

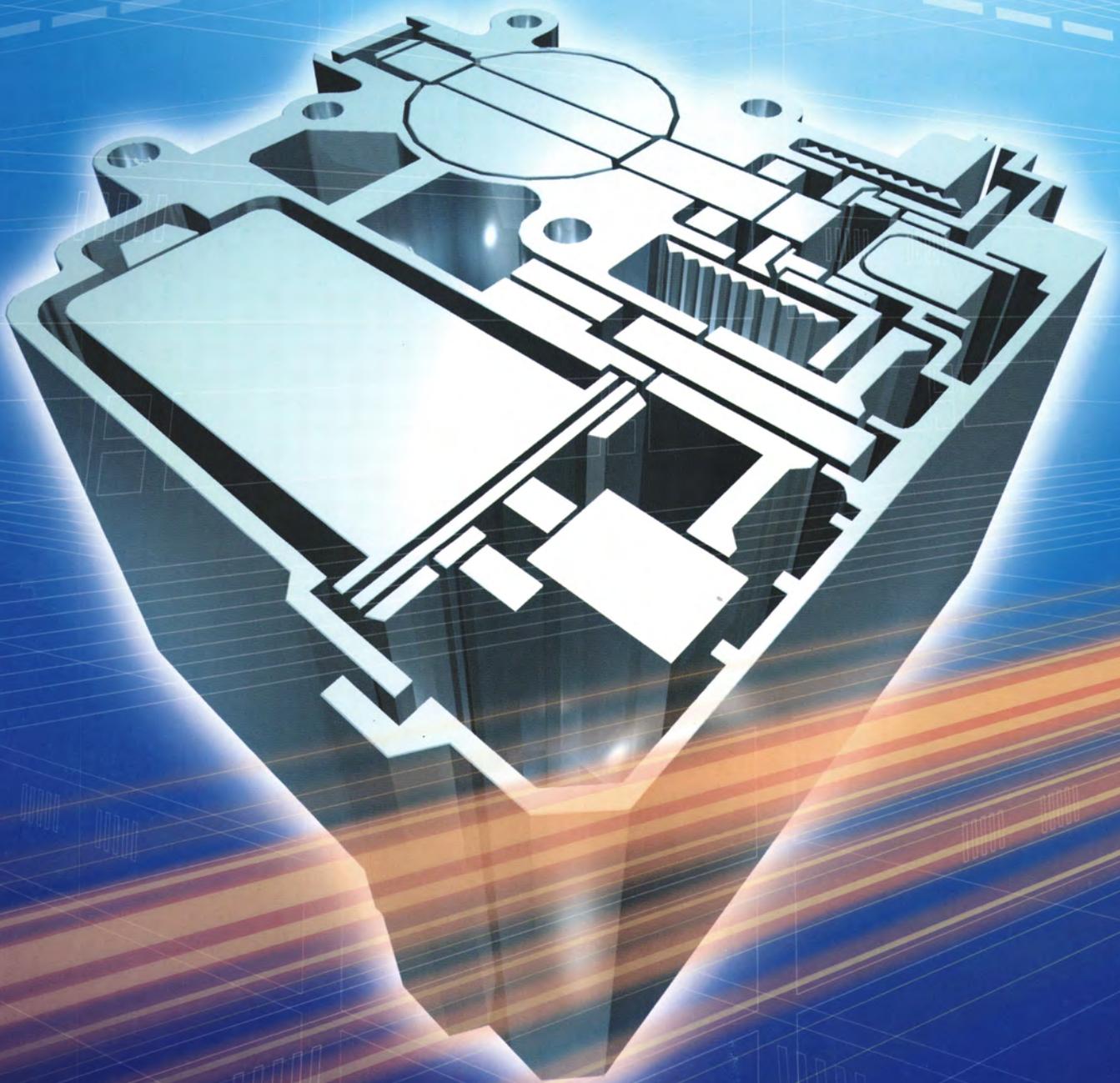
# 愛三技報

AISAN TECHNICAL JOURNAL

2004.8

No.2

## 特集「バルブ」



AISAN INDUSTRY CO., LTD.



目次

CONTENTS

巻頭言 Foreword	モノづくりと人づくり……………1 Quality product, quality people
特集 Features	特集「バルブ」によせて……………4 Special Issue "Valve" 電子スロットルボデーにおけるアイドル空気量の低減について……………5 Electronic Throttle Body —Reduction of idling air amount— 二輪車用チタンエンジンバルブの開発……………9 Development of Titanium Engine Valves for Motorcycles 可変吸気バルブ (IACV) の開発……………15 Development of Intake Air Control Valve (IACV)
論文 Technical Papers	直噴ガソリン用インジェクタの噴霧シミュレーション技術……………21 Fuel Spray Simulation of Slit Nozzle Injector for Direct-Injection Gasoline Engine LEV-II キャニスタの開発……………27 Development of LEV-II Canister エンジンバルブの鍛造技術……………32 Forging Technology of Engine Valve ウォータジャケットスペーサの開発……………39 Development of Water Jacket Spacer
新製品紹介 New Products	樹脂スロットルボデー……………45 Plastic Throttle Body モータ式樹脂可変吸気バルブ……………46 Plastic Intake Air Control Valve 樹脂インテークマニホールド……………47 Plastic Intake Manifold トルクモータ式ディーゼルスロットル……………48 Rotary Solenoid Diesel Throttle 樹脂アクセルペダルモジュール……………49 Plastic Accelerator Pedal W/Sensor アイドルスピードコントロールバルブ……………50 Idle Speed Control Valve ハイブリッド車用電動ウォータポンプ……………51 Water Pump for Hybrid Vehicle ウォータジャケットスペーサ……………52 Water Jacket Spacer ブラダタンク用サブタンクモジュール……………53 Fuel Pump Sub Tank Module for Bladder Tank 米国エバポ規制対応キャニスタ……………54 Canister for US evaporative emission control

## 巻頭言 「モノづくりと人づくり」

Foreword "Quality product, quality people"



取締役副社長

加藤 由人

Yoshito Kato, Vice-President

最近、機会あるごとに、経団連の奥田会長が日本のモノづくり企業に対して、抜本的な改革の必要性を説いておられる。この背景には、成長著しい中国の脅威がある事は言うまでもない。

従来の物まねのできる様な製品では、所詮、値下げ競争に巻き込まれ、その努力も報われないまま、労務費の安い中国に太刀打ちできなくなる。

我々、愛三としても、お客様の心を理解し、ダントツの技術力で裏打ちされたオンリーワン製品を商品化して、これをお使い頂くお客様の生活をより豊かな価値あるものにして頂くことが大切である。

