

平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「成形品の高機能・高品位化を実現する樹脂流動制御金型の開発」

研究開発成果等報告書

平成24年 3月

委託者 九州経済産業局

委託先 財団法人北九州産業学術推進機構

目 次

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	P. 3
1-2	研究体制	P. 5
1-3	成果概要	P. 9
1-4	当該研究開発の連絡窓口	P. 11
第2章	本論	
2-1	インクタンクのガスバリア性能評価の為の成形テスト	
2-1-1	成形テスト	P. 12
2-1-2	ガスバリア性の評価方法	P. 12
2-1-3	試作金型による成形品のガスバリア性	P. 12
2-1-4	成形品の内径による影響	P. 12
2-1-5	成形品のムシレによる影響	P. 12
2-1-6	成形品のコア回転の影響	P. 12
2-1-7	回転コアの軸心からのズレ	P. 13
2-1-8	改良後の試作金型による成形テスト	P. 13
2-1-9	金型コアの回転速度とガスバリア性	P. 14
2-1-10	原料樹脂の射出開始から金型コア回転開始までの 時間差とガスバリア性	P. 14
2-1-11	樹脂配向の測定	P. 14
2-1-12	改良後の試作金型によるPET樹脂での成形テスト	P. 14
2-2	サンプル出荷用インクタンクの成形金型の設計・製作	P. 14
2-3	カートリッジ容器のガスバリア用樹脂流動制御の成形テスト とアウター金型の製作	
2-3-1	インナーの金型改良	P. 15
2-3-2	金型修正の効果	P. 15
2-3-3	薄肉充填への改良	P. 15
2-3-4	カートリッジインナー金型	P. 16
2-3-5	カートリジアウター金型	P. 16
2-4	プリンタ用感光ロール樹脂流動制御金型の設計・製作	
2-4-1	長尺への挑戦	P. 16
2-4-2	形状の測定	P. 16
2-4-3	回転のタイミングと真円度	P. 16
2-4-4	回転速度と真円度	P. 16
第3章	全体総括	P. 17

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

ボールペンを販売する川下産業においては、高度化指針における次の課題が具体化している。

カ. 低コスト化

◆水性顔料ボールペンにおける課題

水性顔料ボールペンは価格破壊が著しい他のボールペンに比べ、比較的の高い付加価値を維持しており、日本から世界へ輸出している商品である。これは、技術面で世界をリードしているためであり、今後も現在の優位性を維持して行くためには、商品の更なるブラッシュアップを必要としている。水性顔料ボールペンにおいて、次なる課題となっているのはデザイン性を向上させるための薄型化・透明化と、ペンの寿命を延長させるための水蒸気バリア性の改善である。



図1 ペンのインクタンク

◆デザイン性とガスバリア性

この手の商品では、最終ユーザーが購入する最初のきっかけとなるのはデザイン性である。そのため、デザイン性は商品にとって最も重要な要素とされている。このデザインの幅を広げるためには、ペンを構成する胴体や容器が、薄く、細く、透明であるのが望ましい。ところが、単純に薄くするだけでは、強度が低下するほかにも、水蒸気バリア性が悪くなるといった問題が出る。水蒸気バリア性が悪いと、使用の如何に係わらず、インクタンク内のインクが1年かそこらで乾いて使えなくなるといった寿命が問題となる。このため、販売店側に安心して置いてもらえる事が出来ず、デザインが良くても結局は売れない事となる。

◆インクタンクの寿命問題

水蒸気バリア性の向上については、市場の変化に伴う要求も高まっている。これまでは主に北米やヨーロッパを中心にした先進国が主な販売先であったが、中国やインドを中心とする中進国、さらには発展が著しい中東やアフリカ、南アメリカの40億人の市場へと展開する動きがある。しかし、これらの国々では日本に比べて気温が高いためインクタンクの水分が気化する速度が速くなり、ペンの寿命問題がより顕著になっている。

◆従来技術とコストの問題

インクが乾いてしまうのは、インクタンクがPP樹脂で出来ているためである。樹脂にはフリーリウムと呼ばれる分子と分子の隙間が存在し、この隙間からガスなどの軽い分子が僅かながら通り抜けるためである。これまでにも、高いガスシール性を得るための様々な試みがなされているが、コストとの兼ね合いからインクタンクの寿命問題は未だ解決していない。単純にはPVA樹脂な

どのガスバリア性が高い性質を持った樹脂を用いれば、問題は解決する。しかしながら、PVA樹脂は現在使用しているPP樹脂に比べ、材料のコストが10倍以上と大変高価である。たとえ、PPとPVAの2種類の複合成形によって、容器の壁面を多層構造化し、バリア性とコストの両立をねらったとしても、現在の物より大きくコスト競争力を低下させてしまう事が容易に想像できる。一方、高価な樹脂を使わずとも、得られた成形品にDLC膜などのバリア性の高いコーティングを施す方法も考案されている。しかし、材料は極僅かしか使用しないものの、工程が増える事から結果的にコストUPになる。

