

平成 27 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「自動車マウント部品の樹脂化技術の開発」

研究開発成果等報告書

平成 28 年 3 月

委託者 関東経済産業局  
委託先 公益財団法人 埼玉県産業振興公社

# 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	2
1-1-1 研究開発の背景	2
1-1-2 研究開発の目的及び目標	3
1-1-3 射出成形の説明	5
1-1-4 ウェルドラインの説明	6
1-1-5 ボイドの説明	7
1-1-6 IMP工法とは	9
1-1-7 IMM工法とは	10
1-2 研究体制	12
1-2-1 研究組織	12
1-2-2 管理体制	13
1-2-3 管理員及び研究員	13
1-2-4 協力者	14
1-3 成果概要	14
1-3-1 設備選定及び改造・開発	14
1-3-2 成形品性能評価	15
1-3-3 シミュレーションとの整合性確認	17
1-4 当該研究開発の連絡窓口	17
第2章 本論	
2-1 設備選定及び改造・開発	18
2-1-1 成形機・付帯設備の選定	18
2-1-2 特殊機器の開発	21
2-1-3 金型の製作	21
2-2 成形品性能評価	24
2-3 シミュレーションとの整合性確認	34
第3章 全体総括	
3-1 研究開発の成果	36
3-2 研究開発後の課題	36
3-3 事業化展開	37

## 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 研究開発の背景

自動車における軽量化は燃費性能の向上につながる重要なニーズとなっている。小型乗用車の場合、10%の軽量化により燃費性能が4%程度低減と言われており、消費燃料が少なくて済むことで枯渇資源の保護、さらに排出ガス量が減少するため地球温暖化防止に有効となるかめ、近年においても自動車業界必須のニーズとなっている。

軽量化には比重の軽いプラスチックを使用することが有効であり、30年以上前から鉄や銅などの金属からプラスチックへの変更がされてきた。プラスチックには軽量化だけでなくデザインの自由度、二次加工性、軽衝撃エネルギー吸収性、耐摩耗性、低コスト性、リサイクル性などのメリットがあり、時代の要求に応じて急速に普及してきた。

以上のことから、自動車におけるプラスチックの構成比は急拡大を続けており、日本車では8~9wt%となっている。ところが欧州車は2倍の15wt%を超える構成比となっている。欧州車が高いプラスチック採用レベルにあるのは、内外装部品にとどまらずエンジンルーム内部部品や機能部品などにプラスチックを積極的に採用してきた歴史がある。

なかでも自動車用マウント部品は自動車のシャーシと重量の部品(エンジンやデファレンシャルギアボックス、サスペンション等)を結合させ、防振効果を持たせる部品として幅広く使われており、走行時の快適性もさることながら、強度の高い部品として使用している。しかし、主流は金属製であり、近年小型乗用車に樹脂製マウント部品の採用が始まったところである。小型車ではその車重の軽さからマウント部品への要求性能は低く抑えられることが採用されている経緯である。中型車、大型車への採用が未だ成功していない理由としては重量であるため、マウント部品に掛る力が強いいため、小型車のそれとは比較できない高い要求性能がある。

図1に各種マウント部品の写真を載せた。

金属製部品は板金やプレス、溶接工程を経て、塗装工程が必要であり、多くの工程を経て部品の製造を行っている。



図1 金属性マウント部品

## 1-1-2 研究目的及び目標

従来のデフマウント（金属製）	目標（樹脂製）
	
<p>金属部品の問題点</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・金属製マウント部品の生産は多工程（34工程）。</li><li>・重量が重い（1,238g）</li><li>・部品点数も多く価格が高い（4500円）</li></ul>	<p>樹脂化する事による利点</p> <p>樹脂製マウント部品の生産は生産工程が簡単（3工程）。（取付部金属インサートあり）</p> <p>重量が軽い（724g、42%削減）</p> <p>部品点数も少なく製造コストの大幅な削減が可能（1100円、76%削減）</p>

自動車業界では多くの製品が金属から樹脂に置き換わってきた。特に簡単に樹脂化できる部品から採用されてきた経緯があるが、軽量化への取り組みに対して更なる樹脂化へのニーズが高まっている。一つには要求性能を満足させる材料の開発であり、部品の要求性能に対応した加工技術の開発である。本研究の目的はこの部品の要求性能に対応した加工技術の開発である。

上記に本研究に対して採用するマウント部品を示す。本マウント部品はデファレンシャルギアボックスとシャーンを結合するものであり、大型車に採用しているものである。（以降、デフマウント）

この部品を採用した理由として、マウント部品のなかで一番の高い要求性能を必要とする部品であるため、本部品を製造できることが証明されれば、他のマウント部品に対する応用展開が容易であることや、自動車業界における信頼性を獲得することができるからである。

本研究開発は当社の保有している IMP 工法/IMM 工法の併用技術を可能とすることを最大の目標としており、更にこの併用技術を量産できる技術まで高める事を目標としている。

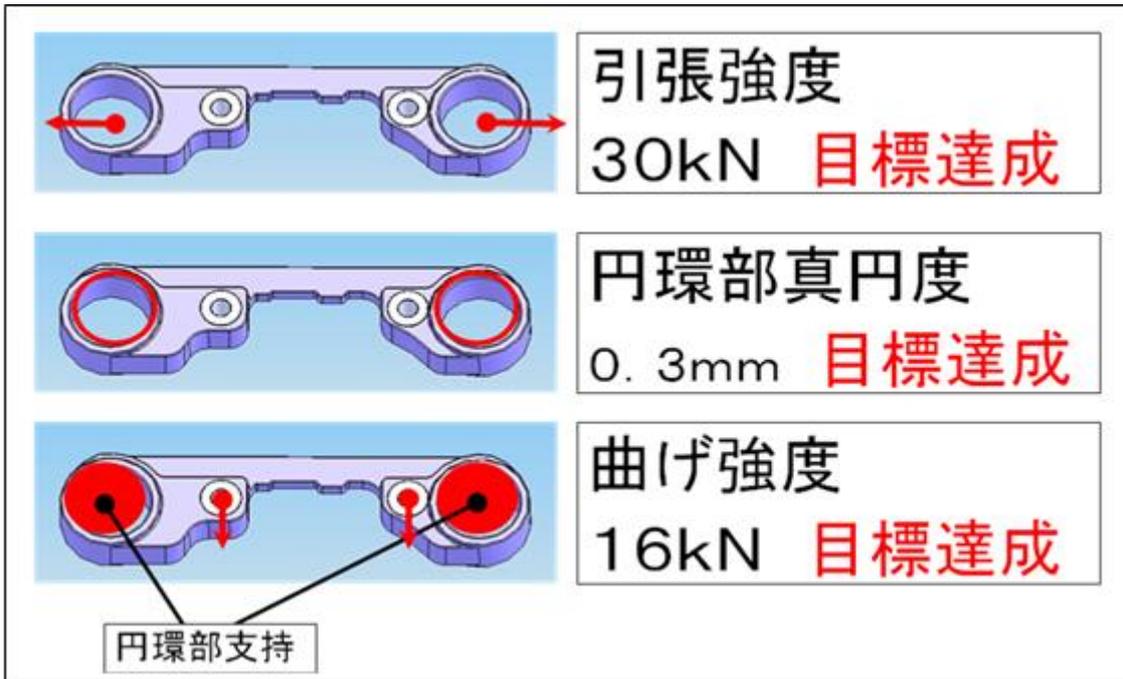


図2 製品の要求性（目標値）

図2に本製品の要求性能であり、本開発の目標を示す。

引張り強度に関しては2つの円環部を支持し左右に引張力を加えた際に30kNの力に対して耐えることが目標である。

円環部真円度は本製品に対して高い寸法精度を必要な部位であり、2つの円環部内壁の真円度が0.3mm以下であることを目標とする。

曲げ強度は2つの円環部を支持し、内側に配置されている2つの穴を下方方向に押し下げた際の曲げ強度を16kN以上と定めた。4点支持曲げ強度といてよい。

引張り強度に対する懸念点として中央四角柱部が肉厚であり、ポイド等により強度低下があるか、円環部に発生するウェルドラインの強度は耐えられるか。

円環部真円度はウェルドライン部の変形による真円度の悪化が懸念される。

曲げ強度に関しては中央四角柱部の曲げ強度が懸念される。

### 1-1-3 射出成形の説明

ここで本報告書に対して理解を深める必要があるために射出成形・ウェルドライン・ボイドに関して説明を行う。

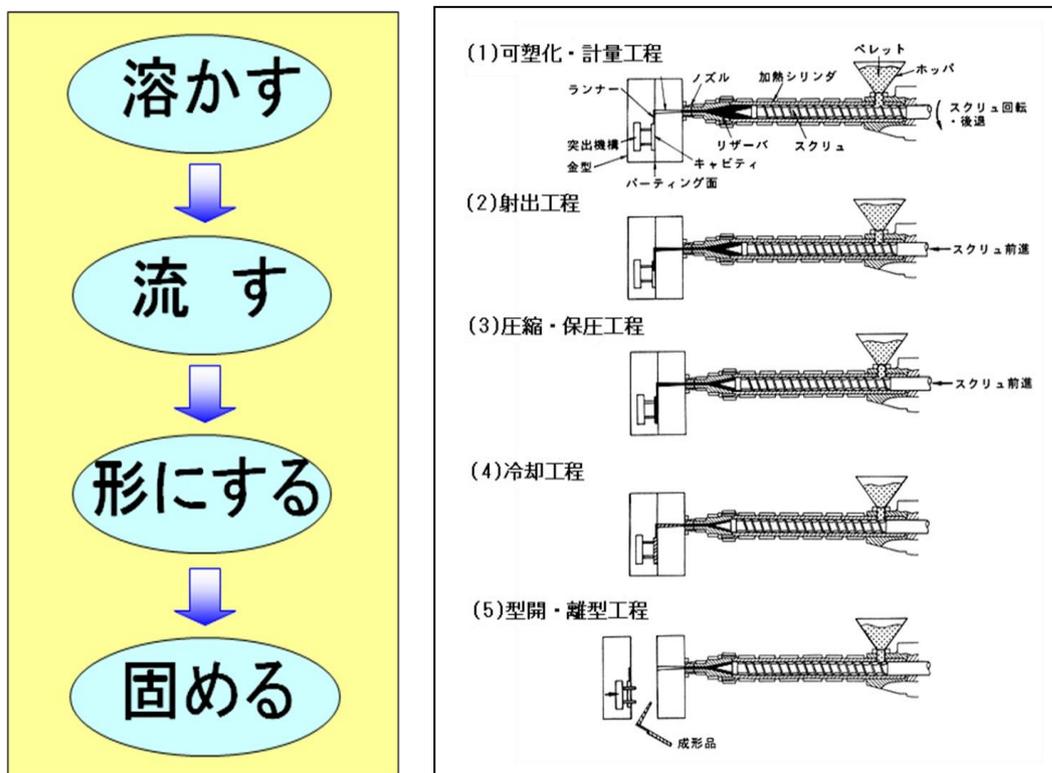


図3 射出成形概要

射出成形とはプラスチック成形加工方法として約9割の部品がこの方法で加工されている。非常に量産性に優れ、自動化し易く、生産に対するコストが低い(加工時間が短い)特徴がある。ペレット状の材料をホッパーより投入し、加熱シリンダー内を通る段階で加熱され、樹脂が熔融される。熔融された樹脂は高圧・高速で金型内に射出され、金型には製品形状と同等の空間があることから製品形状に射出された材料は金型を冷却しているために急速に固化し、金型を開き、離型することで、固化された製品を取り出すことが出来る。

