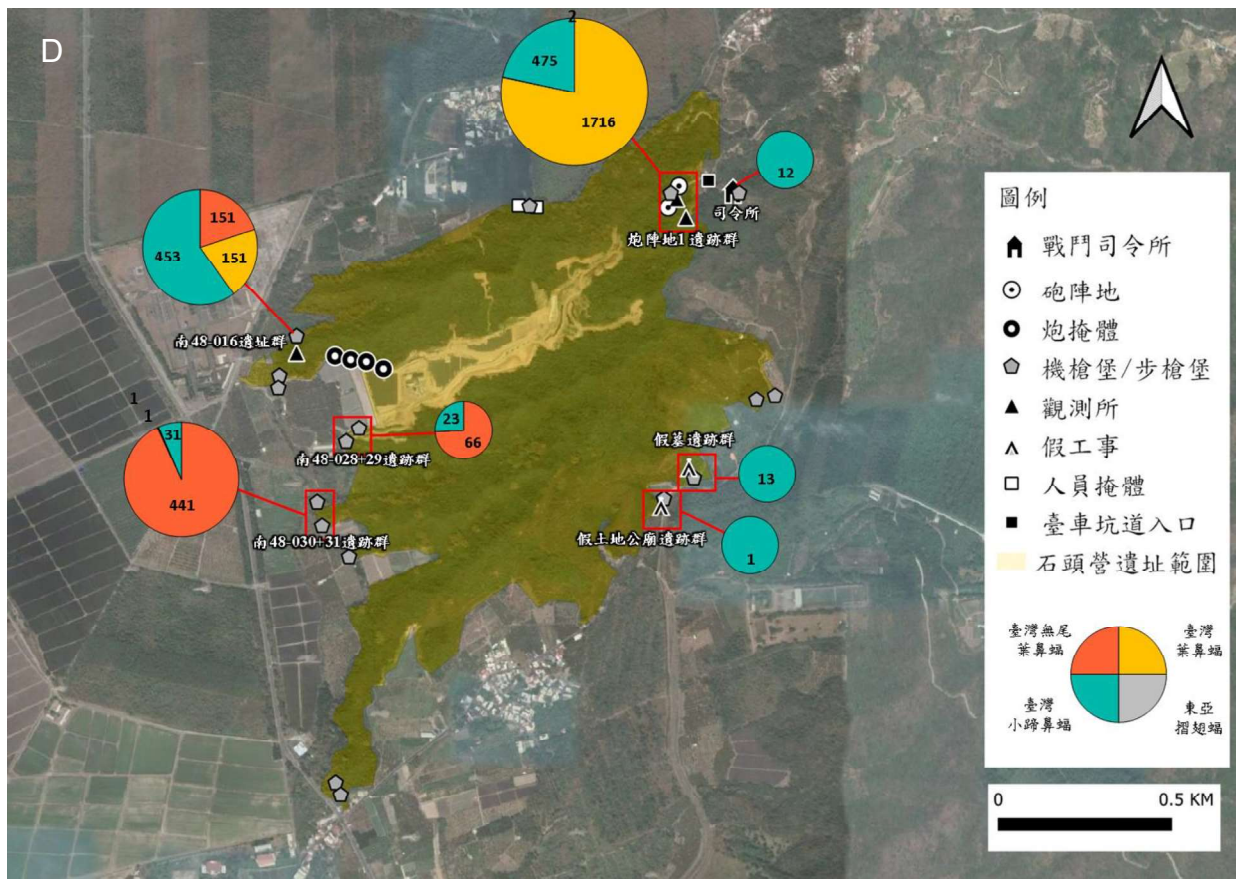


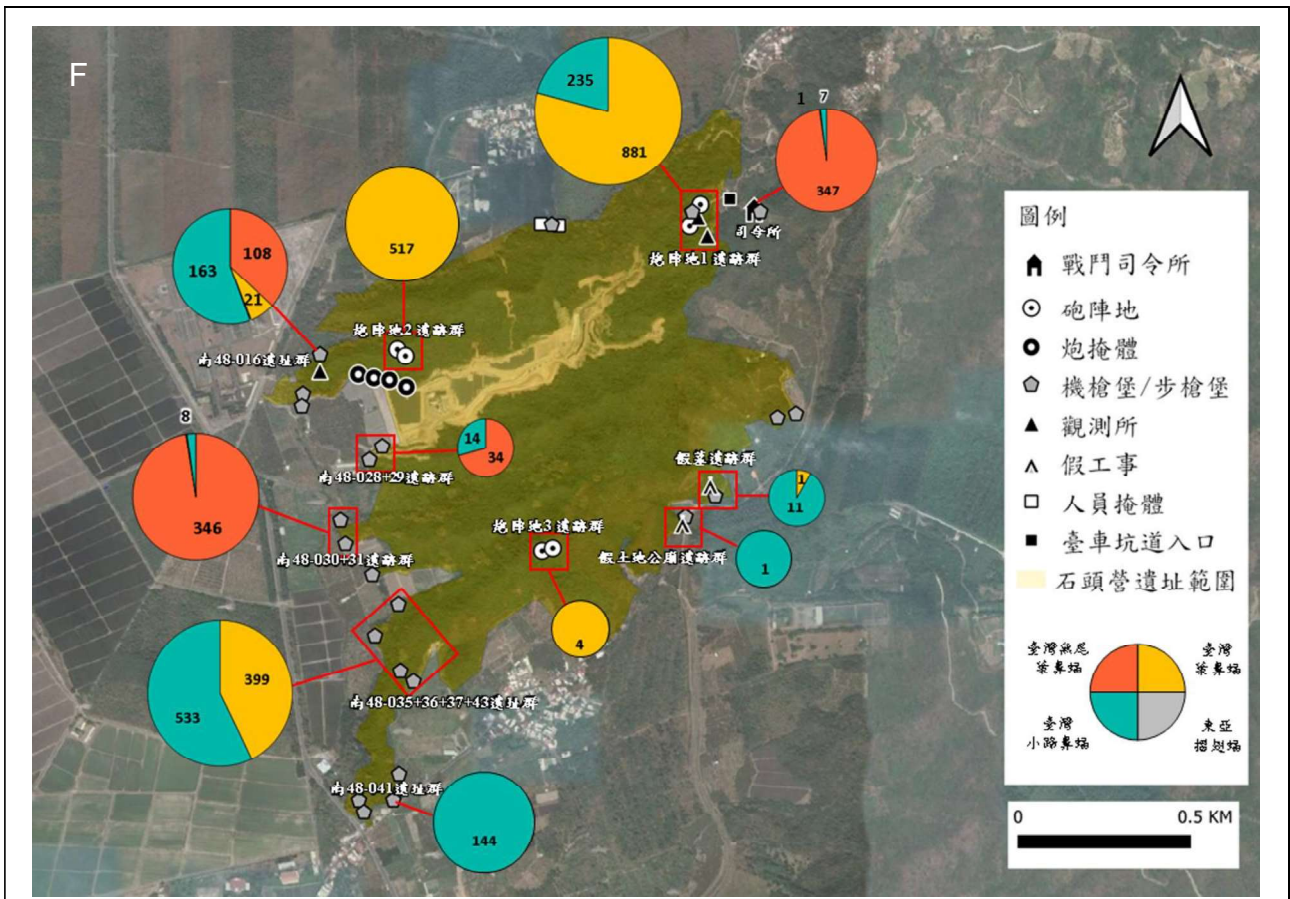
圖4. 石頭營軍事遺址蝙蝠棲所調查各物種分布位置與數量 A. 111年12月。



續圖4. B. 112年1月 C. 112年2月。



續圖4. D. 112年3月 E. 112年4月。



續圖4. F. 112年5月。

二、夜間蝙蝠族群利用狀況和活動熱區調查

2022年12月至2023年5月蝙蝠超音波錄音資料物種鑑定分析，三條樣線共1547個片段錄音檔，鑑定出21個不同的蝙蝠物種或音群，確認或疑似的蝙蝠物種有12種，包括：臺灣葉鼻蝠、臺灣小蹄鼻蝠、東亞摺翅蝠、東亞游離尾蝠、堀川氏棕蝠、絨山蝠、東亞家蝠、臺灣家蝠(*Pipistrellus* sp.1)、山家蝠(*Pipistrellus* sp.2)、高頭蝠、灰伏翼與霜毛蝠(附錄圖2)；8個音群為2~3個可能的物種組合及1個屬級音群(表三)。另有6筆未知超音波，不列入群聚活動量的分析。記錄筆數(片段音檔數)以東亞家蝠最多(41.7%)、山家蝠—臺灣家蝠—高頭蝠次之(15.6%)，而鼠耳蝠屬(含長尾鼠耳蝠—金黃鼠耳蝠音群)最少，僅3筆(0.2%)。在三條樣線的調查記錄中，蝙蝠群聚活動量在14.9%到92.0%之間，三條樣線均在1月記錄到的活動量最低，區內樣線與區外樣線2在4月時最高，而區外樣線1則在2月與5月有相近的峰值(圖5)。

表三、2022年12月至2023年5月夜間在石頭營遺址周圍活動的蝙蝠種類與活動指標(%)。

| 樣 月 | 線 | | | | | IN | | | | | TL1 | | | | | TL2 | | | | | | |
|------------------|-----|------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|------|-----|---|-----|-----|
| | 份 | 12 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 臺灣葉鼻蝠 | 4.0 | 0.5 | 1.3 | | | 1.2 | 0.4 | | 1.9 | 0.6 | 0.6 | | | | | 21.3 | 24.0 | | | | | |
| 臺灣小蹄鼻蝠 | 5.7 | 0.5 | 1.9 | 1.5 | | 0.8 | 0.8 | | 0.4 | | 3.3 | | | | | | | | | | | |
| 東亞摺翅蝠 | 1.0 | | | | | 0.8 | 1.6 | 3.4 | | | 0.9 | 0.6 | | | | | | | | | | |
| 東亞游離尾蝠 | | 0.5 | | | | | | | | | | | 2.2 | | | 6.7 | | | | | | |
| 堀川氏棕蝠 | | | | | 0.9 | 0.0 | | | | | 1.6 | | | | | 10.7 | 5.3 | | | | | |
| 絨山蝠 | 0.3 | | | | 7.8 | 3.1 | 1.2 | | | | 2.5 | | | 6.8 | | 16.0 | 5.3 | | | | | |
| 東亞家蝠 | 4.4 | 10.1 | 9.4 | 8.1 | 24.6 | 8.4 | 11.9 | 14.5 | 43.4 | 28.9 | 15.8 | 45.9 | 4.4 | 3.3 | 8.2 | 3.1 | 10.7 | 13.3 | | | | |
| 臺灣家蝠? | | | | 2.3 | 2.2 | 2.2 | | | 4.0 | 1.7 | 2.2 | | | | | 2.7 | 1.6 | 1.3 | 5.3 | | | |
| 山家蝠? | | | 0.6 | | 3.0 | 1.8 | 3.1 | 0.5 | 1.2 | 0.0 | 0.8 | 0.9 | 3.1 | | | | | | | | | |
| 高頭蝠 | | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 5.6 | 8.4 | 0.8 | 1.3 | 8.4 | 2.7 | 0.8 | 4.1 | | | | | | | | | | 2.7 |
| 灰伏翼? | | | | 1.2 | 0.4 | | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | | 0.9 | 0.6 | 2.2 | 1.4 | | | | | | 1.3 | 1.3 |
| 霜毛蝠? | | | | | 1.3 | | | | | | | 0.9 | | | | 5.3 | 10.7 | | | | | |
| 東亞摺翅蝠_東亞家蝠 | 1.0 | 1.6 | | | | | 1.5 | 0.8 | 1.6 | 1.7 | 1.2 | | | | | 0.6 | 1.1 | 2.7 | | | | |
| 東亞摺翅蝠_東亞家蝠_長趾鼠耳蝠 | 4.0 | | 1.3 | 1.2 | 0.9 | 5.3 | 1.9 | 0.8 | 6.0 | 8.9 | 8.1 | 9.7 | 2.5 | 1.1 | 1.4 | 9.4 | 6.7 | 4.0 | | | | |
| 東亞家蝠_長趾鼠耳蝠 | | 1.1 | 2.5 | | | 0.4 | 1.2 | 1.1 | 6.0 | | 0.4 | 1.9 | | | | 1.6 | | | | | | |
| 山家蝠_臺灣家蝠_高頭蝠 | 1.3 | | | 4.2 | 15.1 | 12.4 | 0.8 | 3.8 | 9.6 | 10.3 | 5.4 | 13.2 | 6.9 | 2.2 | 6.8 | 12.5 | 9.3 | 6.7 | | | | |
| 長尾鼠耳蝠_金黃鼠耳蝠 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2.7 |
| 堀川氏棕蝠_霜毛蝠 | | | | | 0.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2.7 |
| 堀川氏棕蝠_絨山蝠 | | | | | | | | | | | | 0.6 | | | | 2.7 | 1.3 | | | | | |
| 絨山蝠_霜毛蝠 | | | | | | | | | | | | 0.3 | | | | 1.3 | | | | | | |
| 鼠耳蝠屬 | | | | | | | | | 0.4 | | | | | | | | | | | | | |
| 未知蝙蝠 | | | | 0.4 | 0.4 | | 0.4 | 0.3 | 0.4 | | | 0.6 | | | | | | | | | | |
| 未知超音波* | 1 | | | | | | | | 1 | | | | | | | 4 | | | | | | |
| 物種/音群數† | 8 | 8 | 7 | 6 | 10 | 6 | 12 | 10 | 11 | 8 | 9 | 14 | 10 | 9 | 7 | 6 | 12 | 14 | | | | |

