

二層式底曳網によるニギスとカレイ類との分離漁獲

宮嶋俊明, 山崎 淳

京都府農林水産技術センター海洋センター

2017年3月

二層式底曳網によるニギスとカレイ類との分離漁獲

宮嶋俊明, 山崎 淳

Separating deep-sea smelt from flounder using a two-level seine net

Toshiaki Miyajima and Atsushi Yamasaki

A two-level seine net with a separator panel was newly designed to separate deep-sea smelt *Glossanodon semifasciatus* from other catch, such as flounder. In fishing experiments, the height of the separator panel was maintained during towing; the proportion of the upper net used for deep-sea smelt was 82% and that of the lower net was 87%-93% for flounder. Efficient separation of the catch with the net reduced sorting time on board and maintained freshness. In addition, bycatch of smaller fish was reduced by enlarging the mesh openings of the upper and lower codend according to the target species.

キーワード：分離漁獲, 二層式, 底曳網, カレイ類, ニギス

京都府の駆け廻し式の沖合底びき網漁業および小型機船底びき網漁業（以下、底曳網漁業）の漁期は、秋漁期（9月1日～11月5日）、冬漁期（11月6日～3月20日）および春漁期（3月21日～5月31日）の3漁期に大別される。秋および春漁期には、水深180～230 mの海域で、アカガレイ *Hippoglossoides dubius*、ヒレグロ *Glyptocephalus stelleri* およびハタハタ *Arctoscopus japonicus* が、水深100～180 mの海域で、ニギス *Glossanodon semifasciatus*、ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai* およびソウハチ *Hippoglossoides pinetorum* が主対象として漁獲されている。漁具のコッドエンドの目合はそれぞれの海域で異なり、水深180～230 mの海域では呼称目合9節の、水深100～180 mの海域では呼称目合13～14節のコッドエンドが用いられてきた。水深100～180 mの海域で目合の小さいコッドエンドを使用する理由は、ニギスがコッドエンドの網目に突き刺さり、操業に支障をきたすことを防ぐためである。しかし、このことにより、市場価値の低いカレイ類の小型個体や、ニホンキンカジカ *Cottiusculus nihonkaiensis* 等の小型の非有用種が混獲（未発表）されている。山崎ら（2001）は、コッドエンドの目合拡大による小型のヤナギムシガレイの混獲削減を提唱し、同種の漁獲効率が高くなる夜間の操業時（藤原, 2009）には、近年、呼称目合7～9節のコッドエンドの網が用いられるようになっている。しかし、ニギスを対象とした昼間の操業では、依然として呼称目合13～14節が使用されており、混獲問題は解消されていない。さらに、ニギスは底曳網漁業対象種としては比較的サイズが小さいため、船上における他種との選別作業が煩雑となり、作業時間の延長や、ひいては漁獲物の鮮度低下の恐れも生じる。これを避けるため、各底曳網

漁船では、揚網前にタモ網を用いてニギスのみを先行して船上に水揚げするという作業を行っている。しかし、この作業だけで30分間を要する場合もあることや、入網量が多く波が高い場合には、船員の落水や漁船の横転等の危険性もある。これらの問題を解決するためには、同一の網でニギスとカレイ類を分離漁獲し、それぞれの種に適した目合のコッドエンドを用いて、混獲を減らす手法が必要であると考えられる。

底曳網漁業のような曳網漁業では、混獲防除を目的とした漁具構造の改良や特別な装置の研究が行われている（松下, 2000）。Main and Sangster (1981)は、haddock *Melanogrammus aeglefinus* と whiting *Merlangius merlangus* の遊泳行動の違いを利用し、トロール網を網口部から網地で上下二層に仕切り、両種を分離漁獲する漁具を考案した。また、駆け廻し式では、独立行政法人水産総合研究センター開発調査センター（2006, 2007）が二層式の沖合底曳網を用いて、遊泳層の違いを利用し、ホッケ *Pleurogrammus azonus* ・スケトウダラ *Theragra chalcogramma* とカレイ類との分離を試みている。漁業者からの情報では、ニギスは底から浮いて分布しており、着底しているカレイ類とは遊泳層が異なるため、それぞれを分離して漁獲できる可能性がある。

