

研究種目：基盤研究（S）

研究期間：2007-2011

課題番号：19104012

研究課題名（和文） 固体惑星起源物質としての非晶質珪酸塩の重要性とその初期進化

研究課題名（英文） Importance of amorphous silicates as source material of the solid planets and its initial evolution.

研究代表者

土山 明 (TSUCHIYAMA AKIRA)

大阪大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：90180017

研究代表者の専門分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学 岩石・鉱物・鉱床学

キーワード：地球惑星物質、宇宙塵

1. 研究計画の概要

本研究では、実験的研究および始原的な地球外物質（Stardustサンプル・彗星起源宇宙塵・始原隕石など）の鉱物学的研究を有機的に組み合わせることにより、以下のことを明らかにする。

(1) 始原天体の原材料が非晶質珪酸塩であったことを物質科学的に示す。

(2) この太陽系原材料物質としての非晶質珪酸塩の性質（構造・物性・反応性など）を特定する。

(3) 彗星内での非晶質珪酸塩の進化（とくに結晶化）を明らかにする。

(4) 始原的な小惑星での非晶質珪酸塩の進化（結晶化・水質変成など）を明らかにし、有機物の非晶質珪酸塩との相互作用による前生物的進化について議論する。

(5) 非晶質珪酸塩が分子雲に取り込まれる以前の段階での、星周領域・星間空間での珪酸塩の進化についても議論する。

これにより、太陽系原材料物質としての非晶質珪酸塩が太陽系形成にどのような役割を果たし、またどのような進化を遂げたのかについて解明する。

2. 研究の進捗状況

(1) 太陽系固体材料物質としての非晶質珪酸塩について、系統的な加熱結晶化実験をおこなった。これにより、かんらん石と非晶質珪酸塩間のFe-Mg元素分配を明らかにするとともに、TTT図を作成し、晩期星や若い星また彗星での結晶化過程を定量的に議論できることを示した。晩期星においては、中心星から放出されたガスからの非晶質珪酸塩の生成とその後の加熱による結晶質珪酸塩の

生成モデルを、また若い星では、非晶質珪酸塩である星間塵の原始惑星系円盤における加熱による結晶化モデルを、提案した。

(2) 小惑星内での水質変成を模擬するために、非晶質珪酸塩の水質変成実験をおこない、サポナイトやサーペンティンといった含水珪酸塩鉱物が純水中での変成でも容易に生成すること、またCMコンドライトの鉱物組み合わせに対応する生成物が最終的に得られることを示した。

(3) スターダスト計画により地球に持ち帰られたWild-2彗星の塵の分析をおこない、彗星塵中にコンドリュールの欠片を含むことを発見した。さらに、塵サンプル捕獲時にエアロジェル中に生成された衝突トラックの形状解析から、彗星塵の密度を求め、コンドリュールなどの高温生成物の含有量を約5%程度と推定した。

(4) 炭素質コンドライト中に特徴的に存在する有機物グロビュールの超高分解能CT撮影に成功し、従来の破壊分析では逃げてしまったかもしれない流体の検出を試みた。

(5) 次期小惑星サンプルリターン計画におけるサンプル採取法の検討のために、炭素質コンドライト微小試料の強度測定法を開発し、その強度測定をおこなった。

(6) 惑星形成に関連して、実験室内で生成されたダストアグリゲイトの3次元構造を、超高分解能CTにより明らかにした。また、宇宙塵の3次元構造をCTにより求め、ダスト集積シミュレーション結果と比較した所、両者に共通な特徴があることを見出した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

いくつかの目標では当初の目標を超える研究の進展があった（非晶質珪酸塩の結晶化過程の研究など）。一方、やや遅れ気味な目標もある（有機物との相互作用など）。総合すると、当初の目標を超えるものもあるが、基本的には当初の目標に向けて順調に研究が進展しており、予定どおりの成果が見込まれると考えられる。

4. 今後の研究の推進方策

今後はこれまでの成果をもとに、さらにこれらについて引き続き研究を進める。とくに、当初の目標の到達がやや遅れている、非晶質珪酸塩の構造変化と星間塵の関係、水質変成実験によるフランボイド磁鉄鉱の再現や有機物と非晶質珪酸塩の相互作用の研究も視野に入れ、最終的な研究目的である「太陽系原材料物質としての非晶質珪酸塩が太陽系形成にどのような役割を果たし、またどのような進化を遂げたのか」を達成したい。

5. 代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 17 件）

① A. Tsuchiyama, T. Nakamura, T. Okazaki, K. Uesugi, T. Nakano, K. Sakamoto, T. Akaki, Y. Iida, T. Kadono, K. Jogo, and Y. Suzuki (2009) Three-dimensional structures and elemental distributions of Stardust impact tracks using synchrotron microtomography and X-ray fluorescence analysis. *Meteoritics and Planetary Science*, **44**, 1203-1224. (査読有)

② K. Murata, H. Chihara, C. Koike, T. Takakura, Y. Imai, and A. Tsuchiyama (2009) Crystallization experiments on amorphous magnesium silicate. I. Estimation of activation energy of enstatite crystallization. *The Astrophysical Journal*, **697**, 836-842. (査読有)

③ K. Murata, T. Takakura, H. Chihara, C. Koike, and A. Tsuchiyama (2009) Mg/Fe fractionation in circumstellar silicate dust involved in crystallization. *The Astrophysical Journal*, **696**, 1612-1615. (査読有)

④ T. Nakamura, A. Tsuchiyama, T. Akaki, K. Uesugi, T. Nakano, A. Takeuchi, Y. Suzuki, and T. Noguchi (2008) Bulk mineralogy and three dimensional structures of individual Stardust particles deduced from synchrotron X-ray diffraction and microtomography analysis. *Meteoritics and Planetary Science*, **43**, 247-259. (査読

有)

⑤ T. Nakamura, T. Noguchi, A. Tsuchiyama, T. Ushikubo, N. T. Kita, J. W. Valley, M. E. Zolensky, Y. Kakazu, K. Sakamoto, E. Mashio, K. Uesugi, T. Nakano (2008) Chondrule-like Objects in Short-Period Comet 81P/Wild 2, *Science*, **321**, 1664-1667. (査読有)

〔学会発表〕（計 70 件）

〔その他〕

Wild-2 彗星塵中のコンドリュールの欠片を発見した研究について、2008年9月9日（日経新聞など多数）と2008年10月7日（朝日新聞）に新聞掲載があった。また、ベトナムのインターネット媒体でも紹介された。

（財）高輝度光科学研究センター発行の SPring-8 News (2007年7月、No.33) のおいて、研究成果トピックスとして「SPrin-8 で小さなかけらから太陽系のなぞを探る」というタイトルで、スターダストサンプルである彗星塵分析の成果が紹介された。