註：蝙蝠超音波錄音調查資料。*：筆數。†：未計入未知超音波。

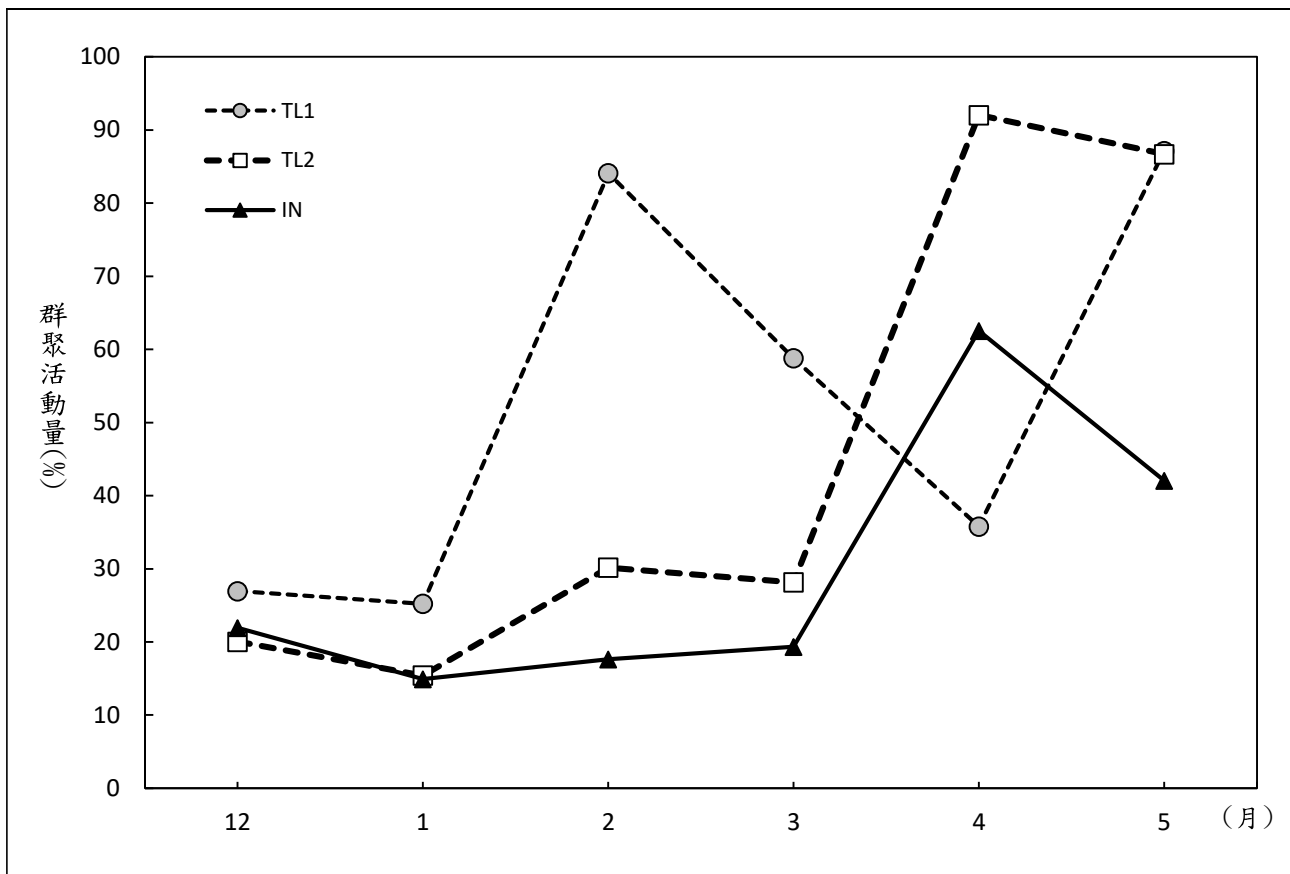


圖5. 2022年12月至2023年5月石頭營遺址與周遭環境蝙蝠超音波調查之蝙蝠群聚活動量。

區內樣線 (IN) 主要為石頭營遺址範圍內、外周圍道路，沿線有聚落、開闢農田、果園、墓地、太陽能光電場與造林地等環境。六次調查共記錄到12種蝙蝠，以南半區記錄到較多蝙蝠活動 (圖6)。各月份中，以4月記錄到的物種最多，當中又以東亞家蝠的活動指標最高 (24.6%)，且東亞家蝠也是唯一每月調查均有記錄到的物種；東亞游離尾蝠僅在1月、霜毛蝠僅在4月記錄到 (表三)

區外樣線1 (TL1) 為佳冬鄉佳冬堤防往東至省道臺1線，稍往北接新埤鄉新埤堤防、轉屏118與115縣道 (含獅頭堤防)，進入來義鄉，沿著屏115縣道往東，跨過力里溪後，再接屏132縣道 (春日鄉、枋寮鄉) 至省道臺1線；沿線環境類型主要為造林地、溪流、聚落與開闢農田等。六次調查共記錄到11種蝙蝠，蝙蝠活動散布在整條調查樣線上 (圖7)，各月份中，以5月記錄到的物種最多，當中又以東亞家蝠的活動指標最高 (45.9%)；東亞家蝠、山家蝠與高頭蝠是每月調查均有出現的物種，堀川氏棕蝠與霜毛蝠僅在5月記錄到 (表三)。

區外樣線2 (TL2) 為春日鄉大漢林道前段，兩側主要為林地。六次調查共記錄到12種蝙蝠，蝙蝠活動散布在整條調查樣線上 (圖7)，各月份中，以4、5月記錄到的物種最多，當中又以臺灣葉鼻蝠的活動指標最高 (21.3%、24.0%)；東亞家蝠是每月調查均有記錄到的物種，東亞摺翅蝠與山家蝠僅在12月、高頭蝠則僅在5月記錄到 (表三)。

