

平成 23～25 年度ものづくり中小企業連携支援事業
(戦略的基盤技術高度化支援事業)

「低燃費化を可能にする超耐熱、高強度中空化樹脂製冷却部品の開発」

研究開発成果報告書

平成 26 年 3 月

委託者 中国経済産業局
委託先 公益財団法人ひろしま産業振興機構

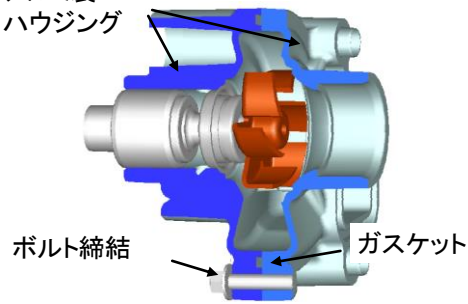
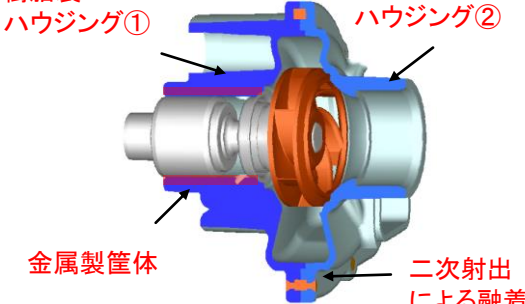
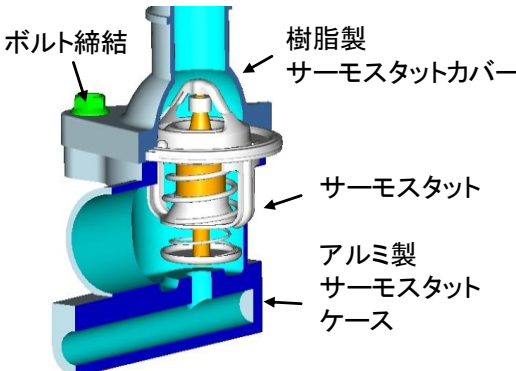
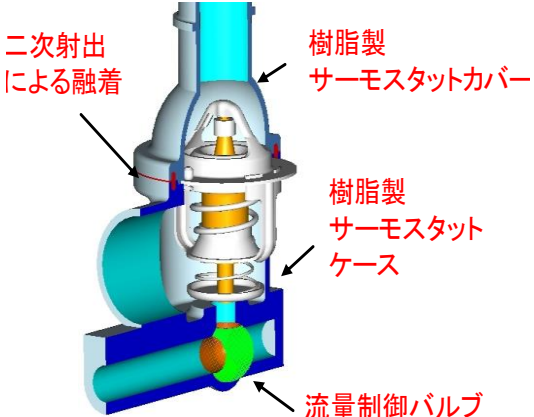
目 次

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	2
1-2 研究体制	6
第2章 本論	7
2-1 二次射出による融着強度の向上	8
2-1-1 ウェルドライン融着面の活性化設計	8
2-1-2 二次射出による一次射出との融着力向上のための検証	11
2-2 金属インサート成形時の保持力の向上	13
2-2-1 インサート成形構造の設計	13
2-2-2 シャフトベアリング保持力、シール性向上のための検証	14
2-3 流量制御による冷却系システム信頼性の向上	16
2-3-1 流量制御バルブの構造、位置最適化設計	16
2-3-2 流量制御バルブ制御方法	18
第3章 全体総括	19
3-1 過去3年間における本研究の成果	19
3-1-1 研究目標達成状況	19
3-1-2 研究成果	20
3-2 事業化に向けた構想	21

第1章 研究開発の概要

環境問題から自動車の低燃費化のニーズは一段と高まってきた。これまで実現できなかった超耐熱、高強度なエンジン部品の樹脂化を広島大学との共同研究と先行技術開発で得られた知見により、プラスチック成形技術の高度化を図り、中空化一体成形を可能とする。この技術を活用し、現在のアルミ製から可変流量を織り込んだ業界初の樹脂一体成形による冷却系部品を開発し低燃費化、軽量化を低価格で実現する。この技術を実現するために解決すべき技術課題が、「① 二次射出による融着強度の向上」、「② 金属インサート成形時の保持力の向上」、「③ 流量制御による冷却系システム信頼性の向上」である。以下に研究開発の概要図を示す。(表①-1)

表①-1 研究開発概要図

	従来構造	新技術構造
ウォーターポンプ		
サーモスタットスタートケース		
	【課題】 ▪ 早期暖機が困難 ▪ 生産要件による流体効率悪化 ▪ コスト低減の余裕が無い	【特徴】 ▪ 流量制御と樹脂化による暖機運転早期化 ▪ 樹脂置換による軽量化 ▪ 部品点数、製造コスト削減による部品が安価

