

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 (2)

山田岳大*** 宮崎智詞* 内藤理恵*

Manufacturing of Light Weigh Fiber Reinforced Thermoplastics for Next Generation Transportation Applications (2)

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

抄録

次世代輸送機器に用いる軽量高剛性部材として、発泡コアに熱可塑性プラスチック含浸炭素繊維シート（プリプレグ）を貼り合わせたサンドイッチ複合体が注目されている。本研究では、微細発泡射出成形によりプリプレグと発泡樹脂を金型内で一体化し、低コストでサンドイッチ複合体を製造する技術の確立を目標とした。本年度は、矩形単純形状のキャビティを用いて発泡コアサンドイッチ複合体の成形条件を検討し、プリプレグと発泡樹脂の境界における密着性とボイド生成について調査した。その結果、保圧条件とガス量の最適化によりボイド低減が可能なことが示された。

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

地球温暖化対策としての自動車の低燃費化や次世代自動車の航続距離向上のためには、車重の大幅な軽量化が求められる¹⁾。この要望に対応する部材として、軽量と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、特に量産車においては、リサイクル性や生産性に優れた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²⁾。しかし、高価な炭素繊維を量産車で利用するためには、材料コストの大幅な低減が求められる。強度とコストの問題を解決する複合材料として軽量材を高強度な薄板で挟んだ発泡コアサンドイッチ構造が検討され、近年では炭素織布 FRTPシート（プリプレグ）を発泡プラスチックの表面に張り合わせた発泡コアサンドイッチ複合体が軽量化部品として適用されつつある³⁾。

しかし、発泡コアサンドイッチ複合体の作製では、貼りつけ作業が必要となるため、製造に数十

分から数時間を要する。この製造時間を短縮できれば、FRTP 発泡コアサンドイッチ複合体の実用化促進が期待できる。

本研究では、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発泡成形品を得られる微細発泡射出成形を用いて、プリプレグと発泡樹脂を金型内で一体化させ、発泡コアサンドイッチ複合体を迅速に成形できる技術を検討した。昨年度までに、発泡コアサンドイッチ複合体を1分以内に成形できることを確認したが、図1に示すとおり、プリプレグ（CF層）と発泡コアとの境界にボイドが生じ、密着性が低下する問題が生じた⁴⁾。

そこで本研究では、各成形条件にて矩形単純形状の発泡コアサンドイッチ複合体を作製し、ボイドの形成状況を明らかにするとともに、ボイドの削減とCF層と発泡コアの境界面の密着性向上について検討した。

*** 現 埼玉県計量検定所

* 技術支援室 機械技術担当

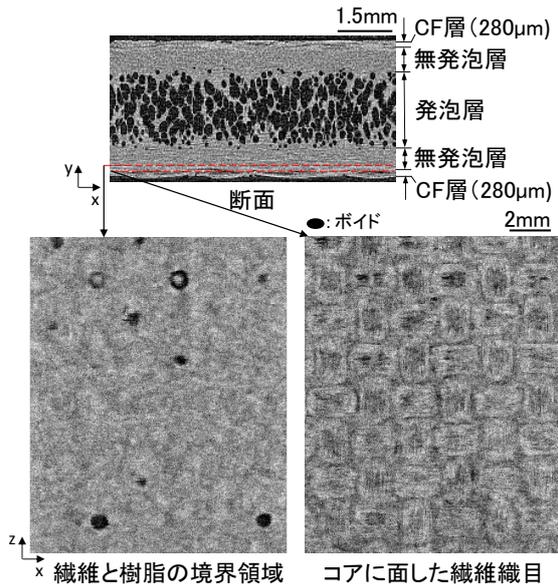


図1 発泡コアサンドイッチ複合体の X線CT画像⁴⁾

2 実験方法

2.1 実験装置

微細発泡射出成形機 (J85EL III -110H-Mucell 型、(株)日本製鋼所) を用いて成形試験を行った。図2にキャビティ形状と得られた成形品の観察領域を示す。P部に圧力センサ Type9221 (日本キスラー(株)) を配置し、樹脂圧力を測定した。

