

行政院農業委員會林務局林業發展計畫

105 年度單一計畫結案報告書

計畫名稱：馬祖地區鳳頭燕鷗繁殖族群動態之研究(4/4)

The breeding population dynamic of Greater Crested

Tern in Matzu

105 林發-7.1-保-25

執行機關：國立臺灣大學

計畫主持人：袁孝維教授

2016.12.30

摘要

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。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務安郡是已知的 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鳳頭燕鷗共域。為瞭解兩種燕鷗在海峽間的移動情形和繁殖動態，2013 年起本研究透過直接觀察、架設自動相機與繫放等方式監測繁殖動態，其中於 2016 年發現夜間棄巢的現象，顯示繁殖巢區有潛在的天敵威脅，在同年也發現鐵尖嶼上有小黃腹鼠的族群，因此天敵移除與夜間監測是外來重要的工作。2015 年開始，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 隻的數量。更透過繫放 424 隻鳳頭燕鷗與 1 隻黑嘴端鳳頭燕鷗，持續累積馬祖與浙江的目擊記錄，顯示兩岸的燕鷗為關連族群，兩地的合作保育更為重要。透過 2016 年的衛星追蹤，確認馬祖地區的鳳頭燕鷗有兩條遷徙路線，南遷時皆是沿著南中國海岸，一是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。此外，在環境資源與燕鷗族群的關係分析中，發現海水葉綠素濃度和燕鷗族群有顯著正相關；海水表面溫度異常值則會造成燕鷗族群負面的影響。而藉由分析燕鷗的胸羽與蛋殼中的重金屬含量，發現重金屬累積年間變異大，其中汞在蛋殼及成、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，應持續監測對燕鷗族群造成的影響。

目 錄

壹、前言.....	II
一、 擬解決問題.....	1
二、 研究目標.....	2
(一) 全程目標.....	2
(二) 本年度目標.....	3
貳、研究方法.....	4
一、 研究地點－馬祖列島燕鷗保護區.....	4
二、 實施方法與步驟.....	5
參、工作成果.....	9
一、 燕鷗繁殖狀況.....	9
二、 燕鷗繫放作業與回收紀錄.....	12
三、 資訊交流平台 10 次.....	15
四、 燕鷗繁殖棲地環境調查與營造-棲地整理、除鼠.....	16
五、 聲音與影像監視系統.....	18
六、 燕鷗繁殖成功率與棲地環境相關性分析.....	21
七、 量化燕鷗族群與環境資源變遷之趨勢.....	22
八、 兩岸交流合作-韓國黑嘴端鳳頭燕鷗棲息地參訪.....	31
九、 參與第 43 屆太平洋海鳥社群年會.....	36
十、 燕鷗衛星追蹤.....	37
十一、 研擬短、中長程之黑嘴端鳳頭燕鷗保育行動綱領.....	39
肆、結論與建議.....	40
伍、參考文獻.....	42
附錄	

圖目錄

圖 1. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼位置.....	4
圖 2、2016 年馬祖地區鳳頭燕鷗族群調查與分布.....	9
圖 3、海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網首頁的新聞頁面.....	15
圖 4、棲地整理環境照：清除的植被平鋪於原地，以木樁編號劃分樣區並放置 假鳥與設立自動照相機.....	16
圖 5、研究人員設置陷阱(左)與捕獲的小黃腹鼠(右).....	17
圖 6、蛇山上檢拾到的多具鳥類殘骸.....	17
圖 7、鳳頭燕鷗於 6 月 4 日下午抵達鐵尖，隨即開始下蛋繁殖.....	18
圖 8、鳳頭燕鷗自 7 月 5 日清晨起皆不在巢區中過夜，遺留滿地的蛋在島上...19	19
圖 9、鳳頭燕鷗鳴聲的頻譜圖.....	19
圖 10、兩年錄音資料鐘 1.5–8 kHz 頻率範圍內的平均聲壓值(dB ref 20 μ Pa)，當 聲壓值越接近 0 dB，代表鳥叫聲越吵.....	20
圖 11、左圖為鐵尖島上坡度等高線圖，右為植被高度等高線圖.....	21
圖 12、鐵尖島上棄蛋分布與數量位置圖，右圖為左圖紅線區域.....	21
圖 13、2000-2016 年馬祖黑嘴端鳳頭燕鷗(CCT)與鳳頭燕鷗(GCT)的族群變化..22	22
圖 14、2008-2016 夏季馬祖海水表層溫度($^{\circ}$ C)逐日變化.....	23
圖 15、2008-2016 8 日平均降雨量($^{\circ}$ C).....	23
圖 16、2008-2016 夏季馬祖海面葉綠素濃度(mg/m^3)逐日變化.....	24
圖 17、2008-2016 馬祖海面溫度距平值($^{\circ}$ C).....	24
圖 18、保護區內鳳頭燕鷗對黑嘴端鳳頭燕鷗(CCT)、紅燕鷗(RT)、蒼燕鷗 (BNT)與白眉燕鷗(BT)的族群相對數量作圖.....	25
圖 19、2008-2016 年鳳頭燕鷗最大族群量與海水葉綠素濃度的相關變化趨勢..28	28
圖 20、2008-2016 年鳳頭燕鷗最大族群量與海面溫度距平值的相關變化趨勢..28	28

圖 21、2016 年在蛋殼成、幼鳥的胸羽重金屬濃度中則以鉻(Cr)和砷(As)的濃度 在幼鳥的胸羽中高於成鳥胸羽.....	29
圖 22、島嶼全景照.....	31
圖 23、紅衣服研究員手指方向為黑嘴端鳳頭燕鷗營巢位置.....	32
圖 24、島上主要的植被.....	33
圖 25、島上另一種碎石地棲地類型	33
圖 26、排遺大小與 500 元韓幣對比(直徑 26.5mm).....	35
圖 27、遍佈的鼠洞.....	35
圖 28、袁孝維教授於第 43 屆太平洋海鳥社群年會進行口頭發表.....	36
圖 29、2016 年馬祖地區鳳頭燕鷗秋季遷徙路徑(不同顏色點位代表不同個體).....	38
圖 30、2016 年 5 隻鳳頭燕鷗追蹤訊號在馬祖周圍海域出現的熱點，可見訊號出 現的地點集中在北邊的黃崎、南邊的平潭與西邊的閩江河口一帶.....	38

表 目 錄

表 1、2016 年黑嘴端頭燕鷗與鳳頭燕鷗繁殖群動態.....	11
表 2、2016 年馬祖地區鳳頭燕鷗繫放紀錄.....	13
表 3、五種燕鷗與環境因子關係.....	26
表 4、預測目標為每次調查的燕鷗數量總和(log10 轉換，不含蒼燕鷗)挑選出的 各項模式.....	27
表 5、預測目標每年鳳頭燕鷗最大族群量時挑選出的各項模式.....	27
表 6、2014 年至 2016 年鳳頭燕鷗成鳥胸羽、幼鳥胸羽與蛋殼中重金屬濃度檢測 結果.....	30

壹、前言

一、擬解決問題：

根據本計畫102-104年的執行成果、海峽兩岸燕鷗研究團隊多次互訪、交流的討論以及Chen等(2008)提出的黑嘴端鳳頭燕鷗保育行動計畫，我們正逐步釐清過往燕鷗於繁殖季初期棄巢的現象，積極探討其繁殖族群動態、繁殖生態、覓食生態、棲地選擇與資源競爭狀況等議題。本計畫將延續兩岸研究團隊的合作關係，並藉由環境資源、競爭關係與族群動態的研究成果，進而應用導向擬訂監測及保育策略，達到生物多樣性維護之目標。此外，也藉由參與國際研討會發表本計畫所累積之相關成果，和國際研究人員交換瀕危物種的研究、保育資訊。綜合以上所述，本計畫擬定解決之問題如下所列：

1. 了解鳳頭燕鷗與黑嘴端鳳頭燕鷗之族群數量、族群結構、棲地忠誠度、族群分化、生活史與繁殖生物學等資料。
2. 了解燕鷗繁殖棲地選擇偏好，並探討當地環境資源和燕鷗族群量的關係。
3. 了解鳳頭燕鷗與黑嘴端鳳頭燕鷗於海峽兩岸間之移動與繁殖狀況，並透過衛星發報器探討覓食與活動範圍以及其遷徙路徑和度冬地等資訊。
4. 研擬短、中長程之黑嘴端鳳頭燕鷗保育行動計畫。

二、 研究目標

(一) 全程目標

1. 利用帶有編碼之足旗標誌鳳頭燕鷗，並持續觀察記錄每年於馬祖地區出現帶有足旗之個體資訊，以收集馬祖地區繁殖之鳳頭燕鷗其族群數量、族群結構、棲地忠誠度、生活史等資料。
2. 分析馬祖地區鳳頭燕鷗之血液樣本，定序其DNA序列以期後續與來自大陸、澎湖地區之樣本比對，了解其族群分化情形。
3. 分析馬祖列島燕鷗保護區內各島嶼的棲地環境以了解燕鷗之棲地偏好情形，調查項目將包含各島礁之地形、地貌、植被、土質與其潛在掠食者-小型哺乳類之族群數量估計。
4. 持續在繁殖季前於各島嶼進行植被環境調查，若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)，利用小型器具進行小規模之繁殖棲地營造。
5. 利用自動影像紀錄器或自動聲音紀錄器持續監測資訊燕鷗繁殖巢區以掌握保育現況。
6. 建構海峽兩岸鳳頭燕鷗族群動向資訊之聯繫網路，增強兩岸燕鷗研究的資訊流通與合作機會。
7. 透過前述各項研究資訊，分析馬祖列島燕鷗保護區之保育現況及其威脅壓力，並研擬未來短、中長程之燕鷗保育行動計畫。

(二) 本年度目標

1. 標誌於馬祖地區繁殖之鳳頭燕鷗50隻，並利用目擊紀錄估算其回收率。
2. 維護海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網10次。
3. 馬祖列島燕鷗繁殖棲地環境調查與營造2次。
4. 聲音與影像監視系統架設6台。
5. 燕鷗繁殖成功率與棲地環境之相關性分析5項。
6. 量化燕鷗族群與環境資源變遷之趨勢5項。
7. 燕鷗繁殖之5-8月間至大陸浙江參訪、出席兩岸交流會議1次。
8. 出席國際研討會並發表研究成果1次。
9. 裝置10組衛星定位發報器於燕鷗體背上進行追蹤。
10. 研擬短、中長程之黑嘴端鳳頭燕鷗保育行動計畫書。

貳、研究方法

一、 研究地點－馬祖列島燕鷗保護區

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、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。

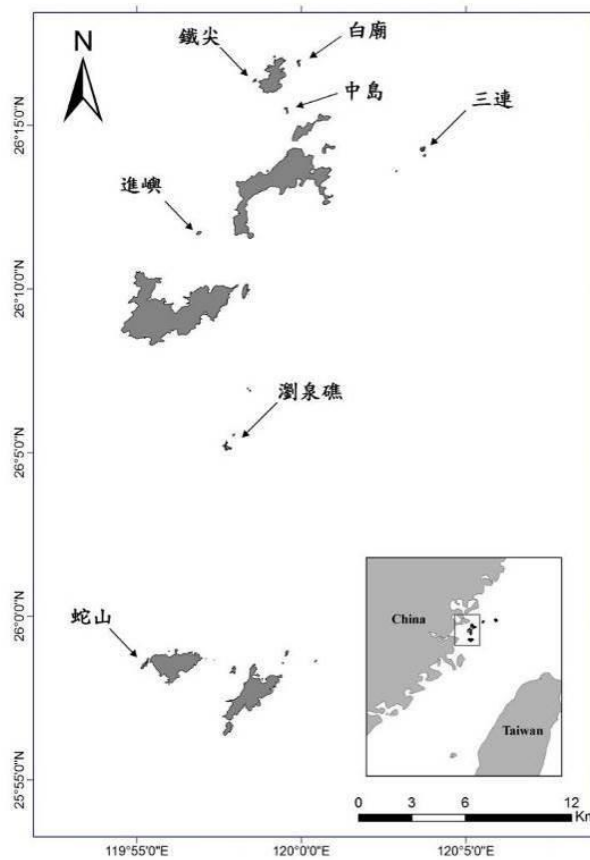


圖 1. 馬祖列島燕鷗保護區各島嶼位置

二、 實施方法與步驟

(一) 燕鷗繫放

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(mist net)，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黑嘴端鳳頭燕鷗繁殖地進行繫放之可能性。

