

# ミナミマグロ

(Southern Bluefin Tuna, *Thunnus maccoyii*)



## 最近の動き

みなまぐろ保存委員会 (CCSBT) は第 24 回年次会合 (2017 年 10 月) において、2018 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、漁獲データなどの資源指標から TAC を自動的に計算する漁獲制御ルール) 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。2016 年の報告総漁獲量は 14,445 トンで、主にまき網及びはえ縄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

主に公海域では日本、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。まき網漁業は蓄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 (Hobsbawn et al. 2017)。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)。日本漁船の漁獲量は 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) へと漁場を移したが、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 2,500 ~ 4,000 トンの間で推移している (CCSBT 2017a)。はえ縄全体の漁獲量は、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 を削減したことで減少し、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、はえ縄漁獲量は徐々に増加中である。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

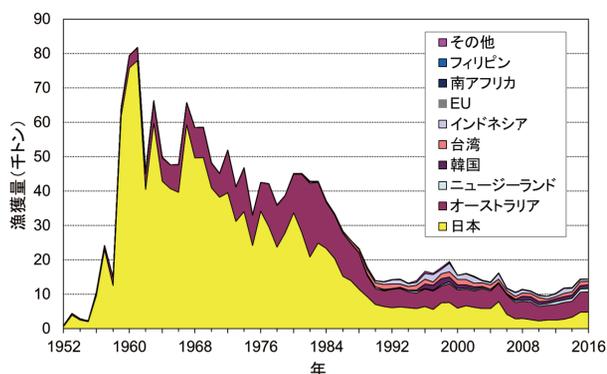


図 1. ミナミマグロの漁獲量の推移 (CCSBT 2017a)

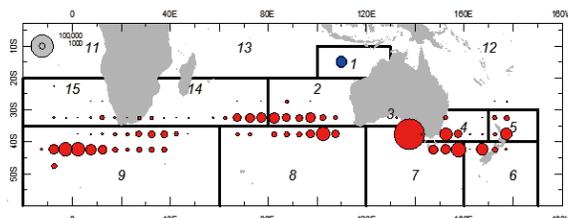


図 2. ミナミマグロの緯経度 5 度区別別の漁獲尾数 2016 年暫定値。1 ~ 15 は CCSBT 統計海区。1 海区の青丸はインドネシアによる位置不明の漁獲尾数。(CCSBT 事務局から配布されたデータを基に作図)。

半ばより蓄養漁業の発達にともない、種苗を得るためまき網による漁獲が再び伸び、近年は約 4,000 ～ 5,000 トン程度で推移している。種苗は約 3 ～ 6 か月間蓄養された後、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に始まった（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 2017b）。

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 2,400 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など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 は毎年約 14,650 トン（日本は約 4,700 トン）、2018 ～ 2020 年漁期の TAC は毎年約 17,650 トン（日本は約 6,200 トン）で合意された（CCSBT 2013c、2014、2015、2016b、2017b；詳しくは後述）。なお、2016 年の報告総漁獲量は 14,445 トンであった。

## 生物学的特性

### 【分布・回遊】

これまで行われた調査で、ミナミマグロの仔稚魚は例外なく、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）で採集されていることから、産卵場は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（Grewe *et al.* 1997）に地理的変異が見られないため、単一系群として管理されている。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、Basson *et al.* 2012）。その後、成長に伴い次第に南緯 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。

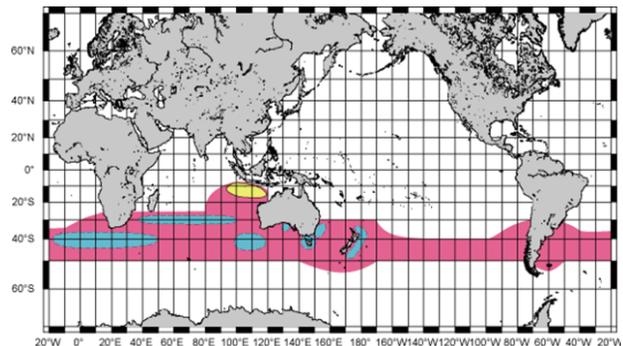


図 3. ミナミマグロの分布（赤）、漁場（青）、産卵場（黄）

### 【成長・成熟】

ミナミマグロは体長（尾叉長）200cm、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。耳石の解析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算出されている。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 年代以降に早くなっ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－体重関係はいくつか推定されているが、日本のはえ縄漁獲物に対して CCSBT 科学委員会では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は 1.15 で除して求めている。

