

# 行政院農業委員會林務局林業發展計畫

## 108 年度細部計畫申請計畫書

計畫名稱：利用衛星追蹤與重金屬累積資訊作為海鳥重要棲

息地指標 (3/3)

Using Satellite Tracking and Heavy Metal Accumulation as a  
Reference for Marine Important Bird Areas

108 林發-08.1-保-25(1)

執行機關：國立臺灣大學

計畫主持人：袁孝維教授

108 年 1 月

# 目錄

壹、 前言 .....	1
一、 擬解決問題 .....	2
二、 研究目標 .....	3
(一) 全程目標 .....	3
(二) 本年度目標 .....	4
貳、 研究方法 .....	5
一、 研究地點 .....	5
二、 實施方法 .....	6
(一) 棲地環境調查與營造 .....	6
(二) 聲音與影像監視系統架設 .....	6
(三) 燕鷗繫放作業 .....	7
(四) 燕鷗胸羽、蛋殼和食魚重金屬濃度檢測 .....	7
(五) 燕鷗蛋殼厚薄度監測 .....	7
(六) 裝置 10 組 GPS-UHF 追蹤記錄器 .....	8
(七) 維護海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網 .....	9
(八) 參與海峽兩岸交流會議 .....	9
(九) 出席國際研討會並發表本計畫研究成果 .....	9
(十) 發布臺灣黑嘴端鳳頭燕鷗族群現況於國際鳥類保育組織或期刊之電子報中 .....	10
參、 研究成果 .....	11
(一) 棲地環境調查與營造、聲音與影像監視系統架設 .....	11
(二) 燕鷗繫放作業 .....	13
(三) 燕鷗胸羽、蛋殼和食魚重金屬濃度檢測 .....	18
(四) 燕鷗蛋殼厚薄度監測 .....	19
(五) 裝置 10 組 GPS-UHF 追蹤記錄器 .....	20
(六) 維護海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網 .....	30
(七) 參與海峽兩岸交流會議 .....	31
(八) 出席國際研討會並發表本計畫研究成果 .....	31
(九) 發布臺灣黑嘴端鳳頭燕鷗族群現況於國際期刊 .....	32
肆、 檢討與建議 .....	33
伍、 參考文獻 .....	34

## 圖表目錄

圖 1. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼位置.....	5
圖 2. 2019 年的棲地營造工作概況 .....	11
圖 3. GOODNATURE A24 無毒自動滅鼠器裝置圖與運作示意圖.....	12
圖 4. 架設在中島監測小屋內的自動滅鼠器裝置與自動相機.....	12
圖 5. 左圖為 2019 年 7 月的鐵尖島空拍照，右圖為北端巢區空拍照.....	13
圖 6. 燕鷗繫放工作照.....	14
圖 7. 發報器接受天線與攜帶發報器的鳳頭燕鷗.....	20
圖 8. 2016-2018 年的大鳳頭燕鷗衛星追蹤成果，其中 2016 年的 5 隻個體在當年冬季抵達度冬地 後便陸續失去訊號；2017 年的 8 隻個體在 2018 年又回到繁殖地，到了 2019 年春季仍有 5 隻 個體的訊號持續回傳中；2018 年在澎湖標放的 5 隻個體至 2019 年春季仍持續回傳資料中	22
圖 9. 2019 年 1-12 月間的大鳳頭燕鷗追蹤點位，藍色點位為 2017 年在馬祖繫放的 4 隻大鳳頭燕 鷗，紅色點位為 2018 年在澎湖繫放的 5 隻大鳳頭燕鷗.....	23
圖 10. 2016-2018 年大鳳頭燕鷗衛星點位(綠色)與隨機樣點(藍色)的(A) 7-9 月平均海水表面葉綠素 濃度與(B) 7-9 月平均海水表面溫度的箱型圖.....	26
圖 11. 2016 年的 5 隻大鳳頭燕鷗衛星訊號在離開繁殖地前的核密度分析結果，黑線範圍為 95% 分布機率的活動區域、紅線範圍為 50%分布機率的核密度分析結果.....	27
圖 12. 2017 年的 8 隻大鳳頭燕鷗衛星訊號在離開繁殖地前的核密度分析結果，黑線範圍為 95% 分布機率的活動區域、紅線範圍為 50%分布機率的核密度分析結果.....	28
圖 13. 2018 年的 13 隻大鳳頭燕鷗衛星訊號在離開繁殖地前的核密度分析結果，黑線範圍為 95% 分布機率的活動區域、紅線範圍為 50%分布機率的核密度分析結果.....	28
圖 14. 澎湖與馬祖兩地鳳頭燕鷗活動熱區與周圍保護區與重要鳥類棲地(IBA)的相對位置 .....	29
圖 15. 海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網站截圖 .....	30
圖 16. 陳水華博士獲頒 PSG2019 年度保育貢獻獎 .....	31

表 1. 2019 年繫放的大鳳頭燕鷗資料 .....	14
表 2. 2019 年於馬祖列島燕鷗保護區採集的蛋殼、鯉魚與幼鳥羽毛樣本四種重金屬的分析結果	18
表 3. 2016-2018 年繫放的 19 隻大鳳頭燕鷗衛星追蹤點位資訊，空白處為缺漏值.....	21
表 4. 透過模式分析篩選出的大鳳頭燕鷗分布點位最佳模式，DEPTH 代表水深(公尺)， DISTANCE_TO_ISLAND 代表與繁殖島嶼(馬祖與澎湖)的距離(公里)，DISTANCE_TO_SHORE 代表與海岸 的距離(公里)，三項因子都達顯著水準，其他模式的 AICc 變化值都大於 2.....	24

## 摘要

黑嘴端鳳頭燕鷗(*Thalasseus bernsteini*)為 IUCN 列為瀕危(Critically Endangered)等級之稀有海鳥。目前僅在臺灣的馬祖、澎湖列島、浙江省的韭山與五峙山列島與南韓有確定之繁殖族群，且與大鳳頭燕鷗(*T. bergii*)共域繁殖。本研究自 2011 年開始利用社會招引(social attraction)技術吸引燕鷗到合適的島嶼繁殖，也自 2016 年開始藉由衛星發報器的追蹤研究瞭解馬祖與澎湖大鳳頭燕鷗繁殖棲地與活動範圍的需求。研究發現大鳳頭燕鷗主要有兩條遷徙路徑，一條經過大陸東南沿海經海南島到越南、泰國與緬甸度冬，另一條經大陸沿海與台灣到菲律賓度冬。此外我們也發現在水深越淺、離岸邊與繁殖島嶼越近、葉綠素濃度較高與海水溫度較低的區域有較高機率的大鳳頭燕鷗分布。根據三年的追蹤成果可發現大鳳頭燕鷗的繁殖期間的活動範圍與繁殖島嶼周圍海岸、河口與溼地有密切的關聯性，顯示海洋與溼地保護區對保育類燕鷗的重要性。在重金屬研究的部分，歷年來的研究成果雖發現在幼鳥羽毛中有鋅濃度偏高的情形，但實際上對鳥體影響的毒理學仍待後續研究釐清。整體而言，本計畫建議在中長程的黑嘴端鳳頭燕鷗保育工作則應加入繁殖島嶼周圍海岸、河口與溼地的資源監測研究，包含魚類資源與海洋物化環境的長期變遷趨勢，儘早評估氣候變遷與漁業資源對保護區的影響。此外，也應強化國際間各個繁殖地研究團隊的聯繫網絡，建立多個穩定的黑嘴端鳳頭燕鷗關聯族群，分散其族群生存風險。除了繁殖地的保育之外，在度冬地的印尼、馬來西亞、菲律賓、越南、泰國等國家也應是未來應爭取參與保育工作的夥伴。

## 壹、前言

黑嘴端鳳頭燕鷗在 IUCN 紅皮書中被列為極危物種，2000 年在馬祖列島燕鷗保護區再度被發現(BirdLife International, 2017; Liang *et al.*, 2000)。臺灣的馬祖和澎湖、大陸的五峙山群島和韭山列島以及南韓靈安郡是目前已知的 5 個繁殖地，其中僅有南韓的繁殖族群與黑尾鷗混群，其他的繁殖族群皆和大鳳頭燕鷗共域活動(袁孝維，2016)。為瞭解兩種燕鷗在海峽間的移動情形和繁殖動態，2013-2016 年間起本團隊在馬祖列島燕鷗保護區透過直接觀察、架設自動相機與繫放等方式監測其族群動態(袁孝維，2013, 2017)。

本研究與台北市野鳥學會、澎湖縣野鳥學會、浙江自然博物館、福建觀鳥會與國際鳥盟合作同步進行繁殖族群調查，確認黑嘴端鳳頭燕鷗的族群量有 100 隻，突破過去不到 50 隻的歷史紀錄(袁孝維，2015)。更透過繫放 424 隻大鳳頭燕鷗與 1 隻黑嘴端鳳頭燕鷗，持續累積兩岸的目擊記錄，確認兩岸的燕鷗為關連族群，未來兩岸的持續合作將更為重要(袁孝維，2013 - 2017)。透過 2008 與 2016 年的大鳳頭燕鷗衛星追蹤資訊，我們也確認馬祖地區的大鳳頭燕鷗有兩條遷徙路線，在秋季南遷時沿著南中國海岸，一是沿著海岸飛往東南亞緬甸和柬埔寨，二是在廣東省汕尾市轉向飛往菲律賓。且據追蹤資訊可發現 7-8 月間燕鷗除馬祖之外在浙江溫州、金門、廣東汕尾與海南島都有活動熱點出現，可能為潛在的繁殖地或重要的覓食地(台北市野鳥學會，2008；袁孝維，2016)。

此外，在海洋氣候環境與歷年(2008 - 2016)燕鷗族群變化的關係分析中，我們發現夏季的海水葉綠素濃度和燕鷗族群有顯著正相關，海水表面溫度距平值則會造成燕鷗族群負面的影響，顯示馬祖周圍海域的基礎生產量可能是影響燕鷗族群量的關鍵因子(袁孝維，2016)。而藉由分析燕鷗的胸羽與蛋殼中的重金屬含量，我們也發現燕鷗體內的重金屬累積情形在年間的變異很大，且汞在蛋殼及成、幼鳥胸羽的累積有增加趨勢，而砷在幼鳥胸羽中濃度大於成鳥胸羽，可能為馬祖地

