

# 釣り漁法による魚礁の集魚効果評価法

独立行政法人水産総合研究センター 水産工学研究所  
漁業生産工学部 松下吉樹・山崎慎太郎  
調査実施年度 平成10～12年度

## 緒言

人工魚礁付近における魚類の集魚効果の研究は、水中観察、音響調査、漁獲調査、標本船調査など、様々な手法を用いて行われている。この中で、漁獲調査は魚礁付近に集魚した魚種の確認と、生物学的データの入手が可能であるため、広く用いられている。人工魚礁における漁獲調査の目標は、いくつかの段階に分けることができる。すなわち、①魚礁に集魚した魚類の確認、②魚類の時空間的集魚状況の確認、③例えば魚礁のどの位置に集魚したかなど、さらに詳細な魚類の時空間的集魚形態の確認④魚類の集魚量の定量化、などである。

釣り針を使用した漁法は主に上記の①と②を目的に、人工魚礁における簡便な漁獲調査手法として広く用いられている。また、魚礁海域における一般的な漁業生産手段のひとつでもある。釣り針は一般に、対象魚類のある体長の変化に対して、釣り鐘形状の選択性を示すと考えられている。<sup>1)</sup>この選択性は、同様の選択性を持つ刺網ほど鋭くないため、<sup>1)</sup>比較的広い体長範囲の魚類を採集することができる。このことも人工魚礁における漁獲調査手法として、釣り漁法が持つ利点のひとつである。しかし、いずれにしても釣り漁法は選択性を有するため、これまで実施された魚礁における釣獲調査では、そこに分布する魚のうち、ある範囲内の大きさまたは種だけが確認されてきたことになる。人工魚礁において釣り漁法を用いた調査を行う際には、使用する漁具の選択性を理解し、たとえばその水域における重要魚種を考慮した漁具構成など、目的に応じた調査を行うことが望ましい。

本研究では、人工魚礁効果調査の評価手法を確立するために、魚礁設置水域において底延縄漁法を用いた漁獲調査を実施し、調査の際に考慮すべき点を示す。次に、釣り漁法の選択性の解析手法を整理し、魚礁水域において釣り漁法による調査を実施した際に、得られる資料から言及できる事項を明らかにする。

## 調査方法

魚礁設置水域における底延縄漁法を用いた漁獲試験：漁獲試験は千葉県館山市地先において実施した(図1)。試験は千葉県水産試験場調査船「第2ふさみ丸」および水工研調査船「たか丸」によって1998年8月から2000年12月にかけて計13日間実施した。選択性などの漁具の漁獲性能を漁獲試験から求めるためには、一般に十分な漁獲尾数が必要なので、初年度(H10年度)の試験はこの条件に適した試験漁具の仕様の決定と漁場の選定に費やした。そして漁具と漁場を決定した後に、H11年度には釣り針の大きさによる漁獲物組成の変化を調べることを目的に、最終年度(H12年度)には、延縄による漁獲とかごによる漁獲を比較するために操業試験を実施した。延縄漁具に使用した釣り針は、千葉県下で一般に使われている「ムツ針」と呼ばれる袖形状の釣り針で、相似形で大きさの異なる5種類を用いた。

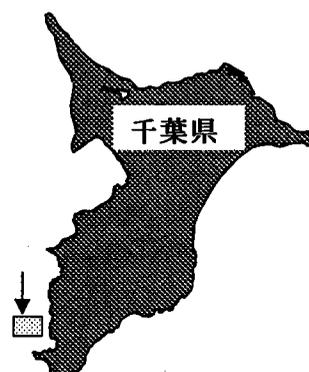


図1. 漁獲試験水域

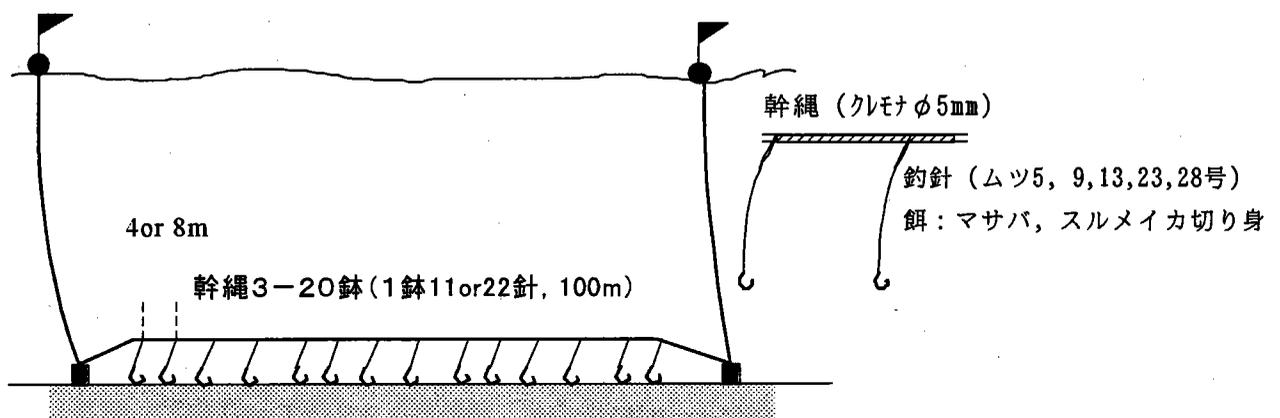
それらは釣り針 5 号(以降 SS 針と呼ぶ),7 号(以降 S 針), 9 号(以降 M 針),13 号(以降 L 針),23 号(以降 LL 針)で、それぞれの平均最大幅は 11.3, 12.6, 14.7, 18.4,23.6 mm であった。一連の漁獲試験の詳細を表1に示す。

