

海獣忌避装置の実験的検証

村田政隆, 柏谷和仁*, 小林万里**, 田谷嘉浩, 高橋志郎, 松本陽斗,
下町勝利*, 井筒慶汰*, 萩原豊***, 中村徹也****, 平野淳*****, 蔵本洋介*****

Experimental inspections on marine animals repelling apparatus

Masataka Murata, Kazuhito Kashiwaya*, Mari Kobayashi**, Yoshihiro Taya, Shiro Takahashi,
Haruto Matsumoto, Katsutoshi Shimomachi*, Keita Izutsu*, Yutaka Hagihara**,
Tetsuya Nakamura****, Jun Hirano***** and Yosuke Kuramoto*****

要 旨

近年、北海道の水産業では、アザラシやトド等の海獣による漁業被害が年々増加傾向にある。特に、ゼニガタアザラシは、環境省レッドリストで準絶滅危惧に選定されていることや、観光資源としての効果もあることから、水産業界では海獣類との共存を図りつつ漁獲量を確保できる産業技術を必要としている。

本研究では、これまで検証してきた忌避技術を利用した装置の試作・改良を行い、定置網に設置して効果検証した結果、忌避装置には漁業被害低減効果の可能性が示された。

1. はじめに

準絶滅危惧種に選定されている希少種で、主にも岬から北海道東部沿岸部に定住生息するゼニガタアザラシは、えりも町のシンボリックな観光資源である。しかし、順調に生息数が回復しているゼニガタアザラシは、サケ漁の定置網に侵入して「トッカー食い」と呼ばれる食害をもたらし、2014年には漁業被害額が北海道全体で1億円を超えるまでになった。環境省では、ゼニガタアザラシと漁業の共存を図るため、様々な取り組みを行っている¹⁾。

そこで、ゼニガタアザラシによる漁業被害低減を目指し、平成25年度から忌避装置の研究開発を進め、超音波技術に忌避の有効性を認めた^{2,3)}。

本研究では、超音波技術による忌避装置の試作、効果確認試験、改良を実施し、実際に忌避装置を定置網に設置して忌避効果を実験的に検証した。

2. 忌避装置

2.1 ファーストモデル試作

平成28年7月、(株)仁光電機では、「平成27年度補正ものづくり・商業・サービス新展開支援補助金」に採択され、忌避装置の試作に着手した。

本開発では、これまでの研究成果を基盤として、分配器を用いて超音波を二ヶ所から出力することを可能とし、連続運転と間欠運転の制御モードを備えた図1に示す構成の忌避装置を試作した。本装置の外観および基本仕様を図2に示す。

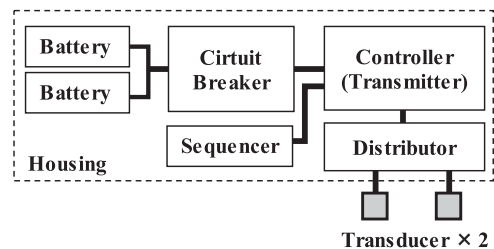


図1 試作装置の基本構成

* 株式会社仁光電機

** 東京農業大学

*** 株式会社光電製作所

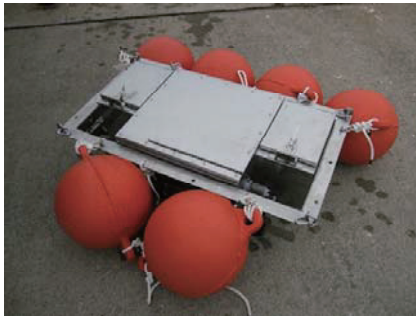
**** 株式会社大歩

***** 環境省北海道地方環境事務所

責任著者連絡先 (Masataka Murata): murata@techakodate.or.jp

2.2 効果確認試験

平成28年10月、試作装置の忌避効果を確認するため、えりも岬漁港でゼニガタアザラシの幼獣三頭を放した生簀において効果確認試験を実施した。試験方法は、平成27年度に実施した試験同様に、11×11×2mの生簀に試作装置2台を固定し、超音波有無の条件において、ワッペンを貼付したゼニガタアザラシ三頭の行動を生簀上空からドローンで撮影・記録した。その後、動画中のワッペンを追処理した画像解析結果を元に、個体識別したゼニガタアザラシ三頭の軌跡をまとめた。確認試験の状況を図4に、軌跡例を図5に示す。



