T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	夏季の西部北極海における溶存メタンの時空間分布
Title(English)	Spatial and temporal distribution of dissolved methane in the summertime western Arctic Ocean
著者(和文)	工藤久志
Author(English)	Kushi Kudo
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10751号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉田 尚弘,大河内 直彦,笠井 康子,豊田 栄,山田 桂太
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10751号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学環境学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　理学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	工藤 久志	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	吉田 尚弘
		指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)	山田 桂太

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文は、これまでにほとんどメタン（CH_4）のデータが取られてこなかった西部北極海において、2012 年と 2013 年の 8–10 月の溶存 CH_4 の時空間分布を調査した結果から明らかにした、CH_4 の生成・消滅過程を議論した。

第 1 章では、本研究のイントロダクションを述べた。北極海では、近年の急速な温暖化に伴う海氷減少により、海洋への熱・光の吸収量、および、淡水の循環の変化が引き起こされている。これにより、海底堆積物の有機物分解や生物による基礎生産量の増大などが起きている。これらは、CH_4 を生成するファクターであることから、北極海では海洋から大気への CH_4 の放出が促進され、温暖化への正のフィードバックをもたらすことが以前より指摘されてきた。北極海の CH_4 に関する先行研究から、主に陸棚の海底堆積物からの CH4 放出が起きていることなどが報告されてきた。また、西部北極海（ベーリング海峡、チャクチ海、および、カナダ海盆）は、北極海の中でも海氷の減少が顕著であり、かつ、CH_4 のリサーバーである陸棚が豊富であるという特徴を有することから、CH_4 の動態解析が重要視されている海域である。しかしその海域は、CH_4 に関する情報がほぼ空白である上、北極海全体においても CH_4 の生成・消滅過程の推定に有用な安定炭素同位体比（$\delta^{13}C$ 値）を用いた観測例が限られている。本研究はこうした状況を踏まえ、GRENE 北極気候変動研究事業の一環として、西部北極海の溶存 CH_4 の濃度と $\delta^{13}C$ 値の空間（水平・鉛直分布）および時間（2012 年、2013 年）ごとの分布を調査し、その生成・消滅過程の寄与を明らかにすることを目的とした。

第 2 章では、本研究の手法を次のように述べた。海水試料は、海洋地球研究船「みらい」の 2012 年および 2013 年の 8–10 月の北極航海（MR12-E03 航海および MR13-06 航海）で、それぞれ 26 および 14 の測点で採集した。後者の航海では、結氷に伴う海洋－大気相互作用および生物活動への影響の考察を目的とし、9 月 10–25 日および 10 月 1 日に定点での時系列観測を実施した。採集した試料について、濃度測定にはガスクロマトグラフ/水素炎イオン化検出器（GC-FID）を、$\delta^{13}C$ 値の測定にはガスクロマトグラフ/燃焼/同位体質量分析計（GC/C/IRMS）をそれぞれ用いた。標準試料については、濃度測定には大気で希釈した 2.08 ppm CH_4（大陽日酸（株））を、$\delta^{13}C$ 値の測定には濃度測定にはヘリウムで希釈した 1000 ppm CH_4（$\delta^{13}C$ = –39.56‰）（大陽日酸（株））をそれぞれ用いた。繰り返し測定から得られた測定精度は、濃度が<5% (n = 5, 1σ)、$\delta^{13}C$ 値は 0.3‰ (n = 6, 1σ)となった。2 つの同じ海水試料の測定から得られた再現性は、濃度が 0.1–0.7 nmol kg^{-1}、$\delta^{13}C$ 値が 0.1–0.8‰となった。

