

ミナミマグロ

(Southern Bluefin Tuna, *Thunnus maccoyii*)



最近の動き

みなみまぐろ保存委員会 (CCSBT) は第26回年次会合 (2019年10月)において、2020年漁期のTACを17,647トンとすることを確認した。このTACは2018～2020年漁期に対して、管理方式 (事前に定められた方式により、漁獲データ等の資源指標からTACを自動的に計算する漁獲制御ルール。詳細は後述。) による計算結果から科学委員会が勧告し、第23回年次会合 (2016年10月)において暫定合意されたものである。現在の親魚資源量は低い水準にあるものの、資源状態には改善が見られる。2018年の報告総漁獲量は17,150トンで、主にはえ縄及びまき網漁業によるものであった。

利用・用途

ほぼ全てが日本での刺身や寿司用途に用いられている。

漁業の概要

公海域では主に日本、台湾、韓国が漁獲し、沿岸域ではオーストラリア、ニュージーランド、インドネシア、南アフリカが漁獲している (図1)。現在用いられている漁法は、主にはえ縄とまき網である。はえ縄漁業は3歳以上の小～大型魚を漁獲している。まき網漁業は畜養用種苗を得るためにオーストラリアのみが行っており、2～4歳を中心とした小型魚を漁獲している。現在の主な漁場は、はえ縄では南アフリカ沖、インド洋南東海域、ミナミマグロの産卵場であるインドネシア

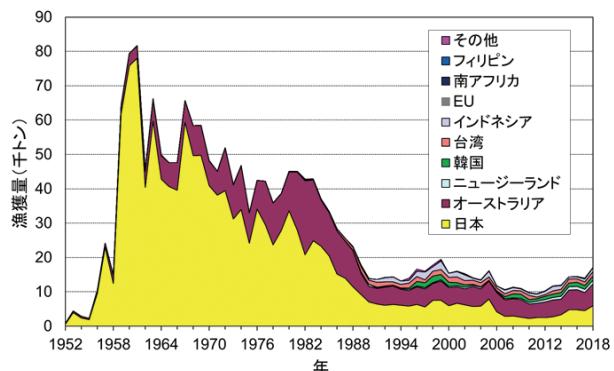


図1. ミナミマグロの漁獲量の推移 (CCSBT 2019a)

南沖海域、タスマニア島周辺海域及びニュージーランド周辺海域であり、まき網ではオーストラリア大湾である (図2)。

ミナミマグロ漁業の歴史は、1920年代にオーストラリアが東部沿岸で行っていた小規模なひき縄漁まで遡る (Hobs bawn *et al.* 2018)。本格的な商業漁業は、1950年代初期、インドネシア近海の産卵場での日本船によるはえ縄操業により始まった (新宮 1970)。日本船の漁獲量は1961年には最高の77,900トンに達した。その後、日本のはえ縄船は肉質の良い魚を求めて索餌域である西風皮流域 (南緯35～45度の海域) へと漁場を移し、1971年からは資源保護のため、産卵場及び小型魚が多獲される海域での操業を自粛している (新宮 1978)。これら自粛の影響もあり、日本のはえ縄船の漁獲量は1961年以降漸減し、1985年には約20,000トンまで減少し

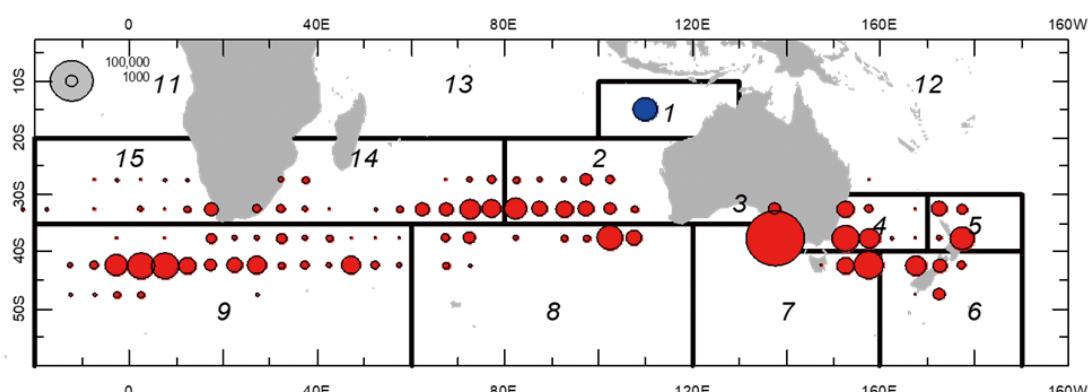


図2. ミナミマグロの緯経度5度区画別の漁獲尾数

2018年暫定値。1～15はCCSBT統計海区。1海区の青丸はインドネシアによる位置不明の漁獲尾数。CCSBT事務局から配布されたデータを基に作図。

た。ニュージーランド、台湾、インドネシアによるはえ縄漁業は1980年代から、韓国のはえ縄漁業は1990年代から始まり、1999年にはそれらの漁獲量は合計で6,000トン近くまで達したが、その後は2,000～5,000トンの間で推移している(CCSBT 2019a)。はえ縄漁業全体の漁獲量は、TACによって1989～2005年は8,000～14,000トンの間で維持されたが、2007年漁期以降にTACを削減することで減少し、2011年までは約5,000～7,000トンで推移した。2012年からは資源状態の改善によるTACの増加にともない、はえ縄漁業の漁獲量は徐々に増加している。一方、当初は缶詰用だったオーストラリアの漁獲は、主要漁法が竿釣りからまき網へと移り変わるとともに漁獲量が次第に増加し、1982年には21,500トンに達したが、その後、自主規制及び産業の衰退により減少した。しかし、1990年代半ばより畜養技術の発達にともない、種苗を得るためにまき網による漁獲が再び増加し、近年は約4,500～5,000トン程度で推移している。種苗は生簀で約3～6か月間畜養された後、ほぼ全量の年間6,000～10,000トン程度が日本へ輸出されている。

ミナミマグロの国際的な管理は、1982年に日本、オーストラリア及びニュージーランドにより組織された三国間会議で始まった(西田 1994)。1985年からは科学者会合での議論をもとに各国の漁獲割当量が決められることになり、1989年にはこれら三国のそれまでの漁獲実績を下回る漁獲枠が設定された。その後、三国間会議を公式化する形で1994年にCCSBTが設立された。現在のCCSBTメンバーは、日本、オーストラリア、ニュージーランド、韓国、台湾、インドネシア、EU、南アフリカである(ただし、台湾及びEUは拡大委員会に加盟)。フィリピンは2004年から協力的非加盟国として委員会に受け入れられてきたが、2015年以降、年次会合への参加がないこと、2016年からは国別年次報告書の提出もないことから、現在は協力的非加盟国と認められていない(CCSBT 2019b)。