今年の会社スローガン『お客様の立場で世界に誇る価値づくり』は、まさに、愛三の心と意気込みを表している。

ところで、お客様の心はどの様にして掴んだら良いのだろうか？

一つは、最終ユーザである車や二輪車・クルーザのオーナーの生活ぶりを体験したり、同好の士が集まるパーティや同好誌に参画したり、パソコンネットのチャットを使って、リアルタイムに色々な意見交換を行い、自分の耳や目や口でその世界に浸ってみるが良い。まさに感性の世界である。

もう一つは、直接ユーザであるメーカーさんの目線で製品を考えると良い。

お客様の商品コンセプトとシステム全体に関わる愛三製品の位置付けを正しく理解し、妥当なコストで期待される機能・性能を発揮すると共に、耐久性を保証する必要がある。時には我々の独創力で、お客様のご期待をはるかにしのぐ新たな価値や可能性を提供できれば、ベストである。このためには、日常にお客様とコンカレントな活動を行い、お客様のシステムやデバイスの設計に部品メーカーとしての知恵や魅力を盛り込むことが望まれる。

一方、造りやすい設計は製品の品質を高め、原価を下げる強力な武器になり、お客様のさまざまなご負担を和らげることができる。モノづくりに長けた生産技術者を巻き込み、造り易いシンプルな形状設計・製品種類や工程の削減・どこでも造れる材料選定など、『生産設計』を「製品設計」に織り込んで国際競争力を高めることも重要な課題であろう。

ここで、目標の設定方法が重要である。往々にして期末の成績を合格にするための目標になりがちであり、おおいに反省が必要である。何事も、競争相手をしっかりとベンチマークして、競争に打ち勝てる高いレベルを目標において、必達を前提とした具体的な施策によって、結果を出し切る活動が望まれる。

また、スタートでは勿論、途中でも何らかの障害に対処する時には、改めて、**目的は何か？狙いはどこにあるのか？**を問い直す姿勢が欲しい。

ところで、これらの活動を行うベースは言うまでもなく、専門的な固有技術である。この21世紀は環境技術が大きなテーマとされて、国レベルでは、昨年まで私も審議委員を務めたNEDOがリードして、新エネルギー・環境技術開発、資源の有効利用、バイオ・ナノテク・新素材の開発などを取り上げている。これを睨みながらもう少し手の届く所で、愛三が改めて強化すべき専門技術分野は、

- ・ Nano-Technologyなどによる新素材とその応用技術
- ・ Engineering-Plasticsなどの機能性樹脂材料と合理的成形技術
- ・ Heat-Managementや高圧流体の制御技術
- ・ 局部的Plasma環境における表面処理技術
- ・ 車&機能部品のより高度な現象解析・計測・診断・適合技術 などである。

ところが、残念ながら我々のような弱小企業は、大企業のように基礎研究や先端技術開発を行うリソースは無いに等しい。だからと言って諦めてはいけない。

最近国や経団連が科学技術創造立国を目指す中で、5年間で25兆円というお金を用意して産学連携による産業発展を督励している。独立法人化された大学も民間に使ってもらってはじめて評価される仕組みに変わり、競って産業界との連携を求めている。

我々は、このチャンスを逃がすことなく、技術課題を明確に絞り込んで国や大学の研究機関、および、専門企業研究所にニーズを提示して、研究委託や共同開発にもっと積極的に取り組むべきではなからうか？

さらに、想いを同じくして、互いに補完しあえる他の企業とも戦略的にコラボレートして、我々の弱点を補う工夫も急務である。同時に、時限的なテーマを設定して、若手人材をこれらの研究機関に派遣し、愛三の核となりうる技術者を計画的に育成する必要がある。若手の人材育成にあたっては、学歴にとらわれることなく、倫理観を含めた人間性をベースとして、技術マインドとチャレンジ意欲を備えた『人物』の見極めが大切である。

過日、慶応大学川崎キャンパスの清水研究室に赴き、300km/hで走る8輪駆動の電気自動車を勉強させて頂いたことがある。この研究室では必ず、卒業までに実車走行できるオリジナルEVを学生諸君の手で完成させる課題を与えられる。

授業や研究室をサボる学生は一人もなく、誰も強制しなくても、四六時中、キャンパスに来て車づくりに没頭する。

高専や工業高校のロボコンに参画して闘う若者の姿も同様に写る。

何かを実行する目的や自らの夢を抱き、いろいろなチャレンジと闘いを経て、最後に自分の手を汚して造った車を自ら操る醍醐味……という達成感を、これほど見事に味わえる体験はなかなか得難いものである。こういう技術屋なら企業に入っても優秀なリーダーになるだろうと確信できるのである。

振り返って、愛三の若手人材教育にはこのような工夫や効果があるのだろうか？

有能な若者にOJTと称し、人手不足の穴埋めとして単なる負荷を与えているだけだとすれば、大いに反省せねばならない。

人は会社の財産だから人財とあらわす人もいる。一人ひとりが自分の夢を描き、色々な過程を自ら工夫してこれを現実のものにするプロセスが体感できれば、彼らはもっと大きな夢に挑戦してくれるに違いない。

愛三が付加価値のある技術生産企業としてグローバル競争に打ち勝ち、その利益を更なるイノベーションに繋げることによって、

## MADE BY JAPANの一翼を担える

ように、若い諸君とともに成長したいと願っている。

## 特 集 「バルブ」

Feature "Valve"

### 特集に寄せて

技術企画部部長  
取締役

**佐 藤 充 功**

Michikatsu Satoh, Director



バルブ特集とあるが、一言でバルブといっても大変幅が広く、スロットルボデー・エンジンバルブ・電磁弁etcと愛三の主要製品の多くがバルブ技術を使用しており、愛三のコア技術といわれている“流体制御技術”の中核を成すのがバルブ技術である。

中でもバタフライバルブの技術はキャブレタからスロットルボデーへと続く製品に培われた愛三の強みであり、T-VIS・ACIS等の多くの製品を生み出している。特にスロットルボデーでは他社の全閉角 $10^{\circ}$ に対して、全閉洩れに有利な全閉角 $6^{\circ}$ をいち早く達成できていたのもこの技術における愛三の強みであったと考えられる。では現在このバタフライバルブに関する愛三の技術は他社に比較して優れているのであろうか？残念ながら他社を圧倒するほどの技術力の差があるとは言いがたく、負けてはいないが馬群に紛れているといったところと思う。他のバルブ技術(電磁弁・エンジンバルブ)でも同様のことが言えると思う。バルブを使用した各社の製品はその技術の優劣が付けがたく、品質力・不具合対応力・コスト低減力・グローバル供給力等多面的評価で競合が激化している。

愛三では流体制御技術をコア技術と位置づけている。その主たる技術のバルブ技術で他社を差別化できる優れた技術を生み出すのが愛三技術陣に与えられた使命と思う。

企業における強いコア技術とは、一部の優秀な技術者の働きに頼るのではなく、その技術に携わる全ての技術者がより良い製品を目指して切磋琢磨することから生まれ、それを継続する(キャブからスロットルボデーのように)ことで強いコア技術になっていくと思われる。

バルブに携わる愛三技術陣のますますの切磋琢磨を期待する。

# 電子スロットルボデーにおける アイドル空気量の低減について

Electronic Throttle Body  
—Reduction of idling air amount—

西 谷 勤

Tsutomu Nishitani

## 要旨

近年、車両走行の安全性、安定性、及び燃費向上を目的に電子スロットル化が進行している。そこで、将来動向としてアイドル空気量の低減ニーズが高まっているため、そのスロットルバルブ仕様について報告する。

## Abstract

Nowadays the shift to Electronic Throttle Body has progressed for the purpose of the safety and stability of driving vehicles and the improvement in Fuel economy.

