



印度洋海域熱帶鮪類之資源現況及未來展望

文/蔡文沛、王勝平、賴怡汝（國立高雄科技大學教授、國立臺灣海洋大學教授、農業部遠洋漁業組科長）

壹、前言

鮪漁業是全球最重要的漁業之一，對全球食品供應和經濟貿易具有重大影響。其中熱帶鮪類的大目鮪(*Thunnus obesus*)和黃鰭鮪(*Thunnus albacares*)是臺灣遠洋鮪延繩釣漁業在印度洋海域作業的主要目標魚種。這兩種魚類不僅在國際市場上具有高經濟價值，其漁獲量和資源狀況一直受到廣泛關注，各區域性漁業管理組織(Regional Fisheries Management Organizations, RFMOs)也一直密切監測這些魚種的資源狀況，以確保其可持續性。

印度洋鮪類委員會(Indian Ocean Tuna Commission, IOTC)作為負責印度洋海域鮪魚類資源評估與管理的主要機構，該委員會設有多個工作小組，專注於不同物種的研究和管理，確保目標魚種能夠得到有效的保護和可持續利用。這些工作小組包括資料蒐集及統計工作小組、生態系統及混獲工作小組、養護管理措施執行檢視工作小組和幾個主要的鮪、旗魚類工作小組等。各工作小組透過收集和分析漁業統計資料及生物資訊，評估魚類資源狀況，並根據科學證據提出管理措施建議。例如，根據漁獲資訊和資源評估結果，調整年度漁獲配額以減少過度捕撈的風險。

此外，這些工作小組還致力於減少捕撈活動對生態環境的負面影響，例如避免混獲(bycatch)瀕危和受保護物種，並促進漁業的可持續發展。在全球漁業壓力日益增加的背景下，保護和管理這些高經濟價值的鮪魚資源顯得尤為重要。透過科學研究和國際合作，可以確保鮪魚資源的長期可持續性，從而保障全球食品安全和海洋生態系統的健康。這需要各國政府、漁業從業者和科學家的共同努力，共同推動漁業管理和保護的創新與發展。

貳、印度洋海域大目鮪及黃鰭鮪之資源現況

一、IOTC熱帶鮪工作小組研究情形

IOTC熱帶鮪工作小組(Working Party on Tropical Tunas, WPTT)目前致力於評估和管理印度洋熱帶鮪魚資源，特別是以大目鮪、黃鰭鮪及正鰹為目標魚種。以下將涵蓋我國印度洋延繩釣漁業所關注之大目鮪及黃鰭鮪資源現況、近期研究進展等說明。

(一)大目鮪及黃鰭鮪資源現況

大目鮪為大洋中表層洄游性魚類，目前該物種的資源狀況，因2023年IOTC未對大目鮪進行新的資源評估，因此建議基於2022年的評估報告進行檢視。其評估顯示2021年的產卵群生物量(SB2021)低於最大可持續生產量的產卵群生物量(SBMSY)，且2021年的漁獲死亡率(F2021)高於最大可持續生產



量的漁獲死亡率(FMSY)(79%)，因此印度洋大目鮪之資源狀態被判定已過漁(overfished)，且正處於過度利用階段(overfishing)，如圖1及圖2所示(IOTC, 2022；2023a)。在2022年5月，IOTC委員會根據第22/03號決議通過印度洋大目鮪的管理措施，並應用該措施來確定2024年和2025年的建議總允許漁獲量(total allowable catch, TAC)。根據該決議的要求，還進行例外情況的證據審查，其審查範圍包括：有關物種之資源、種群動態或生物學的新知識、漁業或漁業操作的變化、輸入資料的變更或資料缺失、管理程序(management procedure, MP)建議執行不一致的情況。評估結果顯示，沒有需要對由MP計算出的TAC進行進一步研究或管理行動的例外情況。2022年應用管理程序得出的建議TAC為2024年和2025年每年80,583公噸。

