

電離圏中性大気観測に向けた中性質量分析器の開発

#米田 匡宏¹⁾, 齊藤 昭則¹⁾, 齋藤 義文²⁾

¹⁾ 京都大学大学院理学研究科, ²⁾ 宇宙科学研究所

Development of a Neutral Mass Spectrometer for the Observation of the Ionospheric Atmosphere

#Masahiro Yoneda¹⁾, Akinori Saito¹⁾, Yoshifumi Saito²⁾

¹⁾ Graduate School of Science, Kyoto University, ²⁾ ISAS, JAXA

The ionospheric neutral atmosphere affects ionospheric currents through the collisions between plasmas, which makes it necessary to observe the neutral atmospheric density and composition to understand the ionospheric plasma phenomena. However, neutral mass spectrometers for the in-situ measurements of the ionospheric neutral atmosphere have rarely been installed on flying objects such as sounding rockets and low-earth orbit satellites in recent observations because they tend to be big and heavy. Some empirical models are used instead of actual observation data, but they refer to the old and limited observation data, and new observations are desired.

In our study, we are developing a small mass spectrometer for the observation of the ionospheric neutral atmosphere which can easily be installed on flying objects. The instrument is planned to be used for S-310-46 sounding rocket, which will be launched from Uchinoura, Kagoshima in the summer of 2024. The objective of the experiment is to reveal the formation process of daytime sporadic E layers and the instrument will provide the density profile of dominant components in the atmosphere such as O, O₂ and N₂ from about 90 km to 130 km. We are currently developing the flight model of the instrument for the experiment.

The mass spectrometer is based on TRITON, which is a time-of-flight neutral mass spectrometer developed by ISAS/JAXA for the Lunar Polar Exploration project (LUPEX) to measure water particles in lunar soil. In usual time-of-flight neutral mass spectrometers, particles are reflected one time, but TRITON and our instrument adopt the trajectory including three reflections, which enables a high mass resolution with a small size. We have finished designing and manufacturing the mass-analyzing part, and we will report the results of the tests.

At the same time, we are developing an inlet part called an antechamber. An antechamber is necessary to thermalize the particles which enter the instrument with the relative speed of the rocket. Furthermore, an antechamber can improve sensitivity because the inside density is enhanced compared to the outside density. We have finished designing considering these functions. In the rocket experiment, the measurement starts a few minutes after the launch and the contamination of the particles adsorbed on the inner wall of the antechamber can be a problem. In order to reduce the impact of the contamination, we plan to conduct baking with some heaters and nitrogen purge just before the launch. We will additionally report the results of some experiments which we made to evaluate the effect of these operations.

電離圏における中性大気はプラズマとの衝突を通して電離圏電流に影響を与えるため、中性大気密度や組成を観測することは電離圏プラズマ現象を捉える上で不可欠である。しかし、電離圏高度の中性大気をその場観測するための中性質量分析器は大型となる傾向にあり、近年では観測ロケットや低軌道衛星などの飛翔体に搭載されることは稀となっている。一方で、実際の観測データの代わりに用いられている経験モデルは主に古く限定された観測データを参照しており、新たな観測を行うことが望まれている。

そこで、本研究では飛翔体に手軽に搭載することができる小型の中性大気質量分析器の開発を進めている。開発中の装置は 2024 年夏に鹿児島県内之浦より打ち上げられる観測ロケット S-310-46 号機に搭載される予定である。当実験は昼間スポラディック E 層の生成過程の解明を目的としており、本装置は高度約 90km から 130km までの中性大気の主要成分である O や O₂、N₂ 等の密度の高度プロファイルを得る。現在はロケット搭載用装置のフライトモデルを開発中である。

本装置は月極域探査ミッション LUPEX において地質中の水を探査することを目的として、宇宙科学研究所にて開発されている飛行時間型中性質量分析器 TRITON を基にしている。通常の飛行時間型質量分析器では粒子を一回反射させる経路が一般的であるが、本装置では三回反射させる経路を取り入れることで、小型ながらも高い分解能を実現している。質量分析部の設計、製造は終了しており、本発表では質量分析部試験の結果を報告する。

質量分析部と並行して、粒子を取り入れるための前室部と呼ばれる部分の開発も行っている。前室部は装置に対して飛翔体の速さの相対速度で入射してくる粒子を熱速度程度まで減速させるために必要となる。さらに、前室部内の密度は外部の密度より高まるため、感度が向上する。これらの機能を考慮して、前室部の形状設計を行った。また、ロケット観測においては打ち上げから数分で観測を開始するため、前室部内部に吸着した粒子の混入が問題となると考えられる。この影響を抑えるために、打ち上げ前にはヒーターによるベイキングや窒素パージを行う予定である。これらの効果を評価するための実験も行っており、併せて結果を報告する。