

アオザメ 全水域

(Shortfin Mako, *Isurus oxyrinchus*)



最近の動き

2017 年 6 月に ICCAT のさめ類作業部会において、南北大西洋系群の資源評価が 5 年ぶりに行われ、北大西洋系群は乱獲状態にあり、過剰漁獲が行われていると推定された。南大西洋系群については、同じく乱獲状態にあり、過剰漁獲が行われている可能性があるものの、資源評価の不確実性が大きいと結論は得られていない。北太平洋個体群については、2017 年にデータ準備会合が行われ、資源量指数、漁獲量や生物学的パラメータ等の更新が行われ、統合モデルを主体とした資源評価を行うことが決まった。資源評価は 2018 年に実施される予定である。

利用・用途

肉はソテーやみそ漬け、練り物原料として、鰭はフカヒレ、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、さめ類の中でも商品価値が高い。

漁業の概要

我が国において、アオザメは主にまぐろはえ縄や沿岸流し網で混獲されている。遠洋はえ縄漁船は冷凍、近海はえ縄や沿岸流し網漁船は氷蔵で水揚げしている。日本の主要漁港におけるまぐろはえ縄等によるさめ類の種別水揚量は、水産庁による委託事業「日本周辺高度回遊性魚類資源対策調査委託事業（平成 12～17 年度）」、「日本周辺国際魚類資源調査（平成 18 年度～27 年度）」及び「国際漁業資源評価調査・情報提供事業 現場実態調査（平成 28 年度）」によって調査が行われている。1992～2016 年におけるアオザメの総水揚量は 554～1,479 トンで、その内はえ縄による水揚量が 473～1,308 トンと大部分を占めており（アオザメ総水揚量の約 82%）、流し網が続いて多かった（アオザメ総水揚量の約 16%）。2011 年の水揚量は、東日本大震災の影響から前年に比べて減少し、約 550 トンであったが、2012 年には約 850 トンまで回復した。その後は、780～870 トンの範囲を推移している（図 1）。過去 10 年のさめ類の合計値に占める本種の割合（2006～2016 年）は 6.2～7.7% であった。

大西洋においては、大西洋まぐろ類保全国際委員会（ICCAT）事務局が漁獲統計を公表している。それによれば、1990～2016 年の北大西洋個体群の漁獲量は 2,193

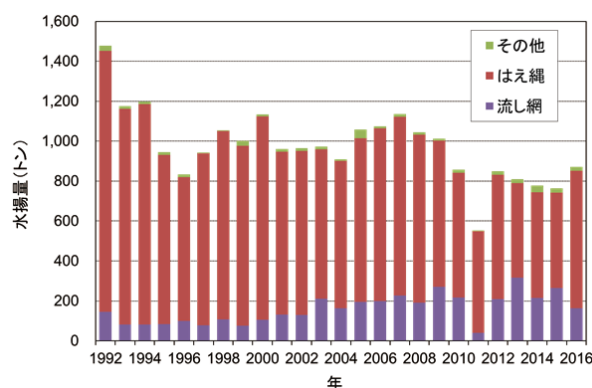


図 1. 日本の主要漁港へのアオザメ水揚量

～5,347 トンで、1990～1995 年にかけて 2,323 トンから 5,347 トンまで増加した後は、およそ 2,600～4,500 トンの範囲で推移している。1980 年代は、遊漁とはえ縄漁業による漁獲がほぼ同程度であったが、1990 年中盤以降はほぼ 9 割以上がはえ縄による漁獲となっている。国別では、1990～1996 年は米国・ポルトガル・日本による漁獲が大部分を占めていたが、1997 年以降はスペインの漁獲が急増する一方で日本の漁獲は減少し、スペイン・ポルトガル・米国による漁獲が全体の大部分を占めている。2011 年以降はモロッコの漁獲が増加し、2015 年には全体の 3 割を占めるに至っている。南大西洋においては、1992～2003 年にかけて 493 トンから 3,801 トンまで増加した後は、2008 年にかけて 1,880 トンまで減少し、その後はおよそ 2,000～3,500 トンの範囲で推移している。1990～2015 年にかけてほぼ全ての漁獲がはえ縄によるもので、国別漁獲量は 1990 年代中盤以降、スペイン、ナミビア、ポルトガルによる漁獲が全体の 6 割以上を占めている。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）。

