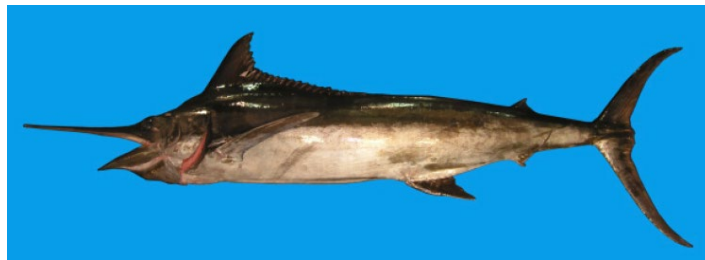


クロカジキ 太平洋

(Blue marlin *Makaira nigricans*)



管理・関係機関

- 中西部太平洋まぐろ類委員会 (WCPFC)
- 北太平洋まぐろ類国際科学委員会 (ISC)
- 全米熱帯まぐろ類委員会 (IATTC)

最近の動き

最新の資源評価は、ISC かじき類作業部会によって 2021 年に実施された。資源評価結果の中央値は、本資源が過剰漁獲されており、乱獲状態までは至っていないことを示した。また、作業部会は、最近 5 年間の漁獲量が減少しており、漁獲死亡係数 F が最大持続生産量 (MSY) を実現する F (F_{MSY}) を下回っていること、将来予測の結果から F_{MSY} を上回らない限り、将来的に乱獲のリスクが低いことを指摘した。しかし、かじき作業部会は、レトロスペクティブ解析の結果によると資源評価モデルは資源量を過大評価し、漁獲死亡率を過少評価している可能性があるとした。資源評価の結果は、同年の ISC 本会合及び WCPFC 科学委員会承認された。

利用・用途

生あるいは冷凍で港へ運ばれ、刺身用の切り身や冊、ステーキ用の切り身の状態で流通する。刺身、粕漬け、味噌漬け、惣菜原料、ステーキ、練り製品、あるいは味噌煮等の缶詰として食用とされる。

漁業の概要

本資源を主対象とする漁業は、熱帯・亜熱帯域の一部の小規模沿岸漁業で、我が国でも沖縄のひき縄漁業が漁獲している。また、米国や中米諸国、オーストラリア、ニュージーランド、日本等のスポーツフィッシングにおいても主要な対象魚となっている。しかしながら、漁獲量の大半はマグロ類を対象とした、はえ縄漁業やまき網漁業の混獲によるものである。

本資源の漁獲量は、IATTC と WCPFC によって東西で別々に集計されているため、太平洋全体で集計されている公的な漁獲統計は存在しない。そこで、本稿は 2021 年の資源評価で集計された太平洋全体の漁獲量を示す (図 1)。1990 年代半ばまでの本資源の漁獲の大半は、日本の漁業によるものである。日本の総漁獲量は 1980 年代から 1990 年代半ばまで 10,000 トン程度で推移していたが、その後、一貫した減少傾向を示し、

2019 年には 1,974 トンまで減少した。一方、1980 年代より台湾等諸外国・地域による漁獲が徐々に増え始めた。特に、台湾の漁獲は 2000 年以降我が国の漁獲を上回るようになり、2019 年の漁獲量は 4,605 トンであった。また、その他の国のはえ縄漁業による漁獲も増えており、2019 年の漁獲量は、5,635 トンであった。総漁獲量は 1980 年代に 1.5 万トンを超えて以降、1.5 万~2.5 万トン程度で推移していた。しかし、2014 年に 23,742 トンを漁獲して以降、漁獲量は減少の傾向を示しており、2019 年は 16,504 トンであった。我が国においても、本種はマグロ類を対象としたはえ縄漁業による混獲によって漁獲されている (図 2)。

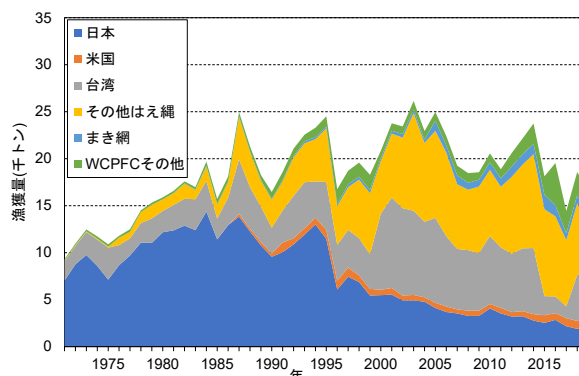


図 1. 太平洋におけるクロカジキの国・地域別漁獲量 (1971~2019 年, ISC 2021)

