

グリッドパネル付2階式トロール網の 分離効果とサイズ選択性*¹

永松公明*²・久保田勝彦*³・田淵清春*³・巽 重夫*³
鎌野 忠*³・井上 悟*²・藤石昭生*²

Separation Efficiency and Size-selectivity of a Two-level Trawl with a Separation Grid-panel*¹

Kimiaki Nagamatsu*², Katsuhiko Kubota*³, Kiyoharu Tabuchi*³,
Shigeo Tatsumi*³, Tadashi Kamano*³, Satoru Inoue*², and Akio Fujiishi*²

For better utilization of the bottom fish resources, a two-level trawl was designed. The net-mouth of the lower level in this gear was covered with a grid-panel (square-mesh net panel) to separate marketable fish from the smaller and non-commercial fish. The main objectives of this study were to investigate the species-separation efficiency and fish size-selectivity of the test gear. The experiments were conducted using two different mesh-bar sizes, 60mm and 120mm, on the grid-panel. Experiments were carried out in the East China Sea aboard the training vessel Koyo-maru in 1996 (60mm mesh) and 1997 (120mm mesh). At the towing speed of 3.3-4.0 knots, the heights of the net-mouth at the lower and upper parts of the gear were about 3.0m and 7.0m, respectively. Separation efficiencies, defined as the ratio of the catch in the upper cod-end to the total catch, were compared for the two mesh sizes. The separation ratios of the 60mm and 120mm mesh size grid-panels were about 80% and 50%, respectively. As a result of a comparison of eight species for the size-selectivity of the different mesh sizes, the 120mm mesh grid-panel has size-selectivity to some extent. Thus, the use of the 120mm mesh size in the grid-panel was effective for the eight staple species.

1 緒 言

東シナ海, 黄海は広大な大陸棚を基盤とした世界有

数の好漁場である。しかし, 統計資料¹⁾によると, 当
漁場における主要漁業の一つである底曳網漁業の漁獲

水産大学校研究業績 第1601号, 1998年8月21日受付。

Contribution from National Fisheries University, No.1601. Received Aug. 21, 1998.

*1 本報の要旨は平成10年度日本水産学会春季大会において発表した。

*2 水産大学校海洋生産管理学科生産システム学講座 (Laboratory of Fishing Systems, Department of Fishery Science and Technology, National Fisheries University).

*3 水産大学校練習船耕洋丸 (Koyo-Marun, National Fisheries University).

量は年々減少しており、当漁業の経営は非常に厳しい状況にある。漁獲量減少の原因として過剰漁獲による漁場の再生産力低下が考えられ、水産資源の有効利用を目的とした漁業規制の強化が推進されつつある現在、当漁業にも底魚資源の有効利用を基本とした管理型漁獲技術の導入が急務である^{2,3)}。近年、混獲量の軽減策としては、多くの研究機関によってコッドエンドに適正目合を用いる方法⁴⁻⁹⁾や、種々の底曳網用分離漁獲装置が開発されている¹⁰⁻¹⁴⁾。しかし、これらは特定魚種あるいは特定サイズの個体を対象とした方策であり、多様な魚種を同時に漁獲の対象とする当漁業においては、十分な効果は期待できない。

著者らは東シナ海、黄海の底魚類を対象として魚種選別と魚体サイズ選択の機能を同時に有する分離漁獲トロール網の開発に着手した。その第一段階としてグリッド式分離パネルを1階部網口に装着した2階式トロール網を試作した。その海上実験の結果¹⁵⁾、全漁獲物の約80%が2階部で漁獲され、明瞭な分離効果は認められなかった。これは、漁獲される魚体のサイズに対してグリッドパネルの網目サイズが過小であり、グリッドパネルのサイズ選択性が有効に機能しなかったためと考えられる。

そこで、本研究では、網目サイズを拡大したグリッドパネルを装着した試作網を用いて海上実験を行い、得られた漁獲物資料から、グリッドパネルの網目サイズによる魚種、サイズ分離効果の相違を調べた。

2 資料と方法

2.1 供試漁具

供試漁具は、水産大学校練習船耕洋丸（1988トン）用に試作された、底魚類を対象とした2階式トロール網である。本漁具の特徴は、漁具本体を水平に分割する中仕切網を取り付けた2階式構造と、1階部の網口に角目網地で構成されるグリッドパネルを装着した点にある。これは、魚種ごとの遊泳層の違い、グリッドパネルに遭遇した魚群に対する遮断・誘導・サイズ選