區潛在的污染物，應持續監測污染物對燕鷗族群造成的影響(袁孝維，2015 - 2017)。2016 年我們也首度確認燕鷗有夜間棄巢的現象，顯示繁殖巢區可能有潛在的天敵威脅，同年也開始發現鐵尖嶼上有小黃腹鼠出現，因此天敵移除與夜間監測將會是未來重要的工作(袁孝維，2016)。

## 一、 擬解決問題

1. 營造適宜棲地維護黑嘴端鳳頭燕鷗與大鳳頭燕鷗繁殖島嶼環境，以監測燕鷗族群數量、繁殖成功率及其族群限制因子，如：天敵、環境污染或自然災害...等，並持續監測馬祖地區燕鷗族群動態。
2. 透過衛星追蹤資料判視燕鷗重要活動熱點，以分析大尺度之海鳥重要棲息地範圍作為生物多樣性保育的參考，和小尺度之燕鷗覓食/活動範圍與環境偏好，以推估其潛在繁殖棲地與可能的分布範圍。
3. 檢測大鳳頭燕鷗胸羽、蛋殼與食魚的重金屬濃度並建立資料庫，探討環境污染物對燕鷗繁殖或族群的影響並瞭解環境污染物對於海洋生態系影響程度及時空變化。

## 二、 研究目標

### (一) 全程目標

1. 於繁殖季前進行島嶼棲地環境監測，營造適合燕鷗繁殖的植被環境並且移除潛在的掠食者。
2. 透過島上觀察站的設置，輔以自動影像記錄器和聲音記錄器監測燕鷗繁殖巢區狀況，以掌握繁殖動態並加強夜間觀察，作為評估燕鷗族群成長趨勢參考。
3. 透過檢驗燕鷗胸羽、蛋殼以及食魚重金屬濃度及監測蛋殼厚薄度變化，瞭解環境汙染對於燕鷗生存與繁殖的影響，建立燕鷗胸羽、蛋殼和食魚等重金屬濃度資料庫。
4. 利用衛星發報器輔以繫放標誌作業追蹤燕鷗的移動與遷徙，分析重要地理分布資訊，作為海洋保護區與重要棲息地的熱點參考資訊，進而促進建立兩岸與東亞遷徙線上各國的保育合作。
5. 建構海峽兩岸燕鷗族群動態資訊與研究合作關係，匯集與交流各繁殖地黑嘴端鳳頭燕鷗與大鳳頭燕鷗之關聯族群動態資訊，作為大尺度保育策略與族群評估之參考。
6. 釐清黑嘴端鳳頭燕鷗族群數量、生活史與潛在地理分布。



## (二) 本年度目標

1. 進行棲地環境監測與營造 2 次。
2. 架設自動影像與聲音記錄器 6 台。
3. 標誌大鳳頭燕鷗或黑嘴端鳳頭燕鷗共計 50 隻。
4. 檢驗燕鷗胸羽、蛋殼和食魚之重金屬濃度各 20 個樣本。
5. 檢測燕鷗蛋殼厚薄度 20 隻。
6. 裝置 10 組 GPS-UHF 追蹤記錄器。
7. 維護海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網 10 次。
8. 參與海峽兩岸交流會議 1 次。
9. 出席國際研討會並發表研究成果 1 次。
10. 發布臺灣黑嘴端鳳頭燕鷗族群現況於國際鳥類保育組織或期刊之電子報中 1 次。

## 貳、 研究方法

### 一、 研究地點

馬祖列島燕鷗保護區成立於 2000 年 1 月 26 日，保護區範圍涵蓋東引鄉之雙子礁，北竿鄉之三連嶼、中島、鐵尖、白廟、進嶼，南竿鄉之瀏泉礁，與莒光鄉之蛇山共 8 座島嶼(圖 1)。8 座島嶼均為孤立於各鄉外之無人島嶼，附近海域漁產豐富，平時除漁民前往捕魚、採集海產外，人跡罕至，造就為多種海鳥繁殖棲息的群聚地(劉用福 2008；張壽華 2008)。保護區之主要保護目標為以這些島嶼作繁殖地區的白眉燕鷗、紅燕鷗、蒼燕鷗、大鳳頭燕鷗、黑尾鷗、岩鷺、叉尾雨燕七種鳥類。在管理方面，為避免人為干擾，連江縣政府已劃設各保護區島礁低潮線向海面延伸 100 m 為緩衝區，觀光與漁業行為均被管制在此範圍外活動。

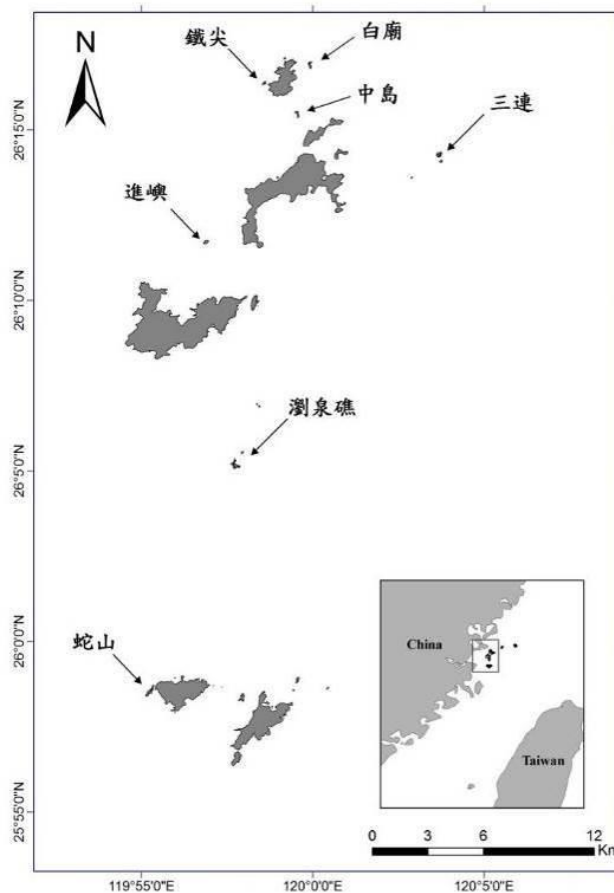


圖 1. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼位置

## 二、 實施方法

### (一) 棲地環境調查與營造

根據團隊過去之植被調查資料顯示，保護區內各座島嶼的植被環境隨季節、氣候與燕鷗繁殖擾動有相當大的變化。本計畫將延續過去的調查工作，在繁殖季前後進行各島嶼前在天敵移除及採樣包含土壤、棄蛋、鳥屍樣本等。若於繁殖季前發現環境不利於燕鷗繁殖利用(如植被高度過高、坡度過陡、植物種類不適宜燕鷗進駐等)，將利用小型器具進行小規模的棲地營造。

### (二) 聲音與影像監視系統架設

為加強燕鷗保護區內每座島嶼的燕鷗繁殖影像紀錄資訊，研究人員擬於繁殖季前登島架設 5-10 台具夜視與廣角功能之紅外線自動攝影機。紅外線自動相機是藉由高感度度的被動式紅外線動作感應器來偵測感應範圍內動作中或溫度度異於環境的物體，觸發後即自動攝錄高解析相片或影片。相較於傳統底片式相機，影像都是直接儲存於機身內部的 SD 記憶卡中，在儲存容量與運作時間上都較傳統相機高出數倍。屆時依照拍攝目的設定定時每 0.5 至 1 小時拍照或錄影。在繁殖季結束後，研究人員將登島回收自動相機，檢視相片並透過自動相機的資料瞭解繁殖狀況。另外也將利用防水防塵的聲音紀錄器，長時間區段性、週期性的記錄背景聲音。放置在調查樣區一段時間後再收回至實驗室內，利用軟體或人工分析記錄到的物種，甚至可利用鳴叫聲來估計周圍的鳥類族群數量。視燕鷗保護區內各島嶼的面積大小與地形，一個島嶼放置 1 至 2 台聲音記錄器較為適合。

### (三) 燕鷗繫放作業

為避免干擾，繫放工作將於繁殖後期確認未有仍孵巢之燕鷗成鳥後進行。捕捉方式將使用霧網，於晨昏間登島架設網具後離開，在海面上靜待鳥隻因視線不明中網再趨船登島解網，每次繫放工作時間以不超過兩小時為限。待捕捉到燕鷗成鳥或幼鳥後，將測量基本量值如：嘴喙長、翼長、附蹠長、體重、體長與換羽情形。在個體標誌部分，研究人員將在燕鷗成鳥左腳繫上金屬環、右腳繫代表臺灣之上白下藍編碼足旗，雛鳥則繫上金屬環與色環作為標記。若燕鷗族群因人為過度干擾而有棄巢或是鳥隻傷亡之疑慮時則應停止繫放工作。今年度除馬祖列島外，也將評估至澎湖、韭山或五峙山列島之大鳳頭燕鷗與黑嘴端鳳頭燕鷗繁殖地進行繫放之可能性。

### (四) 燕鷗胸羽、蛋殼和食魚重金屬濃度檢測

檢視 106 與 107 年本計畫在燕鷗胸羽、蛋殼和食魚的重金屬濃度檢測結果，選擇過去自行檢測中發現濃度有超標或是過高的銅、鉛、鋅與砷為主要目標進行檢測。為求檢測結果的公正與可信度，相關樣本都在採樣後以低溫保存，並寄送至經國際標準 ISO 17025 實驗室認證的中興大學土壤調查試驗中心，使用感應耦合電漿質譜儀檢測重金屬濃度。

燕鷗胸羽樣本來自本年度於馬祖進行燕鷗繫放工作時，自幼鳥身上拔下約 0.1g 的胸羽，各別放置於塑膠採樣袋內保存。彈殼來源來自於繁殖季末登島採集的燕鷗棄蛋，以清水洗淨後放置於塑膠採樣袋內保存。食魚來源為馬祖北竿僑仔漁港在牽罟活動捕撈的鯤魚。

### (五) 燕鷗蛋殼厚薄度監測

將棄蛋從腰部剖開，使用清水洗淨蛋內組織並將蛋膜移除，取蛋腰部 9 個點使用精度可至 0.001mm 之雙圓頭測微儀量測蛋殼厚度，再取其平均作為蛋殼厚度。

## (六)裝置 10 組 GPS-UHF 追蹤記錄器

配合燕鷗繫放執行，本計畫將裝置 10 組 GPS - UHF 追蹤記錄器(Ecotone，重量 5.5 克)，以發報器重量不超過燕鷗體重 5% 為原則，挑選體重超過 190 克的燕鷗以繞腳背負的方式將發報器裝置於燕鷗體背上。GPS-UHF 追蹤記錄器則可透過 UHF 接受器下載記錄器中 GPS 點位資訊，但需記錄器於位於接受器半徑 800 公尺內，故將用於收集繁殖季的活動點位，以分析活動範圍與環境偏好。又 GPS-UHF 追蹤記錄器可儲存 GPS 點位並以太陽能充電，於燕鷗遷徙時雖然無法即時獲取資料，但可於 2020 年以接受器下載點位，以獲得更精準的點位資料。

