

平成 2 4 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「塗装レス高輝度（メタリック）樹脂成形・金型技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成 2 5 年 3 月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社柴田合成

目 次 (例)

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

1-1-1 背景

1-1-2 研究目的

1-1-3 開発目標

1-2 研究体制

1-2-1 研究組織および管理体制

1-2-2 管理体制

1-2-3 研究者

1-3 成果概要

1-4 当該研究開発の連絡窓口

第2章 本論

2-1 流動コントロール

2-1-1 コア層移動技術の開発

2-2 乱流・よどみ防止

2-2-1 流動確認のための可視化金型製作

2-2-2 乱流・よどみ防止の形状検討

2-2-3 乱流・よどみ防止の形状検討

2-3 高輝度材料の最適化

2-3-1 高輝度材料の選定

2-3-2 材料の物性評価

2-4 市場要求金型製作

最終章 全体総括

3-1 連携の強化

3-2 知名度の向上

3-3 開発意識の向上

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

1-1-1 背景

メタリック調などの高輝度プラスチック部品は、バンパー、グリル、プロテクトモール、ホイールキャップ等の自動車外装部品、インパネ周りなどの自動車内装部品に広く使われている。現在は高品質な外観を得るために塗装を施している。



図1 塗装された高輝度プラスチック部品例

塗装にはコスト面、環境面の問題点があり、川下業界の製品評価のアドバイザーとして名を連ねている富士重工業(株)、豊田合成(株) など自動車業界から塗装レス高輝度樹脂成形の実用化を強く要求されている。

1-1-2 研究目的

塗装レス高輝度樹脂成形技術確立することで、塗装せずに同品質の高輝度部品の製造を可能にする。これにより、以下のような大きなメリットを獲得できる。

・低コスト化

塗装工程がなくなるため、過去製品での試算では70%のコストメリットが生じる。

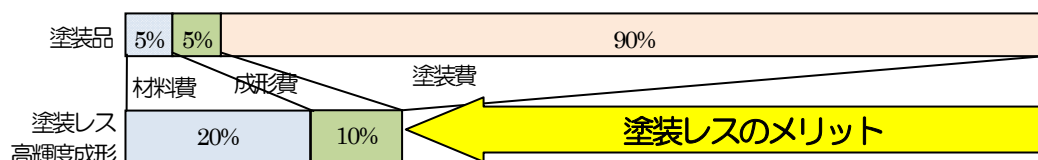


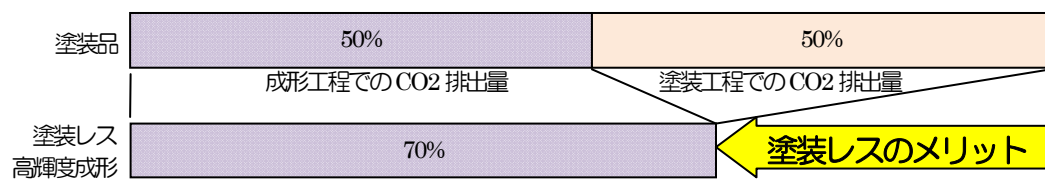
図2 塗装レスのコストメリット

・環境配慮

塗装によるVOCが発生しない。

過去製品での試算によると、塗装乾燥工程で消費する電気使用量が抑えられ、CO2

を 30%削減できる。



※ 図2、図3は(株)柴田合成過去製品による調べ

1-1-3 開発目標

従来技術では、高輝度材料を使って射出成形すると、図4の様な色ムラが発生した。

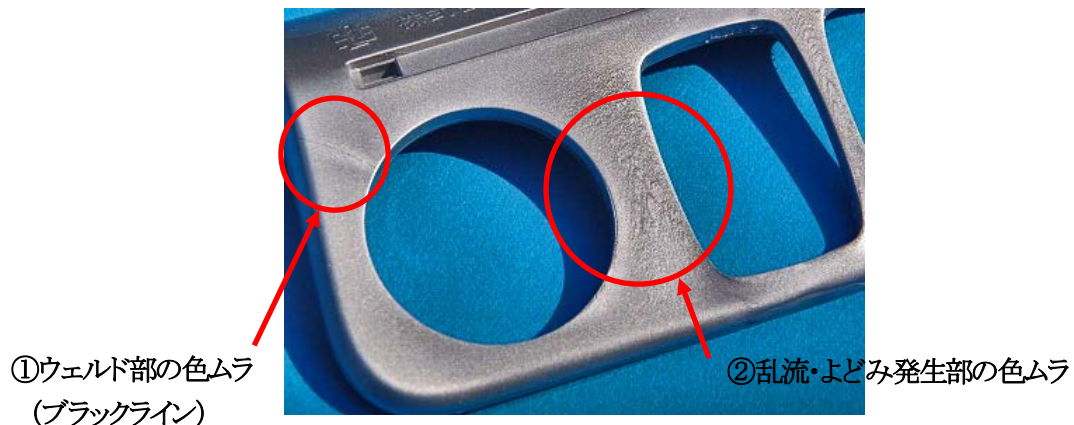


図4 色ムラ発生の様子

本研究では、「金型技術」(主たる技術)と「成形技術」(従たる技術)の両面から、色ムラの発生を抑え、塗装レスで高品質外観成形品を実現し、大幅な低コスト化・環境負荷低減を図ることを目標とした。

光沢粒子の方向・密度が均一でないことから、色ムラが発生する。この色ムラを定量的に測定する方法がなかったため、(株)柴田合成でデジタルマイクロスコープをカスタマイズして画像処理による定量化する方法を考案、色ムラ発生部の表面写真をモノクロ化し、濃淡の差を「色ムラ指数」とした。色ムラ指数が80以下であれば色ムラの無い高品質な表面であることがわかっている。

部品形状によって難易度が大きく変わるため、1年度ごとに形状の定め、色ムラ指数80以下の実現を目標とした。平成22年度は穴のないフラットな製品、平成23年度は穴あり形状の製品、平成24年度はバンパー等の大型部品に目標を定めた。

