

海獣忌避技術に関する実験的検討

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*****

Experimental study on technologies of evasion of marine animals

Masataka Murata, Kazuhito Kashiwaya*, Mari Kobayashi**, Teruyasu Sakoi***,
Yoshihiro Taya, Shiro Takahashi, Yutaka Hagihara****, Tetsuya Nakamura*****,
Hidenori Takai***** 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、ゴマフアザラシとゼニガタアザラシに対して超音波技術の忌避効果検証について実験的に検討した結果、単一周波数の超音波でも影響を与えることを確認した。

1. はじめに

アザラシやトドによる漁業被害は古くから発生しているが、ゼニガタアザラシ保全に関する活動も1968年より始められており、海獣との共生を図った忌避技術の歴史も半世紀近いと考えられる。この間、海獣によって漁獲対象魚の秋サケが食害を受ける等、直接被害の大きい定置網漁業界では、網の強化だけではなく、鉄格子の設置、敷設時期の調整、海外製音響装置の導入、かかし等、様々な取り組みを行ってきたが、効果的な技術の確立までに至っていない。また、この間、電子技術も発展し、容易に実験系を構築できるようになってきた。

そこで、本研究ではアザラシを事例にした海獣忌避技術について実験的に検討した。

2. 海獣漁業被害とゼニガタアザラシ

第7期第1回北海道水産業・漁村振興審議会の参考資料を元に作成した、海獣類による北海道の漁業被害額の状況を図1に示す。北海道では、漁業被害の総額が増加傾向に推移しており、トド、アザラシ、オットセイにより甚大な漁業被害を受けている。

水産業界では、古くから海獣の駆除や忌避方法の検討や適用、ならびに漁具の改良など様々な対策を講じ、努力しているのだが、漁業被害額を減少傾向に転じるまでには至っていない。

農林水産省の平成27年漁業・養殖業生産統計(概数値)によると、サケ類の漁獲量(海面漁業)において、北海道は全国の86.3%を占めていることから、わが国にとって北海道でのサケ漁は非常に重要な産業といえる。北海道のサケ漁は定置網漁

* 株式会社仁光電機

** 東京農業大学

*** 元(公財)函館地域産業振興財団(職員)

**** 株式会社光電製作所

***** 株式会社大歩

***** 稚内市

***** 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

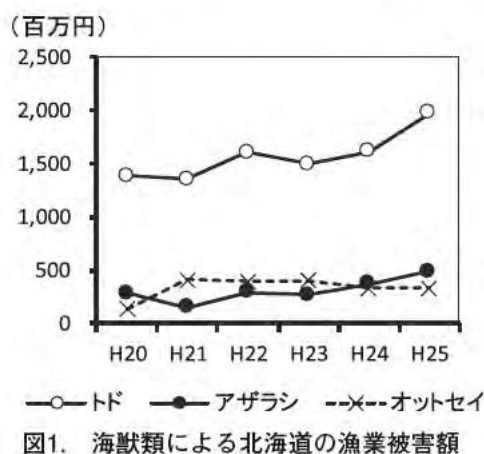


図1. 海獣類による北海道の漁業被害額

が盛んであるが、近年、ゼニガタアザラシによる「トッカリ食い」と呼ばれる食害が増加している。北海道における秋サケ沿岸漁獲尾数¹⁾の割合(平成27年度)と、ゼニガタアザラシの生息域²⁾をまとめた概略図を図2に示すとともに、ゼニガタアザラシによるトッカリ食いの状況と漁業被害額³⁾を図3および表1に示す。



図2. 秋サケ沿岸漁獲尾数とゼニガタアザラシの生息域



図3. 漁業被害(トッカリ食い)の状況

表1 ゼニガタアザラシによる漁業被害額

	(単位:千円)			
	H23	H24	H25	H26
全道	29,986	53,430	79,980	117,096
えりも漁協	28,601	38,841	39,682	63,480

ゼニガタアザラシは、えりも岬周辺から北海道東部沿岸に生息する定住性のアザラシで、1940年代には1,500頭ほど生息したが、食用・毛皮利用を目的に乱獲され、1970年代には400頭にも満たなくなったと推測される。これらの背景から、1998年にレッドリスト絶滅危惧IB類に選定された。また、希少種でありながら、容易に観察できる野生のゼニガタアザラシは、えりも町のカントリーマークのシンボルでもあり、重要な観光資源となっている。

