

大西洋クロマグロ 東大西洋

(Atlantic bluefin tuna *Thunnus thynnus*)



管理・関係機関

大西洋まぐろ類保存国際委員会 (ICCAT)

最近の動き

本資源を管理する ICCAT に報告された 2021 年の合計漁獲量は 35,075 トンであった。ICCAT 科学委員会 (SCRS) は、2022 年 9 月に資源評価を実施した。2022 年資源評価について SCRS は、推定された近年の親魚資源量及び増加傾向の程度が使用した 3 つのモデルで異なっており、全てのモデルで近年の加入の推定における不確実性が高いとして、資源評価結果に基づく TAC の勧告は作成しなかった。一方で短期の将来予測や資源量指数の増加傾向に基づいて、現行の TAC (36,000 トン) を修正する必要は認められないと結論付けた。2023 年以降の TAC については、資源量指数の値や変化量に基づいて TAC の決定方法を事前に定める管理方式 (MP) の開発のために管理戦略評価 (MSE) による MP の評価に取り組んでおり、2022 年 9 月に SCRS は MSE による評価を通して BR と FO と呼ばれる 2 つの MP の開発を完了した。これら 2 つの MP は共に、30 年間資源が極めて悪い状態になる確率が 15%以下で、MP による TAC 管理導入から 30 年後の 2053 年の時点で 60%の確率で資源が望ましい状態にある等、定められた管理目標を達成するよう開発されている。2022 年 11 月の ICCAT 本委員会において、開発された 2 つの MP で期待される今後の漁獲量の推移や変動量を比較した結果、BR が採択された。実際に BR から計算された 2023 年から 2025 年の TAC は 40,570 トンであり、2022 年 11 月の ICCAT 年次会合において、日本の割り当ては 3,114 トンと合意された。

利用・用途

ほぼ全てが刺身やすし用途に用いられている。ヨーロッパでは、卵巣の塩漬け (からすみ) や背肉の塩漬けとしても利用される。

漁業の概要

主な漁業国は、最近の漁獲量の多い順にスペイン、フランス、イタリア、モロッコ、日本、チュニジア及びトルコである。日

本の漁獲は全てはえ縄による。スペインは定置網と竿釣り漁業とまき網、フランス及びイタリアは地中海でまき網によって漁獲する。東大西洋のビスケー湾と地中海では小型魚 (2~5 歳) を漁獲している (Fromentin 2004, Santiago *et al.* 2016)。地中海では、1990 年代半ばより畜養を目的としたまき網漁業が盛んになったが、2007 年までのまき網漁獲量統計値の精度には疑問がある (ICCAT 2009)。

遺跡の発掘調査から、地中海においてクロマグロが紀元前 7000 年から獲られていたことが明らかになっている (Desse and Desse-Berset 1994)。フェニキア人、その後、ローマ人によって西地中海一帯でクロマグロが手釣りや様々な種類の地引き網で漁獲されていた (Farrugio 1981, Mather *et al.* 1995, Doumenge 1998)。クロマグロ漁業は中世に至っても盛んに行われていた。16 世紀頃には、地引き網が次第に定置網に置き換わっていった (Doumenge 1998, Ravier and Fromentin 2001)。定置網では、およそ 3000 年から 4000 年前よりクロマグロの漁獲が行われており、17 世紀以降、20 世紀半ばまで年間 1.5 万トンから 2 万トンの漁獲があった (Fromentin 1999, Fromentin *et al.* 2000)。

20 世紀の漁獲量は ICCAT の公式漁獲統計によれば (図 1)、1950 年から 1965 年には、主に北東大西洋における定置網やまき網で年間 3 万トン前後であった。地中海におけるまき網

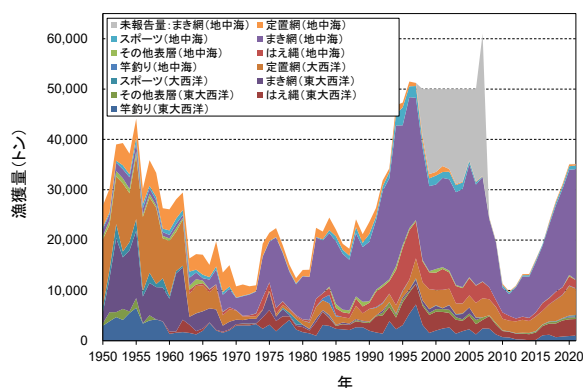


図 1. 大西洋クロマグロ (東系群) の漁法別海域別公式漁獲量の推移 (1950~2021 年) (ICCAT 2022b) 漁獲量には投棄分も含まれる。灰色は資源評価に用いた地中海まき網による未報告漁獲量 (1998~2007 年) を示す。

やはえ縄等の漁業は、1960年代に開始された。地中海における主な漁業は、まき網及びはえ縄であり、特にまき網の漁獲量が全体の6割から8割を占めている。北東大西洋における主な漁業は、はえ縄、定置網、釣り漁業である。