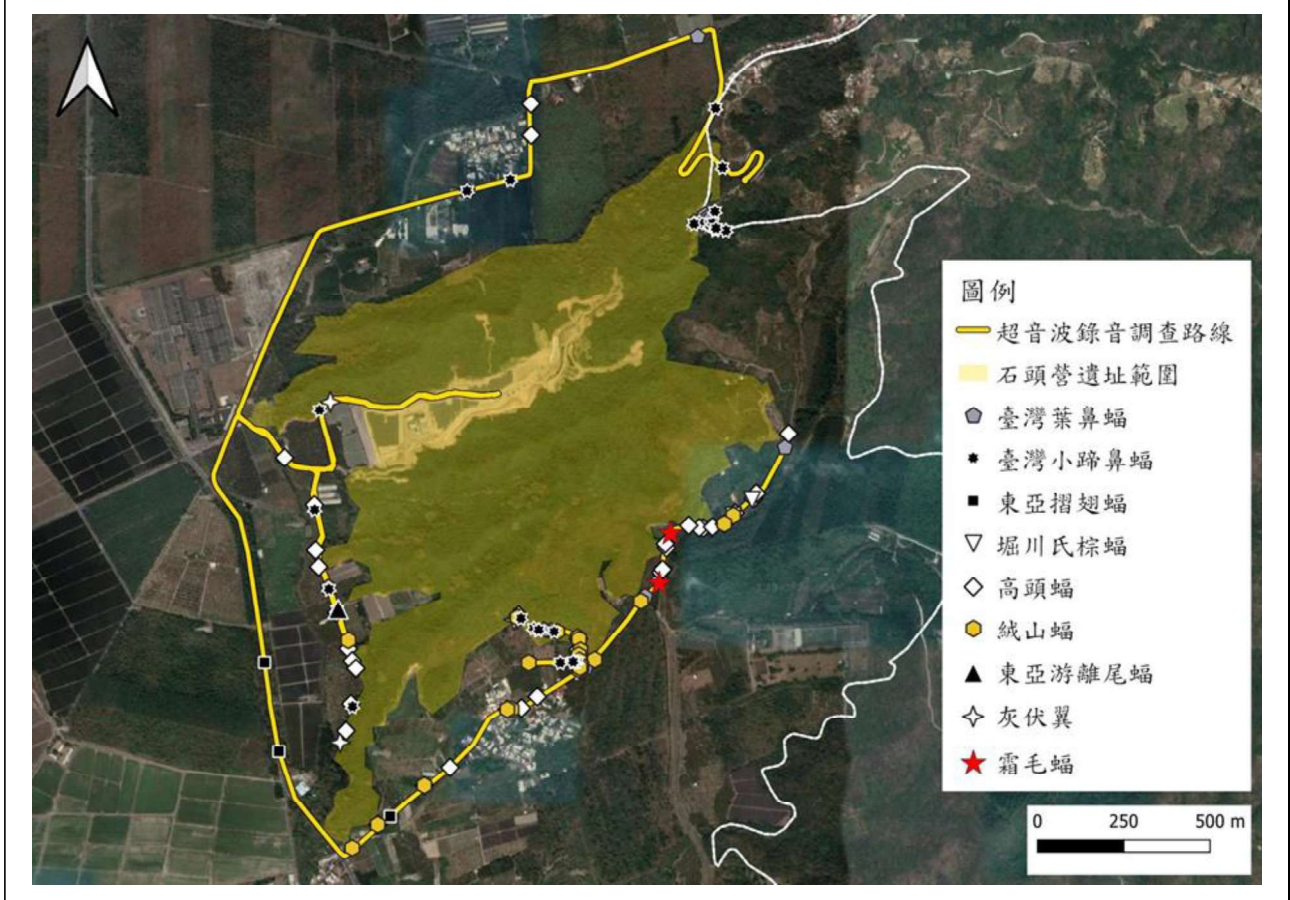
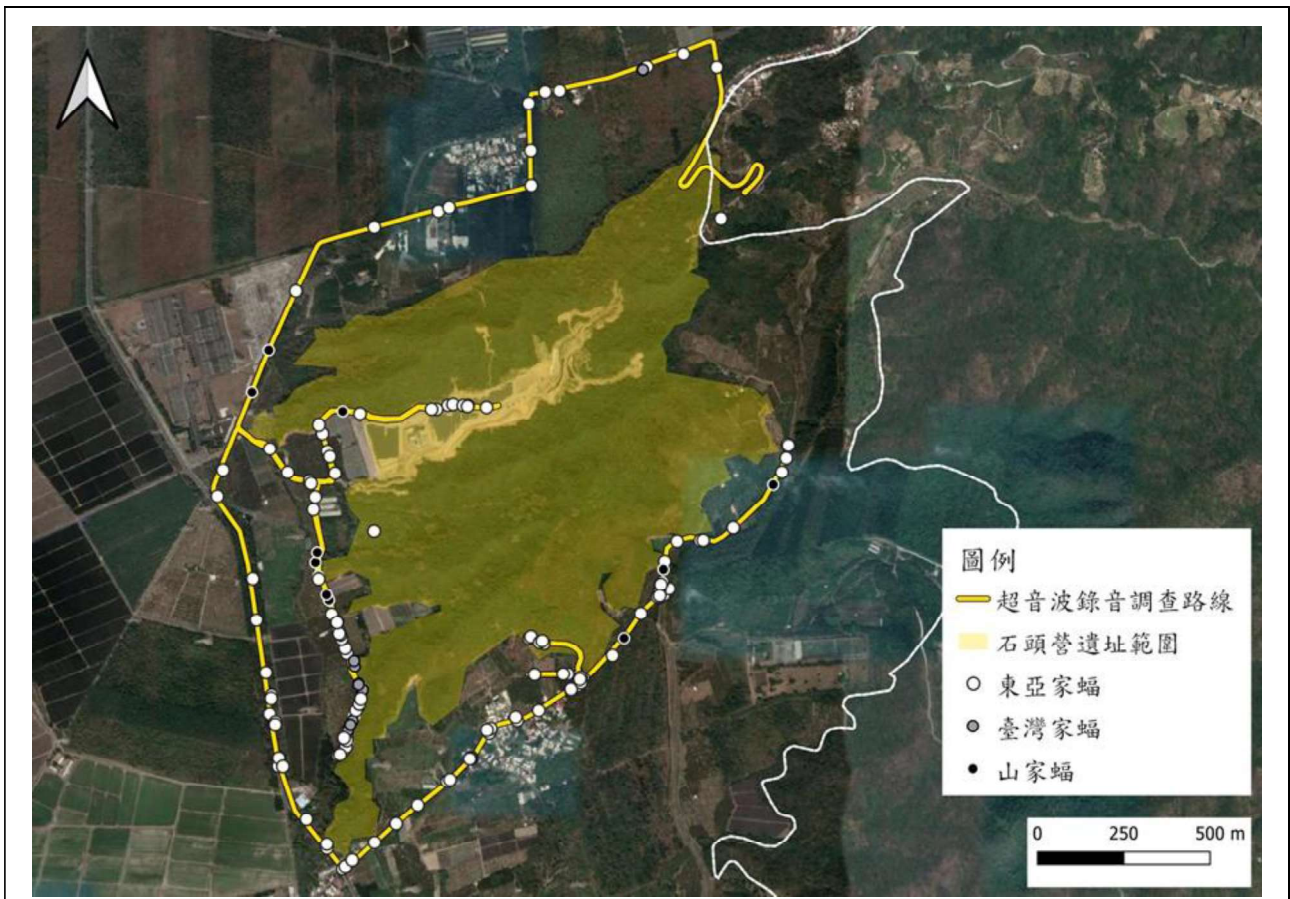


圖6. 2022年12月至2023年5月石頭營遺址周圍區內樣線夜間蝙蝠活動種類與分布 A.家蝠類群 B.非家蝠類群。

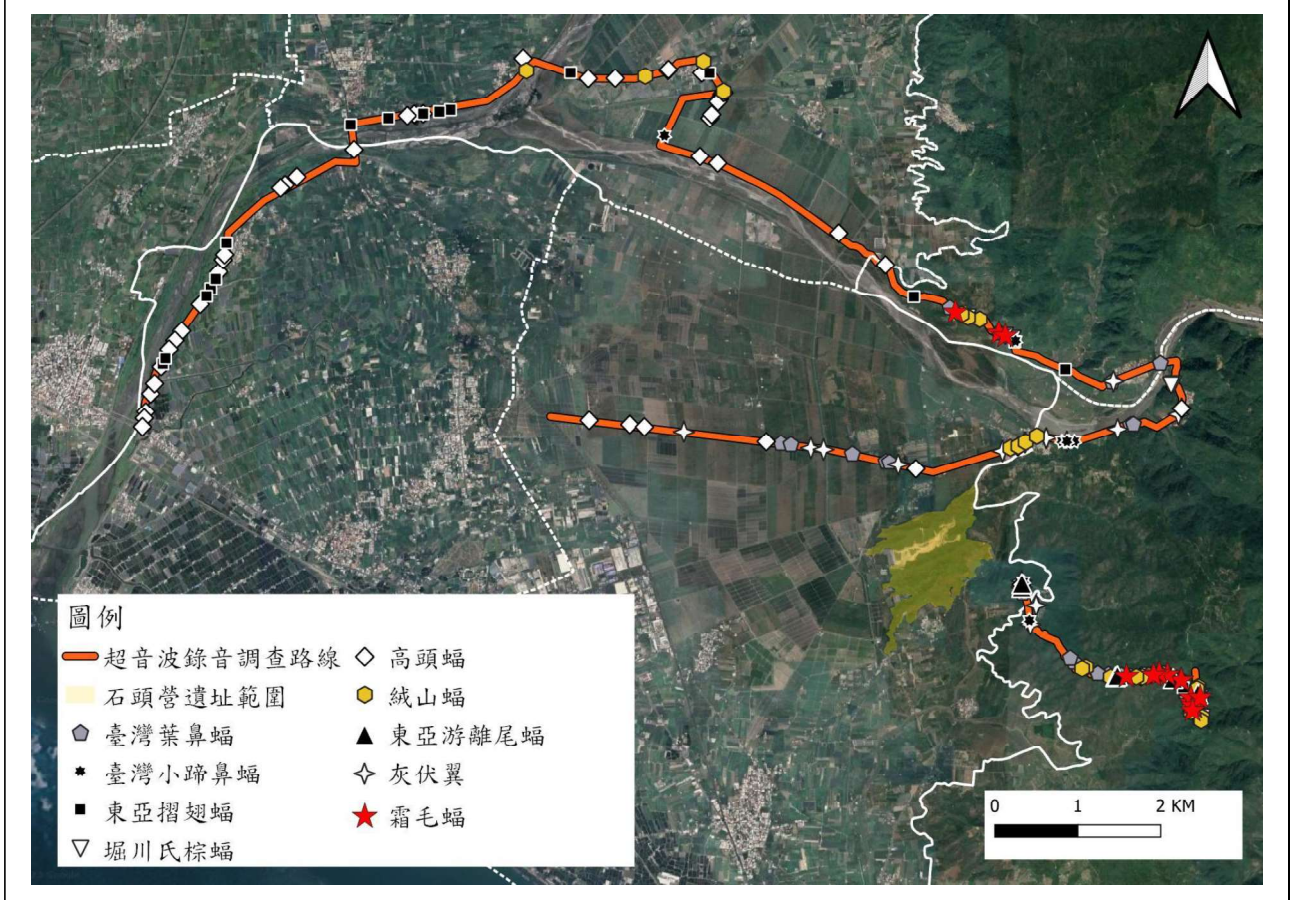
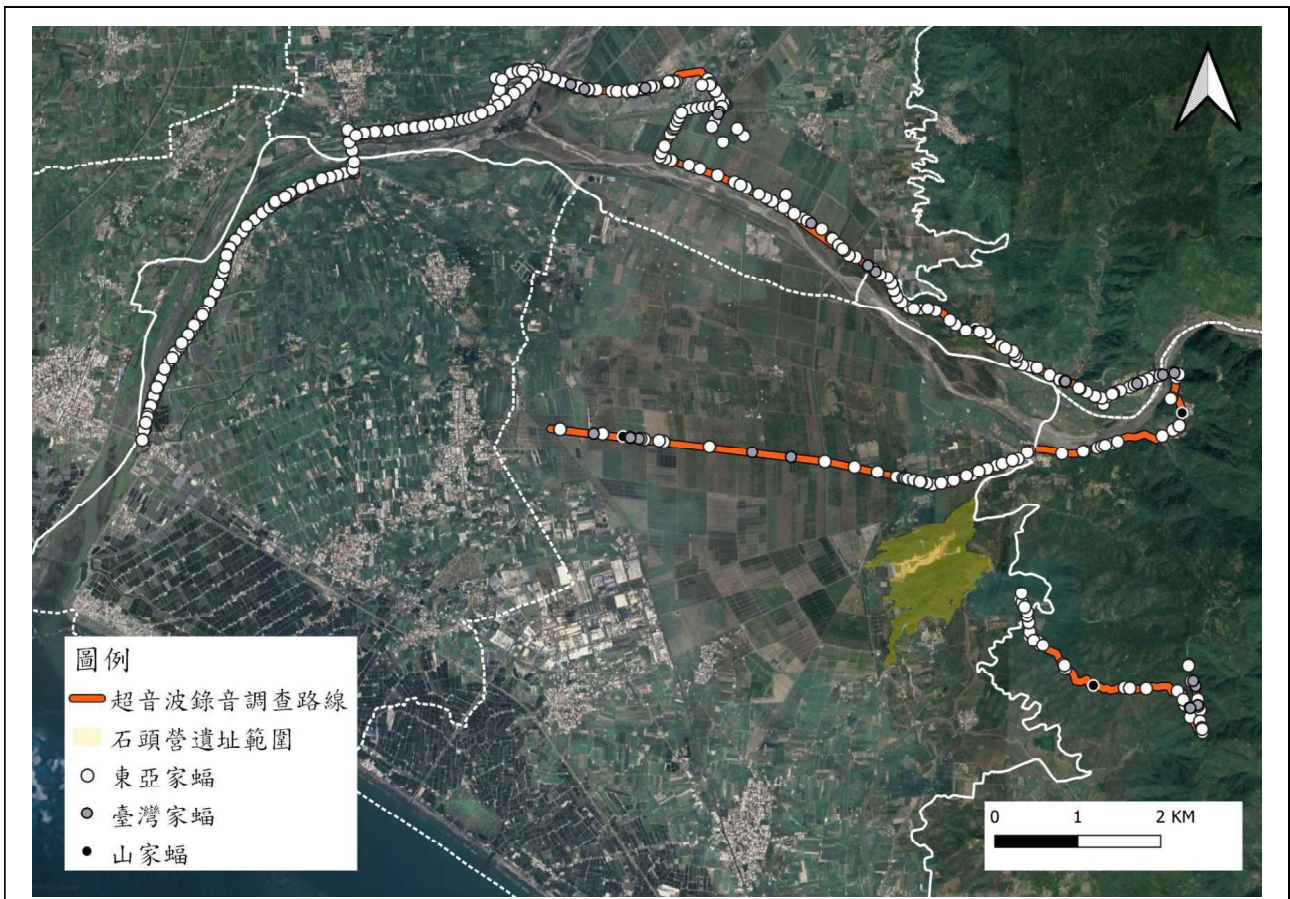


