

最優秀賞 「ハイドロフォン搭載 Argo フロートを使用した全球的四次元 海洋音響環境モニタリングシステム導入の提言」

平井 由季乃・東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科海洋システム工学専攻

本論文は①海洋資源の開発及び利用の促進、②海洋環境の保全を目的とした環境モニタリングシステムの導入を提言するものである。また、本システムの導入による副次的成果として⑤海洋の安全の確保、⑥海洋調査の促進も期待されることを以下に述べる。

背景

国土面積の小さい日本は陸上資源に乏しく、エネルギー資源のほとんどを輸入に頼ってきた。しかし近年、日本周辺の海域に豊かな海底資源が賦存することが明らかになり、平成 25 年度に策定された海洋基本計画第 2 部 1 では、「日本周辺海域の探査実績の少ない海域において、石油・天然ガスの賦存状況を把握するため、三次元物理探査船「資源」を活用した基礎物理探査（6,000km²/年）及び賦存可能性の高い海域での基礎試錐を機動的に実施する。」という計画が掲げられた。平成 28 年度現在、基礎物理探査は計画通り進捗し[1]、さらなる賦存状況の把握に期待が寄せられている。一方で海底資源探査・開発が盛んな欧米諸国では、効率的な探査手法である基礎物理探査をはじめとする人間活動に伴って発生する大音圧雑音が海洋生物に与える影響を懸念する声が大きくなっている。海洋生物の中でも特に、クジラやイルカなどの海棲ほ乳動物は聴覚に依って繁殖や摂餌、回遊を行う種が多く、大音圧雑音への暴露はそれらの行動を阻害してしまう[2]。最悪の場合、聴覚に傷害を与え、地形探知能力を失った海棲ほ乳動物が座礁に至る可能性もある。そのため、欧米諸国では海中で大音圧雑音を発生させる事業については環境影響緩和のための法規制が存在する。米国の例を挙げると、MMPA（海産ほ乳動物保護法）や ESA（絶滅危惧種法）に指定された海洋生物に影響を与える可能性のある事業を行うには、NOAA（米国海洋大気庁）へ事前に申請し認可を受けなくてはならない[2]。さらに、事業主は海洋生物に聴覚傷害を与えるとする音圧レベルを超過しないように、発生音の拡散シミュレーションによる環境影響評価や、事業実施中に海棲ほ乳動物を発見した際の音源機器停止等の環境影響緩和策を実施している[3]。日本では現在、探査を行う際の環境影響規制が法律化されておらず[4]、JOGMEC や JAMSTEC が欧米を参考にした緩和策を独自に実施しているのみである[5]。しかし欧米では、環境影響評価手法・緩和策の基となっている海棲ほ乳動物の聴覚感度データの正確性を疑問視する環境保護団体が反対運動を行っている。反対運動によって基礎物理探査が延期に追い込まれる事態も発生しており、欧米

諸国は今、環境影響評価手法・緩和策を見直す必要に迫られている。今後海洋基本計画によって基礎物理探査の民間企業への引き継ぎが進められ、探査がさらに活発化するであろう日本も、国家としてこの問題に取り組むことが必要になると考えられる。次章では、新しい環境影響評価・緩和策を実施するための海洋環境基礎データを収集するシステムの導入を提言する。

具体的な提言内容と期待される成果

海中音による環境影響評価手法は陸上のものを適用することは不可能である。海棲哺乳動物の分布や回遊ルートは不明なことが多く、2000mまで潜水を行う種もいる。また、海中の音速は均一でないため音波は直進せず、季節・時間帯による水温変化や海底地形・底質の影響を受けて音波の伝搬経路は大きく変化する。特に、屈折した音波が集中する収束帯やサーフェイスダクトの発生箇所では、発生していない場合に比べて数十 dB も受信レベルが大きくなる。つまり、「ある時間・ある位置における受信音圧レベル」は非常に予測しがたいものである。

本論文で提言するハイドロフォン搭載 Argo フロート[6]を使用した全球的四次元海洋音響環境モニタリングシステムは、環境影響評価・緩和策に必要な海洋環境基礎データとして、「ある時間・ある位置における受信音圧レベル」のビッグデータを構築するためのシステムである。Argo フロートとは、気候変動の理解を目的として 2000 年に始動した国際プロジェクト「Argo 計画」によって世界中の海洋に展開されているフロートである。現在稼働中のフロート数は約 3900 台であり、約 300km 四方に 1 台のメッシュで存在している。フロートは基本的には深度 1000m を漂流し、10 日に 1 度の観測サイクルで 2000m まで沈んだ後に深度・水温・塩分濃度を測定しながら浮上する。海面到達後は人工衛星と通信を行い、観測データと浮上位置および日時を陸上の基地局に送信する。本システムでは、Argo フロートにハイドロフォンを搭載し、深度・水温・塩分濃度とともに音響データ（深度・受信波形）の観測および送信を行う。ハイドロフォンを搭載するフロートは、基地局との相互通信によって観測周期や浮上速度の変更が可能なイリジウムフロート（現在一方向通信フロートから移行中であり、2015 年には稼働中のフロートの 40% が移行済み）とする。観測した音響データには雨風の音やクジラ・イルカの鳴音などの環境音、基礎物理探査および海洋構造物建設の音や船舶の航行音などの人工音が含まれる。本システムによって音響データを長期的に取得することで以下 2 点の成果が期待される。

