

ハレアカラ 40cm 望遠鏡による月面からのナトリウム原子放出の高分散分光観測 High-resolution spectroscopic observation of sodium atom emitted from the lunar surface using a Haleakala 40cm telescope

鈴木 大志^{1*}, 坂野井 健¹, 鎌谷 将人¹, 岡野 章一¹
Taishi Suzuki^{1*}, Takeshi Sakanoi¹, Masato Kagitani¹, Shoichi Okano¹

¹ 東北大学大学院理学研究科惑星プラズマ・大気研究センター

¹ Planetary Plasma and Atmospheric Research Center, Graduate School of Science, Tohoku University

月には表面気圧が地球のおよそ 10^{-17} の非常に希薄な完全無衝突大気が存在する。過去の研究により、月希薄大気の構成物質として、ヘリウム、アルゴン、ナトリウム、カリウム、水素、酸素が存在することが分かっている。このうちナトリウムとカリウムはそれらの大きな共鳴散乱断面積により比較的容易に地上光学リモートセンシングが可能であり、これらの共鳴散乱発光をトレーサーとした月希薄大気の観測が過去行われてきた。

月ナトリウム希薄大気生成の月面地理依存性については、月周回衛星 Kaguya による月ナトリウム大気発光の観測より局所的な分布の存在が示唆されている [Kagitani et al., 2010]。月表面はその地理的特徴から海と高地の2種類に分けられ、それぞれを構成している岩石やその土地の起伏に違いがある。これらの違いによって月希薄大気生成に地理依存性が生まれることが期待される。また、月希薄大気の放出プロセスメカニズムについて、光脱離 (PSD)、太陽風イオンスパッタリング、微隕石衝突、熱脱離が挙げられるが、それぞれの定量的な放出量に対する寄与や、時空間変動は明らかになっていない。以上より、本研究では月ナトリウム大気の地理依存性と時間変動を解明することを目的とした。

観測はアメリカ・ハワイ州マウイ島ハレアカラ山頂の東北大学 40cm シュミット・カセグレン望遠鏡と波長分解能約 60,000 のエシェル分光器を用い、2011年7月18日から25日と、2012年8月8日から9日にかけて実施した。観測時には500秒角の長さのスリットを月縁に直交するように配置し、月面から高度300kmまでのナトリウム発光分布を明らかにした。2011年7月の観測では、月の下弦側の縁の南緯20度に位置する東の海とその対称点である北緯20度の高地の2点の上空のナトリウム大気の観測を行った。2012年8月の観測では、月の北半球側に広がる嵐の大洋に着目し、南半球側から北半球側にいくにしたがって月ナトリウム大気発光量が変化していくことを期待し、月の下弦側の南北緯度50度、南北緯度20度、赤道上空の5点の観測を行った。2011年と2012年の観測から、多くの場合ナトリウム発光高度分布は、高温成分(約1000K)と低温成分(約100K)の2成分で構成されることが明らかになった。

2011年7月の観測結果について、高温成分の絶対発光強度の時間変動を調べたところ、7月19日に増光がみられた。このとき、太陽風プロトンの数密度が増加していたことから、この増光は太陽風スパッタリングによるガーデニング効果が強められ、その結果 PSD が助長された結果と考えられる。また、この増光が特に南半球側で特に大きく見られたことから、南半球で特にガーデニング効果が卓越することが示唆される。

2012年8月の観測結果からは、高温成分、低温成分ともに絶対発光強度について、南半球側のほうが北半球側より大きい傾向がみられた。高温成分については2011年7月の観測結果と同様の考察より、南半球側でガーデニング効果が卓越すると解釈できる。一方、低温成分については、放出プロセスに熱脱離に加えて、高温成分の再放出粒子の寄与を考慮することで、高温成分において見いだされたガーデニング効果の PSD への助長作用が低温成分にも反映されることが期待される。この結果、低温成分においても、高温成分と同様の南北非一様性が生じたと推察することができる。

南半球には、北半球と比べて高地の占める面積が多い。従って、南半球の絶対発光強度の増加は、高地におけるナトリウム放出率が海よりも高いことを示唆する。すなわち、高地は比較的起伏にとんだ土地であり単位表面当たりの面積が大きいいため、太陽風プロトンの入射に伴うガーデニング効果がより卓越することと考えられる。

Kagitani et al., 2010, Planetary and Space Science, 58, 1660-1664, Variation in lunar sodium exosphere measured from lunar orbiter SELENE (Kaguya)