

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：其他(短期研究))

赴美國史丹福大學研習利用生物紀錄資料
與漁船觀察資料整合解析西北太平洋旗魚
類移動模式

服務機關： 行政院農業委員會水產試驗所東部海洋
生物研究中心

職 稱： 副研究員

姓 名： 江偉全

出國地區： 美國

出國期間： 111年5月3日至12月1日

報告日期： 112年2月8日

摘 要

執行國科會補助第 59 屆科學與技術人員國外短期研究計畫，於 111 年 5 月 3 日至 12 月 1 日赴美國史丹福大學霍普金斯海洋中心 Barbara Block 教授研究室學術訪問。Block 教授曾擔任 2001 海洋生物普查(Consensus Marine Life)計畫下的“太平洋掠食者標識放流計畫”(Tagging of Pacific Pelagic, TOPP)的聯合首席科學家。這個國際計畫是全球最大的電子式標識放流計畫，所得資料揭示了太平洋頂端掠食者前所未有的海洋生物熱點(marine hotspot)、洄游與遷徙路徑與海洋物理環境資料，且 Block 教授目前也在籌備全球性「Fish and Ships」計畫，將整合大洋性魚類生物紀錄資料與全球漁業觀察資料，解析魚類棲所海洋環境特徵與漁撈作業漁場選擇性。本次前往 Block 教授研究室，主要目的在學習如何將歷年本所已獲得之西北太平洋旗魚類生物紀錄資料結合海洋環境資料，探究西北太平洋旗魚生物熱點與其他大洋性魚類之關聯，並進一步參與全球國際合作型「Fish and Ships」及增進資料解析技術。此短期研究計畫亦將可幫助本所建立國際學術合作關係，並在返回臺灣後繼續參與國際合作研究項目。

關鍵詞：動物追蹤與紀錄(animal tracking and telemetry)、電子式紀錄器 (electronic tag)、海洋環境特徵 (oceanographic characteristic)、海洋生物觀察(marine life observatory)、漁船動態紀錄(vessel tracking datasets)

目 次

摘要-----	I
目次-----	II
一、 目的-----	1
二、 行程表-----	3
三、 研究過程-----	4
四、 心得與建議-----	17
附圖-----	22

一、目的

本短期研究前往美國史丹福大學霍普金斯海洋研究所(Hopkins Marine Station of Stanford University)，前往進修的研究室主持人是 Barbara Block 教授，Block 教授為大洋性魚類使用電子標識器的創始者，包括使用以手術方式植入鮪魚體內的植入式標識記錄器(implanted archival tag)及會自動脫落並透過衛星傳送數據的彈脫型衛星標識器(pop-up satellite archival tag, PSAT)，並創設鮪類研究與保育中心(Tuna Research and Conservation Center)，進行太平洋黑鮪人工養殖及各項生理特性試驗，是國際最具知名的黑鮪研究重鎮。

Block 教授實驗室從整個生物體到基因組的角度研究黑鮪與黃鰭鮪，研究範疇涵蓋洄游生理，體溫調節，能量學與生殖生物學等。實驗室研究結果並與野外研究相結合，解析大洋性魚類(鮪、旗與鯊魚)之移動特徵、種群結構、生理學與行為模式。自 2000 年起執行海洋生物普查(Consensus Marine Life)野外調查之太平洋掠食性動物標識放流計畫(Tagging of Pacific Predators, TOPP)，結合太平洋海域 17 個標識放流計畫，包括鮪魚、鯊魚、海龜、海鳥及海洋哺乳類等 23 類物種，總計超過 4,306 個電子標識器，收集 265,385 天的追蹤數據，所得資料揭示了前所未有的海洋生物熱點(marine hotspot)、洄游與遷徙路徑與海洋物理詳細數據。此研究成果以” Tracking apex marine predator movements in a dynamic ocean” 為主題，發表於 2011 年國際最具盛名 Nature 期刊(Block et al. 2011)，也是目前最被引用的生物紀錄科學研究之重要文獻。惟在西北太平洋，尤其是臺灣鄰近海域，海洋生物移動與棲息生態資料卻完全闕如。

Block 教授與其團隊已發表之 SCI 學術論文超過 200 餘篇且屢獲獎肯定，可見其在生物紀錄科學學術地位深獲推崇。目前與全球漁業觀察(Global Fishing Watch)正在籌備全球性” Fish and Ships” 計畫，邀集全球 43 位生物紀錄學家、海洋物理學家及國際漁業管理組織漁

政管理人員等，因為全球疫情仍在嚴峻階段，於 2020 年 7 月 27 至 28 日以網路群組討論會議盛大舉行，筆者也獲邀參與。此群組討論會主要目的是進一步了解將大洋性魚類的生物記錄資料與漁船觀察資料彙整起來將面臨的挑戰與未來效益。研究群組將彙集漁船掌控與魚類監測社群以確定新的研究與國際合作項目，解析魚類移動行為和漁船動態的關聯，探討魚類與人類之間的相互作用。未來希望促進建立區域性海洋觀測站，可以有效結合生物紀錄數據和漁船觀察數據資料。也希望更深入了解魚類如何利用特定的海洋棲所和漁民識別這些漁場的能力。這個社群將確定相關的技術問題結合生物紀錄數據集和漁業訊息。

本次前往 Block 教授研究室學習如何將歷年本所已獲得之西北太平洋旗魚類生物紀錄資料結合海洋環境資料，結合該研究室已經完成及發表的研究項目，增加探究西北太平洋旗魚生物熱點與其他大洋性魚類之關聯項目，進一步與全球漁業觀察資料配對分析，解析漁業行為對大洋性魚類漁業資源之衝擊。並建立起國際學術合作關係，於返國後繼續參與國際合作型相關研究計畫，善盡我國對於大洋性魚類資源利用應盡之養護責任。

二、行程表

研究日期及時間	研究地點	研究機構	研究主題
5/3~(星期二)	臺灣桃園→美國舊金山→蒙特雷	去程	
5/3~11/30(星期二至星期三)	蒙特雷太平洋叢林	史丹福大學霍普金斯海洋中心	Fish & Ships: Combining biologging and Global Fishing Watch Vessel data to monitor billfish movements in the northwestern Pacific Ocean
11/30~12/1(星期三至星期四)	蒙特雷→美國舊金山→臺灣桃園	回程	

三、研究過程

筆者於 109 年 11 月獲得 110 年國科會補助第 59 屆科學與技術人員國外短期研究計畫(期程為 8 個月),因 110 年國際 COVID-19 疫情迅速擴散,尤其美國國內當時確診病例及死亡人數雙雙居高不下,因此筆者於 110 年 12 月申請展延,並獲准將研究期程展延並縮短為 111 年 5 月 1 日至 11 月 30 日(為期 7 個月)。惟因啟程規劃當時疫情仍處嚴峻,國際航班遭到巨大干擾,配合班次調整,最終期程訂為 111 年 5 月 3 日至 12 月 1 日。

5 月 3 日搭乘長榮航空公司 BR18 班機由臺灣桃園飛往美國舊金山,航程飛行時間 11 小時 30 分鐘抵達舊金山國際機場,隨即搭乘事先預訂之 Monterey Airbus 機場接駁車前往蒙特雷,3 小時後抵達蒙特雷市區,由 Block 教授研究室同仁在客運站載接,並通過快速 PCR 檢測,順利進入研究中心與 Block 教授見面(圖 1),開始為期 7 個月的短期國外研究行程。

Block 教授安排筆者進駐研究中心與蒙特雷灣水族館(Monterey Bay Aquarium)所共同創建的鮪類研究與保育中心(Tuna Research and Conservation Center, TRCC),保育中心及在海洋中心園區右側,比鄰蒙特雷灣水族館。保育中心研究室環境優美,研究室大型的窗戶把整個蒙特雷灣的海景全部收盡(圖 2),筆者有幸被安排在如此仙境般的研究環境,進行研習與學術交流。Block 教授研究室也在咫尺範圍內且擁有世界頂尖的生物紀錄科學研究團隊,研究過程除不定時與 Block 教授討論之外,並與 Block 教授研究室海洋科學家 Dr. Jon Dale 及博士後研究員 Dr. Samantha Andrzejczek 進行標識放流資料分析精進與學習程式語言、博士後研究員 Camille Pagniello 進行海洋學資料與標識放流資料配對分析、地理資訊系統工程師 Mike Castleton 學習標識器光學地理地位學解析與地理資訊平台運用技術、生物力學專家 Dr. Vadim Pavlov

學習標識器配置器材流體力學、技術員 Ted Reimer 及 Robert Schallert 學習標識放流最新器材使用及標識器配置套件使用技術。主要研究項目：

(1) 漁船動態紀錄解析

因應全球魚類濫捕造成海洋資源枯竭的問題，全球漁業觀察 (Global Fishing Watch) 為 Google 於 2016 年 9 月與 IUCN (International Union for the Conservation of Nature)、Oceana、Skytruth 聯手推出的系統，蒐集了全球超過十萬艘有配置自動辨識系統 (Automatic Identification System, AIS) 的衛星資料，目標為藉由分析船隻的航行軌跡，掌握全球漁船商業捕魚活動，這對於難以監測和執法的海域 (公海)，是非常重要的突破。Block 教授團隊也運用此資料庫系統，解析含 7 萬多艘漁船的資料，估計漁業壓力的強度 (圖 3)。結果顯示，2016 年這些漁船作業的時間高達 4 千萬小時，其所航行的距離總和更可來回地球與月球六百趟。漁業壓力最大的區域為東北大西洋與西北太平洋，還有一些有湧升流的區域 (南非與西非一帶)。並推估約有 49-55% 的海域受到漁業壓力 (實際上應該更高因為有些海域的衛星訊號不佳)。然而配有 AIS 的漁船依據估計，多半是遠洋漁船，代表實際上的漁業壓力應該更大。大部分的國家主要的漁業範圍都是各國經濟海域以內，但在公海漁撈作業國家則為中國、西班牙、臺灣、日本和南韓等。

筆者在學術訪問期間，首度嘗試利用 Global Fishing Watch 下載熟悉的臺東東部鮪延繩釣及鬼頭刀延繩釣作業樣本漁船動態資料 (圖 4)。並將水試所 2008 年至 2020 年於臺灣東部所進行的西太平洋 5 種旗魚類 (立翅旗魚、黑皮旗魚、雨傘旗魚、紅肉旗魚及劍旗魚) 31 枚彈脫型衛星標識記錄器所得旗魚類洄游移動路徑資料整合在 Google Earth 及 QGIS 地理資訊平台上 (圖 5)。結果顯示這些旗魚類主要棲息於西北太平洋，立翅旗魚具有季節性移動習性，然而

黑皮旗魚則未具有任何季節性移動特徵但標識之黑皮旗魚分佈範圍在 2014 年後有跨越赤道之情形，顯然黑皮旗魚棲息分佈會受到氣候變遷之影響。雨傘旗魚在臺灣東部標放之後往東海洄游棲息、紅肉旗魚則是往西南洄游至南中國海、劍旗魚往東南洄游最後標識器在菲律賓東部外海彈脫，綜合以上結果顯示無論是標放的季節與地點之不同，標識放流期間 5 種旗魚類，皆未有跨越中太平洋的記錄且僅有 3 尾黑皮旗魚跨越赤道進入南太平洋。進一步檢視東部漁船的動態資料，僅佔旗魚類棲息分布的一小部分範圍，尚無法解釋漁船動態的熱點分布，未來需要結合更多漁船動態資料及漁獲量與努力量資料，即可進一步進行整合分析，尋找漁船作業熱點與魚族群動態分布的生態熱點，提供漁業管理單位進行資源管理策略擬定之重要科學依據。

Block 教授曾擔任 2001 海洋生物普查(Consensus Marine Life) 計劃下的“太平洋掠食者標識放流計畫”(Tagging of Pacific Pelagic, TOPP) 的聯合首席科學家。這個國際計劃是全球最大的電子式標識放流計畫，所得資料揭示了太平洋頂端掠食者前所未有的海洋生物熱點 (marine hotspot)、洄游與遷徙路徑與海洋物理環境資料，且 TOPP 計畫亦已於 2016 年提升為“Global Tagging of Pelagic Predators, GTOPP”，尤其針對大白鯊及黑鮪標識放流後的即時性的移動特徵紀錄展示是目前最大的亮點。Block 教授目前也在籌備全球性“Fish and Ships”計畫，將整合大洋性魚類生物紀錄資料與全球漁業觀察資料，解析魚類棲所海洋環境特徵與漁撈作業漁場選擇性。本所歷年來除了進行旗魚類標識放流，近來年因執行多項國際合作標識放流試驗，研究標的大洋性魚種涵蓋太平洋黑鮪、大目鮪、正鰹、紅甘鰺、鬼頭刀及翻車魷等，這些物種的生物紀錄資料未來皆可與全球性“Fish and Ships”及“GTOPP”計畫結合，發揮最大功效並提升本所國際研究能見度。

(2) 參與黑鮪標識放流試驗海上航程

Block 教授執行 TAG(Tag-A-Giant)計畫已長達，此計畫由 TAG 基金會贊助。TAG 基金會是非營利組織，隸屬於海洋基金會(The Ocean Foundation)，成立的主要目的是建立科學研究基礎提供創新漁業管理策略擬定之科學依據用以復育黑鮪的資源。基金會成員涵蓋科學家、政策制定者、漁民及一般民眾，共同致力於太平洋黑鮪(*Thunnus orientalis*)及大西洋黑鮪(*Thunnus thynnus*)資源重建與永續利用。TAG 是由 Mr. Richard Worley、Mr. John Hill 及 Mr. Mike Leech 所創立，Block 教授則是該基金會的科學顧問。因此 TAG 每年皆會進行大規模黑鮪魚標放試驗，皆是由 Block 教授領軍，參與人員除了 Block 教授研究室團隊為主，包括史丹福大學經遴選的暑期實習生，及邀請來自世界各國從事相關研究或與該研究室有國際合作計畫的組織及漁業研究單位科學家。

