

平成 21 年度補正予算事業 戦略的基盤技術高度化支援事業

「ウッドプラスチックの超臨界微細発泡成形による
断面 7 層成形体の成形技術・金型技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成 22 年 3 月

委託者 中部経済産業局

委託先 特定非営利活動法人 JRCM 産学金連携センター

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	3
(1)	計画名	3
(2)	特定ものづくり基盤技術の種類	3
(3)	実施計画の細目（手法・手段・研究場所等）	3
1-2	研究体制	8
(1)	研究開発期間	8
(2)	研究組織（全体）	8
(3)	管理体制	8
(4)	管理員及び研究員	9
1-3	成果概要	9
(1)	技術的成果概要	9
1-4	当該プロジェクト連絡窓口	10
(1)	事業管理者	10
(2)	研究機関	10
第 2 章	研究成果	11
2-1	ウッドプラスチックの超臨界微細発泡射出成形用金型設計技術の確立	11
(1)	試作金型 1 の開発	11
(2)	試作金型 2 の開発	13
2-2	ウッドプラスチックへの超臨界流体ミキシング技術の開発	15
(1)	対象ガスの選定及び投入比率の設定	15
(2)	混練方法の検討実施	16
2-3	ウッドプラスチックに最適化された超臨界微細発泡射出成形機の開発と成形加工方法の確立	16
(1)	超臨界微細発泡射出成形機の開発導入	17
(2)	超臨界流体発生装置	19
(3)	材料乾燥装置及び材料吸引機	20
(4)	金型温度調節機	21
(5)	成形品取り出し装置	22
第 3 章	全体総括	23
3-1	成果の総括	23
3-2	工業所有権の取得状況	23
3-3	今後の事業化に向けた取組み	23
3-4	謝辞	24

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

(1) 計画名

ウッドプラスチックの超臨界微細発泡成形による断面7層成形体の成形技術・金型技術の開発

(2) 特定ものづくり基盤技術の種類

主たる技術：(四) プラスチック成形加工に係る技術

従たる技術：(二) 金型に係る技術

(3) 実施計画の細目（手法・手段・研究場所等）

1) 研究の目的

本研究開発では、環境対応素材であり、情報家電メーカーや自動車メーカーからの需要拡大が期待される一方、成形流動性の悪いウッドプラスチックについて、

- ①超臨界微細発泡射出成形で成形することにより、ウッドプラスチック素材の流動性を向上させ、成形性を向上すると共に内層に発泡層を形成し、
- ②成形凝固直前に高度化金型コアバック法により内層に微細発泡の発泡セルを形成し、
- ③さらに、発泡層内に発生した巨大発泡を抑制するため、コアプッシュ制御技術により内部圧力を調整し、断面構造が7層の「表面ソリッド層 - 微細発泡層 - 二次微細発泡層 - 大発泡層」の成形体で、機械強度も保証しつつ軽量、高断熱性、防振性等、高機能的な環境調和性の高いプラスチック成形体を成形する技術開発を行う。

新しい環境複合素材である木粉とプラスチックとのハイブリッド素材であるウッドプラスチックは、自然由来の木粉を含有する環境素材であると同時に、軽量で剛性の高い複合素材であり、消費者に対して大きな安心感を与える。しかも、木粉とプラスチックの混合比率、木粉の形状制御により素材の性能を大きく制御でき、木粉とプラスチックの混合で表面層に木目、縞目模様の付与など付加価値を加えられるなどの利点がある。

1 ウッドプラスチック

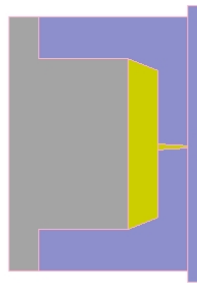


しかしながら、最大のネックは成形時の流動性の低さであり、加工方法の制約から需要拡大を図れない状況にある。住宅設備、建材、住宅メーカーが市場を開拓しているが、

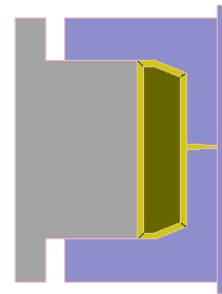
ウッドデッキ需要の大きな米国に比べて、ウッドプラスチックの国内市場は約 1/10 である。

このような状況を踏まえ、本研究では、射出成形の溶融樹脂素材に高温高压の CO_2 、 N_2 等を超臨界状態で添加することにより、溶融樹脂の流動性を向上させる。同時に、成形物の温度降下時に臨界点以下となった内部の CO_2 、 N_2 等が発泡することにより中心部で発泡層を形成する超臨界微細発泡射出成形技術および射出成形加工において、金型内に溶融樹脂が注入され、表面が固化し、充填が完了する直前に密閉された金型を強制的に後退させ、樹脂内部の圧力を低下させ、微細発泡を発生し、成形品の肉厚を増加させる金型コアバック成形法によりウッドプラスチックを射出成形加工し、高機能・高付加価値の環境対応プラスチック部品を川下企業に供給することを目指す。そして、多岐にわたる川下製造業と木材等の一次産業を含めた素材産業との橋渡しを行い、国内市場の需要拡大を図る。

2 成形イメージ



超臨界流体を発泡剤として混ぜた溶融樹脂をすばやく広範囲に金型に注入



樹脂温度と圧力が最適領域に到達する時刻を金型内温度センサー、圧力センサーで独立検知しコアバックすることにより二次微細発泡層を形成、コアプッシュで中心大発泡層の巨大泡を抑制

2) 研究の概要

本研究開発では、木目調のオーディオの筐体やエアコン等の電子部品及びパネル等の自動車内装部品で採用が期待されるウッドプラスチックを対象に、超臨界微細発泡射出成形技術と金型コアバック成形法を一体的にプロセス結合し、軽量、高剛性、低コストで環境対応性に優れた高付加価値プラスチック製品を射出成形で生産し、川下企業のニーズへ応えると共に、プラスチック射出成形中小企業の競争力を向上させる。

