

赤道半年周期振動が中高緯度に与える影響と半球間の違いについて Interhemispheric differences in the roles of SAO in mid- and high latitudes

岡本 功太^{1*}, 佐藤 薫¹
Kota Okamoto^{1*}, Kaoru Sato¹

¹ 東大院理

¹The University of Tokyo

Previous studies showed the existence of the climatological upwelling in the subtropical stratopause region. It is known that the seasonal variation in the subtropical upwelling is closely related to the equatorial semiannual oscillation (SAO). The SAO and the residual circulation in the middle atmosphere are driven by atmospheric waves such as planetary waves and gravity waves. This study shows a dynamical link between the SAO and the subtropical upwelling in the austral and boreal winter from statistical analysis using a reanalysis (MERRA) data. All years (1979-2010) are divided into two groups, strong SAO years and weak SAO years, defined by the zonal wind at the equatorial stratopause. For the austral winter (July), the composite analysis shows the strong connection between the interannual variability of the SAO, the subtropical upwelling, and the planetary wave activity at lower stratosphere. Since interannual variations of the SAO and planetary wave activity affect the subtropical momentum deposition in the mesosphere, the variation in the upwelling is controlled by the SAO and planetary wave activity. In contrast, the planetary wave activity is not correlated to the subtropical upwelling for the boreal winter (January), although the SAO and the upwelling are negatively correlated. The interhemispheric difference is attributable to the difference in the property of the planetary wave. Transient planetary waves are dominant for the austral winter, while stationary component is dominant for the boreal winter.

キーワード: 赤道半年周期振動, 残差循環, プラネタリー波

Keywords: equatorial semiannual oscillation, residual circulation, planetary waves

AIRS 高解像度温度データを用いた南半球冬季の成層圏における重力波の伝搬特性の解析

Propagation characteristics of gravity waves in the austral winter using the AIRS high resolution data

土屋 主税^{1*}, 佐藤 薫¹, M. Joan Alexander², Lars Hoffmann³

Chikara Tsuchiya^{1*}, SATO, Kaoru¹, ALEXANDER, M. Joan², HOFFMANN, Lars³

¹ 東京大学大学院理学系研究科, ² ノースウエスト研究所, ³ ユーリヒ総合研究機構

¹ Graduate School of Science, the University of Tokyo, ² NorthWest Research Associates, ³ Forschungszentrum Julich

Aqua 衛星に搭載された赤外測器 Atmospheric Infrared Sounder (AIRS) は、天底で 13.5 km の水平分解能を持ち、鉛直波長が長く水平波長が短い重力波を解像できる。AIRS データを用いた山岳や対流起源の振幅の大きな重力波イベント (Eckermann et al., 2007; Grimsdell et al., 2010) は研究されているものの、ジェット・前線システム起源の重力波はこれまで解析されていない。これを解析するため、本研究では南半球の冬季に着目した。この領域には、南北伝播した山岳波 (Sato et al., 2009) や切り立った島の山岳波 (Alexander et al., 2009) も現れると考えられる。従来の重力波パラメタリゼーションで考慮されていないこれらの重力波による運動量輸送は、極渦の強さや季節進行の再現性の向上に本質的な役割を果たすと考えられている (McLandress et al., 2011)。

2004 年 6~8 月の AIRS 高解像度温度データ (Hoffmann and Alexander, 2009) に、波の水平構造抽出手法を適用した。解像される重力波の鉛直波長は約 20 km より長いため、まず、高度 30~48 km の温度擾乱を平均し、ノイズを減少させた。次に、軌道直交方向 (軌道方向) のデータ列に、一次元ウェーブレット変換の一種である S 変換を適用し、軌道直交方向 (軌道方向) となす角が 45° 以内の波の振幅と水平波長、波の向きを求めた。最後に、ノイズに由来すると考えられるデータを取り除いた。また、対流圏下層の前線の存在を診断するために、再解析データ MERRA を用いて 600 hPa の前線形成関数を計算した。