インド洋においては、本種は遊漁、沿岸小規模漁業、準産業規模の漁業によって漁獲されるほか、まぐろ・かじき類を対象としたはえ縄漁業において混獲されている。インド洋ま

ぐる類委員会 (IOTC) 事務局が取りまとめた統計資料によれば、2013～2015 年の漁獲量 (報告値) は 1,268～1,672 トン (2010～2015 年の平均値: 1,447 トン) であったが、未報告の漁獲があるため、実際の漁獲量はこれよりも多いと考えられている (IOTC 2017a、2017b)。

生物学的特性

まぐろ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。しかしながら、生物学的特性値の多くは、個々の系群毎に明らかにされていないため、ここでは各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 (図 2、Compagno 2001)。温帯域での分布豊度が比較的高く、ヨシキリザメと同様に温帯域出現種と考えられている (中野 1996)。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)。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。また、本種は成長段階や性による棲み分けを示すことが示唆されているが (Mucientes *et al.* 2009)、成熟個体の分布に関する知見が少ないこともあり、詳細な分布様式の把握のためには今後の調査における知見の収集が必要である。

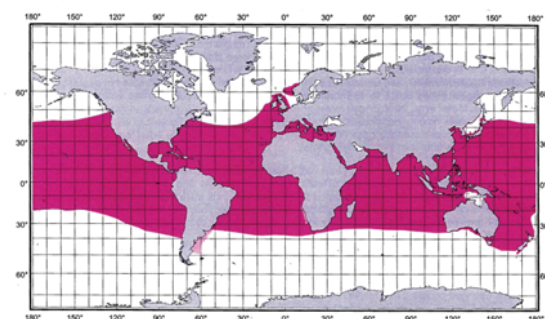


図 2. アオザメの分布 (Compagno 2001)

【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 70 cm (Stevens 1983) である。本種の繁殖サイクルは、妊娠期間ととも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 か月と大きく、休止期間の推定値は得られていない (Mollet *et al.* 2000、Joung 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によれば、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)、これに従っ

て環境水温の変化に伴い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 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、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いる (Loefer *et al.* 2005、Abascal *et al.* 2011、Rogers *et al.* 2015)。近年大西洋で報告された研究によれば、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、一部の個体は季節移動を行うことが示されている (Vaudo *et al.* 2017)。この研究では、米国メリーランド沖とメキシコのユカタン半島沖から計 26 個体のアオザメに電子標識が装着され、放流されたが、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、前者は大陸棚を超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、北東太平洋 (Cailliet and Bedford 1983、Ribot-Carballal *et al.* 2005、Wells *et al.* 2013)、中西部北太平洋 (Semba *et al.* 2009) (表 1)、南太平洋 (Bishop *et al.* 2006、Cerna and Licandeo 2009)、大西洋 (Pratt and Casey 1983、Natanson *et al.* 2006、Doño *et al.* 2015)、インド洋 (Groeneveld *et al.* 2014) から報告されている。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

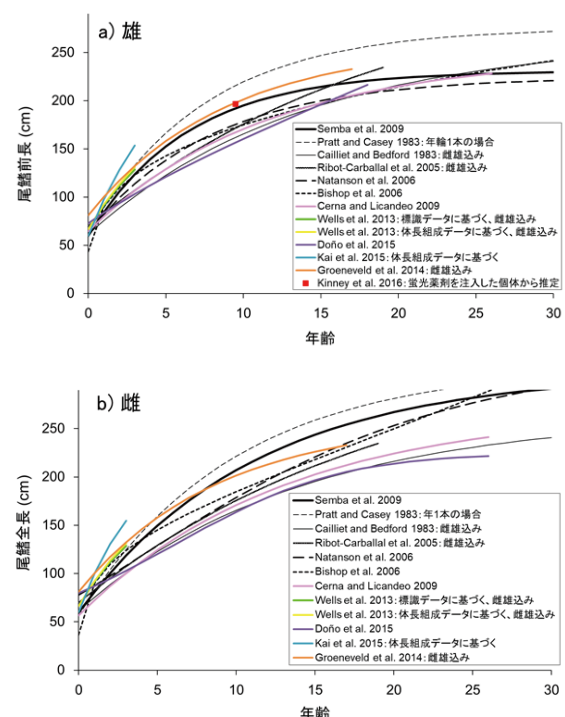


図 3. アオザメの年齢と成長 (尾鰭前長) (Semba *et al.* 2009 に加筆)