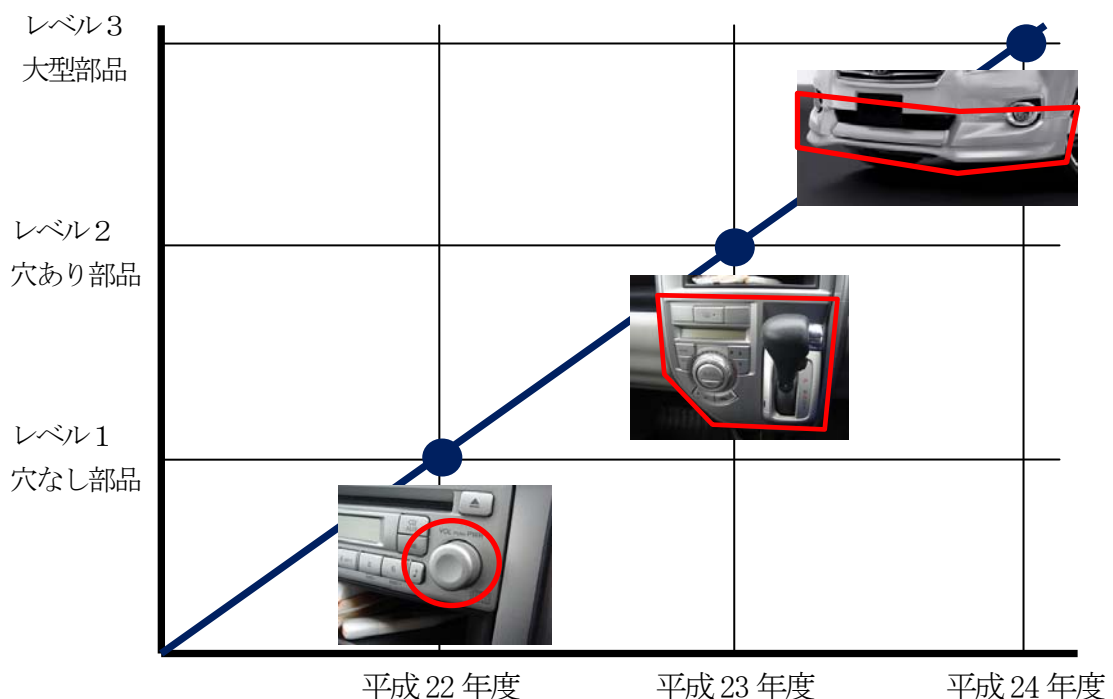
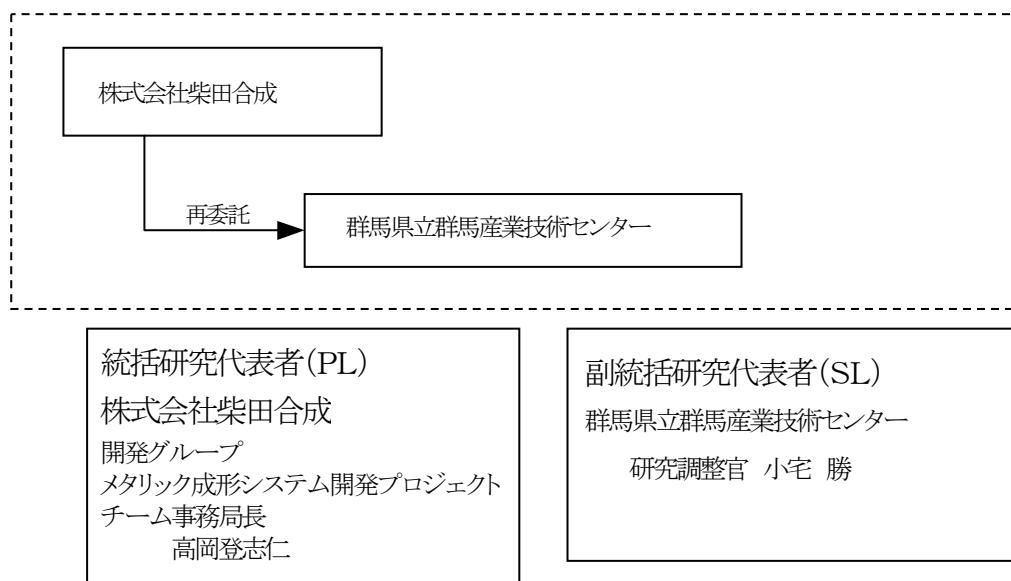


図5 年度別目標部品形状

1-2 研究体制

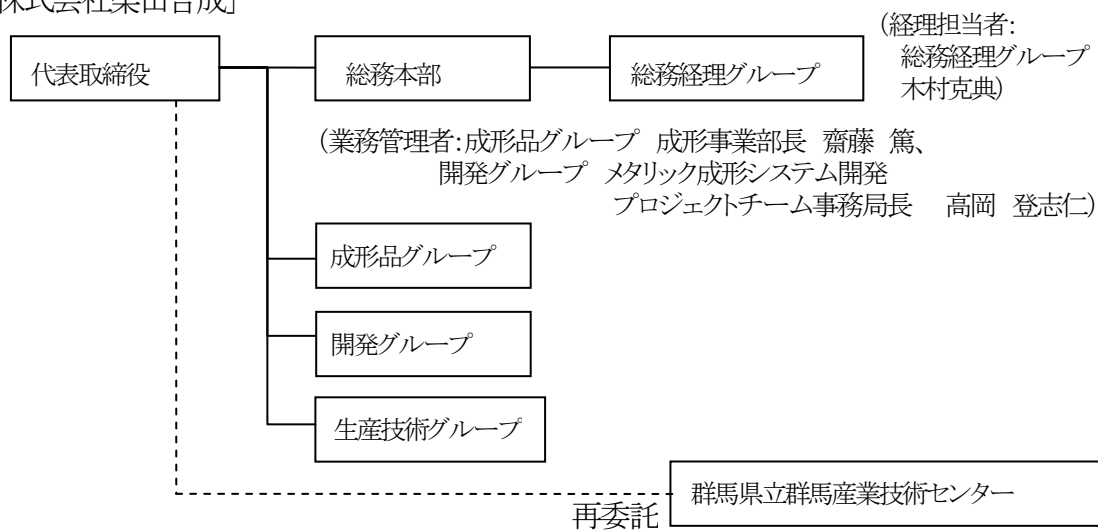
1-2-1 研究組織および管理体制



1-2-2 管理体制

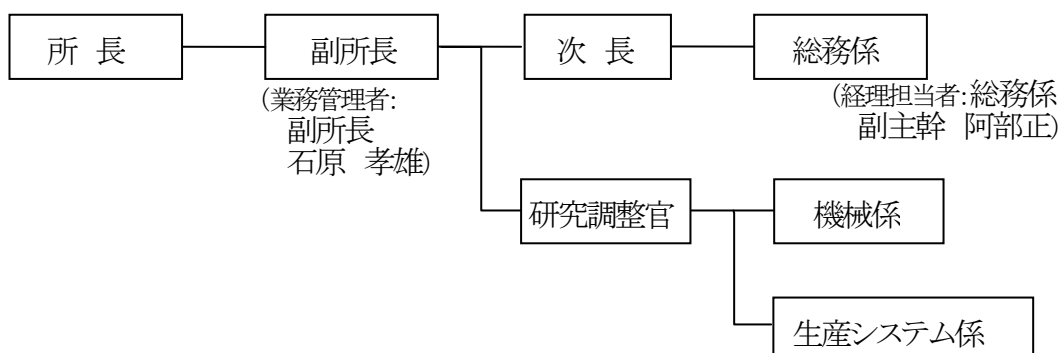
①事業管理機関

[株式会社柴田合成]



②再委託先

[群馬県立群馬産業技術センター]



1-2-3 研究者

①事業管理機関

[株式会社柴田合成]

