

# 千葉県沖合底びき網漁業における吊りグランドロープの魚種選択効果

松下吉樹<sup>\*1</sup>・藤田 薫<sup>\*1</sup>・本多直人<sup>\*1</sup>・柴田輝和<sup>\*2</sup>

## Selectivity of a raised footrope trawl in offshore trawl fishery in Chiba Prefecture

Yoshiki MATSUSHITA<sup>\*1</sup>, Kaoru FUJITA<sup>\*1</sup>, Naoto HONDA<sup>\*1</sup>, and Terukazu SHIBATA<sup>\*2</sup>

**和文要旨** 吊りグランドロープ構造としたトロール網（離底網）の魚種選択効果を調べるために、千葉県沖合底びき網漁船2隻により比較操業実験を行った。1隻の漁船は離底網を、もう1隻の漁船は従来の網を同じ海域で同時に曳網して漁獲物を比較した。実験の際には着底記録計により網の離底距離を、自記式水深計によりヘッドロープ高さを計測した。その結果、離底網は海底と網口の間に約0.4mの離底間隔を保っていた。離底網は、スルメイカを既存網と同様に漁獲した。一方、2つの網で漁獲されたマアジの大きさには違いがみられたが、これは2つの網のヘッドロープ高さの相違に起因すると考えられた。離底網を用いた場合、アカムツ、アナゴ類、異体類の漁獲と非商用種の生物やゴミなどの混獲が減少した。

**Abstract** We conducted a parallel haul experiment using 2 offshore trawl fishing boats in Chiba Prefecture to examine a performance of the raised footrope trawl fishing gear. One boat employed a conventional trawl net and another employed the raised footrope trawl net. They towed nets in same fishing ground at same time. Headrope heights for both nets and bottom clearance (distance between bottom and fishing-line) for the raised footrope net were measured by using depth loggers and the bottom contact recorder. As a result, the raised footrope net had kept approximately 0.4 m of bottom clearance. Comparison in catch compositions and size distributions in both nets indicated both nets captured Japanese common squid equally while blackthroat seaperch, flounder species, bycatch of unwanted species and marine debris were decreased. The raised footrope net also tended to capture smaller sizes of Japanese horse mackerel, but we considered this was due to the difference in the headrope heights of both nets

**キーワード**：沖合底びき網漁業，オッタートロール，漁具改良，選択性，グランドロープ

**Key words**: offshore trawl fishery, otter trawl fishing gear, gear modification, selectivity, footrope

### 1. はじめに

本州北部太平洋岸の沖合海域で主に沖合底びき網漁業や小型機船底びき網漁業が利用しているサメガレイ *Clidoderma asperimum*，ヤナギムシガレイ *Tanakius*

*kitaharai*，キチジ *Sebastolobus macrochir*，キアンコウ *Lophius litulon*は資源の減少や小型魚の漁獲割合の高さが問題視されており，水産庁は資源回復のための重要魚種と位置づけ，保護区の設定などによる資源回復計画を策定し，青森県から千葉県の底びき網漁業者は当該計画に基づく資源回復措置を実践している

(<http://www.jfa.maff.go.jp/sigen/kareirui.html.htm>).

このことにより、青森県から茨城県までの各県の沖合水域には保護区が設定されているが、千葉県沖合水域における沖合底びき網漁業の操業については、既にも他業種との漁業調整により漁場が制限されており、新たに保護区を設定することが困難な状況にある。そこで、懸念される資源を保護してより早く回復させるため、千葉県の沖合底びき網漁業者は、保護区に替わる千葉県海面での資源回復措置として改良漁具の検討に着手している。

千葉県の沖合底びき網漁船は漁獲目標とする種に応じて2種類の漁具を使い分けて用いている。ひとつは「銚子網」と呼ばれるトロール網で、主にヒラメ・カレイ類を対象とする漁場において使用される。もうひとつは「グランド網」と呼ばれ、冬季にヤリイカ *Loligo bleekeri* を漁獲する漁場において使用される。「銚子網」の設計は標準的な6枚構成のトロール網で、海底と接地するグランドロープにはコンパウンドロープに古い網地を巻き付けた柔軟な資材が用いられている。「グランド網」も「銚子網」と同様の6枚構成のトロール網であるが、グランドロープには最大で直径30cmのゴムボピンを取り付けた仕様となっている。このような漁具の設計の相違は、主に漁獲目標とする種の鉛直分布の相違に因るものと考えられる。すなわち、「銚子網」では漁獲目標とするヒラメ・カレイ類は海底表面付近に生息するため、グランドロープが柔軟に海底を追従するように配慮されている。一方、「グランド網」はヤリイカが海底からある程度上の層に分布することを想定して設計されている。このため、グランドロープは海底を追従することよりも海底形状や底質にこだわらずに曳網ができるような配慮がされており、ヤナギムシガレイやキアンコウなど、海底表面付近に分布する生物に対する漁獲はそれほど重視していないと考えられる。

