

## 高分散分光観測によるイオ起源ナトリウム原子放出メカニズムの同定

## Ejection mechanisms of sodium atoms originated from Io inferred from high dispersion spectroscopic observation

青井 一紘 [1]; 鍵谷 将人 [2]; 三澤 浩昭 [2]; # 岡野 章一 [3]

Kazuhiro Aoi[1]; Masato Kagitani[2]; Hiroaki Misawa[2]; # Shoichi Okano[3]

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

[1] PPARC, Tohoku Univ.; [2] PPARC, Tohoku Univ.; [3] PPARC, Tohoku Univ.

太陽系最大の惑星である木星の磁気圏内には太陽系で地球以外に唯一火山活動が確認されているガリレオ衛星のイオが存在し、イオプラズマトラスと非常に強い相互作用を及ぼし合っている。この相互作用の結果、イオ火山ガスを起源としてイオ大気から毎秒数百 kg もの粒子が木星磁気圏に放出されている。イオから放出される中性粒子の一つであるナトリウム原子も複数のメカニズムでイオから放出されていて、その一部は木星重力圏を脱する速度をもち数百木星半径まで広がっている。過去の観測や理論から、低速のナトリウム原子はスパッタリングにより放出され、また高速成分については熱化されたトラスイオンとの電荷交換反応、トラス中での分子イオン解離・解離性再結合反応、イオ電離圏からのピックアップイオンの再中性化といった3つのメカニズムの可能性が提唱されている。このうち、特に熱化されたトラスイオンによる電荷交換反応は主要なメカニズムであるかどうかについて今もまだ議論が続いている。さらに、これらの放出メカニズムはどのくらい定常的に存在し、放出率の変動に対してどの要因がどの程度影響を及ぼすのかについてはほとんど解明がなされていない。このような背景から、本研究はイオからのナトリウム原子の放出メカニズムを観測とモデル計算の比較から同定し、その放出率を導出することで、変動にはどのような要因が関係し、変動量はどのくらいかを定量的に求めることを目的としている。これらの目的の達成に向け、国立天文台岡山天体物理観測所における高分散分光観測を中心として、東北大学惑星圏飯館観測所における広域分光観測とハワイ・ハレアカラ高高度観測所における広域撮像観測を2004年のほぼ同時期に行った。これらの観測結果とモンテカルロ法を用いた計算機シミュレーションによるモデル計算結果との比較から得られた結論を以下に示す。

I. イオからの放出メカニズムはスパッタリングと分子イオン解離・解離性再結合反応が主要である。先行研究においても多くが同様の結果であるため、これが定常的なメカニズムであると考えられる。

II. 熱化されたトラスイオンとの電荷交換反応はもし存在していたとしても、理論的に導かれる放出率が分子イオン解離・解離性再結合反応よりオーダーで2桁も小さいために、発光強度が小さく、検出が困難である。

III. 各放出メカニズムの放出率は誤差も含めると、スパッタリングが  $1.6 \sim 3.4 \times 10^{26}$  atoms/s、分子イオン解離・解離性再結合反応が  $2 \sim 38 \times 10^{26}$  atoms/s と導出された。これはイオにおけるトラスの電子密度やイオ上での太陽天頂角といった要因に対する放出率の変動幅と考えられる。大規模火山活動といった大きな変動要因がなければ、放出率にはこの程度の変動幅が定常的に存在すると考えられる。

IV. スパッタリングの放出率はイオにおけるトラスの電子密度に比例することが強く示唆された。また、leading 半球からは trailing 半球の2~3倍の放出率で放出されていることから、これはイオ大気中でのピックアップイオンがイオ大気中でのスパッタリングや電荷交換反応を引き起こしている可能性を示唆している。

V. 分子イオン解離・解離性再結合反応による速度構造は  $\text{NaX}^+$  のピックアップ速度として求められた  $10\text{km/s}$  から高速側に裾野を引く形状をしている。また、分子イオン解離・解離性再結合反応の放出率はイオ位相角が  $81^\circ$  では  $30 \times 10^{26}$  atoms/s、イオ位相角が  $238^\circ$  では  $10 \times 10^{26}$  atoms/s と導出された。この放出率はイオの leading 半球が昼面か夜面かに強く依存し、leading 半球が昼面に占める割合が大きいと、 $\text{NaX}^+$  がイオから脱出しやすい leading 半球でより多く昇華し、放出率が大きくなることが示唆される。よって、この放出率は上記のイオにおけるトラスの電子密度も要因かもしれないが、イオの leading 半球における太陽天頂角に依存した挙動を強く示すと考えられる。

VI. Mendillo et al. [2004] を基にすると、本研究における放出率と広域撮像観測結果から観測時期のイオの火山活動度は活動期にカテゴライズされた。しかし、大規模な火山活動期ではないと推測され、更に観測結果から大規模な時間変動の兆候は見られなかった。