

令和 5 年 5 月 27 日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K15636

研究課題名（和文）ため池からの温室効果ガス放出量の定量評価と放出機構の解明に関する研究

研究課題名（英文）Study on greenhouse gas emission from an artificial pond

研究代表者

坂部 綾香（Sakabe, Ayaka）

京都大学・白眉センター・特定助教

研究者番号：40757936

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：瀬戸内の少雨地域には農業用ため池が多く存在し、藻類の光合成は二酸化炭素吸収に、嫌気的な底泥がメタン放出に寄与する可能性があるが、これらのガス収支を実測した研究例は存在しなかった。本研究は、兵庫県加古川市のため池において、渦相関法による池と大気間の二酸化炭素、メタン交換量の観測を行い、約2年にわたるデータを取得した。ため池が地域の温室効果ガス収支に果たす役割の解明と、気象データ、池内環境データを併せて解析することで、ため池における温室効果ガス動態のメカニズム解明を進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の目的は、農業という人間活動によって造成される「ため池」が二酸化炭素吸収源、メタン放出源として温室効果ガス収支に果たす役割を解明することである。メタンは重要な温室効果ガスであり、内陸の水圏は主要なメタン放出源として認識されているが、その放出量の推定には未だ不確実性が大きい。内陸水圏からのメタン放出を削減するには、実測データに基づくメタン放出量の定量化と変動メカニズムの理解が必要である。本研究はため池生態系に着目し、2年の実測データを取得した。得られた知見は、ため池が温室効果ガス収支に果たす役割の理解に役立ち、放出量削減に向けたため池の管理に貢献すると考える。

研究成果の概要（英文）：There are many irrigation ponds for agriculture in Setouchi area. Photosynthesis of algae may contribute to the absorption of carbon dioxide, while sediment in the bottom of ponds may contribute to the emission of methane under anaerobic environment. However, there was little study that evaluated greenhouse gas emissions from irrigation ponds. In this study, we observed carbon dioxide and methane gas exchanges over a pond by eddy covariance method in Kakogawa city, Hyogo prefecture. We obtained data for two years, and analyzed the relationship between greenhouse gas dynamics and environmental factors to elucidate the mechanism regulating greenhouse gas dynamics in the pond.

研究分野：生物環境物理学

キーワード：ため池 渦相関法 メタン 二酸化炭素 温室効果ガス

1. 研究開始当初の背景

ため池は、近年の離農や過疎化による維持管理の粗放化、堤体の老朽化に起因する大雨や地震発生時の決壊リスク等が指摘されている。ため池の維持、管理方法が検討されている中で、ため池の温室効果ガス放出源としての機能も考慮すべきである。しかしながら、これまでため池の温室効果ガス収支が評価された例はなく、科学的なデータが不足しているのが現状である。一般に湖沼は重要なメタン放出源であり、全球の陸域の炭素吸収の 25%を相殺すると推定されている (Bastviken et al., 2011 Science)。全球の温室効果ガス収支を推定する国際プロジェクトである Global Carbon Project では、内陸の水面からのメタン放出量の推定値には大きな不確実性があると指摘されている。ため池のように内陸に小規模で点在する水面は、地図化が困難であるため現在こうした全球レベルの推定からは除外されており、不確実性を高める要因となっている。水深の浅い湖沼ほどメタン放出が大きい傾向があることが分かっているため (Holgerson & Raymond, 2016 Nature)、小規模かつ浅いものが多いため池は、メタン放出のホットスポットとなっている可能性が高い。

さらに、自然界の湖沼と比較して、ため池は生活圏に密接して存在し、人為的な要因によって水質・貯水量が変化しやすいという特徴がある。特に、農閑期に水を抜く管理は、池内の環境を大きく変化させるため、自然の湖沼とは異なるメカニズムがメタン動態を制御している可能性がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、全国で最多のため池を有する兵庫瀬戸内地域で、農業用ため池からの温室効果ガス放出量とその制御要因を解明することである。メタンは重要な温室効果ガスであるが、ため池低層では嫌気的環境が形成され、特に高温期には強力なメタン放出源となっていると考えられる。メタンだけでなく、藻類の光合成は二酸化炭素吸収に寄与する可能性がある。特に、人間活動によって富栄養化した池では藻類が繁茂し、二酸化炭素吸収量が增大する可能性がある。メタン・二酸化炭素ガス交換量を現地観測に基づいて明らかにし、放出機構の解明から温室効果ガス放出削減に向けたため池の管理に貢献することを目指す。