This report presents Throttle valve specification because a need of reduction of air amount when an engine is idling is increasing as a future trend.

## 1. はじめに

環境問題に対応した車両法規制（燃費規制，排出ガス規制）が近年，強化されてきた．また，車両の操縦安定性向上の面から，電子スロットル化が進行している．

大排気量から小排気量までのエンジンへの展開にあたり，より軽量，小型，低コストな電子スロットルのニーズが高くなってきている．一方，スロットルバルブへの要求としては，低アイドル化（低燃費化）の対応として，低開度時の漏れ空気量の低減が望まれてきている．

## 2. 当社における電子スロットルの変遷

図1に当社における電子スロットルの変遷について示す．1981年からメカニカルスロットルボデーの生産を開始し，1991年から2弁式電子スロットルを生産し始めた．当初は，フェールセーフのため，スロットルバルブを2個使用し，モータで駆動するバルブと，従来どおりアクセルワイヤに直結したバルブを設けていた．その後，電子スロットル化の拡大に伴い，低コスト，小型化のため，メカニカルリンクを装着した1弁式電子スロットルに移り，現在はリンクレス電子スロットルが主流となっている．また，近年，より長期信頼性向上を図って，非接触式センサを採用している．

## 3. 電子スロットルシステム概要

図2に電子スロットルのシステム概要を示す．アクセルペダルの踏み込み量をアクセルセンサにより検出し，電子スロットルのバルブ開度をスロットルセンサにより検出する．双方の値及びその他エンジン側の情報を取り込みエンジンコントロールユニットから必要なスロットル開度の指令値を出力する．その指令値に応じた開度にモータでバルブを制御する．

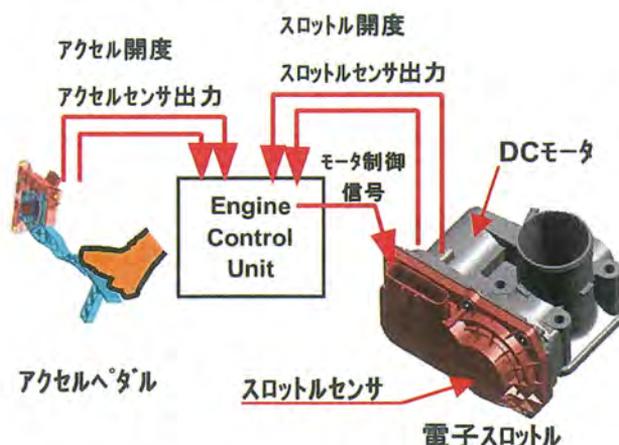


図2 電子スロットルシステム概要

## 4. 電子スロットルにおけるスロットルバルブのアイドル制御状態について

電子スロットルでは，従来のメカニカルスロットルボデーのアイドルスピードコントロールバルブを廃止し，アイドル状態でのエンジン吸入空気

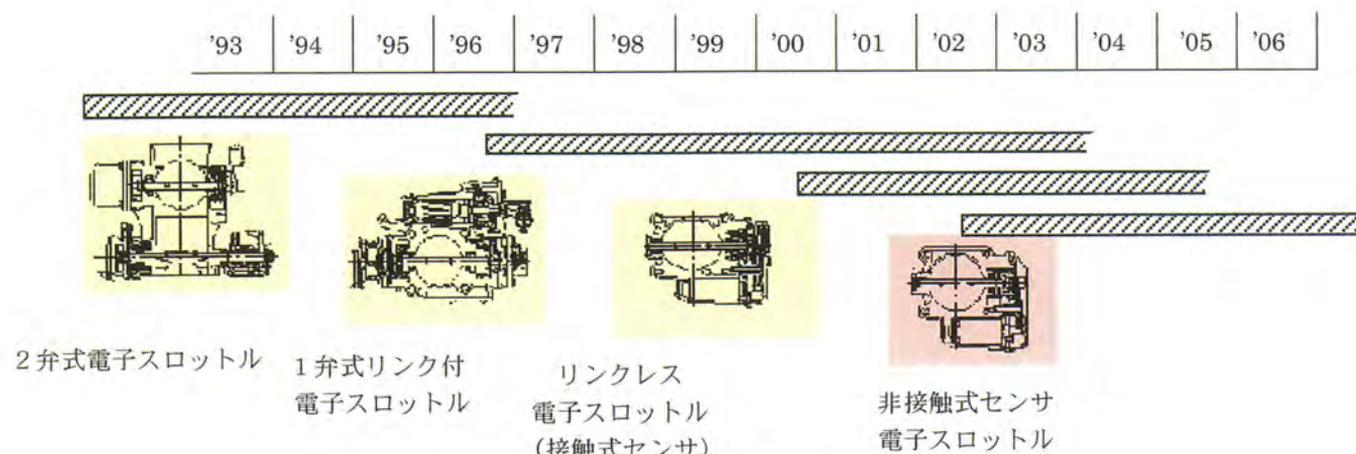


図1 スロットルボデーの変遷

量をスロットルバルブで制御しており、バルブがモータ制御で全閉ストッパに当接しないように全閉ストッパでの調整状態（以下全閉と呼ぶ）から微小開度開いた位置をアイドル状態としている。