このため、以下の技術開発を行う。

① ウッドプラスチックの超臨界微細発泡射出成形用金型設計技術の確立

1. 基本試験片金型の設計開発（試作金型 1）

2. 応用製品対応金型の設計開発（試作金型 2）

- ベースレジンは、ポリプロピレンを中心に検討し、他のポリオレフィン樹脂も視野に入れる。
- 木粉は、檜と杉を中心に検討する。

② ウッドプラスチックへの超臨界流体ミキシング技術の開発

1. 対象ガスの選定及び投入比率の設定

最適なガスの種類の選定と超臨界流体の種類・濃度設定による樹脂粘度低減方法を研究する。

2. 混練方法の検討実施

最適なミキシングを可能にする射出成形機のスクリー形状の検討を行う。

③ ウッドプラスチックに最適化された超臨界微細発泡射出成形機の開発と成形加工方法の確立

1. 超臨界微細発泡射出成形機等の開発導入

試作金型と連動したコアバック - コアプッシュの精密制御を可能にするウッドプラスチックに最適化された全電動式・超臨界微細発泡射出成形機並びに付帯設備を開発する。

2. 成形加工方法の確立

1. で開発した成形機並びに付帯設備、試作金型 1、試作金型 2 を用いて実務的な成形加工方法を確立する。

3) 実施内容

上記の 3 つの課題に対して、以下の研究項目の検討、研究開発を行う。

① ウッドプラスチックの超臨界微細発泡射出成形用金型設計技術の確立

以下の項目について特性を明らかにしつつ、試作金型 1、試作金型 2 の仕様設計、組込調整、試作実施を行う。

- a. 素材の流動特性、粘度特性対応構造
- b. 超臨界流体溶解性対応構造
- c. 気泡発生制御特性対応構造
- d. 高排気性能ガスベント付与構造を付与した試作金型の製作開発実施
- e. 金型内樹脂温度センサー取り付け構造
- f. 金型内樹脂圧力センサー取り付け構造
- g. バルブゲートシステム構造
- h. コアバック - コアプッシュ構造
- i. キャビティ交換構造
- j. ウッドプラスチック成形金型用耐食鋼選定、コーティング技術

◇ 試作金型 1 の起工目的

ウッドプラスチックの超臨界微細発泡 7 層構造の基本生成プロセスの実証確認と大投影面積への射出充填を確認する。(板状試験片)

◇ 試作金型 2 の起工目的

ウッドプラスチックの超臨界微細発泡 7 層構造体の 3 次元形状成形品への適応を確認する。(3 次元形状試験片)

② ウッドプラスチックへの超臨界流体ミキシング技術の開発

1. 対象ガスの選定及び投入比率の設定

CO₂ 及び N₂ を対象ガスとして選定し、ガスの溶解度を高めて熔融樹脂の粘度を低下させる技術を開発し、最適なミキシング条件、重量濃度範囲を見出す。このため、以下の項目について超臨界流体のミキシング技術を開発する。

a. ウッドプラスチックと超臨界ガス (CO₂・N₂) の組み合わせ最適化

b. 超臨界ガス濃度の最適化

ガスの種類を選定し、ガス濃度 0.01%～0.5% の範囲内で、最も微細直径が安定形成できる濃度範囲を見出す。

c. 背圧の最適化

b. で最適化した超臨界濃度にマッチングした背圧の範囲を見出す。

2. 混練方法の検討実施

最適なミキシングを可能にする射出成形機のスクリー形状の検討を行う。

ウッドプラスチックは、素材ペレットに比較的大きな粒径の木粉を含有している。木から発生するタール成分や脂と超臨界流体が安定して混練できるように、スクリーの形状とコーティング方法を成形機仕様開発時に検討する必要がある。

③ ウッドプラスチックに最適化された超臨界微細発泡射出成形機の開発と成形加工方法の確立

以下の項目について、ウッドプラスチックに最適化された超臨界微細発泡射出成形機の開発し、成形加工方法を確立する。

1. 超臨界微細発泡射出成形機等の開発導入

主要技術仕様要件は以下のとおりとする。

a. 超臨界微細発泡射出成形機

o 駆動機構は全電動式サーボモーター駆動

o コアバック - コアプッシュ制御機構搭載

o スクリー超臨界流体ミキシングフライト形状のウッドポリマー適応仕様

o スクリー並びにシリンダー耐食仕様 (ウッドポリマー揮発成分対応)

o 可動側/固定側独立エアブロー機構

o 中子抜きシリンダー機構

o 超臨界流体発生装置: CO₂、N₂ 対応

b. 成形品取り出し装置: ウッドポリマー対応

c. 材料乾燥装置: ウッドポリマー除湿乾燥対応

d. 材料吸引機: ウッドポリマー粉対応

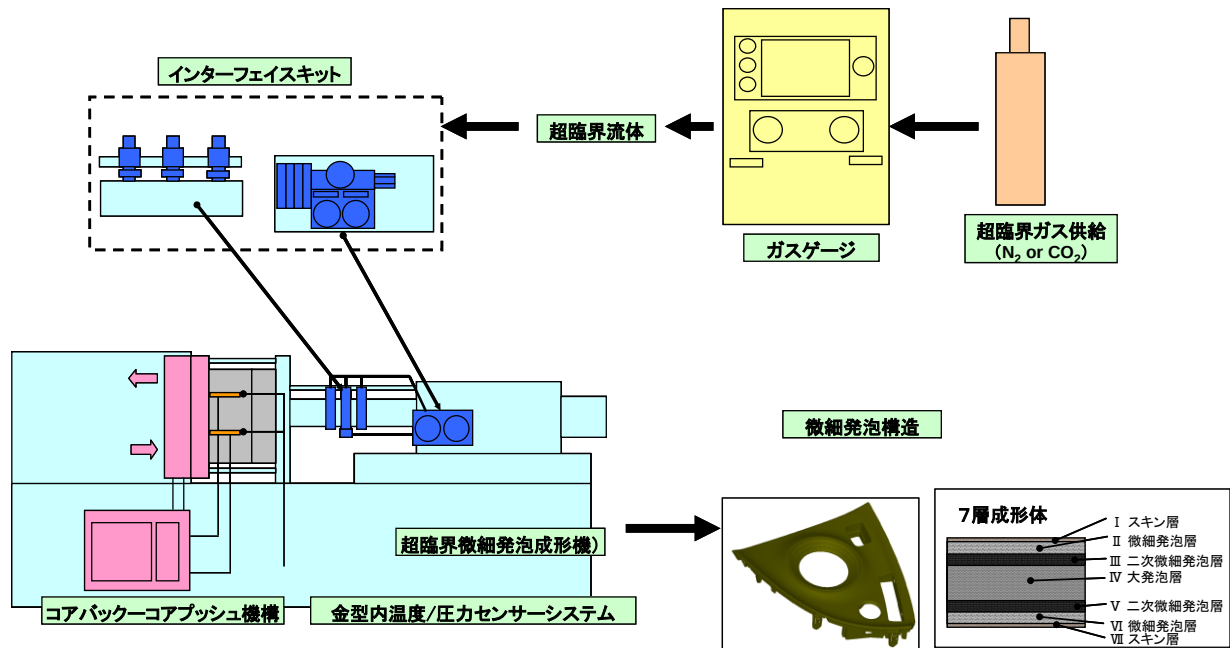
e. 金型温度調節機: 対応温度範囲 20℃ (チラー) ～90℃ (水冷)

