

平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「炭素繊維複合材料を用いた軽量化部材製品に適した高速複合プレス成形技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成24年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社 チャレンジ

目次

第1章	研究開発の概要	3
1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	
1-2	研究体制	
1-3	成果概要	
1-4	当該研究開発の連絡窓口	
第2章	本論-1 「炭素繊維複合材料に適した金型設計技術の確立」	8
2-1	基本金型設計技術の確立	
2-2	成形品形状から金型設計にフィードバック	
2-3	複合金型設計技術の開発	
2-4	プレス機導入の検討	
第3章	本論-2 「高速プリフォーム技術の開発」	9
3-1	プリフォームの為のパターン設計及び賦形性解析	
3-2	プリフォーム型技術のブラシュアップ	
3-3	高速化の為のプリフォーム工程の見直し	
3-4	自動プリフォーム装置の開発	
第4章	本論-3 「炭素繊維複合材料に適した高速プレス成形技術の確立」	12
4-1	プレス成形条件が製品性能に及ぼす影響の把握	
4-2	プリフォーム成形条件が製品特性の及ぼす影響の把握	
第5章	本論-4 「炭素繊維複合材料の選定」	13
5-1	高速プレス成形用炭素繊維複合材料の特性把握	
5-2	設計指針確立の為のモデル複合プレス成形品の特性把握	
第6章	本論-5 「炭素繊維複合材料に適した複合プレス成形技術の開発」	20
6-1	複合化による工程の簡素化	
6-2	異種材料のインサート成形	
6-3	意匠性を高めた複合	
6-4	軽量コア材の同時成形	
第7章	本論-6 「プレス成形品及び製品の評価」	23
7-1	炭素繊維複合材料製品の評価	
第8章	全体総括	27

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

オートクレーブ（AC）成形加工法で炭素繊維複合材料を使用した、量産の製品を製作することはできるが、顧客メーカーからの要望である、低コスト、量産性、について希望どおりにはならず、今まで見送り又は凍結、中止というケースが多かった。耐熱、強度・剛性は他の成形品に比べようが無いほど良いがコストが合わない、量産性が悪い、二次加工に時間が掛かる等の顧客ニーズを解決する為に、この研究開発を実施し、AC成形加工と同じ強度剛性を保持して低コスト、量産性、更なる軽量化を向上させ製品の安定供給できることを目的とする。

研究の目標として、4時間の成形サイクルがかかるAC成形加工に替えて、新たな炭素繊維複合材料を用いた軽量化部材製造に適した高速プレス成形加工の成形サイクルを10分以下の目標値とする。

最終目標として、二次加工の工程を省略できる型設計から成形加工を確立し、高速成形技術の構築、ハイサイクル加工で50%のコストダウン、複合化による40%軽量化を目指す。又、この新工法は業界に広く公表し、標準化して提供することが必要である。

本研究開発では、単一素材では得られない高強度・高弾性を確保し、軽量化を可能とした炭素繊維複合材料に適した、金型設計及び高速プレス成形技術の確立、高速プリフォーム技術の開発、炭素繊維複合材料の選定、プレス成形品及び製品の評価を行う。

金型設計及び高速プレス成形技術の確立は、金型クリアランス等のプレス金型に必要な設計指標や成形条件、装置特性等の高速プレス成形におけるパラメーターを把握する為に、複数パターンを試作金型で成形した形状を非接触三次元測定器で計測し、設計データとの違いを確認することで最適な型設計の検証や、製品の性能に与える影響を把握する。

高速プリフォーム技術の開発は、複合材料エンジニアリング用ソフトウェアを導入し、賦形性を考慮したパターン設計や賦形時にシワの混入しやすい箇所の特定をする賦形性解析を行い、プリフォーム設計技術の蓄積を図り、プリフォーム工程や脱気工程等のプリフォームに関する一連の技術を見直して、プリフォーム型技術のブラッシュアップを実施する。

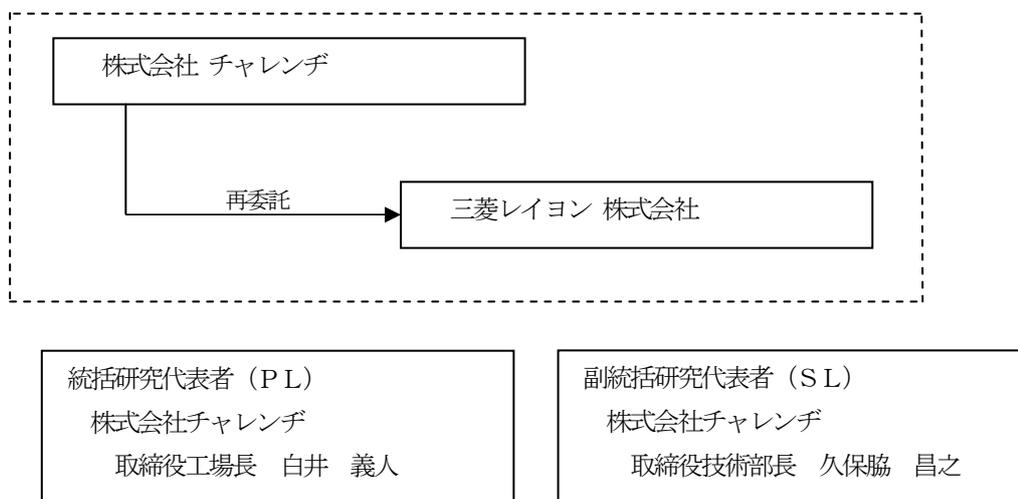
炭素繊維複合材料の選定は、プレス成形可能な炭素繊維複合材料を評価し、機械物性、成形性、耐熱性等の成形材料固有の特性を明確にしてデータベースを構築する。

プレス成形品及び製品の評価は、成形品の材料特性や機械的特性の把握や表面品質と反り、ショート、剥離等の製品不具合の洗い出しと、各開発項目へのフィードバックを実施する。

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織及び管理体制

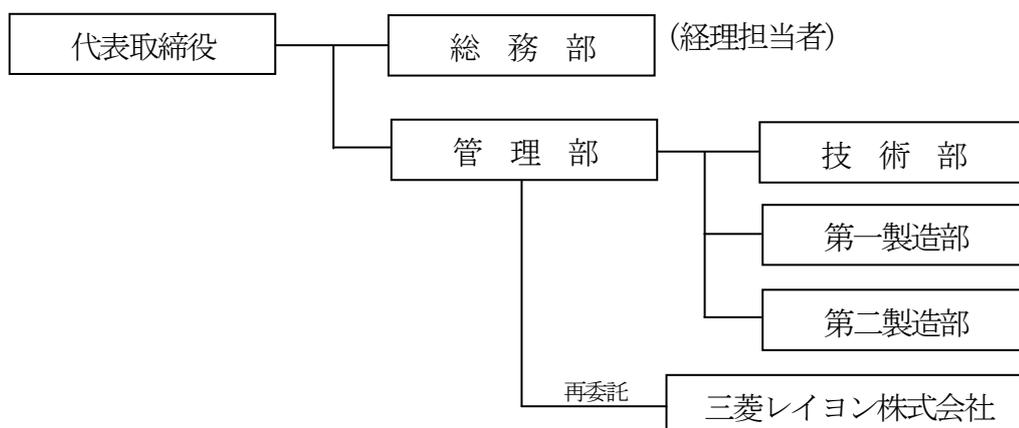
(1) 研究組織 (全体)



(2) 管理体制

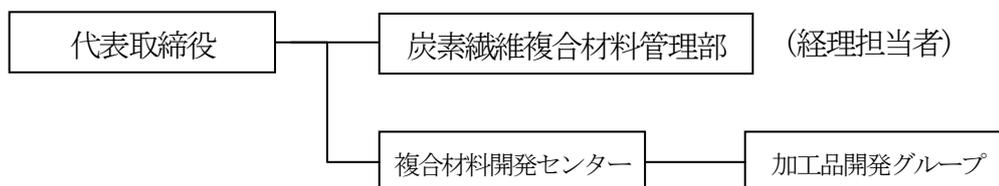
① 事業管理者

[株式会社チャレンジ] (業務管理者: 中村 敬佳)



② 再委託先

[三菱レイヨン株式会社] (業務管理者: 加工品開発GL)



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】株式会社チャレンジ

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
赤石 武郎	総務部	⑦

② 研究員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
白井 義人	管理部・取締役工場長	①②③④⑤⑥
久保脇 昌之	技術部・取締役技術部長	①②③④⑤⑥
岩瀬 幸二	第一製造部・部長	②⑥
船生 泰弘	第二製造部・部長	③④⑤⑥
中村 博実	管理部・グループリーダー	⑥
高橋 良明	第一製造部・グループリーダー	②
原田 啓介	第一製造部・グループリーダー	③④⑤
金澤 嘉範	第二製造部・グループリーダー	③④⑤
山崎 洋介	技術部・グループリーダー	①②③④⑤⑥
土山 友輔	技術部	①②③④⑤⑥

【再委託先】

(研究員)

三菱レイヨン株式会社

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
風早 祐二	加工品開発グループ・副主任研究員	②③④⑤⑥
柿本 佳秀	加工品開発グループ・副主任研究員	②③④⑤⑥

