

アオザメ 大西洋

(Shortfin Mako, *Isurus oxyrinchus*)



最近の動き

2019年5月に行われた大西洋まぐろ類保存国際委員会 (ICCAT) さめ類作業部会において、統合モデル (Stock Synthesis Model : SS) による北大西洋系群の将来予測と複数の管理勧告の有効性の評価が行われた。将来予測の中で4つの管理方策 (総漁獲可能量 (TAC) ・サイズ規制・生存個体の放流・漁獲死亡係数 (F) の削減) の効果 (各方策あるいは各方策を組み合わせる場合の親魚雌資源の回復状態) を確認し、各管理措置の有効性を議論した。2020年の行政官会合では有効な管理措置に関する議論が、コロナ禍によりEメールで行われたが、結論が出なかったため北資源の管理措置に関しては来年再び議論されることとなった。

利用・用途

肉はソテーやみそ漬、練り物原料として、鱭はフカヒレ、脊椎骨は医薬・食品原料、皮は革製品として利用される。肉質が良いため、サメ類の中でも商品価値が高い。

漁業の概要

メキシコ湾、カリブ海を含む大西洋において、本種を含む外洋性サメ類ははえ縄、流し網、遊漁を含むその他の漁業 (手釣り、底びき網、rod and reel を含むひき縄、突き棒等) で混獲されているが、混獲量の大部分はマグロ・カジキ類を対象としたはえ縄漁業が占めている (ICCAT 2005)。米国、カナダ、英国やアイルランドでは遊漁の対象ともなっている (ICCAT 2005)。

大西洋における我が国のはえ縄漁業は、1957年頃より、キハダ、ビンナガ等の缶詰材料魚種を主対象とする基地操業形態のはえ縄船団によって開始されたが、その後刺身材料としてのメバチ、クロマグロを対象とした本土操業形態に転向した (久米 1976)。現在では、北米沖 (ニューヨークからカナダのニューファンドランド沖合) 及びアイスランドやフェロー諸島付近にて大西洋クロマグロを、熱帯域 (特に西アフリカ沖) にてメバチやキハダを主対象とした操業を展開している。一連のまぐろのはえ縄漁業において、アオザメは主に混獲物として利用されてきた。

ICCAT 事務局が公表している漁獲統計資料によれば、北大西洋におけるアオザメの水揚量は、1980年以前は1,000トン以下であったが、その後1985年にかけて約3,800トンまで急増

したのち1989年に約2,200トンまで減少した。その後、1990年代中盤にかけて約5,300トンまで増加した。その後はおよそ2,600~4,800トンの範囲で推移していたが、2010年以降は減少傾向にある。2019年の水揚量 (1,829トン) は前年の2,359トンから530トン減少しており、この減少が2017年の管理勧告によるものか資源の減少によるものかは検討されていないが、各国の放流・投棄量のデータが揃えば今後検証が可能と考えられる。漁法別にみると、統計資料が整備され始めた1950~1980年までは水揚量の100%がはえ縄漁業によるとされていたが、1980年代前半は、はえ縄漁業以外の表層漁業による水揚量が増加し同程度となった。1986年頃から再びはえ縄による水揚量が増え始め、1990年中盤以降はほぼ90%がはえ縄による水揚げとなっている (図1上)。国別では、1980年以前の記録はスペイン・日本によるものであったが、1981年から米国の水揚量が、1990年からはポルトガルの水揚量が増え始め、2000年代中盤まではスペイン・米国・ポルトガルの水揚量が北大西洋全体の90%を占めるに至った (図1上)。2000年代中盤からはモロッコの水揚量が増加し、2015~2016年には全体の30%を占めたが、2017年の水揚量は前年の半分以上に減少した (北大西洋全体の15%)。2017年以降は450~600トンの間を推移している (北大西洋全体の15~30%)。

南大西洋においては、1970~1980年代中盤までのアオザメの水揚量は1,000トン以下の範囲で緩やかに増加し、その後は増減を繰り返しながら1995年は約3,000トンまで急激に増加した。それ以降は増減を繰り返しながらおよそ1,600~3,300トンの範囲で推移している。漁法別には、大部分の水揚量 (94%以上) がはえ縄によるもので、国別には1970~1980年代終盤までの水揚量の大部分は日本による報告であったが、その後はスペインの水揚量が増え始め、1988年以降は南大西洋の全体水揚量の約40% (1988~2019年のスペインの水揚量割合の平均) を占めている。ナミビアは2002年から水揚量が増え始め、2005~2007年には南大西洋全体水揚量の約40%を占めたが、2008~2018年までの全体に占める水揚量の割合は平均すると16%程度となっている (図1下)。日本の水揚量は、1980年代終盤~1995年頃までは南大西洋全体の40~60%を占めていたが、それ以後急激に減少し、2010年以降は5% (2010年以降の日本の水揚量の割合の平均値) 程度を推移していたが2019年の水揚げ量 (54トン) は全体の17%を占めている。

