

底曳網の網目選択性に及ぼす魚体横断面形状の影響

梁 振林, 堀川博史, 時村宗春, 東海 正

(1998年9月14日受付)

Effect of Cross-sectional Shape of Fish Body on Mesh Selectivity of Trawl Codend

Zhenlin Liang,^{*1,*2} Hiroshi Horikawa,^{*1}
Muneharu Tokimura,^{*1} and Tadashi Tokai^{*3}

The conclusion given by Tokai (1998) using the relative girth, the ratio of body girth to mesh perimeter (G/P), instead of the common body length of fish was verified by the result of 20 species' mesh selectivity in Isei pair-trawl and stern-trawl net of Japan. And, the influence of the relation between the cross-sectional shape of the fish body and shape of mesh opening on mesh selectivity was examined.

The Tokai (1998)'s conclusion which says that the selectivity starts roughly at 0.5 in G/P and attains 100% at 1.0 G/P was well applicable to the case of the most fishes except a few fish species in this study. The relation between the relative girth and the cross sectional coefficient give the dome-shaped curve with a mode at the aspect ratio of mesh. However the selection range seems related to other characteristics such as the hardness of the fish body part with the maximum body girth rather than the cross sectional coefficient. For the relation between the type of mesh and the fish body shape, it was suggested that the use of diamond and square mesh would be effective for fish with flat bodies and round bodies, respectively, to obtain a highly selective catch.

キーワード：網目選択性, 底曳網, 魚体横断面係数, 相対胴周長, 角目網, 菱目網

海洋生物で構成される生態系に対して, 人為的な漁獲が大きな影響を及ぼしていることは言うまでもない。特に, 漁具には, ある魚種やある大きさの魚を漁獲する特性, 選択性が存在する。このため, 生態系への影響を評価するためには, 努力量のみならず, 漁具の選択性が重要な要因となってくる。これまで底曳網の網目選択性を得るためには, 実際に網目の異なる漁具を用いた試験操業が行われてきた。しかし, この方法では, 操業で得られた漁獲尾数が少ない場合や, あるいは用いられた網目の大きさによっては試験操業で得られた標本の体長範囲が網目による選択域を充分カバーできない場合が生じて, 網目選択性曲線を求められないことがある。こうしたことから, 網目選択性曲線が求められている魚種数は, その海域に生息している魚種数に比べて圧倒的に少ないのが現状である。東海¹⁾は魚体長の代わりに相対胴周長(胴周長/目合内周長)を用いることにより, 特殊

な形状の魚以外の多くの魚種に適用できる汎用的な網目選択性曲線(マスターカーブ)の推定方法を示した。さらに, 数種の魚種について, 選択率の増加が相対胴周長0.5付近から始まり, 1.0で100%に達することを示している。²⁾しかし, 現在この結果を支持する魚種は, 瀬戸内海でカレイ類2種³⁾と非漁獲対象種6種²⁾及び北洋のスケトウダラ⁴⁾の計9種のみである。一方, 角目網では菱目網に比べて魚が網目を抜けやすいなどとする研究が示されており,⁵⁾単純に胴周長と網目内周長だけで網目選択性を検討することに対する疑問もある。こうした異なる網目形状に対して同じ横断面の魚種⁶⁾や, また同じ網目形状に対して異なる横断面の魚種⁷⁾では, それぞれ魚体の抜けやすさが異なることは以前から定性的ではあるが指摘されてきた。また藤石^{8,9)}は, こうした魚体横断面形状(扁平度)と網目形状の関係から網目選択性曲線の理論的推定を試みており, これらの形状の相対関

*1 西海区水産研究所 (Seikai National Fisheries Research Institute, Kokubu-machi, Nagasaki 850-0951, Japan).

*2 現所属: 青島海洋大学水産学院 (Present address: Fisheries college, Ocean university of Qingdao, 5 Yushan Road, Qingdao 266003, China).

*3 東京水産大学海洋生産学科 (Department of Marine Science and Technology, Tokyo University of Fisheries, Konan, Minato, Tokyo 108-8477, Japan).

