

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：82645

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2022

課題番号：19K20480

研究課題名（和文）宇宙環境での利用機器保全のための汚染物質低減化技術

研究課題名（英文）R&amp;D on contaminant reduction for maintaining performance of equipment utilized in space exploration

研究代表者

山中 理代（Yamanaka, Riyo）

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・研究開発部門・主任研究開発員

研究者番号：20573819

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：宇宙機の長期使用機器素材に由来する汚染物質の低減・除去に有効な吸着材料に焦点を当て、性能低下抑制方法の確立を目指した。MCM-41を基材とする吸着材料を用いると、対象条件下で吸着したモデル汚染物質の一つであるシリコン系シロキサン化合物を200℃以上まで保持し汚染を効果的に抑制できる事を明らかにした。さらに、本研究開発で試作した粘土粉末混合吸着材料は、打上げ時の耐衝撃・振動性はISSの要求を満たし、放出ガスによる汚染を70%以上抑制することができた。現在、本開発吸着材料をISS欧州実験棟で計画の材料曝露実験に供し宇宙実証データ取得を進め、研究成果の可能性をさらに明確にする予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

軌道上の宇宙機では搭載物品の交換は困難で、吸着材料を使用して材料由来の汚染物質の低減・除去を行うには、一度吸着した汚染物質を保持し続ける性質を持つことが必要である。加えて、打上げ時の振動・衝撃に耐えて粒子等の新たな汚染の発生源とならないことも重要な条件である。本研究で開発した吸着材料はどちらの条件も満たし、かつ、汚染物質の付着を70%以上抑制する吸着材料であり、汚染物質の新たな低減・除去技術を創出できたと言える。

本技術は宇宙機や宇宙探査機等の極限環境での運用機器利用に資するのみならず、高精細な製造開発分野や日常生活でも清浄環境の構築に大きく貢献できる技術として発展することが期待される。

研究成果の概要（英文）： Establishment of suppressing technologies from performance deterioration by the deposition of contaminants on the surface of spacecraft is the aim of this research. For the achievement, adsorbents that are effective in reducing and removing contaminants derived from long-term use materials of spacecraft were focused. It was clarified that adsorbents based on MCM-41 can effectively suppress contamination by retaining one of the model siloxane compounds, which were adsorbed under the target conditions, until at temperatures above 200℃. Furthermore, the prototype of clay-mixed adsorbent satisfied the requirement of withstand impacts and vibrations during launch and the ISS, and was able to suppress the adhesion of contaminants by outgas by more than 70%. At the present, the developed adsorbent is planned to expose to the space environment at the European Experiment Module of the ISS to acquire space demonstration data and further clarify the possibility of this research achievement.

研究分野：宇宙環境、コンタミネーション、原子状酸素、宇宙用材料、汚染管理、微小粒子、分析化学、惑星保護

キーワード：汚染物質低減・除去 シロキサン発生抑制 宇宙環境利用 シリコン系接着剤 微小スペースデブリ  
コンタミネーション 汚染物質

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、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

宇宙機には、「小型・軽量・安心」を提供することが求められる。そのため軽量で絶縁性や加工性に優れた高分子材料が数多く使われている。一方で、高分子材料は真空中でアウトガスと呼ばれる揮発性ガスを放出し、汚染物質として宇宙機表面に付着し、結果的に宇宙機の熱制御や各種光学機器の性能低下等、様々な影響を及ぼす。その対策として、アウトガス測定試験結果に基づく宇宙機の使用材料選定や、軌道上での汚染物質の宇宙機表面付着量予測解析が行なわれているが、軌道上運用時の汚染物質の宇宙機表面付着を十分に防止できていない状況である。また、軌道上で汚染の原因となることが判明しても、代替材料が無く網渡り的に従来材料を使用せざるを得ない場合もあり、宇宙機の汚染管理の難しさに拍車をかけている。現在、軌道上で実施可能な汚染制御手法は、ベーキングのみである。しかしながら、温度範囲が限られることや、ベーキングを行ったことで宇宙機の搭載光学機器の観測データの精度低下が発生した事例がある等、課題がある。

