行政院農業委員會林務局林業發展計畫 106年度細部計畫結案報告書

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 (1/3)

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

106 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

106年12月

106 年度馬祖地區的大鳳頭燕鷗分別至鐵尖島和蛇山島繁殖,主要的繁殖族群坐 落在鐵尖島。鐵尖島共記錄大鳳頭燕鷗最大族群量 5000 隻,幼鳥數量依據繫放 -再捕捉方法推估有 1063 隻幼鳥;黑嘴端鳳頭燕鷗則觀察到 13 巢,其中 6 隻成 功孵出,僅1隻成功長大的亞成鳥。蛇山島最終僅有50-100隻大鳳頭燕鷗繁殖, 也有幼鳥孵出,數量上無法確認;黑嘴端鳳頭燕鷗僅在6月初記錄到6隻,之後 則沒有觀察到。潛在天敵移除與觀察並無捕抓到任何小型哺乳類,但觀察到遊隼 對燕鷗族群的干擾與捕食幼鳥,要謹慎評估可能造成的危害。根據自動相機與聲 音記錄器的資料,大鳳頭燕鷗在鐵尖島上分為南、北面繁殖,北面繁殖的大鳳頭 燕鷗於5月底進駐,南面則是於6月中才加入繁殖。此外,南面繁殖巢區仍有夜 間棄巢的現象發生,應監測瞭解其原因並設法改善。今年度研究團隊結合空拍技 術輔助燕鷗繁殖觀察,不僅計算繁殖巢數為 2486 巢次,也推算平均繁殖密度為 每平方公尺 5.89 巢次,是以往較難量化的資訊。燕鷗繫放作業總計繫放大鳳頭 燕鷗成鳥 49 隻、幼鳥 148 隻,黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥 1 隻,一共 198 隻。燕鷗繋 放個體目擊記錄有 27 筆,來自馬祖、五峙山及閩江口。在繫放作業進行中,也 繋放 9 隻大鳳頭燕鷗和 1 隻黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥背負衛星發報器。在繁殖時期馬 祖列島海域及閩江口濕地保護區是燕鷗活動的重要熱區。秋季遷徙路徑分為兩個 方向:一是沿著中國大陸沿海往東南亞國家越、東、泰和緬度冬;二是順著臺灣 西部海岸或中國大陸沿海往西南方向到菲度冬。重金屬濃度檢測則發現大鳳頭燕 鷗成鳥和幼鳥胸羽中的鋅和鉛的濃度已經超過危害值,而幼鳥胸羽中的鋅和砷濃 度顯著高於成鳥胸羽中的濃度,顯示鋅和砷可能是潛在的汙染危機,應持續追蹤 並探討對燕鷗族群可能的危害。未來的短程目標應以維持並增加黑嘴端鳳頭燕鷗 族群量為優先,持續監測人為營造的繁殖棲地狀況,避免生態陷阱的產生;並且 和浙江自然博物館與南韓團隊建立穩定的訊息交流平台,以掌握燕鷗族群的整體 動態。

目錄

壹、	前言		1
	一、擬解	決問題	2
	二、研究	目標	3
	(-)	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
	(-)	棲地環境調查與營造	6
	(二)	聲音與影像監視系統架設	6
	(三)	燕鷗繋放作業	7
	(四)	燕鷗胸羽、蛋殼和重金屬濃度檢測	7
	(五)	燕鷗蛋殼厚薄度監測	8
	(六)	裝置衛星發報器	8
	(七)	維護海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網	
	(八)	參與海峽兩岸交流會議	
	(九)	出席國際研討會並發表本計畫研究成果	9
參、	執行成果.		10
	一、棲地	環境監測與營造	10
	(-)	繁殖棲地營造	10
	(=)	繁殖季前移除潛在天敵	14
	二、自動	影像與聲音記錄器架設	18
	三、燕鷗	繋放	26
	四、燕鷗	胸羽、蛋殼和食魚之重金屬濃度檢驗	28
	五、燕鷗	蛋殼厚薄度檢測	33
	六、裝置	衛星發報器	34
	七、維護	海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網	38
		海峽丙岸交流會議	
	九、出席	國際研討會並發表本計畫研究成果	42
肆、	結論與建詣	<u> </u>	44
伍、	參考文獻.		46
附錄	一、繁放記	鋒	49

圖目錄

圖	1 `	·馬祖列島燕鷗保護區各島嶼位置。5
啚	2 `	·工作人員於鐵尖島上用割草機整理過高的植被。11
昌	3、	·保留移除的植被平鋪於地表以減緩雨水沖蝕和土壤流失。11
昌	4、	· 擺設燕鷗假鳥模型吸引真鳥。12
昌	5、	·空拍機拍攝鐵尖島於5月7日當日進行棲地植被清除作業前照片。12
昌	6、	·空拍機拍攝鐵尖島於7月6日時的棲地環境照片。13
昌	7、	·於繁殖季前在島嶼上設置小型哺乳類陷阱 SHERMAN LIVE TRAP。14
昌	8	· 鳥友 ZETA CHEN 拍攝遊隼至鐵尖上捕抓鳳頭燕鷗幼鳥的畫面。
啚	9、	·於6月8日以空拍機拍攝鐵尖島北面巢區繁殖狀況,共記錄1351 巢次。16
置	10	、於7月6日以空拍機拍攝鐵尖島南面巢區繁殖狀況,記錄1135 巢次。17
昌	11	、以空拍機影像產出之鐵尖島正攝影像。17
昌	12	、於鐵尖島上架設的聲音記錄器。18
昌	13	、於鐵尖島上架設的自動相機。18
啚	14	、鐵尖島空拍圖,106年度的燕鷗巢區分為北面跟南面兩個巢區。19
啚	15	、自動相機記錄北面巢區 5 月 21 日有大鳳頭燕鷗停棲,5 月 22 日隨即離開。.20
啚	16	、自動相機記錄北面巢區於 6 月 26 日破蛋,至 7 月 5 日繁殖結束。20
啚	17	、自動相機記錄南面巢區從 6 月初即有大鳳頭燕鷗停棲,至 6 月 15 日後才有穩定
		過夜停棲族群。21
邑	18	、自動相機記錄南面巢區7月17日至7月19日有夜間棄巢的狀況發生。21
昌	19	、106年5月7日至8月11日聲音記錄器在鐵尖島上的錄音強度分布。24
昌	20	、106年5月7日至8月11日的馬祖氣象站日降雨量分布資料。25
啚	21	、106 年度燕鷗足旗目擊回報相片,左上為 2008 年繫放的成鳥(ZETA CHEN 攝)、
		右上為 2011 年繫放的紅環幼鳥(LISA LIN 攝)、左下為 2015 年繫放的成鳥(LISA
		LIN 攝)、右下為 2017 年繫放的幼鳥(ZETA CHEN 攝)。
昌	22	、重金屬鋅在成鳥胸羽和幼鳥胸羽中濃度已超過危害值 100PPM,且在幼鳥胸羽中
		的濃度顯著大於成鳥胸羽中的濃度,顯示鋅可能為馬祖地區潛在汙染物。 29
		、重金屬鋅在成鳥胸羽和幼鳥胸羽中的濃度已超過危害值 4 PPM。30
昌	24	、重金屬砷在幼鳥胸羽中的濃度顯著大於成鳥胸羽中的濃度(P<0.05),顯示砷可能
		為馬祖地區的潛在汙染物。30
邑	25	、燕鷗成鳥胸羽(藍色)、幼鳥胸羽(綠色)以及蛋殼(紅色)中重金屬濃度年間變化:
		鉻、鋅和鉛在燕鷗成、幼鳥中濃度有上升趨勢;鎳、銅、砷、鎘和汞則是下降趨
		勢。但皆未達統計上的顯著變化。虛線表示為重金屬危害值:鋅 100PPM、鎘
		2PPM、鉛 4PPM。 31
		、大鳳頭燕鷗蛋長大於黑嘴端鳳頭燕鷗蛋長(P<0.05), 兩者蛋寬無差異。 33
		· 106 年度燕鷗衛星追蹤路徑圖。
啚	28	、106 年繁殖季 6-8 月燕鷗活動熱區圖。

圖	29	、黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥 C99 和整個燕鷗族群在天空盤旋,顯示其飛行能力發展得	-
		不錯,並未受到裝置衛星發報器影響。3	6
圖	30	、鳥友倪東輝於 8 月 26 日在閩江口目擊到黑嘴端鳳頭燕鷗 C99。	7
圖	31	、黑嘴端鳳頭燕鷗 C99 的衛星追蹤資訊,自7月18日裝置衛星發報器,至9月	
		24 日後不再收到衛星訊號。	7
圖	32	、黑嘴端鳳頭燕鷗保育網(HTTP://140.112.82.98/WORDPRESS/)網站頁面。	9
圖	33.	. 於浙江韭山列島保護區上執行大鳳頭燕鷗繫放的 35 人團隊(童雪峰摄)。 4	.0
圖	34	、全球參與黑嘴端鳳頭燕鷗保育的研究團隊大合照。4	.1
啚	35	、研究團隊袁孝維教授於第44屆太平洋海鳥社群年會進行口頭報告。4	.3
圖	36	、研究團隊博士候選人洪崇航於第44屆太平洋海鳥社群年會進行口頭報告。4	.3

表目錄

表 1	、106 年度燕	鷗足旗資	針訊回報記									27		
				•										
表っ	> 2014-2017	年大厦頭	i莊鷗番恕	、成	自胸羽	、幼自	, 胸羽以	及食	备中重	1 全屬	澧度	檢測丝	果。	32

