

グローバルな大気環境や炭素循環の変化を捉える

Observation of Global Atmospheric Environment and Carbon Cycle Changes

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、陸域における炭素収支の観測技術、ならびに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、航空機、船舶、地上観測による大気成分や雲、エアロゾル、ならびにそれらの地表プロセスの観測技術、地上からの各種の遠隔計測技術の開発、アジアや南極、シベリアを含む北極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。

In cooperation with the National Institute for Environmental Studies, we are carrying out research on the global atmospheric environment, such as global warming and air pollution. For that purpose, we are developing measurement techniques on atmospheric composition changes and terrestrial carbon budgets. 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 applications for atmospheric compositions/clouds/aerosols and their surface processes, utilizing such instruments as satellite-borne, air-borne, ship-borne, and ground-based sensors. We conduct field measurements in Asia, Antarctica, and the Arctic including Siberia, and we study global atmospheric environmental change by analyzing these data.

つくばにおける FTIR 観測による HFC-134a の解析とトレンドの導出

我々は、つくば (36.1°N, 140.1°E) における 2018 年～2023 年までの FTIR 観測スペクトルから、HFC-134a (CH₂FCF₃) の濃度を導出する手法を開発した。HFC-134a は、オゾン層を破壊する CFCs, HCFCs 等のフロンに代替物質として現在中心的に使われている冷媒であり、2000 年代以降急速に大気中濃度が増大している。これまで HFC-134a は、地上大気サンプリング、もしくは人工衛星観測によってしか計測されてこなかったが、我々は世界に先駆けて地上 FTIR 観測データから HFC-134a を導出する手法の開発を行った。FTIR による解析は SFIT4 と呼ばれる解析プログラムを用いてなされた。Tikhonov 正則化法と最適推定法 (OEM) という種類の異なる 2 種類の解析手法を用いた。その結果、HFC-134a は春と秋に極大を持ちながら、経年的には増加傾向にあることが見いだされた。この結果をスイス・Jungfraujoch における観測トレンドと比較したところ、ほぼ同じか若干つくばの方が大きな増加トレンドを示すことが明らかとなった。つくばでの増加は、最近 HFC-134a の

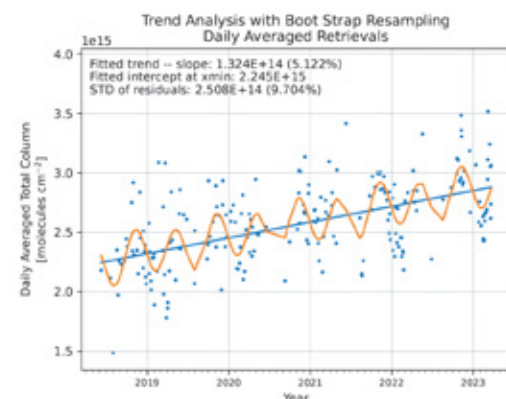


Fig. 1 Trend of daily-averaged HFC-134a retrieved with optimal estimation method by FTIR observation spectra at Tsukuba. Each point represents daily HFC-134a total columns, which curve and line stand for fitted trends.

Retrieval and trend-analysis of HFC-134a from the FTIR measurement spectra taken at Tsukuba

We have developed a procedure for retrieving atmospheric abundances of HFC-134a (CH₂FCF₃) with a ground-based Fourier transform infrared spectrometer (FTIR) and have analyzed the spectra observed at Tsukuba, Japan (36.1°N, 140.1°E). Recently, HFC-134a has been widely used as a refrigerant substituting the ozone-depleting CFCs and HCFCs, and its atmospheric amount has been rapidly increasing since the 2000s. Measurements of HFC-134a were only possible by either a ground-based sampling method or satellite remote-sensing method. We have developed a new method to retrieve the HFC-134a total column from the ground-based FTIR solar infrared spectra for the first time in the world. The FTIR retrievals were conducted with the SFIT4 retrieval program via two methods, i.e., the Tikhonov regularization method and optimal estimation method (OEM). We retrieved daily-averaged total column amounts of HFC-134a since 2018. As a result, HFC-134a has been continuously increasing since 2018, with two peaks in spring and fall. When comparing our results with observational trends at Jungfraujoch, Switzerland, it was found that our results show similar or slightly larger increasing trends. It may reflect the effect of increasing HFC-134a production in China. We are planning to analyze the FTIR spectra taken at Rikubetsu, Hokkaido which started in the mid-1990s.

