

OAC-114-020 (研究報告)

由黑腳信天翁覓食行為與漁船互動探討混獲可能

成果報告

海洋委員會補助研究

中華民國 114 年 9 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

OAC-114-020 (研究報告)

由黑腳信天翁覓食行為與漁船互動探討混獲可能

成果報告

學校：國立臺灣大學

指導教授：袁孝維

學生：林昀萱

研究期程：中華民國 114 年 4 月至 114 年 10 月

研究經費：新臺幣十萬一千元

海洋委員會補助研究

中華民國 114 年 9 月

「本研究報告僅供海洋委員會施政參考，並不代表該會政策，該會保留採用與否之權利。」

「本研究報告絕無侵害他人智慧財產權之情事，如有違背願自負民、刑事責任。」

目次

目次.....	2
表次.....	3
圖次.....	3
摘要.....	4
一、前言.....	5
二、研究方法.....	7
三、研究結果.....	8
四、討論.....	11
五、結論.....	14
六、引用文獻.....	15
七、附錄.....	18

表次

表 1 兩趟次調查的黑腳信天翁紀錄表.....	9
-------------------------	---

圖次

圖 1 於臺灣海域目擊黑腳信天翁的月份分布圖.....	7
圖 2 調查航跡.....	9
圖 3 海水表面溫度 (SST) 和初級生產量 (PP) 在四個月份分布模型中的貢獻 度折線圖。.....	10
圖 4 黑腳信天翁覓食分布預測圖。.....	10
圖 5 黑腳信天翁與延繩釣漁船重疊熱點圖。.....	11
圖 6 2025 年 4 月臺灣東北海域的海水表面溫度 (SST) 和初級生產量 (PP)，與 過去 4 年的四月平均圖。.....	12

摘要

黑腳信天翁為我國一級保育類，在 IUCN 被列為近危物種，混獲為該物種的主要威脅之一 (IUCN, 2020)。混獲為近年來全球關注的議題，為了減少混獲造成的死亡，其他各國已針對漁船類型、海鳥覓食行為、覓食敏感區域等方面進行許多研究，然而各地區的漁業類型與海鳥物種、行為模式等皆不相同，臺灣目前並無相關研究。本研究目的是了解臺灣東北海域黑腳信天翁與漁船之互動情形，並利用公民科學資料分析該海域覓食區與漁船的重疊程度，期望藉由成果提供混獲忌弊措施的相關建議。

本研究於 2025 年四月，在東澳近海觀察到 9 隻次飛行狀態的黑腳信天翁，皆未被調查船拋設的餌料吸引展現覓食、跟船行為，因此較難直接從行為評估混獲風險。我們以 Maxent 對 2021-2025 年的 eBird 紀錄做物種分布模型，發現初級生產量為預測黑腳信天翁覓食區的最佳因子，由於調查期間東澳近海的初級生產量明顯較過去四年低，推論為黑腳信天翁出現隻次較少，且無覓食與跟船行為的原因。我們將物種分布模型結合 Global Fishing Watch 的延繩釣漁船資料，發現重疊熱區位在龜山島以南、東澳以北的海域，以及北方三島至釣魚臺中間的海域，重疊季節為二至四月。本研究認為環境、季節、漁船與黑腳信天翁個體當下的狀態皆須納入混獲評估，並依結果建議，東北海域的鮪延繩釣漁船應在二到四月間明確落實混獲忌避措施。

關鍵詞：混獲忌弊措施、延繩釣、公民科學、物種分布模型、經營管理

一、前言

混獲 (bycatch) 是指漁業捕撈過程中，誤捕到非目標的物種，如海鳥、海龜、海洋哺乳類、鯊魚及其他魚類，不但會造成非目標生物受傷或死亡，也會損壞漁具、消耗魚餌，使得漁獲量下降。由於這些海洋生物大多具有生命週期長、低生產率、低死亡率的生活史，大量的漁業混獲提高了死亡率，已造成許多物種的族群量快速下降 (Lewison et al., 2004)。混獲從1990年代開始受到國際重視，明確的忌避措施 (bycatch mitigation)、漁業施作時間及空間上的政策規範，以及國際間的保育協定是減少混獲的三大方向。

臺灣四面環海，海洋資源豐富，帶動漁業蓬勃發展，根據農業部漁業署的漁業統計年報，113年漁業總產值為1000億，其中遠洋漁業占整體產值的46%，又以鰹鮪圍網、鮪延繩釣、魷釣等產值、產量最高。臺灣是世界上主要的鮪延繩釣國家之一，作業漁船在三大洋皆有分布 (Huang, 2011)。延繩釣在施放時容易誤捕搶食魚餌的海鳥，因此多個區域性漁業管理組織 (Regional Fisheries Management Organizations, RFMOs) 已要求在海鳥活動範圍作業的漁船，需落實混獲忌避措施，目前常見的辦法包括加重支繩使魚餌鉤快速下沉、夜間施放漁具與架設避鳥繩等。漁業署近年來與社團法人中華民國野鳥學會及英國皇家鳥類保護協會 (Royal Society for the Protection of Birds, RSPB) 合作，試驗適合臺灣遠洋漁船的避鳥繩設計，並編撰「臺灣遠洋漁業觀察員海鳥辨識手冊」，提升觀察員辨識海鳥的精準度；海洋保育署也積極參與信天翁與水薙鳥保育協定 (Agreement on the Conservation of Albatrosses and Petrels, ACAP) 會議，與各國交流海鳥保育經驗。