大西洋におけるクロマグロを対象とした日本のはえ縄漁業は、カリブ海からブラジル沖の熱帯域で1963年頃から開始され、年間数万トン漁獲していたが、その漁場は数年間で消滅した。この漁場に分布していた魚群が大西洋の東西どちらの系群に属していたかは不明であるが、現在の水域区分では主に西大西洋となる。その後は地中海及びジブラルタル海峡付近が主要な漁場となった。漁期は地中海が4~7月（6月は禁漁）、ジブラルタル海峡付近では3~6月であった。1990年以降、冬季の西経35~45度、北緯35度以北（北大西洋中央部）の新たな漁場が開発された。さらに1998年以降にはアイスランドやフェロー諸島付近に8~11月にかけて漁場が形成され、年間千トンを超える漁獲が記録されており、現在も日本のはえ縄の主要漁場となっている。

地中海西部におけるスペイン及びモロッコの定置網では3~7月が盛漁期である。地中海における現在のまき網の漁期は5月26日~6月24日に制限されているが、規制強化前にはフランス、イタリアでは6~9月、トルコでは10~2月、チュニジアでは1~5月が盛漁期であった。

本資源のICCATへの公式報告漁獲量は1990年代以降、1996年の約5万トンまで急増し、それ以降ICCATが設定したTAC（2万~3.6万トン）前後で推移してきた。増減の大部分は地中海での漁獲によるものである。しかしながら2008年にSCRSは、1998~2007年の公式報告漁獲量には深刻な過少報告が存在することを指摘し（ICCAT 2009）、地中海で操業する漁船数とCPUEに基づいて未報告漁獲量を含む全体の漁獲量を推定した。推定された漁獲量は、1998~2006年には約5万トン、2007年には約6.1万トン（公式報告漁獲量は3.5万トン）であった（図1）。2017年のSCRSでは、未報告漁獲量は地中海におけるまき網によるものと仮定し、これらの推定値を公式報告漁獲量として扱うこととした（ICCAT 2017a、2017b）。2022年のSCRSでは、これらの未報告漁獲量における魚体サイズの情報を見直した結果、従来の想定より大きな個体が中心であったと結論付けた（ICCAT 2022a）。

ICCATは、大西洋クロマグロ東西両系群の国際取引を禁止するワシントン条約（CITES）附属書Iへの掲載提案（2010年3月にCITES締約国会議において否決）を機に、2010~2014年のTACを約1.3万トンとし、管理措置の強化に取り組んだ。そのため漁獲量は約1万~1.3万トンで推移し、2011年には過去最低水準（9,774トン）を記録した。2015年以降はSCRSにおいて本資源の回復が確認されたため、TACを増加させた結果、2015年から2021年の期間で公式報告漁獲量は16,201トンから35,075トンまで段階的に増加した（ICCAT 2022b）。日本の漁獲量は、2010年以降1,100トン前後で推移したが、漁獲枠が増加したため2018年以降は2,500トン前後を漁獲している。2021年は2,779トンであった。なお、日本は自国のはえ縄漁業の操業実態に合わせて、漁獲枠管理に8月~翌7月の漁期年を用いている。

生物学的特性

大西洋クロマグロ東系群の年齢は背鰭棘の輪紋から推定されており、大西洋クロマグロ西系群と同様に、成長につれて雄が雌より大きくなる。2015年のSCRSにおいて、従来の資源評価で用いられていた東系群の体長体重関係式（ICCAT 1984）は、主要な漁業国の科学オブザーバーによる14万個体以上のデータから推定した関係式に更新された。雌雄を区別しない成長式と各年齢の体長（尾叉長）及び体重（全重量）を図2に示す。各関係式は以下のとおりである。

$$L_t = 318.85 (1 - e^{-0.093(t+0.97)}) \quad (\text{Cort } 1991)$$

$$\text{体重} = 0.0000350801 \times \text{体長}^{2.878451} \quad (\text{Rodriguez-Marin } et al. 2015)$$

漁獲物の最大体長は330cm、最大体重は725kg、最高年齢は約40歳である。各年齢時の体長及び体重は、1歳で53cm（3kg）、3歳で98cm（18~19kg）、5歳で136cm（45~51kg）、10歳で204cm（146~176kg）である（Cort 1991）

（図2）。近年、上記の年齢-体長関係は耳石の輪紋を用いて再評価され、従来よりも遅い成長であることが示唆されていた。しかし、この評価はまだ暫定的なものであることから、現行の資源評価では従来通りの背鰭棘を用いた成長式が使用されている。

本種の卵は分離浮性卵で、受精卵の直径は約1mmである。従来、マジョルカ島からシチリア島にかけての地中海で6~8月に産卵すると考えられてきたが、地中海東部海域でも本系群の卵稚子の分布が確認されていることから（Karakulak *et al.* 2004、Oray and Karakulak 2005）、より広範囲に産卵場が形成されているものと考えられる。本系群では、3歳で一部の雌が産卵を開始し、5歳で全ての雌が産卵に参加すると考えられている。産卵数は尾叉長200~250cmの成魚で2,000万~3,800万粒と報告されている（Rodriguez-Roda 1967）。

大西洋クロマグロは温帯域を中心に北大西洋全域に広く分布し（図3）、他のマグロ類に比べて沿岸にも来遊する。地中海で孵化した稚魚は成長しながら地中海に広く分散する。一部はジブラルタル海峡を経てビスケー湾等の東大西洋に回遊する。ビスケー湾からは西大西洋の北米沖へ移動した例が通常型

