

外洋性さめ類の資源生態解明を目的とした縦延縄試験漁具の開発に関する研究

著者	上嶋 紘生
学位名	博士(海洋科学)
学位授与機関	東京海洋大学
学位授与年度	2019
学位授与番号	12614博甲第531号
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001801/

博士学位論文内容要約

東京海洋大学大学院
応用環境システム学専攻
上嶋紘生

外洋性さめ類の資源生態解明を目的とした縦延縄試験漁具の開発に関する研究

さめ類は、生息域によって外洋性、沿岸性、深海性などに分類されるが、外洋性さめ類は大洋を回遊する高度回遊性魚類である。日本の外洋性さめ類の資源評価は、近海・遠洋延縄漁船によるまぐろ延縄操業の混獲種としての漁獲情報によってなされており、遠洋漁業で得られたデータのみでしか議論されていないのが現状である。しかし、沿岸域において外洋性さめ類であるヨシキリザメ (*Prionace glauca*) やアオザメ (*Isurus oxyrinchus*) が定置網で漁獲された報告例もあり、高度に回遊する外洋性さめ類の生活史を把握するためには、沿岸域における資源生態に関する情報が不足していた。これらのことから、同一海域（特に沿岸域）で通年にわたって調査を行い、外洋性さめ類の資源生態に関する情報を収集することは重要である。

外洋性さめ類の資源生態を理解するためには、生息域を水平、鉛直的に横断しながら万遍なく生態標本を採取し、種ごとに体長・体重、成長段階を確認するとともに、年齢査定などを行うことが必要である。外洋性さめ類の資源生態の把握には、まぐろ延縄漁船が操業で用いる浮延縄漁具による漁獲情報が用いられてきた。また、研究調査船による採集においても、同漁具が用いられている。浮延縄漁具は、水平方向に広く探査することができる漁具であるが、深層に多くの釣針を敷設することは容易では無く、深層に漁具を沈めるには浸漬時間を長くとる必要がある。これらの理由から、浮延縄漁具では釣針の敷設深度は限定され、漁獲対象種の生息する深度の範囲を調査するために鉛直方向に広く釣針を敷設することはできない。浮延縄漁具のもう一つの問題点として、幹縄が水中でカテナリー（懸垂線）状となることを仮定して漁具の敷設深度を計算するため、ふかれ（漁具が流れを受けて敷設深度が変化すること）の影響を考慮して漁具の三次元的形状を解析しなければ、漁具の水中形状を正確に把握して釣針の敷設深度を高精度に得ることが困難な点があげられる。以上のような条件を満たして、浅層から深層まで一定に万遍なく釣針を敷設し、さらに釣針の敷設深度の推定精度が向上すれば、漁獲対象種の鉛直分布を正確に把握することができる。そして、生息深度と水温や塩分などの物理環境との関係を明らかにすることができれば、資源生態の解明につながると期待される。

これまで、まぐろ類やメカジキの生息深度の調査のために、縦延縄操業調査が行われたことがあるが、縦延縄漁具は外洋性さめ類の資源生態調査でも有用であると考えられた。一般的な縦延縄操業では、対象魚種の生息深度に釣針を集中させた漁具を使用するが、資源生態調査を目的として生息深度とその範囲を調査するためには、浅層から深層まで満遍なくかつ一定の間隔で釣針を鉛直方向に敷設して操業することが求められる。沿岸域に來遊する外洋性さめ類（ヨシキリザメおよびアオザメ）を対象として縦延縄漁具を、このような試験操業のための漁具として使用した事例はない。また、さめ類を対象とした縦延縄漁具に関する情報もないことから、上記の条件を満たす新しい縦延縄漁具の開発を行い、資源生態調査における有用性を検証することを本研究の目的とした。

縦延縄漁具の開発当初には、揚縄時に強い張力による伸張で回転する幹縄に枝縄が絡む現象「ビリ巻き」が多発した。このビリ巻きが起こると、絡みの取り外しに時間がかかり、操業時間を圧迫する

ほか、傷ついた漁具の補修が必要になるため、縦延縄操業を継続的に行うためには、このような負担の低減が望まれた。完成した縦延縄漁具は、幹縄長 245 m、枝縄長 5 m であり、浮子によって浮力を調整した天秤を採用した。枝縄には流れの影響を受けて伸張しやすくするために、枝縄全体の浮力が中立となるように、枝縄長と釣針の重量に応じた浮子を取り付けた。幹縄の撚りを抑制するため、幹縄にはサルカンを取り付けた。この縦延縄漁具において、ビリ巻きは全枝縄の 15% に発生したが、枝縄の敷設深度が深いほどビリ巻きが起こりやすかった。また、縦延縄漁具と浮延縄漁具の CPUE の値は同程度になり、作業性がよく、漁獲性能も優れた縦延縄漁具を開発することができた。