- ① 炭素繊維複合材料に適した金型設計技術の確立
- ② 高速プリフォーム技術の開発
- ③ 炭素繊維複合材料に適した高速プレス成形技術の確立
- ④ 炭素繊維複合材料の選定
- ⑤ 炭素繊維複合材料に適した複合プレス成形技術の開発
- ⑥ プレス成形品及び製品の評価
- ⑦ プロジェクトの管理・運営

(3) 経理担当社及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

株式会社チャレンジ

(経理担当者) 総務部 町田 日記

(業務管理者) 社長 中村 敬佳

(再委託先)

三菱レイヨン株式会社

(経理担当者) 炭素繊維複合材料管理部 課長 鈴木 康彦

(業務管理者) 複合材料開発センター GL 高野 恒男

(4) 他からの指導・協力者
開発推進委員会 委員

氏名	所属・役職	備考
白井 義人	株式会社チャレンジ・取締役工場長	委 PL
久保脇 昌之	株式会社チャレンジ・取締役技術部長	委 SL
風早 祐二	三菱レイヨン株式会社・副主任研究員	
柿本 佳秀	三菱レイヨン株式会社・副主任研究員	
水野 和敏	日産自動車株式会社・車両開発主管	アドバイザー
小坂 浩二	トヨタテクノクラフト株式会社・第二技術部 技術管理室 室長	アドバイザー
河西 悟	長瀬産業株式会社・自動車材料事業部	アドバイザー
藤井 悟	カセムデックス株式会社・研究開発本部長	アドバイザー

1-3 成果概要

本研究開発の目標であったオートクレーブ成形と変わらない製品が成形サイクル10分以下の目標値が達成でき、価格・軽量化に対しても目標値の50%コストダウン、40%の軽量化を達成できた。

1-3-1 「炭素繊維複合材料に適した金型設計技術の確立」

平成22年度にて必要な開発は終了したが、昨年まで開発した金型設計技術を基に、金型の形状や構造の最適化及び成形品からのフィードバックできた。

年まで開発した金型設計技術を基に、今年度はその他の課題研究に必要な金型を製作した。

1-3-2 「高速プリフォーム技術の開発」

プリフォーム工程や脱気工程等のプリフォームに関する一連の技術を見直して、プリフォーム型技術のブラッシュアップを実施し、自動化の目処がついた。

1-3-3 「炭素繊維複合材料に適した高速プレス成形技術の確立」

成形条件、装置特性等の高速プレス成形におけるパラメーターを把握した。

1-3-4 「炭素繊維複合材料の選定」

炭素繊維複合材に適した複合プレス成形技術の開発、プレス成形品及び製品の評価を行った。

1-3-5 「炭素繊維複合材料に適した複合プレス成形技術の開発」

異種材料を同時成形し一工程でインサート成形する技術の開発と、表層に織物炭素繊維複合材を投入し、表面外観クラスAを目標に異種材との組合せやコア材を使用した軽量部品の開発を実施し、更なる歩留まり向上と、意匠性の向上を図った。

1-3-6 「プレス成形品及び製品の評価」

成形品の材料・機械的特性の把握や表面品質と反り、ショート、剥離等の製品不具合の洗い出しと、各開発項目へのフィードバックを実施できた。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

株式会社 チャレンジ

技術部：久保脇 昌之

〒350-1325 埼玉県狭山市根岸 679-1 (株)チャレンジ テクノロジーセンター内

TEL 04-2900-2111

FAX 04-2954-0303

E-mail:kubowaki@vollstrom.co.jp

専門用語の解説

専門用語	用語の解説
オートクレーブ (AC)成形加工	Autoclave 成形加工の略 (圧力釜)。缶内部に真空バッグした型を入れ、真空を保持した状態で、缶内を加熱、加圧、冷却、減圧を決められたプログラムで自動稼動しバッグ内の製品を硬化させる成形方法。 真空バッグとは密閉されたフィルムでシールされた積層品を真空にされたものをいう。
プリフォーム	複合材料のプレス成形において、成形前にあらかじめ成形材料を成形用型内に配置する状態に 積層しておき、この積層物を成形型内で加熱加圧して硬化させる方法で、積層物を作る工程のことを意味する。また、積層物をプリフォームと呼ぶ。
インサート成形	金属部品または、その他の材質の部品を埋め込む射出成形方法。成形部品に金属のボスやネジを埋め込んだりするインサート成形では、樹脂と金属部品との間にクラックが、発生しやすいので、樹脂の肉厚、金属の材質等を検討する必要があるといわれる。
シアーエッジ構造	成形用金型のパーティングライン形状の一種。型勘合時の上型と下型のかみ合い部で 0.05~0.10 程度のクリアランスを設けている。キャビティー内のエアは排出するが、材料のモレは最小限になるように設計される。磨耗を防ぐため、焼入れされる場合もある。
炭素繊維複合材料	炭素繊維織物等にエポキシ樹脂と硬化剤が含浸されており、熱をかけることによって硬化する材料。
ボイド	積層された物が、型の表面に密着していないまま成形されてしまうと、そこに空洞ができたまま固まってしまう。その空洞を指す。
キャビ型	製品の外側を成型する為の金型をキャビ型という。
コア型	製品の内側を成型する為の金型をコア型という。
プリプレグ	炭素繊維織物等にエポキシ樹脂と硬化剤が含浸させてあり、熱をかけることによって硬化する薄いシート状の材料。
CF-PCM	Carbon Fiber-Prepreg Compression Molding の略。長繊維織物プリプレグのプレス成形加工法。
CF-SMC	Carbon Fiber-Sheet Molding Compound の略。1 インチの炭素繊維が不連続に配置されたシート状の材料。
エイジング	PCM材料に熱をかけ半硬化を進めることで意匠面の繊維が動きづらくする方法。

第2章 本論－1 「炭素繊維複合材料に適した金型設計技術の確立」

2－1 基本金型設計技術の確立

研究目的：金型の形状や構造を最適化

研究内容：平成22年度にて必要な開発は終了したが、昨年まで開発した金型設計技術を基に、本年度はその他の課題研究に必要な金型を製作した。

次期量産予定の自動車シートの背もたれ部を模擬した2分の1金型を製作し、前年度よりも深さのある形状とし深さに対応する為、金型に上下だけの圧力でなく、側面からも加圧できるようにスライド機構を追加した。

その他に、PCM材料単独成形の他に、一部金型を付け替えることで、コア材や金属インサート材料も同時成形可能な仕様にした。

本金型を使用することによって、その他の課題研究を順調に行うことができた。

2－2 成形品形状から金型設計にフィードバック

研究目的：成形品から金型設計へフィードバックを行い、金型を最適化する

研究内容：金型の構造から3パターンの成形方法を行った。今回製作した金型の動作機構を説明する。

①側面スライド機構を使用した成形を行った。PCM材料の上面を押えてからスライドが動き側面に圧力をかけ最後に折り返し部分を成形する仕様。

②上型の側面スライドを固定して下型の上下スライド機構を使用して成形を行った。側面スライド機構無しでは、金型が閉じるまで側面PCM材料の噛みこみと側面の圧力不足によるボイドが心配されたが、今回の形状では問題なく成形できた。

③上下金型のスライド機構を固定して成形を行った。

この場合、折り返しをプリフォームしなければならないが、問題なく成形ができた。今回のシート形状では①や、②と比較して③はプリフォームに手間がかかった。しかし金型がシンプルな構造の為、金型を安価で製作でき、シート形状では最良である。

2－3 複合金型設計技術の開発

研究目的：コア材や取り付け形状を複合成形できる金型の設計

研究内容：クリップ座、インサートナットを成形できる形状の複合金型を設計した。

クリップ座はアンダーカットになる為、クリップ座の部分を図2－5のような断面の中子構造とした。

設計通りにクリップ座を成形できたが、SMC材料のチャージ量やSMC材料のセット位置を設計値通りにするのがシビアであった。SMC材料のチャージ量とセット位置を簡素化できる金型構造を開発して、誤差をカバーできる金型設計が必要になる。

2－4 プレス機導入の検討

研究目的：炭素繊維複合成形技術に適したプレス機の導入

研究内容：2010年9月14日 設置完了

テーブルサイズ1500mm×1200mm(横幅×奥行)

ストローク900mm

最大金型重量5トン(上型重量2.5トン)

第3章 本論-2 「高速プリフォーム技術の開発」

3-1 プリフォームの為のパターン設計及び賦形性解析

研究目的：プリフォーム設計技術の構築と賦形性の解析

研究内容：プリフォームのパターン設計

- ① 材料の裁断方法
- ② 材料の位置決め
- ③ 材料の加熱方法
- ④ プリフォーム型の可動方法
- ⑤ プリフォーム型の素材
- ⑥ プリフォーム型のクリアランス
- ⑦ 材料の冷却方法

これらの条件に最適な設計技術の構築と賦形性の解析を行った。

① 材料の裁断方法

決められた大きさや繊維方向に材料カットする為に、カッティング装置で、材料をカットした。時間の短縮が必要な場合、2枚重ねた材料（2PLY）をカットすることは可能である。

② 材料の位置決め

毎回同じ位置でプリフォームが出来るように、カットされた材料には位置決め穴を2箇所設定し、プリフォーム型には合わせ用のピンを2本設定した。結果として、短時間で誰でも簡単に位置決めが可能となった。