f. 金型内高性能圧力センサー搭載技術

g. 金型内高性能樹脂温度センサー搭載技術

h. 金型内樹脂圧力-温度計測による射出成形機のコアバック - コアプッシュタイミング制御システム対応

3 超臨界微細発泡射出成形機の開発概念図



2. 成形加工方法の確立

1.で開発した成形機並びに付帯設備、試作金型 1、試作金型 2 を用いて実務的な成形加工方法を確立する。成形加工機によるサンプル及び以下の技術目標等に対して、アドバイザーとなる川下企業等から事業化に向けての批評や助言を受け、実際の商品開発に必要な技術要件、品質要件を明らかにする。

表 1 技術目標

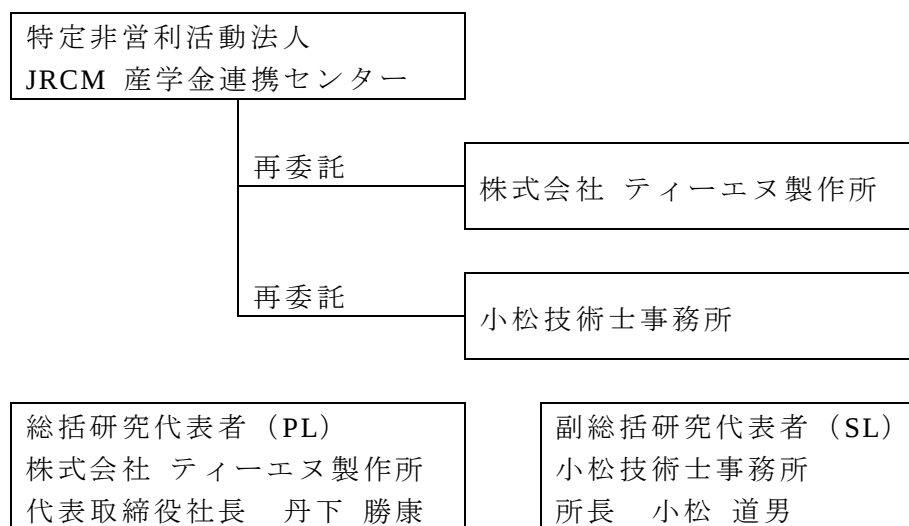
技術的課題	現状技術水準	開発目標技術
形状自由度が低い	押出成形の棒状の断面ソリッド成形品のみ	射出成形により形状自由度の高い成形品を生産
流動性が極めて低い	木粉が熔融樹脂の流動を阻害する	超臨界状態でウッドプラスチックを急速溶解させ熔融粘度を著しく低下させ、従来成形品の 2 ～ 3 倍の流動長とする
木調外観を得るために 2 工程必要で高生産コスト	印刷、水圧転写、木材貼り合わせ等の二次加工が必要	射出成形のみで実現する ○ 音響性能改善・防振効果を付加 ○ 芳香性持続効果を付加
成形品重量が重い	超臨界微細発泡射出成形技術のみでは軽量化は 10%程度にとどまる	超臨界微細発泡射出成形技術にコアバック - コアプッシュ技術を組み合わせることで 20%の軽量化を目指す
断熱性が低い	1 層構造（ソリッド層） ※断熱効果は、素材の熱伝導率に支配される	7 層構造 ※計 5 層の発泡層により熱伝導率が改善される
そりが発生する	押出成形品の冷却過程で収縮が不均一のためそりが発生する	内層を微細発泡させて異常収縮を抑制し、そり量を 1/3 に改善する

1-2 研究体制

(1) 研究開発期間

平成 21 年 10 月 5 日～平成 22 年 3 月 31 日

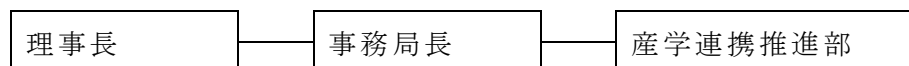
(2) 研究組織（全体）



(3) 管理体制

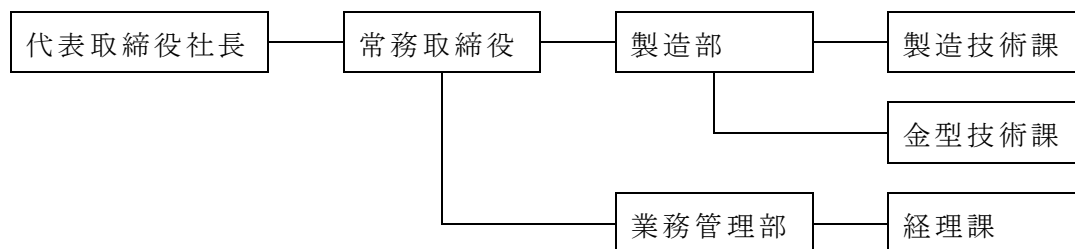
1) 事業管理者

特定非営利活動法人 JRCM 産学金連携センター

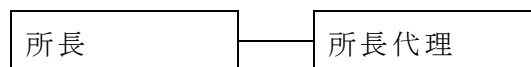


2) 再委託先

ティーエヌ製作所



小松技術士事務所



(4) 管理員及び研究員

区分	組織名	所属・役職	氏名
管理員	特定非営利活動法人 JRCM 産学金連携センター	理事長・事務局長	小島 彰
		産学連携推進部 部長	伊藤 瑛二
		産学連携推進部 管理員	佐藤 麻子
		産学連携推進部 管理員	浜田 ちひろ
研究員	株式会社 ティーエヌ製作所	代表取締役社長	丹下 勝康
		常務取締役・製造部 部長	石田 和重
		製造部 次長	横井 富士夫
		生産技術課 課長	矢野 輝臣
		金型技術課 課長	野田 二郎
		生産技術課 課員	小林 修
	小松技術士事務所	所長	小松 道男