表1. 漁獲試験の目的と投入努力量

試験実施日	努力量	目的
98年8月4日	SS 針 150 本, S 針 150 本, M 針 150 本	漁具仕様決定, 漁場選定
98年12月9-10日	SS 針 300 本, S 針 300 本, M 針 300 本	漁具仕様決定, 漁場選定
99年1月12日	SS 針 150 本, S 針 150 本, M 針 150 本	漁場選定
99年4月20-21日	SS 針 220 本, M 針 220 本, L 針 220 本	釣り針の大きさによる漁獲物の比較
99年10月5-6日	SS 針 160 本, M 針 160 本, L 針 160 本 かご5個	釣り針の大きさによる漁獲物の比較, かご予備試験
00年4月26-27日	SS 針 250 本, L 針 250 本, LL 針 250 本, かご 14 個	釣り針の大きさによる漁獲物の比較, かご漁獲との比較
00年8月8-9日	L 針 660 本, かご 28 個	かご漁獲との比較
00年12月8-9日	LL 針 660 本, かご 30 個	かご漁獲との比較
計	LL 660 本, L 1950 本, M 1230 本, S 600 本, SS 1230 本, かご 72 個	

漁具の仕様を決定するまでの間は、幹縄、枝縄の資材や長さ、使用する餌を変化させたが、H11 年度以降は、幹縄(テロン組紐φ5mm)100m の間に 4m または 8m ごとに約 1.5m の長さの枝縄(ナイロンテグス 6 号)を取り付けたものを 1 鉢とした(1 鉢に 11 針または 22 針)。そして 3-20 鉢を連結した漁具を 1 操業単位とした(図2)。館山湾内の南部海域礁と呼ばれる魚礁設置水域および天然礁水域において 2-3 操業単位(7-40 鉢)を早朝に投縄し、1-2 時間待機した後、揚縄した。餌にはイカまたはサバをほぼ均等に短冊切りにしたものを用いた。

さらに延縄による漁獲結果と比較するために、H11 年以降かご漁具を用いた漁獲試験を延縄試験と同時に実施した。かご漁具は 99 年 10 月の試験では数種類の大きさや構造のものを試用したが、00 年 4 月以降の試験では一般的に日本海でズワイガニを漁獲するために使用されているかご漁具に目合 35mm の網地を取り付けて用いた。



釣り針の選択性の解析方法 釣り針の選択性を求めるために、これまでに様々な方法が開発

された。例えば、清水<sup>2)</sup>は魚が餌を飲み込み、口内で針がかりする過程をモデル化して釣り針の選択性曲線を求めた。しかしこのモデルは複雑で、選択性曲線を求めるには多くの情報を必要とする。

一方、刺し網の選択性を求めるための石田の方法<sup>3)</sup>や Kitahara の方法<sup>4)</sup>を釣り漁法にも適用して、釣り針の選択性を求める研究も行われた。<sup>5,6)</sup>これらの研究は、等しい相対効率で漁獲される魚の大きさと釣り針の大きさの組み合わせは幾何学的に相似な関係にあるという仮定 (Baranov の仮定) を基に実施された。<sup>7)</sup>すなわち針の大きさ  $w$  とこの釣り針で漁獲される魚の大きさ  $L$  には一定の関係があり、 $S(w, L) = S(kw, kL)$  が成り立つことを仮定している。ここで、 $k$  は比例定数である。甲斐・町田はこの方法を用いて、数種の釣り針のマダイに対する選択性を求めた。<sup>5)</sup>