筆者此次在 Block 教授研究室學術訪問，除精進資料解析技術外，亦投入黑鮪標放的全程規劃整備及海上工作航程。大西洋黑鮪標放航程規劃於 9 月 10 日至 10 月 1 日止，為期 3 周。行前的各項設備整理，皆 TRCC 完成，由 Block 教授親自再檢查一次，始得分批由研究人員攜帶前往加拿大。電子紀錄器包括超聲波發報器(圖 6)及彈脫型衛星標識紀錄器，由於在加拿大海域有幾個超聲波接受器的密集海域，因此標放的大西洋黑鮪皆採雙重電子標識。聲學技術紀錄大西洋黑鮪在產卵場附近每年產卵洄游的行為特徵，光照地理位置解析技術則監測大尺度的大西洋黑鮪環大西洋洄游的生態習性。大西洋黑鮪的產卵場海域必須由霍普金斯海洋中心遠征，飛越美洲大陸，至加拿大哈利法克斯(Halifax)，再往愛德華王子島附近 Port Hood 入住。Block 教授親自領軍，在漁港附近租了整棟的木造民房供所有參與人員食宿，並租用兩艘當地大西洋黑鮪作業漁船，以拖釣方式捕獲大型大西洋成魚，進行配置電子紀錄器

(圖 7)。每日清晨出港，漁場即在 30 分鐘的航程以內，但作業時間由清晨至夜間 8 至 9 點，終才返港，海況不算太差，但氣溫僅有個位數加上寒風，像極了臺灣東部的東北季風季節。首次看到大西洋黑鮪返回該海域進行產卵，配置了身上的電子標識器進行下一個環繞大西洋洄游，有著很深的感動。總計標放了 26 尾大西洋黑鮪親魚，而 Block 教授研究室 20 餘年來已標放了超過 1,900 枚電子標識器在大西洋黑鮪，逐步究明大西洋黑鮪的洄游生態習性，是前所未有的壯舉。筆者有幸參與 9 月 19 日至 9 月 27 日的標放航程，更在此期間首次遇上颶風侵襲加拿大，電力中斷一天，景象類似夏天東海岸的颱風天，狂風暴雨及災後遭破壞的漁港周遭設施，有若在自己的家鄉。

颶風過境後，筆者與技術員 Ted Reimer 先行返回霍普金斯海洋中心，緊接著準備“Shogun 2022”太平洋黑鮪標識放流航程。由於受到 COVID-19 的疫情影響，“Shogun 2021”及“Shogun 2020”標放航程皆取消，太平洋黑鮪標放航程規劃於 10 月 5 日至 10 月 9 日止，為期 5 天，這次的航程較以往的 9 天航程緊縮，但準備器具仍舊相當多。10 月 1 日大西洋黑鮪標放結束，10 月 2 日及 3 日在 TRCC 完成整備，由於在東太平洋美國與墨西哥交界海域之太平洋黑鮪屬於幼魚階段(3-5 歲)，且太平洋海域沒有陣列型的聲學接收站海域，因此配置之電子標識器採用植入型標識紀錄器及彈脫型標識紀錄器(圖 8)，兩者皆具有地理定位功能。體型小於尾叉長 100 公分之魚體除了於背部配置號碼籤配置於魚體背部並於腹腔植入記錄型紀錄器。而體型大於尾叉長 100 公分之魚體除了於背部配置號碼籤並採雙重標識(腹腔植入記錄型紀錄器及背部配置彈脫型衛星標識紀錄器)。10 月 4 日，由於標放器材及活魚維生設備規模龐大，研究團隊分別陸運與空運的方式前往聖地牙哥 Fisherman's Landing 港口附近旅館集結，10 月 5 日早上完成裝載後

出港。Block 教授近 10 年皆租用 Shogun 休閒遊憩漁船進行太平洋黑鮪標識放，該船長 92 英尺、寬 30 英尺，擁有舒適寬敞的空間得以進行生物性樣本採集及標識後野放的操作。筆者曾經受邀參與“Shogun 2017”及“Shogun 2018”標放航程，雖然時間都在相近的季節，但每年漁況及海況皆不盡相同。2022 年的太平洋黑鮪比往年體型要大，且攝餌上鉤時間總在日落之後到深夜，因此 Block 教授把團隊分成 2 組，一組由 Block 教授帶領，另一組由團隊成員 Monterey Bay Aquarium 漁業科學家 Dr. Andre Boustany 當組長，進行手術植入或是配置電子標識器。白天及夜晚時間分為兩組，有兩個操作平台同步進行標放。深夜之後保留一組，分 4 小時輪流休息與標識魚體(圖 9)。5 天的航程中，日夜努力不懈總計標放 39 枚電子紀錄器在 35 尾太平洋黑鮪，其中 33 枚植入型標識紀錄器及 5 枚彈脫型標識紀錄器及 1 枚心跳紀錄器，希望獲得心跳、水溫調節及攝食行為等同步的調節機制與誘發時間，也帶回 8 尾太平洋黑鮪活體，返航後由活魚運輸車載回 TRCC 蓄養，達成“Shogun 2022”任務(圖 10)。

(3) 參加國際學術研討會

第 152 屆美國漁業學會年會於 8 月 21 日至 25 日在美國華盛頓州斯波坎(Spokane)舉行，筆者也在獲得 Block 教授同意後前往參加。本次大會的主題為「魚類對我們意味著什麼」(What Do Fish Mean to Us)，本著探索不同觀點的精神，鼓勵漁業科學最新研究成果發表，並將造福於廣大民眾，以推進漁業生態學、資源保育及漁業管理。分組發表議題涵括 15 個分項主題：1) Communities and Ecosystems；2) Marine；3) Data Collection and Management；4) Ecosystem-based Fisheries Management；5) Endangered Species Management；6) Fish Conservation；7) Fish Culture；8) Fish Conservation；9) Fish Culture；10) Freshwater Fisheries

Management ; 11) Genetics ; 12) Invasive Species ; 13) Population Dynamics ; 14) Restoration ; 15) Sportfish Management ; 16) Statistics and Modelling ; 17) Trophic Ecology and Food Webs ; 18) Water Quality and Habitat。美國漁業學會也依照慣例，在 8/20 研討會正式開始前即安排了 8 場進修教育的研習課程(Continuing Education Courses)的課程，包括：1) Bayesian I: Introductory Bayesian Inference with JAGS for Fish Biologists ; 2) Bayesian II: Intermediate Bayesian Inference with JAGS for Fish Biologists ; 3) Introductory ArcGIS/QGIS for Fisheries Biologists ; 4) Advanced ArcGIS/QGIS for Fisheries Biologists ; 5) SOLD OUT - Electrofishing Measurements and Methods (EMM) ; 6) Database Concepts, Design, and Application in Wildlife and Fisheries Science ; 7) VIRTUAL COURSE: Introduction to Instream and Insalmo, Salmonid Models for Instream Flow and Temperature Assessment and Habitat Restoration Design ; 8) Cultural Competency and Relevancy in Natural Resource Sciences ; 9) Using ggplot in R for Data Visualization，讓參與年會的與會者除了發表論文或是聽其他學者發表之外，得以參與進階的在職學能研習課程，也讓提前幾天抵達會議場所的學生與研究人員可以有學習與交流的機會。

8 月 21 日下午漁業年會開始接受報到，8 月 22 日早上 8 點美國漁業學會第 152 屆年會正式開始，10 點在大會主會議場由美國漁業學會 2021-2022 主席 Dr. Leanne Roulson 主持開幕式並致歡迎詞，主席代表學會竭誠歡迎來自世界各地的漁業學者的參與。筆者以「運用穩定同位素分析及電子式標識放流研究結果解析西北太平洋旗魚攝食生態及棲息水層解析」(Trophic ecology and vertical habitat of five species of billfish in northwestern Pacific Ocean inferred from stable isotope analysis and electronic tagging) 為題，於 8 月 24

日「Marine-2」場次中進行口頭發表，筆者並獲大會於會前邀請在該場次主持人(圖 11)。

本次發表彙整本所旗魚類歷年的生物性樣本穩定同位素分析及電子式標識放流研究成果，研究結果顯示黑皮旗魚及劍旗魚之 $\delta^{15}\text{N}$ 明顯高於其他旗魚種類，體型大小和索餌能力亦皆會影響；而 $\delta^{13}\text{C}$ 的差異反映了攝食生態的變異性，從而反映了不同的營養階層。筆者運用在 Block 教授研究室所學會的資料分析技術，以在 Python 工作環境下的 Matplotlib 繪圖套件，將不同旗魚種類在不同體型之穩定同位素氮碳分析結果進行繪製迴歸圖(圖 12)，Matplotlib 強大的視覺化繪圖功能，完整呈現各魚種之間的差異。而旗魚類標放地點與標識器彈脫魚體直線性移動距離為 73 至 3,579 公里，平均速度為 1 至 107 公里/天；棲息水深和環境水溫範圍，從表層到 914 公尺深及水溫 4.8°C 至 32.9°C 。筆者運用在 Block 教授研究室所學會的統計軟體 PAST 4.05 工作環境下的 Violin plot with box plot 繪圖套件，將不同旗魚種類在日夜棲息水深與溫度的分布以提琴圖(violin plot)和箱型圖(box plot)整合繪製(圖 13)，清楚顯現所有旗魚種類皆具有從表水層到混合層並進入~ 200-700 公尺水深垂直移動行為特徵。旗魚類雖然屬於機會性掠食者，但各種旗魚類在棲息海域之時空分布與競爭，亦顯示在不同食階動態與移動型態。

由筆者擔任主持人的場次總計有 8 個口頭發表論文，除筆者所發表之外，包含：1) Age and Growth of Blackfin Tuna (*Thunnus atlanticus*) in the Northern Gulf Of Mexico；2) Recaptures from Angler Delivered Tagging Program Highlights Trends in Angler Behaviour；3) Age and Growth of *Sciaenops Ocellatus* in the Northwestern Gulf of Mexico；4) Use of Acoustic Telemetry to Evaluate Dredging Effects on Fish；5) Estimating Economic Impacts of Offshore Wind Development

on Atlantic Commercial Squid Fisheries ; 6) Angler' s Aid in Mitigation Efforts Against Thiamine Deficiency Complex in Chinook Salmon ; 7) Evaluating post-harvest survival based on claw removal technique in the western Atlantic stone crab fishery, and engaging fisher networks to implement best practices 。發表的學者來自世界各地，光是發表者的姓名就不容易正確掌握，需有賴發表前的溝通與請教，也顯示了主持人較發表者緊張的有趣心境。

大會透過與會者安裝的 APP，每天都有新聞發報(Daily Highlights Newsletter)，並透過使用者的 APP 行程規劃，每天有會由 APP 發訊息給使用者提醒當天所要參加的場次，相當貼心的規劃設計。會議期間，大會也安排了 4 場聯誼活動(Networking Events)，依照日期的不同，精心安排了 Opening Networking Reception (8/21)、Center for Technology and Collaboration (8/22)、Student-Professional Mixer (8/23)及 Grand Networking Event (8/24)。其中 Grand Networking Event 也是大會的惜別晚會，安排在 Pavilion at Riverfront Park，露天優雅的環境，讓與會者免除疫情接觸傳染的憂慮，充分擁有跟與會者的安全社交距離，在疫情嚴峻的當下，實屬難得。大會之海報展示及贊助廠商器材展示設置於大會會場內舉行，並針對創新器材有安排 Tech Talks (20 分鐘公開說明會)，讓與會者可以直接接觸到儀器並可與製造商進行討論。大會並準備的飲料、點心及水果等，因此討論就可順利在器材或壁報展示旁進行，熱鬧非凡且氣氛活絡。筆者曾於 2013 年及 2016 年分別參加 143th AFS 及 146th AFS，此次參加 152th AFS 已是第三次與會，以往所熟識的 AFS 組織的重要成員，皆已陸續退休或是轉任其他非公立組織，藉由後疫情階段國際研討會陸續舉辦，大家得以重新聚首，重啟以往的對話與合作話題，充滿著美好的回憶。此次研討會主辦單位並未安排拍攝團體照，未能留下千餘位參與者難得的聚集

機會影像實屬可惜。在 8 月 24 日晚宴中，大會也宣佈了下一次年會將於 2023 年 8 月 20 日至 24 日在密西根舉行，請大家列入行事曆預留時間，相約明年見。

(4)太平洋黑鮪季節性產卵洄游行為特徵解析

全世界黑鮪共有三種，包括太平洋黑鮪、大西洋黑鮪及南方黑鮪。其中太平洋黑鮪廣泛分布在太平洋溫帶海域，最大體型超過 4 公尺、700 公斤，壽命長達 40 歲以上。太平洋黑鮪 3 歲魚即可達性成熟，其主要產卵場有二，其一為西北太平洋菲律賓海之沖繩延伸至臺灣東部海域，產卵季節為 4 月中旬至 7 月初；另一為日本海南部，產卵期為 6 月中旬至 8 月初。在日本海南部孵化之太平洋黑鮪幼魚，有兩種方式往東太平洋洄游，分別為經由往北穿越津輕海峽至親潮與黑潮交會區以及往南經日本與韓國間之對馬海峽至東海，往東沿著日本沿岸黑潮往北，最終皆抵達親潮與黑潮交會區，再順著黑潮延伸往東太平洋方向洄游。然後經 1-2 年大尺度跨越太平洋洄游至下加利福尼亞進行攝食及成長。幾年後，再進行跨越太平洋洄游，回到西北太平洋臺灣東部及日本海進行產卵。

目前已發表之 2 尾太平洋黑鮪電子式標識放流紀錄:(I)1995 年 1 歲魚冬季在東海標放,在東海渡冬後,1996 年 7 月中進入日本海,8 月經津輕海峽進入黑潮與親潮交會海域,開始進行跨太平洋洄游(8,000 公里),1999 年 4 月由太平洋東岸往西洄游,2000 年 5 月在日本伊豆群島被捕獲,總計約 3 年 10 個月完成環太平洋洄游,但目前沒有成魚的大尺度洄游紀錄;(II)1996 年 1 歲魚 11 月在東海標放,沿著日本東南部沿岸洄游,1997 年春季進入黑潮與親潮交會海域,11 月開始進行跨太平洋洄游,1998 年 8 月在太平洋東岸被捕獲,總計約 10 個月完成跨太平洋洄游,但目前仍不知道有多少比例的太平洋黑鮪會進行如此大尺度洄游。

