

漁具改良マニュアル

-大型クラゲ対策のために-



平成17年8月

監修 独立行政法人 水産総合研究センター

本マニュアルは、底びき網漁業および定置網漁業における大型クラゲ被害の軽減技術について、現在までの技術開発の成果を分かり易くまとめたものです。

当然、今後ともこれら技術の改良に取り組んでいきますが、これまでおこなってきた技術開発が現場で活用され、大型クラゲに関連した漁業被害が軽減されることを期待します。

なお、本マニュアルに対する皆様からのご意見等を心より頂戴したいと存じます。どのようなご意見でも構いません。是非ともご連絡いただけますようお願い申し上げます。

独立行政法人 水産総合研究センター

水産工学研究所 漁業生産工学部

漁法研究室

渡部俊広

電話 0479 - 44 - 5951

FAX 0479 - 44 - 1875

茨城県神栖市波崎 7620 - 7

郵便番号 314 - 0408

第1部 底びき網

底びき網における技術開発の現状	2
小型底びき網漁業（板びき網）の例	3
小型底びき網漁業（駆け廻し）の例	5
沖合底びき網（駆け廻し）の例	7
沖合底びき網（2そうびき）	
小型底びき網（駆け廻し）の例	9
沖合底びき網（2そうびき）の例	11

第2部 定置網

箱網改良の例	13
--------	----

参考資料

曳網漁具に装着する大型クラゲ混獲防除 装置 JET(Jellyfish Excluder for Towed fishing gear)の設計・製作方法について	18
--	----

第1部 底びき網

底びき網における技術開発の現状

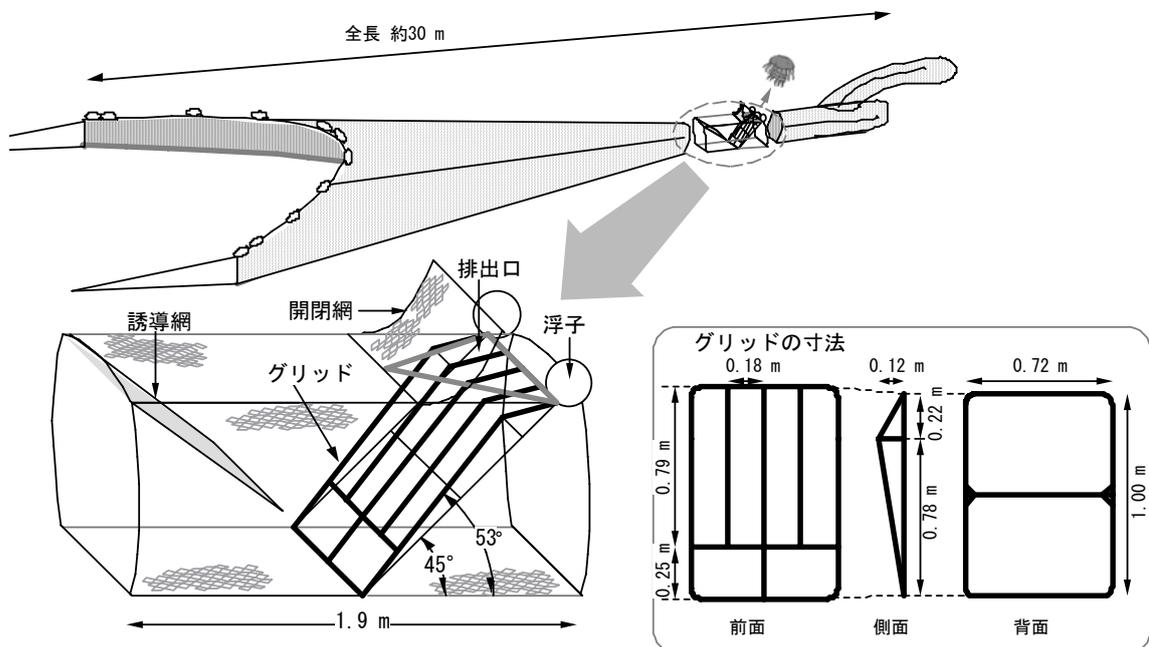
主要担当機関	漁業種類・漁法	主要対象種	改良部位	分離機構	クラゲ排出部位	クラゲ排出率 ^{注)}	対象種の減少率 ^{注)}	改良に要する金額	改良に要する日数	備考
(独)水産総合研究センター水産工学研究所	小型底びき網(板びき網)	異体類、アンコウ、シヤコ	身網とコードエンドの間	金属グリッド(バー間隔18cm)	コードエンド上部	89%(重量比)	21%(重量比)	約2万円	1人で1日間	船上での装・脱着が可能。今後プラスチック製グリッドの実験も予定
京都府立海洋センター	小型底びき網(駆け廻し)	ズワイガニ、アカガレイ	網口からコードエンド	菱目網(目合80cm)	網上部	データ無し	ズワイガニ 0.8%、アカガレイ 35%(個体数比)	網地等があればごく僅かな金額	5人で2日間	クラゲの排出機能を確認する必要あり(水槽曳網実験では確認済み)。アカガレイの漁獲割合を高めるために改良予定
兵庫県漁業協同組合連合会但馬支所	沖合底びき網(駆け廻し)	ズワイガニ、ハタハタ	身網中央部	菱目網(目合60cm)	網上部(カニ二用)網底部(魚用)	0%(カニ二用, 個体数比 0/2) 100%(魚用, 個体数比 2/2)	ズワイガニ 1.3%(カニ二用, 個体数比) 魚類 20%以下, エビ類約 70%(魚用, 個体数比)	約20万円	5人で1日間	魚用は本年9月より当業船が導入予定
島根県水産試験場	沖合底びき網(2そうびき)小型底びき網(駆け廻し)	カレイ類、タイ類、イカ類、アンコウ	身網中央部	菱目網(目合40~60cm)	網上部(沖底型)網底部(小底型)	70%(重量比)	5~30%(個体数比)、魚種、排出型により異なる	分離部のみなら1万円	4~6人で4~8時間	当業船(沖底, 小底)ともに作成中。
(独)水産総合研究センター調査部	沖合底びき網(2そうびき)	タイ類、異体類、イカ類	網口	矯正ロープで網高さを低下(3→1.5m)	入網させない	データ無し	データ無し	ロープ代のみ	容易に改良できる	その他の漁船も導入済み。

注)：排出率と減少率はデータ数の少ないものもあり、追試や今後の改良などによって変化いたします。

小型底びき網漁業（板びき網）の例

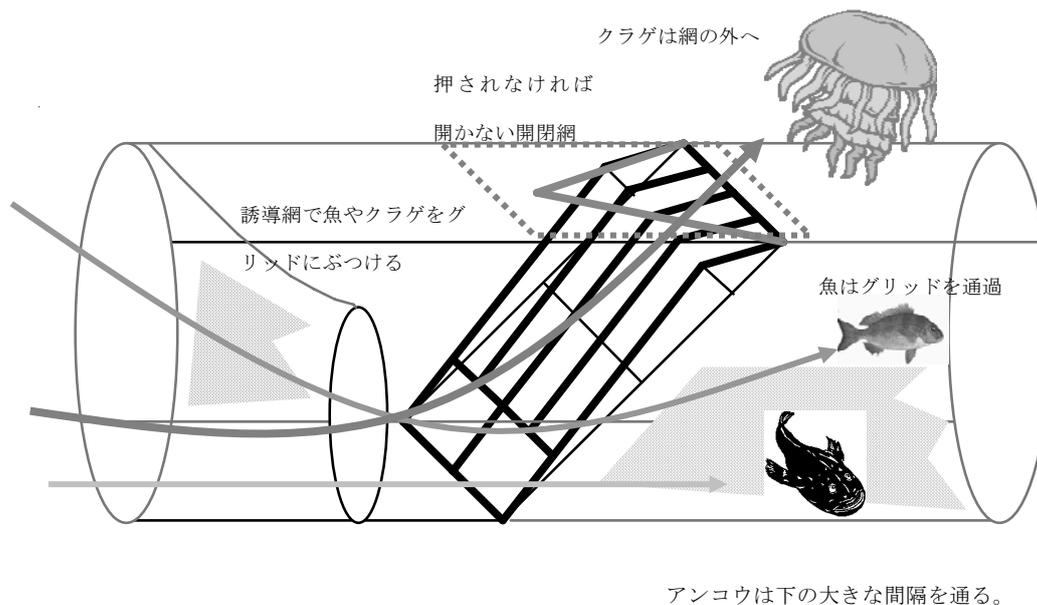
(JET ; ジェット, Jellyfish Excluder for Towed fishing gear)

- JET は，世界中の底びき網改良の研究を参考にして設計しました。ステンレス製の格子（グリッド）で魚とクラゲを分離します。
- 底びき網の身網と袋網の間に，船上で簡単に取り付け，取り外しができます。



JET の外観と大きさ

- グリッドの重さは空中でも約 5kg。クラゲが網に残ることを考えれば取り扱いが簡単です。
- グリッド（鉄工所で 1.5 万円くらい）さえできれば，あとは 1 人で 1 日程度で製作できます。
- 新潟県岩船港の小型底びき網（板びき網，5 トン未満船）に取り付けて使用したところ，通常と同じ，漁業者 1 名で漁労作業ができました。



JET による漁獲物の分離

- JET により約 90%の大型クラゲ（重量比）を網から排出することができました。
- 価値のある魚（スズキやアマダイ、ヒラメなど）は、約 80%（重量比）を網内に保持できました。
- 実験を行った漁船の船長は、大型クラゲが大量発生した時には、実操業で JET の使用を希望されました。
- 今後は、軽量で柔軟なプラスチック製グリッドなどを試す予定です。
- 板びきだけでなく、駆け廻しや2そうびきなど、いろいろな底びき網に対して応用可能です。お気軽にご相談下さい。