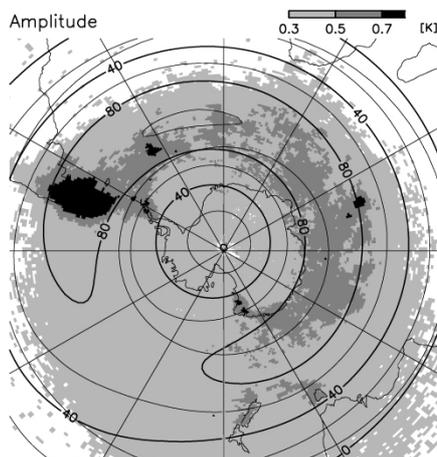
解析期間で平均した重力波イベントの振幅を図に示す。アンデス・南極半島域や南大洋の島々周辺のほか、海洋上にも振幅の大きな領域がみられた。前線形成関数からは、振幅 0.5 K 以上のイベントのうち約三分の二の地点に前線が存在することがわかった。このことから、観測された重力波の励起メカニズムにとってジェット・前線システムが重要であると考えられる。

西風中のイベント格子数を波数ベクトルの向きと 30 hPa における西風の緯度勾配の符号で場合分けした。勾配が負の領域では南向きの波数ベクトルをもつ波が支配的であり、反対に正の領域では、南向きに比べ北向きの波が僅かに多いことがわかった。これは、位相が南北を向く山岳波が、背景東西風シアにより、ジェットの強風軸に向かうような南北波数を持つこと (Sato et al., 2009) と整合的である。

今後、南大洋の島々周辺のイベントと他の領域のイベントの重要性を、運動量輸送の観点で定量的に評価したい。また、南半球冬季の重力波の励起源を明らかにするため、対流圏界面ジェットや低気圧の発達と観測された重力波との関係を調べる予定である。

キーワード: 成層圏, 重力波, ジェット・前線システム, 衛星データ, S 変換

Keywords: stratosphere, gravity waves, jet-front system, satellite data, S-Transform



成層圏突然昇温時における中間圏での大循環変動 Circulation changes in the mesosphere during stratospheric sudden warming events

飯田千尋¹, 廣岡 俊彦^{2*}, 江口菜穂³
IIDA, Chihiro¹, Toshihiko Hirooka^{2*}, EGUCHI, Nawo³

¹九州大学大学院理学府, ²九州大学大学院理学研究院, ³九州大学応用力学研究所

¹Graduate School of Science, Kyushu University, ²Faculty of Science, Kyushu University, ³Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

近年の衛星観測に基づき、2009年1月に生じた成層圏突然昇温に伴う西風から東風への変動が、上部成層圏よりも中間圏で先行して生じていることが報告されている (Manney et al. 2009)。このような現象は成層圏 - 中間圏の力学的結合の存在を示唆するものであるが、その完全な理解のためには、中間圏界面域にまで及ぶ大気領域全体に対する、突然昇温時の詳細な力学的解析の蓄積が必要である。そこで本研究では、2004年以降の成層圏突然昇温の事例に対して、Aura MLS による衛星観測データに基づき、気温場、風系場の力学的解析を行った。その結果、上記のような先行する中間圏での東風は、常に観測されるわけではないことが明らかとなった。先行する東風の出現には、中間圏内部で生成されるか、もしくは屈折することにより中間圏に到達し、そこでの東風加速を引き起こす大規模波動の存在が必要であり、突然昇温の直前に生じる中間圏での平均風系変動の結果、それらの大規模波動の活動度が高まるものと考えられる。

キーワード: 成層圏突然昇温, 中間圏循環, MLS データ

Keywords: stratospheric sudden warming, mesospheric circulation, MLS data

成層圏オゾン減少に伴う対流圏循環の変化における eddy の役割について A role of eddy on the tropospheric circulation trend corresponding to the stratospheric ozone reduction in boreal summer

中村 哲^{1*}, 山崎 孝治², 秋吉 英治³

Tetsu Nakamura^{1*}, Koji Yamazaki², Hideharu Akiyoshi³

¹ 国立極地研究所, ² 北海道大学, ³ 国立環境研究所

¹National Institute of Polar Research, ²Hokkaido Univ., ³National Institute for Environmental Studies