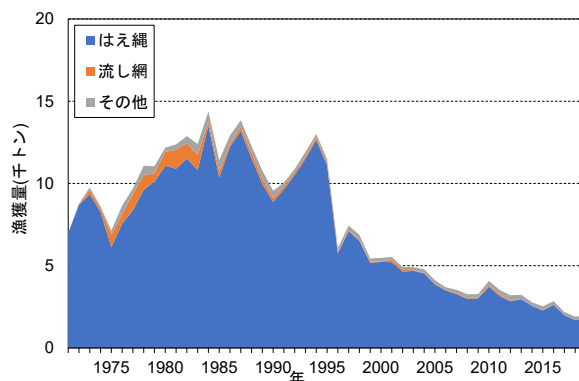


図 2. 太平洋におけるクロカジキの我が国の漁法別漁獲量 (1971~2019 年, ISC 2021)

生物学的特性

【資源構造】

Nakamura (1985) は外部形態の観察により、太平洋及びインド洋に分布するクロカジキ (Indo-Pacific blue marlin *Makaira mazara*) と大西洋に分布するニシクロカジキ (Atlantic blue marlin *Makaira nigricans*) は、別種であるとした。しかし、その後の mtDNA 解析の結果、両者に遺伝的な差がないことが示され (Graves and McDowell 1995, Buonaccorsi *et al.* 1999)、国際連合食糧農業機関 (FAO) の統計では両者の名称は英名 Blue marlin、学名 *Makaira nigricans* に統一された。最新の研究結果により、太平洋のクロカジキが遺伝的に 1 つの個体群であることが示唆された (Williams *et al.* 2020)。これらの研究結果を踏まえ、太平洋全体での資源評価が実施されている。

【分布と回遊】

本資源は、主として表層水温が 26~30°C 程度の暖かい水域に生息する、熱帯・亜熱帯性の高度回遊性魚類である (Carlisle *et al.* 2017)。したがって、本資源の分布は北緯 25 度から南緯 25 度付近を中心として、北緯 40 度から南緯 40 度の広範にわたっていると考えられている (図 3)。また、漁獲率や体長組成の変化の比較により、季節的に南北回遊を行う可能性があり、雌雄の回遊パターンも異なっていると考えられている (Shimose *et al.* 2012)。しかしながら、既往の標識放流研究での再捕率は、他の高度回遊性魚類と比較して非常に低く、サンプル数が少ないため、回遊経路についてははっきりとは分かっていない。活動水深帯は主に表層混合層であり、夜間は 10 m 以浅の表層、昼間は、25~100 m の水深で過ごし、200 m 以深には滅多に滞在しない (Carlisle *et al.* 2017)。本資源は主として表中層性の魚類・頭足類を捕食し、捕食の際に吻を使って餌生物を攻撃することが知られている (Shimose *et al.* 2012)。外洋域で成魚の捕食者はほとんど存在せず、幼魚のうちはマグロ・カジキ類や大型の歯鯨類に捕食されることがあると考えられる。

産卵場は、稚魚の分布状況から西経 130 度以西の赤道を挟む南北 20 度の海域で、赤道付近では少なく、南北に分かれる傾向が見られる (Nishikawa *et al.* 1985)。産卵期は、北西太平洋では 4~6 月、赤道周辺では周年 (Nishikawa *et al.* 1985)、中部北太平洋で 5~9 月 (Hopper 1989)、南緯 15 度のグレー

