

SMILES L2 プロダクト v2.X での改訂状況 SMILES L2 Product improvements in v2.X updates

光田 千紘^{1*}, 鈴木 睦², 眞子 直弘², 内藤 陽子³, 高橋 千賀子¹, 今井 弘二⁴, 林 寛生⁵, 塩谷 雅人⁵, 佐野 琢己², 谷口 弘智¹, 高柳 昌弘²

MITSUDA, Chihiro^{1*}, SUZUKI, Makoto², MANAGO, Naohiro², NAITO, Yoko³, TAKAHASHI, Chikako¹, IMAI, Koji⁴, HAYASHI, Hiroo⁵, SHIOTANI, Masato⁵, SANO, Takuki², TANIGUCHI, Hiroto¹, Masahiro Takayanagi²

¹ 富士通エフ・アイ・ピー株式会社, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ 京都大学大学院理学研究科, ⁴ 株式会社とめ研究所, ⁵ 京大
大学生存圏研究所

¹Fujitsu FIP Corporation, ²Japan aerospace exploration agency, ³Graduate School of Science, Kyoto Univ., ⁴TOME R&D Inc.,
⁵RISH, Kyoto Univ

In this presentation, we will introduce about processing status of level 2 products of JEM/SMILES. Latest product v2.1 was already released for RA researchers), and it will be released to the general users in spring, 2012.

The SMILES (Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder) has 4K-cooled superconducting mixers and had observed atmospheric spectra with high sensitivity for about half a year from Oct. 12, 2009. SMILES observes three submillimeter bands defined as band A, B, and C. Frequency coverages are 624.32-625.52 GHz, 625.12-626.32 GHz and 649.12-650.32 GHz, respectively. Standard L2 products are O₃, HCl, ClO, HNO₃, CH₃CN, HOCl, HO₂, BrO and O₃-isotopes (¹⁷OOO, O¹⁷OO, ¹⁸OOO) in the stratosphere.

In Sep., 2010, version 2.0 products were released for RA researchers. Objective of v2.0 product is to reduce temperature bias. In the stratosphere, temperature of SMILES v1.3 is 2% higher than other satellite observation like as TIMED/SABER, AURA/MLS, and assimilated data like as GEOS-5. This is the largest issue in v1.X series since temperature is a basic parameter which characterizes the atmospheric structure. Temperature bias may suggest biases of other products.

The new products used latest L1B 007 which includes gain nonlinearity effect of receivers. The bias of temperature in upper stratosphere is successfully suppressed. In addition, we stopped temperature retrieval above 40km and refer MLS temperature product (v2.2) with applying migrating tidal model. HCl profiles in mesosphere became constant. This feature is suggested by Cl chemistry. V2.1 which was released in Jan. 2012 is minor update version for HOCl. HOCl lines are located near O₃ (v1,3) and ¹⁸OOO. In this version, some parameters of these lines were changed and residual spectra were compressed. HOCl difference between SMILES and WACCM around 30km was suppressed.

キーワード: 国際宇宙ステーション, きぼう, オゾン, データ処理, リトリバル

Keywords: International Space Station, Kibo, O3, Data Processing, retrieval

SMILES レベル 2 バージョン 2.1 オゾンとオゾンゾンデの比較結果について Validation of the SMILES Level 2 version 2.1 ozone data by using ozonesonde measurements

今井 弘二^{1*}, 藤原 正智², 鈴木 睦³, 眞子 直弘³, 佐野 琢己³, 光田 千紘⁴, 内藤 陽子⁵, 塩谷 雅人⁶

IMAI, Koji^{1*}, FUJIWARA, Masatomo², SUZUKI, Makoto³, MANAGO, Naohiro³, SANO, Takuki³, MITSUDA, Chihiro⁴, NAITO, Yoko⁵, SHIOTANI, Masato⁶

¹ 株式会社とめ研究所, ² 北海道大学 大学院地球環境科学研究所, ³ 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部, ⁴ 富士通エフ・アイ・ピー株式会社, ⁵ 京都大学大学院理学研究科, ⁶ 京都大学生存圏研究所

¹TOME R&D Inc., ²Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ³Institute for Space and Astronautical Sciences, Japan Aerospace Exploration Agency, ⁴Fujitsu FIP Corporation, ⁵Graduate School of Science, Kyoto University, ⁶Research Institute for Sustainable Humanosphere

Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) onboard International Space Station has provided global measurements of ozone (O₃) profiles in the middle atmosphere from 12 October 2009 to 21 April 2010. We present validation studies of the SMILES version 2.1 ozone product in the altitude range from 16 km to 30 km using ozonesonde measurements.

A total of 225 ozonesonde profiles from 33 ozonesonde stations worldwide are compared with a total of 471 coincident SMILES ozone profiles. The agreement between the SMILES and the ozonesonde measurements is within 5% and better at higher latitudes in the altitude range from 26 km to 30 km.

キーワード: 国際宇宙ステーション, きぼう, オゾン

Keywords: International Space Station, Kibo, SMILES, O₃, ozone

SMILES レベル 2 バージョン 2.1 成層圏オゾンの検証結果について Validation of the SMILES Level 2 version 2.1 stratospheric ozone

今井 弘二^{1*}, 塩谷 雅人⁵, 鈴木 睦², 眞子 直弘², 佐野 琢己², 光田 千紘³, 内藤 陽子⁴

IMAI, Koji^{1*}, SHIOTANI, Masato⁵, SUZUKI, Makoto², MANAGO, Naohiro², SANO, Takuki², MITSUDA, Chihiro³, NAITO, Yoko⁴

¹ 株式会社とめ研究所, ² 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部, ³ 富士通エフ・アイ・ピー株式会社, ⁴ 京都大学大学院理学研究科, ⁵ 京都大学生存圏研究所

¹TOME R&D Inc., ²Institute for Space and Astronautical Sciences, Japan Aerospace Exploration Agency, ³Fujitsu FIP Corporation, ⁴Graduate School of Science, Kyoto University, ⁵Research Institute for Sustainable Humanosphere

Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) onboard International Space Station has provided global measurements of ozone (O₃) profiles in the middle atmosphere from 12 October 2009 to 21 April 2010. We present validation studies of the SMILES version 2.1 ozone product in the stratosphere using other data sources: satellite data and chemical-climate models. The SMILES ozone data agree with most of other satellites data within 10- 15% at an altitude between 20 km and 50 km.