なお、スロットルボアに対し、バルブが当接している状態（以下メタルタッチと呼ぶ）から所定開度開いた状態を全閉としており、アイドル状態との関係を図3に示す。

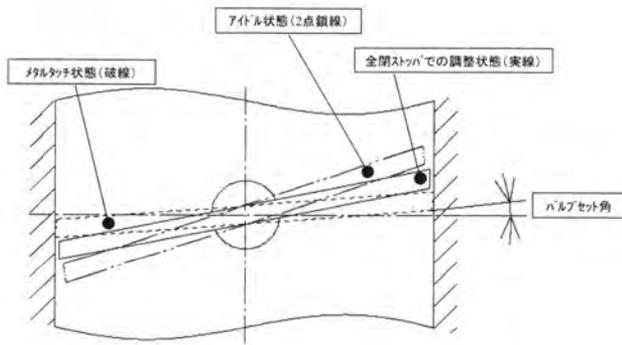


図3 アイドル状態図

また、アイドル状態は制御下限位置（制御上最もバルブを閉じ込む開度）を示しており、そこで洩れ空気量の低減が低アイドル化（低燃費化）の対応として必要となる。

## 5. 漏れ空気量の低減検討

### (1) 影響因子と方策の検討

メタルタッチで漏れ空気量を低減するにあたり、シャフトとバルブ隙間、及びシャフト逃し穴（図4参照）での漏れ流量を算出するため、流れ解析を実施した。

その解析結果を図5に示す。

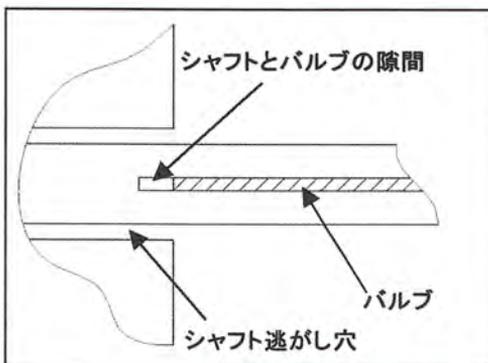


図4 漏れ空気量発生部位

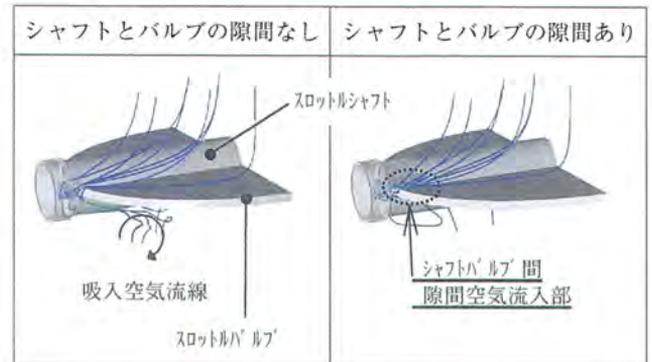


図5 バルブとボデーの流れ解析結果

空気の流れる隙間は図4に示すシャフトとバルブの隙間と、シャフト逃し穴部と、ボデーとバルブの隙間の3ヶ所であるが、メタルタッチ時に各隙間を流れる空気量の割合は表1のようになった。

表1 漏れ空気量寄与率（メタルタッチ時）

部 位	寄与率
シャフト逃し穴部	35%
シャフトとバルブ隙間	30%
ボデーとバルブ隙間	35%

同様に全閉から微小開度開いたアイドル時の寄与率を求めると表2のようになる。

表2 漏れ空気量寄与率

部 位	全閉時	アイドル時
シャフト逃し穴部	30%	20%
シャフトとバルブ隙間	20%	10%
ボデーとバルブ隙間	50%	70%

メタルタッチ時は、表1の如く各部の漏れがほぼ同じレベルであるが、そこから少しでもバルブを開くと、表2の如く圧倒的にボデーとバルブ隙間を流れる空気量が支配的になる。

従って、低アイドル回転化のための空気量低減のためには、メタルタッチ状態からごく小開度バルブを開く時の空気量の変化を抑えることが肝要であることがわかる。

メタルタッチからのスロットルの微小開きに対する空気量の変化率を小さくするためには、バルブセット角（バルブとボデーの当接角度）を小さくするのが有効だというのが一般的に知られている。しかし、バルブとボアの食込みの問題がある

ため、バルブセット角を小さくするには限度がある。  
この検討結果を図6に示す。

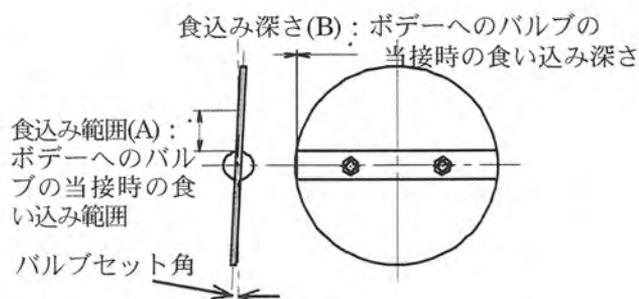
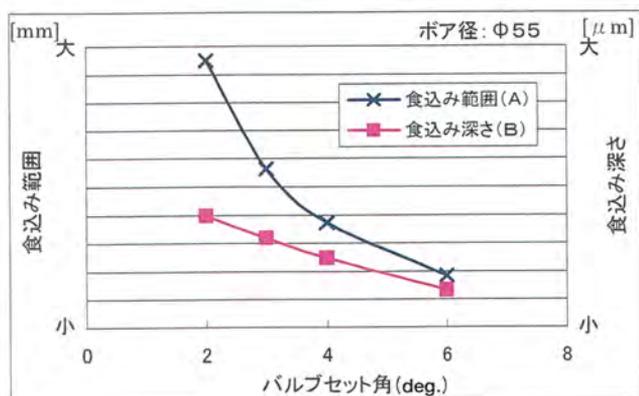


図6 バルブセット角と食込みの関係

図7でバルブセット角と食込みの関係を示すが、バルブがP→P'の位置に回転するとX方向ではP→P'にずれ、その飛び出した量が食込み深さととなり、その範囲が食込み範囲となる。