申請者は、国際宇宙ステーション(ISS)で実施された微小粒子捕獲実験及び材料曝露実験(SM/MPAC&SEED 実験)への参加経験を通して、軌道上から回収された試料表面に付着していたシリコン系汚染物質の特性や、熱環境、真空環境、紫外線、原子状酸素が特性に与える影響を把握する研究に取り組んできた。その結果、紫外線がシリコン系汚染物質の化学結合を変えて再昇華を防ぎ付着量が長期間増え続けることや、フィルム上に付着した汚染物質が紫外線と原子状酸素によりシリカを形成し、エッチングを受けて粒子状  $\text{SiO}_2$  を形成することを明らかにした。また、衛星設計標準活動や宇宙機プロジェクトの汚染管理支援経験を通し、既存の汚染管理手法における問題点を解決するための軌道上での利用機器保全の実現に向けた「軌道上で実施可能な新規の汚染制御手法」の開発が急務であると認識した。

以上を踏まえ、本研究では分子汚染物質としてシリコン系シロキサン汚染物質を選択し、その発生の抑制や飛散の低減、さらに汚染物質からの隔離について系統的な探索を行った。また、特に地上におけるアウトガス除去手法の一つである吸着技術に着目し、軌道上での汚染物質の低減・除去手法としての使用有効性を明らかにし、宇宙環境での利用機器保全のための汚染物質低減化技術の開発を目指した。

### 2. 研究の目的

本研究を遂行するにあたり、宇宙環境での利用機器保全のための汚染物質低減化技術として確立すべきは、使用材料からのアウトガスを宇宙機表面への付着前に低減・除去する手法であると考えた。

地上においてもアウトガスの付着による薄膜密着不良や絶縁不良等については、以前から様々な産業分野において問題となっている。例えば「半導体製造工程における汚染」や「バイオガス燃焼でのフィルターの目詰まり」の原因物質として知られるシロキサン系化合物への対策として、有効な耐アウトガス材料の技術開発や、アウトガスの能動的除去手法の一つである吸着技術では幅広い性質を持つ吸着材料が開発されている。一方、これまで軌道上で能動的に汚染を低減・除去する手法の研究は殆ど行われていない。そこで、本研究では、太陽電池セルの貼り付けなどに使用されるシリコン系接着剤からのアウトガスに含まれるシロキサン系化合物を中心に軌道上で低減・除去する吸着材料の開発を目指す。更に、本研究は、宇宙機での使用を見据えたアウトガス除去技術の確立を最終目標に、宇宙機打上げ時の振動や衝撃にも強靱な耐性を有し、かつ、過酷な熱環境や真空環境下でもシロキサン系化合物に対する吸着性能を発揮できる吸着材料を開発する。本研究で開発する吸着材料は、宇宙環境での利用機器保全のための汚染物質低減化技術として宇宙機や宇宙探査機の極限環境での運用機器利用の安心安全に資するのみならず、高精細な製造開発分野や日常社会でも重要な清浄環境の構築に大きく貢献する。

### 3. 研究の方法

本研究では、事業期間を【第Ⅰ期／3 課題(宇宙機に有効な汚染物質低減・除去技術の系統的調査、アウトガス成分の温度圧力依存性の解析、吸着性能に優れた吸着材料候補の製作)】、【第Ⅱ期／2 課題(吸着材料の吸着性能評価と新規汚染管理手法の構築、選定吸着材料の汚染防止効果の明確化)】、【第Ⅲ期／1 課題(宇宙機での使用に向けた選定吸着材料の耐性向上と新規汚染管理手法の提案)】に分け、それぞれに設定した全6課題の克服を通して研究を遂行した。

