

地球温暖化が湖沼藻類ブルームを加速

—長期データが示す温度主導型富栄養化—

概要

湖の水面が緑色に覆われる「アオコ（有害藻類ブルーム）」は、世界的に深刻な環境問題であり、水質悪化や生物多様性の低下を引き起こすだけでなく、人の健康や水資源の安全にも影響を及ぼしています。これまで、アオコをはじめとする湖沼の藻類ブルーム対策は、主に窒素やリンなどの栄養塩の削減に重点が置かれてきました。しかし、地球温暖化が進行する現在、その効果には限界が生じつつあります。本研究は、京都大学特定研究員の周川喬らの研究グループが、南京師範大学の許晓光教授、京都大学の土居秀幸教授、東京科学大学の木内豪教授らと共同で実施しました。研究チームは、世界中の156湖沼を対象とした約40年に及ぶ長期観測データを統合し、気候変動下における水温と栄養塩が湖沼藻類ブルーム形成に果たす役割を体系的に解析しました。解析には、変動要因の分解と機械学習モデルを組み合わせることで、水温、全窒素、全リンおよび窒素・リン比が各湖沼の藻類量に与える相対的な重要性を定量的に評価しました。その結果、水温の上昇に伴い、藻類ブルームに対する水温の影響力が栄養塩の影響を大きく上回ることが明らかになりました。このモデルを元にした将来予測では、今世紀末に向けて世界の湖沼における藻類ブルームがさらに激化する可能性が示されました。これらの成果は、湖沼管理において温暖化の影響を明示的に考慮する必要性を示すものです。本研究成果は、2026年1月26日に国際学術誌「*Global Change Biology*」にてオンライン掲載されました。

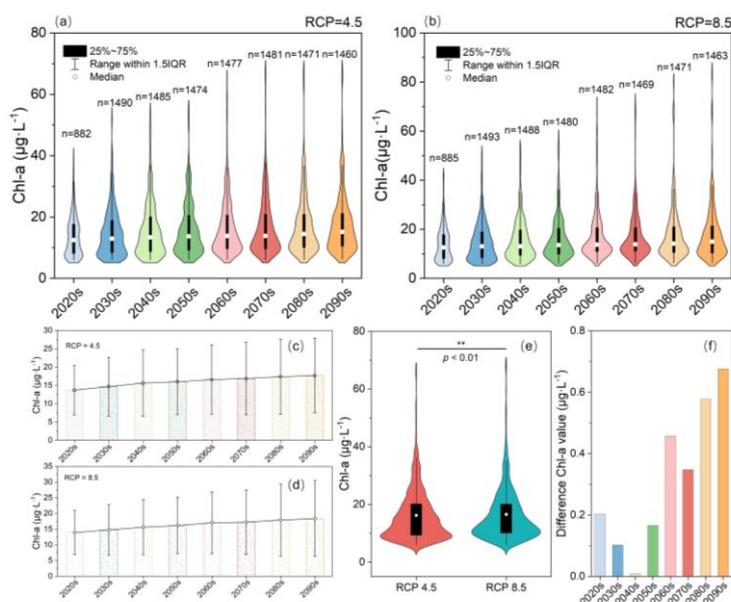


図 気候変動シナリオ下における世界湖沼クロロフィル a の将来変化予測

解析の結果、気候温暖化の進行に伴い、世界の湖沼では将来的にクロロフィル a 濃度が上昇し、有害藻類ブルームがさらに深刻化する可能性が示された。

1. 背景

アオコ（有害藻類ブルーム）は、生物多様性の低下や水質悪化、人の健康被害を引き起こす重要な環境問題です。アオコを減らすために、日本でもこれまで多くの湖沼で、栄養塩負荷の削減が主な対策として進められてきました。しかし、長期観測データを解析すると、栄養塩削減が進んでも藻類ブルームが減少しない湖沼が世界中に多く存在します。近年、地球温暖化により湖の水温が世界的に上昇しており、水温上昇が藻類の生理活性や生育期間に影響を与える可能性が指摘されています。そこで本研究では、藻類ブルームの制御要因が水温上昇によってどのように変化するのかを明らかにしました。

2. 研究手法・成果

本研究では、全球の熱帯・温帯・寒帯など様々な気候帯に分布する 156 湖沼の 40 年近くにわたる長期水質データを収集し、水温、全窒素、全リンおよび藻類量の指標であるクロロフィル a 濃度を解析対象としました。経験的モード分解により非定常な長期時系列から安定した傾向成分を抽出し、その後、機械学習（ランダムフォレスト）を用いて各環境要因の重要度を評価しました。その結果、低～中水温条件下では栄養塩が藻類増殖を制限する主要因子である一方、高水温条件下では水温の影響が顕著に増大し、栄養塩の影響を大きく上回ることが明らかになりました。さらに、この機械学習モデルを用いた複数の気候シナリオに基づく将来予測では、今世紀末に向けて温暖化の影響により、世界中の湖沼における藻類ブルームの発生強度がさらに増加する可能性が示されました。

3. 波及効果、今後の予定

本研究は、気候変動下において湖沼の藻類ブルームの制御要因が栄養塩から水温に変化しつつあることを、全球規模で明らかにしました。今後の湖沼管理においては、従来の下水処理などによる栄養塩の削減対策に加え、水温上昇を考慮した統合的な管理が求められます。今後は、水温の変化に着目した藻類ブルーム予測精度の向上や、早期警戒システムへの応用が期待されます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、中国の研究助成機関および日本の科学技術振興機構（JST）等の支援を受けて実施されました。

<用語解説>

※1 有害藻類ブルーム（アオコ）：藻類が異常増殖し、水質悪化や生態系への悪影響、場合によっては毒素産生を引き起こす現象。

※2 経験的モード分解：非定常な時系列データを複数の時間スケール成分に分解する解析手法。

<研究者のコメント>

研究チームは、「地球温暖化の進行により、水温は湖沼の有害藻類アオコの形成機構を大きく変えつつあります。今後は、栄養塩管理と水温変化を統合的に考慮した湖沼管理が不可欠です」とコメントしています。

<論文タイトルと著者>

タイトル Long-term records reveal temperature-driven nutrient limitation and predict intensified algal blooms in global lakes（長期観測記録から明らかになった温度駆動型の栄養塩制限と、世界の

湖沼における藻類ブルームの激化予測)

著 者 周川喬, 徐秋臨, 賈若愚, 張智慧, 許曉光, 劉華祖, 趙文鵬, 杜二虎, 王國祥, 土居秀幸, 王建軍,
木内豪, 馮煉

掲 載 誌 Global Change Biology

D O I 10.1111/gcb.70719