

# アオザメ 太平洋

(Shortfin mako *Isurus oxyrinchus*)



## 管理・関係機関

国際連合食糧農業機関 (FAO)

絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約 (CITES)

北太平洋まぐろ類国際科学委員会 (ISC)

中西部太平洋まぐろ類委員会 (WCPFC)

全米熱帯まぐろ類委員会 (IATTC)

みなみまぐろ保存委員会 (CCSBT)

## 最近の動き

南西太平洋のアオザメについて、2022年に初めて資源評価が行われ、WCPFCの第18回科学委員会にて結果が報告された。資源評価は、統合モデル(SS)を用いて、1995~2020年の期間に対して行われたが、初期漁獲死亡や漁業開始前の資源量、資源状態の不確実性が非常に大きく、モデル診断の結果も不安定であった。漁獲死亡や関連する基準値の予備的な推定結果は、近年の漁獲死亡は資源にとって危機的なレベルを下回り、最大持続生産量を達成する漁獲死亡係数(F<sub>MSY</sub>)付近にあると考えられたが、前述の理由により、今回の資源評価の結果は管理勧告の検討に十分な頑健性を欠くと判断され、管理勧告は出されなかった。

## 利用・用途

肉はソーセージやみそ漬、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、サメ類の中でも商品価値が高い。

## 漁業の概要

太平洋において、アオザメはまぐろはえ縄漁業や流し網漁業で混獲されており、北太平洋では日本、台湾、メキシコ、米国が主な漁業国・地域である(ISC 2022)。ISCが公表している統計資料によれば、北太平洋のアオザメの漁獲量は、1993年以前は平均すると500トン以下であったが、それ以降は2013年まで1,500~2,000トンの範囲で推移し、2014年以降は1,000~1,500トンの規模で推移している(図1)。漁法別には、日本の魚種別漁獲量が報告され始めた1994年以降、はえ縄による漁獲量は全体の約44~84%(平均62%)を占め、残りは流し網が9~26%(平均15%)を占めている。国・地域別には、1994年以降を見ると、2013年までは、日本が48~84%と大

部分を占め、次いでメキシコが21~44%となっている。2014年以降は、台湾が10~20%と日本に次ぐ割合を占めている。メキシコの漁獲量は漁法別に示されていないが、はえ縄漁業が一定の割合を占めていると考えられる。

太平洋における我が国の漁業において、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サメ類の種別水揚量は、水産庁による委託事業「日本周辺クロマグロ調査委託事業(平成4~8年度)」、「日本周辺高度回遊性魚類資源対策調査委託事業(平成9~12年度)」、「日本周辺高度回遊性魚類資源対策調査委託事業(平成13~17年度)」、「日本周辺国際魚類資源調査(平成18~27年度)」、「国際漁業資源評価調査・情報提供事業 現場実態調査(平成28~29年度)」及び「水揚げ地でのまぐろ・かじき・さめ調査結果(平成30~31年度、令和2~3年度)」によって調査が行われている。1992~2021年におけるアオザメの総水揚量は430~1,479トンで、その内はえ縄による水揚量が316~1,308トンと大部分を占めており(アオザメ総水揚量の約80%)、続いて流し網による漁獲が多かった(同約17%)。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。その後の水揚量は、約760~870トンの範囲で推移していたが、2018年以降は減少傾向を示し、2021年の水揚量は前年より約140トン少ない430トンであった(図2)。過去10年のサメ類の総水揚量に占める本種の割合(2012~2021年)は4.5~7.7%であった。

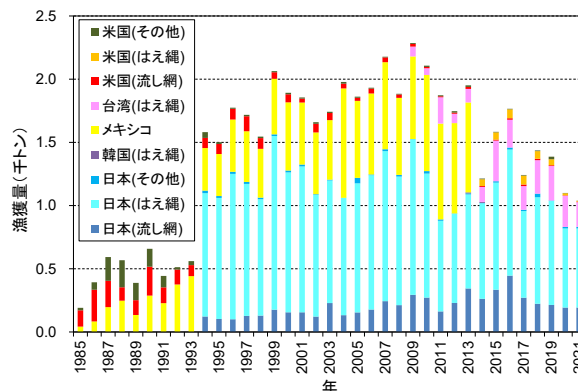


図1. 北太平洋における国地域別・漁法別漁獲量(1985~2021年、ISCが公表している漁獲統計資料を基に作成)

