

# 台江國家公園濕地生態系及防風林的哺乳動物多樣性

高梅婷<sup>1</sup>，葉俊佑<sup>1</sup>，洪語晨<sup>1</sup>，周政翰<sup>1</sup>，  
劉士豪<sup>1</sup>，張簡琳玟<sup>2</sup>，林德恩<sup>2</sup>，劉建男<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>國立嘉義大學森林暨自然資源學系暨研究所；<sup>2</sup>行政院農業委員會特有生物研究保育中心；

<sup>3</sup>通訊作者 E-mail: [jnliu@mail.ncyu.edu.tw](mailto:jnliu@mail.ncyu.edu.tw)

**[摘要]** 過去臺灣地區有關濕地生態系哺乳動物資源的基礎資料較為缺乏。本研究以台江國家公園及周緣地區為主要範圍，探討濕地生態系及沿海防風林的哺乳動物多樣性。本研究彙整 2012-2018 年的臺灣動物路死觀察網資料，並於 2008 及 2019 年以目視觀察、紅外線自動相機、籠具和網具捕捉及蝙蝠超音波偵測器等方法進行哺乳動物相調查。此外，本研究在 2019 年設置 8 個固定樣區每季調查 1 次，固定樣區資料進行哺乳類 Shannon 多樣性指數及各物種的活動模式與相對豐富度分析，並探討犬、貓對小型哺乳動物相對豐富度的影響。結果顯示，研究範圍內除犬、貓以外，共記錄到包含 10 種蝙蝠在內的 23 種野生哺乳動物。非飛行性野生哺乳動物以臭鼬分布最廣且捕捉數量最多，其次為小黃腹鼠，蝙蝠以東亞家蝠及高頭蝠有較多的音頻紀錄，野生食肉目動物僅記錄到白鼻心一種。貓及小型哺乳類主要為夜間活動，犬則偏日間活動。固定樣區內的犬、貓的數量或相對豐富度與小型哺乳類的 Shannon 多樣性指數或個別物種相對豐富度皆無顯著的相關；然而，犬、貓與共域的野生動物相遇時，仍可能獵捕而造成野生動物傷亡，未來應減少犬、貓在國家公園範圍內活動。

**關鍵字：**自動相機、動物相、相對豐富度、Shannon 多樣性指數、蝙蝠超音波偵測器

## Mammal Diversity of Wetland Ecosystem and Coastal Forests in Tajiang National Park, Taiwan

Mai-Ting Kao<sup>1</sup>, Chun-You Yeh<sup>1</sup>, Yu-Chen Hung<sup>1</sup>, Shi-Hao Liu<sup>1</sup>, Cheng-Han Chou<sup>1</sup>,  
Lin-Wen ChangChien<sup>2</sup>, Te-En Lin<sup>2</sup> and Jian-Nan Liu<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Department of Forestry and Natural Resources, National Chiayi University; <sup>2</sup>Endemic Species Research Institute, Council of Agriculture; <sup>3</sup>Corresponding author E-mail: [jnliu@mail.ncyu.edu.tw](mailto:jnliu@mail.ncyu.edu.tw)

**ABSTRACT** Study on mammals of wetland ecosystem in Taiwan is relatively scarce. In this study, we aimed to understand the mammal diversity of wetlands and coastal forests in Tajiang National Park, Taiwan. We investigated mammalian fauna using visual survey, live traps, camera traps, and bat detectors in 2008 and 2019. We also collected roadkill data that were uploaded to the Taiwan Roadkill Observation Network from 2012 to 2018. In 2019, we set up eight sampling sites and each site was surveyed once per season. Data of these sites were used to analyze Shannon diversity index of each site, activity patterns of each species, and the effect of dogs and cats on the diversity and relative abundance of

small mammals. During the study periods, in addition to dogs and cats, we recorded a total of 23 native mammalian species, including 13 non-volant species and 10 bat species. *Suncus murinus* was the most abundant non-volant species, followed by *Rattus losea*. Among the bat species, *Pipistrellus abramus* and *Scotophilus kuhlii* had more acoustic records than other species. *Paguma larvata taiwana* was the only native carnivore recorded. Both small ground-foraging mammals and cats were more active during the night, whereas dogs were more active during the day. The number or relative abundance of dogs and cats was not significantly correlated to the Shannon diversity of small mammals or relative abundance of each species. Despite this, dogs and cats would hunt small mammals if they encounter them. Therefore, there is a need to reduce the number of dogs and cats in Taijian National Park.

**Keywords:** camera trap, fauna, relative abundance, Shannon diversity, bat detector

## 前言

濕地生態系統具有極高的生產力，並具有營養鹽循環、蓄洪儲水、淨化水質、穩定海岸線及提供許多野生物棲息地等重要的生態服務功能 (Maltby and Acreman 2011)。自 2010 年起，國內陸續推動各濕地的保育計畫，以「維護濕地生態穩定及多樣性、明智利用濕地資源、重建濕地與社區文化互動與傳承」作為目標 (內政部 2010)。我國的濕地保育法於 2015 年開始實施，目的在確保濕地功能、維護其生物多樣性及促進濕地生態保育。

臺灣的濕地生態系統分為陸域濕地生態系及沿海濕地生態系 (莊玉珍和王惠芳 2001)，其中沿海濕地生態系包含防風林、紅樹林以及水域環境。臺灣過去沿海濕地生態系生物多樣性相關的研究，多著重於植物、鳥類、水域生物及無脊椎動物 (如：李培芬等 2018，成功大學水工試驗所 2018，黃守忠 2018)，詳細的哺乳動物調查資料較少，僅在無尾港水鳥保護區 (宜蘭縣政府 2015)、鰲鼓溼地 (內政部 2018b) 及許厝港重要濕地 (內政部 2018a) 等重要濕地保育計畫中有哺乳動物名錄資料，蝙蝠類群僅鰲鼓濕地有詳細調查資料，共記錄到 11 種 (方引平 2017)。

哺乳動物在生態系中扮演重要角色 (Gedan *et al.* 2009, Kunz *et al.* 2011, Lacher Jr. *et al.* 2019)，例如協助花粉及種子傳播 (Muscarella and Fleming 2007, Kunz *et al.* 2011,

Ripple *et al.* 2014)、控制害蟲數量 (Kunz *et al.* 2011)、促進表層土壤的擾動 (Martin 2003)、維持原生植物多樣性和群聚結構、促進生態系統有機物質的能量循環及維持生態系統穩定等 (Mass *et al.* 2016)。研究指出部分嚙齒類哺乳動物會偏好特定微棲地類型，因此其活動範圍會受棲地結構的限制 (Dooley Jr. and Bowers 1996)，而飛行性的蝙蝠雖然具有良好的移動能力能橫跨不同的地景結構，但對於溫度變化及棲地干擾相當敏感 (Russo and Jones 2015)，兩者被認為可作為反映人為活動或氣候變遷造成環境變化的指標生物 (Russo and Jones 2015, Ofori *et al.* 2016)。雖然在濕地生態系中，哺乳動物的多樣性通常比鳥類等其他類群低，但仍扮演不可或缺的角色 (Batzer *et al.* 2006, Gedan *et al.* 2009)。

台江國家公園位於臺灣本島西南部，範圍內包含潟湖、海埔新生地、離岸河口沙洲、防風林及紅樹林等多種棲地類型，更包含曾文溪口和四草等兩個國際級濕地。國家公園成立以來，針對黑面琵鷺及其棲地的保育與環境因子的監測已進行許多研究 (如：林幸助等 2011，王穎等 2012，郭東輝 2018)，近年來陸續進行兩生爬行類 (張原謀等 2018) 及植物資源的調查 (謝宗欣 2019)。哺乳動物部分則僅有零星的調查資料，包括國家公園成立前在七股鹽田、曾文溪口、四草地區和鹽水溪口等 4 個樣區記錄到包括刺鼠 (*Niviventer coninga*) 及外來種緬甸小鼠 (*Rattus exulans*)、犬 (*Canis*

