

資 料

相馬原釜地方における底曳網への選択機能の 付加に関する網改良試験

平田豊彦*1・高橋英智*2・立谷勝弘*3

Testing escape devices, for juvenile cod *Gadus macrocephalus* and jellyfish, attached to
bottom trawl nets developed by fisherman in Fukushima Prefecture

Toyohiko HIRATA, Hidetoshi TAKAHASHI and Katsuhiko TACHIYA

Trawl nets developed by fishermen from the Soma Haragama region of Fukushima Prefecture for excluding juvenile Pacific cod *Gadus macrocephalus* and jellyfish as bycatch were tested in trawling and model experiments. Most juvenile Pacific cod were not able to escape through the escape outlet tested, suggesting that further examination is required of the position of installation and structure of the outlet. Functionality of the escape outlet in the jellyfish bycatch exclusion net could not be evaluated due to a lack of jellyfish in the test waters. However, many adult Pacific cod escaped through the outlet tested, suggesting that jellyfish would also be able to escape through the same outlet. Although the present tests did not lead to a proposal of a functional device for bycatch exclusion, some information required for the designing of bycatch exclusion trawl nets was obtained.

キーワード：相馬原釜地方, 選択機能, マダラ幼魚, エチゼンクラゲ
2016年6月6日受付 2019年1月10日受理

福島県の沿岸漁業は、2011年3月の東日本大震災（以下、震災とする）と東京電力福島第一原子力発電所事故の影響で、それ以降、沿岸漁業の操業を自粛している（2018年4月時点）。そのような中、沿岸漁業を主体とする漁業協同組合は、2012年から水産物の放射線モニタリング検査で安全性が確保されている魚種について、小規模な操業と販売を行っている。2016年の水揚げ数量は約2,100トン（福島県2017）で徐々に増加しているものの、震災前10年間（2001～2010年）の平均水揚量（約24,900トン、福島県2011）の8%に留まっている。沿岸漁業の自粛が続き、漁獲圧が小さくなった本県沖合では、マダラ *Gadus macrocephalus* や沖合性のカレイ類 *Pleuronectiformes* 等主要魚種の資源量が大幅に増えてお

り（福島県2015）、本格的な操業の再開に向け、これら資源の適切な利用方法や小型魚保護の方策の検討が必要となっている。漁業者等は、自主的に漁獲サイズを規制するなどしているが、入網した魚を一旦船上に揚げ、その中から小型魚を選別して放流しているため死亡する個体も考えられ、必ずしも十分な対策とはなっていない。このため、従来の底曳網に選択機能を付加し、小型魚の入網そのものを回避する方法を検討することが必要である。

福島県における底曳網の選択機能に関する研究例では、ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の小型魚保護を目的とした自家用餌料曳網漁業の漁具改良試験（福島県1997）があるが、本県沿岸の主要漁業である沖合底曳網漁業（農

*1 福島県水産海洋研究センター

〒971-8101 福島県いわき市小名浜下神白字松下13-2

Fukushima Prefectural Fisheries and Marine Science Research Center, 13-2 Matsushita, Shimokajiro, Onahama, Iwaki, Fukushima 971-8101, Japan
hirata_toyohiko_01@pref.fukushima.lg.jp

*2 相馬双葉漁業協同組合 第三恵永丸

*3 相馬双葉漁業協同組合 第三勝丸

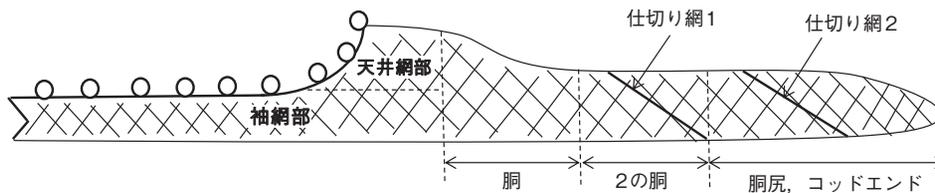


図1. 相馬腹釜地方の底曳網の基本的構造と呼称

林水産大臣許可) や小型底曳網漁業 (福島県知事許可) に関する研究報告はこれまでにない。しかし、これらの底曳網漁業に従事する漁業者の選択性に対する関心は高く、相馬原釜地方の相馬双葉漁業協同組合では、自主的に、底曳網の改良試験を2004年から2006年にかけて行っていた。

当組合に所属する底曳網漁船の多くは、船の総トン数が19トンクラスの沖合底曳網漁船である。漁法は、オッターボードを使用した1艘曳で、その漁場は福島県沿岸が中心であるが、季節的に仙台湾や千葉県海域でも操業を行っている。

主要な漁獲対象種はヒラメやカレイ類、マアナゴ *Conger myriaster*、マダラ、ズワイガニ *Chionoecetes opilio* など多種にわたっている。本漁業では、2000年頃から、全長10cm程度のマダラ幼魚 (以下、本報ではこのサイズをマダラ幼魚と呼ぶ) やソコダラ類 *Macrouridae* などが入網した。当組合の漁業者は、この入網状況を危惧し、選択的な漁獲手法の導入を検討するために、底曳網の改良試験に着手していた。

底曳網の代表的な選択的漁獲手法として、漁獲対象種が単一の場合、コッドエンドの網目による分離がある。しかし、当地方の底曳網では、1航海時に大きさが異なる複数種の魚介類を漁獲対象とするため有効な対策とはならない。このため、千葉県銚子漁業協同組合の小型底曳網漁船が使用している底曳網 (松下ら1999, 井上2000) などを参考に、底曳網の一部に開口部を設け、この開口部からマダラ幼魚等を逃避させる分離機能を有した底曳網を試作し、その曳網試験を実施した。また、2003年頃から福島県沖にエチゼンクラゲ *Nemopilema nomurai* (以下、クラゲとする) が来遊し、漁具や漁獲物の損傷など漁業被害が発生していたことから、クラゲの混獲防除の対策も必要となっていた。そこで、漁業者は各地で試行されている事例 (独立行政法人水産総合研究センター2005) を参考に、底曳網の一部に排出口を設けて、入網したクラゲを速やかに網の外へ脱出させる分離手法を採用し、その改良を施した底曳網による曳網試験を実施した。