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,2013-2016)。

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,2013-2016)。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東埔寨,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

區潛在的汙染物,應持續監測汙染物對燕鷗族群造成的影響(袁孝維,2015-2016)。 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

- 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、環境汙染或自然災害… 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,探討環境汙染物對燕鷗繁殖或族群的影響並瞭解環境汙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。
- 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。
- 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,瞭解環境污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. 裝置衛星發報器 10 組。
- 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。

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。

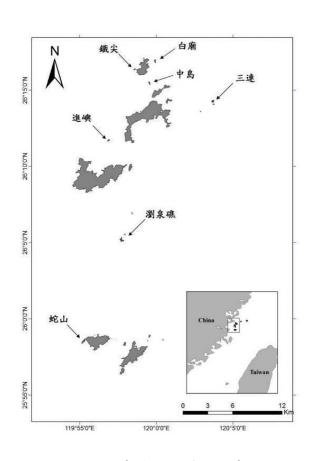


圖 1、馬祖列島燕鷗保護區各島嶼位置。

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。待補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,雜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、蛋殼和重金屬濃度檢測

1. 樣本前處理

使用有效位數小數點後四位之電子天平,秤量適量樣品,至入 40ml 的耐溫耐酸螺蓋瓶中。加入 10ml 的硝酸(70% HNO3, ACS 級)後蓋上螺旋蓋(含 TF 墊片),放置通風櫥中靜置 9 小時。再將樣品放置於加熱版上,確認無蒸氣外溢的情況下緩緩加熱至 90°C 持續 6 小時使樣本酸解至液體呈現透明。待酸液冷卻後以去離子水定量至 20ml,再使用 0.45 μ m 濾膜過濾液體,並儲存於抗酸的 PP 材質離心館中待分析。

2. 重金屬檢測

前處理過後的樣品,皆使用感應耦合電漿質譜儀檢測八大重金屬濃度:鉛、 鋅、銅、鎳、鉻、鎘、砷、汞。此儀器具有高靈敏度與多元素同時分析之優點, 因此適合進行生物樣本之檢測,國內外已有多篇利用此方法檢測鳥類樣本之文獻。 檢測前將挑選數個樣品進行全波長偵測,以挑選較無干擾與合適的檢測波長,每一樣品應三重覆檢測,若發現三重覆出現異常數值,則再從新分析此樣品一次,樣品之分析結果應以 ppm 為表示單位。

(五)燕鷗蛋殼厚薄度監測

(六)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。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。因 2016 年由金門國家公園管理處委託東海大學林良恭老師辦理「金門離岸島礁瞭類生態調查(1/2)」計畫,6月於北碇島發現大鳳頭燕鷗停棲,8月於母嶼確認有繁殖紀錄。因金門離岸島礁瞭類生態調查計畫於 2017 年也預計進行離岸島礁繁殖紀錄。因金門離岸島礁瞭類生態調查計畫於 2017 年也預計進行離岸島礁繁殖紀錄,故將會討論與其合作進行燕鷗繫放之可能性。

(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,於國際研討會上發表,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。

參、 執行成果

106年度研究團隊綜合歷年燕鷗繁殖島嶼記錄、棲地環境狀況、海巡與魚船巡護以及生態賞鷗觀光發展,選定鐵尖島作為誘引大鳳頭燕鷗以及黑嘴端鳳頭燕鷗的基地,並將中島列為候補棲地,作為燕鷗棄巢後可選擇的替代棲地。106年度馬祖地區的大鳳頭燕鷗分別至鐵尖島和蛇山島繁殖,主要的繁殖族群坐落在鐵尖島。106年的燕鷗繁殖季鐵尖島共記錄到大鳳頭燕鷗最大族群量 5000 隻,幼鳥數量依據繫放-再捕捉方法推估有 1063 隻幼鳥;黑嘴端鳳頭燕鷗則觀察到 13巢,其中6隻成功孵出,1巢孵蛋時失敗,2巢棄巢,4巢不知原因失敗(也有可能孵蛋時失敗),僅1隻成功之亞成鳥(C99)。蛇山島最終僅有 50-100 大鳳頭燕鷗繁殖,也有觀察達到幼鳥孵出,數量上無法確認;黑嘴端鳳頭燕鷗在6月初有記錄到6隻,但是6月中大鳳頭燕鷗族群減少至200隻後,則沒有再觀察到黑嘴端鳳頭燕鷗了。106年期間研究團隊執行了棲地環境整理營造、天敵移除、自動相機與聲音記錄器架設、燕鷗繫放、衛星發報器繫放、黑嘴端鳳頭燕鷗保育網維護以及參與海峽兩岸與國際交流研討會,執行成果分述如後。

一、 棲地環境監測與營造

(一)繁殖棲地營造

106 年挑選鐵尖島執行大鳳頭燕鷗與黑嘴端鳳頭燕鷗繁殖島嶼的棲地營造。 於繁殖季前(5月7日)研究團隊與台北市野鳥學會在鐵尖島上進行燕鷗繁殖棲地 營造,並出動小型機具將島上過於茂密與高聳的植被清除(圖 2)。研究團隊保留 移除的植被並將其平鋪於島上地表,以減緩雨水沖蝕和避免土壤流失,同時也可 提供燕鷗築巢時的巢材需求(圖 3)。棲地植被環境移除後,於鐵尖島上放置 24 隻 大鳳頭燕鷗假鳥作為吸引真鳥之用(圖 4)。棲地植被移除前後的狀況可由空拍機 拍攝的影像清楚辨別(圖 5、圖 6)。



圖 2、工作人員於鐵尖島上用割草機整理過高的植被。



圖 3、保留移除的植被平鋪於地表以減緩雨水沖蝕和土壤流失。



圖 4、擺設燕鷗假鳥模型吸引真鳥。

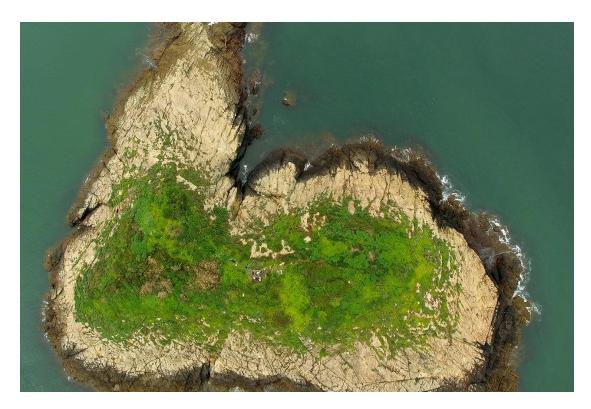


圖 5、空拍機拍攝鐵尖島於 5 月 7 日當日進行棲地植被清除作業前照片。



圖 6、空拍機拍攝鐵尖島於 7 月 6 日時的棲地環境照片(已執行植被移除作業後 2個月)。

(二)繁殖季前移除潛在天敵

本研究團隊於大鳳頭燕鷗繁殖季前夕分別於 4 月 6 日至 4 月 9 日、4 月 26 日至 4 月 29 日以及 5 月 8 日至 5 月 11 日登上鐵尖島及中島各設置 10 個小型哺乳類陷阱 Sherman live trap (圖 7)。為避免因為餌料偏好導致捕抓結果不佳,因此研究團隊 3 次捕抓使用不同的餌料,有地瓜加花生醬、熱狗和香腸、起司餅乾等。經過 3 次的連續的捕抓,並無捕抓到任何小型哺乳類,僅在中島於第 1 次和第 3 次捕抓時分別捕抓到 1 和 2 隻中國石龍子(Eumeces chinensis),因捕抓到時仍是活的且非移除目標物種,因此直接現地野放。106 年度未捕抓到小型哺乳類的原因可能和台北市野鳥學會於 105 年度年末在島嶼上設置鼠藥食餌台,進行較長時間的除鼠作業有關(台北市野鳥學會, 2016)。



圖 7、於繁殖季前在島嶼上設置小型哺乳類陷阱 Sherman live trap。

除了鐵尖島和中島上的小型哺乳類外,往年在繁殖季的調查研究團隊也會記錄到遊隼的出現,但並無證據證實遊隼對於繁殖燕鷗族群直接造成危害。106年度研究團隊於4月28日登島進行小型哺乳類移除陷阱設置的時候,在中島上有觀察到遊隼及其食繭。直到6月底鐵尖島北面巢區的幼鳥孵出後,研究團隊與當地鳥友於7月2日、7月14日、8月3日和8月11日持續觀察到遊隼的出現,並目擊遊隼對於燕鷗族群的干擾,造成燕鷗一直在天空中盤旋,不敢停留於島上。此時,北面巢區的蛋大多已孵化,遊隼造成的損失不會太大。然而,對於南面巢區尚在孵巢的燕鷗而言,遊隼導致得干擾影響大,巢蛋可能因為親鳥不敢回巢而被高溫破壞。除此之外,今年更是首次記錄到遊隼捕抓燕鷗幼鳥的畫面(圖8)。

遊隼的存在對於燕鷗族群會造成一定的干擾,但在不會造成燕鷗繁殖過於嚴重的負面影響前提下,可視為自然生態系統的正常運作。然而,持續對於遊隼的監控是必要的,並且瞭解遊隼對燕鷗族群造成的影響,作為未來評估是否要針對遊隼執行驅趕或移除行動的參考。



