

大西洋クロマグロ 西大西洋

(Atlantic Bluefin Tuna, *Thunnus thynnus*)



最近の動き

本資源を管理する大西洋まぐろ類保存国際委員会 (ICCAT) に報告された2018年の漁獲量は2,027トンであった。ICCATの科学委員会 (SCRS) は、2017年9月に資源評価を実施した。2017年のSCRSは、東西両系群とも長期的な将来の加入量推定の不確実性が大きいことから、漁獲死亡係数Fのみに基づくKobeマトリックスを作成した上で、西資源について現状は過剰漁獲ではないと判断し、2018年から2020年の漁獲は、管理目標を維持することのできる2,500トンを超えるべきではないと勧告した。SCRSのこれらの管理勧告を踏まえ2017年11月のICCATの委員会は、2018～2020年の総漁獲可能量 (TAC) を2,350トン (日本は407.48トン) と定めた。

利用・用途

ほぼ全てが刺身や寿司用に用いられている。

漁業の概要

主な漁業国は、最近の漁獲量の多い順に米国、カナダ及び日本であり、この3か国で漁獲の98%以上を占める。日本の漁獲は、全てはえ縄によるものであり、米国及びカナダではロッド&リールと呼ばれる釣り漁業が主体である。小型魚 (2～3歳魚) を漁獲する漁業は米国のスポーツフィッシングのみで、他の漁業は全て中・大型魚を漁獲する。大西洋クロマグロを対象とした日本のはえ縄漁業は、大西洋の熱帯域であるカリブ海からブラジル沖で1963年頃から開始され、年間数万トンを漁獲していたが数年間でこの漁場は消滅した。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。その後はメキシコ湾が主要な漁場となった。1970年代の中頃からはニューヨークからカナダのニューファンドランド沖合 (北米沖) が漁場に加わり、1982年にメキシコ湾での操業が禁止されて以来主要な漁場となっている (図1)。一般的な漁期はメキシコ湾が1～5月、北米沖が11～3月である。日本の漁期は主に9～12月、米国の漁期は主に7～11月で、カナダの漁期は8～11月である。

漁獲量は、1981年までは5,000トン前後の水準にあったが、1982年に厳しい漁獲規制が導入され、1983年以降は2000年代半ばまで2,500トン前後となっている (図2) (ICCAT 2019)。

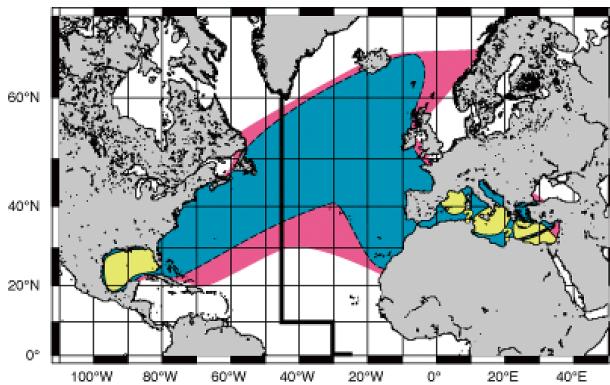


図1. 大西洋クロマグロの分布域 (赤) と主要漁場 (青)、産卵場 (黄) 索餌場は産卵場を除く海域。縦太線は東西の系群の境界。

2002年に1982年以降で最大の3,319トンに達し、その後は1,800トン前後で推移し、2013年には過去最低水準 (1,482トン) を記録した。2015から2017年のTACは2,000トン (日本は346トン) に設定され (ICCAT 2015 [Rec. 14-05], 2016a [Rec. 16-08])、2018から2020年のTACは2,350トンに増枠された (日本は407.48トン) (ICCAT 2017c [Rec. 17-06])。2018年の総漁獲量は2,027トンであった。2003年以降の漁獲量の減少は、米国漁業の不漁が原因である。カナダの漁獲量は安定しているが、セントローレンス湾で漁獲される魚の平均サイズが小さくなっていること、また近年のCPUEが著しく増加したことが報告されている。日本の漁獲量も安定的だが、2003年に前年までの漁獲枠超過分の調整として57トンに一時的に減少し、それ以降は350トン前後で推移している。なお、日本は漁獲枠管理に、8月～翌7月の漁期年を用いている。

