

101 年度行政院農業委員會林務局林業發展計畫

龜山島台灣狐蝠族群監測暨棲地利用調查

Population Survey and Habitat Utilization of the

Formosan flying foxes on Turtle Island

計畫編號：101 林發-07.1-保-38

計畫主持人：呂光洋

計畫主辦人：陳湘繁、吳忠信、林良恭、張明雄

計畫參與人員：李涵君

執行單位：台灣蝙蝠學會

執行期間：101 年 1 月 1 日至 101 年 12 月 31 日

中華民國 101 年 12 月 31 日

## 成果摘要

台灣狐蝠 (*Pteropus dasymallus formosus*)，台灣原生特有亞種的大翼手亞目蝙蝠，關於其生態習性及族群分布的資料一直都僅有零星紀錄。本研究團隊針對龜山島的小族群，調查監測其族群變動與棲地利用，試圖對台灣狐蝠的生態習性有進一步的了解，並作為未來擬訂台灣狐蝠保育計畫之參考依據。本年度的調查結果顯示，狐蝠的活動時間受日出日落影響而有季節波動，無線電追蹤狐蝠個體，夏季時常變換棲所位置，秋冬則多以固定棲所為主，日間棲所的偏好及選擇可能有季節間的差異。食性的部分，目前共計累積到狐蝠在當地會取食 8 種植種。在族群遺傳結構方面，累計在台灣採集到 17 隻個體的翼膜樣本，並完成 1 組粒線體 DNA D-loop 區域的序列，以及 12 組微衛星序列的分析，已取得琉球地區四隻個體的樣本，進行後續遺傳序列之比較分析。

關鍵字：龜山島、無線電追蹤、食性分析、棲地利用、族群遺傳

## Abstract

The Formosan flying fox (*Pteropus dasymallus formosus*) is an endemic subspecies of Suborder Megachiroptera in Taiwan. There have been only sporadic records about their ecology and distributions. Our study aims on monitoring the population and their habitat utilization on a small group of the Formosan flying foxes on Turtle Island, in order to further understand their ecology and facilitate conservation projects on this species in future. The results showed that the activities of flying foxes were influenced by sunrise and sunset with seasonal fluctuations. Flying fox individuals were tagged for radio tracking. They frequently changed their daytime resting sites during summer but became more constantly within a smaller area during autumn and winter. This indicated that the preferences of daytime resting habitats showed seasonal changes. In the analysis of food habit, to date, there have been totally 8 species of plants recorded from feces and pellets of the Formosan flying foxes on Turtle Island. On the population genetic structure, 17 individuals' wing membranes were collected. MtDNA D-loop and 12 microsatellite DNA were sequenced. The comparative analysis with the samples from the Ryukyu Regions are currently continuously carried out.

Keywords: Turtle Island, radio-tracking, food habit analysis, habitat utilization, population genetics

## 前言

台灣狐蝠 (*Pteropus dasymallus formosus*) 為台灣特有亞種大翼手亞目的蝙蝠，是台灣蝙蝠中體型最大的一種，翼展長可達1公尺，曾經於綠島、蘭嶼、宜蘭、花蓮、台東和高雄等地有過發現紀錄，其中又以綠島為其主要棲息地並具穩定的族群，台灣東部、南部地區及東部其他離島皆為零星分布紀錄。早期由於過度獵捕的問題，導致台灣狐蝠的族群下降至近乎滅絕，很長一段時間沒有野外族群的發現紀錄，直至2005年起才在綠島以及台灣東部各地有零星的發現紀錄，其中最穩定者為宜蘭外海龜山島的小量族群。自從1873年Sclater首次發表台灣狐蝠以來，關於台灣狐蝠的相關資料、研究報告、甚至正式的發現紀錄都相當少，對於其生態習性、行為模式和生存現況幾乎僅有零星的資料，且沒有完整的影像資料留存，對於台灣狐蝠的瞭解非常有限。於綠島再發現以及龜山島新發現的台灣狐蝠野外族群，不僅使得研究團隊有了瞭解此物種的契機，更使對此物種的保育成為當務之急。因為兩地的族群數仍是極低，任何的人為干擾或天災意外，都可能使僅存的小族群消失，所以保育的工作刻不容緩，但必須先瞭解其棲地及生態習性，才可擬定合宜的相關保育計畫，並可在監測的同時，收集更多的影像資料，做為此物種的生態紀錄。

