

## 軌道上曝露環境の解析結果

宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 木本雄吾, 山県一郎, 宮崎英治, 石澤淳一郎, 鈴木峰男

### 1. はじめに

国際宇宙ステーションロシアサービスモジュール利用微小粒子捕獲実験及び材料曝露実験 (SM/MPAC&SEED) において、第2式目回収品が曝露された期間の宇宙環境について、環境モニタ材を基に解析した結果を報告する。

### 2. 曝露期間と ISS の軌道条件

SM/MPAC&SEED は同じく NASDA (当時) の実験装置である高精細度テレビジョン (HDTV) カメラシステムと共に、日本時間 2001 年 8 月 21 日午後 6 時 23 分バイコヌール宇宙基地 (カザフスタン共和国) からソユーズロケットにより打ち上げられた。その後、同年 10 月 15 日の船外活動 (EVA) にて国際宇宙ステーションロシアサービスモジュール船壁 SM/MPAC&SEED は設置され、曝露実験が開始された。SM/MPAC&SEED は同一サンプルを搭載したものが 3 式あり、宇宙空間への曝露期間をずらして、1 式ずつ地上へ回収される。第 1 式目の SM/MPAC&SEED は 2002 年 8 月 26 日に、2 式目の実験装置は 2004 年 2 月 27 日にそれぞれ ISS 内に回収された。第 1 式目の曝露期間は約 10 ヶ月間 (315 日間)、第 2 式目は約 28 ヶ月間 (865 日間) であった。

ロシア、エネルギア社提供の実フライトデータと NORAD Two-Line Element Set Historical Archive からの軌道六要素から算出した ISS の軌道傾斜角 (平均) は 51.6 度、飛行高度 (平均) は 385km であった。ISS 飛行姿勢は、XPOP (X-axis Perpendicular on Orbit Plane : ISS の X 軸が軌道面に垂直となる飛行姿勢) と XVV (X-Axis toward the Velocity Vector : ISS の X 軸が進行方向を向く飛行姿勢) とが交互に運用されている。そのため、進行方向に対して試料面は常に垂直とはなっていない。XVV と XPOP の割合は第 2 回回収品の曝露期間においては、それぞれ 54% と 46% であった (第 1 回回収品の期間においては、59% と 41%)。

