

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

研究成果の概要（和文）：メタン濃度とその炭素および水素同位体を地球規模で観測し、モデルで解析することにより、現代の微生物起源、化石燃料起源およびバイオマス燃焼起源のメタン放出の寄与がそれぞれ 70、16、13%であるという結果を得た。さらに、フィルン空気および氷床コア空気を用いて過去 250 年間にわたる CH₄ 濃度と同位体の経年変化を明らかにした。その結果、微生物起源、化石燃料起源およびバイオマス燃焼起源の CH₄ 放出が 19 世紀後半以降、20 世紀初頭以降、過去数十年の間に急増したことが示された。

研究成果の概要（英文）：Atmospheric CH₄ concentration and its carbon and hydrogen isotopic ratios have been measured on the global scale. By applying the observed data to a global CH₄ cycle model, respective emission ratios of CH₄ from biogenic, fossil and biomass burning sources are estimated to be 70, 16 and 13 %. In addition, we revealed variations of CH₄ concentration and these isotopic ratios for the last 250 years by using air samples extracted from firn and ice cores. As a result of the measurements, CH₄ emission from biogenic, fossil and biomass burning sources have increased rapidly since the latter half of 19 century, since the beginning of 20 century and for the last several decades, respectively.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	10,800,000	3,240,000	14,040,000
2007年度	10,100,000	3,030,000	13,130,000
2008年度	7,200,000	2,160,000	9,360,000
2009年度	7,800,000	2,340,000	10,140,000
年度			
総計	35,900,000	10,770,000	46,670,000

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：メタン、同位体、大気観測、微生物、化石燃料、バイオマス燃焼、氷床コア

1. 研究開始当初の背景

大気中におけるメタン（CH₄）濃度は、人間活動によってこの 200 年間に急激に上昇し、現在では産業革命以前の値の 2 倍を越え、少

なくとも過去 42 万年の間では経験したことがないほどの高いレベルにまで達している。このため CH₄ は、地球温暖化にとって二酸化炭素（CO₂）に次いで重要な温室効果気体と

言われている。産業革命以降の CH_4 濃度の急激な上昇は、主に水田耕作面積の増加や、牛・羊といった反芻動物の飼育頭数の増加、石炭・天然ガス採掘量増大にともなう CH_4 漏洩量の増加など、人口増加に伴う CH_4 放出源の拡大によるものと考えられてきた。ところが、最近の大気観測によると、 CH_4 濃度の上昇傾向は過去 15 年間に徐々に鈍化しており、2000 年以降の 5 年間は上昇がほぼ停止した状態になっている。このような最近の濃度上昇の急激な鈍化は、従来の知見のみでは全く説明することができない。今後の大気中における CH_4 濃度はどうなるのであろうか。この問いに答えることは、地球温暖化の予測にとって極めて重要である。そのためには CH_4 の人為起源および自然起源の放出源や消滅源に関する現在の知識をさらに深め、地球規模での CH_4 循環を正確に定量化する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、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、我々がこれまでに実施してきた地球規模の CH_4 濃度観測を拡充し、また 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) の測定手法を確立する。さらに、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。さらに大気モデルに CH_4 に関連する大気化学反応過程を組み込み、地球規模の CH_4 循環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、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ことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、地球規模での大気観測を実施し、得られたデータを大気モデルでシミュレートすることにより、地球表層における CH_4 の放出源や吸収源を推定し、地球規模における CH_4 循環を明らかにするいわゆるトップダウン手法を用いる。この手法は、従来から行われてきた水田や埋め立て地などのさまざまな CH_4 の放出源にて個々にフラックスを測定し、それを積み上げて地球規模の CH_4 収支を定量化するいわゆるボトムアップ手法に比べて、はるかに少ない観測でより精度の高い結果を得ることができる。具体的な方法は以下の通りである。

(1) 分析技術の開発および改良

CH_4 の $\delta^{13}\text{C}$ 測定手法は既に関連し実用に供

しているが、フィルン空気や成層圏大気の実験にも適用できるように試料量を大幅に減らすための改良を行う。さらに、 δD 測定法を新たに開発する。

(2) CH_4 濃度と同位体を組み合わせた CH_4 放出源推定法の適用検証

航空機によって観測された CH_4 濃度と同位体データから、地上観測によって求めた CH_4 放出源の同位体が正しく推定されることを現実のフィールド観測で検証する。