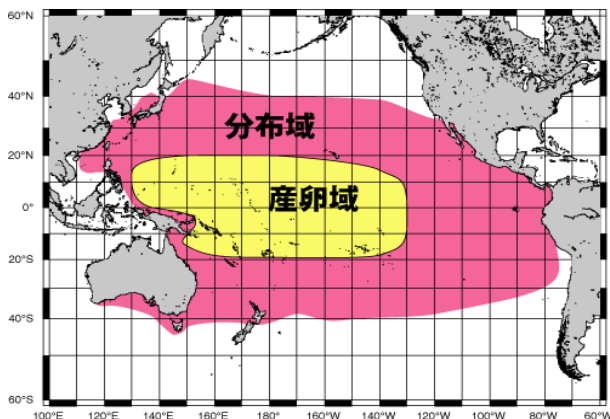


図 3. 太平洋におけるクロカジキの分布

トバリアリーフ周辺で 11~3 月頃 (Skillman and Yong 1976) という報告例がある。

【成長と成熟】

本資源において報告されている最大体長と体重は、雄で下顎又長 263.1 cm、体重 170.3 kg、雌で下顎又長 445.8 cm、体重 748 kg である (Hill *et al.* 1989)。本資源の年齢と成長は、漁獲尾数が少なく、特に小型個体の漁獲が稀であることと、耳石が小さいことから年齢の推定が困難であると考えられていた。そのため、年齢査定には、主として鱗棘に出現する年輪が用いられてきたが、輪紋が不明瞭で年輪と偽輪の区別が難しいという問題があった。しかし、近年の研究では、耳石の日輪を読み取る技術が開発され、若齢魚の年齢査定精度が向上している (Shimose *et al.* 2015, Chang *et al.* 2020)。2021 年の資源評価で使用された耳石や鱗棘の年齢査定に基づく 2 種類の成長式を図 4 に示す。資源評価の過程で、これらの妥当性が検討された (詳細については資源状態の項に記す)。成熟に関しては、50% 成熟体長 (眼後又長) について、雄で 130~140 cm (Nakamura 1985)、雌では東部太平洋において 170~180 cm (Uosaki and Bayliff 1999) との報告例がある。

資源状態

最初の資源評価は 2013 年に ISC かじき類作業部会の先導の下、太平洋共同体事務局 (SPC) 及び IATTC と協力して行われた (ISC 2013)。その後、2016 年には資源評価が更新された (ISC 2016)。これらの資源評価を基に 2021 年、ISC かじき作業部会は、これまでの設定を大幅に見直した資源評価 (Benchmark stock assessment) を実施した (ISC 2021)。

今回の資源評価では、新たな成長式が提案され、ISC かじき類作業部会は、どちらの成長式が妥当であるかを議論した。新たな成長式は、若齢魚の耳石による日齢査定結果と、大型魚の鱗棘による年齢推定結果を、若齢魚の急速な成長を考慮した 2 段階成長モデルに当てはめている (Chang *et al.* 2020)。一方、これまでの資源評価では、耳石を用いた日齢査定結果から推定

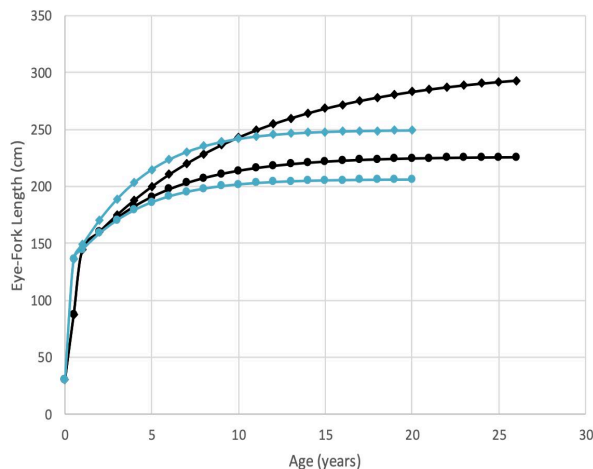


図 4. 資源評価で使用した雌雄別成長曲線

青線は耳石と鱗棘を用いて新たに推定された成長曲線 (Chang *et al.* 2020)、黒線はメタ解析によって推定された成長曲線 (Chang *et al.* 2013) を示し、丸は雄の成長、菱形は雌の成長を示す。縦軸は眼後又長 (cm)。

した1歳までの成長と、1歳以上の雌雄別成長に関する過去の研究 (Shimose 2008) のメタ解析結果を併せたものが使用されていた (Chang *et al.* 2013)。新たな成長式は若齢魚の成長について改善が見られるものの、大型個体のサンプルが少ないため、最大体長を過少評価している可能性が指摘された (図4)。そこで、かじき作業部会は、資源評価モデルにこれら2つの成長式を別々に当てはめ、モデル診断を行い、結果の良い方をベースケースモデルとして選択することで合意した。モデル診断はR0プロファイル、残差の傾向検査、レトロスペクティブ解析など複数の項目を実施した (Carvalho *et al.* 2021)。しかし、これら2つのモデルは同程度に問題点があったため、かじき作業部会は2つの成長式に基づく資源評価モデルをベースケ