千葉県沖合底びき網漁業者は、「グランド網」のグランドロープと網口の下端のフィッシングラインを連

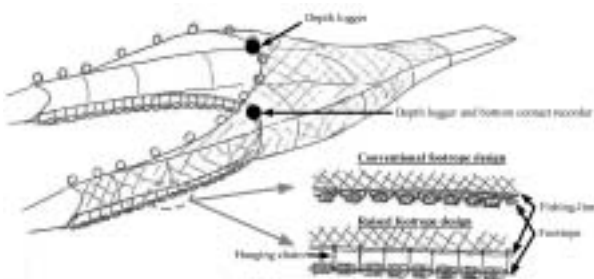


Fig. 1 Raised and conventional footrope designs proposed by fishermen and positions where depth loggers and the depth contact recorder were attached.

結するチェーンを長くすることで網口の下端を海底から離し、海底表面付近に分布する生物を海底と網口の間隙間を通過させることで漁獲しないような漁具の構造を検討している (Fig.1)。本稿ではこの構造を吊りグランドロープ、この構造を持つ網を離底網と呼ぶことにする。網の下端となるフィッシングラインを海底から離底させる構造の漁具が我が国でも1980年代にベーリング公海などで試され (小山, 1982; 河野, 1982; 肥後, 1982; 肥後ら, 1983), 海外では使用が義務づけられている漁業もある (National Marine Fisheries Service, 2003)。しかし、我が国ではその効果を既存の漁具と比較して定量的に示した資料は見当たらない。そこで本研究ではこの効果を調べるために、既存の「グランド網」と「グランド網」を離底網に改造した網を2隻の漁船により同時に曳網し、漁獲物の比較を行った。

## 2. 資料と方法

操業実験は平成16年8月27日に千葉県沖合底びき網漁船、第十一利早丸 (66トン, 882.6kW) と吉代丸 (53.91トン, 882.6kW) により実施した。用いた網はそれぞれの漁船が用いる「グランド網」(以降、既存網と呼ぶ) であるが、第十一利早丸が用いた網にはグランドロープとフィッシングラインを連結するチェーンの長さを一般的に用いられている長さより0.25m長くなるように取り付けられた (離底網)。これらの網が同時に同じ海域 (水深97-112m) を通過するように並んで対地速力3.3~3.8ノットで約2時間曳網する実験を2回実施した (Fig. 2)。この実験では、曳網中の漁具の形状を把握するために次の計測を行った。

離底網のフィッシングラインの中央部には着底記録

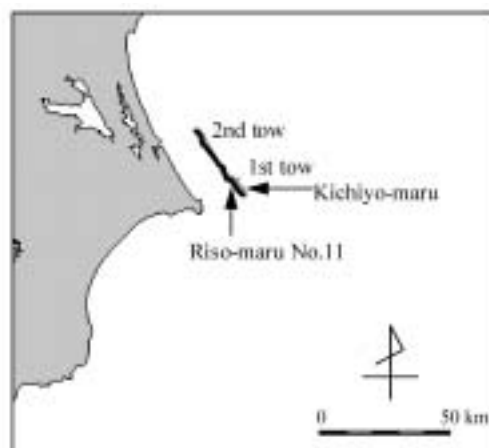


Fig. 2 Map of experimental fishing ground. - , paths of the raised footrope net (test); —, paths of a conventional net (control).

