

## 次世代輸送機器に向けた、軽量繊維強化熱可塑性プラスチックの製造

山田岳大\* 宮崎智詞\* 内藤理恵\*

### Manufacturing of Light Weigh Fiber Reinforced Thermoplastics for Next Generation Transportation Applications

YAMADA Takehiro\*, MIYAZAKI Tomonori\*,  
NAITO Rie\*

#### 抄録

次世代自動車向けの軽量部材として期待される繊維強化熱可塑性プラスチック(織布FRTP)では、比剛性と量産性の向上が求められている。本研究では、微細発泡射出成形を用いて織布FRTPシート(プリプレグ)と溶融した発泡樹脂を金型内で一体化し、比剛性を向上させた発泡コア/織布FRTP成形品の量産技術の確立を目標としている。本年度において、量産について検討した。その結果、発泡樹脂を充填後、キャビティを広げるコアバック法によって、1層の炭素繊維プリプレグが表面に貼りつけられた発泡コア/織布FRTP成形品(炭素繊維添加量:12wt%,発泡倍率:1.8倍)を1分以内で成形できることを確認した。この発泡コア/織布FRTP成形品の曲げ弾性率は繊維強化されていない通常成形品(発泡無)の約4.5倍となることが分かった。

キーワード：超臨界窒素，微細発泡，PC，インサート成形

#### 1 はじめに

温暖化問題に対応した普通乗用車づくりや航続距離の向上<sup>1)</sup>を目指した次世代自動車では、車重の大幅な軽量化が求められる<sup>2)</sup>。これら部材として、軽量かつ高剛性を併せ持つ炭素繊維強化プラスチックが注目されている。特に量産車においては、リサイクル性や生産性、剛性が高い繊維強化熱可塑性プラスチック(織布FRTP)が期待されている<sup>3)</sup>。

普通乗用車において織布FRTPを利用するには、材料コストの抑制と生産性の向上が求められている。また織布FRTP部品の更なる軽量化が求められる。

3次元形状の織布FRTP部品の量産方法として、織布FRTPシート(プリプレグ)を用いたハ

イブリッド成形がある。この成形では、射出成形と圧縮成形を組み合わせ、金型内でプリプレグと溶融樹脂を一体化させる<sup>4)</sup>。

3次元形状の樹脂部品をさらに軽量化させる手法として微細発泡射出成形が挙げられる<sup>5)</sup>。残渣が生じない、窒素や二酸化炭素などの物理発泡剤により、リサイクル性の優れた軽量微細発泡射出成形品が得られる。成形品の厚さと発泡倍率を最適化することにより、成形品の比曲げ剛性が向上する<sup>6)</sup>。

本研究では、微細発泡射出成形を用いてプリプレグと溶融した発泡樹脂を金型内で一体化させることにより比剛性を向上させる技術を提案した。

本報告では、微細発泡射出成形による発泡コア/織布FRTP成形品創成の第一歩として、表層にCFプリプレグを貼り合わせた発泡コア/織布FRTP成形品の量産の実現性を検討する。得られ

\* 技術支援室 機械技術担当

たサンドイッチ発泡構造体の3次元観察により、発泡コア/織布 FRTP の樹脂と繊維境界領域における密着状況などを明らかにする。また、発泡コア/織布 FRTP 成形品の曲げ弾性率の特性を明らかにする。

## 2 実験方法

### 2.1. 実験装置

使用した微細発泡射出成形機は J85ELIII-110H-Mucell 型(株日本製鋼所)である。図1にキャビティ形状と得られた成形品の観察領域を示す。

### 2.2. 材料

成形用の樹脂としてポリカーボネート(PC)(コーピロン ML-400R, 三菱エンジニアリングプラスチックス(株))を使用した。PC のガラス転移点( $T_g$ )は 141℃、メルトボリュームレート(MVR)は  $31\text{cm}^3/10\text{min}$  である。熱風循環乾燥機(TG112F, 谷藤機械工業(株))により、成形前に樹脂を 120℃で4時間予備乾燥させた。物理発泡剤として窒素を使用した。織布繊維強化材には炭素繊維(CF)プリプレグ(PCA-3KP1 (CF 積層:1層), 一村産業(株))