### **(七) 維護海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網**

持續維護並更新海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網，並視大陸資安政策調整網域位置以便大陸研究人員檢閱。網站主頁內容目前規劃包含黑嘴端鳳頭燕鷗簡史、馬祖列島燕鷗保護區、保育現況與威脅、未來展望、研究團隊介紹。除在主頁介紹相關研究背景外，本網站也可利用網誌共同作者方式定期、多方更新資訊，文章列表目前初步規劃分為活動資訊、觀察記錄與研究主題。未來將視情形增加文章列別，並定時上傳燕鷗監測訊息與相關保育活動消息。

### **(八) 參與海峽兩岸交流會議**

為促進兩岸研究團隊的合作共識、資訊交流與了解黑嘴端鳳頭燕鷗於浙江地區的概況與繁殖情形，擬於今年度燕鷗繁殖季前後由本計畫主持人至大陸浙江地區參訪，並出席與浙江自然史博物館研究團隊舉辦之海峽兩岸燕鷗保育交流會議，行程共計 4 日。

### **(九) 出席國際研討會並發表本計畫研究成果**

整理歷年來的研究成果，於 2019 年太平洋海鳥研究群會議中(2019 Pacific Seabird Group Annual Meeting)上發表，與國際研究人員分享並交流保育物種之研究、保育的資訊，以及利用衛星發報器瞭解海洋重點保育區域，作為執行物種保育研究的參考。

## (十) 發布臺灣黑嘴端鳳頭燕鷗族群現況於國際鳥類保育組織

### 或期刊之電子報中

依據「2017 黑嘴端鳳頭燕鷗保育研討會」的討論與共識，民眾與當地賞鷗業者希望研究團隊能將歷年來的研究成果與資訊公開，提供他們認識黑嘴端鳳頭燕鷗的族群保育現況。此外，也讓國際關心鳥類保育的人士與組織瞭解臺灣對於瀕危物種保育的努力，今年度將結合歷年研究成果與 2019 年現況，撰寫臺灣黑嘴端鳳頭燕鷗保育現況文章投稿至國際鳥類保育組織或期刊所發行的電子報，例如：National Audubon Society、Waterbird、East Asian-Australasian Flyway Partnership 等，增加國際上對於黑嘴端鳳頭燕鷗的認識以及瞭解臺灣主管機關與研究單位的努力。

## 參、 研究成果

### (一)棲地環境調查與營造、聲音與影像監視系統架設

2019 年的棲地整理工作於 5 月 12 日執行，共在鐵尖島上放置 72 隻模型假鳥，並在島嶼兩側與監測小屋上裝設監視器，聲音播放器的位置設置在小屋的南北兩側約 1 米處。植被整理的工作依照洪崇航等(2018)的研究建議，擴大了北邊的植被整理區域，並強化監測小屋的偽裝網掩蔽度，期望能增加燕鷗繁殖的巢區。

在鼠類移除的工作上，今年度改使用紐西蘭 GoodNature 公司的 A24 無毒自動滅鼠器(圖 3)，該裝置的機制主要是當老鼠吃誘餌時觸碰到機關，高壓二氧化碳鋼瓶推動的殺傷栓便會高速射出，瞬間擠壓老鼠頭部，使其窒息而死並摔落地面，裝置內的彈簧隨後把殺傷栓拉回預備位置，準備下一次擊殺，一個二氧化碳瓶可完成 24 次擊殺。今年度共在鐵尖與中島各架設了 2 台的自動滅鼠器，但僅有在繁殖季末在鐵尖島發現一次擊發紀錄與死亡的小黃腹鼠。



圖 2. 2019 年的棲地營造工作概況





圖 3. GoodNature A24 無毒自動滅鼠器裝置圖與運作示意圖



圖 4. 架設在中島監測小屋內的自動滅鼠器裝置與自動相機

透過架設於島上的即時影像系統，今年最早在 5 月 25 日在鐵尖觀察到燕鷗進駐，從鐵尖島的北端巢區開始往南擴散，從一開始的約 50 隻個體，至 5 月 29 日傍晚已達近 500 隻個體，北面的族群增加持續至 6 月 13 日，巢區延伸到達觀測小屋為止。南面的族群始於 6 月 4 日，且於 6 月 5 日族群量即達 500 隻，增加速度較北面為快。6 月 17 日監經由即時影像估算，北區巢數約 1156 巢，南區則有約 500 巢。7 月 16 日利用無人機空拍鐵尖島上的燕鷗巢區以便評估今年度的燕鷗分布情形，結果發現今年度在鐵尖島南端的巢區較 2017 年小，主要都集中在北端的巢區。受限於當日的霧氣較重，從空拍照上難以判斷島上的燕鷗數量，未來將以開發 AI 辨識軟體協助計算影像中的燕鷗數量。

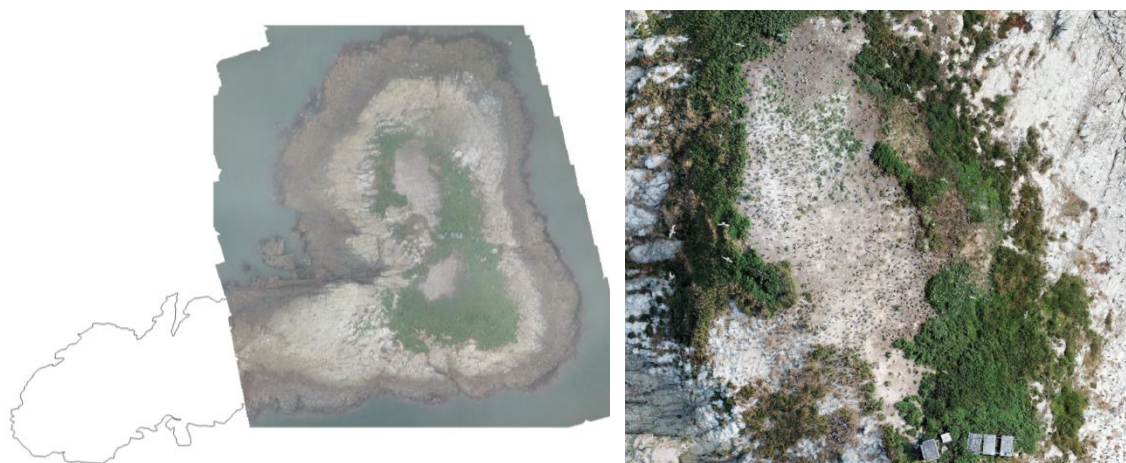


圖 5. 左圖為 2019 年 7 月的鐵尖島空拍照，右圖為北端巢區空拍照

2019 年黑嘴端鳳頭燕鷗最大量則記錄為 7 月 15 日於鐵尖的 14 隻，後續 6 月及 7 月的調查則都記錄於鐵尖。2019 年於 6 月 29 日經由台北鳥會架設的即時影像傳輸監測，發現孵巢的黑嘴端鳳頭燕鷗約有 6 巢，後由研究人員繫放時確認今年成功成長至飛行階段的黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥數量有 3 隻，整體而言繁殖成功率仍不理想。

## (二) 燕鷗繫放作業

2019 年的繫放工作在 7/27~28 與 8/3 日期間分三次進行，在晨間 07:00 至 09:00 之間，研究人員 2 人 1 組，一人負責將幼鳥驅趕至岩石邊後徒手捕捉，另

一人負責將幼鳥放置到折疊式的置物籃中。幼鳥捕捉後集中放置在通風良好的位置，由研究人員依序將幼鳥取出量測其重量並繫上足旗與腳環。三次的繫放工作總共捕捉到 135 隻大鳳頭燕鷗幼鳥與 1 隻成鳥。



圖 6. 燕鷗繫放工作照

表 1. 2019 年繫放的大鳳頭燕鷗資料

繫放日期	環號	旗號	重量(g)	備註
7/27	E15200	J03	225	
7/27	E15173	J02	195	
7/27	E15174	J04	215	
7/27	E15175	J05	260	
7/27	E15176	J06	255	
7/27	E15177	J07	255	
7/27	E15178		190	體型太小未上旗
7/27	E15179	J08	240	
7/27	E15180	J09	265	
7/27	E15181	J10	210	
7/27	E15182	J11	290	
7/27	E15183	J12	250	
7/27	E15184	J13	280	
7/27	E15185	J14	260	
7/27	E15186	J15	210	
7/27	E15199	J16	250	
7/27	E15187	J17	280	
7/27	E15188	J18	240	
7/27	E15189	J19	230	
7/27	E15190	J20	265	
7/27	E15191	J21	280	

繫放日期	環號	旗號	重量(g)	備註
7/27	E15192	J22	260	
7/27	E15193	J23	245	
7/27	E15194	J24	270	
7/27	E15195	J28	250	
7/27	E15196	J26	250	
7/27	E15197		245	體型太小未上旗
7/27	E15198	J27	240	
7/27	E14401	J29	240	
7/27	E14402	J30	255	
7/27	E14403		210	體型太小未上旗
7/27	E14404	J31	260	
7/27	E14405	J32	250	
7/27	E14406	J33	210	
7/27	E14407	J35	275	
7/27	E14408	J36	220	
7/27	E14409	J37	250	
7/27	E14410	J38	240	
7/27	E14411	J39	250	
7/27	E14412		220	體型太小未上旗
7/27	E14413	J40	250	
7/27	E14414	J41	200	
7/27	E14415	J42	250	
7/27	E14416	J43	220	
7/27	E14417	J44	240	
7/27	E14418	J45	210	
7/28	E14419	J34	235	
7/28	E14420	J46	240	
7/28	E14421	J47	210	
7/28	E14422		255	體型太小未上旗
7/28	E14423	J49	230	
7/28	E14424	J50	245	
7/28	E14425	J51	210	
7/28	E14426	J52	260	
7/28	E14427	J53	245	
7/28	E14428	J54	230	
7/28	E14429	J55	245	
7/28	E14430	J56	230	

