

数値計算シミュレーションによる月希薄大気・レゴリス間のナトリウム原子循環

藤井 慎二 [1]; 岡野 章一 [2]

[1] 東北大・理・惑星プラズマ大気; [2] 東北大・理

Investigation of the circulation of sodium atoms between lunar atmosphere and regolith based on numerical simulation

Shinji Fujii[1]; Shoichi Okano[2]

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

<http://pparc.geophys.tohoku.ac.jp/>

Small bodies in the solar system, such as the Moon and Mercury, are known to have surface bound exosphere (SBE), which is collision-free tenuous atmosphere. SBE is produced by particle release from the surface soil, though the details of release mechanism are not well understood. Because the Moon doesn't have an intrinsic magnetic field, the Moon is the most suitable target to investigate the SBE. Proposed production mechanisms of SBE on the Moon include (1) photon-stimulated desorption by the solar photons, (2) sputtering by solar wind particle, (3) thermal desorption by solar heating of the lunar surface, and (4) vaporization of micrometeorites. Production mechanisms (1), (2), and (3) are thought to depend on the solar zenith angle. Therefore the release rate of SBE will also depend on latitude on the Moon.

We have investigated lunar sodium exosphere based on a numerical simulation.

Reattachment rates for different injection velocities of sodium atoms have been investigated in order to understand the circulation of sodium atoms between lunar atmosphere and regolith.

In our simulation, photon-stimulated desorption by the solar photons, sputtering by solar wind particle and vaporization of micrometeorites were assumed as production mechanisms. Surface distribution of the sodium atoms and injection velocity of particle were varied independently as free parameters in the calculation. Release direction was determined with the Monte Carlo method. Time evolutions of atoms released from the lunar surface were calculated using the four-order Runge-Kutta method.

月や水星などの小天体はSBE(Surface Bound Exosphere)と呼ばれる無衝突希薄大気を持つ。SBEの源は表土からの原子放出であるが、その放出機構の詳細はいまだ明らかにされていない。一般的なSBEを考察するのに、磁場を持たない月は最も適したターゲットであるといえる。

月のSBEの生成機構として、(1)太陽光光子のエネルギーによる光脱離、(2)太陽風粒子によるスパッタリング、(3)月面の太陽放射加熱による熱脱離、(4)微流星の衝突による蒸発が提唱されている。(1)~(3)の生成機構が大気に及ぼす影響は太陽天頂角に関係があると予想され、任意の点での放出量や月面上の残量は月面緯度に依存していると思われる。さらに、放出される大気粒子の速度や量は生成機構に関係すると考えられている。しかし、どの生成機構がどれくらい希薄大気の生成に寄与しているかはいまだ解明にいたっていない。

ここでSBEの構成要素の一つであり多くの光学観測が行われているナトリウム原子の月面からの消失量に着目する。宇宙空間へと消失するナトリウムの定量的な議論は今までにほとんど行われていないが、SBEの循環の解明に繋がるという意味では大きな役割を果たす。

現在広く使用されているデータを元に行った数値計算では、1日に消失するナトリウムがおよそ3000kgとなった。この大きすぎる消失量は月のナトリウムの枯渇を示唆するが、現在でも安定した月ナトリウム大気が存在するという観測事実とは大きく矛盾する。我々は、この問題を解決すべく月ナトリウム希薄大気のレゴリスへの再付着に焦点を当て、数値計算シミュレーションを用いた研究を行った。数値計算シミュレーションによりナトリウム原子の異なる射出速度に対する再付着率を調べることで、月ナトリウムの循環の理解を目指している。

本研究で用いた数値計算シミュレーションでは、月での原子の放出メカニズムとして全体の99%以上を占めると考えられる太陽光光子のエネルギーによる光脱離と太陽風粒子によるスパッタリング、および微流星の衝突による蒸発を仮定する。月表面のナトリウム分布、放出される粒子の射出速度をフリーパラメータとして独立に変化させた。放出方向はモンテカルロ法により決定し、放出後は4次のルンゲ・クッタ法を用いて月表面から放出した原子位置の時間発展を求めた。

今回は月ナトリウムの循環において射出速度が最も重要なファクターであると仮定してシミュレーションを行ったが、月面上での厳密な再付着量を計算するためには、入射する光子のエネルギーに対応するナトリウムの速度分布を知ることが必要である。エネルギーごとのナトリウムの速度分布とモデル計算で得られた再付着率とを比較することで月ナトリウムの循環の理解がもっと進むことが期待される。