圖 8、鳥友 Zeta Chen 拍攝遊隼至鐵尖上捕抓鳳頭燕鷗幼鳥的畫面。

(三)繁殖季中燕鷗繁殖島嶼空拍

106年度研究團隊與台北市野鳥學會於6月8日和7月6日嘗試使用空拍機進行大鳳頭燕鷗繁殖島嶼一鐵尖島的空拍拍攝,分別於6月8日記錄北面巢區1351巢次(圖9)和7月6日記錄到南面巢區1135巢次(圖10)。相較往年僅能搭船繞島清點盤旋的燕鷗數量,空拍機的影像提供了更精確的族群數量和繁殖巢數等資訊,並且減少了對繁殖燕鷗族群的干擾。同時,研究團隊可透過空拍機照片辨別大鳳頭燕鷗與黑嘴端鳳頭燕鷗個體,掌握其巢位資訊。

透過設定空拍機的拍攝條件,可透過線上網站(www.dronedeploy.com)將影像 資訊合成 3D 模型及正攝影像,並可輸出資訊使用在其他的地理資訊軟體中,對 於未來要數化巢區與巢位資訊有很大的幫助。106 年度為空拍機執行監測的初次 嘗試,研究團隊初步以 QGIS 計算鐵尖島總繁殖巢區面積為 422 平方公尺(圖 11), 結合今年度總巢數為 2486 巢次,可知大鳳頭燕鷗族群的平均繁殖密度為每平方 公尺有 5.89 巢次。未來應多瞭解空拍機於繁殖調查的應用層面,透過空拍影像 建立燕鷗繁殖島嶼的 3D 模型及正攝影像,作為保育研究的基礎背景資料。



圖 9、於 6 月 8 日以空拍機拍攝鐵尖島北面巢區繁殖狀況,共記錄 1351 巢次。



圖 10、於7月6日以空拍機拍攝鐵尖島南面巢區繁殖狀況,記錄 1135 巢次。

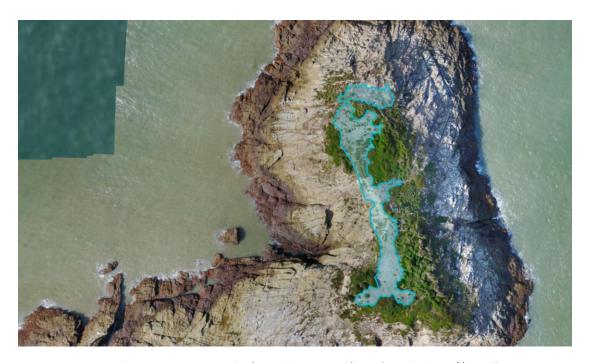


圖 11、以空拍機影像產出之鐵尖島正攝影像,藍色範圍為燕鷗繁殖巢區,面積 422 平方公尺。

二、 自動影像與聲音記錄器架設

106 年度研究團隊於 5 月 7 日在鐵尖島上設置 1 台聲音記錄器,機型為Wildlife Acoustics, SM3(圖 12);於 5 月 9 日在鐵尖島和中島上分別設置 6 台和 1 台自動相機,機型為 Reconyx 自動相機(圖 13)。本次自動相機與聲音記錄器的運作狀況佳,僅 1 台自動相機於架設日 5 月 9 日至 5 月 26 日運作正常,但自 5 月 26 日後無紀錄資料,直至研究團隊於 6 月 23 日登島換置自動相機與聲音記錄器的記憶卡時,才重新設定調整恢復正常運作功能。



圖 12、於鐵尖島上架設的聲音記錄器。



圖 13、於鐵尖島上架設的自動相機。

(一)自動相機資料

根據自動相機的影像資料,106 年度鐵尖島上的大鳳頭燕鷗分成兩批繁殖,以台北市野鳥學會搭建的觀察小屋為界,從觀察小屋以北的區域(後稱為北面巢區)先繁殖,大約在北面巢區以開始繁殖2週後,觀察小屋以南的區域(後稱為南面巢區)才有另一批大鳳頭燕鷗下來繁殖(圖14)。

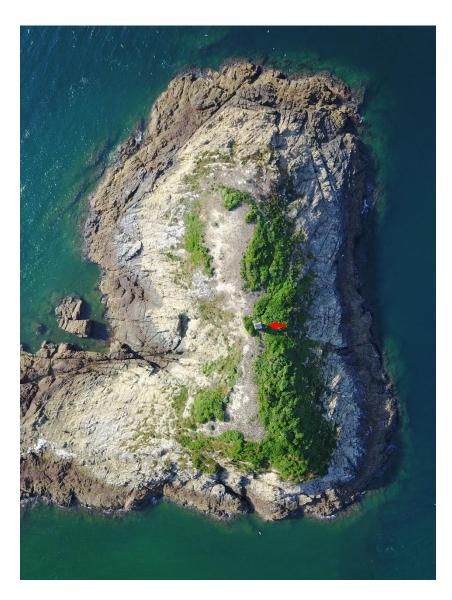


圖 14、鐵尖島空拍圖,上方為北方,箭號所指處為觀察小屋;106 年度的燕鷗 巢區以觀察小屋為界分為北面跟南面兩個巢區。

自5月9日研究團隊完成自動相機的架設後,記錄照片的背景不定時都會有 燕鷗在天空盤旋,停棲於島上的種類以白眉燕鷗為主。在5月19日至5月21日 自動相機拍攝到約有8隻大鳳頭燕鷗下來停棲,但到5月22日後燕鷗就離開消 失了(圖15)。而後5月23日研究人員登島確認燕鷗繁殖狀況時,在北面巢區發 現8顆大鳳頭燕鷗的蛋。一直到5月28和29日,記錄照片的背景有大量的燕鷗 盤旋,於5月30日上午08點的記錄照片中確認大鳳頭燕鷗開始從鐵尖島的北端 開始下來坐巢,但部分個體夜間會離開,直到6月4日後整個北面巢區的族群狀 況才較為穩定。6月26日後陸續記錄到幼鳥破殼,6月30日後整個北面巢區夜 間的成鳥相較白天少,約至7月5日後北面巢區的繁殖結束(圖16)。





圖 15、自動相機記錄到北面巢區 5 月 21 日有大鳳頭燕鷗停棲,但 5 月 22 日隨 即離開。





圖 16、自動相機記錄到北面巢區於 6 月 26 日破蛋,箭頭所指為蛋殼;至 7 月 5 日繁殖結束。

南面巢區於 6 月初即偶有記錄到大鳳頭燕鷗下來停棲,但一直到 6 月 15 日後才開始有小群穩定停棲過夜(圖 17),6 月 16 日則有記錄到叼魚、求偶的照片。約至 7 月 12 日後陸續觀察到幼鳥孵化出來,約至 7 月 24 日後南區繁殖結束。然而,在南面巢區的繁殖後期 7 月 17 日至 7 月 19 日,記錄到燕鷗傍晚會離開巢區直到隔天天亮才回來,發生夜間棄巢的現象(圖 18)。經研究團隊反思與確認,可能與繁殖季後期因繁殖族群密度低導致的族群不穩定,也可能與 7 月 17 日和 7 月 18 日執行燕鷗巢內繫放有關,使得親鳥提前將剛孵化的幼鳥帶離巢區,導致巢區的燕鷗密度迅速下降,造成棄巢的壓力。人為干擾部分,研究人員未來會更加注意,避免於幼鳥孵化期執行燕鷗巢內繫放,避免過度干擾巢區與族群。





圖 17、自動相機記錄南面巢區從 6 月初即有大鳳頭燕鷗停棲,但至 6 月 15 日 後才有穩定過夜停棲族群。





圖 18、自動相機記錄南面巢區 7月 17日至 7月 19日有夜間棄巢的狀況發生。

為瞭解夜間棄巢的可能原因與機制以作為未來研究保育進行的參考,本研究團隊整理造成群聚性生殖鳥類夜間棄巢的可能假說分別討論如下:

1. 外在環境機制

(1) 食物資源假說

動物可以藉由行為的調整配合食物資源大量出現的時期 (Lack,1950)。而理想的繁殖季節應該要和食物資源量的高峰期同步,以確保食物資源取得無虞並提供繁殖所需的能量來源(Hipfner, 2008)。許多研究指出許多親鳥在食物資源不足的情況下,會有暫時性棄巢的行為發生,透過暫時性的棄巢以延後巢蛋孵化時間至食物資源有所改善,藉此獲得好的繁殖成果(Borsma & Wheelwright, 1979; Nuechterlein & Buitron, 2002)。

(2) 天敵假說

許多群聚性生殖的海鳥,如:燕鷗,遇到日行性的天敵通常會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);若無法有效驅逐天敵的時候,親鳥會盡快遠離巢區使得暫時性離巢的事件發生。然而,對於夜間的掠食者,日行性的海鳥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 & Morrris, 1976; Nuechterlein & Buitron, 2002; Arnold et al., 2006; Norwood, 2011)。

(3) 環境毒物假說

由於海鳥位於海洋生態系食物鏈的高位階,透過生物放大 (biomagnification)與生物累積(bioaccumulation)效應,海鳥體內常常 累積了較高的環境毒物濃度。這些環境毒物可能會對海鳥的生理機 制產生干擾,進而造成個體繁殖或生存的逆境。在 Tartu et al. (2015)

的研究中更發現體內重金屬汞濃度累積較高的雪鸌(Pagodroma nivea)公鳥越容易出現棄巢的行為,他們推測重金屬汞的累積可能與促進親代照顧(parental care)行為表現的催乳激素(prolactin)有交互作用,當體內重金屬汞濃度越高的時候促使催乳激素的濃度下降,進而誘發公鳥的棄巢行為,但詳細的作用機制仍然不明。

