

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.

FTIR を用いた北海道・陸別、南極昭和基地及びつくば上空におけるフロン・代替フロン類の挙動解明

我々は、1990年代半ばから北海道・陸別町において、また2007、2011、2016年の3年間南極昭和基地において、また1年前からは茨城県つくばにおいて、フーリエ変換赤外分光器 (FTIR) による太陽光を光源にした赤外分光観測を行っている。この観測では、大気中の様々な微量気体成分の量と高度分布を導出することが出来る。我々は今回、モントリオール議定書で排出が規制されたCFCの代替物質であるHCFC-22とHFC-23の変動に着目した解析を行った。NASAジェット推進研究所のG. C. Toon博士が公開している疑似ラインパラメータを用い、SFIT4と呼ばれる解析ツールを用いた解析を行った。FTIRは晴天日に観測を行うことが出来るが、それぞれ観測されたデータの月平均値を求め、1995年から現在までの濃度変化の様子を調べた。Fig.1にHCFC-22の、Fig.2にHFC-23の1995年から現在までの鉛直ラム量変化を示す。緑が陸別の、青が昭和基地の、オレンジがつくばにおける観測値を示す。同じグラフに黒、水色、

Monitoring of chlorofluorocarbons, hydrochlorofluorocarbons, and hydrofluorocarbons over Rikubetsu, Hokkaido; Syowa Station, Antarctica; and Tsukuba, Ibaraki using a Fourier-transform infrared spectrometer

We started taking solar infrared spectroscopic measurements using ground-based Fourier-transform infrared spectrometers (FTIRs) at Rikubetsu, Hokkaido, in 1995. We also conducted FTIR measurements at Syowa Station, Antarctica, in 2007, 2011, and 2016. We began taking FTIR measurements in Tsukuba, Ibaraki in 2018. We have retrieved several atmospheric trace species from the measured spectra. We analyzed the chlorofluorocarbons (CFCs), hydrochlorofluorocarbons (HCFCs), and hydrofluorocarbons (HFCs) from the FTIR spectra using a pseudo-line list that Dr. G. C. Toon of NASA's Jet Propulsion Laboratory prepared using the SFIT4 retrieval tool. We analyzed the monthly averages of the temporal variations in CFCs, HCFCs, and HFCs. Figure 1 shows the monthly temporal variations of HCFC-22 (in total column amounts) at Rikubetsu (green), Syowa Station (blue), and Tsukuba (orange), whereas Figure 2 shows the same variations for HFC-23. These figures also show with continuous data points for independent measurements of these gases from

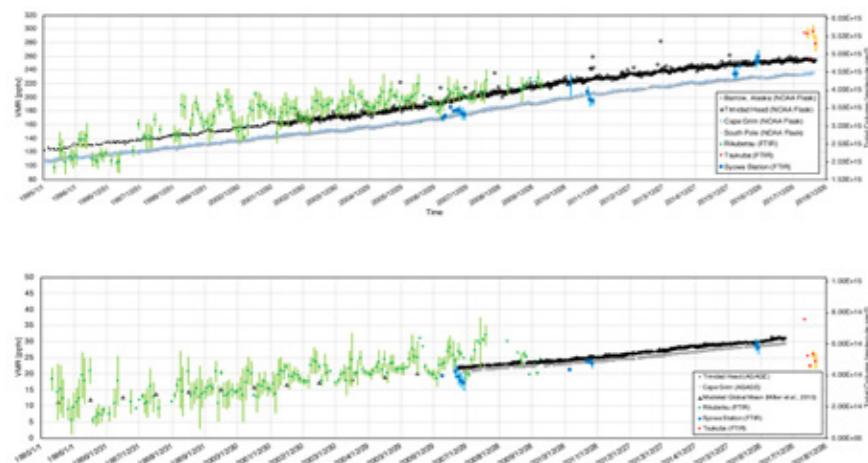
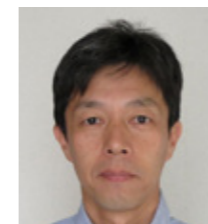


Fig.1 Temporal variation of HCFC-22 measured by FTIRs at Rikubetsu, Syowa Station, and Tsukuba together with ground-based air monitoring data since 1995.

Fig.2 Same as Fig. 1 but for HFC-23.