資源生態調査において釣針の敷設深度の精度は重要であり、縦延縄漁具の幹縄と枝縄の敷設形状を調べることが必要である。そこで、幹縄と枝縄の敷設形状を調べるために、小型メモリー深度計 (JFE アドバンテック社製 DEFI) を枝縄に装着し、深度の経時変化を 1 秒間隔で計測した。また、操業中の漁具の移動速度を求めるため、GPS ロガーを内蔵したブイを取り付けた。幹縄は大きくふかれているときは設定深度より約 20° ほど浅くなるように傾いているが、多くの操業において設定深度より 5-15° 程度浅くなっていた。この程度のふかれであれば、外洋性さめ類に対する生息深度の推定時の誤差を小さくできると考えられる。一方、枝縄角度は、約 30-70° 傾いていた。完成した縦延縄漁具のビリ巻き率は 15% であることから、この枝縄角度は実用上問題のない範囲にあることがわかった。

縦延縄漁具および 2 種類の浮延縄漁具における深度層別の枝縄の敷設割合は、縦延縄漁具は等間隔に枝縄が設置されているために各深度帯に均等に敷設されているが、浮延縄漁具では 100m よりも浅い深度に集中して敷設されていた。各延縄の深度層別の枝縄の敷設割合と漁具別、深度層別の CPUE を比較すると、浮延縄漁具では深縄を用いても敷設できない深度帯において縦延縄漁具での漁獲がみられた。これらの結果より、現在用いられている浮延縄漁具のみでは、外洋性さめ類の生息深度分布を把握するには不十分であると考えられた。外洋性さめ類の生息深度の特徴について、北太平洋の外洋域でさめ延縄調査を実施した際には、浮延縄をより浅い深度に敷設した (浅縄) 操業の場合に CPUE が高くなる傾向を示したと報告されている。しかしながら、本研究の結果では相模湾の約 100m 以浅に釣針が敷設された浮延縄操業での CPUE と、深度約 232.5m まで釣針が均等に敷設された縦延縄操業での CPUE は同程度であり、浮延縄漁具や縦延縄漁具のいずれにおいても各層で平均的に漁獲されていることから、相模湾においてヨシキリザメやアオザメは表層に集中して生息しているわけではないことがわかった。また、本研究での調査では、ヨシキリザメやアオザメが水深 215 m 以深では漁獲されなかったため、縦延縄漁具を用いた操業を実施したことで、相模湾における生息深度の範囲を把握することができた。漁具の移動速度の比較においては、移動速度そのものの比較だけでなく、流速との比に変換した場合においても浮延縄漁具の方が有意に大きかったことから、縦延縄漁具の方が流されにくいことがわかった。これは、操業範囲が限定されている場合において、漁具が流されて操業許可範囲を超えるリスクを考慮し、投縄地点を設定することは非常に困難であることから、本研究で目的とした沿岸域における調査漁具の安全操業の観点からは、より流されにくい縦延縄の方が望ましいと考えられた。

外洋性さめ類の来遊とその生活史における相模湾の役割について検討するため、相模湾における延縄試験操業において漁獲された外洋性さめ類の資源生態データをもとに、漁獲特性について考察した。2011 年 8 月から 2017 年 7 月にかけて、浮延縄試験操業を 60 回、縦延縄試験操業を 36 回実施した。この調査期間に、ヨシキリザメ 143 尾 (雄 132 尾、雌 11 尾)、アオザメ 78 尾 (雄 61 尾、雌 17 尾) を漁獲した。ヨシキリザメ (雌) の妊娠個体は 4 尾漁獲されたが、アオザメ (雌) の妊娠個体は漁獲されなかった。漁獲されたヨシキリザメの体長 (尾鰭前長; PCL) は、雄で 121-232 cm、雌で 133-238 cm であった。漁獲されたヨシキリザメの体長は、それぞれ 8 月のオフシーズンを境に明らかに異なるため、PCL の差に着目して、8 月より前の 4 ヶ月間である春期 (4 月から 7 月) に漁獲されたサメの PCL と、8 月以降の 4 ヶ月間である秋期 (9 月から 12 月) に分けて比較を行った。2011 年から 2017 年までのヨシキリザメ (雄) のデータから、春期と秋期とに分けて PCL 各階級ごとの漁獲尾数について図