表 1. アオザメの年齢と尾鰭前長 (Semba *et al.* 2009)

年齢	雌	雄
0	60	60
1	81	84
2	101	106
3	118	124
4	135	139
5	150	152
6	163	164
7	176	174
8	187	182
9	197	189
10	207	195
11	216	200
12	224	205
13	231	208
14	238	212
15	244	214
16	249	217
17	254	219
18	259	221
19	263	222
20	267	223

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、近年北東太平洋の研究報告において、未成魚期には輪紋が年に 2 本形成され、成魚になると 1 本に減少する可能性が指摘されている (Kinney *et al.* 2016)。北太平洋まぐろ類国際科学委員会 (ISC) では北太平洋系群の成長式の再検討が行われている。

50% 成熟体長に関して、雄は 150 ～ 183 cm（尾鰭前長）、雌は 230 ～ 260 cm（尾鰭前長）、年齢では雄は 5 ～ 9 歳、雌は 17 ～ 21 歳と推定されている。寿命については定義によって推定値が異なるが、各海域の知見を統合すると、雄は 20 ～ 30 歳、雌は 30 ～ 40 歳と推定されている。

【食性・捕食者】

主としてまぐろ・かつお類を含む魚類やいか類を捕食する (川崎ほか 1962、谷内 1984、Strasburg 1958、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

2015 年 3 月に行われた北太平洋系群の資源状態に関する包括的な指標による解析 (indicator analysis) では、日本の近海はえ縄漁業（浅縄）、ハワイのはえ縄漁業（浅縄及び深縄）の CPUE が、本系群の資源状態に関して最も有益な情報を提供することが示された (図 4) が、指標によっては最近年の CPUE の年トレンドが矛盾しており、また増加率についても資源の増加をどの程度反映しているかについて不確実性が認められたことから、資源状態は決定できないと結論付けられた。この結果を受け、ISC 本会合では未提出の漁獲データを収集すること、漁業データが利用できる各国においても漁獲

量や CPUE の年トレンドの変化を引き続きモニターしていくことが勧告された。2017 年 11～12 月に行われたさめ類作業部会によるデータ準備会合では、資源評価に用いる資源量指数、漁獲量、生物パラメータの更新が行われ、①指標によって資源量指数の年トレンドの変動規模に違いは見られるものの、前回見られた指標間の大きな差は改善され、②不確実性が大きい成長パラメータについては、各加盟国が収集した年齢別体長データを用いたメタ解析によって推定された値を資源評価に用いることが合意された。また、各国の雌雄別サイズデータや本系群の生活史特性に基づき、資源量指数は親魚の指標として適していないこと、長寿命であり成長段階や雌

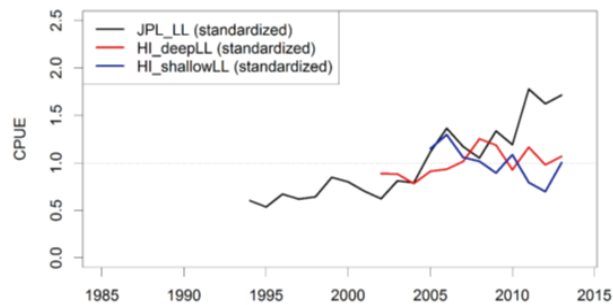


図 4. 北太平洋におけるアオザメの標準化 CPUE の年トレンド (ISC 2015)

