

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.

北海道陸別と南極昭和基地における FTIR 観測による HFC-23 の解析手法の開発とトレンド解析

我々は、北海道陸別 (43.5°N, 143.8°E) における 1997 年～2020 年までの FTIR 観測データおよび 2007, 2011, 2016 年の 3 年間の南極昭和基地 (69.0°S, 39.6°E) における FTIR 観測データから、HFC-23 (CHF₃) の濃度を導出する手法を開発した。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。解析に影響を及ぼす H₂O, HDO, 及び CH₄ の鉛直プロファイルは、解析とは別の波長を用いて事前に決定された値を用いた。FTIR によって導出された HFC-23 のカラム全量の値は、AGAGE の地上サンプリング観測によって得られた値と比較された。陸別において FTIR 観測によって得られたコンタミの少ない 1997～2010 年の 12 月～2 月のデータから得られた HFC-23 の増加トレンドは 0.817 ± 0.087 ppt year⁻¹ と見積もられ、この値は AGAGE による結果 (0.820 ± 0.011 ppt year⁻¹) と良い一致を見た。同様に 2007～2020 年のトレンドは 0.894 ± 0.099 ppt year⁻¹ と見積もられ、この結果は AGAGE の Trinidad Head (41.1°N, 124.2°W) のトレンドである

Development of analysis method of HFC-23 and its trend analysis using FTIR data at Rikubetsu, Japan, and Syowa Station, Antarctica

We have developed a procedure for retrieving atmospheric abundances of HFC-23 (CHF₃) with a ground-based Fourier transform infrared spectrometer (FTIR), and analyzed the spectra observed at Rikubetsu, Japan (43.5°N, 143.8°E), and at Syowa Station, Antarctica (69.0°S, 39.6°E). The FTIR retrievals were carried out with the SFIT4 retrieval program. Vertical profiles of H₂O, HDO, and CH₄ are preliminarily retrieved with other independent spectral windows because these profiles may induce large uncertainties in the HFC-23 retrieval. For comparison between FTIR-retrieved HFC-23 total columns and surface dry-air mole fractions provided by AGAGE (Advanced Global Atmospheric Gases Experiment), the FTIR-retrieved HFC-23 dry-air column-averaged mole fractions were calculated. The trend derived from the FTIR-retrieved HFC-23 data at Rikubetsu for December to February (DJF) during the 1997–2010 period is 0.817 ± 0.087 ppt (parts per trillion) year⁻¹, which is in good agreement with the trend derived from the annual global mean datasets of the AGAGE 12-box model for the same period (0.820 ± 0.011 ppt year⁻¹). The trend of the FTIR-retrieved HFC-23 data at Rikubetsu for DJF data over the 2007–2020 period is 0.894 ± 0.099 ppt year⁻¹, which is smaller than the trend in

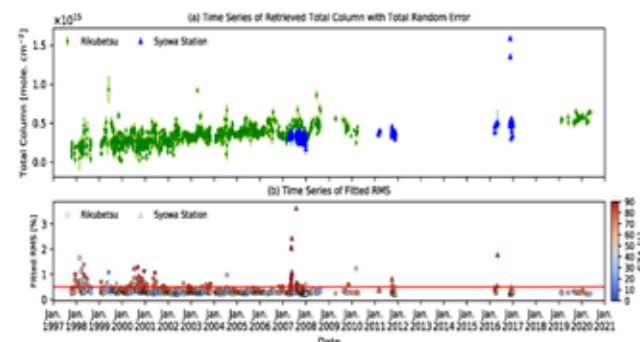


Fig.1 (a) Time-series of the FTIR-retrieved HFC-23 total columns with total random errors at Rikubetsu, Japan and Syowa Station, Antarctica. (b) The fitted RMS errors on individual retrieved total column. The color-coding show the solar zenith angle (SZA) of observations.

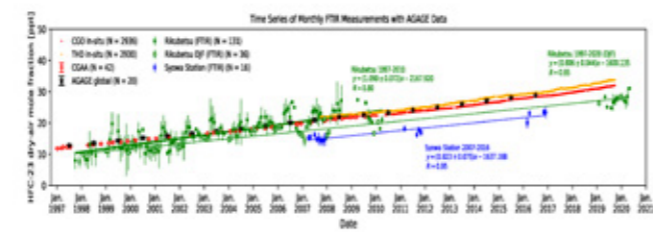


Fig.2 Time-series of the monthly mean FTIR-retrieved HFC-23 mixing ratios at Rikubetsu and Syowa Station, along with the AGAGE in-situ measurements at CGO and THD, and the annual global mean mole fractions and the Cape Grim Air Archive samples, which were reported by Simmonds et al. (2018).