(3) 広域観測の実施

CH_4 濃度と同位体の地球規模変動を把握するため、グラブサンプリング法を用いた地上観測をおこなうとともに、船舶や航空機などの機動力を利用した大気採取を実施する。このようにして得られた大気試料の CH_4 濃度と同位体の測定を実施する。

(4) データ解析と大気モデルによるシミュレーション

大気採取地点近傍の汚染を強く受けたデータや分析ミスによる異常データを除去するために、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する。得られたデータセットを基に地球規模 CH_4 循環を解析し、その収支の時間・空間変動を評価する。その際、化学反応モデルから求められた OH 場を CH_4 の消滅源として与え、発生源としてはこれまでの研究によって作成された代表的なシナリオを採用し、 CH_4 濃度とともに 2 種類の同位体 ($\delta^{13}\text{C}$ と δD) の変動を計算に組み込む。

(5) フィルン空気および氷床コアの分析

産業革命前から現在に至る大気組成の変動を再現するために、極域の氷床上部から採取したフィルン空気や氷床コアから抽出した空気の分析を行う。

4. 研究成果

研究の方法に従って研究を実施し、以下のような成果が得られた。

(1) 分析技術の開発および改良

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 ‰ という世界のトップレベルと同等ないしそれ以上の精度を達成することができた。

(2) CH_4 濃度と同位体を組み合わせた CH_4 放出源推定法の適用確認

大気中における CH_4 濃度と同位体から CH_4 放出源を同定できることを明らかにするために、広大な湿地が広がり夏季には森林火

災が頻発するアラスカにて航空機観測および地上検証実験を行った。その結果、濃度と同位体を組み合わせることにより、湿地から放出される CH₄ と森林火災起源の CH₄ をはっきり区別して同定できることが証明された。

(3) 広域観測の実施

CH₄ 濃度と同位体の地球規模変動を把握するため、仙台、南極昭和基地、北極スバル諸島ニューオルスン基地、中国内陸部の基地においてグラブサンプリング法を用いた地上観測をおこなうとともに、日本近海でのフェリー、日本やシベリア上空チャーター機および日本-オーストラリア間の定期航空機、日本-北米および日本-ニューージーランドの定期船舶などの機動力を利用した大気採取を実施した。これら北極から南極までの広域にわたる大気試料の CH₄ 濃度および同位体の測定を行った。その結果、対流圏下部では、CH₄ 濃度は北半球高緯度に向かって高く、南半球ではほぼ均一な緯度分布を示した。また、 $\delta^{13}\text{C}$ と δD は、北半球高緯度に向かって低く、南半球ではほぼ均一な緯度分布を示した。対流圏下部の CH₄ 濃度の季節変化は夏に低く、冬から春に高くなったが、 $\delta^{13}\text{C}$ と δD の季節変化は逆に夏に高く、冬に低くなっていった。対流圏上部の CH₄ 濃度および $\delta^{13}\text{C}$ と δD の季節変化は熱帯と南半球では対流圏下部とほぼ同期していること、北半球では対流圏下部で夏季に CH₄ 濃度が低くなる一方で、対流圏上部では夏季に CH₄ 濃度が高く $\delta^{13}\text{C}$ と δD が低いことがはじめて明らかになった。同位体と濃度との関係から、このような北半球の対流圏上部で夏季に出現する高い CH₄ 濃度は、微生物起源の CH₄ 放出が寄与していることが示唆された。

(4) データ解析と大気モデルによるシミュレーション

観測から得られた季節変化を大気化学輸送モデルによりシミュレートした結果、北半球上部対流圏の夏期の高濃度がインド・東南アジア・中国からの微生物起源の CH₄ によるものであることが明らかになった。さらに、全球の微生物起源、化石燃料起源およびバイオマス燃焼起源の CH₄ 放出の寄与を求めるために、南北半球に分けたモデルに CH₄ 濃度と同位体を組み込んだ解析を行い、それぞれの放出源の寄与が 70、16、13% であるという結果を得た。この結果は従来の CH₄ 放出源を個々に積算するいわゆるボトムアップ手法で求められた結果とほぼ一致することが分かった。このように全く異なった方法にもかかわらず、得られた結果が一致したことにより、これらの

