

平成17年度採択分

平成19年 3月31日現在

研究課題名(和文) 大気・陸上生物・海洋圏に係る温室効果気体の全球規模循環の解明

研究課題名(英文) Comprehensive studies of global greenhouse gas cycles in the atmosphere, terrestrial biosphere and oceans

研究代表者

中澤 高清 (NAKAZAWA TAKAKIYO)

東北大学・大学院理学研究科・教授



推薦の観点: 創造的・革新的・学際的学問領域を創成する研究

研究の概要: 主要な温室効果気体である CO_2 、 CH_4 、 N_2O を対象として、トップダウンアプローチを採用して大気圏・海洋圏・陸上生物圏にまたがる地球規模循環を定量的に理解し、人間活動に伴う気候変動の対応に貢献する。

研究分野/科研費の分科・細目/キーワード: 数物系科学/地球惑星科学・気象・海洋物理・陸水学/温室効果気体・物質循環・気候変動・環境変動

1. 研究開始当初の背景

近年、 CO_2 を始めとする温室効果気体が人間活動に伴って急速に増加しており、近い将来の気候が大きく変化すると懸念されている。この問題に的確に対応するためには、地球表層における温室効果気体の循環を明らかにし、大気中濃度の将来予測と濃度増加の抑制対策を可能にする事が重要である。しかしながら、温室効果気体の循環に関する現在の知識は全く不十分であり、早急に解決すべき科学的な研究課題として国際的な関心事となっている。

2. 研究の目的

地球温暖化にとって重要な温室効果気体である CO_2 、 CH_4 、 N_2O の濃度や同位体比および関連要素の時間・空間変動の実態を把握するとともに、得られた結果を数値循環モデルなどで解析することにより、大気圏・海洋圏・陸上生物圏にまたがる発生・消滅プロセスや人為的・自然的要因による変動を明らかにする。また、人為起源の温室効果気体の収支およびその時間変動について定量的理解を得る。

3. 研究の方法

地上基地や航空機、船舶、大気球等の各種プラットフォームを利用して、 CO_2 、 CH_4 、 N_2O の濃度や同位体比および O_2 などの関連要素を広域にわたって観測するとともに、極域氷床のフィルン空気やコア空気を分析し、時間・空間変動を詳細に明らかにする。ま

た、温室効果気体の発生・消滅過程を組み込んだ全球大気輸送モデルを開発・改良し、観測や分析から得られた結果を解析することにより、地球表層における関連気体の循環を明らかにする。

4. これまでの成果

(1) ガスクロマトグラフ質量分析計を用いた高精度のオンライン CH_4 同位体比分析システムと、大気 O_2 濃度を 0.5 ppm 以下という極めて高い精度で連続的に測定する装置を開発した。また、フィルン-氷遷移層での大気組成分別、過去のフィルンの厚さや急激な気候変動、大気-海洋間の O_2 交換に関わる海洋貯熱量変化を明らかにするために、質量分析システムを用いて N_2 の $\delta^{15}\text{N}$ や O_2 の $\delta^{18}\text{O}$ 、 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 、 Ar/N_2 の測定を可能にした。氷床コア分析に際して必要となるコア量を低減するために、新規購入設備と現有設備を改良することにより、わずか 3 ml の空気試料で高精度の分析を可能とした。

(2) 日本と昭和基地で採取された成層圏大気の N_2 の $\delta^{15}\text{N}$ 、 O_2 の $\delta^{18}\text{O}$ 、 O_2/N_2 比を高精度で分析した結果、成層圏においては大気成分の重力分離が生じていること、 O_2/N_2 比は人間活動によって経年減少を示すことが初めて明らかとなった。この結果は米国の Geophys. Res. Lett. に論文として公表したが、重要な研究として Editor's Highlight に取り上げられた。

(3) 成層圏の広い高度範囲にわたる CH_4 の $\delta^{13}\text{C}$ と δD の鉛直分布を初めて明らかにする

〔 4 . これまでの成果 (続き) 〕

とともに、消滅の際の同位体分別が成層圏中層と下層で異なり、その挙動が季節に依存すること、実験室で求められた δD の分別係数が現実とは大きくかけ離れている可能性を見いだした。

(4) ニーオルスン基地での CH_4 濃度と $\delta^{13}C$ の変動を解析したところ、北半球高緯度で見られる濃度の年々変動には、気候変動に伴う湿地起源 CH_4 の放出の影響が大きく、また解釈が分かれていた 1998 年の濃度アノマリーには、湿地起源と森林火災起源の CH_4 がほぼ同程度で寄与していたことを初めて明らかにし、循環解明における同位体利用の有用性を示した。