係の重要性を示した。ただし、藤石の理論曲線は、シグモイド曲線とは異なる形状であることが指摘されている。¹⁰⁾ 本研究では、これまでに調査された東シナ海・黄海における底曳網の網目選択性資料¹¹⁻¹⁴⁾を用いて、東海¹⁾や東海ら²⁾の結果を再検討する。そして、さらに魚体横断面形状と網目形状の相対関係が網目選択性に及ぼす影響を定量化することで、より広範囲の魚種に対して適応できる選択性曲線の決定方法を検討する。

材料と方法

用いるデータ 本研究での解析に用いたデータは、青山ら¹¹⁻¹⁴⁾が行った機船二そう底曳網 55 mm, トロール 60 mm と 72 mm 目合コッドエンドの試験操業から得られた次の 20 魚種の体長階級別選択率である。それは、ハモ *Muraenesox cinereus*, ツマリエツ *Setipinna tenuifilis*, ワニエソ *Saurida wanieso*, イゴダカホデリ *Lepidotrigla alata*, オニカナガシラ *Lepidotrigla kishinouyei*, ウバゴチ *Parabembras curta*, メゴチ *Suggrundus meerdervoorti*, ホタルジャコ *Acropoma japonicum*, アカムツ *Doederleinia berycoides*, マトイシモチ *Apogon carinatus*, イトヨリダイ *Nemipterus virgatus*, シログチ *Pennahia argentata*, クログチ *Atrobucca nibe*, キグチ *Larimichthys polyactis*, ヒメジ *Upeneus japonicus*, ミシマオコゼ *Uranoscopus japonicus*, タチウオ *Trichiurus japonicus*, イボダイ *Psenopsis anomala*, ソウハチ *Hippoglossoides pinetorum*, ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai* である。また魚体の形状に関する資料を得るために、西海区水産研究所底魚資源管理研究室が 1996 年 1 月～2 月に行った東シナ海・黄海の底魚資源調査の漁獲物標本を用いて、各魚種毎に魚体の体長(全長または尾叉長, 肛門前長)及び胴周長, 体高, 体幅を計測した。上記の 20 魚種の中で漁獲物標本がなかったアカムツ, イトヨリダイ, ミシマオコゼについては、長崎魚市場で購入した東シナ海産の標本を計測して、資料を補足した。また、イゴダカホデリについては、1 尾の標本しか得られなかったもので、後述する全長-胴周長関係式のパラメータとして、西海区水産研究所の既存資料⁴⁾によった。

解析方法 一般的に、底曳網の網目選択性は、体長(全長, 尾叉長, 肛門前長等)階級ごとの選択率で表される。このように体長が用いられる理由は計測が容易であることによる。しかし、魚体に対する網目の選択の機構を考えると、体長よりむしろ胴周長が重要であり、網目内周長と魚体の胴周長の関係が網目選択性の決定的な要因となると考えられる。^{1,2,4,6,8)} 本研究では、まず魚種

ごとに計測された体長と胴周長からその関係式を求める。この関係式により各体長階級に対応する魚体の胴周長を求める。そして、魚体の胴周長 G を網目内周長 P で標準化することによって、魚種別の体長階級を相対胴周長 R (以下, $R=G/P$ で表す) に変換した。なお、青山ら¹¹⁻¹³⁾及び青山¹⁴⁾は、コッドエンドの網目の大きさを、目合内周長ではなく目合内径で表示している。そこで、ここでは、陳ら¹⁵⁾や東海ら²⁾と同様に、目合内周長の近似値として目合内径の 2 倍を用いる。また、この相対胴周長階級ごとの選択率を表す網目選択性曲線として、(1)式のロジスティック式を適用する。ロジスティック式のパラメータの決定には最小二乗法を用い、残差平方和の最小化には Microsoft Excel^{*5)}の最適化ツール「ソルバー」を用いた。

$$S = \frac{1}{1 + \exp(\alpha R + \beta)} \quad (1)$$

こうして求めたパラメータから 50% 選択率における相対胴周長 (R_{50}) と選択性レンジ (SR) をそれぞれ(2), (3)式より求めた。

$$R_{50} = -\beta/\alpha \quad (2)$$

$$SR = -2 \ln(3)/\alpha \quad (3)$$

式中の S は選択率, α, β はパラメータである。

次に、胴周における魚体横断面の形状を表す指標として、魚体横断面における体高 h と体幅 w を用いて、魚体横断面係数 C_f を(4)式のように定義した。

$$C_f = \begin{cases} h/w & \text{for } h \geq w \\ w/h & \text{for } h < w \end{cases} \quad (4)$$

