

## イオノポーズが下降する過程における火星からの酸素原子の非熱的散逸

# 金田 香織 [1]; 寺田 直樹 [2]; 町田 忍 [3]  
[1] 京都大・理・地球物理; [2] NICT/JST; [3] 京大・理・地球惑星

### Nonthermal Escape of Oxygen from Mars when the ionopause descends

# Kaori Kaneda[1]; Naoki Terada[2]; Shinobu Machida[3]  
[1] Dept. of Geophysics, Kyoto Univ.; [2] NICT/JST; [3] Dept. of Geophys., Kyoto Univ.

We have calculated escape rates of oxygen atoms due to the dissociative recombination of  $O_2^+$  at Mars when the ionopause descends. It was found that the escape rates were larger than the case where the ionosphere was in a steady state.

In order to investigate the effects of the ionosphere variation upon the escaping rate of hot oxygen, we computed the fluxes of the nonthermal component of atomic oxygen, by combining a time-dependent ionospheric models. One-dimensional MHD model and two-stream model were used to calculate ionospheric parameters and hot oxygen fluxes, respectively.

Neutral particles that have sufficient upward velocity can escape from the gravitation of the planet. Oxygen atoms whose velocities are larger than about 5 km/s at the exobase can escape from Mars. Potential sources of hot oxygen at Mars are the dissociative recombination of  $O_2^+$  and the charge exchange reactions of  $O^+$  with H and O, and it has been demonstrated that the dominant source is dissociative recombination. Therefore, in this study we only assumed the dissociative recombination as a source.

When the solar wind dynamic pressure is enhanced, the ionopause moves downward. Then,  $O^+$  ions in the upper ionosphere are pushed to move to the lower altitude where neutral density is large, and some portion of  $O^+$  becomes to  $O_2^+$  through the chemical reaction with  $CO_2$ . Furthermore,  $O_2^+$  ions produce energetic oxygen atoms through the dissociative recombination, and newly generated oxygen atoms with sufficient large kinetic energy can escape from Mars.

火星のイオノポーズ高度が下降していく過程における、 $O_2^+$  イオンの解離再結合により生成された酸素原子の流出率の計算を行ったところ、電離圏が定常な状態下よりも流出率が増加するという結果が得られた。

現在の火星は凍結乾燥しているが、かつては温暖湿潤な惑星であったと考えられる。近年の一連の火星探査機による調査により、大洪水の跡や樹枝状に枝分かれした川の跡が見つかり、液体の水が豊富に存在した時代があったことが明らかになりつつある。また、液体の水が存在するためには、 $CO_2$  等の温室化ガスが作る温暖な環境や、現在よりも100倍以上濃い大気が必要である。しかし、現在の火星には過去に存在したと考えられている程の大量の  $H_2O$  や  $CO_2$  は存在しない。この  $H_2O$  や  $CO_2$  の消失について、宇宙空間へと逃げた可能性が指摘されており、その散逸量の見積もりが行われてきた。

本研究は、これまで電離圏を定常状態にあるとして求められてきた酸素原子の火星からの流出量を、電離圏モデルと組み合わせることにより、電離圏が変動する状態下での流出量を求めることを可能にした。電離圏の計算には1次元MHDシミュレーションを用い、非熱的酸素原子の流束の計算にはtwo stream modelを使用した。

重力エネルギーよりも大きな運動エネルギーをもつ粒子は、惑星の重力を振り切って宇宙空間に散逸される。火星においては、エクソベースで約5 km/sの上向き速度(脱出速度)をもつ酸素原子は散逸する。非熱的酸素原子は $O^+$ とH、Oによる電荷交換によっても生成されるが、主に $O_2^+$ イオンの解離再結合によって生成されることが分かっている。解離再結合によって生成された高エネルギーの酸素原子が他の気体との衝突で脱出速度以下に減速されずに、エクソベースに達する酸素原子の流束を計算したところ、イオノポーズの高度が下降する過程において、電離圏が定常な時よりも多くの酸素原子が流出することが分かった。

電離圏が高々度まで広がっている状態下で、太陽風の動圧が大きくなるとイオノポーズ高度が低下する。その際、高々度まで広がっていた $O^+$ イオンは中性大気密度の濃い低高度まで押し下げられ、 $O^+ + CO_2 \rightarrow O_2^+ + CO$ の反応により $O_2^+$ イオンとなり、さらに $O_2^+$ の解離再結合を経て非熱的酸素原子が生成される。この新しく生成された非熱的酸素原子によって散逸量が増加したと考えられる。