台灣水產

【雙月刊】
第16卷 第4期
730
AUG 2021

TAIWAN FISHERIES ASSOCIATION

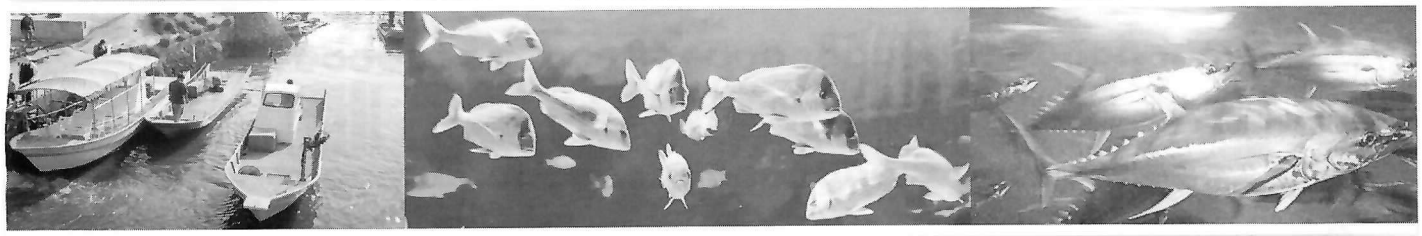
ISSN 0529-6471

專題報導

- 養殖區排水路清淤之重要性
- 娛樂漁業漁船的現況與展望
- 印度洋鮪類委員會（IOTC）科學次委員會會議進展
- 「養殖漁業生產區設置及管理準則」訂定簡介

國內郵資已付
高雄郵局許可證高雄字第1612號
中華郵政台北雜字第984號
執照登記為雜誌交寄

台灣水產協會 發行



雙月刊 第20卷 第5期
NO.755

台灣水產

目錄

漁業大事

國內漁業輿情 …… 6
謝明惠

國際漁業輿情 …… 20
李賢忠、許金漢、洪聖銘、涂雅惠、許方嘉、馬慧珊、吳佳蓉等摘譯

專題報導

從魚塭到餐桌：光譜技術打造水產品質全程把關 …… 33
陳世芳、邱鈺欣、蔡知芸、陳品瑋、葉進雄

臺灣籠具漁業管理及未來展望 …… 40
游博婷、張惟翔

漁業管理策略評估（MSE）的發展與應用：印度洋大目鮪案例分析 …… 45
王勝平、蔡文沛、許雯淇、林治瑜、賴怡汝

推動全國校園午餐食用國產水產品建立聯採聯供運銷辦理情形 …… 55
蕭仲能、陳文深

漁業與人權行動計畫之成果及展望 …… 58
林富家、劉啓超

前鎮漁港的蛻變 …… 64
黃千祐、魏立帆

TAIWAN FISHERIES ASSOCIATION

漁業管理策略評估(MSE)的發展與應用：印度洋大目鮪案例分析

文/王勝平[1]、蔡文沛[2]、許雯淇[1]、林治瑜[1]、賴怡汝[3](國立臺灣海洋大學環境生物與漁業科學學系[1]、國立高雄科技大學漁業科技與管理系[2]、農業部漁業署遠洋漁業組專門委員[3])

壹、前言

漁業資源的永續利用取決於對資源現況的評估與有效的管理措施。各漁業國家或區域性漁業管理組織(regional fisheries management organizations, RFMOs）通常透過歷史漁獲資料與資源評估模型，分析漁業利用對資源變動的影響，藉由足夠的漁獲資料，估算最大可持續生產量(maximum sustainable yield, MSY)，並據此制定適當的管理措施。傳統的漁業資源評估與管理決策流程通常包括以下步驟：