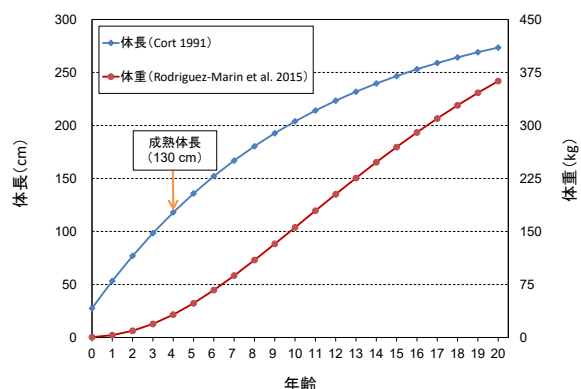


図2. 大西洋クロマグロ（東系群）の年齢あたりの体長（青線）と体重（赤線）（ICCAT 2017b）
図中の矢印は成熟体長を表す。

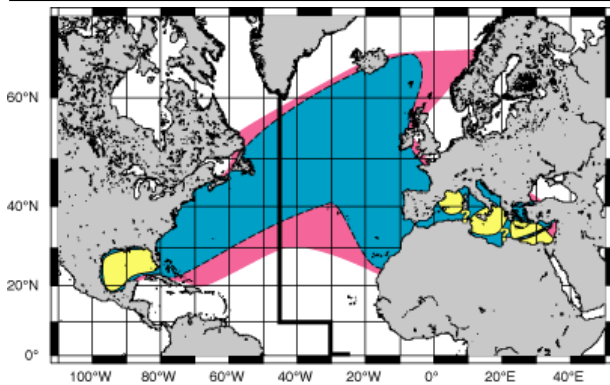


図3. 大西洋クロマグロの分布域(赤)と主要漁場(青)、産卵場(黄)

縦太線は東西の系群の境界。索餌場は産卵場を除く分布域。

の標識放流結果から示されている。

現在まで20年以上にわたり、大西洋クロマグロは西経45度線で東西2つに分け、東側海域を東系群、西側海域を西系群として、系群ごとに管理されてきた(図3)。しかし、1990年代以降に行われた通常標識や電子標識の放流再捕結果から、東西系群は北大西洋において混合して広く回遊を行うことが示された(Block *et al.* 2005)。また、ポリ塩化ビフェニル(PCB)の体内含有量を指標として用いた研究では、地中海生まれの東系群が2~3歳までに米国東岸へ回遊することが報告されている(Dickhut *et al.* 2009)。耳石中心部分の酸素安定同位体比を用いた研究(Boustany *et al.* 2007、Carlsson *et al.* 2007)によると、地中海で漁獲されたクロマグロ大型魚はほぼ全て東系群であった一方、西系群の漁場とされる米国東岸沖の索餌場で漁獲された未成魚(69~119 cm)の62%は地中海生まれの東系群であり、大型魚(>250 cm)はほぼ全てがメキシコ湾生まれの西系群であったことが報告されている(ICCAT 2011)。さらに、最近の研究(Rooker *et al.* 2019)では、それらの混合率が大きく年変動していると判明した。また、遺伝情報を用いた研究(Rodríguez-Ezpeleta *et al.* 2019、Puncher *et al.* 2020)でも、西側海域に東系群のクロマグロが多く回遊していることが示された。最新の研究では耳石の酸素安定同位体比と遺伝情報を統合して解析する手法が提案され、個体ごとの東西系群判別手法の高度化が検討されている(Brophy 2020)。これらの結果は、大西洋クロマグロが、現行の系群境界である西経45度線を越えて移動し、東西それぞれの海域の漁獲物にも両方の系群の魚が含まれている可能性を示唆している。西経45度で東西2つの系群に分けて管理する現在の方法を改善するためには、系群の混合率の継続的なモニタリング、及びこれを考慮した系群別の資源量の推定と管理手法の開発が必要とされる。

本系群の胃内容物には魚類や甲殻類、頭足類等幅広い種類の生物が見られ、特定の餌料に対する嗜好性はないようである(Ortiz de Zarate and Cort 1986、Logan *et al.* 2011)。仔稚魚期には、魚類に限らず多くの捕食者がいるものと思われるが、あまり情報は得られていない。地中海の仔魚では共食いをしている例も報告されている(Uriarte *et al.* 2019)。遊泳力がついた後も、マグロ類を含む魚食性の大型浮魚類により捕食されるが、体長50 cm以上に成長すると、捕食者は大型のカジキ類、