そこで、本研究では仕切りパネルで網内を上下二層に分けた駆け廻し式底曳網を用いた、ニギスとカレイ類との分離漁獲試験を行うとともに、その選別時間の短縮効果について検証を行った。さらに、同網を用いたハタハタとカレイ類の分離効果についても検証した。

材料と方法

分離漁獲実験 実験に用いた網の概要をFig. 1に示し

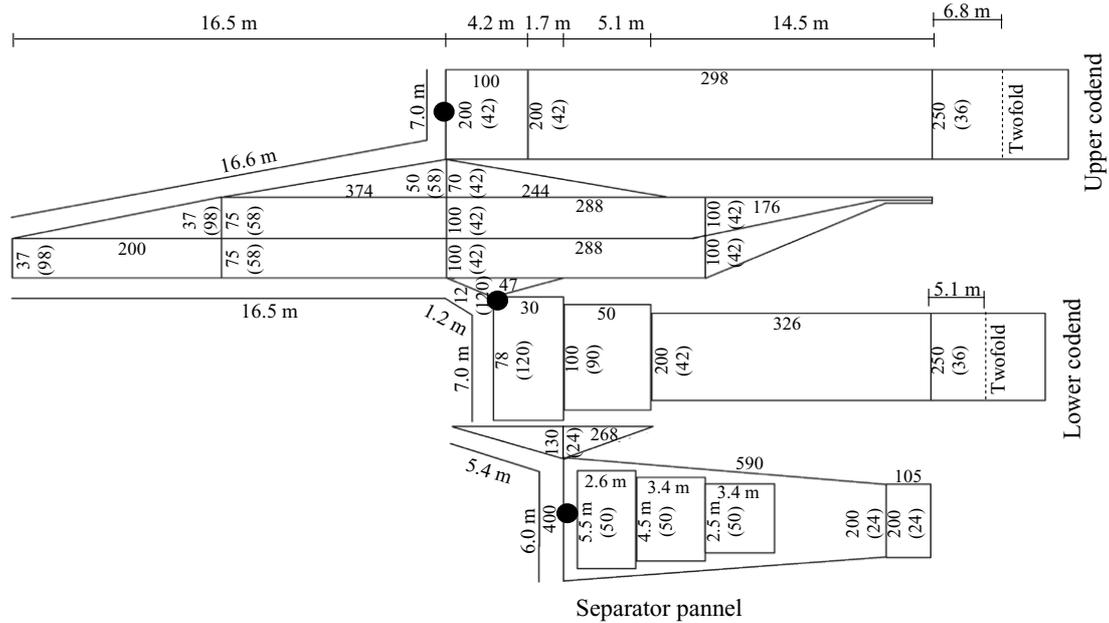


Fig. 1 Seine net design used in the experiments. Solid circles indicate depth loggers.

た。この網は当海域の底曳網漁業において通常使用されている網を基本型とし、側網の中央に網地により作製した仕切りパネルを配し、上下二層のコッドエンドとしたものである。遊泳力の高いニギスは上層のコッドエンド（以下、上網と呼ぶ）に、遊泳力の低いカレイ類は、下層のコッドエンド（以下、下網と呼ぶ）に入ることを期待した。コッドエンドの目合内径は上下

ともに36 mm（呼称目合9節）とした。なお、効率的な分離が行えるように、仕切りパネルの中央には呼称目合4節（1辺の長さが50 mm）の角目網を配した（Fig. 2）。

2011年11月4日から2014年10月20日までの期間に、若狭湾西部の水深約120～216 mの海域において、京都府立海洋高等学校所属の実習船「みずなぎ」（185ト