キーワード: 国際宇宙ステーション, きぼう, オゾン

Keywords: International Space Station, Kibo, SMILES, O₃, ozone

JEM/SMILES による 2009/2010 年冬春季北極成層圏オゾン破壊関連物質の解析 Analysis of Arctic stratospheric minor gases related to ozone depletion observed with JEM/SMILES in 2009/2010

橋 友仁^{1*}, 齋藤 尚子¹, 笠井 康子²

TACHIBANA, Yuji^{1*}, SAITOH, Naoko¹, KASAI, YASUKO²

¹ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, ² 情報通信研究機構

¹Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University, ²National Institute of Information and Communications Technology

国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟に搭載された超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (SMILES; Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder) は、超伝導技術を搭載したこれまでにない高感度なセンサーであり、2009年11月から2010年4月までの約半年間にわたり、成層圏および中間圏の大気微量成分を従来のセンサーと比べて十倍程度高い精度で観測した。本研究では、情報通信研究機構が提供する SMILES 研究プロダクト (L2r プロダクト) を用いて、2009/2010 年の北極成層圏のオゾン破壊関連物質と気温との関係を解析した。

まず、SMILES で観測された北緯 60~65° の気温データの解析から、1 月は高度 24 km の東経 30 度を中心とした領域で最も低温になっており、2 月はその低温領域が高度 20 km に下がっていたことがわかった。SMILES の気温データの信頼性を確認するために、対応する GEOS-5 (The Goddard Earth Observing System Model Version 5) の気温データと比較したところ、SMILES のバンド B から導出された気温は GEOS-5 の気温に対して明確なバイアスはなく、一方、SMILES のバンド A から導出された気温は 5~10 K 程度 GEOS-5 の気温データよりも高く導出されていることがわかった。

1 月初中旬の高度 24 km では、最も低温となっている領域で HNO₃ 濃度が少なくなっており、同じ領域で HCl 濃度は減少し、ClO 濃度は増加し、O₃ 濃度は減少していた。1 月下旬から 2 月の高度 20 km においても、同様の傾向が見られた。これらの領域では、低温条件下で HNO₃ を主成分とする PSCs が形成され、PSCs 粒子上で不均一反応が起こっていたと考えられる。

さらに、気温と各微量成分との関係を詳細に調べるため、NAT 飽和温度 (T_{NAT}) を SMILES の HNO₃ データを用いて計算した。その結果、気温が T_{NAT} 以下になっているところで、HNO₃ 濃度が少なくなっており、HCl 濃度、ClO 濃度はそれぞれ急激に減少、増加していることがわかった。しかしながら、気温が T_{NAT} 以上のところでも HNO₃、HCl、ClO 濃度の増減が見られるデータがあった。これらについて詳細を解析するために、まず SMILES L2r の HNO₃ のデータ質を他の独立なデータで検証する必要があると考える。

キーワード: 成層圏大気微量成分, オゾン破壊, リモートセンシング

Keywords: stratospheric minor gases, ozone depletion, remote sensing

SMILES で観測された成層圏及び中間圏 HCl (L2r プロダクト) の検証 Validation of stratospheric and mesospheric HCl (L2r product) measured by SMILES

横山 顕悟^{1*}, 真鍋 武嗣¹, 笠井 康子², 佐川 英夫², 鈴木 広大³

YOKOYAMA, Kengo^{1*}, TAKESHI Manabe¹, YASUKO Kasai², HIDEO Sagawa², KODAI Suzuki³

¹ 大阪府立大学, ² 情報通信研究機構, ³ 東京大学大学院

¹Osaka Prefecture University, ²NICT, ³University of Tokyo

オゾン層破壊に関与している物質を観測するために, SMILES (Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder / 超伝導サブミリ波リム放射サウンダ) は国際宇宙ステーション (ISS) に搭載された。観測は 2009 年 10 月から 2010 年 4 月まで実施された。SMILES は塩化水素 (HCl) の同位体 (H35Cl, H37Cl) を異なる周波数帯で観測している。観測周波数領域は 3 つのバンド帯からなっている。バンド A (624.32 - 625.52 GHz) で H37Cl, バンド B (625.12 - 626.32 GHz) で H35Cl を観測する。HCl の体積混合比は各周波数帯から別々に求めた。

地球大気成層圏 (50 km 以上) において, 95% の塩素 (Cl) が HCl として大気中に存在している。また, 塩素系化合物の中において, HCl はオゾン層破壊に Cl のリザーバとして関与している。このため, 大気中の HCl を含む塩素系化合物の全球分布の定量的な観測は, 今後の ClO_x によるオゾン層の破壊状況を予測する上で重要になる。

SMILES の観測以前, Aura/MLS (Microwave Limb Sounder), ACE/FTS (Fourier Transform Spectrometer, 赤外領域観測) といった観測機器が HCl を測定してきた。しかし, これらの結果は高度約 53km において 0.2 ppbv 程度のずれがある [S.A. Montzka et al 2011]。本研究では, SMILES のバンド A・B から求めた HCl (Level-2 Research プロダクト version 2.1.5) と Aura/MLS 及び ACE/FTS の観測結果との検証を行なった。ここでは, Aura/MLS との検証結果について簡潔に述べる。SMILES のバンド A の観測結果と Aura/MLS の結果を比較した場合, 高度 25 km から 50 km において相対誤差が 10% 以内に収まっている。しかし, 高度 50 km 以上では Aura/MLS の観測結果は高度方向に上昇しているのに対して, SMILES の観測結果は高度方向に一様な 3.0 ppbv を示している。また, SMILES のバンド B と Aura/MLS との比較においても同様の結果となった。

キーワード: サブミリ波, HCl, SMILES

Keywords: HCl, SMILES

SMILES/MLS/ACE-FTS による南極極渦崩壊前の HCl/Cly 比

HCl/Cly ratios of just before the breakup of the Antarctic vortex as observed by SMILES/MLS/ACE-FTS

杉田 考史^{1*}, 笠井 康子², 寺尾 有希夫¹, 林田 佐智子³

SUGITA, Takafumi^{1*}, KASAI, YASUKO², TERAOKA, Yukio¹, HAYASHIDA, Sachiko³

¹ 国立環境研究所, ² 情報通信研究機構, ³ 奈良女子大学

¹National Institute for Environmental Studies, ²National Institute of Information and Communications Technology, ³Nara Women's University

