

北太平洋中西部におけるヨシキリザメに対する調査用流し網の網目選択性

著者	吉満 友野, 東海 正, 米崎 史郎, 清田 雅史
雑誌名	日本水産学会誌
巻	84
号	1
ページ	23-31
発行年	2018-01
権利	(c) 2018 Japanese Society of Fisheries Science. This is the author's version of the work. It is posted here for your personal use. To cite/redistribute/reproduce this work, the Publisher's version in https://doi.org/10.2331/suisan.16-00066 should be used, and obtain permission from Publishers, if required.
科学研究費研究課題	外洋性広域回遊生物のサイズ構造における時空間変動の解明
研究課題番号	25121505
URL	http://id.nii.ac.jp/1342/00001921/

doi: <https://doi.org/10.2331/suisan.16-00066>

1 北太平洋中西部におけるヨシキリザメに対する調査用流し網の網目選択性

2 ランニングタイトル：ヨシキリザメに対する流し網の選択性

3

4 吉満友野, ¹東海 正, ^{1*}米崎史郎, ²清田雅史²

5 ¹東京海洋大学, ²(国研)水産研究・教育機構国際水産資源研究所

6

7 Selectivity of research driftnet for blue shark *Prionace glauca* in the Northwest Pacific

8 TOMOYA YOSHIMITSU,¹ TADASHI TOKAI,^{1*} SHIROH YONEZAKI² AND MASASHI

9 KIYOTA²

10 ¹*Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato, Tokyo 108-8477,*

11 ²*National Research Institute of Far Seas Fisheries, Yokohama, Kanagawa 236-8648,*

12 *Japan*

13

14 *Tel: 81-3-5463-0474. Fax: 81-3-5463-0399. Email: tokai@kaiyodai.ac.jp

15 北太平洋中西部におけるヨシキリザメに対する調査用流し網の網目選択性
16 吉満友野，東海 正（海洋大），米崎史郎，清田雅史（水産機構国際水研）

17

18 和文要旨：

19 北太平洋中西部で 1999 年から 2013 年に行われた調査用流し網の操業回別目
20 合別のヨシキリザメ尾鰭前長組成に SELECT 法を適用し，流し網の選択性曲
21 線を推定した。この曲線を用いて採集物尾鰭前長組成における偏りを補正し
22 て資源の尾鰭前長組成を推定した結果，採集物では大型個体の尾数が過小評
23 価されていた。また魚体の胴周長始め各部周長を計測し，最適尾鰭前長にお
24 けるそれらを網目内周長と比較することで，ヨシキリザメは吻部から口裂ま
25 だが網目内に入り，その後網糸が魚体に絡むことで漁獲されることが示唆さ
26 れた。(246 文字)

27 キーワード： SELECT モデル，網目選択性，魚体周長，流し網，ヨシキリザ
28 メ

29 **【Abstract】**

30 Blue shark *Prionace glauca* is one of large shark species distributed in tropical to
31 temperate oceans around the world. Since blue sharks often swim in the surface layer,
32 they are caught by driftnet fisheries. Research driftnets surveys with a series of driftnets
33 of 13 different mesh sizes: 22-157 mm were conducted in the Northwest Pacific Ocean
34 during 1999-2013. From the data on precaudal length distribution of blue shark caught
35 by each mesh size in these surveys, this study estimated mesh selection curve of driftnet
36 by using the SELECT method. AIC chose the log-normal selection curve model.
37 Simultaneously, the precaudal length frequency distribution of the blue shark
38 encountering the driftnets was also estimated. In this driftnet survey catch, abundance
39 of large-sized blue shark was underestimated because no driftnets of enough large mesh
40 size were utilized. For blue shark with the optimum precaudal length of a given mesh
41 size, the girth at the posterior end of mouth aperture was smaller than the mesh
42 perimeter. Blue shark was most effectively retained by the entangling process that the
43 shark was snagged, rolled or entangled in the net after the snout entered the mesh.

44 (189words)

45 日本で水揚げされるサメ類のうち、7割以上はヨシキリザメ *Prionace glauca*
46 であり、塩釜漁港、気仙沼漁港、石巻漁港、銚子漁港や和歌山県の勝浦漁港で
47 多く水揚げされている。¹⁾ また、ヨシキリザメは延縄や流し網などで漁獲され、
48 冷凍することなく鮮魚として水揚げされることが多く、¹⁾さらに加工品、特に鰭
49 を切り取って乾燥させたフカヒレは中華料理用の高級食材として利用されて
50 いる。²⁾ヨシキリザメの生息域は世界中の熱帯域から温帯域の広範囲に及び、外
51 洋性サメ類の中で最も資源豊度が高いと考えられている。³⁾ 各大洋の漁業管理
52 機関ではヨシキリザメを含めた外洋性サメ類の資源評価や管理が求められて
53 おり、資源解析において基礎的な情報である体長組成を正確に把握することが
54 不可欠である。^{4,5)}ヨシキリザメは主に表層域を遊泳し、高次捕食者として小型
55 浮魚類や軟体類を捕食している。^{6,7)}このことから、資源調査で標本を採集する
56 ために、表層域の生物を漁獲することができる流し網が用いられることがある。
57 ⁶⁻¹¹⁾しかし、流し網には網目選択性が存在することが知られている。¹²⁻¹⁴⁾流し網
58 を用いた資源調査結果では、選択性による体長組成の偏りを考慮する必要があ
59 る。

