

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06207

研究課題名（和文）音響手法を用いたダム湖の水質悪化要因となるアオコの分布推定手法の開発

研究課題名（英文）Spatial estimation method of algal bloom using acoustic measurement technique

研究代表者

南 憲史（Minami, Kenji）

北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・准教授

研究者番号：50793915

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、音響計測手法を用いて藍藻類が異常増殖した状態であるアオコの分布推定手法を開発した。本研究により、藍藻類は細胞内に音を強く反射するガスを含んでいるため、その細胞数と音響反射強度には相関関係があることが明らかとなった。このことから、音響反射強度を計測することでアオコの分布推定が可能であることが示された。そこで、アオコの分布推定の実証を福島県三春ダム湖で実施したところ、特に河川流入部において分布が多くなり、秋季よりも夏季で藍藻類が広範囲に分布しているという結果が得られた。これらは過去の知見と一致する結果であり、音響計測手法を用いたアオコの分布推定の有効性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、これまで困難とされていたアオコの分布推定を可能にしたことに意義がある。アオコは水質悪化や生態系への影響を引き起こすが、分布状況の把握が難しくその対策が困難とされてきた。本研究によりアオコの分布を定量的かつ空間的に評価できるようになったことで、アオコが多く発生している箇所での集中的な水質改善など、その分布状況を考慮した対策を講じることが可能になる。また、本手法により季節変化を明らかにすることができれば、異常増殖する前に藍藻類の分布を把握し、その対策を講じることが可能になる。今後、ダム湖の環境管理と飲料水となるダム湖水の水質改善にむけた貢献が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a method for estimating the distribution of algal bloom, which is a state of abnormal growth of cyanobacteria, using an acoustic measurement method. It was clarified that there is a relationship between the number of cyanobacteria and acoustic reflection intensity, because the cells of cyanobacteria contain gases that strongly reflect sound. From the relationship, it was shown that it is possible to estimate the distribution of algal bloom by measuring the acoustic reflection intensity. The case study of spatial estimation of algal bloom in lake Sakura, Fukushima prefecture was conducted. The results showed that algal bloom was more distributed in the inflow part of rivers, and algal bloom was more widely distributed in summer. These results are consistent with past findings, and the effectiveness of estimating the distribution of blue-green algae using the acoustic measurement method was confirmed.

研究分野：音響計測学

キーワード：アオコ 藍藻類 分布推定 音響計測手法 計量魚群探知機 音響反射強度

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ダム湖に貯水されている水資源は日本の水道水源の約半分を担っており、その質と量は日本の人口 1 億 3000 万人の飲料水や生活水の供給に直接影響を及ぼすものである。また、農業、産業などの多くの分野にもその影響がおよび、とりわけ健康面においては無視することができない。ダム湖の水資源の維持管理は我々の生活において欠かすことのできないものの一つといえる。しかし、ダム湖は、閉鎖的で水循環がされにくいことから水質が悪化しやすく改善しにくい環境下にある。その中でもアオコの発生はダム湖の水質悪化の原因となる最たるものの一つである。アオコとは、富栄養化したダム湖で夏季に植物プランクトンである藍藻類が異常増殖し、水面がペンキを流したような緑色になる現象のことである。アオコは、死滅した藍藻類による腐敗臭の発生、酸欠による魚類の斃死、浄水過程のろ過障害、カビ臭などの異臭味の発生といったように水質を急激に悪化させる。従って、アオコが「どこに、どれだけ、どういった特徴」で分布しているかの空間的な把握は、ダム湖における水質を管理する上で非常に重要とされている。

そのためアオコの発生やそのメカニズムに関する研究が、サンプル内に含まれる藍藻類の細胞数密度を計測する採水測定や発生度合いを水面の色から判断する目視観察などにより進められているが、それらの研究が進むにつれ、様々な問題点も露呈されている。その問題点としては、1) 細胞数密度の測定による評価では多大な時間と労力を伴い、複数地点での計測を頻繁に行うことができないこと、2) 目視による発生状況の調査では結果に大きな人為的誤差が生まれること、などが挙げられる。これらの問題点を克服するために、近年ではフィコシアニンセンサーやクロロフィル a センサーを用いたアオコのモニタリングシステムの開発が試みられている。しかし、これらの手法は従来の採水や目視といった手法より頻繁に測定できるという利点がある一方で、現状の技術では、定点計測のために空間的な分布状況の把握が難しいなどの欠点がある。そのため、アオコの空間的な分布の把握という課題を克服することが難しいのが現状である。ダム湖の水質を健全に維持するには、これら課題を克服し、アオコの空間的な分布を定量的にモニタリングできる手法を早急に開発する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、音響計測手法に関する技術を活用し、ダム湖におけるアオコの空間的な分布推定の新しい手法の開発を目的として研究を実施する。研究では、1) 藍藻類の個体数と音響反射強度の関係の解明、2) 福島県三春ダム湖における音響計測手法を用いたアオコの分布推定を実施した。

