

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和3年5月18日現在

機関番号：34315

研究種目：特別推進研究

研究期間：平成27年度～令和2年度

課題番号：15H05695

研究課題名（和文） 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・進化モデル研究課題名（英文） **A model for formation and evolution of solid materials
in space based on 3D structures of solar primitive materials.**

研究代表者

土山 明 (TSUCHIYAMA Akira)

立命館大学・総合科学技術研究機構・教授

研究者番号：90180017

交付決定額（研究期間全体）（直接経費）：397,900,000円

研究成果の概要（和文）：彗星塵物質の再現実験などにより、星周（太陽系外）および初期太陽系において、高温ガスからの凝縮が固体物質生成プロセスとして最も重要であることを明らかにするとともに、星間および太陽系天体表面における固体物質進化として、宇宙風化にともなう水（水酸基）の生成、小天体での初期水質変成、粒子の摩耗などの変成プロセスを明らかにした。

一方、新たに確立したマルチスケール3次元分析手法を始原的太陽系物質（彗星塵や炭素質コンドライト隕石）に適用し、「氷の化石」やCO₂に富む流体を発見、最近のダイナミックな太陽系形成論の物質科学的な証拠を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

上述の成果より、新しい太陽系始原物質生成・進化モデル（太陽系始原物質は局所的な加熱プロセスにより初期太陽系内の様々な領域で形成されたのち変成を受け、現在の小惑星や彗星の構成物質となった）を提唱した。また、JAXAの小惑星サンプルリターン計画である「はやぶさ2」に関して、模擬サンプルを用いたナノX線CTのリハーサル分析をおこない、初期分析の準備を整えた。

研究成果の概要（英文）：

We successfully performed reproduction experiments of cometary materials and showed the importance of condensation from high-temperature gas as the major production process for solid materials in circumstellar and protoplanetary disk. We also elucidated alteration processes as the evolution of solid materials, such as the production of water (hydroxyl) by space weathering, early process of aqueous alteration in small bodies and space weathering process including abrasion on small body surfaces.

We have applied multi-scale 3D analytical protocols to primitive materials of the solar system (cometary dust and carbonaceous chondrites) and discovered “fossil ice” and CO₂-bearing fluid inclusion, which showed the evidence for recent dynamic solar system formation model.

Based on the results, we proposed a new model on the formation and evolution of the solids in the early solar system. We have also prepared for the initial analysis of Hayabusa2 samples by nanoXCT by performing rehearsal analysis using analogue samples.

研究分野：地球惑星科学

キーワード：太陽系始原物質、彗星塵、炭素質コンドライト、凝縮、宇宙風化、水質変成、ナノX線CT、はやぶさ2

1. 研究開始当初の背景

彗星および小惑星は太陽系外縁部および地球形成領域付近を代表する小天体であり、太陽系形成時に大きな変化を受けていない。これらに起源をもつ彗星塵および炭素質コンドライト(隕石)は、我々が手にすることができる太陽系始原物質である。これらの物質は、これまで様々な岩石鉱物学的・宇宙化学的手法で分析されてきたが、複雑な微細組織を持ち、その3次元構造はほとんど理解されてこなかった。また、これらの物質の再現実験などの実験的な研究も少なく、生成や変成(進化)についての統一的な理解は、あまり進んでいなかった。

2. 研究の目的

そこで本研究では、太陽系始原物質の高分解能3D詳細分析と再現実験により、観測や理論も考慮しながら、先太陽系・太陽系での固体物質の生成・進化の全体像を描くことにより、物質科学に立脚した新しい”宇宙固体進化論”を物理化学の基盤の上に新たに構築することを目的とし、以下の具体的目標を設定した。

(A) 彗星塵に特徴的に含まれるGEMS(Glass with Embedded Metal and Sulfide)とよばれる金属鉄・硫化鉄ナノ粒子を含む非晶質珪酸塩微粒子(100-500 nm)の起源を明らかにし、GEMSが太陽系の固体原材料物質であることを示すとともに、先太陽系での鉄の存在形態を特定する。

(B) 星間および惑星空間における固体への宇宙線などの粒子線照射による”宇宙風化”の相違点を明らかにし、太陽系に取り込まれた星間塵の変成に対する”星間宇宙風化”の役割を明らかにするとともに、S型小惑星だけでなくC型小惑星の”太陽風宇宙風化”の詳細を解明する。

(C) 彗星塵を構成する鉱物、GEMS、有機物、空隙(氷)の3次元構造より、起源が異なると考えられるこれら構成物の集積プロセスに着目して、彗星塵の生成と進化プロセスを明らかにする。

(D) 炭素質コンドライトマトリクス中の非晶質珪酸塩の起源を明らかにするとともに、無機物、有機物、空隙の3次元構造より、その集積過程と水質変成プロセスの描像を求める。

3. 研究の方法

以下に述べる項目について、それぞれ研究を行なった。

(1) 星周および原始太陽系円盤における凝縮プロセス(固体物質の生成)

新たに導入した高周波誘導熱プラズマ(ITP)装置を用いて、晩期星周(先太陽系)や初期太陽系での高温ガスからの凝縮を模擬した実験をおこない、彗星塵中のGEMSだけでなく、始原的炭素質コンドライト中に見られるGEMS様物質などの再現を目指した。

(2) 星間および太陽系天体表面における変成プロセス(固体物質の進化)

太陽風照射を模擬した H^+ (1 keV)、 He^+ (4 keV)ビームによる照射実験が可能な、低エネルギーイオン照射装置を新たに作成した。この装置に加えて、若狭湾エネルギー研究センター(WREC: 共同利用施設)の高エネルギーの照射装置(イオン注入装置)を用いて、隕石を構成する様々な鉱物や炭素質コンドライトへのイオン照射実験をおこない、大気のない天体(S型、C型小惑星や月)だけでなく星間空間における宇宙風化のプロセスを明らかにしようとした。

また、炭素質コンドライト母天体と考えられるC型小惑星内部での水質変成の初期プロセスを明らかにするために、ITPにより作成した非晶質珪酸塩微粒子を用いて、その場水質変成実験を行なった。

さらに、イトカワ粒子(はやぶさサンプル)や月粒子で観察された、大気のない天体表面におけるレゴリス粒子の摩耗プロセスを解明するために、鉱物粒子の摩耗実験をおこした。

(3) 太陽系始原物質(彗星塵と隕石)の3次元構造

X線ナノCT、SEM、FIB(新規導入)、TEM、SIMSなどを用いたマルチスケール3次元構造分析の手法を開発し、複雑な微細組織を持つ彗星塵および炭素質コンドライトの3次元構造分析に適用した。X線ナノCTについては、放射光施設(SPring-8)において吸収CTと位相CTを組み合わせ、高空間分解能(約100nm)で鉱物や有機物の3次元分布を得る手法(DET-SIXM法)を開発した。また、放射光のビームタイムに左右されない、ラボ型X線マイクロCT装置の開発も行なった。さらに高空間分解能での3次元構造を得るために、電子線によるTEM-CTの手法を開発し、彗星塵やITP実験生成物に応用した。

(4) 太陽系始原物質進化のモデル化

(1)~(3)の研究成果に加えて、天体観測や理論も考慮して、物質科学に立脚した新しい先太陽系・太陽系での固体物質の生成・進化モデルを、物理化学の基盤の上に新たに構築しようとした。

(5) はやぶさ2サンプル初期分析への応用

はやぶさ2サンプルの初期分析(2020年6月開始予定)の準備として、炭素質コンドライト粒

子を模擬サンプルとした X 線ナノ CT (DET-SIXM 法) によるリハーサル分析をおこなった。

4. 研究成果

(1) 星周および原始太陽系円盤における凝縮プロセス (固体物質の生成)

新規購入した高周波誘導熱プラズマ (ITP) 装置 (出力 6 kW) を立ち上げ、まずは単純な MgO-SiO₂ 系での実験を行い、非晶質珪酸塩微粒子の生成条件を明らかにした (⑦)。次に、この装置を用いて、(MgO)-Al₂O₃-SiO₂ 系での凝縮実験と生成物の SEM, XRD, IR, TEM による詳細分析を行ない、酸素に富む赤色巨星分岐 (AGB) 星周塵の中間赤外スペクトル観測結果と比較した。これにより、これまでその同定が曖昧であった 11-12 μm 放射は非晶質アルミナではなく、約 10% の Si を含む遷移アルミナによるものであり、長年懸案であった Al に富む AGB 星周塵の構成物質が明らかにされた (⑥)。一方、高出力 ITP 装置 (30 kW: 東京工業大学) を用いて事前に進めていた、GEMS 組成あるいは太陽系元素 (CI) 組成をもつ Mg-Si-Fe-Ca-Al (-Ni-Na)-O 系での凝縮実験生成物について、TEM-CT を含む詳細分析を新たにおこない (図 1)、先行研究における GEMS 分析との比較により、(i) GEMS は珪酸塩液滴として高温ガスから凝縮したこと、(ii) 初期太陽系星雲における局所的な加熱イベントおよびある種の星周環境 (タイプ II-P 超新星、AGB 星) で生成されたことを明らかにした (②)。また、GEMS 組成について凝縮実験を 6 kW ITP を用いておこない、GEMS に見られる詳細な組織生成プロセスを明らかにした (Kim et al., *Astronomy & Astrophysics* 誌に投稿中)。さらに、硫黄を含んだ系での実験を、酸化還元条件を変えておこない、S を含む GEMS の再現実験に成功するとともに、始原的炭素質コンドライトのマトリクス中に特徴的に含まれる GEMS 様物質についても、初期太陽系での高温ガスからの凝縮物であることを示した (国際誌に投稿予定)。

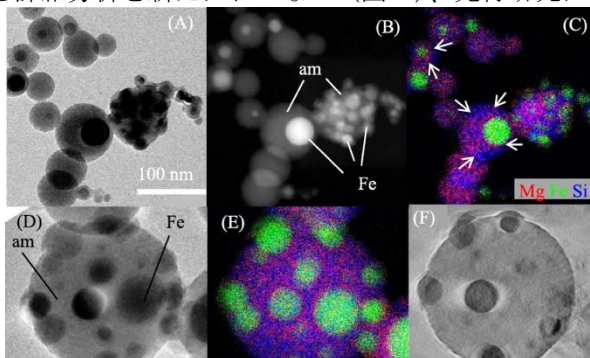


図 1 ITP による凝縮実験 (GEMS 再現実験) 生成物。(A, D) BF-TEM 像。(B) HAADF-STEM 像。(C, E) 元素マップ像。(F) BF-TEM-CT スライス像。am: 非晶質珪酸塩、Fe: 金属鉄。(文献②より)

以上のように、ITP を用いた凝縮実験により、Al に富む AGB 星周塵の組成を明らかにするとともに、彗星塵中の GEMS の再現実験に成功し、GEMS は初期太陽系 (原始太陽系円盤) および特定のタイプの星周においてガス凝縮で形成されたことを明らかにした。また、星周塵は星間領域に拡散され、これが太陽系を含む新しい星の原材料となるため、先太陽系での鉄は、少なくとも珪酸塩微粒子に含まれる鉄や硫化鉄として存在することがわかった。この様にして、研究目的 (A) が達成されたと言える。一方、とくに低出力 ITP の実験では、蒸発を免れた出発物質固体粒子の一部が蒸発を免れ融解し、コンドリュールに類似した物体を生成され、GEMS や GEMS 様物質の集合体を作るマトリクス中に散在し、炭素質コンドライトと極めて類似した組織を形成することがわかった (図 2)。GEMS や GEMS 様物質の生成条件は、初期太陽系ではコンドリュール生成条件と類似していることから考えて、初期太陽系では彗星塵やコンドライトの形成が一連の共通したプロセスで説明できるという作業仮説を提案できた。これにより、(3) で述べる彗星塵およびコンドライトの詳細 3 次元分析結果とともに、(4) で述べる新しい太陽系での固体物質の生成・進化モデルの提唱に至った。

