

平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「特殊インモールド法による金型内加飾成型技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成25年 3月

委託者 九州経済産業局

委託先 公益財団法人佐賀県地域産業支援センター

目 次

第1章	研究開発の概要	1
1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-2	研究体制	3
1-3	成果概要	6
1-4	当該研究開発の連絡窓口	8
第2章	本論一（1）	9
2-1	多層シートインモールド金型構造への対応	9
2-2	目的と目標	9
2-3	実験方法	9
2-4	実験結果	11
2-5	研究成果と今後の課題	14
第3章	本論一（2）	16
3-1	射出成形機の課題への対応	16
3-2	目的と目標	16
3-3	実験方法	16
3-4	実験結果	17
3-5	研究成果と今後の課題	19
第4章	本論一（3）	20
4-1	形状形成シート、加飾シート及び機能シート開発への対応	20
4-2	目的と目標	20
4-3	実験方法	20
4-4	実験結果	21
4-5	研究成果と今後の課題	24
第5章	本論一（4）	25
5-1	プロジェクトの管理運営	25
5-2	実施概要	25
5-3	今後の課題と取り組み	26
第6章	全体総括	26
6-1	研究成果の全体総括	26
6-2	サブテーマの総括	26
6-3	今後の事業化に向けての取り組み	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

(1) 研究の背景及び目的

自動車産業では、高級志向と軽量化による樹脂製高品質・高外観で低価格の内装部品が求められているが、高品質・高外観を得るには塗装・蒸着・鍍金・印刷等の後工程が必要であり、低コスト化が困難な状況にある。自動車内装材に高級外観を与えコストダウンを図るためには、工程の短縮による金型内で加飾できる技術開発が強く求められている。現在、金型内で加飾する技術にインモールド成形法があるが、転写や貼合技術を必要とする単層インモールドでの成形法であり、立体構造の成形品においてはコーナー部や折れ曲がり部でシワや破れが発生し、立体形状の製品が成形できない問題があった。これらの品質問題を解決し、さらに消費者の高級志向で低価格化に対応するため、高品質な外観や機能付与された製品の量産化成形技術の開発が求められている。

このような背景のもとに本研究開発ではインモールド成形法を高度化し、金型内で加飾や機能を付与できる高付加価値・低価格・高品質表面加飾成形技術の確立を目的とする。具体的には、形状形成シートや加飾シート・機能性シートなどを使用した多層インモールド法による金型内加飾成型法を開発するものであり、本技術は自動車内装材のみならず、携帯・化粧品その他のケースの加飾、導電性付与や電磁波シールドなどの機能性製品の開発、及び小型ディスプレイの金型内成形など幅広い展開が期待できる。

(2) 研究の概要

本研究では、立体形状製品の成形後の後工程不要の金型内加飾技術を開発するものであり、①多層シートインモールド金型構造への対応、②射出成形機の課題への対応、及び③形状形成シート、加飾シート及び機能シート開発への対応の3つのサブテーマを設定して研究開発を実施する。

多層シートインモールド金型構造への対応では、多層シートの自動固定装置を内蔵した最適テンション張り金型構造の開発を行う。また、樹脂の型内流動性の解析とシミュレーションでは、ゲートの種類や位置による樹脂の流動性や加飾シートの厚さによる金型内での流動性シミュレーションを行う。成形品の後工程の削減に資するコストダウンの目標値は、後工程の加工方法にもよるが現状より 10~30%のコストダウンを目指す。

射出成形機の課題への対応では、自動固定装置内蔵金型と成形機の連動駆動装置及び多層シート自動供給装置の開発を行い、位置決め固定精度は 平行度 $\pm 0.5\text{mm}$ を目指す。

形状形成シート、加飾シート及び機能シート開発への対応では、形状形成シートに使用できる材質の選定と寿命を検証する。また、機能性付与では導電性シート量産技術の開発と製造技術の確立を行う。さらに従来加飾が不可能であった和紙、網目状レース、リサイクル樹脂の加飾を可能とすると共に、機能付与では 導電性能を抵抗値で $1\ \Omega$ 以下 を目指す。

(3) 実施内容

①多層シートインモールド金型構造への対応（株式会社松野金型製作所、佐賀県工業技術センター）

①-1 多層シートの自動固定装置内蔵及び最適テンション張り金型構造の開発(松野金型製作所)

形状形成シートと加飾シートを自動で位置決め固定する金型構造として、金型の製品部外側に型内エアースリンダーを設置し、そのエアースリンダーに形状形成シートと加飾シートを位置決め固定する固定バ

一を設ける特殊金型の研究開発を行う。

①-2 両面加飾技術の開発（松野金型製作所）

商品によっては機能性を付与するための両面加飾の要望がある。型内エアースリンダーと真空引きによる両面加飾成形実験と改善・改良による両面加飾金型の研究開発を行う。

①-3 樹脂の型内流動性の解析とシミュレーション（佐賀県工業技術センター）

加飾シートの厚さにより、射出成形での樹脂の流動性が変化する可能性がある。佐賀県工業技術センターはゲートの種類や位置による樹脂の流動性や加飾シートの厚さによる金型内での流動性シミュレーションと実成形での実証を行う。実証テスト結果により、流動解析によるゲートの種類や位置と加飾シートの厚さと成形条件の選択がシミュレーションできるようにする。

②射出成形機の課題への対応（株式会社松野金型製作所、株式会社アドユニオン研究所）

②-1 自動固定装置内蔵金型と成形機の連動駆動装置の開発（松野金型製作所）

金型内エアースリンダーを成形機の金型開閉時に開閉させるために成形機に駆動装置を取り付け、制御システムにより、金型内エアースリンダーとの連動した成形技術を開発する。また、両面加飾成形技術開発に使用する真空ポンプの駆動装置取り付けと制御法の確立のため、成形機の金型開閉時に連動して真空引きを行う駆動装置を成形機に取り付け、制御システムの実験を行い成形機と金型との連動を実証する。

②-2 多層シート自動供給装置の開発（松野金型製作所、アドユニオン研究所）

これまでの2層シート手動（手挿入）式供給での基礎実験を基に、2層シート自動供給装置の設計と試作機の製造を行い、加飾成形の実証テストと自動供給装置の改善・改良を図る。

③形状形成シート、加飾シート及び機能シート開発への対応

（株式会社松野金型製作所、株式会社アドユニオン研究所）

③-1 形状形成シートの開発（松野金型製作所、アドユニオン研究所）

形状形成シートは毎ショット必要ではなく繰り返し使用が30ショットまで可能なことが予備試験で確認出来たので、さらに、松野金型製作所で形状形成シートの材質や種類によってどの程度のショット数まで使用できるかを検証する。アドユニオン研究所は形状形成シートに使用できる材質を選定し、製品コストに大きく影響する寿命を調べる。

③-2 加飾シートと機能シートの開発（アドユニオン研究所）

加飾に使用されるシートの種類としては、蒸着シート、印刷シート、和紙、布、合成皮革、金属箔、網目繊維、木皮、及びその他各種の材料が考えられる。現状、前記のシート材料のうち数種類は金型内で手張り実験で加飾できることを確認しているが、製品によって材料や仕様が異なるので、用途と材料の選択実証試験を行い、使用可能シートの選定と製造技術の開発を行う。

④プロジェクトの管理・運営（公益財団法人佐賀県地域産業支援センター）

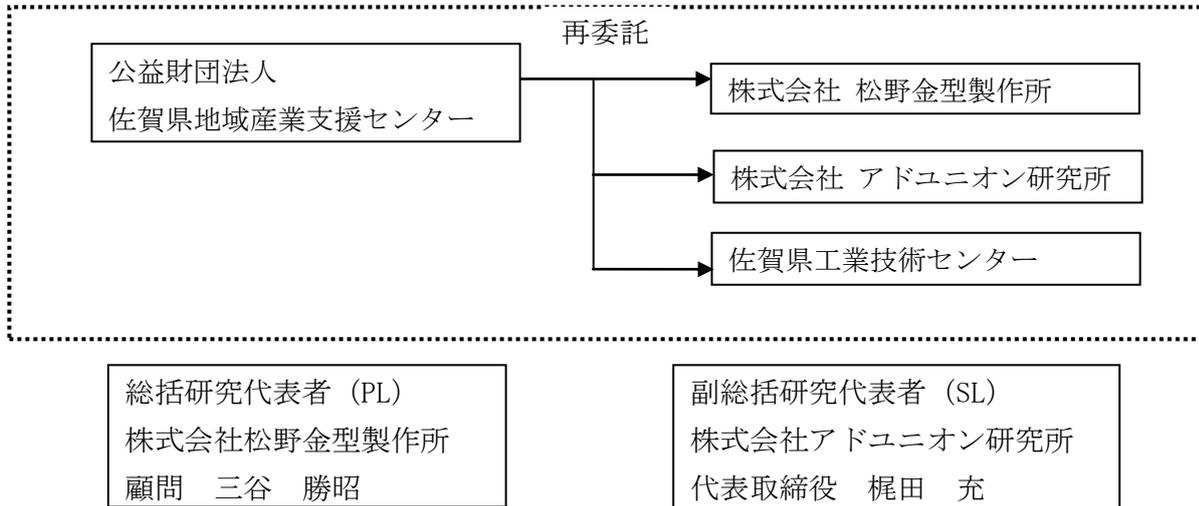
事業推進委員会の開催、プロジェクト会議の開催等、当該プロジェクトが円滑に運営され、かつ目標が確実に達成できるように、参加研究機関及び事業管理者間の連携を密に図るとともに、プロジェ