生物学的特性

本系群の成長は、これまで標識放流調査の結果 (Turner and Restrepo 1994) や体長組成データ及び耳石の輪紋から推定されていたが (Restrepo *et al.* 2011)、2017年のICCAT SCRS (ICCAT 2017a) において、標識放流調査や耳石の年齢査定結果を総合的に解析した成長曲線に更新された (Ailloud *et al.* 2017)。体長体重関係式 (Parrack and Phares 1979) は、2015年のSCRSにおいて、主要な漁業国の科学オブザーバーによる14万個体以上の膨大なデータから推定したものに更新されている (ICCAT 2016a)。成長曲線と各年齢の体長 (尾叉

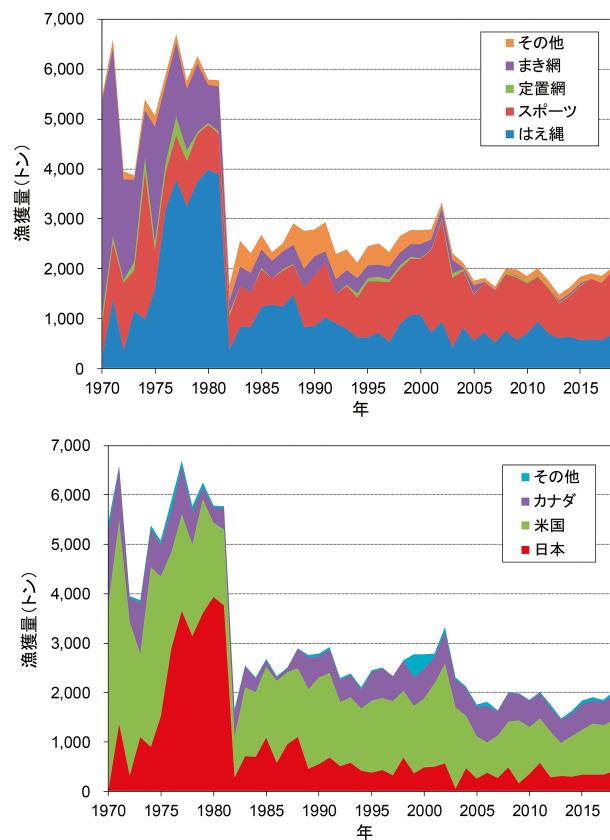


図2. 大西洋クロマグロ(西系群)の年別漁法別漁獲量(上)と年別国別漁獲量(下) (ICCAT 2019)
漁獲量には投棄分も含まれる。

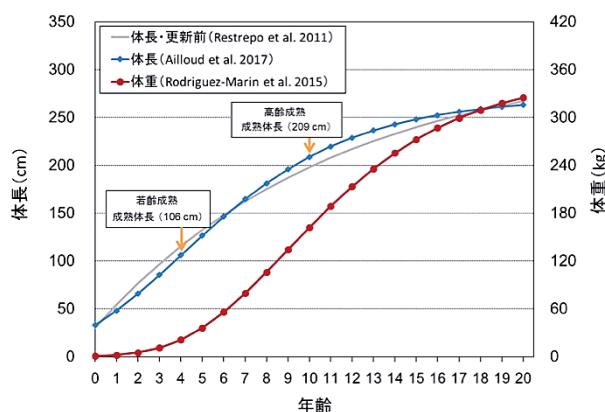


図3. 大西洋クロマグロ(西系群)の年齢あたりの体長と体重 (ICCAT 2017a)
青は2017年の資源評価で更新された成長曲線、灰色の実線は更新前を示す。図中の矢印は成熟体長(若齢成熟または高齢成熟)を表す。赤は体重曲線を示す。