(二) 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，並定時上傳燕鷗族群監測訊息與相關保育活動消息。

(三) 馬祖列島燕鷗繁殖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的環境調查與採樣包含：植被種類與覆蓋度、坡度、棲地類型、面積、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。

(四) 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(KeepGuardSD-1039 或 Reconyx HC600)。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，並依據自動相機拍攝範圍劃分樣區，量測每一樣區內的巢數、坡度、坡向、棲地類型、植被種類、植被覆蓋度與高度並與隨機點做比較。相關之數據將作為繁殖棲地偏好之依據。另外也將利用防水防塵的聲音紀錄器(Wildlife Acoustics, SM3)，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 台聲音紀錄器較為適合。

(五) 燕鷗繁殖成功率與棲地環境之相關性分析

整合過去收集之燕鷗繁殖資料與各項棲地因子進行統計分析，以釐清環境因子對燕鷗繁殖狀況之影響權重關係。

(六) 量化燕鷗族群與環境資源變遷之趨勢

為了解海峽兩岸之燕鷗族群波動原因，擬整合多項大尺度環境因子:氣候、海面溫度、魚類資源等數據與歷年燕鷗繁殖族群調查結果相較，以探究其變化趨勢與受限因子。燕鷗族群資料參考張壽華(2008)、社團法人台北市野鳥學會(2010-2015)、袁孝維等(2010-2012)、袁孝維(2013-2015)。大尺度資料主要來自美國太空總署(National Aeronautics and Space Administration, NASA)網站公開的衛星影像資料。

(七) 至大陸浙江參訪、出席兩岸交流會議

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概況與繁殖情形，擬於今年度燕鷗繁殖季期間(5-8月間)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3日。

(八) 出席國際研討會，並發表本計畫研究成果

整理歷年來研究成果，於國際研討會上發表，與國際研究人員分享並交流瀕危物種之研究、保育的資訊，作為執行瀕危物種保育研究的參考模式。

(九) 裝置衛星發報器

配合燕鷗繫放執行，本計畫將裝置 10 組衛星發報器(Micro-wave 生產之 PTT 太陽能衛星發報器或同級品，重量 9.5 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。裝置完成後，預計規劃每日接收 1 個訊息。在衛星發報器正常可接收到訊號的狀態之下，至少接收至六個月為原則。

(十) 研擬短、中長程之黑嘴端鳳頭燕鷗保育行動計畫書

整理相關文獻並整合年來的研究成果，撰寫黑嘴端鳳頭燕鷗保育行動計畫書，包含族群現況、威脅分析與保育行動建議等資訊。

參、工作成果

一、 燕鷗繁殖狀況

2016年馬祖地區黑嘴端鳳頭燕鷗成鳥最大觀察數量為15隻，幼鳥0隻；鳳頭燕鷗成鳥約為4,100隻，幼鳥約為50隻，是繁殖成果相當不佳的一年。今年鳳頭燕鷗主要聚集於蛇山與鐵尖，其他在中島、白廟和三連嶼也有紀錄(圖2)。鳳頭燕鷗最早於5月12日在馬祖鐵尖附近海域被紀錄到3隻。然而經5月23日的調查確認鳳頭燕鷗於蛇山繁殖，數量約有800隻，其中500隻於蛇山島上孵蛋，其餘300隻則在停棲在附近礁岩上。透過連江縣建設局裝置的高倍監視器影像資訊得知鳳頭燕鷗於5月16日即零星抵達蛇山，隔日5月17日就已經聚集成大群。5月26日的調查記錄到蛇山的鳳頭燕鷗數量增加至2600隻，並且記錄到2隻黑嘴端鳳頭燕鷗；但不幸的是在6月即觀察到鳳頭燕鷗數量減少的趨勢，雖然於6月14日的調查仍有500隻鳳頭燕鷗和5隻黑嘴端鳳頭燕鷗依舊在蛇山上繁殖，但到7月4日的調查時，已鳥去島空，僅剩下零星的個體徘徊覓食。

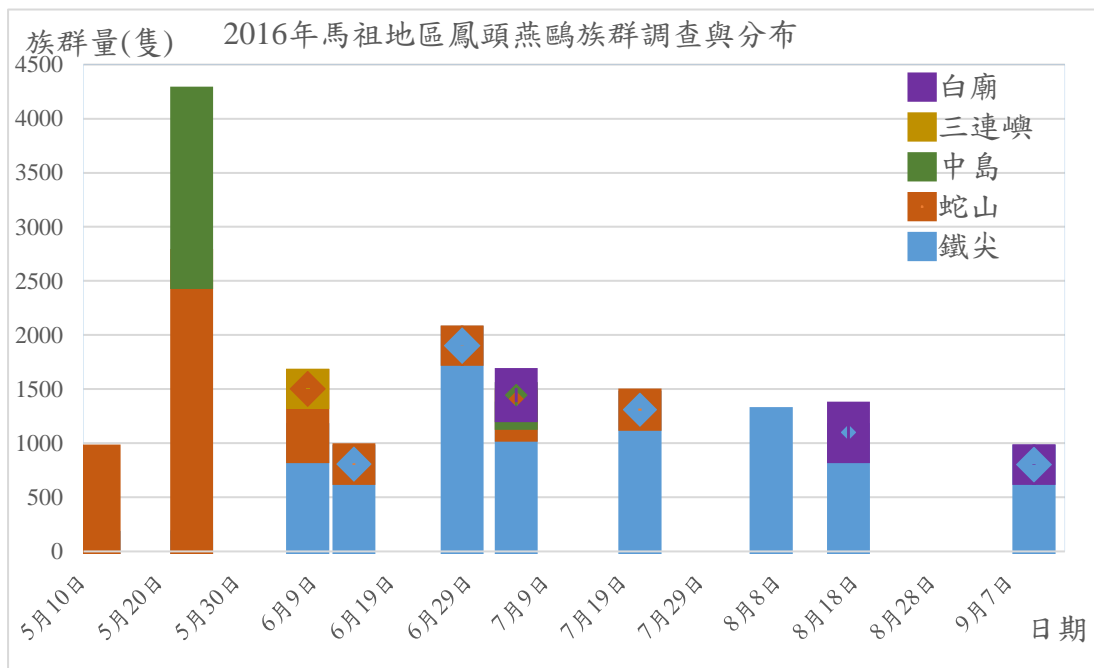


圖 2、2016 年馬祖地區鳳頭燕鷗族群調查與分布

在相近的時期中，鐵尖的鳳頭燕鷗族群於6月8日增加至1000隻，並確認在鐵尖上形成塊狀的繁殖巢區；到6月28日調查時鐵尖的鳳頭燕鷗族群量已陸續增加至1,900隻，並記錄到9隻黑嘴端鳳頭燕鷗。然而在7月6日繫放前登島查看繁殖狀況時，鳳頭燕鷗的族群量明顯減少，島上遍布棄蛋與幼鳥的屍體，僅有剛孵出不到一週的幼雛約30隻，與約150巢仍在孵化的巢蛋。隔日7月7日凌晨02:00登島執行繫放作業時發現鐵尖島上僅剩不到20隻的鳳頭燕鷗成鳥，一直到清晨天漸漸亮起後才有陸陸續續約500-600隻燕鷗飛回到島上。這是第一次在馬祖地區記錄到鳳頭燕鷗族群有夜間棄巢的現象，根據國外研究顯示：導致群聚性海鳥夜間棄巢的原因多與夜間活動的天敵有關，這表示馬祖地區的鳳頭燕鷗繁殖島嶼仍存有未知的威脅，未來應設法釐清導致夜間棄巢的原因與移除潛在的天敵。而7月6日至7月9日的襲台的尼伯特颱風，雖然一度為強烈颱風，但在登台後受地形影響強度減弱為中度、輕度颱風，且移動路徑較預測往南偏移，於金門的東北方進入大陸福建省，因此馬祖地區鳳頭燕鷗繁殖族群並未受到尼伯特颱風的影響。

今年本研究團隊與台北市野鳥學會、澎湖縣野鳥學會以及浙江自然博物館持續合作進行黑嘴端鳳頭燕鷗繁殖族群調查(表1)，分別在臺灣馬祖、澎湖地區與大陸浙江省韭山列島、舟山群島定時執行調查，共紀錄到45隻的黑嘴端鳳頭燕鷗。此外，今年於韓國的無人島上也證實發現黑嘴端鳳頭燕鷗的繁殖，共記錄到5隻成鳥與1隻幼鳥，特別的是於南韓繁殖的黑嘴端鳳頭燕鷗部和鳳頭燕鷗混群而是與黑尾鷗混群繁殖。加上南韓的族群，2016年的黑嘴端鳳頭燕鷗族群量為50隻，相較去年99隻的紀錄，數量波動不少，推測應該還有未被發現的潛在繁殖島嶼。

表 1、2016 年黑嘴端頭燕鷗與鳳頭燕鷗繁殖群動態

	馬祖	澎湖	五峙山	韭山	南韓
黑嘴端鳳頭燕鷗(成)	15	7	14	0	5
黑嘴端鳳頭燕鷗(幼)	0	3	6	0	1
鳳頭燕鷗(成)	4,100	5,100	4,000	<10	-
鳳頭燕鷗(幼)	~50	>2,000	1,000-1,200	0	-

二、 燕鷗繫放作業與回收紀錄

2016年總共進行了2次燕鷗繫放作業，總計共繫放70隻鳳頭燕鷗(表2)。第一次於7月7日執行，繫放鳳頭燕鷗成鳥20隻；第二次於8月8日至8月9日執行，繫放鳳頭燕鷗幼鳥50隻。鐵尖的鳳頭燕鷗群於6月8日後增加並繁殖，原規劃應於鳳頭燕鷗幼鳥孵化後2-3週時進行繫放，相當於7月中後旬的時間。但7月6日至7月9日襲台的尼伯特颱風其路經會經過馬祖地區，當時評估颱風可能會對繁殖族群與繁殖結果造成影響，使得後續繫放與衛星發報器裝置執行不易，因而確認過天氣與海象後，趕在尼伯特颱風影響馬祖天候前進行第一次繫放，並且在繫放過程中挑選體重超過300g的鳳頭燕鷗10隻背負10~11g的衛星發報器(含固定發報器的鐵氟龍線材重量)。此外，在7月7日的繫放過程中研究團隊首次發現鳳頭燕鷗有夜間棄巢的行為。

2016年燕鷗繫放個體目擊記錄共有8筆，其中2隻為2008年繫放的鳳頭燕鷗個體(無使用編號)；1隻為2013年於鐵尖繫放的鳳頭燕鷗個體，白旗編號A8；1隻為2014年於白廟繫放的鳳頭燕鷗個體，藍旗編號A01；2隻是2015年於鐵尖繫放的鳳頭燕鷗個體，藍旗編號A35、A48；1隻於鐵尖繫放的黑嘴端鳳頭燕鷗個體，藍旗編號A74。特別的是A74個體為2015年當年出生的幼鳥，隔年即回到出生地，並且於馬祖和大陸閩江口移動，持續被目擊記錄。