近年では、Millar は SELECT モデル (Share Each Length Catch Total model) と呼ばれるモデルを開発し、<sup>8-10)</sup>釣り針の選択性試験への適用を考えた。<sup>11)</sup>体長  $L$  の魚に対する釣り針  $i$  と  $j$  の選択性 (ただし  $j$  は  $i$  より大きな釣り針) をそれぞれ  $S(L, i)$ ,  $S(L, j)$  とする。2つの漁具で釣られた魚の数に対する小さな釣り針の漁具で釣られた魚の数の比は、

$$\phi_1(L) = S(L, j) / \{S(L, i) + S(L, j)\} \quad (1)$$

で表され、釣り針  $j$  で漁獲される魚の体長組成が釣り針  $i$  で漁獲されるそれよりも大きい場合に、 $\phi_1(L)$  の値は魚が大きくなるにつれて増加してゆく。本研究では、 $S(L, i)$  と  $S(L, j)$  を、選択スパンが同じで選択性が最も高くなる体長が異なる曲線を示す対数正規関数と仮定する。釣り針  $i$  と釣り針  $j$  の大きさの比を  $k$  とすると、釣り針それぞれの選択性曲線は次の式で表せる。

$$S(L, i) = 1/L \cdot \exp\{\mu - \sigma^2/2 - (\ln(L) - \mu)^2 / 2\sigma^2\} \quad (2)$$

$$S(L, j) = 1/L \cdot \exp\{(\mu + \ln(k)) - \sigma^2/2 - (\ln(L) - (\mu + \ln(k)))^2 / 2\sigma^2\} \quad (3)$$

(2,3)式を(1)式に当てはめれば、 $\phi_1(L)$  より関数型のパラメータを求めることができる。

上記に示した2つの解析方法で得られる選択性はいずれも、釣り針が最も強い漁獲効率を示した体長階級における効率を1とする。そして、それぞれの体長階級に対する釣り針の相対的な漁獲効率を表現するので、釣り針間の効率の違いについては不明となる。また、Baranov の仮定が釣り漁法に対しても当てはまるかは議論の余地もある。そこで、上記の2つの解析方法で得られた結果が適当であるかを確認するためには、漁獲物の体長組成を漁場における資源の実際の体長組成と比較することが望ましい。Tokai and Ueta は定置網と釣り漁具によるアオリイカの漁獲物組成を用いて、定置網には選択性がないものと仮定して釣り漁具の選択性を求めた。<sup>12)</sup>本研究ではかご漁具が水域の魚を体長にかかわらず漁獲する、すなわち選択性を持たないと仮定した。操業実験で用いられたかごの目合は 35mm と十分に小さく、延縄の漁獲対象となる体長範囲の魚体をすべて保持するものと考えた。逆に、かごの入り口の直径 (400mm) は十分に大きいので、体長の大きな魚もかごへ入ることができる、すなわち、かご入り口の選択性も影響しないものと考えた。ここで、かごとある大きさの釣り針  $i$  に遭遇する魚の総個体数を  $N$ 、このうち、釣り針に遭遇する魚の割合を大きさにかかわらず  $p$  で一定とすると、釣り針に遭遇する魚の個体数は  $p \cdot N$ 、かごに遭遇するそれは  $(1-p) \cdot N$  で表せる。釣り針の選択性を  $S(L, i)$ 、釣り針  $i$  とかごで漁獲された魚の数の比を  $\phi_2(L)$  とすると、

$$\phi_2(L) = p \cdot S(L, i) / (1-p + p \cdot S(L, i)) \quad (4)$$

となる。ここでは  $S(L, i)$  を対数正規関数と考え、(2)式を(4)式に代入して、この式のパラメータを最尤法によって求め、釣り針の選択性曲線を推定した。

## 調査結果と考察

**延縄漁獲試験の結果** 初年度に実施した魚礁水域における漁獲試験では、19種123個体が漁獲された。しかし、それぞれの魚種の漁獲尾数が少なく、釣り針の選択性を解析する資料として不十分であった。本研究目標を達成するためには対象魚種が十分な数漁獲できる漁場が望ましい。そこで、平成11年度からは水深が深くエゾイソアイナメ *Physiculus maximowiczii* が優占して分布する天然礁漁場において試験を実施した。

釣り針間の比較(石田および Millar の方法)を目的とした99年4月、10月および00年4月の試験では、21種374個体が漁獲された。漁獲物中で優占した種はエゾイソアイナメで、130尾が釣獲され、全漁獲尾数の34.8%を占めた。エゾイソアイナメに対するSS、M、Lの釣り針の釣獲率と平均全長、標準偏差を時期別に表2に示した。

表2. 釣り針の大きさおよび漁期ごとのエゾイソアイナメの釣獲率と平均体長および標準偏差

		99年4月* <sup>1</sup>	99年10月	00年4月* <sup>1,2</sup>
SS	漁獲尾数(釣獲率)	33 (0.15)	20 (0.13)	32 (0.13)
	平均全長(標準偏差)	29.7 (4.9)	30.5 (4.8)	31.1 (5.5)
M	漁獲尾数(釣獲率)	32 (0.14)	9 (0.06)	15 (0.06)
	平均全長(標準偏差)	30.6 (4.7)	33.0 (4.8)	30.3 (4.6)
L	漁獲尾数(釣獲率)	25 (0.11)	11 (0.07)	16 (0.06)
	平均全長(標準偏差)	33.7 (4.8)	32.9 (2.7)	33.8 (5.1)

