

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：研習)

赴 NOAA 西南漁業科學中心研習北太平洋翻車魷族群結構
與移動特徵研究

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：助理研究員

姓 名：張景淳

出國地區：美國

出國期間：107 年 5 月 21 日至 6 月 8 日

報告日期：107 年 8 月 11 日

摘 要

本次研習目的為與西南漁業科學中心Dr. Heidi Dewar探討 (1) 利用彈脫型衛星標識紀錄器解析翻車魷水平、垂直移動行為與環境特徵關係 (2) 翻車魷攝食行為與食性階層探討。本次研習共分為兩部分，第一部分為翻車魷同位素分析 (Stable isotope analysis) 與胃內含物 (Stomach content analysis) 分析研習 – 研習翻車魷肌肉碳氮同位素比與胃內含物種類組成，探討翻車魷的營養階層，解析北太平洋海域翻車魷的營養位階動態與食性研究。第二部分為翻車魷移動行為特徵與海洋環境因子解析研習，利用海洋資料庫 (Ocean Data View)，將翻車魷水平與垂直移動距離與海洋環境因子的變動作結合，並利用R軟體，解析翻車魷的移動與海水表水溫 (Sea surface temperature)、海水表面鹽度 (Sea surface salinity)、海水表面高度 (Sea surface height)、混合層深度 (Mixed layer depth) 與基礎生產力 (以葉綠素甲 chlorophyll *a* 的濃度為指標) 進行結合，解析海水環境因子變動如何影響翻車魷移動與棲地利用行為。此外，此次研習也在第69屆國際鮪類研討會 (69th Tuna Conference) 進行海報發表，發表題目為臺灣東部海域矛尾翻車魷攝食行為研究 (Seasonal and size variations in feeding habits of sharp-tail mola, *Masturus lanceolatus* in eastern Taiwan)。

關鍵詞：西南漁業科學中心 (Southwest Fisheries Science Center)、食階動態 (Trophic dynamics)、胃內含物分析 (Stomach content analysis)、翻車魷科 (Molidae)、移動行為特徵 (Movement behavior)

目 次

| | |
|--------------|----|
| 摘要..... | I |
| 目次..... | II |
| 一、目的..... | 1 |
| 二、行程表..... | 3 |
| 二、過程..... | 4 |
| 三、心得與建議..... | 8 |
| 四、照片..... | 11 |

一、目的

(一) 前言

翻車魷為現生最大的真骨魚類，主要棲息在熱帶至溫帶的大洋表層海域 (Roach, 2003)。翻車魷科又分三個屬：翻車魷屬 (*Mola*)、矛尾翻車魷屬 (*Masturus*) 與長翻車魷屬 (*Ranzania*)。翻車魷科多在日本、西太平洋、大西洋與地中海等海域以混獲方式漁獲，包含延繩釣、定置網、流刺網與拖網等漁法 (Sagara & Ozawa, 2002; Petersen, 2005; Petersen & McDonell, 2007; Tudela *et al.*, 2015)。翻車魷在 2015 年被國際自然保護聯盟 (International Union for Conservation of Nature, IUCN) 列入瀕危物種紅色名錄 (Red List) 的易危 (Vulnerable) 等級魚種，矛尾翻車魷與長翻車魷則被列為無危 (Least Concern) 等級魚種，且調查報告中指出臺灣海域的翻車魷科漁獲數量需被監測。許多研究指出翻車魷的游泳能力佳，可作長距離的遷徙，且垂直移動行為頻繁 (Watanabe and Sato, 2008; Houghton *et al.*, 2009)。標識放流有助於瞭解物種移動行為與棲地利用情形 (Schaefer *et al.*, 2007; Thys *et al.*, 2015)。研究指出翻車魷每天移動的水平距離為 26.8 ± 5.2 km，且有垂直移動行為，白天棲息在斜溫層下層水域、晚上則移動至斜溫層上層水域 (Cartamil & Lowe, 2004)。衛星追蹤資料也指出翻車魷與花紋翻車魷的移動與棲地忠誠度 (Site Fidelity) 與水溫環境變動、食物可得性有關 (Sims *et al.*, 2009; Sousa *et al.*, 2016; Thys *et al.*, 2017)。翻車魷的幼體攝食底棲生物，而在成長至體長 80-100 cm 時發生食性上的轉變，改成攝食浮游生物 (Pope *et al.*, 2010; Nakamura & Sato, 2014)。環境因子與翻車魷的族群分布與移動路徑相關，他們的移動與攝食會受到環境季節性變動的影響 (Sims & Southall, 2002)。然而，關於翻車魷的生態、生物與其族群結構特徵研究仍闕如。