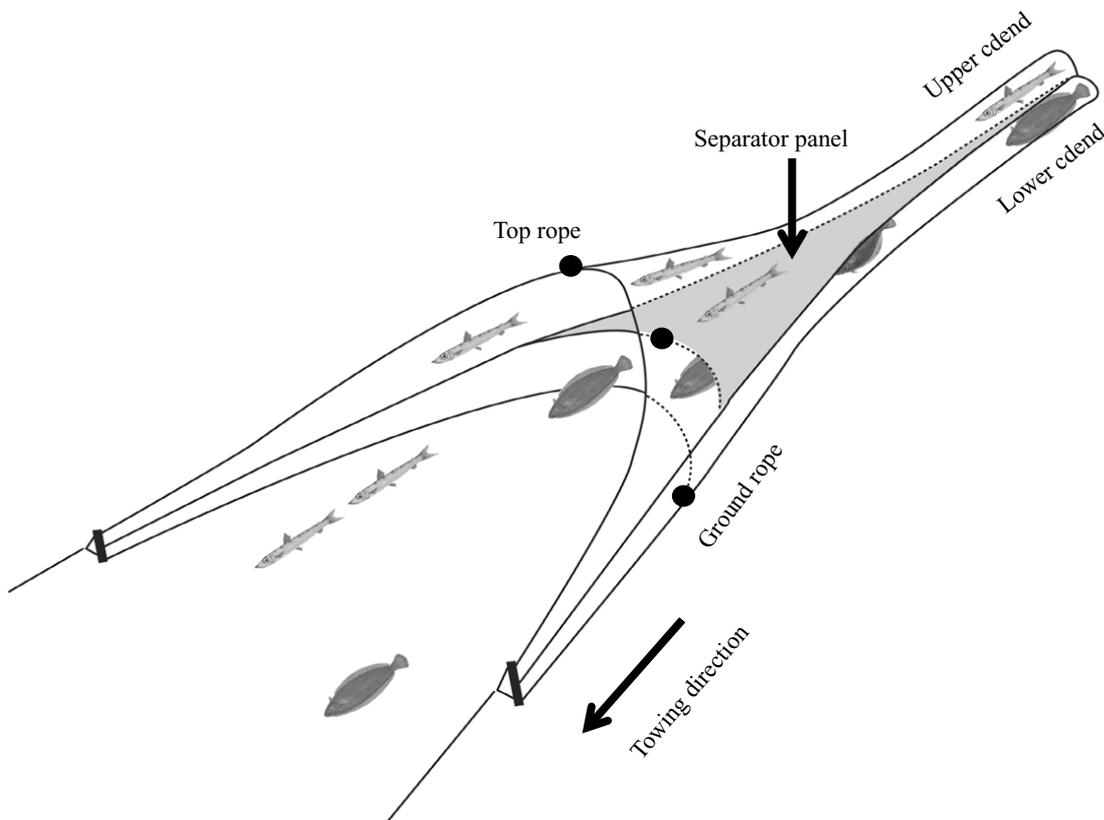


Fig. 2 Diagram of two level seine net. Solid circles indicate depth loggers.

