

## LUPEX 搭載 3 回反射型リフレクトロン TRITON エンジニアリングモデルの性能評価

#齋藤 義文<sup>1)</sup>, 米田 匡宏<sup>2)</sup>, 川島 桜也<sup>1)</sup>, 横田 勝一郎<sup>4)</sup>, 齋藤 直昭<sup>5)</sup>, 笠原 慧<sup>3)</sup>, 浅村 和史<sup>6)</sup>, 西野 真木<sup>7)</sup>

(<sup>1</sup> 宇宙研, (<sup>2</sup> 京大理, (<sup>3</sup> 東京大学, (<sup>4</sup> 大阪大, (<sup>5</sup> 産総研, (<sup>6</sup> 宇宙研, (<sup>7</sup> 宇宙機構)

### Performance of the Engineering Model of Triple-Reflection Reflectron (TRITON) for Lunar Polar Exploration (LUPEX)

#Yoshifumi Saito<sup>1)</sup>, Masahiro Yoneda<sup>2)</sup>, Oya Kawashima<sup>1)</sup>, Shoichiro Yokota<sup>4)</sup>, Naoaki Saito<sup>5)</sup>, Satoshi Kasahara<sup>3)</sup>, Kazushi Asamura<sup>6)</sup>, Masaki N Nishino<sup>7)</sup>

(<sup>1</sup>Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency, (<sup>2</sup>Graduate School of Science, Kyoto University, (<sup>3</sup>The University of Tokyo, (<sup>4</sup>Osaka University, (<sup>5</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, (<sup>6</sup>Japan Aerospace Exploration Agency, (<sup>7</sup>Japan Aerospace Exploration Agency)

For the purpose of investigating the presence and amount of the water (ice) molecules in the regolith 1 to 1.5 m below the lunar surface, a compact neutral particle mass spectrometer TRITON (Triple-reflection Reflectron) is under development. TRITON is a sub-system of REIWA (Resource Investigation Water Analyzer) onboard the LUPEX (Lunar Polar Exploration) Moon rover. REIWA also includes two other sub-systems, ADORE (Aquatic Detector using Optical Resonance) and LTGA (Lunar Thermogravimetric Analyzer) in addition to TRITON. TRITON will perform mass analysis of the neutral gas generated by LTGA.

A standard Reflectron Time-of-Mass Spectrometer consists of an ion source, ion acceleration part, free flight part, ion reflection part and an ion detector. Ionized neutral particles are accelerated in the ion acceleration part by a pulsed high voltage whose pulse timing is used as a start signal. The accelerated ions enter into the free flight part and reflected in the single-stage ion reflection part. Reflected ions again fly through the free flight part and detected by a detector. Ion mass is determined by the time difference between the start signal and the particle detection.

In order to increase the mass resolution as much as possible within the allocated volume, we have decided to modify the standard reflectron by adding a second reflector that enables triple reflections and doubles the flight length (triple reflection mode). The triple-reflection TOF mass spectrometer can be operated also as a standard reflectron by changing the voltage applied to the analyzer (single reflection mode). Triple-reflection mode is suitable for high mass resolution measurement and standard single reflection mode is suitable for high sensitivity measurement.

Engineering Model (EM) analyzer of TRITON was designed and built based on the test results of the Test Model (TM) analyzer with improved performance, taking into account the structure adapted to the flight environment. Initial performance tests of TRITON EM confirmed that TRITON can measure the atoms, molecules and their isotopes up to mass number 200 with mass resolution as high as 150 using triple reflection mode. The electronics part of TRITON EM is currently under fabrication, and the testing of the whole part of TRITON EM will be performed in the near future.

月面から約 1.5m の深さまでのレゴリス中に水 (氷) 分子が存在するかどうか、そして存在する場合にはその量を調べるため、小型の中性粒子質量分析器 TRITON の開発を進めている。TRITON は、月極域探査 LUPEX のローバーに搭載される水資源分析計 REIWA のサブシステムである。REIWA には TRITON と熱重量分析計 LTGA、微量水分・同位体分析装置 ADORE が含まれており、TRITON は LTGA で加熱されたレゴリスから放出される中性ガスの質量分析を行う。

通常のリフレクトロン型飛行時間式質量分析器は、イオン源、イオン加速部、自由飛行部、リフレクトロン、イオン検出器で構成される。イオン源でイオン化された中性粒子は、イオン加速部でパルス高電圧により加速され、そのパルスタイミングがスタート信号として使用される。加速されたイオンは自由飛行部に入り、リフレクトロンで反射される。反射されたイオンは再び自由飛行部を飛行した後、イオン検出器で検出される。イオンの質量は、スタート信号から粒子検出までの時間差を用いて測定することができる。

限られた装置サイズで質量分解能を可能な限り高めるため、通常のリフレクトロンに加えて第 2 リフレクトロンを加えることでイオンを 3 回反射させ、自由飛行部のイオンの飛行長を 2 倍にすることのできる 3 回反射型リフレクトロン TRITON を考案した。TRITON は、イオン源と、アナライザの電極に印加する電圧を変えることにより、通常の 1 回反射型リフレクトロンとしても動作させることができる。3 回反射モードは高質量分解能計測に、1 回反射モードは高感度計測に適している。

TRITON アナライザのエンジニアリングモデルは、テストモデルアナライザの試験結果を反映させて性能を向上させた他、フライト可能な構造を考慮して設計・製作した。初期的な性能試験を実施した結果、3 回反射モードでは、質量数 200 までの原子・分子とその同位体を質量分解能 150 以上で測定できることを確認することができた。現在、TRITON 電子回路部エンジニアリングモデルの製作中であり、近い将来、TRITON エンジニアリングモデル全体の試験を行う予定である。