2.2 材料

成形用の樹脂としてポリカーボネート(PC)(ユーピロン 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°C、メルトボリュームレート(MVR)は 31cm³/10min である。樹脂は熱風循環乾燥機(TG112F, 谷藤機械工業(株))を用いて 120°C、4時間乾燥させた後、成形試験を行った。物理発泡剤として窒素を使用した。織布繊維強化材には CF 単層、厚さ:300μm の炭素繊維(CF)プリプレグ(PC-A-3KP1, 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。CFプリプレグは、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 120°Cで4時間乾燥した。

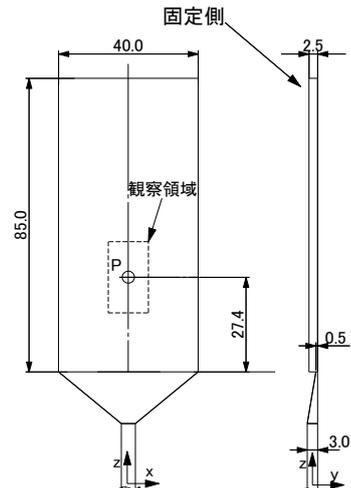


図2 キャビティ形状

表1 成形条件

	微細発泡射出成形
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 ³)	20.7
射出率 (cm ³ /s)	40.2
保圧 (MPa)	0 / 10 / 30 / 70 / 90
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 / 0.3 / 0.4 / 0.5
コアバック量 (mm)	1.5
コアバック速度 (mm/s)	1

2.3 成形方法

図3に成形方法の概略を示す。あらかじめ固定側と可動側のキャビティ面に配置した 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金型内で発泡した 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サンドイッチ複合体を作製した。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。

成形条件を表1に示す。保持における圧力(保圧)と発泡剤として添加する窒素の量を変化させて成形した。窒素の量は安定して成形できる 0.5wt%以下の範囲で条件を操作した。

2.4 評価方法

X線CT三次元測定機 METROTOM800(カールツァイス(株))を用いて成形品の構造を観察した。3次元画像処理ソフト VG Studio Max2.2 (ボリュームグラフィックス(株))を用いて、断面の表示やボイド体積、境界領域におけるボイドが占める体積の割合(空隙率)を算出した。