Table 1 Catch weight (kg) and proportions in the upper codend for each haul

Haul No.	Date	Depth (m)	<i>G. semifasciatus</i>			<i>T. kitaharai</i>			<i>H. pinetorum</i>			<i>H. dubius</i>		
			Upper	Lower	Proportion of upper	Upper	Lower	Proportion of upper	Upper	Lower	Proportion of upper	Upper	Lower	Proportion of upper
1	08 Nov. 2011	179	37.0	9.0	0.80				0.9	9.0	0.09	0.0	58.0	0.00
2	09 Nov. 2011	190							10.5	21.0	0.33	43.5	92.5	0.32
3	17 Nov. 2011	206							0.0	0.0		24.0	495.0	0.05
4	17 Nov. 2011	207							0.0	0.0		19.0	21.1	0.47
5	28 Nov. 2011	199							0.0	105.0	0.00	10.0	135.0	0.07
6	12 Dec. 2011	216							0.1	2.8	0.05	7.0	22.3	0.24
7	06 Dec. 2011	199							3.0	18.0	0.14	120.0	360.0	0.25
8	06 Dec. 2011	201							0.0	11.9	0.00	50.0	315.0	0.14
9	12 Dec. 2011	207							0.0	2.6	0.00	15.0	177.0	0.08
10	14 Dec. 2011	199							0.6	3.2	0.16	8.1	85.8	0.09
11	14 Dec. 2011	180							15.0	198.4	0.07			
12	18 Jan. 2012	201							8.6	94.0	0.08	71.2	521.0	0.12
13	18 Jan. 2012	196							0.0	7.6	0.00	1.0	12.4	0.07
14	07 Feb. 2012	125				0.0	1.1	0.00	0.0	0.1	0.00			
15	07 Feb. 2012	185	66.5	5.0	0.93	0.0	0.9	0.00	6.0	50.0	0.11	3.1	23.3	0.12
16	12 Apr. 2012	216							3.5	5.6	0.38	21.3	72.6	0.23
17	12 Apr. 2012	210							2.5	12.0	0.17	2.1	6.1	0.26
18	12 Apr. 2012	198							11.8	72.0	0.14	0.3	1.2	0.19
19	25 Apr. 2012	126				0.4	2.1	0.16	0.0	4.3	0.00			
20	25 Apr. 2012	182	33.8	4.3	0.89	0.0	0.9	0.00	7.7	276.0	0.03			
21	25 Apr. 2012	123	2.8	0.0	1.00	0.3	1.2	0.20	0.0	0.8	0.00			
22	25 Apr. 2012	197				0.0	0.5	0.00	6.5	71.5	0.08	18.0	297.0	0.06
23	11 Sep. 2012	176							0.1	0.3	0.17	0.0	2.8	0.00
24	12 Sep. 2012	190	2.5	0.4	0.86				0.0	0.8	0.00	11.5	29.4	0.28
25	13 Sep. 2012	120	7.4	0.2	0.98				0.0	0.0				
26	20 Oct. 2013	149	0.2	5.5	0.04	2.3	31.1	0.07	1.1	2.4	0.32			
27	20 Oct. 2013	150	63.1	8.5	0.88	0.3	4.2	0.07						
28	20 Oct. 2013	143	0.5	11.8	0.04	0.0	4.2	0.01	0.0	1.7	0.00			
29	20 Oct. 2013	138	42.8	12.1	0.78	0.0	1.6	0.00						
Total			256.7	56.7	0.82	3.4	47.9	0.07	77.9	971.0	0.07	425.1	2,727.5	0.13

Table 2 Sample weight (kg) for the upper and lower codend and setting proportion of the upper codend for *Glossanodon semifasciatus* and *Hippoglossoides pinetorum* in each group

Group	Setting proportion of upper		Separation efficiency	Sample weight for the upper		Sample weight for the lower	
	<i>G. semifasciatus</i>	<i>H. pinetorum</i>		<i>G. semifasciatus</i>	<i>H. pinetorum</i>	<i>G. semifasciatus</i>	<i>H. pinetorum</i>
Control	0.0	0.0	0.0	0	0	30	30
1	0.2	0.2	0.1	6	3	24	27
2	0.5	0.2	0.4	15	3	15	27
3	0.8	0.2	0.7	24	3	6	27

ン) および京都府機船底曳網漁業連合会に所属する小型底曳網漁船 (14トン) による駆け廻し式底曳網の漁獲実験を実施した。曳網回数はそれぞれ25曳網 (曳網No.1~25) および4曳網 (曳網No.26~29) であった (Table 1)。曳網は、ほぼ等深線に沿って、船速約2ノットで概ね40~60分間行った。漁獲物は、曳網ごとに上網と下網に分けて、船上で種別に重量を測定するとともに、No.1, 20および26~29の計6曳網では、漁獲物から無作為に抽出したニギスの体長をパンチングにより5 mm単位で測定した。

この網の分離能力を評価するために、分離効率 (東海ら, 1997) を求めた。分離効率は2群の混合物の分離を評価する一般的な方法であり、カレイ類の上網での入網割合 (以下, 上網率と呼ぶ) を r_x 、ニギスの上網率を r_y とすると、この2群の分離効率 x_y は次式により定義される。

$$x_y = (1 - r_x) + r_y - 1$$

分離効率は-1~1の範囲内で変化し、想定したそれぞれの分離先に2群が完全に分離された場合には1, 想定とは逆の分離先に分離された場合には-1, 全く分離されなかった場合には0となる。