CCSBTでは設立以降、2000年代半ばまで約15,000トンのTACを維持してきたが、資源状態の悪化を受け、2007年漁期から2011年漁期にかけて約9,500トン(日本は約2,500トン)にまでTACを削減した(CCSBT 2006、2009b)。その後、これらの漁獲圧削減や加入増加等の効果により資源状態の好転が見られ、2012～2014年漁期より段階的にTACを増枠し、2015～2017年漁期のTACは毎年14,647トン(日本は4,737トン)、2018～2020年漁期のTACは毎年17,647トン(日本は6,165トン)で合意された(CCSBT 2013c、2014、2015、2016b; 詳しくは後述)。なお、2018年の報告総漁獲量は17,150トンであった(CCSBT 2019b)。

生物学的特性

【分布・回遊】

ミナミマグロの産卵場は、インド洋東部のインドネシア南岸とオーストラリア北西岸で囲まれた扇形水域(東経100～125度、南緯10～20度)のみで仔稚魚が採集されていることから、この海域にあると考えられている(西川ほか 1985、図3)。また、形態的(岩井ほか 1965、新宮・藁科 1965)及び遺伝的(Greve et al. 1997)に地理的変異が見られないため、單一

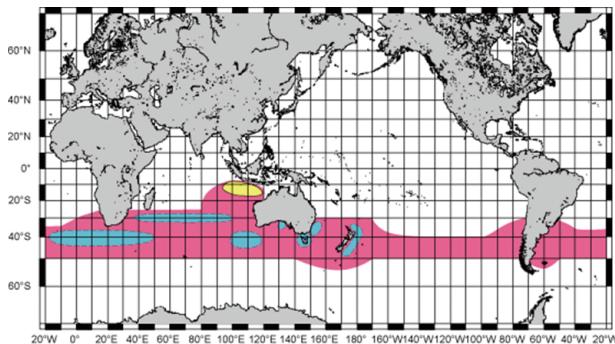


図3. ミナミマグロの分布(赤)、漁場(青)、産卵場(黄)

系群とされている。幼魚はオーストラリア西岸沖を南下したのち、オーストラリア南岸沖を東へ移動すると考えられているが(Caton 1994、西田 1994)、一部の若齢魚は南アフリカ沖でも見られる(Farley et al. 2007)。標識放流調査により、オーストラリア南岸の若齢魚はインド洋中央部や南アフリカ沖に季節回遊することがわかっている(Takahashi et al. 2004、Paterson et al. 2018)。その後、成長にともない次第に南緯35～45度の西風皮流域全体に広く分布、回遊するようになる(新宮 1978、Caton 1994)。ただし、東太平洋で見られることは稀である。

【成長・成熟】

ミナミマグロは体長(尾叉長)200 cm、体重150 kgに達する(新宮 1978)。漁獲個体の最大報告体長は210 cmで、寿命は少なくとも25歳以上と考えられる。耳石の年齢査定から得られている最高齢は45歳である。成熟開始体長は約150 cm(年齢は約8歳に対応)であるが、産卵魚の多くは15～25歳魚が占める(Farley et al. 2007)。産卵期は9月から翌年4月までの約半年間に及ぶ(Farley and Davis 1998)。1回の産卵数は体重1 kg当たり5.7万粒で、産卵雌個体はほぼ毎日産卵する。ポップアップアーカイバルタグを用いた標識放流調査の結果から、本種の成熟魚は必ずしも毎年産卵するわけではないと考えられている(Evans et al. 2012)。現在、CCSBT科学委員会の資源評価では、8歳、12歳、16歳でそれぞれ5%、50%、95%の個体が成熟しているというS字状の成熟曲線を仮定して解析を行っている(CCSBT 2013a、2013b、Hillary et al. 2013)。

成長式は耳石の年齢査定、漁獲物の体長頻度データ、標識放流調査の結果を統合して推定されている。ミナミマグロには、若齢魚から成魚への移行期に成長過程の変化が見られるため(Hearn and Polacheck 2003)、CCSBT科学委員会では、von Bertalanffyモデルに移行期の成長変化を考慮した成長式が用いられている(CCSBT 2011a)。また、若齢期の成長が1970年代以前に比べて1980年代以降に早くなつたと考えられており(Hearn and Polacheck 2003)、成長式は1950～2000年代の10年ごとの年級群に対して推定されている。体長と体重の関係はいくつか推定されているが、科学委員会では日本のはえ縄漁獲物に対して、以下の式から体重を求めている(体長と体重の単位はそれぞれcmとkgである)。下記は内臓等を除かない重量であり、鰓、内臓及び尾部を除いたセ

ミドレス重量からは1.15倍することで求められる。

130 cm未満の魚 体重 = 0.0000313088 体長^{2.9058}

130 cm以上の魚 体重 = 1.15 × 0.000002942 体長^{3.3438}

こうして得られた年齢別の体長と体重の関係を図4及び表1に示した。

【捕食・被食関係】

胃内容物分析から、オーストラリア沿岸域に分布する若齢のミナミマグロは主に魚類を(Itoh *et al.* 2011)、外洋域に広く分布する体長約90 cm以上のミナミマグロは、主に頭足類と魚類を捕食していること(Young *et al.* 1997, Itoh and Sakai 2016)がわかっている。本種の捕食者は、他のまぐろ類と同様、かじき・まぐろ類、さめ類、海産哺乳類であると考えられている。

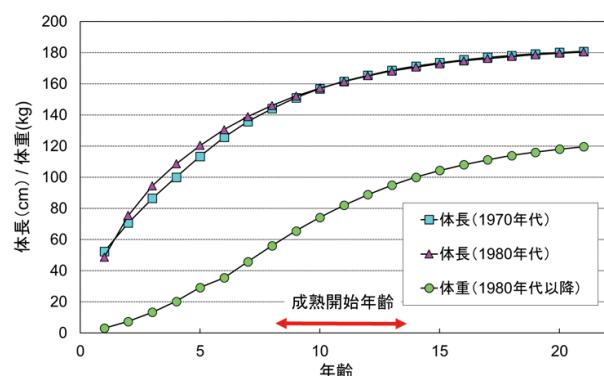


図4. CCSBTで用いられているミナミマグロの成長曲線

体長(尾叉長)に関しては、比較のため、1970年代と1980年代生まれの年齢群に対応する成長曲線のみを示した。1970年代以前、1980年代以降に対応する体長の曲線はそれぞれ1970年代、1980年代のものとほぼ同様のカーブを描く。体長の曲線はEveson (2011)の式を基に、体重の曲線は本文の式を基にそれぞれ作図。