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

■特定ものづくり基盤技術高度化指針

本研究開発は、特定ものづくり基盤技術高度化指針のうち、以下の項目に対応する。

(四) プラスチック成形加工に係る技術に関する事項

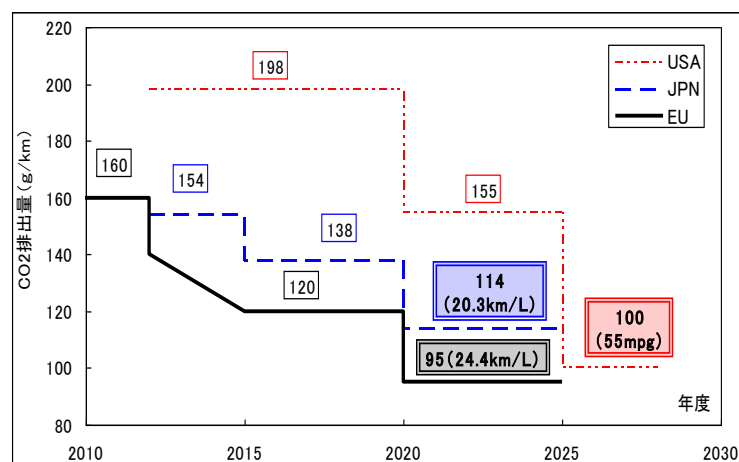
1、プラスチック成形加工に係る技術において達成すべき高度化目標

(2) 自動車に関する事項

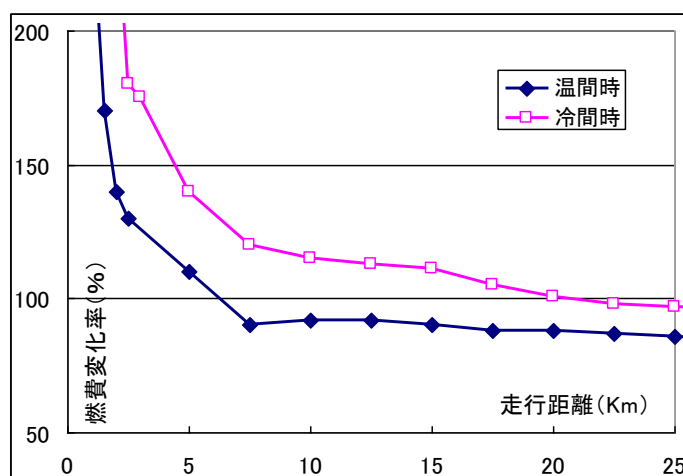
①川下製造業者の抱える課題及びニーズ

ア. 環境

地球環境・燃料資源枯渇問題から燃費/CO₂の改善を求められ（図①-1）、温間時の燃費は燃焼革新技術等により飛躍的に改善される見込みであるが、冷間時は燃焼改善が困難で早期暖機化のニーズが一段と強くなってきた（図①-2）。夏場と冬場の始動直後で暖機中の燃費悪化が顕著であり、早期暖機化でモード燃費 5%も改善されるとの報告がある。



図①-1 各国CO₂排出量の推移図



図①-2 温度と走行距離による燃費変化率

ウ. 軽量化

燃費/CO₂改善の2本柱としてパワートレインの高効率化と車両軽量化は必須であり、車両100kgの軽量化で5%の燃費改善が見込まれるが、車両軽量化が一巡しているため、今後は全部品を緻密な軽量化技術開発によるトータルでの車両軽量化戦略が求められている。

オ. 価格

これからの自動車は環境、安全、快適性の向上のための機能追加でコストアップとなるが、販売価格に反映させることは限界があり、従来部品、製品の一層のコストダウンが求められる。

■研究開発の背景

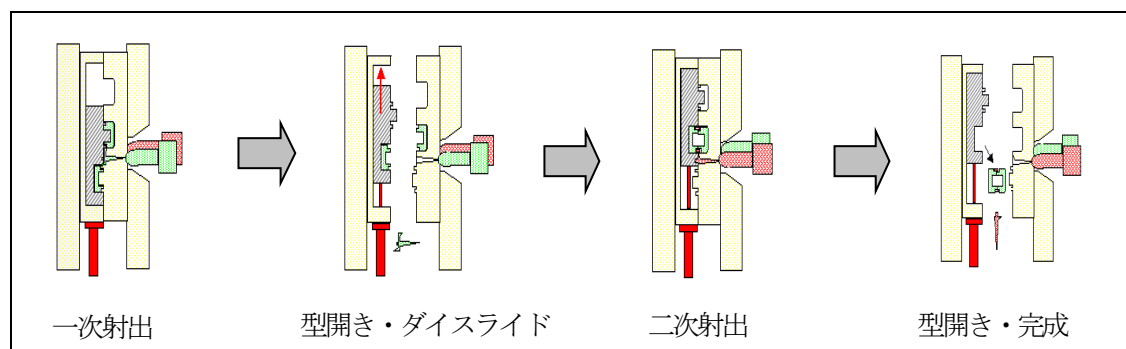
ア. 樹脂中空化技術

2部品の締結を廃止し結合する技術が各種開発されている（表①-2）がコスト的に最もポテンシャルの高い工法がDSI法（ダイ・スライド・インジェクション）である。

DSI法とは(株)日本製鋼所の基本技術で図①-3のように半割りの1次成形品を金型内でダイスライドさせ、型閉後それらの接合面に2次樹脂を射出接合させ中空体を得る工法である。ただし、PPS（ポリフェニレンサルファイド）などの超耐熱樹脂は流動性が悪いため、これまでDSI法の採用は大型部品に限られており、ウォーターポンプなど自動車用の小型部品には実績がない。

表①-2 樹脂中空化技術

		形状 自由度	接合強度	信頼性	コスト	評価	短所
	ボルト締結 (基準)	△	△	△	△	△	クリープのため 金属インサートが必要
溶着 方法	熱板溶着法	○	×	×	×	×	ガラス繊維入りには 不向きサイクルタイムが長い
	振動溶着法	×	×	×	×	×	接合面形状が限定される
	超音波溶着法	×	△	○	○	△	接合面形状が限定される
	レーザー溶着法	△	△	○	×	△	材料が2種類（透過性、吸収性） 設備投資大
	DSI融着法	○	△	△	○	◎	流動性の悪い材料には不向き



図①-3 DSI 成形プロセス

イ. ウォーターポンプ樹脂化

次世代エンジンでは温間時の燃費は飛躍的に改善される見込みであり、冷間始動からの燃費モードでは暖気運転の影響が大きくなり、川下企業からは以下のニーズがある。

- ① 早く水温を温めるため熱容量を小さくする。
- ② 熱を逃がさない、熱伝導率を下げる。

そのためにアルミに対し熱容量が小さく、熱伝導率の低い樹脂材料への置換が必要となってきた。超耐熱、高強度の要求されるウォーターポンプについては、欧州車では熱硬化性のフェノール樹脂に金属インサートを使うボルト締結構造が実用化されているが、熱容量はアルミと大差ない上、コストアップと材料のリサイクル性が問題であり、日本国内での採用実績はない。

ウ. 暖機運転制御バルブ（可変流量制御）

暖機運転中のオーバークールを防止するためウォーターポンプの流量制御は、

- ① 電動ウォーターポンプ … トヨタプリウス、BMW
- ② インペラ出口開閉弁 … ベンツ
- ③ 駆動ベルトの ON-OFF 制御 … BMW

以上の3方式が採用されているが、いずれの方式もコストアップが大きく、限定された車種しか採用されていない。

エ. 先行研究経過

川下企業であるマツダ(株)のニーズに基づき、(株)久保田鐵工所は平成22年度の広島県の開発補助金により熱可塑性超耐熱樹脂にボルト締結構造の不要な中空一体成形ウォーターポンプ及びインペラを技術開発した。その結果、軽量化、ポンプの効率化、コスト目標は達成できたが、二次射出による融着強度、金属インサートによる保持力とシール性、流量制御によるキャビテーション等の課題が明らかになった。これらの課題に対し広島大学との共同研究や追加研究による知見で解決の見通しが得られた。