1-3 成果概要

(1) 技術的成果概要

技術目標として掲げた下記の項目について、成果が得られた。

表 2 技術的成果

技術的課題	現状技術水準	技術的成果
形状自由度が低い	押出成形の棒状の断面ソリッド成形品のみ	射出成形による計上自由度の高い成形品が生産可能
流動性が極めて低い	木粉が熔融樹脂の流動を阻害する	従来成形品の 2.5～3 倍の流動長を達成
木調外観を得るために 2 工程必要で高生産コスト	印刷、水圧転写、木材貼り合わせ等の二次加工が必要	射出成形のみで実現可能 (定量的評価は次年度以降実施予定) ○ 音響性能改善・防振効果を付加 ○ 芳香性持続効果を確認
成形品重量が重い	超臨界微細発泡射出成形技術のみでは軽量化は 10%程度にとどまる	25～30%の軽量化を実現
断熱性が低い	1 層構造 (ソリッド層) ※断熱効果は、素材の熱伝導率に支配される	7 層構造を実現した
そりが発生する	押出成形品の冷却過程で収縮が不均一のためそりが発生する	そり量を 1/3～1/4 に改善

1-4 当該プロジェクト連絡窓口

(1) 事業管理者

特定非営利活動法人 JRCM 産学金連携センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目 5 番 11 号 東洋海事ビル 6 階

Tel/Fax : 03 - 5841 - 1507/7105

代 表 者 : 理事長 小島 彰

連絡担当 : 産学連携推進部長 伊藤 瑛二

(2) 研究機関

株式会社 ティーエヌ製作所

〒491-0832 愛知県 一宮市 若竹 4 丁目 2 番地 9 号

Tel/Fax : 0586 - 77 - 1313/1366

代 表 者 : 代表取締役社長 丹下 勝康

連絡担当 : 常務取締役・製造部長 石田 和重

小松技術士事務所

〒972-8301 福島県 いわき市 草木台 2 - 14 - 6

Tel/Fax : 0426 - 28 - 8701/8702

代 表 者 : 所長 小松 道男

第2章 研究成果

2-1 ウッドプラスチックの超臨界微細発泡射出成形用金型設計技術の確立

(1) 試作金型 1 の開発

試作金型 1 は、今回の研究目標の基本性能を確認するために起工した金型である。超臨界微細発泡射出成形とコアバック - コアプッシュ制御により断面 7 層微細発泡成形体が得られる。また、3 次元形状の射出成形体の基本性能を確認することができる。

試作金型 1 の技術仕様は以下のとおりである。

表 3 試作金型 1 の技術仕様

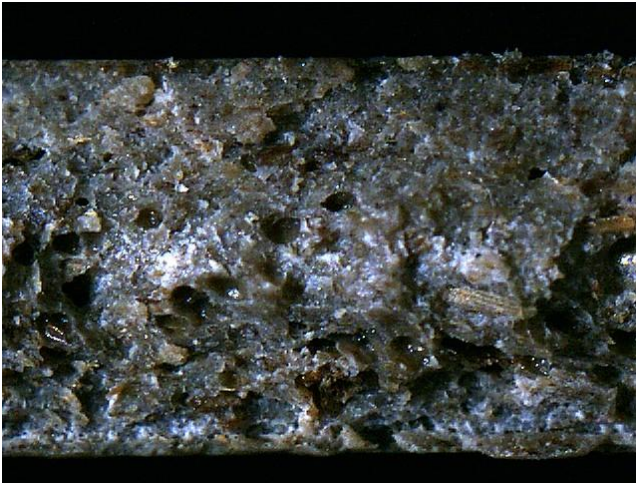
金型構造	2 プレート構造射出成形金型 パーティング面コアバック - コアプッシュ構造
ランナー方式	バルブゲート方式 2 点ゲート構造 ゲート位置：成形品中央部 1 点 成形品コーナー部 1 点 空圧制御 各ゲート独立開閉制御
取個数	1 個取り
試験片	平板形状試験片（一部に 3 次元形状含む） 試験片サイズ：303mm×303mm×5mm 板厚 5mm から最大 10mm までコアバック可能
金型サイズ	700mm×700mm×649mm
キャビティ材質	SCM440（クロムニッケル鋼）
コア材質	SCM440（クロムニッケル鋼）
金型温度制御範囲	+20～+90℃
金型温度制御方法	冷却水循環方式による制御
キャビティ内温度センサー	赤外線方式非接触温度計 2 箇所 （ゲート近傍と最終充填箇所近傍に設置） サンプリング周期 1ms 双葉電子工業 株式会社製
キャビティ内圧力センサー	ストレインゲージ方式圧力センサー 2 箇所 （ゲート近傍と最終充填箇所近傍に設置） サンプリング周期 1ms 双葉電子工業 株式会社製

試作金型 1 を用いて、ウッドプラスチック(木粉含有量 55% / ポリプロピレン含有量 45%)の射出成形加工試験を行った。CO₂ 及び N₂ を超臨界状態で成形材料にミキシングさせた。

コアバックさせない試験片断面には微細発泡層を含む 3 層構造が形成された（次ページ 図 4）。コアバック - コアプッシュを行うことにより、基本的に断面にはスキン層 - 微細発泡層 - 二次微細発泡層 - 大発泡層の 7 層構造が得られることが確認できた。これらの層の状態は、コアバック - コアプッシュのタイミング、樹脂温度

- 樹脂圧力の関係、超臨界流体の濃度%により、複雑に変動する。これらの最適範囲については、次年度以降の研究で引き続き絞り込みを行っていく。

4. ソリッド成形品の断面
(3層構造が確認できる)



5. 超臨界流体に N_2 を用いた場合の断面
(中心部に巨大セルが確認できる)



6. 5と同じ条件でコアバック - コアプッシュ
制御を行った場合 (中心部のセルが微細)



