

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560603

研究課題名(和文)北極圏の閉鎖性水域におけるメタン発生量推定に向けた貧酸素水塊の発生機構の解明

研究課題名(英文)Methane emission in the Arctic Circle by considering dissolved oxygen concentration

研究代表者

中山 恵介(Nakayama, Keisuke)

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号：60271649

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：メタンは、二酸化炭素に比較して大気中での分解速度が大きいですが、地球温暖化ガスとしての温室効果は二酸化炭素の約25倍であり、北極圏からの発生量が地球全体の1/4を占めていると報告されている。その北極圏では、地球規模での環境変動により永久凍土が融解し、メタン発生量が急激に増加する可能性が指摘されている。そこで本研究では、北極圏における永久凍土の融解による富栄養化とメタン発生量の推定を目指し、メタンの発生機構解明を目的とした。メタン発生速度に関する水温、硫酸イオン濃度、酸素濃度を制限要因とした室内実験を実施し、硫酸イオン濃度よりも溶存酸素濃度がメタン発生量に大きく寄与していることが解明された。

研究成果の概要(英文)：The greenhouse effect of methane is 25 times as much as carbon dioxide although the decomposition speed of carbon dioxide is slower than methane. Methane is found to occur in the Arctic Circle mainly, in which there are possibilities that permafrost melts more in the future due to the climate change. The occurrence of new ponds induced by the melting permafrost is expected to increase the release of methane. This study thus aims to evaluate the release rate of methane from eutrophicated ponds or lakes by modeling the occurrence of methane from the polluted sediment on the bottom. We attempted to investigate the release rate of methane by taking into account water temperature, sulphate ion concentration, and dissolved oxygen concentration. As a result, dissolved oxygen concentration is found to be the most influential and significant factor which controls the release rate of methane from polluted sediment.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：メタン 溶存酸素濃度 富栄養化

### 1. 研究開始当初の背景

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℃上昇する可能性が報告されている。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10年であるメタンなどの温室効果ガスの増加がその主要因であると指摘されている。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。

### 2. 研究の目的

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 CH<sub>4</sub> yr<sup>-1</sup>と推定されており、この放出量の内、湿地から109 Tg CH<sub>4</sub> yr<sup>-1</sup>、湖沼(以下閉鎖性水域)から8~48 Tg CH<sub>4</sub> yr<sup>-1</sup>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 CH<sub>4</sub> yr<sup>-1</sup>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。

### 3. 研究の方法

表層溶存メタン濃度(DM濃度)が高い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メタン発生量に関する計測を実施した。具体的には、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を計測した。さらに、富栄養化した湖沼において、どの程度メタンが大気中に放出されているかを検討するために、3次元数値モデルを利用して検討を行った。

### 4. 研究成果

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。

また、3次元数値計算モデルを利用した検討により、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。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 22件)

- 1) Nakayama K., T. Shintani, K. Shimizu, T. Okada, H. Hinata and K. Komai, Horizontal and residual circulation driven by wind stress curl in Tokyo Bay, Journal of Geophysical Research, 2014. DOI: 10.1002/2013JC009396
- 2) 丸谷靖幸, 中山恵介, 仲江川敏之, 井上徹教, 小俣雅嗣, 石田哲也, 駒井克昭, 知床を対象としたMRI-AGCM3.1Sを用いた栄養流出量の将来予測に向けて, 土木学会論文集B1(水工学), Vol. 70, No. 4, 1219-1224, 2014.
- 3) 小窪一毅, 中山恵介, 新谷哲也, 渡部靖憲, 柿沼太郎, 駒井克昭, 清水健司, 丸谷靖幸, 内部ケルビン波の砕波による水平循環の発達と減衰, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 70, No. 4, 1219-1224, 2014.
- 4) 小窪一毅, 中山恵介, 新谷哲也, 柿沼太郎, 大塚淳一, 渡部靖憲, 駒井克昭, Kenji Shimizu, 内部ケルビン波の砕波による水平循環の発生機構解明, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 69, No. 2, pp. 451-455, 2013.
- 5) 佐藤之信, 中山恵介, 新谷哲也, 駒井克昭, 網走川河口における塩水遡上への吹送流の影響評価, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 69, No. 4, pp. 1195-1200, 2013.
- 6) 中山恵介, 新谷哲也, 清水健司, 木下直貴, 岡田知也, 佐藤之信, 丸谷靖幸, 駒井克昭, 東京湾スケールにおけるメッシュアスペクト比と非静水圧効果の解析, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 69, No. 4, pp. 709-714, 2013.
- 7) Nakayama K., Y. Maruya, T. Nakaegawa, K. Komai, K. Kokubo, T. Ishida and T. Okada, Projection of "strong wind" events enhancing recovery from hypoxia in Tokyo Bay, Japan, Hydrological Processes, 2013. DOI: 10.1002/hyp.9829
- 8) 丸谷靖幸, 中山恵介, 佐々木正史, 崇