60 中野、島崎¹⁵⁾は石田の方法¹²⁾を用いて、ヨシキリザメに対する流し網の選択
61 性を推定した。石田の方法¹²⁾は、選択性曲線を表すために特定の関数式を仮定
62 することなく目分量で選択性曲線を引くので、推定誤差の評価ができない等の
63 問題点が指摘されている。¹⁶⁾ また複数の目合を用いた調査用流し網では、通例
64 一晩に一回の操業を行う。そして、一晩ごとに定点を変えながら操業を繰り返
65 していく。こうした繰り返しの操業の中では、破網などによって一部の目合の
66 流し網の使用反数が変化することがある。また、流し網では、しばしば大量に
67 漁獲されることがあり、標本を抽出して体長を計測することになる。石田の方
68 法¹²⁾では、反数あたりの漁獲尾数を CPUE として求め、これを基に選択性曲線
69 を求めるが、目合別の使用反数や標本抽出率が変化した複数回の操業を単純に

70 合算して扱うことはできない。近年では、この石田の方法¹²⁾に代えて、選択性
71 曲線を開数式で表し、そのパラメータを最尤推定する方法が標準的に用いられ
72 ており、その解析方法の一つに Fujimori and Tokai¹⁷⁾の方法がある。Harada *et al.*¹⁸⁾
73 や Yamashita *et al.*¹⁹⁾は操業ごとに採集努力量が増加した場合の合算手法を示し
74 た。矢野ら²⁰⁾と佐藤ら^{21,22)}はこの方法を用いて調査用流し網を使用した資源調
75 査のデータからマサバ *Scomber japonicus* やマイワシ *Sardinops melanostictus* に
76 対する流し網の選択性曲線を推定した。また、推定した選択性曲線から合成選
77 択性曲線²²⁻²⁴⁾を求めることで、調査に用いた目合の組み合わせが、資源調査に
78 どの程度適合しているか検討することができる。²²⁾さらに、推定した選択性曲
79 線において、相対効率が最大値である 1.0 になる最適体長と、相対効率が 0.5 以
80 上になる体長の範囲を求め、そのときの魚体の各部周長を網目内周長と比較す
81 ることで、流し網への掛かり方を考察することができる。^{20,21)}

82 本研究では、Fujimori and Tokai¹⁷⁾の方法を用いて、ヨシキリザメに対する流し
83 網の選択性曲線パラメータを推定した。そして、ブートストラップ法を用いて、
84 選択性曲線パラメータの推定誤差とともに流し網に遭遇したヨシキリザメの
85 体長組成の推定を試みた。さらに、本調査で用いた目合の組み合わせが資源調
86 査に適しているか検討するため、合成選択性曲線²²⁻²⁴⁾を求めた。また、ヨシキ
87 リザメの流し網への掛かり方を考察した。

88

89

材料と方法

90

91 **流し網による調査方法** 1999 年から 2012 年 4 月から 8 月に（国研）水産研
92 究・教育機構 国際水産資源研究所（1999～2010 年、水産総合研究センター遠
93 洋水産研究所）が、また 2013 年 6 月から 8 月に同機構東北区水産研究所が、青
94 森県産業技術センター所属の開運丸（206t）を用船して実施した北太平洋中西

Fig. 1

95 部のアカイカ調査用流し網の操業データを用いた (Fig. 1)。この調査で使用さ
96 れた一連の調査用流し網は、年によって異なる目合の組み合わせで構成されて
97 いた (Table 1)。標準的な目合と使用反数の組み合わせは 48 mm (3 反), 55 mm
98 (3 反), 63 mm (3 反), 72 mm (3 反), 82 mm (3 反), 93 mm (3 反), 106 mm (3 反), 121
99 mm (3 反), 138 mm (3 反), 157 mm (3 反) であった。目合間の公比は、22~48 mm
100 目合ではほぼ 1.30 であり、48~157 mm 目合ではほぼ 1.14 であった。また、一
101 連の流し網の中で両端は網形状が変形し易いことが知られていることから、こ
102 れら目合の流し網形状で変形が生じないように 115 mm 目合の商業用網が両端
103 に配置された。この 115 mm 目合の流し網による漁獲で得られたデータは解析
104 には用いなかった。流し網の網地は、緑色のナイロンモノフィラメントの網糸
105 を用いて二重蛙又結節で編まれており、一反の長さは約 50 m であった。

106 2014 年 1 月 20 日に、株式会社日東製網函館工場に保管されていた使用前の
107 流し網を用いて、目合別に流し網一反上で任意に選んだ 50 カ所の網目につい
108 て、その目合内径をデジタルノギスで測定した (Table 1)。

109 漁獲したヨシキリザメは目合ごとに計数し、全数あるいは漁獲物が多い場合
110 は無作為に抽出した標本について尾鰭前長を測定した。それぞれの階級である
111 程度の漁獲尾数が含まれるように、40 mm の階級幅で尾鰭前長組成を作成した。
112 選択性曲線を推定するために、この目合別の尾鰭前長組成を用いた。

113 **選択性曲線の推定** 15 年間の合計 301 回の操業データから解析に用いるデ
114 ータを抜き出した。操業回によっては、目合の組み合わせや使用反数や標本抽
115 出率は必ずしも同じではなかった。Harada *et al.*¹⁸⁾は、複数の操業回間で目合別
116 の努力量 (使用反数と標本抽出率) の比が等しい場合に、それら操業回のデー
117 タは合算して選択性の解析に供することができることを示した。そこで、まず
118 ヨシキリザメが採集された目合について使用反数がいずれの目合も 3 反であり、
119 かつ採集されたヨシキリザメの全数が計測された 89 操業回分を合算した。こ