The tropospheric responses to changes in the stratospheric ozone radiative heating are examined by assessing influences of long-term trends in the stratospheric ozone on the troposphere. A linear trend analysis was applied to five reanalysis data sets and five chemistry climate models (CCMs) for boreal summer (June-July-August) in ozone depleting period (1981-2000). Sensitivity simulations of depleting ozone using CCMs show poleward shifts of the subtropical jet and expansion of the Hadley cell as well as reanalyses show. Anomalous radiative heating associated with the decrease of the ozone induces the negative potential vorticity (PV) anomalies near tropopause. Steady responses to the ozone radiative heating anomalies evaluated by the PV inversion technique show the poleward shift of the subtropical jet but have small amplitudes in the lower to middle troposphere. Eddy feedback associated with changes in the basic state due to PV anomalies is examined by idealized experiment using dry general circulation model (GCM). In the upper troposphere, wave forcing accelerates the zonal wind north of the jet and decelerates south of the jet. Then, the deceleration forcing south of the jet drives anomalous residual mean circulation in the lower latitudes corresponding to the expansion of the Hadley cell in the middle troposphere. The Coriolis force associated with the anomalous residual mean circulation expand the zonal wind anomalies around the jet from the upper troposphere to the lower troposphere. The results suggest an important role of the stratospheric ozone on the tropospheric climate changes via modifying the eddy activity in the troposphere.

キーワード: 成層圏オゾン, 化学気候モデル, 長期変化

Keywords: stratospheric ozone, chemistry climate model, long-term trend

赤道準2年振動と赤道域上昇流の長期トレンド Long-term trend in the stratospheric quasibiennial oscillation and tropical mean upwelling

河谷 芳雄^{1*}, ケビン・ハミルトン²
Yoshio Kawatani^{1*}, Kevin Hamilton²

¹ 独立行政法人海洋研究開発機構, ² ハワイ大学国際太平洋研究センター
¹JAMSTEC, ²IPRC Univ. Hawaii

The zonal-mean zonal circulation in the tropical stratosphere is dominated by the quasibiennial oscillation (QBO) between prevailing easterlies and westerlies with periods of about 28 months. The vertical structure of the QBO in the lowermost stratosphere is linked to the mean upwelling there, which itself is a key factor in determining stratospheric composition. We report on an analysis of near-equatorial radiosonde observations for 1953-2012 and reveal a previously unknown long-term trend of weakening amplitude in the QBO of zonal flow in the tropical lower stratosphere. The trend is particularly notable at 70 hPa (~19 km), where amplitudes dropped by roughly 1/3 over the period. This trend is also apparent in the global warming simulations of the four models in the Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) that realistically simulate the QBO. This effect is most reasonably explained as resulting from a trend of increased mean tropical upwelling in the lower stratosphere. Almost all comprehensive climate models have projected an intensifying tropical upwelling in global warming scenarios, but attempts to estimate changes in the upwelling by using observational data have yielded ambiguous, inconclusive, and/or contradictory results. Discovery of a significant trend in the lower stratosphere QBO amplitude provides strong support for the existence of a long-term trend of enhanced upwelling near the tropical tropopause and this trend can be considered a subtle, but robust, indicator of the response of the climate system to anthropogenic forcing over recent decades.

キーワード: 赤道準2年振動, 残差循環
Keywords: QBO, Brewer-Dobson circulation

温帯低気圧に伴う重力波とその対流圏界面逆転層形成における役割 Gravity waves associated with an extratropical cyclone and possible role in the formation of tropopause inversion layer

大塚 成徳¹, 余田 成男^{2*}
Shigenori Otsuka¹, Shigeo Yoden^{2*}

¹ 独立行政法人理化学研究所計算科学研究機構, ² 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻
¹RIKEN Advanced Institute for Computational Science, ²Division of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science,
Kyoto University

We perform a numerical simulation on the generation of gravity waves associated with an extratropical cyclone and investigate its possible role in the formation of tropopause inversion layer (TIL), which is a persistent layer with high static stability (Birner, 2002). We use a JMA regional non-hydrostatic model (NHM), which has 200 layers in the vertical from the surface to 25 km in altitude, and the horizontal domain is 4140 km x 4000 km around Japan with a horizontal resolution of 20 km. The time integration period is 72 hours from 19th to 22nd in February, 2009, during which a typical explosive cyclogenesis was observed. For the initial and boundary conditions, we use NCEP FNL.

