

R009-03

B会場：9/26 AM1 (9:00-10:30)

9:30~9:45

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⁾ 立命館大

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 University of Science, ²⁾ Ritsumeikan Univ.

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 suggested that there is water ice in the polar permanent shadowed regions of Mercury based on the neutron spectroscopies onboard the MESSENGER spacecraft (Lawrence et al., 2013) and of Moon based on the near-infrared spectrometer onboard the Chandrayaan-1 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 on Mercury's surface with the real solar wind condition has not yet been directly confirmed by either the observations or experiment. This study demonstrates the water creation on Mercury's surface 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 $1e+14-1e+15\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ and fluence of $1e+18-1e+19\text{cm}^{-2}$. Temporally stable water vapor release was confirmed for a long time (approximately $1e+4\text{s}$) only during the hydrogen ion irradiation. The yield of water molecules by the hydrogen ion irradiation was estimated after removing the adhering water from the sample surface to be 0.37-0.38/incident ion. For the electron irradiation after the hydrogen irradiation, it was found that the electron irradiation enhance degassing of the water vapor, which was created by the hydrogen irradiation. If we assume that the water molecules are released from Mercury's cusp region, the experimentally estimated yield corresponds to a water creation rate of 2.6-2.8e+6kg/year. With the rate of ice accumulation on the surface to the water creation from the surface estimated by the water transfer simulation by Jones et al.(2020), the total amount of ice accumulated on Mercury's surface through 3 billion years was estimated to be 7.8-8.3e+13kg from our experiment. This is a significant amount compared to the total ice estimation of $1e+14-1e+15\text{kg}$ by the previous radar observations (Eke et al., 2017; Deutsch et al., 2018; Susorney et al., 2019). This result suggests that the water created by solar wind irradiation is a possibly essential source of the polar ice on Mercury. We are going to conduct the deuterium irradiation experiment to demonstrate the water creation and removing effects of the water adhering to the sample 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。MESSENGER 探査機搭載の中性子分光計や Chandrayaan-1 探査機搭載の赤外分光器の観測に基づいた近年の研究によって、水星や月の極域の永久影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の1つであることが、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、実際の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、水星表層鉱物の水生成は観測的・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、 $1e+14-1e+15\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ の flux、 $1e+18-1e+19\text{cm}^{-2}$ の fluence で照射した。水素照射時のみ長時間 (約 $1e+4\text{s}$) 安定してサンプルからの水分子の放出が確認された。サンプルに元々付着していた水の影響が無いと思われる時間帯において、水素イオン照射に対する水分子の yield を見積もった結果、0.37-0.38/incident ion と推定された。水素イオンを照射した後に、電子を照射した場合、水素照射で生成された鉱物中の水分子の放出を促進する傾向がみられた。水素照射で推定した yield を用いて、水星のカusp領域から水分子が放出されると仮定すると、2.6-2.8e+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 7.8-8.3e+13kg 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 $1e+14-1e+15\text{kg}$ (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。今後はサンプルの付着水の影響を除去した水生成の再現を狙い、重水素照射実験等の検証実験を行う予定である。