太平洋黑鮪由於其生活史不同階段都會被不同國家所利用，

北太平洋鮪類及似鮪類國際科學委員會(ISC)遂自 2011 年起開始擬定漁業管理措施。根據 2022 年 ISC 太平洋黑鮪資源評估報告指出，雖然近幾年其產卵母魚族群量逐漸恢復，但整體資源量仍處於過漁(overfished)狀況且有持續性過漁(overfishing)跡象。中西太平洋漁業委員會(WCPFC)經科學家評估後，確認造成資源衰退的主要壓力是來自捕撈幼魚的漁業。水試所針對 WCPFC 的評估表示，太平洋黑鮪是我國中小型延繩釣漁船之季節性捕撈的高經濟魚種，每年 4~6 月在東部及東南海域漁獲之黑鮪皆已達性成熟階段(6 歲以上)，亦即臺灣係以捕撈成魚為主，對於成魚之族群動態解析為刻不容緩的課題。

Block 教授自 2011 年起即與本所合作進行太平洋黑鮪生物性樣本採集，檢測 261 尾太平洋黑鮪(>180 cm)肌肉樣本，這些樣本皆為達性成熟的樣本且進入主要的產卵場(臺灣海域)。除了針對太平洋黑鮪進行氨基酸化合物特異性同位素分析(AA-CSIA)，並選擇餌料來評估太平洋黑鮪在西太平洋的營養位階，且驗證近期由東太平洋跨越太平洋之洄游情形。由貝氏同位素混合模型分析結果顯示，最近太平洋黑鮪在日本東部黑潮與親潮境處攝食，相對在日本海及台灣海域攝食來源相較少。太平洋黑鮪似乎不攝食以動物性浮游生物為食之魚種(例如沙丁魚或鯷魚)，但以高營養階層魚種，包括鯖魚、鮫魚及烏魴。AA-CSIA 分析結果證實了該區域 PBFT 的高營養位階(>5)，並鑑定了 2 個跨太平洋洄游之個體。此研究確定了在洄游到臺灣產卵場之太平洋黑鮪餌料生物需求，並為比較西太平洋太平洋黑鮪的移動和生態學的未來研究奠定了基礎(全文刊登於 2016 年 Marine Ecology Progress Series 553: 253-266)。Block 教授亦曾於 2017 年派遣研究團隊人員前來與本所研究人員一同出海，執行太平洋黑鮪國際合作型標識放流計畫，但未有斬獲。

本所終於在 2021 年 5 月成功將彈脫型衛星標識記錄器配置於

3 尾太平洋黑鮪成魚(編號#202621:約 200 公斤；#201097:約 300 公斤及#201098:約 180 公斤)。針對此三尾太平洋黑鮪的衛星資料解析，是筆者本次前往 Block 教授研究室短期研究中重要課題之一。此研究採用 Wildlife Computers(WC, Redmond, Washington, USA)所生產 PSAT 型號為 MiniPAT。標體長度 12.4 公分，最大直徑 3.8 公分，重量 30 克，記錄深度範圍從 0 至 1700 公尺(解析度 0.5 公尺)，溫度範圍-40 至 60°C(解析度 0.05°C)。標識器為低阻碳纖外殼密封，內建 64Mb 非揮發性儲存記憶體(non-volatile)。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 會啟動釋放功能。或在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，並將所存檔之資料傳送至 Argos 衛星系統。PSAT 將記錄溫度、壓力(深度)與光照度，其光照度數據是以黎明及黃昏為基礎時間(定義白天與晚上時間)，並藉由經度(當地格林威治時間)和緯度(晝長時間)來估算每日可能的地理位置與水平移動的軌跡變化。Wildlife Computers 開發出 GPE3 光地理位置解析軟體，運用 Hidden Markov 模式以光照度、表水溫資料及最大游泳速度為參數進行最有可能移動軌跡(Most Probably Track, MPT)估算。

3 枚標識器(PBF#202621, #201097 及#201098)分別歷經 53 天 17 小時、13 天 4 小時及 60 天 16 小時後彈脫，累計資料記錄時間達 127 天 13 小時。由標識器彈脫位置顯示，在臺灣東部海域標識後野放的太平洋黑鮪皆往東北方向移動(日本南方與西南海域)。由 GPE3 解析 PBF#202621 洄游路徑顯示，太平洋黑鮪標識後順著黑潮往北洄游，經由日本九州西部穿越日本與韓國中間的對馬海峽進入日本海，再經由津輕海峽回到北海道南方太平洋海域，標識器在日本青森外海彈脫(圖 14)。PBF#201097 在臺灣東部海域標放後，順著黑潮北上，但標識器提前在日本沖繩島附近彈脫。而

PBF#201098 在臺灣東部標放行，標識器在日本北海道函館外海彈脫，但由於衛星資料量回傳不夠(標識器彈脫後疑似漂流至水泥消波塊內)，因此無法進行地理位置解析，實屬可惜。

但經由筆者在 Block 教授研究室定期討論會報告後，Block 教授與研究室資深地理資訊系統工程師 Mike Castleton 多次討論，並運用 Block 教授研究室長期採用的 SSM (Bayesian state-space model) 並將太平洋黑鮪垂直分布之水溫資料與環境水溫資料進行配對分析(圖 15)，發現太平洋黑鮪由臺灣東部海標識放流之後，沿著黑潮往東北方移動進入日本東南海域，且在黑潮延伸往東太平洋之處，仍持續往太平洋黑鮪的攝食海域北上，抵達日本青森外海，標識器提前彈脫魚體。此研究成果為西北太平洋首次記錄太平洋黑鮪季節性產卵洄游移動特徵，也在確認這重要的生態習性之後，筆者則進行隨後的分析與研究成果報告撰寫(圖 16)。

根據棲息深度與溫度資料顯示，PBT#201097 棲息最深達 1,458 公尺，溫度僅有 2.6°C。白天及夜間的棲息移動行為具顯著性差異，日夜棲息深度與溫度分別為 109.9 ± 148.4 公尺， 19.9 ± 5.1 °C, and 88.5 ± 107.5 公尺， 21.1 ± 3.9 °C。日夜皆有來回不停連續的下潛與上升行為(圖 17)，由無母數 two-sample Kolmogorov-Smirnov test 及 Mann-Whitney-Wilcoxon 檢定結果顯示白天與夜晚棲息移動深度具顯著性差異(圖 18) ($P < 0.001$)。尤其在黎明和黃昏時段，太平洋黑鮪上升至混合層的深度，隨後再深潛至較深的海域。太平洋黑鮪白天期間有大於 70% 的時間棲息於深度 300 公尺以淺，夜間主要有 90% 的時間棲息於 200 公尺以淺水域，棲息溫度範圍介於 3.0°C-28.9°C。不同太平洋黑鮪個體棲息深度皆具有雙峰分布(bimodal distribution)，除了喜好棲息於表層至混合層深度(0-100 尺)之外，另一喜好棲息深度則在 200 公尺深度區間(圖 19)。由 PBT#202621 變點分析(Changepoint analysis)顯示，太平洋

黑鮪具有明顯時間序列的轉換點，有兩個行為模式的轉變分別在 6 月 11 日及 6 月 20 日(圖 20)，太平洋黑鮪在高緯度海域棲息在較淺水層且棲息溫度深與深度在不同時段有顯著的差異。限制魚類分佈的四個主要因素包括餌料取得、溫度、深度及溶氧濃度。相似魚種黃鰭鮪下潛深度可達 1,000 公尺以深，溫度約為 4.2°C，溶氧量為 3.0mg/L，在此研究中 PBT#201097 下潛深度達 1,478 公尺，或是因為攝食活動或是躲避被捕食，但在不同時段的下潛行為改變，也可能源自太平洋黑鮪生殖活動結束後離開產卵場，對於溫度及深度的偏好也因而改變(圖 21)。筆者也終於在結束為期 7 的月的短期研究之際，以「Spawning migration and habitat use of adult Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*) in the northwestern Pacific Ocean」為題，完成太平洋黑鮪成魚的首次產卵洄游行為解析報告，準備投稿國際學術期刊。

學習的過程心情總是開心日復一日，但時光飛梭，時間卻是永遠都不夠用。轉眼 7 個月的短期研究飛逝而過，返國時間在即，Block 教授特別安排筆者在研究室定期討論會中，報告此期間所完成的太平洋黑鮪標識放流研究報告，為筆者訪美短期研究行程畫下難捨句點。11 月 29 日下午 4 點 30 分，筆者搭上 Monterey Airbus 機場接駁車前往舊金山國際機場，搭上長榮航空公司 11 月 30 日凌晨 00:05 BR17 班機返回臺灣桃園國際機場，並於 12 月 1 日清晨 05:55 平安達國門。

四、心得與建議

霍普金斯海洋中心是史丹福大學所屬的海洋研究重鎮，於 1892 年創建，位於主校區以南 90 英哩太平洋叢林(Pacific Grove)的蒙特雷半島(Monterey Bay Peninsula)，至今已有 130 年歷史。是美國太平洋沿岸最古老的海洋實驗室，也是美國第二古老的海洋實驗室，僅次於馬薩諸塞州伍茲霍爾海洋研究所(Woods Hole Oceanographic

Institution)的海洋生物實驗室。海洋中心以 Timothy Hopkins 的名字命名，Timothy Hopkins 是史丹福大學的早期受託人和長期支持者。研究中心內以紀念海洋學家 Alexander Agassiz 所命名之 Agassiz Building 為海洋中心之地標，亦是主要教室與實驗室，教室內保有傳統的木造實驗桌且窗外的海景常有大型鯨類出現而因此打斷上課或是演講(圖 22)。自 1931 年起加州通過立法，將霍普金斯海洋中心周圍的沿岸區域指定為霍普金斯海洋生物保護區，未經科學採集許可，禁止採集海洋無脊椎動物和植物。此保護區也是第二古老的海洋生物保護區，僅次於斯克里普斯海洋學研究所的聖地亞哥海洋生物保護區。霍普金斯海洋中心原屬生物研究所(Biology Department)，2022 年秋季更改隸屬在海洋研究所(Oceans Department)所屬 Doerr School of Sustainability 之下。總計有 10 個研究室，專研主題包括分子生物學、生物力學、生物化學、發育生物學、神經生物學、生態學、演化學及遺傳學等。

霍普金斯海洋中心 Harold A. Miller Library 關於海洋生物、海洋學、漁業科學及水生生物科學等期刊與書籍典藏相當完備。雖然進入數位年代，許多圖書館日漸消失或減少開館時間改以網路數位圖書館型態，但在 Miller Library 仍可見全職的專業館員且新發刊書籍在圖書館的書架上總是顯而易見。且 Miller Library 建立於 1989 年，整棟建築主要由木頭材質和玻璃打造而成，在館內中央有座圓錐玻璃天井，讓光線進入圖書館內，連接大型落地窗的海景，縮短了圖書館與海岸的距離，彷彿置身在大海邊的閱讀場所。海洋中心每人皆擁有電子門卡，可不限時間自由使用圖書館，無時無刻享受寧靜閱讀樂趣，也成為筆者夜間及假日的最佳練功場，幾本鮪旗魚的專書(圖 23)，也提供給筆者源源不絕的探索方向。

Miller Library 亦典藏知名海洋生物學家里基茨(Edward F. Ricketts)生前所採集的海洋生物標本並將其採樣資料進行後製及數位

化典藏，非常珍貴。Ricketts 曾設立太平洋生物實驗室(Pacific Biological Laboratories, Ins.)，一直與霍普金斯海洋中心保有密切合作。1939 年 Edward F. Ricketts 和 Jack Calvin 於 1939 年出版「Between Pacific Tides」，描述了美國、加拿大和墨西哥太平洋沿岸的潮間帶生態，大約五百種常見、顯眼的海濱無脊椎動物的習性和棲息地的描述，至今仍是許多海洋生物課程的專科教材書籍，該書已售出約 10 萬冊，成為斯坦福大學出版社出版的最暢銷書籍之一。里基茨亦從事定量生態學，曾分析了蒙特利沙丁魚漁業，描述了沙丁魚生態，並指出隨著捕撈強度的增加，產量正在下降。當沙丁魚枯竭，整個產業被摧毀時，里基茨解釋了沙丁魚的遭遇：“它們裝在罐頭裡”(They're in cans)。實驗室落於研究中心鄰近的罐頭街(Cannery Row)800 號，目前由 Cannery Row Foundation 管理且提供每月開放一次免費參觀(圖 24)。太平洋生物實驗室亦成為當年知識分子、藝術家和作家的聚會場所，其中更與約翰史坦貝克(John Steinbeck)成為摯友，啟發史坦貝克對於海洋生物的觀察及對其寫作與思想有著重大的影響。1940 年初，里基茨和史坦貝克租用了名為 Western Flyer 的蒙特雷灣沙丁魚漁船，進行 6 週在加利福尼亞灣沿岸收集生物標本。1941 年共同出版「The Log from the Sea of Cortez」，其中史坦貝克將旅行的日報與里基茨的註釋標本清單相結合。柯提茲的海(Sea of Cortez)這個名字比加利福尼亞灣(Gulf of California)更受歡迎，因為它聽起來更好聽。1948 年，當里基茨在結束一天的工作去吃晚飯的路上開車穿過德雷克大道的鐵軌時，一輛特快客運列車撞上了他的車而喪生，享年僅有 50 歲。1951 年，史坦貝克將「柯提茲的海」書上的敘事部分重新出版，並增加了題為“關於埃德里基茨”的序言，這也是里基茨的生平傳記，表達對里基茨的追思。1962 年史坦貝克獲得諾貝爾文學獎，主要小說代表作有罐頭街(Cannery Row)、人鼠之間(Of Mice and Men)及憤怒的葡萄(The Grapes of Wrath)等等，許多故事與

題材取自實驗室附近真實人事物，里基茨與史坦貝克亦師亦友的独特情誼，成為史坦貝克多部小說作品的靈感來源與角色架構。Miller Library 也典藏了所有史坦貝克的著作，而在已廢棄的鐵路交叉口處有一尊真人大小的里基茨半身像，以紀念這位啟發生物學家兼哲學家(圖 25)。筆者於返國後由網路書局購得柯提茲的海(Sea of Cortez)中譯本(圖 26)，如獲至寶愛不釋手。