120 のうち、調査期間を通じて共通に用いられた 10 種類 (48, 55, 63, 72, 82, 93, 106,
121 121, 138, 157 mm) 目合について、2 つ以上の目合で漁獲があった尾鰭前長階級
122 を解析に使用した。この結果、320 mm 以上 360 mm 未満から 1,400 mm 以上
123 1,440 mm 未満の階級までの 28 の尾鰭前長階級のデータを用いた。

124 選択性曲線のパラメータ推定に Fujimori and Tokai¹⁷⁾の方法を用いた。目合 m_i
125 ($i = 1 \sim M$, 本研究では目合の数 $M = 10$)の流し網による、 j 番目の尾鰭前長階級 l_j
126 ($j = 1 \sim N$, 本研究では 28 階級なので、 $N = 28$)におけるヨシキリザメの漁獲尾数
127 を n_{ij} とする。目合 m_i には、目合を測定した値の平均値を用いた (Table 1)。漁
128 獲尾数 n_{ij} を、相対漁獲強度 p_i , 遭遇尾数 λ_j , 選択性の相対効率 S_{ij} を含んだモデ
129 ルで表すと次の式になる。

$$130 \quad n_{ij} = p_i \lambda_j S_{ij} \quad (1)$$

131 相対漁獲強度 p_i は、漁獲努力量 (本研究では使用反数) を x_i , 漁具能率を q_i と
132 すると $p_i = q_i x_i / \sum_{i=1}^M q_i x_i$ と表せる ($\sum_{i=1}^M p_i = 1$)。なお、本研究では q_i は目合に関
133 わらず一定と仮定する。したがって、 p_i は次式で求められる。

$$134 \quad p_i = x_i / \sum_{i=1}^M x_i \quad (2)$$

135 流し網の選択性において、同じ選択率を示す目合 m_i と尾鰭前長 l_j の組み合わせ
136 せは幾何学的相似が成り立つものとする Baranov²⁵⁾の仮定を置く。このとき 2 つ
137 の変数 m_i と l_j の代わりに、目合相対尾鰭前長 $R_{ij} (= l_j / m_i)$ を変数として選択性
138 $s(R_{ij})$ を表し、これを選択性曲線マスターカーブと呼ぶこととする。^{17,26)}流し網
139 を含む刺網の選択性は、ある大きさの個体で漁獲される確率が最大となる釣鐘
140 型の曲線を用いて表される。^{13,17,27,28)}そこで本研究では、左右対称形として正規
141 分布曲線関数 (Normal distribution), 左右非対称形の関数として対数正規分布曲
142 線関数 (Log-normal distribution) の 2 種類の関数形を用いる。正規分布曲線関

143 数，対数正規分布曲線関数はそれぞれ以下のとおりである。

144 正規分布曲線関数：

$$145 \quad s(R_{ij}) = \exp\left(-\frac{(R_{ij} - R_0)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

146 対数正規分布曲線関数：

$$147 \quad s(R_{ij}) = \exp\left(-\frac{(\ln R_{ij} - \ln R_0)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

148 ここで， R_0 は選択性曲線の最大値を与える目合相対尾鰭前長であり， σ は釣り
149 鐘状の曲線の幅を決定するパラメータである。次式の対数尤度関数を最大にす
150 ることで関数 $s(R)$ のパラメータを推定する。

$$151 \quad \ln L = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M \left(n_{ij} \ln \left(p_i s(R_{ij}) / \sum_{i=1}^M p_i s(R_{ij}) \right) \right) \quad (5)$$

152 上述した 2 種類の関数について，それぞれパラメータを最尤推定し，AIC²⁹⁾
153 によりモデルを選択した。AIC は，(5)式の最大対数尤度 MLL とそれぞれのパ
154 ラメータ数 π を用いて，次式で求められる。

$$155 \quad \text{AIC} = -2 \text{MLL} + 2 \pi \quad (6)$$

156 得られたマスターカーブから，佐藤ら²²⁾と同様に，合成選択性曲線を推定し
157 た。ただし，佐藤ら²²⁾が扱った流し網調査では，標本抽出が行われていたとと
158 もに，一反の網の長さが目合によって異なったため，標本抽出率と網の長さを
159 努力量の違いとして考慮していた。これに対して，本研究が扱うデータでは，
160 標本抽出は行われておらず，かつ一反の網の長さは全て同じ約 50 m であつた
161 ので，(7)式のように使用反数の違いだけを考慮して，相対採集強度 f を尾鰭前
162 長別に求めた。

$$163 \quad f(l_j) = \sum_{i=1}^M x_i s(R_{ij}) \quad (7)$$

164 本研究が取り扱う流し網を用いた資源調査で得られた標本のうち、目合 48～
 165 157 mm で採集された目合別尾鰭前長組成 n_{ij} は、選択性の効果による偏りを持
 166 つこととなる。そこで、これらの目合の流し網に遭遇した尾鰭前長階級 l_j にお
 167 ける遭遇尾数の相対値 A_j を(8)式で求めた。尾鰭前長階級 l_j の目合別漁獲尾数の
 168 合計 $\sum_{i=1}^M n_{ij}$ に対して、(7)式で求めたその尾鰭前長に対する相対採集強度で割っ
 169 た値を、その最大値との比で表した。

$$170 \quad A_j = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ij} / f(l_j)}{\max_{1 \leq j \leq N} \left(\sum_{i=1}^M n_{ij} / f(l_j) \right)} \quad (8)$$