長)及び体重(全重量)を図3に示す。各関係式は以下のとおりである。

$$L_t = \left[L_1^p + (L_2^p - L_1^p) \frac{1-e^{-K(t-A_1)}}{1-e^{-K(A_2-A_1)}} \right]^{1/p} \quad (\text{Ailloud et al. 2017})$$

$$A_1=0, A_2=34, L_1=33, L_2=270.6, K=0.22, p=-0.12$$

体重 = 0.0000177054 体長^{3.001252} (Rodriguez-Marin et al. 2015)

最大体長は330 cm、最大体重は725 kg、寿命は約40歳で

ある。本系群は、大型個体では性別による体長の差が認められ、尾叉長255 cm以上の個体の60~70%程度が雄である (Maguire and Hurlbut 1984)。本種の卵は分離浮性卵で、受精卵の直径は約1 mmである。産卵場はメキシコ湾にあり、5~6月が産卵期である。成熟年齢に関する生物学的知見は不足しており、生殖腺と硬組織を用いた正確な成熟年齢の調査の必要性が指摘されている。近年のSCRSでは、米国北東沖において5歳の成熟魚が分布することや (Knapp et al. 2013)、同海域における仔魚の発見 (Richardson et al. 2016) が報告され、西系群の成熟年齢が想定よりも早い可能性が示唆された。産卵数は、体長200~250 cmの成魚で約3,400万粒と報告されている (Rodriguez-Roda 1967)。主な分布域は北緯30~45度の海域であり、他のまぐろ類に比べてやや沿岸性が強い (ICCAT 2003)。なお2017年の資源評価では、従来の高齢で成熟する場合(メキシコ湾の漁獲物から計算した結果、成熟率は11歳で56%と推定された)に加え、東系群の若齢(4~5歳)で成熟する場合も仮定した (ICCAT 2017b)。

メキシコ湾で孵化した稚魚は、成長しながら沿岸に沿って北へ移動し、夏にはコッド岬あたりに達する。その後、北米沿岸からやや沖合域に分布し、冬期には南下(南限はおおよそ北緯30度)、夏期には北上する(北限は北緯50度)。標識放流の結果から一部個体(数%)が、東大西洋(ヨーロッパ沿岸、ノルウェー沖合)・地中海へ渡洋回遊することが知られている。アーカイバルタグ、ポップアップタグ等の電子標識を用いた移動・回遊行動の研究により、従来考えられていたよりも東西の移動が頻繁に生じていることが示されているが、正確な移動率の算出には至っていない (ICCAT 2002)。

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つの区域の別系群として分けて管理してきた。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)を指標として用い、地中海生まれの東系群は2~3歳までに米国東岸へ回遊することが明らかになった (Dickhut et al. 2009)。

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、遺伝情報を用いた最新の研究 (Rodríguez-Ezpeleta et al. 2019) 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。これらの結果は、大西洋で漁獲されるクロマグロは西経45度線を越えて、東西系群の魚が含まれている可能性を示唆しており、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、東西の混合率の継続的なモニタリングが必要とされる。

本系群の胃内容物には魚類や甲殻類、頭足類等の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

ある (Eggleston and Bochenek 1990, Chase 2002, Logan *et al.* 2011)。中でもニシンが餌として重要で、その資源量や体長構造の変動がクロマグロの分布や肥満度に影響している可能性が指摘されている (Golet *et al.* 2015)。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。遊泳力がついた後も、まぐろ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、外敵は大型のかじき類、さめ類、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。前述のとおり、系群をより正確に東西に分ける方法は確立されていない。2017年9月に実施した資源評価では、東西混合を加味した資源評価も試験的に実施したもの、混合率の情報が限定的でありモデルの改善も必要とされたため、過去の資源評価と同様に西経45度線で東西系群に分けて解析した (ICCAT 2017b)。

