

# 京都府農林水産技術センター海洋センター研究論文

第 10 号

平成25年4月

SPECIAL REPORT No. 10

Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science

April 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

宮 嶋 俊 明

Development of bycatch reduction methodology  
in Danish seine fishery, Kyoto Prefecture

by  
Toshiaki MIYAJIMA

研究論文集 第10号 平成25年4月  
京都府農林水産技術センター海洋センター

SPECIAL REPORT No.10 April 2013  
KYOTO INSTITUTE OF OCEANIC AND FICHERY SCIENCE  
Odasyukuno, Miyazu, Kyoto 626-0052, Japan

# 目 次

Abstract .....	1
第1章 序 論	
1-1. 京都府における底曳網漁業の現状と課題 .....	3
－混獲状況と必要な資源管理	
1-1-1. 京都府の駆け廻し式底曳網漁業の概要 .....	3
1-1-2. 漁場, 漁期別の対象種 .....	3
1-1-3. 使用される網タイプおよびコッドエンドの目合 .....	5
1-1-4. 京都府の駆け廻し式底曳網漁業の課題 .....	5
1-2. 京都府の駆け廻し式底曳網漁業についての既往の研究成果 .....	7
1-3. 本研究の目的と章立て .....	8
第2章 底曳網漁業の重要種に対する網目選択性	
2-1. はじめに .....	8
2-2. 材料と方法 .....	10
2-2-1. 桁曳網操業 .....	10
2-2-2. 解析方法 .....	10
2-2-3. キタクシノハクモヒトデの排出率に及ぼす目合内径と漁獲量の影響 .....	11
2-3. 結 果 .....	11
2-3-1. 目合別の網目選択性 .....	11
2-3-2. 混獲削減に適した目合の検討 .....	13
2-3-3. 選択性曲線マスターカーブによる適正目合の検討 .....	14
2-3-4. キタクシノハクモヒトデの網目排出率 .....	15
2-4. 考 察 .....	15
2-4-1. ズワイガニの既往研究との比較 .....	15
2-4-2. カレイ類3種に関する既往研究との比較 .....	16
2-4-3. 混獲削減の手法としての網目拡大について .....	17
2-4-4. キタクシノハクモヒトデの排出 .....	20
第3章 ハタハタに対する底曳網の網目選択性	
3-1. はじめに .....	21
3-2. 材料と方法 .....	21
3-2-1. 曳網実験 .....	21
3-2-2. 解析方法 .....	22
3-2-3. 網目の拡大による効果の推定 .....	23
3-3. 結 果 .....	24
3-3-1. 体長に対する体重および体胴周長の関係式 .....	24
3-3-2. 目合別の標本体長組成 .....	24

3-3-3. 網目選択性曲線 .....	25
3-3-4. 選択性曲線マスターカーブの推定 .....	26
3-3-5. 網目の拡大による体長組成の変化 .....	26
3-4. 考 察 .....	26
第4章 分離網によるズワイガニの混獲防除	
4-1. はじめに .....	28
4-2. 材料と方法 .....	29
4-2-1. 漁獲物分離装置の設計 .....	29
4-2-2. 曳網実験 .....	30
4-2-3. 解析方法 .....	30
4-2-4. 選別パネルの高さの測定 .....	31
4-3. 結 果 .....	32
4-3-1. ズワイガニおよびカレイ類の漁獲結果 .....	32
4-3-2. 選別パネルの高さの測定 .....	33
4-4. 考 察 .....	34
第5章 分離漁獲によるアカガレイの鱗剥離と鮮度低下の抑制効果について	
5-1. はじめに .....	36
5-2. 材料と方法 .....	36
5-2-1. 鱗の剥離状態の分析 .....	36
5-2-2. 鮮度の指標となるK値の測定 .....	37
5-3. 結 果 .....	38
5-3-1. さかな網と分離網における体長別の鱗の剥離 .....	38
5-3-2. 鱗の剥離状態と保蔵温度別のK値の経時変化 .....	39
5-4. 考 察 .....	40
5-4-1. 鱗の剥離の評価方法と分離網による鱗剥離の低減効果 .....	40
5-4-2. 鱗の剥離とK値の関係 .....	41
5-4-3. 分離網による鮮度低下抑制の可能性 .....	41
第6章 総合考察	
6-1. 混獲削減に適した網タイプ .....	41
6-1-1. 秋漁期 .....	41
6-1-2. 冬漁期 .....	43
6-1-3. 春漁期 .....	43
6-2. 混獲削減策の導入に向けての課題 .....	43
6-3. 持続可能な京都府の底曳網漁業にむけて .....	44
謝 辞 .....	45
要 約 .....	46
引用文献 .....	47

# Development of bycatch reduction methodology in Danish seine fishery, Kyoto Prefecture\*

Toshiaki MIYAJIMA

## Abstract

The Danish seine fishery is one of the major fisheries in Kyoto prefecture, but it is suffering from a decline in the number of fishing boats due to the decreasing income caused by the reduced quantity of fish caught and the unit price as well as harsh working environments for fishermen. The fishing ground is located off Kyoto Prefecture at depths of 100 to 350 m. The fishing season is roughly divided into the autumn fishing season (September and October), winter fishing season (November to March, during which one is allowed to catch snow crabs), and spring fishing season (April and May). Summer (June to August) is a closed fishing season. Snow crabs are distributed at a depth of 200 m or more. Flathead and Korean flounders are distributed at a depth of 180 m or more. Japanese sandfish and pointhead flounders are distributed at a depth of 170-200 m. The type of fishing net and mesh openings used in this fishery depend on the target species and fishing season. During the autumn fishing season, *sakana* net (mesh opening 35 mm) is used to catch flounders. During the winter fishing season, *kani* net (mesh opening 70-120 mm) is used to catch snow crab. During the spring fishing season, *sakana* net (mesh opening is 35 mm and 25-35 mm) are used to catch flounders and Japanese sand fish, respectively. Due to the characteristic of seines, both marketable and unmarketable species are caught. In this study, shall refer to marketable species as the "catch" and unmarketable species as the "bycatch".

Survey on the bycatch in this fishing ground was conducted. As a result, in the spring and autumn fishing seasons, the bycatch mainly consisted of undersized flounders and snow crab, which one is not allowed to catch during these seasons. In the winter fishing season, it mainly consisted of undersized snow crab and female snow crab, which one is not allowed to catch after January 11. In the spring, the bycatch also included undersized sandfish. The species caught as the bycatch were major target species. The bycatch is discarded from the deck after it is sorted out. However, many are expected to die from the damage they receive from being caught and sorted. Therefore, the practice of catching and discarding the bycatch includes the problems of the effective use and protection of marine resources. Furthermore, brittle stars *Ophiura sarsii* are often caught in large quantities in the bycatch by *sakana* net used during the autumn and spring fishing seasons. The bycatch threatens the safety of the operation, increases the workload, and reduces the efficiency. There is also a concern that the freshness of catch may be deteriorated by the bycatch. Such a bycatch is partly responsible for the reduced quantity of fish caught and the unit price as well as severe workload, and is one of the factors hindering the maintenance of this fishery. Thus, it is necessary to develop a method to reduce the bycatch. This study reports efforts to reduce the bycatch by expanding the mesh size of the codend and developing a seine net with a bycatch reduction device (BRD). I also examined the BRD's effect on maintaining the freshness of the catch.

In order to reduce the bycatch by expanding the mesh size, it was needed to assess mesh selectivity for the target species. Thus, I performed covered codend experiments, whereby six types of codends of different mesh sizes were attached to a beam trawl net (with a net mouth width of 8.5 m and net length of 27.3 m) and were towed by Heian-maru, a research vessel (gross tonnage: 183 tons) of Kyoto Prefecture. Then the mesh selectivity curves were estimated for snow crabs, flathead flounders, Korean flounders, and pointhead flounders. As a result, it was discovered that, for the winter fishing season, expanding the mesh size of the *kani* net for catching crabs from 90 to 120 mm did not affect the quantity of the snow crab catch, and the mesh size could be expanded to 160 mm after January 11. With regard to the *sakana* net for catching flounders, it was estimated that expanding the mesh size from 35 to 65-78 mm would allow half of the fish sized 150 mm (marketable body length) escape from the codend. As a result of analysis concerning the optimum mesh size for releasing brittle stars from the codend, a codend with a mesh size of 35 mm, which is generally used for catching flathead flounder, would not allow almost any brittle star to be released. Furthermore, it became clear that the release of brittle stars from the codend was influenced by the total weight of the brittle stars caught, and that a codend with a mesh size of 70 mm would allow approximately half of the brittle stars to be released if brittle stars with a total weight of 200 kg, an average bycatch weight, were caught.

Next, through experimental operation whereby three types of codend of different mesh sizes were tested using a chartered Danish seine fishing boat of Kyoto Prefecture, The mesh selectivity curve for catching sandfish was estimated. If many sandfish were caught during the experiment, the body length was measured by random sampling, and then the parameters for the mesh selectivity curve using the SELECT method was estimated. As a result, the model in which the quantity of the catch influences

---

\* 東京海洋大学審査学位論文

the mesh selectivity as the optimum was collected. From the master curve with the codend catch of 105 kg as an average catch weight, the body length at which half the fish would be released was estimated to be 114, 138, and 163 mm for codends with a mesh size of 35.6, 42.0, and 48.6 mm, respectively. Therefore, a codend with a mesh size of 42.0 mm would be suitable for reducing the bycatch of sandfish with a body length under 135 mm, the size of low-priced young sandfish. However, if the quantity of the catch exceeds the optimal amount, it would be necessary to use a codend with a larger mesh size of 48.6 mm.

According to the mesh selectivity curves for snow crab, flathead flounder, and Korean flounder, it was found that using a codend with a mesh size that would allow all snow crab to be released would also allow all flathead and Korean flounders to be released as well. Therefore, in order to reduce the bycatch of snow crab during the spring and autumn fishing seasons, during which one is prohibited from catching snow crab, it was needed to develop a method other than expanding the mesh size of the codend. Thus, I developed a net with a bycatch reduction device (BRD net) that can catch flathead and Korean flounders while releasing snow crabs out of the net while towing. The BRD net is divided into two layers of upper and lower nets by a separator panel with a large mesh size (600 mm). Flounders, that can swim, reach the codend at the upper net along the separator, while snow crab, that cannot swim, drop through the separator to the lower net and are released from the outlet. As a result of test, it was found that the BRD net allows 74-98% of the snow crab to be released while keeping 67-88% of flathead flounder and 57-70% of Korean flounder. To effectively separate the species, it is important for the separator panel's height to keep during towing.

Next, I compared flathead flounders caught separately from snow crabs by the BRD net and those caught together with snow crabs using a typical fishing net to assess scale loss based on their body length. We assessed the degree of scale loss through visual inspection of the side the eyes are located, and classified it on a five-level category. As a result of image analysis of scale loss at all levels, significance differences were observed in all of them. With regard to the majority of the bycatch, comprising flounders with a body length below 300 mm with severe scale loss, their rate was much smaller with the BRD net, being approximately one-quarter to one-third of the bycatch with the typical fishing net. After preserving them for 48 hours at 5 degrees Celsius, the mean K-value, an index of reduced freshness, was approximately 13% among flounders with little scale loss and approximately 21% among those with severe scale loss, suggesting significantly more favorable freshness among the flounders with lower-level scale loss. These results suggest that flathead flounders caught with the BRD net suffer less scale loss and their freshness can be maintained more effectively, which would result in a higher unit price.

As a result of these analyses on the development of a bycatch reduction methodology for Danish seine fishery in Kyoto Prefecture, I conclude as follows:

When targeting flounders in autumn and spring fishing seasons, sakana net with a codend expanded to approximately 70 mm should be used in fishing grounds without the bycatch of snow crab. In fishing grounds where snow crab may be caught as a bycatch, the BRD net should be used. The mesh size of the codend should be expanded to 42 mm in sakana net for catching sandfish during the spring fishing season. For catching snow crab during the winter fishing season, it should be expanded to approximately 120 mm up to January 10 and possibly to 160 mm from January 11. The BRD net has already been introduced in this fishing ground and contributed to acquisition of the MSC certification in 2008. The use of the BRD net may contribute to both retaining the freshness and maintaining or possibly increasing the unit price. We hope that this study to reduce the bycatch will contribute to an increase in the quantity of the catch, improve the unit price and efficiency of the commercial operation, and increase the income from fishing, eventually leading to the sustainable management of the Danish seine fishery in Kyoto Prefecture.

# 第1章 序 論

## 1-1. 京都府における駆け廻し式底曳網漁業の現状と課題

### －混獲状況と必要な資源管理

#### 1-1-1. 京都府の駆け廻し式底曳網漁業の概要

京都府沖合の駆け廻し式底曳網漁業（以下、底曳網漁業）は、漁業法（昭和24年法律第二百六十七号）第66条第1項と2項及び小型機船底びき網漁業取締規則（昭和27年農林省令第6号）第1条第1項で定められた総トン数15トン未満の小型機船底びき網漁業の漁船（以下、小底船）、並びに漁業法（昭和24年法律第267号）第52条第1項の指定漁業を定める政令（昭和38年政令第6号）の第1条第1項で定められた、総トン数15トン以上の1そうびきの沖合底びき網漁業の漁船（以下、沖底船）によって構成されている。2012年現在の京都府における稼働隻数は、小底船が9隻、沖底船が3隻の合計12隻であり、全船が一般社団法人京都府機船底曳網漁業連合会（KDSFF, The Kyoto Danish Seine Fishery Federation）に所属している。なお、京都府の沖底船の総トン数は全て20トン未満であり、操業形態はほぼ小底船と同じである。小底船と沖底船ともに開口版を使用しない駆け廻し式の操業を行っている。この駆け廻し式操業では、曳網中に、特に袖網が閉じていくことに代表されるように、網の形状が変化する。操業は日帰りもしくは1泊2日で行われており、一回の

出航で、前者の場合には約5～11回、後者の場合には約12～20回の曳網が行われる。2011年の京都府漁業協同組合連合会の資料によると、本漁業から市場へ約100種の漁獲物が出荷されていたが、ズワイガニ *Chionoecetes opilio*、アカガレイ *Hippoglossoides dubius*、ヒレグロ *Glyptocephalus stelleri*、ソウハチ *Hippoglossoides pinetorum*、ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai*、ハタハタ *Arctoscopus japonicus* およびニギス *Glossanodon semifasciatus* の7種で、本漁業の出荷重量全体の約76%を、また出荷金額全体の約85%を占めた（Fig. 1-1）。中でもズワイガニおよびアカガレイに対する依存度は高く、それぞれ約58%および約13%を占めた。以降、この7種を本漁業の主要7種と呼ぶこととする。

#### 1-1-2. 漁場、漁期別の対象種

本漁業の主漁場は、隣接する兵庫県および福井県との両府県境から正北に延ばした線で囲まれた海域に形成されている（Fig. 1-2(a)）。なお、沿岸側の水深約100 m以浅では、小底船は漁業許可の条件によって、また沖底船では指定漁業の許可及び取締り等に関する省令（昭和38年農林省令第5号）によって、そこでの操業が禁止されている。また、その沖合側の水深約350 m以深で京都府の漁船が操業することはほとんどない。本漁業の漁期は9～10月の秋漁期、11～翌年3月の冬漁期（ズワイガニ漁期）、4～5月の春漁期の3つに

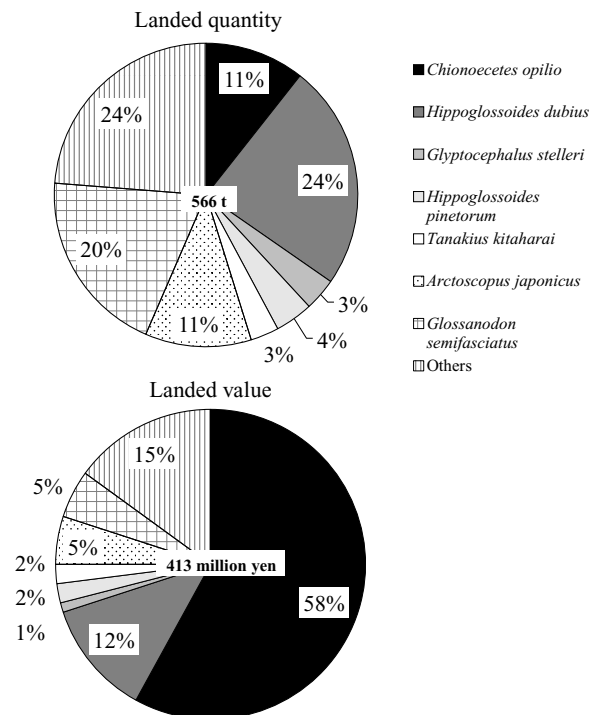


Fig. 1-1 Species composition (%) in annual landed quantity and value in 2011 by Danish seine fishing boats belonging to KDSFF (The Kyoto Danish Seine Fishery Federation).

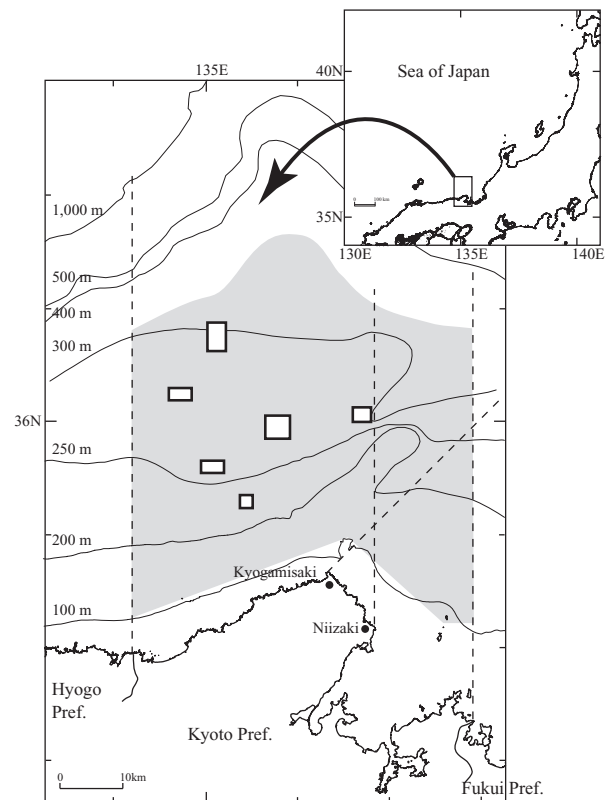
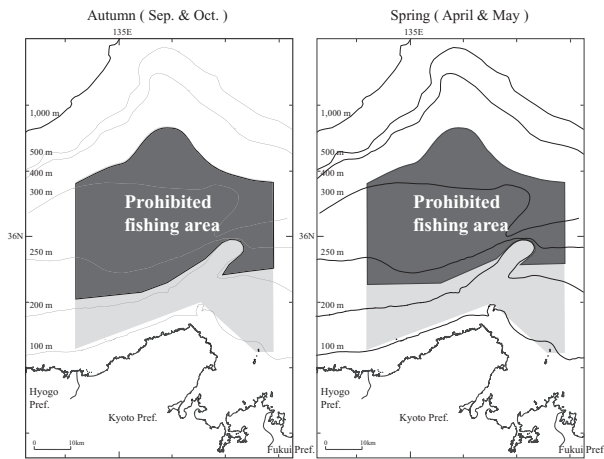


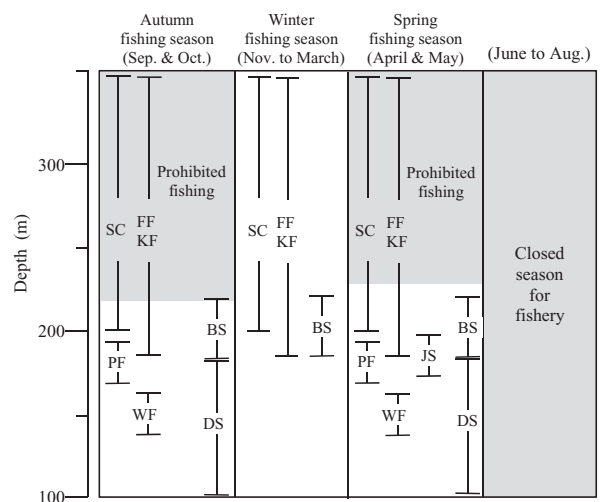
Fig. 1-2(a) Fishing ground for Danish seine in the sea off Kyoto Prefecture. Six open squares in fishing ground indicate preserved area for *Chionoecetes opilio*.





**Fig. 1-2(b)** Prohibited fishing area is set up by KDSFFÅfs self-imposed control from the depth of 230 to 350 m in the autumn fishing season (September & October), from the depth of 220 to 350 m in the spring fishing season (April & May).

大きく分けることができる。6～8月は、小底船では漁業許可の条件によって、また沖底船では特定大臣許可漁業等の取締りに関する省令（平成6年農林水産省令第54号）によって、その時期の操業が禁止されている。また、石川県から島根県までの1府5県の漁業者によって組織された日本海ズワイガニ特別委員会の自主規制により、ズワイガニでは、その漁期が雄では11月6日～3月20日、雌では11月6日～1月10日に限定されるとともに、甲幅90 mm未満の雄および未成熟の雌（甲幅約60 mm未満）の漁獲が禁じられている。同海域には、本漁業の最重要対象種であるズワイガニの保護と増殖を図る目的から、保護礁が設置されている（Fig. 1-2(a)）。また、秋・春漁期におけるズワイガニの入網を削減させるために、京都府の底曳網漁業者の自主規制として操業禁止区域が設定されている（Fig. 1-2(b)）。同海域では京都府の底曳網漁船に加え、兵庫県および福井県の底曳網漁船が入会で操業を行っている。兵庫県の沖底船（40トン級）11隻は京都府経ヶ岬から北東方向への延長線上まで入漁可能である。また、福井県の沖底船27隻は京都府と兵庫県との府県境まで入漁可能である。ただし、そのうち22隻には京都府沖合の水深350 m以浅および北緯36度10分以南での操業禁止が許可の条件に付されている。また、同県の小底船25隻に対し、京都府新井崎から真北に延長した線までの入漁が京都府知事により許可されている。隣接両県の底曳網漁船も漁業許可の条件あるいは特定大臣許可漁業等の取締りに関する省令（平成6年農林水産省令第54号）によって、6～8月の操業が禁止となっている。京都府の沖底船にも、福井県常神崎から兵庫県余部崎での操業が許可されているが、ほとんどの操業が京都府沖合で行われている。また京都府の小底船のうち6隻は、福井県常神崎までの入漁が福井県知事によ



**Fig. 1-3** Depth distribution of the seven major target species and unmarketable brittle star, and seasonal shifts in fishing ground of Danish seine.

- SC: Snow crab *Chionoecetes opilio*
- FF: Flathead flounder *Hippoglossoides dubius*
- KF: Korean flounder *Glyptocephalus stelleri*
- JS: Japanese sandfish *Arctoscopus japonicus*
- PF: Pointhead flounder *Hippoglossoides pinetorum*
- WF: Willow flounder *Tanakius kitaharai*
- DS: Deep smelt *Glossanodon semifasciatus*
- BS: Brittle star *Ophiura sarsi*

って許可されているものの、福井県沖合で操業を行うことはほとんど無い。次に、漁期別に、主要7種の分布水深について述べる（Fig. 1-3）。

秋漁期（9～10月）ズワイガニは水深200～350 mに、アカガレイおよびヒレグロは水深180～350 mに、ソウハチは水深180～200 mに、ヤナギムシガレイは水深150 m周辺に、ニギスが水深100～180mに分布している。なお、ハタハタはあまり出現しない。水深220～350 mは操業禁止区域となるため、秋漁期では水深100～220 mの海域で操業が行われている。2011年度の京都府漁業協同組合連合会資料によれば、この年の主要7種のうちでヤナギムシガレイとニギスが、出荷量および出荷金額に占める割合が高かった（Table 1-1）。

冬漁期（11～3月）ズワイガニ、アカガレイおよびヒレグロは秋漁期と同様の水深に分布する。なお、ヤナギムシガレイは産卵のため水深100 m以浅の海域へ移動し、ニギスも京都府沖合から姿を消す。また、漁期の後半である2月からはハタハタが水深200 m周辺海域に出現する。この漁期では水深230～350 mの海域でズワイガニが主対象種として漁獲されている。このときアカガレイやヒレグロも同時に漁獲されているものの、漁獲金額の約8割をズワイガニが占めている（Table 1-1）。1月11日以降には、雌のズワイガニが禁漁になることに加え、雄のズワイガニの漁獲量も徐々に減少するため、水深170～250 mの海域でアカ



**Table 1-1** Species composition (%) in landings caught by the Danish seine fishery in each fishing season in 2011

	Landed quantity			Landing value		
	Sep. & Oct.	Nov. to March	April & May	Sep. & Oct.	Nov. to March	April & May
<i>Chionoecetes opilio</i>	0.0%	30.9%	0.0%	0.0%	76.8%	0.0%
<i>Hippoglossoides dubius</i>	3.3%	35.7%	29.6%	5.6%	10.3%	29.6%
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	0.7%	4.9%	5.6%	0.6%	1.1%	3.0%
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	4.0%	2.7%	6.5%	5.3%	1.0%	8.0%
<i>Tanakius kitaharai</i>	12.7%	0.1%	2.9%	14.3%	0.1%	3.2%
<i>Arctoscopus japonicus</i>	1.0%	12.2%	22.3%	0.7%	4.0%	14.6%
<i>Glossanodon semifasciatus</i>	33.8%	1.0%	6.5%	24.6%	0.3%	4.3%
Others	44.6%	12.6%	26.6%	48.9%	6.4%	37.2%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

**Table 1-2** Three types of fishing net in Danish seine fishery off Kyoto Prefecture

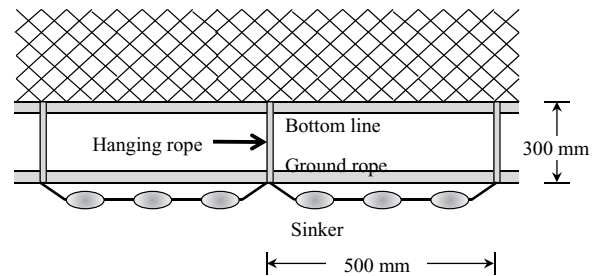
Net type	Mesh opening (mm)	Main target species
<i>Kani</i> net for targetting snow crab	70 - 120	<i>Chionoecetes opilio</i> <i>Hippoglossoides dubius</i>
<i>Kisu</i> net targetting for Japanese smelt	20 - 25	<i>Glossanodon semifasciatus</i>
<i>Sakana</i> net targetting for flounder	35	<i>Hippoglossoides dubius</i> <i>Glyptocephalus stelleri</i> <i>Hippoglossoides pinetorum</i>
	25 - 35	<i>Arctoscopus japonicus</i>
	50	<i>Tanakius kitaharai</i>

ガレイ、ヒレグロ、ソウハチおよびハタハタを主対象種とした操業も行われる。

春漁期（4～5月） 主要7種の分布は秋漁期と同様である。これに加え、冬漁期後半から出現したハタハタが水深200 m周辺海域に引き続き分布する。なお、水深230～350 mの海域が操業禁止区域となるので、操業は水深100～230 mの海域で行われている。春漁期ではアカガレイおよびハタハタの出荷の割合が高くなる（Table 1-1）。

1-1-3. 使用される網タイプおよびコッドエンドの目合

京都府の駆け廻し式底曳網漁業で使用される網漁具は、ズワイガニを対象とした通称「かに網」とカレイ類やハタハタを対象とした通称「さかな網」、ニギスを対象とした通称「きす網」の3種類に大きく分けることができる（Table 1-2）。かに網には目合内径約70～120 mm（呼称目合5節～4寸）、主体は目合内径約90 mm（呼称目合3寸）のコッドエンドが用いられている。これは3種の中で最も大きく、網高さは3種の中で最も低い。この理由はズワイガニの市場価値が他の種と比較して格段に高いため、大きな目合を用いることでズワイガニ以外の種の漁獲を減らしても選別時間を短縮させることで、ズワイガニを弱らせないようにするとともに、操業回数を増やすためである。また、大きな目合と低い網高さは、曳網中の網の抵抗を低減させる効果も期待できる。きす網のコッドエンドの目合内径は約20～25 mm（呼称目合15～13節）と3種の中で最も小さく、曳網中の網高さは最も高い。これは細身な体型を持ち、かつ海底からやや浮上して遊泳するニギスを漁獲するためである。さかな網のコッドエン



**Fig. 1-4** Bycatch reduction device, “*Tsuru-iwa*” called by the fishermen, meaning “hanging ground rope” for reducing *Ophiuroidea* bycatch in *Sakana* net.

ドの目合内径は約25～50 mm（呼称目合13節～7節）と曳網中の網高さは、いずれもかに網ときす網との中間にある。さかな網のコッドエンドの目合内径は、主対象となる魚種や漁船ごとに異なり、それぞれハタハタに対しては約25～35 mmが、アカガレイ、ヒレグロおよびソウハチに対しては約35mmが、ヤナギムシガレイに対しては約50 mmが用いられている。また、水深200 m周辺の海域ではキタクシノハクモヒトデ *Ophiura sarsii*が高密度に生息し、しばしば大量に入網することから、同海域で用いられるさかな網には、グランドロープと網裾の間に空間を設けるための、通称「吊り岩」あるいは「スカート」（Fig. 1-4）という改造が施されている。これによって、遊泳することがないキタクシノハクモヒトデが、この空隙を通り抜けて網内に入らないようにしている。

1-1-4. 京都府の駆け廻し式底曳網漁業の課題

主要7種の出荷動向をみると（Fig. 1-5）、ズワイガニは1970年代にその出荷量が急激に減少した。その後、

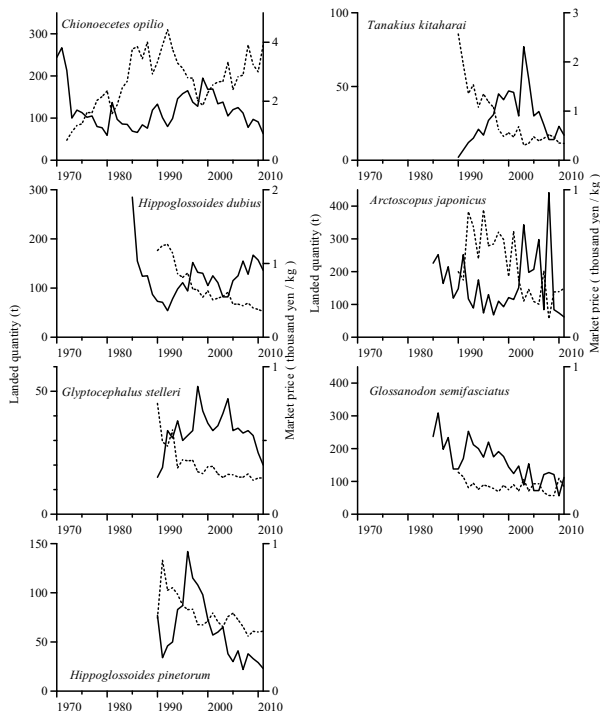


Fig. 1-5 Annual changes in landed quantity (solid line) and market unit price (dot line) for the seven major target species caught by Danish seine fishery.

漁期、漁獲サイズおよび出荷量等に関する様々な規制（山崎，1994）や、先述した保護礁の設置や操業禁止区域の設定により、1980年代から出荷量は増加傾向に転じたが、1999年をピークにその後は停滞している。ただし、2008年以降の減少分にはKDSFFの自主規制による水ガニ（脱皮直後のカニ）の市場への出荷禁止（山崎ら，2011）も影響を与えていると思われる。アカガレイは、1992年以降、出荷量は増加傾向にある。特に2005年からは卓越年級群とされる2001年級群の加入により、出荷量が増加している。しかしこの状況はあまり長くは続かないと推測されており（水産庁増殖推進部資源課，2009），今後、出荷量を維持していくためには、同年級群によって再生産された小型の新規加入群を保護することが重要である。ヒレグロの出荷量は2004年までは増加傾向にあったが、その後減少している。ソウハチの出荷量は1996年をピークに減少し続けている。ヤナギムシガレイの出荷量は1990年の2トンから、2007年には77トンまで回復したが、その後は減少傾向にある。ニギスの出荷量は、統計が整備された1985年から減少し、いったん1990～1992年に増加したものの、その後は一貫して減少傾向である。以上のように、本漁業における主要7種の出荷量は、いずれも停滞、減少中あるいは減少の可能性が予想される状態にある。また、主要7種の単価もズワイガニを除く全ての種で減少傾向にある。

本漁業の稼働隻数は1989年の25隻から現在の12隻にまで減少したが、1隻あたりの年間出荷量には増加傾

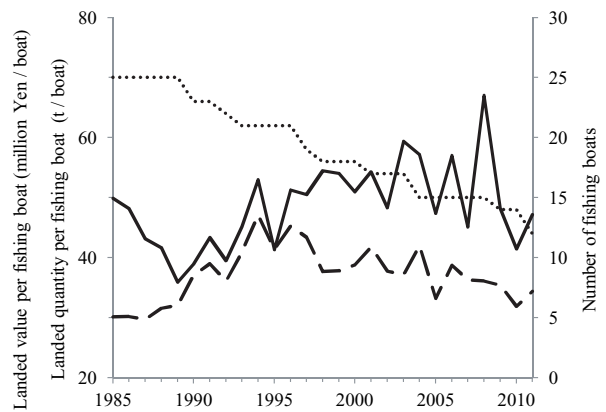


Fig. 1-6 Annual changes in landed quantity and landed value per boat of Danish seine fishery from 1985 to 2011.

Soli, break and dot line indicate landed quantity per boat, landing value per boat and number of boat, respectively.