成層圏での無機塩素化合物 (HCl, ClONO₂, ClO など、総量を Cly) は対流圏起源のフロンガス等が成層圏において種々の光化学反応過程を経ることにより生じる。現在、その最大濃度は 3 から 3.5 ppbv 程度と推定される。今後はゆるやかに減少し、2050 年頃には 1980 年頃のレベル (2 ppbv) へ戻ると期待されており、それに伴い全球規模でオゾン全量の回復が進むものと考えられている。本研究では下部成層圏において Cly の殆どが HCl で構成される極めて特異な南極極渦内の 11 月 (通年、極渦崩壊の少し前にあたる) に焦点をあて、そのような化学・力学的ふるまいを念頭にいた上で各衛星データの質評価・相互比較を行う。国際宇宙ステーション「きぼう」搭載の超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (SMILES) は 2009 年 10 月から翌年 4 月まで HCl や ClO 測定を含む高精度大気微量成分観測を成功させた。発表では第 1 回目となる一般公開バージョン (operational と research プロダクト) を利用する。また同時期に観測が存在する米国 MLS および加 ACE-FTS からのデータも併せて解析に利用する。これまでの解析結果から、高度 18 km (温位 460 K) において、2.8 ppbv 程度の高い HCl 混合比となっていることを極渦内の観測から明らかにした。また、お互いの衛星観測はデータのばらつきや測定誤差の範囲内で良く一致していた。さらに極渦内のその高い HCl/Cly 比の年々の挙動についても近年の MLS データを用いた解析を実施した。その結果、11 月下旬の極渦内ではどの年も高い HCl 濃度となっていたことが分かった。このことから、Cly トレンド把握には上部成層圏 (Cly の殆どが HCl) 以外にも、この解析で用いられた南極極渦内の下部成層圏でも現実的であると言える。

キーワード: 成層圏, 南極, 極渦, 無機塩素化合物

Keywords: stratosphere, antarctic, polar vortex, inorganic chlorine

JEM/SMILES による中間圏 O₃ の観測結果 Mesospheric O₃ observed by ISS/JEM/SMILES

佐野 琢己^{1*}, 眞子 直弘¹, 鈴木 睦¹, 光田 千紘², 高橋 千賀子², 今井 弘二³, 秋吉 英治⁴, 坂崎 貴俊⁵, 藤原 正智⁵, 内藤 陽子⁶, 西 憲敬⁶, 高橋 けんし⁷, 林 寛生⁷, 塩谷 雅人⁷

SANO, Takuki^{1*}, MANAGO, Naohiro¹, SUZUKI, Makoto¹, MITSUDA, Chihiro², TAKAHASHI, Chikako², IMAI, Koji³, AKIYOSHI, Hideharu⁴, SAKAZAKI, Takatoshi⁵, FUJIWARA, Masatomo⁵, NAITO, Yoko⁶, NISHI, Noriyuki⁶, TAKAHASHI, Kenshi⁷, HAYASHI, Hiroo⁷, SHIOTANI, Masato⁷

¹ 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, ² 富士通エフ・アイ・ピー株式会社, ³ とめ研究所, ⁴ 国立環境研究所 地球環境研究センター, ⁵ 北海道大学 大学院環境科学院, ⁶ 京都大学大学院 理学系研究科, ⁷ 京都大学 生存圏研究所

¹Institute of Space and Astronautical Science, JAXA, ²Fujitsu FIP Corporation, ³Tome R&D Inc., ⁴Center for Global Environmental Research, NIES, ⁵Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, ⁶Graduate School of Science, Kyoto University, ⁷Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University

ISS/JEM/SMILES は、オゾン層化学に関係する O₃, HCl, ClO, HO₂, HOCl, BrO などについて、これまでの衛星観測と比べ大幅に高い感度での測定を行なった。なかでも O₃, HCl, ClO については高度 80km 程度までの中間圏において観測を行うことができた。成層圏と対比して、中間圏ではより一層、その場での光化学反応が微量成分濃度を支配しており、SMILES データとモデル計算結果と比較することにより、大気化学全般における化学反応の現在の知識の妥当性を確認することが可能と考えられる。本研究では、(1) SMILES 中間圏 O₃ データの特徴、(2) 既存衛星データ・モデル計算結果との比較検証、(3) SMILES から得られた中間圏 O₃ の日変化、について報告する。

大気の研究において、モデル計算は観測結果の解釈や将来予測のための非常に強力な手段であるが、その基礎となる化学反応速度は、成層圏・中間圏への外挿のため ± 30-50% の誤差を持っていることに注意が必要である。従って、SMILES のように ± 10-20% 精度で中間圏の微量成分濃度を観測することは、既存の大気化学に関する知識体系をこれまでに無い精緻さでの再点検を可能とする。

中間圏 O₃ は、SciSAT-1 衛星/ACE-FTS, TIMED 衛星/SABER, Aura/MLS など観測されている。本研究では、日の出・日没時のみのデータである ACE-FTS を除く衛星データ及び気象場の再現計算を行なったモデル計算 (SD-WACCAM) と SMILES データとを比較した。その結果、SD-WACCAM 及び SABER 1.27 μm と比較的良い一致を得た。

中間圏 O₃ は、日の出後の特徴的な時間変化などの日変化がモデル計算から知られているが、これまで地上観測あるいは衛星観測からは日変化に関する議論は十分に行えていなかった。SMILES データでは、ISS 軌道の特徴から 45 日程度で日変化をプロットすることができる。中間圏 O₃ の日変化は H₂O 混合比と共に議論することが可能であり、その結果についても報告する。

キーワード: SMILES, 中間圏, 大気微量成分, オゾン, 日変化, 衛星観測

Keywords: SMILES, Mesosphere, Atmospheric minor constituents, Ozone, Diurnal variation, Satellite observation

全球的な QBO 影響の季節性に関する解析 時間ずらしコンポジット法による解析 Analysis on the seasonality of the QBO influence on the global circulation by making time-lagged composites

櫻井 佳世¹, 内藤 陽子^{1*}, 余田 成男¹
Kayo Sakurai¹, NAITO, Yoko^{1*}, YODEN, Shigeo¹

¹ 京都大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Kyoto University

1. はじめに

QBO (準二年周期振動) は赤道成層圏で顕著な現象であるが, 子午面循環やプラネタリー波の伝播の変調を介して中高緯度へも影響している (Baldwin et al., 2001). このような QBO 影響を調べたこれまでの研究では, 各月のコンポジットのグループ分けにその月の赤道風を基準に用いることがほとんどであったが, この場合, 得られたシグナルの連続性は保証されない. そこで本研究では, 基準となる月を固定してその前後の各月のグループ分けを行う時間ずらしコンポジット法を用い, 季節とともに変化する全球的な QBO 影響を解析する.

用いるデータは ERA40 (1958-2002 年) である.

2. 時間ずらしコンポジット法

まず, Wallace et al. (1993) を参考に, 赤道成層圏中・下層における帯状流の EOF 第 1 モード・第 2 モードの時間関数がなす位相角で QBO の位相を定義する. 各月の位相を見ると, 6 月の位相の分布が $-\pi/2$ 付近と $\pi/2$ 付近で疎, 0 付近と π 付近で密になっていることがわかる. そこで本研究では, どの月の解析においてもこの 6 月の位相を基準に, 「西風」と「東風」の二つのグループに分けることにする.

