

アオザメ インド洋

(Shortfin Mako, *Isurus oxyrinchus*)



最近の動き

2020年9月にインド洋まぐろ類委員会 (IOTC) 混獲生態系作業部会 (WPEB) において、アオザメの資源評価が行われた。各国の漁獲量や CPUE 等のデータを用いて3種類の資源評価モデルによる解析が行われたが、解析に用いられた資源評価モデルの妥当性のほか、用いられた生物パラメーターや漁獲量の不確実性に関する問題から、報告された評価結果に基づく資源管理措置の勧告は見送られた。

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、サメ類の中でも商品価値が高い。

漁業の概要

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、マグロ・カジキ類を対象としたはえ縄漁業において混獲されている。IOTC 事務局が取りまとめた統計資料によれば、2015～2019年の漁獲量 (報告値) は1,087～2,244トン (2015～2019年の平均値: 1,789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 2020)。

インド洋で操業する我が国漁業において、アオザメは主にまぐろはえ縄での混獲物として利用されてきた。インド洋における我が国はえ縄漁業は1952年に東部熱帯域で始まり、1960年代後半にはインド洋全域に広まった。努力量は1960年代後半まで増加した後変動を繰り返していたが、2008年以降にはソマリア沖の海賊の影響により大きく減少した (Japan 2020)。最近5年間 (2015～2019年) では、モザンビーク～マダガスカル沖、東部熱帯域において熱帯マグロを、豪州の西でビンナガやミナミマグロを、南アフリカ沖でミナミマグロを対象とした操業を行っている (Japan 2020)。

IOTC 事務局が公表している漁獲統計資料 (1964～2019年) によれば、インド洋におけるアオザメの漁獲量は1964～1970年頃までは1,000～1,500トンの範囲にあるとされているが、各国が種別漁獲量の報告を始めた1980年代後半から1990年代後半にかけて500トンから2,000トン近くまで増加傾向を示し、以後は増減を繰り返している (図1)。2005年には最大2,650トンの漁獲が報告されたが、2010年以降は、1,500～

2,000トンの範囲を推移している。2019年の漁獲量は約1,110トン (暫定値) と前年から約600トン減少したが、今後は各種規制の影響により漁獲量が減少する可能性もある。国別に見ると、1964～1980年代中盤まではほぼ日本による報告 (漁獲) であったが、この期間のはえ縄漁業の漁獲量の記録様式は、種類別ではなくサメ類として合算されたものであり、推定値 (国際連合食糧農業機関 (FAO) 統計を用いて IOTC 事務局が推定した値) には不確実性が伴う点に留意が必要である。1990年に入ると、スリランカやパキスタンの漁獲が増え始める一方で、2000年頃からはスペインや南アフリカの漁獲が増え、日本の漁獲量の占める割合は、2011年以降は10%未満となっている (図1)。

漁法別に見ると、1964～2019年を通じて平均して8割近くの漁獲量ははえ縄、次いで流し網による漁獲が多い (図2)。はえ縄と流し網の混合漁具による漁獲は1990年頃から顕著になり、1993～2000年頃までの間に全体の漁獲量の4割近くを占めたが、その後は激減し、2014年以降は当該漁具による漁獲は報告されていない。はえ縄による漁獲の内訳をみると、2000年前後からメカジキを対象とする操業による漁獲が増え、大部分を占めるに至っている。

インド洋における我が国のアオザメの漁獲量は、種別の漁獲量が報告されるようになった1994年以降、1996年の666トンを除き、430トン (1994年) から約100トン (2018年) まで緩やかに減少している。2019年は暫定値にて55トンが漁獲されている。