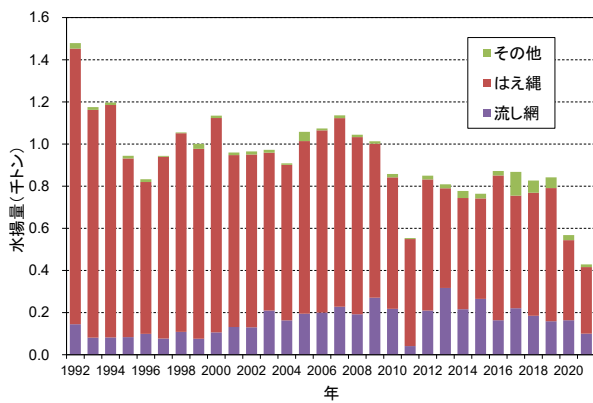


図2. 日本の主要漁港へのアオザメ水揚量 (1992～2021年)

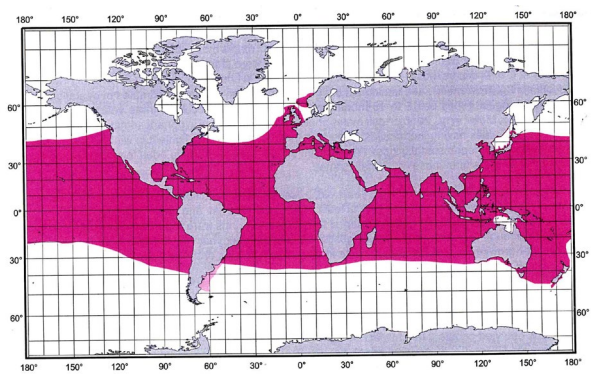


図3. アオザメの分布 (Compagno 2001)

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。

## 生物学的特性

マグロ類の地域漁業管理機関 (Tuna-RFMO) 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、一部は太平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3)。近年、太平洋で行われているポップアップアーカイバルタグ (PSAT) を用いた調査では、鉛直方向には、表層から最大 888 m までの深度帯に分布すること (Abascal *et al.* 2011)、一般的な日周鉛直移動とは異なり昼夜の鉛直分布に大きな違いが無い場合もあること (Abascal *et al.* 2011、Francis *et al.* 2019、Nasby-Lucas *et al.* 2019)、鉛直分布の最大深度は溶存酸素量や水温の影響を受けている可能性があること (Abascal *et al.* 2011) が報告されている。複数の研究に共通する点として、表層混合層での滞在時間の割合が高いこと、鉛直分布は個体や場所による違いが大きいこと等が挙げられる。一連の報告をまとめると、経験水温は 4.6～30.2℃ (大部分の時間は 14～27℃ の範囲)、推定位置の表面水温の範囲は 11.3～31.2℃ となる。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)。

太平洋内の系群構造については、ミトコンドリア DNA を用いた解析によって、北太平洋の個体群と南太平洋の個体群は遺伝的に異なると推定されているが (Michaud *et al.* 2011、Taguchi *et al.* 2015)、マイクロサテライト DNA を用いた研究では遺伝的な差異は認められていない (Taguchi *et al.* 2015)。また、北太平洋内には複数の集団構造は確認されていないが、標識放流や分布の解析結果は幾つかの地域集団が存在する可能性を示唆している (ISC 2018)。標識放流の結果は、南北両半球間 (太平洋内) の移動が非常に限られていることを示唆していることから、資源評価は北太平洋と南太平洋に分けて行わ

れている。世界的には、北太平洋の個体群は、その他の海域 (南太平洋、北大西洋、南大西洋) の系群とは異なる遺伝子組成であることが示されている (Heist *et al.* 1996)。また、Corrigan *et al.* (2018) は、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可能性を示唆している。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。

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、Semba 2018)、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。Kai (2019) は、我が国の地方公庁船の漁業データを解析し、黒潮・親潮続流域及び混合域に沿って沿岸から沖合域にアオザメのホットスポット (高密度域) があるとしている。