射出成形機と金型、材料があれば概ね製品は作ることが出来る。しかし、実際にはその他金型温度調節機や取出し機、材料を乾燥させる目的の材料乾燥機が必要となる。

#### 1-1-4 ウェルドラインの説明

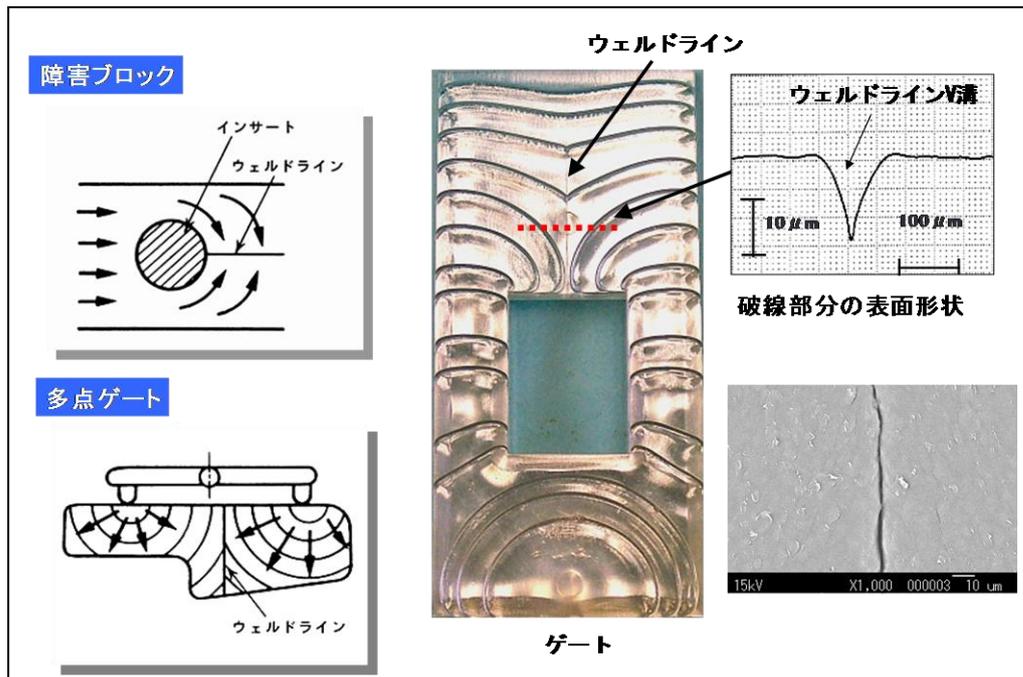


図4 ウェルドライン概要

ウェルドラインとは金型内に流れ込む溶融樹脂が障害ブロックや多点ゲートにより合流する部分をいう。ウェルドラインにはV溝が発生し機械的強度の低下があるが、強化を目的とするプラスチックにはガラス繊維等の繊維状添加剤が処方されており、ウェルドラインの強度は非強化樹脂のそれと比較して非常に強度低下した部位となる。これはウェルドライン部の繊維配向が極端に他の部位と異なり補強の役目を持たない部位となっていることはよく知られている。

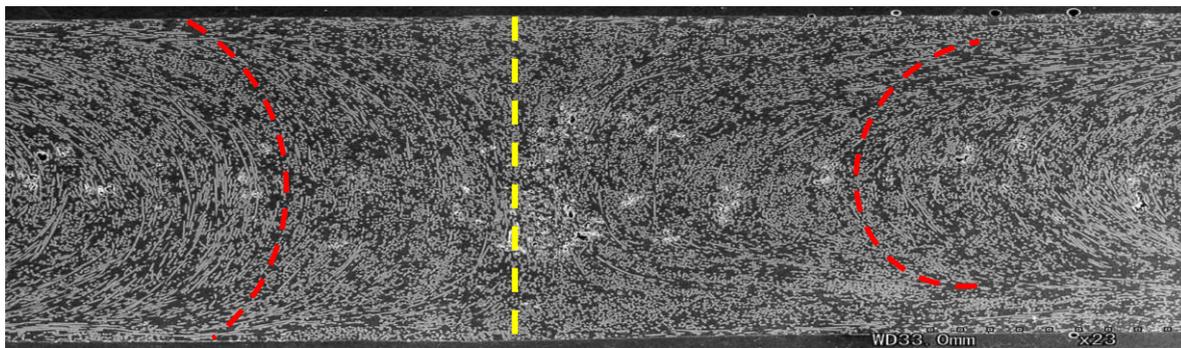
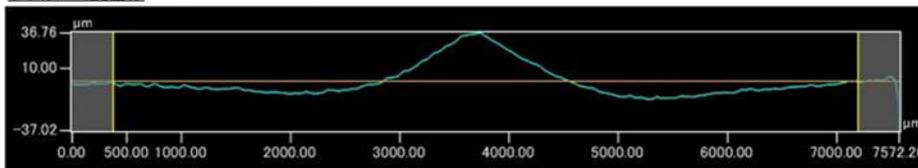
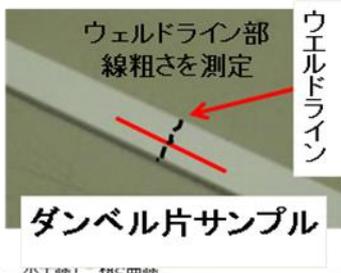


図5 繊維配向写真



通常成形  
Ra9.2

図6 ウェルドライン部表面形状

図5は繊維強化樹脂のウェルドライン部を撮影したものである。中央黄色点線がウェルドラインであり、繊維配向が縦に配列している。左右に赤点線に示した繊維配向は左右から流れた樹脂が中央でウェルドラインを形成する際に形成される繊維配向である。弓なりに配向していることが観察され、ウェルドラインと比較して強度の高い部位であることが容易に想像できる。図6はガラス繊維強化樹脂のウェルドライン部の表面粗さを測定した結果である。ウェルドライン部を中心に40μm程度の凸となっている。これは図5で示した繊維配向の差によるもので、メカニズムは繊維が縦に配向

している部分ではプラスチック材の収縮率が横に配向している部位と異なり低く抑えられるために、ウェルドライン部の収縮が抑えられている結果、ウェルドライン部を中心に山なりに表面形状が形成されていることである。

1-1-5 ボイドの説明



図6 ボイド概要



図7 繊維強化樹脂のボイド写

ボイドとは水分を含んだ気泡（図6）と真空状態の気泡（図7）の2種類が存在する。水分を含んだものは成形前に材料乾燥を行うことで対処できるが、真空ボイドは別の原因である。溶融樹脂が固化する過程で熱収縮するが、成形方法の特徴として製品外層より固化が進むために製品内部に対して熱収縮が集中することから、製品中心部にボイドが発生する。特にプラスチック材料には様々な種類があるが、熱収縮率の大きなものや、強化樹脂のように強固な製品外層を形成する材料、尚且つ厚肉な製品では収縮量が多くなることから真空ボイドは避けられない問題として強度面での欠陥となる。

### 1-1-6 IMP 工法とは

ここで本報告書に対して理解を深める必要があるため、当社独自開発の IMP 工法/IMM 工法について説明を行う。

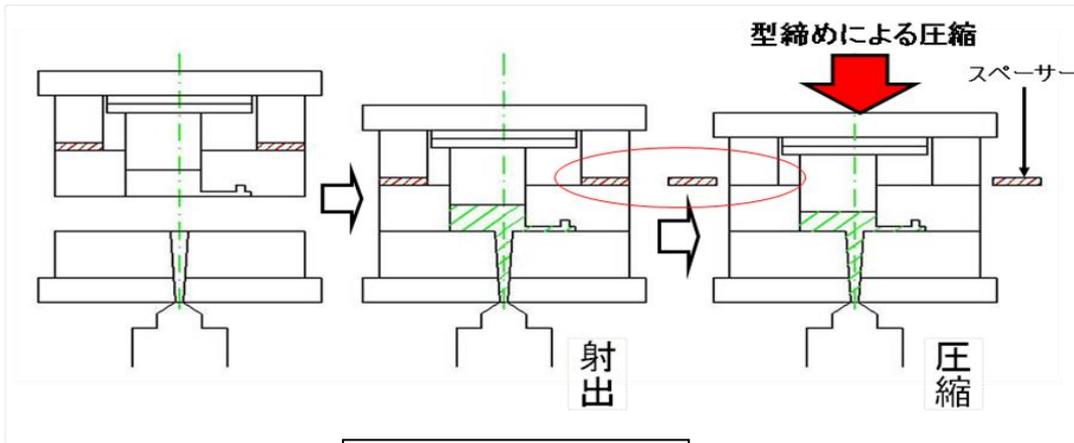


図 8 IMP 工法概要図

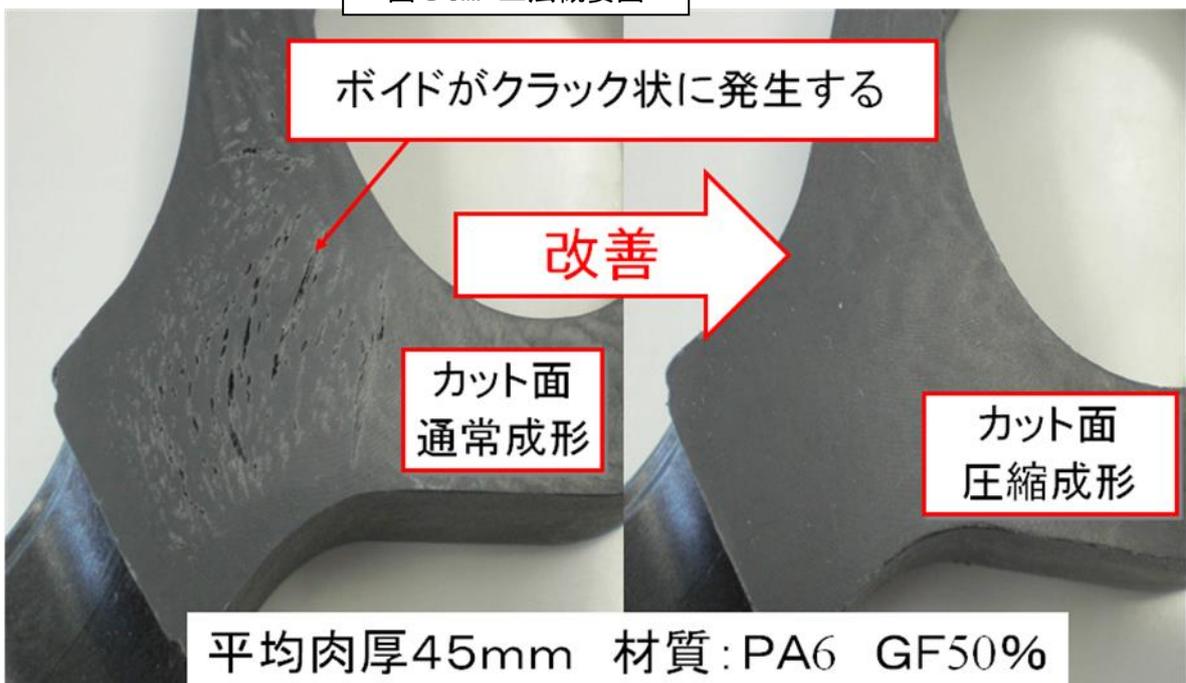


図 9 通常成形と IMP 工法の製品出来栄への差

プラスチック射出成形に対して特殊な成形加工法に射出圧縮工法がある。当社独自開発した加工技術 IMP 工法（イン・モールド・プレッシング工法）（図 8）は射出圧縮成形技術を更に利便性を高めたもので、具体的には成形可能な製品形状に対して幅の広いものが対応できる点と、超肉厚成形品がボイドレスで加工できるものである。

加工原理を図 8 に示す。高圧で金型を閉じた状態で射出し、キャビ内に樹脂が充填した

後に金型よりスペーサーを引き抜き、引き抜いた厚さ分を再型締めして製品に対して圧縮を加えるものである。非常に高い充填圧力を長期間かけることができるため、ポイドレスでの成形を可能としている。

図9に通常成形とIMP工法による製品の出来栄差を示す。製品は平均肉厚45mmと非常に肉厚の製品であり肉厚中央部より切削/磨き加工を施して製品内部を観察した写真である。通常成形ではポイドがクラック状に発生しているのに対して、IMP工法ではポイドやクラックが発生していないことが解る。クラック状のポイドは機械強度を著しく低下させることからIMP工法の強度に対する優位性を示した写真とってよい。