向はみられず、2003年以降に限定すると、むしろ減少傾向にある（Fig. 1-6）。したがって、資源の状態は必ずしも良いとは言えない。また、1隻あたりの年間出荷金額も1994年以降、減少傾向にある。稼働隻数が減少している原因の一つとして、出荷量と単価の減少により、漁業での収入が伸び悩み、経営が成り立たないことが挙げられる。さらに、厳しい労働負荷も加わり、操業時の事故等を契機として廃業する事例や、船主・船頭の高齢化によって後継者へ事業が承継されるべき船が廃業する事例が増えてきている。稼働隻数の減少は、京都府沖合で入会操業を行う兵庫および福井両県所属の底曳網漁船においても同様である。本漁業を今後も維持するためには、出荷量と出荷物の単価の維持、向上と、それに伴う出荷金額の向上および労働環境の合理化や省力化などの改善が不可欠である。

底曳網漁業の特性上、非有用種や有用小型種の漁獲と投棄が起こりがちである（東海，1998；松下，2000）。漁獲、投棄された漁獲物は少なからず死亡する危険性があり、さらには漁獲統計上にも記録されない（Chopin and Arimoto，1995）。したがって資源の有効利用や生態系の保全からも問題視されている（Alverson *et al.*，1994；Kelleher，2005）。北沢，大阿久（1982）は京都府の小底船の漁獲物を調べて、ズワイガニ、アカガレイ、ヒレグロ、ソウハチ、ヤナギムシガレイおよびニギスの小型個体が洋上で大量に混獲、投棄されていることを報告した。また、山崎ら（1991）も、アカガレイ等を漁獲対象とした操業でズワイガニが大量に漁獲、投棄されていると報告している。本研究では以降、漁獲物のうち市場に出荷されるものを水揚げ物、洋上で投棄されるものを混獲物と呼ぶこととする。また、ここでは、市場価値を持つ、あるいはサイズによっては持つ種を有用種と、さらにサイズを問わず市場

**Table 1-3** Species compositions in bycatch and catch per haul caught by two net types in Danish seine fishery

	Kani net		Sakana net (Deeper than 200 m in depth)			
	Mesh openings		Mesh openings			
	Winter fishing season		Autumn fishing season		Spring fishing season	
	Bycatch	Catch	Bycatch	Catch	Bycatch	Catch
<i>Chionoecetes opilio</i>	71.1%	13.3%	16.6%	0.0%	8.1%	0.0%
<i>Hippoglossoides dubius</i>	0.0%	10.0%	3.8%	12.5%	0.1%	14.8%
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	0.0%	2.6%	17.8%	23.6%	14.1%	23.3%
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	0.0%	0.0%	1.7%	4.2%	0.0%	0.7%
<i>Arctoscopus japonicus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	5.3%	16.1%
<i>Tanakius kitaharai</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
<i>Glossanodon semifasciatus</i>	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
kumohitode	0.1%	0.0%	1.7%	0.0%	8.6%	0.0%
Others	2.0%	0.9%	5.8%	11.9%	4.6%	4.2%
Total	73.2%	26.8%	47.6%	52.4%	40.7%	59.3%
Mean catch weight (kg) / haul	150	42	84	96	81	115

価値を持たない種を非有用種と呼ぶ。これに従って、本漁業の混獲物を以下の3パターンに大別した。1つ目は有用種ではあるが小型のため、市場価値の無いものである。アカガレイ、ヒレグロおよびソウハチの体長150 mm未満の個体やハタハタの体長135 mm未満の個体等がこれに該当する。2つ目は規則で漁獲が禁じられているものである。これには秋・春漁期のズワイガニの全て、冬漁期の甲幅90 mm未満の雄のズワイガニ、未成熟の雌のズワイガニ、1月11日以降の雌のズワイガニ全てが該当する。3つ目はキタクシノハクモヒトデのような非有用種である。

主要7種の中でも特に重要種であるズワイガニとアカガレイを主対象としたかに網およびさかな網での混獲実態を把握するために、2006年2月21日から2012年10月26日の期間にKDSFF所属の底曳網漁船3隻のかに網6曳網分の、さかな網13曳網分の漁獲物を調べた。コッドエンドの目合内径は、かに網では約90 mm（呼称目合は3寸）、さかな網では約35 mm（呼称目合9節）であった。また、さかな網には吊り岩が取り付けられていた。漁獲物は無選別のまま、1曳網あたりト口箱（容積：0.027m<sup>3</sup>）1～2箱分を入港時に漁船から入手して実験室に持ち帰り、種別に重量を測定するとともに、実験室内で前述した混獲物の基準によって研究者が混獲物と水揚げ物に分別した。その結果をみると（Table 1-3）、1網あたりの平均漁獲重量は約200 kg（187～267 kg）であった。冬漁期のかに網では混獲量が全漁獲量の70%以上を占め、混獲物の大部分がズワイガニであった。さかな網では、混獲量が全漁獲量の40～50%を占め、秋漁期にはズワイガニ、アカガレイ、ヒレグロ、ソウハチの、春漁期にはこれらに加えハタハタが混獲された。さらに、さかな網ではクモヒトデ類の混獲も目立っている。したがって、これらの網での混獲の大部分は対象種とキタクシノハクモヒトデであった。本漁業におけるこれらの有用種の小型個体の混獲と投棄は、利用しない先き獲りであって、その後の個体の成長に伴う体重の増加をも考慮すれば、資源

の有効利用上の問題が生じる。また、ズワイガニの漁期外での混獲物の中には成熟個体も含まれることから、資源の有効利用上の問題に加え、資源保護上の問題も生じる。これらの問題は資源を減少させている原因の一つと考えられる。さらに、クモヒトデ類の混獲を始め大量の混獲物は、曳網中の曳網抵抗の増大と消費燃料の増加につながるとともに、洋上での漁獲物の選別作業量や選別時間の増大を招いて、水揚げ物の鮮度を低下させる可能性もある。これらのことから、資源の合理的な利用はもとより作業の軽減化や鮮度向上をめざして、京都府の底曳網漁業ではこうした混獲を削減する必要がある。これらの問題を整理すると、次のようになる。

- ①秋・春漁期の水深170～220(230) mにおける、さかな網(目合内径約35 mm)によるズワイガニ。アカガレイ、ヒレグロおよびソウハチの小型個体ならびにクモヒトデ類の混獲。
- ②春漁期の水深200 m周辺海域におけるさかな網(目合内径約25～35 mm)によるハタハタの小型個体の混獲。
- ③冬漁期の水深220～350 mにおけるかに網(目合内径約90 mm)によるズワイガニの雄の小型個体、雌の未成熟混獲および1月11日以降における雌の全ての個体の混獲。
- ④大量の混獲物による作業量の増大、選別時間の延長、水揚げ物の鮮度低下。

## 1-2. 京都府の駆け廻し式底曳網漁業についての既往の研究成果

これまで、京都府の底曳網漁業に対する研究としては、主要対象種の生態学的な研究を中心に行われた。特に1970年代に漁獲量が激減したズワイガニについては、先述した保護礁や操業禁止区域の設定の裏づけとなるズワイガニの生態、分布および生残率に関する研究が数多く行われた（山崎，1985,1994；Yamasaki, 2002；山崎ら，1985；山崎・桑原，1991a,1991b,1992；



山崎ら, 1993a,1993b; 山崎ら, 2001b; 山崎ら, 1992; 和田ら, 1983)。その他の種では, アカガレイについては, その食性, 成熟, 移動を内野ら(1994, 1995, 1997)が, 産卵期の分布を山崎ら(1999)が, 年齢と成長を柳下, 山崎(2006)および柳下ら(2006)が報告した。ヤナギムシガレイでは成熟について山崎, 大木(2003)が, 分布と移動について岩尾ら(2004)が, 年齢と成長について柳下ら(2005)が報告している。

一方, 混獲を削減するための研究も行われている。山崎ら(2001a)は桁曳網を用いてヤナギムシガレイの網目選択性を調べ, コッドエンドの目合内径を呼称目合7節(約50 mm)へと拡大することにより, 同種の小型サイズの混獲を削減させることができると報告している。この結果は現在, 実際の現場にも導入され, ヤナギムシガレイを主対象種とした場合のみ, さかな網には目合内径が約50 mmのコードエンドが用いられている。このように, 混獲を削減するための有力な手法のひとつとして, コッドエンドの目合内径を拡大し, 小型魚を保護する研究は広く行われている(青山, 1961; 東海, 1993; 西川, 1994; 松下, 井上, 1997)。

京都府周辺海域についてみると, 石川県沖合では底曳網を用いてホッコクアカエビ *Pandalus eous* (四方, 五十嵐, 2010), アカガレイ(石川県, 1993)およびズワイガニ(石川県, 1992)に対して, 鳥取県沖合ではオッタートロールを用いてハタハタ(倉長ら, 1999), ソウハチとムシガレイ(倉長, 1999a), クロザコエビ(倉長, 1999b), トゲザコエビ(倉長, 2003a), ヒレグロ(倉長, 2003b)に対して, 底曳網を用いてハタハタ(倉長, 2010)に対しての網目選択性が報告されている。また目合内径の拡大以外にも, 網内に選別用のパネル等を取り付けて, 混獲を削減する研究も行われており(松下ら, 1999b), 堀江ら(2001)は, 福井県沖合で操業する底曳網を対象とし, 入網したズワイガニとカレイ類とを分離して漁獲することができる漁具を開発した。

### 1-3. 本研究の目的と章立て

本研究は, 京都府沖合の底曳網漁業を対象とし, 同漁業での混獲を削減するために, 混獲物となる主な魚種に対する網目選択性を試験操業によって明らかにするとともに, 混獲を削減する漁具(分離網)の開発を行った。さらに, 分離網による混獲削減が, 水揚げ物であるアカガレイの鮮度維持に効果があることについても検討する。具体的には各章の内容は以下のとおりである。まず第2章では, 京都府海洋調査船「平安丸」の桁曳網を用いたカバーネット法による試験操業実験から, ズワイガニ, アカガレイ, ヒレグロおよびソウハチの網目選択性とそのマスターカーブを推定した。また, キタクシノハクモヒトデの排出率と目合内径の関係についても明らかにし, これらの結果から, かに

網およびさかな網のコードエンドに最適な目合内径について検討する。次に, 第3章では, 沖底船および小底船の駆け廻し式の底曳網漁船による試験操業実験から, ハタハタの網目選択性曲線をSELECTモデルで推定した。また, ここではコードエンド選択性における曳網間での変動やコードエンドでの漁獲量が及ぼす影響についても検討する。得られたハタハタに対するコードエンド選択性のマスターカーブから, 実際の漁獲物体長組成を用いて目合を変えた場合に漁獲物の体長組成をシミュレーションし, ハタハタの小型魚の混獲を削減するコードエンドの目合内径について検討を行う。第4章では, 冬漁期(ズワイガニ漁期)以外の漁期でのズワイガニの混獲を削減させるために, さかな網に選別パネルを装着し, 曳網中にズワイガニを排出しながらカレイ類を漁獲する混獲削減装置の開発試験を行った。ここでは, 最適な分離性能を発揮するための選別パネルの取り付け位置について検証するとともに, 漁獲物の網目選択性についても検討を行った。第5章では, 混獲の削減の副次的効果として, 水揚げ物の鮮度維持効果が向上する可能性について分離網でズワイガニから分離漁獲することによるアカガレイ体表の鱗の剥離の低減効果と, 体表の鱗の剥離の程度とその後の鮮度低下の関係について調べ, 分離網による鮮度低下抑制効果を検証する。第6章では本研究を統括し, 混獲削減を中心とした京都府の駆け廻し漁業への提言と今後に残された課題および展望について言及する。

## 第2章 底曳網漁業の重要種に対する網目選択性

### 2-1. はじめに

この章では京都府の底曳網漁業の主要対象種であるズワイガニ, アカガレイ, ヒレグロおよびソウハチの小型個体の混獲を削減することを目的として, これらの種に対する網目選択性について検討する。これらの種に対する網目選択性曲線については, 東シナ海・黄海でのソウハチ(梁ら, 1999), 石川県沖でのズワイガニ(石川県水産試験場, 1992)およびアカガレイ(石川県水産試験場, 1993), 鳥取県沖でのヒレグロ(倉長, 2003b)およびソウハチ(倉長, 1999a)について報告されているが, 若狭湾周辺での報告はまだない。

そこで, 本研究では調査船の桁曳網に目合の異なる6種類のコードエンドを取付けてカバーネット法による曳網を行い, ズワイガニ, アカガレイ, ヒレグロおよびソウハチの体長に対する各目合内径の網目選択性曲線を推定した。

また, ズワイガニやアカガレイ, ヒレグロおよびソウハチを対象とした操業を行う水深200 m以深の海域では, キタクシノハクモヒトデが高密度に生息する

**Table 2-1** Catch number of *Chionoecetes opilio*, *Hippoglossoides dubius*, *Glyptocephalus stelleri* and *Hypoglossoides pinetorum*, and catch weight of *Ophiura sarsii* in the codend and covernet for each haul.

Operation		Catch number								Catch weight (kg)					
No.	Date	Depth (m)	Mesh openings (mm)	<i>C. opilio</i>		<i>H. dubius</i>		<i>G. stelleri</i>		<i>H. pinetorum</i>		<i>O. sarsii</i>		Total	
				Codend	Cover net	Codend	Cover net	Codend	Cover net	Codend	Cover net	Codend	Cover net		
1	Oct.-03th-06	304	85.6	31	4	31	1	6	54	0	0	24.9	15.5	81.9	50.5
2	Oct.-03th-06	235	85.6	78	1	49	20	0	0	4	0	0.5	0.9	94.4	42.7
3	Oct.-03th-06	221	85.6	171	14	7	12	3	17	0	0	9.4	71.4	51.7	76.9
4	Oct.-03th-06	228	85.6	164	0	123	49	69	216	6	0	0.0	1.3	68.9	52.5
5	Apr.-09th-07	232	72.0	17	2	29	1	65	179	0	0	0.0	0.0	21.3	58.5
6	Apr.-09th-07	237	72.0	131	0	31	0	36	41	0	0	0.0	0.0	46.1	40.5
7	Apr.-09th-07	233	72.0	27	2	54	1	117	131	0	0	0.0	0.0	31.4	8.4
8	Apr.-09th-07	238	72.0	0	0	50	0	79	53	0	0	0.0	0.0	48.2	8.9
9	Apr.-11th-07	233	118.8	17	2	3	9	4	164	0	0	0.0	0.9	6.9	86.1
10	Apr.-11th-07	237	118.8	39	3	13	5	5	202	0	0	0.0	0.4	11.8	87.8
11	Apr.-11th-07	233	118.8	29	2	9	8	12	500	0	0	0.0	0.3	12.4	26.9
12	Apr.-11th-07	239	118.8	70	8	13	17	11	86	0	0	0.2	0.5	17.8	44.4
13	Jun.-07th-07	321	48.0	12	1	9	0	5	20	0	0	18.8	0.6	49.0	39.2
14	Jun.-07th-07	280	48.0	113	0	36	0	23	101	0	0	53.2	3.1	92.7	33.5
15	Jun.-07th-07	183	48.0	1	8	62	0	393	227	0	0	0.0	0.0	78.8	163.4
16	Jun.-07th-07	165	48.0	0	9	0	0	43	97	81	13	0.0	0.0	24.9	18.2
17	Jun.-11th-07	323	35.6	55	1	23	0	8	0	0	0	6.9	0.2	60.2	6.7
18	Jun.-11th-07	275	35.6	3	8	33	0	176	83	0	0	41.3	4.7	66.7	9.4
19	Jun.-11th-07	178	35.6	8	3	15	0	22	84	11	0	0.0	0.0	47.9	6.3
20	Jun.-11th-07	158	35.6	0	0	0	0	0	0	186	82	0.0	0.0	28.7	13.9
21	Jun.-13th-07	213	40.7	96	1	202	0	46	14	0	0	140.7	0.9	194.4	6.9
22	Jun.-13th-07	232	40.7	109	0	109	0	182	163	0	0	1.3	1.5	64.7	11.3
23	Jun.-13th-07	259	40.7	27	4	108	0	59	23	0	0	49.2	1.3	99.1	12.6
24	Jun.-13th-07	122	40.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0	0.0	29.5	6.5
25	Jun.-20th-07	208	35.6	126	0	167	0	14	5	0	0	163.2	0.1	214.8	0.4
26	Jun.-20th-07	229	35.6	24	0	120	0	0	0	0	0	119.9	0.5	144.2	2.2
27	Jun.-20th-07	258	35.6	4	1	146	0	42	32	0	0	58.8	1.0	117.4	5.8
28	Jun.-20th-07	121	35.6	0	0	0	0	0	0	3	0	0.0	0.0	15.7	4.1
29	Jul.-09th-07	324	118.8	52	31	28	7	1	6	0	0	1.2	11.8	20.7	54.3
30	Jul.-09th-07	284	118.8	18	15	32	0	9	69	0	0	0.0	42.9	18.8	59.7
31	Jul.-09th-07	211	118.8	0	0	37	55	0	12	0	0	41.6	27.2	131.9	40.0
32	Jul.-12th-07	212	72.0	0	0	58	11	2	3	0	1	33.8	49.0	61.0	63.6
33	Jul.-12th-07	240	72.0	22	0	10	0	95	73	0	0	0.0	0.0	14.2	5.2
34	Jul.-12th-07	265	72.0	2	0	40	0	16	40	2	0	1.1	4.8	18.6	22.7
35	Jul.-12th-07	203	72.0	155	6	183	81	0	2	1	0	7.8	30.1	41.9	39.8
36	Jul.-17th-07	209	72.0	39	5	98	11	5	6	0	0	19.9	14.7	42.8	17.8
37	Jul.-17th-07	230	72.0	73	0	59	7	35	222	0	0	0.0	0.4	27.2	33.3
38	Jul.-17th-07	200	72.0	25	5	194	71	2	12	2	0	11.1	20.3	48.8	45.7
39	Jul.-17th-07	180	72.0	3	11	8	3	53	202	0	0	0.0	0.0	8.6	40.9
40	Jul.-19th-07	264	40.7	20	4	87	0	58	39	0	0	20.5	0.4	61.9	6.3
41	Aug.-08th-07	161	40.7	0	0	0	0	11	58	154	75	0.0	0.0	25.0	13.9
42	Aug.-08th-07	146	40.7	0	0	0	0	0	5	2	0	0.0	0.0	28.9	5.8
43	Aug.-08th-07	146	40.7	0	0	0	0	1	6	3	1	0.0	0.0	30.4	5.7
44	Aug.-08th-07	150	40.7	0	0	0	0	13	24	15	21	0.0	0.0	19.3	7.0
45	Aug.-20th-07	201	48.0	89	0	34	1	0	1	0	0	25.2	8.7	47.6	9.5
46	Aug.-20th-07	203	48.0	97	1	79	2	0	0	0	0	23.7	6.7	50.2	8.5
47	Aug.-20th-07	171	48.0	5	0	9	6	79	186	7	2	0.0	0.0	16.6	11.3
48	Aug.-20th-07	162	48.0	0	0	1	1	9	107	267	50	0.0	0.0	46.9	11.0
49	Jun.-09th-08	208	48.0	7	0	51	0	74	14	1	0	134.8	1.2	160.2	4.8
50	Jun.-09th-08	227	48.0	85	0	75	0	0	0	0	0	2.3	1.5	65.7	20.4
51	Jun.-09th-08	186	48.0	0	0	10	1	0	0	22	0	0.0	0.0	78.1	26.9
52	Jun.-09th-08	146	48.0	0	0	0	0	0	0	24	1	0.0	0.0	23.5	10.7
53	Jun.-11th-08	280	35.6	30	0	26	0	6	0	0	0	26.6	0.2	61.2	4.4
54	Jun.-11th-08	320	35.6	36	1	21	0	0	1	0	0	17.6	0.0	59.4	10.8
55	Jun.-11th-08	200	35.6	3	0	94	2	73	1	3	0	63.7	0.4	94.7	0.7
56	Jun.-11th-08	200	35.6	1	1	128	2	45	1	15	0	75.1	0.9	113.9	1.7
57	Jun.-16th-08	210	48.0	15	0	146	2	16	0	3	0	113.4	1.8	184.5	10.4
58	Jun.-16th-08	260	48.0	0	0	121	0	24	14	0	0	26.8	3.0	66.1	29.6
59	Jun.-16th-08	180	48.0	0	0	27	0	60	50	38	0	0.0	0.0	23.2	10.1
60	Jun.-18th-08	300	30.2	0	0	55	0	1	0	0	0	24.6	0.2	73.3	3.8
61	Jun.-18th-08	260	30.2	0	0	122	0	6	2	0	0	14.5	0.6	68.1	4.2
62	Jun.-18th-08	230	30.2	0	0	74	0	58	49	0	0	44.0	0.4	66.9	1.2
63	Jun.-18th-08	200	30.2	0	0	94	0	10	2	2	0	22.2	0.1	53.5	0.3
64	Jul.-09th-08	250	48.0	0	0	80	0	0	0	0	0	24.4	1.6	54.4	22.1
65	Jul.-09th-08	300	48.0	0	0	1	0	23	14	0	0	1.8	0.5	10.1	6.2
66	Jul.-09th-08	200	48.0	0	0	0	0	0	0	0	0	28.7	1.5	36.7	3.2
67	Jun.-22th-09	175	48.0	0	0	0	0	18	93	24	25	0.0	0.0	18.0	9.9
68	Jul.-06th-09	168	48.0	0	0	0	0	5	112	37	22	0.0	0.0	17.4	17.4
69	Jun.-14th-10	152	48.0	0	0	0	0	0	0	14	6	0.0	0.0	17.8	12.2
70	Jun.-21th-10	167	48.0	0	0	0	0	6	26	163	17	0.0	0.0	23.4	14.7
71	Aug.-10th-10	150	48.0	0	0	0	0	0	0	12	8	0.0	0.0	21.0	11.3
72	Jun.-08th-11	167	35.6	0	0	0	0	83	50	72	22	0.0	0.0	54.6	8.8
73	Jun.-13th-11	320	31.2	0	0	16	0	0	0	0	0	29.3	0.0	101.3	3.7
74	Jun.-13th-11	280	31.2	0	0	11	0	36	32	0	0	0.0	0.0	100.9	3.5
75	Jun.-20th-11	259	118.8	33	26	70	16	0	0	0	0	6.6	33.5	56.3	63.9
76	Jun.-20th-11	228	118.8	24	4	30	10	0	0	0	0	0.1	0.5	16.8	30.7
77	Jun.-20th-11	182	118.8	0	53	5	4	0	0	0	0	0.0	0.0	6.9	106.1
78	Jun.-22th-11	230	118.8	19	3	146	83	0	0	0	0	0.0	0.0	93.0	33.1
79	Jun.-22th-11	212	118.8	5	2	47	38	0	0	0	0	0.0	0.0	70.0	30.0
80	Jun.-22th-11	210	118.8	0	40	27	7	0	0	0	0	0.0	0.0	64.3	11.8
81	Jun.-05th-12	168	48.0	0	0	0	0	0	0	86	56	0.0	0.0	21.9	18.5
82	Jun.-11th-12	150	48.0	0	0	0	0	0	0	15	34	0.0	0.0	27.5	8.1
83	Jul.-19th-12	150	48.0	0	0	0	0	0	0	39	35	0.0	0.0	13.4	3.4

(Fujita and Ohta, 1990; 小暮, 2002)。京都府の底曳網漁業では、このキタクシノハクモヒトデの混獲を削減するために、グランドロープと網裾の間に空間を設けるための、「吊り岩」とあるいは「スカート」と呼ばれる装置がしばしば用いられる (Fig.1-3)。これは浮き上がることがないキタクシノハクモヒトデが入網しない効果を狙ったものであるが、その効果も完全ではなく、しばしば当該漁業の操業時に大量に入網、混獲される。本種の大量混獲は曳網抵抗の増大や網破損の原因の一つにもなるとともに、揚網作業や船上選別作業の妨げとなる。そこで本研究では、目合内径の拡大により本種が網目から排出されることにより、混獲削減の効果が期待できると考え、キタクシノハクモヒトデの目合内径別の網からの排出状況についても調べた。

## 2-2. 材料と方法

### 2-2-1. 桁曳網操業

2006年10月3日から2012年7月19日までに、若狭湾西部の水深約150~320 mの海域で延べ83曳網の桁曳網のカバーネット操業実験を、京都府農林水産技術センター海洋センター所属の海洋調査船「平安丸」(183トン)で実施した (Table 2-1)。操業に使用した桁曳網の桁枠の幅は8.7 m、高さが2.4 m、開口幅が約8.5 mで、網高さが約1.7 m、網の長さは約27 mであった (Fig. 2-1)。この網に目合の異なるコッドエンドを装着し、さらにカバーネットを取付けた。用いたコッドエンドの目合内径は118.8 mm (呼称目合4寸)、85.6 mm (同3寸)、72.0 mm (同5節)、48.0 mm (同7節) 40.7 mm (同8節) および35.6 mm (同9節) の7種類であった。また、カバーネットの目合内径は19.5 mm (同15節)であった。これらの目合内径は、ランダムに選んだコッドエンドの網目20カ所で、ノギスにより0.1 mm単位で測定した平均値である。桁曳網の操業は、ほぼ等深線に沿って、船速約2ノットで30分間行った。曳網回毎に船上で漁獲物をコッドエンドとカバーネットに分けてそれぞれで、標本を抽出することなくすべての個体について、ズワイガニはノギスにより、アカガレイ、ヒレグロおよびソウハチはパンチングにより、そ

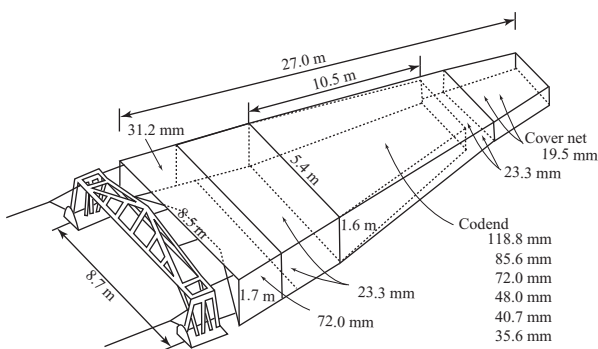


Fig. 2-1 Schematic diagram of the beam trawl used in the experiment.

の甲幅あるいは体長(下顎先端から下尾骨の後端まで)を5 mm単位で記録した。また、コッドエンドとカバーネットそれぞれのキタクシノハクモヒトデの採集重量を、全種の総漁獲重量とともに、測定、記録した。

### 2-2-2. 解析方法

各目合内径のコッドエンドの網目選択性曲線を表す式には、体長 $l$ を変数とする次のロジスティック式を用いた。

$$S(l) = \frac{\exp(\alpha l + \beta)}{1 + \exp(\alpha l + \beta)} \quad (2-1)$$

ここで、 $\alpha$ と $\beta$ はロジスティック式のパラメータである。網に入った個体数の半数が網内に保持される50%選択体長 $l_{50}$ および選択性の鋭さを示す指標である選択レンジS.R.( $=l_{75} - l_{25}$ )は、ロジスティック式パラメータから次の式(2-2)と(2-3)を用いて求めることができる。

$$l_{50} = -\frac{\beta}{\alpha} \quad (2-2)$$

$$\text{S.R.} = \frac{2 \ln 3}{\alpha} \quad (2-3)$$

網目選択性は曳網回毎に様々な要因の影響を受けて変動することが知られている (Fryer, 1991)。そこでまず、曳網回毎に選択性のパラメータが異なるものとして、それぞれに推定する。 $i$ 回目の曳網( $i = 1, 2 \sim i$ )において、コッドエンドとカバーネットそれぞれで漁獲された甲幅(体長) $l_j$ ( $j = 1, 2 \sim J$ )の標本の個体数をと $N_{ij}$ と $n_{ij}$ とする。このとき、体長 $l_j$ の個体について、合計個体数に対するコッドエンドでの標本個体数の割合である選択率 $\pi_{ij}$ は、(2-4)式で表すことができる。

$$\pi_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_{ij} + n_{ij}} \quad (2-4)$$

(2-4)式は(2-1)式を用いた甲幅(体長) $l_j$ の関数とすると、各体長(甲幅)階級で網目選択性が同時に起きる場合の対数尤度関数は、 $i$ 回目の曳網における選択性を表すロジスティックパラメータを $\alpha_i$ と $\beta_i$ とした次式で表すことができる。

$$\ln L(\alpha_i, \beta_i) = \sum_j [N_{ij} \ln S_i(l_j) + n_{ij} \ln(1 - S_i(l_j))] \quad (2-5)$$

(2-5)式を最大化するパラメータの探索にはMicrosoft Excelのソルバーを使用した (東海, 1997)。なお(5)式では、平松 (1992) に従って定数項を省いている。

また、それぞれの操業の網目選択性曲線について尤度比検定 (東海, 2009) を行い、データへの適合度を判断した。さらに、各目合内径に、適合している操業のデータを合算して、平均的な網目選択性曲線を推定した。



実験を行わなかった目合についても網目の拡大を想定してその効果を検討したいとき、想定した目合の選択性曲線を推定する方法としてマスターカーブ法（東海，1998, 2002）がある。そこで、尤度比検定で適合した曳網データを基に、体長を目合内径で標準化した相対体長を用いて、マスターカーブのパラメータを推定する。ここでは、網目内径 $m_i$ と体長 $l_i$ において、目合相対体長 $RI_i = l_i / m_i$ を用いる。網目選択性を表すマスターカーブ $S_m(R)$ は、次のロジスティック式に従うものとした。

$$S_m(R) = \frac{\exp(\alpha_R R + \beta_R)}{1 + \exp(\alpha_R R + \beta_R)} \quad (2-6)$$

ここで、 $\alpha_R$ および $\beta_R$ はロジスティックパラメータである。このパラメータの推定についても最尤法を用いた。同様に、目合相対体長に関して、50%選択となる目合相対体長 $R_{50}$ と選択レンジ $S.R._R (= R_{75} - R_{25})$ もまた式(2-2)と(2-3)と同様に、 $\alpha_R$ および $\beta_R$ から求める。

### 2-2-3. キタクシノハクモヒトデの排出率に及ぼす目合内径と漁獲量の影響

$i$ 回目の曳網において、コッドエンドとカバーネットそれぞれで採集されたキタクシノハクモヒトデの重量(g)をそれぞれ $V_i$ と $W_i$ とする。このとき、コッドエンドからの排出率 $e_i$ を、(2-7)式のように合計漁獲重量に対するカバーネットでの漁獲重量の割合で表すこととする。

$$e_i = \frac{V_i}{V_i + W_i} \quad (2-7)$$

$e_i$ を目合内径 $m$ を変数とする(2-8)式のロジスティック式であらわし、これをMesh exclusionモデル（MEモデル）と呼ぶこととする。

$$E(m) = \frac{\exp(\alpha_{bs} + \beta_{bs} m)}{1 + \exp(\alpha_{bs} + \beta_{bs} m)} \quad (2-8)$$

なお、 $\alpha_{bs}$ および $\beta_{bs}$ を排出率を表すロジスティックパラメータであり、Microsoft Excelのソルバーを用い

て非線形最小2乗法により推定した。また、コッドエンドからの選択性については、しばしばコッドエンド内の漁獲量の及ぼす影響が検討されている（宮鳴ら，2012; Fryer, 1991; O' Neill and Kynoch, 1996; 斎浦，東海，2003, 2005, 濱邊ら，2010）。本種は海域によっては大量に入網することから、本研究においても漁獲量の影響を考慮したモデルについても推定を行うこととした。(2-8)式にコッドエンドでの総漁獲重量 $W_i$ を変数として加えた(2-9)式をMesh-weight exclusion model（MWEモデル）と呼ぶこととする。

$$E(m, w) = \frac{\exp(\alpha_{bs} + \beta_{bs} m + \gamma_{bs} W_i)}{1 + \exp(\alpha_{bs} + \beta_{bs} m + \gamma_{bs} W_i)} \quad (2-9)$$

ただし、 $\gamma_{bs}$ は総漁獲重量の効果を表すパラメータである。なお、この回帰係数の有意性についてはMS-Excelの重回帰分析を用いて検定した。

MEモデルとMWEモデルのうち、自由度調整済寄与率(adjust proportion)が大きな方のモデルをより適切なモデルとして選択する。

## 2-3. 結果

### 2-3-1. 目合別の網目選択性

種別、曳網別のパラメータとして、50%選択体長（甲幅）と選択レンジおよびそれぞれの標準誤差を、モデルの適合度検定とともに、Table 2-2に示した。なお、計算が収束しなかった曳網は除外した。適合度検定の結果、適合しなかった曳網はNo.32の曳網におけるアカガレイだけであった。平均的な網目選択性曲線の50%選択甲幅（体長）の標準誤差は4 mm未満と小さかったが、曳網ごとではズワイガニのNo.8および23、アカガレイのNo.29、32および75の曳網では標準誤差が20 mmを超えた。これらの曳網については、コッドエンドとカバーネットでのその種の採捕個体数の合計が5個体未満となる体長（甲幅）階級が多くみられた（Fig. 2-2）。このことから、こうしたパラメータの推定の誤差が大きくなったのは、十分な採集数が得られなかったことによると考えられる。また、ズワイガニ

**Table 2-2(a)** Estimated parameter values and their standard errors of logistic curves for mesh selectivity and AIC values for *Chionoecetes opilio*

Mesh openings	Haul number	Number of samples		Parameters				Standard errors				Test of model fitness by likelihood ratio test				
		Codend	Covernet	$\alpha$	$\beta$	$I_{50}$	S.R.	$\alpha$	$\beta$	$I_{50}$	S.R.	MLL	AIC	Model deviance	d.f.	P value
118.8	9	17	2	0.11	-4.19	37.2	19.5	0.084	4.035	10.63	14.48	-2.4	8.9	1.87	8	0.98
	10	39	3	0.24	-10.27	42.7	9.1	0.120	5.625	3.96	4.57	-3.2	10.4	3.62	11	0.98
	11	29	2	0.15	-5.21	33.9	14.3	0.093	3.772	7.21	8.68	-3.3	10.5	6.53	15	0.97
	12	70	8	0.20	-8.48	42.1	10.9	0.074	3.575	3.55	4.03	-5.1	14.1	6.13	14	0.96
	29	52	31	0.20	-7.29	36.3	11.0	0.046	1.883	2.14	2.51	-8.7	21.4	1.87	14	0.92
	30	18	15	0.19	-6.59	34.7	11.6	0.067	2.432	3.15	4.10	-7.7	19.4	13.64	13	0.40
	75	33	26	0.06	-2.68	44.3	36.3	0.015	0.769	5.63	9.05	-13.2	30.3	16.85	17	0.46
	76	24	4	0.05	-0.64	14.0	47.8	0.029	1.373	22.12	30.46	-5.6	15.1	6.07	13	0.94
	78	19	3	0.16	-5.01	32.1	14.1	0.107	4.083	6.55	9.67	-2.9	9.8	2.99	10	0.98
	mean	301	94	0.11	-3.93	35.4	19.8	0.012	0.515	1.62	2.17	-25.3	54.6	20.00	24	0.70
85.6	3	171	14	0.20	-6.03	29.8	10.8	0.088	2.425	2.93	4.73	-3.5	11.0	2.36	18	1.00
	mean	171	14	0.20	-6.03	29.8	10.8	0.088	2.425	2.93	4.73	-3.5	11.0	2.36	18	1.00
72.0	35	155	6	0.26	-7.12	27.7	8.6	0.075	2.594	2.71	2.49	-7.0	18.0	9.32	11	0.59
	36	39	5	0.05	0.05	-1.0	46.4	0.045	1.888	40.76	44.33	-7.1	18.1	8.00	8	0.43
	38	25	5	0.13	-3.35	25.2	16.5	0.053	1.852	5.52	6.58	-5.5	15.0	7.33	8	0.50
	mean	219	16	0.15	-3.45	23.6	15.0	0.030	1.128	3.33	3.05	-13.9	31.7	15.52	13	0.28

**Table 2-2(b)** Estimated parameter values and their standard errors of logistic curves for mesh selectivity and AIC values for *Hippoglossoides dubius*

Mesh openings	Haul number	Number of samples		Parameters				Standard errors				MLL	AIC	Test of model fitness by likelihood ratio test		
		Codend	Covernet	$\alpha$	$\beta$	$l_{50}$	S.R.	$\alpha$	$\beta$	$l_{50}$	S.R.			Model deviance	d.f.	P value
118.8	9	3	9	0.09	-24.16	256.4	23.3	0.093	23.332	15.43	23.02	-1.7	7.4	3.42	7	0.84
	10	13	5	0.13	-32.24	246.6	16.8	0.074	18.776	7.25	9.57	-4.4	12.7	8.75	11	0.65
	11	9	8	0.09	-20.04	228.2	25.0	0.039	9.004	8.66	11.25	-5.0	13.9	8.54	10	0.58
	12	13	17	0.16	-36.00	225.7	13.8	0.085	18.995	5.19	7.37	-4.5	13.1	7.67	20	0.99
	29	28	7	0.01	-1.63	151.2	203.4	0.013	3.445	138.98	245.90	-10.9	25.9	12.74	17	0.75
	31	37	55	0.04	-7.29	194.7	58.7	0.010	1.838	6.98	15.48	-21.7	47.3	18.13	26	0.87
	75	70	16	0.04	-8.79	224.2	56.1	0.010	2.574	11.13	14.46	-20.7	45.5	32.77	30	0.33
	76	30	10	0.07	-15.91	214.6	29.6	0.029	6.451	6.89	11.54	-9.6	23.1	12.40	19	0.87
	78	146	83	0.03	-7.29	210.1	63.3	0.006	1.374	4.70	11.36	-36.8	77.5	36.82	32	0.26
	79	47	38	0.02	-3.35	187.0	122.5	0.006	1.273	13.28	43.64	-27.5	59.1	28.38	29	0.50
	80	27	7	0.02	-4.04	170.6	92.9	0.009	1.927	24.64	35.93	-9.6	23.2	16.16	24	0.88
mean	423	255	0.03	-6.37	206.7	71.3	0.592	0.003	3.15	6.24	-73.8	151.6	66.77	54	0.11	
85.6	2	49	20	0.08	-14.31	184.8	28.4	0.024	4.545	4.91	8.65	-11.9	27.7	10.17	23	0.99
	4	123	49	0.06	-10.83	173.3	35.2	0.011	2.073	3.90	6.30	-21.3	46.5	12.84	32	1.00
	mean	172	69	0.06	-11.25	176.2	34.4	0.010	1.846	3.24	5.30	-23.4	50.8	13.21	35	1.00
72.0	32	58	11	0.34	0.01	-52.3	340.0	0.010	1.961	379.93	502.97	-24.4	52.9	40.83	27	0.04
	35	183	81	0.07	-11.06	-25.2	54.4	1.723	0.010	2.60	4.52	-25.2	54.4	16.23	27	0.95
	36	98	11	0.07	-10.06	140.9	30.8	3.679	0.022	8.95	9.57	-14.3	32.7	19.82	24	0.71
	37	59	7	0.09	-14.47	161.0	24.4	6.007	0.034	7.99	9.23	-9.0	22.1	10.55	22	0.98
	38	194	71	0.07	-10.40	147.0	31.1	1.505	0.009	2.92	4.14	-23.2	50.4	10.40	30	1.00
	mean	534	170	0.07	-10.61	150.2	31.1	1.039	0.006	1.90	2.80	-33.5	71.0	13.83	40	1.00

**Table 2-2(c)** Estimated parameter values and their standard errors of logistic curves for mesh selectivity and AIC values for *Glyptocephalus stelleri*