択効果によって、大型個体を2階部、小型個体を1階部のコッドエンドに分離集約することを目的としている。前報¹⁵⁾ではグリッドパネルの脚長が60mm（以後、グリッド60mm）の結果について報告した。今回の調査では、網目サイズをさらに拡大し、脚長120mmの角目網地をグリッドパネルに使用した（以後、グリッド120mm）。グリッドパネルの網目サイズが異なる以外、漁具本体の規模および網地構成などは前報¹⁵⁾の漁具と同じである。

2.2 海上実験の概要

海上実験は水産大学校練習船耕洋丸によって1997年7月18日～21日の4日間にのべ11回実施された。本研究で用いた資料は、そのうち脚長120mmのグリッドパネルを装着した操業（6回分）の漁獲結果である。操業場所はFig. 1に示すとおり東シナ海の水深80～120mの大陸棚海域である。この海域は前回調査を実施した海域とほぼ同じである¹⁵⁾。操業はすべて日中に実施され、曳網時間は120分間、曳網速力は3.3～4.0ノットであった。

曳網中の漁具形状を把握するために、1階部、2階部の網口高さをそれぞれ測定した。測定方法は（株）アレック電子製メモリ式深度計（MDS-TD：分解能約4cm）をヘッドロープ、グリッドパネル上端、グラントロープの中央部にそれぞれ装着し、曳網中の各部の深度を60秒間隔で記録した。1階部、2階部の網口高さはそれぞれ、各深度計の記録値から求めることができる。

2.3 漁獲物の測定

揚網ごとに船上において1階部、2階部の各コッドエンドの漁獲物をそれぞれ魚種別に分けて、それらの個体数および全重量を測定した。漁獲物の一部については船上で魚体測定を行った。魚体測定は漁獲尾数の少ない魚種については全てを、漁獲尾数の多い魚種については標本抽出法により、1操業、1魚種につき50尾について行った。船上で魚体測定ができなかった漁獲物については後日研究室で測定を行った。体長の測定

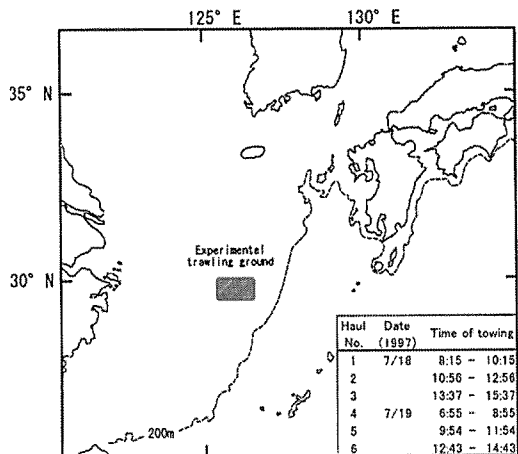


Fig. 1. Study areas for the two-level trawl, and outline of experimental hauls.

部位は、魚類ではその形態に応じて、全長、尾叉長、肛門前長のいずれか、頭足類では外套背長、甲殻類では頭胸甲長、甲幅である。以後本文では、これらを単に体長と称する。漁獲物は魚種別に体長を10mmごとのクラスに分け、各クラスごとの尾数を計数した。各体長クラスの中央値をそのクラス名とする。

2. 4 解析方法

本研究の目的はグリッドパネルの網目サイズによる魚種および魚体サイズの分離効果の相違を調べることにある。そこで、今回のグリッド120mmと前報¹⁵⁾のグリッド60mmの資料を用いて両者の分離効果を比較した。

網口から漁具内に進入した生物が、1階部あるいは2階部のコッドエンドに分離集約されるメカニズムについては不明点が多い。そこで、本研究では1階部と2階部のそれぞれのコッドエンドで漁獲された魚種組成および体長組成を比較することによって分離効果を判定することにした。

3 結果

3. 1 各部位の網口高さ

本供試網の分離機構は、グリッドパネルの網目選択性のみではなく、魚種による遊泳層の相違を利用して、このような分離機構が有効に機能するためには、曳網中に1階部と2階部の仕切網を適当な高さに保つ必要がある。そこで、供試網の網口高さが設計段階で設定した値に近似しているかを確認するため、深度計の記録値より1階部と2階部の網口高さを調べた。網口高さの経時変化は6回の操業中に記録されたが、いずれの操業でも網口高さに大きな変化は認められなかった。したがって、ここでは第6回の操業中の記録を例に挙げ、投網から揚網までの網口高さの時系列変化をFig. 2に示した。