◆コストと機能を両立する試み

そこで、本研究では樹脂流動制御技術を用いた金型の高度化でもって問題の解決を試みる。樹脂製品は延伸して分子を配向させると、フリーボリュームが小さくなり、バリア性が向上することが知られている。樹脂流動制御技術では、金型内に動く部分を設け、樹脂を延伸させる場合と同様な強い配向を、成形と同時に与えるものである。これにより、インクタンク等の容器物のシール性を高めることが可能である。樹脂流動制御技術には金型側の作り込みが必要であり、例えば300万円の金型であればプラス100万円程度のコストアップに繋がる。しかし、特別な工程が増えることも無く、また樹脂も選ばないことから、金型以外にコストアップの要因が無い。1ヶ月で最低200万個と言われる同商品においては、金型のコストUPが商品単価に与える影響は極僅かである。従って、コストと機能を両立させることが可能な優れた試みと言える。

建築用ボンドのカートリッジ容器を使用する川下産業においては、次の課題が具体化している。

キ. 環境配慮 及び カ. 低コスト化

◆コーキングガンのカートリッジ容器における課題

建築用ボンドのカートリッジ容器にも、内容物であるコーキング剤や接着剤が乾いてしまわないように高いガスシール性が要求されている。現在、コストとガスシール性を両立させるために、紙管にアルミ箔を施した物や、アルミ箔と同時に成形したプラスチック容器が使用されている。しかし、紙とアルミ、あるいはプラスチックとアルミで出来た容器を使う限り、使用済みの容器が分別回収できないことから、資源ごみとしてリサイクルできない事が問題視されている。



図2 カートリッジ容器

◆カートリッジ容器の完全樹脂化

仮にこのカートリッジ容器が完全樹脂化できれば、使用後の容器は残りのボンドと共に樹脂ゴミとして回収され、オイルや燃料といった次の生成品の資源として活用することが可能となる。カートリッジ容器の樹脂化には、プラスチック容器にガスシール性能を付加する必要がある。上記の水性顔料ボールペンのインクタンクと同様に、コストを掛けずに高いガスシール性を実現する、金型および成形の技術開発が望まれている。

コピー機やプリンターの川下産業においては、次の課題が具体化している。

ア. 高精度化・微細化 及び カ. 低コスト化

◆コピー機の感光ロールの課題

コピー機やプリンターの感光ロールは高い精度が要求されることから、アルミの磨きパイプから製作されている。この様にして製作された感光ロールは、長さに対する精度は満足するもののコストが高い。

一方、近年、途上国向けの安価なプリンターを製作するに当たっては、例えば紙のサイズをA4に限定するなど、ある程度機能を下げてもなお、より安価な物が好まれる傾向にある。このような需要に応えるため、川下メーカではより安価な製造方法を模索している。



図3 プリンター用感光ロール

◆感光ロールの樹脂化

例えば、アルミパイプを使わずに樹脂化すれば、大きなコストダウンに繋がることが解っている。樹脂化には、後工程でロールの左右に圧入している樹脂製のギアも同時に成形するといった、工程集約も期待できる。しかし、200mmを超える長尺物の樹脂成形品においては、成形収縮に起因するソリや倒れといった変形により、感光ロールに要求される精度を満足することが出来ていない。長尺成形品において、より高精度な成形品を安価に得るための金型および成形の技術開発が望まれている。

本研究ではいずれの課題に対しても、樹脂流動制御技術を用いた金型の高度化を行う事によって問題の解決を図るものである。すなわち、高度化指針における

「2. 金型に係わる技術における特定もの作り基盤技術高度化指針」

「(5) その他」

「ア. 高精度化・微細化に対応した金型及び成形技術の向上」

「キ. 成形品の後工程の削減」

「サ. 金型製造技術の向上」

「ス. 環境配慮に対応した技術の開発」

等に該当する。

樹脂などの高分子は、分子鎖とよばれる長い鎖状の形をしており、これら一つ一つの分子の鎖が絡まり合う様にしてプラスチック成形品の形を形成していることが知られている。通常は、高分子の鎖は型に流し込まれた時の流れの方向に沿って比較的緩やかに並んでいる。この樹脂の方向性の事を配向と呼んでいる。

樹脂流動制御技術とは、樹脂が型に流れ込むタイミングに合わせて、型内の一部を動かすことで、樹脂の配向を通常とは異なる方向へ強烈に制御するものである。

具体的には図4に示す様な成形方法であり、円筒状の成形金型においてコアと呼ばれる芯の部分を

回転させることで、型表面の連れ回りを利用して流れ込む方向とは違ったベクトルを樹脂へ与えている。このような成形を行う事で、得られる成形品の強度の向上や、成形精度の向上などの機能を付加できることが実証されている。

この技術は、九州工業大学にて開発され、本事業の実施主体であるメイホーにて特許として権利化されている。(特許第3185093号「射出成形品に配向を付加させる製造方法及び製造装置」)

なお、国内においては類似の特許はなく、抵触等の可能性はない。アメリカにおいては類似の特許を確認しているが、既に権利が消滅しており、事業を進める上で問題とはならない。