このように、バルブセット角を小さくすると、食込み深さ、食込み範囲が増加する。

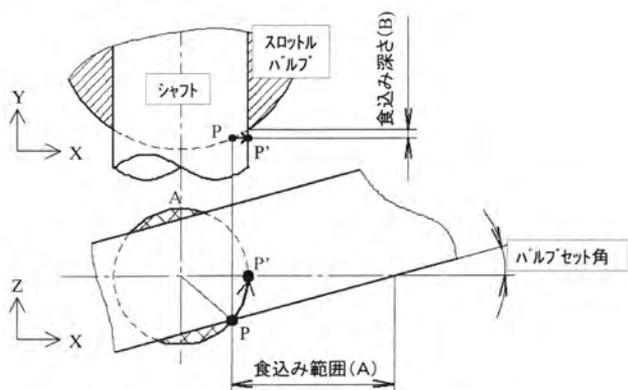


図7 バルブセット角と食込み関係

(2)バルブ諸元変更による検証

バルブセット角を変更した場合の検討結果を図8に示す。

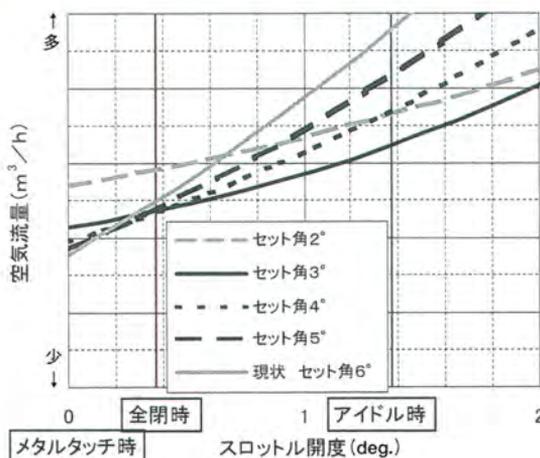


図10 セット角と流量特性の関係

図8では各セット角での全閉時の流量を揃えたが、セット角2°では食い付きの制約から、3°以上のセット角と同じ流量は取れなかった。

セット角を小さくするほど流量特性の傾きは小さくなるが、セット角2°ではセット角3°以上の全閉時流量が確保できない。

従って、この実験範囲では漏れ空気量の最小化のためにはセット角3°(バルブ板厚1.6mm、ボア径Φ55の時)付近に最適値があるといえる。

6. まとめ

- (1)スロットルバルブ低開度域での空気量を低減するには、バルブセット角を小さくすることが有効であるが、バルブ食込みの制限から、バルブセット角3°近傍に最適な設計点がある。(バルブ板厚1.6mm、ボア径Φ55)
- (2)従来流量でのバルブセット角は6°~10°が一般的であったが、今後は最小流量低減の目的でバルブセット角を小さく設計することが主流になると思われる。

著者紹介

西谷 勤  
Tsutomu Nishitani  
(第1製品開発部)





# 二輪車用チタンエンジンバルブの開発

## Development of Titanium Engine Valves for Motorcycles

富永忠良

Tadayoshi Tominaga

### 要旨

二輪車は四輪車以上に高出力化が求められているため、近年、チタンエンジンバルブの適用が強く期待されている。二輪車に求められる信頼性を確保できるチタンバルブを開発するため、

1. 二輪車用エンジンバルブに必要な疲労強度を明確にするためのCAE解析手法を新たに導入した。
2. インテークバルブ材、エキゾーストバルブ材にTi-6Al-4V、TIMETAL1100をそれぞれ採用した。
3. 酸化処理条件が疲労強度や耐摩耗性に及ぼす影響を詳しく調査した。

### Abstract

It has been strongly expected that titanium engine valves will be adopted to motorcycle engines where higher engine performance is required than in automobiles. In order to develop titanium valves that meet reliability requirements in motorcycle engines:

1. Using a computer aided engineering (CAE), a stress analysis method was newly proposed to specify required fatigue strength for motorcycles engine valves.
2. Ti-6Al-4V and TIMETAL1100 alloy were applied to intake and exhaust valves respectively.
3. Effects of oxidation surface hardening conditions on fatigue strength and wear resistance were closely examined.

## 1. まえがき

チタン合金製エンジンバルブは従来の耐熱鋼製エンジンバルブに比べ40%も軽量であるため、エンジンの高出力化をはじめ、図1に示すような数多くのメリットを有する。

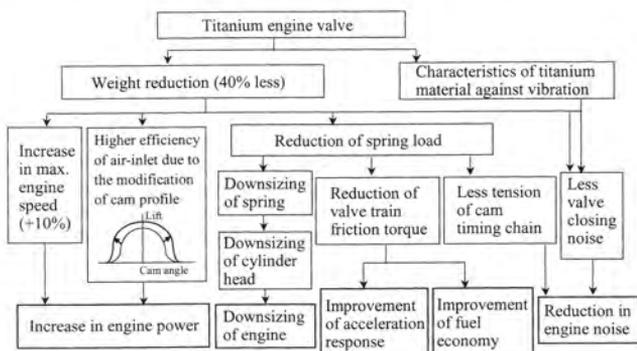


図1 チタンバルブのうれしさ

特に二輪車はエンジンの高出力化、アクセルレスポンスの向上、エンジンヘッド小型化による車両の軽量化などが強く求められているため、近年、チタンエンジンバルブの適用が強く期待されている。

チタンバルブには低コストの耐摩耗処理が採用されており、酸化処理もその一つであるが、チタンの酸化硬化層は疲労強度を低下させることが知られており<sup>(1)</sup>、耐摩耗性と疲労強度は相反する関係にある。

## 2. チタンバルブ材料仕様

当社製チタンバルブの材料仕様を従来の耐熱鋼と比較し、図2に示す。

特に二輪車用にチタンエンジンバルブを開発するにあたっては、二輪車のエンジンバルブの使用環境や量産性から、吸気弁にはTi-6Al-4V、排気弁にはTIMETAL1100（以下これをTi1100と呼ぶ）が最適であると考え、これらの合金を用いたチタンエンジンバルブの研究開発を新日本製鐵株式会社と共同で実施してきた。

	Intake valve		Exhaust valve		
	Titanium alloy	Conventional (Steel)	Titanium alloy		Conventional (Steel)
Material	Ti-6Al-4V (Wrought alloy)	SUH11	MMC (Sintered alloy)	TIMETAL 1100 (Wrought alloy)	SUH35
Chemical composition	Ti-6Al-4V	Fe-8.5Cr-1.5Si	Ti-6Al-4Sn-4Zr-0.9Nb-0.9Mo-0.2Si-5TiB	Ti-6Al-2.7Sn-4Zr-0.4Mo-0.4Si	Fe-21Cr-4Ni-9Mn
Specific gravity (g/cm <sup>3</sup> )	4.43	7.70	4.59	4.5	7.75
Heat treatment	B-Solution treatment	Annealing	B-Solution treatment	B-Solution treatment	Annealing
Surface treatment	Oxidation treatment	Nitrocarburizing	Oxidation treatment	Oxidation treatment	Nitrocarburizing

図2 当社製チタンバルブの材料仕様

### 2.1 吸気弁

酸化処理は基本的に大気中で高温域に加熱・保持する熱処理であるが、Ti-6Al-4Vの耐高温クリープ特性は必ずしも良好ではなく、酸化処理中に自重でバルブが変形するのを極力防止する必要がある。図3に軸部断面の微視組織を示す。バルブ全体をこのような微細針状組織とすることで、酸化処理中の変形も抑制できるようになった。



図3 インテークバルブ軸部断面組織

一般に針状組織は延性や疲労特性が低いとされるが、粗大なα相を粒界に析出させることなく十分に微細な針状組織とすることで、高い延性や等軸組織並の疲労特性を確保することが可能である<sup>(1)</sup>。実際のバルブ軸部から切り出した試験片を用いて引張特性を評価したところ、980MPa以上の高い引張強度と12%以上の高い伸びが確認されており、また図4に示すように、針状組織でも等軸材と比べ遜色ない疲労特性を有していることが確認されている。