\*1, 全長組成が釣り針ごとに異なった試験結果(Kruskal-Wallis test;  $p < 0.05$ )

\*2, 釣獲率が有為に異なった試験結果(Chi-square test;  $p < 0.05$ )

試験を通じて小さな釣り針(SS)で釣獲率が高く、最も多くの魚を漁獲した。漁獲された魚の全長組成も釣り針ごとに異なる傾向が認められる(図3)。しかし、99年10月の試験では全長組成、釣獲率ともに有意な差が認められなかった。これはこの試験において漁獲尾数が少なかったことが原因のひとつと考えられる。それぞれの釣り針を用いた漁獲試験はほぼ同じ水域で実施されたので、試験ごとにそれぞれの漁具が漁獲対象とした資源が同一であると仮定すると、全長組成の違いは釣り針の選択性に起因したものと考えられる。そこで、この3種類の釣り針による漁獲資料を用いて釣り針の選択性を求める。

**釣り針の選択性-1. 石田の方法** 石田の方法によって求められた3種類の釣り針のエゾイソアイナメに対する全長階級ごとの選択率と選択曲線を図4に示した。図中の選択性曲線はMS-Excelのソルバーによって(2)式のパラメータを非線形最小2乗法によって求めて示した。選択率は全長が大きくなるにつれて増加し、ある全長範囲内で極大値を示す傾向が見られるが、そのばらつきは非常に大きい。また、この方法で釣り針の選択性を求めた場合に、選択性曲線は釣り針の大きさ(釣り針の平均最大幅)の順に全長の大きい方向へずれ、そのずれは釣り針の大きさの比に等しくなる。相対効率が最も高くなるエゾイソアイナメの全長は、SS針で約35cm、M針で約45cm、L針で約55cmであった。図3とこれらの選択性曲線を比較すると、SS針では全長組成のモードと選択率のモードはある程度一致するが、その他の釣り針の選択性曲線のモードは、実際の漁獲物の全長組成より大きくはずれて求められていることがわかる。これは、それぞれの釣り針で漁獲されるエゾイソアイナメの全長組成の変化が釣り針の大きさの比に応じて変化しない、すなわち Baranov の仮定を満たしていないことによるものと考えられる。