しかし、ゼニガタアザラシによる漁業被害額は年々増加しており、平成26年には全道の被害額が1億円を突破し、えりも漁協管内では、全道の被害額の5割以上を占めている。ゆえに、えりも町では、サケの漁獲を回復する技術を特に必要としている。

このような背景の中、環境省は度重なる調査・検討の末、2015年に環境省レッドリストにおいてゼニガタアザラシを準絶滅危惧に選定した。環境省ではこの現状を多角的・総合的に捉えており、海獣(自然)と人との共存の実現に向けた体制づくり等を積極的に進めている⁴⁾。

3. 海獣忌避技術の基礎実験(稚内市)

ゼニガタアザラシとの共存を図るには、忌避技術の確立が有効と考えている。これまで、稚内市ノシャップ寒流水族館に飼育されているゴマフアザラシを対象に、光、音、磁気、泡などを用いた実験を実施し、基礎検討を重ねてきた結果、超音波が最も有効性であることを確認した⁵⁾。なお、海獣の行動について様々な研究も行われており、実験条件が限定的であるとの懐疑的な見方もある⁶⁾。一方で、超音波の有効性を示された事例⁷⁾も見受けられた。本研究開発では、海獣忌避装置として製品化を実現することが目的であるため、入手性や制御性に優れた超音波振動子について調査・検討を行った。その結果、(株)光電製作所製の送受波器が最適と判断し、この送受波器を用いて、新たに確認実験を行った。

3.1 実験方法

平成27年6月、稚内市ノシャップ水族館で飼育されているゴマフアザラシ11頭(成獣)を対象に、飼育水槽内に超音波振動子を水没させ設置した。

実験では、最初に観察者約10名が初期状態を確認後、水槽内に超音波を発射させている間のアザラシの行動を観察し、-1～3までの5段階の定性的順序尺度として、数値化した忌避の度合いを主観的に記録した。また、実験中に威嚇している個体数と、飼育水槽壁面等に逃避した個体数についても目視確認により記録した。本実験では、忌避・威嚇・逃避については、個人の結果の算術平均値を評価指標に用いた。

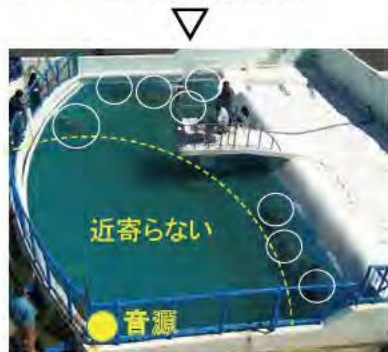
本実験では、周波数を42k,50k,130k,200kHzの4種類の条件とし、特定周波数では、超音波振動子の設置方向・位置、発射強度・時間を変化させた。

3.2 実験結果

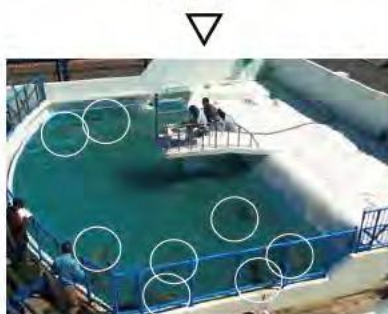
本実験の実施状況例を図4に示す。



音源 OFF (初期状態)



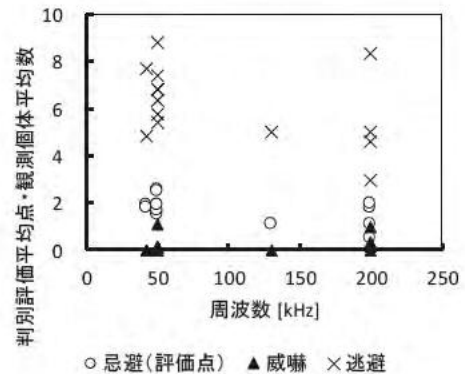
音源 ON



音源 OFF

図4. 実験状況 (50kHz)

これまで、評価にあたっては騒音計や加速度センサ等を用いて定量化について試行錯誤してきたが、屋外環境であることから、信頼できる測定結果を得ることが難しかった。今回も、忌避行動・逃避行動で生じる波の変化を捉える目的で、加速度センサ系に改良を加え測定したが、強風の影響で加速度測定値と主観評価との間の単相関係数は $r=0.238$ と低い結果となった。そこで、本実験において主観的指標でまとめた結果を図5に示す。



