

# 2008年度軌道上材料曝露実験高度化ワーキンググループ活動報告

神戸大 田川雅人、横田久美子

九工大 趙孟佑、岩田稔

JAXA 横田力男、鈴木峰男、松本康司、木本雄吾、宮崎英治、島村宏之

## Annual Report on the Advanced Material Exposure Test Working Group FY2008

*Masahito Tagawa, Kumiko Yokota*

Kobe University, Rokko-dai, Nada, Kobe, Hyogo 657-8501

*Mengu Cho, Minoru Iwata*

*Kyushu Institute of Technology, Sensui-cho, Tobata, Kita-Kyushu, 804-8550*

*Rikio Yokota*

Japan Aerospace Exploration Agency, Yoshino-dai, Sagamihara, Kanagawa 229-8501

*Mineo Suzuki, Koji Matsumoto*

Japan Aerospace Exploration Agency, Jindaiji-Higashimachi, Chofu, Tokyo 182-8522

*Yugo Kimoto, Eiji Miyazaki, Hiroyuki Shimamura,*

Japan Aerospace Exploration Agency, Sengen, Tsukuba, Ibaragi 305-8505

-Email: tagawa@mech.kobe-u.ac.jp

Abstract: The purpose of “advanced material exposure test working group” is to discuss the problems on the present “passive” in-orbit material exposure tests and to propose new methodologies for advanced material exposure tests including in-situ test capabilities. A method to perform accurate ground test was discussed in FY2008. The goal of this working group is to establish the methodologies for space exposure tests and ground-based tests to develop the advanced space materials.

*Key words:* Material Exposure Tests, Space Shuttle, Space Station, Space Environment

### 1. 目的

本WGは平成18年度終了日本宇宙フォーラム公募地上研究「軌道上曝露試験高精度化のための原子状酸素収束技術の開発」を発展させ、現状の軌道上曝露試験の問題点を抽出し、軌道上加速試験を含めた軌道上曝露試験の高度化・多機能化への総合的方策を探ろうとするものである。さらに、地上対照試験装置と実宇宙環境の質的差異を考慮に入れた地上試験プロトコルについても検討を加え、今後の複合宇宙環境に耐えうる先進材料開発に資するための地上および軌道上評価技術・方法を開発することを目的とする。

### 2. 背景

ISSの実用ソーラーパネルにおける原子状酸素によるポリイミドの破断事故例やHSTにおけるテフロン系熱制御材の脆化など、長期間の宇宙環境への曝露は材料に想定外の特性変化をもたらす。このような事例は宇宙用材料の耐久性・耐環境性に関する研究の“甘さ”を露呈するものであり、宇宙システムの長期にわたる信頼性を確保するためには、実際の宇宙環境での材料研究が必要不可欠である。

これまで宇宙材料の耐環境性については、各種宇宙用材料を実際の宇宙環境に曝露して、その特性

変化を観察する軌道上材料曝露試験が精力的に行われてきた。現在も米国はISSを用いた材料曝露試験(MISSE-1~MISSE-5)、欧州はColumbusの外部に取り付けられたEuTEFによる材料曝露実験が行われている(STS-122, 2008)。一方、我国でもISSを用いたSM-SEEDに引き続き、JEM-SEEDが予定されている。

しかしながら、これまでの軌道上材料曝露試験では、全て供試体を一定期間、受動的に宇宙環境に曝露し、回収して分析する方法がとられてきた。しかしながら、この方法はスペースシャトル引退後には実施が困難になることから、抜本的な方法論の転換が必要である。一方、地上試験においては、紫外線スペクトルや原子状酸素曝露条件など、宇宙環境と同一条件での試験は不可能であり、材料劣化メカニズムや定量性など、宇宙と地上における試験結果には常に不整合と不確実性がつきまどってきた。宇宙材料曝露実験におけるこのような現状は、宇宙用先端材料開発にとって大きな足かせとなっており、組織横断的な研究により問題解決を図る必要がある。

### 3. FY2008 活動内容

本WGは10名(JAXA6名、大学4名)の宇宙環境と材料に関する専門家によって構成されている。

今年度の3回のWG会合は筑波宇宙センターで開催した。現状の問題点を議論したFY2007に引き続き、FY2008では軌道上および地上材料曝露実験の方法論および各国の取り組み等について調査・議論し、今後の複合宇宙環境に耐えうる先進材料開発に資するための地上および軌道上評価技術・方法を検討した。その結果を以下に示す。