■研究目的及び目標

川下企業のニーズによりエンジンの早期暖機化、車両の軽量化、製品のコストダウンを求められているが、現在、自動車用冷却部品であるウォーターポンプ、並びにサーモスタットケースについては、アルミ製のハウジング、カバーの2部品をボルト締結する構造となっている。またエンジン暖機中に冷却水を循環しているシステムとなっているため早期暖機が困難であり、2部品をボルト締結することでその組み合わせ面で流体効率が悪く、コスト低減に余裕が無いことが現状の課題である。そこでエンジンの早期暖機化、車両の軽量化、製品のコストダウンを実現するためにプラスチック成形技術の高度化を図り、ウォーターポンプ、サーモスタットケースを樹脂中空化一体成形とし、またエンジン早期暖機化による冷間時の燃費改善のために流量制御バルブを搭載した一工程で高付加価値の成形品を得る冷却系部品を開発することを目的とする。

特定ものづくり基盤技術高度化指針のうち、以下の項目に対応。

(四) プラスチック成形加工に係る技術に関する事項

プラスチック成形加工技術における高度化目標の達成に資する特定研究開発等の実施補方法
(高度化の方向性)

(4) 高速複合化技術開発の方向性

①金型内での複合化成形（インサート成形、アウトサート成形及びリサイクル材料の再活用）と高速度で流動させる成形とを組み合わせ、一工程で高付加価値の成形品を得る技術の研究開発

(5) 高品質外観成形技術開発の方向性

③金型表面温度の高速加熱・冷却によるウエルド等の外観不良を防ぐ技術の研究開発

従来技術では型抜きできない中空部品については、2部品の金属インサートによるボルト締結構造しかできず、軽量化、低価格化が困難であった。しかし、先行研究により超耐熱高強度樹脂材での薄肉、高精度の中空一体成形により高効率、軽量、安価な樹脂製ウォーターポンプの開発見通しが得られた。

具体的な高度化目標は、以下の通りである。

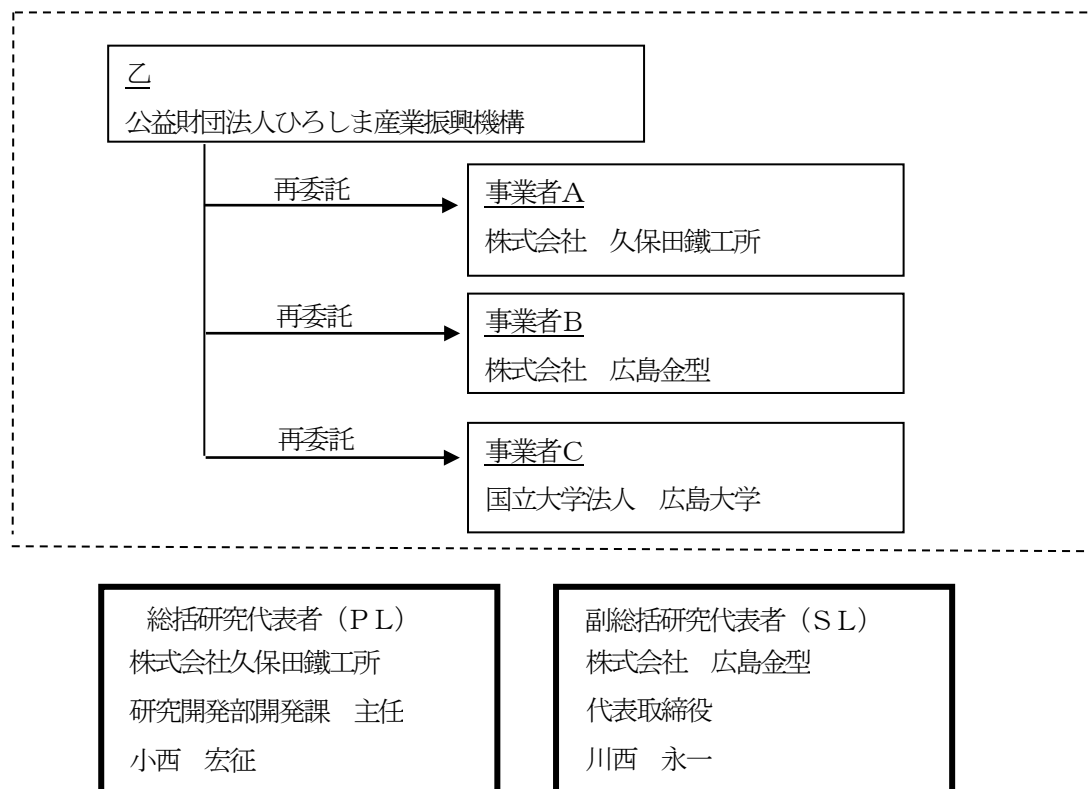
- 暖機運転の早期化により冷間始動を含む欧州の試験モードで **5%の燃費改善** を目標とする。
- ハウジング材料をアルミダイキャストから耐熱高強度な熱可塑性樹脂に置換した上樹脂中空化一体成型技術により必要なボルト締結を廃止することでトータルで **30%の軽量化** を目標とする。
- 樹脂中空化一体成型法により部品点数の削減、機械加工費の削減、組立工程の削減により **10%のコストダウン** を目標とする。

1-2 研究体制

本研究の研究体制については以下を参照。

■研究組織・当該研究開発の連絡窓口・管理体制

【研究組織】



協力者 (アドバイザー)

氏 名	所属・役職	備 考
益田 俊治	マツダ株式会社 パワートレイン技術開発部マネージャー	アドバイザー
西田 正三	株式会社日本製鋼所 成形機器システム事業部技師長	アドバイザー

第2章 本論

■高度化目標と技術的課題との関連性

研究最終目標は高度化目標にも掲げている通りで、この最終目標を達成するために解決しなければならない技術的課題（テーマ）は表②-1のように関連性がある。本研究は、3ヵ年で目標を達成する計画にしており、それぞれの開発項目に対して配分（ウェイト）を決め、研究を進めてきた。

