

小型底びき網のグランドロープの太さによる漁獲選択性の相違

藤田 薫,^{1*} 松下吉樹,^{1a} 本多直人,¹ 山崎慎太郎,¹ 小林正三^{2b}

(2005年10月31日受付, 2006年12月5日受理)

¹水産総合研究センター水産工学研究所, ²千葉県銚子水産事務所

Selectivity of groundrope of a small trawl net in relation to different diameters

KAORU FUJITA,^{1*} YOSHIKI MATSUSHITA,^{1a} NAOTO HONDA,¹
SHINTARO YAMASAKI¹ AND SHOZO KOBAYASHI^{2b}¹National Research Institute of Fisheries Engineering, Fisheries Research Agency, Kamisu, Ibaraki 314-0408,²Choshi Marine Industries Office, Choshi, Chiba 288-0001, Japan

A parallel haul experiment of two trawl nets equipped with groundropes of different diameters was carried out to understand the role of the groundrope for fishing gear selectivity. The diameter of the groundrope of the test net was 61.3 mm on average, while that of the conventional (control) net was 32.7 mm. The selectivity curve of the test net for each species was estimated with an extended SELECT model. The selectivity curve showed a common S-shape for cinnamon flounder *Pseudorhombus cinnamomeus* and john dory *Zeus faber*. On the other hand, selectivity curves for red tongue sole *Cynoglossus joyneri* and black cow tongue *Paraplagusia japonica* indicated a negative S-shape, as larger individuals escaped from the test net. The test net was non size-selective for bluefin searobin *Chelidonichthys spinosus*. We considered that these selectivities were based on the species and size dependent behavior to the approaching groundrope. A change in the diameter of the groundrope can be a substantial gear modification for selective fishing in multi-species trawl fisheries.

キーワード: SELECT モデル, 異体類, グランドロープ, 小型底びき網, 混獲防除

我が国の小型底びき網漁業では, 漁獲対象生物の小型個体や非漁獲対象生物の混獲・投棄が問題視されることが多い。¹⁻³⁾ これまでにこうした混獲・投棄の減少を目的として, 袋網の目合の拡大⁴⁻⁹⁾や混獲防除漁具の開発⁹⁻¹⁴⁾が行われてきた。しかし, 袋網の目合の拡大は, 小型エビ類と大型の魚類を同時に漁獲するような小型底びき網漁業では, 小型エビ類の漁獲量の減少に繋がることがある。そこで, 生物がグランドロープを通過してから袋網に蓄積されるまでの過程において, 種やサイズによる行動の相違や網目選択性を利用した, 二層式トロール,^{10,13)} 仕切網式分離装置,^{11,13,14)} 混獲防除ウインドー¹²⁾などの混獲防除漁具が開発されてきた。しかしこれらの漁具を用いても, 漁獲対象生物と非漁獲対象生物の網内での行動やサイズに相違がない場合には選択漁獲が困難になる。

そこで本研究では, 生物がグランドロープに遭遇した際の反応行動に着目した。仮に, 生物がグランドロープを通過するまでの過程にも種やサイズによって相違があれば, グランドロープの構造の変更が新たな混獲防除漁具の開発に繋がる可能性がある。グランドロープは底びき網の下端に取り付けられる沈降力を持つ部品であり, 海底の起伏に追従して網の接地性を維持しつつ, 海底上を移動して魚群を網口に駆集する機能を持つ。¹⁵⁾ 従ってその構造は海底近くに生息する生物の漁獲の成否に影響する。Engås and Godø¹⁶⁾と Munro and Somerton¹⁷⁾は, 資源調査用の底びき網のベレー (網の底面となる網地, belly)¹⁸⁾下方に補助網を取り付けてグランドロープ下方を通過した生物を採集し, グランドロープによる種・サイズ選択性を確認した。さらに Munro and Somerton¹⁹⁾は, arrowtooth flounder *Atheresthes stomias* や rex sole

* Tel.: 81-479-44-5952. Fax: 81-479-44-6221. Email: duke@fra.affrc.go.jp

^a 現所属: 長崎大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Bunkyo, Nagasaki 852-852, Japan)^b 現所属: 千葉県水産総合研究センター銚子分室 (Choshi Branch, Chiba Prefectural Fisheries Research Center, Choshi, Chiba 288-0001, Japan)

Glyptocephalus zachirus は小型個体ほどグランドロープの下から逃避しやすいことを示し、その理由として小型個体ほどグランドロープと海底との間の隙間を通過しやすいと推察している。一方、グランドロープは海底上を移動することで生物を駆集する機能を持つので、¹⁵⁾グランドロープの海底への接地圧の多寡も漁獲に影響すると考えられる。グランドロープの接地圧を低減するためには、グランドロープの水中重量を軽くすることとグランドロープの接地面積を大きくすることが考えられる。このうち、グランドロープの水中重量を軽くすることは、ヘッドロープとの浮沈関係が崩れる問題がある。そこで本研究では、接地面積を大きくするために直径を太くしたグランドロープを持つ網と通常の太さのグランドロープを持つ網の漁獲物を比較して、グランドロープが持つ種・サイズ選択性について検討した。

試料および方法

グランドロープの構造 本研究は、千葉県の外房海域で操業する小型底びき網漁具^{11,12,20,21)}を対象に実施した。漁業者が使用しているグランドロープ (Fig. 1A) は、直径 24 mm のポリエステル製ロープと直径 16 mm のポリエステル製ロープの 2 本を互いに沿わせた構成である。直径 24 mm のロープはポリエステル製の網地が巻き付けられ、任意の 30 ヶ所をノギスで測定したと

ころ、平均直径は 32.7 mm (標準偏差 1.6 mm) であった。直径 16 mm のロープは鋳物沈子 (375 g) が約 150 mm 間隔で取り付けられている。さらにこの 2 本のロープに直径 11 mm のチェーンを沿わせ、これら 2 本のロープと 1 本のチェーンに直径 9.5 mm のチェーンを巻き付けることによって加重している。このような構成により曳網時にはポリエステル製の網地を巻いたロープが鋳物沈子を通したロープより先に海底面を通過することになる。