クト全体の運営と進捗管理を行い、事業化へ向けた支援を行う。また、研究開発の実施内容を整理し、経理報告書と成果報告書の取りまとめを行う。

1-2 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

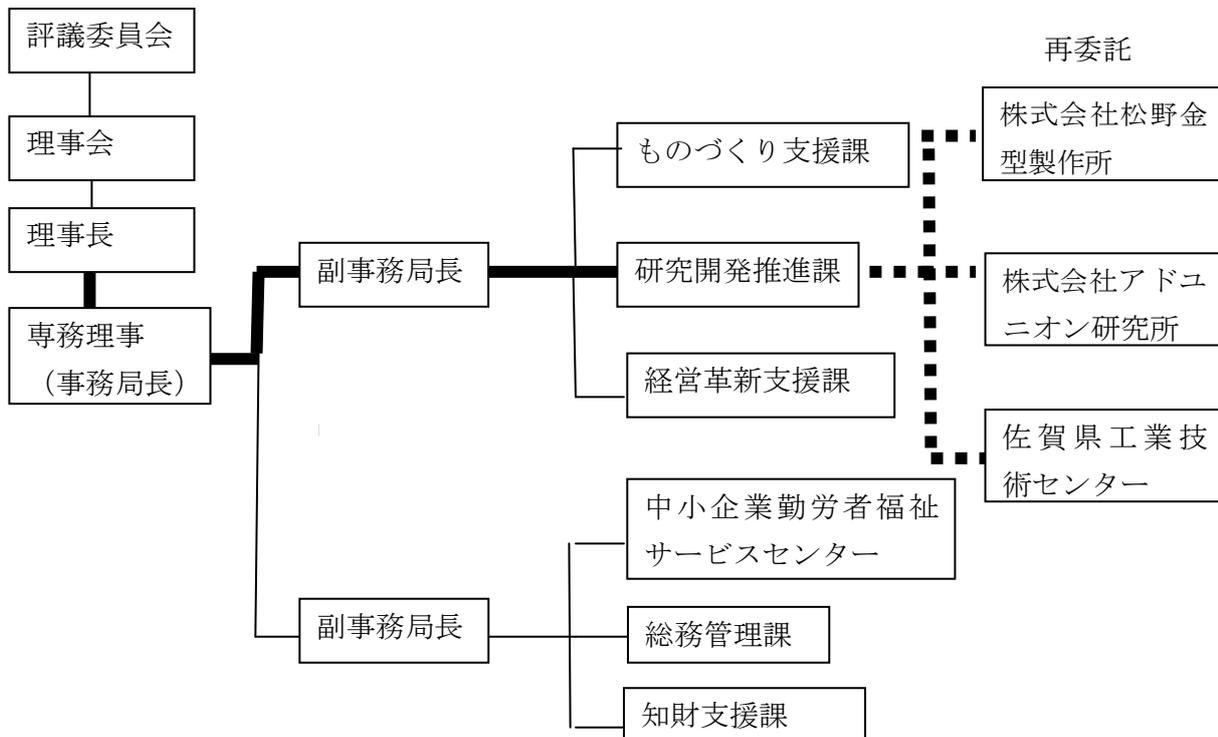
1) 研究組織 (全体)



2) 管理体制

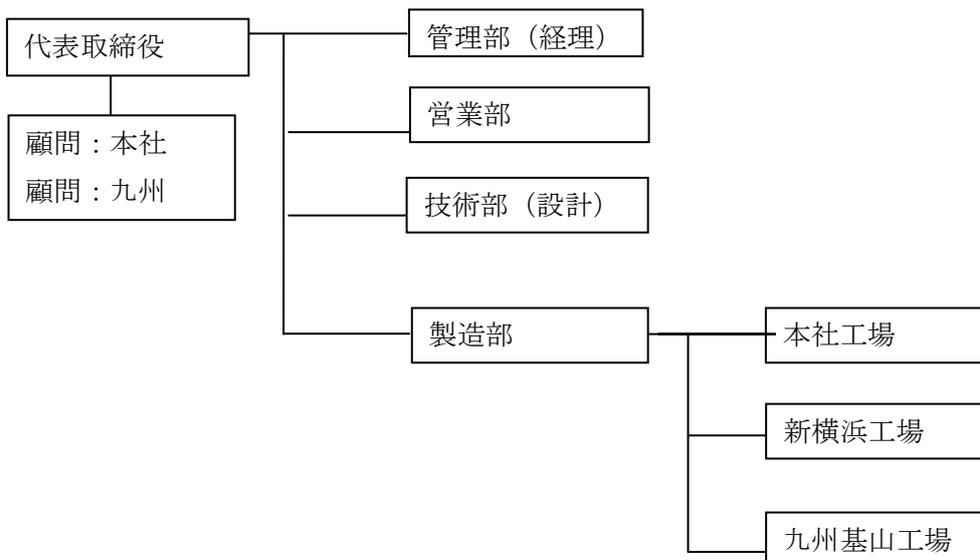
① 事業管理者

【公益財団法人 佐賀県地域産業支援センター】

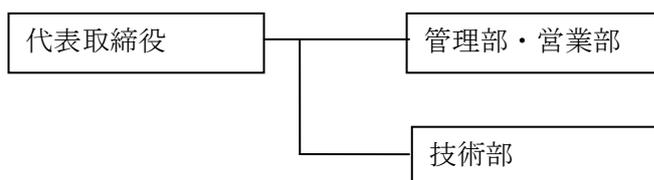


② (再委託先)

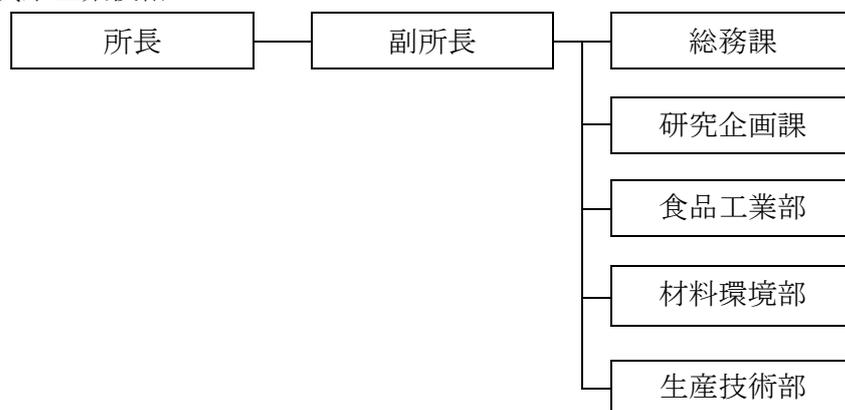
株式会社松野金型製作所



株式会社アドユニオン研究所



佐賀県工業技術センター



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】 公益財団法人佐賀県地域産業支援センター

①管理員

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
大塚 和彦	副事務局長	④
坂井 亨	研究開発推進課 課長	④
安田 誠二	研究開発推進課 科学技術コーディネータ	④
永松 優希	研究開発推進課 主事	④

②【再委託先】※研究員のみ

株式会社松野金型製作所

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
三谷 勝昭	九州基山工場 顧問兼責任者	①-1、①-2、②-1、②-2、 ③-1
松野 行秀	代表取締役	①-1、①-2、②-1、②-2
大原 和彦	本社 技術部長	①-1、①-2、②-1、②-2
伊与田 和之	九州基山工場 工場長	①-1、①-2、②-1、②-2

株式会社アドユニオン研究所

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
梶田 充	代表取締役	②-2、③-1、③-2
梶田 久永	技術部長	②-2、③-1、③-2

佐賀県工業技術センター

氏名	所属・役職	実施内容(番号)
中野 太郎	生産技術部 研究員	①-3
田中 徹	生産技術部 研究員	①-3

③協力者

推進委員会委員

(外部推進委員)

氏名	所属・役職	備考
稲本 克也	パナソニックインテリア照明株式会社 取締役社長	アドバイザー
山田 秀行	九州大栄工業株式会社 部長	アドバイザー
坂口 哲哉	東洋機械金属株式会社 九州営業所	アドバイザー
森 直樹	国立大学法人 九州工業大学 大学院情報工学府 客員教授	アドバイザー

(内部推進委員)

氏名	所属・役職	備考
松野 行秀	株式会社松野金型製作所 代表取締役	委員長
三谷 勝昭	株式会社松野金型製作所 九州基山工場 顧問兼責任者	PL
大原 和彦	株式会社松野金型製作所 本社 設計部長	委
伊与田 和之	株式会社松野金型製作所 九州基山工場 工場長	委
梶田 充	株式会社アドユニオン研究所 代表取締役	SL
梶田 久永	株式会社アドユニオン研究所 技術部長	委
臼井 一郎	佐賀県工業技術センター 所長	
白仁田 和彦	佐賀県工業技術センター 生産技術部 部長	
山口 誠悟	公益財団法人佐賀県地域産業支援センター 専務理事	

1-3 成果概要

① 多層シートインモールド金型構造への対応

1) 多層シートの自動固定装置内蔵及び最適テンション張り金型構造の開発(松野金型製作所)

22年度は多層シートの自動固定装置としてエアシリンダー内蔵の最適テンション張り金型構造の開発により、木目調・金属調の加飾成形品が得られた。従来深さ10mm以下の立体加飾が困難とされていたが、23年度はより複雑でL/D検討金型の開発により、深さ22mmの加飾成形品ができるようになった。さらに、24年度はL/D検討金型を両面加飾成形用金型に改造することにより、多種多様な

素材を使用した両面加飾技術に必要な特殊なインモールド金型構造を確立することができた。

2) 両面加飾技術の開発（松野金型製作所）

23年度に手張りではあるが、両面加飾技術の基礎技術の確立ができた。

24年度は両面加飾の基礎技術を基に連続自動成形運転が可能な技術確立が完成し、多種多様な素材の活用により、ユーザーへの試供品（特に外面加飾で内面機能付与）を提供出来るようになった。

3) 樹脂の型内流動性の解析とシミュレーション（佐賀県工業技術センター）

22年度後半に基本となる流動解析ソフトの基礎技術だけでは解析の信憑性が得られないことが判明し、23年度に連成解析ソフトを導入し解析シミュレーションを進めた結果、24年度に非線形解析システムを用いて挙動解析および熱伝達解析を実施につながり、成形中のシートの変形挙動が明らかになり、形状形成シートの配置で、空気の逃げ道が常に確保され、残存空気から樹脂への置換がスムーズに達成される解析結果が得られた。本シミュレーションにより当初仮想した技術が証明され、今後の解析技術の進展に大きく寄与されるものと期待できる。