(開発機関) 独立行政法人 水産総合研究センター 水産工学研究所
 新潟県水産海洋研究所

(お問い合わせ) 独立行政法人 水産総合研究センター 水産工学研究所
 漁法研究室 松下吉樹・本多直人

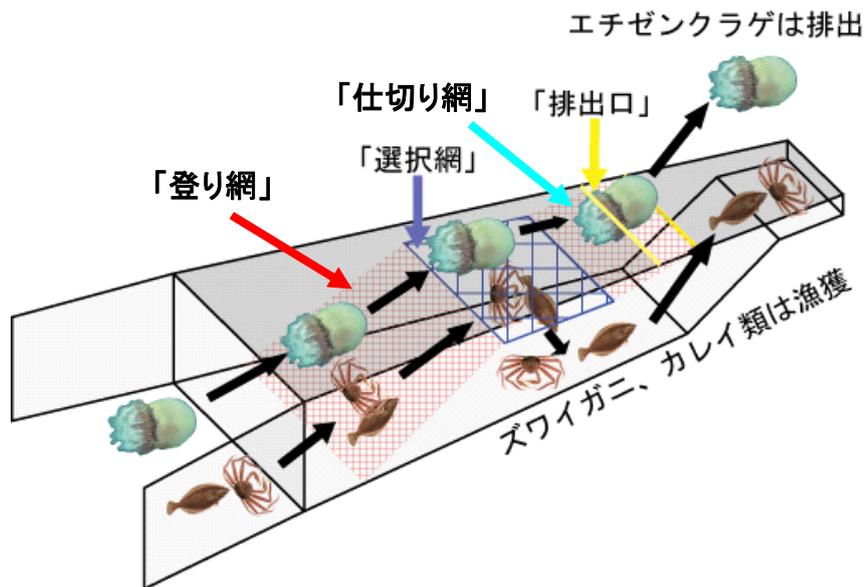
Tel.:0479-44-5952. Fax.: 0479-44-6221.

E-mail: yoshiki@fra.affrc.go.jp

注) 本成果は、農林水産省「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」により得られたものです。

小型底びき網漁業（駆け廻し）の例

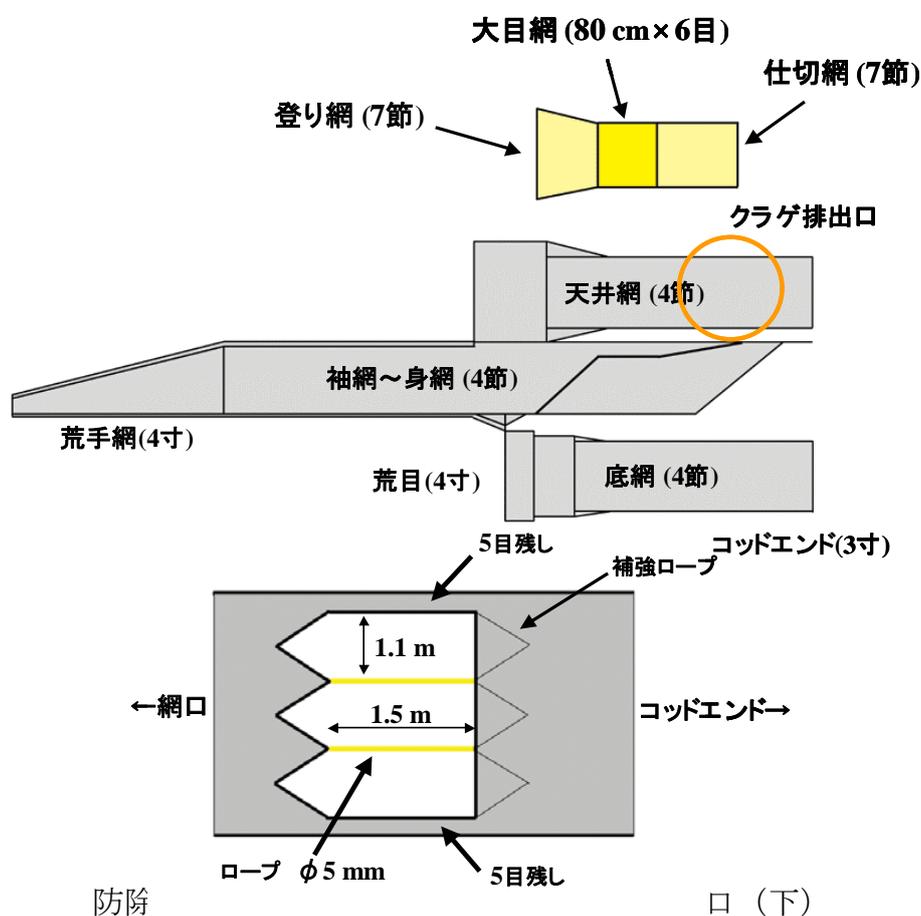
- このクラゲ防除網は、通常のカニ網の身網内部に「登り網」「選択網」「仕切り網」を取付けて上下二段構造としました（下図）。ズワイガニとカレイ類は「選択網」から落としコッドエンドへ、大型クラゲは「選択網」を通過し天井網に設けた排出口から網外へ排出されます。



クラゲ防除網のイメージ図

- 「登り網」「仕切り網」の目合は7節、「選択網」の目合は80 cmで、網口からコッドエンドに向けて6目を配しています。
- 「登り網」は網口から約1.5間の位置から身網側網の網目に沿って（半目上がり）、底網～天井網の8：2の位置に向けて取付けています。
- 防除網の1/6規模の模型網を作製し、曳行水槽で実験（曳網速度1～1.5ノット）を行ったところ、曳網中の網成りは良好でした。
- 模型クラゲ（直径約10～20 cm、氷嚢袋およびシリコン製）を置いて水槽中で曳網実験を行った結果、全ての模型クラゲが曳網中に天井網の排出口から排出されました。
- 実際の「カニ網」を用いて試験操業を行った結果、入網したズワイガニの約99%、アカガレイの約65%、ヒレグロの約85%を漁獲することができました（操業中には大型クラゲは出現していませんでした）。

- ・ 改良に要した人数と時間は、5人で2日間でした。慣れれば5人で1日間で作製可能と思います。「選択網」の作製に別途、1人で1日間を要しました。
- ・ 「選択網」の資材ポリエチレントワイン 285本の5kg/巻が約5,000円、「登り網」「仕切り網」の資材ポリエチレン蛙又網7節1反が約24,000円です。この資材で数隻分の改良が可能です。
- ・ 今後は、カレイ類の漁獲できる割合を高めるために、「仕切り網」にも大目を配したり、排出口の長さを短くしたり、また排出口に被せ網を取付けたりするなどの改良を試みたいと考えています。



(開発機関) 京都府立海洋センター
ニチモウ株式会社

(お問い合わせ) 京都府立海洋センター 山崎 淳

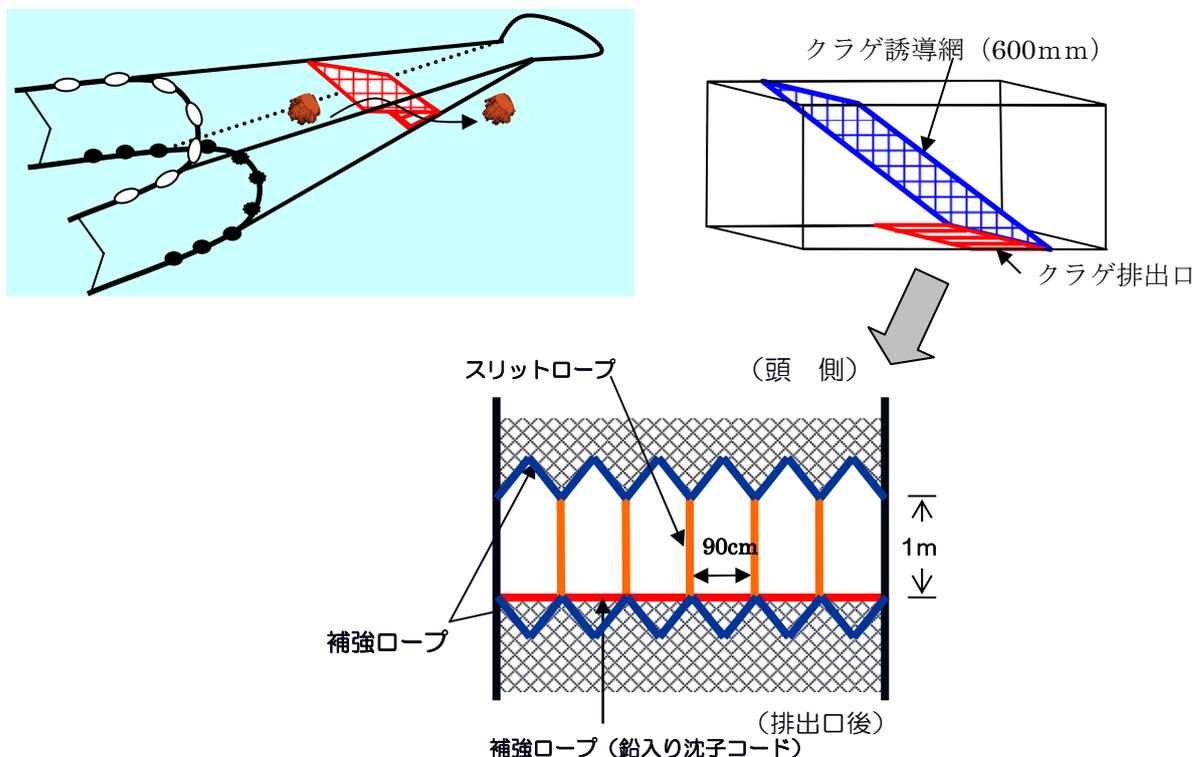
Tel:0772-25-3076 Fax:0772-25-1532

E-mail:a-yamasaki20@mail.pref.kyoto.jp

注) 本成果は、農林水産省「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業」により得られたものです。