表 2、2016 年馬祖地區鳳頭燕鷗繫放紀錄

日期	地點	環號	年齡	重量	足旗	備註
2016/7/7	鐵尖	E13516	2+	320.0	藍旗編碼 A81	發報器 161483
2016/7/7	鐵尖	E13517	2+	300.0	藍旗編碼 A89	發報器 161492
2016/7/7	鐵尖	E13518	2+	330.0	藍旗編碼 A90	發報器 161485
2016/7/7	鐵尖	E13519	2+	280.0	藍旗編碼 A91	
2016/7/7	鐵尖	E13520	2+	295.0	藍旗編碼 A92	
2016/7/7	鐵尖	E13521	2+	265.0	藍旗編碼 A93	
2016/7/7	鐵尖	E13522	2+	275.0	藍旗編碼 A94	
2016/7/7	鐵尖	E13523	2+	275.0	藍旗編碼 A95	
2016/7/7	鐵尖	E13524	2+	315.0	藍旗編碼 A96	發報器 161491
2016/7/7	鐵尖	E13525	2+	290.0	藍旗編碼 A97	
2016/7/7	鐵尖	E13526	2+	295.0	藍旗編碼 A98	
2016/7/7	鐵尖	E13527	2+	290.0	藍旗編碼 A99	
2016/7/7	鐵尖	E13528	2+	330.0	藍旗編碼 C00	發報器 161485
2016/7/7	鐵尖	E13529	2+	340.0	藍旗編碼 C02	發報器 161484
2016/7/7	鐵尖	E13530	2+	295.0	藍旗編碼 C03	
2016/7/7	鐵尖	E13531	2+	310.0	藍旗編碼 C04	發報器 161488
2016/7/7	鐵尖	E13532	2+	305.0	藍旗編碼 C05	發報器 161490
2016/7/7	鐵尖	E13533	2+	300.0	藍旗編碼 C06	
2016/7/7	鐵尖	E13534	2+	320.0	藍旗編碼 C07	發報器 161485
2016/7/7	鐵尖	E13535	2+	320.0	藍旗編碼 C08	發報器 161486
2016/8/8	鐵尖	E13536	0	240.0	藍環編碼 00	
2016/8/8	鐵尖	E13537	0	-	藍環編碼 27	
2016/8/8	鐵尖	E13538	0	-	藍環編碼 04	
2016/8/8	鐵尖	E13539	0	-	藍環編碼 03	
2016/8/8	鐵尖	E13540	0	-	藍環編碼 07	
2016/8/8	鐵尖	E13541	0	-	藍環編碼 02	
2016/8/8	鐵尖	E13542	0	-	藍環編碼 06	
2016/8/8	鐵尖	E13543	0	-	藍環編碼 08	
2016/8/8	鐵尖	E13544	0	-	藍環編碼 01	
2016/8/8	鐵尖	E13545	0	-	藍環編碼 09	
2016/8/8	鐵尖	E13546	0	-	藍環編碼 05	
2016/8/8	鐵尖	E13547	0	245.0	藍環編碼 10	
2016/8/8	鐵尖	E13548	0	280.0	藍環編碼 11	
2016/8/8	鐵尖	E13549	0	230.0	藍環編碼 12	
2016/8/8	鐵尖	E13550	0	260.0	藍環編碼 19	
2016/8/8	鐵尖	E13551	0	245.0	藍環編碼 25	

日期	地點	環號	年齡	重量	足旗	備註
2016/8/8	鐵尖	E13552	0	240.0	藍環編碼	13
2016/8/8	鐵尖	E13553	0	260.0	藍環編碼	15
2016/8/8	鐵尖	E13554	0	250.0	藍環編碼	16
2016/8/8	鐵尖	E13555	0	230.0	藍環編碼	14
2016/8/8	鐵尖	E13556	0	235.0	藍環編碼	23
2016/8/8	鐵尖	E13561	0	235.0	藍環編碼	18
2016/8/8	鐵尖	E13562	0	240.0	藍環編碼	34
2016/8/8	鐵尖	E13563	0	260.0	藍環編碼	17
2016/8/8	鐵尖	E13564	0	260.0	藍環編碼	30
2016/8/8	鐵尖	E13565	0	230.0	藍環編碼	22
2016/8/8	鐵尖	E13579	0	250.0	藍環編碼	28
2016/8/8	鐵尖	E13583	0	250.0	藍環編碼	26
2016/8/8	鐵尖	E13584	0	267.0	藍環編碼	20
2016/8/8	鐵尖	E13516	0	260.0	藍環編碼	21
2016/8/8	鐵尖	E13517	0	245.0	藍環編碼	31
2016/8/8	鐵尖	E13518	0	224.0	藍環編碼	41
2016/8/8	鐵尖	E13519	0	235.0	藍環編碼	29
2016/8/8	鐵尖	E13520	0	240.0	藍環編碼	33
2016/8/8	鐵尖	E13521	0	250.0	藍環編碼	24
2016/8/8	鐵尖	E13522	0	255.0	藍環編碼	32
2016/8/8	鐵尖	E13523	0	245.0	藍環編碼	39
2016/8/8	鐵尖	E13524	0	250.0	藍環編碼	40
2016/8/8	鐵尖	E13525	0	255.0	藍環編碼	36
2016/8/8	鐵尖	E13526	0	240.0	藍環編碼	35
2016/8/8	鐵尖	E13527	0	245.0	藍環編碼	42
2016/8/8	鐵尖	E13528	0	223.0	藍環編碼	38
2016/8/8	鐵尖	E13529	0	235.0	藍環編碼	43
2016/8/8	鐵尖	E13530	0	265.0	藍環編碼	44
2016/8/8	鐵尖	E13531	0	250.0	藍環編碼	45
2016/8/8	鐵尖	E13532	0	210.0	藍環編碼	46
2016/8/8	鐵尖	E13533	0	140.0	藍環編碼	47
2016/8/9	鐵尖	E13534	0	248.0	藍環編碼	48
2016/8/9	鐵尖	E13535	0	225.0	藍環編碼	52
2016/8/9	鐵尖	E13536	0	190.0	-	- 太小未上色環

三、 資訊交流平台 10 次

為引進國際合作的力量在黑嘴端鳳頭燕鷗之保育行動，本研究也建立網路聯繫平台以利國際研究人員更新即時研究資訊(圖3)。今年度整理繁殖季間馬祖日報發布之相關新聞與林務局新聞稿，發布於海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網(<http://140.112.82.98/wordpress/>)，相關資訊如下：

- (一) 建設局檢測高登、鐵尖島燕鷗監視系統(馬祖日報，2016/04/27)
- (二) 兩岸攜手護燕鷗 大陸浙江舟山群島誘鳥計畫成效佳 (馬祖日報，2016/05/25)
- (三) 觀察燕鷗生態 監視系統即時影像回傳詳實記錄(馬祖日報，2016/06/21)
- (四) 馬祖鳳頭燕鷗繁殖族群動態研究 台大團隊:研商擴增誘鳥棲地(馬祖日報，2016/07/07)
- (五) 全球首例成功繫放 「神話之鳥」A74 回來了 (自由時報，2016/07/13)
- (六) 黑嘴端鳳頭燕鷗 現身馬公港區 (中時電子報，2016/07/20)
- (七) 神話之鳥 A74 重返鐵尖島 再次證實燕鷗族群有固定遷徙路線(馬祖日報，2016/08/09)
- (八) 建設局與靜宜大學、新竹教育大學聯合辦理 2016 年燕鷗保護區工作坊(馬祖日報，2016/08/20)
- (九) 珍稀保育類燕鷗群 金門現蹤跡 (中時電子報，2016/08/22)
- (十) 澎湖確認為神話之鳥棲息地(中時電子報，2016/09/22)
- (十一) 燕鷗季結束 台大森林系、北市野鳥學會登鐵尖島空拍島貌(馬祖日報，2016/10/04)

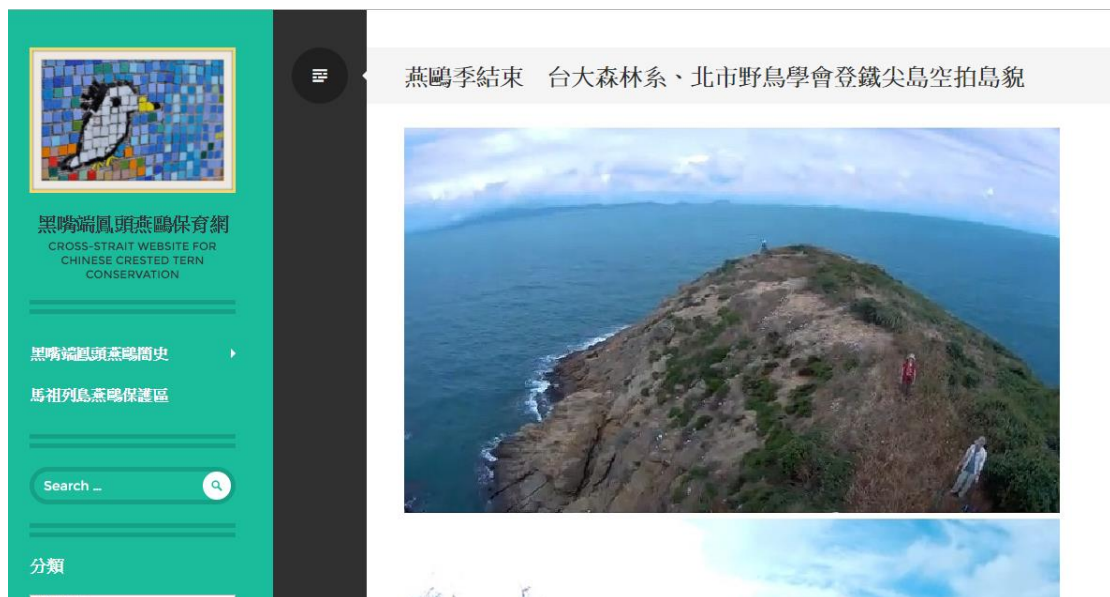


圖 3、海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網首頁的新聞頁面

四、 燕鷗繁殖棲地環境調查與營造-棲地整理、除鼠

(一)棲地整理

2016 年的誘鳥計畫地點和前兩年相同，挑選了鐵尖放置假鳥、自動照相機與聲音紀錄器，並在繁殖季前(4 月 27 日)會同台北鳥會與連江縣建設局人員上島以除草機具進行棲地整理(圖 4)。今年特地將島上除掉的植被平鋪於島上保護土表避免土壤流失，也提供燕鷗繁殖時固定巢蛋的巢材。除此之外，今年在進行棲地整理的同時，研究團隊也利用打樁編號區分樣區，以利空間上的定位與資料量化分析比較。

可惜的是今年進行棲地整理的時間較早，在燕鷗抵達馬祖繁殖前，島上植被因春雨而生長旺盛，且今年鳳頭燕鷗族群先是選擇了蛇山繁殖，在 6 月才轉移至鐵尖，島上植被已然不適合燕鷗繁殖，因此今年鐵尖上的燕鷗巢區成塊狀不均質分布，使得棲地整理的成效不彰，而過高的植被也遮掩了打樁編號的樣區標記以及自動照相機，導致收集到的資料可應用性降低。



圖 4、棲地整理後環境照：清除的植被平鋪於原地，以木樁編號劃分樣區並放置假鳥與設立自動照相機

(二)繁殖季末移除潛在天敵－捕鼠狀況、鐵尖蛇山中島繁殖季末島上狀況

2016年10月1日研究人員開始於中島與鐵尖上進行鼠類移除工作，同時也使用蛇籠試圖捕捉蛇類。各別使用15個Sherman live trap至10/4共三個捕捉夜，在中島捕捉到共11隻小黃腹鼠，也在鐵尖捕獲1隻小黃腹鼠(圖5)。蛇籠則可能因放置時間不夠久，並未捕獲到蛇類。

11月12日登上蛇山調查環境概況時發現遊隼於上空盤旋，並在島上檢拾到多具鳥屍，包含白眉燕鷗、中杓鷗、白腹鶇、虎鶇、白腹秧雞等多種小型鳥類(圖6)。由於無法確認遊隼於此區域停留時間，無法判斷是否與6月的棄巢事件有關。