171 これらの推定に際しては、標本データからランダムに 1000 回のリサンプリン
 172 グしたブートストラップ法^{30,31)}を用いて、選択性曲線のパラメータと同時に(8)
 173 式における遭遇尾数の相対値 A_j の推定を行い、それぞれパラメータの推定誤差
 174 を求めた。

175 **尾鰭前長と魚体各部の周長の計測** 流し網を含む刺網で紡錘形の魚が漁獲
 176 される場合、「刺し」と「鰓掛かり」、「絡み」の掛かり方が考えられる。^{13,27)}特
 177 に「刺し」と「鰓掛かり」は、漁獲した流し網の網目内周長に対する体各部の
 178 周長が関係するとされ、体長に対する鰓蓋後端での胴周長や最大胴周長などの
 179 関係式と推定した選択性曲線の結果を用いることで、網目に魚体がどの部位ま
 180 で入って保持されているか検討されている。^{20,21)}そこで、2013 年の調査で得ら
 181 れたヨシキリザメ 56 個体について、口裂後端での周長 G_m 、胸鰭基部前端での
 182 胴周長 G_p 、最大胴周長 G_{max} 、第一背鰭基部前端の胴周長 G_d を計測し (Fig. 2),
 183 尾鰭前長に対するそれぞれの周長の関係式を求めた。また、相対効率が最大値
 184 の 50%以上になる尾鰭前長の範囲を 50% 選択尾鰭前長範囲 (50% relative

Fig. 2

185 retention range)³²⁾とし、目合別に求めた。なお、各部周長の計測には Yokota and
186 Tokai³³⁾の周長測定器を用いた。また本研究では、網目内径を2倍にした値を網
187 目内周長として扱った。

188

189

結果

190

191 **推定された選択性曲線** 対数正規分布曲線関数を用いた選択性曲線のモデ
192 ルは、正規分布曲線関数を用いたモデルよりも AIC が小さかった。そこで、選
193 択性曲線の最適モデルとして対数正規分布曲線関数を採用した (Table 2)。目合
194 相対尾鰭前長 (以後、尾鰭前長を PCL と略する) に対する標本尾数割合の推定
195 値を観測値とともに、PCL 階級別に図示した (Fig. 3)。標本数が多い 480~1,240
196 mm の PCL 階級では、目合相対 PCL に対する観測値の変化を推定値はうまく
197 表している (Fig. 3)。最適となったモデルにおける選択性曲線マスターカーブ
198 を Fig. 4 に図示した。このパラメータのうち最適相対 PCL の推定値は 5.83 で
199 あった (Table 2)。これは、ある目合に対して、その 5.83 倍の PCL を持つヨシ
200 キリザメが最も効率よく採集されたことを意味する (Fig. 4)。

Table 2

Fig. 3

Fig. 4

201 この選択性曲線マスターカーブ (Table 2, Fig. 4) において、目合相対尾鰭前
202 長 R に目合の値を代入して尾鰭前長 l に変換することで、目合別選択性曲線を
203 求めることができる。そこで、本研究で用いた調査用流し網の目合について目
204 合別選択性曲線を求めた (Fig. 5)。また、(7)式のとおり、目合別に漁獲努力量
205 と相対効率を乗じて、これらを積算して合成選択性曲線を求めた (Fig. 5)。Table
206 1 に示された3つの時期 (1999 と 2000, 2009 年 ; 2001~2008 年 ; 2010~2013
207 年) で、調査に用いられた目合の組み合わせとそれぞれの反数が異なった。こ
208 のため合成選択性曲線はやや異なる形状となった。しかし、いずれの年でも、
209 合成選択性曲線は PCL500 mm 付近のときに相対採集強度が最大となった。2001

Fig. 5

210 ~2008年では小さな目合である 22, 29 mm 目合が含まれたことで、PCL150 mm
211 以下の相対採集強度が他の年よりも大きくなった。選択性曲線の解析に用いた
212 目合別の PCL 組成とともに選択性曲線を図示した (Fig. 6)。目合が大きな流し
213 網ほど大型のヨシキリザメを漁獲する傾向があった。目合 72 mm 以上では、漁
214 獲尾数が 40 個体以上と十分多く、PCL 組成のモードが選択性曲線のピークに
215 近い。また、その両側の PCL では選択性曲線の効率減少に応じて漁獲尾数も減
216 少している。

Fig. 6

217 選択性曲線マスターカーブの相対効率が最大値の 50%以上になる目合相対
218 PCL の範囲である 50%選択相対 PCL 範囲は 4.05 から 8.40 となった。したがっ
219 て、本研究で用いられた最大目合である 157 mm 目合における 50%選択 PCL 範
220 囲の上限値は PCL1,280 mm と推定された。

221 流し網に遭遇したヨシキリザメの PCL 組成 調査用流し網で漁獲したヨシ
222 キリザメの PCL 組成と推定した遭遇尾数の相対値を PCL 階級別に示した (Fig.
223 7)。調査用流し網で漁獲した PCL 組成では、PCL940 mm 以上では漁獲尾数が
224 少なく、魚体が大きくなるにつれて漁獲尾数も減少していく。これに対して、
225 推定した遭遇個体の PCL 組成では、PCL860 mm から 940 mm にかけて減少し、
226 それ以上ではほぼ一定に見える。