1.資料彙整：收集歷年漁業統計資料、生物生活史參數、漁業作業方式等相關資訊；

2.資源評估：透過數理統計模型(如年齡結構模型、生產模型等)估算歷年漁獲壓力及資源變動趨勢，評估漁業行為對資源的影響；

3.管理策略選擇與調整：基於資源評估結果，模擬不同管理措施（如漁獲配額、努力量限制等）的影響，若未達管理目標，則進行調整；

4.定期評估與管理修正：持續更新資料，重新進行資源評估與管理措施調整，以確保資源永續利用。

然而，傳統管理方式常受到資料不確定性、資源評估模型誤差及管理策略變動性的影響，導致管理決策可能無法達成預期目標。近年來，科學界與RFMOs(如IOTC、ICCAT、WCPFC等)已逐漸將焦點轉向管理策略評估(management strategy evaluation, MSE)，作為決策前的重要評估工具。

MSE的核心目標是透過模擬測試不同管理程序(management procedures, MP)的長期表現，以確保管理策略能在不確定性條件下仍能維持資源永續性與漁業穩定性。這種方法不同於傳統資源評估模式，因為它不僅考量資源動態以建構運作模式(operating model, OM)，還包含資料收集過程、資源評估方法、漁獲控制規則(harvest control rule, HCR)及管理決策機制，並且模擬這些組成要素在長期運行下的表現。

貳、管理策略評估之概念

所謂的MSE是一種模擬測試框架，主要用於評估不同管理程序MP在面對各種不確定性條件下的長期表現，協助管理機構選擇最適合的漁業管理措施。MSE的應用可追溯至1968年，當時國際太平洋比目魚委員會(International Pacific Halibut Commission, IPHC)即針對比目魚資源進行策略評估分析。真正使MSE成為現代漁業管理核心工具的轉捩點，則是在1990年代國際捕鯨委員會（International Whaling Commission, IWC)開發漁獲策略(harvest strategies)時，率先將模擬測試納入管理決策流程。此後，MSE已廣泛應用於全球各大漁業管理組織(如CCSBT、IOTC、ICCAT、WCPFC)及多國國內漁業管理體系(如紐西蘭龍蝦、南方鱈魚、歐洲底棲魚類漁業等)，涵蓋南方黑鮪、旗魚等重要經濟魚種之資源管理。