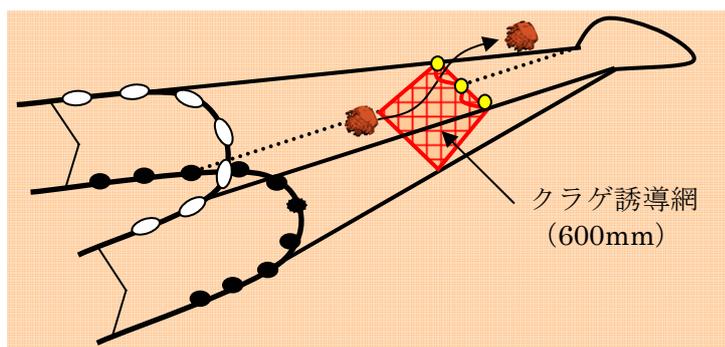
沖合底びき網（駆け廻し）の例

1. 19トン 650馬力型魚網について



クラゲは誘導網に当たり、下方に誘導され、下部排出口から網外に排出されます。

2. 40トン 1,000馬力型カニ網について



クラゲ排出口（網地を横方向に切り、浮子を取り付ける。）

クラゲは誘導網に当たり、上方に誘導され、上部排出口から網外に排出されます。

1. 実証試験結果

① 魚網

- ・ 大型クラゲは2回入網し、2回共網外へ排出されました。
- ・ 底魚類は81%～85%（重量比）がコッドエンドに入りました。

- ・ 浮魚類は 47%～100%（重量比）がコッドエンドに入りました。
- ・ エビ類は 21%～31%（重量比）がコッドエンドに入りました。
- ・ ゴミ類は約 67%、投棄魚（例：ヒレグロ小型）は約 38%が抜けました。

② カニ類

- ・ 大型クラゲは 2 回入網しました。1 回は小型のもので、クラゲ誘導網 600 mm 目合を通過して、コッドエンドに入りました。残り 1 回のは、約 80 cm の中型のもので、クラゲ誘導網にかかったまま海面まで揚がり、網を船上に巻き上げる時にコッドエンドに入って行きました。
- ・ カレイ類（マガレイ）は、約 98% コッドエンドに入り、ズワイガニ（♂♀）も 99% がコッドエンドに入りました。しかし、補足実験では、マガレイは 82% がコッドエンドに入っていました。

2. まとめ

- ・ 模型実験の段階では、魚網、カニ網共 70%～80% の模型クラゲが網外に排出されました。実証試験では、魚網の結果は良好。しかし、カニ網では網成りがくずれクラゲは排出されませんでした。この点については、今年度検討します。
- ・ 更なる選択性向上のため、クラゲ排出口の形状の変更を今年度検討します。
- ・ 今回の漁具改良は、板びき網漁業、オッタートロール漁法にも適用可能であると考えています。

3. 最後に

改良に要する費用は大型船 95 トンクラスで 20 万円程度、改良に要する日数は 5 人（1 人 1 日 8 時間の作業）で 5 日間程度です。

クラゲ誘導網の取り付け方法（仕立て方法）および排出口の製作方法等についての詳細はご連絡いただければ、ご説明いたしますので、よろしくお願い致します。

（開発機関）兵庫県漁業協同組合連合会

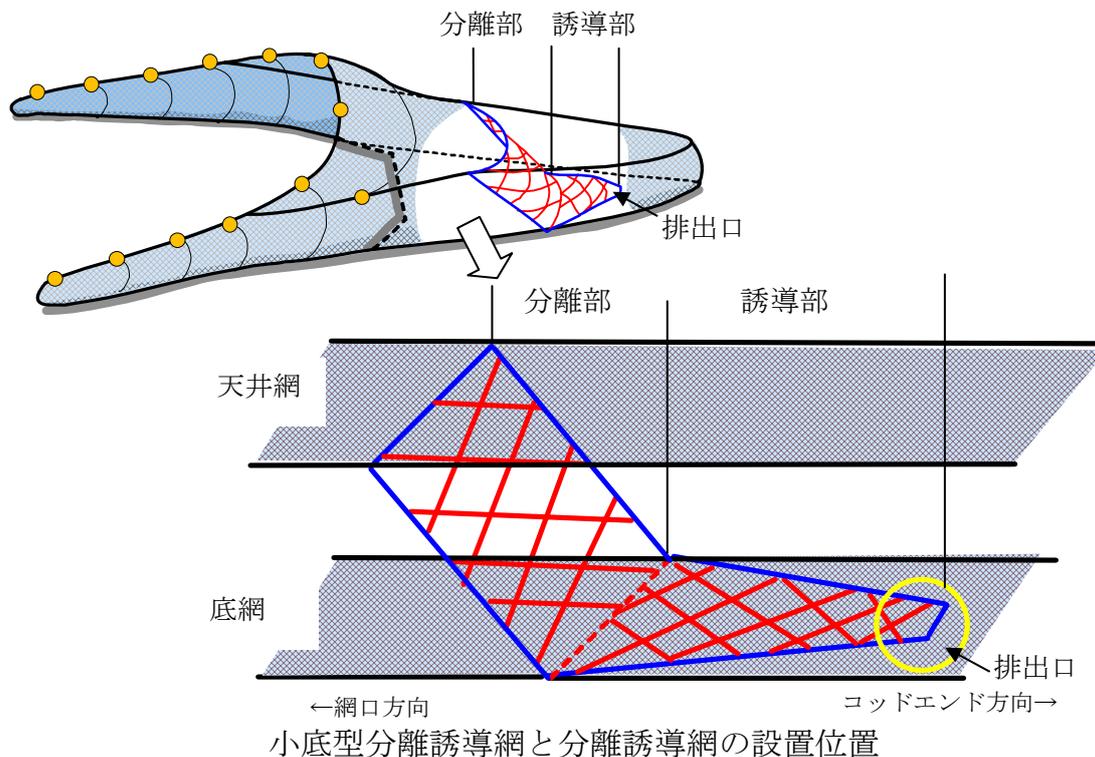
（お問い合わせ）兵庫県漁業協同組合連合会但馬支所指導課 内海卓三

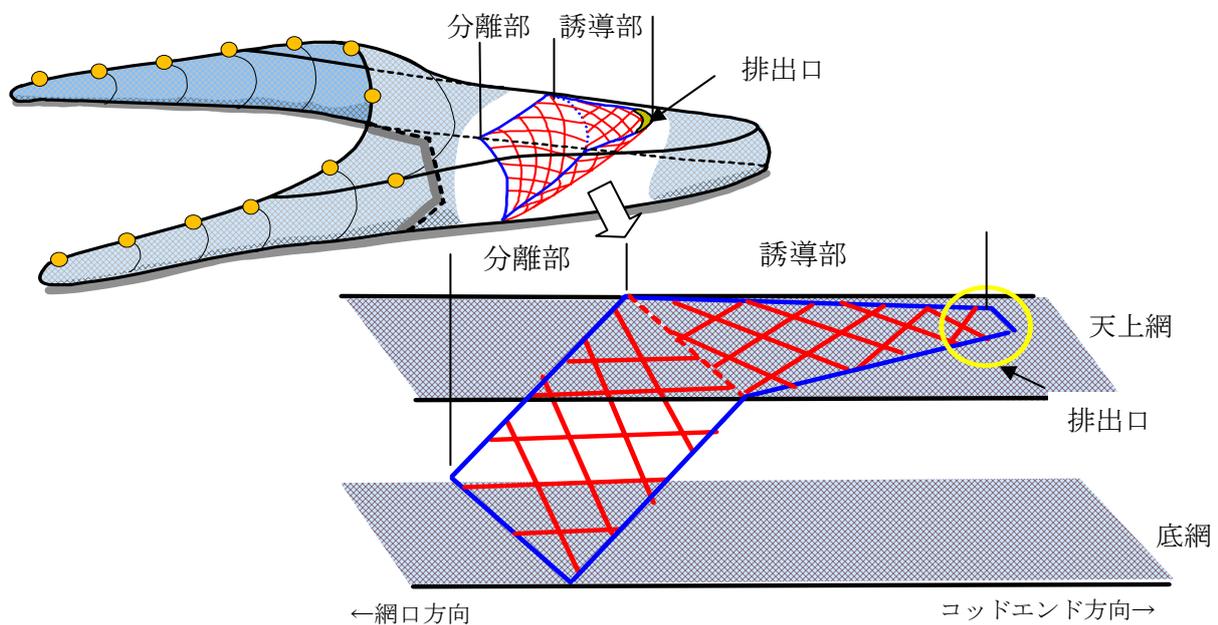
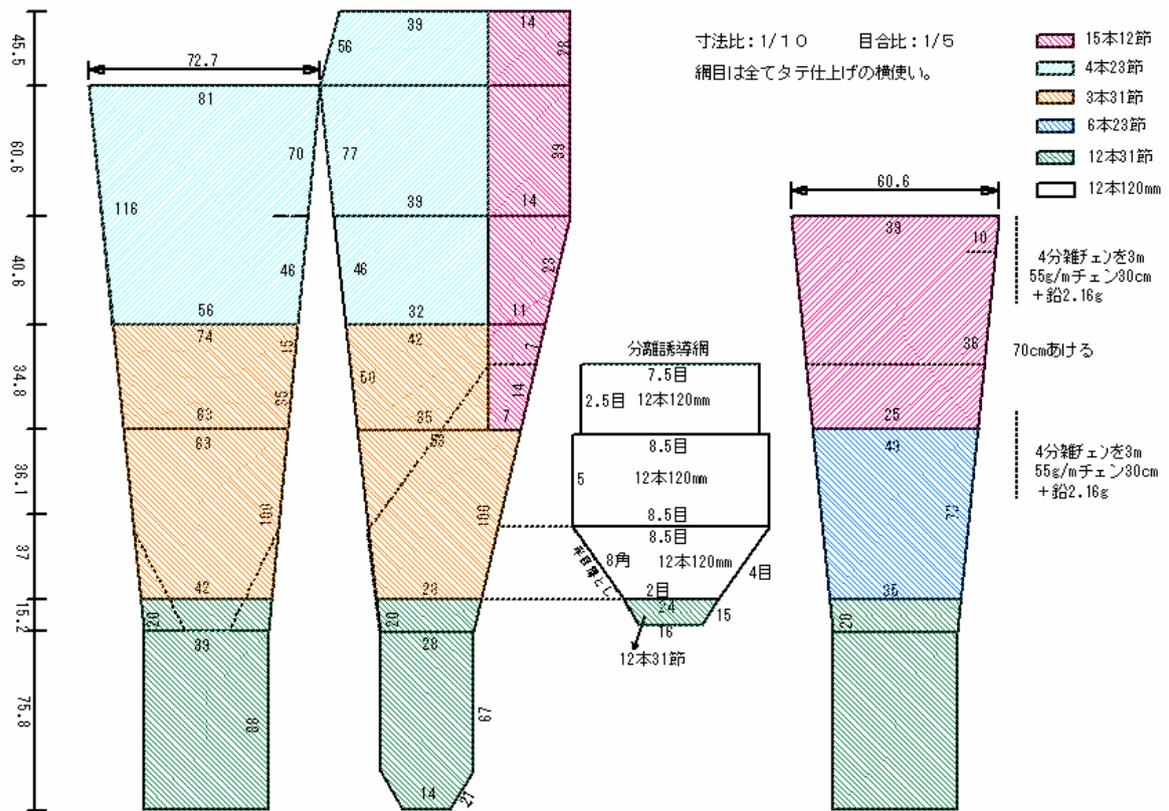
TEL : 0796-36-1123、FAX : 0796-36-3662