Fig. 7

227 最適 PCL あるいは 50%選択 PCL 範囲における各部周長と網目内周 PCL
228 と各部周長を計測したヨシキリザメ全個体の PCL の範囲は 427~1,234 mm で
229 あった。PCL に対する口裂後端での周長 G_m 、胸鰭基部前端での胴周長 G_p 、最
230 大胴周長 G_{max} 、第一背鰭基部前端での胴周長 G_d 、それぞれの回帰直線を求めた
231 (Fig. 8, Table 3)。これらの回帰直線とともに、目合 82~157 mm における最適
232 PCL および 50%選択 PCL 範囲を、目合別に網目内周長と同等の胴周長の位置
233 に示した (Fig. 9)。いずれの目合でも、最適 PCL における胸鰭基部前端の胴周
234 長 G_p 、最大胴周長 G_{max} 、第一背鰭基部前端の胴周長 G_d が網目内周長よりも大

Fig. 8

Table 3

Fig. 9

235 きく、口裂後端の周長 G_m だけが網目内周長よりも小さかった (Fig. 9)。50%選
236 択 PCL 範囲の上限値では、最大胴周長や第一背鰭基部前端の胴周はじめ最小の
237 周長である口裂後端部周長でも網目内周長より大きかった。また 50%選択 PCL
238 範囲の下限値では、最大胴周長でも網目内周長より小さかった (Fig. 9)。

239

240

考察

241

242 **既往研究との比較** 中野, 島崎¹⁵⁾は、本研究とは別の流し網調査で漁獲され
243 たヨシキリザメの目合別 PCL 組成を用いて、PCL400~790 mm の小型群と 500
244 ~990 mm の大型群それぞれに対して石田の方法¹²⁾を用いて選択性曲線を推定
245 した。中野, 島崎¹⁵⁾のデータから 82 mm と 121 mm の目合について石田の方法
246 ¹²⁾に基づく相対効率のデータと選択性曲線を、本研究で推定した選択性曲線の
247 結果とともに図示した (Fig. 10)。なお、中野, 島崎¹⁵⁾は目合内径の計測結果を
248 示していないので、ここでは呼称目合を用いた。中野, 島崎¹⁵⁾の結果は本研究
249 とは異なる操業データを用いてはいるものの、本研究の最適 PCL は両方でほぼ
250 同様の結果となった (Fig. 10)。選択性曲線の幅は本研究のほうが広がった。こ
251 れは、石田の方法では目分量で選択性曲線を引いているので、選択性曲線の外
252 側のデータを反映しなかったためだと考えられる。中野, 島崎¹⁵⁾が推定した選
253 択性曲線の最適 PCL は妥当であるものの、選択性曲線の幅を過小評価していた
254 と考えられる。

Fig. 10

255 **漁獲尾数と遭遇尾数の相対値の比較** PCL940 mm 以上の PCL 組成を見ると、
256 漁獲尾数はすべての組成にわたって少なく、魚体が大きくなるにつれて減少し
257 ていた (Fig. 7)。遭遇尾数の相対値では、PCL860 mm から 940 mm にかけて減
258 少し、それ以上ではほぼ一定に見える。これらのことは、本調査で漁獲したヨシ

259 キリザメの PCL 組成から、選択性を補正することなく資源の状況を判断する
260 と、PCL940 mm 以上の個体における資源量を過小評価する可能性を示唆してい
261 る。

262 **流し網によるヨシキリザメの保持機構** 最適 PCL における胸鰭基部前端の
263 胴周長 G_p と最大胴周長 G_{max} 、第一背鰭基部前端の胴周長 G_d のいずれも網目内
264 周長よりも大きく、そして口裂後端の周長 G_m だけが網目内周長よりも小さか
265 った (Fig. 9)。このことから、ヨシキリザメが最も効率よく流し網に漁獲され
266 るのは、吻端から口裂後端部までの頭部が網目内に入ったときであると考えら
267 れる。

268 50%選択 PCL 範囲の上限値では、最小となる周長である口裂後端部の周長で
269 さえ網目内周長よりも大きかった (Fig. 9)。これは、吻端から必ずしも頭部全
270 体が網目内に入らなくても流し網に掛ったことを意味している。実際に、漁獲
271 されたヨシキリザメの頭部に網糸による傷が残っている個体が多かった (Fig.
272 11)。ヨシキリザメの体表は楯鱗に覆われている所謂サメ肌であり、特に尾鰭か
273 ら頭部への方向で体表面の摩擦が大きく、網糸が体表に掛かりやすい。したが
274 って、頭部が口裂後端部まで網目内に入らなくても吻部が網目に入った後に、
275 網糸が体表面に掛かり、漁獲される可能性がある。さらに、この範囲の下限値
276 では最大胴周長でさえ網目内周長よりも小さかった (Fig. 9)。これは、最大胴
277 部が網目内を抜けられるほど小型の個体でも流し網に羅網することを意味す
278 る。すなわち、ヨシキリザメは大きな胸鰭を持つため、胸鰭が網目を通過する
279 際の妨げとなり、網糸が掛かり、その後、逃げ出そうと暴れることで体の各部
280 に羅網していったものと考えられる。実際に、流し網で水揚げされるヨシキリ
281 ザメには体の様々なところに網糸が絡んでいることも多い。このように、ヨシ
282 キリザメは刺網で典型的な掛かり方である「刺し」や「鰓掛かり」よりもむしろ、
283 吻部における「刺し」とともに、上述したような摩擦が大きな体表面に網