黒線、赤線、青線はそれぞれ日本の近海はえ縄漁業、ハワイのはえ縄漁業（深縄）、ハワイのはえ縄漁業（浅縄）データに基づく推定値を示す。2015 年に ISC で行われた Indicator-Based Analysis では、これら 3 つの CPUE トレンドが、北太平洋系群の資源状態の推定に大きく影響することが示唆された。

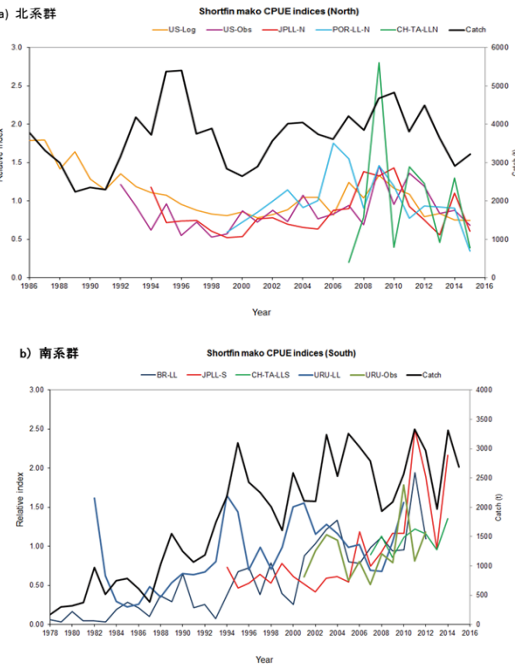


図 5. 大西洋におけるアオザメの標準化 CPUE と漁獲量の年トレンド (a: 北資源、b: 南資源) (ICCAT 2017)

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。

雄で異なる分布パターンを示す事などを考慮して、2018 年には統合モデルを主体とする資源評価を行うことが合意された。

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（平均値で標準化した）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 5a）。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 5b）。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（BSP2-JAGS）および統合モデル、南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（BSP2-JAGS と JABBA）のみが用いられた。南大西洋系群については、各国の CPUE の不確実性が大きいことを理由に、CPUE を使わずに漁獲量および生産力から MSY 管理基準値を計算する CMSY という手法

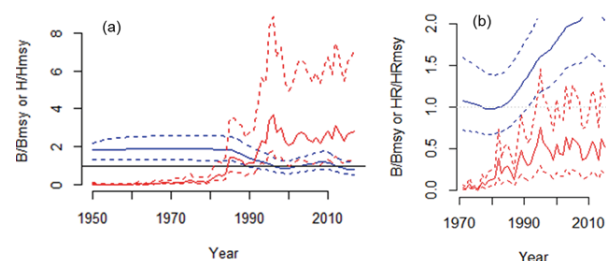


図 6. BSP2-JAGS によって推定された (a) 北大西洋系群と (b) 南大西洋系群の資源量（青線）と漁獲圧（赤線）の年変化。資源量については、各年の資源量と MSY 水準の資源量の比を示し、1 未満であれば資源量水準が低いことを示す。漁獲圧については、各年の漁獲圧と MSY 水準時の漁獲圧の比を示し、1 より大きければ漁獲圧が適正水準よりも高いことを示す。ICCAT 2017 より引用。

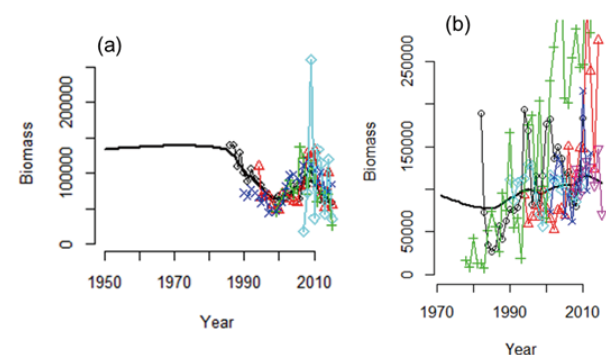


図 7. 大西洋のアオザメにおいて BSP2-JAGS によって推定された資源量（黒実線）と各国の提出した CPUE（実線とマーカー）の年変化（a：北大西洋系群、b：南大西洋系群）（ICCAT 2017）。CPUE を示すマーカーは、北大西洋系群では黒（○）が米国、青（×）がスペイン、赤（△）が米国（オブザーバーデータ）、紫（▽）が日本、緑（+）がポルトガル、水色（◇）が台湾、南大西洋系群では緑（+）がブラジル、黒（○）がウルグアイ、水色（◇）がスペイン、赤（△）が日本、青（×）がウルグアイ（オブザーバーデータ）、紫（▽）が台湾を示す。いずれも 1971 年を開始年とし、CPUE に国別の重み付けをしていない。