氏名	所属・役職
高岡 登志仁	開発グループ メタリック成形システム開発プロジェクトチーム事務局長
桐生 英幸	開発グループ サブグループリーダー
小林 潤哉	開発グループ
中澤 実	生産技術グループ サブグループリーダー
坂本 修	生産技術グループ
小森 崇史	生産技術グループ

②再委託先

[群馬県立群馬産業技術センター]

氏名	所属・役職
小宅 勝	機械係 係長
福島 祥夫	生産システム係 係長
須田 高史	機械係 独立研究員
加部 重好	機械係 独立研究員
黒岩 広樹	生産システム係 独立研究員
岩沢 知幸	生産システム係 技師
鎗木 哲志	技術支援係

1-2-4 アドバイザー

①製品評価

氏名	所属・役職
飯野 達也	富士重工業株式会社 スバル購買本部
平子 誠	豊田合成株式会社 内外装部品事業部 金型技術室 室長

②技術協力

氏名	所属・役職
甲本 忠史	一般財団法人地域産学官連携ものづくり研究機構 専務理事

1-3 成果概要

3年間の研究によりフラットな穴のない形状であれば色ムラ指数80の目標を達成することができた。穴ありの形状に関しても形状によってはブラックラインの目立たないメタリック成形品を成形することができた。これにより、成形品のサンプルを作成、5社の川下企業に対してサンプル提出ができた（表1）。

3年目の目標であった大型金型のメタリック試験型は完成するに至らなかった。しかし大型金型へも適用できる基本的な技術課題が明確になり、今後継続的な研究をおこなっていく中で実現していく。

表1 塗装レス高輝度成形品サンプル例

製品写真	品名とサンプル提出先
 色ムラ指数 : 79	自動車内装部品 (模倣品) 基礎研究で製作したものに新たに新技術を加え、新規で金型を製作 自動車部品メーカー(Tear1)にサンプル提出

1-4 当該研究開発の連絡窓口

[統括研究代表者]

株式会社柴田合成

開発グループ メタリック成形システム開発プロジェクトチーム事務局長

高岡 登志仁

e-Mail takaoka@shibatagousei.co.jp

TEL 0274-74-2146

FAX 0274-74-5786

第2章 本論

2-1 流動コントロール

2-1-1 コア層移動技術の開発

色ムラの原因は光沢粒子の方向と密度が不均一になることである。これを解消するためには、表面(スキン層)の流動が終わった後に内部(コア層)を流動させ、スキン層直下の光沢粒子の方向・密度を均一にすることが重要である(図6)。流動をコントロールするために4種類の手法の研究を行った。

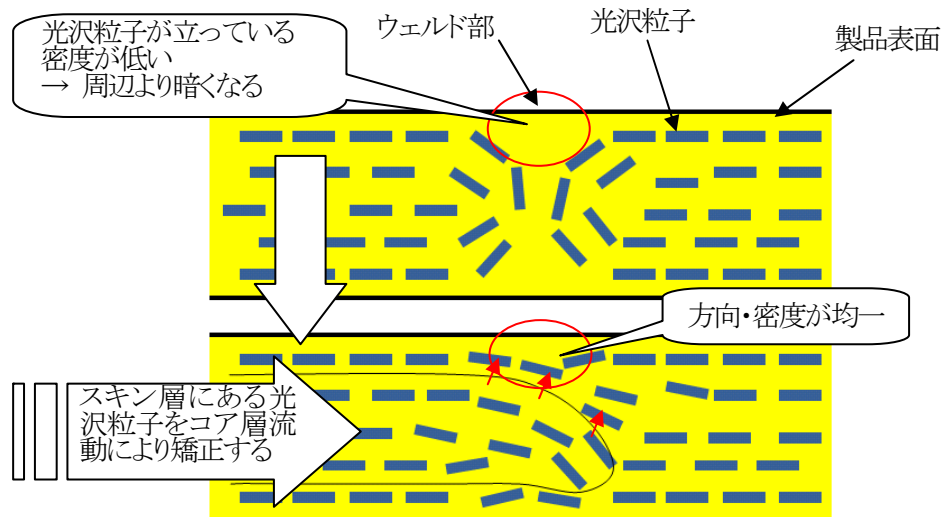


図6 流動コントロールのイメージ

① 保圧タイミング

保圧の条件を変えてもほとんど影響がないことがわかった。保圧がかかるときにはすでに樹脂の流動はほとんど停止しており、光沢粒子を矯正するにはいたらない。

②時間差射出

2点から樹脂を流した時、樹脂と樹脂との合流部(ウェルド部)には光沢粒子が疎になる部分が生じる。これがブラックラインと呼ばれる黒い線の原因のひとつになっている。これを解決する手法として、射出のタイミング等をコントロールし、圧力・速度に差をつける事により光沢粒子が疎になる部分を小さくする手法を考えた(イメージを図7に示す)。2つのゲートのから流れる流量を変化させることによって圧力・速度の差を生じさせること狙った。

これにより一定の効果が得られることがわかったが、流動のコントロールには起因する要素が多くあり、金型設計の段階で想定することが困難であったが、CAE流動解析を活用することによって速度差を意図的に発生させる設計や条件が把握できるようになった。実際との違いは生じているものの、時間差射出が有効的であり、活用するための手法のきっかけがつかめた。