仕切りパネルと天井網の高さの測定 曳網中のトップロープおよび仕切りパネルの高さを調べるために、底網の前端のグラウンドロープ、仕切りパネル前端の中央およびトップロープ前端の中央の3カ所にnke社の水温・深度レコーダー (SP2T-300) を取り付け (Fig. 1, 2), 各部位の深度変化を記録した。仕切りパネルとトップロープの高さは、底網の前端の深度から各々の深度をそれぞれ差引いた2つの数値で表した。深度記録は30秒間隔とし、3カ所の深度計が同時にデータを記録するように設定した。測定は曳網No.19から22の4曳網で実施した (Table 1)。

選別実験 ニギスとカレイ類との分離漁獲による選別時間の短縮効果を知るために、ニギスとソウハチの2種だけが漁獲されたと仮定した選別実験を、2012年10月3日に行った。供試魚のニギスおよびソウハチは、同年10月1日に本府の底曳網漁業で漁獲されたものであり、それぞれ30 kgを用いた。なお、ニギスの平均体長と標準偏差は 152 ± 16.1 mm, ソウハチは 192 ± 42.1 mmであった。試験区には、ニギスおよびソウハチの全量が入網したと仮定する対照区の他に、

ニギスの上網率を0.2, 0.5および0.8としたA区, B区およびC区の3区を設定した (Table 2)。なお, A~C区では, ソウハチの上網率は0.2に固定した。したがって, 対照区, A区, B区およびC区の分離効率は, それぞれ0.0, 0.1, 0.4および0.7となる。各区の上網と下網それぞれの仮想漁獲物から, 3人の選別者が個別に1.5 m×1.5 mの台上で両種を選別する時間を, ストップウォッチにより秒単位で測定した。実験の前には, 各選別者は十分な選別練習を行った。

結 果

分離漁獲実験での採捕結果 合計29曳網の曳網実験で, 90種類の生物が漁獲された。この中から主要種であるニギス, ヤナギムシガレイ, ソウハチ, アカガレイ, ヒレグロおよびハタハタの上網率をTable 1に示した。ニギスは10曳網で漁獲され, 上網率はNo.26とNo.28で0.04という低い値を示したが, この2曳網以外では0.78以上と高く, 大部分が上網で漁獲された。全曳網を合算した上網率は0.82であった。ヤナギムシガレイ, ソウハチ, アカガレイおよびヒレグロについてみると, ヤナギムシガレイでは0.2, その他の種では0.3以上の高い上網率を示す曳網もみられたが, 全曳網を合算した上網率は, それぞれ0.07, 0.13, 0.07および0.07と低かった。ハタハタでは, 上網率は0.07~1.00の範囲で様々な値を示し, 合算した上網率は0.62であった。これら以外の種の上網率は0.24と小さく, それらはカナガシラ *Lepidotrigla microptera*, マトウダイ *Zeus faber* およびスルメイカ *Todarodes pacificus* 等の比較的遊泳力が高いと想像できる種であった。

6曳網でのニギスの体長測定結果を合一し, Fig. 3に示した。上網に入網した個体の体長範囲は50~240 mm, モードは130~150 mm, 下網では体長範囲は60~210 mm, モードは130~150 mmとなり, 大きな違いはみられなかった。出荷サイズとされる体長150 mm以上の個体の割合は, 上網では33%, 下網では20%であった。

ニギスとカレイ類との, およびハタハタとカレイ類との分離効率をTable 3に示した。ニギスに対するヤナギムシガレイ, ソウハチ, アカガレイおよびヒレグロの分離効率はそれぞれ0.75, 0.74, 0.68および0.75であった。また, ハタハタに対するアカガレイおよびヒ