#### 1-1-7 IMM工法とは

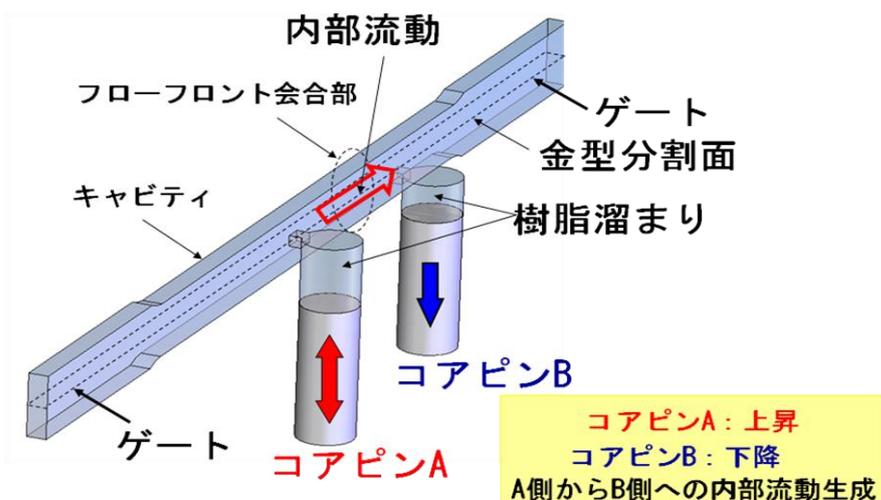


図10 IMM工法概要

材質: PA66GF長繊維 ▼ ウェルドライン部

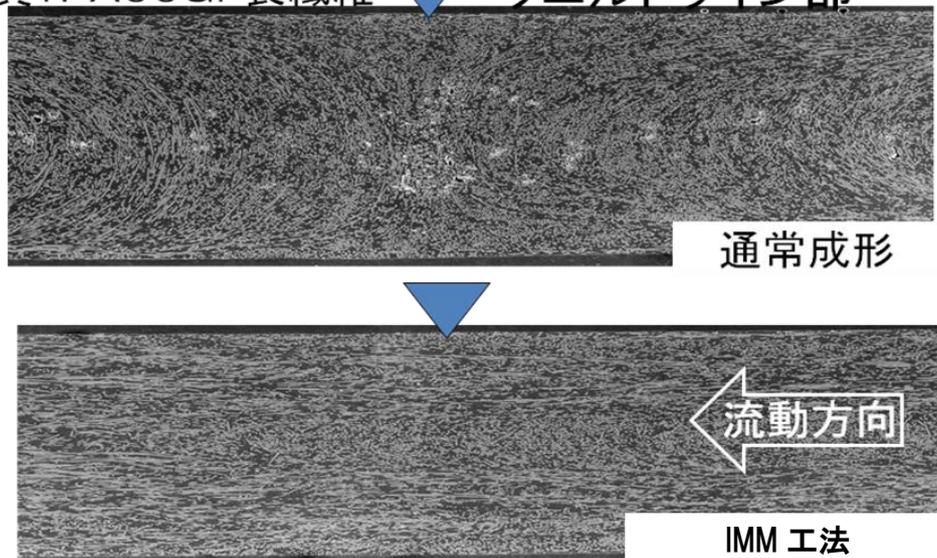


図 1 1 ガラス繊維配向観察写真

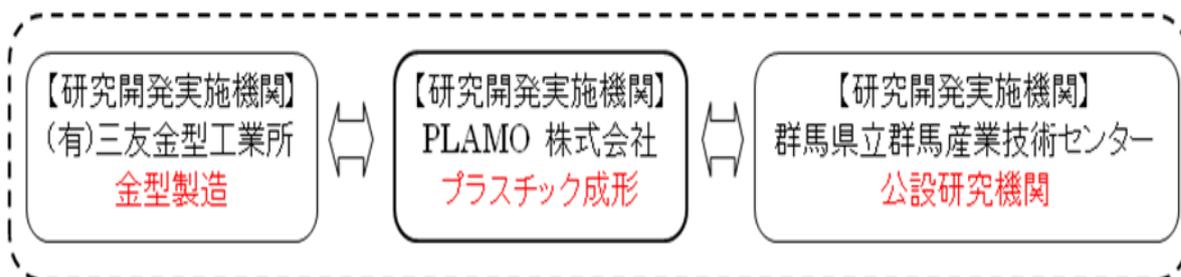
IMP 工法より更に発展した加工技術 IMM 工法（イン・モールド・ムービング工法）は当社独自に開発した技術であり、射出圧縮成形技術と製品内部に圧縮力を加える事の出来る加工技術である。IMP 工法より更に対応できる製品形状に幅が広がり、製品内部に流動を促進させることからウェルドラインの強度改善効果が得られる。また、圧縮効果から寸法精度を高め、ヒケやソリを抑える効果も併せ持つ。

加工原理を図 10 に示す。金型内に樹脂溜まりを設け、射出した熔融樹脂に対してコアピンを圧縮することにより樹脂溜まりゲートを介して内部流動を促進させるものである。IMP 工法では長期間、充填圧力を保持できるのに対して、IMM 工法は樹脂溜まりゲートシールと併せて圧縮力は伝えられない。しかし、通常の射出成形と比較して高い圧力を製品に加えることが出来るために、簡易的なボイド制御効果がある。また、製品内部への圧縮効果からウェルドラインに対する効果は絶大である。

図 11 にガラス繊維配向の観察写真を示す。図 5 で示した通り通常成形の場合はウェルドライン部に縦の繊維配向が現れるのに対して、IMM 工法では強い内部流動の効果にて繊維配向は通常成形と大きく異なり、ほぼ横方向に配向することが観察される。IMM 工法はウェルドライン強度改善はもちろんであるが、製品表面の凸や寸法精度向上、寸法精度安定、ヒケ・ソリの解消等のメリットがある。

## 1-2 研究体制

### 1-2-1 研究組織



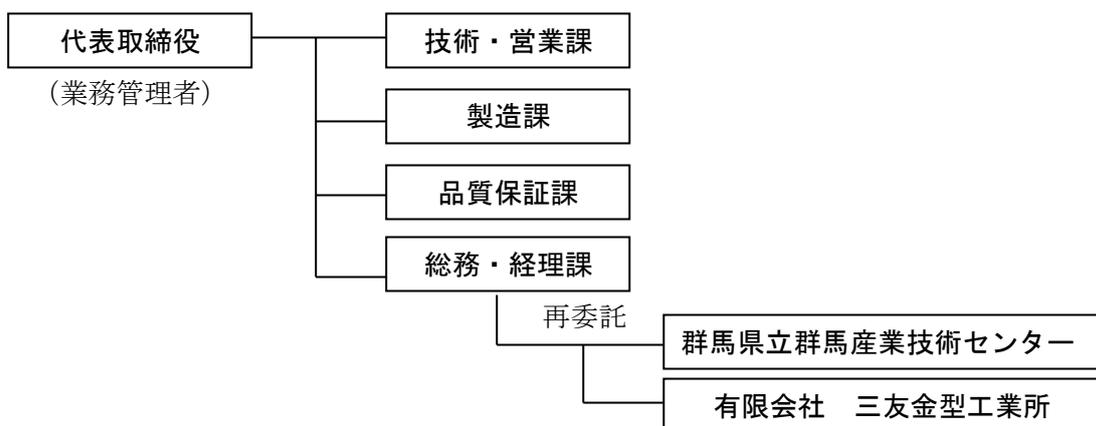
統括研究代表者（PL）  
PLAMO 株式会社  
代表取締役 茂木 淳志

副統括研究代表者（SL）  
群馬県立群馬産業技術センター  
生産システム係 主任 須田高史

### 1-2-2 管理体制

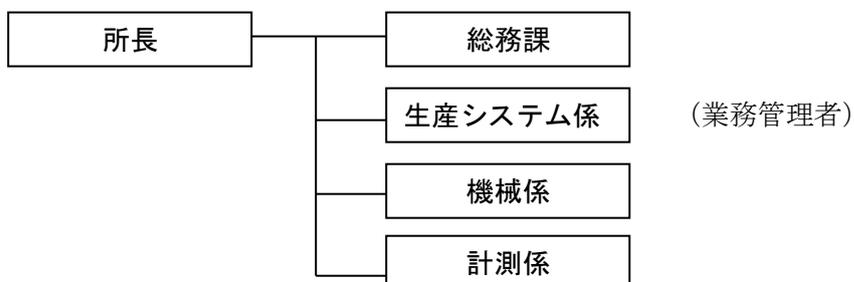
#### ①事業管理機関

[PLAMO 株式会社]



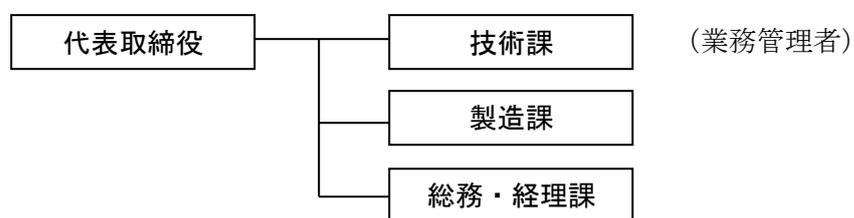
#### ②再委託先

[群馬県群馬産業技術センター]



③再委託先

[有限会社 三友金型工業所]



1-2-3 管理員及び研究員

【事業管理機関】PLAMO 株式会社

①管理員

氏名	所属・役職
茂木 淳志	代表取締役
菱田 智大	技術課
茂木 郁美	総務・経理課

②研究員

氏名	所属・役職
茂木 淳志	代表取締役
菱田 智大	技術課
八木 賢	製造課
上林 伸也	製造課

【再委託先】

①群馬県立群馬産業技術センター

氏名	所属・役職
須田 高史	生産システム 主任
高橋 勇一	生産システム
狩野 幹大	生産システム

②有限会社 三友金型工業所

氏名	所属・役職
長岡 宏幸	代表取締役
桂 健史	技術課

#### 1-2-4 協力者

氏名	所属・役職
村田 泰彦	日本工業大学 機械工学科
山内 圭	旭化成ケミカルズ 株式会社
中島 大士	三菱エンジニアリングプラスチックス株式会社
石原 忠夫	株式会社 セイロジャパン

#### 1-3 成果概要

##### 1-3-1 設備選定及び改造・開発

当社独自技術である IMP 工法・IMM 工法に対応した成形機及び周辺機器の導入を行った。成形機は本製品形状に最適な大きさの成形機とその成形機に合った材料乾燥機、金型温度調節機、取出し機である。特に成形機では IMP 工法・IMM 工法が行える特殊仕様のもので成形機メーカーに対し特注にて製造した。IMM 工法を行うための圧縮装置を独自に開発・製造を行った。また、金型内圧力を測定する圧力センサー及びロードセルの導入を行い、本研究開発における金型内による現象解析の役目を持つ機器の導入を行った。金型は合計 3 型製造した。円環部分のもの、中央支柱部分のもの、デフマウント形状のものである。