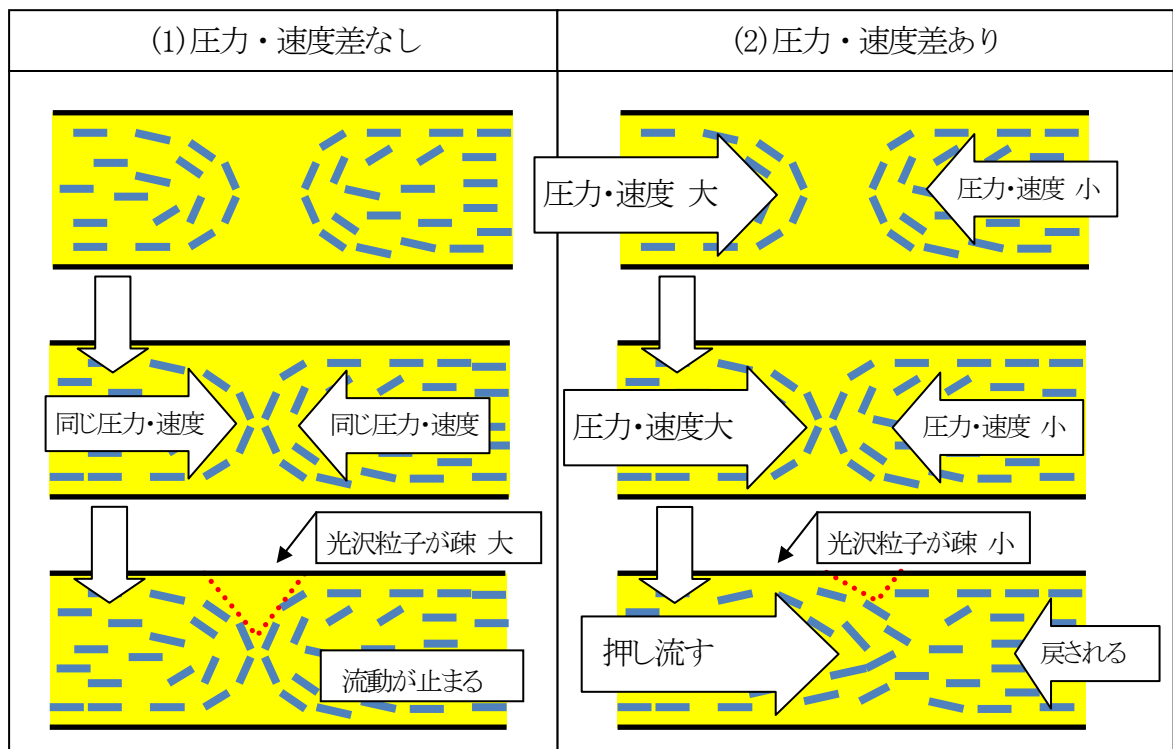


図7 時間差射出(圧力・速度差)のイメージ

③意図的流動抵抗

製品の裏面側に流動の抵抗となる凹凸を設けることにより、意図的に乱流や速度差を生じさせ、表面側の色ムラが改善できると期待し、昨年度は図8のような凹みを裏面に付けることによって効果が確認できた(図9)。

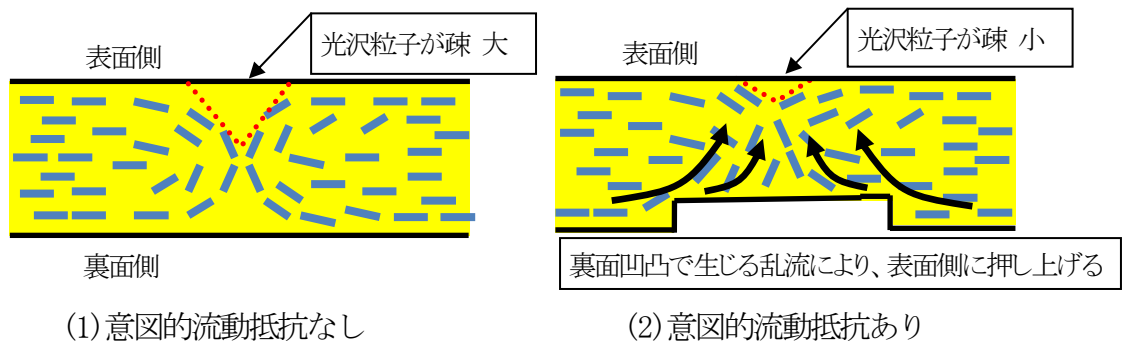


図8 意図的流動抵抗のイメージ

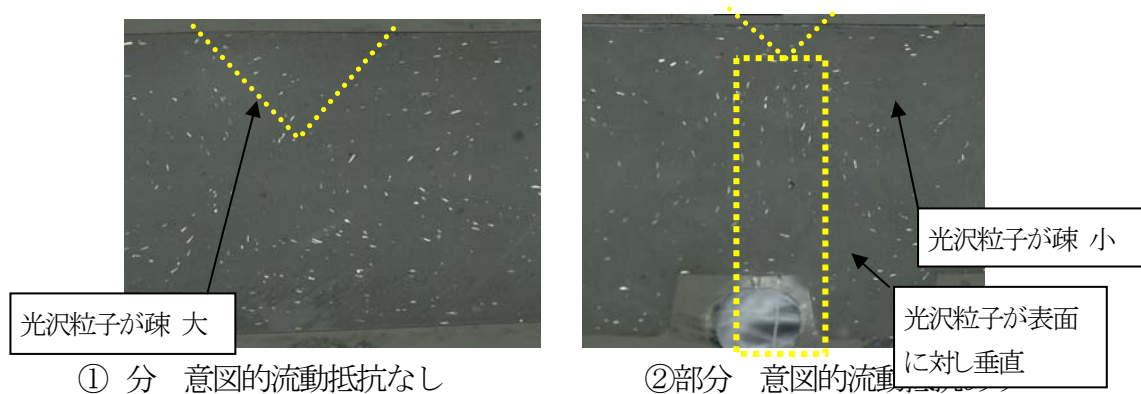


図9 断面写真

④局所的急加熱・冷却技術の高度化

樹脂は低温部より高温部の方が速く流れるため、金型内の温度分布をコントロールすることにより、樹脂流動もコントロールできる。(株)柴田合成の独自技術であるウェルドレス成形システムは、ヒーターユニットを使って金型を局所的に加熱することができるため、これを高度化して流動コントロールの研究を行った。

より細かく制御できるように仕様を変更したヒーターユニット制御装置と、ヒーターユニットを組み込んだ金型を製作して成形試験を行った。

局所加熱していない成形サンプルを図10に示す。マルで囲った部分は天面からの樹脂と側面からの樹脂が合流する部分のためブラックラインが発生している。

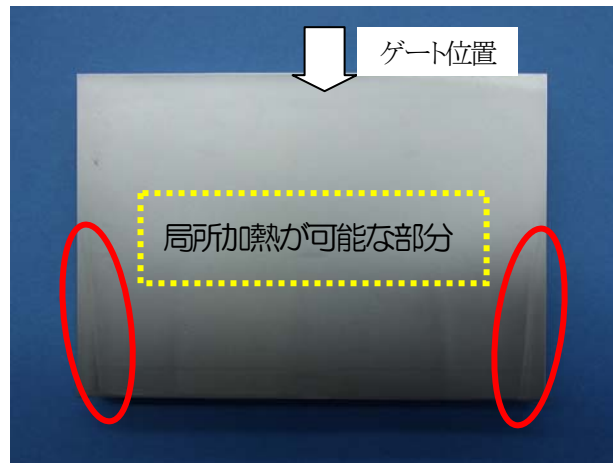


図10 局所加熱の試験成形品

天面の温度をヒーターユニットと制御装置を使い局所加熱し、先に天面を高速に流すことによって側面からの樹脂の合流が生じないようにコントロールを行った。局所加熱ありなしの色ムラの様子を図11に示す。局所加熱によって流動をコントロールでき色ムラの低減に貢献できた。



(1) 局所加熱なし



(2) 局所加熱あり

図11 局所加熱の効果

2-2 乱流・よどみ防止

2-2-1 流動確認のための可視化金型製作

樹脂流動はCAEを使って解析することができるが、角部の乱流や合流直後の流れなど、細部の流動まではわからない。メタリック成形では小さな流れの変化が色ムラに大きく影響する。そこで一部分に石英ガラスを使い可視化した金型を製作し、群馬県立群馬産業技術センター所有の高速度ビデオカメラで撮影し、樹脂の流動と色ムラの関係を検証した（図12）。

可視化金型の製品形状と可視範囲を図13に示す。ゲート部は部品を交換することによって様々なタイプのゲート形状にて成形できるように設計した。また、中間部も部品交換で丸穴や角穴、リブ等の形状を試験できるようにした。