#### (1) 宇宙機に有効な汚染物質低減・除去技術の系統的調査

吸着対象化合物の性質(分子構造、分子サイズ、物性値)を調査し、ゼオライト系と活性炭系から3種類を選定し、吸着性能に優れた吸着材料の基材候補とした。

#### (2) アウトガス成分の温度圧力依存性の解析

示差熱天秤ガスクロマトグラフィー質量分析装置(Thermogravimetry analysis combined with in situ evolved gas analysis by mass spectrometry(TG-GC-MS))を使い、人工衛星に汎

用されているシリコン系接着剤からのアウトガスに含まれるシロキサン系化合物を特定明確化し、吸着対象化合物として Hexamethylcyclotrisiloxane (D3) を決定した。

### (3) 吸着性能に優れた吸着材料候補の製作

基材候補として選定した 3 種類の吸着材料と 3 種類のバインダーを用いて一軸加圧でペレットを成型。60℃で 72 時間乾燥させた。更に、一部の吸着材料候補をそれぞれ 150℃で 2～3 時間、300℃で 2 時間、500℃で 2 時間加熱し、23 種類の吸着材料候補を製作した。

### (4) 吸着材料の吸着性能評価と新規汚染管理手法の構築

吸着材料基材及び製作した吸着材料候補について、(2) で特定明確化したシロキサン系化合物 D3 に対する吸着性能評価試験を行い、最適な吸着材料の選定を体系的に明確化した。また、高精度ガス吸着装置を用いた比表面積、細孔容積、細孔サイズの測定及び、走査電子顕微鏡 (SEM) 観察に加え、アウトガス測定試験データを取得し、製作した吸着材料候補自体からの汚染可能性の評価を実施した。

### (5) 選定吸着材料の汚染防止効果の明確化

宇宙機器素材に由来する放出ガス成分分析チャンバやアウトガス測定試験装置を使い複数の化合物が混在する汚染物質ガスに対する吸着材料の特性評価の一環として、(2) で特定明確化したシロキサン系化合物 D3 に対する吸着材料候補の脱着特性評価試験を実施した。

### (6) 宇宙機での使用に向けた選定吸着材料の耐性向上と新規汚染管理手法の提案

D3 に対する脱着特性評価結果に基づき選定した吸着材料候補について、宇宙機に求められる「小型・軽量・安心」にも効果的なフレキシブルな構成とすることにより、打上げでの振動や衝撃への耐性の向上を目指し、試作品の汚染防止効果評価に取り組んだ。フレキシブル性付与の方法として、繊維への保持及び、粘土粉末混合による機械的耐性向上に取り組んだ。また、当該粘土粉末混合吸着材料について、アウトガス測定試験装置を使用して宇宙で汎用のシリコン系接着剤 RTV-S691 由来の汚染物質の低減・除去効果の評価を行った。

## 4. 研究成果

### (1) 宇宙機に有効な汚染物質低減・除去技術の系統的調査

「(2) アウトガス成分の温度圧力依存性の解析」で特定明確化した吸着対象化合物 Hexamethylcyclotrisiloxane (D3) について、性質(分子構造、分子サイズ、物性値)を調査し、D3 に対する優れた吸着特性を示すと考えられるゼオライト系及び活性炭系の 3 種類の吸着材料 (F9、MCM-41、AC) を吸着材料の基材候補として選定した。

### (2) アウトガス成分の温度圧力依存性の解析

人工衛星に汎用されているシリコン系接着剤 RTV-S691 を評価試料とし、TG-GC-MS を使い、当該接着剤からのアウトガスに含まれるシロキサン系化合物を特定した。検出されたシロキサン系化合物の内、主化合物であった D3 を吸着対象化合物として決定した。図 1 には D3 の化学構造を示す。

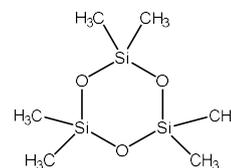


図 1 D3 化学構造

### (3) 吸着性能に優れた吸着材料候補の製作

「(1) 宇宙機に有効な汚染物質低減・除去技術の系統的調査」で吸着材料の基材候補として選定した 3 種類の吸着材料に 3 種類のバインダー (Water glass (WG)、Methyl Cellulose 400 (MC400)、Methyl Cellulose 4000 (MC4000)) をそれぞれ加え、一軸加圧 (5MPa) でペレット状に成型後、60℃で 72 時間の乾燥を行った。更に、一部の吸着材料候補をそれぞれ 150℃で 2～3 時間、300℃で 2 時間、500℃で 2 時間の条件で加熱し、23 種類の吸着材料候補を製作した。