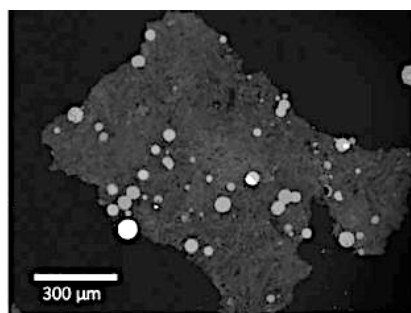


図 2 ITP による凝縮実験生成物の SEM 像。炭素質コンドライトのコンドリュールに類似した球状物質 (溶融物) とマトリクスに類似した凝縮物 (図 1 の GEMS 様物質の集合体) からなる。

(2) 星間および太陽系天体表面における変成プロセス (固体物質の進化)

① イオン照射実験

太陽風照射を模擬した H⁺ (1 keV), He⁺ (4 keV) のイオンビームが照射可能な低エネルギーイオン照射装置を JAXA 宇宙研と共同開発した。この装置を用いた輝石 (エンスタタイト) への照射実験をおこない、従来の高エネルギーイオン照射実験では完全に再現できなかったイトカワ粒子に見られる宇宙風化層とほぼ同じ組織 (非晶質化層とその中のプリスタ) を、今回の照射実験で再現することができた (図 3)。さらに、照射イオン量を変化させた実験により、イトカワ粒子に見られる宇宙風化層の形成のタイムスケールはわずかに 100 年程度であると見積もられた (国際誌への投稿準備中)。また WERC のイオン注入装置を用いた照射実験 (40 keV H₂⁺) に

より、同一の照射条件でもターゲット鉱物の違いにより多様な宇宙風化組織が生成されることがわかった（国際誌への投稿準備中）。CM隕石への照射実験も開始したが、その詳細は現在解析中である。

一方、イオン注入装置による炭素質コンドライトの主要構成鉱物であるサーペンティンとサポナイト（10 keV H_2^+ ）（③）およびコランダム（40 keV H_2^+ ）（Igami et al., Geochim. Cosmochim. Acta に投稿中）への照射実験により、鉱物中に H_2O 分子（サーペンティンとサポナイトのみ）や OH 基が生成されることがわかった。これにより、小惑星や月などの天体やだけでなく星間空間においても、太陽風や宇宙線の H^+ 照射により、“水”が鉱物中に生成されることを示した。これは、地球の水の起源の一つの可能性を示すものでもある。

以上のように、研究目的(B)で挙げた星間および惑星空間における”宇宙風化”の相違点や”星間宇宙風化”の役割を明らかにし、またC型小惑星の”太陽風宇宙風化”の詳細を解明するまでには至らなかったが、地球の水の起源とも関連する宇宙風化による”水”の生成という新しい発見があった。

② 水質変成実験

炭素質コンドライトが受けた水質変成作用の初期プロセスを明らかにするために、ITP を用いて作成した $MgO-SiO_2$ 系非晶質珪酸塩微粒子を用いて、その場水質変成実験（その場 TEM 観察実験およびその場 XRD 実験）を行なった、これにより、反応性の極めて高い非晶質珪酸塩微粒子は常温の純水とも簡単に反応し、M-S-H (Mg silicate hydrate) と呼ばれる極めて結晶性の悪い含水珪酸塩を短時間に生成することがわかった（④）。わずかな水質変成を受けた始原的炭素質コンドライトのマトリクスにも M-S-H に類似した物質が存在し、このような反応が炭素質コンドライトが受けた水質変成作用の初期プロセスに対応していると考えられる。Fe や FeS を含む GEMS/GEMS 様再現物質を用いた水質変成実験は現在進行中である

③ 摩耗実験

大気のない天体表面で期待される摩耗プロセスの再現実験を、ボールミルを用いて行なった（実際には、ボールミルで用いる粉砕子を用いずに回転速度を変化させることによって、粉砕を起こさずに粒子の運動速度を変化させた）。これにより、大気のない天体（小惑星や月）上でのレゴリス粒子の摩耗速度の定式化を行い、イトカワ粒子の摩耗はイトカワそのものではなく、その母天体上で起こったと考えられることを示した（国際誌に投稿準備中）。

(3) 太陽系始原物質（彗星塵と隕石）の3次元構造

太陽系始原物質試料のマルチスケール3次元構造分析の protocols を開発・確立した（図4）。その手順（フル分析の場合）を以下に示す：試料（断面）の SEM 観察 → FIB による関心領域を含むブロック状サンプル（一片 $\sim 30 \mu m$ ）の抽出 → X線ナノCT分析（SPring-8） → FIBによる関心領域を含む薄片（厚さ $\sim 300 nm$ ）の抽出 → SIMSによる分析（必要に応じてTEM-CT） → FIBによる薄片化（厚さ $\sim 300 nm$ ） → TEMによる分析。

また、ナノX線CTについては、吸収CTと位相CTを組み合わせたDET-SIXM法を用いて、約100nmの空間分解能で鉱物や有機物の3次元分布を得る手法を確立した（例えば（⑤））。

① 彗星塵

彗星塵に含まれる GEMS の詳細 TEM 観察と TEM-CT を行い、ITP 凝縮実験生成物に見られる、2液不混和による SiO_2 と MgO に富む非晶質珪酸塩の2相分離（図1C）、Fe相とFeS相がそれぞれ珪酸塩粒子の内部と表面に分布すること（低温でのSに富むガスによるFe相の硫化）、微小珪酸塩粒子の付着（アンニール）といったいくつかの特徴を、GEMS にも見出した（図5）。これまでも GEMS の2次元観察で、上に述べた特徴らしきものも認められてはいたが、今回の結果により GEMS が液滴としてガスから凝縮したことの確証が得られた（国際誌に投稿準備中）。また、彗星塵粒子のX線ナノCT観察により、彗星塵の中にも小さなコンドリュールが含まれて

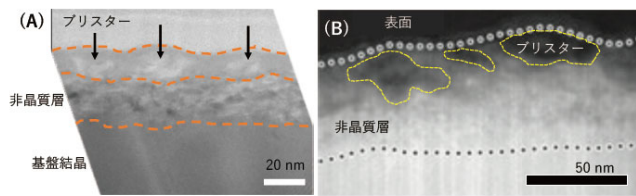


図3 低エネルギー水素イオン照射実験により再現された宇宙風化層のTEM像。(A) エンスタタイト基盤への1 keV H^+ 照射実験 (1×10^{18} ions/cm²) 生成物。(B) イトカワ粒子（低Ca輝石）表面に見出された宇宙風化層（Noguchi et al., 2014による）。

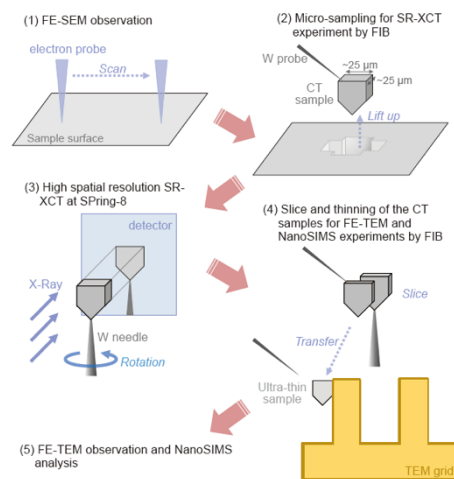


図4 太陽系始原物質試料のマルチスケール3次元構造分析の protocol（文献⑤より）。

いることがわかった（別途国際誌に投稿準備中）。この様に、研究目的(C)の全てまでは到達できなかったが、実験と組み合わせることによって、「星間塵の変成説」と「凝縮説」というこれまで論争されてきた GEMS 成因論に終止符を打つことができた。

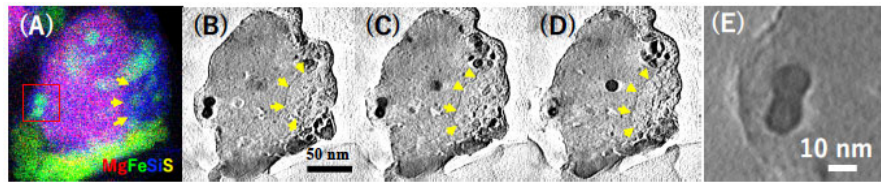


図5 GEMSの3次元構造。(A) 元素マップ像(STEM)。(B)-(D) BF-TEM-CTによる連続スライス像(6.14 nm 間隔)。(E) 雪だるま構造の拡大像((A)の赤く囲った領域: BF-TEM-CT スライス像)

② 始原的炭素質コンドライト

いくつかの始原的炭素質コンドライト (Acfer 094, ALH 77307, Asuka 12169, Chwichiya 002, DOM 08006, El Quss Abu Saib, MIL 07687, MIL 090657, Paris, QUE 99177) の3次元詳細分析により、そのマトリクスは多かれ少なかれ水質変成の程度の異なる岩相に別れているものの、彗星塵中の GEMS 組織に類似した非晶質珪酸塩(含水非晶質珪酸塩)あるいは M-S-H のような結晶度の極めて悪い含水珪酸塩と硫化鉄ナノ粒子から主としてなっていることがわかったが、GEMS に見られる金属鉄ナノ粒子を見出すことはできなかった(国際誌に投稿準備中)。凝縮実験結果も考えると、これらの始原的炭素質コンドライト中の GEMS 様物質は、ガス凝縮物ではあるが水質変成を受けてナノ金属鉄は酸化してしまったか、あるいは GEMS よりもやや酸化的环境下で凝縮した可能性があることがわかった。また、ほとんどの始原的炭素質コンドライトに、彗星塵に特徴的な高温凝縮物(結晶)であるエンスタタイトウイスカーが普遍的に存在することがわかった(国際誌に投稿準備中)。

さらに、Acfer 094 のマトリクス中には、数 10 μm サイズの超多孔質岩相(図6)が普遍的に含まれており、これは水と非晶質珪酸塩粒子が Acfer 094 隕石の母天体として集積した時の「氷の化石」であることを示すことができた(⑤)。さらにこの超多孔質岩相が H₂O 雪線付近で生成されることから、母天体は太陽系星雲の H₂O 雪線より遠方で集積を開始し、より太陽に近い高温の領域へと移動しながら成長したという、新しい微惑星(小惑星)形成モデルを提案した。

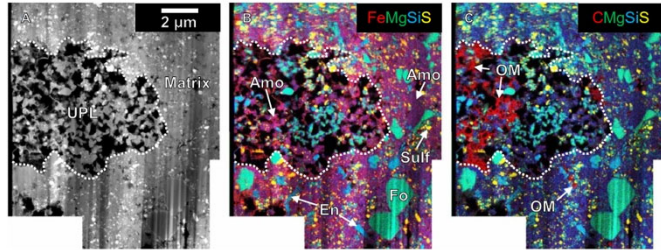


図6 Acfer 094 隕石に見出された氷の化石(超多孔質岩片: UPL)。(A) BF-TEM 像。(B, C) STEM 元素マップ。Amo: 非晶質珪酸塩、En: エンスタタイト、Sulf: 硫化鉄、OM: 有機物。(文献⑤より)