圖5、研究人員設置陷阱(左)與捕獲的小黃腹鼠(右)

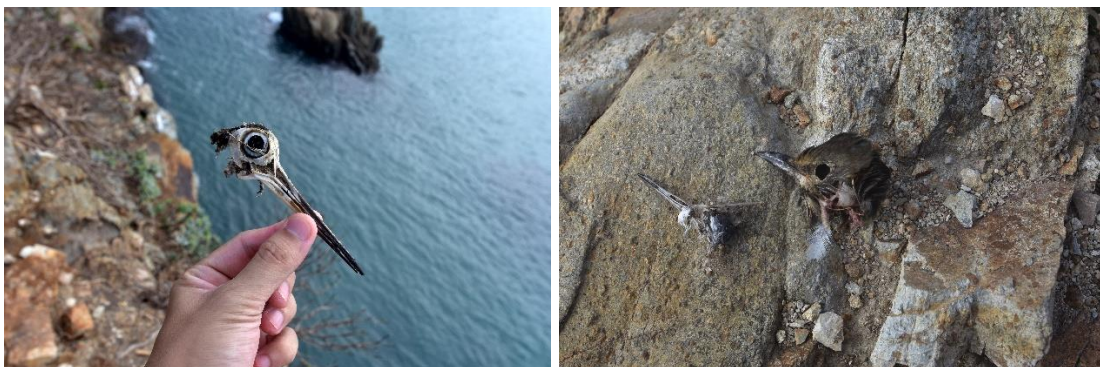


圖6、蛇山上檢拾到的多具鳥類殘骸

五、聲音與影像監視系統

今年鐵尖上設置6台自動照相機，機型分別為4台Reconyx HC600、1台Reconyx XR6和1台Reconyx WR6；1台Wildlife Acoustics, SM3 聲音記錄器。因今年棲地整理的時間較早以及燕鷗先至蛇山繁殖，待6月份後才轉至鐵尖繁殖，因故鐵尖上的植被因梅雨季的降雨而生長快速。在自動照相機部分，僅有1台Reconyx HC600成功記錄到鳳頭燕鷗的繁殖狀況，其餘相機受到植被遮掩和海洋氣候影響(溫差大、濕度高及鹽分高)等因素導致畫面被遮蔽或當機而未依設定的排程執行記錄。聲音記錄器部分，雖然可能受海風的影響有大量低頻噪音(< 500 Hz)，但仍完整記錄了整個繁殖季的狀況，不影響資料分析。

(一)自動照相機資料

自動照相機的設定為每天上午5點至下午5點每小時拍攝1張。從自動照相機的資料可知，5月中後旬白眉燕鷗率先抵達鐵尖，然而因棲地利用不同加上梅雨季帶來的雨水使得島頂的植被生長快速，約5月底的時候植被高度已生長至遮掩了自動相機的視野。鳳頭燕鷗於6月初開始出現在鐵尖並且隨即下蛋繁殖(圖7)，然一直到7月4日之後，可以發現每日清晨的時候燕鷗都不在巢區中(圖8)，發生夜間棄巢的現象。



圖7、鳳頭燕鷗於6月4日下午抵達鐵尖，隨即開始下蛋繁殖



圖 8、鳳頭燕鷗自 7 月 5 日清晨起皆不在巢區中過夜，遺留滿地的蛋在島上

(二) 聲音檔案

2016 年同樣以 Song meter3 進行聲音紀錄，設定同樣在每日日出至日落間每小時記錄 1 分鐘的聲音資料，由 4/26 至 8/28 記錄了整個燕鷗的繁殖季期間的聲音變化。後續利用每分鐘的錄音進行頻譜分析，將壓縮後資料組合而成長期時頻譜圖，以燕鷗叫聲主要分布在 1.5-8 kHz 的頻率範圍為主要辨識特徵(圖 9)，2015 與 2016 年的聲音資料都可用來判讀大量的燕鷗出現的時間。

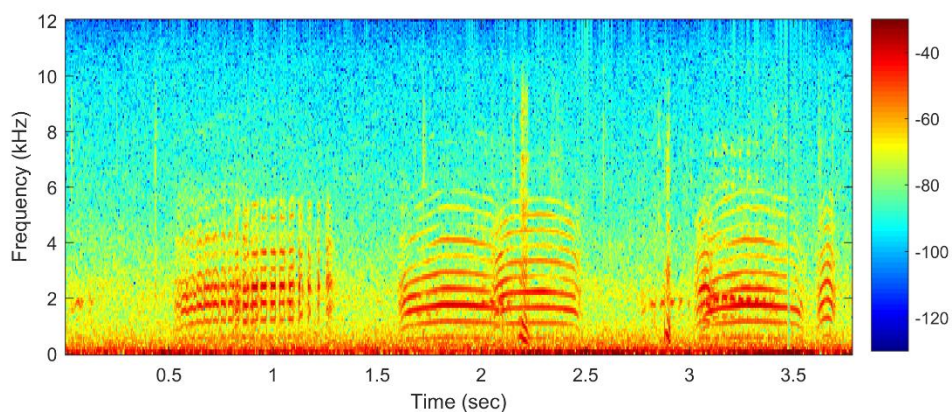


圖 9、鳳頭燕鷗鳴聲的頻譜圖

2015 年和 2016 有兩個明顯的不同處(圖 10)，2015 年鳥音大約從 5 月底開始大量增加，而且鳥音在中午過後較為頻繁；2016 年約在 6 月初才開始大量增加，而且鳥音以早上 8 點前和 16 點之後較頻繁，且在 7 月中後大幅減少，但仍可在清晨聽見鳥音。此現象大致反映今年一開始燕鷗選擇蛇山作為繁殖地，在 6 月初才抵達鐵尖的現象，7 月後發生棄巢現象，錄到的鳥音也減少許多。

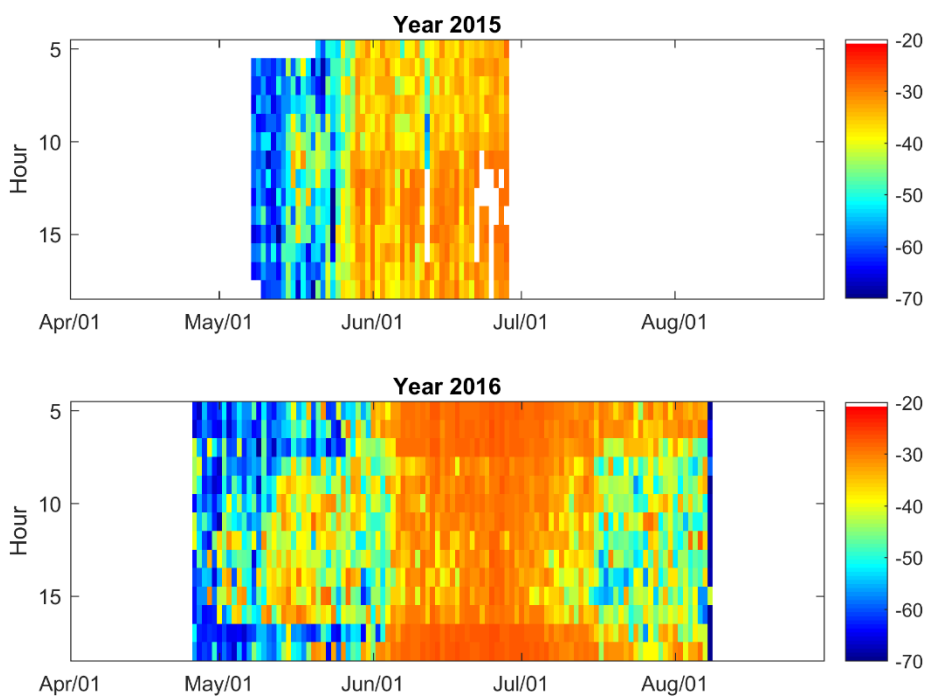


圖 10、兩年錄音資料鐘 1.5–8 kHz 頻率範圍內的平均聲壓值(dB ref 20 μ Pa)，當聲壓值越接近 0 dB，代表鳥叫聲越吵

六、 燕鷗繁殖成功率與棲地環境相關性分析

2016 年於 4 月 27 日以除草機具整理鐵尖島頂的植被後，利用編號的木樁將清除出的棲地標記定位，並於每樣區內量測坡度與植被覆蓋情況。由測量結果可見北端的棲地較為平坦，適合燕鷗繁殖的短草坡地面積也較大(圖 11)。

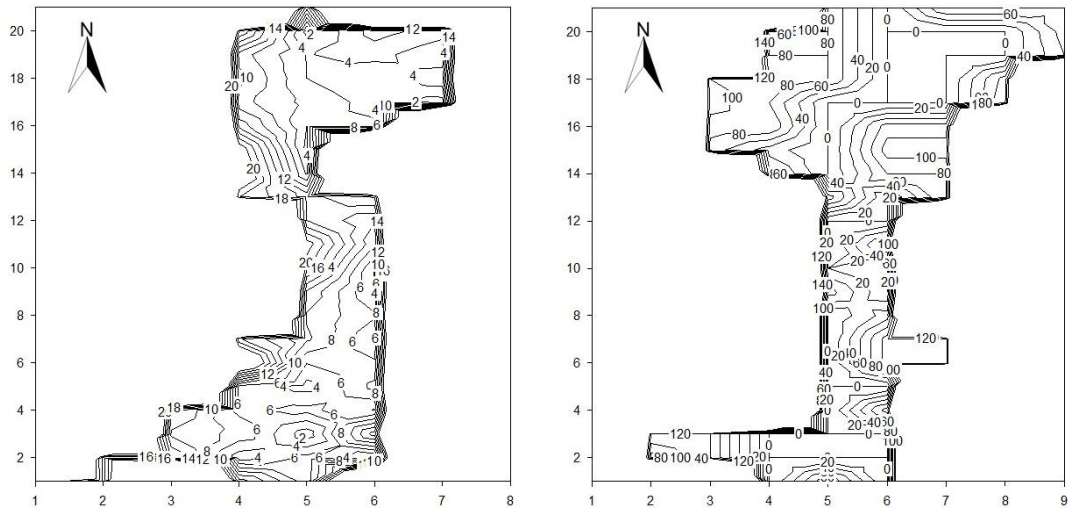


圖 11、左圖為鐵尖島上坡度等高線圖，右為植被高度等高線圖

繁殖季節結束後研究人員登上鐵尖檢視巢區概況，並記錄樣區內剩下的棄蛋數(圖 12)。結果發現鐵尖上的棄蛋數量高達 1,140 顆，蛇山則可能因棄巢時間發生較早，加上坡度較陡，僅發現 200 餘顆棄蛋。鐵尖上的棄蛋主要集中在中段與南段的坡面上，北面棲地的棄蛋數量相對較少，種種跡象顯示北面的棲地可能是相對較佳的營巢地，為未來棲地營造的基礎提供了良好的數據支持。