(二) 目標與預期效益

本研習主要目的為解析北太平洋翻車魷水平與垂直移動行為和環境特徵的關係與攝食行為、食階動態的改變。同時藉由此次研習，增加與美國西南漁業

科學中心共同合作研究的機會。

二、行程表

| 日期 | 事項 | 地點 |
|------------|---|---|
| 5月20-21日 | 去程:台東 > 桃園機場>美國洛杉磯國際機場>NOAA 西南漁業科學中心 | 西南漁業科學中心 |
| 5月21-27日 | 1.拜訪 Heidi Dewar 博士與其研究中心同仁 2.參與第69屆國際鮪類研討會 | 1.西南漁業科學中心 2.UCLA 國際會議中心 |
| 5月28日至6月3日 | 1.翻車魷移動行為特州與海洋環境因子解析研習: (1)海洋資料庫運用練習 (2)ArcGIS 與 R 軟體操作討論 2.UCSD Scripps 魚類標本館參訪 3.UCSD Scripps 附設水族館參訪 | 1.西南漁業科學中心 2.西南漁業科學中心港口研究站 3.UCSD Scripps 海洋研究院 4.Birch Aquarium |
| 6月3-8日 | 1.翻車魷食物營養階層研習: (1)同位素分析研習 (2)胃內含物分析研習 2.魚市場生物性樣本採集 | 1.西南漁業科學中心 2.Tuna Harbor Dockside Market |

三、過程

本次研究本次出國計畫為執行「赴 NOAA 西南漁業科學中心研習北太平洋翻車魷族群結構與移動特徵研究」科技計畫前往 Heidi Dewar 博士研究室進行學術交流，出國期間自 107 年 5 月 21 日至 6 月 8 日，共計 19 天。學術交流項目為：

(一) 討論利用彈脫型衛星標識紀錄器解析翻車魷水平、垂直移動行為與環境特徵關係。

(二) 翻車魷攝食行為與食性動態探討。

此次研習內容共計 3 部分，包括翻車魷移動資料路徑校正與垂直洄游移動行為解析交流、胃內含物研究交流與魚市場大洋性生物性樣本採集流程規劃等。相關說明如下：

(一) 翻車魷移動資料路徑校正與垂直洄游移動行為解析工作探討

筆者於 5 月 20 日搭飛機前往美國洛杉磯國際機場，抵達後轉車至聖地牙哥，並於 5 月 21 日前往西南漁業科學中心拜會 Heidi Dewar 博士。Heidi Dewar 博士曾至西太平洋海域，包括臺灣東部海域與日本海域進行花紋翻車魷 (*Mola ramsayi*)、翻車魷 (*Mola mola*) 與矛尾翻車魷 (*Masturus lanceolatus*) 的標識放流研究，也曾發表許多大型洄游性魚類的移動行為特徵與環境因子解析相關研究論文。筆者於 2017 年標放兩尾翻車魷，並取得衛星回傳資料，此次前往西南漁業科學中心主要目的為共同解析臺灣東部海域翻車魷水平、垂直洄游路徑與環境因子間之關係。同時研習利用 Ocean Data View 軟體擷取大數據資料，繪製垂直移動路徑與環境水溫、深度、葉綠素變動圖、R 軟體計算水平移動路徑校正與 ArcGIS 軟體繪製移動路徑的底圖與季節間變動關係圖。此次研習首先與 Heidi Dewar 博士討論翻車魷所使用的標識紀錄器，不同間公司所製造的標識紀錄器所提供的數據形式不同，所使用的校正解析方法與準確度也會有所差異。Heidi Dewar 博士也給了許多有關翻車魷標識