在鎖定龜山島族群做為調查監測的對象後，雖然因為龜山島的地形崎嶇、氣候多變，器材限制以及族群數小等因素，能收集到的資料有限且零碎，但至今已累積了三年的資料，對台灣狐蝠的生態習性及所需之棲所環境已有概略的認識。即使如此，台灣狐蝠的族群仍需要更長時間的調查監測，來釐清許多未解的生態疑問。先前的無線電追蹤僅侷限在秋冬兩季，且追蹤的個體數少，因此若要完整了解其棲地範圍和偏好，未來尚須累積更多的資料和更完整的調查，以助於龜山島保育策略的規劃。

除了台灣狐蝠本身的生態習性外，許多狐蝠屬相關的研究都指出，狐蝠因以植物的果實及花粉等為主食，而成為該地區重要的植物授粉者及播種者，被視為是維持生態系完整的基石物種 (Keystone species) (Cox *et al.*, 1991; Fujita and

Tuttle, 1991; Nakamoto *et al.*, 2007b; 2009)。與台灣狐蝠同種而不同亞種的折居氏狐蝠 (*Pteropus dasymallus inopinatus*) 的研究紀錄亦顯示，在琉球本島部分原生植物是靠折居氏狐蝠協助授粉及播種 (Nakamoto *et al.*, 2009)。釐清台灣狐蝠在台灣的森林生態系是否亦有相同的重要地位，對於其保育計畫及策略的擬訂都是十分重要的。

琉球狐蝠的五個亞種 (永良部狐蝠, Erabu flying fox, *Pteropus dasymallus dasymallus*; 折居氏狐蝠, Orii's flying fox, *Pteropus dasymallus inopinatus*; 大東狐蝠, Daito flying fox, *Pteropus dasymallus daitoensis*; 八重山狐蝠, Yaeyama flying fox, *Pteropus dasymallus yayeyamae* 以及 臺灣狐蝠, Formosan flying fox, *Pteropus dasymallus formosus*)，在外型上有極大的相似性，僅大東狐蝠與其他四種較為不同，日籍學者太田嘗試利用粒腺體DNA 序列 (mtDNA, ca 1,300 bp) 以及增殖片段長度多型性 (AFLP, Amplified Fragment Length Polymorphisms) 鑑定亞種間的親緣關係，結果顯示無法證實亞種間是有差異的 (太田, 私人通訊)。為能釐清臺灣狐蝠與琉球群島其他四個亞種間的遺傳變異，確認亞種的分類地位與關係，本計畫擬進一步以變異速率較高的分子標誌進行分析比較。琉球狐蝠各亞種間親緣以及地理分布的關係，是急需解答的問題，然而欲分析此親緣關係，便需要各地區各亞種的樣本。本計畫已與琉球大學的研究團隊進行交流，討論雙方的研究成果，汲取琉球大學研究團隊的經驗，研擬出適合在龜山島執行的研究方法，以探討龜山島台灣狐蝠族群的生態習性，並建立起合作橋梁，有助於未來各項計畫與研究的進行。

在保育行動方面，維護保育物種的棲地是基本且最重要的任務，針對龜山島特殊的島嶼生態系，本團隊已完成生物相的調查和「野生動物重要棲息環境」的規劃，期望龜山島未來能劃入台灣的保護留區體系中，受到法律的完整保護，除了可以維護台灣狐蝠的棲地之完整，使其得以長期棲息，延續該族群的生息，另外也維護龜山島上各種特殊的地質與生態景觀，以確保豐富多樣的島嶼生態系未來可以穩定永續發展。

## 計畫目的

建立野生動物的棲地利用資料是野生動物經營管理和保育的必要條件，藉此可以了解野生動物的生態需求、核心棲地的地點、預測棲地改變對該物種的影響，進而規劃適切的保育措施。臺灣狐蝠為臺灣瀕臨絕種的保育類野生動物，保育工作迫在眉梢，瞭解其棲地利用、生態習性和族群遺傳結構，為擬定保育策略之重要依據。