黃鰭鮪為上表層洄游性魚類，而IOTC在2022年沒有針對黃鰭鮪進行新的資源評估，故2023年黃鰭鮪資源狀態仍根據2021年評估結果，如圖3及圖4所示。2020年的產卵群生物量估計為最大可持續生產量(MSY)水平的87%(SB2020/SBMSY = 0.87)，而目前的漁獲死亡率估計比FMSY高出32%(F2020/FMSY = 1.32)，因此該物種之資源狀態仍然處於過漁狀態(overfished)並面臨過度利用(overfishing)的威脅(IOTC, 2023b)。

(二) 近期合作研究進展

IOTC每年召開的技術及各工作小組會議討論最新的研究成果和管理措施，並對未來的研究方向提出建議，最近的會議重點包括提升資源評估模型的準確性和改進漁獲統計資料的報告品質。

台灣、日本與韓國皆為三大洋重要之遠洋漁業國，且主要皆是以延繩釣為主要之作業漁法，因此在國際漁業管理組織中皆被歸類為延繩釣漁業國，而三國之CPUE序列也為進行三大洋魚種資源評估時之重要關鍵指標。然而，三國漁業之發展歷程、目標魚種、漁場分布、魚種組成、體型組成等各項漁業特性皆具有差異，因此相互了解三國間之漁業特性並共同開發一致之分析方法，才能有利於建構出具有共識之聯合CPUE序列，以供後續三大洋魚種資源評估之用，並減少因延繩釣漁業國CPUE序列趨勢不一致而造成資源評估之不確定性。

為改善CPUE趨勢的不一致所造成資源評估的不確定性，IOTC及國際大西洋鮪類資源保育委員會(International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, ICCAT)等三大洋之國際漁業管理組織皆在積極發展CPUE聯合分析。日本與韓國科學家於2019年1月提議由日本、韓國及台灣共同建立三國科學合作會議，並於2019年7月於IOTC溫帶鮪類工作小組會議期間召開初次籌備會議，





隨後確立於第一屆「日本、韓國與台灣延繩釣漁業鮪類與類鮪類魚種資料分析合作工作小組(Collaborative workshop on the analysis of LL fisheries data for tuna and tuna-like species among JP, KR and TW)」(簡稱台日韓三國合作工作小組)，至今已召開了23次會議。

在三國合作研究發展的過程中，需要透過大量的資料檢視、分析與比較以討論三國漁業特性的異同，並探討可能作為後續進行CPUE分析之重要因素。根據本工作小組之發展目標，三國將自行開發出進行資料分析與CPUE標準化之分析架構，以作為後續進行三大洋魚種CPUE分析之依據。此外，三國科學家亦將針對作業資料分析、作業目標魚種分析、標準化模式等部份進行詳盡討論並開發程式碼，以供後續三國以共同架構進行分析之用。自第二屆會議開始，台灣、日本與韓國負責三大洋主要重點魚種之科學家目前皆全程參與各次會議並積極推展各項工作項目之進度，以確保能夠完成三國合作研究平台之開發與建構，並將各項成果呈現予各區域性漁業管理組織。

本屆(第二十三屆)「日本、韓國與台灣延繩釣漁業鮪類與類鮪類魚種資料分析合作工作小組」會議於2024年5月23日至29日在日本東京以實體會議形式舉行，本屆會議之重點工作項目在於完成印度洋黃鰭鮪與大目鮪之CPUE標準化分析，在台日韓三國成員的合作分析下，完成聯合CPUE標準化分析，並提交標準化CPUE序列與二篇工作報告(IOTC-2024-WPTT26(DP)-14；IOTC-2024-WPTT26(DP)-15)至IOTC WPTT資料準備會議，以供今年度10月底即將於塞席爾召開之第二十六屆WPTT工作小組會議，進行資源評估與管理策略評估之用。目前台日韓三國所採用之方法主要如下：

