

出國報告（出國類別：研究）

研習魚介類標識技術與資源預測模組建立技術

**Improving in tagging technology and fishery
assessment modeling**

計畫編號：112 農管-06.01-國-01(5)

計畫主持人：鄭力綺 助理研究員

執行人員：鄭力綺 助理研究員

執行單位：農業部水產試驗所沿近海漁業生物研究中心

「研習魚介類標識技術與資源預測模組建立技術」出國報告

摘要

近年來受全球暖化、棲地環境改變、高度漁獲壓力等影響，臺灣經濟性物種之年漁獲量、作業漁場等呈明顯的年間變異，生物行為(如季節性洄游、生殖等)、系群分布、資源量評估等研究日益重要，以有效掌握漁業資源現況。為提升本中心魚介類標識與預測模組建立技術，本計畫於 112 年 9 月 16 日至 23 日期間赴澳洲塔斯馬尼亞大學海洋與南極研究院 (Institute for Marine and Antarctic Studies, University of Tasmania) 研習衛星標識、資源量評估等項目，同時分享雙方在生物資訊分析、資料庫建置等執行經驗與成果。魚體標識部分，以康氏馬加鰭等大型洄游性魚類為例，Dr. Wolfe 建議可將 miniPAT 以環繞背鰭的三段式繞定法標識，或將既有的 Titanium anchor (flat dart) 更換成受力面積較大、支撐力較夠的 Domeier anchor，以增加標識後的穩定度。如採用後者，標識位置可調整至第二背鰭下的支鰭骨間，並盡可能將 miniPAT 固定於第二背鰭下方、偏前段的特定角度，以避免標籤影響其游泳行為，同時降低脫籤率。在資源預測模組技術上，該團隊主要以實地觀察、試驗船標準化量測，以及整合基礎生物學分析、漁獲數據等方式估算生物量減耗，評估資源開發率，並依各物種在不同生活史階段之特性套適不同的校正模組，以避免現存量低估。另該研究院長年與政府機構合作，研究物種多樣，自基礎生物資料建立、生物資訊應用分析、資源模組建構與資料庫更新等工作分層權責明確，資料庫亦以開放式網站呈現，內容依物種別系統性陳列資源狀態、漁業動態、政令實施及資源評估模組應用等，讓大眾瞭解漁業資源現況，值得我國借鏡、學習。

關鍵字：衛星標識、資源預測模組、資源開發率、資料庫建置

目錄

摘要.....	i
目錄.....	ii
圖目錄.....	iii
一、 研習目的.....	1
二、 研習過程與內容.....	1
(一) 行程內容.....	1
(二) 研習內容.....	3
1. 魚類衛星標識技術與系群動態分析.....	3
2. 資源量評估與模組應用.....	5
3. 生物資料庫建立與相關研究經驗分享.....	7
三、 心得及建議事項.....	8
四、 參考文獻.....	11

圖目錄

圖 1、塔斯馬尼亞大學海洋與南極研究院 (IMAS) Tarooma 校區外觀。.....	12
圖 2、IMAS 後方的 Tarooma Beach。.....	12
圖 3、IMAS Tarooma 校區的 visitor room (計畫合作人員或參訪者短期辦公處)。.....	13
圖 4、IMAS Salamanca 校區 (以養殖、生物多樣性研究為主) 外觀。.....	13
圖 5、Dr. Wolfe 說明 Domeier anchor 與 Titanium anchor 在型態與標識上的差異與優缺點。.....	14
圖 6、Domeier anchor 外觀型態與尺寸。.....	14
圖 7、Dr. Wolfe 建議衛星標籤 (miniPAT) anchor 固定的區域 (第二背鰭下方支鰭骨間)。.....	15
圖 8、Dr. Wolfe 建議 anchor 應固定、側擋之位置 (以 flat dart 試驗, 紅色實心三角形位置)。.....	15
圖 9、miniPAT 以背鰭三段式繞定法標識在黃鰭鮪第二背鰭上。.....	16
圖 10、Dr. Wolfe 說明以背鰭三段式繞定法進行 miniPAT 魚體標識的過程。..	16
圖 11、Dr. Wolfe 及 Dr. Moreno 考量康氏馬加鰭體表較薄, 討論其它如 Økland et al. (2013) 標識方法。.....	17
圖 12、Økland et al. (2013) 應用在歐洲鰻鱺的 (A) Økland method、(B) Økland-Westerberg anchor implant method PSATs 標識法。(B) 中紅框為 Økland-Westerberg anchor, 與本中心使用的類 T 型不鏽鋼 anchor 相似。.....	17
圖 13、於 IMAS coffee/tea break 期間與相關學者分享以耳石氧穩定同位素時序列變化探討康氏馬加鰭季節性分布之結果, 並從中獲取相關建議。.....	18
圖 14、Dr. Moreno 分享其以 Laser ablation ICP-MS 自魚眼晶狀體核心至邊緣分析多種微量元素時序列變化之過程。.....	18
圖 15、Dr. Moreno 分享其以軟骨魚類的魚眼晶狀體及脊椎骨微量元素時序列變化探討年齡結構分析之成果。.....	19
圖 16、IMAS 用以推估新荷蘭靜龍蝦 (<i>Jasus edwardsii</i>) 漂浮幼體沉降率與加入量的 puerulus collectors。.....	19

圖 17、Dr. Phillips 分享 IMAS 在新荷蘭靜龍蝦 (<i>Jasus edwardsii</i>) 資源評估研究中面臨的問題及校正方法。.....	20
圖 18、Dr. Marshall 分享 IMAS 分層權責，同時介紹塔斯馬尼亞漁業生物資料庫各項數據來源及資料庫建立之目的。.....	20
圖 19、Dr. Coulson 與其研究團隊帶領參觀 IMAS 耳石分析研究室，同時說明如何一次包埋、切取多片耳石薄片，提升前製備效率。.....	21
圖 20、112 年 9 月 20 日於 IMAS 1F 會議廳進行專題分享，題目為「Otolith O stable isotope compositions as potential migratory indicators for narrow-barred Spanish mackerel (<i>Scomberomorus commerson</i>) in Taiwan」。.....	21
圖 21、112 年 9 月 20 日專題分享討論現場，現場及在線視訊的學者們針對報告內容提供相關分析建議。.....	22
圖 22、IMAS 轄下 3 艘海洋研究船外觀。.....	22

一、 研習目的

臺灣周邊海域漁業資源長期受全球暖化、棲地環境改變、高度漁獲壓力等影響，多數經濟性物種年產量、作業漁場等呈明顯的年間變動。以中表層高度洄游性的康氏馬加鰹 (*Scomberomorus commerson*) 為例，其年產量於 2003 年 (6,600 公噸) 達高峰後大幅度下降，於 2021 年僅 522 公噸。為掌握漁業資源利用現況，基礎生物資訊建立、動物行為追蹤、系群動態及資源量評估等研究日益重要。