客員教授 中島 英彰
Professor
Hideaki Nakajima



客員教授 町田 敏暢
Professor
Toshinobu Machida

灰色の連続値としてプロットしてあるのは、世界各地のバックグラウンド大気観測施設において、ガスクロマトグラフィー質量分析計によって解析された同じガスの地表濃度である。

両方のガスともに、1995年から最近にかけて増加傾向が見取れ、FTIRによる観測値は地上の観測値と良く一致している。また、HFC-23に関しては地上観測が開始される前に遡ってFTIRによる解析が出来ていることが示されている。今後他のHCFCやHFCにも解析対象を拡張していく予定である。

アジア太平洋域上空におけるCO₂濃度の三次元構造

日本航空の旅客機を利用した温室効果ガス観測プロジェクト (CONTRAIL プロジェクト) で取得された10年間にわたる大量の観測データを解析することによって、これまでは断片的にしかり理解されていなかったアジア太平洋地域における大気中CO₂濃度の分布の三次元構造とその季節変動を捉えた。アジア太平洋地域特有のCO₂濃度の分布には、シベリア域の森林によるCO₂の吸収やアジアの化石燃料起源の排出の影響とともに、夏季のアジアモンスーンに伴う大気輸送が重要な役割を果たしていることが明らかになった。

Fig.3 (左) は航空機の上昇・下降中に得られた鉛直分布と高度10km付近の水平飛行中に得られた水平分布から作られた8月におけるCO₂濃度の三次元構造である。底面は8月の地表からのCO₂放出・吸収の強度を表している。8月にインド周辺の光合成活動の影響を受けた低いCO₂濃度を伴った空気塊は、モンスーン循環によって地上付近から上部対流圏に輸送され、モンスーン高気圧の渦の中に隔離されていることがわかる。Fig.3 (右) に示されるように9月になるとモンスーン高気圧の活動が弱まり、低濃度のCO₂が東アジアや太平洋域に流出する現象も明確に捉えられている。

参考情報：国立環境研究所報道発表
<http://www.nies.go.jp/whatsnew/20181106/20181106.html>
参考文献：Umezawa, T. et al. (2018), Atmos. Chem. Phys. doi: 10.5194/acp-18-14851-2018.

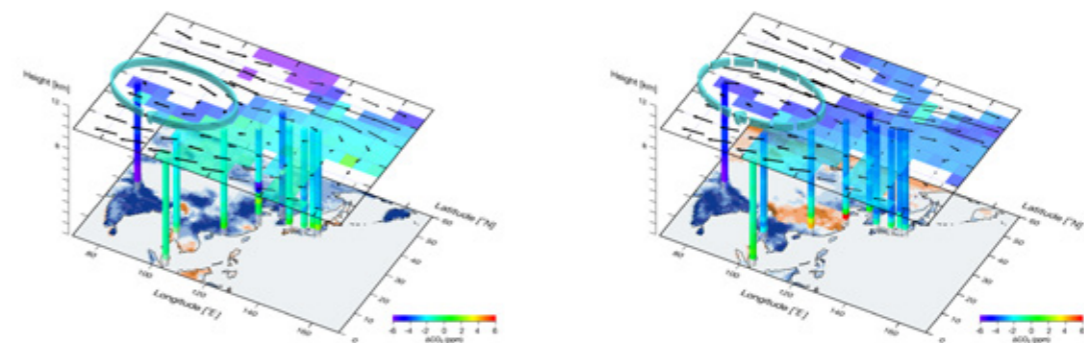


Fig.3 3D-distributions of CO₂ over Asia Pacific in August (left) and September (right). The upper panels show CO₂ distributions and wind vectors at around 10 km altitude. The lower panels indicate CO₂ emissions (red) and uptakes (blue) by the terrestrial biosphere. Vertical pillars are vertical distributions of CO₂ over the airports.

ground-based background atmospheric monitoring stations in Barrow, USA; Trinidad Head, USA; Cape Grim, Australia; and the South Pole, Antarctica. There is good agreement between the FTIR measurements and the ground-based air monitoring data. Figure 2 also shows the FTIR data from the time period before the air monitoring data were available. In the future, we plan to extend our analysis to include other HCFCs and HFCs.

Three-dimensional distribution of atmospheric CO₂ over the Asia-Pacific region

We have used ten years of measurements taken from commercial airliners (as part of the CONTRAIL (Comprehensive Observation Network for Trace gases by Airliner) Project) to uniquely reveal both the three-dimensional distribution of atmospheric CO₂ over the Asia-Pacific region and the seasonality of that distribution. Asia receives only sparse monitoring for atmospheric CO₂, despite the region's growing importance to the global carbon cycle.

The CONTRAIL data revealed clear seasonal pattern in CO₂ distribution over Asia that varies with latitude, longitude, and altitude. In particular, we observed a distinct depletion of CO₂ concentration over South Asia to Southeast Asia in August to September (Fig. 3). The low-CO₂ area was confined to the Asian summer monsoon anticyclone—persistent anticyclonic circulation in the upper layers of the atmosphere (above 10 km altitude) associated with the seasonally varying monsoon regime—and to be imprinted by strong CO₂ uptake by vegetation in South Asia. The Asian summer monsoon efficiently conveys signals from South Asian ground vegetation upward, and it propagates eventually out to the Pacific Ocean after being trapped within the anticyclone. Seasonal evolutions of CO₂ uptake in South Asia and the dynamic development and decay of Asian summer monsoon anticyclone have a remarkable impact on the distribution of atmospheric CO₂ over Asia and to the Pacific.

Reference: Umezawa, T. et al. (2018), Atmos. Chem. Phys. doi: 10.5194/acp-18-14851-2018.