この魚体横断面係数 C_f は、魚体の側偏 ($h \geq w$) または縦偏 ($h < w$) の程度を表している。ここで、魚体横断面を近似的に長軸と短軸の長さをそれぞれ a' と b' とした楕円形と見なすと、Fig. 1 のように魚体横断面係数は楕円形の長短軸比に等しく、 $C_f = a'/b' (a' \geq b')$ である。さらに網目形状を菱形とすると、その縦横比は $C_m = a/b (a \geq b)$ である。一般的に使われる縮結は、この縦横比を用いると $C_m/(\sqrt{1+C_m^2})$ のように表される。ここでは、後の表記が容易であるので、この縦横比を用いることにする。この場合、魚体が網糸に触れることなく網目を抜けるための条件とは、網目が形成する菱形の内接楕円よりも、魚体横断面が小さいことである。藤石^{8,9)}は、菱形(または六角形)の内接楕円よりも小さい魚に対して網目選択が働き、それより大きな魚はすべて捕られると考えて、理論的な網目選択性を求めようとした。しかし、この考え方では、相対胴周長が 1 で選択率が 100% に達することを説明できない。この菱形の内接楕円よりも大きな個体が網目を抜けるためには、魚体横断

*4 東シナ海・黄海における漁業と資源。西海区水産研究所, 1973.

*5 Microsoft Excel は Microsoft corporation の登録商標です。

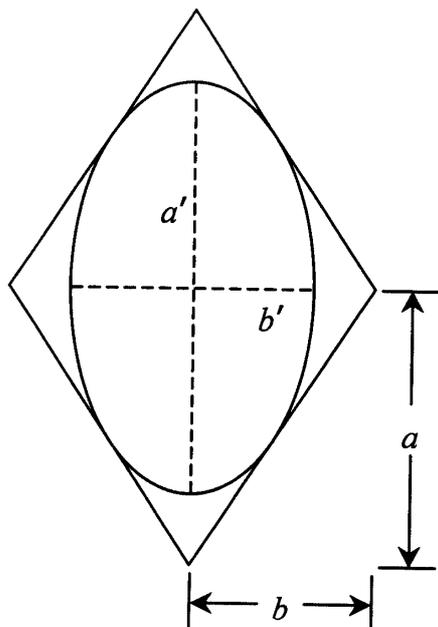


Fig. 1. Schematic concerning relationship between cross-sectional shape of fish body and shape of mesh opening, while fish is passing through the mesh.

面と網目の形状が互いに合うように変形する必要がある。この場合、魚体の横断面形状が選択性に及ぼす影響として、青山⁷⁾が分析したように、網目形状に最も似合った魚体横断面を持つ魚種が最も抜けやすいと考えられる。言い換えれば、異なる魚種の網目抜けやすさはその魚種の横断面形状と目合形状との適合度で表すことができる。網目の抜けやすさは一般的に50% 選択体長で表されるが、ここでは R_{50} で表し、また魚体の横断面形状と網目形状の適合度は、その魚体横断面と同じ長短軸比を持ち、菱形に内接する楕円と菱形との面積比で表す。そして、ある対象魚種の R_{50} は、上述の面積比に比例すると仮定する。すなわち、

$$R_{50} = \frac{k\pi C_m C_f}{2(C_m^2 + C_f^2)} \quad (5)$$

ここで k は比例係数である。式(5)において、 C_f は各魚種で計測した体高と体幅から求めることができるので、 k と C_m の二つをパラメータとして、非線形の最小自乗法によって推定した。この推定には前述の選択性曲線パラメータと同様に「ソルバー」を用いた。特に、(5)式は $C_f = C_m$ のときに50% 相対体胴周長の最大値 $\pi k/4$ を持っている。つまり、 R_{50} は、魚体横断面係数 C_f に対して、網目の菱形形状の縦横比と同じ魚体横断面係数をモードとしたドーム型になる。

結果と考察

魚種ごとの体長と胴周長との関係式を直線回帰によ

Table 1. Regression parameters of girth against body length for each species

Species name	$G = mL + u$				
	L	m	u	r	n
<i>Muraenesox cinereus</i>	AL	0.4864	-1.315	0.9999	14
<i>Setipinna tenuifilis</i>	FL	0.5507	-2.534	0.8968	17
<i>Saurida wanieso</i>	TL	0.4189	-0.5847	0.9992	15
<i>Lepidotrigla alata</i>	TL	0.7**	-2.3**		
<i>Lepidotrigla kishinouyei</i>	TL	0.5474	9.402	0.8471	20
<i>Parabembras curta</i>	TL	0.5016	-12.90	0.9716	20
<i>Suggrundus meerdervoorti</i>	TL	0.7103	-39.60	0.9754	15
<i>Acropoma japonicum</i>	FL	0.8071	-7.938	0.9640	20
<i>Doederleinia berycoides</i>	FL	0.7064	-6.437	0.9874	14
<i>Apogon carinatus</i>	TL	0.7291	-15.76	0.9932	18
<i>Nemipterus virgatus</i>	FL	0.7015	-14.06	0.9583	20
<i>Pennahia argentata</i>	TL	0.6903	-10.95	0.9877	20
<i>Atrobucca nibe</i>	TL	0.6975	-10.87	0.9647	20
<i>Larimichthys polyactis</i>	TL	0.5992	-10.78	0.9745	20
<i>Upeneus japonicus</i>	FL	0.6497	-8.213	0.9807	13
<i>Uranoscopus japonicus</i>	TL	0.6370	1.632	0.9529	20
<i>Trichiurus japonicus</i>	AL	0.4491	-11.35	0.9875	18
<i>Psenopsis anomala</i>	FL	1.209	-52.61	0.9542	17
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	TL	0.7501	-16.68	0.9954	18
<i>Tanakius kitaharai</i>	TL	0.7516	-37.96	0.9442	12

