

電離圏観測用中性大気質量分析器の開発

#米田 匡宏¹⁾, 齋藤 昭則¹⁾, 齋藤 義文²⁾

⁽¹⁾ 京都大学理学研究科, ⁽²⁾ 宇宙科学研究所

Development of a Neutral Mass Spectrometer for Ionospheric Observations

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

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

We are currently developing a neutral mass spectrometer for ionospheric observations in preparation for the sounding rocket experiment scheduled for 2024. The neutral atmospheric composition in the ionosphere is an important parameter for understanding not only thermospheric variations but also ionospheric variations, because it affects the plasma density through ionization and recombination processes and contributes to electric field variations through the electric conductivity. However, in recent in-situ ionospheric observations by artificial satellites and sounding rockets, the atmospheric composition has rarely been measured, and empirical models such as MSIS have been used. Since the observational data which these empirical models are based on are limited and there are discrepancies between the actual spatial and temporal variations and the models, new in-situ observations of the atmospheric composition are desired. Therefore, we are developing a neutral mass spectrometer to measure the neutral atmospheric composition at the ionospheric altitudes onboard low earth orbit satellites and sounding rockets. The instrument being developed will be installed on S-310-46 sounding rocket targeting sporadic E layers in 2024. In the rocket experiment, the neutral atmospheric composition of O, O₂ and N₂, which are the major components in the lower part of the ionosphere up to an altitude of 130 km, will be mainly obtained to clarify the formation process of sporadic E layers. This neutral mass spectrometer is based on an instrument developed for lunar exploration by ISAS/JAXA, and adopts a time-of-flight system with triple reflections to provide sufficient resolution with its small size. The instrument needs to be downsized for the installation on the sounding rocket, and its design and performance evaluation were carried out by numerical simulations. In parallel, the development of an antechamber was also conducted. When the spectrometer is mounted on a flight vehicle, particles enter the instrument with relative velocity of the vehicle, which can result in some difficulties in measurements such as sensitivity degradation. Therefore, before particles enter the instrument, they are captured in a spherical antechamber attached in front of the particle intake and collided with the inner wall to slow them down to about their thermal velocity. In addition, the atmospheric density inside the antechamber is higher, which can increase the measurement sensitivity. These performances were estimated in the design phase. For the next step, we will manufacture the instrument, evaluate its performance and acquire its characteristics through tests, and then verify them in the sounding rocket experiment.

現在、2024年に実施予定の観測ロケット実験に向けて、電離圏観測用中性大気質量分析器の開発を行っている。電離圏における中性大気組成は、電離・再結合過程によりプラズマ密度に影響し、さらに電気伝導度を介して電場変動に寄与するため、熱圏変動のみならず電離圏変動を捉える上でも重要な物理量である。しかし、近年の人工衛星や観測ロケットによる電離圏その場観測において、中性大気組成の測定例は少なく、MSISなどの経験モデルが用いられている。このような経験モデルの基となっている観測データは限定されており、実際の時空間変動とモデルのずれが指摘されているため、新たな中性大気組成のその場観測が望まれている。そこで、観測ロケットや低軌道衛星に搭載し、電離圏高度の中性大気組成を測定するために、中性大気質量分析器の開発を行っている。開発している装置は、2024年に行われるスポラディックE層を対象とした観測ロケットS-310-46号機に搭載される予定である。このロケット実験ではスポラディックE層の形成過程を明らかにするために、電離圏下部に当たる高度130kmまでの主要な成分である酸素や酸素分子、窒素分子を中心とした中性大気組成を取得する。この中性大気質量分析器はJAXA宇宙科学研究所において開発されていた装置を基にしており、小型ながらも十分な分解能を持たせるため、質量分析部に三回反射式の飛行時間型機構を採用している。観測ロケット搭載のためには装置の小型化が必要であり、そのための設計、及び性能評価を数値シミュレーションにより行った。また、並行して観測ロケット搭載のために必要となる前室部(antechamber)の設計・性能評価も行った。飛翔体に搭載して中性大気計測を行う際、粒子は相対的にロケット速度を持ったまま装置に入射することとなり、感度低下などが生じる。そこで、装置に入射する前に粒子を球殻状のantechamberに取り込み、内壁に衝突させることで熱速度程度まで減速させる。また、antechamber内では大気密度が高くなるため、測定感度を上げることができる。現在進めている設計ではこれらの特性の見積もりを行っている。今後は装置を製作し、試験を通して性能評価、特性取得を行った後、観測ロケット実験にて検証を行う。