3. 解析結果

従来の基準によるコンポジット解析とは異なり, 本研究の解析で得られる結果は同じ 12 ヶ月の繰り返しとはならない. 赤道帯状流のコンポジットとその差を, 基準の月から前後 2 年半ずつの期間に亘って描くと, QBO にともなう偏差が約 2 年かけてゆっくり下降する様子が見られるほか, 下降が成層圏上層の SAO (半年周期振動) の特定位相 (西風は 9-10 月頃, 東風は 12-1 月頃) をきっかけに始まっていることがわかる. また, 下降速度が 5 月頃と 10 月頃に速いという半年周期の変動を示していることも見てとれる.

Eliassen-Palm フラックスや残差子午面循環についても時間ずらしコンポジットをしたところ, この下降速度の変動によく対応した変動を見せていることがわかった.

参考文献

Wallace et al., 1993 : J.Atmos.Sci., 50, 1751-1762

Baldwin et al., 2001 : Rev.Geophys., 39, 179-229

キーワード: 成層圏, QBO, SAO, 力学

Keywords: stratosphere, QBO, SAO, dynamics

JEM/SMILES で観測された成層圏下部 ClO 分布 Observation of ClO at the lower stratosphere by JEM/SMILES

光田 千紘^{1*}, 鈴木 睦², 眞子 直弘², 今井 弘二³, 佐野 琢己², Douglas E. Kinnison⁴, 秋吉 英治⁵, 内藤 陽子⁶, 塩谷 雅人⁷
MITSUDA, Chihiro^{1*}, SUZUKI, Makoto², MANAGO, Naohiro², IMAI, Koji³, SANO, Takuki², Douglas E. Kinnison⁴, AKIYOSHI,
Hideharu⁵, NAITO, Yoko⁶, SHIOTANI, Masato⁷

¹ 富士通エフ・アイ・ピー株式会社, ² 宇宙航空研究開発機構, ³ とめ研究所, ⁴ National Center for Atmospheric Research, ⁵ 国立環境研究所, ⁶ 京都大学大学院理学研究科, ⁷ 京都大学生存圏研究所

¹Fujitsu FIP Corporation, ²Japan aerospace exploration agency, ³TOME R&D Inc., ⁴National Center for Atmospheric Research, ⁵National Institute for Environmental Studies, ⁶Graduate School of Science, Kyoto Univ., ⁷RISH, Kyoto Univ.

In the chemistry of stratospheric, it is well known that the inorganic chlorine species such as ClO, HCl, HOCl, ClONO₂ and Cl-atom play major role. However, precision and/or accuracy of satellite observations for the inorganic chlorine species have been not sufficient for quantitative discussions of inorganic chlorine chemistry. In this paper, we report observed results of ClO in the lower stratosphere by using SMILES.

ISS/JEM/SMILES realized low-noise observation at the 650 GHz frequency region by using 4K-cooled superconducting SIS mixer. As a result, ClO was observed with high precision much better than previous observations (Aura/MLS and Odin/SMR).

Aura/MLS have been measuring ClO with a 0.1 ppbv precision at 25-50km altitude. Theoretical ClO precision of SMILES has been reported to be about 0.01 pptv at 30 km. This value can be verified from bin-width of histogram of nighttime ClO, since the ClO value during nighttime should be zero below 35km at the background atmosphere. We obtained actual bin-width, or ClO random error, to be 0.015 pptv, which is slightly larger than the theoretical value. It has been estimated that the additional random error might come from IFOV pointing error, temperature retrieval error, or baseline fitting error.

In tropical region (N10-S10), difference between day and night profiles was 79 pptv at 25 km. This result agreed quite well with reproductive calculated value (nearby 80 pptv) by using Chemical Transport Model (SD-WACCM). On the other hand, in middle latitude (N30-50) during Mar. 13-25, 2010, SMILES value were 71 pptv at 22km, and 35 pptv at 19 km. These value were significantly larger than reported as 10 pptv by airplane and balloon observation in 1986. SMILES mid-latitude value is about 3-7 times higher than the past observation, however, agrees with reproductive calculated value like as tropical region. These discrepancy in the mid-latitude between SMILES and past observation can be explained partly by the historical increase of total Clx from 2.4 pptv in 1968 to the present value, >3.0 ppbv.

キーワード: SMILES, 国際宇宙ステーション, 一酸化塩素, 成層圏

Keywords: SMILES, International space station, ClO, stratosphere

ISS/JEM/SMILES により 2009/10 年の北極域 Vortex 中での化学反応について Chemistry within 2009/10 Arctic polar vortex observed by ISS/JEM/SMILES

鈴木 睦^{1*}, 眞子 直弘¹, 光田 千紘², 今井 弘二³, 佐野 琢己¹, 秋吉 英治⁴, 内藤 陽子⁵, 塩谷 雅人⁶, Douglas Kinnison⁷
SUZUKI, Makoto^{1*}, MANAGO, Naohiro¹, MITSUDA, Chihiro², IMAI, Koji³, SANO, Takuki¹, AKIYOSHI, Hideharu⁴,
NAITO, Yoko⁵, SHIOTANI, Masato⁶, Douglas Kinnison⁷

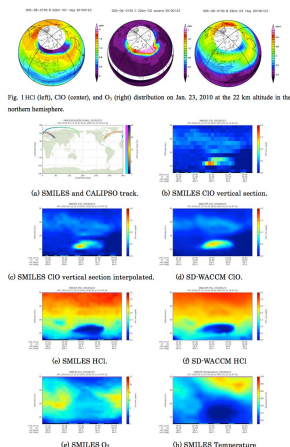
¹ 宇宙航空研究開発機構/宇宙研, ² 富士通 FIP, ³ とめ研究所, ⁴ 国立環境研, ⁵ 京大理, ⁶ 京大生存圏研, ⁷ UCAR

¹JAXA/ISAS, ²Fujitsu FIP, ³Tome R&D Inc., ⁴NIES, ⁵Kyoto U., ⁶Kyoto U./RISH, ⁷UCAR

Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder (SMILES) is a 4K cooled limb sounding instrument in the 625-650 GHz frequency region, onboard International Space Station (ISS). SMILES was jointly developed by Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) and National Institute of Information and Communications Technology (NICT). SMILES operated from Oct. 12, 2009 to Apr. 23, 2010, when sub-mm local oscillator was suddenly terminated operation by failure. SMILES measured O₃, H₃₅Cl, H₃₇Cl, ClO, HOCl, HO₂, BrO, HNO₃, CH₃CN and O₃ isotopes (17OOO, 18OOO, and O17OO). Precision (random error) of SMILES ClO product is about 0.01 ppb which is about 1/10 of Aura/MLS. SMILES measured 45 degree leftward from ISS forward direction, which gave latitudinal coverage of SMILES, 38S-65N.

It is well known that the chlorine chemistry (ClO_x) becomes dominant when the heterogeneous processes occurred during the polar winter season. SMILES observed O₃, HCl, and ClO during 2009/10 arctic winter season, as shown in Fig. 1. HCl is about 1.6 ppbt at outside polar vortex and it is almost entirely converted to the ClO (1.6 to 2.0 ppbt). O₃ destruction has occurred as much as 20% (from 4 ppmv to 3.2 ppmv) after 3 weeks of heterogeneous chemical process.