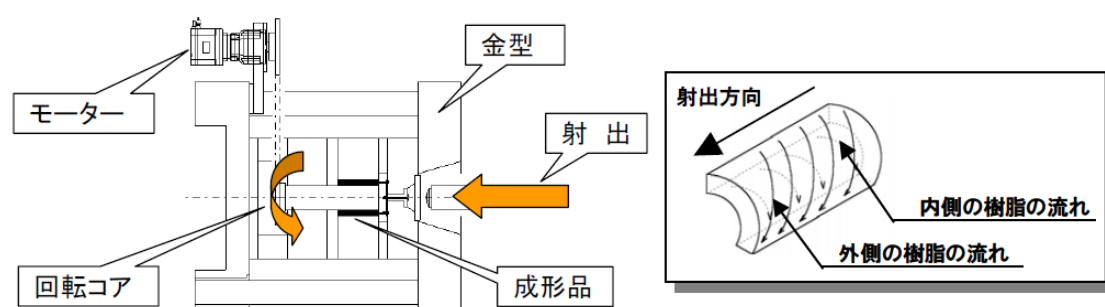
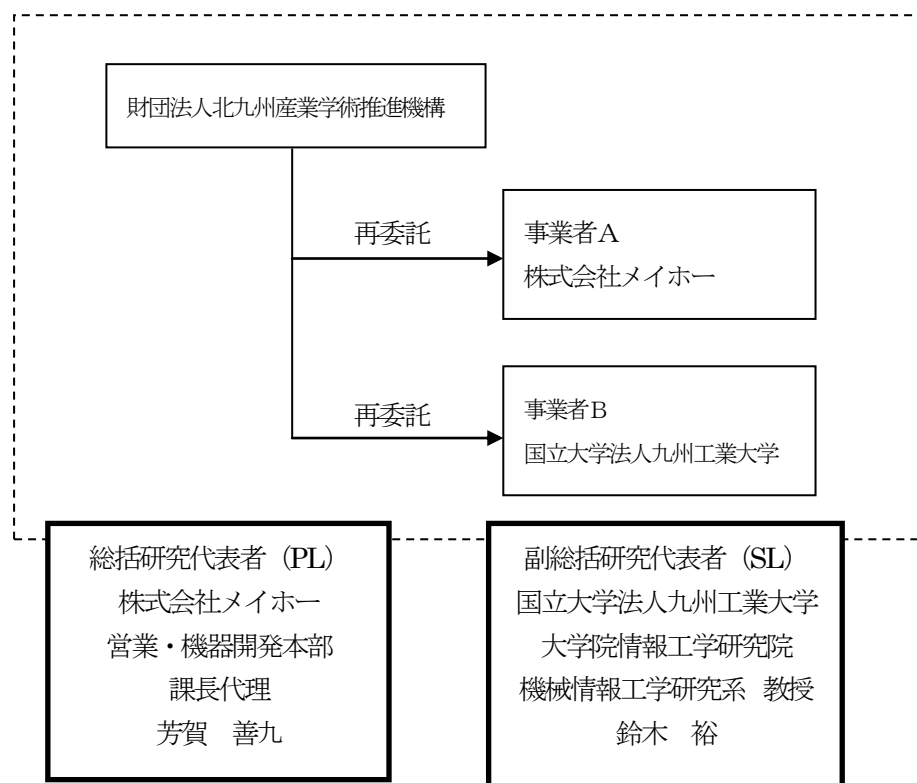