2017年9月に実施した資源評価では、東西両系群ともに2014年(前回)の資源評価から多くの新しい知見(標識放流結果や東西混合率等)やデータ(過去の漁獲量や漁獲物サイズ組成等)を取り込み、生物学的パラメータ(自然死亡係数や成長曲線等)も見直したため、SCRSはICCATの委員会への管理勧告は以前より信頼できるものであるとした。

一般に管理目標値の推定は、自然死亡係数等の生物学的パラメータに加え、将来の長期的な加入量の設定が必要である。将来の加入量には多くの場合、理論上の再生産関係式が使用

される。しかし、2017年の本種の資源評価では、推定された再生産関係が逆相関であったり、1976年以前と以降とで加入レベルが大きく異なっていたり、資源評価手法間で関係式が大きく異なった。2017年の資源評価ではデータやパラメータ等を大きく改善したが、再生産関係から将来の加入量を仮定すると、管理目標値(B_{MSY})の推定範囲が非常に広くなつた。最終的にSCRSは、将来の長期的な加入量を選択することは適切でないと判断し、管理目標値(B_{MSY})を推定しなかつた。そのため、管理目標値(B_{MSY})に対する資源状態を示すKobeプロット及びKobeマトリックスは作成せずに、漁獲死亡係数Fのみに基づくKobeマトリックス(表1)を作成した上で管理勧告を作成した (ICCAT 2017a)。なお両系群とも、管理目標には F_{MSY} の代替値として再生産関係を必要としない $F_{0.1}$ を使用することとした。

2017年9月の資源評価では、従来の資源評価手法であるADAPT VPAを含む4つの資源評価モデル(ADAPT VPA、Age Structured Assessment Program、Stock Synthesis 3 (SS3)、Statistical Catch-At-Length Model)による資源評価結果を比較検討し、最終的な管理勧告には、従来の手法であるADAPT VPAとSS3を等しい重み付けで平均したものを採用した。採用しなかつたモデルによる結果の挙動は採用したモデルの結果とおおよそ類似していることを確認した。ADAPT VPAによる資源評価では、1974年から2015年までの年齢別漁獲尾数(1~16+歳)と、はえ縄CPUE等9種類の資源量指標を入力データとし(図4、米国ロッド&リール(8歳以上)及びカナダロッド&リールを除く)、ICCAT公認プログラムであるVPA-2BOX (Porch 2003)を用いて解析した。SS3による資源評価で