表1. ミナミマグロの年齢別の体長と体重の関係

年齢	体長(cm)				体重(kg)
	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	
0					
1	57.4	52.3	48.7	50.0	3.1
2	74.5	70.7	75.5	80.1	7.4
3	89.3	86.5	94.6	97.9	13.3
4	102.2	100.2	108.7	111.0	20.4
5	114.1	113.5	120.6	122.0	29.3
6	124.4	125.7	130.6	131.3	35.5
7	133.2	135.9	139.1	139.2	45.9
8	140.8	144.3	146.2	145.8	56.1
9	147.4	151.2	152.2	151.4	65.7
10	153.0	156.9	157.3	156.1	74.3
11	157.9	161.7	161.6	160.1	82.1
12	162.0	165.6	165.2	163.4	89.0
13	165.6	168.8	168.2	166.2	94.9
14	168.7	171.5	170.8	168.6	100.1
15	171.4	173.7	173.0	170.6	104.5
16	173.7	175.6	174.8	172.3	108.2
17	175.7	177.1	176.4	173.8	111.3
18	177.4	178.3	177.7	175.0	114.0
19	178.8	179.4	178.8	176.0	116.2
20	180.1	180.2	179.7	176.9	118.1
21	181.2	180.9	180.5	177.6	119.7

体長の各年代の数値はそれぞれの年代に生まれた年齢群の成長に対応する。1950年代及び2000年代の成長は1960年代と1990年代のものにそれぞれ等しいと仮定している。

資源状態

【資源評価】

ミナミマグロの資源状態はCCSBT科学委員会により評価されている。2011年以降、CCSBTでは管理方式(後述)による資源管理を継続しており、管理方式を運用するためのメタルールプロセス(後述)の中で、CPUE等の漁業指標及び科学調査から得られた情報により資源状態を毎年検討すること、数理モデルを用いた詳細な資源評価を3年ごとに実施することを定めている。3年間の間隔は、本種が長寿命・長い世代時間という生活史特性を持つことから、親魚資源が急激に変動することはあまり考えられないことに基づいている。科学委員会における資源評価は、管理方式を運用する上で、資源状態に問題が生じていないかを継続的に監視する役割が大きいと言える。

科学委員会では、管理方式の開発・性能評価のために独自に開発したオペレーティングモデル(Operating Model: OM)を資源評価のための数理モデルとして用いている。このモデルは単一年齢群を仮定した年齢構造モデルであり、漁法別漁獲量、はえ縄CPUE(図5)、漁獲物の体長・年齢組成データ、航空目視調査(後述)による加入指数(図6)、近縁遺伝子標識再捕(Close-Kin Mark-Recapture: CKMR)による遺伝データ(後述)等の観測データ及び成長式等の生物情報から、漁獲死亡率、加入量、資源量等を推定する統合型資源評価モデルである(「2. 漁業資源の変動と資源評価について」を参照)。資源評価を行う際は、資源に関わる不確実性をより適切に把握するために、再生産関係や自然死亡率といった、結果に不確実性をもたらすいくつかの重要な要因には複数の仮説を置き、それぞれの仮説に基づいた解析結果を蓋然性で重み付けて1つにまとめ、これをベースケースとして評価している。科学委員会ではCKMRデータのOMへの取り込みにともない、体

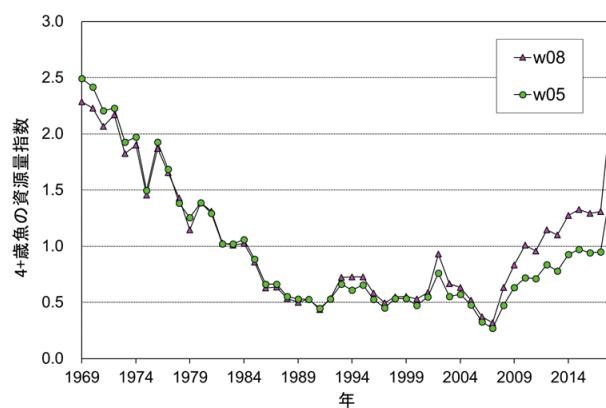


図5. 日本のはえ縄漁業のCPUEデータに基づくミナミマグロの4+歳魚の資源量指數

漁獲データにはミナミマグロをターゲットする「コア船団」のものが使用されており、CPUEは資源量指数の形にするため、資源の年変動を取り出すための標準化が行われた後、ミナミマグロの分布面積によって重み付けされている。w0.8とw0.5は、過去に操業があったが、現在は操業が行われていない海域のそれぞれ80%、50%に現在もミナミマグロが分布しているという2つの仮説に基づく。オペレーティングモデル(OM)による資源評価ではw0.8とw0.5の両方が、管理方式(MP)にはw0.8とw0.5の平均が用いられている。Itoh and Takahashi (2019)のデータを基に作図。

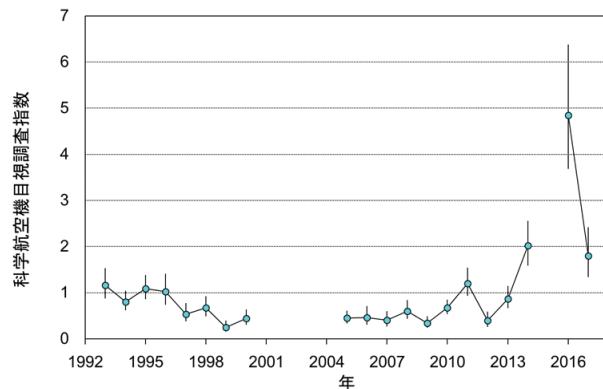


図6.航空目視調査によるミナミマグロの加入量指数

目視調査データには加入量の年変動を取り出すための標準化処理が施されており、指標は飛行した単位海里当たりの資源量の形で表されている。各点の上下にある縦線は推定値の90%信頼区間を示す。2001～2004年、2015年及び2018年は調査が行われなかつた。Eveson and Farley (2017) のデータを基に作図。