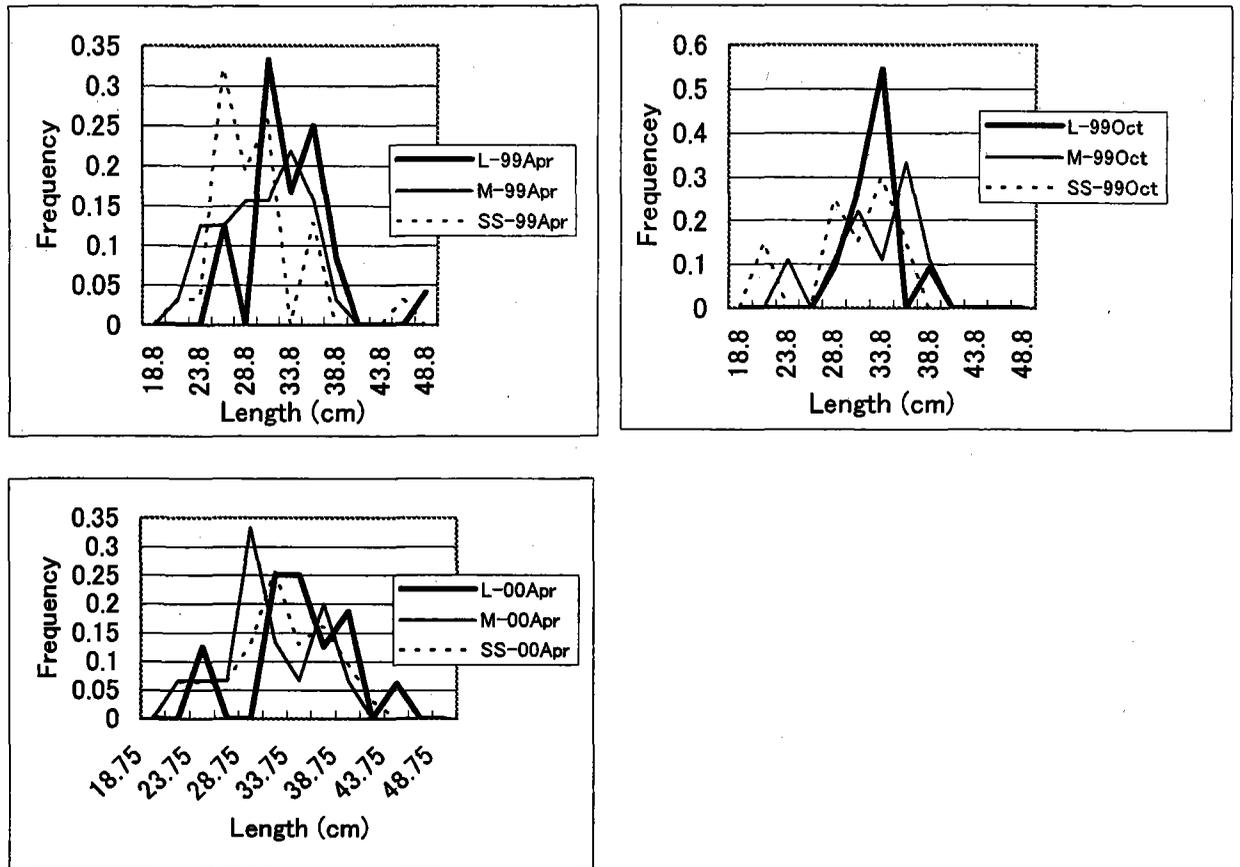


図3. 各試験におけるエゾイソアイナメの釣り針別全長組成

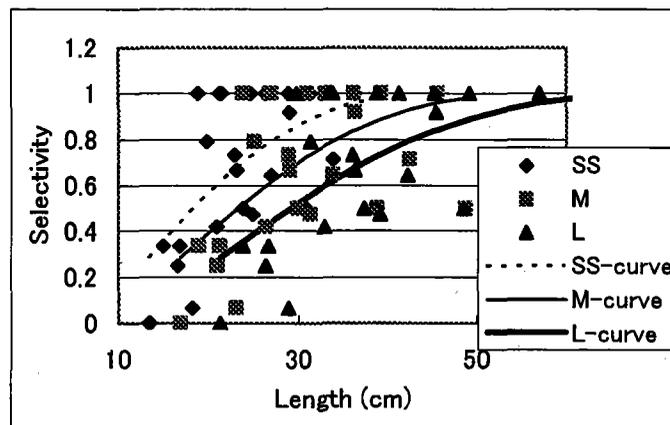


図4. 石田の方法による3種類の釣り針のエゾイソアイナメに対する選択率と選択性曲線

2. Millarの方法 (1)式の体長に対する変化を図5に示した。体長が大きくなるにつれてY軸の値が増加する傾向は、より大きな針がより大きな個体を漁獲する傾向があることを示している。実際にL針とM針, SS針を比較した場合, 図5中では右肩上がりの曲線が求められたが, M針とSS針を比較した場合, この傾向は顕著でなく, ならかな曲線が得られた。これはM針とSS針の漁獲が体長階級ごとにそれほど大きな相違が無いことを示す。そこでM針とSS針の比較を除いて Millarの方法によって求めた3種類の釣り針のエゾイソアイナメに対する全長階級

ごとの選択性曲線を(2,3)式から求め、図6に示した。この方法で釣り針の選択性を求めた場合には、2つの釣り針(M,SS)による漁獲物組成の比較から、L針に対しては2つの選択性曲線が求められる。相対効率が最も高くなるエゾイソアイナメの全長は、MとSS針では約28cmとほぼ同じで、図5の結果を支持している。一方、L針の相対効率が高くなる体長は他の針より大きく、M針との比較結果では約34cm、SS針との比較では約45cmであった。このように選択性曲線は比較される資料群によって大きく変化した。近年では2つ以上の漁具を用いて比較操業試験を実施し、得られた資料を多項分布の尤度を用いてSELECTモデルに当てはめて解析することで選択曲線のマスターカーブを求める手法も研究された。<sup>13)</sup>この手法を用いることで、今回の操業試験結果における釣り針の選択性を一括して解析することも可能であろう。また、釣り針間の漁獲効率の違いを把握するためには、漁場に分布する資源の体長組成と漁獲結果を直接比較することが望ましい。