MSE分析的執行程序及流程，大致可概括為以下步驟（圖1）：

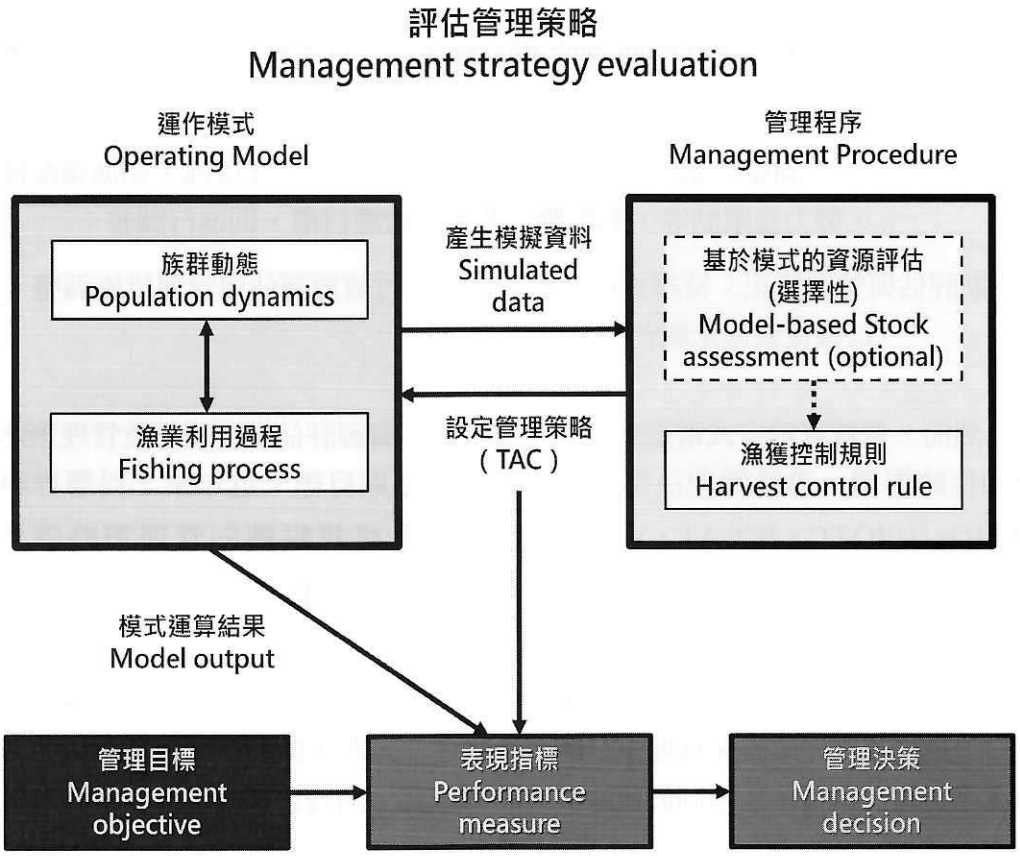


圖1、漁業資源之管理策略評估架構與流程。

1.設定管理目標(management objective)：

透過具體的表現指標(performance measure)來量化管理目標，例如維持資源量(biomass)在最大可持續生產量之生物量估計值(BMSY)以上或漁獲壓力(fishing mortality)小於MSY下之漁獲死亡率估計值(FMSY)、確保漁獲變異性小於某一閾值等。

2.建構OM：

建構OM以代表真實世界的漁業系統，用於模擬資源族群動態與漁業利用過程：

- 族群動態(population dynamics)：模擬資源生長、死亡、補充等過程。
- 漁業利用(fishing process)：模擬漁業行為、努力量變化等。

適配歷史漁獲資料與研究調查資料，以校準模型參數，確保OM能夠合理再現過去的資源變動趨勢。

3.假設不同MP：

為評估各種管理策略在不同情境下的表現，MSE會設計多種MP進行模擬與比較，主要分為以下兩類：

- 模型式MP(model-based MP)：透過資源評估模型作為管理決策依據。
- 指標式MP(indicator-based MP)：直接依據單位努力漁獲量(catch-per-unit-effort, CPUE)、生物量等指標計算管理措施。

管理措施可能包含漁具規範、漁期漁區劃分、總容許捕獲量(total allowable catch, TAC)計算方式等。

4.模擬MP於長期運行下的表現：

在OM環境下運行各種MP，進行未來族群動態投射(projection)，每年模擬步驟包含：

- 生成模擬資料(如CPUE、生物量估算、漁獲努力量等)。
- 使用資源評估模式來估算管理決策所需的狀態變數(若適用)。
- 透過HCR計算TAC或其他管理措施。
- 將TAC或其他管理措施反饋至OM，進一步影響下一年度的族群變動與漁業動態。

5.評估不同MP的管理成效：

根據模擬結果，比較各管理程序在資源永續性、漁業經濟效益、管理穩定性等層面的表現，例如：

- 資源狀態指標，例如：相對系群生物量(B/BMSY)及相對漁獲死亡率(F/FMSY)是否達標。
- 捕撈變異性是否過大（避免劇烈波動影響漁業產業）。
- 長期漁獲收益與穩定性。

6.選擇最適MP：

根據上述MSE評估結果，向管理機構(如RFMOs)推薦最佳管理程序，並結合決策者偏好與目標，選出最合適的管理策略。

參、管理目標與決策評估

漁業資源管理的核心目標在於確保資源的可持續利用，同時維持漁業的經濟與社會穩定。MSE提供了一個科學化、系統性的框架，用於測試不同MP在不確定性條件下的長期表現，確保管理決策能夠達成預期目標。MSE在進行決策評估時，通常需考慮以下幾個核心問題：