も用いられた。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（ $B_{2015}/B_{MSY} = 0.66 \sim 0.85$ ）、漁獲圧は MSY 水準を上回る（ $H_{2015}/H_{MSY} = 2.97 \sim 3.58$ ）結果となった（図 6a）。資源量の年トレンドは、各国の CPUE の年トレンドと比較的よく合致した（図 7a）。一方、統合モデルの結果（ベースケース）では、漁獲圧は 1980 年代中旬から 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 8）。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。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（ $B_{2015}/B_{MSY} = 1.69 \sim 1.75$ ）、漁獲圧については 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 6b）、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 C_{MSY} 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 の年トレンドが合致しないこと（図 7b）、推定された資源量、漁獲圧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などを総合的に考え、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 500t 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プラン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%）、資源の回復をモニターするためのデータ収集体制を強化することを勧告した。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（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レベル）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（プロダクションモデル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

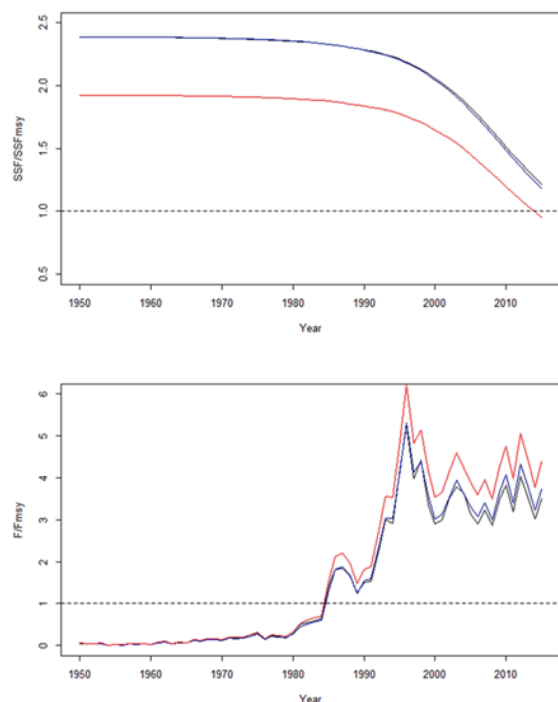


図 8. 統合モデルによって推定された北大西洋系群の資源状態
上の図は、MSY 水準の親魚量に対する各年の親魚量、下の図は
MSY 水準の漁獲圧に対する各年の漁獲圧を示す。線の色は 3 つの
異なる設定についての計算結果を示し、赤線がベースケースの結果
を示す。点線は、MSY 水準の親魚量と漁獲圧であることを示す。

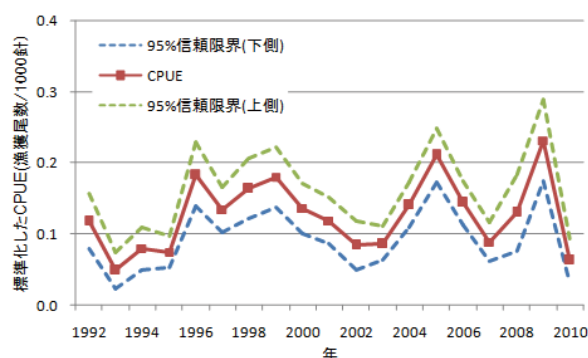


図 9. 日本のミナミマグロ漁業オブザーバーデータを基に標準化し
たアオザメの CPUE (松永ほか 2012)