日本のはえ縄の漁獲成績報告書の報告率で選別したデータ

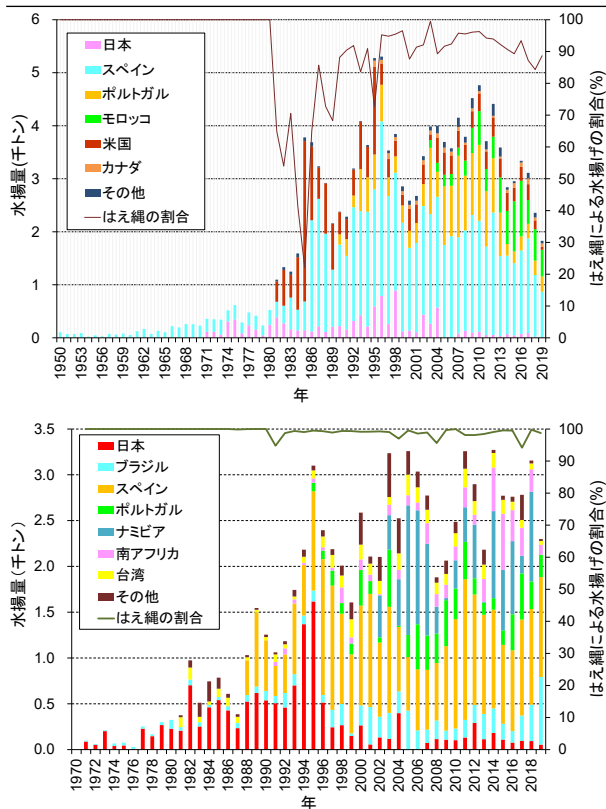


図1. 北大西洋(上)及び南大西洋(下)におけるアオザメ水揚量とはえ縄漁業による水揚げが全体を占める割合(1970~2019年) ICCAT事務局の資料に基づき作成。棒グラフは各国による水揚げ量(単位:千トン)を、折れ線グラフ(単位:%)ははえ縄漁業による水揚げが全体を占める割合を示す。はえ縄以外の漁法はその他の表層漁業が占めている。

に基づく分析から、大西洋全域において、1994~2010年の期間に3,340~11,120個体(平均5,730個体)、150~500トン(平均260トン)のアオザメが日本のはえ縄漁船によって漁獲されたと推定されている(Semba and Yokawa 2012)。

生物学的特性

マグロ類の地域漁業管理機関では、本種の系群は南太平洋・北太平洋・インド洋・南大西洋・北大西洋の5つからなるという仮定のもと、資源評価が行われている。しかし、生物学的特性値の多くは系群毎に明らかにされていないため、一部は大西洋以外の系群の断片的な情報を統合したものを示す。

【分布】

本種は全世界の熱帯及び温帯の沿岸から外洋まで広く分布するが、水温16℃以下の環境での出現はまれである(Compagno 2001)(図2)。鉛直方向には、表層から水深500mまでの深度帯に分布することが知られている。系群構造については、ミトコンドリアDNAを用いた解析が行われ、北大西洋の系群は、その他の海域(南大西洋、北太平洋、南太平洋)の系群とは異なる遺伝組成であることが示された(Heist et al. 1996)。また、北大西洋、北インド洋、南半球の個体群は遺伝的に異なる集団である可能性が高いものの、インド洋南東部と太平洋南西部といった南半球内の個体群間には遺伝的交流があることが推定されている(Corrigan et al. 2018)。Nohara

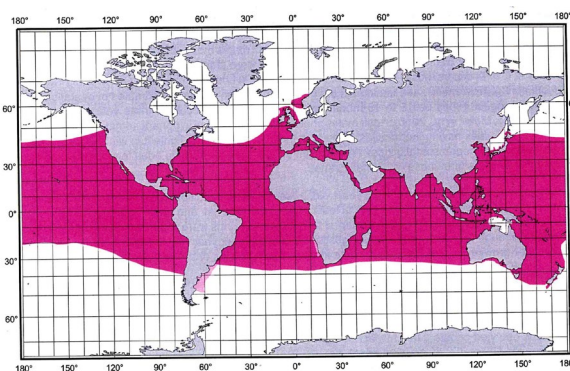


図2. アオザメの分布(Compagno 2001)

色の濃い部分は信用できる情報に基づく既存の分布あるいは確かに分布していると思われるエリア、薄い部分は分布が推定されるもしくは不確実な情報に基づく分布エリアを示す。

et al. (2019)は、南北大西洋をカバーする個体のミトコンドリアDNAの部分塩基配列情報とCorrigan et al. (2018)が報告した情報を組み合わせて集団構造を分析し、南大西洋の個体群も南インド洋および南太平洋の個体群と遺伝的に交流がある可能性を示唆した。分布域全体をカバーしたより詳細な系群構造については現在研究が行われているところである。

太平洋の知見では、本種は成長段階や性による棲み分けが示唆されているが(中野 1996, Mucientes et al. 2009, Semba 2018)、大西洋では包括的な研究が少なく、詳細な分布様式は不明であった。近年の報告によれば、メキシコ湾やポルトガル沖が産卵場・生育場と推定されているが、北西海域が主要な生育場であると考えられている(Natanson et al. 2020)。依然として成熟した雌の報告例は少ないこともあり、詳細な分布様式の把握のためには引き続き調査における知見の収集が必要である。

【産卵・回遊】

本種の繁殖様式は卵食型の非胎盤型胎生であり(Wourms 1977)、産仔数の範囲は4~16、出生時の全長は約70cm(Stevens 1983, Mollet et al. 2000)である。本種の繁殖サイクルは、妊娠期間ののちに休止期間を伴うと推定されているが、妊娠期間については研究によって推定値の幅が15~25ヶ月と大きく、休止期間の推定値は得られていないため、繁殖周期は2年もしくは3年と考えられている(Mollet et al. 2000, Jung and Hsu 2005, Semba et al. 2011)。北大西洋で行われた標識放流調査の結果によると、本種の適水温は17~22℃(Casey and Kohler 1992)であること、電子標識を用いた調査では、22~27℃の水温帯に多くの時間滞在していることが明らかとなり(Vaudo et al. 2016)、適水温に従って環境水温の変化に伴い季節回遊を行うことが示唆されている。北太平洋においては、幼魚は亜寒帯境界付近を生育場にするかと推測されているが(中野 1996)、成長段階を通じた性別の移動の詳細は不明である。近年は、北大西洋を中心にPSAT(ポップアップアーカイバルタグ)を用いた移動・回遊の研究が盛んに行われており(Loefer et al. 2005, Vaudo et al. 2016, Vaudo et al. 2017)、Vaudo et al. (2017)は主要分布域は大陸棚上であるものの、移動パター