注）本成果は、水産庁「水産業構造改革加速化技術開発事業」により得られたものです。

沖合底びき網（2 そうびき）・小型底びき網（駆け廻し）の例

- ・今回開発した底びき網用の大型クラゲ排出機構は、硬質性（金属やプラスチックなど）の素材を使用せず、網とロープだけを使用して、従来使用している漁具に取り付け、最小限の改造ですむようにしたものです。
- ・曳網速度、操業方法、漁獲対象魚種の違いを考慮して、沖合底びき網（2 そうびき）では上抜き方式を、小型底びき網（駆け廻し）では下抜き方式を採用しました。
- ・基本構造は、魚とクラゲを分離する分離部と、クラゲをスムーズに網外に排出するための誘導部から構成されています。曳網時にはこの二つの部分が楕円状態に変化してクラゲが網にひっかかることなくスムーズに排出されました。
- ・島根県水産試験場の試験船「島根丸」で試験を行った結果、沖底型では50～70%のエチゼンクラゲ（重量比）を排出することができました。魚はスルメイカが30%程度クラゲとともに排出されましたが、キダイやカレイ類などは90%以上網に残りました。
- ・一方、小底型は漁業者の一部は実際に利用しており、島根県水産試験場の試験船「島根丸」の試験操業でもスムーズにクラゲが排出される様子が水中ビデオで確認されました。また、イカ類が90%以上、タイ類やカレイ類が70%以上網に残りました。
- ・分離部、誘導部の目合はクラゲの大きさに応じて40～60cmで調整する必要があります。分離部の目合を小さくすればクラゲの排出は良好になりますが、魚もクラゲと一緒に排出される割合も高くなりますので、適当な目合の設定は、使用する各人で決定する必要があります。
- ・自作した場合、設置のための大きな網の改造がないならば4～6名で4～8時間、経費は5,000～10,000円程度となります。





沖底型分離誘導網図面と分離誘導網の設置位置

(開発機関) 島根県水産試験場、鹿児島大学

(お問い合わせ) 島根県水産試験場 沖野 晃

Tel. : 0855-22-1720. Fax. : 0855-23-2079.

E-mail : okino-akira@pref.shimane.lg.jp

注) 本成果は、水産庁「水産業構造改革加速化技術開発事業」により得られたものです。

沖合底びき網（2そうびき）の例

網口部分の網丈を強制的に低くする

活性のあるクラゲは、海底からやや離れた水深帯を遊泳することが知られています。そこで、通常、網口において3m程度ある網丈を、ロープを用いて強制的に1.5mまで低くして操業したところ、大型クラゲの入網回避にある程度の効果があることがわかりました。この方法は、容易に実施できることから、一般の漁船にも導入された実績があります。



写真1 上架中の第1やまぐち丸



写真2 通常網に入網した大型クラゲ
揚網できず洋上で投棄

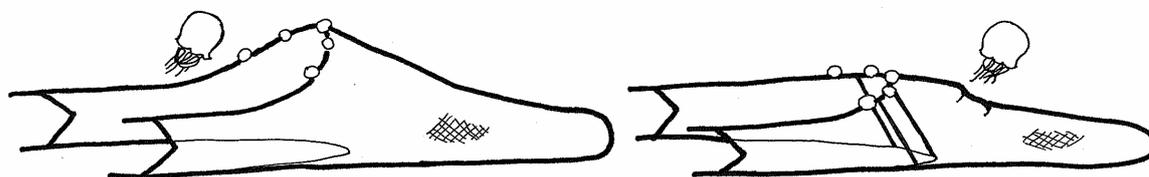


図1 強制的に網丈を低くする

メリット： 構造が簡単で材料費が安価なため、すぐに導入できます。

デメリット： 死んで着底したクラゲが入網する場合があります。

平成17年度漁期には、調査海域にも大量の大型クラゲが来遊することが予想されています。当センターでは、引き続き大型クラゲ排除装置の改良を続け、実用化へ向けた開発を進めるとともに、その成果を積極的に公表してゆく予定です。

(開発機関) 独立行政法人 水産総合研究センター 開発調査部

(お問い合わせ) 独立行政法人 水産総合研究センター 開発調査部 高山 剛

Tel: 045-227-2732 Fax: 045-227-2705

E-mail: takayama@jamarc.go.jp

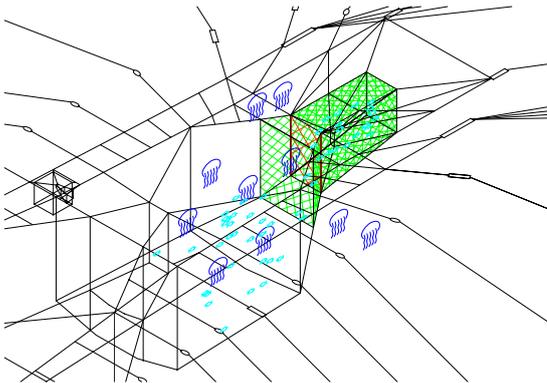
注) 本成果は、水産総合研究センター「新漁業生産システム構築実証化事業」により得られたものです。

第2部 定置網

箱網改良の例

【方法】

- 定置網の箱網の魚捕りを取り外し、粗目仕切り網（目合：600 mm）を取り付け、その先にガンタ（滑車）を用いた金庫網（目合：30 mm）を取り付けます。

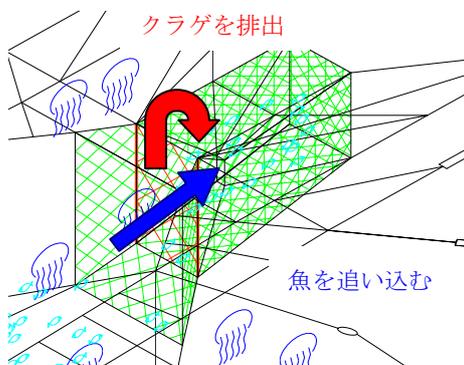


粗目仕切り網と金庫の装着図



実際の装着状況

- 箱網を通常通り操業し魚を金庫に追い込みます。クラゲは仕切り網で遮断後、それらを仕切り網の上部へ追い込み金庫の天井網の上に排出します。最終的には仕切り網も揚網して全てのクラゲを排出します。



排出概要図



金庫天井網上に排出されたクラゲ群

【実際の効果】

- 2004年程度のクラゲ来遊量（数百個体位）であれば、魚とクラゲの分離効果は良好でした。
- 操業しない段階でもハマチ等の魚は仕切り網を通り抜け、自然に金庫へ入網していました。
- 最終的に仕切り網を揚網し、全てのクラゲを金庫天井網の上に排出した時点で、ほとんどの魚を金庫へ追い込む事が出来ました。



自然に金庫へ入網するハマチ



金庫への追い込み状況

- ・ 対策網では漁獲物を魚倉に入れるためだけに大タモをしましたが、未対策網ではクラゲを網外に排出する行為にのみ大タモを使用しました。
- ・ 仕切り網はゴミの排除も同時に行えました。
- ・ 対策網、未対策網とも金庫網の操業に要する時間は変わりませんでした。漁獲量や漁獲物の質は対策網の方が良く、漁業者から喜ばれました。