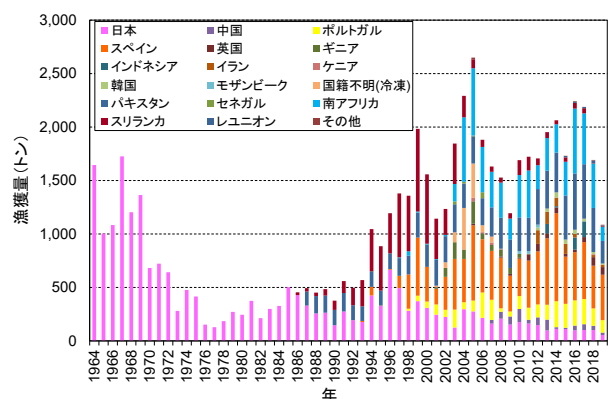


図1. インド洋における国別のアオザメ水揚げ量 (1964～2019年) IOTCの統計情報 (IOTC 2020) に基づき作成。1994年以前の日本の漁獲量については暫定値。

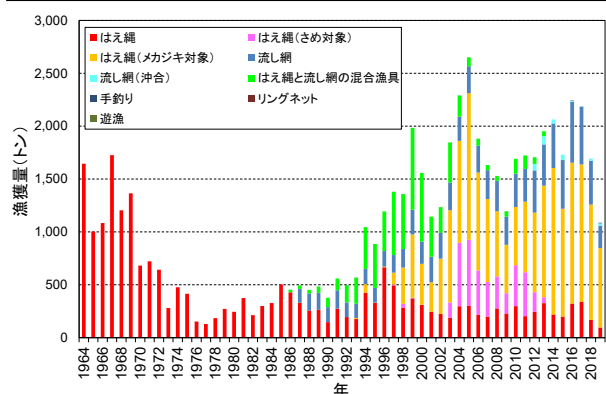


図2. インド洋における漁法別のアオザメ水揚量(1964～2019年) IOTCの統計情報 (IOTC 2020) に基づき作成。

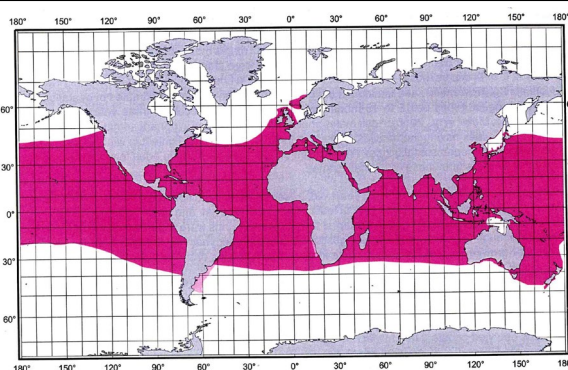


図3. アオザメの分布 (Compagno 2001)

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、一部はインド洋以外の系群の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)。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。インド洋に面する南アフリカのクワズルナタールの沿岸のサメ除けネットの記録によれば、水温 17～22℃の環境下で出現が確認されている (Compagno 2001)。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子組成であることが示された (Heist *et al.* 1996)。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 *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及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。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 (中野 1996、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。

【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 か月と大きく、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、Joung and Hsu 2005、Semba *et al.* 2011)。出産期は晩冬～盛夏と推定されている。

北大西洋で行われた通常標識放流調査の結果においても、本種の適水温は 17～22℃ (Casey and Kohler 1992) であることが報告されており、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。近年は、各大洋で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、豪州南部のグレートオーストラリア湾で行われた研究によれば、放流された未成魚のうち数個体は冬季～春季にかけて、豪州南部からインド洋北東部の熱帯域あるいは珊瑚海あるいは亜熱帯のフロント域まで移動すること、更に 1 個体 (未成魚) はインド洋を横断し 25,550 km もの距離を移動したことが報告されている (Rogers *et al.* 2015)。

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、インド洋系群については、Groeneveld *et al.* (2014) 及び Liu *et al.* (2018) により成長式が報告されている (図4)。観察された最高年齢 (年齢査定した個体のうち最高齢の個体) は、雄が 14 歳 (Liu *et al.* 2018) または 19.5 歳 (Groeneveld *et al.* 2014)、雌が 18 歳 (Liu *et al.* 2018) または 18.5 歳 (Groeneveld *et al.* 2014) と報告されているが、実際の寿命はこれよりも長いと考えられる。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。