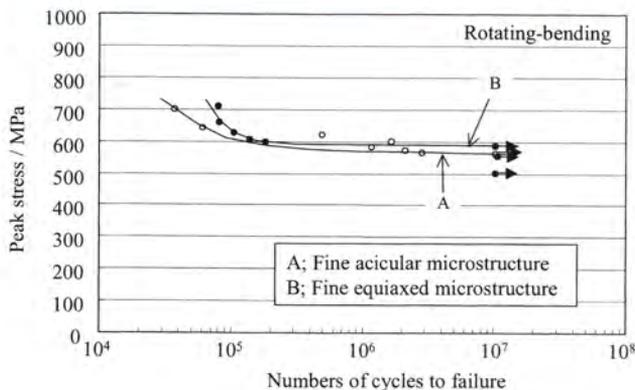


図4 Ti-6Al-4Vの常温疲労強度

## 2.2 排気弁

Ti1100は実用チタン合金の中では最も耐熱性に優れる合金の一つとされるが、その耐用温度は600℃程度といわれており<sup>(2)</sup>、二輪車の排気弁のように800℃付近までの耐熱性が要求される用途に対しては、改めて最適な熱処理条件を把握し、実際に800℃付近での材質特性を確認しておく必要がある。そこで、種々の熱処理を施した材料を用いて室温～800℃付近までの強度や耐高温クリープ特性を評価し、最適な材質特性バランスを発現させる条件を把握するとともに、実際にエンジンバルブを製作しこれを評価した。

図5に、適正な熱処理を行ったTi1100合金の室温～高温域の強度を示す。Ti1100の0.2%耐力は、室温～700℃の温度範囲では、鋼製排気バルブの主要素材であるSUH35よりも高く、800℃でほぼ同

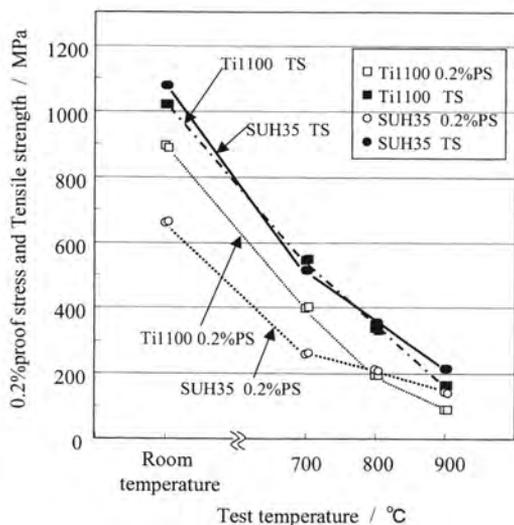


図5 Ti1100とSUH35の引張強度

等の水準である。又、図6に示すように、800℃における疲労強度もSUH35と同等レベルであることも確認されている。その上、懸念された耐高温クリープ特性も図7に示すように、むしろSUH35より優れていることが確認されている。このように、本合金に適切な熱処理を施すことにより、排気バルブとして十分な特性を引き出すことができた。

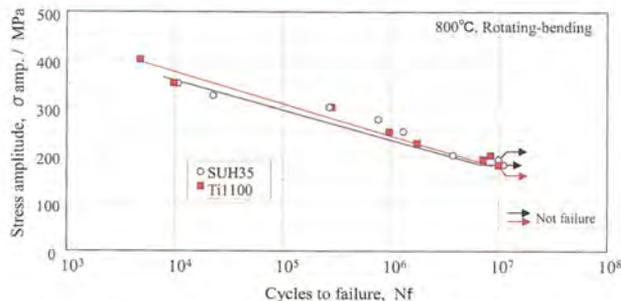


図6 Ti1100とSUH35の800℃疲労強度

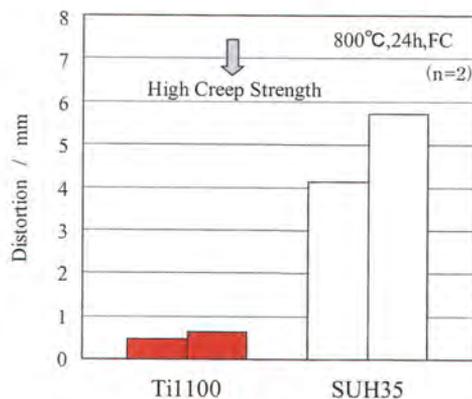


図7 Ti1100とSUH35の800℃クリープ強度

一般に吸気弁は排気弁に比べ吸気効率を稼ぐために、傘径が大きく、重く、リフト量も大きくなっている。そのために吸気弁は着座衝撃力が大きい。そこで以降は、吸気弁の検討結果について報告する。

## 3. 二輪車用チタンバルブに必要な疲労強度の把握

非線形FEM動的解析ソフト (LS-DYNA) を用い、CAEによるエンジンバルブの衝突解析方法を検討した。この解析方法により、着座時の衝撃力によりバルブ各部に発生する応力を経時的に求めることができる。

図8にこの解析に用いたCAEモデルの例を示す。この解析では実際の使用負荷環境を再現するため、①スプリング、リテーナ、コッタも含めたモデル、②実際の着座速度、③実際のスプリング荷重、④片当たりモデル、とすることにより、実際に発生する応力の推定ができる。

なお、あるエンジンでヘッド単体モータリング試験を行い、歪ゲージを用いたバルブの応力測定結果と、CAEの計算値はよく一致していることを確認している。

二輪車用吸気弁のCAE結果の例を図9に示す。このグラフは着座後、バルブ各部に発生する応力を経時的に示したもので、このバルブは着座後140 $\mu$ sec後に、首部で最大応力110MPaが発生することが分かる。