繫放日期	環號	旗號	重量(g)	備註
7/28	E14431	J57	215	
7/28	E14432	J58	210	
7/28	E14433	J59	255	
7/28	E14434	J60	260	
7/28	E14435	J61	255	
7/28	E14436	J62	235	
7/28	E14437	J63	245	
7/28	E14438	J64	230	
7/28	E14439	J65	220	
7/28	E14440	J66	265	
7/28	E14441	J67	245	
7/28	E14442	J68	225	
7/28	E14443	J69	190	
7/28	E14444		195	體型太小未上旗
7/28	E14445	J70	250	
7/28	E14446	J71	225	
7/28	E14447	J72	240	
7/28	E14448	J74	255	
7/28	E14449	J75	270	
7/28	E14450	J76	205	
7/28	E14251	J77	210	
7/28	E14252	J78	255	
7/28	E14253		250	體型太小未上旗
7/28	E14254	J80	195	
7/28	E14255	J82	270	
7/28	E14256	J83	270	
7/28	E14257	J84	255	
7/28	E14258	J85	215	
7/28	E14259	J86	250	
7/28	E14260	J87	245	
7/28	E14261		245	體型太小未上旗
7/28	E14262	J89	280	
7/28	E14263	J90	255	
7/28	E14264	J91	235	
7/28	E14265	J93	225	
7/28	E14266	J92	255	
7/28	E14267	J94	265	

繫放日期	環號	旗號	重量(g)	備註
7/28	E14268	J97	205	
7/29	E14269	J96	280	成鳥
8/3	E14270	3A	235	
8/3	E14271	4A	260	
8/3	E14272	5A	260	
8/3	E14273	6A	245	
8/3	E14274	7A	245	
8/3	E14275	8A	235	
8/3	E14276	9A	250	
8/3	E14277	1C	230	
8/3	E14278	2C	235	
8/3	E14279	3C	280	
8/3	E14280	4C	275	
8/3	E14281	5C	265	
8/3	E14282	6C	250	
8/3	E14283	7C	255	
8/3	E14284	1H	240	
8/3	E14285	2H	235	
8/3	E14286	0J	250	
8/3	E14287	1J	235	
8/3	E14288	2J	260	
8/3	E14289	3J	230	
8/3	E14290	4J	250	
8/3	E14291	5J	260	
8/3	E14292	6J	245	
8/3	E14293	7J	245	
8/3	E14294	8J	225	
8/3	E14295	9J	230	
8/3	E14296	2P	270	
8/3	E14297	3P	210	
8/3	E14298	0P	270	
8/3	E14299	4P	240	
8/3	E14300	5P	235	
8/3	E14351	6P	250	
8/3	E14352	7P	250	
8/3	E14353	8P	250	
8/3	E14354	9P	240	



繫放日期	環號	旗號	重量(g)	備註
8/3	E14355	1K	265	
8/3	E14356	2K	260	
8/3	E14357	3K	200	
8/3	E14358	4K	240	

### (三) 燕鷗胸羽、蛋殼和食魚重金屬濃度檢測

2019 年共送驗 30 組胸羽、蛋殼與食魚樣本至中興大學土壤調查試驗中心進行分析，結果顯示蛋殼中的銅濃度平均為  $1.08 \pm 0.09 \text{ mg/Kg}$ 、鋅為  $8.05 \pm 0.16 \text{ mg/Kg}$ ；鯉魚中的銅濃度平均為  $1.00 \pm 0.02 \text{ mg/Kg}$ 、鋅為  $13.36 \pm 0.20 \text{ mg/Kg}$ ；幼鳥羽毛中的銅濃度平均為  $5.71 \pm 0.21 \text{ mg/Kg}$ 、鋅為  $100.99 \pm 1.17 \text{ mg/Kg}$ ；三種樣本在砷與鉛的檢驗都低於偵測方法極限值。與 2018 年的研究相較，在幼鳥羽毛中的鋅濃度同樣接近毒害標準(100ppm)外，銅濃度在各樣本中則有相似或是略低的檢測值。

整體而言，在 2017 至 2019 年的監測結果中都顯示大鳳頭燕鷗羽毛中的鋅濃度有過高的情況，雖重金屬鋅在適量的時候可以增強鳥類蛋殼的韌性和蛋黃大小，但若過量的時候則會造成鋅中毒，影響鳥類健康和蛋的品質。在 2018 年的研究中曾經比對馬祖與澎湖兩區域的樣本，結果發現在砷、銅、汞、鉛與鎘重金屬濃度有地區上的差異。重金屬樣本的分析所費不貲，且由於樣本來源特殊，今年度在尋找國內具國際認證的單位時也遭遇許多困難，由於不清楚實際含量的可能濃度範圍，過高的濃度可能有汙染貴重的儀器疑慮，多數單位不願意承攬分析業務。有鑑於此，建議未來應尋找具有專業檢驗能力的機構進行採樣與檢驗，或在經費考量下，僅收集每年觀察到的死亡個體樣本並保存，留待後續經費許可下再進行分析。

表 2. 2019 年於馬祖列島燕鷗保護區採集的蛋殼、鯉魚與幼鳥羽毛樣本四種重金屬的分析結果

樣本	砷	銅	鉛	鋅
蛋殼	ND	1.24	<1.88	7.94
蛋殼	ND	1.19	<1.88	7.67
蛋殼	ND	1.15	ND	8.02
蛋殼	ND	1.15	ND	8.06
蛋殼	ND	1.07	ND	8.08
蛋殼	ND	1.09	ND	8.09
蛋殼	ND	1.05	ND	8.19
蛋殼	ND	1.04	ND	8.19
蛋殼	ND	0.96	ND	8.24
蛋殼	ND	0.957	ND	8.1
鯤魚	ND	1	<1.88	13.3
鯤魚	ND	0.961	ND	13.1
鯤魚	ND	1.01	ND	13.3
鯤魚	ND	1	ND	13.3
鯤魚	ND	1	<1.88	13.7
鯤魚	ND	0.984	<1.88	13.6
鯤魚	ND	1.03	<1.88	13.6
鯤魚	ND	1.04	<1.88	13.3
鯤魚	ND	1	<1.88	13.2
鯤魚	ND	1	<1.88	13.2
羽毛	ND	5.77	<1.88	103
羽毛	ND	5.6	<1.88	102
羽毛	ND	5.66	ND	101
羽毛	ND	5.69	ND	100
羽毛	ND	5.71	ND	101
羽毛	ND	5.73	ND	102
羽毛	ND	6.03	ND	101
羽毛	ND	6.07	ND	101
羽毛	ND	5.44	ND	100
羽毛	ND	5.39	ND	98.9

#### (四) 燕鷗蛋殼厚薄度監測



研究團隊於馬祖鐵尖島上採集鳳頭燕鷗棄蛋 10 顆，並完成蛋長、蛋寬及蛋殼厚薄度測量。平均鳳頭燕鷗蛋長為  $55.4 \pm 3.65\text{mm}$ ，蛋寬為  $36.71 \pm 2.45\text{mm}$ ，蛋殼厚度為  $0.22 \pm 0.1\text{mm}$ ，與 2018 年的成果並無差異。

### (五) 裝置 10 組 GPS-UHF 追蹤記錄器

為避免巢區的捕捉工作造成過度干擾，研究人員在確認大部分幼鳥與成鳥已離開巢區後，於 2019 年 7 月 29 日在鐵尖島上的太陽能板上先架設接收紀錄器電波之天線。當日並利用弓形網捕捉一隻大鳳頭燕鷗成鳥，並於其身上掛載追蹤記錄器，確認其行為正常後放飛測試紀錄器之接收功能。可惜的是，隨後並未接收到該個體的移動資訊，並在隔日發現其發報器已脫落。由於該時段已屆燕鷗繁殖末期，巢區僅剩約 10 巢仍在孵蛋階段的燕鷗，高度警戒的燕鷗遲遲不願回到巢區。為避免燕鷗棄巢，燕鷗繫放工作於 8 月 3 日後終止，今年度以分析歷年繫放的大鳳頭燕鷗追蹤資料為主。



圖 7. 發報器接受天線與攜帶發報器的鳳頭燕鷗

2016 至 2018 年在馬祖與澎湖繫放的 19 隻大鳳頭燕鷗中，編號 170823 的個體 2017 年安裝發報器後便離開繁殖地，不列入 2017 年的研究範圍。此外，2018 年除該年於澎湖繫放的 5 隻個體外，另有 2017 年繫放的 9 隻個體返回繁殖地，但其中編號 170826 的個體僅在福建沿海暫停留後便返回菲律賓，也不列入研究範圍。總計在本研究中分析的樣本數量為 2016 年 5 隻、2017 年 8 隻與 2018 年

13 隻。

別除掉可能在開始遷徙前衛星訊號便中斷的資料，2016 年在馬祖繁殖的大鳳頭燕鷗離開繁殖地的日數平均為第  $212.4 \pm 6.8$  日 ( $n = 5$ )，早於 2017 年的第  $245.4 \pm 12.2$  日 ( $n = 8$ )，也早於 2018 年在澎湖的第  $235.8 \pm 13.2$  日 ( $n = 5$ )。

2017 年繫放的 9 隻個體的衛星訊號均有持續回傳到隔年繁殖季，回到繁殖地的時間除了編號 170826 遲至 2018 年 7 月 2 日才抵達馬祖周圍海域且在 8 月初便離開外，其餘個體都在 4 月中至 5 月中左右抵達馬祖、澎湖或金門附近海域。2016 至 2018 年觀察到的大鳳頭燕鷗度冬的位置都集中在緬甸至寮國的沿海地區與菲律賓中部的海域。

表 3. 2016-2018 年繫放的 19 隻大鳳頭燕鷗衛星追蹤點位資訊，空白處為缺漏值

發報器 編號	繫放地點	性別	體重(g)	足旗編碼	追蹤點位數	繫放日期	遷徙日期
161483	馬祖鐵尖島	F	320	A81	89	2016/7/6	2016/8/16
161484	馬祖鐵尖島	M	340	C02	46	2016/7/7	2016/7/31
161487	馬祖鐵尖島	F	330	A90	39	2016/7/7	2016/7/26
161489	馬祖鐵尖島	M	330	C00	49	2016/7/7	2016/8/4
161490	馬祖鐵尖島	M	305	C05	67	2016/7/7	2016/7/30
170824	馬祖鐵尖島	F	335.5	C45	62	2017/7/2	2017/9/3
170825	馬祖鐵尖島	F	304	C31	71	2017/6/29	2017/8/19
170826	馬祖鐵尖島	F	312	C41	131	2017/6/29	2017/9/24
170827	馬祖鐵尖島	F	308.9	C46	86	2017/6/28	2017/8/19
170828	馬祖鐵尖島	F	320	C56	82	2017/7/18	2017/9/11
170829	馬祖鐵尖島	F	330	C58	65	2017/7/18	2017/9/4
170830	馬祖鐵尖島			C90	76	2017/7/21	2017/9/11
170832	馬祖鐵尖島	M	280	C61	84	2017/7/19	2017/9/21
60689	澎湖雞善嶼		297	P84	98	2018/7/28	2018/9/9
60690	澎湖雞善嶼		298	P60	101	2018/7/28	2018/8/24
60717	澎湖雞善嶼		291	P79	112	2018/7/28	2018/9/11
60721	澎湖雞善嶼		286	P71	107	2018/7/28	2018/9/19
60742	澎湖雞善嶼		309	P55	136	2018/7/28	2018/9/20

