

研究成果報告書

研究テーマ (和文)	非シリカ・超低密度エアロゲルの開発: 海洋天体プルーム微粒子の捕集・分析に向けて		
研究テーマ (英文)	Development of Non-silica and Ultralow-density Aerogels: Toward Capturing and Analyzing Plume Particles from Ocean Moons		
研究期間	2019年 ~ 2022年	研究機関名 千葉大学	
研究代表者	氏名	(漢字)	田端 誠
		(カタカナ)	タバタ マコト
		(英文)	Makoto Tabata
	所属機関・職名	千葉大学大学院理学研究院・特任研究員	
共同研究者 * 2名をこえる場合は、【別紙追加用紙】(P3)に3人目以降を追記してください。	氏名	(漢字)	矢野 創
		(カタカナ)	ヤノ ハジメ
		(英文)	Hajime Yano
	所属機関・職名	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所・助教	
	氏名	(漢字)	
		(カタカナ)	
		(英文)	
所属機関・職名			

概要 (600字~800字程度にまとめてください。)

宇宙科学研究(特にアストロバイオロジーや惑星系形成論)において惑星間ダストの無着陸サンプルリターンを行うため、多孔質物質であるエアロゲルを超高速微粒子の非破壊捕獲材として応用する研究開発を行った。シリカエアロゲルを宇宙ステーションや探査機に搭載するため低密度・軽量の固体ブロック形状に製作できるよう設計し、地球帰還後の分析を容易にするため可視光に対して透明になるように最適化した。低密度化するほど高速で小さなダストも変性・昇華させることなく捕獲できると期待される。

我々の先行研究において地球低軌道の国際宇宙ステーションに搭載して宇宙曝露し、地上に回収した密度 $10\text{mg}/\text{cm}^3$ のシリカエアロゲル(過去の研究の $1/3$ の密度)を調査・分析することで、捕獲材の超低密度化の有効性を実証した。またエアロゲルを軌道上運用する上での知見と改善すべき点を見出した。

シリカエアロゲルのさらなる極超低密度化に取り組み、空気のわずか2倍である $2\text{--}3\text{mg}/\text{cm}^3$ の開発に成功した。二段式軽ガス銃を利用して宇宙ダスト模擬粒子($5\text{--}30\mu\text{m}$)を最大速度 $4\text{km}/\text{s}$ で撃ち込み、捕獲できることを実証した。粒子が減速される過程でエアロゲル中に形成された衝突痕の形状を計測し、衝突捕獲における物理量(ダスト径、速度、方向など)を再構成するための知見を得た。

シリカに替えてタンタルを前駆体とするエアロゲルの開発を $40\text{mg}/\text{cm}^3$ 以下を設計値として進め、透明性に欠けるタンタルエアロゲルに対応するための予備的な微粒子撃ち込み実験を実施した。 $10\text{mg}/\text{cm}^3$ を目標に開発を継続し捕獲性能を評価することで、捕獲材のシリカ自体が弊害となる特定の分析手法に対し解決策を提供できる。

本研究により、ダスト捕獲材としてのエアロゲルの開発が深宇宙における生命・惑星圏探査に向けて前進した。製法の最適化過程で得た化学工学的パラメータは、エアロゲルの異なる応用例(例えば素粒子実験におけるチェレンコフ輻射体)への波及効果が期待できる。

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）					
雑誌	論文課題				
	著者名		雑誌名		
	ページ	～	発行年	巻号	
雑誌	論文課題				
	著者名		雑誌名		
	ページ	～	発行年	巻号	
雑誌	論文課題				
	著者名		雑誌名		
	ページ	～	発行年	巻号	
図書	書名				
	著者名				
	出版社		発行年	総ページ	
図書	書名				
	著者名				
	出版社		発行年	総ページ	

英文抄録（100語～200語程度にまとめてください。）

We applied porous aerogels as an intact capture medium for hypervelocity dust to perform a flyby sample return of cosmic dust in astrobiology and planetary science. It is expected that the lower the aerogel density, the higher velocity or smaller dust can be captured without severe degradation. In our previous study, we demonstrated the utility of silica aerogels with a density of 10 mg/cm³ (achieving 1/3 of the density of earlier missions) on the International Space Station in low-earth orbit. Focusing on further ultralow-density silica aerogels, we developed 2-3 mg/cm³, which is only twice that of air. Using a two-stage light-gas gun, we confirmed that the aerogels could capture dust-simulating particles (5-30 μm) at a maximum velocity of 4 km/s. We measured the shape of the impact cavities formed in the aerogels during the particle deceleration to obtain information for reconstructing the physical parameters of dust. Also, we studied aerogels that use tantalum as a precursor instead of silica. By evaluating their capture performance, an alternative solution for dust analysis methods in which silica media become background noise can be provided. This study established a promising dust capture material for future life and planetary exploration in deep space.