

愛三技報

AISAN TECHNICAL JOURNAL

2008
No. 6

「創立70周年記念号」



おかげさまで



 AISAN INDUSTRY CO., LTD.

目 次

Contents

巻 頭 言 Foreword	創立70周年に寄せてー今、考え、実行するときー 01 In commemoration of 70th anniversary of foundation "Now, it's time to think and take action"
挨拶 Greeting	創立70周年記念に寄せて(山田取締役、多田取締役、山本取締役) 04 In commemoration of 70th anniversary of foundation
特 集 Feature	スロットルボデー開発の歴史 07 History of throttle body in Aisan 愛三における燃料ポンプ/ポンプモジュールの歴史 11 History of fuel pump and fuel pump module in Aisan 愛三におけるキャニスタの歴史 15 History of Charcoal Canister in Aisan 愛三におけるインジェクタの歴史 19 History of injector in Aisan エンジンバルブ開発の歴史 25 History of engine valve in Aisan 将来に向けた製品開発について(座談会録) 28 Product development for the future (minutes from round-table discussion)
論 文 Technical Papers	EGRクーラーバイパスバルブの開発 33 Development of EGR Cooler Bypass Valve ローコストインマニの開発 37 Low cost Intake Manifold development 高効率電動フューエルポンプの開発 40 Development of High-Efficiency Electric Fuel Pump 生産技術のモノづくり力強化 44 Enhancement of production capability by production engineering 加工油剤の環境負荷物質低減 49 Reduction of environmentally hazardous substance contained in coolant
製 品 紹 介 Products	排気圧力制御弁 54 Exhaust Gas Control Valve LPG-MPIシステム関連製品 55 LPG-MPI System-related Products LPG用インジェクタ 56 Injector for MPI system of LPG cars 小型二輪車用インテーク・デバイス・ユニット(IDU) 57 Intake Device Unit for light-motorcycle Throttle Body ダイカスト事業の紹介 58 Diecast Business
特 許 紹 介 Recent Patents	 59

創立70周年に寄せて

-今、考え、実行するとき-

In commemoration of 70th anniversary of foundation "Now, it's time to think and take action"



取締役副社長

小林 信雄

今年は、弊社にとって記念すべき創立70周年を迎えるが、現在と創立時を較べてみると自分の目で確認できている訳ではないが、大きく変化していることは沢山あるに違いない。自動車産業周辺の出来事だけで考えても、地球環境に対する社会の見る目等、枚挙に暇がない。更に個々の事象の変化のスピードが大変速くなっていることも忘れてはならない。

こういう時だからこそ、さまざまな変化に対応して変えていくことと、本質的に変えなくてよい、あるいは変えるべきではないことに、しっかりと層別する必要があると思う。

言い換えれば、考え方として物理法則など技術の原理原則は不変であるが、そのアプリケーションはさまざまな環境条件の変化に対応していくことが必須であろう。

弊社の歴史を見ても、キャブレターからEFIへの変化のタイミングを適確に捉えたこと等が、会社の成長を支えてきたことは周知の通りである。

今、我々は原理原則を理解した上で、愛三として得意のベース技術領域を絞り込み、将来の環境条件変化を先読みし、商品としてのアプリケーションをリスクも含めしっかりと検討し、早く実行に移していかなければならない。

次に環境の変化を、パワートレインを中心に自動車の歴史と共に整理してみたい。まず自動車の歴史についてみると、1886年にドイツのカールベンツが造った3輪自動車が祖と言われ、発明当時の動力としては蒸気機関を用いていた。その後、意外と思われるかもしれないが、電気モータを動力とする自動車、ガソリンを燃料とした内燃機関を動力とするガソリン自動車が開発された。

1890年当時は、これら3つの動力を持つ自動車がそれぞれ走っていたが、各々に課題を抱えていた。蒸気はボイラーに入れる軟水の供給設備が不足し、電気は充電時間が長いわりに走行距離が短く、ガソリンについてはエンジン始動性のため重いクランクを回す必要があり、変速が難しいという欠点があった。

その後、電動スタータが発明されスイッチひとつでエンジン始動が可能となり、トランスミッションのシンクロメッシュによってガソリン自動車の扱いやすさが格段に向上した。更には、燃料が容易に入手できるインフラも整い、20世紀の主役に踊り出たと推察される。

しかし、地球温暖化の観点からは、現在の生活の快適さとは裏腹に、現状を放置すると大気中のCO₂濃度は急激に増加し、2100年レベルで約6°C気温が上昇するとの報告書がIPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) から出されている。専門家のシミュレーションによると、2°C上昇で、異常現象、砂漠化、食糧危機が顕在化するとの予測がされており、それを防ぐには、大気中のCO₂濃度を450~550ppmに安定化させることが必要とされている。

CO₂排出量低減には、化石エネルギーから新エネルギーへの転換や、CO₂固定化技術の開発等、多面的な対応が必要である。20世紀とは状況が一変し、自動車としても利便性だけでなくCO₂低減への大きな貢献を期待されている。

また、2020年以降原油生産量も減少するとの悲観的な予測もあり、エネルギー需給から自動車も燃料多様化への対応が必須である。

弊社としては、このような環境条件の変化に対して、燃料多様化への対応技術、燃費向上技術 (CO₂排出量低減技術) 等の開発が大変重要なキーワードとなることは言うまでもない。社員の皆さんと共に、この2つのキーワードを中心にして、愛三の将来のあるべき姿について議論を重ねていきたいと思っている。

愛三の歴史にはとうていおよばないが、小生も自動車産業に働く技術者として、今年で30年目の節目を迎える。主に、実験・解析技術をベースにした熱・安全・振動等の自動車の性能開発業務に携わってきた。今年に入り、共に働いてきた仲間と一緒に議論を重ね、時代変化に関係なく実験分野の技術者のあるべき姿を実験技術者の心構えとして十か条に整理してみた。これは実験分野に限らず、考え方としてどの分野の技術者の方々にも適用できと思っている。皆さんの参考になれば幸いである。

実験技術者の十か条

- ① 実験技術者は常に新しい技術を創造、提案すべし。
- ② 実験技術者は常に志高い開発目標に挑戦し、粘り強くその達成策を考えよ。
- ③ 実験技術者は常に市場の「使用環境条件」を調査・蓄積し、誰もが活用できるようにせよ。
- ④ 実験技術者は車全体の商品力視点でまず考え、次に構成部品がどうあるべきかを考えよ。
- ⑤ 現象解析は実験の命。「今、そこで何が起きているか」をとことん突き詰めよ。
- ⑥ 実験技術者は常に原理原則に基づく解析を実施し判断せよ。
- ⑦ 実験技術者は「仮説」→「検証」のプロセスを徹底して行うべし。
- ⑧ 実験技術者は常にバラツキ保証を論理的に説明できるようにすべし。
- ⑨ 実験技術者は必要な工学知識を習得し、絶えず最新の技術情報収集に努力すべし。
- ⑩ 実験技術者は常に車に触れ、己の感性を研ぐべし。

70周年という記念すべき機会に寄稿できた幸運に感謝すると共に、今改めて愛三のメンバーの一員になったことを実感している。そして、今こそ愛三の技術者魂を奮い立たせ、それぞれが高い志と目標を持ちチャレンジする時だと思う。

オール愛三一丸となって、目標達成に向け一歩を踏み出そう。



創立70周年記念に寄せて

In commemoration of 70th anniversary of foundation

取締役

山田 英生

1886年ドイツのカール・ベンツ、ゴットリープ・ダイムラーがそれぞれ独自に自動車を作って走らせてから約120年が経ちます。石油燃料の取り扱い安さと車の利便性から世界中に普及したことは周知のとおりです。

一方1938年12月1日に軍需産業として設立された愛三工業は戦後の1945年10月からキャブレタ、ピストン、フューエルポンプなどの自動車部品の生産を開始しました。

以来63年車の発展とともにエンジンの最重要部品である燃料系部品の開発を通して車の発展に貢献してきました。車の歴史の半分に関わってきたことはすばらしいことだと思います。

この間、パワー競争の時代を経て、排ガス規制、燃費規制など数々の規制をクリアすべく燃料系のトップメーカーとして常にカーメーカーと一体になって製品開発し、品質重視の製品は今や世界4極で生産されるまでになりました。

しかし、この62年の間で燃料系の部品は大きく変化してきました。キャブレタからEFIへの転換はその中でも最大のハードルでこのハードルをクリアすべく、1980年代には営業、研究開発、量産開発、材料技術、生産技術、製造とすべての部門が一致団結して活動したことを覚えている人は、社内でも少なくなってきたのではないのでしょうか。

今改めて世界を見ますと、益々車は増加し、今後BRICsを始めさらに増加しそうです。しかし、そのことによりエネルギー不足や温暖化などの弊害が数多く出てきているのも事実です。石油燃料の枯渇は時間の問題となり、そのため車の燃料はガソリン、アルコール燃料、ガス燃料など多様化するだけでなく、動力源そのものが多様化しようとしています。

この大きな変化が起きている事をしっかり認識した上で、今後の製品開発に向かわなくてはなりません。この大きな変化はキャブレタがEFIに変わっていった時よりも大きく、早く変化すると思われ、我々もこの変化に対応していかななくてはなりません。多様化する燃料、多様化する動力源、世界最適生産、最高の品質、スピーディな開発など課題は数え切れないほどです。

この困難を乗り越えるには各部門が自部署の役割をしっかり果たし、各職制は自分の義務と責任を果たすだけではなく、部門の壁を乗り越えて、本当に愛三の将来、自分の将来を描いて、力を合わせて進むことが必要であり、次の創立80年、90年・・・には今私が「キャブレタからEFIに変わったときはみんなで頑張ったね」と言ったのと同じように、「よくやった」と言えるよう、いっしょに頑張りたいと思います。

皆さんもぜひ、この70周年の機会に愛三の過去の歴史を紐解いて先輩諸氏の努力、活動を今一度振り返ってみてはどうでしょうか？

創立70周年記念に寄せて

In commemoration of 70th anniversary of foundation

取締役

多田 源二郎



弊社は、平成20年12月で創立70周年の節目を迎えます。これもひとえに株主様、お得意様、協力会社様のご支援の賜物と深く感謝する次第であります。

弊社は自動車部品の生産を開始して63年、技術部が創立されて50年が過ぎますが、私の入社した1970年代はキャブレタ、エンジンバルブ等を中心とした部品の開発・生産が全盛期でした。1966年、米国加州において自動車の排出ガス規制が始まり、1970年代は米国のみならず国内においても年々規制が強化される中、自動車の快適性・利便性への対応と排出ガス低減への貢献を目指して全力で製品開発に取り組み、規制に適合した新しいキャブレタを世の中に送り出しました。

1980年代に入ると更に規制は厳しくなり、キャブレタの空燃比特性の改良では対応が困難となって、キャブレタからEFIへの転換を余儀なくされましたが、トヨタ自動車様を始め関係各位のご協力により、他のキャブレタメーカーがハードランディングする中、弊社は大きな変化に対しソフトランディングでき、現在のような事業規模まで拡大することができました。

しかし、弊社にとってここまで拡大できた事業の将来は、決して洋々たるものではありません。弊社がキャブレタからEFIへの転換を迫られた時以上に世の中の環境は激変しています。地球温暖化・エネルギー問題・世界同時不況の、どれをとっても待った無しの状況です。かつて栄華を誇ったビッグ3でさえ、惨憺たる現状になっていることを目の当たりにすると、環境変化への対応を的確かつ迅速に行わないと、弊社も同様な状態になることは目に見えています。先人達が、会社の成長を願い昼夜をいとわず頑張ってきたように、我々は残された財産を維持・拡大するために、激変する環境変化に対応した新製品をしっかりと捉え、創出していかななくてはなりません。そのためには、環境変化をしっかりと捉え、今後進むべき方向を議論し、不足している技術を明確にして、各人が切磋琢磨して自己研鑽していくとともに、外部研究機関・大学・お得意様先等と連携し、技術力の強化を図っていくことが必要であると考えます。

80周年の時には我々の努力が報われた形で、さらに、成長した弊社を見ていただきたいと思います。



創立70周年記念に寄せて

In commemoration of 70th anniversary of foundation

取締役

山本 治

愛三工業の製品の経緯は、キャブレタ、エンジンバルブを生産、次に、EFI製品、主にTHR、EFP、I
NJ、キャニスタの立ち上げ・切り替えに取り組み、軌道に乗せるまで悪戦・苦闘はあったものの、時代の変
化に追従し対応してきた歴史があります。

<現在までの取り組みについて>

生産技術部門の取り組みを紐解いてみると、その製品群が必要とした新工法に対して生技開発を進め品
質を確保するとともに、トヨタ生産方式による効率の追求(ムダ・ムリ・ムラ)の改善取り組みと排除を実施
してきました。

たとえば、溶接、樹脂成型、超音波溶接、レーザー溶接工法、精密研削、洩れ量測定を採用などがあ
ります。また、着脱工数低減による工程集約を行い、専用機(インデックス、トランスファ)を活用した自動ライ
ンによるライン構成を主流となった時代を経てきました。

製品の変化に伴い、業務運用上の問題点も多くあり、安全基準、品質ルールの見直し・仕組みの改善や、
人材育成も、品質保証部を中心として全社、協力して品質保証体制を構築してきました。

2003年度からは工程間の中間在庫の無駄を省くため、リードタイム短縮への取り組みや、段取り時間の
改善のため小刻みな投資という視点を強化し、鑄造(ダイカスト)、金型、加工、組み付けでシンプル、スリム
を合言葉にモノづくりを向上させる活動を現在まで推し進めています。

<重要課題について>

ここで愛三工業の置かれた現在の環境を、鷹の目でみてみると、全社から合意が得られる最も大きな取
り組むべき課題は「品質の確保」といえるかと思います。

過去の反省をしっかりと受け止め、再発防止に取り組むことで新製品開発段階での、工程FMEA、QAマ
トリックスでの不良モードの重大洩れを防止することが出来、お客様に対してご迷惑をかけない信頼できる
品質をお届けできると考えます。

<方策について>

潮目の変化から、時代の変化に対応するためには、今までの生産・右肩上がりの頃には戻れないことを一
人一人が認識、自覚して、変革することが大切です。

「時代が変わった」からこそ、今まで洩れや抜けがあるところを補強し、品質確保に向け取り組んでゆく
ことが重要と考えます。

現在の業務ステップを確認してみると、品質を造り込むためのルールはきっちり守っているか、前工程は
書類だけの引き渡しになっていないか、後工程はしっかりと認識し受け取って手の内に入れる活動を実施し
ているかなど、懸案事項は多数あると考えます。

ルールは本当に充実していて、工程での保証をするために生産技術は良品条件を設定したものを、後工程
が標準作業へ織り込むことができるよう「現地現物」で作業指導や、消耗部品交換方法などを説明し、維持
管理できるよう受け取り側が、理解できる姿勢で渡すことが今こそ重要といえるのではないかと思います。

<競争力の向上>

生産技術部門として製品の競争力向上を目的に、新しい設備、設計構想の改革(SSS化推進)、環境製
品の開発、やりにくい作業の提案改善、最適生産地の活用、製品の構造簡素化と標準化、耐久品質の確
保を行い、品質、コスト、魅力で競争力のある製品を生産できるよう進めてゆきます。

<最後に>

愛三工業の新たな歴史の一ページを作るため、生産技術部門の力を集め愛三工業の原動力の一翼を担
う部門として、関係部署と一致協力して進めてゆきたいと思います。

スロットルボデー開発の歴史

History of throttle body in Aisan

服部 泰彦

Yasuhiko Hattori

〈要 旨〉

弊社にとってスロットルボデーは主要製品として重要な位置を占めている。今回はスロットルボデーが今日に至るまでの開発経緯について製品の姿の移り変わりとともに紹介する。

〈Abstract〉

Throttle body has long been flagship products in Aisan Industry. We here introduce the history and evolution of our throttle bodies and how they have been transformed.

1. はじめに

スロットルボデーは2008年弊社売上の19%(製品別で2位)を占めているだけでなく、世界5拠点(国内、北米、欧州、アジア、中国)で生産し、世界シェアにおいても21%(第1位)、顧客数も社内他製品と比較しても極めて幅の広い製品である。ここでは、スロットルボデーが今日に至るまでの経緯を時代背景を追ってご紹介してゆく。

2. 生産開始の背景

弊社でスロットルボデーを開発し始めたのは、1981年であった。この時期は53年排気ガス規制が一段落し、更なる規制強化にむけて各自動車メーカーがキャブレタから電子制御燃料噴射に移行してゆくところである。弊社においてもこの動向に合わせて吸気系関連部品の開発を開始し、その一つが今日のスロットルボデーの基礎となっている。弊社はそれまでキャブレタ製造メーカーとして社会に貢献してきたが、その基本技術である流体制御のノウハウを活かし、電子制御燃料噴射方式の部品へ参入していった。

3. スロットルボデーの変遷

3.1 メカスロの時代

キャブレタから燃料噴射へ移行した時にこの製品に求められた機能は、文字通りキャブレタのスロットル部分の機能である。すなわち、エンジンへ流入する空気の吸気絞り弁であ

り、現在でもその基本機能は変わっていない。

ゆえに基本構成はキャブレタのスロットル部分のみを取り出した、シンプルな構造となっている。この構造のものを今日では後に登場する電子制御によるモータ駆動のものと区別して、メカスロ(メカニカル=機械的な、スロットルボデー)と呼んでいる。メカスロは、アクセルペダルに直接係合されたワイヤをスロットルボデーに取り付けた滑車状の「レバー」と呼ばれる部品につなぎ、運転者がアクセルペダルを踏んだだけ開く、極めて簡単な構造のスロットルボデーである。当初、スロットルボデーの機能は、まさにエンジンが吸入する空気量を絞るだけの単一機能であった。エンジン冷間時のファーストアイドルは他のデバイスにまかせ、暖機後のアイドル回転の自動調整機能もなかったのである。しかし、時が進むにつれ、スロットルボデーにエンジン空気量を制御する機能を集約する動きがでてくる。



図1: ISCV付きメカスロ

初期は冷間時のアイドルアップのみを担った、エンジン冷却水温度に感応して吸入空気量を変化させるエアバルブを装備したものや、その後は、ステッパモータやロータリソレノイドといったエンジンコントロールユニットが電氣的に制御するアイドルスピードコントロールバルブ（ISCV）を一体化したものがあつた。いずれも、エンジンの出力制御のみでなく、アイドル回転数の制御機能をスロットルボデーに集約したものである。このアイドル制御機能はこの後現在に至るまで姿形を変えながらも組み込まれたまま受け継がれていて、スロットルボデーの機能の一部として広く一般に認識されている。

また、1980年代後半はバブルの影響もあり、車両の高級化とともにメカスロの多機能化が進んだ時期でもある。例えば、アクセルワイヤのリンク部の機構を工夫して、アクセルの踏み代に対し、開き始めのスロットルバルブの動きを遅くした非線形特性をもつスロットルボデーである。これはアクセルペダルを急激に踏み込んでも車両の飛び出し感を抑える効果があり、異形の滑車を用いたものや、スロットルバルブ軸とは別にリンク用の軸を設けた方式として、四節リンク式、カム機構式などがある。

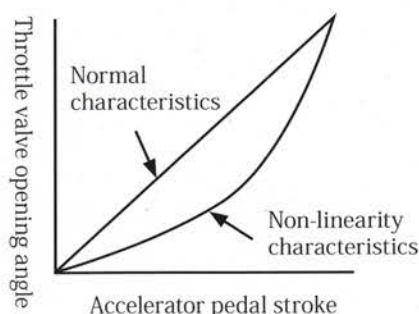


図2: アクセルペダルストロークとスロットル開度の関係



図3: UZメカスロ非線形カムTRC

さらにこの時期には、現在主流である電子スロットルボデーの先駆けともいえる、トラクションコントロールバルブを備えたものもあつた。これは通常の空気量を制御するスロットルバルブとは別に直列に配置されたバルブを必要とす

のみ閉じることによって空気量を制限し、低ミュー路などでタイヤの空転を抑える役割をするもので、主に上級車種のみで装備された。

また、スポーツエンジン用として気筒毎にスロットルバルブを備え、シャフト軸を係合して同時に開閉させる「独立吸気」タイプのメカスロもあつた。このスロットルボデーには弊社製インジェクタも搭載されている。

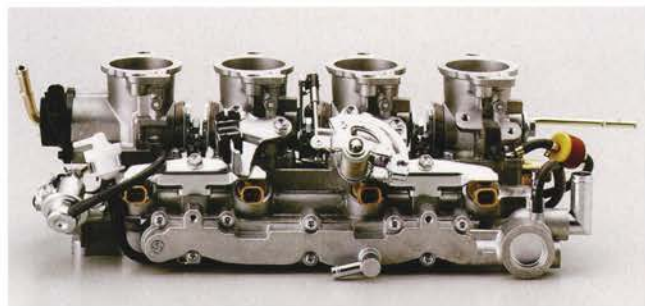


図4: 独立吸気メカスロ

この時期のメカスロの特徴は、基本的にエンジン1機種につき専用設計であり、もしくは仕向地や車両のハンドル位置の影響を受けた派生種ができるなど、種類は膨大に増加していった。

また、弊社のスロットルボデーとして特筆すべき樹脂製のハウジングを備えたものも2004年に登場している。この樹脂スロットルはPPSを使用することによってスロットルボデーに求められる要求機能を従来のアルミダイカスト材と同じレベルで満足しながら、従来のものに対して約30%の軽量化に成功している。



図5: 樹脂メカスロ

3.2 電子スロットル（過渡期）

1990年代後半には、弊社として初の電子スロットルボデーが登場する。通常、電子スロットルというメカスロの章で紹介したアクセルワイヤがなく、エンジンコントロールユニットと電気結線されたものを想像するが、当初はその両方を備え

たものが存在した。通常は電気モータ（DC）でバルブを駆動するが、万が一、異常を検知した場合はモータに内蔵されたクラッチがモータ駆動力を切断し、アクセルワイヤでスロットルバルブを駆動しようというものである。まだ信頼性面で実績のなかったこの頃の電子スロットルはこういった理由でモータ駆動部の他に、アクセルワイヤを接続するレバーやアクセルの開度を検知するセンサなどを装備していたため、体格としては大きく、コスト高なものとなった。しかし、機能面においてはメカスロの章で紹介したアイドルスピードコントロールバルブや非線形レバーといったデバイスは、エンジンコントロールユニットによってスロットルバルブの動かし方を適切に制御することで代替できるため、不要となっている。



図6：電子スロットルボデー（第1世代）

3.3 電子スロットル（成熟期）

2000年になると、アクセルワイヤから解放された電子スロットルが登場する。アクセルペダルへのつなぎ部分（リンク）がなくなったことで「リンクレス電子スロットル」とも呼ばれていた。もっとも、現在ではほぼ全ての電子スロットルがこのタイプである。この電子スロットルの特徴はアクセルワイヤへのつなぎ部分がないだけでなく、スロットルの開度センサを内装していたことにもある。メカスロの時代から、過渡期の電子スロットルまでは通常別体のスロットルセンサをスクリュで締結していた。リンクレスタイプの電子スロットルにおいては、スロットルセンサの躯体とモータ／ギヤボックス部のカバーを一体のものとするのが世界的にも標準的な設計となっている。また、スロットルセンサはそれまでの抵抗体（ポテンショメータ）を用いた方式から磁気回路を検知する非接触式へと進化する。この非接触式センサは摩耗する部分がないことから耐久性、信頼性面で従来のものに比べて大きく進化した。

一方、この頃から市場ではコスト低減要求が厳しくなってきた。弊社ではこれらのニーズに応える低コストな電子ス

ロットルを2002年に開発している。リンクレス電子スロットルにおいては、メカスロに比較してアクセルワイヤなどの制約がなく、設計の自由度が高いことによって排気量の違うエンジンに対しても、スロットルバルブの径を変えるだけでモータなど駆動系やセンサなどの基本部品を共用化しやすく、量産効果を出しやすい利点がある。この方法によって、メカスロによって拡大した種類を少なくすることができた。



図7：電子スロットルボデー（第4世代）

4. ディーゼル用スロットルボデー

ディーゼル用スロットルボデーの需要は1980年代からあった。ご存知のとおり、ディーゼルエンジンは燃料噴射によって出力を制御しているため、基本的にスロットルボデーは不要である。よって当初のスロットルボデーの役割はランオン（エンジンキーをオフにしてもエンジンがすぐに停止しない現象）防止のためのシャッター弁のみの役割でしかなかった。しかし今日では、排気ガス規制の強化に伴うEGR導入の普及により、吸気系に負圧を発生させる必要性からスロットルボデーを採用するケースが増加している。弊社においても1990年代まではメカ式のシャッター弁のみであったが、1998年にはステッパモータ式で中間開度での制御が可能なものを開発し、その後、応答性の良いトルクモータ式（2003年）を経て、今日ではガソリンエンジン用スロットルボデーと多くの部品を共有化することにより、コスト・軽量化で最も有利なDCモータ式が主流になりつつある。（2007年～）

5. 現状における課題

スロットルボデーの技術課題として挙げられるのは、下記のような要求に対する具体案である。

- ・ダイナミックレンジの拡大
（全開空気流量の拡大と全閉流量の縮小）
- ・外的要因に対するロバスト性の向上

例：スロットルボア内への堆積物に対する耐性
いずれも決して容易なハードルではないが、いずれは解決すべき課題であると認識している。

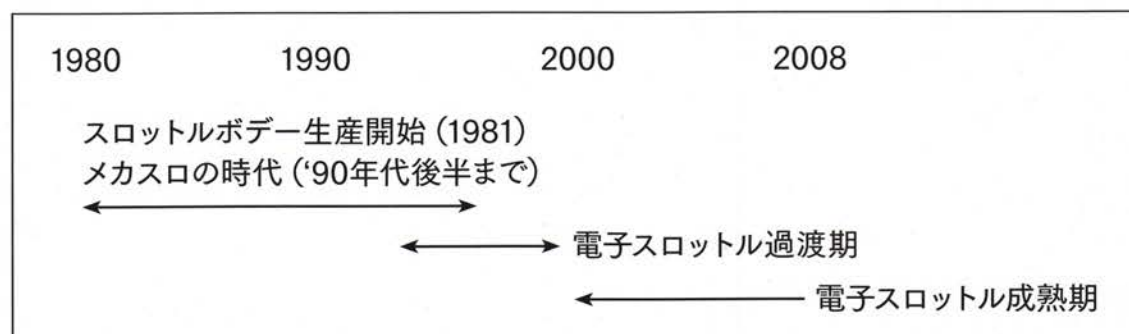
6. スロットルボデーの今後

ここ数年で電子スロットル化が進み、基本構成部品が共用化されてきたことによって、種類削減が可能となり、形状的には安定してきたスロットルボデーではあるが、現状のエネルギー動向や環境負荷軽減などの観点から、今後求められる姿を以下のようなキーワードでまとめた。

- ・さらなる軽量化
- ・高い信頼性（長寿命化）
- ・低コスト化
- ・他部品との一体化（モジュール化）

無論、要求を満たす手段は多様にあるわけだが、これらの全てを高い次元で成立させることが今後の大きな課題となってくると考える。

年表



著者紹介



服部 泰彦

第1製品開発部

愛三における燃料ポンプ / ポンプモジュールの歴史

History of fuel pump and fuel pump module in Aisan

井伊 政二

Seiji Ii

高木 邦雄

Kunio Takagi

上田 啓徳

Hironori Ueda

〈要 旨〉

弊社では1983年から燃料ポンプ、1998年からポンプモジュールを生産している。今回は弊社がこれまで設計、生産してきた燃料ポンプ/ポンプモジュールの変遷について時代を追って紹介する。

〈Abstract〉

Aisan Industry has started the production of fuel pumps since 1983 and fuel pump modules since 1998. We here introduce the history of fuel pump and fuel pump module that have been designed and produced by Aisan in chronological order.