ンの個体差が大きいこと、一部の個体は季節回遊を行うことを報告している。この研究では、米国メリーランド沖とメキシコのコカタン半島沖から計26個体のアオザメにPSATを装着・放流した結果、2つの海域で放流された個体の移動は重複することなく、前者は大陸棚を越えて外洋域まで長距離の移動を行ったのに対し、後者は大陸棚に留まり、周年カンパチエバンク周辺に分布していたことが報告されている。

交尾期、交尾場、出産場等についての知見は乏しいが、いずれの海域においても、出産期は晩冬から盛夏にかけてと推測されている(Compagno 2001)。

【成長・成熟】

脊椎骨に形成される輪紋から年齢が推定されており、北大西洋の個体群については、Pratt and Case (1983)、Natanson *et al.* (2006)、Rosa *et al.* (2017)、南大西洋の個体群については、Doño *et al.* (2015)、から成長式が報告されている。図3はこれまでに報告されている成長式の比較を行ったものである。研究により推定結果に違いが見られるが、これには高齢個体の標本の不足や技術的な問題(年齢査定法・モデル式等)に加えて輪紋周期性の仮定の差(年に2本か1本か)が関与していると考えられる。

50%成熟体長に関して、北大西洋の個体群では、雄は163~167 cm (Natanson *et al.* 2006、2020、Maia *et al.* 2007)、雌は190~263 cm (Mollet *et al.* 2000、Natanson *et al.* 2006、2020、Maia *et al.* 2007)、南西大西洋の雄は149 cm (Canani and Oddone 2020)、南半球の雌については、224 cm (Mollet *et al.* 2000)と推定されており(いずれも尾叉長または全長の推定値を尾鰭前長に換算した値)、年齢では雄は約8歳、雌は

18歳もしくは19歳以上(北大西洋; Natanson *et al.* 2006、2020)と推定されている。寿命については定義や推定方法によって推定値が異なるが、雄は20~30歳、雌は30~40歳と推定されている(北大西洋; Natanson *et al.* 2006)。

【生産力(内的自然増加率)】

主に南北大西洋系群に対して報告されている複数の成長式、成熟や再生産(成熟体長、産仔数、繁殖周期等)、自然死亡率等の情報をもとに生産力(r_{max} :資源の最大生産力)及び親子関係のパラメータ(h :スティーブネス)値が推定された(Cortés 2017)。その結果、北大西洋系群については、 $r_{max} = 0.031 \sim 0.06$ (/year)、 $h = 0.34 \sim 0.52$ 、南大西洋系群については、 $r_{max} = 0.066 \sim 0.123$ (/year)、 $h = 0.44 \sim 0.72$ となり、南大西洋系群の方が、生産力が高いことが示された。南北の違いは、生物パラメータ等の違いが反映されている。生産力に関するパラメータは資源評価結果に大きな影響を及ぼすことから、今後生物パラメータの推定精度向上が望まれる。

【食性・捕食者】

主としてマグロ・カツオ類を含む魚類やイカ類を捕食する(Strasburg 1958、川崎ほか 1962、谷内 1984、Preti *et al.* 2012)。DNAを用いた分析によって、マイルカの捕食も確認されている(Porsmoguer *et al.* 2015)。海域、成長段階等によって異なった物を摂餌しており、特に選択的ではなく、生息域に豊富に分布している利用しやすい餌生物を食べる日和見的捕食者と考えられている。成魚に対する捕食者は知られていないが、幼魚はホホジロザメによる捕食が報告されている(Compagno 2001)。

資源状態

南北大西洋系群については、2017年6月にICCATのさめ類作業部会において資源評価が行われた。日本、米国(北系群のみ)、スペイン、台湾、ポルトガル(北系群のみ)、ウルグアイ(南系群のみ)、ブラジル(南系群のみ)のまぐろはえ縄の漁獲量及び標準化CPUEが資源評価の入力データとして用いられた(ICCAT 2017)。各国が提出した(平均値で基準化した)CPUEは北大西洋系群についてはいずれも1996年頃から2010年頃まで増加傾向を示したが、その後2015年まで減少傾向を示した(図4a)。南大西洋系群については、国によって変動はあるものの2015年まで概ね増加傾向を示した(図4b)。資源評価モデルは、北大西洋系群についてはベイジアンサープラスプロダクションモデル(Bayesian Surplus Production Model: BSPM)及びSSが用いられた。BSPMについてはBSP2-JAGS及びJust Another Bayesian Biomass Assessment(JABBA)が用いられた。JABBAはBSP2-JAGSより機能が充実しており、特徴としてはプロセス誤差や観測誤差に対して柔軟なモデリングが可能であることや自動的に複数の資源量指数データにあてはめることが可能なこと等が挙げられる。南大西洋系群についてはBSPM(BSP2-JAGS、JABBA、CMSY(Catch-only Monte-Carlo method))が用いられた。CMSYはCPUEを使わずに漁獲量及び生産力から最大持続生産量(MSY)管理基準値を計算する手法である。