CH₄ 放出源強度比が正しいことが裏付けられた。

- (5) フィルン空気および氷床コアの分析
南極のフィルン空気および氷床コア空気を用いて過去 250 年間にわたる CH₄ 濃度と同位体の経年変動を明らかにした。得られたデータを元に、微生物起源、化石燃料起源およびバイオマス燃焼起源の CH₄ 放出の時間変化を求めたところ、それぞれの寄与が 19 世紀後半以降、20 世紀初頭以降、過去数十年の間に急増したことが示された。

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 24 件)

- ① 青木周司、南極の氷から過去の大気中の二酸化炭素濃度変化を探る、化学と教育、57、558-559、2009. 査読有り
- ② Morimoto, S., T. Yamanouchi, H. Honda, S. Aoki, T. Nakazawa, S. Sugawara, S. Ishidoya, I. Iijima and T. Yoshida, A new compact cryogenic air sampler and its application in stratospheric greenhouse gas observation at Syowa Station, Antarctica, *J. Atmos. And Ocean. Tech.*, 26, 2182-2191, 2009. 査読有り
- ③ Umezawa, T., S. Aoki, T. Nakazawa, S. Morimoto, A High-precision measurement system for carbon and hydrogen isotopic ratios of atmospheric methane and its application to air samples collected in the western Pacific region, *J. Meteor. Soc. Japan*, 877, 365-379, 2009. 査読有り
- ④ Morimoto, S., S. Aoki and T. Nakazawa, High-precision measurements of the carbon isotope ratio of atmospheric methane using a continuous flow mass-spectrometer, *Antarctic Record* 53, 1-8, 2009. 査読有り
- ⑤ Ishijima, K., T. Nakazawa and S. Aoki, Variations of atmospheric nitrous oxide concentration in the northern and western Pacific, *Tellus*, 61B, 408-415, 2009. 査読有り
- ⑥ 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. 査読有り
- ⑦ Kawamura K., S. Aoki, T. Nakazawa, Matsushima H., Ishidoya S., Sugawara S., Lisiecki L., Raymo M.E., Severinghaus J.P.,