図4 樹脂流動制御システムの概要

1-2 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

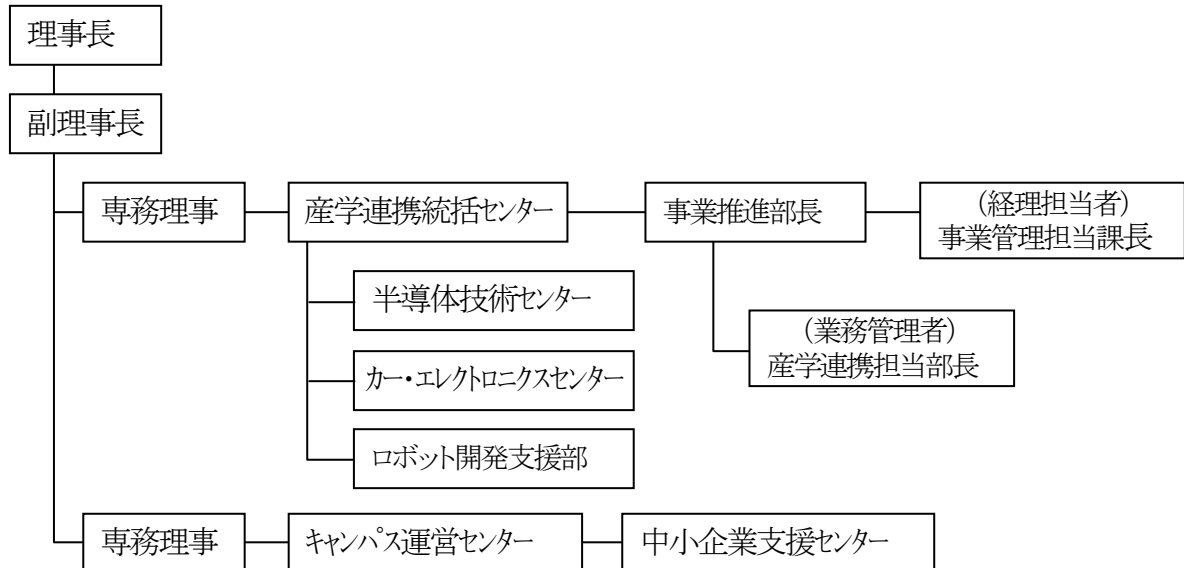
1) 研究組織（全体）



2) 管理体制

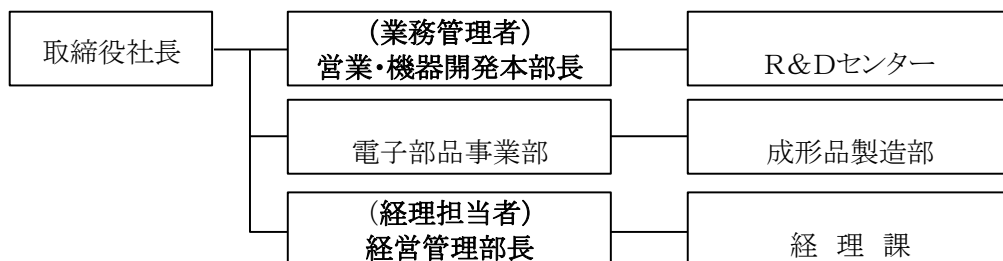
①事業管理者

【財団法人北九州産業学術推進機構】

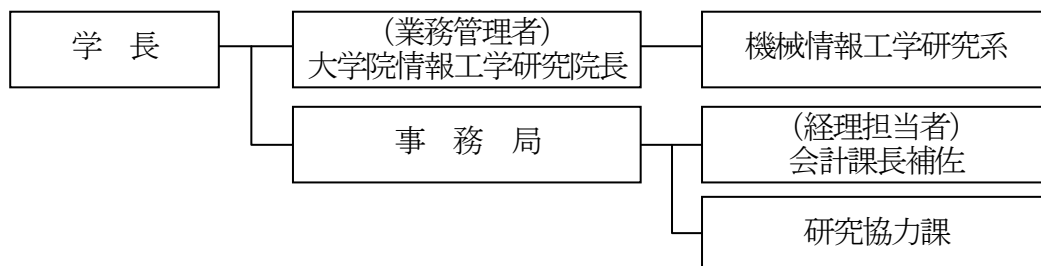


②再委託先

【株式会社メイホー】



【国立大学法人九州工業大学】



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】財団法人北九州産業学術推進機構

氏 名	所属・役職
土山 明美	産学連携統括センター事業推進部・産学連携担当部長
森 直樹	産学連携統括センター・知的クラスター担当部長 兼 知的財産部担当部長
湯村 隆史	産学連携統括センター事業推進部・事業管理担当課長
宮崎 さやか	産学連携統括センター事業推進部・事業管理担当課員

【再委託先】※研究員のみ

株式会社メイホー

氏 名	所属・役職
芳賀 善九	営業・機器開発本部 R&Dセンター 課長代理
藤井 誠	営業・機器開発本部 R&Dセンター 研究員
長谷 哲男	営業・機器開発本部 R&Dセンター 研究員

国立大学法人九州工業大学

氏 名	所属・役職
鈴木 裕	大学院情報工学研究院機械情報工学研究系・教授
藤田 宗春	情報工学部技術部 技術専門職員
椿 浩忠	情報工学部技術部 技術専門職員
坪内 雅俊	情報創成工学専攻 修士1年 鈴木研究室

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

(事業管理者)

財団法人北九州産業学術推進機構

(経理担当者) 産学連携統括センター 事業推進部 事業管理担当課長

湯村 隆史

(業務管理者) 産学連携統括センター 事業推進部 産学連携担当部長

土山 明美

(再委託先)

株式会社メイホー

(経理担当者) 経営管理部 部長

香月 精二

(業務管理者) 営業・機器開発本部 本部長

永松 克彦

国立大学法人 九州工業大学
 (経理担当者) 会計課 課長補佐
 白木 智行
 (業務管理者) 大学院情報工学研究院長
 仁川 純一

(4) 他からの指導・協力者名及び指導・協力事項
 推進委員会委員

(外部推進委員)

氏 名	所属・役職	備 考
玉野 壽美	三菱鉛筆株式会社 横浜研究開発センター・課長	アドバイザー
花咲 真吾	大和製罐株式会社 容器商品開発部・商品企画課長	アドバイザー
桜田 喜久男	日精樹脂工業株式会社 本社テクニカルセンター・副所長	アドバイザー
神谷 昌秀	福岡県工業技術センター 機械電子研究所・所長	アドバイザー
米本 浩一	九州工業大学 大学院 工学研究院機械知能工学研究系・教授	アドバイザー

(内部推進委員)

氏 名	所属・役職	備 考
芳賀 善九	株式会社メイホー 営業機器開発本部 R&D センター・課長代理	PL 委
鈴木 裕	九州工業大学大学院 情報工学研究院機械情報工学研究系・教授	SL
土山 明美	財団法人北九州産業学術推進機構 産学連携担当部長	
森 直樹	財団法人北九州産業学術推進機構 知的クラスター担当部長兼知的財産部担当部長	