表②-1 最終目標と技術的課題の関連性

研究最終目標		技術的課題（テーマ）		
	代用特性	1、二次射出による融着強度の向上	2、金属インサート成形時の保持力の向上	3、流量制御による冷却システム信頼性の向上
5%燃費改善	①材料開発	ウエルドライン融着面の活性化		材料開発（最適化設計）
	②エンジン流量制御バルブ構造			エンジン流量制御（流量制御バルブの構造）
	③補機流量制御バルブ構造			補機流量制御（流量制御バルブの構造）
	④流量制御方法			制御方法
30%軽量化	①材料選定	ウエルドライン融着面の活性化		材料開発（最適化設計）
	②部品点数削減（ボルトレス）	融着構造（二次射出による一次射出との融着力向上）		
	③筐体構造（インサート部品）		インサート構造	
			インサート部品保持力、シール性	
10%コストダウン	①材料選定	ウエルドライン融着面の活性化		材料開発（最適化設計）
	②部品点数削減（ボルトレス）	融着構造（二次射出による一次射出との融着力向上）		
		金型構造		
	③サブ ASSY 構造		インサート構造	
			インサート部品保持力、シール性	
	④インサート部品シール面熱性		インサート部品保持力、シール性	
		開発項目		

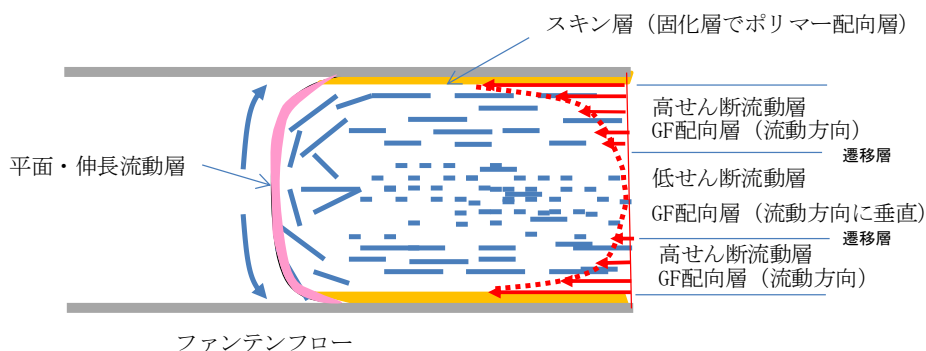
2-1 二次射出による融着強度の向上

2-1-1 ウエルドライン融着面の活性化設計

本研究では、ポリマーの賦形し易さと高い比強度、低熱伝導性に着目して、ウォーターポンプなどの複雑な中空形状を有する冷却部材をボルト締結なしで一体成形する技術開発を行い、特に、自動車の低燃費向上に寄与することが目的である。一般に、ポリマーは高分子量であるため分子鎖の熱拡散速度は溶融時でも低分子に比べ各段に遅く、また流動・変形場で容易に分子配向し、絡み合い安定構造から遷移した非平衡状態で成形加工され製品化されている。そのため、成形加工時に形成された融着面は配向面が接合した界面を形成するため、同一物質であっても、ウエルドラインが残留し、成形品の強度低下を招くことが知られている。また、成形加工された熱や歪み、応力履歴がポリマー鎖の部分的、全体的な形態変化のみならず系の階層的なモルフォロジー変化として残り、クリープ変形を生じたり、結晶転移が生じる場合には、温度変化や配向履歴に依存した不均一な体積収縮が生じてひけやそりを発生する。従って、設計されたとおりの形状と強度を維持する成形品を成形加工するには、用いる材料特性と成形加工プロセスの両方の最適化が必要となる。

本研究では、DSI (Die Slid Injection)法の利点を活かし、中空形状部材を開発することが目標であるが、DSI 法では特に一次射出された部材間に二次射出し貼り合わせるため、図②-1-1 の例に示すように、次の3点がポリマーを用いて成形加工する際の技術的課題となる。

- (a) 【ウエルドラインの消失方法】 流路形状とそれに射出するゲート部の設計に依存するが、ポリマー流動の先端流動（ファンテンフロー）が合流する位置に面配向した層が形成されウエルドラインが必然的に形成され、強度不良を起こしやすい。
- (b) 【高流動性と高強度化】 高強度を達成するためにガラス繊維(GF)が充填されたポリフェニレンサルファイト(PPS/GF)を本事業では用いるが、溶融粘度が高く、狭い空間を流動させるには高い圧力と型締め力が必要で二次射出時にバリが発生しやすい。
- (c) 【低結晶化速度と成形サイクル】 高融点材料のため冷却過程で残留歪みが生じ易く、ひけやそりを発生させ外観不良や強度不良を生じやすい。



図②-1-1 ファンテンフローの模式図

以上を踏まえ、融着強度の向上に繋がる基礎的検討を行うことを通して、成形条件や材料の最適化のための原理・原則を開発期間内にできるだけ明らかにし、さらに、ウエルドラインの強度不良が実的に許容された最終製品へと展開することが「①二次射出による融着強度の向上」の目標である。

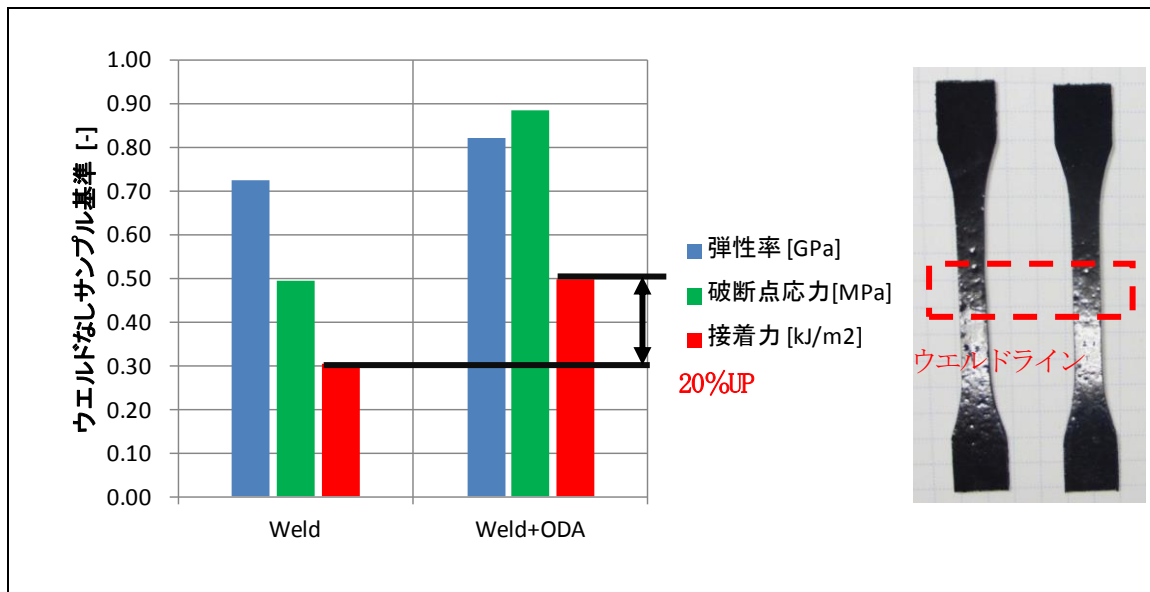
本研究では、材料の候補となる市販されている各種 PPS 材料の熱レオロジー特性の分析を行い融着強度の向上や成形に最適な材料の選定を行った。また二次射出を想定した試験片による融着強度の評価やウエルドラインの融着強度向上に繋がる研究を行った。