図12 可視化撮影の様子

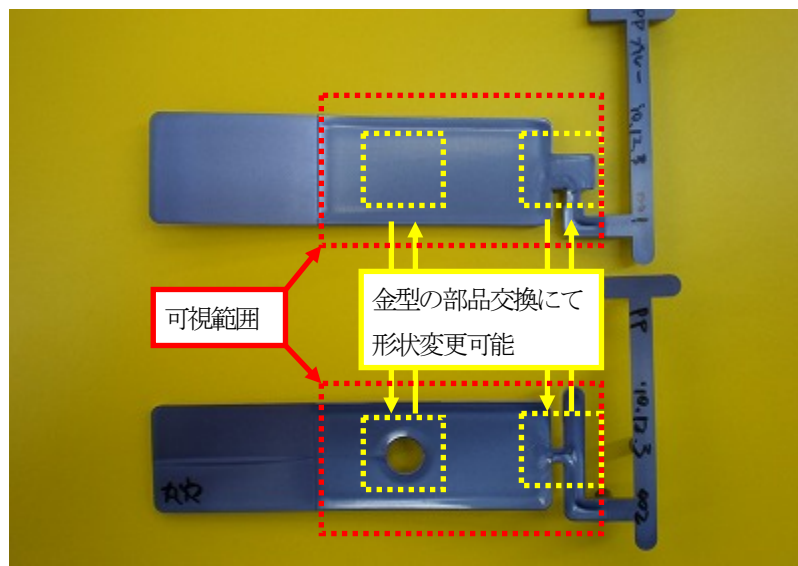


図13 可視化金型の試験品サンプル

製作した可視化金型を使い、様々な検証を行った。

樹脂を射出する際に、ガスが先行することは知られているがどの様にガスが発生して流れていくかを捉えることはできていなかった。ガスは最終重点域でブラックラインの発生を増大させる原因のひとつとなる。ガスをコントロールできればブラックラインの軽減つまり色ムラの軽減になる。図14にガスの流れを可視化金型を使って捉えた画像を示す。

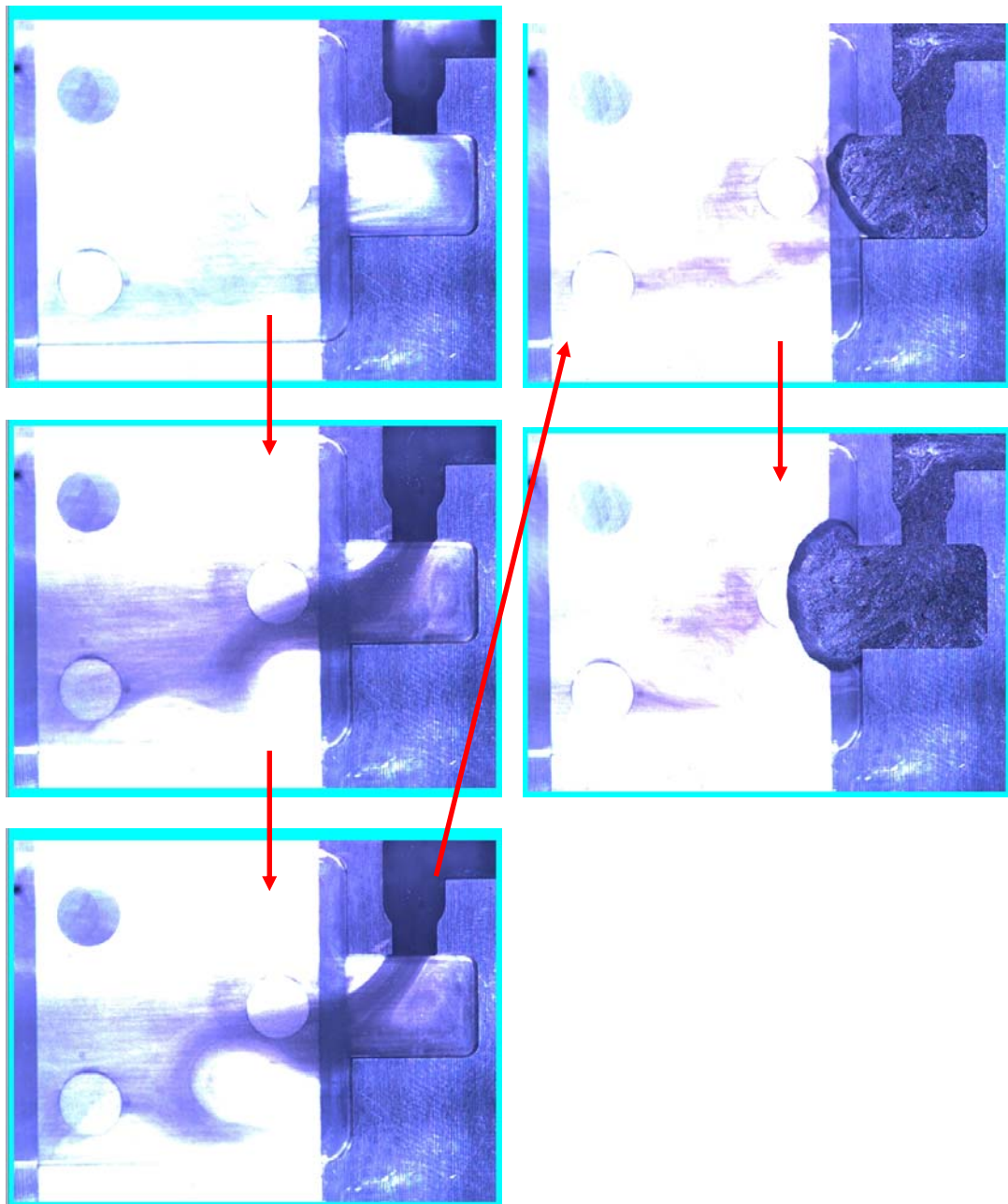
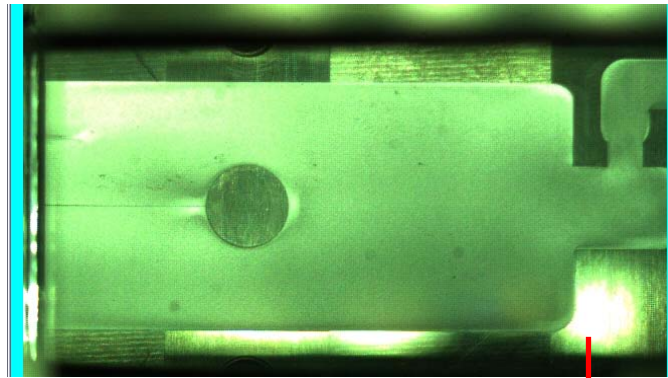
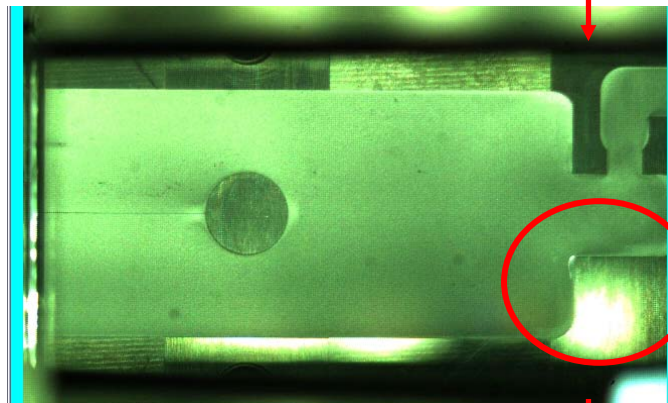