### 【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 70 cm (Stevens 1983、Mollet *et al.* 2000) である。本種の繁殖周期は、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 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)。

太平洋においても、近年は、PSAT を用いた移動・回遊の研究が盛んに行われている (Abascal *et al.* 2011、Rogers *et al.* 2015、Francis *et al.* 2019、Nasby-Lucas *et al.* 2019)。ニュージーランド周辺で行われた研究では、PSAT を装着した未成魚の移動は、滞在型、移動型に分けられること、滞在型は沿岸域に留まり、移動型はニュージーランド近海から熱帯域に向かってフィジー・バヌアツ・ニューカレドニアの海嶺に沿って移動すること、2つの行動型は頻繁に入れ替わることが報告されている (Francis *et al.* 2019)。特に、観察個体は大部分の時間を同国の排他的経済水域内に滞在しており、豪州沿岸でも未成魚が沿岸域に留まることが報告されている (Rogers *et al.* 2015)。水平移動に関しては個体差が大きいという報告もあるもの

(Abascal *et al.* 2011、Nasby-Lucas *et al.* 2019)、東部太平洋で行われた研究では、未成魚・成魚いずれもカリフォルニア沿岸域を利用しているが、成魚は未成魚に比べて沖合域を利用する割合が高いこと、特定の場所を繰り返し利用する個体がいること、沿岸域の一次生産の季節変化に対応して沿岸域に來遊する傾向があることが報告されている (Nasby-Lucas *et al.* 2019)。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。

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)、南 太平洋 (Bishop *et al.* 2006、Cerna and Licandeo 2009) から成 長式が報告されている。図 4 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、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)。ISC では、北太平洋で行われた年齢査定の研究で

得られた年齢別体長のデータを用いたメタ解析により、不確定 性を考慮した北太平洋系群の成長式を推定し (表 1; Takahashi *et al.* 2017)、2018 年の資源評価に用いた (ISC 2018)。

50%性成熟体長に関して、北太平洋系群については、雄は 149~174 cm (尾鰭前長; Joung and Hsu 2005、Conde-Moreno and Galvan-Magana 2006、Semba *et al.* 2011)、雌は 231~ 258 cm (尾鰭前長; Joung and Hsu 2005、Semba *et al.* 2011)、 年齢では雄は 5~9 歳、雌は 17~21 歳と推定されている。南 太平洋系群については、雄は 162~167 cm (尾鰭前長; Francis and Duffy 2005、Stevens 1983)、雌は 233~258 cm (尾鰭前 長; Francis and Duffy 2005、Stevens 1983) と推定されている。 ISC による北太平洋アオザメの資源評価では、日本と台湾のデ ータを合わせたメタ解析を行い、推定された雌の 50%性成熟 体長 (233.6 cm: 尾鰭前長) を資源評価に用いた (ISC 2018)。 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。

太平洋における本種の最大全長は 373.8 cm、最大体重は 443.5 kg と推定されている。

【生産力 (内的自然増加率)】

本種の生物学的なパラメータ (成長式、成熟、再生産 (成熟 体長、産仔数、繁殖周期等)、自然死亡率等) について不確定 性が高いことから全大洋の複数の研究から得られた情報を用 いて生産力 ( $r$ : 内的自然死亡率) の推定が行われ、全大洋での  $r$  の中央値は年あたり 0.102、最小値と最大値はそれぞれ 0.007、

表 1. アオザメの年齢と尾鰭前長 (cm) (Takahashi *et al.* 2017)

年齢	雌	雄
0	60	60
1	88	87
2	113	111
3	134	130
4	153	146
5	170	160
6	185	171
7	198	181
8	209	189
9	219	196
10	228	202
11	236	207
12	243	211
13	249	214
14	254	217
15	259	219
16	263	221
17	267	223
18	270	224
19	273	226
20	275	227
21	277	228
22	279	228
23	281	229
24	282	229
25	284	230
26	285	230
27	286	230
28	287	231
29	287	231
30	288	231
31	289	231