放流建議，例如翻車魷因其表皮較厚，故一般標識方法可能會使標識器鬆脫而掉落，其給建議將標識器標頭打在背鰭基部，使標頭可以緊緊咬合在翻車魷身上。有關翻車魷水平移動路徑、垂直移動深度、溫度與環境因子的關係，則是利用 Ocean Data View 與 R 軟體來進行繪製，包括利用 NOAA 所遙測到的海水水溫、水色來與翻車魷移動水平移動路徑進行套圖，解析海水水溫或基礎生產力是否會影響翻車魷的移動路徑。此次解析發現翻車魷所偏好環境水溫較低的海域，且有日夜垂直洄游移動 (Diel movement patterns) 的情形，顯示翻車魷白天所棲息深度較深，晚上棲息深度淺，而白天所棲息溫度範圍較廣，晚上棲息溫度範圍變化較窄，棲息位置可能與深海散射層(Deep Scattering Layer, DSL) 有關。

(二) 魚市場生物性樣本採集、胃內含物分析、同位素分析工作探討

西南漁業科學中心的實驗室分成兩大類，一大類為專門解剖或進行取樣的實驗室，採集後的樣本會被送到另一間專門進行實驗的研究室，存放至冰箱進行保存，此實驗室主要是用來進行胃內含物分析實驗，降低樣本被污染的機率。其中，他們也依照不同的魚類棲息環境分區分實驗室，像底棲魚類實驗室與大洋性魚類實驗室。筆者與西南漁業科學中心的 Owyn Snodgrass 博士研討胃內含物相關分析方法，並學習建立胃內含物資料庫，包括魚骨骼、耳石、頭足類的喙、水母等浮游生物的資料建立。Owyn Snodgrass 博士專長為解析大洋性洄游魚類的攝食物種組成，進行同位素實驗與胃內含物研究。西南漁業科學中心樣本取得方法是由樣本船提供與從魚市場採樣兩種方式。除了胃內含物分析(Stomach content analysis)討論外，筆者與 Heidi Dewar 博士、Anela Choy 博士進行同位素分析(Stable isotope analysis)方法研究，討論有關臺灣東部海域翻車魷肌肉內的碳氮比與營養階層。臺灣東部海域因有黑潮流經，是許多洄游魚類必經之地，因此食物網階層可能較一般大洋生態系多，故此趟研究除了進行同位素實驗外，也進行貝氏混合模型分析(Bayesian mixing model)，探討臺灣東部海域翻車魷營養位階與其獵物的組成。

筆者與 Owyn Snodgrass 博士一起至 Tuna Harbor Dockside Market 參觀，Tuna Harbor Dockside Market 是聖地牙哥重要的漁港，大洋性魚類與礁岩性魚種資源量豐富。本次實驗樣本是由試驗標本船提供，將樣本放置專門取樣的實驗室後，開始量測物種的體量、體長、取耳石與部分肌肉，並將魚的胃利用束帶綁住前後兩端，將為放進夾鏈袋中保存。隨後，即將胃樣本放置胃內含物分析實驗室，進行秤重、篩洗，因胃內含物都是被從目標魚種的腸胃道內取出，經過消化後其外表都已模糊不清或只剩身體的一部分，因此關於胃內含物的種類鑑定有一定之困難度。故此趟研習與 Owyn Snodgrass 博士討論關於胃內含物鑑定與其計算方法為重要議題，此研究可以做為翻車鮪食物階層動態的佐證資料，為未來研究提供基礎科學資料，探討在大環境變遷下，物種數量的減少或增加，對生態系食物網的影響有多少。

(三) 參與遠洋觀察員生物性樣本採集訓練與 Scripps 海洋研究所

研習期間西南漁業科學中心正巧在訓練遠洋觀察員採集生物性樣本，除了大型魚類的採樣外，也包括海洋哺乳類胃內含物的採集。每一位觀察員都必須是先上完訓練課程才可上船，從最一開始的基礎測量資料、捕獲的經緯度、解剖生物、將生物性樣本編號歸檔都有一整套的教學流程，同時他們也會安排較資深的觀察員陪同上課，並適時提出在海上會遇到的問題與建議，提供觀察員較完善的教學模式，使其所採集的樣本可以完全且嚴謹的對上紀錄資料，此次觀察員課程訓練上筆者更加深刻的體會到更扎實的基礎研究才可提供更可信的資料數據。此次也至 Scripps 海洋研究所參觀魚類標本館與其附設水族館 Birch Aquarium。令人印象深刻的是採集到標本種類皆依其棲息深度與洋區展示，有關深海魚類樣本展示，其中包括一尾雄性鮫鱈魚寄生在雌性鮫鱈魚身上的標本。附設水族館是著重於太平洋東岸生物進行展示，除了生物展示外，Birch Aquarium 也模擬聖地牙哥海域的地形情況，讓民眾瞭解海洋生物種類分布與地理環境的相關性高，也展示進行海洋研究探勘時所需要的研究裝備，例如防寒衣、小型 ROV 等。

