

臺美攜手完成— 首度花紋翻車鯪跨赤道洄游紀錄



江偉全¹ 張景淳^{1,2}

一、前言

翻車鯪科 (Molidae) 魚類俗稱為曼波魚，棲息於熱帶至溫帶海域，其背鰭與臀鰭發達，尾鰭退化，具有舵鰭，因外型特殊與游泳姿態優雅而成為廣受歡迎的魚種。全世界翻車鯪計有矛尾翻車鯪屬 (矛尾翻

車鯪 *Masturus lanceolatus*)、翻車鯪屬 (翻車鯪 *Mola mola*、花紋翻車鯪 *M. alexandrini* 與假面翻車鯪 *M. tecta*) (圖 1、圖 2) 及長翻車鯪屬 (斑點長翻車鯪 *Ranzania laevis*) 等 3 屬 5 種，除了假面翻車鯪分布於南半球外，其他 4 種翻車鯪在臺灣海域皆可見。其中花紋翻車鯪全長可

註 1：行政院農業委員會水產試驗所東部海洋生物研究中心。

註 2：美國夏威夷大學海洋研究所。

達3.3公尺、重量可達2.3公噸，是世界最大硬骨魚類。鑑於國際自然保護聯盟（International Union for Conservation of Nature, IUCN）在2015年將翻車鯪列入瀕危物種紅色名錄（Red List）易危（Vulnerable）等級魚種，其他翻車鯪雖屬無危物種或未被評估，但為翻車鯪的永續利

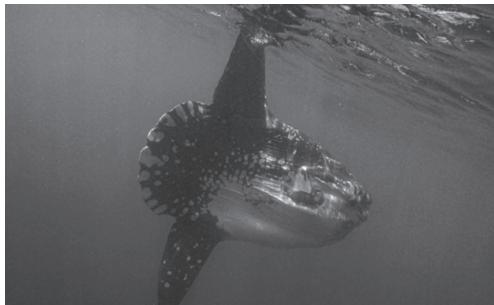


圖1. 翻車鯪。



圖2. 花紋翻車鯪。

用，行政院農業委員會水產試驗所（簡稱水試所）乃於近年啟動翻車鯪資源的調查工作。

近20年來生物紀錄科學（Bio-logging Science）技術日益精進，發展出功能更強大的紀錄器與設施來觀察野生動物，透過其行為、生理和環境資料的整合，解析野生動物移動的原因及其分布範圍。研究者早期係運用標識一再捕獲（Catch and Recaptured）之方式，藉以得知標識對象的移動方向和分布範圍；但隨著遙感記錄技術（Telemetry Technological）的開發利用，將電子設備（發射器或標籤）配置於野生動物身上，可自動將資料記錄於紀錄器上並經由衛星傳送。在海洋生物方面，由於無線電波（Radio Waves）在海水中傳導不易，因此主要透過超音波傳輸（Acoustic Transmitters）或衛星遙感記錄（Satellite Telemetry）技術。超音波標識的動物是由固定位置的接收器（例如：島嶼周遭、海灣或海底峽谷）或移動接收器（例如：研究船或小艇上）來接收標識魚隻之位置、溫度與深度資料；而衛星標識記錄器（Satellite Archival Tag）則是利用標識器將資料傳送到衛星接收站系統，再傳回使用者，無須撿回標識器讀取紀錄資料，是解析海洋野生動物族移動特徵最廣泛使用的工具。其中彈脫型衛星標識器（Pop-up Satellite Archival Tag,