7. 流動性実験



一方、流動長であるが、ソリッド状態に比較して N_2 を超臨界ミキシングさせた場合には流動長は、2~2.3 倍長くなった。 CO_2 の場合には、流動長は、2.7~3 倍となった。

成形品重量は、 N_2 を超臨界ミキシングさせてコアバックさせずに成形した場合には、ソリッド成形品に比較して 10~12%軽量化できた。一方、 N_2 を超臨界ミキシングさせてコアバックさせた場合には、ソリッド成形品に比較して 28~32%軽量化できた。しかし、断面の発泡層の状態と強度の兼ね合いがあり、断面層の状態が十分に検証されなければ実用成形品にマッチングさせることは困難である。この点については、今後、最適な軽量化度と断面層構造の関係を明らかにしていく必要がある。

コアバック - コアプッシュの金型内圧力波形と温度波形からの制御ポイントの最適範囲の明確化は、超臨界流体の混合濃度、飽和溶解度、樹脂のガラス転移点温度 (T_g)、木粉コンパウンド量、ガスの臨界圧力 (P_c) の相関になっていると考えられる。

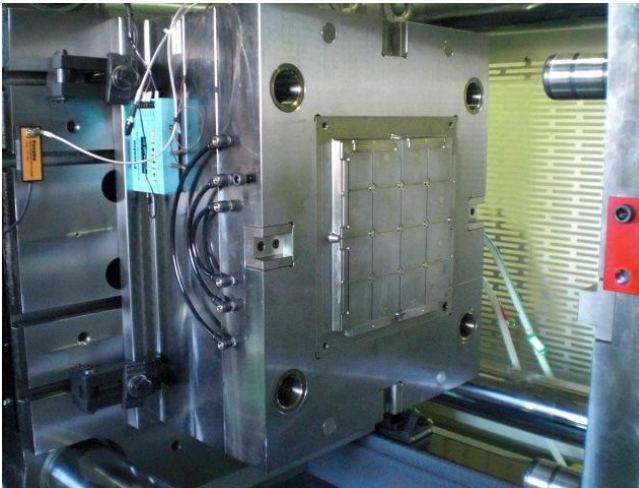
これらを特定するためには、実験計画法等により変動範囲をあらかじめ想定して、試作実験を積み重ねる必要がある。

平面のそり量については、ソリッド成形品に比較して、CO₂または N₂を超臨界ミキシングさせた場合は、そり量は、約 1/3～1/4 に軽減された。ガスの種類によるそり量の変化には、有意差はみられなかったが、ガス濃度がある量よりも少ないとそり量は増加する傾向にあった。

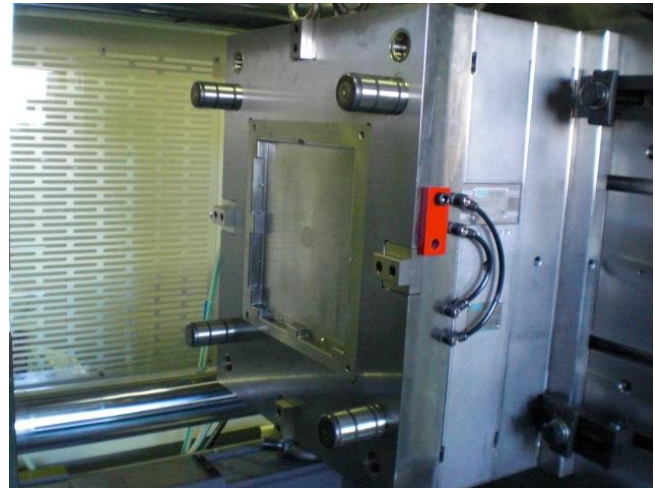
成形品の外観については、木調の外観が確認された。ゲートを中心として年輪状の意匠性も確認された。これは当初は全く想定していなかった現象である。木調の状態は、木粉コンパウンドの量によっても変動することがわかった。また、ガスの種類の選定によっても変動することがわかった。意図する外観を得るための条件範囲の絞り込みは、今後追求していく。

防振性と芳香持続性については、明らかに両者の物性が得られていることは、官能検査で確認できるが、定量的な研究、詳細な物性については今後の研究課題となる。

8. 試作金型 1（可動側）



9. 試作金型 1（固定側）



(2) 試作金型 2 の開発

試作金型 2 が試作金型 1 に加えて備えるべき技術要件は、以下の通りである。

要件 1：3 次元形状を有し、箱形形状であること。

要件 2：音響特性を確認できる形状であること。

試作金型 1 の技術仕様は以下のとおりである。

表 4 試作金型 2 の技術仕様

金型構造	2 プレート構造射出成形金型 パーティング面コアバック - コアプッシュ構造
ランナー方式	バルブゲート方式 1 点ゲート構造 空圧制御独立開閉制御
取個数	1 個取り

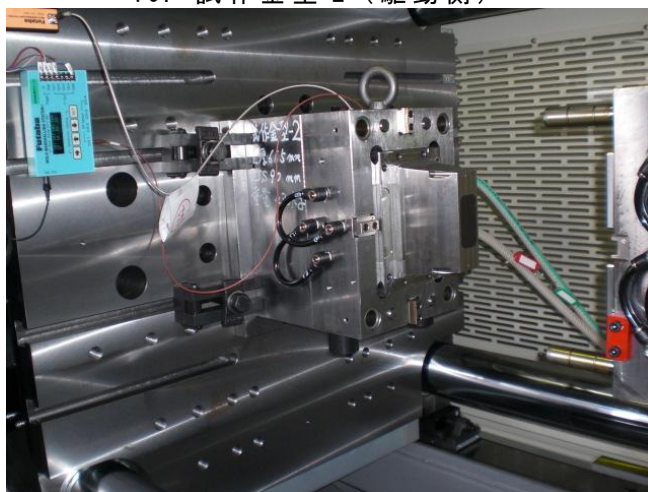
試験片	スピーカーボックス形状試験片（3次元形状含む） 天面板厚最大 10mm までコアバック可能
金型サイズ	700mm×620mm×657mm
キャビティ材質	SCM440（クロムニッケル鋼）
コア材質	SCM440（クロムニッケル鋼）
金型温度制御範囲	+20～+90℃
金型温度制御方法	冷却水循環方式による制御
キャビティ内温度センサー	赤外線方式非接触温度計 1箇所（ゲート近傍に設置） サンプリング周期 1ms 双葉電子工業 株式会社製
キャビティ内圧力センサー	ストレーンゲージ方式圧力センサー 1箇所 （ゲート近傍に設置） サンプリング周期 1ms 双葉電子工業 株式会社製