除了規範漁船的忌避措施，研究海鳥的覓食範圍、覓食行為、與漁船的互動方式，也是減少混獲不可或缺的一環。例如，在海鳥覓食與漁船重疊的熱區，劃定海洋保護區 (marine protected areas, MPAs)，減低海鳥和漁船相遇的機會 (Pichegru et al., 2009; Mason et al., 2018)；或者了解不同海鳥的日夜間覓食比例及潛水深度，進而改善漁具設計和施放時間 (Phalan et al., 2007; Bentley et al., 2021)。此外，覓食範圍重疊和被混獲風險並不完全關聯，就算是在相同海域覓食的不同鳥種或不同族群，也可能表現不一致的與漁船互動行為 (Collet

et al., 2017; Corbeau et al., 2021)。這些研究不但點出混獲議題可以從多面向同時著手，更強調了政策規範應當要因地制宜，才能真正達到減少混獲的效果。

臺灣位處的北太平洋有三種信天翁，分別為短尾信天翁 (*Phoebastria albatrus*)、黑腳信天翁 (*Phoebastria nigripes*) 及黑背信天翁 (*Phoebastria immutabilis*)，短尾信天翁偏好在大陸棚邊緣覓食 (Piatt et al., 2006; Orben et al., 2021)，黑腳和黑背信天翁則多是在大洋中搜尋資源豐富的斑塊。黑腳信天翁主要食物是魷魚、飛魚和飛魚卵 (Arata et al., 2009; Nakatsuka et al., 2021)，其食性組成使得牠們的覓食區域和魚場重疊。2023年的「夏威夷遠洋延繩釣中的海鳥互動及忌避措施」報告顯示，黑腳信天翁有最多與漁船互動及被混獲的紀錄 (Pacific Islands Regional Office, 2024)，使用發報器追蹤的研究也顯示，黑腳信天翁和另外兩種信天翁相比，有更高的接近漁船比例 (Orben et al., 2021)。黑腳信天翁的繁殖季為十月中旬至隔年六月，雛鳥於一月中後旬孵化，六、七月陸續離巢，飛往太平洋北端度過非繁殖季 (Rice & Kenyon, 1962)。釣魚臺以及日本的小笠原群島皆有黑腳信天翁的繁殖族群，參考 eBird 公民科學紀錄，每年二至五月為在東北海域觀察黑腳信天翁的最佳季節 (圖1)，且時常見到黑腳信天翁在漁船周遭覓食的景象 (林哲安，私人通訊)。

臺灣近海的延繩釣漁業包含鮪類和雜魚，在113年全年共收穫15,595公噸，鮪類魚獲包括長鰭鮪、大目鮪、黃鰭鮪、太平洋黑鮪、南方黑鮪及其他鮪類，雜魚漁獲則如旗魚科、劍旗魚、鯊魚類、正鰓及鬼頭刀等 (農業部漁業署)。目前，臺灣對海鳥混獲的研究集中在遠洋的鮪延繩釣，且資料來源大多為漁船觀察員的紀錄，以其探討監測與忌避措施的成效。臺灣近海為黑腳信天翁覓食頻繁之區域，且為延繩釣之重要魚場，尚無相關研究從信天翁覓食行為面向，探討與漁船的重疊程度，以評估混獲風險。因此，本研究的預期目標有：

1. 了解臺灣東北海域的黑腳信天翁與近海漁船之互動情形。
2. 以公民科學資料分析黑腳信天翁覓食分布與漁船的重疊程度。
3. 綜合研究結果與文獻回顧，提供混獲忌避措施的相關建議。