近年執行「大洋性魚類增裕技術之研究」，針對康氏馬加鰹進行生殖發育分析、潛在產卵場範圍推估、遺傳歧異度、年齡成長、資源利用率、漁獲年齡結構組成與年漁獲量變化等生物資訊分析與統整，並以耳石氧穩定同位素時空間變化推估該魚種季節性分布。系群動態評估多以衛星標識、漁獲動態整合漁業生物資訊作為分析依據，然漁獲動態受限於作業船隻習性，有低估之疑慮。衛星標識為追蹤高度洄游性魚類路徑重要的參考工具，整合生殖發育、組織微量元素或穩定性同位素組成分析可進一步探討確切的繁殖場、孵育場及索餌場範圍。然由於康氏馬加鰹魚體皮層較薄，現行使用的 miniPAT 體積較大，且標識技術尚未純熟，致脫籤率高，至今標識追蹤天數僅 10 日，生物資訊回收受限。資源量評估以各式生物參數套適資源開發率模組估算，然成長參數多以范氏成長方程式 (von Bertalanffy growth equation, VBGE)、Robertson growth model 及 Gompertz growth model 等估算，開發率則以常見的 Ricker's catch curve 估算。當成長參數因樣本組成無法反映母群體 (野生系群) 實際狀態致有低估或高估之情形時，開發率 (exploitation rate) 易誤判，難以掌握漁業資源現況。為此，本計畫赴澳洲在魚介類標識與資源預測模組建立上具豐富經驗的大型海洋研究院研習，學習新興研究方法與技術，以期降低衛星籤脫籤率，提升系群動態解析的準確度，以有效掌握漁業資源概況。

二、 研習過程與內容

(一) 行程內容

本計畫於 112 年 9 月 16 日至 23 日赴澳洲塔斯馬尼亞大學海洋與南極研究院 (以下簡稱 IMAS) 執行「研習魚介類標識技術與資源預測模組建立技術」，行

程如下表。

時間	地點	行程內容
9月16日至17日	高雄→桃園國際機場→墨爾本國際機場→荷伯特國際機場	自高雄搭乘高鐵至桃園，於23:30搭乘中華航空CI57班機飛往墨爾本，於當地時間10:40抵達墨爾本國際機場。於當地時間15:05於墨爾本國際機場轉機，搭乘澳洲航空QF1553班機前往荷伯特，於當地時間16:10抵達荷伯特國際機場。自行搭乘Skybus（快線巴士）前往市區住處。
9月18日至19日	塔斯馬尼亞大學海洋與南極研究院	當地時間07:34搭乘Metro公車前往IMAS Taroonia校區，研習魚介類標識與資源預測模組建立技術。
9月20日至21日	塔斯馬尼亞大學海洋與南極研究院	當地時間08:26搭乘Metro公車前往IMAS Taroonia校區，與該研究院學者研習資源預測模組建立技術，並分享本中心康氏馬加鱈相關研究成果，該院亦針對現有研究問題提供解決方案。21日在IMAS Salamanca校區參觀該校海洋研究船。
9月22日至23日	荷伯特國際機場→墨爾本國際機場→桃園國際機場→高雄	於當地時間12:30步行前往Brook Street Pier搭乘Skybus至荷伯特國際機場，當地時間17:10搭乘澳洲航空QF1554班機飛往墨爾本，因班機往返延誤於當地時間19:37抵達墨爾本國際機場，當地時間21:10搭乘中華航空QF8727班機飛

		往臺灣，23 日 04:50 抵達桃園國際機場，於 6:30 搭乘高鐵至高雄。
--	--	---

(二) 研習內容

針對本計畫研習內容，分為「魚類衛星標識技術與系群動態分析」、「資源量評估與模組應用」、「生物資料庫建立與相關研究經驗分享」三大項說明。

1. 魚類衛星標識技術與系群動態分析

澳洲塔斯馬尼亞大學海洋與南極研究院 (IMAS, 圖 1~4) 長期針對各種魚介類標識，包括黃鰭鮪 (*Thunnus albacares*)、劍旗魚 (*Xiphias gladius*)、粗深海鱈 (*Bathyraja irrasa*)、新荷蘭靜龍蝦 (*Jasus edwardsii*) 等，隨著標識物種生物特徵不同，標籤及 anchor 型態、標籤固定方式等均予以調整。經與 Dr. Wolfe、Dr. Moreno 等相關學者說明目前標識狀況及脫籤情形後，以本計畫主要研究對象—康氏馬加鰭為例，其表示目前標識位置約在第二背鰭下方約 1/3 位置 (脊椎骨背側支骨)，因該區支骨間距較大，anchor 可能無法剛好固定、側擋在脊椎骨背側的支骨間，倘僅穿刺入肌肉組織內，當魚體快速游動時將容易導致傷口潰爛，加速標籤脫落。此外，目前本中心 anchor 採用 flat dart (Titanium anchor)，根據其過往經驗，Dr. Wolfe 表示此標籤於穿刺後，不易以平行向側擋、固定於支骨或支鰭骨後側。建議可參考黃鰭鮪、劍旗魚等標識方法，同以 miniPAT 作標籤，anchor 採 Domeier anchor (圖 5~6)，雖該 anchor 頂側較大，可能產生較大的傷口，但穿刺後其尾部會呈羽狀展開，受力面積較大，較可固定、平行側擋於支鰭骨間，降低脫籤率。此外，與本中心不同，其標識位置選在支撐第二背鰭下方的支鰭骨兩側，anchor 穿過支鰭骨另側後固定、展開 (標識位置如圖 7)，以黃鰭鮪為例，最長標識時間可達 3 個月。此方法亦適用於劍旗魚，然因劍旗魚有垂直洄游特性，當其垂直洄游至一定深度 (>800 m)，miniPAT 本身浮力可能影響其游泳行為，或因壓力設定限制、提前彈回海表層，無法繼續追蹤魚體洄游路徑。至於該方法最適的標識角度，為減緩標識後魚體游動時 miniPAT 產生之拉力及增加標識後 anchor 固定的穩定度，anchor 打入魚體的角度須注意，除須穿過支鰭骨間外，亦須平行側擋於支鰭骨另側 (如圖 8)，因此垂直嵌入是不可行的。

另 Dr. Wolfe 表示該團隊其他成員亦有以背鰭三段式繞定的方式，將 miniPAT 標識在黃鰭鮪的成功案例，自第二背鰭後端穿入第一點位後，在背鰭中

段兩側穿出，再於背鰭前方穿入第三點位，miniPAT 固定在背鰭前端，以降低魚體快速游動時衛星標籤之拉力（圖 9~10）。然此方法對於康氏馬加鰭體表較薄，且離水後存活率不高的狀態下，可能造成比前者更大的傷口面積，或降低標識個體的存活率，均須列入考量。