② 射出成形機の課題への対応

1) 自動固定装置内蔵金型と成形機の連動駆動装置の開発（松野金型製作所）

22年度は自動固定装置内蔵金型と多層シート自動供給装置との連動駆動装置（特別仕様）を設けた射出成形機の開発導入を行い半自動成型システムが完成した。23年度は成形品自動取り出し装置の開発導入と22年度導入設備との全自動運転ができるように制御装置を改造して全設備による連動全自動射出成型システムが完成した。24年度は両面加飾用シート自動供給装置導入に伴う全自動運転のため、成形機の制御装置を追加改造して全ての設備による全自動射出成型システムが完成した。

2) 多層シート自動供給装置の開発（松野金型製作所、アドユニオン研究所）

22年度は基本となる2層シート自動供給装置の開発導入により連続で加飾成形できる技術の確立ができた。23年度は3層シート自動供給装置に改造することにより、多種多様な加飾成形品が得られるようになった。24年度は今までにない両面加飾用2層シート自動供給装置の開発し、加飾と機能付与ができる新商品の開発が可能になった。目標位置決め精度0.5mmも達成した。

③ 形状形成シート、加飾シート及び機能シート開発への対応

1) 形状形成シートの開発（松野金型製作所、アドユニオン研究所）

22年度は形状形成シートの素材調査と使用可能なシート開発を行った結果、空気の抜ける素材を使用することが重要な要素と判明した。23年度はさらに模様やロゴなども活用できる形状形成シートの開発導入を行った。24年度は連続成形と寿命の長い形状形成シートの開発した結果、素材により37ショットの寿命の確認ができコストダウンへの試算ができるようになった。

2) 加飾シートと機能シートの開発（アドユニオン研究所）

22年度は自動車のインパネに使用されるABS樹脂とPP樹脂に適した木目調と金属調の加飾シートを開発した。23年度は非常に困難とされるL/D深さ22mmの成形品に対応できる木目調と金属調と各

種素材（織物・和紙・合成皮革・その他）の加飾シートの開発ができた。24年度は両面加飾対応加飾シートの開発と機能シートの目標1Ω以下の導電性能が達成された。

以上3つのサブテーマの完成により、トータル目標コストダウン10～30%の達成ができた。

④ プロジェクトの管理運営（公益財団法人佐賀県地域産業支援センター）

事業推進委員会の開催、プロジェクト会議の開催等、当該プロジェクトが円滑に運営され、かつ目標が確実に達成できるように、参加研究機関及び事業管理者間の連携を密に図るとともに、プロジェクト全体の運営と進捗管理を行い、事業化へ向けた支援を行った。また、研究開発の実施内容を整理し、中間評価のための資料作成、中間ヒヤリングに向けての準備を行うとともに、中間検査や確定検査のための書類作成や検査対応、毎年度ごとの研究成果報告書の取り纏めを行った。さらに、随時、購入物品の検収や現地確認を行った。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

公益財団法人 佐賀県地域産業支援センター 研究開発推進課 課長 坂井 亨

- ・住所；〒849-0932 佐賀市鍋島町八戸溝 114
- ・電話；0952-34-4413
- ・FAX；0952-34-4412
- ・E-mail；sakai@mb.infosaga.or.jp

第2章 本論一（1）

2-1 多層シートインモールド金型構造への対応

従来の単層インモールド成形技術では、立体形状の射出成形品への表面加飾は、折れ曲がり部やコーナー部にシワや破れが発生していた。その対策として、水転写法があるが、この方法は成形後の後工程が4～5工程と多く、コストダウンや使用されるインモールドシートに限界がある。したがって、成形後の後工程レスの金型内加飾技術として、低価格で多様な加飾シートが適用でき、飛躍的にデザインの付加価値の向上を図る金型内加飾法の開発が求められている。これらの要求を実現するためには、金型の構造が重要な研究課題となる。

2-2 目的と目標

形状形成シートと加飾シートを自動で位置決め固定する金型構造として、金型の製品部外側に金型内シート固定装置を設置し、そのシート固定装置に形状形成シートと加飾シートを位置決め固定する固定バーを設ける特殊金型を開発する。また商品によって両面加飾の要望があるので、金型内シート固定装置と真空引きによる両面加飾成形実験と改善改良による両面加飾金型の研究開発をする。また、加飾シートの厚さにより射出成形での樹脂の流動性が変化する可能性があるため、ゲートの種類や位置による樹脂の流動性や加飾シートの厚さによる金型内での樹脂の流動解析シミュレーション技術を確立する。成形品の後工程の削減に資するコストダウンの目標値は、後工程の加工方法にもよるが現状より 10～30%のコストダウンを目指す。

2-3 実験方法

（1）多層シートの自動固定装置内蔵及び最適テンション張り金型構造の開発

1) 22年度の研究開発

特殊インモールド金型の開発設計と試作に当たり、従来法と新規開発金型での比較テスト(従来法ではシワや破れが発生)ができ、成形品形状としては図 2-1「車用ドアスイッチパネル(小)」に示す立体形状でのデザインとした。

金型内シート固定装置は、図 2-2「特殊インモールド金型の構造」に示すように加飾シートをキャビと固定バーで挟み込む構造とする。



図 2-1 ドアスイッチパネル(小)

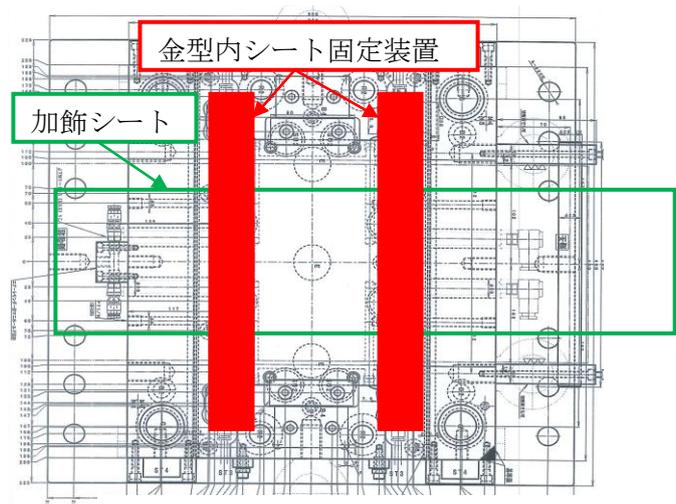


図 2-2 特殊インモールド金型の構造

2) 23年度の研究開発

Rや穴径に対して高さや深さ(L/D)の大きいものはシワや破れの発生がより大きな問題となる。破れやシワの発生L/D限界を研究開発のため、図 2-3 ドアスイッチパネル(大)の成形品形状(穴

径の違い3つと高さ・長さ・幅)で、22年度より複雑で難しい「L/D 検討用特殊インモールド金型」を開発試作する。

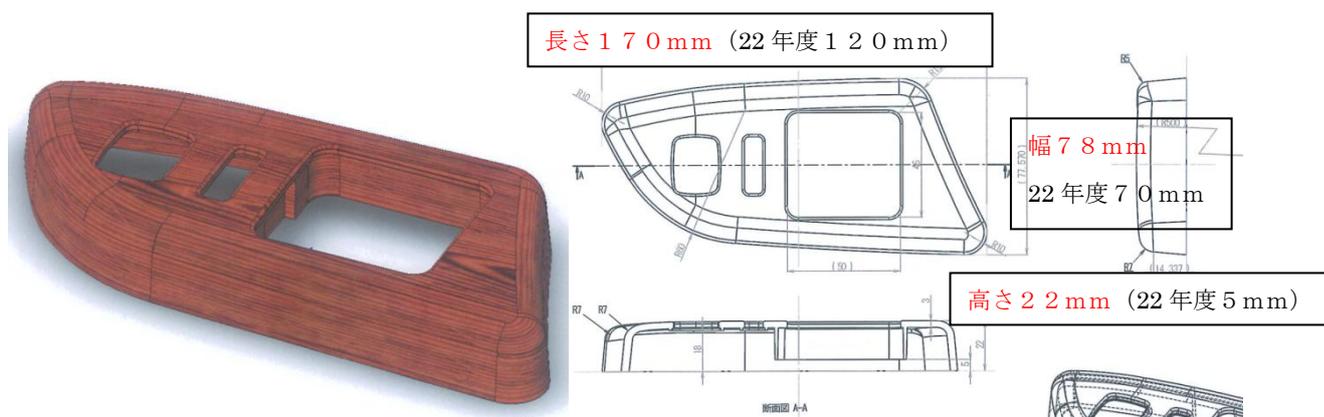


図 2-3 ドアスイッチパネル (大)

3) 24年度の研究開発

両面加飾技術開発に必要な金型構造として、23年度開発の「L/D 検討用特殊インモールド金型」を図 2-4「加飾シートと固定装置」に示すように外面側加飾シートと内面側機能シートを固定する押さえ板の改造を行った。また、加飾シートと機能シートの上に樹脂を流し込むため、図 2-5「ゲートの改造」に示すようにピンゲートをサイドゲートに改造する。

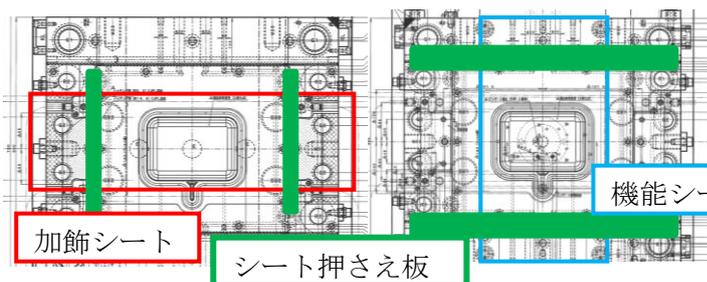


図 2-4 加飾シートと固定装置

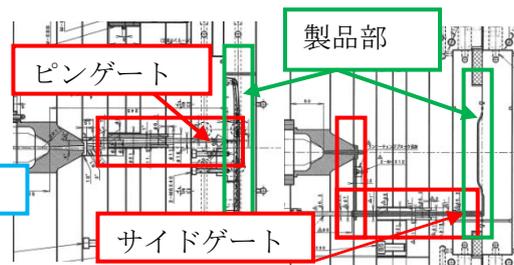


図 2-5 ゲートの改造

(2) 両面加飾技術の開発

1) 23年度の研究開発

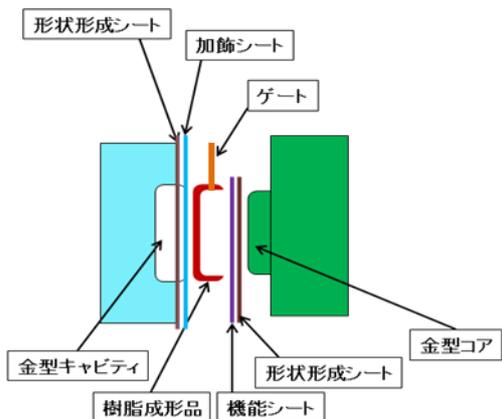


図 2-6 両面加飾概念図

両面加飾技術開発には、図 2-6「両面加飾概念図」に示すように、外面側は金型キャビティ側に形状形成シートと加飾シートの2層が供給され、内面側は金型コア側に形状形成シートと機能（加飾でも可）シートの2層が供給される構造である。