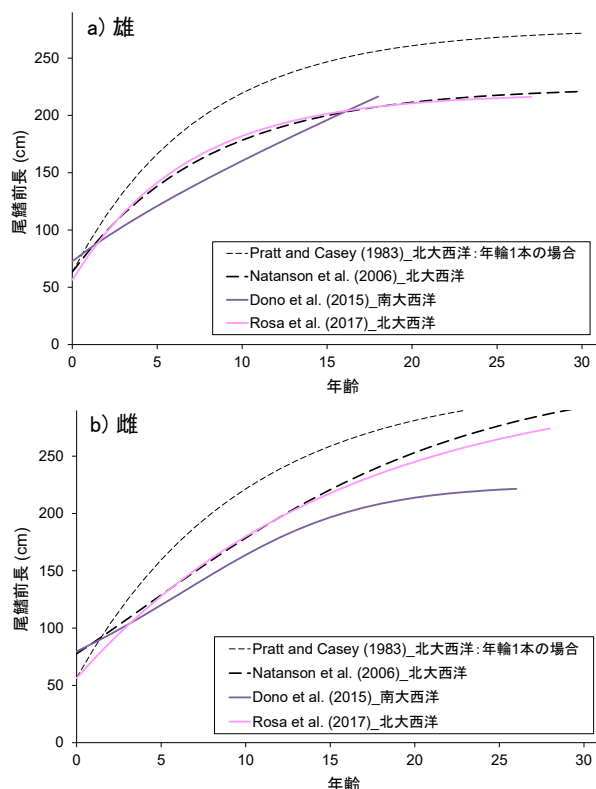


図3. 大西洋で報告されているアオザメの成長曲線

北大西洋系群について、BSP2-JAGS の結果では、現在 (2015 年) の資源量は MSY 水準を下回り ($B_{2015} / B_{MSY} = 0.66 \sim 0.85$)、漁獲強度は MSY 水準を上回る ($H_{2015} / H_{MSY} = 2.97 \sim 3.58$) 結果となった (図 5a)。推定された資源量の年トレンドは、各国の CPUE の年トレンドと比較的によく合致した (図 6a)。一方、SS の結果 (ベースケース) では、漁獲強度は 1980 年代中頃から MSY 水準を超え、親魚量も 1990 年代から減少傾向を示しており、現在の資源量は MSY 水準付近にあるが、乱獲状態にあり、

過剰漁獲が行われていることが示唆された (図 7)。2 つの資源評価モデルの結果を統合して推定した資源状態は、 $B_{2015} / B_{MSY} = 0.57 \sim 0.95$ 、 $F_{2015} / F_{MSY} = 1.93 \sim 4.38$ であった。BSP2-JAGS による将来予測の結果、現在の漁獲量水準を維持した場合、資源量は減少を続けること、減少を食い止めるには漁獲量を 1,000 トン以下にする必要があることが推定された。BSP2-JAGS から推定された資源量及び SS から推定された親魚量や加入量が減少傾向にあることから、北大西洋系群の資源動向は減少傾向にあると推定される。

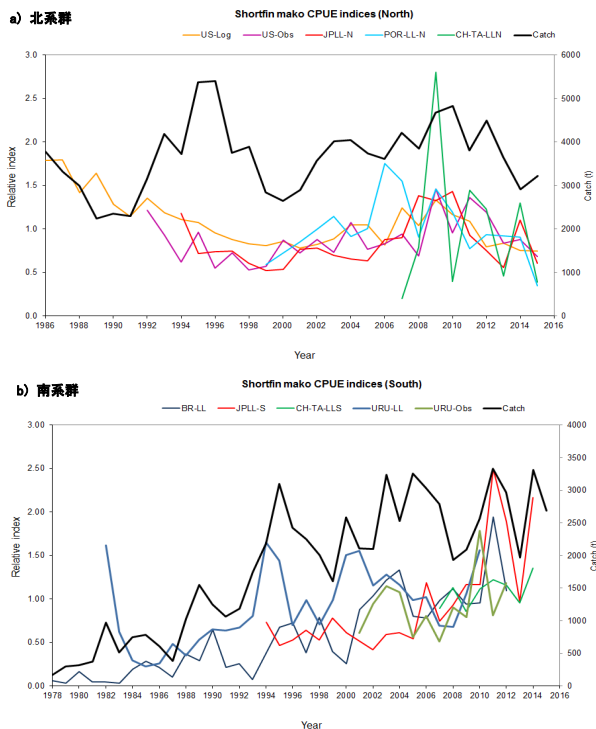


図 4. 大西洋におけるアオザメの標準化 CPUE と漁獲量の年トレンド (a: 北資源 (1986~2015 年)、b: 南資源 (1978~2015 年)) (ICCAT 2017)

黒線は上下とも漁獲量を示す。CPUE を示す線は、北大西洋ではオレンジが米国 (ログブック)、紫が米国 (オブザーバーデータ)、赤が日本、緑が台湾、水色がポルトガルのはえ縄データを基に相対化した値で、南大西洋では青がウルグアイ、草色がウルグアイ (オブザーバーデータ)、赤が日本、紺 (細線) がブラジル、緑が台湾のはえ縄データを基に計算した値を意味する。