考量康氏馬加鰭體表較薄，Dr. Wolfe 提供 Økland et al. (2013) 以 Økland method、Jellyman and Tsukamoto method、Westerberg method、Økland-Westerberg anchor implant method 4 種 PSATs (pop-up satellite archival transmitters) 標識歐洲鰻鱺 (*Anguilla anguilla*) 的方法。其中 Økland-Westerberg anchor implant method 使用的 Økland-Westerberg anchor (圖 11、12B) 與本中心的類 T 型不鏽鋼 anchor 相似。該團隊建議可參考 Økland method 進一步改良，該方法以兩塊塑膠板貼附、固定於鰻魚背部兩側，以不鏽鋼絲穿過魚體背部肌肉，在兩端相互纏繞後加以固定，塑膠板與魚體間有矽膠墊作緩衝，減緩塑膠板對體表之破壞。PSATs 由編織尼龍繩連接至魚體背部兩側之塑膠板，標籤與魚體背部之距離約為 2~2.5 cm (圖 12A)。然此方法主要靠不鏽鋼絲纏繞背部肌肉將 PSATs 固定，對於游泳速度快、大規模洄游的康氏馬加鰭可能尚須在不鏽鋼絲、塑膠板固定這部分加以改良 (如兩不鏽鋼絲中間加附 anchor，加強固定於支鰭骨其中一側)，以降低脫籤率，亦可列入標識方法之一。

另根據本中心嘗試以耳石氧穩定同位素時序列變化為分析依據，推估其季節性分布範圍，並對照成功標識個體的洄游路徑作比對，以了解不同系群間的時空間分布差異。Dr. Moreno 建議可以 State-transition model、Hidden markov model 兩模組將氧同位素分布估計與衛星標識結果作疊圖比較 (圖 13)。此外，Dr. Moreno 亦以鱈科 (Rajidae) 魚眼晶狀體、脊椎骨縱切面為分析工具，使用 Laser ablation ICP-MS 從核心至邊緣分析多種微量元素時序列變化，其發現兩種組織不同元素間呈現相似的變動趨勢，且與脊椎骨輪紋分布一致，因此當脊椎骨分析粉末量不足時，可以魚眼晶狀體替代 (圖 14~15)。除此之外，當脊椎骨輪紋不清楚致無法判讀年齡時，亦可透過微量元素時序列變化作為年輪判定依據，此方法可應用於臺灣西南海域因水溫季節間差異小致年輪不易判讀之物種上。另如前述，本中心目前致力於以耳石氧穩定同位素時序列變化作康氏馬加鰭季節性分布估計，受限於機器分析限制，僅可探討第一年輪內之分布範圍，爾後可參照 Dr. Moreno 建議，採用魚眼晶狀體作比對，然需確立眼球組織其元素組成 (含量) 及是否有再吸收等問題，避免誤判。

2. 資源量評估與模組應用

IMAS 長年針對塔斯馬尼亞周邊海域主要經濟性物種進行資源狀態評估，依據各物種基礎生物學資料(含經濟重要性、分布、食性、系群結構、性成熟體長、繁殖場、孕卵數—體重關係式、自然死亡率及各式成長參數等)、年間漁業數據(年漁獲量、努力量、CPUE 等)，並整合上述分析結果計算 Catch-MSY 及 MSC。

在澳洲除商業性漁業外，休閒漁業亦相當發達，且漁獲量不容小覷。然與臺灣相似，休閒漁業部分因無牌照核發規定，無法針對其漁業量嚴加控管，且當地多數經濟性魚種得以休閒漁業釣獲，致漁業統計上常有低估之情形。為此，當地研究團隊針對漁業或相關生物數據相對匱乏的物種以 Catch-MSY 估計其生物量消耗。Catch-MSY (Martell and Froese 2013) 係基於 Schaefer production model 概念，在已知(或合理的假設範圍)族群成長速率(族群恢復力，intrinsic population growth model, r) 下，假設 $B_{MSY} = 50\% B_{unfished}$ ，估算生物量減耗及 fisheries management reference point。在漁業管理中，一般生物量消耗會期望在 $50\% B_{unfished}$ 上、下波動，而在澳洲則以此作為預防性捕撈策略(precautionary Australian harvest strategies)的閾值，以減少部分物種因漁業資料匱乏致低估生物量消耗的問題，使其生物量得以維持或恢復到目標生物量水平 ($B > 0.5 B/B_0$)。在國際間以生物量消耗 $< 20\%$ 作為 limit reference point，當降至該值，澳洲當地政府將禁止該物種之漁業活動。當地學者表示，根據目前分析結果及前人觀察報告，catch-MSY 已排除休閒漁業無法統計之漁獲量，僅使用商業性漁獲資料統計估算確實可行，然當休閒漁獲量與商業性漁獲量之間的權衡比例隨時間開始變動時，分析方法即須適時調整，以避免低估之情形發生。

Marine Stewardship Council Risk-Based Framework (MSC-RBF) Methodology 為整合 Consequence Analysis (CA) 和 Productivity Susceptibility Analysis (PSA) 兩種評估分析數據，進而估算該物種現存量狀態。CA 分析主要以長時間的漁獲數據(漁獲量、CPUE)、系群動態(推算 long-term recruitment，分析資訊包括漁獲量的體型大小、年齡及性比)、漁獲量及努力量的地理分布等估計，用以評估該特定漁業行為對該物種各年級群資源動態的影響與風險。最後的 CA 值將以評分值最低的項目作後續 MSC-RBF。Productivity Susceptibility Analysis (PSA) 則是探討該物種生產力(包括壽命、成長速度、繁殖及在該生態系統中的生態位階等)受漁業行為影響的敏感度。該分析須將該物種棲地範圍與漁獲努力量之地理分布的重疊率、物種棲息水層與漁具作業(或放置)水層的重疊率、幼體捕獲率、及幼體被捕獲、逃脫後之存活率等，均須納入考量。CA 值及 PSA 敏感分數經計

算後，整合各物種捕獲量資料套適 MSC 表格及公式估算，作後續各物種的系群狀態評估。

IMAS 長期與當地海洋政府機構、CSIRO 等合作，整合上述評估結果、歷年更新的漁業數據及生物學資料，依據澳洲政府 Australian Fish Stocks (SAFS) reports 針對物種系群狀態進行分級 (sustainable, recovering, depleting, depleted, undefined) 評估，每年將由 IMAS 彙整、出版《TASMANIAN SCALEFISH FISHERY ASSESSMENT》年報刊物。針對資料整理、漁業數據之應用與評估技術，Dr. Cresswell 亦提供相關的 R package 予我們作測試，期以不同分析型態比較我國主要經濟性魚種的資源利用現況。