また、Acfer 094 のマトリクスに含まれる宇宙シンプレクタイト(COS)と呼ばれる物質(数 10 μm 程度)の微細な3次元構造(磁鉄鉱・硫化鉄の成層構造とその内部の Na₂SO₄-S の存在)を明らかにし、この様な物体が Na₂SO₄ を含む氷天体と金属鉄に富む天体との衝突により、金属鉄と Na₂SO₄-S メルトによる高温腐食(hot corrosion)によってできたという、COS の生成プロセスを初めて明らかにした(国際誌に投稿準備中)。COS は太陽系で最も重い酸素同位体を持つ物質であるにもかかわらず、これまでその成因が不明であり、今回の研究でこの最も重い酸素同位体の成因を明らかにすることができた。

③ 強い水質変成を受けた炭素質コンドライト

いくつかの水質変成を受けた炭素質コンドライト (Ivuna, Orgueil, Murchison, Mighei, Sutter's Mill, Tagish Lake)

の DET-SIXM 法を用いた3次元分析により、主として含水珪酸塩鉱物からなるマトリクスの様々な特性(構成鉱物、組織、密度、空隙率など)を記載することができ、⑤で述べるはやぶさ2サンプル初期分析に応用できるようになった。また、一部の水質変成を受けた炭素質コンドライトにも、エンスタタイトウイスカーが存在しているらしいことを見出した。

また、Sutter's Mill の方解

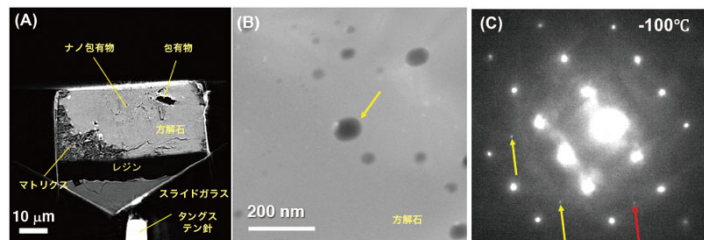


図7 Sutter's Mill1094 隕石に見出された CO₂ に富む流体。(A) X線ナノCT像 BF-TEM 像。(B) 方解石中のナノ流体包有物(BF-TEM 像)。(C) 流体包有物の制限視野電子線回折パターン。黄色の矢印は、冷却(-100°C)した時に出現する CO₂氷または CO₂ハイドレート。(文献①より)

石結晶（水質変成時に水質流体から析出したと考えられる）中に、ナノサイズの包有物の中に、CO₂に富む流体を世界で初めて見出した（図7）(①)。このような流体は Sutter's Mill 隕石母天体が集積した時の氷を起源とするものであり、初期太陽系における H₂O や CO₂ 雪線との位置関係から、母天体は当時の木星軌道の外側で形成され、その後の木星移動に伴い現在の小惑星帯へと移動したと結論づけた。これはグラドタックと呼ばれる、最近のダイナミックな太陽系形成論の物質科学的な証拠であると言える。

②③の研究により、研究目的(D)をほぼ果たすと同時に、氷に関する発見を通じて、最近のダイナミックな太陽系形成論との関連性が議論できるようになった。さらに、①～③の研究により、彗星塵と炭素質コンドライトを構成する物質の類似性が明らかとなり、(1)で述べた実験結果とともに共通の生成プロセスが示唆された。

(4) 太陽系始原物質進化のモデル化

以上述べてきた様に、太陽系始原物質で彗星塵と炭素質コンドライトの構成物質の類似性および実験から指摘できる共通プロセスをもとに、以下の様な太陽系始原物質進化のモデルを提案した。すなわち、GEMS や GEMS 様物質は、コンドリュールやさらにエンスタタイトウィスカーなどの高温凝縮した結晶とともに、局所的な加熱プロセスにより、初期太陽系の様々な領域で高温ガスからの凝縮によって形成され（図8）、これらの物質がそれぞれの場所で集積して彗星や炭素質コンドライト母天体（小惑星）となった。その後、H₂OあるいはCO₂雪線よりも外側で集積

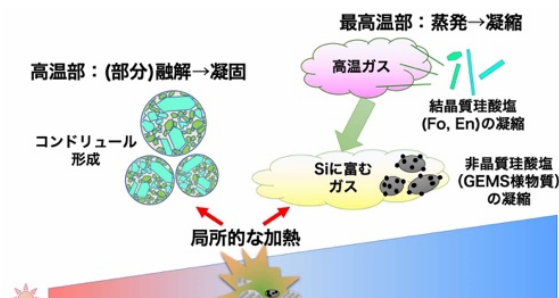


図8 太陽系始原物質を構成するコンドリュール、高温凝縮結晶（ウィスカーなど）、非晶質珪酸塩マトリクス（GEMS/GEMS 様物質）についての、共通したプロセスによる生成モデル。

した母天体は、木星など巨大惑星の移動に伴って現在木星軌道の内側にある小惑星帯へと移動し（図9）、やがて氷の融解によって生じた水質流体と反応して水質変成を受けた。その後母天体表面では、太陽風照射によって宇宙風化を受けるとともに、また小天体衝突による粒子流動により摩耗するなど、多様な宇宙風化を経験した。

この様に本研究では、高分解能 3D 詳細分析と再現実験により、観測や理論も考慮しながら、少なくとも太陽系については、当初の研究目的であった「固体物質の生成・進化の全体像」を描くことができた。一方、先太陽系については、Fe の存在状態（少なくともその一部は確実に GEMS 中の Fe および FeS ナノ粒子）や宇宙線照射による水の生成など、いくつかの成果を得ることができたが、先太陽系における物質進化の「全体像」の構築までには至らなかった。

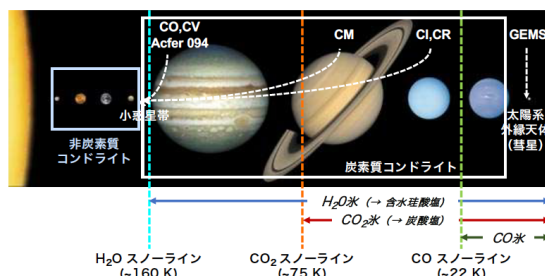


図9 太陽系始原物質の統一的な生成モデル。様々な種類の炭素質コンドライト (CO, CV, CM, CI, CR など) および彗星物質は異なった場所での局所的加熱プロセスによって作られ（図8）、やがて木星などの軌道変

(5) はやぶさ2サンプル初期分析への応用

(4)③で述べたはやぶさ2模擬サンプルとしての炭素質コンドライトやさらにその加熱実験試料を用いて、リハーサル分析を行ってきた。これにより 2020年6月開始予定の初期分析の準備が整った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕計 24 件

- [1] A. Tsuchiyama, A. Miyake, S. Okuzumi, A. Kitayama, J. Kawano, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, M. 4olensky (2021) Discovery of primitive CO₂-bearing fluid in an aqueously-altered carbonaceous chondrite. *Science Advances*, **7**, eabg9707. DOI: 10.1126/sciadv.abg9707
- [2] J. Matsuno, A. Tsuchiyama, T. Watanabe, M. Tanaka, A. Takigawa, S. Enju, C. Koike, H. Chihara, and A. Miyake (2021) Condensation of glass with multimetal nanoparticles: Implications to a formation process of GEMS grains. *The Astrophysical Journal*, **911**, 47-62. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/abe5a0>
- [3] Y. Nakauchi, M Abe, M. Ohtake, T. Matsumoto, A. Tsuchiyama, K. Kitazato, K. Yasuda,

- K. Suzuki, Y. Nakata (2021) The formation of HO and Si-OH by H irradiation in major minerals of carbonaceous chondrites. *Icarus*, **355**, 114140-114159. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114140>
- [4] Y. Igami, A. Tsuchiyama, T. Yamazaki, M. Matsumoto, Y. Kimura (2020) In-situ water-immersion experiments on amorphous silicates in the MgO-SiO₂ system: implications for the onset of aqueous alteration in primitive meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **293**, 86-102. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2020.10.023>
- [5] Z. Dionnet, R. Brunetto, A. A. -Toppani, S. Rubino, D. Baklouti, F. Borondics, A - C. Buelllet, Z. Djouadi, A. King, T. Nakamura, A. Rotundi, C. Sandt, D. Troadec, and A. Tsuchiyama (2020) Combining IR and X - ray microtomography data sets: Application to Itokawa particles and to Paris meteorite. *Meteoritics & Planetary Science*, **55**, 1645-1664, 2020. <https://doi.org/10.1111/maps.13538>
- [6] M. Signorile, L. Zamirri, A. Tsuchiyama, P. Ugliengo, F. Bonino, G. Martra (2020) On the surface acid-base properties of amorphous and crystalline Mg₂SiO₄ as probed by adsorbed CO, CO₂ and CD₃CN. *ACS Earth and Space Chemistry*, **4**, 345-354. <https://doi.org/10.1021/acsearthspacechem.9b00271>
- [7] N. Akizawa, T. Kogiso, A. Miyake, A. Tsuchiyama, Y. Igami, M. Uesugi (2020) Formation process of sub-micrometer-sized metasomatic platinum-group element-bearing sulfide in Tahitian harzburgite xenolith. *The Canadian Mineralogist*, **58**, 99-114. <https://doi.org/10.3749/canmin.1800082>
- [8] M. Matsumoto, A. Tsuchiyama, A. Nakato, J. Matsuno, A. Miyake, A. Kataoka, M. Ito, N. Tomioka, Y. Kodama, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, Epifanio Vaccaro (2019) Discovery of fossil asteroidal ice in primitive meteorite Acfer 094. *Science Advances*, **5**, eaax5078. [10.1126/sciadv.aax5078](https://doi.org/10.1126/sciadv.aax5078)
- [9] T. Michikami, A. Hagermann, A. Tsuchiyama, H. Yamaguchi, T. Irie, K. Nomura, O. Sasaki, M. Nakamura, S. Okumura, S. Hasegawa (2019) Three-dimensional imaging of crack growth in L chondrites after high-velocity impact experiments. *Planetary and Space Science*, **177**, 104690. <https://doi.org/10.1016/j.pss.2019.07.005>
- [10] A. Takigawa, T. Kim, Y. Igami, T. Uemoto, A. Tsuchiyama, C. Koike, J. Matsuno, and T. Watanabe (2019) Formation of Transition Alumina Dust around Asymptotic Giant Branch Stars: Condensation Experiments using Induction Thermal Plasma Systems. *The Astrophysical Journal Letters*, **878**, L7 (8pp). <https://doi.org/10.3847/2041-8213/ab1f80>
- [11] K. Terada, Y. Sano, N. Takahata, A. Ishida, A. Tsuchiyama, T. Nakamura, T. Noguchi, Y. Karouji, M. Uesugi, T. Yada, M. Nakabayashi, K. Fukuda, and H. Nagahara (2018) Thermal and impact histories of 25143 Itokawa recorded in Hayabusa particles. *Scientific Reports*, **8**, 11806, DOI:10.1038/s41598-018-30192-4
- [12] Takahashi, Y. Tamenori, T. Suenaga, T. Ikeda-Fukazawa, J. Matsuno and A. Tsuchiyama (2018) XANES spectra of forsterite in crystal, surface and amorphous states. *AIP ADVANCES*, **8**, 025107 1-10. DOI: <http://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.5017245>
- [13] K. Yoshida, R. Orozbaev, T. Hirajima, A. Miyake, A. Tsuchiyama, A. Bakirov, A. Takasu and K. Sakiev (2018) Micro-excavation and direct chemical analysis of individual fluid inclusion by cryo-FIB-SEM-EDS: Application to the UHP talc-garnet-chloritoid schist from the Makbal Metamorphic Complex, Kyrgyz Tian-Shan. *Geochemical Journal*, **52**, 59-67. doi:10.2343/geochemj.2.0502
- [14] T. Michikami, T. Kadokawa, A. Tsuchiyama, A. Hagermann, T. Nakano, K. Uesugi, S. Hasegawa (2018) Influence of petrographic textures on the shapes of impact experiment fine fragments measuring several tens of microns: Comparison with Itokawa regolith particles. *Icarus*, **302**, 109-125. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2017.10.040>
- [15] S. Ikeda, T. Nakano, A. Tsuchiyama, K. Uesugi, Y. Nakashima (2017) Three-dimensional study by synchrotron radiation computed tomography of melt distribution in samples doped to enhance contrast. *Mineralogical Magazine*, **81**, 1203-1222. doi:10.1180/minmag.2016.080.163
- [16] A. Gucsik, T. Nakamura, C. Jäger, K. Ninagawa, H. Nishido, M. Kayama, A. Tsuchiyama, U. Ott and Á. Kereszturi (2017) Luminescence Spectroscopical Properties of Plagioclase Particles from the Hayabusa Sample Return Mission: An Implication for Study of Space Weathering Processes in the Asteroid Itokawa. *Microscopy and*