1.不同MP是否能達成管理目標

測試不同TAC計算方式、努力量調整規則或漁業限制措施等，評估各管理方案是否能維持理想資源水準(如BMSY)，同時兼顧漁業產業的穩定性。

2.不同資源評估方法對管理決策的影響

各MP可能依賴不同的資源評估模式(Stock Assessment Models)，例如年齡結構模型、生產模型或指標法。MSE可測試這些方法的準確性與穩健性，確保管理決策不會因資源評估的不確定性而產生過大風險。

3.管理參考點與績效指標的適切性

採用的參考點(reference points)，如BMSY、FMSY、系群初始生物量估計值(B_0)，是否能正確反映資源狀態，以及所設績效指標(performance measures)是否能全面評估不同管理程序的長期影響。

4.資料來源對管理決策的影響MSE可測試不同資料來源(如CPUE、生物量估計、標識回收資料等)是否對管理決策產生重大影響，並據此建議最重要的資料收集項目，以提升未來漁業管理的資料品質。

綜上，這些問題皆為MSE分析時必須重點考量的層面。而MSE最大的優勢，在於提供客觀且量化的評估依據，協助決策者比較各管理程序表現，進而選擇最適合的管理措施。

肆、管理策略評估的穩健性與預警方法

在MSE進行決策評估時，「穩健性(robustness)」是重要的評估標準之一，意指所選擇的管理程序(MP)必須能在多種不確定性條件下，持續達成管理目標，降低資源枯竭或產業劇烈波動的風險。因此，MSE分析中常採用預警方法(precautionary approach)，即在管理決策設計上納入對最壞情境的風險預防機制。例如，若某一MP即使在面對資料誤差、環境變動等不確定因素時，仍能維持資源量高於B_{MSY}，則該方案即屬於較為穩健的管理策略；反之，若在模擬過程中發現MP對某些假設敏感、容易因不確定性導致資源崩潰或產業不穩，則須調整其HCR或改善資料來源，以提升其穩健性。

此外，MSE強調MP的長期穩定性。因此，MP的設計往往採取多年期執行，例如TAC可能以3年為一週期進行制定與執行，而非每年變動。這樣做有助於減少管理措施的頻繁調整，提升產業投資與經營的穩定性。這與傳統「基於資源評估的管理模式(assessment-based management)」形成對比，後者通常根據每年資源評估結果進行管理措施的動態調整，容易造成決策頻繁、產業預期不確定性提升，進而增加管理與產業風險。

伍、印度洋大目鮪管理策略評估與TAC制定實例：

印度洋大目鮪(Thunnus obesus)是該區域重要的經濟性魚種，在全球市場中具有高價值，為延繩釣與圍網漁業的重要目標物種。然而，由於長期的高捕撈壓力，其資源狀態已達到印度洋鮪類委員會(Indian Ocean Tuna Commission, IOTC)所定義的生物性過漁(overfished)水準，並且仍受到漁業的過度利用(overfishing)的影響。根據IOTC近年的資源評估結果，印度洋大目鮪的資源狀況已無法維持在MSY的水準，因此亟需制定科學化的管理措施，以確保該資源的永續利用。為了因應這一挑戰，IOTC在2022年正式通過Resolution 22/03，確立以MSE為基礎的MP，並藉由MP來制定TAC，使管理決策能夠更具穩定性與可預測性。

IOTC在2011年的Kobe III會議中確認MSE的重要性，並於2014年正式啟動印度洋大目鮪的MSE計畫，經過多年的發展與測試，最終在2022年通過MP，作為TAC制定的依據。IOTC在MSE的發展過程中，設定了以下核心管理目標：