(四) 參與第 69 屆國際鮪類研討會

筆者此次參與研習時，適逢第 69 屆國際鮪類研討會(69th Tuna Conference) 在 UCLA 舉辦，國際鮪類研討會是由美洲熱帶鮪魚委員會 Inter-American Tropical Tuna Commission 與西南漁業科學中心(Southwest Fisheries Science Center, NOAA/NMFS)共同創辦的研討會，主要探討各大洋區如鮪魚、旗魚、鯊魚等大型洄游性魚類的行為、攝食、資源量等研究，為一個頗具盛名且重要的研討會。研討會上有許多研究大洋性洄游魚類的專家發表其研究情形，其中最令人印象深刻的是關於海洋生物標識放流的水平移動路徑校正，因標識器在紀錄魚類水平移動位置時，其誤差範圍很大，故水平移動路徑的校正也成為一個棘手的議題，須考慮到魚種每天最遠可移動範圍、下潛深度與溫度等因子，講者在解說如何校正時，也提到他們所創立的 Tag Website，此網站是讓進行標識放流實驗的人都可以將他們所紀錄的物種移動範圍放到分享平台上，藉由大家所進行標識放流的資料，劃出重要經濟性魚種移動的海域，可提供值得信賴漁業科學證據，進行資源評估與製訂海洋生物保育相關政策。此次筆者也參與此研討會，並以「臺灣東部海域矛尾翻車魷攝食行為研究 (Seasonal and size variations in feeding habits of sharp-tail mola, *Masturus lanceolatus*, in eastern Taiwan)」進行海報發表。此次參與研討會，許多研究學者對於臺灣翻車魷的移動、攝食、漁獲方式等議題感興趣，並引發熱烈討論，且筆者也藉此獲得許多寶貴的建議。

四、心得與建議

美國西南漁業科學中心與聖地牙哥分校斯克里普斯海洋研究所 (Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego) 十分靠近，互相研究交流，開設共同課程，學生與國家研究中心學術實驗交流頻繁，為太平洋東岸海洋漁業研究的一個重點地區。研習期間，有許多從不同地區、學系的大學生、碩士生與博士生至西南漁業科學中心進行實驗，對於標識放流試驗與營養階層動態試驗充滿熱忱且認真探索相關知識，且西南漁業科學中心也提供許豐富資源足以吸引新血的投入，有許多大學生已打算讀至博士班，日後從事研究工作。此外，參加國際鮪類研討會時，更有許多年輕學者上台發表論文，並在其未來的念書或工作規劃上有許多資源可以運用，無論是學校的學術單位、國家研究院、國際漁業組織或區域性漁業組織都可以提供研究工作機會。雖然國內有許多海洋研究單位，但單位間未進行整合，研究工作機會資訊封閉，因此於未來的工作前景，仍須有更多完善的規劃與經費，例如增加各單位的橫向聯繫，創立一個共同的資訊平台，以吸引更多年輕學者投入海洋研究。

美國西南漁業科學中心針對太平洋東岸有完整的地形、地質、水文與生物種類探勘，並長期進行海洋表水溫、葉綠素等環境因子的監測，且此監測資料時間找到每日、每周、每月的海洋環境資料，且監測範圍廣、取得方便，在網路上即可直接下載。海洋生物行為、攝食等研究資料加上環境因子，可探討生物移動行為與族群結構特徵和海洋環境之關聯，並瞭解海洋環境變遷對於生物族群分布與數量的影響，目前我國有許多海洋監測站與試驗船（例如水試一、二號、海研一、二、三號）可取得海洋環境資料，且建立海洋學門資料庫，彙整國內各研究船之探測資料，包括各種海洋錨碇儀器的觀測資料，可供政府部門、產官學界、與一般民種申請利用，而美國使用的資料庫可做為我國海洋科學研究的參考範例。