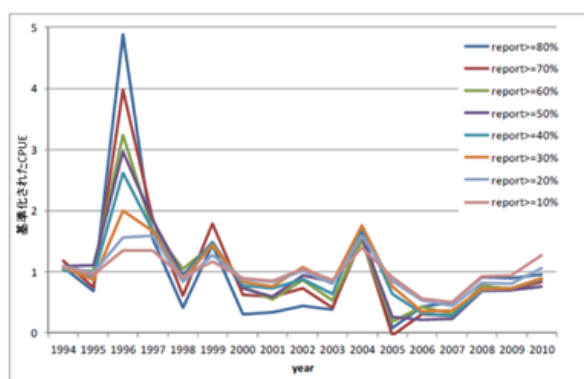


図 10. インド洋（全域）において日本のはえ縄で混獲されたアオ
ザメの標準化 CPUE (Kimoto *et al.* 2011)

各折れ線は様々な報告率で抽出したデータに基づく解析結果を示
す。

したもの、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・放流量の推定値などの解析に必要な
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。

インド洋系群についてはこれまで資源評価は行われてい
ないが、松永ほか（2012）が日本のオブザーバー調査デー
タ（1992～2010 年）を使って標準化したミナミマグロ漁
業で混獲されるアオザメの CPUE の経年変化をみなみまぐ
ろ保存委員会（CCSBT）生態学的関連種作業部会に報告して
いる（図 9）。標準化 CPUE は多少の変動は見られたものの、
顕著な増加又は減少傾向は確認されなかった。また、2011
年にはインド洋で操業する日本の遠洋のはえ縄の漁獲成績報
告書データを用いて標準化した CPUE の経年変化（1994
～2010 年）がインド洋まぐろ類委員会に報告された（図
10）。標準化 CPUE は、年によって飛び値や年変動が見られ
るものの、解析期間中に顕著な増減傾向は認められなかった
（Kimoto *et al.* 2011）。

管理方策

全てのまぐろ類地域漁業管理機関において、漁獲されたさ
め類の完全利用（頭部、内臓及び皮を除く全ての部位を最初
の水揚げ又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。加えて、WCPFC では、2014
年の年次会合において、①まぐろ・かじき類を対象とするは
え縄漁業は、ワイヤーリーダー（ワイヤー製の枝縄及びはり
す）又はシャークライン（浮き玉又は浮縄に接続された枝
縄）のいずれかを使用しないこと、②さめ類を対象とするは
え縄漁業は、漁獲を適切な水準に制限するための措置等を含
む管理計画を策定すること、が合意された。これを受け、北
太平洋系群のヨシキリザメを漁獲対象としている気仙沼の近
海はえ縄漁業において、年間のアオザメの水揚げ量の上限
を 600 トンにすること、1 m 以下のアオザメをできるだけ
放流することなどの取組を定めた管理計画が 2016 年 1 月 1
日より 5 年間実施されている。

全米熱帯まぐろ類委員会（IATTC）でも、2016 年の年次
会合で、シャークラインの使用禁止を内容とする決議が採択
され、2018 年から義務付けられる。

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。併せて同管理勧告の
中で、科学委員会は 2019 年にこれらの措置の有効性を評価
し、必要に応じて変更及び追加の管理勧告を行うこととされ
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
 国際水産資源研究所 かつお・まぐろ資源部
 まぐろ漁業資源グループ
 仙波 靖子・甲斐 幹彦