海洋中心所屬學人宿舍(Hopkins Housing)座落於離中心 15 分鐘步行距離的小山坡上(圖 27)，門口可遠望整個蒙特雷灣，環境優雅，且有寬大的公共廚房與客廳，是個舒適的住所。經常由於床位有限且住宿費用高，筆者短期學術訪問期間無法全程都居住在此，但留下了美好回憶。也要感謝住在學人宿舍不遠處的 Dr. Andre Boustany 經常提供我溫馨的住處，且常常一起討論生物紀錄科學事項及提供筆者寶貴的標識器錨定方式，運用在鬼頭刀等中型大洋性魚類標識放流試驗研究(圖 28)。

學術訪問初期，正值臺灣海域太平洋黑鮪盛漁期，6 月 26 日由宜蘭縣蘇澳漁港普查員通報，捕獲一尾黑鮪(215 cm FL)，身上配置著號碼籤(#DD2464)(圖 29)，經筆者就號碼籤註記聯絡所屬單位為美洲熱帶委員會(Inter-American Tropical Tuna Commission, IATTC)，並由號碼籤的註記電話與負責人聯繫(+1 858 5467159)，是已退休的漁業科學家 Kurt Schaefer。Kurt 隨即告訴我，標放者這是筆者所在的研究室 Prof. Barbara Block。真是令人振奮的消息，但隨即與臺灣這頭聯繫，漁民可有保留植入在腹腔的電子標識器，卻得到遺憾回覆。漁民為了海上作業鮪魚魚腹的保鮮，通常會在海上作業漁獲後即進行解剖，將整個腹腔清除，置入新鮮冰塊保鮮。經查詢 Block 教授研究室資料庫，2016 年 6 月 21 日在加州外海標放的個體(115 cm FL)，將近 7 年時間，體長增加 100 公分。這也再次驗證，太平洋黑鮪會幼魚會從東太平洋回到西太平洋臺灣東部海域。Block 教授也即刻授權筆者

將其標識放流回收懸賞海報進行中譯(圖 30)，回傳至臺灣太平洋黑鮪的主要漁獲港口(屏東縣東港、臺東縣新港及宜蘭縣南方澳漁港)，期待臺灣會在未來不久回收這些跨洋產卵洄游的太平洋黑鮪標識器，解析出更多生態珍貴資訊。學術訪問後期巧遇 2018 年曾來臺灣參加 CLIOTOP(Climatic Impact on the Ocean Top Predators)研討會的澳洲籍漁業科學家 Dr. Stephanie Brodie，也獲得邀請前往所屬 NOAA Southwest Fisheries Science Center, Environmental Research Division 專題演講(圖 31)，介紹筆者所屬單位的研究概況與分享生物紀錄研究心得。也特別報告了目前本所正在建造的研究船所具備的性能與任務，也是筆者在學術訪問期間每周三晚上必須參加的新造研究船技術協調會議的最新進度報告，非常有趣且備感榮幸。演講後也發現在我們附近海岸的港口有公務碼頭，停泊了 NOAA 的研究船(圖 32)、海巡的巡護船及消防專用的船隻，但礙於外國人身分限制無法登船參觀，實屬遺憾。

感謝國科會及筆者所屬單位提供本次前往史丹福大學的短期研究的機會，期盼未來能持續回饋所學，並發揮臺灣東海岸在處在黑潮主流海域的獨特地理位置，在所屬單位完成研究船建造之後，發展符合臺灣東部海域的漁業科學研究，並繼續參與與建立國際合作研究項目。



圖 1、筆者與 Barbara Block 教授(左一)及烏克蘭籍漁業科學家 Dr. Vadim Pavlov 合影。



圖 2、筆者在鮪類研究與保育中心之研究室。

RESEARCH

FISHERIES

Tracking the global footprint of fisheries

David A. Kroodsma,^{1*} Juan Mayorga,^{2,3} Timothy Hochberg,⁴ Nathan A. Miller,⁵ Kristina Boerder,⁶ Francesco Ferretti,⁶ Alex Wilson,⁷ Bjorn Bergman,⁸ Timothy D. White,⁹ Barbara A. Block,⁴ Paul Woods,¹ Brian Sullivan,⁷ Christopher Costello,² Boris Worm²

Although fishing is one of the most widespread activities by which humans harvest natural resources, its global footprint is poorly understood and has never been directly quantified. We processed 22 billion automatic identification system messages and tracked >70,000 industrial fishing vessels from 2012 to 2016, creating a global dynamic footprint of fishing effort with spatial and temporal resolution two to three orders of magnitude higher than for previous data sets. Our data show that industrial fishing occurs in >85% of ocean area and has a spatial extent more than four times that of agriculture. We find that global patterns of fishing have surprisingly low sensitivity to short-term economic and environmental variation and a strong response to cultural and political events such as holidays and closures.

Agriculture, forestry, and fishing are the main activities by which humans appropriate the planet's primary production (1, 2) and reshape ecosystems worldwide (3). Recent advances in satellite-based observation have allowed high-resolution monitoring of forestry and agriculture, creating opportunities such as carbon management (4), agricultural forecasting (5), and biodiversity monitoring (6) on a global scale. In contrast, we lack a precise understanding

of the spatial and temporal footprint of fishing, limiting our ability to quantify the response of global fleets to changes in climate, policy, economics, and other drivers. Although fishing activities have been monitored for selected fleets using electronic vessel monitoring systems, logbooks, or onboard observers, these efforts have produced heterogeneous data that are neither publicly available nor global in scope. As a result, the global footprint of fishing activity, or "effort,"

could be inferred only from disaggregated catch data (7, 8).

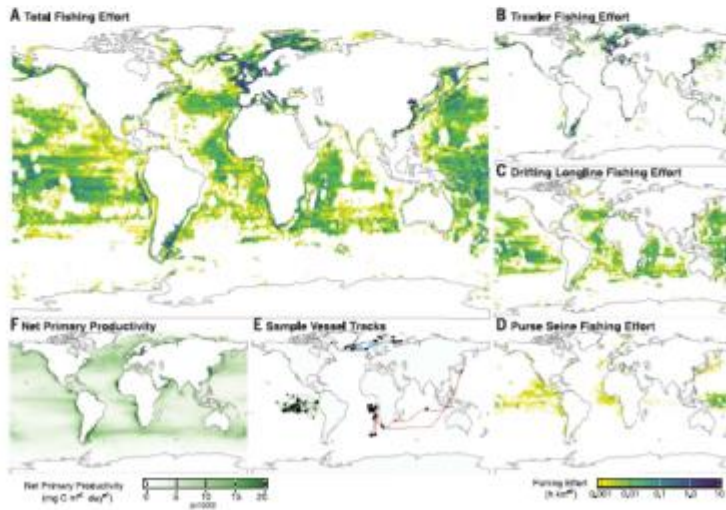
Recent expansion of the automatic identification system (AIS) (9) presents an opportunity to fill this gap and quantify the behavior of global fleets down to individual vessels (10). Although AIS was originally designed to help prevent ship collisions by broadcasting to nearby vessels a ship's identity, position, speed, and turning angle every few seconds, these messages are also recorded by satellite- or land-based receivers. Whereas its usefulness as a tracking tool has been established locally (11–13), we use AIS to directly map global fishing activity.

We processed 22 billion global AIS positions from 2012 to 2016 and trained two convolutional neural networks (CNNs): one to identify vessel characteristics and a second to detect AIS positions indicative of fishing activity (Fig. S1). The vessel characterization CNN was trained on 45,441 marine vessels (both fishing and nonfishing) that were matched to official fleet registries. The resulting model identifies six classes of fishing vessels and six classes of nonfishing vessels (tables S1 and S2) with 95% accuracy

Global Fishing Watch, Washington, DC 20036, USA; ¹Ilse School of Environmental Science and Management, University of California, Santa Barbara, CA 93106, USA; ²Pacific Sea, National Geographic Society, Washington, DC 20036, USA; ³SkyTruth, Shepherdstown, WV 25443, USA; ⁴Department of Biology, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia B3H 4R2, Canada; ⁵Department of Biology, Stanford University, CA 94305, USA; ⁶Google, Mountain View, CA 94033, USA.

*Corresponding author. Email: david@globalfishingwatch.org

Fig. 1. The spatial footprint of fishing. (A to D) Total fishing effort [hours fished per square kilometer (h km^{-2})] in 2016 by all vessels with AIS systems (A), trawlers (B), drifting longliners (C), and purse seiners (D). (E) Examples of individual tracks of a trawler (blue), a longliner (red), and a purse seiner (green). Black symbols show fishing locations for these vessels, as detected by the neural network, and colored lines are AIS tracks. (F) Global patterns of average annual NPP [expressed as milligrams of carbon uptake per square meter per day ($\text{mg C m}^{-2} \text{day}^{-1}$)] are shown for reference.



Downloaded from <http://science.sciencemag.org/> on February 22, 2018

圖 3、Barbara Block 教授研究室運用 Global Fishing Watch 資料監測全球延繩釣漁船動態所發表之科學報告。

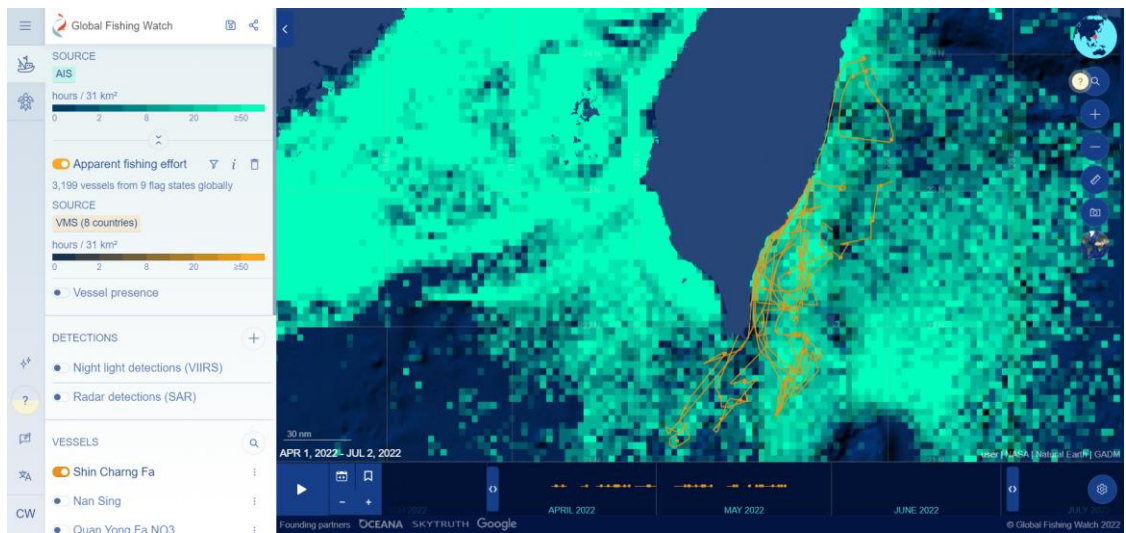
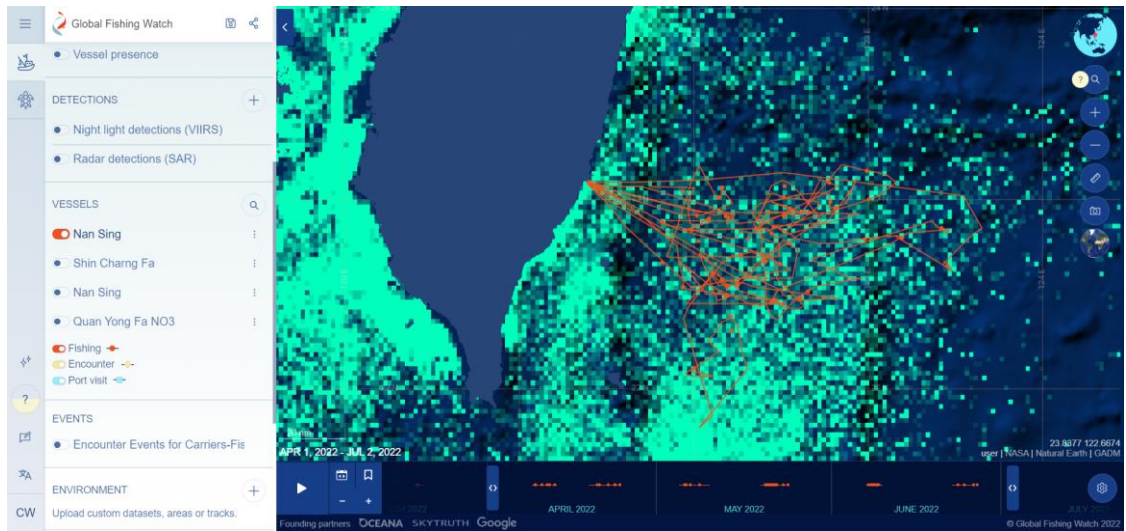