圖3. 將彈脫型衛星標識記錄器(PSAT)(箭頭標示處)配置於鏢桿上。



圖4. 運用鏢旗魚漁法於花蓮七星潭海域進行花紋翻車鯪(箭頭標示處)標識放流試驗。

PSAT) 會先將動物行為及環境資料儲存於標識器內，直到標識器脫離動物身體，浮到水面上，資料才開始傳送至衛星系統。

目前 PSAT 大量運用於野生動物行為特徵解析，可記錄數千公里大尺度的移動位置以及棲息深度與溫度等精細時間序列資料。例如解析出大西洋黑鮕魚 (*Thunnus thynnus*) 複雜的洄游路徑、革龜 (*Dermochelys coriacea*) 的越洋洄游、象鯊 (*Cetorhinus maximus*) 的跨赤道洄游，以及多種海洋生態系高階掠食者 (Apex Marine Predator) 的移動行為特徵。水試所東部海洋生物研究中心（簡稱東部中心）與美國夏威夷大學合作執行翻車鯪標識放流研究計畫，運用衛星遙感記錄技術，解析翻車鯪族群分布與生態習性，全球首次記錄花紋翻車鯪跨赤道大悠游行為，揭開花紋翻車鯪的神祕移動特徵。

二、標識器設定與標放試驗過程

本研究使用之標識器為 Wildlife Computers (WC, Redmond, Washington, USA) 所生產之 MiniPAT。標體長度 12.4 公分，最大直徑 3.8 公分，重量 30 公克，記錄深度範圍從 0~1,700 公尺 (解析度 0.5 公尺)，溫度範圍 -40~60 °C (解析度 0.05 °C)。標識器以低阻碳纖外殼密封，內建 64 Mb 非揮發性儲存記憶體 (Non-volatile)，在儲存空間有限的情況下，傳輸暫存的數據會依不同記錄時程而隨機間隔覆蓋。MiniPAT 的記錄與彈脫編程功能可由研究人員自行設定，依監測物種與實驗需求設計彈脫時間，通常設定 150 天或 240 天，記錄資料頻度則各為每 3 秒或 5 秒記錄 1 筆資料。

研究人員將 PSAT 配置於長 5.4 公尺重約 20 公斤的鏢桿上，並將傳

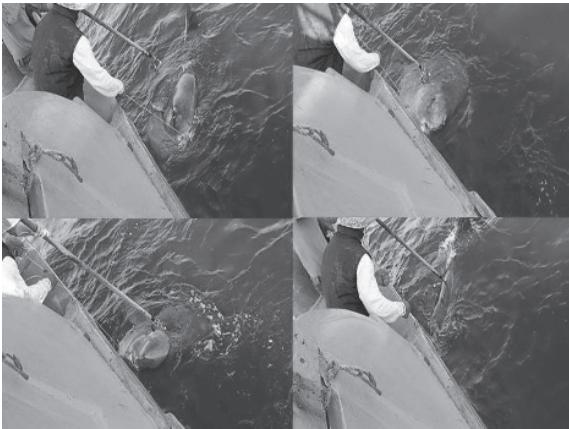


圖 5. 針對鮪延釣漁法混獲之花紋翻車鯪進行彈脫型衛星標識記錄器配置。

統的三叉鋼製鏢頭改良為單叉鋼製鏢頭，鋼叉長縮短為 10 公分，叉尖套上鋼製刀片型小標頭（圖 3、圖 4），利用酒精棉片消毒並塗抹外用抗生素（Bacitracin Neomycin Ointment），委請資深的旗魚鏢手，在鏢旗魚漁船團隊的通力合作下，將 PSAT 鏢置於翻車魚魚體背部。另外，亦於鮪延繩釣漁船針對混獲之翻車鯪，選擇健康無外傷之魚體配置 PSAT 後，隨即在海上進行野放（圖 5）。

PSAT 具有自動釋放和緊急釋放之功能，當檢測到恆定深度或標識器下降到緊急深度閾值以深（1,700 公尺）時，PSAT 即會自動啟動釋放功能。到達預設時間或啟動釋放機制後，標識器會脫離魚體漂浮至水面，開始發送訊號，衛星接收訊號後，