Fig. 2 (a) shows trajectory of observation points of SMILES (large circles) from 15:23UT to 15:47 in Jan. 23, 2009, and CALIPSO observation points which passed north of Europe. Fig. 2(b) shows SMILES ClO vertical section. Figs. 2(c) and (d) shows horizontally and vertically interpolated ClO of SMILES and SD-WACCM (specified dynamics-WACCM, reproduction run using GEOS-5 meteorological data), where slight difference is obvious at the region observed in 15:38-15:40UTC at 20-22 km. Figs. 2 (e) and (f) shows those of HCl observed by SMILES and calculated by SD-WACCM, and HCl has been converted fully to the reactive inorganic species. Figs. 2 (g) and (h) show O₃ and temperature observed by SMILES.



SMILES で観測された熱帯域中間圏 HO₂, O₃ 分布と高高度放電発光現象との関連 Mesospheric HO₂ and O₃ Distribution in Tropical Region Measured by SMILES and Their Relation to Transient Luminous Event

佐藤 光輝^{1*}, 鈴木 睦², 光田 千紘³, 塩谷 雅人⁴, 坂崎 貴俊⁵, 藤原 正智⁶, 秋吉 英治⁷, Douglas Kinnison⁸
SATO, Mitsuteru^{1*}, SUZUKI, Makoto², MITSUDA, Chihiro³, SHIOTANI, Masato⁴, SAKAZAKI, Takatoshi⁵, FUJIWARA,
Masatomo⁶, AKIYOSHI, Hideharu⁷, Douglas Kinnison⁸

¹ 北海道大学大学院理学研究院, ² 宇宙科学研究所, ³ 富士通エフ・アイ・ピー, ⁴ 京都大学生存圏研究所, ⁵ 北海道大学大学院環境科学院, ⁶ 北海道大学大学院地球環境科学研究院, ⁷ 国立環境研究所, ⁸ 国立大気研究センター

¹ Faculty of Science, Hokkaido University, ² ISAS/JAXA, ³ Fujitsu FIP Corporation, ⁴ RISH, Kyoto University, ⁵ Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ⁶ Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, ⁷ National Institute for Environmental Studies, ⁸ NCAR

世界で発生する 80% の雷放電は熱帯・亜熱帯域に集中しているが、それらの雷放電が大量の NO_x を生成し対流圏における大気化学に大きく寄与していると推定されている。一方、雷放電に伴う成層圏・中間圏・熱圏下部での高高度放電発光現象 (スプライト, エルプスなど) も、雷放電の発生分布に従い熱帯・亜熱帯域の大陸上空で頻発していることが明らかになりつつある。近年では、スプライトの発生によって成層圏・中間圏・熱圏下部での化学反応に対し局所的に大きな影響を与え、結果として大気組成が変化しているとする数値シミュレーション結果が示されている。例えば高度 60 km では、スプライト発生から 1 時間後には NO の数密度が約 6 桁, NO₂ が約 2 桁, O₃ が約 1 桁, OH が約 3 桁それぞれ増加することが示されている。また HO₂ に関しては、高度 60 km では時間経過と共に数密度は大きく変化しないが、成層圏界面付近の高度 50 km では 1 桁増加、また高度 70 km 付近では約 1/2 に減少することが示されている。~50 flash/s という雷放電の発生頻度に較べると、~1 event/min というスプライトの平均的発生頻度は低いが、スプライトの発生が集中する熱帯・亜熱帯域上空の中間圏・熱圏下部では、広域的な化学組成にまで影響が及んでいる可能性もある。このため、スプライトが与える大気化学組成変化に対する影響を定量的に明らかにすることを目的として、高度 80 km までの O₃ および HO₂ を高精度に測定できる JEM/SMILES の観測データを解析した。特に、SMILES のデータに、高高度放電発光現象との関係がある異常な O₃, HO₂ の値が含まれていないかに着目し解析を実施した。その結果、これまでの予備的な解析から、高度 75-80 km において SMILES HO₂ の値は、赤道域 (南緯 30 度-北緯 30 度) において 3 次元光化学モデル計算 (SD-WACCM) の、ほぼ 2 倍の異常な値を示すことが明らかとなった。これは、北緯 30 度以北および南緯 30 度以南では認められない。さらに、HO₂ の世界分布を推定した結果、主に大陸上で混合比が上昇していることも確認された。一般には、雷放電および高高度放電発光現象の発生頻度は熱帯・亜熱帯域で高いことから、これらの事象が高高度放電発光現象に起因して生じているのではないかと示唆される。講演では、より詳細な数密度分布と時間変化について報告する。

キーワード: 雷放電, スプライト, HO₂, O₃, SMILES

Keywords: lightning, sprite, HO₂, O₃, SMILES

Sudden Stratospheric Warming event and its impact on mesospheric compositions in 2009-2010 Arctic Winter by JEM/SMILES

Sudden Stratospheric Warming event and its impact on mesospheric compositions in 2009-2010 Arctic Winter by JEM/SMILES

Mona E. Mahani^{1*}, Daniel Kreyling², Hideo Sagawa¹, Isao Murata¹, Yasumasa Kasaba¹, Yasuko Kasai²
MAHANI, Mona E.^{1*}, Daniel Kreyling², Hideo Sagawa¹, Isao Murata¹, Yasumasa Kasaba¹, Yasuko Kasai²

¹Tohoku University, ²National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

¹Tohoku University, ²National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

The final target of this research is to find out the potential response of the atmospheric compositions affected by Sudden Stratospheric Warming (SSW) in the upper stratosphere and mesosphere. A SSW is a dramatic middle atmosphere event where the polar vortex of westerly (eastward) winds in the winter hemisphere abruptly (i.e. over the course of a few days) slows down (Minor warming) or even reverses direction (Major warming). During such events, the polar stratosphere exhibits a warming of tens of degrees over a few days and polar mesospheric cooling has also been observed during SSWs. Over the past decades, satellite instruments have observed the impact of SSW events on minor constituents like carbon monoxide (CO), ozone (O₃), nitrous oxide (N₂O) and water vapor (H₂O). It is now clear that SSWs are dynamical disturbances affecting the entire middle and upper atmosphere, in addition to perturbing the tropospheric circulation (Kvissel, O.-K., et al., 2011).

We investigated the impact of SSW in the strato/mesosphere using newly obtained data with SMILES (Superconducting sub-Millimeter Limb Emission Sounder). SMILES is a highly sensitive radiometer with a few to several tens percent of precision from upper troposphere to the mesosphere. SMILES was developed by the Japanese Aerospace eXploration Agency (JAXA) and the National Institute of Communications and Technology (NICT) located at the Japanese Experiment Module (JEM) on board the International Space Station (ISS). From October 2009 to April 2010, SMILES has successfully measured the vertical distributions and the diurnal variations of various atmospheric species in the latitude range of 38S to 65N.