圖7. 2022年12月至2023年5月石頭營遺址周圍區外樣線夜間蝙蝠活動種類與分布 A.家蝠類群 B.非家蝠類群。

肆、討論

一、石頭營遺址的蝙蝠

目前在石頭營遺址的日間蝙蝠棲所調查與夜間樣線調查總共紀錄到至少13種蝙蝠（附錄表一），其中4種為特有（亞）種，1種為珍貴稀有保育類蝙蝠。本計畫在夜間錄音調查也記錄到較為少見的霜毛蝠與灰伏翼，霜毛蝠為國內紅皮書列為頻危（EN）等級的野生動物，唯此二種蝙蝠目前在臺灣南部尚未有捕捉或目擊記錄（黃俊嘉，私人通訊），因此超音波音譜資料仍有其不確定性存在。因利用閒置軍事建物為棲所的主要為洞穴型蝙蝠，樣線調查則主要在遺址區的外圍道路進行，而遺址範圍內除了人類活動較頻繁的聚落與農地（如果園）環境外，還有竹林、人造林與次生雜木林等人為活動較少的森林型環境，一些偏好在森林內活動的小型蝙蝠，如管鼻蝠亞科（Murininae）、鼠耳蝠屬（*Myotis*）等，便不易被調查到，加上要較清楚了解一地區完整的蝙蝠相，亦需透過資料長時間的累積（鄭錫奇等，2015、孫元勳等，2015）。而過去研究顯示，豎琴網在林間捕捉利用高頻超音波和飛行能力較佳的小型食蟲蝙蝠有較佳的捕捉效率（Berry *et al.*, 2004; Kingston *et al.*, 2003），因此若日後調查範圍可涵蓋遺址區內的森林環境，透過捕捉、錄音與棲所的調查，持續累積長時間的監測資料，蝙蝠種類仍可能增加，所以區域內的蝙蝠群聚物種組成並非目前調查結果可定論。為了更進一步了解石頭營地區完整的蝙蝠相及季節變化、農耕活動等因子對蝙蝠利用環境影響，建議日後可多增加網具（如豎琴網、霧網）的調查方式。

目前在石頭營遺址區觀察到蝙蝠會利用的日棲所都是有坑道連通的軍事建物，推測此類洞穴因內部較不會受到光線影響，可保持較穩定的溫、濕度，較符合蝙蝠日間棲息的需求；相對，一些無坑道連通、獨立的碉堡（機/步槍堡、掩體等），因建物規模不大，日間光線可從各開口照進整個建物內部，因此碉堡內環境較為乾燥，目前僅在4月時曾在南48-024炮掩體中記錄到一隻臺灣葉鼻蝠停棲，其餘則雖未在日間觀察到蝙蝠利用，但從內部觀測檯面或地面等處發現的蝙蝠排遺，推測其仍可做為蝙蝠夜間短暫休息使用的空間。

本次調查中較上期（林清隆等，2021）調查新增了38處遺址，多是參考高雄市關懷台籍老兵文化協會（杜正宇等，2022）的報告中所提供的資訊，但因並非所有場址都有明確座標，且實際勘查，現地位置與報告中的座標有20~100公尺不等的差距，而依報告書所列，目前仍至少有40處遺址尚未被調查到，尤其是5處具坑道系統的遺址群，相當有潛力為蝙蝠的日棲所，因此此區仍可能存在更多尚未調查到的洞穴型蝙蝠群聚，未來仍可持續勘查尚未列入的場址。

本次棲所調查共確認記錄到4種洞穴型蝙蝠，在而輔助調查的超音波錄音在砲陣地遺址群尚記錄到無法明確辨識物種的鼠耳蝠，因此應至少有1種以上的鼠耳蝠共同利用此處做為

棲所。蝙蝠對棲所的選擇並非隨機，同種蝙蝠在不同的時間（日夜、季節），利用的環境也會有所不同，如臺灣葉鼻蝠在不同季節除會利用不同條件（相對濕度、干擾程度等）的日棲洞穴外，甚至族群組成也會不同（年齡、性別組成比例）（何英毅，2000），而臺灣無尾葉鼻蝠則傾向選擇洞穴濕度較飽合的洞穴（方引平等，2011）。

蝙蝠洞穴棲所監測是蝙蝠生態保育重要的項目，因其是生活史中重要的繁殖育幼與渡冬等行為所必需。多數蝙蝠的生殖季在春夏期間，例如在3~5月可發現懷孕的臺灣無尾葉鼻蝠母蝠，5~6月為生產期，哺育期則可至8月（方引平等，2011）、瑞芳蝙蝠洞的東亞摺翅蝠在5~7月於洞內進行生殖與育幼（徐昭龍，2009）。而因應生活史周期的不同需求，許多蝙蝠對洞穴的利用地點呈現明顯的季節變化，例如在天氣寒冷的冬天，低海拔洞穴可作為渡冬地使用，如花蓮月洞在夏季有數千隻東亞摺翅蝠，到了冬季更可聚集高達上萬隻蝙蝠棲息（徐昭龍，2009）。本計畫目前調查時間僅涵蓋冬、春兩季，為了解洞穴型蝙蝠使用該區棲所的完整狀況，應有數年完整的季節調查，未來方能有更完善的資訊提供予族群保育與棲地管理策略的擬定，例如在繁殖季期間，嚴禁非必要的人為干擾等。

二、石頭營遺址的臺灣無尾葉鼻蝠及生態保育

臺灣無尾葉鼻蝠為臺灣的特有亞種，由於臺灣無尾葉鼻蝠本身發出的超音波能量較弱，在偵測超音波聲音時不容易被記錄到(Ho *et al.*, 2013)，加上捕捉及棲所的記錄皆十分稀缺，又因其生性敏感（尤其是可見光）易被干擾，在2008年依野生動物保育法公告為珍貴稀有保育類野生動物（林良恭等，2009），持續至今，為臺灣的二級保育類蝙蝠。在方引平等（2011）的研究報告中，僅發現11處有臺灣無尾葉鼻蝠的棲所，分布於宜蘭、花蓮、臺東與屏東，族群數量介於1至315間，多數為零星至數十隻，僅少數有超過百隻。而本次調查，除了原有記錄的司令所外，另新增南48-028+029遺址群、南48-030+031遺址群及南48-016遺址群三處新棲所，且南48-030+031遺址群中1月及2月數量超過700隻，是目前全臺臺灣無尾葉鼻蝠數量最高的紀錄，而從1月至5月，此遺址區每月調查到的臺灣無尾葉鼻蝠總數均在600隻以上，因此石頭營遺址區為臺灣無尾葉鼻蝠的重要棲地，針對該物種的族群監測及保育作為，應列為未來的優先項目。

根據目前調查結果，各棲所每月記錄到的臺灣無尾葉鼻蝠的數量不一，以南48-030+031遺址群棲息的族群量較高，南48-016遺址群亦維持上百隻個體，此兩處應為其主要的日棲所。司令所及南48-028+029遺址群在有些月份未記錄到臺灣無尾葉鼻蝠利用，林清隆等（2021）亦非每次調查均有紀錄到臺灣無尾葉鼻蝠利用司令所（2月、7月未利用；8月、10~12月有記錄到），而當時南48-028+029遺址群僅於11月進行1次調查，並未發現臺灣無尾葉鼻蝠

棲息，因此此兩處為其較不定期使用的棲所，雖為較不定期使用，但司令所在一些月份聚集的個體數也高達200隻以上，因此此處亦為其相當重要的棲所。

臺灣無尾葉鼻蝠生性敏感，一處由距離不遠的數個棲所組成的棲息地，有益於其族群的存續，在其中一棲所遇到暫時性威脅時，可迅速移動到周邊其他棲所來躲避危害，而這些散布山腳的獨立碉堡雖非其日棲所，卻也可能提供其在周遭林中夜間覓食時，短暫休息的地方（夜棲所）。未來建議可進行這幾處棲所的個體上標，藉此了解石頭營遺址區內臺灣無尾葉鼻蝠對棲所的利用狀況。

以洞穴型環境為棲所的蝙蝠所面臨的威脅因子，主要分為直接和間接干擾(Phelps and Kingston, 2018)。直接進入洞穴、捕捉洞穴內的蝙蝠等屬於直接干擾，敏感的蝙蝠種類會因為受到緊迫與威脅而在洞穴裡飛竄，若空間有限而蝙蝠數量龐大時，個體便容易因閃避不及，發生物理性的碰撞而受傷，甚至死亡，尤其是在繁殖和冬眠期，直接的干擾還可能會讓親代棄養崽蝠，或強迫正處於冬眠的個體甦醒，造成蝙蝠能量額外的消耗而無法順利度冬等，這些會讓蝙蝠傷亡的情況，均可能影響蝙蝠族群的存續，最終可能導致整個族群放棄該棲所(Speakman *et al.*, 1991)。而棲所周遭棲地的劣化或消失，會對棲所的蝙蝠產生間接的干擾，使該棲所喪失適合棲息的條件(Phelps and Kingston, 2018)，像是洞穴入口前大面積清除植被，可能會連帶改變棲所的微氣候條件；周遭環境噴灑農藥（如除草劑）與森林伐除等，可能會改變環境中的食物資源相。臺灣無尾葉鼻蝠主要以棲所周遭森林中的蛛形綱、雙翅目、半翅目以及鱗翅目為食（黃羽萱，2018、廖崇甫，2018、葉俊佑，2021），且利用的比例因季節不同而有所差異；除了提供食物資源，森林也是其在棲所間安全移動的重要路徑，因此對族群保育來說，棲所是至關重要的因子，而能提供安全活動、覓食空間與食物資源的環境也同為重要。

三、石頭營蝙蝠相關經營管理及保育措施建議

在2018年規劃的「屏東枋寮太陽能光電發電廠開發計畫」的開發案中，預定地劃設在枋寮鄉與春日鄉鄰接的淺山區域（生利能源股份有限公司，2018），並在開發工程進行中發現日據時期日軍留下的軍事坑道、碉堡等遺址，而引發文資保存與光電開發的衝突爭議（屏東縣政府後續委託進行遺址調查，將所有發現軍事遺址的區域稱為石頭營遺址區）；原計畫範圍規劃分三期開發，目前已完成第一期開發建設，且光電設施已運轉中。根據當年行政院環境保護署「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」之第29條第1項第7款及第31條第1項第8款所述，設置太陽光電發電系統，非位於國家重要濕地，且未涉及345千伏或161千伏輸電線路工程，可免實施環境影響評估，因此在第一期開發計畫核准前並未進行開發範