長に依存した繁殖力及び産卵場での滞在期間から算出する産卵ポテンシャルに基づいた「総再生産出力 (Total Reproductive Output: TRO)」という概念をOMへ導入し、これを親魚資源量 (Spawning Stock Biomass: SSB) として示している。親魚資源量は産卵場で繁殖する親魚資源全体の繁殖力を表す指標になっており、資源量の絶対値を示すものではないことに留意する必要である。なお、2017年の資源評価では、この新たな概念での親魚資源量と併せて、従来の定義での親魚資源量 (10歳以上の資源量; B10+) も過去の結果との比較のために提示した(図7)。

OMを用いた詳細な資源評価は2017年に行われたため(CCSBT 2017a)、2019年の科学委員会会合では、管理方式のメタルールプロセスに則り、最新の各種漁業指標及び科学調査による加入量指標が精査され資源の現況が確認された。これにより資源に大きな変化が認められなかつたことから、科学委員会は2017年の資源評価結果を維持し、現在の資源状態を「親魚資源量は依然として低い水準にあり、これは最大持続生産量 (MSY) を達成する親魚資源量 (B_{MSY}) 以下の水準 (B_{MSY} の約49%) である。しかし、現在の漁獲死亡率はMSY水準を与える漁獲死亡率 (F_{MSY}) 以下であり、また前回2014年の資源評価結果に比べて、漁業開始以前の親魚資源量 (初期親魚資源量) に対する割合が2014年に推定された9%から13%に増加したという資源状態の改善が見られた。」と報告した(CCSBT 2019a、図5～8)。また、2014年以降、航空目視調査による加入量指標の上昇やはえ縄CPUEに増加傾向が見られる等、未成魚の資源回復を示唆する情報も得られている。2017年に行われた将来予測シミュレーションの結果からは、現行の管理方式によるTAC勧告を継続することにより、2035年の資源回復目標が2011年の資源評価での予測(70%)よりも高い確率(88%)で達成されることが示された(CCSBTの回復目標については「管理方策」を参照)。2019年のOMによる推定では、暫定的な値ではあるが初期親魚資源量に対する親魚資源量の割合が2018年で17%と推定された。堅実な資源回復の傾向が見られており、2020年に実施予定の詳細な資源評価の結果が待たれる。

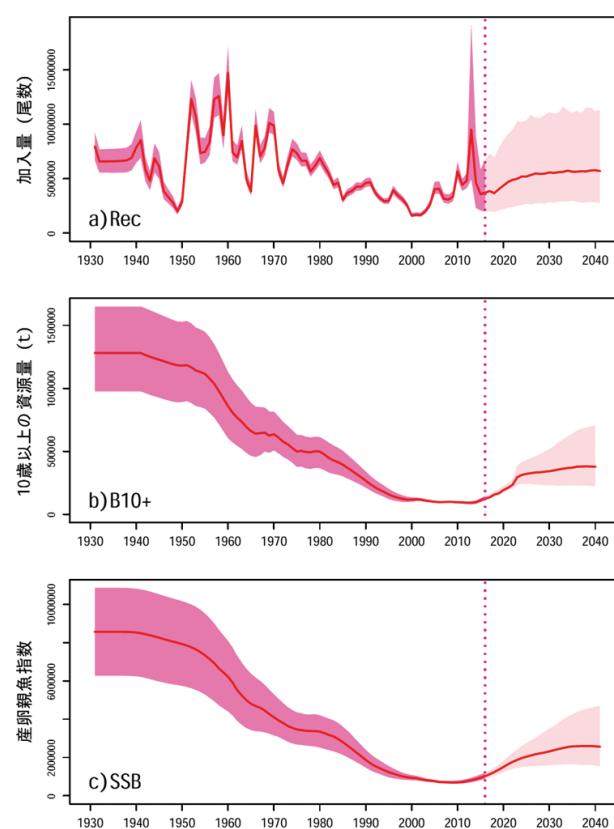


図7. 2017年に資源評価モデルにより推定されたミナミマグロの加入量 (Rec:上段)、10歳以上の親魚資源量 (B10+: 中段) 及び親魚資源量 (SSB: 下段)

B10+は従来の定義による親魚資源量、SSBは産卵ポテンシャルに基づく「総再生産出力 (Total Reproductive Output: TRO)」による親魚資源量を表す。SSBは近縁親遺伝子標識再捕のデータを資源評価モデルに取り込んだことに関連して導入した親魚資源量の定義である(詳細は本文を参照)。太線は中央値、影部は90%信頼区間を示す。縦の点線は2017年を指す。将来部分は管理方式を用いてTAC設定を続けた場合の予測である。CCSBT (2017a) の図を改変。

2014年以来、科学委員会は委員会からの指示を受けて未考慮漁獲死亡の検討を継続しており、2019年の第24回科学委員会会合においても資源評価及び将来予測への影響を調べた。未考慮漁獲死亡とは、管理方式の開発時のOMや将来予測の解析において考慮されていなかつた漁獲による死亡を意味し、放流・投棄による死亡、遊漁による死亡、非協力的非加盟国(以下、非加盟国と呼ぶ)の漁獲、まき網漁業の超過漁獲、メンバーの未報告漁獲が含まれる。2019年の結果では未考慮漁獲死亡が現在の資源水準の推定及び将来の資源回復目標の達成確率に与える影響は限定的であることが確認された。未考慮漁獲死亡の中、非加盟国の漁獲量に関しては、2016年の科学委員会会合において、メンバーはえ縄船団のCPUE及び非加盟国はえ縄船団の努力量の情報から漁獲量を推定し、その妥当性が検討された。推定された非加盟国の漁獲量は最大で300トン程度(2011～2014年の平均)の水準ではあるものの、不確実性は依然として残っていることが留意された(CCSBT 2016a)。CCSBTでは、今後も引き続き全ての未考慮漁獲死亡について調査していく予定である。

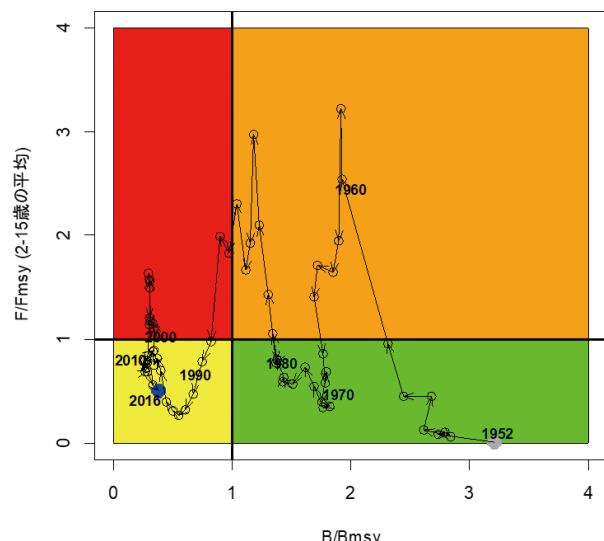


図8. ミナミマグロ資源の神戸プロット：MSYを産出する資源量に対する各年の資源量の比 (B / B_{MSY} : 横軸) 及びMSY水準を与える漁獲死亡率に対する各年の漁獲死亡率の比 (F / F_{MSY} : 縦軸) の経年変化