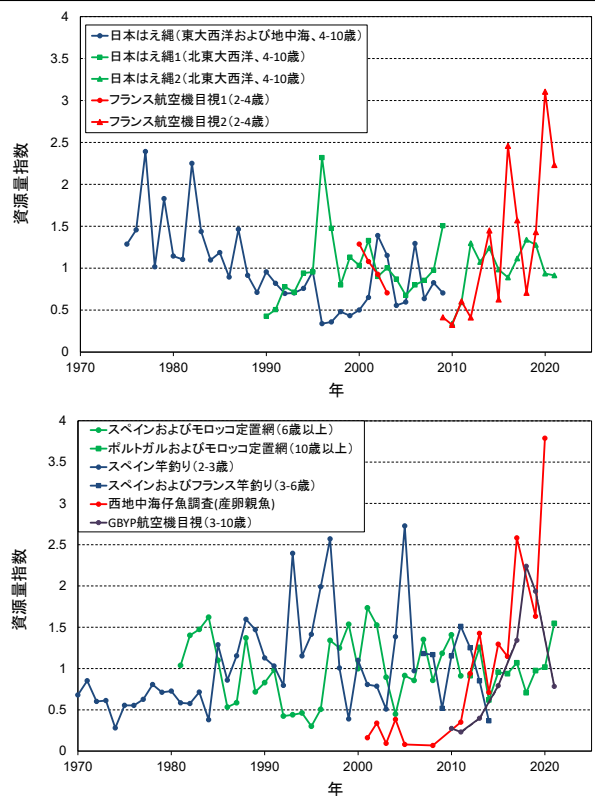


図4. 2022年の資源評価に用いた大西洋クロマグロ(東系群)の資源量指数(1970~2021年、ICCAT 2022)

それぞれの時系列データの平均を1としてスケール化した指標を示す。

サメ類、歯鯨類等に限られるものと思われる(Guinet *et al.* 2007)。

資源状態

本系群の資源評価は、ICCATのSCRSにおいて、加盟国の研究者の共同作業で実施される。生まれ海域が異なる系群を分けて評価する方法は確立されておらず、西経45度線を境とするそれぞれのエリアに分布する本種の資源量を推定している。2022年9月に実施した資源評価は2017年の資源評価の設定を基に、最新のデータを取り込んで行われた(ICCAT 2022b)。なお、ICCATでは、本資源の管理基準値として、再生産関係が必要とせず、経験的に安全とされる $F_{0.1}$ を最大持続生産量(MSY)を実現する漁獲死亡係数 F_{MSY} の代替値として使用している(ICCAT 2021)。

2022年9月の資源評価では、2017年資源評価で用いたADAPT VPAに加えて、新たに2つの統合モデルも使い、合計3つの手法について、それぞれICCAT公認プログラムを使って解析した。また、資源量指数には2017年の資源評価で使用した日本はえ縄CPUE等8種類に加えて、地中海西部や中央部から西側海域で実施された航空目視調査の指標を追加した(図4)。ADAPT VPAには1968年から2020年までの年齢別漁獲尾数(1~10+歳)及び資源量指数を入力データとしてVPA-2BOX(Porch 2003)を用いた。また、複数種類の入力データと生物学的過程を一括して統計的に扱ういわゆる統合モデルには、1968年から2020年までの年齢別漁獲尾数(1~16+歳)

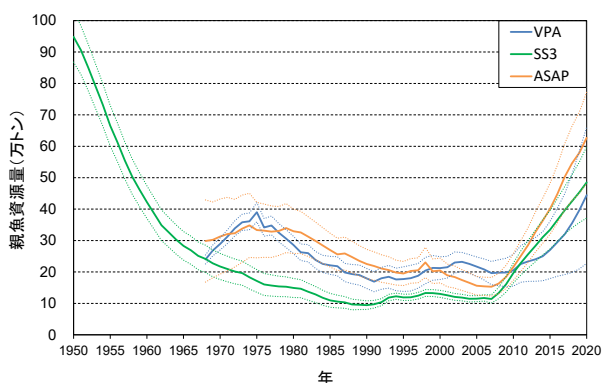


図 5. 大西洋クロマグロ（東系群）の親魚資源量の推移 (ICCAT 2021)

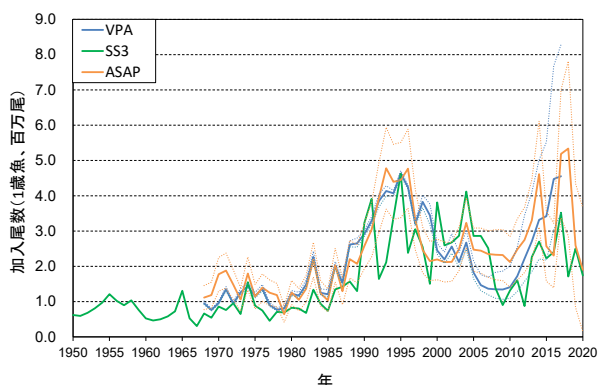


図 6. 大西洋クロマグロ（東系群）の加入尾数（1 歳魚）の推移 (ICCAT 2021)

VPA のみ直近 3 年の推定値の不確実性が高いとして 2017 年までの加入を示す。SS3 の信頼区間は技術的な問題により推定が困難であり、SCRS のレポートに従い掲載しない。

及び資源量指数を入力データとして ASAP (Legault and Restrepo 1999) を、1950 年から 2020 年までの漁獲量、漁獲物の体長組成、体長別年齢組成データ及び資源量指数を入力データとして SS3 (Methot and Wetzel 2013) を使用して解析を行った。それぞれのモデルで推定された親魚資源量（3 歳以上の成熟個体；SSB）、加入量及び漁獲死亡係数（2～5 歳及び 10 歳以上）をそれぞれ、図 5～7 に示す (ICCAT 2022)。