23年度は、内面側の自動シート供給装置がないため、手張り（セロテープなど）で両面加飾技術の成形方法の基礎を確立する。

2) 24年度の研究開発

23年度 L/D 検討用金型構造ではキャビティ側のみシート固定装置があったのが、両面加飾技術開発ではキャビティとコアの両方にシート固定装置を設置する。

(3) 樹脂の型内流動性の解析とシミュレーション

1) 22年度の研究開発

佐賀県工業技術センターにおいて、導入予定の樹脂流動解析システムの解析原理や解析能力に関する事前調査を行い、次年度以降の研究に向けた基礎データの収集を実施する。特に解析モデルのメッシュ品質が解析結果に与える影響について調査し、今後の研究における課題の抽出とその対策について検討する。

2) 23年度の研究開発

平成23年度は、連成解析ソフトを導入し、解析モデルの要素形状や節点位置が解析結果に与える影響を明確化し、加飾シートの物性を考慮した連成解析に求められるプリプロセッシング（解析モデル作成、境界条件設定）の品質とその解析能力について研究開発をする。特に、連成解析を実現するためのメッシュ作成方法を検討し、樹脂流動・温度分布解析における今後の課題抽出を行う。

3) 24年度の研究開発

平成24年度は、転写フィルムの破れやウェルドマークといった成形不良と熔融樹脂温度の相関について調査する。特に加飾シートに関わる挙動解析や熱伝達解析を実施し、不均一な温度分布を発現する要因の推定やその対策について解析する。

2-4 実験結果

(1) 多層シートの自動固定装置内蔵及び最適テンション張り金型構造の開発

1) 22年度の研究開発

図2-7に示すように特殊インモールド金型構造は多くの部品の組み合わせ構造となっている。

図2-8「加飾シート固定装置」に示すように本研究開発の金型には、金型内加飾シート固定装置が組み込まれ、シート固定バーが開いている時に加飾シートが挿入され、金型のキャビティと固定バーで加飾シートが最適テンション張りで固定される特殊な構造とした。

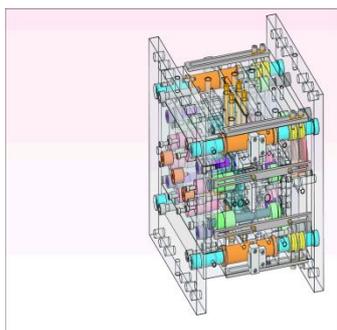


図 2-7 特殊インモールド金型構造

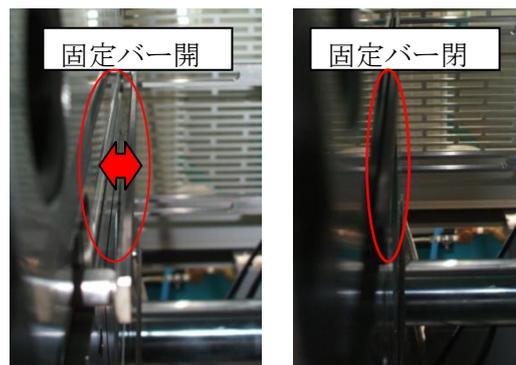


図 2-8 加飾シート固定装置

2) 23年度の研究開発

図2-9「L/D検討用特殊インモールド試作金型」に示すように、固定装置開状態で固定バーとキャビティの間に隙間が生じ、形状形成シート（第1層）と加飾シートN01（第2層）が装着され、固定バー（トリミング刃付）の上面に加飾シートN02（第3層）が装着され、固定装置閉状態となると固定バーが閉まり、可動側金型が閉まり各シートが固定されて、樹脂が射

出成形される特殊な金型構造とした。

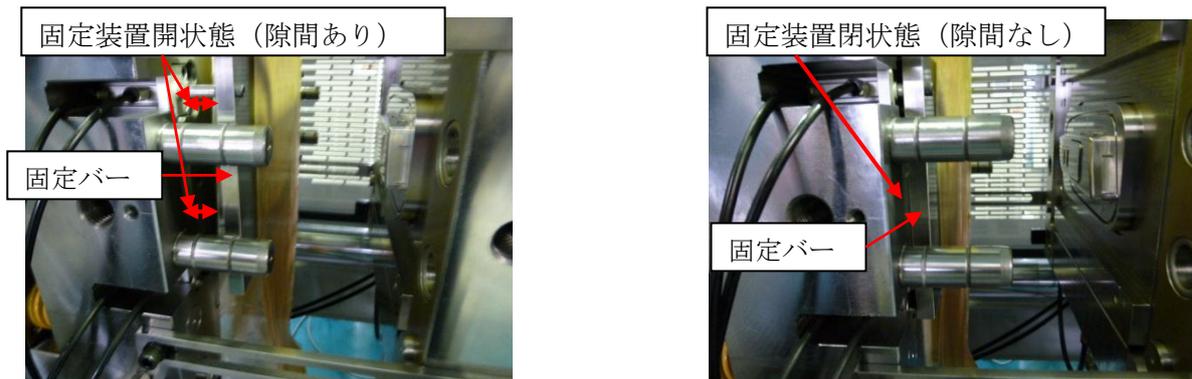


図 2-9 L/D 検討用特殊インモールド試作金型

3) 24 年度の研究開発

図 2-10「L/D 検討用金型を両面加飾用金型へ改造」に示すように、シート押さえ板開状態で可動側と固定側の固定バーが開き、形状形成シートと加飾シートが両側の固定バーの隙間に装着され、シート押さえ板閉状態で各シートが固定され、樹脂が射出成形される金型構造とした。

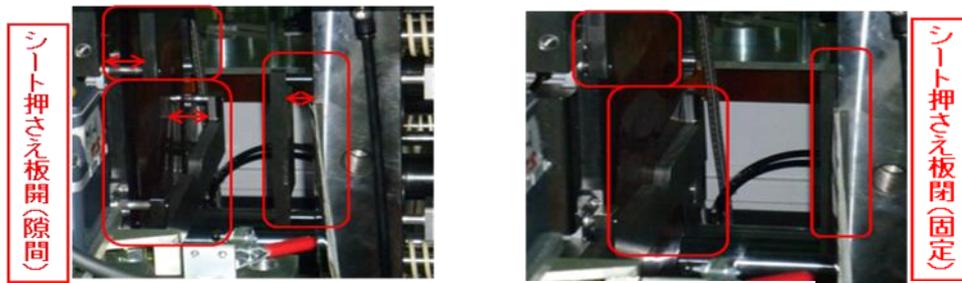


図 2-10 L/D 検討用金型を両面加飾用金型へ改造

(2) 両面加飾技術の開発

1) 22 年度の研究開発

22 年度は研究開発の取り組みは計画はなく、両面加飾の情報収集を行った。

2) 23 年度の研究開発

図 2-11「平板成形金型での両面加飾実験結果 (サイドゲート)」に示すように、シートを手張り成形による、表面側に金属調転写箔での加飾と裏面側に導電性シートでの導電性付与の両面加飾成形テストを行い、両面加飾技術の基礎を確立した。

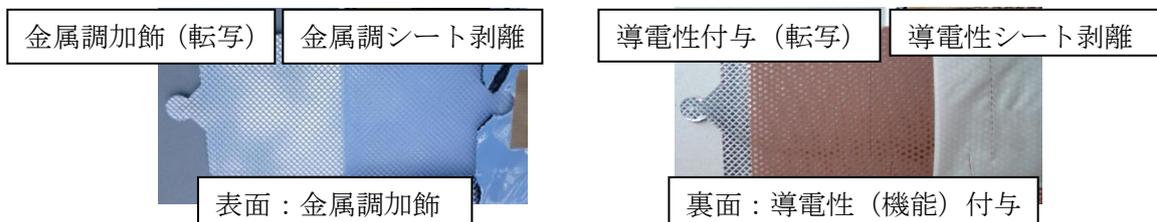


図 2-11 平板成形金型での両面加飾実験結果 (サイドゲート)

3) 24 年度の研究開発

L/D 検討用金型を両面加飾用金型へ改造した試作金型で図 2-12「両面加飾金型構造と金型内実装」に示すように、固定バーが開状態で加飾シートが供給され、固定バーが閉状態でシートが固定され可

動側と固定側のシートの上に樹脂が射出成形される特殊金型構造とした。

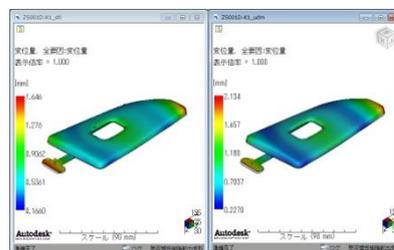


図 2-12 両面加飾シート金型構造と金型内実装

(3) 樹脂の型内流動性の解析とシミュレーション

1) 22 年度の研究開発

自動車関連部品（ドア用スイッチパネルやインパネ）を想定した三次元解析モデルを用いて、樹脂流動解析を実施した。解析を実施するにあたり、解析モデルのメッシュ品質が解析結果に与える影響を調査した。



2) 23 年度の研究開発

加飾シートの影響を反映した連成解析を行うために、「インサート解析」および「オーバーモーディング解析」という 2 つの解析方法について検討し、その解析能力を確認した。