を使用した。JISK7075 (繊維質量含有率測定)による測定結果から、炭素繊維比率は70%であった。成形直前に定温乾燥器(FS-420, アドバンテック東洋(株))を用いて、CFプリプレグを147℃で8時間乾燥した。

### 2.3. 成形方法

図2に成形方法の概略を示す。固定側と可動側のキャビティ面にあらかじめ配置した CF プリプレグに発泡剤を含浸させた PC を充填する。充填後、圧力保持操作により充填した PC と CF プリプレグを一体化させて、表面の CF プリプレグで微細発泡射出成形品を挟んだ発泡コア/織布 FRTP 成形品を作製した。金型に樹脂を充填した後にキャビティを拡大させるコアバック法によって、発泡倍率を調整した。

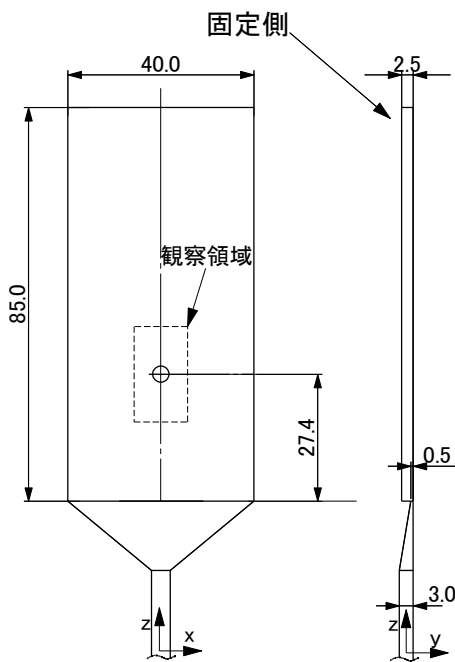


図1 キャビティ形状

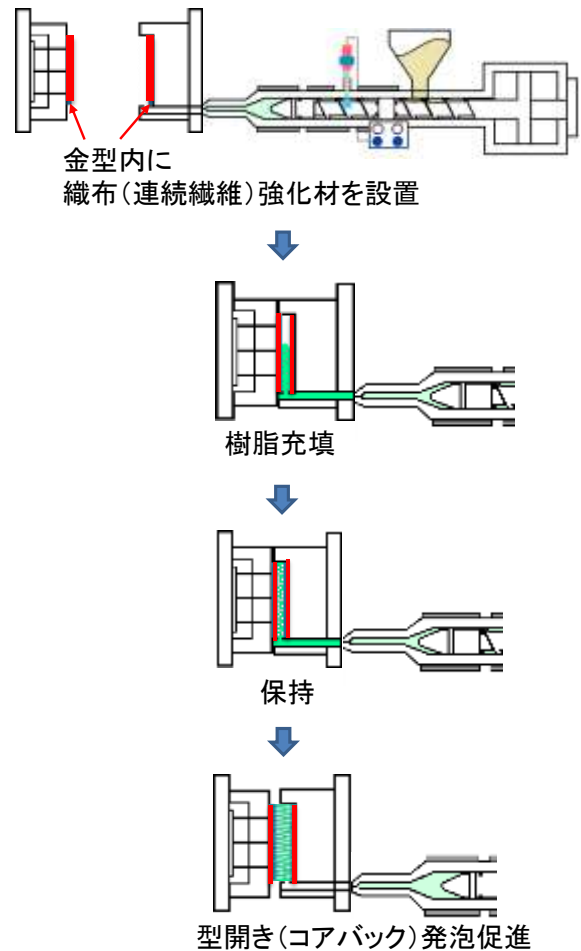


図2 成形方法の概略図

表1 成形条件

微細発泡射出成形 / 通常成形	
成形温度 (°C)	300(N)-290-290-290-290-280-270(H)
金型温度 (°C)	85
射出容量 (cm <sup>3</sup> )	20.7
射出率 (cm <sup>3</sup> /s)	40.2
保圧 (MPa)	50
保圧時間 (s)	2
背圧 (MPa)	15
冷却時間 (s)	60 / 30
窒素添加量 (wt%)	0.2 / 0
コアバック量 (mm)	1.5 / -
コアバック速度 (mm/s)	1 / -

