

氏名	丸谷靖幸		
授与学位	博士(工学)		
学位記番号	博甲第135号		
学位授与年月日	平成26年3月20日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項		
学位論文題目	閉鎖性水域における底泥からのメタン生成機構の解明		
論文審査委員	主査	教授	中山 恵介
		教授	高橋 修平
		准教授	駒井 克昭
		教授	佐々木 正史
		准教授	館山 一孝

学位論文内容の要旨

近年、地球規模での環境変動が問題となっており、気候変動における政府間パネル (IPCC) 第5次報告書では、気温が0.3~4.8 °C上昇する可能性が報告されている。これらの要因は二酸化炭素、メタンなどの温室効果ガスの増加である可能性が指摘されている。二酸化炭素は大気中の寿命が5~200年ほどと言われているが、メタンの寿命は約10年と言われている。しかし、温室効果が二酸化炭素の約25倍であるため、大気中のメタン濃度の増加により温暖化が加速される可能性がある。

地球全体におけるメタン放出量が582 Tg CH₄ yr⁻¹であると推定されている。この放出量の内、湿地からのメタン放出量は109 Tg CH₄ yr⁻¹、湖沼からのメタン放出量は8~48 Tg CH₄ yr⁻¹であると報告されている。永久凍土が存在する北極域において、将来地球規模での環境変動により、大量のメタンが放出されていると言われる thermokarst lakeが増加した場合、メタン放出量が50~100 Tg CH₄ yr⁻¹増加する可能性が示唆されている。つまり、地球規模での環境変動により、湖沼は湿地と同等あるいはそれ以上のメタンを放出する可能性がある。しかし、既往の研究において各研究者による湖沼（以下閉鎖性水域）からの大気へのメタン放出量の推計値にはばらつきが存在する。そのため、閉鎖性水域からの放出量を推定するにはメタン生成機構を明らかにすることが重要である。そこで本研究では、閉鎖性水域におけるメタンの生成機構を解明することを目的とする。

本論文の構成は以下のとおりである。

第1章では、本研究の背景と目的、構成について説明する。

第2章では、閉鎖性水域における大気へのメタン放出の主要因である閉鎖性水域内の流動に伴う拡散を表現することが可能な3次元数値モデルを用い、再現計算を行うことで流動の支配要因を明らかにする。

第3章では、培養実験により底泥からのメタン生成量を推定する。さらに、メタン生成に影響を与える要因を明らかにし、定量的に底泥からのメタン生成量を推定可能な手法の開発を行う。

第4章では、全球気候モデルGCMを利用し、将来における風の予測可能性について検討を行うことで、地球規模での環境変動が閉鎖性水域におけるメタン発生メカニズムへ与える影響評価手法を確立する。

第5章では、本研究で得られた全ての成果についてまとめる。

論文審査結果の要旨

近年、地球規模での環境変動が問題となっており、気候変動における政府間パネル (IPCC) 第5次報告書では、今世紀末までに気温が0.3~4.8 °C上昇する可能性が報告されている。その主要因として、大気中の寿命が5~200年である二酸化炭素、同じく寿命が約100年であるメタンなどの温室効果ガスの増加が指摘されており、大気中のメタン濃度は産業革命以降に急激に上昇している。この様に近年の地球規模での環境変動を考慮し、温暖化の短期的な加速という面から考えると、温室効果が二酸化炭素の約25倍であるメタン濃度の増加量の見積もり、および抑制に関する検討が至急の課題であると考えられる。

既往の研究では、大気へのメタン放出量が地球全体で582 Tg CH₄ yr⁻¹と推定されており、この放出量の内、湿地から109 Tg CH₄ yr⁻¹、湖沼 (以下閉鎖性水域) から8~48 Tg CH₄ yr⁻¹であると見積もられている。この様に、閉鎖性水域からのメタン放出量は湿地と比較して非常に少なく見積もられている。しかし、例えば北極圏において、地球規模での環境変動に伴い永久凍土が融解し、大量のメタンを貯留するthermokarst lakeが増加した場合、メタン放出量が50~100 Tg CH₄ yr⁻¹増加する可能性が指摘されている。つまり、将来、湿地と同等またはそれ以上のメタンが放出される可能性があり、北極圏にて永久凍土の融解により発生する閉鎖性水域内におけるメタン放出機構およびメタン生成機構を理解することが重要であると考えられる。しかし、既往の研究では残念ながら閉鎖性水域内におけるメタン生成機構が十分に解明されていない。そのため本論文では、メタン放出量の推定に重要な指標となる閉鎖性水域におけるメタン生成機構を理解し、メタン生成量を定量的に解明する手法を提案することを目的とする。

第1章では、研究の背景、目的、位置付け、重要性を既往の研究との比較により明らかにした。

第2章では、既往の研究より北海道内の湖沼と比較し、非常に表層溶存メタン濃度 (DM濃度) が高い網走湖を対象とし、3次元数値モデルを利用することで、大気への放出量の推定に重要となるメタンの拡散要因である流動の支配要因について述べた。その結果、3次元数値モデルによる再現計算を行うことで、計算値が実測値と同様な流動を再現できることを示した。さらに3次元数値モデルによる風あり、風なしの再現計算結果により、閉鎖性水域内の流動は風応力が支配的であることを明らかにした。本研究の結果により、3次元数値モデルを利用することで、閉鎖性水域内の流動に伴うメタンの拡散および水表面への輸送を再現出来る可能性が示された。

第3章では、前述の網走湖において採取した底泥および底泥直上水を用いて測定した、硫酸塩濃度および培養実験による底泥からのメタン生成量の結果について述べた。その結果、底泥直上水と比較して底泥間隙水の硫酸塩濃度が非常に小さいため、底泥内では硫酸還元菌の活動が小さくメタンが生成されていることを明らかにした。さらに、網走湖の複数の地点において底泥からのメタン生成量を測定し、底泥直上水のDO濃度との関係式を作成した。これにより、閉鎖性水域におけるメタン生成量を定量的に解明できる手法を提案することが出来た。

第4章では、大気へのメタン放出量に大きく関与する要因として風が挙げられるため、地球規模での環境変動による影響の解明に向けた基礎的検討として、全球気候モデル (GCM) による風データの利用方法の検討結果について述べた。GCMの利用には20年以上の観測データを用いた統計的な手法が必要であるが、前述の網走湖では気象データが1990年代からしか存在しておらずデータ数が不十分である。そのため、本章では国内において最も長い期間にわたって風の空間分布を高密度で推定可能な閉鎖性水域である東京湾を対象としている。計算値であるGCMを利用する際は観測値に対するバイアス補正が重要であるため、正規分布型手法およびcdf手法により風データに適した補正手法の検討を行った結果、風データの補正にはcdf手法を適用する必要があることを示した。さらに、現在気候 (1980年から1998年) と将来気候 (2081年から2099年) の風の発生傾向

の変化を 11 個の GCM により確認した結果、現在と将来で 10 m s^{-1} 以上の強風の発生回数に変化がないことが確認された。

第 5 章では、結論として第 2 章から第 4 章で得られた結果を述べた。

これを要するに、本論文では閉鎖性水域における流動の支配要因を明らかにし、現地観測および室内実験により、これまで未解明であった底泥からのメタン生成量を定量的に評価可能な手法を開発することで、閉鎖性水域から大気へのメタン放出量の予測可能性を示すなど、学術上、応用上貢献するところが著しく大きい。よって申請者は北見工業大学博士（工学）の学位を授与される資格があるものと認める。