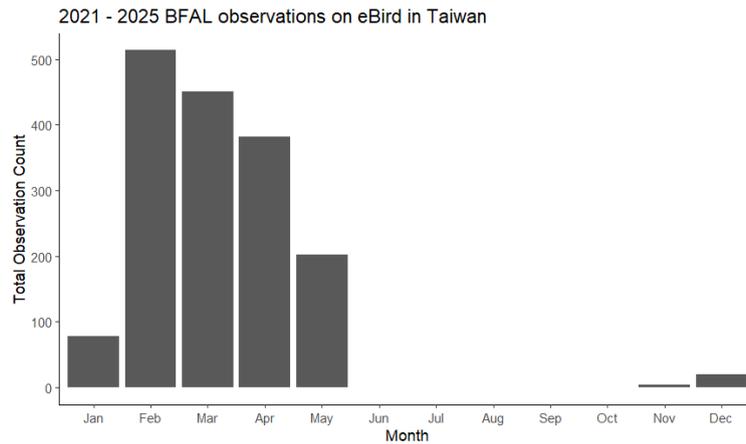


圖 1 於臺灣海域目擊黑腳信天翁的月份分布圖。資料來源為從 2021 年至 2025 年八月止上傳 eBird 的清單，Y 軸為目擊的隻次。

二、研究方法

1. 漁船互動行為觀察

本研究於 2025 年 4 月 11 日和 4 月 18 日，從東澳粉鳥林漁港 (24.497349, 121.841499) 向外尋找黑腳信天翁和作業中漁船，為確保調查安全且海面能見度佳，調查期間的最大浪高不超過 1.5 米。我們觀察黑腳信天翁是否有在漁船周遭跟船覓食的行為，覓食行為定義為鳥停在水面上且有取食行為，跟船則是鳥穩定跟隨船移動方向前進至少 5 分鐘，觀察紀錄以半小時為單位，包含黑腳信天翁隻次、點位，行為如飛行、覓食、是否跟船等，以及周遭是否有別的海鳥群（如大水薙鳥和燕鷗）。若在周遭沒有漁船的情況下發現黑腳信天翁飛過，則拋出由秋刀魚塊、透抽、蝦米組成的餌料，模擬漁船丟棄下雜魚的情境，測試是否能吸引到黑腳信天翁展現覓食和跟船行為。

2. 物種分布模型

除了兩趟次收集的資料外，本研究從 eBird 下載臺灣 2021-2025 年的黑腳信天翁紀錄，以及同期間的所有臺灣海域清單，作為努力量資料，並只保留一小時內的移動紀錄清單使得清單的品質標準化 (eBird Pelagic Protocol, 2025)。我們使用物種分布模型 (species distribution model) Maxent (dismo 套件, R 4.4.1 版本) 畫出東北海域 (121.5-124°E, 24-27°N) 的黑腳信天翁覓食分布預測圖。Kappes 等人 (2010) 的研究發現，海水表面溫度和初級生產量最能預測黑腳信

天翁的覓食區域，因此本研究從 Copernicus Marine Data Store (<https://data.marine.copernicus.eu/products>) 下載 2021-2025 年間的 ODYSSEA 海水表面溫度（每日，解析度 $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ ，<https://doi.org/10.48670/mds-00321>）和初級生產量（每日，解析度 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ ，<https://doi.org/10.48670/moi-00015>）做為預測模型的环境資料。黑腳信天翁出現頻度最高為二至五月，我們分別建立每月物種分布模型，然後以交叉驗證（k-fold cross validation）獲得的 AUC 檢測模型預測能力和避免模型過度擬合。

3. 覓食區與漁船重疊分析

漁船資料取自 Global Fishing Watch (2025)，由於 2025 年的資料尚未更新，本研究下載 2024 年二到五月的延繩釣努力量（每月，解析度 $10^{\circ} \times 10^{\circ}$ ），和每月的黑腳信天翁覓食分布預測做重疊熱區分析。由於漁船努力量為右偏分布，我們先標準化漁船努力量，再將覓食分布預測和漁船努力量數值相乘，獲得 0-1 的重疊分數，數值越接近 1 表示該網格同時具有高漁船努力量和高機率的黑腳信天翁分布。

三、研究結果

於 4 月 11 日和 18 日完成兩趟航程超過 6 小時的海上調查，兩日天氣時陰時晴，浪高介於 0.8-1.0m 間，風向較不固定，調查航跡如圖 2 所示。分別於 11 日和 18 日觀察到 2 隻次與 7 隻次的黑腳信天翁，總計 9 隻次，皆處於飛行狀態，且記錄當下周遭無其他漁船。經餌料測試，調查期間出現的黑腳信天翁沒有被餌料吸引，反而是大水薙鳥和燕鷗容易被餌料吸引而展現跟船行為。黑腳信天翁在調查船周遭有鳥群時，會稍微靠近調查船而後離開，並未展現出覓食與跟船行為（表 1）。



圖 2 調查航跡。灰色線為 4 月 11 日之航跡，橘色線為 4 月 18 日之航跡。

表 1 兩趟次調查的黑腳信天翁紀錄表。

日期	時間	隻次	座標	飛行/覓食	周遭是否有漁船	周遭是否有鳥群
4 月 11 日	08:30	1	24.50585, 122.04376	飛行	否	否
4 月 11 日	14:00	1	24.49485, 121.97061	飛行	否	否
4 月 18 日	08:30	2	24.50282, 122.06273	飛行	否	是
4 月 18 日	09:00	2	24.50974, 122.10928	飛行	否	是
4 月 18 日	09:30	1	24.51662, 122.14067	飛行	否	是
4 月 18 日	10:30	1	24.51618, 122.18656	飛行	否	是
4 月 18 日	12:00	1	24.53690, 122.13236	飛行	否	否

2021-2025 年間，符合紀錄標準的黑腳信天翁 eBird 清單一共 639 筆。以 Maxent 檢測兩項環境因子對分布模型的貢獻程度，發現在二到四月間，初級生產量略高於海水表面溫度，在五月則是由海水表面溫度作為主要的影響因子（圖 3）。四個月份的物種分布模型 AUC 皆高於 0.9，顯示模型表現良好。整體而言，黑腳信天翁的預測分布集中在宜蘭花蓮近海，往東北延伸包含北方三島和釣魚臺周邊海域，宜蘭東邊的與那國島則無預測分布（圖 4）。預測分布隨著月份而改變，二月時，黑腳信天翁有較高的機率在宜蘭花蓮近海覓食，三、四月的分布範圍往北擴散至北方三島和釣魚臺北邊，五月的分布則稍微往東南邊縮減移動。