圍周遭環境生態的調查，也未調查其中蝙蝠狀況，因此對於當時蝙蝠族群的狀況已無法推知，尤其是目前定為保育類的臺灣無尾葉鼻蝠，族群棲息狀況是否有被影響？目前也已無法得知。然在本計畫調查中，石頭營遺址範圍的各棲所在1~5月份的臺灣無尾葉鼻蝠總數量維持在600隻以上，族群量大且相對穩定，且在5月調查時，發現有疑似懷孕個體，因此研判目前的干擾影響仍在其棲息利用能負荷的範圍內。但目前石頭營遺址區除了未進行的生利能源的二、三期太陽能光電開發計畫外，周遭土地仍有其他不同事業單位的光電開發計畫正進行中，未來相關之土地開發利用行為皆應謹慎評估，以避免蝙蝠棲地破碎化的效應對此區蝙蝠群聚造成不可逆的負面影響。

現代的網絡系統發達，加上人為宣傳，使得資訊傳播相當迅速，石頭營遺址已廣為大眾所知，尤其是對洞穴探險與軍事建物有興趣的民眾，以此地為探險目標，進入遺址中探索，如此便會對棲息於內的蝙蝠造成直接的干擾。在林清隆等（2021）的報告中便曾觀察到洞口的植被被砍伐清除，而本計畫也在1月調查時，觀察到司令所周遭的果園進行修枝整理與焚燒行為，也都是可能間接影響此區蝙蝠利用環境的行為。石頭營遺址範圍內具有大面積的林地及廢棄軍事建物，能提供蝙蝠所需的食物資源、安全棲息與覓食的空間等需求，對於此區的臺灣無尾葉鼻蝠及其他蝙蝠而言是相當重要的棲地，因此本計畫依據目前調查結果提出經營管理及保育上的措施建議供相關單位作參考：

1. 臺灣無尾葉鼻蝠被世界自然保育聯盟（IUCN）列為紅皮書近危（NT）等級物種，在國內是二級保育類動物，且在此區有相當的族群量，在主管機關尚未對此區域有較完善的經營管理政策前，應避免公開座標及位置，盡量避免不必要之人為干擾。
2. 在非必要的情況下（例如學術研究、文資調查、隧道維護工程等），任何人士皆不應隨意進入遺址；若有必須進入遺址中的需求，每次進入人數，應盡量少於三人，並使用適當亮度的紅光燈具，避開蝙蝠繁殖季期間，以降低對蝙蝠的干擾。
3. 目前司令所的位置在網絡上為公開資訊，因此經常有民眾前往，司令所地下室為臺灣無尾葉鼻蝠經常使用之日、夜棲所，建議進入地下室前的通道前可設置友善蝙蝠的閘門，以限制民眾進入，但蝙蝠仍可自由進出。
4. 若未來石頭營遺址設為文化景觀，有導覽解說之需求，應避開有臺灣無尾葉蝠或有大量蝙蝠棲息之區域，因大量蝙蝠棲息的區域會有相當量的排泄物堆積，而人與野生動物均可能帶有對其他物種造成未知影響之疫病，因此避開這些區域，除可降低對蝙蝠群聚的影響外，亦是對民眾健康安全的保護。可以在不影響蝙蝠的地方，以照片等影像的方式對遊客進行導覽解說。此外，一些獨立碉堡雖非蝙蝠的日棲所，但夜間仍會有蝙蝠利用休息，因此

在進入或離開遺址前，人員均需進行基礎消毒。

5. 石頭營遺址周遭目前記錄到的種類均為以各種昆蟲為食的食蟲性蝙蝠，此區也有不少農地，如芒果園、鳳梨田，因慣行農法所使用的農藥可能讓昆蟲多樣性與量降低，蝙蝠的食物來源便會減少，因此建議可與周遭農民合作，推行生態友善農業，減少農藥的使用，讓蝙蝠幫忙除蟲，亦可藉此行銷生態友善的農產品，增加農產品的經濟價值，達到生態保育與生產經濟永續農業的雙贏局面。
6. 辦理相關環境教育宣導活動，讓民眾及附近住戶認識並了解臺灣蝙蝠的多樣性、人類與蝙蝠的關係、蝙蝠保育等的重要性，以期在地民眾能成為蝙蝠群聚保育的助力。
7. 本計畫僅涵蓋冬、春兩季（12月至5月），建議應持續調查所有遺址，至少累積完整年度資料，以概略了解蝙蝠群聚在此區域利用遺址棲所的狀況及繁殖期，唯一旦發現該棲所的蝙蝠有育幼行為時，應暫停進入棲所，以避免直接的干擾可能造成的親代竄飛的額外體力耗損、親代棄養崽蝠與崽蝠摔落而傷亡的情況。
8. 可針對此區臺灣無尾葉鼻蝠或其他蝙蝠進行捕捉上環標放，或個體追蹤的方式，以了解蝙蝠在棲所間與環境中的利用情形，亦可作為在臺灣各地遠程遷移的監測。
9. 臺灣無尾葉鼻蝠的超音波能量較弱，有效聲音強度不超過1公尺，因此並不適合以超音波偵測、錄音來調查其會利用那些環境微區域，因此建議可以個體無線電追蹤的方式，來了解臺灣無尾葉鼻蝠在此區的活動範圍及環境利用概況。
10. 進行臺灣無尾葉鼻蝠及其他蝙蝠的食性與棲地食物資源豐度的研究，以了解蝙蝠群聚、食性與環境食物資源的關係。
11. 目前的調查方式不易調查到一些偏好在森林內活動的小型蝙蝠，因此建議可在周遭森林進行固定頻度的網具捕捉調查（豎琴網、霧網等），以了解石頭營遺址範圍內更完整的蝙蝠相。
12. 未來石頭營遺址周遭進行土地開發利用行為前，應謹慎評估下列事項，擬定各項相關減輕衝擊之對策，並確實執行：
 - a. 預定開發範圍是否臨近或為臺灣無尾葉鼻蝠及其他蝙蝠的棲所。
 - b. 比較預定開發範圍及鄰近土地的蝙蝠活動量及覓食聲音頻度，以了解欲開發土地是否為蝙蝠重要的覓食與活動區域。
 - c. 比較預定開發範圍及鄰近土地的昆蟲相，以了解劃設範圍是否是提供蝙蝠食物來源的重要區域。
 - d. 預定開發行為是否會造成此區蝙蝠棲所內部崩塌。

伍、參考文獻

- 方引平、鄭錫奇與楊智安，2011。無尾葉鼻蝠生活史及生態學之研究。行政院農業委員會林務局。84頁。
- 生利能源股份有限公司，2018。「屏東枋寮太陽光電發電廠開發計畫」。經濟部能源局。
- 何英毅，2000。台灣葉鼻蝠的棲所選擇。國立臺灣大學動物學研究所。碩士論文。76頁。
- 吳建廷，2007。台灣地區家蝠屬蝙蝠的分類學研究。國立嘉義大學生物資源學系研究所。碩士學位論文。59頁。
- 李玲玲與黃俊嘉，2007。陽明山國家公園蝙蝠多樣性之現況研究。國家公園學報17(1):1-15。
- 杜正宇、黃國軒、宋德威、魏以恩、郭冠佑、傅聖凱、許純益、謝昇潮、陳佩琪、鍾闔宇、曾逸仁與黎氏懷，2022。枋寮二戰石頭營軍事遺跡調查研究計畫。屏東縣政府委託研究。
- 林良恭、姜博仁、陳美汀、陳家鴻、張燕伶，2009。保育類哺乳動物生息現況分析與生態資訊建置。行政院農委會林務局委託研究。
- 林清隆、劉建男與高梅婷，2021。屏東縣石頭營遺址蝙蝠族群監測調查計畫。屏東縣政府委託研究。31頁。
- 孫元勳、陳宏昌、曾建偉、黃永坤。2015。十八羅漢山自然保護區暨旗山事業區第55林班陸域脊椎動物相調查及永久樣區監測計畫。行政院農委會林務局委託研究。151頁。
- 徐昭龍，2009。臺灣地區蝙蝠洞總檢及調查監測（III）。行政院農業委員會特管理計畫。75頁。
- 張家維，2009。台灣中南部山區蝙蝠的分布特性：棲地類型與環境因子的探討。國立嘉義大學生物資源學系研究所。碩士學位論文。95頁。
- 郭浩志、端木茂甯、黃俊嘉、蔡緯毅、張博翔、陳冠仔，2017。太魯閣國家公園蝙蝠智慧監測(2/2)。太魯閣國家公園管理處。
- 黃羽萱，2018。利用形態與分子食性分析探討臺灣無尾葉鼻蝠的食蛛特性。國立嘉義大學生物資源學系研究所。碩士論文。48頁。
- 黃俊嘉與張恆嘉，2020。109年度雲林縣水林鄉蝙蝠項監測與超音波分析訓練推廣。台灣永續聯盟。
- 葉俊佑，2021。墾丁國家公園三種共域食蟲性蝙蝠的資源利用。國立嘉義大學森林暨自然資源學系。碩士論文。83頁。
- 廖崇甫，2018。臺灣無尾葉鼻蝠利用鱗翅目昆蟲的特性探討。國立嘉義大學生物資源學系研究所。碩士論文。74頁。

- 鄭錫奇、周政翰、黃光隆、張鈞翔，2015。臺9線蘇花公路山區路段改善計畫（蘇澳~東澳、南澳~和平、和平~大清水）施工中暨營運階段指標生物研究計畫—翼手目動物研究調查。交通部委託研究。
- 鄭錫奇、張簡琳玟、林瑞興、楊正雄、張仕緯，2017。2017 臺灣陸域哺乳類紅皮書名錄。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- 鄭錫奇與張簡琳玟，2003。臺灣洞穴性蝙蝠介紹與保育。自然保育季刊。行政院農業委員會特有生物研究中心。42：28-34頁。
- 鄭錫奇、方引平與周政翰，2017。臺灣蝙蝠圖鑑（第3版）。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- Frick, W.F., Kingston, T. and Flanders, J., 2020. A review of the major threats and challenges to global bat conservation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1469(1), pp.5-25.
- Görföl, T., Huang, J.C.C., Csorba, G., Györössy, D., Estók, P., Kingston, T., Szabadi, K.L., McArthur, E., Senawi, J., Furey, N.M. and Tu, V.T., 2022. ChiroVox: a public library of bat calls. *PeerJ*, 10, p.e12445.
- Ho, Y.Y., Fang, Y.P., Chou, C.H., Cheng, H.C. and Chang, H.W., 2013. High duty cycle to low duty cycle: echolocation behaviour of the hipposiderid bat *Coelops frithii*. *PLoS One*, 8(5), p.e62938.
- Huang, Chun-Chia, 2015. The diversity and conservation of bats in a coffee-forest landscape in Sumatra, Indonesia. Doctorial dissertation. Texas Tech University.
- Huang, J.C.C., Chen, W.J. and Lin, T.E., 2021. Landscape and Species Traits Co-Drive Roadkills of Bats in a Subtropical Island. *Diversity*, 13(3), 117.
- Huang, J.C.C., Ho, Y.Y. and Kuo, H.C., 2020. Illustrated field keys to the bats (Mammalia: Chiroptera) of Taiwan. *Journal of Threatened Taxa*, 12(6), pp.15675-15710.
- Jones, G., Jacobs, D.S., Kunz, T.H., Willig, M.R. and Racey, P.A., 2009. Carpe noctem: the importance of bats as bioindicators. *Endangered Species Research*, 8(1-2), pp.93-115.
- Jones, G. and Teeling, E.C., 2006. The evolution of echolocation in bats. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(3), pp.149-156.
- Kingston, T., Francis, C.M., Akbar, Z. and Kunz, T.H., 2003. Species richness in an insectivorous bat assemblage from Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*, 19(1), pp.67-79.
- Kunz, T. H., 1982. Roosting Ecology. Pp.1-46, in *Ecology of bats* (T. H.Kunz ed.) Plenum Publishing Corporation, New York, 425pp.
- Kuo, H.C., Chen, S.F., Fang, Y.P., Cotton, J.A., Parker, J.D., Csorba, G., Lim, B.K., Eger, J.L., Chen, C.H., Chou, C.H. and Rossiter, S.J., 2015. Speciation processes in putative island endemic sister bat species: false impressions from mitochondrial DNA and microsatellite data. *Molecular ecology*, 24(23), 5910-5926.