計(本多ら, 2003)に長さ0.72mのステンレス製棒を取り付けたものを装着し, 着底記録計に内蔵された傾斜角度計の記録値から次式によりフィッシングラインから海底までの距離  $H$  (離底間隔) を1.5秒間隔で計測した (Fig. 3, 本多, 2003)。

$$H = L \sin \theta \quad (1)$$

ただし,  $L$  はステンレス製棒の長さ (=0.72m), はステンレス製棒が海底となす角度である。

また, 2回目の曳網時には両網のヘッドロープとフィッシングラインの中央部に自記式水深計(アレック電子, MDS-MkV/D, 分解能0.05m, 精度 $\pm 1\%$ FS)を取り付け (Fig. 1), 1秒間隔で水深を記録し, 同時刻の記録値の水深差を求めた。そして, 既存網はこの水深の差を海底からヘッドロープ中央部までの高さ(以降ではヘッドロープ高さと呼ぶ)とした。一方, 離底網のヘッドロープ高さは水深差の値に離底間隔の平均値を加えた値とした。

2つの網における漁獲物は種毎に選別し, 総重量を計測した。大きさは可能な限り全数を計測するようにしたが, 漁獲の多かったマアジ *Trachurus japonicus* とスルメイカ *Todarodes pacificus* については無作為抽出した100~300個体の総重量と大きさを計測した。そして大きさを階級毎にまとめて体長組成として解析を行った。

まず, それぞれの網での体長組成の分布型に相違があるかをKolmogorov-Smirnov検定によって検討した。体長組成に差が認められた場合には既存網をコントロールとした場合の離底網のサイズ選択性  $r(\ell)$  を検討した。 $r(\ell)$  には網目選択性を表現するために用いられることの多い下記のlogistic式を用いた。

$$r(\ell) = \frac{\exp(\alpha + \beta\ell)}{1 + \exp(\alpha + \beta\ell)} \quad (2)$$

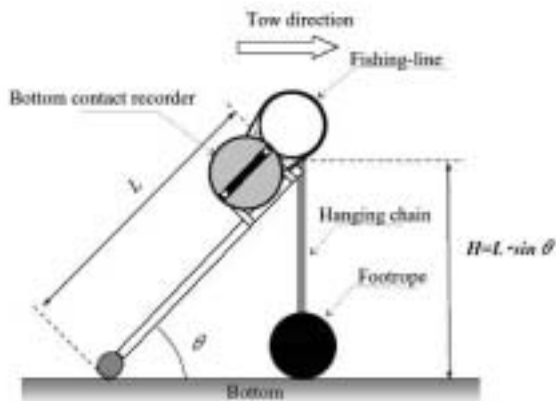


Fig. 3 Method for measuring bottom clearance using the bottom contact recorder.

$\alpha, \beta$  はパラメータである。これらのパラメータの推定は最尤推定法で行われることが標準的である (Willeman *et al.*, 1996; 西内, 2001)。しかし, この方法は漁獲物から標本を抽出してその結果から漁獲物全体の体長階級を推定した値を用いることができない。そこでMillar (1994) は標本抽出の結果を適用できる拡張したSELECTモデルを提案している。本研究でもマアジやスルメイカは全量を計測していないため, 拡張SELECTモデルを適用する。

離底網で漁獲された体長階級  $\ell$  の個体数  $N_{T\ell}$  と2つの網で漁獲された体長階級  $\ell$  の個体数 ( $N_{C\ell} + N_{T\ell}$ ,  $N_{C\ell}$  は既存網で漁獲された体長階級  $\ell$  の個体数) の比 ( $\phi$ ) を次のように定義する。

$$\phi(\ell) = \frac{N_{T\ell}}{N_{C\ell} + N_{T\ell}} \quad (3)$$

次に, 既存網と離底網における標本抽出率をそれぞれ  $s_c, s_r$ , それぞれの網に入網した魚のうち, 離底網に入網した魚の個体数の比を  $p$  (分割率) とすると, (3) 式は次のように表せる。

$$\phi(\ell) = \frac{ps_r r(\ell)}{ps_c [1 - r(\ell)] + (1 - p)s_r r(\ell)} \quad (4)$$

全長階級  $\ell$  ( $j=1, 2, 3, \dots, k$ ) とすると, 尤度から定数項を除いて対数を取った対数尤度関数は次式で表される。

$$\ln L(\alpha, \beta) = \sum_{j=1}^k [N_{Tj} \log(\phi_j) + N_{Cj} \log(1 - \phi_j)] \quad (5)$$

MS-Excel\*のソルバーを用いてこの(5)式の値が最大となるようにlogistic式のパラメータ  $\alpha, \beta$  および分割率  $p$  を求めた。そして求められたサイズ選択性が適合するかを  $\chi^2$  検定により検討した。既存網と離底網における標本抽出率  $s_c, s_r$  は1回目と2回目の曳網で一定ではなかったので, 乱数表を用いて抽出率が高い標本よりさらに標本抽出を行い, 一定にした。