G , girth; TL , total length; FL , fork length; AL , preanal length; n , number of data; r , correlation coefficient.

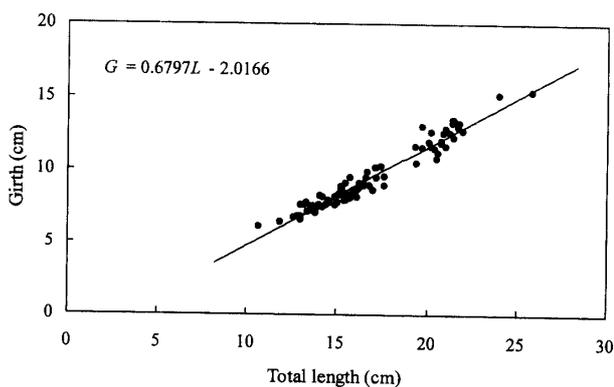


Fig. 2. Relationship between total length and girth for redlip croaker *Larimichthys polyactis*.

て求めた (Table 1)。その一例として、キグチの全長に対する胴周長を Fig. 2 に図示した。この結果を用いて、各魚種の体長階級を相対胴周長 R の階級に変換した網目選択率を Fig. 3 に示した。東海ら²⁾は異なる魚種と異

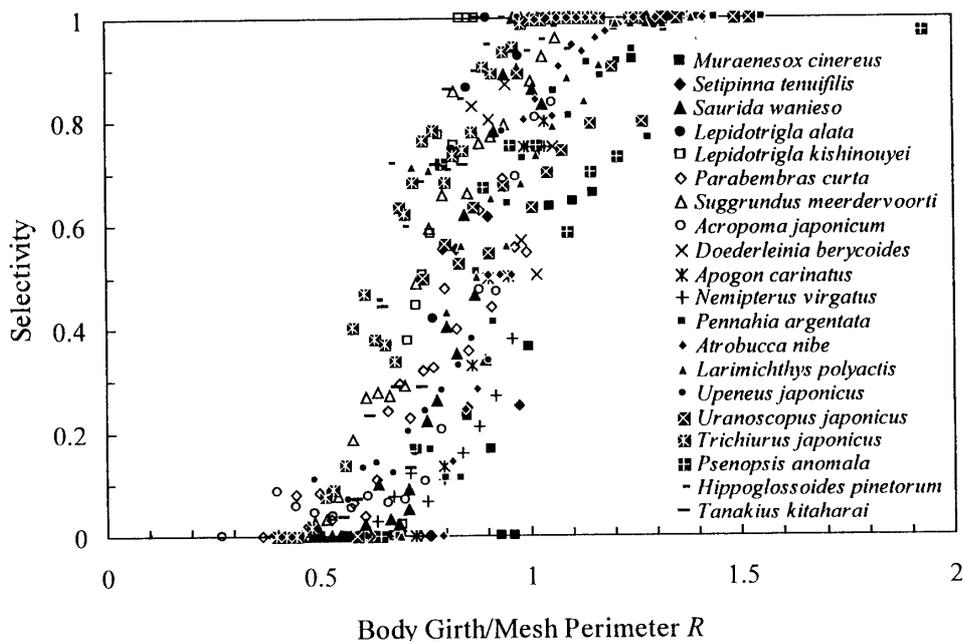


Fig. 3. Mesh selectivity to relative girth R , ratio of body girth to mesh perimeter.

