

## 熱分析が航空機用複合材料部品製造の決め手

酒谷 芳秋\*, 山口 泰弘\*

CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics)に代表される複合材料は、軽量高強度高剛性の特長を持つことから、航空宇宙機器への適用が増大し、対象部品も扉・フェアリング等の二次構造部品から翼・胴体等の一次構造部品へと拡大しつつある。米国内での適用発展段階を図1に、その中で日本でも生産されている部品例を図2に示す。

これらの複合材料の素材は、炭素繊維、ケブラー(芳香族ポリアミド繊維: Du Pont 社商品名)等の強化繊維と熱硬化性樹脂なかでも成形性と性能の面からエポキシ樹脂が主体で、製造法は従来のガラスFRPとほぼ同様の手法が用いられている。シート状の成形材料プリプレグ(繊維を一方方向に引揃えたり、平織・朱子織の織物に

して、マトリックス樹脂を予め含浸させBステージ化した材料: Pre-impregnated Material)を、治具上に配列/積層し、これをオートクレーブという缶体の中で加熱加圧するバッグ成形が航空機部品では一般的に用いられている。したがって航空機構造に適用しうる高品質・高信頼性の複合材料部材を作り上げるためには、図3に示す様に、

- ①成形材料の性能評価と品質管理
- ②成形プロセスの最適化と工程管理
- ③成形された複合材料の評価と品質保証

が極めて重要である。表1に代表的な評価項目例を示すが、この中で熱分析が重要な役割を果たしていることがわかる。

まず、成形材料プリプレグには、エポキシ樹脂と硬化剤が予め配合されており、組成を調べる化学分析(IR・GPC・原子吸光等)とならんで、Bステージ(半硬化)状態を正確に把握する手法として、DSCが盛んに用いられている。その一例の図4では、材料の違いによりDSC発熱曲線に相異があること、保管期間が長くなると発熱量が低下し、発熱ピーク温度も変化していることなどの情報が得られ、材料評価・保管管理に有益なことが判る。また、硬化す

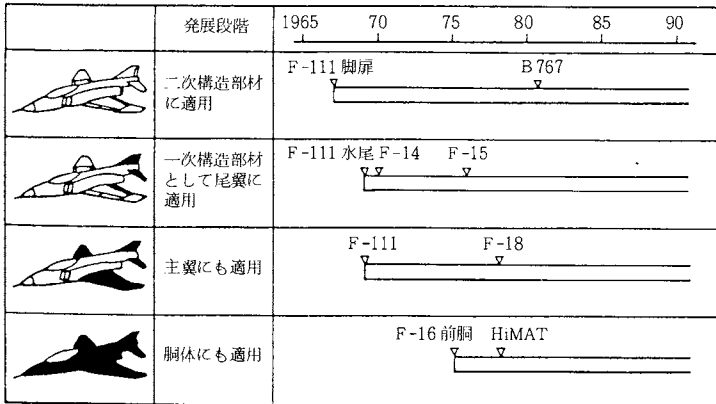
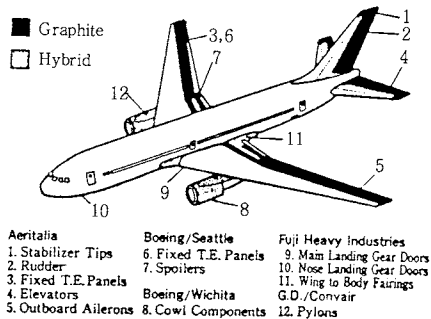
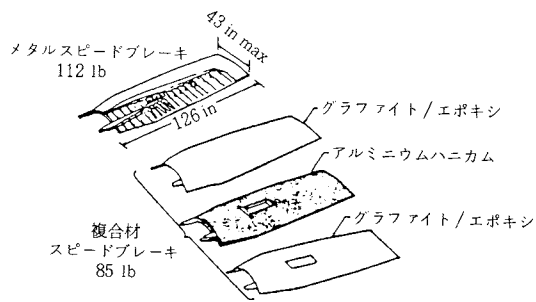


図1 複合材料の適用発展段階<sup>2)</sup>(米国内例)



B767 複合材料部品と製造会社



F-15用スピードブレーキ

図2 代表的複合材料部品<sup>2)</sup>

\* 三菱重工(株)名古屋航空機製作所

る温度・時間の成形条件の設定には、自由減衰振動のTBA、みかけ粘度変化測定のリオメータ、熱膨脹モードのTMA等の手法が用いられている。TBA・リオメータでは、ゲル化開始点をはじめとする硬化挙動を温度

