

平成19年4月23日

平成18年度「外部汚染管理技術ワーキンググループ」活動報告書

物質・材料研究機構

木村秀夫

1. 構成メンバ

氏 名	所属
木村 秀夫	物質・材料研究機構
小澤 清	物質・材料研究機構
土佐 正弘	物質・材料研究機構
古川 睦久	長崎大学大学院
浦山 文隆	長崎大学大学院
武田 直道	宇宙技術開発
島袋 翼	宇宙技術開発

2. 本年度 WG 会合開催実績

- (1) 第1回：平成18年10月12日
- (2) 第2回：平成18年12月13日
- (3) 第3回：平成19年02月02日

3. 活動目的

近年の観測機器等の高度化に伴い、宇宙機起源のアウトガス、スラスタプルーム等による宇宙機周辺またはこれら機器表面の汚染が重要な技術課題として認識されつつある。しかしながら、米国ではNASA/MSFCによるSEE(Space Environments and Effects)計画の中でWG(Neutral External Contamination Working Group)が設置され解析ツールやデータベースの整備が推進されているが、国内では個別に関連研究が進められてはいるものの、体系的に取り組む枠組みは未整備な状況にある。本WG設置の目的は、このような国内の状況に鑑み、宇宙機外部の汚染管理に係る知見・成果の共有と技術の体系化を図り、将来の関連研究の核として発展させることにある。

4. 活動内容

各会合の概要を以下に示す。

(1) 外部汚染防止技術 WG 第1回会合

日時:2006年10月12日(木)14:00-17:00

場所：物質・材料研究機構千現地区

議題：

- (a) はじめに (NIMS 木村)
- (b) 宇宙機の粒子状コンタミネーション環境に関する概略調査結果と物理的汚染に関する技術課題 (長崎大 浦山)
- (c) 過去の微粒子観測(デブリ)研究に関する概略調査結果 (SED 島袋)
- (d)「JAXA/NIMS で実施した曝露実験報告」(NIMS 土佐)
- (e)「スペースデブリ検知用レーザーの開発」(NIMS 島村)
- (f) 討論

(2) 外部汚染防止技術 WG 第2回会合

日時:2006年12月13日(水)13:30-17:00

場所：宇宙技術開発(株)本社

議題：

- (a)「ゾルゲル法によるAl合金への光触媒のコーティング」(NIMS 木村)
- (b)「真空中での光触媒による有機物の分解」(SED 浦山)
- (c) 宇宙利用シンポジウムでの活動報告
- (d) 宇宙ステーション曝露部利用の公募
- (e) 今後の競争的資金への応募
- (f) 2007年9月つくばで開催予定のワークショップ

(3) 外部汚染防止技術 WG 第3回会合

日時:2007年2月2日(金)14:30-17:30

場所：長崎大学共同研究交流センター

議題：

- (a) WG 活動状況 (NIMS 木村)
- (b) 粒子状コンタミネーション計測用レーザーダ (SED 島袋)
- (c) 曝露部 A0 対応 (SED 浦山)

- (d) 古川研研究内容紹介(長崎大 古川)
- (e) 今後の予定 (NIMS 木村)

【外部汚染管理技術の必要性】

近年、宇宙での天体観測ミッションや地球観測ミッションに搭載される光学センサ等の高精度化・高感度化が進むにつれ、有機材料からの分子状コンタミネーションによるセンサ性能低下の問題が益々懸念されている。特に、太陽紫外線はコンタミネーション付着物の光吸収係数を増やす方向に強く作用することが判っており、熱制御系の太陽光吸収率の増加や光学系の透過率・反射率の低下を招くため、光学系の信号雑音(SN)比の低下、ミッションの短寿命化、ときにはミッション失敗にもなりかねない現象である。従って、宇宙環境下でのコンタミネーションの影響を防止する技術は極めて重要である。

コンタミネーションには物理的な汚染と化学的な汚染がある。

物理的な汚染は微粒子によるもので、粒子状コンタミネーションと呼ばれている。地上で宇宙機に付着した数 μm 大の微粒子は、打ち上げ時の振動・加速度環境や軌道上環境において再放出され、宇宙機の付近を移動する。相対速度数 km/sec で高速移動するスペースデブリに関しては、衝突すれば大きなダメージを受けるため、その軌道、分布、危険性に関する研究及びデータ蓄積が進められている。しかし、低相対速度で移動する粒子状コンタミネーションについては、影響の重大性が指摘されているものの、これまではあまり省みられていない。太陽熱によって粒子状コンタミネーションからの成分の蒸発も想定され、それが化学的汚染にも繋がる可能性もある。

化学的な汚染は分子状コンタミネーションと呼ばれ、人間が宇宙に送り込んだ材料からのアウトガス、ロケットの噴出物、宇宙機からの排出ガスに起因する。これらは主として有機物であり、人工物であるために比較的汚染物質の特定が容易であり、除去に必要な材料の選定にも好都合である。人間の宇宙活動による物理的汚染と化学的汚染は複合的に働き、清浄であるはずの宇宙空間を汚染してしまう。いわば、地上の汚染を宇宙へと拡大させることにな

る。汚染の拡大は、将来の深刻な問題となる。また、汚染物質は宇宙機にも付着し、たとえば太陽電池の発電効率の低下、望遠鏡やアンテナの分解能低下、摩擦の増加による宇宙機自身の高度の低下の原因となる。宇宙機高度が低下すればさらなるロケット噴射が必要となり、汚染は悪化する一方である。