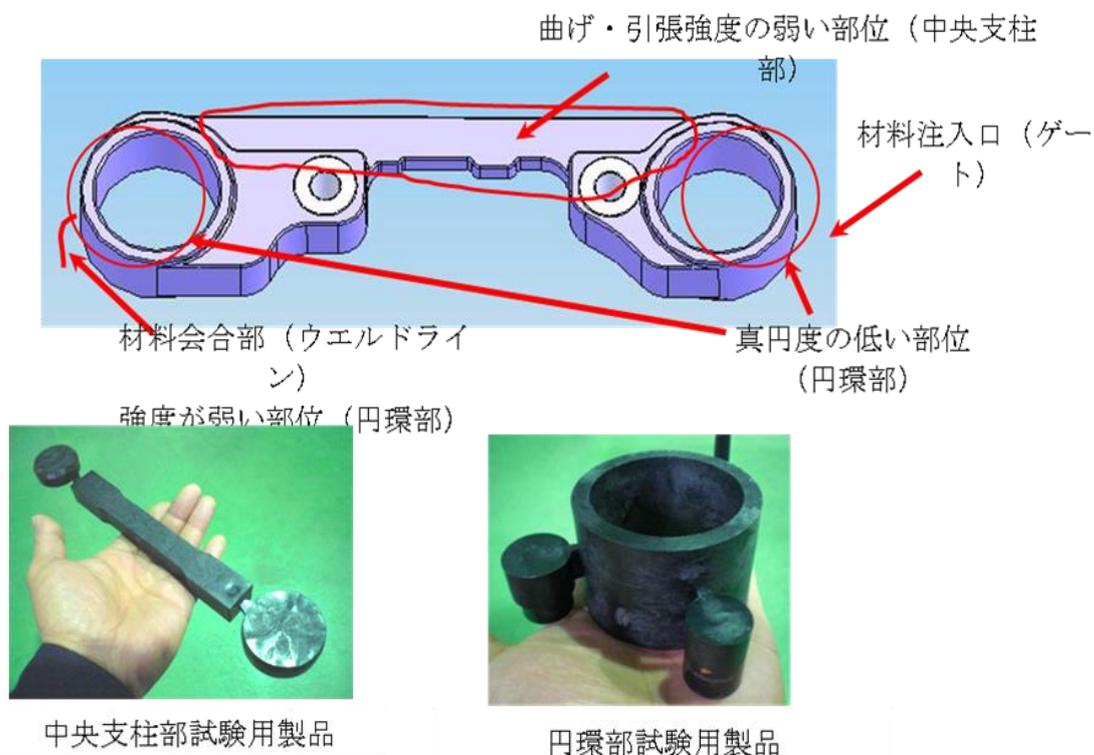


図 12 分割部位の説明図

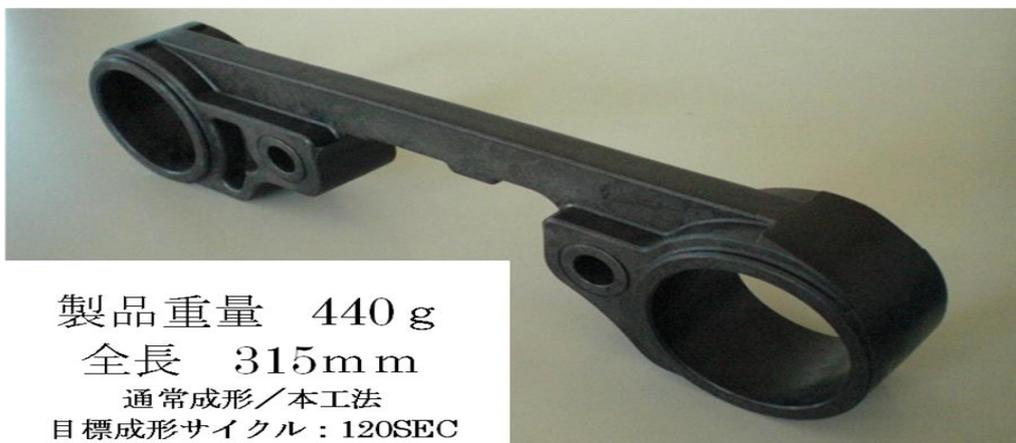


図 13 デフマウント製品写真

### 1-3-2 成形品性能評価

上記 図 12、13 の記載している通り、3 種類の金型の製作により製品の性能評価を行った。まずはデフマウントを2種類の部位に分割して単純形状により本研究開発の効果がどの様に現れるかの検証を行った(図 12)。次に図 13 にデフマウント製品形状の金型製作を行った。図 12 に示した通り2種類の製品形状において基礎研究とも言うべき研究開発の加工方法の概要を図 14、15 に示す。

それぞれの製品には圧縮側/排出側樹脂溜まりがあり、それぞれの操作を行い、製品を製作し評価を行った。

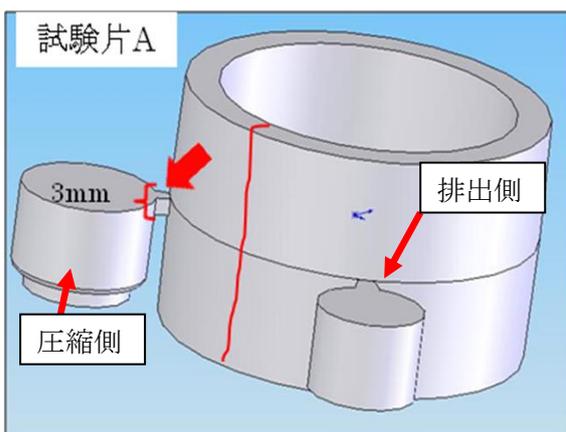


図 14 円環部製品形状

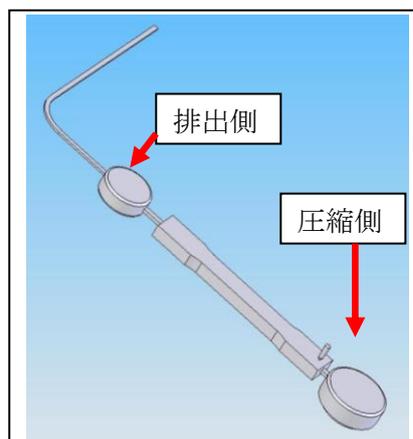


図 15 中央支柱部製品形状

次にデフマウント形状による本研究開発を行った。円環部品/中央支柱部品における研究成果をデフマウント開発に活かした。図 16 にその概要を示す。圧縮側樹脂溜まりを 2ヶ所と排出側樹脂溜まりを 2ヶ所設けたが、この位置や大きさは上記図 14 図 15 に示した試験結果より算出したものである。

### 材料注入口(ゲート)

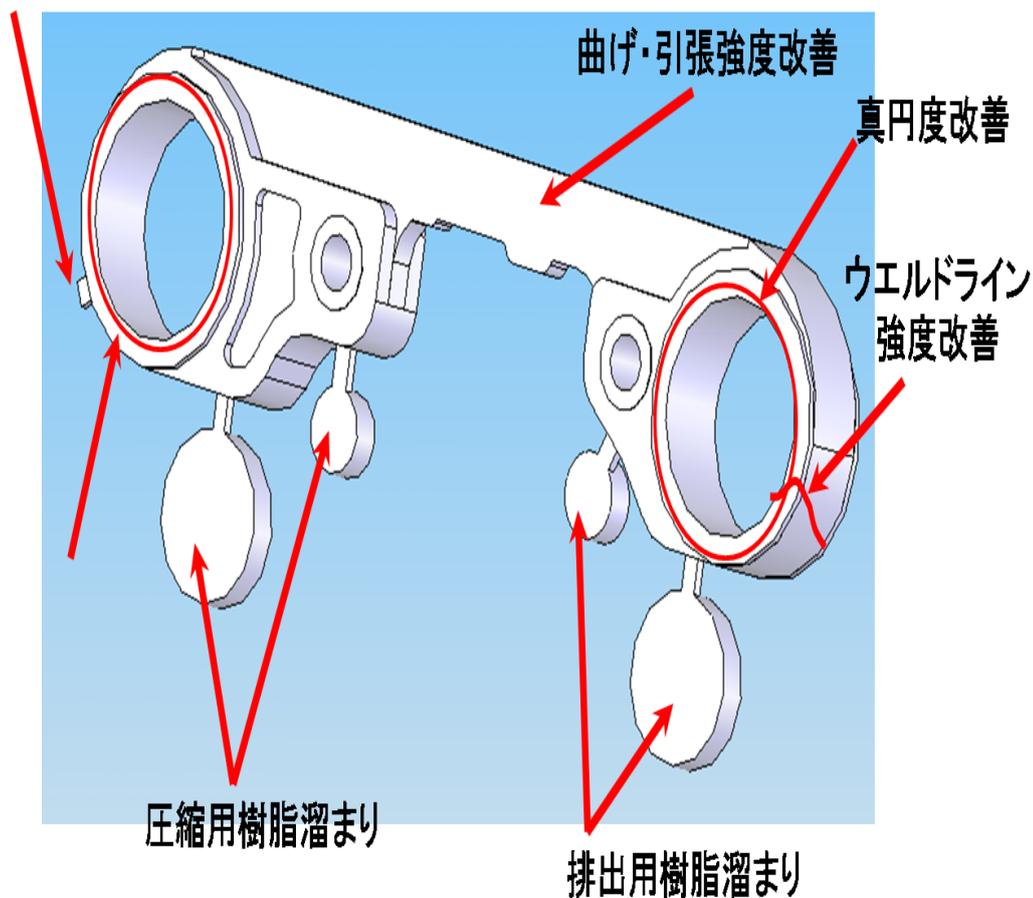
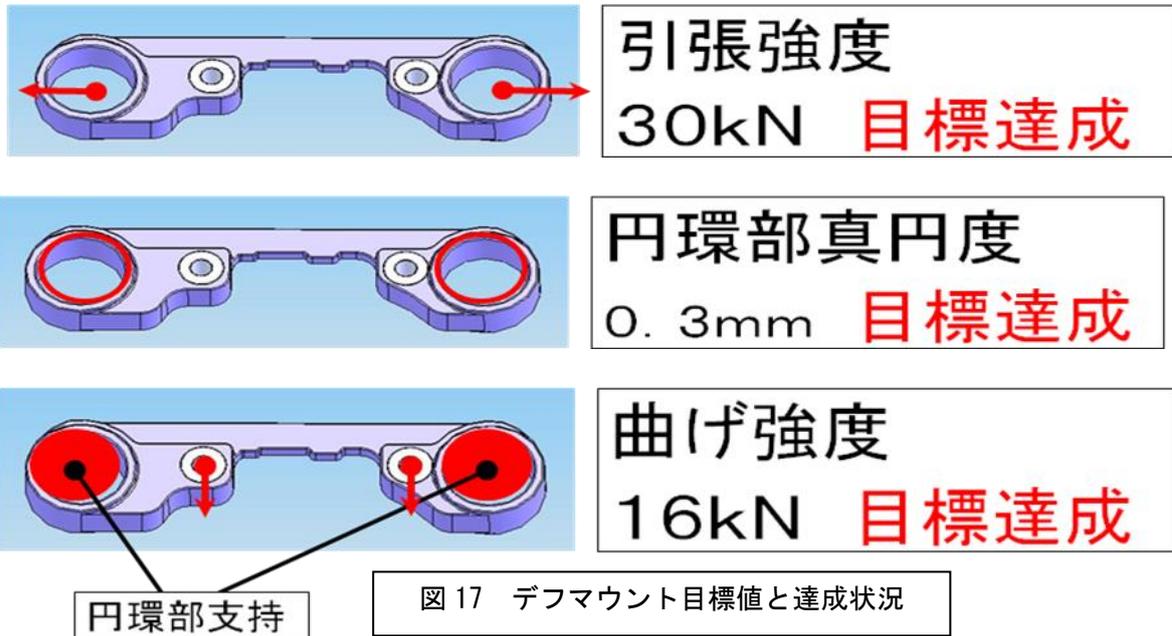


図 16 デフマウント製品形状



ここではデフマウントの要求性能項目と目標値を示し、全ての目標値に対して目標達成したことを報告する。

### 1-3-3 シミュレーションとの整合性確認

本研究開発工法とシミュレーションとの整合性に対して、シミュレーションには流動解析・繊維配向解析・強度解析等があるが、流動解析では整合性が確認できた。繊維配向解析でも概ね確認できた。特に円環部や中央支柱部に関してのシミュレーションの結果は成形品のそれと同様であることが分かったが、デフマウントに関して傾向は確認できたものの同一であることは不明確であった。強度解析では繊維配向による強度差がシミュレーションソフトでは対応しておらず、確認することが出来ない。

### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

PLAMO 株式会社

代表取締役 茂木 淳志

TEL0495-22-5056 FAX0495-22-5060

E-mail a.motegi@plamo-k.com

## 第2章 本論

### 2-1 設備選定及び開発

#### 2-1-1 成形機・付帯設備の選定（実施：PLAMO 株式会社）



図18 導入した成形機

図18は本研究開発用に導入したIMP工法仕様を施した成形機である。本研究開発用デフマウントの成形に適した仕様となっている。IMP工法とは型締め圧力を直接圧縮圧に変換して製品の任意部位を圧縮する機能のことであり、最大圧力は220tonとなる。



図19 導入した材料乾燥機

図19は導入した材料乾燥機である。材料の特性を最大限引き出すことを目的とし、除湿乾燥機を採用した。温風乾燥機では材料に熱劣化が現れること、デフマウントの材料が66ナイロンであり、除湿乾燥機の方が適しているからである。