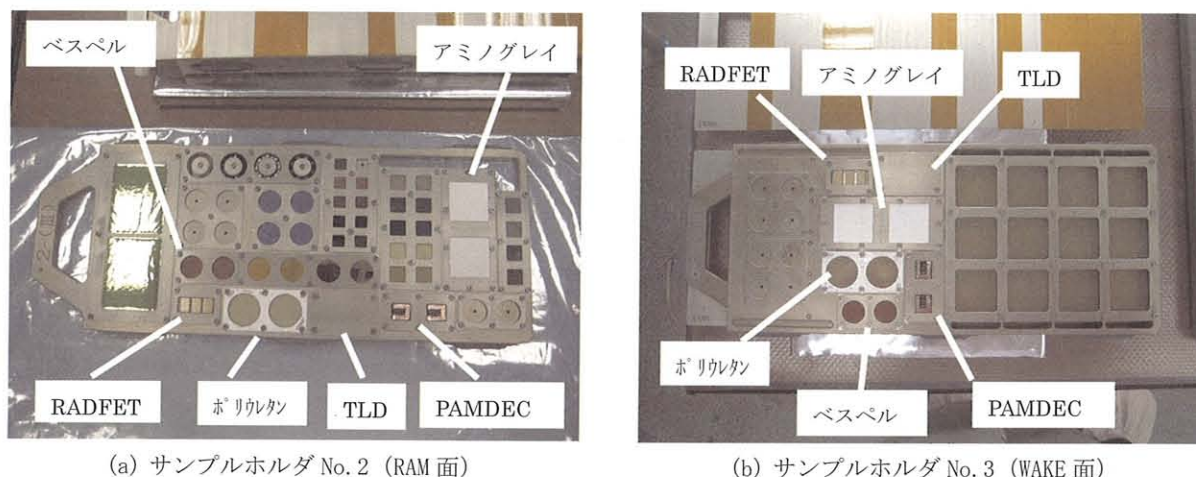
### 3. 環境モニタ材とその解析結果

SM/MPAC&SEED は電力及び通信を必要としないパッシブな実験のため、曝露された期間におけるその場の宇宙環境情報はリアルタイムにはモニタできない。そのため、材料へ及ぼす影響が大きい因子と考えられる、原子状酸素、紫外線、及び宇宙放射線 (主に捕捉電子と捕捉陽子) の被曝総量をモニタする材料を環境モニタ材として搭載し、地上で回収後解析し、それら環境因子を評価した。原子状酸素モニタ用としては、ポリイミド樹脂 (ベスペル) とカーボンフィルム (PAMDEC : Passive Atomic Oxygen Monitoring Device Equipped with Carbon Film) を使用した。紫外線モニタ用としては、ポリウレタン樹脂を使用した。宇宙放射線による放射線吸収線量モニタ用として、TLD (Thermo Luminescent Dosimetry)、アラニン線量計 (アミノグレイ) 及び RADFET (Radiation Sensitive Field Effect Transistor) を使用した。また軌道上温度については、各 4 つのサンプルホルダの裏側に設置したサーモラベルによって到達最高温度のみをモニタした。搭載場所について図 3-1 に示す。

環境モニタ材の評価結果について表 3-1 に示す。また JAXA の宇宙環境計測情報システム SEES

(<http://sees.tksc.jaxa.jp/>) にある各種モデルを用いて、原子状酸素、紫外線、放射線吸収線量の計算を行い、環境モニタ材の評価結果と比較した。原子状酸素について、ベスペルはモデル計算値、PAMDEC より 1 桁小さかった。一方で PAMDEC は第 2 回回収品データが第 1 回回収品データより減少したデータであった。紫外線について、WAKE 面の値は宇宙環境モデルからの値の 1.3 倍であった。一方、RAM 面の値は宇宙環境モデルからの値の 8 倍だ

った。RAM 面は、第 2 回回収品データが第 1 回回収品データより少ない値となり、RAM 面については、信頼性が乏しい結果となった。放射線吸収線量について、第一回回収時のデータはモデルとの乖離が大きい、第 2 回回収時の場合は、その差が小さくなった。3 つの環境モニタ材料のシールド厚 $[g/cm^2]$ と放射線吸収線量 $[Gy]$ の関係で比較した結果も、第 2 回回収時のデータは宇宙環境モデルの値へ近づいていた。



(a) サンプルホルダ No. 2 (RAM 面)

(b) サンプルホルダ No. 3 (WAKE 面)

図 3-1 環境モニタ材の搭載場所

表 3-1 環境モニタ材の評価結果

	モニタ	解析結果	備考
到達最高温度	サーモラベル	50 [°C] 90 [°C]	サンプルホルダ No. 1, 2 の裏面 サンプルホルダ No. 3, 4 の裏面
原子状酸素	ベスベル	$2.9 \times 10^{20}$ [atoms/cm <sup>2</sup> ] (RAM 面) $4.2 \times 10^{20}$ [atoms/cm <sup>2</sup> ] (WAKE 面)	
	PAMDEC	$1 \times 10^{21}$ [atoms/cm <sup>2</sup> ]	
紫外線	ポリウレタン	15.8 [ESD] (RAM 面) 201.0 [ESD] (WAKE 面)	
放射線吸収線量	アミノグレイ	15.3 [Gy] (RAM 面) 21.9 [mGy] (WAKE 面)	Al 換算 0.15mm シールド厚
	RADFET	5.99 [Gy] (RAM 面) 4.29 [mGy] (WAKE 面)	Al 換算 0.8mm シールド厚
	TLD	115.86 [mGy] (RAM 面) 92.27 [mGy] (WAKE 面)	Al 換算 4.5mm シールド厚

#### 4. 評価結果と考察

原子状酸素フルエンスやトータルの紫外線量は第 1 回目回収時に比較すると減少した結果が得られた。ベスベル、PAMDEC については、表面へのコンタミネーションによる影響によって計測原理の基となる侵食が妨げられたことが一因であると考えられる。また、WAKE 面ポリウレタンについては、保護カバーガラス表面への汚染量の増加の影響等があり、減少した計測結果が得られたと考えられる。放射線吸収線量については、ほぼ妥当な結果が得られたと考えられる。第 3 回目回収の環境モニタ材の解析結果を基に総合的な解析を今後行う。

#### 5. 研究発表リスト

- 1) Y. Kimoto, et al., "Measurement of Atomic Oxygen, UV Fluence and Radiation Effect on the ISS Using SEED Experiment", The 10th ISMSE, Collioure (France), 19-23 June 2006 (in printing).