本報では、漁業者によって取り組まれたマダラ幼魚等の保護のための改良が施された試作網とクラゲ混獲防除のための試作網の曳網試験の結果と、併せて実施された底曳網の模型実験の結果を示し、選択機能を備える底曳網を設計する際の課題を整理することとした。

材料と方法

相馬原釜地方には、使用する水深帯が異なる3種類の底曳網があり、主に水深75m以浅の操業時に使用する底曳網は「灘網」、主に水深約90~135mまでの海域で使用する底曳網は「中間網」、それよりも深い水深でも使用できるものは「沖網」と呼ばれている。「灘網」は主にヒラメ、カレイ類を漁獲するためのもので、「中間網」はカレイ類やマアナゴを、「沖網」ではマダラやズワイガニを主に漁獲する。また、相馬原釜地方の底曳網の基本構造と呼称について図1に示す。当地方の底曳網は、仕切り網により底曳網の内部を2ヶ所で区切り、曳網方向に向かって前側の仕切り網 (以下、仕切り網1とする) では大きなゴミ類や岩等を、後側の仕切り網 (以下、仕切り網2とする) では比較的大きな魚等を分離し、コッドエンドに小型の魚介類を溜める構造となっている。漁業者は、袖網から仕切り網1の手前までを「胴」、仕切り網1付近を「2の胴」、その後方を「胴尻」と呼んでいる (特に魚捕部を指す場合はコッドエンドと言う)。以下、これらの用語を用いて説明する。

マダラ幼魚等を選択的に保護する底曳網についての試験は、2004年に実施した (以下、試験1とする)。また、その分離機能を向上させることを目標にした試験を2005年に実施した (以下、試験2とする)。さらに、クラゲの混獲防除の機能を施した試作網の試験は2006年に行った (以下、試験3とする)。これらの試験の設定について表1に示す。試験1, 2では「中間網」を、試験3では「沖網」を、各試験の基本的な網として用い、これにそれぞれの改良を施した試作網を用いた。各試験で用いた網の設計図を作成するとともに模型実験と曳網調査を、ニチモウ株式会社下関研究所に委託して実施した。各試験で曳網調査した海域を図2に示す。以下に、各試験の詳細を述べる。

試験1 相馬双葉漁業協同組合所属船第三鹿島丸 (総トン数19トン、漁船法馬力669kW) の中間網を供試網とした。この中間網を実測するとともに、この網の作製時における工夫等を漁業者に聞き取り、中間網の構造を調べた。中間網の設計図を図3に示す。また、試験1で施した改良を図4に示す。中間網の改良は、仕切り網2を通過したマダラ幼魚がこの開口部から逃避することを想定し、胴尻の前方の天井側、仕切り網2が縫い合わされて

表1. 試験の詳細

試験No	1	2	3
目的	マダラ幼魚等の分離	マダラ幼魚等の分離機能強化	エチゼンクラゲ混獲防除
分離手法	「胴尻」天井側開口部設置	「胴尻」天井側開口部設置 + キャンバスカイト取付	「胴」天井側脱出口設置
試験方法	曳網試験, 模型実験	曳網試験, 模型実験	曳網試験
曳網調査 使用船舶	第三勝丸 (19トン, 552kW)	同左	第三恵永丸 (19トン, 669kW)
曳網調査実施日	2004年10月19日	2005年9月17日	2007年1月19日
底曳網仕様	中間網	中間網	沖網
操業手法	オッターローラー一艘曳	オッターローラー一艘曳	オッターローラー一艘曳
曳網水深 (m)	180~200	90~100	90~100
曳網速度 (kt)	2.7~3.4	2.5~3.0	2.6~3.0
曳網時間	1時間40分	1時間30分	1時間30分
曳網回数	2	2	1
設置観測機器		深度計, 水中ビデオカメラ	深度計
実験期間	2005年2月1~28日	2005年8月20~23日	-
縮尺	1/10	1/10	-
設定条件	袖網間隔一定 (H.R長の42%)	袖網間隔一定 (H.R長の42%)	-
模型実験詳細	曳網速度 (kt) (実測換算)	曳網速度 (kt) (実測換算)	-
	2.5, 3.0, 3.5	2.5~3.0	-
観察手法	デジタルビデオカメラに 記録・再生	デジタルビデオカメラに 記録・再生	-

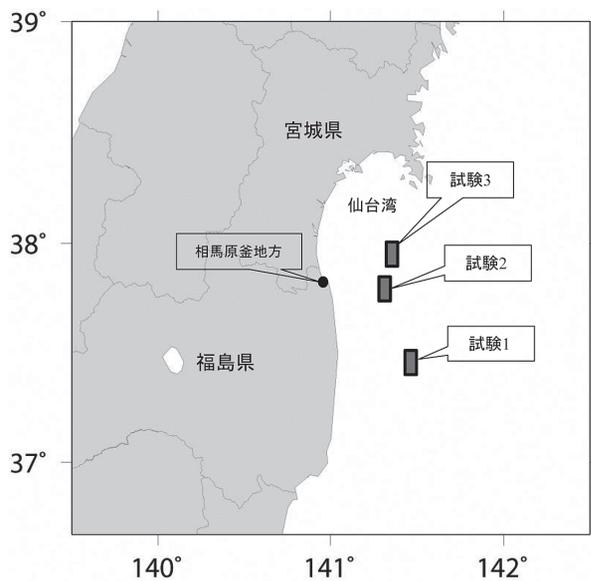


図2. 曳網調査海域

いる部分の曳網方向から見て後方に開口部 (1.7 × 2.3m) を設けた。曳網調査は、2004年10月19日に相馬双葉漁業協同組合所属の第三勝丸 (総トン数19トン, 漁船法馬力552kW) により、福島県沖の海域 (図2) で行った。調査海域は、調査の前日までの操業や、同組合所属の他の底曳網漁船の情報からマダラ幼魚が入網しやすい漁場を選定した。その結果、曳網した水深は、通常中間網で操業する水深よりも深い約180~200mであった。調査日は、まず改良を施していない通常の操業で使用する中間網でマダラ幼魚が入網することを確認し、その付近で、開口部を設けた試作網により2回曳網した。その際、分離効果を確認するため開口部に袋網を装着した。図5に袋網を装着した模式図を示す。この袋網とコッドエンド