The analysis of temperature and ozone for the SSW during 1st January - 31 March 2010 was performed. Ozone increasing from January to March in the stratosphere has been confirmed. In the mesosphere, the diurnal variation structure of ozone was illustrated due to the variation in SMILES solar zenith angle. Night time ozone enhancement in the mesosphere has already been approved during this period, with respect to the temperature. SMILES observation approved the occurrence of SSW event in the end of January 2010 and the end of March 2010. SMILES observation of latitudinal, diurnal and seasonal variation of ozone in the mesosphere will be investigated in detail with the focus on discovering the impact of SSW on the mesospheric temperature and minor constituents such as O₃, HCl and HO₂.

キーワード: sudden stratospheric warming, SMILES, atmospheric compositions, ozone, mesosphere, diurnal variation

Keywords: sudden stratospheric warming, SMILES, atmospheric compositions, ozone, mesosphere, diurnal variation

成層圏-対流圏結合系における冬季極渦変動に伴う予測可能性変動について Predictability variations in a stratosphere-troposphere coupled system associated with winter polar vortex conditions

野口 峻佑^{1*}, 余田 成男¹, 田口 正和², 向川 均³, 廣岡 俊彦⁴

NOGUCHI, Shunsuke^{1*}, YODEN, Shigeo¹, TAGUCHI, Masakazu², Hitoshi Mukougawa³, HIROOKA, Toshihiko⁴

¹ 京都大学大学院理学研究科, ² 愛知教育大学地学領域, ³ 京都大学防災研究所, ⁴ 九州大学理学研究院

¹School of Science, Kyoto University, ²Aichi University of Education, ³DPRI, Kyoto University, ⁴School of Science, Kyushu University

Predictabilities of sudden stratospheric warming (SSW) events have been examined by the use of operational ensemble one-month forecast data produced by the Japan Meteorological Agency (JMA) (e.g., Mukougawa et al. 2005; Hirooka et al. 2007). However, they are case studies limited to a few SSW events.

In this study, intraseasonal and interannual variations in predictability of temperature inside the polar vortex in the northern hemispheric winter are investigated for seven winters of 2001/02 to 2007/8 by the use of the JMA forecast data. The ensemble one-month forecast is performed every Wednesday and Thursday from a control initial condition and several couples of perturbed conditions with both signs. In total, 26 or 50 ensemble members are taken for a week with a time-lagged (one-day) ensemble technique. The seven-winter period includes four SSW events and some minor ones.

Several measures on the predictability of the ensemble forecasts are introduced to study the predictability variations associated with dynamical conditions of the polar vortex, which are related to SSW events or vortex intensification events. Predictability limit is defined using the root mean square error as the time when it first surpasses one half of the climatological standard deviation in winter for a statistical analysis of its seasonal variation. On average, the predictability limit in the stratosphere is longer (about 10 days) than that in the troposphere (about 5 days). Its seasonal variation is large in the middle stratosphere; relatively long in early and late winter, whereas relatively short in midwinter.

The occurrence of some SSW events is well predicted by a large part of the ensemble members with a lead time of one week or so, whereas that in some other cases is more difficult to predict. We also have some examples of the predictions of an SSW event but no realization in the real atmosphere: the real world is in the other tail of the probability distribution of the ensemble forecasts of an SSW event. The occurrence or non-occurrence of such extreme events is discussed with probability distribution functions that have large non-Gaussian nature.

キーワード: 成層圏循環, 予測可能性, 突然昇温, 1ヶ月アンサンブル予報

Keywords: stratospheric circulation, predictability, sudden warming, ensemble one-month prediction

成層圏大気中の分子拡散の評価 Evaluation of the molecular diffusion process in the stratosphere

菅原 敏^{1*}, 石戸谷 重之²
SUGAWARA, Satoshi^{1*}, ISHIDOYA, Shigeyuki²

¹ 宮城教育大学, ² 産業技術総合研究所
¹Miyagi Univ. of Education, ²AIST

It has been shown that the gravitational separation effect can be detected in the stratosphere from nitrogen, oxygen, and argon isotopic ratios and Ar/N₂ ratio observed by balloon experiments. The gravitational separation has a possibility to be a new tracer of stratospheric circulation. In this study, theoretical model simulations are performed to validate an existence of the gravitational separation in stratosphere, as well as to evaluate the magnitude of isotopic discrimination of the atmospheric major components driven by molecular diffusion including the thermal diffusion. 2-D model of the middle atmosphere, SOCRATES, used in this study has a high altitude domain up to 120 km and includes molecular diffusion process above the mesosphere. In an original setting of SOCRATES, the thermal diffusion is calculated only for hydrogen atom in the mesosphere. We expanded a model domain affected by the molecular diffusion process to the stratosphere, and calculated the ratio of ³²O₂ and ³⁴O₂ concentrations. The molecular diffusion flux is calculated by applying a theory in Banks and Kockarts (1973). Thermal diffusion factor for the mixture of ³²O₂ and ³⁴O₂ is assumed to be 0.01 by considering the value previously reported in Grew and Ibbs (1952). We repeated model simulations with and without ordinary molecular diffusion and/or thermal diffusion, and compared the distributions of oxygen isotopic ratios. As a result, it is concluded that the magnitude of gravitational separation in stratosphere will be significant enough to be detected by the isotopic measurements. However, simulated magnitudes of the gravitation separation are considerably smaller than observed values. Possible effects of the thermal diffusion on isotopic ratio will be also discussed.

キーワード: 成層圏, 分子拡散
Keywords: stratosphere, molecular diffusion

ハノイのオゾンゾンデ観測に基づく北半球亜熱帯域におけるオゾン変動 Ozone variations over the northern subtropical region revealed by ozonesonde observations in Hanoi

荻野 慎也^{1*}, 藤原 正智², 塩谷 雅人³, 長谷部 文雄², 松本 淳⁴, HA Hoang Thi Thuy⁵, THANH Nguyen Thi Tan⁵
OGINO, Shin-Ya^{1*}, FUJIWARA, Masatomo², SHIOTANI, Masato³, HASEBE, Fumio², MATSUMOTO, Jun⁴, HA Hoang Thi Thuy⁵, THANH Nguyen Thi Tan⁵

¹ 海洋研究開発機構, ² 北海道大学, ³ 京都大学, ⁴ 首都大学東京, ⁵ Aero-Meteorological Observatory, Hanoi
¹JAMSTEC, ²Hokkaido University, ³Kyoto University, ⁴Tokyo Metropolitan University, ⁵Aero-Meteorological Observatory, Hanoi

We have conducted continuous monthly ozonesonde observations and campaign intensive observations with a few-day interval every winter at Hanoi (21N, 106E), Vietnam since September 2004. By using the obtained data, seasonal and subseasonal variations in ozone mixing ratio (OMR) are investigated and the cause of the variations are discussed. A relative standard deviation (RSD), which is defined as a standard deviation divided by the mean value, is employed to evaluate the amplitude of variation in order to eliminate the rapid increase of the mean OMR with height.

