

## 先進複合材料の熱膨張に関する研究

日大生産工(院) ○鈴木 真央

日大生産工 邊 吾一 平林 明子

### 1. 緒 言

炭素繊維強化繊維プラスチック（CFRP）は、優れた比強度を発現することから軽量化のニーズが高い競技用スポーツ用品等に使われてきたが、信頼性の改善に伴い航空宇宙分野においても近年大量に使われるようになっていく。例えば、最新鋭のBoeing787型旅客機の場合では構造重量の50%を占めるまでになっており、開発中のエアバスA350型においてもCFRPの大量使用が想定されている。

しかし、CFRPは熱的特性が未だに十分に把握されていないため、エンジン周辺部や油圧配管部分の高温部位では比強度の劣る金属材料が使用され続けているのが現状である。そのため、CFRPの熱的特性を十分に把握してその知識や技術を蓄積することが出来れば、機体全体が一層軽量化できるのではないかと機体される。また、一方向材の繊維を使用したCFRPはゼロ膨張複合素材として使用されており、次世代地上望遠鏡（JEST）のセグメント鏡として開発が行われている。このセグメント鏡は、複数の鏡を圧着成形で繋ぎ合せ、1枚の大きな鏡とするが、CFRPの吸湿によりわずかな変形が起こるという問題が生じている。

そこで本研究では、超精密機器から航空機までより幅広い分野に適応するために、CFRPに関する熱膨張率の測定を行い、CFRPの架橋密度と吸湿性が熱膨張率に及ぼす影響について検討した結果を報告する。

### 2. 実験方法

#### 2.1 供試材

本研究では、CFRPのマトリックス樹脂として速硬化型エポキシ樹脂（ナガセケムテックス株式会社）を使用した。

強化繊維には、綾織カーボン繊維織物C06347B（東レ株式会社）を用いた。綾織カーボン繊維は、織り密度がたて12.5本/25mm・よこ12.5本/25mmの綾織クロスで目付け質量が198g/m<sup>2</sup>、厚さが0.220mmである。

#### 2.2 成形

CFRPの成形として、密閉された型内で成形、水分管理が可能で、比較的簡便な真空ポンプシステムにより樹脂の注入が可能なVaRTM法（Fig. 1）を採用し成形を行った。

VaRTM法では、成形を開始する前に、金型を所定の温度に加熱した後、金型内部を真空ポンプにより大気圧から-90kPa減圧を行った。次に、エポキシ樹脂の主剤は50℃に加熱し、粘度調整後、硬化剤と素早く混合し、金型内部へ注入を行った。

本研究では過去の研究により、成形最適温度が80℃であると報告されているため、金型温度は80℃に設定した。CFRPは板厚3mmで成形され、綾織カーボン繊維を計13枚積層し、繊維体積含有率（Vf）は平均42%となった。また、成型品はボイドやひけ等の外観不良は見受けられなかった（Fig. 2）。

---

Research related to Thermal Expansion  
on leading Fiber Reinforced Plastic

Mao SUZUKI, Goichi BEN and Akiko Hirabayashi

## 2.3 熱膨張率の測定

CFRPの熱膨張率の測定は、二重光路マイケルソン干渉法を利用したLIX-2 (アルバック理工株式会社) を使用して測定を行った。二重光路マイケルソン干渉法は、Fig. 3に示すように、レーザーを反射鏡で屈折させ、サンプル設置ミラーとサンプルの干渉縞を生成することにより変位を読み取り、熱膨張率へと変換する。測定に使用したサンプルは、成型品に対して横方向に12mmとし、測定装置の設置面にサンプルが点接触するように加工した。測定温度範囲は、常温より少し低い0℃から、多くの高分子材料が強度を喪失する170℃までに設定し、測定時の熱伝導性を向上させ、サンプルの酸化を防止するために高純度ヘリウム下で測定を行った。

## 3. 実験結果

### 3.1 熱膨張率の測定

CFRPの熱膨張率測定結果をFig. 4に示す。Fig. 4に示した通り速硬化型エポキシ樹脂を使用したCFRPの熱膨張率は $-2 \sim 5 \times 10^{-2} \%$ となった。また、120℃を超えたあたりからCFRPの熱膨張率は一度収縮を始め、再び膨張を始めた (Fig. 4)。これは、マトリックスであるエポキシ樹脂の未硬化部分が熱膨張率の測定を行っている間の温度上昇に伴い硬化し、再び膨張を始めたからであると考えられる。

## 4. 結言

FRPを幅広い分野に適應するために、速硬化型エポキシ樹脂をマトリックスとしたCFRPの熱的特性を把握するために、熱物性値のひとつである熱膨張率の測定を行い、CFRPの架橋密度と吸湿性が熱膨張率に及ぼす影響について検討した結果を報告する。

1) 速硬化型エポキシ樹脂をマトリックスとしたCFRPの熱膨張率は、 $-2 \sim 5 \times 10^{-2} \%$ となった。

2) CFRPにおける熱膨張率は、ある一定の温度域に達すると一度収縮を始め、その後再び膨張を始める。

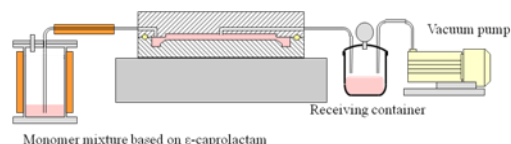


Fig.1 Schematic view of VaRTM for H RTP using in situ polymerization polyamide 6 as matrix.



(a)Face side. (b)Back side.  
Fig.2 Molding.

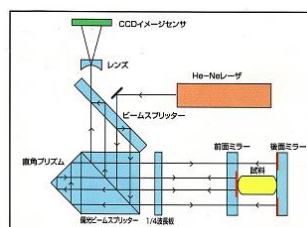


Fig.3 detailed drawing of Double optical path Michelson interferometry

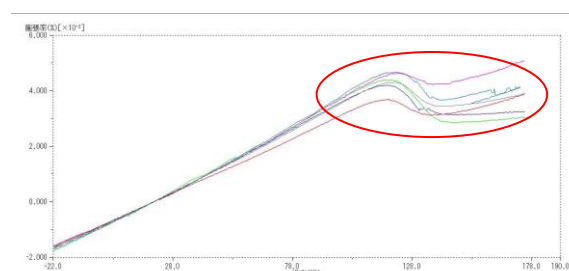


Fig.4 Thermal Expansion on CFRP

## 「参考文献」

- 1) A. Ankara, D. Weiserber, J. Vilsmeier, Materials Science and Technology, July 1986
- 2) Ogura Ichiro, DIC Technical Review No. 7
- 3) 日本熱物性学会編, 新編熱物性ハンドブック