

マカジキ 中西部北太平洋

(Striped marlin *Tetrapturus audax*)



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)

最近の動き

最新の資源評価は、2019年4月にISCかじき類作業部会によって実施された。本資源評価は、前回の資源評価から東西の境界や漁業の定義等を変更し、大幅な改変をした。資源評価の結果、資源状態は乱獲状態にあり、漁獲は1993年以降、過剰漁獲の状態にあるとされた。しかし、ISCかじき類作業部会は、この結果に様々な不確実性が含まれていることを指摘している。また、ISCかじき類作業部会は、様々な漁獲状態の組み合わせで、近年の低加入が続く場合と、過去からの平均的な場合の将来予測を実施し、それぞれのシナリオで、初期資源量の20%まで回復する確率を示した。これらの結果を踏まえ、2019年12月のWCPFC年次会合では、本資源の暫定的な資源回復目標を、2034年までに少なくとも60%の確率で20%SSB_{F=0}を達成することとし、当該回復目標を達成するための保存管理措置の改正を今後検討するとして暫定再建計画が合意された。2020年12月のWCPFC年次会合では、米国から保存管理措置案が提案されたものの、合意には至らなかった。また、ISCかじき作業部会に対し、日本の公海流し網が禁漁となった後に漁獲圧が上昇する理由を説明すること、WCPFCの公式統計と、資源評価で用いられた漁獲量の不一致について確認することが要求された。これを受け、ISCかじき作業部会は、2022年3月に再度本資源の資源評価を実施したが、いくつかの技術的課題が解決できず、資源評価の結果に合意することができなかった。

利用・用途

刺身、寿司で生食されるほか、切り身はステーキや煮付けとされる。

漁業の概要

北太平洋における本資源の漁獲の大半は我が国によるものである(図1、表1)。総漁獲量は1970年以降、減少傾向を示し2021年は1,661トンまで減少した(図1、表1)。近年5年間は1,661から2,621トンで推移し、平均は2,194トンである(表1)。ISCの漁獲集計値には、中国等の漁獲情報が含ま

れていないため、今後の整備が必要である。

北太平洋(赤道以北)における我が国の本資源の漁獲量は、1970年代には1万トンを超えていたが、その後減少を続け、2021年の漁獲量は1,016トンにとどまっている(図2)。本資源を漁獲する漁業は、はえ縄または流し網によるものが大半であるが、一部は突きん棒やひき縄でも漁獲される。漁獲のほとんどは、マグロ類を対象とした操業の混獲であり、釧路沖、常磐沖、房総沖、南西諸島等では、はえ縄、突きん棒及び流し網が季節的に本資源を主対象とした操業を行っている。

生物学的特性

【資源構造】

太平洋のマカジキは外部形態の比較から南北太平洋の2系群があると考えられていたが、DNA分析結果から北太平洋の中西部の個体と東部の個体の間にも遺伝学的な違いのあることが示された(McDowell and Graves 2008、Purcell and Edmonds 2011、Mamoozadeh *et al.* 2020)。中西部北太平洋

表1. ISCに報告された北太平洋のマカジキの近年の国・地域別漁獲量(トン、2017~2021年、ISC 2022)

国/年	2017	2018	2019	2020	2021
日本	1,297	1,280	1,607	1,465	1,016
韓国	81	70	48	74	82
台湾	437	362	407	387	304
米国	413	477	559	345	259
合計	2,227	2,189	2,621	2,271	1,661

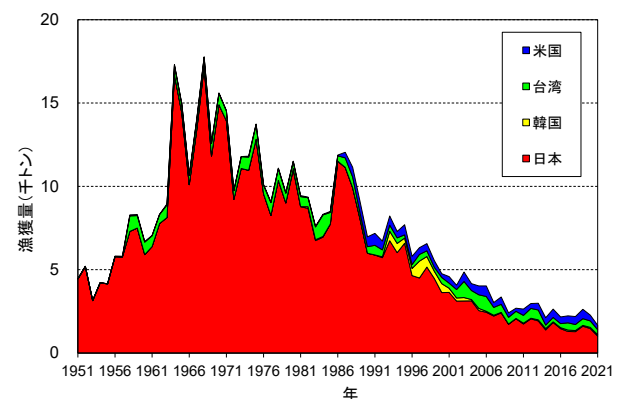


図1. 北太平洋におけるマカジキの国・地域別漁獲量(ISC集計分)(1951~2021年、ISC 2022)