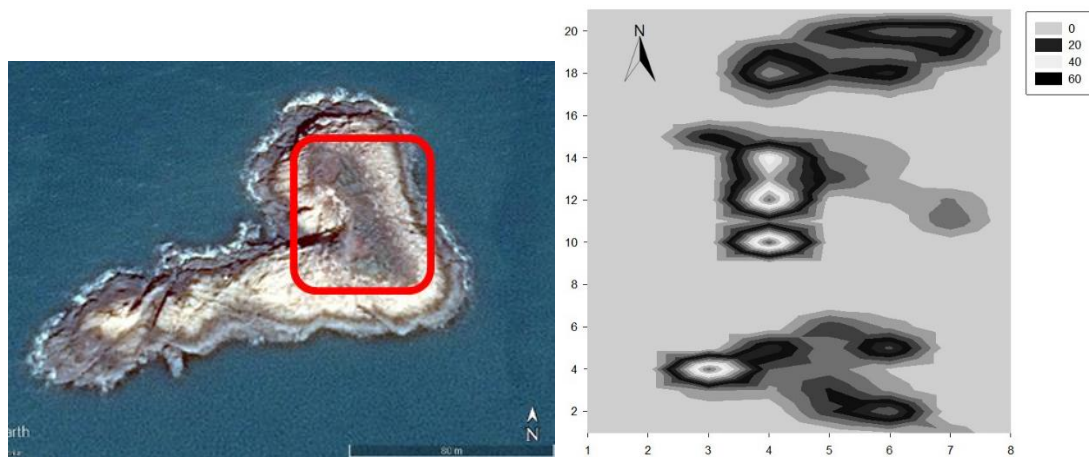


圖 12、鐵尖島上棄蛋分布與數量位置圖，右圖為左圖紅線區域

七、 量化燕鷗族群與環境資源變遷之趨勢

(一)黑嘴端鳳頭燕鷗與鳳頭燕鷗之交互關係

彙整 2000 至 2016 年在馬祖記錄到的黑嘴端鳳頭燕鷗與鳳頭燕鷗資料，發現兩者的族群數量似有相關，透過迴歸分析也找到顯著之正相關性($p < 0.001$)，可能代表族群數量少的黑嘴端鳳頭燕鷗可能有跟隨著鳳頭燕鷗選擇繁殖地的傾向(圖 13)。

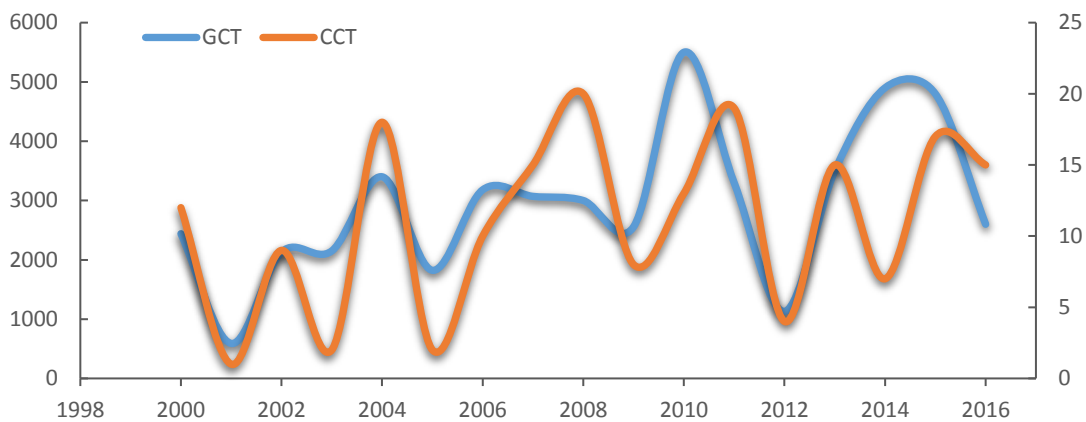


圖 13、2000-2016 年馬祖黑嘴端鳳頭燕鷗(CCT)與鳳頭燕鷗(GCT)的族群變化

(二)海洋環境資料對於馬祖燕鷗族群的影響－海水葉綠素濃度、海水溫度、海水溫度異常值與降雨量

本研究使用之環境資料包含海水葉綠素濃度(Chl)、海面溫度(SST)、海水溫度距平值(SSTa)與降雨量(AR)。其中海水溫度與降雨量資料來自中央氣象局(圖 14、圖 15)，海水水色的分析資料來自 NASA 的 MODIS 衛星資料(圖 16)，判視方式主要透過衛星影像的光譜判斷海洋水色代表的葉綠素濃度，可用來評估該地區海域的基礎生產力，資料來源為 NASA 網站下載 2008-2015 年 5 月至 6 月間馬祖周圍 100 公里左右範圍海域的資料進行分析。海水溫度異常值則來至美國大氣與海洋局(NOAA)的“ENSO Monitor”網站(圖 17)。燕鷗族群資料參考張壽華(2008)、社團法人

台北市野鳥學會(2010-2015)、袁孝維等(2010-2012)、袁孝維(2013-2014)的報告檔案，包含鳳頭燕鷗、黑嘴端鳳頭燕鷗、白眉燕鷗、蒼燕鷗與紅燕鷗。分析目標範圍設定在緯度 25.65-25.65 度、經度 119.65-120.65 度。

為了解海洋環境資料對燕鷗族群的影響，我們整合 9 年來的資料，利用線性迴歸檢驗各環境因子對下列變數的影響：

1. 每次調查的各種燕鷗數量(log10 轉換)
2. 每次調查的燕鷗數量總和(log10 轉換)
3. 每年鳳頭燕鷗最大族群量(原始數據)

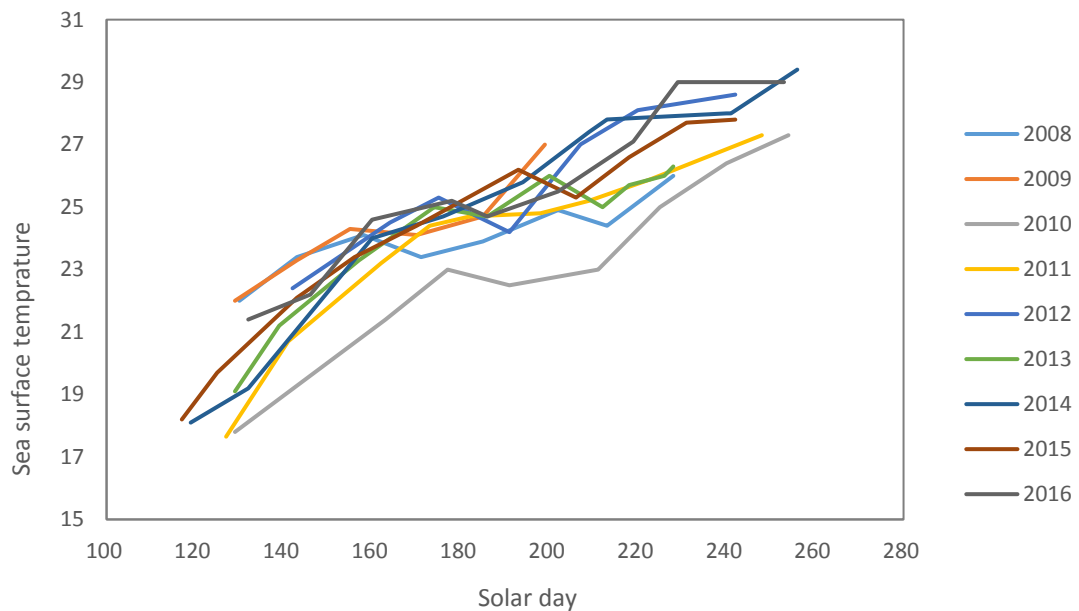


圖 14、2008-2016 夏季馬祖海水表層溫度(°C)逐日變化

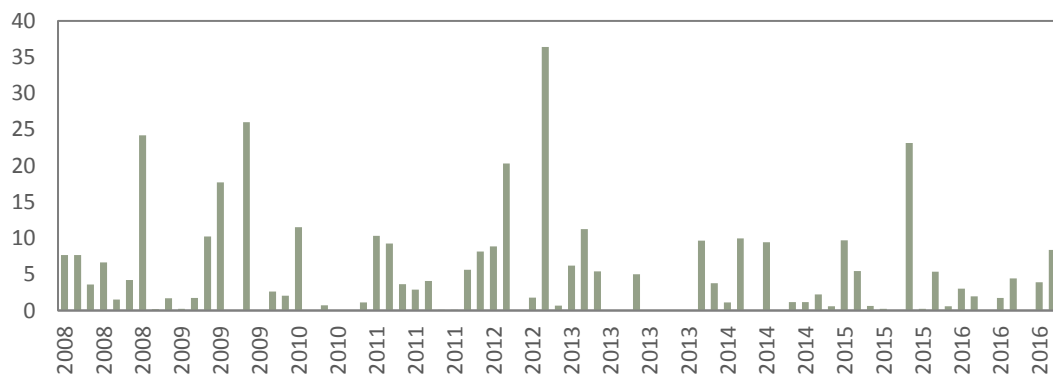


圖 15、2008-2016 8 日平均降雨量(°C)

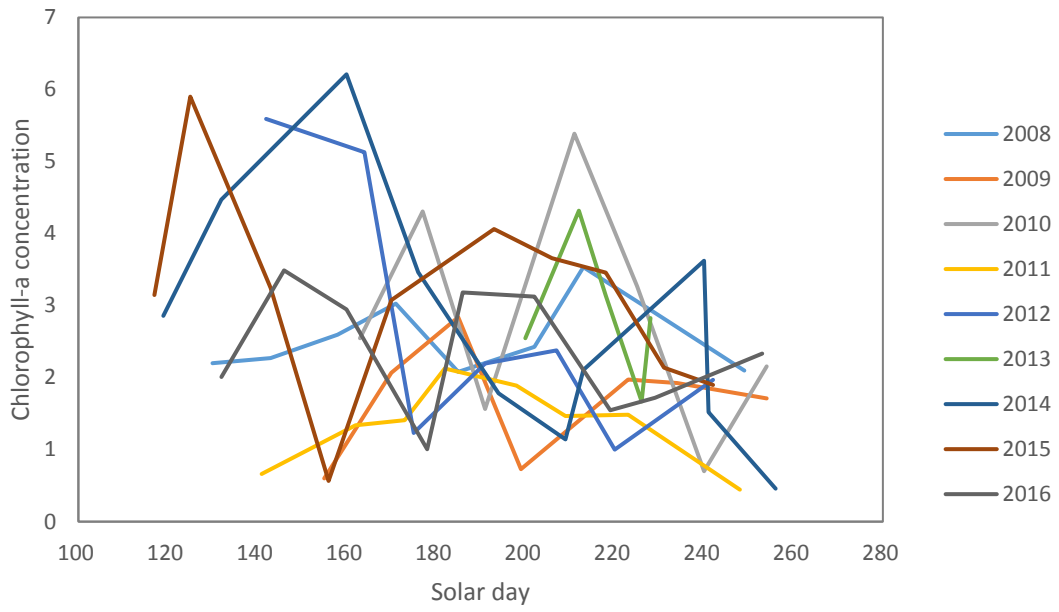


圖 16、2008-2016 夏季馬祖海面葉綠素濃度(mg/m³)逐日變化

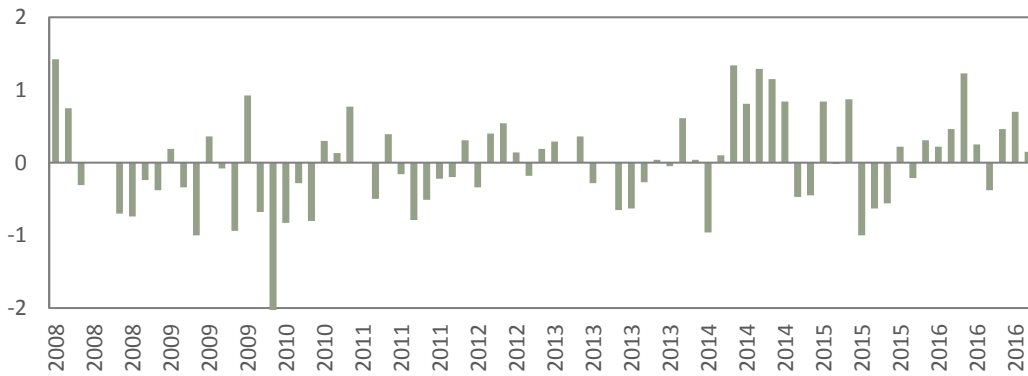


圖 17、2008-2016 馬祖海面溫度距平值(°C)

初步的資料檢視便發現保護區內的鳳頭燕鷗數量與其他四種燕鷗都有顯著的相關性，且除了與蒼燕鷗為負相關性外，其他皆為正相關性，顯示保護區內除蒼燕鷗外的四種燕鷗其變化趨勢相同，可能為受到相同環境壓力所致(圖 18)。