1-3 成果概要

本研究開発の目標値は次の通りである。この内、本年度の目標は2-2, 2-3, 2-5, 3-1 ならびに3-2 である。

1-1 樹脂流動制御システムの構築	型締め力280トン、型締めの可動範囲が600mm以上の中大型の成形機に、樹脂流動制御用の新たな回転軸を設置。型締めや、射出の動作と連動する様に作り込む。
2-1 インクタンク・ガスバリアテスト用の樹脂流動制御金型の試作	製品部のサイズが直径6mm×長さ50mm程度のインクタンクの樹脂流動制御金型を試作する。
2-2 インクタンク・ガスバリア性能評価の為に成形テスト	温度50℃、湿度30%の環境で10日間保管し、減量が30mg以内の現在の基準を樹脂流動制御によって約1.5倍にする
2-3 サンプル出荷用インクタンクの成形金型の試作	サンプル出荷用の複数個取りのインクタンクの樹脂流動制御金型を試作する。
2-4 カートリッジ容器のガスバリア用樹脂流動制御金型の試作	φ 60×200mmの大型・筒状の樹脂流動制御金型を製作する
2-5 カートリッジ容器のガスバリアテスト	水蒸気バリア性が1g/pkg・atm・24H以下、酸素バリア性が0.1cc/pkg・atm・24H以下を目指す。
3-1 長尺パイプテスト用金型の試作	製品部のサイズがφ 30mm×長さ300mm長尺パイプテスト用の樹脂流動制御金型を試作する。
3-2 長尺パイプの成形テスト	真直度が0.1mm以下を目標にする。

事業計画の履行状況は次の通り。

① 研究内容について

東日本大震災やタイの洪水の影響は受けたが、予定した設備機器を導入することが出来た。更にこの設備を用いて成形品の試作及び評価を行い、研究開発の目標を達成するための実験を行った。

② 事業の実施について

東日本大震災やタイの洪水の影響は受けたが、大幅な遅延はない。

③ 委託費について

適正に処理を行っている。

目標達成度は7割程度である。内容は次の通り。

◆水性顔料ボールペンインクタンク

①インクタンク金型では、PP樹脂とPET樹脂の成形条件をそれぞれ見出す事が出来た。

②ガスバリア性は、恒温恒湿試験を10日間行った後の水蒸気減量が現行インクタンクの約1.5倍向上は達成出来なかったが、PP樹脂を用いて改良した試作金型により成形したインクタンクでは、樹脂流動制御無し（回転コアの回転数：0rpm）の成形品と比較して樹脂流動制御有り（回転コアの回転数：1740rpm）の成形品は約10%のガスバリア性の改善が認められた。

③一方、PET樹脂を用いたインクタンクでは、ガスバリア性の改善は認められなかった。

④8個取り用の樹脂流動制御金型を試作し成形実験を行った結果、8個取り成形は可能である事が分かった。

◆コーキングガンのカートリッジ容器

⑤平成22年度に試作したインナー金型の修正および新たにアウター金型を試作した。成形機の条件設定によっては金型の回転部分の強度が不足するため、回転コアの強度向上が必要であることが分かった。

⑥カートリッジ容器の水蒸気バリア性がパッケージ当たり $1\text{g/atm}\cdot 24\text{H}$ 以下、酸素バリア性がパッケージ当たり $0.1\text{cc/atm}\cdot 24\text{H}$ 以下を目指したが、達成出来なかった。

◆コピー機の感光ロール

⑦プリンタ用感光ロールでは、長さ300mmにおいても樹脂流動制御金型が適用できる可能性を示した。

⑧樹脂流動制御を行うことによって真円度は向上するが、円周方向では樹脂が収縮することが分かった。

研究の改善努力及び情勢変化への対応努力については次の通り。

①樹脂配向の有無やその程度を簡便に判断する方法として、示差走査熱量(DSC)測定での結果を用いることが出来ることが示唆された。

②ユーザー等のニーズを的確に反映するために、川下企業との協議を行った。

③研究開発にあたり無駄なコストの削減等効率化を図るために、設計時に過去の設計資産を活用した。また金型の製作にあたっては日程とコスト管理を行い、納期の短縮とコスト低減に努めた。

④技術動向や社会・市場ニーズの変化等に適切に対応するために川下企業から実際の市場動向を適宜ヒアリングした。

研究開発体制の充実に向けて次の努力を行った。

①研究開発体制(参画機関同士の協力体制等)について、適宜連絡および進捗打ち合わせを行い、協力体制を維持するようにした。

②研究内容の負荷に応じて担当を見直すことで対応した。

③外部からアドバイスを得るために、専門家及び川下企業からのヒアリングや打ち合わせを

行った。

事業管理者の事業運営に向けて次の努力を行った。

①共同体内で意思決定、進捗状況の把握等は、研究開発の進捗に応じて連絡を取り合い、体制や担当について協議した。

②プロジェクトリーダー及びサブリーダーは、研究開発の節目に応じて進捗を確認し、研究メンバー及び川下企業と研究に関する情報共有を行った。

1－4 当該研究開発の連絡窓口

財団法人北九州産業学術推進機構

土山 明美

TEL03-691-3006

E-mai : a-tsuchiyama@ksrp.co.jp

第2章 本論

2-1 インクタンクのカバリ性能評価の為の成形テスト

2-1-1 成形テスト

樹脂流動インクタンク試作金型と、その駆動装置、ならびに九州工業大学先端金型センター所有の射出成形機を用いて、昨年度に引き続きガスバリ特性を把握するために樹脂成形実験を行った。

2-1-2 ガスバリ性能の評価方法

ガスバリ性能の評価は、アドバイザーである三菱鉛筆株式会社（以下、三菱鉛筆と記す）が実施している水蒸気バリ性能評価方法に準拠した。まず、インクタンクの成形サンプルに純水を満杯に入れ、三菱鉛筆が使用している封止部材で蓋をする。次いで、ホットメルトで完全に蓋を固定した後、一定の条件に整えた恒湿恒温槽の中に静置する。サンプルの重量を時間の経過と共に測定し、初期重量からの減量値を比較することによってガスバリ性能を評価するものである。表1に恒湿恒温槽でのガスバリ性能評価条件を示す。