1. はじめに

弊社で燃料ポンプの生産を1983年に開始してから、25年経過した。また、燃料ポンプ/センダゲージ/プレッシャレギュレータ等機能部品を集約化したポンプモジュールを1998年に生産を開始した。今回は、代表的な燃料ポンプ/ポンプモジュール各タイプの機能面を中心に、その変遷を紹介する。

2. 燃料ポンプの変遷

2.1 生産開始の背景

弊社ポンプの歴史は、1945年のキャブレタに燃料を供給

するメカニカル式フューエルポンプに始まり、1954年のエンジン冷却用ウォーターポンプ、1983年にはバキュームポンプと順次広がっていった。これらは機械式であったが、1983年、電動式燃料ポンプを量産化した。燃料ポンプの量産化には、ガソリンエンジン車の燃料供給方式がキャブレタ方式から電子燃料噴射方式に移行する時代背景があった。

1990年には小型燃料ポンプ（外径 $\Phi 50 \rightarrow \Phi 38$ ）の量産を開始、2000年・2006年よりEFP5、EFP8の量産を開始した。次項以降にて、代表的なポンプタイプであるEFP5およびEFP8について紹介する（図1）。

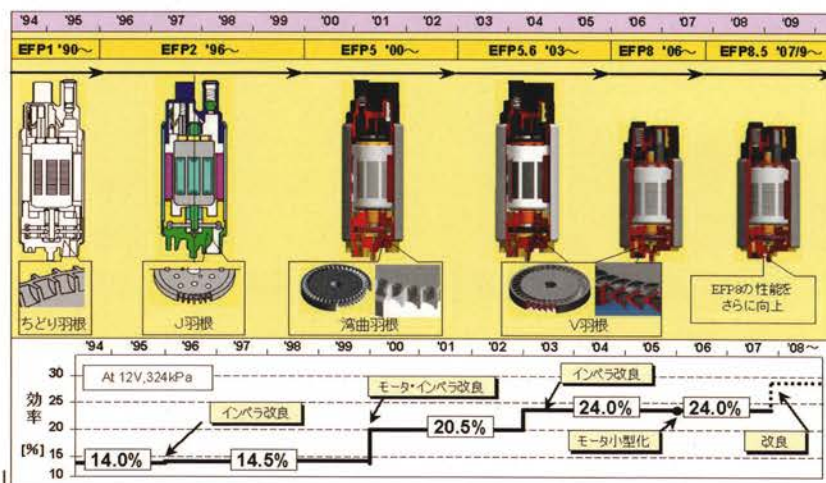


図1: 愛三製燃料ポンプの歴史

2.2 EFP5

地球環境問題(CO₂削減)への配慮は、車両搭載部品である燃料ポンプも例外でなく、燃費低減に貢献すべく電流値低減(高効率化)が求められている。EFP5は、この要求に対応すべく開発を行った。

ポンプ効率の改良は、燃料ポンプの損失低減に着目しFVM解析を活用し行った。図2に、ポンプ形式を示す。それまでのインペラの外周に1つの流路がある円周路方式から、インペラ両面・別々に2つの流路があるサイドチャンネル(側路)式へと変更し、より旋回流を強化できる昇圧性の高い構造とした。

燃料ポンプは粗悪燃料にも対応することや、長寿命も要求される。EFP5は、コミュテータをカーボン化することにより酸化ガソリン、高濃度イオウ含有ガソリン等粗悪燃料地域でも同じ仕様で使える特徴がある。コミュテータのカーボン化は、ブラシ×コミュテータ間の火花発生を抑制し、ブラシ寿命と電磁ノイズの低減を達成した。

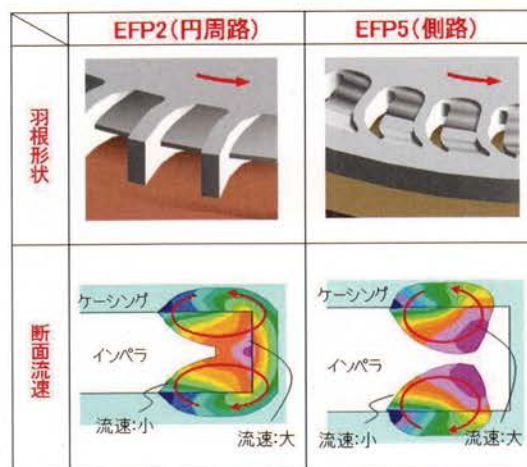


図2:インペラ比較(EFP2, EFP5)

2.3 EFP8

車室内の居住性のニーズに伴い、燃料タンクの扁平化やポンプモジュールの搭載全高を低減することが求められた。2006年に生産を開始したEFP8は、全長を大幅に短縮することにより、それに大きく寄与した。

燃料ポンプの全長を短縮するためには、効率を落とさずにモータ部の小型化が必要となる。EFP8の開発では、磁場解析を活用し、ロータ・コイル・マグネット・ヨーク等の磁気回路の配分を適正化することによって、従来のモータと同等の効率を維持したまま大幅な小型化を実現した。

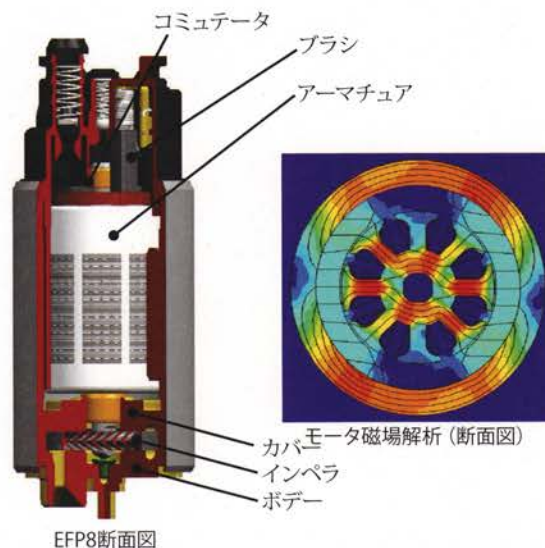


図3:EFP8と磁場解析

3. ポンプモジュールの変遷

3.1 生産開始の背景

1990年代始めより、欧州を中心にモジュール化の検討が行われていた。すでに個別の部品単位での原価低減は限界にきており、システムレベルでの部品の集約化が検討された。これに対応するため、当社で燃料系のモジュール化の検討が開始されたのが1995年頃になる。部品の設計段階より部品点数の低減、組み立て時間の低減が検討され、システムとしての製品コスト低減、生産コスト低減を可能とした。また、機能向上の分野開発も同時に進み、軽量化、音振動低減、エバポ量低減も達成することができた。

3.2 モジュール化による車両燃料システムの変化

モジュール化前後の車両燃料系システムを図4と図5に示す。図4の従来システムに対し、図5のポンプモジュールを搭載したシステムは、機能部品を大きく集約化されていることがわかる。従来システムでは、燃料タンクに蓄えられた燃料がフューエルポンプにより汲み上げられ、フューエルフィルタでろ過された後、デリバリパイプに装着されたプレッシャレギュレータで調圧され、各気筒に分配されてインジェクタから気筒内に噴射、燃焼される。一方、調圧時の余剰燃料は、プレッシャレギュレータよりリターンチューブを通してタンク内に戻される。次に、ポンプモジュールを搭載したシステムでは、燃料の汲み上げ、ろ過、調圧、リターンの機能をすべて集約化し、タンク外へは必要な燃料のみが配送される。

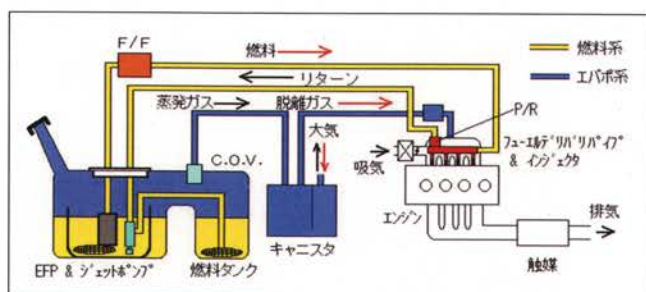


図4：従来システム

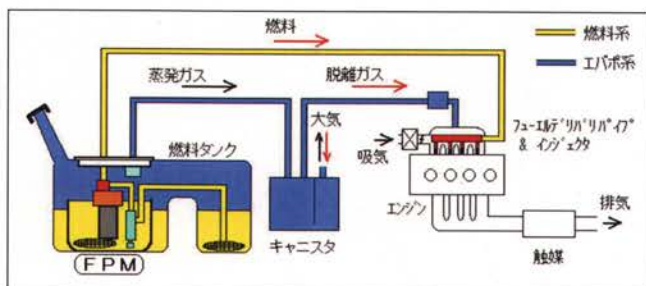


図5：ポンプモジュール搭載システム

図6にポンプモジュールの基本的な構造を示す。

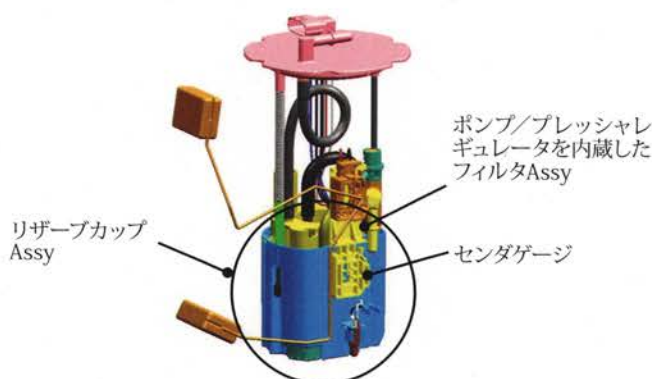


図6：標準型ポンプモジュール

このモジュール化の効果は、部品を集約化することにより、従来ポンプ単品をお得意先に納入していたものに対し、納入単価をアップさせ、燃料系システムとしてのコストを30%低減させた。

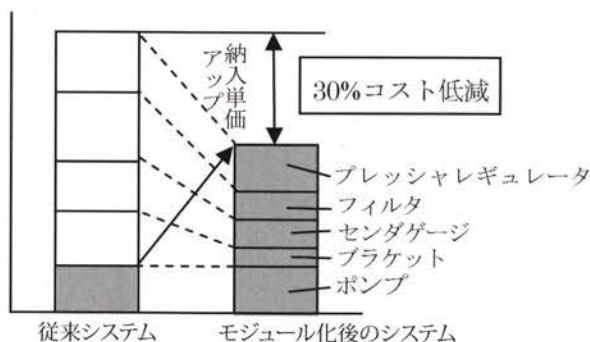


図7：コスト構成

3.3 キャニスター体式ポンプモジュール

お得意先からの更なるモジュール化、エバポ量低減の要求に答え、開発したのが図8に示す世界初のキャニスター体式ポンプモジュールである。

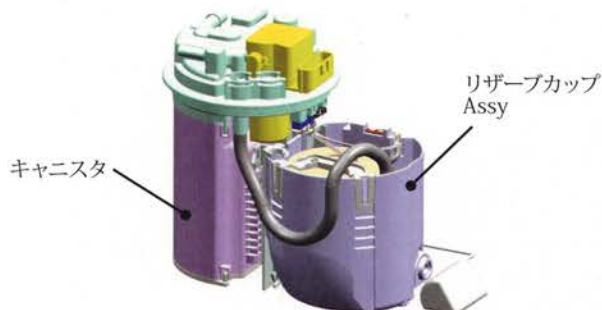


図8：キャニスター体式ポンプモジュール

キャニスタをポンプモジュールと一体化したことにより、キャニスタをエンジンルームに取り付けるブラケットや燃料タンクからキャニスタへ導くホースおよびクリップの部品廃止を行いコストと質量の低減が可能となった。

また、車両工場でのキャニスタ組付け工数の廃止、部品統合により物流費が低減可能となった（図9、図10）。

キャニスタとポンプモジュールを更にモジュール化することにより、モジュールの全高が高くなり、全高の低いタンクへの搭載ができなくなる。そのため、ポンプモジュールユニット部とキャニスタ部を並列に配置するオフセット構造を採用することにより、全高短縮化を図った。

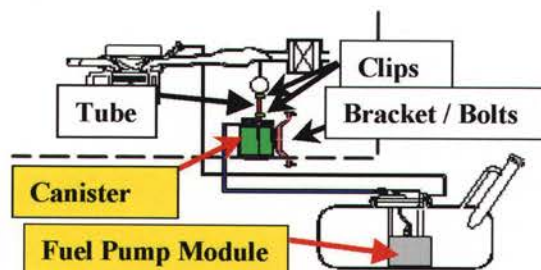


図9：従来のエバポ系システム

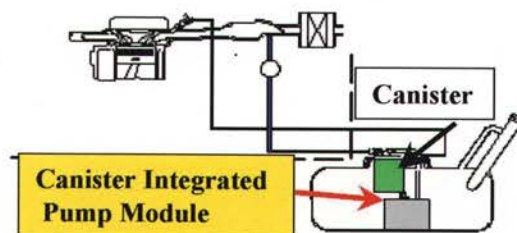


図10：キャニスター体式のエバポ系システム

4. 参考文献

- 1) 自動車技術会発表資料 (2005年秋)
「キャニスター体式ポンプモジュールの開発」

著者紹介



井伊 政二
第2製品開発部



高木 邦雄
第2製品開発部



上田 啓徳
第2製品開発部

愛三におけるキャニスタの歴史

History of Charcoal Canister in Aisan

春田 和巳

Kazumi Haruta

〈要 旨〉

弊社では1972年からキャニスタを生産している。今回は弊社がこれまで設計、生産してきたキャニスタの変遷について紹介する。

〈Abstract〉

Aisan Indusry has started producing charcoal canister since 1972. We here introduce the history of charcoal canister that have been designed and produced in Aisan chronologically.

1. はじめに

アメリカでは排出ガス対策の一環として1968年カリフォルニア州で蒸発ガス制御装置の取付けが義務づけられ、1969年には連邦政府が同様の決定を行った。自動車排出ガス規制はわが国にも飛び火し、1973年車から燃料タンクからのガソリン蒸気も大気中に排出せず活性炭で吸着し、車両走行時にエンジンの吸気管負圧により、吸着したガソリン蒸気をシリンダ内に吸入し、燃焼処理されるキャニスタの採用も義務づけされた。弊社では1972年からキャニスタの生産を開始し、30年以上経過している。弊社がこれまで設計、生産してきたキャニスタの変遷について紹介する。

2. 時代背景

モータリゼーションの進展は、人々の生活の利便性を飛躍的に伸ばしたが、その一方では、排出ガスを中心とする公害問題を惹き起した。

1960年代の前半から、アメリカでは車からの排出ガスの公害問題（光化学スモッグ）が取り上げられるようになってきた。目がチカチカするなどの刺激を住民に与えたことが契機となった。光化学スモッグは、HC(炭化水素)とNOx(窒素酸化物)が太陽光線を受けオキシダントを発生するために行うことができることが判明した。光化学スモッグの発生の多いカリフォルニア州では1960年前半から世界に先駆けて大気汚染防止の規制に乗り出した。1968年カリフォルニア州で、1969年に

は連邦政府でも蒸発ガス制御装置の取付けが義務づけされた。一方、わが国においてもアメリカの動きに対応して1966年からCO規制が始まり、1972年の燃料蒸発ガス規制によりキャニスタの採用が義務づけされた。

3. キャニスタの変遷

3.1. 鉄キャニスタ

弊社はキャニスタの開発を1967年から着手し、翌1968年には、システムとして実車に取付け総合的な試験を開始してから開発作業は急速に進み、1972年から国内向けトヨタ車用にキャニスタの量産を開始した(図1)。当時はまだ樹脂化できる技術がなかった為、キャニスタ本体は金属製プレス品で対応した。キャニスタ本体は高度の耐食性が要求されるため、トヨタ自工(現トヨタ自動車)殿の指導もあり、エポキシ粉体塗装で対応した。燃料タンクから発生するガソリン蒸気を吸着する活性炭は、規制値も現在のように厳しくなかったことと良質な石炭系活性炭がなかった為、ヤシ殻活性炭を選定した。



図1：鉄製キャニスタ

3.2. 樹脂キャニスタ

1972年からキャニスタの生産を開始し、年を追って生産数量は増加してきていた。一方、GM社殿をはじめとする自動車メーカーは、軽量化、コストダウンとして、従来の金属製から樹脂製へ変更する動きを強めてきていた。その動向に対応し、競合他社製をしのぐ小型軽量、低コストのキャニスタを開発することを目的として1977年より開発を開始した。小型化を実現するため、キャニスタの構造と効率の解析実験を重ねた結果、使用する活性炭の性能を向上するため、従来のヤシ殻から石炭系活性炭に切り替えることにより20%の小型化を実現するとともに、吸着性能を30%向上させることができた。軽量化の点においては、本体材を従来の金属製と比べ38%の軽量化に成功した。低コスト化については、構成部品を削減することによって実現した。以上の織り込みにより1980年、樹脂キャニスタの量産を開始した(図2)。



図2：樹脂キャニスタ

3.3. 規制強化対応

1990年代に入り、特に米国では急激な自動車の増加により、環境基準を満たさない地域が出始めたことから、1990年代半ばからエバポ規制は急激に厳しさを増した。'95年モデル車よりエバポ規制強化の動きができた。規制強化の動きにともない新エバポ規制に対応した軽量・高性能・低コストな樹脂キャニスタを狙いとして、1992年より開発を開始した。高性能化に対しては次の新技術2項目を織り込んだ。
①吸着性能向上：単層→反転2層化による活性炭の有効利用。
②バッフアの採用：2層目を絞り付プレートで2分割化することによりDBL(Diurnal Breathing Loss)中の吹き抜け性能を向上。軽量化・低コスト化に対しては石炭系活性炭→木質系活性炭を採用した。以上の織り込みにより1994年、対米新エバポ規制対応キャニスタの量産を開始した(図3)。

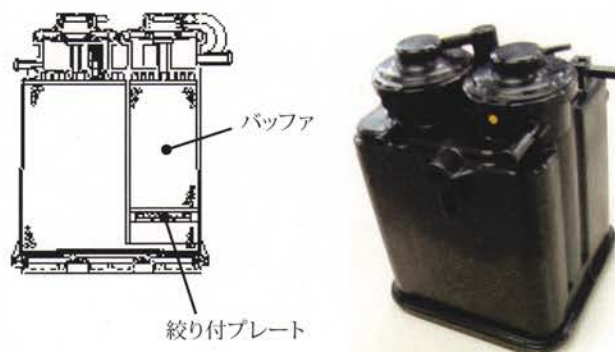
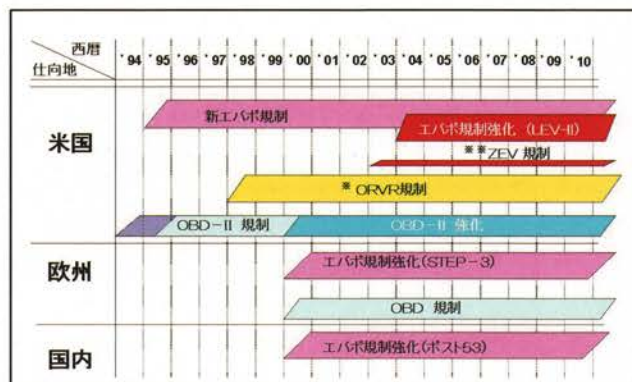


図3：対米新エバポ規制対応キャニスタ

1997年には給油時に発生する蒸発ガソリンの大気中への放出抑制を目的に、給油時の蒸発ガソリンの放出量を取り締まる規制としてORVR (On-Board Refueling Vapor Recovery) 規制が導入された。2000年以降さらに厳しさを増し、蒸発ガソリンを限りなくゼロに近づけるLEV-II (加州) / Tier-2(連邦)規制の義務付けや販売車両の一部は蒸発ガソリンの全く出ないZEV (Zero Emission Vehicle) を要求するところまで行き着くに至った(図4)。



規制値

仕向け地	規制内容	規制値(車両)
米国	新エバポ	2g/3DBL以下
	Tier-2	0.95g/3DBL以下
	LEV-II	0.5g/3DBL以下
	ZEV	0.35g/3DBL以下 但しエバポ系からは0g
	ORVR	0.2g/gal以下
	エバポ系OBD要求	エバポデバイスの作動異常検出 および エバポ系漏れφ0.5相当以下
欧州	STEP-3	2g/1DBL以下
	エバポ系OBD要求	電気デバイスの作動
国内	エバポ規制強化	2g/1DBL以下
	エバポ系OBD要求	なし(車検制度で対応)

図4：エバポ規制

注) DBLとは：炎天下の駐車中に放出されるHC蒸気量を示す。

ORVR規制対応キャニスタは1994年より開発を開始した。ガソリン給油中に発生する蒸発ガソリンは短時間に大量発生する(約6分以内に約90gの蒸発ガソリン発生)ため、ORVR用としては高性能で圧力損失の少ないキャニスタが必要となった。高性能、かつ低圧損を両立させるため、高性能なペレット状活性炭(粒の大きな造粒炭)の採用とポート径拡大化で対応し、1997年よりORVR規制対応キャニスタの量産を開始した(図5)。



図5: ORVR対応キャニスタ

LEV-II/Tier-2規制対応キャニスタは1999年より開発を開始した。LEV-II/Tier-2の厳しい規制を満足させるには、キャニスタのDBL性能向上が不可欠となった。DBL性能向上策としてL/D(図6)の拡大とメイン層(1層目)とサブ層(2層目)の層比の最適化による吸着性能向上および、サブ層内のバッファ層には脱離性の良い活性炭を使用することによりDBL中の吹き抜け性能を向上させた。以上の内容を織り込むことにより、DBL性能を向上させることができ、2002年、LEV-II/Tier-2規制対応キャニスタの量産を開始した(図7,図8)。

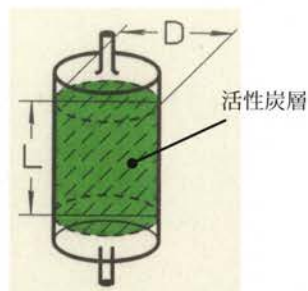


図6: L/Dについて



図7: LEV-II対応キャニスタ

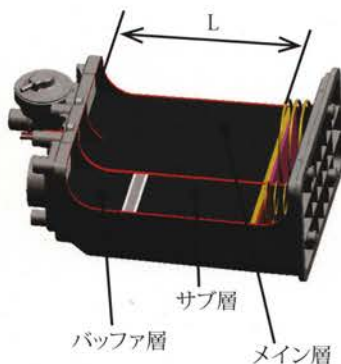


図8: LEV-II対応キャニスタ断面

一方、ヨーロッパ諸国やわが国においても2000年以降米国ほどではないが同様な規制強化が実施され、今なお、さらなる見直しが検討されつつある。2000年より欧州で導入となる欧州STEP-3規制対応および、国内エバポ規制強化を先取りして高性能・低コストな樹脂キャニスタを狙いとして、1997年より開発を開始した。高性能化に対しては対米向けキャニスタの技術を取り入れ、単層→反転2層化による活性炭有効利用による吸着性能向上と木質系活性炭採用による低コスト化により、1998年12月、欧州STEP-3規制および、国内エバポ規制強化対応キャニスタの量産を開始した(図9)。



図9: 国内規制強化対応キャニスタ

3.4. モジュール化

弊社は、ポンプを始めとする燃料系製品と、キャニスタを始めとするエバポ系製品を有しており、この2つの部品を組み合わせることで、車両工場でのキャニスタ組付け工数削減、キャニスタ取付けブラケット等の部品点数低減による低システムコスト化やキャニスタ取付けスペースの削減等のメリットをお客様に提供することが可能と考え、キャニスタをポンプモジュールに一体化したインタンクキャニスタを2002年より開発を開始し、2005年に国内、欧州向けトヨタ小型車向けに量産を開始した(図10)。



図10: インタンクキャニスタ

4. まとめ

環境規制への対応を急ぐ自動車各社はハイブリッド車の開発を進めている。低負荷時はエンジンを停止し、電気モーターで走行するため、ガソリンの消費量を低減できる。燃費改善により二酸化炭素の排出量削減が可能となる。

ハイブリッド車は一般ガソリン車に比べ、パージ量（エンジンの吸気管負圧により発生するキャニスタの掃気に必要な流量）が大幅に少なくなる。ハイブリッド車用として少量のパージ量でも対応可能な脱離性を向上させたキャニスタの開発を進めているがさらなる改良を加え低コスト化が必要となる。

アルコール混合燃料のような代替燃料の使用もますます増加していくと予想されるため、それに対応したキャニスタの開発も必要となる。

著者紹介



春田 和巳

システム開発部

愛三におけるインジェクタの歴史

History of injector in Aisan

川添 浩司

Hiroshi Kawazoe

小柳 和明

Kazuaki Koyanagi

〈要 旨〉

弊社では1984年からインジェクタを生産している。発売当初、排出ガス規制強化に伴い、ガソリンエンジン車の燃料供給方式がキャブレタから電子制御燃料噴射方式(EFI)に移行する時期であった。そこで電子制御可能なインジェクタを開発し、また、市場のニーズである小型化、高性能、低コストに対応してきた。今回は弊社がこれまで開発、生産してきたインジェクタの変遷について時代を追って紹介する。

〈Abstract〉

We have produced injector since 1984. When our first injector was released, there was a transition in the fuel-feeding system of gasoline vehicle, shifting from carburetor to electronic fuel injector due to stricter emission control. Therefore, we developed electronically controlled injector and have satisfied the market needs for minimization, high performance and low cost.