- microanalysis, **23**, 179–186. DOI: 10.1017/S1431927617000046
- [17] Kim, T. H., Tsuchiyama, A., Takigawa, A., & Matsuno, J. (2017) in *Int. Symp. Plasma Chemistry P2-33-37 (Montreal: Internal Plasma Chemistry Society)*, 698
- [18] Q. H. S. Chan, M. E. Zolensky, J. E. Martinez, A. Tsuchiyama, and A. Miyake (2016) Magnetite plaquettes are naturally asymmetric materials in meteorites. *American Mineralogist*, **1001**, 2041–2050. 10.2138/am-2016-5604
- [19] T. Matsumoto, A. Tsuchiyama, K. Uesugi, T. Nakano, M. Uesugi, J. Matsuno, T. Nagano, A. Shimada, A. Takeuchi, Y. Suzuki, T. Nakamura, M. Nakamura, A. Gucsik, K. Nagaki, T. Sakaiya, T. Kondo (2016) Nanomorphology of Itokawa regolith particles: Application to space-weathering processes affecting the Itokawa asteroid. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **187**, 195–217. doi:10.1016/j.gca.2016.05.011
- [20] T. Michikami, A. Hagermann, T. Kadokawa, A. Yoshida, A. Shimada, S. Hasegawa and A. Tsuchiyama (2016) Fragment shapes in impact experiments ranging from cratering to catastrophic disruption. *Icarus*, **264**, 316–330. doi:10.1016/j.icarus.2015.09.038
- [21] K. Yoshida, T. Hirajima, A. Miyake, A. Tsuchiyama, S. Ohi, T. Nakano, and K. Uesugi (2016) Combined FIB microsampling and X-ray microtomography: a powerful tool for the study of tiny fluid inclusions. *European Journal of Mineralogy*, **28**, 245–256. 10.1127/ejm/2015/0027-2498
- [22] M. Yoshikawa, J. Kawaguchi, A. Fujiwara and A. Tsuchiyama (2015) Hayabusa sample return mission. In *Asteroids IV (P. Michel et al., eds.)* pp.397–418, University of Arizona, Tucson. 10.2458/azu_uapress_9780816532131-ch021
- [23] T. Matsumoto, A. Tsuchiyama, A. Miyake, T. Noguchi, M. Nakamura (2015) Surface and internal structures of a space-weathered rim of an Itokawa regolith particle. *Icarus*, **257**, 230–238. 10.1016/j.icarus.2015.05.001
- [24] M. Ebihara, N. Shirai, S. Sekimoto, T. Nakamura, A. Tsuchiyama, J. Matsuno, T. Matsumoto, M. Tanaka, M. Abe, A. Fujimura, Y. Ishibashi, Y. Karouji, T. Mukai, T. Okada, M. Uesugi and T. Yada (2015) Chemical and mineralogical compositions of two grains recovered from an asteroid Itokawa. *Meteoritics & Planetary Science*, **50**, 243–254. 10.1111/maps.12418

〔学会発表〕 計 157 件（うち招待講演 8 件／うち国際学会 66 件）

- [1] M. Signorile, L. Mino, F. Bonino, M. Pazzi, A. Tsuchiyama, G. Spoto, P. Ugliengo, and G. Martr, Probing surface reactivity of amorphous and crystalline Mg_2SiO_4 by CO , CO_2 , CD_3CN and HCN adsorption. *Europlanet Science Congress 2020, EPSC2020-875* (国際学会)
- [2] A. Aléon-Toppani, Z. Dionnet, S. Rubino, Y. Arribard, D. Baklouti, F. Borondics, Z. Djouadi, C. Lantz, M. Matsumoto, M. Matsuoka, T. Nakamura, K. Amano, M. Takahashi, D. Troadec, and A. Tsuchiyama. *Hyperspectral imaging of carbonaceous chondrites in view of the Hayabusa2 sample return. Europlanet Science Congress 2020, EPSC2020-121* (国際学会)
- [3] 奥村翔太、土山明、三宅亮、桜島大正軽石における石基輝石の晶相および平行連晶組織, 日本鉱物科学会 2020 年会, S1-05
- [4] 松本恵、土山明、安武正展、三宅亮、上杉健太郎、竹内晃久、中野司、中村智樹、非加熱・実験加熱 Murchison 隕石の放射光 X 線 CT, 日本鉱物科学会 2020 年会, R5-07.
- [5] 伊神洋平、土山明、山崎智也、木村勇氣、松本恵、 $MgO-SiO_2$ 系非晶質ケイ酸微粒子の水質変成過程その場観察, 日本鉱物科学会 2020 年会, R5-12
- [6] Takigawa A, Imura Y, Enju S, Tsuchiyama A, *Condensation Experiments of Mg-Si-Fe-Ni-Al-Ca-O-S Silicates in ITP System.*, *Goldschmidt2020*, <https://doi.org/10.46427/gold2020.2538>. (国際学会)
- [7] 土山明、山口裕貴、中村昭子, *Estimation of abrasion rates of regolith particles on Itokawa and the Moon based on abration experiments.* 日本地球惑星科学連合 2020 大会, PPS04-P07
- [8] 奥村翔太、無盡真弓、土山明、三宅亮, *3D crystal size distributions of pyroxene nanolites based on nanoX-ray CT analyses.* 日本地球惑星科学連合 2020 大会, SVC43-P09.
- [9] 秋澤紀克、三宅亮、土山明、横山祐典、阿瀬貴博、浅沼尚, *Deep-seated hydrothermal circulation beneath the rdige axis: a case study of crustal*

- diopside from Oman ophiolite. 日本地球惑星科学連合 2020 大会, MIS07-15, (招待講演)
- [10] 松本 恵、土山 明、安武 正展、三宅 亮、上杉 健太郎、竹内 晃久、中野 司、中村 智樹, Synchrotron radiation-based X-ray computed nanotomography of unheated and experimentally heated Murchison CM chondrite. 日本地球惑星科学連合 2020 大会, PPS10-P09
- [11] 松本 恵、土山 明、三宅 亮、富岡 尚敬、伊藤 元雄、兒玉 優、松野 淳也、安武 正展、中藤 亜衣子、上杉 健太郎、竹内 晃久、中野 司、バックロ エピファニ, Acfer094 隕石中の宇宙シンプレクタイトの TEM 観察, 日本鉱物科学会 2019 年会, R5P-01.
- [12] 延寿 里美、土山 明, GEMS 模擬粒子を用いたその場水質変成実験, 日本鉱物科学会 2019 年会, R5-09
- [13] 土山 明、橋野 桃子、北山 晃、三宅 亮, Ivuna 隕石 (CI) 中のドロマイトと流体包有物の探査, 日本鉱物科学会 2019 年会, R5-04
- [14] 安武 正展、Vacarro Epifanio、上杉 健太郎、竹内 晃久、中野 司、土山 明, CM コンドライト Paris 中エンスタタイトウイスカーの放射光ナノ XCT および TEM による分析, 日本鉱物科学会 2019 年会, R5-01
- [15] 中村 智樹、Lantz Cateline、小林 詩歩、仲内 悠祐、天野 香菜、Brunetto Rosario、松本 恵、高橋 実樹、松岡 萌、野口 高明、松本 徹、三宅 亮、土山 明、Zolensky Mike, 含水炭素質隕石への He 照射による C 型小惑星の宇宙風化再現実験, 日本鉱物科学会 2019 年会, R5-08
- [16] Igami Y, Tsuchiyama A, Yamazaki T & Kimura Y, In situ Experiments of Aqueous Alteration of Amorphous Silicates in the System MgO-SiO₂. Goldschmidt 2019, 1463 (国際学会)
- [17] Yoshida K, Orozbaev R, Hirajima T, Miyake A, Tsuchiyama A, Bakirov A, Takasu A & Sakiev K, Cryo-FIB-SEM-Edx Analysis of Fluid Inclusions Reveals the Deep Fluid Chemistry. Goldschmidt 2019, 3846, (招待講演) (国際学会)
- [18] M. Matsumoto, A. Tsuchiyama, A. Nakato, J. Matsuno, A. Miyake, A. Kataoka, M. Ito, N. Tomioka, Y. Kodama, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, E. Vaccaro, ULTRA POROUS LITHOLOGY, A FOSSIL ASTEROIDAL ICE, IN CARBONACEOUS CHONDRITE ACFER 094: IMPLICATIONS FOR PARENT BODY FORMATION BY ICY DUST AGGLOMERATION. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, 6089.pfd (国際学会)
- [19] T. J. Fagan, R. Aoki, M. Uesugi and A. Tsuchiyama, CHONDRULE SHAPES IN 3-D: PANCAKES VS. BASEBALLS INDICATE PREFERENTIAL COMPRESSION OF REDUCED VS. OXIDIZED CV CHONDRITES. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, 6049.pfd (国際学会)
- [20] T. Nakamura, C. Lantz, S. Kobayashi, Y. Nakauchi, K. Amano, R. Brunetto, M. Matsumoto, M. Takahashi, M. Matsuoka, T. Noguchi, T. Matsumoto, A. Miyake, A. Tsuchiyama, M. E. Zolensky, Experimental reproduction of space weathering of C-type asteroids by He exposure to shocked and partially dehydrated carbonaceous chondrites. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, 6211.pfd (国際学会)
- [21] A. Takigawa, T.-H. Kim, Y. Igami, T. Umemoto, A. Tsuchiyama, C. Koike, J. Matsuno, T. Watabnabe, FORMATION OF METASTABLE ALUMINA DUST AROUND AGB STARS: CONDENSATION EXPERIMENTS USING INDUCTION THERMAL PLASMA SYSTEMS. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, 6341.pfd (国際学会)
- [22] A. Tsuchiyama, A. Takigawa, T. Hirose, H. Kawano, Y. Imura, S. Enju, Y. Igami, POSSIBLE ORIGIN OF PRIMITIVE AMORPHOUS SILICATES IN CARBONACEOUS CHONDRITES. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, 6342.pfd (国際学会)
- [23] A. Takigawa, Y. Asada, Y. Nakauchi, T. Matsumoto, A. Tsuchiyama, M. Abe, N. Watanabe, H⁺ ION IRRADIATION EXPERIMENTS OF ENSTATITE: SPACE WEATHERING BY SOLAR WIND. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, 6331.pfd (国際学会)
- [24] M. Yasutake, A. Miyake, T. Mikouchi, A. Tsuchiyama, NOTICE ON THE EBSD ANALYSIS OF OLIVINE IN METEORITES. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, 6093.pfd (国際学会)
- [25] S. Enju, H. Kawano, A. Tsuchiyama, T. Kim, A. Takigawa, J. Matsuno and H. Komaki, SYNTHESIS OF GEMS IN THE SYSTEM Fe-Mg-Si-O-S WITH CHANGE IN REDOX CONDITION. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, 6133.pfd (国際学会)
- [26] L. Daly, M. R. Lee, A. Macente, J. Halpin, S. McFadzean, W. Smith, J. E. Einsle, M. R. Ball, A. Miyake, J. Matsuno, M. Matsumoto, A. Tsuchiyama, COMBINING FOCUSED ION BEAM AND SYNCHROTRON TOMOGRAPHY TO IDENTIFY FLUID PATHWAYS IN HEATED CM