これに対して、直径を通常の約 2 倍にしたグランドロープ (Fig. 1B) を製作した。このグランドロープにはポリエステル製の網地を巻いたロープの代わりに、任意の 30 ヶ所をノギスで測定した平均直径が 61.3 mm (標準偏差 5.2 mm) のポリアミド製のクロスロープを用いた。また、直径 9.5 mm のチェーンの代わりに直径 6 mm のチェーンを巻き付け、漁業者が使用しているグランドロープと水中重量をほぼ等しくした。両グランドロープの構成を Table 1 および Fig. 1 に示す。以降では、漁業者が使用しているグランドロープを取り付けた網を現用網、直径を通常の約 2 倍にしたグランドロープを取り付けた網を試験網と称する。身網^{11,20,21)}や袋網^{12,20,21)}の構造は現用網と試験網でほぼ同一とした。ただし、本海域で操業する小型底びき網漁業では袋網の目合は 9 節 (37.9 mm) から 12 節 (27.5 mm) が用いられており、現用網と試験網で同一の目合を用意できなかった。現用網は 2 階式コッドエンド¹²⁾の上部袋網および下部袋網の目合がともに 10 節 (33.7 mm) であり、試験網は上部袋網の目合が 12 節 (27.5 mm)、下部袋網の目合が 9 節 (37.9 mm) であった。これらの小型底びき網の袋網には、混獲防除ウインドー^{12,21)}が装着されて

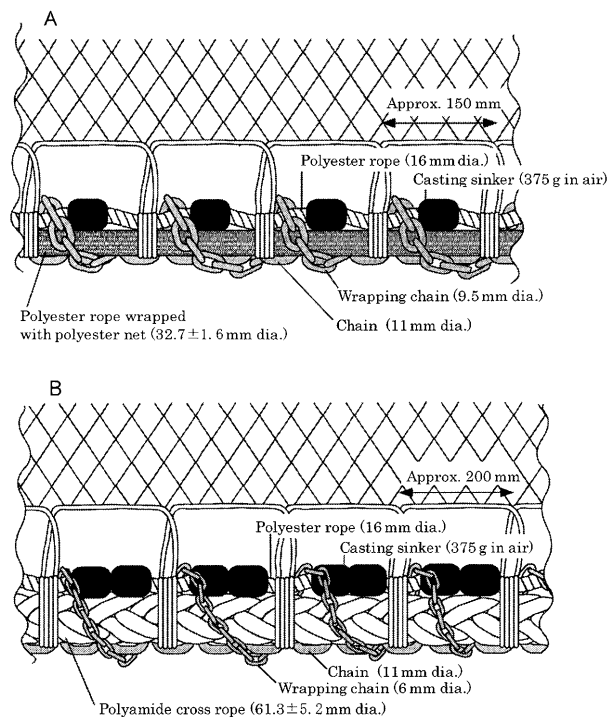


Fig. 1 Schematic drawing of a part of the groundrope of a conventional (control) net (A) and a test net (B).

Table 1 Materials of conventional (control) and test groundrope

Type of groundrope	Conventional (32.7 mm dia.)		Test (61.3 mm dia.)	
Part	Material	Weight (kg)*	Material	Weight (kg)*
Rope	Polyester 16 mm dia.	1.5	Polyester 16 mm dia.	1.5
Rope	Polyester 24 mm dia.	3.4	Polyamide 60 mm dia.	6.9
Wrapping net	Polyamide	2.1	—	—
Sinker	Casting 375 g (in air)	84.0	Casting 375 g (in air)	84.0
Chain	Short ring 11 mm	32.2	Short ring 11 mm	53.7
Wrapping chain	Short ring 9.5 mm	44.6	Short ring 6 mm	31.9
Total		167.8		178.0

* weight in water.

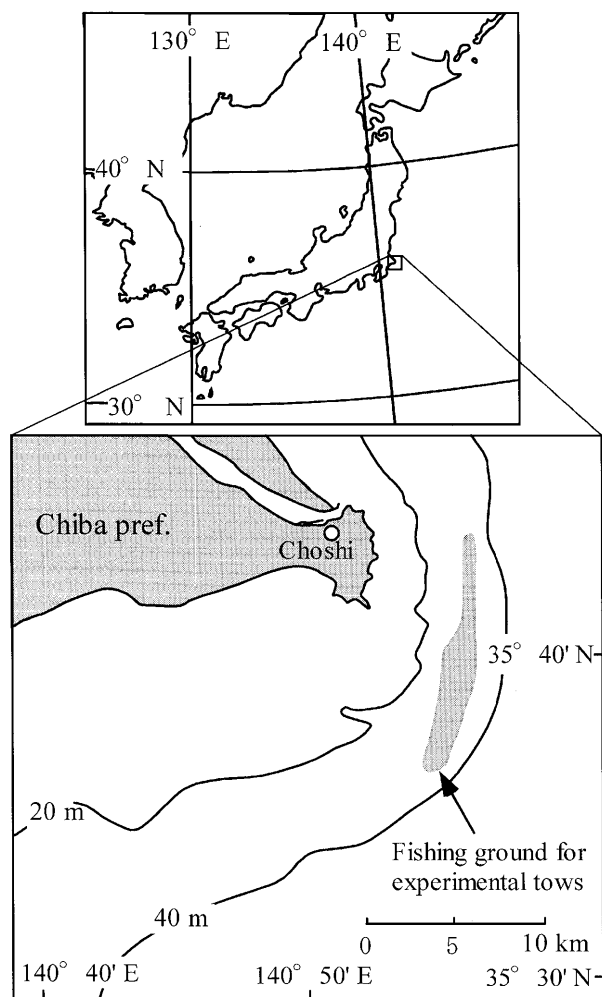


Fig. 2 Fishing ground. Gray shading shows the area where experimental tows were carried out.

いたが、網口から入網した生物をできるだけ保持するために、混獲防除ウインドーを目が13節(25.3 mm)の網地で塞いだ。

操業試験 2003年12月13日の日中に、小型底びき網漁船(9.9トン未満, 301 kW)2隻により、Fig. 2に示した海域で試験を実施した。投網時刻と曳網時間、そして曳網水深がほぼ同じになるように申し合わせ、また操業中は互いの船の位置を目視により確認しながら、2つの網を並行して3回ずつ曳網した。曳網速力は約3ノットとし、1回の曳網時間はワープがセットされてから1時間とした。

解析方法 漁獲物は種ごとに分けて個体数を計数し、魚類は全長を、小型エビ類は体長を測定した。1回の曳網での漁獲個体数が100個体を大きく上回った種は、無作為に抽出した100~305個体の全長(小型エビ類は体長)を袋網ごとに測定した。異尾類、ヒトデ類および貝殻はゴミとしてまとめ、総重量を測定した。こうして