Now we trace the history of our injectors, which we have developed and produced.

1. はじめに

弊社では、EFIシステムのキーコンポーネントであるインジェクタの生産を開始し、はや24年が経過した。排出ガス規制の変化などを踏まえながら、開発の変遷を時代を追って紹介する。

2. 製品開発の背景

1980年代は、ガソリンエンジン車の燃料供給方式がキャブレタからEFIシステムへ急テンポで移行し、1990年になるとトヨタ自動車殿のEFI化率は80%を超えるレベルにまで達成した。弊社はこれまでキャブレタ製造メーカーとして社会に貢献してきたが、時代の流れとともにEFI化への移行の必要性に迫られた。そのひとつが弊社主力製品であるインジェクタである。

3. 排気規制とインジェクタの変遷

インジェクタとはエンジンの吸気管に取り付けられており、ECUからの噴射信号に基づき燃料の噴射を行うもので、電気信号を燃料流量に変換するとともに燃料を霧状にして噴射する製品である。インジェクタから噴射される燃料は、霧

化が優れると燃焼性が向上することから排出ガス規制強化に対して有効な手段である。インジェクタの変遷は排出ガス規制と密接に関わっており、図1に排出ガス規制に対し最も厳しい米国加州のHydro Carbon(HC)規制値と噴霧粒径、インジェクタの変遷を示す(図1)。

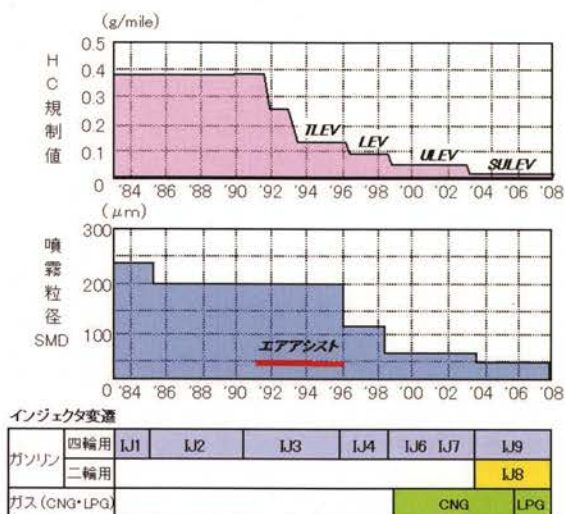


図1: 米国加州排出ガス規制とインジェクタの変遷

4. インジェクタの変遷

4.1 インジェクタ (創世記)

IJ1~IJ3 1980年にEFI3製品 (インジェクタ, フューエルポンプ, スロットルボデー) を開発するためのプロジェクトが発足し, インジェクタの開発に着手した. 開発当初は製品の知見がなかったが, 他社品のベンチマークを徹底的に行い, エンジン高出力化と排出ガス規制に対応できるよう, 他社品に対し30%の小型・軽量化, 2倍のダイナミックレンジを目標とした初代インジェクタIJ1を開発した. 1984年より量産を開始し, マルチポイントのEFIシステムとして球弁式インジェクタの量産化に成功したのは世界初めてのケースであった.

次に, エンジン性能向上のため4バルブエンジンが開発され, 燃料を2方向に噴射できるインジェクタIJ2を開発し, 1985年よりトヨタ自動車殿のクラウン(2000cc, 4バルブエンジン)に採用された.

生産の面では以下のような新しい技術を開発した. バルブ摺動部のミクロン単位のクリアランスを確保するため, 高精度研削加工, ボール弁の真球度を悪化させないレーザ溶接, 切削加工を極力減らした冷鍛加工等の生産技術を確立した.

また, 燃料の軽質化, ターボエンジンによるエンジンルームの高温化に対応できるよう, サイドフィード方式のインジェクタの開発を行った. トップフィード方式に比べて, インジェクタの冷却性およびベーパー排出性が優れ, 再始動限界温度が13℃向上した. サイドフィードインジェクタは1989年9月より量産を開始し, セリカGT-FOURターボに採用された.

当時IJ2においてバルブの切粉噛込み問題が発生していた. これを対策するために, バルブの加工部位を中実化により低減し, また, 切粉が噛込み難いバルブ形状を織込んだIJ3を開発し, 1991年に量産を開始した.

同時に1992年の米国加州排出ガス規制に対応するため, IJ3の微粒化を促進させた, エアアシストインジェクタの開発を1990年に着手した. エアアシストインジェクタは燃料とエアを衝突させ微粒化を図るものである. 噴孔部下流の2ホールアダプタ内の燃料通路に, 吸気管負圧によってエアを吸引・衝突させ, 噴霧の微粒化を促進させた. 本開発では特にエア噴出口の孔径, 数, 位置, エア衝突角の最適化に苦心を重ねた.

エアアシストインジェクタは従来品の4分の1 ($200\mu\text{m} \Rightarrow 50\mu\text{m}$) の噴霧粒径を達成することができた. 世界初のエア

アシスト技術を完成し, 1991年5月から量産を開始し, 米国向けウィンダムに採用された (図2).

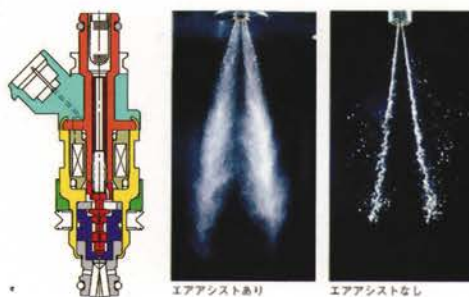


図2: エアアシストインジェクタの構造と噴霧

4.2 インジェクタ (過渡期)

(1) IJ4 1990年代になると, エンジンの高性能化に伴い搭載スペースが縮小し, インジェクタに対しては小型化のニーズが高まってきた. そこで, 1992年に小型インジェクタIJ4の開発に着手した. IJ4では部品点数の削減と構成部品の薄肉化により, 小型化とコスト低減を目指した. 小型化については, 磁気回路の薄肉化, コイル巻線の最適化を行い, インジェクタ外径を $\phi 21$ から $\phi 16$ にした. インジェクタ内部の燃料シールは従来のOリング方式からレーザ溶接とメタルフロー方式に変更した.

本開発においては, 生産技術部門と連携して, メタルフロー接合技術^{*1}とYAGレーザ^{*2}を用いたシール技術を開発した (図3).

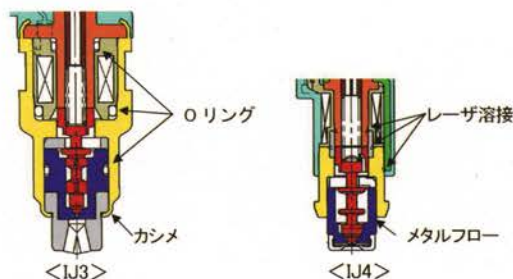


図3: IJ3とIJ4の構造比較

噴霧については, 従来の2ホールアダプタへの衝突分岐による微粒化から, 液柱小径化による微粒化を狙った4孔プレートオリフィスを採用した. プレートオリフィスはプレス加工により生産され, 斜め孔加工による2方向噴霧と燃料計量および微粒化機能を兼ね備え, コスト低減にも寄与した. 噴霧粒径はIJ3の $200\mu\text{m}$ に対し $120\mu\text{m}$ の微粒化を達成した.

1996年より量産を開始し, マークIIに採用された.

IJ4は小型・高性能が高く評価され, 1997年にトヨタ技術開発賞を受賞し, 弊社にとって初の快挙を得た (図4).

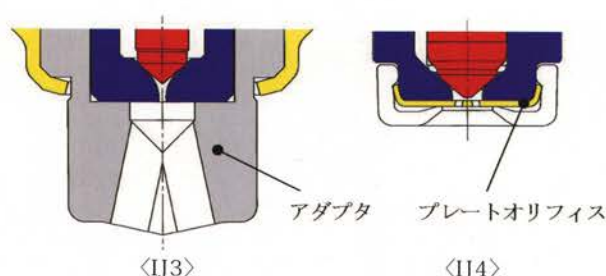


図4：IJ3とIJ4の噴孔部構造比較

※1：接合強度と気密性の確保を両立できる接合技術で、その原理はボデーの軟質材料をポンチで加圧し、シートの硬質材料に設けたV溝に塑性流動させることにより、気密性および固定を確保するもの

※2：YAG：イットリウム、アルミニウム、ガーネットを発信源とするレーザーであり、通常のCO₂レーザーに比べパワー密度が高く、低ひずみ溶接が可能。また制御性に優れ、微細加工、微細溶接に適している。

(2) IJ6, IJ7 自動車部品の国際競争の激化に伴い、海外コンペチタの国内カーメーカーへの参入が活発化してきた。これに対抗するため、1996年コンペチタに対して高性能かつ低コストのインジェクタIJ6の開発に着手した。本開発では技術部に加え、生産技術部、製造部、品質保証部が参画したIJ6プロジェクトを編成し、全社的な開発体制のもと、世界No.1のコストと性能を求めて開発を加速した。

低コスト化の方策として、アーマチュアとニードルをMetal Injection Mold (MIM) で一体化し、ボールを溶接することにより、研削の廃止を図った。また、ストロークとエアギャップを調整するためのストッパ選択勘合を廃止し、Crメッキによるソリッドギャップとシート圧入によるストローク調整方式を採用し、IJ4に比べ20%の低コスト化を達成した。またボール弁の採用によって油密性を向上させ、エンジン始動性の向上および冷間始動後のHC低減を実現した。ボール弁の背反である高温性および切粉噴込み性に関してはシート形状の改良により克服した。1998年6月より量産を開始し、マークIIに採用された。

次に、IJ6をベースに、排出ガス規制強化 (ULEV) に対応するために、更なる微粒化を目指したIJ7の開発をスタートした。コストミニマムで微粒化を達成するために、エアアシストを用いずプレートオリフィス構造での微粒化を狙った。微粒化手段として、オリフィスの更なる多孔化による噴射液柱小径化、および噴孔上流の横流れ成分の強化を用いた。

多孔化に対しては、噴射燃料の干渉により、噴霧粒径悪

化が懸念されるため、プレートオリフィスの噴孔径、噴孔数、噴孔角度、噴孔位置の最適化検討を行った。

横流れ強化に対しては、ボール弁の先端にフラット部を設け、噴孔との距離を短縮することにより、横流れ流速を大きくできるバルブおよびシートの形状の検討を行った。

これらの設計にあたり、CAE解析と噴霧試験により繰返し評価を行い、12孔プレートオリフィス、および先端部をフラット化したバルブによって、噴霧粒径60 μ mを達成することができた。

IJ7は、1998年11月より量産を開始し、ヴィッツに採用され、1999年にトヨタ技術開発賞を受賞した (図5)。

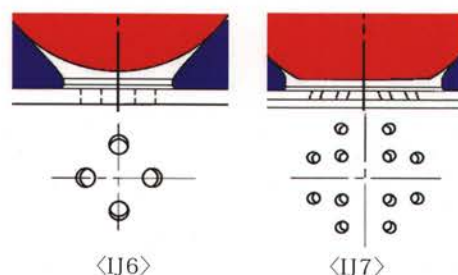


図5：IJ6とIJ7の噴孔部構造比較

(3) IJ30 (CNG用インジェクタ) 1990年代よりエネルギー問題から圧縮天然ガス (CNG) を燃料とする自動車開発が進められており、Multi Point Injection (MPI) システムに対応できるインジェクタのニーズが高まってきた。そこで1997年よりCNGインジェクタの開発をスタートした。

CNGは気体燃料であるために、ガソリン (液体燃料) との性状の相違により、インジェクタには次の3項目が要求される。

- ①約570倍の体積流量確保のためのバルブ構造
- ②高圧 (0.8MPa) 気体燃料に対する高い弁気密性
- ③燃料潤滑が期待できないドライガス中での作動耐久性

CNGの流量確保のために、噴孔面積拡大、バルブ作動ストロークの増大が必要となるが、ストロークの増大は応答性を悪化させる。その対策として、電流制御式の駆動回路を採用し、さらに、高効率な磁気回路構成およびバルブの軽量化を図り応答性を確保した。

弁気密性確保のために、従来の金属シールに対し、ゴムシールを採用した。過酷な使用環境下でのゴムシールの耐久性確保に苦心したが、材料選定、形状の最適化を検討し、シールゴムの圧縮永久歪を抑制するメタルストッパ方式構造により耐久性を確保した。

作動耐久性確保のために、摺動レスバルブ構造を採用し

た。燃料に潤滑性がないため、バルブが作動するための摺動部を廃止し、板バネによりバルブを保持して作動可能な構造にしている。この摺動レス構造は当社独自であり、ドライガス作動に対応することができた。

CNGインジェクタは、1998年12月より量産を開始し、米国カムリに採用された。1999年にCNGコンポーネント（インジェクタ、レギュレータ、エンジンバルブ）としてトヨタ技術開発賞を受賞した（図6）。

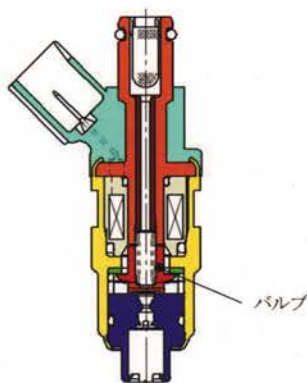


図6: CNGインジェクタ構造

4.3 インジェクタ（成熟期）

(1) IJ8 2000年以降、二輪車市場においても排出ガス規制強化が進み、キャブレタからFuel Injection(FI)システムへの移行が必要となってきた。市販されている二輪車は排気量50cc～150ccの小型二輪車が主流である。その小型二輪はエンジンスペースが四輪車に比べきわめて小さく、従来四輪で使用していたインジェクタでは搭載が困難であるため、小型インジェクタが必要となった。

そこで2001年より、二輪車の排ガス規制に対応でき、小型化と性能を両立した超小型インジェクタの開発をスタートした。

インジェクタの小型化のメリットはエンジンへの搭載性向上の他に、排出ガス低減の効果もある。小排気量エンジンはポート径が小さいため、噴射燃料がポート壁面に付着するポートウェットが生じやすく、微粒化の効果が阻害される。これを回避するためには、インジェクタを細径化し、噴孔位置を前進させる（吸気弁近傍で噴射する）ことが有効であると考えた。

製品開発のねらいとして、

- ①磁気回路、構成部品の小型化による全長短縮、細径化
- ②磁気回路の最適化によるダイナミックレンジ向上
- ③構成部品簡素化による低コスト化

を検討した。

その結果、従来品（IJ6）に対して体積50%減、ダイナミックレンジ35%向上、コスト30%減を達成することができた。

IJ8は2003年10月より量産を開始し、ヤマハ発動機マジェスティに採用された。

また、四輪車においても、トヨタ殿D4-Sエンジン（直噴＋ポート噴射）に搭載性よりIJ8が採用された。D4-Sエンジンはポート噴射位置が遠いため、インジェクタ先端突出しによりポートウェットを低減し、排ガス性能を確保した。

本インジェクタは2005年7月より量産を開始し、レクサスGS350に搭載された。また、2005年トヨタ技術開発賞を受賞した。

(2) IJ9 2000年よりトヨタグループとしての開発効率化のため、デンソー殿と次期型インジェクタIJ9の共同開発をスタートした。本プロジェクトは製品開発、生産技術、部品調達、生産において愛三・デンソー殿協業の形で進められた。

製品開発のねらいとして、

- ①噴霧微粒化による排出ガス規制対応
- ②インジェクタ先端突出しによるポートウェット低減
- ③ダイナミックレンジ向上によるエンジン高出力化対応
- ④共通部品採用、ラインタクト短縮によるコスト低減

を検討した。

噴霧微粒化については、噴孔内の気液混合状態に着目し、燃料液膜の厚さを薄くできるテーパ12孔を採用し噴霧粒径50 μ mを達成した。

噴孔位置前進については、ポート形状に応じて、ポートウェットを抑制できるようニードル長さのバリエーションを2種類設定した。

ダイナミックレンジについては、高効率磁気回路、バルブ軽量化、ストローク短縮を図り、向上させた。

コスト低減については、愛三×デンソー殿共通部品採用による部品の最適調達、およびデンソー殿の生産技術導入によりラインタクト短縮を図った。また、生産集約化のためにハウジングSAの愛三集中生産、ノズルプレートのデンソー殿集中生産を行った。

また、両社で品質保証、計測トレーサビリティの擦り合せを行い同一性能・同一品質を保証したインジェクタをお客様に提供することができた。

IJ9は2002年8月よりデンソー殿にて量産開始され、愛三は2003年8月よりハイエースで量産を開始した。2002年にトヨタ技術開発賞を受賞した（図7）。

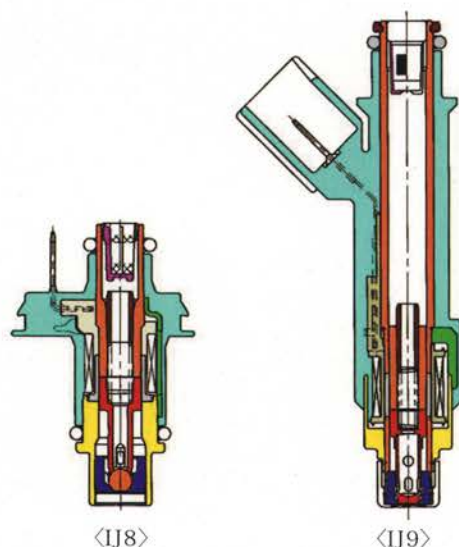


図7: IJ8およびIJ9構造

(3) LPG用インジェクタ

地球温暖化問題に起因するCO₂削減の取り組みが進められているなか、LPGエンジンはガソリン代替燃料のクリーンエネルギーエンジンとして注目されている。また、国内の排出ガス規制においては、2005年に新長期排出ガス規制が適用され、さらに2008年には新たな試験モード追加により強化された。これらの規制に対応するため、従来のキャブレタ方式によるミキサーシステムからの燃料供給をインジェクタによって精密に制御できる電子制御式LPG-MPI液体噴射システムに移行されることとなり、インジェクタの開発が必須となった。そこで、2002年より、IJ9をベースにした開発をスタートした。

製品開発のねらいとして

- ①高油密特性
- ②高蒸気圧燃料での高温下の流量特性確保
- ③高信頼性、長距離保証（タクシー向け）

を検討した。

高油密性については、CNGインジェクタで採用したゴムバルブシール構造を採用した。

高蒸気圧燃料（プロパン主体燃料）での高温下の流量特性を確保については、流量精度悪化の要因となる噴孔部のベーパー化を抑制する必要がある。CAE解析と高温試験の結果から、ベーパー化に影響するバルブビード形状および噴孔部寸法の最適化を図った。また、インジェクタ内のベーパーを効率的に排出させるサイドフィードトップリターン方式を採用し、蒸気圧が広範囲で変化する種々のLPG燃料において流量リニアリティおよび流量精度を確保した。

高信頼性、長距離保証のために、バルブシール部はCNGと同じメタルストッパを採用した。ただし、LPG燃料ではベーパーの発生により摺動部にキャビテーションが発生するため、バルブ摺動部とガイド部にメッキを施し耐摩耗性を確保した。

これらの開発により、LPG燃料において、ガソリンインジェクタと同等の性能と、タクシーにも使用可能な高信頼性を確保できるLPGインジェクタを開発することができ、2007年12月よりダイナに、2008年8月よりコンフォート（タクシー）に採用された（図8）。

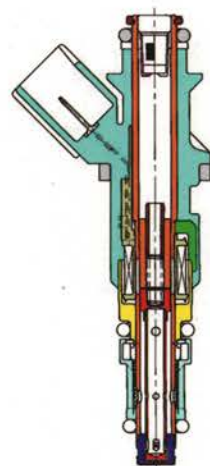


図8: LPG構造

5. 現状および開発課題

現状、四輪車に対しては協業インジェクタIJ9で機種展開に対応している。二輪車に対しては、アセアン等の新興国にも排ガス規制が強化されており、二輪のFI化が急速拡大していくと予想されるため、さらなる低コスト化が要求される。さらに原油価格の高騰によりCNG・LPG等のガス燃料が代替燃料として見直されてきている。

開発課題として、二輪用低コストインジェクタの開発およびガス燃料用次期型インジェクタの開発が挙げられる。

6. 今後の展望

今後は、流体制御のキーコンポーネントであるインジェクタの設計および生産技術を、愛三のコア技術として活用し、将来のFCHV用の流体制御機器等の新製品開発に生かしていきたい。特にガス燃料インジェクタ（CNG・LPG）については、弊社固有の技術であり、世界No.1を目指し開発していきたい。

7. おわりに

弊社インジェクタは、量産開始よりはや24年が経過した。改めて振り返ってみると、開発当初に比べ、小型・軽量化（外径▲40%、質量▲53%）、高性能（噴霧粒径▲75%）、低コスト▲70%と進化しており、これは、お客様のニーズを第一に考え開発している結果である。その結果、現在インジェクタのシェアは世界第6位を確保している。

今後も市場動向をキャッチし、お客様に喜んでいただける製品開発を進めていきたい。

著者紹介



川添 浩司

第2製品開発部



小柳 和明

生技開発部

エンジンバルブ開発の歴史

History of engine valve in Aisan

富永 忠良

Tadayoshi Tominaga

〈要 旨〉

弊社にとってエンジンバルブは主要製品として重要な位置を占めている。今回はエンジンバルブが今日に至るまでの開発経緯について製品の姿の移り変わりとともに紹介する。

〈Abstract〉

Engine valve has long been flagship products in Aisan Industry. We here introduce the history and evolution of our engine valve and how they have been transformed.