- ・ 環境影響緩和に配慮した効率的な事業実施計画

現在の JOGMEC と JAMSTEC の環境影響緩和策では、探査海域に到着

してから目視で監視を行い、一定の排他距離内に海棲ほ乳動物が存在する場合、探査を中断しなくてはならない。そのため、中断があまりにも多い場合、コストや人材が無駄になる。しかし、本システムによって海棲ほ乳動物の分布や回遊ルートが明らかになると、基礎物理探査等の環境影響緩和策を必要とする事業に関して効率的な実施計画が可能になり、海洋資源探査を促進する。

- ・ 事業実施中の環境影響評価

本システムにおいて事前に探査海域の Argo フロートの観測周期を数時間に1回程度にすることで、事業実施中の周辺海域における受信音圧レベルをモニタリングできる。基礎物理探査に使用される大出力（270dB 前後）の低周波短パルス音波は長距離を伝搬することが知られており、4000km 離れた場所での観測結果もある[7]。そのため、現状のフロートメッシュでも観測可能である。また、海棲ほ乳動物は大音圧雑音が発生すると、音源から離れようとしたり鳴音の音圧レベルを上げることが知られている。取得データによってどの程度の音圧レベルで行動阻害を引き起こしたか明らかになると、環境影響緩和策として設定している排他距離の見直しが可能になり、海洋環境保全に貢献する。

さらに、以下の2点が副次的成果として期待される。

- ・ 海棲ほ乳動物の生態調査の促進

長距離回遊や潜水を行う海棲ほ乳動物のバイオロギングは非常に難しく、分布や回遊ルートは明らかになっていないことが多い。本システムによる取得データから、群れの分布や回遊ルートが明らかになるため、海洋調査が促進される。

- ・ 船舶への海棲ほ乳動物衝突注意情報

取得データをもとに、大型の海棲ほ乳動物が多い海域については海上保安庁から付近の航行船舶に衝突注意情報を発信するなど、昨年問題になった船舶と海棲ほ乳動物の衝突を防止することで海洋の安全確保に貢献する。

以上が提言である。Argo 計画は国際プロジェクトであるため、本提言の実現には世界との協力が不可欠である。本提言を日本が世界に呼びかけることにより、海洋資源探査・開発と環境保全の調和の面で日本は世界の主導的立場をとることができると考えられる。

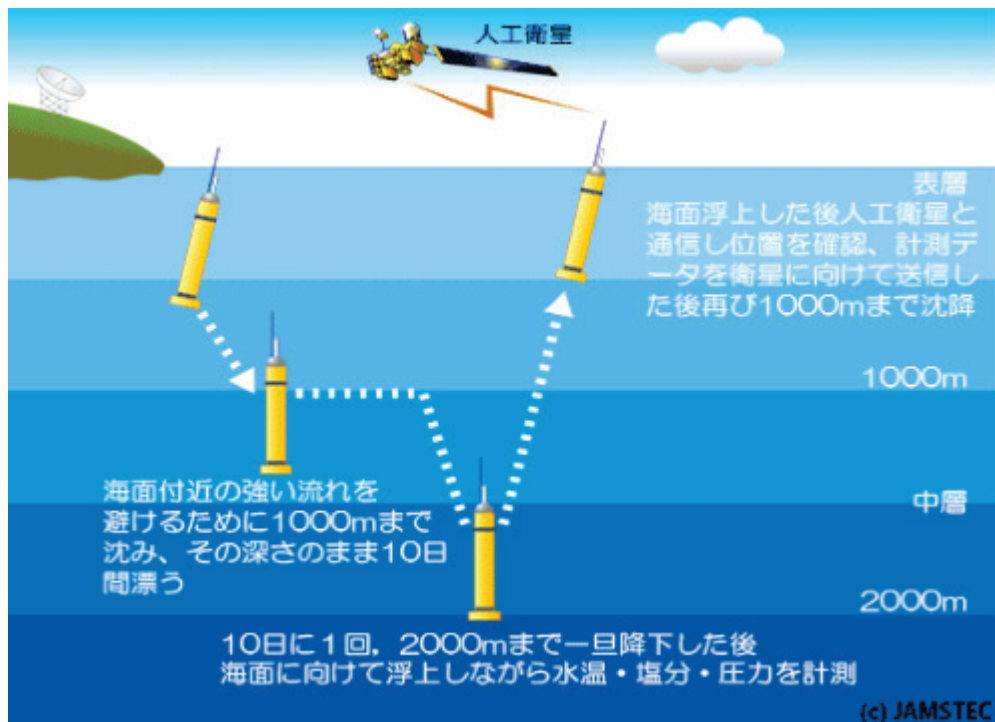


Figure. Observation cycle of Argo floats.

(<http://www.jamstec.go.jp/ARGO/about/structure/index.html>)

<参考文献>

- [1] 新海洋産業振興・創出P T報告書
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kaiyou/sanyo/20150526/sanyo_betten.pdf
- [2] NOAA, “DRAFT Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing.”, (2015)
- [3] Where the Decibels Hit the Water: Perspectives on the Application of Science to Real-World Underwater Noise and Marine Protected Species Issues”, Acoustic Today, Summer 2015, 11(3), 36-44, (2015).
- [4] 資源探査規制について
www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/kougyou/bunkakai_goudou_ho_usei_wg/002_02_00.pdf
- [5] 音波による構造探査における海洋哺乳類への影響緩和ガイドライン
<http://www.jamstec.go.jp/j/about/environmental/seismic.html>
- [6] Argo JAMSTEC
<http://www.jamstec.go.jp/ARGO/index.html>
- [7] Nieu Kirk SL et al., “Sounds from airguns and fin whales recorded in the mid-Atlantic Ocean, 1999-2009.” J Acoust Soc Am, 131(2), 1102-12, (2012).