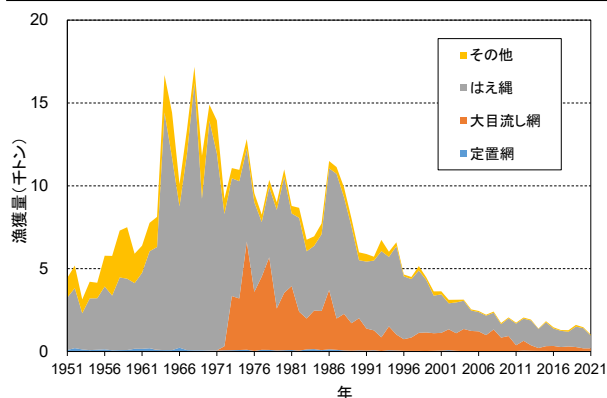


図2. 北太平洋（赤道以北）におけるマカジキの我が国の漁法別漁獲量（1951～2021年、ISC 2022）

のマカジキは、WCPFCにおいて、北委員会が保存管理措置の勧告を行う北資源とはされていない（WCPFC 2019）が、資源評価については、従来通りISCかじき作業部会が実施している。

【分布と回遊】

はえ縄における単位努力量当たりの漁獲量（CPUE）の分布から、太平洋における本資源の分布は、熱帯太平洋の中西部海域を取り囲む馬蹄形をなすことが古くから知られている（図3）（Squire and Suzuki 1990）。しかし回遊に関する知見は、南半球に偏っており（Sippel *et al.* 2007、2011、Holdsworth *et al.* 2009）、北太平洋における回遊の詳細は不明であるが、最新の研究結果により、南半球から北半球へ回遊する個体が確認された（Lam *et al.* 2022a）。一方、鉛直方向の分布についてみると、本資源は主に混合層に分布し、夜間は表面近くに留まり、日中は混合層の底近くに分布する（Lam *et al.* 2015）。また、本資源は20℃を超える水温帯を好み、鉛直方向にも海面水温（SST）から約8℃以内の水温帯の水深に留まることが確認されている（Lam *et al.* 2015、2022b）。

【成長と成熟】

本資源の年齢別体長（下顎叉長）は、約4か月で104 cm、15歳で214 cmと推定されている（Sun *et al.* 2011、ISC 2019）。しかし、この研究結果は、サンプリングされた海域が台湾近海に偏っており、南太平洋や東部太平洋など、他の海域での研究結果と大きく異なっている（Melo-Barrera *et al.* 2003、Kopf *et al.* 2011）。これらの海域間の差異は、海域ごとに成長が異なるためと考えられているが、近年の耳石を用いた年齢査定の結果では、少なくとも南太平洋と東部太平洋の間では、若齢魚の成長が類似していることが報告されている（Shimose and Yokawa 2019）。成熟についても海域によって異なり、台湾近海では181 cm（約5歳）、ハワイ近海では161 cm前後（3～4歳）で約50%の個体が成熟すると報告されている（Chen *et al.* 2018、Humphreys and Brodziak 2020）。本資源は、稚魚の採集地点の分布状況から、一年を通し、太平洋中部から西部にかけての北緯20度以下の低緯度海域で産卵していると考えられる（Nishikawa *et al.* 1985）。東部太平洋からの卵稚仔の採集報告はないが、漁獲された体長組成から、一部の個体は東部太平洋でも産卵している可能性がある。このように、本資源の

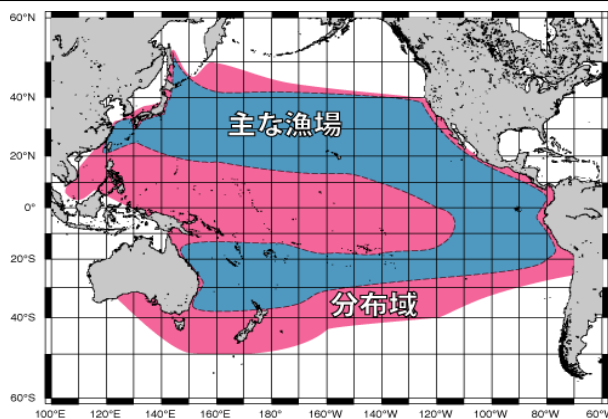


図3. 太平洋におけるマカジキの分布域（桃色）と主要漁獲域（青色）
現在マカジキを主対象とした漁業はごく小規模な沿岸漁業に限られている。流し網のモラトリアム以降、マカジキは主にはえ縄によって漁獲される。