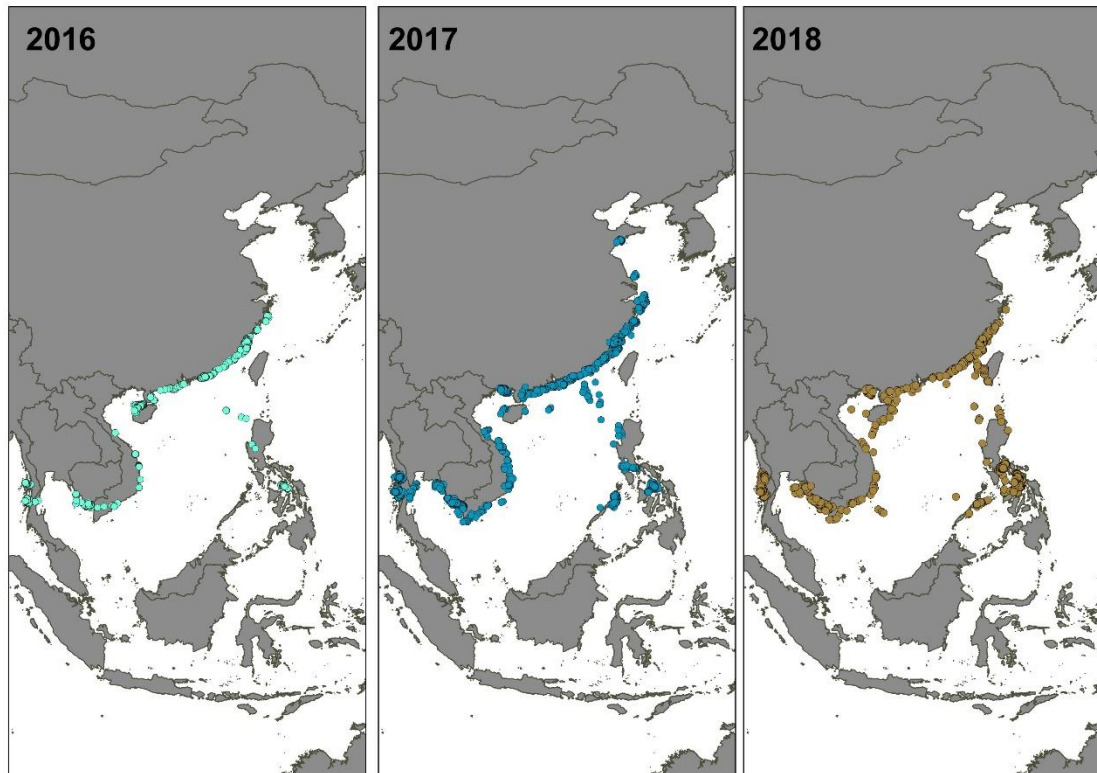


圖 8. 2016-2018 年的大鳳頭燕鷗衛星追蹤成果，其中 2016 年的 5 隻個體在當年冬季抵達度冬地後便陸續失去訊號；2017 年的 8 隻個體在 2018 年又回到繁殖地，到了 2019 年春季仍有 5 隻個體的訊號持續回傳中；2018 年在澎湖標放的 5 隻個體至 2019 年春季仍持續回傳資料中

2017 年繫放的 8 隻個體中有 4 隻個體到 2019 仍有訊號回傳。除編號 170830 的個體在度冬地便失去訊號外，其餘 3 隻個體都回到繁殖地，且其中編號 170827 的個體可能是到浙江省的韭山列島繁殖。2018 年繫放的 2018 年繫放的 5 隻個體在 2019 年都有持續回傳資料，且都有在繁殖季前後都有到金門至馬祖間的大陸沿海地區移動的情況。有趣的是，這 5 隻個體的度冬地都是在菲律賓中部海域，不同於 2017 年在馬祖列島繫放的個體主要都在緬甸與泰國等地區度冬。

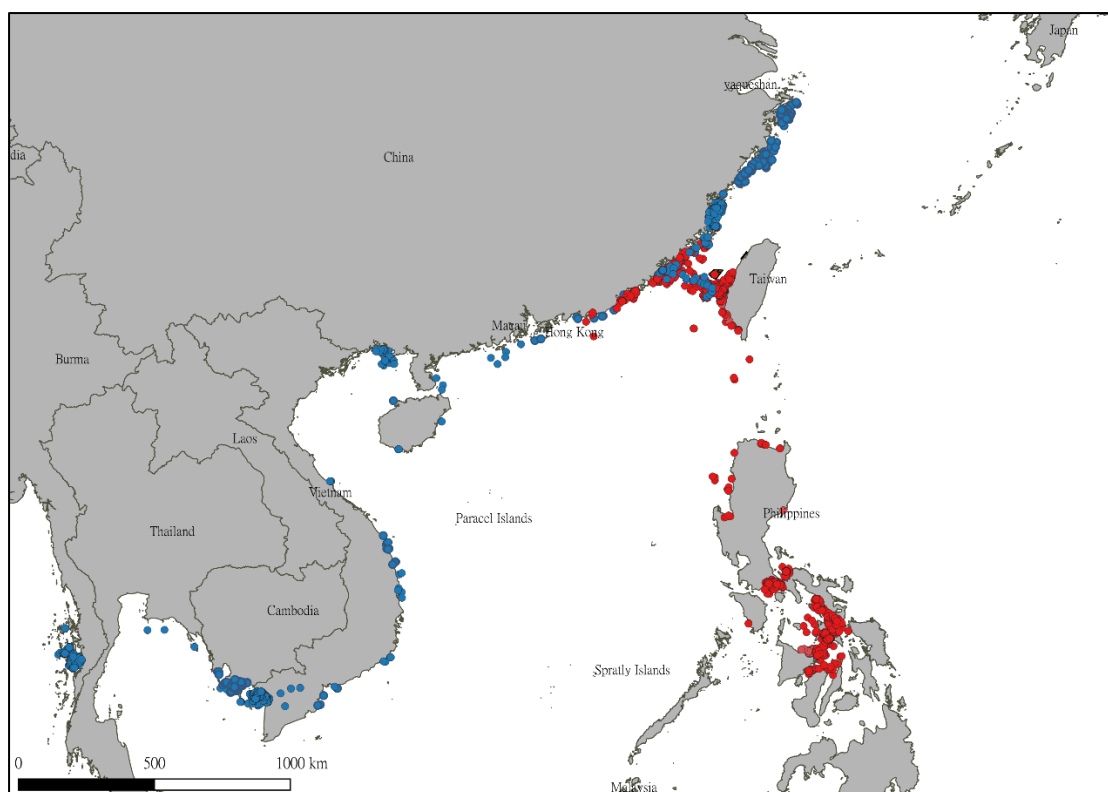


圖 9. 2019 年 1-12 月間的大鳳頭燕鷗追蹤點末，藍色點位為 2017 年在馬祖繫放的 4 隻大鳳頭燕鷗，紅色點位為 2018 年在澎湖繫放的 5 隻大鳳頭燕鷗

為進一步了解燕鷗活動範圍與環境間的關係，本研究也分析其活動範圍內的海水深度、離岸距離與離繁殖島嶼距離，並透過 MODIS 衛星遙測資料獲取的海水表面溫度與葉綠素濃度值，以瞭解大鳳頭燕鷗活動環境的特徵。在活動範圍分析中本研究僅使用每隻個體自繫上發報器至遷徙前的點位資料。燕鷗離開繁殖地前活動範圍的分析是透過 QGIS 2.18.15 (QGIS Development Team 2017) 軟體以核密度估計法(Kernel Density Estimation, KDE)累計每個點位半徑內的密度值，並使用 R 1.0.136 (R Core Team 2017)的 MASS package 計算合適之半徑值(Scott, 2015)。在產出的熱區圖中我們定義 50%密度等高線範圍內為核心區、95%密度等高線範圍內為活動區(Seaman and Powell, 1996; Croxall et al., 2003)。

燕鷗活動與環境資料的比對透過 QGIS 的 Point sampling 外掛程式擷取每個訊號點位的海水深度、離海岸距離與離繁殖島嶼距離，繁殖島嶼距離在本研究中定義為馬祖列島燕鷗保護區的鐵尖島與澎湖玄武岩自然保留區的雞扇嶼。其中海

水深度資料來自科技部自然司海洋學門資料庫，使用的是網格距離 1 公里的資料。所有的樣點將與隨機樣點比較以瞭解各項環境資料對燕鷗活動範圍的影響，隨機樣點的設置參考歷年衛星訊號分布狀況，選取北至馬祖、南至墾丁、東至基隆、西至金門的台灣海峽一帶區域，隨機選取使範圍內的海域位置，採樣數量與篩選後的衛星點位資料相等。在進行模式分析前，先篩選水深資料為正值(表示該點在陸地上)與水深超過 200 公尺的離群值資料。

在 2016-2018 年間累計共 2276 筆大鳳頭燕鷗追蹤訊號中，活動點位的平均水深為  $16.68 \pm 13.72$  公尺、與繁殖島嶼距離平均為  $85.12 \pm 118.01$  公里、與海岸的距離平均  $6.63 \pm 13.73$  公里。此外，檢視資料的分布方式可發現 50% 的海水深度資料分布在 15.94 公尺以內，50% 的點位距離繁殖島嶼的距離在 23.65 公里以內，50% 的點位距離海岸距離在 4.57 公里以內。在大鳳頭燕鷗的衛星訊號與隨機點位分布的模式分析結果中，我們發現離岸距離、離繁殖島嶼距離與水深三項因數都對燕鷗分布點為有顯著的影響(表 4-3)，在水深越淺、離岸邊與繁殖島嶼越近的區域有較高機率的燕鷗分布機率。

