

R009-18

Zoom meeting D : 11/1 PM2 (15:45-18:15)

15:45~16:00

月極域探査計画 LUPEX に搭載する複数回反射型質量分析器 TRITON の開発

#山本 直輝¹, 齋藤 義文², 笠原 慧³, 横田 勝一郎⁴, 浅村 和史⁵, 西野 真木⁶

(¹ 東大地球惑星,² 宇宙研,³ 東京大学,⁴ 大阪大,⁵ 宇宙研,⁶ JAXA)

Development of a Time of Flight Mass Spectrometer (TRITON) for Lunar Polar Exploration (LUPEX)

#Naoki Yamamoto¹, Yoshifumi Saito², Satoshi Kasahara³, Shoichiro Yokota⁴, Kazushi Asamura⁵, Masaki N Nishino⁶

(¹ EPS, UT,² ISAS,³ The University of Tokyo,⁴ Osaka Univ.,⁵ ISAS/JAXA,⁶ JAXA)

Investigation of the amount and the chemical form of volatiles including water on the lunar surface is important not only in understanding the evolution of the lunar surface, but also in understanding the origin of lunar and terrestrial water and the transportation of materials in the solar system. In addition, if the quantity of volatiles on the Moon is substantial, space exploration based on the Moon may be possible converting them into fuels. Therefore, exploration of the lunar poles is important in both planetary science and advancement of space exploration.

Although remote observations suggest the presence of water on the lunar surface, it is still unclear that how much water exists. In LCROSS, one of the examples of the remote observations, water and small amount of hydroxyl were observed. A small abundance of other volatiles was also detected. Since the mass spectrometer should be able to distinguish large amount of water and small abundance of other volatiles, high mass resolution is required in order to achieve scientific goals such as measuring the abundance of volatiles on the lunar surface.

JAXA is planning LUPEX (Lunar Polar Exploration) mission. REIWA (REsource Investigation Water Analyzer) is one of the instruments for investigating volatiles including water. REIWA consists of a heater with a weight scaler, which measures weight of the heated samples, and mass analyzers which analyze desorbed volatiles from the samples. We are developing triple-reflection reflectron (TRITON), which is a time-of-flight mass spectrometer (TOFMS). TRITON is composed of an ion source that generates ion beam with large area and a triple-reflection reflectron which is a compact mass spectrometer with high mass resolution. TRITON is operated mainly in two different modes, single reflection mode which has high sensitivity and low mass resolution and triple reflection mode which has lower sensitivity and higher mass resolution. The two operation modes can be switched by adjusting the voltage applied to the analyzer.

Pulsed high voltage is applied to the analyzer plate. The applied pulsed high voltage has a square wave form. We have replaced the previously used commercial pulsed high voltage module with a pulsed high voltage BBM under development, which is proved to have sufficient performance. In addition, we have investigated that how the rising time influences on the mass spectrum. We have changed the rising time by inserting a resistor in the output line of the pulsed high voltage. The upper limit of the rising time of the pulsed high voltage to satisfy requirements of mass resolution and the quantitative influence on the mass spectrum will be presented. So far, we have been using a commercially available ion source that is not for flight. We will also show the performance of the test model of TRITON whose all components are under development for flight.

月の極域に存在する水などの揮発性物質の量およびその形態を調べることは、月の表層の進化の過程や月表面でのイオンの動きの理解だけでなく、月ないしは地球の水の起源や太陽系内の物質の輸送過程を理解するのに重要である。また、月に利用可能な形で十分な量の揮発性物質が存在した場合、それを燃料に変えることで月を拠点に宇宙探査を行うことができるかもしれない。月の極域探査には惑星科学的意義だけでなく、宇宙探査の発展にとっても重大な意義がある。

これまで遠隔観測から水の存在を示唆する結果は出てきているが、水がどのような状態でどれだけ存在するかについてははっきりしていない。遠隔観測の一つの LCROSS では水だけでなく水酸基も観測されている [1]。また、水や水酸基以外にも様々な揮発性物質が微量ながら観測されている。したがって、揮発性物質の存在量の同定等の科学的目標を達成するためには、存在量の多い水とその他の揮発性物質を質量スペクトル上で区別しなければならず、高い質量分解能が必要となる。

そこで JAXA は月極域探査 (Lunar Polar Exploration mission) を計画している。この探査において水を含めた揮発性物質の調査を行うのが水資源分析計 (REsource Investigation Water Analyzer) である。これは試料の質量を測定し加熱する熱重量測定装置と加熱によって発生した揮発性物質を分析する質量分析器からなる。我々はこのうち、飛行時間型質量分析計 (Time Of Flight Mass Spectrometer) である TRITON (TRiple-reflection reflecTrON) の開発を行っている。TRITON は高い検出効率を実現するためにシート状のイオン流を生成するイオン源と、小型かつ高い質量分解能を確保できる複数回反射型のリフレクトロンから成る。TRITON は印加する電圧を調整することによって、質量分解能は高いが感度は低い 3 回反射モードと質量分解能は低いが感度は高い 1 回反射モード主の 2 つのモードで質量スペクトルを測定することができる。

加速部にかかる電圧は矩形波によって立ち上がり、この立ち上がりに要する時間は使用するパルス高圧電源によ

て決まる。これまでは市販のパルス高圧モジュールを使用していたが、開発中の搭載用パルス高圧 **BBM** に変更して実験を行った結果、パルス高圧 **BBM** は搭載するのに十分な性能を有していることが確認できた。さらに、パルス高圧の出力ラインに抵抗を挟むことにより、意図的に立ち上がり時間を延ばすことができるため、矩形波の立ち上がり時間を延ばすことによってマススペクトルがどのように変化するのかを調査した。分解能の要求を満たすために必要な立ち上がり時間の上限や、マススペクトルに与える影響に関して得られた定量的な結果について紹介する予定である。また、これまでの実験では、イオン源も搭載には使用できない市販のものを用いていたが、開発中の搭載可能なものに取り換えることで、すべてのコンポーネントを搭載に向けて開発中のものにした試験結果についても紹介する予定である。

[1] A. Colaprete, et al, *Science*, 330, 6003, (2010)