表②-1-1 3社のPPS熱レオロジー特性比較結果

Grade	100-150℃	150-250℃	250-350℃	備考
	ガラス転移温度 (100℃前後) 付近	ゴム状領域	溶融状態	
DIC 製	ガラス転移温度後も粘弾性変化なし	結晶化後に弾性的になる	ガラスファイバー分散材料に見られる物性の非定常性はあるが、基本的に類似の挙動を示す。	滑りなし
ポリプラスチックス製	ガラス転移温度後に弾性的変化	結晶化後も粘性を維持する		スティックスリップ状の滑り
東レ製	確認できず	結晶化後の粘性を維持する		スリップしやすい

ウエルドライン融着面の融着強度を向上させる方法として、アミン系溶媒による化学的接合の検証を行った。4,4'-diaminodiphenyl ether (ODA) の溶媒をサンプルに塗布し、その有無の効果を確認した。ODA を塗布していない場合は、引っ張り強度はウエルドラインの場合よりもさらに半分程度にまで落ちているが、ODA を塗布したサンプルの引っ張り強度はウエルドラインの2.8～3.8倍に増加し、破断歪みは1.6～2.2倍まで増加している。

接着強度はウエルドなしのサンプルとウエルドの中間的な強度を示している。図②-1-2にウエルドなしのサンプルとして相対的な値の比較を示す。初期の弾性率は81%、引っ張り強度は87%まで回復し、接着強度は50%まで回復している。このことから化学的に結合させる効果があることが確認できた。



図②-1-2 アミン系溶媒による接着強度結果

■ ウェルドライン融着強度向上による検証結果

- ・ 物理的接合を評価するため、引っ張り方向に垂直なウェルドラインが一つとウェルドラインが二つのダンベル試験片を作成し、引っ張り試験により評価した結果、ウェルドラインが多いほど接着強度は低下し、ウェルドなしの試験片の30%程度の接着強度が限界であった。
- ・ ウェルドラインの物理的接着強度を向上させるには、ウェルドラインに対しGFが垂直配向し、かつ、エラストマー相とともに均一分散する状態を達成する必要がある。簡易的に今回プレス成形した条件では、GF配向は二次射出時の流路幅がGF長の4倍から8倍程度で設定するとよいことが分かった。
- ・ ジアミンによる化学的接着は効果的であるが、その際にはGF配向性の制御した物理的接合性を向上させる条件で使用しないと効果が十分でないことが分かった。

2-1-2 二次射出による一次射出との融着力向上のための検証

アルミ製ハウジングのボルト締結構造であるウォーターポンプをベースに樹脂中空一体成形構造のウォーターポンプを設計した。基本寸法（ボルトピッチ、高さなど）はベース形状と同等に設定し、昨年度の先行開発で評価した形状から金属製筐体のインサート成形構造の追加と 2 次射出の融着部分の形状について新たに設計した。

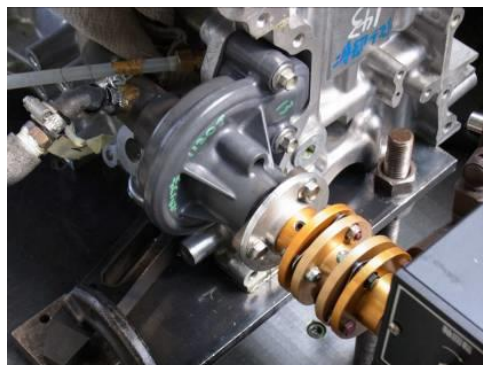
樹脂材料については、構成部品であるインペラですでに量産実績のある PPS をベースに材料を設定したが、PPS などの超耐熱樹脂で自動車用の小形部品などに実績がない DSI 工法の弱点を補うために融着部分の表面積を稼ぐなどの形状による工夫が必要であった。また流体解析や樹脂流動解析を駆使して融着部分の形状がウォーターポンプの流体効率を犠牲にしない最適な形状とした。



図②-1-3 開発品（樹脂中空一体成形）

■ウォーターポンプ性能試験・耐久試験

樹脂中空一体成形ウォーターポンプの各耐久評価前後の性能を確認するため耐久評価前の性能測定を実施した。性能測定については、既存のアルミ製ウォーターポンプと性能結果を比較できるように久保田鐵工所内製のウォーターポンプ性能測定ベンチ、耐久試験機にて評価を実施した。



図②-1-4 性能測定概略図

性能測定結果については、既存のアルミ製ウォーターポンプと同等の性能を確保できることが確認できた。また耐久試験の結果については、先行開発で課題となった二次射出の融着部においてアルミ製と同じである耐久試験 500 時間の信頼性を確保できる見通しを得ることができた。

表②-1-2 ウォーターポンプ比較表

	アルミ製ウォーターポンプ	開発品	備考
重量 (kg)	0.83	※0.57 (▲0.26)	30%軽量化
成形条件	—	樹脂温度 320℃、金型 140℃ (樹脂材料推奨条件)	
材料	アルミダイキャスト (ADC12)	PPS (GF30) ・ポリプラスチックス(株)製 ・DIC(株)製 ・東レ(株)製	3 種の材料で成形可能。
性能	—	アルミ製と同等の性能を確保	
信頼性	回転数：Eng 保障回転数 水温：100℃超、 評価回路圧力：108kPa 評価時間：500 時間	500 時間の融着強度を確保	アルミ製と同等の評価基準を適用。