此次研習可感受到西南漁業科學中心對生物統計、數值分析的重視，西南漁業科學中心有開設 R 軟體課程教學，針對大家研究所需要用到的程式語言進行

開課，其研究方面與課程有相關的同仁均可參加，例如有關大數據的匯入所使用的語法及運用，每位研究員都有其擅長運用的統計軟體，且會彼此間相互交流。同時，此次研習也至西南漁業科學中心的圖書館閱覽，圖書館不限借閱本數，且非職員也可以進行借閱服務，圖書館有關海洋的書籍豐富，無論是海洋地質、物理、化學或生物等書，關於生物統計相關的書籍更是佔了圖書館的一半，從古老的教科書至現今最新的程式語言書籍。令人印象深刻的是筆者在圖書館找到一本從 1931 年紀錄有關漁獲狀況的書籍 (Tabulation of bait catches)，此書籍的內容還是用墨水筆所繪出，非一般打字印刷，在翻閱時須得小心翼翼，以免頁面脫落，極其珍貴，由此可知其對於基礎數據收集與分析的重視。數據資料分析為逐漸被重視的另一種科學研究，現今的網路雲端作業發達，許多研究所需的資料都可在雲端進行上傳、下載與彙整，大數據的資料解析已經是許多研究機構關注的項目，例如此次筆者參與國際鮪類研討會，研討會中有許多講者提到大數據整合，更有講者已建立一個網路平台，讓從事標識放流研究的人可將其得到的路徑結果放至網站中，提供相關研究人員參考。故筆者認為有關數據分析與運用為刻不容緩之議題，使研究人員有更多元的方式進行資料分析與解讀，並提升研究品質。

進行翻車鮪食性研究時瞭解西南漁業科學中心目前正積極進行北太平洋的各食物階層樣本採集，希望可以建構洋區間的食物網動態，因許多洄游性魚種會隨著洋流移動至各地區，當洄游性魚類數量減少時，可能對於不同地區的影響程度有所差別，西南漁業科學中心也與許多國際單位進行合作採集分析。筆者認為洋區間營養階層動態探討可提供政府部門與相關漁業組織提供更全面的參考資料，藉由食物網探討過漁對整個生態系的影響，臺灣為黑潮流經的區域，若有機會參與此計劃或與其他生態系進行比較分析，有助於瞭解臺灣周遭海域營養階層動態。

期間至 Tuna Harbor Dockside Market 參觀並進行生物樣本採集，該市場完全落實魚體不落地，即使體型較大的鮪類也都會放至販賣平台上，地板整潔乾淨、使用乾淨衛生的碎冰且價格透明化，吸引許多觀光客在此買魚，同時也有許多攤

販在市場另一區販賣海鮮料理，吸引許多觀光客前往嚐鮮，促使當地觀光發展。我國雖推行魚體不落地，但體型較大的魚仍有時候會被放置在地面上，當夏季地面溫度上升時，有可能會影響到漁獲的新鮮度與品質，而美國當地所做的多功能市場經營值得我國相關漁會組織前往交流學習。

此次西南漁業科學中心之行，謝謝本所對於國際合作計畫的支持，筆者與 Heidi Dewar 博士研討北太平洋海域翻車魷移動行為特徵研究，希望能為臺灣、美國科學家提供未來研究拓展與規劃合作，對翻車魷等大型海洋洄游性魚類進行養護責任及永續開發利用。