1.確保印度洋大目鮪的資源能夠恢復並維持在BMSY以上，即使在環境變遷與漁業變動的條件下，資源仍能穩定供應。

2.確保捕撈壓力能夠維持在FMSY以下，減少過度捕撈對資源的衝擊，避免漁業產業面臨劇烈變動。

3.透過科學化的決策框架 降低管理的不確定性，使TAC的設定更加透明且穩定，避免因為年度資源評估的變動而頻繁調整漁獲限制。

4.減少TAC的短期變動，確保漁業產業的投資穩定性，讓從業者能夠有更長期的經營規劃。

經過科學委員會(Scientific Committee, SC)與利益相關者的討論，IOTC設定了兩個管理目標（tuning objectives)，分別為：

1.具有60%機率在2034至2038年間達到Kobe綠區（即資源未具有生物性過漁，且未受到漁業的過度利用)。

2.具有70%機率在2034至2038年間達到Kobe綠區，以提供更高的管理安全性。

在MSE測試的過程中，IOTC提出了兩種候選管理程序(candidate management procedures, CMPs)，並透過模擬評估其長期表現：

1.MP1_Harvest（基於HCR的MP）

該MP是一個基於生物量耗損率(biomass depletion)的模型導向管理程序(model-based MP)，核心機制是曲棍球棒狀(hockey-stick)的HCR。TAC的調整依據估計的當前資源生物量相對水對(B/BMSY)，並配合預設的目標參考點(target reference point, TRP)和限制參考點(limit reference point, LRP)進行動態調整TAC(圖2)。

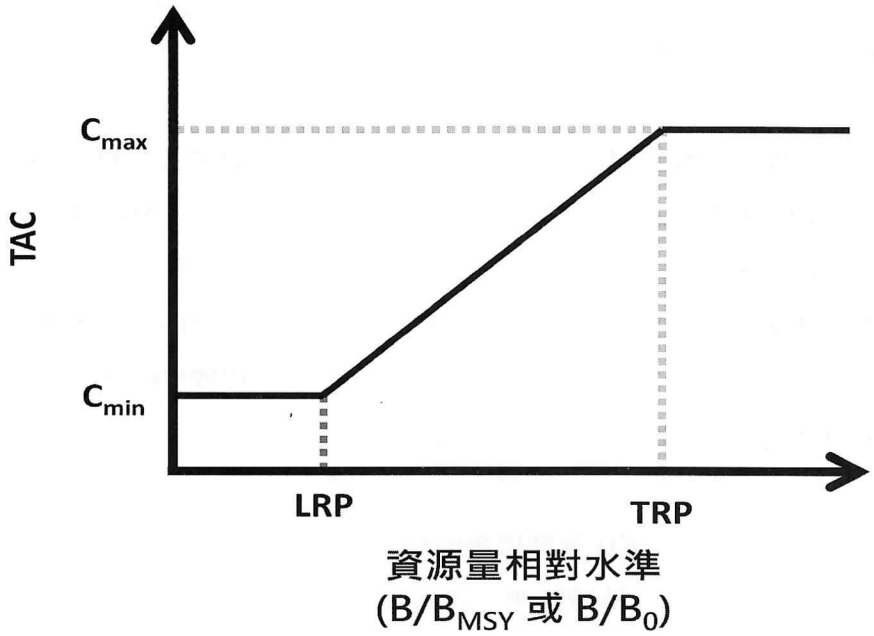


圖2、基於Hockey-stick狀漁獲控制規則（HCR）之管理程序（MP1_Harvest）示意圖。

2.MP2_Target(基於目標生物量的MP)

該MP也是一種基於模型導向的管理程序，但不同於MP1_Harvest依據當前生物量耗損率動態調整TAC，而是基於資源的未來投射(projection)，透過內部模擬計算適當的TAC，使資源能夠在2034至2038年間達到預設的生物量耗損率的目標參考點(圖3)。