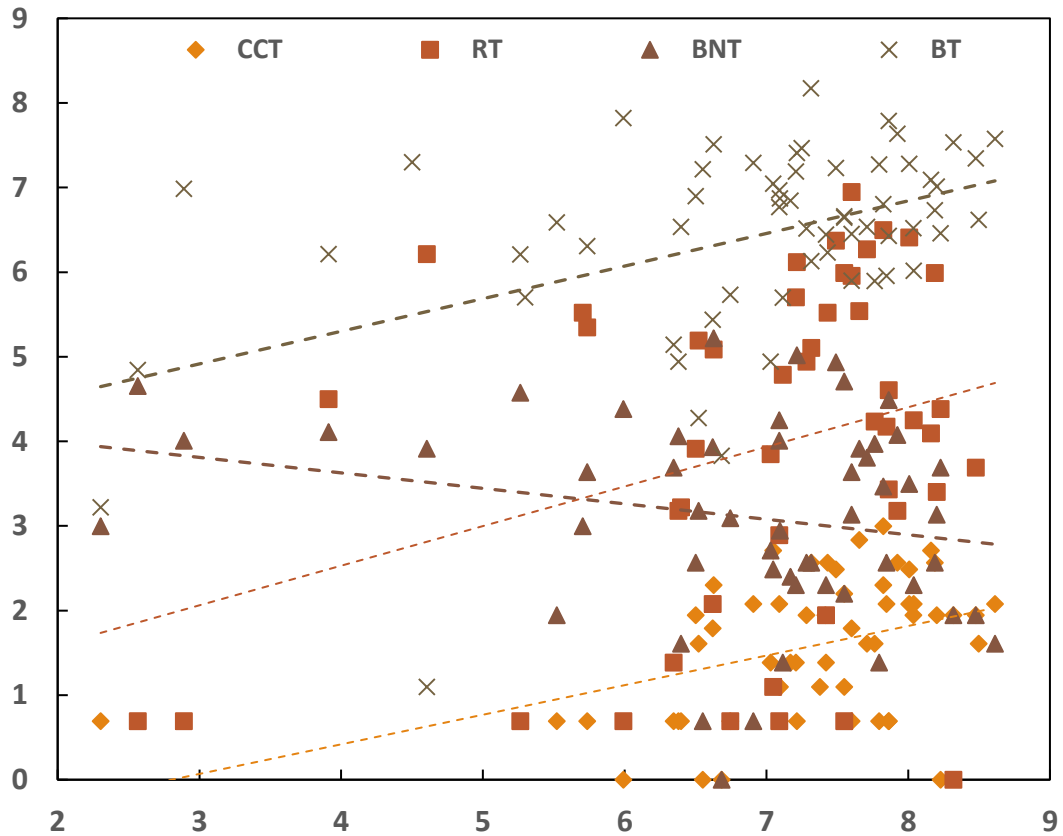


圖 18、保護區內鳳頭燕鷗對黑嘴端鳳頭燕鷗(CCT)、紅燕鷗(RT)、蒼燕鷗(BNT)與白眉燕鷗(BT)的族群相對數量作圖

在每次調查的各種燕鷗數量(log10 轉換)的模式選擇部分，數量最多的鳳頭燕鷗與白眉燕鷗的族群波動與海水葉綠素濃度的變化有關蒼燕鷗與海面溫度的負相關性可能與其較早開始的繁殖季有關；在紅燕鷗與黑嘴端鳳頭燕鷗的部分可能因數量太少而使模型皆未成立(表 3)。

表 3、五種燕鷗與環境因子關係

	R^2	SST	Chl	AR
鳳頭燕鷗	0.32	0.220**	0.150*	-
白眉燕鷗	0.27	0.156***	0.116*	-0.004
蒼燕鷗	0.20	-0.127**	-0.024	-0.004
紅燕鷗	-	-	-	-
黑嘴端鳳頭燕鷗	-	-	-	-

模式挑選的結果顯示保護區周圍海域的海水葉綠濃度與燕鷗族群波動間的顯著正相關性(表 4、表 5)，可能顯示區內的燕鷗族群量主要受限於周圍海域的食物資源與初級生產量變化(圖 19)。海面的異常增溫情形對保護區內的旗艦物種：鳳頭燕鷗族群量有顯著的負面影響(圖 20)，原因可能與魚汛期的異常或更大尺度的海洋氣候變遷有關。需要更長期的資料方能辨識繁殖異常與氣候間的關係。

表 4、預測目標為每次調查的燕鷗數量總和(log10 轉換，不含蒼燕鷗)挑選出的各項模式

Model effects	R²	AIC	ΔAIC	Weight
SST, Chl	0.239	311.82	0	0.44
SST, Chl, SSTa	0.251	312.50	0.68	0.31
SST, Chl, AR	0.240	313.98	2.17	0.15
SST, Chl, AR, SSTa	0.252	314.87	3.05	0.1

*海水葉綠素濃度(Chl)、海面溫度(SST)、海水溫度距平值(SSTa)、降雨量(AR)

表 5、預測目標每年鳳頭燕鷗最大族群量時挑選出的各項模式

Model effects	R²	AIC	ΔAIC	Weight
Chl, SSTa	0.79	155.92	0	0.48
Chl,	0.58	157.62	1.70	0.21
Chl, SST, SSTa	0.94	158.52	2.61	0.13

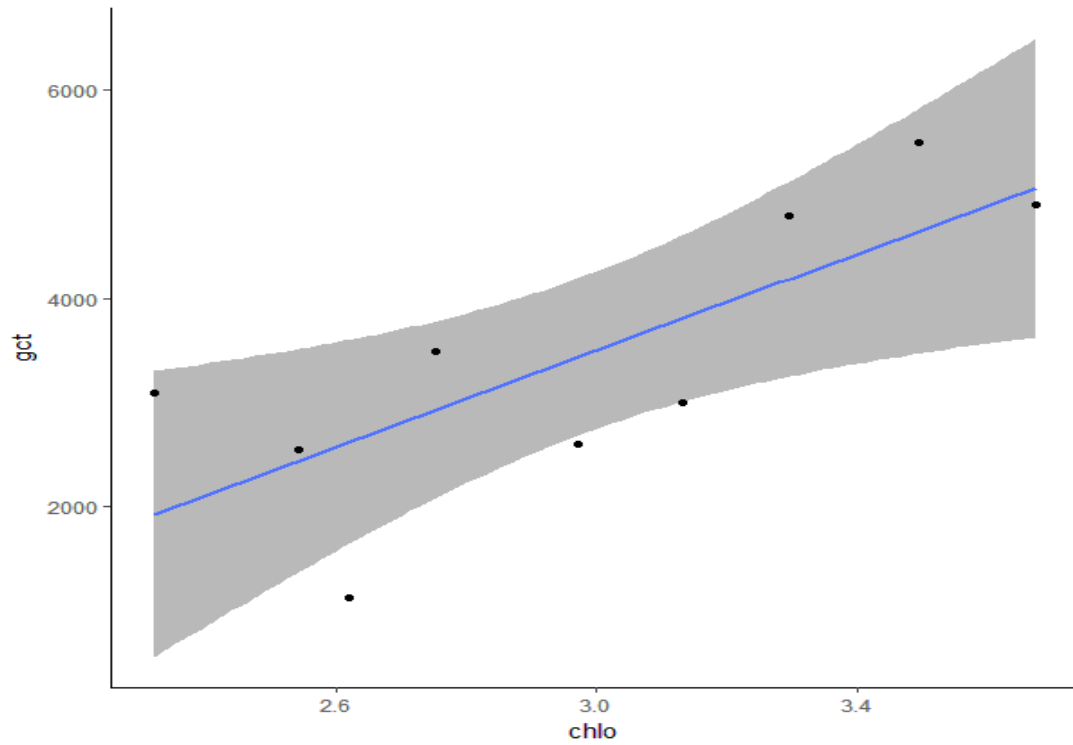


圖 19、2008-2016 年鳳頭燕鷗最大族群量與海水葉綠素濃度的相關變化趨勢

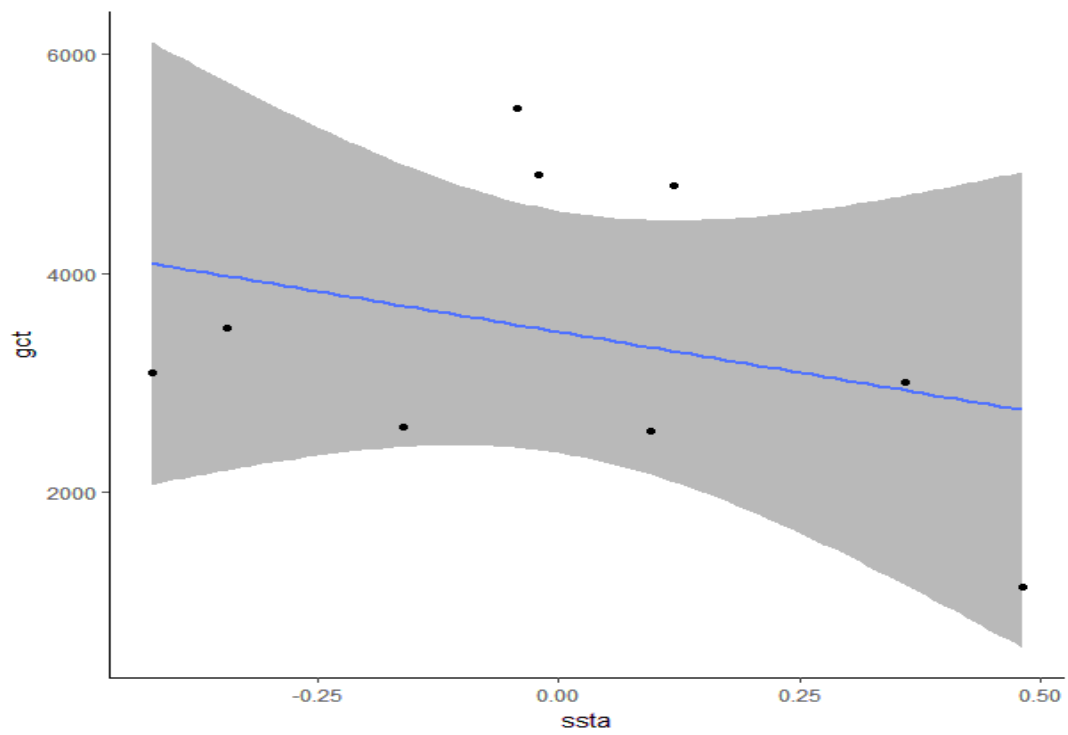


圖 20、2008-2016 年鳳頭燕鷗最大族群量與海面溫度距平值的相關變化趨勢

(三) 鳳頭燕鷗胸羽、蛋殼中重金屬累積

2016年延續前兩年的燕鷗蛋殼、成鳥和幼鳥胸羽之重金屬濃度檢測，進一步瞭解環境毒物累積情形。分析結果顯示：2016年在蛋殼成、幼鳥的胸羽重金屬濃度中則以鉻(Cr)和砷(As)的濃度在幼鳥的胸羽中高於成鳥胸羽(圖 21)。由於幼鳥體內的重金屬來源主要來自於親代的遺傳與餵食，由此可推測鉻和砷的來源可能是馬祖地區的污染物。然而，比較 2014 年至 2016 年的檢測結果(表 6)，發現重金屬累積年間變異大，應持續監測對燕鷗族群造成的影響。目前僅三年的檢測結果，尚未發現明顯且強烈影響燕鷗族群的污染現象，需長期掌握重金屬於燕鷗生物體中累積的情形，以釐清重金屬濃度對於燕鷗族群的危害。