$$130 \text{ cm 未満の魚} \quad \text{体重} = 0.0000313088 \text{ 体長}^{2.9058}$$

$$130 \text{ cm 以上の魚} \quad \text{体重} = 1.15 \times 0.000002942 \text{ 体長}^{3.3438}$$

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

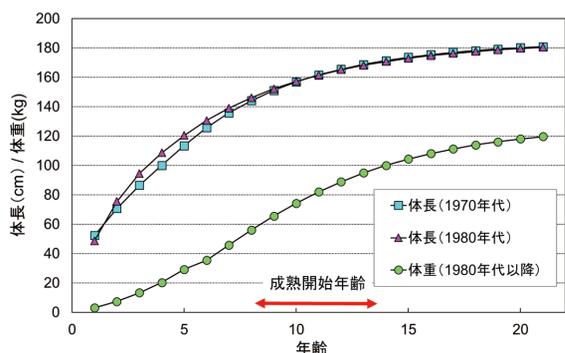


図 4. CCSBT で用いられているミナミマグロの成長曲線  
 体長（尾叉長）に関しては、比較のため、1970 年代と 1980 年代生まれの年級群に対応する成長曲線のみを示した。1970 年代以前、1980 年代以降に対応する体長の曲線はそれぞれ 1970 年代、1980 年代のものと同様のカーブを描く。（体長の曲線は Eveson 2011 の式を基に、体重の曲線は本文の式を基にそれぞれ作図）。

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	1970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級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。

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、海産ほ乳類であると考えられている。

### 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、管理方式運用のためのメタルールプロセス（後述）の中で、CPUE など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は 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。CCSBT 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。

CCSBT 科学委員会では、管理方式の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も用いている。このモデルは単一系群を仮定した年齢構造モデルであり (空間構造は考慮されていない)、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)、近縁遺伝分析 (Close-kin analysis : CK) による遺伝データ (後述) などの観測データや成長式などの生物情報から、漁獲死亡率、加入量、資源量など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など、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重み付けの方法により 1 つにまとめ、これをベースケースとして評価している。CCSBT 科学委員会では CK データの OM への取り込みにとともに、体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、これを産卵親魚資源量 (SSB) として示している。なお、2017 年の資源評価では「資源量」としてこの新たな概念での SSB と併せて、過去の結果との比較のために従来の定義での資源量 (10 歳以上の資源量 ; B10+) も提示した (図 7)。SSB は産卵場で繁殖する親魚資源全体の繁殖力を表すような指数になっており、資源量の絶対値を示すものではないことに留意が必要である。

2017 年の科学委員会合会では、管理方式のメタルールプロセスに則り、OM を用いた詳細な資源評価を実施し、併せて最新の各種漁業指標及び科学調査による加入量指標も精査して資源の現況を検討した。これにより科学委員会は現在の資源状態を次のように報告した (CCSBT 2017a, 図 5 ~ 8)。産卵親魚資源量 (SSB) は依然として低い水準にあり、これは最大持続生産量 (MSY) を達成する資源量 (SSB<sub>MSY</sub>) 以下の水準 (SSB<sub>MSY</sub> 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<sub>MSY</sub>) 以下であり、また前回 2014 年の資源評価結果に比べて、SSB の初期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。また、2014 年以降、航空目視調査による加入量指数の上昇やはえ縄 CPUE に増加傾向が見られるなど、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)。感度解析の結果によると、2014 年と比べて資源評価結果がより楽観的になった要因は、CK データの OM への取り込みに伴ってモデル構造が変更されたこと、並びにはえ縄 CPUE 及び加入指標である航空目視指数に増加傾向が見られたことと考えられた。特に、将来予測での資源回復目標の達成確率の大きな向上は、航空目視指数が示す近年の高い加入量に強く影響を受けている (図 6)。