2. 內在生理機制—賀爾蒙影響

催乳激素和皮質酮(corticosterone)是調節鳥類繁殖行為的內分泌激 素,和身體品質和狀況有關。對鳥類而言,催乳激素對於親代照顧行為 的表現是重要的,通常在鳥類孵蛋的時期催乳激素會大量的分泌,高濃 度的催乳激素可以使鳥類維持穩定孵巢、防禦天敵和撫育幼雛的行為 (Buntin, 1996)。特別是在外界環境條件不佳、壓力大的時候,高濃度的 催乳激素會增強親鳥孵巢行為,不論巢中是蛋還是幼雞,而降低親鳥外 出覓食的行為(Chastel et al., 2005)。但在面臨急性壓力的壓迫下,催乳 激素濃度則會下降,這可能會導致鳥類的繁殖行為中斷,進而發生棄巢 的行為。相反地,皮質酮是鳥類主要的壓力激素,在受到壓力緊迫後會 立即提升體內的濃度以因應外在的挑戰。但當鳥體內的皮質酮長期維 持在高濃度的狀態下,則會驅使鳥類重新轉換自身行為表現的重心,像 是從繁殖後代或領域守護轉換成維持個體品質與生存,因而導致棄巢 事件的發生(Wingfield et al., 1998; Tartu et al., 2015)。因此,處於繁殖期 的鳥類若面臨外在環境壓力不堪負荷的時候,在生理機制層面上,鳥類 體內會增加皮質酮的分泌,並伴隨著催乳激素濃度的下降,將自身能量 的投資從繁殖行為重新轉移至維持個體的生存,以維持整個生命史的 適存度(lifetime fitness)。

(二)聲音記錄器資料

106 年度放置於鐵尖上的聲音記錄器成功的記錄到 5 月 7 日至 8 月 11 日間 完整的繁殖季聲音資料。原始資料為連續 24 小時每小時 1 分鐘的.WAV 錄音檔案,並委託中研院資訊科技創新研究中心林子皓博士進行分析。針對每分鐘的錄音檔案應用濾波器計算 1.5 - 8 kHz 頻率範圍內的平均聲音強度,由於系統未校正,僅能分析聲音強度的相對變化,當聲音強度越接近 0 dB,代表鳥叫聲越吵,如圖 19 所示。

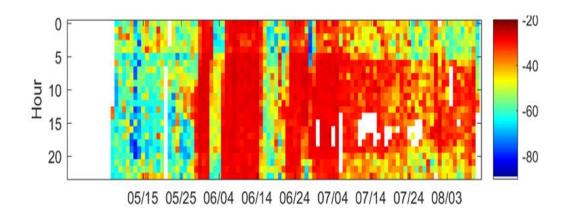


圖 19、106 年 5 月 7 日至 8 月 11 日聲音記錄器在鐵尖島上的錄音強度分布。

分析結果顯示,燕鷗鳴聲約在5月底大幅增加,7月之後開始減少,與自動相機所記錄到北面巢區的燕鷗抵達與育雛時間符合。6月初與6月中明顯鳥鳴聲較少的區段則可能與該時段的強降雨有關(圖20),根據過往的觀察經驗也發現燕鷗在天候不佳情況下會降低活動量。研究結果顯示利用聲音記錄器判斷燕鷗聚集與活動應是可行的方式,且今年錄音機擺放位置鄰近黑嘴端鳳頭燕鷗巢位,未來將朝利用程式辨識黑嘴端鳳頭燕鷗鳴聲的技術發展。

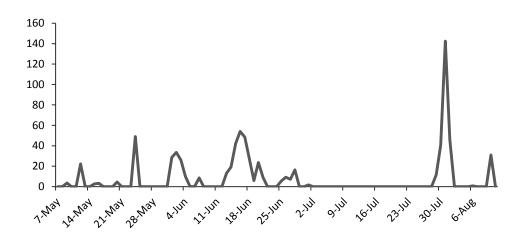


圖 20、106 年 5 月 7 日至 8 月 11 日的馬祖氣象站日降雨量分布資料。

三、 燕鷗繫放

106 年度於 6 月 27 日和 7 月 17、18 日進行燕鷗巢內繫放以及 7 月 21 日執行燕鷗霧網和幼鳥繋放,共繫放大鳳頭燕鷗成鳥 49 隻、幼鳥 148 隻,黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥 1 隻,一共 198 隻。其中挑選體重足夠背負 5g 衛星發報器的大鳳頭燕鷗 9 隻與黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥 1 隻進行衛星追蹤研究。執行巢內繫放的主要考量為希望能將衛星發報器裝置於確認在鐵尖島繁殖的大鳳頭燕鷗,以確實瞭解在馬祖地區繁殖的大鳳頭燕鷗的遷徙路線。

106 年度燕鷗繁放個體目擊記錄有 27 筆,其中 13 筆來自馬祖、13 筆來自大陸五峙山以及 1 筆來自大陸閩江口(表 1)。馬祖的 13 筆目擊紀錄分別為 2008 年繫放的大鳳頭燕鷗成鳥(白藍足旗無編碼) 1 隻(圖 21); 2011 年繫放的大鳳頭燕鷗幼鳥1隻,今年度已經7歲(紅環)(圖 21); 2014 年繫放的大鳳頭燕鷗成鳥(藍旗編碼 A03) 1 隻; 2015 年繫放的大鳳頭燕鷗成鳥 1 隻(藍旗編碼 A49)(圖 21)和幼鳥 2 隻次(白藍色環無編碼),以及黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥 1 隻(藍旗編碼 A74); 2016 年繫放的大鳳頭燕鷗成鳥(藍旗編碼 A98) 1 隻和幼鳥 2 隻次(藍環編碼); 2017 年繫放的大鳳頭燕鷗成鳥(藍旗編碼 C44) 1 隻和幼鳥 2 隻次(藍環編碼 K0)(圖 21)以及黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥 1 隻(藍旗編碼 C99)。來自大陸五峙山的 13 筆目擊紀錄為 2008 年繫放的大鳳頭燕鷗成鳥(白藍足旗無編碼) 1 隻; 2014 年繫放的大鳳頭燕鷗成鳥(藍旗編碼 A07) 1 隻; 2015 年繫放的大鳳頭燕鷗成鳥 4 隻(藍旗編碼 A31、A41、A42和 A56)和幼鳥 7 隻次(白藍色環無編碼)。從大陸閩江口回報的目擊記錄則是 2017 年繫放的黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥 1 隻(藍旗編碼 C99)。

從足旗回收記錄可知,兩岸的燕鷗族群是互相交流的,對於燕鷗族群來說都 是重要的棲地,此外,大陸閩江口可能是馬祖地區燕鷗幼鳥有飛行能力後南向遷 徙的第一站。

表 1、106 年度燕鷗足旗資訊回報記錄。

目擊地點			馬祖		大陸				
———— 物種	大鳳頭	頁燕鷗	黑嘴端》	鳳頭燕鷗	大鳳頭	頁燕鷗	黑嘴端鳳頭燕鷗		
繋放時間	成鳥	幼鳥	成鳥	幼鳥	成鳥	幼鳥	成鳥	幼鳥	
2008	1				1				
2011		1							
2014	1				1				
2015	1	2		1	4	7			
2016	1	2							
2017	1	1		1				1	
回報筆數			13				14		



圖 21、106 年度燕鷗足旗目擊回報相片,左上為 2008 年繫放的成鳥(Zeta Chen 攝)、右上為 2011 年繫放的紅環幼鳥(Lisa Lin 攝)、左下為 2015 年繫放的成鳥(Lisa Lin 攝)、右下為 2017 年繫放的幼鳥(Zeta Chen 攝)。

四、 燕鷗胸羽、蛋殼和食魚之重金屬濃度檢驗

研究團隊已於燕鷗繫放作業時完成採集大鳳頭燕鷗成鳥胸羽樣本 30 個、幼鳥胸羽樣本 30 個、蛋殼樣本 30 個與食魚樣本 20 個的樣本採集,由研究團隊執行重金屬濃度檢測分析前處理作業,完成後將樣本送至臺灣大學生物資源暨農學院共同儀器中心檢驗。

檢測結果為:

- (1) 大鳳頭燕鷗成鳥胸羽樣本的平均重金屬濃度為鉻 8.30±9.56 ppm、鎳
 1.63±0.84 ppm、銅 8.69±1.4 ppm、鋅 716.93±774.67 ppm、砷 0.12 ± 0.05 ppm、鍋 0.27±0.2 ppm、汞 4.17±1.86 ppm、鉛 11.43±5.26 ppm。
- (2) 大鳳頭燕鷗幼鳥胸羽樣本的平均重金屬濃度為鉻 5.93 ± 3.99 ppm、鎳
 1.61 ± 1.6 ppm、銅 8.14 ± 1.11 ppm、鋅 1229.17 ± 1131.29 ppm、砷 0.24 ± 0.08 ppm、鍋 0.14 ± 0.07 ppm、汞 1.02 ± 0.62 ppm、鉛 8.72 ± 3.25 ppm。
- (4) 大鳳頭燕鷗食魚樣本的平均重金屬濃度為鉻 2.87 ± 4.11 ppm、鎳 0.72 ± 0.76 ppm、銅 4.03 ± 3.67 ppm、鋅 41.6 ± 21.13 ppm、砷 1.75 ± 0.42 ppm、鍋 0.08 ± 0.11 ppm、汞 0.05 ± 0.04 ppm、鉛 1.01 ± 0.46 ppm。