In the lower and middle stratosphere (above about 20 km height), a clear seasonal variation is found with larger values in spring and summer and with smaller values in winter which is consistent with the well-known features of seasonal variation shown by previous studies.

A seasonal cycle with a winter minimum and a spring-summer maximum is also found in the UTLS region (10–20 km) with the larger RSD of 20-30%. Backward trajectory analysis shows that the winter minimum is due to the low OMR air mass transport from the tropical troposphere. This feature is commonly seen through the UTLS region in winter. On the other hand, the variation from spring to summer seem different between above and below the tropopause level at around 17 km. Below the tropopause level (upper troposphere around 14 km), the OMR peaks in late spring (May). This peak is consistent with the air mass transport from the mid-latitude stratosphere to the deep troposphere due to tropopause foldings. Above the tropopause level (lower stratosphere around 18 km), the OMR peaks in summer (July to August). This peak seems to be caused directly by the anti-cyclonic circulation associated with the Tibetan High, which is different from the upper tropospheric increase due to the tropopause folding. In mid-summer, the well-developed tongue-shape structure with high OMR air masses moves over Hanoi. As a result, the maximum OMR is considered to appear at around 18 km height in summer over Hanoi.

In the lower troposphere, the OMR has a clear maximum in March to April at about 3 km height. The maximum seems to propagate downward from 3 km height to the surface ozone maximum in May. The relation with surface ozone enhancement due to biomass burning is suggested, although the feature with downward propagation is inconsistent with the surface source. A tropopause folding is another candidate for producing the spring ozone maximum at 3 km.

Subseasonal variations in OMR show large amplitude in the UTLS region (around 15 km) and in the boundary layer (below 1 km) with the RSD of larger than 40%, which is comparable to that of mean seasonal variation of OMR. It is shown that the OMR variations in the UTLS region during the every winter campaigns have a negative correlation with the meridional wind. This relation indicates that the low OMR observed at Hanoi has been transported from the equatorial region, which is confirmed by backward trajectory analyses. This result supports the interpretation that the OMR winter minimum in UTLS is caused by the low OMR air mass transport from the equatorial region where the mean ozone concentration is low.

The mean OMR values during the winter campaigns suggest an existence of significant year-to-year variability in OMR at Hanoi. In January 2006, the convective center accompanied by the anti-cyclonic circulation as Rossby response moved westward due to the La Nina condition, which result in the more frequent arrival of low OMR air masses transported from the equatorial region to Hanoi. There is a possibility that a similar large-scale circulation change associated with the ENSO variation can strongly affect the ozone and other quantities over Hanoi.

Keywords: ozone, Stratosphere troposphere exchange, Indochina Peninsula, tropopause folding, Rossby wave breaking, biomass burning

メソモデルで再現された温帯低気圧と対流圏界面逆転層に関する解析 Analysis of an Extratropical Cyclone and Tropopause Inversion Layer using a Meso-scale Model

竹下 愛実^{1*}, 大塚 成徳¹, 余田成男¹

TAKESHITA, Megumi^{1*}, OTSUKA, Shigenori¹, YODEN, Shigeo¹

¹ 京都大学大学院理学研究科

¹ Graduate School of Science, Kyoto University

対流圏界面逆転層 (TIL) は、対流圏界面直上で全球的に見られる、厚さ約 2 km の持続的な温度逆転層である (Birner, 2002)。TIL は対流圏-成層圏の物質輸送や波の伝播に影響を与えるため、近年観測および理論研究が盛んに行われている。TIL の形成には、力学過程 (Wirth, 2003) および放射過程 (Randel et al., 2007) が寄与することが示されているが、どのような過程が支配的であるかはまだ明らかでない。また、理論的な先行研究のほとんどは理想化された数値モデルを用いており、水蒸気を含むメソモデルのような現実的なモデルによるシミュレーションはまだ行われていない。

本研究では、温帯の TIL の形成メカニズムを解明するため、先行研究よりも現実的で高解像度の 3 次元領域気象モデルを用いた事例解析を行った。使用したモデルは気象庁非静力学モデルである。水平解像度は 20 km、鉛直解像度は対流圏界面付近で 125 m であり、初期値・境界値には NCEP-FNL を用いた。現実的な総観規模擾乱と TIL の関係を調べるため、日本付近で急速に発達した低気圧を対象とした事例解析を行った。計算期間は 2009 年 2 月 19 日 12 UTC から 21 日 12 UTC までの 48 時間であり、低気圧は 36 時間目付近で最盛期を迎えた。

コントロールランにおいて再現された TIL は、観測研究によって記述されている TIL の特徴が確認でき、TIL の渦度依存性 (Birner et al., 2002) も再現されていた。すなわち、対流圏界面付近の局所的な相対渦度が負の領域で TIL が強く、正の領域で TIL が弱い。ただし、この依存性は低気圧の発達期・最盛期にのみ明瞭であった。また、その原因を明らかにするため、モデル領域内で強い TIL が比較的強い重力波発生領域に多く出現していることに着目し、重力波の解析を行った。その結果、重力波による強い収束領域において強い (TIL における浮力振動数の 2 乗の最大値 N^2_{max} が大きい) TIL の出現頻度が高かった。また、この傾向は正渦度領域よりも負渦度領域において強かった。さらに、この傾向が全計算期間 (48 時間) のうち低気圧の発達期・最盛期にのみ明瞭に見られること、および低気圧の発達に伴い西風ジェットの出出口や低気圧上空において重力波が盛んに放射されていたことから、総観規模擾乱に伴う重力波による鉛直収束が、TIL の強さと局所的な相対渦度の負の相関の形成に重要な役割を果たしていると考えられる。

なお、本研究では水蒸気の放射効果による TIL 形成への寄与を調べるために、対流圏界面付近の水蒸気を段階的に減らした感度実験も行った。感度実験は、300 hPa より上空の水蒸気を除いたラン (EXP300) と 500 hPa より上空の水蒸気を除いたラン (EXP500) であり、形成された TIL は EXP300, コントロールラン, EXP500 の順に強かった。EXP300 において TIL が強かったのは、対流圏界面の直下にあたる 300 hPa 付近で水蒸気が急激に減少したために、放射冷却を通じて静的安定度の鉛直プロファイルの勾配が大きくなったためと考えられる。また、水蒸気の放射効果による TIL への寄与は、低気圧の発達する時間スケールにおいては、力学過程に比べて小さいことを示した。