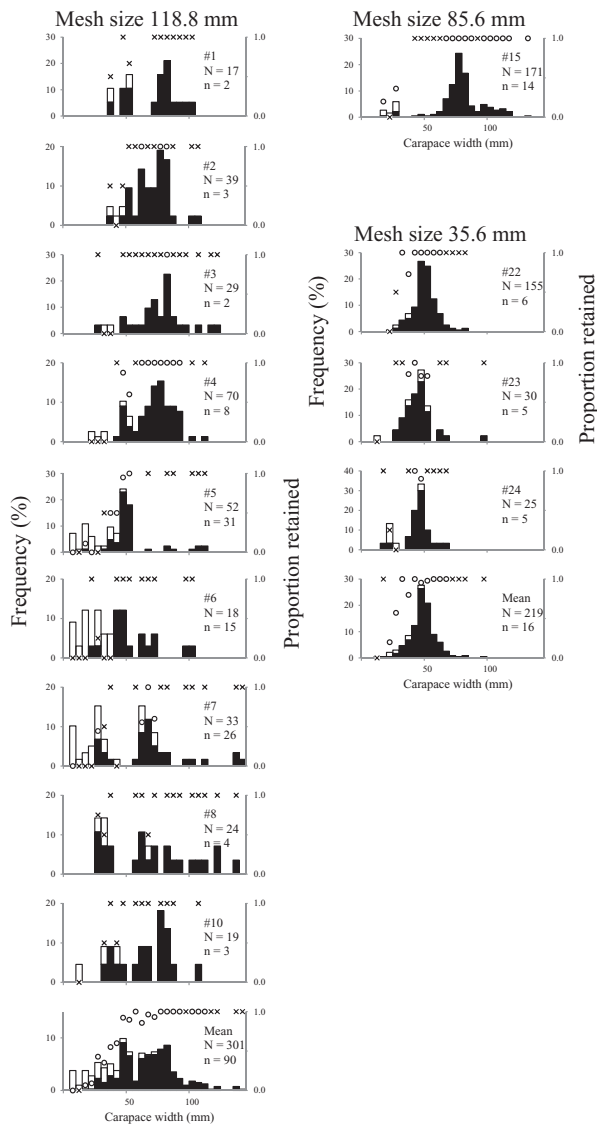
Mesh openings	Haul number	Number of samples		Parameters				Standard errors				MLL	AIC	Test of model fitness by likelihood ratio test			
		Codend	Covernet	$\alpha$	$\beta$	$l_{50}$	S.R.	$\alpha$	$\beta$	$l_{50}$	S.R.			Model deviance	d.f.	P value	
72.0	5	65	179	0.07	-10.87	156.2	31.6	0.010	1.533	3.14	4.55	-28.6	61.1	28.09	36	0.82	
	6	36	41	0.07	-10.01	151.6	33.3	0.017	2.590	5.60	8.40	-14.7	33.4	18.94	29	0.92	
	7	117	131	0.08	-11.88	153.9	28.5	0.011	1.809	2.54	4.19	-21.1	46.3	12.02	39	1.00	
	8	79	53	0.08	-12.15	151.6	27.4	0.017	2.777	4.45	5.89	-16.3	36.6	18.87	36	0.99	
	33	95	73	0.12	-17.58	150.3	18.8	0.021	3.145	2.05	3.30	-15.2	34.4	10.18	30	1.00	
	34	16	40	0.04	-6.54	146.1	49.1	0.012	1.652	9.73	13.86	-16.1	36.2	25.59	41	0.97	
	37	35	222	0.05	-7.52	158.3	46.2	0.010	1.269	7.63	9.58	-26.2	56.3	23.62	22	0.37	
	39	53	202	0.08	-10.84	142.0	28.8	0.011	1.486	3.27	4.32	-27.3	58.5	22.70	29	0.79	
	mean	496	941	0.06	-9.00	152.2	37.2	0.003	0.477	1.37	2.02	-37.4	78.8	0.28	43	1.00	
	48.0	14	23	101	0.03	-3.79	120.2	69.8	0.012	0.889	19.14	25.87	-17.2	38.4	15.10	15	0.44
		15	393	227	0.08	-8.74	105.1	26.4	0.007	0.768	1.62	2.15	-34.5	73.1	19.11	33	0.97
16		43	97	0.04	-4.76	126.2	58.3	0.009	0.962	6.71	13.43	-26.0	56.0	16.88	20	0.66	
47		79	186	0.07	-8.40	114.9	30.1	0.009	1.050	2.59	3.90	-26.3	56.6	18.55	26	0.85	
48		9	107	0.10	-12.04	125.2	22.9	0.028	3.371	8.39	6.74	-6.5	17.1	13.06	20	0.87	
49		74	14	0.08	-7.72	93.6	26.6	0.020	2.129	6.95	6.37	-9.8	23.6	14.88	25	0.94	
58		24	14	0.06	-7.08	112.4	34.9	0.021	2.326	14.43	11.52	-3.9	11.8	6.13	20	1.00	
59		60	50	0.09	-10.35	114.7	24.3	2.017	0.017	4.29	4.55	-13.7	31.5	16.92	29	0.96	
67		18	93	0.08	-10.00	120.5	26.5	2.121	0.020	5.00	6.26	-14.0	32.1	13.48	19	0.81	
mean		723	889	0.07	-7.96	109.4	30.2	0.382	0.003	1.05	1.43	-52.2	108.3	22.20	40	0.99	
40.7		21	46	14	0.11	-9.31	84.9	20.0	2.735	0.031	5.53	5.66	-6.3	16.7	7.94	17	0.97
	22	182	163	0.10	-9.04	93.1	22.6	0.955	0.010	1.78	2.39	-27.6	59.2	21.07	31	0.91	
	23	59	23	0.06	-4.71	84.5	39.4	1.245	0.014	6.38	9.67	-16.9	37.8	23.76	34	0.90	
	40	58	39	0.09	-7.30	79.8	24.0	1.693	0.022	3.76	5.74	-14.8	33.6	16.34	32	0.99	
	41	11	58	0.09	-8.63	99.4	25.3	2.338	0.029	8.01	8.35	-9.4	22.7	9.78	12	0.64	
	mean	356	297	0.09	-7.99	90.8	25.0	0.621	0.007	1.46	1.97	-38.1	80.2	32.22	38	0.73	

**Table 2-2(d)** Estimated parameter values and their standard errors of logistic curves for mesh selectivity and AIC values for *Hypoglossoides pinetorum*

Mesh openings	Haul number	Number of samples		Parameters				Standard errors				MLL	AIC	Test of model fitness by likelihood ratio test			
		Codend	Covernet	$\alpha$	$\beta$	$l_{50}$	S.R.	$\alpha$	$\beta$	$l_{50}$	S.R.			Model deviance	d.f.	P value	
48.0	67	24	25	0.17	-18.16	108.6	13.1	0.077	7.678	5.99	6.05	-3.8	11.6	4.05	22	1.000	
	38	37	22	0.12	-14.33	118.4	18.2	0.044	5.392	4.90	6.54	-7.4	18.7	11.22	28	0.998	
	68	14	6	0.20	-22.68	112.7	10.9	0.135	14.942	4.17	7.30	-2.6	9.3	2.16	11	0.998	
	70	163	17	0.09	-8.98	102.8	25.1	0.016	1.877	4.89	4.56	-16.8	37.6	26.02	35	0.864	
	71	12	8	0.14	-14.39	106.4	16.2	0.065	6.865	5.35	7.81	-5.4	14.9	9.50	10	0.485	
	81	86	56	0.12	-12.44	106.1	18.7	0.020	2.127	3.05	3.24	-14.5	33.0	17.73	32	0.980	
	82	15	34	0.09	-9.59	105.5	24.2	0.037	3.563	5.60	9.82	-8.6	21.2	4.76	12	0.965	
	83	39	35	0.11	-11.50	106.1	20.3	0.028	2.974	2.74	5.24	-13.3	30.5	14.15	16	0.587	
	mean	390	203	0.10	-11.16	107.6	21.2	0.009	0.967	1.45	1.84	-35.7	75.5	34.31	49	0.945	
	40.7	41	154	75	0.16	-15.12	95.4	13.9	0.038	3.345	2.95	3.30	-7.8	19.5	3.44	40	1.000
		44	15	21	0.19	-18.56	98.0	11.6	0.082	7.750	3.40	5.02	-4.1	12.3	1.43	12	1.000
mean		169	96	0.16	-15.27	96.6	13.9	0.032	2.920	2.35	2.82	-9.3	22.6	4.36	40	1.000	
35.6	20	186	82	0.15	-12.39	82.1	14.5	0.025	1.984	1.67	2.37	-16.2	36.4	13.53	40	1.000	
	72	72	22	0.28	-24.26	86.4	7.8	0.103	8.778	2.08	2.86	-5.5	15.1	7.10	25	1.000	
	mean	258	104	0.16	-13.29	83.3	13.8	0.024	1.931	1.42	2.04	-18.9	41.8	17.87	40	0.999	

やアカガレイで標準誤差の大きかった曳網では、多くの体長（甲幅）階級で採捕個体数の少ないことに加え、50%選択体長（甲幅）周辺の階級のサンプルが少なかった（Fig. 2-2）。

各曳網で推定した網目選択性曲線をFig. 2-3に示した。上述した誤差の大きな曳網は別にして、多くの曳網で曳網間の変動はさほど大きくはなく、目合が大きくなるほど、大きな個体までが抜ける傾向を表している。

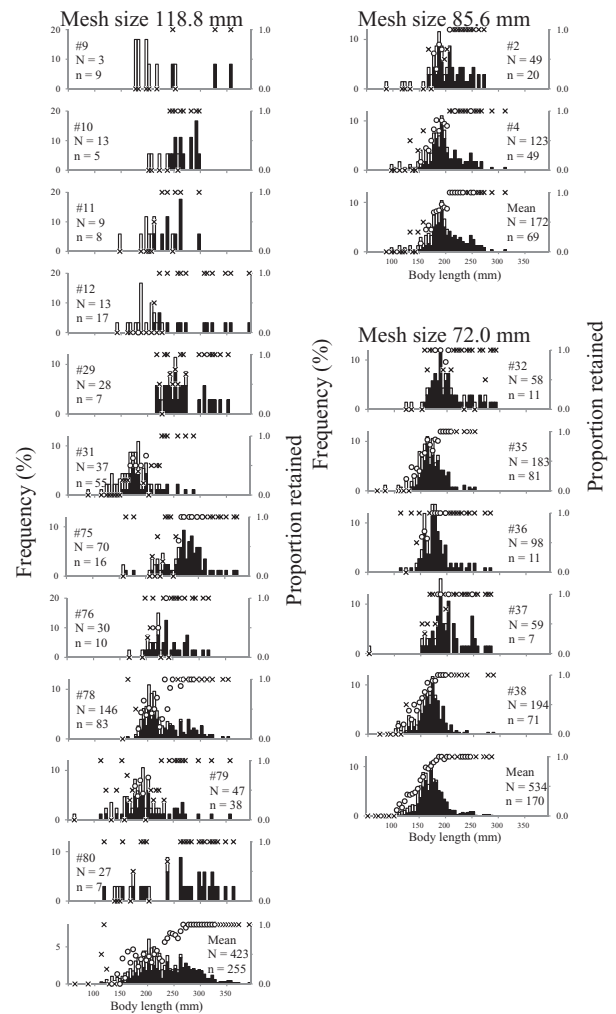


**Fig. 2-2(a)** Carapace width compositions and proportions retained in the codend for *Chionoecetes opilio* in the fishing experiments. Solid and open bars indicate the codend and covernet catches, respectively. Open circles indicate proportion retained in the codend at length classes with a sample number larger than four, while cross marks at length classes with sample number of less than five.

る。

### 2-3-2. 混獲削減に適した目合の検討

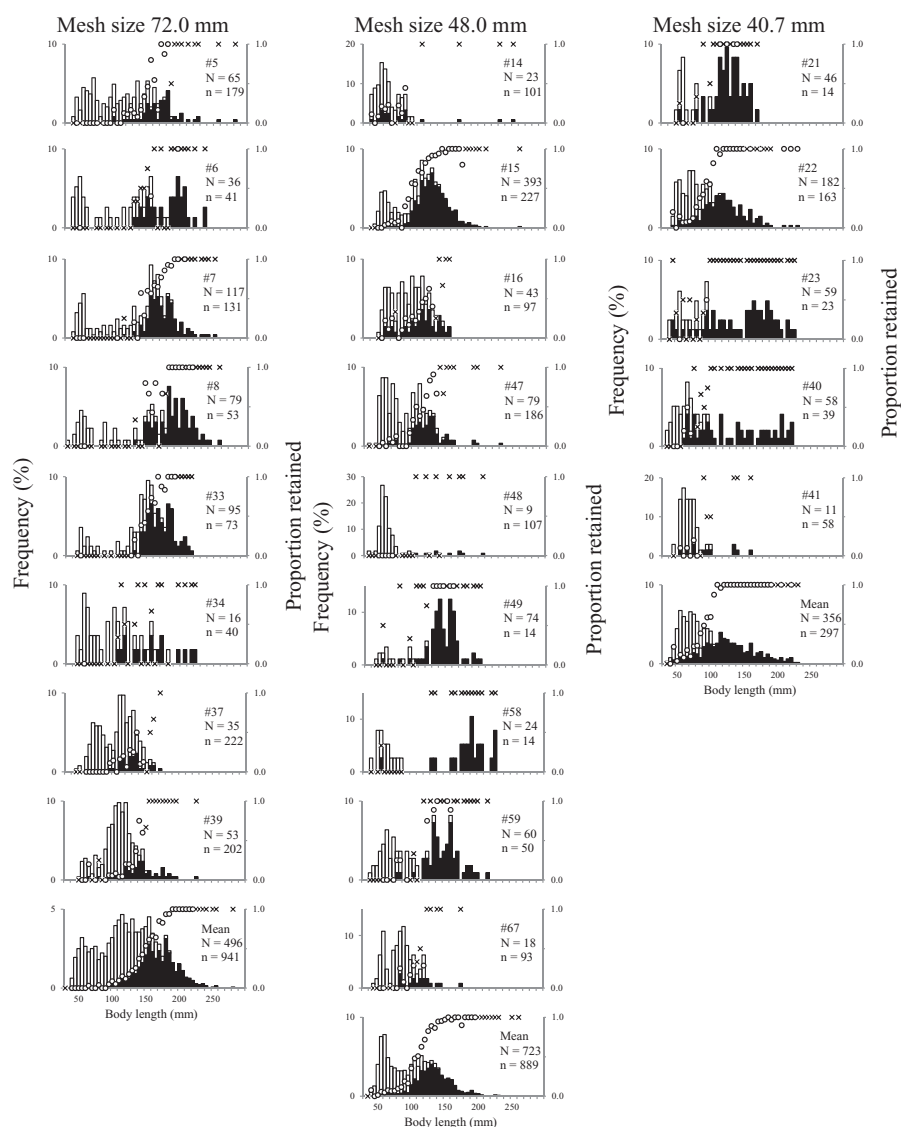
冬漁期のズワイガニでは、1月10日までは甲幅60 mm以上の成熟したメスと甲幅90 mm以上のオスだけが水揚げされる。現状で使用されているかに網のコードエンドの目合内径は約70~120 mm（呼称目合5節~4寸）であり、その多くは約90 mm（呼称目合3寸）である。ここで求めた目合内径118.8mmの平均的な網目選択性曲線の50%選択体長は35.4 mmであり（Table 2-2(a)），甲幅60 mm以上の個体はほぼ全て漁獲できる（Fig. 2-3(a)）。このことから、目合内径118.8 mmのコードエンドを用いても、ズワイガニの水揚げ量は減少



**Fig. 2-2(b)** Body length compositions and proportions retained in the codend for *Hippoglossoides dubius* in the fishing experiments. Solid and open bars indicate the codend and covernet catches, respectively. Open circles indicate proportion retained in the codend at length classes with a sample number larger than four, while cross marks at length classes with sample number of less than five

しないと判断できる。また、1月11日以降にはメスのズワイガニも禁漁となるために、オスの水揚げ対象となる最小甲幅90 mmを目合拡大の指標値とすることも考えられる。この値に最適な目合内径は118.8 mmよりも大きいと推察されるため、次節以降でマスターカーブを求めて検討を行う。

次に、春・秋漁期におけるカレイ類の小型魚の混獲削減の可能性について検討する。アカガレイでは、目合内径72.0 mmの平均的な選択性曲線の50%選択体長は150.2 mmであった（Table 2-2(b), Fig. 2-3(b)）。この値は水揚げ対象の最小体長150 mmとほとんど同じであることから、現状の目合内径約35 mm（呼称目合9節）を目合内径72.0 mmまで拡大することが可能と考えられる。同様に、ヒレグロでも目合内径72.0 mmの平均的な網目選択性曲線における50%選択体長は、水



**Fig. 2-2(c)** Body length compositions and proportions retained in the codend for *Glyptocephalus stelleri* in the fishing experiments. Solid and open bars indicate the codend and covernet catches, respectively. Open circles indicate proportion retained in the codend at length classes with a sample number larger than four, while cross marks at length classes with sample number of less than five.

揚げの基準値である体長150 mmに近い152.2 mmとなった (Table 2-2(c), Fig. 2-3(c))。したがって、ヒレグロに対しても、現状の目合内径約35 mmを72.0 mmまで拡大することが可能であると考えられる。一方、ソウハチでは、選択性曲線を推定できた最大の目合内径は48.0 mmであり、その平均的な網目選択性曲線の50%選択体長は107.6 mmであった (Table 2-2(d), Fig. 2-3(d))。水揚げ対象の基準値はアカガレイやヒレグロと同じく体長150 mmであり、目合内径48.0 mmよりもさらに大きな目合に拡大することが可能であると考えられる。このソウハチについても、ズワイガニと同様に、次節以降で求めたマスターカーブを用いて最適な目合の検討を行うこととする。

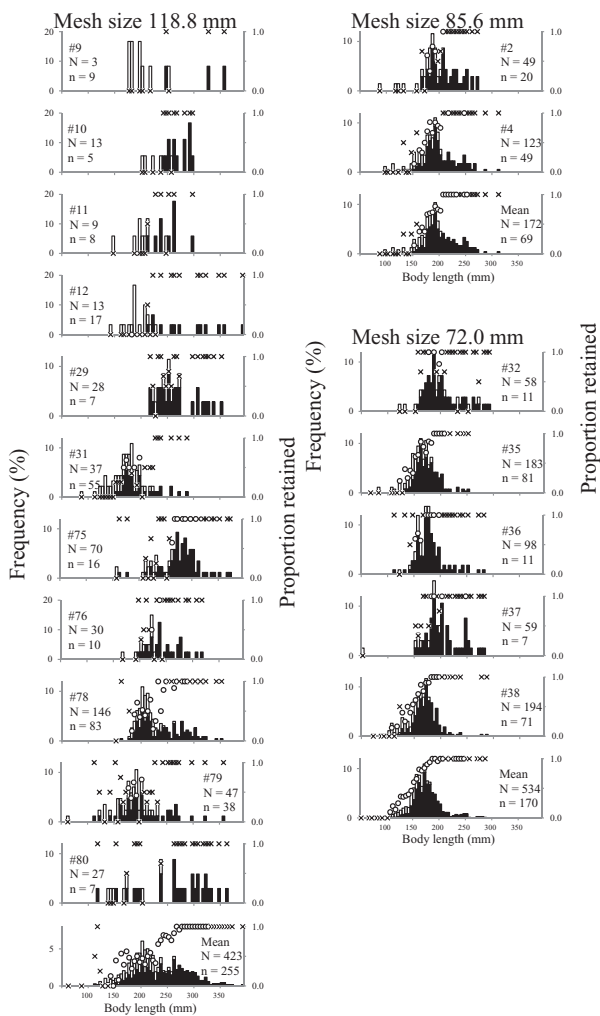
### 2-3-3. 選択性曲線マスターカーブによる適正目合の検討

それぞれ4つの種に対するマスターカーブのパラメ

ータと標準誤差をTable 2-3に示した。マスターカーブにおけるズワイガニの50%選択目合相対甲幅は0.3であり、またカレイ類の50%選択目合相対体長は1.9~2.3の範囲であった。推定したパラメータから得られたマスターカーブを選択率とともに目合内径別にFig. 2-4に示した。ソウハチ以外の種では、マスターカーブと選択率との間にややばらつきがみられたが、採捕個体数が5個体以上の選択率に対しては曲線でうまく表現されていると考えられる。このマスターカーブの曲線式から、アカガレイ、ヒレグロおよびソウハチの体長150 mmを50%選択甲幅(体長)とする目合内径はそれぞれ、194 mm, 77.6 mm, 68.4 mm, 65.3 mmと計算できた。また、ズワイガニでは甲幅90 mmが95%以上漁獲できる最大の目合内径を探索的に求めたところ、162.2 mmとなった。

いま仮に冬漁期におけるかに網の目合内径を甲幅90





**Fig. 2-2(d)** Body length compositions and proportions retained in the codend for *Hyppoglossoides pinetorum* in the fishing experiments. Solid and open bars indicate the codend and covernet catches, respectively. Open circles indicate proportion retained in the codend at length classes with a sample number larger than four, while cross marks at length classes with sample number of less than five.

mmのズワイガニの95%以上を漁獲できる162.2mmとした場合には、カレイ類の50%選択体長は313~356mmと大きくなり、比較的大きくなるアカガレイを含めてほとんどすべてのカレイ類が網目を通過することになる。一方逆に、春・秋漁期において、カレイ類の50%選択体長が水揚げ最小体長と一致する目合内径65~72mmにまで拡大することを想定した場合には、ズワイガニの50%選択甲幅は約20~22mmと極めて小さく、ほとんどズワイガニは網目を抜けないことが分かる。

#### 2-3-4. キタクシノハクモヒトデの網目排出率

自由度調整済寄与度は、MEモデルで0.865であったのに対して、パラメータが一つ多いMWEモデルでは0.912であった (Table 2-4)。このことからMWEモデルの方が適合しているものとした。さらに、MWEモ

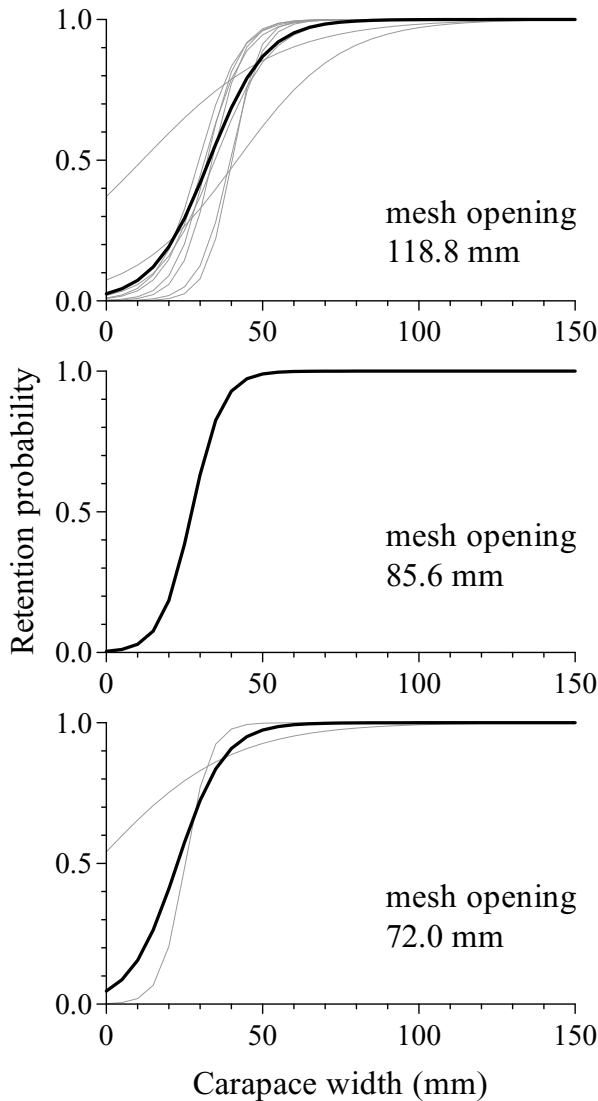
デルにおいて、排出率に対する目合内径および漁獲重量の回帰変数も有意となった ( $P < 0.05$ )。このことから、キタクシノハクモヒトデの排出率にはコッドエンドの漁獲重量が影響を及ぼすことが判明した。

各曳網の排出率 $p_i$ とともに、MWEモデルの曲線を目合内径別にFig. 2-5に示した。なお、コッドエンドでの総漁獲重量の頻度分布は、左右対称の正規分布よりも、右に裾を引く対数分布に近かったことから (Fig. 2-6)、MWEモデルにおいて、漁獲重量をすべての曳網の幾何平均値と算術平均値とともに、ノンパラメトリックな扱いとして25%タイル値 (第1四分位値)、75%タイル値 (第3四分位値)、および0のそれぞれを想定して、目合に対する排出率の曲線を求めて描いた (Fig. 2-5)。排出率は、目合内径が大きいほどかつ漁獲重量が少ないほど、大きくなった。排出率0.5以上得るためには、漁獲重量が0の場合でも目合内径を約45mm以上にする必要があり、また漁獲重量が幾何平均値の場合では、目合内径を約69mm以上に拡大する必要があることを示唆している。また、網目からの抜けに対して漁獲重量が影響を与える原因として、目詰まりの可能性があることから (O' Neill and Kynoch, 1996)、コッドエンドの網地面積が大きいほど、この影響が小さくなると思われる。ここで試験用の桁網のコッドエンドに対して求めたMWEモデルは、より網地面積が大きな実際の底曳網漁業に使用されているコッドエンドにそのまま適用するべきではないと考えられる。そこで、コッドエンドの漁獲重量を、桁曳網のコッドエンドの網地面積 (コッドエンド後端から網口方向へロープ長1.5mの範囲) で除して標準化し、目合内径別の排出率と標準化した漁獲重量との関係を示した (Fig. 2-7)。なお、ロープ長1.5mは京都府の底曳網漁業でアカガレイ等を主対象とした操業の際に一般的に使用されるコッドエンドの標準的な長さである。また、Fig. 2-7には標準化した漁獲重量に前述の底曳網漁業のコッドエンドの面積を乗じた値も併記した。第1章で述べたように、漁獲重量が平均的な200kgであった場合、目合内径35mmではキタクシノハクモヒトデの排出はわずか約14%にとどまるが、甲幅60mmのズワイガニの大部分を漁獲できる目合内径118.8mmの場合ではほぼ全てのキタクシノハクモヒトデを排出でき、またカレイ類の体長150mmを50%選択体長とする目合内径65~72mmの場合では67~78%のキタクシノハクモヒトデを排出できる。

## 2-4. 考 察

### 2-4-1. ズワイガニの既往研究との比較

本研究では、山崎ら (2001) によるヤナギムシガレイの網目選択性と同様に、数回の曳網によって得たデータを合算し、目合別の平均網目選択性曲線とともにマスターカーブを種別に推定した。他海域におけるズ

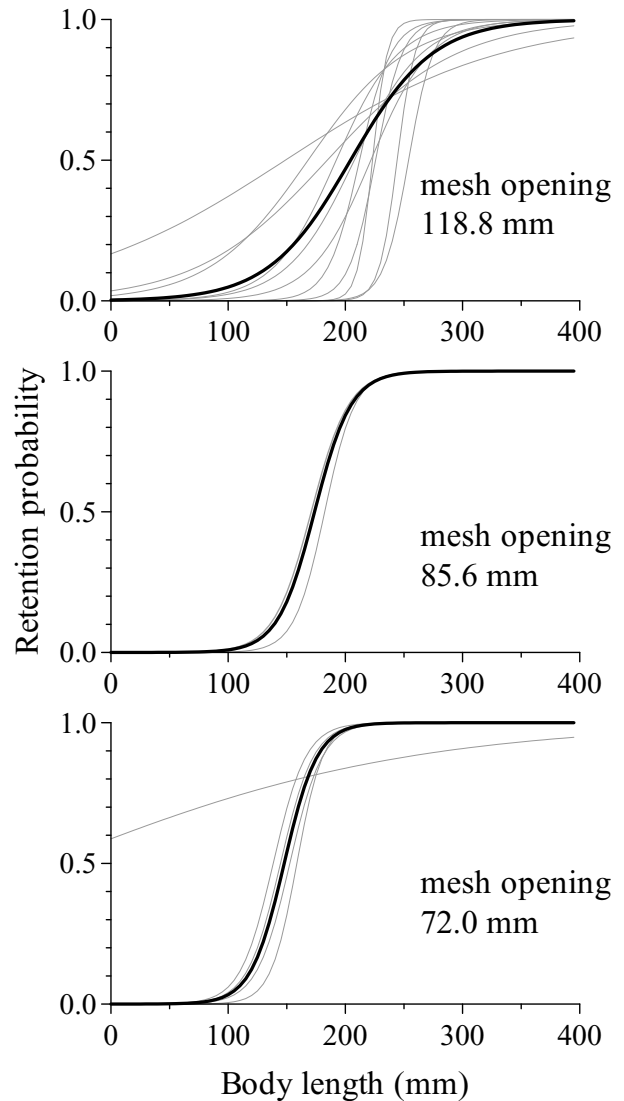


**Fig. 2-3(a)** Estimated selection curve expressed by logistic equation in each haul for *Chionoecetes opilio*. Black thick lines indicate mean selection curves.

ワイガニの網目選択性曲線としては、石川県水産試験場（1992）が底曳網に対するメスのズワイガニのマスターカーブを求め、50%選択相対甲幅を0.24としている。これは本研究の0.3よりも小さな値であった。石川県水産試験場（1992）の報告ではオスのズワイガニに対しては網目選択性が明瞭にみられなかったため、網目選択性曲線を推定していない。したがってメスオスのプロポーシヨンの違いが網目選択性曲線に影響を与えている可能性が考えられる。

#### 2-4-2. カレイ類3種に関する既往研究との比較

アカガレイとヒレグロ、ソウハチに対するマスター



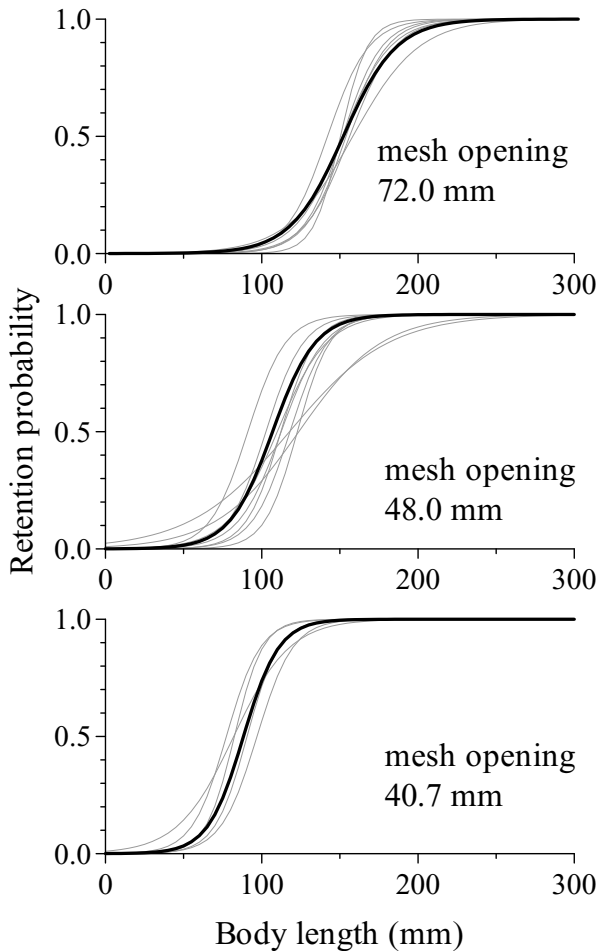
**Fig. 2-3(b)** Estimated selection curve expressed by logistic equation in each haul for *Hippoglossoides dubius*. Black thick lines indicate mean selection curves.

カーブでは、50%選択目合相対体長はアカガレイが最も小さく、次いでヒレグロ、ソウハチの順になった（Table 2-3）。この結果はこの3種の中では、ある目合に対してアカガレイが最も網目から抜けにくいことを意味している。東海（1993）はカレイ類では、体長に対する体高における種間の違いが、こうした相対選択体長に影響していることを指摘して、目合内径に対する体高を、網目内周長に対する対胴周長の代わりに使うことを勧めている。本研究ではカレイ類の体高を測定していないためにこれら3種のカレイ類の体長と体高の関係は明らかではない。しかし、それぞれの種ご

**Table 2-3** Estimated parameters and their standard errors of the selectivity master curve for each species

Species	Parameters				Standard errors				MLL	AIC	Test of model fitness by likelihood ratio test		
	$\alpha_R$	$\beta_R$	$R_{50}$	S.R. <sub>R</sub>	$\alpha_R$	$\beta_R$	$R_{50}$	S.R. <sub>R</sub>			Model deviance	d.f.	P value
<i>Chionoecetes opilio</i>	12.00	-3.72	0.3	0.2	1.032	0.405	0.013	0.016	-99.0	202.0	140.06	184	0.99
<i>Hippoglossoides dubius</i>	3.33	-6.43	1.9	0.7	0.185	0.397	0.022	0.037	-340.1	684.1	423.27	444	0.75
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	3.71	-8.14	2.2	0.6	0.120	0.261	0.014	0.019	-491.4	986.8	571.02	622	0.93
<i>Hippoglossoides pinetorum</i>	5.31	-12.21	2.3	0.4	0.365	0.825	0.022	0.028	-120.4	244.9	143.78	304	1.000





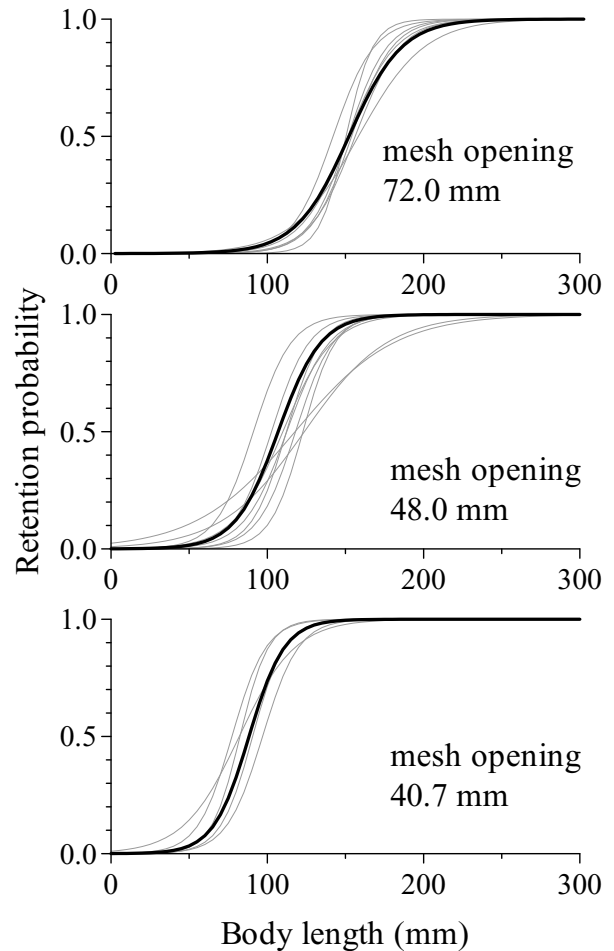
**Fig. 2-3(c)** Estimated selection curve expressed by logistic equation in each haul for *Glyptocephalus stelleri*. Black thick lines indicate mean selection curves.

との体型を概観すると、ある体長に対してはソウハチがもっとも体高が低く、アカガレイがもっとも体高が高いことから、本研究で得られた50%選択目合相対体長の違いはこの体高の違いによる可能性が高い。

アカガレイについては、石川県沖の底曳網での試験で呼称目合5節の50%選択体長は148および153 mmであり（石川県水産試験場 1993）、本研究の結果である約150 mm（Table 2-2(b)）とほぼ同じであった。

ヒレグロについては、倉長（2003b）が鳥取県沖のオッターコントロールでの試験からマスターカーブの50%選択相対体長を1.7と報告しており、この値は本研究で得られた2.2（Table 2-3）よりもやや小さい。

ソウハチについて、倉長（1999a）は鳥取県沖のオッターコントロールでの試験で呼称目合7節に対する50%選択体長を119 mmとしている。また、梁ら（1999）によれば、東シナ海・黄海での底曳網の資料から50%相対体胴周長を約0.7としている。この値と梁らの全長-体胴周長の関係式およびTominaga *et al.*（2000）の体長-全長の関係式から、目合内径48 mm（呼称目合7節）での50%選択体長を求めると約89 mmと計算された。本研究における呼称目合7節での平均的な網目選



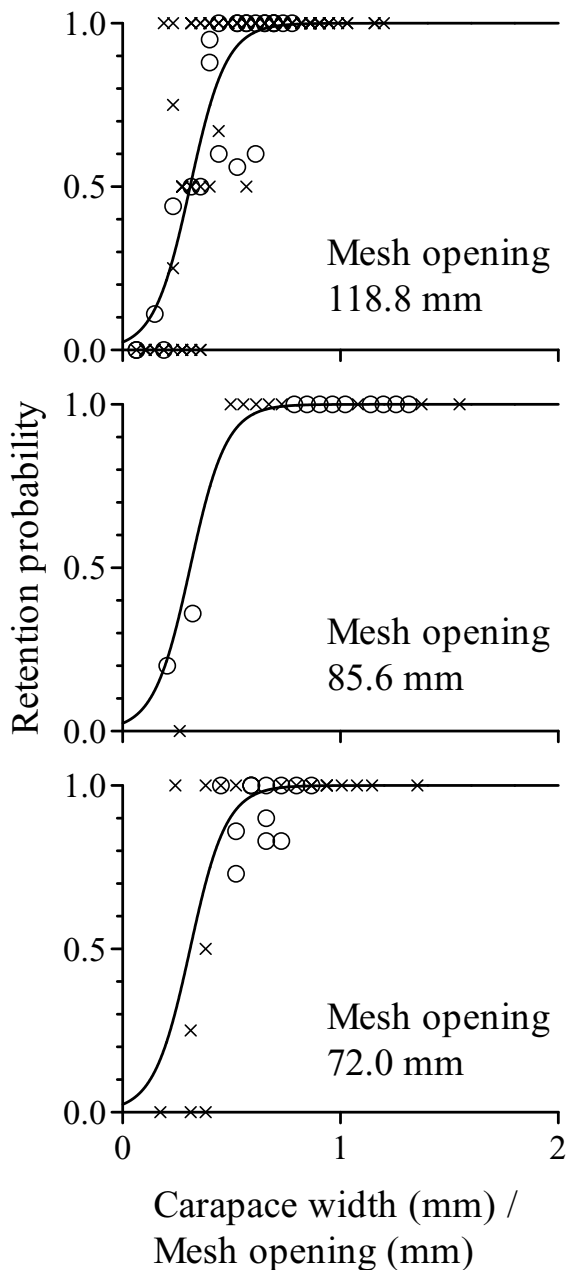
**Fig. 2-3(d)** Estimated selection curve expressed by logistic equation in each haul for *Hypoglossoides pinetorum*. Black thick lines indicate mean selection curves.