本年度的目標主要為持續進行台灣狐蝠無線電追蹤和食性分析，累積更多野外個體的資訊，分析並建立完整生態資料，包含台灣狐蝠對於棲息地和活動區域之需求和選擇偏好，長期的食性分析資料等。另外，今年亦持續收集台灣狐蝠的影像資料，記錄台灣狐蝠野生族群棲息於天然環境的畫面，不僅是台灣自然史上的珍貴紀錄，這些影像資料亦可提供作為保育推廣之素材，兼具環境教育的意義與價值。與日本琉球大學狐蝠研究人員建立合作網絡，亦是本計畫今年度的重要目標，今年分析了琉球大學提供的琉球狐蝠樣本，比較兩地狐蝠在遺傳層次的差異，作為未來規劃物種保育之參考。

## 實際效益

本計畫執行台灣原生特有亞種之台灣狐蝠的野外調查及影音紀錄，旨在有系統地調查此物種的生態習性及分布現況，期望能藉此確認台灣狐蝠的族群狀態，並深入了解狐蝠於台灣東部離島生態系所扮演的角色，提供研擬保育計畫時的重要參考資料。本計畫實際效益列舉如下：

(一) 瀕臨絕種保育類野生動物臺灣狐蝠現況的瞭解，包括其自然史、族群數量、分布現況及棲地選擇偏好，作為主管機關與保育團體進行狐蝠保育及永續發展政策擬定時的參考依據。

(二) 台灣狐蝠的形質測量記錄以及所採取的組織樣本，為珍貴之台灣生物多樣性資產，未來可提供作為台灣狐蝠之地理親緣關係和分類地位研究時的關鍵樣本。

(三) 各項調查資料以及影音紀錄，可作為該地生態導覽解說以及新聞發佈的素材，並可藉此增加島嶼生態旅遊以及環境保育宣導的深度，強化環境教育的效能，並達到發展離島永續產業的目標。

(四) 透過建立台灣與國際生態保育之合作連結，可擴展台灣生態保育的視野與尺度。

## 執行情形及成果

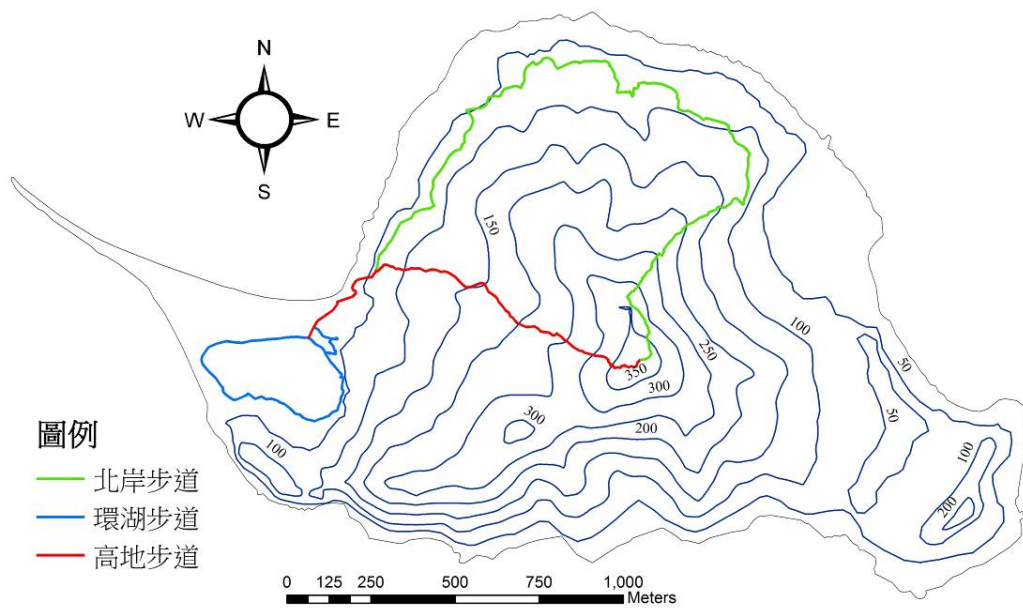
一、調查方法：野外的調查研究主要於宜蘭縣頭城鎮外海的龜山島上進行，龜山島是一個活火山島，全島面積 $2.67 \text{ km}^2$ ，最高處為 $398 \text{ m}$ ，因軍事管制時期建立一座高 $3 \text{ m}$ 的瞭望臺而被稱為四〇一高地，在島嶼東南方低處有一池龜首潭，西南方則有面積較大的龜尾湖，環湖步道圍繞整個龜尾湖，另山區則有四〇一高地步道以及北岸步道（圖一、圖二），調查及採樣主要都在步道上進行。龜山島每年夏季有颱風帶來豐沛的雨水，冬季又受到東北季風的侵襲，島的北部、東北部以及東部多無避風處，植被以草地為主，迎背風交界地區為風衝矮林，部分山谷地區及背風處則有天然林，南部則為陡直荒蕪的峭壁，僅有部分植物著生於石縫間。2011年初龜山島附近幾次的有感地震，以及冬末春初的豐沛雨量，使得島上多處發生崩塌，其中最受影響的是在北岸步道接近四〇一高地的一處崩塌，造成北岸步道的中斷。2011年1月由於天候狀況較差，無法搭船登島，其餘月份登島1至3次，每月調查天數為3天至11天，除了臺灣狐蝠的研究作業外，亦持續觀察記錄龜山島的動物相。