50%成熟体長に関して、南西インド洋における研究報告によれば、雄は 190 cm (尾叉長)、雌は 250 cm (尾叉長)、年齢では雄は 7 歳、雌は 15 歳と推定されている (Groeneveld *et*

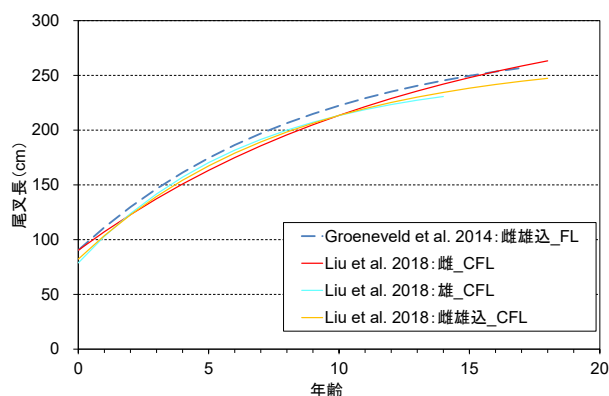


図 4. インド洋におけるアオザメの成長曲線 (Groeneveld *et al.* 2014, Liu *et al.* 2018 を基に作成)

縦軸は直線状に計測した尾叉長 (FL: Groeneveld *et al.* 2014 が採用した計測) もしくは体表に沿って (カーブ状に) 測定した尾叉長 (CFL: Liu *et al.* 2018 が採用した計測) を示す。統一基準に換算する係数が無いため、同一の図の中で示した。

al. 2014)。成熟体長・年齢については各海域で異なる推定値が得られており、いずれもサンプルサイズが限られているため、推定値には不確実性が伴う点に留意が必要である。

インド洋においては、本種の最大体長・体重は尾叉長 311.3 cm、273.9 kg (推定) と報告されている。

【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

インド洋系群についてはこれまで資源評価は行われておらず、各国が推定した標準化 CPUE 等が IOTC の WPEB にて議論されてきた。我が国は、2011 年に初めてインド洋で操業する日本の遠洋はえ縄の漁獲成績報告書データを用いて標準化した CPUE の推移 (1994~2010 年) を報告し、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いことを報告した (Kimoto *et al.* 2011)。2019 年には、同じく日本の漁獲成績報告書のデータに基づき、本種を漁獲した船の情報を選別し (Kai 2019)、1993 年から 2018 年までの資源量指数 (標準化した CPUE) の年トレンドとそれに基づく漁獲量の推定値を報告した (Kai and Semba 2019)。この CPUE 標準化の中で 3 つの誤差構造 (ゼロ過多ポワソンモデル・負の二項分布・ポワソンモデル) を考慮したモデルを検討し、赤池情報量基準 (AIC) をもとに負の二項分布モデルをベストなモデルとして選択した。推定した CPUE は、1990 年代頭~2009 年にかけて大きく変動しながらも減少傾向を示し、

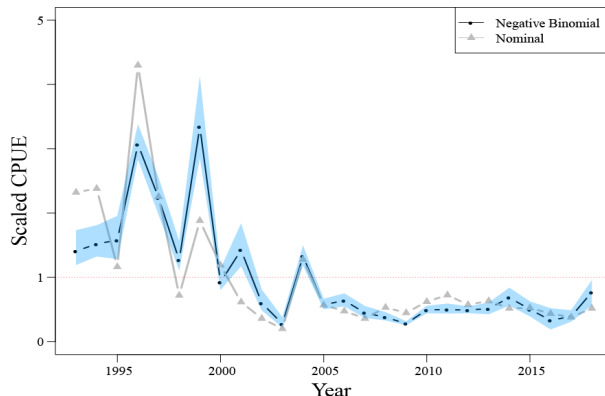


図 5. インド洋 (全域) における日本のはえ縄漁業データに基づき推定されたアオザメの標準化 CPUE (1993~2018 年, Kai and Semba 2019)