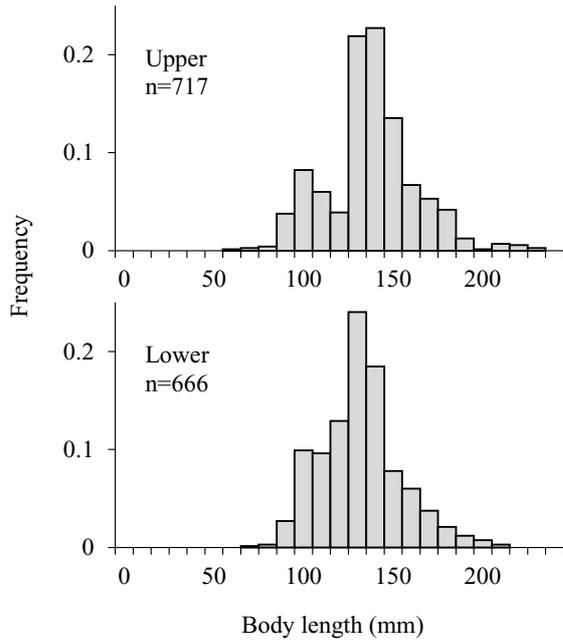


Fig. 3 Body length compositions of deepsea smelt *Glossanodon semifasciatus* caught in the upper and the lower codend.

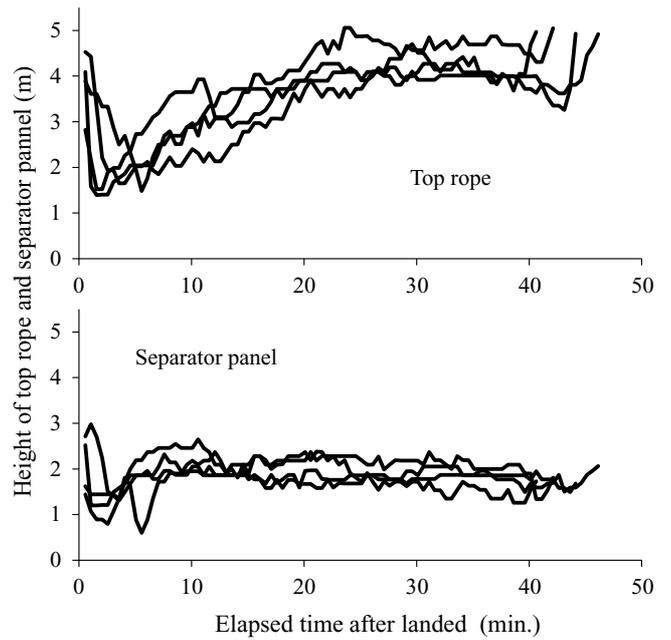


Fig. 4 Changes in height of the center in the front edge of the separator panel and top rope in each haul.

レグロの分離効率は、0.48および0.55であった。

網高さの測定 各曳網ごとの曳網中のトップロープおよび仕切りパネルの高さの変化をFig. 4に示した。トップロープの高さは、各曳網ともに曳網開始から約4分後まで下降傾向を示した。その後、約20分後までは上昇し、曳網終了まで4~5 mの範囲内で概ね一定となった。仕切りパネルの高さは、曳網開始から約5分までは下降傾向を示したが、その後曳網終了まで約1~2 mを維持した。

選別実験 選別者別の選別時間をTable 4に示した。対照区と比較すると、ニギスの上網率が高くなるとともに、上網での選別時間が増え、下網でのそれは減る傾向が見られたが、下網の短縮時間が上網の延長時間よりも大きいため、上網と下網の選別時間を合一した値は減少傾向であった。この傾向は3人の選別者で共にみられた。各区の分離効率と、対照区で選別時間の合計値を1とした相対所要時間との関係をFig. 5に示した。両者の間には負の相関関係がみられ ($p < 0.01$)、決定係数も0.74と高かった。分離効率が0.7、すなわちニギスおよびソウハチの上網率がそれぞれ0.8および0.2の場合、対照区と比較して、選別時間は約35%短縮された。

