



准教授 村田 功
Associate Professor
Isao Murata

大気中のオゾン等微量成分の変動の研究

Variations of ozone and related trace species in the atmosphere

当研究室では、「グローバルな大気環境変動」をキーワードに、オゾン減少問題や地球温暖化など、地球規模の環境変動に関わる大気中の微量成分の観測的研究を行っている。2025 年は、つくばにおけるフーリエ変換型分光器 (FTIR) 観測によるメタン同位体 ($^{12}\text{CH}_3\text{D}$) の解析等を進め、Network for the Detection of Atmospheric Composition Change/Infrared Working Group (NDACC/IRWG) 会議および The Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 22nd Annual Meeting に参加した。また、南極・昭和基地における大気重力波の気球観測プロジェクトも引き続き行っている。

An isotope of methane ($^{12}\text{CH}_3\text{D}$) was retrieved from the spectra observed with a Fourier-transform infrared spectrometer (FTIR) at Tsukuba. We participated in both the Network for the Detection of Atmospheric Composition Change/Infrared Working Group (NDACC/IRWG) meeting and the Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 22nd Annual Meeting. We continued the balloon measurement project for atmospheric gravity waves at Syowa Station, Antarctica.

我々は国立環境研究所との共同研究として、つくばにおける FTIR による観測を 1998 年より行っている。FTIR では太陽光の 2-15 μm の赤外領域のスペクトルから大気中の多くの微量成分の高度分布等を調べることができる。同様の観測を行っている国際的な研究グループ NDACC/IRWG では、各観測ステーションの結果を総合して地球規模の変動要因を解明する研究を進めており、これまでも HCl、HCHO 等についての論文を共同で発表している。今年はおゾンのトレンド解析や HCHO の衛星観測の検証についての論文が出版された。また、メタン同位体のひとつである $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ の解析を昨年に引き続き行っている。

メタンには $^{12}\text{CH}_4$ の他に $^{13}\text{CH}_4$ 、 $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ といった安定同位体が存在する。これらの同位体比はその発生源や経路した化学反応によって異なるため、同位体比を観測することでその成分の履歴に関する情報が得られる。ただし、赤外分光からこの同位体比を精度よく求めることはかなり難しい。現在は比較的大きな $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ について解析を試行している。 $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ の吸収は数 % 以下の弱いものばかりであるため、解析ではいくつかの吸収線を同時にフィッティングすることで精度を上げている。昨年時点では 5 つの波数領域

In collaboration with the National Institute for Environmental Studies, we have been investigating the temporal and spatial variations of atmospheric trace species with solar infrared spectroscopy, using FTIR at Tsukuba, since 1998. We have contributed to the NDACC/IRWG's activity and collaborated on HCl and HCHO, among others. In 2025, papers on the ozone trend and the validation of the HCHO measured by satellite were published. $^{12}\text{CH}_3\text{D}$, one of the isotopes of methane, was retrieved.

$^{13}\text{CH}_4$ and $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ are stable isotopes of methane. The isotope ratio depends on its sources and chemical reactions. We can get some information on the history of the species from the isotope ratio, but it is very difficult to observe accurate isotope ratio from infrared spectra. We are trying to analyze $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ because its variability is relatively large. As every absorption line of $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ is weak, we use several absorption lines together to improve the precision of fitting. Five wavenumber regions were used last year. We checked the absorption lines again, and seven wavenumber regions were ultimately used together, and the precision has become better. Fig. 1 shows the temporal variation of δD , observed at Tsukuba and Rikubetsu (The analysis for Rikubetsu was performed by the Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan, in collaboration with us.). Here, δD

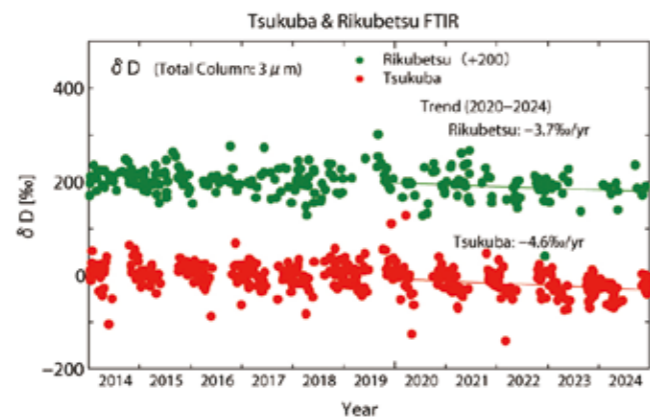


Fig. 1 Temporal variation of δD , observed at Tsukuba and Rikubetsu.