An arc-shaped wave packet propagating northward from a jet streak associated with the extratropical cyclone is identified during its developing stage, and the wave packet satisfies the dispersion relation of inertia-gravity wave with a period of about 300 minutes. Histograms of N^2 at the TIL classified by d^2w/dz^2 and dw/dz at the TIL show that enhancement of d^2w/dz^2 by vertically-propagating gravity waves have a significant impact on the strength of the TIL. The effect of gravity waves on the TIL is clearer in the regions where relative vorticity at the tropopause is negative. This result implies that gravity waves may have an important role in making the negative correlation between the strength of the TIL and relative vorticity at the tropopause.

キーワード: 重力波, 温帯低気圧, 対流圏界面, 逆転層, 数値シミュレーション
Keywords: gravity waves, extratropical cyclone, tropopause, inversion layer, numerical simulation

温室効果の増加およびオゾン層の破壊と回復がブリューワー・ドブソン循環に与える影響

Impacts of increase in greenhouse gases and ozone depletion and recovery on the Brewer-Dobson circulation

出牛 真^{1*}, 柴田 清孝¹

Makoto Deushi^{1*}, Kiyotaka Shibata¹

¹ 気象研究所

¹ Meteorological Research Institute

気象研究所化学気候モデル (MRI-CCM) によって行われた長期シミュレーション結果を用いて、現在と将来における成層圏の物質輸送特性の変動を解析した。まず、温室効果ガスおよびオゾン破壊物質が共に時間変化するシナリオに基づいて外部強制を与えたシミュレーション実験を、参照実験として1960~2100年の期間行った。さらに、温室効果ガスあるいはオゾン破壊物質のどちらか一方の外部強制を1960年の値に固定した2つの感度実験を同期間について行った。これら2つの感度実験と参照実験から得られたシミュレーション結果を比較することで、温室効果ガスおよびオゾン破壊物質の外部強制がそれぞれ成層圏の物質輸送特性に与える影響を分離した。

21世紀後半においては温室効果ガスの増加が成層圏残差子午面循環の強化をもたらすと同時に、中緯度における水平渦輸送の増大をもたらした。この水平渦輸送の増加は、特に北半球中緯度において顕著であった。一方、南半球高緯度域においてオゾン破壊が顕著となる21世紀初頭においては、年平均残差子午面循環と一酸化二窒素の平均子午面輸送が、南極域上空の下部成層圏で強化されるとともに南半球域の上部成層圏においても有意な強化がみられた。

キーワード: 気候変動予測, 成層圏物質輸送, 化学気候モデル

Keywords: climate projections, stratospheric transport, chemistry-climate model

Biak 上空の成層圏・TTLのエアロゾル揮発特性と組成 Volatility and composition of aerosol in tropical stratosphere and TTL

林 政彦^{1*}, 柴田 隆², 原 圭一郎¹

Masahiko Hayashi^{1*}, Takashi Shibata², Keiichiro Hara¹

¹ 福岡大学理学部, ² 名古屋大学大学院

¹ Faculty of Science, Fukuoka Univ., ² Graduate school of Nagoya Univ.

1. はじめに

大気は地球規模で循環し、それに伴いオゾン、水蒸気、メタンなどの様々な微量成分も輸送される。対流圏から成層圏への大気の流入は、極めて低温の熱帯対流圏界面層 (TTL: 高度約 14 から 19km) を通して行われると考えられている。このため、大半の水蒸気は TTL 内で凝結して雲を形成し、大気の流れから脱落し (脱水)、大気は極めて乾燥した状態 (約 2ppm) で成層圏に流入する。一方で、TTL における巻雲の形成はしばしば、非常に高い過飽和度 (相対湿度が約 150%) で起こることが報告されており、エアロゾルの組成とその氷晶核機能についての理解が、TTL における脱水過程を理解する上でも重要な課題となっている。そこで、西太平洋領域における成層圏・TTL のエアロゾル粒径分布と組成に関する知見を得るため、2011, 12, 13 年 1 月に、インドネシア、Biak 島にて気球観測を実施した。