③ 材料の加熱方法

原理試作機では、赤外線ヒーター、自動プリフォーム装置では温風ヒーティングユニットでPCM材料を加熱させる。材料表面温度は約100℃。

④ プリフォーム型の可動方法

材料をセットしチャックユニットで、適正な箇所をクランプする。その後ヒーティングユニットで過熱し、PCM材料が十分軟らかくなってからプレス方式で加圧する。

⑤ プリフォーム型の素材

ケミカルウッド（ウレタンブロック）の削り出し。表面の離型処理は、Tooltec CS5フィルムを貼る。

⑥ プリフォーム型のクリアランスについて

プリフォーム型は金型と同サイズ。プリフォーム型の表面に貼る離型フィルムの厚さ分、金型よりも小さくなる方向である。

⑦ 材料の冷却方法について

プリフォーム型に、エア吹き出し口を設け材料を直接冷却する。樹脂のべたつきが多い為、この仕様では冷却時間は約1分以上かかる。

賦形性の解析

賦形解析ソフトはFiberSimを使用。3DCADデータから展開、切り込み位置、分割箇所、賦形開始点等を指定しトライ&エラーで煮詰めていく作業が必要。今回の形状では繊維を分割せず、1枚もので賦形させ強度物性を下げることなくプリフォームができるかを解析した。下の画像、図3-9は0/90度方向に繊維を賦形した場合の画像と、図3-10は45/-45度方向に繊維を賦形した場合の解析結果である。

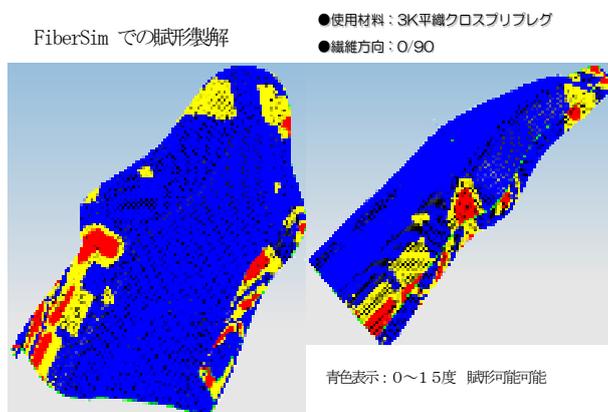


図3-9
0/90賦形解析

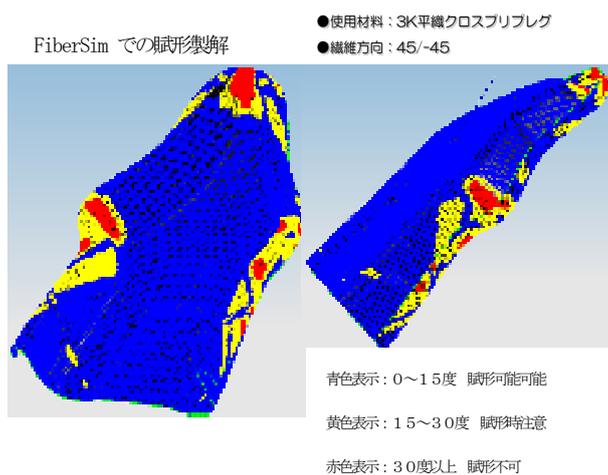


図3-10
45/-45賦形解析

青い部分は問題なく賦形できることを示し、黄色は賦形時に注意する箇所、赤色の部分は賦形困難であるという解析結果であった。

3-2 プリフォーム型技術のブラッシュアップ

研究目的：賦形及び脱型性を向上させ、精度の良いプリフォーム型の開発

研究内容：賦形性解析結果をもとに、数種類のプリフォーム型を製作した。

①賦形性解析結果の検証

結果：解析により、賦形性の良い平面部を先に押さえ、賦形性の悪い箇所のプリフォームが可能かハンドワークにて検討を行った、押さえ込む順番と繊維を引張りながら型に合わせて賦形することで良質のプリフォームができた。

②プレス式プリフォーム型の検証

結果：PCM材料を準備しテストを行った。最初のトライでは、加熱温度を約70℃で実験し、PCM材料に目ヨレが発生した。2回目のトライでは赤外線ヒーターを近づけ、加熱温度を約100℃にすることで目ヨレが少なくなる。コア／キャビ型での賦形は可能であるが、プリフォームするには加熱温度とプリフォーム速度（賦形時間）が重要である。

③金型プレス成形品と同形状のプリフォーム型による賦形性の検証

結果：②のプレス式プリフォーム方法に加え、金型と同形状に賦形できるか検証。金型と同仕様の、コア型を採用したプリフォーム型で検証を行った結果、外周の折り返し形状の賦形は可能であった。

④賦形性確認～プリフォーム成形品の脱型性の検証

結果：賦形性については③と同様で、賦形の厳しい部分はプリフォーム時にPCM材料の補助が必要であったが、賦形可能であった。

⑤金型仕様に対する最終プリフォーム型の製作

結果：①～④の研究結果を踏まえ、高速プリフォーム成形に適した最良のプリフォーム型が完成した。型の仕様はコア型とキャビ型によるプレス式。これにより、脱型性が良く、形状安定性にも優れたプリフォーム型となった。自動プリフォーム装置の原理試作機で、プリフォーム成形を可能にした。

①～⑤の研究により、賦形及び脱型性を向上させた精度の良い最適なプリフォーム型が完成した。

3-3 高速化の為のプリフォーム工程の見直し

研究目的：短時間でプリフォーム成形可能な技術を確立する。

研究内容：ハンドワークで賦形するのと同様に、自動プリフォーム装置の原理試作機においても、材料のシワをなくす為、最適な方向に張力を掛けることで、高速でプリフォームが可能となった。

ハンドワークでは60分掛かっていた作業が、原理試作機により15分に短縮した。

3-4 自動プリフォーム装置の開発

研究目的：工数削減及び工程時間低減に向けての自動化

研究内容：これまで手作業で行ってきたプリフォーム工程を原理試作機に置換え、再現した。手作業で行ってきた工程を、第一段階の原理試作機を製作し検証することで、時間短縮する方法が明確となった。自動プリフォーム装置では原理試作機でも課題であった、材料を賦形する際の張力と方向を自動化することだったが、チャックユニットの開発により概ね自動化することができ、原理試作機で15分だったプリフォーム工程が10分で出来るようになり、自動プリフォーム装置の開発が完成した。

第4章 本論-3 「炭素繊維複合材料に適した高速プレス成形技術の確立」

4-1 プレス成形条件が製品性能に及ぼす影響を把握

研究目標：プレス成形条件出し：歩留向上

研究内容：圧力、真空度、プリフォーム材料の投入位置、金型の降下スピードの調整をすることで、意匠性や寸法精度を満足させる成形条件を探り出し、その結果歩留まり向上につなげることができた。

成形圧力については、成形品の厚さ（PLY数）により適正圧力の幅が変わってくることを、初年度の研究にて検証できた。本年度はPCM材料を8PLYし、成形圧力は、表面積に対して 56.5 kgf/cm^2 、 71 kgf/cm^2 、 106 kgf/cm^2 、 127.5 kgf/cm^2 と幅を持たせた4パターンとした。（図4-1）。

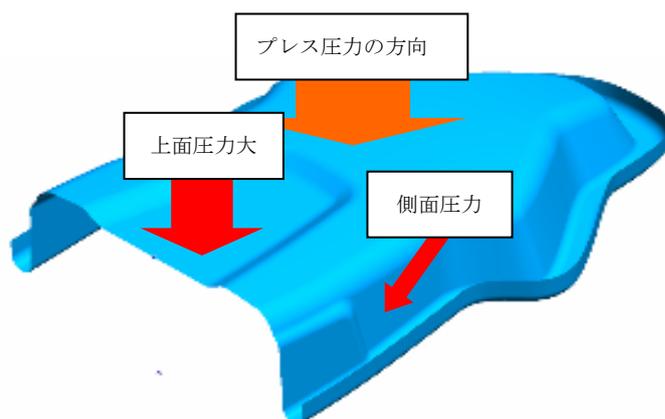


図4-1 圧力のかかり方

図4-2に示すように圧力が低いと、側面にボイドが多くなり、設定厚さより厚くなる方向になった。また、圧力が高すぎる場合は、樹脂が流動し白化が繊維間に発見された。

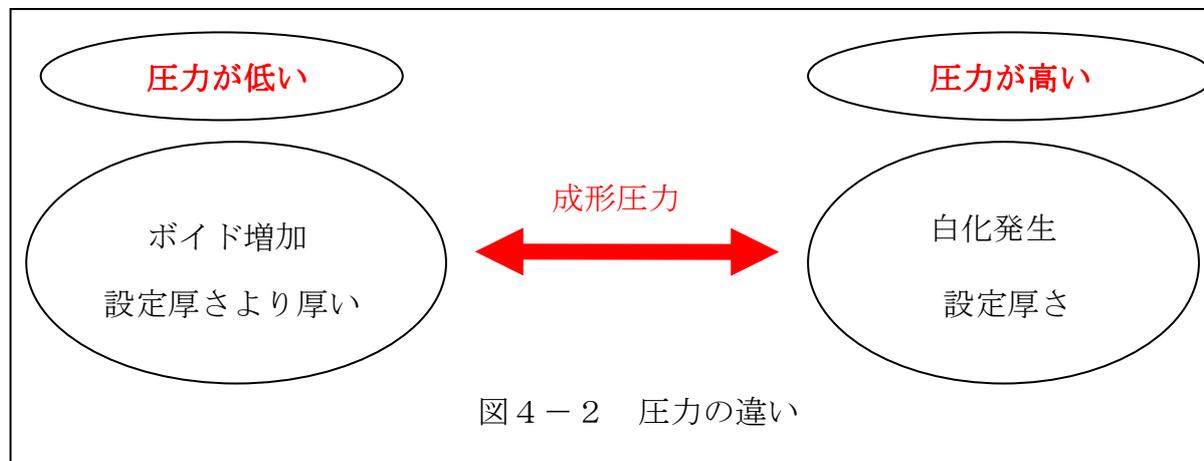


図4-2 圧力の違い

4-2 プリフォーム成形条件が製品性能に及ぼす影響を把握

研究目標：各パラメーターのデータ収集

研究内容：プリフォーム成形条件が製品に与える影響は大きく、今回の高速プレス成形技術の確立の中では、一番重要だと言える。なぜなら、プリフォームの精度が悪いと成形条件で工夫しても、良品は難しい。プリフォーム精度を上げることで、意匠性の良い成形品ができることを実証した。