状況	逆効果	効果なし	効果・小	効果・中	効果・大
評価点	-1	0	1	2	3

図5. 実験結果例

本実験では、忌避評価点の最大値が3であることから、評価平均点が2以上あれば、多くの人が忌避効果を認めたと判断した。本実験の結果、周波数50kHz等の条件で評価平均点が2.5と、最も高い効果を示した。また、42kHzや200kHzでも十分効果が認められることから、本実験条件下では、一般的に超音波がアザラシの忌避に有効であると考えられる。

また、撮影動画を用い、アザラシの行動についてまとめた例を図6に示す。画像上で、水面を3×5マスで示す15区分とし、音源から近いエリアをA-Zone、音源から遠い壁面をC-Zone、中間をB-Zoneとした。1秒間隔で代表動画を定め、A～C-Zoneに含まれる頭数をそれぞれカウントした。画像中に隠れてしまった個体については、前後の動画で予測したZoneにカウントしている。また、Zoneをまたいでいる場合には、その比率により個体を1/2または1/3などとして、全ての画像でアザラシの頭数計が11.0となるように配分した。

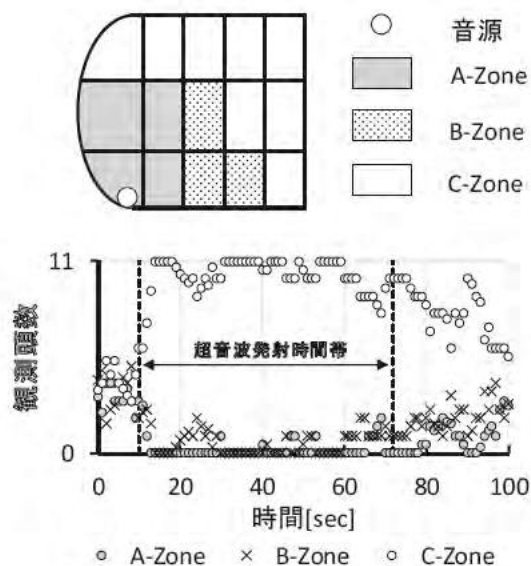


図6. 実験結果例

本実験の結果から、当初はほぼ均一な分布を示していたが、超音波を発射すると明らかに音源から遠いC-Zoneへ逃避することがわかる。そして、超音波停止後は、緩やかに元の均一な分布となっていく傾向がわかった。

本実験では、ゼニガタアザラシではなくゴマフアザラシの成獣を対象としていること、飼育されているため野生とは言い難いこと、飼育水槽環境のため超音波が反射し忌避効果が高まっていた可能性があること、この三点が、えりも町の環境条件と大きく異なる。当時、絶滅危惧種に選定されていた、えりも町のゼニガタアザラシに対し、これまでの成果の適用可能性を検証することは難しく、この実験を終えての大きな課題となっていた。

4. 海獣忌避技術のフィールド実験（えりも町）

平成27年9月15日、環境省は「環境省レッドリスト2015」を公表し、ゼニガタアザラシのランクをこれまでの絶滅危惧Ⅱ類（VU）から、準絶滅危惧（NT）へ再評価した。この状況は、漁業者をはじめ関連各機関がゼニガタアザラシの保護に尽力した成果といえる。しかしながら、絶滅危惧に移行する可能性もあるため、環境省ではゼニガタアザラシと人間社会との共存に関わる更なる可能性について、調査・検証・協議等を進めている。

このような背景から、(株) 仁光電機が製品化を目指す忌避技術を、えりも町のゼニガタアザラシで検証する機会を得ることができた。

4.1 実験方法

平成27年10月、環境省北海道地方環境事務所等と連携し、えりも岬漁港に設置した図7に示す11m × 11m × 2mの生簀内で飼育されている三頭のゼニガタアザラシ（幼獣）に対して、超音波を与える効果についての確認実験を行った。



