

## クライオプラズマによる極低温環境に特有な赤色物質の生成 (I) : プラズマ宇宙物質科学への展開

Cryogenic specific reddish coloration with cryoplasma (I): Plasma astromaterials science

東大院新領域<sup>1</sup>, 学振特別研究員<sup>2</sup> ◯榊原 教貴<sup>1,2</sup>, ポア ユーユー<sup>1</sup>, 伊藤 剛仁<sup>1</sup>, 寺嶋 和夫<sup>1</sup>

The Univ. of Tokyo<sup>1</sup>, JSPS Research Fellow<sup>2</sup>, ◯Noritaka Sakakibara<sup>1,2</sup>, Phua Yu Yu<sup>1</sup>, Tsuyohito Ito<sup>1</sup>,

Kazuo Terashima<sup>1</sup>

E-mail: n.sakakibara@plasma.k.u-tokyo.ac.jp

【背景・目的】低温プラズマは非平衡性ゆえに低温を維持しながら反応場への反応活性種の供給を可能とする。我々は、プラズマのパルス化 (~ns) および微小化 (代表長さ < 1 mm) によりガスの熱化を抑制することで、ガス温度を室温以下の数 K に至る幅広い極低温領域に制御可能なクライオプラズマを開発し、極低温における活性種の長寿命化や高反応性の付与を実現してきた[1]。極低温環境では普遍的な凝縮相として氷が存在し、特異的な表面反応が進行することが知られており[2]、プラズマ由来の反応活性種を氷表面に付与することでさらなる特異的界面反応場の形成やプロセス展開が期待できる[3, 4]。特に、極低温宇宙環境に存在する天体はその表面が氷で覆われていると同時に多種の高エネルギー粒子に曝されており、言わばプラズマと共存した状態で存在している。例えば、太陽系の惑星は太陽から離れるにつれて 40 K に至る幅広い極低温領域に温度分布を持つ[5]。クライオプラズマを氷と共存させることで、極低温で温度を制御しながら多種の励起種や反応経路を包括した反応系の生成が可能となり、極低温環境におけるプラズマ宇宙物質科学のさらなる展開が期待できる。本発表では、極低温宇宙環境において氷天体表面で進行する物質生成過程を模索すべく、氷へのクライオプラズマ照射実験を行った。

【実験方法】氷天体の一つである冥王星は、高度に応じて 40–110 K の極低温環境を成し、窒素および炭化水素を主とした大気と氷で覆われている[6]。そこで、窒素源としての 3% の窒素を含むヘリウムガスで真空容器内を充填し、温度と圧力を 85 K および  $2 \times 10^3$  Pa に維持しながら、炭素水素源としてのメタノールを含む氷を誘電体としたバリア放電を生成し、12 時間維持した。

【結果】クライオプラズマ照射箇所においてのみ赤色物質の生成が確認された。一方で、窒素を導入せずヘリウムクライオプラズマを照射した場合には赤色は現れなかった。また、得られた赤色は加熱により 120 K 以上で徐々に薄くなり 150 K で消失した。このことから、生成した赤色物質は極低温環境においてのみ安定に存在する窒素含有化合物であると示唆された。なお、窒素含有化合物は生命体に不可欠な構成要素の一つである。本結果により、冥王星をはじめとする太陽系外縁天体における赤色発現[6, 7]および生体物質の生成可能性に対して新たな知見が示唆されたと同時に、極低温宇宙環境で進行する化学反応の理解に向けたプラズマ宇宙物質科学としての更なる展開が期待できる。

**References** [1] S. Stauss *et al.*, *Plasma Sources Sci. Technol.* **27** (2018) 023003. [2] D. J. Burke and W. A. Brown, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **12** (2010) 5947. [3] N. Sakakibara and K. Terashima, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **50** (2017) 22LT01. [4] N. Sakakibara *et al.*, *Langmuir* **35** (2019) 3013. [5] I. C. F. Mueller-Wodarg *et al.*, *Space Sci. Rev.* **139** (2008) 191. [6] S. A. Stern *et al.*, *Science* **350** (2015) aad1815. [7] W. M. Grundy, *Icarus* **199** (2009) 560.

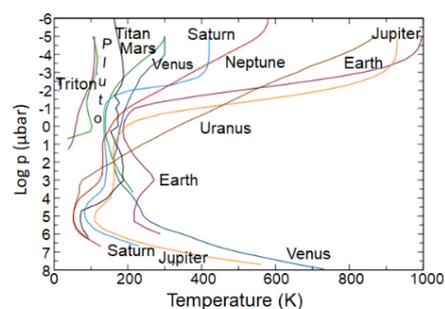


Fig. 1 Temperature vs pressure for planetary bodies in the solar system [5]