會將資料及標識器的經緯度位置等訊息傳至 Argos，但由於衛星標識記錄器不容易長時間配置於魚體，經常會在設定日期前提早脫落或因傳送訊號受到氣候、海況、電波干擾和（或）電池壽命耗盡影響，造成資料無法完整回傳。因此，雖然 PSAT 的設計是無須回收，但鑑於 PSAT 的所有詳細紀錄資料可透過傳輸線下載至電腦（壓縮傳遞過程則為每 10 分鐘 1 筆資料），有效避免透過衛星傳遞可能產生之誤差，所以只要彈脫地點位於可能回收之海域或海岸陸地範圍，研究人員會前往尋回標識器。

三、結果與建議

水試所東部中心自 2018 年起，陸續成功將彈脫型衛星標識記錄器配置於 2 尾矛尾翻車鯪、3 尾翻車鯪及 4 尾花紋翻車鯪魚體。目前以花紋翻車鯪標識放流成果最為具體，其中編號

表 1. 花紋翻車鯪標識放流試驗記錄表

編號	估計魚體大小 (重量與長度)	標放日期	標識器 彈脫日期	記錄 天數	直線 移動距離	平均每天 移動距離
66588	450 公斤 220 公分	2019/4/2	2019/9/24	178	1,079 公里	6.1 公里 ／天
195549	290 公斤 180 公分	2019/12/16	2020/2/21	78	542 公里	6.9 公里 ／天
195553	240 公斤 170 公分	2019/12/11	2020/5/9	150	5,183 公里	34.6 公里 ／天
195550	225 公斤 160 公分	2020/1/8	2020/9/4	240	6,952 公里	28.9 公里 ／天



圖6. 皮尤信託基金會Sophie Desmettre小姐在南太平洋新喀里多尼亞外海馬雷島海灘尋回彈脫之標識器 (#195550，箭頭標示處)。

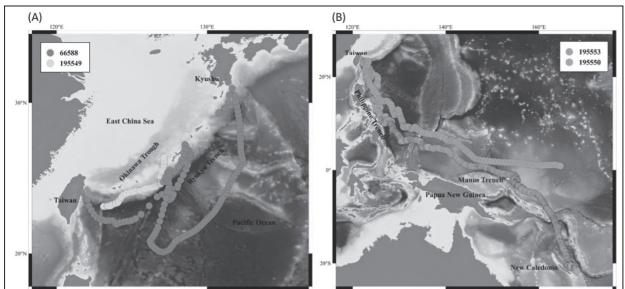


圖7. 編號 #66588、#195549 (A) 以及 #195553、#195550 (B) 之4尾標識花紋翻車鯪的洄游路徑。

#66588係以鏢旗魚漁法，直接將標識器鏢置於魚體背部，歷經178天，標識器於日本奄美大島附近脫離魚體回傳訊息；編號#195549、#195550及#195553等3尾則為鮪延繩釣作業所混獲之花紋翻車鯪，於魚體背部配置標識器後隨即野放，分別歷經78天、150天及240天，標識器分別於日本沖繩、新喀里多尼亞 (New Caledonia) 及巴布亞紐幾內亞 (Papua New Guinea) 附近海域脫離魚體回傳訊息 (表1)。研究人員透過這些經衛星傳送的資料，重建與分析標識魚的洄游路徑、行為特徵及海洋環境。

編號#195550標識器於魚體彈脫後，先漂流再被沖刷上新喀里多尼亞海岸，經委請皮尤信託基金會 (The Pew Charitable Trusts) 在新喀里多尼亞工作之 Sophie Desmettre 小姐於海灘上尋回標識器 (圖6)，再寄回至水試所東部中心。研究人員經電腦連線直接下載標識器上近700萬筆，包括溫度、深度位置與光照射度等資