2014 年以来、科学委員会会合では委員会からの指示を受け、未考慮漁獲死亡の検討を継続しており、2017 年の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った漁獲を意味し、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、加盟国・地域の未報告漁獲が含まれる。2014 年の資源評価結果と同様、2017 年の結果からも未考慮漁獲死亡は現在の資源水準の推

定にはほとんど影響を与えないことが確認された。一方、将来の資源回復目標の達成確率については、2014 年の予測では達成確率を大きく低下させる可能性があるとの結果となったが、2017 年の予測では、達成確率は多少低下するものの依然高い値 (80%) を維持する結果となった。未考慮漁獲死亡の中、非加盟国漁獲量に関しては、2016 年の科学委員会会合において、加盟国・地域はえ縄船団の漁獲率と非加盟国はえ縄船団の努力量の情報から非加盟国漁獲量を推定し、その妥当性が検討された。その推定漁獲量は最大で 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。

【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且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、はえ縄船の航海長期化の影響を受けない迅速なデータ収集が可能となってお

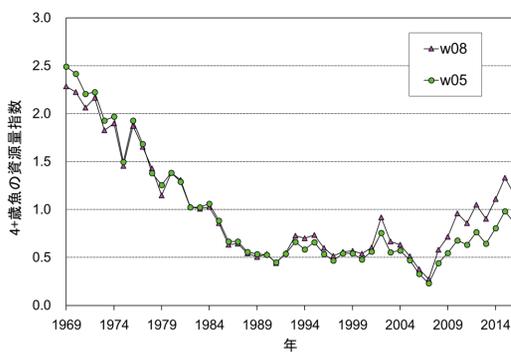


図 5. 日本のはえ縄漁業の CPUE データに基づくミナミマグロの 4+ 歳魚の資源量指数

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、漁場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 CPUE に関する異なる 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 2017 のデータを基に作図)

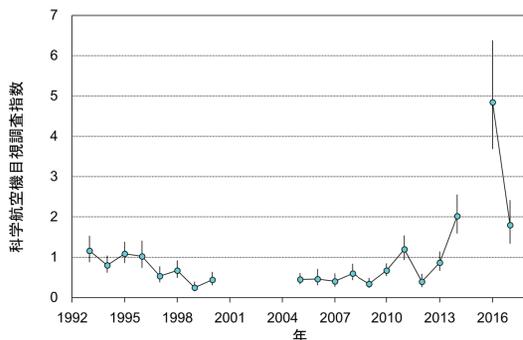


図 6. 航空目視調査によるミナミマグロの加入量指数  
目視調査データには加入量の年変動を取り出すための標準化処理が施されており、指数は飛行した単位海里当たりの資源量の形で表されている。各点の上下にある縦線は推定値の 90% 信頼区間を示す。2001 ~ 2004 年及び 2015 年は調査が行われなかった。(Eveson and Farley 2017 のデータを基に作図)

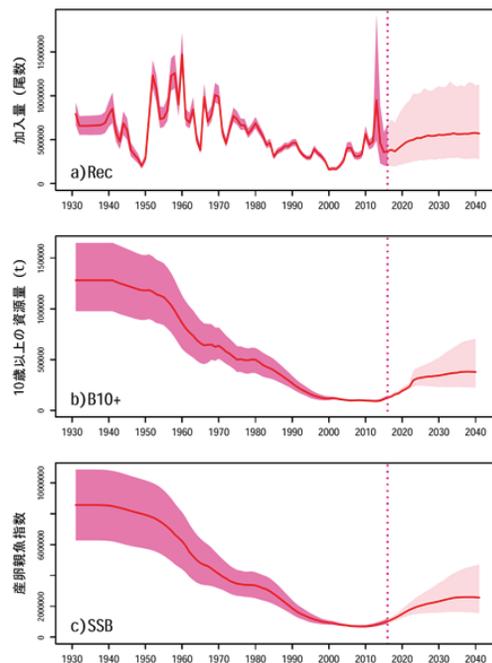


図 7. 2017 年に資源評価モデルにより推定されたミナミマグロの加入量 (Rec: 上段)、10 歳以上の親魚資源量 (B10+: 中段) 及び親魚資源量 (SSB: 下段)