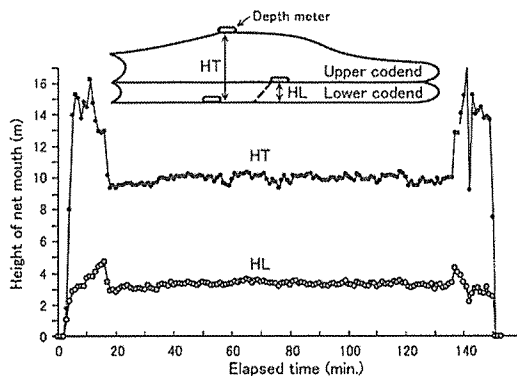


Fig. 2. Height-time sequential records of the net mouth openings for the two-level trawl. (Haul No.6)
HT; Height of head rope, HL; Height of grid-panel

Fig. 2を見ると、1階部の網口高さ (HL) は約3m、2階部の網口高さ (HTとHLの差) は約7mで安定した。これらの値は設計時の目標値に近く、グリッド60mmでの海上実験の結果¹⁵⁾とも一致した。

3.2 部位別漁獲状況

今回の海上実験で得られた漁獲物は49種であり、6回の海上実験の総尾数は約7,300尾、総重量は約500kgであった。その内2階部では約3,800尾、1階部では3,500尾が漁獲された。魚種別、漁獲部位別漁獲尾数をTable 1に表す。前年の同時期、同漁場におけるグリッド60mmの調査における魚種組成(前報¹⁵⁾, Table 1)と比較すると両者はほぼ一致している。2階部での漁獲尾数が全漁獲物に占める割合は、グリッド60mmでは約80%であったが、グリッド120mmでは約50%であった。これは、グリッドパネルの網目サイズを拡大したことにより1階部に入網する個体が増加し、分離効果が向上したことを示唆している。しかし、漁獲尾数が少ない魚種については、偶然に1階部あるいは2階部に入網したとも考えられる。そこで、本研究では総漁獲尾数が100尾以上の魚種を取り上げ分離効果を判定することにした。

全漁獲物のうち1階部と2階部の総漁獲尾数が100尾以上であり、かつ、グリッド60mmの漁獲結果との比較が可能な資料を得られた魚種は下記の8種である。

魚類ではカイワリ *Kaiwarinus equula*, ウマヅラハギ *Thamnaconus modestus*, タチウオ *Trichiurus japonicus*, マアジ *Trachurus japonicus*, ヤリヒゲ *Caelorinchus multispinosus* の5種。頭足類ではケンサキイカ *Loligo edulis*, スルメイカ *Todarodes pacificus* の2種。甲殻類ではヒラツメガニ *Ovalipes punctatus* 1種である。これら8魚種は全漁獲尾数の約70%を占める。各魚種の魚種別体長組成をFig. 3に示す。Fig. 3と、これらの魚種に対応するグリッド60mmの結果(前報¹⁵⁾, Fig. 5)を比較すると、いずれの魚種についても漁獲体長範囲はほぼ一致する。

分離効果の概要を調べるために、魚種別、グリッドパネルの網目サイズ別に各部位での漁獲尾数を整理してFig. 4に示した。この図では魚体サイズを考慮していないが、おおよその分離傾向の把握には役立つ。魚種別の分離傾向は下記のとおりである。