VPA や ASAP で推定された 1968 年以降の SSB (図 5) は、1970 年代半ばに約 35 万～40 万トンとなった後、VPA では 1991 年に歴史的最低値（約 17 万トン）となり、2010 年頃まで横ばいで推移、ASAP では 2007 年に歴史的最低値（約 15 万トン）となった。SS3 で推定された SSB は 1950 年以降減少を続け、1990 年に歴史的最低値（9.5 万トン）となった後、2000 年代後半まで低い資源状態が続いた (図 5)。2000 年代後半からは、いずれのモデルも増加傾向を示し、特に SS3 と ASAP では急激な増加が確認された。加入尾数は VPA、SS3、ASAP 全てのモデルで 1980 年代中頃までは低水準で推移した後、1990 年以降大きく年変動しながら高い水準の加入として推定された (図 6)。若齢魚（2～5 歳）の漁獲死亡係数 (F) は、30 kg 未満の小型魚の漁獲制限の影響で 2009 年以降大きく減少した (図 7 上図)。また、高齢魚（10 歳以上）の漁獲死亡係数は、1990 年代半ば以降に急増したが、2008 年以降は漁業規制の影

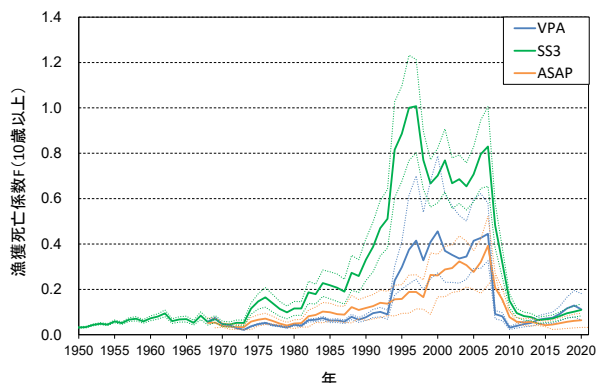
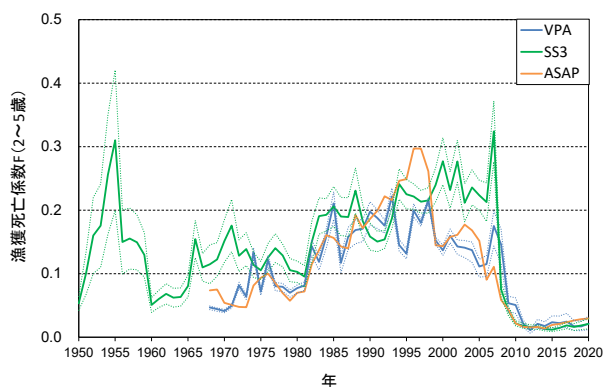


図 7. 大西洋クロマグロ（東系群）の 2～5 歳（上図）及び 10 歳以上（下図）の漁獲死亡係数 F (ICCAT 2021)

ASAP の 2～5 歳魚の漁獲死亡における信頼区間は技術的な問題により推定が困難であり、SCRS のレポートに従い掲載しない。

響で減少した (図 7 下図)。近年 (3 つのモデルの推定値の平均) の F は、 $F_{0.1}$ の 0.81 倍 (0.48～1.62：95%信頼区間) と推定され、現状は過剰漁獲ではないと判断された。

2022 年の SCRS は、今回の資源評価に用いた 3 つのモデルで近年の SSB の水準や増加傾向の程度が異なり、近年の加入量の推定値 (図 6 破線) の不確実性が非常に高いことから資源評価に基づく TAC の勧告を示さなかった。現行の TAC が続くとして仮定した短期間の将来予測と資源量指標を精査し、最近年の資源量の変動からは、現在の保存管理措置 (ICCAT 2021) の修正を必要とするような傾向は見られないと結論付けた一方で、TAC の勧告は MSE を通じて評価を受けた MP から算出された値に従うように勧告した。

前述のとおり、2022 年の SCRS は今回の資源評価の不確実性が高いとして、それに基づく管理勧告を作成したが、本資料では 3 つのモデルの結果が利用可能な過去約 52 年 (1968～2020 年) の親魚資源量推定値から資源の水準は高位で、資源の動向は増加傾向と判断した。

管理方策

SCRS では管理戦略評価 (MSE) の目的のために、資源評価で用いた解析モデルとは別に M3 (ICCAT 2022a Appendix 6) と呼ばれるオペレーティングモデル (OM) を開発した。M3 は、東西各海域に固有の産卵場所を有するクロマグロ東西系群が西経 45 度の境を越えて回遊し、混合して漁獲される様子を表現している。これにより、一方の海域の漁獲の変動が、もう一

方の海域の系群の資源量や漁獲に与える影響を評価できるようになった。この M3 を用いて、1965 年から 2019 年までの東西両海域の漁獲量や体長組成、各海域の資源評価で用いた 17 種類の資源量指数を入力データとし、加入量や成長などの不確実性について複数の条件を仮定した上で、将来起こりうる多様なクロマグロの資源動態が計算された。MSE は、これにより得られた資源動態の様々な将来予測の下で、候補となる管理方式 (MP) の不確実性に対する頑健性を評価し、管理目標をより高い確率で達成できる MP を選択、開発する形で行われた。