択性曲線の50%選択体長は約108 mmであった（Table 2-2）。これは、倉長（1999a）と梁ら（1999）の結果の中間に位置する。

これらのことから、本研究で得られたカレイ類3種に対する網目選択性の結果は、概ね既往の結果とは大きく外れてはいないと考えた。

#### 2-4-3. 混獲削減の手法としての網目拡大について

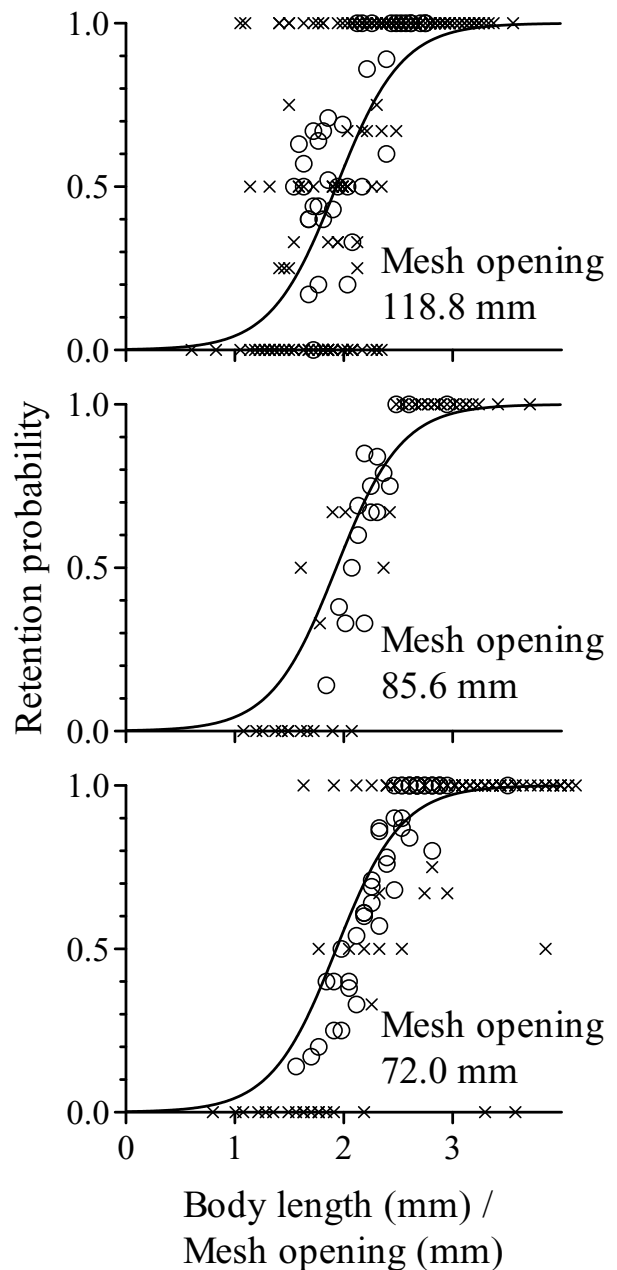
秋・春漁期のカレイ類3種の混獲の削減 前章で紹介したように投棄と出荷の境界となる体長150 mmのカレイ類の半分を網目から抜け出させて保護するには、50%選択体長が150mmと一致する目合を選ぶことになる。このためには、現状使用されている目合内径35 mmから、目合内径65~72 mmまで拡大しなければならない。こうした目合内径の拡大は、同時にこれまで漁獲されていたノロゲンゲや小型の種、あるいはトゲザコエビ *Argis dentata* 等の細い体型を持つ甲殻類の漁獲が減少する恐れがある。しかし、これらの漁獲金額に占める割合は約3%であり（2011年京都府漁業協同組合連合会資料）、主要対象種であるカレイ類の混獲削減を重視する方策が考えられる。こうした目合拡大によって保護されたカレイ類は、その数か月後あ



**Fig. 2-4(a)** Master curves of expressing codend selectivity for *Chionoecetes opilio*. Open circles indicate proportion retained in the codend at length classes with sample number of larger than four, while cross marks at length classes with sample number of less than five.

るいは1年後には成長して水揚げ対象の体長150mmに達し、市場での価値のある資源として加入することが期待される。今後は、目目を拡大した場合において、短期的な出荷量と出荷金額の減少を見積もるとともに、こうした保護のその後の効果による一定加入量あたりの漁獲量の増加についてもシミュレーションなどを行い、網目の拡大について漁業者に提示していくべきと考えられる。

冬漁期におけるズワイガニの混獲の削減 ズワイガニ漁期内においては、目合内径の拡大は小型のズワイ



**Fig. 2-4(b)** Master curves of expressing codend selectivity for *Hippoglossoides dubius*. Open circles indicate proportion retained in the codend at length classes with sample number of larger than four, while cross marks at length classes with sample number of less than five.

ガニの混獲削減手法として有効であると考えられた。山崎、宮嶋（2013）はズワイガニのメスの未成体の投棄直後の生残率を調べて、9～12月の生残率が低いことを報告している。したがってズワイガニのメスの漁期である冬漁期の11月6日～1月10日の期間内では、かに網のコッドエンドの目合内径を90 mmから118.8 mmに拡大することにより、これらのズワイガニの投棄を削減し、資源維持、増大に寄与できるものと考えられる。また、上述したようにこの目合内径への拡大では、従来は混獲されても水揚げできなかった甲幅のズワイ

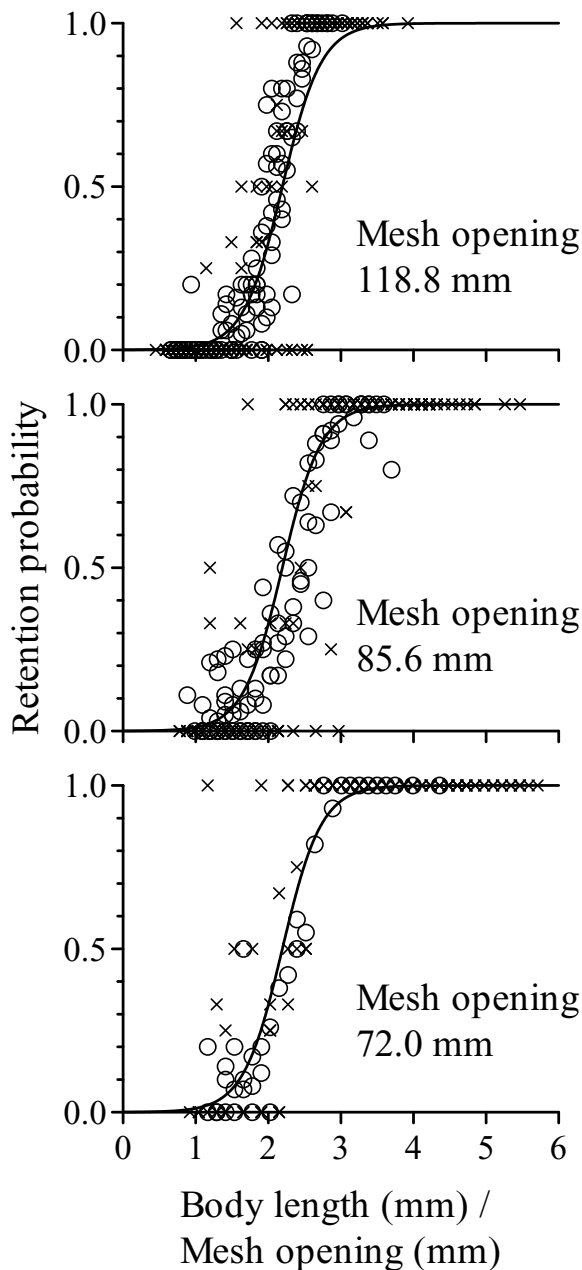


Fig. 2-4(c) Master curves of expressing codend selectivity for *Glyptocephalus stelleri*. Open circles indicate proportion retained in the codend at length classes with sample number of larger than four, while cross marks at length classes with sample number of less than five.

ガニが網目を抜けるだけであるために、ズワイガニの水揚げ量への影響はほとんど無いと考えられる (Fig. 2-3(a))。ただし、現在のズワイガニを主対象とするかに網の操業では、同時に漁獲されたアカガレイやヒレグロも出荷されている。目合内径が118.8 mmの場合、アカガレイの50%選択体長は206.7 mmとなり (Table 2-2(b), Fig. 2-3(b))、かなりのアカガレイは網目を抜けることが予想される。しかし、体長150~200 mmのアカガレイの単価は安く、目合拡大によるアカガレイの損失はさほど大きくないものと推察される。また、

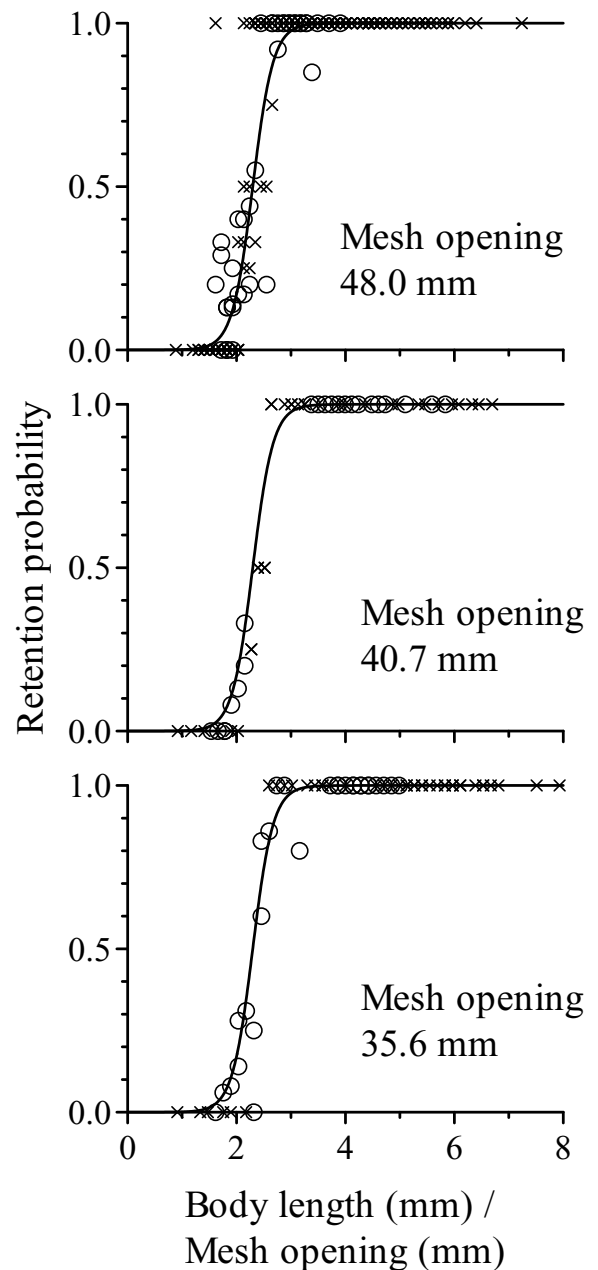


Fig. 2-4(d) Master curves of expressing codend selectivity for *Hypoglossoides pinetorum*. Open circles indicate proportion retained in the codend at length classes with sample number of larger than four, while cross marks at length classes with sample number of less than five.

ズワイガニは本漁業における主力種であることから、多少であればカレイ類の漁獲量が減少しても、メスの未成体の混獲を削減して、資源を保全することになる目合内径の拡大を実施することが良いと考えられる。

1月11日以降になると、雌ガニを出荷できなくなるために、雄ガニだけが網に残る、目合内径162.2mmに拡大する方策が考えられる。しかしこの時期に漁獲されるカレイ類のほとんどが体長300 mm未満であるため、目合内径を162.2mmに拡大した場合、カレイ類の

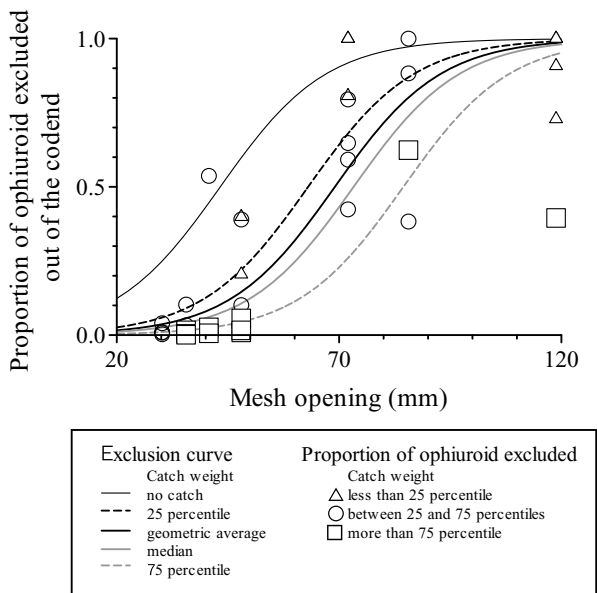
**Table 2-4** Estimated parameters of ME and MWE models

Model	Parameters			Residual sum of squares	Adjusted coefficient of determination $R^2$
	$\alpha_{bs}$	$\beta_{bs}$	$\gamma_{bs}$		
Mean exclusion model	-6.40	$9.93 \times 10^{-2}$		1.5	0.865
Mean - weight exclusion model	-3.64	$8.42 \times 10^{-2}$	$-4.10 \times 10^{-5}$	1.0	0.912

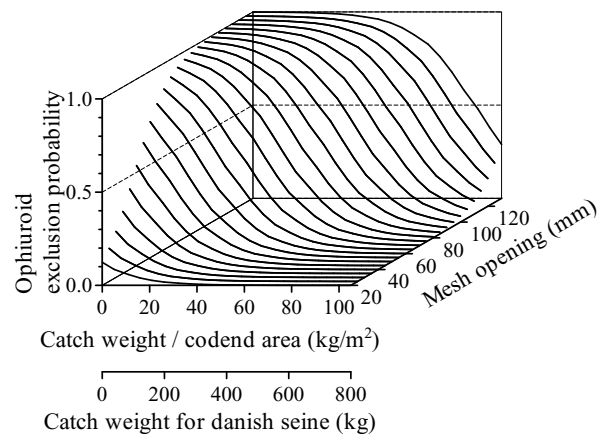
ほぼ全てが網目を抜けて出荷できるこれらカレイ類がほぼなくなるものと考えられる (Fig. 2-4)。したがって、1月11日以降における162.2 mmまでの目合拡大については、1~4月における未成熟ズワイガニの放流後の死亡率は低い (山崎, 宮嶋, 2013) ことも考慮して、多角的な検討が必要である。

秋・春漁期のズワイガニの混獲の削減 逆に、これらのカレイ類を漁獲できるような目合内径65~72 mmをズワイガニの水揚げが禁止されている春・秋漁期に用いた場合では、ズワイガニの小型サイズの排出効果

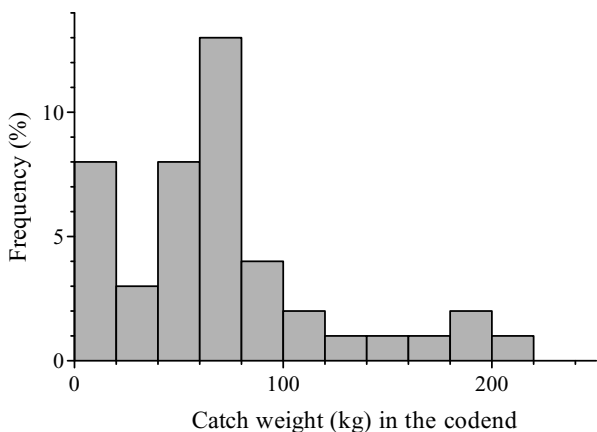
は極めて低い (Fig. 2-4)。実際に、ズワイガニ漁期外ではズワイガニの市場への出荷が禁じられているため、全てのズワイガニを排出して、カレイ類を漁獲するような操業が望まれる。したがって、冬のズワイガニ漁期外においてズワイガニの混獲を削減するために目合内径の拡大だけでは困難であり、なんらかの他の方法を検討する必要がある。堀江ら (2001) と宮嶋ら (2007) は二層式のコードエンドにアカガレイとズワイガニを分離して漁獲することを提案している。それぞれに別々のコードエンドに入れば、ここで得られた選択性曲線を用いて、それぞれに適正な目合を検討できるものと思われる。これについては、第4章でさらに詳細に検討するものとする。



**Fig. 2-5** Effect of mesh size and codend catch weight on exclusion probability for *Ophiura sarsii* from the codend.



**Fig. 2-7** Effect of mesh size and codend catch on exclusion



**Fig. 2-6** Catch weight in codend composition for *Ophiura sarsii*.

#### 2-4-4. キタクシノハクモヒトデの排出

京都府の底曳網漁業の1網あたりの総漁獲量は、第1章で示した通り、せいぜい600 kg程度であり、平均は約200kgである。したがって目合内径を65~72 mm以上に拡大することにより、約7割以上のキタクシノハクモヒトデを排出することができると考えられる (Fig. 2-7)。本種の混獲を削減することで、破網の危険率を低下させるほか、洋上での選別作業量や選別時間の低減や、さらにこのことによるカレイ類の鮮度向上も期待できる。これらの利点は主要種に対する資源保護とともに、目合内径を拡大する漁業者にとっての動機付けとなることが期待される。



### 第3章 ハタハタに対する底曳網の網目選択性

#### 3-1. はじめに

第2章では京都府海洋調査船「平安丸」の桁曳網を用いて、京都府の底曳網漁業の重要種である、ズワイガニ、アカガレイ、ヒレグロおよびソウハチの網目選択性曲線を推定した。同じく重要対象種であるハタハタについて解析を行わなかった理由は、同漁網を使った曳網でのハタハタの漁獲尾数が少なかったためである。そこで本章では、駆け廻し式底曳網を用いて、ハタハタの網目選択性曲線の推定を行った。

ハタハタは日本海および北西太平洋に広く分布し(沖山, 1970), 主産卵場である秋田県沿岸における主産卵期は12月であり(三尾, 1967), 成熟年齢は雌雄ともに2歳とされている(友田ら, 2006)。近年, 日本海沿岸における本種の漁獲量は増加傾向にあり(水産庁増殖推進部水産課 2009), 京都府漁業協同組合連合会の漁獲統計によれば, 京都府における本種の平均漁獲量は, 1990~2001年の約124トンから, 2002~2008年には約246トンに増加し, 底曳網漁業による漁獲量全体の約25%を, 漁獲金額全体の約10%を占めている。京都府沿岸における本種の主漁期は1~5月で, 主漁場は水深170~250 mの海域である。1月頃には体長150~180 mmの2~3歳魚が漁獲の主体であるが, 2月には体長100 mm前後の1歳魚が漁場に出現し, 底曳網の漁期が終了する5月まで漁獲されている(清川, 1991; 落合, 田中, 1998)。この1歳魚は魚価が安く(京都府立海洋センター, 2005)かつ未成熟であって(三尾, 1967)再生産に関与しないことから, 1歳魚の漁獲は本種の資源管理の上で, 不合理なことと考えられる。こうした若齢魚の混獲を避ける方法のひとつとして, コッドエンドの網目選択性を利用することが考えられる。第1章で述べたように, 京都府の底曳網漁業では, 本種を対象とした操業の際には, 目合内径約25~35 mm(呼称目合13~9節)のコードエンドが用いられている。これらの目合は京都府の底曳網漁業で用いられる目合の中では比較的小さいことから, コッドエンドの目合を拡大することにより本種の小型魚を保護できる可能性がある。本種に対する駆け廻し式底曳網の網目選択性については, 鈴木ら(2006)や倉長(2010)が, 網目選択性曲線のマスターカーブを推定している。網目選択性は目合だけでなく体胴周長の影響を受けると指摘されている(Margetts, 1957; 藤石, 1974; 東海ら, 1994; 東海, 1998; 松下, 井上, 1997; 梁, 1999; Özbilgin *et al.*, 2006)。また, 選択性は曳網回毎に変動することが知られており, コッドエンド内の漁獲量が及ぼす影響がしばしば検討されている(Fryer, 1991; O' Neill and Kynoch, 1996; 斎浦, 東海, 2003, 2005; 濱邊ら, 2010)。曳網回毎の漁獲量の変動が小さくない本種の場合も, このことについて考慮する必要があるが, これまで本

種の網目選択性に対しては検討されていない。

そこで, 本研究では, 駆け廻し式底曳網のコードエンドに目合の異なる3種の実験用網を取り替えながらカバーネットを装着して曳網し, ハタハタに対する各目合の網目選択性を求めるとともに, 網目選択性に対する漁獲量の影響についても検討を行った。また, 京都府の底曳網で漁獲された本種の体長組成を用いて, コッドエンドの網目拡大が漁獲物の体長組成に与える影響を考察した。

#### 3-2. 材料と方法

##### 3-2-1. 曳網実験

2005年4月14日および5月17日に京都府沖の水深170~238 mで駆け廻し式底曳網による曳網実験を実施した。4月14日の曳網実験には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)を, 5月17日の曳網実験には同連合会所属の沖合底曳網漁船(16トン)をそれぞれ備船した。曳網時間は全て概ね1時間であった。曳網実験に用いた網は, 当海域の小型および沖合底曳網漁業において通常使用されているものに(Fig. 3-1), 実験用のコードエンドを装着したものである。実験用のコードエンドとしては, 京都府でハタハタの漁獲に通常使用されている目合のうちで, もっとも大きな目合内径35.6 mm(呼称目合9節)に加えて, より目合の大きな目合内径42.0 mm(同8節)と48.6 mm(同7節)の3種類の菱目網地のコードエンドを用意した。これら3種類のコードエンドを用いて, それぞれ2回の曳網実験を行った。目合内径はランダムに選んだ20箇所の網目をデジタルノギスにより0.1 mm単位で測定したその平均値を目合内径の代表値として表記した。なお, 同様に計測した京都府で通常用いられている14節の目合内径は22.0 mmであった。カバーネットには目合内径が23.3 mm(呼称目合13節)の網地を用い, マスキング効果の影響をできるだけ小さくするために, カバーネットの長さをコードエンドの約2.7倍とした。ハタハタを曳網回毎にコードエンドとカバーネットに分けて, 船上でパンチングにより, その体長(下顎先端から下尾骨の後端まで)を5 mm単位で記録した。ハタハタが大量に漁獲されて全数をパンチングすることが困難であった場合には, 無作為に抽出したトロボ箱1箱(容積: 0.027m<sup>3</sup>)分のハタハタを標本として, 体長を計測した。なお, パンチングを行わなかったハタハタについてはそのトロボ箱の箱数を計数して記録した。標本とした箱数(1箱)を全箱数で除した値を標本抽出率とし, この標本抽出率で標本個体数を除した値を漁獲個体数とした。曳網回毎のハタハタの総漁獲重量は, 次のようにして求めた。体長階級毎に, 標本個体数を標本抽出率で除して求めた漁獲個体数に, 後述する標本の体長と体重の関係式から求めた体長階級の平均体重を乗じて, 漁獲重量を求め, すべての体長階

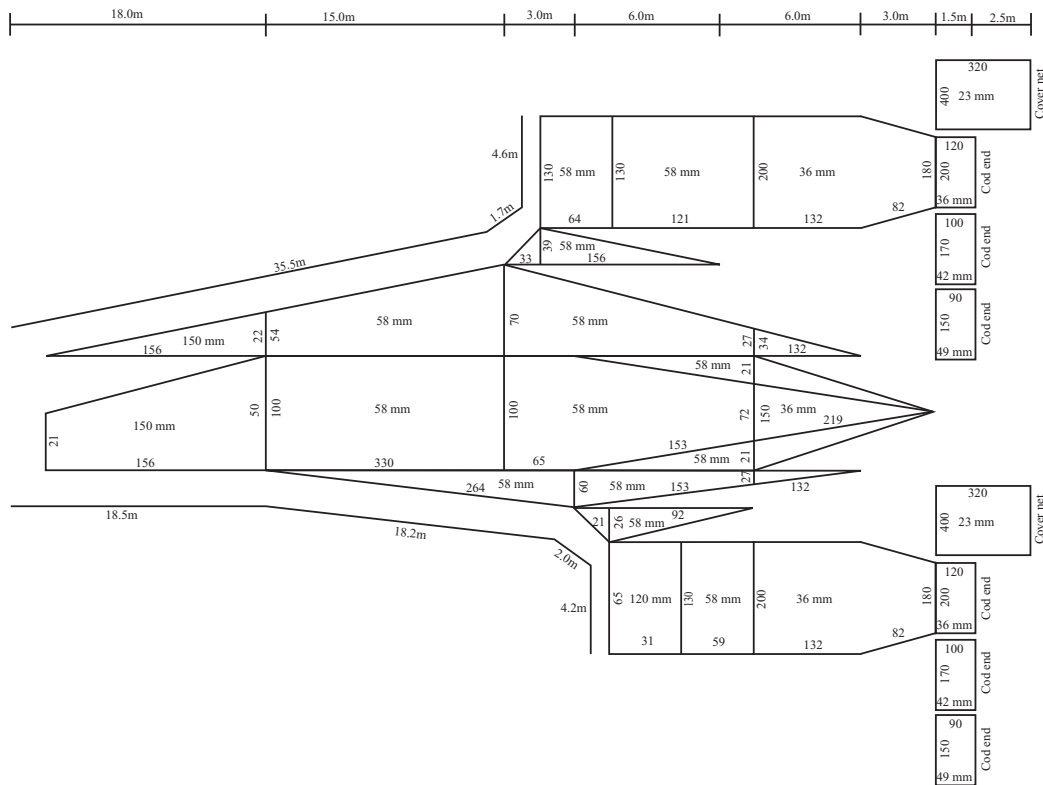


Fig. 3-1 Net design of the Danish seine used in the cover net experiments.

級の漁獲重量を合計した。

当海域の底曳網漁船で網目の拡大効果を検討する際に用いるハタハタの代表的な体長組成を得るために、底曳網漁船が通常用いる中で目合内径が最も小さな22.0 mm(呼称目合14節)のコッドエンドを用いて、2005年4月7日に京都府沖水深210 ~ 220 mでの一曳網で漁獲されたハタハタから、無作為抽出した420個体のハタハタの体長を5 mm単位で測定した。なお、同曳網でのハタハタの総漁獲量は105 kgであった。

ハタハタの体長と体重および体胴周長との関係式を得るために、2009年4月9日に京都府沖で小型底曳網漁船の駆け廻し式底曳網によって漁獲されたハタハタの体長、体重および体胴周長を測定した。体長はmm単位で、体重は0.1 g単位で、体胴周長は巻尺を用いてmm単位で計測した。体長と体重ならびに体長と体胴周長の関係式を回帰分析によって求めた。

### 3-2-2. 解析方法

コッドエンドの網目選択性曲線を表す式には、体長  $l$  を変数とする次のロジスティック式を用いた。

$$S(l) = \frac{\exp(\alpha l + \beta)}{1 + \exp(\alpha l + \beta)} \quad (3-1)$$

ここで、 $\alpha$  と  $\beta$  はロジスティック式のパラメータである。網に入ったハタハタの半数が網内に保持される50% 選択体長  $l_{50}$  および選択性の鋭さを示す指標である選択レンジ  $S.R.(= l_{75} - l_{25})$  は、

$$l_{50} = -\frac{\beta}{\alpha} \quad (3-2)$$

$$S.R. = \frac{2 \ln 3}{\alpha} \quad (3-3)$$

で求められる。

ロジスティック式の推定には、標本抽出率を考慮したSELECTモデルを用いた(Millar, 1994; 斎浦, 東海, 2003, 2005; 濱邊ら, 2010)。3種類の目合のうち  $i$  番目の目合 ( $i = 1, 2, 3$ ) のコッドエンドを用いた  $j$  回目の曳網 ( $j = 1, 2$ ) において、コッドエンドとカバーネットそれぞれで採集された体長  $l$  のハタハタの標本個体数を  $C_{ij}$  と  $c_{ij}$  とする。このとき、体長  $l$  のハタハタについて、コッドエンドとカバーネットの標本の合計個体数に対するコッドエンドでの標本個体数の割合  $\phi_{ijl}$  は、

$$\phi_{ijl} = \frac{C_{ijl}}{C_{ijl} + c_{ijl}} \quad (3-4)$$

と表せる。各目合の各曳網におけるコッドエンドでの標本抽出率を  $Q_{ij}$  とし、カバーネットでの標本抽出率を  $q_{ij}$  とすると、(3-4)式はロジスティック式を用いて次のような体長  $l$  の関数として表せる。

$$\phi_{ij}(l) = \frac{Q_{ij} S(l)}{Q_{ij} S(l) + q_{ij} [1 - S(l)]} \quad (3-5)$$

この式に(1)式を代入すると、



$$\phi_{ij}(l) = \frac{\frac{Q_{ij}}{q_{ij}} \exp(\alpha_{ij}l + \beta_{ij})}{1 + \frac{Q_{ij}}{q_{ij}} \exp(\alpha_{ij}l + \beta_{ij})} \quad (3-6)$$

となる。ただし、ここで  $\alpha_{ij}$  と  $\beta_{ij}$  は、 $i$  番目の目合のコードエンドを用いた  $j$  回目の曳網における網目選択性を表すロジスティック式のパラメータである。網目選択性は曳網回毎に変動することが知られていることから (Fryer, 1991)、まず、曳網回毎にパラメータが異なるものとして、それぞれに推定することを考える。これを曳網間変動モデル (Between-haul variation model, 以下 BHV モデルと呼ぶ) とする (Mahjoub *et al.*, 1994)。そして、 $k$  番目の体長階級を  $l_k$  としたとき、対数尤度関数は次式により表わされる。

$$\ln L(a_{ij}, b_{ij}) = \sum_k [C_{ijk} \ln \phi_{ij}(l_k) + c_{ijk} \ln(1 - \phi_{ij}(l_k))] \quad (3-7)$$

(3-7) 式を最大化するパラメータの探索には Microsoft Excel のソルバーを使用した (東海, 1997)。なおここでは、平松 (1992, 1999) に従って定数項を省いている。次に、コードエンドの各目合での網目選択性曲線のパラメータを共通として平均的な選択性曲線を求めた (Mean selection curve; 以下 MSC モデルと呼ぶ) (Mahjoub *et al.*, 1994)。この MSC モデルでは、BHV モデルの (3-6) 式と (3-7) 式はそれぞれ次の (3-8) 式と (3-9) 式となる。

$$\phi_{ij}(l) = \frac{\frac{Q_{ij}}{q_{ij}} \exp(\alpha_i l + \beta_i)}{1 + \frac{Q_{ij}}{q_{ij}} \exp(\alpha_i l + \beta_i)} \quad (3-8)$$

$$\ln L(a_i, b_i) = \sum_j \sum_k [C_{ijk} \ln \phi_{ij}(l_k) + c_{ijk} \ln(1 - \phi_{ij}(l_k))] \quad (3-9)$$

さらに、選択性の曳網回毎の変動に影響する要因として、コードエンド内の漁獲量を取り上げ、曳網回毎のコードエンド内の本種の漁獲重量を考慮した漁獲量依存モデル (Catch-size dependent model; 以下 CSD モデルと呼ぶ) も想定した。目合が  $i$  番目のコードエンドで  $j$  回目の曳網におけるコードエンド内のハタハタの漁獲重量  $W_{ij}(g)$  としたとき、CSD モデルでは、(3-6) 式のパラメータ  $\alpha_{ij}$  と  $\beta_{ij}$  が次の (3-10) 式と (3-11) 式のように漁獲重量の対数値の一次式で表わされる (Fryer, 1991; Mahjoub *et al.*, 1994; 斎浦, 東海, 2003)。

$$\alpha_{ij} = a_i \ln W_{ij} + b_i \quad (3-10)$$

$$\beta_{ij} = c_i \ln W_{ij} + d_i \quad (3-11)$$

なお、 $a_i$ 、 $b_i$ 、 $c_i$  および  $d_i$  は、 $i$  番目の目合の網目選択性

に及ぼす漁獲量の影響を表すパラメータである。これらのパラメータを用いて、 $\alpha_{ij}$  を曳網間で共通とし、 $\beta_{ij}$  を (11) 式で表した ( $\alpha_i, c_i, d_i$ )、 $\alpha_{ij}$  を (3-10) 式で表し、 $\beta_{ij}$  を曳網間で共通とした ( $a_i, b_i, \beta_i$ )、 $\alpha_{ij}$  および  $\beta_{ij}$  を (3-10) 式および (3-11) 式で表した ( $a_i, b_i, c_i, d_i$ ) の 3 つの組み合わせについて、それぞれパラメータを推定した。なお、操業ではハタハタ以外にもヒレグロ *Glyptocephalus stelleri* やズワイガニ *Chionoecetes opilio* 等も漁獲されたが、漁獲物の主体がハタハタであったため、CSD モデルではハタハタ以外の魚種の漁獲重量は考慮しなかった。

BHV モデルと MSC モデル、および様々なパラメータを組み合わせた CSD モデルでそれぞれに AIC (Akaike information criterion) (東海, 1997; 平松, 1992, 1999; 大本ら, 1998; 東海, 2009) を求めて、最小の AIC 値を示したモデルを選んだ。また、各体長階級の  $\phi_{ij}$  をパラメータとしたフルモデル (平松, 1999; 東海, 2009) の AIC を求め、上述したモデルと比較することで、適合性を検討した。

### 3-2-3. 網目の拡大による効果の推定

実験を行わなかった目合についても、網目の拡大の効果を検討したい。このとき、想定した目合の選択性曲線を推定する方法としてマスターカーブ法 (東海, 1998, 2002) がある。ここでは、網目選択性にとって網目内周長と魚体の体胴周長との関係が最も重要な要因と指摘されている (東海ら, 1994)。そこで、3 種類の目合のデータを基に、体胴周長を網目内周長で標準化した相対体胴周長を用いてハタハタのマスターカーブを推定した (Girth-mesh perimeter model; 以下 GMP モデルと呼ぶ)。ここでは網目内周長  $p$  を近似的に目合内径  $m$  の 2 倍とした。また、体長階級  $l_k$  の体胴周長  $g_k$  は、体長と体胴周長の関係式から求めた。網目内周相対体胴周長  $R_{ik} (= g_k / 2m_i)$  に対する網目選択性を表すマスターカーブ  $S_g(R)$  は、次のロジスティック式に従うものとした。

$$S_g(R) = \frac{\exp(\alpha_G R + \beta_G)}{1 + \exp(\alpha_G R + \beta_G)} \quad (3-12)$$

ここで、 $\alpha_G$  および  $\beta_G$  はロジスティックパラメータである。

GMP モデルでは、BHV モデルの (3-6) 式と (3-7) 式はそれぞれ次の (3-13) 式と (3-14) 式となる。

$$\phi_{ij}(R) = \frac{\frac{Q_{ij}}{q_{ij}} \exp(\alpha_G R + \beta_G)}{1 + \frac{Q_{ij}}{q_{ij}} \exp(\alpha_G R + \beta_G)} \quad (3-13)$$

$$\ln L(\alpha_G, \beta_G) = \sum_j \sum_i \sum_k [C_{ijk} \ln \phi_{ij}(R_{ik}) + c_{ijk} \ln(1 - \phi_{ij}(R_{ik}))] \quad (3-14)$$

さらに、ここでも網目選択性にコッドエンドの漁獲重量が影響を及ぼすと考えて、これらのロジスティックパラメータがコッドエンドの漁獲重量の対数値の1次式で表されるモデル(以下GMP+CSDモデル)を仮定した。以上、GMPモデルの $(\alpha_c, \beta_c)$ およびGMP+CSDモデルのパラメータの組合せの $(\alpha_c, c, d)$ ,  $(a, b, \beta_c)$ ,  $(a, b, c, d)$ について、パラメータを推定し、AICによるモデル選択を行った。

次に、AICによるモデル選択で選ばれたモデルにおける選択性曲線マスターカーブを用いて、上述した目合内径22.0 mmのコッドエンドで2005年4月7日に漁獲されたハタハタの体長組成に対して、より大きな目合として、実験に用いた目合内径48.6 mm, 42.0 mmおよび35.6 mmに加え、呼称目合38.8 mmの4種類のコッドエンドを用いて漁獲した場合のハタハタの体長組成を推定した。ここで、目合内径38.8 mmは呼称目合8節と9節の間を補完するために8.5節の目合内径として設けたもので、呼称目合7, 8および9節と目合内径の関係から求めた次の回帰式により推定した。

$$m = 0.959 \times 303 / (x - 1) \quad (3-15)$$

なお、 $m$ は目合内径(mm)であり、 $x$ は呼称目合の節数である。なお、コッドエンド内におけるハタハタの漁獲量に依存するモデルが選択された場合では、網目の拡大を想定するとコッドエンド内に保持されるハタハタの漁獲重量は減少することが予想されるが、計算を容易にするためコッドエンド内のハタハタ漁獲重量は一定の105 kgとして、網目選択性曲線およびそれによるコッドエンド内の漁獲物体長組成を計算した。なお、2007年における京都府の底曳網漁船のハタハタの1操業あたりの漁獲量の平均値は約80 kgであった(未発表)。

### 3-3. 結果

#### 3-3-1. 体長に対する体重および体胴周長の関係式

ハタハタの体長 $l$ と体重 $w$ の関係、体長 $l$ と体胴周長 $g$ の関係を図示し(Fig. 3-2)、これらの関係式をそれぞれ回帰分析によって次のように求めた。

$$w = 5.69 \times 10^{-5} l^{2.68} \quad (\text{決定係数 } 0.956) \quad (3-16)$$

$$g = 0.49 l + 10.33 \quad (\text{決定係数 } 0.843) \quad (3-17)$$

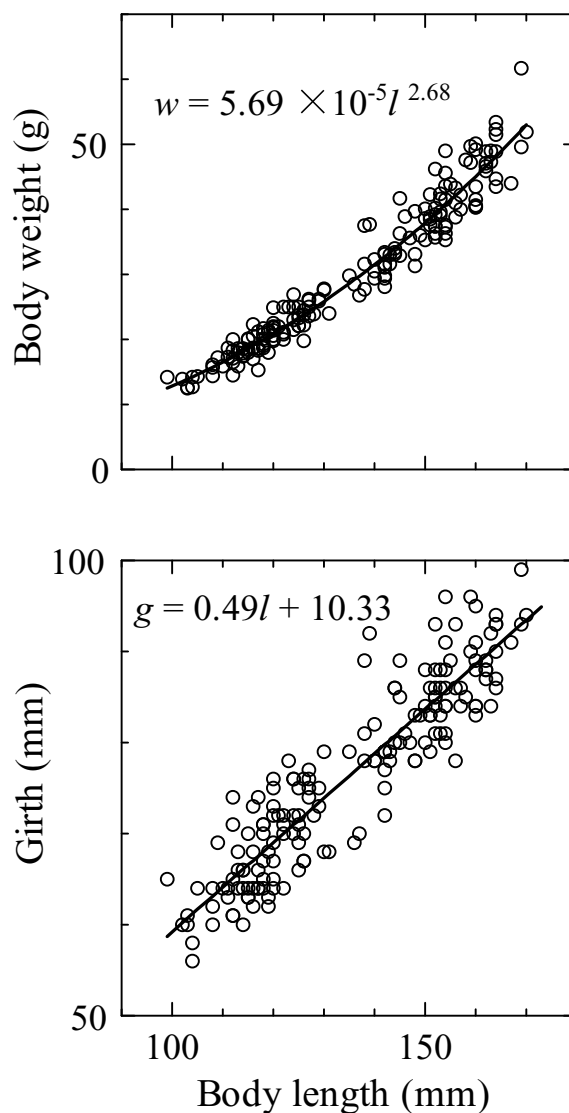


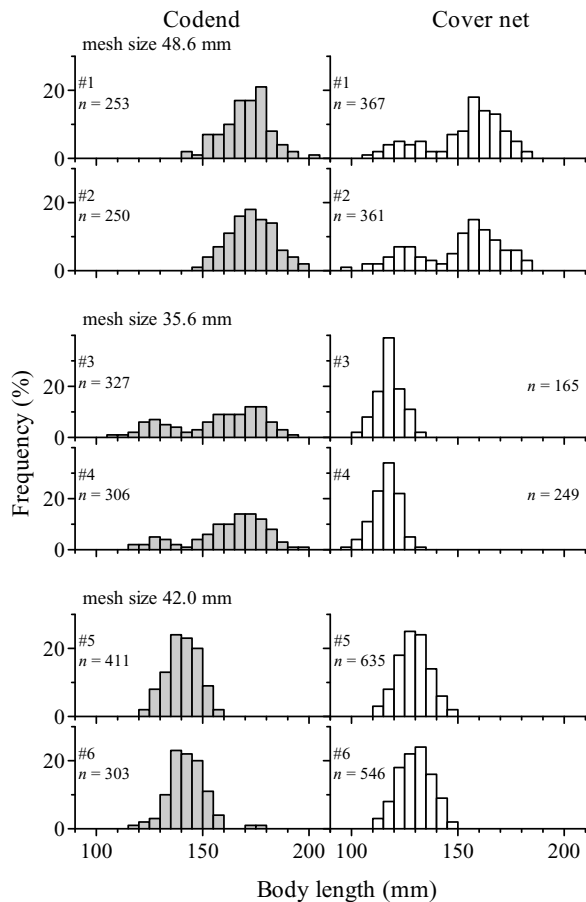
Fig. 3-2 Relationship of body length to body weight and girth for *Arctoscopus japonicus* caught by a Danish seiner off Kyoto prefecture.