1. はじめに

エンジンバルブは、エンジンのシリンダヘッドに搭載され、燃焼室を密閉する役目をもっている（図1）。

吸気バルブは、吸気行程で開き、燃焼室に燃料と空気の混合ガスを吸入し、排気バルブは排気行程で開いて、燃焼済みのガスを排出する。

エンジンバルブは摂氏900度にもなる燃焼ガスにさらされても、変形や摩耗がおきないように、耐熱性・耐摩耗性が要求される。また、高速回転するエンジンに追従しなければならないため、軽量であることも求められる製品である。

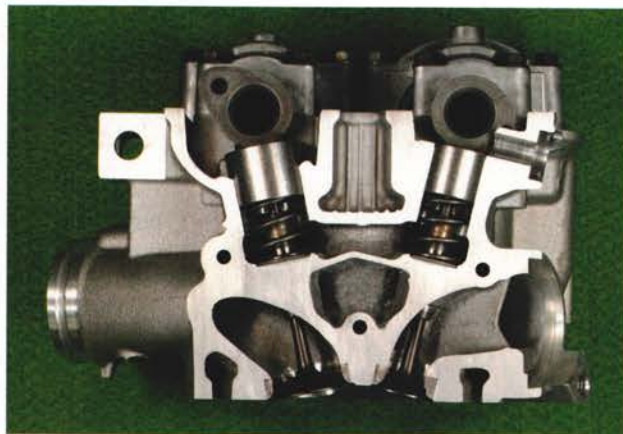


図1：エンジンバルブ搭載状態

弊社のエンジンバルブは今日では世界2拠点（国内、中国）で生産され、世界シェア8%（第3位）、国内シェア36%（第1位）を占め、弊社売上の8%を占める主力製品である。ここでは、弊社のエンジンバルブが今日に至るまでの経緯を時代背景を追って紹介する。

2. 生産開始の背景

2.1 生産開始のいきさつ

弊社におけるエンジンバルブの製造は1960年、トヨタ自動車工業株式会社殿（当時）よりエンジンバルブ製造設備を移設した時に始まる。機械加工設備から鍛造プレスまで順次移設し、トヨタ自動車工業殿向けにF・RS・C型エンジン用等のエンジンバルブを本社第2工場にて製造開始した。

2.2 安城工場での生産開始

日本の自動車工業の急激な発展に対応し、さらに将来の発展を期するため、弊社は1971年、安城工場を建設し、同年、安城第1工場にてエンジンバルブの生産を開始した。生産能力は大幅に増大し、当時、安城工場は従業員230名を擁するわが国最大の自動車エンジンバルブ工場となった。

3. エンジンバルブの変遷

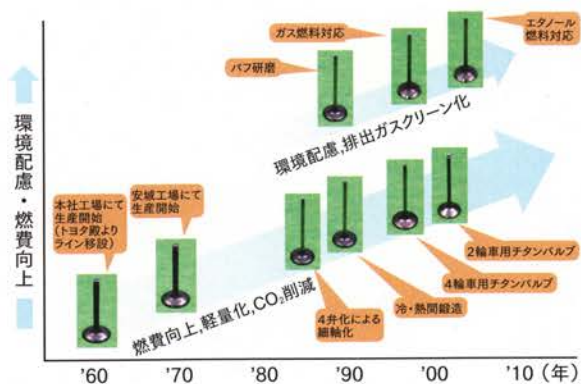


図2: エンジンバルブの変遷

3.1 盛金エンジンバルブ

弁フェースは、バルブシートと着座することにより過大摩擦すると、気密不良となり、エンジン出力が低下してしまう。

特に有鉛ガソリンを使用する場合、弁フェースは酸化鉛により腐食され、弁フェース摩耗を起こしやすい。

1971年、トヨタ自動車(株)殿の有鉛ガソリン使用地区への自動車輸出に因應するため、有鉛ガソリンにおいても弁フェースが摩耗しにくいコバルト合金を弁フェースに肉盛した盛金エンジンバルブの量産を開始した。

又、1985年には、従来からのガス盛金やプラズマ盛金に代わる、低コストな盛金工法としてレーザー盛金工法を開発し、国内で初めてレーザー盛金エンジンバルブの量産化を開始した。

3.2 4バルブ化による細軸化

1986年からエンジンの4弁化（1気筒あたり弁数：2弁→4弁）が急速に進んだ。

これにより、弊社のエンジンバルブの生産数は急速に増加した。

バルブのサイズは小さくなり、軸径は従来の7～9mmから5.5～6mmへと細軸化が進んだ。

3.3 バブ研磨エンジンバルブ

シリンダヘッド内のオイルがバルブステムとステムシールのすき間から多量に洩れ、燃焼室に入り込むと、オイルの消費量が増加するうえ、オイル燃焼残渣が大気中に放出されるため、環境に悪い。

そこでステム部にバブ研磨を施し、表面を滑らかにしたバブ研磨バルブを開発した。これによりステムシールからのオイル洩れ量を低減することができた。

通常、ステム部は耐摩耗性確保のため窒化処理が施されているが、窒化硬化層を残したまま表面を滑らかにするバブ研

磨工法を開発し、1991年バブ研磨バルブの量産を開始した。

バブ研磨バルブは現在も弊社のエンジンバルブの標準仕様として量産されている。

3.4 冷・熱間鍛造法の開発

弊社は従来、電気アプセッタによる熱間鍛造でエンジンバルブの成形を行っていたが、需要の急激な増加に対応するため新しい生産方式の開発に取り組み、より効率よくすぐれた品質を確保できる「冷・熱間鍛造法」を開発した。

開発に当たっては、材料の冷間鍛造性向上、金型の強度向上、焼付きを防ぐための潤滑条件の改良などを行いアプセッタ工程を冷間鍛造化し、従来の約10倍の成形速度を実現した（図3、図4）。



図3: 冷間鍛造成形のオニオン



図4: 電気アプセッタ成形のオニオン

この生産方式の開発は、そのすぐれた技術力を認められ、1991年5月、日本塑性加工学会の「技術開発賞」を受賞。学会の東海支部長から「世界最先端の技術」という高い評価を得た。

3.5 チタンエンジンバルブ

3.5.1 4輪車用チタンバルブの開発

エンジンの出力向上、燃費向上へのニーズが高まるとともに、エンジンバルブの軽量化が求められるようになり、弊社では1987年ごろからエンジンバルブの軽量化を目指し、さまざまな素材についての検討を重ねてきた。

開発に当たっては、従来の耐熱鋼と同等以上の強度、耐摩耗性が求められ、さらに耐熱性も要求された。このため弊社は、トヨタ自動車(株)殿、(株)豊田中央研究所殿と共同で、耐熱チタン合金を素材として開発に取り組み、量産車用のエンジンでは世界初のチタン合金エンジンバルブの開発に成功した。軽量化40%を達成したこのチタンエンジンバルブは、出力向上をはじめ、燃費向上、エンジン騒音の低減などが可能な画期的なエンジンバルブとして、1998年、トヨタアルテッツァ用に量産を開始した（図5）。

又、弊社のチタンバルブは、世界最高峰の自動車レースにおいても使用されており、その高い信頼性と品質を証明している。



図5：チタンエンジンバルブ

3.5.2 2輪車用チタンバルブの開発

2輪車，とりわけモトクロス2輪車，スーパースポーツ2輪車は，非常に高出力化のニーズが高く，2000年にヤマハ発動機(株)殿のモトクロス2輪車に弊社のチタンバルブが採用されると，その後，チタンバルブの採用は急速に拡大し，現在，モトクロス2輪車，スーパースポーツ2輪車はチタンバルブが主流となるまでになった。現在，2輪車市場でのチタンバルブの弊社の世界シェアは80%を超えている。

2輪車市場へのチタンバルブ拡販により，弊社のチタンバルブ生産は急増した。2輪車用チタンバルブは多機種，小量生産であったため，新日本製鐵(株)殿と共同で，量産性に優れ低コストで，信頼性の高いチタンバルブを開発し量産化した。

2輪車メーカーの間で激しい高出力化競争がくり広げられるため，エンジンバルブの使用応力負荷環境はどんどん厳しくなっていた。特にインテークバルブは高応力負荷で使用される。そこで，2007年，新日本製鐵(株)殿と共同で，新チタン材料を用いた高強度チタンインテークバルブを開発し，量産化した。この新材料チタンバルブは一般的なチタン合金を用いたチタンバルブの約1.5倍の疲労強度を有している。

3.6 代替燃料用エンジンバルブ

3.6.1 ガスエンジン用エンジンバルブ

ガソリン燃料に代わる代替燃料として，ガス燃料(CNG，LPG)がある。ガス燃料で運転する場合，一般的なエンジンバルブ材，バルブシート材の組合せでは，排気側のバルブシート材が過大摩耗するという問題があった。ガス燃料はガソリン燃料にくらべ，クリーンで燃焼残渣が少ないため，バルブ，バルブシート間の燃焼残渣による潤滑作用が小さいため，運転中，バルブシート材が弁フェースに凝着し，その荒れた弁フェースがバルブシートを摩耗させる，というメカニズムであった。

そこで，弊社はトヨタ自動車(株)殿と共同で，ガス燃料においても，シート材が弁フェースに凝着しない合金を弁フェースに盛金したガスエンジン用エンジンバルブを開発し，1998年より量産化した。

3.6.2 エタノール用エンジンバルブ

ガソリン燃料に代わるもう一つの代替燃料として，エタノール燃料があり，近年注目されている。

エタノール燃料の場合も，ガス燃料と同様の原理でバルブシートが摩耗するという課題があったが，ガス燃料用に開発した合金盛金エンジンバルブはエタノール燃料においても効果を発揮した。

現在，エタノール燃料用にもこの合金の盛金エンジンバルブを量産している。

3.7 エンジンバルブのグローバル展開

トヨタ自動車(株)殿の中国現地生産にこたえるため，中国に愛三(佛山)汽車部件有限公司(略称AFA)を設立し，2005年創業を開始し，中国向けカムリ用のエンジンバルブの生産を開始した。

当初は日本メーカーの材料を用いてエンジンバルブを生産した。その後，現地の材料メーカー社から，品質，コスト目標を満足できる材料メーカーを選定し，2007年から中国現調材を用いたエンジンバルブの量産を行っている。

4. 現状における課題とエンジンバルブの今後

地球温暖化防止のため，自動車の排出ガス規制，燃費規制は今後さらに厳しくなる。そのため，理論空燃比で走行する運転領域を拡げる方向でエンジン開発が進むと予想される。その場合，エンジンの排気温は上昇し，エンジンバルブの作動温度が上昇し，エンジンバルブの信頼性が低下する。この課題に対処する方法として，

- ・高耐熱材
- ・エンジンバルブ作動温度低減技術

の開発が必要である。エンジンバルブだけでなく，周辺部品も含めたシステムで考え，エンジン高排気温化に低コストで対応できる技術を開発してゆくことが重要である。

著者紹介



富永 忠良

第1製品開発部

座談会 「将来に向けた製品開発」

Product development for the future (minutes from round-table discussion)

司会 山田 茂樹 (技術企画部 部長)
書記 大原 満 (技術企画室)

話し手 北川 和寿 (研究開発部), 国分 寿英 (第1製品開発部), 橋場 博文 (第2製品開発部)
伊藤 大介 (二輪事業部), 高崎 準 (システム開発部), 杉下 雅一 (PT適合開発部)
田中 裕恭 (生産技術部), 永橋 洋平 (生技開発部), 篠田 潤一 (ダイカスト事業部)
磯貝 篤司 (工機部), 渡邊 大輔 (工機部)

(司会) 今年は愛三工業の創立70周年にあたります。入社4年から10年くらいの若手技術者に集まっていただき、「将来に向けた製品開発」と題し、過去を振り返るのではなく、将来を語る座談会にしたいと思います。

1. 自動車は、どの方向へ?

(北川) 「自動車はどうあるべきか?」という話題からスタートしたいと思います。車は単なる「移動のための手段」というだけではつまらないし、「乗っていて楽しいもの」であって欲しいという思いがあります。動力源やエネルギーの違いといった見方からブレークダウンして、さらに環境にも配慮して、10年後、20年後、30年後にどんな車があるかを考えました。

今後、リチウムイオン電池が世の中に出てきそうです。中国では大手自動車メーカーのこだわりである材料系などは無視して、エネルギー量は少ないが安く、安全で、けっこうちゃんと走ってくれる鉄系のリチウムイオン電池をもつすごい勢いで開発しているそうです。

現在の電気自動車は、小型でも250から300万円はするんですね。しかも、走行距離はエアコンONの状態だと80キロしか走らない。ちょっと、成り立たないと思いますよ。でも中国のような安いリチウムイオン電池が5年後、10年度に実用化されると、「短距離でもいいなら電気自動車もありでは?」と思えてきます。

日本は今後ますます生活格差が開き、お金持ちは、本人は大型ハイブリッド車で、娘さんやお母さんとが近所を走る電気自動車を所有するでしょう。お金持ちでない人は100キロしか走らない電気自動車だと遠出ができないので、低価格のガソリンタンク仕様のハイブリッド車になるのではないかと思います。それで、電気自動車はお金持ちの間にしか普及しないのではないかと考えています。



また、充電スタンドの普及についても私自身は懐疑的で、そうなるとやはりハイブリッド車ではないかと思うのです。

(司会) 乗って楽しい車、ユーザーのことが考えられた車、例えば、休日に車に乗ってどこかへ遊びに行くことを考えて、「車」はこうがいいな、と思うことはないでしょうか?

(伊藤) どうせ乗るならパワーがある車に乗りたいと思います。電気自動車でもある程度パワーがあり、ストレスなく追越しができることが最低限必要です。慶応義塾大学が研究開発している「エリーカ」という電気自動車は、38社もの企業が出資、開発に携わっていると聞きます。愛三も出資できるくらいの会社になれば良いと思うし、そこから新しい部品などが生まれると思います。その中の部品を一つでも、愛三工業が開発できたらいいと思います。

私の家庭を例に挙げると、車で移動する旅行がメインなので、やはり走行距離が長い方がうれしいですね。でも、途中で電気を補充する、充電スタンドが普及すれば、走行距離については全く問題ないと思います。

(篠田) 電気自動車にしても、結局、どこかでエネルギーを使って作られた電気をを用いて走るわけで、理想はソーラーカーみたいなものかなと思います。発電所トラブル

時や、災害時のことを考えると、やはり移動体自身で電気を作ることが必要かと思えます。

(司会) それでは、ガソリンエンジンは、どのように変わっていくと思えますか？

(杉下) 以前はエミッション規制に対応していたのですが、近年は燃費に対して非常に厳しくて、中国の「燃費規制」や、欧州の「CO₂規制」も出てきて、ガソリン車を取巻く環境はだんだん厳しくなっています。今後ガソリン車に替わる代替燃料車が増加するのではないかと思います。

エミッション規制であれば、触媒を暖めるなどの方法で対応できますが、燃費となると、駆動系だとか、エンジンのウェイト、空力とか、全ての要素を解決していても不十分という状況になってくる。

(司会) ということは、ガソリンエンジンではもう限界まで来ているということなのでしょうか？

(北川) 今はそんな時代なのです。トヨタさんのハイブリッド車開発は、「車重を下げろ、下げろ」とかいう世界なのです。

中国で今後、安い電池が大量に作られるという話ですが、中国で電気自動車を走らせると、発電所では石炭をそのまま燃やしているから実は非常にCO₂が発生するといった話があります。

(田中) 私が思うのは、「砂漠のど真ん中で電気があるのか？」というと、まず、無いだろうな。では、エタノールにしろ水素にしろ、代替エネルギーがあるにしても、そのためのインフラはどれだけ整備されるのかということが難しいのではないかと思います。都市部では水素ステーションを作るのにも、その辺りに作らせてもらえない。走行距離が短いとなると、数が増えなければ走る範囲が限られるということにもなる。

今までガソリンで慣れてきた人たちは、受け入れないのではないかと思います。そうすると、世界的に見た時に、どこでも燃料が手に入るガソリン車は無くならないという気はします。

今のガソリンスタンドのようにインフラが整備され、または燃料を積んで走れたり、容易に電池交換できるようにならなければ、今のガソリン車に完全に取って替わる車はないのかなと思います。では、何になるのかは私の知識の中では、ハイブリッドに落ち着いてしまうのですけれど。

(高崎) LPG車は日本国内のタクシーで普及していますが、世界的規模で見た場合、CNG車の方が普及していて、

埋蔵量もCNGの方が多いと言われています。CNGなら、エネルギーを持って走れるので、現在のガソリン車とそれほど変わらないし、ガソリンからCNGへはインフラさえ整えば、替わりやすいのではないかと思います。

(田中) 実現可能かわからないですが、空気で走る自動車というのがあって、動力源は圧縮空気なんですね。もしそれが、実用できるくらいのパワーなり走行距離なりという話になってくるとあれば、ちょっとした水が出るくらいなので、環境面を考えると、素晴らしいと思います。

(聞き手) 使う上での車は、いま動力源の話が出て、「課題は何で、技術的にどうか」という話もあるけど、今の車に対して、もう少し「こういう目的というか、こういうのがあれば」というのは何かないでしょうか？

(橋場) 私は通勤で車を使うことが多く、通常自分一人しか乗らないですが、車を買うときには、「いざという時に何人か乗るかもしれない」とか、「家族のため大きな車が必要だ」というふうになると思いますね。でも、後部座席を使う機会はほとんどないので、用途によって大きさを変更できる車があったらと思います。例えば、電車みたいな感じで、前2列だけで動ける車があって、今日は人を乗せるかもしれないという時に、ちょっと今日は後を付けていこうか、みたいな車があってもいいのではないかなと思います。

(司会) では車以外は、今後どうなっていくのか。二輪は、これからどうでしょうか？

(伊藤) ガソリン高騰でかなり二輪車が増えましたね。このことから結構二輪車には、道があるのかなと思います。3人で乗りたい時に二輪車では乗れないので、三輪車が増えたら面白いのかなと思います。でも屋根が無いから雨が降ったらどうしよう？屋根を付けたら結局車になってしまいますね。二輪車として、ウリは燃費と置き場所が小スペースで済む。魅力ではあるかと思えます。

今はほとんどキャブ車ばかりで、ようやくFI車がちょっとづつ市場に入ってきているのですが、それは、別に燃費とかではなくてレスポンスやドラビリのためです。もし排ガス規制が厳しくなってきたらまた別の話になると思いますが。

(司会) 物を運ぶという観点でみた時に、長距離を一人ひとりが車で運んで行くという発想は、これからもあるのでしょうか？

(磯貝) 愛知県内の主要な鉄道は、名鉄、JRの2社だけです。東京とか都市部に行くと地下鉄が張り巡らされている。そうすると、車対電車みたいなことになるから

電車が発達しない。これが今度から多人数乗せるといふふうに一度に運ぶとなると、車より電車の方が強いと思います。

(渡邊) でも、電車は、自分が止まりたい時に止まれなくて目的地まで行ってしまうので、個人的にはやはり車が好きです。

(国分) 私も電車よりは車が好きです。それは何故かというと、車は自分の空間が保てるからです。そうすると、やはり車に乗り続けたいと思うのです。最終的には、天然ガスとかの天然のエネルギーがきて、その後電気がきて、最終的には、自己発電みたいな太陽発電とか、さらに蓄電でしょうか？電気を蓄えて長距離を走れるというものになっていくのではないかと考えています。

(磯貝) ドイツとかこの国の町の条例で、車の乗り入れ規制が厳しくなり、その代わりに市電を走らせるという話がありました。その町で車を所有していた人は車を所有しているとコストもかかり車も使えないので、ほとんど町から車が消えたというものでした。

(国分) 周囲の環境で、車に持てる自分の空間があるといふふうに感じる人なら理解できると思います。

(永橋) 電池とか太陽エネルギーを使う話について、環境に配慮して使っていると思うのですが、その太陽電池を作るのに環境負荷物質を使い作っているという現状があるので、結局は、どこかで歪ができるのかなと思うのです。そうならないようなエネルギーが出てくれば、面白いかなと。

(北川) その通りだと思います。環境に良い物を作るのに環境に負荷をかけてはしょうがないと思います。

個々の家で発電し、電気を作ってその電気で車を走らせるということは大事な考え方だと思うのです。夏の一番暑い時期にピーク電力を電力会社が何とかするために火力発電所を持っていて、ベースの30%は原子力で働かせてピークのために火力発電所を持っているということです。そういう意味では、そのピークを減らす事がとても大事で、例えば、深夜電力を使ってエネルギーを貯めておく(熱、電気など)という考え方がとても大事であると思います。

(司会) なるほど。貯めておいてそれを使うということを考えるんですね。

(北川) そういう意味では、それぞれの家庭で電気を作るといふことも、太陽電池を含めてあるかなと思います。

2. 愛三の良いところはどこでしょう？

(司会) 「近未来の車のために愛三は何ができるか」と考える前に、そのもととなる愛三の良い所はどこでしょう？

(北川) 愛三の人は皆、真面目ですよ。言われた事は素直にやるし、文句は少し出るけれど、方向さえ定まれば皆真面目にコツコツと仕事をしてくれるというところは、いい会社だと思います。

(伊藤) 現在、愛三創立70周年記念行事で展示パネルに関わっているのですが、愛三は昔「面白そうなことをやっていたんだな」と感じました。たとえば、自転車に小さなエンジンを乗せるだとか、湯沸し器を作るだとか、そういった車とは関係ないようなところに手を出してやっていた時は、すごく自由が垣間見えた気がします。

(橋場) 自動車部品として、「こういうものが必要になる」となるとうちのような会社が「開発します」ということになるわけですが、他の会社がやりたがらない、「すごく未知なところを愛三はやっているのだな」というのは、私も感じる場所があります。

愛三しかやっていないという分野もあり、ある種、利益にとらわれずに新しい事に挑戦するという事が多々あるのではないかと思います。

(篠田) ダイカスト事業部になってから、造り易さの提案など、どんどんお得意先にしますよ。そういうところは、良いのではないかなと。動力源に関する技術しても、「こんなの、ありますよ」みたいに提案できるといいですね。お得意先から言ってくるのではなくて、愛三から提案するくらいの技術力があるのではないかと思います。

(永橋) 私は入社して4年目ですが、愛三には過去からある蓄積された技術というのが沢山あると思います。愛三は、まずものを作るという「現物主義」が良いところだと思います。

(司会) 愛三は、頭デッカチではなく現物主義だと。それをやってきて、長年のノウハウが溜まっているということですね。

(篠田) あと、理屈をそこに付ければ、良いのではないかと思います。

(渡邊) 私は、金型設計をしているのですが、今までやったことが無いような構造で金型を作るっていうのをやらせてもらっています。上手い出来ないこともありますが、そういう時こそ人が伸びる時だと思うし、上司には「しっかりフォローしなさい」と言ってくれるので、そういう面では、嬉しい会社だなと思います。

(高崎) いつもカーメーカーさんから、あれやれこれ指示を受

けてやっていますが、今度は逆にうちの方からカーメーカーさんに提案して広げていくようなことができるのではないかと思います。

自動車の話ばかりしていますが、自転車に何か愛三の技術を活かせないかなというのを少し思っています。

(大原) 愛三はダイカストの技術はかなりのノウハウを持っています。自転車は最近、フレームをはじめ、素材がどんどん変わってきて、フレームはカーボンが全盛です。新素材がどんどん増えてきてはいますが、一方ではまた最近、趣味性の高い、昔ながらの金属(鉄)フレームなども見直されてきているのですよ。自転車部の方から何か要望を出し、それをフィードバックして自転車に取り入れるという事ができると、物を作っている人のモチベーションも上がるし、やる気も出ると思いますね。

(高崎) その話は面白いですね。実際、大会に出て活躍しているわけですから。そういう人たちが他の会社から買った自転車や部品を使って走っているわけですね。「ここをこうしたほうが良いのに」というのがあるのかもしれない。それをうちでやれるといいですね。最初はうまくいかないかもしれないけれど。

(国分) やはり協力しあう雰囲気は、愛三にはあると思います。協力し合うとか、団結力はどこにも負けないと思いますので、そういう意味で人を伸ばす様なところがあると思います。愛三は、ゆるいというか、助けて伸ばしていくみたいな空気があると思います。若い人は、甘えずに自分でやって伸びていこうという気持ちが大切かなと思います。

(杉下) 愛三は、大き過ぎず小さ過ぎず隣の部署とかも敷居が高くないので、コミュニケーションも良く、団結力が強いのではないかなと思っています。

私は適合業務に携わっていますが、部品メーカーで適合設備があるのは珍しく、他社に比べて強みなのではと思います。

(田中) 愛三は、各部署とか横の繋がりが良く、団結力もありますが、なんだかんだ言いながらも皆で何とかやり遂げてしまおうところがあると思います。あまりドロドロしたものを感ぜないので、愛三社内の雰囲気は良いと思います。

3. これから必要になる技術は、何か

(司会) これまでくるまの変遷や、愛三の良いところなどの話をしましたが、今後、新しい車に対応するために新たに身に付けなければならない技術は何でしょうか。先ほどの話で、愛三には今までに培ってきたものがたくさんあ

るとか、技術内の雰囲気がよいとか、難しいものも可能にする堅い団結力とかがあるという意見がありましたが、今後愛三としてどんな技術を蓄積する必要があると考えますか？

(北川) 将来、車はハイブリッドを経て電気自動車になっていくと思うので、電気に関わる製品をやっていく必要があると思います。そこでハイブリッド車用に絶対に必要なものを作っていきたい。競合他社と戦っていくために、小さな我々が何をやっていけるのか。それは唯一特許だと思います。特許を書くためには、特許力をつけることが必要で、それは、「文章力」ではなく、「発想力」だと思うのです。

(聞き手) 絶対に必要な根っこの部分というのは？

(北川) ハイブリッド車用製品として開発するとすれば、やはりモーターと電池になると思います。

(聞き手) 今の北川さんの意見に対してどうでしょうか？愛三がいきなり、電池やモーターに取り組もうという意見ですが。

(伊藤) モーターという発想は良いと思います。現在でも、燃料ポンプモジュール、電子スロットルなどがモーターを使用して製品があるので、そこから発展させ、モーターを主動力にすれば近道だと思います。将来が見えるような気がします。

愛三がモーターを使っているの、全く関与していない会社よりは強いと思います。

電動ポンプの効率を上げるために、巻線諸元を変更したりとか、モーターに対するノウハウがあるので、モーターはいけると思います。

4. これからみんなでどうやって進んでいくか？

(篠田) 生産技術側からの提案としては、燃費改善に役立つのは軽量化の提案ですが、生技に図面がまわってくるころには形状も決まっています。提案する余地もない。「形状を変えると再評価が必要だからできない」と技術にいわれる。もっと早い段階で技術と一緒に連携していかなければいけないと思います。

(永橋) 開発は、製品別にランク付けされていて、開発に入るタイミングが違う。生技開発はそのものが仕事で、技術からの提案で動いたり製品設計の段階で動いたり、困った時に依頼されたりしますが、生技は、ラインの仕事や現場の改善も多く、技術開発と並行して動くことはなかなか難しいですね。

(田中) 製品が仕様フィックスする前に、生技・製造要望は聞いてもらえる範囲では、聞いてもらっています。お得意

先の要求もあり、無理なものは無理と言われますが。

最近は、お得意先も巻き込み活動していますが、製品全体ではなく、一部の製品しかやられていないことが問題だと思います。製品が違くと、何度も同じ提案をする必要がおきるのです。

(司会) 話がかなり現実的なところにきてしまいましたが、愛三独自のものを開発するために、早い時期から技術・生技が一緒になった活動が必要となるということですね。

(磯貝) 生産技術開発という部分は、現在、量産用ラインの設備を作ってから試験をするので、そこで不具合などが起こると設備を作り直さないといけない。そのため、例えば、技術も現場設備で製品がどう作られているのかを理解したりして、生技側から技術側に入っていくばかりではなく技術側から生技側に入ってきて理解してもらえると、相互のものづくりに活かせると思います。

(橋場) 作りやすいものをつくるのが会社にとって生き残る道だと思います。製造業は自動車産業のみならず、早く、安く作ることが大切だと思います。

(磯貝) 最近の製品は構造が複雑なので部品点数も多くなる傾向にあります。そうするとそのための設備が多くなります。部品点数を少なくするためには、同時に組めることが必要だと思います。

(北川) 私の場合、上司から「設備を見に行け」とよく言われたので、見に行っていましたから、製品がどのようにつくられているのかはよくわかっていました。でも今は、自分の描いた図面の製品が、どうやって作られるかさえない人が多いと思います。

(磯貝) 実際に現場を見てみると、加工基準が他社と違うとか、設計から生技に注文もつけられるし、見ていないと議論ができない。加工、組付けに対して基準が必要で、この基準部分が小さいなど、新たに判ったりすることもありますし。

最近、製品コストが決まっています。そこから設備の値段が決まるので、製品がどのように造られているのかを見ることは、とても大切です。

(国分) 設計としてはもっともだと思うので、作りやすい設計を心がけます。設備を見に行くことは大切ですが、入社当初の頃のように、ただ「ぼーっ」と見るだけではいけない。目的を持って見に行くことで、見方が変わってくる。

(司会) 見に行くタイミングが大切ですね。評価したり、設計したりするようになったとき、見方が違ってくる。

(伊藤) 設備側も「見える化」したらどうでしょうか。どこからでも図面を検索システムで見ることができるので、本社に

いながら安城工場の設備が見えるようになるような見える環境を整えることも大切だと思います。

(篠田) 会社が大きくなれば可能かもしれません。お得意先に図面を持って行ったが見積り不可ということもあるので、設備の「見える化」が実現したらそういうことはなくなると思います。

(司会) 最後になりましたが、どんな車が出てくるのかという話から、将来どうしていきたいのか、どうすることが大切なのか想像がついたと思います。愛三はもともと素質がある会社なので、新しいことはどんどんやらなければいけない。そのためには、技術・生技が一緒になってやっていくことが大切だと思います。また、やらなくてはいけないことは、「やらねばならない」という信念を持って、今がだめでも状況が変われば直ぐやるところが愛三の良いところでもあるので、一度ダメでも諦めずに提案して開発をしていって欲しいと思います。

本日はどうもありがとうございました。

以上

EGRクーラーバイパスバルブの開発

Development of EGR Cooler Bypass Valve

羽田野 真

Makoto Hatano

田口 篤

Atsushi Taguchi

山本 浩樹

Hiroki Yamamoto

〈要 旨〉

ディーゼル車のクリーン化実現にクールドEGRシステムが有効であることが知られている。このシステムのデバイスは排気ガスに含まれる排気凝縮水、ススと未燃燃料で生成されるデポジットなどにさらされる劣悪な環境下にある。近年の排気規制強化対応のために、クーラーの冷却効率向上、EGR量の増加に伴い、排気凝縮水の量も増加する傾向にある。この排気凝縮水が原因である腐食の回避は、各デバイスにとって必須条件であり、これに有効な構造開発と皮膜選定をして、EGRクーラーバイパスバルブを量産化した。

〈Abstract〉

A cooled EGR system is known as an effective clean-up technology for diesel engines. The system device is used in harsh environments, being exposed to exhaust gas condensate water and deposits of soot and unburned fuel. Tighter emission standards in recent years require more efficient cooling function and also increase the amount of EGR gas, resulting in an increase in the amount of exhaust gas condensate water. It is absolutely necessary to prevent any corrosion of the device caused by the exhaust gas condensate water. Therefore, we have adopted a surface treatment that is effective to prevent corrosion, and design development for mass-produced EGR cooler bypass valves.