加飾シートモデルをインサートされた部品として定義し、加飾シートの影響を考慮した流動解析および熱解析の実施を試みた。オーバーモーディング解析結果、成形品の分布データが加飾シートの外側に飛び出した状態で表示されている。薄肉である加飾シートのメッシュモデルが解析条件として適切に反映されていないと考えられる。(図 2-13 圧力分布及び図 2-14 温度分布参照)

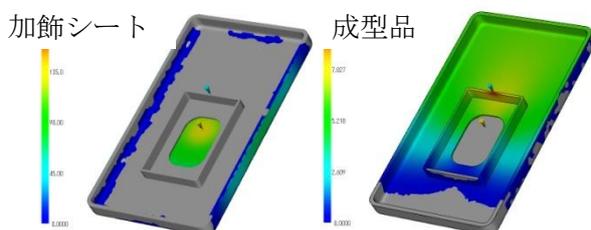


図 2-13 圧力分布

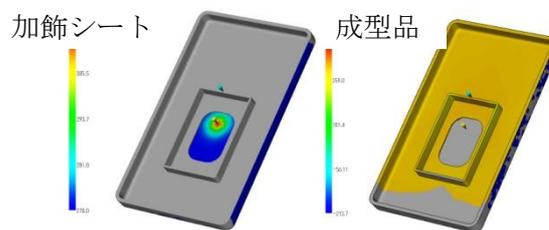


図 2-14 温度分布

3) 24 年度の研究開発

特殊インモールド成形を想定した薄物成形品の解析モデルを用い、非線形解析システムの変形・接触解析機能を用いてシートの挙動解析を実施し、成形中のシートの変形挙動を明らかにした。

(図 2-15 熱伝達解析結果シートなし及び図 16 熱伝達解析結果シート有りを比較)

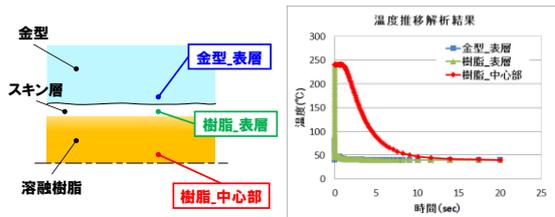


図 2-15 熱伝達解析結果（シート無し）

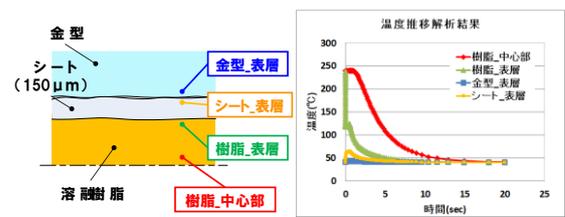


図 2-16 熱伝達解析結果（シート有り）

2-5 研究成果と今後の課題

(1) 多層シートの自動固定装置内蔵及び最適テンション張り金型構造の開発

1) 研究成果

従来の単層インモールド金型では三次元立体構造の製品は、コーナー部や折れ曲がり部でシワや破れが発生する。22年度は最適テンション張りができる特殊多層インモールド金型構造の開発ができ、実際の成形時に従来技術ではできなかった破れやシワのない良好な成形品が得られた。

23年度は非常に難題であった高さに対して高さ 22mm の成形品（従来 5～10mm が限度）が L/D 検討特殊インモールド金型構造の開発により達成できた。

24年度は 23年度 L/D 検討用金型のゲート（ピン→サイド）とシート固定法を改造して、両面加飾特殊インモールド金型構造が確立できた。

2) 今後の課題

事業化に向けて、さらなる安価なシンプル構造の多層特殊インモールド金型の開発が重要となり、補完研究で継続して開発を進める。

(2) 両面加飾技術の開発

1) 研究成果

23年度に手張りではあるが両面加飾技術開発の基礎が確立できた。24年度は 23年度の基礎技術を基に連続自動運転による両面加飾技術開発が完成した。

2) 今後の課題

24年度は 23年度の金型の改造による開発のため、連続運転に時々トラブルが発生したので、両面加飾用特殊インモールド金型構造の補完研究が必要である。

(3) 樹脂の型内流動性の解析とシミュレーション

1) 研究成果

22年度に自動車関連部品（ドア用スイッチパネルやインパネ）を想定した三次元解析モデルを用いて、樹脂流動解析を実施した結果、解析モデルの品質の違いが解析結果に顕著に影響を及ぼすことが判明し、解析ソフトだけでは問題がある。

23年度に連成解析ソフトを導入しプリプロセッシングの品質と、その解析能力について調査した結果、加飾シートの物性を考慮した連成解析を実施したが、成形樹脂がシートを突き抜けて表示され、信憑性のある解析結果を得ることができなかった。

24年度は特殊インモールド成形を想定した薄物成形品の解析モデルを用い、非線形解析システムの変形・接触解析機能を用いてシートの挙動解析を実施し、成形中のシートの変形挙動を明らかにした。

結果、「コーナー破れ」に対する特殊インモールド成形の改善効果の解析が可能になった。

2) 今後の課題

今回の研究成果は一実施例における解析結果であり、各種成形品について実際の成形試験結果との整合性確認が十分であるとは言えない。今後、実成形試験におけるサンプルの取得と解析結果との関連性を追跡調査していくことが望まれる。

第3章 本論一（2）

3-1 射出成形機の課題への対応

金型内で多層シートによる立体形状製品の全自動加飾成形を行うためには、形状形成シートと加飾シートを自動供給する多層シート自動供給装置とシートを自動固定する固定装置内蔵金型と成形品を取り出す製品取り出し装置と射出成形機の連動制御法を確立する必要がある。このため、多層シート自動供給装置とシート自動固定装置内蔵金型と製品取り出し装置と成形機の全ての設備に連動駆動装置と制御装置が備わった設備開発を行う。特に射出成形機が全ての装置と連動制御を行う中心の設備となり、これら全ての設備による連動制御の実証を行う。

3-2 目的と目標

22年度は2層シート自動供給装置の自動化と金型内エアースリンダーを駆動させる駆動装置と多層シートを金型形状に形成させる真空駆動装置を内蔵し、その二つの駆動装置を制御できる制御システムを組み込んだ仕様と、(2)多層シート自動供給装置が成形機に取り付けられる構造と金型内エアースリンダーと多層シート自動供給装置と射出成形機が自動で連動して稼働できる仕様の特殊射出成形機を試作する。また、樹脂を金型内に射出注入する際、樹脂が流れ易くするために金型温度を60～150℃にコントロールできる温度調節機を取り付ける。

23年度は、自動成形品取り出し装置追加による成形機の制御装置の改造を行い、24年度は、両面加飾用多層シート供給装置導入に伴う成形機の制御装置を追加改造する。

開発する多層シート自動供給装置の位置決め固定精度は平行度 $\pm 0.5\text{mm}$ を目指す。

3-3 実験方法

(1) 自動固定装置内蔵金型と成形機の連動駆動装置の開発

1) 22年度の研究開発

特殊仕様として、エア一中子装置と真空駆動装置を内蔵し、多層シート自動供給装置と特殊多層インモールド金型が手動・半自動・全自動で連動して稼働運転ができる特殊な230トン射出成形機の開発・導入をする。

2) 23年度の研究開発

新たに製品取り出し装置「成形品とスプルーランナー取り出し」と2層を3層シート自動供給装置の改造設備との全自動運転ができるように、射出成形機の制御装置を改造する。

3) 24年度の研究開発

連続全自動運転による両面加飾技術開発と両面加飾成形品のサンプル試作のため、新たに開発導入する両面加飾用多層シート自動供給装置のシート供給に伴い、射出成形機の制御装置の追加改造と安全扉の改造を行う。

(2) 多層シート自動供給装置の開発

1) 22年度の研究開発

従来の単層シート自動供給に比べ形状形成シートと加飾シート2枚を供給する2層シート自動供給装置を開発導入する。射出成形機と連動全自動運転ができる制御装置の開発をする。

2) 23年度の研究開発

加飾+機能付与など技術の使用範囲を広げるため前年度の2層シート自動供給装置を3層シート自動供給装置に改造する。

3) 24年度の研究開発

22年度・23年度は加飾面を成形品の片面側のみの多層シート自動供給装置であったが、両面加飾技術開発のため両面多層シート自動供給装置を開発する。

3-4 実験結果

(1) 自動固定装置内蔵金型と成形機の連動駆動装置の開発

1) 22年度の研究開発

図 3-3「多層インモールド特殊射出成形機」に示すように、成形機の背面に成形樹脂を自動供給する樹脂材料除湿乾燥自動供給装置と金型温度をコントロールする高温式温調機を230トン射出成形機に取り付け、射出成形機本体に金型内真空装置を内蔵し、多層シート自動供給装置を取り付け、さらに、射出成形機に全設備の連動駆動装置制御操作盤を設けて、手動成形運転と半自動成形運転ができる構成の特殊仕様の射出成形機を開発した。