- 田徳彦, 石田哲也, 湖沼からのメタン発生機構の解明, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 69, No. 4, pp. 1435-1440, 2013.
- 9) 新谷哲也, 中山恵介, 網走川河口域で発生する塩水遡上に関する数値的検討, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 69, No. 4, pp. 829-834, 2013.
- 10) 中山恵介, 小窪一毅, 新谷哲也, 大塚淳一, 丸谷靖幸, 渡部靖憲, 駒井克昭, 岡田知也, 内部ケルビン波の砕波により誘起される流れ, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 68, No. 2, pp. 926-930 2012.
- 11) Nakayama K., T. Shintani, K. Kokubo, Y. Maruya, T. Kakinuma, K. Komai and T. Okada, Residual current over a uniform slope due to breaking of internal waves in a two-layer system, Journal of Geophysical Research, vol. 117, C10002, 11pp., 2012, doi:10.1029/2012JC008155.
- 12) Satoh C., K. Nakayama and K. Furukawa, Contributions of Wind and River Effects on Recovery of Dissolved Oxygen Concentration in Tokyo Bay, Estuarine Coast and Shelf Science, Vol. 109, pp. 91-97, 2012, doi: 10.1016/j.ecss.2012.05.023.
- 13) 丸谷靖幸, 吉江祐人, 中山恵介, 新谷哲也, 木下直貴, 小窪一毅, 加藤淳子, 東京湾を対象とした Partial Cell の適用性の検討, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 68, No. 4, pp. 997-1002, 2012.
- 14) 早川博, 加藤淳子, 中山恵介, 崇田徳彦, 中内勲, 石田哲也, 風と塩水遡上の関連性に関する統計解析, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 68, No. 4, pp. 745-750, 2012.
- 15) Aynur Abliz, 中山恵介, 丸谷靖幸, 井上徹教, 桑江朝比呂, 舘山一孝, 岡田知也, 加藤淳子, 石田哲也, 知床を対象とした海陸の栄養塩循環機構の解明, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 68, No. 4, pp. 721-726, 2012.
- 16) 新谷哲也, 中山恵介, 中本篤嗣, 環境流体解析のための簡易 Wetting and Drying スキーム, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 68, No. 4, pp. 1249-1254, 2012.
- 17) 丸谷靖幸, アイヌルアブリズ, 中山恵介, 仲江川敏之, 古川恵太, 駒井克明, 鰻目淑範, 東京湾における貧酸素水塊の解消要因である強風の将来予測に向けて, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 67, No. 2, pp. 921-925, 2011.
- 18) Nakayama K., A. Aynur, Y. Maruya, K. Natsui and T. Nakaegawa, Evaluation of nutrient flux from Shiretoko into the ocean using MRI-GCM, Hydrological Research Letters, Vol. 5, pp. 47-51, 2011, doi:10.3178/hrl.5.47.
