

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・海洋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 carbon budgets on land and in the ocean. 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

太平洋上の上部対流圏におけるメタン濃度の空間分布

大気中で二酸化炭素に次ぐ放射強制力を有するメタンの濃度について、昨年度は太平洋上の上部対流圏における時間変動に着目して解析を行ったが、今年度は空間分布の解析結果を紹介する。観測は民間航空機を利用した計画 (CONTRAIL プロジェクト) により実施されたもので、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メタン濃度を得ている。

今回の解析に使用したサンプルの採取位置を Fig.1 に示す。東京とオーストラリアのシドニー (SYD) および、東京とタイのバンコク (BKK) を結ぶ路線上の水平飛行時に採取を行っている。Fig.1 の航路上で観測された上部対流圏におけるメタン濃度の緯度分布を Fig. 2 に示す。SYD 路線で観測されたメタン濃度には北半球で高濃度になる明瞭な緯度勾配が見られる。メタン濃度は地表付近の大気においては発生源の強度を反映して北半球で高いことが知られているが、上部対流圏においても同様に勾配が確認できた。しかしながら南北の濃度差は地表面に比べると明らかに小さくなっている。さらに南北の濃度勾配は北半球の冬季 (11-4 月) に比べると夏季 (5-10 月) のほうが大きくなっている。これは、夏季には北半球中緯度にお



Fig. 1 Locations of air sampling on the routes between Tokyo and Sydney (SYD), Australia, and Tokyo and Bangkok (BKK), Thailand.

Spatial distributions of atmospheric methane mixing ratio in upper troposphere over the Pacific

Atmospheric methane shows the second-strongest radiative forcing in greenhouse gases. Last year, we showed the time series of methane in the upper troposphere over the Pacific. In this article, spatial distributions of methane in the upper troposphere observed by the CONTRAIL project are demonstrated. Methane observations are conducted by sampling the air using automatic air sampling equipment (ASE) or manual air sampling equipment (MSE) followed by laboratory analysis.

Sampling locations used in this study are shown in Fig. 1. We got air samples during the level flight from Sydney (SYD), Australia to Tokyo, as well as from Tokyo to Bangkok (BKK), Thailand. The latitudinal distributions of methane in upper troposphere are shown in Fig. 2. The methane mixing ratio observed on the SYD route shows a clear latitudinal gradient with higher values in the Northern Hemisphere. It is known that methane mixing ratios are higher in the Northern Hemisphere near the surface, reflecting the strength of its sources, and a similar gradient was confirmed in the upper troposphere. However, the north-south difference is clearly smaller than that at the surface. Furthermore, the north-south gradient is larger in the boreal summer

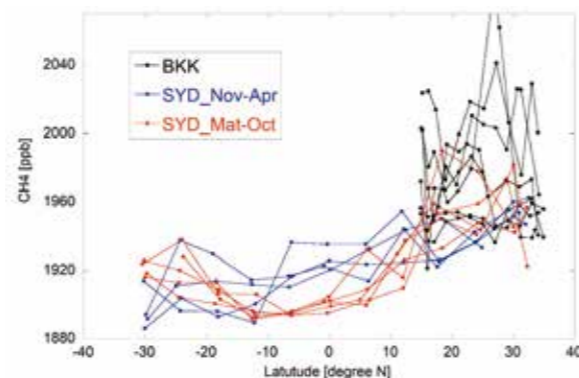
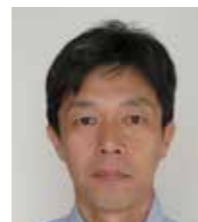


Fig. 2 Latitudinal distributions of methane mixing ratio in the upper troposphere observed in the boreal summer on the SYD route (red), in the boreal winter on the SYD route (blue) and on the BKK route (black).



客員教授 町田 敏暢
Professor
Toshinobu Machida



客員教授 中岡 慎一郎
Professor
Shin-ichiro Nakaoka

る高いメタン発生量を反映した高濃度と熱帯収束帯の北上に伴って赤道付近が南半球の影響を受けることによって低濃度になることに起因している。また、BKK 路線で観測されたメタン濃度は SYD 線での観測に比べて全体的に高い値を示している。これは、メタン濃度は上部対流圏においても経度方向の明らかな勾配が存在しており、大陸上で発生したメタンが速やかに上部対流圏に輸送されるメカニズムが存在することを示している。