図 3-1 に全設備の連動駆動制御操作盤の詳細仕様と図 3-2 に真空装置作動制御盤を示す。



図 3-1 全設備の連動駆動制御操作盤

図 3-2 真空装置作動制御装置



金型真空引き設定
型締め開始 0.2 秒
後から真空ポンプ
が動き 10 秒後に
止まる

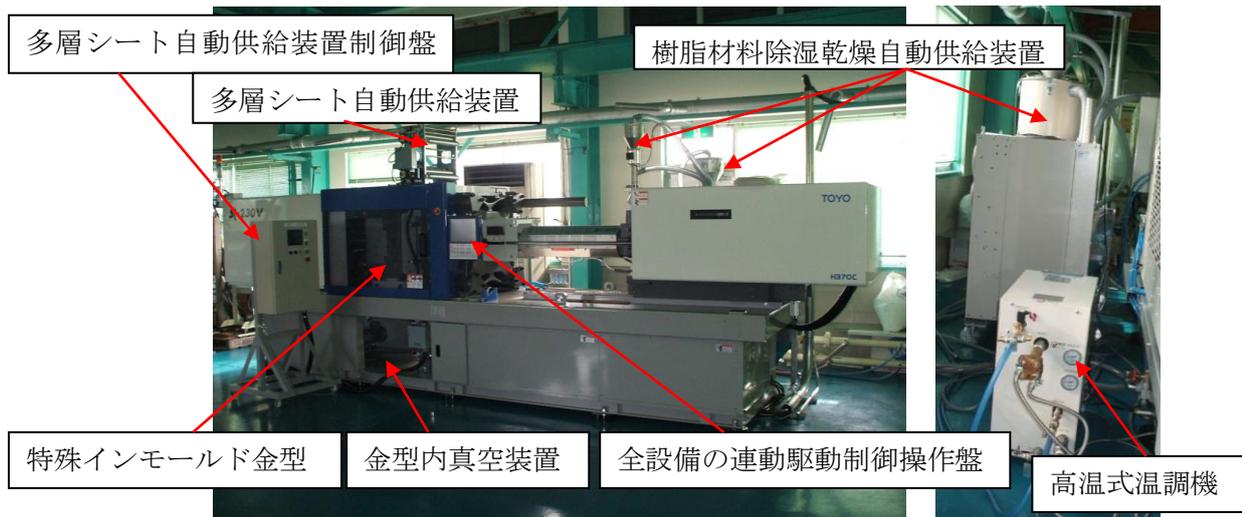


図 3-3 多層インモールド特殊射出成形機の構成

2) 23年度の研究開発

図 3-4「製品取り出し装置開発」に示すように、製品取り出し装置を開発し成形機へ取り付けて、連動自動運転ができるように射出成形機の制御装置を改造した。



図 3-4 製品取り出し装置開発

3) 24 年度の研究開発

図 3-5 「両面加飾多層シート自動供給装置と成形機制御装置追加改造」に示すように両面加飾成形技術開発のため縦方向と横方向にシートが供給できるように射出成形機の追加改造をした。

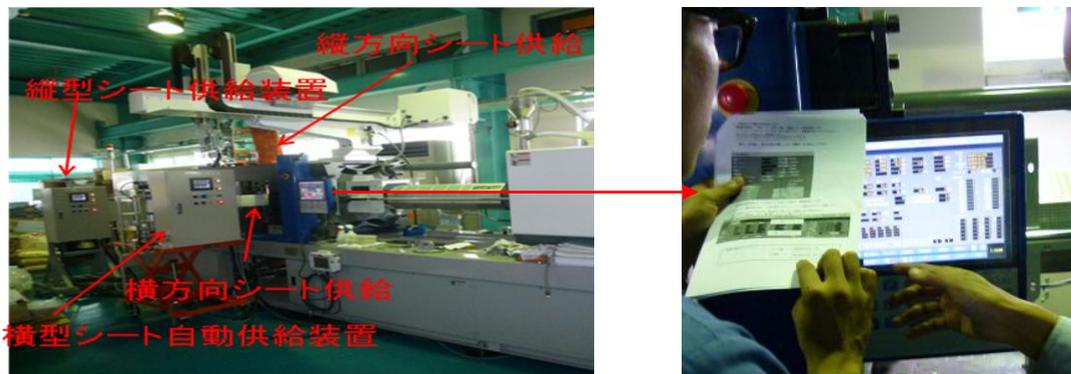


図 3-5 両面多層シート自動供給装置と成形機制御装置追加改造

(2) 多層シート自動供給装置の開発

1) 22 年度の研究開発

図 3-6 「二層シート自動供給装置」に示すように縦方向に形状形成シートと加飾シートが自動で供給・巻き取りできるようにした。



図 3-6 二層シート自動供給装置

2) 23 年度の研究開発

22 年度開発の二層シート供給装置を図 3-7 「三層シート自動供給装置」に改造し、加飾・機能など多くのデザインや高付加価値の加飾製品に対応できるようにした。

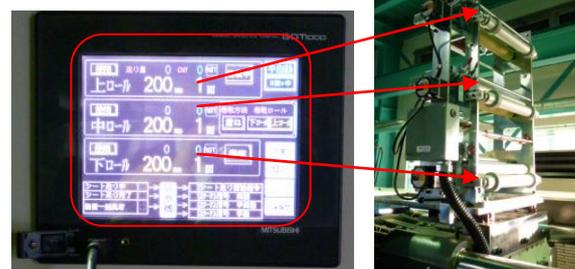


図 3-7 三層シート供給装置へ改造

3) 24年度の研究開発

全自動運転が可能な両面加飾技術開発のため
図3-8「両面加飾用2層シート供給装置」の開発
を行い、表面側・裏面側・両面加飾の3つの選択
ができる多層シート自動供給装置を開発した。

シート供給側装置が射出成形機の操作側
(表側)に設置し、反操作側(裏側)にシート
巻き取り側装置を設置する。

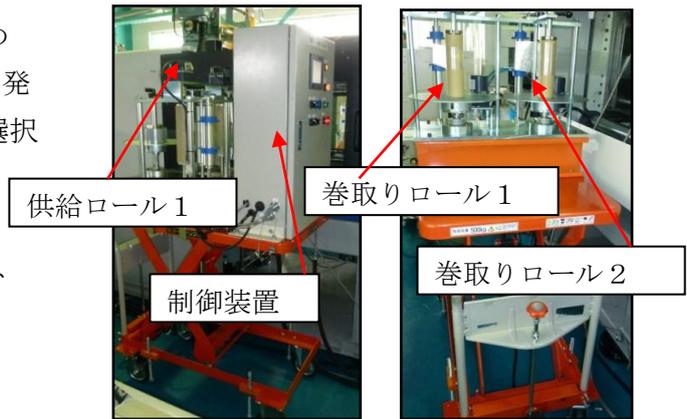


図3-8 両面加飾用2層シート自動供給装置

3-5 研究成果と今後の課題

1) 研究成果

22年度は全自動運転ができるところまで設備が整わず、半自動運転で研究開発を進め、23年度の製品取り出し装置の開発導入で全設備の連動自動運転の研究開発が完了した。

24年度に新たに多用途な商品開発が可能になるよう両面加飾技術の開発するため、両面加飾用多層シート自動供給装置の開発導入で従来不可能であった三次元立体加飾成形品の生産が可能になった。

2) 今後の課題

事業化に向けて、さらなるコストダウンと品質歩留まりの高い全設備の連動自動運転ができるように補完研究で開発を進める。

第4章 本論一（3）

4-1 形状形成シート、加飾シート及び機能シート開発への対応

基本として自動車ドア用スイッチパネルに使用できる成形樹脂と相溶性のあるシート材質と種類に絞って研究開発を行う。

形状形成シートは、品質・性能を優先してシートの材質、種類の研究開発を行う。また、コストダウンを考えて繰り返し使用できるような材質の選定と寿命を検証する。

加飾シートは、先ず木目調や金属調を加飾できるシートの材料選択と検証を行う。さらに、木目調・金属調を中心にPP樹脂、ABS樹脂、PS樹脂等あらゆる樹脂への対応を考える。

また、伝統美や特殊な素材を使用した立体加飾成形が可能な加飾シートの研究開発を進める。機能性付与では導電性シート量産技術の開発と製造技術の確立を行う。電磁波シールドができる機能シート開発は導電性能を抵抗値で1Ω以下を目指す。

4-2 目的と目標

形状形成シートはコストダウンを考え毎ショット必要ではなく繰り返し使用が可能なことが予備試験で確認出来ており、形状形成シートの材質や種類によってどの程度のショット数まで使用できるかを検証し、先ず繰り返し使用が30ショット以上を目標とする。加飾に使用されるシートの種類としては、木目調は木目印刷シートの開発を行い、金属調は金属蒸着シート、さらに商品の多様な用途を考え、和紙、布、合成皮革、金属箔、網目繊維、木皮、及びその他各種の素材の加飾シートの開発を行う。

コストダウンを目指して、木目印刷を多色刷りから1～2色刷りに向けて開発に挑戦する。金属調シートについても、自動車用を中心にコスト・性能の改善を進める。また、全ての樹脂に対応できる箔のラインナップを考え、特に接着の難しいPP樹脂に対する転写箔について研究開発を進めていく。開発した形状形成シートを使用して連続運転時の寿命を確認するとともに、商品分野毎の試作サンプルを成形し、事業化に向け商品分野毎のニーズを把握や展示会出展や各種分野毎に企業訪問を行って試作サンプルの評価をしてもらう。さらに、両面加飾やグレードアップに対しての最適形状シートと加飾・機能シート（コストと品質向上）の研究開発を行う。加飾シートの単価と成形ショット寿命でのトータルコスト比較でコスト試算をする。

機能シートについては、自動車産業向け・通信機器向け（電池ケース・電磁波シールド機能）の導電性付与シートの抵抗値1Ω以下のシートの開発達成とその他新たにスクリーン印刷など簡便な方法で機能付与できる各種の機能性シートを開発する。

4-3 実験方法

（1）形状形成シートの開発

1) 22年度の研究開発

本技術の根幹をなすシートで、成形時に後述の加飾シート、機能付与シートの成形性を補い、成形品表面の質感を向上させるシートである。繊維状シートが適しており、材質および形状の適正化・選定を行う。

2) 23 年度の研究開発

本年度開発技術のテーマである L/D の大きい加飾成形ができるように、コーナー部の R や丸に対して特に高さや深さの大きな形状への対応を考えた材質の開発を行う。

3) 24 年度の研究開発

本年度は 22 年度、23 年度に開発・評価・検証したシートにて両面加飾技術開発への最適な形状形成シートの選択と両面加飾成形品の試作評価をする。

(2) 加飾シート・機能付与シート

1) 22 年度の研究開発

従来のインモールド成形法に使用される印刷木目箔や金属調転写箔は、転写箔にしわ、破れが発生すると言う問題があり、これらの問題を解決するため主にキャリアフィルムの適正化、蒸着層の適正化、接着層の改良によるインモールド転写箔の開発をする。転写箔だけでなく、貼合用インモールド加飾シートの開発として、木目印刷シートの開発をする。

2) 23 年度の研究開発

22 年度に引き続き蒸着による金属調、印刷による木目調の加飾シートの開発を進める。印刷箔では樹脂色による意匠性の変化も考慮し、仕様から検討し、多色刷りから 1～2 色刷りでの低コスト化の開発を進める。