のそれぞれへの入網物を、魚種別にプラスチック製のカゴ (三甲株式会社製, 584 × 465 × 299mm) に收容し、カゴの縁の高さを基準に收容度合を目視で観察し、およその重量を推測した。なお、陸上で複数の魚種 (マダラ, スケトウダラ *Theragra chalcogramma*) をカゴの縁まで收容して重量を測定したところ、約40kgであったため、最大收容量を40kgとして推測した。

また、ここで基本とした中間網の模型を作成し、田内の模型比較則 (Tauti 1934) による模型実験を実施した。模型網の縮尺比は1/10, 目合比は1/4, 糸径比は1/4とした。実験では、袖網間隔を一般的な経験値 (和田1973) や井上・本田の手法 (井上・本田2002) を参考に実物換算で17mとなるよう設定した。この値は、試験に用いた網のヘッドロープ長40.2m (図3) の42%にあたる。曳網速度は、実物換算で2.5, 3.0, 3.5ktの3段階とした。そして、曳網中の網口高さ (ヘッドロープ中央とグランドロープ中央間の距離) および「胴尻」の開口部に装着した袋網の上筋網と胴尻の下筋網の高さ (離底距離) を計測するとともに、デジタルビデオカメラ (SONY社製, DCR-TRV70) で底曳網の形状等を記録し観察した。

試験2 試験1で使用した中間網 (図3) の胴尻の袋網装着部へ、水流を受けることで揚力が発生して、装着の仕方によっては浮きと同じ役割をするキャンバス製のバラカイト (0.6 × 0.6m, ニチモウ株式会社製) (以下、カイトとする) を取付け、胴尻付近の立体空間をより確保した。カイトの模式図とその装着状態を図6に示す。この試作網について、試験1と同様に曳網調査と模型実験を実施した。

曳網調査は、2005年9月17日に、相馬双葉漁業協同

組合所属の第三勝丸により、福島県の相馬原釜沖（図2）で実施した。調査海域は、調査前日まで操業していた漁場で、曳網した水深は約90～100mだった。調査では、同一の海況下でカイトの有無による試作網の曳網状態を比較するため、カイトを取付けた場合と取付けない場合でそれぞれ1回曳網した。カイトが曳網中の網の動作へ与える影響を確認するため、網口中央のヘッドロープ（以下、H.Rとする）とグランドロープ（以下、G.Rとする）に自記式水深計（アレック電子社製COMPACT-TD-500、最大計測深度500m、分解能0.08m、精度±1.5m）を取り付け、H.Rに設置したものとG.Rに設置したものの値の差を曳網中の網口高さとして測定した。また、曳網中の網および改良部位の形状等を観察するために、水中ビデオカメラ（後藤アクアティクス製、オートタイマー式水中テレビカメラシステム、耐圧水深500m）も設置した（図6）。カイト取付け時には、袋網内の前方へ設

置して開口部と袋網の曳網中の状態を撮影した。カイト取り外し時には、天井網のH.R中央付近に設置して曳網中の網口からコッドエンド方向を撮影し、網の全体的な開き具合や姿勢を観察した。

模型実験は、曳網調査で使用した網の模型を、カイトが脱着できるようにして田内の模型比較則（Tauti 1934）により試験1と同様の縮尺比、目合比、糸径比で作製し、袖先間隔、曳網速度も試験1と同様の設定で実施した。そして、カイトを取り付けた場合と取付けない場合の曳網中の開口部付近の状態をデジタルビデオカメラ（SONY社製DCR-TRV70）で記録し観察した。

試験3 相馬双葉漁業協同組合所属の第三恵永丸（総トン数19トン、漁船法馬力669kW）が主にマダラなどを漁獲する際に使用している沖網を供試網として用いた。この沖網の実測結果と漁業者から特徴等を聞き取り、それらの内容を基に作成した設計図を図7に示す。この沖網にクラゲを逃避させるための排出口（0.3×1.7m）を胴の天井側の仕切網1の前方に設けた。排出口の構造を図8に示す。排出口は、クラゲが排出される時以外は、排出口の間隔が一定となるように3ヶ所をゴムチューブで固定した。また、長方形の網を排出口の前端に縫い付け蓋状に被せ、後部は開閉可能な状態とした。この蓋がクラゲの脱出時以外は開かないようにするため、蓋の後方をゴムチューブで「胴」の天井側と繋ぎ、蓋の4ヶ所にチェーンを取り付けた。排出口の前方には浮子（UBE180、浮力2.3kg）を左右に1個ずつ取り付け、排出口の前側が沈み込まないようにした。

この排出口を備えた網の曳網調査は、2007年1月19日に第三恵永丸により仙台湾南部（図2）で実施した。調査海域は、事前の情報からクラゲが採捕されやすい漁場を選定した。このため、曳網水深は90～100mで、通常、沖網が使用される水深よりも浅かった。曳網回数は、海況の影響で1回のみとなった。調査では、クラゲおよび水揚げ対象の魚類の排出状況を観察するために、袋網を取り付けた。袋網の装着状態を模式的に図9に示す。