考 察

ニギスおよびカレイ類の上網率は0.82および0.07~0.13 (Table 1) であった。これは、(独)水産総合研究センター開発センター (2006) の2層式の沖合底曳網での、ホッケの0.66、スケトウダラの0.87、カレイ類0.09に近い値であった。この沖合底曳網では、ホッケ・スケトウダラにおいては0.7、カレイ類においては0.3の上網率を実用化に向けての目標値としている。また、本研究におけるニギスのカレイ類に対する分離効率は0.68~0.75 (Table 3) であった。これは、北海のトロール網におけるアカザエビ類 *Nephrops* とタラ類 *Melanogrammus* の0.695 (東海ら, 1997) とはほぼ同等であり、小型エビ類と魚類の分離網の0.4 (松下ら, 1999) を上回っている。さらに、ニギスの魚体の大きさについてみると、上網で漁獲された体長組成と下網のそれとは差がなく (Fig. 2)、仕切りパネルによるサイズ選択性は生じなかったと考えられた。これらのことから、ニギスとカレイ類の分離に対しては、本網は実用的な性能を有していると考えられた。曳網中の上網と下網の網高さが維持されていた (Fig. 3) ことは、本網の持つ高い分離能力に寄与していると考えられ

Table 3 Separation efficiencies between flounder species and *Glossanodon semifasciatus* or *Arctoscopus japonicus*

	<i>T. kitaharai</i>	<i>H. pinetorum</i>	<i>H. dubius</i>	<i>G. stelleri</i>
<i>G. semifasciatus</i>	0.75	0.74	0.68	0.75
<i>A. japonicus</i>	—	—	0.48	0.55

Table 4 Sorting time (s) for three testers in each group

Group	Tester 1			Tester 2			Tester 3		
	Upper	Lower	total	Upper	Lower	total	Upper	Lower	total
Control	0	386	386	0	438	438	0	447	447
1	58	322	380	57	383	439	54	331	385
2	77	262	339	84	285	370	65	214	279
3	120	185	305	99	155	254	82	176	258

る。なお、ニギスでみられた上網率の低い2曳網の例 (Table 1) の原因については、ニギスが下網の曳網層から上網のそれまで広く分布していたか、海底付近における海流の影響や曳網手法の違い等が考えられるが、今回は明らかに出来なかった。

次に、選別時間の短縮効果について検討する。本研究の選別実験では、ニギスとソウハチのみを対象とし、他の漁獲物を考慮していない。しかし、ニギス以外の有用種の出荷サイズの選別には比較的時間を要さず、有用種の小型個体や非有用種は、選別を行わずにまとめて船上から投棄される。つまり、最も時間を要する作業は、ニギスと他の漁獲物の選別である。したがって、本研究における選別実験の結果は、傾向をみるための参考としては用いることが出来ると判断した。なお、分離漁獲実験では、ニギスとソウハチとの分離効率率は0.74 (Table 3) であり、Group 3の分離効率率0.7 (Table 2) よりも大きい値であった。そこで、Fig. 5の回帰直線を用いて相対選別時間を推定した結果、選別時間は約38%短縮された。選別時間の短縮により、揚網前のタモ網によるニギスの先行的な水揚げという行程を、省略できる可能性があると考えられる。

以上の結果から、日中、ニギスを対象とした作業では、本網のような構造の二層式底曳網を用いることにより、効率的にニギスを分離漁獲し、選別時間を短縮

できることがわかった。これによって作業時の安全性の向上や、漁獲物の鮮度維持が期待できる。さらに、下網のコッドエンドの目合の決定には、ニギスの獲り逃しや網目に刺さる影響を考慮する必要がないことから、カレイ類にのみ対応した目合の網を用いることが可能となる。宮嶋 (2013) は、ソウハチ、アカガレイおよびヒレグロの市場価値の無い小型個体に対し、これらを保護できるコッドエンドの目合内径を65~72 mm (呼称目合6~5節) としており、このコッドエンドを用いることにより、非有用種の混獲の削減も期待できると考える。また、下網のコッドエンドの呼称目合をヤナギムシガレイに適した7節 (山崎, 2001) とした場合には、同一の網で昼夜の作業を実施でき、網あるいはコッドエンドの交換という作業がなくなるため、船上作業の負担が軽減されることが考えられる。