3 結果及び考察

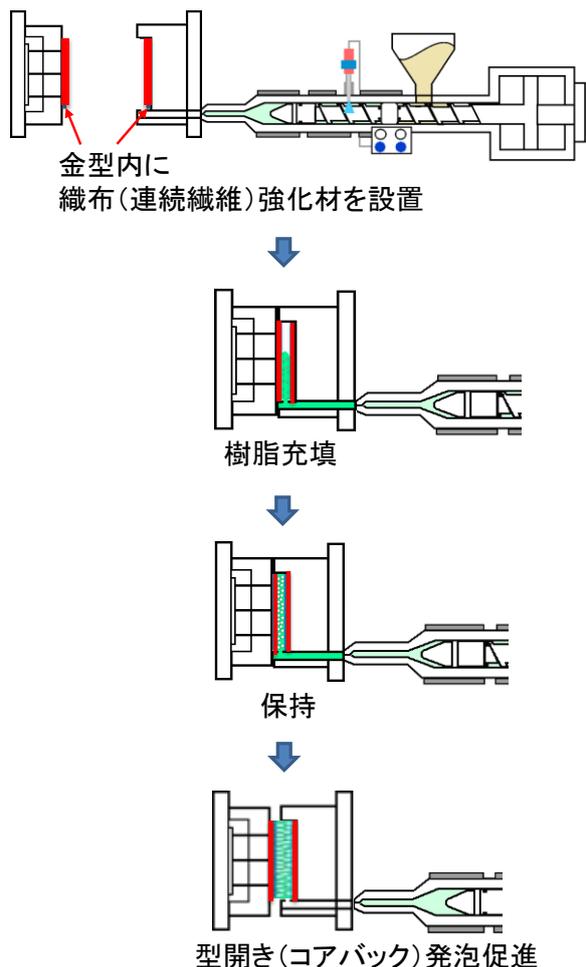


図3 成形方法の概略図

図4に各保圧条件で得られた成形品内のCF層と発泡コアの境界面(固定側)を示す。図5に保圧条件と、境界領域におけるボイドが占める体積の割合(空隙率)の関係を示す。キャビティ内の樹脂圧力測定結果から、保圧の上昇に伴い、キャビティ内の樹脂圧力が増加した。保圧が低い場合、繊維の折り目に沿って多数のボイドが形成された。保圧が増加するとともにボイドの数が減少し、形成されるボイド体積も減少した。保圧が70MPaで大きなボイドが消失した。しかし、保圧を90MPaまで上昇させるとボイドが形成された。図6に窒素添加量の変化における発泡コアとCF層の境界領域の断面図を示す。また、図7に無発泡層とCF層の境界領域における空隙率と窒素添加量の関係を示す。窒素添加量が増加すると、CF層と無発泡層の境界領域におけるボイド数が減少し、無発泡層とCF層の境界領域に形成される空隙率が低下した。異種材の境界領域では、気泡の成長が促進されることが報告された⁵⁾。充填工程で熔融樹脂先端から放出された一部のガスがCF層と熔融樹脂の境界領域に留まる。コアバック時にCF層と発泡コアの境界領域で、この滞留ガスが起点となってボイドが形成されたものと推察した。保圧の低下は充填・保圧中に滞留したガスを残存させる。さらに、ガス量の低下と90MPaといった過剰な保圧

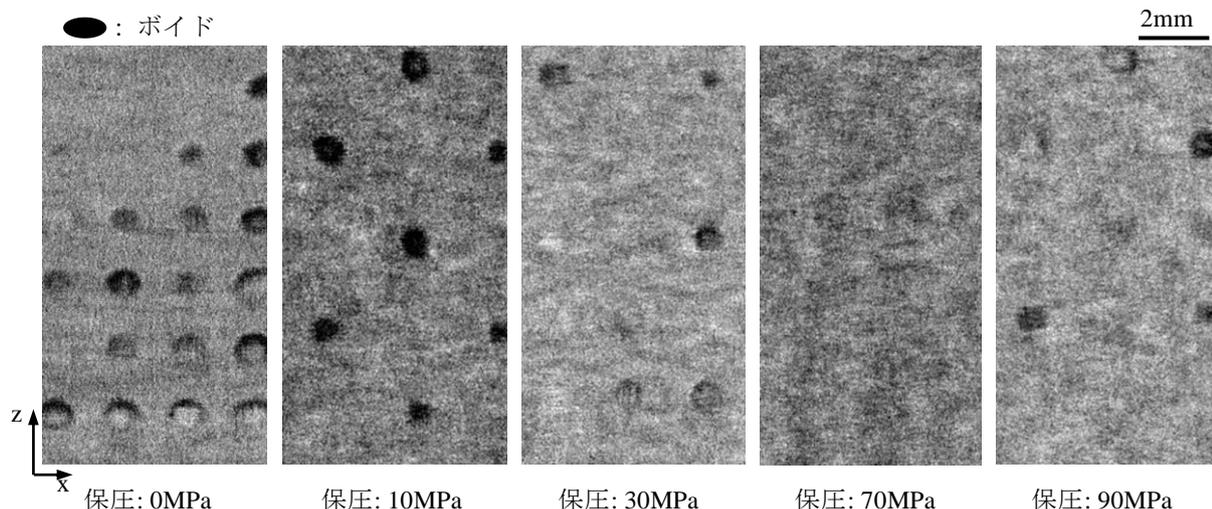


図4 各保圧条件におけるCF層と発泡コアの境界領域面図(固定側)