本研究今年度的研究調查共分為四個部分，分別是於龜山島上直接觀察臺灣狐蝠的行為模式、收集食渣與排遺進行食性分析、透過無線電追蹤瞭解狐蝠的日間棲所選擇偏好、以及臺灣狐蝠的族群遺傳結構。每個月登島進行上述的資料及樣本收集，以累積臺灣狐蝠完整的活動模式資料，並瞭解取食植種以及日間棲所選擇是否有季節差異。





圖一、龜山島全景圖



圖二、龜山島地形圖，以及本研究中作為主要研究地點的三條步道

## 二、臺灣狐蝠活動及行為觀察：

行為觀察於每日凌晨和傍晚時進行，記錄龜尾湖環湖地區狐蝠活動狀況，直到天全亮或全黑結束，以了解狐蝠不同季節活動模式的變化，另於晚上巡視步道觀察記錄狐蝠在夜間活動的各種行為（照片一）。



照片一、龜尾環湖地區觀察臺灣狐蝠活動模式記錄

**活動觀察：**狐蝠出沒時間與日出日落時間密切相關，平均最晚的首次出沒時間為 6 月（下午 18 點 52 分），其次為 7 月（下午 18 點 51 分），而晨間平均最早觀察到最後一隻狐蝠出沒亦為 6 月（上午 4 點 36 分）。天氣較不穩定時，狐蝠仍會活動，但狐蝠活動時間會受到天候影響。

狐蝠在非覓食期間會互相引伴或追逐而聚集在開放場域的大樹上，目前記錄到的樹種包括血桐、正榕、海棗等。在初夏過後的夜晚常聚集於軍營前的海棗上，最多同時有 7 隻狐蝠在同一棵海棗，常見的行為包括休息、理毛、攀爬、追逐、驅趕、替位等，然而狐蝠到海棗活動也會受到天氣因素的影響，風雨較大時，則不易見到狐蝠在該處活動。

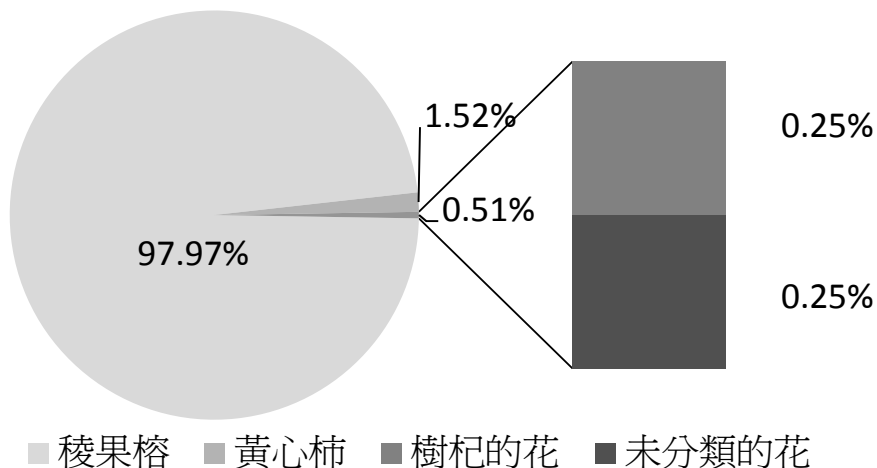
**育幼行為：**2012 年 5 月觀察到 2 筆母蝠攜帶幼蝠活動的紀錄，其中一筆紀錄為肉眼觀察，無任何影像留存，另一筆紀錄則來自 2011 年 8 月安裝發報器之研究個體（編號#013）。母蝠乳頭腫脹明顯，顯示已經哺乳一陣子，而幼蝠當時體型約血桐葉片大小，估計是 3 月底或 4 月初出生之幼蝠。母蝠攜帶幼蝠活動時平均每次飛行距離大約 20 公尺以內，隨即母蝠會協助幼蝠掛上樹枝，再用翼膜包覆幼蝠，接著幫幼蝠稍作理毛後即離開幼蝠到別的樹枝上，理毛後即飛離覓食，