表1 恒湿恒温槽でのガスバリ性能評価条件

設定温度 [°C]	50
設定湿度 [RH%]	30
試験時間 [時間]	240

2-1-3 試作金型による成形品のガスバリ性能

試作金型での成形品のガスバリ性能を2-1-2項の方法で調べた。試作金型での成形品では減量値はばらついており、樹脂流動制御の有無による効果は判断出来ないことがわかった。ばらつきの因子として①成形品の内径、②成形品のムシレ、③金型のコア回転時間、④金型の回転コアの軸心からのズレが考えられる。

2-1-4 成形品の内径による影響

現行品と試作金型での成形品の内径差は0.127mmであり、金型の精度や樹脂の収縮から生じる程度のものである（製品図の誤差範囲：±0.2mm）である。しかしながら、この内径差により蓋との嵌合が緊密に行われず、嵌合の緩い部分から水蒸気が漏れていることが考えられる。この内径差の問題に対しては、金型側の回転コアを追加加工することで対応した。

2-1-5 成形品のムシレによる影響

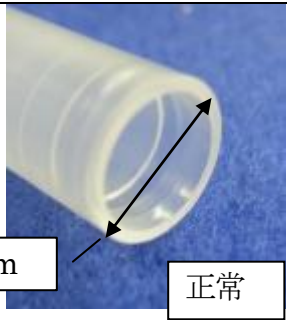
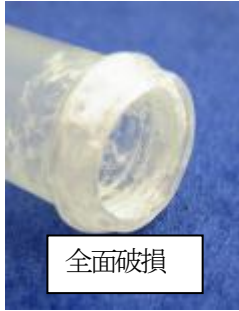
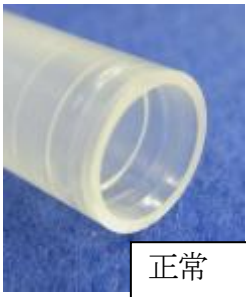
試作金型での成形品は、目視観察による外観から封止部にムシレあるいはムシレ様の傷が生じていることがわかった。このムシレ様の傷は、金型コアのエッジ部分の鋭さにより成型品にムシレやそれに起因する傷（スレ）を引き起こすと推察された。このムシレ様の傷によって微細な破損等が生じ、ガスバリ性能が損なわれている可能性が考えられる。この問題に対しては、金型コアのエッジ部分を滑らかに修正することで対応した。

2-1-6 成形品のコア回転の影響

表2に射出開始後の回転コアの回転時間と成形品外観の関係を示す。表2に示すよう

に、コアの回転時間によって成形品に傷が入ることが分かる。成形品に生じる傷の程度は、回転時間が長くなるほど大きくなる傾向が示されている。これは、回転時間が長くなると成形品の固化が進み、固化進行後に金型コア回転により樹脂の圧力等が加わることで成形品が割れているものと推察された。この問題に対しては、コア回転時間を3秒未満に限定することで対応した。

表 2 回転コアの回転時間と成形品外観の関係

コアの 回転時間	成形品の外観	コアの 回転時間	成形品の外観
1 秒	 外径 8mm 正常	4 秒	 全面破損
2 秒	 正常	5 秒	 全面破損
3 秒	 エッジがやや破損		

2-1-7 回転コアの軸心からのズレ

成形品に偏肉が生じているものがあつた。偏肉の原因としては、回転コアが軸心に対してズレが生じていることが考えられる。回転機構を入れる事により、成形時の樹脂圧力によってコアが軸心からズレて更には倒されると推測している。この問題に対しては、川下企業の協力により、ゲート部分に樹脂圧を制御して軸心からズレない機能（研究グループでは自己調心機能と称している）を持たせる構造に修正することで対処した。

2-1-8 改良後の試作金型による成形テスト

2-1-4～2-1-7項に示す改良を実施し、成形実験を行った。

2-1-9 金型コアの回転速度とガスバリア性

改良後の金型での成形品のガスバリア性能について調べた。金型コアの回転速度によりガスバリア性が変化していることが分かった。回転速度が 1740min^{-1} の時には、金型コア回転無し（樹脂配向制御無し）の場合よりも約 10% のガスバリア性が向上した。

2-1-10 原料樹脂の射出開始から金型コア回転開始までの時間差とガスバリア性

射出開始から樹脂の固化が完了するまでの成形時間の中で、最もガスバリア性に寄与する時間を調べるため、金型コアの回転速度を一定にし、射出開始から金型コア回転用モータを回転させるまでの時間差について検討した。原料樹脂の射出開始から金型コア回転開始までの時間差が 1 秒以下では、ガスバリア性の向上は若干期待できる結果が得られた。しかしながら、1.5 秒になるとむしろ悪影響を及ぼしていることが示された。これは、原料樹脂の射出開始から金型コア回転開始までの時間差を設ける場合には、1 秒以内の極短時間に設定する必要があることを示唆している。この時間差が 1.5 秒以上になると樹脂の固化が開始され成形品のガスバリア性を阻害する何らかの現象が生じていると推測している。詳細な原因については、今後の補完研究で検討する。