さらに、温室効果ガス放出削減に向けたため池の管理について提言するには、ため池における温室効果ガス交換量と水質の関連を明らかにする必要がある。ため池集水域の土地利用は、池に流入する水の水質形成に影響を与えることが予想される。本研究では、池に流入する水、池内の水、池から流出する水について窒素、リン、炭素に関する水質分析に取り組む。ガス交換量と水質分析を組み合わせることで、ため池の水質形成プロセスが池の栄養状態や藻類の増減を通じて、メタン放出量、二酸化炭素放出・吸収量に与える影響の理解に取り組む。

3. 研究の方法

兵庫県加古川市に位置する農業用ため池である布池において、微気象学的手法である渦相関法を用いた池からのメタン・二酸化炭素ガス交換量の観測を行った(図 1)。渦相関法は風速とガス濃度の共分散から池全体を対象としたガス交換量を 30 分毎に連続的に評価できるという利点がある。超音波風速計 (CAST3B, Campbell Scientific) を用いて、3次元の風速と温度を、オープンパス型 CO₂/H₂O ガス分析計 (LI-7500DS, Li-Cor)、オープンパス型 CH₄ ガス分析計 (LI-7700, Li-Cor) を用いて各種ガス濃度の測定を行った。

ガス交換量の変動要因を探るために、気温と湿度 (HMP155, Vaisala)、降水量、放射エネルギー量 (CNR4, Kipp & Zonen)、光合成有効放射量 (MIJ-14, 日本環境計測)、気圧 (CS100, Setra) といった各種気象の観測、水温と溶存酸素濃度 (OPTOD, Aqualabo)、水位 (S&DL mini, 応用地質)、表層水中の光合成有効放射量 (MIJ-14, 日本環境計測) といった池内環境の観測を併せて行った。

月に 1-2 回程度の頻度で採水を行い、各種イオン濃度 (ICS-1100, dionex)、溶存態有機炭素・溶存態全窒素濃度 (TOC-L, 島津) の分析を行った。



図 1
渦相関法によるメタン・二酸化炭素ガス交換量の測定の様子

4. 研究成果

当初の計画では、ため池は小規模なものが多く、ガス交換量の観測方法の中で、水平一様に広がるフットプリントを必要とする渦相関法は適用できないと考えていたが、ある程度の大きさを持ち、測器を設置する場所を確保できるため池を選定することができたため、渦相関法による池と大気間のメタン、二酸化炭素ガス交換量の通年連続観測を行った。それに伴い、チャンパー法によって多数の池を調査対象とする当初の計画を変更し、一つのため池で観測項目を充実させ、詳細な放出機構の解明に取り組んだ。初年度は商用電源の確保、測器の設置等、観測を開始するための準備を行った。

取得されたガス交換量のデータから、地図情報、風向、ガス交換量のソースエリアを考慮して、ため池とその他の土地利用を反映したフラックスデータを分離した。その結果、ため池からのメタン放出量は主に水田から成るその他の土地利用よりもメタン放出量が多いことが明らかになった。ため池からのメタン放出量は明瞭な季節変化を示し、夏に放出量が増大することが明らかになった(図2)。ため池からの夏のメタン放出量は、2021年が $230.8 \pm 166.7 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 、2022年が $332.5 \pm 223.6 \text{ nmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ であり(6-8月の平均値)、同様の手法によって水田で得られたメタン放出量の文献値に匹敵する大きさであった。