*familiaris*)、貓 (*Felis catus*) 在內共 13 種哺乳動物(衍生工程顧問有限公司 2010),另周政翰(2017)在安南區台江國家公園管理遊客中心附近以蝙蝠超音波偵測器進行 2 次的錄音,記錄到 8 種蝙蝠的回聲定位叫聲。

本研究目的在了解台江國家公園沿海防風林及濕地生態系之野生哺乳動物的種類組成、分布概況及物種的相對豐富度,並確認外來種緬甸小鼠、犬和貓的分布狀況。此外,自由活動的犬、貓可能造成原生物種族群量的下降(Yen *et al.* 2019)。因此,本研究亦探討犬、貓對小型哺乳動物相對豐富度的影響。

## 材料與方法

### 一、研究地區及資料來源

本研究以台江國家公園的陸域區域為主要調查範圍,包括七股及安南 2 個區域,面積約 5,050 ha。然而,多數哺乳動物移動性佳,因此將國家公園外圍 1 km 內的區域亦列入調查範圍,各樣點資料參考圖 1。本報告資料包含三個來源,(一)2008 年 3 至 9 月的現地調查,(二)由臺灣動物路死觀察網(簡稱路殺社)所蒐集自 2012 年 5 月至 2018 年 10 月的路殺資料,及(三)2019 年 2 至 11 月的現地調查。2019 年資料中,缺乏 1 月及 12 月的資料,將 2-3 月定義為第一季、4-6 月為第二季、7-9 月為第三季、10-11 月為第四季。

### 二、調查方法

#### (一) 2008 年現地調查

2008 年 3-9 月,以下列四種方法進行調查:

1. 目視觀察法:於四草大橋及安平區周邊之既有道路(如:林道、步道、或公路),以騎乘機車、緩慢開車或步行的方式,於研究範圍內隨機搜尋,記錄哺乳動物的各種跡象,包括個體、屍體、叫聲及排遺等,記錄發現時間、地點及物種。此外,於青草里青草國小校園(圖 1 B8)的蒲葵樹進行蝙蝠觀察。

2. 籠具捕捉法:2008 年 3 月 24-26 日於七股區曾文溪口(圖 1 B6)及安平區四草大橋(圖 1 B19)、及 6 月 25-27 日於安南區鹿耳門聖母廟(圖 1 B9),分別進行連續 2 夜次捕捉,每個區域設置 20 個捕捉籠,每個捕捉籠相距 10 m,第 5、10、15 及 20 個捕捉籠為臺製松鼠籠,其餘 16 個為薛門式捕捉籠(9.5 × 8.5 × 26.5 cm,三寬有限公司,臺灣)。籠內以地瓜切塊沾花生醬為誘餌,誘餌每天更換以保持新鮮增加誘捕率。天黑前完成捕捉籠設置並於隔天清晨巡查,每個樣點進行連續 2 夜的小型哺乳動物捕捉。

3. 蝙蝠網具捕捉法:2008 年 3 月 24 日在七股區曾文溪口(圖 1 B6)、6 月 26 日在安平漁光社區(圖 1 B21)及 7 月 30 日在億載金城(圖 1 B20),分別架設霧網及豎琴網各 1 張,豎琴網捕捉整晚,霧網捕捉入夜後 2 小時。

4. 蝙蝠超音波偵測器調查法:2008 年 9 月 24 日於曾文溪口(圖 1 B6),在傍晚 18:00-18:30 期間,開車以每小時約 10-20 km 緩速前進的方式,利用超音波偵測器(Anabat SD1, Titley Electronics, Australia)進行蝙蝠音頻側錄。

#### (二) 2012-2018 年路殺調查資料

「路殺社」是由農業委員會特有生物研究保育中心主持和推動的公民科學計畫,正式名稱為「臺灣動物路死觀察網」(<https://roadkill.tw>)。本研究使用路殺社提供之 2012 年 5 月至 2018 年 10 月間,由民眾以智慧型手機拍照、定位後回報在台江國家公園及其範圍 1 km 內之路殺資料。路殺個體的資料包括發現時間、點位座標、證據照片及拍照記錄者名字,每一筆路殺資料經由專屬網路應用程式(<https://roadkill.tw/app>)上傳登錄至路殺資料庫中,並給予獨立編碼,每一筆回報資料都會先由資料庫管理員初步審核是否完整,再由哺乳動物專業人員進行辨識鑑定,儘量辨識到種的階層。

#### (三) 2019 年現地調查

依據不同活動習性的哺乳動物,使用下列調查方法:

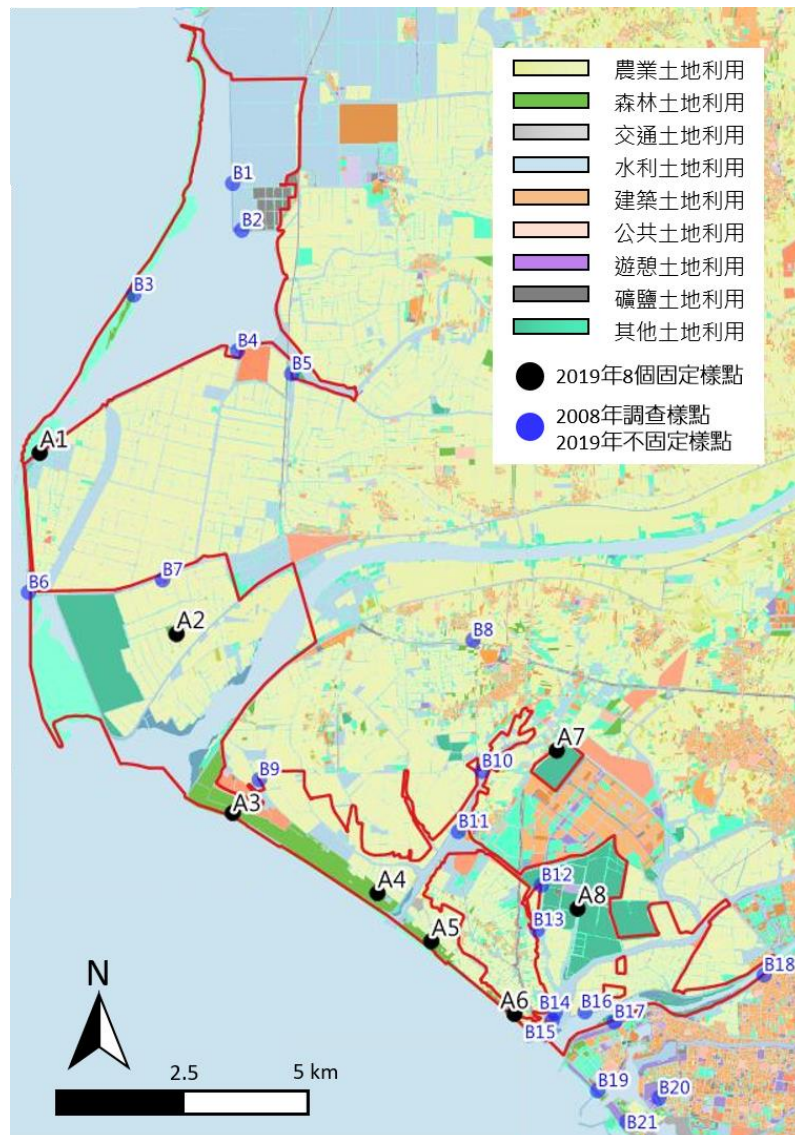


圖 1. 台江國家公園及其周緣地區之調查樣點位置。紅框線為國家公園範圍。黑色圓點 A1 至 A8 為 2019 年之 8 個固定樣點、藍色圓點 B1 至 B21 為 2008 年之調查樣點及 2019 年不固定樣點。各樣點描述見內文。

1. 目視觀察法：

在研究範圍內以騎乘機車、緩慢開車或步行的方式隨機搜尋，記錄哺乳動物的各種跡象，包括個體、屍體、叫聲及排遺等，記錄發現時間、地點及物種，每季調查 3 次。

2. 自動相機調查法：

在研究範圍內設置 8 個 1 km x 1 km 固定樣區，其中七股區 2 個 (圖 1 A1、A2) 和安南區 6 個 (圖 1 A3-A8)。A1 位於七股區南灣碼頭至國聖港燈塔間，包含雜木林灌叢以及以木