ースモデルとする事に合意した。最終的な資源状態は、混合分布を使用して、それぞれ1万回の出力を作成した。さらに、これらの結果を1対1の比率で結合し、平均と信頼区間を算出した。

資源評価モデルは、統合モデルの Stock Synthesis 3 ver.3.30.16 (SS3) が使用された (Methot and Wetzel 2013)。モデルにおける出生時の雌雄の比率は1対1とし、親子関係の強さを示すパラメータ (スティーブネス) は産卵生態に基づき算出された値を使用した (Brodziak *et al.* 2015)。雌雄別、年齢別自然死亡係数は、成長式に依存するため、2つの成長式に対応する値をメタ解析で推定し、それぞれのモデルに入力した (Brodziak 2021)。資源量指数 (単位努力量当たりの漁獲量:

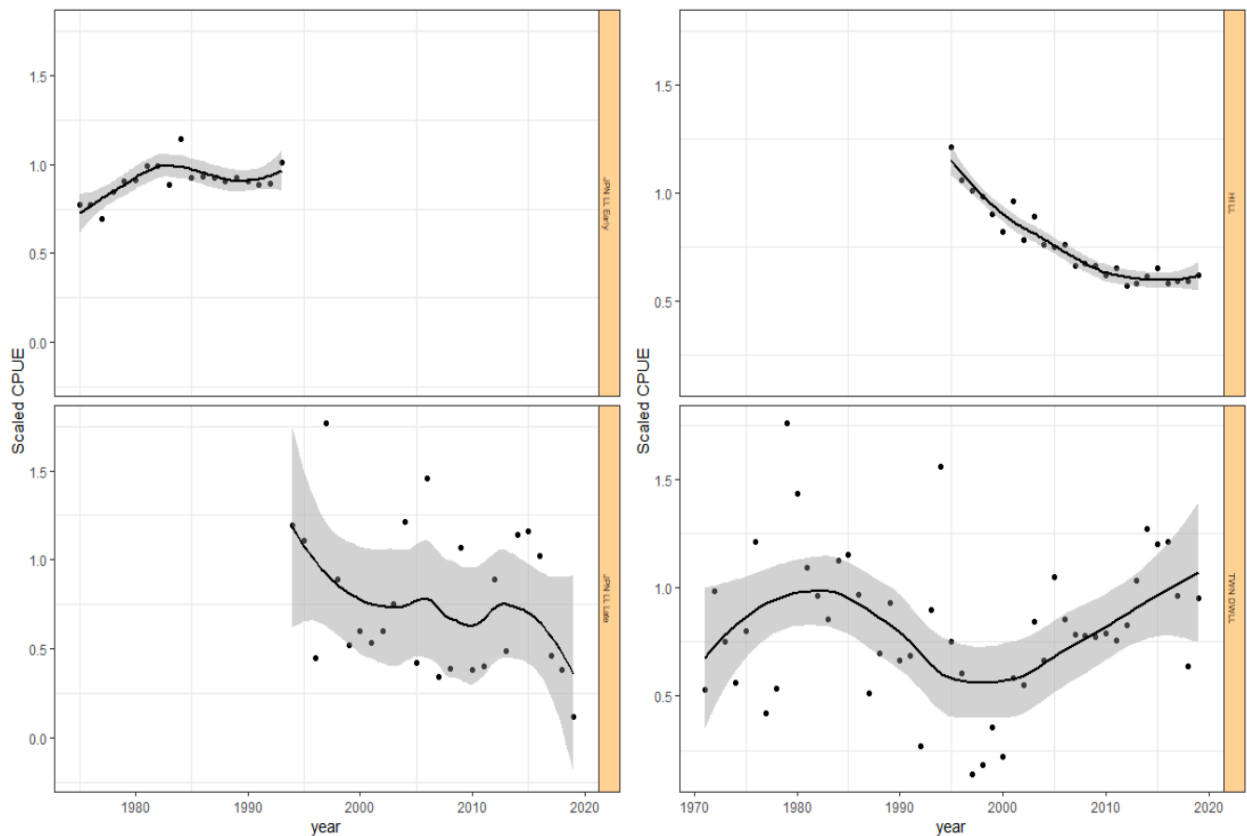


図5. 資源評価に提出された資源量指数 (CPUE) (ISC 2021)

