

はやぶさ 2 リターンサンプルに含まれる マグネタイト粒子の3次元形状：多様性とその意味

土山明* (立命館大学, 广州地球化学研究所), 松本恵 (東北大学), 松野淳也 (立命館大学), 三宅亮 (京都大学), 中村智樹 (東北大学), 野口高明 (京都大学), 安武正展 (SPRing-8/JASRI), 上杉健太郎 (SPRing-8/JASRI), 竹内晃久 (SPRing-8/JASRI), 延寿里美 (愛媛大学), 瀧川晶 (東京大学), 奥村翔太 (京都大学), 三津川到 (京都大学), 孙铭琦 (广州地球化学研究所), 榎戸祐馬 (東北大学), 松本徹 (京都大学), 坂本尚義 (北海道大学), 岡崎隆司 (九州大学), 薮田ひかる (広島大学), 奈良岡浩 (九州大学), 坂本佳奈子 (JAXA/ISAS), 橘省吾 (東京大学), 渡邊 誠一郎 (名古屋大学), 津田雄一 (JAXA/ISAS)

Magnetite 3D morphology in Hayabusa2 returned sample: diversity and implication

A. Tsuchiyama* (Ritsumeikan Univ., Guangzhou Inst. Geochem/CAS.), M. Matsumoto (Tohoku Univ.), J. Matsuno (Ritsumeikan Univ.), A. Miyake (Kyoto Univ.), T. Nakamura (Tohoku Univ.), T. Noguchi (Kyoto Univ.), M. Yasutake (SPRing-8/JASRI), K. Uesugi (SPRing-8/JASRI), A. Takeuchi (SPRing-8/JASRI), S. Enju (Ehime Univ.), S. Okumura (Kyoto Univ.), I. Mitsukawa (Kyoto Univ.), S. Mingqi (Guangzhou Inst. Geochem., CAS), Y. Enokido (Tohoku Univ.), T. Matsumoto (Kyoto Univ.), H. Yurimoto (Hokkaido Univ.), R. Okazaki (Kyushu Univ.), H. Yabuta (Hiroshima Univ.), H. Naraoka (Kyushu Univ.), K. Sakamoto (JAXA/ISAS), S. Tachibana (Univ. Tokyo), S. Watanabe (Nagoya Univ.), Y. Tsuda (JAXA/ISAS)

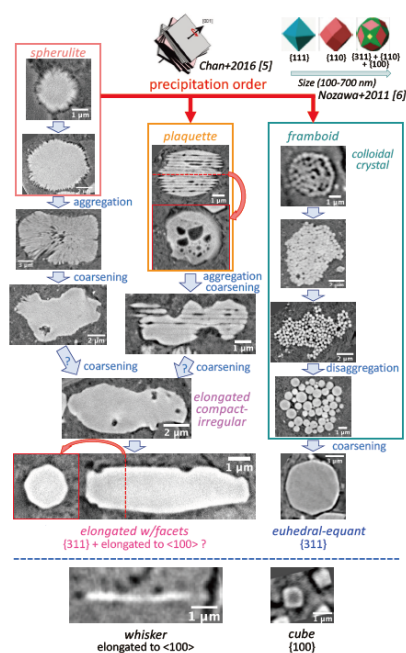
はやぶさ2探査機がC型小惑星リュウグウから地球に持ち帰ったサンプルの初期分析により、リュウグウ表層粒子はCIコンドライトに対応したあるいは類似した物質であることが明らかとなった [e.g., 1-4]。これらの粒子は主にMgに富む層状ケイ酸塩からなり、Fe-Ni硫化物、マグネタイト、炭酸塩、アパタイト等を含むが、マグネタイトのみが多様な粒子形状を示す。本研究では、初期分析の一環として行なった44個の粒子 (<100 μm) のSPRing-8 BL47XUの放射光ナノCT分析 [3,4]により得られたマグネタイトの3次元形状を明らかにし、一部粒子については透過型電子顕微

鏡 (TEM) 分析によりその鉱物学的特徴を調べることで、これらのマグネタイトを生成した水質変成作用の理解を試みた。

結果のまとめを図に示す。球晶は単独で存在するだけでなく、集合した不規則形状をもつものもある。プラケット [5] は内部に空隙を通常持っている。フランボイドは、コロイダル結晶 [6] からナノ結晶粒子の緩い集合体まで多様である。一方、これらのような大きな表面積/体積比で特徴付けられるものだけでなく、等粒状や伸長した大きな自形結晶も少なからず存在する。さらには、稀にウィスカーや立方体の微結晶も見られた。

観察された3次元形状から示唆されるマグネタイト形状の発展モデルを図に示した。ここでは、球晶とプラケットはそれぞれ集合し、フランボイドは個々の構成結晶が分離していくが、それぞれの構成結晶の粗大化が共通して起こっている。各形状の相対的な包有関係からは、一連の水質変成作用において、球晶が最も先に析出し、プラケットとフランボイドがこれに続く。少なくともリュウグウ粒子では、Fe, FeSを含む非晶質ケイ酸塩を主な出発物質として水質変成が起こった可能性が大きい。このとき、反応性の高い非晶質ケイ酸塩が水質流体に素早く溶解して生成された高過飽和度溶液から、球晶、プラケットとフランボイドの順に析出し、その後の過飽和度の低下により、大きな自形結晶が出現したと考えられる。

引用文献: [1] Yokoyama et al. (2022) *Science*, 10.1126/science. abn7850. [2] Ito et al. (2022) *Nature Astron.*, in press. [3] Nakamura et al. (2022), *Science*, in revision. [4] Noguchi et al. (2022), *Science Advanced*, in revision. [5] Chan et al. (2016) *Am. Min.* 101: 2041. [6] Nozawa et al. (2011) *JACS*, 133: 8782.



Magnetite morphology with crystallographic information in Ryugu samples by nanoCT and their possible evolution.

Keywords: asteroid (162173) Ryugu, aqueous alteration, X-ray CT, TEM

*Corresponding author: atsuchi@fc.ritsumei.ac.jp