1. 利用群集分析法(hierarchical clustering analysis)，根據每次作業之漁獲魚種組成的相似性進行分群，鑑別每次作業的目標魚種，進而將群組視為一目標魚種(或漁撈策略)的替代指標，納入後續CPUE標準化模式進行分析。
2. 標準化模式目前主要採用二個過去常用的標準化分析方法，廣義線性模型(generalized linear model, GLM)(McCullagh and Nelder, 1989)及考量大量零漁獲資料之Delta對數常態模型(Delta-lognormal GLM)(Lo et al., 1992)。近年來，出現了很多時空建模的方法來標準化CPUE數據，工作小組亦嘗試發展向量自回歸空間-時間模型(Vector Autoregressive Spatio-Temporal Model, VAST)(Thorson, 2019)，VAST為物種空間分布(Species distribution model, SDM)的方式之一，能夠鏈結環境資訊(environmental information)以及物種時空資料(species abundance)，並預測該物種的分布機率。與傳統的GLM或其他僅透過空間區域對預測進行加權的方法相比，VAST不需要先行分區即可進行相對資源豐度指標的標準化，提供了更





為全面且一致的時空變化處理方法，此法準確地將空間分層並加權，在標準化的過程中非常關鍵也困難，因此VAST目前也是各RFMOs發展的重點。

附圖



Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



Indian Ocean Tuna Commission
Commission des Thons de l'Océan Indien

APPENDIX 2 EXECUTIVE SUMMARY: BIGEYE TUNA (2023)



Table 1. Status of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the Indian Ocean

Area ¹	Indicators	2022 stock status determination ⁴
Indian Ocean	Catch 2022 ² (t)	79%
	Mean annual catch 2018-2022 (t) ³	
	MSY (1,000 t) (80% CI)	
	F _{MSY} (80% CI)	
	SB _{MSY} (1,000 t) (80% CI)	
	F ₂₀₂₂ /F _{MSY} (80% CI)	
	SB ₂₀₂₂ /B _{MSY} (80% CI)	

¹Boundaries for the Indian Ocean stock assessment are defined as the IOTC area of competence

²Proportion of 2022 catch fully or partially estimated by IOTC Secretariat: 18.7%

³Including re-estimations of EU PS species composition for 2018 (only requested for stock assessment purposes)

⁴2021 is the final year that data were available for this assessment

⁵Estimated probability that the stock is in the respective quadrant of the Kobe Plot (Table 2), derived from the confidence intervals associated with the current stock status.

Table 2. Probability of stock status with respect to each of four quadrants of the Kobe plot. Percentages are calculated as the proportion of model terminal values that fall within each quadrant with model weights taken into account

	Stock overfished (SB ₂₀₂₁ / SB _{MSY} < 1)	Stock not overfished (SB ₂₀₂₁ / SB _{MSY} ≥ 1)
Stock subject to overfishing (F ₂₀₂₁ / F _{MSY} > 1)	79%	17%
Stock not subject to overfishing (F ₂₀₂₁ / F _{MSY} ≤ 1)	2%	2%
Not assessed / Uncertain / Unknown		