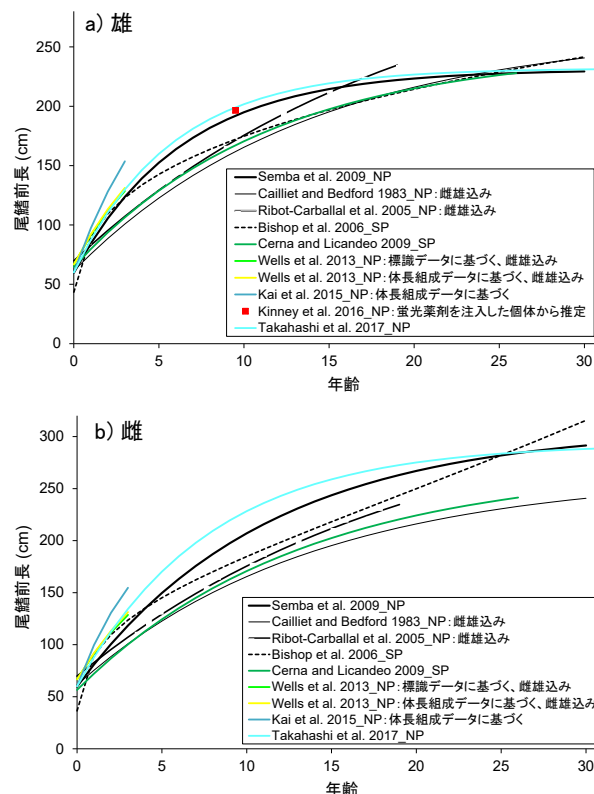


図 4. アオザメの成長曲線

NP、SP はそれぞれ北太平洋、南太平洋で推定された成長式である ことを示す。Takahashi *et al.* (2017) の成長式は北太平洋の資源 評価で用いられた。

0.318であった(Yokoi *et al.* 2018)。

北太平洋系群に対して2018年の資源評価で用いられた生物情報をもとに親子関係(ベバートンホルトモデル)のパラメータ( $h$ : スティープネス)値が推定され( $h=0.317$ )、2018年の資源評価のベースケースモデルで使用された(ISC 2018)。また、サメ類の親子関係を推定する際の生物学的な不確実性の影響を評価する数値的な手法が開発され、北太平洋系群の生物学的なパラメータの複数候補から最も可能性の高い親子関係のパラメータ値が推定され、 $h$ の平均値(標準偏差)は2年と3年の繁殖周期に対してそれぞれ0.353(SD=0.057)と0.273(SD=0.046)だった(Kai 2020)。

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、推定手法の高度化及び推定精度向上が望まれる。具体的には、生物学的な不確実性の問題に加えて、産仔数の少ないサメ類に適した親子関係(Low fecundity stock-recruitment relationship: LFSR)のモデル(Taylor *et al.* 2013)の適用を検討する必要がある。

【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

北太平洋系群については、2015年に行われた資源状態に関する包括的な指標による解析(インディケータ解析; ISC 2015)以降、漁獲データや生物パラメータの集積、及び資源量指数等の改善を経て、2018年4月に統合モデル(Stock Synthesis: SS)による資源評価が初めて行われた。資源評価には、日本、米国(西海岸とハワイ)、台湾、メキシコのまぐろはえ縄及び流し網の漁獲量及び標準化 CPUE (はえ縄のみ)、