#### 3-3-2. 目合別の標本体長組成

曳網回毎のハタハタの標本個体数、標本抽出率および漁獲個体数と漁獲重量をTable 3-1に示した。コッドエンドでのハタハタの漁獲重量は、いずれの目合においても1回目よりも2回目の方が多かった。次に、コッドエンドとカバーネットで漁獲されたハタハタの標本体長組成を曳網回毎にFig. 3-3に示した。目合内径48.6

Table 3-1 Number of *Arctoscopus japonicus* sub-sampled from the codend and cover net, and estimated catch number and weight

Haul number	Mesh opening (mm)	Date	Depth (m)	Codend				Cover net			
				Number of sample	Sampling fraction	Estimated catch number	Estimated catch weight(g)	Number of sample	Sampling fraction	Estimated catch number	Estimated catch weight(g)
#1	48.6	14 Apr. 2005	231	253	0.30	835	45,000	368	0.33	1,104	45,760
#2	48.6	14 Apr. 2005	234	250	0.17	1,500	83,837	361	0.33	1,083	43,099
#3	35.6	14 Apr. 2005	222	327	0.33	981	44,235	165	1.00	165	3,317
#4	35.6	14 Apr. 2005	234	306	0.05	6,120	294,706	249	1.00	249	4,827
#5	42.0	17 May 2005	176	411	1.00	411	13,293	303	0.25	1,212	65,351
#6	42.0	17 May 2005	180	635	0.50	1,270	25,567	546	0.17	3,276	85,444



**Fig. 3-3** Body length compositions of *Arctoscopus japonicus* caught in the codend and cover net. The letter n indicates the number of *Arctoscopus japonicus* caught in the codend and cover net.

mmおよび35.6 mmでは、体長120~130 mm周辺にモードを持つ小型群と体長160~180 mm周辺にモードを持つ大型群の2群が出現した。目合内径42.0 mmでは大部分が小型群であり、体長150 mmを超える個体は6回目の曳網のコードエンドでわずかにみられるものの、そのほかは出現しなかった。目合内径48.6 mmのカバーネットでは大型群が漁獲されていたのに対して、目合内径35.6 mmのカバーネットでは大型群は漁獲されなかった。これら同一目合の2曳網間で体長組成をコードエンドあるいはカバーネット毎に比較したところ、各目合で曳網間に有意な差はみられなかった (Kolmogorov-Smirnov test,  $p > 0.05$ )。

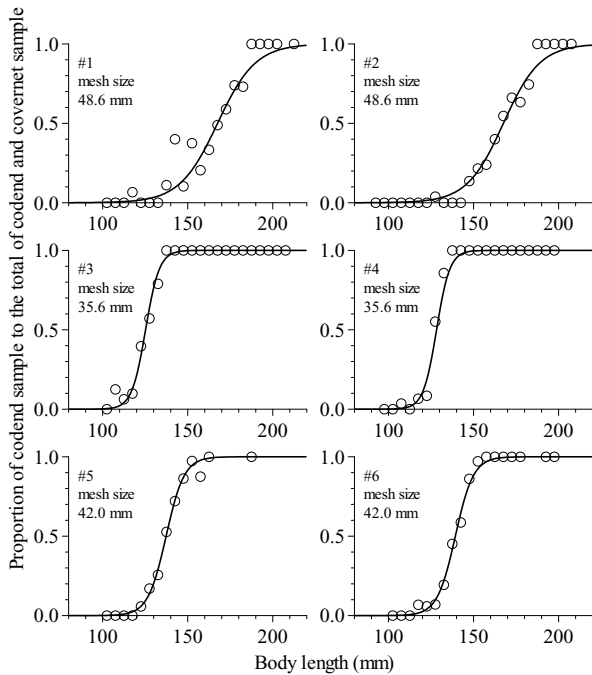
### 3-3-3. 網目選択性曲線

BHVモデル、MSCモデル、CSDモデルの各パラメータの組み合わせ中で、最もAICが小さかったのは、(3-10)式のみを用いたCSDモデルであり (Table 3-2)、このモデルが最も適していると判断した。特に、MSCモデルよりもBHVモデルのAICが小さかったことは、各目合の2曳網間で網目選択性が異なっていたことを示唆している。体長に対する  $\phi_{ij}$  と(3-10)式のみを用いたCSDモデルによって得られた  $\phi_{ij}(l)$  の曲線を Fig. 3-4 に示した。  $\phi_{ij}$  の値は  $\phi_{ij}(l)$  の曲線に比べて目合内径35.6 mmおよび42.0 mmでは大きな変動はみられない。目合内径48.6 mmにおいては、#1の体長140~160 mm、#1および#2の体長185~200 mmで、  $\phi_{ij}$  の値は  $\phi_{ij}(l)$  の曲線に比べて適合していないように見えるが、これら以外の体長範囲では概ね適合している。実際に、これ

**Table 3-2** Estimated parameters and AIC values in the three models for mesh selectivity of *Arctoscopus japonicus*

Model	Mesh size (mm)	Haul no.	Parameters				$l_{50}$ (mm)	S.R. (mm)	AIC (partial AIC)		
			$\alpha$	$\beta$	$a$	$b$				$c$	$d$
Between-haul variation model	48.6	#1	$8.41 \times 10^{-2}$	-14.0	—	—	—	166	26.1	292.0 (77.3)	
		#2	$9.89 \times 10^{-2}$	-15.9	—	—	—	161	22.2	(56.2)	
	37.6	#3	$2.18 \times 10^{-1}$	-26.2	—	—	—	120	10.1	(33.9)	
		#4	$3.09 \times 10^{-1}$	-36.4	—	—	—	118	7.1	(30.2)	
	42.0	#5	$1.86 \times 10^{-1}$	-27.0	—	—	—	145	11.8	(45.7)	
		#6	$1.90 \times 10^{-1}$	-27.6	—	—	—	145	11.6	(48.6)	
Mean selection curve model	48.6	—	$9.38 \times 10^{-2}$	-15.3	—	—	—	163	23.4	319.7 (148.9)	
	37.6	—	$1.87 \times 10^{-1}$	-32.0	—	—	—	119	8.2	(79.8)	
	42.0	—	$2.68 \times 10^{-1}$	-27.1	—	—	—	145	11.7	(90.9)	
Catch-size dependent model	48.6	#1	$9.14 \times 10^{-2}$	—	—	—	$9.39 \times 10^{-1}$	-25.3	166	24.0	291.1 (132.9)
		#2	—	—	—	—	—	—	160	24.0	
	37.6	#3	$2.52 \times 10^{-1}$	—	—	—	$5.72 \times 10^{-1}$	-36.6	121	8.7	(65.8)
		#4	—	—	—	—	—	—	117	8.7	
	42.0	#5	$18.8 \times 10^{-1}$	—	—	—	$-1.36 \times 10^{-1}$	-25.9	145	11.7	(92.4)
		#6	—	—	—	—	—	—	145	11.7	
	48.6	#1	—	-14.9	$5.73 \times 10^{-3}$	$2.82 \times 10^{-2}$	—	—	166	24.5	289.8 (132.3)
		#2	—	—	—	—	—	—	160	23.6	
	37.6	#3	—	-30.0	$4.71 \times 10^{-3}$	$1.98 \times 10^{-1}$	—	—	121	8.9	(65.1)
		#4	—	—	—	—	—	—	117	8.5	
	42.0	#5	—	-27.2	$-9.72 \times 10^{-4}$	$1.97 \times 10^{-1}$	—	—	145	11.7	(92.4)
		#6	—	—	—	—	—	—	145	11.7	
48.6	#1	—	—	$2.37 \times 10^{-2}$	$-1.69 \times 10^{-1}$	-2.99	18.0	166	26.1	292.1 (133.5)	
	#2	—	—	—	—	—	—	161	22.2		
37.6	#3	—	—	$4.79 \times 10^{-4}$	$-2.95 \times 10^{-1}$	-5.36	31.1	120	10.1	(64.2)	
	#4	—	—	—	—	—	—	118	7.1		
42.0	#5	—	—	$-5.48 \times 10^{-4}$	$1.93 \times 10^{-1}$	$-7.75 \times 10^{-2}$	-26.5	145	11.7	(94.4)	
	#6	—	—	—	—	—	—	145	11.7		

\*The smallest AIC value.



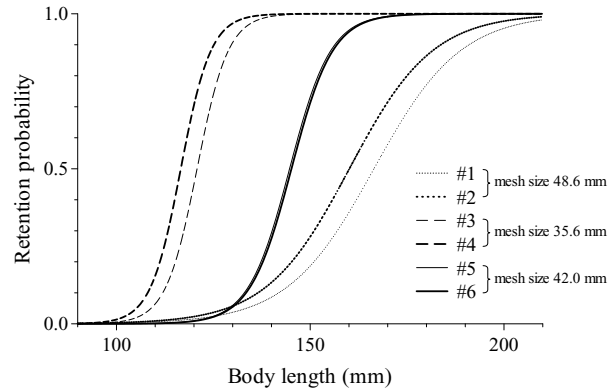
**Fig. 3-4** Proportion of codend samples to the total of the codend and cover net samples, and the estimated curves of  $\phi(l)$ .

らのモデルのAICは、フルモデルのAIC値である419.7よりも小さく、さらに尤度比検定の結果でも適合性の欠落は認められなかったことから、適合していたと判断できる(Table 3-2)。この(3-10)式のみを用いたCSDモデルによって、求められた曳網回毎の選択性曲線をFig. 3-5に示した。

### 3-3-4. 選択性曲線マスターカーブの推定

GMPモデルおよびGMP+CSDモデルの各パラメータの組み合わせの中で、最もAICが小さかったのは、(3-10)式および(3-11)式を用いたGMP+CSDモデルであった(Table 3-3)。このモデルにおける50%選択体胴周長および選択レンジは曳網時の漁獲量によって変化するため、それぞれ0.893~0.976および0.0772~0.105となった。曳網番号#1~#6の各曳網の目合内径と漁獲量をGMP+CSDモデルにあてはめた曲線を見ると(Fig. 3-6)、いずれの曲線も体胴周長と目合内周長が一致する点においても選択率は1に達せず、目合内周長よりもやや大きな体胴周長を持つ個体が抜ける結果になった。なお、AICで比較するとフルモデルのそれよりも小さく、適合していることが示された。

### 3-3-5. 網目の拡大による体長組成の変化



**Fig. 3-5** Estimated selection curves of each haul estimated by the CSD model.

コッドエンドの目合内径22.0 mmで4月に漁獲されたハタハタの体長組成は95~185 mmの範囲にあり、そこには体長115 mmにモードを持つ群と体長150~160 mm前後にモードを持つ群の2群がみられた(Fig. 3-7)。また、便宜的に体長135 mmで両群を区切った場合、小さい群の割合は全体の約40.5%，大きい群の割合は約59.5%を占めた。コッドエンドのハタハタ漁獲重量を105 kgと仮定したとき、GMP+CSDモデルを用いて目合内径48.6 mm、42.0 mm、38.8 mmおよび35.6 mmの4種類の網目選択性曲線と、それら選択性曲線でコッドエンド内に残るハタハタの体長組成をFig. 3-7に示した。

コッドエンドの目合内径を22.0 mmから35.6，38.8，42.0および48.6 mmに拡大した場合、50%選択体長は114 mm，126 mm，138 mmおよび163 mmとなり、小さい群の漁獲は61.2，28.0，9.0および0.7%にまで削減される。一方、大きい群の個体は、99.7，97.7，88.5および38.7%が保持される。

## 3-4. 考察

本研究では、CSDモデルのAICが最も小さかったことから、網目選択性への漁獲量の影響が示唆された(Table 3-2)。O'Neill *et al.*(1996)と斎浦、東海(2005)は、大量入網によってコッドエンドが目詰まりを起し、網目選択性に影響を与えることを指摘している。本研究でも、曳網間でコッドエンドの漁獲量に大きな差がなかった目合内径42.0 mmを除き、漁獲量の多い曳網で50%選択体長は小さかったことから(Table 3-2)、漁獲量が多いほど目詰まりがおり易くなり、ハタハタ

**Table 3-3** Estimated parameters of the master curve models and AIC values

Model	Parameters						$R_{50}$	S.R. in $R$	AIC
	$\alpha_g$	$\beta_g$	$a$	$b$	$c$	$d$			
Girth-mesh-perimeter model	31.1	-29.7	—	—	—	—	0.957	0.0707	505.8
Girth-mesh-perimeter & CSD model	25.9				0.63	-31.3	0.906 ~ 0.981	0.0850	384.7
		-24.9	0.64	19.2			0.910 ~ 0.982	0.0803 ~ 0.0866	390.1
			-2.4	51.6	2.95	-55.8	0.893 ~ 0.976	0.0772 ~ 0.105	377.1 *

\* The smaller AIC value.



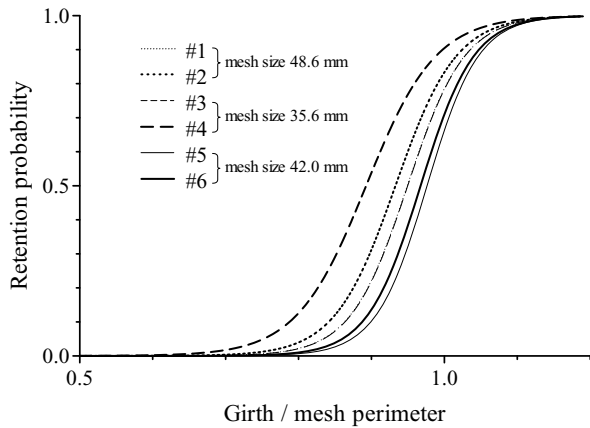


Fig. 3-6 Individual selection curve for each haul by the GMP+CSD model.

が抜け難くなったと考えられる。

従来の研究で得られた典型的な選択性曲線のマスターカーブは相対体胴周長が約0.5から選択率の増加がみられ、1.0をやや上回るところで選択率はほぼ1に達し、50%選択相対体胴周長と選択レンジは約0.85および0.15程度であると報告されている(東海ら, 1994; 松下, 井上, 1997; 東海, 1998)。本研究のGMP+CSDモデルによる選択性曲線マスターカーブは、典型的なマスターカーブと概ね一致するものの、50%選択相対体胴周長が0.89~0.98とやや大きく、選択レンジは0.08~0.11とやや小さい(Table 3-3)。本研究のような駆け廻し式の底曳網では、ふるいの効果と同様の機械的な網目選択が行われたものの、トロール等のような長い時間の曳網が行われないことから、必ずしも網目を抜ける機会は多くなかった可能性が考えられる。それでも、相対体胴周長が1を超えてから選択率が1に到達したのは、ハタハタの腹部は比較的柔軟であることから、網目内周長よりもやや大きな体胴周長を持つハタハタも網目を抜けたものと推察される。

倉長(2010)は本研究と同様にカバーネット法によって駆け廻し式底曳網における呼称目合7, 8及び9節のコードエンドの網目選択性曲線を求めており、それぞれの目合別の50%選択体長は161 mm, 131 mm及び101 mmと、本研究の結果に近い値であった。しかし、呼称目合7, 8及び9節の目合実測値は、倉長(2010)の報告ではそれぞれ42.99 mm, 34.16 mmおよび30.09 mmであり、本研究の値よりもかなり小さい値であった。このためにマスターカーブから求めた目合毎の選択性曲線では、倉長(2010)の方が大きな体長のハタハタまで網目を抜ける結果となっている。この傾向は鈴木ら(2006)の結果も同様である。一方、倉長ら(1999)は、オッタートロール網の呼称目合7と8節の目合内径の実測値をそれぞれ50と43 mmと報告しており、この値は駆け廻し式底曳網に比べてそれぞれ7.0と8.8mm大きい。同じ呼称目合でも、網糸の太さが目合内径の

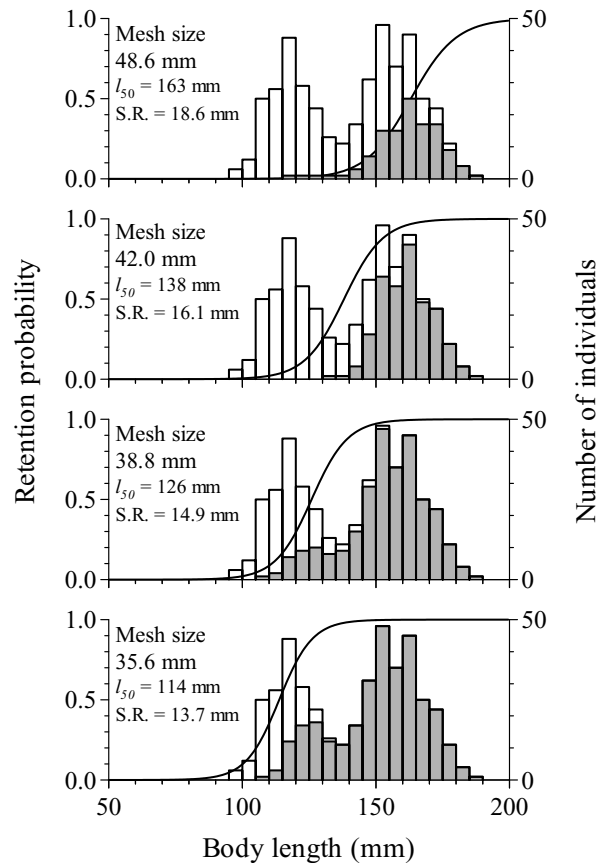


Fig. 3-7 Changes in body length compositions of Japanese sandfish *Arctoscopus japonicus* caught by the codend of the 22.0 mm mesh size and the four enlarged mesh size, estimated from the selection curves of the GMP+CSD model. Solid and open columns indicate estimated number of catches and escapes through the mesh, respectively.

計測に影響した可能性もあるが、目合の測定時の網糸への張力のかけ方なども目合内径の実測に影響した可能性が考えられる。この目合の内径実測値は、目合内周長と胴周長に基づくマスターカーブに大きく影響するため、こうした海域間や漁法間での比較には、目合内径のみならず網糸などの要素も提示しておくとともに、目合内径の標準的な計測方法の確立が必要だと考えられた。また、倉長ら(1999)によるカバーネット法で求めたオッタートロールの50%選択体長は呼称目合7と8節でそれぞれ118と105mmとなっており、倉長(2010)の駆け廻しの結果やさらには本研究の結果よりも小さくなっている。このように漁具の仕立てによっても選択性が異なる可能性があり、同じ駆け廻し式底曳網でも山形県沖(鈴木ら, 2006)や鳥取県沖(倉長, 2010)では漁具の仕立てにおける細部の違いが影響して、同じ目合のコードエンドでも選択性が異なった可能性もある。本研究で得られた選択性の結果は、京都府で通常用いられている駆け廻し式の底曳網漁具を用いて求めたものであることから京都府での駆け廻し式底曳網の実態に合うものであり、かつハタハタの漁獲

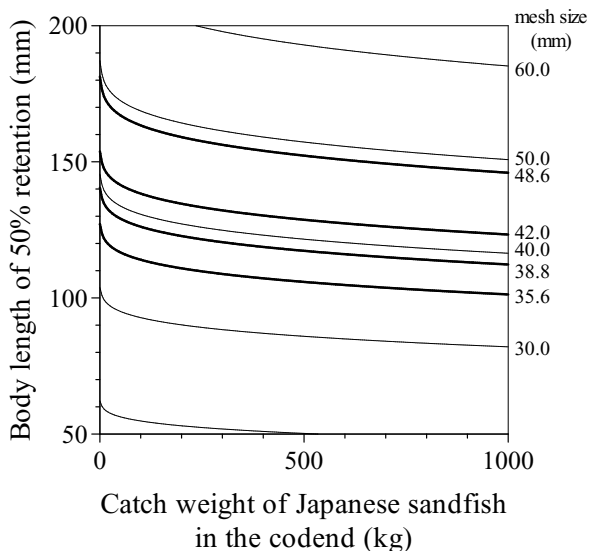


Fig. 3-8 Relationship of 50 % retention length estimated from the GMP+CSD model to catch weight in the codend for each mesh size.

量による選択性への影響も考慮できることから、その資源管理に用いるのに適当であると判断した。

京都府沖合海域の本種の2歳以上を漁獲対象として、1歳魚をできるだけ保護するために適正な目合について検討する。4月に目合内径22.0 mmのコッドエンドで漁獲された体長組成に見られた2つのモード115 mmと150~160 mmはそれぞれ1歳と2歳以上(清川, 1991; 水産庁増殖推進部資源課, 2009)と考えられ、体長135mmが境となる。この体長組成のハタハタを目合内径48.6 mmあるいは42.0 mmのコッドエンドで漁獲した場合には、1歳魚のほとんどを保護することができるが、目合内径48.6 mmでは2歳以上の魚の半数以上を逃すことになる(Fig. 3-7)。目合内径38.8 mmおよび35.6 mmでは2歳以上の魚はほぼ全て漁獲できるものの、目合内径35.6 mmでは1歳魚の約60%を漁獲してしまう。したがって、この事例では目合内径42.0 mmがわずかに2歳以上を取り逃がすことになるが、1歳魚を分離して保護するのに適している。2歳以上の魚を取り逃がしたくない場合には呼称目合8.5節にあたる目合内径38.8 mmも候補となるが、その際には1歳魚の約30%を漁獲してしまうことに留意しなければならない。

それぞれのコッドエンドでの漁獲尾数はそれぞれ約200尾、約13,000尾及び約7,000尾であったことから(倉長, 2010)、8節及び9節の結果には7節に比べて漁獲量が大きかったためにその影響があった可能性がある。

また、本研究では、それぞれの目合毎に推定した選択性曲線やマスターカーブでも、網目選択性がコッドエンド内の漁獲量にも影響されることが示された。そこで、GMP+CSDモデルを用いた漁獲量と50%選択体長との関係をFig. 3-8に示した。なお、本研究ではコッドエンドでの漁獲量は約13~294 kgの範囲内であ

ったが(Table 3-1)、漁業者からの聞き取りによれば実際の漁業では1網あたりの漁獲量が約600 kgを超える場合もあることから漁獲量の想定範囲を0~1,000 kgとした。体長135 mmが1歳と2歳以上の境であると仮定すると、これらを分離するには、漁獲量が300 kg以下であれば目合内径38.8~42.0 mmが適しているが、300 kgを超えると目合内径42.0 mmよりも大きな目合が適することになる。実際に、京都府の駆け廻し式底曳網漁業で1網あたり600 kg以上が入網した時には、漁業者は自主的に呼称目合7節(目合内径48.6mm)のコッドエンドに取り替えて使用していた。この理由は、魚倉が数回の曳網で満杯となることから、単価の安い1歳魚の漁獲を削減するために緊急に行なわれた対策であったという。このことは、本研究の結果を支持していると考えられる。今後、より詳細に選択性パラメータの変動とそれに及ぼす漁獲量の影響を検討していくためには、さらに曳網回数を増やすことやハタハタ以外の総漁獲重量を考慮して分析することが必要と考えられる。

## 第4章 選別パネルを用いたズワイガニの混獲防除

### 4-1. はじめに

第2章の底曳網漁業の重要対象種に対する網目選択性曲線の推定結果から、コッドエンドの目合拡大では秋・春漁期におけるズワイガニの混獲の削減は困難であることが明らかになった。第1章で述べたように、ズワイガニの混獲、投棄を回避するために、秋・春漁期においては、底曳網漁業者の自主的な規制により、ズワイガニが生息する水深約220~350 mの海域での操業が禁止されている(Yamasaki, 2002)。しかし、この操業禁止区域よりも浅い水深200~220 m付近で操業すると、甲幅100 mm未満のズワイガニ若齢個体の混獲が多い。これらの海域はアカガレイ等のカレイ類の漁場であり、さらなる操業禁止区域の拡大は漁業経営を考慮すると困難な状況である。

堀江ら(2001)は、福井県沖合で操業する小型底曳網を対象とし、入網したズワイガニとカレイ類とを分離して漁獲することができる漁具を開発した(以下、この網を越前網と呼ぶ)。これは、網の内部に網目の大きい選別パネルを配置することにより袋網を上下に分け、遊泳力を有するカレイ類は選別パネルに沿ってコッドエンドまで達し、遊泳力を有しないズワイガニは選別パネルから抜け落ち、開放されたコッドエンドへ導かれるというものであった。このように改良された底曳網を使って操業することは、操業禁止区域外での混獲防止には効果的である。しかし、一般的に底曳網漁業で用いられている網の形状や曳網状況は地域によって様々であり、改良型の網の導入にあたっては、地

域ごとの網の形状や操業形態等に留意する必要がある(松下, 2000)。京都府内の代表的な網と越前網とでは、大きさと重量が異なり、また曳網速度や時間も異なっているため、越前網を京都府に導入しても予定通りの効果を得ることは難しい。したがって、府内の底曳網漁業者が使用する網を基に、網を改良、開発することが必要である。

本章では水深200 m以深で用いられているかに網およびさかな網を使用して、ズワイガニを網外に排出し、アカガレイとヒレグロドのカレイ類を漁獲するための分離網の開発試験を実施した。

## 4-2. 材料と方法

### 4-2-1. 漁獲物分離装置の設計

本研究で用いた分離網の概要をFig. 4-1に示した。漁獲物分離装置の構造は基本的には堀江ら(2001)と同様であり、底網から側網に沿って仕切網(sorting panel)を配し、ズワイガニとカレイ類とを分離するための目合600 mmの選別パネル(separator panel)を底網に対して平行に取り付けた。選別パネルの目数は網口からコードエンドに向けて3目とした。選別パネルは直径約3 mmのトワインロープで製作し、縮結は約30%であった。選別パネルの後部には再び仕切網を配した。すなわち、分離網は選別パネルを抜けなかった上部(以下、このコードエンドを上網と呼ぶ)、選別パネルを抜けた下部(以下、このコードエンドを下網と呼ぶ)の二重構造とし、カレイ類は上網に入り、ズワイガニは下網に入ることを期待した。本研究ではかに網(以下、分離網Aと呼ぶ)とさかな網4種類(以下、分離網B、分離網C、分離網Dおよび分離網Eと呼ぶ)の合計5種類の網を使用した(Fig. 4-2)。なお、分離網Bと分離網C、分離網Dと分離網Eは仕切網と選別パネルの目数および取り付け位置が異なる同一網である。京都府内で使用されるさかな網は分離網B、C型と分離網D、E型に大別される。網目は全て菱目であり、各目合内径(以下、目合と呼ぶ)は無作為に15ヵ所をノギスにより1 mm単位で計測し、その平均値とした。底網から選別パネルまでの高さを確保するため、選別パネルの前端に浮力

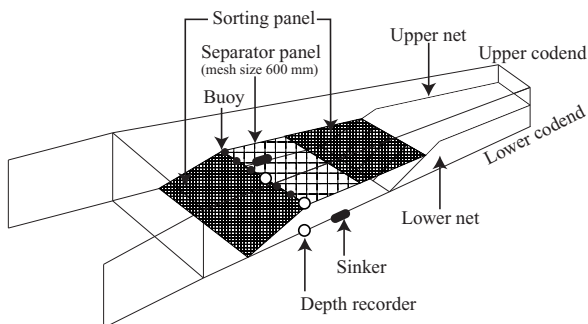


Fig. 4-1 Sorting panel and separator panel mounted in seine net.

120 gのブイを一直線上に26~36個取付けた。また、ブイの浮力相当の重量の沈子を、選別パネル下部の底網の力綱に取付けた。

底網の網口から仕切網の前端までの距離、選別パネ

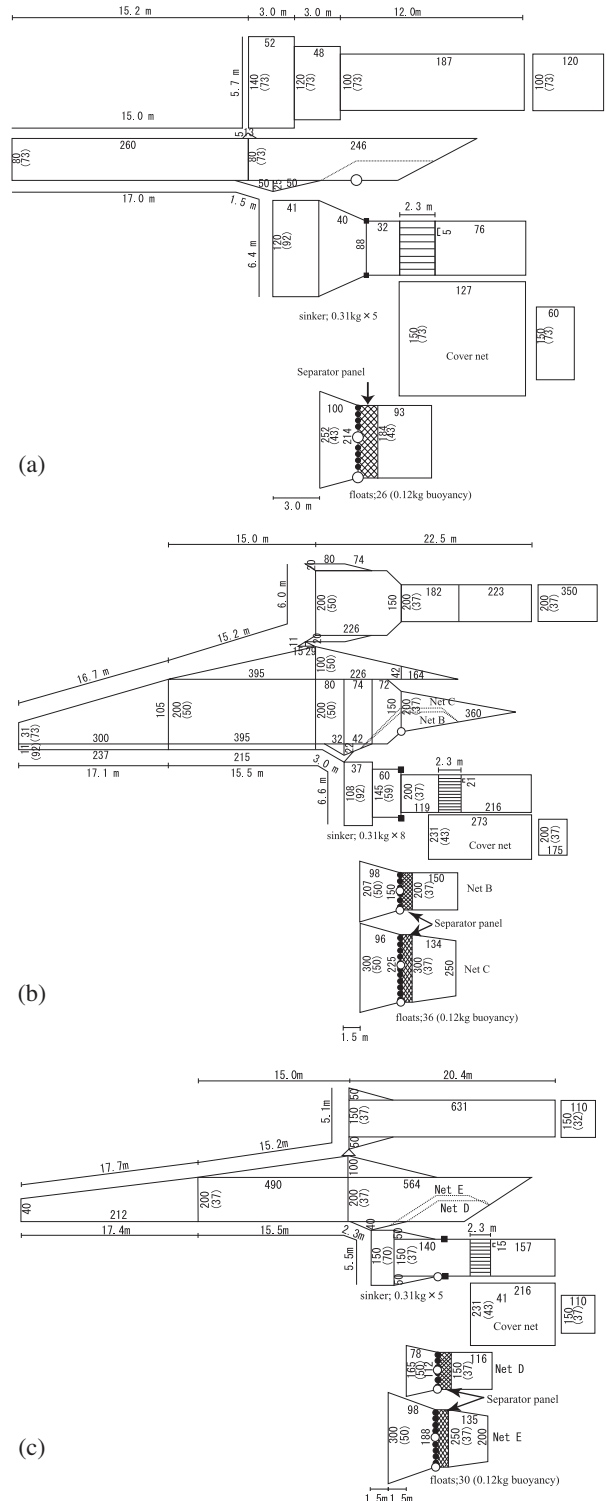


Fig. 4-2 Net plan of seine net newly designed in this experiment. (a) Net A; (b) Net B and D; (c) Net C and E. Solid square indicate the location of sinker for buoyancy control. Open and solid circles indicate the location of depth recorders and the location of floats, respectively.



**Table 4-1** The position of front of sorting panel and length in mesh number of separator panel

	Distance from ground rope to front of sorting panel	H <sup>1</sup> : H <sup>2</sup>	Number of meshes
Net A	3.0 m	5 : 5	12
Net B	1.5 m	5 : 5	8
Net C	1.5 m	6 : 4	12
Net D	3.0 m	5 : 5	6
Net E	1.5 m	6 : 4	10

<sup>1</sup> Number of meshes from the bottom panel to the top of separator panel.

<sup>2</sup> Difference in number of meshes between the top panel and the top of separator panel.