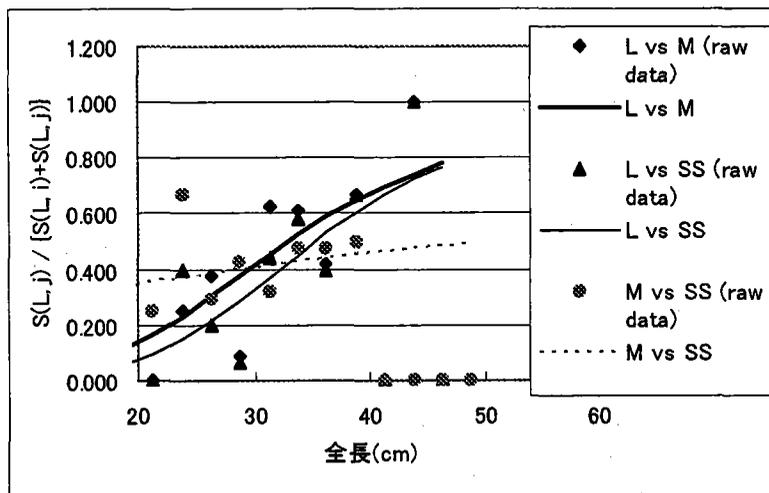


図5. 3種類の釣り針で漁獲されたエゾイソアイナメの体長階級別漁獲効率の比較

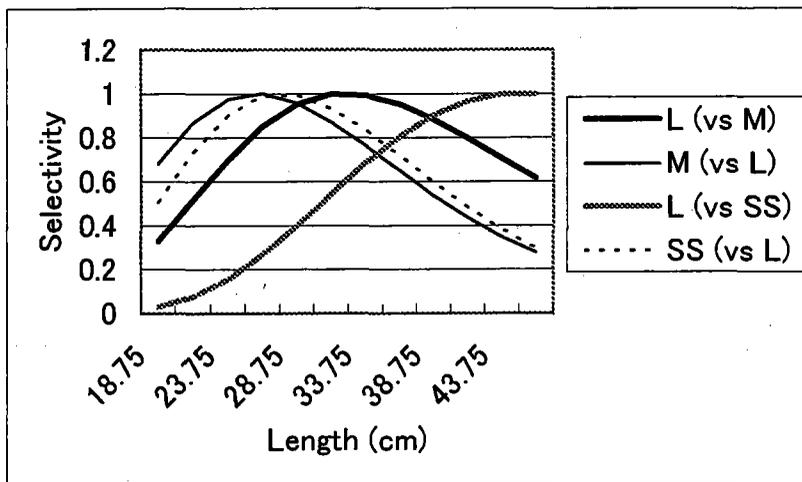


図6. Millarの方法による3種類の釣り針のエゾイソアイナメに対する選択性曲線

3. かが漁獲結果との比較 99年10月以降に実施した漁獲試験(99年10月, 00年4月, 00年8月, 00年12月)の結果を表3に示す。釣獲率は針が大きくなるにつれて低くなる傾向が認められる。また、1かが当たりの漁獲尾数は99年10月に最も高くなった。この試験では他の時期の試験と異なる構造のかがが用いられたことが原因のひとつと考えられる。これら一連の試験

では時期と針の大きさによっては漁獲尾数が少なく、漁獲物の全長組成が十分でない場合もあった。そこで解析には針ごとに20尾以上のエゾイソアイナメが漁獲された試験結果だけを用いた(99年10月のSS針, 00年4月のSS針, 00年8月のL針)。

表3. 漁具および漁期ごとのエゾイソアイナメの釣獲率と平均全長および標準偏差

		99年10月	00年4月	00年8月	00年12月
SS	漁獲尾数(釣獲率)	20 (0.13)	32 (0.13)	—	—
	平均全長(標準偏差)	30.5 (4.8)	31.1 (5.5)		
M	漁獲尾数(釣獲率)	9 (0.06)	15 (0.06)	—	—
	平均全長(標準偏差)	33.0 (4.8)	30.3 (4.6)		
L	漁獲尾数(釣獲率)	11 (0.07)	16 (0.06)	55 (0.04)	—
	平均全長(標準偏差)	32.9 (2.7)	33.8 (5.1)	31.0 (4.7)	
LL	漁獲尾数(釣獲率)	—	—	—	15 (0.02)
	平均全長(標準偏差)				33.0 (4.7)
かご	漁獲尾数(尾数/かご)	39 (7.8)	24 (1.7)	86 (3.1)	65 (2.2)
	平均全長(標準偏差)	31.4 (4.8)	31.7 (5.3)	32.0 (4.2)	30.4 (6.3)

(4)式の全長に対する変化を図7に示した。この方法ではかごによって漁獲されたエゾイソアイナメの全長組成が漁場の資源を代表すると仮定すると、釣り針の選択性を釣り鐘形状の曲線で表現できた。また、この方法ではかご漁具の効率を基準としてそれぞれの釣り針の効率を比較できるため、それぞれの釣り針の最大漁獲効率の値が異なる。すなわち、釣り針間の漁獲効率の違いを求めることができた。