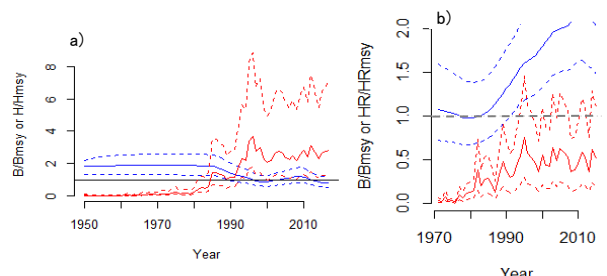


図 5. BSP2-JAGS によって推定された a) 北大西洋系群 (1950~2015 年) と b) 南大西洋系群 (1971~2015 年) の資源量 (青線) と漁獲強度 (赤線) の年変化

資源量については、各年の資源量と MSY 水準の資源量の比を示し、1 未満であれば資源量水準が低いことを示す。漁獲強度については、各年の漁獲強度と MSY 水準時の漁獲強度の比を示し、1 より大きければ漁獲強度が適正水準よりも高いことを示す。ICCAT (2017) より引用。

南大西洋系群について、BSP2-JAGS の結果では、現在 (2015 年) の資源量は MSY 水準を上回っており ($B_{2015} / B_{MSY} = 1.69 \sim 1.75$)、漁獲強度については MSY 水準を上回っている可能性がある ($H_{2015} / H_{MSY} = 0.86 \sim 1.07$) ことから (図 5b)、資源量は乱獲状態にないが、過剰漁獲が起こっている可能性があると考えられた。また、CPUE の不確実性を考慮して実施した CMSY による資源評価結果によれば、南大西洋系群は乱獲状態の可能性があり ($B_{2015} / B_{MSY} = 0.65 \sim 1.12$)、過剰漁獲が起こっている可能性がある ($F_{2015} / F_{MSY} = 1.02 \sim 3.67$) と考えられた。しかし、推定された資源量の年トレンドと各国の CPUE の年変動の傾向が合致しないこと (図 6b)、推定された資源量、漁獲強度の年トレンドが非現実的な変化を示すこと、漁獲量と CPUE がともに増加傾向を示しモデルの設定に合わないこと等を総合的に考え、南大西洋系群の評価結果は不確実性が高く、信頼性が低い (すなわち正確な資源動向は不明) とされた。2 つの資源評価モデルの結果を統合して推定した資源状態は、 $B_{2015} / B_{MSY} = 0.65 \sim 1.75$ 、 $F_{2015} / F_{MSY} = 0.86 \sim 3.67$ であった。これらの結果に基づき、科学委員会は、北大西洋系群については、乱獲を止め資源を回復させるには年間漁獲量を 500 トン以下にすること (2040 年までに資源が回復する確率は 35%)、目標とする資源回復計画によっては船上保持禁止が最も有効な緊急措置であること (2040 年までに資源が回復する確率は 54%)、資源の回復を監視するためのデータ収集体制を強化すること

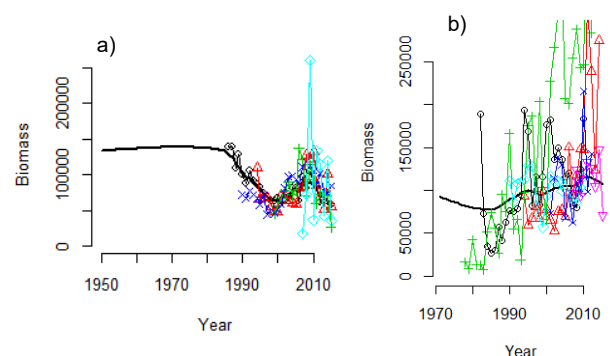


図 6. 大西洋のアオザメにおいて BSP2-JAGS によって推定された資源量 (黒実線) と各国の提出した CPUE (実線とマーカー) の年変化 (a: 北大西洋系群、b: 南大西洋系群、1971~2015 年) (ICCAT 2017)

CPUE を示すマーカーは、北大西洋系群では黒 (○) が米国、青 (×) がスペイン、赤 (△) が米国 (オブザーバーデータ)、紫 (▽) が日本、緑 (+) がポルトガル、水色 (◇) が台湾、南大西洋系群では緑 (+) がブラジル、黒 (○) がウルグアイ、水色 (◇) がスペイン、赤 (△) が日本、青 (×) がウルグアイ (オブザーバーデータ)、紫 (▽) が台湾を示す。いずれも 1971 年を開始年とし、CPUE に国別の重み付けをしていない。

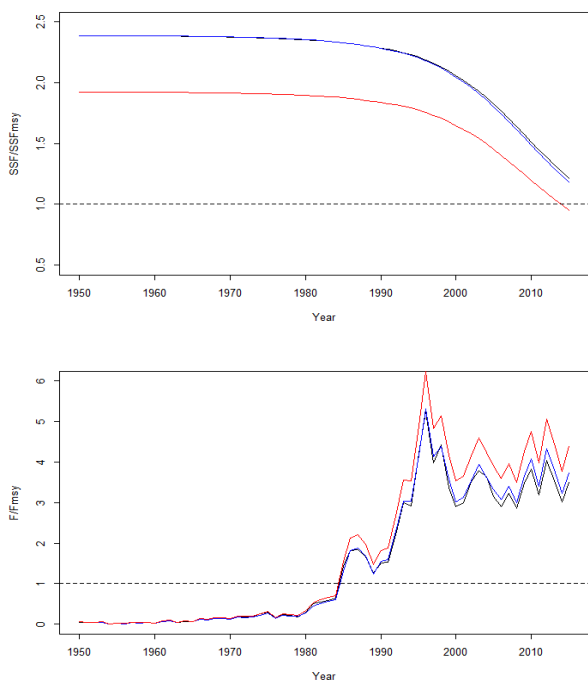


図 7. 統合モデルによって推定された北大西洋系群の資源状態 (1950～2015年)