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 は近縁親遺伝分析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)

り、ミナミマグロについて漁獲成績報告書よりも詳細な情報（体長・体重・性別など、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（科学オペレーター）を乗船させ、漁獲成績報告書では把握できない詳細な操業データ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 解析など；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）、海鳥やさめ類など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 2017a）。調査データからは 1996 年からの約 20 年間に及ぶ 1 歳魚の加入量指数が作成され（Tsuda and Itoh 2017b、2017c）、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、近縁遺伝分析（CK）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いるもので（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る。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、今後の調査が実施される見込みは立っていない（CCSBT 2017b）。

CK 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）。漁獲情報や CPUE データに依存しない方法で資源量推定を行えることが大きな特徴である。現在、CK 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 データの解析と似たような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。

遺伝子標識調査（Gene Tagging : 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 年から 3 年間の計画で試験調査を実施しており、2018 年には最初の加入量推定値が得られる予定である（Preece *et al.* 2017）。

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、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% 水準まで資源を再建するという中間管理目標を定めている（CCSBT 2011b）。最終的な管理目標は親魚資源量を  $B_{MSY}$  水準まで回復させ、MSY による管理を行うことであるが、目標達成までの期間や確率の具体的な数値は決まっていない（CCSBT 2009a、2010）。

管理方式（Management Procedure : MP）とは、CPUE などの資源量指数や科学調査結果から、事前に定められた

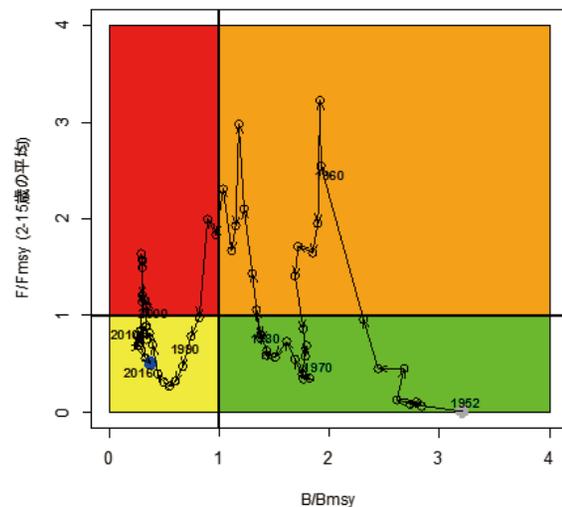


図 8. ミナミマグロ資源の神戸プロット：  
MSY を産出する資源量に対する各年の資源量の比（ $B/B_{msy}$ ：横軸）及び MSY 水準を与える漁獲死亡率に対する各年の漁獲死亡率の比（ $F/F_{msy}$ ：縦軸）の経年変化  
丸印は推定されたそれぞれの比の中央値を示し、矢印はそれらの推移を示す。灰色、青色の丸印はそれぞれ 1952 年時点、2016 年時点に対応している。横軸は資源枯渇の程度（左に行くほど乱獲状態）を、縦軸は乱獲行為の程度（上に行くほど乱獲行為が進行）をそれぞれ示し、パネルの色は資源崩壊の危険性と資源状態を緑（危険性低、健全）から赤（危険性高、乱獲状態）の 4 色で表している。（CCSBT 2017a のデータを基に作図）。

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。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。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)。管理方式において重要な点は、状態変化に応じた順応的な方策の変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ない。

CCSBT は、2011 年 10 月の第 18 回年次会合において、CPUE 指数 (図 5) 及び航空目視調査指数 (図 6) を入力情報とする管理方式 (科学委員会が開発) 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。

2017 年の第 24 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したがい、2018 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 2017b)。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)。2018 年漁期の漁獲枠については、この TAC から調査用漁獲枠 5.2 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ように加盟国等へ割当てられた (CCSBT 2017b)。割当量は日本 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、EU11 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 年漁期より各加盟国等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】