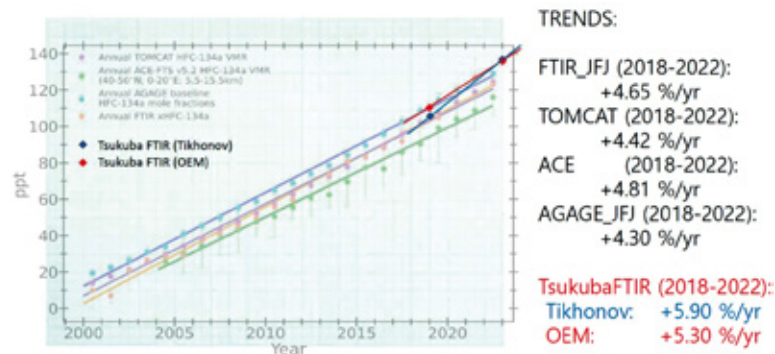
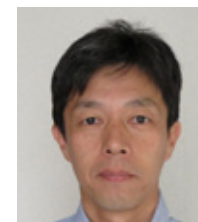


Fig. 2 Comparisons among HFC-134a mixing ratio trends by FTIR, model (TOMCAT), satellite (ACE) and ground-based sampling (AGAGE) at Jungfraujoch, Switzerland since 2000. Trends by FTIR at Tsukuba since 2018 are also plotted.



客員教授 中島 英彰
Professor
Hideaki Nakajima



客員教授 町田 敏暢
Professor
Toshinobu Machida

清算が増えている中国における HFC-134a の放出の影響をとらえている可能性がある。今後、より長いデータの存在する北海道・陸別における FTIR のデータ解析も行っていく予定である。

太平洋上の上部対流圏におけるメタン濃度の変動

人為的な放出源を持つ大気中の温室効果ガスのうち二酸化炭素に次ぐ放射強制力を有するメタンの濃度は、産業革命以降の増加が 2000 年代に一旦休止した後、2007 年より再び増加を開始し、2020 年以降は更に増加率が上昇している。近年のメタン濃度の増加要因を解明するために世界各地での観測値の見直しが行われている。ここでは民間航空機による観測プロジェクト (CONTRAIL プロジェクト) で得られた太平洋上の上部対流圏における緯度別の濃度変動を紹介する。

CONTRAIL プロジェクトにおけるメタン濃度は自動大気サンプリング装置 (ASE) と手動大気サンプリング装置 (MSE) によって採取された大気を実験室で分析することによって得られている。Fig. 3 に太平洋上の北緯 40° から赤道までの上部対流圏で観測されたメタン濃度の時系列を示す。上部対流圏のメタン濃度は明確な緯度分布があり、高緯度ほど高い濃度を示しながら、どの緯度帯においても一方向的に増加している。また、北緯 40° や 30° の中緯度帯においては夏季に突発的に高い濃度が観測されている。

これらの変動の特徴を明瞭にするためにフィッティング曲線で比較したものが Fig. 4 である。赤道域においては 7 月に極小、1 月に極大を示す季節変動が確認されるが、これは当該域における南半球気塊と北半球気塊の入れ替わりに起因している。北緯 40° や 30° で突発的に観測される高濃度は夏季の強い発生源とその影響の上空への輸送が原因と考えられ、それらが季節変動で極大値を形成している。俯瞰的に見ると北半球の夏季には南北の緯度勾配が非常に大きくなっているが、冬季は極めて小さい。他の観測を含めた総合的な解析では、2020 年は北半球高緯度域、2021 年は低緯度域のメタン増加の影響が強かった可能性が示唆されている。

