

## 熱制御材の放射線劣化評価

Radiation degradation performance of thermal control devices

柴野 靖子<sup>1)</sup>

Yasuko SHIBANO

高島 健<sup>1)</sup>

Takeshi TAKASHIMA

小川 博之<sup>1)</sup>

Hiroyuki OGAWA

浅村 和史<sup>1)</sup>

Kazushi ASAMURA

<sup>1)</sup> 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構

### (概要)

多様な宇宙ミッションを目的とした宇宙機の熱制御を行うため、熱制御材の開発が継続して行われている。熱制御材料を宇宙環境で使用するためには、宇宙機に実搭載する前に放射線耐性や熱サイクル耐性、真空耐性など宇宙特有の環境での評価を十分に行っておく必要がある。本研究では衛星放熱面に使用する材料(銀蒸着テフロンや白色塗装など)に対して電子線、ガンマ線を照射し、それらによる材料劣化の評価を行った。本研究では特に、実搭載を想定してアクリル系粘着テープやシリコン系接着剤も含めた評価を行った。電子線照射試験では静止軌道衛星の軌道上8年間相当のフルエンスを1MeVのエネルギーで照射したところ、銀蒸着テフロンとアクリル系粘着テープの組み合わせが顕著に劣化すること、テフロンの劣化よりもテープの劣化の方が速いことが明らかになった。白色塗装については目立った劣化は見られなかった。ガンマ線照射では、長時間照射の試験方法を試行しながら試験を実施した。電子線照射に比べて照射レートが低くても、アクリル系粘着テープは電子線照射と同様の劣化が生じた。

### キーワード：

宇宙環境、電子線照射、ガンマ線照射、銀蒸着テフロン、白色塗装、アクリル系粘着テープ

### 1. 目的

宇宙環境では放射線や熱サイクル等によって材料劣化が生じるため、宇宙機搭載品は使用する前にその耐性を評価しておく必要がある。特に熱制御材は衛星を覆っているため、直接宇宙環境に曝露される。本研究では、新規の熱制御材や導電性等の新規のミッション要求に対する評価が必要になった材料に対して電子線、ガンマ線照射試験を行い、その耐性を評価する。電子線とガンマ線では照射レートが大きく異なるので、照射レートの異なる二種類のサンプルを作成することができる。これらを比較することで照射レートによる影響を調べる。また、宇宙機への実搭載方法も含めた研究をおこない、用いる粘着テープや接着剤の選定に役立てる。

### 2. 方法

電子線照射試験について、電子線以外の作用を極力除いた環境で試験を行うため、照射台を真空引きした状態で試験を実施した。また酸素のオゾン化の影響を極力防ぐために、真空引き前に照射台の窒素パージを行った。電子線照射による供試体の高温化に起因する劣化も懸念されるため、照射台内に水冷の冷却プレートを設置し、それにサンプルを貼りつけて冷却しながら照射試験を行った。

ガンマ線照射試験については、長期間照射になるため照射容器自体がガンマ線によって劣化する。また、大気環境下のため空気中の酸素がオゾン化してサンプルに影響を及ぼす。そこで長期間に耐えられる試験方法を確立したうえで、電子線と同じ材料の照射試験を行う。

### 3. 結果及び考察

電子線照射及びガンマ線照射試験では各サンプルについて以下の結果が得られた。

## ① 銀蒸着テフロン

テフロンが脆化し、亀裂が入る様子が観察された。Total フルエンス  $1.5E16/cm^2$  の照射後、テフロンが硬化し、表面はざらざらと粗い構造に変化することが明らかになった。また銀蒸着テフロンの基板への接着に使用している接着剤の影響を大きく受け、材料全体に凹凸や細かい浮きが生じることが明らかになった。接着材料がアクリル系粘着テープの場合、テフロンが劣化するよりも早く、テープの劣化によってガスが生じ、銀蒸着テフロンが基板から浮く様子が観察された。材料表面が凹凸するため、凹凸が生じた際にはさらに劣化が進行する。シリコン系の接着剤ではアクリル系粘着剤と比べて全体的な浮きは軽減されるが、細かい浮きが生じることが明らかになった。さらに、エポキシ系接着剤の場合、接着剤の変色と細かい浮きが観察された。エポキシ系の接着剤は粘性が低く試料の貼付け作業が非常に困難であるため、開発現場で使用するためには作業性の検討が必要である。また、電子線照射後のサンプルは劣化によってテフロンの伸縮性が失われているため、熱衝撃をかけると試料全体に亀裂、破砕が生じることが明らかになった。

テフロン層の厚さの異なる 5mil と 10mil の銀蒸着テフロンで比較したところ、5mil の材料は表面光学特性の変化がほとんど生じていなかったが、10mil のテフロンでは目視においてもわかるくらい褐色に変化することが明らかになった。表面導電性については、テフロンに亀裂が入るとテフロン上の ITO 膜も一緒に亀裂が入るため、浮き導体が形成される。

またガンマ線照射試験結果から、照射レートを低くしてもアクリル系粘着剤、シリコン系接着剤ともに浮きが発生することが明らかになった。3800kGy 程度の照射(電子線照射試験で実施したトータルフルエンスの数%程度)にすぎなかったが、その時点でも浮きが生じていた。そのため、放射線劣化の実効放射率への影響は接着剤による影響が大きいと考えられる。

## ② 白色塗装について

海外メーカーの APTEK2711, 2719, AZ2000, AZ2100, 国内メーカー品の UPI White について、材料の劣化と表面導電性の劣化を調べた。すべてのサンプルに  $1.5E16/cm^2$  を照射した。AZ2000 は少し着色した様子が観察されたが、他のサンプルでは色の変化は見られなかった。また表面導電性の顕著な劣化は生じなかった。基板からの機械的な剥がれなども見られなかった。そのため、電子線に対して耐性があることが明らかになった。

#### 4. 引用(参照)文献等

特になし