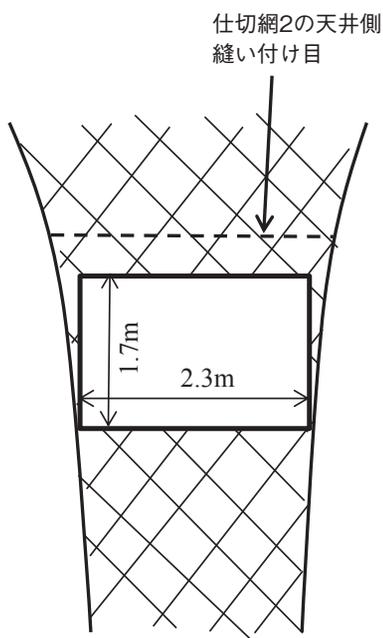


図4. 胴尻天井側開口部

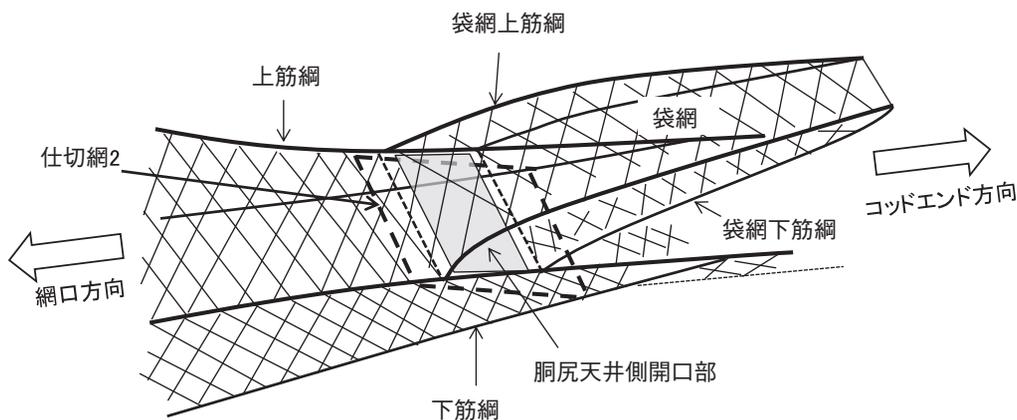


図5. 試験1の袋網取付け状態模式図

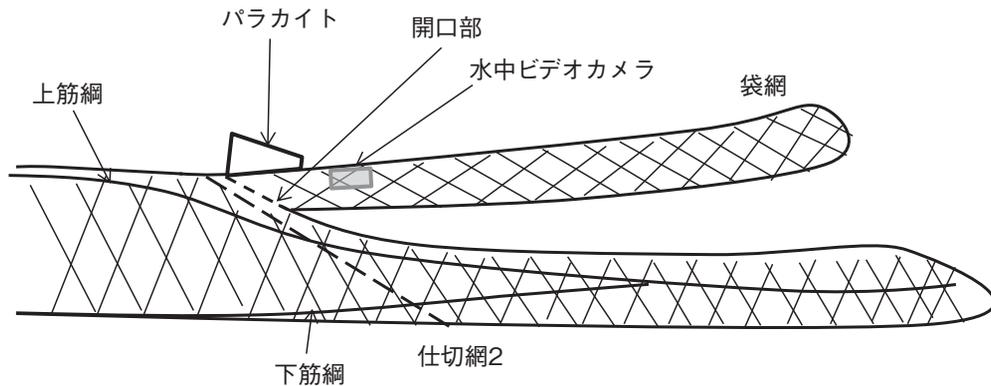
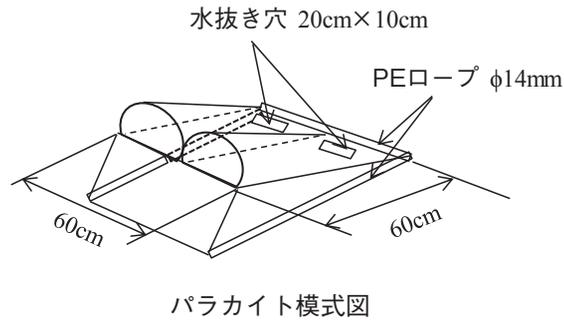


図6. 試験2のカイト模式図とカイトおよび袋網装着状態模式図

また、自記式水深計（試験2の水深計と同一機種）を2つ、排出口の前方と後方にそれぞれ取り付けた（以下、曳網方向に向かって前方の水深計を水深計1、後方のものを水深計2とする）（図8）。この2つの水深計の測定値の差を参考に、排出口の開口状況を推察した。

なお、試験3の曳網調査ではクラゲの入網が無く、袋網への魚類の排出状況を観察するとともに、袋網と身網側の仕切網1、2およびコッドエンドに溜まった魚の重量を試験1と同様の方法で推測し、それらを比較して排出口装着による魚類の排出性能について考察した。

結 果

試験1 中間網（図3）の総長は50.1 m、H.Rの長さは、40.2 m、G.Rの長さは48.6 mであった。その構成は、袖網部およびそれに繋がる脇網部、天井網とそれに続く上網、底側に面した腹網部の4枚仕立てとなっていた。全体的に落とし目や三角の網地の使用は少なく、多くは長方形の網地を縫い合わせて作製されていた。袖網部は、3寸目および1.5寸目合の長方形の網地を6枚繋ぎ合わせ、奥袖に向かって徐々に目数を増やし、それぞれの網地に縮結（内割縮結）を25～30%入れて、曳網中に膨らみやすい構造となっていた。脇網部は、胴尻の途中まで入り、コッドエンドにかけては、上下2枚仕立てとなっていた。胴から胴尻のコッドエンド前の腹網部には、ナイロン製の網地が配置されるとともに、コッドエンドの腹側にはポリエチレン製の網地がもう1枚取付けられ、曳

網中のスレ対策が施されていた。胴からコッドエンドにかけての縮結は、8～17%で、特に胴と2の胴は10%に満たなかった。2の胴内部に配置されている仕切網1は、ナイロンロープ（直径9 mm）で編まれ、天井側は魚類が通過できるよう目合は700 mmと大きく、下側に行くほど小さくなり腹網近くでは400 mmとなっていた。胴尻側の仕切網2は、ポリエチレン製の5寸目で仕切網1よりも網丈が長かった。両仕切網とも天井側から腹側へ大きく前方傾斜して配置されていた。