麻黃為主的防風林；A2 位於七股重要野鳥棲地，包含木麻黃為主的雜木林及堤防邊的草地；A3 位於城西垃圾焚化廠後的防風林；A4 位於鹿耳門溪北岸城西海岸的雜木林；A5 位於府城天險至四草海岸間的防風林；A6 位於四草大橋至鹿耳門安檢所間的防風林；A7 位於鵲鴿科生態保護區，包含廢棄魚塢、紅樹林以及以銀合歡、大葉欖仁為主的雜木林；A8 位於北汕尾水鳥生態保護區，包含雜木林及紅樹林。

本研究每一個固定樣區各架設 1 部紅外線自動相機 (Redleaf RD1005, Shenzhen Redleaf Technology Company Limited, China), 但調查過程在 A5 拍攝到白鼻心 (*Paguma larvata larvata*), 由於白鼻心是研究範圍內唯一的野生食肉目動物, 且 A5 樣區之防風林範圍較為廣闊並鄰近 A4 樣區, 為增加調查努力量以了解白鼻心的分布及相對豐富度, 因此在 A4 及 A5 樣區於 2019 年 5 月各增設 1 部相機。相機架設高度離地面約 30-60 cm, 以俯角約 45° 拍攝。拍攝到的動物照片儘可能辨識到種的分類階層, 但照片中鼯形目種類除了臭鼯 (*Suncus murinus*) 以外, 難以準確辨識到種, 因此臭鼯以外的物種以「鼯形目」統稱, 嚙齒目之鼠科多數個體亦難以準確辨識到種, 因此以「鼠科」統稱。此外, 若有拍攝到犬、貓時, 依據身體花紋及毛色進行個體辨識, 計算每個樣區的個體數量。

### 3. 籠具捕捉法：

上述 8 個固定樣區分別設置 1 條 1 km 長的調查樣線, 每條樣線每 1 季設置 15 個薛門式捕捉籠 (9.5×8.5×26.5 cm, 三寬有限公司, 臺灣) 及 5 個雙門臺製捕獸籠 (43×18×15 cm, 總捉捕鼠捕獸器, 臺灣) 進行連續 4 夜的捕捉, 每個籠具間隔約 50 m, 以連續 3 個薛門氏捕捉籠後設置 1 個臺製捕獸籠的排列方式配置。薛門式捕捉籠以捕獲較小型的嚙齒目及鼯形目動物為主, 臺製捕獸籠則可捕獲鬼鼠、溝鼠及松鼠等較大型的嚙齒目動物。籠具捕捉之餌料以地瓜沾花生醬為主, 並在籠位附近灑魚粉或蝦粉以吸引鼯形目種類, 開籠期間每天早上巡籠及視需要更換餌料。捕獲的個體辨識到種的分類階層、記錄性別、並於體側不同部位減去部分毛髮, 作為連續 4 夜調查期間是否有重複捕捉的依據, 結束後隨即野放回原捕捉地點。此外, 為擴大調查範圍, 選取 16 個非固定樣區 (圖 1 B1-B5、B7、B9-B18), 每個非固定樣區設置 4-20 個薛門式捕捉籠或臺製捕獸籠, 進行 1 次 1 夜或連續 2 夜的捕捉。

### 4. 蝙蝠網具捕捉法

上述 8 個固定樣區中, 每個樣區選擇 1 個調查樣點, 每 1 季以豎琴網或霧網進行 2 個不連續夜晚的捕捉, 霧網捕捉時間為入夜後 2 個小時, 豎琴網捕捉時間為整夜。捕捉到的蝙蝠辨識到種的分類階層, 並於前臂配戴具有不同編號的鋁製翼環 (Porzana Ltd., UK) 作為個體標記後原地釋放。

### 5. 蝙蝠超音波偵測器調查法

上述 8 個固定樣區中, 每個樣區選擇 1 個樣點設置 1 台超音波偵測器 (Anabat SD2, Titley, Australia 或 Song Meter SM3BAT, Wildlife Acoustic, U.S.) 進行整夜的蝙蝠超音波側錄。每個樣點第一季錄 2 夜, 第二季起錄 3 夜。蝙蝠的回聲定位叫聲頻率及結構具有種間差異, 可作為判別物種依據 (Jones and Teeling 2006)。錄到的蝙蝠回聲定位音頻參考 Chou and Cheng (2012) 及鄭錫奇等 (2017a) 進行種類判別, 儘可能辨識到種的分類階層, 但部分家蝠屬、鼠耳蝠屬及管鼻蝠屬同屬物種的音頻非常相似不易區分, 因此以家蝠屬、鼠耳蝠屬及管鼻蝠屬統稱, 如因錄音品質不佳等因素導致無法有效辨別種類之音頻, 則歸類為無法辨識。蝙蝠超音波偵測器所側錄之資料, 以每一個 Anabat 系統 (最長為 15 秒) 或 SM3BAT (每個錄音檔案以 15 秒為 1 個檔案) 所記錄的檔案為單元, 若同一單元內同種蝙蝠記錄到多筆聲音資料, 仍視為 1 筆有效音頻。

### 三、資料分析

2008 年現地調查、2012-2018 年路殺社之資料、2019 年目視觀察法、蝙蝠捕捉及超音波偵測器調查法、以及非固定樣區的調查結果僅作為哺乳動物種類組成及分布使用。

2019 年固定樣區紅外線自動相機資料除種類組成之外, 用來分析不同物種的相對豐富度及日活動模式, 並用以探討犬、貓對野生動物的影響。本研究計算各物種或類群 (例如嚙齒目鼠科鼠類) 在每個固定樣區全年度的出現頻度指數 (Occurrence Index, OI) 作為物種相對豐富度的指標。本研究以 1 小時內同一個物

種無法判定為不同個體的照片皆視為同 1 筆有效照片，以第 1 張照片的時間當作該筆有效照片的活動時間，出現頻度指數  $OI = (\text{一物種在該樣點的有效照片數} / \text{該樣點的總工作時數}) \times 1,000$  小時 (裴家騏和姜博仁 2002)。A4 及 A5 樣區各有 2 台相機，各台相機先以總工作時數和有效照片數分別計算  $OI$  值後，再將 2 台相機的  $OI$  值取平均。由於犬、貓的相片可以辨識到個體，因此每個固定樣區分別計算拍攝到的隻數，將隻數與該樣區全年度的  $OI$  值進行斯皮爾曼相關分析 (Spearman correlation coefficient)，以了解  $OI$  值與隻數是否呈現正相關。另分別以每個樣區犬、貓的隻數及  $OI$  值分別與其他小型哺乳類的  $OI$  值進行斯皮爾曼相關分析。

日活動模式部分，將一天分為 24 個 1 小時的時段，去除第一天及最後一天不足 24 小時的部份後，以每一個物種 (或類群) 在個別時段的有效照片數占該物種所有有效照片數的比例，視為該時段的相對活動量。將上述個別物種每小時拍到的有效照片數，以核密度估計法 (kernel density estimation) (Ridout and Linkie 2009) 去估算個別物種在每個時段活動的機率密度函數 (probability density function)，並分別計算兩個物種的平均活動重疊係數 (coefficient of activity overlap,  $\Delta 1$ , Ridout and Linkie, 2009; Monterroso *et al.* 2014) 及 95% 信賴區間。兩個物種的活動重疊係數  $\Delta 1$  介於 0 到 1 之間， $\Delta 1=0$  代表兩個物種活動完全沒有重疊， $\Delta 1=1$  代表兩個物種活動完全重疊。本計畫依照 Monterroso *et al.* (2014) 的定義方式，兩個物種活動重疊係數  $\Delta 1 < 0.5$  視為低度重疊， $0.5 < \Delta 1 \leq 0.75$  視為中度重疊， $\Delta 1 > 0.75$  視為高度重疊。相關分析以 R 軟體 (R Development Core Team, 2008) 執行。