試作金型2を用いた試作実験によりウッドプラスチック（木粉含有量 55% / ポリプロピレン含有量 45%）の射出成形加工試験を行った。CO₂ 及び N₂ を超臨界状態で成形材料にミキシングさせた。

コアバックさせない試験片断面には微細発泡層を含む3層構造が形成されていることが試作金型1と同様に確認された。コアバック - コアプッシュを行うことにより、基本的に断面にはスキン層 - 微細発泡層 - 二次微細発泡層 - 大発泡層の7層構造が得られる点も同様であった。これらの層の状態は、コアバック - コアプッシュのタイミング、樹脂温度 - 樹脂圧力の関係、超臨界流体の濃度%によって複雑に変動複雑に変動する。これらの最適範囲については、次年度以降の研究で引き続き絞り込みを行っていく。

試作金型2で成形された試験片は、スピーカーボックスとしての形状を有することから、今後の研究では、アドバイザー企業等より助言を受けながら、ソリッド成形品とウッドプラスチック成形品（各種材料、発泡状態の組み合わせ）とを音響的な比較試験を行うことにより、遮音性能や防振性能を検証し、音響家電等への採用可能性を検討していく。

10. 試作金型2（駆動側）



11. 試作金型2（固定側）



2-2 ウッドプラスチックへの超臨界流体ミキシング技術の開発

(1) 対象ガスの選定及び投入比率の設定

CO₂及びN₂を対象ガスとして選定し、ガスの溶解度を高めて溶融樹脂の粘度を低下させる技術を研究した。最適なミキシング条件、重量濃度範囲を見出すため、以下の項目について超臨界流体のミキシング技術を開発した。

a. ウッドプラスチックと超臨界ガス（N₂・CO₂）の組み合わせ最適化

ウッドプラスチックコンポジット（WPC）の素材について、市販材料の調査を行ったところ、国内で流通しているWPC素材は、主にポリプロピレン（PP）をベースレジンとし、これに建築廃材を粉砕したものであることがわかった。この素材は、ほぼ全量が押出成形用として利用されている。この素材を用いて、超臨界微細発泡射出成形を試みたところ、7層断面構造の発泡体として成形することはできたが、素材の質感は粉砕木粉に廃材プラスチックや塗料粉等も混ざっており、家電製品や自動車内装品用として採用することは不適切であると判断された。外観品質を良好に保つ必要がある家電製品や自動車内装部向けとしては、木粉を吟味して調達し、さらに粉のサイズ、粒形状、前処理、ベースレジンとの混合性能向上を検討する必要があるあった。

そこで、木粉については、専門木粉製造企業を選定して、試験素材を開発した。さらに、この試験素材にある特定の酸で前処理を行い、これをペレットとしてPPとコンパウンドし、基本素材を開発した。

木粉は、杉と檜があり、杉が檜に比べて圧倒的に低コストである。したがって、用途により木粉材質を使い分ける必要がある。

ベースレジンには、PPと低密度ポリエチレン（LDPE）を選定した。いずれもポリオレフィン系であり、現在世界で流通しているWPCの90%以上はこれらのレジンである。

PP、LDPEのメーカー、グレード、特性の最適化は、十分な研究時間が確保できなかったため、最適化までは至っていない。しかし、混連させやすい素材とそうでない素材があることは知見された。今後は、ベースレジンと木粉の組み合わせも最適なものを見出していく必要がある。

次に、ガスの選定であるが、それぞれのガス（CO₂並びにN₂）によって発泡状態は大きく変動し、外観にも大きな差が現れることがわかった。CO₂の場合は、流動性がN₂よりも大幅に改善され、低い充填圧力で成形加工が可能である。しかし、断面の発泡径は粗大化の傾向がある。強度を要求される成形品の場合にはCO₂よりもN₂の方が適している。N₂の場合には、断面の発泡径は、微細化し、外観も美しく年輪状ができあがることがわかった。したがって、強度があり、美しい外観を得たい場合には、N₂が適しているといえる。

b. 超臨界ガス濃度の最適化

ガス濃度0.01%～0.5%の範囲内で、最も微細直径が安定形成できる濃度範囲を見出し、ガスの種類も選定することを目標とした。

CO₂ の場合には、ガス濃度の最適範囲は 0.01～0.2%であった。0.2%を越えると発泡径が、500 μ m を越え、肉眼で確認できるほど大きな泡となり、成形品の外観に不具合が生じる。また強度も明らかに低下してしまった。

N₂ の場合には、ガス濃度の最適範囲は 0.05～0.25%であった。0.25%を越えて充填しても発泡状態が変化しないため、0.25%以下とすることが望ましい。

c. 背圧の最適化

b.で最適化した超臨界濃度にマッチングした背圧の範囲を探った。背圧は、CO₂、N₂ いずれの場合も 10～20MPa の範囲内に設定すると発泡状態が安定することがわかった。

(2) 混練方法の検討実施

最適なミキシングを可能にする射出成形機のスクリー形状の検討を行った。ウッドプラスチックは、素材ペレットに比較的大きな粒径の木粉を含有しており、木から発生するタール成分、前処理時に使用したマレイン酸や脂と超臨界流体が安定して混練できるようにスクリーの形状とコーティング方法を成形機仕様開発時に検討する必要があった。

具体的には、フライントの圧縮比を一般の熱可塑性樹脂と比較して小さく設計し、ペレットをスクリーフラインがかみ込む際の発熱を抑制し、木粉が焼けないように設計を工夫した。なお、超臨界流体混合部のフライント形状は、小型羽群が形成されており、今回開発されたウッドプラスチック用スクリーは、世界で初めての開発事例であると思われる。

2-3 ウッドプラスチックに最適化された超臨界微細発泡射出成形機の開発と成形加工方法の確立

ウッドプラスチックに最適化された超臨界微細発泡射出成形システムを開発した。システムを構成する機器類は、単独での仕様設計の最適化だけでは全体システムを円滑に運用することはできないため、構成機器間の整合性やインターフェイスの共通化、ハードウェア同士の連結仕様、ウッドプラスチック特有の課題への対応（材料粉塵対策、吸湿対策）、超臨界流体発生装置との整合性を開発当初に十分に検討し、詳細仕様決定まで落とし込んだ。単なる市販機材の継ぎ合わせでは、今回の研究目的を達成することは不可能であり、これまで研究員が蓄積してきた経験とノウハウに新たな知見を加えて全体システムとして設計最適化を行っている。