曳網調査で袋網とコッドエンドに入網した漁獲物の結果を図10に示す。マダラ幼魚は1回目の曳網では、袋網へ28 kg、コッドエンド側へ200 kg入網した。2回目の曳網では、袋網へ60 kg、コッドエンドへ160 kg入網し、何れの回とも袋網側よりもコッドエンド側への入網が多かった。

全長約30 cm以上のマダラは1回目、2回目ともコッドエンドへ入網し、袋網では確認されなかった。その他の魚種も、ほとんどがコッドエンドに入網し袋網への入網は僅かだった。また、1回目の曳網では、遊泳力のないイソギンチャク類Actiniariaが袋網に入網していた。

模型実験により測定した結果を図11に示す。網口高さは、曳網速度が速くなるに従い低くなる傾向を示し、袋網上筋網と胴尻の下筋網はやや上昇する傾向を示した。袋網上筋網の高さは約1.2 mであったことから、天井側の開口部の離底距離は約1.0 mと推測された。

一方、下筋網の高さは、約0.8 mで胴尻は曳網中、離底した状態であることが窺えた。また、仕切網2が、天

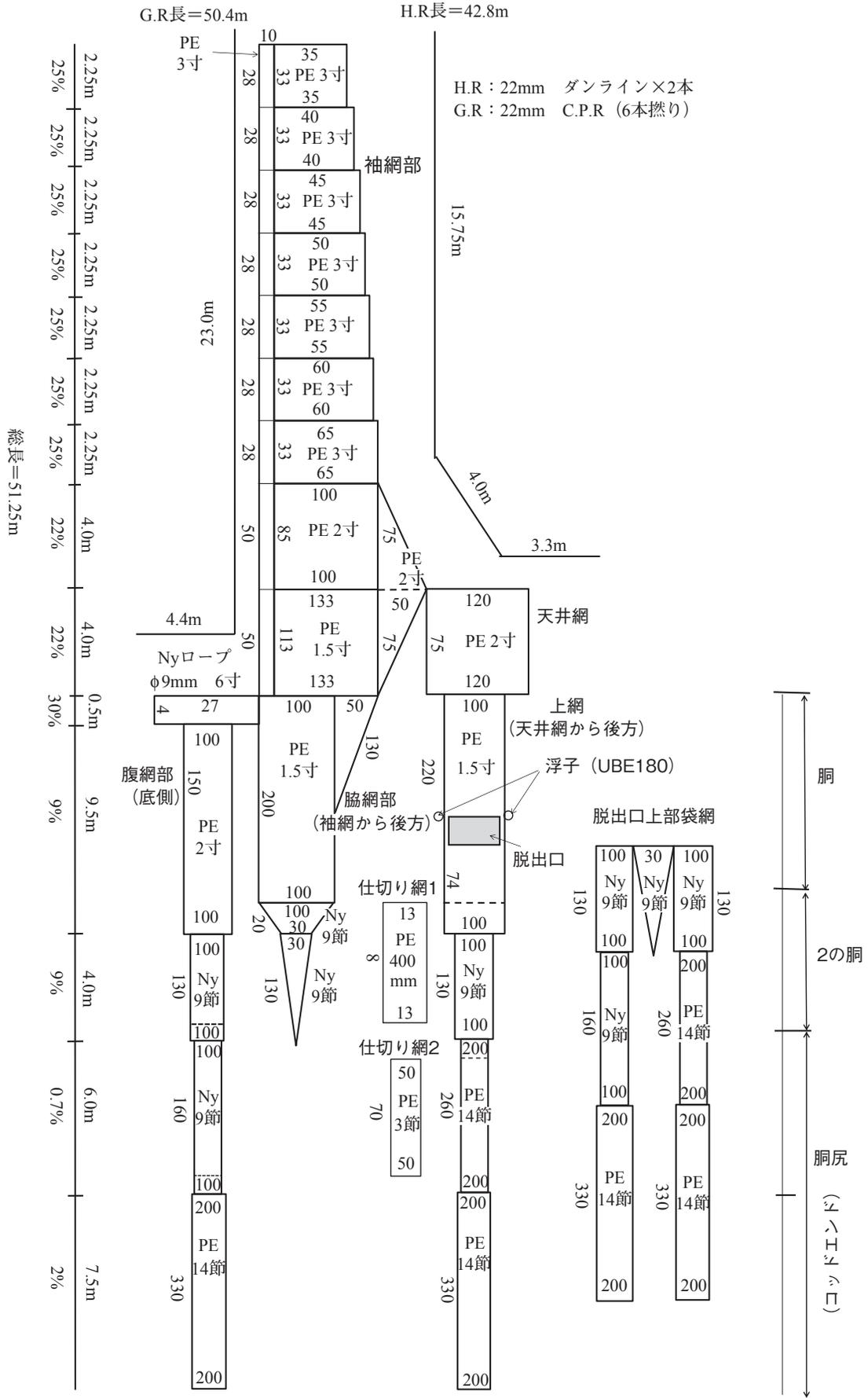


図7. 沖網設計図

井網に沿って吹かれ上がり、天井側開口部を塞いだ状態であることが観察された。

試験2 曳網調査での網口高さの測定結果を表2に示す。胴尻へカイトを取り付けない場合の網口高さは約1.8m、取り付けた場合が約2.3mとなりカイトを取り付けた方が高くなる傾向を示した。また、水中ビデオカメラによる観察でカイトを取り付けた曳網では、袋網とコードエンドが絡んだ状態が映像から確認され、胴網から後方が十分に展開しなかったため、胴尻開口部付近の観察データが得られなかった。一方、カイトを取り付けない場合の観察では、天井網部および胴の天井側がきれいに展開していることが確認された。

