T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	紫外線と原子状酸素の影響を受けたシリコーン汚染物質を起源とする微小スペースデブリに関する研究
Title(English)	Microparticle Space Debris Derived from Silicone Contaminants Affected with Ultraviolet and Atomic Oxygen
著者(和文)	山中理代
Author(English)	Riyo Yamanaka
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10509号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小田原 修,山口 孝夫,吉本 護,山口 孝夫,中村 一隆,和田 裕之,矢野 豊彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10509号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物質科学創造　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士（工学） Doctor of Engineering
学生氏名： Student's Name	山中　理代	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	小田原　修　教授
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	山口　孝夫　連携教授

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文は「Microparticle Space Debris Derived from Silicone Contaminants Affected with Ultraviolet and Atomic Oxygen（紫外線と原子状酸素の影響を受けたシリコーン汚染物質を起源とする微小スペースデブリに関する研究）」と題して英文で書かれ、以下の全七章で構成されている。

第一章「General Introduction」では、研究の背景について概論し、本論文の目的および構成を示した。まず、我々が宇宙開発を推進するにあたり、宇宙ゴミと認識される「スペースデブリ」が関わる問題は益々深刻になっている状況を認識し、今後の宇宙開発の展開を円滑に進めるためにも、喫緊の重要な課題として取組まなければならないことを明確にした。これまで、大きなスペースデブリと宇宙機が衝突することによって宇宙機が破壊されてしまうことはもちろんのこと、地上から観測できない直径 1 ミリメートル程度の小さなスペースデブリであっても、スペースシャトルの窓に衝突して窓の交換が必要になることがあった。また、直径数マイクロメートル程度のスペースデブリが宇宙機に衝突することで宇宙機の表面材料や搭載センサを劣化させ、不具合を起こすなど多数の事象も報告されている。宇宙環境に材料を曝露し回収することにより、小さなスペースデブリの数を把握しその成分を明らかにすることは可能であり、未だ不十分ではあるものの、世界各国でも我国でも宇宙環境による材料劣化に関する研究と併行して材料曝露実験を遂行してきた。我国で実施した宇宙材料曝露実験の一つとして、ロシアサービスモジュール利用微小粒子捕獲実験および材料曝露実験（SM/MPAC&SEED 実験）を行った実績がある。SM/MPAC&SEED 実験では、微小粒子捕獲実験の搭載材料の一つとしてのシリカエアロジェルに、流星物質（メテオロイド）やスペースデブリだけでなく、シリカを主成分とする直径 10 マイクロメートル程度の起源が不明確な微小粒子が多数捕獲され、たとえ微小な粒子であっても、スペースデブリは宇宙機に衝突すると損傷に繋がることから、事前に被害を防ぐ手段を見出すことの重要性が認識された。したがって本研究では、このような微小粒子の起源を明確にするために、宇宙環境との相互作用で SM/MPAC& SEED 実験で捕獲されたシリカを主成分とする微小粒子の様なスペースデブリの生成に、シリコーン系のコンタミネーション物質が関わっている可能性に着目し、地上で宇宙環境を模擬した実験を行い、微小粒子が形成されるメカニズムを解明し、将来にわたる宇宙開発における被害を事前に防ぐ手段を見出すことへの貢献、および、将来にわたる宇宙開発環境の健全性向上に資することを目指した。

第二章「Space Exposure Experiment」では、世界各国が行ってきた宇宙材料曝露実験と我国が実施した SM/MPAC＆SEED 実験について、曝露実験終了後の回収物質の分析結果などを中心に整理し、系統的かつ詳細に現状を解析し記述した。世界各国が宇宙での材料曝露実験を行った結果として報告している事象の一つが、曝露した材料表面へのシリコーン系のコンタミネーション物質の付着である。SM/MPAC＆SEED 実験が行われた LEO 環境中には、紫外線（UV）や原子状酸素（AO）などの、シリコーン系のコンタミネーション物質の持つ化学結合に影響を与える因子が存在している。ここでは、本研究で着目したシリコーン系のコンタミネーション物質のシリカを主成分とする微小粒子の生成への関わりについて詳細に検討した結果を述べ、その可能性の大きさを明らかにした。

