

グローバルな大気環境の変化を捉える

Observation of Global Atmospheric Change



客員教授
中島 英彰
Invited Professor
Hideaki Nakajima



客員教授
町田 敏暢
Invited Professor
Toshinobu Machida

We, in cooperation with National Institute for Environmental Studies, carry out research on global atmospheric environment, such as global warming, ozone depletion, and air pollution. For that purpose, we develop measurement techniques on atmospheric composition changes. We conduct research and education on measurement principles, data processing algorithm, field experiments, and data analysis on the basis of specific cases of remote sensing and in-situ technologies. We also develop their applications for atmospheric compositions/clouds/aerosols, utilizing such instruments as satellite-borne, air-borne, and ship-borne sensors, and remote sensors such as FTIR (Fourier Transform InfraRed spectrometer). We conduct field measurements at the Antarctica, the Arctic, and at Siberia, and study global atmospheric environment change by analyzing these data.

当講座では地球規模の大気環境変動に関わる大気化学成分の分布や経時変化を計測する観測技術と、地球温暖化を含めたグローバルな大気環境変動解析に関する研究と教育を行っている。具体的には、人工衛星や航空機、船舶を用いた大気成分や雲、エアロゾルの観測技術、地上からの各種の計測技術の開発、南極や北極、シベリアなど世界各地における観測活動ならびに取得したデータの処理アルゴリズム、データ解析を行うことによって地球規模での大気環境変動の原因究明に向けた研究を実施している。

成層圏大気のリモートセンシング

1982年の日本南極地域観測隊による「オゾンホール」の発見を端緒とする「地球環境問題」の顕在化は、現在では世界人類にとってさまざまな問題を呈示してきている。その中でも、オゾンホール問題は、その発見に引き続く科学者と行政との理想的なタイアップにより、原因解明とその対策としての「モントリオール議定書」の速やかな締結など、「地球環境問題の優等生」として現在では位置づけられている。それでも南極上空のオゾン層がかつてのレベルに回復するまで、さらに数10年~50年の時間がかかるであろうと予測されている。また、2011年春には、これまで南

極のような大規模なオゾン破壊は起こらないだろうと考えられていた北極上空で、史上初めて「北極オゾンホール」が起こった。これは、例年にない強い極渦と低温が長引いた異常気象が原因だと考えられている。われわれの研究室でも、ロシア・西シベリア・サレハルドにおけるオゾンゾンデ観測を分担することによって、この北極オゾンホールの発見の一翼を担うことが出来た。

最近では、オゾン破壊にとって重要な働きをする「極成層圏雲」の観測と解析も継続的に行っており、SPARCワークショップなどの国際会議で議論をしている (Fig. 1)。また、南極昭和基地や北海道において得られた、フーリエ変換赤外分光器 (FTIR) を用いた微量気体成分の分析をすることを通じて、オゾンホールの詳細なメカニズム解明につながる研究を実施してきている。

本研究室を含む研究グループは、国際的なネットワークを構成して観測を行っているフーリエ変換型赤外分光計 (FTIR) を用いた地上観測および人工衛星観測により、オゾン層破壊をもたらす塩化水素 (HCl) 濃度が北半球下部成層圏で2007年以降増加していることを発見した。この増加の原因は、大気モデルによるシミュレーション結果との比較から、北半球の大気循環の数年程度の短期的な減速であることが分かった。本研究結果は、2014年度中に英国科学雑誌Natureに掲載された。



Fig. 1. Group photo of the SPARC Polar Stratospheric Cloud workshop held in ETH-Zürich in Switzerland on 27-29 August 2014.

温室効果ガスの地球規模観測

大気中の温室効果ガスのグローバルな循環を解明するためにはそれらのガスの空間分布や時間変動を知る必要があるが、世界の観測データはまだ十分ではない。特に地表以外の上空の観測値は決定的に不足している。われわれの研究室では地上ステーションや船舶を利用した観測に加えて航空機を使った温室効果ガスの3次元観測を推進している。