図 2 0 導入した取出し機

図 2 0 は IMP 工法仕様の成形機に取り付けた取出し機である。IMP 工法仕様の金型では取出し方法に特殊な工夫が必要であることから、導入と併せて当社にて改造を施した。



図 2 1 導入した金型温度調整機

図 2 1 は導入した金型温度調整機である。デフマウント金型の大きさや温度管理の方法に適応したものである。IMM 工法仕様の金型には特殊な温度管理が必要であることから本機器の選定を行った。

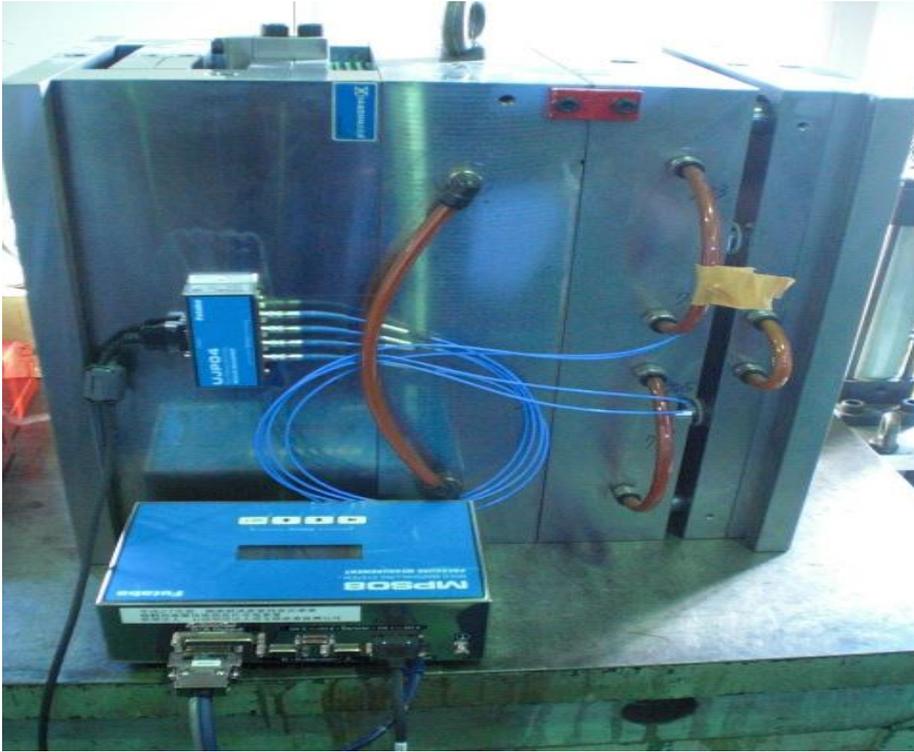


図 2 2 導入した圧力測定器

図 2 2 は導入した金型内圧力測定を行う機器である。プラスチック射出成形では金型に充填する溶融樹脂がどの様に行われているか可視化できないといった欠点があるが、圧力センサーを使って予想することが出来る。

## 2-1-2 特殊機器の開発（実施：PLAMO 株式会社）



図 2 3 開発した圧縮機構

図 2 3 は本研究開発用に自社開発した IMM 工法仕様の圧縮機構である。金型に直接取り付けるように設計しておりサーボモーターを駆動源として非常に高い圧縮力を発揮する構造となっている。IMP 工法と IMM 工法を併用する本研究開発では IMP 工法に対する圧縮力が本機器に掛からない構造が必要である。

## 2-1-3 金型の製作（実施：PLAMO 株式会社）



図 2 4 製作した円環部品用金型

図24は円環部ウェルドライン/真円度を評価する目的で製造した金型である。通常の金型と異なる点は突出しプレートの他に圧縮プレートが2対設置されており、ウェルドラインの強度改善や真円度の改善を図ることが出来る。



図25 製作した中央支柱部品用金型

図25は中央支柱部の曲げ強度を検証する目的で製造した金型である。円環部金型と同様に突出しプレートとは別に圧縮プレートが配置されている特殊な金型構造となっている。

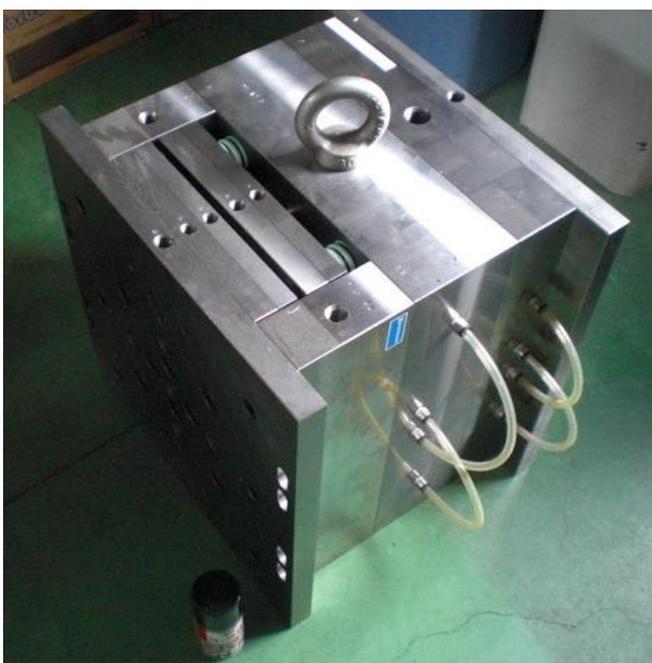


図26 製作したデフマウント用金型

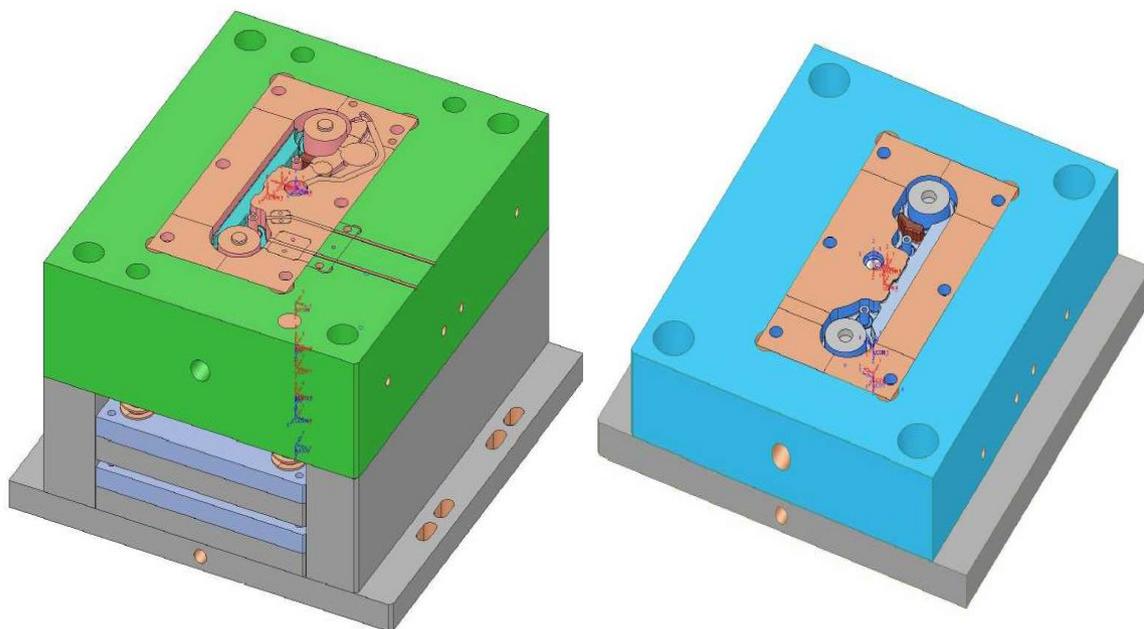


図 2 7 製作したデフマウント用金型

図 2 6 は本研究開発の最終目的であるデフマウント製品を成形する目的で製造を行った金型である。上記 2 つの金型同様に突出しプレートとは別に圧縮プレートが配置されている。本金型は IMM 工法を同時に行える構造となっており、金型温度の調整方法や圧縮部位の選定等パラメータを選定できるような金型構造を採用した。図 2 7 にデフマウント金型の設計図を示す。研究開発用金型であることから圧縮や排出をパラメーターとして成形条件を振れるような金型構造にした。

## 2-2 成形品性能評価

### ①円環部のウェルドライン強度評価

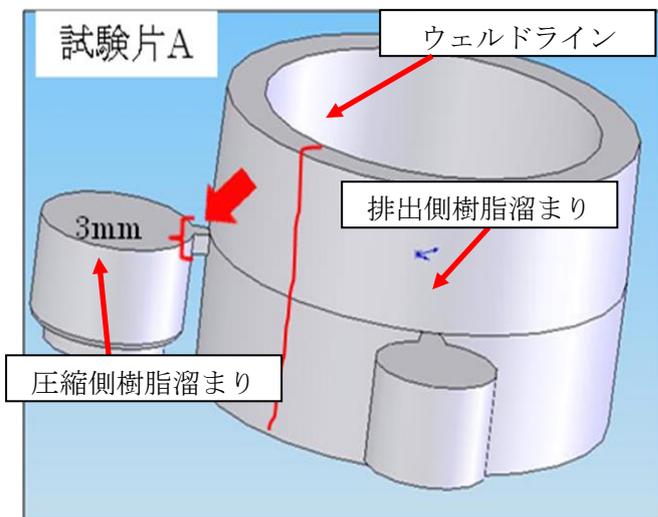


図 2 8 円環製品形状



図 2 9 円環製品形状

図 2 8 に円環製品形状用金型により試験を行った概要を示す。ウェルドラインを赤線で示しており、ウェルドラインを挟んで両脇に圧縮側樹脂溜まり/排出側樹脂溜まりを設ける。

図 2 9 に引張り試験を行った際の様子を示す。強度試験機を使い専用の引張り治具の製作を行った後に強度試験を行った。治具の性格上、ウェルドライン部のみに応力を掛ける構造となっている。下記試験結果では非ウェルドラインとなっている測定については円環製品を円周方向に回転させ非ウェルドライン部を測定している。

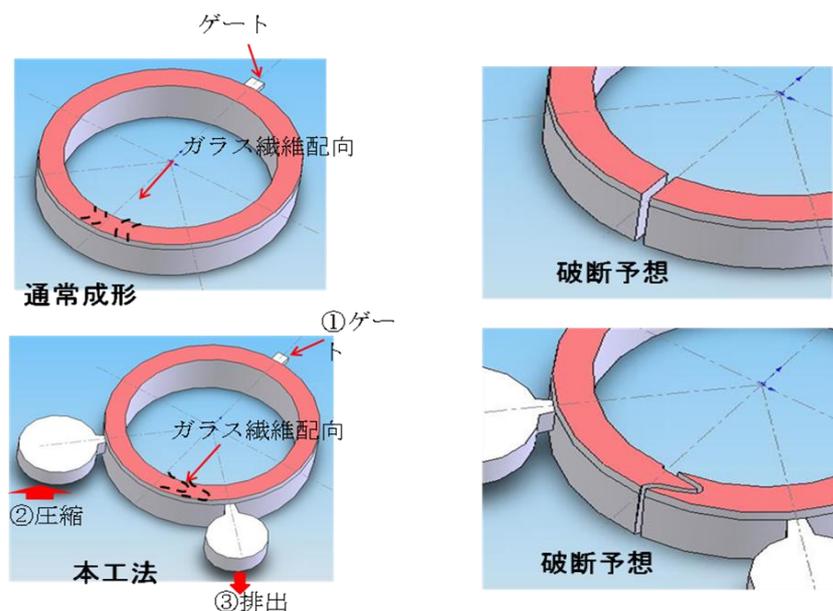


図 3 0 円環部品ウェルド強化メカニズム概要

図30に円環部品のウェルドライン強度改善メカニズムを示す。通常成形の場合、ゲートから流入した樹脂は反ゲートにて会合し、ウェルドラインを形成するが、本工法ではウェルドライン形成後に圧縮/排出操作を行うことで、ウェルドライン強度改善を図るものである。その際にガラス繊維がどのようにシミュレーションを行った結果も示す。圧縮/排出操作によりガラス繊維は排出側に鋭角に移動すると予想している。