### (4) 吸着材料の吸着性能評価と新規汚染管理手法の構築

基材候補として選定した 3 種類の吸着材料及び、「(3) 吸着性能に優れた吸着材料候補の製作」で製作した吸着材料候補について D3 吸着性能評価試験を実施した。なお、D3 吸着性能評価試験の流れは以下①～④の通りである。①各吸着材料を温度 23±2℃、湿度 50±5% に温湿度管理された部屋に 12 時間以上放置後、質量を測定。②デシケーター内に各吸着材料を設置し、排気後封止した状態で 18 時間以上放置。③デシケーター内に D3 を設置し、排気後封止し、54 時間以上放置。④デシケーターを大気解放後、各吸着材料の質量を測定。



図 2 D3 吸着性能評価試験外観

表 1 D3 吸着性能評価試験結果（一部抜粋）

評価吸着材料			シロキサン化合物吸着前 吸着材質量[mg]	シロキサン化合物吸着後 吸着材質量[mg]	見かけ上のシロキサン 化合物吸着量[mg]	シロキサン化合物吸着量[W%] (シロキサン化合物吸着量/シロキサン化合物吸着前吸着材質量)
吸着材料基材	バインダー	乾燥 (60℃, 72時間)				
F9	無し	無し	102.15	123.95	21.8	21.34
F9	MC4000	あり	58.29	58.26	-0.03	—
MCM-41	無し	無し	35.41	51.94	16.53	46.68
MCM-41	MC4000	あり	47.22	163.17	115.95	245.55
AC	無し	無し	97.80	192.84	95.04	97.18
AC	MC4000	あり	49.30	85.21	35.91	72.84

図 2 には、D3 吸着性能評価試験試験時の外観を、表 1 には一部抜粋した D3 吸着性能評価試験の結果を示す。D3 吸着性能評価試験の結果、F9 を基材として製作した吸着材料候補は、他の基材(MCM-41、AC)を基材として製作した吸着材料候補に比べて D3 に対する吸着性能がかなり低い結果となった。一方、MCM-41 を基材として製作した吸着材料候補では、MCM-41 単体よりも約 2.5 倍から約 5 倍に吸着性能が向上した。また、AC を基材として製作した吸着材料候補では、AC 単体よりも約 0.7 倍から約 0.8 倍に吸着性能が低下した。なお、基材の吸着材料単体での D3 に対する吸着性能は、AC が最も高く、F9 が最も低い結果となった。以上により、D3 に対する吸着性能は、MCM-41 を基材として製作した吸着材料候補が最も高い性能を示す結果となった。

また、高精度ガス吸着装置を用い、製作した吸着材料候補の比表面積、細孔容積及び細孔サイズの測定を行った。表 2 に示す測定結果は、「(4) 吸着材料の吸着性能評価と新規汚染管理手法の構築」で D3 に対する吸着性能が最も高い結果が得られた MCM-41 を基材として

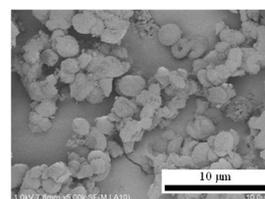
表 2 MCI-41 単体及び製作吸着材料候補の比表面積、細孔容積、細孔サイズ測定結果

評価吸着材料				比表面積 [m <sup>2</sup> /g]	細孔容積 [cm <sup>3</sup> /g]	細孔サイズ [nm]
吸着材料基材	バインダー	乾燥 (60℃, 72時間)	加熱 (150℃, 3時間)			
MCM-41	無し	無し	無し	1328	0.88	2.7
MCM-41	MC400	あり	無し	954	0.75	3.0
MCM-41	MC400	あり	あり	1003	0.83	3.0
MCM-41	MC4000	あり	無し	1029	0.86	3.0
MCM-41	MC4000	あり	あり	1002	0.84	3.0
MCM-41	WG	あり	無し	1032	0.85	3.0
MCM-41	WG	あり	あり	999	0.85	3.0