Fig. 11

284 糸が掛かることによる、体の各部の「絡み」で漁獲されたものと考えられる。
285 中野、島崎¹⁵⁾もヨシキリザメが「絡み」によって流し網に漁獲されることが多
286 いことを報告している。他のサメ類でも、このように流し網や刺網に絡まって
287 漁獲されることが確認されている。^{34,35)}

288 本研究で推定した選択性曲線は、50%選択相対 PCL 範囲がかなり広がった
289 (Fig. 4)。体型が紡錘形であるマサバやマイワシの多くの個体は、「刺し」や「鰓
290 掛かり」で流し網に掛かると考えられており、^{20,21)}選択性曲線マスターカーブ
291 で50%選択相対 PCL 範囲は、マサバで3.41~5.10であり、²⁰⁾マイワシで4.00~
292 5.17であった。²¹⁾これに対して、本研究で求めたヨシキリザメでは50%選択相
293 対 PCL 範囲は4.04~8.42であった (Fig. 4)。このように、マサバやマイワシに
294 比べると、ヨシキリザメの50%選択相対 PCL 範囲は6以上の高い値にまで広
295 くなっていることが分かる。これは、マサバやマイワシと異なり、ヨシキリザ
296 メでは上述したように体の一部に網糸が掛った後に「絡み」で漁獲された個体
297 も多かったことによると考えられる (Fig. 9)。

298 **ヨシキリザメ資源調査に向けた調査用流し網の目合の組み合わせ** 本研究
299 の調査で用いられた標準的な目合の組み合わせの中で、最小の目合48 mmの流
300 し網によるヨシキリザメの最適 PCL は265 mmであった (Fig. 6)。ヨシキリザ
301 メは胎生であり、産み出されるとき PCL は300~430 mmとされる。⁹⁾本研究
302 で用いられた調査用流し網では、さらに小さな目合22, 29, 37 mmの流し網も組
303 み合わされる場合もあった (Table 1)。したがって、これらの調査用流し網の目
304 合の組み合わせならば、産まれてすぐからの十分に小さな個体も網に遭遇さえ
305 すれば採集できたものと考えられた。またどの年でも、推定された合成選択性
306 曲線によれば PCL が685 mmまでのヨシキリザメは比較的高い相対採集効率で
307 漁獲できるものの、それ以上の PCL の個体については相対採集効率が急減する
308 (Fig. 5)。調査に用いた目合のなかで最大の目合となる157 mmでは、PCL1,280

309 mm で相対効率が 50%以下となり，本研究で用いた一連の調査用流し網では
310 PCL1,280 mm 以上のヨシキリザメに対してはあまり採集効率が高くなかったこ
311 とになる (Fig. 5)。実際に本調査で用いた目合の組み合わせでは，PCL1,280 mm
312 以上のヨシキリザメの採集個体が少なく，流し網に遭遇した個体数の推定誤差
313 も大きくなった (Fig. 7)。ヨシキリザメは PCL1,400~1,600 mm で成熟し，成長
314 すると 2.9 m に達するとされる。⁹⁾また本調査と同様の時期に北太平洋中西部で
315 行われた 118~250 mm 目合を用いた流し網での調査やはえ縄の調査では，
316 PCL1,280 mm 以上のヨシキリザメが採集され，中には 2 m を超す個体も存在し
317 たとされる。^{9,36)}従って成熟した大型のヨシキリザメを定量的に流し網で採集し
318 ようとするならば，157 mm よりも大きな目合の流し網を用いる必要がある。本
319 研究で得られた選択性曲線マスターカーブでは，こうした大型個体の採集に際
320 して，外挿とはなるものの，採集を必要とする PCL に対して適した目合を示す
321 ことができるので，今後，こうしたヨシキリザメの採集に適した目合の組み合
322 わせを検討していくことが可能である。

323 本研究では，推定した流し網の選択性曲線によって漁獲物の PCL 組成におけ
324 る偏りを補正することで，流し網に遭遇したヨシキリザメの PCL 組成，つまり
325 資源の PCL 組成を推定することができた。実際に，McKinnell and Seki¹⁰⁾ はア
326 カイカ流し網の商業網 (目合 115 mm) で漁獲されたヨシキリザメを計測して，
327 その平均値が全長 926 mm (PCL687 mm) としている。一方，本研究の結果から
328 115 mm 目合 (内径 111.7 mm) の選択性曲線を求めると，その最適 PCL は 651
329 mm となり，非常に近い値を示した。つまり，商業網で得られたヨシキリザメ
330 の標本は，網目選択性の効果によって最適 PCL 付近の個体を多く漁獲していた
331 可能性もある。今後は，漁具の選択性を考慮した資源解析³⁷⁾やサメ類に対する
332 刺網の混獲削減，³⁸⁾漁業管理³⁵⁾が検討されていくことが期待される。

333

334

謝辞

335 本研究で解析に用いた資料が収集された北太平洋西部域におけるアカイカ
336 流し網調査に参画いただきました（国研）水産研究・教育機構東北区水産研究
337 所 酒井光夫博士と加藤慶樹博士（現所属 同機構開発調査センター），若林敏
338 江博士（現所属 同機構水産大学校），ならびに青森県産業技術センター開運丸
339 の乗組員に御礼申し上げます。なお，本研究の一部は水産庁の国際資源調査事業
340 と JSPS 科研費新学術領域研究 25121505 の助成を受けたものである。