2022 年 9 月の SCRS では、行政官やステークホルダーとの対話を通じて、ICCAT 加盟国の科学者によって開発された 2 つの MP 候補の開発を完了した。これらの MP は、基準年と最近年の資源量指数の比や直近年の増加または減少の変化量などから TAC を計算するものであり、MP による新たな TAC 導入から 30 年後の 2053 年の時点で 60% の確率で資源が望ましい状態にある等の管理目標を達成するようにチューニングして、TAC の動向の確認が行われた。この結果を受け、2022 年 11 月の ICCAT 年次会合にて 2 つの MP 候補の中から BR と呼ばれる MP が採択され、2023 年から 2025 年の TAC は、BR から算出された 40,570 トン (日本 3,114 トン) とすることが合意された。設定された TAC は今後 3 年ごとに BR から算出された値に従って更新される予定である。

上記の年次会合で設定された漁期は、はえ縄については従前から変化がない (1 月 1 日～5 月 31 日 (ただし、地中海及び東部大西洋の一部 (西経 10 度以西、北緯 42 度以北、及びノルウェーEEZ 内) は 8 月 1 日～1 月 31 日)) が、まき網については、原則 5 月 26 日～7 月 1 日 (従前から 1 週間延長) とされたほか、東部地中海、畜養目的のアドリア海、ノルウェー及びアイスランド EEZ、モロッコ沿岸水域でそれぞれ異なる漁期が設定された。また、漁船隻数は、国別漁獲割当量の増加に応じて各国で決定できるが、まき網漁船については 2018 年水準から 20% 以上増加できないこととされた。小型魚を保護するために、体重 30 kg 未満の漁獲・陸揚げ・販売が禁止されているが、東部大西洋の竿釣り・ひき縄、地中海の零細沿岸漁業による生鮮漁獲、アドリア海の畜養向けについては体重 8 kg 以上まで漁獲が認められることとなった。

畜養については、活け込み時の体長及びそこから推定される漁獲量に不確実性がある問題が指摘されており、従来から SCRS はステレオビデオカメラによる畜養魚活け込み時の体長測定技術の実用化を強く勧告してきた (ICCAT 2012、2013)。これを受け、ICCAT の委員会では、2013 年より全ての生簀においてステレオビデオカメラ、または同等の情報が得られる方法を義務付け、計測の際にはオブザーバー制度を導入し、管理体制を強化している。なお、ICCAT では近年、AI による漁獲尾数と体長組成測定自動化にも取り組んでいる (ICCAT 2021)。また 2018 年の委員会では、活け込み時に漁獲報告のない魚を生簀に混ぜ込むことを防ぐ観点から、生簀内でのクロマグロの成長率表 (2009 年に SCTS が作成) の見直しを SCRS に指示し、その結果、畜養環境下では天然海域に生息する個体より成長率が大きく従来の情報よりも成長率は高いことが報告された (ICCAT 2022b)。

日本は大西洋クロマグロを漁獲する自国はえ縄船に対して毎日の漁獲報告及び個体別重量報告を義務付けている。これによって漁獲した全個体の個体別重量が得られ、また漁獲状況が毎日、即時的に得られるようになってきている。さらに科学オブザーバーを乗船させ、詳細な操業データ、生物測定データ、耳石等の生物サンプルの収集を行っている (Japan 2016)。ICCAT での資源評価においてこれらの精度の高い基礎的科学データは重要であり、日本のはえ縄 CPUE は主要な資源量指数として重視されている。

執筆者

くろまぐるユニット

くろまぐるサブユニット

水産資源研究所 水産資源研究センター

広域性資源部まぐる第 1 グループ

塚原 洋平・福田 漢生

参考文献

- Block, B.A., Teo, S.L.H., Walli, A., Boustany, A., Stokesbury, M.J.W., Farwell, C.J., Weng, K.C., Dewar, H., and Williams, T.D. 2005. Electronic tagging and population structure of Atlantic bluefin tuna. *Nature*, 434: 1121-1127.
- Boustany, A.M., Reeb, C.A., Teo, S.L.H., De Metrio, G., and Block, B.A. 2007. Genetic data and electronic tagging indicate that the Gulf of Mexico and Mediterranean Sea are reproductively isolated stocks of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). SCRS/06/89. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 60(4): 1154-1159.
- Brophy, D., Ezpeleta, N. R., Fraile, I., and Arrizabalaga, H. 2020. Combining genetic markers with stable isotopes in otoliths reveals complexity in the stock structure of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). *Scientific Report*, 10: 14675. Doi.org: 10.1038/s41598-020-71355-6
- Carlsson, J., McDowell, J.R., Carlsson, J.E.L., and Graves, J.E. 2007. Genetic identity of YOY bluefin tuna from the eastern and western Atlantic spawning areas. *J. Hered.*, 98(1): 23-28.
- Cort, J.L. 1991. Age and growth of the bluefin tuna *Thunnus thynnus* (L.) of the Northeast Atlantic. SCRS/90/66. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 35: 213-230.
- Desse, J., and Desse-Berset, N. 1994. Stratégies de pêche au 8ème millénaire : les poissons de Cap Andreas Kastros (Chypre). *In* Le Brun, A. (ed.), *Fouilles récentes à Khirokitia*, Editions Recherche sur Civilisations, Paris, France. 335-360 pp.
- Dickhut, R.M., Deshpande, A.D., Cincinelli, A., Cochran, M.A., Corsolini, S., Brill, R.W., Secor, D.H., and Graves, J.E. 2009. North Atlantic bluefin tuna population dynamics delineated by organochlorine tracers. *Environ. Sci. Technol.*, 43: 8522-8527.
- Doumenge, F. 1998. L'histoire des pêches thonières. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 50(2): 753-803.
- Farrugio, H. 1981. Exploitation et dynamique des populations de thon rouge, *Thunnus thynnus* (Linné 1758), Atlantico-Méditerranéennes. Doctorat d'Etat. Université des Sciences