五、照片



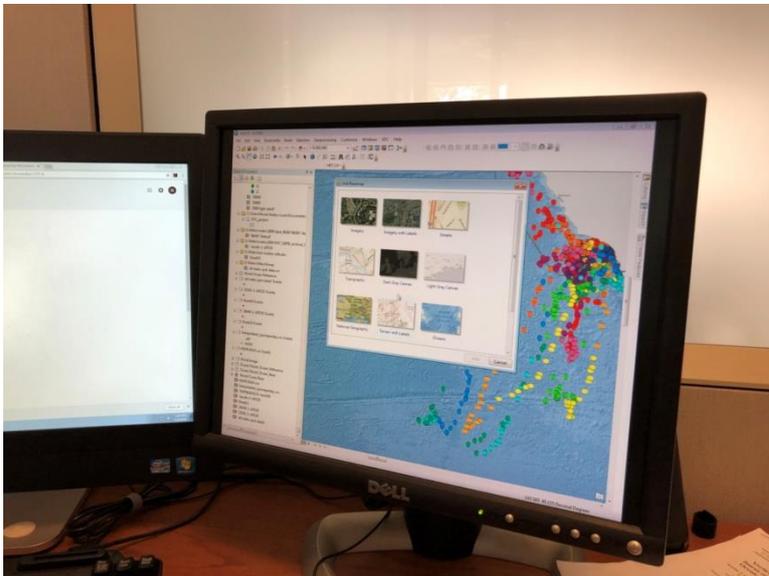
照片一、筆者至西南漁業科學中心研習。



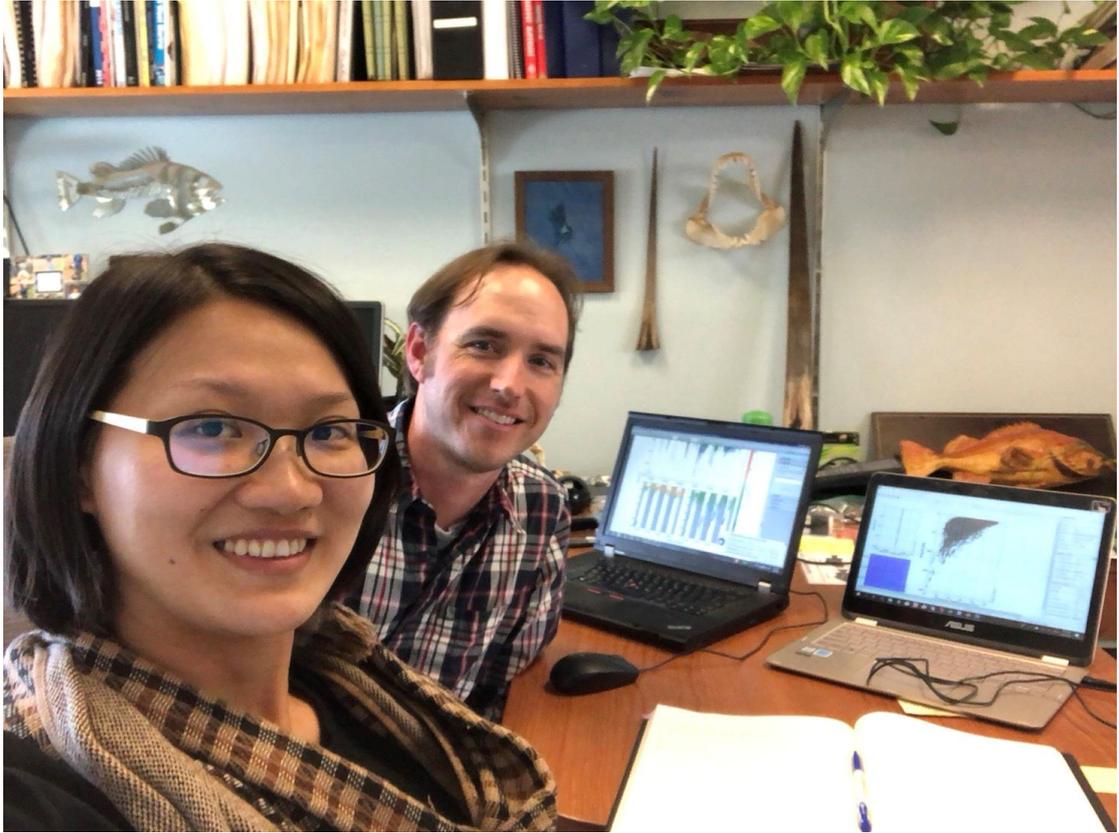
照片二、筆者與西南漁業科學中心 Heidi Dewar 博士合影。



照片三、筆者至西南漁業科學中心港口研究站。



照片四、筆者研習 ArcGIS 繪製翻車純移動路徑。



照片五、筆者研習 Ocean Data View 繪製翻車純移動路徑與環境因子關係。



照片六、筆者至 Tuna Harbor Dockside Market 進行生物性樣本採集。



照片七、胃內含物分析實驗。



照片八、胃內含物分析實驗與鑑定。