生態に関する知見については、海域間で一貫性のある結果が報告されていないため、ISCかじき作業部会は、共同で生物学研究を開始することに同意した（ISC 2020）。

資源状態

最新の資源評価は、2019年4月にISCかじき類作業部会によって実施された。これまでISCでは、中西部北太平洋系群と東部太平洋側の資源との境界線が西経140度にあるとして、中西部北太平洋資源の資源評価を行っていた（ISC 2015）。しかし、2019年の資源評価において再度レビューを行った結果、系群の境界に関する明確な科学的根拠が認められなかった。そこでISCかじき類作業部会は、東西の境界をWCPFCと全米熱帯まぐろ類委員会（IATTC）の管轄海域の境界である西経150度に変更した（ISC 2019）。

使用したモデルは統合モデルのStock Synthesis 3 ver. 3.30（SS3；Methot and Wetzel 2013）である。本資源評価は、2017年の資源評価をもとに、東西の境界と漁業の定義を変更し、漁獲データ、サイズデータ、資源量指数が更新された。モデルの設定については前回の方法が踏襲されたが、データの重みづけ手法や漁具の選択率、加入のプロセスの過程等が変更された。資源解析に使用した資源量指数（標準化CPUE）は、エリア・四半期別の日本のはえ縄（第3四半期のエリア1：北緯25度以南及び東経180度を除くエリア）、台湾の遠洋はえ縄（1995年以後）及びハワイのはえ縄の標準化CPUEである（図4）。

推定された1歳以上の総資源量は、1975年から1980年代半ばにかけて10,000トンから20,000トンで変動し、その後20,000トン前後で安定したが、1990年以降に減少し、近年は10,000トンを下回って推移している（図5a）。推定された産卵資源量（SSB）は、1975年から1990年にかけて最大持続生産量（MSY）レベルの2,604トン前後で推移していたが、その後大きく減少し、近年まで1,000トン前後で推移している（図5b）。推定された加入量は、1975年から1990年半ばに、400千尾より高い値で変動を繰り返したが、その後は近年まで卓越した加入群が出現しておらず、特に2009年、2012年及び2014年の加入量は少ない（図5c）。SSBが1990年代半ばに大幅に減少してその後回復しなかった原因としては、漁獲死亡係数の