第5章 本論－4「炭素繊維複合材料の選定」

5－1 高速プレス成形用炭素繊維複合材料の特性把握

研究目的：樹脂コンテンツを変更したPCM材料でのデータの拡充を図る

研究内容：樹脂コンテンツの異なる数種のPCM材料が、成形品に与える影響の把握をした。樹脂コンテンツの違いにおける成形品への影響の把握

PCM材料の樹脂コンテンツは35%、37.5%、40%、45%、4種類の試作PCM材料を用意し、樹脂コンテンツの違いが成形品に与える影響の把握をした。樹脂コンテンツの違いによる影響を、成形条件を変えずにプレステスト①を行った結果を下記に示す。(CFRPのPLY数は2枚)

樹脂コンテンツ40%の成形品



図5－1 目ヨレ部

成形条件：圧力95 kgf/cm²

温度140度 真空0.1MPa

全体的にはボイドや目ヨレは少ないが、矢印部分に集中して目ヨレが発生。樹脂が流動しているのが原因であると推測され、改善する必要がある(図5－1)。

成形後の板厚：0.387t

樹脂コンテンツ45%の成形品



図5－3 目ヨレ・流動部

樹脂コンテンツ45%の成形品は矢印の様に平面部分にも目ヨレが発生し、NGになってしまう(図5－2)。

図5－3では繊維も大きく流動する為、NGになってしまう。

成形後の板厚：0.449t

樹脂コンテンツ37.5%の成形品



図5－4 目ヨレなし

樹脂コンテンツ37.5%は目ヨレのない綺麗な成形品となった。40%、45%のときに見られた目ヨレがない為に樹脂の流動が原因で目ヨレが発生する事が分かった(図5－4)。

成形後の板厚：0.364t

樹脂コンテンツ35%の成形品



図5-5 微小のボイド

35%の成形品も同様に綺麗であった。しかし、一部に樹脂が足りてない部分がある(図5-5)。微小なボイドになっている部分もある為、基材の大きさ等の調整がこの段階で必要である。成形後の板厚: 0.345t

上記テストの結果より、樹脂コンテンツが多い成形品は板厚も厚く、目ヨレが発生する。樹脂コンテンツが少ない成形品は板厚も薄く、目ヨレも発生しないという傾向が見えた。2PLYの場合の適正な樹脂コンテンツは37.5%となったが、条件を変化させ、どの樹脂コンテンツでも成形可能にする為に、金型の上下位置をシム調整し成形加工を実施した。

シム調整が樹脂コンテンツの違うPCM材料に与える影響の把握
プレステスト②

表5-1 成形条件

TP No	樹脂コンテンツ	成形温度	成形圧力	真空度	板厚設定	シム量	評価	コメント
T1	35%	140度	95kgf/cm ² (140 kN)	0.09MPa	0.38t	0	×	目ヨレなし、ボイドあり
T2						-0.01	▲	目ヨレなし、ボイドあり
T3						-0.02	○	目ヨレなし、ボイド少々
T4						-0.03	○	目ヨレなし、ボイド少々
T5						-0.03	◎	目ヨレなし、ボイドなし
T1	37.50%	140度	95kgf/cm ² (140 kN)	0.09MPa	0.38t	0	×	目ヨレなし、ボイドあり
T2						-0.01	▲	目ヨレなし、ボイドあり
T3						-0.02	○	目ヨレなし、ボイド少々
T4						-0.03	◎	目ヨレなし、ボイドなし
T5						-0.03	◎	目ヨレなし、ボイドなし
T1	40%	140度	95kgf/cm ² (140 kN)	0.09MPa	0.38t	+0.02	▲	目ヨレあり、ボイドなし
T2						+0.03	▲	目ヨレあり、ボイドなし
T3						+0.04	○	一部目ヨレあり
T4						+0.05	○	一部目ヨレあり
T5						+0.05	◎	微小な目ヨレあり
T1	45%	140度	95kgf/cm ² (140 kN)	0.09MPa	0.38t	+0.04	×	ひどい目ヨレあり
T2						+0.06	▲	目ヨレあり、ボイドなし
T3						+0.08	▲	目ヨレあり、ボイドなし
T4						+0.1	▲	一部目ヨレあり
T5						+0.1	▲	一部目ヨレあり

表5-1に示すように成形条件は変えず、金型のシム量を変化させ板厚調整を行い、プレステスト②を行った結果、35%と37.5%はシムを0.03mm抜いた状態が繊維の乱れやヨレもなく、綺麗な成形品が製作できた。40%の樹脂コンテンツでは0.05mmシムを足す方向となり同等の成形品が製作できた。45%の樹脂コンテンツでは0.1mmまでシムを足しても繊維の乱れは取れず目ヨレが発生した。

プレステスト①で行ったテストでは、成形条件・シム量を変えず板厚設定0.38mmのままテストを行い、樹脂コンテンツのみ変えた成形テストを行った。樹脂量が減るにつれ目の乱れ等がなくなる一方で、ボイドの発生する問題が出た。

今回それを改善するべく、樹脂量の多い物はシムを追加し成形。又樹脂量の少ない37.5%以下はシムを減らし成形した。

今まで樹脂コンテンツ40%を標準として成形を行ってきた。しかし目ヨレが発

生ずる事もある。今回シムの調整をすることで目ヨレを改善出来ると分かった。

45%の樹脂コンテンツの成形品は樹脂量が多い為かシム調整後に成形圧力を調整しても、目のヨレを完全にはコントロールできない結果となった。又、繊維間の樹脂量の多さ故に樹脂感がとても多くあり、意匠的には繊維がぼやけて見えてしまっている。

樹脂コンテンツ45%の成形品



図5-6

図5-6はシム調整後の45%の樹脂コンテンツの成形品。シム調整をし、以前よりは目ヨレが改善したが部分的に若干の目ヨレが確認できる。表面は樹脂が多い為か繊維間がぼやけた感じに見える。

図5-7はシム調整をする前の成形品であり、図5-6と比較すると目ヨレが改善されているが調整範囲の限界の為、シム調整だけではすべての改善出来ないことが分かった。



図5-7

図5-7はシム調整をする前の成形品であり、図5-6と比較すると目ヨレが改善されているが調整範囲の限界の為、シム調整だけではすべての改善出来ないことが分かった。



図5-8

樹脂コンテンツ35%の成形品

図5-8は、プレステスト①②で見られたボイドも、シムを調整したことにより改善され目ヨレも、ボイドもない綺麗な成形品となった。以上のことから23年度のプレステストは35%、37.5%、40%の樹脂コンテンツで成形することにして、シート形状も8PLYという板厚設定での成形を行なうことにした。

樹脂コンテンツ、基材違いでのシート形状プレス成形

23年度ではシート形状でのプレス成形を行うことになった。板厚設定を t 1.6 として、成形圧力は、168 kgf/cm² (投影面積比) で全て成形を行った。① 3K綾織 35% ② 3K平織 35% ③ 3K綾織 37.5% ④ 3K平織 37.5% ⑤ 3K綾織 40% を準備し、5種類で比較テストを行った。

①樹脂コンテンツ35%の成形品 TR3523 391DMP



図5-9 3K綾織 35%

図5-9は3K綾織、樹脂コンテンツ35%の物。大きな目のよれも無く比較的良好な成形品。

しかし繊維間の樹脂が成形後にヒケて表面の艶が無くなって見える。

背面側では図5-10側面部分に鍵状の繊維に沿ったボイドが多く見られる。

図5-11は図5-10を拡大した写真。表面の艶がないのが確認できる。繊維が露出して樹脂の光沢がない。又、鍵状のボイドも確認できる。



図5-10 ボイド発生

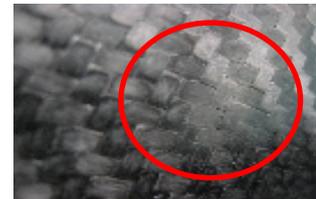


図5-11 拡大画像

②樹脂コンテンツ35%の成形品 TR3110 391DMP



図5-12 3K平織 35%

図5-12は3K平織、樹脂コンテンツ35%の物。プリフォーム時にできた目ヨレがそのままとなって成形される。



図5-13 白化



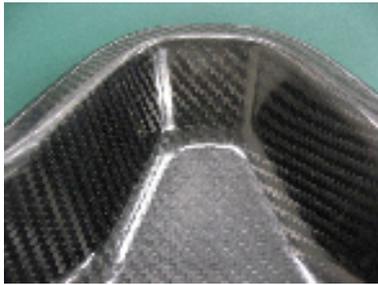
図5-14 ボイド

図5-13は金型の割型部より樹脂が流出し、その部分が広い範囲にわたり白化している。原因は、金型の可動部で樹脂が真空で多く移動している為と考えられる。

図5-14全体的にボイドが多い。又、綾織り同様、繊維間の樹脂がヒケて表面の樹脂感が少ない。③樹脂コンテンツ37.5%の成形品も35%と同じ平織り基材の場合、変化はなく、ほとんど同じ結果となった。