2-1-11 樹脂配向の測定

川下企業からの要望により、簡便に樹脂流動制御金型による成形品の樹脂の配向を測定する方法を検討した。これまで樹脂の配向を測定する方法としては、繊維入りの樹脂を使用した成形品の一部を顕微鏡観察し、繊維の流れで配向を判断する方法や、ラマン分光分析法による測定結果で配向を判断する方法が知られている。今回、より簡便に樹脂の配向を判断する測定方法として、赤外分光分析法（FT-IR）と示差走査熱量（DSC）測定法を検討した。FT-IR での吸光度測定では樹脂の配向の変化は判断できないことが示唆された。DSC 測定では、回転コアの回転速度の違いによって吸熱特性が異なり、回転コアの回転（樹脂流動制御）を行うことで樹脂に何らかの変化が生じていることが示された。今後、樹脂の配向との因果関係を明確にし、吸熱反応との関係を明らかにする予定である。

2-1-12 改良後の金型による PET 樹脂での成形テスト

インクタンクに使われている材質は PP 樹脂であるが、透明で質感の高い PET 樹脂を使う事が可能になれば、より商品価値が向上すると川下企業から要望があった。しかし、一般的に PET 樹脂はガスバリア性が悪い事が知られている。そこで、PET 樹脂を用いて樹脂流動制御を施した成形品を製作し、ガスバリア性の向上が可能であるかを検討した。PET 樹脂での成形品ではガスバリア性は向上していないことが分かった。しかし、DSC による熱的特性は金型コアの回転の有無により変化し、樹脂の構造変化が示唆された。この結果は、樹脂の種類が異なれば金型コアの回転によって得られる成形品の特性が異なるを示している。

2-2 サンプル出荷用インクタンクの成形金型の設計・製作

サンプル出荷用インクタンク成形金型を製作した。これまでに得られた知見を基に、新たに生産性を考慮した多数個取り（8 個取り）の樹脂流動制御金型を試作した。また、川下企業の要望により回転コアの回転数を上げるため、回転機構の減速機を取り外した。これにより、1740rpm まで回転可能

となった。

2-3 カートリッジ容器のガスバリア用樹脂流動制御の成形テストと OUTER 金型の製作

カートリッジ容器のガスバリア性の目標値は、インクタンクのガスバリア性よりも厳しく、パッケージ当たり $1 \text{ cc/atm} \cdot 24\text{H}$ 以下、酸素バリア性はパッケージ当たり $0.1 \text{ cc/atm} \cdot 24\text{H}$ 以下と、高い目標である。そこで、PP樹脂やPET樹脂と比較してガスバリア性の高いポリグリコール酸樹脂（PGA）を用いて、樹脂流動制御による金型で成形を行い、目標の達成を目指した。ただし、PGAは生分解性や易加水分解性を持っており、製品外装としては難があるため外側を別の樹脂で2次成形する必要がある。1次成形用の樹脂流動制御金型（INNER金型）と、2次成形用の樹脂流動制御金型（OUTER金型）2つを製作する。

2-3-1 INNER金型の改良

PGA樹脂を用いた場合、PP樹脂やPET樹脂と比較して流動性が悪く、充填不良が生じた。この問題に対応するため、第1段階としてランナーを太くして射出抵抗を減らすと共に、回転コアの内径を修正して、肉厚（0.5mm から 1mm）に変更することを検討した。

2-3-2 金型修正の効果

2-3-1項に示す金型の修正を行い成形した。写真8に修正前の試作金型での成形品の外観を、写真9に修正後の試作金型での成形品の外観を示す。写真に示すように、金型の修正を施すことで修正前よりも比較的低い圧力でPGA樹脂の充填不足を改善することが出来た。しかしながら、川下企業からは、PGA樹脂は比較的高価であるため、肉厚 1mm ではコストの点で商品化は困難であるとの指摘を受けた。このため、肉厚を 1mm 以下での成形を検討した。

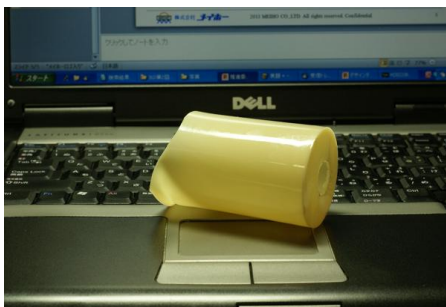


写真8 修正前の試作金型での成形品
（樹脂充填不良）の外観



写真9 修正後の試作金型での成形品
（肉厚 1mm）の外観

2-3-3 薄肉充填への改良

PGA樹脂は樹脂の温度をより高くすれば粘度が減少するため、樹脂の流動性が良くなる。そこで、金型温度調整の強化を行った。一方、PGA樹脂では温度を上昇させた場合、樹脂が変色するという問題が知られている。これは、熔融樹脂に含まれる酸素と樹脂が反応する（焦げる）ためである。変色を防止するには、酸素が少ない雰囲気での成形が有効と考えられる。そこで、窒素供給装置を導入し、成形機に樹脂を投入するホッパー下に高濃度の窒素ガスを供給することで樹脂を熔融させる間、