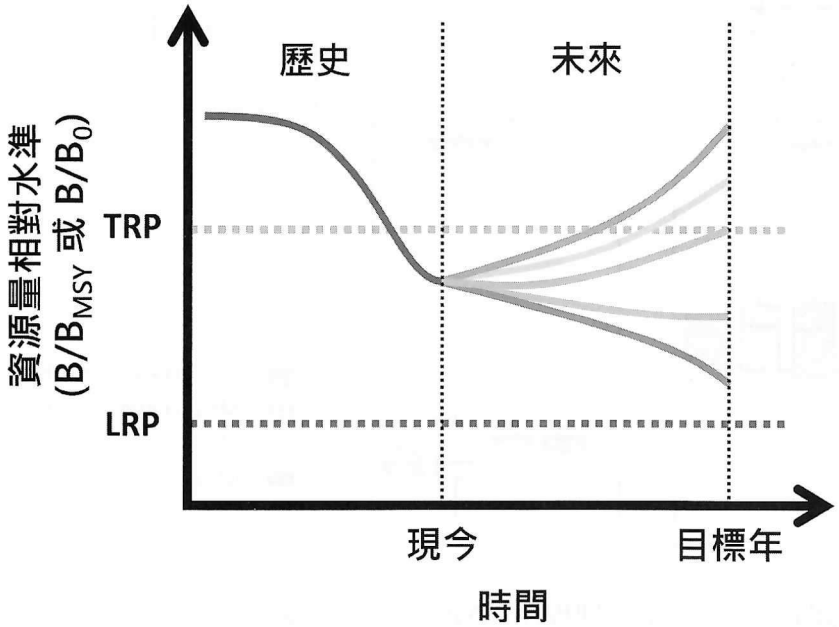


圖3、基於目標生物量之管理程序（MP2_Target）示意圖。

此外，兩個候選MP均設有±15%的TAC變動上限，以避免短期內TAC劇烈波動，並採用3年的管理週期，以提升管理穩定性與可預測性。

最終，根據模兩種候選MP模擬評估其長期表現的關鍵績效指標(圖4)，雖然MP1_Harvest和MP2_Target能達到IOTC設定的管理目標，但MP1_Harvest能提供較高的平均漁獲量，並同時降低TAC異性，減少產業的不確定性，以兼顧資源永續性與漁業經濟穩定性。因此，IOTC在2022年選擇MP1_Harvest作為正式管理程序，並於2024至2025年起開始適用TAC設定。根據MP1_Harvest的計算結果，IOTC科學委員會(SC)在2022年會議中決議：