図7 えりも岬漁港に設置した生簀

水中に(株) 光電製作所製の送受波器を固定し、超音波発射前の10分間と超音波発射中の10分間の映像を、マルチコプター（ドローン）で上空から撮影・記録した。その後、画像処理により、行動（軌跡）についてまとめ、ゼニガタアザラシに超音波がどのような影響を与えるかについて検証した。なお、三頭のアザラシには特殊シールを貼付しており、画像上での個体識別を可能とした。

4.1 実験結果

本実験で記録した画像例を図8に示す。送受波器は、生簀画像の左下のフロートの位置に水面から1mの深さで固定し、図に示す方向に超音波を発射した。



図8 記録動画例

画像処理には、北海道立工業技術センターの運動解析支援装置を利用し、生簀の四隅のフロートおよび個体識別したアザラシ三頭の計7点を主要マークに設定し、各マークの座標を抽出した。マ

ルチコプターは非常に優れた制御性をもつが、沿岸部では風の影響も大きく、画像データとしては拡大・縮小および回転を生じてしまう。そこで、生簀の四隅のフロートを用い、図9に示す方法等で座標変換を行い、行動（軌跡）について整理した。個体識別を行いまとめた結果の一例を図10に示す。なお、表層で確認できなかった場合は潜水行動と定めた。

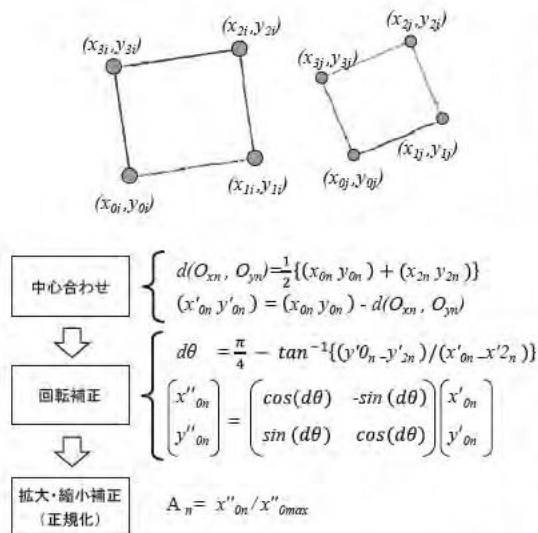


図9. 画像処理のフロー例

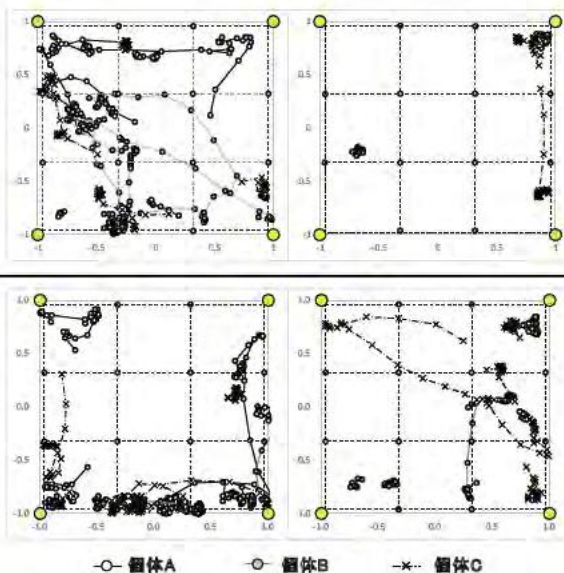


図10 ゼニガタアザラシの行動

(上段: 1回目 下段: 2回目, 左: 平時 右: 超音波発射時)

今回の画像処理では30fpsの画像を50frameずつ抽出して軌跡を求めたため、時間軸の分解能は、約1.67secとなる。また軌跡の端の点は、アザラシが潜水または浮上した点を示す。

一回目の平時では、アザラシは表層面での移動範囲も長く、いたるところで観測できていた。超音波を発射した後の10分間においては、表層面での移動が少なく、浮上スポットが三ヶ所に集中していた。超音波を感じたアザラシが、平時の感覚に戻るまである程度のインターバルが必要と考え、一回目の実験が終了した後、少なくとも一時間以上経過した後、二回目の実験を行った。

二回目の平時の行動は、一回目の超音波発生時と比べ、明らかに表層で活動していることがわかる。しかし、一回目の平時よりも生簀の外側に集中していることから、一回目の超音波の影響によって逃避しようとしている可能性もあると考える。この状態から、超音波を発射した結果、一回目よりも表層行動範囲は広がっているものの、平時と比べると浮上スポットが集中する傾向があるといえる。