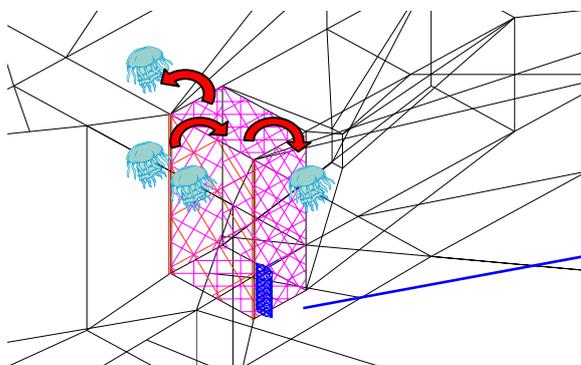
対策網の漁獲状況



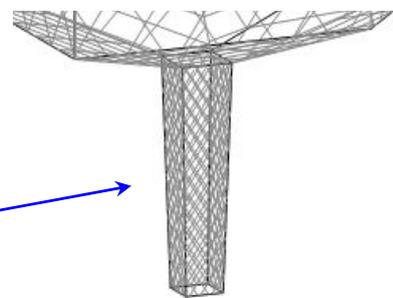
未対策網の状況

【今後の方策】

- ・ 仕切り網と金庫網との間に、浮子の付かない廊下を取り付け、その上にクラゲを排出する方法が操業時間の短縮につながります。



浮子無し廊下網の取り付け図

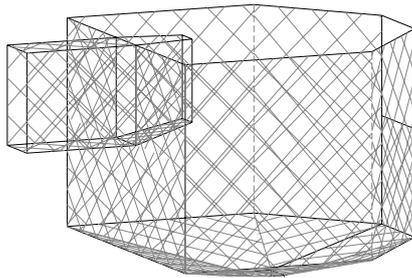


切れたクラゲ排出用筒網図

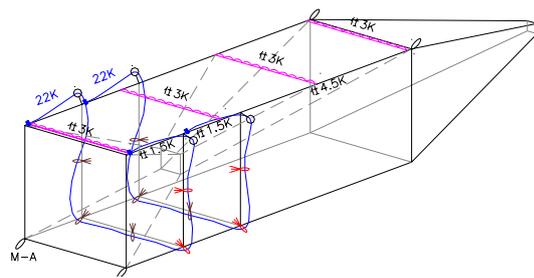
- ・ 廊下の底の部分に筒網を取り付ける事によって、仕切り網でちぎれたクラゲの破片が金庫に流入せず、自然に網の外に出て行く構造が有効です。
- ・ 仕切り網の操業を容易にするには、廊下部分に揚網時に展開する三角網を取り付ける方法が有効と考えられます。

【その他の対応策】

- ・ すでに金庫網や吹き流し網を所有されている漁業者の方であれば、仕切り網とそれらにつながる浮子無しの廊下の増設でこれらの対応策は可能です。

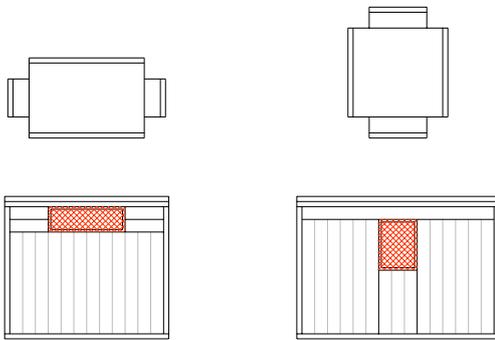


金庫網図

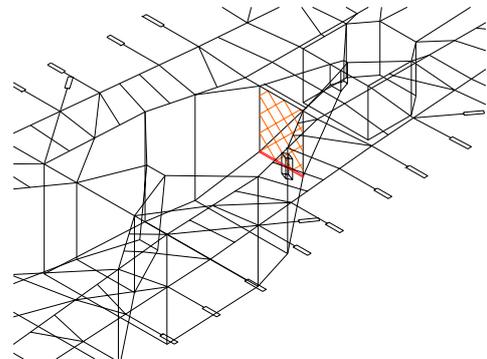


吹き流し網図

- ・ 簡易的な対応であれば既存の魚捕り袋を取り外し、その部分に仕切り網を取り付ける対応も考えられますが、多量のクラゲ来遊時には仕切り網の目詰まりが予想されます。より効果を求めるならば魚捕りの上半分位に仕切り網を取り付ける方が効果的です。

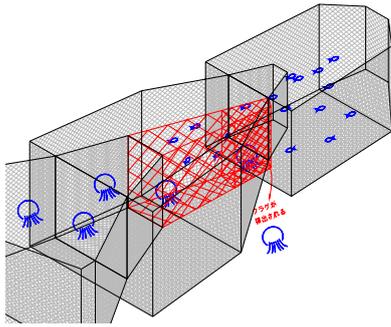


魚捕り袋仕切り網対応図

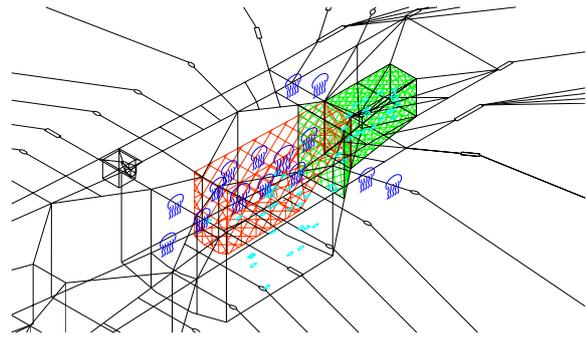


既存金庫網使用対策図

- ・ 数千個体で来遊するクラゲに関しては、箱網内に粗目箱網を取り付けて自然排出を図る事も効果的です。この場合、箱網の返し先（内登り先）から浮子付きの粗目箱網を取り付け、その先につながる網の三枚口部分から自然にクラゲのみを排出する方法です。
- ・ ただしこの場合、ハマチやアジ等の魚種の自然入網は確認されましたが、真鯛など一部の魚種の自然入網には限界が有る様に感じられました。鮭鱒類は問題なく粗目を通過する事が想像されます。



第一箱網内粗目箱網装着図



クラゲ多量来遊時対策計画

【準備に要する期間と費用】

- 定置網の場合、ほとんどの漁場においてオーダーメイド的な要素が大きく、その網規模や採用される対策によって費用は大きく異なります。よって各々の設計に合わせた改良設計が必要になります。お気軽にご相談下さい。
- 仕切り網や粗目箱網は目合が大きい為、さほど製作に要する時間はかからないと思われます。しかし廊下部分は漁獲対象魚種によって目合や、使用する金庫の網規模によって異なる為、一概に申し上げられないのが現状です。こちらの方も設計に基づく試算が必要に成ります。お気軽にご相談下さい。
- 何れにしても、来遊状況や網の入替の回転をも考慮し、早めに準備を開始して下さい。

(開発機関) ホクモウ株式会社

(お問い合わせ) ホクモウ(株) 鯉野 宏

Tel.:076-231-2181 Fax.:076-263-3295.

E-mail:kaihatsu-koino@hokumo.net

注) 本成果の一部は、水産庁「水産業構造改革加速化技術開発事業」により得られたものです。

參考資料

曳網漁具に装着する大型クラゲ混獲防除装置 JET(Jellyfish Excluder for Towed fishing gear)の設計・製作方法について

独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所

松下吉樹・本多直人

Tel.:0479-44-5952. Fax.: 0479-44-6221. E-mail: yoshiki@fra.affrc.go.jp

JET の設計・製作方法

JET は世界の多くの地域の曳網漁業で使用されている混獲防除装置 (松下, 2000) のうち、ウミガメを網から排出するための装置 TED(Turtle Excluder Device)と同じような考え方で設計した。すなわち、網口からコッドエンドの間に漁獲物を大きさで選別できる網地やグリッドを取り付け、この網地あるいはグリッドを通過しないものを網から排出し、通過したものをコッドエンドで保持する。日本海に來遊する大型クラゲは傘径が 60~100cm にも達し (安田, 2003)、漁獲対象生物とは大きさには差があることが予想されたので、大きさによる漁獲物の分離が有効であると考えた。JET はグリッド、筒状の網、誘導網、排出口などで構成される。各部の構造と設計・製作時に考慮すべき点について次に説明する。

取り付け位置 曳網漁具は袋状の形状を持ち、網口からコッドエンドにかけて断面積が徐々に小さくなるように、すなわち各部の網地が曳網方向に対して角度を持つように設計される。この構造により網口から入網した魚は集約されて、コッドエンドに到達することになる。そして身網の後端からコッドエンドにかけては網地の傾斜がほとんど無くなり、この部分の曳網中の形状は円筒形となることが一般的である。JET はこの円筒形の部分を切り離してその間に連結して取り付けるようになっている。ただし、この取り付け位置が JET を連結するために十分な大きさを持っているかどうかを後述に示す方法で確認しておく必要がある。

グリッド 漁獲物を分離するための構造は、網地を用いた柔構造のものが取り扱いに優れる。しかし、TED の開発に関する研究報告によると、柔構造の TED は金属製のグリッドなどを用いた剛体構造の TED に比べて分離性能が劣る (Watson *et al.*, 1993)。大型クラゲ 1 個体の重量は 50~150kg にもなり、これが網に残った場合には船上での取扱いは煩雑にな

る(本多, 2004)。JETを剛体構造としてもその重量は大型クラゲ1個体分にも満たないので、大型クラゲを柔構造のものよりもより良く排除することを期待して、JETは漁獲物を分離する部分には金属製のグリッドを用いることとした。