左上: 日本のはえ縄 CPUE (1975~1993年)、左下: 日本のはえ縄 CPUE (1994~2019年)、右上: 米国ハワイのはえ縄 CPUE、右下: 台湾のはえ縄 CPUE。黒丸は標準化された CPUE、黒線は平滑化された CPUE、灰色の塗り潰しは、信頼区間を示す。ハワイの CPUE は、その他の CPUE との相関が低かったため、資源評価には用いらなかった。

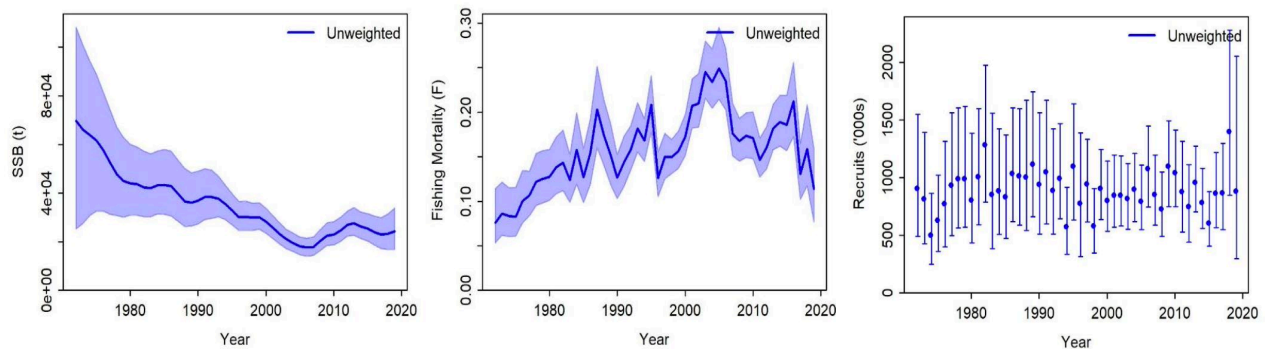


図6. SS3による資源評価結果 (1971~2019年, ISC 2019)

左: 産卵資源量 (トン)、中央: 漁獲死亡係数、右: 加入量 (×1,000尾)。資源評価結果は、二つの成長式で構築した SS3 の結果を混合分布を用いて、それぞれ1万回ずつ出力し、1対1の比率で結合した。青の実線と青丸は、二つのモデルの平均値、青の塗り潰しは95%信頼区間を示す。

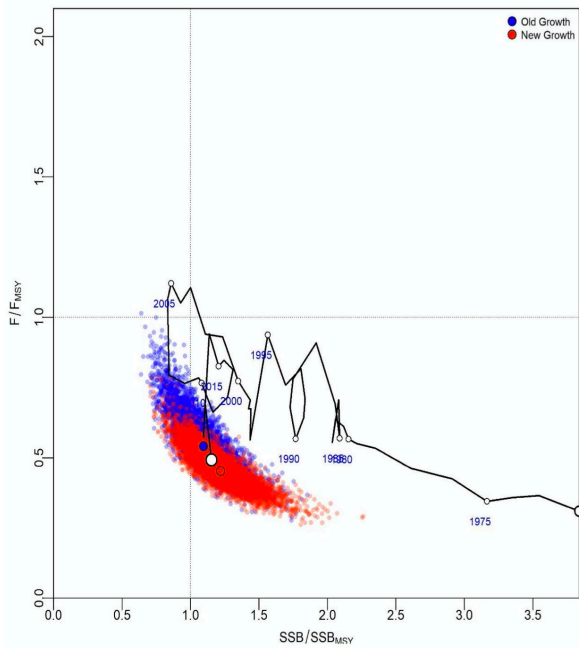


図7. 太平洋におけるクロカジキの F / F_{MSY} と SSB / SSB_{MSY} の推移 (1971~2019年)

青丸は Chang *et al.* (2013) の成長式を用いた SS3 による 2019 年の資源状態を、赤丸は Chang *et al.* (2020) の成長式を用いた SS3 による 2019 年の資源状態を示す。白丸は二つの結果の平均値である。本資源は管理目標が決まっていないため、背景の色分けはされていない。