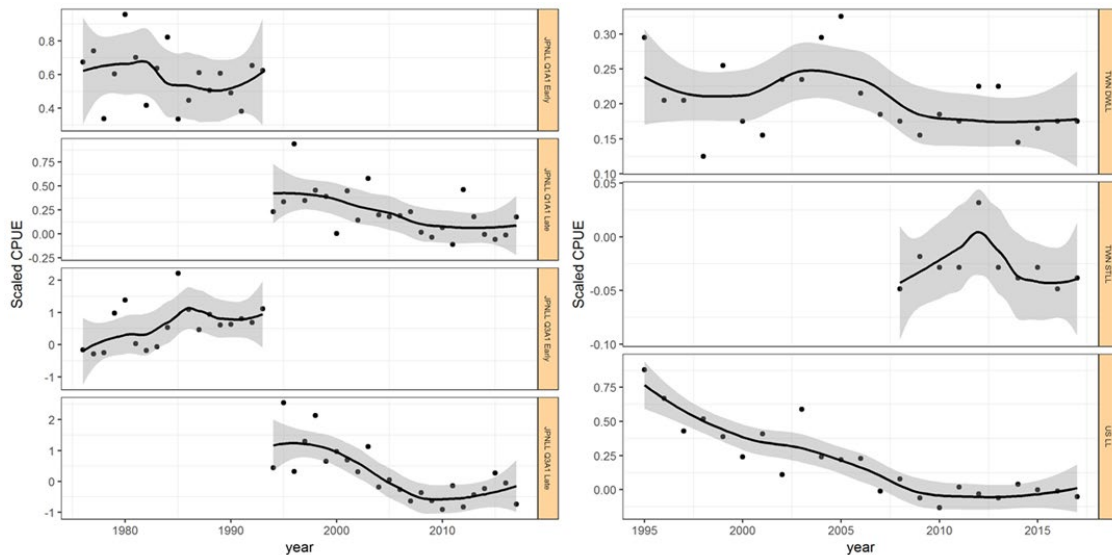


図4. 資源評価に用いた日本の遠洋近海はえ縄の資源量指数 (CPUE) (左: 1976~2017年、右: 1995~2017年) 黒丸は標準化されたCPUE、実線は平滑化されたCPUEのトレンドであり、灰色の塗り潰しは95%信頼区間を示す。資源評価に用いられたCPUEは、第3四半期エリア1の日本のはえ縄(左下2つの図)、1995年以降の台湾、及び米国ハワイの値である。

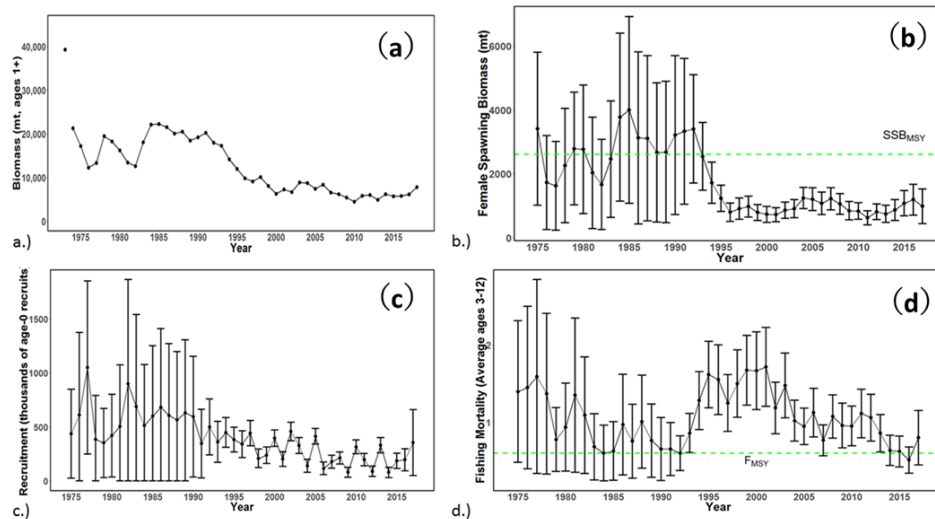


図5. 統合モデル (SS3) による資源評価結果 (1975~2017年) (a) 1歳以上の総資源量 (トン)、(b) 産卵資源量 (トン)、(c) 加入尾数 (千尾)、(d) 漁獲死亡係数。b、dで示された水平の直線は、それぞれ産卵資源におけるMSY、MSYを達成するために必要な漁獲死亡係数を示す。

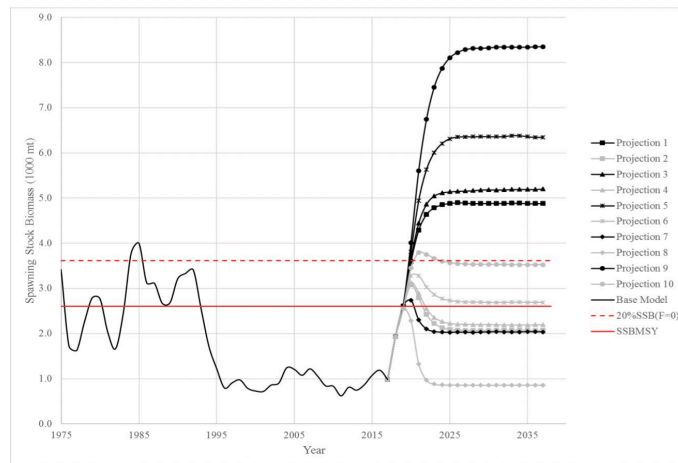
増加と加入量の減少が考えられる (図 5d)。これらの結果を踏まえ、ISC かじき作業部会は、現在の資源状態は乱獲状態にあり、かつ漁獲は過剰漁獲にあるとした。しかし、ISC かじき作業部会は、今回の資源評価結果には多くの不確実性があることを指摘し、管理方策を決定する場合、これらの不確実性を考慮するよう言及した。