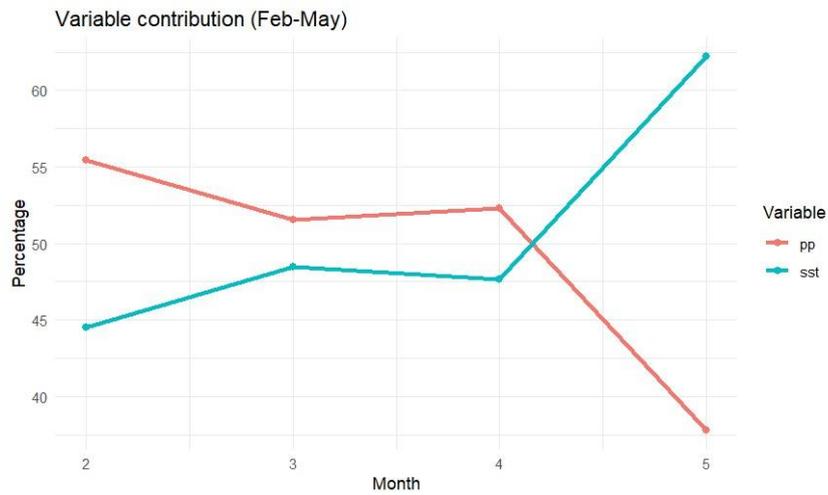


圖 3 海水表面溫度 (SST) 和初級生產量 (PP) 在四個月份分布模型中的貢獻度折線圖。

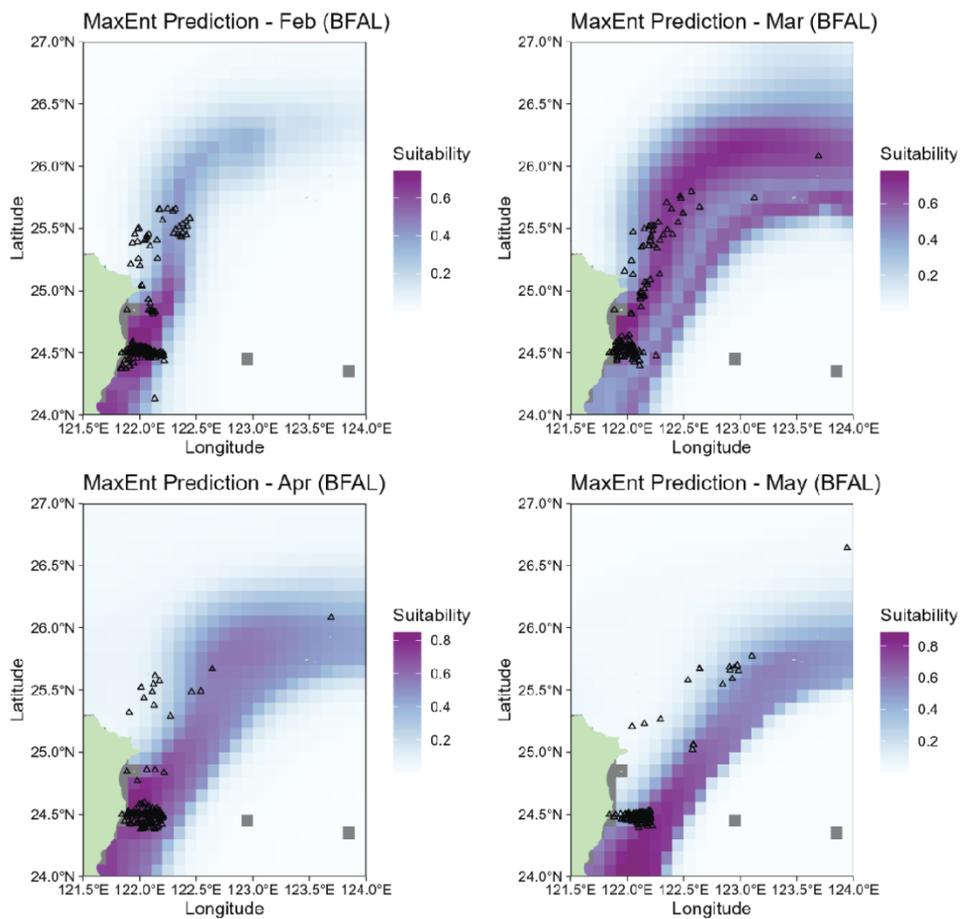


圖 4 黑腳信天翁覓食分布預測圖。從左上到右下依序為二月至五月，黑色三角形為實際的 eBird 清單點位。

延繩釣漁船的重疊分析結果顯示，龜山島至東澳海域為重疊分數最高的區域，且此處從二月至四月皆為重疊熱區，並以三月的分數最高。此外，北方三島以東在三月與四月有重疊情形；宜蘭花蓮近海在四月也有部分重疊區域。東北海域在五月的重疊分數普遍低於 0.1，顯示該月份黑腳信天翁與漁船的重疊情形輕微（圖 5）。