【ガラス配向観察】

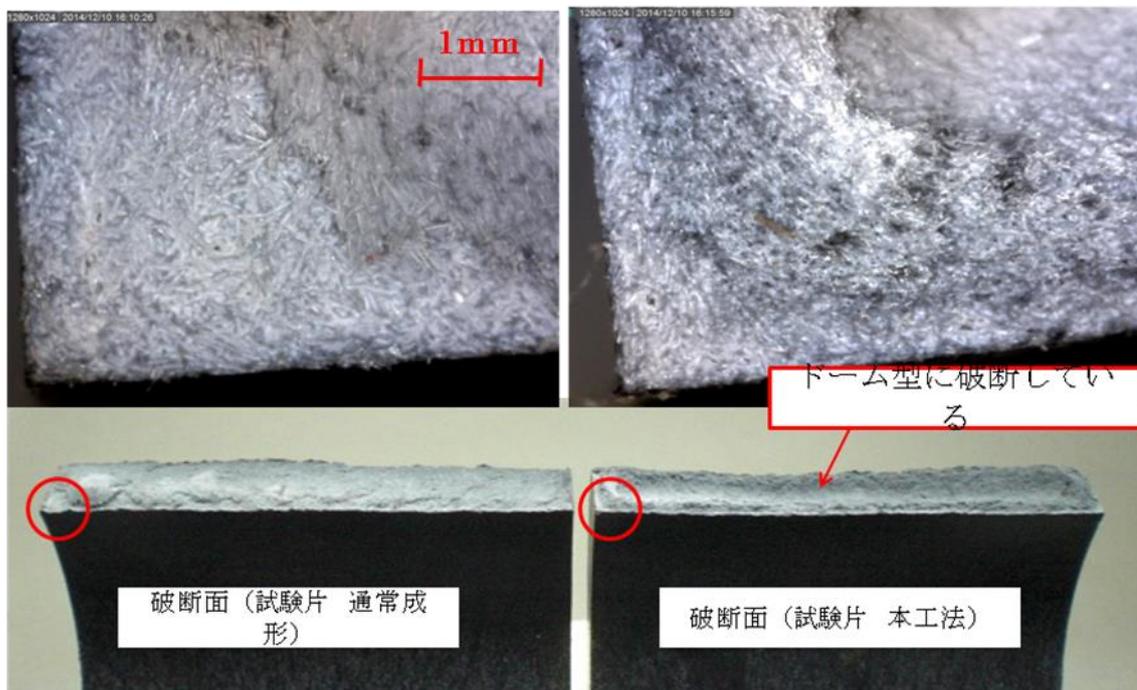


図31 ウェルドライン部は断面監査圧結

図31に引張り試験結果、破断した部位の写真を示す。左上下は通常成形での破断写真であるが、予想通り垂直に平面的に破断していることが解る。左上写真は破断面の角部を顕微鏡で拡大した写真であるが、繊維の配向状況が横に配列しているのが解る。それに対して本研究開発による破断面の観察では右下の破断面は垂直に破断面はドーム型に破断している。また右上の顕微鏡画像では繊維の配向が確認できない。配向が確認できない理由として繊維が写真で奥手前に配向しているからである。図30に示した予想メカニズムの通りの結果となっている。

製造方法/測定部位	引張り強度
通常成形/ウェルドライン部	25kN
通常成形/非ウェルドライン部	42kN
本研究開発工法/ウェルドライン部	34kN
本研究開発工法/非ウェルドライン部	44kN

引張り試験の結果、通常成形/ウェルドライン部強度 25kN と本研究開発工法/ウェルドライン部 34kN との比較で 36%強度向上が確認できた。非ウェルドライン部の強度も若干向上していることから圧縮によるポイド抑制効果が観られる。

②円環部の真円度

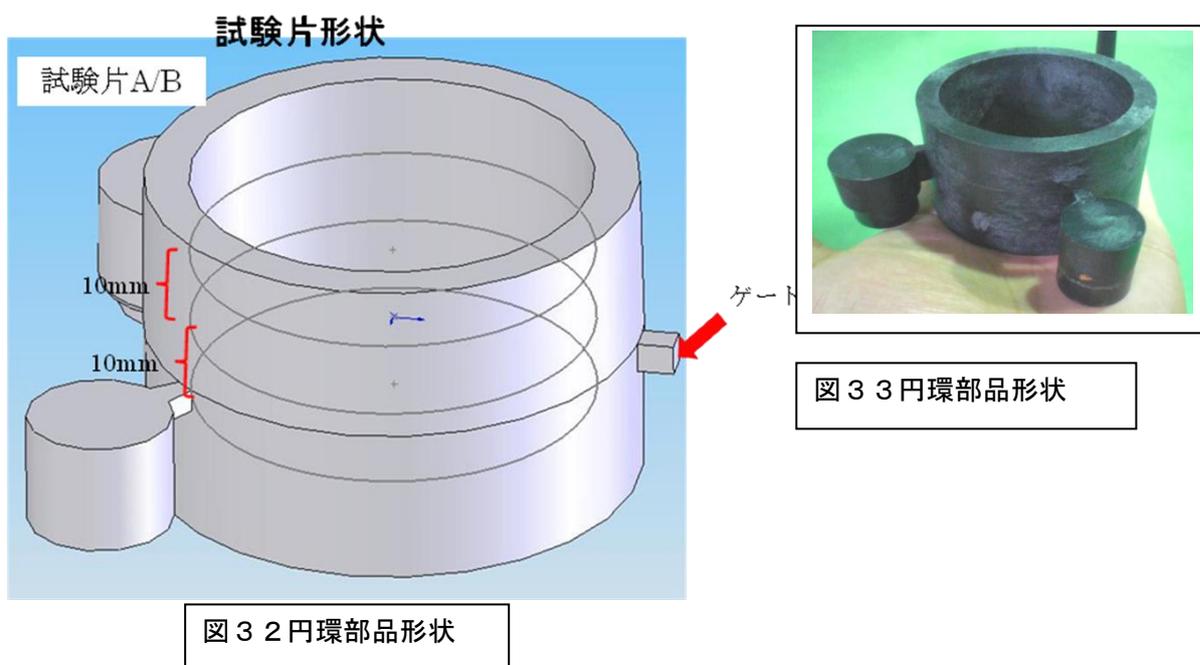


図 3 2 に円環部品形状と測定部位を示す図 2 8 と同様に圧縮/排出操作を行うものである。真円度測定は高さ方向中心位置とその上下 10mm オフセットした合計 3 ヶ所の測定を行った。図 3 3 にその試作した製品の写真を示す。

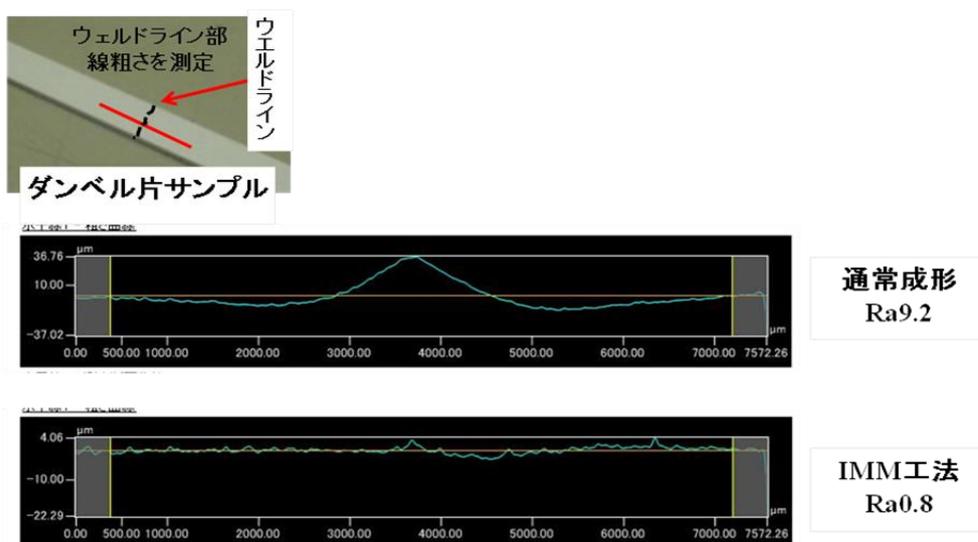


図 3 4 ウェルドライン表面平面度概要

図34に本試験研究の概要を示す。図6に示した通りウェルドラインはガラス繊維の配向状況によりウェルドライン部が盛り上がる現象が現れる。この現象をIMM工法により加工することにより低く抑えることが出来る。図34では面粗さを示す数値がRa9.2からRa0.8と低減しているのが解る。

本試験片形状によりこの現象が同じように表れるか、また、圧縮効果による真円度向上がどの様に表れるかの検証を行った。

試験片B (通常成形) 平均値 499.07  $\mu\text{m}$

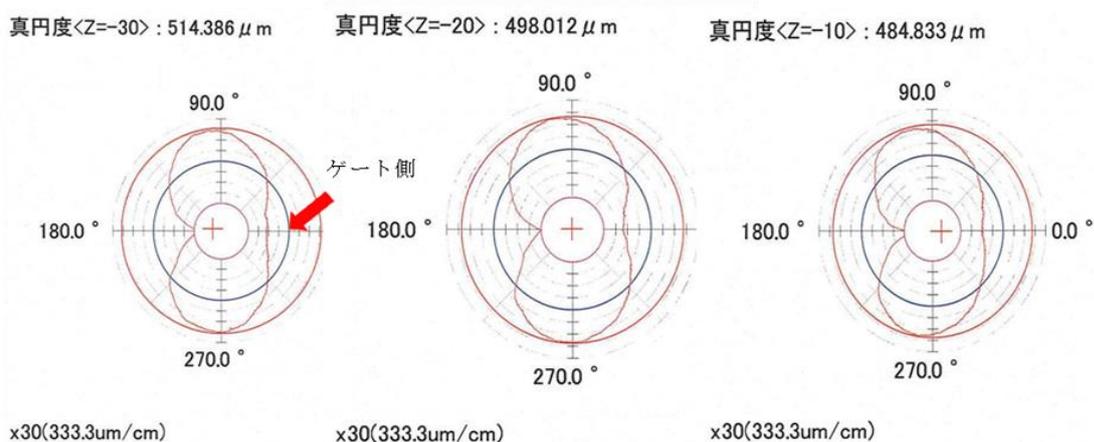


図35 円環部品真円度測定結果 (通常成形)

図35に通常成形での円環部品真円度測定結果を示す。平均値が0.5mmである。内円を測定しているため、測定値で凹んで見える部位は製品で凸になっているので注意が必要である。3断面共に同じ傾向にあることが見て取れる。ゲート箇所とゲートと対角のウェルドライン部が凸になっている。ウェルドライン部の凸は上記で説明した通りであるが、ゲート部も凸となった。これはゲート部にもウェルドライン部と同様な繊維配向が現れ製品製造時の熱収縮からくる応力がゲート部の凸を招いたためと推測する。そうするとウェルドライン部の凸も製品製造時の熱収縮の影響を十分に受けていると思われる。

まとめると、真円度を悪化させる要因としてウェルドライン部の凸現象と繊維配向の変化による変形が主な要因である。

試験片A 平均値 169.43 μm

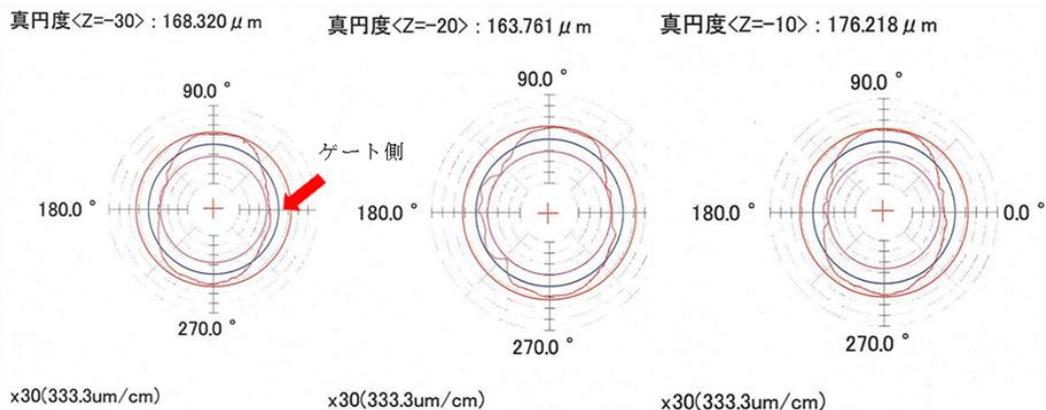


図 3 6 円環部品真円度測定結果（本工法）

図 3 6 に本工法による円環部品の真円度測定結果を示す。平均値が 0.17mm となっている。3 断面ともに同じ傾向であることは通常成形のそれと一致するが、通常成形で表れたゲート部と反ゲート部（ウェルドライン部）の凸に対して傾向は同じであるが通常成形のそれとは大きく異なり、真円度には良い方向で改善している。図 3 5 の説明内容と合致していることが解る。ゲート部の繊維配向やウェルドライン部の繊維配向は本工法によっても 100% の改善には到らず、他の部位と比べて多少の繊維配向の違いがあるため、図 3 6 で示した楕円型の測定値になると予想する。