CPUE) は、日本、台湾及び米国が標準化 CPUE を提出したが、米国の標準化 CPUE は他の 2 国・地域の CPUE との相関が低かったため、日本と台湾の標準化 CPUE をモデルに当てはめることとなった (図 5)。漁業の選択性を推定するために用いた体長組成データには、本資源の代表的な漁業として考えられる、日本のはえ縄漁業、日本の流し網漁業、台湾のはえ縄漁業、米国ハワイのはえ縄漁業、東部太平洋のまき網漁業、及びその他のはえ縄漁業が使用された。これらの体長組成データのサンプル数は上限を 50 とし、モデルとの当てはまりの良さに応じた重みづけを実施した (Francis 2011)。将来予測は、4 種類のシナリオで実施した (シナリオ 1: 2003~2005 年の漁獲圧を想定。シナリオ 2: MSY レベルの漁獲圧を想定。シナリオ 3: 最近年 (2016~2018 年) の漁獲圧を想定。シナリオ 4: $F_{30\%}$ の漁獲強度での漁獲を想定)。

資源評価の結果、産卵資源量 (SSB) は 2000 年代半ばまで減少した後若干の回復に転じ、最近年である 2019 年は SSB_{MSY} (20,677 トン) を上回る 24,241 トンであった (図 6、7)。2013~2019 年の 1~10 歳の漁獲死亡係数は 0.11 から 0.21 で推移し、2019 年は 0.11 (F_{MSY} の約 50%) と推定された (図 6、7)。加入量は、2018 年を除き、解析を始めた 1971 年以降ほぼ同じ水準で安定していた (図 6)。将来予測の結果は、近年 (2016~2018 年) の漁獲水準は持続可能であることと、漁獲死亡係数が F_{MSY} を上回らない限り、乱獲のリスクが低いことを示した (図 8)。

これらの結果と近年 5 年間の漁獲量が減少していることを

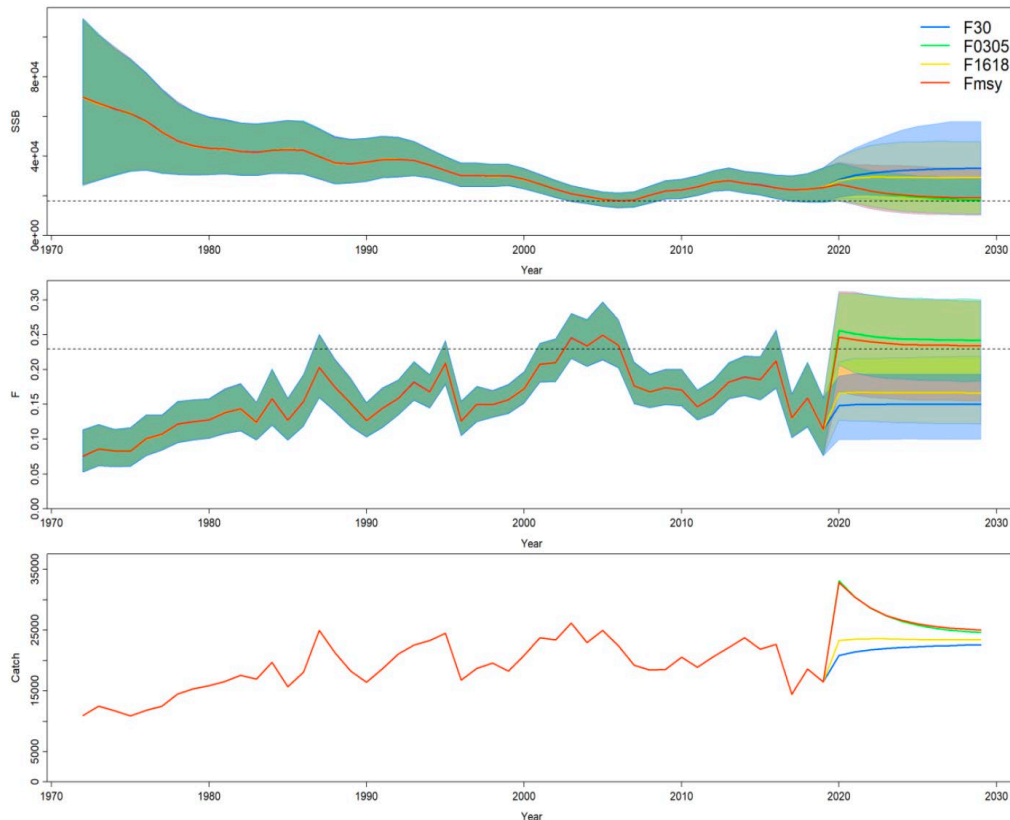


図8. 将来予測結果 (2019~2029年、ISC 2016 を一部改変)

