

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2006～2009

課題番号：18204042

研究課題名 (和文) 炭素・水素同位体分析に基づく大気中のメタン濃度変動の要因解明

研究課題名 (英文) Study on atmospheric methane variations based on its carbon and hydrogen isotope measurements

研究代表者

青木 周司 (AOKI SHUJI)

東北大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：00183129

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学

キーワード：陸域水循環・物質循環

1. 研究計画の概要

本研究では、我々が船舶や航空機、大気球など機動力に富んだ観測プラットフォームや、地上基地などを利用してこれまでに実施してきたメタン (CH_4) 濃度観測を地球規模に拡充する。それと同時に、 CH_4 の放出源や消滅源に関する情報を得るために、 CH_4 の炭素同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) および水素同位体比 (δD) の高精度分析法を新たに開発する。これらの手法を実際の大気試料分析に適用するとともに、対流圏や成層圏で採集されアーカイブされている大気試料、南極大陸やグリーンランド氷床上部のフィルンと呼ばれる通気層から採集した大気試料、および氷床コアに含まれる空気も分析することにより、過去から現在にわたる濃度と同位体変動の実態を明らかにする。さらに CH_4 に関連する大気化学反応過程を組み込んだモデルにより、地球規模の CH_4 変動をシミュレートすることによって、これまでの CH_4 濃度の経年変動の原因を明らかにし、最近の CH_4 濃度増加率の大幅低下の原因解明と、今後の CH_4 濃度変動の予測に資することができる科学的知見を得る。

2. 研究の進捗状況

本研究は、主要な温室効果気体である CH_4 の濃度およびそれに含まれる炭素および水素同位体の経年変動を明らかにし、過去から現在に至る CH_4 濃度変動の原因を明らかにするとともに、将来の濃度変動予測に資することができる知見を得ることを目的としている。これまでの研究の進捗状況は以下の通りである。

(1) CH_4 の高精度 $\delta^{13}\text{C}$ ・ δD 測定手法の開発

ガスクロマトグラフを新たに購入し、現有

の質量分析計と結合することにより、少量の試料空気でも CH_4 の δD と $\delta^{13}\text{C}$ の両方が測定できるようなシステムを開発した。

100mlの大気試料を用いて繰り返し測定を行い、 δD では1.0 ‰、 $\delta^{13}\text{C}$ では0.03 ‰という極めて高い精度を達成することができた。

(2) 広域観測の維持と拡大

CH_4 濃度と同位体の地球規模変動を把握するため、北極や南極および日本付近でのグラブサンプリング法を用いた地上大気観測を継続するとともに、日本とオセアニアを結ぶ航空機や船舶などの機動力を利用した地球規模の観測を新たに展開し、観測を続けている。さらに、2006年夏季にアラスカで航空機による集中観測も実施した。

(3) データ解析とモデルによるシミュレーション

・大気観測から得られたデータに対し、統一した基準のデータセレクションを行い、所定のフォーマットに従った濃度と同位体のデータセットを作成している。濃度および同位体についてのデータを解析し、広域にわたる時空間的変動の明らかにするとともに、それらの原因について検討している。

・ CH_4 に関連する大気化学反応過程を組み込んだモデルを用いて観測されたデータをシミュレートし、 CH_4 濃度の経年変動の要因について研究を進めている。

(4) 過去の CH_4 濃度変動および同位体変動の再現と CH_4 循環解析

・南極ドームふじ氷床コア分析を継続し、過去57年にわたる CH_4 濃度変動を明らかにした。

- ・南極の沿岸部 (G15 地点) およびやまと山脈の裸氷帯で掘削した氷床コアのメタン濃度およびそれに含まれる炭素および水素同位体を分析し、過去の気候変動に伴うメタン濃度変動の要因について研究を進めている。