漁獲物の雌雄別体長データが入力データとして用いられた(ISC 2018)。ベースケースとなる日本、米国、台湾、メキシコの資源量指数は、2015年には国・地域によって異なる傾向を示す点が見られたが、これらが改善され(図5左)、課題であった成長式についても各国の年齢別体長データを統合したメタ解析により成長式に関する不確実性が減り、産仔数や成熟体長に関しても同様のメタ解析を行うことにより、生物パラメータの推定精度が向上した。ベースケースについて推定された資源状態は、現在(2016年)の資源量(メスの親魚個体数(SA)にて評価)は最大持続生産量(MSY)水準を上回り( $SA_{2016}/SA_{MSY} = 1.36$ )、漁獲強度は1980~1990年にかけてMSY水準を上回ったものの、それ以降減少し、現在の漁獲強度はMSY水準を下回る( $1 - SPR_{2016} / 1 - SPR_{MSY} = 0.62$ )と推定されたことから(図6)、MSYを管理基準値とした場合、本系群は乱獲状態でなく過剰漁獲行為も行われていないと判断された。資源水準については、 $SA_{2016}/SA_{MSY}$ が1以上3未満であることから中位と判断した。不確実性を考慮した6つのシナリオ下で計算した資源状態は、ベースケースの結果に類似していた。3つの漁獲強度の下(2013~2015年の漁獲強度の平均値、平均より2割少ない水準、2割高い水準)で推定された将来予測によれば(推定期間: 2017~2026年)、現在の平均的漁獲強度で漁獲を続けた場合は、資源量は緩やかに増加すると推定された。将来予測の結果と資源量指数や親魚量、加入量は安定して推移していること等を合わせて考えると、北太平洋系群の資源の動向は増加傾向にあると推定される。今後、漁獲量や資源量指数のほか、成長式や親子関係等の不確実性を更に改善する必要があるものの、これらの結果は、2018年8月に行われたWCPFCの第14回科学委員会においても承認された。2021年春、ISCによって、再び北太平洋系群のアオザメを対象にしたインディケータ解析が行われた。この解析は、次回の資源評価に先立ち、資源状態の急激な悪化を示す兆候が見られるかどうかを判断し、懸念が示された場合には予定されていた資源評価のスケジュールを早める必要性を検討する目的で行われた。各国から、資源の動向を示す主要な漁業における資源量指数(CPUE)、漁獲量、サイズデータが提出されたが、前回の資源評価で用いられたハワイはえ縄(浅縄)、台湾はえ縄(large-scale)、メキシコはえ縄、日本はえ縄(公庁船)のCPUEの年トレンド(5

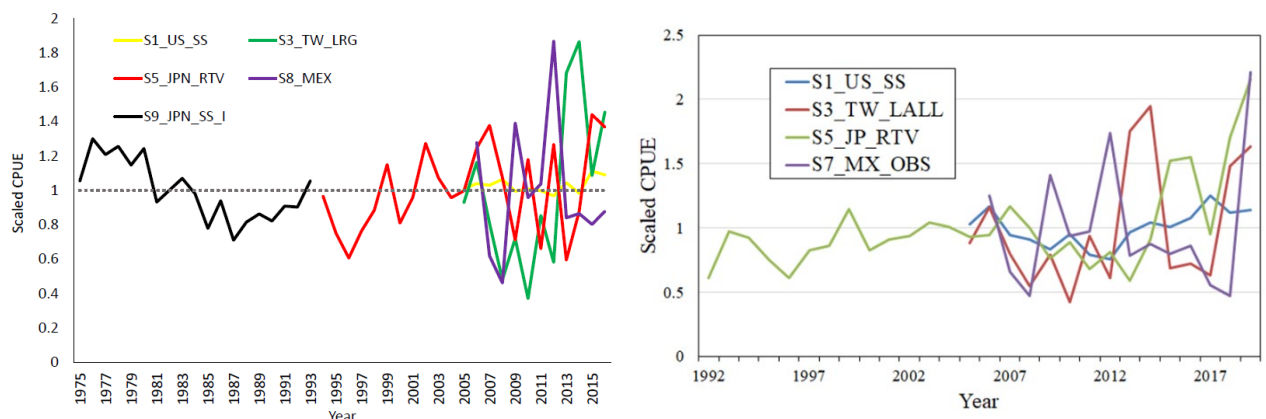


図5. 北太平洋のはえ縄漁業データに基づくアオザメの標準化 CPUE の年トレンド (左: 1975~2016年、右: 1992~2019年) 左図は2018年の資源評価に用いられたCPUEで、黄色、黒、赤、緑、紫はそれぞれハワイ(浅縄)、日本(浅縄; 1993年以前)、日本(深縄; 1994年以降)、台湾、メキシコのはえ縄漁業データ(ISC 2018)。右図は資源評価後に推定されたCPUEで、青がハワイ(浅縄)、赤が台湾、緑は日本(深縄)、紫はメキシコのデータを基に推定後、相対化した値(ISC 2021)を示す。