2019 年固定樣區的籠具捕捉資料，以捕獲到的哺乳動物總隻次除以總籠夜數來計算每樣區在各季的捕獲率 (毛俊傑 2006, 裴家騏 2010)。捕捉資料並用來計算各樣區各季小型哺乳動物的 Shannon 多樣性指數 (Shannon

diversity index,  $H'$ )，其公式為  $H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$ ，其中  $S$  為各樣區中所記錄到之物種數，而  $p_i$  為各樣區中第  $i$  物種所占的數量百分比 (Shannon 1948)。各樣區的小型哺乳動物的 Shannon 多樣性指數值與犬、貓的個體數及  $OI$  值分別進行斯皮爾曼相關分析。

## 結果

### 一、2008 年現地調查

總計調查到 3 種蝙蝠及 5 種非飛行性哺乳動物。蝙蝠部分，在漁光社區 (B21) 及億載金城 (B20) 目擊多隻東亞家蝠 (*Pipistrellus abramus*)，於青草國小校園 (B8) 目擊多隻東亞家蝠及在 1 棵華盛頓椰子樹觀察到約 90 隻高頭蝠 (*Scotophilus kuhlii*)；捕捉部分，於七股曾文溪口 (B6) 捕獲 4 隻東亞家蝠、安平漁光社區捕獲 1 隻東亞家蝠、安平億載金城捕獲 1 隻東亞家蝠。蝙蝠超音波偵測器於七股曾文溪口側錄到東亞家蝠、高頭蝠、東亞摺翅蝠 (*Miniopterus fuliginosus*) 等 3 種蝙蝠音頻。非飛行性哺乳類部分，在億載金城目擊溝鼠 (*Rattus norvegicus*) 2 隻及於七股曾文溪口發現臺灣鼫鼠 (*Mogera insularis*) 地道。於曾文溪口捕捉到 3 隻小黃腹鼠 (*Rattus losea*)、1 隻田鼫鼠 (*Mus caroli*) 及 1 隻臭鼩，於四草大橋 (B19) 周邊捕捉到 3 隻小黃腹鼠、1 隻田鼫鼠及 4 隻臭鼩，另於安南區鹿耳門聖母廟 (B9) 捕捉到 3 隻小黃腹鼠 (表 1，圖 2)。

### 二、2012-2018 年路殺調查資料

路殺社於 2012 至 2018 年期間，經由註冊會員之民眾上傳的台江國家公園及周緣地區之哺乳動物資料共有 278 筆，其中有 210 筆可以辨識出 14 種，分別為溝鼠 69 隻、小黃腹鼠 45 隻、鬼鼠 (*Bandicota indica*) 33 隻、田鼫鼠 10 隻、亞洲家鼠 (*Rattus tanezumi*) 2 隻、赤背條鼠 (*Apodemus agrarius*) 1 隻、臭鼩 31 隻、灰麝鼩 (*Crocidura tanakae*) 1 隻、小麝鼩 (*Crocidura shantungensis hosletti*) 1 隻、東亞家

表 1. 統整本研究及前人文獻於台江國家公園及周緣地區之哺乳動物名錄

目名	科名	中文名	來源 1	來源 2	2008 現地 調查	本研究				
						2012- 2018 路殺 社	目視觀 察法	籠具、 網具捕 捉	2019 自動相 機相機	超音波 偵測器
食肉目	靈貓科	白鼻心	v						v	
	犬科	家犬	v			v	v		v	
	貓科	家貓	v			v			v	
嚙齒目	松鼠科	赤腹松鼠					v		v	
	鼠科	小黃腹鼠	v		v	v	v	v		
		溝鼠	v		v	v	v	v		
		田鼯鼠	v		v	v		v		
		家鼯鼠	v					v		
		鬼鼠	v			v	v	v		
		亞洲家鼠				v				
		赤背條鼠				v		v		
		臭鼩	v		v	v	v	v	v	
		小麝鼩	v			v		v		
灰麝鼩				v		v				
鼯鼠目	尖鼠科	臺灣鼯鼠			v					
		堀川氏棕蝠		v					v	
		高頭蝠		v	v	v			v	
翼手目	蝙蝠科	絨山蝠		v					v	
		東亞家蝠	v	v	v	v	v	v	v	
		山家蝠		v					v	
		金黃鼠耳蝠		v					v	
		長尾鼠耳蝠				v				
		長趾鼠耳蝠		v						
		臺灣管鼻蝠							v	
		東亞摺翅蝠			v				v	
		游離尾蝠科	東亞游離尾蝠		v					v
		總計						26		

資料來源：1、衍生工程顧問有限公司 (2010)；2、周政翰 (2017)。

註：來源 1 有記錄到刺鼠及緬甸小鼠，推測為小黃腹鼠的誤判，因此不列入。

蝠 12 隻、高頭蝠 2 隻、長尾鼠耳蝠 (*Myotis frater*) 1 隻、犬 1 隻及貓 1 隻 (表 1)，所有物種路殺點位如圖 3。

### 三、2019 年現地調查

#### 1. 目視觀察法

2019 年 2 月至 11 月記錄到 13 筆哺乳動物屍體資料，包括鬼鼠 3 筆、溝鼠 2 筆、小黃腹鼠 3 筆、臭鼩 3 筆及無法辨識種類之嚙齒類 2 筆，其他跡象包括目擊赤腹松鼠 (*Callosciurus erythraeus taiwanensis*) 活體 7 隻次、小黃腹鼠 2 隻次和臭鼩 1 隻次 (表 1)。犬在國家公園範圍內經常可見，另在傍晚常見東

亞家蝠在天空飛行。

#### 2. 自動相機調查法

調查期間 8 個固定樣區自動相機總工作時數為 45,803 小時，共拍得哺乳動物有效照片 1,460 張。記錄到可以辨識到種的種類有白鼻心 (*Paguma larvata larvata*)、赤腹松鼠、臭鼩、犬及貓等 5 種，另有無法準確辨識到種的嚙齒目鼠科及鼯形目 (表 2)。野生動物以臭鼩 OI 值最高且分布最廣，除 A3 樣區外，其餘 7 個固定樣區皆有拍攝紀錄，野生食肉目動物僅白鼻心 1 種，在 A5 及 A6 樣區有拍攝紀錄 (表 2、圖 2)。