- Accurate chronology of Antarctic climate and greenhouse gas changes over the past 470 ky., *Geochem. Cosmochem. Acta*, 72(12), A454-A454, 2008. 査読有り
- ⑧ Kawagucci, S., U. Tsunogai, S. Kudo, F. Nakagawa, H. Honda, S. Aoki, T. Nakazawa, M. Tsutsumi, and T. Gamo, Long-term observation on ^{17}O anomaly in the lower stratospheric CO_2 over Japan, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 1-9, 2008. 査読有り
- ⑨ Zhang, D., J. Tang, G. Shi, M. Wen, T. Nakazawa, S. Aoki, S. Sugawara, S. Morimoto, P. K. Patra, T. Hayasaka and T. Saeki, Temporal and spatial variations of the atmospheric CO_2 concentration in China, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L03801, doi:10.1029/2007GL032531, 2008. 査読有り
- ⑩ Ishidoya, S., S. Morimoto, S. Sugawara, T. Watai, T. Machida, S. Aoki, T. Nakazawa, and T. Yamanouchi, Gravitational separation suggested by O_2/N_2 , $\delta^{15}\text{N}$ of N_2 , $\delta^{18}\text{O}$ of O_2 , Ar/N_2 observed in the lowermost part of the stratosphere at northern middle and high latitudes in the early spring of 2002, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L03812, doi:10.1029/2007GL031526, 2008. 査読有り
- ⑪ Ishidoya, S., S. Sugawara, S. Morimoto, S. Aoki, and T. Nakazawa, Gravitational separation of major atmospheric components of nitrogen and oxygen in the stratosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L03811, doi:10.1029/2007GL030456, 2008. 査読有り
- ⑫ 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. 査読有り
- ⑬ Zhang, X., T. Nakazawa, M. Ishizawa, S. Aoki, S. Nakaoka, S. Sugawara, S. Maksyutov, T. Saeki and T. Hayasaka, Temporal variations of atmospheric carbon dioxide in the southernmost part of Japan, *Tellus*, 59B, 654-663, 2007. 査読有り
- ⑭ 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 CO_2 , *Science* 316, 1732-1735, doi:10.1126/science.1137004, 2007. 査読有り
- ⑮ Ishijima, K., S. Sugawara, K. Kawamura, G. Hashida, S. Morimoto, S. Murayama, S. Aoki, and T. Nakazawa, Temporal variations of the atmospheric nitrous oxide concentration and its d^{15}N and d^{18}O for the latter half of the 20th century reconstructed from firn air analyses, *J. Geophys. Res.* 112, D03305, doi:10.1029/2006JD007208, 2007. 査読有り
- ⑯ Kawaguchi, K., U. Tsunogai, S. Kudo, F. Nakagawa, H. Honda, S. Aoki, T. Nakazawa, M. Tsutsumi and T. Gamo, Long-term observation of mass-independent oxygen isotope anomaly in stratospheric CO_2 , *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 15723-15737, 2007. 査読有り
- ⑰ Saito, T., Y. Yokouchi, S. Aoki, T. Nakazawa, Y. Fujii and O. Watanabe, Ice-core record of methyl chloride over the last glacial-Holocene climate change, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 34, L13801, doi:10.1029/2006GL028090, 2007. 査読有り
- ⑱ Kawamura, K., Motoyama, H., Y. Fujii, S. Aoki and T. Nakazawa, Convective mixing of air in firn at four polar sites, *Earth and Planetary Science Letters*, 244, 672-682, 2006. 査読有り
- ⑲ Ishidoya, S., S. Sugawara, G. Hashida, S. Morimoto, S. Aoki, T. Nakazawa, and T. Yamanouchi, Vertical profiles of the O_2/N_2 ratio in the stratosphere over Japan and Antarctica, *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 33, L13701, doi:10.1029/2006GL025886, 2006. 査読有り
- ⑳ Rohs, S., C. Schiller, M. Riese, A. Engel, U. Schmidt, T. Wetter, I. Levin, T. Nakazawa and S. Aoki, Long-term changes of methane and hydrogen in the stratosphere in the period 1978-2003 and their impact on the abundance of stratospheric water vapor, *J. Geophys. Res.* Vol. 111, D14315, doi:10.1029/2005JD006877, 2006. 査読有り
- ㉑ Kawamura, K., J.P. Severinghaus, S. Ishidoya, S. Sugawara, G. Hashida, H. Motoyama, Y. Fujii, S. Aoki and T. Nakazawa, Convective mixing of air in firn at four polar sites, *Earth and Planetary Science Letters*, 244, 672-682, 2006. 査読有り
- ㉒ Saito, T., Y. Yokouchi, S. Aoki, T. Nakazawa, Y. Fujii and O. Watanabe, A method for determination of methyl chloride in air trapped in an ice core, *Chemosphere* 63, 1209-1213,

2006. 査読有り

- ⑳ Ejiri, M.K., Y. terao, T. Sugita, H. Nakajima, T. Yokota, G. Toon, B. Sen, G. Wetzel, H. Oelhaf, J. Urban, D. Multagh, H. Irie, N. Saito, T. Tanaka, H. Kanzawa, M. Shiotani, S. Aoki, G. Hashida, T. Machida, T. Nakazawa, H. Kobayashi and Y. Sasano., Validation of ILAS-II Version 1.4 nitrous oxide and methane profiles, *J. Geophys. Res.* 111, D22S90, doi:10.1029/2005JD006449, 2006. 査読有り
- ㉑ 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. 査読有り

〔学会発表〕(計 28 件)