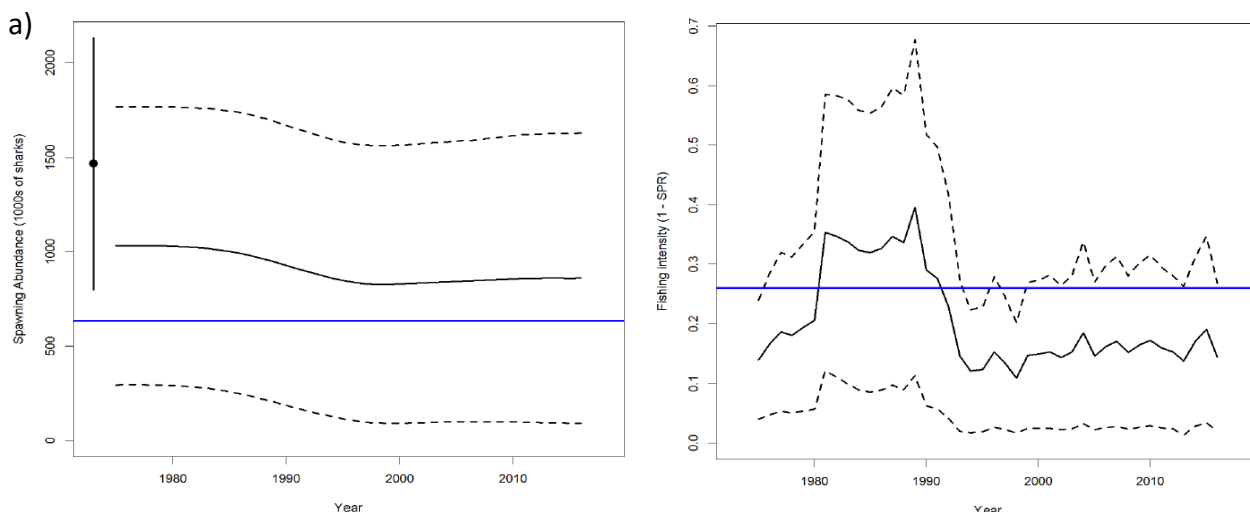


図6. 統合モデルによって推定された北太平洋系群の a) 資源量 (単位: 千個体) 及び b) 漁獲強度 (漁獲死亡係数) の年変化 (1975~2016年, ISC 2018)  
 点線は 95%信頼区間、青線は、MSY 水準の a) 資源量及び b) 漁獲強度 (漁獲死亡係数) を示す。

年移動平均・長期及び短期間の CPUE の変化率) を中心に検討が行われた。その結果、前回の資源評価以降、CPUE に顕著な減少傾向は確認されず (図 5 右)、資源状態が悪化している兆候は認められなかったことから、次回の資源評価は予定通り 2024 年に行うことが合意された。

北太平洋ではえ縄実習を行う我が国の地方公庁船の (漁業とは独立した) 漁獲データに空間統計モデルを適用し、資源量指数を推定した結果 (Kai 2019) によると、CPUE は 1994 年から 2008 年にかけて大きな変動を伴いながらもトレンドは一定で、その後は一旦減少して増加する傾向を示した。この結果は、2018 年の資源評価で示された近年の資源の増加傾向を支持する結果となった。

南西太平洋のアオザメ (南太平洋系群) については、2022 年に SS による資源評価が初めて行われ、WCPFC の第 18 回科学委員会にて結果が報告された (Large *et al.* 2022)。資源評価は、1995~2020 年の期間に対して、高緯度域と低緯度域の 2 フリート (基本的な定義としては、漁具や漁法等の操業様式を同一とする漁船のまとまり) を仮定して行われたが、初期漁獲死亡 ( $F_{init}$ ) の推定を含め、漁業開始前の資源や資源状態の推定の不確実性は非常に大きく、モデル診断の結果から、スケールパラメーター ( $R_0$ ) にレトロスペクティブな傾向が確認されたほか、 $F_{init}$  の推定値はサイズデータの影響を受けること、代替となる漁獲量や生物パラメータを用いた場合、推定される  $F_{init}$  が非現実的な値となること、これらパラメーターの推定に際して 2 つのフリートの CPUE (推定値) が異なるトレンドを示したことなど、複数の問題点が認められた。また、推定した漁獲量では、CPUE の初期の減少傾向を説明できないことも判明したことから、当該モデルによる推定結果は解析における仮定や入力値に大きく依存し、得られる解は不安定であると考えられ、管理勧告の検討に十分な頑健性を欠くと判断された。