グリッドの大きさはJETを連結する部分の大きさによって決定される。ここでは新潟県の異体類を主対象とする小型底曳網漁具(板びき網, Fig. 1)を例として適切なグリッドの大きさの求め方を示す。対象とする漁具に適したJETを製作するためには、Fig. 1に示した程度には漁具の構造を調べておく必要がある。この網のコッドエンド(袋網)は4枚の網地が円筒形となるように設計されている。JETは身網とコッドエンドを連結する部分にいわゆる「足しコッド」と同じようにコッドエンドと同じ外周長を持つ円筒形の網を挿入して取り付ける。本報告では、網口方向を前、コッドエンド方向を後、曳網方向と平行な方向を縦方向、曳網方向と直角の方向を横方向と呼ぶ。円筒形となる連結部分の外周を囲む横方向の網目の数は、6節(60mm目合)の網目が96目(=24目×4枚)である。この網目は縦方向に沿って取り付けられた筋縄にある割合で縫合されることにより、一定の大きさで開くように想定されている。これは網地の縮結(いせ)と呼ばれる。新潟県の網のコッドエンドは、縦方向に伸張した場合に全長2.97m(=60mm目合×49.5目)となる網地を2.9mの筋縄に均等に縫合することで、網地を伸張したときの長さの97.5%(2.5%の縮結)にしている。こうすることによって、ひとつの網目は横方向に約1.3cm拡がり、コッドエンド連結部分の網の外周長は約1.25m(≒1.3cm×96目)と計算される。しかし曳網中には筋縄に縫合された部分以外の網目は縮結の影響をそれほど受けずに拡がるのが漁具の水中観察から確認されている(松下ら, 1996)。経験的には、身網とコッドエンドの連結部分の外周長は、網目が13%程度の縮結をもって拡がっていると想定したほうが良い。身網とコッドエンドの連結部分のコッドエンド側の網地の目合を m 、外周の目数を n とすると、13%の縮結をもって拡がったときの身網とコッドエンドの連結部分の外周長 G は、

$$G = 0.5 \cdot m \cdot n$$

で見積もることができる。

したがって新潟県の網では身網とコッドエンドの連結部分の外周長は2.9mと見積もられる。ここで連結部分の断面形状がグリッドを取り付けることによって正方形になるとすると、その一辺は約0.72mとなる。この値がグリッドの上辺と下辺の外寸法となる(Fig. 2)。

次にグリッドは曳網方向に対して一定の角度(以降では迎角と呼ぶ)をなすように取り

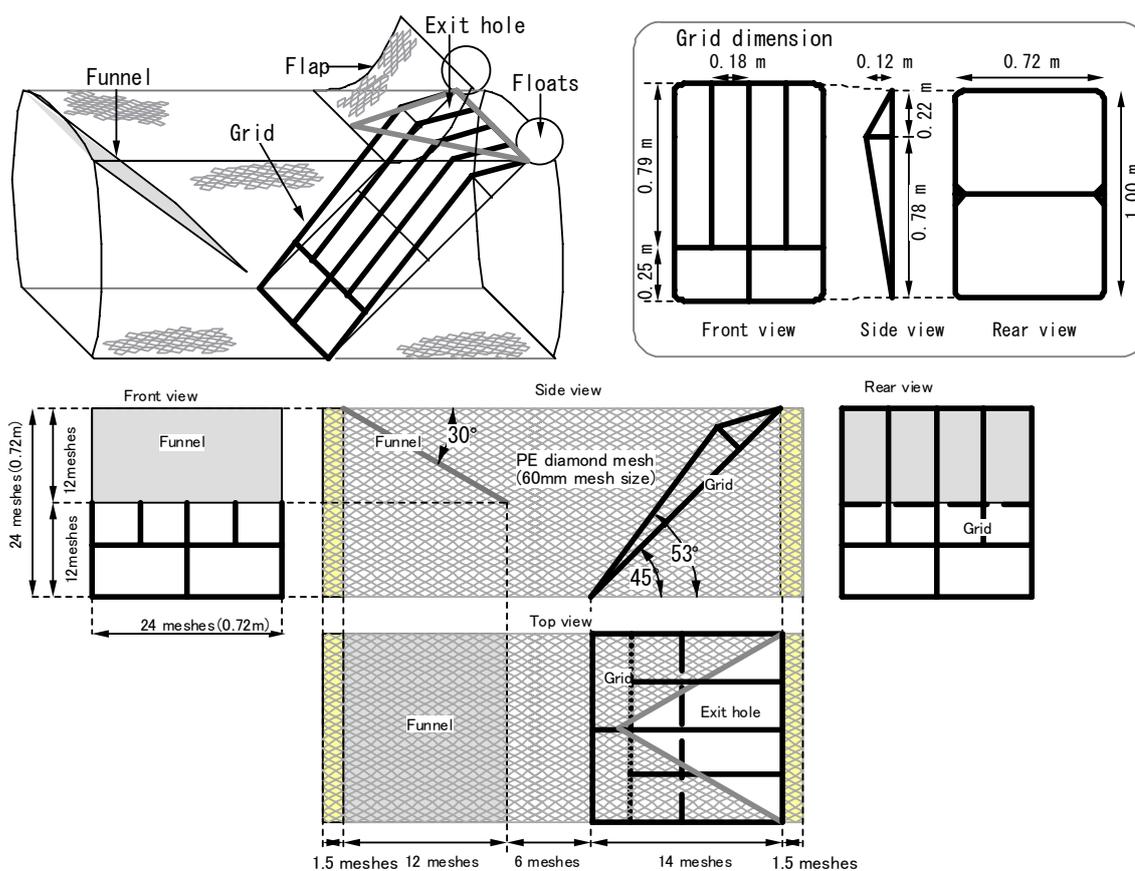


Fig. 2 新潟県の板びき網に合わせて設計・製作したJETの設計図

Funnel, 誘導網; grid, グリッド; Flap, 開閉網; Exit hole, 排出口。

付けられる。グリッドの側辺の外寸法はこの迎角を設定することで決定する。グリッドを傾ける方向は導入する漁業の特徴により異なる。TEDの例をみてもウミガメを網の上方向に誘導して排出するものや、下方向に誘導して排出するものがある(Mitchell *et. al.*, 1995)。これは対象種をどちらのほうで保持し易いかを考慮した結果である。ここで網の下方向からクラゲを排出する方法を選択した場合には、排出口と海底との間に十分な隙間がある漁具構造であることを確認しておく必要がある。新潟県の網は、排出口を下に設けた場合には主対象である異体類が逃げやすいと考えたために、クラゲを上方向に誘導できるよう、グリッドを設定した。以降では、クラゲを網の上部から排出する方法について説明を行う。網の下部から排出する方法は上下方向を反対に考えれば良い。

TEDでは迎角が急すぎると、排出すべきウミガメがグリッドで止まってしまうたり、緩やかすぎると保持したい魚も排出されてしまったりすることが知られている。このため、

米国 National Marine Fisheries Service が作成した TED の作成マニュアル(Mitchell *et. al.*, 1995)では、グリッドの迎角は 30~55°が推奨されている。JET は後述するように立体的な構造となっており、クラゲを分離するためのバーの迎角はグリッドの迎角(実際の取り付け角度)よりも 8°急になるように設計されている。新潟県の底曳網は曳網速度が常に 3ノット以上あり、グリッドにぶつかったクラゲは、流体力によって上方向に押し上げられやすいと考えたため、グリッドのバーの迎角は 53°と TED で推奨される上限値に近い角度に設定した。この角度の設定については科学的な根拠は薄く経験的に設定されているにすぎない。駆け廻し(かけまわし)のように曳網速度が低速から徐々に高速となる漁具や、曳網速度が遅い操業を行う漁業では、迎角が急すぎるとクラゲがグリッドにぶつかったときにクラゲに作用する上方向の力が小さく、グリッド前面で止まってしまう可能性があるため、迎角を緩やかに設定しておき、操業実験などによって調整を行う必要があるだろう。この迎角を決定することで、グリッドの側辺(Fig. 2)の外寸法が決まる。例えば、新潟県の網はグリッドの迎角を 45°、バーの迎角を 53°となるように考えたので、グリッドの側辺の長さは 1m ($=0.72\text{m} \div \sin 45^\circ$) となった。

次にグリッドのバーの配列と間隔について説明する。グリッドのバーは、排出口に誘導する方向に向かって配列することが一般的である。したがって排出口を上下どちらに設けるかにかかわらず、バーの配列は縦方向が一般的となる。しかし、異体類を保持対象とする TED ではグリッドの一部に横方向の配列を採用して、異体類がバーの間を通過しやすいように工夫しているものもある(Mitchell *et. al.*, 1995)。グリッドのバー間隔の漁獲サイズ選択性の研究では、グリッドに遭遇する生物の分離は、生物の部位の大きさとバー間隔の相対的な大きさにより決定されることが示されている。例えば、魚類であれば体幅とバー間隔の比が 1 を少し超えるような大きさまでバーを通過してコッドエンドで保持されることが報告されている(Tokai *et.al.*, 1996)。したがって、バー間隔は保持したい生物の部位(例えば魚の場合には体幅)の最大の大きさとクラゲの大きさとの関係から設定する必要がある。新潟県の網ではバー間隔を上辺の長さ 0.72m を 4 分割するように 0.18m と設定した。これは、漁業者への聞き取り調査の結果より、混獲されるクラゲは細片となっていることも多く、あまりに大きなバー間隔ではこの細片を排出できないと予想したことによる。

TED などのグリッドを用いた混獲防除装置の多くは、平板のグリッドを採用している。しかし、平板のグリッドではウミガメが排出口付近で引っ掛かりうまく排出されないことがある(Australian Maritime College, Steve Eayers 氏私信)。これはウミガメの体がグリッド

と網地の縫合部に引っ掛かり、排出されないためである。JETはこのような問題が生じにくいように、バーを折り曲げることによってグリッドの上と下で迎角が変化する構造とした。バー上部の迎角は米国 National Marine Fisheries Service が推奨する迎角よりも緩やか(17°)になるように設計し、この傾斜の緩やかな上部分ではクラゲがより排出されやすくなるように配慮した。このような構造を採用したことにより、JETは立体的な構造となる。このような構造はオーストラリアで開発された NAF-TED(Northern Australia Fisheries TED)やメキシコ湾で使用されている Super Shooter TED (Watson *et al.*, 1993, Mitchell *et. al.*, 1995)にも採用されている。