圖1. 印度洋大目鮪（*Thunnus obesus*）的資源狀況
資料來源：IOTC（2023）EXECUTIVE SUMMARY：BIGEYE TUNA



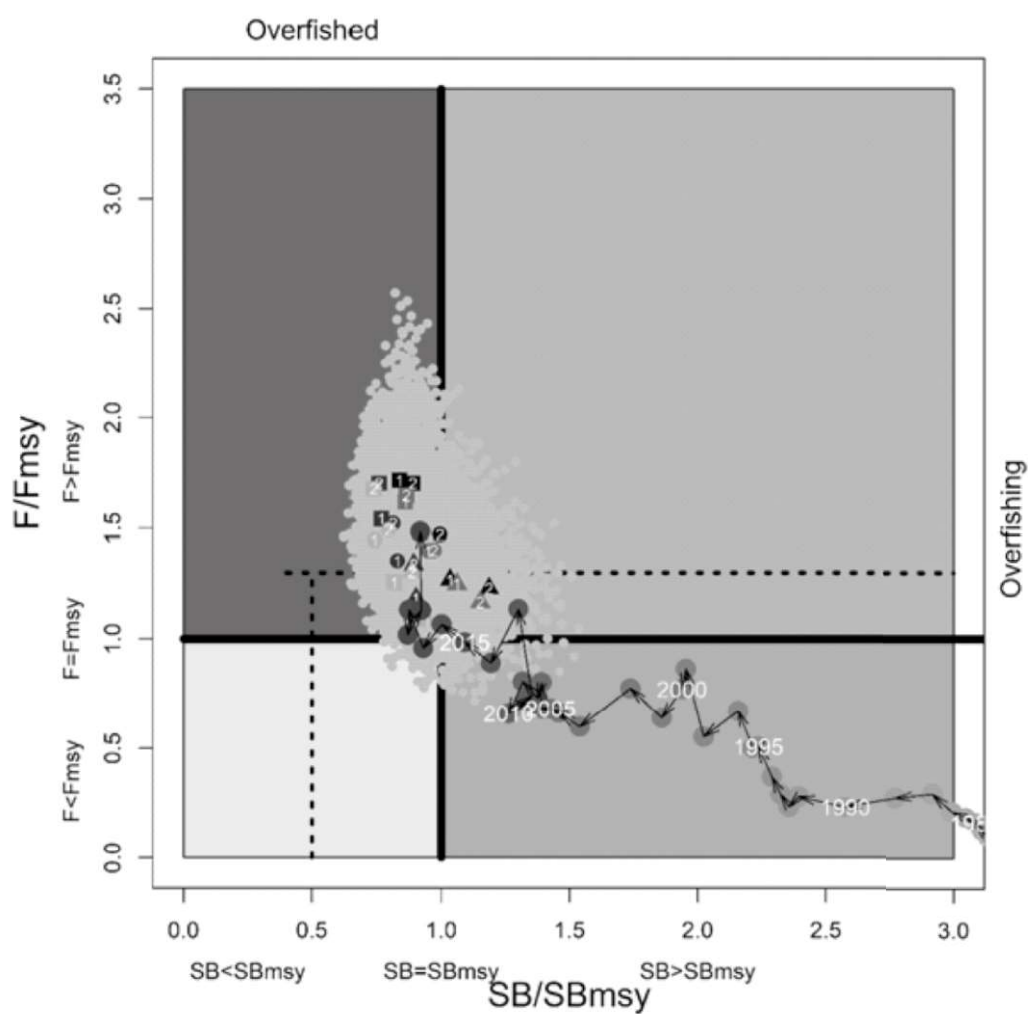


圖2. 印度洋大目鮪：以SS3模型整合物種資源狀況之Kobe圖
資料來源：IOTC（2023）EXECUTIVE SUMMARY: BIGEYE TUNA





Food and Agriculture
Organization of the
United Nations



Indian Ocean Tuna Commission
Commission des Thons de l'Océan Indien

APPENDIX 4

EXECUTIVE SUMMARY: YELLOWFIN TUNA (2023)



Table 1. Status of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the Indian Ocean

Area ¹	Indicators	2021 stock status determination ²
Indian Ocean	Catch 2022 ² (t)	410,332
	Mean annual catch 2018-2022 (t)	429,421
	MSY (1,000 t) (80% CI)	349 (286-412)
	F_{MSY} (80% CI)	0.18 (0.15-0.21)
	SB_{MSY} (1,000 t) (80% CI)	1,333 (1,018-1,648)
	F_{2020} / F_{MSY} (80% CI)	1.32 (0.68-1.95)
	SB_{2020} / SB_{MSY} (80% CI)	0.87 (0.63-1.10)
	SB_{2020} / SB_0 (80% CI)	0.31 (0.24-0.38)
		68%*

¹Boundaries for the Indian Ocean stock assessment are defined as the IOTC area of competence

²Proportion of 2022 catch fully or partially estimated by IOTC Secretariat: 17.2%

³2020 is the final year that data were available for this assessment

Colour key	Stock overfished ($SB_{2020} / SB_{MSY} < 1$)	Stock not overfished ($SB_{2020} / SB_{MSY} \geq 1$)
Stock subject to overfishing ($F_{2020} / F_{MSY} \geq 1$)	68%	2%
Stock not subject to overfishing ($F_{2020} / F_{MSY} < 1$)	13%	17%
Not assessed / Uncertain / Unknown		