/時間の要因に対し詳細に観測できる他、特にプリプレグ自身を試料としたTBAでは、 $G \cdot \lambda$ の変化をプリプレグ状態～硬化～温度分散連続的に追従できるため非常に効率的である。一方、硬化品を用いて評価するTMA

では、針入式併用モードで膨脹率変化点での $T_g$ 、針入点での熱変形温度等が把握され、成形条件の設定・妥当性の保証及び硬化品の使用温度範囲設定と比較的簡便な手法ながら、得られる情報は多い。この他、硬化品に対しては、熱分解開始温度・重量減少量をとらえるTGA、加熱分解時の吸発熱から熱履歴を推定できるDSCなども適用されている。

この様に、熱分析手法が航空機複合材料部品の材料選定・評価、工程開発・管理等に重要な役割を果しつつある。今後、さらに熱分析を有効に活用していくためには、複合材料の様な繊維と樹脂からなる複合系での標準試験法が試料調整法、詳細計測条件、データ整理法等迄含んで統一化され、この分野に携わる技術者(メーカ・ユーザー)が、共通の基盤で議論できるようになることが望まれる。

この様に、熱分析手法が航空機複合材料部品の材料選定・評価、工程開発・管理等に重要な役割を果しつつある。今後、さらに熱分析を有効に活用していくためには、複合材料の様な繊維と樹脂からなる複合系での標準試験法が試料調整法、詳細計測条件、データ整理法等迄含んで統一化され、この分野に携わる技術者(メーカ・ユーザー)が、共通の基盤で議論できるようになることが望まれる。

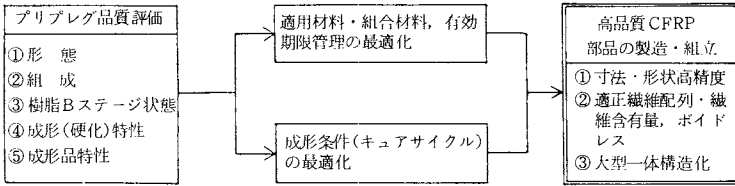


図3 複合材料部品製造上の材料・工程要因<sup>1)</sup>

表1 成形材料・成形品評価項目<sup>1)</sup>

樹脂Bステージ状態	
硬化度(重合度)	揮発分, エポキシ当量, 分子量・分布(IR, GPCなど) 硬化発熱挙動(DSC, DTAなど)
粘度特性	粘度・剛性変化/温度・時間(粘度計, TBAなど) レジフロー(フローテストなど)
成形特性	
作業性	粘着性, 形状保持性
有効期限	保管期限: 低温, 防湿管理 作業期限: 恒温恒湿, 清浄管理
成形品特性(標準成形品)	
出来ばえ	外観, 厚さ, 比重, 繊維含有量
機械的特性	引張(0/90), 圧縮(0/90), 層間せん断, 曲げ温度(-150~+200℃)
熱的特性	熱変形温度(ガラス転移温度), 熱膨脹率, 熱分解温度
耐環境特性	耐湿性 耐薬品性(ハイドロ油, 燃料など)

参考資料

- 1) 山口, 酒谷, 構造用炭素繊維エポキシプリプレグの品質評価, 第8回FRPシンポ, 1979.
- 2) 酒谷, 山口, 複合材料による航空機の軽量化, 日本複合材料学会誌, Vol.6, No.2, 1980.

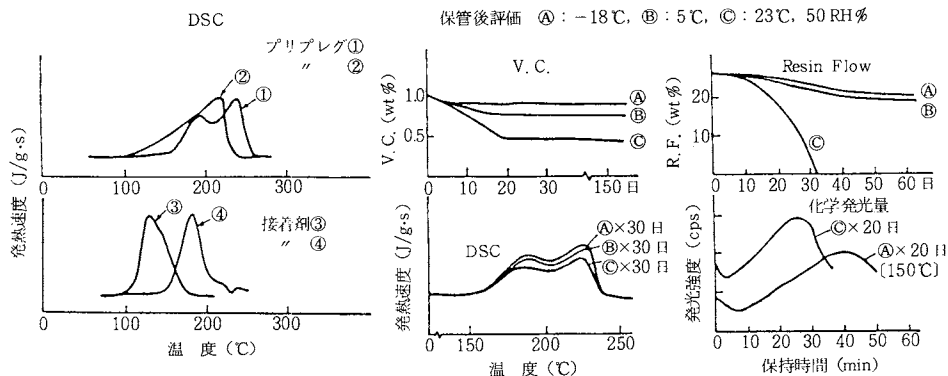


図4 成形素材の管理手法の一例<sup>2)</sup>