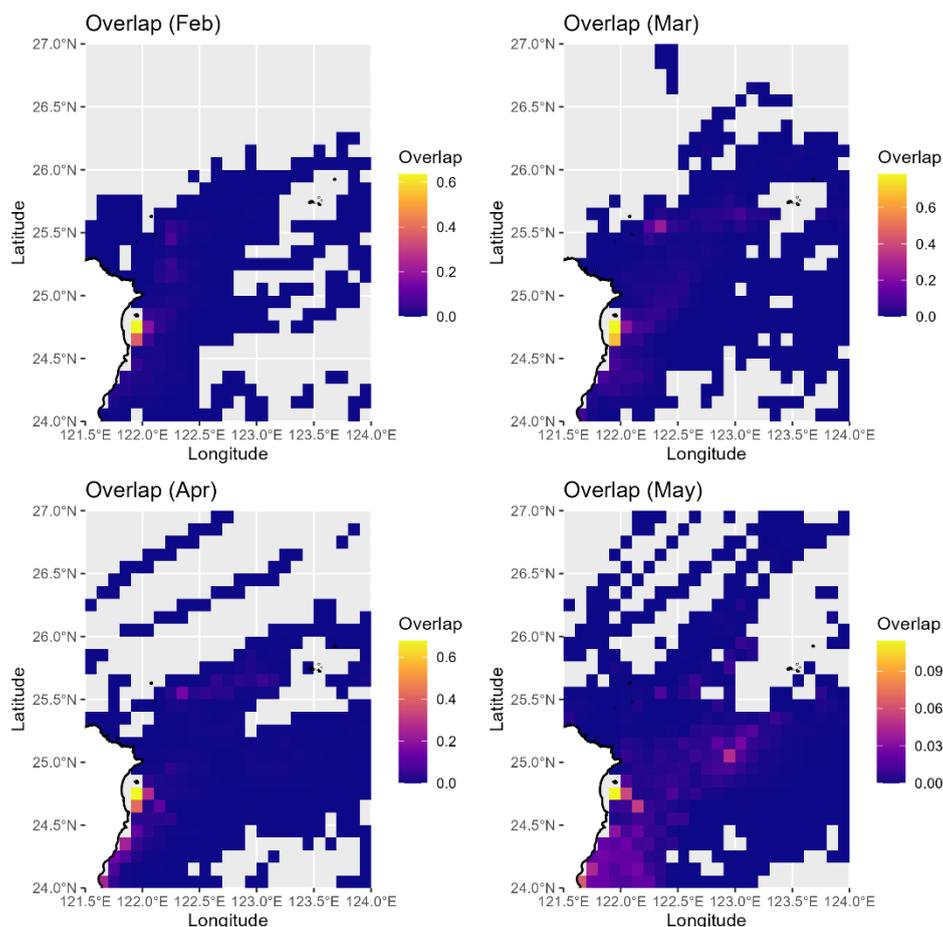


圖 5 黑腳信天翁與延繩釣漁船重疊熱點圖。從左上到右下依序為二月至五月。

四、討論

本研究執行的兩趟次海上調查，僅記錄到黑腳信天翁 9 隻次，且沒有展現出覓食和跟船行為，因此較難直接由行為評估被混獲風險。根據調查船的船長所述，與往年相比，今（2025）年四月的魚場向東邊遷移，許多近海魚船被迫往外海移動，顯示了海洋食物資源在不同年度的變化，可能直接影響到信天翁等海洋獵食者。我們檢視今年四月的平均海水表面溫度和初級生產量，發現和過去四年（2021-2024）的四月平均相比，東澳近海的初級生產量明顯下降（圖

6)，Maxent 模型顯示，初級生產量是預測臺灣海域黑腳信天翁覓食分布的重要因子（圖 3），因此本研究推論初級生產量的變化，為調查期間黑腳信天翁數量較少，且無展現覓食行為的原因。