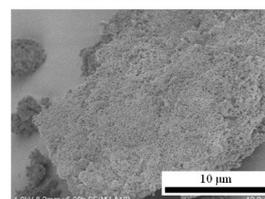
製作した吸着材料候補及び MCM-41 単体の BJH 法での測定結果である。比表面積及び細孔容積は、MCM-41 単体と比べて製作した吸着材料候補で減少する結果となった。一方、細孔サイズは、MCM-41 単体では 2.7 [nm] であったのに対し、製作した吸着材料候補は全て 3.0 [nm] となった。この細孔サイズの変化は、一軸加圧(5MPa)でペレット状に成型した際にメソポーラスシリカが部分的に非晶質化した可能性が先行研究から考えられる。

図 3 には、MCM-41 単体及び製作した吸着材料候補(バインダー: WG、60℃72 時間乾燥後 150℃3 時間加熱)の SEM 観察画像を示す。SEM 画像から、製作過程を経ることで吸着材料候補では均質で多孔質の微細構造が形成されたことがわかる。なお、MCM-41 を基材として製作した他の吸着材料候補でも同様の微細構造が形成されたことを確認した。

続いて表 3 に MCM-41 を基材として製作した他の製作吸着材料候補のアウトガス測定試験結果を示す。「TML」は質量損失比(Total Mass Loss)、「CVCM」は再凝縮物質質量比(Collected



(a) MCM-41 単体



(b) 製作吸着材料候補  
(基材:MCM-41、バインダー: WG、60℃72時間乾燥後150℃3時間加熱)

図 3 SEM 観察画像

表 3 MCI-41 基材の製作吸着材料候補のアウトガス測定試験結果

評価吸着材料				TML [%]	CVCM [%]	WVR [%]	TML-WVR [%]
吸着材料基材	バインダー	乾燥 (60℃, 72時間)	加熱 (150℃, 3時間)				
MCM-41	MC400	あり	無し	12.428	0.002	9.257	3.171
MCM-41	MC400	あり	あり	11.422	0.000	9.990	1.432
MCM-41	MC4000	あり	無し	13.498	0.001	10.049	3.449
MCM-41	MC4000	あり	あり	11.989	0.000	10.452	1.537
MCM-41	WG	あり	無し	14.057	0.001	13.656	0.401
MCM-41	WG	あり	あり	14.658	0.000	14.279	0.379

Volatile Condensable Material)、 「WVR」 は再吸水量比 (Water Vapor Regained) の値を示す。また、「TML-WVR」 は、質量損失の内、水以外の揮発性物質による質量損失比を示す。宇宙機で使用する材料のスクリーニングを行う際には、「TML:1.0%以下、CVCM:0.1%以下」を満たすか否かだけでなく、使用環境や使用量、汚染源と被汚染面との位置関係等を考慮した判断が行われる。今回のアウトガス測定試験の TML と WVR の値から、製作した吸着材料候補のいずれも TML の多くが水が占めていることがわかる。また、CVCM の値からは、製作した吸着材料候補はいずれもそれ自体を由来としたアウトガスが汚染物質として被汚染面に付着する可能性は低いことがわかる。なお、「TML-WVR」の値を比べると、バインダーに WG を使用した、吸着材料候補が他の吸着材料候補と比べて低い値を示した。これは、当該吸着材料候補からのアウトガスの内、水以外の揮発性物質が最も少ないことを意味しており、本研究で製作した吸着材料候補の中では、バインダーに WG を使用して製作した吸着材料候補が本研究目的に適した吸着材料であると言える。