1. はじめに

1.1 バイパスバルブの役割

近年、地球環境の保護について世界的にその重要性が認識されている。自動車についてはCO₂排出量の少ないクリーンディーゼルが注目されている。これにはディーゼルエンジンの弱点であったスス、窒素酸化物などを低減する排気ガスのクリーン化技術の進歩が大きく寄与している。

中でもクールドEGRシステムは、吸入したEGRガスの温度を水冷式クーラーで下げることによって窒素酸化物低減の役割を担っている。

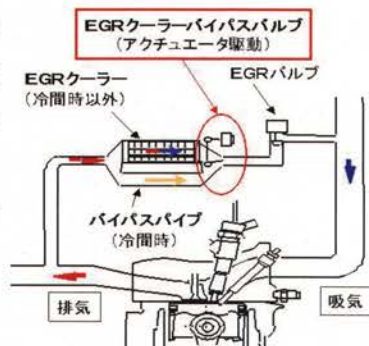


図1: クールドEGRシステム

本システムでの課題は、エンジンが冷えている状態での燃焼不安定化を克服することである。

この解決手段として、冷間時にはクーラーを通過させず、バイパス通路を経由させるクールドEGRシステム（図1）が有効である。このガス切替機能をEGRクーラーバイパスバルブ（以下、切替バルブ）が担う。切替バルブを通過するガス（以下、EGRガス）には排気凝縮水、未燃HC、ススなどが含まれているため、切替バルブにはこのような劣悪な環境下でも確実に作動することが要求される。

1.2 排気凝縮水について

気筒内に吸入される大気と燃料および燃料内に含有する硫黄などの酸化反応により、排気ガスには、有機酸、無機酸の元となる成分が生成される。これらの成分がEGRクーラー内部で露点以下の温度で冷却されると有機・無機の酸を含む強酸の凝縮水となる。切替バルブはこの腐食環境に耐えなければならない。

本製品のボデーには、軽量化と低コスト化を狙いとして、アルミダイカスト材を採用しているため、凝縮水によるボデー腐食対策が必須である。

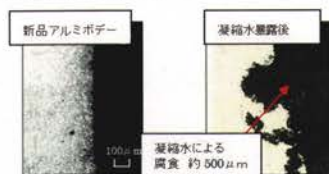


図2：凝縮水によるアルミ表面腐食状況

アルミボデーは、排気ガス中の凝縮水によって図2.に示すように腐食してしまい、この腐食の際に、凝縮水中の硫酸成分とアルミボデーが反応して、硫酸アルミニウムが生成される。

この硫酸アルミニウムは、水に溶解する性質を持っており、排気ガス中のススおよび凝縮水と混じり合って、硬質なデポジットに変化することにより、最悪の場合、軸受け摺動部内で硬化して、バルブ作動不良に至らしめることが、開発の過程でわかってきた(図3)。

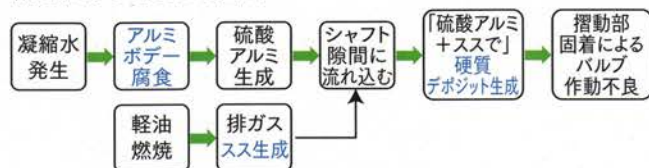


図3：切替バルブ作動不良の推定メカニズム

このような切替バルブの機能喪失を回避するために、以下の設計的な対策を実施した。

1.3 切替バルブの構造

基本構造は、アルミダイカストボデー、クーラーとバイパスを切替えるL型のバタフライバルブ、そのバルブを作動させるためのシャフトとダイヤフラム式アクチュエータで構成されている。今回の製品開発においては、従来の量産品に対して、ボア内壁のアルミ腐食防止のためにテフロン®コーティング(テフロン：デュポン(株)殿の商標登録)を追加設定した。本論では、テフロン®コーティングについて、量産化に至るまでの検討内容を報告する。

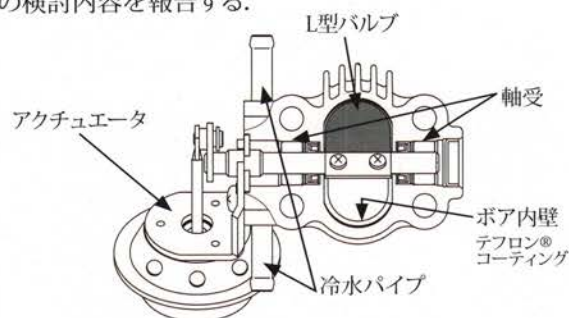


図4：開発品 EGR切替バルブの構造

2. コーティング材の検討

2.1 概要

耐食性を付与するコーティング材の選定においては、この切替バルブの使用環境条件を十分に考慮する必要がある。

例えば、EGRガスの最高温度は、400℃に達する。また、極低温から高温に至るまでの温度変化に耐えなければならず、このような環境下において、凝縮水の強酸に対して、アルミボデーを確実に保護しなければならない。

アルミボデーに対する耐食性コーティングについては、アルマイト、メッキ、樹脂コートなど多岐におよぶ技術が知られている【参考文献(1), (2), (3)】。これらの表面処理の中で、最適な材料を選定するために、アルミボデーに対する耐熱・耐酸性コーティングのスクリーニング評価を実施した。

2.2 コーティング材の選定

量産性およびコストの観点から選定された各種候補材について、アルミ材に対してコーティングを施し、テストピースを製作。その後、エンジンでの使用環境条件での信頼性を確認するために、以下の耐凝縮水性の評価を実施した。

<試験内容>

i) コーティング候補材について

- ①アルマイト処理
- ②セラミックコート処理
- ③NiP (ニッケルリン) メッキ
- ④テフロン®コーティング

ii) 試験条件

・耐ヒートショック試験

所定温度の高温槽にて1時間放置→水没

上記内容を5サイクル実施

・耐酸性試験

エンジン模擬凝縮水に所定時間、所定温度で浸漬

模擬凝縮水成分：硫酸、硝酸などの強酸溶液

表1：表面処理試験結果

	①アルマイト処理	②セラミックコート処理	③NiPメッキ	④テフロン®コーティング
内容	7341 Si アルミダイカスト	セラミックコート アルミダイカスト	NiP アルミダイカスト	テフロン®コーティング アルミダイカスト
表面状態	表面にクラック有り	表面にクラック有り	表面にクラック無し	表面にクラック無し
断面状態	割れ有り アルミダイカスト	割れ有り PCO	割れ有り NiP	割れ無し Teflon
判定	×	×	×	○

試験結果を表1.に示す。①アルマイトおよび②セラミックコート処理については、コーティングに割れが発生している。これは、高温⇄水冷のヒートショックにより、アルミ母材とコーティング材の熱膨張差が大きいため、その熱膨張変化に追従できず、コーティングにクラックが生じたことが原因である。この結果より、ヒートショックに対しては、セラミック系の硬質コーティングは適さないことがわかった。

次に、③NiPメッキであるが、ヒートショックの耐性については、問題はなかった。しかしながら、模擬凝縮水に対して、NiPメッキ自身が溶解してしまっている。そこで、この浸漬溶液の成分分析を実施して、生成物の確認をしたところ、このメッキは、硝酸に対しての耐性が無いことが判明した。

最後に、④のテフロン®コーティングにおいては、耐ヒートショック試験および耐酸性試験について、良好な結果が得られた。これは、テフロン®コーティングが樹脂であるため、ヒートショックによる熱膨張変化の際に、アルミに対するコーティング材の変形が十分に追従したためであると考えられる。また、耐酸性については、テフロン®の化学的安定性が寄与したと考えられる。以上の結果より、テフロン®コーティングをアルミボデーへのコーティング材として決定した。

2.3 テフロン®コーティングの詳細検討

1) コーティングの耐摩耗性確認

切替バルブが作動する際に、ボデーシート面上のコーティング表面に対してバルブが接触する。この耐摩耗性について確認するために、以下の耐久評価を実施した。

<試験条件>

i) 供試品

設定膜厚の上限値および下限値にて、本製品のボデーに対してテフロン®コーティングを塗布したものを製作した。

ii) バルブ作動条件

- ・作動回数：車両寿命から推定して設定
- ・雰囲気温度：使用環境を想定した冷熱サイクル



図5：バルブに対する耐摩耗試験結果例（膜厚下限品）

結果の一例を図5.に示す。膜厚上限品および下限品いずれの諸元においても、摩耗は確認されなかった。このことから、テフロン®コーティングが、十分な耐摩耗性を有していることが確認できた。

2) コーティングの耐熱性について

テフロン®コーティングの長期耐熱性は、その主成分であるポリフッ化エチレン樹脂の物性値より260℃とされる。しかしながら、EGRガスの最高温度400℃に対しては、不十分であるため、今回は、切替バルブに水冷機構を追加して、ボデーを冷却することで、高温EGRガスに対するテフロン®コーティングの熱害対策を図った（図6）。

i) 水冷構造の検討

ボデーを冷却する手段の1つとしてエンジン部品では、エンジン冷却水をボデーの内部に通すことが一般的である。

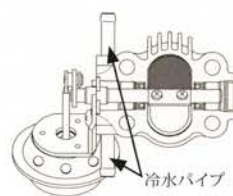


図6：EGRバルブの水冷機構

この水冷構造の設計については、熱CAE解析およびエンジン実機を用いたボデー温度測定を実施して、最適化を図った。

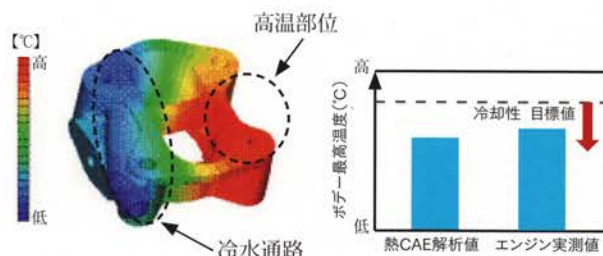


図7：ボデーの熱CAE解析コンター図とボデー最高温度結果

結果を図7.に示す。熱CAE解析コンター分布をみると、冷水通路から離れた部位ほど、高温になっていることが解る。この高温部位において目標値を満足していることから、目処有り判断した。次に、実際に切替バルブの試作品を製作して、エンジン実機を用いてボデー温度測定を実施した。

その結果、熱CAE解析値よりも実測値の方が、若干高い温度を示したが、解析での予想通り目標値を満足しており、冷却性が確保されていることが確認できた。

ii) 耐熱性の確認

テフロン®コーティングの耐熱性については、その材料配合、塗布条件や膜厚などにより、物性値とは若干異なることが知られている。そこで、今回採用するテフロン®コーティングの耐熱実力値を把握するために、以下の評価を実施した。

＜試験条件＞

アルミボデーに所定膜厚のテフロン®コーティングを実施。所定温度および所定時間の熱履歴を印加した後、コーティングの表面状態を確認した。

表2：テフロン®コーティングの熱履歴印加後の表面状態

		温度			
		低			高
		条件A	条件B	条件C	条件D
表面外観					
結果	黒色新品から変化無し	黒色新品から変化無し	こげ茶色樹脂バインダ溶解して変色	こげ茶色®テフロン膜がボデーと剥離	

結果を表2. に示す。条件Bまでは、テフロン®コーティングの耐熱性について問題の無い事が確認できる。条件Cになると、本来黒色のものが、こげ茶色に変色しており、原因を調査すると配合物である樹脂バインダの溶解が起こっていることが解った。また、条件Dにおいては、わずか2時間の熱履歴でテフロン®膜がボデーと剥離してしまう。これら結果より、ボデー水冷化にて条件B以下にボデー温度を冷却できていることから、テフロン®コーティングが、耐熱性を確保できていることが解った。

以上より、テフロン®コーティングを採用するための必要条件である、ボデー冷却性の確保および、そのコーティングの耐熱性実力を確認できた。

3. まとめ

3.1 コーティング材の選定

アルミボデーに対して耐食性を付加する為の最適なコーティング材料として、耐凝縮水性および耐ヒートショック性に優れたテフロン®コーティングを選定できた。

3.2 テフロン®コーティングの詳細検討

選定したテフロン®コーティングが、切替バルブに要求される耐摩耗性を満足することを確認できた。また、水冷構造を最適化することで、その耐熱信頼性を確保できた。

このテフロン®コーティングを用いたEGRクーラーバイパスバルブは各種耐久試験で効果を確認し、現在、量産中である。

参 考 文 献

- (1) 日刊工業新聞社「機能性含ふつ素高分子」
著者：里川 孝臣
発行：昭和57年2月28日
- (2) 軽金属出版「アルマイトの電気化学」
著者：佐藤 俊彦
発行：昭和57年7月3日
- (3) 日刊工業新聞社「合金めっき」
著者：榎本 敏生, 小見 崇
発行：昭和63年3月31日

著者紹介



羽田野 真
第1製品開発部



田口 篤
第1製品開発部



山本 浩樹
技術企画部

ローコストインマニの開発

Low cost Intake Manifold development

吉川 直孝

Naotaka Yoshikawa

〈要 旨〉

国内, 欧米の自動車市場では需要の横ばいが続く中, ブラジル, ロシア, インド, 中国などの新興国では大幅な需要拡大が予測されている. これらの地域では低価格車両のニーズが高く, そのためのローコストな部品開発が急がれている. このため達成できないかもしれない高い目標値を設定して, これまでとは異なるコンセプトで開発した樹脂インマニについて紹介する.

〈Abstract〉

A great demand expansion is forecasted in the emerging countries such as Brazil, Russia, India, and China, though the demand expansion of the car market in Japan, Europe and the United States is little. Because needs of a low-priced vehicle are high, it is necessary to speed up the development of low cost parts for these countries. Therefore, with a very high goal, a resin Intake Manifold is developed by a concept different from the past, and it will be introduced here.

1. はじめに

インマニ (intake manifold) は, エンジンの吸気系部品でサージタンク部と吸気管部を樹脂の一体成形で構成している. アクセルペダルと連動するスロットルボデーで計量された吸入空気を各気筒へ均等に分配する機能を有する. インマニのコスト50%低減を目標設定し, 開発を開始した. このため従来の原価低減活動での5%, 10%低減とは異なり思いきった発想の転換が必要で, 全ての工程のコスト検討から開始して開発した中で, 特徴的な内容を紹介する.

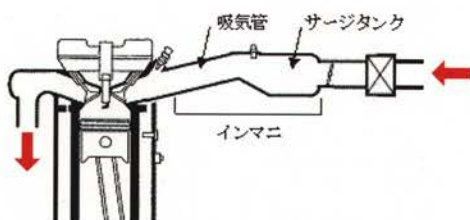


図1: インマニの構成

2. コスト構成

4気筒エンジン排気量1,500cm³を想定した現行の樹脂4ピース構造のインマニのコスト構成を図2. に示す. 全体の

48%を樹脂材料費が占めており, 次に4ピースの成形, 3箇所の変動溶着および金属カラー, 熱圧入ナットの組付け費が28%, 金型, 溶着, 組付け設備償却費が14%, 金属カラー, ナットの部品費が10%の構成である. 最も割合の高い材料費は原油由来の6ナイロン樹脂にガラス繊維で強化したもので, 2003年以降原油の高騰に連動して価格の上昇が続いている.

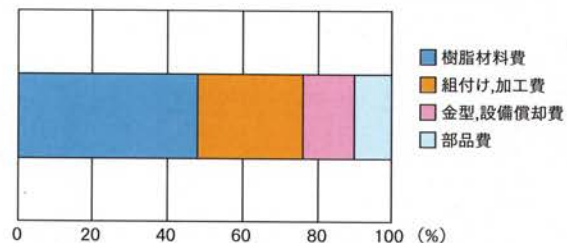


図2: コスト構成

3. 機能の集中と選択

3.1 ローコスト化

インマニのコスト構成で樹脂材料費の割合が高いのなら低減するため, 安価な材料に変えとか, 余肉の除去, 薄肉化などを考えて採用しても所詮VAの範疇であり大幅なコス

ト低減は望めない。そこで、新興国向けであることを前提とした機能の選択と集中を行うこととした。

3.2 エンジン性能

(1) 吸気管長と効果

吸排気はそれぞれのエンジンバルブの開閉によって脈動して流れている。吸気系エンジンバルブを管内圧力が強まった時に開弁できればより多くの空気を吸入できる。このメカニズムは、吸気工程でピストンの下降により急激な圧力降下が生じ負圧波が発生する。この負圧波は吸気管内を伝わり、開口面積の大きなサージタンク部に達すると逆位相の正圧波として反射されてエンジンバルブ部へ戻ってくる。この現象を慣性過給効果と呼び、エンジン回転数に対して最適な吸気管長が存在する。図3のグラフは参考文献(1)による計算結果である。吸気流速の遅い3,000rpm以下では慣性過給効果は充分得られていないことが判る。この回転数域は最も実用的な領域だが顕著な差がないことから4,000rpm～6,000rpmのエンジン出力性能を犠牲にして思い切った吸気管長の短縮を図った。今回採用した吸気管長はベースインマニに対して吸気管長を50%以上短縮した。

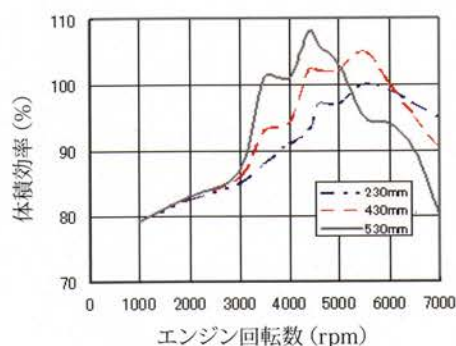


図3：吸気管長さと体積効率の関係

(2) エンジン性能

実際のエンジンでは、同時に動弁系や排気系のローコスト化が図られており単純な比較はできないが、明らかに最大トルク性能、出力性能は低下しているものの、3,000rpm以下の実用域では僅かな低下に留まっている。このため低速でのオフロード走行や市街地走行では遜色ない性能を確保できるものとする。

3.3 インマニの構造

この排気量のインマニでは一般的吸気管長をコンパクトに構成するため、図4のように巻き込んだ構造を採用するた

め4～5ピースに分割して溶着する。図5は今回吸気管長を短縮して考案したモデルで3ピース化とした。車両に対してエンジンは横向きに搭載され、衝突安全性への配慮から、燃料系を伴う吸気系はエンジンの後方に搭載される。仕向地により右ハンドル車と左ハンドル車があるため、アクセルペダルと連結するスロットルボデーをインマニのセンターに置き、ハーネス類の共通化を考慮した構造とした。しかし、衝突解析の結果からスロットルボデーが車室内へ飛び出す危険性が判明して、最終的に図6に示す従来と同様の位置に構成して2ピース構造に改良した。この構造では、従来から固有技術として継承している2つの要件を採用して、一般肉厚を20%低減することが可能となった。図7 A部サージタンク部を概略ラグビーボール型として吸気脈動による振動、騒音を低減できる剛性の確保と、図8 B部のエンジンヘッドに締結されるフランジと同一ピースでスロットルボデー取付け部を構成することで、スロットルボデーの振動を許容値内に抑えることも可能となった。



図4：現行品



図5：初期開発品



図6：最終開発品

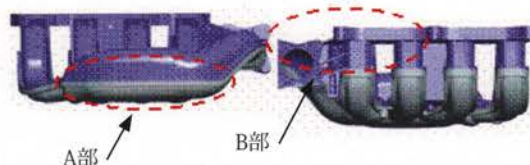


図7：最終品下面図

図8：最終品平面図

4. 開発結果

ローコスト化については、図9に従来品との比較で結果をまとめた。開発初期に目標としていた50%低減をほぼ達成できる成果が得られた。これは吸気管長50%以上短縮、一

般肉厚20%削減による材料費低減と、4ピースから2ピース構造へ変更して溶着箇所を3箇所から1箇所に変更した加工費と、成形費の低減効果によるものである。

ローコスト化に加えて約1kgの質量低減にもつながった。この値は、燃費向上の指標からCO₂を0.16g/km削減できることとなった。

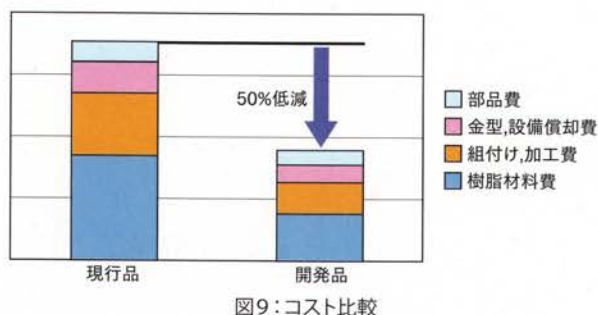


図9：コスト比較

5. 環境への挑戦

地球温暖化防止の観点から、カーボンニュートラル化が実現できる植物由来の樹脂材料、ウレタン、塗料などが開発されており、家電製品や自動車の内装部品で実用化されはじめている。原油由来の現インマニ材料6ナイロンと強度的には遜色のない樹脂材料も開発されている。弱点は材料コストが割高な点と、射出成形時の流動性が悪いことで、生産技術部門と連携して成形トライを実施した。吸気管長を大幅に短縮した今回のインマニでは流動長が短いことが好適であったが、課題も明確にできた。

6. まとめ

近年、地球温暖化への関心が非常に高まってきており、ガソリン価格の急騰など、自動車を取り巻く環境が厳しくなる中で、購入価格が安価で軽量なため燃費がよく、CO₂排出量が少ない車両は全世界で受け入れられると確信しており、エンジン部品の一部であるインマニの開発も、新たな挑戦を続けて商品力の向上に取り組んでいきたい。

参 考 文 献

- (1) 新・自動車用ガソリンエンジン：体積効率に影響する動的要因p.84-86, 山海堂 中島泰夫・村中重夫 著

著者紹介



吉川 直孝
第1製品開発部

高効率電動フューエルポンプの開発

Development of High-Efficiency Electric Fuel Pump

本田 義彦

Yoshihiko Honda

池谷 昌紀

Masaki Ikeya

〈要 旨〉

車両の低燃費対応のために電動フューエルポンプ(Electric fuel pump 以下, EFP)のポンプ部を改良し, 低電流化(高効率)を図った. ポンプ部の損失には渦流損失・洩れ損失・機械損失がある. EFPは特に液体中での作動のため, 渦流損失と洩れ損失の影響が大きいことから, 渦流損失と洩れ損失に着目し, 渦流損失についてはインペラ羽根形状の改良を行い, 洩れ損失についてはインペラとケーシングとの摺動部シール構造の改良を行った. インペラ羽根形状, および摺動部シール構造の改良により, ポンプ部効率: +7.7ポイント, 総合効率: +4.6ポイントの効果が得られ, 世界トップレベルの高効率なEFPの開発をすることができた.

〈Abstract〉

In order to make a fuel pump more suitable for increasing fuel efficiency vehicles, we developed a high-efficiency (low electrical current) electric fuel pump (herein after "EFP") by improving a pump portion. Losses in the pump portion include vortex-flow loss, leakage loss, and mechanical loss. Especially as the EFP operates in fluids, it is largely affected by the vortex-flow loss and the leakage loss. Thus we have focused on the vortex-flow loss and the leakage loss. We improved the impeller vane shape as a countermeasure to vortex-flow loss, and we improved the sealing structure of sliding portions between impeller and casing to cope with leakage loss. By improving impeller vane shape and sealing structure of sliding portion, we have increased: pump efficiency by +7.7 points, and assembly efficiency by +4.6 points, achieving the world's top-class efficient EFP.