にとりまとめた。体長階級ごとの頻度分布をみると、春期のピークは PCL 140-160 cm であった。これはヨシキリザメ（雄）6-7 歳の体長に相当し、性成熟に達する前（未成熟）の体長である。つまり、春期では漁獲全体に占める雄の若齢個体の割合が高いことがわかった。一方、秋期をみると 160-180 cm をピークとする分布を示し、この体長階級は 7-8 歳に相当する。漁獲尾数をみると、180cm 以上の階級では、秋期の方が春期よりも漁獲尾数が多かったことから、秋期には春期と比べて成熟したヨシキリザメの来遊が多いことがわかった。

さらに、ヨシキリザメ（雄）の各季節における体長（PCL）の平均値と標準偏差を求め、2011 年から 2017 年までの傾向を検討した。PCL の平均値は、例年春期に低く、秋期に高かった。また、春期と秋期の PCL の平均値には約 20 cm の差が認められた。春期と秋期のそれぞれの期間では 10 尾前後のヨシキリザメ（雄）が漁獲されており、各期間での漁獲尾数はほぼ同様な傾向であったが、2015 年の春期には 24 尾のヨシキリザメ（雄）が漁獲された。

次に、相模湾においてさめ類の出生直後の個体が漁獲されなかったことから、延縄漁具の選択性について検証するため、口幅と PCL の関係を調べた。その結果、ヨシキリザメでは相関係数 $r = 0.86$ 、 $N = 75$ 、およびアオザメでは相関係数 $r = 0.91$ 、 $N = 45$ であった。ここで、ピアソンの相関係数の検定より、ヨシキリザメとアオザメ両者の口幅と PCL との間の直線関係は統計的に有意であった ($p < 0.001$)。また、本試験操業では 3.6 寸および 4 寸の釣針を使用して、餌として冷凍さば (150-250 g) を使用していたことから、大きい釣針や餌に食いつくことが必要であり、漁獲結果には延縄漁具の選択性の影響がみられると考えられた。

縦延縄操業の利点として、表層 (22.5m) から深度約 232.5m まで 17.5m 間隔で 13 本の釣針が敷設可能であり、漁具敷設形状も安定しており、釣針敷設深度の精度が高いことから、釣針敷設深度と CTD (Conductivity temperature depth sensor) 等の海洋観測結果との比較が容易である点があげられる。そこで、本研究で得られた漁獲データについて、CTD 観測で得られた水温、塩分データと比較検討を行った。ヨシキリザメは、日本近海で黒潮・親潮移行域から天皇海山群の海域まで幅広く分布しており、海水温との顕著な関係は認められなかったと報告されているが、性別・成長段階別の生態学的な棲み分けが示唆されている。本研究でのヨシキリザメ漁獲深度 (22.5-215m) における水温の範囲は、6.8-24.7°C であった。人工衛星をもとに作成された海面水温分布図を確認したところ、数日前から表面水温が高く、塩分が低い黒潮に起因すると考えられる沖合系水が大島東水道から波及しているようにみれる場合には、相模湾の表層にヨシキリザメが生息している可能性があることがわかった。

アオザメでは、北大西洋で行われた標識放流調査の結果より適水温は 17-22°C であること、電子標識を用いた調査より 22-27°C 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、適水温帯の範囲での環境水温の変化にともない回遊を行っていることが示唆されている。北太平洋においては、ヨシキリザメの若齢個体は亜寒帯境界付近を成育場にするると推測されているが、アオザメの適水温の条件はヨシキリザメと比較して範囲が狭い。しかし、縦延縄試験操業では 2018 年 7 月には深度 110m、水温 12.8°C 付近で漁獲があったように、塩分極大層 (34.5-34.7 psu) 付近で、電子標識を用いた結果から求められた適水温帯よりも低い水温帯での漁獲であったことが特徴的である。

相模湾において、ヨシキリザメ（雌）は春期に漁獲が集中しており、秋期にはほとんど漁獲されていない。雌のサメは 4-7 月の期間に出産すると考えられているが、4 月・5 月・12 月に妊娠した個体が漁獲された。妊娠した個体が 4 月・5 月に漁獲されたことについては、出産のために 30-40°N に北上する過程で、相模湾に来遊したと考えられる。ヨシキリザメ（雄）は 8 月の前後で異なる来遊パターンを示し、若齢個体が春期に相模湾に来遊するのに対して、より大型の個体は秋期に相模湾に来遊する傾向がある。これはヨシキリザメの回遊経路を参照すると、40°N 付近で成長したヨシキリザメ（雄）は、成長の段階にしたがって南下する。4-7 月に未成熟個体の雄が相模湾で漁獲されたことは、成育した海域から南下するとき、相模湾に来遊した可能性が考えられた。また、8 月以降に成熟した雄の個体が漁獲されたことについては、4-7 月に出産を終えた雌と交尾を行うために、南方の繁殖