1.2024至2025年TAC設定為80,583公噸(比2021年減少15%)。

2.TAC變動上限為±15%，確保管理措施的穩定性。

3.未來每3年檢討一次TAC，持續監測並評估MP的表現。

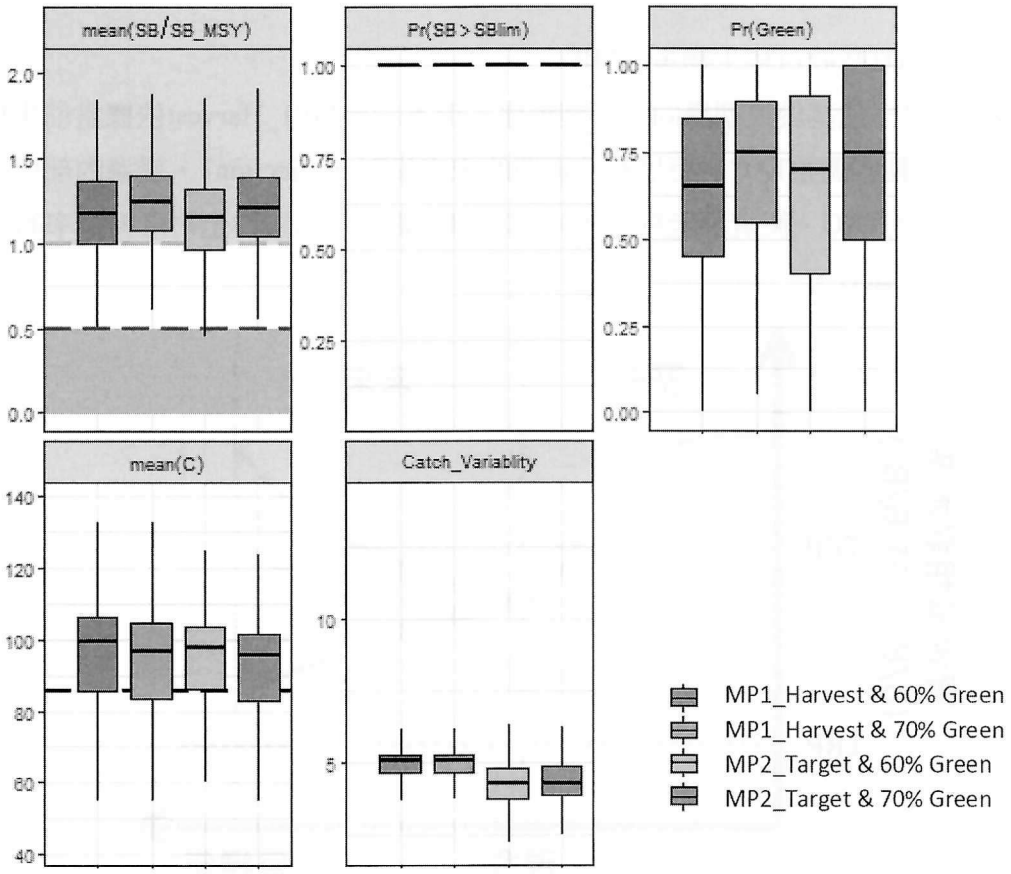


圖4、兩種候選管理程序（MP）評估表現的關鍵績效指標。

傳統上，IOTC是透過資源評估(stock assessment)來決定TAC，但該方法容易受到資料不確定性與評估誤差的影響。因此在導入MP之後，MSE和MP取代了傳統資源評估，成為TAC制定的主要依據。IOTC仍持續進行資源評估，以監測MP的表現，若發生「例外情況(exceptional circumstances)」，則需重新評估TAC設定。

2025年，IOTC重新完成了印度洋大目鮪之MSE分析，並經IOTC SC採認以作為制定下一個3年期(2026至2028年)TAC之科學參考依據。根據MSE結果，建議2026至2028年TAC設定為92,670公噸，較現行TAC增加15%，達到MP設定的增加上限，且未觸發例外情況。此結果顯示印度洋大目鮪之資源管理已邁入新的階段，未來將進一步持續評估MP的適應性與管理效能。

陸、管理策略評估的挑戰與未來發展

儘管MSE已成功導入許多漁業的TAC制定，但目前仍面臨數項挑戰：

1.國際遵約與治理挑戰

如何確保各成員國及合作非成員國共同遵守TAC限制，是維持管理成效的關鍵。若有國家或區域未能嚴格執行，將使超額捕撈風險增加，削弱MSE的治理效果。

2.IUU漁業問題

非法、未報告與不受規範(IUU, Illegal, Unreported and Unregulated)漁業存在，對科學管理構成重大威脅。IUU漁業不僅會侵蝕管理成果，亦可能扭曲資源狀態評估，降低MSE策略的效益。

3.環境變遷衝擊

全球氣候變遷帶來的海洋環境變動（如海水溫度上升、洋流改變等），可能改變魚種分布、資源補充率甚至生殖力，導致MSE的預測不確定性增加，未來需納入更多彈性及環境參數調整。

4.資料需求與技術挑戰

相較於傳統資源評估，MSE架構更為複雜，所需生物、漁業、經濟等多元資料更為龐大，即使是資深漁業科學家在執行時也可能遇到資料不足、模型設計與運算能力等瓶頸。持續強化漁業資訊收集與國際數據共享，將是推動MSE成功關鍵。

儘管如此，MSE仍以其科學性、透明性與決策穩健性，逐漸成為全球漁業資源管理的新標準。以印度洋大目鮪為例，MSE不僅提升了決策的科學依據，也促進利益相關者參與與溝通，確保管理過程更公開透明。

目前，許多RFMOs與各國國內漁業科研及管理機構，皆已將MSE納入重要魚種的管理決策，並積極推動其於其他資源的擴展應用。未來，隨著科學資料的累積與管理工具的精進，MSE將持續鞏固其於國際漁業管理的核心地位，協助各國在面對不確定性與新興風險時，依然能維持漁業資源的長期永續發展。