

ラグランジュ型化学輸送モデルによる中間圏大気組成の短期変動機構の研究

中西 慎吾 [1]; 長濱 智生 [2]; 水野 亮 [2]; 中島 拓 [2]
[1] 名大・理・宇宙; [2] 名大・宇地研

Study on mechanism of short-term variations of chemical composition in mesosphere using a Lagrangian chemical transport model

Shingo Nakanishi[1]; Tomoo Nagahama[2]; Akira Mizuno[2]; Taku Nakajima[2]
[1] Particle and Astrophysical Science, Nagoya Univ.; [2] ISEE, Nagoya Univ.

Mesospheric chemical composition largely varies caused by environmental changes from the earth inside and outside. Recent studies reported enhancement of NO_x and HO_x and ozone depletion in the polar mesospheric region at a large solar proton event. These suggest that precipitation of other high energy particles such as a high energy electron from the magnetosphere also has influence on the chemical composition in the mesosphere. For these reasons, we have installed millimeter-wave spectrometers in Rikubetsu-cho, Hokkaido (Japan), Syowa Station (Antarctic), Atacama (Chile), Rio Gallegos (Argentina) and Tromsø (Norway), and have been observing steady atmospheric minor molecules such as Ozone, NO_x, HO_x and ozone-depleting substances in the stratosphere and mesosphere to understand the atmospheric composition changes caused by natural phenomena such as Energetic Particle Precipitation (EPP).

In addition to these observations, we have been developing a Lagrangian chemical transport model, which is suitable for a simulation of a sudden and a local event to evaluate the influence of the atmospheric composition mechanism in the stratosphere and mesosphere. Our developing model is an extension of the Lagrangian particle dispersion model (FLEXPART) by incorporating meteorological fields data and chemical reactions in the mesosphere. FLEXPART can analyze a trajectory from the ground to about 40 km in altitude using the reanalysis data of NCEP and ECMWF as meteorological fields input data. In this study, we incorporated a new reanalysis dataset (MERRA2) as meteorological fields input data to extend the analysis range toward the mesosphere, and as a result, trajectory analysis ranging from the ground to about 80 km in altitude can be made. Moreover, only OH reactions are considered in FLEXPART, although it needs to calculate non-linear chemical reactions separately in this study because chemical reactions caused by EPP include not only reactions by natural molecules but also ion-molecular reaction, ionization, dissociation and ion recombination, and so on. For this reason, we incorporated chemical reactions of the stratosphere and mesosphere in FLEXPART using Kinetic Preprocessor (KPP) which is chemical reaction computation software. Now, we can simulate for 10 days in 40 hours (about 2 days) using our desktop PC.

In this presentation, we will report the details about time and distribution changes of NO and ozone at some EPP events as well as the results of comparison between our developing model and Whole Atmosphere Community Climate Model (WACCM) and so on about distribution change.

中間圏の大気微量分子組成は、そこでの大気密度が小さいことから地球内外の環境変動の影響を受け、大きく変動する。近年人工衛星等による観測から、太陽活動に起因した高エネルギー荷電粒子の地球大気への大規模な降りこみ (Energetic Particle Precipitation: EPP) による極域中間圏の NO_x や HO_x 増加とそれによるオゾンの減少が検出されており、同様のことが磁気圏加速電子の降りこみ等、各種の高エネルギー粒子の振りこみ現象に付随して起こることが予想される。そこで我々は、これまでに北海道陸別町、昭和基地 (南極)、アタカマ高地 (チリ)、リオ・ガジェゴス (アルゼンチン)、トロムソ (ノルウェー) にミリ波分光観測装置を設置し、成層圏・中間圏のオゾンや NO_x・HO_x、オゾン層破壊物質等の大気微量分子の定常観測を行い、高エネルギー粒子の振りこみ等の自然現象による大気組成変動機構に関する研究を進めている。

これらの観測に加えて、我々は様々な EPP 等による成層圏・中間圏の大気微量分子組成変動機構を解明し、その影響を評価するために、局所的・突発的なイベントのシミュレーションに適しているラグランジュ型化学輸送モデルの開発を行った。このモデルはラグランジュ型拡散モデル (FLEXPART) を拡張し、中間圏の気象場データと化学反応過程を取り込んだものである。FLEXPART は現在、気象場のインプットデータとして NCEP と ECMWF の再解析データが利用でき、地表から高度約 40km まで流跡線解析が可能であるが、本研究の対象である中間圏は含まれていない。そこで我々は、シミュレーション範囲を中間圏まで拡張するために、新たにインプットデータとして MERRA2 再解析データを利用できるように拡張し、地表から高度約 80km までの流跡線解析が可能となった。また、FLEXPART では化学反応過程として OH による消失のみを考慮しているが、EPP 等による化学反応過程では、中性分子の反応だけでなく、イオン分子反応、電離・解離、イオン再結合などを含むため、非線形化学反応を別途計算する必要がある。そこで我々は、化学反応計算ソフトウェアである Kinetic Preprocessor (KPP) を FLEXPART に組み込むことで、成層圏・中間圏における各種化学反応過程を取り込んだ。現在、デスクトップパソコンで 10 日間のシミュレーションを約 2 日間 (40 時間) で行うことが可能である。

本発表では、いくつかの EPP 事例の際のオゾン及び NO の時間変化と分布変化について詳細を発表する。また、全大気領域気候モデル (Whole Atmosphere Community Climate Model : WACCM) などのオイラー型 3D モデルとの分布比較を行う。