グリッド120mmの場合、ケンサキイカ、スルメイカは約80%の個体が2階部で漁獲された。一方、カイワリ、

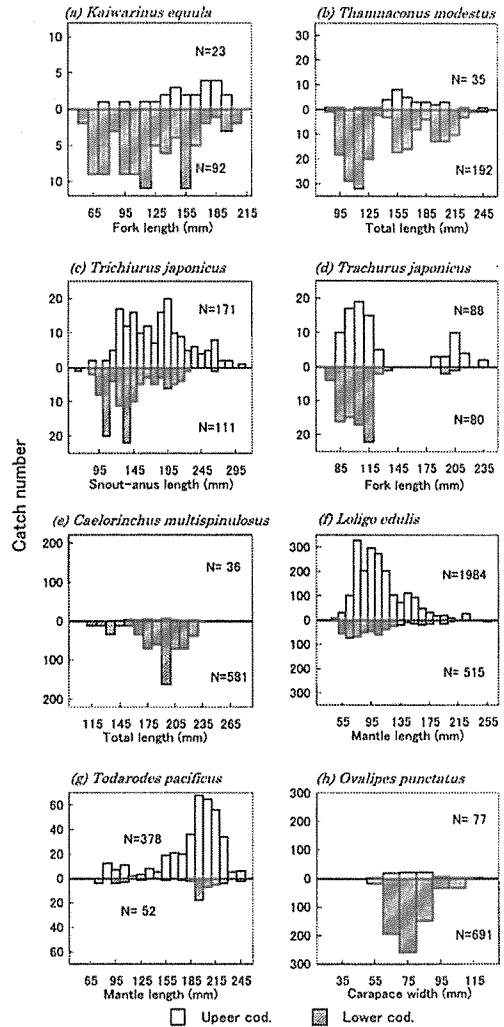


Fig. 3. Body size distributions for 8 species. (120mm grid-panel)

ウマヅラハギ、ヤリヒゲ、ヒラツメガニの4種は、80%以上の個体が1階部で漁獲された。グリッド60mmの結果と比較して1階部の漁獲尾数比が増大した魚種は、ウマヅラハギ、タチウオ、マアジ、ヤリヒゲ、ヒラツメガニの5種であった。カイワリ、ケンサキイカおよびスルメイカはグリッドパネルの網目サイズにかかわ

Table 1. Catch compositions by species (in number)

Scientific name	Japanese name	Number of individuals	
		Upper cod.	Lower cod.
<i>Loligo edulis</i>	Kennsakiika	1,984	515
<i>Psenopsis anomala</i>	Ibodai	879	135
<i>Ovalipes punctatus</i>	Hiratusmegani	77	691
<i>Caelorinchus multispinosus</i>	Yarihige	36	581
<i>Thamnaconus tessellatus</i>	Sarasahagi	52	496
<i>Todarodes pacificus</i>	Surume-ika	378	52
<i>Trichiurus japonicus</i>	Tachiuo	171	111
<i>Thamnaconus modestus</i>	Umadurahagi	35	192
<i>Trachurus japonicus</i>	Maaaji	88	80
<i>Kaiwarinus equula</i>	Kaiwari	23	92
<i>Zeus faber</i>	Matoudai	5	61
<i>Lepidotrigla microptera</i>	Kanagashira	1	56
<i>Dentex tumifrons</i>	Kidai	0	49
<i>Doederleinia berycoides</i>	Akamutsu	2	44
<i>Cacinoplax longimanus</i>	Ennkougani	5	38
<i>Sepia esculenta</i>	Kouika	6	36
<i>Ibacus ciliatus</i>	Uchiwaebi	7	34
<i>Howella zina</i>	Sumikuiuo	4	33
<i>Aulopus japonicus</i>	Hime	1	25
<i>Charybdis acuta</i>	Beniishigani	1	22
<i>Oratosquilla oratoria</i>	Shako	1	19
<i>Acropoma japonicum</i>	Hotarujako	6	12
<i>Saurida undosquamis</i>	Maeso	2	16
<i>Uranoscopus japonicus</i>	Mishimaokoze	1	17
<i>Charybdis bimaculata</i>	Hutahoshiishigani	1	16
<i>Hoplobrotula armata</i>	Yoroiitachiuo	1	16
<i>Pseudorhombus cinnamomeu</i>	Ganzoubirame	0	15
<i>Chaunax abei</i>	Midorihusaankou	1	12
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	Meitagarei	0	13
<i>Charybdis miles</i>	Akaishigani	4	8
<i>Octopus minor</i>	Tenagadako	2	10
<i>Scomber japonicus</i>	Masaba	9	1
<i>Leptomithrax edwardsi</i>	Koshimagani	2	6
<i>Octopus ocellatus</i>	Iidako	0	6
<i>Octopus vulgaris</i>	Madako	1	5
<i>Callionymus richardsoni</i>	Nezumigochi	0	4
<i>Lophiomus setigerus</i>	Ankou	0	3
<i>Upeneus bensasi</i>	Himiji	0	3
<i>Raja pulchra</i>	Kasube	1	1
<i>Triacanthodes anomalus</i>	Benikawamuki	0	2
<i>Sarda orientalis</i>	Hagatsuo	1	0
<i>Muraenesox cinereus</i>	Hamo	0	1
<i>Chaunax fimbriatus</i>	Husaankou	0	1
<i>Foetorepus altivelis</i>	Beniteguri	0	1
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	Houbou	0	1
<i>Gigantias immaculatus</i>	Miharahanadai	0	1
<i>Ocyrius japonicus</i>	Medai	1	0
<i>Tanakius kitaharai</i>	Yanagimushigarei	0	1
<i>Saurida tumbil</i>	Wanieso	0	1
	Total	3,789	3,535