一方で、漁獲死亡 ( $F$ ) や関連する基準値については、比較的一定した推定値が得られており、予備的な推定結果として、近年の  $F$  は資源にとって危機的なレベルを下回り、 $F_{MSY}$  付近と考えられた。但し、モデルの不安定さを考慮して、漁獲量や投

棄量の不確実性に対する感度解析は行っておらず、上述の結果は 1 つの生活史パラメータ下で最も妥当と思われる漁獲量・投棄量を仮定した場合の基準値のレンジを示すに過ぎない点に留意が必要である。

このような不確実性や利用可能なデータの制約により、南西太平洋のアオザメに関する管理勧告は出されなかったが、入力データの更なる検討や時空間的な豊度のパターンの検討、漁獲量の再推定、標識放流や遺伝的手法による系群構造の解明、成長式や年齢査定手法のバリデーション、各国から提出される年別の推定漁獲量のエリア解像度の改訂 (赤道以北、以南に分けて報告) 等、本系群の生態解明や入力データの改善に関する勧告が出された。

### 管理方策

全ての Tuna-RFMO 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おり、WCPFC では、2014 年の年次会合において、①マグロ・カジキ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) またはシャークライン (浮き玉または浮縄に接続された枝縄) のいずれかを使用しないこと (ワイヤーリーダーやシャークラインの詳細については、用語集を参照のこと)、②サメ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等の取組を定めた管理計画が 2016 年 1 月 1 日より 5 年間実施された。また、同じ WCPFC において、2020 年 11 月以降、(ア) 水揚げまでヒレを胴体から切り離さない、または、(イ) 船上では切り離したヒレと胴体を同じ袋に保管する等の代替措置を講じることが 2019 年に合意された。

2019 年 8 月に開催された 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、ヒレ等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（Kai 2021）、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、本種を他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. Freshw. 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.
- Cerna, F., and Licandeo, R. 2009. Age and growth of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the south-eastern Pacific off Chile. *Mar. Freshw. Res.*, 60: 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.
- Conde-Moreno, M. and Galvan-Magana, F. 2006. Reproductive biology of the mako shark *Isurus oxyrinchus* on the southwestern coast of Baja California, Mexico. *Cybiurn* 2006, 30(4) suppl.: 75-83.
- 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.
- Francis, M.P., and Duffy, C. 2005. Length at maturity in three pelagic sharks (*Lamna nasus*, *Isurus oxyrinchus*, and *Prionace glauca*) from New Zealand. *Fish. Bull.*, 103: 489-500.
- Francis, M.P., Shivji, M.S., Duffy, C.A.J., Rogers, P.J., Byrne, M.E., Wetherbee, B.M., Tindale, S.C., Lyon, W.S., and Meyers, M.M. 2019. Oceanic nomad or coastal resident? Behavioural switching in the shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*). *Mar. Biol.*, 166: 5. Doi: 10.1007/s00227-018-3453-5
- 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.
- 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.
- ISC. 2018. Stock assessment of shortfin mako shark in the North Pacific Ocean through 2016. WCPFC-SA-WP-11. 118 pp.
- ISC. 2022. Fisheries Statistics. The reported total annual landings. [http://isc.fra.go.jp/fisheries\\_statistics/index.html](http://isc.fra.go.jp/fisheries_statistics/index.html) (2022年11月18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.
- Kai, M. 2019. Spatio-temporal changes in catch rates of pelagic sharks caught by Japanese research and training vessels in the western and central North Pacific. *Fish. Res.*, 216: 177-195.
- Kai, M. 2020. Numerical approach for evaluating impacts of biological uncertainties on estimates of stock-recruitment relationships in elasmobranchs: example of the North Pacific shortfin mako. *ICES. J. Mar. Sci.*, 77: 200-215. Doi: 10.1093/icesjms/fsz210
- Kai, M. 2021. Are the current IUCN category and CITES listing appropriate for the conservation and management of shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, in the North Pacific Ocean? *Mar. Policy*, 134: 104790.
- 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. Freshw. Res.*, 66: 1176-1190.
- 川崎 健・八百正和・安楽守哉・永沼 章・浅野政宏. 1962. 東北海域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.
- 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.
- Large, K., Neubauer, P., and Brouwer, S. 2022. Stock assessment of Southwest Pacific shortfin mako shark. WCPFC-SC18-2022/SA-WP-02. 40pp.
- Michaud, A., Hyde, J., Kohin, S., and Vetter, R. 2011. Mitochondrial DNA sequence data reveals barriers to dispersal in the highly migratory shortfin mako shark (*Isurus*