圖 4、Global Fishing Watch 監測臺灣東部鮪延釣船(上圖)及鬼頭刀延繩釣樣本船(下圖)動態資料。

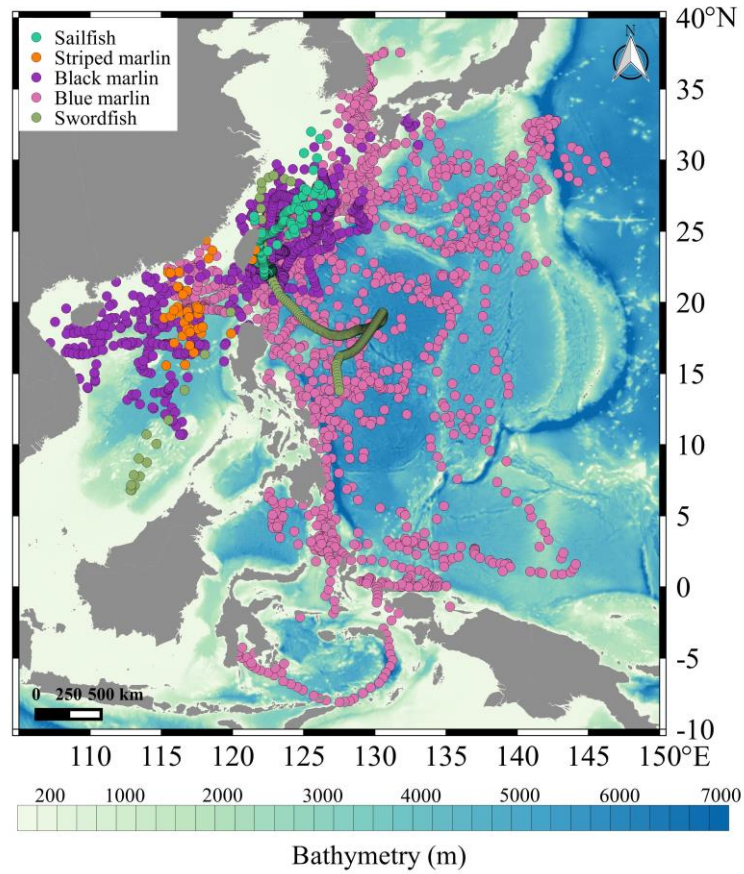
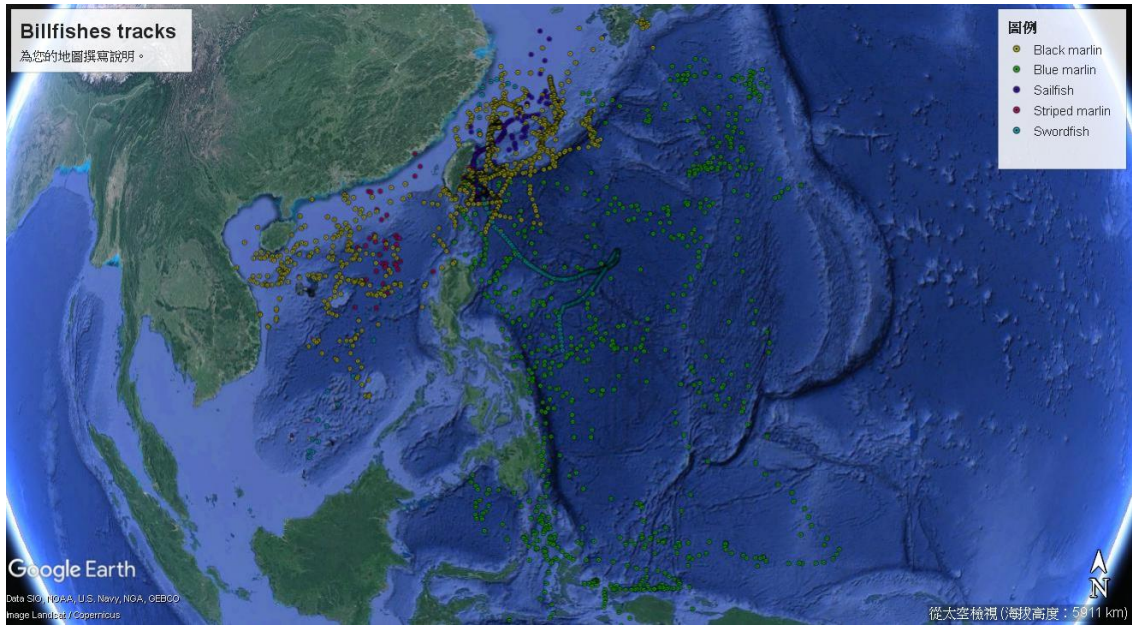


圖 5、運用 Google Earth(上圖)及 QGIS(下圖)地理資訊平台展示歷年 5 種旗魚類標識放流研究所得洄游移動訊息。



圖 6、大西洋黑鮪所採用的 Vemco V13 超聲波發報器。



圖 7、大西洋黑鮪標識放流實景。



圖 8、太平洋黑鮪夜間標識放流實景。



圖 9、太平洋黑鮪標識放流由兩組同步進行。



圖 10、TAG 之 Shogun 2022 太平洋黑鮪標放及任務完成後大合照。

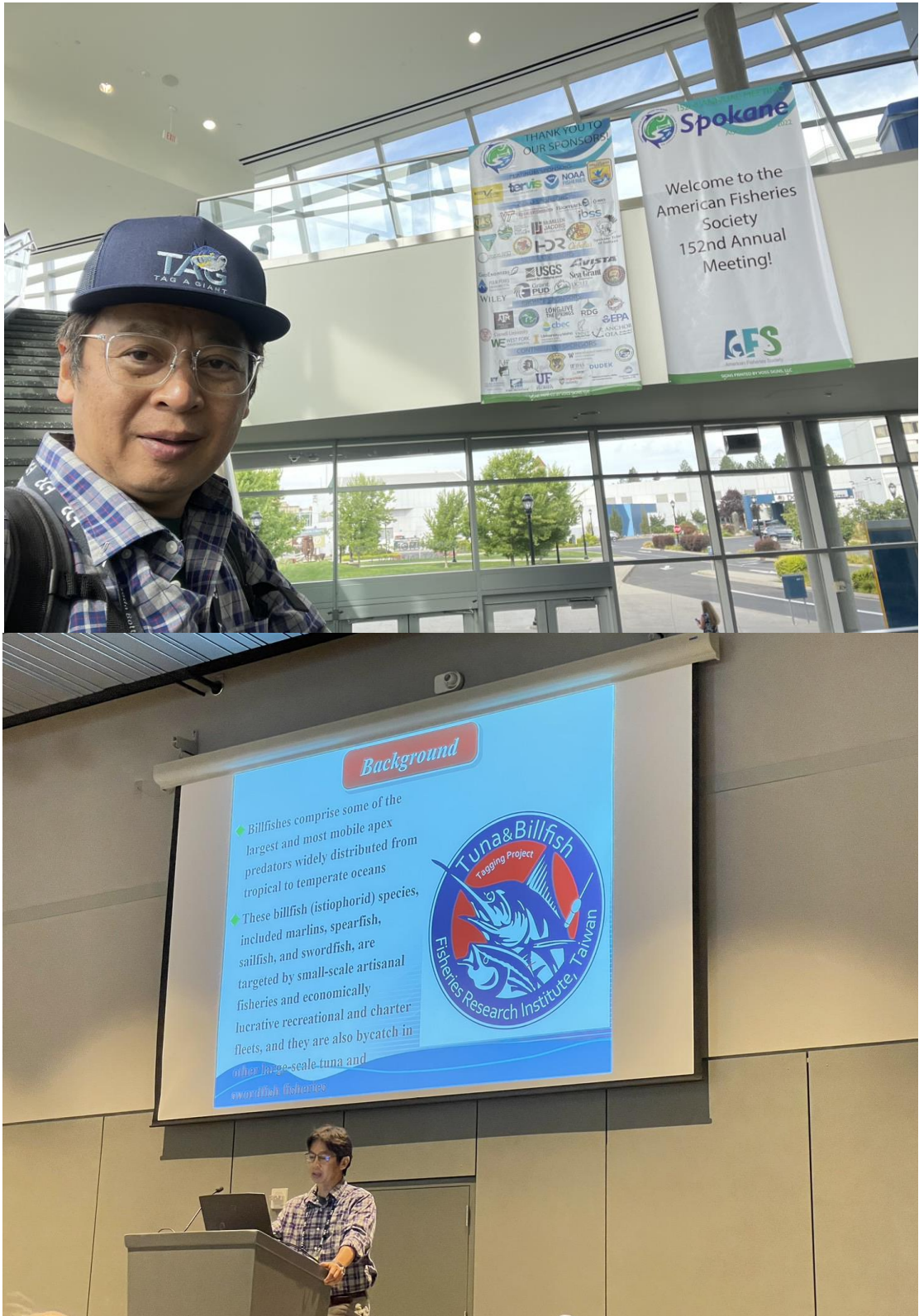


圖 11、參加第 152 屆美國漁業學會年會暨口頭發表。

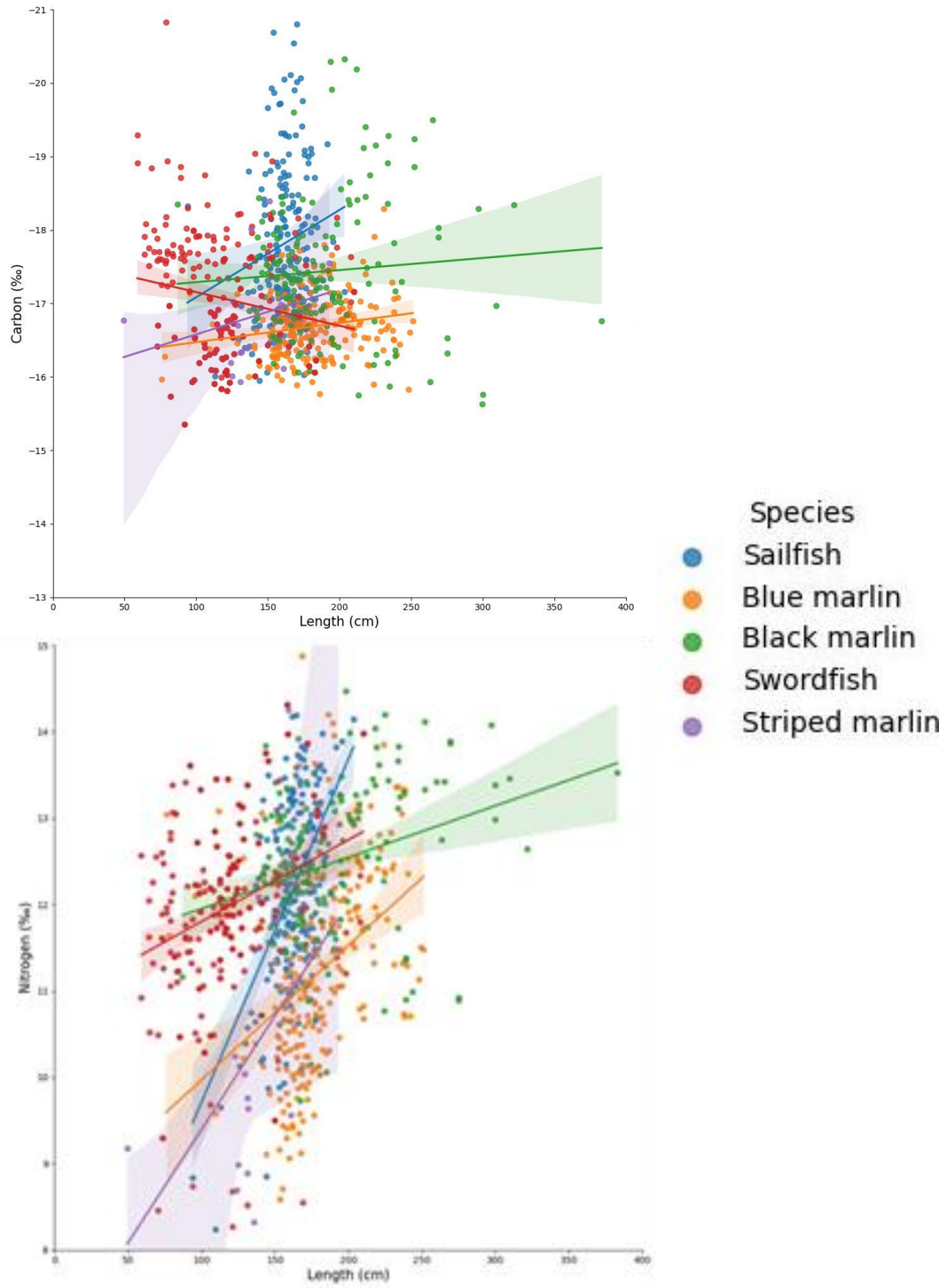


圖 12、5 種旗魚類穩定同位素分析碳值(上圖)及氮值(下圖)與體長大小之直線迴歸關係。

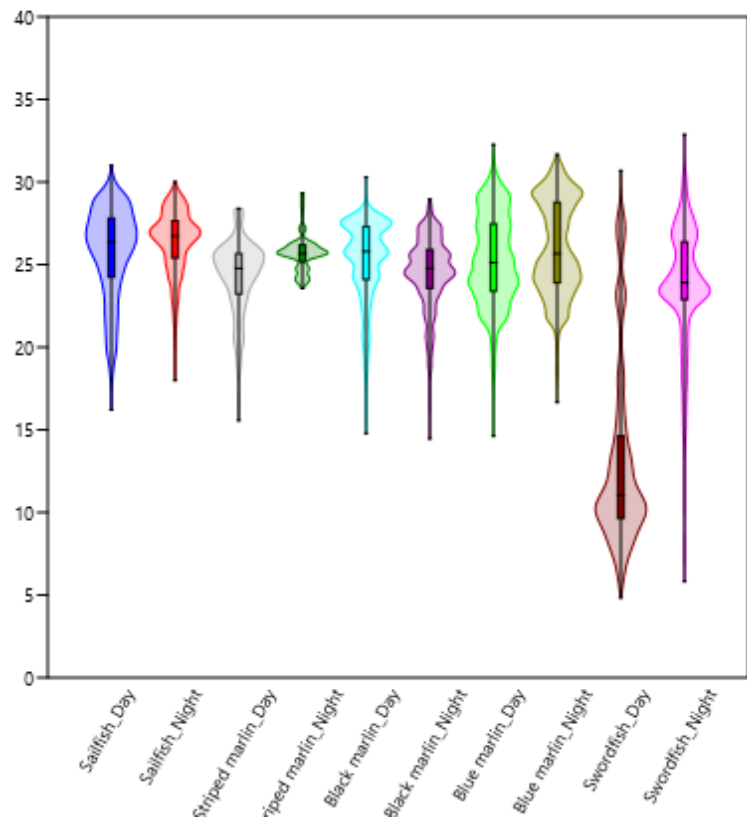
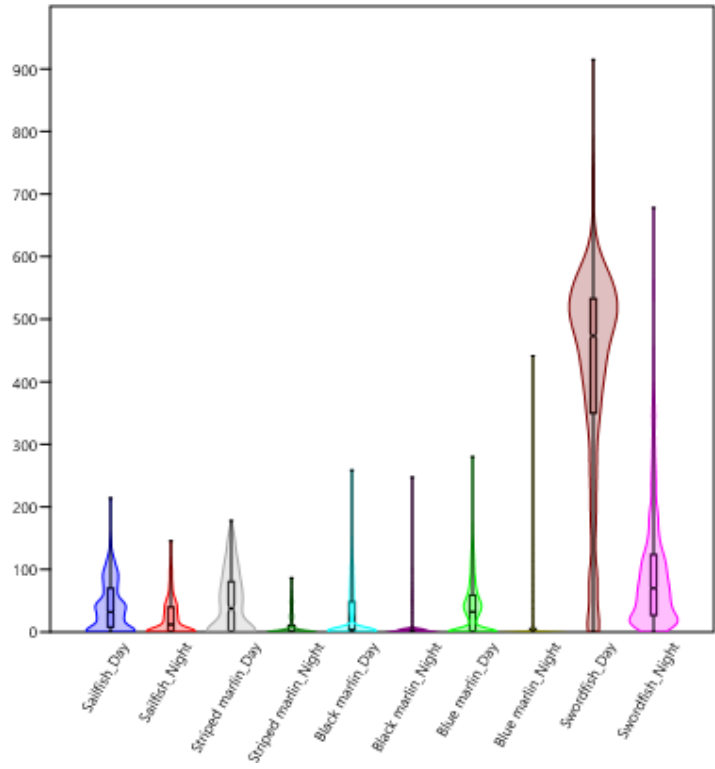