在訪談期間，Dr. Phillips 表示由於不同物種間生物特性差異很大，如新荷蘭靜龍蝦 (*Jasus edwardsii*) 其幼體漂浮期很長，約 1~2 年以上，其系群加入量受漂浮幼體擴散、沉降範圍及周遭環境溫度變化影響，年間變動大，不易估計。為此，IMAS 建置了 puerulus collectors (圖 16) 及 larval dispersal modelling，整合幼體沉降率及漂浮擴散分布估計值，推估年輕系群加入量，進而估算限制生物參考點 (limit Reference Points)、目標生物參考點 (target reference points) 及生物現存量，分析數據將交與 Tasmanian Crustacean Fisheries Advisory Committee (CFAC)、Department of Natural Resources & Environment (NRE) 據以調整總容許捕獲量 (含商業性捕獲量 TACCs、休閒漁業捕獲量 TARC)s)、漁獲管制區 (Catch Cap) 總捕獲量及捕獲體長限制等捕撈政策。Puerulus collectors 為一種仿新荷蘭靜龍蝦幼體沉降的裝置，puerulus stage 為該物種具主動游泳能力且可沉降至棲息區域的階段，雖然 puerulus settlement 與幼體成長率之間的關聯性還不明確，但仍可藉此裝置了解該生活史階段的沉降率，有助於提高系群加入量估計的準確度。因此，在資源量預測模組的建立中，仍要考量該研究對象各生活史階段特性，並依據不同階段的影響因子加以調整分析，才能降低系群開發率低估之情形 (圖 17)。

Dr. Brown 表示 IMAS 除長年分析當地沿近海主要經濟性物種外，亦研究高度洄游性的魚類如鮪類、劍旗魚或大型軟骨魚等。考量其生物特性，洄游分布可能擴及鄰近大洋，或受棲地環境改變 (如全球暖化、水溫上升等) 致向其他海域遷移，在漁業數據分析上，除統計塔斯馬尼亞年捕撈量與 CPUE 外，亦與澳洲本島、臨近國家的漁獲量、漁場分布套疊比較，以避免因區域性漁業數據錯估系群真實狀態。本中心在沿近海漁業資源分析上主要以臺灣周邊海域為主，鮮少將臨近國家之捕獲量、CPUE 納入探討，爾後可將比較因子擴及更大的時空間尺度，以掌握該資源利用概況。

3. 生物資料庫建立與相關研究經驗分享

IMAS 為塔斯馬尼亞州重要的海洋科學與養殖研究機構，除專案研究外，針對該島周邊海域主要經濟性物種的基礎生物學（經濟重要性、分布、食性、系群結構、性成熟體長、繁殖場、孕卵數—體重關係式、自然死亡率、各式成長參數及系群量評估指標等）、漁業數據（年捕獲量、漁獲死亡率、努力量、CPUE、漁獲體長組成變動等）、資源量狀態等進行長年分析、統計，在工作量龐大且繁複的狀態下，其組織權責分明，依研究物種分組，各組均有專人（組）負責基礎生物學分析、年齡成長估算（含耳石等硬組織製備與判讀）、資源量預測與評估、研究成果彙整與年度報告輸出等工作，因此分析項目多樣、細膩且結構明確。

該研究成果更依物種分類，以圖、表、文字系統性呈現各項數據。Dr. Marshall 於研究工作分項說明的同時，亦開啟該團隊經營管理的塔斯馬尼亞漁業生物資料庫（Tasmania Wild Fisheries Assessments, <https://tasfisheriesresearch.org/>）。其內容起自物種生物量現況、漁業背景、現行漁業管理政策、各式漁業統計分析數據（商業性漁業及休閒漁業之漁獲量、CPUE、TAC 等）、資源量評估結果（含分析方法、評估標準等）、生物學資訊等，均詳細明列。Dr. Marshall 表示，雖然此類工作繁複，但因資料完整，且公開閱覽，有利於後續多種漁業分析應用，或作為政府推動漁業管理政策有效的參考依據。經查內容與臺灣的魚類資料庫、臺灣生物多樣性網絡、漁業統計年報相似，但資料完整度及整合性更高，且呈現方式極具系統化，淺顯易懂、一目了然，可供我國後續生物資料庫建立參考（圖 18）。

18 日由 Dr. Coulson 帶領參觀該校耳石製備與分析研究室，其慢速切割機以等厚度壓克力夾片作分隔，改良為調整式多刀片慢速切割機。耳石包埋版底部繪製基準線，可一次包埋多顆耳石，包埋方式為底部先注入第一層環氧樹脂與硬化劑混合液，於常溫下約 30 分鐘後，樹脂呈非黏稠且具可塑性狀態下，將耳石依序排入包埋版中，核心對準包埋版底部的基準線，並稍微壓入第一層樹脂內、固定，以避免二次注入樹脂的同時有位移的情形。待耳石排列完成後再進行第二次包埋（圖 19）。此作法得以單次切取數顆近核心的橫切面耳石薄片，提升樣本處理速度。該作法比起本中心單顆耳石以單刀片慢速切割機切割，分次進行三次橫切面取樣的效率高。然不同魚種耳石薄片適切厚度不一致，倘使用此方法須先確立最適橫切面厚度，且備有多種厚度的慢速切割機夾片，方得提高樣本處理速度，同時維持樣本分析的準確度。

20 日中午 12:00 於 IMAS 1F 討論室進行專題分享，以「Otolith O stable isotope compositions as potential migratory indicators for narrow-barred Spanish mackerel

(*Scomberomorus commerson*) in Taiwan」為題，向研究團隊分享本所近幾年針對康氏馬加鰹之漁業生物、資源培育及以耳石穩定性氧同位素作季節性分布估計等研究成果，報告時間約 40 分鐘，討論時間約 1 小時。現場及參與視訊會議的學者對此研究成果與應用表示肯定，分享在澳洲捕獲該物種的漁業型態與概況，並提供相關建議。由於康氏馬加鰹屬高度洄游性的魚類，洄游範圍廣，建議除將樣本捕獲點位作比較外，倘如可行，應將鄰近國家如中國及臨南海的菲律賓、印尼、泰國、馬來西亞等國漁場分布及漁獲量代入模式中疊圖、綜合比較，進一步與歷年環境資料（如水溫、鹽度等）比對，以了解該物種不同系群間生物量及分布範圍變動之原因。此外，生物量減耗與系群加入量年間變動亦有很大的關聯性，建議可將水文環境資料、產卵場範圍及漁場分布作疊圖比較，進一步了解加入量受環境變化、漁業行為之影響，可供後續漁業政策訂定參考（圖 20~21）。

21 日原擬拜訪於 CSIRO 研究康氏馬加鰹的學者，然因相關人員在坎培拉及出海航程中，故不克前往。因此參觀位處 CSIRO 旁的 IMAS Salamanca 校區（圖 4）。該校區位於 Hobart 市中心港邊，以養殖、生物多樣性分析等研究領域為主，IMAS 研究船亦停泊該區港口（圖 22），為前往南極海域科研調查的母港。因研究船有相關船務執行，礙於時程限制，未入內參訪。隨後結束本次在澳洲塔斯馬尼亞大學 IMAS 的參訪研習行程。