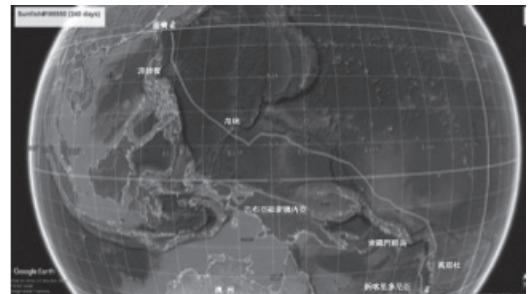


圖8. 編號 #195550 之花紋翻車鯪的洄游路徑跨越了赤道 (左上至右下線條)。

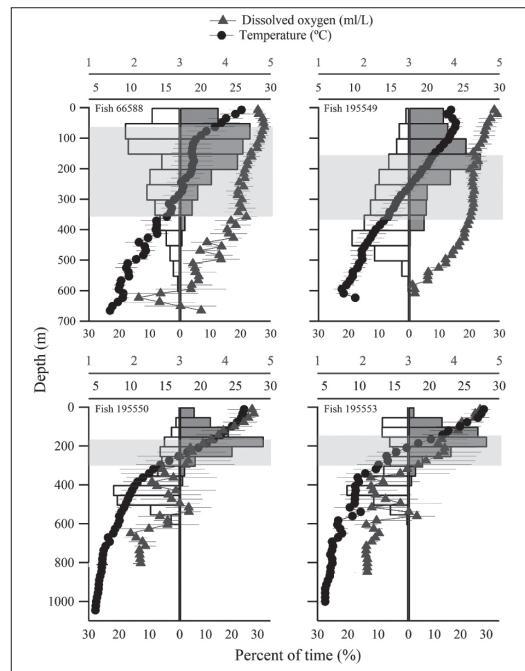


圖9. 花紋翻車鯪白天 (白色條形) 及夜間 (黑色條形) 棲息深度、環境水溫 (黑色圓形) 及溶氧 (三角形) 剖面圖。誤差線表示溫度與溶氧的標準偏差，灰色條形圖為溫躍層的範圍 (上方 20°C 與下方 14°C)

料，這些大量的訊息不僅創漁業科學在單一翻車鈎所蒐集到的資料量，更是翻車鈎跨越赤道大悠游行為的首次珍貴紀錄。從臺灣東部外海野放位置到中南太平洋標識器彈脫點位置，直線距離長達6,952公里（圖7、圖8）。由這些資料讓我們掌握到花紋翻車鈎棲息溫度為5~30°C，棲息深度可達1,100公尺；棲息海域與溫躍層（約200~400公尺）與混合層（約50~100公尺）的深度有密切關係，白天花紋翻車鈎棲息於溫躍層之下，而夜晚則棲息於溫躍層之上至混合層

以下的水層（圖9）；往南及往北洄游的花紋翻車鈎有顯著性的行為差異，往北洄游行為受中尺度渦旋影響（圖10），往南洄游則受洋流及區域性水溫分層影響（圖11）。

近年來水試所持續運用標識放流研究，針對大洋性魚種進行族群移動與行為特徵解析，提供區域性漁業管理組織進行資源評估模式建立過程中所欠缺的生態訊息。本研究成果是生物紀錄科學研究的重要發現，受到海洋學界的注目與肯定，並於2021年11月刊登在Nature系列《科學報告》