図14 ガスが先行して流れる様子

次にPPの収縮について説明する。PPが固化する場合収縮が大きく表面が波を打つ事があり、色のムラとは異なるものの、表面品質が落ちる事があった(図15)。そこで可視化を使って収縮の過程を撮影して検証を行った。



充填完了



収縮開始

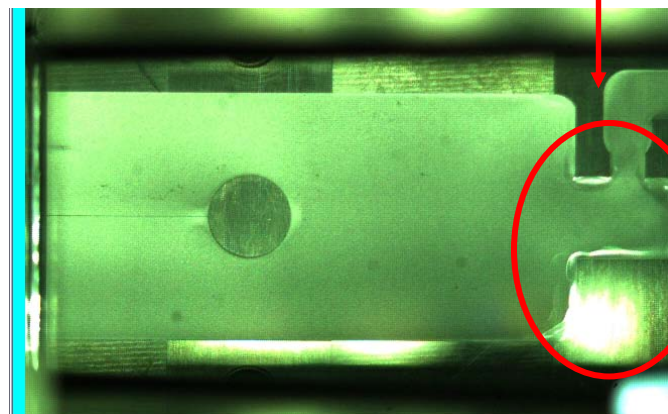
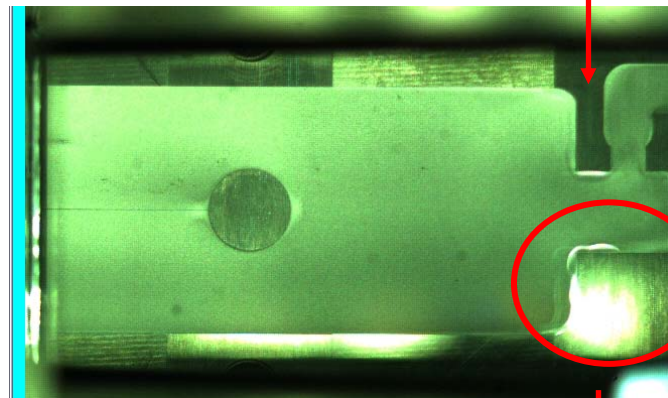


図1 5 収縮が進む様子

収縮は角部のところから始まっていくことが分かる。角部は金型との接触面積が大きく、熱を奪われやすい。そのために早い時点から収縮が進行すると考える。場所によって収縮のスピードが異なり、その結果離型した際に波を表面が波を打ったようになることがわかった。

2-2-2 乱流・よどみ防止の形状検討

リブのよどみについても研究を行った。リブは図16に示すように、流れの変化を起こし、色ムラを発生させる(図17)。この色ムラは肉厚を最適化することで軽減できることがわかった。

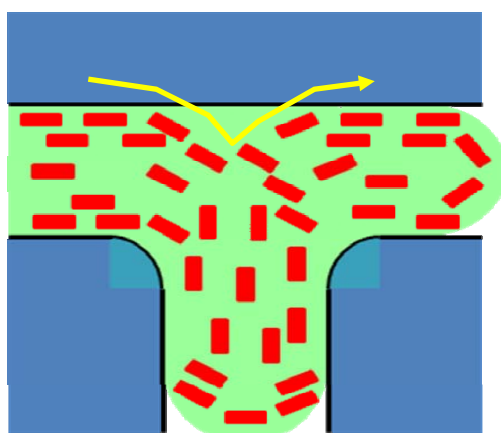


図16 リブによる流れの変化のイメージ



図17 リブによる色ムラ

2-2-3 乱流・よどみ防止の形状検討

乱流やよどみが色ムラを発生させると考え、可視化金型を用いて、乱流やよどみがどこにどのように発生するかを確認した。

図18に高速度ビデオ映像の画面を示す。ビデオ映像を見る限りでは、渦を巻く様な乱流は生じていなかったが、角部のよどみは明らかに確認できた。赤色実線の丸および黄色破線で示した部分は樹脂が通過した後、ほとんど流動せずよどんだ状態だった。