全部過程約 10 分鐘。本次觀察中共有兩次母蝠留幼蝠獨自在樹上，分開期間分別約為 25 分鐘與 70 分鐘，幼蝠在母蝠離開後的半小時內表現的行為包括東張西望、以前肢勾住樹枝、以後肢抓癢、理毛和舔翼膜、雙翼伸展、休息等。母蝠離開幼蝠過後約 36 分鐘，幼蝠將頭部埋在翼膜裡完全靜止，休息時間長達 34 分鐘，直到母蝠回來。母蝠與幼蝠的行為與活動模式可能受到大雨影響，母蝠於第二次飛回後將幼蝠稍作理毛，隨即攜帶幼蝠飛進鬱密樹林內層。

### 三、臺灣狐蝠食性分析：

從 2009 年至 2012 年 7 月共計已採集超過 1,400 個狐蝠的食渣與排遺，並於實驗室分析內含的種子種類，排遺目前僅有稜果榕種子 1 種；食渣方面，目前共收集到 7 種內含種子的食渣，3 種內含花朵的食渣，及 1 種內含果皮的食渣。內含種子的食渣植種包括稜果榕、水同木、正榕、雀榕、芭樂、三葉山香圓與日本鈴木，花的食渣分別為小葉桑、今年 5 月首度採集到之新紀錄種樹杞，以及另一仍在鑑定中之物種；此外，今年 5 月亦首次採集到黃心柿的果皮食渣。

自 2012 年 4 月至 7 月，共收集到 4 種、459 顆食渣與排遺，因今年兩日比例偏高，排遺常被雨水沖刷消失，導致撿拾到的數量較前幾個月份少。食渣的分析結果顯示，桑科榕屬的稜果榕所佔比例最高，約為 98%，其餘種類則僅佔 2%（圖一），可見稜果榕為狐蝠在龜山島上的主要食物來源。

