

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：82824

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2019

課題番号：16K14518

研究課題名（和文）水中低周波音の新しい校正手法の開発

研究課題名（英文）Development of new calibration method for low frequency underwater sounds

研究代表者

赤松 友成（AKAMATSU, TOMONARI）

公益財団法人笹川平和財団・海洋政策研究所 海洋政策研究部・上席研究員

研究者番号：00344333

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：これまで多額の費用と巨大な設備を用いて行われてきた低周波水中音の校正に、新しい手法を提案した。静穏な湖とプラットフォームを利用したこの校正手法は、専用の音響計測バージに比べても1dB程度の誤差しかなかった。最終成果として、米・ニュージーランド・日本の各メーカーが製造した無校正水中マイクロホンと比較校正し、それぞれの機器の特徴を明らかにした。本研究では、海中雑音が海洋生物に与える影響評価を行う基礎となる低周波校正方法が開発された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この技術は、洋上風力発電をはじめとする再生可能エネルギー開発と漁業との共存や、国際海事機関で議論が進む船舶騒音規制における科学的なデータ取得に貢献すると考えられる。また、海底鉱物資源探査で今後の活用が見込まれる狭帯域低周波音源の校正が容易になる。低周波で影響を受けると考えられる魚類や大型ヒゲクジラへの音暴露評価に、開発技術が役立てられはじめた。

研究成果の概要（英文）：A new calibration method for underwater low frequency sound was proposed that has not been possible without large floating pen and funding before. This calibration method conducted in calm lake provided accurate sensitivity value within 1 dB comparing with that measured at underwater calibration facility. We compared non-calibrated hydrophones produced in US, New Zealand, and Japan, and found sound receiving characteristics for each.

研究分野：水中生物音響

キーワード：水中音響 騒音影響評価 感度校正 鯨類 イルカ 環境アセスメント 洋上風力 再生可能エネルギー

1. 研究開始当初の背景

波長より小さい閉鎖環境で音の計測を行うことは、水中音響工学の常識では考えられない。音波は多重反射し、干渉し、元の波形は完全に失われる。このような環境で定量性が要求される校正を行うことは、通常ではありえない。水中低周波の校正実験は、広く深い環境で行わなければならない。船舶や海中工事の騒音は、たとえば 100Hz の周波数であれば波長は 15m となる。計測はこの波長より数倍深い水域で行わなければならないため、これまで沖合に船を浮かべて送受信を行うか、専用の音響計測バージを用いるしかなかった。そのうえ外洋であっても、計測を水面近くで行う場合には、水中マイクロホンのわずかな設置位置の違いで受信レベルが大きく異なることが知られている。低周波水中音の無干渉状態での校正は極めて難しい。

一方で、海中騒音が海洋生物に与える影響が世界的に懸念されている。船舶運行や海底資源開発に伴う騒音のエネルギーは、魚類や鯨類の聴覚感度がよい数十から数百ヘルツの低周波に集中している。国際海事機構や国際標準化機構では船舶騒音や海底くい打ち音の計測方法が提案され、水中騒音影響評価が国際的にますます重要となっている。

これまで精密な校正のためには専門機関の協力と莫大な費用がかかっていた。科学的にも産業的にも急速に需要が拡大すると予想される水中低周波騒音の海洋生物への影響評価において、根幹となる音響校正が困難であることは大きなボトルネックになっている。これが日本の海運業や漁業、さらに今後の我が国の生命線といえる海洋における資源・エネルギー開発の発展を妨げる要因となってはならない。

2. 研究の目的

我が国の湖で、水中環境音が計測された例はほとんどない。日本で最も静かな湖を探し出し、これまで困難とされてきた低周波領域での精密な音響校正を実現する。さらに、これまで音響校正にはやっかいな現象と見られてきた干渉や共鳴現象を積極的に利用し、運用が簡単で信頼できる定量性をもった低周波校正法を実現する。これらにより、高精度かつ継続的な低周波音響校正が誰でも可能になり、国際的に急速に需要が増している海中騒音影響評価に資することができる。

3. 研究の方法

静穏で、水中低周波音の校正に適した湖を特定する。水底からの多重反射を回避するためには深い湖であることが必須である。大型鯨類や魚類の典型的な鳴音の波長 15m を想定すると、水底からの往復で波長の 10 倍となる水深は 75m であり、これ以上深い湖水は全国に 15 ある。このうち、動力船の運行が限られている湖水は北海道の倶多楽湖・山梨県の本栖湖をはじめとする 8 湖水である。

録音装置は AUSOMS-stereo (アクアサウンド社、神戸) を用い、アンカー付きのブイを用いて計測を行う。動力船だけでなく風況や波浪あるいは降雨によっても背景雑音レベル

とスペクトルが変化するため、このような独立型の長時間自動録音装置が必要である。幸い湖水では海水で問題になるテッポウエビなどの生物由来騒音は少ないと考えられるが、淡水域に生息する発音魚からの音波に留意する。また、湖の各点での背景雑音計測を行うため静穏な非動力船を用いて音場地図を作成する。これらにより、時間軸と空間軸の双方で候補湖水の音環境を明らかにし、低周波音響校正に最適な湖を選定する。