振動子出力	600 W × 2
振動子周波数	50kHz / 200kHz
バッテリー	38Ah × 2
外寸	1,130 × 550 × 350 mm
重さ	108 kg以下
筐体材質	ステンレス

図2 試作忌避装置外観および基本仕様

本装置はバッテリー駆動であるため、定置網漁期となる約3ヶ月間の運用時には、バッテリー交換を必要とする。本仕様の間欠運転は、バッテリー交換頻度の低減を図るための機能として備えた。そこで、本装置におけるバッテリー消費時間を確認するため、超音波のON/OFFの比率に対する稼働日数をまとめた結果を図3に示す。

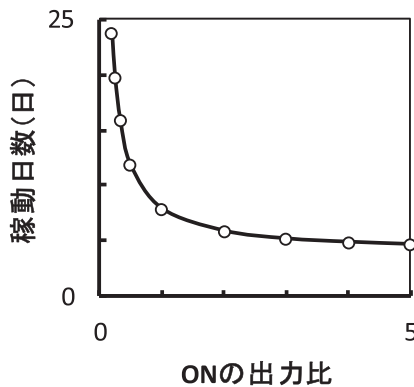


図3 間欠動作に対する稼働日数

ONの比率が低いほど、稼働日数は長くなるが、超音波を発射しなければ、十分な忌避効果は得られない。そこで、本装置におけるバッテリー交換頻度を1週間に設定し、この制御を間欠運転の標準モードに定めた。ただし、この標準モードは装置稼働条件の目安であり、実際には定置網事業者との調整により、バッテリー交換頻度も考慮しながら、出力条件を設定することを前提としている。



図4 効果確認試験状況

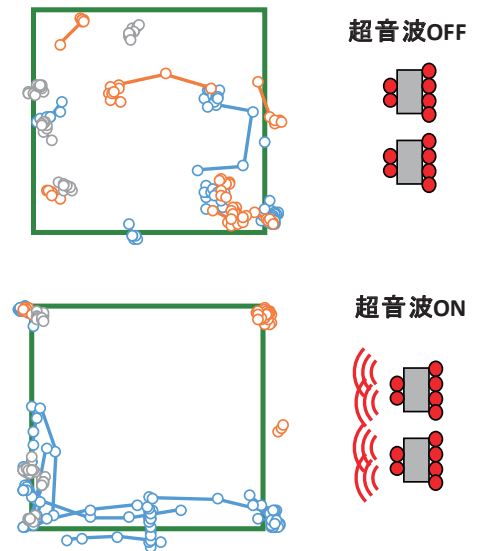


図5 画像処理による軌跡例

本試験の結果は前回同様、超音波 OFF時に生簀内の広い範囲で出現してしたゼニガタアザラシは、超音波 ON時には行動範囲が狭まり、かつ外

周に出現する傾向が顕著に現れている。この行動により、ゼニガタアザラシが試作装置の超音波に反応しており、装置の基本構成には問題ないと判断した。

2.3 装置改良

本装置の目的は、サケの定置網漁でのゼニガタアザラシによる食害低減であるため、事業者が定置網への設置・撤収およびバッテリー交換を実施することになる。そこで、平成29年1月、えりも漁協えりも岬事業所において、本試作装置に対するヒアリング調査を実施した。その結果、寸法・重量に対する意見だけでなく、使用する船舶や固定ロープの条件等、実作業に関する意見交換を行い、改良の必要性を認める成果を得た。よって、実現可能な改良点を整理し、図6に示す装置改良を行った。(図6挿入)