2. 観測

本研究では、エアロゾル組成を揮発特性により推定することとし、エアロゾルの粒径分布と非揮発性粒子の粒径分布を得るために、大気を非加熱状態で直接計測する光散乱粒子計数装置 (OPC) とサーモデューダーを接続した OPC を同時飛揚させた。OPC の計測直径は $D_p > 0.3, > 0.4, > 0.5, > 0.66, > 0.8, > 1.2, > 2.0, > 3.4, > 7.0, > 11.4 \mu\text{m}$ (屈折率 $m=1.4-0i$ 光学的等価粒径)、サンプリング流量は 3.0 L/min である。サーモデューダーはステンレス管 (内径 5 mm あるいは 8mm、長さ 70 cm) を加熱部長 50 cm (全長 60cm) のマントルヒータ (DC24 V, 50 W) で、100~300 °C で 50 刻みに加熱した。実験に先立ち、室内実験により、1 気圧下でテスト粒子の 100~300 nm における揮発試験を行い、上空における揮発温度は、硫酸 100 °C、硫酸アンモニウム・硫酸水素アンモニウム 150~200 °C、海塩 300 °C 以上と推定された。

この観測装置をインドネシア Biak 島のインドネシア航空宇宙庁 (LAPAN) 観測所 (1°10' S, 133°6' E) より、2011 年 1/10 (加熱温度: 200 °C)、2012 年 1/10 (200 °C)、1/11 (150 °C)、1/12 (100 °C)、2012 年 1/9 (200 °C)、1/10 (300 °C)、1/11 (250 °C) に放球した。

3. 結果と結論

a) 火山性エアロゾル

2011 年には、cold point tropopause の直下の 18km 付近に数万個/g の混合比 ($0.3 \mu\text{m}$) の大粒子濃度のピークとその下部に 1?m 前後の不揮発性粒子がみられた。これらは、2010 年 11 月の Merapi 火山の噴火によるものと推定される。2012 年には 3 回の観測を通して cold point tropopause の上の約 20km に同様のピークを持つ層が見られた。これらの増大層のサブミクロンのエアロゾルはいずれも揮発性は高く、2011 年 6 月の Nabro 火山噴火起源の硫酸エアロゾルと推定された。2012 年に見られた増大層は、別の火山噴火による可能性が高い。

b) TTL・成層圏エアロゾル中の揮発性成分と不揮発性成分

TTL 内のエアロゾルの主成分は、部分的に中和された硫酸あるいは硫酸と硫酸アンモニウムの外部混合エアロゾルと推定され、不揮発性成分がわずかに ($0.3 \mu\text{m}$ 以上の粒子数濃度で 5% 程度) 含まれていた。不揮発性成分は、積乱雲活動に伴う雲層内で他と比べて多かった。また、成層圏のエアロゾルは硫酸が主成分と推定された。また、TTL よりもやや低い割合で不揮発性粒子が存在していた。

以上の結果から、火山性の不揮発性粒子がない場合でも、積乱雲により TTL 内へ不揮発性微小粒子が供給され、これが、成層圏へ輸送されていることが推定された。これらの不揮発性粒子数濃度は、TTL で観測される巻雲の粒子数濃度と同程度であり、巻雲の氷晶核として機能している可能性がある。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金 (課題番号: 22241004) により実施された。また、Biak 島における観測にあたっては、北海道大学 長谷部文雄教授、杉立卓治氏、明星電気 清水健作博士、東北大学 稲飯洋一博士、名古屋大学 櫻井万裕子氏ならびに LAPAN 観測所の研究員の方々に協力していただいた。ここに感謝の意を表す。

キーワード: 熱帯圏界面層, エアロゾル, 揮発特性, 巻雲

Keywords: Tropical Tropopause Layer, aerosol, volatility, cirrus

HYVIS で観測された熱帯圏界面層の巻雲粒子 Cirrus cloud particles in the tropical tropopause layer observed by HYVIS

櫻井 万祐子^{1*}, 柴田 隆¹, 清水健作², 杉立卓治³, KOMALA, Ninong⁴

Mayuko Sakurai^{1*}, Takashi Shibata¹, SHIMIZU, Kensaku², SUGIDACHI, Takuji³, KOMALA, Ninong⁴