(5) 日本上空での航空機観測から対流圏各層における O_2 濃度の時間変動や、太平洋での船舶観測から高空間分解能の緯度分布が初めて明らかになりつつあり、 CO_2 循環の解明に重要な拘束を与えるものと期待される。

(6) 全球を 64 領域に分け、67~87 地点での濃度データを用いて 1979~2004 年という長期間にわたって大気輸送モデルによる時間依存の逆解法を初めて実施し、大気-陸上生物圏間および大気-海洋間の月毎の CO_2 フラックスを推定した。得られたフラックスの変動について詳細な解析を進めているところであるが、エルニーニョなどによる気候変動や陸域からの栄養塩供給などが重要な役割を果たしていることが判明しつつある。

(7) 国際共同研究も積極的に推進しており、昭和基地での CO_2 連続観測データや日本上空とシベリア上空の CO_2 濃度データを提供して逆解法解析を新たに行い、今日最も関心を集めている海域である南大洋で CO_2 の吸収が弱まりつつあること、北半球中高緯度での陸上生物圏による CO_2 の吸収量が、今日広く受け入れられている推定値よりかなり小さいこと、逆に赤道域の吸収量がかなり大きいことを明らかにした。それぞれの研究の結果は 2 編の論文としてまとめられ、近く Science に出版される見込みである。

(9) フィルン空気の分析によって、過去 50~100 年の温室効果気体の濃度と同位体比の変動が正確に復元でき、それが循環解明に役立つことを示した。この結果は、フィルン空気分析が今後の循環研究において新たな手法として発展することを期待させる。

(11) 南極ドームふじ深層氷床コアから得られた O_2/N_2 比は、気候変動などに影響されない全く新しいコアの絶対年代を与えるものであることを見だし、特に深層コア分析による諸要素の復元にとって大きな懸案であった年代決定の不確定を飛躍的に減ずる方法として国際的に注目されており、現在 Nature に投稿し、査読中である。

5 . 今後の計画

観測と分析を継続し、温室効果気体の濃度と同位体比および関連要素のデータの蓄積を図り、それを基に時間・空間変動の実態を明らかにする。また、関係他機関のデータと合わせてデータセットを作成し、それを全球大気輸送モデルや大気大循環モデルなどを用いて解析し、地球表層における CO_2 、 CH_4 、 N_2O の循環を明らかにするとともに、これらの気体の全球平均収支と地域別収支の時間変化を推定する。さらに、過去の長期変動を解析して、自然的要因による循環の変化についても理解を得る。

6 . これまでの発表論文等 (受賞等も含む) (研究代表者は太字、研究分担者には下線)

(1) Ishijima, K., Sugawara, S., Kawamura, K., Hashida, G., Morimoto, S., Murayama, S., Aoki, S. and **Nakazawa, T.**, Temporal variations of the atmospheric nitrous oxide concentration and its ^{15}N and ^{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.

(2) Ishidoya, S., Sugawara, S., Hashida, G., Morimoto, S., Aoki, S., **Nakazawa, T.** and Yamanouchi, T., Vertical profiles of the O_2/N_2 ratio in the stratosphere over Japan and Antarctica, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L13701, doi:10.1029/2006GL025886, 2006.

(3) Kawamura, K., Severinghaus, J. P., Ishidoya, S., Sugawara, S., Hashida, G., Motoyama, H., Fujii, Y., Aoki, S. and **Nakazawa, T.**, Convective mixing of air in firn at four polar sites, *Earth and Planetary Science Letters*, 244, 3-4, 672-682 doi:10.1016/j.epsl.2006.02.017, 2006.

(4) Morimoto, S., Aoki, S., **Nakazawa, T.** and Yamanouchi, T., Temporal variations of the carbon isotopic ratio of atmospheric methane observed at Ny Ålesund, Svalbard from 1996 to 2004, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L01807, doi:10.1029/2005GL024648, 2006.

(5) Patra, P. K., Gurney, K. R., Denning, A. S., Maksyutov, S., **Nakazawa, T.** and TransCom-3 modellers, Sensitivity of inverse estimation of annual mean CO_2 sources and sinks to ocean-only sites versus all-sites observational networks, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L05814, doi:10.1029/2005GL025403, 2006.

他 23 編の査読論文、6 冊の著書、9 件の招待講演、43 件の国際会議発表

受賞：青木周司 (2005 年度日本気象学会
堀内賞)

ホームページ：

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