丸印は推定されたそれぞれの比の中央値を示し、矢印はそれらの推移を示す。灰色、青色の丸印はそれぞれ1952年時点、2016年時点に対応している。横軸は資源枯済の程度（左に行くほど乱獲状態）を、縦軸は乱獲行為の程度（上に行くほど乱獲行為が進行）をそれぞれ示し、パネルの色は資源崩壊の危険性と資源状態を緑（危険性低、健全）から赤（危険性高、乱獲状態）の4色で表している。CCSBT (2017a) のデータを基に作図。

【資源評価等のためのデータ収集】

日本独自の活動

資源評価解析や資源管理においては、最新の漁業情報を迅速かつ詳細に収集することが求められる。日本は漁業データ即時収集プログラム (Real Time Monitoring Program: RTMP) と呼ばれるシステムによって、ミナミマグロ漁場で操業する自国はえ縄船から漁獲情報を収集している。RTMPでは、漁船は毎日の正午位置・操業結果を、衛星通信FAXを通じて水産庁へ報告する。これにより、航海終了後に提出される漁獲成績報告書を用いるよりも迅速なデータ収集が可能となっている。また、RTMPでは体長・体重・性別等の漁獲物の詳細情報（体長データの収集率は100%）が集められている。RTMPから得られる最新の漁獲データはCCSBTにおける資源評価・管理に不可欠なものであり、特にCPUEデータは資源評価モデルによる解析と管理方式の運用において極めて重要な役割を果たしている。

この他、日本は一部の自国はえ縄船に調査員（科学オブザーバー）を乗船させて、漁獲成績報告書やRTMPでは把握できない操業の周辺情報や漁獲物測定データの収集、並びに生物標本の収集を行っている。これらはミナミマグロの資源解析・評価を支える基礎研究（耳石による年齢査定、胃内容物による食性調査、安定同位体による食物網解析、筋肉サンプルによるDNA解析等；例えばItoh *et al.* 2011, Itoh and Sakai 2016）だけでなく、他のまぐろ・かじき類の資源評価（他魚種の体長データ）、海鳥やさめ類等の混獲生物調査にも役立てられている。

また、漁業とは独立の調査活動として、早期に毎年の加入

状況を把握するため、オーストラリア南西岸においてミナミマグロの1歳魚を対象にしたひき縄調査を続けている(Tsuda and Itoh 2019a)。調査データからは1996年からの22年間に及ぶ1歳魚の加入量指数が作成され(Tsuda and Itoh 2019b)、加入状況の検討並びに資源評価モデルによる解析に活用されている。

CCSBTにおける活動

CCSBTの科学調査計画 (Scientific Research Program: SRP) の下で実施されている主な調査活動として、航空目視調査、近縁遺伝子標識再捕 (Close-Kin Mark-Recapture: CKMR) プロジェクト、遺伝子標識調査 (Gene Tagging: GT) がある。

航空目視調査はオーストラリアがSRPの一環としてオーストラリア大湾で実施してきたもので (Eveson and Farley 2017)、調査から得られる加入量指数（対象は2～3歳魚）は加入状況の把握に用いられるとともに、現行の管理方式に必須の入力情報となっていた。しかし、オーストラリアからCCSBTへの調査資金援助の要請が多額になり、2018年調査のための予算は委員会での承認が得られず休止し、今後の調査が実施される見込みは立っていない (CCSBT 2017b)。

CKMRプロジェクトは、産卵場で漁獲された親魚とオーストラリア大湾で漁獲された若齢魚の親子関係を遺伝子型解析によって特定し、得られた親子ペア数 (Parent-Offspring Pairs: POP) の情報から標識再捕法に近い考え方を用いて親魚資源量を推定する研究プロジェクトである。オーストラリアが2006～2010年の5か年のサンプリング計画に基づき実施を開始し、2015年以降はSRPの下で継続されている (Bravington *et al.* 2013, 2016)。CKMRは漁獲情報やCPUEデータに依存せずに資源量推定を行えることが大きな特徴である。現在、CKMRプロジェクトではPOPデータだけでなく、兄弟姉妹関係のペア数 (Half-Sibling Pairs: HSP) のデータ収集も進められており、この情報からもPOPデータの解析と類似した方法で親魚資源量を推定する手法が考案されている (Bravington *et al.* 2017)。POPデータ及びHSPデータはOMに取り込まれ (Hillary *et al.* 2012, 2017)、資源評価に利用されている。

GTは、航空目視調査による加入量指数の代替となる指標を得ることを目的として提案された調査で、標識再捕法を用いた資源量推定を行うために遺伝子型解析の個体識別を“標識”と見立てて標識再捕データを収集する (Preece *et al.* 2015)。データの収集は、オーストラリア大湾でミナミマグロの2歳魚を捕獲してそのDNAサンプルを採取して放流し、翌年、オーストラリアのまき網漁業によって漁獲された3歳魚から同じくDNAサンプルを取って個体識別を行い、得られたデータから標識再捕法の考えに基づき2歳魚の加入量を推定する。

CCSBTでは、2016～2018年の3年間の試験調査で調査プロセス及び分析方法を開発したことから、2018年以降も航空目視調査に代わり加入量指標を得るために調査が継続して実施されている (CCSBT 2019a)。2018年及び2019年のGTの結果から、2016年及び2017年の2歳魚資源尾数がそれぞれ2.27百万尾、1.15百万尾と推定されている。2017年の2歳

魚資源尾数は2016年の推定尾数の約半分の減少となつたが、両年の推定値とともに2017年の資源評価の際にOMを用いて推定された尾数の範囲内であった (Preece *et al.* 2019)。

管理方策

【TACの設定】

ミナミマグロの資源管理はCCSBTの下で行われている。CCSBTではこれまで、管理方式の導入に合わせ、2035年までに70%の確率で、漁業開始以前の親魚資源量の20%水準 (B10+で約260,000トン) まで資源を再建するという中間管理目標を定めていた (CCSBT 2011b)。2019年には新たな管理方式 (後述) に改定するに当たって、2035年までに50%の確率で、漁業開始以前の親魚資源量の30%水準に達するよう、目標を変更した。これはBMSY 28%を若干上回る水準である (Davis *et al.* 2018)。