3. 研究の方法

3.1 藍藻類の個体数と音響反射強度の関係の解明

藍藻類が大量に発生する夏季に着目し、福島県三春ダム湖において音響調査および採水調査を実施した。音響調査では周波数 120kHz の計量魚群探知機 (ソニック社製、KSE310) を用い、各調査地点で 5 分間の音響反射強度を計測した。採水調査は、バンドーン採水器およびシンドラートラップを用い深度毎の採水を行った。得られた音響情報は、音響解析ソフト (Sonardata 社製、Echoview ver.11) を用いて、魚類や電気ノイズなどの反射を除去した後、採水した深度の単位体積当たりの音響反射強度 SV (dB) を抽出した。採水サンプルは、種同定と細胞数の計数を行った。得られた SV 値と採水結果を比較し、どの種が音響反射強度と関係があるか検討した。

3.2 福島県三春ダム湖における音響計測手法を用いたアオコの分布推定

福島県三春ダム湖において、2022 年夏季と秋季に音響計測手法によるアオコの分布推定に関する調査を実施した。調査は、周波数 120kHz の計量魚群探知機 (ソニック社製 KSE310) を用いて湖内全域を対象に音響反射強度を計測するとともに、湖内環境を RINKO-Profiler (JFE ADVANTECH 社製、ASTD102) を用いて湖内 43 地点で水温を計測した。また、バンドーン採水器を用いて湖内 7 地点で採水を行った。得られた音響情報は、音響解析ソフト (Sonardata 社製、Echoview ver.11) を用い、深度 1m から 10m を解析範囲として解析を行った。藍藻類の個体数と音響反射強度の関係を考慮して音響反射強度が -81dB ~ -55dB を解析対象とし、その他の反応は解析対象から除外した。その後、解析範囲を水平方向に 10m で区切り、面積散乱強度 SA (dB) を抽出し、地理情報システム (ESRI 社製、ArcGIS ver.10.8) を用い、シンブルクリギングにより空間補間することで分布図を作成した。

4. 研究成果

4.1 藍藻類の個体数と音響反射強度の関係の解明

全ての採水サンプルで藍藻類の *Microcystis aeruginosa* が優先していた (Fig. 1)。また、音響反射強度の増減と同じ傾向がみられた植物プランクトンは藍藻類と珪藻類であった。動物プランクトンはどの種も音響反射強度との関係はみられなかった。藍藻類と SV、珪藻類と SV の関係はそれぞれ強い正の相関関係がみられた (Fig. 2)。藍藻類の *Microcystis aeruginosa* では珪藻類と異なり、細胞内にガス胞が確認された (Fig. 1)。水中ではガス (空気) が強く音響反射することが知られていることから、藍藻類は珪藻類よりも強い音響反射強度を示すと考えられる。

また、採水した藍藻類の細胞数の幅に比べて、珪藻類の細胞数の幅は極めて小さかった。SV が 25dB 以上の幅 (-81dB ~ -55dB) で広く変化していたこと、藍藻類はガス胞を有し強く音響反射すること、珪藻類はガス胞がないため強く音響反射しないこと、これらを考慮すると、音響反射強度に強く寄与したものは藍藻類であると考えられた。音響反射強度を計測することでアオコを構成する藍藻類を測定することが可能であることが示された。