④樹脂コンテンツ37.5%の成形品 TR3523 391FMP

3K綾織り樹脂コンテンツ37.5%の成形品。35%同様大きな目ヨレはなく成形される。ボイドも減少し良好な成形品(図5-15)。



3K平織りに見られた金型の割型付近の白化は綾織では見られない(図5-16)。

図5-15 37.5% 図5-16 白化なし

⑤樹脂コンテンツ40%の成形品 TR3523 391GMP

3K綾織り樹脂コンテンツ40%の成形品。結果としては今回のテストの中では良好な結果となった(図5-17)。



図5-17 40% 図5-18 ボイドなし 図5-19 改善

金型割り型部分の白化は見られない。背面側の側面に多く見られた鍵状のボイドがなく綺麗に成形される(図5-18)。又、成形品表面に光沢感があり、十分に樹脂が含浸している(図5-19)。シート形状のプレス前とプレス後の樹脂流出における影響の把握

表5-2 樹脂流出量

平均値	プレス前	プレス後	樹脂流出	
	質量[g]	質量[g]	質量[g]	割合[%]
TR3110-391DMP (R/C35%) (8PLY)	348.18	340.20	7.97	2.29
TR3523-391DMP (R/C35%) (8PLY)	355.74	344.25	11.49	3.23
TR3110-391FMP (R/C37.5%) (8PLY)	362.90	343.40	19.50	5.37
TR3523-391FMP (R/C37.5%) (8PLY)	362.90	342.00	20.90	5.76
TR3523-391GMP (R/C40%) (8PLY)	377.99	340.96	37.03	9.8



図5-21

シート形状のプレス前とプレス後の重量を測定、平均値を表示。各PCM材料の樹脂の流出量を計測した。表5-2プレス前の重量が約348~378gと30gの差があり、プレス後の重量は340~344gとなり成形後の重量はほとんど変わらない結果となった。

このことから解かるようにプレスすることにより決められた設定値（シム調整による板厚等）まで加圧する過程で必要とされない樹脂が搾り出される。

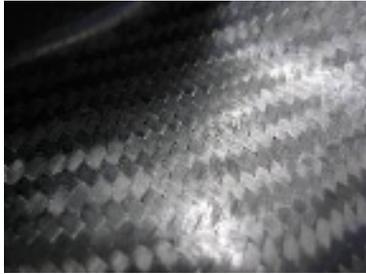


図5-22

今回のシート形状では、成形条件（板厚、シム調整、形状等）を考慮した結果、従来の40%の成形品が一番良い結果となった(図5-20)。

図5-8で良好な結果となった35%の樹脂コンテンツではシート形状での成形は目ヨレ等の発生は無いものの、全体的にボイドが多く見られた(図5-21)。

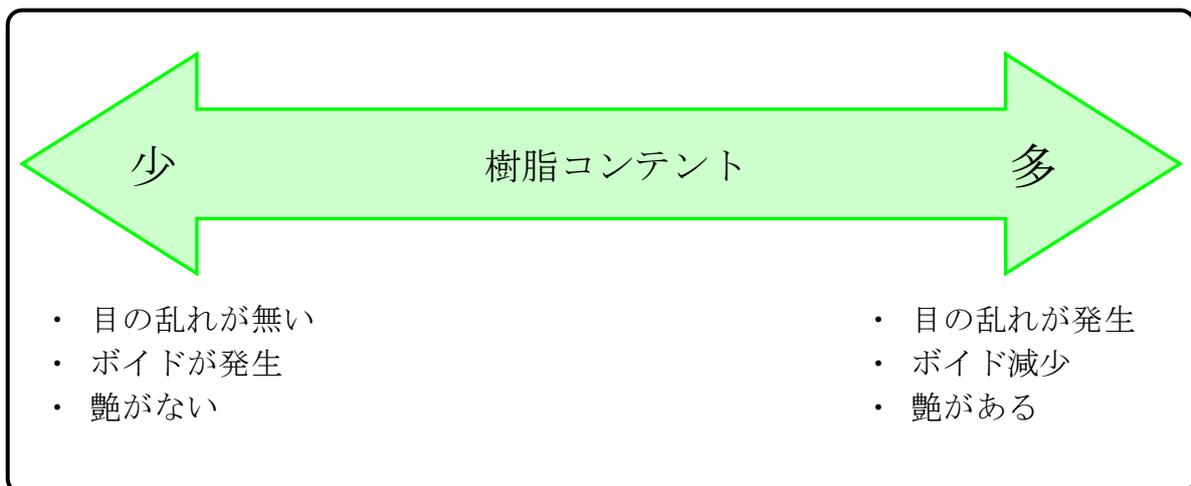


図5-20 樹脂コンテンツ40%

結果として、図5-22の様になると考えられる。樹脂コンテンツが少ないPCM材料では、薄い板厚の成形品が良好な結果が得られ、今回のような側面があるシート形状では、少ない樹脂コンテンツより多めの樹脂コンテンツの成形品がより良い結果となった。今後はこの結果を基に成形品に応じて成形圧力、シム調整等の成形条件を絞り込み、材料の樹脂コンテンツを選定し、その成形品にあった条件を適宜調整する必要がある。

5-2 設計指針確立の為のモデル複合プレス成形品の特性把握

研究目標：クラスA表面を達成する為に、最適な材料特性を把握、確立する

研究内容：PCM材料とSMC材料を複合プレス成形しクラスA表面を確立する為のプレステストを行った。

インサートナットの同時成形、クリップ座の同時成形も行い成形品表面に与える特性の把握をした。

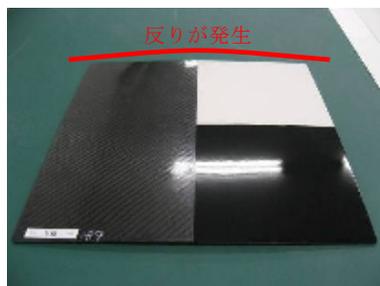


図5-24 表面評価

クラスAを目標としたPCM材料と、SMC材料で複合成形した成形品（図5-24）。

表面に成形した際に出来る凸凹が目視で確認でき、収縮率の違いから変形し反ってしまっている。又塗装を行なった（右半分）。蛍光灯の光が乱れて映りこんでいるのが確認でき、意匠性向上の課題が残った。

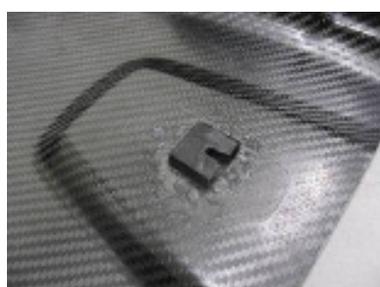


図5-26 クリップ座

SMC材料とPCM材料の複合化において昨年度に続き、新たにクリップ座（図5-26）、インサートナット（図5-27）の同時成形が可能となった。

PCM材料も必要とされる強度等を考慮、計算し、決められたSMC材料を投入する。成形品の裏側になる部分（クリップ座、インサートナット）にも影響を与えることなく成形できた（図5-28）。



図5-27 インサート

現状では、自動車等の外装品にクラスAでの製品が採用されている。しかしながらこの評価は、材料に起因する事が分かった。現在のPCM材料、SMC材料を使用時の表面意匠性ではクラスA表面は難しく、材料メーカーに頼ることになる。しかし樹脂コンテンツ、PCM材料のPLY数と複合するSMC材料が意匠性に与える影響を把握できた。意匠面に影響を与えないSMCのチャージ量と、SMCとPCMの樹脂硬化スピードを合わせることで意匠性に影響が出にくくなる。更に、各部品に適切な材料をその都度開発する必要も出てくる。

今後は成形する板厚等を決定した上で、投入するSMC材料の硬化条件、流動性等を調整し、最適な材料を適宜準備することが重要である。

今回のシート形状ではクラスAという評価は出来なかったが、意匠面に目ヨレ等の無いCF成形品としての付加価値を付けることができた。



図5-28 複合での影響なし

第6章 本論-5 「炭素繊維複合材料に適した複合プレス成形技術の開発」

6-1 複合化による工程の簡素化

研究目標：短繊維材料との複合化及び、締結部形状の成形技術の開発

研究内容：オートクレーブ成形では、二次工程において、他の成形部品の接着、タップ加工、ナットプレートの取り付け等の対応をしている。PCM材料とSMC材料の複合化では、前年度までのリブ形状の成形やインサートナットの同時成形と合わせ、クリップ座形状、図6-1の成形も可能になり、複合化による工程の簡素化をさらに推進できた。SMC材料、図6-2はシート状で、投入前の成形も簡単にでき、取り扱いやすく強度も高い。PCM材料とBMC材料の複合化についての成形テストも行った。BMC材料、図6-3は形状への加工性、投入性が悪く、今回の複合成形に対しては扱いにくい。弾性率もSMC材料より劣る。