本稿は、SSB が MSY レベルを下回っているが、さらに減少する傾向が見られないため、資源水準は低位、資源動向は横ばいと判断した。

将来予測は、将来予測モデル AGEPRO を使用した (Brodziak *et al.* 1998)。将来予測の評価期間は、2018年から2037年の20年間とし、初期値や漁獲死亡係数等のパラメータはSS3の出力結果を使用した。また、評価する管理シナリオは2種類の加入シナリオを仮定し、一定の漁獲圧と漁獲量一定の漁獲シナ

リオを組み合わせ、計 27 種類のそれぞれ 10,000 回のシミュレーションを実施し、漁獲がなかった場合の SSB_0 の 20% ($20\%SSB_0$) に資源が回復する確率を算出した。将来予測の結果を見ると、一定の漁獲圧で管理する場合、加入量は、資源を $20\%SSB_0$ まで回復する確率に大きく影響した。平均加入量が多い長期加入シナリオでは、最も高い漁獲圧で漁獲するシナリオ7を除くすべてのシナリオで2021年までに資源を回復すると予測された (図 6a: 黒の実線)。平均加入量の少ない短期の加入シナリオでは、最も低い漁獲圧では $20\%SSB_0$ に到達すると予想されるが、他のシナリオでは2021年までに60%の確率で資源が $20\%SSB_0$ を上回することは期待されなかった (図 6a: 灰色の実線)。漁獲量一定のシナリオでは、長期加入シナリオでの予測のすべてが、61%から73%の確率で資源量は $20\%SSB_0$ に到達した (図 6b: 黒の実線)。一方、短期の加入シナ

(a) 漁獲圧一定シナリオによる将来予測結果



(b) 一定漁獲量シナリオによる将来予測結果

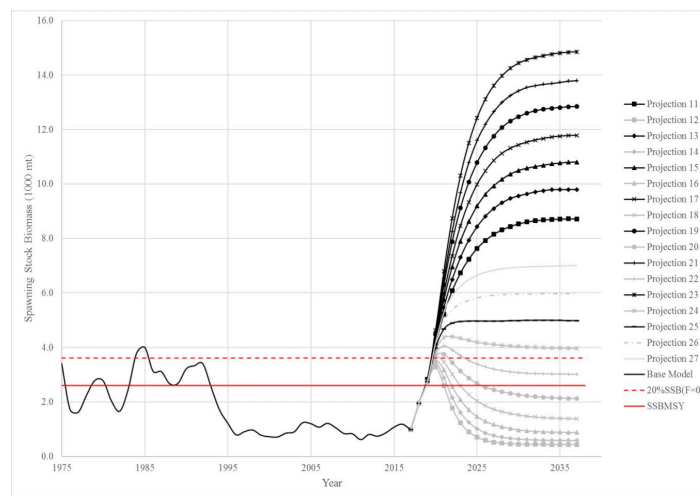


図 6. AGEPRO による将来予測の結果 (単位: 千トン、2018~2037 年を予測)

(a) 漁獲圧一定シナリオによる将来予測結果、(b) 一定漁獲量シナリオによる将来予測結果。それぞれ複数の漁獲圧と漁獲量での結果を示している。黒線は、長期的な過去の加入量が将来も見込まれると仮定した場合の将来予測の結果であり、灰色の線は、近年の少ない加入量が続く場合を想定した将来予測結果である。

リオでは、少なくとも 60%の確率で 20%SSB₀に到達するためには、大幅な漁獲削減が必要となった(図 6b: 灰色の実線)。資源量の回復が予想される最小の漁獲削減はシナリオ 24 で、現在の管理措置の漁獲量 2,151 トンから 1,359 トンと 60%に削減され、2021 年には 65%の確率で資源量が 20%SSB₀に到達することが示された。

管理方策

2019 年の WCPFC 年次会合では、資源評価の結果を受けて暫定的な資源回復計画に合意した。当該計画では、本資源の暫定的な資源回復目標を、2034 年までに少なくとも 60%の確率で 20%SSB_{F=0}を達成することとした上で、当該回復目標を達成するための保存管理措置の改正を今後検討することとされた。2020 年 12 月の WCPFC 年次会合では、米国から資源回復計画案が提案されたものの、合意には至らなかった。また、ISC かじき作業部会に対し、日本の公海流し網が禁漁となった後に漁獲圧が上昇する理由を説明すること、WCPFC の公式統計と、資源評価で用いられた漁獲量の不一致について確認すること