### 3 結果と考察

曳網中の離底網の離底間隔をFig.4に示した。東海黄海の二そう曳網における漁具各部の張力計測では, 曳索長を固定してから1~2分後にほぼ一定の値となることが報告されている(不破, 1981)。この報告より曳網中の網の形状は着底後, 数分間で安定することが予想されるが, 本研究ではより安定した状態の網の形状を把握するために離底網の曳網を開始してから30分以降の90分間の離底間隔の平均値を求めた。その結果, 離底間隔は1回目と2回目の実験ともに平均値は

\* MS-ExcelはMicrosoft Corporationの登録商標。

0.38m, 変動係数は3.3~5.4%で, フィッシングラインは安定して海底からの距離を保っていた。離底網のフィッシングラインとグランドロープの間の長さは25cmであったが, グランドロープを構成するゴムボビンの大きさ(直径0.3m)を考慮すると, ゴムボビンの海底との接触部分からフィッシングラインまでの距離は, 0.4mとなる。したがって, 離底網は改良時に想定した形状をほぼ保っていたものと考えられる。

次に2回目の曳網における曳網を開始してから30分以降の90分間の既存網と離底網のヘッドロープ高さをFig.5に示した。ヘッドロープ高さの平均値は既存網で4.1m(標準偏差0.12m), 離底網で2.7m(標準偏差0.11m)で, 同じ「グランド網」と呼ばれる漁具でもヘッドロープ高さが異なることが明らかとなった。したがってそれぞれの網の漁獲物の相違は, 吊りグランドロープの効果とヘッドロープ高さの相違がともに影響していると考えられる。

離底網と既存網の漁獲物の概要を重量と個体数別にTable 1およびTable 2に示した。離底網の漁獲重量の2曳網の合計は既存網のその62%であった。スルメイカの漁獲重量と漁獲尾数にはそれほど大きな差が認

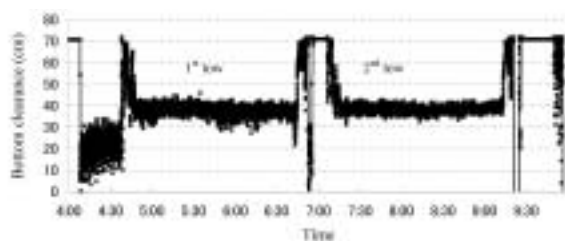


Fig. 4 Change in bottom clearance measured by the bottom contact recorder for the raised footrope net.

められなかったが, その他の生物については差がみられ, 水揚げ対象種ではアカムツ *Doederleinia berycoides* の漁獲重量は58%とほぼ半減し, マアナゴ *Conger myriaster* は35%, ヤナギムシガレイなどの異体類の合計の漁獲は11%と著しく減少した。一方, 市場価値が無く, 漁獲されても投棄の対象となるナヌカザメ *Cephaloscyllium umbratile* やクサウオ *Liparis tanakae* などの生物やゴミ類の減少も明らかであった。

次に離底網と既存網で漁獲された生物のうち, 多数が漁獲されたマアジ, スルメイカ, アカムツ, ヤナギムシガレイの全長組成(スルメイカは外套背長組成)をFig.6に示した。Kolmogorov-Smirnov検定により体長組成の相違を検討した結果, マアジについて危険率5%で有意な差があることが明らかになった。一方, スルメイカ, アカムツ, ヤナギムシガレイの全長組成には, 漁具による違いが無いことが確認された。このこ

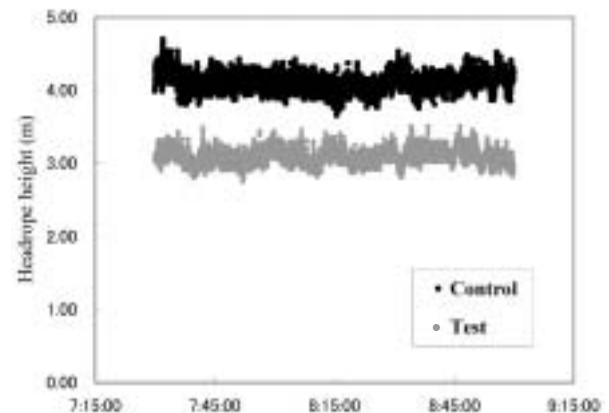


Fig. 5 Headrope heights during towing. •, the raised footrope net (test); ◦, conventional net (control).