ロシア連邦のシベリア地域には広大な森林や湿地帯が広がっており、地球規模の二酸化炭素 (CO₂) 濃度やメタン (CH₄) 濃度の変動に大きな影響を及ぼしている。Fig.2はシベリア上空で観測された、CO₂、CH₄、亜酸化窒素 (N₂O)、六弗化硫黄 (SF₆)、一酸化炭素 (CO)、水素 (H₂) 濃度の高度別の経年変動曲線であり、これらは季節変動を取り除いた長期的な変動成分のみを表している。CO₂はシベリアの地表からの吸収量と放出量がほぼバランスしているため、上下の濃度差が小さくなっている。観測期間を通じた平均的な増加率は1.9 ppm/yrである。CH₄とCOは地上に放出源があり、大気中で消滅反応があるので、低高度ほど濃度が高くなっている。CH₄濃度は1998年に増加した後に増加が停滞していたが、2006年以降に再び増加している。CO濃度は1998年の増加以降は減少傾向が認められる。これは全球的なCO放出の現象を反映したものと考えられる。N₂OとSF₆は対流

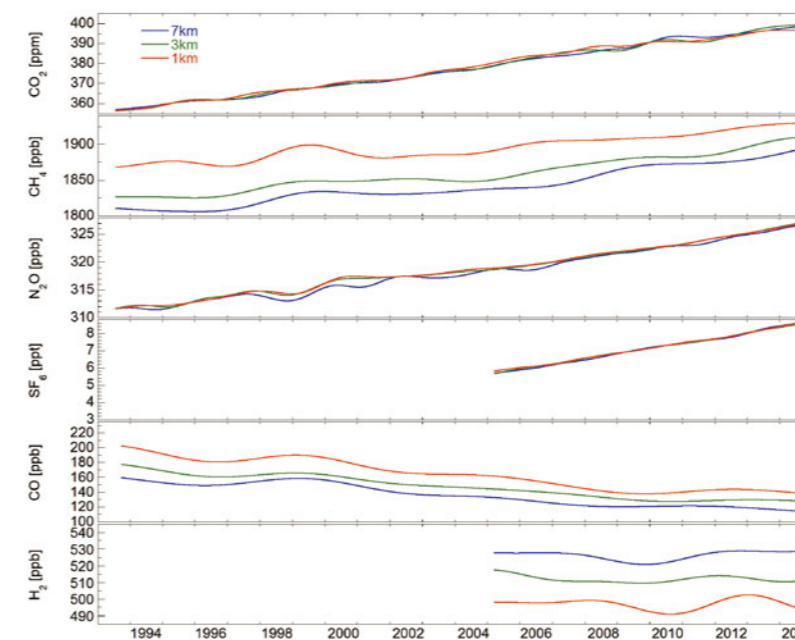


Fig. 2. Trend curves for mixing ratios of CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, CO and H₂ observed over Siberia.

圏での寿命が長いために良く混合されており、高度による濃度差が小さいが、N₂O濃度の高度7kmでは希に成層圏の影響を受けた空気塊を観測することがあるためにやや低濃度を示している。観測期間中の増加率はN₂O濃度が0.69 ppb/yr、SF₆濃度が0.28 ppt/yrであった。H₂は大気中のOHラジカルによる反応でも消滅するが、土壌吸収による消滅量の方が大きいので、地上に近いほど低濃度を示している。水素エネルギー需要の高まりを受けて大気中H₂濃度の上昇が懸念されているが、これまでの観測では経年的な増加・減少の傾向は明瞭ではない。

上空大気の観測データをさらに高頻度で得るために、2005年より定期旅客便に観測装置を搭載した観測プロジェクト (CONTRAILプロジェクト) が国立環境研究所や気象研究所などのグループによって実施されている。定期旅客便を使った定常的なCO₂濃度の観測は世界で初めてである。これらのデータは上空におけるCO₂濃度の情報を著しく増やしつつあり、炭素循環の解明ばかりでなく、大気輸送モデルの検証、大気輸送メカニズムの解析、衛星観測データの検証にも大きく貢献している。CONTRAILではこれまで8機のボーイング777-200ER型機を使った観測を実施してきたが、より大型のボーイング777-300ER型機に二酸化炭素濃度連続測定装置を搭載 (Fig.3) するための準備作業を2014年に行った。2015年2月より777-300ER型機による観測が開始され、より広範囲の観測が可能になると期待される。



Fig. 3. Boeing 777-300ER aircraft and the Continuous CO₂ Measuring Equipment to be installed in her cargo room.