得られた両網における漁獲物のうち、2つの網での漁獲数の合計が100個体を上回った、ガンゾウビラメ *Pseudorhombus cinnamomeus*, アカシタビラメ *Cynoglossus joyneri*, クロウシノシタ *Paraplagusia japonica*, ネズッポ属 *Callionymidae* spp., ホウボウ *Chelidonichthys spinosus*, マトウダイ *Zeus faber*, サルエビ *Trachypenaeus curvirostris* について、現用網をコントロールとした場合の試験網のサイズ選択性を SELECT 解析²²⁾により検討した。解析に用いる全長階級は10 mm 間隔とした。ただしサルエビは体長階級を5 mm 間隔で整理した。

SELECT 解析のパラメータは最尤推定で求められる。最尤推定法では各体長階級の測定個体数を用いて尤度を計算するため、抽出率で引き延ばした値を解析に用いることはできない。Millar²³⁾は袋網とカバーネットから抽出した標本のデータに最尤推定法を適用するため、抽出率を考慮して拡張した SELECT モデルを提案した。本研究でも1回の曳網での漁獲個体数が100個体を大きく上回った種は標本を抽出しているため、Millar²³⁾による拡張した SELECT モデルを適用した。

Munro and Somerton¹⁹⁾は、グランドロープのサイズ選択性 $r(l)$ を下記の(1)~(4)式のいずれかに当てはめて表現した。(1)式は全長(サルエビは体長、以下同じ) l に関わらず $r(l)$ は一定の値となる。(2)式は logistic 式であり、全長 l の変化に応じて $r(l)$ は0から1の間で単調に変化する。(3)式は $r(l)$ が0から漸近線 γ の間で単調に変化する。(4)式は全長 l が大きくなるのに従って $r(l)$ が増加した後減少に転じる。本研究でも同様に、 $r(l)$ をいずれかの式に当てはめた。

$$r_1(l) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha}} \quad (1)$$

$$r_2(l) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta l)}} \quad (2)$$

$$r_3(l) = \gamma \left(\frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \beta l)}} \right) \quad (3)$$

$$r_4(l) = \gamma \left(\frac{1}{1 - \delta} \right) \left(\frac{1 - \delta}{\delta} \right)^{\delta} \left(\frac{e^{-\delta(\alpha + \beta l)}}{1 + e^{-(\alpha + \beta l)}} \right) \quad (4)$$

ここで、 α, β, γ および δ はパラメータである。

全長 l ごとの現用網での測定個体数 c_l と試験網での測定個体数 t_l の和に対する試験網での測定個体数 t_l の割合を Φ_l として次式で定義した。

$$\Phi_l = \frac{t_l}{t_l + c_l} \quad (5)$$

それぞれの種について、試験網と現用網で測定した標本の抽出率をそれぞれ、 q, s 、試験網と現用網に遭遇した個体数のうち、試験網に遭遇した個体数の割合(分割率)を u 、試験網と現用網に遭遇した全長 l の総個体数を R_l とすると、試験網で漁獲された全長 l の測定個体数 t_l は、

$$t_l = u \cdot q \cdot r(l) \cdot R_l \quad (6)$$

現用網で漁獲された全長 l の測定個体数 c_l は,

$$c_l = (1-u) \cdot s \cdot R_l \quad (7)$$

となる。 $\Phi(l)$ を表すモデルには, 分割率 u をパラメータとした場合と一定とした場合 ($u=0.5$) の2通りを考えた。ただし, (1)式は全長 l に関わらず $\Phi(l)$ が一定となるので, $r(l)$ と u は一意に決定されない。そこで(1)式への当てはめは分割率 u を一定とした場合のみ行った。

式(5)に式(1), (6), (7)を代入すると, Φ_l は,

$$\Phi(l) = \frac{u \cdot q}{u \cdot q + s \cdot (1-u) \cdot (1+e^{-\alpha})} \quad (8)$$

で表せる。同様に, 式(5)に式(2), (6), (7)を代入すると, Φ_l は,

$$\Phi(l) = \frac{u \cdot q}{u \cdot q + s(1-u) \cdot (1+e^{-(\alpha+\beta l)})} \quad (9)$$

で表せる。式(5)に式(3), (6), (7)を代入すると, Φ_l は,

$$\Phi(l) = \frac{\gamma \cdot u \cdot q}{\gamma \cdot u \cdot q + s(1-u) \cdot (1+e^{-(\alpha+\beta l)})} \quad (10)$$

で表せる。式(5)に式(4), (6), (7)を代入すると, Φ_l は,

$$\Phi(l) = \frac{\gamma \cdot u \cdot q \cdot \left(\frac{1}{1-\delta} \right) \cdot \left(\frac{1-\delta}{\delta} \right)^{\delta} \cdot \left(\frac{e^{-\delta(\alpha+\beta l)}}{1+e^{-(\alpha+\beta l)}} \right)}{\gamma \cdot u \cdot q \cdot \left(\frac{1}{1-\delta} \right) \cdot \left(\frac{1-\delta}{\delta} \right)^{\delta} \cdot \left(\frac{e^{-\delta(\alpha+\beta l)}}{1+e^{-(\alpha+\beta l)}} \right) + s \cdot (1-u)} \quad (11)$$

で表せる。

全長階級 l_j ($j=1, 2, 3, \dots, k$) としたとき, 最尤推定法では, 次式(12)が最大となるようにパラメータを決定する。^{24,25)}

$$\ln L(\alpha, \beta, \gamma, \delta) = \sum_{j=1}^k [t_{lj} \log \Phi(l_j) + c_{lj} \log (1 - \Phi(l_j))] \quad (12)$$

抽出率 q と s はそれぞれの曳網で一定でなかったの
で, 抽出率が高い曳網時の測定データから重複しないように無作為に抜き取り, それぞれの網で同一種の抽出率を最も低い曳網時の値に統一した。パラメータの推定には MS-Excel のソルバーを用いた。選択されたモデルの適合度は χ^2 検定により検討し, モデルの選択は AIC (Akaike's Information Criterion) 値の比較により行った。²⁴⁾

結 果

比較操業実験を繰り返して行った際にデータを合算できる条件は, 操業期間中に体長組成が変わらない場合, あるいは操業期間中に努力量が一定であるもしくは調査対象漁具と非選択漁具の努力量の比が一定である場合のいずれかである。²⁶⁾ 現用網と試験網の曳網開始時刻のずれ

Table 2 Catch composition of number of organisms and weight of garbage

Common name	Scientific name	Type of groundrope		Test/Con.
		Con.	Test	
Cinnamon flounder	<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	326	71	0.22
Red tongue sole	<i>Cynoglossus joyneri</i>	131	59	0.45
Black cow tongue	<i>Paraplagusia japonica</i>	98	39	0.40
Dragonet	Callionymidae	337	121	0.36
Bluefin searobin	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	94	90	0.96
John dory	<i>Zeus faber</i>	198	233	1.18
Southern rough shrimp	<i>Trachypenaeus curvirostris</i>	971	894	0.92
Others		3182	3214	1.01
Total		6678	5037	0.75
Garbage (kg)		55.4	19.6	0.35

Con., control; Garbage, hermit crabs, star fishes and shells.