太平洋における大気ポテンシャル酸素の季節変化観測と秋季の海洋酸素放出

本研究では、1990 年代後半から日本とオセアニア域、北米域、東南アジア域間を航行する協力商船と日本の 3 つの地上局での観測データを基に、酸素 (O₂) と二酸化炭素 (CO₂) の大気海洋間ガス交換のトレーサーである大気ポテンシャル酸素 (APO, O₂ + 1.1 × CO₂) の季節変化を調べた。さらに大気輸送モデルによるシミュレーションを行い、気候学的な海洋 O₂ フラックス情報を基に APO の空間分布と季節変化を解析した。Fig. 3 に北緯 55 度、東経 175 度の APO の季節変化を示す。シミュレーション結果は観測された APO の季節サイクルを概ね再現したが、観測よりも振幅が大きく季節的な極小・極大の発生時期が早かった。さらに、観測された季節変化は、特に北緯 20 度から 60 度の北太平洋において、秋から初冬にシミュレーションよりも APO が増加した。この増加は、APO のピーク間振幅と季節的な位相のシミュレーション結果を観測値に合わせて精緻に比較しても見られたことから、モデルへの入力として用いられた大気-海洋 O₂ フラックスが考慮していないメカニズムによる O₂ 放出が示唆された。また北緯 40 ~ 60 度における秋季の平均 APO 増加量は、北緯 20 ~ 40 度の約 2 倍であったことから (Fig. 4)、これまで考慮されてこなかった 2 つのメカニズム、すなわち秋季における低緯度域での亜表層 O₂ 濃度極大からのガス放出と高緯度域での植物プランクトンブルーム、が海洋 O₂ 放出に寄与している可能性を示した。

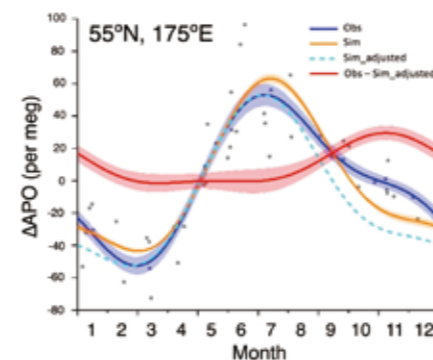


Fig. 3 Seasonal variation of APO at 55°N, 175°E. Grey circles show observed results plotted from January of each sampling year. The lines represent seasonal variations based on observations (blue), variations based on simulations (orange), variations where the simulation results have been modified to match the observations (light blue), and the difference between the observed seasonal variations and the modified simulation results (red).

(May-October) than in the winter (November-April). This is due to (1) the higher mixing ratios in summer that reflect the higher methane emissions in the mid-northern latitudes and (2) the low concentration near the equator due to the influence of the southern air as the ITCZ moves northward. In addition, the methane mixing ratios observed on the BKK route are generally higher than those observed on the SYD route. This indicates that there is a clear longitudinal gradient in methane in the upper troposphere, and that there is a mechanism by which methane released on the continents is rapidly transported to the upper troposphere.

Observation of seasonal changes in atmospheric potential oxygen and oceanic oxygen emissions during autumn in the Pacific Ocean

In this study, assessing a tracer of air-sea gas exchanges of O₂ and CO₂, as well as atmospheric potential oxygen (APO, O₂ + 1.1 × CO₂), seasonal changes were investigated based on data from commercial ships sailing between Japan and the Oceania, North America, and South-East Asia regions since the late 1990s and observations from three Japanese ground stations. In addition, simulation with an atmospheric transport model was implemented to analyze the spatial distribution and seasonal variation in APO based on climatological ocean O₂ flux. Fig. 3 shows the seasonal change in APO at 55°N and 175°E. The simulation results generally reproduced the observed seasonal cycle of APO, but with larger amplitudes and earlier onset of seasonal minima and maxima than observed. Furthermore, the observed seasonal changes showed a greater increase in APO than simulated from autumn to early winter, particularly in the North Pacific between 20°N and 60°N. This increase was seen even when the simulated peak-to-peak amplitude and seasonal phase of APO were elaborated to match the observations, suggesting O₂ emissions through mechanisms not accounted for by the air-sea O₂ fluxes used as inputs to the model. The mean autumn APO increase at 40-60°N was about twice that at 20-40°N (Fig. 4), suggesting that two mechanisms not previously considered—gas release from the sub-surface O₂ concentration maxima at low latitudes and phytoplankton blooms at high latitudes during the autumn—may contribute to oceanic O₂ emissions.

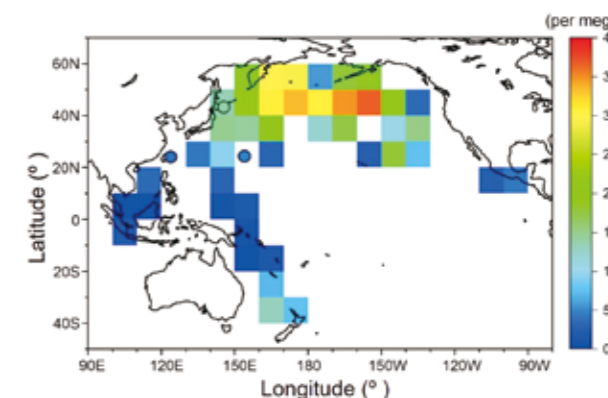


Fig. 4 Distribution of apparent autumn peak heights in the difference between observed APO seasonal variations and the adjusted simulation results (red curve in Fig. 1) at 41 10° x 10° grids and three ground stations.