- ① 青木周司、東北大学における標準ガスの製造および濃度スケールの維持について、温室効果ガスの標準ガス体系に関する専門家会合、2010年2月23日、つくば
- ② Umezawa T., S. Aoki, T. Nakazawa, T. Machida, H. Matsueda, Y. Sawa, K. Ishijima, and P. K. Patra, Seasonal cycles of atmospheric methane and its carbon and hydrogen isotopic ratios in the lower and upper troposphere of the western Pacific region, AGU 2009 Fall Meeting, 14-18, Dec., 2009, San Francisco.
- ③ 森本真司、青木周司、菅原敏、豊田栄、吉田哲也、中澤高濤、山内恭、南極成層圏大気の直接採取による温室効果気体の観測、第3回南極観測シンポジウム、2009年12月10日、立川
- ④ 梅澤拓、青木周司、中澤高濤、町田敏暢、松枝秀和、澤庸介、石島健太郎、Patra Prabi、西太平洋上部/下部対流圏でのメタン濃度と炭素・水素安定同位体比の季節変動、日本気象学会 2009 年度秋季大会、2009 年 11 月 26 日、福岡
- ⑤ Aoki S., K. Kawamura, T. Nakazawa, T. Mori, D. D. Jensen, S. J. Johnsen, Y. Fujii and O. Watanabe, Changes in atmospheric methane concentration in the Arctic and Antarctic regions for the last 110,000 years deduced from NGRIP and Dome Fuji deep ice cores, The 2nd International Symposium on the Dome Fuji ice core and related topics, 18-20, Nov., 2009, Tokyo.
- ⑥ Aoki S., K. Kawamura, T. Nakazawa, K. Matsumoto, H. Nakata, H. Matsushima, Y. Kikuchi, H. Motoyama, Y. Fujii and O. Watanabe, Variations of atmospheric components over the past 720,000 years deduced from Dome Fuji deep ice core, The 2nd International Symposium on the Dome Fuji ice core and related topics, 18-20, Nov., 2009, Tokyo.
- ⑦ Umezawa T., S. Aoki, S. Morimoto, and T. Nakazawa, Measurements of carbon and hydrogen stable isotopes of methane in air samples extracted from ice core and firm, The 2nd International Symposium on the Dome Fuji ice core and related topics, 18-20, Nov., 2009, Tokyo.
- ⑧ 青木周司、中澤高濤、本田秀之、豊田栄、菅原敏、森本真司他、平成 22 年度成層圏大気クライオサンプリング実験計画、平成 21 年度大気球シンポジウム、2009 年 10 月 1 日、相模原
- ⑨ Aoki S., T. Nakazawa, Y. Terunuma and M. Ishizawa, Temporal and spatial variations of the concentration and carbon isotopic ratio of atmospheric carbon dioxide in the western Pacific region, 8th International Carbon Dioxide Conference, 13-18, Sep., 2009, Jena.
- ⑩ 梅澤拓、青木周司、森本真司、中澤高濤、山内恭、スバルバル諸島ニーオルスンで観測された大気メタンの濃度と炭素・水素安定同位体比の時間変動、地球惑星科学連合 2009 年大会、2009 年 5 月 17-21 日、千葉
- ⑪ Engel A., T. Möbius, H. Bönišch, U. Schmidt, R. Heinz, I. Levin, E. Atlas, S. Aoki, T. Nakazawa, S. Sugawara, F. Moore, D. Hurst, J. Elkins, S. Schauffler, A. Andrews, K. Boering, Thirty years of stratospheric mean age tracer measurements: no observable change in the stratospheric circulation, 2008 AGU Fall Meeting, 15-19 Dec., 2008, San Francisco.
- ⑫ 森本真司、浅野比、青山朋樹、山内恭、本田秀之、菅原敏、石戸谷重之、後藤大輔、青木周司、中澤高濤、第 49 次夏隊での温室効果気体観測報告、平成 20 年度極域気水圏・生物圏合同シンポジウム、2008 年 12 月 2-5 日、立川
- ⑬ 菅原敏、石戸谷重之、青木周司、中澤高濤、成層圏空気年代の推定に対する重力分離の影響、日本気象学会 2008 年秋季大会、2008 年 11 月 19-21 日、仙台
- ⑭ Umezawa T., S. Aoki, S. Morimoto, T. Nakazawa, and T. Yamanouchi, Temporal variations of CH₄ and its δ¹³C and dD at Ny-Ålesund, Svalbard, The 4th International Symposium on Isotopomers, 4-8 Oct., 2008, Tokyo.
- ⑮ 青木周司、中澤高濤、本田秀之、豊田栄、菅原敏、森本真司、石戸谷重之、吉田尚弘、中村俊夫、蒲生俊敬、角皆潤、平成 21 年度成層圏大気クライオサンプリング実験概要、平成 20 年度大気球シンポジウム、2008 年 9 月 25-26 日、相模原