- 19) アイヌルアブリズ, 丸谷靖幸, 中山恵介, 仲江川敏之, 古川恵太, 東京湾の水環境予測を目指した GCM データの利用, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 67, No. 4, pp. 277-282, 2011.
- 20) 山下啓, 柿沼太郎, 中山恵介, 薄板状浮体構造物上を移動する荷重により生成される表面波及び内部波の数値解析, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 67, No. 4, pp. 109-114, 2011.
- 21) Okada T., K. Nakayama, T. Takao and K. Furukawa, Influence of freshwater input and bay reclamation on long-term changes in seawater residence times in Tokyo Bay, Japan, Hydrological Processes, 2011, DOI: 10.1002/hyp.8010.
- 22) Aynur Abliz, 中山恵介, 丸谷靖幸, 桑江朝比呂, 岡田知也, 石田哲也, 安定同位体比による知床ラウス川を通じた海起源栄養塩の流域内分布, 土木学会論文集 B1 (水工学), Vol. 67, No. 4, pp. 1303-1308, 2011.
- [学会発表] (計 10 件)
- 1) 小窪一毅, 中山恵介, 新谷哲也, 柿沼太郎, 大塚淳一, 渡部靖憲, 駒井克昭, 清水健司, 内部ケルビン波の砕波により誘起される水平循環, 土木学会北海道支部論文集, 第 70 号, B-7, 2014 (CD-ROM).
- 2) 小窪一毅, 丸谷靖幸, 中山恵介, 駒井克昭, 佐々木正史, 結氷した湖沼におけるメタン生成過程の解明に向けた現地観測, 水文水資源学会, 2013.
- 3) 丸谷靖幸, 中山恵介, 仲江川敏之, 駒井克昭, 岡田知也, MRI-AGCM3.1 と CMIP3 のマルチ気候モデルを利用した東京湾で発生する強風の将来予測, 水文水資源学会, 2012.
- 4) 中山恵介, 鬼頭昭雄, 寶馨, 竹内邦良, 仲江川敏之, 中北英一, 山敷庸亮, 極端気象現象とその影響評価に関する研究, 水文水資源学会, 2012.
- 5) 小窪一毅, 中山恵介, 新谷哲也, 大塚淳一, 岡田知也, 渡部靖憲, 丸谷靖幸, 内部ケルビン波の砕波により誘起される流れ, 土木学会年次講演会報告集, 第 65 号, II-55, 2012.
- 6) 加藤淳子, 中山恵介, 他, 風と塩水遡上の関連性に関する統計解析, 土木学会北海道支部論文報告集, B-64, 2012.
- 7) 丸谷靖幸, 中山恵介, 他, 湖沼からのメタン発生機構の解明, 土木学会北海道支部論文報告集, B-25, 2012.
- 8) 小窪一毅, 中山恵介, 他, 異なる成層場における内部ケルビン波の斜面上での砕波, 土木学会北海道支部論文報告

- 集, B-64, 2012.
- 9) 丸谷靖幸, アイヌルアブリズ, 中山恵介, 仲江川敏之, 古川恵太, GCMを用いた東京湾における DO 濃度回復に関する将来予測, 土木学会年次学術講演会報告集, 第 66 号, II-195, 2011.
- 10) Maruya Y., K. Nakayama et al., Future projection of duration of strong wind by using GCM in Tokyo bay, Symposium on Extreme Weather and Impact Assessments, 2011.

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
取得年月日 :  
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中山恵介 (Keisuke, Nakayama)  
北見工業大学・工学部・教授  
研究者番号 : 60271649

### (2) 研究分担者

榎本浩之 (Hiroyuki, Enomoto)  
国立極地研究所・大学共同利用機関等の部局等・教授  
研究者番号 : 00213562  
佐々木正史 (Masafumi, Sasaki)  
北見工業大学・工学部・教授  
研究者番号 : 10322885

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号 :