上の図は、MSY水準の親魚量に対する各年の親魚量、下の図はMSY水準の漁獲強度に対する各年の漁獲強度（漁獲死亡係数）を示す。線の色は3つの異なる設定についての計算結果を示し、赤線がベースケースの結果を示す。点線は、MSY水準を示す。

を勧告した。南大西洋系群については、資源状態・漁獲量の不確実性・本系群の脆弱性と北大西洋系群の悪化した資源状態を考慮して、不確実性が低減されるまでは、年間漁獲量が過去5年の最低値を超えないようにすることを勧告した。

前回（2012年）の資源評価結果（南北大西洋系群ともに乱獲状態の可能性は低く、現状の漁獲は持続可能な水準）と大きく異なる評価になった理由としては、①資源評価モデルが変更されたこと（BSPM についてプロセス誤差を考慮したこと）、②近年の各国のCPUEの年トレンドが2010年以降減少傾向を示したこと（北大西洋系群）、③成長式を中心とする生物パラメータが更新され、内的自然増加率が前回の設定の約半分になったこと（北大西洋系群）等が考えられる。本系群の資源評価を更新するに当たり、前回と比べて使用するデータの質、量は向上したものの、更新された成長式や自然死亡率の検証が不十分なこと、統合モデルによる評価が不完全であること、沿岸漁業による漁獲量や投棄・放流量の推定値等の解析に必要なデータが十分な精度で得ることができない等の問題は依然としてあるため（特に南大西洋系群）、引き続き資源評価の精度を高めるための取り組みが必要である。

2019年の作業部会において、統合モデルによる北大西洋アオザメの将来予測（2016～2070年）を行うとともに、将来予測の中で4つの管理方策（TAC・漁獲サイズ規制・生存個体の放流・漁獲死亡係数（F）の削減）の効果（各方策あるいは各方策を組み合わせた場合の親魚雌資源の回復状態）を確認し、各規制の効果を検討した（図8）。解析の結果、TAC=0で2050年までにMSYまで回復する確率は60%、サイズ規制は回復の

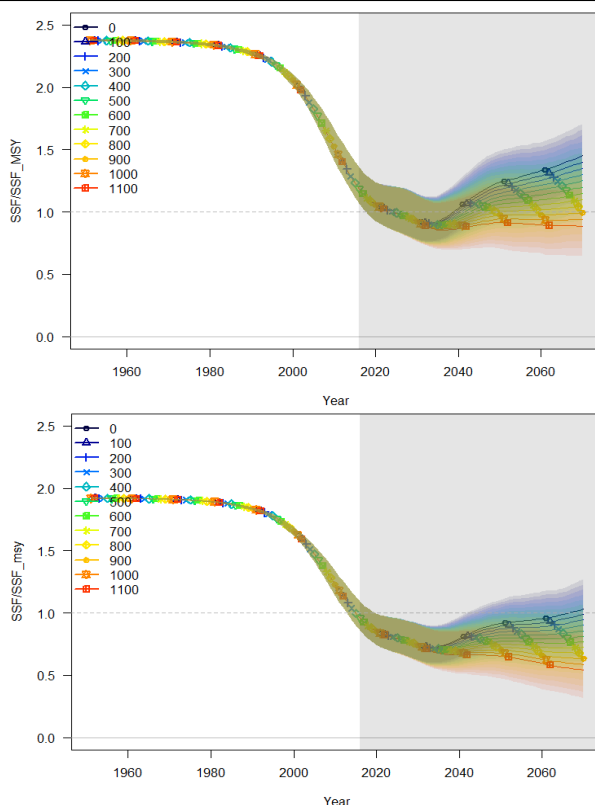


図 8. 統合モデル（モデル1：上、モデル3：下）に基づき、TACを100トン刻みで変えた場合の親魚資源量の相対値の変化（将来予測期間：2016～2070年）

モデル1は親子関係性がベバートンホルト・自然死亡が雌雄で大きく異なる仮定をおいたモデルで、モデル3は親子関係性がLFSR（サメ類のように産仔数が少ない資源に適した関係式）・自然死亡が雌雄で同じ仮定をおいたモデル。実線は中央値、色のついた区間は各漁獲量に対する推定値の95%信頼区間を示す。

速度を速める事、生存放流のレベルに関わらず資源は2035年まで減少すること、漁獲圧が0の場合MSYを達成するレベルまで資源が回復するには2070年までかかることが推測された。

管理方策

全てのマグロ類地域漁業管理機関において、漁獲されたサメ類の完全利用（頭部、内臓及び皮を除く全ての部位を最初の水揚げまたは転載まで船上で保持すること）及び漁獲データ提出が義務付けられている。

また、ICCATの年次会合では、2017年の資源評価の結果を受けて、北大西洋系群について原則所持禁止とするが、オブザーバーが乗船し生存放流・死亡投棄個体数等のデータを収集する条件で死亡個体の保持を認める、或いは生死に限らず一定サイズ以上の個体については保持を認める等の例外措置を盛り込んだ管理勧告が採択された。

2019年にICCAT科学委員会で行われた、管理勧告に記載された管理方策の効果検証を踏まえて、2019年の年次会合において北資源の管理勧告の見直しに向けた議論が行われたが合意に至らず、2020年のパネル4会合にて、Webベースの議論が行われた。しかし、国によって推奨される管理措置が異なり、合意がなされなかったため、2021年に予定されている同会合において再び議論が行われる予定である。