- Lewis, S.E., 1995. Roost fidelity of bats: a review. *Journal of Mammalogy*, 76(2), pp.481-496.
- López-Baucells, A., Yoh, N., Rocha, R., Bobrowiec, P. E., Palmeirim, J. M., & Meyer, C. F., 2021. Optimising bat bioacoustic surveys in human-modified neotropical landscapes. *Ecological Applications*, e2366.
- López-Bosch, D., Huang, J.C.C., Wang, Y., Palmeirim, A.F., Gibson, L. and Lopez-Baucells, A. 2021. Bat echolocation in continental China: a systematic review and first acoustic identification key for the country. *Mammal Research*. <https://doi.org/10.1007/s13364-021-00570-x>
- Maas, B., Karp, D.S., Bumrungsri, S., Darras, K., Gonthier, D., Huang, J.C.C., Lindell, C.A., Maine, J.J., Mestre, L., Michel, N.L. and Morrison, E.B., 2016. Bird and bat predation services in tropical forests and agroforestry landscapes. *Biological Reviews*, 91(4), pp.1081-1101.
- Middleton, N., A. Froud and K. French, 2022. *Social calls of the bats of Britain and Ireland*. 2nd Edition. Pelagic Publishing, London.
- Ohdachi, S.D., Ishibashi, Y., Iwasa, M.A. and Fukui, D. and Saitoh, T., 2015. *The Wild Mammals of Japan*. Second Edition. Kyoto, Japan: Shoukadoh Book Sellers.
- Phelps, K. L and Kingston, T., 2018. Environmental and biological context modulates the physiological stress response of bats to human disturbance. *Oecologia* 188:41-52.
- Russo, D. and Papadatou, E., 2014. Acoustic identification of free-flying Schreiber's bat *Miniopterus schreibersii* by social calls. *Hystrix*, 25(2), p.119.
- Speakman, J. R., P. I. Webb and P. A. Racey, 1991. Effects of disturbance on the energy expenditure of hibernating bats. *Journal of Applied Ecology* 28:1087-1104.

附錄表一、2022年12月~2023年5月屏東縣石頭營遺址與周遭調查到的蝙蝠物種。

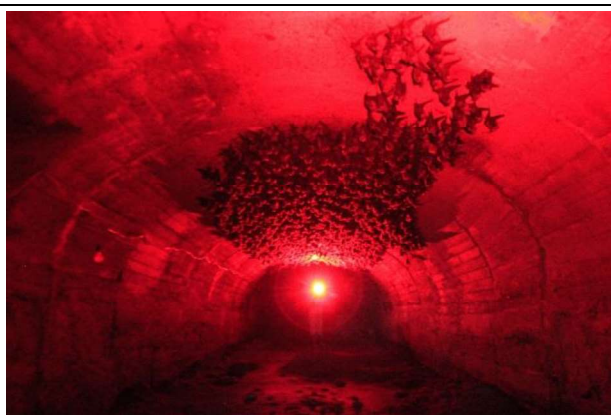
| 中文名 | 學名 | 特有性 | 保育地位 | 臺灣 紅皮書 | 遺址建物內 | 遺址建物外 |
|---------|--|-----|------|-----------|-------|-------|
| 葉鼻蝠科 | HIPPOSIDERIDAE | | | | | |
| 臺灣葉鼻蝠 | <i>Hipposideros armiger terasensis</i> | ○ | | LC | ✓ | ✓ |
| 臺灣無尾葉鼻蝠 | <i>Coelops frithii formosanus</i> | ○ | II | VU | ✓ | |
| 蹄鼻蝠科 | RHINOLOPHIDAE | | | | | |
| 臺灣小蹄鼻蝠 | <i>Rhinolophus monoceros</i> | ◎ | | LC | ✓ | ✓ |
| 蝙蝠科 | VESPERTILIONINDAE | | | | | |
| 堀川氏棕蝠 | <i>Eptesicus pachyomus horikawai</i> | ○ | | LC | | ✓ |
| 灰伏翼? | <i>Hypsugo pulveratus</i> | | | DD | | ✓ |
| 絨山蝠 | <i>Nyctalus plancyi</i> | | | LC | | ✓ |
| 東亞家蝠 | <i>Pipistrellus abramus</i> | | | LC | | ✓ |
| 臺灣家蝠? | <i>Pipistrellus</i> sp.1 | ? | | - | | ✓ |
| 山家蝠? | <i>Pipistrellus</i> sp.2 | ? | | - | | ✓ |
| 高頭蝠 | <i>Scotophilus kuhlii</i> | | | LC | | ✓ |
| 霜毛蝠? | <i>Vespertilio sinensis</i> | | | EN | | ✓ |
| 鼠耳蝠屬物種 | <i>Myotis</i> sp. | | | - | ✓ | |
| 摺翅蝠科 | MINIOPTERIDAE | | | | | |
| 東亞摺翅蝠 | <i>Miniopterus fuliginosus</i> | | | LC | ✓ | ✓ |
| 游離尾蝠科 | TADARIDA | | | | | |
| 東亞游離尾蝠 | <i>Tadarida insignis</i> | | | LC | | ✓ |

◎：臺灣特有種、○：臺灣特有亞種。?：代表不確定之鑑定或資訊。

附錄表二、本調查量測之17個蝙蝠回聲定位叫聲之中英文名稱、英文縮寫單位、量測系統及定義。

| 中文名稱 | 英文名稱 | 英文縮寫 | 單位 | 量測系統 | 原文定義 |
|----------------|-------------------------------------|--------|-------------|------|--|
| 起始頻率 | Start frequency | Fstart | kHz | 頻譜 | Start frequency of the selection being analyzed |
| 結束頻率 | End frequency | Fend | kHz | 頻譜 | End frequency of the selection being analyzed |
| 最低頻率 (能量分布) | Minimum frequency in power spectrum | Fpmin | kHz | 全頻 | Estimate of minimum signal frequency. This is determined by following the peak frequency down to the noise floor |
| 最高頻率 (能量分布) | Maximum frequency in power spectrum | Fpmax | kHz | 全頻 | Estimate of the maximum signal frequency. This is determined by following the peak frequency up to the noise floor |
| 平均頻率 (能量分布) | Mean frequency in power spectrum | Fpmean | kHz | 全頻 | This is the power-weighted mean frequency of the spectrum |
| 峰值頻率 | Peak frequency | Fppeak | kHz | 全頻 | This is the peak frequency of the spectrum |
| 叫聲長度 | Call duration | Dur | ms | 過零 | Average duration of echolocation pulses |
| 叫聲間隔時間 | Time between calls | TBC | ms | 過零 | Average time between calls from the start of one call to the start of the next |
| 最高頻率 | Maximum frequency | Fmax | kHz | 過零 | Average maximum frequency of echolocation pulses |
| 最低頻率 | Minimum frequency | Fmin | kHz | 過零 | Average minimum frequency of echolocation pulses |
| 平均頻率 | Mean frequency | Fmean | kHz | 過零 | Time weighted average frequency of echolocation pulses |
| 特徵頻率 | Frequency of characteristic | Fc | kHz | 過零 | Average characteristic frequency of echolocation pulses. This is the point in a call at the end of the body of the call defined as the flattest part (lowest absolute slope) of the call |
| 特徵點時間 | Time of Fc | Tc | ms | 過零 | Average time offset from the beginning of the call to Fc |
| 特徵點斜率 | Slope of Fc | Sc | octaves/sec | 過零 | Average characteristic slope (slope of the body of the call) of echolocation pulses |
| 拐點頻率 | Knee frequency | Fk | kHz | 過零 | Average knee frequency of echolocation pulses. This is at the beginning of the call body |
| 拐點時間 | Time of knee | Tk | ms | 過零 | Average time offset from the beginning of the call to Fk |
| 拐點斜率 | Slope of knee | SI | octaves/sec | 過零 | Average initial slope of echolocation pulses |