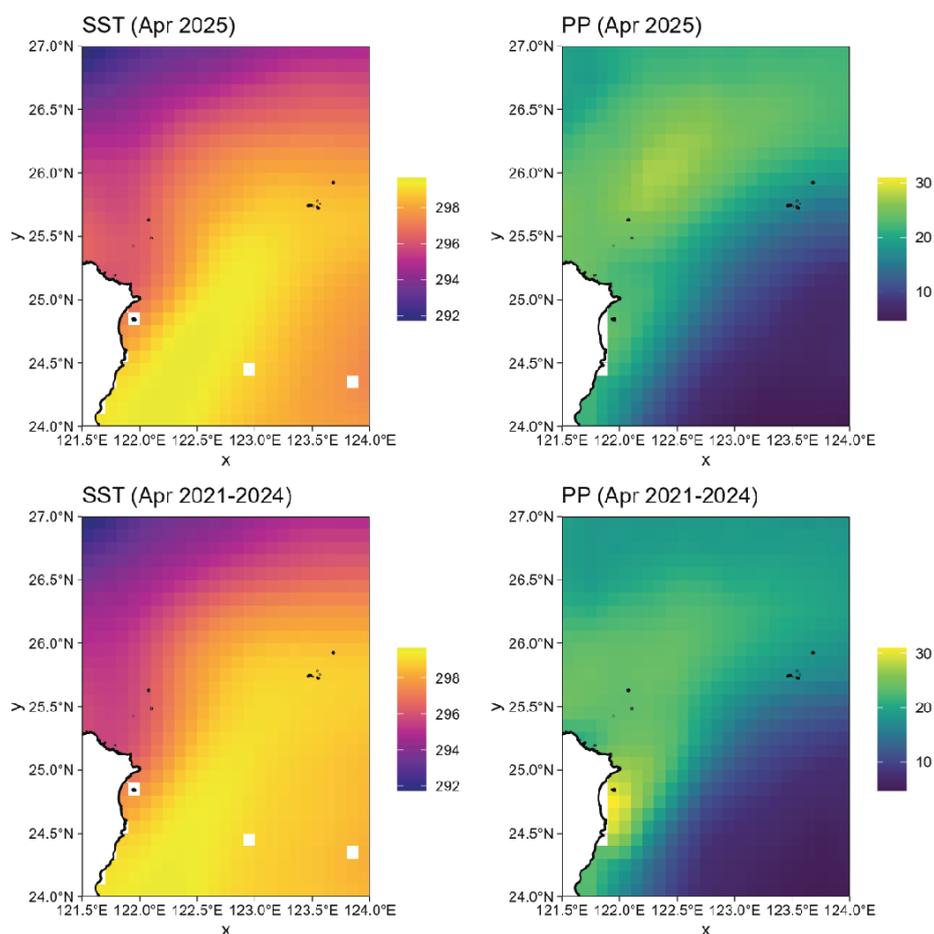


圖 6 2025 年 4 月臺灣東北海域的海水表面溫度和初級生產量（上），與過去 4 年的四月平均圖（下）。

黑腳信天翁對於拋設的餌料和船邊聚集的鳥群沒有明顯反應，也可能與牠們的覓食移動模式有關。由於大洋中的食物資源往往呈現斑塊分布（*patchy spatial distribution*），且信天翁的覓食距離動輒幾千公里以上，包含信天翁的許多海鳥採取區域限制搜索（*area-restricted search*），當牠們遇到食物資源較豐富的斑塊時，會花較多努力在該區域中覓食，其移動模式包含固定時間內較短的步長及較大的轉彎角度（*Fauchald, 2009*），其餘時間則是維持高速、轉彎角度小的移動模式（*transit*）。區域限制搜索具有分層的巢狀結構，海鳥依據過去覓食的經驗、嗅覺、其他覓食者群聚等線索，從大尺度逐步縮減覓食範圍，達到

最佳的覓食效率 (Fauchald & Tveraa, 2003 ; Fauchald, 2009 ; Iorio-Merlo et al., 2022)。本研究調查期間，東澳近海的食物資源較少，黑腳信天翁可能傾向於直接移動到食物資源更豐富的海域覓食，因此未被我們的調查船吸引。另外，習性和黑腳信天翁相近的黑背信天翁，在從覓食返回繁殖地的途中，有更高機率的表現跟船行為 (Orben et al., 2021)，代表環境以及個體當下的狀態皆有可能影響與漁船互動的機率。

龜山島以南、東澳以北的海域以及北方三島至釣魚臺中間的海域，為黑腳信天翁與延繩釣漁船活動重疊的熱區，這兩個海域皆因黑潮及海底地形的作用，擁有營養豐富的湧升流。花蓮宜蘭交界處的近海海底有將近 2000 公尺的落差，當黑潮從南流向北方，受到地形的抬升，營養鹽濃度較高的黑潮次表層水被上推到透光層 (Chen et al., 2022)，導致龜山島至東澳海域的初級生產力高；黑潮繼續往北、部分海流經沖繩海槽北邊的海底峽谷向上爬升，在北方三島海域形成冷丘 (cold dome) (Jan et al., 2011)，也就是著名的彭佳嶼魚場。兩海域在冬、春季時延繩釣興盛，一至三月之主要目標為鮪魚、旗魚和鯊魚，四到六月除了是鯊魚及部分鮪、旗魚物種的產季外，也是性成熟的太平洋黑鮪迴游經過臺灣東部及南部海域的季節 (彭瑞金, 2014；農業主題館 鮪魚)。雖然本研究以物種分布模型預測了黑腳信天翁覓食區域與延繩釣魚場的重疊熱區，實際上與漁船的互動情況仍須更多資料進行分析，包括在不同月份間、對不同規模的延繩釣漁船，黑腳信天翁靠近漁船的機率是否有所變化。

黑腳信天翁的覓食範圍隨著繁殖進程有明顯的差異。二月上旬，雛鳥剛孵化的 2-3 周，需要親鳥在巢中照護和密集的餵食，此時期的覓食範圍局限在繁殖地附近，公母鳥輪流外出覓食，輪換頻率約 2-3 天。約在二月中後，親鳥能夠離開雛鳥，每趟覓食時間拉長至兩週 (Kappes et al., 2015)。本研究推測，二月在東北海域覓食的黑腳信天翁，有一定比例來自於釣魚臺的繁殖族群，由於該時期對於能量的需求急迫，可能有比較高的機率接近人為的食物來源 (Collet et al., 2017)。不過，若要驗證此推測，除了需大量的觀察紀錄、多位船長的經驗訪談，從海上捕捉黑腳信天翁，綁上追蹤發報器以確認繁殖地也有其必要，須待後續研究持續補足。