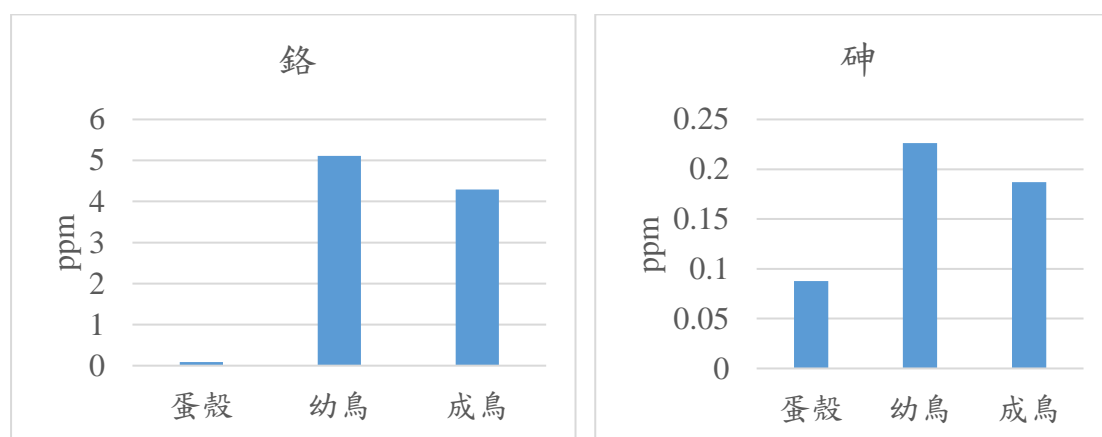


圖 21、2016 年在蛋殼成、幼鳥的胸羽重金屬濃度中則以鉻(Cr)和砷(As)的濃度在幼鳥的胸羽中高於成鳥胸羽

表 6、2014 年至 2016 年鳳頭燕鷗成鳥胸羽、幼鳥胸羽與蛋殼中重金屬濃度檢測結果

八大重金屬濃度檢測(ppm)								
樣本 年	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Hg	Pb
2014	0.206±0.0539	0.282±0.1398	1.33±0.3432	11.849±3.0684	0±0	0±0	-	8.615±3.5362
蛋殼 2015	0.3192±0.1722	0.1892±0.0698	0.8969±0.4113	12.4023±6.7212	0.01±0.0118	0.0246±0.0128	0.0654±0.0463	0±0
2016	0.0838±0.0345	0.0675±0.0302	0.6292±0.2438	10.78±9.3856	0.0879±0.0521	0.0113±0.0053	0.9425±0.8264	0.2125±0.1609
幼鳥 2015	8.0555±5.0131	5.1015±2.1832	119.5115±89.9509	281.043±388.3551	1.5545±1.1503	0.959±2.9082	0.9335±0.8991	1.308±5.7014
2016	5.1137±4.2213	1.59±1.1211	56.2457±38.1716	79.1129±12.9698	0.2266±0.1255	0.0483±0.0303	8.0846±1.1273	0.4517±0.9431
2014	16.88±3.5523	2.79±1.3905	20.2167±0.8316	138.1433±56.3062	0±0	8.6867±1.2582	-	14.1933±6.7448
成鳥 2015	7.4075±5.531	4.0763±2.0891	1193.2656±3218.9682	162.5356±64.9773	0.3956±0.3001	0.2644±0.1136	1.6013±0.7504	3.1363±6.0961
2016	4.2921±1.6118	1.6395±0.8888	7331.4837±9369.3838	102.7332±55.4417	0.1879±0.1525	0.0937±0.0341	40.2026±28.5181	0.6021±1.6112

八、兩岸交流合作-韓國黑嘴端鳳頭燕鷗棲 息地參訪

本次參訪行程於 12/20 日在新慶洲先參加”Conservation for Endangered Migratory Waterbirds and Habitats”研討會，先後由 Yasuko 報告美國誘引技術的經驗、Simba 報告韭山的誘引成果、團隊研究人員洪崇航報告馬祖的誘引與保育計畫。韓國方面負責接待與主持會議的是隸屬環境部下的一個新組織”National Institute of Ecology, NIE”，目前負責黑嘴端鳳頭燕鷗調查的主要有三位博士研究員，專長分別是地理資訊系統、植物生態與鳥類研究。黑嘴端鳳頭燕鷗的繁殖紀錄便是尤那位元植物專長的研究員在上島調查植物的時候所發現，該座島嶼位在全羅南道靈光郡的七山島保護區內，島上除了約兩萬隻黑尾鷗繁殖外，還有黑面琵鷺與黃嘴白鷺繁殖。

12/21 上島參訪，由港口出去約四十分鐘便抵達，島嶼面積相當大，估計有三公頃左右，地形是由兩個山頭中間夾著一片小海灘組成(圖 22)。島上植被甚少，以低矮的草本植物為主。地面上雨水沖刷痕跡相當明顯，研究員表示這裡夏季的雨量相當豐沛，但怪異的是兩萬隻黑尾鷗繁殖，全島竟見不到一片蛋殼。



圖 22、島嶼全景照



圖 23、紅衣服研究員手指方向為黑嘴端鳳頭燕鷗營巢位置



圖 24、島上主要的植被



圖 25、島上另一種碎石地棲地類型

研究員表示在四月就已經發現黑嘴端鳳頭燕鷗，且已開始繁殖，在時間上是比黑尾鷗還早開始繁殖的。他們在島上觀察的時候可以靠得非常近，鷗群擾動過後很快就回到巢位實際測量大約是在 15 公尺左右，與五峙山的情況有些類似。比較有問題的是，島上有非常大量的鼠洞與隨處可見的排遺，從鼠洞中也掏出不少黑尾鷗的遺骸，就排遺大小來看，老鼠的體型可能接近鬼鼠(圖 26、圖 27)。除老鼠之外，我們也撿到不少食繭，裡面還有完整的鼠類頭骨，可見這裡的捕食者確實不少，現場也目擊遊隼與 Korean buzzard。

參訪後與 NIE 的討論多集中在未來應如何監測與保育，NIE 也表示目前有經費與人力上的困難，可能會先以沿海的普查輔以航照圖資尋找其他可能的繁殖島嶼，並且希望能在明年度先到大陸與臺灣的繁殖地參訪。團隊與 NIE 達成共識明年度將共同參加臺北鳥會於馬祖的國際黑嘴端鳳頭燕鷗保育研討會。



圖 26、排遺大小與 500 元韓幣對比(直徑 26.5mm)



圖 27、遍佈的鼠洞

九、參與第 43 屆太平洋海鳥社群年會

本團隊於 2 月 10 日至 2 月 13 日到夏威夷參加第 43 屆太平洋海鳥社群年會 (43rd Pacific Seabird Group Annual Meeting)，特別受邀參加特別專題討論會議－燕鷗族群復育和保育發展 (Tern Colony Restoration and the Development of Conservation)，分享臺灣馬祖的黑嘴端鳳頭燕鷗繁殖族群現況，以及歷年來臺灣所做的保育與研究的成果。本研究團隊由袁孝維教授和洪崇航、張樂寧兩位博士生參與，分別由袁孝維教授口頭發表「CHINESE CRESTED TERN BREEDING POPULATION IN MATSU ISLANDS, TAIWAN」，洪崇航博士生口頭發表「RESTORATION OF CHINESE CRESTED TERN COLONY IN WUZHISHAN ARCHIPELAGO, CHINA」，以及張樂寧博士生海報發表「TERN BANDING PROJECT IN MATSU ISLAND TERN REFUGE, TAIWAN」。



圖 28、袁孝維教授於第 43 屆太平洋海鳥社群年會進行口頭發表

十、 燕鷗衛星追蹤

燕鷗衛星追蹤於 7 月 7 日執行，當天共繫放鳳頭燕鷗成鳥 20 隻，並從中挑選體重超過 300g 的鳳頭燕鷗 10 隻背負 10~11g 的衛星發報器(含固定發報器的鐵氟龍線材重量)，平均每隻鳳頭燕鷗體重為 $320\text{g}\pm 12.5\text{g}$ ，衛星發報器約占燕鷗體重的 3.2~3.7%，符合不超過體重的 5% 的原則。其中 6 顆衛星發報器在 8 月中前即失去訊號，2 顆在 12 月中旬失去訊號，最後有 2 顆到 12 月 31 日仍有訊號。推測造成衛星發報器不良率高的可能原因有二，一是繫放後恰逢尼伯特颱風襲台，可能對燕鷗的生存造成影響；二是燕鷗以俯衝入水覓食，可能導致背負的發報器因而逐漸鬆脫。

然而，從今年的鳳頭燕鷗衛星追蹤我們仍可以瞭解到馬祖地區的鳳頭燕鷗的秋季遷徙路徑有二：一是沿著中國大陸沿海往東南亞國家越南、柬埔寨、緬甸、馬來西亞等地度冬；二是順著臺灣西部海岸南下往菲律賓群島度冬(圖 29)。特別的是我們發現馬祖地區的鳳頭燕鷗在遷徙前會先飛往北方浙江省沿海一帶再回到馬祖附近海域，接著才真正開始南遷，推測這樣的行為可能是鳳頭燕鷗秋季遷徙前的結集行為。這樣也顯示出在臺灣馬祖的鳳頭燕鷗族群和大陸浙江省的鳳頭燕鷗族群可能為同個大族群，其遷徙的模式可能相同。初步分析衛星追蹤訊號瞭解鳳頭燕鷗在馬祖地區周圍海域的活動熱點，可見訊號出現的地點集中在北邊的黃崎、南邊的平潭與西邊的閩江河口一帶(圖 30)。

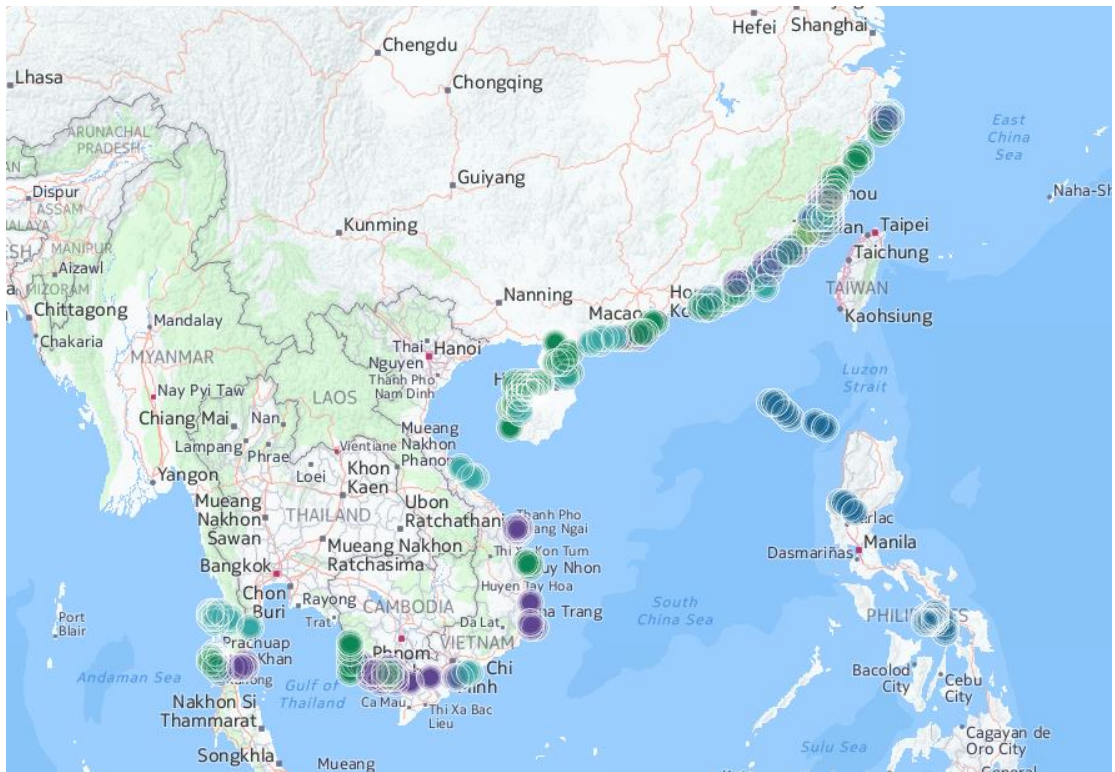


圖 29、2016 年馬祖地區鳳頭燕鷗秋季遷徙路徑(不同顏色點位代表不同個體)