照片九、筆者至加州大學聖地牙哥分校 Scripps 海洋研究機構。



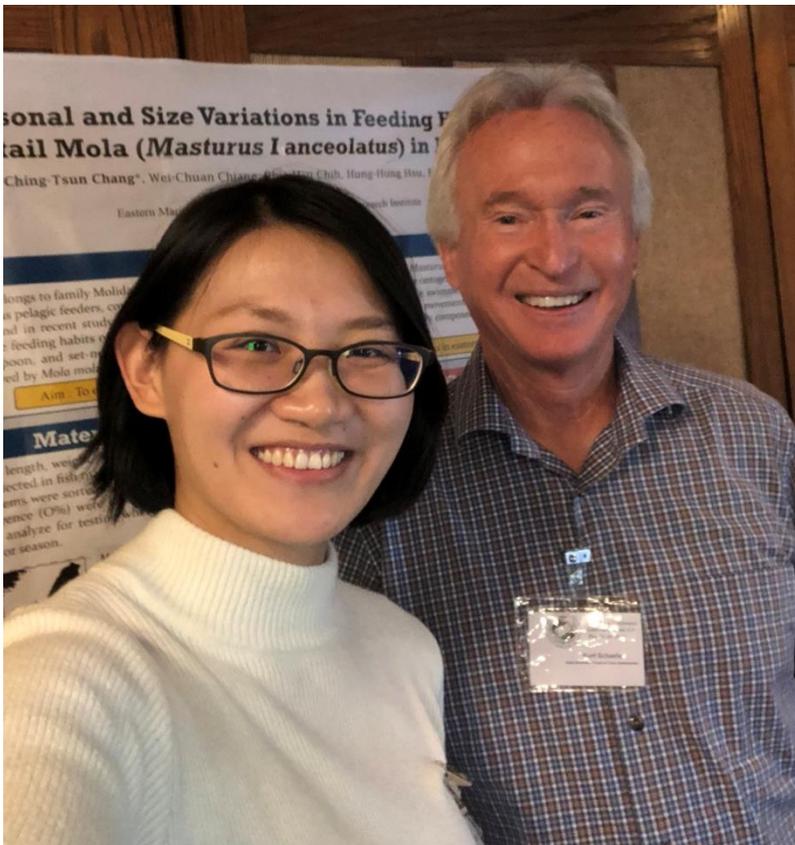
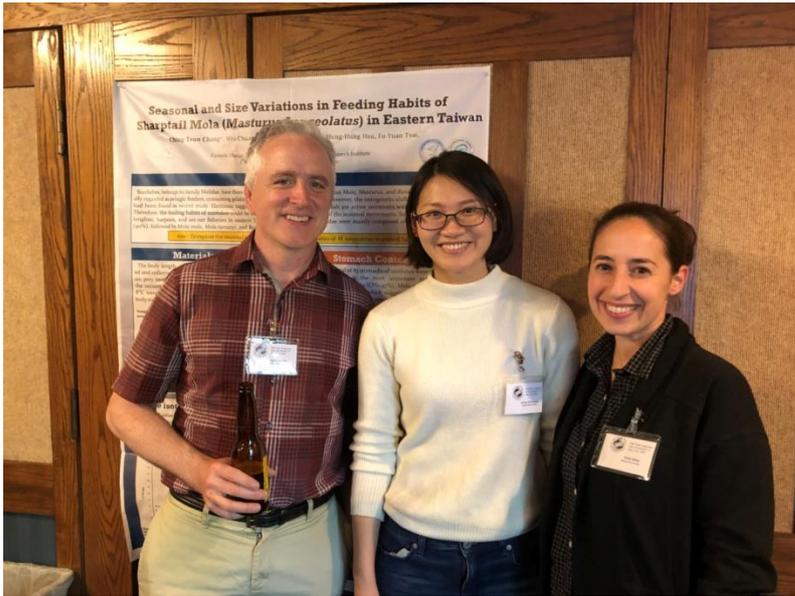
照片十、筆者參與海上觀察員生物性樣本採集訓練課程。



照片十、筆者與 Heidi Dewar 博士至加州大學聖地牙哥分校 Scripps 海洋研究機構附設 Birch Aquarium 參觀，圖右為 Birch Aquarium 經理。



照片十一、筆者與 Heidi Dewar 博士至加州大學聖地牙哥分校 Scripps 海洋研究機構魚類標本館參觀。



照片十二、筆者參與國際鮪類研討會論文發表。