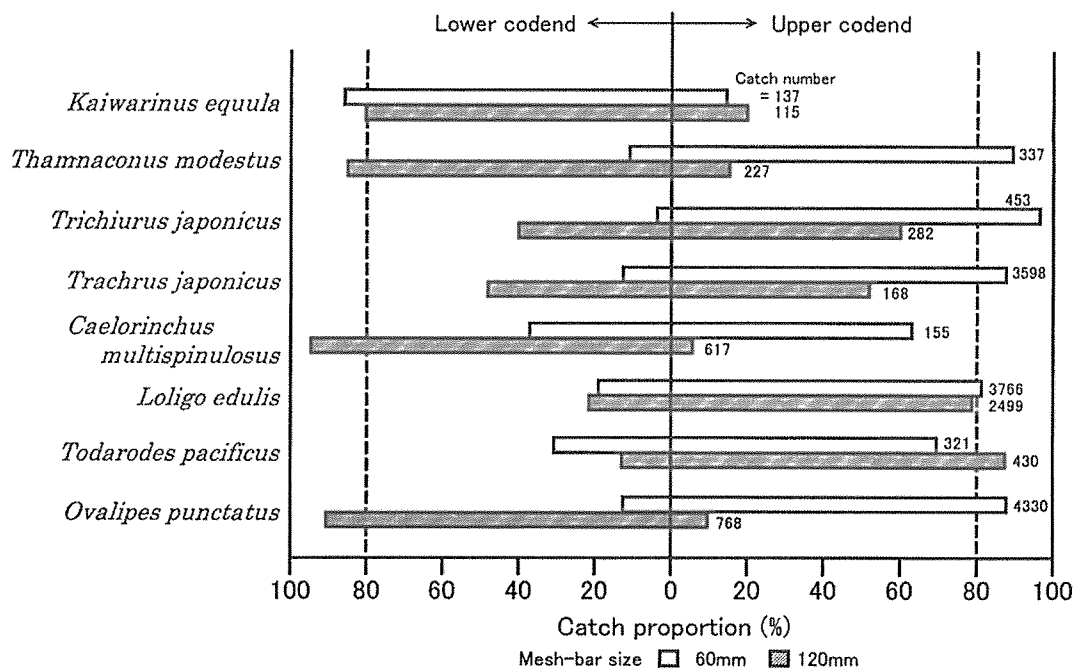


Fig. 4. Proportion of catch number of each species separated into two cod-ends by mesh-bar size of grid-panel.

らず、前者は1階部、後二者は2階部で70~80%の個体が漁獲された。

3.3 サイズ別分離比

グリッドパネルの網目サイズによる魚体サイズ分離効果を調べるために、グリッド60mmとグリッド120mmについて体長クラス別分離比を求めた。ここで体長クラス別分離比とは、魚種別に1階部と2階部コッドエンドの全漁獲尾数に対する2階部コッドエンドでの漁獲尾数の比を体長クラス別に求めた値である。Fig. 4の8魚種に対する体長クラス別分離比をFig. 5に示した。なお、図中の曲線は、実験点にフィットするよう

にフリーハンドで描いた曲線である。網目選択性曲線⁴⁻⁹⁾と同様、各体長クラスにおける分離比を結ぶこれらの曲線の形状により、グリッドパネルによる魚体サイズに対する分離効果を判定することができる。

各曲線の形状は魚種によって異なるばかりでなく、グリッドパネルの網目サイズの大小によっても変化する。

各魚種の魚体サイズ分離傾向は次のとおりである。

1) 網目サイズにかかわらずサイズ選択性が認められた魚種

カイワリ (Fig. 5-(a)): グリッド60mmの場合、体長(尾叉長)50~100mmの範囲で分離比は0.3以下であり、ほとんどの個体は1階部で漁獲された。体長100mm