分析結果顯示:106 年度大鳳頭燕鷗成鳥和幼鳥胸羽中的重金屬鋅和鉛的濃度已經超過文獻中認定對鳥類產生負面影響的危害值 100ppm 和 4ppm (Burger and Gochfeld, 2004; Smith, 1995)(圖 22、圖 23)。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(Smith, 1995)。Burger and Gochfeld (2000) 發現鉛會導致普通燕鷗(Sterna hirundo)的幼鳥神經系統的損害,使得幼鳥行走和乞食的行為出現異常。

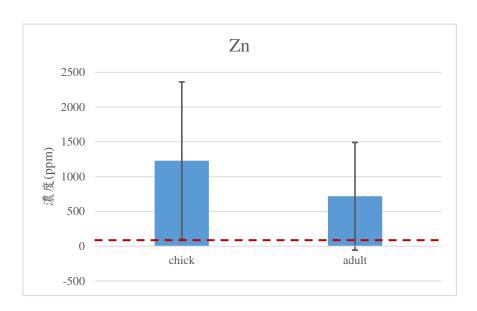


圖 22、重金屬鋅在成鳥胸羽和幼鳥胸羽中的濃度已超過危害值 100ppm(紅色虛線標示),且在幼鳥胸羽中的濃度顯著大於成鳥胸羽中的濃度(p<0.05),顯示鋅可能為馬祖地區的潛在汙染物。

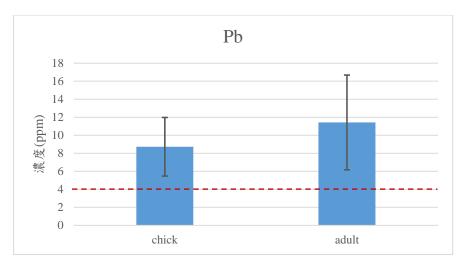


圖 23、重金屬鋅在成鳥胸羽和幼鳥胸羽中的濃度已超過危害值 4 ppm (紅色虛線標示)。

此外,因為幼鳥胸羽中的重金屬來源主要來自親代遺傳以及當地食物資源,所以幼鳥胸羽中的濃度對於當地環境健康狀態較有代表性。因此,值得注意的是 106 年度幼鳥胸羽中的重金屬鋅和砷濃度顯著高於成鳥胸羽中的濃度(p<0.05),顯示鋅和砷可能是馬祖地區潛在的汙染危機(圖 22、圖 24)。其中重金屬砷在袁孝維(2016)的研究中也發現幼鳥胸羽中的濃度高於成鳥胸羽,應要持續監測並觀察是否會對大鳳頭燕鷗族群的造成影響。

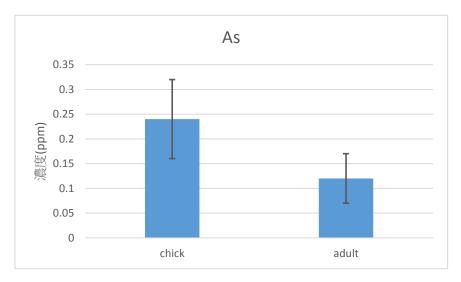


圖 24、重金屬砷在幼鳥胸羽中的濃度顯著大於成鳥胸羽中的濃度(p<0.05),顯示砷可能為馬祖地區的潛在汙染物。

綜合研究團隊過去針對燕鷗胸羽、蛋殼和食魚的重金屬濃度檢驗結果(表 2), 可知重金屬濃度檢驗結果年間變異大,雖然可看出些微趨勢變化,但尚無明確可 斷論的結果,應持續掌握重金屬累積與時間性的變化,並觀察是否對巢蛋品質或 燕鷗族群造成影響。從目前累積的資料來看,重金屬鉻、鋅和鉛在燕鷗成、幼鳥 中濃度年間有上升的趨勢,其於重金屬鎳、銅、砷、鎘和汞則是下降的趨勢,然 而皆未達統計上的顯著變化(圖 25)。

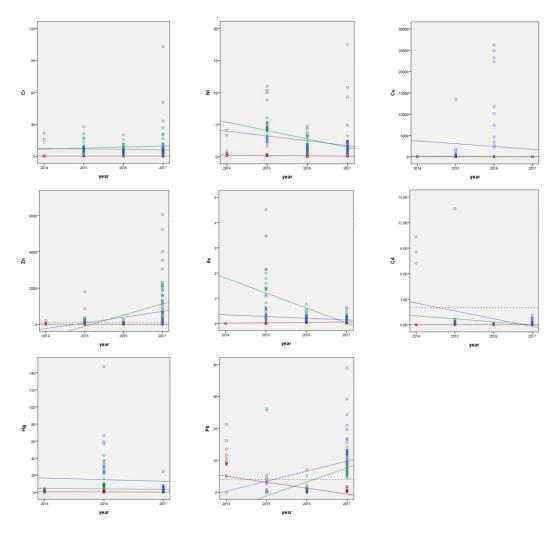


圖 25、燕鷗成鳥胸羽(藍色)、幼鳥胸羽(綠色)以及蛋殼(紅色)中重金屬濃度年間變化:鉻、鋅和鉛在燕鷗成、幼鳥中濃度有上升趨勢;鎳、銅、砷、編和汞則是下降趨勢。但皆未達統計上的顯著變化。虛線表示為重金屬危害值:鋅100ppm、鍋2ppm、鉛4ppm。

表 2、2014 年至 2017 年大鳳頭燕鷗蛋殼、成鳥胸羽、幼鳥胸羽以及食魚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	
正扣	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	
蛋殼	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	
	2017	0.24 ± 0.11	0.1 ± 0.01	0.81 ± 0.26	8.64 ± 3.47	0.04 ± 0.02	0.01 ±0.01	0.04 ± 0.03	0.42 ± 0.25	
	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	
幼鳥	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	
	2017	5.93 ± 3.99	1.61 ± 1.6	8.14 ± 1.11	1229.17 ± 1131.29	0.24 ± 0.08	0.14 ± 0.07	1.02 ± 0.62	8.72 ± 3.25	
	•									
	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	
 风	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	
	2017	8.30 ± 9.56	1.63 ± 0.84	8.69 ± 1.4	716.93 ± 774.67	0.12 ± 0.05	0.27 ± 0.2	4.17 ± 1.86	11.43 ± 5.26	
合名	2017	2.87 ± 4.11	0.72 ± 0.76	4.03 ± 3.67	41.6 ± 21.13	1.75 ± 0.42	0.08 ± 0.11	0.05 ± 0.04	1.01 ± 0.46	

五、 燕鷗蛋殼厚薄度檢測

研究團隊採集大鳳頭燕鷗棄蛋 58 顆,並完成蛋長、蛋寬及蛋殼厚薄度測量,平均大鳳頭燕鷗蛋長為 57.09±2.39 mm (n=50),蛋寬為 40.25±2.13 mm (n=50),蛋殼厚度為 0.235±0.013 mm (n=47)。此外,研究團隊於黑嘴端鳳頭燕鷗孵巢時確認其巢位並測量 7 顆蛋的蛋長和蛋寬,平均黑嘴端鳳頭燕鷗蛋長為 53.87±1.61 mm (n=7),蛋寬為 40.39±2.01 mm (n=7)。經分析後得知,大鳳頭燕鷗的蛋長顯著大於黑嘴端鳳頭燕鷗的蛋長(p<0.05),而兩者的蛋寬則無差異(圖 26)。這樣的結果符合 Mary 等人(2017)的研究和現況:蛋長和鳥種的體型大小有關,通常體型越大的鳥生得蛋的蛋長會較長。此外,依據 Mary 等人(2017)發現蛋形狀和鳥種飛行能力有關,生產越不對稱的蛋形的鳥種其飛行能力會越佳,可知大鳳頭燕鷗的蛋形狀較橢圓形,而黑嘴端鳳頭燕鷗的蛋形較接近圓形,可推論大鳳頭燕鷗的飛行能力可能略勝黑嘴端鳳頭燕鷗一籌。

研究團隊亦嘗試將蛋殼厚度與其檢驗出的重金屬濃度作相關性分析,試圖確認重金屬濃度是否會影響蛋殼厚度品質,分析結果八大重金屬濃度和蛋殼厚度並無相關性。

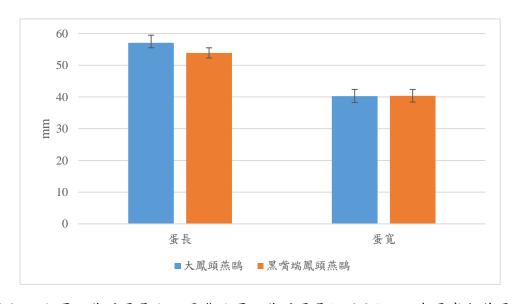


圖 26、大鳳頭燕鷗蛋長大於黑嘴端鳳頭燕鷗蛋長(p<0.05), 兩者蛋寬無差異。

六、 裝置衛星發報器

衛星發報器的繫放已於 6 月 27 日、7 月 17 日、7 月 18 日以及 7 月 21 日的繫放作業中完成。106 年度研究團隊所使用的衛星發報器為目前最輕型 5g 的發報器,研究團隊在繫放個體中挑選體重足夠背負 5g 衛星發報器的大鳳頭燕鷗 9 隻與黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥 1 隻進行衛星追蹤研究。9 隻大鳳頭燕鷗的平均體重為 300.3 ± 19.6g,黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥最後量測的體重為 233g; 5g 衛星發報器和 1g 裝置鐵氟龍繩重量不到大鳳頭燕鷗體重的 2%,僅占黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥體重的 2.6%,皆符合發報器的重量不超過個體體重的 5%的限制,降低可能影響燕鷗健康與飛行之虞慮(Bridge et al., 2011)。