表 4. 透過模式分析篩選出的大鳳頭燕鷗分布點位最佳模式，depth 代表水深(公尺)，distance\_to\_island 代表與繁殖島嶼(馬祖與澎湖)的距離(公里)，distance\_to\_shore 代表與海岸的距離(公里)，三項因子都達顯著水準，其他模式的 AICc 變化值都大於 2

模式編號與各項因子	Estimate	S.E.	p-value	N	df	AICc
<b>GCT disturbance ~ depth + distance_to_island+ distance_to_shore</b>			<0.001	4624	4627	3013.8
depth	3.049	0.003	<0.001			
distance_to_island	-0.188	0.037	<0.001			
distance_to_shore	-7.398	0.462	<0.001			

在燕鷗活動點位的海水葉綠素濃度與海水表面溫度分析中，根據 t-test 的分析結果，燕鷗活動點位的海水葉綠素濃度顯著的較隨機樣點為高( $p < 0.001$ ，表 4-4)，但在海水表面溫度方面則顯著的較隨機樣點為低( $p < 0.001$ ，表 4-4)。此外，在 2016 至 2018 年中每年都是呈現同樣的趨勢(圖 4-8)，顯示大鳳頭燕鷗活動的點位有海水葉綠素濃度較高與海水表面溫度較低的現象。與國外研究相較，Grecian et al. (2016)與 Weichler (2004)在大西洋針對多種海鳥的研究指出，多數海鳥會偏好在溫度較低且葉綠素濃度較高的湧升流海域中活動，主要是因此環境中有富含營養的底層海水流向海表面，取代溫度較高、通常缺乏營養的表層海水。然而以馬祖與澎湖群島周圍的海域而言應非湧昇流環境，推測溫度較低且富含營養的環境應與河川的淡水注入有關。觀察海水葉綠素濃度在馬祖周圍海域的分布情形也可發現在閩江河口有較高濃度的葉綠素分布，與 Gong et al. (1996)在長江河口觀察到的情形類似，此現象可能與河川上游的營養鹽注入情形有關。

燕鷗的主食主要為在海水表層活動的魚類(Crawford, 2003)，海水葉綠素濃度與鯤科魚類幼魚的豐富度雖已在台灣海域被證實有正相關性(Hsieh et al., 2016)，但與海鳥族群動態間的直接關連性仍未被證實，遙測取得的海洋環境資料與實際的情況也可能存在落差。Grémillet et al. (2008)在南非的研究發現雖然遙測資料顯示的高生產力海域與海鳥的覓食範圍相符，但卻與表層魚類和浮游生物的實際分布情形不相符。該文作者認為實際的情況還必須考慮人類的漁業活動、魚類與浮游生物的生命史周期，在使用遙測資料作為魚類或海鳥的預測指標應特別注意時間與空間尺度上的問題。

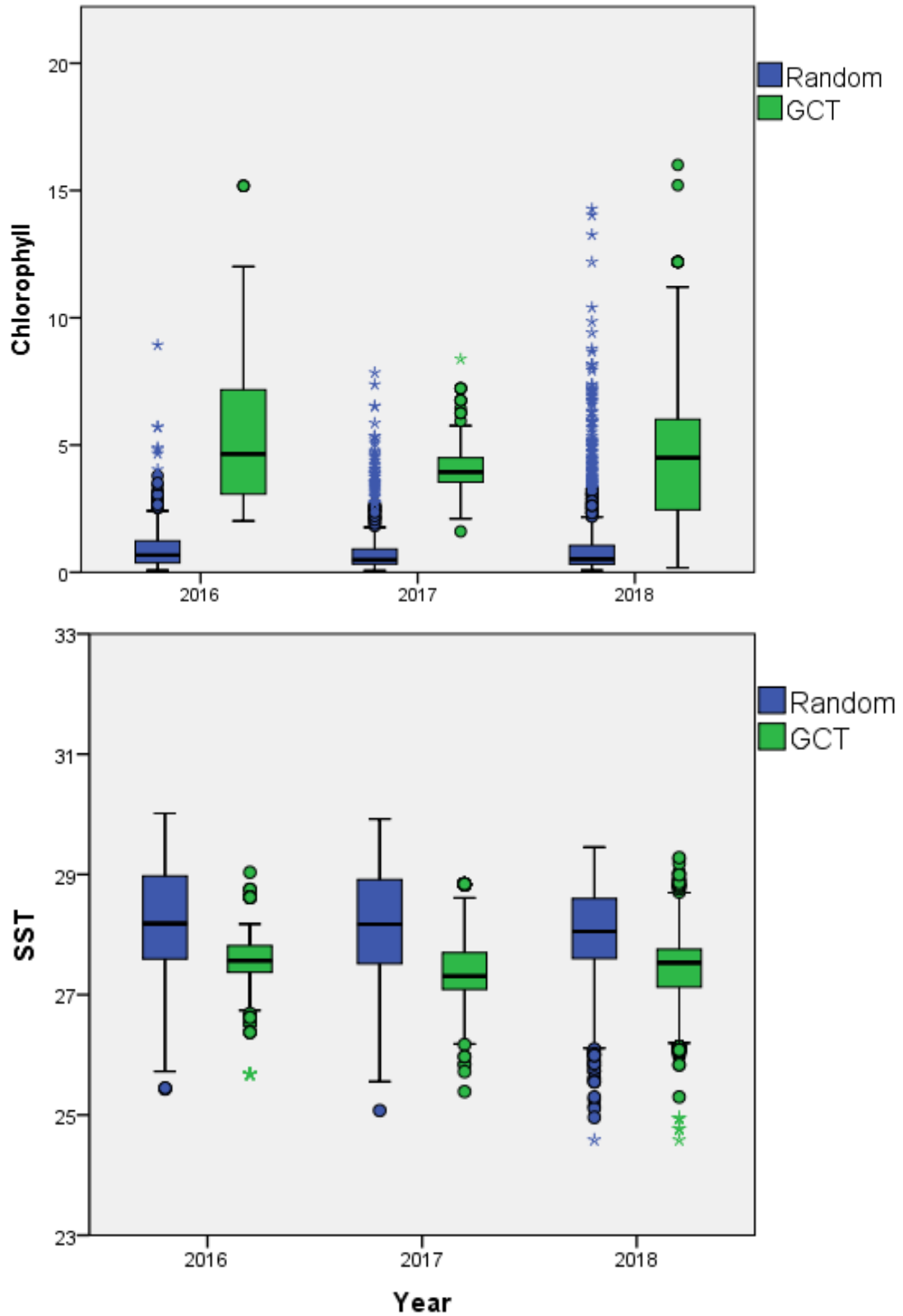


圖 10. 2016-2018 年大鳳頭燕鷗衛星點位(綠色)與隨機樣點(藍色)的(a) 7-9 月平均海水表面葉綠素濃度與(b) 7-9 月平均海水表面溫度的箱型圖



在核密度分析的部分，2016 年共 241 的訊號點位，採用的半徑值為 4.48 公里；2017 年共 564 個訊號點位，採用半徑值為 3.31 公里；2018 年 1637 個點位，採用半徑值為 15.99 公里。2016 年的大鳳頭燕鷗活動範圍明顯集中於馬祖鐵尖島西部至黃岐灣海域、閩江河口與馬祖南邊的平潭半島周圍海域(圖 11)。2017 年的活動範圍也是類似的結果，但更集中於鐵尖島周圍的海域(圖 12)。2018 年於澎湖繫放的燕鷗主要於澎湖北海與東海一帶活動，活動範圍也延伸到台灣西部嘉義、雲林至彰化的沿海地區，其他 2017 年繫放的個體主要在馬祖至閩江河口活動，活動區域也有向南延伸至金門、向北延伸到浙江韭山列島與五峙山列島(圖 13)。