が要求された。2021 年、ISC かじき作業部会は、これらの要求に対し議論を行い、資源評価結果の問題点について再度確認し、2022 年に再度本資源の資源評価を実施することを提案した。2021 年 12 月の WCPFC 年次会合は、この提案を受け入れ、ISC かじき作業部会は、2022 年 3 月に再度本資源の資源評価を実施したが、いくつかの技術的課題が解決できず、資源評価の結果に合意することができなかった。

執筆者

かつお・まぐろユニット
 さめ・かじきサブユニット
 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
 井嶋 浩貴

参考文献

Brodziak, J., Rago, P., and Conser, R. 1998. A general approach for making short-term stochastic projections from an age-

- structured fisheries assessment model. *In* Funk, F., Quinn II, T., Heifetz, J., Ianelli, J., Powers, J., Schweigert, J., Sullivan, P. and Zhang, C.-I. (eds.), Proceedings of the International Symposium on Fishery Stock Assessment Models for the 21st Century. Alaska Sea Grant College Program, Univ. of Alaska, Fairbanks.
https://www.researchgate.net/publication/267682539_A-General-Approach-for-Making-Short-Term-Stochastic-Projections-from-an-Age-Structured-Fisheries-Assessment-Model (2022年9月30日)
- Chang, H.Y., Sun, C.L., Yeh, S.Z., Chang, Y.J., Su, N.J., and DiNardo, G. 2018. Reproductive biology of female striped marlin *Kajikia audax* in the western Pacific Ocean. *J. Fish Biol.*, 92: 105-130.
- Holdsworth, J.C., Sippel, T.J., and Block, B.A. 2009. Near real time satellite tracking of striped marlin (*Kajikia audax*) movements in the Pacific Ocean. *Mar. Biol.*, 156: 505-514.
- Humphreys Jr., R. and Brodziak, J. 2020. Reproductive maturity of striped marlin, *Kajikia audax*, in the central North Pacific off Hawaii. Working paper submitted to the ISC Billfish Working Group Meeting. 8-15 May 2019 Honolulu, USA. ISC/19/BILLWG-2/02: 29p.
http://isc.fra.go.jp/pdf/BILL/ISC19_BILL_2/ISC19_BILLWG2_WP2.pdf (2022年9月30日)
- ISC. 2015. Stock assessment update for Striped Marlin (*Kajikia audax*) in the Western and Central North Pacific Ocean through 2013 (15-20 July 2015 Kona, Hawaii, USA).
http://isc.fra.go.jp/pdf/ISC15/Annex11_WCNPO_STM_ASSESSMENT_REPORT_2015.pdf (2022年9月30日)
- ISC. 2019. Stock assessment report for striped marlin (*Kajikia audax*) in the Western and Central North Pacific Ocean through 2017.
http://isc.fra.go.jp/pdf/ISC19/ISC19_ANNEX11_Stock_Assessment_Report_for_Striped_Marlin.pdf (2022年9月30日)
- ISC. 2020. Report of the thirteenth meeting of the international scientific committee for tuna and tuna-like species in the north Pacific Ocean. (15-20 July 2020; Held Virtually).
http://isc.fra.go.jp/pdf/ISC20/ISC20_ANNEX07_SUMMARY_REPORT_BILLFISH_Working_Group_Workshop.pdf (2022年9月30日)
- ISC. 2022. Annual catch table 2021.
http://isc.fra.go.jp/pdf/ISC21/ISC21_Catchtable_202110.xlsx (2022年11月11日)
- Kopf, R.K., Davie, P.S., Bromhead, D., and Pepperell, J.G. 2011. Age and growth of striped marlin (*Kajikia audax*) in the Southwest Pacific Ocean. *ICES J. Mar. Sci.*, 68: 1884-1895.
- Lam, C.H., Kiefer, D.A. and Domeier, M.L., 2015. Habitat characterization for striped marlin in the Pacific Ocean. *Fish. Res.*, 166: 80-91.
- Lam, C.H., Nasby-Lucas, N., Ortega-Garcia, S., Offield, P., and Domeier, M. 2022a. Depth-based geolocation processing of multi-year striped marlin archival tag data reveals residency in the Eastern Pacific Ocean. *Anim. Biotelemetry*, 10: 23.
- Lam, C.H., Tam, C., and Lutcavage, M.E. 2022b. Connectivity of Striped Marlin From the Central North Pacific Ocean. *Front. Mar. Sci.*, 9: 879463.
- Mamoozadeh, N.R., Graves, J.E., and McDowell, J.R. 2020. Genome-wide SNPs resolve spatiotemporal patterns of connectivity within striped marlin (*Kajikia audax*), a broadly distributed and highly migratory pelagic species. *Evol. Appl.*, 13: 677-698.
- McDowell, J.R., and Graves, J.E. 2008. Population structure of striped marlin (*Kajikia audax*) in the Pacific Ocean based on analysis of microsatellite and mitochondrial DNA. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 65: 1307-1320.
- Melo-Barrera, F.N., Félix-Uraga, R., and Quiñónez-Velázquez, C. 2003. Growth and length-weight relationship of the striped marlin, *Tetrapturus audax* (Pisces: Istiophoridae), in Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas*, 29: 305-313.
- 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.
- Nishikawa, Y., Honma, M., Ueyanagi, S., and Kikawa, S. 1985. Average distribution of larvae of oceanic species of scombroid fishes, 1956-1981. *Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. S Ser.* 12, 99.
- Purcell, C.M., and Edmands, S. 2011. Resolving the genetic structure of striped marlin, *Kajikia audax*, in the Pacific Ocean through spatial and temporal sampling of adult and immature fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 68: 1861-1875.
- Shimose, T. and Yokawa, K., 2019. Age estimation of striped marlin (*Kajikia audax*) in the eastern North Pacific using otolith microincrements and fin spine sections. *Mar. Freshw. Res.*, 70: 1789-1793.
- Sippel, T.J., Davie, P.S., Holdsworth, J.C., and Block, B.A. 2007. Striped marlin (*Tetrapturus audax*) movements and habitat utilization during a summer and autumn in the Southwest Pacific Ocean. *Fish. Oceanogr.*, 16: 459-472.
- Sippel, T.J., Holdsworth, J., Dennis, T., and Montgomery, J. 2011. Investigating behaviour and population dynamics of striped marlin (*Kajikia audax*) from the southwest Pacific Ocean with satellite tags. *PLoS One*, 6: e21087.
- Squire, J.L., and Suzuki, Z., 1990. Migration trends of Striped Marlin (*Tetrapturus audax*) in the Pacific Ocean. *In* Stroud, R.H. (ed.) Proceedings of the second international billfish symposium, Kailua-Kona, Hawaii. 67-80 pp.
- Sun, C.L., Hsu, W.S., Chang, Y.J., Yeh, S.Z., Chiang, W.C., and Su, N.J. 2011. Age and growth of striped marlin (*Kajikia audax*) in waters off Taiwan: A revision. Working paper submitted to the ISC Billfish Working Group Meeting, 24 May-1 June 2011, Taipei, Taiwan. ISC/11/BILLWG-2/07: 12p.
http://isc.fra.go.jp/pdf/BILL/ISC11_BILL_2/ISC11BILLWG2_WP07.pdf (2022年9月30日)