1. はじめに

電動フューエルポンプ (Electric fuel pump 以下, EFP) は主に車体後部にある燃料タンク内部にフューエルポンプモジュールというユニット状態で搭載されている (図1). EFPの役割は, 燃料タンクからエンジンの噴射システムに必要な燃料を圧送することである. そのため, EFPはエンジン始動前のキーON時からエンジン停止するまで休みなく作動し, 電力を消費している. したがって, これを低減することは車両の発電機の負荷を減らし, 燃費を改善することにつながる. 車両の低燃費化に対して, EFPは高効率化することによって, 消費電力を低減し貢献してきた. そこで, 高効率なEFPの開発を開始した.

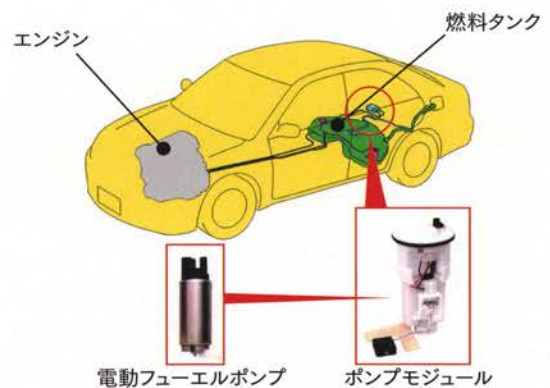


図1: 搭載位置

2. 電動フューエルポンプの構造

EFPはモータ部とポンプ部とで構成され, モータ部はブラシ付DCモータで, ポンプ部は, 渦流ポンプという形式 (再生

ポンプ、ウエスコポンプなどとも言われる)のタービン式ポンプである(図2)。

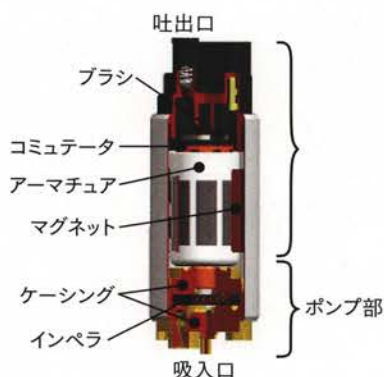


図2：電動フューエルポンプの構造

ポンプ部は流路溝が刻まれた上下のケーシングとモータにより回転されるインペラで構成され、ケーシングの流路溝と対向するようにインペラには羽根と羽根溝が形成されている。

このポンプの特徴は、内部の流体(燃料)がインペラの回転に伴い、旋回流という螺旋状の軌跡を描くように流路溝と羽根溝内を行き来しながら、ポンプ部入口から出口へ向かって流れていく点である(図3)。

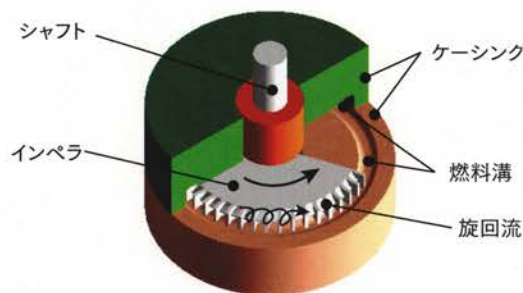


図3：ポンプ部の構造

3. 電動フューエルポンプの効率

前述のとおり、EFPはモータ+ポンプの構成であるため、EFPの総合効率は以下のように表される。

$$\eta_{EFP} = \eta_{motor} \times \eta_{pump} = \frac{1}{3600} \cdot \frac{P \cdot Q}{E \cdot I} \quad [\%]$$

η_{motor} : モータ効率, η_{pump} : ポンプ効率, E : 入力電圧[V], I : 消費電流[A], P : 吐出燃圧[kPa], Q : 吐出流量[L/h]

EFPの効率を向上させるためには、構造的にモータ部、ポンプ部それぞれの損失を低減し、効率を高める必要がある。

4. ポンプの変遷

弊社のEFPの生産は1983年の大型ポンプに始まり、小型版のEFP1とともに2枚インペラを採用していた。EFP1の総合効率は14.0%程度であった。

1996年のEFP2では効率向上を目的にインペラ羽根形状をJ羽根と呼ぶ半径方向内側が進角方向に湾曲した形状とし、同時に1枚インペラ化を行うことで総合効率は14.5%となった。

2000年のEFP5では、ポンプの形式をそれまでのインペラの外周に1つの流路がある円周路式から、インペラ両面に別々に2つの流路がある側路式へと変更し、より旋回流を強化し昇圧性を高くできる構造とした(図4)。同時に羽根形状もより旋回流を強くできる湾曲羽根とすることで総合効率は20.5%に達した。

2003年のEFP5.6ではさらにインペラ羽根の断面形状をV羽根形状に改良した。V羽根は羽根の進行方向に前傾しており、スムーズな強い旋回流が生み出され、昇圧性がさらに向上し総合効率は24.0%に至った(図5)。

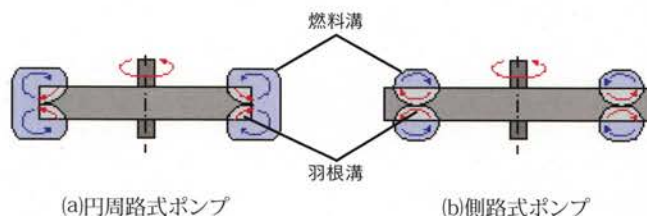


図4：ポンプ形式

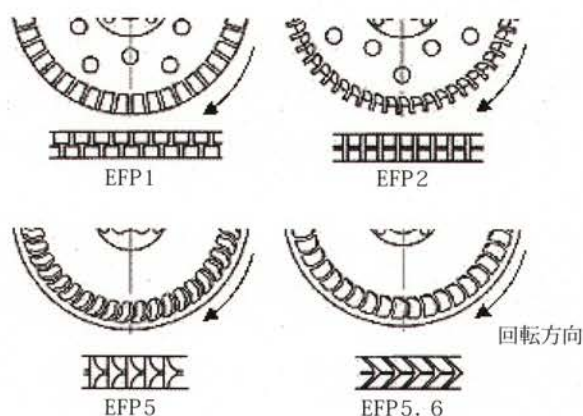


図5：インペラ形状

5. 現状と目標値の設定

弊社のEFPは、世界トップレベルの他社製品に対してモータ効率は同等だが、ポンプ部効率に改善の余地がある。

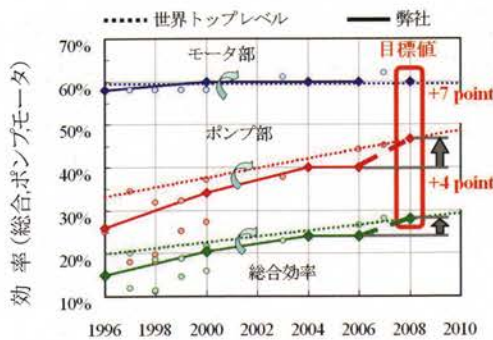


図6：EFPの効率の変遷

世界No.1総合効率を達成するためにポンプ部効率+7ポイント以上、総合効率+4ポイント以上を開発目標値として設定した(図6)。

6. ポンプ部の効率向上

ポンプ部の損失には渦流損失・洩れ損失・機械損失がある。EFPは特に液体中での作動のため、渦流損失と洩れ損失の影響が大きいことから、渦流損失と洩れ損失に着目し、それを低減させるように検討を進めた。

6.1 W羽根形状

開発品はインペラ羽根断面形状をW羽根形状に改良した。W羽根はV羽根に対して羽根エッジ部湾曲形状の曲率をきつくし、旋回流の流入性を向上させた。また羽根溝底をR化し、さらに連通孔を進行方向前寄りに配置することで溝底での旋回流をスムーズ化した(図7、図8)。



図7：ポンプ部形状

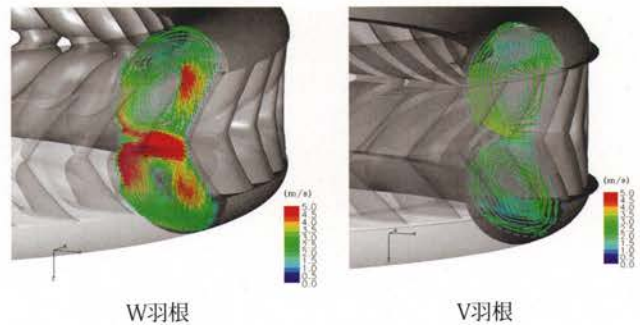


図8：流れ解析結果

6.2 摺動面シール構造

開発品は羽根形状改良に加えて、羽根と羽根両面に配置されるケースとの間からの燃料洩れ低減を目的に摺動部形状の改良を実施した(図9)。シール性は隙間の大きさと隙間の長さにより、以下のような関係がある。

$$\Delta Q = \frac{\pi h^3}{6 \mu \ln(r_2/r_1)} \Delta p$$

h: 隙間 r_1, r_2 : シール径

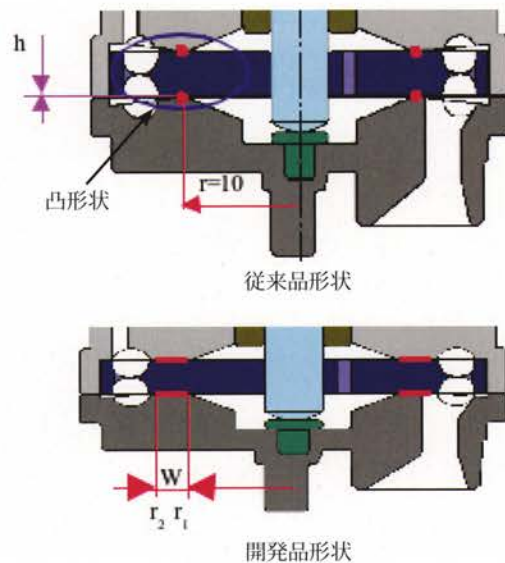


図9：ポンプ部形状

隙間hは耐異物性から現状より短縮するのは困難。そこで隙間長さWの拡大を検討した。

現状の線シールから隙間長さWを拡大するに従い、効率は一旦低下し、さらに拡大すると向上することがわかった。これは、漏れ量は当接面積増加に伴い低下するが、摺動ロスも当接面積増加に伴い液膜潤滑状態となり、増加し難くなるためと推定する(図10)。

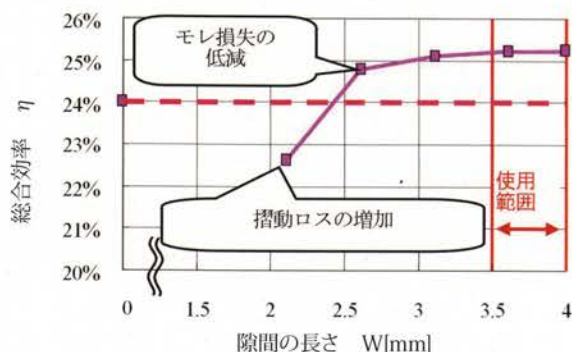


図10: 隙間の長さWと総合効率の関係

7. 改良効果

前述の改良を加えた結果、表1.に示すようにポンプ部効率は大幅にアップし、総合効率も28.6%に到達した(図11)。

特に図12に示すように従来の圧力よりも高いエリアでの効率向上が大きい。これは面シール化の効果と考える。

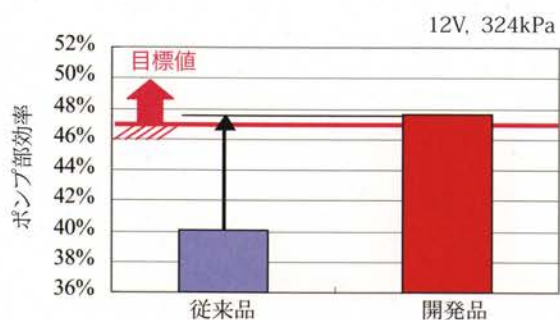


図11: ポンプ部効率の比較

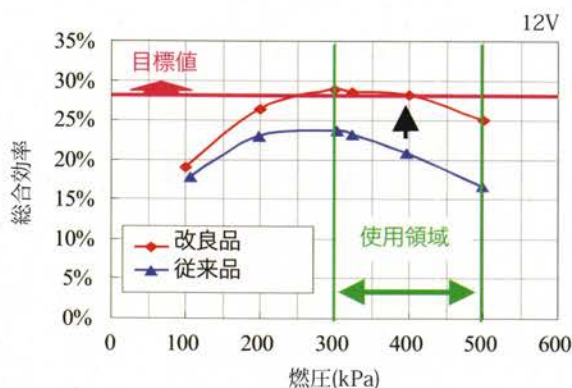


図12: 総合効率の比較

表1: 効率比較

	12V, 324kPa	
	改良品	従来品
ポンプ部効率	47.7%(+7.7point)	40%
総合効率	28.6%(+4.6points)	24%

8. まとめ

- ① インペラ羽根形状、および摺動部シール構造の改良により、ポンプ部効率:+7.7ポイント、総合効率:+4.6ポイントの効果が得られ、目標値を達成した。
- ② 今後の車両低燃費化のニーズに対応するために、さらなる高効率のEFPを開発していく。

参考文献

- (1) 下坂実ほか: か流ポンプ特性の研究 (第1報 流路および羽根車諸元の影響), 日本機械学会論文集, 25巻, 157号, p.943-950 (1959)
- (2) 下坂実ほか: か流ポンプ特性の研究 (第2報 理論特性式), 日本機械学会論文集, 25巻, 157号, p.951-959 (1959)
- (3) 藤井真一ほか: 高効率電動フューエルポンプの開発, 自動車技術, Vol.56, No.2, p.73-76 (2002)
- (4) 市川常雄: 静圧軸受, 水力学・流体力学, 東京, 朝倉書店, 1981, P49-51

著者紹介



本田 義彦
第2製品開発部



池谷 昌紀
研究開発部

生産技術のモノづくり力強化

Enhancement of production capability by production engineering

佐久間 義弘

Yoshihiro Sakuma

木村 健一郎

Kenichiro Kimura

〈要 旨〉

生産技術部門の役割は、世界のお客様に感動を与え、世界No.1の競争力を持った製品を、高品質・低コスト・短納期でグローバルに生産できる工程・設備を提供することである。

これを達成するために、『生産技術開発力』と『モノづくり力』を強化するため、SSS化(Simple Slim Stable)を重点に、競争力ある設備、工程、金型づくりに取り組んでいる。

〈Abstract〉

The role of production engineering division is to provide process and equipment by which global-No.1 competitive products in high quality that impress global customers can be produced in low cost and short lead time on a global basis.

In order to achieve that target, we have strengthened "production engineering development capability" and "production capability."

We have created competitive equipment and dies, focusing on SSS (Simple, Slim, Stable)activities.

1. はじめに

生産技術部門では、製品の要求品質確保・原価低減・グローバル化対応・省エネルギー化をめざして、『生産技術開発力』と『モノづくり力』強化に取り組んでいる。

重点課題として

- ①つくり易さを確実に製品設計に織り込むSE (simultaneous engineering) 強化
- ②直行率100%ラインの垂直立ち上げ
: 工作図, 良品条件書, FMEA, QAマトリックスの実施定着
- ③工程で品質をつくり込み, 工程保証度を確保する
: 工程・設備設計段階で過去トラブル, 設備要件の織り込み
- ④SQDCを満足した設備, 金型を製作する
: 安価でリードタイム短縮した設備, 金型づくり
- ⑤世界No.1製品のための新工法, 新技術を導入する
: シナリオに基づく新生産技術開発

を取り上げ推進している。

本編では、設備金型づくりを、2003年より取り組んでいる"SSS化"を実施した活動を紹介する。

※SSS: Simple Slim Stable 機構の簡素化・小型化・高信頼性化

2. SSS化開発の経緯

弊社ビジョンのめざす姿は、『世界のお客様に感動を』与えることである。

生産技術部門では、世界No.1の競争力を持った製品を高品質, 低コスト, 短納期かつグローバルに生産できる工程, 設備, 金型を提供する役割を担っている。

しかし、従来の設備と金型づくりでは設備投資額が高くリードタイムも長かった。

そこで、他社を凌駕する生産ラインづくりをめざして"シンプルでスリムなラインづくり(2倍・1/2活動)"SSS化をスタートさせた(図1)。



図1: SSS化のコンセプト

3. 開発計画

SSS化のめざす姿は、コスト30%低減、リードタイム1/2のラインづくりである。

樹脂成形工程は、金型を小型化し小型成形機で成形可能にするとともに、成形機自体も小型化する。

これにより、組付ラインに樹脂成形工程を組み込んで、中間在庫と運搬要員をなくす。

加工・組付ラインでは、生産数増加時はラインを増やし、減少時は他へ転用できる、最適最小規模ラインを構築する。

ユニットを小型化し、工程統合をする設備を標準化することで、設備投資の低減と、リードタイム短縮をする。

上記を織り込んだ一例を、図2に示す。

これを達成するステップは図3のように、各要素ごとに、計画を立て進めた。

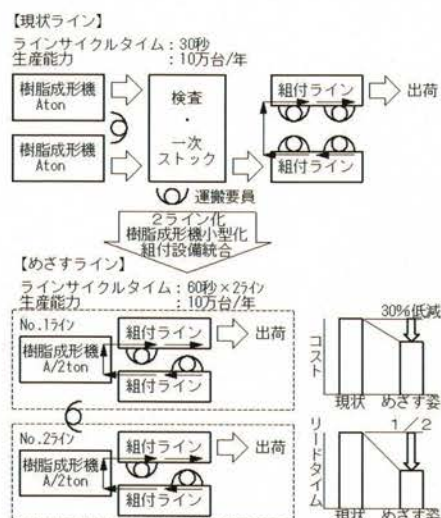


図2：SSS化めざす姿の一例

	STEP1:改善 付帯設備・金型のSSS化	STEP2:改革 主要設備のSSS化、ラインの改革	STEP3:革新：一気通貫生産 生産のあり方を見直したSSS化ライン
樹脂成形	樹脂金型の小型化 型費：1/2 重量：1/9 	成形機の小型化 体積：1/8 設備費：30%低減 	樹脂成形と組付の一気通貫
ダイカスト 鋳造	ダイカスト金型の小型化 従来型 → ゴンバ外型 型費：1/2 重量：1/10	SS型 30%低減 型費 設備費 鋳造費 	成形コスト 30%低減 型費 設備費 成形費 現状 SSS化 体積：1/5 設備費：30%低減
加工 ライン	従来加工ライン	加工ラインの小型化 設備費：35%低減 スペース：1/3 SSS加工ライン	鍛造～加工ラインまでの一気通貫化 設備費：35%低減 スペース：1/3 SSS一気通貫ライン
組付 ライン	組付機の小型化 70%低減 設備原価 現状 SSS化	検査機の統合化 設備費：35%低減 スペース：1/2	樹脂成形と組付の一気通貫 35%低減 コスト 現状 SSS化

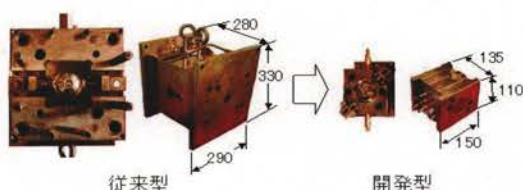
図3：SSS化の取り組み計画

4. 開発内容

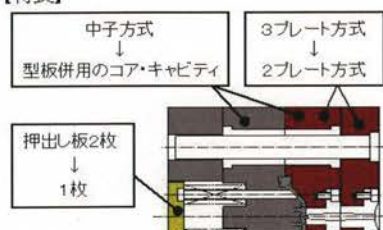
4.1 樹脂成形金型のSSS化

(1) 構造を見直して樹脂金型を小型化

封鎖弁カバー用金型は、基本構造から見直し、小型化した(図4参照)。



【特長】



【効果】

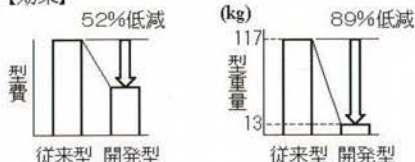


図4：封鎖弁カバー用金型の例

(2) 標準化成形機に搭載できるサイズ化

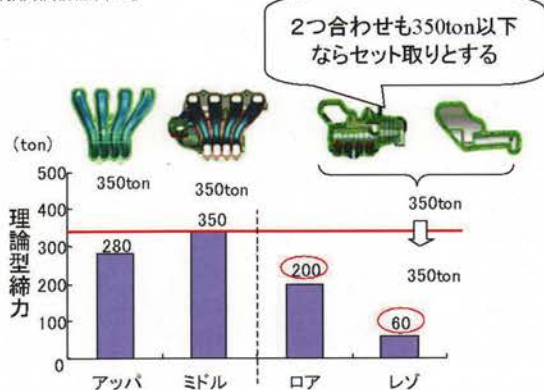
樹脂インテークマニホールド用金型は

- ・成形部品の大きさに合った金型サイズ
- ・成形機サイズを統一化

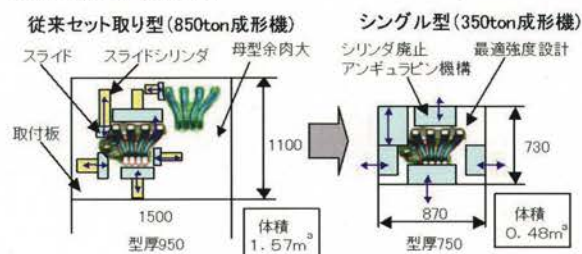
するため、従来はアッパ/ミドルをファミリー型として大型成形機で生産していた方法を、標準成形機での理想的な成形部品組合せと贅肉取りを行った。

また、小型化で金型保全作業も容易となり、作業時間が従来型より短縮できた(図5)。

【成形部品組合せ】



【贅肉を取り小型化する】



【効果】

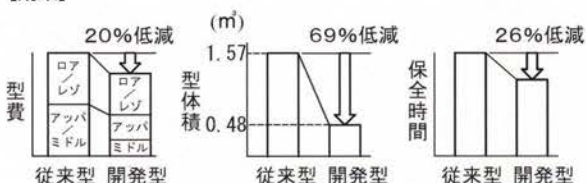


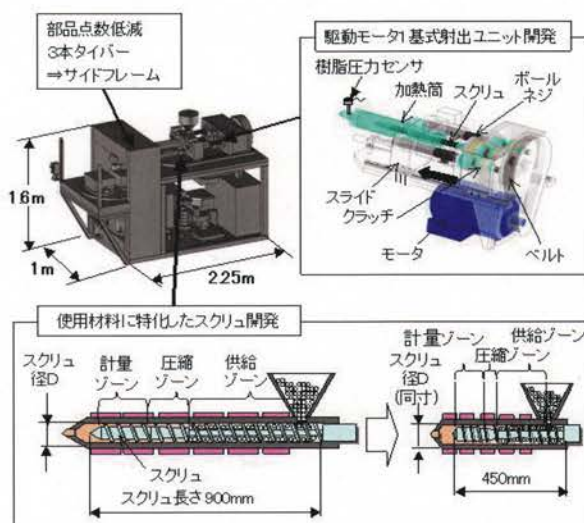
図5：樹脂インテークマニホールド金型の例

4.2 樹脂成形機のSSS化

樹脂成形と組付の一気通貫生産に対応する樹脂成形機を開発した。

開発のポイントは、製品と樹脂金型の形状、使用材料を弊社仕様に特化し、市販品では満足できない機構は、新規開発を行った(図6)。

現状は、開発した成形機のできばえを評価している段階である。



【効果】

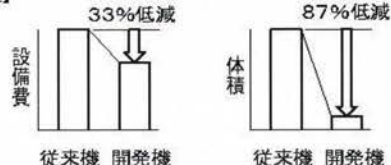


図6：樹脂成形機の例

4.3 ダイカスト金型のSSS化

ダイカスト鑄造では、製品形状、製品配置および型割りより見直し、設計変更を行うことでスライド数低減を実施し小型化した。

金型部品では、中子の深い加工部をなくし直彫加工化することで、高価な放電加工を廃止し、型費低減した(図7)。

現状は、鑄造機のSSS化に取り組んでいる。

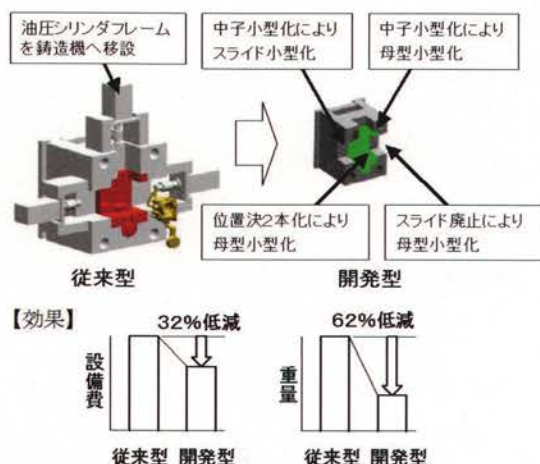


図7:ダイカスト金型の例

4.4 加工ラインのSSS化

エンジンバルブ生産ラインは、

①付随のムダ(運搬・詰替作業・在庫)を排除

②製品のサイズに合った設備

で、一気通貫生産ラインをめざしている。

最初のステップとして、切削加工ラインをSSS化した。加工設備を小型化し、搬送装置もロボットを使用した強制搬送に変更し、従来ラインと比較して大きく変化させた(図8)。

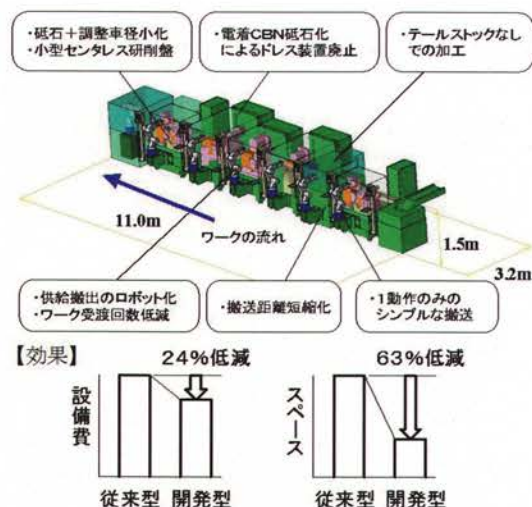


図8:エンジンバルブ加工ラインの例

現状は、鍛造ラインのSSS化を進め、一気通貫ラインを開発している。

4.5 組付ラインのSSS化

(1) 組付設備のSSS化

組付設備づくりは、

①小型化による作業性向上(移動距離の短縮)