接着層を改良することで P P 樹脂、A B S 樹脂、P S 樹脂、各々に対応した転写箔を開発し、本技術が全ての樹脂に有効であることを確認する。さらに合成皮革・織物・和紙・金属網など伝統美や特殊な素材のシートの開発もする。

3) 24 年度の研究開発

22 年度・23 年度で P M M A ・ A B S ・ P S 樹脂用の木目箔は開発できたが、P P 樹脂用木目箔の密着力が弱かった。そこで、本年度は高密着力（接着材開発検討）の木目箔を開発し、全ての樹脂に対応できる木目箔ラインナップを完成させる。金属調においては延性に優れた金属（スズ）箔の開発による追従性を向上するとともにゴールド・シルバー箔・錫箔の開発を行い、両面加飾技術の開発試作サンプルを作成する。

機能付与シートは、22 年度に抗菌効果を発揮するシートの開発を行い、23 年度以降に銅粉を混合したインキで導電性印刷シートを開発をする。

導電性付与シートは抵抗値 1 Ω 以下のシートの開発達成と新たにスクリーン印刷など簡便な方法で機能付与できる各種の機能性シートを開発をする。

4-4 実験結果

(1) 形状形成シートの開発

1) 22 年度の研究開発

図 4-1「形状形成シートと形状形成シート使用ありとなしの比較」に示すように、従来技術は形状形成シートの使用がないため加飾シートの破れが発生しているが、本開発技術における形状形成シート使用ありでは破れやシワなど発生しなく良品が成形できることを確認した。



図 4-1 形状形成シートと形状形成シートあり・なし

また、金属調加飾シートや木目調加飾シートにおいても従来技術では破れやウエルドが発生しているが開発技術では問題なく良品ができる。(図 4-2 従来技術と開発技術比較 (金属・木目) 参照)

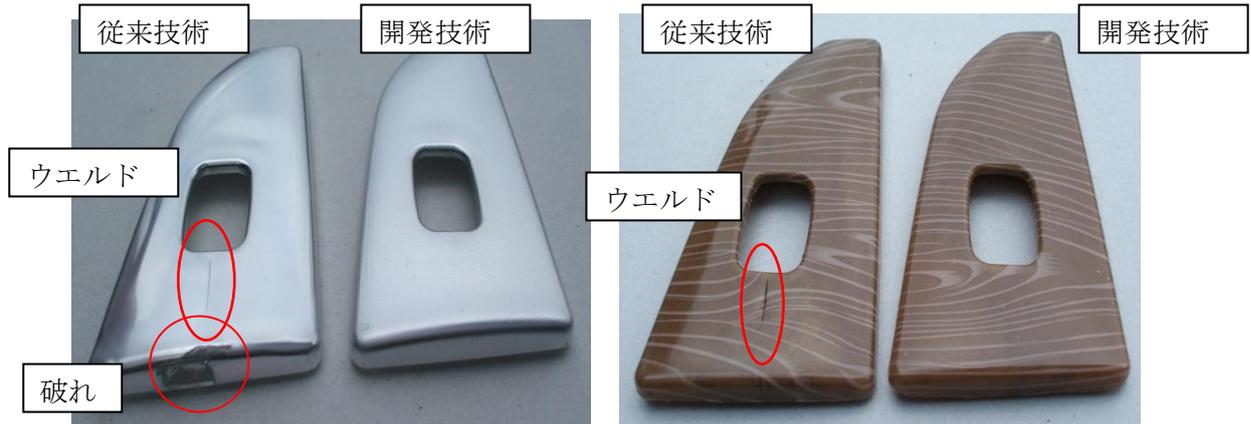


図 4-2 従来技術と開発技術比較 (金属・木目)

2) 23 年度の研究開発

L/D の大きい加飾成形ができるように、コーナー部の R や丸に対して特に高さや深さの大きな形状への対応を考えた材質として、図 4-3 「形状形成シートと形状形成シートあり・(なし: 破れ) 比較」に示すように、従来技術では破れが発生するが、織物・繊維織・花柄レースの形状形成シートを採用したことで問題のない良品ができた。

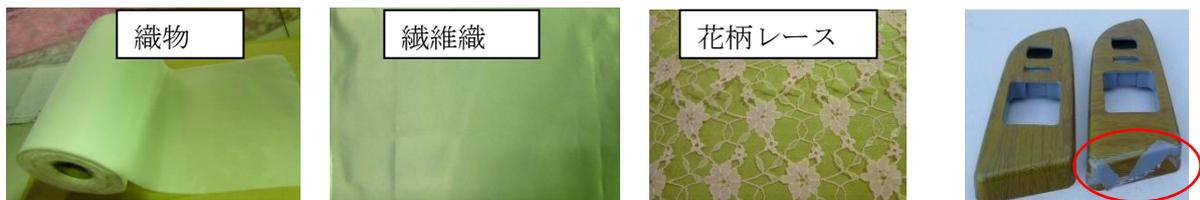


図 4-3 形状形成シートと形状形成シートあり・(なし: 破れ) 比較

3) 24 年度の研究開発

両面加飾技術開発で安価で耐久性のある 22・23 年度開発品の評価・検証、及び新たにレースや織物やその他の素材の形状形成シートの開発を行った。(図 4-4 参照)

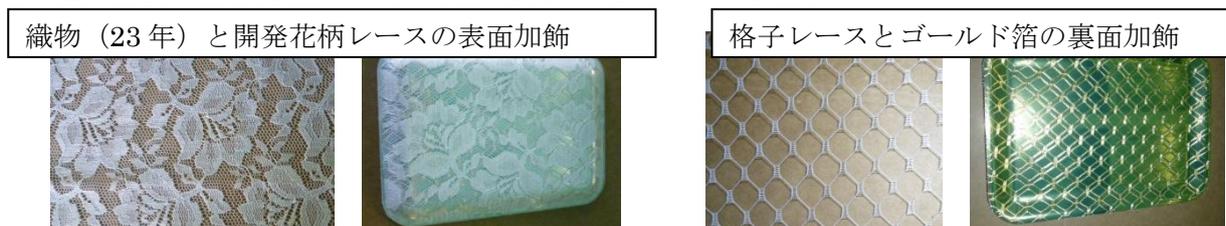


図 4-4 新たな開発と 22・23 年度開発品検証と両面加飾成形品

(2) 加飾シート・機能シート

1) 22年度の研究開発

図 4-5 「金属調蒸着転写箔と木目調印刷転写箔の開発」に示すように、金属調転写箔としてアルミとスズの蒸着転写箔と木目調転写箔として木目印刷転写箔を開発した。開発した加飾シートの加飾成形品を図 4-6 及び図 4-7 に示す。

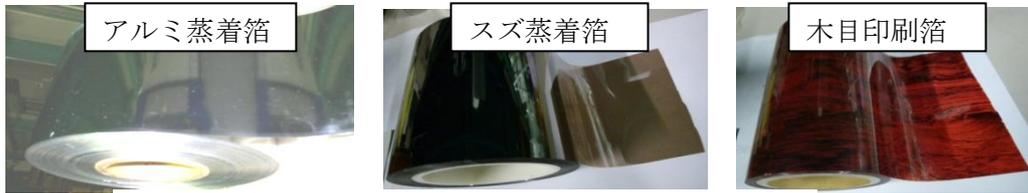


図 4-5 金属調蒸着転写箔と木目調印刷転写箔の開発



図 4-6 金属調加飾成形品

図 4-7 木目調加飾成形品

2) 23年度の研究開発

前年同様にアルミ・スズ・ゴールドの金属箔の開発と新たに L/D 対応の木目箔と合成皮革などの加飾シートの開発をした。その成形品を図 4-8 に示す。

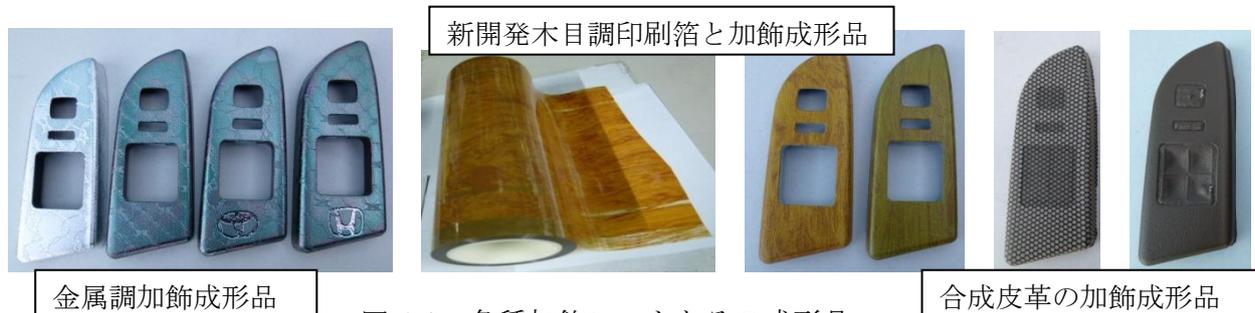


図 4-8 各種加飾シートとその成形品

3) 24年度の研究開発

両面加飾技術開発に必要な各種加飾シート（特に PP 樹脂への接着力向上）、図 4-9 に示す新規接着力向上金属転写箔と印刷木目箔と機能シート、及び導電性抵抗値 1Ω 以下の目標達成の機能シートの開発を行った。

各種加飾シートと機能シートを使用して両面加飾成形品として、図 4-10 に示すような金属調・木目調・織物など加飾シートと機能シートでの両面加飾成形品のサンプルを作成した。