模型実験によるデジタルビデオカメラによる観察では、曳網速度2.5～3.0ktでカイトを取り付けない場合は、袋網が胴尻に被さってしまい、開口部が機能しない状態が確認された。カイトを取り付けた場合では、袋網が0.3～0.4m浮上していることが観察され、開口部の機能性を向上させることが期待できることが分かった。

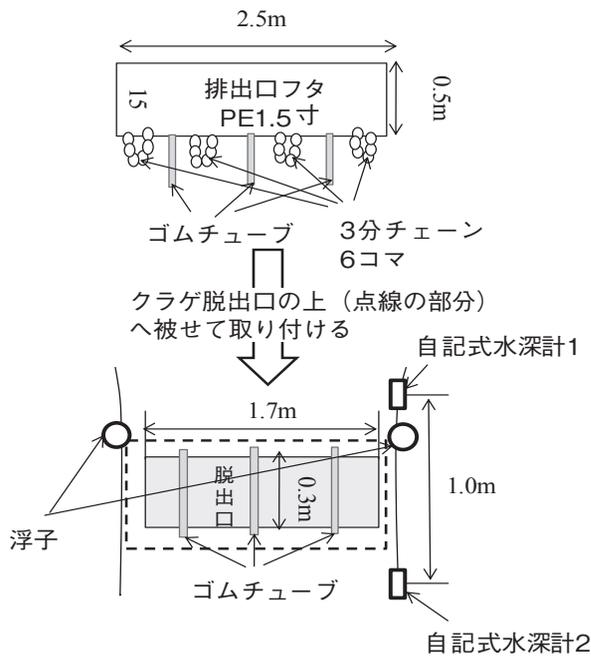


図8. 試験3の排出口の構造模式図

試験3 沖網(図8)の総長は51.25m、HR長は42.8mでG.R長は50.4mであった。網の構成は中間網と同様、袖網部およびそれに繋がる脇網部、天井網と上網、腹網部の4枚仕立てとなっていた。落とし目は少なく、天井網と袖網部の間や脇網部の一部に三角の網地が使用されている以外は、ほとんどが長方形の網地が使用されている点も中間網と共通していた。袖網部の構造は、ポリエチレン製で3寸目の網地を奥袖に向かって7枚配置し、各網地の縮結は25%に統一されていた。また、掛け目数を5目ずつ増やし、徐々に膨らみが大きくなる構造としていた。この後方の脇網は、胴から2の胴まで入り2の胴部分で三角の網地となり、胴尻は2枚仕立てとなっていた。網口の腹側には、泥こしとしてナイロンロープ(直径9mm)で編んだ大目(目合い6寸)を配置していた。胴からコードエンドにかけての構造も、基本的に中間網と変わらないが、胴尻の目合いは14節で中間網より小さく、縮結は、ほとんど入っていなかった。腹側のナイロン網の使用箇所は、2の胴後ろ側から胴尻前側までで、中間網より少なかった。

曳網調査で袋網とコードエンドに入網した漁獲物の結果を図12に示す。漁獲物の入網状況は、コードエンドにはマダラ(全長約50cm)が約20kg、袋網側には同じくマダラ(全長約50cm)が約60kg入網し、袋網のほうが多かった。排出口前後に取り付けた水深計の値は、表3のとおり曳網速度が3.0ktで前側(水深計1)が平均89.8m、後ろ側(水深計2)が平均90.6mであったことからその高低差は約0.8mと推測され、排出口は概ね設計どおり開口していたと推測された。

考 察

試験結果の検証 試験1の曳網試験では、2回ともマダラ幼魚がコードエンドに多く入網したことから、中間網へ施した開口部のタラ類幼魚の分離・保護機能は低かったと考えられる。Main *et al.* (1981)は、英国海峡で行った観察から曳網中の底曳網に対してマダラは、海底に接近して遊泳するとしている。また、曳網中の底曳網のG.Rからの逃避が多いことも報告されている(藤田ら2003)ことから、胴尻まで入網してきたマダラ幼魚が、天井側に設置した開口部に遭遇する機会は少なかったと