開発したこの校正手法を実際の騒音影響評価に役立てるため、資源探査で今後の活用が見込まれる狭帯域低周波音源の校正に本技術を適用する。大出力の低周波音源は各国で開発がすすめられており、資源だけでなく海洋観測への応用も期待されている。アイスランド大学の協力者が主体となって、資源探査用低周波送の現場試験を実施するため、これにあわせて水深 200m を越える試験海域で 20Hz から 100Hz の極低周波領域の送信の校正実験を行う。

4. 研究成果

現地調査により背景雑音レベルを計測し、候補を絞り込み、低周波領域の水中騒音として注目されている 100Hz から 1kHz の帯域レベルを倶多楽湖と本栖湖で比較した結果、どちらの湖も極めて静穏であると確認した。実験プラットフォームの搬入などのアクセス、および 100m を越える深い水深から、本栖湖が本研究に最適と判断された(Fig.1)。

本研究開発された校正手法は、専用の音響計測バージに比べても 1dB 程度の差異であった。最終年度の成果として、米・ニュージーランド・日本の各メーカーが製造した無校正水中マイクロホンを比較校正し、それぞれの機器の特徴を明らかにした。本研究では、海中雑音が海洋生物に与える影響評価を行う基礎となる低周波校正方法が開発された。この技術は、洋上風力発電をはじめとする再生可能エネルギー開発と漁業との共存や、今後 IMO で議論が進む船舶騒音規制における科学的なデータ取得に貢献すると考えられる。

また、海洋音響学会で「海中騒音の評価手法研究部会」を立ち上げ、海中音の実際的な計測を行うためのガイドライン作成を国内の研究者を集めてすすめた。本課題推進において得られた知見が活かされ、環境アセスメントなどでのより実際的な音響計測手法について、部会の主宰者として議論のとりまとめを行うことができた。資源探査用低周波音源の影響評価へ応用し、社会的にも貢献できた。

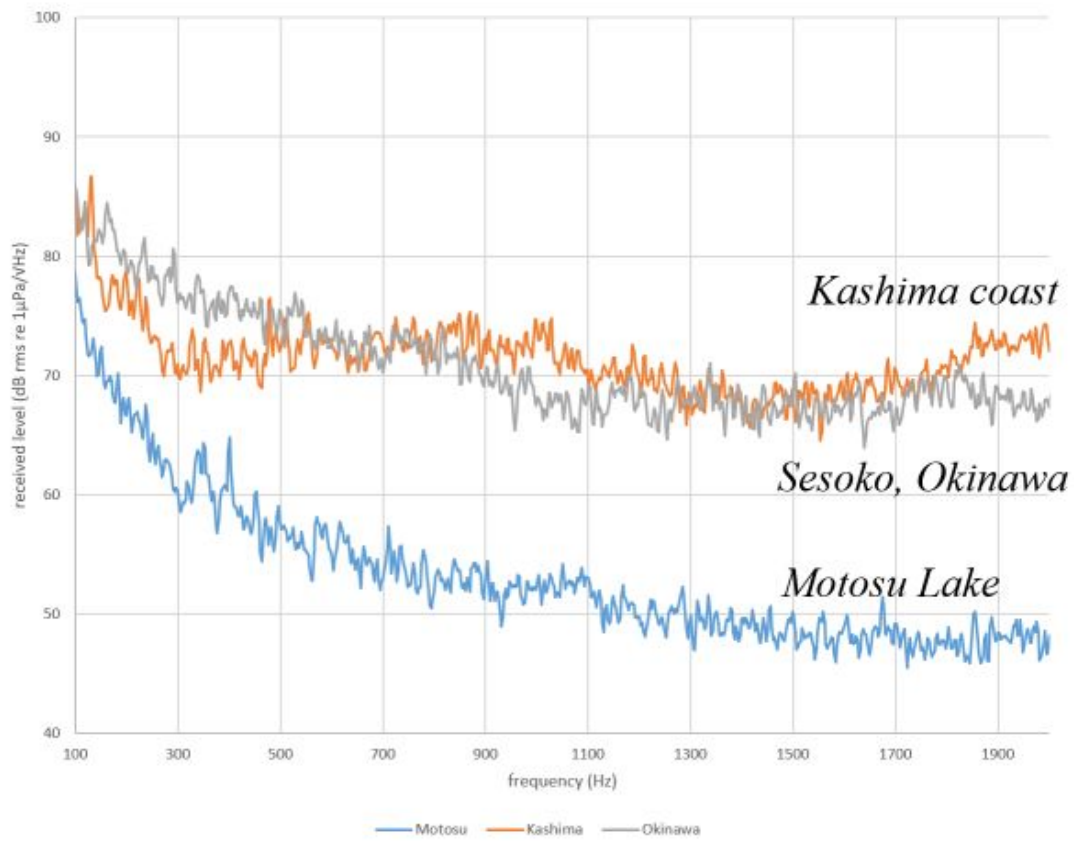


Fig.1 Comparisons of background noise level among Kashima coast (sandy bottom ocean), Sesoko Island (a coral reef area) and Motosu lake (target experiment field of this research). Very calm noise condition was confirmed in Motosu lake.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Tomonari Akamatsu, Ryuzo Takahashi, and Tomohito Imaizumi
2. 発表標題 A simple low frequency calibration method of autonomous recorders in a very quiet lake
3. 学会等名 Asian Fisheries Acoustics Society (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 赤松友成、木村里子、市川光太郎	4. 発行年 2019年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 176
3. 書名 水中生物音響学：声で探る行動と生態	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----