キーワード: 対流圏界面逆転層, 温帯低気圧, 重力波

Keywords: tropopause inversion layer, extratropical cyclone, gravity wave

高エネルギー粒子・光子が成層圏大気に引き起こす化学反応のシミュレーション Chemical Reactions in the Stratosphere Induced by Transient Astronomical Ionizing Events

関口 健太郎^{1*}, 中井陽一¹, 今村隆史², 秋吉英治², 望月優子¹

SEKIGUCHI, Kentaro^{1*}, Yoichi NAKAI¹, Takashi IMAMURA², Hideharu AKIYOSHI², Yuko MOTIZUKI¹

¹ 理化学研究所, ² 国立環境研究所

¹RIKEN, ²National Institute for Environmental Studies

突発的な天体爆発現象(太陽高エネルギー粒子現象や超新星爆発)が地球環境に与える影響の研究は、宇宙からの視点と地球からの視点とが交差する境界領域にあり、最近大きな注目を集めている。我々は特に、これらの天体イベントが成層圏において引き起こす窒素酸化物(NO_x)とオゾンの濃度変動を明らかにするために、大気化学、気候変動、原子分子物理、天文学の知見を動員した新しい計算シミュレーションに着手した。この領域で先駆的な研究を行っている Thomas らは最近、ガンマ線バーストの影響に関して二次元の光化学輸送モデルを用いた数値シミュレーションを行い、成層圏におけるオゾン量の減少(20-30%にも及ぶ)を報告している[1,2]。彼らが用いたモデルでは、過重な計算を避けるために中間生成物としてのイオンが関わる反応については露わに考慮せず、電離イオン対が生成される際のNO_x濃度変動に関しては既報のパラメータを用いている。

我々は、まず電離・解離過程とそれに続くイオン分子反応の連立微分方程式を直接解き、個々のイオン分子反応のNO_x濃度変動への寄与を分析し、得られた妥当なNO_x濃度変動を大規模計算への入力パラメータとするアプローチを考えている。将来的には Thomas らの計算よりさらに詳細な三次元の化学気候モデルシミュレーションにつなげる予定である。本講演では、その第一段階として、地上からの高度以外に緯度・経度の変数を持たないゼロ次元のモデル(いわゆるボックスモデル)の結果について報告する。

大規模太陽フレアに伴う太陽高エネルギー粒子現象では、フレアからのX線、線光子と共に、100 MeVを越える高エネルギー粒子(陽子・中性子)が、太陽系近傍の超新星爆発からは1 MeV程度以下の線、X線光子が地球大気に降り注ぐ。これらの高エネルギー粒子・光子は、成層圏において酸素、窒素(O₂, N₂)を電離・解離する。今回の我々の計算では、電離によって生成するイオン(N⁺, O⁺, N₂⁺, O₂⁺, e⁻)や解離によって生成するラジカル(N(⁴S), N(²D), N(²P), O(³P), O(¹D))の量は、放射線過程のG値[3]を用いて見積った。G値とは、系に与えられたエネルギー100 eVあたりに生じる生成物の個数で、単位は[atoms or molecules / 100 eV]である。電離放射線によって大気中に生成される化学種は、おおまかには物質が放射線から吸収するエネルギーだけで決まると考えてよく(軽元素からなる物質の場合)、それがG値を使う根拠になっている。この扱いによって多段階の散乱過程の詳細には立ち入らずに、電離・解離の速度定数を設定することができる。放射線によって生じたイオンやラジカルは、引き続いて起こる化学反応によって各種の正負イオン(NO⁺, O₄⁺, O⁻, O₂⁻等)を生成する。現時点で総数100以上の化学反応(オゾン破壊のNO_xサイクル、HO_xサイクル、ハロゲンサイクルを含む)を取り入れ、反応速度式を表す連立微分方程式の数値積分には、FACSIMILE(MCPA, Corp)という複合化学反応専用ソフトウェアを用いた。

本講演では、天体現象からの入射エネルギーのインプットとして、巨大な太陽高エネルギー粒子現象(例えば[4])を想定し、まず Thomas らと同様に矩形波を用いて近似した(フルエンス $1.0 \times 10^9 \text{ cm}^{-2}$, パルス幅 24 時間)。大気の温度と化学種の初期濃度としては、下部成層圏および上部成層圏におけるいくつかの代表的な高度を設定した。計算結果を基に、NO_x濃度変動のタイムスケール、主要な反応経路、高度依存性について議論する。

【参考文献】

- [1] B.C.Thomas, A. L. Melott, C. H. Jackman, C. M. Laird, M. V. Medvedev, R. S. Stolarski, N. Gehels, J. K. Cannizzo, D. P. Hogan, and L. M. Ejzak, *Astrophys. J.* 634, 509 (2005).
- [2] L. M. Ejzak, A. L. Melott, M. V. Medvedev, and B.C.Thomas, *Astrophys. J.* 654, 373 (2007).
- [3] C. Willis, A. W. Boyd, *Int. J. Radiat. Chem.* 8, 71 (1976).
- [4] B. C. Thomas, C. H. Jackman, and A. L. Melott, *Geophys. Res. Lett.* 34, L06810 (2007).

キーワード: 太陽高エネルギー粒子現象, 超新星爆発, 成層圏イオン分子反応, オゾン減少

Keywords: Solar energetic particle events, Supernovae, Ozone depletion

SPARC 再解析比較プロジェクト (S-RIP) の提案 A proposal of the SPARC Reanalysis/Analysis Intercomparison Project (S-RIP)

藤原 正智^{1*}, Saroja Polavarapu², David Jackson³
FUJIWARA, Masatomo^{1*}, Saroja Polavarapu², David Jackson³

¹ 北大地球環境, ² カナダ環境省, ³ イギリス気象局
¹EES, Hokkaido Univ., ²Environment Canada, ³UKMO

Available global reanalysis data sets (8 currently) will be investigated for the major middle atmospheric diagnostics under the collaboration between the SPARC community and the reanalysis centers. The purposes of this project are to have a good communication platform between the SPARC community and the reanalysis centers, to understand the current reanalysis products, and to contribute to future reanalysis improvements in the middle atmosphere region. The project will have three major components: (1) the management team which deals with the overall coordination including the SPARC-reanalysis center connection, (2) the scientific working group which suggests the diagnostics covered and has the responsibility for editing and writing the final report, and (3) all SPARC-related researchers who make the data analysis, write journal papers, and contribute to the final report. The project will hold two or three dedicated workshops, where analysis results are discussed among the SPARC community and the reanalysis centers, and produce the final report as a SPARC report, which reviews the then past and near-future publications. The project duration is expected to be 3-5 years for the first phase. This project will be officially proposed at the SPARC SSG meeting in February 2012.