

すばる望遠鏡によるLCROSSインパクト放出物中の水ホットバンドの観測

Hot bands observation of water in ejecta plume of LCROSS impact using the Subaru telescope

洪 鵬^{1*}, 杉田 精司¹, 岡村 奈津子¹, 関根 康人¹, 寺田 宏², 高遠 徳尚², 早野 裕², 布施 哲治², 河北 秀世³, 古荘 玲子², 渡部 潤一², 春山 純一⁴, 中村 良介⁵, 黒澤 耕介¹, 門野 敏彦⁶, 羽村 太雅¹

Peng Hong^{1*}, Seiji Sugita¹, Natsuko Okamura¹, Yasuhito Sekine¹, Hiroshi Terada², Naruhisa Takato², Yutaka Hayano², Tetsuji Fuse², Hideyo Kawakita³, Reiko Furusho², Jun-ichi Watanabe², Junichi Haruyama⁴, Ryosuke Nakamura⁵, Kosuke Kurosawa¹, Toshihiko Kadono⁶, Taiga Hamura¹

¹東京大学, ²国立天文台, ³京都産業大学, ⁴宇宙航空研究開発機構/宇宙科学研究本部, ⁵産業技術総合研究所, ⁶大阪大学

¹University of Tokyo, ²NAOJ, ³Kyoto Sangyo University, ⁴JAXA/ISAS, ⁵AIST, ⁶Osaka University

最近のLunar Prospector(LP)の観測により、月の南極付近の永久影の表層 10 ± 5 cm以内には ~ 0.2 - 40 wt%の水に相当する水素の濃集が確認された。一方、かぐやの地形カメラの観測では南極付近のShackletonクレーター内の永久影の表面には水氷は見られなかった。したがって、永久影の非常に浅い所にあるレゴリスには水が含まれる可能性が極めて高いものの、その存在形態と深さ分布は全くわかっていなかった。

LCROSSは南極付近にあるCabeusクレーター内の永久影に速度 2.5 km/s、衝突角度 70° 以上で 2000 kgと 700 kgの衝突体を衝突させ、表層物質を掘削して水の存在の有無を探索するミッションである。事前のSPHシミュレーションでは、水の混合比を 1 wt%と仮定すると、クレーターのリムを越えて地上から観測できる高さまで舞い上がる水の量は約 150 kgと見積もられた[Korycansky et al 2009]。これはすばるのような大型地上望遠鏡で観測可能な量である。地上観測の利点は衝突蒸気雲を側面から観測できるので、ほぼ真上から観測する探査機とは異なり、水の深さ分布の情報を得られることである。

我々はすばる望遠鏡のIRCS Echelle分光器を用いて近赤外分光観測を行った。大気中の水蒸気による吸収を受けにくい、 2900 nm付近にある非共鳴蛍光輝線（ホットバンド）を観測対象とした。月面上のCabeusクレーターの追尾には補償光学系を使用することで高精度な観測を実現させた。得られたデータは、大気吸収パターンの時間変化を非常に正確に取り除くため、同じ観測フレーム内で、衝突地点上空のスペクトルを大気吸収パターン参照用の月日照面のスペクトルで割り算することを行った。さらにそのように大気吸収の補正をしたスペクトルを衝突の前後で比較することで放出物の成分を検出することなども試みた。しかし水の輝線を確認することはできなかった。だが、これらの解析の結果得られたデータのノイズは小さく、ホットバンド周辺の波長での観測スペクトルに見られるノイズの強度から、 H_2O 質量の上限は約 40 kgとかなり小さい値が見積もられた。

これは、事前のSPHシミュレーションの推定の約 $1/3$ 以下の量である。これだけ大きな違いが出る原因としては3つの可能性が考えられる。一つ目は、表層に水はなかったというもの。二つ

目は、放出された氷粒子のサイズが大きかったために、昇華率が極めて遅かったというもの。しかしこれらの解釈は、衝突点の約1km上空の放出物を観測し、大量の水が存在することを確認したLCROSS探査機の観測とは矛盾する。最後の可能性は、すばるで見える高さにまで上がった放出物の量が理論的予想よりも少なかったというもの。これはIRCSの撮像データの解析結果とも調和的である。この解釈が正しいとすると、その原因としては2つのメカニズムが考えられる。一つは放出物の質量がある一定の放出速度以上において急激に少なくなる、いわゆるカットオフがあった可能性である。もう一つは、放出物の放出角度が、標準的な場合(45°)よりも極めて浅かったという可能性である。これらは、いずれも衝突物理過程に関する問題である。したがって、今回の観測では残念ながら放出物を観測できなかったために、水の含有率の深さ分布に制約を与えるには至らなかったが、従来の衝突実験やクレータリングの理論からは想定されないような衝突についての新しい知見が得られる可能性があることが示唆される。

キーワード:衝突,永久影,月の水,分光

Keywords: impact, permanently shadowed areas, lunar water, spectroscopy