341

342

文献

- 343 1) Matsunaga H, Nakano H, Ishibashi Y, Nakayama K. Estimation of the amount
344 of shark landing by species in the main fishing ports of Japan. *Nippon Suisan*
345 *Gakkaishi* 2003; doi: 10.2331/suisan.69.178 (in Japanese with English abstract).
- 346 2) 藤原 健. ふかひれ加工品, 「全国水産加工品総覧」(福田 裕・山澤正
347 勝・岡崎恵美子監修) 光琳, 東京. 2005; 233–236.
- 348 3) 甲斐幹彦. ヨシキリザメ, 平成 27 年度国際漁業資源の現況. 国立研究
349 開発法人水産研究・教育機構, 2016
350 (http://kokushi.fra.go.jp/H27/H27_37.pdf).
- 351 4) Rice J, Harley S, Kai M. Stock assessment of blue shark in the North Pacific
352 Ocean using stock synthesis. Science committee tenth regular session, Majuro,
353 Marshall Islands, 2014; WCPFC-SC10-2014/SA-WP-08.
- 354 5) DiNardo G, Kohin S. ISC shark working group and information papers on blue
355 shark. Scientific committee eleventh regular session, Pohnpei, Federated States
356 of Micronesia, 2015; WCPFC-SC11-2015/SA-WP-09.
- 357 6) Kubodera T, Watanabe H, Ichii T. Feeding habits of the blue shark, *Prionace*
358 *glauca*, and salmon shark, *Lamna ditropis*, in the transition region of the

- 359 Western North Pacific. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 2007; **17**: 111–124.
- 360 7) Cailliet GM, Bedford DW. The biology of three pelagic sharks from California
361 waters, and their emerging fisheries: a review. *CalCOFL. Rep.* 1983; **24**: 57–
362 69.
- 363 8) 中野秀樹. 北太平洋に分布するヨシキリザメの年齢と繁殖および回遊に
364 関する生態学的研究. 遠洋水産研究所研究報告 1994; **31**: 141–219.
- 365 9) Nakano H, Seki MP. Synopsis of biological data on the blue shark, *Prionace*
366 *glauca* Linnaeus. *Bull. Fish. Res. Agen.* 2003; **6**: 18–55.
- 367 10) McKinnell S, Seki MP. Shark bycatch in the Japanese high seas squid driftnet
368 fishery in the North Pacific Ocean. *Fish. Res.* 1998; **39**: 127–138.
- 369 11) Megalofonou P, Yannopoulos C, Damalas D, Metrio GD, Deflorio M, Serna JM,
370 Macias D. Incidental catch and estimated discards of pelagic sharks from the
371 swordfish and tuna fisheries in the Mediterranean Sea. *Fish. Bull.* 2005; **103**:
372 620–634.
- 373 12) 石田昭夫. 刺網の網目選択性曲線について. 北海道区水産研究所研究報
374 告 1962; **25**: 20–25.
- 375 13) Hamley JM. Review of gillnet selectivity. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1975; **32**:
376 1943–1969.
- 377 14) 大関芳沖, 北川大二, 河合智康. 漁場外の分布量を含めたサンマ来遊資
378 源量推定方法. 中央水産研究所研究報告 1998; **12**: 53–70.
- 379 15) 中野秀樹, 島崎健二. ヨシキリザメ (*Prionace glauca* L.) に対する流し網
380 の網目選択性. 北海道大学水産科学研究彙報 1989; **40**: 22–29.
- 381 16) 東海 正. 石田の方法と北原の方法による釣鐘型選択性曲線の決定, 「漁
382 具の選択特性の評価と資源管理」(東海 正・北原 武編) 恒星社厚生閣,
383 東京. 2001; 40-50.

- 384 17) Fujimori Y, Tokai T. Estimation of gillnet selectivity curve by maximum
385 likelihood method. *Fish. Sci.* 2001; **67**: 644–654.
- 386 18) Harada M, Tokai T, Kimura M, Hu F, Shimizu T. Size selectivity of escape holes
387 on conger tube traps for inshore hagfish *Eptatretus burgeri* and white-spotted
388 conger *Conger myriaster* in Tokyo Bay. *Fish. Sci.* 2007; **73**: 477–488.
- 389 19) Yamashita H, Shiode D, Tokai T. Longline hook selectivity for red tilefish
390 *Branchiostegus japonicus* in the East China Sea. *Fish. Sci.* 2009; **75**: 863–874.
- 391 20) Yano A, Tokai T, Kawabata A. Selectivity of experimental drift net for chub
392 mackerel *Scomber japonicus*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2012; doi:
393 10.2331/suisan.78.681 (in Japanese with English abstract).
- 394 21) Sato M, Tokai T, Kawaba A. Mesh selectivity of experimental drift net for
395 Japanese sardine. *Nippon Suisan Gakkaishi* 2015; doi: 10.2331/suisan.81.290
396 (in Japanese with English abstract).
- 397 22) Sato M, Tokai T, Mori Y, Nakame Y. Appropriate mesh size combination of
398 research drift net series for chub mackerel resources off Hokkaido, Pacific.
399 *Nippon Suisan Gakkaishi* 2016; doi: 10.2331/suisan.15-00061 (in Japanese
400 with English abstract).
- 401 23) .島崎健二, 山本昭一, 目黒敏美. 表層性魚類に対する非選択的調査用流
402 刺網. 北海道大学水産学部研究彙報 1984; **35**: 17–27.
- 403 24) Kurkilahti M, Rask M. A comparative study of the usefulness and catchability
404 of multimesh gill nets and gill net series in sampling of perch (*Perca fluviatilis*
405 L.) and roach (*Rutilus rutilus* L.). *Fish. Res.* 1996; **27**: 243–260.
- 406 25) Baranov FI. The capture of fish by gillnets. *Mater. Poznomyu Russ. Rybolov.*
407 1975; **3**: 56–99 (in Russian, partially translated into English by W.E. Ricker).
- 408 26) Jonsson T, Setzer M, Pope J G, Sandström A. Addressing catch mechanisms