ル前端の側網への取付け位置および選別パネルの横方向の目数をTable 4-1に示した。仕切網の前端は分離網AおよびDでは網口から3 mの位置に、分離網B, CおよびEでは網口から1.5 mの位置に取付けた。また、選別パネルの前端は分離網A, BおよびDでは側網の底から天井までの目数比で5:5の位置に、分離網CおよびEでは6:4の位置に取付けた。分離網A, B, C, DおよびEにおける選別パネルの横方向の目数はそれぞれ、12, 8, 12, 6および10であった。上網のコッドエンドの目合は、分離網Aでは73 mm, 分離網B, Cでは37 mm, 分離網D, Eでは32 mmであった。下網については、選別パネルから抜けたものを網外に出すためにその底網部分を長さ2.3 mにわたって切り落とし、その部分の前後を繋ぐために直径約6 mmのダンラインロープを取付けた。選別パネルから抜けたものは、このロープの間から網外に排出される。本研究では選別パネルから抜けたものについても大きさの測定および計数を行うために、分離網Aでは目合73 mm, 分離網B, C, DおよびEでは目合43 mmのカバー網を取付けた。なお、下網のコッドエンドの目合は、分離網Aでは73 mm, 分離網B, C, DおよびEでは37 mmであった。

#### 4-2-2. 曳網実験

分離網Aは2003年5月20日に4曳網、分離網Bは2003年9月26日に3曳網、分離網Cは2004年5月20日に4曳網、分離網Dは2003年10月9日に4曳網、分離網Eは2004年5月25日に3曳網の操業を行った(Table 4-2)。操業海域は京都府沖の水深234~265 mであった。分離網Aの操業には京都府機船底曳網漁業連合会に所属する沖底船(16トン)、分離網B, C, DおよびEの操業は同連合会所属の小底船(14トン)2隻を用船した。曳網時間は全て約1時間であった。

漁獲したズワイガニは、操業ごとに上網と下網に分けて、それぞれについて船上でノギスにより甲幅を1 mm単位で測定した。アカガレイおよびヒレグロについても上網と下網に分けて、船上でパンチングにより体長を5 mm単位で測定した。ズワイガニおよびアカガレイは全数を測定したが、ヒレグロは約200個体未満の場合には全数、それ以上の場合には分離網BおよびEでは未測定分の個体数を計数した。分離網Dでは箱数から、漁獲個体数を推定した。

#### 4-2-3. 解析方法

ズワイガニ, アカガレイおよびヒレグロの各魚種が、各分離網の上網で漁獲される割合を入網率と呼ぶこととする。分離網A, B, C, D, Eをそれぞれ $h=1\sim 5$ として、それらの全操業での入網率を $p_h$ とすると、分離網 $h$ に $N_h$ 個体が入網し、そのうち $n_h$ 個体が上網で漁獲される確率は $p_h$ をパラメータとした次の2項分布で表すことができる(平松, 1992)。

$${}_{N_h}C_{n_h} p_h^{n_h} (1 - p_h)^{N_h - n_h} \quad (4-1)$$

各分離網間の $p_h$ の比較は、次のようなモデルを設定して行った。試験操業で得られた各分離網の $p_h$ を降順に並べ、各網の $p_h$ が全て同じから全て異なる場合の計16

**Table 4-2** Catch number and proportion of upper net for *Chionoecetes opilio*, *Hippoglossoides dubius* and *Glyptocephalus stelleri* for each haul

Net	Operation			<i>C. opilio</i>			<i>H. dubius</i>			<i>G. stelleri</i>			
	Date	No.	Depth (m)	Upper	Lower	Proportion of upper net	Upper	Lower	Proportion of upper net	Upper	Lower	Proportion of upper net	
A	20-May-03	1	265	244	593	0.29	83	32	0.72	64	36	0.64	
		2	253	105	155	0.40	152	49	0.76	228	161	0.59	
		3	244	383	454	0.46	109	33	0.77	262	128	0.67	
		4	234	893	1,070	0.45	86	21	0.80	225	176	0.56	
		total			1,625	2,272	0.42	430	135	0.76	779	501	0.61
B	26 Sep. 2003	1	235	70	491	0.12	72	9	0.89	1,457	676	0.68	
		2	240	73	405	0.15	78	28	0.74	512	386	0.57	
		3	242	83	439	0.16	42	9	0.82	455	254	0.64	
		total			226	1,335	0.14	192	46	0.81	2,424	1,316	0.65
C	20 May 2004	1	239	142	410	0.26	163	64	0.72	218	142	0.61	
		2	246	2	83	0.02	121	39	0.76	67	31	0.68	
		3	247	11	78	0.12	86	24	0.78	62	37	0.63	
		4	241	185	587	0.24	41	14	0.75	507	322	0.61	
		total			340	1,158	0.23	411	141	0.74	854	532	0.62
D	9 Oct. 2003	1	235	219	307	0.42	25	6	0.81	2,686	545	0.83	
		2	240	273	342	0.44	91	11	0.89	4,423	482	0.90	
		3	242	44	57	0.44	59	14	0.81	1,676	573	0.75	
		4	232	54	56	0.49	78	11	0.88	2,300	499	0.82	
		total			590	762	0.44	253	42	0.86	11,085	2,099	0.84
E	25 May 2004	1	244	81	912	0.08	89	20	0.82	408	177	0.70	
		2	240	67	1,148	0.06	45	13	0.78	556	383	0.59	
		3	239	75	339	0.18	14	7	0.67	1,155	666	0.63	
		total			223	2,399	0.09	148	40	0.79	2,119	1,226	0.63



通りのモデルを設定し、各モデルのAIC(Akaike information criterion)(山田, 北田, 1990)を比較することにより、最適なモデルを選択した。各モデルの尤度関数  $L(p_h)$  は、各分離網での操業回を  $i(i=1, \dots, k_h)$ 、各操業での入網個体数を  $N_{hi}$ 、上網での漁獲個体数を  $n_{hi}$  とすると、

$$L(p_h) = \prod_{h=1}^5 \prod_{i=1}^{k_h} N_{hi} C_{n_{hi}} p_h^{n_{hi}} (1-p_h)^{N_{hi}-n_{hi}} \quad (4-2)$$

と表すことができ、その対数尤度は

$$\ln L(p_h) = \sum_{h=1}^5 \sum_{i=1}^{k_h} [\ln N_{hi} C_{n_{hi}} + n_{hi} \ln p_h + (N_{hi} - n_{hi}) \ln(1-p_h)] \quad (4-3)$$

となる。パラメータの探索にはMicrosoft-Excelのソルバーを使用した(東海, 1997)。なお、各ph間の差の有無は、同じくMicrosoft-Excelのソルバーの制限条件として設定した。ただし、漁獲個体数が多ければ(3)式の定数項が大きくなりすぎて計算機で扱えなくなる恐れのあることから、実際の計算は平松(1992,1999)に従い、定数項を省いた次式により計算を行った。

$$\ln L(p_h) = \sum_{h=1}^5 \sum_{i=1}^{k_h} [n_{hi} \ln p_h + (N_{hi} - n_{hi}) \ln(1-p_h)] \quad (4-4)$$

試験操業の実施年月日が同一でないため、母集団となる対象種の資源状況、具体的には対象とした資源の体長組成が操業毎に違っていった可能性がある。仮に選別パネルに網目選択性がみられた場合、この違いは入網率に影響を及ぼすと考えられる。そこで、ズワイガニ、アカガレイおよびヒレグロに対する各分離網の選択性曲線を求めて比較を行った。選択性曲線  $S(l)$  には、次式のLogistic曲線を用いた。

$$S(l) = \frac{1}{1 + \exp(\alpha l + \beta)} \quad (4-5)$$

$\alpha$  および  $\beta$  はLogistic曲線のパラメータである。分離網  $h$  における各魚種の各甲幅あるいは各体長階級  $l_j(j=1, \dots, J)$  での入網率を  $S(l_j)$ 、入網個体数を  $N_{hl_j}$ 、上網での漁獲個体数を  $n_{hl_j}$  とすると、各甲幅あるいは各体長階級で網目選択性が同時に起きる場合の尤度関数は  $\alpha$  および  $\beta$  をパラメータとした次式で表すことができる。

$$L(\alpha, \beta) = \prod_{j=1}^J \prod_{h=1}^5 N_{hl_j} C_{n_{hl_j}} S(l_j)^{n_{hl_j}} (1-S(l_j))^{N_{hl_j}-n_{hl_j}} \quad (4-6)$$

(6)式の尤度関数から定数項を除いた次式の対数尤度関数により計算を行った。

$$L(\alpha, \beta) = \sum_{j=1}^J [N_{hl_j} \ln S(l_j) + (N_{hl_j} - n_{hl_j}) \ln(1-S(l_j))] \quad (4-7)$$

ただし、分離網B、DおよびEのヒレグロに対しては、その全数を測定していないことから、拡張SELECTモデル(Millar, 1994; 斎浦, 東海, 2005)を適用した。各分離網の各操業における体長  $l$  の全測定個体数に対する上網の測定個体数の割合は、

$$\phi(l) = \frac{n_{hil}}{N_{hil}} \quad (4-8)$$

と表せる。各分離網の各操業における上網での標本抽出率を  $t_{hi}$ 、下網での標本抽出率を  $u_{hi}$  とすると、logistic式を使って(8)式は体長  $l$  の関数として次式で表せる。

$$\phi(l) = \frac{u_{hi} S(l)}{u_{hi} S(l) + t_{hi} [1 - S(l)]} \quad (4-9)$$

(9)式に(5)式を代入すると、

$$\phi(l) = \frac{1}{1 + \frac{t_{hi}}{u_{hi}} \exp(\alpha l + \beta)} \quad (4-10)$$

となる。logistic式のパラメータである  $\alpha$  および  $\beta$  を分離網別に共通とし、各体長階級  $l_j$  の尤度から定数項を取った次式の対数尤度関数により、計算を行った。

$$L(\alpha, \beta) = \sum_{i=1}^{k_h} \sum_{j=1}^J [N_{hil_j} \ln \phi(l_j) + (N_{hil_j} - n_{hil_j}) \ln(1-\phi(l_j))] \quad (4-11)$$

パラメータの探索にはMicrosoft-Excelのソルバーを使用した。また、網目選択性が認められないことも考えられるため、各魚種の  $S(l_j)$  が一定のモデルとの比較を行った。以降、網目選択性曲線によるモデルを選択性モデル、 $S(l_j)$  が一定のモデルを一定モデルと呼ぶこととする。両モデルの比較にはAICを用いた。

ズワイガニと漁獲の主対象であるアカガレイ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、各操業におけるズワイガニの入網率を  $r_x$ 、アカガレイの入網率を  $r_y$  とすると、分離効率  $\varepsilon_{xy}$  は次式により定義される。

$$\varepsilon_{xy} = (1-r_x) + r_y - 1 \quad (4-12)$$

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。

#### 4-2-4. 選別パネルの高さの測定

曳網中における選別パネルの高さを調べるために、底網の端の力綱、選別パネル前端の中央および端の3カ所にアレック電子製の超小型メモリー式深度計(MDS-D, 分解能: 0.125 m)を取り付け(Fig. 4-1, Fig. 4-2)、各部位の深度変化を記録した。選別パネル高さは、底網の端の深度から選別パネル前端の中央および端の深度の差で示した。それぞれの超小型メモリー深

度計は測定時刻を同期させ、1分間隔で深度を測定した。測定は全ての作業時に実施したが、分離網Cについては深度計が作業中にトラブルを起こし、2作業分のデータを採ることができなかったため、全18作業のうち16作業分のデータを解析に用いた。

### 4-3. 結果

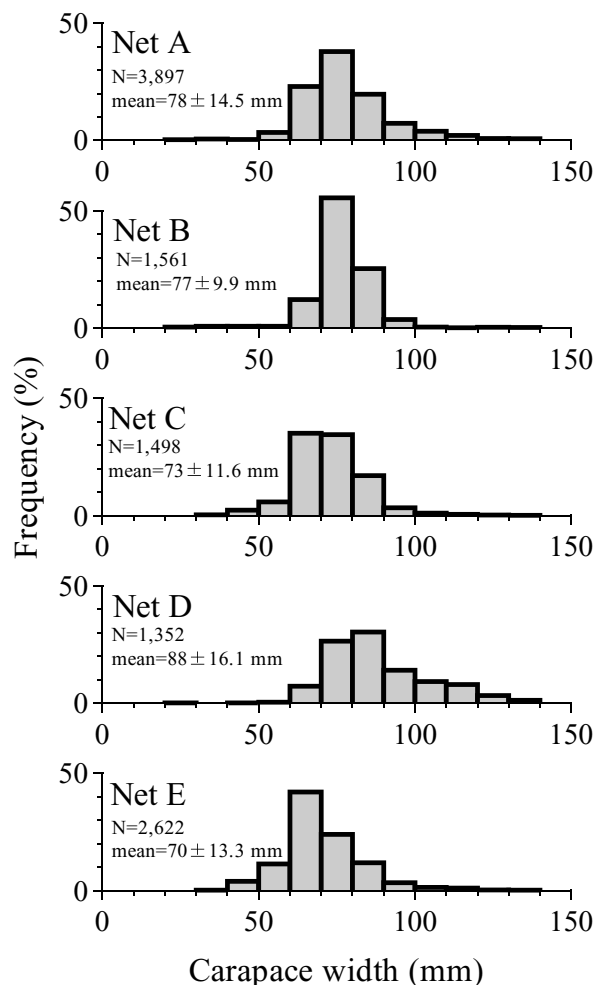
#### 4-3-1. ズワイガニおよびアカガレイ類の漁獲結果

合計18曳網の試験作業におけるズワイガニ、アカガレイおよびヒレグロの上網と下網での漁獲個体数と入網率をTable 4-2に示した。ズワイガニの入網率は、分離網B、CおよびEでは全ての作業で0.26以下であったのに対し、分離網AおよびDでは、分離網Aの1回目の0.29以外は、全てが0.4以上と高い結果となった。各分離網での全作業を合算した入網率はそれぞれ $p_1=0.42$ ,  $p_2=0.14$ ,  $p_3=0.23$ ,  $p_4=0.44$ ,  $p_5=0.09$ であった。アカガレイの入網率はそれぞれ $p_1=0.76$ ,  $p_2=0.81$ ,  $p_3=0.74$ ,  $p_4=0.86$ ,  $p_5=0.79$ であった。ヒレグロの入網率は分離網A、B、CおよびEでは全ての作業で0.70以下であったのに対して、分離網Dでは全ての作業で0.75以上であった。各分離網の作業を合計した入網率はそれぞれ $p_1=0.61$ ,  $p_2=0.65$ ,  $p_3=0.62$ ,  $p_4=0.84$ ,  $p_5=0.63$ であった。

**Table 4-3** Comparison in proportion of the upper net catch for *Chionoecetes opilio*, *Hippoglossoides dubius* and *Glyptocephalus stelleri* between the sixteen models

Species	Model	Parameter	AIC
<i>C. opilio</i>	$p_4 = p_1 = p_3 = p_2 = p_5$	1	12,855.98
	$p_4 > p_1 = p_3 = p_2 = p_5$	2	12,671.06
	$p_4 = p_1 > p_3 = p_2 = p_5$	2	11,730.47
	$p_4 = p_1 = p_3 > p_2 = p_5$	2	11,808.26
	$p_4 = p_1 = p_3 = p_2 > p_5$	2	12,122.07
	$p_4 > p_1 > p_3 = p_2 = p_5$	3	11,730.92
	$p_4 > p_1 = p_3 > p_2 = p_5$	3	11,786.63
	$p_4 > p_1 = p_3 = p_2 > p_5$	3	12,051.53
	$p_4 = p_1 > p_3 > p_2 = p_5$	3	11,611.07
	$p_4 = p_1 > p_3 = p_2 > p_5$	3	11,610.10
	$p_4 = p_1 = p_3 > p_2 > p_5$	3	11,774.89
	$p_4 = p_1 > p_3 > p_2 > p_5$	4	11,577.70 *
	$p_4 > p_1 = p_3 > p_2 > p_5$	4	11,753.27
	$p_4 > p_1 > p_3 = p_2 > p_5$	4	11,610.56
	$p_4 > p_1 > p_3 > p_2 = p_5$	4	11,611.53
	$p_4 > p_1 > p_3 > p_2 > p_5$	5	11,578.16
<i>H. dubius</i>	$p_4 = p_2 = p_5 = p_1 = p_3$	1	1,938.00
	$p_4 > p_2 = p_5 = p_1 = p_3$	2	1,926.66
	$p_4 = p_2 > p_5 = p_1 = p_3$	2	1,923.88 *
	$p_4 = p_2 = p_5 > p_1 = p_3$	2	1,927.39
	$p_4 = p_2 = p_5 = p_1 > p_3$	2	1,934.28
	$p_4 > p_2 > p_5 = p_1 = p_3$	3	1,925.88
	$p_4 > p_2 = p_5 > p_1 = p_3$	3	1,925.07
	$p_4 > p_2 = p_5 = p_1 > p_3$	3	1,926.60
	$p_4 = p_2 > p_5 > p_1 = p_3$	3	1,927.29
	$p_4 = p_2 > p_5 = p_1 > p_3$	3	1,927.43
	$p_4 = p_2 = p_5 > p_1 > p_3$	3	1,928.98
	$p_4 = p_2 > p_5 > p_1 > p_3$	4	1,928.88
	$p_4 > p_2 = p_5 > p_1 > p_3$	4	1,926.66
	$p_4 > p_2 > p_5 = p_1 > p_3$	4	1,926.97
	$p_4 > p_2 > p_5 = p_1 > p_3$	4	1,926.83
	$p_4 > p_2 > p_5 > p_1 > p_3$	5	1,928.42
<i>G. stelleri</i>	$p_4 = p_2 = p_5 = p_3 = p_1$	1	25,664.20
	$p_4 > p_2 = p_5 = p_3 = p_1$	2	24,378.02
	$p_4 = p_2 > p_5 = p_3 = p_1$	2	24,983.29
	$p_4 = p_2 = p_5 > p_3 = p_1$	2	25,374.29
	$p_4 = p_2 = p_5 = p_3 > p_1$	2	25,528.93
	$p_4 > p_2 > p_5 = p_3 > p_1$	3	24,374.32
	$p_4 > p_2 = p_5 > p_3 = p_1$	3	24,373.19 *
	$p_4 > p_2 = p_5 = p_3 > p_1$	3	24,376.15
	$p_4 = p_2 > p_5 > p_3 = p_1$	3	24,982.52
	$p_4 = p_2 > p_5 > p_3 > p_1$	3	24,983.61
	$p_4 = p_2 = p_5 > p_3 > p_1$	3	25,376.13
	$p_4 = p_2 > p_5 > p_3 > p_1$	4	24,984.36
	$p_4 > p_2 = p_5 > p_3 > p_1$	4	24,375.03
	$p_4 > p_2 > p_5 = p_3 > p_1$	4	24,374.64
	$p_4 > p_2 > p_5 > p_3 = p_1$	4	24,373.54
	$p_4 > p_2 > p_5 > p_3 > p_1$	5	24,375.38

\* The smallest value of AIC.



**Fig. 4-3** Carapace width compositions of *Chionoecetes opilio* caught by Net A - E.

18作業中、16作業においてアカガレイの入網率がヒレグロの入網率を上回った。

各魚種における入網率のモデル比較の結果をTable 4-3に示した。ズワイガニでは、 $p_4=p_1>p_3>p_2>p_5$ のモデル、アカガレイでは $p_4=p_2>p_5=p_1=p_3$ のモデル、ヒレグロでは $p_4>p_2=p_5>p_3=p_1$ のモデルが最適となった。

各分離網で漁獲されたズワイガニの甲幅組成およびアカガレイ、ヒレグロの体長組成をFig. 4-3~5に示した。ズワイガニは甲幅20~140 mmの個体が漁獲され、そのモードは甲幅60~80 mmにみられ、甲幅50~100 mmの個体が78~97%を占めていた(Fig. 4-3)。アカガレイは体長140~360 mmの個体(Fig. 4-4)、ヒレグロでは体長70~250 mmの個体が漁獲された(Fig. 4-5)。各分離網で漁獲されたズワイガニ、アカガレイおよびヒレグロの平均甲幅および体長について比較した結果、全ての魚種において各分離網間に有意差がみられた(ANOVA,  $p<0.05$ )。

各分離網の各魚種に対する選択性曲線のパラメータの推定結果およびAICをTable 4-4に、最適となった選

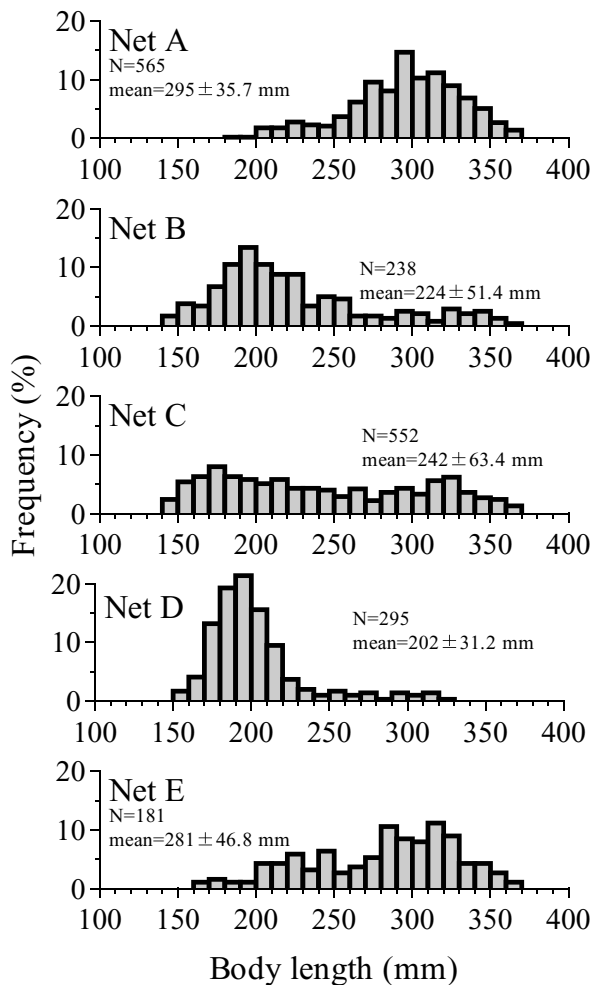


Fig. 4-4 Body length compositions of *Hippoglossoides dubius* caught by Net A - E.

折曲線および直線をFig. 4-6に示した。ズワイガニでは分離網B以外で選択性がみられ、甲幅が増大するとともに入網率も増加した。分離網Bでは一定モデルが最適となったが、選択性モデルとのAICの差は1.4と僅かであり、甲幅120 mm以上では実測の入網率は0.3以上に増加していた。漁獲個体の約80%以上を占める甲幅50～100 mmの範囲(Fig. 4-3)についてみると、入網率に差がみられなかった分離網AおよびDでは(Table 4-3)、両網間の各甲幅階級における選択性曲線の入網率の差は0.05未満であった。両網の選択性曲線の入網率は他の網のそれよりも0.12～0.33高い値であった。アカガレイでは各分離網の一定モデルと選択性モデルとのAICの差は0.7～3.2と僅かであった。分離網A、BおよびEでは一定モデルが適していた。分離網Cでは選択性モデルが適していたが、選択性曲線の入網率は体長145 mmで0.68、体長365 mmで0.82であり、増加は0.15と小さかった。分離網Dでも選択性モデルが適していたが、体長別の実測値は体長155 mm～225 mmでは0.80～0.92、体長235 mm以上では1.00とほぼ一定であった。ヒレグロでは全ての網で選択性モ

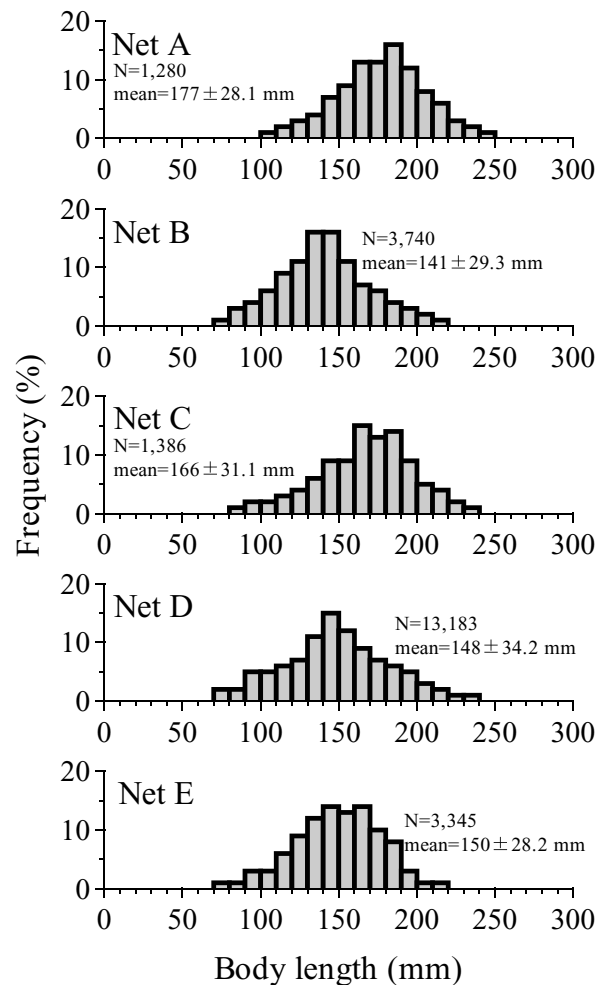


Fig. 4-5 Body length compositions of *Glyptocephalus stelleri* caught by Net A - E.

デルが適していた。分離網BおよびDの選択性曲線の入網率は体長の増大に伴って減少した。

分離網A～Eにおけるズワイガニとアカガレイの分離効率をTable 4-5に示した。各操業における分離効率(東海, 1997)の平均値はそれぞれ、0.36, 0.67, 0.59, 0.40および0.65であった。なお、ズワイガニで特に漁獲個体数の多かった甲幅50～100 mmの範囲に限定して分離効率を求めたが、その数値はほぼ同値であった。

#### 4-3-2. 選別パネルの高さの測定

各分離網の操業ごとの網着底から曳網終了時までの選別パネル高さの変化をFig. 4-7に示した。選別パネル中央の高さは、各分離網ともに着底から約10分後まで減少傾向を示した。その後、分離網B、CおよびEでは選別パネル高さの減少は止まり、1～2 mの範囲内で概ね一定となったが、分離網AおよびDでは選別パネル高さは減少傾向を示し、20～30分後にはほぼ0 mとなった。一方、選別パネル端の高さは、各分離網ともに曳網終了時においても1～2 m前後の高さが維持されていた。

**Table 4-4** Estimated parameters in the two models of mesh selectivity and AIC for the five types net

<i>Chionoecetes opilio</i>										
Parameter	Logistic equation**					Constant***				
	Net A	Net B	Net C	Net D	Net E	Net A	Net B	Net C	Net D	Net E
$\alpha$	-0.015	0.006	-0.015	-0.018	-0.049	—	—	—	—	—
$\beta$	1.490	1.349	2.356	1.841	5.984	—	—	—	—	—
$p_h$	—	—	—	—	—	0.42	0.14	0.23	0.44	0.09
Number of parameters	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
AIC	5,254.5 *	1,294.5	1,600.0 *	1,829.2 *	1,418.0 *	5,299.9	1,293.1 *	1,606.6	1,854.3	1,527.6

<i>Hippoglossoides dubius</i>										
Parameter	Logistic equation**					Constant***				
	Net A	Net B	Net C	Net D	Net E	Net A	Net B	Net C	Net D	Net E
$\alpha$	0.003	-0.002	-0.004	-0.015	-0.002	—	—	—	—	—
$\beta$	-2.104	-1.055	-0.218	1.102	-0.723	—	—	—	—	—
$p_h$	—	—	—	—	—	0.76	0.81	0.74	0.86	0.79
Number of parameters	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
AIC	624.0	237.4	626.1 *	240.5 *	198.3	623.3 *	235.7 *	629.3	243.5	196.6 *

<i>Glyptocephalus stelleri</i>										
Parameter	Logistic equation**					Constant***				
	Net A	Net B	Net C	Net D	Net E	Net A	Net B	Net C	Net D	Net E
$\alpha$	-0.012	0.007	-0.015	0.013	-0.005	—	—	—	—	—
$\beta$	1.605	-1.547	2.028	-3.707	0.218	—	—	—	—	—
$p_h$	—	—	—	—	—	0.61	0.64	0.62	0.85	0.64
Number of parameters	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
AIC	1,686.1 *	2,525.7 *	1,780.8 *	1,633.5 *	2,178.8 *	1,715.6	2,543.5	1,847.9	1,682.6	2,186.1

\* smaller value of AIC between the two models.

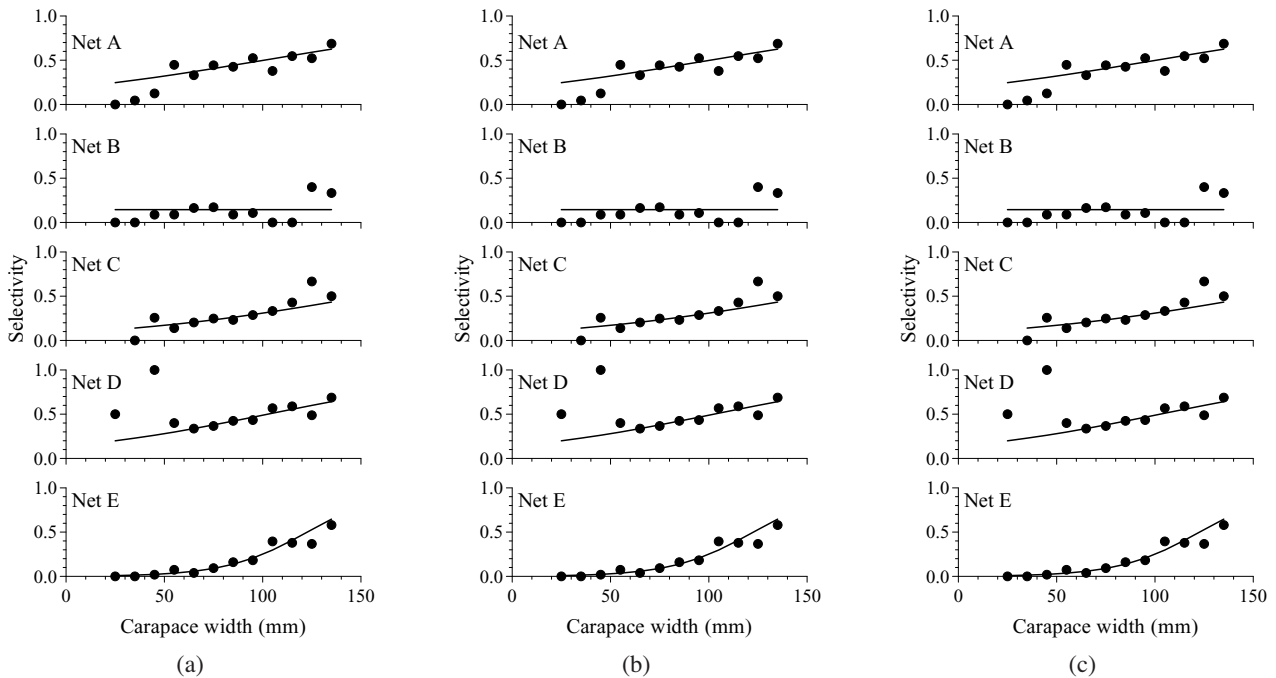
\*\*  $S(l_j) = 1 / \{1 + \exp(\alpha l_j + \beta)\}$ ,  $l_j = (j=1, \dots, J)$

\*\*\*  $S(l_j) = p_h$ ,  $h = (1, \dots, 5)$

#### 4-4. 考察

ズワイガニでは分離網AおよびDの入網率がその他の網の入網率よりも高く(Table 4-2), モデル比較においても差がみられた(Table 4-3)。分離網B, CおよびEでは選別パネル高さが曳網最後まで維持されていたのに対して, 分離網AおよびDでは選別パネル中央の高さが曳網途中で0 mとなった(Fig. 4-7)。井上ら(2003)は越前網の水理模型実験から, 同網の選別パネル中央は低く垂れ下がり, この部分を通過するズワイガニ模

型は網外に排出されなかったと報告した。分離網AおよびDにおいては, 選別パネル中央部の高さがほぼ0 mとなつてからは, その部分を通過するズワイガニの大部分は選別パネルから下網に落ちず, 効率的な分離を行うことができなかつたと推察された。越前網の実際の操作におけるズワイガニの入網率は約10%と低く, 効率的な分離が行われていた。(堀江ら, 2001)これは本研究における分離網B, CおよびEの入網率である0.09~0.23(Table 4-2)と同程度である。井上ら(2003)



**Fig. 4-6** Mesh selectivities for *Chionoecetes opilio* (a), *Hippoglossoides dubius* (b) and *Glyptocephalus stelleri* (c) caught by Net A - E. Sigmoid curves were expressed as logistic equation. Solid circles indicate the proportion of upper net in all hauls. Solid squares indicate proportion of upper net catch to the total in first haul. Open squares indicate proportion of upper net catch to the total in second haul. Solid triangles indicate proportion of upper net catch to the total in third haul. Open triangles indicate proportion of upper net catch to the total in fourth haul, respectively.



**Table 4-5** Separation efficiency between *Chionoecetes opilio* and *Hippoglossoides dubius*

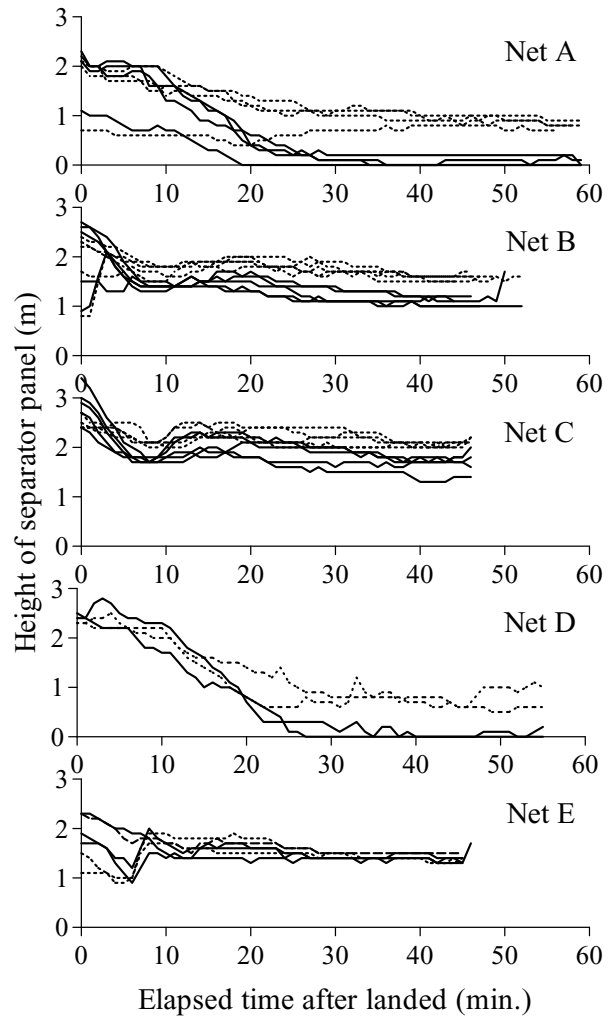
Operation No.	Net A	Net B	Net C	Net D	Net E
1	0.43	0.76	0.46	0.39	0.73
2	0.35	0.58	0.73	0.45	0.72
3	0.31	0.66	0.66	0.37	0.49
4	0.35		0.51	0.39	
Average	0.36	0.67	0.59	0.40	0.65

はこの結果をズワイガニの大部分が選別パネルの中央ではなく端を通過するためと推測した。すなわち、本研究と堀江ら(2001)の操業とでは、ズワイガニの駆集のされ方や網内への進入路が異なっていた可能性が考えられた。

一方、カレイ類においては、アカガレイ、ヒレグロともに分離網AおよびDの入網率が他の分離網の入網率よりも高いという結果は得られなかった(Table 4-3)ことから、選別パネル中央の網高さの影響は無かった推測される。また、アカガレイ、ヒレグロともに入網率が最も高い分離網D以外での入網率の最大の網間差は、アカガレイでは0.07、ヒレグロでは0.04と小さく(Table 4-2)、実際の操業においては無視できるレベルであると考えられた。分離網AおよびDはズワイガニの入網率が高い(Table 4-2, 4-3)ため、ズワイガニとカレイ類との分離漁獲には、分離網B、CおよびEが良好であることが分かった。

全ての分離網の選別パネル前端にブイを取り付けているにも関わらず、分離網AおよびDと分離網B、CおよびE間で選別パネル中央の高さに違いが生じた(Fig. 4-7)。分離網AおよびDでは仕切網前端の取付け位置が網口から3 mであるのに対し、分離網B、CおよびEでは1.5 mであった(Fig. 4-2, Table 4-1)。ニチモウ株の知見では、駆け廻し式底曳網の網口近くに仕切網を配し、上下の二重構造を設定する場合には、網口から約1.5 mの位置から仕切網を配することが有効とされている。したがって、選別パネル中央の高さの違いには、網口から仕切網の取り付け位置までの距離の違いが影響している可能性がある。なお、選別パネル前端の取り付け位置の違いおよび選別パネルの横方向の目数の違いについては、取り付け位置が5:5で目数が8であった分離網Bおよび取り付け位置が6:4で目数が12であった分離網Cの選別パネル中央の高さがともに維持されていたことから、本研究で設定した範囲においては、選別パネル中央の高さに与える影響は小さいと推察された。駆け廻し式底曳網はトロール網のように袖網間の距離が一定ではなく、曳網中の網成についても変化している(肥後, 1971)。今後、模型網による水槽実験等により、選別パネルの高さを維持する条件について検証する必要があると考えられる。

次に、網目選択性について検討を行う。ズワイガニでは、分離網B以外で網目選択性がみられた(Table 4-



**Fig. 4-7** Changes in height of the center and left end in the front edge of separator panel in each haul of net respectively. Solid and broken lines indicate height of the center and left end, respectively.