三、心得及建議事項

1. 澳洲或塔斯馬尼亞州立政府對海洋環境生態及漁業資源等永續性十分重視，依據 IMAS、CSIRO 或相關研究機構之調查結果，針對魚類或甲殼類等依其生物特性訂定不同的系群狀態評估指標（status indicator），再套適到統一平台（Australian Fish Stocks (SAFS) reports），系群狀態以 sustainable, recovering, depleting, depleted 或 undefined 作分級，掌握資源變動現況。同時以年間調查結果為據，逐年系統性的調整捕撈政策，如總捕撈許可量限制、捕獲體型等，使資源得永續發展。臺灣在漁業資源評估上較缺乏系統性的標準化分析，由於經濟性物種繁多，主要視當前漁業變動需求選定調查物種，以短期分析其生物量變化。然在長時間的高度漁獲壓力及全球暖化等影響下，不易從短期且片段的研究報告中看出生物量減耗的原因。爾後可參考澳洲政府作法，針對主要漁業或常見的漁獲物種建立系統化的資源評估與管理系統，以利後續整合探討臺灣周邊海域整體漁業年間變動情形，供漁政管理單位參考。

2. 塔斯馬尼亞周邊海洋生態豐富，漁獲物種繁多，除商業性漁業外，休閒漁業亦相當盛行。然休閒漁業因管理不易，漁業數據亦難以掌握，致資源量可能有高估之情形。為此，IMAS 整合 catch-MSY model 及 Marine Stewardship Council Risk-Based Framework (MSC-RBF) Methodology 兩種分析方式，減緩因漁業資料蒐集不足致生物量減耗誤判的情形。在臺灣也有類似的問題，特別是一支釣等休閒漁業活動，其漁獲量不容小覷，卻難以統計其漁獲量與 CPUE。爾後可參考澳洲分析方法，套適 catch-MSY 及多種模組分析結果調整目標生物量水平及生物參考點，以避免因漁業數據不足、生物量減耗誤判致過度捕撈等情形發生。
3. IMAS 針對高度洄游的黃鰭鮪、劍旗魚等具豐富的衛星標識經驗。考量康氏馬加鰭游泳速度較快，與鮪類相似，該團隊傾向於將衛星標籤 (miniPAT) 及 anchor 打在支撐第二背鰭的支鰭骨間，anchor 需打得夠深、穿過支鰭骨間後調整固定角度，使其與支鰭骨平行，以避免魚體游動時過度拉扯、脫籤致死。Anchor 則採用小型 Domeier anchor，該團隊認為現行使用的 flat dart 支撐力稍嫌不足，且打入魚體後不易維持平行方向、側擋於支鰭骨後方，Domeier anchor 可能打入體表的傷口會稍微大一些，但由於其穿刺後塑膠羽毛會展開，增加阻擋受力面積，同時不用擔心 anchor 是否有與支鰭骨平行、完全側擋的問題，可能較為合適。目前本中心施打位置在背鰭下方、脊椎骨上方的支骨間，然其骨間縫隙較大、在魚體游動的過程中可能在肌肉組織間鬆動致無法固定、脫籤率高，擬參考澳洲建議調整標識方式，以期降低脫籤率、增加標識追蹤天數及資訊回收率。
4. 在臺灣沿近海經濟性魚種資源調查部分，我們主要著重於臺灣周邊海域的漁場與作業行為，且研究期程通常較短，約 2~4 年。在澳洲各物種生物學資訊則長年持續監測，因此可觀察不同物種其生物量隨著時間空變異之消長，有利於掌握漁業發展狀態。此外，根據不同物種生物特性，於不同生活史階段套適不同分析模組，或套疊不同分析結果作比較，以校正生物量減耗之估計值。如新荷蘭靜龍蝦的 puerulus collectors 及 larval dispersal modelling；魚類繁殖場與作業漁場、環境資訊套疊分析；大型洄游性魚類的季節性分布、CPUE 及漁獲量套疊分析等均是很好的案例，可供本中心後續漁業資源評估研究參考。
5. IMAS 研究物種多樣，與臺灣相似，然其研究分析架構相當清晰、細膩，生物資料庫內容淺顯易懂，以極具系統性的方式呈現，供大眾閱覽，使當地政府在漁業資源管理政策訂定與推動上達更高的效益。此與該研究團隊權責分

層明確、連貫性佳有關。在具系統性的評估架構與流程下，不同物種有不同的子團隊專責統整，每一子團隊亦有不同工作項（如基礎生物學、漁獲數據分析、預測模組建立及數據彙整、輸出等）的專責人員分析，致各分析項數據架構完整，對後續資源量評估、捕撈政策調整等準確度均大幅度增加，值得我們借鏡、學習。

四、 参考文献

Martell, S., & Froese, R. (2013). A simple method for estimating MSY from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 14(4), 504-514.

Økland, F., Thorstad, E. B., Westerberg, H., Aarestrup, K., & Metcalfe, J. D. (2013). Development and testing of attachment methods for pop-up satellite archival transmitters in European eel. *Animal Biotelemetry*, 1(1), 1-13.



圖 1、塔斯馬尼亞大學海洋與南極研究院（IMAS）Taroona 校區外觀。



圖 2、IMAS 後方的 Taroona Beach。



圖 3、IMAS Tarooma 校區的 visitor room（計畫合作人員或參訪者短期辦公處）。



圖 4、IMAS Salamanca 校區（以養殖、生物多樣性研究為主）外觀。



圖 5、Dr. Wolfe 說明 Domeier anchor 與 Titanium anchor 在型態與標識上的差異與優缺點。



POP-UP MINIPAT WITH ANCHOR SPECIFICATIONS

Model	Depth	Temperature	Light Level	Accelerometer	Max. Duration (days)	L x Ø (mm)	Weight (g)
MiniPAT	✓	✓	✓	✓	730	118 x Ø 38	61

Anchor	Size	Dimensions (mm)
Domeier	Medium	20 L x 10 W
	Large	31 L x 16 W
Wilton	Small	38 L x 11 Ø
	Large	47 L x 13 Ø
Titanium (Ti)	Small	45 L x 14 W x 1.3 Thickness
	Large	64 L x 16 W x 1 Thickness



Small TI Anchor



Wilton Anchor



Domeier Anchor



Large TI Anchor

Anchor suite available for Wildlife Computers tags only.



Model: MiniPAT-390



Model: MiniPAT with Titanium Anchor

tags@wildlifecomputers.com
WildlifeComputers.com
+1 (425) 881-3048

8310 154th Ave NE, Suite 150
Redmond, WA, 98052 USA

To Learn More Call: +1 (425) 881-3048 or Email: tags@wildlifecomputers.com

圖 6、Domeier anchor 外觀型態與尺寸 (照片連結：<https://static.wildlifecomputers.com/Pop-Up-MiniPAT-Anchor-Suite-1.pdf>)。