106年度大鳳頭燕鷗的衛星追蹤結果顯示,馬祖地區的大鳳頭燕鷗秋季遷徙的路線分為兩個方向:一是沿著中國大陸沿海往東南亞國家越南(n=1)、柬埔寨(n=1)、泰國(n=1)和緬甸(n=3)度冬;二是順著臺灣西部海岸或中國大陸沿海往西南方向到菲律賓(n=3)度冬(圖 27)。綜合台北市野鳥學會 2008 年和袁孝維 2016 年所執行的大鳳頭燕鷗衛星追蹤研究可知,3次衛星追蹤訊息有持續至度冬地的個體共16隻,其中往越南、柬埔寨、泰國和緬甸度冬的燕鷗比例為 68.75%(n=11),又以在緬甸度冬的燕鷗比例較高(n=6);往菲律賓度冬的燕鷗為 31.25%(n=5)。換言之,馬祖地區的大鳳頭燕鷗族群推測應有近七成來自越南、柬埔寨、泰國和緬甸,約3成來自菲律賓。

在繁殖季 6 至 8 月的時間,發報器個體多在馬祖、閩江口和平潭縣附近活動,特別是馬祖列島周圍海域以及閩江口濕地保護區是燕鷗活動的重要熱區(圖28)。經資料分析可知燕鷗偏好的活動環境平均水深為 15.6±10.3 m、平均離岸距離為 2.56±2.73 km。相較 2016 年繁殖狀況不佳的時候,發報器個體一直在大陸沿海南、北亂遷移(袁孝維,2016),推測今年的發報器個體應是繁殖成功,需要育雛照顧幼鳥,故其活動範圍侷限在馬祖周圍。

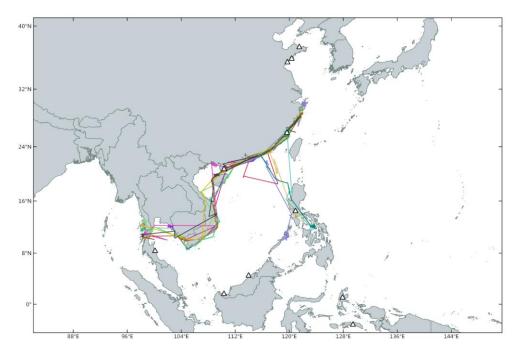


圖 27、106 年度燕鷗衛星追蹤路徑圖(不同顏色代表不同個體,三角形表示曾目擊黑嘴端鳳頭燕鷗的地點)。

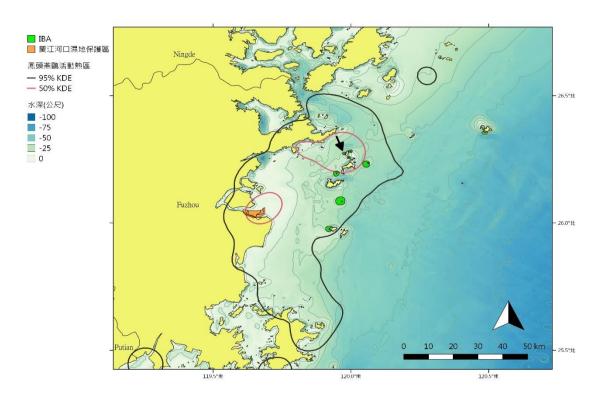


圖 28、106 年繁殖季 6-8 月燕鷗活動熱區圖。

研究團隊於7月21日捕抓到黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥(173g)並繫放代表臺灣的上白下藍足旗,藍旗編號 C99。在評估與觀察後,確認其身體健康並且體重有持續增加,於7月28日裝置5g衛星發報器,此時體重已達233g。C99裝置發報器後仍停留在鐵尖島至8月18日,此時C99的飛行能力已經很好,可以跟著整個燕鷗族群盤旋,並未受到裝置發報器影響(圖29)。透過衛星發報器訊息回傳與現地調查,C99於8月18日起身飛往閩江口,並於8月26日被鳥友倪光輝目擊回報(圖30),一直至9月8日往北飛抵達了韭山列島,9月11日後則停留在青島直到9月24日後確認衛星發報器訊號不再回傳(圖31)。



圖 29、黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥 C99 和整個燕鷗族群在天空盤旋,顯示其飛行能力 發展得不錯,並未受到裝置衛星發報器影響。



圖 30、鳥友倪東輝於 8 月 26 日在閩江口目擊到黑嘴端鳳頭燕鷗 C99。

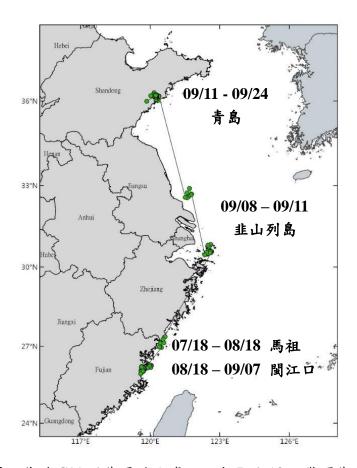


圖 31、黑嘴端鳳頭燕鷗 C99 的衛星追蹤資訊,自7月18日裝置衛星發報器,至9月24日後不再收到衛星訊號。

七、 維護海峽兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網

106 年度整理臺灣黑嘴端鳳頭燕鷗和大鳳頭燕鷗的相關新聞,發布於黑嘴端鳳頭燕鷗保育資訊網(http://140.112.82.98/wordpress/)(圖 32),相關資訊如下:

- 1. 迎接嬌客 今年首波燕鷗生態調查及棲地整理工作啟動 (馬祖日報 04/07)
- 2. 燕鷗報到 先遣部隊出現北竿燕鷗保護區(馬祖日報 05/14)
- 3. 鐵尖島上千隻燕鷗報到 7隻神話之鳥現蹤(馬祖日報 06/06)
- 4. 藉「大鳳頭」找「黑嘴端」 台大團隊繪神話之鳥冬棲地(環境資訊中心 07/12)
- 5. 「神話之鳥」台現蹤 兵分兩路遷徙解密!(TVBS NEWS 07/14)
- 6. 回娘家! 黑嘴端鳳頭燕鷗 A74 連續 2 年都回到馬祖(馬祖日報 07/21)
- 7. 調查顯示 今年鐵尖島大鳳頭燕鷗逾5千隻 神話之鳥推估有26隻(馬祖日報07/21)
- 鐵尖島燕鷗 5 千以上,黑嘴端至少 16 隻 繫放 7 年都回馬祖 (馬祖日報 07/31)
- 9. 南竿燕鷗保育專業人員宣導 專家分享生態習性及調查歷程 (馬祖日報 07/24)
- 10. 產發處燕鷗保育賞鷗宣導活動 遊客幸運看見神話之鳥蹤影 (馬祖日報 08/13)
- 11. 世界級瀕危中華鳳頭燕鷗現膠州灣濕地(大眾網 08/16)
- 12. 神話之鳥第五處紀錄在南韓 經驗不同吸引專家關注 (環境資訊中心 11/13)
- 13. 保育「神話之鳥」黑嘴端鳳頭燕鷗 台中韓學者跨政治藩籬 組夥伴網絡 (環境資訊中心 11/14)

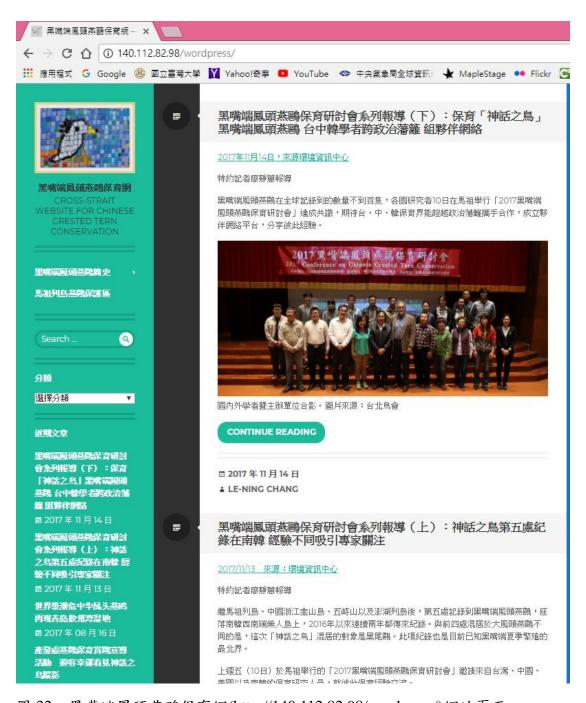


圖 32、黑嘴端鳳頭燕鷗保育網(http://140.112.82.98/wordpress/)網站頁面。

八、 參與海峽兩岸交流會議

本研究團隊的博士候選人洪崇航於7月21日至7月27日到大陸浙江省韭山列島和浙江自然博物館陳水華博士團隊以及美國奧立岡大學 Daniel Roby 教授團隊討論與交流兩岸黑嘴端鳳頭燕鷗的現況與未來保育作為,並且參與韭山燕鷗繁殖群的繫放(圖33),四天共計繫放了283隻大鳳頭燕鷗幼鳥,以及1隻黑嘴端鳳頭燕鷗幼鳥。



