

## 宇宙機構造用複合材料曝露試験評価

富士重工業株式会社 航空宇宙カンパニー  
航空機設計部 荒川陽司

### 1. はじめに

現在、多くの宇宙機に軽量化を目的として炭素繊維強化プラスチックを初めとする複合材料が適用されている。複合材料の宇宙空間での適用が増加するとともに、複合材料の宇宙環境因子(電子線、紫外線、熱サイクル、超真空、原子状酸素)による影響に関する宇宙環境を模擬した地上での研究が数多く実施されてきた。しかし、その結果では、複合宇宙環境の影響は、単一環境の単なる足し算とはならないことが知られており、複合材料の宇宙環境での耐久性を正確に知るために、すべての宇宙環境因子を同時に負荷する総合環境での評価が必要である。しかし現実的には、地上ですべての宇宙環境因子を同時に負荷することは困難であるため、宇宙での曝露実験による実証が大きな意味を持つ。つまり、宇宙曝露実験により複合材料への影響を知ると共に、地上対照試験との対応を明らかにすることにより、材料スクリーニング、初期設計段階で適切な材料選定が可能となる。

### 2. 供試材料

今回の宇宙曝露試験に供した複合材料は、今後宇宙機に適用が想定される構造材料用炭素繊維強化複合材である2種の材料を選定した。一方はピッチ系高弾性炭素繊維とポリシアネート系複合材(Y S 90 A/R S - 3)であり、ポリシアネート樹脂は吸湿、アウトガスが少なく、複合材成型時にマイクロクラックの発生も少ないことが特徴である。もう一方はPAN系炭素繊維と耐熱熱可塑ポリイミド系複合材料(IM600/PIXA)であり、耐熱性、耐放射線性に優れ、成形性も良いことが特徴である。

### 3. これまでの試験結果及び評価

#### 3. 1 試験方法

軌道上環境曝露、宇宙環境因子負荷(原子状酸素曝露、電子線照射、紫外線照射)及び無負荷(バージン材)を経た供試体について反射法による超音波探傷試験及び断面観察を実施した。

超音波探傷試験と断面観察では複合材料の特徴的な微小破壊形態であるデラミネーションやトランスバースクラック等を評価することで、繊維と樹脂との界面劣化状況についてデータを蓄積することを目的としている。

#### 3. 2 評価

超音波探傷試験により、軌道上環境曝露、宇宙環境因子負荷、無負荷を経た供試体について、

それぞれ、剥離、ボイド、クラックと推定される信号が検出されたが、環境負荷による差は明確ではなかった。特に本試験では繊維方向に生じる信号が多く認められたため、劣化か繊維かの見極める必要がある。

また、断面観察については各環境負荷供試体のうち、軌道上環境曝露、及び各種宇宙環境因子負荷が0~1 のクラック数だったのに対して、無負荷（バージン材）が3~4 個と最も多い観察結果となった。

以上の試験結果より、第1 回回収、第2 回回収で複合材としての明確な劣化は認められなかったが、第3 回回収供試体を含めた総合的な評価が必要である。

図1~4に超音波探傷試験及び断面観察結果を1 例として示す。

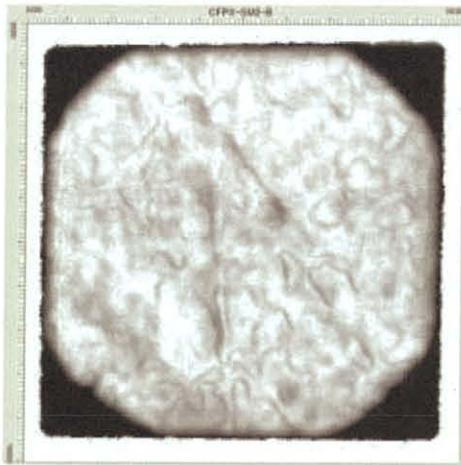


図1 第2回回収熱可塑ポリイミド系複合材  
超音波探傷試験結果

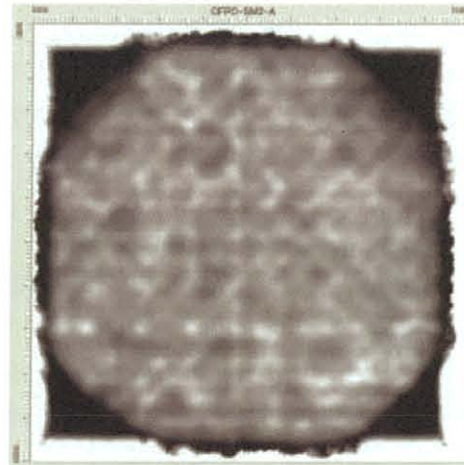


図2 第2回回収ポリシアネート系複合材  
超音波探傷試験結果

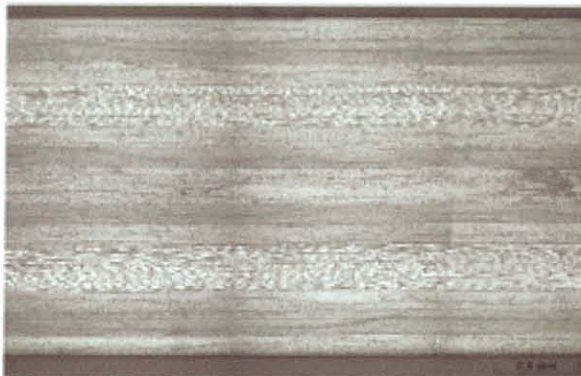


図3 第2回回収熱可塑ポリイミド系複合材  
断面観察結果

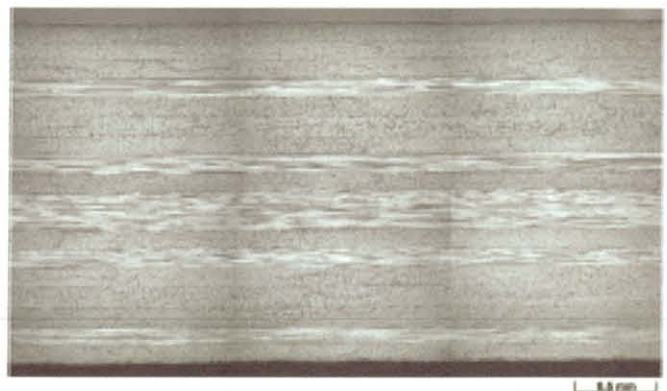


図4 第2回回収ポリシアネート系複合材  
断面観察結果