	改善前	改善後
寸法	1,130 × 550 × 350mm	950 × 530 × 300mm
重量	108kg 以下	50kg 以下
出力	600W × 2	600W × 1
バッテリー	38Ah × 2	38Ah × 2

図6 改良装置

3. 春定置網試験

3.1 試験方法

春定置網試験は、幌泉郡えりも町東洋地区の(有)協和水産が所有する定置網にて実施し、所有する二統のうち、沖側の定置網にのみ忌避装置を設置した。定置網の規模は図7に示すように寸法が約300×80×30mで、サケを捕獲する「たまり」は1統あたり1ヶ所である。また、海面上には網がなく、ゼニガタアザラシは、海水面から「たまり」に自由に入出りできる構造となっている。本装置の固定位置は、「たまり」エリアに超音波場

を形成できるように、超音波振動子の指向角と設置の容易さを考慮し、今回は忌避装置を「たまり」端面から約120m離れた位置に設置し、超音波振動子の角度を水平面から約10deg.となるように調整した。また、本試験の効果検証は、表1に示すアンケート項目を備えた調査票を作成し、操業毎に漁獲等の数値データ等を記入してもらい、忌避装置の有無による比較検証することを基本とした。

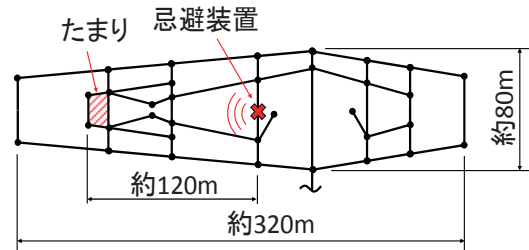


図7 定置網外略

表1 主なアンケート項目

数値情報	アザラシ	目撃	・たまり(頭)
		混獲	・たまり以外の定置網内(頭) ・定置網外(頭)
サケ			・生(頭)
			・死(頭)
主観情報	操業	被害量(五択)	・被害量(kg)
			・漁獲量(kg)
		漁獲量(五択)	・なし
			・ほぼなし
			・少しある
	装置	効果(四択)	・例年並み
			・多い
			・減少
			・やや減少
			・やや増加
		・増加	
		・大きい	
		・感じる	
		・感じない	
		・わからない	

3.2 試験区分

春定置網試験での実績工程から分割した試験区分を表2に示し、忌避装置の設置状況を図8に示す。当初、沖側の定置網では前半は忌避装置を設置せず従来どおりに操業し、後半で忌避装置を設置・稼働させ、二区分で検証する計画としていた。これにより、沖・陸の比較だけでなく、同じ網で

の忌避装置有無の状況を比較する計画だったが、途中で忌避装置が故障し、撤去・修理を行ったため、結果的に四区分とした。

表2 試験区分

区分	I	II	III	IV
期間	5/11 - 6/5	6/6 - 6/12	6/13 - 6/27	6/28 - 7/1
忌避装置	陸	×	×	×
	沖	×	○	×
	計画通り	計画通り	故障・修理	再設置
操業日数	21日間	5日間	13日間	3日間



図8 忌避装置の定置網設置状況

3.3 アンケート調査の数値データの検証

アンケート調査において、アザラシに関する数値データは、少ない数の目視確認結果であるため、信頼性は高いと判断した。しかし、サケの漁獲量と被害量は、作業工程上において、計測機器を使用した計量工程がないため、主観的な重量を記載している。そこで、記録数値の信頼性について検証した。