なるコッドエンド目合で, 松下ら⁴⁾は同一魚種で異なるコッドエンド目合で, 相對胴周長に対する選択性はほぼ0.5から増加し始め, 1.0付近で100%に達するとしている。本研究の結果 (Fig. 3) もほぼそうした結果と一致しているものの, 魚種によって変動が大きい。詳細は後述するが, この変動は主に魚体の横断面形状の違いによってもたらされるものと考えられる。

次に, Fig. 3に示した相對胴周長を基準とした選択率に対して, 各魚種ごとにロジスティック曲線式を当てはめた。ロジスティック曲線式のパラメータ推定結果を魚種別に Table 2に示し, Fig. 4には曲線に当てはめたワニエソの例を示した。これらのパラメータを用いて(2), (3)式より求めた R_{50} と選択性レンジ (SR) および魚体計測により求められた魚体横断面係数 (C_f) を Table 3に示した。表から分かるように, 今回取り扱った魚種には, 魚体横断面がほぼ丸い魚種 (例えばワニエソ, $C_f = 1.004$) から極端に扁平した魚種 (例えばソウハチとヤナギムシガレイ, C_f はそれぞれ4.689と5.084) まで, 魚体横断面係数がかなり広範囲にわたっている。また魚体横断面係数と R_{50} , 選択性レンジそれぞれの関係を Fig. 5と Fig. 6に示した。

まず Fig. 5の魚体横断面係数と50%相對胴周長との関係は, ハモとタチウオのトロール2ケースを除いて, 全体的にドーム型となっている。Fig. 5の実線は(5)式による近似曲線で, 破線はその標準偏差を表している。すなわち, k と C_m の二つのパラメータはそれぞれ1.178と2.151と求められ, 式(5)は次のようになる。

Table 2. Master curves for mesh selectivity of each species obtained as logistic equation

Species name	Master curve of mesh selectivity $S(R) = 1/[1 + \exp(\alpha R + \beta)]$	
	α	β
<i>Muraenesox cinereus</i>	-14.33	15.13
<i>Setipinna tenuifilis</i>	-13.22	11.44
<i>Saurida wanieso</i>	-15.71	13.41
<i>Lepidotrigla alata</i>	-30.03	23.52
<i>Lepidotrigla kishinouyei</i>	-31.41	23.52
<i>Parabembras curta</i>	-8.567	7.379
<i>Suggrundus meerdervoorti</i>	-9.919	7.422
<i>Acropoma japonicum</i>	-12.25	11.09
<i>Doederleinia berycoides</i>	-7.888	6.692
<i>Apogon carinatus</i>	-15.10	13.90
<i>Nemipterus virgatus</i>	-17.55	16.86
<i>Pennahia argentata</i>	-11.26	10.43
<i>Atrobucca nibe</i>	-15.62	14.50
<i>Larimichthys polyactis</i>	-8.842	7.756
<i>Upeneus japonicus</i>	-12.39	10.78
<i>Uranoscopus japonicus</i>	-6.254	5.169
<i>Trichiurus japonicus</i>	-10.73	7.349
<i>Psenopsis anomala</i>	-11.13	9.490
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	-12.68	8.622
<i>Tanakius kitaharai</i>	-14.97	11.21

R denotes the relative girth.

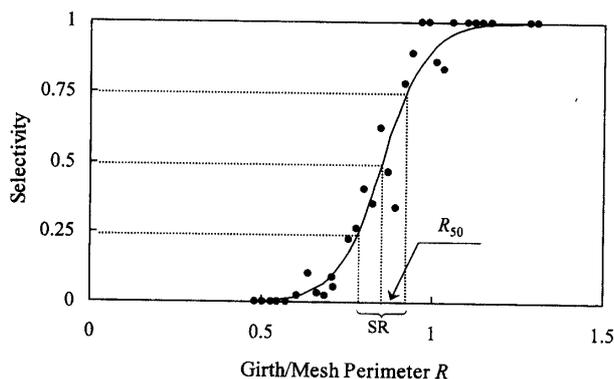


Fig. 4. Master curve of mesh selectivity to relative girth for greater lizardfish *Saurida wanieso*.

Table 3. Estimated cross-sectional coefficient of fish body (C_f), relative girth at 50% selectivity (R_{50}) and selection range (SR) for each species

Species name	C_f	R_{50}	SR
<i>Muraenesox cinereus</i>	1.118	1.056	0.1325
<i>Setipinna tenuifilis</i>	4.004	0.8740	0.1266
<i>Saurida wanieso</i>	1.004	0.8536	0.1399
<i>Lepidotrigla alata</i>	1.351	0.7830	0.0732
<i>Lepidotrigla kishinouyei</i>	1.204	0.7491	0.0700
<i>Parabembras curta</i>	1.098	0.8613	0.2565
<i>Suggrundus meerdervoorti</i>	1.580	0.7583	0.2175
<i>Acropoma japonicum</i>	2.119	0.9053	0.1794
<i>Doederleinia berycoides</i>	1.835	0.8483	0.1812
<i>Apogon carinatus</i>	2.054	0.9204	0.1455
<i>Nemipterus virgatus</i>	2.000	0.9609	0.1252
<i>Pennahia argentata</i>	2.026	0.9256	0.1951
<i>Atrobucca nibe</i>	2.028	0.9283	0.1407
<i>Larimichthys polyactis</i>	2.040	0.8738	0.2485
<i>Upeneus japonicus</i>	1.532	0.8698	0.1774
<i>Uranoscopus japonicus</i>	1.184	0.8265	0.3513
<i>Trichiurus japonicus</i>	2.833	0.6850	0.2048
<i>Psenopsis anomala</i>	2.774	0.8524	0.1974
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	4.689	0.6798	0.1732
<i>Tanakius kitaharai</i>	5.084	0.7491	0.1468