は最も大きくても3分程度であり, それぞれの漁船の1回の曳網時間は59~62分の間であった。曳網速力は2.7~3.1ノットであり, 3回の曳網距離の合計はどちらの漁船も16.8 kmであった。2隻は同海域で, はば同時刻に同距離を曳網したので, 同じ生物群を漁獲したと仮定できる。そこで各網3回の曳網での漁獲物の測定データを合算した。

現用網および試験網で漁獲された魚類およびサルエビの個体数とゴミの重量を Table 2 に示す。現用網の総漁獲個体数は6678個体であったのに対し, 試験網のそれは約3/4の5037個体であった。また, 現用網のゴミの総重量は55.4 kgであったのに対し, 試験網のそれは約1/3の19.6 kgであり, 試験網のゴミの重量は少なかった。ゴミの大部分は目合9節の袋網で保持されるのに十分なサイズであった。

試験網と現用網で漁獲されたガンゾウビラメ, アカシタビラメ, クロウシノシタ, ネズッポ属, ホウボウ, マトウダイ, サルエビの全長組成を Fig. 3 に示した。現用網によるガンゾウビラメ, アカシタビラメ, クロウシノシタ, ネズッポ属の漁獲個体数に対する, 試験網によるそれらの比は0.22~0.45であり, 試験網でこれらの種の漁獲は少なくなった (Table 2)。一方, 現用網によるホウボウ, マトウダイ, サルエビの漁獲個体数に対する, 試験網によるそれらの比は0.92~1.18と, それぞれの網で漁獲された個体数は2つの網でそれほど変わらなかった (Table 2)。

これらの Φ_l と選択されたモデルの $\Phi(l)$ を Fig. 4 に示した。ガンゾウビラメ, ネズッポ属, サルエビには分割率を一定とした式(2)のモデルが, マトウダイは分割

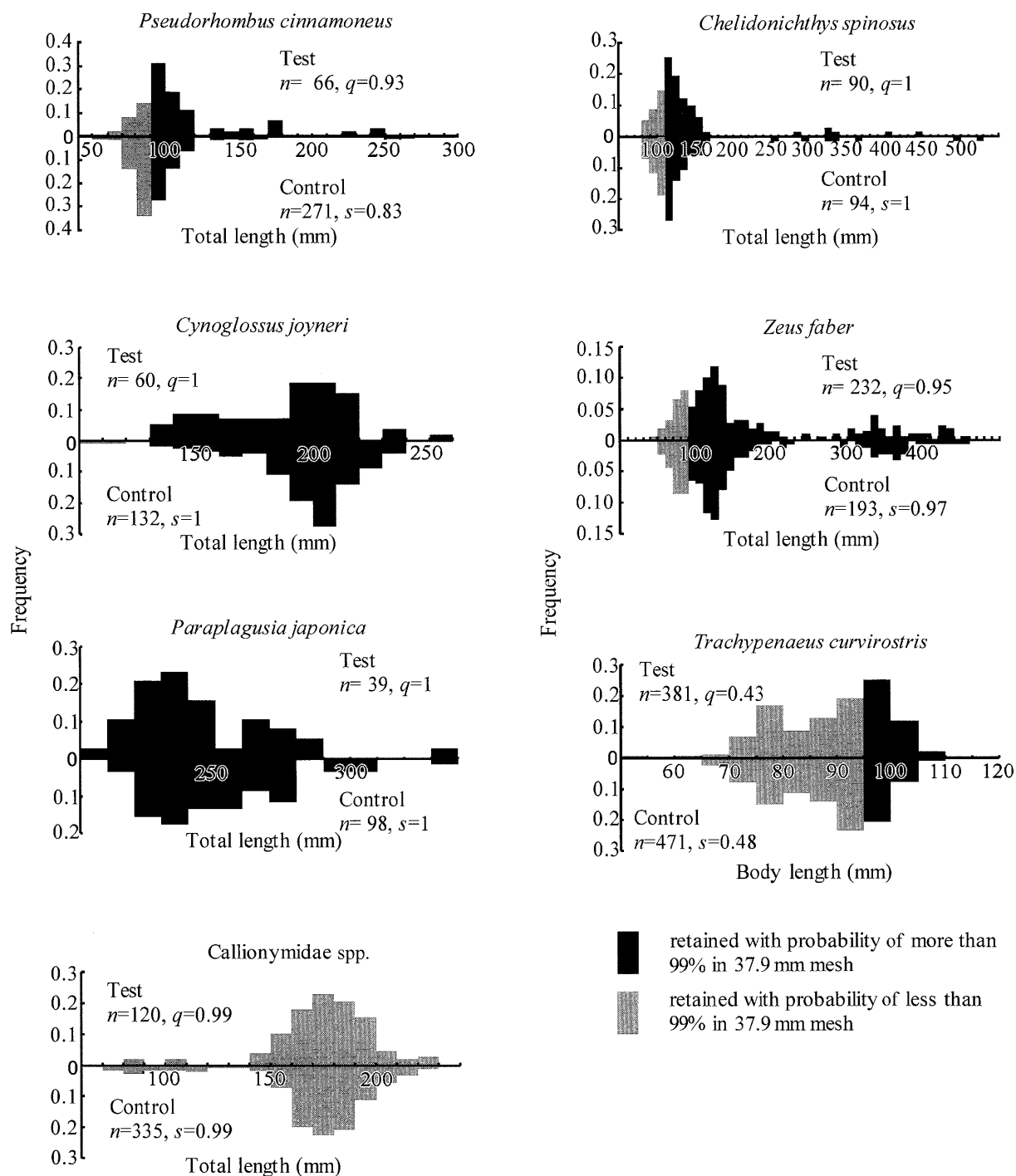


Fig. 3 Frequency distributions of fish length in test and control nets. n , measured number of fish; q , sampling rate in test net; s , sampling rate in control net.