管理方式 (Management Procedure : MP) とは、CPUE等の資源量指数や科学調査結果から、事前に定められたアルゴリズムによりTACを自動的に計算する漁獲制御ルール (Harvest Control Rule : HCR) のことである (Kurota *et al.* 2010; 「2. 漁業資源の変動と資源評価について」も参照)。管理方式は、明確な数値目標の下、その時々の資源量指数の動向に応じてTACを増減させるフィードバック制御によって資源崩壊を回避しつつ漁獲を継続させ、目標を達成する。このように資源の状況をモニタリングしながら、その状態変化に応じて方策を変えることによって管理失敗のリスクを低減する手法を「順応的管理 (Adaptive management)」と呼ぶ (Walters 1986、松田 2008)。目標達成度や不確実性に対する頑健性は、管理方式を開発する段階で、資源に関する様々な不確実性や将来シナリオを想定した膨大な数の予測シミュレーション (OMを使った性能評価) を行うことにより検討される (管理戦略評価 Management Strategy Evaluation : MSE)。管理方式を用いた管理は、将来の資源状態に大きな不確実性がある状況でも資源を安全に管理するために非常に有効である。さらに、管理方式の重要な点は、状態変化に応じた順応的な方策の考え方を予め定めているところにある。管理方式を採用していることは、TAC決定の手続きそのものを事前に約束していることであり、管理方式によって決定されたTACには、それが仮に低い水準のTACであったとしても従わなければならぬ。

CCSBTは、2011年10月の第18回年次会合において、科学委員会が開発した日本のはえ縄漁業のCPUE指數 (図5) 及び航空目視調査指數 (図6) を入力情報とする管理方式の採用に合意し、ミナミマグロ資源での管理方式の運用を開始した (CCSBT 2011b; 黒田ほか 2015、Hillary *et al.* 2016も参照)。これによりCCSBTでは、原則として管理方式を用いて3年ごとにTACの計算を実施し、漁獲枠を決定することになった。ただし、管理方式の開発時に想定していなかった「例外的状況」がミナミマグロ資源に生じた場合、そのまま管理方式の使用を続けることは資源へのリスクとなる場合があることから、CCSBTでは、このような「例外的状況」の判断及びそれに対処するための行動のプロセスもメタルール (Meta-rules) として

事前に定めて管理方式の運用を行っている。管理方式による資源管理は、マグロの地域漁業管理機関では世界初となる画期的な試みである。

2019年の第26回年次会合では、TACに関する2016年の決定の変更は必要なしとの科学委員会からの勧告に従い、2020年漁期のTACを予定通り17,647トンとすることを確認した (CCSBT 2019b)。このTACは2018～2020年漁期に対して、2016年に管理方式による計算結果から科学委員会が勧告し、第23回年次会合において暫定合意されていたものである (CCSBT 2016b)。2020年漁期の漁獲枠については、このTACから調査用漁獲枠3.1トンを取り置き、また資源保護のための措置として、非加盟国漁獲量の推定値306トンを差し引いた残りが次のとおりメンバーへ割り当てられた (CCSBT 2019b)。割当量はそれぞれ日本6,165トン、オーストラリア6,165トン、ニュージーランド1,088トン、韓国1,240.5トン、台湾1,240.5トン、インドネシア1,002トン、EU 11トン、南アフリカ423トンである (日本の割当量は2018～2020年漁期の各年6,165トンとなるが、このうちインドネシアに各年21トン、南アフリカに各年27トンが、2018～2020年までの3年間限りの措置として移譲される)。なお、フィリピンは協力的非加盟国と認められなくなったため、割り当ては行われなかった。放流・投棄、遊漁等による死亡量に関しては、2018年漁期より各メンバーの割当量に計上することになっている (CCSBT 2014)。

【新たな管理方式の開発】

2017年を最後に航空目視調査が中止されたことを背景に、科学委員会は2015年の会合から航空目視調査指數に代わる加入量指數や代替の管理方式等の検討を続けており、2017年の会合において、2019年までにGTによる加入量指數を新たな入力情報として加えた管理方式を開発するための作業計画案を提示した (CCSBT 2017a)。同年の第24回年次会合においてその計画案が承認され (CCSBT 2017b)、科学委員会は計画に沿って作業を進めてきた。委員会は、現行の管理方式の運用に伴って資源が順調に回復していることから2035年までに到達すべき管理目標について、初期親魚資源量の20%から30%へと上方修正した (目標達成確率は70%から50%に変更)。2018年にメンバーの研究者から新たな管理方式の候補 (4つ) が委員会に提示され (CCSBT 2018a、2018b)、その後約1年半にわたり科学委員会の下で候補の洗練化と絞り込みが行われた。2019年の第24回科学委員会会合で最終候補を選定し、同年の第25回年次会合で新たな管理方式の採用に合意した (CCSBT 2019a、2019b)。新たな管理方式は2020年から運用され、2021年から3年ごとにTACを算出する。また、新たな管理方式の入力情報にはGTによる加入量指數及びはえ縄CPUE指數のほか、CKMRプロジェクトのPOPやHSPデータが用いられる (CCSBT 2019b)。

【漁獲管理】

日本は2005年まで、漁場ごとに漁獲開始日と上限漁獲枠を設定し、漁獲状況に応じて漁獲終了日を決定することで自国

はえ縄船の操業を管理してきたが、2006年以降、漁獲枠の個別割当制度や、全ての漁獲個体への識別標識の装着制度等の導入により漁獲管理を強化した。また、CCSBTでは、全てのメンバーのミナミマグロ漁業を対象とした監視取締措置として、2008年10月より人工衛星を用いて漁船の位置をモニターする漁船位置監視システム(VMS)を導入し、2010年1月からは漁獲から畜養、水揚げ、貿易までの全ての過程を書類及び識別標識を用いて監視する漁獲証明制度も開始した。2011年10月には、委員会で決定された保存管理措置の確実な実施を促進するCCSBT遵守計画が策定された。