製造方法	真円度
通常成形	0.50mm
本研究開発工法	0.17mm

円環部真円度において本研究開発工法は通常成形との比較で 3 倍の性能を示した。

③中央支柱部の引張り強度

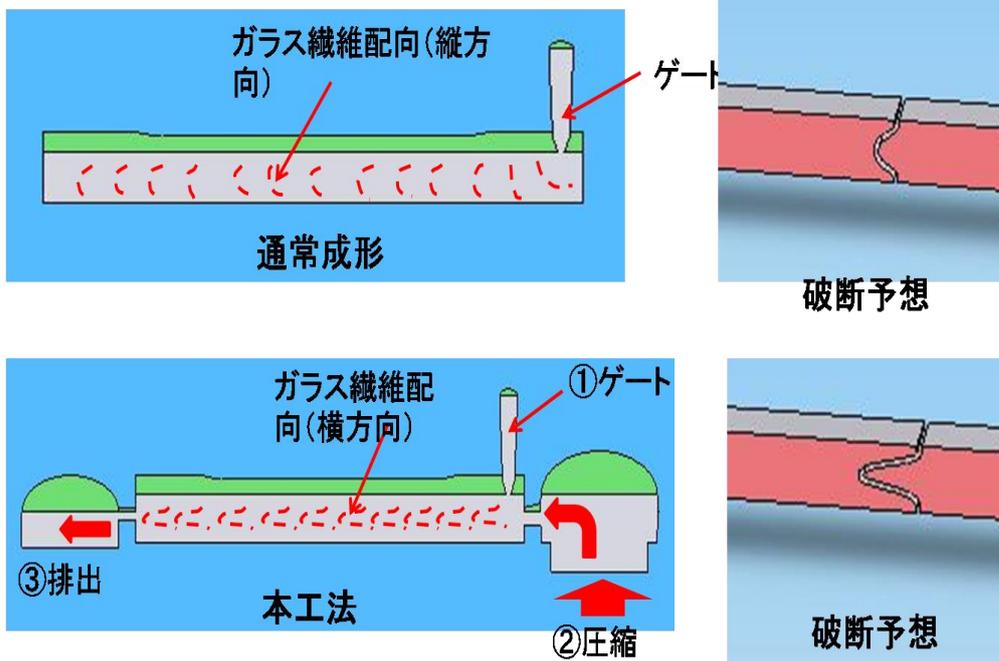


図 3 7 中央支柱部位強化メカニズム概要

図 3 7 に中央支柱部位強度改善のメカニズムを示す。通常成形の場合、キャビの空間に対してゲートから射出された溶融樹脂はキャビを充填した時点で保圧を与えつつ冷却固化される。肉厚製品の場合はガラス繊維の配向が図に示した通りとなることはシミュレーションの結果や学術的にも解っている。このガラス繊維配向を更に鋭角的に配向させることが出来たら曲げや引張りといった強度に対して良い効果が得られると考えた。図左下にそのメカニズムを示す。製品の左右に圧縮側/排出側の樹脂溜まりを設け、ゲートより充填した樹脂を圧縮/排出により強制的に内部流動を促す方法である。この方法により図に示したような繊維配向に変化するものと考えた。その結果、破断予想は右上下図の様になると予想する。

引張破断面観察

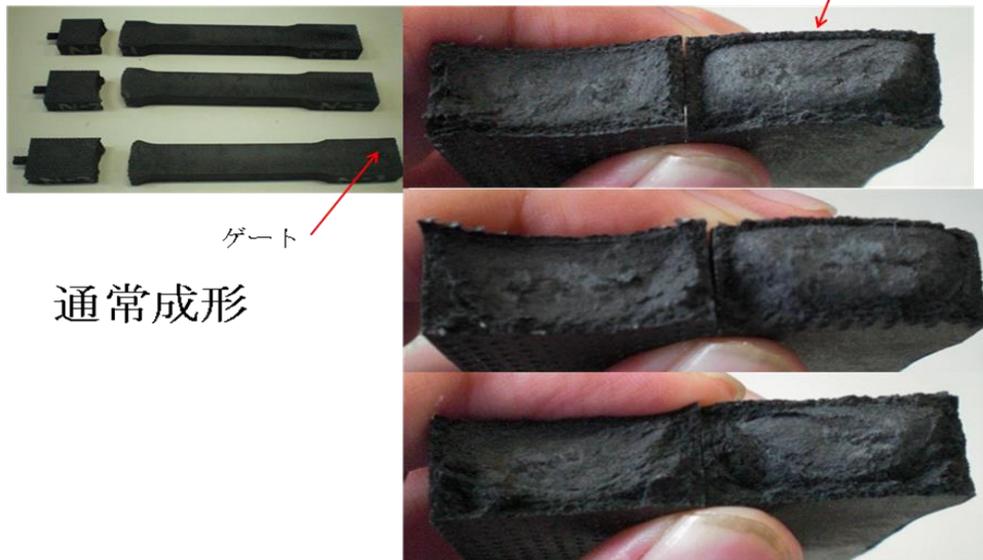


図 3 8 引張り破断状況（通常成形）

図 3 8 に引張り破断状況の破断サンプルと破断面の写真を示す。破断位置は反ゲート側の R 部に応力が集中することで発生している。破断面写真を観察するとスキン層付近に配向が変化して現れる層が 2 層に分離して表れている。

引張破断面観察

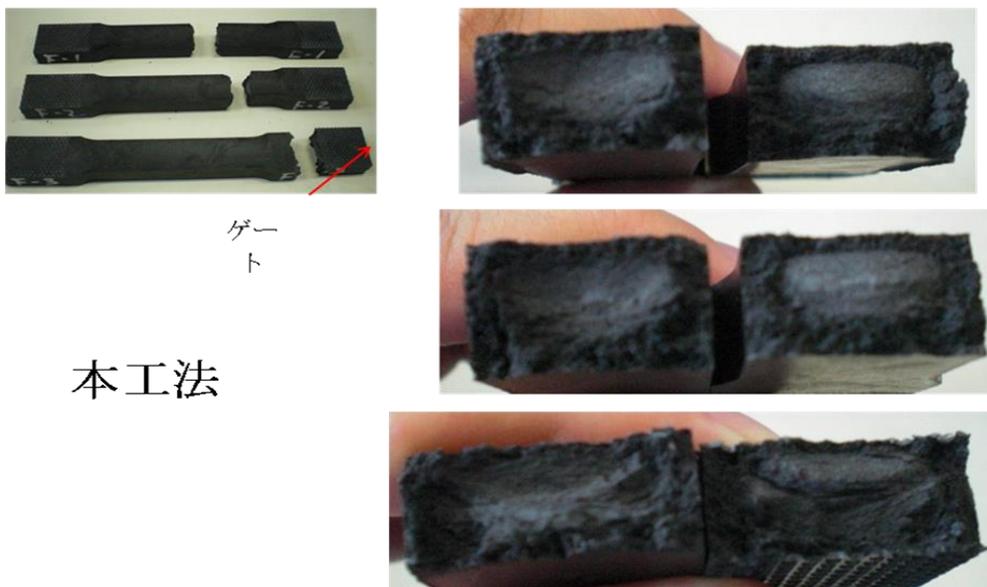


図 3 9 引張り破断状況（本研究開発品）

図39に本研究開発による工法を採用した引張り破断状況と破断面を示す。破断位置は通常成形と異なり製品中央部からゲートよりの部位で破断しているのが解る。また、破断面の観察では図39に示した層の厚さが明らかに厚くなっていることが解る。図38に示した通常成形品において破断した箇所と同位置を本研究開発品にて破壊したところ、図38に示す層の厚さも同じようになっていることが判明した。表層に在る層はガラス繊維が充填方向に配列されているのに対し、中心層は繊維配向が流れに対して直角方向に配置していることが解る。破断位置/強度の違いは通常成形と本研究開発品との層の厚さに起因しているものと判断できる。図27で予想した通りの結果となった。

製造方法	引張り強度
通常成形	17kN
本研究開発工法	34kN

中央支柱部の引張り強度では2倍の強度向上を示した。

#### ④デフマウント製品の性能評価

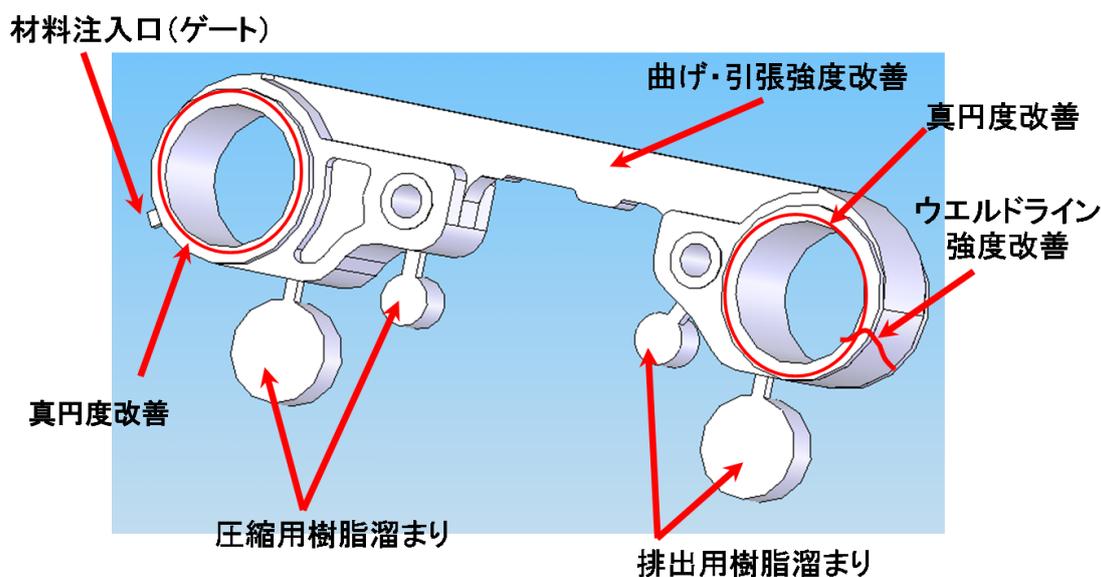
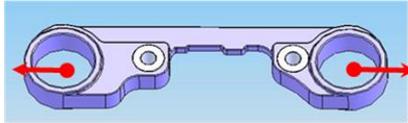


図40 デフマウント形状本研究開発概要

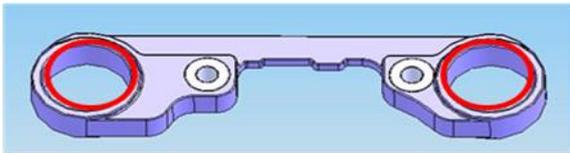
図40にデフマウント形状に対応した本研究開発の概要を示す。円環部品/中央支柱部品における研究開発の結果、圧縮用樹脂溜まり/排出側樹脂溜まりを配置した。これにより中央支柱部位の引張り/曲げ強度を高め、尚且つ円環部位のウエルドライン強度、円環部位の真円度を高めることを目的とする。圧縮側/排出側ともに基本となるパラメータを変更可能にする事は言うまでもないが、この部分はノウハウ指定とさせて頂きたく説明は差し控える。