- oxyrinchus*). ISC/11/SHARKWG-2/03.
- 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.
- Nasby-Lucas, N., Dewar, H., Sosa-Nishizaki, O., Wilson, C., Hyde, J.H., Vetter, R.D., Wraith, J., Block, B.A., Kinney, M.J., Sippel, T., Holts, D.B., and Kohin, S. 2019. Movements of electronically tagged shortfin mako sharks (*Isurus oxyrinchus*) in the eastern North Pacific Ocean. Anim. Biotelemetry, 7(12). Doi: 10.1186/s40317-019-0174-6
- 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.
- 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., Huvneers, 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. 2018. Chapter 5. 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: Sustainable Fisheries in the Eternal Ocean. Springer. 77-104 pp.
- 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., 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.
- 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 水揚地でのまぐろ・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). 2017-2018. 平成28年度-平成29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.
- 水産研究・教育機構 (編). 2019-2020. 平成30-31年度 水揚げ地でのまぐろ・かじき・さめ調査結果. 水産研究・教育機構, 横浜.
- 水産研究・教育機構 (編). 2021-2022. 令和2-3年度 水揚げ地でのまぐろ・かじき・さめ調査結果. 水産研究・教育機構, 横浜.
- Taguchi, M., Ohshimo, S., and Yokawa, K. 2015. Genetic stock structure of shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the Pacific Ocean. ISC/15/SHARKWG-1/05.
- Takahashi, N., Kai, M., Semba, Y., Kanaiwa, M., Liu, K.M., Rodríguez-Madrigal, J.A., Tovar-Ávila, J., Kinney, M.J., and Taylor, J.N. 2017. Meta-analysis of growth curve for shortfin mako shark in the north Pacific. SC/17/SHARKWG-3/05. 17 pp.
- 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.
- Taylor, I.G., Gertseva, V., Methot, R.D., and Maunder, M.N. 2013. A stock-recruitment relationship based on pre-recruit survival, illustrated with application to spiny dogfish shark. Fish. Res., 142: 15-21.
- 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.
- Yokoi, H., Iijima, H., Ohshimo, S., and Yokawa, K. 2018. Impact of biology knowledge on the conservation and management of large pelagic sharks. Sci. Rep., 7: 10619.

アオザメ（太平洋）の資源の現況（要約表）

海域	北太平洋	南太平洋
資源水準	中位	調査中
資源動向	増加	調査中
世界の漁獲量 （最近5年間）	1,040～1,437 トン（漁獲量）*1 最近（2021）年：1,040 トン 平均：1,242 トン（2017～2021 年）	調査中
我が国の漁獲量 （最近5年間）	430～869 トン（水揚量） 最近（2021）年：430 トン 平均：707 トン（2017～2021 年）	1～129 トン 最近（2021）年：1 トン 平均：59 トン（2017～2021 年）
管理目標	検討中	検討中
資源評価の方法	統合モデル（SS）	SS
資源の状態	$SA_{2016} / SA_{MSY} : 1.36$ $1 - SPR_{2016} / 1 - SPR_{MSY} : 0.62$	$B_{2020} / B_{MSY} : \text{不明}$ $F_{2020} / F_{MSY} : 0.64$
管理措置	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	FAO、IATTC、ISC、WCPFC、CITES	FAO、WCPFC、CCSBT、CITES
最近の資源評価年	2018 年	2022 年
次回の資源評価年	2024 年	予定なし

\*1 北緯 20 度以北の漁獲量に基づく（一部にバケアオザメが含まれる）。  
2021 年の値は暫定値。