成形条件を表1に示す。比較として発泡剤を添加しない通常成形を成形した。

### 2.4. 評価方法

X線CT三次元測定機 METROTOM800(カルツァイス株)を用いて成形品の構造を観察した。万能材料試験機 AG-100kN (株島津製作所)を用いて、支点間距離を70mmとし、ストローク速度を5mm/minの条件で3点曲げ試験を行い、成形品の曲げ弾性率を測定した。

## 3 結果及び考察

作製した発泡コア/織布FRTP成形品の外観図を図3に示す。1分以内の成形サイクルで成形できた。コアバック量の調整によって、この成形品の発泡倍率は1.8倍となっている。微細発泡射出成形品の表面に形成されるシルバーストリークやスワールマーク(外観不良)が、表面のCFプリプレグによって、成形品最表面に形成されず、外観が向上した。

図4に、X線CT三次元測定機により撮像した発泡コア/織布FRTP成形品の断面画像を示す。比較として、発泡していない通常成形品コア/織布FRTP成形品の画像を図5に示す。図4では、発泡層を挟んでいる無発泡層の表面にCFプリプレグ層(CF層)が貼りつけられた5層構造であることが確認できる。発泡層とCF層の間に無発泡層が形成されることにより、CF層の貼り付け面に気泡が多数形成されずに、微細発泡射出成形品にCF層が強固に貼りついたものとする。

図5における通常成形によって得られた通常成形品コア/織布FRTP成形品のCF層と樹脂層の境界

領域では、ボイドが形成されずに、射出されたPCと繊維が密着している様子が観察された。一方、発泡コア/織布FRTP成形品のCF層と無発泡層の境界では、直径が約200 $\mu$ m、厚さが15 $\mu$ mのボイドが繊維の織り目に沿って分布し、一部無発泡層とCF層が密着していない部分が観察された。発泡成形では、充填過程でメルトフロントから多

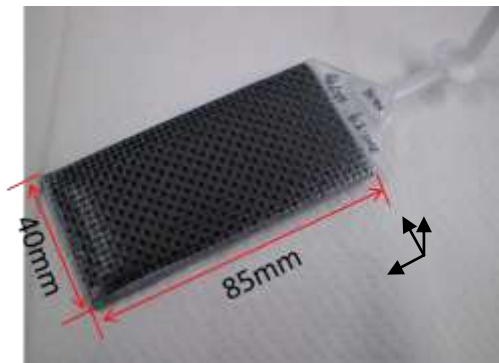


図3 発泡コア織布FRTP成形品の外観図

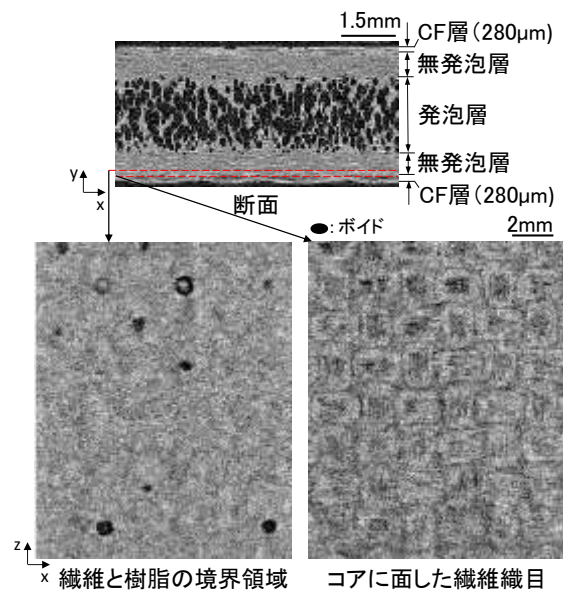


図4 微細発泡射出成形による  
サンドイッチ発泡構造体のX線CT画

量のガスが排出され、コアに面した繊維の織目に滞留することが予想された。このガスが、コアバックした時に気泡となって成長し、ボイドが形成されたものと推察した。微細発泡射出成形による発泡コア/織布FRTP成形品の作製では、繊維と樹脂の密着性を高める課題が挙げられた。