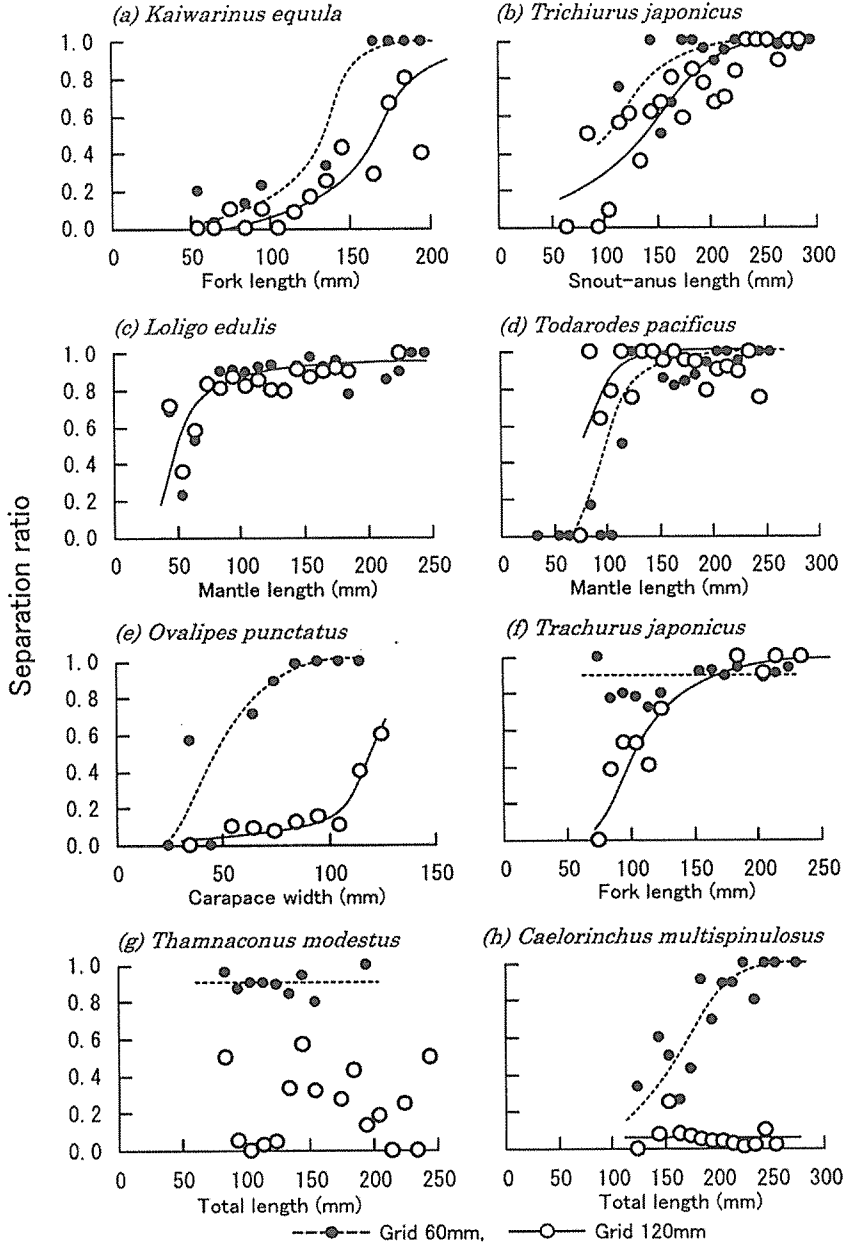


Fig. 5. Separation curves of eight main species.

以上の範囲では、体長が大きくなるにつれて分離比は増加し、グリッドパネルの魚体サイズに対する選択性（以後、サイズ選択性）が認められた。分離比が約1.0に達する点、すなわち、ほとんどの個体が2階部で漁獲される体長は150mm付近であった。一方、グリッド120mmの場合もサイズ選択性が認められるが、グリッド60mmに比べて曲線は体長が大きい側へずれ、分離比が1.0に達する体長は200mm以上であった。

タチウオ (Fig. 5 - (b)) : グリッドパネルの網目サイズにかかわらず、体長（肛門前長）が大きくなるにつれて分離比は増加し、サイズ選択性が認められた。分離比が1.0に達する体長は、グリッド60mmでは150mm、グリッド120mmでは200mm付近であった。

ケンサキイカ (Fig. 5 - (c)) : グリッド60mm、120mmで同様のサイズ選択性が認められた。体長（外套背長）40~100mmの範囲で、体長が大きくなるにつれて分離比は増加し、体長100mm以上の範囲では、分離比は0.8~1.0であり、ほとんどの個体は2階部で漁獲された。

スルメイカ (Fig. 5 - (d)) : ケンサキイカと同様に、グリッドパネルの網目サイズにかかわらずサイズ選択性が認められた。体長（外套背長）30~120mmの範囲で、体長が大きくなるにつれて分離比は増加する。体長120mm以上の範囲では、分離比は0.8~1.0であり、ほとんどの個体は2階部で漁獲された。