率をパラメータとした式(2)のモデルが採択され、全長階級が大きくなるに従って、 $\Phi(l)$ が高くなった。これらの種とは逆に、クロウシノシタには分割率を一定とした式(2)のモデルが採択され、全長階級が大きくなるに従い $\Phi(l)$ は低くなった。アカシタビラメには分割率を一定にした式(4)のモデルが採択され、全長階級 14 cm

で $\Phi(l)$ が最高になった後に低くなった。一方、ホウボウには分割率を一定にした式(1)のモデルが選択され、全長階級の変化に対して $\Phi(l)$ が一定の値となった。SELECT 解析によって求めた式のパラメータ、分割率 u を Table 3 に、得られた選択性曲線を Fig. 5 に示した。このように、試験網で漁獲個体数が減少する種とそ

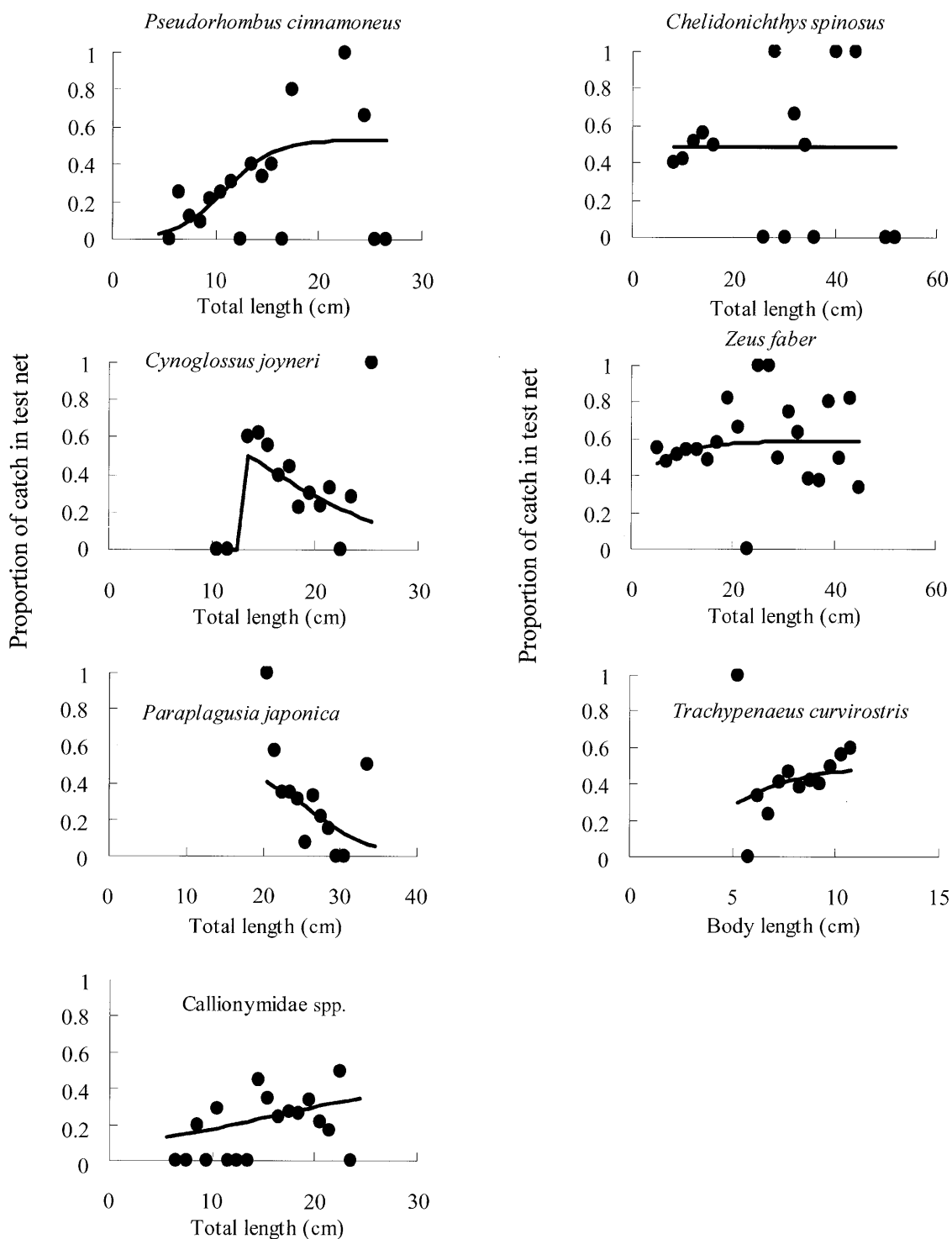


Fig. 4 Fits of estimated curves to the proportion values, $\phi_l = t_l / (t_l + c_l)$. t_l , number of test net samples in the length class l . c_l , number of control net catches in the length class l .

れほど変わらない種(ホウボウ, マトウダイ, サルエビ)に分けられた。さらに前者は小型個体ほど漁獲が減少する種(ガンゾウビラメ, ネズッポ属)と大型個体ほど漁獲が減少する種(クロウシノシタ), そしてある全長階級で選択率が最高となる種(アカシタビラメ)に分けら

れた。

考 察

本研究では, 現用網を無選択であると仮定してコントロールとした。しかし, 資源調査用の底びき網のグラン

Table 3 Estimated parameter values for the selected models

Scientific name	Selected model	Parameters					<i>p</i> value
		α	β	γ	δ	u	
<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	r_2 (I)	-5.43	0.42			0.5	0.38
<i>Cynoglossus joyneri</i>	r_4 (I)	-175.45	13.24	1	0.01	0.5	0.18
<i>Paraplagusia japonica</i>	r_2 (I)	5.81	-0.25			0.5	0.31
Callionymidae spp.	r_2 (I)	-2.33	0.1			0.5	0.44
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	r_1 (I)	3.11				0.5	0.50
<i>Zeus faber</i>	r_2 (I)	-0.31	0.16			0.59	0.33
<i>Trachypenaues curvirostris</i>	r_2 (I)	-2.88	0.5			0.5	0.23

ドロップでは種・サイズによる選択性が報告されている。^{16-17,19)} また、千葉県の外房海域で操業する小型底びき網の漁業者の間では、ネズッポ属がベレーの海底側に前鰓蓋骨棘を刺した状態で漁獲されることが知られている。すなわち、ネズッポ属の少なくとも一部はグランドロープの下方から抜けている。従って本研究で示した試験網のグランドロープの選択性は、現用網で漁獲される生物群に対する相対的な選択性であるといえる。