INDIAN OCEAN STOCK – MANAGEMENT ADVICE

Stock status. No new stock assessment was carried out for yellowfin tuna in 2023 and so the advice is based on the 2021 assessment. The 2021 stock assessment was carried out using Stock Synthesis III (SS3), a fully integrated model that is currently used to provide scientific advice for the three tropical tunas stocks in the Indian Ocean. The model used in 2021 is based on the model developed in 2018 with a series of revisions that were noted during the WPTT in 2018, 2019 and 2020. The model uses four types of data: catch, size frequency, tagging and CPUE indices. The proposed final assessment model options correspond to a combination of model configurations, including alternative assumptions about the spatial structure (2 options), longline CPUE catchability (2 options on the effect of piracy), weighting of the tagging dataset ($\lambda = 0.1$ or 1), steepness values (0.7, 0.8, and 0.9), natural mortality values (2 options), and growth parameters (2 options). The model ensemble (a total of 96 models) encompasses a range of stock dynamics.

A number of sensitivity runs were conducted to address additional uncertainty, including two new natural mortalities (based on maximum age of 10.9 and 18, respectively), a new growth curve (based on the most recent aging study), an assumed longline catchability increase (1% per year), as well as a model that includes only the Japanese size data for the Longline fishery. The results of these models generally indicate a more pessimistic stock status and would lower the estimated median biomass if included in the final grid of models. However, the results from the sensitivity runs were within the range of uncertainty estimated by the model grid. The sensitivity models still require further

圖3. 印度洋黃鰹鮪 (*Thunnus albacares*) 的資源狀況

資料來源：IOTC (2023) EXECUTIVE SUMMARY: YELLOWFIN TUNA



專題報導

Cover Story





Fig 3. Estimated time series (1950-2020) of total spawning biomass of yellowfin tuna (left) from the reference model of the 2020 assessment.

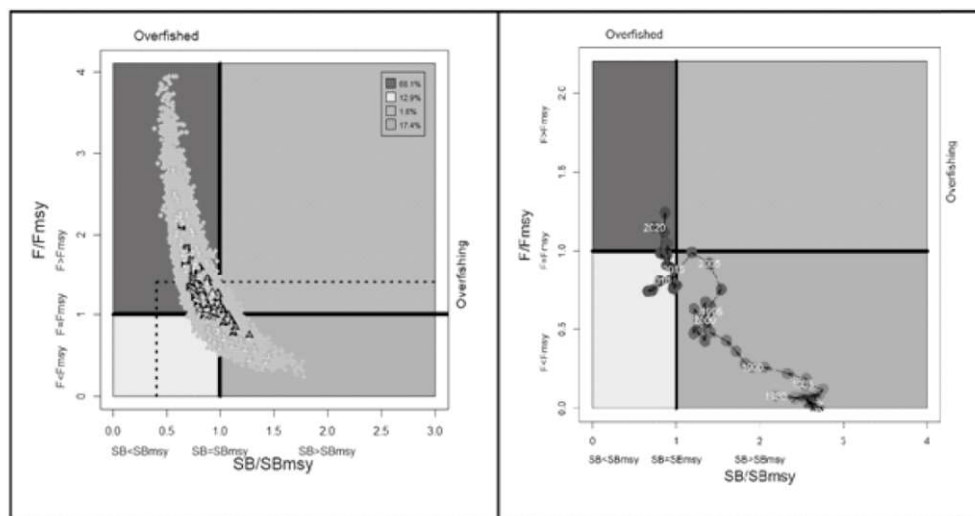


Fig. 4. Yellowfin tuna: SS3 Indian Ocean assessment Kobe plot: (left): current (2020) stock status, relative to SB_{MSY} (x-axis) and F_{MSY} (y-axis) reference points for the final model options. Coloured symbols represent Maximum posterior density (MPD) estimates from individual models: square and Triangles and represents LL CPUE catchability options q1 and q2 respectively; green, blue, black, and orange represents growth and natural mortality option combination Gbase_Mbase, GDortel_Mbase, Gbase_Mlow, and GDortel_Mlow respectively; 1,2, represents spatial structure option io and sp respectively. The purple dot represents the base model. Grey dots represent uncertainty from individual models. The dashed lines represent limit reference points for IO yellowfin tuna ($SB_{lim} = 0.4 SB_{MSY}$ and $F_{lim} = 1.4 F_{MSY}$); (right) stock trajectory from the base model