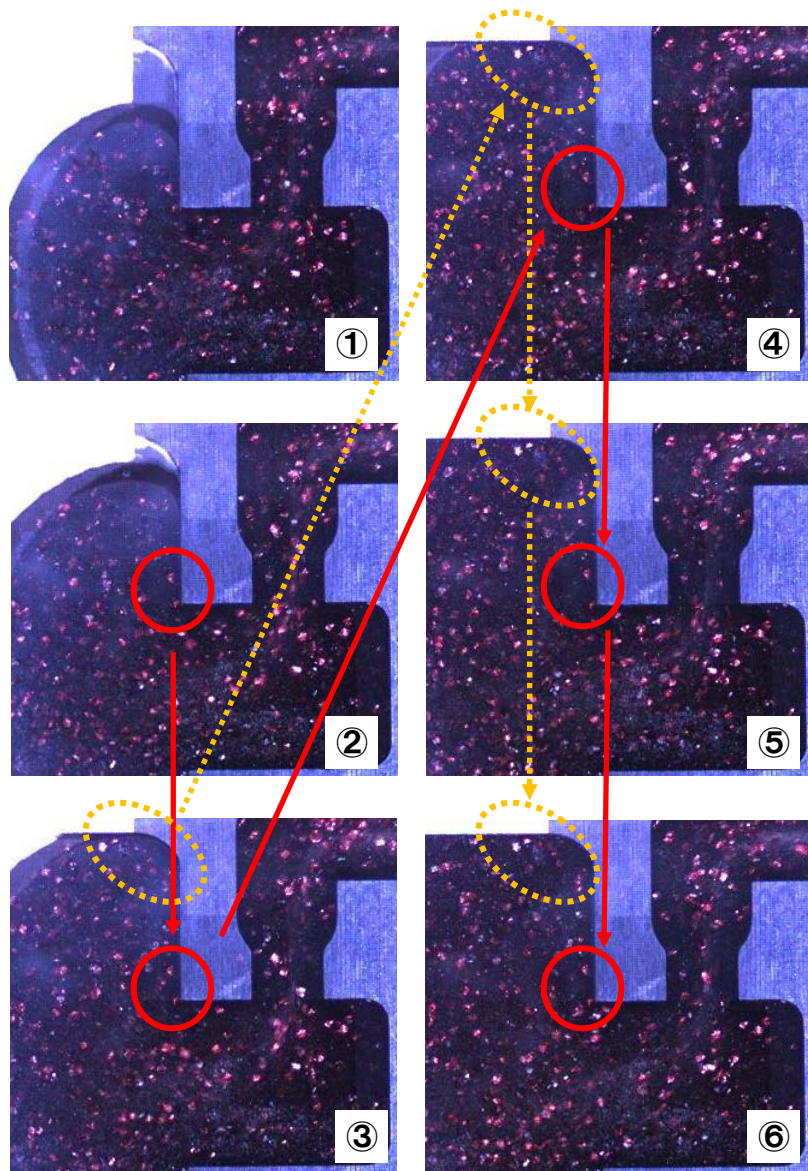


図18 よどみの様子

2-3 高輝度材料の最適化

2-3-1 高輝度材料の選定

高輝度材料はベースの樹脂にアルミ片などの光沢粒子を混ぜ合わせて作る。どの位の大きさのアルミ片を混ぜるかによって外観品質がどの様に変化するかを確認した。

図19、図20にアルミ片の径による違いを撮影した結果を示す。粒子の細かいものはブラックラインが目立つがそれ以外のところはきれいな金属色を出している。粒子が大きいものはブラックラインが目立たないものの、荒々しさが目立つ。求められる表面品質によって使い分けることが重要である。

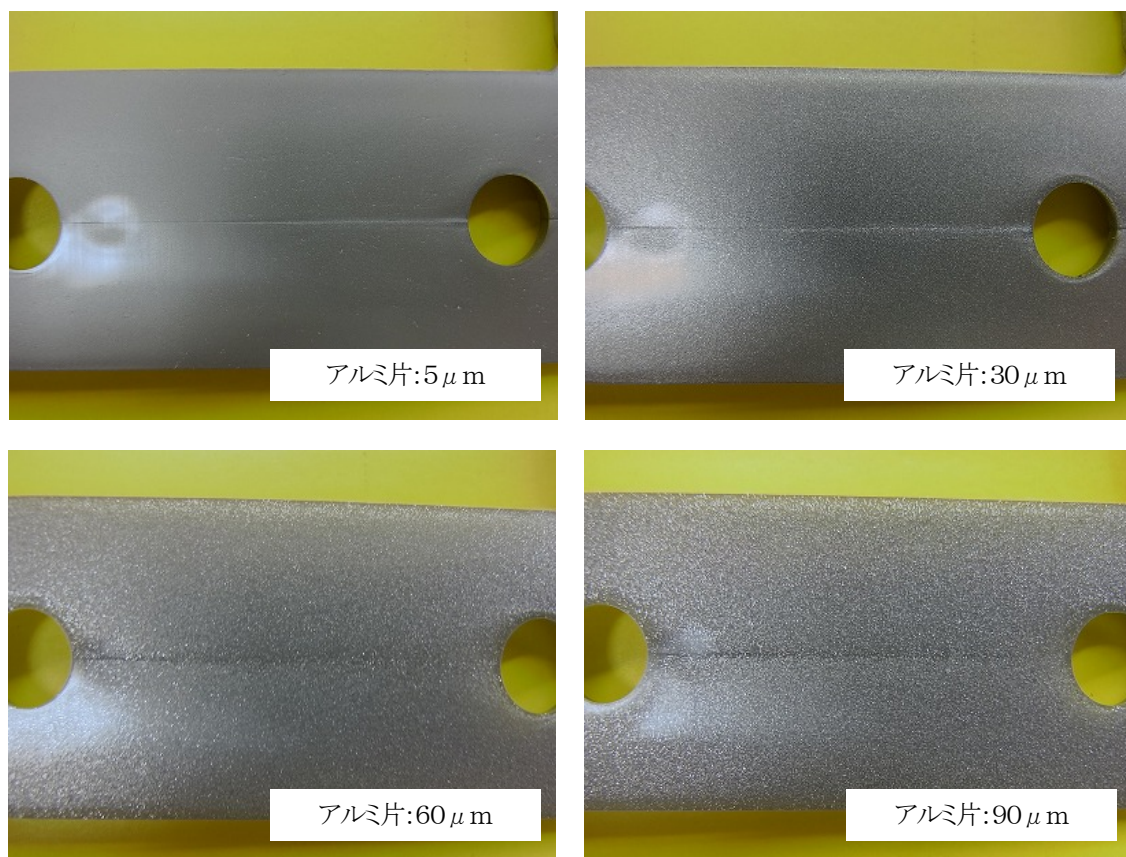


図19 アルミ片の粒径による外観への影響

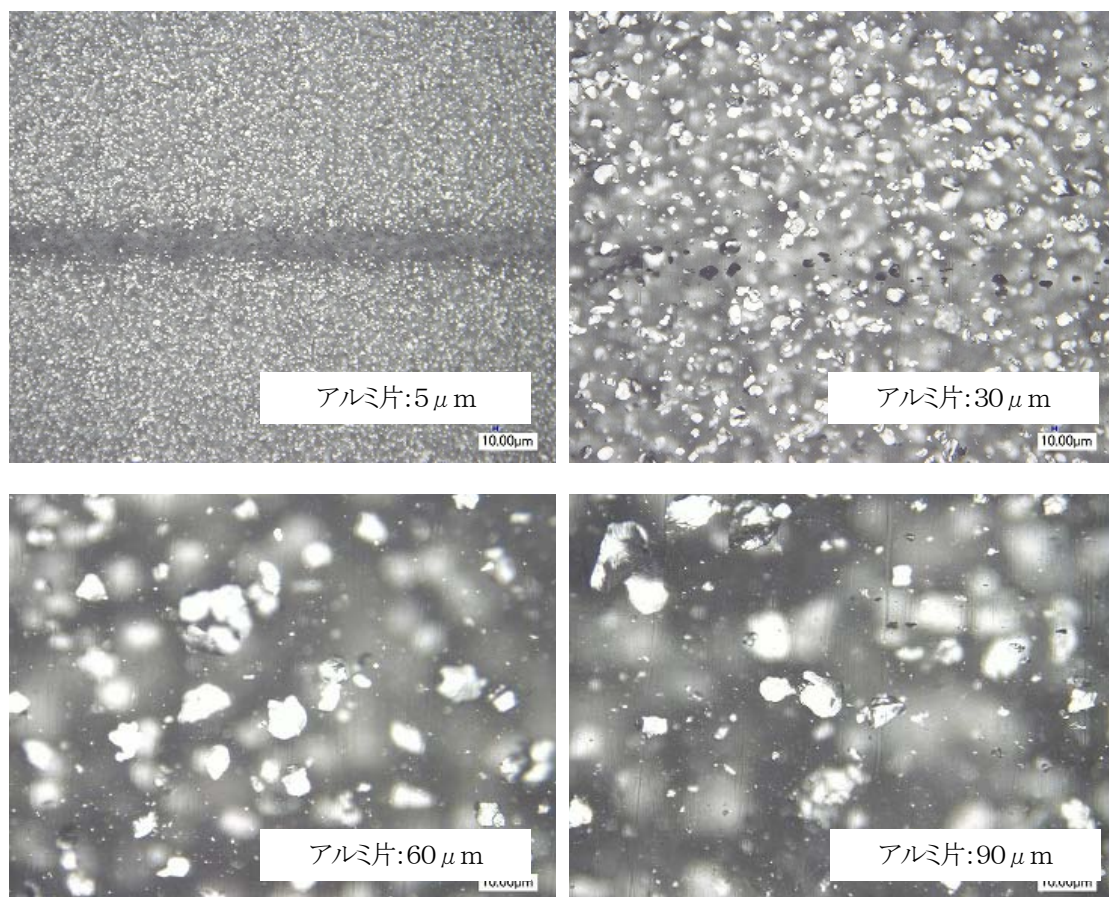


図20 アルミ片の粒径による比較 (全て250倍)