#### (5) 選定吸着材料の汚染防止効果の明確化

「(4) 吸着材料の吸着性能評価と新規汚染管理手法の構築」で行った D3 吸着性能評価試験後の製作吸着材料及び基材の吸着材料を試料とし、TG-GC-MS を使用した脱着特性評価データを取得した。図 4 に MCM-41 単体及び MCM-41 を基材としてバインダーに WG を使用して製作した吸着材料候補について TG-GC-MS で取得したデータを示す。なお、イオン(m/z=207)は D3 に特徴的なイオンである。TG-GC-MS 取得データから、MCM-41 単体は室温・真空排気環境下で吸着した D3 を加熱開始後すぐに脱離し始める一方で、吸着材料候補では 200℃以上の高温まで吸着した D3 を保持し続ける特性があることが確認された。MC400 及び MC4000 をバインダーとして製作した吸着材料候補においても同様に高温まで D3 を保持し続ける特性を持つことを示す結果が得られた。

宇宙機は宇宙環境中において±150℃の熱環境に曝されることから、200℃以上の高温まで吸着した D3 を保持することができれば、本研究目的を脱着特性の点で満たす吸着材料であること及び、上述の(1)から(5)までの研究結果を踏まえ、D3 に高い吸着性能を持ちかつ、200℃以上の高温まで室温・真空排気環境下で吸着した D3 を保持し続ける特性を持つ MCM-41 基材で WG をバインダーとし、60℃72 時間乾燥後 150℃3 時間の加熱を行い製作した吸着材料を本研究の吸着材料として選定した。

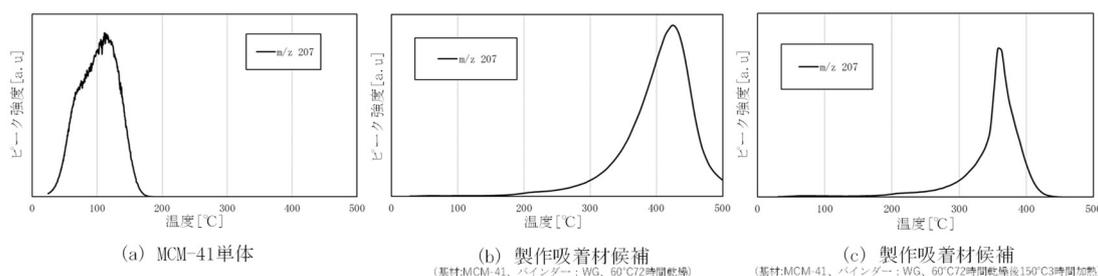


図 4 MCM-41 単体及び製作吸着材料候補の TG-GC-MS 取得データ

#### (6) 宇宙機での使用に向けた選定吸着材料の耐性向上と新規汚染管理手法の提案

選定吸着材料の宇宙機での使用に向け、打上げ時の振動や衝撃への耐性向上のため、フレキシブル性を付与する方法を検討し、本研究では繊維への保持及び、粘土粉末混合による手法を試みた。結果として、粘土粉末混合吸着材試作品の内、特に振動や衝撃への耐性があると判断した粘土粉末混合吸着材試作品で、打上げ時の振動・衝撃に耐え、万が一破損したとしても ISS の要求を満たすことができた。

表 4 は、アウトガス測定試験装置を使用し、粘土粉末混合吸着材料による RTV-S691 由来の汚染物質の低減・除去効果を評価した結果である。CVCM の値から、粘土粉末混合吸着材料が被汚染面に付着する RTV-S691 由来の汚染物質を 70%以上抑制できる結果が得られた。

以上により、本研究の主たる目的である宇宙機使用材料からの放出ガスによる汚染物質を低減し、機器の不具合を抑制する吸着材料の創出に向けた研究開発を遂行し、汚染物質低減化技術である粘土粉末混合吸着材料を創出・提案することができた。この汚染物質の付着を 70%以上低減できる汚染物質低減化技術創出は、汚染物質付着による軌道上での粒子状 SiO<sub>2</sub> 形成抑制、ひいてはそれら粒子に起因する駆動部の不具合発生抑制や、意図しない絶縁による不具合発生を抑制し、宇宙機の宇宙環境での利用保全に大きく貢献する成果を創出できたと言える。