圖4. 印度洋黃鰹鮪：以SS3模型整合物種資源狀況之Kobe圖

資料來源：IOTC（2023）EXECUTIVE SUMMARY：YELLOWFIN TUNA

二、台灣鮪延繩釣漁船於印度洋海域所捕獲大目鮪及黃鰹鮪之漁業概況

台灣鮪延繩釣漁船主要在印度洋的熱帶和亞熱帶海域作業，其作業區域會隨季節和漁場狀況進行調整，且我國漁船進行作業時，除了遵守本國之「鮪延繩釣漁船赴印度洋作業管理辦法」外，IOTC所規定的管理措施，包括漁獲配額、禁漁期或禁漁區、漁具限制等規範，也必須遵守。另外為了實行可持續性的漁業管理，將針對目標魚種的漁業數據進行蒐集、科學研究及監測，確保資源的可持續利用和良好生態系統。以下將說明我國漁船所遵守IOTC目前針對熱帶鮪類訂定的管理措施、於該海域作業上所面臨的挑戰。

（一）配合IOTC提交漁業數據及遵守管理措施

目前各國國際組織為達資源永續利用之目標，正積極加強主要鮪類資源的管理，並以漁獲配額為管理手段，IOTC會議結果對我國鮪魚產業極為重要。我國作業水域涵蓋整個印度洋，為IOTC管理水域之主要漁獲國之一，因此，IOTC在進行主要鮪類之資源評估時，極需我國參與研究並提供相關漁獲資料我國積極報告捕撈資料，並參與IOTC的監測計劃，並確保資料的透明性和準確性。

為確保我國漁船在印度洋的漁撈作業權益，我國自願遵守第21/01號「重建IOTC權限範圍海域印度洋黃鰹鮪資源暫訂計畫」及第23/04號「IOTC權限區





域內建立大目鮪漁獲限額決議」，在IOTC權限區域內，限制我國自2022年起的黃鰭鮪年度漁獲量為10,688噸、2024年起的大目鮪年度漁獲量為11,488噸，並確保捕撈活動在可持續範圍內進行。而針對漁業數據收集部分，我國亦依據第15/02號「強制性統計資料要求」等相關決議規範，依限將我國船隊漁業資料提供給IOTC，俾供IOTC對印度洋水域內重要經濟鮪、旗、鯊魚種資源狀況進行比較分析。

（二）我國漁船赴印度洋海域作業時所面臨挑戰

在進行漁業活動時，首要影響因素為氣候變遷。氣候變遷導致的海洋環境變化，如海洋酸化、海溫升高等，會影響魚類資源的分佈和數量。海洋酸化會破壞海洋生態系統，影響魚類的繁殖和生長；海溫升高則會改變魚類的棲息地，導致漁獲量的不穩定。若有害藻華的發生，將進一步威脅漁業資源的可持續性。因此，漁業管理者需密切關注氣候變遷對海洋環境的影響，並採取相應的適應和緩解措施，以確保漁業活動的可持續發展。

印度洋漁場的國際競爭非常激烈，為了保護合法漁業活動的權益和確保海洋資源的可持續性，必須防範和打擊非法、未報告及不受規範的(Illegal, unreported, unregulated; IUU)漁業活動，將增加管理和監控的難度。故各國需要加強合作，共享情報和數據，並採取一致的執法行動，以有效遏制IUU漁業活動，例如：可引入先進的監控技術，衛星監測及自動識別系統，以提高漁船作業之監控效率。惟有通過國際或各區域性漁業管理組織的共同努力，才能確保印度洋海域的漁業資源能可持續利用。