$$R_{50} = \frac{1.178\pi \cdot 2.151C_f}{2 \times (2.151^2 + C_f^2)} \quad (5)$$

$C_m=2.151$ と推定されたことから、本研究で用いた資料である以西底曳網のコードエンド網目の平均的な縦横比が 2.151 (縮結 10%) であったと推測される。また、上述したように、この曲線で R_{50} の最大値を示す魚体横断面係数は $C_{fmax}=2.151$ となる。青山の試験操業に用いた網のコードエンドの設計縮結は 0% ($C_m=\infty$) である^{12,13)}が、操業時には一般的に漁獲物及び吹かれなどに

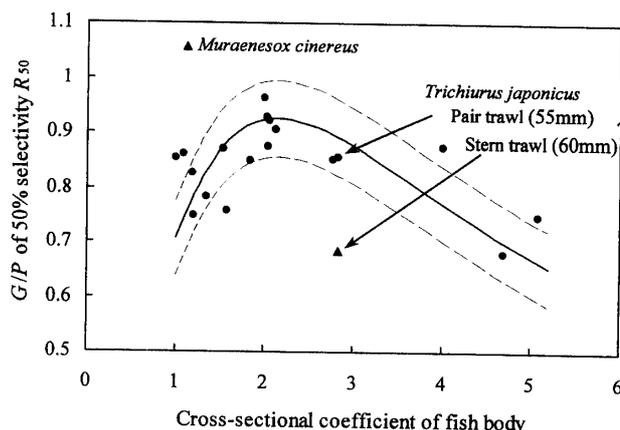


Fig. 5. Relationship between cross-sectional coefficient of fish body and relative girth at 50% selectivity, R_{50} .

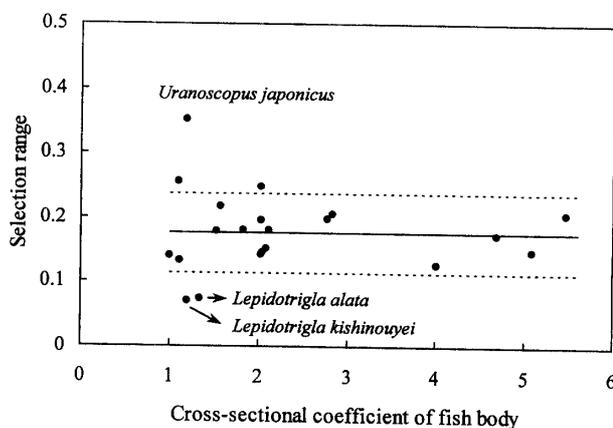


Fig. 6. Relationship between cross-sectional coefficient of fish body and selection range, SR. The solid line shows the approximation and the dotted line shows the standard deviation.

より、網目が変化して一定の縦横比を持つ菱形となっている。以西底曳網のコードエンドの操業時における縮結に関する研究はないが、一般的に 10~15% 程度であると言われ、上述の推定結果はほぼこの範囲に入る。したがって、操業時におけるコードエンド網目の平均的な縦横比と対象魚種の魚体横断面係数が分かれば、その魚種の R_{50} を (5) 式より推定することができる。

Fig. 5 でドーム型曲線から大きく外れた 2 魚種ハモとタチウオのトロールのケースについて考察する。ハモは横断面係数が 1.118 であり、魚体横断面の形状は網目の形状にあまり適合しないにも関わらず、 R_{50} が 1.0 よりも大きくなった。同じことはハモと体型や行動が似ているマアナゴでも認められている。¹⁶⁾ これらの魚種は体表面が滑らかで、狭い場所でもうまく抜けられるため、目合内周長よりも大きな胴周長を持つ個体のかなりが網目を抜けたものと思われる。一方、Fig. 5 におけるタチウ