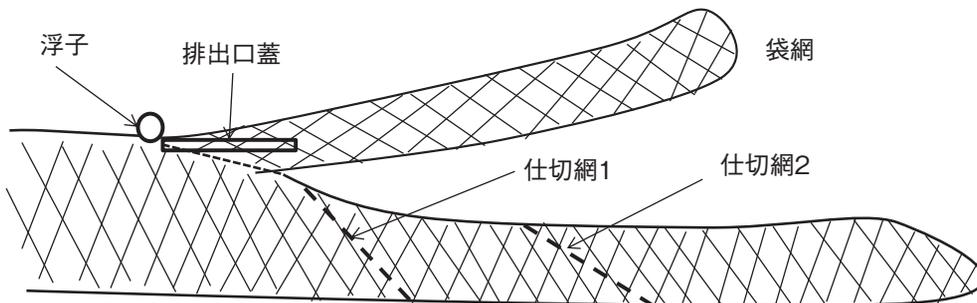


図9. 試験3の袋網装着状態模式図

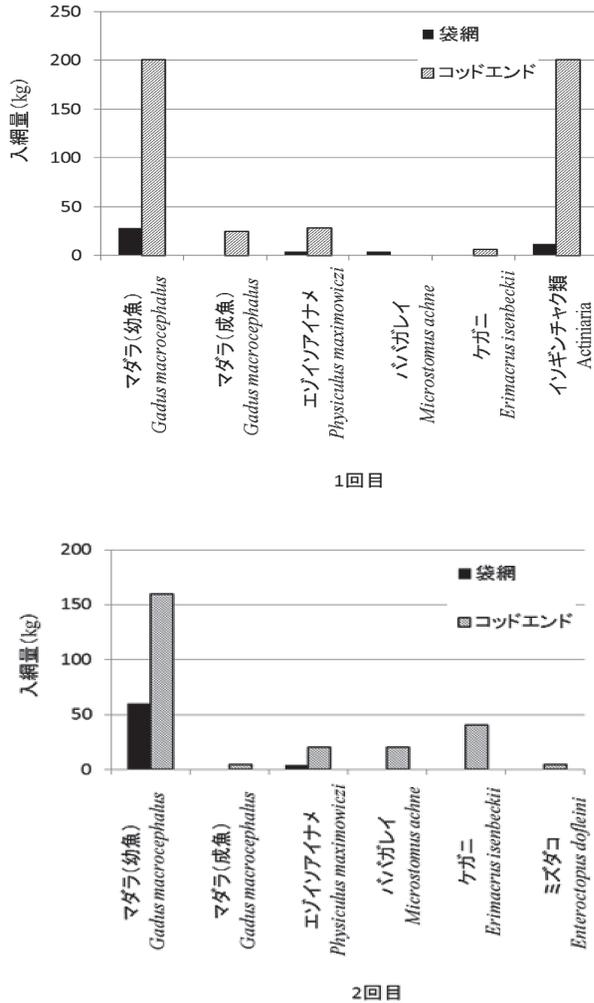


図10. 試験1曳網調査での魚種別入網状況

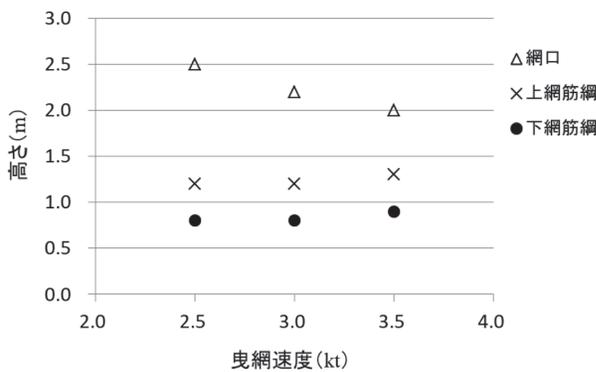


図11. 試験1の模型実験の測定結果

推察される。また、試験1の模型実験で観察されたような、仕切網2が天井側に吹き上がって開口部を塞いだ現象や、試験2のカイトを使用しない場合の模型実験で観察された、袋網が胴尻の開口部に被さる現象などが開口部の機能を低下させたと推察される。

試験2の曳網試験では胴尻前方にカイトを装着した場合、網口高さが高くなり、また模型実験では袋網を浮上させることが確認された。このことは、カイトを胴尻天井側に取付けることで、カイトで生じた浮力が胴尻より

表2. 試験2曳網調査での網口高さ推定値

供試底曳網	パラカイトの有無	中間網曳網速度 (kt)	網口 (H.R-G.R間) 高さ (m)
中間網	無し	3.0	1.8
	有り	3.0	2.3

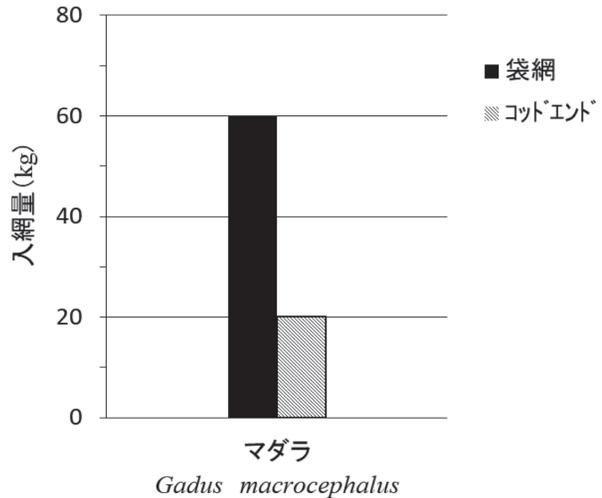


図12. 試験3曳網調査でのマダラ (全長約50cm) 入網状況

表3. 試験3曳網調査時の水深計平均値

供試底曳網	曳網速度 (kt)	測定部位	平均水深 (m)
沖網	3.0	前側 (水深計1)	89.8
		後側 (水深計2)	90.6

も前方を持ち上げ、胴の部分の空間を広く保つことが可能であることを示唆している。コッドエンド付近での狭い空間では、大量に漁獲された場合に網目選択性が鈍くなる問題 (Erickson et al. 1996) や漁獲物同士或いは網との接触で魚体に傷が付き、逃避後の生残率が低下する可能性が指摘されている (有元1995)。胴の部分の立体空間を広くすることは、今回のような魚の遊泳力を利用した分離・保護機能を高める可能性があると思推察できる。しかし、曳網調査ではコッドエンドと袋網が絡み、胴の部分十分に展開しなかった。今回の調査では、胴尻へ袋網を装着したために生じた現象と推察されるが、松田ら (1989) は、ウイングパラカイト (キャンパス製拡網装置) の水槽実験で、水流に対して迎角が極端に小さくなるとウイングパラカイトの周りに生ずる乱流で不安定になる傾向があり、迎角が10度以上で極めて安定することを報告している。今後、曳網調査で着水後の網の姿勢を観察しながら、カイトの適正な装着角度を把握することが不可欠である。

試験3の曳網調査では、遊泳力のある大きなサイズのマダラがコッドエンドよりも袋網側に多く入網した。つまりマダラの多くが排出されていたことから、クラゲが入網した場合も排出させる効果が期待できると思われる。しかし、試験3で沖網に施した改良パーツでは漁獲サイズのマダラも排出してしまっているため、クラゲの