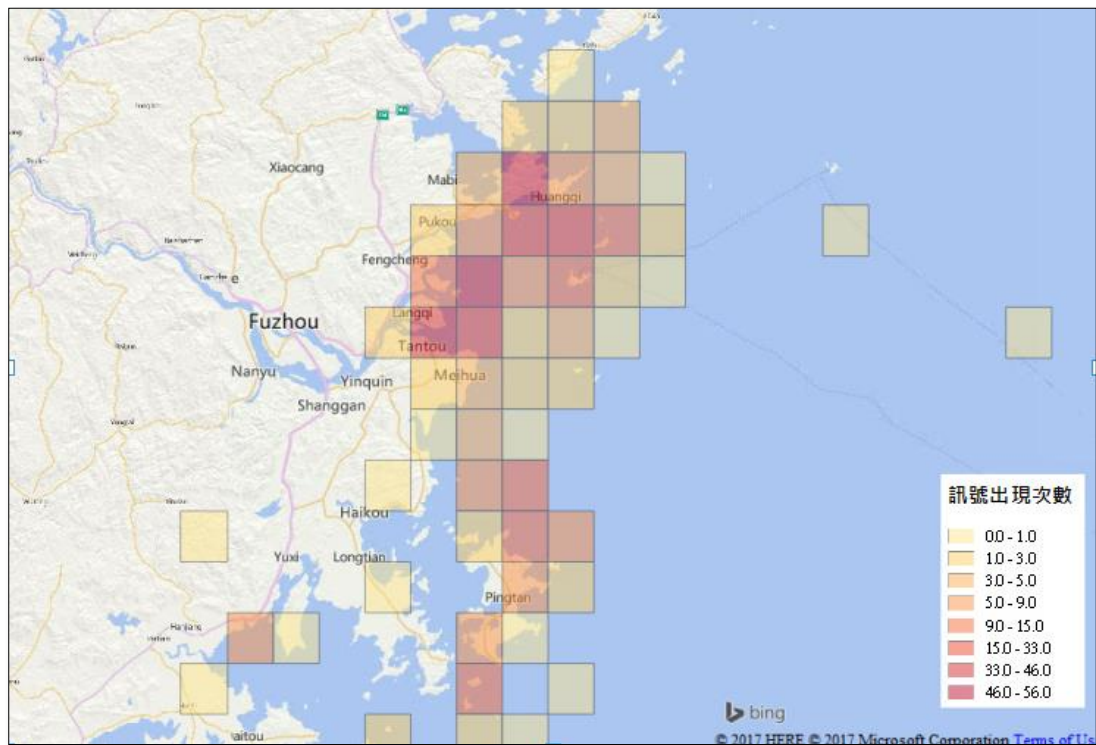


圖 30、2016 年 5 隻鳳頭燕鷗追蹤訊號在馬祖周圍海域出現的熱點，可見訊號出現的地點集中在北邊的黃崎、南邊的平潭與西邊的閩江河口一帶

十一、 研擬短、中長程之黑嘴端鳳頭燕鷗 保育行動綱領

本研究團隊受國際自然保護聯盟(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)之託，和大陸浙江自然博物館陳水華博士、美國奧立岡州立大學Daniel D. Roby教授、國際鳥盟日本分部陳承彥主任等人，一同進行黑嘴端鳳頭燕鷗的受脅評估，評估與討論項目包含：地理分布、族群量與族群趨勢、棲地與生態、面臨的主要威脅、已執行的保育行動以及未來可執行的保育行動建議，可作為黑嘴端鳳頭燕鷗保育行動綱領。完整評估資訊收錄於本報告附錄中，並已公開於國際自然保護聯盟紅皮書的網站上，網址：<http://www.iucnredlist.org/details/22694585/0>。

肆、結論與建議

今年度鐵尖嶼棲地營造工作因整理時間過早，導致植被因梅雨季而生長快速，使得假鳥和自動照相機被遮掩。雖然最終於6月仍成功吸引燕鷗進駐使用，但在棲地品質與監測效益上成效不佳。未來可視島上植被生長狀況與燕鷗繁殖島嶼的挑選結果，於4月底和5月中進行棲地營造工作，以確保棲地環境狀況適合燕鷗繁殖，也能作為燕鷗於其他島嶼棄巢後的備用繁殖地。由過去的研究成果可知坡度與植被覆蓋是影響燕鷗繁殖利用的主要因素，今年分析鐵尖嶼的坡度與植被覆蓋度，顯示北端的棲地較為平坦，短草坡地面積也較大，且棄蛋數量相對少，跡象顯示北面的棲地相對較佳的營巢地。未來可增加北面棲地整理的面積，增加燕鷗可利用的範圍，進而減少繁殖競爭壓力，分散燕鷗族群生存、繁衍的風險。

今年首次確認馬祖地區的鳳頭燕鷗有夜間棄巢的現象。一群聚性生殖的燕鷗遇到日行性的天敵通常以群體攻擊的方式抵禦潛在的掠食者，並且在族群數量越大的時候會有更顯著的行為表現與成效(Fujita *et al.*, 1994)。然而，對於夜間的掠食者，日行性的燕鷗通常無法有效的抵抗掠食者帶來的威脅甚至無法有效偵查到掠食者的出現，因此有了特殊的夜間棄巢行為發生(Hunter & Morris, 1976; Nuechterlein & Buitron, 2002; Arnold *et al.*, 2006; Norwood, 2011)。相較於白天的暫時性離巢行為，夜間棄巢行為的持續時間長久，由於難以偵查到天敵的入侵，只要有一次的夜間掠食者的干擾出現，常會造成連續好幾晚的夜間棄巢發生(Hunter & Morris, 1976; Arnold *et al.*, 2006; Norwood, 2011)。因此，繁殖季前的潛在天敵調查與移除作業，特別是鼠類的移除，以及繁殖巢區的夜間監測更顯重要。未來可以自動照相機增加夜間記錄的排程，並以聲音記錄器確認夜晚是否有非燕鷗的聲頻記錄，以釐清與排除燕鷗夜間棄巢的原因。

燕鷗的繫放工作是揭開兩岸間燕鷗移動動態的關鍵，特別是2015年浙江的鐵墩島和今年五峙山群島共計已繫放約150隻鳳頭燕鷗幼鳥，未來兩岸的合作協尋這些帶有標誌的燕鷗將會是研究人員的首要目標。尤其目前可觀察到的

黑嘴端鳳頭燕鷗的族群年間變異大，2015年兩岸四地有百隻的記錄，今年僅有46隻。而今年在南韓發現黑嘴端鳳頭燕鷗的繁殖，顯示應該存有其他未知的繁殖棲地與族群。為了有效瞭解其可能潛在的分布以提升我們對於此物種的認識與保育作為，透過現今定位技術發達，適合鳥類使用的追蹤發報器的體積與重量也日益減輕，未來應積極透過衛星發報器的活動資料累積，分析其活動偏好環境因子與活動熱點，評估潛在適合棲地範圍，也作為重要海鳥棲息地與海洋保護區劃設的科學參考資訊。

根據燕鷗歷年族群的分析，我們發現鳳頭燕鷗的族群數量和黑嘴端鳳頭燕鷗、白眉燕鷗和紅燕鷗有顯著的正相關性，表示監測鳳頭燕鷗的族群動態亦可反應上述3種燕鷗的變化趨勢，推測這些燕鷗可能也受到相似的環境壓力，因此未來應可以鳳頭燕鷗作為馬祖地區海洋生態系健康監測指標之一。而環境資料變遷部分，因累積的時間尺度仍過小，分析結果變異大。初步可知海水葉綠濃度越高的時候燕鷗族群量也會越多，可能代表逐魚群而居的燕鷗會依照食物資源狀況調整繁殖的時間或地點選擇。在氣候變遷影響下，海水表面溫度的異常變化可能導致鳳頭燕鷗的族群量有負面的影響。在環境污染物的監測僅累積3年的資訊，但在2015年和今年都發現鳳頭燕鷗幼鳥胸羽中的砷濃度高於成鳥胸羽，由於幼鳥體內的重金屬來源主要來自於親代的遺傳與餵食，加上砷在生物體內的殘留時間通常較短，由此可推測砷的來源可能是馬祖地區의 汚染物，值得未來持續關注。

透過兩岸與國際間的資訊交流與聯繫，已確認黑嘴端鳳頭燕鷗的繁殖地有5處，並且於國際自然保護聯盟受脅物種紅皮書中更新了黑嘴端鳳頭燕鷗的現況與保育資訊，提供臺灣於海洋生態系和遷徙鳥類的保育研究成果。由於海洋生態系與遷徙鳥類分布無國界，兩者的保育工作需要國際間的合作與協調，依整體概況與各國現況修正保育策略，唯有建立完整的監測與保育網絡，方能確保黑嘴端鳳頭燕鷗的族群能穩定延續。

伍、參考文獻

- Arnold, J. M., Sabom, D., Nisbet, I. C. T., Hatch, J. M., 2006. Use of temperature sensors to monitor patterns of nocturnal desertion by incubating common terns. *Journal of Field Ornithology* 77 (4), 384-391.
- Chan, S., S. H. Chen., and H. W. Yuan (2008) International Action Plan for the conservation of Chinese Crested Tern (*Sterna bernsteini*). 15th Meeting of the CMS Scientific Council.
- Fujita, G., Kawashima, K., Ando, Y., Higuchi, H., 1994. Attraction of the Little Tern to artificial breeding sites using decoys. *Strix* 13, 209-213.
- Hunter, R. A., and Morris, R. D., 1976. Nocturnal predation by a Black-crowned night heron at a common tern colony. *The Auk* 93 (3), 629-633.
- Norwood, G. J., 2011. Nest-site selection, nocturnal nest desertion, and productivity in a common tern colony at Detroit river, Michigan. (Mater' thesis, Eastern Michigan University). Retrieved from <http://commons.emich.edu/these>.
- Nuechterlein, G. L., and Buitron, D., 2002. Nocturnal egg neglect and prolonged incubation in the red-necked grebe. *Waterbirds* 25, 485-491.
- 社團法人台北市野鳥學會。2010。馬祖鳥類資源調查。連江縣政府委託計畫期末報告。
- 社團法人台北市野鳥學會。2011。馬祖列島燕鷗保護區鳳頭燕鷗誘鳥計畫結案報告。
- 社團法人台北市野鳥學會。2012。馬祖列島燕鷗保護區鳳頭燕鷗誘鳥計畫結案報告。
- 社團法人台北市野鳥學會。2013。馬祖列島燕鷗保護區鳳頭燕鷗誘鳥計畫結案

報告。

社團法人台北市野鳥學會。2014。馬祖列島燕鷗保護區鳳頭燕鷗誘鳥計畫結案報告。

社團法人台北市野鳥學會。2015。馬祖列島燕鷗保護區鳳頭燕鷗誘鳥計畫結案報告。

袁孝維、邱祈榮、江昭暄。2010。自動化監測技術應用於鳥類行為及棲地監管計畫成果報告。

袁孝維、邱祈榮、江昭暄。2011。自動化監測技術應用於鳥類行為及棲地監管計畫成果報告。

袁孝維、邱祈榮、江昭暄。2012。自動化監測技術應用於鳥類行為及棲地監管計畫成果報告。

袁孝維。2013。馬祖地區鳳頭燕鷗繁殖族群動態之研究計畫成果報告。

袁孝維。2014。馬祖地區鳳頭燕鷗繁殖族群動態之研究計畫成果報告。

袁孝維。2015。馬祖地區鳳頭燕鷗繁殖族群動態之研究計畫成果報告。

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。