- CHONDRITES WITH IMPLICATIONS FOR RYUGU AND BENNU. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, 6262.pfd (国際学会)
- [27] A. Tsuchiyama, A. Miyake, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, J. Matsuno, SYNCHROTRON RADIATION-BASED NANO-TOMOGRAPHY FOR EXTRATERRESTRIAL MATERIALS. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, Workshop: Minerals, Organics, and Water in 3D View, 6243.pfd (国際学会)
- [28] R. Brunetto, Z. Dionnet, A. Aléon-Toppani, D. Baklouti, F. Borondics, Z. Djouadi, A. King, T. Nakamura, S. Rubino, C. Sandt, D. Troadec and A. Tsuchiyama, FTIR MICRO-TOMOGRAPHY COUPLED TO X-CT ON EXTRATERRESTRIAL MATERIALS. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, Workshop: Minerals, Organics, and Water in 3D View, 6037.pfd (国際学会)
- [29] M. Yasutake, E. Vacarro, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, A. Takigawa, A. Tsuchiyama, 3D OBSERVATION OF POROUS MATRICES IN PRIMITIVE CM-CO CHONDRITES BASED ON SR- NANO-XCT IMAGING. 82nd Annual Meeting of The Meteoritical Society 2019, Workshop: Minerals, Organics, and Water in 3D View, 6091.pfd (国際学会)
- [30] 代田 泰久、安武 正展、延寿 里美、土山 明、炭素質コンドライト ALH A77307 におけるコンドリュールリム中のエンスタタイトウイスカーの観察, 日本地球惑星科学連合 2019 大会, PPS07-P06
- [31] 西 瑞穂、土山 明、矢野 創、藪田 ひかる、奥平 恭子、松野 淳也、上相 真之、上杉 健太郎、中野 司、野口 高明、三田 肇、山岸 明彦、国際宇宙ステーション搭載シリカエアロゲルで捕獲された微粒子の高速衝突トラックの 3 次元形状, 日本地球惑星科学連合 2019 大会, PPS07-P08
- [32] 秋澤 紀克、三宅 亮、土山 明、Chlorine-bearing aqueous fluid at crust/mantle boundary in mid-ocean ridge hydrothermal system: a case study of crustal diopside from Oman ophiolite. 日本地球惑星科学連合 2019 大会, MIS11-04, (招待講演)
- [33] 延寿 里美、河野 颯、小牧 久、土山 明、誘導熱プラズマ装置を用いた Fe-Mg-Si-O-S 系での凝縮実験: GEMS 形成環境の解明に向けて日本地球惑星科学連合 2019 大会, PCG23-11
- [34] 山口 裕貴、土山 明、中村 昭子、隕石及び鉱物粒子の摩耗実験: 摩耗速度の粒子サイズ、振動速度依存性とイトカワや月レゴリス粒子への応用, 日本地球惑星科学連合 2019 大会, PPS2-P01
- [35] H. Yano, K. Yamamoto, E. Minakami, M. Eitel, S. Sasaki, J. Imani, K. Okudaira, M. Higashide, E. Imai, Y. Kawaguchi, Yoko Kebukawa, H. Mita, M. Nishi, T. Noguchi, Makoto Tabata, A. Tsuchiyama, H. Yabuta, K. Arai, H. Hashimoto, K. Kobayashi, A. Yamagishi, METEOROID AND DEBRIS IMPACT FLUX IN LOW EARTH ORBIT WITNESSED BY THE TANPOPO CAPTURE PANELS ONBOARD THE ISS IN 2015-2017. 日本地球惑星科学連合 2019 大会, M-IS07
- [36] 奥村 翔太、無盡 真弓、土山 明、下林 典正、三宅 亮、新燃岳 2011 年噴火噴出物における石基輝石結晶の晶相に対する結晶サイズ分布, 日本地球惑星科学連合 2019 大会, SCG52-04
- [37] 安武 正展、Epifanio Vacarro、上杉 健太郎、竹内 晃久、中野 司、土山 明、3D observation of whisker-like material in the porous matrix of the Paris CM chondrite by SR-XCT. 日本地球惑星科学連合 2019 大会, PPS07-P07
- [38] 渡邊 誠一郎、平林 正俊、平田 成、平田 直之、野口 里奈、寫生 有理、池田 人、巽 瑛理、吉川 真、菊地 翔太、藪田 ひかる、中村 智樹、橘 省吾、石原 吉明、諸田 智克、北里 宏平、坂谷 尚哉、松本 晃治、和田 浩二、千秋 博紀、本田 親寿、道上 達広、竹内 央、神山 徹、本田 理恵、Robert Gaskell、Eric Palmer、Olivier Barnouin、Patrick Michel、Paul Abell、山本 幸生、田中 智、白井 慶、松岡 萌、杉田 精司、岡田 達明、並木 則行、荒川 政彦、石黒 正晃、小川 和律、照井 冬人、佐伯 孝尚、中澤 暁、津田 雄一、はやぶさ 2 サイエンスチーム、ラブルパイル小惑星リュウグウの形状と起源, 日本地球惑星科学連合 2019 大会, PPS03-01, (招待講演)
- [39] 松本 恵、土山 明、松野 淳也、中藤 亜衣子、三宅 亮、伊藤 元雄、富岡 尚敬、兒玉 優、上杉 健太郎、竹内 晃久、中野 司、バックカロ エピファニオ、Acfer 094 隕石中の宇宙シンプレクタイトの 3 次元微細組織観察, 日本地球惑星科学連合 2019 大会, PPS07-11
- [40] 香内 晃、木村 勇氣、大場 康弘、羽馬 哲也、渡部 直樹、橘 省吾、土山 明、延寿 里美、大坪 貴文、アモルファス Mg_2SiO_4 微粒子を覆った氷の光化学反応によるフォルステライト結晶の生成, 日本地球惑星科学連合 2019 大会, PCG23-10

- [41] H. Ono, T. Mikouchi, M. Yasutake, A. Takenouchi, M. Koike, T. Iizuka, A. Yamaguchi, A. Tsuchiyama, Silica minerals and pyroxene in the Camel Donga non-cumulate eucrite: Further evidence for a polymict breccia. HAYABUSA 2018 5th Symposium of Solar System Materials /The Ninth Symposium on Polar Research (国際学会)
- [42] H. Kawano, A. Tsuchiyama, J. Matsuno, S. Enju, T. Kim, Synthesis of GEMS analogue particles with condensation experiments in the system Fe-Mg-Si-O-S. HAYABUSA 2018 5th Symposium of Solar System Materials /The Ninth Symposium on Polar Research (国際学会)
- [43] M. Matsumoto, J. Matsuno, A. Miyake, A. Nakato² A. Tsuchiyama, M. Ito, N. Tomioka, Y. Kodama, E. Vaccaro, Three-dimensional microstructure of a presolar silicate in the Acfer 094 carbonaceous chondrite., HAYABUSA 2018 5th Symposium of Solar System Materials /The Ninth Symposium on Polar Research (国際学会)
- [44] A. Tsuchiyama, M. Ogawa, H. Yamaguchi, and A. Nakamura, Abrasion experiments of mineral and meteorite grains: Application to grain abrasion of Itokawa, Ryugu and lunar regolith particles., HAYABUSA 2018 5th Symposium of Solar System Materials /The Ninth Symposium on Polar Research (国際学会)
- [45] 西 瑞穂 土山明 矢野 創 藪田 ひかる 奥平 恭子 松野 淳也 上相 真之 上杉 健太郎 中野 司 野口 高明 三田 肇 山岸 明彦, 国際宇宙ステーション搭載シリカエアロゲルで捕獲された微粒子の高速衝突トラックの3次元形状, 2018年日本惑星科学会秋季講演会, P35
- [46] 土山明, 小川 倫弘, 中村昭子, 中野 司, 鉱物および隕石粒子の摩耗実験: イトカワ表面でのレゴリス粒子の形状変化, 2018年日本惑星科学会秋季講演会, K7
- [47] 松野淳也、土山明、三宅亮、上杉健太郎、竹内晃久、XCTによる惑星間塵7試料の岩石学的記載, 日本鉱物科学会2018年会, R5-11
- [48] 奥地拓也、プレジャブ ナランゴ、富岡尚敬、土山明、柴田 薫, 非晶質ケイ酸塩微粒子の中性子による水素拡散解析(低温編), 日本鉱物科学会2018年会, R5-12
- [49] 土山明、三宅 亮、川野潤, Sutter's Mill隕石(CM)の方解石粒子中に見出されたCO₂-H₂Oナノ流体包有物, 日本鉱物科学会2018年会, R5-16
- [50] 奥村翔太、松野淳也、土山明、三宅 亮、無盡真弓, 新燃岳2011年噴火噴出物中の複合輝石の成因と微小輝石粒子の晶相変化について, 日本鉱物科学会2018年会, S1-03
- [51] 松本 恵, 松野淳也, 三宅 亮, 中藤亜衣子, 土山明, 伊藤元雄, 富岡尚敬, 兒玉 優, バッカロ エピファニオ, Acfer094隕石に見つかったプレソーラーケイ酸塩粒子の3次元微細組織観察, 日本鉱物科学会2018年会, R5-P03
- [52] E. Vaccaro, M. Matsumoto A. Nakato, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, J. Matsuno, A. Takayama, A. Tsuchiyama, S. S. Russell, EVIDENCE OF HEAVILY AQUEOUSLY-ALTERED CLAST IN QUEEN ALEXANDRA RANGE 99177 MATRIX REVEALING INSIGHTS INTO ACCRETIONARY PROCESSES. 81st Annual Meeting of The Meteoritical Society 2018, 6057.pfd (国際学会)
- [53] A. Tsuchiyama, A. Miyake, and J. Kawano, NANO-SIZED CO₂-H₂O FLUID INCLUSIONS IN CALCITE GRAINS OF THE SUTTER'S MILL CM METEORITE. 81st Annual Meeting of The Meteoritical Society 2018, 6187.pfd (国際学会)
- [54] M. Matsumoto, A. Tsuchiyama, J. Matsuno, A. Nakato, A. Miyake, M. Ito, N. Tomioka, Y. Kodama, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, E. Vaccaro, AN ULTRA POROUS LITHOLOGY IN THE PRIMITIVE CARBONACEOUS CHONDRITE ACFER 094: INVESTIGATION FOR PRISTINE PLANETARY MATERIALS. 81st Annual Meeting of The Meteoritical Society 2018, 6100.pfd (国際学会)
- [55] A. Tsuchiyama, Primitive lithologies in primitive carbonaceous chondrites., 42nd COSPAR Scientific Assembly, B1.3-0024-18, (招待講演) (国際学会)
- [56] S. Sasaki, H. Tanaka, M. Okazaki, T. Hiroi, A. Tsuchiyama, Promotion of Space Weathering with Sulfur. 42nd COSPAR Scientific Assembly, B1.3-0054-18 (国際学会)
- [57] 佐々木 晶、田中 宏和、岡崎 瑞祈、三宅 亮、土山明, 硫黄による宇宙風化作用の強化, 日本地球惑星科学連合2018大会, PPS02-02
- [58] 伊神 洋平、山崎 智也、木村 勇氣、土山明, MgO-SiO₂系非晶質ケイ酸塩の水質変成その場実験, 日本地球惑星科学連合2018大会, MIS07-P01
- [59] 河野 颯、土山明、Kim Tae-Hee、松野 淳也, GEMS 模擬粒子の再現を目指したFe-Mg-Si-O-S系での凝縮実験, 日本地球惑星科学連合2018大会, PPS09-09
- [60] 木村 勇氣、佐藤 理佳子、土山明、為則 雄祐、羽馬 哲也、渡部 直樹、香内 晃、永原 裕子, 非晶質Mg-Feケイ酸塩基板上での水素と一酸化炭素の触媒反応効率, 日本地球惑星科学連合2018大会, PPS09-05
- [61] 瀧川 晶、キム テヒ、梅本 樹、伊神 洋平、松本 恵、土山明, 進化末期巨星でのダス