海域に移動する過程で相模湾に来遊している可能性が考えられる。

また、ヨシキリザメの漁獲尾数の雌雄比率をみると、ヨシキリザメ（雄）132尾に対してヨシキリザメ（雌）は11尾であり、雄の漁獲尾数は雌の約12倍であった。ヨシキリザメは成長にともなって雌雄の生息海域が分離していることは知られていたが、相模湾では雄が雌よりも多く漁獲されることから、成長段階において雄がどのように相模湾に来遊しているのか、また、相模湾にて成育しているのかを解明することは非常に重要である。まずは、試験操業が実施できていない8月におけるヨシキリザメ（雄）の資源生態について調査することにより、ヨシキリザメの体長組成に季節的な連続性がみられるのかどうかを判定し、相模湾におけるヨシキリザメ（雄）の滞在や成育について検討する必要がある。そして生活史の各段階において、ヨシキリザメがどのように相模湾を利用しているのか、その分布域の縁辺部である黒潮内側域に位置する相模湾の役割についての知見が得られると考える。

アオザメ（雄）は、4-7月にかけて尾鰭前長（PCL）約160cm以下の個体が漁獲された。アオザメ（雄）が成熟するPCLの範囲は、150-183cmであるが、4-7月には未成熟個体の来遊が多いことがわかった。アオザメ（雄）は11月-翌年の1月にかけて、成熟した個体が漁獲されるようになる。このように、ヨシキリザメ（雄）と同様の傾向を示すが、ヨシキリザメ（雄）は9-12月に成熟個体の漁獲が増加するのに対して、アオザメ（雄）ではその時期がずれていたことが特徴的である。また、アオザメ（雄）は特に12月に成熟個体の漁獲が集中していることから、生殖行動に関係する理由があるものと考えられる。アオザメ（雄）の成熟個体に関するデータは少ないことが指摘されているため、これらのデータは非常に貴重である。秋期である9-11月にかけてヨシキリザメ（雌）は漁獲されなかったが、同様の傾向がアオザメでも観察された。アオザメ（雌）は全期間で17尾の漁獲があり、4-7月の期間に集中して14尾が漁獲されていた。アオザメ（雌）が成熟するPCLの範囲は、230-260cmであるが、本研究で漁獲された雌個体は、PCL約160cm以下の未成熟な個体のみであった。アオザメは成長につれて雌雄で生息域の分離度が強まるが、4-7月に雌雄の未成熟個体が相模湾に来遊することから、PCL約160cmという値は雌雄の生息域の分離度を考える上で指標になるものと考えられる。アオザメ（雌）が成熟するためには、生まれてから17年以上の年月が必要である。アオザメ（雄）同様にアオザメ（雌）の成熟個体に関する情報は少なく、成長の過程を考察することは非常に難しい。また、出産海域についても情報が少ないといわれている。相模湾におけるアオザメ（雌）出産の可能性については、ヨシキリザメとは異なりアオザメ（雌）は成熟個体も妊娠個体も漁獲されていないため、相模湾が産海産域であるとは判断できない。しかし、アオザメではヨシキリザメよりも小型の個体が漁獲されており、漁獲されたアオザメの最小個体はPCL 67cmであったことから、成長式からも出産後1年以内であることが考えられる。相模湾はアオザメの産海産域ではないかもしれないが、試験操業においてヨシキリザメよりも若いアオザメが漁獲されたことから、遊泳力がそれほどない若齢個体は近くの海域で出生・成育したのと考えられ、相模湾周辺海域（伊豆諸島）や黒潮下流域で出生したアオザメが相模湾に来遊してきた可能性がある。

また、アオザメの全漁獲尾数はヨシキリザメよりも少ないが、漁獲された雌雄の比率は異なる。研究期間中にアオザメ（雄）は61尾、アオザメ（雌）は17尾漁獲され、雄は雌の約3.5倍の漁獲尾数であった。アオザメにおいて、雄が雌よりも漁獲尾数が多いのはヨシキリザメと同じであるが、雌が全漁獲尾数に占める割合をみると、アオザメ（雌）の方がヨシキリザメ（雌）よりも多かった。また、日本でのさめ類の総水揚量の70-80%をヨシキリザメ、約7%をアオザメが占めているように、日本全体での漁獲重量では約10倍もの差があるのに対して、相模湾における操業結果では、雌雄を合わせたヨシキリザメ（143尾）とアオザメ（78尾）の漁獲尾数の差は約2倍でしかないことは、特筆すべき点である。