2-3-2 材料の物性評価

高輝度材料は樹脂の中にアルミ片などの光沢粒子を混ぜるため、強度が低下する。スプールランナーを手で折っても、アルミ片が入っている方の粘りがなく割れやすさを感じられる。材料の強度を調べるにはテストピースを作り、複合材料試験機を使っての引っ張り試験が適切だが、テストピース用の金型を所有していなかったため、スプールランナーに圧縮荷重をかけ破断するまでの荷重を測定し、アルミ片の含有がどの程度強度に影響するかを調べた。表 2 1 に使用した材料と試験設備、図 2 1 に試験機、図 2 2 に保持方法を示す。



図 2 1 複合材料試験機

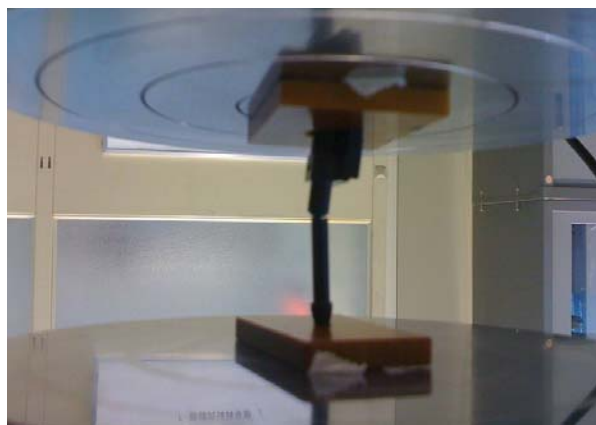


図 2 2 試験片の保持の様子

破断するまでの荷重を図 2 3 に示す。アルミの含有量が増えるにつれ破断する荷重が下がり、5 %程度の強度低下が確認できた。

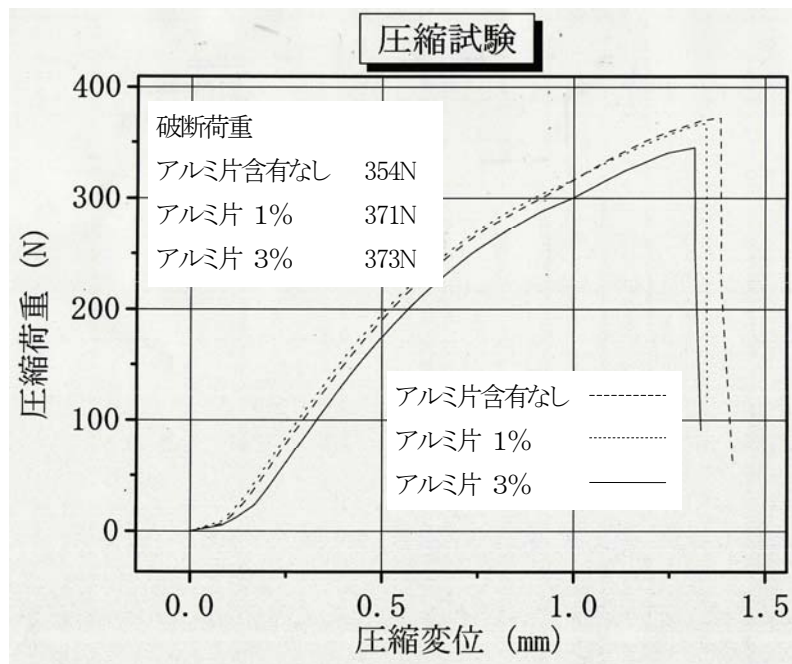


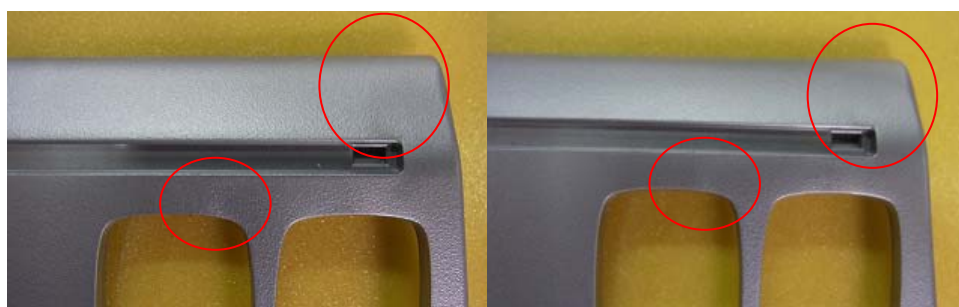
図 2 3 圧縮破断試験の結果

2-4 市場要求金型製作

川下企業の意見をもらいながら、市場が要求する形状の金型を製作し、研究した技術を確認した。ひとつはパネル形状のものである。以前から検討を行ってきた形状であり、研究の成果が確認しやすいために選んだものである（図 2 4）。色ムラ軽減の成果を図 2 5 に示す。



図24 評価用製品サンプル



(1) 研究成果適用前

(2) 研究成果適用後

図 2 5 研究成果

最終章 全体総括

3-1 連携の強化

本研究を通じて、技術面で得たものは非常に大きい。中小企業1社ではとても成しえないことが、産官学の連携によって解決・進歩できるとわかった。1年目は(株)柴田合成と群馬産業技術センターがメインで行っていた研究が、コンソーシアムの枠を超えて広がっていった。群馬工業専門学校や金沢工業大学にも協力していただいた。また、3年目には大型放射光施設である Spring-8 の使用ができた。サポインの研究テーマであるから使用が可能となった。

3-2 知名度の向上

サポインの採択によって研究開発会社として意識されるようになった。採択以降、顧客からの問い合わせが増え、実際にサンプル提出をしている会社もある。また、プラスチック加工学会からも声がかかり、学会で発表することとなった。この発表を聞いた大手メーカーからの引き合いもあった。

サポインをきっかけに研究開発をしている会社と認められるようになり、営業面でも大きなサポートとなった。

3-3 開発意識の向上

サポインでの研究の最も大きな収穫は、開発意識の向上である。連携が強化され、研究開発の会社として認められることにより、開発者の意識の向上につながっている。自分たちの研究が国に認められたという喜びも大きい。研究の中で多くの問題が生じたが産学官で連携して解決できるという自信が生まれている。

今後も更に連携を深めて、更に難易度の高い開発テーマにもチャレンジしていきたい。