4)。漁獲の主体であった甲幅50 ~ 100 mmでは、分離網AおよびDとそれ以外の網の入網率に差がみられ(Fig. 6a)、分離網間の入網率の差を検討した結果(Table 4-3)を支持した。しかし、ズワイガニの甲幅の大きさによる入網率の違いはなかったと報告した堀江ら(2001)の結果とは異なった。これは、堀江ら(2001)の試験では甲幅105 mm以上の大型のカニは漁獲されず、網目選択性による差が生じ難かったためと考えられる。若狭湾および山陰沖西部海域においては、一般的にズワイガニは水深225 m以浅の浅所には小型個体、水深250 m以深には大型個体が主として分布する特性を有している(今, 1969; 伊藤, 1970)。京都府沖合海域でズワイガニの混獲が問題となる水深帯は200 ~ 220 mである。同水深帯が甲幅100 mm未満の小型個体の分布域であることや、ズワイガニの排出に優れた分離網B,CおよびEでは甲幅100 mm未満の小型個体の入網率は0.3以下であることから、本分離網のズワイガニに対する網目選択性は大きな問題ではないと考え

られた。甲幅100 mm以上の大型個体の入網率を低下させるためには、選別パネルの目合の拡大や目数を増やす等の手法が有効であると考えられるが、カレイ類の入網率も同時に低下する可能性もあり、十分な検討が必要である。

アカガレイでは分離網C、Dに選択性がみられた(Table 4-4)が、分離網Cの入網率と分離網A、BおよびEの入網率との間には大きな差はなかった(Fig. 4-6b)。また、分離網Dでは、漁獲の90%を占める体長230 mm未満の個体の入網率の実測値は0.80~0.92とほぼ一定であった(Fig. 4-6b)。したがって、入網率に対する網目選択性の影響は大きくないと判断した。ヒレグロにおいては全ての網において選択性がみられたが(Table 4-4)、各選択性曲線のバラツキは大きかった(Fig. 4-5c)。ヒレグロと同じ異体類であり、体型も酷似するヤナギムシガレイの50%選択体長を網目選択性のマスターカーブ(山崎ら, 2001a)から計算すると、本研究で用いたコッドエンドの目合32 mmに対しては87 mm, 目合37 mmに対しては99 mm, 目合73 mmに対しては178 mmとなる。本研究において漁獲されたヒレグロの体長範囲は70~250 mm(Fig. 4-5)であることから、ヒレグロに対する網目選択は、選別パネルだけではなく、コッドエンドにおいても生じている可能性がある。このことが、ここで求めた選別パネルにおけるヒレグロに対する網目選択性曲線に影響を与えている可能性は高く、網目選択性について検討を行うことはできなかった。18操業中、16操業においてアカガレイの入網率がヒレグロの入網率を上回った(Table 4-2)。これは選別パネルから落下させて漁獲物の選択を行う場合、対象種の遊泳力によってその入網率が変化する(He, 1993)ことから、両種の入網率の違いは、遊泳力の差、すなわちアカガレイの遊泳力がヒレグロの遊泳力よりも優っていることに起因する可能性が考えられた。

最後に、分離効率(東海, 1997)について検討する。選別パネル高さが維持されていた分離網B、CおよびEの分離効率(東海, 1997)は0.59~0.67(Table 4-4)であった。堀江ら(2001)の結果である0.77と比較するとやや低い値であるが、北海のトロール網におけるアカザエビとタラ類の0.695(東海, 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)を上回っていることから、実用化に耐え得る性能を有していると考えられた。

## 第5章 分離漁獲によるアカガレイの鱗剥離と鮮度低下の抑制効果について

### 5-1. はじめに

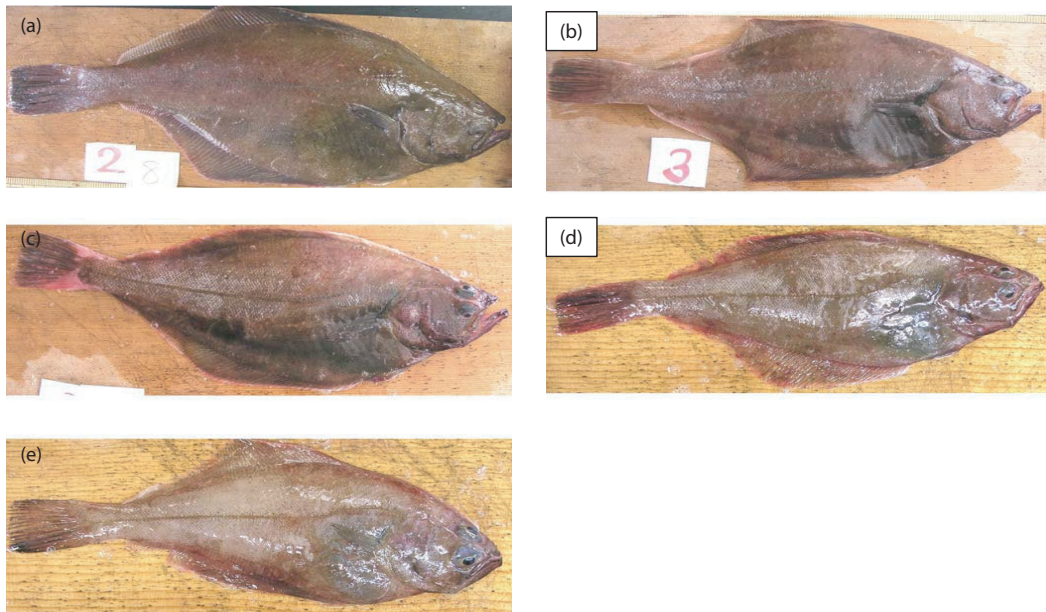
第4章ではアカガレイとズワイガニとを分離して漁獲する分離網の開発を行った。通常網で漁獲されたアカガレイは体表が赤く傷ついた状態で水揚げされることが多く、これは曳網中あるいは揚網中にズワイガニ等と接触した体表が傷ついたためと推測される。堀江ら(2001)は、ズワイガニとの分離漁獲により、アカガレイが受けるこうした傷を軽減することが期待されるとしている。また、こうした鱗の剥離が生じたアカガレイでの鮮度の低下が大きいことが懸念される。他の魚種では、こうした曳網で漁獲された魚やあるいは網目から抜けた魚の体表の傷は、鱗の剥離の程度として評価され、分離漁獲やその後の生残性などとの関係が調べられたりしている(Soldal, 1997; Broadhurst, 1997; Purbayanto, 2001; Butcher, 2010)。また、魚の鮮度は、K値によって評価でき(Saito *et al.*, 1959)、漁獲後の鮮度保持は保蔵温度や致死条件によって異なることが知られている(Iwamoto *et al.*, 1987; 望月, 佐藤, 1994)。底曳網漁獲物の鮮度保持では漁獲後の冷却方法の重要性も指摘されている(原田, 2006)。宮嶋ら(2008)も、アカガレイの保蔵温度とK値との関係を調べ、1°Cでの保蔵よりも5°Cでの保蔵の方がK値は有意に高くなることを報告している。しかしながら、鱗の剥離や体表面の傷によって、鮮度低下が異なるものか、研究はほとんどない。また、分離装置の装着によって鱗の剥離を抑制し、引いては鮮度保持の改善が可能かどうかについての研究はほとんどない。

そこで本章では、さかな網と分離網で漁獲されたアカガレイの有眼側の鱗の剥離状態を調べる。次に、鱗の剥離の状態の違いによる鮮度低下を、鮮度を表すK値を経時的に計測して比較した結果を示す。そして、これらをもとに、分離漁獲が鮮度低下を抑制する効果について考察した。

### 5-2. 材料および方法

#### 5-2-1. 鱗の剥離状態の分析

2008年1月29日~4月18日にKDSFFに所属する底曳網漁船によってさかな網と分離網でそれぞれ漁獲されたアカガレイから標本を得て、その鱗の剥離状態の観察を行った。入手したアカガレイはそれ以上に鱗が剥離しないようにポリ袋に収容し、クーラーボックスに入れて実験室に持ち帰り、個体ごとに有眼側をデジタルカメラ(オリンパスC-5050 ZOOM)で撮影した後に、体長を1 mm単位で測定した。なお、無眼側の体表は白く、鱗の剥離状態を観察しにくかったため、撮影を行わなかった。各個体の有眼側における鱗の剥離状態を、次に示す5段階の分類(categories of scale loss, 以



**Fig. 5-1** Five categories of scale loss on the dorsal side of flathead flounder for visual assessment.

(a) CSL 1, little scale loss; (b) CSL 2, slight scale loss on some parts of the body surface; (c) CSL 3, scale loss on less than 50% of the body, (d) CSL 4, scale loss over 50% of the body surface; and (e) CSL 5, scale loss over almost entire the body surface.

下CSLとする)に基づき、写真上で目視によって判定した。

CSL 1：ほとんど鱗の剥離がない状態、

CSL 2：一部の鱗が剥離している状態。

CSL 3：鱗の剥離は明瞭であるが、その割合は全体の50%以下である。

CSL 4：全体の50%以上の鱗が剥離している状態。

CSL 5：大部分の鱗が剥離している状態。

それぞれの例をFig. 5-1に示した。

また、底曳網のコッドエンドで漁獲された魚にみられる鱗の剥離や体表の傷は、体長に依存する可能性が指摘されている(Suuronen, 2005)。そこで、50 mmの体長階級毎に剥離状態を表すCSLの割合を求めて、さかな網と分離網の漁獲物で比較した。

なお、この鱗の剥離の程度を表す分類の有効性を確かめるために、実際に魚の体表上で鱗が剥離している割合がどの程度あるかを数値化することを試みた。分類ごとに、各CSLに判定された中から10個体を無作為抽出し、当該個体の有眼側の写真を用いて、画像解析により鱗の剥離率を次のように算出した。まず、Adobe Photoshop(version 6.0)により、有眼側の画像から鰭と眼球を消去し、鱗が剥離した部分を選択した。次にSion Imageにより、有眼側の体表上の総Pixel数に対する鱗の剥離部の総Pixel数の割合を求め、剥離率とした。

#### 5-2-2. 鮮度の指標となるK値の測定

鱗の剥離による漁獲後の鮮度の変化の違いを調べるために、分離網で漁獲されたアカガレイから鱗の剥離の多寡で標本を抽出し、K値を測定した。

2008年5月13日に、KDSFF所属の沖底船において、ズワイガニの排出口にカバーネットを装着した分離網(宮嶋ら, 2007)を用いて、コッドエンドとカバーネットで漁獲されたアカガレイを得た。なお、コッドエンドでの漁獲物は混獲物が少なくほとんどがアカガレイであったのに対して、カバーネットでは脱出口から出た多数のズワイガニに混じってわずかにアカガレイが漁獲された。こうしたことから、ほとんど夾雑物がないコッドエンドから、鱗の剥離がほとんどないCSL 1あるいは2のアカガレイ標本を得ることができた、またカバーネットからは、ズワイガニとの混獲で半分以上の鱗が剥離したCSL 4あるいは5の標本を得ることができた。これらの標本は、それ以上鱗の剥離が起きないように直ちに個体ごとにポリ袋に入れて、砕氷を敷き詰めた蓋付発泡スチロール製容器(以下、容器とする)4箱に10個体ずつを収容した。このような敷き氷では、アカガレイは15℃から30分程度で腹腔内まで7℃以下に下げるとされている(原田, 2006)。陸上を持ち帰った後、漁獲の3時間後からさらに保蔵温度を氷蔵(1℃)と冷蔵(5℃)の2条件に鱗の剥離がほとんどない標本と著しい標本を分け、合計4つの実験条件下に各10個体の標本をおいて観察した。それぞれの条件下において決めた3個体から、漁獲後の6、12、18、24および48時間経過後に採取した筋肉のK値を測定した。なお、漁獲直後に、これらの標本とは別にコッドエンドから抽出した3個体から採取した筋肉についても、K値を測定した。なお、氷蔵(1℃)と冷蔵(5℃)の条件ごとに各容器内温度を記録式温度計(Automated Systems製TOMPROBE)で記録した。帰港後、容器を実験室に



持ち帰り、各試験区からK値計測の供試魚となる3個体をそれぞれ選び出し、mm単位での体長計測と有眼側のデジタルカメラ撮影を素早く行い、容器に戻した。供試魚の写真は前述と同様の方法を用いて画像解析し、各個体の剥離率を算出した。漁獲後約3時間～48時間の間は、各容器は5℃に設定した冷蔵室内で保管した。その際に、5℃で保蔵した容器からは砕氷を取り除き、1℃で保蔵する容器には、実験中砕氷がなくなるように再度砕氷を敷き詰めた。

漁獲直後を含む各実験条件の容器から選び出した3個体について、経過時間ごとに有眼側の普通筋約4 gずつを採取し、すぐに約2 mm角の小片にし、15%過塩素酸(PCA)40 mlを加えた。その後、これらをポリトロンホモジナイザーで破碎し、ATP関連化合物を抽出するとともに、ATP関連化合物分解に関わる酵素を失活させた。そして、30分静置した後、これを遠心分離(10,000×g, 2℃, 20分)して上清を得た。さらに沈殿に15%PCAを15 ml加えて攪拌し30分静置した後、同条件で遠心分離を行い、上清を得た。これら2つの上清を合わせ、NaOHでpH7.0±0.2に調整した後に、ろ紙(No.2, 東洋ろ紙)を用いて吸引ろ過したろ液を蒸留水で100 mlに定容して、K値の分析試料とした。この分析試料をゲル濾過カラム(Asahipak, GS-320HQ, 旭化成)を装着したHPLCシステム(LC-10A, 島津製作所)に供してATP関連化合物を分析した。

### 5-3. 結果

#### 5-3-1. さかな網と分離網における体長別の鱗の剥離

さかな網ではアカガレイとともにズワイガニが同程度の重量で漁獲されているのに対して、分離網ではズワイガニはまったく漁獲されなかった(Table 5-1)。また、目視による鱗の剥離状態の分類CSLで剥離の程度が大きいほど、画像で調べた体表上での鱗の剥離割合の平均値(標本10個体)は、高くなるような相関がみられた(Spearman rank correlation coefficient),(Fig. 5-2)。ほとんど剥離がないとされるCSL 1では、体表上で鱗が剥離している割合は0.05以下である。また、有眼側の鱗の剥離が明瞭で全体の50%以下とするCSL 3では実際に0.2～0.4程度であったのに対して、体表の半分以上の鱗が剥離しているとするCSL 4でも実際には50%の剥離に満たない場合もあり、目視による分類はやや鱗の剥離を過大評価している。大部分の鱗が剥離しているとするCSL 5は平均値が0.9付近にあり、これに分

類されたアカガレイでは体表の8割以上の鱗が剥離していることを示唆していた。各CSLに分類されたアカガレイ個体の剥離率の平均値を、すべてのCSL間で対比較した結果、すべてで有意差が認められた(Tukey test,  $p<0.01$ )。このことから、目視による鱗の剥離はやや過大評価になる傾向があるものの、剥離状態を明確に分類できており、以降目視による鱗の剥離状態の分類CSLを用いて鱗の剥離状態を評価する。

比較に用いたアカガレイ標本の平均体長は、さかな網では260±49.3 mm, 分離網では228±49.8 mmであり、両網間で有意差が認められた(t-test,  $p<0.05$ )。したがって、両網でのアカガレイ標本のCSLを比較するためには、体長の影響を考慮する必要がある。両網におけるCSL毎の出現比率を体長階級別に求めた(Fig. 5-3)。どちらの網でも、体長が大きくなるに伴って、剥離率の高いことを示すCSL 5や4の割合が減少し、剥離が少ないCSL 2と1の割合が増加した。このことは、小型個体ほど鱗の剥離し易いことを意味している。さかな網においては、剥離率が高いCSL 4と5の占める割合は、体長200 mmまでは84%であり、体長階級が大きくなるとともに体長250～300 mmでは48%にまで減少するが、体長300～350 mmでもまだ16%の割合で出現した。これに対して、分離網では、体長200 mmまでのCSL 4と5の出現割合は34%であったが、さかな網と同様にその割合は体長階級が大きくなるととも

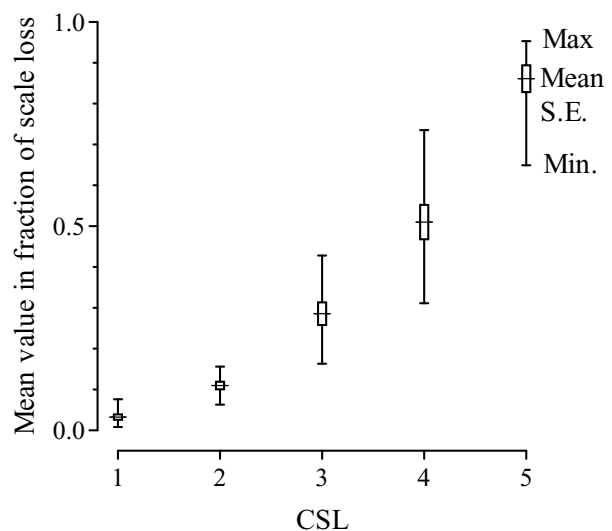
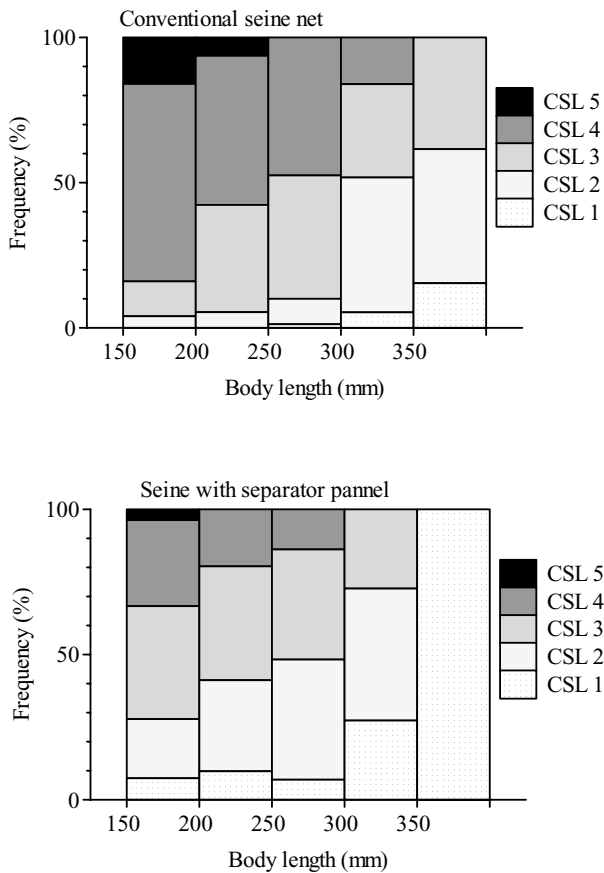


Fig. 5-2 Fraction of scale loss on the dorsal body side measured by digital image analysis plotted versus the scale loss category of visual assessment.

Table 5-1 Number of *Hippoglossoides dubius* samples, and catch weight

Date of sampling	Net	Number of samples	Catch in weight (kg)		
			Flathead flounder	Snow crab	Others
19 Jan. 2008	Conventional seine net	66	30	30	60
20 Feb. 2008	Conventional seine net	63	21	23	15
2 March 2008	Conventional seine net	100	15	15	15
18 March 2008	Conventional seine net	60	15	15	30
27 March 2008	Seine net with separator pannel	48	180	0	90
7 April 2008	Seine net with separator pannel	101	45	0	135





**Fig. 5-3** Comparison of the scale loss category composition by body length between conventional seine net and BRD seine net.

に体長250~300 mmでは16%にまで減少し、体長300 mm以上では出現しなかった。このように、分離網のCSL 4と5の出現比率は、それぞれの体長階級で、さかな網に比べて4分の1から3分の1程度になる。

**5-3-2. 鱗の剥離状態と保蔵温度別のK値の経時変化**  
実験条件ごとに、平均体長と平均鱗剥離率をTable

**Table 5-2** Mean categories of scale and body length of flathead flounder *Hippoglossoides dubius*

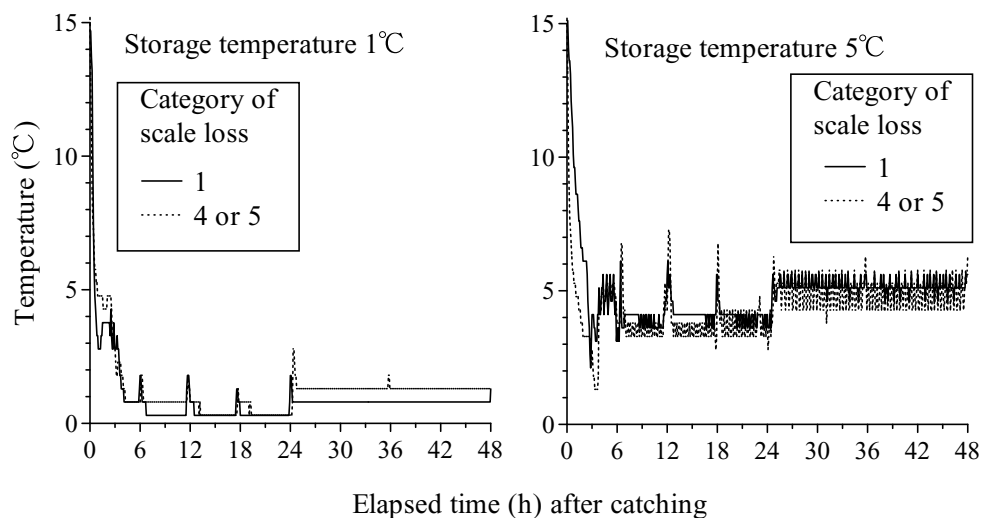
Storage temperature (°C)	Mean CSL* <sup>1</sup>	Mean body length (mm)
1.0	0.03±0.028	310.3±16.04
1.0	0.61±0.088	271.3±11.77
5.0	0.04±0.017	313.3±41.02
5.0	0.61±0.088	250.0±10.00

:

5-2に示した。実験に用いたアカガレイの鱗の剥離割合は、鱗の剥離が軽い実験区では5%未満であり、一方、鱗の剥離がひどい実験区では60%前後であり、それぞれCSL 1および、CSL 4か5に該当する。そこで、今後はそれぞれCSL 1およびCSL 4 or 5と呼ぶことにする。これらアカガレイの平均体長は、鱗の剥離が軽い実験区では310 mm前後であったのに対して、鱗の剥離がひどい実験区では271 mmと250 mmとやや小さかった。

各容器内で計測した温度の変化をFig. 5-4に示した。当初約15°Cであった容器内温度は、漁獲3時間後には全ての容器で約3°Cまで低下し、漁獲6時間後には1°C設定区では約1°C、5°C設定区では4~5°Cとなった。そして、漁獲6~48時間の容器内温度は、ほぼ設定した温度が保たれていた。

各実験条件下におけるK値の経時変化をFig. 5-5に示した。漁獲3時間のK値計測開始時において、鱗の剥離状態と設定保蔵温度に分けた容器間では、鱗の剥離状態間のK値に有意な差が認められたが、設定温度間には差は認められなかった(2要因分散分析,  $p < 0.01$ )。なお、漁獲直後の鱗の剥離がほとんどない個体でのK値の平均値は1.84であり、CSL 1の3時間時のK値とほぼ等しいものであった。このことから、漁獲後3時間



**Fig. 5-4** Changes in temperature of storage accommodated flathead flounder of slight scale loss (CSL 1 or 2) and heavy scale loss (CSL 4 or 5) at 1°C and 5°C temperature.

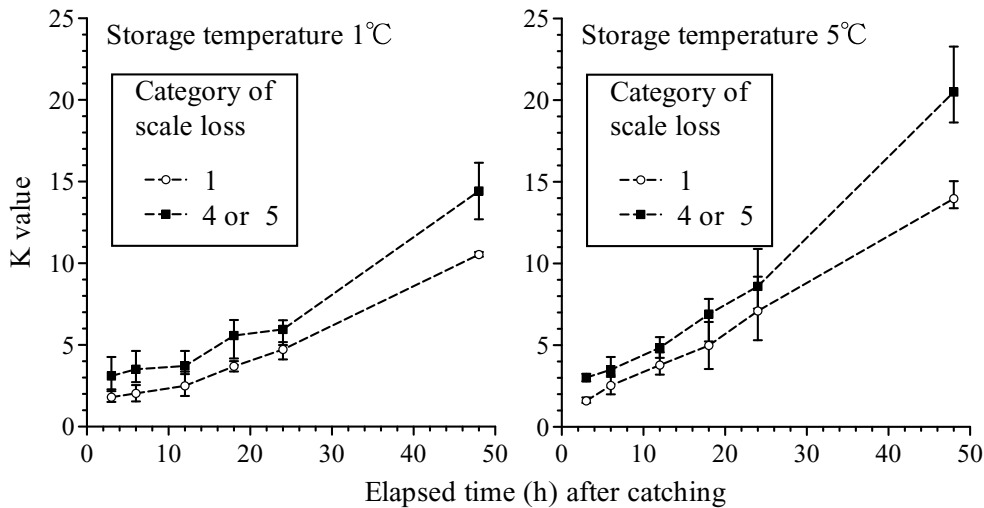


Fig. 5-5 Changes in K value of flathead flounder of slight scale loss (CSL 1 or 2) and heavy scale loss (CSL 4 or 5) under storage temperature of 1°C ad 5°C.

までの間に鱗の剥離状態がひどい個体では鮮度がわずかに低下したことを意味する。どの実験条件でも、K値は時間の経過とともに、上昇した。漁獲3, 6, 12, 18, 24および48時間後のK値についてみると、保蔵温度1°CのK値は、鱗の剥離状態に関わらず、12時間まで有意な差は認められなかったが、18時間以後は有意な差が認められた(増加傾向を仮定したWilliams' test,  $P < 0.05$ )。保蔵温度5°CのK値は、CSL 1では6時間後には、またCSL 4 or 5では12時間後には有意な差が認められた(増加傾向を仮定したWilliams' test,  $P < 0.01$ )。保蔵温度が高いと早くからK値の上昇が認められる結果となった。18時間経過時のK値には、CSL 1の1°C保存とCSL 4 or 5の5°C保存の間にだけ有意な差が認められた(Tukey-Kramer test,  $p < 0.05$ )。48時間経過時のK値は、CSL 4 or 5の5°Cの条件に対して、CSL 1の1°Cと5°C、およびCSL 4 or 5の1°Cが有意に異なった(Tukey-Kramer test,  $p < 0.01$ )。

#### 5-4. 考 察

##### 5-4-1. 鱗の剥離の評価方法と分離網による鱗剥離の低減効果

本研究では、有眼側の体表を撮影したデジタル画像上で、目視によって鱗の剥離の状態によって分類に分けた。また、別に画像上の鱗の剥離した面積割合を画像解析の手法を用いて評価した。漁獲物の体表の鱗の剥離を直接に目視で評価することはしばしば行われてきた(Soldal, 1997; Broadhurst, 1997; Purbayanto, 2001; Butcher, 2010)。本研究における目視による鱗の剥離状態の分類による判定結果は、画像解析による剥離面積の割合をもとに評価すると、目視の評価基準で想定した鱗の剥離率よりもやや過大評価となっていた。しかし、目視による分類結果は、分類ごとに画像解析による鱗の剥離率が明確に分かれていたことから、有効で

あると考えられる。こうした目視による鱗の剥離の分類は簡便であり、大量の漁獲物の鱗の剥離を評価するのに適当と考えられている。特に、本研究では、撮影した画像上での鱗の剥離の判定も有効であった。このように体表面のデジタル画像を撮影し保存しておくことで、評価者を一人にして個人差をなくすことや、目視による再評価を行うことも可能となる。

本研究では、さかな網と分離網ともに小型個体ほど鱗の剥離率が高かった(Fig. 5-2)。上述したように、本海域ではアカガレイとともに、ズワイガニやキタクシノハクモヒトデなどが混獲される(Table 5-1)。そうした際に、アカガレイ体表の傷と鱗の剥離は、コッドエンド内でズワイガニやクモヒトデなどの混獲物との接触による摩擦や圧力によって主に生じるものと考えられる。一般的に、魚体が小さいと、遊泳能力が低い分だけ体表に傷を受けるような網や混獲物との接触などから回避する能力も小さいことや、体表皮も弱く鱗がはがれやすいことも指摘されている(Surronen, 2005)。このほかに、体長が小さい個体ほど漁獲物間の狭い空間に入り込むことでより他の混獲物との接触機会が増えて、剥離率が増加した可能性が考えられる。

体長300 mmを超える個体に対しては、さかな網で漁獲してもCSL 4以上はほとんどみられなくなった(Fig. 5-2)。体長300 mmまでのCSL 4および5の出現率は、さかな網の方が分離網よりも2.5~3倍高かった。一方、京都府沖合における本種の漁獲の主体は体長300 mm以下であることから、分離網を操業に使用することにより漁獲された本種の剥離率を低下させることができる。

一般的に鱗の剥離が少ない方が、網目を抜けた後の生残性が高いことが知られている(Surronen, 2005)。Kaiser and Spencer(1995)は、Beam trawlに混獲された plaice *Pleuronectes platessa* と dab *Limanda limanda* は死

亡率が高く(61%と76%),死亡したplaiceとdabは30%より広く鱗の剥離や打ち傷がみられたことを報告している。また, Kaiser and Spencer(1995)は, 漁獲物のうちで他の混獲物から擦り傷を受けると死亡率が高くなることを示唆している。分離網では, 網目から抜けるアカガレイ個体についても, 網内で混獲物が少ないことで, さかな網よりも鱗の剥離が少なく生残性が高いことが期待される。

#### 5-4-2. 鱗の剥離とK値の関係

実験に供したアカガレイの体長は, CSL 4 or 5の標本は300 mm未満であるのに対して, CLS 1の標本の体長は300 mm以上であった(Table 5-2)。Fig.5-2で上述したように, 体長が大きいほど鱗の剥離の程度は少ないので, その分だけ鱗が剥離し易かったことは考えられる。漁獲後3時間のK値計測開始時では, 同様に保蔵していた4つの容器のうち, 鱗の剥離状態間でK値に有意な差が認められ, 鱗の剥離がひどい実験条件ではK値はやや高かった(Fig. 5-4)。一般的に, 底曳網では網内で魚が遊泳して披露することや, コッドエンド内で他の混獲物と接触することでストレスを受けるものと考えられる(Suuronen, 2005)。漁獲後に同じ様に保蔵していたにもかかわらず, こうした差が出たのは, CSL4 or 5のアカガレイは鱗の剥離がひどかったことから連想されるように, 網内で混獲物との接触や圧迫による苦悶状態にあったと考えられる。このために網内でエネルギーが消費されて, 水揚げ前にすでにATP量が減少していた可能性がある。実際に, マサバやブリでは, 苦悶死した場合にK値の上昇が早いことが知られている(Kaiser and Spencer, 1995; 望月, 佐藤, 1996)。

本研究において, K値の上昇によって漁獲後3時間時と有意な差が出るのは, 1°Cで保蔵した場合では18時間後と, 5°Cでの保蔵の場合に比べてやや遅かった(Fig. 5-4)。また鱗の剥離がひどいCSL 4 or 5の条件では, 24時間から48時間でのK値の上昇率は高かった(Fig. 5-4)。ヒラメやマアジなどの他の魚種でも, 保蔵温度が高いと, K値の上昇が早いことが知られている(Iwamoto *et al.*, 1987; 望月, 佐藤, 1994)。同じ温度で保蔵した実験条件において, 漁獲48時間後のK値は, 剥離率が高いほど高く, 3時間時における差よりも顕著なものとなった(Fig. 5-4)。つまり, 剥離率の低い個体のK値は, 剥離率の高い個体のそれよりも低く, 鮮度低下が抑えられた。

#### 5-4-3. 分離網による鮮度低下抑制の可能性

K値を計測した実験において, 鱗の剥離のひどいCSL 4 or 5のアカガレイの体長は, Fig. 5-2の体長250~300 mmの階級にほぼ該当し, さかな網で漁獲されたアカガレイのこの体長の半分弱がこの鱗の剥離程度に分類されている。一方, CSL 1区のアカガレイは300 mm以上の体長で, BRDを装着した分離網の漁獲物のこの体長の多くを代表していると考えられる。

ここでは, 脱出口につけられたカバーネットで採取されたアカガレイから, 鱗の剥離がひどい標本を得て, K値を計測した。さかな網のコードエンドよりも, ズワイガニなどの混獲物が多く, よりダメージを強く受けた可能性がある。分離網での漁獲によって混獲物が減ることで, 漁獲されるアカガレイの鱗の剥離が低減される効果は認められた。これは, 同様に混獲物による魚体へのダメージやストレスが少ないことを示唆している。また, 鱗の剥離が少ないほど, 鮮度の低下が抑制されていることを示した。本研究では, これらをお互い合わせ考えると, 分離網とさかな網で漁獲されたアカガレイのK値を直接に比較したわけではないが, 分離網を用いて漁獲されたアカガレイは, さかな網で漁獲されたものよりも, 鱗の剥離が少なく, 鮮度低下が抑制される可能性がある。

魚の価格決定要因には漁獲量や魚体の大きさ等の様々な要因があり, 上述したように鮮度はもちろんのこと, 鱗の剥離や体表の傷の有無など魚体の外観もその因子の一つと推察される。分離漁獲の主たる目的は混獲の低減であるが, 本研究のように魚体の傷(鱗の剥離)の低減も副次的な効果として期待され, これは漁業者が分離網を導入する動機づけの一つになる可能性がある。

## 第6章 総合考察

### 6-1. 混獲削減に適した網タイプ

第1章で, 京都府の底曳網漁業の混獲の概要について示した。ここでは, その混獲を削減するのに適した網タイプおよび目合内径について, 第2~5章の結果から漁期別に考察を行う (Fig. 6-1)。

#### 6-1-1. 秋漁期

カレイ類への対策 第2章で明らかにしたように, 水深170 m以深でのアカガレイ, ヒレグロおよびソウハチを対象とした操業では, 使用されるさかな網のコードエンドの目合を現状の35 mmから65~72 mmに拡大することが望ましい。この目合に対するこれらのカレイ類の50%選択体長はおよそ150 mmであり, これにより, 市場価値が無いために投棄されている体長150 mm未満の小型個体の混獲を削減できると考えられる。水深150 m周辺でのヤナギムシガレイを対象とした操業では, 既に山崎ら (2001a) の網目選択性試験の結果から, コッドエンドの目合が約50 mmのさかな網が導入されている。この目合でのヤナギムシガレイの50%選択体長は約130 mmであり, 目合拡大以前のヤナギムシガレイの水揚げ対象となる最小体長(約100 mm)よりもかなり大きい, ヤナギムシガレイの未成熟個体(体長約150 mm未満)の保護のために

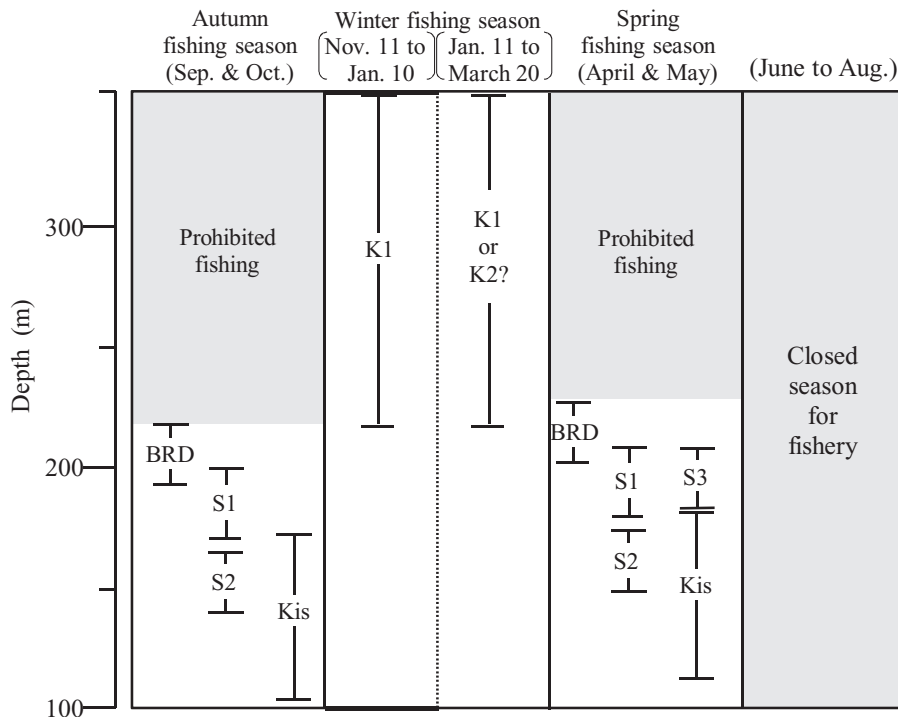


Fig. 6-1 Net type plan to reduce bycatch for the Danish seine in each fishing season.