客員教授 中島 英彰
Professor
Hideaki Nakajima

客員教授 町田 敏暢
Professor
Toshinobu Machida

0.984 ± 0.002 ppt year⁻¹ より若干小さな値を示した。昭和基地における 2007～2016 年の FTIR 観測データから得られた HFC-23 の増加トレンドは 0.823 ± 0.075 ppt year⁻¹ を示し、この値は AGAGE の Cape Grim (40.7°S, 144.7°E) における同時期の増加トレンドである 0.874 ± 0.002 ppt year⁻¹ と整合的である。我々の解析により、FTIR 観測データから HFC-23 のトレンド解析が可能となることが世界に先駆けて明らかとなった。なお、本研究成果は欧州地球科学連合発行の Atmospheric Measurement Technique 誌に投稿され、現在査読中である。

タイ・バンコク上空における温室効果ガス鉛直勾配の季節変動

2017 年より東京とタイ・バンコクを結ぶ路線において、日本航空が運航する航空機上で自動大気採取装置 (ASE) を用いて定期的な大気採取を実施している。水平飛行中に 6 本のサンプルを高度 9-13km の上部対流圏で採取し、残りの 6 本はバンコク空港 (BKK) への下降中に採取している (Fig.3)。国立環境研究所において CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, CO, H₂ の各濃度の分析が実施される。

高度 3km における 10km との濃度差として計算される自由対流圏における CO₂ 濃度の鉛直勾配は 6 月に負の値を示す。これはバンコクやその風上地域における夏季の陸上生態系の CO₂ 吸収を反映したものと考えられる。大気中の CH₄ は地上の放出源と大気中の化学反応による吸収源の存在により一般には正の鉛直勾配を持つはずであるが、バンコク上空では 6 月から 11 月にかけて負の勾配が見られる。これは南アジアなどの CH₄ 放出域からの影響を、バンコク上空では高高度ほど強く受けていることを示唆する結果である。大気中の CO は CH₄ と同様に地上に放出源があり大気中の反応で消滅する気体であるが、観測された鉛直勾配がほぼ中立であることから高高度ほど輸送の影響が強いとの仮定が支持される。CO と CH₄ の鉛直勾配は月ごとの変動が極めて良く位置している (Fig.4)。この一致はバンコク域上空における大気微量成分の分布を理解するには大気の長距離輸送を考慮することが極めて重要であることを示唆している。

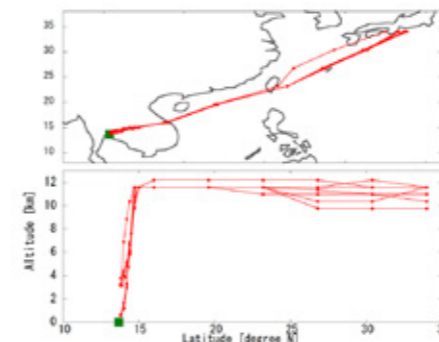


Fig.3 Air sampling points (red circles) on the route between Tokyo and Bangkok. Green square indicates the location of Bangkok airport.

the AGAGE in-situ measurements at Trinidad Head (41.1°N, 124.2°W) for the 2007–2019 period (0.984 ± 0.002 ppt year⁻¹). The trend computed from the HFC-23 datasets at Syowa Station during the 2007–2016 period is 0.823 ± 0.075 ppt year⁻¹, which is consistent with that derived from the AGAGE in-situ measurements at Cape Grim (40.7°S, 144.7°E) for the same period (0.874 ± 0.002 ppt year⁻¹). Although there are systematic biases on the FTIR-retrieved HFC-23 at both sites, these results indicate that ground-based FTIR observations have the capability to monitor the trend of atmospheric HFC-23.

Seasonal variations of vertical gradients in atmospheric greenhouse gases over Bangkok, Thailand

Since 2017, a commercial airliner operated by Japan Airlines on the route from Tokyo to Bangkok, Thailand, using Automatic air Sampling Equipment (ASE), has conducted monthly air sampling. Six samples are collected during the level flight in upper troposphere between 9 and 13 km, and another six are sampled during descent of the aircraft to Bangkok airport (BKK) as shown in Fig. 3. The mixing ratio of CO₂, CH₄, N₂O, SF₆, CO, and H₂ are analyzed in the National Institute for Environmental Studies.

The vertical gradient in the CO₂ mixing ratio in the free troposphere, calculated by subtracting the mixing ratio at 10 km from that at 3 km, shows negative values in June because of the summer CO₂ uptake from the land vegetation around BKK and the upstream area. In spite of the presence of surface source and atmospheric loss through chemical reactions, CH₄ mixing ratio show a negative gradient from June to November. It is suggested that the air in the upper troposphere over BKK is highly influenced by the air mass from strong-emission areas, such as south Asia. The vertical gradients in the CO mixing ratio are rather neutral. As atmospheric CO is also influenced by surface source and chemical sink in the air, a neutral gradient indicates effective air transport in the upper troposphere from an emission area. The seasonal change in the CO gradient is quite similar to that in CH₄ (Fig.4). This similarity strongly suggests that long-range transport is crucial for understanding the vertical distribution of atmospheric trace gases over the BKK area.

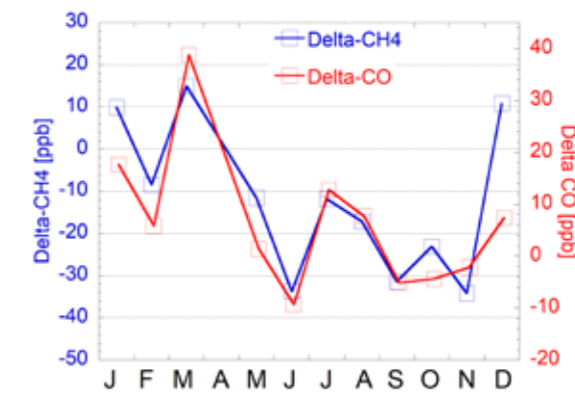


Fig.4 Seasonal variations in vertical gradient of CH₄ and CO over Bangkok.