図6-1 クリップ座



図6-2 SMC材料



図6-3 BMC材料

6-2 異種材料のインサート成形

研究目標：金属カラーをインサート成形

研究内容：前年度より大きなサイズのインサートナットを同時成形し、取り付け強度のデータ収集を行った。成形品の締め付け破壊試験を行った結果、17 N・m前後の締め付け破壊トルクを計測した。破壊の様相は、インサートナットのねじ山の潰れやボルトの破断、ナットとSMC材料との間での空回り等が起きた。破壊トルク値は、M6ボルトの標準締め付けトルクの5.2 N・mと比べ、3倍以上である。PCM材料とSMC材料の持つ優れた強度物性により、十分な締め付けトルクを得られた(図6-4・5)。



図6-4 締め付け破壊試験



図6-5 破断したボルト

6-3 意匠性を高めた複合

研究目標：織物炭素繊維材料と複合化する成形技術の開発

研究内容：PCM材料による成形品の意匠性を確認した結果、SMC材料の投入形状やチャージ量、樹脂の流動性と成形時の真空度が大きく影響する。チャージ量が適正でも、真空引きを行わない成形品は、インサート回りにSMC材料が回り込まずに、周囲に流出し(図6-6)、意匠面にはヒケが発生した。また、チャージ量が±10%を越えると、目ヨレ等の意匠性の悪化、意匠面の膨れや層間の剥離等の現象が現れた(図6-7)。チャージ量を10%以内で調整し、真空度を維持することで、良好な成形品を得ることができた(図6-8)。



図6-6

図6-7 膨れと剥離



図6-8 適正なチャージ量から得られた良品

6-4 軽量コア材の同時成形

研究目的：軽量コア材との同時複合化

研究内容：発泡性樹脂をPCM材料の中間層に入れ、同時成形を行った(図6-9)。また、PCM材料の繊維間からの発泡性樹脂の流出や目ヨレ等を確認できた(図6-10)。



図6-9

図6-10

中間層のPCM材料を発泡性樹脂に置き換えた成形品(図6-9)。

左：発泡性樹脂の流出 右：目ヨレ(図6-10)。



さらにPCM材料のみで積層された平板と、発泡性樹脂と複合成形された平板の曲げ試験を通じて、40%の軽量化への見通しと、発泡性樹脂の用途用法の指標を得ることができた。(図6-11)。

PCM材料からなる試験片の数値を100%として、『板厚』と『曲げ弾性率』についてまとめ、複合成形品について表6-2のような結果を得た。

表6-2 強度試験結果

板種類	積層構成	重量(300mm角)	比率	曲げ弾性率(GPa)	比率
PCM 2t	10PLY	290.3g	100%	63.2	100%
複合品 2t	1P+発泡材+1P	175g	60.3%	27.2	43%
	2P+発泡材+2P	235g	81%	45.7	72.30%
PCM 1.8t	9PLY	260.8g	100%	59.6	100%
複合品 1.8t	1P+発泡材+1P	170g	65.2%	32.1	53.80%
	2P+発泡材+2P	224g	85.9%	49.8	83.50%

複合品の重量は、PCM材料品の60.3~85.9% (約15~40%減)、曲げ弾性率は43~83.5% (約20~60%減)となる。今後さらにデータを積み重ねることで、要求される強度や重量、コストに応じた積層構成を導き出す足がかりになる。

発泡性樹脂の特性を生かした用法を探る為に、一定の板厚の中でPCM材料の積層枚数を変化させたものを成形した(図6-12)。積層枚数からくる厚みの差を発泡樹脂部分が吸収することで、部品設計の自由度の拡大が見込まれる。

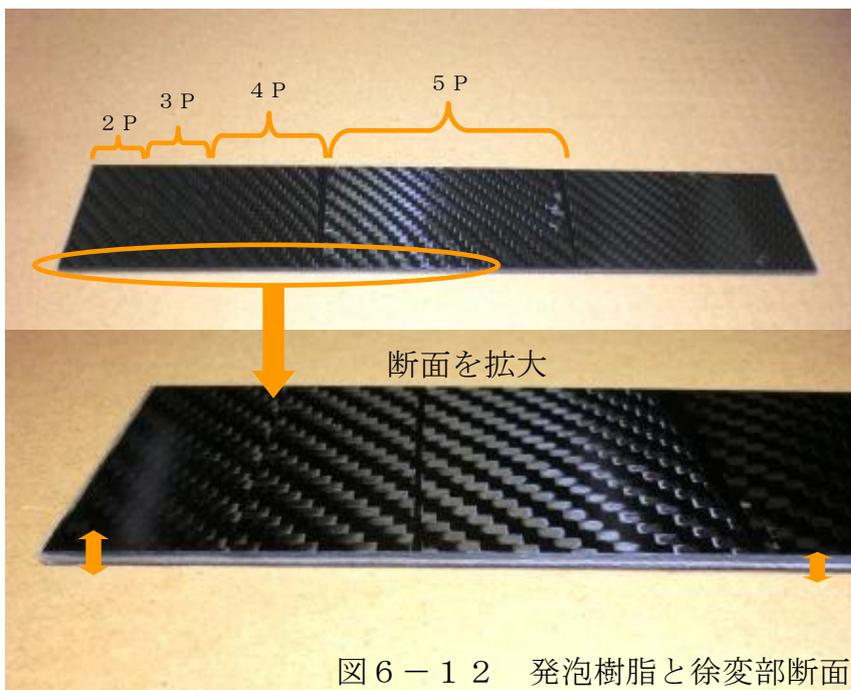


図6-12 発泡樹脂と徐変部断面

第7章 本論-6 「プレス成形品及び製品の評価」

7-1 炭素繊維複合材料製品の評価

研究目標：各開発項目へのフィードバック

研究内容：2-6②#1～2-7④#11のプレス成形品について、外観の評価と変形度の評価を行った。以下に詳細を示す。

①外観評価

プレス成形品（2-6②#1～2-7④#11）について、目視による外観の評価を行った。全ての成形品のうち、特徴のあった数点を選んで以下に評価を記載する。表7-1に評価対象とした成形品の成形条件を、図7-1に外観評価のグラフを示す。グラフは、縦軸に表面のボイド・目ヨレ・ショートについての品質得点（5段階評価）、横軸にロット番号を示す。

表7-1 成形条件

	ロットNo.	積層構成	成形圧力 [kg/cm ²]	真空値 [Mpa]	降下速度 [mm/s]	備考
a	2-6②#A	TR3523-391GMP 45/-45 8PLY	168	0	5	
	2-6②#14		168	0.092	5	
	2-6②#15		168	0.092	5	
b	2-7③#2	TR3523-391GMP 0/90 8PLY	112	0.088	1	
	2-7③#3		168	0.088	1	
c	2-7③#11		168	0.091	5	材料投入からプレス開始
d	2-7④#1	意匠面 背面側 TR3523-391GMP 2ply+ TRK510-391GMP 2ply+ TR3523-391GMP 1ply	168	0.091	5	
	2-7④#2		112	0.091	5	
	2-7④#3		84	0.091	5	
e	2-7④#6	意匠面 背面側 TR3523-391 FMP 2ply+ TR3523-391GMP 4ply+ TR3523-391 FMP 2ply	168	0.092	5	
	2-7④#7		112	0.091	5	

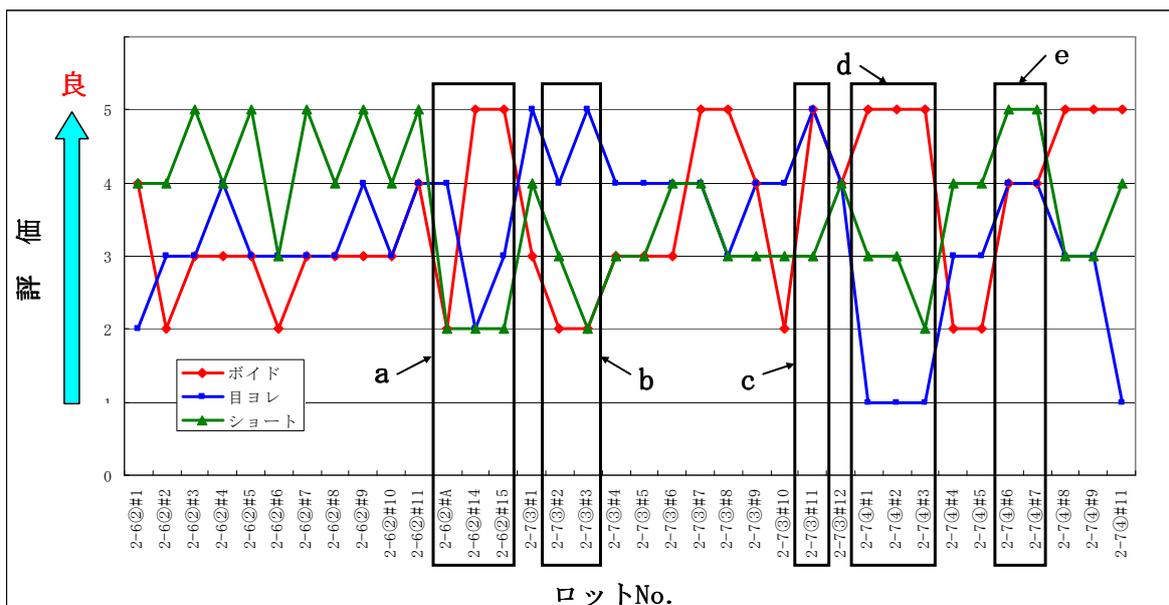


図7-1 外観評価

以下、図中の a～e 部に示した成形品についての評価を記載する。

a 部

「a」の3種は積層構成を45/−45×8PLYとした成形品である。ボイドは少ないが、目ヨレやショートの評価は低い。積層方向が45/−45の場合、材料が比較的自由に伸縮できることから、特に立ち面では繊維の密度が高くなり、同時に樹脂量も多くなった為にボイドが少なくなったと考えられる。一方で、材料の伸縮の自由度は目ヨレやショートの原因につながったものと考えられる。