今回の定置網漁は、出港後、陸側定置網、沖側定置網の順番で作業を行い、帰港後に水揚げ作業を行っており、1回の出港での水揚量は、漁業組合で計量し、事業者ごとの水揚量を1日単位で記録している。そこで、アンケート調査において1日単位で積算した水揚量をWK（下付）、漁業組合での記録水揚量をWFC（下付）とし、データをまとめた結果を図9に示す。なお、今回の陸側水揚量データにおいて、ひとつだけ10,000kgと突出した記録があり、漁業組合のデータと照合した結果、1,000kgの誤記であると考えられた。そこで、グラブス・スミルノフ棄却検定を行ったところ、検定統計量 $T \approx 6.35 > 1.96$ となり、10,000kgを異常値として判定できたため、このデータを1,000kgに訂正して用いている。

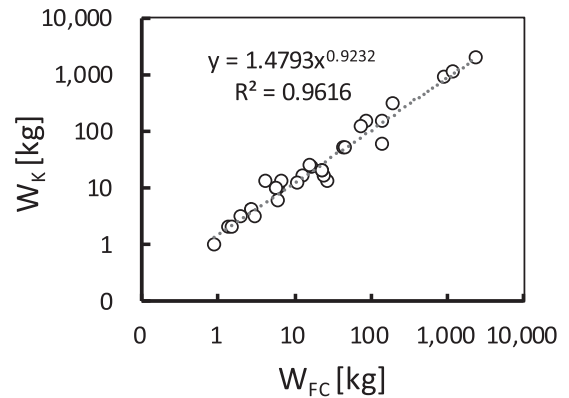


図9 漁業組合記録値に対するアンケート漁獲量

漁業組合の記録では、0.9kg～2,351kgの範囲のバラつきがあったため、図9では横軸と縦軸を対数でまとめた。この単相関係数は、 $r=0.995$ となり、高い相関性が示されたことから、アンケート記録には高い信頼性があると判断した。よって、被害量においても、高い信頼性が認められると判断し、データ検証は、訂正データ以外はアンケート記録値をそのまま用いることとした。

3.4 試験結果

3.4.1 ゼニガタアザラシの目撃・混獲

ゼニガタアザラシの目撃・混獲状況を区分毎にまとめた結果を表3に示す。

表3 ゼニガタアザラシの目撃・混獲結果

			I	II	III	IV
目撃	たまり	陸	11	0	2	0
		沖	13	0	2	1
	たまり以外の定置網内	陸	1	0	0	0
		沖	1	0	0	0
定置網外	陸	0	0	0	0	
	沖	1	0	0	0	
混獲	生	陸	0	0	0	0
		沖	0	0	0	0
	死	陸	0	0	0	0
		沖	0	0	0	0

忌避装置を設置する以前の区分Iでは、ゼニガタアザラシが多く目撃されているが、忌避装置設置以降の区分II～区分IVでは、目撃頻度が低下しており、全体的には、陸側と沖側で比較的類似しているように見受けられる。また、今回の試験期間において、混獲したゼニガタアザラシは一頭もいなかった。