横軸は年を、縦軸は基準化した CPUE (推定値の平均を 1 とした場合の各年の CPUE) を示す。薄い水色の区間は 95% ブートストラップ信頼区間を、灰色の△は標準化する前のノミナル CPUE を、黒の●は赤池の情報量基準によって選択されたベストモデル (負の二項分布) に基づく推定値を示す。

その後は微増傾向を示した (図 5)。このモデルに基づき、年別漁獲量を推定した結果、漁獲量は 1990 年代頭から増加し、1996 年にピークを迎えたが、2000 年以降は減少傾向を示した。その背景として、2000 年以前には努力量の増加と高い水準の CPUE が関係しているものと考えられた。この他、資源変動に大きな影響を及ぼす内的自然増加率を、インド洋の生活史パラメーターを中心にメタ解析した結果 (中央値: 0.113) が報告された (Semba *et al.* 2019)。これらの日本が示した漁獲量・CPUE・内的自然増加率は、2020 年に行われた資源評価で用いられた。しかし、資源評価に関して、解析に用いられた資源評価モデル (年齢構造を考慮しないベイズ型プロダクションモデル) の妥当性に関する合意が得られなかったほか、入力されたパラメーターや漁獲量の不確実性の問題が大きいことから、報告された評価結果に基づく資源管理措置の勧告は見送られた。

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いる。

IOTC 独自の勧告としては、管理区域で操業する各漁法について漁獲量や努力量のデータの記録 (Resolution 15/01) と報告 (Resolution 15/02)、地域オブザーバーによるサメ類に関するデータの記録と報告 (Resolution 11/04)、サメ類の漁獲量の報告と完全利用 (Resolution 05/05) 等がある。

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。附属書掲載は 2019 年 11 月 26 日から発効し、本種の魚体、鱗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、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掲載を留保している。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

- 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.
- 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. Freshw. 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.
- IOTC. 2020. IOTC-2020-DATASETS--NCDB. <https://iotc.org/data/datasets> (2020年12月9日)
- Japan. 2020. Japan National Report to the Scientific Committee of the Indian Ocean Tuna Commission. https://iotc.org/sites/default/files/documents/2020/11/IOTC-2020-SC23-NR08_-_Japan.pdf (2020年11月24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. Data filtering of Japanese logbook data in the Indian Ocean for analysis of species-specific shark's data from 1993 to 2018. IOTC2019-WPEB15-15.
- Kai, M., and Semba, Y. 2019. Estimation of annual catch rates and catches for shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) caught by Japanese longline fishery operated in the Indian Ocean from 1993 to 2018. IOTC2019-WPEB15-21.
- 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.
- Liu, K.-M., Sibagariang, R.D., Joung, S.-J., and Wang, S.-B. 2018. Age and Growth of the Shortfin Mako shark in the Southern Indian Ocean. *Mar. Coast. Fish. Dynam. Manag. Ecosys. Sci.*, 10: 577-589.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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., 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., Yokoi, H., and Kai, M. 2019. Estimate of intrinsic rate of natural increase (r) of shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) based on life history parameters from Indian Ocean. IOTC2019-WPEB15-20.
- 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.

Wourms, J.P. 1977. Reproduction and development in chondrichthyan fishes. Amer. Zool., 17: 379-410.

アオザメ (インド洋) の資源の現況 (要約表)

資源水準	調査中
資源動向	調査中
世界の漁獲量* (最近5年間)	1,087~2,244 トン 最近 (2019) 年: 1,087 トン 平均: 1,789 トン (2015~2019 年)
我が国の漁獲量* (最近5年間)	55~111 トン 最近 (2019) 年: 55 トン 平均: 94 トン (2015~2019 年)
管理目標	検討中
資源評価の方法	検討中
資源の状態	検討中
管理措置	漁獲物の完全利用等
管理機関・関係機関	IOTC、CCSBT、CITES
最近の資源評価年	2020 年 (管理勧告なし)
次回の資源評価年	未定

* 2019 年の漁獲量 (世界及び我が国) の値は暫定値。