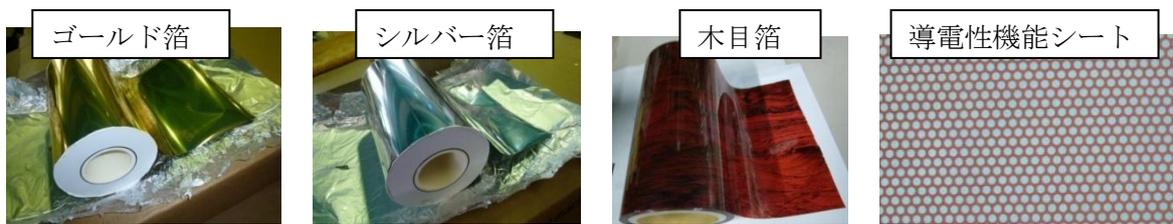


図 4-9 新規接着力向上金属転写箔と印刷木目箔と機能シート開発



図 4-10 金属調・木目調・織物など加飾シートと機能シートでの両面加飾成形品

機能シートの開発は、図 4-11「機能シートの成形品と導電性 1Ω 以下達成」に示すように、導電性 0.8Ω で目標を達成できた。さらに、図 4-12「触感改善機能シート」のようにつるつる感やソフト感を与える機能シートや電気回路を形成する機能シートなども開発できた。

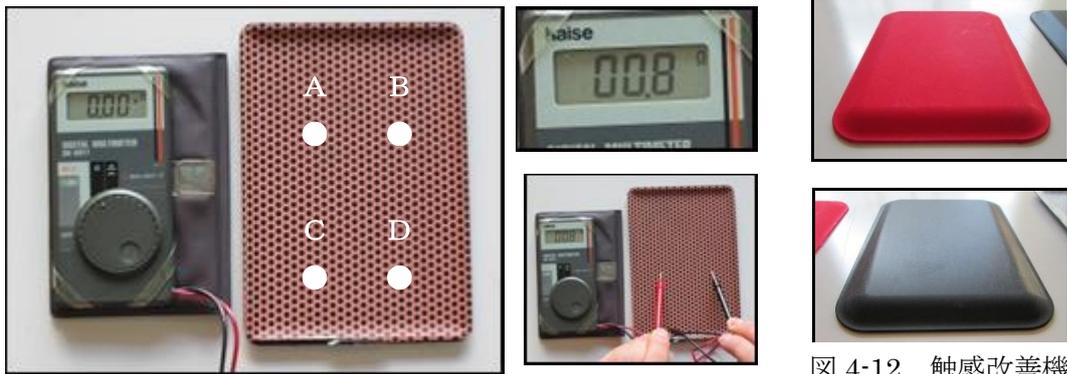


図 4-11 機能シートの成形品と導電性 1Ω 以下達成

図 4-12 触感改善機能シート

4-5 研究成果と今後の課題

(1) 形状形成シートの開発

1) 研究成果

22年度は形状形成シートがどのような素材の使用が可能か各種シート材料と繰り返し使用の確認の開発を行い、23年度は高さのある製品形状への対応ができる形状形成シートの開発が完成した。

24年度は両面加飾対応の形状形成シートについて22年度と23年度の形状形成シートの使用と新たな素材として加飾シートに使用してきた各種織物が形状形成シートとして使用でき、伝統美やレース状各種模様の付与された加飾成形品の開発ができた。

2) 今後の課題

形状形成シートは製品毎に仕様が異なり、商品の加飾シート材料による選択が必要であることが明確になったため、製品毎の仕様に合わせた量産・事業化に向けた多様性とコストダウンの補完研究をする。

(2) 加飾シートと機能シートの開発

1) 研究成果

木目調の加飾シート開発において、PMMA・ABS・PS・PP樹脂について転写箔の開発を行ったが、PP樹脂用の木目調転写箔が剥離する問題点があったが24年度に解決し、全ての樹脂に対応できる。金属箔もゴールド・シルバー箔の開発ができ、転写箔のラインナップを揃えることができた。また、不織布による新たな凹凸印刷・ロゴマーク印刷など加飾シートについて様々な特徴のある加飾シートを

開発した。

機能シートは、銅粉の形状や粒度・混合量などインクの改良により、当初の目標抵抗値 $1\ \Omega$ 以下を達成し、電磁波シールドの機能性導電シートとして商品化できるようになった。

2) 今後の課題

加飾シートも機能シートも当初目標の達成はできた。今後事業化に当たって、品質・性能・コストがお客様の要望にかなう保管研究が必要である。

第5章 本論一（4）

5-1 プロジェクトの管理運営

総括研究代表は事業管理者と連携を取りながら、全体の研究進捗状況の把握や研究計画等の見直しを研究者と討議しながら進めた。特に、進捗が遅れているサブテーマについては、原因を調べるとともに今後の進め方について助言を行った。

事業管理者である公益財団法人佐賀県地域産業支援センターは本プロジェクトの円滑な推進と研究の進捗管理のため、研究推進委員会及びプロジェクト会議を主催するとともに、必要に応じて技術情報の調査収集、研究機関間の連絡調整、予算等の事務管理を行った。また、中間検査や確定検査に対応するとともに、各年度の研究成果報告書のとりまとめを行った。

5-2 実施概要

（1）研究推進委員会

年2回開催し、研究の進捗状況や今後の方針について討議して頂き、今後の研究開発を進めるに当たっての助言を頂いた。特に、事業化に向けてターゲットを明確にすべきとの意見を受けて、当面は自動車産業への展開に絞り込みを行った。尚、当委員会は外部推進委員4名及び内部推進委員9名から構成され、委員長は松野金型製作所の松野社長、事務局を（公財）佐賀県地域産業支援センターが務めた。必要に応じて本事業の委託者である九州経済産業局からもオブザーバーとして出席頂いた。

（2）研究プロジェクト会議

研究分担者及び事務局から構成する本会議を年2回開催し、研究の進捗状況や今後の進め方について討議を行った。討議結果を基に、次年度の研究計画を作成し、中間評価ヒヤリングや研究推進委員会等に臨んだ。

（3）その他の管理運営

毎年度ごとの実施計画を作成し、機械設備等の調達・管理を行った。また、中間検査や確定検査に向けて予算管理業務を遂行し、適正な予算運営のための指導・助言を行った。必要に応じて研究分担機関を相互に訪問し、研究開発の詳細を打ち合わせた。

5-3 今後の課題と取り組み

本事業は、22年度～24年度の3年計画の事業であり、研究の進め方や経理処理に関してある程度の相互理解の下に進めることができた。最終的に試作サンプルの提供ができるようになったので、今後は川下産業の評価結果を基に加飾技術の改善・改良を行っていくとともに、コスト試算などを行って事業化に向け他取り組みを加速していく。事業終了後は事業化に向けた補完研究を行うことで意思統一を行った。

第6章 全体総括

6-1 研究成果の全体総括

3つのサブテーマ（多層インモールド金型構造の開発・射出成形機の課題への対応・形状形成シート、加飾シート、機能シートの開発）の研究開発は紆余曲折はあったものの、当初目標のコストダウン10～30%、多層シート自動供給装置の位置決め精度0.5mm、及び機能シート導電性1Ω以を達成できた。さらに両面加飾や回路形成などの新たな表面加飾の技術開発の収穫もあった。

もっとも大きな成果としては、トヨタ自動車九州㈱のR&Dセンターの本開発「多層インモールド成形技術」の評価として、「企業の熱意、商品性&実現可能性及び技術の将来性&拡張性を総合的に判断」の結果、A・B・C評価で「A評価」を頂き、さらに今後の進め方において、「試作G0・再検討・ニーズ再調査」の評価中で次期レクサス先行試作車へ「試作G0」の評価が得られたことは大きな技術評価がされたと思うと同時に、今後の技術の開発推進や事業化に大きな夢を感じた。

また、自動車産業だけでなく、電気・化粧品・住宅・家具・その他各種の産業からの問い合わせや説明を求められているので、引き続き補完研究を進め早期に事業化を図りたい。

6-2 サブテーマの総括

(1) 多層インモールド金型構造への対応

多層シートの自動固定装置内蔵及び最適テンション張り金型構造の開発においては、22年度に深さ7mmまでの立体形状加飾成形が可能な金型構造の確立ができ、23年度には非常に困難とされている深さ22mmのL/D立体加飾成形金型構造が確立され、水転や金属蒸着転写で不可能とされていたインモールド金型構造が完成できた。24年度に両面加飾技術用金型も完成できた。

最も大きな成果としては、佐賀県工業技術センターが取り組んだインモールド射出成形における流動解析とシミュレーションである。なぜなら、本開発技術の初年度仮想しかなかった金型内で起こるコーナー部空気抜けについて、シートの挙動解析を実施し、成形中のシートの変形挙動を明らかにした結果、「コーナー破れ」に対する特殊インモールド成形の改善効果の解析が可能になったことである。5年も10年もかかると思っていたが3年でできたのは今後の解析技術の進展に弾みがついた。

(2) 射出成形機の課題への対応

22年度は特殊インモールド射出成形技術開発ができるように多層シート自動供給装置と多層イン

モールド金型と射出成形機の特種仕様により設備開発を進め、全設備の連動半自動運転ができるようになった。23年度は成形品自動取り出し装置の導入により全設備における連動自動運転ができるようになった。24年度は両面加飾用多層シート自動供給装置の導入とそれに伴う設備の追加改造で両面加飾インモールド成形が全自動運転できるようになった。

これで、外面・内面・両面の加飾成形が自由に組み合わせられてできるどこにもない立体インモールド加飾技術の確立ができた。

(3) 形状形成シート、加飾シート及び機能シート開発への対応

22年度に形状形成シートと加飾・機能シートの基本的な開発が完了した。23年度は22年度に開発した各シートを進化させてL/D対応の伸延性のある各シートの開発が完成した。24年度は両面加飾技術開発に適した加飾シートの開発を完成した。特に、機能シートの開発は、コストダウンに向けた安価な銅粉材料の改善改良を重ねて、1Ω以下の導電性目標を達成した。

6-3 今後の事業化に向けての取組み

今後の事後床に向けて、課題は先ず品質・性能の安定したお客様への供給体制の構築にある。現在、松野金型製作所で保有している射出成形機(130トン)は、型内インモールド加飾成形ができない。従って、サポインで研究開発に国から借用している射出成形機(230トン)の成形機と同じ仕様に(射出成形機:130トン)改造するとともに、開発した各種設備の導入と成形機の改造が必要である。

さらに、補完研究で市場品質と性能を保証できる松野金型保有設備での生産体制の構築を進める。また、サンプル提供や加飾製品についての説明を活発にし、営業活動も活発に進める。