みを脱出させる誘導パーツの設置など、有用魚種を排出口から逃避させないようにする必要がある。

選択性底曳網設計の課題 マダラ幼魚を分離するには、その逃避行動（藤田ら2003）から、今回のような天井網側からではなく、梶川ら（1999）が考案したSURF-BRD（山型に組み合わせられた2枚の角目網地と逃避口からなる混獲防御装置）による腹網側からの排出や銚子型沿岸底曳網（松下ら1999）のような二階式コードエンドによる一階部分への誘導による分離を検討するのが妥当と思われる。これらの分離手法を検討する場合、魚をサイズ別に分けるパネル（梶川ら1999）や魚を二階部分へ誘導する仕切り網（松下ら1999）を設置する必要があることから、分離装置を設置する部分には、ある程度の立体空間（特に高さ）が必要である。試験1で中間網の模型実験では、胴尻の開口部に装着した袋網の上筋網と胴尻部の下筋網の高さの差は約0.4mであることから、胴尻部分の網高さ（上筋網と下筋網間の距離）は、これより低いと推測され、分離装置を設置する空間の確保は十分ではない。中間網の網高さが低いのは、2の胴から胴尻にかけての縮結が小さめで、垂直方向には膨らみにくいからと推察される。漁業者は、経験上、この部分に縮結を入れない方が海底とのスレに強く、縮結を入れ膨らむような構造にすると岩などが入網しやすく破網しやすいと考え、この様な仕立てとしていたことであつた。また、脇網部は2の胴までとして胴尻は2枚仕立ての網もあり、それはさらに胴尻部分の空間が狭くなる。これらの構造は、2の胴から胴尻に縮結を入れないことで、網地の量を多くし、海底との摩擦による網糸の摩耗を軽減する措置と推察されることから、この部位に縮結を入れる改良は難しい。また、仮に試験2で使用したようなカイトを用いたとしてもその空間を大きくすることはできないと思われる。今後、中間網の胴尻部分に分離装置を設置するためには、これら漁業者の経験的考察をさらに調べ、改良の着手手法を再検討することが不可欠である。一方、試験3で胴の天井側に設置した排出口は、マダラを多く排出していた。排出口を設置した胴の部分は、沖網、中間網とも、脇網部が大きく入り、2の胴や胴尻に比べて、空間を確保しやすいことが窺える（図3および図8）。これらのことから、マダラ幼魚の分離装置の設置は、胴尻部分よりも胴の部分で検討したほうがよいことが示唆される。

今後の課題 本報では、曳網調査の回数が少なく、マダラ幼魚の保護機能を備えた実用的な底曳網を開発するまでには至らなかった。相馬原釜地方の底曳網は、基本的な仕様は大きく変わらないものの、各船の乗組員らによって作製されており、網地の形状や目数の入れ方などの細部は船毎に工夫が施され、選択機能のパーツを同じように装着したとしても、その性能は各船の各網でばらつくことが予想される。実用性を高めるためには、供試

底曳網の数を増やし、より多くのデータを蓄積する必要がある。

現在、福島県内では震災以降、増加した資源を有効に活用するよう、より大型サイズを漁獲するための取り決めや、風評への懸念から、国の出荷制限がかかる魚種を分離・排出しながら、出荷可能な魚種を漁獲できないかなどが議論され始めている。本報で実施した中間網や沖網の図面化やその模型実験は、相馬原釜地方の底曳網の基本構造を明らかにするとともに、選択機能を備える底曳網の開発における注目点について少なからず整理できたと思われる。今後も、マダラ幼魚も含む複数の魚種を対象として、魚種選択的な性能を備える底曳網の開発研究が行われることが不可欠である。

謝 辞

試験を行うにあたり底曳網の提供をいただいた第三鹿島丸船長佐藤幸男氏にお礼申し上げます。曳網調査の出港日等の調整に協力していただいた相馬双葉漁業協同組合の皆様、模型実験および曳網調査に協力していただいたニチモウ株式会社下関研究所の皆様にお礼申し上げます。また、曳網調査時の漁獲物の魚種査定に協力いただいた福島県水産海洋研究センターの皆様へ感謝申し上げます。本試験は、全国漁業協同組合連合会の中核的漁業者協業体事業により行われた。

文 献

- 有元貴文（1995）漁業における混獲とは。「漁業の混獲問題」（松田 峻編）、恒星社厚生閣、東京、pp.11-20。
- 独立行政法人水産総合研究センター（2005）漁具改良マニュアル-大型クラゲ対策のために-第2版。pp.2-5。
- Erickson LD, Comas PAJ, Pikitch KE, Wallace RJ (1996) Effects of catch size and codend type on the escapement of walleye Pollock (*Theragra chalcogramma*) from pelagic trawls. *Fish. Res.*, **28**, 179-196。
- 藤田 薫・松下吉樹・後藤友明（2003）底曳網に対するタラ類の行動。日本水産学会漁業懇話会報, **47**, 54-55。
- 福島県（1997）平成8年度福島県水産試験場事業報告書。pp.188-197。
- 福島県（2011）福島県海面漁獲高統計。pp.64-67。
- 福島県（2015）平成25年度福島県水産試験場事業報告書。pp.19-20。
- 福島県（2017）福島県海面漁獲高統計。pp.82-94。
- 井上 実（1985）漁具と魚の行動。恒星社厚生閣、東京、p.64。
- 井上喜洋（2000）銚子型沿岸選択網の構造設計。水産工学研究所技報, **23**, 1-7。
- 井上喜洋・本田 勤（2002）原釜型底曳選択網の構造について。水産工学研究所技報, **24**, 27-30。
- 梶川和武・藤石昭生・永松公明・東海 正・松田 峻（1999）混獲防御装置（SURF-BRD）付トロールの魚種分離とサイズ分離。

- 日本水産学会誌, **65**, 278 - 287.
- Main J and Sangster GJ (1981) A study of the fish capture process in a bottom trawl by direct observation from a towed underwater vehicle. *Scottish Fish. Res. Rep.*, **23**, 1 - 21
- 松田 皎・胡 夫祥・石沢 聡 (1989) キャンバス製拡網装置, ウィングパラカイトの流体特性. 日本水産学会誌, **55**, 1927 - 1934.
- 松下吉樹・野島幸治・井上喜洋 (1999) 小型底曳網漁業における漁獲物分離装置の開発. 日本水産学会誌, **65**, 11 - 18.
- Tauti M (1934) A relation between experiments on model and full scale of fishing net. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **3**, 171 - 177.
- 和田光太 (1973) 実用トロール漁法. 成山堂書店, 東京, pp.135 - 140.