グリッドの材料には、これまでに鉄やアルミニウムなどの棒材、パイプ、あるいは硬質プラスチックなどが使われてきた。米国 National Marine Fisheries Service が作成した TED の作成マニュアル(Mitchell *et. al.*, 1995)では、メキシコ湾のエピトロール網に使用するこれらの資材の最小の直径を鉄の棒材では 6.4mm、その他の資材では 12.7mm 以上とすることを定めている。メキシコ湾の典型的なエピトロール網はヘッドロープ長が 21m 程度、曳網速度も 2～4 ノット程度 (Sainsbury, 1996) と我が国の小型底曳網と大差がないので、JET を沖合底びき網漁業などの大きな網を対象に設計する場合には、グリッドに使用する資材の強度について十分に検討する必要がある。新潟県の網(ヘッドロープ長約 30m、曳網速度約 3 ノット)に対しては、直径 9mm のステンレス棒材を用いてグリッドを作成した。その結果、グリッドの重量は空中で約 5kg、水中で約 4kg となった。グリッドに使用する資材の強度に関する検討は十分でないので、今後は耐荷重の試験も必要である。

筒状の網とその他の部品 身網と袋網の間に連結する筒状の網は前述のとおり、コッドエンドと同じ網地を用い、その周長も等しくした。新潟県の網の場合は、コッドエンドと同様に横方向の目数が 24 目の 60mm 目合の網地を 4 枚合わせたものとした。縦方向の長さ目数は、グリッドや誘導網など JET の部品が収まる最小限の大きさとなるよう、次のように設計した。まず、曳網中の網目は 13% 程度の縮結が入るものと想定して、曳網中の網目の縦方向の長さを求める。新潟県の網の場合には、ひとつの網目の縦方向の長さは 52.2mm (=60mm x 0.87) となる。側辺の長さが 1m のグリッドを 45° の角度で装着するために必要な縦方向の目数は、14 目 ($\cong 1\text{m} \times \sin 45^\circ = 0.707\text{m}$) となる。次に、グリッドの前面には入網した漁獲物を下方方向に押し下げてグリッドに遭遇させるための誘導網を取り付ける。誘導網は長方形の網地を筒状の網地の上面から一定の角度をなすように下向きに取

り付ける方法をとった。このほかにも漏斗状の網を取り付ける方法もある(Mitchell *et. al.*, 1995)。この誘導網の曳網方向に対する角度もグリッドの迎角と同じで、あまり急に設定すると漁獲物がそこで止まってしまう可能性がある。そこで誘導網の曳網方向に対する角度は、30°となるようにした。これは、縮結が13%の網目の脚が曳網方向に対してなす角度と同じである。したがって誘導網は側面となる網地の脚に沿って縫合すれば良いことになり、複雑な目落としを考えなくても良い。また、このように縫合した誘導網は曳網中には流水抵抗を受けて吹き上げられるので、実際には曳網方向に対する角度は30°以下になり、米国 National Marine Fisheries Service が作成した TED の作成マニュアル(Mitchell *et. al.*, 1995)におけるグリッドの迎角の推奨値(30~55°)の下限値よりも小さくなるので、漁獲物は誘導網の前面に止まることなくグリッドへと誘導されると考えた。誘導網を筒状の網の上面からこの部分の網の高さの半分にまで取り付けるとすると、新潟県の網の場合には側面の目数は24目なのでその中間の12目の位置まで誘導網を縫合する。脚に沿って誘導網を縫合すると、縦方向にも12目必要となる。新潟県の網に用いた誘導網は筒状の網と同様に13%の縮結が入ることを想定した。誘導網の大きさは、横方向の目数は上面の網地の目数と同じ24目、縦方向の目数は、14目(≒60mm×12目÷52.2mm)である。次に、グリッドの前端と誘導網の後端があまりに接近していると大型のクラゲがここで止まってしまう可能性もあるので、この間に6目(約30cm≒52.2mm×6目)空けた。さらに身網と縫合する部分とコードエンドに縫合する部分に余裕を持たせるために、誘導網前端の前とグリッド後端の後ろに1.5目ずつ網地を残した。したがって新潟県の網に対するJETの縦方向の目数は、35目(=14+12+6+1.5+1.5、前述のそれぞれの構造に必要な目数の和、Fig. 2)となる。筒状の網は、横方向24目、縦方向35目の網地4枚を縫合して筒状とすればよいことになる。それぞれの網地の縫合部には現用の網で使用されている筋縄と同等の筋縄を取り付けた。筋縄に取り付ける際の網地の縮結は現用の網の設計に同じ2.5%とした。また、筒状の網の底面には古い網地を外側から網一枚縫合し、曳網中の海底との摩擦による破網対策を行った。

次に排出口は、グリッドが接合される筒状の網の上面を切り取って設ける。グリッドにぶつかった大型クラゲを排出させるためには、できるだけ大きな排出口が望ましい。新潟県の網では、グリッド上辺を底辺とする三角形状となる排出口を設けた。またグリッド接合される網の両端には、グリッドの水中重量とほぼ同じ浮力となるように直径20cmの耐圧フロートを1個ずつ取り付けた。前述したように縮結13%の網目の脚は曳網方向に対し

て 30°の角度をなすので、グリッド上辺の両端から前方に網地を脚に沿って切り取っていくと 0.72m の正三角形の排出口が作成できた。このような切り取り方を行うと網糸に均等に張力が配分されるので、切り取った部分の周囲の「網地がばたつく」ことをある程度抑えることができる。しかし、一辺 0.72m の排出口では小さい場合には、野球のホームベースのような形状などの形状を考える必要がある。

ここまで解説した構造では、曳網中に排出口は常に開いており、入網した生物は誘導網によって網の下層に誘導されるので直接排出口に遭遇して網から逃げることは無い。しかし、遊泳能力の高い魚類などは、グリッドに遭遇した際にグリッドを避けるように遊泳して排出口より逃げる様子が、Nordmøre grid と呼ばれるグリッドを用いた混獲防除装置の研究で報告されている (Isaksen *et.al.*, 1992)。このような生物のグリッドに対する反応・逃避行動は JET を用いた場合にも起こることが考えられる。そこで、JET の排出口の外側に、長方形の網地の前端部だけを縫合した開閉網を設ける。この網は曳網中には流水抵抗によって排出口を覆う。したがって遊泳能力の高い魚類がグリッドを避ける反応行動を起こしたとしても排出口が閉じているために、自発的な逃避を少なくできると考えた。一方、大型クラゲは魚類に比べて遊泳能力に乏しく、機械的にグリッドで分離されて、開閉網を押し上げて網外へ排出されると考えた。このような構造は多くの TED にも採用されている。ただし、これまでの JET の操業実験では排出口から逃避した生物を回収するためにこの開閉網を外してカバーネットを取り付けており、開閉網の効果は確認していない。

JET を設計・製作する際の注意点 JET は、どのような曳網漁具にでも使えるような設計を心懸けた。しかし、これまでに述べたように網の構造や規模に配慮して設計と製作方法を調整する必要がある。例えば、Fig. 3 に石川県の沖合底びき網漁業で使用されるホッコクアカエビを主対象とする底曳網（駆け廻し）の設計図を示した（(社)全国底曳網漁業連合会, 1997）。この網の身網と袋網の連結部をみると、この部分の周囲長は約 6.4m (≒37.6mm 目合 x 340 目 x 0.5)、グリッドの外寸法は迎角を 45°とすると 1.6m x 2.3m と見積もられる。このような大きな外寸法のグリッドは漁労作業を困難にすると考えられる。この場合には身網と袋網の連結部に漏斗形状の網を足してやり、連結する袋網の外周長を小さくしてやるような工夫が必要かもしれない。例えばこの石川の網の連結部に Fig. 4 で示したような漏斗状の網を足すことで、連結する袋網の周囲長を約 3.8m (≒37.6mm 目合 x 200 目 x 0.5)、グリッドの外寸法を 0.94m x 1.35 m とすることができる。ただしこの調整によって袋網の