¹名古屋大学, ²明星電気, ³北海道大学, ⁴LAPAN

¹Nagoya University, ²Meisei Electric Co., Ltd., ³Hokkaido University, ⁴LAPAN

下部成層圏の水蒸気量は海面温度や成層圏でのオゾン消滅反応に影響する。下部成層圏の水蒸気の供給源としては、ブリューワー・ドブソン循環による対流圏から成層圏への輸送と成層圏でのメタンの酸化があるが、下部成層圏では対流圏からの輸送による効果が支配的である。

対流圏から成層圏へ輸送される空気は、熱帯圏界面層 (Tropical Tropopause Layer; TTL) を通過する。TTL は大気中最も低温な領域であり、巻雲が頻繁に生成されて、通過する空気は脱水される。従って巻雲の生成は下部成層圏の水蒸気量を左右する。さらに、巻雲自体、地球の放射収支に影響を与える。巻雲粒子の個数濃度や形態は雲の微物理特性や放射収支に関する基本的な情報である。

本研究は、雲粒子ゾンデ (HYdrometeor VideoSonde; HYVIS、明星電気製) を用いた観測により巻雲の微物理特性を明らかにすることを目的としている。気球搭載 HYVIS は雲粒子を等時間間隔で新たな透明フィルム上に捕獲、ビデオカメラでフィルム背面から撮影し、その画像を地上に電波伝送して、気球上昇に伴う雲粒子の形状と個数の刻々の変化を測定する装置である。今回用いた HYVIS は外気を強制吸引するタイプであるが、画像の実面積と吸引速度からサンプリングした空気の体積を求め、各高度の雲粒子個数密度を見積もることが可能である。

観測は 2013 年 1 月 5 - 14 日にインドネシアのビアク (南緯 1.17 度, 東経 136.06 度) にて SOWER 観測キャンペーンの一環として行った。キャンペーンでは HYVIS のほか、ライダーによる雲の高度分布の連続観測、気球搭載露点湿度計 (CFH)、光学粒子計数計 (OPC) や ECC オゾンゾンデなど多種類の観測も同期間実施した。

HYVIS は 1 月 7, 8, 9 日にそれぞれ 1 機ずつ、合計 3 機放球された。雲粒子補足用透明フィルムの長さから決まる撮影可能時間は 75 分間で、この時間内に HYVIS は成層圏へ到達する。

1 月 9 日 18:46LT に放球した観測結果では、巻雲粒子径は、より下層や中緯度で頻繁に見られる粒子に比べて非常に小さく、個数密度も小さい。ほとんどの粒子の直径は 6~20 ミクロンの範囲にあった。流量から見積もった雲粒子の個数密度は $10^{[4]-2} \times 10^{[5]}/m^{[3]}$ であった。雲粒子の多くが球形に近く、稀に柱状、針状、板状の粒子が捕捉された。粒径が 40 ミクロンを超える大きな氷粒子は見られなかった。

9 日の HYVIS 観測の際同時に観測していたライダー測定は、放球直後より、雲濃度の増加によって測定範囲が雲頂高度に達していないが、放球直前までの約 10 時間は雲頂高度がほぼ一定の 17.5km であった。HYVIS ではこの高度を超えて 19km 以上の高度でも雲粒子が続けて測定されている。ライダー観測によれば、観測時高度 8km から 17.5km にかけて比較的高濃度の巻雲が存在していた。このため、この高濃度巻雲層を通過することにより、その後、気球やペイロードを吊るすロープなどからのコンタミネーションが生じた可能性がある。

気候監視のためのラジオゾンデ用鏡面冷却式露点計の開発 Development of a balloon-borne chilled-mirror hygrometer for climate monitoring

杉立 卓治^{1*}, 藤原 正智¹, 清水建作², 井端一雅³, 金井良之³
Takuji Sugidachi^{1*}, Masatomo Fujiwara¹, SHIMIZU, Kensaku², IBATA, Kazumasa³, KANAI, Yoshiyuki³

¹ 北海道大学環境科学院, ² 明星電気株式会社, ³ アズビル株式会社
¹Hokkaido University, ²MEISEI ELECTRIC CO., LTD, ³Azbil Corporation