2018 年以降の航空目視調査の実施継続が極めて困難な状況であることを背景に、委員会からの指示を受け、科学委員会は 2015 年の会合から航空目視調査指数に代わる加入量指数や代替の管理方式などの検討を続けており、2017 年の会合において、2019 年までに遺伝子標識調査 (GT) による加入量指数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)。委員会が同年の年次会合において、その計画案を承認したことから (CCSBT 2017b)、科学委員会は計画に沿って作業を進めることになった。この計画では、次回の TAC 算出は、2020 年にその時点で入手可能な最新データを新たに開発された管理方式に入力して行われる。新たな管理方式の入力情報には GT による加入量指数やえ縄 CPUE 指数のほか、CK プロジェクトの POP や HSP データによる親魚量指標が候補に挙がっている (CCSBT 2016a)。

#### 【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、漁獲枠の個別割当て制度や、漁獲したミナミマグロ全個体への識別標識の装着制度など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を導入し、2010 年 1 月からは漁獲から水揚げ、貿易まで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蓄養生簀で行うサンプリング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一つである。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いるが、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

高橋 紀夫・伊藤 智幸・津田 裕一

国際水産資源研究所 くろまぐろ資源部

くろまぐろ資源グループ

境 磨

西海区水産研究所 資源海洋部 浮魚資源グループ

(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 併任)

黒田 啓行

## 参考文献

- Basson, M., Hobday, A.J., Eveson, J.P., and Patterson, T.A. 2012. Spatial interactions among juvenile southern bluefin tuna at the global scale: a large scale archival tag experiment. FRDC Report 2003/002. 364 pp.
- 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> (2017年10月26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> (2017年10月26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> (2017年10月26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> (2017年10月26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> (2017年10月26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> (2017年10月26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> (2017年10月26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> (2017年10月26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> (2017年10月26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> (2017年10月26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> (2017年10月26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> (2017年10月26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>

- (2017 年 10 月 26 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>  
 (2017 年 10 月 26 日)
- CCSBT. 2017a. Report of the twenty second meeting of the Scientific Committee, 2 September 2017. CCSBT, Canberra, Australia. 124 pp.  
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings>  
 (2017 年 10 月 26 日)
- CCSBT. 2017b. Report of the twenty fourth annual meeting of the Commission, 12 October 2017. CCSBT, Canberra, Australia. 91 pp.  
<https://www.ccsbt.org/en/content/reports-past-meetings>  
 (2017 年 10 月 26 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.
- Hobsbawn, P.I., Patterson, H.M., and Nicol, S. 2017. Australia's 2015-16 southern bluefin tuna fishing season. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1708/ 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. 2017. Update of the core vessel data and CPUE for southern bluefin tuna in 2017. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1708/BGD06 (Previously CCSBT-OMMP/1706/08).
- 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・伊藤幸智. 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.
- Preece, A., Bradford, R., Grewe, P., Eveson, P., Farley, J., and Davies, C. 2017. Progress report on the CCSBT pilot gene-tagging program in 2017. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1708/07.
- 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. 2017a. Report of the piston-line trolling monitoring survey for the age-1 southern bluefin tuna recruitment index in 2016/2017. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1708/22.

Tsuda, Y., and Itoh, T. 2017b. 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/1708/23.

Tsuda, Y., and Itoh, T. 2017c. Standardization of grid-type trolling index of age-1 southern bluefin tuna using environmental factors. Paper submitted to the CCSBT Extended Scientific Committee Meeting. CCSBT-ESC/1708/24.

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)	10,258 ~ 14,445 トン 最近 (2016) 年 : 14,445 トン 平均 : 12,547 トン (2012 ~ 2016 年)
我が国の漁獲量 (最近5年間)	2,528 ~ 4,745 トン 最近 (2016) 年 : 4,721 トン 平均 : 3,612 トン (2012 ~ 2016 年)
管理目標	中間目標は初期親魚資源量の 20% 水準を 2035 年までに 70% の確率で達成 最終的な目標は親魚資源量を BMSY 水準まで回復させ、MSY による管理を行うこと (達成期間及び確率は未決定)
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数、近縁遺伝分析による遺伝データなど、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