99年10月の試験結果では、SS針の漁獲効率が最も高くなるエゾイソアイナメの全長は約20cm、00年の4月の試験では約28cm、00年8月のLL針では約32cmであった。これらの数値は漁獲されたエゾイソアイナメの全長組成(図3)の範囲内であり、石田の方法や Millarの方法でみられた相対効率と選択曲線のずれは小さく、比較的信頼性が高いと考えられる。また、図7でみられる曲線のピークの高さの相違は、各釣り針のかごに対する相対的な漁獲効率の比と考えることができる。釣り針はその大きさによって漁獲する魚の大きさを選択するだけでなく、魚を漁獲する効率も異なることがわかる。したがって解析結果は、各試験において用いた延縄漁具とかご漁具の全長階級ごとの相対的な漁獲効率を示す。例えば、00年4月のSS針の結果では、250本のSS針とかご14個の漁獲効率の比(延縄/かご)は体長階級27.5cmのエゾイソアイナメに対して $0.65/(1-0.65)=$ 約1.9となり、SS針250本でこの全長階級の魚をかご14個の約2倍漁獲したことになる。一方、体長階級37.5cmのエゾイソアイナメに対しては、漁獲効率の比は、 $0.37/(1-0.65)=$ 約1.1であり、この全長階級の魚の漁獲はSS針250本とかご14個でほぼ同数となる。

以上のように、ある全長範囲内において選択性が無いと仮定できる漁具を用いることで、釣り針の選択性だけでなく、それぞれの漁具の相対的な漁獲効率をも求めることができた。図8は異なる構造のかごを用いた99年10月の試験結果を除き、00年4月および8月の試験結果を、釣り針1個の漁獲効率を1かご当たりの漁獲効率を1として標準化して示したものである。SS針1個の漁獲効率は全長約28cmのエゾイソアイナメに対して最も高いが、それでもかご1個の約1/10にすぎない。さらにL針1個の漁獲性能はより低く、全長約32cmのエゾイソアイナメに対して高いが、かご1個の漁獲性能と比較すると、それは約1/60にすぎない。すなわち、SS針1個の最大漁獲効率はL針1個の最大漁獲効率の約6倍となる。しかし、これらの漁獲試験は異な

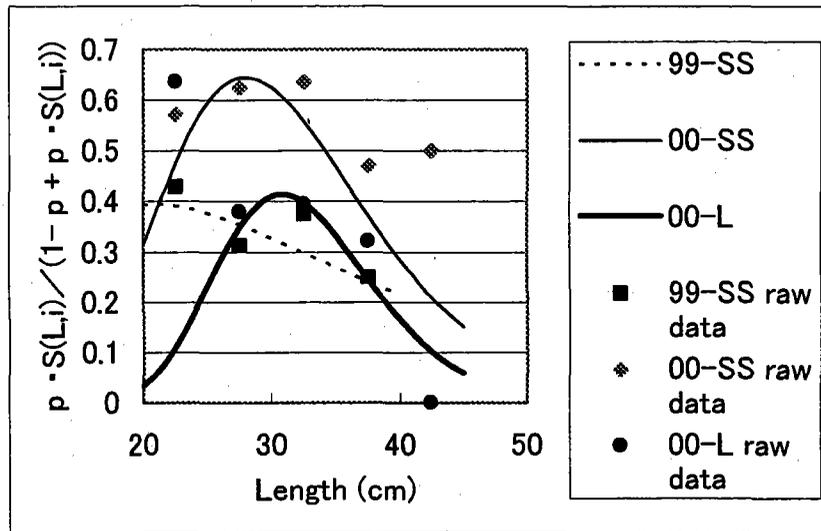


図7. 漁獲されたエゾイソアイナメの体長階級別漁獲効率のかご漁獲結果に対する比較

る時期に実施されたので、この漁獲効率の相違がすべて漁具に起因するものか定かではなく、対象魚の分布や生活史などに起因する可能性もある。もし、この結果が漁具に起因せず(SS針とL針の漁獲性能は全く同じ)、分布だけに起因するものであれば、00年4月は00年8月に比べて約6倍のエゾイソアイナメ資源が分布していたと解釈できる。実際には、漁具と時期の2つの要因によるものと考えるのが妥当であり、釣針間の漁獲性能は同時期、同漁場において実施された試験結果間で比較する必要があると考えられる。

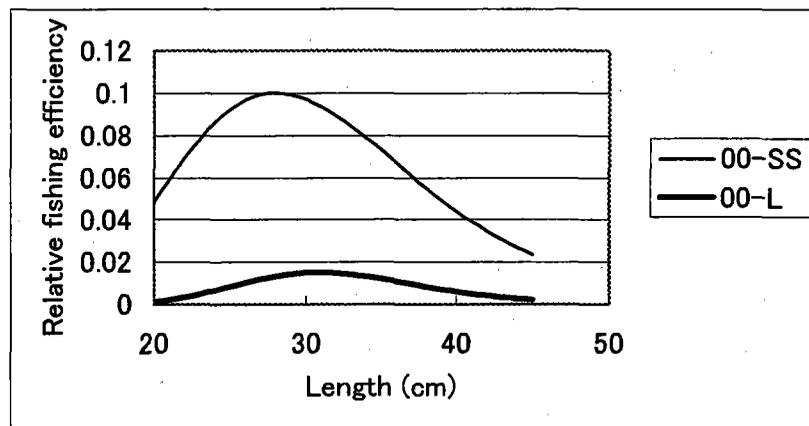


図8. 全長に対する釣針1個の漁獲性能(選択性曲線、かご1個の漁獲性能を1とする)