上段: 推定された雌の産卵資源量、中段: 想定した漁獲死亡係数。下段: 期待される総漁獲量 (トン)。4 種類のシナリオで将来の資源状態を推定した。シナリオ 1: 2003~2005 年の漁獲圧を想定。シナリオ 2: MSY レベルの漁獲圧を想定。シナリオ 3: 最近年 (2016~2018 年) の漁獲圧を想定。シナリオ 4: $F_{30\%}$ の漁獲圧を想定。

鑑みて、ISC かじき類作業部会は、資源が乱獲状態に至っていないと結論付けた。しかし、レトロスペクティブ解析の結果によると、資源評価モデルは資源量を過大評価し、漁獲死亡係数を過少評価している可能性がある。資源評価の結果は、同年（2021年）のISC 本会合及びWCPFC 科学委員会で承認された。なお、本稿では、近年5年のSSBがMSYレベルで推移していることから、資源水準は中位、資源動向は横ばいと判断した。

管理方策

本資源の保存管理措置は決まっていない。

執筆者

かつお・まぐろユニット

かじき・さめサブユニット

水産資源研究所 水産資源研究センター

広域性資源部 まぐろ第4グループ

ユスップ マルコ・井嶋 浩貴

参考文献

- Brodziak, J., Mangel, M., and Sun, C.L. 2015. Stock-recruitment resilience of North Pacific striped marlin based on reproductive ecology. *Fish. Res.*, 166: 140-150.
- Brodziak, J. 2021. Natural mortality rates of Pacific blue marlin. ISC/21/BILLWG-01/03.
- Buonaccorsi, V.P., Reece, K.S., Morgan, L.W., and Graves, J.E. 1999. Geographic distribution of molecular variance within the blue marlin (*Makaira nigricans*): a hierarchical analysis of allozyme, single-copy nuclear DNA, and mitochondrial DNA markers. *Evolution*, 53: 568-579.
- Carvalho, F., Winker, H., Courtney, D., Kapur, M., Kell, L., Cardinale, M., Schirripa, M., Kitakado, T., Yemane, D., Piner, K.R., Maunder, M.N., Taylor, I., Wetzel, C.R., Doering, K., Johnson, K.F., and Methot, R.D. 2021. A cookbook for using model diagnostics in integrated stock assessments. *Fish. Res.*, 240: 105959.
- Carlisle, A.B., Kochevar, R.E., Arostegui, M.C., Ganong, J.E., Castleton, M., Schratwieser, J., and Block, B.A. 2017. Influence of temperature and oxygen on the distribution of blue marlin (*Makaira nigricans*) in the Central Pacific. *Fish Oceanogr.*, 26: 34-48.
- Chang, Y.-J., Brodziak, J., Lee, H.-H., DiNardo, G., and Sun, C.-L. 2013. A Bayesian hierarchical meta-analysis of blue marlin (*Makaira nigricans*) growth in the Pacific Ocean. Working paper ISC/13/BILLWG-1/02. 23 pp.
- Chang, Y.-J., Shimose, T., Kanaiwa, M., Chang, X.-B., Masubuchi, T., Yamamoto, A., and Kanaiwa, M. 2020. Estimation of the two-stanza growth curves with ageing uncertainty for the Pacific blue marlin (*Makaira nigricans*). ISC/20/BILLWG-2/03.
- Francis, R.I.C.C., 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 68:1124-1138.
- Graves, J.E., and McDowell, J.R. 1995. Inter-ocean genetic divergence of istiophorid billfishes. *Mar. Biol.*, 122: 193-204.
- Hill, K.T., Cailliet, G.M., and Radtke, R.L. 1989. A comparative analysis of growth zones in four calcified structures of Pacific blue marlin, *Makaira nigricans*. *Fish. Bull.*, 87:829-843.
- Hopper, C.N. 1989. Patterns of Pacific blue marlin reproduction in Hawaiian waters. In Stroud, R.H. (ed.), *Planning the future of billfishes. Research and management in the 90s and beyond. Marine Recreational Fisheries 13. Proceedings of the 2nd International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii. Part 2. Contributed papers.* 29-39 pp.