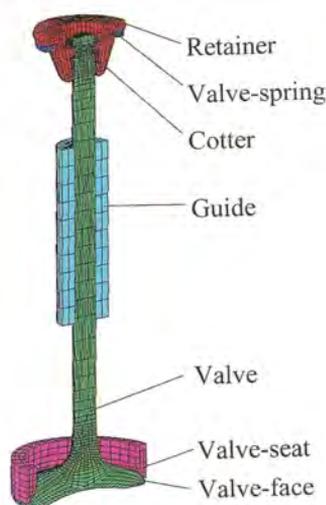


図8 解析モデル

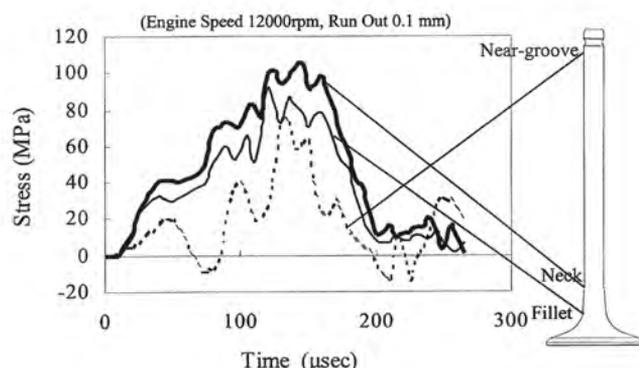


図9 応力解析結果

このように、この解析方法によりエンジンバルブに必要な疲労強度を把握することができる。

## 4. 酸化処理条件の検討

### 4.1 酸化処理条件が酸化硬化層生成に及ぼす影響

酸化処理の処理温度を670℃から820℃まで、処理時間を1時間から16時間まで振り、酸化硬化層の硬度分布、クラック有無を調査した。

670℃、820℃で処理時間を振った場合の表層の硬度分布を図10に示す。

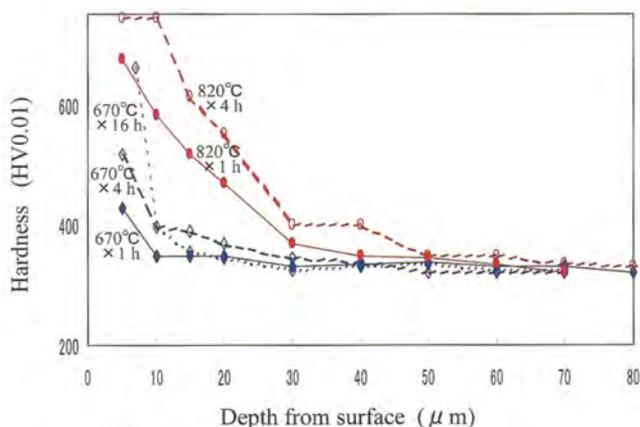


図10 酸化温度、酸化時間が硬度分布に及ぼす影響

高温、長時間の処理ほど硬度が高く、硬化層は厚くなる。これは侵入した酸素の固溶強化によるものである。

### 4.2 酸化処理条件と疲労強度の関係調査

バルブ実体での疲労強度を調査するために図11のような試験方法を確立した。従来からのテストピースによる回転曲げ疲労試験と異なり、実際のバルブの①鍛造組織、②熱処理組織、③表面処理層、④表面性状での疲労強度の評価が可能である。又、Ti-6Al-4V酸化処理の疲労強度は500℃、300℃よりも常温の方が低い<sup>(3)</sup>ため、常温で試験した。

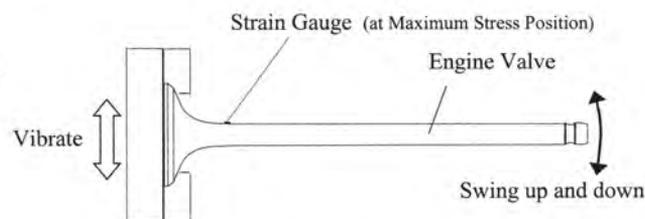


図11 バルブ実体疲労試験概要図

酸化処理条件がチタンバルブの疲労強度に及ぼす影響を図12に示す。酸化硬化層が厚い（酸化温度が高く、酸化時間が長い）方が疲労強度は低下する傾向が認められた。

この原因は酸化硬化層が疲労亀裂の発生抵抗が低いためと考えられる。

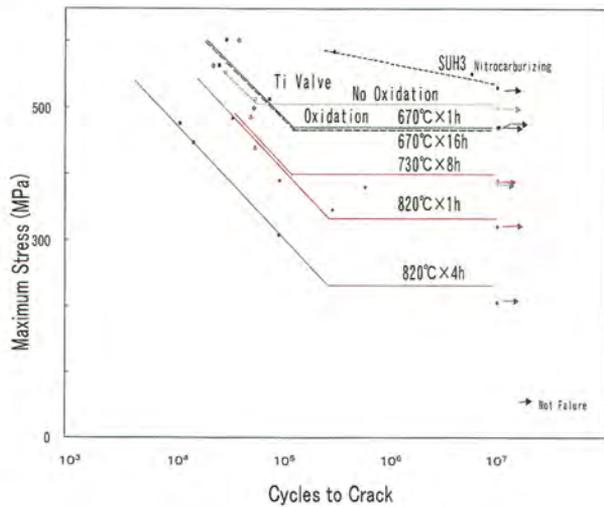


図12 バルブ実体疲労試験結果

検討する二輪車用エンジンバルブに要求される疲労強度が仮に300MPaである場合、820°C × 1h で得られる硬化層であれば要求される疲労強度を満足できるといえる。

さらに高い疲労強度が要求される場合には、要求強度に応じて、例えば670°C × 16h, 730°C × 8h を選択するとよい。

### 4.3 酸化処理条件と耐摩耗性の関係調査

酸化処理条件が耐摩耗性に及ぼす影響を調査するため、図13に示す弁座試験機を用い、摩耗試験を行った。

吸気弁でのバルブ、バルブシートの作動温度を再現するため、弁フェース温度350°C、相手シート温度200°Cとした。

酸化処理条件が弁フェース摩耗量に及ぼす影響を調査した結果を図14に示す。チタンバルブの耐摩耗性は酸化硬化層無しでは耐熱鋼SUH3に比べ低いが、酸化硬化層があれば、いずれの酸化条件でも耐熱鋼SUH3以上の耐摩耗性（約3倍）を有する結果を得た。

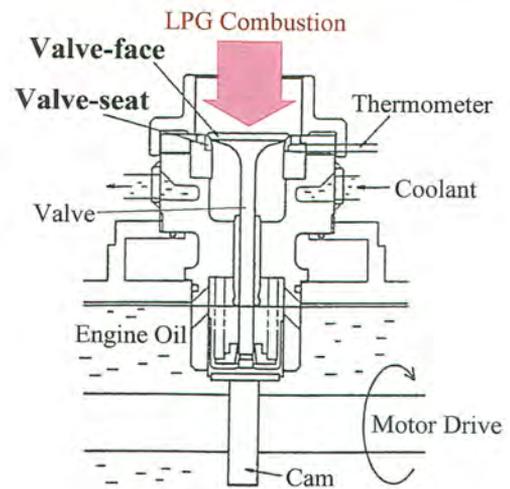


図13 弁座試験機概要図

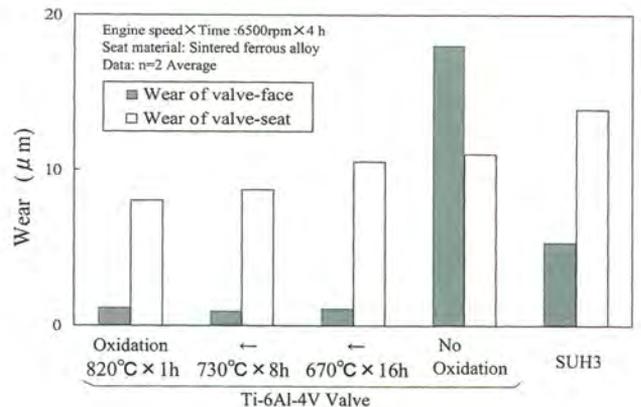


図14 弁座試験結果

本研究により得られたいくつかの酸化処理条件は、実際に量産二輪車のチタンバルブに採用され、実機耐久評価により十分な疲労強度と耐摩耗性を有していることが確認できた。

## 5. まとめ

- (1) 二輪車用チタンバルブ開発に必要な疲労強度を把握するためCAEによる応力解析手法を検討した。計算値が、実際にバルブに発生する応力実測値とよく一致する事が、ヘッド単体モータリング試験にて確認できた。
- (2) バルブ実体を用いた疲労試験及び摩耗試験にて、酸化処理条件が耐摩耗性及び疲労強度に及ぼす影響を把握した。
- (3) 適切な酸化処理条件を設定することにより、二