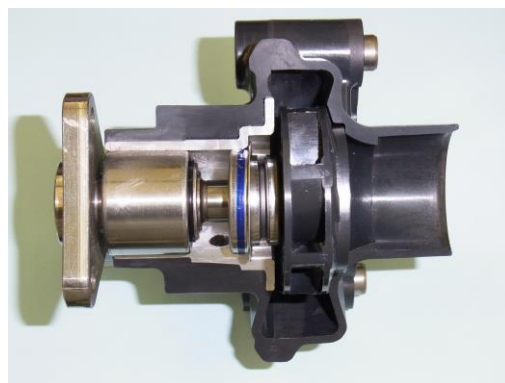
※重量については補強による重量UPの影響があるため暫定の数値である。

2-2 金属インサート成形時の保持力の向上

2-2-1 インサート成形構造の設計

先行開発ではウォーターポンプの構成部品であるシャフトベアリングを直接インサート成形する構造であったため樹脂収縮により保持力が不足し、基準抜け力の未達とメカニカルシール取り付け部の面性状不良により水漏れが発生した。対策としてシャフトベアリングの保持力と樹脂成形に課題があるため、予めシャフトベアリングとメカニカルシールを組み付けたサブ管体をハウジングの一次射出時にインサート成形させることにより金属インサート成形時のベアリング保持力を向上させる構造に変更した。この構造についてはすでに特許出願（特願 2011-057732 液体ポンプ）した。

この構造で樹脂中空一体成形が可能であることは成果として得られたが、構成部品であるシャフトベアリング、メカニカルシールに使用されているリップシールなどのゴム部品は、耐熱温度が低く劣化が懸念されていた。成形中の熱履歴や実態の部品を調査した結果、継続使用可能なことが確認できた。

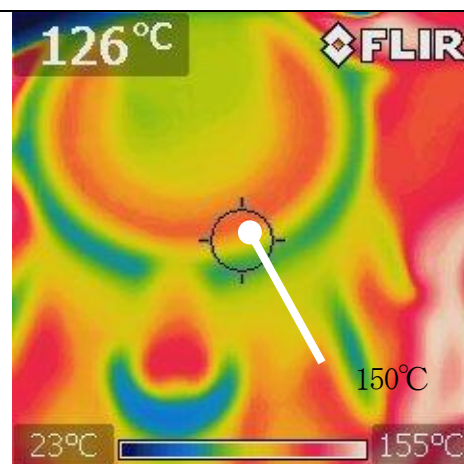


図②-2-1 インサート構造



ゴム部品と射出した樹脂が隣接している

図②-2-2 ベアリングシール部分拡大図



図②-2-3 成形直後の熱分布

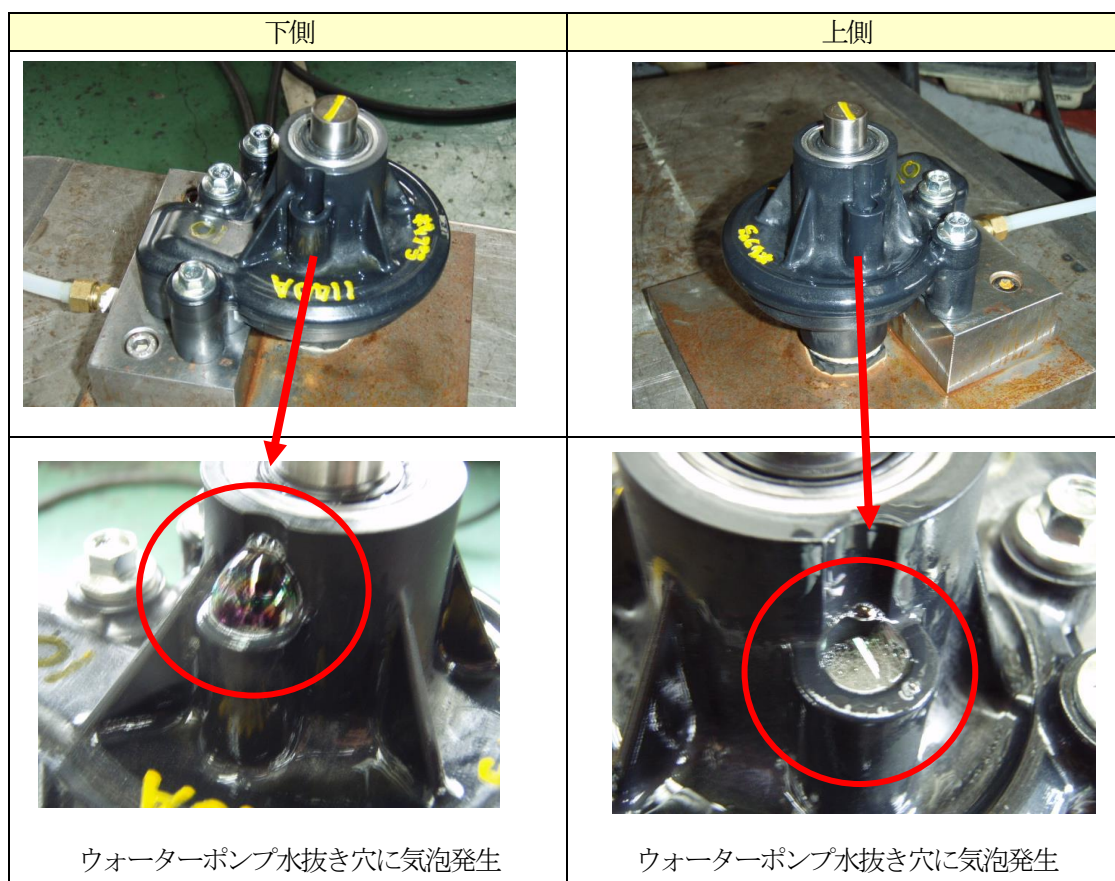
2-2-2 シャフトベアリング保持力、シール性向上のための検証

シャフトベアリングの保持力、メカニカルシールのシール性を向上させるために金属製筐体にシャフトベアリング、メカニカルシールを一体に組み立てた構造にしている。

課題であるシャフトベアリングの保持力については、筐体構造とすることで内径とシャフトベアリング外輪との“しめしろ”を上げることにより既存のアルミ製ウォーターポンプ並みの保持力を確保できることが確認できた。

またシール性については、筐体構造としメカニカルシールを組み付けたことで向上させることが可能になった。

筐体構造となったことで樹脂と筐体との密着性不足により、筐体部分から漏れが発生し新たな課題が判明した。



図②-2-4 漏れ状況（樹脂中空一体成形ウォーターポンプ）

■密着性改善手段

樹脂と金属の密着性を改善する様々な方法が開発されている。

「①機械式接合」は樹脂と接する金属表面に数本の溝を設け、メカニカルに密着させる方法や「②射出接合」では金属表面にレーザー照射させ金属表面をナノレベルで凹凸を設け、その凹凸に樹脂を介在させ密着させる方法や薬品などを使用し金属に凹凸を設けクサビ効果を得る方法などがある。その他、接着剤や溶剤などにより密着性を改善する手段が考えられる。