ヒラツメガニ (Fig. 5 - (e)) : グリッド60mmの場合、体長（甲幅長）20~70mmの範囲では、体長が大きくなるにつれて分離比は増加し、サイズ選択性が認められた。分離比が1.0に達する体長は80mm付近であった。一方、グリッド120mmの場合、体長110mm以下の範囲で分離比は約0.1であり、ほとんどの個体が1階部で漁獲された。分離比が増加傾向を示す体長は120mm以上の範囲であった。

2) 網目サイズ拡大によりサイズ選択性が認められた魚種

マアジ (Fig. 5 - (f)) : グリッド60mmの場合、体長（尾又長）にかかわらず分離比は0.7~1.0の範囲でばらつき、ほとんどの個体が2階部で漁獲され、サイズ選択性は認められない。一方、グリッド120mmの場

合、体長70~190mmの範囲で、体長が大きくなるにつれて分離比は増加し、サイズ選択性が認められた。分離比が1.0に達する体長は200mmであった。

3) その他

ウマヅラハギ (Fig. 5 - (g)) : グリッド60mmの場合、魚体サイズにかかわらず分離比は0.8~1.0の範囲ではほぼ一定値を示し、ほとんどの個体が2階部で漁獲され、サイズ選択性は認められない。グリッド120mmの場合も、分離比は0~0.6の範囲でばらつき、サイズ選択性は認められない。しかし、グリッド60mmと比較して分離比は低く、グリッドパネルの網目サイズを拡大したことにより1階部での漁獲割合は高くなった。

ヤリヒゲ (Fig. 5 - (h)) : グリッド60mmの場合、体長（全長）130~240mmの範囲で、体長が大きくなるにつれて分離比は増加し、サイズ選択性が認められた。分離比が1.0に達する体長は240mmであった。グリッド120mmの場合、分離比は0~0.2の範囲ではほぼ一定値を示し、サイズ選択性は認められず、ほとんどの個体が1階部で漁獲された。

4 考察

本供試網は東シナ海、黄海における底魚資源の有効利用を目的として試作された2階式トロール網である。1階部の網口には魚種、魚体サイズに対する選択効果を期待して角目網地で構成されるグリッドパネルを装着した。このグリッドパネルの網目サイズの違いによる分離効果の相違を海上実験で確かめた。

グリッド60mmでは全漁獲尾数の80%が2階部で漁獲されたのに対して、グリッド120mmではグリッドパネルの分離機構が有効に機能し、1階部と2階部でほぼ同数の個体が漁獲された。仮に、曳網中に1階部のコードエンドを開放し1階部に入網した魚種を安全に網外へ逃避させるという観点に立つと、ケンサキイカ、スルメイカの漁獲を減らすことなく、市場価値が低い体長200mm以下のカイワリ、ウマヅラハギ、タチウオ、マアジ、ヒラツメガニや、市場価値が無いヤリヒゲの漁獲を減らすことができる。これは、底魚資源の有効利用だけでなく、船上での漁獲物選別作業の軽減にも

有効である。さらに、本装置は、コッドエンド付近で漁獲物を分離する既往の装置¹⁰⁻¹³⁾とは異なり、網内容積が大きい網口付近で分離が行われるので、漁獲物が相互に接触することにより生じる魚体の損傷を軽減させる効果も期待できる。

対象魚種ごとの分離漁獲機構を解明することは、今後の分離装置の改良に不可欠である。設計段階において想定した本装置の分離機構は下記の3つのパターンに分けられる。

- ① 1階部と2階部との中仕切網(3m)よりも上の層を泳ぐ魚種は、グリッドパネルに遭遇せず、そのまま2階部に入網する。
- ② 中仕切網より低い層を泳ぐ魚種のうち、一定の距離以下グリッドパネルに近づかない(非接近型)魚種はグリッドパネルの遮断・誘導効果によって2階部に入網する。
- ③ 中仕切網より低い層を泳ぐ魚種のうち、②とは逆にグリッドパネルに接触する魚種、あるいは海底に生息し遊泳力が低い魚種は、グリッドパネルのサイズ選択効果により、グリッドパネルを通過できない大型個体は2階部、通過できる小型個体は1階部に入網する。