Table 1 Summary of catch composition in weight (kg)

Species	Test			Control			A / B
	1 <sup>st</sup> tow	2 <sup>nd</sup> tow	sum(A)	1 <sup>st</sup> tow	2 <sup>nd</sup> tow	sum(B)	
<b>Landed species</b>							
Japanese horse mackerel <i>Trachurus japonicus</i>	63.0	484.8	547.8	58.0	633.0	691.0	0.79
Japanese common squid <i>Todarodes pacificus</i>	48.7	83.4	132.0	30.7	76.5	107.2	1.23
Blackthroat seaperch <i>Doederleinia berycoides</i>	20.4	2.6	23.0	33.4	6.0	39.4	0.58
Common Japanese conger <i>Conger myriaster</i>	13.3	0.6	13.9	26.6	13.5	40.1	0.35
Willow flounder <i>Tanakius kitaharai</i>	0.4	0.2	0.6	2.8	0.6	3.4	0.16
Rikuzen sole <i>Dexistes rikuzenius</i>	0.1	0.1	0.3	0.3	1.0	1.3	0.21
Roundnose flounder <i>Eopsetta grigorjewi</i>	0	0	0	0.9	0.3	1.1	0
Brown sole <i>Limanda herzensteini</i>	0	0	0	0.7	1.0	1.7	0
Others	24.9	40.9	65.7	71.5	60.3	131.8	0.50
<b>Discarded species</b>							
Blotchy swell shark <i>Cephaloscyllium umbratile</i>	5.7	5.8	5.8	17.8	214.5	232.3	0.02
Glassfish <i>Liparis tanakae</i>	27.0	2.7	8.4	8.0	8.1	16.1	0.52
Other discarded organisms	5.2	3.0	29.9	42.1	12.4	54.5	0.55
Marine debris	208.7	11.7	16.9	26.2	15.6	41.8	0.40
<b>Total</b>		<b>635.5</b>	<b>844.3</b>	<b>318.9</b>	<b>1042.8</b>	<b>1361.6</b>	<b>0.62</b>

Table 2 Summary of catch composition in number (individuals)

Species	Test			Control			A / B
	1 <sup>st</sup> tow	2 <sup>nd</sup> tow	sum(A)	1 <sup>st</sup> tow	2 <sup>nd</sup> tow	sum(B)	
<b>Landed species</b>							
Japanese horse mackerel <i>Trachurus japonicus</i>	383	6847	7230	321	6870	7191	1.01
Japanese common squid <i>Todarodes pacificus</i>	326	533	859	253	425	678	1.27
Blackthroat seaperch <i>Doederleinia berycoides</i>	48	5	53	71	15	86	0.62
Common Japanese conger <i>Conger myriaster</i>	49	2	51	102	66	168	0.30
Willow flounder <i>Tanakius kitaharai</i>	12	6	18	80	20	100	0.18
Rikuzen sole <i>Dexistes rikuzenius</i>	4	3	7	6	21	27	0.26
Roundnose flounder <i>Eopsetta grigorjewi</i>	0	0	0	2	1	3	0
Brown sole <i>Limanda herzensteini</i>	0	0	0	3	1	4	0
Others	81	84	165	1714	87	1801	0.09
<b>Discarded species</b>							
Blotchy swell shark <i>Cephaloscyllium umbratile</i>	0	20	20	72	774	846	0.02
Glassfish <i>Liparis tanakae</i>	37	17	54	66	66	132	0.41
Other discarded organisms	327	74	401	506	223	729	0.55