#### 3. 籠具捕捉法

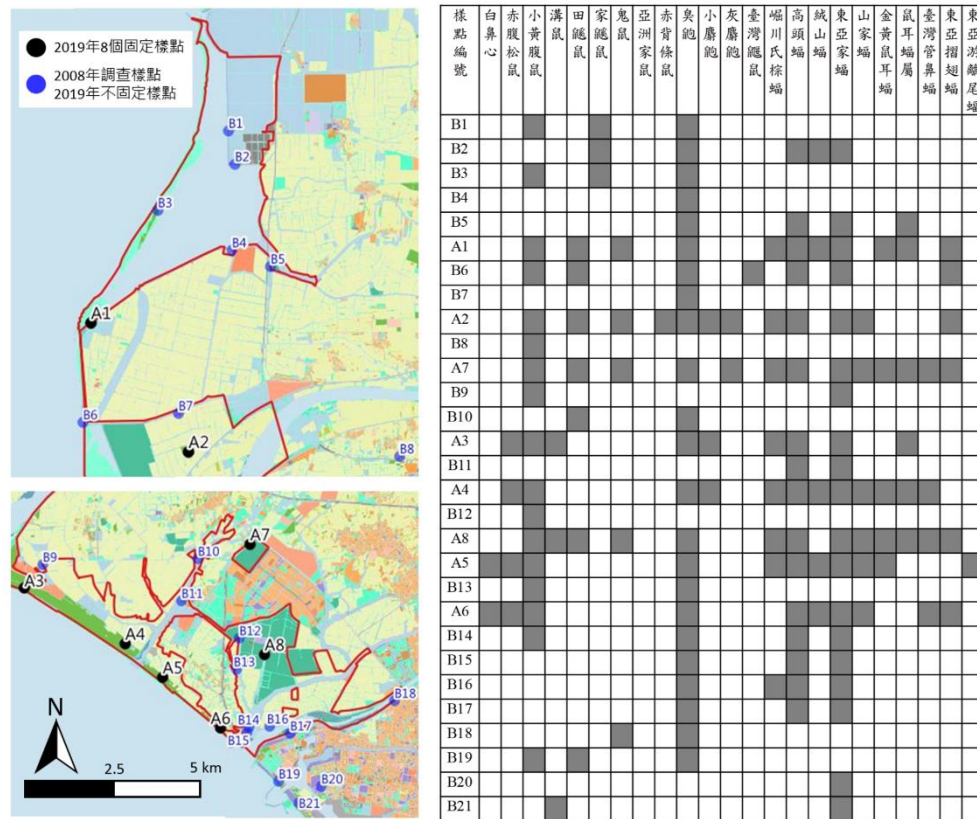


圖 2. 台江國家公園野生哺乳動物在各樣點的分布圖。灰色格為樣點有調查到該物種、白格為樣點無調查到該物種。

在 8 個固定樣區共捕獲 2 目 8 種 457 隻次的小型哺乳動物。其中以臭鼩最優勢，在 8 個樣區共捕獲 323 隻次，其次為小黃腹鼠在 8 個樣區捕獲 81 隻次、田鼯鼠在 4 個樣區捕獲 27 隻次、鬼鼠在 4 個樣區捕獲 12 隻次、小麝鼩在 3 個樣區捕獲 5 隻次、溝鼠在 2 個樣區捕獲 5 隻次、灰麝鼩在 2 個樣區捕獲 2 隻次及赤背條鼠在 1 個樣區捕獲 2 隻次。第一季到第四季小型哺乳動物整體捕獲率分別為 18.9%、19.2%、13.6%及 19.8% (圖 4)。除哺乳類外，研究期間第二季到第四季捕獲寄居蟹和蜥蜴等非哺乳動物的籠夜數量分別為 123 (19%)、181 (29%) 及 67 (3%)，第一季沒有完整記錄非哺乳動物的捕獲數量。8 個固定樣區全年 Shannon 多樣性指數以 A8 (北汕尾水鳥生態保護區) 最高，A7 (鵲鴿科生態保護區) 次之，A5 及 A6 最低 (表 3)。

在 16 個非固定樣區共捕獲 2 目 3 科 5 種 59 隻次，以臭鼩在 13 個樣點 (B9、B11、B12 以外) 捕獲 44 隻次最多，其次為小黃腹鼠在 6 個樣點 (B1、B3、B9、B12、B13-B14) 捕獲 8 隻次、家鼯鼠 (*Mus musculus*) 在 3 個樣區 (B1-B3) 捕獲 5 隻次、鬼鼠 (B18) 和田鼯鼠 (B10) 各 1 隻。總計籠具捕捉法共捕獲 9 種哺乳動物 (表 1，圖 2)。

#### 4. 蝙蝠網具捕捉法

2019 年調查期間，蝙蝠網具共捕獲東亞家蝠 8 隻。第一季分別於 A3、A5 使用豎琴網捕捉到 3 隻東亞家蝠，第二季未捕獲任何蝙蝠，第三季分別於 A1、A6 使用豎琴網捕捉到 3 隻東亞家蝠，第四季於 A8 使用霧網捕捉到 2 隻東亞家蝠 (圖 2)。

#### 5. 蝙蝠超音波偵測器調查法

2019 年於 8 個固定樣區蝙蝠超音波偵測



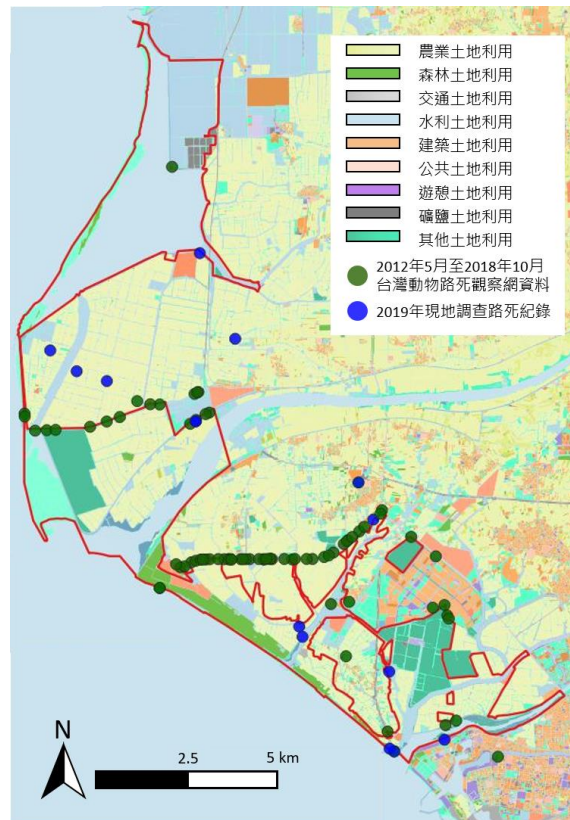


圖 3. 台江國家公園及其周緣地區哺乳動物路殺樣點分布。綠色圓點為 2012 年 5 月至 2018 年 10 月的臺灣動物路死觀察網資料、藍色圓點為 2019 年現地調查之路死紀錄。紅色框線為國家公園範圍

表 2. 2019 年台江國家公園內 8 個固定樣區以紅外線自動相機調查之工作時數、調查到之種類及出現頻度指數 (Occurrence Index, OI 值, 定義為每 1,000 相機工作小時拍攝到的有效照片數)

樣區	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
總工作時數	5,468	3,689	5,961	7,320	7,611	6,596	4,565	4,593
白鼻心	0	0	0	0	0.48	0.15	0	0
赤腹松鼠	0	0	1.34	3.02	0.55	1.21	0	0
嚙齒目鼠科	94.55	31.99	0	1.4	6.34	2.27	10.51	7.84
臭鼬	2.19	2.44	0	0.99	5.75	6.97	0.44	0.22
鼯鼠目	0	0.54	0	0	0	0	0	0
犬	0.37	1.36	0.50	15.67	14.96	27.90	2.41	5.88
	(1)	(3)	(1)	(12)	(17)	(10)	(2)	(6)
貓	0	2.17	0.17	1.49	1.25	14.10	0	6.31
	(0)	(1)	(1)	(3)	(1)	(5)	(0)	(1)

註：犬及貓括弧中的數字為可辨識出的個體數；A4 及 A5 樣區各物種的 OI 值為 2 台紅外線自動相機 OI 值的平均值。

器共錄得蝙蝠有效音頻 25,324 筆，其中 4,073 筆僅能辨識到鼠耳蝠屬、114 筆僅能辨識到管鼻蝠屬，其餘 21,137 筆共辨識出 3 科 9 種 (表 1)，其中以東亞家蝠及高頭蝠有錄到較多的音

頻，且在 8 個固定樣區皆有紀錄。列為國家紅皮書國家易危等級 (Nationally Vulnerable, NVU) 之金黃鼠耳蝠 (*Myotis formosus flavus*) 在 A1、A4、A7、A8 等樣區有音頻紀錄 (圖 2)。

