

平成17年度採択分

平成20年 3月31日現在

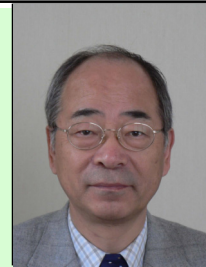
研究課題名（和文）大気・陸上生物・海洋圏に係る温室効果気体の全球規模循環の解明

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CO₂、CH₄、N₂O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：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：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、CO₂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、地球表面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必要がある。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CO₂、CH₄、N₂O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、CO₂、CH₄、N₂Oの濃度や同位体比およびO₂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、地球表面における温室効果気体の循環を明らかにする。

4. これまでの成果

(1) CO₂、CH₄、N₂O濃度の全自動分析装置、CO₂自動精製装置、高精度オンラインCH₄同位体比分析装置、超高精度大気O₂濃度連続測定装置を開発した。また、フィルン-氷遷移層での大気組成分別、過去のフィルン層の厚さ、大気-海洋間のO₂交換に関わる海洋貯熱量変化を明らかにするために、多元素質量分析システムを用いてN₂とO₂の同位体比、⁴⁰Ar/³⁶Ar、Ar/N₂の測定を可能にした。さらに、分析に必要な氷床コア量を減じ、変動の時間分解能を向上させるために、わずか40gのコア試料でこれまでより高い精度の分析を可能とした。

(2) 日本と昭和基地、スカンジナビア、北極で採取された成層圏大気のN₂とO₂の同位体比、O₂/N₂比を高精度で分析した結果、成層圏で大気成分の重力分離が生じていること、O₂/N₂比が人間活動によって経年減少していることを初めて見いだした。この結果は米国のGeophys. Res. Lett.に3編の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) 大気大循環モデルは、温暖化に伴ってブリューワー・ドブソン循環が強まり、成層圏

[4. これまでの成果 (続き)]

の化学過程が影響を受けることを示唆しているが、日本やフランス、スカンジナビア上空の成層圏で観測された CO₂ と SF₆ の濃度を対流圏の値と比較することにより、そのような輸送の早まりは少なくとも高度 20 km 以上にはないという事実を発見し、Science に論文として投稿し、現在査読中である。

(4) ニーオルスン基地での CH₄ 濃度と δ¹³C の解析を行い、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 CH₄ の放出の影響が大きく、また解釈が分かっていた 1998 年の濃度アノマリーには、湿地起源と森林火災起源の CH₄ が 2:1 の比率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や西部太平洋での船舶観測から O₂ 濃度の詳細な高度・緯度分布が初めて明らかになり、またこれらと仙台、落石岬、波照間島、昭和基地、ニーオルスン基地の観測結果を解析し、近年の海洋と陸上生物圏による CO₂ 吸収が 2.0-2.3 GtC/yr と 0.7-1.0 GtC/yr であると推定した。

(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 CO₂ フラックスを推定した。得られたフラックスの変動を解析し、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を明らかにした。

(7) 昭和基地での CO₂ 連続観測データや日本上空、シベリア上空の CO₂ 濃度データなどを用いて、国際共同で逆解法を新たに行い、今日最も関心を集めている海域である南大洋で CO₂ の吸収が弱まりつつあること、北半球中高緯度の陸上生物圏による CO₂ 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、2 編の論文として Science に出版した。

(8) 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、それが循環と深い関係にあることを示した。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。

(9) ドームふじ氷床コアから得られた O₂/N₂ 比が、地球の軌道要素によって決まる現場での夏期日射量と良い相関を示すことを新たに見だし、深層コア分析による諸要素の復元にとって懸案であったコアの絶対年代を与えるものとして Nature に発表した。また、この年代スケールを採用して 57 万年前までの大気成分の変動を正確に復元し、さらに 72 万年を目指して分析を継続している。

5. 今後の計画

CO₂、CH₄、N₂O および関連要素の観測と分析を継続し、時空間変動の実態を詳細に明らかにする。また、得られた結果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することにより、これらの気体の変動を解釈し、循環過程を明らかにするとともに、人為起源気体の全球平均収支と地域別収支の時間変化を推定し、その原因を循環の観点から考察する。さらに、氷床コア分析などから得られた過去の長期変動を解析し、自然的要因による循環の変化や気候との関わりを明らかにする。

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) **Kawamura, K.**, F. Parrenin, L. Liseiecki, R. Uemura, F. Vimeux, J. P. Severinghaus, M. Hutterli, **T. Nakazawa**, **S. Aoki**, J. Jouzel et al., Northern Hemisphere forcing of climatic cycles over the past 360,000, *Nature*, 448, 912-916, doi:10.1038/nature06015, 2007.

(2) Stephens, B. B., K. R. Gurney, P. Tans, C. Sweeney, W. Peters, L. Bruhwiler, P. Ciais, M. Ramonet, P. Bousquet, **T. Nakazawa**, **S. Aoki**, **T. Machida**, G. Inoue et al., Weak northern and strong tropical land carbon uptake from vertical profiles of atmospheric CO₂, *Science*, 316, 1732-1735, DOI:10.1126/science.1137004, 2007.

(3) Le Quere, C., C. Rodenbeck, E. T. Buitenhuis, T. J. Conway, R. Langenfelds, A. Gomez, C. Labuschagne, M. Ramonet, **T. Nakazawa**, N. Metzl et al., Saturation of the Southern Ocean CO₂ sink due to recent climate change, *Science*, 316, 1735-1738, DOI: 10.1126/science.1136188, 2007.

(4) **Ishidoya, S.**, **S. Sugawara**, G. Hashida, **S. Morimoto**, **S. Aoki**, **T. Nakazawa**, and T. Yamanouchi, Vertical profiles of the O₂/N₂ ratio in the stratosphere over Japan and Antarctica, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L13701, doi:10.1029/2006GL025886, 2006.

(5) **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, doi:10.1029/2005GL024648, 2006.

他 55 編の査読論文、10 冊の著書、16 件の招待講演、64 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
中澤高 第 35 回三宅賞、第 27 回島津賞

ホームページ:

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