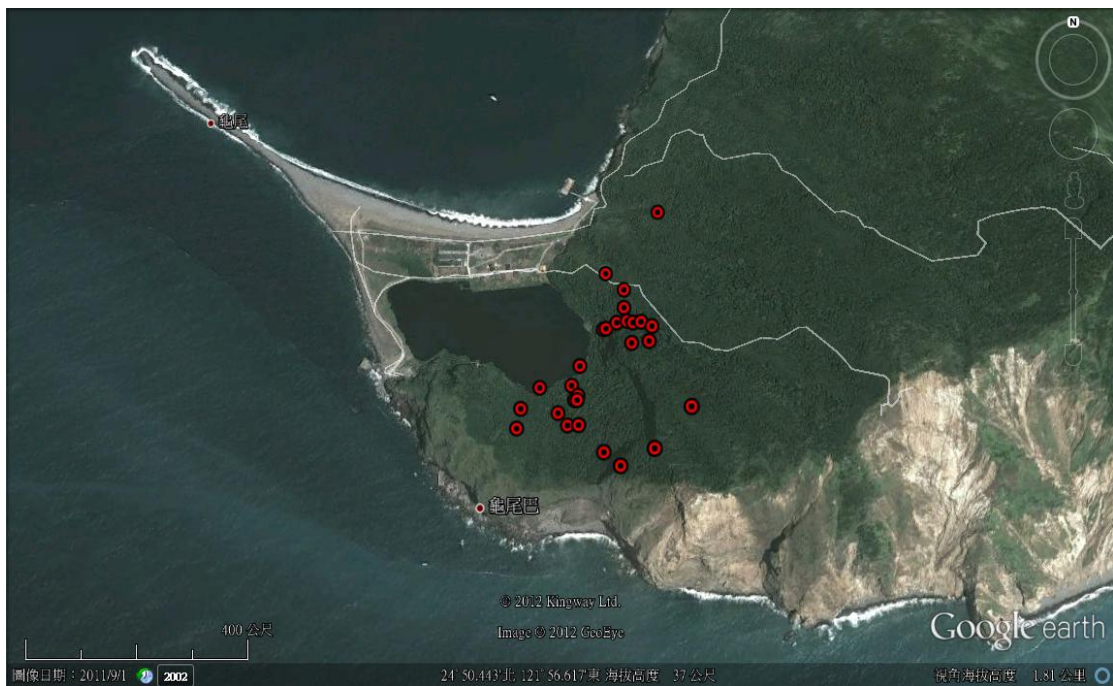


圖三、2012 年龜山島臺灣狐蝠的食渣分析，稜果榕佔了 97.97%，其餘植種約佔 2.03%。

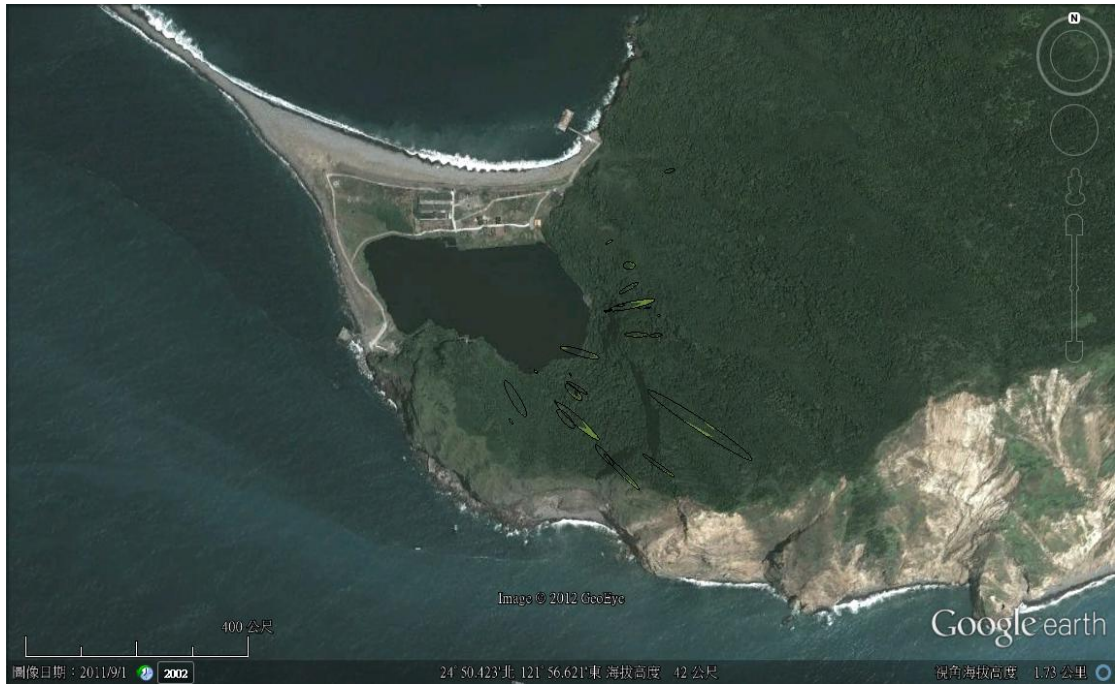
#### 四、臺灣狐蝠棲所調查分析:

2012年4月至7月進行編號#013的臺灣狐蝠個體之無線電追蹤，#013為去年8月安裝發報器之母蝠，追蹤至今年7月訊號逐漸變弱，直到7月13日訊號完全消失。#013為棲地忠誠度非常高的個體，自4月至7月間共收集到28筆有效資料，全都在龜尾環湖地區棲息（圖四），#013日間棲息地的總涵蓋範圍仍在分析中。由於龜山島地形特殊，並且氣候多變，三角定位較為困難，每日定位出來的日間棲點範圍平均約10.14平方公尺（圖武）。