また、前述したように現用網と試験網の袋網の目合が異なるので、こうした実験設定が結果に影響した可能性がある。そこで、これらの影響を考察する。本研究で用いた袋網の最大目合は9節であった。この目合を通過できるサイズでは、得られた選択性曲線にはグランドロープの太さによる選択性に加えて、それぞれの袋網の網目選択性が影響した可能性がある。そこで、網目選択性の影響を分離するため、目合9節の袋網ではほぼ100%の個体が保持されるサイズを種ごとに求めた (Fig. 3)。板びき網の網目選択性に関する研究⁸⁾によると、目合が38 mm (9節) の袋網を抜けたシタビラメ類の最大個体は全長130 mmであった。本研究では全長が130 mm未満のクロウシノシタは漁獲されなかったので、袋網の目合の違いは得られた結果に影響を与えていないと考えられる。一方、現用網では試験網の網目 (9節) を通過する可能性がある全長130 mm未満のアカシタビラメが2個体 (個体数比2%) 漁獲された。アカシタビラメの選択性曲線には式(4)のモデルが採用されたが、網目選択性の影響が考えられる全長130 mm未満のアカシタビラメのデータを除外すると、選択性曲線はクロウシノシタと同じ式(2)のモデルが当てはまる (Fig. 6)。

一方、ガンゾウビラメ、ネズッポ属、ホウボウ、マトウダイ、サルエビは、9節の網目を通過できるサイズの個体が多く漁獲された。目合と体高の比が1.0で選択率が100%に達すると仮定すると、全長100 mm以上のガンゾウビラメは目合9節の袋網で全て保持される。^{5,11)} マトウダイは全長と体高の関係 (体高=0.41×全長+0.35) から、目合9節の袋網で全て保持される全

長を100 mm以上と推定した。ネズッポ属は、ハタタテスメリ *Repomucenus valenciennei* に対する網目選択性曲線マスターカーブ⁷⁾と、ネズッポ属の全長と体長の関係 (全長=1.42×体長-0.90) から、99%選択体長を195 mm (全長276 mm) と推定した。ホウボウは、近縁種のオニカナガシラ *Lepidotrigla kishinouyei* に対する網目選択性曲線のマスターカーブ²⁷⁾から、99%選択全長を107 mmと推定した。サルエビは、網目選択性曲線マスターカーブ²⁸⁾と体長-頭胸甲長の関係式²⁹⁾から目合9節での99%選択体長を94 mmと推定した。このようにして求めたサイズ以上の個体は袋網の目合の違いが結果に影響を与えないため、得られた選択性曲線はグランドロープの太さによる選択性を表していると考えられる。一方、これらのサイズ以下では、グランドロープの太さによる選択性と網目選択性の両方が影響している可能性がある (Fig. 5)。全ての、あるいはほとんどの全長 (体長) 階級で網目選択性の影響を受けると考えられるネズッポ属とサルエビについてはグランドロープの太さによる選択性を評価できなかった。

次にグランドロープの太さによる選択性について考察する。袋網の網目選択性の影響がないと考えられるサイズでは、全長階級が大きくなるに従い選択率が高くなる種 (ガンゾウビラメ、マトウダイ)、全長階級が大きくなるに従い選択率が低くなる種 (アカシタビラメ、クロウシノシタ)、全長階級に関わらず選択率が一定である種 (ホウボウ) に分けられた。トロール網から魚類が逃避する経路について Munro and Somerton¹⁷⁾は、1) 網目から抜ける; 2) グランドロープの前方で遊泳し続けて漁獲を回避する; 3) ヘッドロープの上を越えて逃避する; 4) グランドロープの下方から抜ける、の4通りに分類した。網目選択性の影響がないと考えられるサイズの魚類に対しては、グランドロープの構造以外の条件は2つの網で同一であるので、1)~3)の経路はこのサイズの魚類で見られた選択性の違いの要因として考えにくい。従って、グランドロープの下方から抜ける傾向に種・サイズによる相違があったと考えられる。このこと

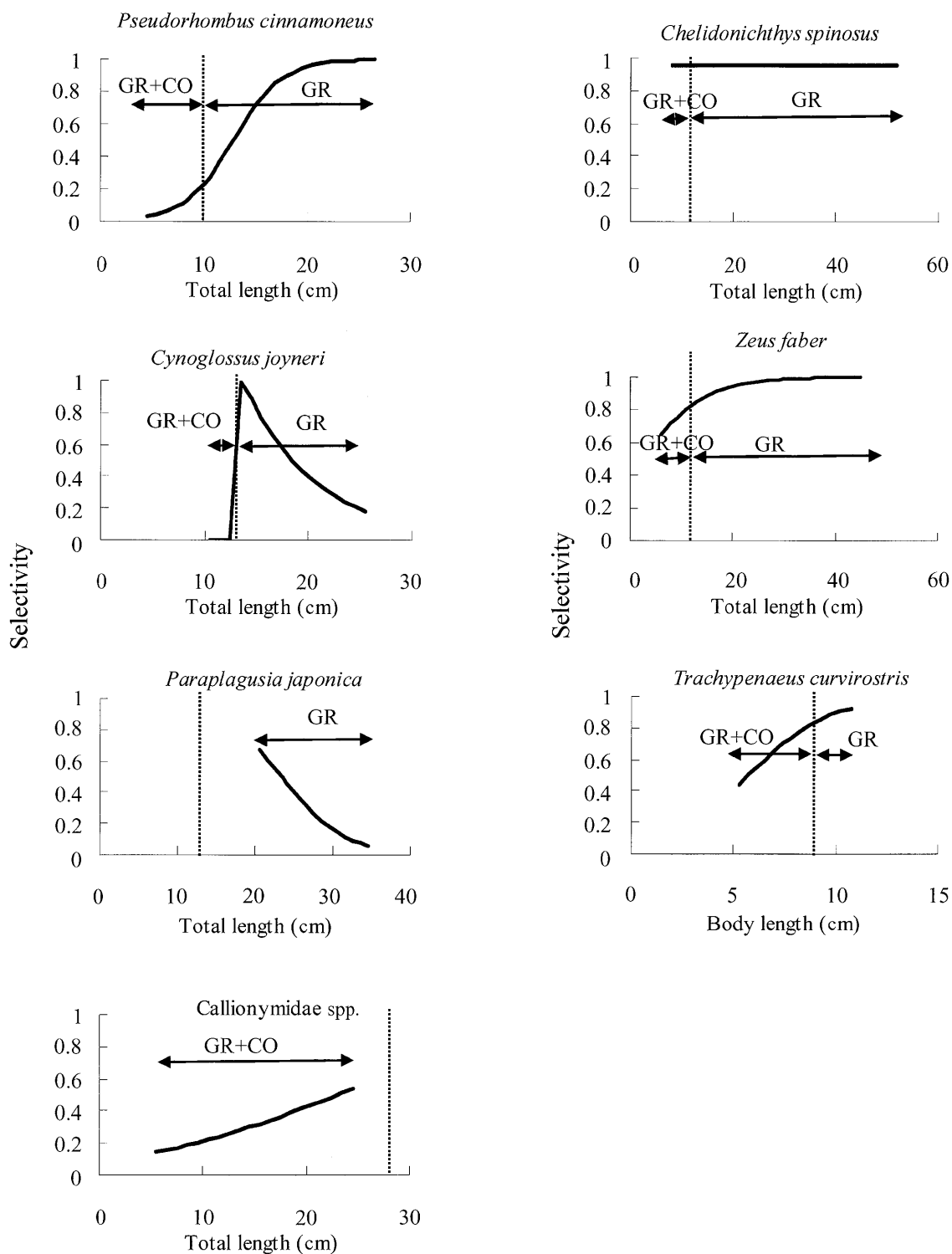


Fig. 5 Selectivity curves with test net for the selected models. The dotted line shows the length class l remaining with probability of 99% in 37.9 mm mesh. GR+CO shows that both groundrope selectivity and codend selectivity influence the result. GR shows that only groundrope selectivity influences the result.