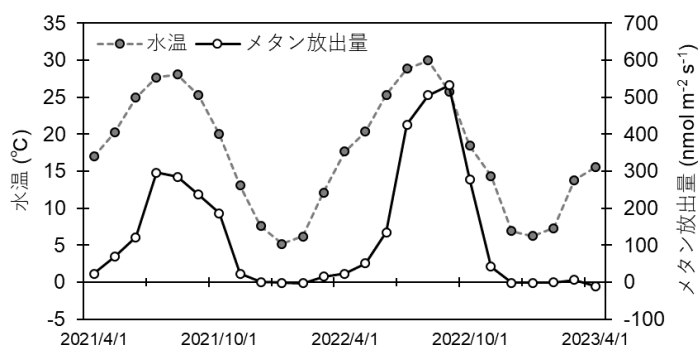


図2
2021年4月から2023年3月
にかけての月平均水温とメ
タン放出量の変動

ため池からのメタン放出量は水温の上昇に伴って指数関数的に増加した(図3)。水温が25℃を超えるあたりからメタン放出量は急激に増加しており、夏季はため池が強力なメタン放出源となることが明らかになった。メタン生成菌の活動が温度によって制御され、夏にメタン生成量が増加した結果であると考えられた。

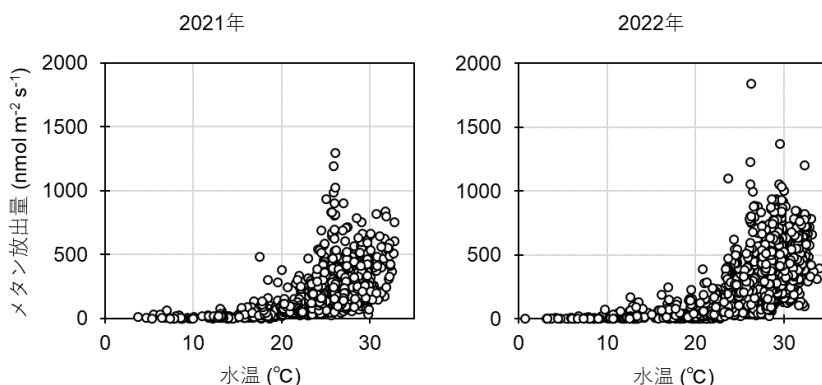


図3
30分毎の水温
とメタン放出量
の関係

また、強風時に池内の鉛直温度勾配が小さくなるタイミングでメタン放出量の増大が起こることが分かった。水深が約1.5mと比較的浅い池であるため、強風時に水中で混合が起こり、池底の嫌気的な環境で生成されたメタンが池表面から放出されたと考えられた。

二酸化炭素については、ガス交換量のばらつきが大きいものの、夜間に放出、昼間に吸収の傾向が見られた。観測を行った布池は二酸化炭素の吸収源として機能していることが示唆されたが、今後は池周辺の土地利用における二酸化炭素ガス交換の影響評価など、さらなるデータの品質管理を行う必要がある。

水質分析の結果、5月から7月にかけてリン酸イオン濃度、溶存態全窒素濃度、溶存態有機炭素濃度が増加したことから、集水域の水田での農作業が池への流入水の水質に影響したと考えられた。また、溶存態有機炭素濃度とクロロフィルa濃度には正の相関がみられたことから、集水域の土地利用を反映した水質の変化が植物プランクトンの増減に影響を与えた可能性がある。今後、水質とガス交換量の関係をさらに解析する必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 河内丈太郎, 西藤智哉, 伊藤雅之, 坂部綾香, 尾坂兼一, 中篤一憲
2. 発表標題 播磨地域のため池における溶存メタン濃度と水面フラックス調査
3. 学会等名 日本陸水学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森口大世, 坂部綾香, 伊藤雅之, 小杉緑子
2. 発表標題 渦相関法を用いたため池からのメタン放出の測定
3. 学会等名 日本陸水学会第86回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮下直也, 伊藤雅之, 坂部綾香
2. 発表標題 ため池表層水における溶存二酸化炭素濃度の日変動特性
3. 学会等名 日本陸水学会第86回大会
4. 発表年 2022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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------