前章において検討の対象とした8魚種について、1階部、2階部での魚種、魚体サイズ別の分離漁獲結果をもとにして、それぞれの分離機構を推察し、前述した3つのパターンへの当てはめを試みた。結果とその理由は次のとおりである。

パターン①

ケンサキイカ、スルメイカ：グリッドパネルの網目サイズにかかわらずほとんどの個体が2階部で漁獲された。

パターン②

ウマヅラハギ：80%以上の個体が、グリッド60mmでは2階部で、グリッド120mmでは1階部で漁獲された。さらに、いずれの網目サイズでもサイズ選択性が認められない。

パターン③

カイワリ：グリッドパネルの網目サイズにかかわらず、明瞭なサイズ選択性が認められるが、80%以上の

個体が1階部で漁獲された。

タチウオ：グリッドパネルの網目サイズにかかわらず、サイズ選択性が認められた。また、グリッドパネルの網目サイズ拡大にともない1階部での漁獲割合が増加した。

マアジ：グリッド60mmではほとんどの個体が2階部で漁獲されたが、グリッド120mmでは1階部での漁獲割合が増加し、サイズ選択性が認められた。

ヤリヒゲ：グリッド60mmでは明瞭なサイズ選択性が認められるが、グリッド120mmではサイズ選択性が認められず、80%以上の個体が1階部で漁獲された。

ヒラツメガニ：80%以上の個体が、グリッド60mmでは2階部で、グリッド120mmでは1階部で漁獲された。しかし、グリッドパネルの網目サイズにかかわらず魚体サイズに対する明瞭な選択性が認められた。

コッドエンドにおける網目選択機構は物理的に網目を通過できる限界サイズを利用した能動的な方法である。一方、本装置の分離機構はグリッドパネルの網目選択性に加えて、魚種固有の網の内部における行動を利用した受動的方法である。したがって、本装置のサイズ選択性はコッドエンドでのサイズ選択性に比べて非常に鈍く、また、網内の魚群密度の影響を大きく受けると考えられる。

東シナ海の底魚資源は、季節とともに魚種組成、体長組成が変化する^{5, 16)}。したがって、限られた魚種、季節における調査結果だけで本分離漁獲装置の効果を判定することは危険である。今後、分離装置の開発を進めるにあたっては、グリッドパネルの仕様を種々変えた海上実験を実施し、サイズ分離曲線のマスター曲線推定、年間を通じた漁獲データの蓄積など、より実用化に向けた研究を実施する必要がある。

文 献

- 1) 農林水産省経済局統計調査部：漁業養殖業漁獲統計年表 (1965-1997).
- 2) 井上喜洋：トロール網漁業“漁業の混獲問題” (松田 皎編), 恒星社厚生閣, 東京, 1995, pp. 21-29.
- 3) 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, pp. 30-42.
- 4) 東海 正, 伊東 弘, 正木康昭, 山口義昭：漁業資源研究会議西日本底魚部会報, 13, 7-17 (1985).
- 5) 青山恒雄：底曳網の網目の研究, 日本水産資源保護協会, pp. 21-31 (1964).
- 6) 藤石昭生：水産大研報, 19, 65-80 (1971).
- 7) 東海 正, 阪地英男：南西水研報, 26, 21-30 (1993).
- 8) 東海 正, 大本茂之, 松田 皎：日水誌, 60, 347-352 (1994).
- 9) 井上 悟, 檜山節久, 藤石昭生, 永松公明：水産大研報, 45, 259-270 (1997).
- 10) J. Main and G. I. Sangster : *Fish. Res.*, 3, 131-145 (1985).
- 11) B. Isaksen, J. W. Valdemarsen, R. B. Larsen and L. Karlsen : *Fish Res.*, 13, 335-352 (1992).
- 12) 町田末広, 岡座輝雄, 斎藤達彦：長崎県水産試験場研究報告書, 20, 47-53 (1994).
- 13) T. Tokai, S. Omoto, R. Sato, and K. Matuda : *Fish. Res.*, 27, 51-60 (1996).
- 14) 梶川和武, 藤石昭生, 井上 悟, 永松公明, 濱野明：日水誌, 64, 189-196 (1998).
- 15) 永松公明, 久保田勝彦, 田淵清春, 巽 重夫, 鎌野 忠, 井上 悟, 梶川和武, 藤石昭生：水産大研報, 46 (4), 155-162 (1998).
- 16) (財)日本遠洋底曳網漁業協会, (財)漁船協会：以西底びき離底二そうびきシステム開発報告書, 平成5年度漁業新技術開発事業, (1994).