酸素と接触しない雰囲気での成形を可能にした。

2-3-4 カートリッジインナー金型

P G A樹脂を射出成型で用いるには、2-3-3項で述べたように、P P樹脂やP E T樹脂での成型温度よりも高い温度で金型を使用する必要がある。このため、P P樹脂やP E T樹脂での成型温度よりも高い温度で金型を使用し成形実験を行ったが、金型と樹脂の接触部分に焼き付きが発生し、金型の開閉ができなくなった。この状態で無理に金型を開いたため、ベアリングの割れ等の問題が発生した。これらの金型トラブルはインクタンクやプリンター感光ロールでの成形では生じておらず、カートリッジインナーのみで生じた。長尺の成形を行うには、金型強度の向上が必要であることが分かった。

2-3-5 カートリッジアウター金型

カートリッジインナーを構成する予定のP G A樹脂は、加水分解性を有するため、容器の外側に向かない材質である。そこで、容器の外側に別の材質（例えばP P樹脂など）で覆う事を予定している。このためのカートリッジアウター金型を別途製作した。試作したカートリッジアウター金型では、P G A樹脂での成形が問題なく可能であることを確認した。

2-4 プリンタ用感光ロール樹脂流動制御金型の設計・製作

2-4-1 長尺への挑戦

弊社では、長さ250mmの長尺物の樹脂流動制御金型を製作した事は無かった。そのため、金型温度調整については小型のインクタンク等にはない考慮を必要とした。キャビティ側を円筒形状にし、バンドヒーターによる加温や、回転コアにこもる熱を速やかに取り去るために、噴水式の液体温度調整用のパイプを通すなどの工夫をした。得られた成形品の片方の端面には、モジュール：40、歯数：40歯の歯車を成形した。この様に、円筒部分と歯車の部分を同時に作り込めるのが樹脂による射出成形での利点である。

2-4-2 形状の測定

得られた成形品を、三次元測定機（ミットヨ製 CrytaPlus7106）で形状測定した。樹脂流動制御の優位性を明確にするためには、樹脂流動制御の有無で形状がどの様に変化しているのかを確認する必要がある。成形品の真円度を計測し評価した。

2-4-3 回転のタイミングと真円度

コアを回転させた（樹脂流動制御有り）成形品は、コア回転無し（樹脂流動制御無し）の成形品と比較して寸法が若干小さくなり、真円度は向上する事が分かった。プリンタ用感光ロールでは、インクタンクの場合と同様に保圧終了まで回転させた成形品は、全面破損の状態になることが分かった。

2-4-4 回転速度と真円度

精度の向上はコア回転無しの成形品に比べ、少しでもコア回転（樹脂流動制御）すれば顕著な効果がある。また、回転速度の増加に従って寸法の減少が続いていることから、金型コアの回転速度の影響もあることが分かる。補完研究では、金型回転コアの回転速度の適正化を図る予定である。

第3章 全体総括

本事業における課題は、①中大型の樹脂流動制御システムの実現、②同システムを使ったガスバリア性の実現、③同システムを使った長尺精密成形の実現、の3つであった。

①中大型の樹脂流動システムの実現においては、280トンの射出成形機を中心とする大型の樹脂流動制御成形システムを実現し、直径が60mmや、長さが250mmといったこれまでにない大物成形品における樹脂流動制御を行う事が可能になった。

また、②の同システムを使ったガスバリア性の実現では、インクタンク試作サンプルにおいて10%ではあるが、樹脂流動制御によって確かにガスバリア性が向上するという成果を得ることが出来た。

さらに③の同システムを使った長尺精密成形の実現においては、真円度のみではあるが、樹脂流動制御の有無で形状精度が向上することを確認出来た。

細かい目標値からすれば、未だ到達出来ていないものや、新たな課題が発現したものがあるが、上記3つの大きな課題から言えば、概ね本研究の目標は達成出来たと言える。

今後の課題としては、金型を含む成形システムの実現に精一杯だったので、アカデミックな現象の追求や、成形条件の最適化がなされていない点が上げられる。

例えば、インクタンクにおいては、確かにガスバリア性が向上したが、アドバイザー企業が目論む製品に適用するにはまだ性能が足りない。成形条件や樹種によってまだまだ性能を向上させる余地は残されているので、これに取り組まなければならない。

また、大物のカートリッジ容器においては、実際に商品化を目指すには薄肉であることも重要な課題として明らかになったが、回転機構があるために構造的に弱く、薄肉の場合は樹脂圧力に負けてコアが倒れると言った課題が残されている。

プリンターロールにおいては、とりあえず繊維強化のされていないポリプロピレンで成形テストを行ったが、実際には繊維強化されたPBTなどのエンジニアリングプラスチックが用いられる予定である。繊維強化されている樹脂の方が樹脂流動制御の影響が強く出るはずであり、さらに大きな効果が期待できる。

これらの課題を本研究開発後の補完研究で取り組む予定である。事業展開は当初の計画通り、事業終了後1年目は追加研究を行い、2年目以降から設備導入を考え、3年目以降から出荷・販売を開始する予定である。

なお、今後の補完研究においても、メイホーと九州工業大学との共同研究で進めるほか、アドバイザーとして三菱鉛筆殿、大和製罐殿、日精樹脂工業殿にも意見を頂くなど、今回の事業で構築された素晴らしいスキームは今後も維持される見通しである。



この印刷物は、印刷用の紙へ
リサイクルできます。