- ト形成：誘導熱プラズマ装置を用いた Al-Si-O 系での凝縮実験，日本地球惑星科学連合 2018 大会，PPS09-08
- [62] 土山 明、杉本 美弥菜、松野 淳也、三宅 亮、中野 司、上杉 健太郎、竹内 亮久、松本 恵、中村・メッセンジャー 圭子、アーロン バートン、メッセンジャー スコット，始原的炭素質コンドライト MIL 090657 マトリックスの微細 3 次元組織：多様な岩相とその水質変成・集積過程，日本地球惑星科学連合 2018 大会，PPS06-01
- [63] 松本 恵、土山 明、松野 淳也、中藤 亜衣子、三宅 亮、伊藤 元雄、富岡 尚敬、兒玉 優、上杉 健太郎、竹内 晃久、中野 司、バッカロ エピファニオ，始原的炭素質コンドライト Acfer 094 マトリックスの微細組織観察：太陽系始原物質の探索，日本地球惑星科学連合 2018 大会，PPS06-02
- [64] 松本 徹、Dennis Harries、仲内 悠祐、浅田 祐馬、瀧川 晶、土山 明、安部 正真、三宅 亮、中尾 聡、Falko Langenhorst，小惑星イトカワのレゴリス粒子に見られる硫化鉄鉱物の宇宙風化組織，日本地球惑星科学連合 2018 大会，PPS06-12
- [65] Tsuchiyama A. Ogawa M. Matsuno J. Uesugi K. ABRASION EXPERIMENTS OF MINERAL AND METEORITE GRAINS; APPLICATION TO SHAPE EVOLUTION OF REGOLITH PARTICLES ON AIRLESS BODIES. Lunar and Planetary Science Conference #1844 (国際学会)
- [66] Nakauchi Y. Abe M. Matsumoto T. Kitazato K. Tsuchiyama A. AN EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THERMAL STABILITY OF OH/H₂O FORMED BY SOLAR WIND IMPLANTATION ON LUNAR SURFACE. Lunar and Planetary Science Conference #2218 (国際学会)
- [67] R. Aoki, T. J. Fagan, M. Uesugi and A. Tsuchiyama, Did an Impact Event Cause Shock Compression, which Limited Subsequent Fluid-Rock; Interaction during Metamorphism of Reduced CV3 Chondrites? The Answer is Yes, HAYABUSA 2016 4th Symposium of Solar System Materials /The Eighth Symposium on Polar Research (国際学会)
- [68] M. Hashiguchi, A. Miyake, A. Tsuchiyama, T. Nakamura, M. Uesugi, J. Matsuno, A. Nakato, T. Yada, M. Yoshitake, T. Okada, M. Abe, and H. Yurimoto, Current status of consortium study of silica-containing Hayabusa-returned particle. HAYABUSA 2016 4th Symposium of Solar System Materials /The Eighth Symposium on Polar Research (国際学会)
- [69] T. Kim, A. Tsuchiyama, J. Matsuno, A. Takigawa, Reproduction of GEMS analogues nanomaterial by induction thermal plasma, HAYABUSA 2016 4th Symposium of Solar System Materials /The Eighth Symposium on Polar Research (国際学会)
- [70] T. Matsumoto, A. Miyake, S. Nakao, A. Tsuchiyama, M. Sakai, Microstructures of iron sulfide of Itokawa particles, HAYABUSA 2016 4th Symposium of Solar System Materials /The Eighth Symposium on Polar Research (国際学会)
- [71] 河野 颯、土山 明、Kim Taehee、松野 淳也，誘導熱プラズマ装置を用いた Mg-Fe-Si-O-S 系での微粒子合成実験：GEMS 模擬粒子の合成に向けて，日本惑星科学会 2017 年会 E9
- [72] 浅田 祐馬、瀧川 晶、土山 明、松本 徹、仲内 悠祐、安部 正真、渡部 直樹、エンスタタイトへの 1 keV 水素イオン照射による太陽風宇宙風化模擬実験，日本惑星科学会 2017 年会 E10
- [73] 小川 倫弘、土山 明、中野 司、上杉 健太郎，天体表面でのレゴリス粒子の摩耗を模擬したコンドライト隕石粒子の摩耗実験：3 次元外形の変化，日本惑星科学会 2017 年会 F2
- [74] 杉本美弥菜、土山 明、松本 恵、伊神洋平、三宅 亮，始原的炭素質コンドライト MIL090657 マトリックスにおける水質変成度の異なる岩相の TEM による微細組織観察，日本惑星科学会 2017 年会 B1
- [75] 仲内悠祐，安部正真，松本徹，北里宏平，土山明，珪酸塩鉱物中における OH/H₂O の温度安定性の実験的検証，日本惑星科学会 2017 年会 G4
- [76] 北山晃，土山明，三宅亮，中野司，竹内晃久，上杉健太郎，松本恵，松野淳也，伊藤正一，Ivuna 隕石(CI)に見られる複数の岩相中のマトリックスの 3 次元構造の研究，日本惑星科学会 2017 年会 F1
- [77] 土山明，放射光イメージングを用いた地球外物質の研究，日本鉱物科学会 2017 年会 S3-09，(招待講演)
- [78] 松野 淳也、三宅 亮、土山 明、Fe 系包有物を含む非晶質珪酸塩の STEM-EDS-tomography, 日本鉱物科学会 2017 年会 R5-07
- [79] Kim Tae-Hee, Tsuchiyama Akira, Matsuno Junya, Takigawa Aki, Synthesis of GEMS-like nanomaterial analogues by using ITP system, 日本鉱物科学会 2017 年会 R5-08
- [80] 松本 恵、中藤 亜衣子、土山 明、松野 淳也、三宅 亮、上杉 健太郎、竹内 晃久、中野 司、バッカロ エピファニオ，Acfer094 隕石に見つかった超多孔質岩相の微細組織観察，日本鉱物科学会 2017 年会 R5-09
- [81] 土山 明、北山 晃、三宅 亮、川本 竜彦、松野 淳也、伊藤 元雄、富岡 尚敬、吉田 健

太、兒玉 優、癸生川 陽子、竹内 晃久、上杉 健太朗、中野 司、ゾレンスキー マイケル、炭素質コンドライトの鉱物粒子中の有機物包有物、日本鉱物科学会 2017 年会 R5-10

- [82] Sugimoto M, Tsuchiyama A, Matsuno J, Takayama A, Miyake A, Nakamura-Messenger K, Burton A & Messenger S, TEM Observations of Amorphous Silicates and the Adjacent Alteration Products in MIL 090657 Matrix, Goldschmidt2017, Poster 2005 (国際学会)
- [83] Kitayama A, Tsuchiyama A, Matsuno J, Miyake A, Takayama A & Itoh S, TEM Observations of Ivuna Matrix in Connection with its 3D Structure, Goldschmidt2017, Poster 2005 (国際学会)
- [84] Charles C, Pupier E, Duquennoy J, Nakamura M, Okumura S, Tsuchiyama A, Uesugi K & Uesugi M, 3D Reconstruction of Synthetic Crystals and Results Comparisons, Goldschmidt2017, Poster 3110 (国際学会)
- [85] Pupier E, Charles C, Duquennoy J, Nakamura M, Tsuchiyama A, Uesugi K & Uesugi M, 3D Modeling from CT Images: Synthetic Basalt Model, Goldschmidt2017, Poster 3111 (国際学会)
- [86] Tsuchiyama A, Nakato A, Matsuno J, Miyake A, Matsumoto M, Uesugi K, Takeuchi A, Nakano T, Vaccaro E & Russell S, A Very Porous Lithology of the Acfer 094 Meteorite, Goldschmidt2017 (国際学会)
- [87] T. H. Kim, A. Tsuchiyama, A. Takigawa, J. Matsuno, Synthesis of cosmic dust analogue nanoparticles by induction thermal plasma, 23rd International Symposium on Plasma Chemistry (国際学会)
- [88] E. Vaccaro, A. Nakato, J. Najorka, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, J. Matsuno, A. Takayama, A. Tsuchiyama, S. S. Russell, "EXOTIC" CLAST IN QUEEN ALEXANDRA RANGE 99177 MATRIX: A NOVEL INVESTIGATIVE APPROACH UNFOLDING ACCRETIONARY PROCESSES. 80th Annual Meeting of the Meteoritical Society 2017 6094.pdf (国際学会)
- [89] Kim Taehee, Tsuchiyama Akira, Takigawa Aki, Matsuno Junya, 誘導熱プラズマ装置を用いた宇宙ダスト模擬微粒子の合成, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS09-03
- [90] 土山 明、櫻間 卓志、門川 隆進、小川 倫弘、道上 達広, 大気のない天体でのレゴリス粒子の形状進化: リターンサンプルと衝突・磨耗実験との比較, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS03-13
- [91] 宮崎 惇也、奈良岡 浩、土山 明, アルデヒド、ケトンとアンモニアからの含窒素複素環化合物合成: 隕石母天体での模擬有機反応, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS09-P09
- [92] 小川 倫弘、土山 明、門川 隆進、櫻間 卓志、中野 司、上杉 健太朗, 天体表面でのレゴリスの粒子磨耗を模擬した石英粒子の磨耗実験と粒子 3 次元形状変化, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS10-03
- [93] 中藤 亜衣子、土山 明、松本 恵、松野 淳也、三宅 亮、上杉 健太郎、竹内 晃久、中野 司、バックロ エピファニオ、ラッセル サラ, 始原的炭素質コンドライト Acfer 094 マトリクスの 3 次元構造: 非晶質珪酸塩の探索, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS10-11
- [94] 青木 錬、Fagan Timothy、上梶 真之、土山 明, Variable shock deformation within the CV3 chondrites based on chondrule shapes determined by X-ray tomography and modes of chondrite components, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS10-P04
- [95] 北山 晃、土山 明、三宅 亮、中野 司、上杉 健太朗、竹内 晃久、高山 亜紀子、伊藤 正一, マイクロ X 線 CT・FIB シリアルセクションングを用いた Ivuna 隕石のマトリクスの 3 次元構造観察, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS10-10
- [96] 杉本 美弥菜、土山 明、松野 淳也、三宅 亮、中野 司、上杉 健太郎、竹内 晃久、瀧川 晶、高山 亜紀子、中村メッセンジャー 圭子、バートン アーロン、メッセンジャー スコット, 吸収・位相トモグラフィーによる MIL090657 隕石マトリクスの 3 次元観察, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS10-P09
- [97] 内田 はるか、瀧川 晶、土山 明、鈴木 耕拓、中田 吉則、三宅 亮、高山 亜紀子, 宇宙風化を模擬した多様な鉱物への水素イオン照射実験, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS10-01
- [98] 木村 勇気、佐藤 里佳子、土山 明、永原 裕子、羽馬 哲也、日高 宏、渡部 直樹、香内 晃、鉄、ニッケルおよび、その合金基板上での水素と一酸化炭素の触媒反応効率, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS09-08