本研究ではまず目標である”147 kPa のシール性”を確保するために、「②射出接合」による密着性改善方法と「接着剤」による密着性改善方法を検討した。

表②-2-1 密着性改善手段

①機械式接合	溝形成、ローレット、ネジ止め
②射出接合	表面改質 AMALPHA(アマルファ) メック(株)など
③その他	樹脂材料による接合、成形条件、接着剤

■シール性評価結果

接着剤によるシール性を評価するため、接着剤などを取り扱っているメーカーと協議し材料を選定した。接着剤による評価の結果、シール性の評価基準である 147 kPa は満足することができた。しかし、今回の評価では、アッセンブリした金属製筐体の側面に塗布量と塗布面積を目分量で判断したことからバラツキが生じ、塗布量によってシール性に影響があることが判明した。

尚、射出接合については、筐体の材質を鋼材で想定していたことにより錆の影響で射出接合ができず、材質を変更し評価を検討中である。

表②-2-2 シール性評価結果 (接着剤)

特性	基準	塗布量	実測結果 (圧力損失)	判定	備考
シール性	147 kPa 以上 確保	小	250 kPa 以上	×	漏れあり
		中	105 kPa	○	外観など異常なし
		大	100 kPa	○	外観上に接着剤が残留している。

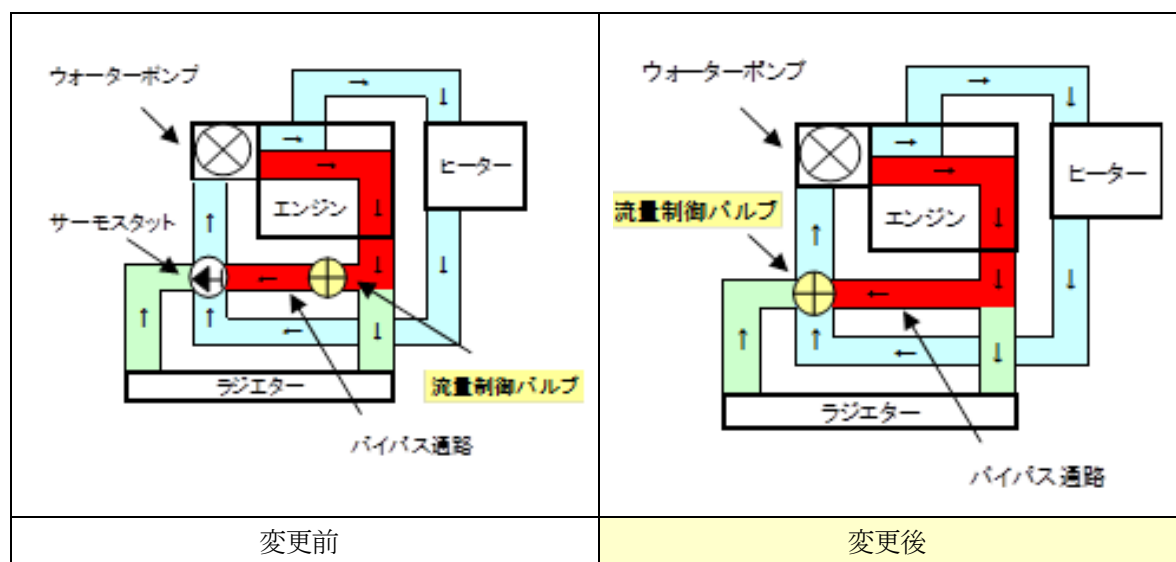
2-3 流量制御による冷却系システム信頼性の向上

2-3-1 流量制御バルブの構造、位置最適化設計

川下企業のニーズに基づき、暖機運転の早期化を検証するためウォーターポンプの吸入口または吐出口に開閉バルブを設けた基礎研究を行った。その結果、開閉バルブ位置による流量、駆動損失に大きな差は無く、ウォーターポンプの吸込み、吐出口の開閉機構による流量制御をしても暖機運転の早期化が可能であることは確認できた。しかし、ウォーターポンプの吸入口を閉じた場合、入口圧力が低下しキャビテーションが発生、また吐出口にバルブを設けた場合は全開⇒全閉にしたときにウォーターハンマーが発生することが判明し、流量制御バルブの搭載位置、制御方法に課題があることが明らかになった。

流量制御バルブの位置、制御については、当初、エンジン内を流れるバイパス流量を制御することで暖機運転の早期化を実現する計画で進めていたが、川下企業の要求や情勢の変化により車両の補機である EGR クーラーなどにも緻密な流量制御が必要とのことで、車両全体の冷却水流量を制御するという、より困難な課題に変更した。(図②-3-1)

当初の計画から変更になったため、改めて特許調査を含め流量制御バルブ構造の再検討を行った。



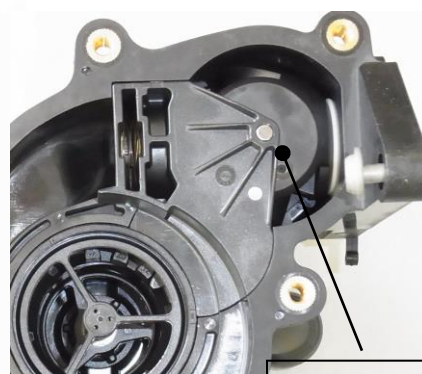
図②-3-1 構想変更概略図

■流量制御バルブの形状検討

川下企業のアドバイスで技術文献を調査すると、海外製で流量制御バルブを搭載した車両が発売されていることが判明し、エンジン暖機時間 40%促進、燃費 4%改善可能となっている。調査の結果、ウォーターポンプハウジングなど樹脂を多用しており、またロータリーバルブによる流量制御となっており、そのシール方法や流量調整方法、形状などを調査し、流量制御バルブの構想を見直すべく新たに再検討を行った。

