

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Influencing factors and driving mechanisms for greenhouse gas emissions in eutrophic lakes of the middle and lower Yangtze River Basin
著者(和文)	ZhouChuanqiao
Author(English)	Chuanqiao Zhou
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京科学大学, 報告番号:甲第343号, 授与年月日:2025年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:木内 豪,吉村 千洋,中村 恭志,藤井 学,中村 隆志
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Institute of Science Tokyo, Report number:甲第343号, Conferred date:2025/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	ZHOU CHUANQIAO		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	木内 豪	教授	審査員	中村 隆志	准教授
	審査員	吉村 千洋	教授			
		中村 恭志	准教授			
藤井 学		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Influencing factors and driving mechanisms for greenhouse gas emissions in eutrophic lakes of the middle and lower Yangtze River basin」と題し、7章から成る。

第1章「Introduction」では、湖沼が直面する世界的な生態学的課題と生態系における役割を概観し、特に地球規模の気候変動における湖沼生態系からの温室効果ガス (GHG) 排出の重要性を強調している。既存研究に基づき、影響を与える可能性のある要因を特定するとともに、長江中下流域の典型的な水域生態系に焦点を当て、本地域における GHG 排出の調査の重要性を論じている。

第2章「Current state of GHG emissions in lakes of middle and lower Yangtze River Basin」では、本地域の湖沼生態系における GHG の生産と排出が他地域に比べて著しく高く、富栄養化レベルと正の相関を示すことを明らかにしている。また、物理・化学的条件や栄養塩濃度などの要因が GHG 排出に大きく影響することを示し、時間代替法は季節変動要因を考慮しないことによる排出量の推定誤差をもたらすことを指摘している。

第3章「Multiple dissolved organic matter sources increased GHG emission in eutrophic lakes」では、富栄養湖における溶存有機物 (DOM) の多様な供給源が DOM の組成を複雑化させていることを示している。太湖流域では DOM の主成分としてリグニンが全体の 40%以上を占め、有機炭素は主にフミン酸から構成されていた。また、リグニンの酸化開裂により CH_0 が主要な分子構造となるという特徴が示されたとともに、多様な供給源からの DOM の分解による共代謝プロセスが GHG 排出の駆動要因の一つである可能性を示唆している。

第4章「Increased GHG emissions potentially driven by particulate organic carbon from oxic water of eutrophic lakes」では、上層水において高い溶存メタン (CH_4) および CO_2 濃度が観測され、大量の懸濁有機炭素 (POC) の存在と関連していることを示している。炭素同位体分析からはシアノバクテリア由来の炭素が POC の重要な供給源であることが示唆されている。また、富栄養化の進行とそれに伴う POC 濃度の上昇が GHG フラックス増加の要因である可能性を明らかにしている。好気的水域における溶存 CH_4 濃度が高いというメタンパラドックス現象を確認し、POC による微小嫌気環境の形成がその説明として考えられることを示している。

第5章「Migration of GHG production hotspots in sediment of eutrophic lakes driven by cyanobacteria decomposition」では、シアノバクテリアの分解が湖底堆積物中の炭素貯留構造を変化させ、GHG 生産のホットスポットを移動させることを示している。極端な富栄養湖では、表層堆積物の間隙水中の溶存 CO_2 濃度がわずかに増加していた。また、シアノバクテリア由来の炭素が表層堆積物の物理化学環境や有機炭素濃度を変化させ、深部堆積物に比べて表層の CH_4 および CO_2 濃度が有意に高くなることが明らかにしている。シアノバクテリアの集積が最も激しい微小環境では、表層堆積物中の CH_4 および CO_2 濃度が底部堆積物を大きく上回り、これにより CH_4 および CO_2 のホットスポットが深部から表層へ移動し、排出効率が向上することを示唆している。

第6章「Unexpected increase of sulfate concentrations and potential impact on GHG budgets in freshwater lakes」では、長江中下流域の湖沼における上層水の硫酸イオン (SO_4^{2-}) 濃度が増加傾向を示し、空間・時間スケールで湖の富栄養化レベルと正の相関を持つことを明らかにしている。また、 SO_4^{2-} 濃度の増加により硫酸還元反応が促進され、硫酸還元菌 (SRB) の増殖を引き起こすことを示すとともに、 SO_4^{2-} 濃度が CH_4 排出に対して有意な負の影響を持つことを明らかにしており、SRB とメタン生成古細菌 (MPA) がシアノバクテリア供給基質の代謝過程で競合するためであると考察している。

第7章「Conclusion and future study」では、本研究の主な結論をまとめるとともに今後の課題について議論している。

以上を要するに本論文は長江中下流域の富栄養湖における GHG 排出の実態を総合的に分析し、その駆動要因を多角的に検討することで湖沼生態系における GHG 排出メカニズムの解明に貢献するものであり、今後の環境政策立案に寄与することが期待される。よって、本論文は博士 (工学) の学位に値する価値を有すると判断される。