2019年8月に開催されたワシントン条約(CITES)第18回締約国会議において、本種及びバケアオザメ(類似種規定による)の附属書IIへの掲載が提案され、投票の結果採択された。附属書II掲載は2019年11月26日から発効し、本種の魚体、鱗などを含む一切の派生物を貿易する際は、輸出国による輸出許可書の発給が必要となり、公海域で採捕し自国に持ち帰る行為についても証明書の事前発給が義務付けられる(海からの持ち込み)。我が国は、アオザメは科学的に附属書II掲載基準を満たしておらず、国際連合食糧農業機関(FAO)専門家パネルにおいても、その旨結論付けられていることから、本種及びバケアオザメの附属書II掲載について留保している。このため、本種を締約国に輸出する場合には輸出許可書が必要となるものの、自国への海からの持ち込みについての証明書の発給は不要となっている。

執筆者

かつお・まぐろユニット
かじき・さめサブユニット
水産資源研究所 水産資源研究センター
広域性資源部 まぐろ第4資源グループ
仙波 靖子・甲斐 幹彦

参考文献

- Canani, G., and Oddone, M.C. 2020. Reproductive biology of *Isurus oxyrinchus* captured by the south Brazilian surface longline commercial fleet in the Southwest Atlantic Ocean, with data on CPUE and size distribution by sex. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 51: 105-116.
- Casey, J.G., and Kohler, N.E. 1992. Tagging studies on the shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*) in the western North Atlantic. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 43: 45-60.
- Compagno, L.J.V. 2001. FAO species catalog, Vol.4: Sharks of the world; Part 2 - Bullhead, mackerel and carpet sharks. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome, Italy. 269 pp.
- Corrigan, S., Lowther, A.D., Beheregaray, L.B., Bruce, B.D., Cliff, G., Duffy, C.A., Foulis, A., Francis, M.P., Goldsworthy, S.D., Hyde, J.R., Jabado, R.W., Kacev, D., Marshall, L., Mucientes, G.R., Naylor, G.J.P., Pepperell, J.G., Queiroz, N., White, W.T., Wintner, S.P., and Rogers, P.J. 2018. Population connectivity of the highly migratory shortfin mako (*Isurus oxyrinchus* Rafinesque 1810) and implications for management in the Southern Hemisphere. *Front. Ecol. Evol.*, 6: 187.
- Cortés, E. 2017. Estimates of maximum population growth rate and steepness for shortfin makos in the north and south Atlantic Ocean. *SCRS/2017/126*.
- Doño, F., Montealegre-Quijano, S., Domingo, A., and Kinas, P.G. 2015. Bayesian age and growth analysis of the shortfin mako shark *Isurus oxyrinchus* in the Western South Atlantic Ocean using a flexible model. *Environ. Biol. Fishes.*, 98: 517-533.
- Heist, E.J., Musick, J.A., and Graves, J.E. 1996. Genetic population structure of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus* inferred from restriction fragment length polymorphism analysis of mitochondrial DNA. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 53: 583-588.
- ICCAT. 2005. Report of the 2004 Inter-session meeting of the ICCAT Sub-Committee on by-catches: shark stock assessment. https://www.iccat.int/Documents/CVSP/CV058_2005/n_3/CV058030799.pdf (2020年1月21日)
- ICCAT. 2017. Report of the 2017 ICCAT shortfin mako assessment meeting (Madrid, Spain 12-16 June 2017). https://www.iccat.int/Documents/Meetings/Docs/2017_SMA_ASS_REP_ENG.pdf (2020年1月21日)
- Joung, S.J., and Hsu, H.H. 2005. Reproduction and Embryonic Development of the Shortfin Mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, in the Northwestern Pacific. *Zool. Stud.*, 44: 487-496.
- 川崎 健・八百正和・安楽守哉・永沼 章・浅野政宏. 1962. 東北海区に分布する表層性魚食性魚類群集の構造とその変動機構について. 第1報. 東北区水産研究所報告, 22: 1-44.
- 久米 漸. 1976. 2. 大西洋マグロ類の保存国際委員会の活動. 水産海洋研究 29号, 44-45.
- Loefer, J.K., Sedberry, G.R., and McGovern, J.C. 2005. Vertical movements of a shortfin mako in the western North Atlantic as determined by pop-up satellite tagging. *Southeast. Nat.*, 4: 237-246.
- Maia, A., Queiroz, N.C., Cabral, H.N., dos Santos, A.M., and Correia, J.P.S. 2007. Reproductive biology and population dynamics of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, off the southwest Portuguese coast, eastern North Atlantic. *J. Appl. Ichthyol.*, 23(3): 246-251.
- Mollet, H.F., Cliff, G., Pratt, H.L.Jr., and Stevens, J.D. 2000. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. *Fish Bull.*, 98: 299-318.
- Mucientes, G.R., Queiroz, N., Sousa, L.L., Tarroso, P., and Sims, D.W. 2009. Sexual segregation of pelagic sharks and the potential threat from fisheries. *Biol. Lett.*, 5: 156-159.
- 中野秀樹. 1996. 北太平洋における外洋性板鰐類の分布. 月刊海洋, 28: 407-415.
- Natanson, L.J., Kohler, N.E., Ardizzone, D., Cailliet, G.M., Wintner, S.P., and Mollet, H.F. 2006. Validated age and growth estimates for the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, in the North Atlantic Ocean. *Environ. Biol. Fishes.*, 77: 367-383.
- Natanson, L.J., Winton, M., Bowlby, H., Joyce, W., Deacy, B., Coelho, R., and Rosa, D. 2020. Updated reproductive parameters for the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the North Atlantic Ocean with inferences of distribution by sex and reproductive stage. *Fish. Bull.* 118. 21-36. Doi: 10.7755/FB.118.1.3
- Nohara, K., Takeshima, H., Noda, S., Coelho, R., Santos, M.N., Cortés, E., Domingo, A., de Urbina, J.O., and Semba, Y. 2019. Progress report of genetic stock structure of shortfin mako