b 部

「b」の2種は、降下速度を通常の5mm/secから1mm/secに落として成形したものである。金型が閉じきるまでに樹脂の硬化が促進、繊維の流動が抑制された為に目ヨレは少ない。しかし、コア側とキャビ側で硬化のバランスがずれた為にボイドが多いという傾向が現れたと考えられる。

c 部

「c」はエイジング（半硬化を進めることで意匠面の繊維が動きづらくなる）を狙い、金型に材料を投入してから90秒後にプレスを開始した成形品である。ショートに関する評価は低いが、ボイドと目ヨレの評価はどちらも最高得点の5点となった。同じく硬化が促進される条件のbの2種類の評価と比較すると対照的な結果であるが、bよりもcのほうが加熱されている時間が長いことが相違点である。ただし、n=1で評価材料としての情報が乏しい為、今後検証を深めたい。

d 部

「d」の3種は、中間層に12Kを挟んだ成形品である。ボイドの評価が最高得点の5点であったのに対して、目ヨレの評価が最低得点の1点と、こちらも対照的な評価となっている。ボイドの評価が高かったのは、設定板厚が設計値の1.76mmに対して1.96mmと厚かった為、全体的に圧力が高めにかかり好影響を与えたものと考ええる。目ヨレの評価が悪かった点に関しては、表層の3Kと中間層の12Kで変形度が異なる為に3Kと12Kの間に相互に残留的な負荷がかかってしまい、発生したものと考えられる。

e 部

「e」は樹脂コンテンツ37.5%のFMPを表層に、同40%のGMPを中間層とした成形品である。前回のテスト成形から以下の結果が得られた為、FMPとGMPの長所を生かせないか模索した、ハイブリッドの積層構成である。

- ・ FMP部材のみの積層構成⇒ボイド：多い、目ヨレ：少ない
- ・ GMP部材のみの積層構成⇒ボイド：少ない、目ヨレ：多い

結果として、ボイド・目ヨレ・ショートともに評価が良好で、高次元でバランスの取れた成形品が得られた。表面の樹脂量が少ない為に繊維の流動が抑制され、中間層の樹脂が効果的に表面層に流出した為に良好な成形品が得られたと考えられる。

②変形評価

光学式 3次元測定器を使用し、プレス成形品の変形度について測定、解析を行った。表 7-2 に示す試料を測定し、それぞれの積層構成や成形圧力等の成形条件が成形品に与える変形の影響を調査した。

表 7-2 成形条件

ロットNo.	積層構成	成形圧力 [kg/cm ²]
2-6②#15	TR3523-391GMP 45/-45 8PLY	168
2-7③#4	TR3523-391GMP 0/90 8PLY	112
2-7③#5	TR3523-391GMP 0/90 8PLY	168

図 7-2 は、コア側から見た成形品の変形の様子をカラーコンター図で表したものである。図中において、赤はコア側へプラスの変形、青はマイナスの変形を示す。また、色が濃くなるほど変形が大きいことを表している。傾向として、下端部の変形が最も大きく、肩部はマイナス気味に変形、頭部はプラス側に変形していることが見てとれる。