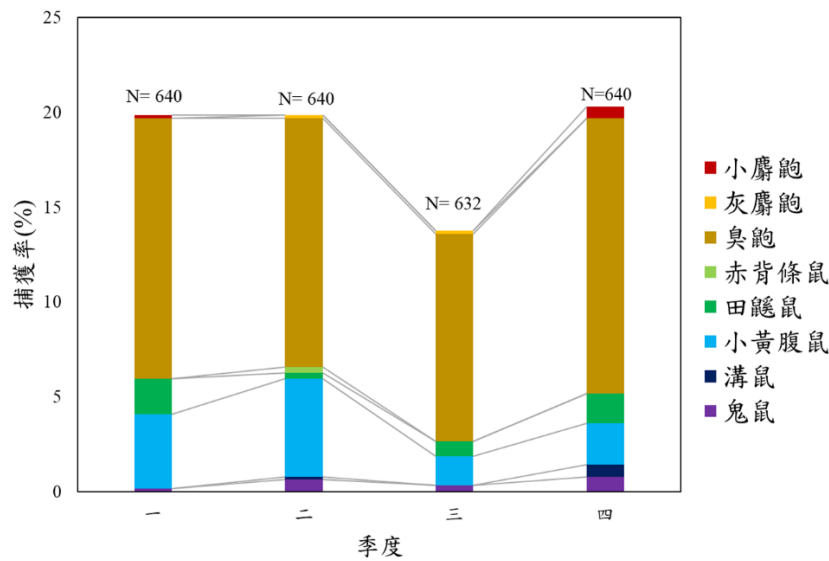


圖 4. 2019 年固定樣點籠具捕捉之各物種捕獲率。N 為每季之總籠次。第三季部分籠具遭竊，故不足 640 籠次。本研究第一季為 2-3 月、第二季為 4-6 月、第三季為 7-9 月、第四季為 10-11 月

表 3. 2019 年台江國家公園各季節 8 個固定樣區籠具捕捉之小型哺乳類 Shannon 多樣性指數 ( $H'$ )。粗體為各季生物多樣性指數最高的樣區。各樣區位置參照圖 1。

$H'$	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
第一季 (2-3 月)	0.659	0.898	0.726	0.641	0.535	0.287	1.103	<b>1.321</b>
第二季 (4-6 月)	0.453	0.514	0.942	0.803	0.660	0.854	<b>1.518</b>	1.155
第三季 (7-9 月)	0.185	0.569	0	0.562	0	0	0.927	<b>1.433</b>
第四季 (10-11 月)	0	0.684	0.802	0.830	0.314	0.199	<b>1.295</b>	1.164
全年度	0.484	1.146	0.938	0.693	0.230	0.229	<b>1.298</b>	<b>1.387</b>

#### 四、犬、貓對小型野生哺乳動物的影響

紅外線自動相機資料顯示，犬在 8 個樣區皆有紀錄，各固定樣區可辨識的個體數介於 1 到 17 隻之間，貓在 6 個樣區有紀錄，個體數介於 1 到 5 隻之間 (表 2)，A4 及 A8 樣區各拍攝到 1 筆貓捕食鼠類的照片。各樣區犬、貓的隻數與 OI 值呈現顯著正相關 (犬： $r=0.874$ ,  $P=0.005$ ；貓： $r=0.507$ ,  $P=0.305$ )；各樣區犬、貓的隻數及 OI 值分別與臭鼯、鼠科鼠類之 OI 值及樣區內小型哺乳類的 Shannon 多樣性指數值進行斯皮爾曼相關分析，結果皆無顯著相關 (所有  $P>0.05$ )。針對有效照片數較多的臭鼯、鼠科鼠類、犬及貓進行日活動模式分析，結果顯示臭鼯為夜行性，鼠科鼠類偏夜行

性，但白天有少許活動紀錄，犬偏日行性，上午及下午各有一個活動高峰，貓則偏夜行性 (圖 5)。犬與鼠科鼠類及臭鼯的平均活動重疊係數分別為 0.38 (95%CI: 0.34-0.42) 及 0.23 (95%CI: 0.17-0.28)，貓跟鼠科鼠類及臭鼯的平均活動重疊係數分別為 0.84 (95%CI: 0.76-0.90) 及 0.79 (95%CI: 0.71-0.86)。

## 討論

### 一、台江國家公園的哺乳動物組成

本研究在台江國家公園範圍及周緣地區共記錄到 4 目 8 科 23 種野生動物 (表 1) 及外來種的犬與貓。與前人的文獻比較，本研究未

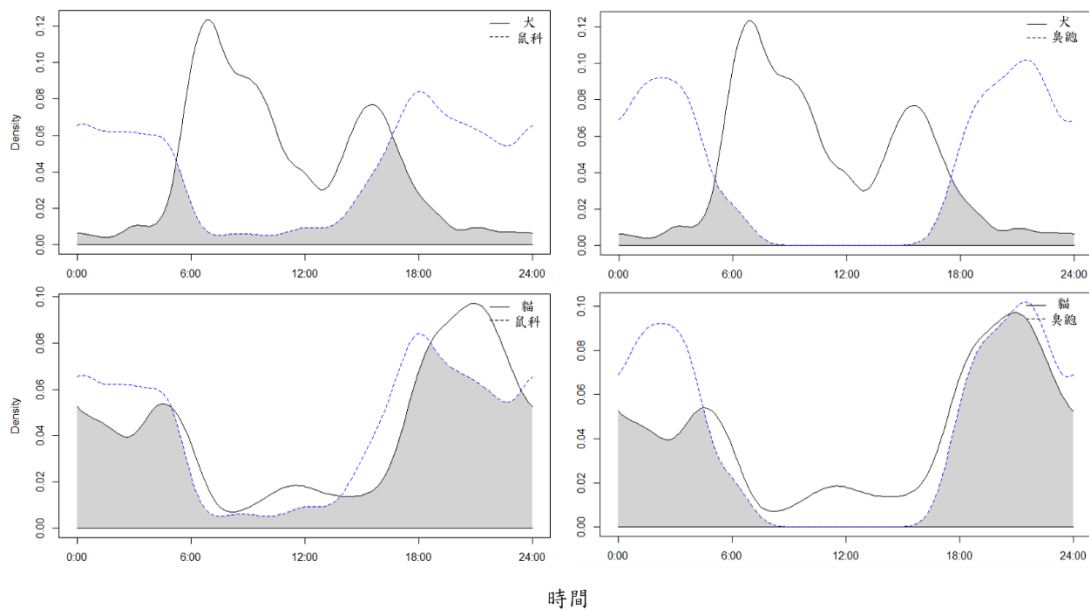


圖 5. 台江國家公園犬、貓、鼠科鼠類和臭鼩的活動模式，灰色區域代表活動時間重疊。活動重疊係數，犬與鼠科鼠類為 0.38 (95%CI: 0.34-0.42)，犬與臭鼩為 0.23 (95%CI: 0.17-0.28)，貓與鼠科鼠類為 0.84 (95%CI: 0.76-0.90)，貓與臭鼩為 0.79 (95%CI: 0.71-0.86)。

記錄到刺鼠、緬甸小鼠 (衍生工程顧問有限公司 2010)及長趾鼠耳蝠 (*Myotis secundus*) (周政翰 2017)。前人文獻中提及之刺鼠及緬甸小鼠皆於安南沿岸保安林特別景觀區所捕獲 (衍生工程顧問有限公司 2010)，即本研究 2019 年現地調查的 A5、A6 固定樣區。刺鼠主要分布在臺灣中低海拔的森林，而過去發現的緬甸小鼠主要分布在花蓮縣吉安鄉，棲息地偏好於 1 m 以下非禾本科草本植物 (吳海音等 2001)。本研究在多數捕捉樣點皆捕獲到小黃腹鼠，但無捕獲刺鼠或緬甸小鼠。A5 及 A6 樣區屬於台江國家公園安南沿岸保安林特別景觀區，在過去 10 年間並無明顯棲地改變，應無導致該兩物種族群消失的因子，而刺鼠及緬甸小鼠的體型及外部形態與小黃腹鼠相近，本研究推論前人文獻中有關刺鼠及緬甸小鼠的紀錄極有可能皆為小黃腹鼠的誤認。

本研究記錄到長尾鼠耳蝠的路殺個體及管鼻蝠屬蝙蝠的音頻，兩者皆為台江國家公園的新紀錄。臺灣已知有 6 種管鼻蝠屬種類 (Huang *et al.* 2020)，部份種類其超音波頻率及結構相似，難以用來準確區分物種，然而本團