を、グランドロープに遭遇したときの行動や遊泳層の種・サイズによる相違から以下のように考えた。
 底びき網漁業では、泥質の海底で操業する場合にグラ

ンドロープが泥の中に沈まないように、直径が大きく比重が小さいものを使用することがある。¹⁵⁾ 本研究において、グランドロープの水中重量を変えずに太さを2倍

にしたことにより、試験網のグランドロープが海底に接する面積は広くなり、単位面積あたりの接地圧は低くなる。従って、接近するグランドロープに対して、海底中やグランドロープと海底との間に逃避しようとする行動をとる生物は、グランドロープの接地圧が高い現用網により多く入網するであろう。これとは逆に、グランドロープを乗り越えようとする行動をとる生物は、グランドロープの太さの違い、すなわち海底からの高さが入網の成否を決定する可能性がある。

ガンゾウビラメは全長階級が大きくなるに従って選択率が高くなった (Fig. 5)。木元³⁰⁾は、全長 20~30 mm のヒラメ稚魚に対する桁網の採集効率が低いことを示し、その原因がグランドロープの接地不足のほかに、ヒラメ稚魚の逃避行動を上回る曳網速力によりヒラメ稚魚が海底に取り残される現象によると推察している。対象にしている種やサイズが異なるが、本研究での曳網速力は約 3 ノットであり、2 ノット以下で曳網した木元³⁰⁾より速い。そのため、生物が海底に取り残される現象がより生じやすかったと考える。これらのことから、現用網に比べて接地圧が低い試験網のグランドロープは海底上のガンゾウビラメを取り残しやすく、また遊泳能力の高い大型の個体でなければ太いグランドロープを乗り越えられなかったことからこのような選択性が得られたと考えた。

マトウダイの行動に関する知見は乏しく、両網の網口でどのような漁獲過程が生じているかは不明である。ただし、サイズが大きくなると選択率が 1 に近づくことから、小型個体より遊泳力があると考えられる大型個体は海底から離れた状態でグランドロープの上方を通過して入網したと考えられる。

一方、クロウシノシタ (Fig. 5) と全長 130 mm 以上のアカシタビラメ (Fig. 6) は、全長階級が大きくなる

に従って選択率が低くなった。Munro and Somerton¹⁹⁾の報告では、flathead sole *Hippoglossoides elassodon* に対するグランドロープの選択率はサイズが大きくなるに従って高くなり、ある体長階級でピークを迎えた後に低くなった。この現象について Munro and Somerton¹⁹⁾は、はじめに選択率が高くなったのは大型個体ほど海底とグランドロープとの隙間に逃げられずに駆集されやすくなり、また、大型個体ほど遊泳力が高いため離底してグランドロープを乗り越えやすいためと考察した。その後に選択率が低くなったメカニズムは不明としながらも、刺激があったときに潜砂する性質のある魚類は遊泳力のある個体 (通常、大型個体) ほどグランドロープが通過するまでに潜砂できる可能性があると推察している。アカシタビラメは本研究の曳網実験時にベレーに刺さった状態で漁獲される個体が多数見られたので、漁具に遭遇した際に下方に潜り込む行動をとる傾向が強いことが考えられる。従って、グランドロープの前方でこの行動をとったアカシタビラメは潜砂してグランドロープをやり過ごし、その傾向は大型個体ほど強いと考えられる。そして、現用網に比べて接地圧が低い試験網のグランドロープではより多くの個体がグランドロープの下方から逃げたと考えられる。クロウシノシタに対する選択性もアカシタビラメと同じような傾向を示したことから、クロウシノシタも接近するグランドロープに対してアカシタビラメと同様の行動を示す可能性がある。また、アカシタビラメとクロウシノシタは主に大型個体が漁獲されたため、ガンゾウビラメで見られた、全長が大きくなるに従って選択率が高くなる部分は見られなかったと考えた。

ホウボウでは、サイズ選択性がないとするモデルが採択された。Main and Sangter³¹⁾はトロール網のグランドロープ前方を観察し、grey gurnard *Eutrigla gurnardus* が海底から 1 m 以内で群になって逃避する様子を報告した。このことから grey gurnard の近縁種であるホウボウも、グランドロープに遭遇した際には海底から離れて遊泳し、グランドロープの太さは選択性に影響しなかったと考える。

試験網に入網したゴミの総重量は現用網の約 1/3 であった (Table 2)。泥質の海底ではグランドロープが泥の中に入り込まないように直径を大きくして比重を小さくしたグランドロープが使用されることがある。¹⁵⁾おそらく、直径が大きく接地圧が低い試験網のグランドロープは、現用網のそれに比べて海底に沈み込む度合いが小さく、その結果、海底上のゴミを掘り起こしにくかったと考える。松下¹²⁾は、2 階式コッドエンドによりゴミと漁獲物を異なる袋網に分離することで、上部袋網で漁獲された生物の再放流の際の生残性の向上と漁獲物の品質向上が期待できると報告した。グランドロープを太くした場合にも、ゴミの総重量が減少したので、同様の効

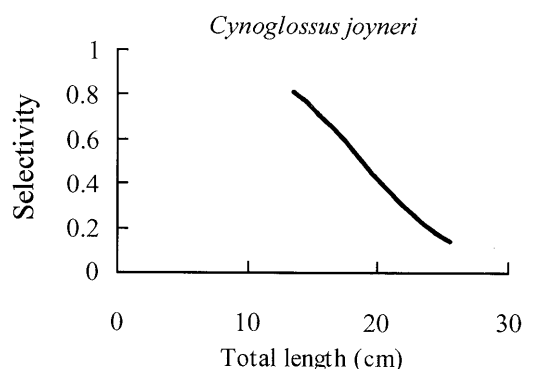


Fig. 6 Selectivity curve with test net for the selected model for red tongue sole *Cynoglossus joyneri* of the size that is not affected by codend selectivity (>130 mm TL).