註：頻譜：spectrogram、全頻：full-spectrum、過零：zero-crossing



冬季砲陣地坑道的臺灣葉鼻蝠。



混群棲息的臺灣小蹄鼻蝠與東亞摺翅蝠。



司令所的臺灣無尾葉鼻蝠。



遺址內的其他動物——龜殼花。



遺址內的其他動物——灶馬。



遺址內的其他動物——高腳蛛。



遺址內的其他動物——澤蛙。



司令所外觀。

附錄圖1. 2022~2023年石頭營遺址調查樣區、生物與工作照。



砲陣地出口。



機槍堡外觀。



人員掩體外觀。



人員掩體內部，中間地面有蝙蝠排遺。

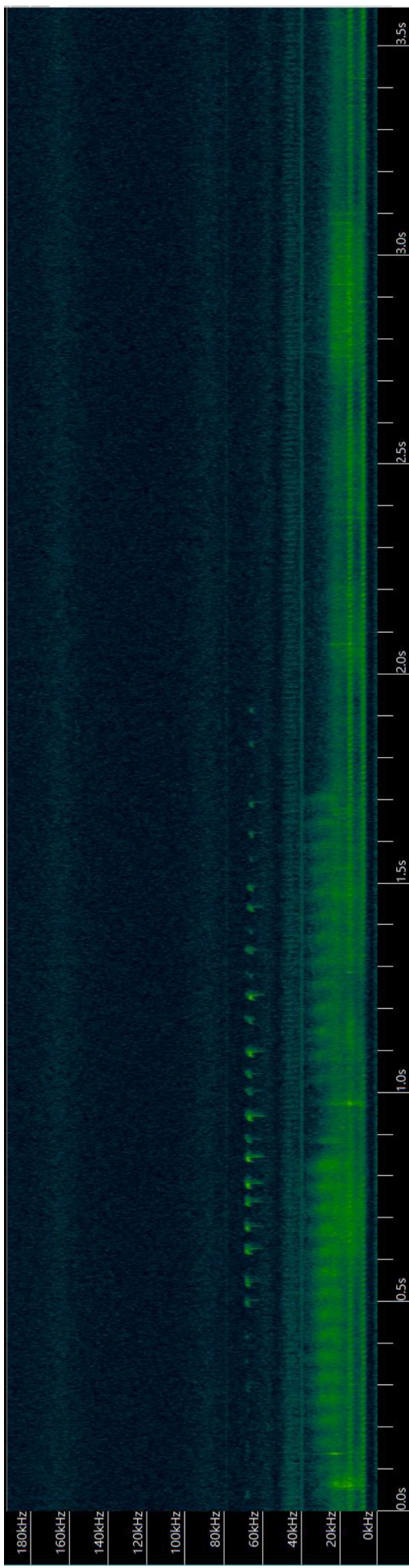


砲掩體外觀

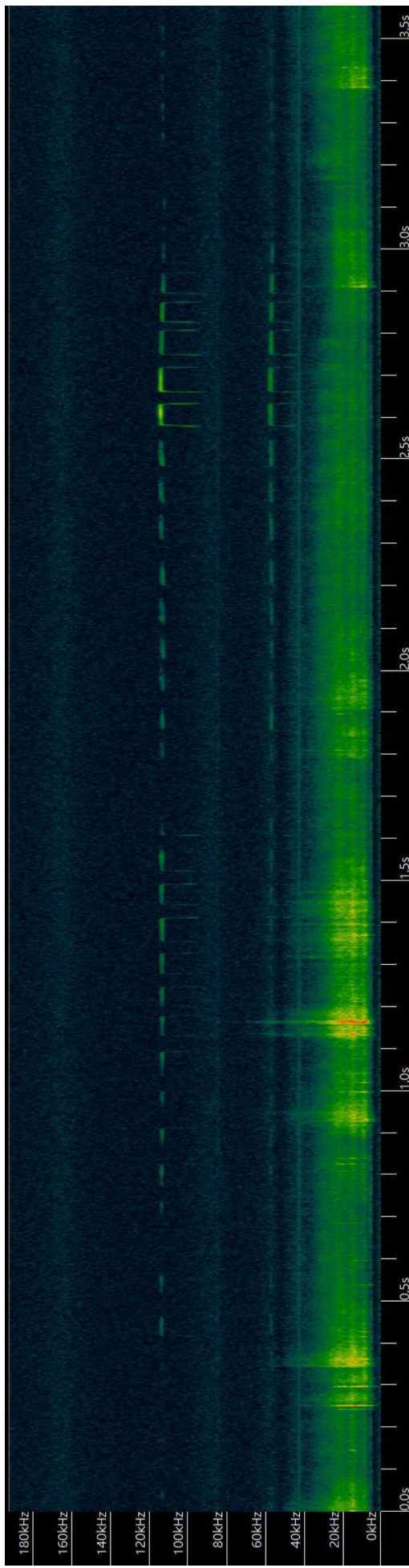


機槍堡內部連通坑道。

續附錄圖1. 2022 ~ 2023年石頭營遺址調查樣區、生物與工作照。

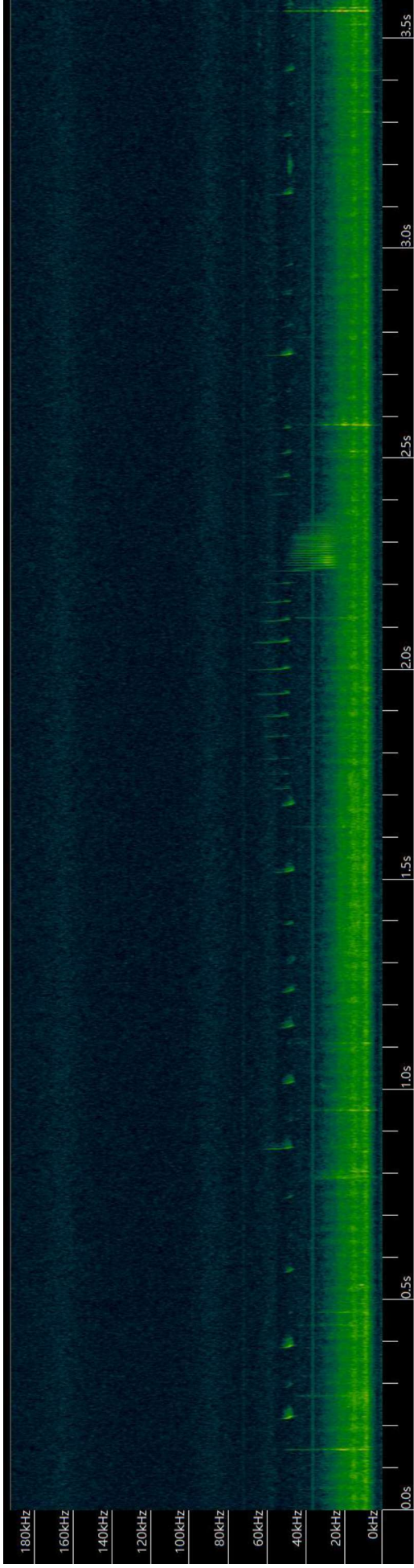


A. 臺灣葉鼻蝠

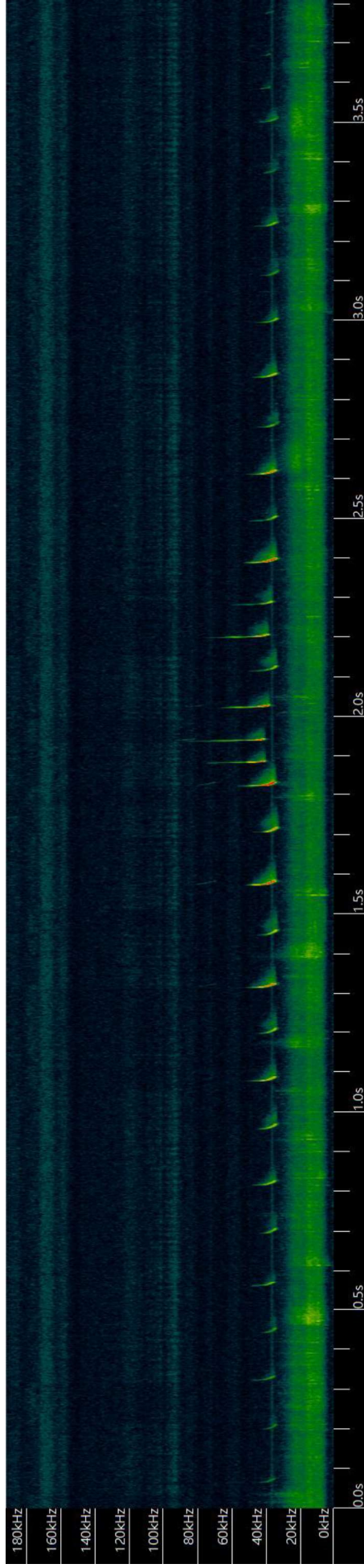


B. 臺灣蹄鼻蝠

附錄圖2. 2022~2023 石頭營遺址周遭蝙蝠超音波錄音調查物種音譜。

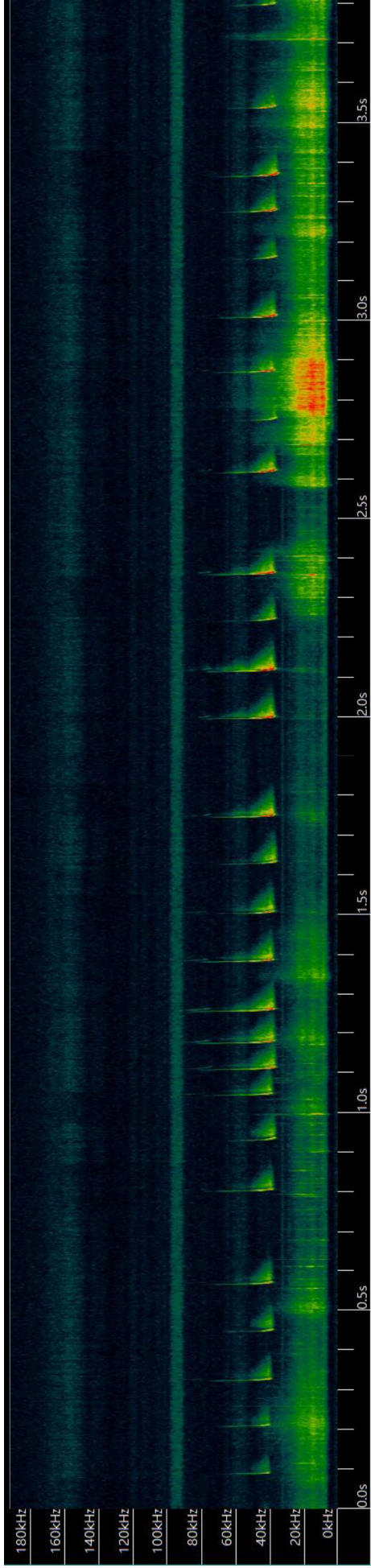


C. 東亞家蝠

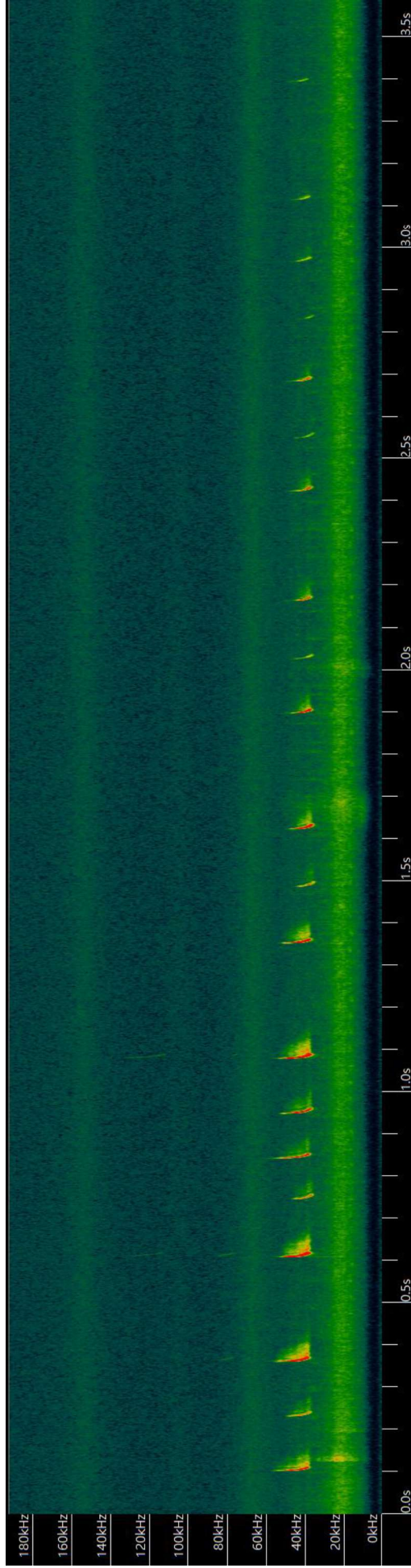


D. 臺灣家蝠

續附錄圖2.