- 409 in gillnets improves modeling of selectivity and estimates of mortality rates: a
410 case study using survey data on an endangered stock of Arctic char. *Can. J.*
411 *Fish. Aquat. Sci.* 2013; **70**: 1477–1487.
- 412 27) Pope JA, Margetts AR, Hamley JM, Akyuz EF. Manual of methods for fish
413 stock assessmnt. Part III. Selectivity of fishing gear. *FAO Fish. Tech. Pap.*
414 1975; **41**: 1–65.
- 415 28) Millar RB, Fryer RJ. Estimating the size selection curves of towed gears, traps,
416 nets, and hooks. *Rev. Fish Biol. Fish.* 1999; **9**: 89–116.
- 417 29) Akaike H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans,*
418 *Autom. Contr.* 1974; **19**: 716–723.
- 419 30) Efron B. Bootstrap methods: Another look at the jackknife. *Ann. Statist.* 1979;
420 **7**: 1–26.
- 421 31) 吉原健一. Excel によるブートストラップ法を用いたデータ解析, 培風
422 館, 東京. 2009.
- 423 32) Park HH, Millar RB, Bae BS, An HC, Chun YY, Yang JH, Yoon SC. Size
424 selectivity of Korean flounder (*Glyptocephalus stelleri*) by gillnets and trammel
425 nets using an extension of SELECT for experiments with differing mesh sizes.
426 *Fish. Res.* 2011; **107**: 196–200.
- 427 33) Yokota K, Tokai T. Performance evaluations of a developed girth-measurement
428 device. *Fish. Engeer.* 2006; **43**: 161–166.
- 429 34) Carlson JK, Cortés E. Gillnet selectivity of small coastal sharks off the
430 southeastern United States. *Fish. Res.* 2003; **60**: 405–414.
- 431 35) McAuley RB, Simpfendorfer CA, Wright IW. Gillnet mesh selectivity of the
432 sandbar shark (*Carcharhinus plumbeus*): implications for fisheries
433 management. *ICES J. Mar. Sci.* 2007; **64**: 1702–1709.

- 434 36) Yokota K, Kiyota M, Minami H. Shark catch in a pelagic longline fishery:
435 Comparison of circle and tuna hooks. *Fish. Res.* 2006; **81**: 337–341.
- 436 37) DeAlteris J, Riedel R. Effect of size selection within and between fishing gear
437 types on the yield and spawning stock biomass per recruit and yield per unit
438 effort for a cohort of an idealized groundfish. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* 1996; **19**:
439 73–82.
- 440 38) Thorpe T, Frierson D. Bycatch mitigation assessment for sharks caught in
441 coastal anchored gillnets. *Fish. Res.* 2009; **98**: 102–112.
- 442

443 図説明

444

445 Fig. 1 Locations of research driftnet operations.

446 Fig. 2 Measurement of blue shark body. l , precaudal length; G_m , girth (mm) at the
447 posterior end of mouth Aperture; G_p , girth (mm) at the anterior end of the base of
448 pectoral fin; G_{max} , maximum girth (mm); G_d , girth (mm) at the anterior end of the base
449 of the first dorsal fin.

450 Fig. 3 Observed catch proportion ϕ_{ij} (open circles) and catch proportion $\phi(l_{ij})$
451 estimated from the best fit model (closed circles and lines) plotted versus relative length
452 (= precaudal length / mesh length) .

453 Fig. 4 Estimated master curve of driftnet mesh selection for the blue shark.

454 Fig. 5 Selection curves of driftnet with each mesh size and pooled relative catching
455 intensity.

456 Fig. 6 Precaudal length frequency distributions of the blue shark caught by driftnets
457 with 48, 55, 63, 72, 82, 93, 106, 121, 138 and 154 mm mesh sizes and the selection
458 curves.

459 Fig. 7 Precaudal length frequency distribution of the blue shark caught in the whole
460 operations of research driftnets in this study, and the estimated one of the shark
461 encountering the research driftnets. Error bars indicate standard errors.

462 Fig. 8 Relationships between the precaudal length and each girth: open circles, G_m ;
463 open squares, G_p ; cross marks, G_{max} ; and open diamonds, G_d .

464 Fig. 9 Comparison between mesh perimeter and each girth. The solid circles represent
465 optimum precaudal length, and the horizontal lines indicate the 50% relative retention
466 range for the six mesh sizes from 82 to 157 mm.

467 Fig. 10 Comparison in selection curve of mesh size 82 and 121 mm between this study

468 and Nakano and Shimazaki.¹⁵⁾ Solid diamonds represent catch relative to the best catch
469 by mesh size at each precaudal length.

470 Fig. 11 The snout of blue shark caught by driftnet wedged into a mesh.

471