BRD: Bycatch reduction device (mesh opening about 70 mm)

S1: Sakana net (mesh opening about 70 mm)

S2: Sakana net (mesh opening about 50 mm)

S3: Sakana net (mesh opening about 40 mm)

K1: Kani net (mesh opening about 120 mm)

K2: Kani net (mesh opening about 160 mm)

Kis: Kisu net (mesh opening about 22-25 mm)

この目合内径のコッドエンドが導入されている。

ズワイガニへの対策 ズワイガニに対しては、第2章で示したようにズワイガニが混獲される水深200 m以深の海域では、さかな網の目合内径を72 mmに拡大しても、ズワイガニの混獲削減にはまったく不十分である。混獲されるズワイガニの甲幅は最大で160 mmを超え、脚の長さまで加えるとその長さは約500 mm以上になる。逆に、この大きさのズワイガニの混獲を削減できるような目合のコッドエンドを用いると、秋・春漁期の主対象種であるカレイ類を漁獲することはできない。したがって、第4章で明らかにしたように秋・春漁期にズワイガニの混獲が生じる海域では、ズワイガニの混獲を削減するためには分離網を用いることが適している。この分離網の使用により、ズワイガニの混獲の大部分を削減が可能となる。アカガレイやヒレグロの水揚げの減少はそれぞれ19~26%、38~35%となるが、実用化に耐え得る性能を有していると考えられ、この分離網は現在、秋・春漁期のカレイ類3種を対象とした操業に導入されている。さらに、第5章で明らかにしたように、分離網による漁獲がアカガレイの魚体の鱗の剥離の抑制および鮮度低下の抑制にも効果があるなど、分離網を使用する利点は大きい。特に秋漁期はズワイガニの脱皮の盛期にあたり(伊藤、

1970)、漁獲後の生残率が非常に低いことが報告されており(山崎ら、2011)、曳網しながらズワイガニを排出する分離網は、これらのズワイガニの保護に効果的である。一方、一部の漁業者からは、分離網の使用を前提とすれば、秋・春漁期における操業禁止区域は不要という意見もある。しかし、操業禁止区域内には甲幅100 mm以上の大型のズワイガニも数多く生息する。分離網は甲幅100 mm以上の個体に対しては排出率が低下することから、分離網の使用は小型のズワイガニが多く生息する水深230 mよりも浅い海域が望ましいと考えられる。

#### キタクシノハクモヒトデへの対策

アカガレイ、ヒレグロおよびソウハチを対象とするさかな網の目合内径を約70 mmへ拡大することによって、水深180 m以深の海域に高密度に分布するキタクシノハクモヒトデの混獲を7割以上削減することが期待でき、これによって、操業での破網の危険性が低下するとともに、選別に係る労働負荷の軽減が図れる。

第1章で述べたように、現在、キタクシノハクモヒトデの混獲に対しては、吊り岩と呼ばれる改造が施されている。これは浮かせたボトムラインと着底したグランドロープとの間からキタクシノハクモヒトデを排出することを狙ったものである。漁業者が継続して使



用していることから、安定的ではないものの海底に生息する種を排出する効果はあると考えられる。Ludvig *et al.* (2010) はトロール網で上下2層式の構造を用いて、遊泳層の違うコッド *Gadus morhua* とハドック *Melanogrammus aeglefinus* を分離し、より海底近い層を遊泳するコッドの混獲を削減できると報告している。したがって吊り岩においてもキタクシノハクモヒトデだけでなく、遊泳力の小さいズワイガニを排出することができる可能性がある。藤田ら (2006) は、近づいてくるグランドロープに対してズワイガニはほとんど反応を示さなかったと報告しており、分離網に吊り岩を装着することにより、さらにズワイガニの排出率を高められる可能性がある。ただし、吊り岩の設定によってはカレイ類の漁獲も減少する恐れがあり、今後はカバーネット法などによって、キタクシノハクモヒトデの排出のみならず、ズワイガニの排出とカレイ類の逃避の効果を検討する必要がある。

**ニギスへの対策** ニギスに対しては、現状のきす網には目合内径約20~25 mmのコッドエンドが用いられているが、これはニギスに対して必要以上に小さい目合である。この目合が使用される理由は、ニギスがコッドエンドの網目に突き刺さることを防ぐため（漁業者私信）であるが、そのためにきす網の操業ではニギスやカレイ類の小型個体の混獲が多く資源の有効利用の問題と、非効率的な資源の利用や労働負荷の増大という問題を抱えている。東シナ海での目合内径55 mmのトロール網に対するニギスの50%選択体長は163 mmと推定されている（東海、酒井私信）。京都府におけるニギスの出荷サイズは体長120~130 mm以上であり、目合を55 mmからもう少し縮小することにより、ニギスの小型個体の混獲を削減できる可能性がある。さらに、きす網でのカレイ類の小型個体等の混獲削減については、ニギスとカレイ類を分離漁獲する網の開発が必要となるかもしれないが、今後の課題としたい。

#### 6-1-2. 冬漁期

**ズワイガニへの対策** 冬漁期において水揚げできない大きさのズワイガニの混獲は、コッドエンドの目合を拡大することによって削減できることを第2章で示した。少なくとも1月10日まではコッドエンドの目合内径を現状の約90 mmから118.8 mmまで拡大すべきである。この拡大による水揚げ金額の減少も僅かであると推測される。一方、1月11日~3月20日に目合内径を162 mmまで拡大すれば、ズワイガニの水揚げは減らないものの、カレイ類のそれは大きく減少する。冬漁期中の水揚げ金額に占めるアカガレイとヒレグロの割合は合わせて約1割（第1章）と、必ずしも多くはないが、実際の導入に当たっては相当の困難が予想される。また、第4章で示した分離網を冬漁期にも導入し、カレイ類に対して目合内径72 mmのコッドエンドを上網

に、ズワイガニに対して目合内径162 mmのコッドエンドを下網に用いることも、ズワイガニの混獲を削減しながら、別々の目合で管理するための方法の一つとして考えられる。しかし、冬漁期のズワイガニを対象とした操業では、曳網回数を増やすために、かに網のようなシンプルな網タイプを用いた迅速な曳網が求められている。分離網は仕切りパネルや選別パネルによる二層構造で、通常のかに網よりも容積がかさばる。さらに目合も小さいため、曳網抵抗も大きいと考えられる。したがって、この時期にこの分離網を導入することには漁業者の抵抗がある可能性が高い。分離網を導入するには、こうした問題に対応した改良が求められると思われる。さらに1~4月では漁獲後に放流されたズワイガニの生残率は高く（山崎、宮嶋、2013）、1月11日以降には、より大きい目合への拡大や分離網の使用は不要で、混獲ズワイガニを放流するだけでよいとも考えられる。しかし、メスのズワイガニの卵の孵化時期である2~3月（山崎、1994）における混獲削減は、本種の再生産にも直接に影響を与える可能性がある。また、2月の歩脚が欠損したメスのズワイガニの出現率は約24%にも達しており（山崎、宮嶋、2013）、これには以前に混獲された時に傷ついた個体が少なからず含まれていると推測される。このようなカニは“1本落ち”や“傷”といった銘柄に区分けされ、その単価も安くなる。したがって、1月11日以降のズワイガニの混獲削減手法については、カレイ類の水揚げ金額の減少、ズワイガニの再生産、ズワイガニの市場単価等から多角的な検討が必要と考える。

#### 6-1-3. 春漁期

**ハタハタへの対策** 春漁期に使用する網タイプは秋漁期とほぼ同じである。ただし、ハタハタに対しては第3章で示したように、コッドエンドの目合内径を約25~35 mmから42 mm前後に拡大したさかな網を使用することが望ましい。また、ハタハタの選択率にはコッドエンドでの漁獲重量が影響するため、ハタハタが大量に漁獲される状況においては、選択率の低下を防ぐために、目合内径を48 mm以上に拡大したほうがよいと考えられる。

#### 6-2. 混獲削減策の導入に向けての課題

前節の混獲削減手法を導入により、秋・春漁期のアカガレイ、ヒレグロおよびソウハチに対するさかな網ではホッコクアカエビやノロゲンゲ等の減少、また同漁期の分離網や冬漁期のかに網では、アカガレイおよびヒレグロの水揚げ量の減少による短期的な水揚げ金額の削減が予測される。したがって混獲削減手法の導入にあたっては、これらの短期的な水揚げ金額の削減とともに、資源保護による長期的な水揚げ量および金額の増加についてのシミュレーションを行い、この結果を漁業者に提示し、その上で導入の可否を判断する

ことが重要である。カレイ類ではY/R解析により、漁獲開始年齢（体長）を変化させた場合の水揚げ金額を予測できる。解析に必要な成長式はアカガレイでは柳下、山崎（2005）によって、ヒレグロでは倉長（2003c）によって、ソウハチでは渡辺（1954）、大内（1954）、花淵、木下（1991）および道根（1993）によって報告されている。今後、雌雄別の体長組成データを収集するとともに体長別の単価についても調査を行い、解析を行うべきと考える。また、ズワイガニについては、その成長曲線は推定されておらず、現在はY/R解析は困難である。しかし、自然死亡係数および漁獲係数（山崎ら、2001b）、放流後の生残率（山崎ら、2011、山崎、宮嶋、2013）等を用い、混獲されなかった小型個体が、その後成長して漁獲されるまでをモデル化し、漁獲量の増加分を大まかではあるが予測することへの取り組みが望まれる。

### 6-3. 持続可能な京都府の底曳網漁業にむけて

本研究では、本府の底曳網において、漁期別対象種別に取り組むべき混獲削減手法を提案してきた。こうした混獲削減の方策が、本府の底曳網漁業に及ぼす

様々な波及効果をまとめた（Fig. 6-2）。目合拡大による冬漁期のズワイガニ、秋・春漁期のカレイ類およびハタハタの小型個体の混獲の削減により、成長乱獲が抑制され、資源の有効利用が図れるものと考えられる。また、秋・春漁期における分離網を用いたズワイガニの混獲削減により、成長乱獲の抑制に加え、孕卵雌ガニの保護が促進されれば加入乱獲も抑制されることになり、合わせて資源の保護が図れる。これらは対象種の資源量の増加をもたらす、ひいては水揚げ量の増加に繋がると期待される。なお、目合拡大や分離網の使用による混獲の削減により、漁場の生態系が保全され、MSCのような漁業認証が取得しやすくなると考えられる。MSC漁業認証は国際的な非営利団体である海洋管理協議会（Marine Stewardship Council）の持続可能で環境に配慮した漁業で獲られた水産物に認められる証であり（石井、2008）、生態系の保全を強く求めている。KDSFFは2008年にズワイガニ・アカガレイ漁に関するMSC漁業認証を取得しており、分離網の導入もその取得に大いに貢献した。MSC認証の取得により、MSCラベルの付いたズワイガニやアカガレイが市場に流通し、一種のブランドとして他県産との

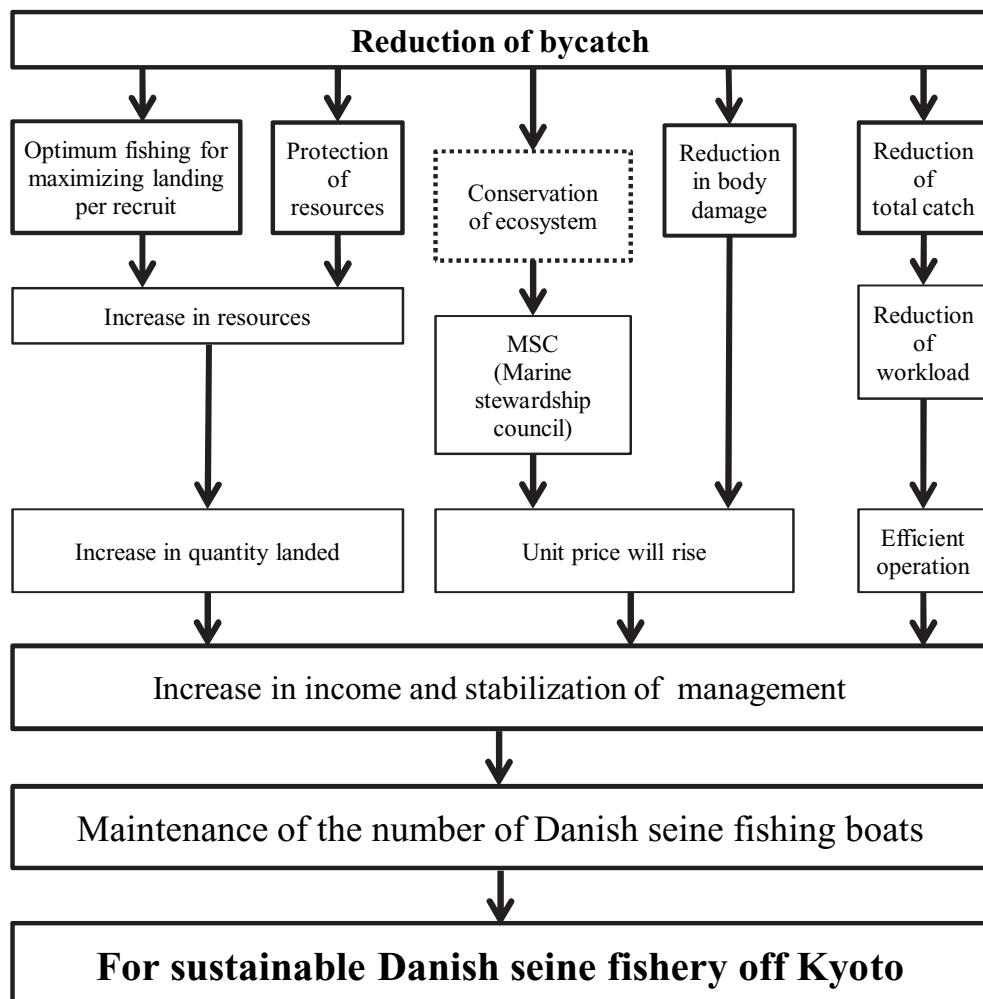


Fig. 6-2 Spread effect of bycatch reduction toward the future Danish seine fishery off Kyoto Prefecture.

差別化が計れられているものと考えられる。また、分離網での漁獲によるアカガレイの鮮度低下の抑制効果により、アカガレイの品質的な価値が高まる。MSC 漁業認証とともに、市場での単価の向上にいつそう貢献することが期待される。一方、混獲の削減による漁獲物の減少は、操業時の安全性を確保するとともに、破網の危険性の減少や選別作業の延長等の労働負荷の削減をもたらす。

混獲削減による資源の保護によって水揚げ量の増加、そして損傷の少ない魚体での水揚げは鮮度の向上による単価の増加につながり、これらは収入の増加に結び付くことが期待され、さらに混獲物の削減による船上作業の負荷低減による労働環境の改善とともに、本漁業の経営安定に貢献が期待される。経営の安定化によって漁船隻数が維持されて、その結果、京都府の底曳網漁業が持続的に発展することを期待したい。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、一貫して懇切なご指導とご鞭撻を頂いた東京海洋大学大学院海洋生物資源部門生物資源学講座教授 東海 正博士に対し、謹んで感謝の意を表します。本論文のご校閲とご教授を頂いた同講座教授 有元貴文博士、准教授 胡 夫祥博士、ならびに大学院でご指導いただきました同講座教授 田中栄次博士、に対し、心から厚くお礼申し上げます。本研究の進行にあたり、ご指導頂いた同講座助教 塩出大輔博士に対し、深く感謝いたします。

本研究を進めるにあたり、標本の採集や試験操業等に多大なるご協力をしていただいた一般社団法人 京都府機船底曳網漁業連合会の結城丸、海運丸、大善丸を始めとする各位にお礼申し上げます。また、標本測定や漁獲統計の整理にご協力頂いた京都府漁業協同組合連合会の各位にお礼申し上げます。

福井県立大学海洋生物資源学部海洋生物資源学科助教 伊藤光史博士にはご助言をいただくとともに鮮度測定でお世話になりました。近畿大学農学部水産学科水産生物学研究室講師 柳下直己博士、独立行政法人水産総合研究センター日本海区水産研究所日本海漁業資源部資源生態研究室 藤原邦浩博士には、有益なご助言を頂きました。お礼申し上げます。

鳥取県栽培漁業センター増殖資源室長 倉長亮二氏、兵庫県立農林水産総合研究センター但馬水産技術センター 大谷徹也氏にはハタハタの網目選択性についてご助言を頂きました。感謝します。

本研究をとりまとめる機会を与えていただくとともに、ご指導とご鞭撻を頂いた京都府農林水産技術センター海洋センター所長 中津川俊雄博士に心から感謝します。また、終始暖かい励ましとご指導を頂いた元京都府立海洋センター所長 桑原昭彦博士、京都府農林水産部水産課長 葭矢 護博士、元京都府農林水産技術センター海洋センター海洋調査部長 中路 実氏、京都府農林水産技術センター海洋センター海洋調査部長 傍島直樹氏、同主任研究員 山崎 淳博士に深く感謝します。本研究の遂行にあたり、ご協力とご鞭撻を頂いた同センター海洋調査部の各位にお礼申し上げます。さらに、同センター所属の海洋調査船「平安丸」船長 宇野善治氏、一等航海士 亀井寿敏氏を始め、船員の皆様には標本採集や測定および漁具の改良に関しての多大なるご尽力と暖かい励ましを頂きました。心からお礼申し上げます。京都府水産事務所海のにぎわい課 岩尾敦志氏には船上でのデータの測定でお世話になりました。お礼申し上げます。



## 要 約

駆け廻し式底曳網漁業は京都府の基幹漁業の一つであるが、水揚げ量と単価の低迷により、収入が低下していることに加えて、就業者にとって厳しい労働環境でもあることから、着業隻数が減少してきている。本漁業は、京都府沖の水深100~350 mの海域を漁場としており、その漁期は9~10月の秋漁期、11~3月の冬漁期（ズワイガニ漁期）、4~5月の春漁期の3つに大きく分けられ、6~8月は禁漁期である。漁獲の主対象種であるズワイガニは水深200 m以深に、アカガレイおよびヒレグロは水深180 m以深に、ハタハタおよびソウハチは水深170~200 m周辺に分布している。使用される網タイプおよびコッドエンドの目合内径は対象種や漁期によって異なり、秋漁期にはカレイ類を対象に目合内径35 mmのさかな網が、冬漁期にはズワイガニを対象に目合内径70~120 mmのかに網が、春漁期にはカレイ類を対象に目合内径35 mmの、またハタハタを対象に目合内径25-35 mmのさかな網が用いられている。底曳網の特性上、市場へ出荷されないものも漁獲され、ここでは出荷される漁獲物を水揚げ物と、また出荷されない漁獲物を混獲物と呼ぶ。

本漁業で混獲物を調査したところ、その主体は、秋・春漁期におけるカレイ類の小型個体および禁漁のズワイガニ、冬漁期におけるズワイガニの小型個体と1/11以降には禁漁となるメスのズワイガニ、および春漁期におけるハタハタの小型個体であり、これらすべては漁獲対象種であった。これら混獲物は選別作業後に船上から投棄されるが、漁獲時および選別作業時に受けたダメージにより、その多くが死亡すると考えられる。したがって、これらの混獲と投棄には資源の有効利用および資源保護上の問題がある。また、秋・春漁期のさかな網ではキタクシノハクモヒトデがしばしば大量に混獲される。大量の混獲物は操業の安全性を脅かし、労働負担を増大させ、非効率的な操業をもたらすとともに、水揚げ物に混獲物が接触することでその鮮度が低下する懸念がある。こうした混獲は、水揚げ量や単価の低迷、労働の負担に通じ、本漁業存続の妨げのひとつとなっており、混獲削減手法の開発が求められている。そこで、本研究では混獲を削減させるために、コッドエンドの目合拡大や網の構造改良に取り組んだ。また、混獲の削減による水揚げ物の鮮度の向上についても検証を行った。

目合内径の拡大によって混獲を削減するためには、対象種の網目選択性を把握する必要がある。そこで、京都府海洋調査船「平安丸」（183トン）の桁曳網（網口の幅：8.5 m、網の長さ：27.3 m）に6種類の目合内径のコッドエンドを取り付けて試験操業を行い、ズワイガニ、アカガレイ、ヒレグロおよびソウハチの網目選択性曲線を推定した。その結果、冬漁期のかに網で

は目合内径を90から120 mmに拡大しても、ズワイガニの水揚げ量に変化の無いこと、1/11以降には目合内径を160 mmまで拡大できることが分かった。カレイ類を対象とするさかな網では、目合内径を35から65-78 mmへと拡大することにより、市場価値が生じ始める体長150 mmの個体の半数を網から排出できると推定された。また、クモヒトデのコッドエンドからの排出と目合内径との関係について解析した結果、アカガレイに対して一般的に用いられる目合内径約35 mmでは、クモヒトデはほとんど排出できなかった。さらにクモヒトデのコッドエンドからの排出には、コッドエンドの漁獲重量が影響を与えていることが明らかになり、平均的な重量（約200 kg）が漁獲された場合には、目合内径が70 mmとすると、約半数のクモヒトデが排出されることがわかった。

次に、京都府の底曳網漁船を用船し、3種類の目合内径のコッドエンドを用いた試験操業によって、ハタハタに対する網目選択性曲線を求めた。試験操業でのハタハタの漁獲量が多く、標本抽出して体長測定を行ったため、網目選択性曲線のパラメータはSELECTモデルを用いて推定した。その結果、コッドエンド内の漁獲量が網目選択性に影響を与えるモデルが最適モデルとして選ばれた。平均的な漁獲量（105 kg）で、目合内径が35.6 mm、42.0 mmおよび48.6 mmの場合、半数の個体が網外に排出される体長は、それぞれ114 mm、138 mmおよび163 mmと推定された。したがって、価格の安い1才魚の体長135 mm未満のハタハタの混獲削減には目合内径42.0 mmが適していると判断できる。ただし、漁獲量が多い場合には、より目合内径の大きい48.6 mmを使用する必要がある。

ズワイガニ、アカガレイおよびヒレグロの網目選択性曲線から、ズワイガニ全てを排出できる目合内径をコッドエンドに用いた場合には、全てのアカガレイとヒレグロも網内に残らないことが明らかになった。つまり、ズワイガニ漁期外の秋・春漁期におけるズワイガニの混獲削減のためには、目合内径の拡大とは別の手法を開発しなければならない。そこで、アカガレイやヒレグロを漁獲し、ズワイガニを曳網中に網外に排出する分離網の開発を行った。分離網は、網の内部に目合内径の大きい（600 mm）選別パネルを配置することにより、網を上下2層に分けたものである。遊泳力を有するカレイ類は選別パネルに沿って上層のコッドエンドまで達し、遊泳力を有しないズワイガニは選別パネルから下層へと抜け落ち、下層に設けた排出口から網外に排出される。試験の結果、ズワイガニの74~98%を網外に排出し、アカガレイの67~88%、ヒレグロの57~70%を漁獲できることがわかった。また、効率的な分離を行うためには、選別パネルの網高さを曳網の最後まで維持することが重要であった。

次に、分離網でズワイガニと分離漁獲されたアカガ



## 引用文献

レイとさかな網でズワイガニと一緒に漁獲されたアカガレイの鱗の剥離割合を体長別に比較した。剥離割合は有眼側を対象に5階級に設定し、目視により区分けした。なお、画像解析により各階級の剥離率を比較した結果、全てで有意差が認められた。漁獲物の主体となる体長300 mm未満の剥離割合の高い個体の出現率は、分離網ではさかな網の1/4~1/3と少なかった。また、5°Cで保蔵した場合、鮮度低下の指標となるK値の漁獲から48時間後の平均値は、鱗の剥離が少ない個体では約13%、多い個体では約21%となり、鱗の剥離が少ない個体の方が有意に低かった。これらの結果から、分離網で漁獲されたアカガレイは、鱗の剥離が少なく、かつ鮮度低下も抑制されることで、その単価の向上が期待できると考えられた。

これらの結果をもとに、京都府の駆け廻し底曳網漁業における混獲削減技術の開発に関する研究をまとめると以下ようになる。秋・春漁期にカレイ類を対象とする場合、ズワイガニの混獲のない海域ではコッドエンドの目合内径を約70 mmまで拡大したさかな網を用いるべきであり、ズワイガニの混獲の可能性がある海域では分離網を用いるべきである。また、コッドエンドの目合内径は、春漁期のハタハタに対するさかな網では42 mmに拡大し、また冬漁期のかに網では1/10までは約120 mmに、さらに1/11以降は160 mmに拡大することを検討するべきである。本漁業では分離網は既に現場へ導入されており、本漁業の2008年度のMSC漁業認証の取得にも貢献した。分離網の使用は鮮度の向上とともに、単価の維持・向上に貢献できる可能性がある。本研究による混獲の削減が、水揚げ量の増加、単価の向上と効率的な操業を通じて漁家収入の増加につながり、京都府の底曳網漁業の持続的な経営に役立つことを期待する。

- Alverson DL., Freeberg MH., Murawski SA., Pope JG. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. *FAO Fish. Tech. Pap.*, **339**: 1-233.
- 青山恒雄. 1961. 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. *西水研研報*, **23**: 1-63.
- Broadhurst MK., Kennelly SJ., Barker DT. 1997. Simulated escape of juvenile sand whiting (*Sillago ciliata* Cuvier) through square-meshes: effects on scale-loss and survival. *Fish. Res.*, **32**: 51-60.
- Butcher, P. A., Broadhurst, M. K., Hall, K. C., Cullis, B. R., Nicoll, R. G. 2010. Scale loss and mortality in angled-and-released eastern sea garfish (*Hyporhamphus australis*). *ICES. J. Mar. Sci.*, **67**: 522-529.
- Chopin F. S., Arimoto T. 1995. The condition of fish escaping from fishing gears - a review. *Fish. Res.*, **21**: 315-327.
- 独立行政法人水産総合研究センター開発調査センター. 2009. 平成19年度海洋水産資源開発調査報告書 (システム対応型: 沖底かけまわしく北海道日本海海域). 3-30.
- Fryer RJ. 1991. A model of between-haul variation in selectivity. *ICES J. Mar. Sci.*, **48**: 281-290.
- 藤石昭生. 1974. 網目選択性に関する理論的研究-II. 曳網類の理論選択曲線について. *水大研報*, **22**: 177-198.
- 藤田 薫, 渡辺俊広, 北川大二. 2006. トロール網のグランドロープに対するズワイガニの行動. *日水誌*, **72**: 695-701.
- Fujita T., Ohta S. 1990. Size structure of dense populations of the brittle star *Ophiura sarsii* (Ophiuroidea: Echinodermata) in the bathyal zone around Japan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **64**: 113-122.
- 藤原邦浩, 廣瀬太郎, 宮嶋俊明, 山崎 淳. 2009. 京都府沖合におけるアカガレイ *Hippoglossoides dubius* 雌の成熟体長の小型化. *日水誌*, **75**: 704-706.
- 邊優祐, 原田誠一郎, 山下秀幸, 東海 正. 2010. 沖合底曳網におけるアカムツとマアナゴに対するコッドエンド選択性に及ぼす角目網ウインドーの効果. *日水誌*, **73**: 824-840.
- 花淵靖子, 木下貴祐. 1991. 日本海西南海域におけるソウハチの成長 (予報). *漁業資源研究会議西日本底魚部会報*, **19**: 22-33.
- 原田和弘. 2006. 日本海西部沖合底びき網漁獲物における急速冷却の鮮度保持効果. *日水誌*, **72**: 440-446.

- He P. 1993. Swimming speeds of marine fish in relation to fishing gears. ICES Mar. Sci. Symp., **196**: 183-189.
- 肥後伸夫. 1971. 底曳網の漁獲性能に関する基礎的研究. 鹿大水紀要, **20**: 1-137.
- 平松一彦. 1992. 最尤法による水産資源の統計学的研究. パラメータ推定とモデル選択. 遠洋水研報, **29**: 57-114.
- 平松一彦. 1999. 水産資源学における最尤法とAICの適応例. 水産資源学と統計モデル(松宮義晴編). 9-21. 恒星社厚生閣, 東京.
- 堀江 充, 安田政一, 橋本 寛. 2001. ズワイガニとカレイ類を分離漁獲するかけまわし式底びき網の開発. 日水誌, **67**: 444-448.
- 井上喜洋, 熊沢泰生, 安達辰典. 2003. 越前型小型掛廻し選別パネル. 水工研技報, **25**: 27-32.
- 石井幸造. 2008. MSC認証制度: 制度の概要と普及動向. 日水誌, **74**: 1133-1138.
- 石川県水産試験場. 1992. 平成3年度増殖上造成事業資料集-II, 24-48.
- 石川県水産試験場. 1993. 平成3・4年度水産業関係地域重要新技術開発促進(重要カレイ類の生態と資源に関する研究), 20-21.
- 伊藤勝千代. 1970. 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究-III. 甲幅組成および甲殻硬度の季節変化から推測される年令と成長について. 日水研報, **22**: 81-116.
- Iwamoto M., Yamanaka H., Watabe S., Hashimoto K. 1987. Effect of storage temperature on Rigor-Mortis and ATP degradation in place *Paralichthys olivaceus* muscle. *J. Food Sci.*, **52**: 1514-1517.
- 岩尾敦志, 山崎 淳, 大木 繁, 柳下直己. 2004. 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの分布と移動. 京都海セ研報, **26**: 1-8.
- Kaiser MJ., Spencer BE. 1995. Survival of by-catch from a beam trawl. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **126**: 31-38.
- Kelleher K. 2005. Discards in the world's marine fisheries. *FAO Fish Tech Pap.*, **470**: 1-131.
- 北沢博夫, 大阿久俊郎. 1982. 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, **48**: 1089-1093.
- 清川智之. 1991. 日本海西部海域におけるハタハタの分布・移動について. 日本海ブロック試験研究集録, **21**: 51-66.
- 小暮陽一. 2002. 日本海における主要クモヒトデ類の検索. 日本海区水産試験研究連絡ニュース, **398**: 1-6.
- 今 攸. 1969. ズワイガニに関する漁業生物学的研究-III. 水深別にみた分布密度と甲幅組成. 日水誌, **35**: 624-628.
- 倉長亮二. 1999a. オッタートロール網による沖合カレイ類の網目選択性. 鳥取水誌報告, **36**: 23-42.
- 倉長亮二. 1999b. オッタートロール網によるクロザコエビの網目選択試験. 鳥取水誌報告, **36**: 54-60.
- 倉長亮二. 2003a. オッタートロール網によるトゲザコエビの網目選択試験. 鳥取水誌報告, **37**: 72-77.
- 倉長亮二. 2003b. オッタートロール網によるヒレグロ *Glyptocephalus stelleri* の網目選択性試験. 鳥取水誌報告, **37**: 78-81.
- 倉長亮二. 2003c. 山陰沖合ヒレグロ *Glyptocephalus stelleri* の年齢と成長. 鳥取水誌報告, **37**: 82-85.
- 倉長亮二. 2010. ハタハタを対象にした沖合底びき網(かけまわし)の網目選択試験. 鳥取水誌報告, **38**: 6-9.
- 倉永亮二, 増谷龍一郎, 下山俊一, 永井浩爾. 1999. オッタートロール網によるハタハタの網目選択率と網目が漁獲に与える影響. 鳥取水誌報告, **36**: 43-53.
- 桑原昭彦, 篠田正俊, 山崎 淳, 遠藤 進. 1995. 日本海西部海域におけるズワイガニの資源管理. 水産研究叢書44. 1-89. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 京都府立海洋センター. 2005. ハタハタの資源管理. 京都府立海洋センター季報, 宮津. 1-8.
- Ludvig A.Krag, R. Holst, N. Madsen, K. Hansen, R.P. Frandsen. 2010. Selective haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) trawling: Avoiding cod (*Gadus morhua*) bycatch. *Fish. Res.*, **101**: 20-26.
- Mahjoub MS., Takeda S., Hayashi T., Shiode D., Arimoto T., Tokai T. 2011. Codend selectivity for jack mackerel and whitefin jack and unequal split parameter estimates observed in trouser trawl experiments. *Fish. Sci.*, **77**: 169-181.
- Margetts AR. 1957. The length-girth relationships in whiting and cod and their application to mesh selection. *J. Cons. int. Explor.*, **23**: 64-71.
- 松下吉樹, 井上喜洋. 1997. スケトウダラ *Theragra chalcogramma* の体型による角目網コッドエンドの漁獲選択性の変化. 日水誌, **63**: 23-29.
- 松下吉樹, 野島幸治, 井上喜洋. 1999a. 小型底曳網における漁獲物分離装置の開発. 日水誌, **65**: 11-18.
- 松下吉樹, 井上喜洋, 信太雅博, 野島幸治. 1999b. 沿岸底曳網漁業における漁獲防除ウィンドーを備えた2階式コッドエンドの開発. 日水誌, **65**: 673-679.
- 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.
- 道根 淳. 1993. 日本海南海域におけるソウハチの

- 成長. 西海ブロック底魚調査研究報告, **4**: 29-41.
- Millar RB. 1994. Sampling from trawl gears used in size selectivity experiments. *ICES J. Mar. Sci.*, **51**: 293-298.
- 三尾真一. 1967. ハタハタの資源生物学的研究-1. 年令・成長および成熟. 日水研報告, **18**: 23-37.
- 宮嶋俊明, 伊藤光史, 藤原邦浩, 山崎 淳. 2008. 駆け廻し式底曳網で漁獲されたアカガレイの鮮度に及ぼす保蔵温度の影響 (短報). 京都海セ研報, **30**: 63-64.
- 宮嶋俊明, 岩尾敦志, 柳下直己, 山崎 淳. 2007. 京都府沖合におけるカレイ漁に使用する駆け廻し式底曳網の選別パネルによるズワイガニの混獲防除. 日水誌, **73**: 8-17.
- 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.
- 望月 聡, 佐藤安岐子. 1994. マアジ筋肉の死後変化に及ぼす致死条件と貯蔵温度の影響. 日水誌, **60**: 125-130.
- 望月 聡, 佐藤安岐子. 1996. マサバおよびマルアジ筋肉の死後変化に及ぼす致死条件の影響. 日水誌, **62**: 453-457.
- Nakabo T. 2002. Fishes of Japan with pictorial keys to the species, English edition. Tokai University Press, Tokyo.
- 西川哲也, 反田 實, 長浜達章, 東海 正. 1994. 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.
- 落合 明, 田中 克. 1998. ハタハタ・アイゴ・ウミタナゴ類. 新版魚類学(下)改訂版. 773-787. 恒星社厚生閣, 東京.
- 沖山宗雄. 1970. ハタハタの資源生物学的研究-II. 系統群. 日水研報告, **22**: 59-69.
- O'Neill FG., Kynoch RJ. 1996. The effect of cover mesh size and cod-end catch size on cod-end selectivity. *Fish. Res.*, **28**: 291-303.
- 大本茂之, 東海 正, 反田 實, 西川哲也, 松田 岐. 1998. 角目袋網と菱目袋網の選択性曲線のAICによる比較. 日水誌, **64**: 447-452.
- 大内 明. 1954. 鱗によるソウハチの年齢及び成長. 日水研報, **1**: 27-32.
- Özbilgin H., Ferro RST., Robertson JHB., Holtrop G., Kynoch RJ. 2006. Seasonal variation in trawl codend selection of northern North Sea haddock. *ICES J Mar. Sci.*, **63**: 737-748.
- Purbayanto A., Tsunoda A., Akiyama S., Arimoto T., Tokai. T. 2001. Survival of Japanese whiting *Sillago japonica* and by-catch species captured by a sweeping trammel net. *Fish. Sci.*, **67**: 21-29.
- Saito T., Arai K., Matsuyoshi M. 1959. A New method for estimating the freshness of fish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **24**: 749-750.
- 斎浦耕二, 東海 正. 2003. 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, **69**: 611-619.
- 斎浦耕二, 東海 正. 2005. 船曳網コッドエンドに使用されるモジ網のカタクチイワシに対する網目選択性の推定. 日水誌, **71**: 24-32.
- 四方崇文, 五十嵐誠一. 2010. 石川県におけるホッコクアカエビの資源管理. 石川水総セ研報, **5**: 27-34.
- Soldal AV., Engås A. 1997. Survival of young gadoids excluded from a shrimp trawl by a rigid deflecting grid. *ICES. J. Mar. Sci.*, **54**: 117-124.
- 水産庁増殖推進部資源課. 2009. 平成21年度我が国周辺水域の漁業資源評価. 魚種別系群別資源評価ダイジェスト(要約)版, 140-143.
- Suuronen P. 2005. Mortality of fish escaping trawl gears. *FAO Fish. Tech. Pap.* 478, FAO, Rome.
- 鈴木裕之, 平野 央, 菅原雅直. 2006. ハタハタ *Arctoscopus japonicus* の底びき網漁業における網目選択性. 山形水産研報, **3**: 59-64.
- Tominaga O., Watanobe M., Hanyu M., Domon K., Watanabe Y., Takahashi T. 2000. Distribution and movement of larvae, juvenile and young of the point-head flounder *Hippoglossoides pinetorum* in Ishikari Bay and vicinity, Hokkaido. *Fish. Sci.*, **66**: 442-451.
- 友田 努, 堀田 和夫, 森岡 泰三. 2006. 七尾湾および富山湾で放流したハタハタ人工種苗の成育, 産卵と移動. 日水誌, **72**: 1039-1045.
- 東海 正. 1993. 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.
- 東海 正. 1997. 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, **61**: 288-298.
- 東海 正. 1998. 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.
- 東海 正. 2002. 魚類に対する底曳網の網目選択性の実験式としてのマスターカーブ. 平成13年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—補遺集. 独立行政法人水産総合研究センター, 社団法人日本水産資源保護協会, 15-20.
- 東海 正. 2009. 曳網漁具の選択性曲線パラメータ最尤推定における適合性の検定について. 水産工学, **46**: 69-80.
- 東海 正, 伊東 弘, 山口義昭. 1989. 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, **22**: 29-34.
- 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.
- 東海 正, 大本茂之, 松田 皎. 1994. 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**: 347-332.
- 内野 憲, 藤田眞吾, 戸嶋 孝. 1997. 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究-III. 標識放流からみたアカガレイの移動. 京都海セ研報, **19**: 7-13.
- 内野 憲, 山崎 淳, 藤田眞吾, 戸嶋 孝. 1994. 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究-I. 食性. 京都海セ研報, **17**: 41-45.
- 内野 憲, 山崎 淳, 藤田眞吾, 戸嶋 孝. 1995. 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究-II. 主産卵期・成熟体長. 京都海セ研報, **18**: 41-45.
- 柳下直己, 大木 繁, 山崎 淳. 2005. 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの年齢と成長および年齢組成. 日水誌, **71**: 138-145.
- 柳下直己, 山崎 淳・田中栄次. 2006. 京都府沖合海域におけるアカガレイの年齢と成長. 日水誌, **72**: 651-658.
- 柳下直己, 山崎 淳. 2006. 京都府沖合海域における耳石を用いたアカガレイ若齢期の年齢と成長. 京都海セ研報, **28**: 1-5.
- 山田作太郎, 北田修一. 1999. 生物資源統計学. 150-151. 成山堂書店, 東京.
- 山崎 淳. 1985. 京都府沖合海域におけるズワイガニの生態に関する研究-IV. 標識放流結果から推定した成体雌ガニの資源特性. 京都海セ研報, **11**: 35-42.
- 山崎 淳. 1994. ズワイガニの生態特性にもとづく資源管理に関する研究. 京都海セ研究論文, **4**: 1-53.
- Yamasaki A. 2002. Establishment preserved area for snow crab *Chionoecetes opilio* and consequent recovery of the crab resources. *Fish. Sci.*, **68**: 1699-1702.
- 山崎 淳, 生田哲郎, 西広富夫, 内野 憲. 1985. 京都府沖合海域におけるズワイガニの生態に関する研究-III. 成熟・産卵にともなう雌ガニの分布. 京都海セ研報, **9**: 17-22.
- 山崎 淳, 桑原昭彦. 1991a. カニ操業結果からみたズワイガニの分布と甲幅組成. 日水誌, **57**: 439-446.
- 山崎 淳, 桑原昭彦. 1991b. 日本海における雄ズワイガニの最終脱皮について. 日水誌, **57**: 1839-1844.
- 山崎 淳, 桑原昭彦. 1992. ズワイガニの初産卵期における分布状況. 日水誌, **58**: 181-186.
- 山崎 淳, 桑原昭彦, 船田秀之助, 戸嶋 孝, 藤田眞吾, 内野 憲. 1993a. 雄ズワイガニの甲幅組成からみた年級の消長に関する予報的研究. 京都海セ研報, **16**: 1-9.
- 山崎 淳, 桑原昭彦, 船田秀之助, 戸嶋 孝, 藤田眞吾, 内野 憲. 1993b. カニかご調査から推定した経産卵前期のズワイガニの分布特性. 京都海セ研報, **16**: 10-17.
- 山崎 淳, 桑原昭彦, 浜中雄一. 京都府沖合海域におけるズワイガニの生態に関する研究-VI. 底曳網操業中にみられる投棄されるズワイガニの実態. 京都海セ研報, **14**: 32-38.
- 山崎 淳, 宮嶋俊明. 2013. 京都府沖合における底曳網によるズワイガニ混獲量と投棄直後の生残率. 水産技術, **5**: 141-149.
- 山崎 淳, 宮嶋俊明, 藤原邦浩. 2011. 京都府沖合における底曳網によるズワイガニ水ガニの入網数とリリース直後の生残率. 日水誌, **77**: 372-380.
- 山崎 淳, 大木 繁. 2003. 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの産卵期と成熟サイズ. 京都海セ研報, **25**: 1-8.
- 山崎 淳, 大木 繁, 飯塚 覚. 2001a. 桁曳網試験操業によるヤナギムシガレイの網目選択性. 日水誌, **67**: 1082-1088.
- 山崎 淳, 大木 繁, 田中栄次. 2001b. 京都府沖合海域における標識再捕データによる成体雌ズワイガニの死亡係数の推定. 日水誌, **67**: 244-251.
- 山崎 淳, 大木 繁, 内野 憲, 葭矢 護. 1999. 京都府沖合海域のアカガレイの生態に関する研究-IV. 産卵期の分布様式. 京都海セ研報, **21**: 1-7.
- 山崎 淳, 篠田正俊, 桑原昭彦. 1992. 雄ズワイガニの最終脱皮後の生残率推定について. 日水誌, **57**: 1839-1844.
- 山崎 淳, 柳下直己. 2007. 日本海西部海域における標識再捕データによるアカガレイの死亡係数の推定. 日水誌, **73**: 263-269.
- 梁 振林, 堀川博史, 時村宗春, 東海 正. 1999. 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, **65**: 441-447.
- 和田洋蔵, 傍島直樹, 宗清正廣, 桑原昭彦. 1983. 京都府沖合海域におけるズワイガニの生態に関する研究-I. カゴ縄試験操業結果からみたズワイガニの分布と移動. 京都海セ研報, **7**: 29-39.
- 渡辺 徹. 1954. 日本海西南海域における底魚資源研究(1). ソウハチ *Hippoglossoides pinetorum* の年齢査定, 年齢組成及び生残率. 日水研報, **1**: 27-32.