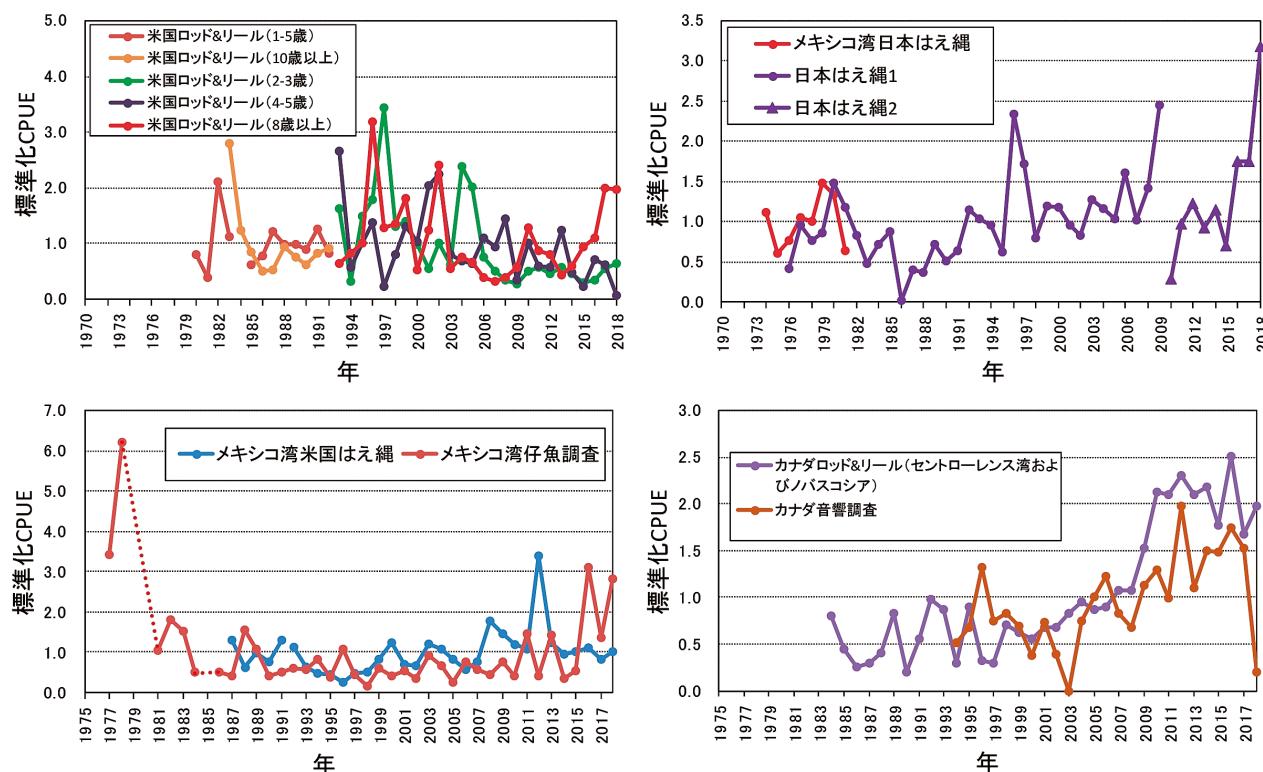


図4. 2017年の資源評価に用いた大西洋クロマグロ(西系群)の主なCPUE (ICCAT 2019)
2019年のICCAT SCRSで更新した値を示す。

表1. 大西洋クロマグロ(西系群)のKobeマトリックス (ICCAT 2017a)
様々なTACレベル(縦軸)である年のFが $F_{0.1}$ を下回る確率が示されている。

Catch	2018	2019	2020
1000	100%	100%	100%
1250	100%	100%	100%
1500	100%	100%	100%
1750	99%	98%	96%
2000	94%	90%	87%
2250	83%	80%	76%
2500	72%	69%	65%
2750	62%	54%	46%
3000	46%	33%	21%
3250	26%	15%	7%

は、1951年から2015年までの体長別漁獲尾数と、11種類の資源量指数を入力データとし(図4)、ICCAT公認プログラムであるStock Synthesis Version 3.24j (Methot and Wetzel 2013)を用いて解析した。

推定された資源量と加入尾数(1歳魚)をそれぞれ、図5と図6に示す (ICCAT 2017a, 2017b)。前述の通り、資源評価では極端な2通りの成熟率(高齢または若齢で成熟)を仮定したが、親魚資源量の代わりに成熟率に依存しない、全年齢を含めた資源量で示すこととした。1970年代半ば以降の推定された資源量は、ADAPT VPA及びSS3とともに同様の傾向を示しており、ADAPT VPAの推定値は常にSS3より小さく推定された。資源量は1980年代半ばまで大幅に減少し、2000年代半ばまで横ばいで推移したあと、近年まで増加し続け、2015年には1980年代前半のレベル(ADAPT VPAは約3万トン、SS3は約4万トン)となった。推定された加入尾数は、両手法とも同様の傾向及び推定値を示している。推定値は1970年代初頭以前には高い水準にあったが、1976年以降、2003年を除き(SS3では1994年も除く)、低い水準で推移している。2012年に発表された耳石を用いた資源構造解析結果は、西大西洋に分布する卓越した2003年級には西系群が貢献(49.2% ± 13.2% SD, N = 39)していることを支持している (Secor *et al.* 2013)。近年(2012-2014年の平均)のFは、 $F_{0.1}$ の0.59倍(0.44-0.79: 80%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。前述のとおり、2017年のSCRSは現状の資源状態を判断しなかったが、本資料では過去40年間(1976~2015年)の親魚量推定値から資源の水準は中位で、資源の動向は増加傾向と判断した。