民國 111 年修正的「沿近海鮪延繩釣漁船作業管理辦法」第 9 條到第 12

條，明訂以鮪魚、旗魚、鯊魚類為主要漁獲物種的鮪延繩釣漁船，需使用忌避措施，若有誤捕海鳥情形，應於漁撈日誌或電子漁獲回報系統填寫個數。本研究建議，主管機關應在黑腳信天翁頻繁出沒之二到四月，監督南方澳、八斗子和正濱漁港的鮪延繩釣漁船是否有落實混獲忌避措施，並以獎勵方式鼓勵漁船回報目擊海鳥的時間與地點。近海鮪延繩釣多為小型漁船，船上空間不足以供觀察員駐船，使得海上實際情形難以被監管，目前國內積極研發電子觀察員系統，希冀能以低成本、省空間、真實記錄的優勢取代傳統方法，雖然配套措施雖尚未完善，也不失為未來可行的監測模式。

五、結論

本研究以黑腳信天翁覓食行為和範圍切入，探討海洋環境和漁船對於其影響，為首個在臺灣近海的海鳥混獲研究。我們結合野外觀察與公民科學資料，發現初級生產力是影響東北海域黑腳信天翁覓食分布的重要因子，並以預測模型推導出與延繩釣漁船重疊熱區，集中在東澳近海和北方三島海域。依據研究結果，我們提出東北海域的鮪延繩釣漁船應在二到四月間明確落實混獲忌避措施，且建議後續在評估海鳥混獲風險時，需要同時考慮到環境、季節、漁船等多面向，方能使實施的忌避措施效益最佳化。

六、引用文獻

- 彭瑞金,《蘇澳鎮志》(宜蘭縣,蘇澳鎮公所,2013/12),頁305。
- 農業主題館 鮪魚,太平洋黑鮪(Thunnus orientalis),〈網頁內容〉(民國113年6月4日)。<https://kmweb.moa.gov.tw/subject/subject.php?id=7892>
(2025/8/22)。
- Arata, J. A., Sievert, P. R., & Naughton, M. B. (2009). *Status assessment of Laysan and black-footed albatrosses, North Pacific Ocean, 1923-2005* (No. 2009-5131). US Geological Survey.
- Bentley, L. K., Kato, A., Ropert-Coudert, Y., Manica, A., & Phillips, R. A. (2021). Diving behaviour of albatrosses: implications for foraging ecology and bycatch susceptibility. *Marine Biology*, 168(3), 36.
- Chen, C. C., Lu, C. Y., Jan, S., Hsieh, C. H., & Chung, C. C. (2022). Effects of the coastal uplift on the Kuroshio ecosystem, Eastern Taiwan, the western boundary current of the North Pacific Ocean. *Frontiers in Marine Science*, 9, 796187.
- Collet, J., Patrick, S. C., & Weimerskirch, H. (2017). A comparative analysis of the behavioral response to fishing boats in two albatross species. *Behavioral Ecology*, 28(5), 1337-1347.
- Corbeau, A., Collet, J., Orgeret, F., Pistorius, P., & Weimerskirch, H. (2021). Fine-scale interactions between boats and large albatrosses indicate variable susceptibility to bycatch risk according to species and populations. *Animal Conservation*, 24(4), 689-699.
- eBird Pelagic Protocol (2025/8/12).
<https://support.ebird.org/en/support/solutions/articles/48000950859-guide-to-ebird-protocols#anchorPelagic>
- Fauchald, P., & Tveraa, T. (2003). Using first-passage time in the analysis of area-restricted search and habitat selection. *Ecology*, 84(2), 282-288.
- Fauchald, P. (2009). Spatial interaction between seabirds and prey: review and synthesis. *Marine Ecology Progress Series*, 391, 139-151.
- Global Fishing Watch (2025). Global Apparent Fishing Effort Dataset, Version 3.0. doi:10.5281/zenodo.14982712
- Huang, H. W. (2011). Bycatch of high sea longline fisheries and measures taken by Taiwan: Actions and challenges. *Marine Policy*, 35(5), 712-720.

