

R009-03

B会場：11/6 AM1 (9:00-10:30)

09:30~09:45

無水鉱物への水素イオン照射実験による水星表層における太陽風起源 H₂O 生成過程の解明

#北野 智大¹⁾, 木村 智樹¹⁾, 大槻 美沙子¹⁾, 星野 亮¹⁾, 仲内 悠祐²⁾

¹⁾ 東京理科大, ²⁾ JAXA

Water molecule creation by the solar wind on Mercury's surface modeled by the hydrogen irradiation to the anhydrous mineral

#Tomohiro Kitano¹⁾, Tomoki Kimura¹⁾, Misako Otsuki¹⁾, Ryo Hoshino¹⁾, Yusuke Nakauchi²⁾

¹⁾ Tokyo Univ. of Science, ²⁾ JAXA

At Mercury and Moon, water molecules are created from surface minerals through the thermal and non-thermal chemical processes driven by the solar photon and solar wind irradiations. Recent studies suggest that the water ice in the polar regions at Mercury based on the neutron spectroscopies onboard spacecraft (Lawrence et al., 2013) and at Moon based on the infrared spectroscopies onboard spacecraft (Li et al., 2018). Although the source of polar ice is still unknown, the recent numerical simulations of water transport on Mercury (Jones et al., 2020) suggested the water creation process by the solar wind hydrogen irradiation to the surface material as a potential source of polar ice. However, the water creation process on the surface by the solar wind hydrogen irradiation has not yet been directly demonstrated by neither the observations nor experiment. This study demonstrates the water creation from Mercury's surface material by the solar wind based on the hydrogen ion and electron irradiation experiments to an anhydrous silicate mineral, Enstatite, which is a candidate for Mercury's surface material. The hydrogen ion and electron were irradiated with a flux of $1e+14$ - $1e+15$ /cm²/s for about $1e+4$ s, corresponding to a fluence of $1e+18$ - $1e+19$ /cm². Temporally stable water vapor release was confirmed only during the hydrogen ion irradiation. Reflectance spectrum of the irradiated sample suggests that water vapor was more efficiently released from the sample when electrons were irradiated after hydrogens. Yield of water molecules by the hydrogen ion irradiation after removing the water originally adsorbed on the sample is estimated to be 0.14-0.16/incident ion. If we assume that the water molecules are uniformly released from Mercury's day-side hemisphere, the estimated yield of 0.14-0.16/incident ion corresponds to a water creation rate of 5.2-5.6e+6 kg/year. With the rate of the ice accumulation to the surface water creation from the surface estimated by the water transfer simulation in the Jones et al. (2020), the total amount of ice accumulated on Mercury surface through 3 billion years is estimated to be 1.6-1.7e+14kg from our experiment. This is a significant amount compared to the estimation of $1e+14$ - $1e+15$ kg by the radar observations in the previous studies (Eke et al., 2017; Deutsch et al., 2018; Susorney et al., 2019), which suggests that the water creation by the solar wind irradiation is an essential source process of the polar ice on Mercury surface.

水星や月において、表層の鉱物は太陽光や太陽風の照射による熱的、非熱的な化学過程を経て、水分子を生成する。探査機搭載の中性子分光計や赤外分光器の観測に基づいた近年の研究によって、水星や月の極域での水氷の存在が示唆されている (Lawrence et al., 2013; Li et al., 2018)。その起源は未解明であるが、水星表面では太陽風水素イオン照射による表層鉱物における水生成が有力な候補であることが、近年の水輸送の数値シミュレーションから示唆された (Jones et al., 2020)。しかし、太陽風プラズマの組成 (電子、陽子) やエネルギー (keV 帯) の条件を満たしたプラズマ照射による、表層鉱物の水生成過程は観測的・実験的には未実証である。本研究は水星表層組成に類似した無水ケイ酸塩鉱物である Enstatite 試料への水素イオン、電子照射実験に基づき、太陽風による水星表層の水生成の実証を試みた。水素イオンや電子を、 $1e+14$ - $1e+15$ /cm²/s の flux、 $1e+18$ - $1e+19$ /cm² の fluence で照射したところ、水素照射時のみ長時間 (約 $1e+4$ s) 安定してサンプルからの水分子の放出が確認された。また、サンプルの反射スペクトル分析から電子を水素の後に照射すると、より効率よくサンプルから水分子が放出されることが確認された。サンプルに元々付着していた水の影響が無い時間帯において、水素イオン照射に対する水分子の yield を見積もった結果、0.14-0.16/incident ion と推定された。昼側の水星半球から水分子が 0.14-0.16/incident ion で一様に放出されると仮定すると、5.2-5.6e+6kg/year の水生成率に相当する。Jones et al. (2020) の水輸送シミュレーションにおける水の生成に対する氷の堆積効率と、本実験で得られた水生成率に基づき、水星表層に堆積する氷の総量を見積もると、30 億年で 1.6 - 1.7e+14 kg になることが示唆された。これは先行研究のレーダー観測に基づく推定総量 $1e+14$ - $1e+15$ kg (Eke et al., 2017; Deutsch et al., 2018; Susorney et al., 2019) と比較して、有意な量である。この結果から、太陽風照射による水生成が極域氷の供給過程として有力であることが示唆される。