隊過去在低海拔地區捕獲的管鼻蝠屬物種皆為臺灣管鼻蝠 (*Murina puta*) (劉建男未發表資料)，且嘉義東石鰲鼓濕地有臺灣管鼻蝠記錄 (方引平 2017)，因此本研究記錄到的種類推測為臺灣管鼻蝠。台江國家管理處同仁指出民眾曾於鹽水溪沿岸之湖濱水鳥公園目擊臺灣野兔 (*Lepus sinensis formosus*) 出沒 (郭曄嫻 私人通訊)，然而本文作者於 11 月中旬以步行的方式於湖濱水鳥公園沿岸之草地進行調查，沒有發現任何野兔的排遺或其他跡象，因此無法確定是否有臺灣野兔的分布。綜合本研究及前人研究，刪除刺鼠與緬甸小鼠後，台江國家公園及周緣地區之陸域野生哺乳動物共 4 目 8 科 24 種，加上外來種的犬、貓則有 26 種哺乳動物 (表 1)。

## 二、物種分布及相對豐富度

在台江國家公園的沿海防風林及濕地生態系，非飛行性哺乳類以臭鼩最優勢且分布最廣，幾乎在所有捕捉樣區或自動相機樣點都有發現，其次為小黃腹鼠，這結果與其他沿海濕地哺乳動物相調查結果吻合 (宜蘭縣政府

2015, 李培芬等 2018)。田鼯鼠分布於 A1、A2、A7、A8，家鼯鼠則分布於鹽田海堤觀夕步道周遭 (B1)、觀海樓 (B2)、網仔寮沙洲 (B3)，兩者分布不重疊。在國外的研究中，此兩物種分布不重疊，田鼯鼠主要活動於稻田、甘蔗田、草地，家鼯鼠則與人類關係密切 (Auffray and Britton-Davidian 2012)，與本研究結果類似。

除赤腹松鼠以外，台江國家公園的小型哺乳動物主要活動於森林底層或落葉層、灌木叢或草地。國外的研究顯示，小型哺乳類是濕地生態系重要的消費者，而部分植食或雜食性的小型哺乳類，對於植物種子傳播、植物更新、抑制優勢植物種類、維持原生植物多樣性和群聚結構可能扮演重要角色 (Crain 2008, Gendan *et al.* 2009)。臺灣沿海有許多重要的濕地，這些重要濕地的哺乳動物相關研究相當缺乏，目前皆僅有名錄的調查，未來研究可朝向了解哺乳類在臺灣沿海溼地生態系所扮演的生態系統服務功能進行探討。

沿海濕地及防風林通常棲地較零碎且無大面積森林，因此食肉目動物種類較少，本研究在安南沿岸保安林特別景觀區 (A5、A6) 記錄到白鼻心。白鼻心廣泛分布在低到高海拔的森林、果園及農墾地，對環境的適應力佳。近幾年在臺中市區及臺南市區皆有白鼻心在民宅附近出沒、甚至生殖的紀錄 (林文隆、曾翌碩未發表資料)，何宗恆 (2019) 亦在雲林新虎尾溪下游的濱溪植群中有記錄到白鼻心活動。本研究推測沿海防風林的白鼻心可能是透過濱溪綠帶由淺山地區擴散而來。

本研究在台江國家公園記錄到 9 種蝙蝠，以東亞家蝠及高頭蝠分布最廣 (圖 2)，幾乎在每個超音波偵測器的樣點皆有發現記錄。東亞家蝠廣泛分布在低海拔地區，會利用住家或建築物做為棲所，本研究亦觀察到東亞家蝠棲息在台江國家公園管理處 (行政中心) 的蚵殼裝飾牆內。本研究範圍內沒有發現高頭蝠的日棲所，但位於安南區青草國小內的華盛頓椰子有高頭蝠的日棲所，七股黑面琵鷺生態展示館周邊的蝙蝠屋亦曾有高頭蝠使用紀錄。本研究在

A1、A4、A7 及 A8 樣區錄到臺灣陸域哺乳類紅皮書名錄中列為國家易危等級的金黃鼠耳蝠 (鄭錫奇等 2017b) 的回聲定位叫聲，但未發現其日棲所。金黃鼠耳蝠於春季至夏末主要分布於嘉南平原及鄰近地區，棲息於建築物或樹葉叢，偏好於開闊地 (如田間) 覓食，關於該物種的分布與數量目前所知有限 (張恆嘉等 2005, 何英毅等 2014)。

### 三、犬、貓對野生哺乳動物的影響

本研究 8 個樣區皆有犬及貓分布。許多國外的研究顯示，犬對於哺乳動物的分布及豐富度皆有不良的影響 (e.g., Doherty *et al.* 2017, Farris *et al.* 2017)，Yen *et al.* (2019) 在陽明山國家公園的研究亦顯示，犬會降低哺乳動物的活動量。台江國家公園範圍內體型較大的野生哺乳動物僅有白鼻心一種，僅侷限分布在安南沿岸保安林特別景觀區 (A5 及 A6 樣區)，由於白鼻心相片資料不足，無法分析是否其活動是否受到犬的影響。嚙齒目鼠科及鼩形目等小型哺乳動物活動以夜間為主，犬隻則主要在白天活動，所以犬隻雖然廣泛分布，但兩者的活動時間重疊度低，兩者 OI 值亦沒有顯著相關，推測在台江國家公園犬對小型哺乳動物的數量或活動影響不大。然而，貓偏夜間活動，與嚙齒目鼠科及鼩形目的活動時間重疊度高，有較高的機會遇到並捕食小型哺乳動物，本研究自動相機亦拍攝到數筆貓於夜間捕捉到鼠類的照片，但貓在樣區範圍的數量較少，因此在小型哺乳動物的 OI 值上並沒有呈現顯著的負面影響。犬貓對野生動物除了獵捕及競爭以外，也可能會造成跨物種疾病感染 (Doherty *et al.* 2017, Yen *et al.* 2019)；因此，降低國家公園內的遊蕩犬貓數量，仍有其必要性。

## 結論

本研究在台江國家公園濕地生態系記錄到 23 種野生哺乳動物。其中，非飛行性哺乳動物以鼩形目臭鼩及嚙齒目小黃腹鼠最為優

勢，野生食肉目則僅有白鼻心 1 種，蝙蝠以東亞家蝠及高頭蝠有最多的音頻紀錄。本研究呈現台江國家公園防風林及溼地生態系的哺乳動物種類組成、分布及相對豐富度，提供未來深入探討這些哺乳動物在食物網的能量流動、害蟲數量控制、植物種子傳播、更新及生物多樣性維持等生態系統服務功能上所扮演的角色的基礎。

台江國家公園具有多樣的棲地類型及豐富的生物多樣性，其中食肉目的白鼻心及臺灣陸域哺乳類紅皮書名錄中列為國家易危等級的金黃鼠耳蝠的族群現況較不清楚，可列為未來調查及監測的重點物種。國家公園雖然對於棲地有極佳的保護，然而國家公園內仍可發現遊蕩犬貓，對野生哺乳類及其它野生動物具有一定程度的威脅。因此，降低國家公園範圍內遊蕩犬貓的數量，尤其 Shannon 多樣性指數最高鹿耳門鸕鶿科生態保護區 (A7)及北汕尾水鳥生態保護區 (A8)，應視為重要的工作。

## 誌謝

本研究承蒙台江國家公園的經費補助 (108 年度台江國家公園陸域哺乳類生態資源基礎調查，契約編號：108-C23)及各級長官與郭暉嫩小姐在行政作業上的協助，另生態保護區巡查員許滄逸先生、黃奕超先生及邱姿儀小姐協助研究人員進入樣區調查，特此致謝。另感謝臺南市政府農業局在行政作業上的協助，以及國立嘉義大學森林暨自然資源學系劉昀杰、郭景嘉、劉晉廷、楊景文、羅文玟、動物科學系郭綦穎、水生生物學系黃彥惟協助野外工作。

## 引用文獻

內政部。2010。國家重要濕地保育計畫 (100-105 年)。  
內政部。2018a。許厝港重要濕地 (國家級)保育利用計畫。

內政部。2018b。鰲鼓重要濕地(國家級)保育利用計畫。

方引平。2017。鰲鼓與水社寮蝙蝠資源調查及「夜婆」再版製作委託研究案。行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處。