最後に、アカガレイ、ヒレグロおよびハタハタの漁場である水深180~230 m海域での本網の有効性について検討する。ハタハタの上網率 (Table 2) およびカレイ類との分離効率率 (Table 3) は、ニギスのそれらよりも小さかったが、ニギスの場合と同じ理由により、ハタハタとカレイ類の分離においても本網は実用的であると判断した。上網のコッドエンドの呼称目合を宮嶋ら (2012) が提唱した7~8節 (宮嶋ら, 2012) とすることにより、ハタハタの小型個体の保護も図ることが出来る。しかし、本網を漁業へ潤滑に導入するには、広い範囲の値を示した上網率 (0.07~1.00) の改善が必要と考える。松倉、藤原 (2015) は、佐渡周辺海域で科学計量魚探の音響データ解析を行い、ハタハタは海底から2 mの高さまでに高密度に分布していたと報告している。本網の仕切りパネルの網高さはこの分布範囲内にある (Fig. 4) ため、曳網毎のハタハタの分布水深と仕切りパネルの網高さの変動が、上網率の大きい変動をもたらしている可能性がある。高い上網率を保つためには、替し用のチェーンを用いてハタハタを上網に追い込む他に、仕切りパネルの網高さを下げる等の改良方法が考えられるが、今後の課題としたい。

文 献

藤原邦浩, 廣瀬太郎, 宮嶋俊明, 山崎 淳. 2009. ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai* の採集個体数と遊泳行動の昼夜による違い. 日水誌, **75**: 779-785.

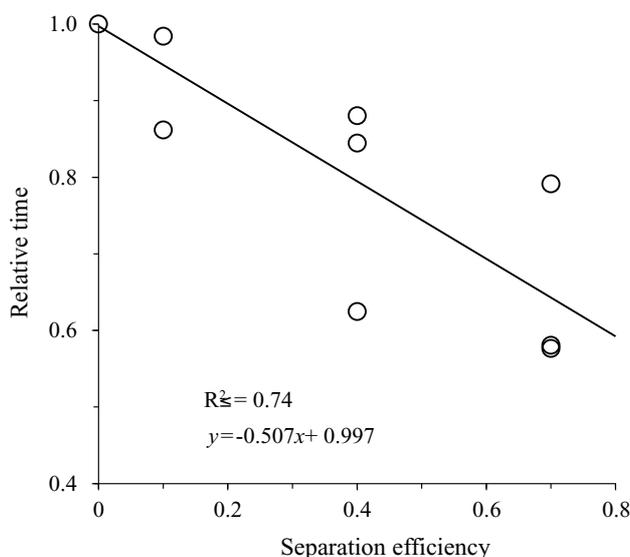


Fig. 3 Relationship between separation efficiency and relative time.

- 山崎 淳, 大木 繁, 飯塚 覚. 2001. 桁曳網操業におけるヤナギムシガレイの網目選択性. 日水誌, **67**: 1082-1088.
- 松下吉樹. 2000. 曳網漁業における混獲防除技術. 日水誌, **66**: 261-268.
- J. Main and G. I. Sangster. 1985. Trawling experiments with a two-level net to minimize the undersized gadoid by-catch in a nephrops fishery. *Fish. Res.*, **3**: 131-145.
- 独立行政法人水産総合研究センター開発センター. 2006. 平成18年度海洋水産資源開発事業報告書 (システム対応型: 沖底かけまわし<北海道日本海域>) . 1-202.
- 独立行政法人水産総合研究センター開発センター. 2007. 平成19年度海洋水産資源開発事業報告書 (システム対応型: 沖底かけまわし<北海道日本海域>). 1-179.
- 東海 正, 大本茂之, 藤森康澄, 兼廣春之, 松田 皎. 1997. 東京湾シャコ小型底曳網における魚種分離効率. 日水誌, **63**: 715-721.
- 松下吉樹, 野島幸治, 井上喜洋. 1999. 小型底曳網操業における漁獲物分離装置の開発. 日水誌, **65**: 11-18.
- 宮嶋俊明. 2013. 京都府の駆け廻し式底曳網漁業における混獲削減技術の開発に関する研究. 京海セ研論, **10**: 8-20.
- 宮嶋俊明, 柳下直己, 山崎 淳, 東海 正. 2012. 駆け廻し式小型底曳網におけるハタハタの網目選択性. 日水誌, **78**: 27-36.
- 松倉隆一, 藤原邦治. 2015. 計量魚群探知機によるハタハタ魚群の分布密度の試算. 日本海ブロック試験研究集録, **47**: 21.