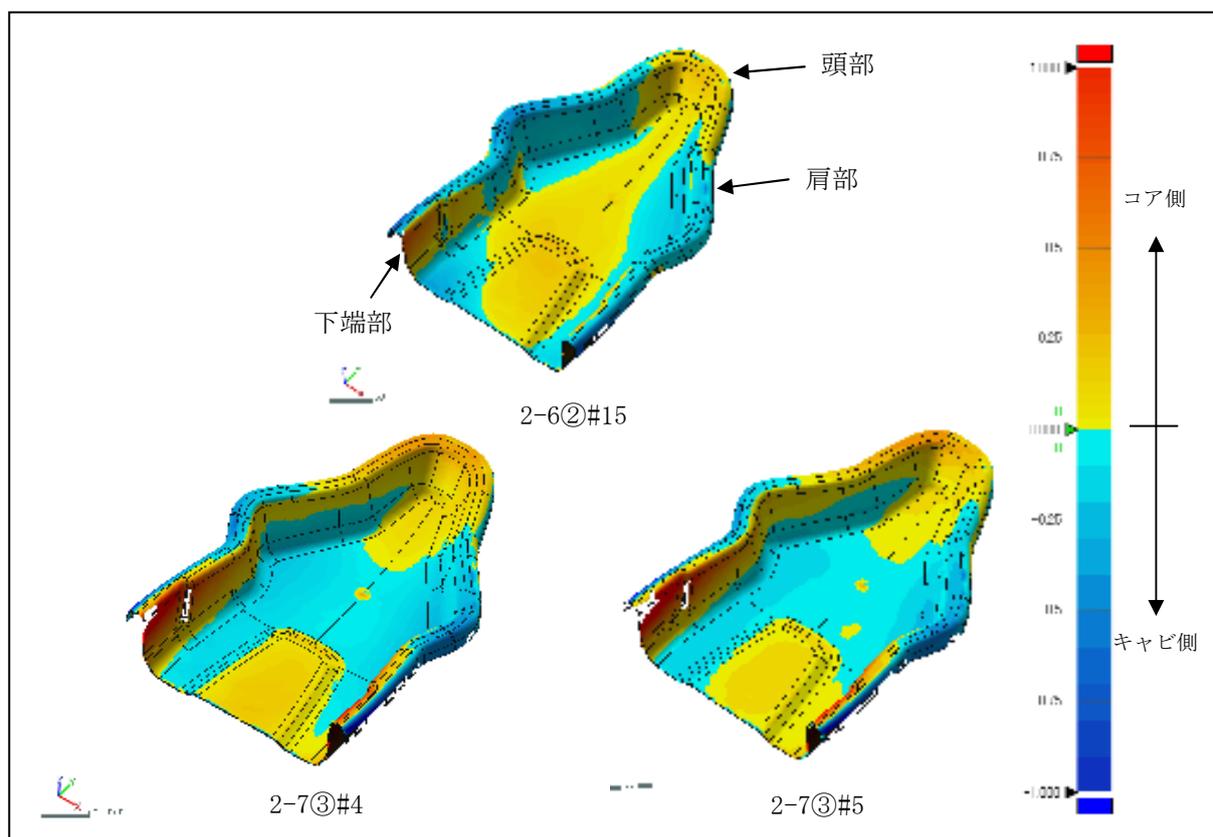


図 7-2 変形コンター図

次に、図7-3の断面箇所について、立ち面の変形の評価を行った。設計値と測定値の誤差をグラフ化したものを図7-4に示す。

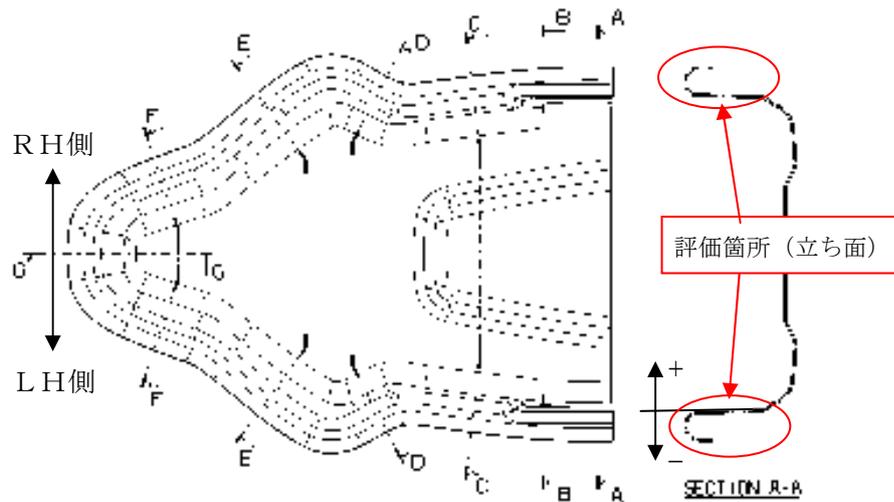


図7-3 測定箇所

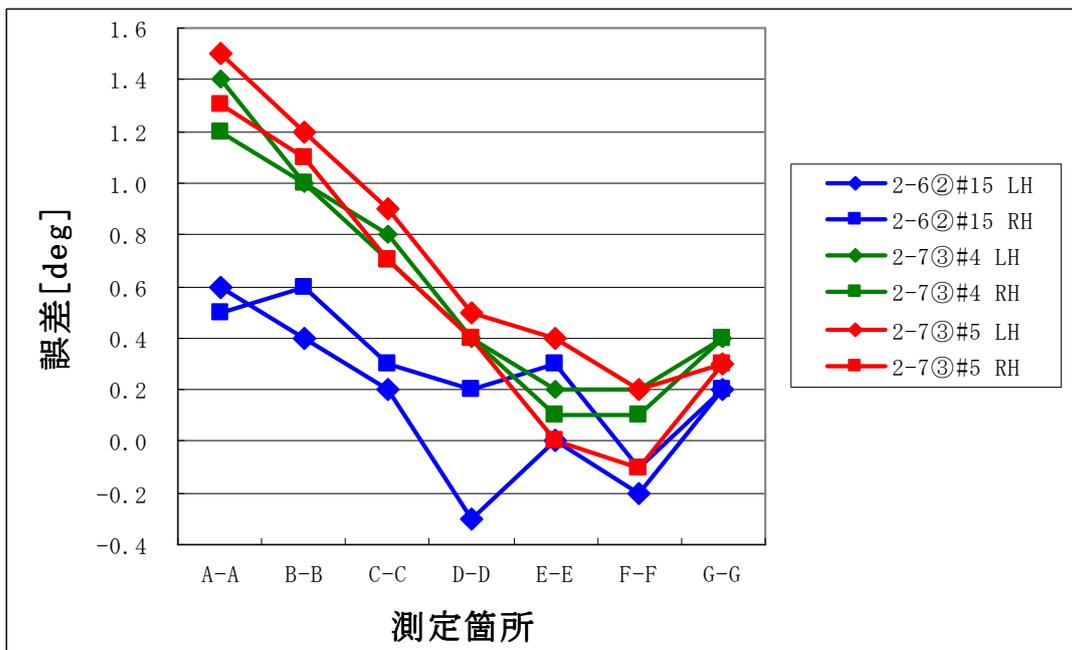


図7-4 各測定箇所における変形量

まず、積層条件が同一で、成形圧力の異なる「2-7③#4」の成形品と「2-7③#5」の成形品について比較すると、変形度に差異はほとんど無い。次に、成形圧力は同一だが、積層条件の異なる「2-6②#15」と「2-7③#5」の成形品について比較すると、「2-7③#5」に対して「2-6②#15」は変形度がおおよそ半分程度である。以上より、45/-45の配向による積層構成品では、比較的変形の少ない成形品を得られることが分かった。

第8章「全体総括」

株式会社チャレンジは、研究開発にて「炭素繊維複合材料を用いた軽量化部材製造に適した高速複合材プレス成形技術の開発」を進めてきた。

オートクレーブ成形方法ではコストや量産性に関し課題が多く、お客様からのニーズに答える為、新工法に取り組んだ。この工法が高速複合材プレス成形技術である。

オートクレーブでは、成形時間に約4時間必要であったが、高速複合材プレス成形技術では短時間で成形できることを目標として研究を進めてきた。プレス成形の条件と合った速硬化タイプのPCM材料を、再委託先である三菱レイヨンが開発した。現在では約5分以下という短時間で成形でき、連続サイクルは10分で成形加工できることが可能になった。初年度研究開発の成果により川下メーカーに採用され、自動車部品の事業化に成功した。

最終年度は、自動車用シートを模擬した金型を製作した。金型は上下のプレス圧力だけでなく、横方向からも圧力がかかる2段式プレス金型を製作し、奥行きの高い成形品であっても成形ができる金型を設計し、複雑形状をプリフォームする為に、原理試作機でPCM材料の特性を把握し、炭素繊維が持つ強度、剛性を保持させ意匠性にも優れた高速プリフォーム装置の開発、自動化にも目処がついた。完成度の高い部品を製作する為には、インサートやクリップ座も同時成形することも可能となり、軽量が必要な箇所には、ナガセケムテックスが開発した、エポキシ系発泡シートによるコア材を使用し、炭素繊維との複合化が完了した。現行の成形品と比較し、40%の軽量化、オートクレーブ成形品と比べて、コスト50%ダウンにも対応できる工法を確立する為の研究を進めることができた。自動車だけでなく鉄道や、航空機等のシート部品等にも、今後事業化を目標に活動を行う。

研究開発の成果と課題及び事業化の展開

平成22年度開発した異種材料を同時成形し、一工程でインサート成形する技術の開発と、コア材を使用した軽量化部品の開発が完了し、この成果により、医療機器メーカーと製品量産化の検討がスタートした。事業化の展開については、平成24年度には医療機器メーカーとの量産化を計画している。

平成23年度の研究が最終年度であり、昨年度までの課題として、「高速プリフォームする為の自動化」があった。高速複合プレス成形には材料メーカーである三菱レイヨンが、速硬化タイプの材料を開発し成形サイクル10分で製作できる材料があり、プレス成形する前に、プリフォームは欠かせない。今回の開発では自動車用シート形状を高速でプリフォームし自動化まで目処をつけることができた。シートメーカーには、この技術を紹介し試作品開発の契約まで締結することができた。この開発研究から、更なる量産化を拡大し事業化に結びつける。

各研究項目の総括

本研究開発では、単一素材では得られない高強度・高弾性を確保し、軽量化を可能とした「炭素繊維複合材料に適した金型設計及び高速プレス成形技術の確立」、「高速プリフォーム技術の開発」、「炭素繊維複合材料に適した高速プレス成形技術の確立」、「炭素繊維複合材料の選定」、「炭素繊維複合材に適した複合プレス成形技術の開発」、「プレス成形品及び製品の評価」各項目の研究開発が完了した。

「炭素繊維複合材料に適した金型設計技術の確立」

平成22年度の開発では、一工程で高付加価値の成形品を製作する金型を研究する為に、数種類のリブ構造が確認できる金型、インサートを同時成形できる金型を数種類製作した。それらの金型で成形品を製作し評価することによって、リブ形状が意匠面に及ぼす影響、インサートを同時成形する技術、脱型装置等を把握して、炭素繊維複合材料に適した金型設計技術の確立をすることができた。また、難易度の高い軽量コア材料を炭素繊維複合材料の中間に配置して成形する研究も、成形可能なことが確認できた。前年度の研究を基に仕様を決定したプレス機を、平成22年9月に導入して、本研究を短時間で進めることが可能となった。

平成22年度に必要な開発は終了したが、開発した金型設計技術を基に、今年度はその他の課題研究に必要な金型を製作した。

自動車シートの背もたれ部を模擬した2分の1成形品を製作することにし前年度よりも側面に深さのある形状とした。金型の機構には上下だけの圧力でなく、側面にスライド機構を追加した。側面からも加圧できる構造とし、PCM材料単独での成形の他に、コア材や金属インサート材料を同時成形可能な仕様の金型を製作した。各課題研究を順調に遂行することができた。

「高速プリフォーム技術の開発」

平成22年度は、賦形性を考慮したパターン設計や、賦形時にシワが混入しやすい箇所を特定する、賦形性解析を行い、最適な材料カットパターンの設計に目処が付き、プリフォーム型からの脱型に関する技術を見直して、プリフォーム型技術のブラッシュアップを実施できたが、この工程の更なる高速化を目標に平成23年度は研究に取り組んだ。複合材料エンジニアリングソフトFiberSIMで賦形性解析結果を基に、賦形に困難な部位を特定し、精度が良く形状に賦形する為の、プリフォーム装置の開発を完了した。

「炭素繊維複合材料に適した高速プレス成形技術の確立」

成形条件が製品性能に及ぼす影響として、温度、圧力、真空度、金型の降下スピード、そして材料プリフォームの仕様、これらの個々の条件を最適にする必要があることが分かった。温度では、綺麗に見せたい側の金型の温度を上げる。圧力は材料に直接かけるのではなく、適正な板厚まで加圧できる圧力と型締め距離を設定する。真空度は部品の大さき（体積）により真空時間が変わる。金型の降下スピードは板厚が厚いほど遅くし、薄いほど早く型を閉める必要がある。プリフォームの仕様、材料を加熱する時間、温度により意匠性に変化が現れることが分かった。

「炭素繊維複合材料の選定」

PCM材料の樹脂コンテンツを35%～45%までの4種確認した結果、板厚の薄い成形品は樹脂コンテンツの少ない程、綺麗な目ヨレ等無い成形品を製作できることが分かった。板厚が厚い成形品では、樹脂コンテンツによる意匠性への影響が分かった。SMC材料との複合も硬化条件、及びゲルタイムを合わせることでより表面意匠性にもほぼ影響はなく材料選定ができた。

「炭素繊維複合材に適した複合プレス成形技術の開発」

異種材料の複合化として、ハニカム、ロハセル、SMC、BMC、発泡シートの5種を準備した結果、ハニカムは専用の接着フィルムが必要でプレス成形はできたが、密着性に問題が残った。ロハセルは問題なく複合化が可能だが、3次元形状の場合、ロハセル専用のプリフォーム装置が必要となる。SMCは問題なく複合化に成功したが意匠性に問題がある。BMCは成形性、材料投入性が悪く、材料自体に強度がない為、複合化には不向きと判断した。発泡シートは密着性、成形性ともに良好であった。インサート部やクリップ座も同じくSMCによる複合が、最も良い結果となり締め付けトルクも問題は無かった。異種材料の複合化として使用した発泡シートでの同時成形により、目標の40%の軽量化が達成できた。

「プレス成形品の評価」

プレス成形品は、金型技術、成形材料、プリフォーム技術、成形条件等複合的な要因が関係して、成形品の強度や外観に影響を及ぼすことが分かった。

プリフォーム技術が製品の完成度には一番大切な工程であり、プリフォームの時点で成形品の結果と評価がわかるようになり、目ヨレは成形時に発生する場合（板厚の薄い成形品）とプリフォームの時点で発生している場合（板厚の厚い成形品）がある。最適に材料をプリフォームできるかが、良品の製品を製作するポイントになる。