現在、本研究で培い創出した粘土粉末混合吸着材料は、ISS 欧州実験棟で実施予定の材料曝露実験の搭載候補試料に選定され、宇宙実証データ取得へ向けた宇宙実験を計画中であり、新たな汚染管理手法としての本研究成果の応用・展開に向けた取り組みを進めている。

表 4 RTV-S691 及び RTV-S691 と粘土粉末混合吸着材料のアウトガス測定試験結果

評価試料	質量(平均値) [mg]	TML [%]	CVCM [%]	WVR [%]	TML-WVR [%]
RTV-S691単体	241.015	0.291	0.045	0.014	0.277
RTV-S691 粘土混合吸着材料	RTV-S691 ⇒240.713 粘土混合吸着材料 ⇒121.755	1.787	0.012	1.585	0.202

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Riyo YAMANAKA, Anna GUBAREVICH, Katsumi YOSHIDA	4. 巻 Vol.1, Article No.53
2. 論文標題 Application of Adsorbents to Space Use for Prevention of Molecular Contamination	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Evolving Space Activities	6. 最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.57350/jesa.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 1件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 山中理代、銚川凌、グバレピッチアンナ、吉田克己
2. 発表標題 宇宙適用に向けたシロキサン系化合物用吸着材料の評価
3. 学会等名 日本化学会第103回春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山中理代、宮崎英治、木本雄吾、清水敏文、篠田一也、原弘久、浦山文隆
2. 発表標題 Solar-C(EUVST)開発における紫外線影響を加味したコンタミネーション管理実現に向けた実験的試み
3. 学会等名 第23回宇宙科学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山中理代、グバレピッチアンナ、吉田克己
2. 発表標題 吸着材脱着特性を応用した宇宙環境における汚染物質低減化技術の開発
3. 学会等名 第66回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Riyo Yamanaka, Delphine Faye, Yugo Kimoto, Nicolas Maillard
2. 発表標題 Study of Contaminants Generated from Space Materials by Impingement of Atomic Oxygen
3. 学会等名 The 15th International Symposium on Materials in the Space Environment (ISMSE) and the 13th International Conference on Protection of Materials from Space Environment (ICPMSE) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 グバレビッチアンナ、山中理代、吉田克己
2. 発表標題 シロキサン付着防止に向けたメソポーラスシリカ吸着材の作製と特性評価
3. 学会等名 第35回日本セラミックス協会秋季シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山中理代
2. 発表標題 宇宙環境での材料の劣化
3. 学会等名 応用物理学会結晶工学分科会主催 第156回結晶工学分科会研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Riyo Yamanaka, Anna Gubarevich, Katsumi Yoshida
2. 発表標題 Adsorption of Volatile Siloxane Compounds on Porous Materials for Prevention of Surface Contamination
3. 学会等名 The 12th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Riyo Yamanaka, Anna Gubarevich, Katsumi Yoshida
2. 発表標題 Study on Desorption of Methyl Siloxane from Porous Materials by Thermogravimetry with Evolved Gas Analysis
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Riyo Yamanaka, Anna Gubarevich, Katsumi Yoshida
2. 発表標題 Application of Adsorbents to Space Use for Prevention of Molecular Contamination
3. 学会等名 33rd International Symposium on Space Technology and Science (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山中 理代、グバレビッチ アンナ、吉田 克己
2. 発表標題 極限環境用シロキサン系化合物の吸着材料の研究
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中 理代、Faye Delphine、木本 雄吾
2. 発表標題 原子状酸素起因の汚染評価
3. 学会等名 第64回宇宙科学技術連合講演会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 シロキサン化合物吸着材の製造方法、シロキサン化合物吸着材、精密機器及び塗料	発明者 山中 理代、グバレ ビッチ アンナ、吉田 克己	権利者 宇宙航空研究開 発機構、東京工 業大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-152138	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------