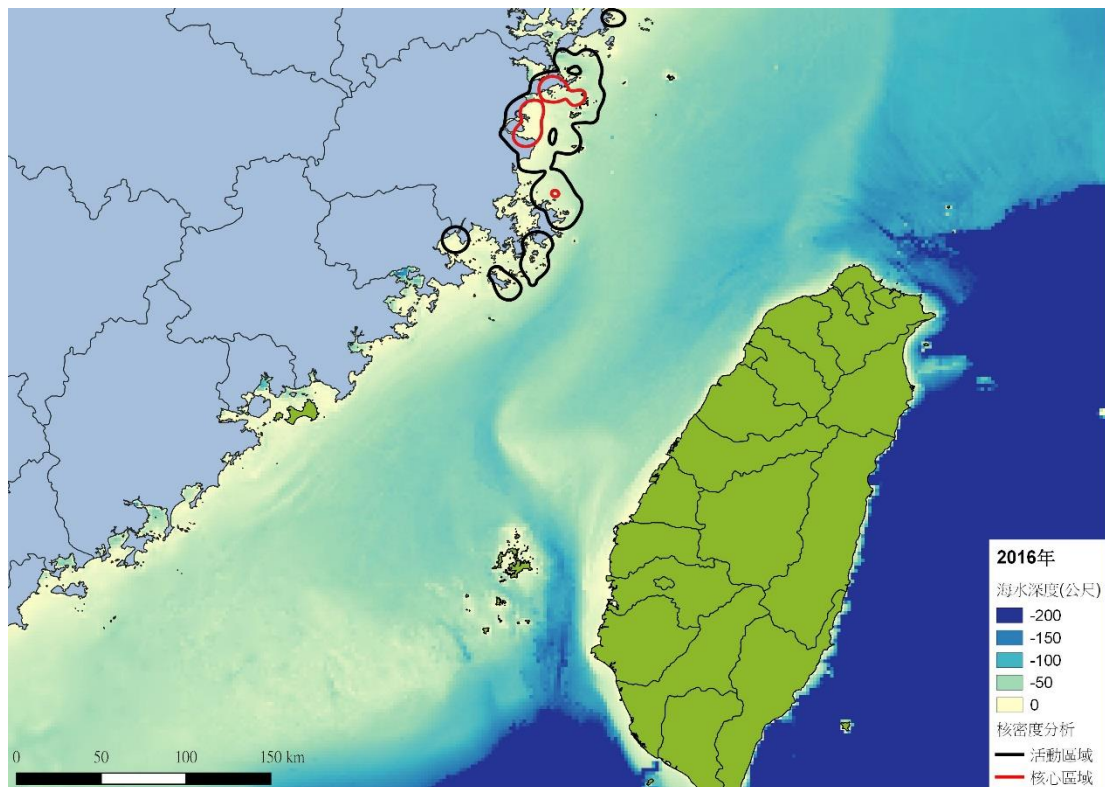


圖 11. 2016 年的 5 隻大鳳頭燕鷗衛星訊號在離開繁殖地前的核密度分析結果，黑線範圍為 95% 分布機率的活動區域、紅線範圍為 50% 分布機率的核區域



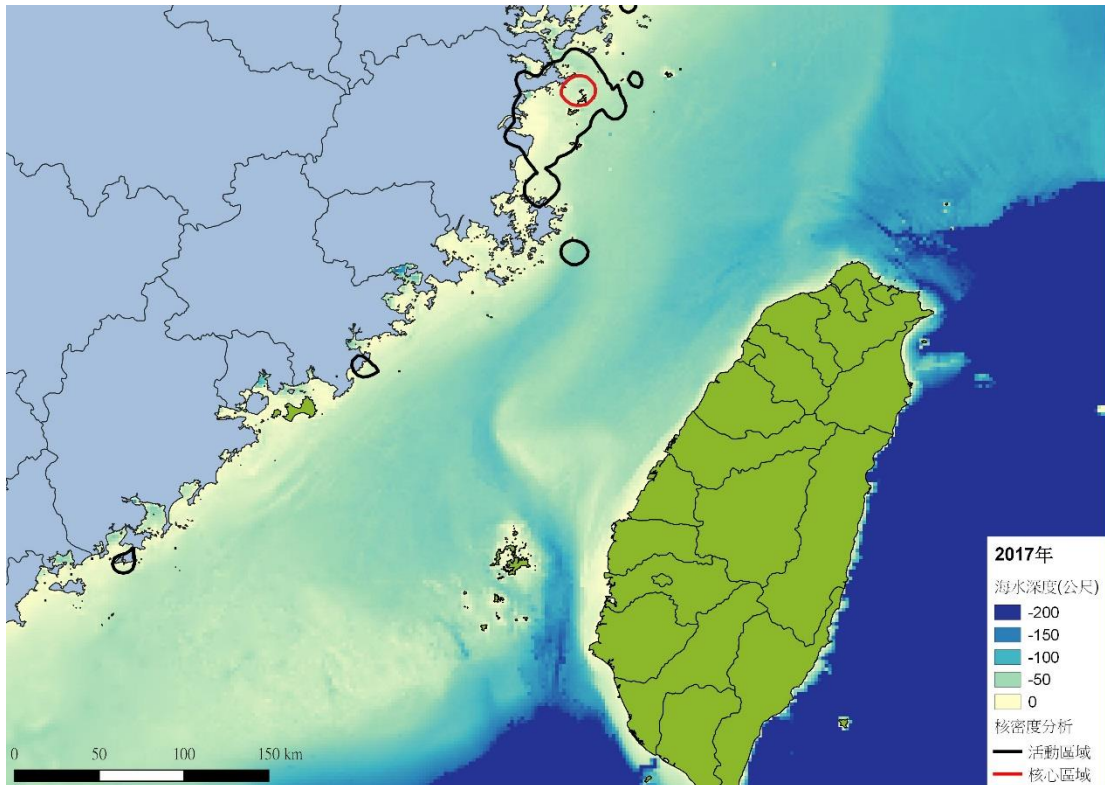


圖 12. 2017 年的 8 隻大鳳頭燕鷗衛星訊號在離開繁殖地前的核密度分析結果，黑線範圍為 95% 分布機率的活動區域、紅線範圍為 50% 分布機率的核區域

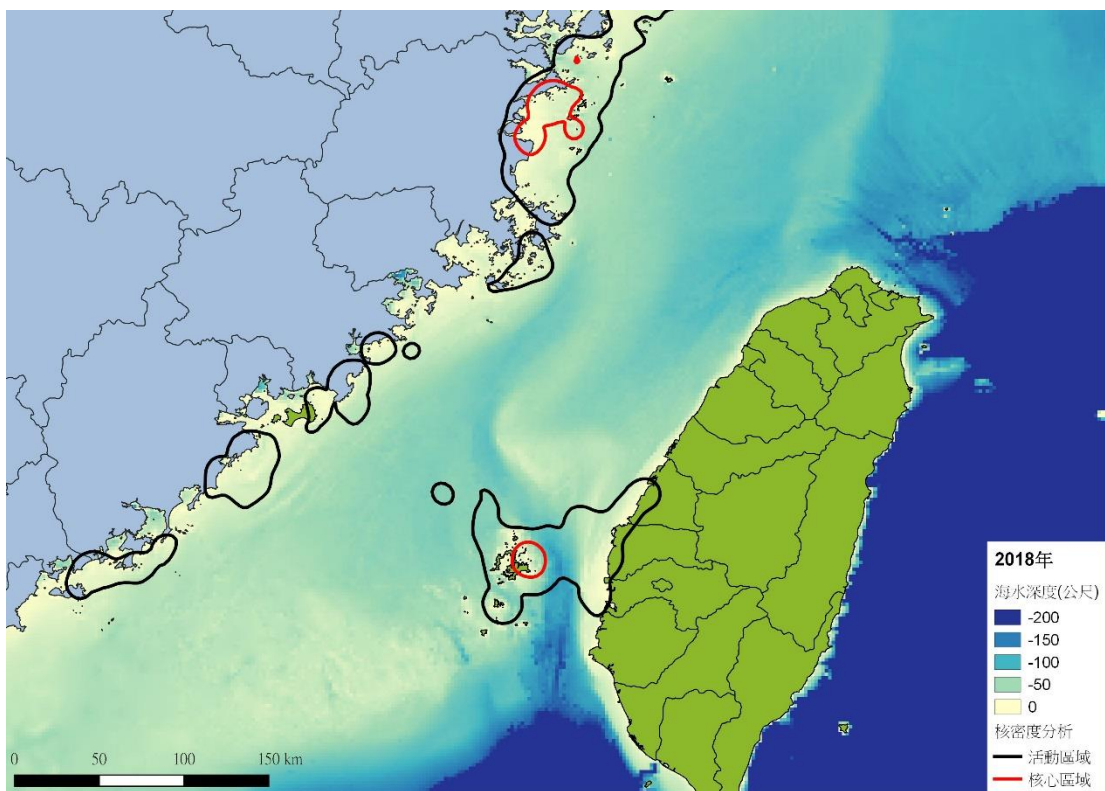


圖 13. 2018 年的 13 隻大鳳頭燕鷗衛星訊號在離開繁殖地前的核密度分析結果，黑線範圍為 95% 分布機率的活動區域、紅線範圍為 50% 分布機率的核區域

藉由活動熱區的分析我們也發現大鳳頭燕鷗的活動範圍與其繁殖島嶼周圍的保護區有很高的重疊度(圖 14)。在與保護區範圍重疊的計算部分，各年的燕鷗活動區域都有涵蓋繁殖島嶼的保護區範圍，且 2018 年的燕鷗核心活動範圍也有涵蓋福建省的閩江河保護區(圖 4-6)。然而，由於馬祖與澎湖的保護區與保留區範圍僅有針對島嶼與其周圍數百公尺範圍內的海域，與燕鷗活動範圍的重疊程度均低於 5%。

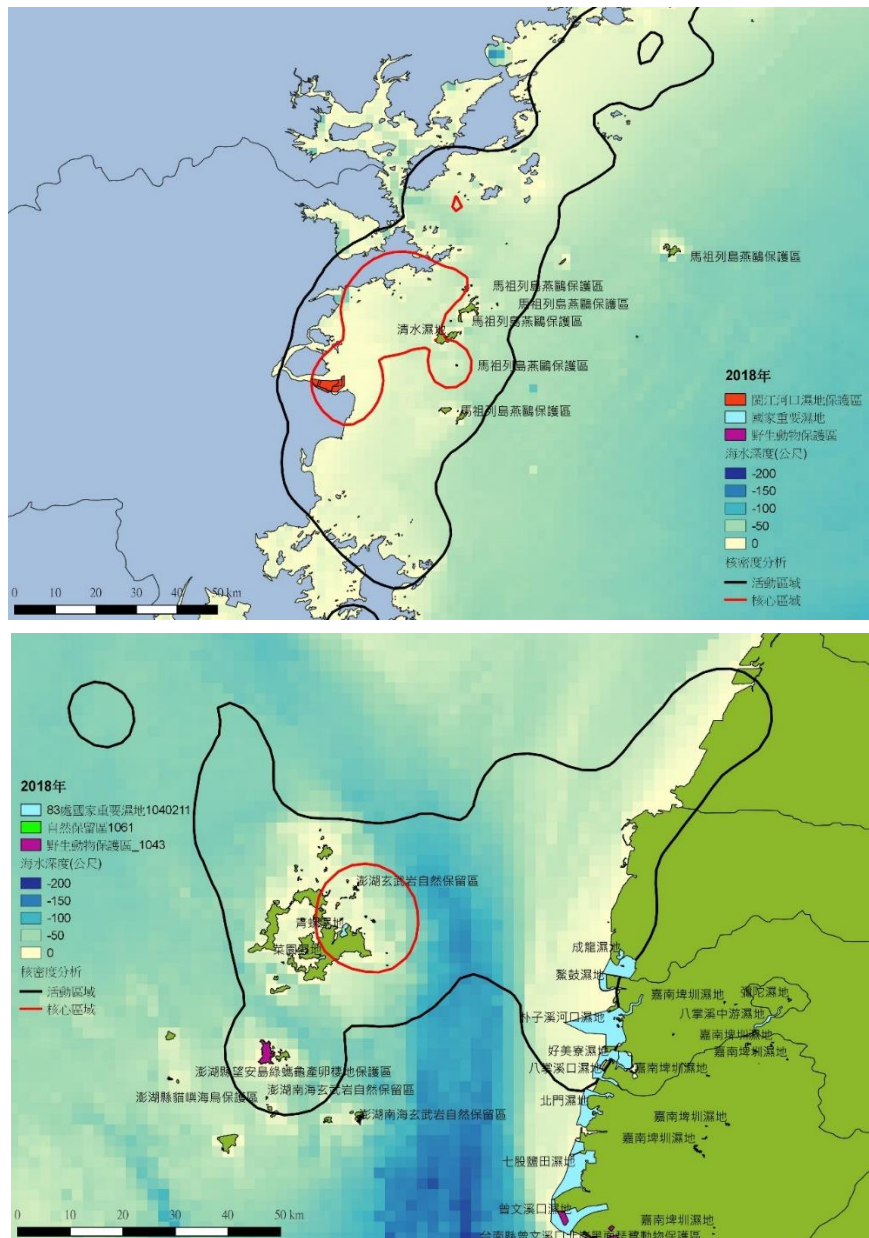


圖 14. 澎湖與馬祖兩地鳳頭燕鷗活動熱區與周圍保護區與重要鳥類棲地(IBA)的相對位置

## (六) 維護海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網

本研究今年度更新海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網網址<sup>1</sup>，並將最新的研究成果更新於網站上，內容包含黑嘴端鳳頭燕鷗簡史、族群現況與威脅、「神話之鳥」黑嘴端鳳頭燕鷗保育史、假鳥誘引計畫、衛星追蹤計畫、無人機輔助調查。