### (1) スペースシャトル引退後の宇宙材料曝露実験に対する各国の取り組み

2008年5月にトロント市において開催されたICPMSE-10ではMISSEに関するスペシャルセッションが設けられ、米国の取り組みについて多くの情報が得られた。スペースシャトル引退後に材料回収が困難になる点については、米国の対応が最も進んでいると評価される。現在ISSで曝露実験が行われているMISSE-6では水晶振動子マイクロバランス(QCM)や太陽センサーなどを用いた能動的試験が多数行われており、一部の試験では曝露期間中の実時間計測が行われている。次期MISSE-7では全ての実験が能動的試験となり、材料回収を行わなくてもデータ取得が可能になる。これらはスペースシャトルの引退を見越した措置であり、材料試験専用のデータ取得モジュールを開発するなど、極めて示唆に富んでいる。一方、欧州では現在EuTEFがISSで運用されている。EuTEFに搭載されている材料試験ユニットMEDETはスペースシャトルによる回収を行う予定であるが、MEDETにおいてもQCM等を用いたリアルタイム計測が行われており、テレメトリデータの一部分が公開された。これらの欧米の取り組みは、本WGが昨年度に提案した方向性と一致するものである。さらにロシアと中国も独自の材料曝露実験をISSと新舟を用いて行っており、日本においてもリアルタイム計測を前提とした材料曝露システムの開発が不可欠である。

### (2) 地上材料試験について

宇宙材料の耐環境性を評価するプロジェクトのゴールは、地上試験のみで宇宙用材料の寿命・特性変化を定量評価することである。現状の地上試験では地上試験の定量性は不十分で、宇宙実験結果との矛盾が生じている。その原因を明らかにし、解決することも本WGの目標である。そのための具体的な研究計画として、ポリイミドおよびフッ素系高分子などの標準材料をターゲットとした以下の目標を設定した。これにより、地上実験条件等の明確化・最適化が可能になると期待される。

#### a. 紫外線劣化試験の高度化

- a1. 紫外線と温度の複合効果
- a2. 紫外線波長依存性
- b. 原子状酸素劣化試験の高度化
  - b1. 原子状酸素劣化の分子構造依存性
  - b2. 質量変化測定の実験依存性
  - b3. 超音波膜厚計測法の開発
  - b4. フッ素系高分子の加速劣化原因の解明

FY2009年度には上記の研究計画に沿った実験を実施し、地上試験の高度化に資する。

### (3) FY2008 WG 会合記録

#### 第3回 WG 会議

日時：2008年10月23日

場所：筑波宇宙センター

参加者：鈴木峰男、木本雄吾、松本康司、宮崎英治、島村宏之、岩田 稔、田川雅人

#### 第4回 WG 会議

日時：2008年11月26日

場所：筑波宇宙センター

参加者：横田力男、鈴木峰男、木本雄吾、松本康司、宮崎英治、島村宏之、岩田 稔、田川雅人

#### 第5回 WG 会議

日時：2009年1月8日

場所：筑波宇宙センター

参加者：横田力男、鈴木峰男、松本康司、宮崎英治、島村宏之、岩田 稔、田川雅人

#### 第6回 WG 会議

未定

### (4) FY2008 WG 関連発表

- [1] “Future Space Exposure Experiment beyond 2011 -Its Problems and New Challenges-”, M. Tagawa, Proceedings of the International Symposium on "SM/MPAC&SEED Experiment", Tsukuba, Japan, March 10-11, 2008, in press.
- [2] “Issues and Consequences of Space Environmental Effect on Materials”, M. Tagawa, K. Yokota, Proceedings of the 26th International Symposium on Space Technology and Sciences, Hamamatsu, Japan, June 1-8, 2008, on CD-ROM.
- [3] “Problems and Recent Trends on Material Degradation Studies in a Real and Simulated Space Environment” Masahito Tagawa, Kumiko Yokota, 5th Space Environment Symposium, Tsukuba, December 18-16, 2008, in press.