3. 現在までの達成度

- ② おおむね順調に進展している。
(理由) 船舶会社や航空機会社が大変協力的で、順調に地球規模の大気採取のネットワーク展開が進み、グローバルな観測を継続することができたこと、国立極地研究所および北大低温研の研究者からガス分析用として多量の氷床コアの提供を優先的に受けられたことなどから、当初の予定通り順調に研究を進めつつある。

4. 今後の研究の推進方策

- (1) 広域観測の維持
引き続き観測を継続実施し、データの蓄積を図る。
- (2) データ解析とモデルシミュレーションの実施
大気化学反応過程を組み込んだモデルにCH₄濃度とδ¹³CおよびδDの分布と変動を与え、メタン放出源を定量的に分離評価し、最近のCH₄濃度上昇の急激な鈍化の原因を明らかにする。
- (3) 過去のCH₄濃度変動および同位体変動の再現とCH₄循環解析
氷床コアおよびフィルン空気の分析から得られた結果を基に、南北両極域におけるCH₄変動の相違性と類似性を検討するとともに、気候変動とCH₄変動の関係を明らかにする。さらに、同位体の分析をさらに進め、氷期・間氷期にわたるCH₄循環の変化を検討する。
- (4) まとめ
データ解析およびモデルシミュレーションから得られた結果を総合的に検討し、近年の地球規模CH₄収支に関する結論をまとめ、国内外の学会で発表すると同時に、国際的な学術専門誌に公表する。

5. 代表的な研究成果

(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 4 件)

- ① Engel, A., Mobius, T., Bonisch, H., Schmidt, U., Heinz, R., Levin, I., Atlas, E., Aoki, S., Nakazawa, T., Sugawara, S., Moore, F., Hurst, D., Elkins, J., Schauffler, S., Andrews, A. and Boering, K., Age of stratospheric air unchanged within uncertainties over the past 30

years, *Nature Geoscience*, 2, 28-31, doi:10.1038/ngeo388, 2009. 査読有

- ② Kawamura, K., F. Parrenin, L. Lisiecki, R. Uemura, F. Vimeux, J. P. Severinghaus, M. Hutterli, T. Nakazawa, S. Aoki, J. Jouzel, M. E. Raymo, K. Matsumoto, H. Nakata, H. Motoyama, S. Fujita, K. Goto-Azuma, Y. Fujii and O. Watanabe, Northern Hemisphere forcing of climatic cycles in Antarctica over the past 360,000 years, *Nature*, 448, doi:10.1038/nature06015, 2007. 査読有
- ③ Stephens, B.B., K.R. Gurney, P.P. Tans, C. Sweeney, W.Peters, L. Bruhwiler, P. Ciais, M. Ramonet, P. Bousquet, T. Nakazawa, S. Aoki, T. Machida, G. Inoue, N. Vinnichenko, J. Lloyd, A. Jordan, M. Heimann, O. Shibistova, R. L. Langenfelds, L. P. Steele, R. J. Francey, A. S. Denning, Weak Northern and Strong Tropical Land Carbon Uptake from Vertical Profiles of Atmospheric CO₂, *Science* 316, 1732-1735, doi:10.1126/science.1137004, 2007. 査読有
- ④ Morimoto, S., S. Aoki, T. Nakazawa and T. Yamanouchi, Temporal variations of the carbon isotopic ratio of atmospheric methane observed at Ny-Ålesund, Svalbard from 1996 to 2004, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L01807, 2006. 査読有

[学会発表] (計 1 件)

- ① Aoki, S., T. Umezawa, S. Morimoto and T. Nakazawa, Development of High Precision Measurement System for d13C and dD of Atmospheric Methane, 14th WMO/IAEA Meeting of Experts on Carbon Dioxide, Other Greenhouse Gases and Related Tracer Measurement Techniques, Helsinki, 10-14, Sept. 2007.

[図書] (計 1 件)

- 青木周司, 共著, (2007):メタン, 実験化学講座, p203-207, 第20巻 環境化学, 丸善.

[その他]

ホームページ

<http://tgr.geophys.tohoku.ac.jp/>