圖 13、5 種旗魚類白天及夜晚棲息深度(上圖)及溫度(下圖)範圍。

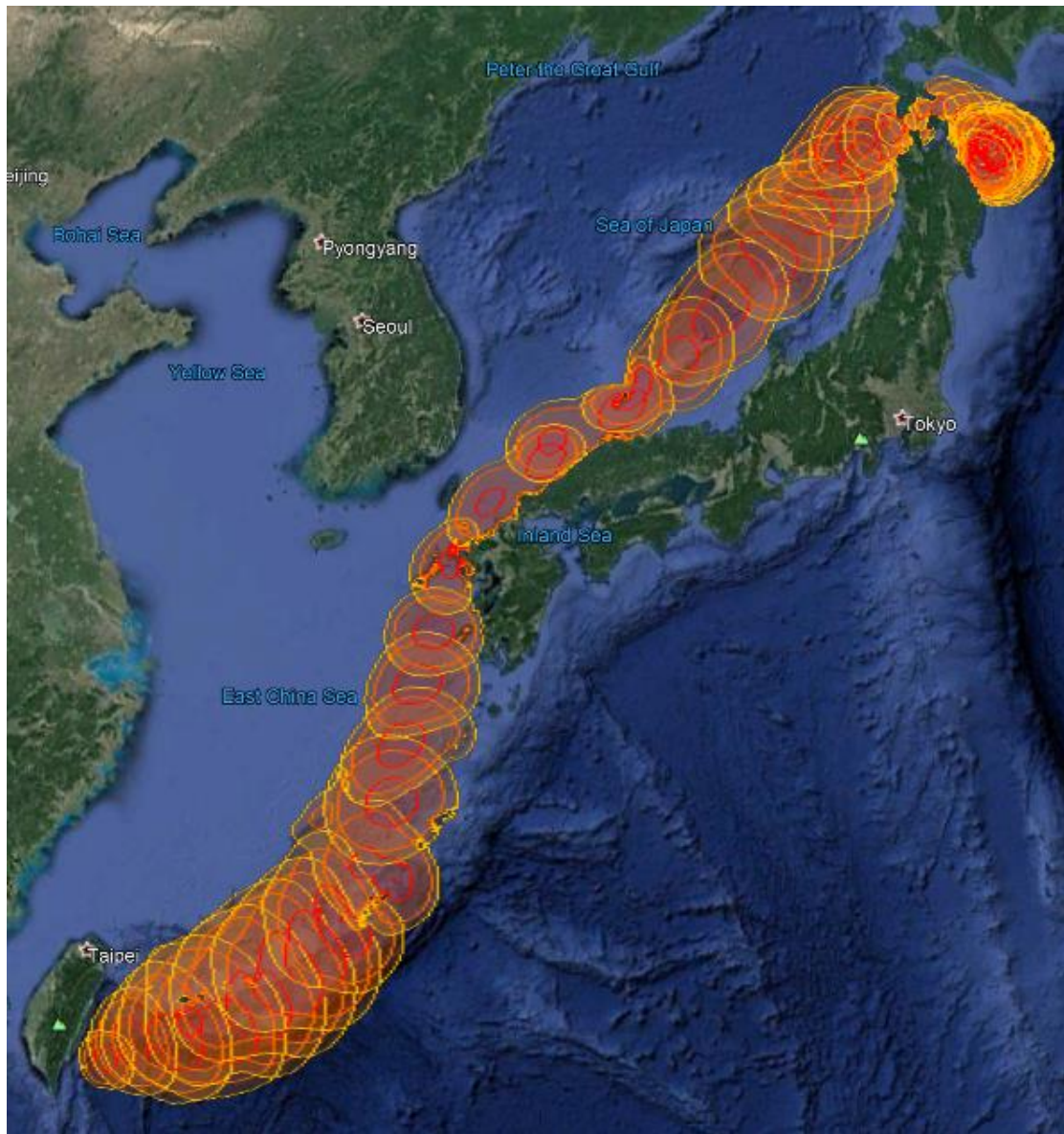


圖 14、運用 Wildlife Computers GPE 軟體解析出 PBF#202621 洄游路徑。

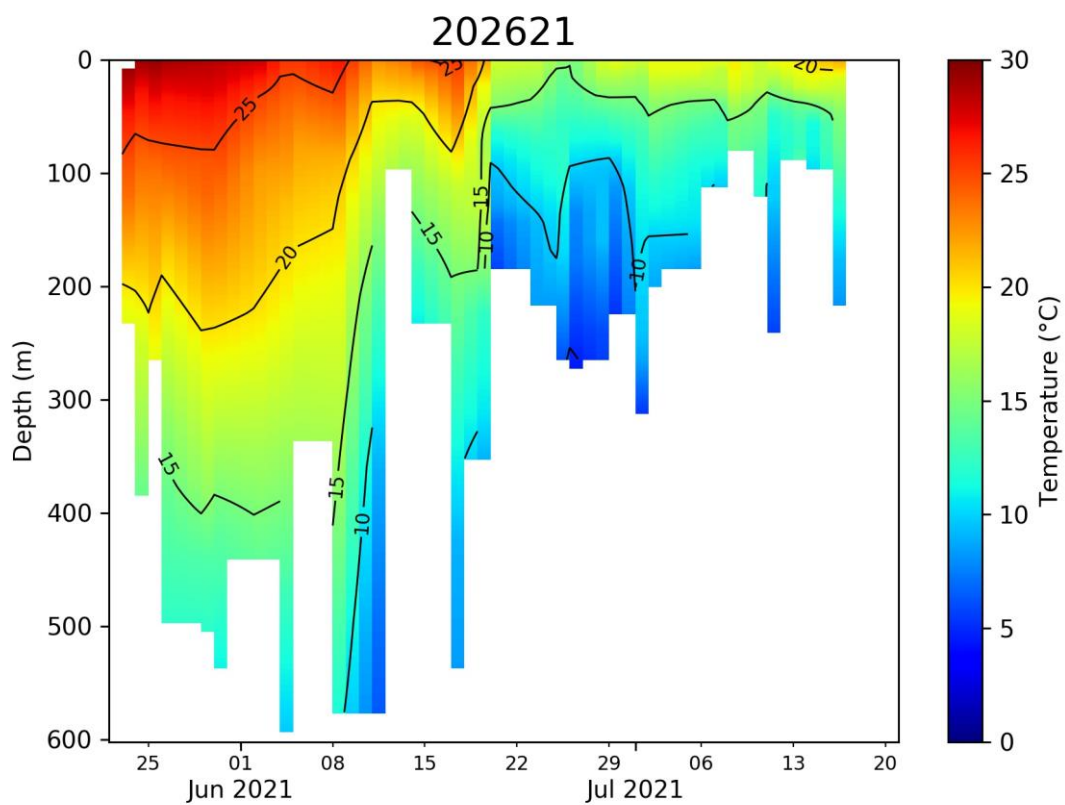
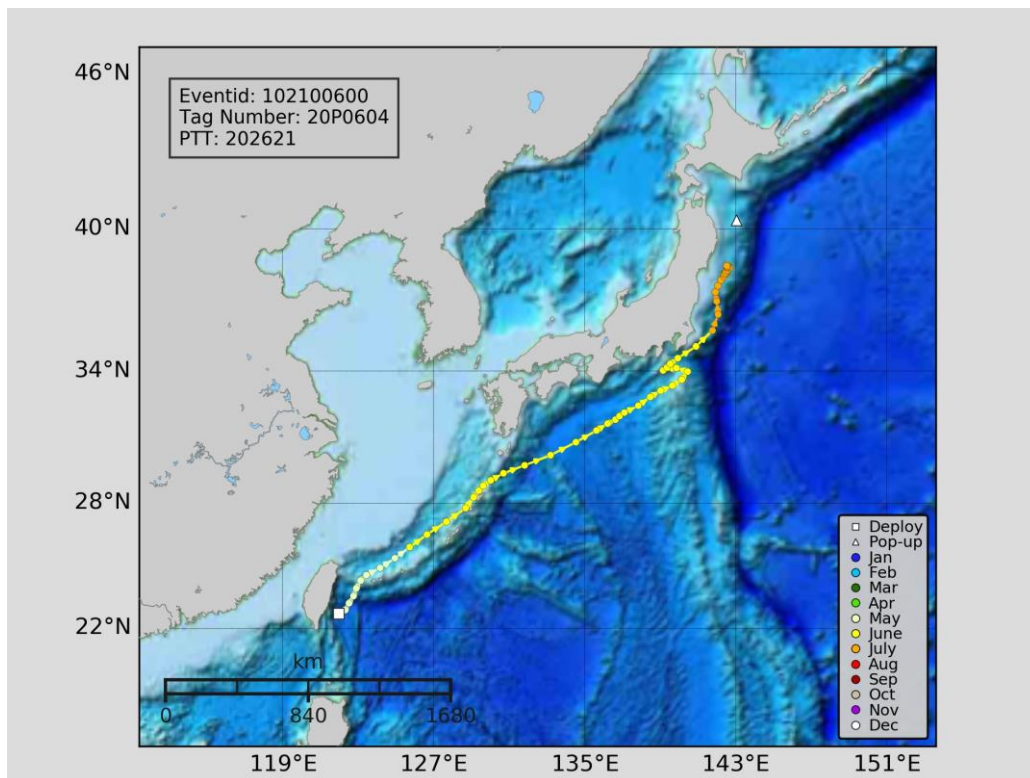