2006年以来、オーストラリアのまき網漁業の漁獲管理において、漁獲量推定のために畜養生簀で行うサンプリング方法がバイアスを生じさせている懸念があり、それによって同国の漁獲量が過少報告されている可能性が指摘されている(CCSBT 2006)。これは未考慮漁獲死亡の要素の1つである。この指摘を受けて、オーストラリアは、水中ステレオビデオカメラを用いて活け込み原魚の魚体サイズの測定と尾数の計数を行うことで、より正確に漁獲量を推定する手法を開発・試験してきた(CCSBT 2012)。同手法による魚体サイズの測定精度は良好であることが確認されており、2019年の第24回科学委員会会合においても水中ステレオビデオカメラ導入が畜養サンプリング方法の懸念を手当する唯一の直接的手法である旨が独立専門家から助言されたが、計画の立案から10年以上が経っているにもかかわらず、オーストラリアはこの手法をいまだ商業畜養生簀へ導入していない。

執筆者

くろまぐろユニット

みなみまぐろサブユニット

国際水産資源研究所 くろまぐろ資源部

温帯性まぐろグループ

津田 裕一・伊藤 智幸

中央水産研究所 資源研究センター 資源管理グループ

(国際水産資源研究所 くろまぐろ資源部 併任)

高橋 紀夫

北海道区水産研究所 資源管理部 底魚資源グループ

(国際水産資源研究所 くろまぐろ資源部 併任)

境 磨

参考文献

- Bravington, M.V., Eveson, J.P., Grewe, P.M., and Davies, C.R. 2017. SBT close-kin mark-recapture with parent-offspring and half-sibling pairs: update on genotyping, kin-finding and model development. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1708/12.
- Bravington, M., Grewe, P., and Davies, C. 2013. Close-kin update. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1309/BGD 03.
- Bravington, M.V., Grewe, P.M., and Davies, C.R. 2016. Absolute abundance of southern bluefin tuna estimated by

- close-kin mark-recapture. *Nat. Commun.*, 7: 13162. doi: 10.1038/ncomms13162
- Caton, A.E. (ed.). 1994. Review of aspects of southern bluefin tuna biology, population, and fisheries. FAO, Fish. Tech. Pap., 336(2): 296-343.
- CCSBT. 2006. Report of the thirteenth annual meeting of the Commission, 10-13 October 2006 Miyazaki, Japan. CCSBT, Canberra, Australia. 135 pp.
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2009a. Report of the Strategy and Fisheries Management Working Group meeting, 15-16 April 2009 Tokyo, Japan. CCSBT, Canberra, Australia. 18pp.
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2009b. Report of the sixteenth annual meeting of the Commission, 20-23 October 2009 Jeju Island, Republic of Korea. CCSBT, Canberra, Australia. 111 pp.
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2010. Report of the second meeting of the Strategy and Fisheries Management Working Group meeting, 14-16 April 2010 Tokyo, Japan. CCSBT, Canberra, Australia. 39 pp.
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2011a. Report of the sixteenth meeting of the Scientific Committee, 19-28 July 2011 Bali, Indonesia. CCSBT, Canberra, Australia. 118 pp.
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2011b. Report of the eighteenth annual meeting of the Commission, 10-13 October 2011 Bali, Indonesia. CCSBT, Canberra, Australia. 118 pp.
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2012. Report of the nineteenth annual meeting of the Commission, 1-4 October 2012 Takamatsu City, Japan. CCSBT, Canberra, Australia. 97 pp.
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2013a. Report of the fourth operating model and management procedure technical meeting, 23-26 July 2013 Portland, Maine, USA. CCSBT, Canberra, Australia. 39 pp.
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2013b. Report of the eighteenth meeting of the Scientific Committee, 2-7 September 2013 Canberra, Australia. CCSBT, Canberra, Australia. 104 pp.
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)

- CCSBT. 2013c. Report of the twentieth annual meeting of the Commission, 14-17 October 2013 Adelaide, Australia. CCSBT, Canberra, Australia. 96 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2014. Report of the twenty first annual meeting of the Commission, 13-16 October 2014 Auckland, New Zealand. CCSBT, Canberra, Australia. 94 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2015. Report of the twenty second annual meeting of the Commission, 12-15 October 2015 Yeosu, South Korea. CCSBT, Canberra, Australia. 123 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2016a. Report of the twenty first meeting of the Scientific Committee, 10 September 2016. CCSBT, Canberra, Australia. 100 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2016b. Report of the twenty third annual meeting of the Commission, 13 October 2016. CCSBT, Canberra, Australia. 91 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2017a. Report of the twenty second meeting of the Scientific Committee, 2 September 2017. CCSBT, Yogyakarta, Indonesia. 124 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2017b. Report of the twenty fourth annual meeting of the Commission, 12 October 2017. CCSBT, Yogyakarta, Indonesia. 91 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2018a. Report of the twenty third meeting of the Scientific Committee, 8 September 2018. CCSBT, Canberra, Australia. 96 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2018b. Report of the twenty fifth annual meeting of the Commission, 22 October 2018. CCSBT, Canberra, Australia. 94 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2019a. Report of the twenty fourth meeting of the Scientific Committee, 7 September 2019. CCSBT, Cape Town, South Africa. 121 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- CCSBT. 2019b. Report of the twenty fifth annual meeting of the Commission, 22 October 2018. CCSBT, Cape Town, South Africa. 103 pp. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- Davis, C., Preece, A., Hillary, R. and Parma, A. 2018. Desirable Behaviour and Specifications for the Development of a New Management Procedure for SBT. Paper submitted to the CCSBT Strategy and Fisheries Management Working Group. CCSBT-SFM/1803/04. <https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings> (2019年11月01日)
- Evans, K., Patterson, T.A., Reid, H., and Harley, S.J. 2012. Reproductive Schedules in Southern Bluefin Tuna: Are Current Assumptions Appropriate? PLoS ONE, 7(4): e34550. Doi: 10.1371/journal.pone.0034550
- Eveson, P. 2011. Updated growth estimates for the 1990s and 2000s, and new age-length cut-points for the operating model and management procedures. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1107/9.
- Eveson, P., and Farley, J. 2017. The aerial survey index of abundance: 2017 updated results. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1708/06.
- Farley, J.H., and Davis, T.L.O. 1998. Reproductive dynamics of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*. Fish. Bull., 96: 223-236.
- Farley, J.H., Davis, T.L.O., Gunn, J.S., Clear, N.P., and Preece, A.L. 2007. Demographic patterns of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, as inferred from direct age data. Fish.Res., 83: 151-161.
- Grewe, P.M., Elliott, N.G., Innes, B.H., and Ward, R.D. 1997. Genetic population structure of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*). Mar. Biol., 127(4): 555-561.
- Hearn, W.S., and Polacheck, T. 2003. Estimating long-term growth-rate changes of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) from two periods of tag-return data. Fish. Bull., 101: 58-74.
- Hillary, R., Preece, A., and Davies, C. 2013. Updates to the CCSBT Operating Model including new data sources, data weighting and re-sampling of the grid. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1309/15.
- Hillary, R., Preece, A., and Davies, C. 2017. Updates required for new data sources and reconditioning of the CCSBT OM. Paper submitted to the CCSBT Operating Model and Management Procedure Technical Meeting. CCSBT-OMMP/1706/04.
- Hillary, R., Preece, A., Davies, C., Bravington, M., Eveson, J.P., and Basson, M. 2012. Initial exploration of options for inclusion of the close-kin data into the SBT operating model.

- Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1208/21.
- Hillary, R.M., Preece, A., Davies, C.R., Kurota, H., Sakai, O., Itoh, T., Parma, A.M., Butterworth, D.S., Ianelli, J., and Branch, T.A. 2016. A scientific alternative to moratoria for rebuilding depleted international tuna stocks. *Fish. Fish.*, 17: 469-482.
- Hobsbawm, P.I., Patterson, H.M., and Nicol, S. 2018. Australia's 2016-17 southern bluefin tuna fishing season. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1809/ SBT Fisheries - Australia.
- Itoh, T., Kemps, H., and Totterdell, J. 2011. Diet of young southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii* in the southwestern coastal waters of Australia in summer. *Fish. Sci.*, 77: 337-344.
- Itoh, T., and Sakai, O. 2016. Open-ocean foraging ecology of southern bluefin tuna *Thunnus maccoyii* based on stomach contents. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 555: 203-219.
- Itoh, T., and Takahashi, N. 2019. Update of the core vessel data and CPUE for southern bluefin tuna in 2019. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1909/BGD05 (Previously CCSBT-OMMP/1906/09).
- 岩井 保・中村 泉・松原喜代松. 1965. マグロ類の分類学的研究. 京都大学みさき臨海研究所特別報告, 2: 1-51.
- Kurota, H., Hiramatsu, K., Takahashi, N., Shono, H., Itoh, T., and Tsuji, S. 2010. Developing a management procedure robust to uncertainty for Southern bluefin tuna: a somewhat frustrating struggle to bridge the gap between ideals and reality. *Popul. Ecol.*, 52: 359-372.
- 黒田啓行・境 磨・高橋紀夫・伊藤智幸. 2015. TACを算定する新しいアプローチ: ミナミマグロの管理方式の開発と運用. *水産海洋研究*, 79(4): 297-307.
- 松田裕之. 2008. 生態リスク学入門—予防的順応的管理. 共立出版, 東京. 213 pp.
- 西田 勤. 1994. ミナミマグロ資源について. *月刊 海洋*, 291: 579-584.
- 西川康夫・本間 操・上柳昭治・木川昭二. 1985. 遠洋性サバ型魚類稚仔の平均分布, 1956-1981年. 遠洋水産研究所Sシリーズ12. 遠洋水産研究所, 静岡. 99 pp.
- Patterson, T.A., Eveson, J.P., Hartog, J.R., Evans, K., Cooper, S., Lansdell, M., Hobday, A.J., and Davie, C.R. 2018. Migratory dynamics of juvenile southern bluefin tuna. *Sci. Rep.*, 8: 14553.
- Preece, A., Eveson, J.P., Bradford, R.W., Grewe, P.M., Aulich, J., Clear, N.P., Lansdell, M., Cooper, S., and Hartog, J. 2019. Report on the gene-tagging juvenile abundance monitoring program: 2016-2019. CCSBT-ESC/1909/10.
- Preece, A., Eveson, P., Davies, C., Grewe, P., Hillary, R., and Bravington, M. 2015. Report on gene-tagging design study. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1509/18.
- 新宮千臣. 1970. ミナミマグロの分布と回遊に関する研究. *遠洋水研報告*, 3: 57-113.
- 新宮千臣. 1978. ミナミマグロの生態と資源. *水産研究叢書* 31. 日本水産資源保護協会, 東京. 85 pp.
- 新宮千臣・藁科侑生. 1965. ミナミマグロ *Thunnus maccoyii* (CASTELNAU) の研究—I, ミナミマグロの外部形態の比較. *南海区水研報告*, 22: 85-93.
- Takahashi, N., Tsuji, S., and Kurota, H. 2004. Review of the current CCSBT Tagging Program and potential improvements. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/0409/36.
- Tsuda, Y., and Itoh, T. 2019a. Report of the piston-line trolling monitoring survey for the age-1 southern bluefin tuna recruitment index in 2018/2019. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1909/25.
- Tsuda, Y., and Itoh, T. 2019b. Trolling indices for age-1 southern bluefin tuna: update of the piston line index and the grid type trolling index. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1909/26.
- Walters, C.J. 1986. *Adaptive Management of Renewable Resources*. MacMillan Pub. Co, New York, USA. 374 pp.
- Young, J.W., Lamb, T.D., Le, D., Bradford, R.W., and Whitelaw, A.W. 1997. Feeding ecology and interannual variations in diet of southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii*, in relation to coastal and oceanic waters off eastern Tasmania, Australia. *Environ. Biol. Fishes.*, 50: 275-291.

ミナミマグロの資源の現況(要約表)

資源水準	低位
資源動向	親魚資源量は微増。未成魚は増加。
世界の漁獲量 (最近5年間)	11,909～17,150トン 最近(2018)年:17,150トン 平均:14,362トン(2014～2018年)
我が国の漁獲量 (最近5年間)	3,371～5,945トン 最近(2018)年:5,945トン 平均:4,670トン(2014～2018年)
管理目標	初期親魚資源量の30%水準(B_{MSY} 水準を上回っている)を2035年までに50%の確率で達成する。ただし、従来の暫定目標である2035年までに20%水準を70%以上の確率で達成することも必要。
資源評価の方法	漁法別漁獲量、はえ縄CPUE、年齢・体長組成データ、航空目視調査による加入量指標、近縁遺伝子標識再捕による遺伝データ等、複数の情報をCCSBTが独自に開発した統合型資源評価モデルによって評価
資源の状態	初期親魚資源量の13% 10歳以上の資源量は 123,429～156,676トン
管理措置	TACの設定:2018～2020年漁期のTACは毎年17,647トン(日本6,165トン) 漁獲証明制度
管理機関・関係機関	CCSBT、ICCAT、IOTC、WCPFC
最新の資源評価年	2017年
次回の資源評価年	2020年