圖 15. 海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網網站截圖

在調查報導上，今年也更新國內 5 篇新聞「2019 馬祖燕鷗宣傳影片縣府、北市鳥會聯合製作」、「神話之鳥 A74 連 4 年回馬祖 全球首例成功繫放」、「神話之鳥馬祖築巢首批雛鳥孵出」、「神話之鳥再現蹤選定北竿鐵尖島繁殖」、「神話之鳥黑嘴端鳳頭燕鷗金門現蹤鳥友超開心」與國際新聞一篇「Inside the Race to Save China's Mysterious 'Bird of Legend」」。資訊頁面與調查報導共計更新 12 篇文章，符合今年度規劃。

<sup>1</sup> <https://crosstrait.wordpress.com/>



## (七) 參與海峽兩岸交流會議

2019 年原訂於 11/17-19 日參加在香港舉辦的海峽兩岸燕鷗保育交流會議，但期間受香港各大學院校發生嚴重的警民衝突，基於安全考量將會議取消，延後至 2020 年的 Pacific Seabird Group 年會再做討論。

## (八) 出席國際研討會並發表本計畫研究成果

2019 年由袁孝維教授參加 Pacific Seabird Group 在夏威夷 Kaua'i 島的年會，並發表口頭報告「Unmanned Aerial Vehicle Use in Nest Site Census of Greater Crested Tern and Critically Endangered Chinese Crested Tern」，發表本團隊使用無人機協助大鳳頭燕鷗與黑嘴端鳳頭燕鷗的巢位調查，並用以改善棲地營造的方針。其中值得一提的是，兩岸在黑嘴端鳳頭燕鷗保育工作上的成果也獲得大會的重視，並由浙江自然博物館的陳水華博士代表兩岸保育團隊獲頒年度貢獻獎。



圖 16. 陳水華博士獲頒 PSG2019 年度保育貢獻獎

### (九) 發布臺灣黑嘴端鳳頭燕鷗族群現況於國際期刊

2019 年本研究總結 2008-2017 年黑嘴端鳳頭燕鷗與大鳳頭燕鷗在馬祖列島燕鷗保護區內的繁殖情形與數量變化，並結合 2004-2007 年的歷史資料，分析歷年來颱風頻度、群落分散與海洋葉綠素濃度對兩種燕鷗的數量與繁殖產量 (breeding productivity) 的影響。結果釐清黑嘴端鳳頭燕鷗近年受到繁殖季初期的干擾與颱風影響使得繁殖狀況低落。無論干擾來源是來自人類活動或天敵的，過去受限於調查頻率與監測工具而一直無法釐清燕鷗棄巢的原因，未來保護區的管理單位應再強化針對這些干擾來源的監測與管理工作。此外，馬祖周圍海域的漁業資源監測也應納入保護區的資源管理項目，方能掌握保護區燕鷗族群長期動態變化。相關成果已發表於 Bird Conservation International 第 29 期，文章名稱為 "Trends in numbers of the Critically Endangered Chinese Crested Tern *Thalasseus bernsteini* and sympatrically nesting Greater Crested Tern *T. bergii* in the Matsu Archipelago, Taiwan." 第一作者為本計畫主持人的博士班學生洪崇航<sup>2</sup>。

---

<sup>2</sup> Hung, C. H., Chang, L. N., Chiang, K. K., & Yuan, H. W. (2019). Trends in numbers of the Critically Endangered Chinese Crested Tern *Thalasseus bernsteini* and sympatrically nesting Greater Crested Tern *T. bergii* in the Matsu Archipelago, Taiwan. *Bird Conservation International*, 29(3), 386-399.

## 肆、檢討與建議

根據本計畫的追蹤研究成果，發現鳳頭燕鷗空間上的分布與周圍海域的河口溼地有很高度的重疊，而偏好離岸較近與離島與較近的特徵可能與其繁殖期間於繁殖島嶼周圍密集活動的關係有關。若要探究其較細緻的覓食範圍或是停留時間，建議未來應使用較高準確率如具有短時距 GPS 定位功能的發報器。整體而言，我們目前仍缺乏連結保護區周圍海域的燕鷗與魚類資源互動關係的關鍵資料，建議未來應儘早進行相關研究，確保漁業資源的利用合理化，也有助於確認保護區周圍海域的食物資源是否足夠支撐保護區內的燕鷗族群順利繁衍。

在重金屬研究的部分，歷年來的研究成果雖發現在幼鳥羽毛中有鋅濃度偏高的情形，但實際上對鳥體影響的毒理學仍待後續研究釐清。整體而言，目前馬祖列島燕鷗保護區以模型假鳥吸引大鳳頭燕鷗與黑嘴端鳳頭燕鷗進駐人為營造棲地的經營管理方針應是正確之方向，但在黑嘴端鳳頭燕鷗數量仍處於瀕危之現況下，建議應持續進行繁殖季前的棲地營造並強化繁殖期間的監控與管理工作以改善現況。以目前海峽兩岸基於假鳥誘引的黑嘴端鳳頭燕鷗保育策略而論，長期誘引燕鷗群聚於固定地點繁殖可能有吸引更多的天敵聚集與疾病傳染的潛在風險，未來應以分散或輪替的方式營造其他適合保育經營的島嶼方可降低因天敵、天災或疾病引起的大規模覆滅危機。並在中長程的保育工作則應加入繁殖島嶼周圍海岸、河口與溼地的資源監測研究，包含魚類資源與海洋物化環境的長期變遷趨勢，儘早評估氣候變遷與漁業資源對保護區的影響。此外，也應強化國際間各個繁殖地研究團隊的聯繫網絡，建立多個穩定的黑嘴端鳳頭燕鷗關聯族群，分散其族群生存風險。除了繁殖地的保育之外，在度冬地的印尼、馬來西亞、菲律賓、越南、泰國等國家也應是未來應爭取參與保育工作的夥伴。

## 伍、參考文獻

- BirdLife International, 2017. *Thalasseus bernsteini* (amended version of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017.
- Bridge, E.S., Thorup, K., Bowlin, M.S., Chilson, P.B., Diehl, R.H., Fle ´ron, R.W., Hartl, P., Kays, R., Kelly, J.F., Roinson, W.D. & Wikelski, M., 2011. Technology in the move: recent and forthcoming innovations for tracking migratory birds. *BioScience*. 61, 689–698.
- Crawford, R.J.M., 2003. Influence of food on numbers breeding, colony size and fidelity to localities of Swift Terns in South Africa’s Western Cape, 1987-2000. *Waterbirds* 26, 44-53.
- Gong, G.C., Chen, Y.L.L., Liu, K.K., 1996. Chemical hydrography and chlorophyll a distribution in the East China Sea in summer: implications in nutrient dynamics. *Continental Shelf Research* 16, 1561-1590.
- Grecian, W.J., Witt, M.J., Attrill, M.J., Bearhop, S., Becker, P.H., Egevang, C., Furness, R.W., Godley, B.J., Gonzalez-Solis, J., Gremillet, D., Kopp, M., Lescoel, A., Matthiopoulos, J., Patrick, S.C., Peter, H.U., Phillips, R.A., Stenhouse, I.J., Votier, S.C., 2016. Seabird diversity hotspot linked to ocean productivity in the Canary Current Large Marine Ecosystem. *Biol Lett* 12.
- Hung, C. H., Chang, L. N., Chiang, K. K., & Yuan, H. W. (2019). Trends in numbers of the Critically Endangered Chinese Crested Tern *Thalasseus bernsteini* and sympatrically nesting Greater Crested Tern *T. bergii* in the Matsu Archipelago, Taiwan. *Bird Conservation International*, 29(3), 386-399.
- Liang, C. T., Chang, S. H., Fang, W. H., 2000. Discovery of a breeding colony of Chinese Crested Terns. *Oriental Bird Club Bull.* 32, 18-19.

- Smith, A., 1995. Zinc toxicosis in a flock of hispaniolan amazon. Proc Ann Conf Assoc Avian Vet. p447-453.
- Weichler, T., 2004. Seabird distribution on the Humboldt Current in northern Chile in relation to hydrography, productivity, and fisheries. ICES Journal of Marine Science 61, 148-154.
- 台北市野鳥學會，2008。馬祖列島燕鷗保護區海鳥資訊監測衛星追蹤計畫。連江縣政府。連江縣。
- 台北市野鳥學會，2016。馬祖列島燕鷗保護區鳳頭燕鷗誘鳥計畫。連江縣政府。連江縣。
- 洪崇航，蔣功國，管立豪，張樂寧，袁校維。2018。應用無人機於馬祖大鳳頭燕鷗與瀕危黑嘴端鳳頭燕鷗之巢位調查。台灣生物多樣性研究, 20(4), 205-219.
- 袁孝維，2013。馬祖地區鳳頭燕鷗繁殖族群動態之研究(1/4)。行政院農業委員會林務局。台北。
- 袁孝維，2014。馬祖地區鳳頭燕鷗繁殖族群動態之研究(2/4)。行政院農業委員會林務局。台北。
- 袁孝維，2015。馬祖地區鳳頭燕鷗繁殖族群動態之研究(3/4)。行政院農業委員會林務局。台北。
- 袁孝維，2016。馬祖地區鳳頭燕鷗繁殖族群動態之研究(4/4)。行政院農業委員會林務局。台北。
- 袁孝維，2017。利用衛星追蹤與重金屬累積資訊作為海鳥重要棲息地指標 (1/3)。行政院農業委員會林務局。台北。
- 張壽華。2008。馬祖地區鳥類資源暨其生態旅遊之研究。臺灣海洋大學環境生物與漁業科學研究所碩士論文。
- 劉用福。2008。馬祖列島燕鷗保護區經營管理之研究。臺灣海洋大學環境生物與漁業科學研究所碩士論文。