これまでの資源評価では、将来予測及び管理目標値の推定に、1) 親魚資源量の増減に関わらず加入尾数は1976年以降の低いレベルで一定(低い加入シナリオ)、または2) 親魚資源量が増加した場合、加入尾数は1976年以前のレベルまで増加する(高い加入シナリオ)、という2つの再生産関係の仮定を使用してきた。2015年の委員会では、上記の2つの極端な

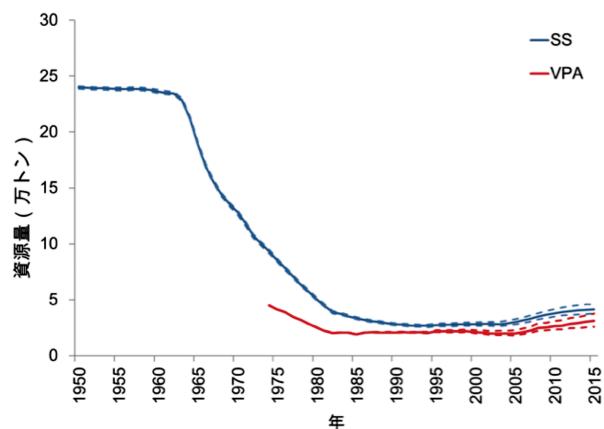


図5. 大西洋クロマグロ(西系群)の資源量の経年変化 (ICCAT 2017a)
2017年の資源評価モデルでの推定資源量(全年齢の魚)。青はSS3、赤はVPAの結果を示す。上下の点線間は80%信頼範囲。

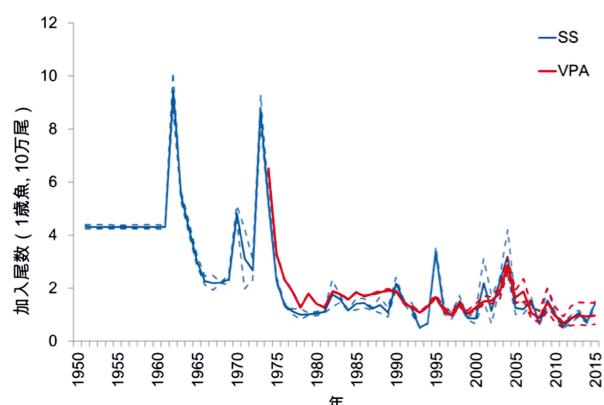


図6. 大西洋クロマグロ(西系群)の加入尾数(1歳魚)の経年変化 (ICCAT 2017a)
2017年の資源評価モデルでの推定加入尾数。青はSS3、赤はVPAの結果を示す。上下の点線間は80%信頼範囲。

再生産関係の仮定の解決が期待されていたが、SCRSは解析並びに議論の結果、加入シナリオの高低についてはどちらかを選択することはできないと結論付けた (ICCAT 2017a)。2017年の資源評価では、2つの極端な加入シナリオ(高加入・低加入)は、再生産関係が明瞭でなくなつたため、近い将来にも現状の加入量レベルが続くと仮定し、近年6年間(2007~2012年)の平均値を用いた。

2017年のSCRSにおいて、近年(2007~2012年)の平均的な加入量及び選択率を仮定し、2018年から2020年までの短期的な将来予測を行った結果、漁獲量は $F_{0.1}$ で漁獲した場合、2,691トン、2,568トン、2,446トンと推定された。1,000トン以上の漁獲であれば今後の資源は減少すると予測されたが、これはこれまで資源を増加させていた2003年卓越年級群が高齢となるため資源の中心でなくなると予測され、また2003年以降に卓越年級群が発生していないことが要因である。現在の資源量は、近年の平均的な加入量を仮定した場合であれば、MSYを実現する資源量よりも多いという判断になり、漁獲によって資源を減少させることになる。