第三章「Chemical Changes of Silicone Contaminants」では、宇宙環境を模擬した地上曝露実験について、宇宙環境の模擬条件を具現化するために構築した実験装置系について詳細に記述するとともに、光学材料としての 2 種類の物質（MgF_2, ZnSe）および polyimide film 表面へのシリコーン系のコンタミネーション物質の付着や UV や AO の照射条件などの具体的な実験条件を示し、フーリエ変換赤外吸収スペクトル測定法および X 線光電子分光法により、シリコーン系のコンタミネーション物質に原子状酸素が照射されることでシリカ（SiO_2）が形成されることを明らかにした。

第四章「Morphological Changes of Silicone Contaminants」では、走査型電子顕微鏡による実験試料の断面観察およびエネルギー分散型 X 線分析によって、シリコーン系のコンタミネーション物質に紫外線と原子状酸素が照射されることで直径約 20 マイクロメートルおよび約 100 ナノメートルの 2 種類の組成が同じ微小粒子が形成されることを明らかにした。

第五章「Modeling of the Formation Process of Microparticle Space Debris from Silicone Contaminants」では、第三章および第四章で明らかになった結果に基づき、宇宙環境においてシリコーン系のコンタミネーション物質から SiO_2 を主成分とする微小粒子が形成される過程のモデリングをおこない、その形成過程を明示した。

第六章「Comparison of the Microparticles Obtained in the Present Work with the Ones Captured on Orbit」では、実験的に形成した微小粒子と、SM/MPAC&SEED 実験で捕獲された SiO_2 を主成分とする微小粒子の分析結果の比較および、世界各国が行った材料曝露実験の結果との比較を行うことで、第五章で示したシリコーン系のコンタミネーション物質から SiO_2 を主成分とする微小粒子が形成される過程が宇宙でも起こりうるものであることを検証した。

第七章「General Conclusion」では、本研究で得られた結果をまとめ結論を述べた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物質科学創造　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士（工学） Doctor of Engineering
学生氏名： Student's Name	山中　理代	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	小田原　修　教授
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	山口　孝夫　連携教授

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

Title of this thesis is "Microparticle Space Debris Derived from Silicone Contaminants Affected with Ultraviolet and Atomic Oxygen". This thesis consists of 7 chapters in total.

Chapter 1 "General Introduction" presents summary about space debris, space environment, space debris' origin and possible damages to spacecraft. And, it is also explained that small-sized space debris can cause serious damages to spacecraft and thus are required mitigation. For the reduction of small space debris with size less than 1 mm, it is indispensable to understand their origin, which is mainly unclear at present as shown in this chapter. The author's past work on capturing SiO_2-based microparticles of unknown origin is introduced in this chapter, and the purpose of clarifying the origin of these microparticles is established.

Chapter 2 "Space Exposure Experiments" introduces the instance of space exposure experiments which were operated to study a variety space environmental effects, micrometeoroid, space debris and contaminants detected on the retrieved materials.

Chapter 3 "Chemical Changes of Silicone Contaminants" focuses on the chemical changes of silicone contaminants affected with UV and/or AO for clarifying the formation process of microparticle space debris. The details of experimental procedures and conditions are described in this chapter.

Chapter 4 "Morphological Changes of Silicone Contaminants" focuses on the morphological changes of silicone contaminants affected with UV and/or AO for clarifying the formation process of microparticle space debris. The results of the experimental investigation on the effects of UV and/or AO to silicone contaminants deposited on polyimide films from the viewpoint of morphological changes are indicated in this chapter.

Chapter 5 "Modeling of the Formation Process of Microparticle Space Debris from Silicone Contaminants" shows the formation process modeling of microparticle space debris which was based on the results of chemical and morphological changes of silicone contaminants affected with UV and/or AO investigated in Chapter 3 and Chapter 4.

Chapter 6 "Comparison of the Microparticles Obtained in the Present Work with the Ones Captured on Orbit" compares the microparticles captured on orbit with the microparticles produced experimentally in the present work. The purpose of the comparison is to study the microparticles produced experimentally are actually produced on orbit or not.

Chapter 7 "General Conclusion" concludes the research results on the microparticles space debris derived from silicone contaminants affected with UV and/or AO.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).