次に、画像処理で使用した動画を用いて、個体ごとの潜水時間について検証した。各実験での10分間において、画像上で確認できた頭数の割合をまとめた結果を図11に示す。

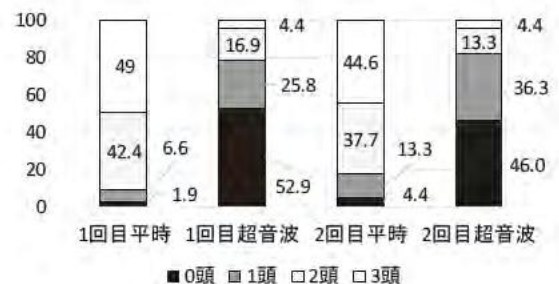


図11 画像上で確認した頭数の割合 (10分間)

この結果から、平時の時は三頭全てが表層で確認できる時間が長いのにに対し、超音波を発射した時は、三頭全てが潜水している時間のほうが長く、定量化が図れることが判明した。これは稚内での実験では明確に確認できなかったが、図12に示すように、稚内での基礎実験時において、特定のゴマフアザラシが逆立ちのような不自然な行動は確認できていた。今回の実験により、稚内のゴマフアザラシが、忌避行動として潜水を試みたが、水

深が浅かったため、逆立ちのような行動をしていた可能性も考えられる。次に、個体ごとの潜水時間について調べ、その結果を表2に示す。



図12 ゴマフアザラシの観察画像 (稚内市)

表2 実験時における個体ごとの行動のまとめ

	個体	平時	超音波発射時	t検定
1回目	A			$t=14.07, df=360, p<.01$
	B			$t=33.80, df=360, p<.01$
	C			$t=12.01, df=360, p<.01$
2回目	A			$t=16.93, df=360, p<.01$
	B			$t=27.92, df=360, p<.01$
	C			$t=5.71, df=360, p<.01$

※口：表層確認 ■：潜水 横棒グラフにおいては、左端：0分 右端：10分 を示す

本実験の結果、ゼニガタアザラシに対する超音波の影響は、当然ながら個体差はあるものの、潜水行動を誘発すると可能性があるとの推測する。

5. おわりに

本研究では、超音波には少なくともゼニガタアザラシの潜水行動を誘発する可能性があることがわかった。しかし、ゼニガタアザラシの学習能力は高く、制御系の工夫が必要と考える。また、成獣に対しては効果が希薄となる可能性は残されている。今後は、潜水行動が忌避行動であるとの定性的・定量的検証を深めながら、定置網漁に適した忌避装置の製品化をすすめていきたいと考える。

また、ゴマフアザラシは、ゼニガタアザラシ以上の漁業被害をもたらしている上に、近年は生態系変化の兆しがみられるため⁸⁾、北海道の漁業被害が拡大する可能性もあることから、定置網以外の漁場でも対応可能にする技術開発も今後検討したい。

謝 辞

本研究開発において、実験環境を提供して下さいました、稚内市ノシャップ寒流水族館の職員の皆様方に対し、深く感謝申し上げます。また、定置網漁期にもかかわらず、調査・実験等にご理解・ご協力頂きました、えりも地域の水産業界に携わる皆様方に、厚く御礼申し上げます。そして、実験にご協力下さいました、東京農業大学生物産業学部アクアバイオ学科水産資源分野水産資源管理学研究室の学生の皆様方に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 平成27年秋さけ沿岸漁獲速報：北海道水産林務部水産局漁業管理課資源管理グループ資料
- 2) 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)、P13
- 3) 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)、P33
- 4) 蔵本洋介：海洋と生物224,vol38,No.3 (2016)、P238-245
- 5) 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)、P50-52
- 6) Alexander Ya. Supin, Vladimir V. Popov, Alla M. Mass : The Sensory Physiology of Aquatic Mammals(2001) ,P205-227
- 7) Ronald A Kastelein,Sander van der Heul,John M Terhune,Willem Verboom,Rob J.V. Triesscheijn : Enviromental Research 62 (2006), P.356-373
- 8) 小林万里：海洋と生物224,vol38,No.3 (2016)、P250-255