引張強度  
30kN 目標達成

製造方法	引張り強度
通常成形	24.3kN
本研究開発工法	31.5kN

引張り強度では30%強度向上が観られた。

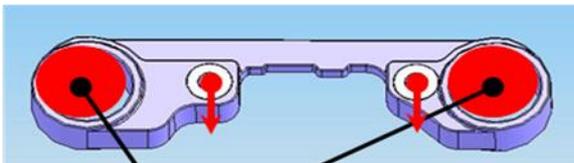


円環部真円度  
0.3mm 目標達成



製造方法	真円度
通常成形	0.49mm
本研究開発工法	0.26mm

真円度では45%程度の精度向上が観られた。



曲げ強度  
16kN 目標達成

円環部支持



製造方法	真円度
通常成形	40.1kN
本研究開発工法	50.5kN

曲げ強度では 25%の強度向上が観られた。



図 4 1 デフマウント切削面

図 4 1 にデフマウント製品の一部を厚さ方向から中心部を切削/磨き加工したものを示す。左写真は通常成形であり、線状のボイドが発生している。対して本研究開発によるもの(写真右)は線状のクラックが発生していないことが解る。本研究開発工法が強度に対して非常に優位であることが解る。

## 2-3 シミュレーションとの整合性確認

### 配向層厚さ考察 (シミュレーション)

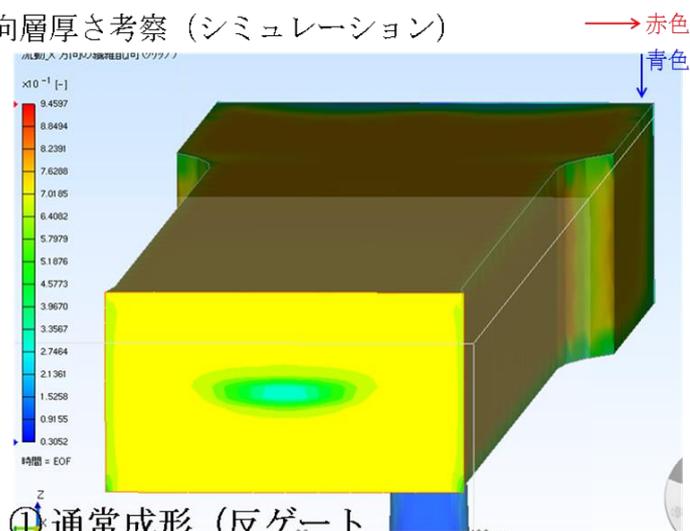


図 4 2 シミュレーション結果  
(通常成形)

### 配向層厚さ考察 (シミュレーション)

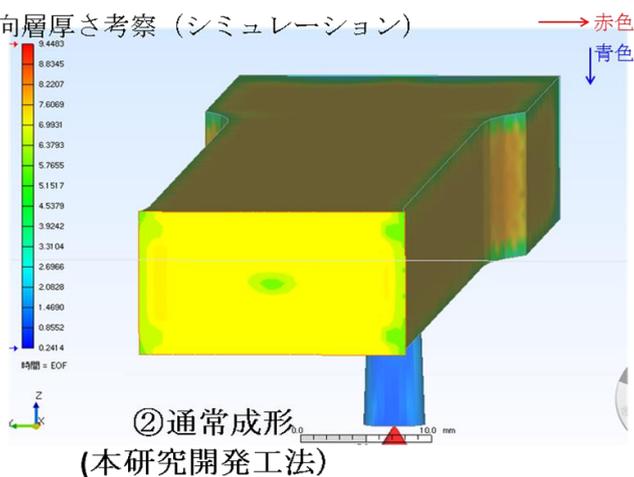


図 4 3 シミュレーション結果  
(本研究開発工法)

図 4 2・4 3 はガラス配向シミュレーション結果を表したものである。図 4 2 通常成形の場合は製品中央部に緑色の領域が図 4 3 と比較して広く分布しているが、図 4 3 は非常に狭い領域に分布しているこれは図 4 2 の方が繊維配向が図に対して横たわって分布しているのに対し、図 4 3 は縦に分布していることを表している。図 3 8, 3 9 で示した破断写真と比較すると傾向は同じであるが、配向量に関しては判断できるだけのデータでないと思われる。

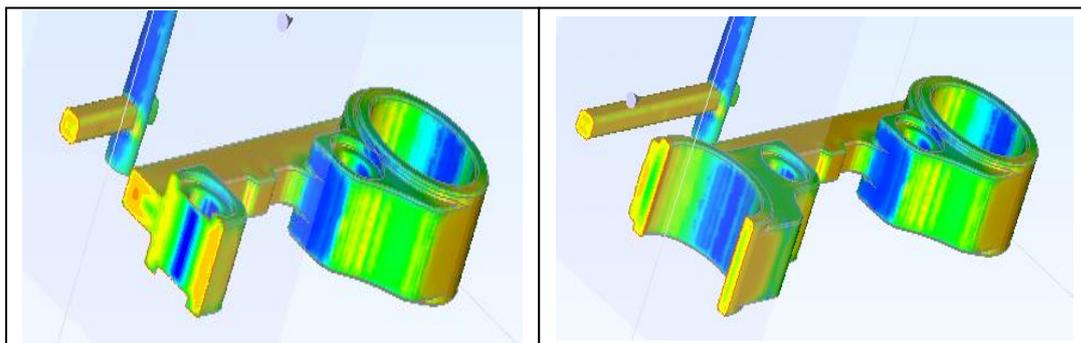
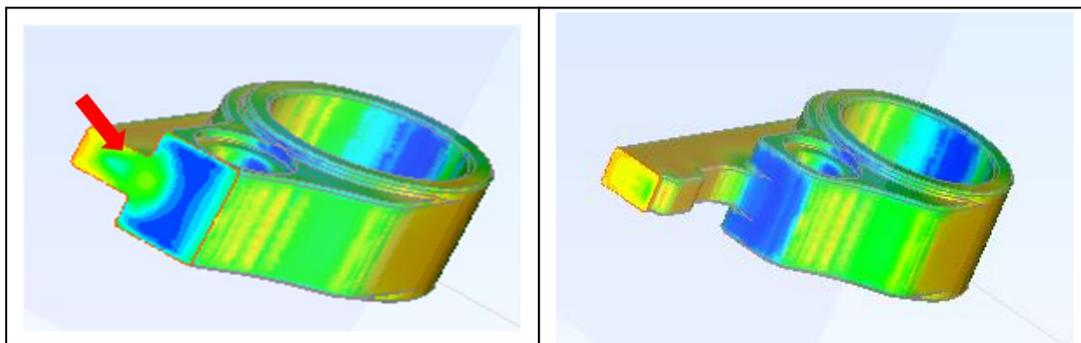
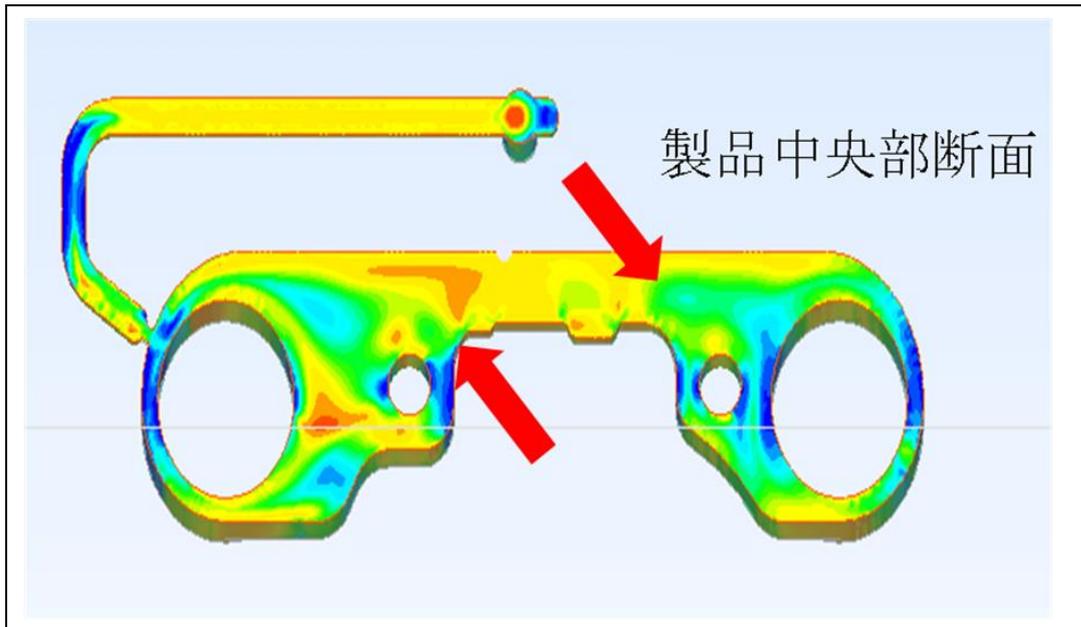


図 4 4 デフマウント製品シミュレーション結果

図4-4はデフマウント製品形状に対して繊維配向シミュレーションを行った結果を示す。

中央支柱部品とは異なり通常成形と本研究開発工法との差が現れない結果となった。製品形状が複雑なうえ、射出量（充填する樹脂量）が多いことが差異に対して顕著化しない原因であることが判明した。このことは実成形品に対しても言える事から、シミュレーションと実成形とは整合性が取れていることになっているが、量に関しては不明確である。また、曲げ強度に対して応力集中箇所に強度の弱い繊維配向（赤矢印）が現れていることが判明した。この部位は製品形状を変更し応力集中箇所とならない工夫が必要であるといった結論に達した。

### 第3章

#### 3-1 研究開発の成果

本研究開発においてデフマウント製品において川下企業より提示のあった目標数値を無事にクリアすることが出来た。このデフマウントは非常に高い強度の必要な製品として樹脂化が行えないであろうと言われていた製品であるため、この成功はマウント部品の樹脂化に対して非常に有効な加工方法であることが評価された。また、製造コスト面でも当初想定していたサイクル120秒を大きく下回り60秒で成形できており、コスト低減と当社の利益に繋がる良い結果となった。尚、本研究開発により様々な関係者との情報交換や企業間の連携が行え、良い関係作りが行えた事は、数値に表わせない成果と言って良い。

#### 3-2 研究開発後の課題

シミュレーションの結果と強度測定値は関連性が確認されたものの、その数値を予想できるまでには至っていない。特にガラス繊維配向のシミュレーションが製品強度に影響を与えていることとなるが、実成形品の製品形状にもよるところが大きく影響していることが分かった。強度解析により応力集中しない最適な製品形状設計技術の蓄積も必要と考える。

また、本研究開発の目標値はあくまで静破壊強度に対してのものであったが、今後は動破壊や実車での信頼性試験へのステップが待ち構えているため、対応していく。技術的な課題は解決する方向性は見えてきたことは喜ばしいことであるが、自動車業界において特別な加工技術による部品製造を好まない傾向がある。特にグローバル化促進に対する足かせとなると捉える企業や関係者が存在することは確かであり、良好な共同開発体制を構築する企業との関係構築が本研究開発の成功に向けた最大の課題と言って良い。

### 3-3 事業化展開

3年後の実車採用を目標に川下自動車部品メーカーには本研究開発の結果とサンプルの提示を行った。採用への評価を進めていく。また、上記課題にも記載した通り良好な共同開発体制の構築に向けて多くの自動車メーカーや自動車部品メーカーへの営業を行っていく。アドバイザーとして参加しているプラスチック材料メーカーからは当社の技術力の高さを評価して頂いており、材料メーカーへは日常的に機械強度向上の問い合わせが来ていることから材料メーカーとの共同開発体制やその先のメーカーとの共同開発などが既に進んでいる。また、材料メーカーでは様々な業界との取引や営業手法、当社にとって最適な取引相手等の情報を保有しておく、個別営業に対する力強い情報を保有している。十分に活用していきたい。当社の開発内容についてはインターネット上や各種展示会、個別営業、学会等で発表しており企業のブランドイメージは順調に高まっており、様々な企業から共同開発の依頼が来ている。当社として最適な開発案件に取り組み、案件を着実に形にしていく。