圖 15、運用 Block 教授研究室 SSM 程式碼解析出 PBF#202621 洄游路徑(上圖)及棲息深度與溫度(下圖)。

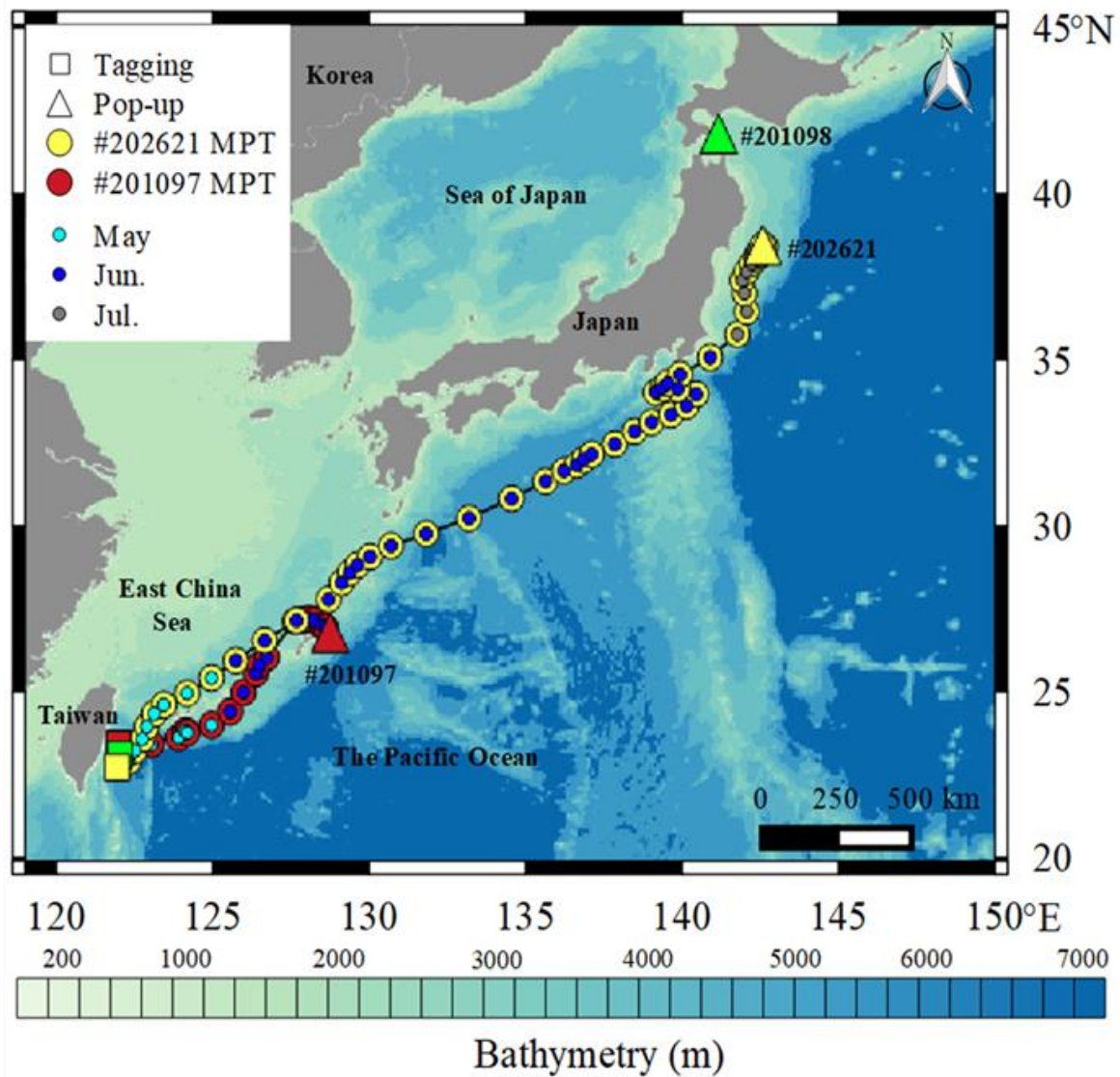


圖 16、3 尾太平洋黑鮪成魚(#202621、#201097 及#201098)標識放流與標識器彈脫地理位置，及推估可能洄游路徑。

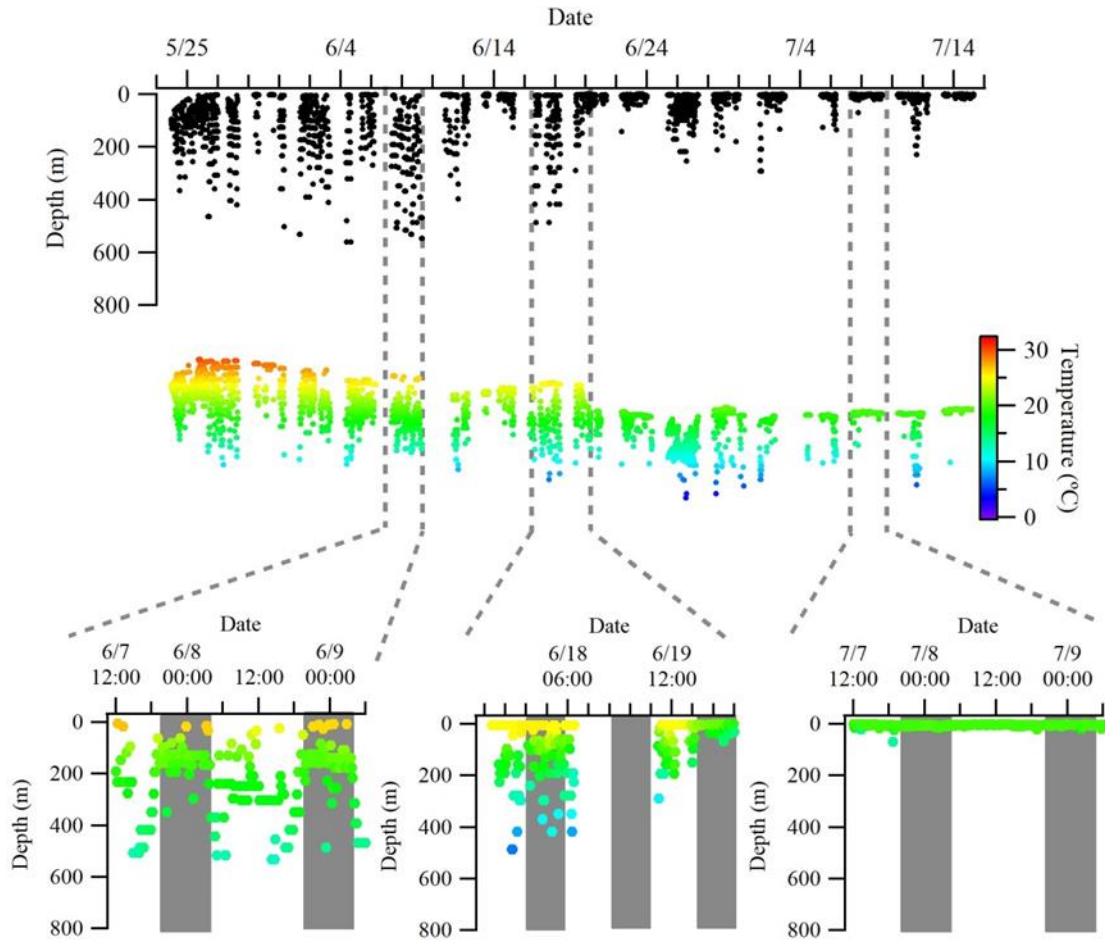


圖 17、PBT#202621 標識放流 54 天紀錄之棲息深度與溫度(直方灰色條狀代表夜晚)。

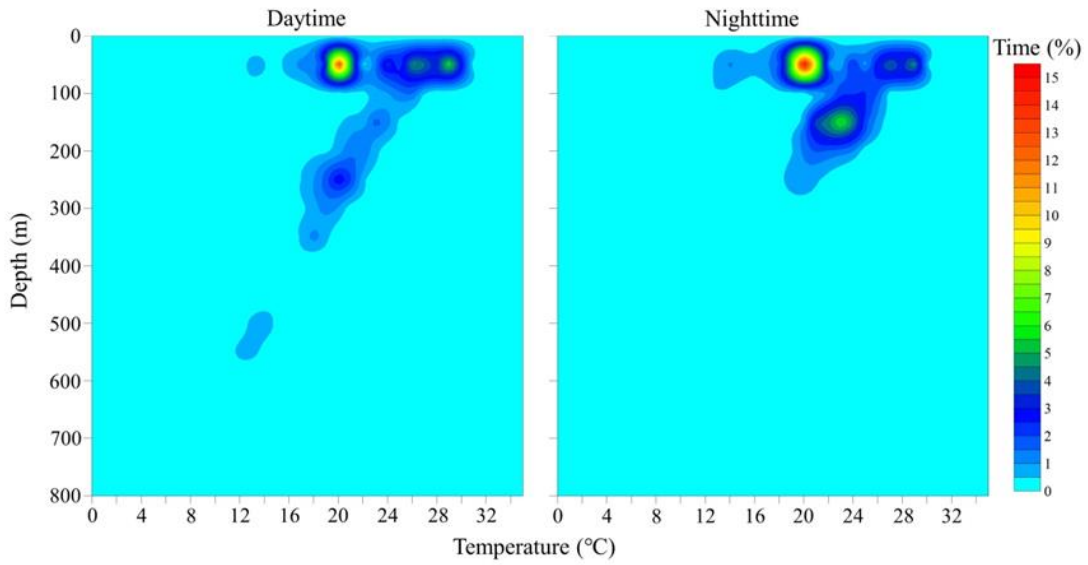


圖 18、太平洋黑鮪白天與夜晚棲息深度與溫度之熱點。

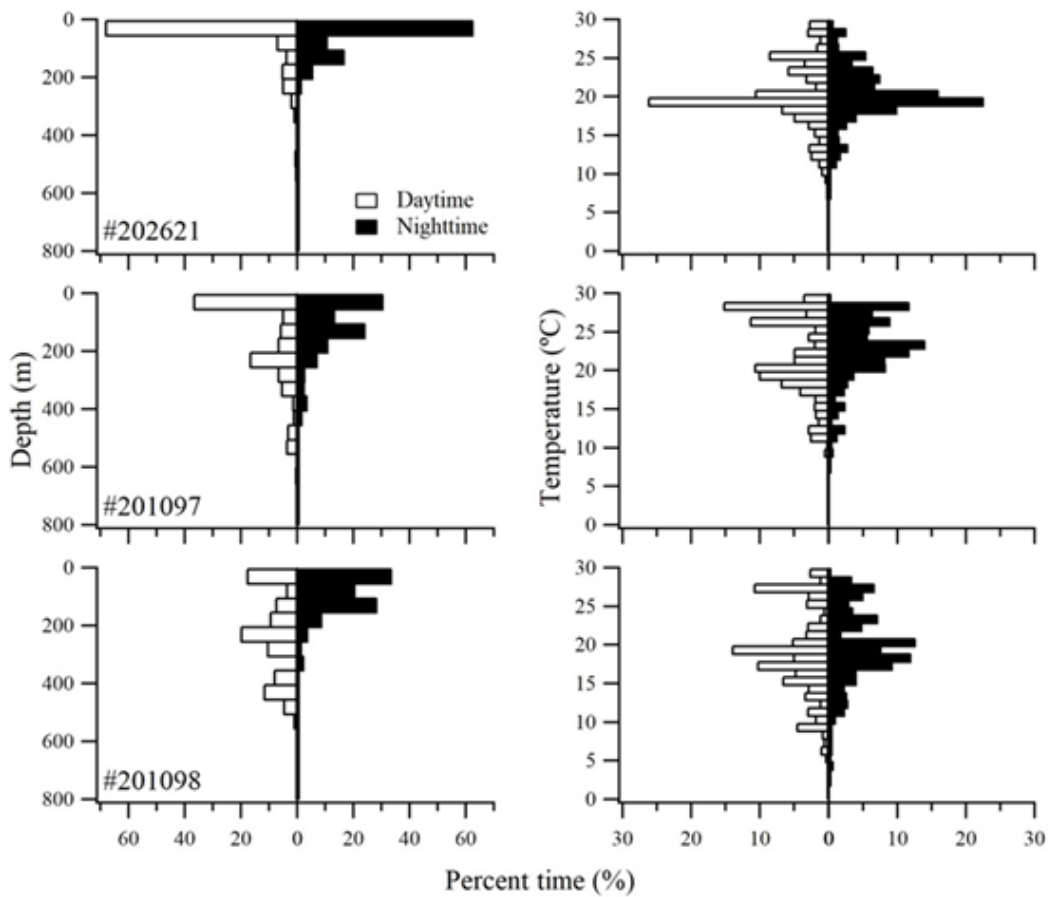


圖 19、3 尾太平洋黑鮪成魚(#202621、#201097 及#201098)白天與夜晚棲息深度與溫度百分比圖。

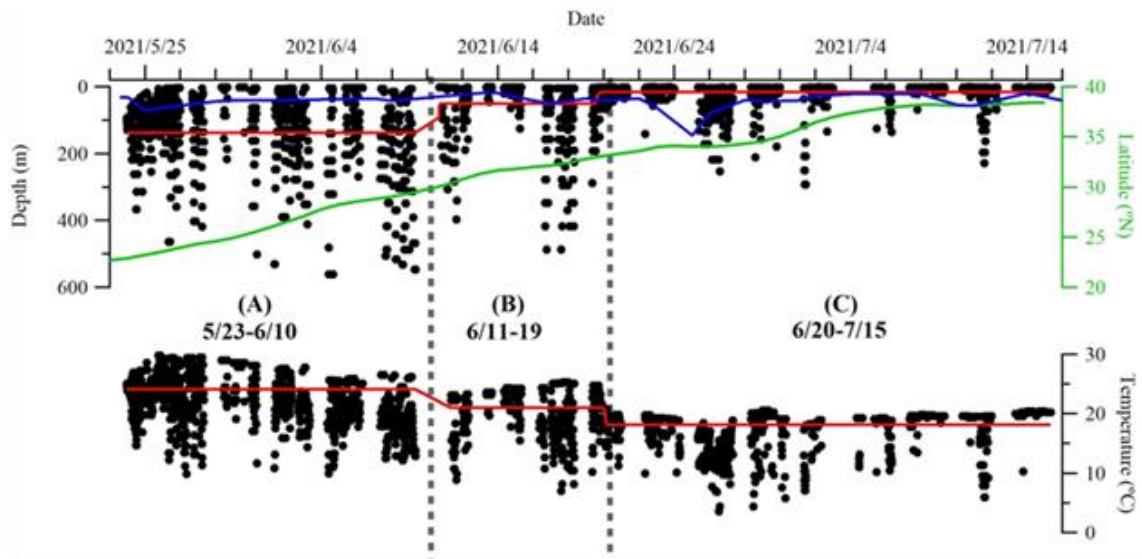


圖 20、PBT#202621 棲息深度與溫度之變點分析結果(三個不同時間階段有明顯的移動型態差異)及時間序列之棲息緯度變化。

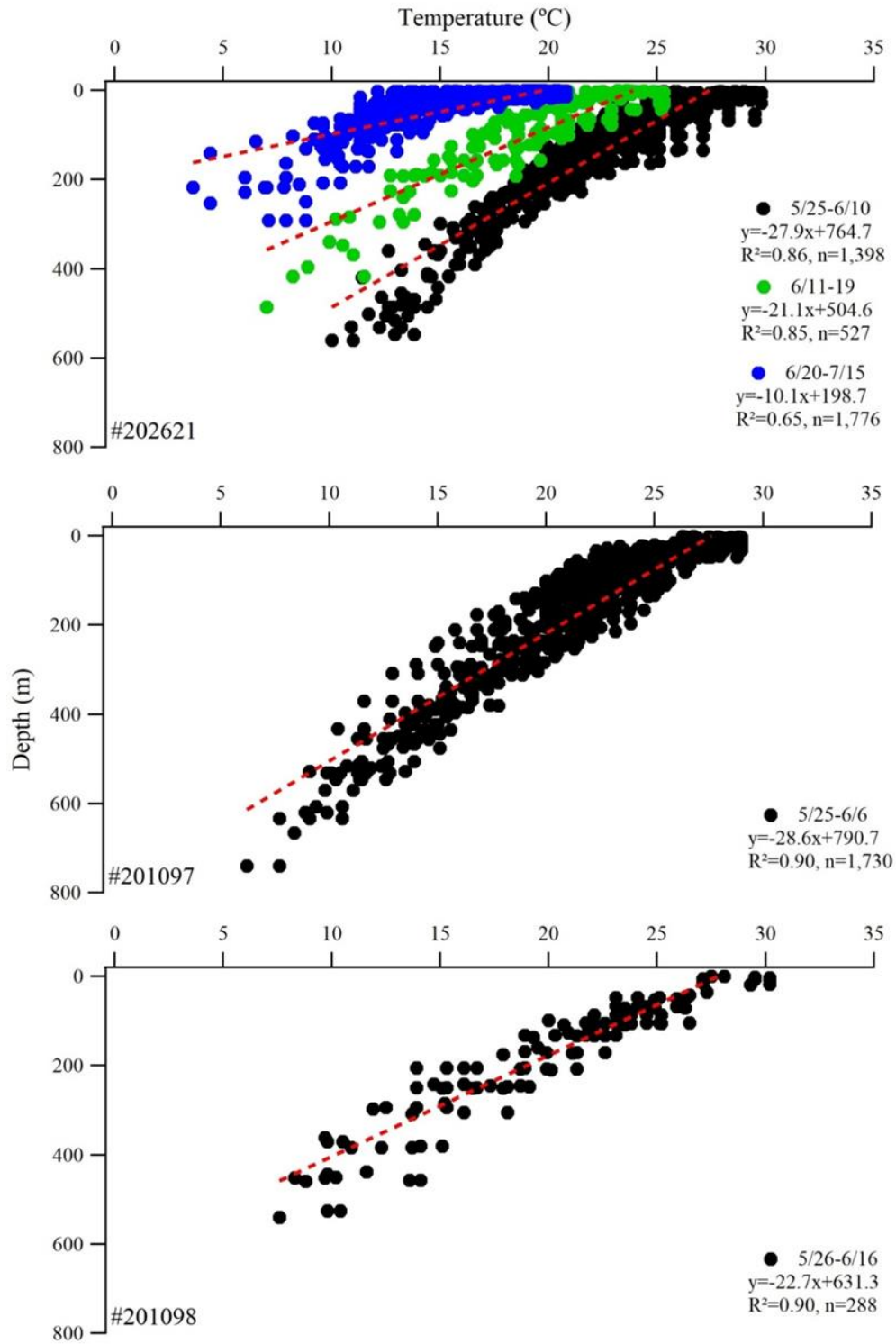


圖 21、3 尾太平洋黑鮭成魚(#202621、#201097 及#201098)棲息溫度與深度剖面圖。



圖 22、霍普金斯海洋中心地標 Agassiz Building (上圖)及內部教室 (下圖)。

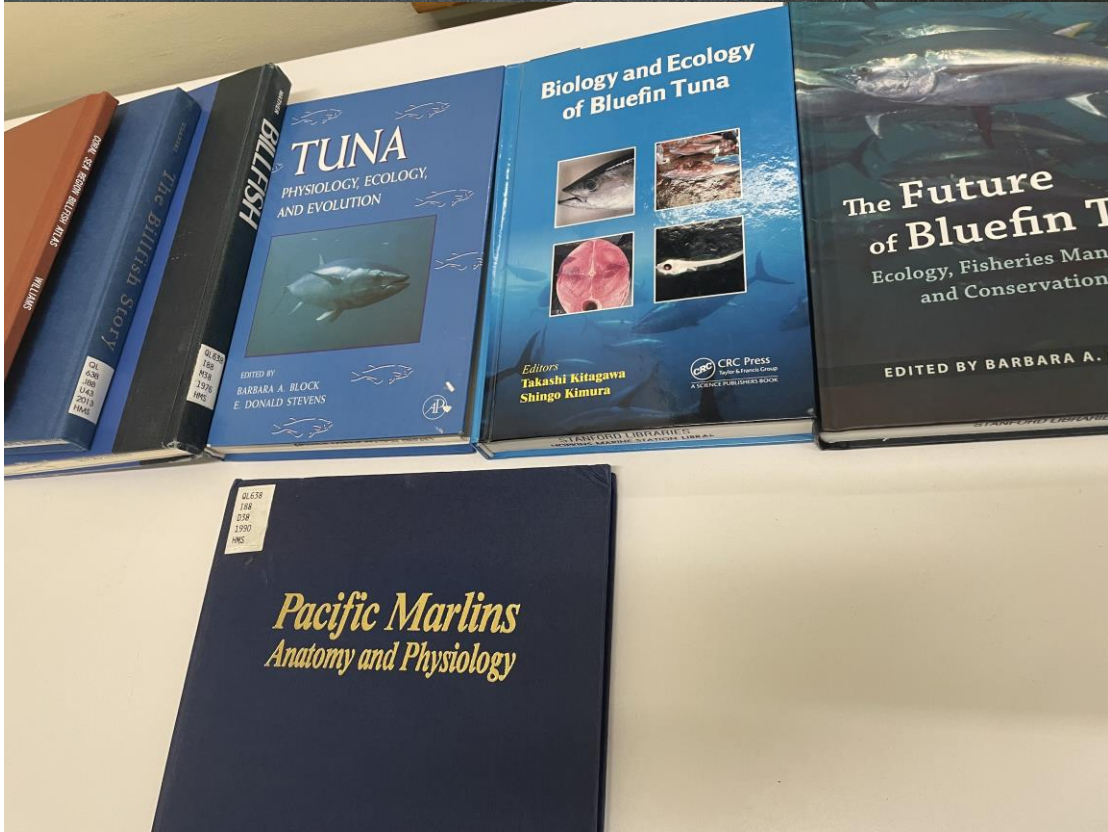


圖 23、霍普金斯海洋中心 Harold A. Miller Library (上圖)及典藏鮪旗魚專書。



圖 24、太平洋生物實驗室(Pacific Biological Laboratories)(上圖)每月開放一次免費參觀及實驗室內部實景(下圖)。



圖 25、Miller Library 典藏所有史坦貝克的著作(上圖)；海洋生物學家里基茨(Edward F. Ricketts)半身雕像紀念碑及民眾的獻花致敬。

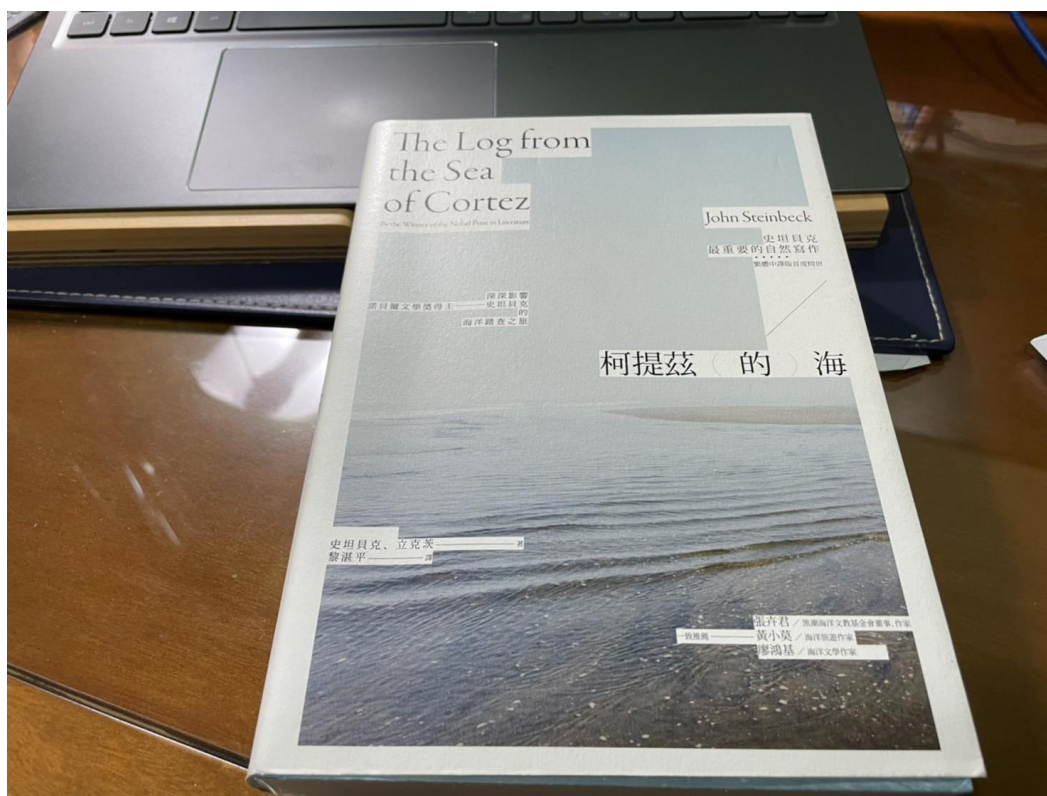


圖 26、柯提茲的海(Sea of Cortez)中譯本。



圖 27、霍普金斯海洋中心所屬學人宿舍(Hopkins Housing)。



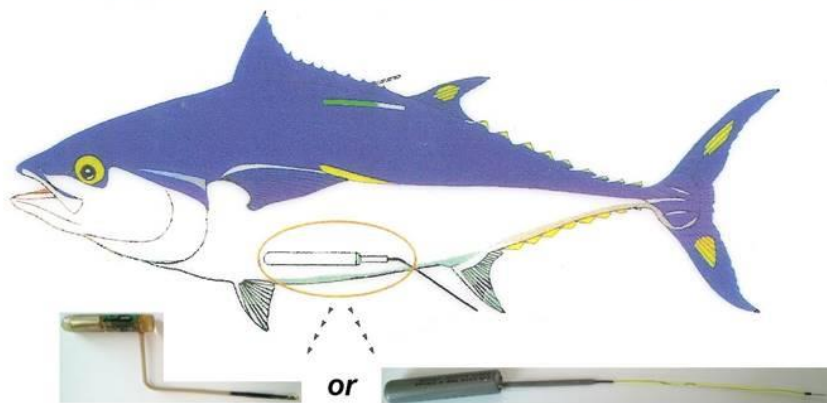