- ISC. 2013. Stock assessment of blue marlin in the Pacific Ocean in 2013, Report of the billfish working group. International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean. 17-22 July 2013 Busan, Korea. 121 pp. http://isc.fra.go.jp/pdf/ISC13/Annex10-Blue_marlin_stock_assessment.pdf (2022年9月30日)
- ISC. 2016. Stock Assessment Update for Blue Marlin (*Makaira nigricans*) in the Pacific Ocean through 2014. Report of the billfish working group. International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean. 13-18 July 2016 Sapporo, Hokkaido, Japan. 91 pp. http://isc.fra.go.jp/pdf/ISC15/Annex11_WCNPO_STM_ASSESSMENT_REPORT_2015.pdf (2022年9月30日)
- ISC. 2021. Stock Assessment Report for Pacific Blue Marlin (*Makaira Nigricans*) Through 2019. Report of the billfish working group. International Scientific Committee for Tuna and Tuna-like Species in the North Pacific Ocean. 12-19 July 2021 Virtual meeting. 113 pp. http://isc.fra.go.jp/pdf/ISC21/ISC21_ANNEX10_Stock_Assessment_for_Pacific_Blue_Marlin.pdf (2021年11月19日)
- Methot, R.D., and Wetzel, C.R. 2013. Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fish. Res.* 142: 86-99.
- Nakamura, I. 1985. FAO Species catalogue Vol. 5. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fisheries Synopsis, 125(5): 1-65.
- Nishikawa, Y., Honma, M., Ueyanagi, S., and Kikawa, S. 1985. Average distribution of larvae of scombroid fishes, 1956-1981. *Far. Seas Fish. Res. Lab., S Series*, (12): 1-99.
- Shimose, T. 2008. Ecological studies from the view point of fisheries resources on blue marlin, *Makaira nigricans*, in the North Pacific Ocean. A Doctoral dissertation for the Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus. 143 pp.
- Shimose, T., Yokawa, K., Saito, H., and Tachihara, K. 2012. Sexual difference in the migration pattern of blue marlin, *Makaira nigricans*, related to spawning and feeding activities in the western and central North Pacific Ocean. *Bull. Mar. Sci.*, 88: 231-249.
- Shimose, T., Yokawa, K., and Tachihara, K. 2015. Age

determination and growth estimation from otolith micro-increments and fin spine sections of blue marlin (*Makaira nigricans*) in the western North Pacific. Mar. Freshw. Res., 66: 1116-1127.

Skillman, R.A., and Yong, M.Y.Y. 1976. Von Bertalanffy growth curves for striped marlin, *Tetrapturus audax*, and blue marlin, *Makaira nigricans*, in the central North Pacific Ocean. Fish. Bull., 74: 553-566.

Uosaki, K., and Bayliff, W.H. 1999. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1988-1992. IATTC Bull., 21: 273-488.

Williams, S.M., Wyatt, J., and Ovenden, J.R. 2020. Investigating the genetic stock structure of blue marlin (*Makaira nigricans*) in the Pacific Ocean. Fish. Res., 228: 105565.

クロカジキ（太平洋）の資源の現況（要約表）

資源水準	中位
資源動向	横ばい
世界の漁獲量 (最近5年間)	14,439~19,535 トン 最近(2019)年: 16,504 トン 平均: 17,440 トン(2015~2019年)
我が国の漁獲量 (最近5年間)	1,900~2,845 トン 最近(2019)年: 1,974 トン 平均: 2,285 トン(2015~2019年)
管理目標	検討中
資源評価の方法	統合モデル(SS3)
資源の状態	$F_{2019} / F_{MSY}(\text{age } 1-10) = 0.48$ $SSB_{2019} / SSB_{MSY} = 1.17$ $SSB_{MSY} = 20,677$ トン $MSY = 24,600$ トン
管理措置	検討中
管理機関・関係機関	WCPFC、ISC、IATTC
最近の資源評価年	2021年
次回の資源評価年	未定