編號#013的個體棲息地多為龜尾環湖的谷地、401高地的谷地及龜尾山壁後面的山坡地凹處，經由夜間活動觀察發現，狐蝠在密林間會以前肢勾住兩樹枝以攀爬於兩樹之間，然而若需飛行時，則傾向攀爬到樹的最高處或有開放場域之樹枝起飛。龜尾環湖地區在龜山島西南方，地形多為陡坡、山壁及山谷，並且有山脈阻隔東北季風吹襲，導致此地的植群高度較其餘地區高，可能因此提供較多開放空間和樹枝，以利狐蝠攀爬、起飛及降落。



圖四、臺灣狐蝠#013自2012年4月~7月日棲所位置圖。



圖五、臺灣狐蝠#013自2012年4月~7月每日棲所測定範圍。

#### 五、臺灣狐蝠族群遺傳結構

臺灣狐蝠族群遺傳結構的分析方面，本年度主要進行粒線體和微隨體分子標記的測試，並與日本琉球大學琉球狐蝠研究人員伊澤雅子教授聯繫，以及建立合作關係，於今年9月取得琉球狐蝠樣本，進行定序分析及與臺灣狐蝠樣本比較，並探討該物種之親緣關係。在23組微衛星引子中，共有12組能成功地從本研究所蒐集的17個狐蝠樣本中擷取出適當的片段定序，其中GA2、PC33g9、A5及UA2重複片段的一致性較高，其他則有較大差異。D-loop引子的定序結果中，個體間的差異不明顯。

表一、本研究所使用的引子

D-loop		
	RodmtU	GCTGAGGTTCTACTTAAACT
	RodmtL	GAGATGTCTTATTTAAGGGG
microsatellite		
1	A1 DQ157419	F: TGCCCATTTCTCTATCCTCAA R: /6-fam/CACTAGTTCTCCCCTGGTCAAG
2	A3 DQ157422	F: TTGATCTGAATGCTGTGTCTCT R: /6-fam/CAGTTATTCCGCTAGGCAGTGA




3	B29	F: CTGCCAAGAAGAGAAAGTTA R: ACCCCCAGGCAGGAGAAAGAC
4	PH4	F: AGAGAGTAAGATGGGGATGG R: TTCTGCCTGGACCTGGGATG
5	GA2	F: CCTCTAACTTGCTCCTTCAG R: GCTCCCCATCCCCATCTTAC
6	A2 DQ157421	F: ACTAATCTCAACTGGGTGCTC R: /6-fam/AATTATCTATACTGGCTTTTGTTA
7	A8 DQ157423	F: GTTTGGTTGATTTTAGTTTTTCAGG R: /6-fam/CTTCGGGCATGTCCTTCATAAATC
8	C6 DQ157426	F: CCCCAGGGACCTATCACACT R: /hex/CTCCGTTGCCTCATCCAGAAAAT
9	PH9	F: CTGAACTCTGGGTGGTAATC R: CTCACCTCAAAGAGAATGTG
10	CSP7	F: CCACAAGAAACCCAATACTAAC R: CTTCTAGCCCCACAATC
11	D1	F: GAGCGCTCTAGAGAAACATAAC R: CCCACAACCCACAATCACAT
12	PC25b6 DQ916124	F: GCTCAAACACCTACAGGAGCA R: GCTCGGGGCTTGTTTCTATT
13	PC26a7 DQ916126	F: TTCAGAGTTAGTAGGGGCAAAG R: TTTCCTTGAAAAGCAGCAA
14	PC36c2 DQ916127	F: AGTTGAAGGGCACTCATGCT R: CAGAGACAGAGACAGAGACAGAGA
15	PC31h4 DQ916130	F: CATTCCCCATTTGAGTGTTT R: ACAGCACCTGAAACCAAACC
16	PC25c3 DQ916125	F: GCCTGGTGATTACAGTTAAT R: ATTCCACAATCAAGTTCAT
17	PC33g9 DQ916128	F: TTTCTCGGAAGTCTGCGATT R: CATGCTGAATTGTGGCTCTG
18	A5 EU282374	F: /6-fam/ATTTTCCATACATCTCCTGCTA R: CTTTTCTTGGTGCTCTTCTGGT
19	C7 EU282373	F: /6-fam/TAGACTGCCTTTGAACTTGAAC R: CTTTTGGTATGTATTTGTATGA
20	D4 EU282376	F: /hex/AATATTCATCTTTCTTTGTCTG R: CCTGGTTAATACTTGGATGG
21	DIO EU282375	F: /hex/GAAGAAAAGCAAATGATACCTG R: GGATGCCAAGCTCTGTTTTT