Atmospheric water vapor plays important roles in the global climate system. In upper troposphere and lower stratosphere, it contributes strongly to the radiative balance and influences variability of ozone layer through its photochemical nature. Accurate monitoring of water vapor is crucial for improving our understanding of climate change. Chilled mirror hygrometers have been used as transfer standard in laboratories and metrology labs, because this type of hygrometers can measure water vapor concentration with high accuracy. We have converted FINEDEWTM (Azbil Corporation), which is a chilled mirror hygrometer for industrial application, into a hygrometer for upper air observation. Because the FINEDEWTM uses a two-stage Peltier cooler, it does not need cryogen and thus is easy to handle. We have conducted flight tests in Japan and Indonesia to evaluate the performance. The results showed that this hygrometer has ability to measure atmospheric water vapor from the surface to the lower stratosphere. Also, simultaneous soundings with the Cryogenic Frostpoint Hygrometer (CFH) showed good agreement at least in the whole troposphere. With some more improvements, it is considered that our hygrometer will contribute to the monitoring of water vapor in the stratosphere as well as the troposphere.

キーワード: 水蒸気, 気候, オゾン層
Keywords: Water vapor, Climate, Ozone layer

太陽プロトンイベントが極域大気の硝酸およびオゾン濃度に及ぼす影響に関する数値実験

A CCM experiment on the effects of solar proton events on HNO₃ and O₃ in the polar middle and lower atmosphere

秋吉 英治^{1*}, 山下 陽介², 門脇 正尚³, 関口 健太郎⁴, 中井 陽一⁴, 今村 隆史¹, 望月 優子⁴

Hideharu Akiyoshi^{1*}, Yousuke Yamashita², Masanao Kadowaki³, Kentaro SEKIGUCHI⁴, Yoichi Nakai⁴, Takashi Imamura¹, Yuko MOTIZUKI⁴

¹ 国立環境研究所, ² 日本学術振興会海外特別研究員, ³ 東京大学大気海洋研究所, ⁴ 理化学研究所

¹NIES, ²JSPS postdoctoral researcher, ³AORI, University of Tokyo, ⁴RIKEN

南極の氷床コア中の硝酸イオン濃度の極端な増加が太陽プロトンイベントの発生時期とよい一致を示していることが報告されている。両者のつながりを解明するため、化学気候モデルを用いた数値実験を行い、太陽プロトンイベントによる上層大気のNO_xの増加と、その後のNO_xから硝酸への変化、さらに中層大気を経て南極上空へ輸送される過程について調べた。

環境研で新しく開発したMIROC3.2化学気候モデルを使って、1900年の大気微量成分組成を作り、化学気候モデルの60-90Nと60-90Sの35-55kmの高度領域でNO_xを気候値より10倍増加させた初期値により、3年間の積分を行い、その結果をNO_xを増加させない実験結果と比較した。影響の季節依存性を調べるため、計算を開始する時期は1月、4月、7月、10月の4とおりで行った。その結果、NO_xの増加の硝酸およびオゾンへの影響は計算終了時まで継続し、いずれの実験からも、極域での極成層圏雲の重力落下が、南極や北極の対流圏大気の硝酸濃度増加に重要であることがわかった。

今後は、理化学研究所で開発を行っているイオン反応+中性化学反応を含むボックス化学モデルにより、数日間の太陽プロトンイベントによるNO_xやO_xの増加をより定量的に見積もり、それを化学気候モデルへインプットし、過去に観測された太陽プロトンイベントの南極大陸やグリーンランド上への影響を調べる予定である。

キーワード: 太陽プロトンイベント, オゾン, 硝酸, 極域, 化学気候モデル

Keywords: solar proton event, ozone, nitric acid, polar region, chemistry-climate model

JEM/SMILES による O₃, ClO, HOCl, BrO の観測について Observation of O₃, ClO, HOCl, HO₂, and BrO by JEM/SMILES

鈴木 睦^{1*}, 眞子 直弘², 今井 弘二¹, 佐野 琢己¹, 光田 千紘³, 内藤 陽子⁴, 秋吉 英治⁵, 尾関 博之⁷, 西本 絵梨子⁶, 塩谷 雅人⁶

