

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 第2回中間報告会 (2006. 2. 21)

国際宇宙ステーションロシアサービスモジュール利用材料曝露実験 (SM/SEED実験)
回収試料評価結果 第二回中間報告会
—MoS₂焼成膜—

(株) アイ・エイチ・アイ・エアロスペース 秋山 正雄
岸 克宏
神戸大学 工学部 田川 雅人
宇宙航空研究開発機構 松本 康司

1. はじめに

今後の宇宙開発・宇宙環境利用では、長期運用/長期有人活動が必須であり、それらのミッションの信頼性を確保するためには、使用する材料の寿命評価、特に低地球軌道特有の宇宙環境下での材料の耐久性を十分に検討することが必要である。本研究では宇宙用固体潤滑剤として最も多用されている有機バインダー結合二硫化モリブデン焼成膜が長期間低地球軌道環境に曝された場合の影響を明らかにするために、実際に Service Module / Space Environment Exposure Device (SM/SEED) ミッションで国際宇宙ステーションのロシアサービスモジュール・ズヴェズダに2年間搭載され、宇宙環境に曝露された二硫化モリブデン焼成膜について、その表面解析結果を報告する。

2. 供試体

2年曝露供試体を図-1に示す。

3. 評価

3.1 密着性試験結果

地上対照試験供試体では、紫外線・電子線2年分照射供試体の被膜の密着性に関しては実用上問題となるような挙動は認められなかった。

また、実環境においてもフライト2年程度では、被膜の密着性に関し実用上問題となるような挙動は認められなかった。

3.2 摩擦摩耗試験結果

表-1に試験結果を示す。

紫外線照射供試体における摩擦係数の低減は、ポリイミドの紫外線による硬化に起因すると判断しており、紫外線照射供試体以外は、摩擦係数が、0.03~0.06となっている。

軌道上1年曝露、2年曝露供試体では、表面のSiO₂による汚染に対しても有機系バインダMoS₂潤滑膜として十分機能することが確認できた。

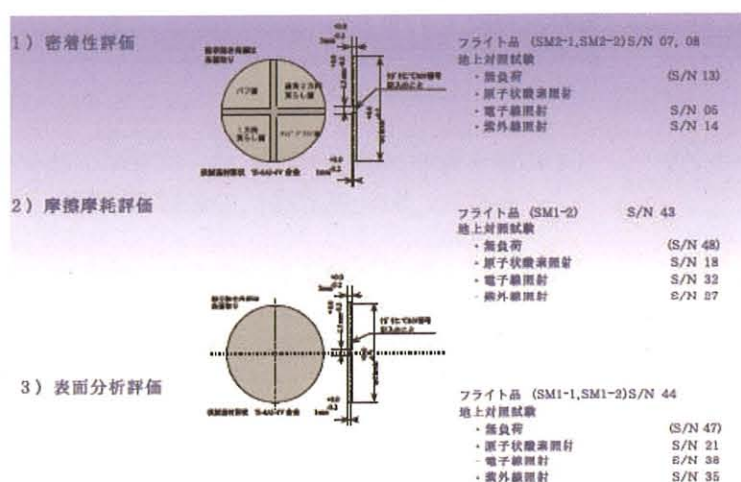


図-1 供試体

表-1 摩擦摩耗試験結果

Sample	Initial friction coefficient	Steady-state friction coefficient
Control	0.059	0.033
UV-exposed	0.039	0.018
Atomic oxygen-exposed	0.063	0.031
Flight sample (1 year in orbit)	0.047	0.024
Flight sample (2 years in orbit)	0.062	0.027

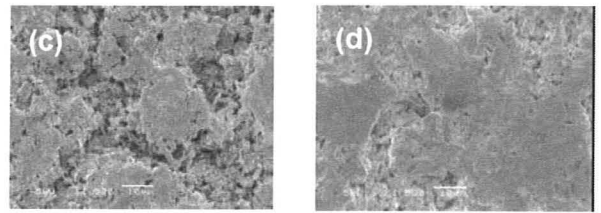
国際宇宙ステーション ロシアサービスモジュール利用微小粒子捕獲実験及び材料曝露実験 第2回中間報告会 (2006. 2. 21)

3.3 表面分析結果

表面分析としては、SEMによる表面観察、XPS、EDSによる表面組成分析を実施した。

SEMによる表面観察では、無負荷供試体を含め、地上対照試験供試体に対し、2年曝露供試体では、表面のMoS₂が、図-2の様に、滑らかになったような状態であった。

一方、1年曝露供試体から懸念されていたSiによる汚染に対しては、XPS、EDS双方において計測されており、表-2に示す様に、2年曝露供試体において、そのSiが増加していることが計測された。



(地上；AO照射) (軌道上；2年曝露)
図-2 SEM写真

表-2 EDSによる表面分析結果

Sample	C	O	S	Mo	Sb	Si
Control	68.2	11.8	10.9	7.2	1.9	0
Flight sample (1 year in orbit)	52.9	21.7	11.3	9.8	3.7	0.5
Flight sample (2 years in orbit)	29.8	36.8	16.5	10.8	4.0	2.3

4. 2年目曝露実験での結論

1年曝露供試体、2年曝露供試体及び、それに対応した地上対照試験供試体による密着性、摩擦摩耗及び表面分析結果より得られた結果を以下に整理する。

- (1) 地上対照試験供試体及び、フライト品（2年曝露相当）に対し、密着性、摩擦抵抗、表面分析を行い、MoS₂焼成膜への影響を評価し、1年目曝露供試体とほぼ同様な傾向であることを確認できた。
- (2) 軌道上曝露2年においても、下記現象を確認した。
 - 摩擦摩耗においては、1年曝露に対し、2年曝露では、初期摩擦は、変化しない。（定常摩擦では、やや低下する傾向は継続している。）
 - 表面にSiO₂の付着が確認され、表面分析に対し、影響を及ぼしている。
- (3) 1年曝露供試体において、SiO₂による潤滑特性への影響が懸念されたが、2年曝露供試体では、表面のSiO₂による汚染に対しても有機系バインダMoS₂潤滑膜として十分機能することが確認でき、JEM用に選定した有機系バインダMoS₂焼成膜が、JEM10年運用に対し、十分機能性能を維持できる可能性が高いことが期待できそうである。（最終的な判断は、3年曝露供試体での結果で総合的に判断する。）

5. 研究発表リスト

- 1) Masahito Tagawa, Koji Matsumoto, Hidetoshi Asada, Kunitaka Ochi, Kumiko Yokota, Masao Akiyama, European Space Mechanism and Tribology Conference: ESMATS-11, "SURFACE AND TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF THE MoS₂-BASED LUBRICANTS RETRIEVED FROM REAL LEO SPACE ENVIRONMENT: THE FIRST AND SECOND YEAR RESULTS OBTAINED BY SM/SEED"
- 2) Koji MATSUMOTO, Kichiro IMAGAWA, Masahito TAGAWA, Masao AKIYAMA, World Tribology Congress III September 12-16, 2005, WTC2005-64029, "CHANGES IN TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF MOS₂ FILM EXPOSED TO LEO ON SM/SEED"