圖 33. 於浙江韭山列島保護區上執行大鳳頭燕鷗繫放的 35 人團隊(童雪峰摄)。

2017年11月9日至11月11日研究團隊受台北市野鳥學會之邀參與了在連 江縣南竿鄉舉辦得「2017中華鳳頭燕鷗保育研討會(2017 Conference on Chinese Crested Tern Conservation)」。除本研究團隊外,台北市野鳥學會也邀請到美國奧 立岡大學漁業與野生動物學系(Department of Fisheries and Wildlife, Oregon State University) Daniel D. Roby 教授、大陸浙江自然博物館副研究員楊佳和館員王思 宇以及南韓國家生態研究所(National Institute of Ecology)的研究員 Jin Young Park、 Sujeong Oh 和 Yunkyoung Lee 一同與會,全球參與黑嘴端鳳頭燕鷗保育的相關人士,紛紛出席分享具體的保育行動與成果(圖 34)。本研究團隊的博士候選人洪崇航和袁孝維教授也在此研討會上分別發表「Conservation status of the Chinese Crested Tern in Matsu Archipelago, Taiwan」、「Home Ranges and Migration Routes of Greater Crested Tern and Chinese Crested Tern in Taiwan」兩篇口頭報告。會後的討論由各繁殖地團隊輪流報告今年的總結概況與明年度的規劃,並決議明年於燕鷗繁殖季前後再另覓時間聚會,期能搭建網絡、定期資訊分享,並輪流主辦相關的研討會以促進保育經驗的交流。



圖 34、全球參與黑嘴端鳳頭燕鷗保育的研究團隊大合照。

九、 出席國際研討會並發表本計畫研究成果

本研究團隊於 2 月 21 日至 2 月 25 日到美國塔科馬(Tacoma)市參與 2017 年第 44 屆太平洋海鳥社群年會(44rd Pacific Seabird Group Annual Meeting, PSG)。由袁孝維教授口頭報告「Tracking Migration Routes of a Surrogate Species, Greater Crested Terns in Matsu, Taiwan, for Chinese Crested Terns Conservation 」(圖 35); 參與移地研究之博士候選人洪崇航口頭報告「Effects of Oceanic Variability on Breeding Population of Greater Crested Tern & Chinese Crested Tern in East China Sea 」(圖 36)。於此會議分享臺灣馬祖的黑嘴端鳳頭燕鷗繁殖族群現況及歷年來臺灣所做的保育與研究的成果。

今年 PSG 年會上的報告內容圍繞著兩大主題:氣候變遷與衛星追蹤資訊應用。前者由於大尺度氣象資料的取得容易,已是近年來海鳥研究相關廣泛的議題。受限於監測資料的時間不夠長,臺灣燕鷗保育研究的報告內容在統計上較無法跟上國外主流的 10 至 20 年以上的長期研究,但臺灣應該持續關注此議題,這將有助於理解中國沿海地區海鳥與海洋資源變遷的交互關係,防患於未然。在衛星追蹤的部分,可觀察到大多數研究已從傳統的 Aggros 衛星定位系統轉向更精準的GPS 系統,設備也已經提升(減輕)至 10g 以下,可適用在更多的海鳥身上。相關的應用也非常廣泛像是評估離岸風場對海鳥的衝擊、保護區的劃設範圍、棲地利用、與存活率的計算。令值得注意的是漁船 bycatch 對信天翁等海鳥的傷害仍是今年會議上的一大焦點,我國遠洋漁船也是這類死傷的重大"貢獻"國,但在國內卻很少相關的研究報告。本次大會如同過往傳統也有舉辦 early career scientist event 與 student-mentor reception 活動,讓與會學生對此學門的了解與事業展有很大的幫助。

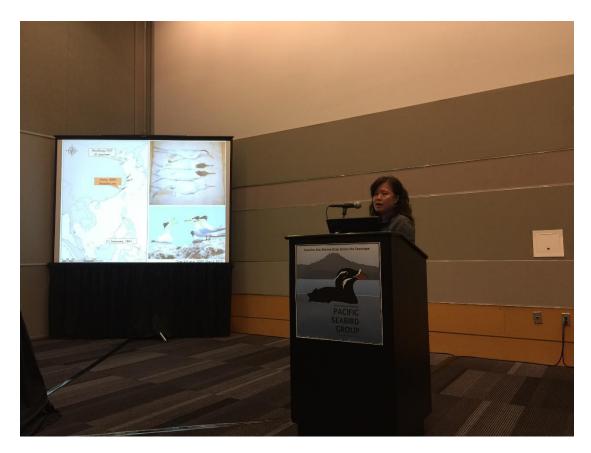


圖 35、研究團隊袁孝維教授於第 44 屆太平洋海鳥社群年會進行口頭報告。



圖 36、研究團隊博士候選人洪崇航於第 44 屆太平洋海鳥社群年會進行口頭報告。

肆、 結論與建議

依據過往的經驗與討論,106年度大鳳頭燕鷗繁殖棲地營造作業分多次執行,於5月7日進行巢區植被移除,其作業時間由4月底改至5月初,更接近大鳳頭燕鷗抵達馬祖繁殖的時間,使得新生植被不會生長過速而遮蔽了假鳥、自動相機與聲音記錄器,未來可依循此次經驗安排作業時間。和袁孝維(2016)相同的,今年度燕鷗繁殖從鐵尖島北面先開始,可能和北面巢區地勢較為平坦並且短草坡地面積大有關,顯北面棲地應是較佳的棲地,執行棲地營造與植被移除作業時,可以增加北面巢區的面積,提供更多的棲地作為燕鷗繁殖用。同時,為了增加鐵尖島的幼鳥吸引力,台北市野鳥學會今年度設置了燕鷗鳴聲回播系統,經一個繁殖季的觀察,發現燕鷗鳴聲對於真的燕鷗有明顯的吸引力,應持續結合假鳥模型與燕鷗鳴聲回播系統發揮最大的誘鳥吸引力。

為增加對於大鳳頭燕鷗與黑嘴端鳳頭燕鷗繁殖資訊的瞭解,今年度研究團隊與台北市野鳥學會於鐵尖島和中島上搭建了觀察小屋,提供研究人員與拍攝人員可以近距離觀察燕鷗行為卻不會過度干擾繁殖的可能性,未來研究人員可以透過小屋作為掩蔽進行行為觀察和操作試驗。觀察小屋使用木板輔以外層偽裝布作為掩飾,其防水與掩蔽性仍需改善,避免天候因素導致人員面臨失溫危機以及人員在小屋的活動干擾到繁殖的燕鷗,建議在小屋頂端加設遮雨布,內層四周則加掛黑網布,增加觀察小屋的防水效能與隱密度。今年度也首次將中島列為備用棲地,以因應燕鷗發生棄巢後所需的替代棲地。但為了避免分散鐵尖島的誘引力,中島僅在繁殖季前執行天敵的移除與搭建觀察小屋。

從自動相機回收的資料發現今年度在鐵尖島南面巢區的大鳳頭燕鷗在巢蛋 孵化末期仍有出現夜間棄巢的現象,應加強監測以瞭解其影響原因。目前可能造 成的影響因子為:天敵干擾一遊隼的出現可能會增加繁殖季後期巢區密度降低帶 來的負面壓力,使得親鳥提早中斷或減少孵蛋的行為;人為干擾一研究與拍攝團 隊在觀察與記錄的時候,應極力降低人為對於大鳳頭燕鷗繁殖族群的干擾,並因 應燕鷗族群的反應作出最佳的應對處理。

馬祖地區大鳳頭燕鷗自 2008 年起即開啟了繫放作業,截止至 106 年度已經 累積繫放了 631 隻大鳳頭燕鷗和 2 隻黑嘴端鳳頭燕鷗。每年繁殖季時期也都能在 馬祖地區目擊回收先前繫放的個體,顯見大鳳頭燕鷗對於繁殖棲地有一定的忠誠 度。除了馬祖地區外,大陸閩江口、鱔魚攤甚至是舟山群島、韭山列島的繁殖地 都曾目擊過馬祖地區繫放的大鳳頭燕鷗,可知海峽兩岸的大鳳頭燕鷗應屬於一個 大族群,兩岸各自的保育也對這個大族群有同樣的重要性,可減緩突發事件對燕 鷗族群的負面衝擊,降低族群繁殖壓力,增加族群的可恢復性。大陸浙江自然博 物館的研究團隊亦於 2014 年開始執行大鳳頭燕鷗幼鳥繫放作業,未來海峽兩岸 應建立足旗目擊回報的機制並持續保持良好的資訊交流。

重金屬汙染物監測目前已執行至第4年,雖然目前因年間變異大並未有明顯趨勢變化,仍提供我們值得注意的方向,像是重金屬鋅、鉛和砷對於大鳳頭燕鷗族群的可能影響。同時也應須持續累積每年度的檢測資料,掌握環境變動訊息。此外,除了探討重金屬汙染物對於大鳳頭燕鷗體內的累積外,更應嘗試取得生態系中環境背景值的重金屬濃度變化,以更完整瞭解重金屬於生態系的流動與影響,建立長期的重金屬監測資料庫。

整體而論,臺灣、大陸和南韓在保育黑嘴端鳳頭燕鷗的短程目標中,首要目標應設法使黑嘴端鳳頭燕鷗的族群量穩定並增加,並且優先保育黑嘴端鳳頭燕鷗的成鳥,同時應持續監測作為誘引棲地的生態環境條件,以避免生態陷阱的產生。此外,應各自建立有效管理的棲地並保護在地的黑嘴端鳳頭燕鷗,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,提升保育效益與成果,強化黑嘴端鳳頭燕鷗的保育網絡與交流,以即時掌握燕鷗族群整體動態。