参考文献

- Abascal, F.J., Quintans, M., Ramos-Cartelle, A., and Mejuto, H. 2011. Movements and environmental preferences of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, in the southwestern Pacific Ocean. *Mar. Biol.*, 158: 1175-1184.
- Bishop, S.D.H., Francis, M.P., Duffy, C., and Montgomery, J.C. 2006. Age, growth, maturity, longevity and natural mortality of the shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*) in New Zealand waters. *Mar. Freshwater Res.*, 57: 143-154.
- Cailliet, G.M., and Bedford, D.W. 1983. The biology of three pelagic sharks from California waters, and their emerging fisheries: A review. *Cal. COFI Rep.*, 24: 57-69.
- 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. Freshwater Res.*, 43: 45-60.
- Cerna, F., and Licandeo, R. 2009. Age and growth of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the south-eastern Pacific off Chile. *Mar. Freshwater Res.*, 60(5): 394-403.
- 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.
- 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.
- Groeneveld, J.C., Cliff, G., Dudley, S.F.J., Foulis, A.J., Santos, J., and Wintner, S.P. 2014. Population structure and biology of shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, in the south-west Indian Ocean. *Mar. Freshwater Res.*, 65: 1045-1058.
- 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. 2012. 2012 shortfin mako stock assessment and ecological risk assessment meeting (Olhão, Portugal - June 11 to 18, 2012). 105 pp.
- ICCAT. 2017. Report of the 2017 ICCAT shortfin mako assessment meeting (Madrid, Spain 12-16 June 2017).
- IOTC. 2017a. Executive summary: shortfin mako shark. http://www.iotc.org/sites/default/files/documents/science/species_summaries/english/Shortfin%20mako%20shark%20Executive%20Summary.pdf (2018 年 1 月 1 日)
- IOTC. 2017b. Shortfin Mako Shark, Supporting information. http://www.iotc.org/sites/default/files/documents/science/species_summaries/english/Shortfin%20mako%20shark%20Supporting%20Information.pdf (2018 年 1 月 1 日)
- ISC. 2015. Indicator-Based Analysis of the Status of Shortfin Mako Shark in the North Pacific Ocean. WCPFC-SC11-2015/ SA-WP-08. 33 pp.
- 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.
- Kai, M., Shiozaki, K., Oshimo, S., and Yokawa, K. 2015. Growth and spatiotemporal distribution of juvenile shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the western and central North Pacific. *Mar. Freshwater Res.*: 1176-1190.
- 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.
- Kimoto, A., Hiraoka, Y., Ando, T., and Yokawa, K. 2011. Standardized CPUE for shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*) caught by Japanese longliners in the Indian Ocean in the period between 1994 and 2010. IOTC-WPEB07-34. 8 pp.
- Kinney, M.J., Wells, R.J.D., and Kohin, S. 2016. Oxytetracycline age validation of an adult shortfin mako shark *Isurus oxyrinchus* after 6 years at liberty. *J. Fish Biol.*, 89: 1828-1833.
- 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.
- Matsunaga, H. 2008. Estimation of catches for blue shark and shortfin mako by the Japanese tuna longline fishery in the Atlantic Ocean, 1994-2006. SCRS/2008/150.
- 松永浩昌・仙波靖子・余川浩太郎. 2012. ミナミマグロ漁場で漁獲される主要な外洋性サメ類 3 種の CPUE の経年変化の更新 (1992 - 2010). CCSBT-ERS 提出文書.
- 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.
- Nakano, H., and Honma, M. 1997. Historical CPUE of pelagic sharks caught by Japanese longline fishery in the Atlantic Ocean. Col. Vol. Sci. Pap. ICCST, 46(4): 393-398.
http://www.iccat.es/Documents/CVSP/CV046_1997/no_4/CV046040393.pdf (2005 年 11 月 24 日)
- 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.
- 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.
- Ribot-Carballal, M.C., Galván-Magana, F., and Quinonez-Velazquez, C. 2005. Age and growth of the shortfin mako shark, *Isurus oxyrinchus*, from the western coast of Baja California Sur, Mexico. Fish. Res., 75: 14-21.
- Rogers, P.J., Huvaneers, C., Page, B., Goldsworthy, S.D., Coyne, M., Lowther, A.D., Mitchell, J.G., and Seuront, L. 2015. Living on the continental shelf edge: habitat use of juvenile shortfin makos *Isurus oxyrinchus* in the Great Australian Bight, southern Australia. Fish. Oceanogr., 24: 14-25.
- 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. Freshwater Res., 62: 1-10.
- Semba, Y., Nakano, H., and Aoki, I. 2009. Age and growth analysis of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, in the western and central North Pacific Ocean. Environ. Biol. Fishes., 84: 377-391.
- 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.
- 水産庁 (編) . 1993-1997. 平成 4 年度 - 平成 8 年度 日本周辺クロマグロ調査委託事業報告書 . 水産庁 , 東京 .
- 水産庁 (編) . 1998-2001. 平成 9 年度 - 平成 12 年度 日本周辺高度回遊性魚類資源対策調査委託事業報告書 - II. (別冊資料 : まぐろ類等漁獲実態調査結果) . 水産庁 , 東京 .
- 水産総合研究センター (編) . 2002-2006. 平成 13 年度 - 平成 17 年度 日本周辺高度回遊性魚類資源対策調査委託事業報告書 . 水産総合研究センター , 横浜 .
- 水産総合研究センター (編) . 2007. 平成 18 年度 日本周辺国際魚類資源調査委託事業報告書 . 水産総合研究センター , 横浜 .
- 水産総合研究センター (編) . 2008-2011. 平成 19 年度 - 平成 22 年度 日本周辺国際魚類資源調査報告書 . 水産総合研究センター , 横浜 .
- 水産総合研究センター (編) . 2012-2016. 平成 23 年度 - 平成 27 年度 水揚げでのまぐろ・かじき調査結果 . 水産総合研究センター , 横浜 .
- 水産研究・教育機構 (編) . 2017. 平成 28 年度 国際漁業資源評価調査・情報提供事業 現場実態調査報告書 . 水産研究・教育機構 , 横浜 .
- 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.
- Wells, R.J.D., Smith, S.E., Kohin, S., Freund, E., Spear, N., and Ramon, D.A. 2013. Age validation of juvenile shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) tagged and marked with oxytetracycline off southern California. Fish. Bull., 111: 147-160.
- Wourms, J.P. 1977. Reproduction and development in chondrichthyan fishes. Amer. Zool., 17: 379-410.