圖 7、Dr. Wolfe 建議衛星標籤 (miniPAT) anchor 固定的區域 (第二背鰭下方支鰭骨間)。

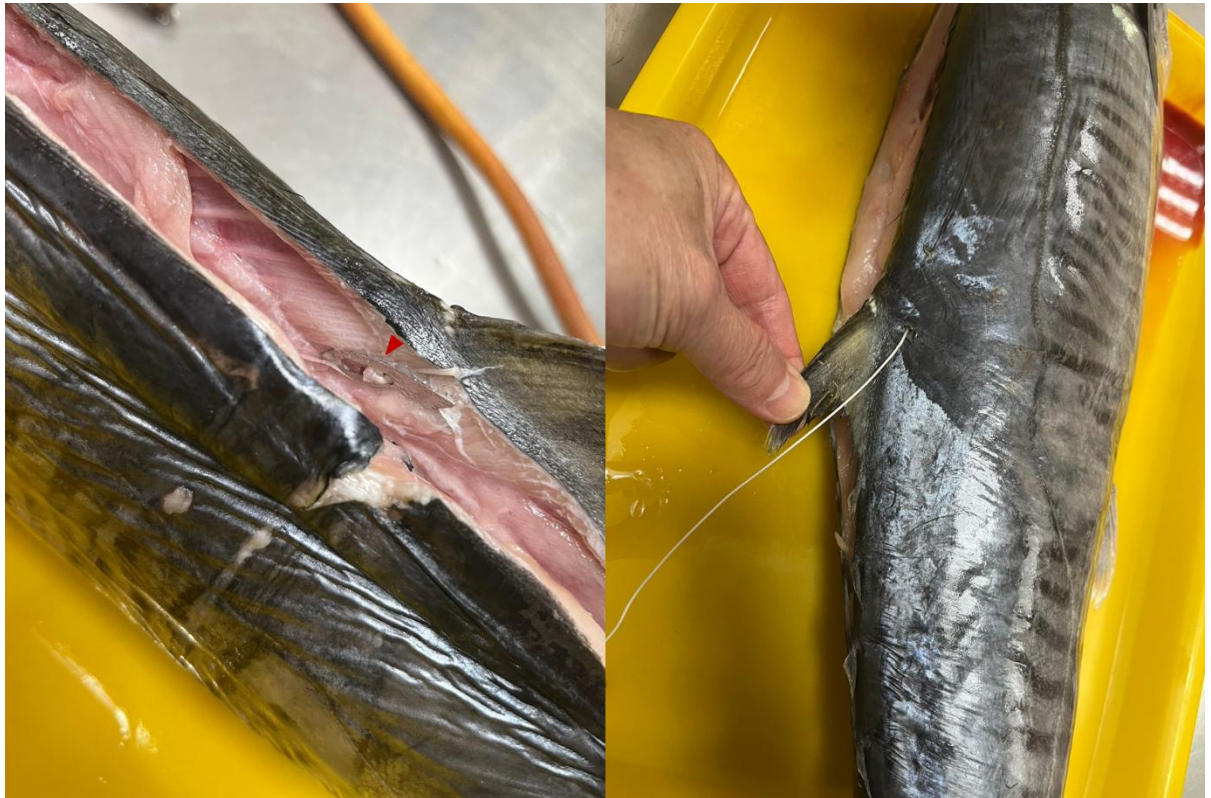


圖 8、Dr. Wolfe 建議 anchor 應固定、側擋之位置 (以 flat dart 試驗，紅色實心三角形位置)。

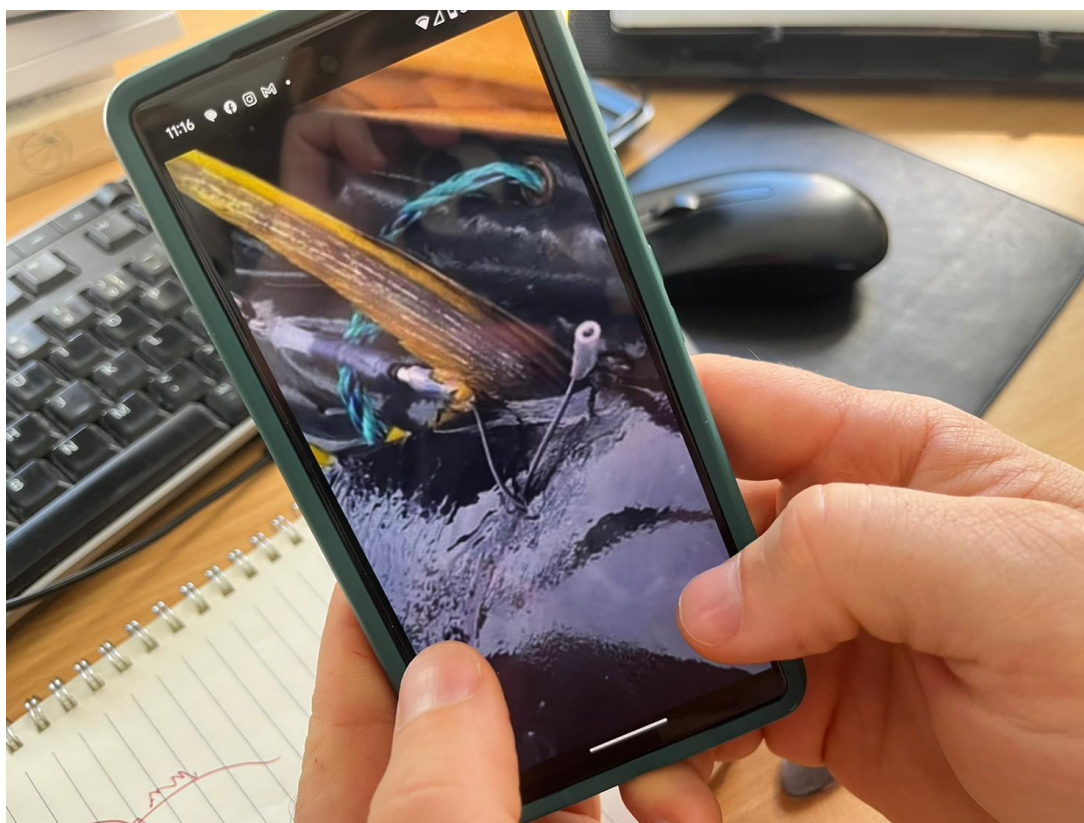


圖 9、miniPAT 以背鰭三段式繞定法標識在黃鰭鮪第二背鰭上。



圖 10、Dr. Wolfe 說明以背鰭三段式繞定法進行 miniPAT 魚體標識的過程。

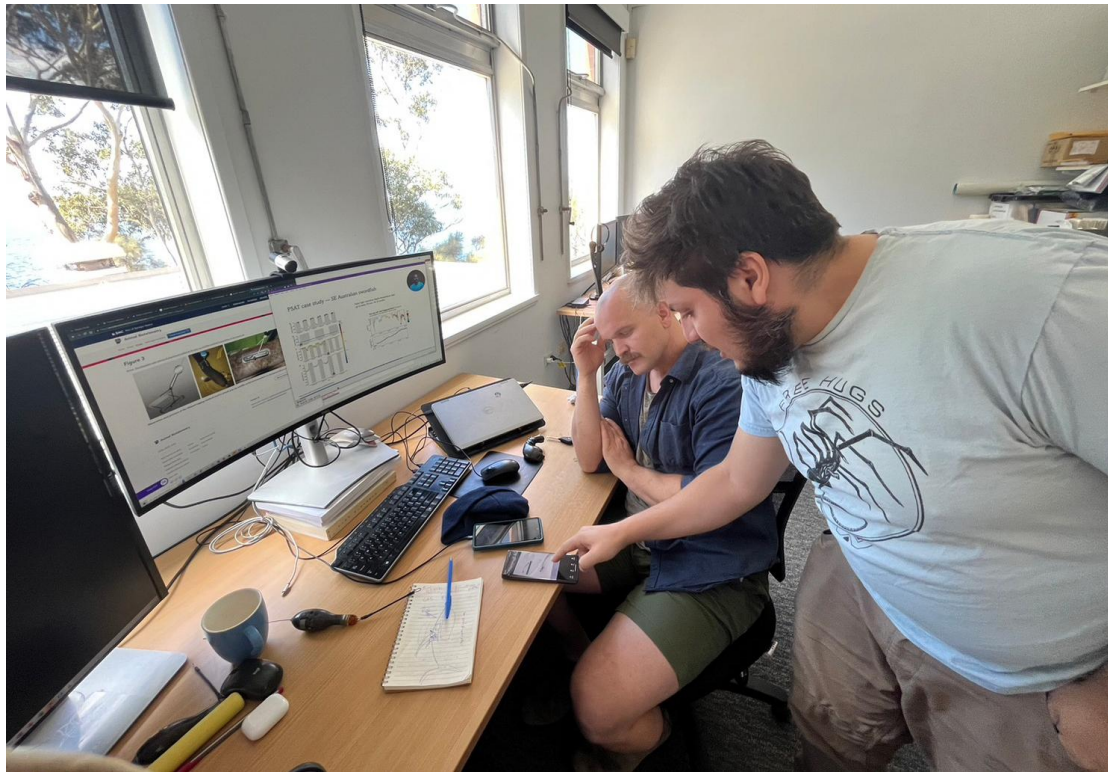


圖 11、Dr. Wolfe 及 Dr. Moreno 考量康氏馬加鰻體表較薄，討論其它如 Økland et al. (2013) 標識方法。

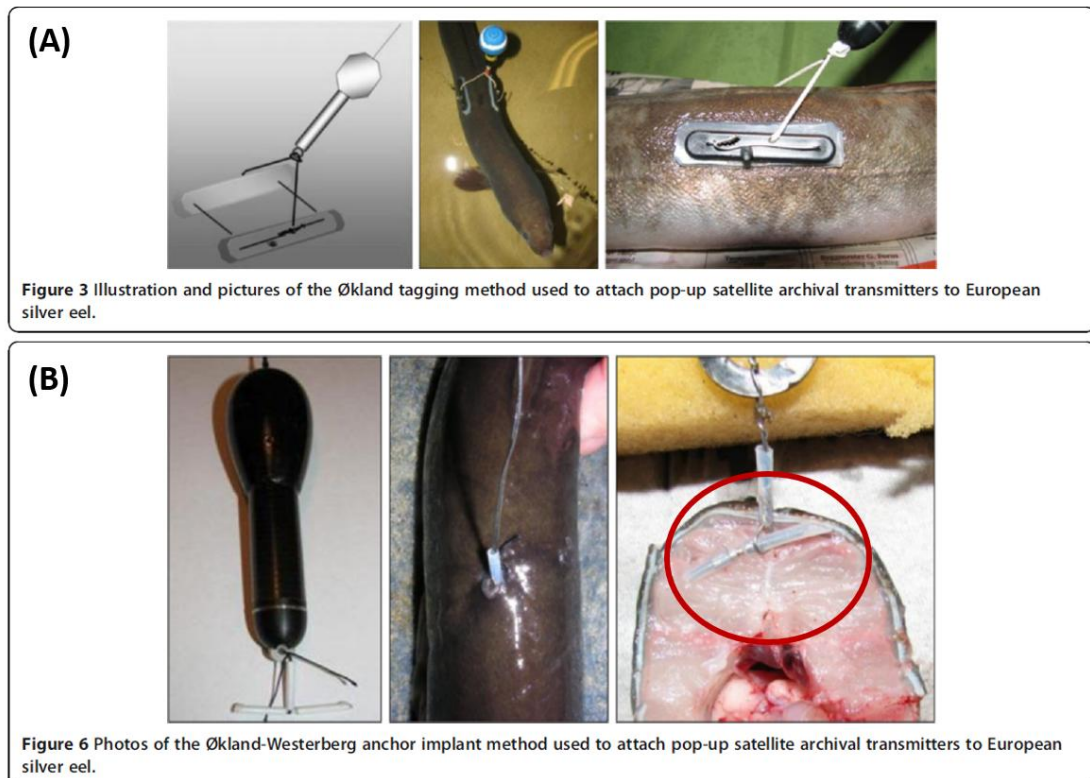