三、未來展望及建議

隨著全球對永續漁業的重視，我國漁船需持續遵守IOTC等國際組織的規範，並參與科學研究和資料收集，特別是漁業統計資料、生物樣本蒐集及海洋環境資訊，加強與其他區域漁業管理組織(RFMOs)的合作或者與各國政府、非政府組織和科學機構合作，且持續檢視及提升評估模型精度，考慮更多的不確定性因素和環境因子，可進行跨學科合作，結合生物學、環境科學和經濟學，共享資料和研究成果，以全面評估鮪類及類鮪類資源狀況並進行相關漁業管理。

參、結語

IOTC熱帶鮪工作小組在印度洋的研究和管理對全球鮪魚資源的可持續利用具有重要意義。透過加強資源管理、改進資料收集和推動國際合作，促進鮪魚資源的恢復，確保漁業的長期發展。台灣鮪延繩釣漁業在印度洋具有重要的經濟價值，但面臨資源壓力和國際競爭的挑戰，包括環境風險、國際管理要求和經濟壓力。為應對這些挑戰，需加強國際合作、提高資源管理水平、優化作業方式和技術，確保漁業的可持續發展和漁民的生計保障。





期許我國政府能持續支持台日韓三國合作工作小組參與合作研究會議及分析工作，除了使我國專家能夠了解整個合作研究之理論基礎與發展歷程並加以應用外，於後續進行改善與修正時能夠完全融入整體建構流程，進而更能提昇台灣於國際遠洋漁業社群於科學分析方面之能見度與貢獻度。整體而言，只有透過深度的國際合作，我們才能有效解決長久以來關於印度洋熱帶鮪類CPUE標準化序列趨勢的不確定性問題，而IOTC熱帶鮪工作小組及台日韓三國合作工作小組在這方面發揮了關鍵作用。台灣持續向國際漁業組織提供我國的漁業動態資訊，不僅有助於提升台灣在國際上的形象，還能增加漁業資源評估的可信度。這些貢獻不僅促進了全球漁業管理的科學基礎，還顯示出我國在保護海洋生態和可持續漁業發展方面的承諾。

？

參考文獻

- 1.Fu et al., (2021). Preliminary Indian ocean yellowfin tuna stock assessment 1950-2020 (stock synthesis). 23rd Working Party on Tropical Tunas (WPTT23), 25-30.
- 2.IOTC (2022). Preliminary Indian Ocean Bigeye Tuna Stock Assessment 1950-2021. Retrieved from IOTC website.
- 3.IOTC (2023a).Executive Summary : Bigeye Tuna. IOTC-2023-SC26-ES02.
- 4.IOTC. (2023b).Executive Summary : Yellowfin Tuna. IOTC-2023-SC26-ES04.
- 5.IOTC-2024-WPTT26(DP)-14: Matsumoto T, K. Satoh, W-P. Tsai, S-P. Wang, J-h. Lim, H. Park, and S-I. Lee. 2024. Joint longline CPUE for yellowfin tuna in the Indian Ocean by the Japanese, Korean and Taiwanese longline fishery.
- 6.IOTC-2024-WPTT26(DP)-15: Lim, J-h, Matsumoto T, S-I. Lee, S-P. Wang, K. Satoh, H. Park, W-P. Tsai, N-J. Su, S-T. Chang and F-C. Chang. 2024. Update of joint CPUE indices for the bigeye tuna in the Indian Ocean based on Japanese, Korean and Taiwanese longline fisheries data up to 2023.
- 7.Lo, N. C. H., Jacobson, L. D., & Squire, J. L., 1992. Indices of relative abundance from fish spotter data based on delta-lognormal models. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 49(12), 2515-2526.
- 8.McCullagh, P., & Nelder, J. A., 1989. Generalized linear models, volume 37 of. Monographs on statistics and applied probability.
- 9.Thorson, J.T., 2019. Guidance for decisions using the Vector Autoregressive Spatio-Temporal (VAST) package in stock, ecosystem, habitat and climate assessments. Fish.Res. 210, 143-161.

？