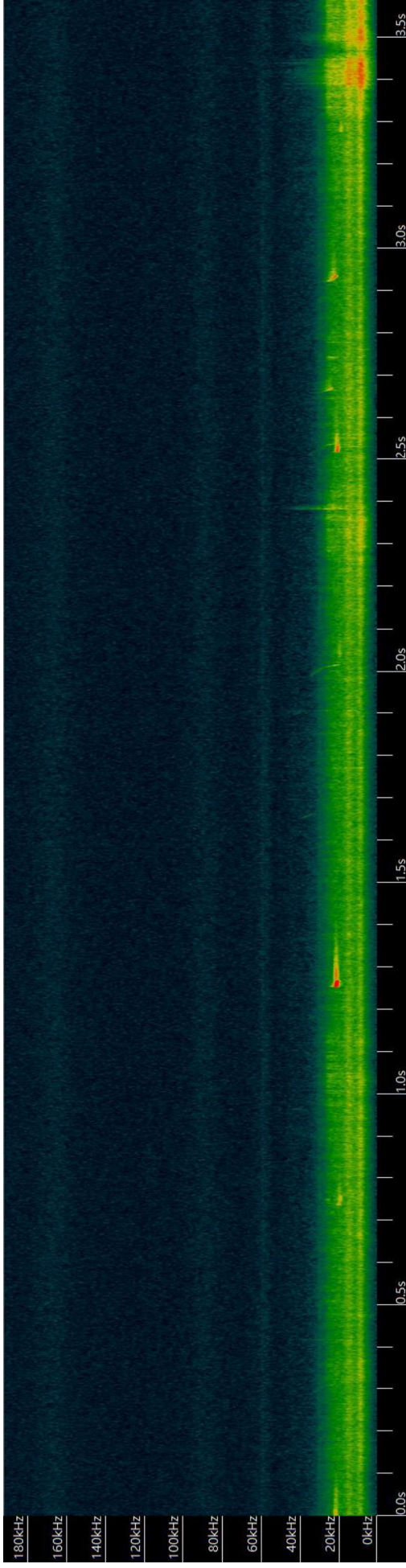


E. 山家蝠

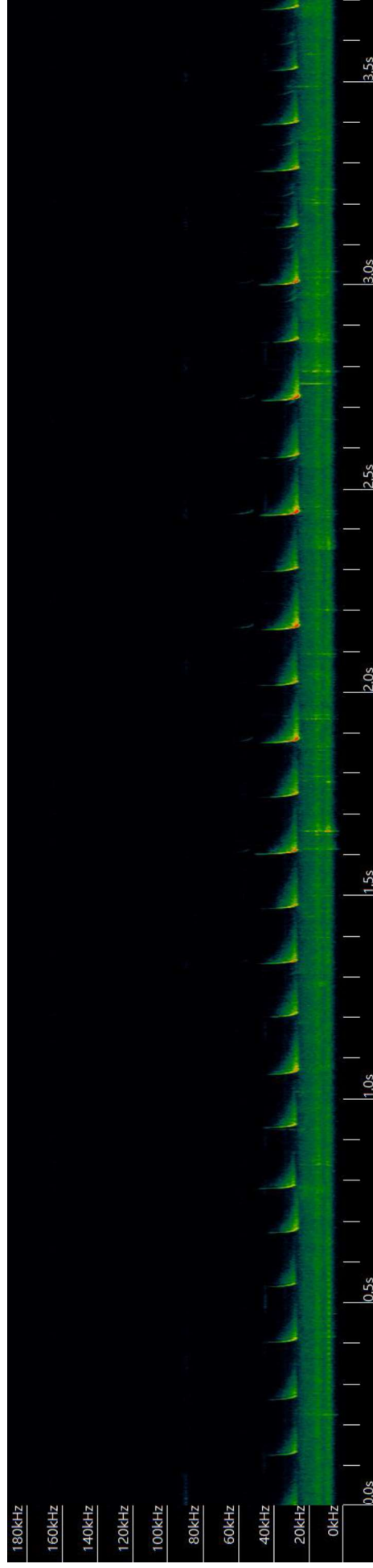


F. 高頭蝠

續附錄圖2.

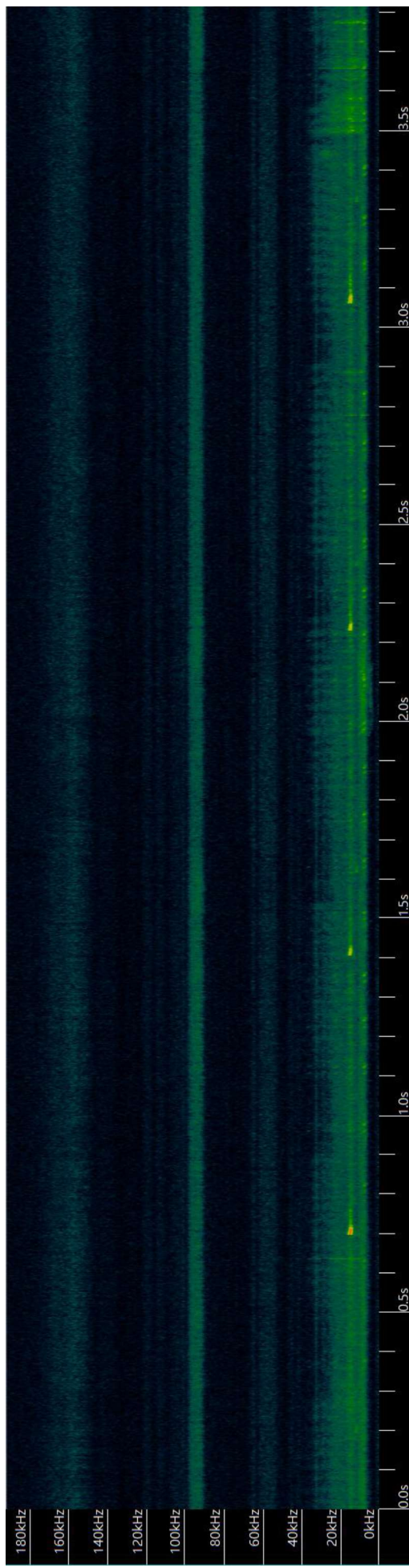
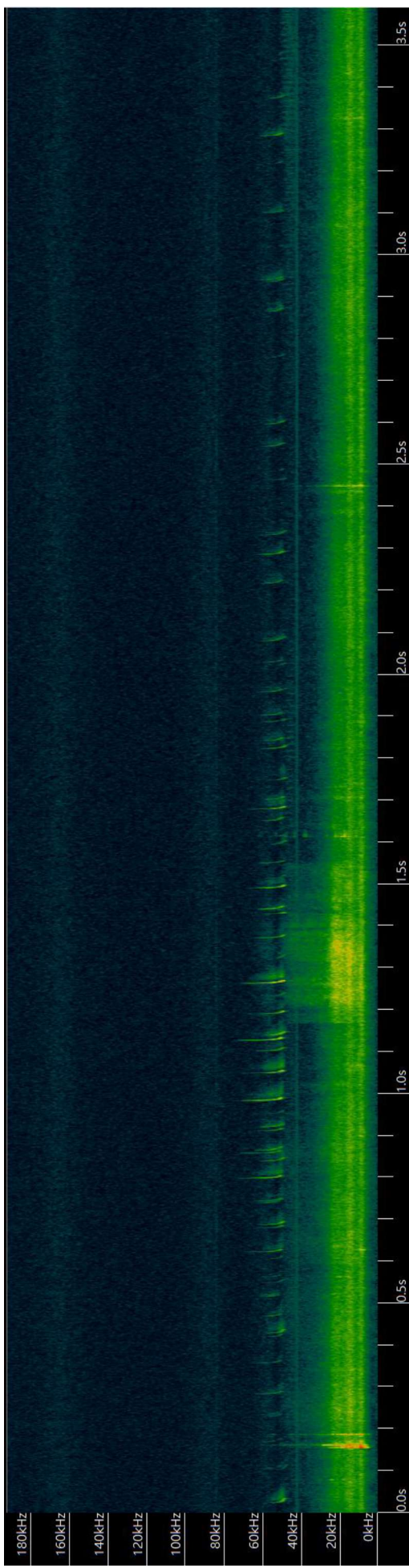


G. 絨山蝠

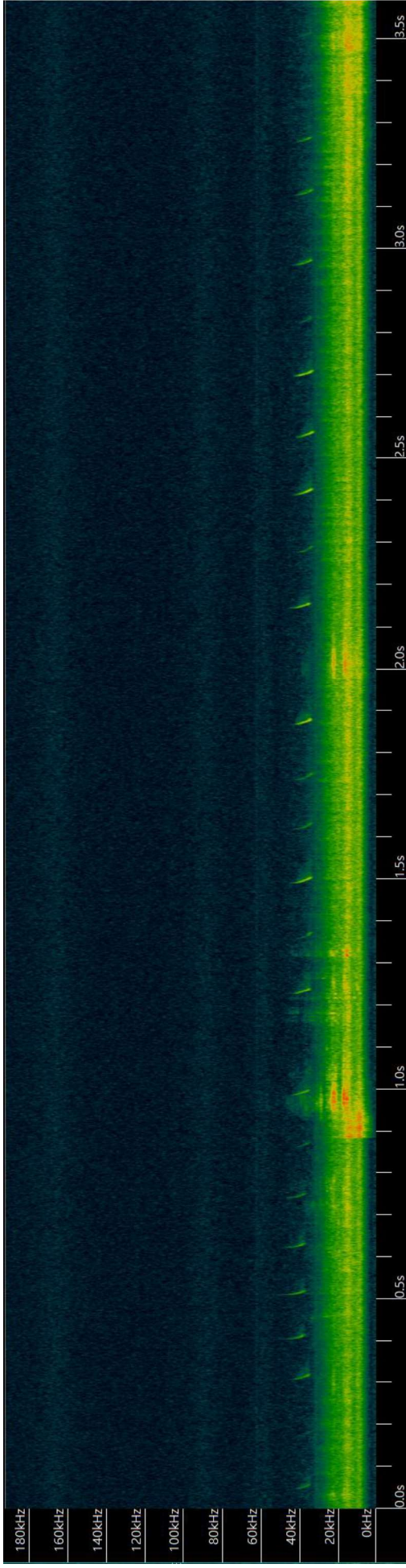


H. 堀川氏棕蝠

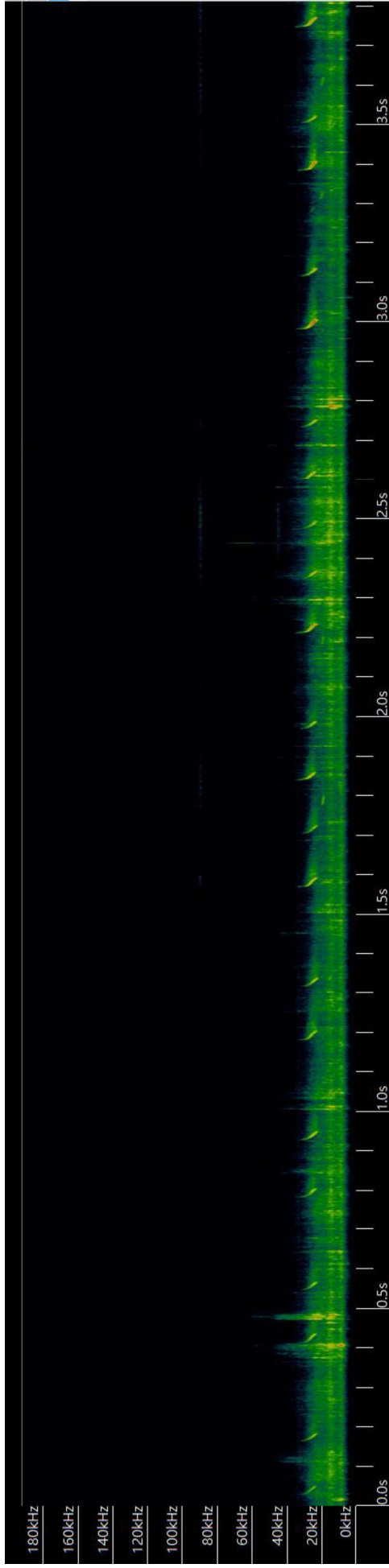
續附錄圖2.



續附錄圖2.



K. 灰伏翼？



L. 霜毛蝠？

續附錄圖2.