3.4.2 サケの被害量と漁獲量

試験期間中の被害量と漁獲量について、時系列にまとめた結果を図10および図11に示す。

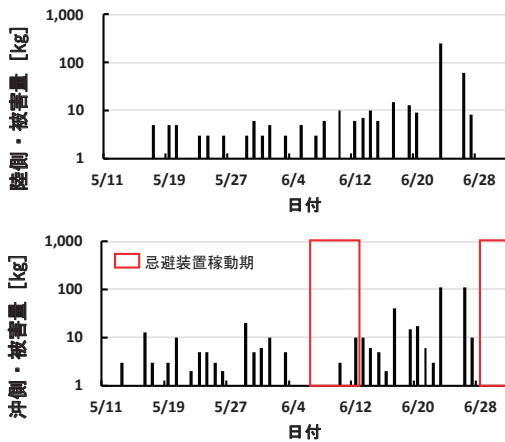


図10 被害量

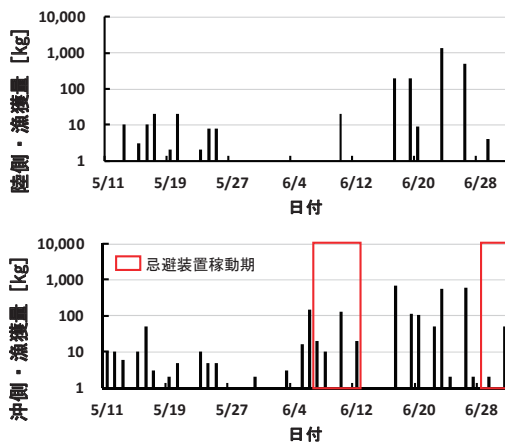


図11 漁獲量

図10から、忌避装置を設置していない陸側定置網の被害量は、おおむね10kg前後で推移している様子が伺える。一方、沖側定置網の被害量は、陸側よりも被害量が多い傾向があるが、忌避装置稼働期では被害量が低減している傾向が認められる。漁獲量を示した図11の結果では、忌避装置稼働期にも十分な漁獲量が認められており、ゼニガタアザラシ用の忌避装置によってサケが忌避することはないと判断する。

当然ながら、サケの漁獲量は日々一定ではないため、得られた結果は偶発的である。そもそも漁獲量が少ない場合では、全てのサケが食害を受けたとしても被害量としては少なくなる。もし、食害が一切生じなければ、被害量は漁獲量に反映さ

れると考え、被害量と漁獲量の合計を仮想最大漁獲量とし、仮想最大漁獲量に対する被害量の被害比率としてまとめた結果を図12に示し、被害比率が50%以上となった日数を区分毎にまとめた結果を表4に示す。

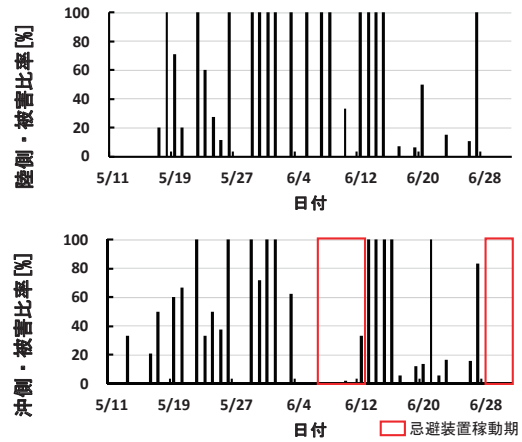


図12 被害比率

表4 区分毎の被害比率50% 以上の日数

	I	II	III	IV
陸	11	3	5	0
沖	11	0	6	0

区分Ⅱ・Ⅳは、沖側の定置網で忌避装置が稼働していた期間であり、これらの結果から、忌避装置稼働時の被害比率は50%未満に抑えられている。また、表3に示したゼニガタアザラシの目撃頭数の結果と照合すると、目撃頭数が少なくなったとしても、被害は発生していることがわかる。

次に、忌避装置の影響を排除し、定置網の場所による漁獲量の違いの傾向を確認するため、仮想最大漁獲量を用いて検討した結果を図13に示す。

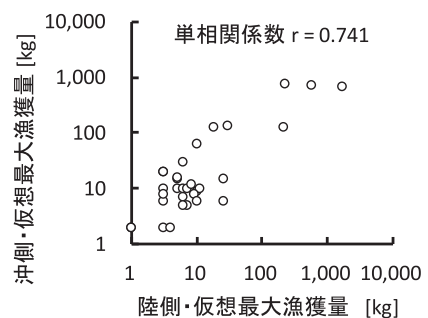


図13 陸側－沖側間での仮想最大漁獲量の傾向

この結果、単相関係数は $r=0.741$ となり、正の強い相関関係が示された。よって、陸側の仮想漁獲量が増加するほど、沖側の仮想漁獲量も増加するため、傾向としては、場所による仮想漁獲量の違いは認められないと判断する。