(1) 超臨界微細発泡射出成形機の開発導入

超臨界微細発泡射出成形機の主要技術仕様要件は以下のとおりである。

表 5 超臨界微細発泡射出成形機の主要技術仕様要件

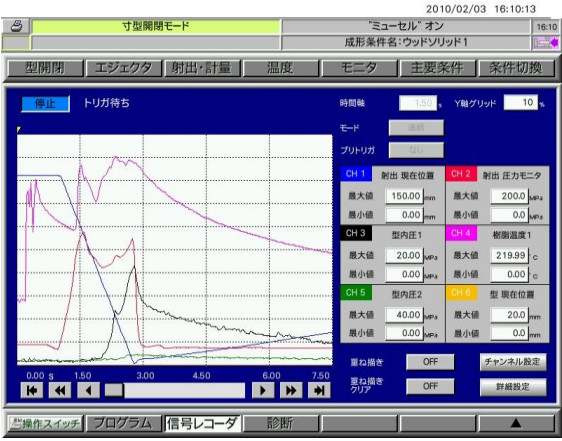
基本仕様	超臨界微細発泡成形対応 - 電気式高性能射出成形機 ELJECT NEX360 - MuCell 日精樹脂工業 株式会社製
駆動機構	全電動式サーボモーター駆動
型締力	3,530kN(360tf)
型締ストローク	650mm
使用金型厚さ	350～690mm
最小金型寸法	520mm×520mm
最大型開距離	1,340mm
タイバー間隔	735mm×735mm
ダイプレート寸法	1,055mm×1,055mm
ロケーションリング径	φ120mm
エジェクタストローク	150mm
エアーエジェクタ	可動側独立エアブロー機構（ウッドポリマー仕様） 固定側独立エアブロー機構（ウッドポリマー仕様）
中子抜き仕様	シリンダー機構（ウッドポリマー仕様）
可動プラテン制御仕様	金型内樹脂圧力 - 温度計測による射出成形機の コアバック-コアブッシュタイミング制御システム仕様
スクリー径	φ56mm
スクリー仕様	MuCell 仕様 超臨界流体ミキシングフライト形状のウッドポリマー適応 （フライト圧縮比を一般樹脂よりも低く設定） スクリー並びにシリンダー耐食仕様 （ウッドポリマー揮発成分対応）
射出体積	776cm ³
可塑化能力	156kgf/h(PS)
最大射出圧力	199MPa
射出率	394cm ³ /s(標準) 493cm ³ /s(高速) 394cm ³ /s(高負荷状態)
射出速度	160mm/s(標準) 200mm/s(高速) 160mm/s(高負荷状態)
スクリー回転数	0～250rpm
ホッパー容量	90L
金型内圧力センサー対応	双葉電子工業 株式会社 モールドマーシャリングシステム アンプ接続
金型内樹脂温度 センサー対応	双葉電子工業 株式会社 モールドマーシャリングシステム アンプ接続
圧力・温度波形出力	成形機操作ディスプレイ上に表示可能
圧力波形による コアバック - コアブッシュ制御系	波形に対して 1 カ所の検出圧力を設定できるようにし、 圧力上昇側と圧力下降側のいずれかを検知しサーボ制御 できるようにした。
温度波形による コアバック - コアブッシュ制御系	波形に対して 1 カ所の検出圧力を設定できるようにし、 圧力上昇側と圧力下降側のいずれかを検知しサーボ制御 できるようにした。
バルブゲート制御	DC24V 型締信号出力

加熱ヒーター電力	22.17kW
機械寸法	6,970mm×1,740mm×2,100mm
重量	16tf

12. 射出成形機外観



13. 成形機操作パネル画面例



(2) 超臨界流体発生装置

超臨界流体発生装置の主要技術仕様要件は以下のとおりである。

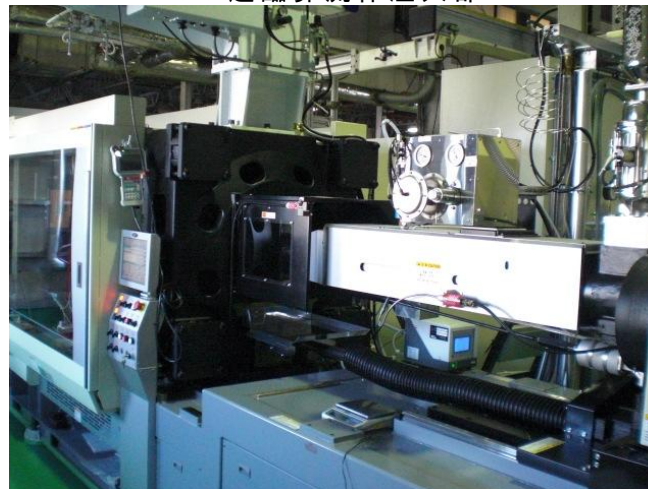
表 6 超臨界流体発生装置の主要技術要件

基本仕様	トレクセルジャパン 株式会社 MuCell 仕様 Trexel SCF Delivery System Series-II-trj-10
製作先	昭和炭酸 株式会社
適応法規	高圧ガス保安法、日本工業規格 (JIS)
使用ガス	CO ₂ (ポンベ供給)、N ₂ (ポンベ供給)
設計圧力	16.2MPa 51.3MPa 46.1MPa
常用圧力	14.7MPa 46.0MPa 40.0MPa
設計温度	0～+40℃
供給可能流量	4.03kgf/h (CO ₂)、2.43kgf/h (N ₂)
電源仕様	3 相 AC100～200V 50・60Hz 1KVA