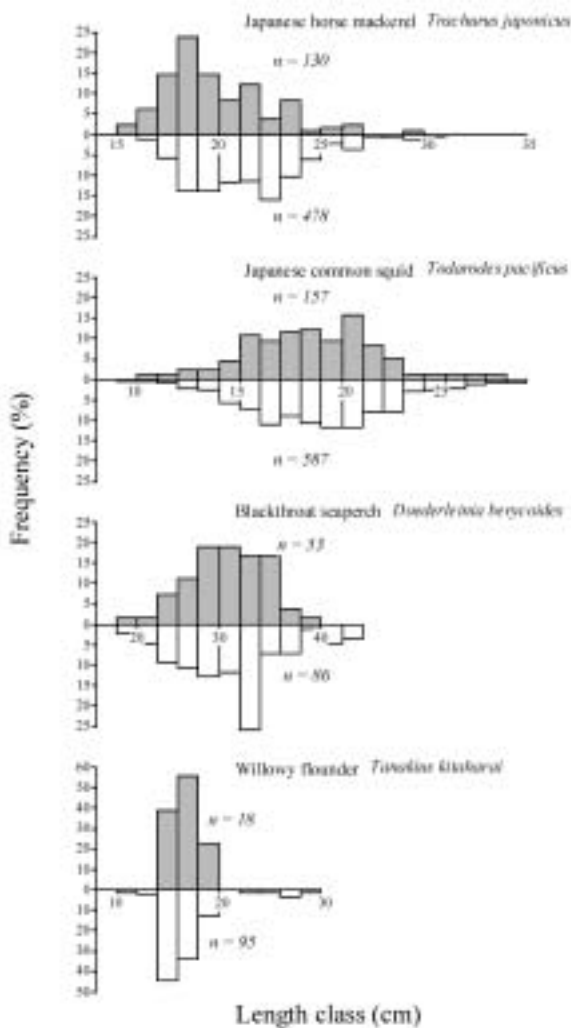


Fig. 6 Size distributions of captured major species. Grey bars show fish captured by the raised footrope net (test), blank bars, conventional net (control). *n* indicate numbers of measured fish.

Table 3 Fit of logistic selection curve for Japanese horse mackerel *Trachurus japonicus*

Length class	18
Fish	607
	0.056
	-0.255
<i>p</i>	0.99
50% retention length (cm)	0.22
Deviance	24.6
d.o.f	15
<i>p</i> -value	0.055

とは、離底網は既存網と比べて、スルメイカ、アカムツ、ヤナギムシガレイに対してある大きさの個体だけを漁獲するような特性を持たないことを意味する。スルメイカの漁獲重量と個体数は両網で同じ程度であったので、離底網はスルメイカに対して既存網と同じような漁獲性能を持つものと推定される。一方、アカムツ、ヤナギムシガレイの漁獲重量と尾数は離底網で少なくなったことより、離底網はこれらの種に対してサイズ選択性は持たないものの、漁獲性能では劣ることが推測される。

次に、2つの網で体長組成が異なったマアジについて、離底網で漁獲された体長階級の個体数と2つの網で漁獲された体長階級の個体数の比 ( $\ell$ )をFig. 7に、拡張SELECTモデルによる解析結果をTable 3に示した。 $(\ell)$ は体長階級が大きくなるほど小さくなり、既存網が離底網に比べて大きな魚を漁獲した傾向を示した。しかし、解析結果 (Table 3) をみると、得られた結果の適合度は5%の危険率では棄却されないものの ( $p=0.055$ )、既存網をコントロールとした場合の離

底網の50%選択体長は0.22cm, それぞれの網に入網した魚のうち, 離底網に入網した魚の個体数の比(分割率)は0.99と現実的でない値が得られた。したがって, 拡張SELECTモデルによる解析結果は, 2つの網のサイズ選択性の相違を適切に表現していないと考えられる。比較操業実験においてSELECTモデルを適用した解析を行う場合, いくつかの体長階級において( $\ell$ )が一定の値の周辺に分布することで分割率が推定されるが, 本研究の結果では小さなサイズの体長階級の範囲(15-17cm)においても( $\ell$ )は体長が大きくなるにつれて減少する傾向が認められ, 適切な分割率の推定がなされなかったためであると考えられる。また, 本研究では2つの網のサイズ選択性の相違を表す関数として, 網目やグリッドなど, 機械的な選択機能を表現するために一般的に用いられているlogistic式を用いたが, 本研究のように魚の鉛直分布の相違に起因するであろうサイズ選択性を表現できるかは不明である。本研究のような場合にサイズ選択性を表現するためにどのような関数型を用いるべきか, 今後, 検討する必要がある。

しかしいずれにしても本研究の結果, ( $\ell$ )のプロット(Fig.7)より明らかなように離底網は既存網よりも小さなマアジを漁獲する傾向が認められた。本研究の対象とした沖合底びき網漁業と同じ海域の沿岸で操業する小型底びき網漁業の漁具に, 水中テレビカメラ