WCPFC. 2019. The Commission for the Conservation and Management of Highly Migratory Fish Stocks in the Western and Central Pacific Ocean Fifteenth Regular Session of the Commission Honolulu, Hawaii, USA 10- 14 December 2018. <https://meetings.wcpfc.int/file/7014/download> (2022年9月30日)

マカジキ (中西部北太平洋) の資源の現況 (要約表)

資源水準	低位
資源動向	横ばい
世界の漁獲量 (北太平洋) (最近5年間)	1,661～2,621 トン 最近 (2021) 年: 1,661 トン 平均: 2,194 トン (2017～2021 年)
我が国の漁獲量 (北太平洋) (最近5年間)	1,016～1,607 トン 最近 (2021) 年: 1,016 トン 平均: 1,333 トン (2017～2021 年)
管理目標	暫定的な資源回復目標を、2034年までに少なくとも60%の確率で20% $SSB_{F=0}$ を達成することとした上で、当該回復目標を達成するための保存管理措置の改正を今後検討する。
資源評価の方法	統合モデル (SS3)
資源の状態	現在の資源状態は乱獲状態にあり、かつ漁獲は過剰漁獲の状態にある。
管理措置	各国が漁獲量を、2000～2003年の最高漁獲量から2011年は10%、2012年は15%、2013年以降は20%削減
管理機関・関係機関	WCPFC、ISC
最近の資源評価年	2019年
次回の資源評価年	2023年