②機構の簡素化による生産性向上

(生産準備期間、安全性、作業指導)

③愛三スタンダード設備づくり

を基本的な考えとした(図9)。

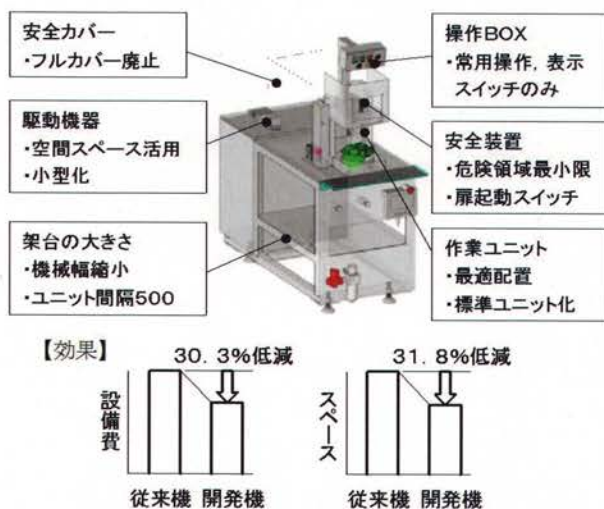


図9:組付設備の例

(2) 組付ラインのSSS化

工程集約設備を基本に、増産、自動化などの変化に素早く対応できる、変動対応型組付ラインをめざした(図10)。

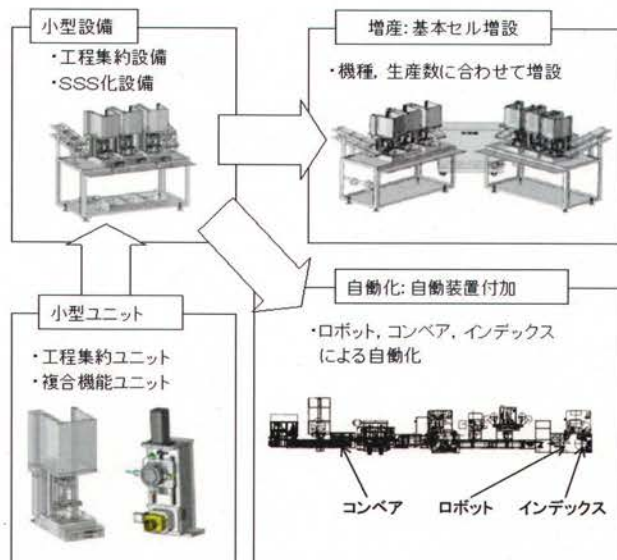


図10:組付ラインの例

5. まとめ

現状の金型と設備をSSS化し、設備投資低減と労務費低減で、原価低減に貢献してきた。

さらに『モノづくり力』を強化するためには、製品形状をつくり易くし、構造が簡単な金型、工程の削減と統合で、投資低減する必要がある。

そこで、生産技術部門は、SE活動で製品設計部門と連携し、つくりやすい製品づくりを進めていく。

著者紹介

SSS化開発推進部署

- ・生技開発部
- ・生産技術部
- ・工機部
- ・ダイカスト事業部



佐久間 義弘

生技開発部



木村 健一郎

生技開発部

加工油剤の環境負荷物質低減

Reduction of environmentally hazardous substance contained in coolant

亀澤 明

Akira Kamezawa

鈴木 安弘

Yasuhiro Suzuki

国則 聡一

Souichi Kuninori

〈要 旨〉

日本において、廃棄物処理法の改正やPRTR(環境汚染物質排出・移動量登録)の法規制、ダイオキシン類対策特別処理法の制定など、環境保護を目的とした規制が強化されている。

機械加工技術の一端を担っている金属加工油剤についても、環境問題に対する取組みが強まるとともに油剤組成、使用方法などに大きな変化を迎えてきている。

本開発では、QDC(品質、納期、コスト)を満足した「環境負荷物質を含まない油剤」の抽出を行った。

〈Abstract〉

In Japan, various controls on environmental conservation have been tightened up, such as a revision of Waste Management Law, a regulation of PRTR (Pollutant Release and Transfer Register) and an establishment of Law Concerning Special Measures against Dioxins. As for the metal coolant that contributes to the machining process technology, it is necessary to respond to the further environmental concerns and to the great changes in its composition and usage.

This paper introduces the success in extraction of "Coolant free-from environmental hazardous substance" which satisfies QDC(Quality, Delivery, Cost).

1. はじめに

21世紀を迎えた今日、産業界において、地球に存在する限りある資源を有効かつ合理的に利用する生産活動と、地球環境の保全との両立という困難な課題に直面している。2000年のJIS改定において塩素系添加物を含有する加工油剤が除外され、2001年にはPRTR法、日本名で「特定化学物質の環境への排出量の把握等および管理の改善の促進に関する法律」が制定され、環境保護を目的とした規制が強化され、加工油剤に対しても環境に優しいことが求められている。

本稿において、こうした状況に対応するために、地球環境保護において環境負荷物質を含有しないコストを抑えた加工油剤を開発し、環境負荷物質の使用量低減ができたので紹介する。

2. 開発のねらい

2.1 環境問題と加工油剤に対する要望

環境問題における加工油剤に対する要望事項として、地球環境保護においては、

- ・「PRTR法対応加工油剤」
- ・「塩素フリー加工油剤」
- ・「排水処理性に優れる加工油剤」
- ・「窒素フリー加工油剤」
- ・「耐腐敗性に優れる加工油剤」

作業環境保護においては、

- ・「ミスト抑制型加工油剤」
- ・「抗菌性加工油剤」
- ・「機械汚れの少ない加工油剤」

がある。

本開発のねらいとして、地球環境保護において要求度の高い「PRTR法対応加工油剤」と「塩素フリー加工油剤」を、加工油剤の使用量の多いエンジンバルブ加工工程をターゲットにして開発を行った。

2.2 PRTR法対応加工油剤

表1に加工油剤に使用されているPRTR指定物質を示す。弊社で使用している加工油剤には、溶け込み性効果をねらいとしたポリ（オキシエチレン）ノニルフェニルエーテルが含有している。

表1：PRTR法指定物質

PRTR法指定物質	効果
2アミノエタノール (モノエタノールアミン)	さび止め性
2 (ジブチルアミノ) エタノール	さび止め性
2 (ジェチルアミノ) エタノール	さび止め性
ほう素およびその化合物	さび止め性 耐腐敗性
ポリ（オキシエチレン） ノニルフェニルエーテル	溶け込み性
モリブデンおよびその化合物	潤滑性

2.3 塩素フリー加工油剤

塩素を含有している加工油剤の問題点として、1998年新聞にて塩素系加工油剤の焼却処理時にダイオキシンが発生したと報じられ、また、加工の高速化に伴い、加工中の熱によっても発生する可能性があるといわれているため、塩素を含有していない塩素フリー加工油剤の開発が必要である。

3. 加工油剤の作用と効果

加工油剤が加工特性に直接作用するのは図1に示すように、潤滑作用と冷却作用がある。

潤滑作用としては、工具摩耗・発生熱量の減少、構成刃先の抑制、切削抵抗の低減、および切粉の分断排出の効果があ、冷却作用としては、発生した加工熱による工具の軟化防止、工作物の熱膨張による寸法精度低下の抑制、および切粉の分断排出効果がある。特に、多量の切粉を出す高能率加工において、加工油剤は大きな役割を果たす。

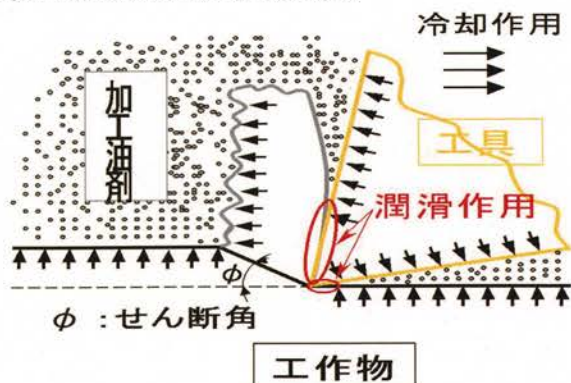


図1：加工油剤の効果

4. 加工油剤使用状況

4.1 加工油剤の使用量

2001年度の弊社の加工油剤使用量として、水溶性加工油剤では、PRTR法該当および塩素含有油剤が62kℓと全体の55.9%を占める。

次に不水溶性加工油剤では、塩素含有加工油剤が98kℓと全体の93.3%を占める。

全体として、環境負荷物質を含む加工油剤を年間160kℓ使用している（図2）。

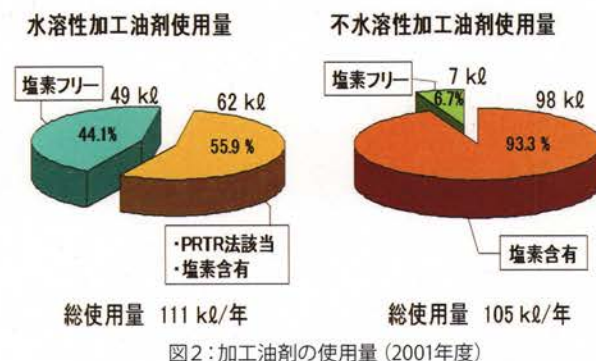


図2：加工油剤の使用量（2001年度）

また、加工油剤の使用量を製品別にみると、エンジンバルブの加工において全使用量の60%を占めており、環境負荷物質を含む加工油剤を多く使用している（図3）。

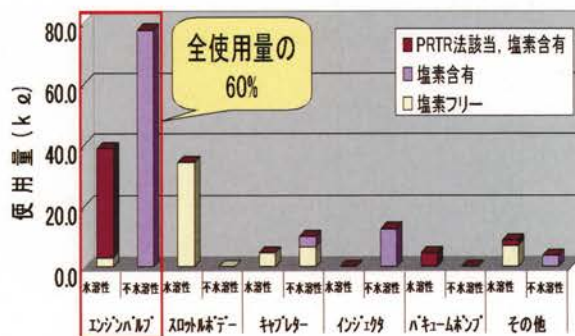


図3：製品別加工油剤の使用量（2001年度）

4.2 エンジンバルブ加工工程と使用加工油剤

エンジンバルブ加工工程概要を図4に示す。

エンジンバルブ加工工程において、水溶性加工油剤としてPRTR法該当および塩素含有対象加工油剤であるHDE50を使用している。

次に、不水溶性加工油剤として塩素含有対象加工油剤であるユシロンオイルNo.23を使用している。

その結果、エンジンバルブ加工工程では、環境負荷物質を含む加工油剤を全工程に使用しており、使用量も多い状況である。

工程名	1. 粗研	2. 傘研	3. 文法研	4. 中研	5. 溝研	6. 端研	7. フェース研	8. 精研
工程								
設備名	センタース研削盤	炭素専用機	炭素専用機	センタース研削盤	センタース研削盤	端面研削盤	円筒研削盤	センタース研削盤
使用加工油剤	水溶性 (HDE50)	水溶性 (HDE50)	水溶性 (HDE50)	水溶性 (HDE50)	不水溶性 (コシロオイル No.23)	水溶性 (HDE50)	不水溶性 (コシロオイル No.23)	水溶性 (HDE50)

図4：エンジンバルブ加工行程概要

5. 目標

製品別使用量より、エンジンバルブの加工において環境負荷物質を含有する加工油剤を多く使用しているため、まず、エンジンバルブの環境負荷物質を含有する加工油剤低減を目標とした。

最初に、水溶性加工油剤のHDE50を2003年度に使用量ゼロの全廃とし、次に不水溶性加工油剤のコシロオイルNo.23を2008年度に使用量ゼロの全廃とする目標とした。

6. PRTR法対応加工油剤開発（水溶性油剤）

6.1 代替加工油剤の選定

2000年のJIS改訂で塩素系添加物を含有する加工油剤が除外され、水溶性加工油剤の新規格としてA1、A2、A3に分類された。

現状使用している加工油剤の旧JISエマルジョンW1種2号と比較すると、新JISエマルジョンA1が「潤滑性」ではやや劣るが、「浸透性（洗浄性）」「冷却性」が優れており、これを補うものと考えられる（表2）。

今回、新エマルジョンA1タイプのPRTR法対応加工油剤にて評価を行った。

表2：水溶性加工油剤の分類

機能	種類	新JIS			旧JIS
		エマルジョン A1	ソリュブル A2	ソリュブル A3	エマルジョン W1種2号
潤滑性		○	△	×	◎
浸透性（洗浄性）		○～△	◎	◎	△
冷却性		○～△	○	◎	△
抗乳化性（溶け込み性）		○	○	◎	○
耐腐敗性		○～△	○	◎	△
さび止め性		○	○	○	○
機械汚れ		○～△	○	◎	△
排水処理性		◎	○	×	◎
有機材料への影響		○	○	△	○

（表示）優れる← ◎～○～△～× →劣る

↑
現状加工油剤

6.2 選定加工油剤による加工試験

水溶性加工油剤を使用している工程の中で最も加工能率が高い粗研工程と加工能率の低い最終仕上げ工程の精研工程にて、選定した加工油剤を用い試験を実施した。

加工能率の低い精研工程において加工精度は確保できたが、加工能率の高い粗研工程においては加工精度が悪化し、特に軸真直度（軸の曲がり）のレベルが大きくなった（図5）。

加工能率の高い加工において、現状加工油剤より加工時の砥石軸電力値が高く、加工油剤の潤滑性不足が原因と考えられる（図6）。

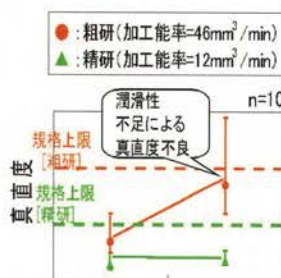


図5：加工精度

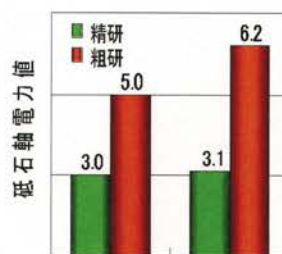


図6：砥石軸電力値

6.3 潤滑性向上方策

加工時の温度と加工油剤の潤滑性の関係を図7に示す。

現状水溶性加工油剤は、①鉱油A、②塩素系極圧添加剤、③不活性型硫黄系極圧添加剤により潤滑性を確保している。

次に選定水溶性加工油剤は、塩素フリー化に対応するために、②塩素系極圧添加剤の代わりに、①鉱油Aからより潤滑性を向上させた④鉱油Bへの変更、および⑤合成潤滑剤の追加による潤滑性の確保、さらに、ある程度高温まで⑤合成潤滑剤の効果があるため、③不活性型硫黄系極圧添加剤をも省いた水溶性加工油剤である。

今回の実験により、加工能率の高い加工時に高温域での潤滑作用が必要ながことが判明した。しかし、PRTR法対応、および塩素フリー対応として市販されている水溶性加工油剤の中で、選定した水溶性加工油剤より潤滑性に優れているものは無かったため、弊社オリジナルの水溶性加工油剤の開発が必要になった。そこで、特に高温域での潤滑性向上のために、⑥活性型硫黄系極圧添加剤を追加し、PRTR法対応、および塩素フリー対応可能な水溶性加工油剤を開発した。

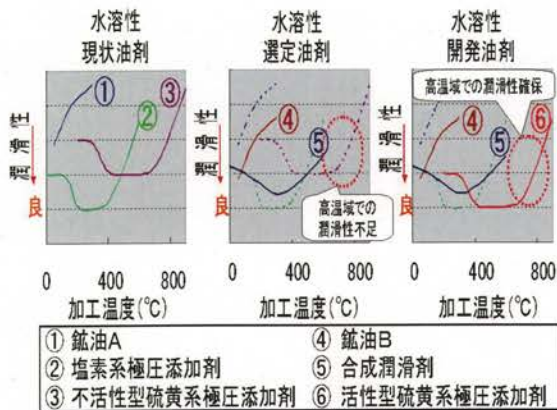


図7：加工時の温度と加工油剤の潤滑性の関係

また、⑥活性型硫黄系極圧添加剤は、現状水溶性加工油剤に使用している③不活性型硫黄系添加剤に比べ潤滑性が高いため、少量でも効果が発揮でき、加工油剤のコストを抑えることが可能である。

6.4 開発加工油剤による加工試験

水溶性開発加工油剤での加工試験結果を図8, 9に示す。高温域にて作用する添加剤を追加した水溶性開発加工油剤により、加工温度全域における潤滑性が確保でき、粗研工程において軸真直度を満足できた。

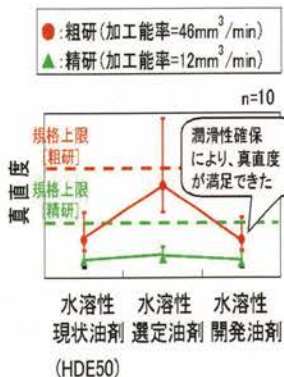


図8：加工精度

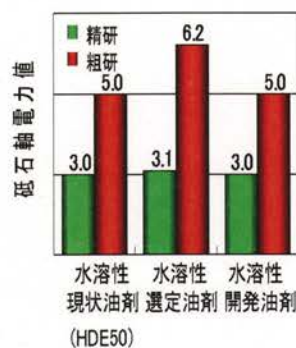


図9：砥石軸電力値

7. 塩素フリー化加工油剤開発 (不水溶性油剤)

7.1 塩素系添加剤の性能と作用

塩素系添加剤は、安価で優れた潤滑性能を発揮し、摩擦係数の低下と、摩耗と溶着防止の効果が得られる。しかし、これに代わる潤滑添加剤は高価なため通常塩素フリー加工油剤のコストは高くなる。よって、高性能で安価な潤滑添加剤の開発が必要である。

7.2 基礎旋削試験

旋削基礎試験において、加工時の摩擦係数から各種極圧

剤の切削性能を評価するために用いた試料油の組成を表3に示す。油種Aは、現状使用している塩素系加工油剤である。

表3：試料油 (不水溶性油剤) の組成

油種	A	B	C	D	E	F	G	H
極圧添加剤 (コスト比率)								
塩素化パラフィン (1.0)	○							
不活性ポリサルファイド (5.0)		○			○			
活性ポリサルファイド (2.7)			○			○		
Caスルホネート (3.0)				○	○	○		
Zn-DTP (4.0)							○	
Mo-DTP (14.7)								○

↑
現状油種

(基油：パラフィン系鉱油)

評価した結果、試料油の中では、活性ポリサルファイドとCaスルホネートを併用した塩素フリー加工油剤Fが、最も摩擦係数が低く、現状使用している塩素系加工油剤Aと同等の切削性能を示した (図10)。

また、極圧添加剤の併用による潤滑性向上効果により、極圧添加剤の量を少なくでき、コストを抑えることが可能である。

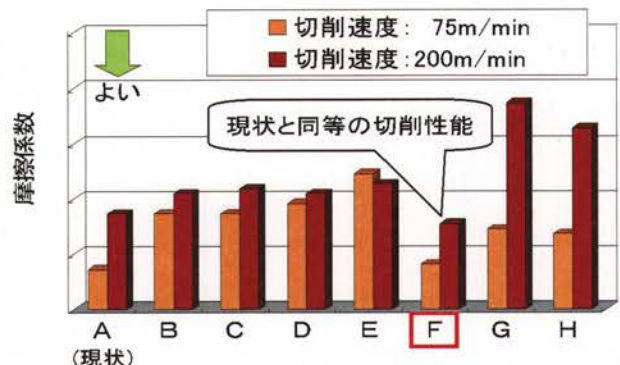


図10：不水溶性加工油剤と摩擦係数

7.3 開発油剤による加工試験

不水溶性開発加工油剤での加工試験結果を図11, 12, 13に示す。

塩素に変わる極圧剤の併用による不水溶性開発加工油剤において、真円度、粗さを満足することができ、塩素系含有加工油剤と同等の性能が得られた。

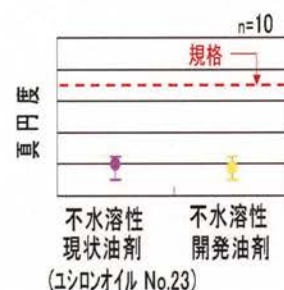


図11：真円度

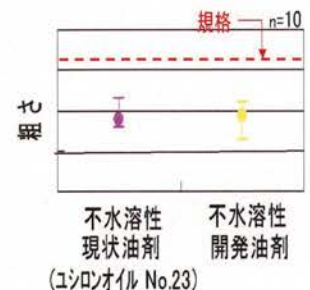


図12：粗さ

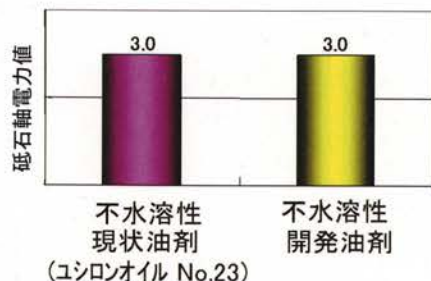


図13: 磁石軸電力値

8. 開発加工油剤のライン導入結果

エンジンバルブ新設加工ラインの全工程に、水溶性および不水溶性の開発加工油剤を導入し加工評価した結果、全工程機械能力を満足し、品質を確保することができた(図14)。

また、コストに関しては、一般的に、環境負荷物質対応加工油剤は2割程度のコストアップになるが、エンジンバルブに特化した加工油剤開発により、エンジンバルブ新設加工ライン全体の加工油剤コストとして現状維持を実現できた(図15)。

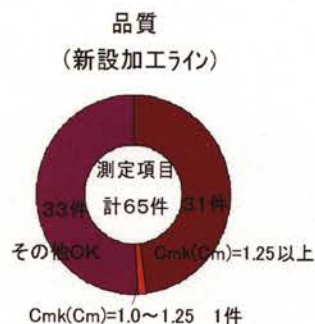


図14: 品質評価結果

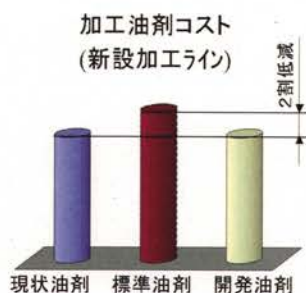


図15: コスト比較

9. 効果の確認

9.1 水溶性加工油剤

エンジンバルブのPRTR法該当水溶性加工油剤のHDE 50に関しては、既存加工全ラインに開発油剤への切替が完了し、2003年度に使用量ゼロの全廃を実現できた。

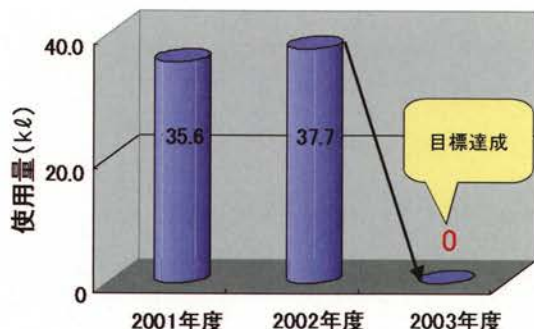


図16: PRTR法該当水溶性加工油剤使用量

9.2 不水溶性加工油剤

エンジンバルブの塩素系不水溶性加工油剤に対しては、新設加工ラインより開発油剤を導入し、2007年度に既設加工全ラインに切替が完了でき、2008年度使用量ゼロの全廃に目処が立った。

10. 開発のまとめ

加工油剤コスト現状維持で、環境負荷物質を含まない加工油剤開発ができ、エンジンバルブ新設加工ラインへ展開することができた。

また、既存ラインへの切替も完了できた。

今後は、開発した技術を、他製品への加工油剤にも展開し、全社としての環境負荷物質対象の加工油剤全廃をめざす。

著者紹介



亀澤 明
生技開発部



鈴木 安弘
生技開発部



国則 聡一
生技開発部

排気圧力制御弁

Exhaust Gas Control Valve

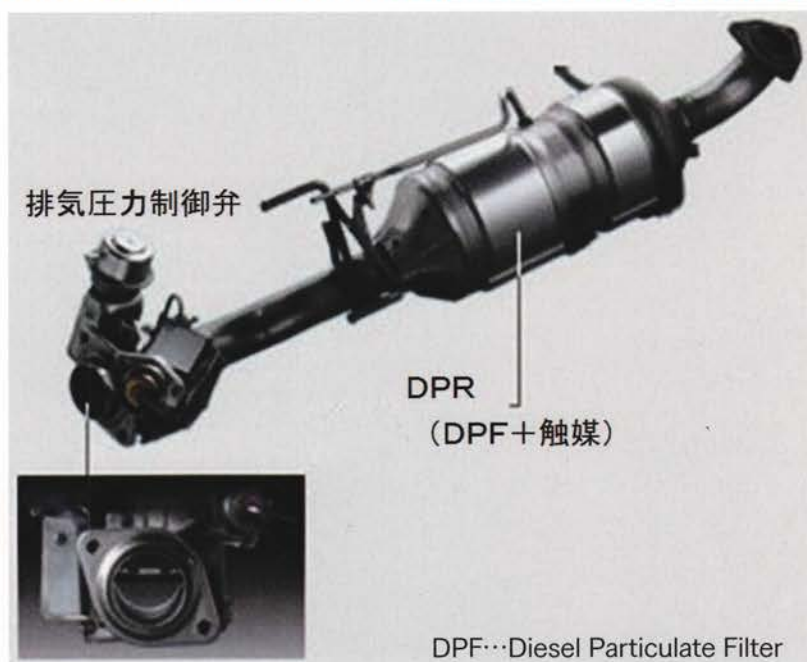
●概要

排気絞り弁を閉じることでDPR (Diesel Particulate active Reduction) 触媒内の圧力を高め、排気温度を上昇させることによってDPR触媒に溜まったPM (Particulate Matter) を燃焼処理させる。