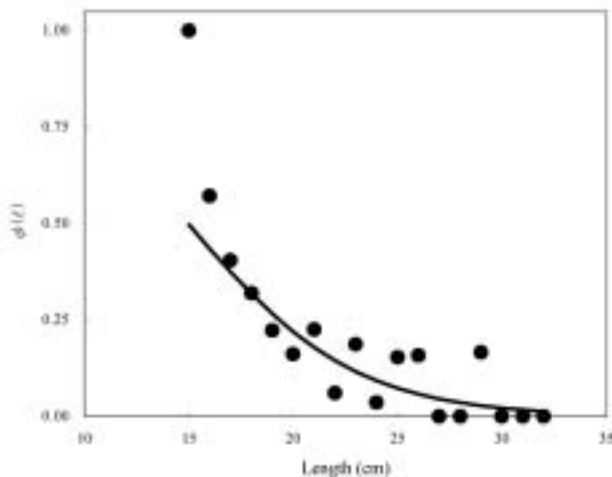


Fig. 7 Fit of estimated curve to the proportion value  $\phi(\ell) = \frac{N_{T\ell}}{N_{C\ell} + N_{T\ell}}$  for Japanese horse mackerel *Trachurus japonicus*.  $N_{T\ell}$  denotes number of samples in the length class with midpoint  $\ell$  captured by the raised footrope net (test), and  $N_{C\ell}$ , number of samples in the length class with midpoint  $\ell$  captured by the conventional net (control).

ラを取り付けて網内の魚の遊泳行動を観察した結果では, アジ類は海底付近では観察されず, 網の上部で頻りに観察された(松下, 未発表)。このことより, 漁獲されたマアジの大きさの違いには吊りグランドロープの構造が影響したよりもむしろ, 大型のマアジが海底よりより離れた層に分布しており, 2つの網のヘッドロープの高さの相違が漁獲されたマアジの大きさの違いにつながった可能性が高いと考える。

以上の結果と考察より, 本実験で得られた結論と今後の課題を以下にまとめた。

吊りグランドロープを持つ離底網は構想どおりの曳網形状を実現し, 海底と網口の間に約0.4mの離底間隔を保った。この離底間隔が資源保護と経営維持に適当な値であるか, 今後さらに検討する必要がある。

離底網は, スルメイカを既存網と同様に漁獲した。2つの網で漁獲されたマアジの大きさには違いがみられたが, これは2つの網のヘッドロープ高さの相違に起因すると考えられた。

離底網を用いた場合, アカムツ, アナゴ類, ヒラメ・カレイ類の漁獲量の減少が予想される。本実験の結果では, アカムツは1/2, マアナゴが1/3, 異体類は1/5以下の漁獲量となった。

離底網は投棄対象の漁獲物(非商用種の生物, ゴミなど)の混獲を少なくできる。

## 謝 辞

実験を行うにあたって, 多大なご協力をいただいた千葉県機船底曳網漁業協同組合, 銚子市漁業協同組合の皆さまに感謝します。

## 参考文献

- 不破茂, 1981: 張力記録からみた二そう曳網の動態について. 鹿大水産紀要, 30, 47-55.
- 肥後伸夫, 1982: 垂下式チェーンによるトロール漁法. 日本水産学会漁業懇話会報, 18, 21-24.
- 肥後伸夫・辺見富雄・柿本亮・不破茂, 1983: 微離底網の実用化に関する研究. 鹿児島大学紀要, 32, 173-192.
- 本多直人・松下吉樹・藤田薫, 2003: 底曳網着底記録計の開発. 水工研技報, 25, 1-5.
- 本多直人, 2003: トロール網の離着底を計測する方法 - グランドロープ着底記録計の開発 -. 海洋水産エンジニアリング, 24, 85-89.

河野秀雄, 1982: ベーリング公海におけるオヒョウ混獲防止実験結果(中間報告). 日本水産学会漁業懇話会報, 18, 11-16.

小山武夫, 1982: 混獲防止トロール漁具についての2, 3の構想. 日本水産学会漁業懇話会報, 18, 7-10.

Millar, RB., 1994: Sampling from trawl gears used in size selectivity experiments. *ICES J. Mar. Sci.*, 51: 293-298.

National Marine Fisheries Service, 2003: Federal

Register. 2003; Vol. 68, No. 131.

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.

Wileman, DA, R. S. T. Ferro, R. Fonteyne, and R. B.

Millar, 1996: Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. *ICES Coop. Res. Rep.*, 215.