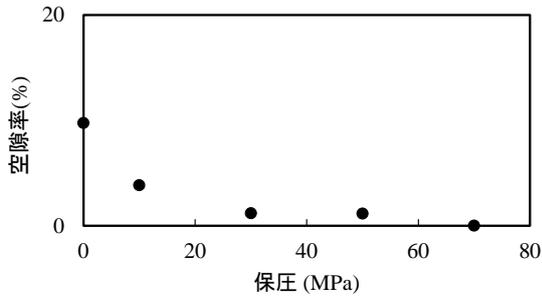


図5 CF層と発泡コアの境界領域の空隙率と保圧の関係

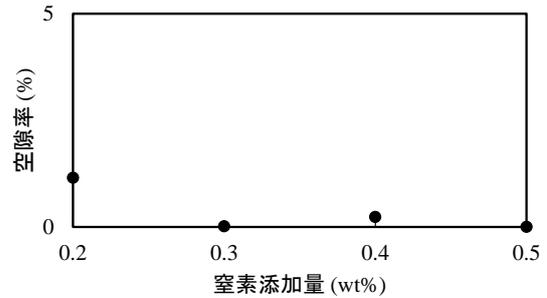


図7 CF層と発泡コアの境界領域の空隙率と窒素添加量の関係

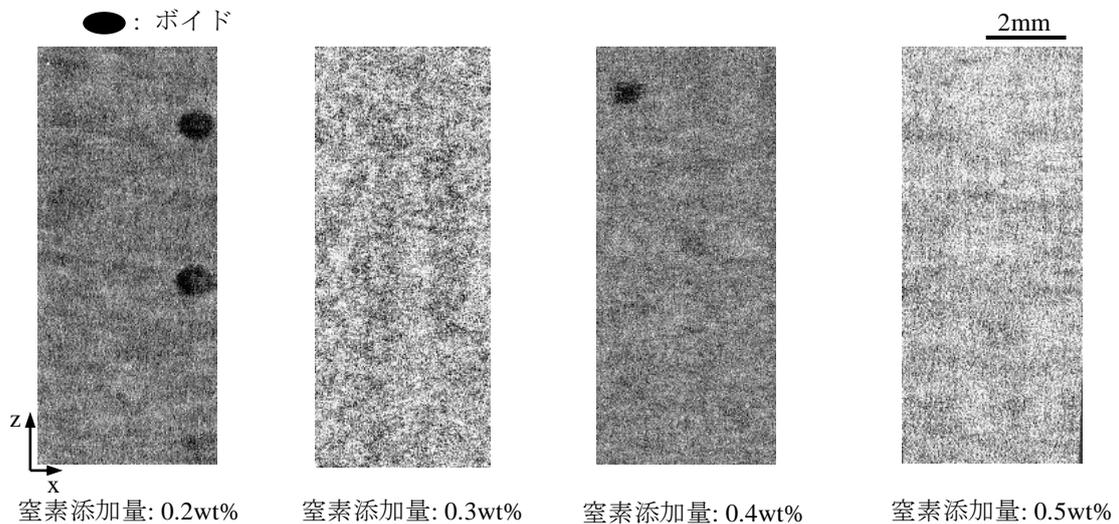


図6 各窒素ガス添加条件におけるCF層と発泡コアの境界領域面図 (固定側)

によりコア領域の発泡性が低下し、コアバック時における発泡樹脂とCF層の密着性を低下させる。このガスの残存とコアバック時の密着性の低下がCF層と無発泡層の境界におけるボイドの成長を促進したものと推察した。以上から発泡性を抑制させずに、高いキャビティ圧力を維持できる保圧制御と、適正に成形できる程度の発泡剤の添加量の増加が発泡コア境界領域の密着性を向上させるものと考えた。今回の実験における最適な保圧条件は70MPa、最適な窒素ガス添加量は0.3-0.5wt%となった。

4 まとめ

各種成形条件において、発泡コアサンドイッチ複合体における無発泡層に発泡層が挟まれた発泡コアとその表面に貼りつけられた炭素繊維含浸シート (CFプリプレグ) の境界領域に形成されるボイド分布状態を調査した。

- 1) 保圧を上昇させることにより、この境界領域において形成されるボイドの量と体積が減少した。
- 2) ガス量を増加させることにより、この境界領域に形成されるボイドの量と体積が減少した。

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) 人見一迅：炭素繊維の技術開発 CFRP複合発泡成形体の開発、JETI, **62**, 13(2014)73
- 4) 山田岳大 et al：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、埼玉県産業技術総合センター研究報告, **14**, (2016)
- 5) Sharudin, R. W. B. et al：PP/PS/PMMA3成分系ポリマーブレンドの発泡—モルフォロジーとセル構造、成形加工 (年次大会), **20**, (2009)85