- ⑩ Umezawa T., S. Aoki, Y. Kim, S. Morimoto, T. Nakazawa, Estimation of carbon and hydrogen isotopic ratios of methane from wetlands and wildfires in Alaska based on aircraft observations and on a bonfire experiment, IGAC 10th International Conference, 7-12 Sep., 2008, Annecy.
- ⑪ 菅原敏, 中澤高清, 青木周司, 石戸谷重之, 森本真司, 橋田元, 山内恭, 本田秀之, 極域成層圏大気の微量成分観測と大気の平均年代, 2008 年度日本気象学会春季大会, 2008 年 5 月 22-25 日, 横浜
- ⑫ 青木周司, 松島寛尚, 川村賢二, 中澤高清, 第 2 期ドームふじコアから求められた大気組成変動について, 南極氷床の物理・化学・生物のフロンティア 4, 2008 年 3 月 17-19 日, 東京
- ⑬ 梅澤拓, Yongwon Kim, 青木周司, 中澤高清, アラスカでの焚火実験で放出されたメタンの炭素/水素安定同位対比の測定, 第 13 回大気化学討論会, 2007 年 11 月 19-21 日, 名古屋
- ⑭ 川村賢二, 松島寛尚, 石戸谷重之, 青木周司, 中澤高清, 菅原敏, 第 2 期ドームふじコアのガス分析結果 (2450 - 2680 m) および 47 万年前にさかのぼる精密年代決定, 第 30 回極域気水圏シンポジウム, 2007 年 11 月 20-21 日, 東京
- ⑮ 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, 10-13 Sep., 2007, Helsinki.
- ⑯ 青木周司, 川村賢二, 松島寛尚, 石戸谷重之, 中澤高清, 菅原敏, 森本真司, ガス分析研究の進捗状況と今後の展望および課, 南極氷床の物理・化学・生物のフロンティア 3, 2007 年 3 月 21-22 日, 東京
- ⑰ 有山悠子, 林田佐智子, 野口克行, 中澤高清, 青木周司, 菅原敏, 町田敏暢, Christian Frankenberg, SCIAMACHY センサによるメタンデータと地上観測データの比較解析, 第 17 回大気化学シンポジウム, 2007 年 1 月 10-12 日, 豊川
- ⑱ 梅澤拓, 青木周司, 中澤高清, 森本真司, 町田敏暢, アラスカにおける大気中メタン濃度および一酸化炭素濃度の観測, 第 29 回極域気水圏・生物圏合同シンポジウム, 2006 年 11 月 20-21 日, 東京
- ⑲ Saeki T., S. Sugawara, S. Aoki, T. Nakazawa, S. Ishidoya, J. Tang, D. Zhang, G.-Y. Shi, Y.-Z. Liu, S. Morimoto and T. Hayasaka, Variations of the atmospheric methane concentration in China, Joint CACGP/IGAC and WMO conference,

17-23 Sep., 2006, Cape Town.

⑳ Sugawara S., S. Aoki, T. Nakazawa, S. Ishidoya, T. Umezawa, K. Genma, S. Morimoto and H. Honda, Carbon isotopic fractionation factor of stratospheric CH₄ estimated from 13CH₄ and 13CO₂ measurements, Joint CACGP/IGAC and WMO conference, 17-23 Sep., 2006, Cape Town.

㉑ Umezawa, T., S. Aoki, S. Morimoto, S. Sugawara and T. Nakazawa, Analysis of δ13C and δD of stratospheric methane using online analytical system, Joint CACGP/IGAC and WMO conference, 17-23 Sep., 2006, Cape Town.

㉒ 佐伯田鶴, 松枝秀和, 中澤高清, 青木周司, 日本上空および西太平洋上空のメタン濃度変動要因の考察, 第 12 回大気化学討論会, 2006 年 6 月 14-16 日, 山形

[図書] (計 2 件)

- ① 青木周司, (2007): メタン, 実験化学講座, 第 20 巻 環境化学, p203-207, 丸善.
- ② 中澤高清, 青木周司, 共著, (2010): 地球変動研究の最前線を訪ねる, p88-108, 清水弘文堂書房.

[その他]

ホームページ

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

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者

中澤 高清 (NAKAZAWA TAKAKIYO)

東北大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号: 30108451

森本 真司 (MORIMOTO SHINJI)

国立極地研究所・研究系・助教

研究者番号: 30270424

菅原 敏 (SUGAWARA SATOSHI)

宮城教育大学・教育学部・准教授

研究者番号: 80282151

佐伯 田鶴 (SAEKI TAZU)

総合地球環境学研究所・研究部・助教

研究者番号: 30302243