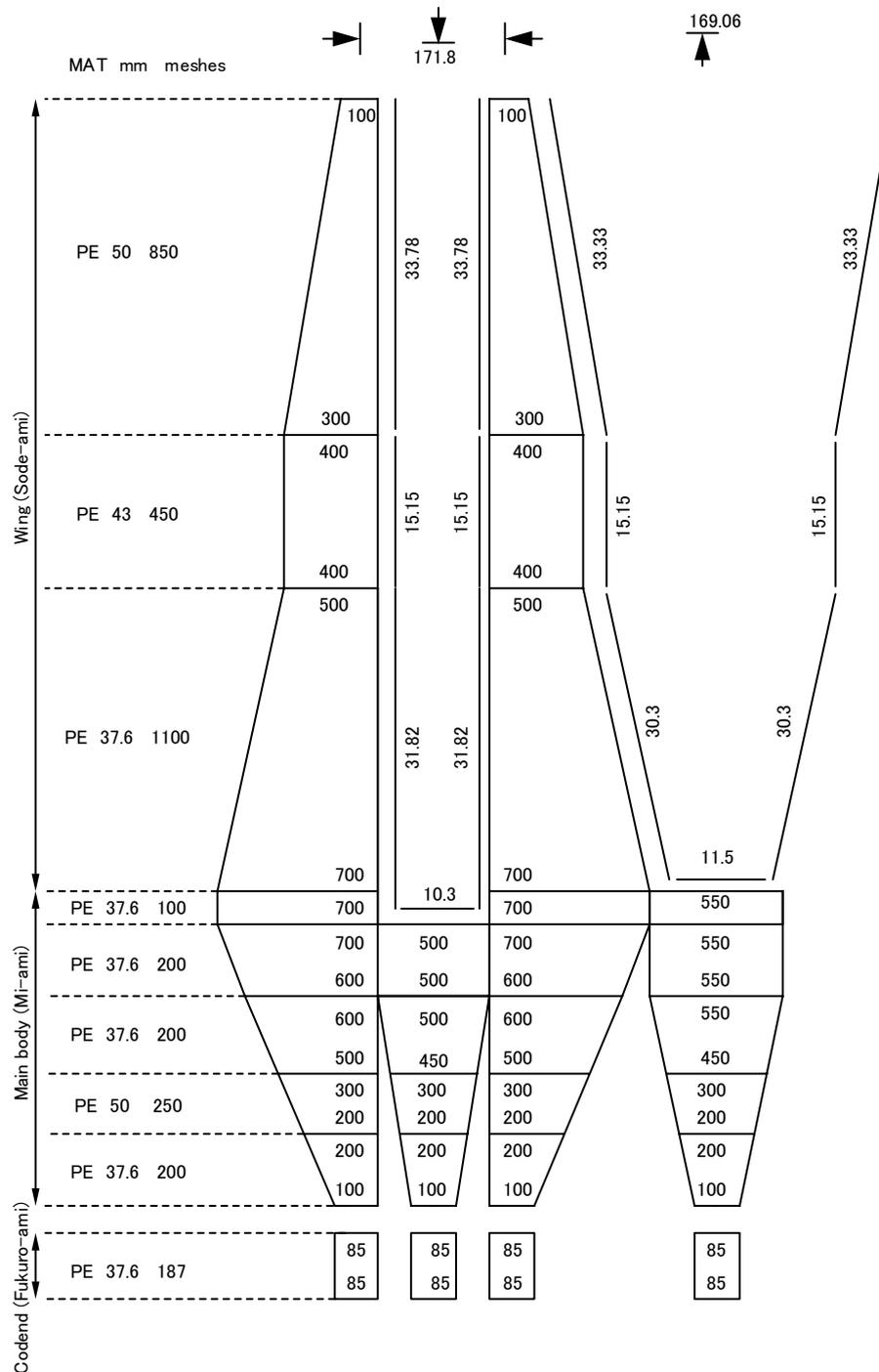


Fig. 3 石川県の沖合底びき網漁業で使われる駆け廻し網の設計図

網地中の数字は横方向の目数を，設計図横の文字と数字 (MAT, mm, meshes)はそれぞれ，材質，目合，縦方向の目数を示す。その他の詳細は “FAO Catalogue of Fishing Gear Designs”(Anon., 1978) と “FAO Catalogue of Small-scale Fishing Gear”(Anon., 1989) を参照されたい。

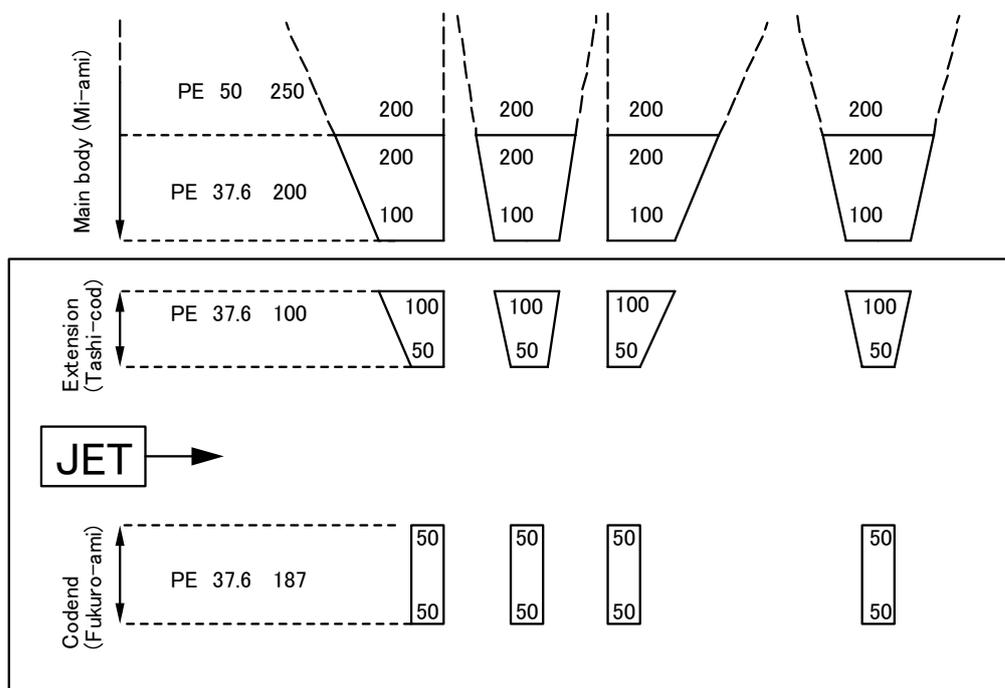


Fig. 4 石川県の沖合底びき網漁業で使われる駆け廻し網へ JET を装着するための
足しコードエンドとコードエンドの設計例.

横方向の目数が少なくなり、従来の袋網よりも小さくなることに注意が必要である。

また、JET の設計は操業方法によっても変更する必要があるかもしれない。前述したようにグリッドの迎角の設定については、研究例も少なく試行錯誤に頼るのが現状である。駆け廻しのように曳網速度が遅い網であれば、迎角を緩やかにしてよりクラゲを排出し易くする設定も必要かもしれない。例えば迎角を 30° に設定すると、Fig. 3 の網に取り付けるグリッドの外寸法は、1.6m x 3.2m あるいは Fig. 4 のように袋網を小さく改良した場合には 0.94mx 1.88m にしなければならない。Nordmøre grid などのグリッドを用いた混獲防除装置は、駆け廻しを対象にも開発され (Walsh *et al.*, 2002), 現在では混獲について厳しい規制がある世界中の地域のいろいろな底曳網漁具で使われているので (例えば, Kennelly and Broadhurst, 1995), 同様の構造である JET もあらゆる底曳網で利用可能であると考えられる。

以上のように大型クラゲの混獲を防除する装置 JET の設計・製作方法とその際に注意する点を述べた。このような漁具の改良・開発・調整は経験豊富な漁業者のほうが得意かもしれない。しかし、これまでに世界中で行われてきた底曳網の漁具改良の成功・失敗例を

参照せずに感覚的に設計・製作を行い、使用した結果、もう少しで成功するところにまで達しながら「使えない」と判断される可能性もある。今後は設計において科学的な根拠が少ない、グリッドの迎角の設定や使用する資材の強度の把握などを明らかにし、より体系的な大型クラゲ混獲防除装置やその他の混獲防除装置の設計指針の確立を目指し、底びき網漁業における混獲問題の解決に貢献してゆきたい。

文献

- Anon., 1978: FAO Catalogue of Fishing Gear Designs. Fishing News Books, Surrey, 160pp.
- Anon., 1989: FAO Catalogue of Small-scale Fishing Gear. Fishing News Books, Surrey, 224pp.
- 本多直人, 2004: 大型クラゲによる漁業被害と防止対策の現状. 海洋水産エンジニアリング, **36**, 57-63.
- Isaksen, B., Valdemarsen J.W., Larsen R.B., and Karsen L., 1992: Reduction of by-catch in shrimp trawl using a rigid separator grid in the aft belly. *Fish. Res.*, **13**, 335-352.
- Kennelly S.J. and Broadhurst M.K., 1995: Fishermen and scientists solving bycatch problems: examples from Australia and possibilities for northeastern United States. In "Solving bycatch Considerations for today and tomorrow", Univ. Alaska Sea Grant Program, Fairbanks, pp.121-128.
- 松下吉樹, 井上喜洋, Shevchenko, A.I., 1996: 一重, 二重コッドエンドの漁獲選択性. 日水誌, **62**, 78-82.
- 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.
- Mitchell J.F., Watson J.W., Foster D.G. and Caylor R.E., 1995: The Turtle Excluder Device (TED): A Guide to Better Performance. NOAA *Tech. Memo.* NMFS-SEFSC-366, NMFS Mississippi Laboratory, Pascagoula, 35p
- Sainsbury, J.C., 1996: Commercial Fishing Methods. Fishing News Books. Oxford, pp.97-104.
- Tokai T., Omoto S., Sato R. and Matuda K., 1996: A method of determining selectivity curve of separator grid. *Fish. Res.*, **27**, 51-60.
- 安田徹, 2003: 海の UFO クラゲ発生・生態・対策. 恒星社厚生閣, 東京, 206pp.
- Walsh S.J., Engas A., Ferro R., Fonteyne R. and van Marlen B., 2002: To catch or conserve more fish: the evolution of fishing technology in fisheries science, In "100 Years of Science under ICES" (ed. By Anderson, E.D.), *ICES Marine Science Symposia*, **215**, pp. 493-503.
- Watson J., Workman I., Foster D., Taylor C., Shah A., Barbour J. and Hataway D., 1993: Status report on the development of gear modifications to reduce finfish bycatch in shrimp trawls in the southeastern United States 1990-1992. NOAA *Tech. Memo.* NMFS-SEFSC-327, NMFS Mississippi Laboratory, Pascagoula, 131p.
- (社)全国底曳網漁業連合会, 1997: 平成8年度漁業新技術開発事業(漁業再編整備推進新技術開発事業)沖合底びき網漁業に係る掛廻し漁法の合理化技術開発報告書. (社)全国底曳網漁業連合会, 東京, 133pp.