毛俊傑、鄭祖浩、鄭倩嫻、戴士恩、蘇庭弘。2006。大礁溪林場野生哺乳動物資源調查。宜蘭大學生物資源學刊 1:43-51

王穎、許嘉恩、黃家勤、黃銘志。2012。台江國家公園黑面琵鷺族群生態及棲地經營管理計畫 (101)。台江國家公園管理處，臺南市。

何宗恆。2019。新虎尾溪濱水帶植群組成與動物調查之研究。國立嘉義大學森林暨自然資源學系碩士論文，75 頁。

何英毅、周政翰、林清隆、張恆嘉、陳宏彰、張育誠、蕭淳任、尤宜雅。2014。金黃鼠耳蝠於嘉南平原及周邊地區之分布及數量調查。行政院農委會林務局。

吳海音、吳逸華、儲瑞華、林耀松。2001。緬甸小鼠在臺灣之發生及防治。植物保護學會會刊 43:205-214。

李培芬、林志融、曾威捷、周時平。2018。106-107 年度許厝港重要濕地(國家級)基礎調查計畫。桃園市政府海岸管理處，桃園市。

周政翰。2017。台江國家公園試行公民科學家蝙蝠回聲定位調查計畫 (106)。台江國家公園管理處，臺南市。

宜蘭縣政府。2015。無尾港水鳥保護區保育計畫。內政部。

林幸助、李麗華、邵廣昭、邱郁文、張原謀、許皓捷、陳宣汶、陳添水、劉弼仁、薛美莉、謝宗欣、謝蕙蓮、羅文增。2011。台江國家公園及周緣地區重要生物類群分佈及海岸濕地河口生態系變遷。台江國家公園管理處，臺南市。

成功大學水工試驗所。2018。成龍濕地保育利用及經營管理規劃 (第三年)。內政部營建署。

衍生工程顧問有限公司。2010。台江黑水溝國

- 家公園區內生態旅遊資源調查暨經營管理先期規劃案。內政部營建署。
- 張恒嘉、林良恭、鄭先祐。2005。金黃鼠耳蝠 (*Myotis formosus*) 在臺灣西南部城鄉林地之棲所選擇與數量變動。臺灣人文生態研究 7:79-96
- 張原謀、莊孟憲、宋紹民、黃議新、藍浩維、楊智宇、鄭智軒、吳俊毅、王朝威。2018。臺江國家公園兩棲爬蟲動物相調查。國家公園學報 28(2):56-70。
- 郭東輝。2018。107 年台江國家公園及其週緣地區黑面琵鷺數量調查。台江國家公園管理處。
- 黃守忠。2018。106-107 年度大肚溪口國家級重要濕地基礎調查。社團法人臺灣濕地學會。
- 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)。行政院農委會林務局研究系列 90-6 號。
- 裴家騏。2010。100 年度墾丁國家公園陸域野生哺乳類動物調查。墾丁國家公園管理處。
- 鄺錫奇、方引平、周政翰。2017a。臺灣蝙蝠圖鑑 (第三版)。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。
- 鄺錫奇、張簡琳玟、林瑞興、楊正雄、張仕緯。2017b。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。
- 謝宗欣。2019。台江國家公園植物資源調查。台江國家公園管理處，台南市。
- 莊玉珍、王惠芳。2001。臺灣的濕地。遠足文化。
- Auffray JC and J Britton-Davidian. 2012. The house mouse and its relatives: systematics and taxonomy. pp. 1-34. In Macholán M, SJE Baird, P Munclinger and J Piálek (eds), Evolution of the House Mouse, Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Batzer DP, R Cooper, and SA Wissinger. 2006. Wetland animal ecology. Ecology of freshwater and estuarine wetlands. University of California Press, Berkeley, CA, USA, 242-284.
- Chou C-H and H-C Cheng. 2012. Echolocation calls of insectivorous bats of Taiwan. *Taiwan Journal of Biodiversity* 14:33-62.
- Crain CM. 2008. Interactions between marsh plant species vary in direction and strength depending on environmental and consumer context. *Journal of Ecology* 96:166-173
- Doherty, TS, CR. Dickman, AS Glen, TM Newsome, DG Nimmo, EG Ritchie, AT Vanak, AJ Wirsing. 2017. The global impacts of domestic dogs on threatened vertebrates. *Biological Conservation* 210:56-59.
- Dooley Jr JL and MA Bowers. 1996. Influences of patch size and microhabitat on the demography of two old-field rodents. *Oikos* 75:453-462.
- Farris ZJ, BD Gerber, K Valenta, R Rafaliarison, JC Razafimahaimodison, E Larney, T Rajaonarivelo, Z Randriana, PC Wright, CA Chapman. 2017. Threats to a rainforest carnivore community: A multi-year assessment of occupancy and co-occurrence in Madagascar. *Biological Conservation* 210:116-124.
- Gedan KB, CM Crain and MD Bertness. 2009. Small-mammal herbivore control of secondary succession in New England tidal marshes. *Ecology* 90:430-440.
- Huang, CJ, YY Ho and HC Kuo. 2020. Illustrated field keys to the bats (Mammalia: Chiroptera) of Taiwan. *Journal of Threatened Taxa* 12:15675-15710.
- Jones G and E Teeling. 2006. The evolution of echolocation in bats. *Trends in Ecology and Evolution* 21:149-156.
- Kunz TH, E Braun de Torrez, D Bauer, T Lobova, and TH Fleming. 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223:1-38
- Lacher Jr TE, AD Davidson, TH Fleming, EP Gómez-Ruiz, GF McCracken, N Owen-Smith, CA Peres and SB Vander Wall. 2019. The functional roles of mammals in ecosystems. *Journal of Mammalogy* 100:942-964.
- Maltby E and MC Acreman. 2011. Ecosystem services of wetlands: pathfinder for a new paradigm. *Hydrological Sciences Journal* 56:1341-1359.
- Martin G. 2003. The role of small ground-foraging mammals in topsoil health and biodiversity: Implications to management and restoration. *Ecological Management & Restoration* 4:114-119.
- Mass B, DS Karp, S Bumrungsri, K Darras, D Gonthier, J-C Huang, CA Lindell, JJ Maine, L Mestre, NL Michel, EB Morrison, I Perfecto, SM Philpott, CH Sekercioglu, RM Silva, PJ Taylor, T Tschamtkke, SA Van Bael, CJ Whelan and WG Kimberly. 2016. Bird and bat predation services in tropical forests and agroforestry landscapes. *Biological Reviews* 91:1081-1101.
- Monterroso, P, PC Alves and P Ferreras. 2014. Plasticity in circadian activity patterns of mesocarnivores in Southwestern Europe:

- implications for species coexistence. *Behavioural and Ecological Sociobiology* 68:1403-1417.
- Muscarella R and TH Fleming. 2007. The role of frugivorous bats in tropical forest succession. *Biological Reviews* 82:573-590.
- Ofori BY, DK Attuquayefio, EH Owusu, Y Musah and Y Ntiamo-Baidu. 2016. Spatio-temporal variation in small mammal species richness, relative abundance and body mass reveal changes in a coastal wetland ecosystem in Ghana. *Environmental monitoring and assessment* 188:330.
- R Development Core Team. 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org>
- Ridout M and M. Linkie. 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics* 14:22-337.
- Ripple WJ, JA Estes, RL Beschta, CC Wilmers, EG Ritchie, M Hebblewhite, J Berger, B Elmhagen, M Letnic, MP Nelson and OJ Schmitz. 2014. Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science* 343:1241-1248.
- Russo D and G Jones. 2015. Bat as bioindicators: an introduction. *Mammalian Biology* 80:157-158.
- Shannon CE. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal* 27:379-423 and 623-656.
- Yen, SC, YT Ju, P.J.L Shaner and HL Chen. 2019. Spatial and temporal relationship between native mammals and free-roaming dogs in a protected area surrounded by a metropolis. *Scientific Reports* 9:8161.