伍、 參考文獻

- 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。
- 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。
- 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。
- 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.
- BirdLife International, 2017. Thalasseus bernsteini (amended version of 2016 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2017.
- Borsma, P. D., and Wheelwright, N. T., 1979. Egg neglect in the Procellariiformes:

- 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.
- Buntin, J. D., 1996. Neural and hormonal control of parental behavior in birds. In:

 Rosenblatt, J. S., Snowdown, C. T., (eds) Advances in the study of behavior

 25, 161-213. Academic Press, New York.
- Burger, J., Gochfel, M., 2000a. Effects of lead on birds (Laridae): a review laboratory and field studies. Journal of Toxicology and Environmental Health.3 (2), 59-78.
- Burger, J., Gochfeld, M., 2004. Marine Birds as Sentinels of Environmental Pollution. EcoHealth. 2004, 263-274.
- Chastel, O., Lacroix, A., Weimerskirch, H., and Gabrielsens, G. W., 2005. Modulation of prolactin but not corticosterone response to stress in relation to parental effort in a long-lived bird. Hormones and Behavior 47, 459-467.
- Fujita, G., Kawashima, K., Ando, Y., Higuchi, H., 1994. Attraction of the Little Tern to artificial breeding sites using decoys. Strix 13, 209-213.
- Hipfner, J. M., 2008. Match and mismatches: ocean climate, prey phenology and breeding success in a zooplanktivorous seabird. Marine Ecology Progress 368, 295-304.
- Hunter, R. A., and Morrris, R. D., 1976. Nocturnal predation by a Black-crowned night heron at a common tern colony. The Auk 93 (3), 629-633.
- Lack, D., 1950. The breeding seasons of European birds. Ibis 92 (2), 288-316.

- Liang, C. T., Chang, S. H., Fang, W. H., 2000. Discorvery of a breeding colony of Chinese Crested Terns. Oriental Bird Club Bull. 32, 18-19.
- Mary, C. S., Yong, E. H., Akkaynak, K., Sheard, C., Tobias, A. J., Mahadevan, L., 2017.

 Avian egg shape: Form, function, and evolution. Science. 356(6344), 12491254.
- 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.
- Smith, A., 1995. Zinc toxicosis in a flock of hispaniolan amazon. Proc Ann Conf Assoc Avian Vet. p447-453.
- Tartu, S., Angelier, F., Wingfield, J. C., Bustamante, P., Labadie, P., Budzinski, H., Weimerskirch, H., Bustnes, J.O., and Chastel, O., 2015. Corticosterone, prolactin and egg neglect behavior in relation to mercury and legacy POPs in a long-lived Antarctic bird. Science of the Total Environment 505, 180-188.
- Wingfield, J. C., Maney, D. L., Breuner, C. W., Jacobs, J. D., Lynn, S., Ramenofsky,
 M., and Richardson, R. D., 1998. Ecological bases of hormone-behavior interactions: the 'emergency life history-stage'. American Zoologist 38, 191-206.

附錄一、繫放記錄

一、 燕鷗成鳥繋放記錄

隻數	環號	鳥種	年齢	標記	編碼	備註
1	E12878	大鳳頭燕鷗	3	足旗	C61	衛星發報器 170832; 2015 年幼鳥
2	E12997	大鳳頭燕鷗	3	足旗	C90	衛星發報器 170830; 2015 年幼鳥
3	E13588	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C31	衛星發報器 170825
4	E13598	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C41	衛星發報器 170826
5	E13601	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C43	衛星發報器 170823
6	E13602	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C44	
7	E13603	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C45	衛星發報器 170824
8	E13604	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C46	衛星發報器 170827
9	E13622	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C76	
10	E13624	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C82	
11	E13630	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C77	
12	E13633	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C78	
13	E13648	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C80	
14	E13651	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C81	
15	E13657	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C83	
16	E15023	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C66	
17	E15025	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C67	
18	E15027	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C68	
19	E15046	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C70	
20	E15051	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C81	
23	E15057	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C83	
21	E15057	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C83	
22	E15058	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C84	
23	E15065	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C86	
24	E15146	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C69	
25	E15147	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C95	
26	E15148	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C97	
27	E15149	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C96	
28	E15150	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C98	
29	E15174	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C88	
30	E15177	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C89	

隻數	環號	鳥種	年齢	標記	編碼	備註
31	E15190	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C91	
32	E15192	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C92	
33	E15193	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C93	
34	E15194	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C94	
35	E51001	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C47	
36	E51002	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C48	
37	E51003	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C49	
38	E51004	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C50	
39	E51005	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C51	
40	E51006	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C52	
41	E51007	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C53	
42	E51008	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C54	
43	E51009	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C55	
44	E51010	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C56	衛星發報器 170828
45	E51011	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C57	
46	E51012	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C58	衛星發報器 170829
47	E51013	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C59	
48	E51014	大鳳頭燕鷗	2+	足旗	C60	

二、 燕鷗幼鳥繋放記錄

隻數	環號	鳥種	年齢	標記	編碼	備註
1	E13605	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	81	
2	E13606	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	82	
3	E13607	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	83	
4	E13608	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	84	
5	E13609	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	85	
6	E13610	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	86	
7	E13612	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	87	
8	E13613	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	88	
9	E13614	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	91	
10	E13615	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	92	
11	E13616	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	93	
12	E13617	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	94	
13	E13619	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	95	
14	E13621	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	97	
15	E13623	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	A0	
16	E13625	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	A1	
17	E13626	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	A2	
18	E13627	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	A3	
19	E13628	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	A4	
20	E13629	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	A5	
21	E13631	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	A6	
22	E13632	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	A7	
23	E13634	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	A8	
24	E13635	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	A9	
25	E13636	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C0	
26	E13637	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C1	
27	E13638	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C2	
28	E13639	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C3	
29	E13641	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C4	
30	E13642	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C5	
31	E13643	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C6	
32	E13644	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C7	
33	E13645	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C8	
34	E13646	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C9	

隻數	環號	鳥種	年齢	標記	編碼	備註
35	E13647	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E0	
36	E13649	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E1	
37	E13650	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E2	
38	E13652	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E3	
39	E13653	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E4	
40	E13654	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E5	
41	E13655	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E6	
42	E13656	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E7	
43	E13659	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E8	
44	E13660	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E9	
45	E13661	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	НО	
46	E13662	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	H1	
47	E13664	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	H2	
48	E13665	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	C86	
49	E13666	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	НЗ	
50	E13667	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	H4	
51	E13668	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Н5	
52	E13670	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Н6	
53	E15020	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	57	
54	E15021	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	56	
55	E15022	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	58	
56	E15024	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	59	
57	E15026	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	X	太小未上環
58	E15028	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	61	
59	E15029	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	62	
60	E15030	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	63	
61	E15031	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	64	
62	E15032	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	65	
63	E15033	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	66	
64	E15034	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	67	
65	E15035	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	68	
66	E15036	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	69	
67	E15037	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	71	
68	E15038	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	72	
69	E15039	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	73	
70	E15040	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	74	

隻數	環號	鳥種	年齢	標記	編碼	備註
71	E15041	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	75	
72	E15042	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	76	
73	E15043	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	77	
74	E15044	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	78	
75	E15047	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	80	
76	E15048	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	79	
77	E15050	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	X	太小未上環
78	E15052	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E3	
79	E15053	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E4	
80	E15054	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E5	
81	E15055	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E6	
82	E15056	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E7	
83	E15059	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E8	
84	E15060	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	E9	
85	E15061	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Н0	
86	E15062	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	H1	
87	E15064	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	H2	
88	E15066	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	НЗ	
89	E15067	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	H4	
90	E15068	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Н5	
91	E15070	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Н6	
92	E15095	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	K6	
93	E15096	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	K8	
94	E15097	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	K9	
95	E15098	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	L0	
96	E15099	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	L1	
97	E15100	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	L2	
98	E15101	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	L3	
99	E15102	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	L4	
100	E15103	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	L5	
101	E15104	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	L6	
102	E15105	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	L7	
103	E15106	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	L8	
104	E15107	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	L9	
105	E15108	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	M0	
106	E15109	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	M1	

隻數	環號	鳥種	年齢	標記	編碼	備註
107	E15110	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	M2	
108	E15111	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	M3	
109	E15112	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	M4	
110	E15113	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	M5	
111	E15114	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	M6	
112	E15115	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	M7	
113	E15116	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	M8	
114	E15117	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	M9	
115	E15118	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	N0	
116	E15119	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	N1	
117	E15120	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	N2	
118	E15121	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	N3	
119	E15122	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	N5	
120	E15123	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	N4	
121	E15124	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	P2	
122	E15125	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	N6	
123	E15126	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	N7	
124	E15127	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	N8	
125	E15128	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	N9	
126	E15129	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	P0	
127	E15130	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	P1	
128	E15131	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	P3	
129	E15132	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	P4	
130	E15133	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	96	
131	E15134	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Т0	
132	E15135	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	T1	
133	E15136	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	T4	
134	E15137	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Т3	
135	E15138	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	T2	
136	E15139	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	T5	
137	E15140	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Т7	
138	E15141	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Т8	
139	E15142	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Т9	
140	E15143	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	P5	
141	E15144	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	P6	
142	E15145	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	P7	

隻數	環號	鳥種	年齢	標記	編碼	備註
143	E15171	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Н7	
144	E15172	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Н8	
145	E15173	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	Н9	
146	E15175	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	J0	
147	E15176	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	J1	
148	E15178	大鳳頭燕鷗	0	藍色色環	J2	
149	E15017	黑嘴端鳳頭燕鷗	0	足旗	C99	衛星發報器 170831