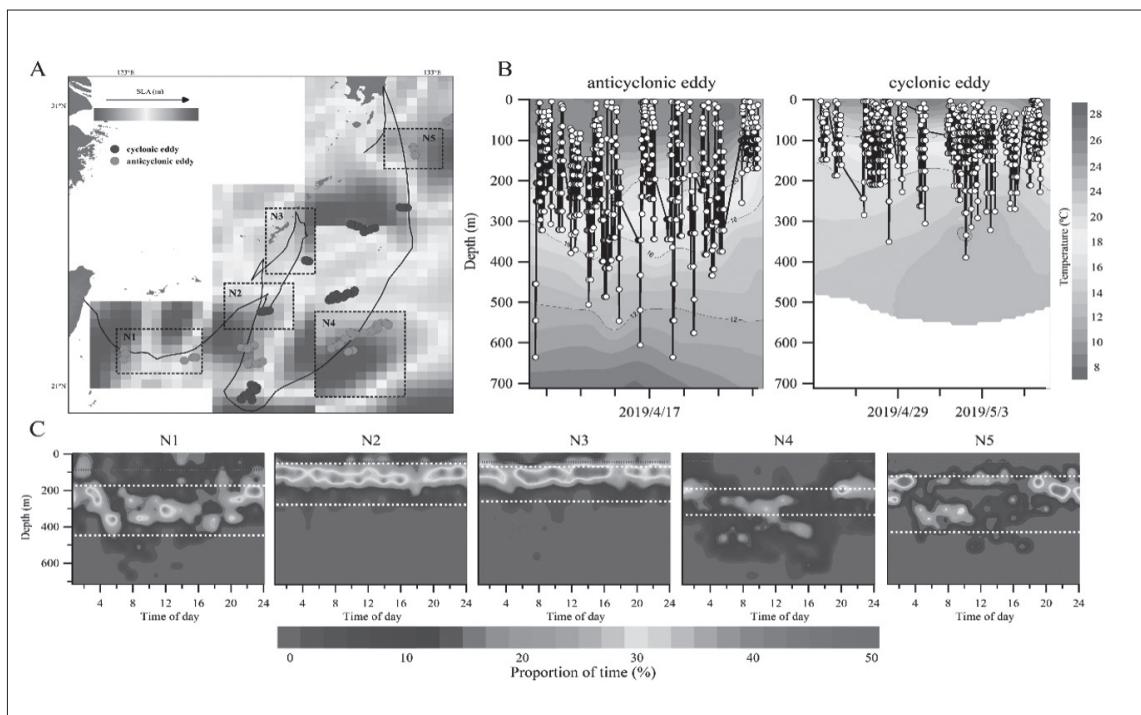


圖10. 花紋翻車鈎(#66588)不同時間序列所棲息的環境水溫與深度紀錄。N1：4/8~20；N2：4/25~30；N3：5/27~31；N4：8/1~25；N5：9/11~15。（A）估算之花紋翻車鈎(#66588)最有可能移動路徑及經過之反氣旋式渦流與氣旋渦流位置圖；（B）在反氣旋式渦流與氣旋渦流之垂直移動行為紀錄；（C）不同時間序列期間之棲息深度與溫度，淺色虛線代表溫躍層的範圍，深色線為混合層深度。