図6に通常成形品と発泡倍率が1.6倍の微細発泡射出成形品、発泡倍率が1.8倍の発泡コア/織布FRTP成形品の曲げ弾性率を示す。発泡コア/織布FRTP成形品における炭素繊維強化材の添加量は12wt%である。通常成形品と比較して、微細発泡射出成形品の曲げ弾性率は若干低下する。発泡コア/織布FRTP成形品の曲げ弾性率は、通常成形品と比較して約4.5倍、微細発泡射出成形品と比較して約5.5倍向上することを確認した。

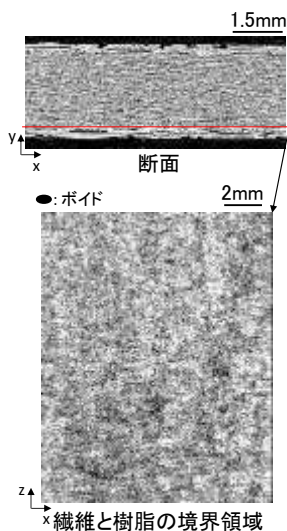


図5 通常射出成形による  
サンドイッチ構造体のX線CT画像

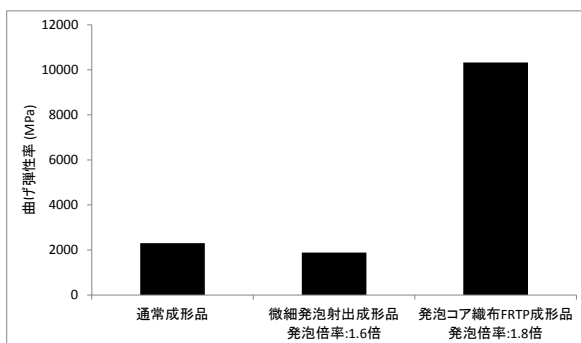


図6 曲げ弾性率の比較

#### 4 まとめ

- 1) 微細発泡射出成形機におけるコアバック成形を利用して、CFプリプレグと溶融した発泡樹脂を型内で一体化し、発泡コア/織布FRTP成形品を1分以内で成形できることを確認した。
- 2) 構造観察から、無発泡層が接着層となってプリプレグと発泡コア層が一体化していることを確認した。無発泡層とプリプレグの境界領域の詳細な3次元構造観察から、通常の射出成形を利用した貼り付け成形では見られない、繊維の織り目に沿って点在する直径が100 $\mu$ mのボイドが確認された。
- 3) 曲げ弾性率の測定結果から、1層のCFプリプレグを微細発泡射出成形品の両表面に張り付けた発泡コア/織布FRTP成形品（炭素繊維添加量:12wt%,発泡倍率:1.8倍）の曲げ弾性率は、通常成形品(発泡無)の約4.5倍、微細発泡射出成形品(発泡倍率:1.6倍)の約5.5倍となることを確認した。

#### 参考文献

- 1) 仁杉圭延: 次世代自動車産業をめぐる動き, 中経連, (2013) 10
- 2) 経済産業省産業技術環境局: 研究開発課革新的新構造材料等技術開発説明資料, (2014)
- 3) 上浦正義: 東レの炭素繊維複合材料事業の事業戦略, 第3回IT-2010戦略セミナー(炭素繊維複合材料) 説明資料, (2008)
- 4) 大石正樹 et al: ハイブリッド成形における加熱条件が成形品の力学的特性に及ぼす影響, 成形加工'15, (2015) 321
- 5) 山田岳大 et al: 超臨界流体を用いた微細発泡射出成形における Cell 成長挙動に関する研究, 埼玉県産業技術総合センター研究報告, 7, (2009) 87
- 6) Ogawa, J., et al., "Development of Door Module Carrier Using Foam Molding Technology", Mazda Technical Review, 27, (2009) 21