

## 飯館観測所での分光観測による月ナトリウム希薄大気生成機構の同定

## Production Mechanism of Lunar Sodium Atmosphere inferred from Spectroscopic Observation at Iitate Observatory

梅川 慎吾 [1]; 鍵谷 将人 [2]; # 岡野 章一 [3]

Shingo Umekawa[1]; Masato Kagitani[2]; # Shoichi Okano[3]

[1] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [3] 東北大・理

[1] Planet. Plasma Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.; [2] PPARC, Tohoku Univ.; [3] PPARC, Tohoku Univ.

地球の月は古くから固有大気を持たない天体とされてきた。しかし、近年月面上空にナトリウムおよびカリウム原子の共鳴散乱発光が地上観測により確認され、この観測事実に基づき月の希薄大気存在が提言された。以降多数の研究者によりナトリウム発光の地上観測が行われるようになり、月希薄大気の空間構造についての理解が進んだ。但し、その生成機構に関しては未だ不明確な点が多い状態にある。ナトリウム大気生成機構は太陽紫外線による光脱離、微流星の衝突、太陽風イオンによるスパッタリングといった複数のメカニズムの複合であるとされるが、どのメカニズムがどれ位希薄大気の生成に寄与しているかという確たる知見は得られていない。また月面のごく近傍には比較的低温な成分が分布するとされ、この低温成分の成因についても検証の余地が残されている。

本研究では月ナトリウム大気の生成機構の定量評価を目的とし、月面近傍のナトリウム大気共鳴散乱発光の分光観測、ならびにモデル計算による現象の再現を行った。月面に近いナトリウム大気を観測対象とすることは、生成直後の粒子群であるため太陽輻射圧等の外因の影響が比較的小さく、生成機構を的確に評価できるといった利点がある。また過去の観測例が少ない低温成分を捉え、その描像を把握することが可能である。観測結果をモンテカルロ法によるモデル計算と照合することで、生成機構の特定とその生成率の推算が成された。

観測は2004年3-12月の期間、惑星圏飯館観測所にて60cm反射望遠鏡および分光器を用いて実施された。月表面から鉛直上空方向に視野を配し、月表面から高度約0.3 R<sub>m</sub> (月半径の0.3倍)までのナトリウム大気発光1次元分布を得た。観測装置に設置されたイメージローテータを利用して月面上の異なる緯度の観測を行い、また異なる日時の観測から様々な月位相角(一般的な月齢に相当する角度)のデータが得られた。

こうした観測手法により、月面での太陽天頂角の異なる21データを取得した。データ解析結果より、ナトリウム大気発光強度が太陽天頂角の小さい地点で大きく、その分布が太陽天頂角のコサイン二乗に近いことが示唆された。また太陽天頂角の小さい領域のナトリウム原子は比較的低い熱速度を有することが判明し、この結果は低温成分を捕捉したものであると解釈した。

計算機シミュレーションでは、光脱離、微流星衝突、太陽風スパッタリングの3メカニズムを各々独立に再現したモデル、また太陽風のガーデニング効果を想定し太陽風スパッタリングが光脱離と従属関係にあるとしたモデルを作成した。モデル計算には月面への再衝突後の吸着あるいは再放出を加味しており、再放出されるナトリウム原子の描像を調べたところ観測で見受けられた低温成分と温度、空間分布が近似していた。このことから低温成分は再放出粒子に由来するものであると推察される。モデル中では、それぞれの生成機構において最も本質的な変数と考えられるナトリウム原子生成率をフリーパラメータとし、観測結果との比較からこの生成率を求めることを企図した。

6例の観測結果に対しモデル計算結果をフィッティングさせたところ、太陽風ガーデニング効果を想定したモデルを採用したケースでは6例全ての結果に対し有意なフィッティングが行われた。逆に各々が独立に作用するとしたモデルでは全ての観測結果を同時に説明し得なかった。これらの結果から、月ナトリウム大気は太陽風スパッタリングの補助的作用を受けた光脱離の効果、加えて微流星衝突の効果により生成されると結論された。また両者の太陽直下点での生成率は、6例で平均して光脱離では $4.9 \times 10^6 \text{ atoms/cm}^2 \cdot \text{s}$ 、微流星衝突では $0.21 \times 10^6 \text{ atoms/cm}^2 \cdot \text{s}$ と導出され、過去の室内実験結果と良く一致した。更に、光脱離の観測日毎の生成率と太陽活動度・太陽紫外線強度の指標であるF<sub>10.7</sub>指数との対応を見たところ、両者が統計的にやや強い相関関係にあることが示された。このことから太陽紫外線が起因とされる光脱離の物理プロセスの正当性が強められた。

本研究では月ナトリウム大気においては太陽風ガーデニング効果が重要な物理プロセスであるとしたが、その実質的な効果量を測るためには地球磁気圏に月が覆われる時期の観測から太陽風イオンが影響していない観測事例を得ることが必要である。

また観測視野について、月面近傍と遠方の領域をカバーした視野による観測を同時に実現させ、モデル計算と比較することで月ナトリウム大気の統一的な理解が進むことが期待される。