続いて、忌避装置を設置していない期間（区分Ⅰ＋Ⅲ）と沖側で忌避装置を稼動した期間（区分Ⅱ＋Ⅳ）での被害量と漁獲量の傾向を確認するため、得られたデータを用いて単相関係数 r を求め、その結果を表5に示す。

表5 被害量と漁獲量の相関関係

対象	区分	
	Ⅰ＋Ⅲ	Ⅱ＋Ⅳ
漁獲量の傾向（陸側－沖側）	0.727	0.503
被害量の傾向（陸側－沖側）	0.816	0.519
陸側の傾向（漁獲量－被害量）	0.983	0.664
沖側の傾向（漁獲量－被害量）	0.863	-0.022

表5に示すように、忌避装置がない従来の状況（区分Ⅰ＋Ⅲ）では、全ての単相関係数 r が0.7以上の強い相関を示す結果となった。よって、陸側と沖側の違いにかかわらず、漁獲量が増加するほど、被害量も増加する傾向があると思われる。

一方、忌避装置稼動時（区分Ⅱ＋区分Ⅳ）の状況では単相関係数 r は、全て0.7未満となり、相関が弱くなっていることがわかる。特に、沖側の漁獲量と被害量ではほぼ相関関係が認められず、漁獲量が増加しても被害量が増加する可能性は低いことが示唆された。

3.4.3 主観評価

忌避装置有無による差の傾向を把握するため、主観結果を「区分Ⅰ＋Ⅲ」と「区分Ⅱ＋Ⅳ」に分類してまとめ、被害量の結果を図14に、漁獲量の結果を図15に示す。

図14から、「区分Ⅰ＋Ⅲ」では、陸側と沖側で同様の傾向が示されているが、「区分Ⅱ＋Ⅳ」では、忌避装置が稼動している沖側で被害量が低減しているとの印象が強かったことがわかる。

忌避装置の目的は漁業被害の低減であるため、沖側の調査結果に基づき、「区分Ⅰ＋Ⅲ」と「区分Ⅱ＋Ⅳ」の間での印象差の有意性について検討した。間隔尺度である選択肢「なし」から「多い」

を1～5で簡易的に得点換算し、 t 検定を行った。その結果、忌避装置の稼動日数は8日間と短期間ではあったが、 $t=3.618 > 2.704$ から1%水準で有意さが認められた。

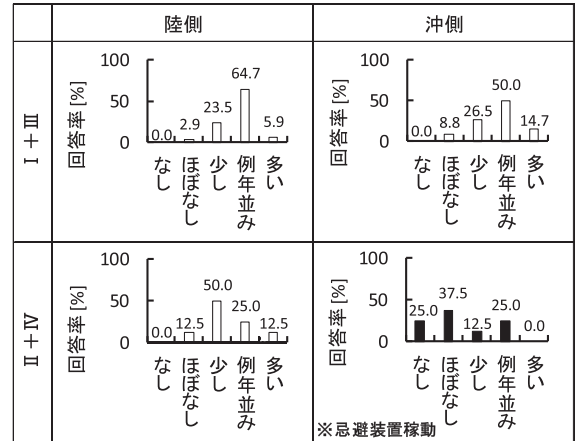


図14 被害量に対する主観評価

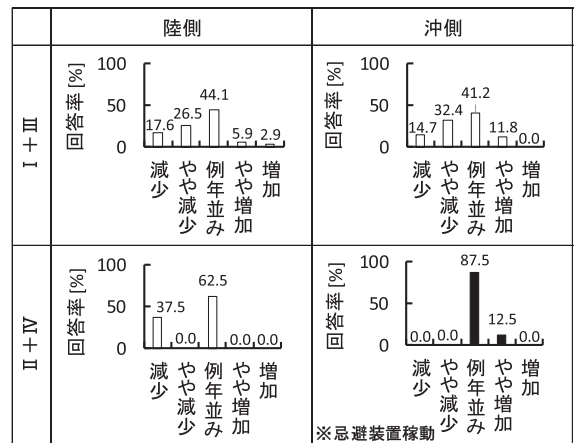


図15 漁獲量に対する主観評価

図15においても、「区分Ⅰ＋Ⅲ」では、陸側と沖側で同様の傾向が示されている。「区分Ⅱ＋Ⅳ」の結果から、忌避装置によって漁獲量は減少しないと、認識されたことが示された。