宇宙でのコンタミネーション付着物の防止・除去方法として、例えばハッブル宇宙望遠鏡や我が国の「ひので」では光学系を室温より若干高い温度で付着物を昇華させるなどに見られるように、現時点で実用化されている手法は加熱昇温のみである。他の方法による防止・除去技術の研究が欧米ではすでに進められているが、いずれも大掛かりな装置を必要としたものであるため実用化には程遠い。また、原子状酸素による付着物の浸食現象による除去はよく知られた現象であるが、原子状酸素フルエンスの微小な低軌道宇宙機のウェイク側や静止軌道衛星、探査衛星には全く効果がない。

【宇宙環境での光触媒の有効性】

外部汚染の防止には、地上環境では光触媒の利用が有効である。地上環境での光触媒の研究開発の方向性は、触媒活性のために必要な紫外線の太陽光線に含まれる割合が低いことから、可視光線でも使える光触媒材料を開発するというものである。近年、真空・熱サイクル・暗所・微小重力等極限環境においても外部汚染問題が指摘されるようになってきた。これまで極限環境での外部汚染防止・除去の対策として、先にも述べたように定期的な物理的・機械的除去、昇温による汚染物質の分解などが行われてきたが、アクティブな方法では、人の関与が必要とか、自動化の場合のメカニズムが複雑など、人が近寄りがたい極限環境における対策としては多くの問題がある。一方で、光触媒の利用はパッシブな方法であり、人手も複雑なメカニズムも必要とせず、極限環境での利用には有効であると推定される。しかし、極限環境下での光触媒利用に関する研究例はほとんどない。極限環境における光触媒の利用には、主に紫外線で有効な光触媒効果を如何に

して可視光線でも活性化させるかという従来の研究とは異なる視点での研究開発が必要である。

我々は宇宙に豊富にある太陽紫外線を有効活用し、特別な機構を必要としない光触媒によるパッシブなコンタミネーション防止に着目し、実験研究を進めている。光触媒現象は日本で発見され、応用化研究も日本がリードしていることから、宇宙環境に適用可能な光触媒利用汚染防止技術を開発できるのは日本以外にはない。半導体である光触媒に紫外線(UV)が当たると、価電子帯の電子が伝導体へと励起し、電子と正孔が生じる。酸素と水がそれぞれ電子と正孔に反応し、活性酸素及びヒドロキシラジカルが有機分子を酸化分解するというのが光触媒による付着物分解のメカニズムである。我々が進めている研究により、大気中では当然のことながら真空中においても UV 照射下で酸化チタンや水酸化チタンが有機物を分解できることを実験的に確認している。特に、光学的な影響が大きく、かつ、代表的な付着成分の一つとされる脂肪族不飽和炭化水素の分解に成功している。ただし、地上実験では、宇宙特有の複合環境下での光触媒の性能実証、例えば熱サイクル環境での光触媒の耐候性、荷電粒子、放射線等による劣化の影響評価が十分にできないため、宇宙環境での曝露実験は必須である。

当面の目標は、JEM 曝露部を始めとした宇宙機でも使用可能な、宇宙環境に適切な光触媒を開発するとともに、その場で計測可能な紫外可視分光光度計を設計することである。光触媒を適用する部材としては、太陽電池セルや熱制御材、Optical Solar Reflector (OSR) の表面になどを想定している。本技術の実証により、今後進められる月面ミッションや火星有人探査ミッションにおいて、超軽量かつメンテナンスフリーな本技術は計り知れない効果が期待される。

5. 成果

【平成 18 年度の関連する発表】

- (1) “SOLAR-B 光学望遠鏡の軌道上コンタミネーション解析”、浦山文隆、渡辺吉男、矢野敬一、馬場尚子、第 50 回宇

宙科学技術連合講演会講演集(2006 年、北九州) pp. 1274-1278。

- (2) “真空環境下での光触媒による有機物分解の試み”、浦山文隆、古川睦久、土佐正弘、小澤清、木村秀夫、第 50 回宇宙科学技術連合講演会講演集(2006 年 11 月、北九州) pp. 1279-1282。

- (3) “外部汚染管理技術 WG 活動報告”、木村秀夫、土佐正弘、小澤清、古川睦久、浦山文隆、武田直道、島袋翼、Space Utiliz. Res. 23(2007) pp. 190-192。

- (4) “真空中での光触媒による炭化水素の分解実験”、浦山文隆、古川睦久、土佐正弘、小澤清、木村秀夫、第 43 回日本電子材料技術協会秋期講演大会(2006 年 10 月、東京)。

- (5) “ゾルゲル法による Al 合金 A2024 上へのTiO₂膜の形成”、木村秀夫、棚橋留美、土佐正弘、小澤清、浦山文隆、日本マイクログラフィティ応用学会第 22 回学術講演会(2006 年 12 月、東京)。

- (6) “真空環境下での光触媒による低分子有機物の分解実験”、浦山文隆、古川睦久、土佐正弘、小澤清、木村秀夫、日本マイクログラフィティ応用学会第 22 回学術講演会(2006 年 12 月、東京)。

【平成 18 年度の外部資金獲得】

- (1) 日本宇宙フォーラム第 8 回選定宇宙環境利用に関する公募地上研究

課題名：光触媒を用いた宇宙環境における汚染防止技術の開発

期間：平成 17 年度～平成 18 年度

体制：木村秀夫、小澤清、土佐正弘、葉金花(NIMS)、古川睦久、浦山文隆(長崎大学)

総額：5,082 千円

- (2) 池谷科学技術振興財団調査・研究推進費

課題名：真空・熱サイクル・暗所等極限環境におけるパッシブな外部汚染防止材料技術に関する調査研究

期間：平成 18 年 10 月～平成 19 年 9 月

体制：木村秀夫、小澤清、土佐正弘

(NIMS)、古川睦久、浦山文隆(長崎大学) 武田直道、島袋翼(SED)

総額：1,500 千円