オの50% 相対胴周長は, 機船底曳網(目合55 mm)では曲線に近いものの, トロール網(目合60 mm)では曲線から下方へ大きくはずれている。つまり, タチウオについては, 55 mm 目合の機船底曳網より60 mm 目合のトロール網の方が, 目合が大きいにも関わらず網目を抜けにくいことを示している。青山ら¹²⁾はこの原因について「トロール網と機船底曳網とにおける選択性の差に起因するものであろう」と述べるにとどまっている。青山ら^{11,12)}より試験操業時の曳網速度を計算すると, トロール網では 3.64 ± 0.61 ノットで, 機船底曳網では 2.87 ± 0.34 ノットとなっている。タチウオの遊泳力があまり大きくないことを考えると, このような曳網速度の違いが網目の通過に影響する一要因になっていると考えられる。

Fig. 6 に示されたように, 選択性レンジは, 魚体横断面係数がおおよそ2.0 以上の場合では, 実線で示された平均値0.1769の近くに分布しているが, 1.0 付近では広狭の差が大きくなっている。ここでもっとも選択性レンジが狭いのはオニカナガシラとイゴダカホドリというカナガシラ属に属する2種であり, もっとも選択性レンジが広いのはミシマオコゼである。これらの魚種はいずれも最大胴周が主鰓がい部に位置し, そこは硬い骨で形成され, 筋肉などがほとんどない。カナガシラ属2種は, 網目を抜ける際にも, 胴周部(実際は主鰓がい部)で魚体横断面の形状が変形することはほとんどなく, 網目選択の過程で, 抜けるか抜けれないかが明確であるために, 結果的に選択性が非常に鋭くなったと考えられる。これに対して, ミシマオコゼの場合は, 今回検討した最大胴周が主鰓がい部に位置する魚種の中で唯一鰓がい骨が可動であるため, 胴周がかなり変化する。これが選択性レンジを大きくした原因のひとつであると思われる。

近年, 角目網を用いたコッドエンドの利用が提唱され,⁵⁾ その選択性と菱目コッドエンドの選択性とが比較されている。^{5,15,17-20)} 特に, 魚体横断面係数の大きい異体類では, sole で角目と菱目にほとんど網目選択性の差がなかったこと¹⁸⁾や, 逆に place は角目よりも菱目の方が網目を抜けやすいこと¹⁹⁾が報告されている。ここで, (5)式を利用して, 菱目と角目の選択性の違いを検討する。(5)式において $C_m=1$ (角目)と $C_m=2.151$ (菱目)のときの曲線を Fig. 7 に示した。なお, ここでは(5)式中の比例係数 k を1として求めた。同図によると, 魚体横断面係数が1に近い場合, つまり魚体断面形状が円に近い場合には, 同じ目合で菱目よりも角目のほうがより大きな個体が抜ける。さらに, 魚体横断面係数が大きい場合, つまり魚体が扁平なほど, 逆に菱目のほうがより大きな個体が抜ける。本研究では,

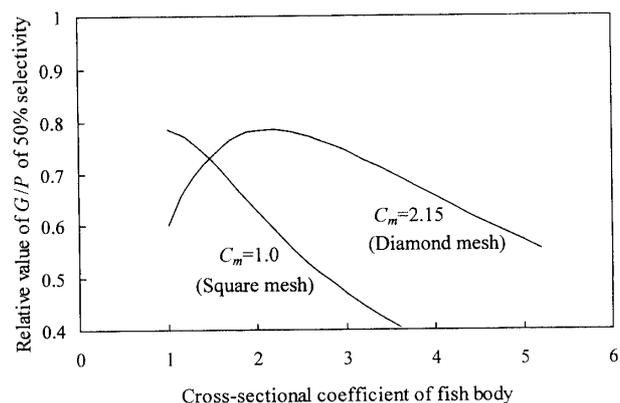


Fig. 7. Theoretical value of relative girth at 50% selectivity with cross-sectional coefficient of fish body for a typical diamond mesh ($C_m=2.15$) and square mesh ($C_m=1.0$).

菱目と角目コッドエンドの網目選択性を理論的に比較し, 魚体横断面が比較的丸い魚種では角目の方が, また扁平な魚種では菱目の方が, 網目を抜けやすいことが示された。このことは, 漁獲対象魚種の魚体の扁平度によって角目と菱目を使い分ける必要があることを示唆している。異体類について角目と菱目が比較された結果では, 魚体横断面や菱目の縦横比が明らかでないため, 本研究で用いた解析を行うことはできなかった。また, 漁獲物が少なく, 網目に大きな張力がかからずに, 比較的網目の形状が変形しやすい場合には, 菱目と角目であまり大きな差が認められない可能性も述べられている。²⁰⁾ 今後とも, こうした実際のデータによる検討を重ねることが必要であろう。