アオザメ（全水域）の資源の現況（要約表）

	北太平洋	南太平洋	北大西洋	南大西洋	インド洋
資 源 水 準	調査中	調査中	低位	調査中	調査中
資 源 動 向	横ばい	調査中	乱獲状態、過剰漁獲	乱獲状態、過剰漁獲 の可能性がある	横ばい
世界の漁獲量 (最近 5 年間) (2012 ～ 2016 年)	調査中	調査中	2,904 ～ 4,478 トン (水揚量) 最近 (2016) 年：3,377 トン 平均：3,527 トン	2,001 ～ 3,273 トン (水揚量) 最近 (2016) 年：2,641 トン 平均：2,709 トン	調査中
我が国の漁獲量 (最近 5 年間) (2012 ～ 2016 年)	764 ～ 873 トン (水揚量) 最近 (2016) 年：873 トン 平均：814 トン	91 ～ 258 トン 最近 (2016) 年：91 トン 平均：165 トン	33 ～ 75 トン (水揚量) 最近 (2016) 年：75 トン 平均：56 トン	77 ～ 291 トン (水揚量) 最近 (2016) 年：77 トン 平均：154 トン	99 ～ 148 トン 最近 (2016) 年：99 トン 平均：114 トン
管 理 目 標	検討中	検討中	MSY	MSY	検討中
資 源 評 価 の 方 法	統合モデル及び VPA による解析 (予定)	検討中	ベイジアンサー プラスプロダク ションモデル及び統合 モデルによる解析	ベイジアンサー プラスプロダク ションモデル及び CMSY (漁獲量と 生産力情報に基づ く資源評価手法) による解析	検討中
資 源 の 状 態	検討中	検討中	B_{2015}/B_{MSY} : 0.57 ～ 0.95 F_{2015}/F_{MSY} : 1.93 ～ 4.38	B_{2015}/B_{MSY} : 0.65 ～ 1.75 F_{2015}/F_{MSY} : 0.86 ～ 3.67	検討中
管 理 措 置	漁獲物の完全 利用等	漁獲物の完全 利用等	漁獲物の完全利用等 原則所持禁止 (例外 措置として、①オブ ザーバー乗船時に 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	漁獲物の完全 利用等
管理機関・関係機関	IATTC、ISC、 WCPFC	WCPFC	ICCAT	ICCAT	IOTC、CCSBT
最新の資源評価年	2015 年	—	2017 年	2017 年	—
次回の資源評価年	2018 年	—	—	—	—