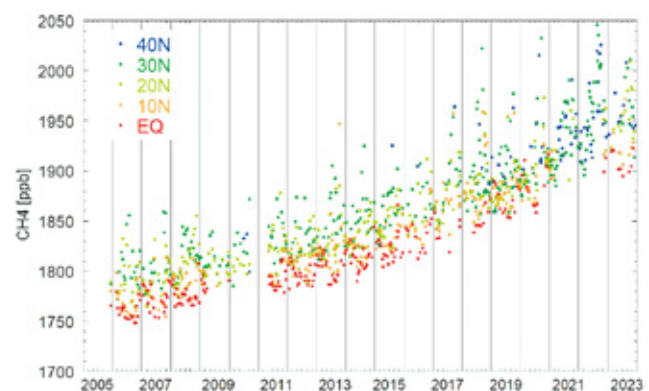


Fig. 3 Time series of methane mixing ratio in upper troposphere over the Pacific.

Variations of atmospheric methane mixing ratio in upper troposphere over the Pacific

Atmospheric methane shows the second-strongest radiative forcing in greenhouse gases. The mixing ratio of methane had increased in the atmosphere since the industrial revolution until 2000. After stabilizing for several years, methane started to increase again in 2007, with a higher increase rate after 2020. The reason for the recent increase is unclear but should be caused by several sources and sinks. For this purpose, we have reanalyzed methane observation data in the world. As part of these activities, we analyzed the methane data obtained by aircraft observation (CONTRAIL project) and presented the latitudinal difference of the methane mixing ratio in the upper troposphere over the Pacific.

In the CONTRAIL project, methane observations are conducted by sampling the air using automatic air sampling equipment (ASE) or manual air sampling equipment (MSE) followed by laboratory analyses using gas chromatograph.

Fig. 3 shows the time series of the methane mixing ratio in upper troposphere over the Pacific from 40°N to the equator. The methane in the upper troposphere shows a clear latitudinal gradient with higher mixing ratios in higher latitudes and shows a steady increase in each latitude. Extremely high values are frequently observed in summer in the northern middle latitudes (40°N and 30°N).

Fig. 4 shows the fitting curves for methane observation data. Seasonal variation in methane over tropical areas shows a minimum around July and a maximum around January, which is due to the exchange in air mass from the southern hemisphere and northern hemisphere. The frequently observed methane peaks create a summer maximum in northern mid-latitudes, which are influenced by natural methane emission and efficient upward transportation in the summer season. The latitudinal gradient in methane can be found in the boreal summer and at a minimum in winter. A comprehensive analysis suggested that a higher increase was found in northern high latitudes in 2020 and in low latitudes in 2021.

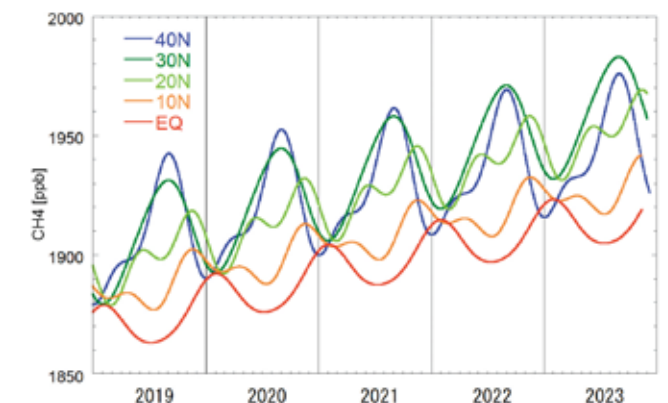


Fig. 4 Fitting curves for methane observation data.