

【特別推進研究】

理工系（数物系科学）



研究課題名 太陽系始原物質の3次元構造から探る宇宙・太陽系における固体物質の生成・進化モデル

京都大学・大学院理学研究科・教授 土山 明 (つちやま あきら)

研究課題番号：15H05695 研究者番号：90180017

研究分野：数物系科学、地球惑星科学、岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：地球惑星物質、凝縮、宇宙風化、はやぶさ2

【研究の背景・目的】

宇宙において物質がどのように生成され、どのように進化してきたか、我々の地球を作った物質の究極のルーツは未だよくわかっていない。理論・天文観測モデルによると、赤色巨星などの進化末期の恒星の周りで高温ガスの凝縮により固体微粒子が生成され、星間空間で粒子線照射により変成（宇宙風化）を受け、星間ガスとともに集まって太陽系が形成されたと考えられているが（図1）、その実証はされていない。一方、太陽系形成時からほとんど変化を受けていない始原物質である彗星塵や隕石の中に、先太陽系由来の微粒子の存在が明らかにされ、太陽系だけでなく先太陽系での固体生成や変成過程の物質科学的研究が可能になりつつある。また、本研究で着目する物質の3次元構造（図2）は、微小・微量な試料から形成・進化履歴を読み解く鍵となる新たな情報源である。

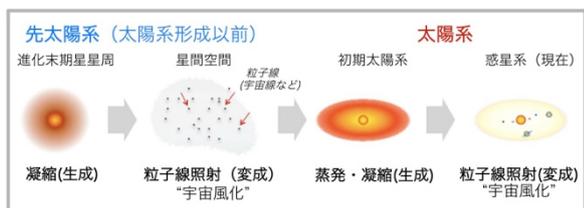


図1 宇宙における固体生成と進化

本研究の目的は、太陽系始原物質の3次元構造分析とその構造を再現する条件を実験的に調べることにより、先太陽系と太陽系という2つの異なった環境における物質の生成・変成過程を物質科学的に実証し、宇宙・太陽系における固体物質の生成・進化モデルを物質科学的に構築することにある。

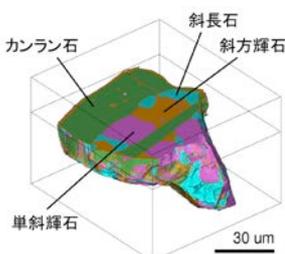


図2 はやぶさ粒子の3次元構造（上半分を切断）

【研究の方法】

①固体微粒子の生成：太陽系の固体原材料物質である可能性が指摘されている彗星塵中のGEMSと呼ばれる金属鉄・硫化鉄ナノ粒子を含む非晶質珪酸塩微粒子（図3）の3次元構造分析と、高周波誘導熱プラズマ装置を用いた凝縮の再現実験を組み合わせることにより、その生成条件と起源を明らかにする。  
②固体微粒子の変成：小惑星探査機「はやぶさ」が

採取した粒子など宇宙風化を受けた試料と宇宙線や太陽風照射を模擬した粒子線照射実験生成物の3次元構造を比較し、宇宙風化による変成条件を決め、星間空間での宇宙風化の役割を明らかにする。③彗星塵や隕石（炭素質コンドライト）の無機物（鉱物）だけでなく有機物や水を含めた3次元構造を求め、太陽系始原物質の生成と進化過程を明らかにする。④上記研究を進めるために、cmから原子に至るマルチスケールでの3次元構造分析手法を開発する。

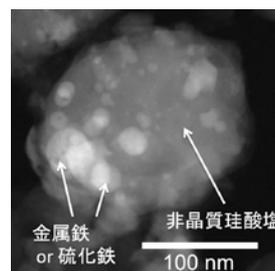


図3 彗星塵中のGEMSの2次元像（STEM/HAADF像）

【期待される成果と意義】

先太陽系から太陽系までの固体物質の生成と変成過程が連続的に理解される。とくに、天文観測だけではわからない宇宙固体物質形成環境が明らかになり、理論的・観測的に予測されていた星間宇宙風化が実証される。太陽系の歴史が実証的に太陽系形成前にまで拡張できるとともに、太陽系原材料物質の特定により、地球や惑星形成の初期条件が与えられる。また、2020年「はやぶさ2」計画(JAXA)により、2023年「OSIRIS-REx」計画(NASA)により地球に帰還予定の小惑星起源サンプル分析について、本研究で得た分析手法とサイエンスの知見がただちに役立つ。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・A. Tsuchiyama, M. Uesugi, T. Matsushima, et al., Three-dimensional structure of Hayabusa samples: Origin and evolution of Itokawa regolith. *Science*, 333, 1125-1128 (2011)
- ・A. Tsuchiyama, Asteroid Itokawa: A source of ordinary chondrites and a laboratory for surface processes. *Elements*, 10, 45-50 (2014)

【研究期間と研究経費】

平成27年度～31年度 394,900千円

【ホームページ等】

<http://www.kueps.kyoto-u.ac.jp/~web-min/>