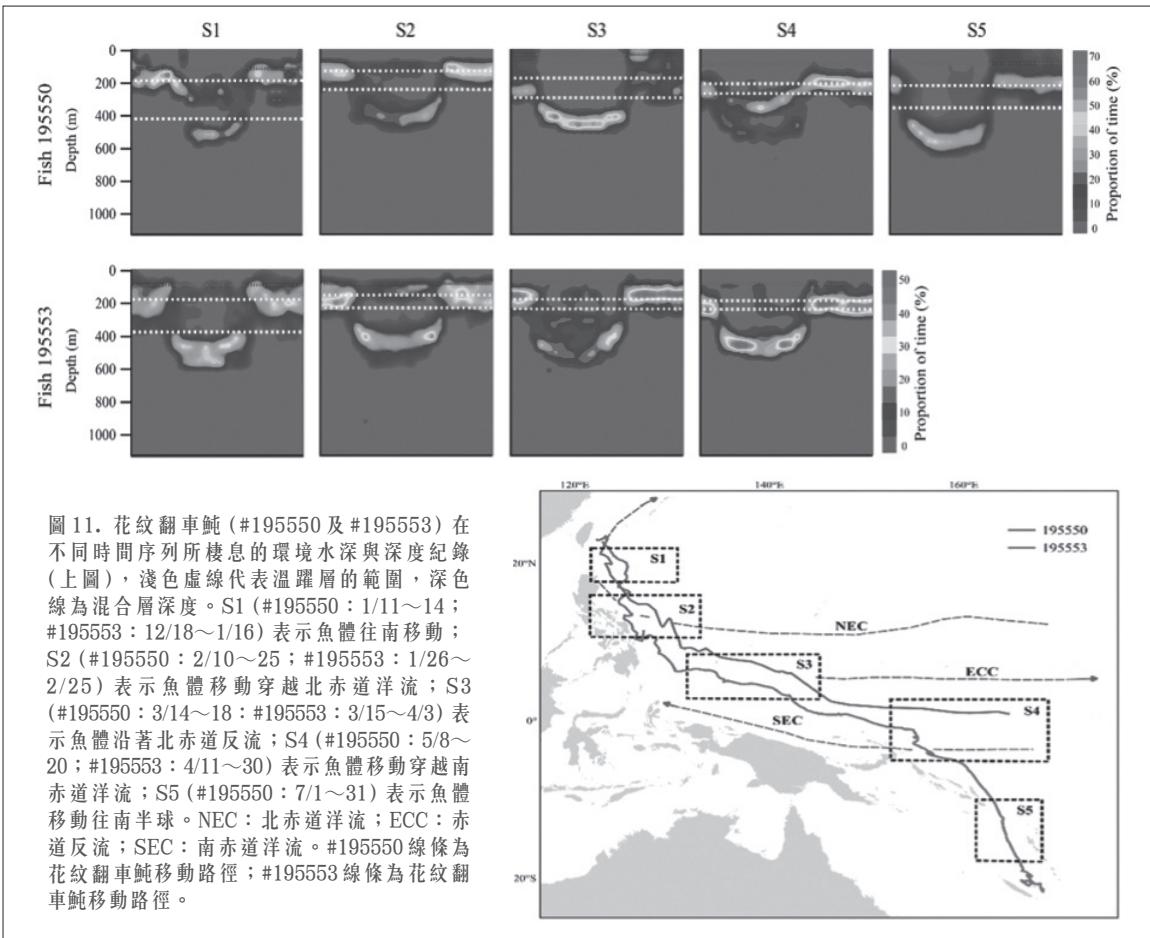


圖 11. 花紋翻車鯪 (#195550 及 #195553) 在不同時間序列所棲息的環境水深與深度紀錄(上圖)，淺色虛線代表溫躍層的範圍，深色線為混合層深度。S1 (#195550 : 1/11~14 ; #195553 : 12/18~1/16) 表示魚體往南移動；S2 (#195550 : 2/10~25 ; #195553 : 1/26~2/25) 表示魚體移動穿越北赤道洋流；S3 (#195550 : 3/14~18 ; #195553 : 3/15~4/3) 表示魚體沿著北赤道反流；S4 (#195550 : 5/8~20 ; #195553 : 4/11~30) 表示魚體移動穿越南赤道洋流；S5 (#195550 : 7/1~31) 表示魚體移動往南半球。NEC：北赤道洋流；ECC：赤道反流；SEC：南赤道洋流。#195550 線條為花紋翻車鯪移動路徑；#195553 線條為花紋翻車鯪移動路徑。

(*Scientific Reports*) 期刊 (<https://www.nature.com/articles/s41598-021-01110-y>)，除讓國際更加關注花紋翻車鯪的族群分布與生態習性研究，也加強相關管理措施，例如建議各沿岸國家減少沿近海流刺網使用，以降低混獲數量等，對維護翻車鯪科魚類資源做出貢獻。水試所未來將持續積極推動高度洄游性魚種漁業開發利用與資源監測之國際合作型研究計

畫，期望能共同負起資源養護的責任，永續海洋資源與藍色產業。

四、謝詞

感謝臺東縣成功鎮「新漁發 323 號」鏢旗魚漁船船長陳永德先生及「南興號」鮪延繩釣漁船鄭正愛船長與船員協助，順利於翻車鯪魚體配置衛星標識紀錄器及野放。