14. 超臨界流体発生装置



15. 超臨界流体注入部



(3) 材料乾燥装置及び材料吸引機

材料乾燥装置及び材料吸引機の主要技術仕様要件は以下のとおりである。

表 7 材料乾燥装置及び材料吸引機の主要技術仕様要件

基本仕様	輸送機一体型除湿乾燥機 マルチジェット3シリーズ MJ3-100J 株式会社 松井製作所
乾燥ホッパー容積	170L
乾燥空気平均露点	-40℃
乾燥風量	120m ³ /h
乾燥温度	80～160℃
乾燥ブロワー	1.3/1.5kW
再生ブロワー	94・113W
乾燥ヒーター	6.0kW
再生ヒーター	3.0kW
吸着塔	ゼオライトローター ウッドポリマー除湿乾燥対応
吸着塔モーター	15W
ホース径(乾燥)	φ50mm
ホース径(冷却)	φ20mm
ホース径(再生)	φ38mm
循環冷却機	水冷式 冷却水量 10L/min 接続口径 φ10.5×1/2 ホースニップル
電源	電圧 AC200V-3P/50HZ AC200/220V-3P/60HZ
操作回路電圧	AC200V-1P
電源ブレーカー容量	50A
圧縮空気	圧力 0.5MPa 流量 10L/h
輸送距離	一次側 10m、二次側 5m
輸送配管	φ38mm PVC ホース ウッドポリマー粉塵対応仕様
輸送ブロワー	電動機出力 1.3/1.5kW
制御方式	乾燥温度調節 PID 制御、再生温度調節 PID 制御
機材重量	331kgf

16 材料供給装置



(4) 金型温度調節機

金型温度調節機の主要技術仕様要件は次ページのとおりである。

表 8 金型温度調節機の主要技術仕様要件

基本仕様	空冷式金型冷温調機 RAD-80 株式会社 松井製作所
使用媒体	清水
使用温度範囲	10～90℃
冷凍機	電力 4.48kW
冷却能力	13.74kW/50HZ/10℃ 16.34kW/60HZ/15℃
ヒーター電力	6kW
送媒ポンプ	1.5/2.3kW 最大流量 132/150L/min
最大揚程	24/35.5m
循環ポンプ	0.76/1.15kW
冷水タンク	40L
冷却ファン	185×2 kW
温度調節器	制御動作 PID 設定温度 デジタル 測温体 PTC サーミスタ 制御出力 過熱・冷却 4～20mV
配管口径	送返媒口 1×2B 給水口 1-1/4B 自動給水口 1/2 オーバーフロー口 1-1/2B ホッパー返送媒口 1/2B
電源	AC200V-3P/50HZ 200/220V/60HZ
外形寸法	630mm×1350mm×1500mm
重量	350kgf

(5) 成形品取り出し装置

成形品取り出し装置の主要技術仕様要件は以下のとおりである。

表 9 成形品取り出し装置の主要技術仕様要件

基本仕様	ゼネラルサーボロボット取り出し装置 Gx-1100IV 株式会社 スター精機
電源	AC220V 50/60HZ
常用空気圧力	0.49MPa
駆動方式	AC サーボモーター
エアーシリンダ姿勢	90° 固定
エアーシリンダ推力	10kgf(チャック重量を含む) 姿勢トルク 44N-m
制御ボックス	STEC-380
ストローク	成形品上下 1100mm 前後 170~1000mm 走行 1600mm
電源設備容量	5.3KVA
最大消費電力	2.75kW
エアー消費量	14.3NL/サイクル
ウッドポリマー仕様	NT ゲートカット トラバース延長 チャックエアー回路カプラー 自在チャック
重量	580kgf

17. 成形品取り出しシステム



第3章 全体総括

本年度の研究は、計画通りに推進され、研究開始当初に掲題された以下の研究成果を得ることができた。

3-1 成果の総括

本研究は、計画通りに推進され、当初想定された研究成果を得ることができた。補正予算事業の性格上、短期間で研究機材の開発を中心とした計画となったが、機材は、大きなトラブルもなく期間内での完成にこぎ着けることができた。基本実験により期待された研究成果を得るための基礎データの確認までは到達することができた。

次年度については、本年度開発した基盤技術を事業化ステージに活用する補完研究を実施したいと考えている。

3-2 工業所有権の取得状況

本年度の研究に先立ってなされた工業所有権の取得状況は以下の通りである。特許出願に際してはアドバイザーである弁理士 佐藤辰彦氏よりの確な助言をいただき、また先行技術調査も必要に応じて実施し、権利化を見据えた特許等の出願に心がけた。（出願番号に関しては出願公開前につき記載を見送ることにする）

出願された知的財産権：

日本国特許出願 平成 21 年 6 月 29 日「木粉含有樹脂成形体及びその製造方法」

出願人 小松道男

日本国特許出願 平成 21 年 6 月 29 日「樹脂成形体」

出願人 小松道男

3-3 今後の事業化に向けた取組み

次年度以降は、補完研究を実施しつつ、以下のアクティビティを積極的に実施し、受注獲得へ向けて行動を起こすことにしている。

1. 販売計画策定

2. 情報発信

新聞、雑誌等へ積極的にアプローチする。また、学会発表へも協力を行う。

3. インターネット

ホームページを作成し、開発技術や商品をネット上で発信する。

4. 見本市への出展

5. 営業展開ツールの整備

開発された技術の市場での事業性を、見本市、インターネットホームページ、学術文献等で周知を図り、事業化活動を行っていく。

特に家電分野と建材分野の用途において、まず手始めとして量産受注活動を目指した営業活動を行い、並行して自動車内装部品分野へも営業展開を図っていく計画

である。アドバイザーの所属する企業からも商品化のための不備な事項の指摘、批評を行って頂き、より商業品質に近づけるようなアプローチを行う。

製品の科学的な物性評価については、京都工芸繊維大学の支援を仰ぎ、強度評価、ミクロ組織の観察等を行っていく。

3-4 謝辞

本研究を推進するにあたり、アドバイザーとして京都工芸繊維大学特任教授 長岡猛様、創成国際特許事務所所長 弁理士 佐藤辰彦様、トレクセルジャパン株式会社代表取締役 砂村安秀様ほか各界専門家の皆様より貴重なアドバイスを頂戴しました。

また、中部経済産業局 産業部製造産業課 吉田拓様には研究実施に際し、実務的な角度よりの様々なアドバイスを賜りました。加えて、産業部製造産業課長 岡本正弘様には研究開発委員会等において研究推進に関するご助言を賜りました。

ご協力頂きました関係各位に対しましてここに謝意を表したく存じます。