管理方策

ICCATは1998年に、20年以内に少なくとも50%以上の確率で資源を最適な状態 (SSB_{MSY}) に回復させるという管理目標を定めた (ICCAT 1999)。2017年のICCAT SCRSは、2,500トン未満の漁獲は2020年までに60%以上の確率でFをF_{0.1}以下に保つことができると推定され、2018年から2020年はこの水準の漁獲を超えるべきではないと勧告した。ただし本種の西系群と東系群は混合しており、東系群の資源量が西系群よりもはるかに大きいため、今後の東系群の管理手段を含む不確実性の影響に留意すべきとしている。

これらの結果に基づき、2017年11月にモロッコで開催されたICCAT年次会合では、2018～2020年の総漁獲可能量 (TAC) は、2,350トン (日本は407.48トン) と決定された (ICCAT 2017c [Rec. 17-06])。

他の規制として、SCRSが、幼魚加入の急激な減少等、本資源の崩壊の危機を認めた場合、漁業停止の義務化を決定している。また115cm (または30kg) 未満の漁獲量制限 (国別に漁獲量の10%未満とすること並びに小型魚から経済的利益を得ない方法を開始すること)、産卵場 (メキシコ湾) における産卵親魚を対象とした操業の禁止及び漁獲証明制度が実施されている (ICCAT 2017c [Rec. 17-06])。

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、適切な管理に努力している。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は主要な資源量指標として重視されている。

執筆者

くろまぐろユニット
くろ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
くろまぐろ資源グループ
中塚 周哉・塚原 洋平

参考文献

- Ailloud, L.E., Lauretta, M.V., Hanke, A.R., Walter, J.R., Allman, R.J., Siskey, M.R., Secor, D.H., and Hoenig, J.M. 2017. Improving growth estimates for Western Atlantic bluefin tuna using an integrated modeling approach. *Fish. Res.*, 191: 17-24.
- 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. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 60(4): 1154-1159.
- 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.
- Chase, B.C. 2002. Differences in diet of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) at five seasonal feeding grounds on the New England continental shelf. *Fish. Bull.*, 100: 168-180.
- 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.
- Eggleston, D.B., and Bochenek, E.A. 1990. Stomach contents and parasite infestation of school bluefin tuna *Thunnus thynnus* collected from the Middle Atlantic Bight, Virginia. *Fish. Bull.*, 88: 389-395.
- Golet, W.J., Nicholas, R.R., Lehuta, S., Lutcavage, M., Galuardi, B., Cooper, A.B., and Pershing, A.J. 2015. The paradox of the pelagics: why bluefin tuna can go hungry in a sea of plenty. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 527: 181-192.
- 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. 1999. Recommendation by ICCAT to establish a rebuilding program for western Atlantic bluefin tuna [Rec. 98-07]. *Report for biennial period 1998-99 part I* (1998), 1: 67-69.
- ICCAT. 2002. ICCAT workshop on bluefin mixing. *SCRS/01/20. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 54(2): 261-352.
- ICCAT. 2003. Report of the 2002 Atlantic bluefin tuna stock assessment session. *SCRS/02/12. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 55(3): 710-937.
- ICCAT. 2011. Report for biennial period, 2010-11 PART I (2010) - Vol. 2. 265 pp.
- ICCAT. 2015. Recommendation by ICCAT amending the supplemental recommendation by ICCAT concerning the western Atlantic bluefin tuna rebuilding program [Rec. 14-05]. *Report for biennial period, 2014-15 PART I* (2014) - Vol. 1. 537 pp.
- ICCAT. 2016a. Recommendation by ICCAT amending the supplemental recommendation by ICCAT concerning the western Atlantic bluefin tuna rebuilding program [Rec. 16-08].
- ICCAT. 2016b. Report of the standing committee on research and statistics (SCRS) (Madrid, Spain, October 3-7, 2016). 425 pp.