- et Techniques du Languedoc. 266 pp.
- Fromentin, J.M. 1999. Bluefin tuna stock assessment in the Northeast Atlantic. Problems related to data, methods and knowledge. SCRS/98/74. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 49(2): 388-399.
- Fromentin, J.M. 2004. The 2002 size composition of bluefin tuna catches of the French purse seine compared to those of the early 1990s and 2001. SCRS/03/128. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 56(3): 1182-1188.
- Fromentin, J.M., Fonteneau, A., and Farrugio, H. 2000. Biological reference points and natural long-term fluctuations: The case of the eastern Atlantic bluefin tuna. SCRS/99/54. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 51(6): 2072-2084.
- Guinet, G., Domenici, P., de Stephanis, R., Barrett-Lennard, L., Ford, J.K.B., and Verborgh, P. 2007. Killer whale predation on bluefin tuna: exploring the hypothesis of the endurance-exhaustion technique. Mar. Ecol. Prog. Ser., 347: 111-119.
- ICCAT. 1984. Report of the bluefin tuna workshop, Japan September 1983. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 19: 1-282.
- ICCAT. 2009. Report of the 2008 Atlantic bluefin tuna stock assessment session (Madrid, Spain-June 23 to July 4, 2008). SCRS/09/19. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 64(1): 1-352.
- ICCAT. 2010. Recommendation by ICCAT amending recommendation 08-05 to establish a multi-annual recovery plan for bluefin tuna in the eastern Atlantic and Mediterranean [Rec. 09-06]. Report for biennial period 2008-2009 part II (2009) - Vol. 1. 169-170 pp.
- ICCAT. 2011. Report for biennial period, 2010-11 PART I (2010) - Vol. 2. 265 pp.
- ICCAT. 2012. Report for biennial period, 2010-11 PART II (2011) - Vol. 2. 268 pp.
- ICCAT. 2013. Report for biennial period, 2012-13 PART I (2012) - Vol. 2. 296 pp.
- ICCAT. 2014. Recommendation by ICCAT amending recommendation 12-03 by ICCAT to establish a multi-annual recovery plan for bluefin tuna in the eastern Atlantic and Mediterranean [Rec. 13-07]. Report for biennial period, 2012-13 PART II (2013) - Vol. 1. 451 pp.
- ICCAT. 2017. Report of the 2017 ICCAT bluefin tuna stock assessment session (Madrid, Spain, July 20-28, 2017. 106 pp).
- ICCAT. 2021. Recommendation by ICCAT amending the recommendation 19-04 amending recommendation 18-02 establishing a multi-annual management plan for bluefin tuna in the eastern Atlantic and the Mediterranean [Rec.21-08]. Report for biennial period 2020-21 Part II (2021).
- ICCAT. 2022a. Report of the 2022 eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna data preparatory meeting (including MSE). SCRS/2022/004. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 79(3): 1-140.
- ICCAT. 2022b. Report of the standing committee on research and statistics (SCRS) (Madrid (Spain)/Hybrid - 26-30 September 2022).
- https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2022/REPORTS/2022_SCRS_ENG.pdf (2022年12月1日)
- Japan. 2016. Report of Japan's scientific observer program for tuna longline fishery in the Atlantic Ocean in the fishing years 2013 and 2014. SCRS/15/152. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 72(8): 2328-2338.
- Karakulak, S., Oray, I.K., Corriero, A., Deflorio, M., Santamaria, N., and Desantis, S. 2004. Evidence of a spawning area for the bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) in the eastern Mediterranean. J. Appl. Ichthyol., 20: 318-320.
- Legault, C.M. and Restrepo, V.R. 1999. A flexible forward age-structured assessment program, SCRS/98/58. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 49(2): 246-253.
- Logan, J.M., Rodríguez-Marín, E., Goñi, N., Barreiro, S., Arrizabalaga, H., Golet, W., and Lutcavage, M.E. 2011. Diet of young Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in eastern and western Atlantic foraging grounds. Mar. Biol., 158: 73-85.
- Mather, F.J., Mason Jr, J.M., and Jones, A. 1995. Historical document: life history and fisheries of Atlantic bluefin tuna. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-370, Miami, USA. 165 pp.
- Methot, R. D. and Wetzel, C. 2013. Stock synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management, J. Fishres, 142. 86-99.
- Oray, I.K., and Karakulak, S. 2005. Further evidence of spawning of bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L. 1758) and the tuna species (*Auxis rochei* Ris., 1810, *Euthynnus alletteratus* Raf., 1810) in the eastern Mediterranean Sea: preliminary results of TUNALEV larval survey in 2004. J. Appl. Ichthyol., 20: 318-320.
- Ortiz de Zarate, V., and Cort, J.L. 1986. Stomach contents study of immature bluefin tuna in the Bay of Biscay. ICES-CM H: 26. 10 pp.
- Porch, C.E. 2003. VPA-2BOX (Ver. 4.01). Assessment Program Documentation, ICCAT.
<http://www.iccat.int/en/AssessCatalog.htm> (2017年12月1日)
- Puncher, G., Hanke, A., Busawon, D., Sylvester, E., Golet, W., Hamilton, L., and Pavey, S., 2021 Individual assignment of Atlantic bluefin tuna in the northwestern Atlantic Ocean using single nucleotide polymorphisms reveals an increasing proportion of migrants from the eastern Atlantic Ocean. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 79: 111-123.
- Ravier, C., and Fromentin, J.M. 2001. Long-term fluctuations in the eastern Atlantic and Mediterranean bluefin tuna population. ICES J. Mar. Sci., 58: 1299-1317.
- Rodríguez-Ezpeleta, N., Díaz-Arce, N., Walter, J., Richardson, E., Rooker, J., Nøttestad, L., Hanke, A., Franks, J., Deguara, S., Lauretta, M., Addis, P., Varela, J., Fraile, I., Goñi, N., Abid, N., Alemany, F., Oray, I., Quattro, J., Sow, F., Itoh, T., Karakulak, F., Pascual-Alayón, P., Santos, M., Tsukahara, Y., Lutcavage, M., Fromentin, J., and Arrizabalaga, H. 2019. Determining natal