圖 12、Økland et al. (2013) 應用在歐洲鰻鱺的 (A) Økland method、(B) Økland-Westerberg anchor implant method PSATs 標識法。(B) 中紅框為 Økland-Westerberg anchor，與本中心使用的類 T 型不鏽鋼 anchor 相似。



圖 13、於 IMAS coffee/tea break 期間與相關學者分享以耳石氧穩定同位素時序列變化探討康氏馬加鱈季節性分布之結果，並從中獲取相關建議。



圖 14、Dr. Moreno 分享其以 Laser ablation ICP-MS 自魚眼晶狀體核心至邊緣分析多種微量元素時序列變化之過程。

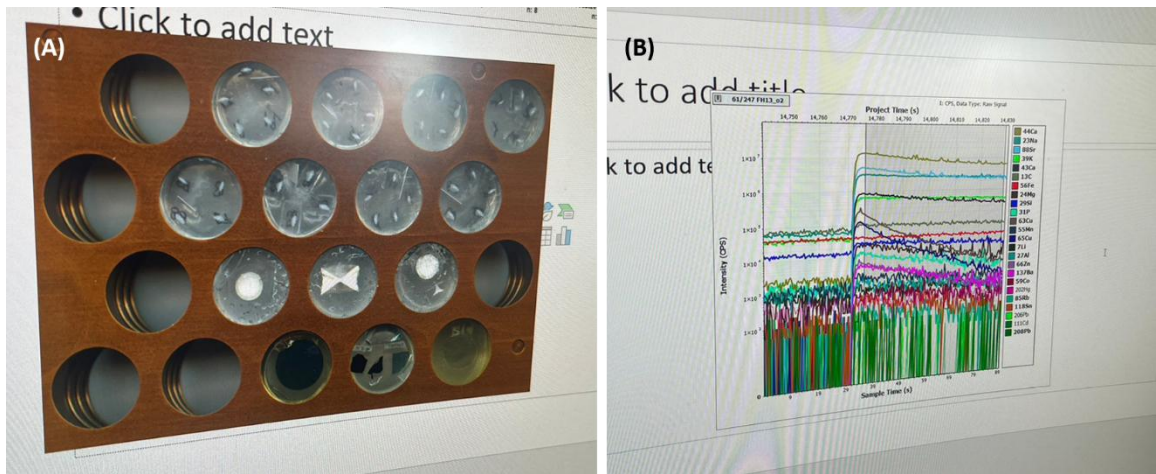


圖 15、Dr. Moreno 分享其以軟骨魚類的魚眼晶狀體及脊椎骨微量元素時序列變化探討年齡結構分析之成果。



圖 16、IMAS 用以推估新荷蘭靜龍蝦 (*Jasus edwardsii*) 漂浮幼體沉降率與加入量的 puerulus collectors。

(照片連結：<https://tasfisheriesresearch.org/srl/biology/recruit/puerulus/>)