第 3 章および第 4 章では、それぞれ本研究で得られた結果およびその議論について述べた。表層海水は、常に大気に対して過飽和となったことから、夏季の西部北極海は溶存 CH_4 が大気への放出源として機能することが分かった。また、この濃度は、2013 年の方が 2012 年より高い傾向を示した。この理由として、2013 年の方が淡水に由来する成層が弱く、鉛直混合により底層の CH_4 が表層へと輸送されていたことなどが考えられる。沿岸陸棚域、特にチャクチ海では、2012 年において、溶存 CH_4 は底層で濃度が高く（~60 nmol kg^{-1}）、$\delta^{13}C$ 値が低くなる（< –60‰）傾向が見られた。これに付随して、溶存酸素（DO）濃度、および、透過率が底層で低くなる傾向も見られた。この傾向から、CH_4 生成は CH_4 生成菌を介した海底堆積物中の有機物分解に起因することが示唆された。一方、2013 年においては、濃度、$\delta^{13}C$ 値ともに深度に伴う勾配は見られなかった。この事実からも、2013 年は、底層－表層間の鉛直混合が起きていたことが示唆された。2012 年のカナダ海盆においては、深度 10–50 m、および、深度 100–200 m において CH_4 濃度の極大が観測された。前者の濃度極大には、DO 濃度極大が付随していたことから、主にプラ

ンクトン活動に由来する CH_4 生成が卓越していたと考えられる。一方、後者の濃度極大は栄養塩極大と相関していたことから、陸棚から水平状に輸送された CH_4 により卓越していたと考えられる。2013 年の定点観測点においては、概ね底層に行くほど CH_4 は高濃度、かつ、低 $\delta^{13}C$ 値となる傾向が見られた。底層－表層間の鉛直混合はほとんどなかったが、表層で最も高い CH_4 濃度（17.2 nmol kg^{-1}; $\delta^{13}C$ = –52.9‰）が観測された時には、強風による擾乱によって、底層との混合が起きていた可能性が高い。これは、表層の動物プランクトンの胃腸からの CH_4 生成、もしくは、底層の堆積物起源の CH_4 と表層の沈降粒子起源の CH_4 との混合が考えられる。

第 5 章では、本研究における結論を述べた。本研究から、夏季の西部北極海は常に大気に対する放出源として機能しており、空間、時間ごとに生成・消滅過程が異なることが初めて具体的に見出した。

本研究では、北極海で海氷面積が歴代最少となった 2012 年の夏季の CH_4 のデータを解析できたことから、海氷の減少に伴う北極海の CH_4 の動態の変化、および、気候変動への影響についての理解に一石を投じたといえる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学環境学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　理学　）
学生氏名： Student's Name	工藤 久志	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	吉田 尚弘
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	山田 桂太

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

Recent global warming has caused decrease of sea-ice extent in the Arctic Ocean especially in summer. Decrease of sea-ice could promote release of CH_4, and provide a strong climate feedback. However, dynamics of dissolved CH_4 in the Arctic Ocean are still uncertain, especially in the western Arctic Ocean. In order to understand about CH_4 dynamics in the Arctic Ocean, I analyzed the concentration and stable carbon isotope ratio ($\delta^{13}C$ value) of dissolved CH_4 in the western Arctic Ocean.

I collected seawater samples from August to October in 2012 and 2013. I have determined the concentration and $\delta^{13}C$ value of dissolved CH_4 using a gas chromatograph equipped with a flame ionization detector (GC-FID) and a gas chromatography-combustion-isotope ratio mass spectrometry (GC-C-IRMS), respectively.

All the samples collected in the surface layer were supersaturated with CH_4 with respect to the atmosphere. CH_4 concentrations in 2013 were 2–3 times higher than in 2012. This reason might be considered as vertical transportation of CH_4 from bottom layer to surface layer due to weaker stratification by freshwater. In coastal shelf area in 2012, concentrations in bottom layer were higher, whereas $\delta^{13}C$ values were lower. On the other hands, gradients of concentration and $\delta^{13}C$ value of dissolved CH_4 were not found in 2013. This fact supported that effect by vertical mixing were stronger in 2013. At deeper station in 2012, the maxima of CH_4 concentration were observed in 10–50 m and 100–200 m depth. In fixed station observation in 2013, vertical mixing at windy condition produced the highest CH_4 concentration in surface layer (17.2 nmol kg^{-1} with $\delta^{13}C$ = -52.9‰), which suggested vertically transportation of CH_4 from bottom of mixed layer to surface layer.

Results obtained from this study clarified the spatial and temporal profiles of dissolved CH_4 in the western Arctic Ocean. These results are expected to contribute to our understanding of the feedback effects to Arctic climate change.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).