●主な特長

高温高圧下でのバルブ密閉度を確保してPM燃焼処理領域を拡大するとともに、排気絞り弁に調圧機能を追加し、アイドル時および定常走行時においてもDPR触媒に溜まったPMの燃焼処理を可能にした。



LPG-MPIシステム関連製品

LPG-MPI System-related Products

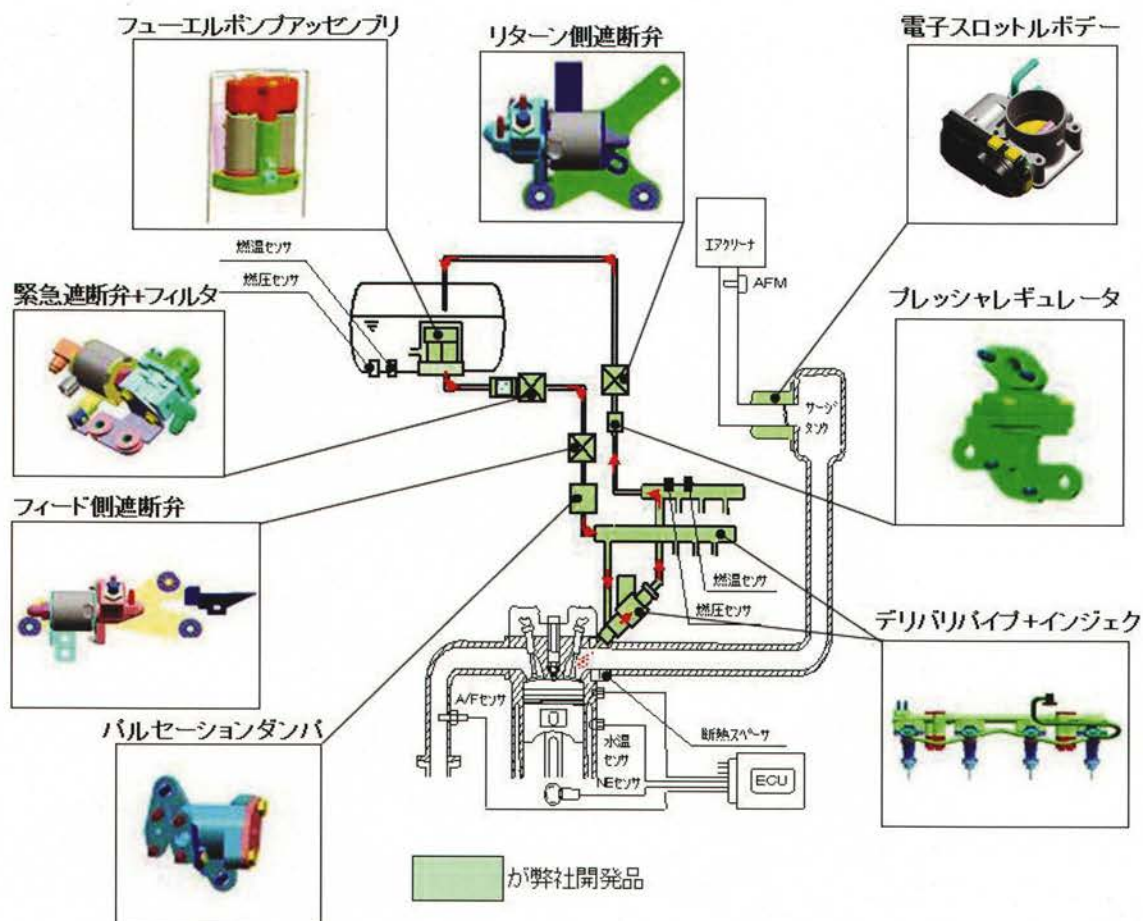
●概要

国内初のLPG液体噴射システムを構成する製品

●主な特長

- ・新長期排出ガス規制対応
- ・燃費向上
- ・良好な低温始動性および高温再始動性を確保

●システム図



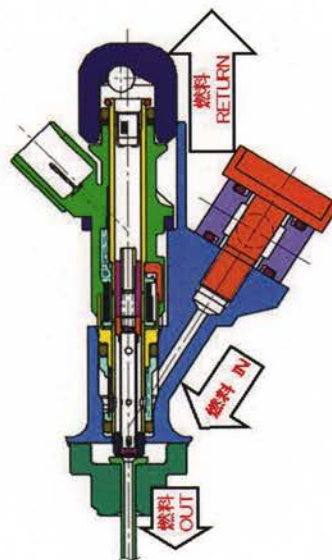
LPG用 インジェクタ

Injector for MPI system of LPG cars

●概要

LPGエンジンのMPI化(マルチ ポイント インジェクション)に対応するため、高油密、高温高圧下での流量精度を確保したインジェクタ。

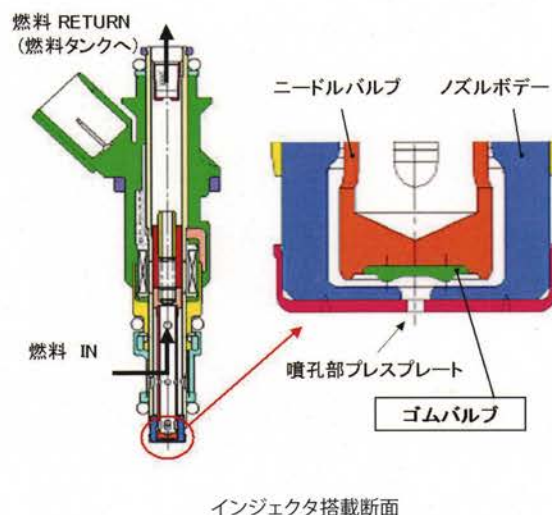
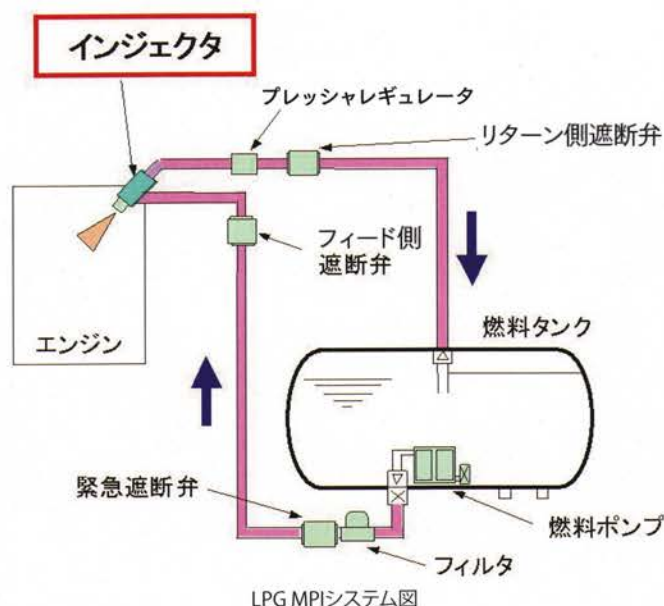
タクシー等の商用車に適用するため、長距離長寿命の高信頼性を満足している。(自動車メーカー製LPG液噴インジェクタとしては世界初)



LPG用インジェクタ

●主な特長

- ・ゴムバルブ採用により高油密性(油密洩れ≒0)を実現
- ・噴孔部プレスプレート採用、噴孔比拡大により高温高圧下での流量精度目標を達成
- ・バルブとパイプ摺動部のメッキ追加による摩耗対策を実施、信頼性確保



小型二輪車用インテーク・デバイス・ユニット (IDU)

Intake Device Unit for light-motorcycle Throttle Body

●概要

二輪車用スロットルボデーを低コスト・軽量・コンパクトにする吸気系デバイスを集約したインテーク・デバイス・ユニット

二輪車用スロットルボデー

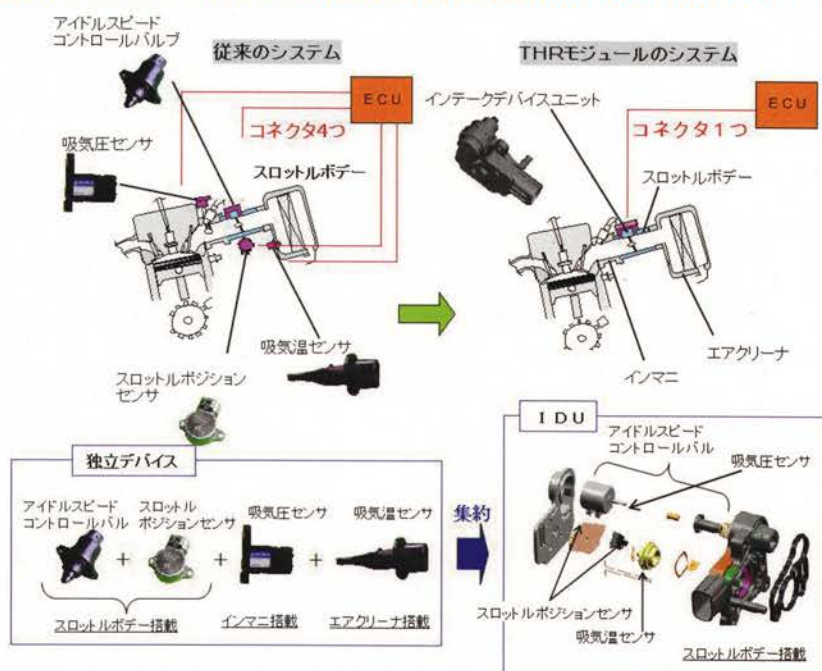
デバイス比 {
コスト：36%減
軽量化：48%減
コンパクト化：42%減
コネクタ数：4個⇒1個



IDU：インテークデバイスユニット

●主な特長

吸気系に必要な全デバイスを集約搭載したことで部品点数削減・軽量かつコンパクトになり低コスト・省燃費・車両搭載性に優れる。また1コネクタ化により車両メーカーのハーネス取付け作業性が向上し、コネクタ数削減で車両側コストにも優れる。



ダイカスト事業の紹介

DIECAST BUSINESS

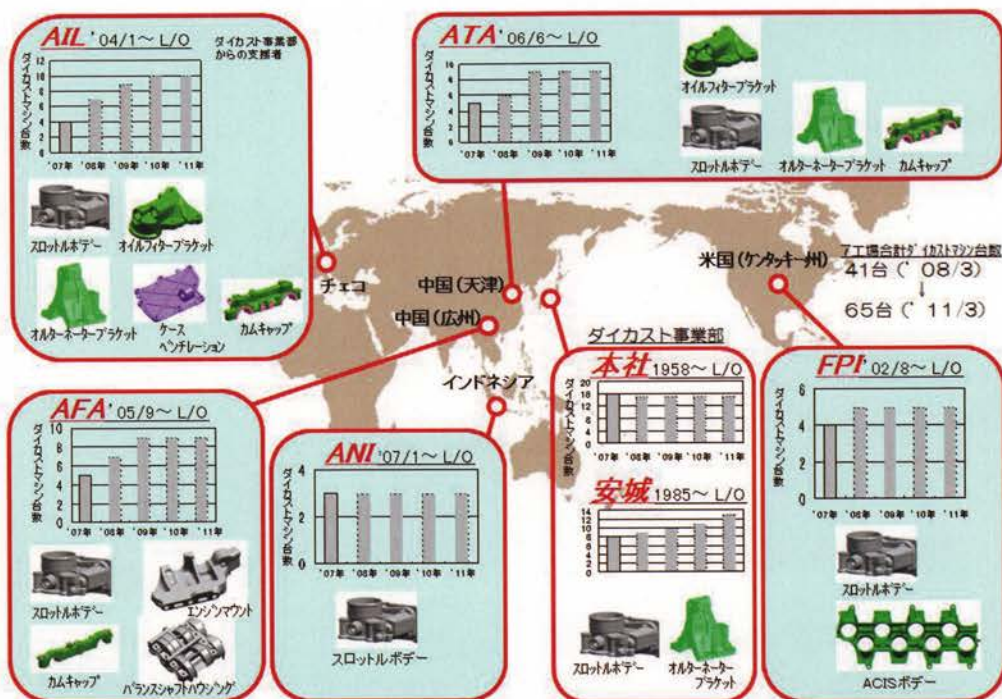
●概要

お客様の世界展開に合わせ、エンジン回りの機能部品を中心とした中小物ダイカスト部品について、鋳造から加工まで含め7工場（5カ国）で一貫生産する。



●主な特長

- ・製品設計段階から製造要件を織り込んで、図面を作り込む。
- ・高強度/高耐圧（例：3MPa以上も可能）部品を得意とする。



燃料ポンプ

(特許3964200号)

【出願日】平成13年12月26日

【公開日】平成15年7月9日

【登録日】平成19年6月1日

【発明者】白井 貴之

長坂 健三

〈発明の背景〉

電動式燃料ポンプでは、燃料流れがスムーズになるようにインペラ形状を改良し、ポンプ効率を向上することが必要である。

〈発明の概要〉

本発明は、インペラ羽根溝の形状を改良して燃料流れをスムーズにし、ポンプ効率の向上を図るものである。

羽根溝の開口部形状の改良としては、図1に示すように、反回転方向に湾曲した溝形状とし、インペラの半径方向のエッジはインペラ中心を中心とする同心円に沿った形状とした。

また、羽根溝の内部形状の改良としては、図1の開口部形状の改良とともに、図2に示すように、

- ①反回転方向に傾斜するV溝とする。
- ②V溝の先端をR形状とする。
- ③奥にいくほど羽根溝を狭くする。
- ④羽根溝の最深部をR形状とする。
- ⑤半径方向外側にテーパを設ける。

等のバリエーションがある。

〈発明の評価〉

どのようなメカニズムで燃料流れがスムーズになるかの記載はないものの、広い範囲で権利化が図れており、弊社の製品を特徴付ける特許といえる。

以上

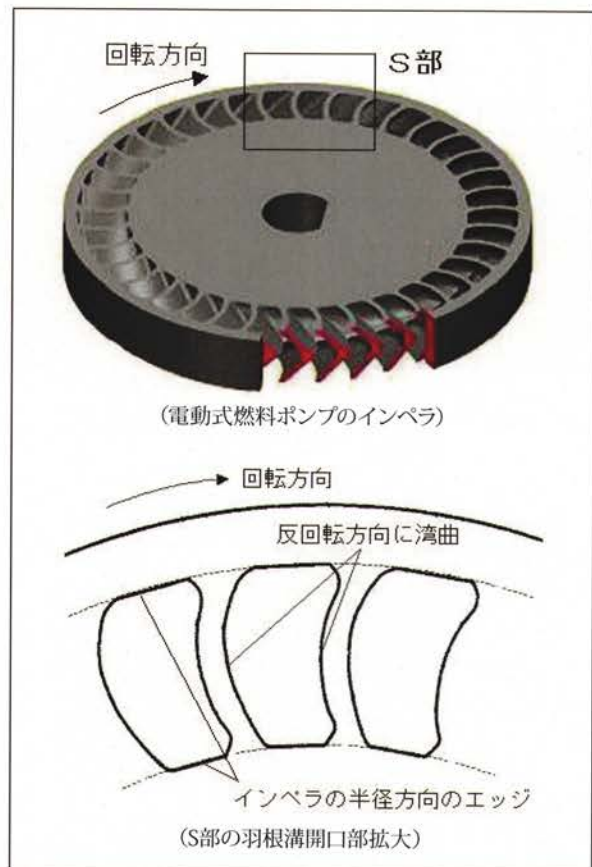


図1：開口部形状の改良

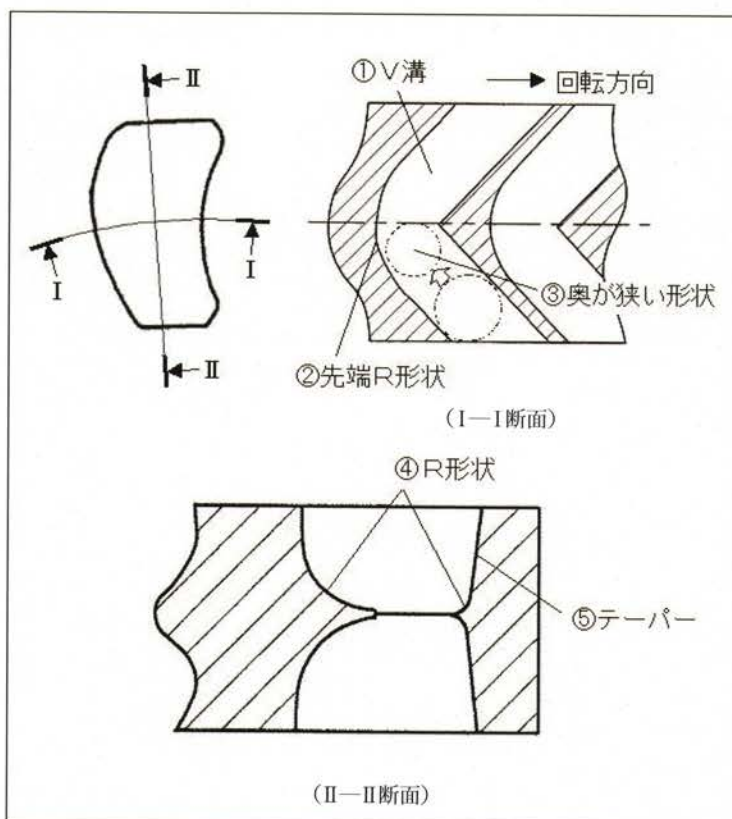


図2：内部形状の改良

樹脂製インテークマニホールド

(特許3990649号)

【出願日】平成15年4月8日
 【公開日】平成16年11月4日
 【登録日】平成19年7月27日

【発明者】谷川 裕紀
 藤森 誠

〈発明の背景〉

複数の部材を接合して製造する樹脂製インテークマニホールドでは、接合部に作用する応力を小さくして製品の破損を防止できる耐圧構造が望まれていた。

〈発明の概要〉

本発明は、構成要素の配置を変更することにより、接合部に作用する応力を小さくし、樹脂製インテークマニホールドの耐圧性能の向上を図るものである。

本発明の特徴を以下に示す(図1)。

- ①インテークマニホールドを構成する分岐管の配列方向に接合面が設けられ、
- ②列の内側の分岐管は外側の分岐管よりも高い位置に配置され、
- ③分岐管全体としてはサージタンクに対し湾曲して配列されており、
- ④分岐管に対向するサージタンク壁が中央部を広げるように湾曲状に形成されている。

本発明の作用・効果としては、サージタンク内圧が急激に高くなっても、分岐管が湾曲して配置しているため接合面への応力集中が起こりにくくなり、結果として耐圧性能が向上する。

〈発明の評価〉

権利としては前記④の特徴は不要な限定であったかもしれないが、比較的広い範囲で権利化が図れており、弊社の製品を特徴付ける特許といえる。

以上

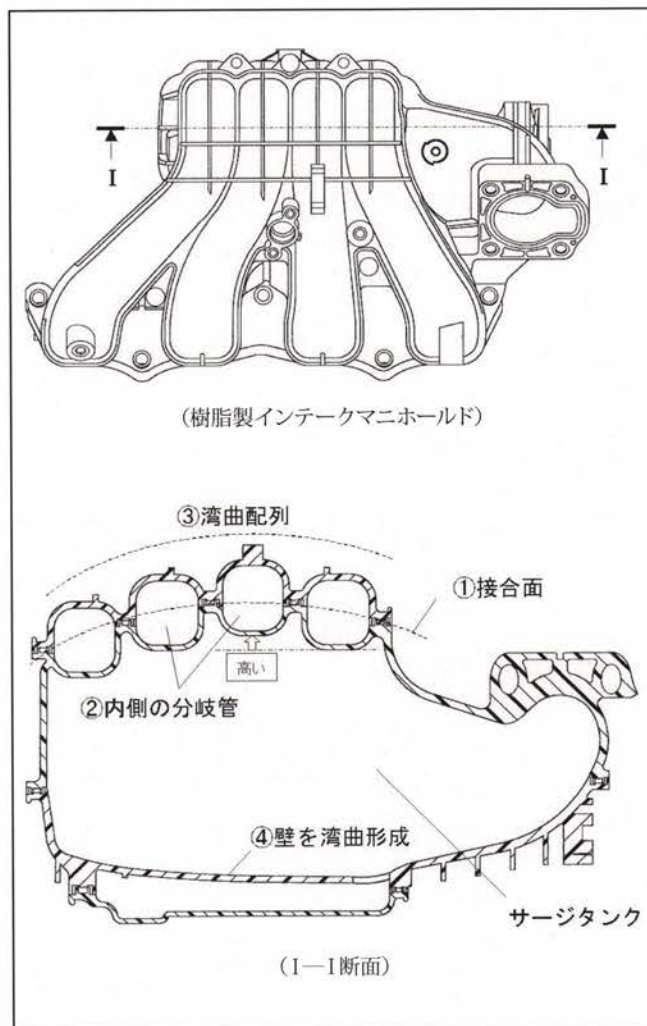


図1: 本発明の特徴

昨年の登録特許一覧

愛三技報 第6号

登録日2006年12月15日～2007年9月28日

No.	登録番号	名 称	第1発明者
1	4017584	シリンダブロックの冷却構造	久保田 隆
2	4015528	内燃機関の排気還流装置	森 道弘
3	4015197	作動音が低いフューエルポンプ	高見美 宏
4	4012449	内燃機関の冷却装置	小林昌 弘
5	4012373	内燃機関の燃料噴射制御装置	佐藤 亨
6	4011419	リザーブ容器ユニット	中尾洋 一
7	4009509	内燃機関の冷却装置	小林昌 弘
8	4005518	直接噴射式燃料噴射装置	早川雅 也
9	4005404	蒸発燃料回収装置	小杉隆 司
10	4002803	ツール交換可能な加工装置	奥野三 義
11	3990650	樹脂製インテークマニホールド	谷川裕 紀
12	3990649	樹脂製インテークマニホールド	谷川裕 紀
13	3981603	内燃機関の燃料供給装置	佐藤 亨
14	3978395	流量制御弁	小林昌 弘
15	3974890	シリンダブロックの冷却構造の製造方法	羽田野 真
16	3973531	内燃機関の蒸発燃料処理装置	畔柳興次郎
17	3973390	内燃機関の吸気圧検出方法	近藤清 二
18	3973387	内燃機関の吸気圧検出方法	近藤清 二
19	3971121	液化石油ガス内燃機関の燃料供給装置	辻野 睦
20	3968290	内燃機関用吸気装置	河井伸 二
21	3967977	内燃機関の燃料供給装置	佐藤 亨
22	3967636	エンジンの冷却装置	羽田野 真
23	3967127	絞り弁	野村和 央
24	3964200	燃料ポンプ	臼井貴 之
25	3959012	摩擦再生式燃料ポンプ	池谷昌 紀
26	3954376	燃料ポンプ	長坂健 三
27	3953437	樹脂製インテークマニホールド	谷川裕 紀
28	3952767	吸気モジュール	原井雅 利
29	3950276	排気ガス還流制御装置	小林昌 弘
30	3949448	燃料ポンプ	臼井貴 之
31	3946557	燃料供給装置	伊藤大 介
32	3945568	内燃機関の吸気制御装置	西谷 勤
33	3941853	燃料噴射制御装置	大川直 哉
34	3940997	蒸発燃料処理装置	長井 隆
35	3936247	エンジンの冷却装置	羽田野 真
36	3935926	内燃機関の吸気装置	河井伸 二
37	3935656	自動車に用いるエンジン用のポンプの取付装置と自動車に用いるエンジン用のポンプ取付用ブラケット	出合淳 志
38	3933862	電磁式燃料噴射弁	伊藤秀 樹
39	3930420	チタン部材の表面処理方法	富永忠 良
40	3929809	リザーブ容器ユニット	土岐朋 造
41	3929774	燃料供給装置	伊藤大 介
42	3929308	内燃機関の燃料供給装置	佐藤 亨
43	3927459	液化ガス内燃機関の燃料供給装置	佐藤 亨
44	3919536	蒸発燃料処理装置	小杉隆 司
45	3916888	再生ポンプ	池谷昌 紀
46	3913493	内燃機関の始動装置	坂上康 則
47	3912981	内燃機関の大气圧推定方法	村上賢 一
48	3911434	リザーブ容器ユニット	鈴木信 男
49	3905426	シリンダブロック用スパーサ	羽田野 真
50	3897503	アクチュエータ駆動装置の故障検出装置	伊藤 譲
51	3893261	車両用内燃機関の降坂状態判定方法	村上賢 一
52	3892716	キャニスタとキャニスター対式ポンプモジュール	早川昌 光
53	3892178	ジェットポンプ	中村健 英
54	3891786	内燃機関の吸気制御装置	高松浩 司

編集委員

山田 茂樹 (技術企画部)	久富 元 (技術企画部)
大原 満 (技術企画部)	立石 守 (研究開発部)
竹内 克直 (第1製品開発部)	平林 太郎 (第2製品開発部)
石井 和徳 (システム開発部)	佐藤 亨 (PT適合開発部)
榎本 剛 (二輪事業部)	木村健一郎 (生技開発部)
浅井 武 (生産技術部)	鈴木 耕治 (総務部)

愛三技報 第6号 AISAN TECHNICAL JOURNAL No.6

(禁無断転載) ©2008 AISAN INDUSTRY CO.,LTD.

発行 2008年11月

発行所 愛三工業株式会社

技術企画部

〒474-8588 愛知県大府市共和町一丁目1番地の1

TEL 0562-47-1131(代表)

発行人 多田 源二郎

編集人 山田 茂樹

印刷所 プリ・テック株式会社

AISAN TECHNICAL JOURNAL

愛三技報

愛三工業株式会社

地球環境問題への一助として愛三技報は、再生紙を使用しています。