- Iorio-Merlo, V., Graham, I. M., Hewitt, R. C., Aarts, G., Pirotta, E., Hastie, G. D., & Thompson, P. M. (2022). Prey encounters and spatial memory influence use of foraging patches in a marine central place forager. *Proceedings of the Royal Society B*, 289(1970), 20212261.
- Jan, S., Chen, C. C., Tsai, Y. L., Yang, Y. J., Wang, J., Chern, C. S., ... & Kuo, J. Y. (2011). Mean structure and variability of the cold dome northeast of Taiwan. *Oceanography*, 24(4), 100-109.
- Kappes, M. A., Shaffer, S. A., Tremblay, Y., Foley, D. G., Palacios, D. M., Robinson, P. W., ... & Costa, D. P. (2010). Hawaiian albatrosses track interannual variability of marine habitats in the North Pacific. *Progress in Oceanography*, 86(1-2), 246-260.
- Kappes, M. A., Shaffer, S. A., Tremblay, Y., Foley, D. G., Palacios, D. M., Bograd, S. J., & Costa, D. P. (2015). Reproductive constraints influence habitat accessibility, segregation, and preference of sympatric albatross species. *Movement ecology*, 3(1), 34.
- Lewison, R. L., Crowder, L. B., Read, A. J., & Freeman, S. A. (2004). Understanding impacts of fisheries bycatch on marine megafauna. *Trends in ecology & evolution*, 19(11), 598-604.
- Mason, C., Alderman, R., McGowan, J., Possingham, H. P., Hobday, A. J., Sumner, M., & Shaw, J. (2018). Telemetry reveals existing marine protected areas are worse than random for protecting the foraging habitat of threatened shy albatross (*Thalassarche cauta*). *Diversity and Distributions*, 24(12), 1744-1755.
- Nakatsuka, S., Ochi, D., Inoue, Y., Ohizumi, H., Niizuma, Y., & Minami, H. (2021). The diet composition and ingested plastics of Laysan and Black-footed Albatrosses incidentally captured by the pelagic longline fishery in the Western North Pacific. *Ornithological Science*, 20(2), 129-140.
- Orben, R. A., Adams, J., Hester, M., Shaffer, S. A., Suryan, R. M., Deguchi, T., ... & Torres, L. G. (2021). Across borders: External factors and prior behaviour influence North Pacific albatross associations with fishing vessels. *Journal of Applied Ecology*, 58(6), 1272-1283.
- Pacific Islands Regional Office (2024). Seabird Interactions and Mitigation Efforts in Hawaii Longline Fisheries - 2023 Annual Report.
- Phalan, B., Phillips, R. A., Silk, J. R., Afanasyev, V., Fukuda, A., Fox, J., ... & Croxall,

- J. P. (2007). Foraging behaviour of four albatross species by night and day. *Marine Ecology Progress Series*, 340, 271-286.
- Piatt, J. F., Wetzel, J., Bell, K., DeGange, A. R., Balogh, G. R., Drew, G. S., ... & Byrd, G. V. (2006). Predictable hotspots and foraging habitat of the endangered short-tailed albatross (*Phoebastria albatrus*) in the North Pacific: Implications for conservation. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 53(3-4), 387-398.
- Pichegru, L., Ryan, P. G., Le Bohec, C., Van der Lingen, C. D., Navarro, R., Petersen, S., ... & Grémillet, D. (2009). Overlap between vulnerable top predators and fisheries in the Benguela upwelling system: implications for marine protected areas. *Marine Ecology Progress Series*, 391, 199-208.
- Rice, D. W., & Kenyon, K. W. (1962). Breeding cycles and behavior of Laysan and Black-footed Albatrosses. *The Auk*, 79(4), 517-567.

七、附錄

附錄一 4月11日調查記錄的海鳥物種

物種	隻次	物種	隻次
紅領瓣足鷗 <i>Phalaropus lobatus</i>	105	黑腳信天翁 <i>Phoebastria nigripes</i>	2
長尾賊鷗 <i>Stercorarius longicaudus</i>	4	大水薙鳥 <i>Calonectris leucomelas</i>	90
烏領燕鷗 <i>Onychoprion fuscatus</i>	1	肉足水薙鳥 <i>Ardenna carneipes</i>	1
白眉燕鷗 <i>Onychoprion anaethetus</i>	1	長尾水薙鳥 <i>Ardenna pacifica</i>	6
小燕鷗 <i>Sternula albifrons</i>	2	白腹鰹鳥 <i>Sula leucogaster</i>	1
燕鷗 <i>Sterna hirundo</i>	58	藍臉鰹鳥 <i>Sula dactylatra</i>	1
鳳頭燕鷗 <i>Thalasseus bergii</i>	40	丹氏鷗鷂 <i>Phalacrocorax capillatus</i>	1

附錄二 4月18日調查記錄的海鳥物種

物種	隻次	物種	隻次
紅領瓣足鷗 <i>Phalaropus lobatus</i>	30	黑腳信天翁 <i>Phoebastria nigripes</i>	7
長尾賊鷗 <i>Stercorarius longicaudus</i>	1	穴鳥 <i>Bulweria bulwerii</i>	1
烏領燕鷗 <i>Onychoprion fuscatus</i>	1	黑背白腹穴鳥 <i>Pseudobulweria rostrata</i>	1
白腰燕鷗 <i>Onychoprion aleuticus</i>	3	大水薙鳥 <i>Calonectris leucomelas</i>	330
白眉燕鷗 <i>Onychoprion anaethetus</i>	7	肉足水薙鳥 <i>Ardenna carneipes</i>	4

小燕鷗 <i>Sternula albifrons</i>	39	長尾水薙鳥 <i>Ardenna pacifica</i>	4
燕鷗 <i>Sterna hirundo</i>	167	白腹鰹鳥 <i>Sula leucogaster</i>	1
鳳頭燕鷗 <i>Thalasseus bergii</i>	20		



附錄三 團隊成員乘坐調查船尋找黑腳信天翁



附錄四 於4月11日調查拍攝到的黑腳信天翁（林廷儒提供）



附錄五 於 4 月 11 日調查跟船覓食的大水薙鳥和肉足水薙鳥（林廷儒提供）



附錄六 於 4 月 11 日調查跟船覓食的燕鷗（林廷儒提供）