圖 28、Dr. Andre Boustany 提供之標識器錨定方式(上圖)，本所並已運用在鬼頭刀(#DOL234972)標識放流試驗研究(下圖)。



圖 29、2022 年 6 月 26 日宜蘭縣蘇澳漁民捕獲由 Prof. Barbara Block 於 2016 年 6 月 21 日所標放之太平洋黑鮪。

太平洋黑鮪魚

衛星標籤獎勵辦法



什麼是衛星標籤？衛星標籤可透過光感器，每60秒記錄一次環境光強度，以確定黑鮪魚每天的經度和緯度，此外，還可得知洄游深度、環境水溫及黑鮪魚體溫變化。這些資訊每天都會被記錄保存在衛星標籤中，並可儲存達好幾年。

那麼要如何確定這尾黑鮪魚身上是否標識有衛星籤呢？衛星標籤本體係植入黑鮪魚腹腔中後縫合，只有光感應器（類似細電線）露出在魚體外；另一個可供辨別的地方，是在黑鮪魚背鰭的兩側，約1英吋的地方也會標識有傳統標籤（流線型），分別是白色及綠色傳統標籤，白色籤上載明這尾黑鮪魚腹部有被植入衛星標籤，綠色籤上則註明有大獎勵。

領取獎勵(美金1,000元)的流程：

1. 如有釣獲標識有衛星籤的黑鮪魚，請記錄所有相關捕撈資訊，回報給史丹佛大學 **Barbara Block** 教授，電話：**1-831-594-2071**或電郵 bblock@stanford.edu；或水產試驗所東部海洋生物研究中心 **江偉全** 博士，電話：**0933370827**或電郵：wcchiang@mail.tfrin.gov.tw。
2. **如果可能請先不要進行漁獲處理**（去鰓、去內臟、放血等）。如果要取下黑鮪魚腹腔內的衛星標籤，**切勿直接拉扯光感應器（類似細電線）試圖取得衛星標籤**，請從光感應器連在魚體腹部的前端，切開一個約6英吋的切口，用手小心取出銀色或透明的衛星標籤（連同附在標籤的光感應器）。背鰭兩側的傳統標籤（流線型）可直接切斷，但請保留標籤上標示有文字的部分。
3. 除了衛星標籤之外，請紀錄捕獲黑鮪魚的日期、經緯度，使用的漁具，以及量測黑鮪魚的體長及體重資訊。

圖 30、太平洋黑鮪電子式標識器回收推廣海報。



圖 31、筆者受 Dr. Stephanie Brodie (上圖)邀請前往 NOAA Southwest Fisheries Science Center, Environmental Research Division 專題演講(下圖)。

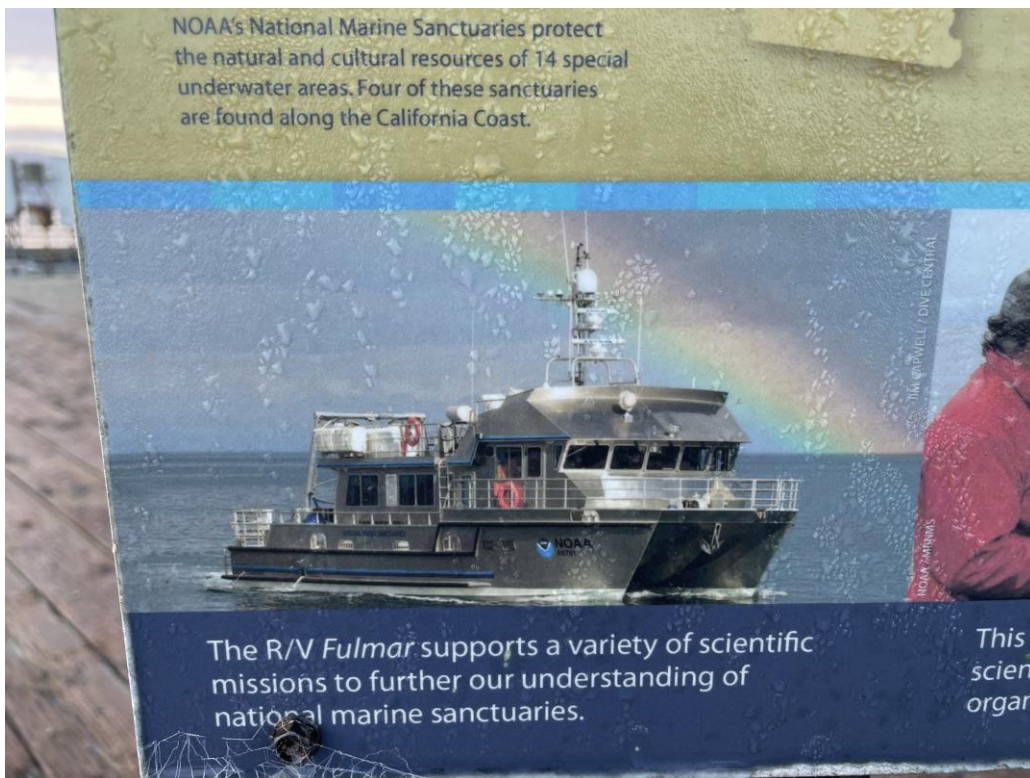


圖 32、NOAA 所屬 *Fulmar* 研究船停泊於 Monterey 碼頭。