本論文は, ハモ, アナゴとタチウオのような特殊な魚種を除いて, 魚体横断面が円形からかなり扁平な魚種まで, 網目選択性が相対胴周長0.5から上昇し始め, 1.0付近で100%に達するという結論^{1,2)}を確認できた。また魚体横断面係数に対する50%相対胴周長は, 魚体横断面係数が網目の縦横比と一致するとき最大を示すドーム型の曲線で表され, 選択性レンジは魚体横断面係数よりむしろ魚体の胴周長部位の硬さなどのような物理的特性に深く関わっていることが分かった。これらのことから, 魚体横断面係数と体長-胴周長の関係式と本研究で示した式を用い, さらに胴周長を示す魚体部位の物理的特性を考慮すれば, その魚種の菱目網コッドエンドの網目選択性をより精度良く推定できることが期待できる。

文 献

- 1) 東海 正: 底曳網の網目選択性曲線の決定法とその資源管理への応用。日水誌, 64, 597-600 (1998)。
- 2) 東海 正, 大本茂之, 松田 皎: 瀬戸内海における小型

- 底曳網の非有用投棄魚に対する網目選択性. 日水誌, **60**, 347-352 (1994).
- 3) 東海 正: 瀬戸内海における小型底びき網漁業の資源管理—投棄魚問題と網目規制. 南西水研研報, **26**, 31-106 (1993).
 - 4) 松下吉樹, 井上喜洋: スケトウダラ *Theragra chalcogramma* の体型による角目網コードエンドの漁獲選択性の変化. 日水誌, **63**, 23-29 (1997).
 - 5) J. H. B. Robertson and P. A. M. Stewart: A comparison of size selection of haddock and whiting by square and diamond mesh codends. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **44**, 148-161 (1988).
 - 6) A. R. Margetts: The length-girth relationships in whiting and cod and their application to mesh selection. *J. du Cons.*, **23**(1), 64-71 (1957).
 - 7) 青山恒雄: 底びき網の網目の研究, 水産研究叢書2, 日本水産資源保護協会, 東京, 1964.
 - 8) 藤石昭生: 網目選択性に関する理論的研究—I. 曳網類の理論選択曲線について. 水大研報, **22**, 1-28 (1973).
 - 9) 藤石昭生: 網目選択性に関する理論的研究—II. 曳網類の選択曲線の推定法. 水大研報, **22**, 177-198 (1974).
 - 10) T. Tokai and T. Kitahara: Methods of determining the mesh selectivity curve of trawl net. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**, 643-649 (1989).
 - 11) 青山恒雄, 北島忠弘: 底曳網の網目の選択作用—VI. 75 トン型機船底曳網における 55 mm 目の選択作用. 西海水研研報, **18**, 25-49 (1959).
 - 12) 青山恒雄, 北島忠弘: 底曳網の網目の選択作用—VII. 44 m おおい網式トロール網における 60 mm 目の選択作用. 西海水研研報, **18**, 51-67 (1959).
 - 13) 青山恒雄・北島忠弘: 底曳網の網目の選択作用—V. 44 m おおい網式トロール網における, 2 mm 目の選択作用. 西海水研研報, **18**, 11-24 (1959).
 - 14) 青山恒雄: 底びき網の選択作用とその以西底びき網漁業資源管理への応用. 西海水研研報, **23**, 1-63 (1961).
 - 15) 陳 俊徳, 松田 皎, 周 耀休, 東海 正: 台湾海峡における底曳網の角目袋網の網目選択性. 日水誌, **58**, 627-635 (1992).
 - 16) 西川哲也, 反田 實, 長浜達章, 東海 正: 大阪湾の小型底曳網におけるマアナゴの網目選択性. 日水誌, **60**, 735-739 (1994).
 - 17) 松田 皎, 本田 勝, 陳 俊徳: 屋外長水路での曳網模様による角目と菱目袋網の網目選択性の比較. 日水誌, **57**, 1313-1319 (1991).
 - 18) R. Fonteyne and R. M'Rabet: Selectivity experiments on sole with diamond and square mesh codends in the Belgian coastal beam. *Fish. Res.*, **13**, 221-233 (1992).
 - 19) S. J. Walsh, R. B. Millar, C. G. Cooper, and W. M. Hickey: Codend selection in American place: diamond versus square mesh. *Fish. Res.*, **13**, 235-254 (1992).
 - 20) 大本茂之, 東海 正, 反田 実, 西川哲也, 松田 皎: 角目袋網と菱目袋網の選択曲線の AIC による比較. 日水誌, **64**, 447-452 (1998).