22	UA2 DQ157417	F: /hex/CCTCTAACTTGCTCCTTCAG R: GCTCCCCATCCCCATCTTAC
23	Ph3 EU282377	F: CTAATAATGACGCCTCTACC R: /hex/CTCTAACTTGCTCCTTCAGC

#### 六、臺灣狐蝠影像紀錄:

(一)、活動及棲息影像紀錄：於 2012 年，最多曾觀察到 7 隻狐蝠個體同時在龜尾軍營前海棗上活動，但因海棗高度約 18m，觀察不易，但仍可確認出數隻個體，以及記錄到一些活動和互動行為，例如舔毛、攀爬、休息、嬉戲等，如下圖。

	
<p>亞成個體，頸部毛色多半較不明顯，灰白色或灰黃色雜毛，休息與張望。</p>	<p>臺灣狐蝠個體顏色變異多，此為毛色較黑的亞成個體，攀爬於海棗上。</p>
	
<p>理毛行為：狐蝠會用舌頭舔胸前、背部、腹部、翼膜、乳頭及生殖器官，當狐蝠整理翼膜時，會將前臂及翼膜伸展開來。</p>	<p>準備飛行姿勢，兩腳同時抓住樹枝或樹葉，頭部仰望前方，身體向前彎曲。</p>

	
<p>兩亞成個體在海棗上互動，伸出前臂互相推擠，時而發出”噦噦”的聲音。</p>	<p>臺灣狐蝠的個體體色變異大，左下個體頭為灰色，右上個體則較偏黑色，皆為亞成蝠。</p>
	
<p>成體（雄性），頸圈毛色金色，睪丸明顯可見。休息時，以單腳倒掛樹枝或海棗的樹葉。</p>	<p>起飛姿勢，雙翼伸展。</p>

（二）、育幼行為影像紀錄：2012年5月觀察到編號#013的母蝠抱著今年新生幼蝠的各種互動行為，然而因夜間遠距攝影設備不足，僅能記錄到約略的影像供作參考。





2012年5月12  
日夜間首次於  
龜山島記錄到  
母蝠攜帶幼  
蝠，右邊為安裝  
有發報器、編號  
#013的母蝠，左  
邊為幼蝠，隱約  
可見幼蝠側面  
的頭部和背  
部，頸部有白  
毛。母蝠此時可  
能在哺乳或協  
助幼蝠理毛。



編號#013的母  
蝠離開幼蝠到  
另一樹枝上理  
毛及清潔乳  
頭。頸部後端可  
見所安裝之發  
報器，鑲有紅色  
反光貼紙。

	<p>母蝠#013 準備離開幼蝠，照片上可看見母蝠的乳頭腫脹。</p>
	<p>母蝠離開後，幼蝠常東張西望，但多半處於休息姿勢。</p>
	<p>母蝠離開後，幼蝠獨自待在樹上。當雨勢變大時，幼蝠會將翼膜包覆頭部休息。</p>

(三)、食渣與排遺影像紀錄：稜果榕為臺灣狐蝠在龜山島主要覓食的植種，目前排遺內僅記錄到稜果榕的種子，而食渣的分析則在5月新增了黃心柿果皮以及樹杞的花朵，以及7月尚未辨識出的物種。

	
<p>臺灣狐蝠的食渣，內含稜果榕種子。</p>	<p>排遺呈現黏稠不規則狀，帶有種子。</p>
	
<p>今年5月首次收集到黃心柿食渣，食渣內僅含嚼碎的果皮，沒有種子。</p>	<p>成熟的黃心柿果實，呈現鮮豔的橘色。</p>