Makoto Suzuki^{1*}, Naohiro Manago², Koji Imai¹, Takuki Sano¹, Chihiro Mitsuda³, Yoko Naito⁴, Hideharu Akiyoshi⁵, Hiroyuki Ozeki⁷, Eriko Nishimoto⁶, Masato Shiotani⁶

¹ 宇宙研, ² 千葉大/CeRES, ³ 富士通 FIP, ⁴ 京大, ⁵ 環境研, ⁶ 京大生存圏研, ⁷ 東邦大

¹ ISAS, ² Chiba U./CeRES, ³ FIP, ⁴ Kyoto U., ⁵ NIES, ⁶ Kyoto U./RISH, ⁷ Toho U.

SMILES; Superconducting Submillimeter-Wave Limb Emission Sounder is a 4 K cooled 625-650 GHz limb sounder to observe O₃, HCl, ClO, HO₂, HOCl, BrO, HNO₃, and O₃ isotopes. SMILES had been operated on the International Space Station from Oct. 12, 2009 to Apr. 21, 2010. Since ISS is 51 degree inclined orbit, 30-45 days SMILES zonal mean could provide diurnal variation of chemical species in the stratosphere and mesosphere. Diurnal variation of O₃, ClO, HOCl, HO₂, and BrO are compared with two nudged CGCM calculations (SD-WACCM; Specified-dynamics WACCM, and MIROC) and satellite observations.

Diurnal variation of O₃ agreed with SD-WACCM over 50-82 km, but small peak in the morning (7 am local time) is apparent for the SMILES but not for the SD-WACCM at 70 km.

Diurnal variation of ClO agreed quite well between SMILES L2 ver. 2.2 and SD-WACCM from 19 to 76 km altitude region. But nighttime ClO value of SMILES L2 ver. 2.2 above 50 km is less than SD-WACCM (70%), which is not clearly explained by the SMILES retrieval issue or our current knowledge of chemical kinetics.

Diurnal variation of HOCl also agreed quite nicely from 31 to 76 km. The nighttime build up of HOCl observed SMILES at 44-68 km are nicely reproduced by the SD-WACCM calculation using JPL2006 chemical kinetics dataset.

HO₂ diurnal variation also agreed with SD-WACCM from 24 to 72 km. Above 76 km, SMILES L2 ver. 2.2 needs modification of a priori and its co-variance, and we will get better agreement with model calculations. SMILES L2 ver. 2.2 also shows night time bias due to AOS (Acousto-Optics Spectrometer) characteristics.

キーワード: オゾン層, 塩素系化学種, 臭素系化学種, サブミリ波, 国際宇宙ステーション, 中間圏

Keywords: Ozone layer, Chlorine species, Bromine species, sub-mm, International Space Station, mesosphere

2010年1月15日の日食時の中層大気の変動について Atmospheric response during annular solar eclipse of 15 January 2010

今井 弘二^{1*}, 秋吉 英治², 山下 陽介², 鈴木 睦¹, 塩谷 雅人³
Koji Imai^{1*}, Hideharu Akiyoshi², Yousuke Yamashita², Makoto Suzuki¹, Masato Shiotani³

¹ 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, ² 国立環境研究所, ³ 京都大学生存圏研究所

¹Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, ²National Institute for Environmental Studies, ³Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

日食は稀な天体イベントであるが、それはまた地球全球にわたる自然の摂動実験でもある。短時間で変動する太陽放射量の大气への影響は、大気光化学やその力学過程を調べる上でとても貴重な機会をもたらす。SMILES(超伝導サブミリ波リム放射サウンダ)は、2009年10月12日から約半年間にわたって大気サブミリ波スペクトルの観測を行った。また、4K機械式冷凍機と超伝導ミキサによる高感度な測定によって、2010年1月15日の金環日食時の中層大気の変動を捉えることに成功した。本発表では、そのSMILESの観測、ならびに化学輸送モデル(MIROC3.2-CTM)に食分の影響を取入れて計算した結果をもとに、日食時の太陽放射量の変動に伴う中層大気への影響について報告する。

キーワード: 中層大気, 成層圏, オゾン, 日食, SMILES, 国際宇宙ステーション

Keywords: middle atmosphere, stratosphere, ozone, solar eclipse, SMILES, international space station