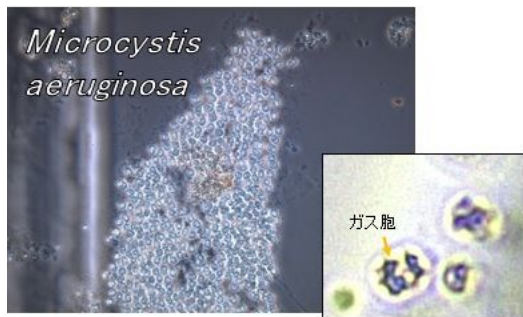


Fig.1 採水により確認された藍藻類

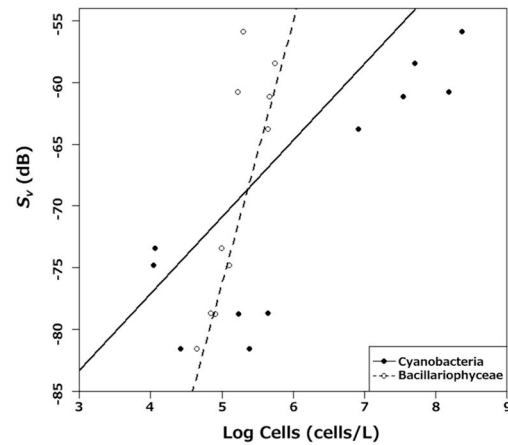


Fig.2 藍藻類及び珪藻類と音響反射強度との関係

4.2 福島県三春ダム湖における音響計測手法を用いたアオコの分布推定

ほぼ全ての採水サンプルで藍藻類の *Microcystis aeruginosa* が優先していた。また、湖内の水温は夏季から秋季にかけて低くなっていた。解析された藍藻類の分布図を Fig.3 に示す。藍藻類は、夏季に多く分布し、秋に少なくなっていた。夏季は湖内全域で音響反射強度が強く、特に河川流入部に藍藻類が多くなる傾向を示した。秋季は夏季よりも音響反射強度が弱くなるが、北東部の大滝根川から湖心にかけては藍藻類が他の水域よりも多くなる傾向を示した。湖心部は、夏季と秋季ともに同程度の音響反射強度を示し、夏季の湖心部は周囲よりも反応が少なく、秋季の湖心部は周囲よりも反応が強くなっていた。全体的に秋季よりも夏季で音響反射強度が強くなっていたことは、高水温期に藍藻類が増殖しやすいことが関係していると考えられた。また、分布が河川流入部に多かったことは、河川流入部は栄養塩の供給が盛んであり、その影響で藍藻類が増えやすくなるという先行研究の知見と同様の結果であった。一方、湖心での分布傾向は、夏季は藍藻類を深部に循環する役割を果たす湖心の曝気装置が効果的に機能した結果、湖心が周囲よりも音響反射強度が弱くっていたと考えられた。これに対し、秋季は曝気装置が停止しており分布が集中していた大滝根川流入部からダム堤体へ向けた流れが藍藻類を輸送したことで湖心が周囲よりも音響反射強度が強くなっていたと考えられた。

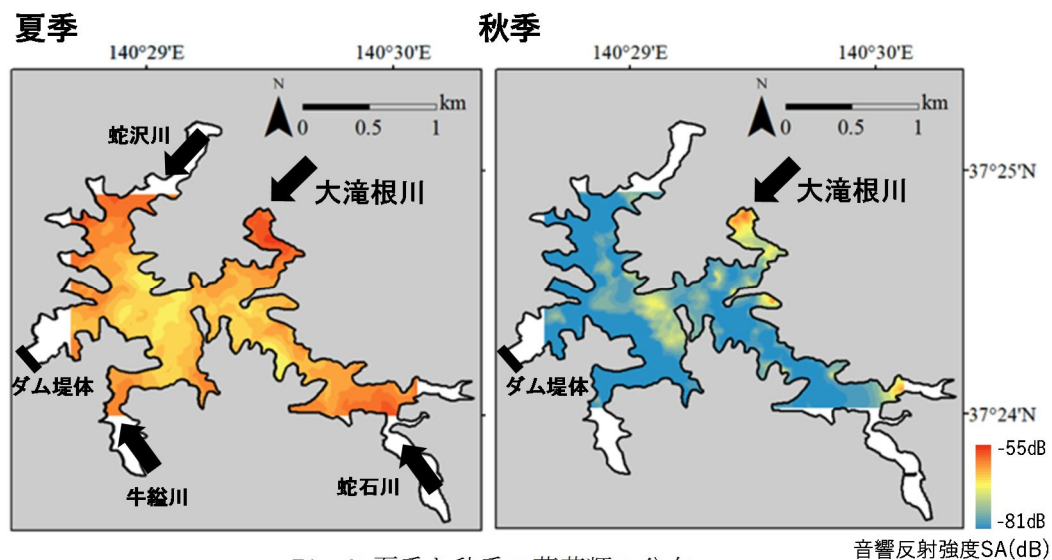


Fig.3 夏季と秋季の藍藻類の分布

まとめ

本研究により藍藻類と音響反射強度との関係を明らかにし、計量魚群探知機を用いて定量的に音響反射強度を計測することでダム湖におけるアオコの空間的な分布推定が可能になった。これにより、藍藻類の分布を視覚的に把握することができ、その分布特性についても把握することが出来るようになった。今後、藍藻類の空間的な分布情報を基にしたアオコ対策に有効な時期や場所の選定など効果的な対策への展開が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 中森陸・南憲史・白川北斗・朱妍卉・沖津二郎・大杉奉功・東信行・金相暉・谷田一三・黒田充樹・長岡祥平・佐藤信彦・宮下和士	4. 巻 29
2. 論文標題 福島県さくら湖における計量魚群探知機を用いた藍藻類の音響計測の試み	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Laguna	6. 最初と最後の頁 87-98
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔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 Riku NAKAMORI, Kenji MINAMI, Hokuto SHIRAKAWA, Yanhui ZHU, Jiro OKITSU, Tomonori OSUGI, Nobuyuki AZUMA, Sangyeob KIM, Mitsuki KURODA, Shohei NAGAOKA, Nobuhiko SATO, Kazushi MIYASHITA
2. 発表標題 Acoustic Measurement of The Cyanobacterium Microcystis Aeruginosa Using a Quantitative Echo Sounder in Lake Sakura
3. 学会等名 The 14th meeting of Asian Fisheries Acoustics Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	宮下 和士 (MIYASHITA KAZUSHI) (70301877)	北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・教授 (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------