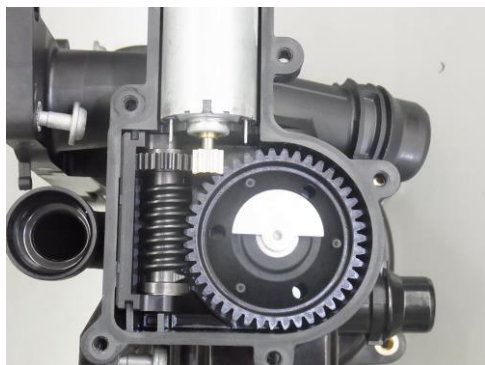


流量制御バルブ全体



流量遮断構造

吐出口制御



電動アクチュエーター



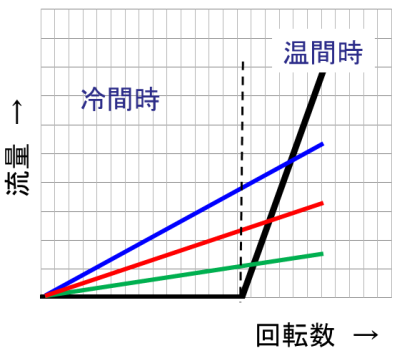
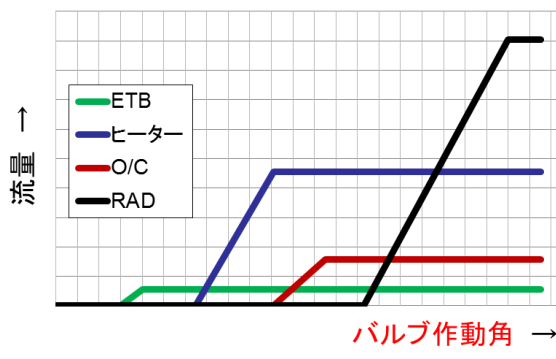
ロータリーバルブ (流量調節)

図②-3-2 他社製流量制御バルブベンチマーク

2-3-2 流量制御バルブ制御方法

本研究で開発する流量制御バルブの基本構想はエンジン内の全流量を制御できる構造となっており、ロータリーバルブの作動角で、流量を調整することが可能である。流量制御バルブの搭載箇所と寸法は、マツダ株製のエンジンで既存部品と置き換え評価ができるように検討した。水の流れとしてはエンジンの出口を制御する方式となっている。今回の試作品は、期間短縮のためアルミ材の切削で製作したが量産品では樹脂化を想定している。

表②-3-1 流量制御バルブ効果

流量制御なし		流量制御バルブあり	
			
効果のシーン		効果	
ALL		冷却水量低減	
冷間始動時		C/B、C/H 壁温UP⇒燃焼改善⇒燃費、EM 改善	
極冷間時		暖房性能UP	
ENG 暖機後		水温安定	



図②-3-3 流量制御バルブ (試作品)

第3章 全体総括

3-1 過去3年間における本研究の成果

3-1-1 研究目標達成状況

高度化目標である研究の最終目標については、以下表③-1のように実機での評価が未実施であるが、目標は達成できる見込みであり成果を得ることができた。

表③-1 最終目標達成状況

最終目標	技術的課題（テーマ）			検証	判定
	1、二次射出による融着強度の向上	2、金属インサート成形時の保持力の向上	3、流量制御による冷却システム信頼性の向上		
5%燃費改善	・ウエルドライン融着面の活性化	—	・材料開発（最適化設計） ・エンジン流量制御（流量制御バルブの構造） ・補機流量制御（流量制御バルブの構造） ・制御方法	・流量制御バルブ、樹脂ウォーターポンプの実機での評価が未実施のため燃費については検証中。ただし、冷間時にエンジン内を流れる流量を停止させることにより燃費改善効果が大幅に期待できるため達成見込みである。	△
30%軽量化	・ウエルドライン融着面の活性化 ・融着構造（二次射出による一次射出との融着力向上）	・インサート構造 ・インサート部品保持力、シール性	・材料開発（最適化設計）	・軽量化については、現時点の形状ベースで目標値30%達成している状況である。ただし、さらに密着性を改善した金属製管体の形状したいでは部品重量に変動あり。	◎
10%コストダウン	・ウエルドライン融着面の活性化 ・融着構造（二次射出による一次射出との融着力向上） ・金型構造	・インサート部品保持力、シール性 ・インサート部品保持力、シール性	・材料開発（最適化設計）	・現時点の形状で既存のアルミ製ウォーターポンプと比較し▲11.2%のコストダウンが見込まれる。 → ボルト削減 ▲0.8% → ガスケット削減 ▲2.4% → 加工レス ▲8.0%	◎

3-1-2 研究成果

本研究の成果を表③-2 に示す。

表③-2 最終成果 (サブテーマ)

サブテーマ	最終的な目標	最終成果
①二次射出による融着強度の向上	耐久試験 500 時間の信頼性を確保する。	・樹脂中空一体成形ウォーターポンプに最適な材料を選定することができた。(東レ製、DIC 製、ポリプラスチック製) ・樹脂中空一体成形ウォーターポンプの耐久試験を実施し、融着強度については問題なく、目標達成できることが確認できた。
②金属インサート成形時の保持力の向上	シール性 147 kPa を満足し耐久試験 500 時間の信頼性を確保する。	・シャフトベアリングの保持力については基準を満足することができた。 ・樹脂と金属の密着性不足といった新たに発見された解決しなければならない大きな課題があったが、その原因とメカニズムを明らかにし、密着性改善方法を検討・評価し、効果を得ることができた。
③流量制御による冷却システム信頼性の向上	流量制御できる構造を検討する。	当初の計画からさらに難易度の高い課題へチャレンジすることになり、ベンチマークから得られた結果を参考に基本構想し図面化を行った。 短期間の試作品の製作や確認評価が未実施の状況であるが、当初の目標については達成できる見込みである。

3-2 事業化に向けた構想

これまでの研究成果を生かし自動車部品の展示会「人とくるまのテクノロジー展 2012」、「AUTOMOTIVE WORLD 2014」やカーメーカー向けの商談会に「樹脂中空一体成形ウォーターポンプ」を出展した。開発中の部品ではあるが、国内の自動車メーカーの自社展示会への打診や軽量化やコストダウンについてのニーズや反響が大きかった。

展示会終了後にウォーターポンプ開発担当者と個別に面談しニーズや課題など技術的なアドバイスなどを頂いているが、現時点、既存の車種への織り込みは困難で次期車種に向け開発を進めていくことで調整中である。

今後の事業化までの計画については、現在マツダ様様の国内生産する全車種向けにウォーターポンプを 100%製造販売しており事業終了後 1~2 年目に追加研究で残課題を解決し、その後にサンプル品出荷、次期開発エンジンに提案し樹脂製ウォーターポンプをシリーズ展開していく計画にしており、5 年目（2018 年）を目処に事業化を目指す。

流量制御バルブについては、可変流量バルブ機構を知財権利化し、補機部品としても燃費低減効果が最も大きいことを売り込み、樹脂ウォーターポンプと同時に製造販売する。