- [99] 仲内 悠祐、松本 徹、安部 正真、土山 明、瀧川 晶、渡部 直樹、浅田 祐馬, Performance report of solar wind ion irradiation equipment, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS07-P20
- [100] 浅田 祐馬、土山 明、瀧川 晶、松本 徹、仲内 悠祐、安部 正真、渡部 直樹, 太陽風による宇宙風化を模擬した輝石・かんらん石への水素イオン照射実験, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS09-11
- [101] 仲内 悠祐、安部 正真、松本 徹、北里 宏平、土山 明、鈴木 耕拓、中田 吉則, Estimation of the reflectance spectra of C-type asteroids affected by solar wind proton irradiation, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 PPS02-11
- [102] 中村 隆太、土山 明、三宅 亮、瀧川 晶、高山 亜紀子、中野 司、上杉 健太郎、竹内 晃久、川本 竜彦, マントル捕獲岩 (ピナツボ火山) 中のかんらん石に含まれる流体包有物としての負晶の 3 次元形状, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会 SCG73-P12
- [103] A. Tsuchiyama, A. Nakato, J. Matsuno, M. Sugimoto, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, E. Vaccaro, S. Russel, K. Nakamura-Messenger, A. S. Burton, S. Messenger, A. Miyake, A. Takigawa, A. Takayama, A NEW METHOD OF ABSORPTION-PHASE NANOTOMOGRAPHY FOR 3D OBSERVATION OF MINERAL-ORGANICS-WATER TEXTURES AND ITS APPLICATION TO PRISTINE CARBONACEOUS CHONDRITES. 48th Lunar and Planetary Science Conference #2680 (国際学会)
- [104] H. Yano, S. Sasaki, J. Imani, D. Horikawa, K. Arai, K. Fujishima, H. Hashimoto, M. Higashide, E. Imai, Y. Ishibashi, Y. Kawaguchi, H. Kawai, Y. Kebukawa, K. Kobayashi, K. Kobunai, S. Kodaira, Y. Kurosu, H. Mita, Y. Oda, K. Okudaira, T. Ozawa, M. Tabata, N. Takizawa, M. Tomita, A. Tsuchiyama, Y. Uchihori, H. Yabuta, Y. Yaguchi, S. Yokobori, A. Yamagishi, and the Tanpopo Project Team, IN-ORBIT OPERATION AND INITIAL SAMPLE ANALYSIS AND CURATION RESULTS FOR THE FIRST YEAR COLLECTION SAMPLES OF THE TANPOPO PROJECT. 48th Lunar and Planetary Science Conference #3040 (国際学会)
- [105] A. Tsuchiyama, T. Sakurama, T. Kadokawa and M. Ohtake, ABRASION OF LUNAR REGOLITH PARTICLES. HAYABUSA 2016 4th Symposium of Solar System Materials (国際学会)
- [106] E. Vaccaro, A. Nakato, A. J. King, J. Najorka, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, J. Matsuno, A. Takayama, A. Tsuchiyama, S. Russel, MATRIX INVESTIGATION OF PRIMITIVE METEORITE MIL 07687: 2D-3D COMPARISON. HAYABUSA 2016 4th Symposium of Solar System Materials (国際学会)
- [107] A. Nakato, A. Tsuchiyama, T. Nakamura, M. Uesugi, K. Uesugi, A. Takeuchi, T. Nakano, T. Yada, M. Yoshitake, K. Kumagai, M. Nishimura, T. Matsumoto, K. Sakamoto, N. Kawasaki, Y. Nakano, S. Matsui, T. Okada, M. Abe, and H. Yurimoto, CURRENT STATUS OF THE CONSORTIUM STUDY FOR HAYABUSA-RETURNED SAMPLE: RB-QD04-0040 CONTAINING Fe-S-Ni PHASE. HAYABUSA 2016 4th Symposium of Solar System Materials
- [108] T. Michikami, A. Hagerman², T. Kadokawa, A. Yoshida, S. Hasegawa, T. Nakano, K. Uesugi, and A. Tsuchiyama, The shapes of fragments with sizes from several tens μm to several cm in catastrophic impact experiments. HAYABUSA 2016 4th Symposium of Solar System Materials (国際学会)
- [109] M. Hashiguchi, T. Nakamura, A. Tsuchiyama³, N. Tomioka, M. Uesugi, J. Han, A. Nakato, T. Yada, M. Yoshitake, K. Kumagai, M. Nishimura, T. Matsumoto, K. Sakamoto, N. Kawasaki, Y. Nakano, S. Matsui, T. Okada, M. Abe, and H. Yurimoto, Current status of consortium study for silica-containing Hayabusa-returned particle. HAYABUSA 2016 4th Symposium of Solar System Materials (国際学会)
- [110] 土山 明、三宅 亮、北山 晃、松野 淳也、竹内 晃久、上杉 健太郎、鈴木 芳生、中野 司、Michael E. Zolensky, 水質変成を受けた炭素質コンドライト中の太陽系始原水, 日本鉱物科学会 2016 年年会 R5-21
- [111] 杉本 美弥菜、土山 明、松野 淳也、三宅 亮、瀧川 晶、Keiko Nakamura-Messenger、Aaron S. Burton、Scott Messenger, 始原的 CR コンドライト隕石 MIL090657 マトリクスの岩相, 日本鉱物科学会 2016 年年会 R5-23
- [112] 高山 亜紀子、土山 明、米田 明, 3 種類のターゲットによって化学組成を制御した非晶質ケイ酸塩の成膜実験, 日本鉱物科学会 2016 年年会 R5-P3
- [113] Tae-Hee Kim, Junya Matsuno, Aki Takigawa, Akira Tsuchiyama, An induction thermal plasma system for the synthesis of cosmic dust analogues, 日本鉱物科学会 2016 年年会 R5-P4
- [114] A. Tsuchiyama, A. Miyake, T. Nakano, K. Uesugi, A. Takeuchi, J. Matsuno, A Takayama, A. Kitayama, M. Sugimoto, S. Ito and M. Zolensky, A NEW TECHNIQUE USING FIB AND

- X-RAY MANO-TOMOGRAPHY WITH ABSORPTION AND PHASE CONTRASTS FOR 3D OBSERVATION OF CARBONACEOUS CHONDRITES. Workshop on Experimental Cosmochemistry 2016 (国際学会)
- [115] Y. Nakauchi, T. Matsumoto, M. Abe, A. Tsuchiyama, K. Kitazato, K. Suzuki, LABORATORY SIMULATION OF SOLAR WIND PROTON IMPLANTATION ON HYDRATED SILICATE MINERALS. Workshop on Experimental Cosmochemistry 2016 (国際学会)
- [116] T. Matsumoto, A. Tsuchiyama, N. Watanabe, A. Takigawa, K. Yasuda, A. Miyake, Y. Nakauchi, M. Abe, Systematic ion irradiation experiments to olivine simulating space-weathering effects for Asteroid Itokawa. Workshop on Experimental Cosmochemistry 2016 (国際学会)
- [117] A. Takigawa, A. Tsuchiyama, T. Matsumoto, H. Uchida, N. Watanabe, A. Miyake, K. Suzuki, Y. Nakata, and R. Ishigami, STRUCTURAL CHANGES OF INTERSTELLAR CORUNDUM BY HYDROGEN AND HELIUM ION IRRADIATION. Workshop on Experimental Cosmochemistry 2016 (国際学会)
- [118] L. Pianil, S. Tachibana1, T. Hama, I. Sugawara, Y. Oba, H. Tanaka, Y. Kimura, A. Miyake, J. Matsuno, A. Tsuchiyama, H. Yurimoto and A. Kouchi, MODIFICATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF INTERSTELLAR ANALOGUES BY UV-IRRADIATION. Workshop on Experimental Cosmochemistry 2016 (国際学会)
- [119] M. Sugimoto, A. Tsuchiyama, J. Matsuno, A. Miyake, A. Takigawa, K. Nakamura-Messenger, A. S. Burton, and S. Messenger, MINERALOGICAL STUDY ON MATRIX OF A PRIMITIVE CR CHONDRITE, MILLER RANGE 090657. Workshop on Experimental Cosmochemistry 2016 (国際学会)
- [120] H. Uchida, A. Takigawa, A. Tsuchiyama, R. Ishigami3, K. Suzuki, Y. Nakata3, A. Miyake, A. Takayama, SPACE WEATHERING IN THE INTERSTELLAR MEDIUM BY HYDROGEN ION IRRADIATION. Workshop on Experimental Cosmochemistry 2016 (国際学会)
- [121] A. Tsuchiyama, T. Nakano, K. Uesugi, A. Takeuchi and A. Miyake, SR-based analytical micro-nanotomography and its application to extraterrestrial materials, Goldschmidt2016 #3139, (招待講演) (国際学会)
- [122] R. Nakamura, A. Tsuchiyama, A. Miyake, A. Takigawa, Y. Igami, S. Ohi, K. Uesugi, A. Takeuchi and T. Nakano, 3D Shapes of Olivine Negative Crystals in Equilibrated Ordinary Chondrites: Estimation of Equilibrium Form, Goldschmidt2016 #2227 (国際学会)
- [123] 岡崎 瑞祈、佐々木 晶、廣井 孝弘、松本 徹、土山 明、三宅 亮、平田 岳史, Effect of iron sulfide on the space weathering of asteroids. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 PCG10-P13
- [124] 門川 隆進、土山 明、道上 達広、長谷川 直、中野 司、上杉 健太郎, 2 次破壊とターゲットの組織が衝突破片の 3 次元形状に及ぼす影響, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 PPS11-P19
- [125] 土山 明、中野 司、三宅 亮、竹内 晃久、上杉 健太郎、鈴木 芳生、北山 晃、松野 淳也、Michael E. Zolensky, 走査-結像 X 線顕微鏡の炭素質コンドライト炭酸塩中の流体包有物候補への応用, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 PPS12-11
- [126] 中村 隆太、土山 明、三宅 亮、瀧川 晶、伊神 洋平、大井 修吾、中野 司、上杉 健太郎、竹内 晃久、松本 徹, 平衡コンドライト中のオリビン負晶の 3 次元形状: 平衡形の推定とヒールドクラックの新旧関係, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 PPS12-17
- [127] 北山 晃、土山 明、中村 隆太、三宅 亮、中野 司、上杉 健太郎、竹内 晃久、中野 司、上杉 健太郎、竹内 晃久、高山 亜紀子、瀬戸 雄介、伊藤 正一、Michael E. Zolensky, 炭素質コンドライト中の六角板状をした方解石負晶および抜け殻結晶様空隙について, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 PPS12-P10
- [128] 木村 勇気、佐藤 理佳子、土山 明、永原 裕子、羽馬 哲也、日高 宏、渡部 直樹、香内 晃, 鉄基板上での FT 型触媒反応実験における反応効率の温度依存性, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 PPS14-06
- [129] Piani Laurette、橘 省吾、羽馬 哲也、菅原 いよ、大場 康弘、田中 秀和、木村 勇気、三宅 亮、松野 淳也、土山 明、塚本 尚義、香内 晃, 低温光化学反応による分子雲での有機物形成・進化, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 PPS14-08
- [130] 内田 はるか、瀧川 晶、土山 明、鈴木 耕拓、中田 吉則、三宅 亮、高山 亜紀子, 星間空間における宇宙風化を模擬した水素イオン照射実験, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 PPS14-P01
- [131] 三宅 亮、瀧川 晶、伊神 洋平、大井 修吾、中村 隆太、土山 明, SEM-EBSD で得られる結晶方位と SEM 像方位の不一致について, 日本地球惑星科学連合 2016 年大会 SMP43-P05
- [132] L. Piani, Tachibana, S., Hama, T., Sugawara, I., Oba, Y., Tanaka, H., Kimura, Y.,