origin for improved management of Atlantic bluefin tuna. *Front. Ecol. Environ.*, 17: 439-444.

Rodriguez-Marin, E., Ortiz, M., Ortiz de Urbina, J.M., Quelle, P., Walter, J., Abid, N., Addis, P., Alot, E., Andrushchenko, I., Deguara, S., Di Natale, A., Gatt, M., Golet, W., Karakulak, S., Kimoto, A., Macias, D., Saber, S., Santos, M.N., and Zarrad, R. 2015. Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) Biometrics and Condition. *PLoS ONE*, 10(10).

Rodriguez-Roda, J. 1967. Fecundidad del atun, *Thunnus thynnus* (L.), de la costa sudatlantica de Espana. *Investigacion Pesqua*, 31: 35-52.

Rooker, J., Fraile, I., Liu, H., Abid, N., Dance, M., Itoh, T., Kimoto, A., Tsukahara, Y., Rodriguez-Marin, E., and Arrizabalaga, H. 2019. Wide-ranging temporal variation in transoceanic movement and exchange of bluefin tuna in the North Atlantic Ocean. *Front. Mar. Sci.*, 6. Doi: 10.3389/fmars.2019.00398

Santiago, J., Arrizabalaga, H., Ortiz, M., and Goñi, N. 2016. Updated standardized bluefin tuna CPUE index of the Bay of Biscay baitboat fishery (1952-2014). *SCRS/15/169. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 72(7): 1694-1714.

Uriarte, A., Johnstone, C., Laiz-Carrión, R., García, A., Llopiz, J., Shiroza, A., Quintanilla, J., Lozano-Peral, D., Reglero, P., and Alemany, F. 2019. Evidence of density-dependent cannibalism in the diet of wild Atlantic bluefin tuna larvae (*Thunnus thynnus*) of the Balearic Sea (NW-Mediterranean). *Fish. Res.*, 212: 63-71.

大西洋クロマグロ（東大西洋）の資源の現況（要約表）

資源水準	高位
資源動向	増加
世界の漁獲量 (最近5年間)	2.4万～3.5万トン 最近(2021)年: 3.5万トン 平均: 3.1万トン(2017～2021年)
我が国の漁獲量 (最近5年間)	1,911～2,782トン 最近(2021)年: 2,780トン 平均: 2,453トン(2017～2021年)
管理目標	資源量をMSYを達成できるレベルに維持する
資源評価の方法	ADAPT VPA、統合モデル ASAP、統合モデル SS3
資源の状態	$F_{2017-20202} / F_{0.1} = 0.81 [0.48-1.62]$ *1
管理措置	TAC 2023～2025年: 40,570トン(日本枠: 3,111トン)
管理機関・関係機関	ICCAT
最近の資源評価年	2022年
次回の資源評価年	2026年または2027年

*1 VPAは2017年から2020年、SS3とASAPは2018年から2020年の平均値。代表値は、各モデルから不確実性を考慮して算出された値の幾何平均を使用。信頼区間は3つのモデルの95%信頼区間の内、最も低い又は最も高い値を採用。