- (*Isurus oxyrinchus*) in the Atlantic Ocean. SCRS/2019/173.
- Porsmoguer, S.B., Bănar, D., Boudouresque, C.F., Dekeyser, I., Viricel, A., and Merchán, M. 2015. DNA evidence of the consumption of short-beaked common dolphin *Delphinus delphis* by the shortfin mako shark *Isurus oxyrinchus*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 532: 177-183.
- Pratt, H.L.Jr., and Casey, J.G. 1983. Age and growth of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, using four methods. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 40: 1944-1957.
- Preti, A., Soykan, C.U., Dewar, H., Wells, R.J.D., Spear, N., and Kohin, S. 2012. Comparative feeding ecology of shortfin mako, blue and thresher sharks in the California Current. Environ. Biol. Fish., 95: 127-146.
- Rosa, D., Mas, F., Mathers, A., Natanson, L.J., Domingo, A., Carlson, J., and Coelho, R. 2017. Age and growth of shortfin mako in the north Atlantic, with revised parameters for consideration to use in the stock assessment. SCRS/2017/111. 22 pp.
- Semba, Y. 2018. Significance of Sex-Specific Ecological and Life History Traits on the Sustainable Exploitation of Sharks. In Aoki, I., Yamakawa, T., and Takasuka, A. (eds.), Fish Population Dynamics, Monitoring, and Management. Chapter 5. pp.77-104. Doi: 10.1007/978-4-431-56621-2_5.
- Semba, Y., Aoki, I., and Yokawa, K. 2011. Size at maturity and reproductive traits of shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, in the western and central North Pacific. Mar. Freshw. Res., 62: 1-10.
- Semba, Y., and Yokawa, K. 2012. Estimation of catches for shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) by the Japanese tuna longline fishery in the Atlantic Ocean from 1994 to 2010. SCRS/2012/075.
- Stevens, J.D. 1983. Observation on reproduction in the shortfin mako *Isurus oxyrinchus*. Copeia, 1983: 126-130.
- Strasburg, D.W. 1958. Distribution, abundance, and habitats of pelagic sharks in the central Pacific Ocean. Fish. Bull. U.S. Fish. Wildlife Serv., 58: 335-361.
- 谷内 透. 1984. 漁業との関わり. In 谷内 透・須山三千三 (編), 資源生物としてのサメ・エイ類. 恒星社厚生閣, 東京. 35-45 pp.
- Vaudo, J.J., Wetherbee, B.M., Wood, A.D., Weng, K., Howey-Jordan, L.A., Harvey, G.M., and Shivji, M.S. 2016. Vertical movements of shortfin mako sharks *Isurus oxyrinchus* in the western North Atlantic Ocean are strongly influenced by temperature. Mar. Ecol. Prog. Ser., 532: 177-183.
- Vaudo, J.J., Bryne, M.E., Wetherbee, B.M., Harvey, G.M., and Shivji, M.S. 2017. Long-term satellite tracking reveals region-specific movements of a large pelagic predator, the shortfin mako shark, in the western North Atlantic Ocean. J. Appl. Ecol., 54: 1765-1775.
- Wourms, J.P. 1977. Reproduction and development in chondrichthyan fishes. Amer. Zool., 17: 379-410.

アオザメ（大西洋）の資源の現況（要約表）

海域	北大西洋	南大西洋
資源水準	低位	調査中
資源動向	減少	調査中
世界の漁獲量 (最近 5 年間)	1,829~3,348 トン (水揚量) 最近 (2019) 年: 1,829 トン 平均: 2,785 トン (2015~2019 年)	2,299~3,156 トン (水揚量) 最近 (2019) 年: 2,299 トン 平均: 2,754 トン (2015~2019 年)
我が国の漁獲量 (最近 5 年間)	4~89 トン (水揚量) 最近 (2019) 年: 4 トン 平均: 47 トン (2015~2019 年)	54~109 トン (水揚量) 最近 (2019) 年: 54 トン 平均: 86 トン (2015~2019 年)
管理目標	MSY	MSY
資源評価の方法	ベイジアンサープロダクションモデル (BSPM (BSP2-JAGS, JABBA)) 及び統合モデル (SS)	BSPM (BSP2-JAGS, JABBA, CMSY)
資源の状態	$B_{2015} / B_{MSY} : 0.57 \sim 0.95$ $F_{2015} / F_{MSY} : 1.93 \sim 4.38$	$B_{2015} / B_{MSY} : 0.65 \sim 1.75$ $F_{2015} / F_{MSY} : 0.86 \sim 3.67$
管理措置	漁獲物の完全利用等 原則所持禁止 (例外措置として、①オプザーパー乗船時に種々のデータ収集を行えば捕獲時死亡個体のみ採捕可能とする措置や、②一定のサイズ以上の個体であれば生死によらず採捕可能とする措置等がある。)	漁獲物の完全利用等
管理機関・関係機関	ICCAT、CITES	ICCAT、CITES
最近の資源評価年	2019 年 (統合モデルアップデート)	2017 年
次回の資源評価年	未定	未定

2019 年の値は暫定値。