- Miyake, A., Matsuno, J., Tsuchiyama, A., Yurimoto, H. and Kouchi, A. 2016. Photochemistry in Molecular Cloud and Protoplanetary Disk: Residues Through Warming and UV-Irradiation. 47th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
- [133] A. Gucsik, Nishido, H., Ninagawa, K., A., Kereszturi, T., Nakamura and A., Tsuchiyama, 2016. Micro-Raman Spectroscopy of a Plagioclase Particle from the Hayabusa-1 Sample Return Mission, 47th Lunar and Planetary Science Conference (国際学会)
- [134] Tsuchiyama, A., Matsumoto, T., Matsuno, J., Shimada, A., Kadokawa, T., Sakurama, T., Nakano, T., Uesugi, K., Uesugi, M., Nakamura, T., Yada, T., Karoji, Y., Nishiizumi, K., Takeuchi, A., Suzuki, Y., Michikami, T., Arakawa, M., Nakamura, A., Hasegawa, S., 2016. SHAPE FEATURES OF ITOKAWA REGOLITH PARTICLES COMPARED WITH LUNAR REGOLITH PARTICLES AND IMPACT EXPERIMENTS. HAYABUSA 2015 3rd Symposium of Solar System Materials (国際学会)
- [135] Nakauchi, Y., Matsumoto, T., Abe, M., Tsuchiyama, A., Kitazato K., Suzuki, K., 2016. THE ESTIMATION OF THE AMOUNT OF WATER PRODUCED BY SOLAR WIND PROTON. HAYABUSA 2015 3rd Symposium of Solar System Materials (国際学会)
- [136] Tsuchiyama, A., Takeuchi, A., Uesugi, K., Suzuki, Y., Nakano, T., Miyake, A., Matsuno, J., and M. E. Zolensky, 2016. OBSERVATION OF WATER AND ORGANICS IN CORBONACEOS CHONDTRITES IN 3D USING SCANNING-IMAGING X-RAY MICROSCOPY: DEVELOPMENY OF A NEW TECHNIQUE. Solar-System symposium in Sapporo 2016 (国際学会)
- [137] Tsuchiyama, A., Matsumoto, T., Uesugi, M., Yada, T., Shimada, A., Sakurama, T., Kadokawa, T, 2015. Space Weathering on Itokawa Surface Deduced from Shape and Surface Features of Hayabusa Regolith Particles. Workshop on Space Weathering of Airless Bodies (国際学会)
- [138] Matsumoto, T., Tsuchiyama, A., Watanabe, N., Yasuda, K., Miyake, A., Nakauchi, Y., Okada, T., Abe, M., Yada, T., Uesugi, M., Karouji, Y., Nakato, A., Hashiguschi, M., Kumagai, K, 2015. Systematic Ion Irradiation Experiments to Olivine: Comparison with Space Weathered Rims of Itokawa Regolith Particles. Workshop on Space Weathering of Airless Bodies (国際学会)
- [139] Sasaki, S., Okazaki, M., Hiroi, T., Tsuchiyama, A., Miyake, A., Matsumoto, T, 2015. Space Weathering: From Itokawa to Mercury via the Moon. Workshop on Space Weathering of Airless Bodies (国際学会)
- [140] 土山明、竹内晃久、上杉健太郎、鈴木芳生、中野司、三宅亮、松野淳也、マイケルゾレンスキー、2015. 走査結像型X線顕微CT法を用いた水・有機物の3次元観察法の開発：はやぶさ2サンプル分析に向けて、日本惑星科学会2015年秋季大会
- [141] 門川隆進、土山明、道上達広、長谷川直、中野司、2015. 玄武岩を用いた高速衝突実験における衝突破片の3次元形状の粒子サイズ依存性と、イトカワレゴリス粒子との比較、日本惑星科学会2015年秋季大会
- [142] 瀧川晶、松本徹、渡部直樹、三宅亮、土山明、2015. コランダムの太陽風・星間粒子線照射による非晶質化過程の実験的研究、日本惑星科学会2015年秋季大会
- [143] 仲内悠祐、松本徹、安部正真、土山明、北里宏平、鈴木耕拓、2015. 層状珪酸塩鉱物における太陽風プロトンの影響:OH/H₂O生成量の推定、日本惑星科学会2015年秋季大会
- [144] 唐牛讓、上相真之、矢田達、中藤亜衣子、橋口未奈子、松本徹、熊谷和也、海老原充、白井直樹、関本俊、山口亮、寺田健太郎、土山明、中村智樹、野口高明、岡田達明、安部正真、2015. 「はやぶさ」帰還試料コンソーシアム研究の進捗：硫化鉄粒子及びリン酸塩鉱物を含む粒子、日本惑星科学会2015年秋季大会
- [145] Tsuchiyama, A. and Matsumoto, T., 2015. Surface processes on the asteroid deduced from the external 3D shapes and surface features of Itokawa particles. European Planetary Science Congress 2015, (招待講演) (国際学会)
- [146] 土山明、三宅亮、羽馬哲也、橋省吾、寺崎英紀、近藤忠、安達裕、日高宏、渡部直樹、木村勇気、香内晃、2015. 様々な手法を用いた非晶質珪酸塩薄膜の生成実験、日本鉱物科学会2015年年会
- [147] 中村隆太、土山明、三宅亮、瀧川晶、松本徹、大井修吾、上杉健太郎、竹内晃久、中野司、2015. 平衡コンドライト中のオリビン負晶からの平衡形の推定、日本鉱物科学会2015年年会
- [148] 三宅亮、藤本恭輔、土山明、松野淳也、中野司、上杉健太郎、吉田健太、黒澤正紀、2015. 対馬花崗岩体における晶洞石英中の多相流体包有物の観察および分析、日本鉱物科学会2015年年会
- [149] Takigawa, A., Matsumoto, T., Watanabe, N., Miyake, A., Yasuda, K., Nakata, Y. and Tsuchiyama, A., 2015. H and He Ion Irradiation Experiments of Corundum: Amorphization of Interstellar Dust. Goldschmidt2015 (国際学会)
- [150] Chan Q. H. S. Zolensky M. E. Tsuchiyama A. Martinez J. E., 2015. Magnetite Surface

Provides Prebiotic Homochiral Selectivity. 78th Annual Meeting of the Meteoritical Society (国際学会)

- [151] Tsuchiyama, A., Takahashi, R., Miyake, A., Kawamura, K., 2015. Hydrous Alteration Experiments of Mg Amorphous Silicate Nanoparticles. 78th Annual Meeting of the Meteoritical Society (国際学会)
- [152] 櫻間 卓志、土山 明、中野 司、上杉 健太郎, 2015. 月レゴリス粒子の3次元形状の特徴: イトカワ・衝突実験粒子との比較, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会
- [153] 高橋 竜平、土山 明、三宅 亮、河村 雄行, 2015. MgO-SiO₂ 系における非晶質珪酸塩の水質変成実験, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会
- [154] 中村 隆太、土山 明、三宅 亮、松本 徹、大井 修吾、瀧川 晶、上杉 健太郎, 2015. 平衡コンドライト中のオリビンに含まれる負晶からのオリビン平衡形の推定, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会
- [155] 藤本 恭輔、三宅 亮、土山 明、中野 司、上杉 健太郎、吉田 健太、松野 淳也、黒澤 正紀, 対馬花崗岩体における晶洞石英中の多相流体包有物分析, 2015, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会
- [156] 木村 勇気、山崎 智也、土山 明、永原 裕子、羽馬 哲也、日高 宏、渡部 直樹、香内 晃、木村 勇気、山崎 智也、土山 明、永原 裕子、羽馬 哲也、日高 宏、渡部 直樹、香内 晃, 2015. 初期太陽系星雲中での FT 型触媒反応による分子形成の再現実験, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会
- [157] 仲内 悠祐、松本 徹、安部 正真、土山 明、北里 宏平、鈴木 耕拓, 2015. 小天体表層での太陽風プロトンによる np-Fe 生成の可能性, 日本地球惑星科学連合 2015 年大会

[図書] (計 5 件)

- [1] 土山 明 編著 (2019) 日本の国石「ひすい」-バラエティーに富んだ鉱物の国-, 成山堂書店, pp. 225
- [2] 石橋隆、佐々木晶、土山 明、寺田健太郎 (2019) 鉱物-石の探求がもたらす文明と文化の発展- (石橋隆、澤田操、伊藤謙編) 第 5 章, 大阪大学総合学術博物館叢書 16, 大阪大学出版会, pp. 96.
- [3] 佐々木 晶、土山 明、笠羽康正、大竹真紀子 (2019) 太陽・惑星系と地球、現代地球科学入門シリーズ 1 巻 (大谷 栄治、長谷川 昭、花輪 公雄 編), 共立出版, pp. 400
- [4] 土山 明、松原 總、宮脇律郎、井上 徹、小山内康人、赤井純治、山田裕久、宮田雄史、林政彦 (編) (2019) 鉱物・宝石の科学事典, 朝倉書店, pp. 645.
- [5] 土山明、大野博久、齊藤博英、木村好貴、大塚敏之、山敷庸亮、呉羽真、大野照文 (2019) 人類はなぜ宇宙へ行くのか、シリーズ宇宙総合学 3, 朝倉書店, pp. 143

[その他]

ホームページ等

CfCA: 隕石中に小惑星の氷の痕跡を発見 <https://www.cfca.nao.ac.jp/pr/20191121>

テレ朝 news: 水の起源は宇宙? 世界初! 隕石から炭酸水発見

https://news.tv-asahi.co.jp/news_society/articles/000213856.html

毎日新聞: 隕石に CO₂ 含む水 立命館大など発見 「太陽系形成の謎に新証拠」

<https://mainichi.jp/articles/20210422/ddm/012/040/131000c> など、多数

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 上杉 健太郎

ローマ字氏名: UESUGI Kentaro

所属研究機関名: (財) 高輝度科学研究所

部局名: 研究利用促進部門

職名: 研究員

研究者番号 (8 桁): 80344399

研究分担者氏名: 松本 恵

ローマ字氏名: MATSUMOTO Megumi

所属研究機関名: 東北大学

部局名: 大学院理学研究科

職名：助教
研究者番号（8桁）： 50725455

(2)研究協力者

研究協力者氏名：三宅 亮
ローマ字氏名：MIYAKE Akira

研究協力者氏名：滝川 晶
ローマ字氏名：TAKIGAWA Aki

研究協力者氏名：松野 淳也
ローマ字氏名：MATSUNO Junya

研究協力者氏名：伊神 洋平
ローマ字氏名：IGAMI Yohei

研究協力者氏名：キム テヒ
ローマ字氏名：KIM Taehee

研究協力者氏名：エピファニオ バッカーロ
ローマ字氏名：VACCARO Epifanio

研究協力者氏名：中藤 亜衣子
ローマ字氏名：NAKOTO Aiko

研究協力者氏名：延寿 里美
ローマ字氏名：ENJU Satomi

研究協力者氏名：マイケル ゴレンスキー
ローマ字氏名：ZOLENSKY Michael

研究協力者氏名：中村-メッセンジャー 圭子
ローマ字氏名：NKAMURA-MESSENGER Keiko

研究協力者氏名：渡辺 隆行
ローマ字氏名：WATANABE Takayuki

研究協力者氏名：渡部 直樹
ローマ字氏名：WATANABE Naoki

研究協力者氏名：伊藤 元雄
ローマ字氏名：ITO Motoo

研究協力者氏名：茅原 弘毅
ローマ字氏名：CHIHARA Hiroki

研究協力者氏名：安倍 正真
ローマ字氏名：ABE Masanao

研究協力者氏名：高山 亜紀子
ローマ字氏名：TAKAYAMA Akiko

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。