- ICCAT. 2017a. Report of the standing committee on research and statistics (SCRS) (Madrid, Spain, October 2-6, 2017). 465 pp.
- ICCAT. 2017b. Report of the 2017 ICCAT bluefin tuna stock assessment session (Madrid, Spain, July 20-28, 2017). 106 pp.
- ICCAT. 2017c. Recommendation by ICCAT for an interim conservation and management plan for Western Atlantic bluefin tuna [Rec. 17-06].
- ICCAT. 2018. Resolution by ICCAT on Development of Initial Management Objectives for Eastern and Western Bluefin Tuna [Res. 18-03].
- ICCAT. 2019. Report of the standing committee on research and statistics (SCRS) (Madrid, Spain, September 30 - October 4, 2019).
- 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.
- Knapp, J.M., Heinisch, G., Rosenfeld, H., and Lutcavage, M.E. 2013. New results on maturity status of western Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*. SCRS/12/161. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 69(2): 1005-1015.
- 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.
- Maguire, J.J., and Hurlbut, T.R. 1984. Bluefin tuna sex proportion at length in the Canadian samples 1974-1983. SCRS/83/84. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 20(2): 341-346.
- 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.
- Neilson, J.D., and Campana, S.E. 2008. A validated description of growth of bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 65(8): 1523-1527.
- Parrack, M., and Phares, P. 1979. Aspects of the growth of Atlantic bluefin tuna determined from markrecapture data. SCRS/78/37Rev. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 8(2): 356-366.
- 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)
- Restrepo, V.R., Diaz, G.A., Walter, J.F., Neilson, J., Campana, S., Secor, D., and Wingate, R.L. 2011. Updated estimate of the growth of western Atlantic bluefin tuna. Aquat. Living Resour., 23(4): 335-342.
- Richardson, D.E., Marancik, K.E., Guyon, J.R., Lutcavage, M.E., Galuardi, B., Lam, C.H., Walsh, H.J., Wildes, S., Yates, D.A., and Hare, J.A. 2016. Discovery of a spawning ground reveals diverse migration strategies in Atlantic Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*). PNAS, 113(12): 3299-3304.
- 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. Frontiers in Ecology and the Environment, 17(8): 439-444.
- Rodríguez-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).
- Rodríguez-Roda, J. 1967. Fecundidad del atún, *Thunnus thynnus* (L.), de la costa sudatlántica de España. 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
- Secor, D.H., Rooker, J.R., Neilson, J.D., Busawon, D., Gahagan, B., and Allman, R. 2013. Historical Atlantic bluefin tuna stock mixing within fisheries off the U.S., 1976-2012. SCRS/12/155. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 69(2): 938-946.
- Turner, S.C., and Restrepo, V.R. 1994. A review of the growth rate of West Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, estimated from marked and recaptured fish. Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 42(1): 170-172.

大西洋クロマグロ（西大西洋）の資源の現況（要約表）

資 源 水 準	中位 *1
資 源 動 向	増加
世 界 の 漁 獲 量 (最近5年間)	1,627～2,027トン 最近(2018)年:2,027トン 平均:1,849トン(2014～2018年) (投棄を含む)
我 が 国 の 漁 獲 (最近5年間)	345～406トン 最近(2018)年:406トン 平均:349トン(2014～2018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	VPA及びSS3
資 源 の 状 態	$F_{2012-2014} / F_{0.1}$: 0.59 [0.44-0.79] *2
管 理 措 置	TAC: 2,350トン(2018～2020年) (日本枠: 407.48トン) 115 cm (または30 kg) 以下の魚の漁獲量制限(10%以下、国別)、漁場・漁期の制限(産卵場における産卵親魚の漁獲制限)、漁獲証明制度
管理機関・関係機関	ICCAT
最新の資源評価年	2017年
次回の資源評価年	2020年

*1 2017年のICCAT大西洋クロマグロ作業部会では、長期的な将来の加入量が不明であるため、資源量の不確実性の範囲を適切に示すことができず、管理目標値(B_{MSY})の推定は適切でないと判断した。本資料では、過去40年間(1976～2015年)の資源量推定値から現状を中位と判断した。

*2 括弧内は80%信頼区間を示す。