### 摘要

1. 本研究の結果は釣り針が漁獲する魚の大きさを選択すること、すなわち選択性を持つことを示した。しかし、漁場の資源の全長組成自体が時期によって変化するので、選択性を求める際には集中的な取り組みが必要である。
2. 調査結果を選択性を求める複数の方法に当てはめて検討した。選択性を求める方法には釣り針ごとに得られる魚の大きさを相互に比較する方法と、釣り針による漁獲結果を漁場に分布する資源の全長組成と直接比較する方法の2つに分けられる。前者の方法は、釣り漁

具の漁獲過程を考慮していない点や Baranov の仮定を満足できるかなどの問題点があるので、得られた結果を十分に検証する必要がある。一方、後者の方法は信頼性が高いが、漁場に分布する資源の全長組成を求めることが一般的に困難である。これらの特徴を踏まえた上で効果的な調査デザインを行う必要がある。

3. 釣り針の漁獲効率も釣り針の大きさなどにより変化することも明らかになった。たとえば、今回の調査結果では、使用する釣り針の大きさの違いと、対象とするエゾイソアイナメの全長階級の変化に対してそれぞれの漁獲効率は大きく変化した。
4. 人工魚礁効果調査において釣り調査を行う際には、以上の特徴を十分考慮して、本研究で示したような漁具の選択性を明らかにしておくことが望ましい。さらに以下に列記した点を考慮することによって、釣り漁法を用いた調査結果は人工魚礁の効果をより詳細に明らかにできる。

1) 調査水域あるいは周辺水域の漁業で実際に使用されている釣り漁具を使用することが望ましい。実際に使用されている漁具は技術、対象魚に関する知見が豊富であり、結果の解釈が比較的容易となる。また、この漁具の選択性が既知の場合、調査水域と対照水域間の全長組成の比較など、漁業資料との比較が可能となり地域漁業における調査水域の重要度を確認できる。ただし、一本釣りなどの漁業では釣り手の熟練度が選択性や漁獲効率に関与するので、問題となる場合もある。

2) ある全長範囲内で選択性がないと仮定できる漁具の漁獲結果との比較を行うことによって、釣り漁具の選択性とともに漁獲効率の解明が期待できる。これが達成できた場合には、魚礁水域における釣り漁具による漁獲結果を魚類の蛹集量の相対指標として扱うことが可能となる。

## 引用文献

- 1) 山口裕一郎. 1979: 釣りの漁獲選択性. 「漁具の漁獲選択性(日本水産学会編)」. 恒星社厚生閣, 東京, pp.82-96.
- 2) 清水 晋. 1999: 釣り具. 月刊海洋. 31(2), 91-95.
- 3) 石田昭夫. 1962: 刺し網選択性曲線について. 北大水産彙報. 25, 20-25.
- 4) Kitahara, T. 1971: On Selectivity Curve of Gillnet. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 38, 1119-1127.
- 5) 小池 篤・竹内正一・小倉通男・神田猷二・在原千秋. 1968: 延縄釣り針の選択曲線について. 東水大研報, 55, 77-82.
- 6) 甲斐修也・町田末広. 1992: 延縄釣り針のマダイに対する選択性. 長崎水試研報, 18,
- 7) 藤森康澄・東海 正. 1999: 石田の方法と北原の方法による MS-Excel を用いた刺網の網目選択性曲線の推定. 水産海洋研究, 63, 14-25.
- 8) Millar, R. B. 1992: Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. *J. Am. Stat. Assoc.* 87, 962-968.
- 9) Millar, R. B. 1995: The functional form of hook and gillnet selection curves cannot be determined from comparative catch data alone. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52, 883-891.
- 10) 東海 正・三橋廷央. 1998: 比較操業試験から選択性曲線を求める SELECT モデルについて. 水産海洋研究, 62, 235-247.
- 11) Millar, R. B. and R. J. Fryer. 1999: Estimating the size selection curves of towed

gears, traps, nets and hooks. *Rev. Fish Bio. Fish.* 9, 89-116.

- 12) Tokai, T. and Y. UETA. 1999: Estimation of size selectivity for oval squid *Sepioteuthis lessoniana* in the squid jigging fishery of Tokushima Prefecture. *Fish. Sci.*, 65, 448-454.
- 13) 西内修一. 2001: 比較操業実験法とSELECTモデル, 「漁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, 東京, pp.51-61.