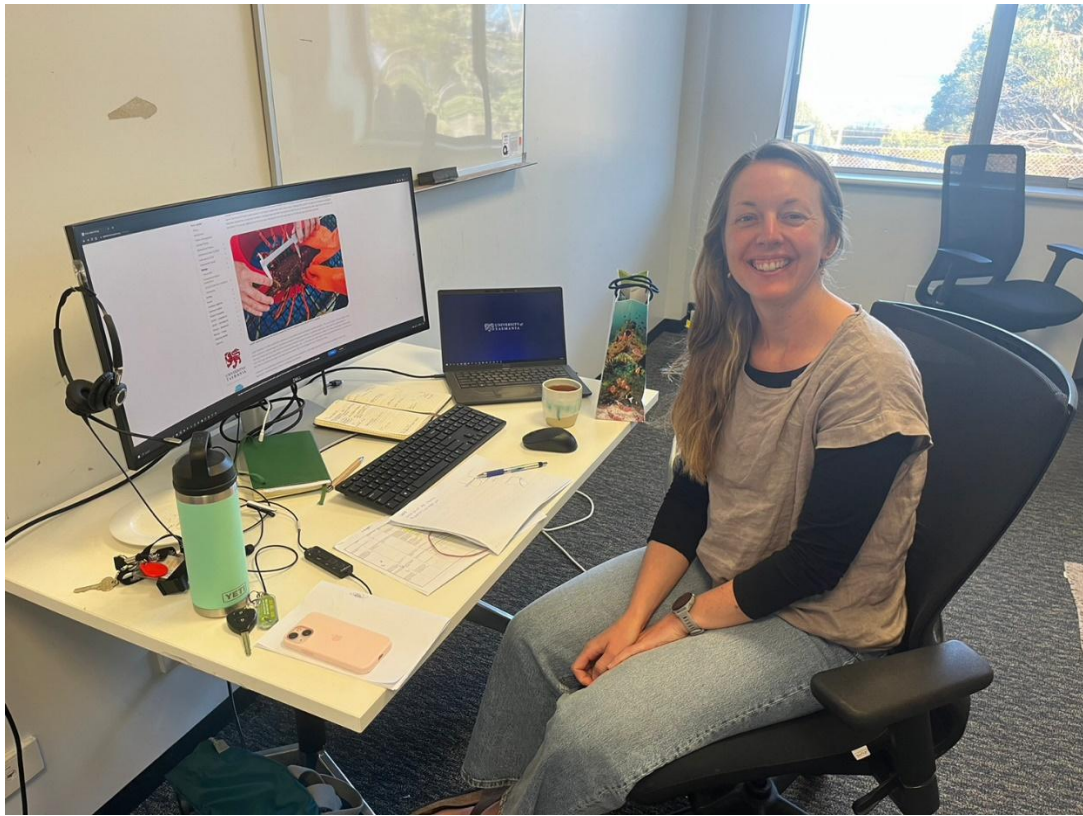


圖 17、Dr. Phillips 分享 IMAS 在新荷蘭靜龍蝦 (*Jasus edwardsii*) 資源評估研究中面臨的問題及校正方法。



圖 18、Dr. Marshall 分享 IMAS 分層權責，同時介紹塔斯馬尼亞漁業生物資料庫各項數據來源及資料庫建立之目的。

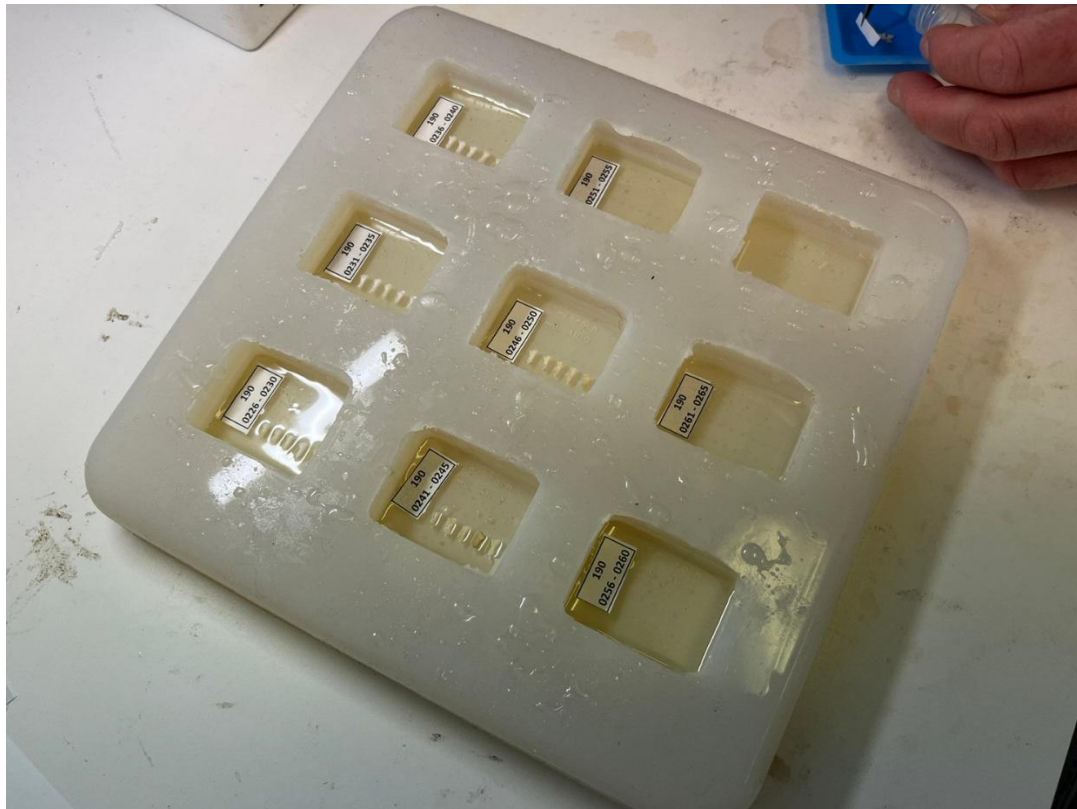


圖 19、Dr. Coulson 與其研究團隊帶領參觀 IMAS 耳石分析研究室，同時說明如何一次包埋、切取多片耳石薄片，提升前製備效率。



圖 20、112 年 9 月 20 日於 IMAS 1F 會議廳進行專題分享，題目為「Otolith O stable isotope compositions as potential migratory indicators for narrow-barred Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) in Taiwan」。



圖 21、112 年 9 月 20 日專題分享討論現場，現場及在線視訊的學者們針對報告內容提供相關分析建議。



圖 22、IMAS 轄下 3 艘海洋研究船外觀。