にある吸収線を合わせて解析していたが、今年には解析に使えるような条件のよい吸収線を調べ直し、最終的に 7 つの波数領域を同時にフィッティングすることで精度を向上させることができた。Fig. 1 に $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ と $^{12}\text{CH}_4$ の解析結果から求めたつくばおよび陸別でのコラム平均 δD の経年変化を示す (陸別の結果は共同研究を行っている名古屋大学宇宙地球環境研究所による)。ここで、 δD とは観測された $^{12}\text{CH}_3\text{D} / ^{12}\text{CH}_4$ の基準値からのずれである。見やすいように陸別の結果は 200% 上方にシフトして描いているが、両者のトレンドはよく似ており、2020 年以降は 4% /yr 程度の減少傾向が見られている。この減少率は地上のサンプリング観測による値よりは大きいものの、減少傾向という点では一致しており、今後はその要因を特定していきたい。

NDACC/IRWG では、毎年世界各国から 20 以上の研究グループが集まって観測手法や最新の結果に関する情報交換を行う会議を行っているが、今年にはインド北部にあるナイニतालで 6 月に開催された (Fig. 2)。 $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ の解析結果の発表を行ったほか、解析手法の最適化などについて情報交換を行った。また、今回のホストであった研究所の観測施設も見学することができた。

また、7 月にはシンガポールで開催された国際会議 AOGS に参加した。今回はメタンをテーマにしたセッションがあり、ここで $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ の解析結果の発表を行ったが、アジアを中心に多くの参加者があり、さまざまな情報を得ることができた。

村田は 2021 年 11 月から 2022 年 3 月まで第 63 次南極地域観測隊に夏隊員として参加し、スーパープレッシャー気球を用いた大気重力波の観測を行ったが、次回は 2027 年に昭和基地での通年観測を計画しており、今年にはそれに向けた気球や観測装置の改良が進められた。大気重力波は、大気中の運動量輸送を担い、中層大気の子午面循環の駆動を通じて成層圏・中間圏の温度・物質分布の決定に重要な役割を果たす。この観測は、気球観測、昭和基地の PANSY レーダー観測および最新の気象再解析データを組み合わせることにより、大気重力波による運動量輸送の 3 次元の描像を捉えることが目的である。

村田は 2015 年から宮城県保健環境センターの評価委員をしており、今年も 3 回の評価委員会に出席して県保健環境センターが行っている研究の評価を行った。また、2020 年から宮城県環境影響評価技術審査会委員もしており、今年には 5 回の審査会に出席した。

is the difference of observed $^{12}\text{CH}_3\text{D} / ^{12}\text{CH}_4$ from the standard value. The results of Rikubetsu were shifted up by 200 %. You can see the same tendency of the temporal variation in the two sites, showing the decreasing trend of about 4 %/yr after 2020. While the decreasing rate is larger than that derived from ground-based sampling measurements, both show a common decreasing trend. We will investigate the cause of the decrease.

The NDACC/IRWG holds an annual meeting in which scientists from more than 20 groups discuss observational results, new plans, and measurement techniques. The 2025 meeting was held in Nainital, India, in June (Fig. 2). We participated in the meeting and presented the results of analyses for $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ and had some discussions on the optimization of the analysis method. We also visited some observatories operated by the host institute.

We participated in the AOGS 22nd Annual Meeting held in Singapore in July and presented the results of analyses for $^{12}\text{CH}_3\text{D}$ in the methane session. We could get a lot of information on the methane observation.

Associate Professor Murata participated in the 63rd Japanese Antarctic Research Expedition as a summer member from November 2021 to March 2022 and carried out the observation of atmospheric gravity waves with a super-pressure balloon. The next balloon measurements are planned at the Syowa station throughout the year 2027. This year, we improved the balloon and the instruments. Atmospheric gravity waves transport momentum in the atmosphere and play an important role in determining temperature and material distribution by driving the meridional circulation in the middle atmosphere. By combining the balloon observation with the PANSY radar observation at Syowa station and the state-of-the-art meteorological reanalysis data, a 3D picture of momentum transport due to gravity waves is acquired.

Associate Professor Murata serves as an evaluation committee member for the Center for Health and Environment, Miyagi Prefectural Government, and he attended three committee meetings. He also serves as a member of the Environmental Assessment Technology Examination Committee, Miyagi Prefectural Government, and he attended five committee meetings.



Fig. 2 Group photo of the NDACC/IRWG meeting held in Nainital, India.