本試験において、忌避装置の効果に対する主観的な評価をまとめた結果について図16に示す。

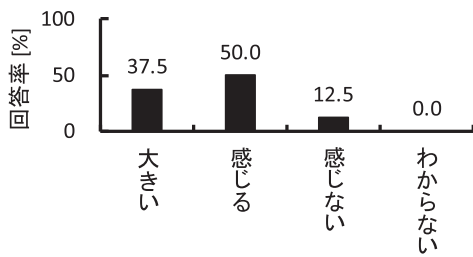


図16 忌避装置効果に対する主観評価

図16の結果から、今回の試験により、忌避装置に対する効果が定置網事業者に認められる結果を得ることができた。

3.4.4 超音波測定

忌避装置を設置した翌日の平成29年6月7日、忌避装置から発射される超音波が、120m離れた春定置網の「たまり」まで到達しているかを確認するため、超音波測定を実施した。測定点を図17に示す。



図17 超音波測定点

今回、ST1～ST3の3ヶ所において、水深2～4mのポイントで超音波を測定した。測定方法は、保護具に固定した水中マイク (Aquasound SQH-200) を水没させ、アンプ (Aquasound Aquafeeler II) を介して、録音機材 (SONY PCM-D100) にwavファイルで記録した。wavファイルの音声信号はFFT処理を行い、超音波周波数の観測状況を確認した。

全ての測定点で忌避装置の発振周波数をピーク値として観測することができ、「たまり」内に超音波が到達していることを確認した。

4. おわりに

ゼニガタアザラシによる定置網漁の漁業被害低減を目的として研究開発した忌避装置を、実際に春定置網に設置して試験を行った結果、本試験に

おいては漁業被害低減効果が認められる結果を得た。しかし、試験中に忌避装置が不具合を生じたため、実質的な稼働日数は短期間となってしまった。ゼニガタアザラシの学習能力を考慮すると、短期間では効果が顕著に現れたとしても、試験期間以上の長期の場合、効果が薄れる可能性は考えられる。

よって、忌避装置においては試験中の不具合事象をフィードバックして安定動作性を高めることが重要な課題である。今後は、作業性向上等も含め、顕在化した課題等に取り組みながら、早期製品化を図る予定である。

なお、本成果のうち「2.2効果確認試験」の一部および「2.3 装置改良」以降の内容は環境省北海道地方環境事務所請負業務にて実施した。

謝辞

本試験において、ご多忙中の漁期であるにもかかわらず、ご協力頂いた協和水産殿、並びにえりも漁業共同組合殿に深く感謝申し上げます。また、本試験の実現・実施にあたりご指導・ご助言下さいました、北海道大学 藤森康澄教授、三谷曜子准教授並びに超音波観測に多大なるご協力を頂きました三重大学 森阪匡通准教授に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) えりも地域ゼニガタアザラシ特定希少鳥獣管理計画：環境省 (2016)
- 2) 村田政隆、柏谷和仁、小林万里、佐鯉輝育、田谷嘉浩、高橋幸悦、加賀壽、高橋志郎：北海道立工業技術センター研究報告、第13号 (2014)、P50-5
- 3) 村田政隆、柏谷和仁、小林万里、佐鯉輝育、田谷嘉浩、高橋志郎、萩原豊、中村徹也、高井英徳、蔵本洋介：北海道立工業技術センター研究報告、第14号 (2016)、P25-30