果が期待できる。

以上のように, グランドロープの太さを変えたことにより, 漁獲された種はサイズ選択性が認められた種とそうでない種に分けられ, さらに前者には全長が大きくなるのに従って選択率が高くなる種と低くなる種が存在した。このような種やサイズごとに異なるグランドロープの選択性を利用できれば, これまでの網口を通過してから漁獲物を分離する方法に加えて, 新たな混獲防除技術を開発できる可能性がある。また, グランドロープを太くすることによりゴミの量が減少したことから, 再放流魚の生残性向上や漁獲物の品質向上が期待できる。しかし, 本研究で得られたグランドロープの選択性は, グランドロープの接地圧と太さ(生物が乗り越えられる高さ)がともに影響したと考えている。今後はこの2つの要因を個別に検討し, 混獲防除のために求められるグランドロープの構造を明らかにする必要がある。

謝 辞

操業試験においてお世話になりました銚子市漁業協同組合小型底曳部会の漁業者の皆様に深く感謝します。本稿に対して貴重なご意見を賜りました匿名の査読者に深く感謝します。

文 献

- 北沢博夫, 大阿久俊郎. 若狭湾における小型底びき網漁業の投棄魚について. 日水誌 1982; **48**: 1089-1093.
- 藤石昭生. 小型底曳網漁業. 「漁業の混獲問題」(松田皎編) 恒星社厚生閣, 東京. 1995; 30-42.
- 平井良夫, 西ノ首英之. 有明海小型底曳網漁業における混獲物の投棄の実態. 日水誌 2003; **69**: 330-336.
- 東海 正, 伊東 弘, 山口義昭. 小型底びき網(手繰第3種, 桁網)による異体類3種の網目選択性に関する予備的検討. 南西水研報 1989; **22**: 29-34.
- 東海 正, 伊東 弘, 正木康昭, 上城義信, 横松芳治, 安東欣二. 小型底びき網(手繰第2種, エビ漕ぎ網)のカレイ類に対する網目選択性. 南西水研報 1989; **22**: 35-46.
- 西川哲也, 反田 實, 長浜達章. 大阪湾の小型底曳網(板曳網)におけるサルエビの網目選択性. 兵庫水試研報 1994; **31**: 1-8.
- 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 1994; **60**: 347-352.
- 本多信行. 板びき網の目合選択性に関する研究. 新潟水試研報 1991; **14**: 13-35.
- 松下吉樹. 底曳網漁業における混獲防除技術. 日水誌 2000; **66**: 261-268.
- 町田末広, 岡座輝雄, 斉藤達彦. 2段式小型底曳網の上下袋網による分離漁獲. 長崎県水産試験場研究報告 1994; **20**: 47-53.
- 松下吉樹, 野島幸治, 井上喜洋. 小型底曳網漁業における漁獲物分離装置の開発. 日水誌 1999; **65**: 11-18.
- 松下吉樹, 井上喜洋, 信太雅博, 野島幸治. 沿岸底曳網漁業における混獲防除ウインドーを備えた2階式コッドエンドの開発. 日水誌 1999; **65**: 673-679.
- 梶川和武, 藤石昭生, 井上 悟, 永松公明, 濱野 明. 分離漁獲装置付き2階式小型底曳き網の分離効果. 日水誌 1998; **64**: 189-196.
- 梶川和武, 藤石昭生, 松永公明, 東海 正, 松田 皎. 混獲防御装置(SURF-BRD)付トロールの魚種分離とサイズ分離. 日水誌 1999; **65**: 278-287.
- 不破 茂. 底びき網のグランドロープの機能に関する基礎的研究. 鹿児島大学水産学部紀要 1989; **38**: 103-156.
- Engås A, Godø OR. Escape of fish under the fishing line of a Norwegian sampling trawl and its influence on survey results. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 1989; **45**: 269-276.
- Munro PT, Somerton DA. Estimating net efficiency of a survey trawl for flatfishes. *Fish. Res.* 2002; **55**: 267-279.
- Bridger JP, Foster JJ, Margetts AR, Strange ES. *Glossary of United Kindom Fishing Gear Terms*. Fishing News Books, Surrey. 1981; 155.
- Munro PT, Somerton DA. Maximum likelihood and non-parametric methods for estimating trawl footrope selectivity. *ICES J. mar. Sci.* 2001; **58**: 220-229.
- 井上喜洋. 銚子型沿岸選択底曳網の構造設計. 水工研技報 2000; **23**: 1-7.
- 千葉県. 小型機船底びき網(板びき)《サルエビ》の選択漁具・漁法の改良改善及び実証化. 平成9年度資源管理等沿岸漁業新技術開発事業報告書. 千葉県, 千葉. 1998.
- 東海 正, 三橋延央. 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 1998; **62**: 235-247.
- Millar RB. Sampling from trawl gears used in size selectivity experiments. *ICES J. mar. Sci.* 1994; **51**: 293-298.
- 東海 正. MS-Excel のソルバーによる曳網の網目選択性 Logistic 式パラメータの最尤推定. 水産海洋研究 1997; **61**: 288-298.
- 斎浦耕二, 東海 正. ポケット網実験から推定したカタクチイワシシラスに対する船曳網の網目選択性. 日水誌 2003; **69**: 611-619.
- 内田圭一, 東海 正, 三橋延央, 胡 夫祥, 松田 皎. 採集努力量が不定な比較操業実験におけるマアナゴに対するかご網漁獲選択性. 日水誌 2000; **66**: 228-235.
- 梁 振林, 堀川博史, 時村宗春, 東海 正. 底曳網の網目選択性に及ぼす魚体横断面形状の影響. 日水誌 1999; **65**: 441-447.
- Tokai T, Ito H, Masaki Y, Kitahara T. Mesh selectivity of a shrimp beam trawl for southern rough shrimp *Trachypenaeus curvirostris* and mantis shrimp *Oratosquilla oratoria*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1990; **56**: 1231-1237.
- 日下部敬之. 大阪湾におけるサルエビの生長と成熟. 大阪府水産試験場研究報告 1997; **10**: 59-69.
- 木元克則, 藤田 薫, 野口昌之, 興石裕一. 水産工学研究所Ⅱ型2m幅桁網の開発とヒラメ稚魚の採集効率の推定. 水工研研報 2001; **22**: 67-90.
- Main J, Sangster GI. A study of the fish capture process in a bottom trawl by direct observations from a towed underwater vehicle. *Scott. Fish. Res. Rep.* 1981; **23**: 1-23.