

# 小惑星リュウグウ試料から見つかった特異物質と同位元素分布

坂本直哉<sup>1</sup>, The Hayabusa2-initial-analysis chemistry team, The Hayabusa2-initial-analysis core

<sup>1</sup>北海道大学 創成研究機構

探査機はやぶさ2が持ち帰った小惑星リュウグウ試料の分析により、生命の起源を解明することが期待されている [1]。我々は、同位体顕微鏡という独自の分析装置 [2] を用いて、有機物を構成する水素や炭素、窒素を含む元素および同位体組成の二次元分布を広範囲かつ高精度にイメージングした。本発表では、リュウグウ試料から見つかった特異的な物質と同位元素分布に関する予察的結果を報告する。

試料は、小惑星リュウグウの異なる場所から採取し A0058-C1001、C0002-C1001 と名付けられた岩石片から作成した2つの研磨切片を用いた。同位元素イメージングには、北海道大学の同位体顕微鏡を用いた [2]。分析する同位元素の正イオン、負イオンのなりやすさに応じて2つの異なる分析条件を用いた。特筆すべき条件は [3] に記してある。取得した同位元素イオンは、 $^1\text{H}^+$ ,  $^7\text{Li}^+$ ,  $^{11}\text{B}^+$ ,  $^{23}\text{Na}^+$ ,  $^{24}\text{Mg}^+$ ,  $^{27}\text{Al}^+$ ,  $^{28}\text{Si}^+$ ,  $^{39}\text{K}^+$ ,  $^{40}\text{Ca}^+$ ,  $^{56}\text{Fe}^+$  および  $^1\text{H}^-$ ,  $^{12}\text{C}^-$ ,  $^{13}\text{C}^-$ ,  $^{12}\text{C}^{14}\text{N}^-$ ,  $^{12}\text{C}^{15}\text{N}^-$ ,  $^{16}\text{O}^-$ ,  $^{17}\text{O}^-$ ,  $^{18}\text{O}^-$ ,  $^{19}\text{F}^-$ ,  $^{28}\text{Si}^-$ ,  $^{31}\text{P}^-$ ,  $^{32}\text{S}^-$ ,  $^{35}\text{Cl}^-$  である。それぞれの条件で合計  $384,000\ \mu\text{m}^2$ 、 $330,000\ \mu\text{m}^2$  の範囲から上記の同位元素イメージを得た。

リュウグウ試料は全体に炭素質な物質を多く含み、 $6\times 10$  ミクロンほどの窒素に富む大きな炭素質物質のかたまり (Fig. 1a) や炭素の安定同位体のうち  $^{13}\text{C}$  だけを多く含む大きさ  $150$  ナノメートルほどの SiC 粒子 (Fig. 1b)、窒素同位体  $^{15}\text{N}$  に富む炭素質粒子 (Fig. 1c) の他、水素やホウ素に富む粒子などを多数発見した (Fig. 1d)。また、A0058-C1001 は外縁をナトリウムに富む層に取り囲まれていることが分かった (Fig. 1d)。岩石学的観察から、リュウグウ試料は大まかに白い部分、黒い部分およびそれらの間に分けられた。白い部分では、 $^{15}\text{N}$  に富む炭素質粒子が特異的に多く見つかった。そのうち最大のものを Fig. 1a に示した。黒い部分は、周囲に比べて炭素に富んでいた (Fig. 1e  $^{12}\text{C}$ )。さらに、フッ素に濃集した領域が点在することが分かり、塩素の分布と逆相関であった。

本研究で発見した、地球の有機物と異なる同位体組成を持つ物質は、小惑星リュウグウの集積過程において、均質化を免れた炭素質物質が存在することを明確に示している。 $^{13}\text{C}$  に富む SiC 粒子は、太陽系では合成できないため、太陽系以外の星から飛来して小惑星リュウグウに混ざったと考えられる [4]。不均質な化学組成分布からは、それらの始原的物質がリュウグウ母天体上でどのように生き残ったかという情報を引き出されることが期待される。

References: [1] Tachibana (2021) In *Sample Return Missions* (Ed. A. Longobardo), Elsevier, pp 147–162. [2] Yurimoto et al. (2003) *Appl. Surf. Sci.* 203–204, 793–797. [3] Tagawa et al. (2021) *Nat. Commun.* 12, #2588. [4] Zinner (2014) In *Treatise on Geochemistry* (2<sup>nd</sup> ed.) (Ed. H. D. Holland, K. K. Turekian, A. M. Davis), Elsevier, Oxford, pp. 181–213.

Fig. 1 (a) 小惑星リュウグウ試料 C0002-C1001 から見つかった窒素に富む炭素質物質の電子顕微鏡写真 (BSE)。 (b)  $^{13}\text{C}$  に富む ( $\delta^{13}\text{C} \sim +4,000\%$ ) SiC 粒子の炭素同位体イメージと BSE 像、および酸素、シリコンの X 線元素マップ。 (c)  $^{15}\text{N}$  に富む ( $\delta^{15}\text{N} \sim +700\%$ ) 炭素質粒子の窒素同位体イメージと BSE 像。 (d) A0058-C1001 の水素、ホウ素、ナトリウム同位元素イメージと BSE 像。 (e) 異なる岩相から構成される C0002-C1001 の BSE 像。