輪車に要求される耐摩耗性及び疲労強度が両立でき、二輪車用チタンバルブが量産可能となった。

廉価な表面処理が採用可能となったため、今後更に二輪車へのチタンバルブ適用拡大が期待できる。

〈参考文献〉

- (1)Lutjering, G. and Gysler, A. : Titanium Science and Technology, ed. by Lutjering, G., Zwicker, U. and Bunk, W., Deutsche Gesellschaft für Metallkunde E. V., 2065 (1985)
- (2)Bania, P. J. : J. Met. (March) 20 (1988)
- (3)Isamu Takayama : SAE Technical Paper 950940 (1995)

著者紹介

富永 忠良

Tadayoshi tominaga  
(第1製品開発部)





# 可変吸気バルブ (IACV) の開発

## Development of Intake Air Control Valve (IACV)

吉川直孝  
Naotaka Yoshikawa

### 要旨

トヨタ自動車株式会社殿の新V6エンジン3GR-FSE(3.0L), 4GR-FSE(2.5L)用として従来のダイヤフラム式に代えて新たにトルクモータ駆動式のインテークエアコントロールバルブ(以下 IACV)が開発できたので報告する。

### Abstract

This report presents new torque motor drive IACV. The IACV is developed for TOYOTA 3GR-FSE (3.0 L) and 4GR-FSE (2.5 L) instead of the current diaphragm.

## 1. はじめに

吸気制御バルブは吸気管の構造変更により燃焼室への吸気流れを制御して燃焼改善を図ったり、エンジンの出力に応じ吸気管の吸気慣性の利用や吸気の干渉を制御し自然吸気で過給効果を生じさせエンジンの出力向上を図るために用いられる。

前者のバルブはスワールコントロールバルブ（SCV）であり、IACVは後者に属する可変吸気バルブで共鳴過給効果により出力向上を図るものである。

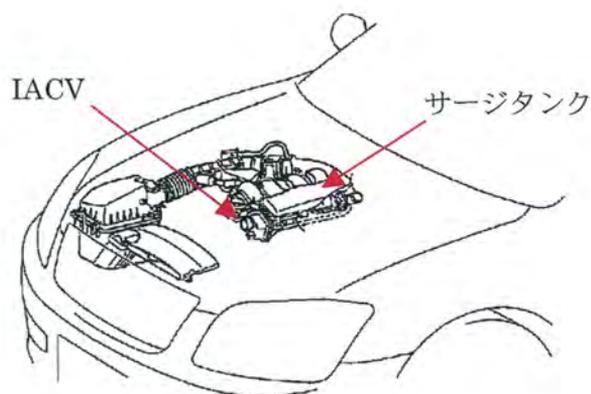


図1 搭載位置

## 2. 従来のIACVとの相違点

従来のIACVの開閉は、VSV（バキューム・スイッチングバルブ）への通電信号により負圧通路を開閉して作動するダイヤフラム式であった。

今回の新V6エンジンは、シリンダ内へ直接燃料を噴射する直噴エンジンであるため、発生する負圧が低く、高負荷の過渡時にバルブを駆動するに



図2 開発品IACV

は、より大型の蓄圧タンクが必要である。このため電気信号で駆動するトルクモータ式のIACVを開発した。システム全体として従来と同等の回路で駆動でき、開発品はエンジンルーム内のスペース低減に貢献できた。

## 3. IACVの機能

エンジンの吸入行程で負圧が発生し、吸気管内には負圧波として伝播して、大気開放側に達すると逆位相の正圧波として反射されエンジンバルブ側に戻ってくる。この圧力変動が次の吸入行程に及ぼす影響を脈動効果と言ひ、この残存する圧力変動が次の吸入行程と同期すると、エンジンバルブ開弁時に圧力が高くなり、吸入空気量が増加（体積効率が向上）してトルクアップを図ることができる。

体積効率を最も高くすることのできる最適値は、回転数が低い場合には吸気の間隔が長いいため吸気管長を長く、また回転数が高い時に吸気管長を短くすることで得られる。

IACVの機能は、この脈動効果を積極的に活用するため、エンジン回転数の変化により有効吸気管長を切り換えることである。

図3、図4に有効吸気管長を斜線で示す。

サージタンク内に設けられたIACVの開弁時に吸気管長は短く、また閉弁時には長くなる。

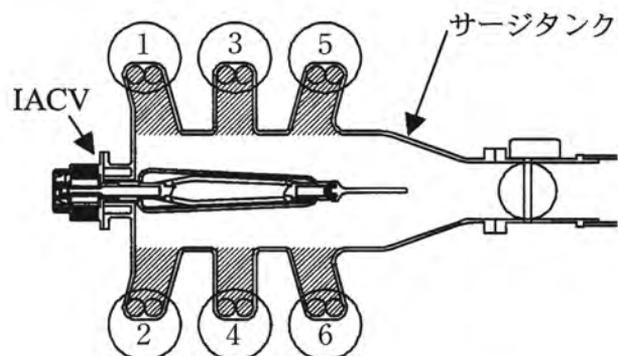


図3 IACV開弁時の有効吸気管長（短）

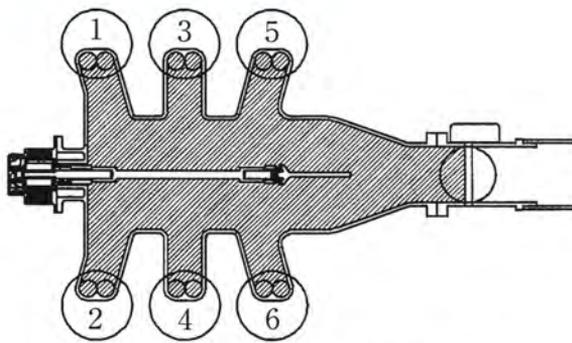


図4 IACV閉弁時の有効吸気管長（長）

#### 4. システム

IACVは特にエンジンの中高速域トルク、出力の向上を図るように設定されている。

IACVバルブの作動はエンジン回転数とスロットルバルブ開度に応じてコンピュータからの信号により、全閉または全開となる。

図5にシステムを示し、IACVバルブの作動タイミングを図6に示す。

エンジン回転数とスロットルバルブ開度から中

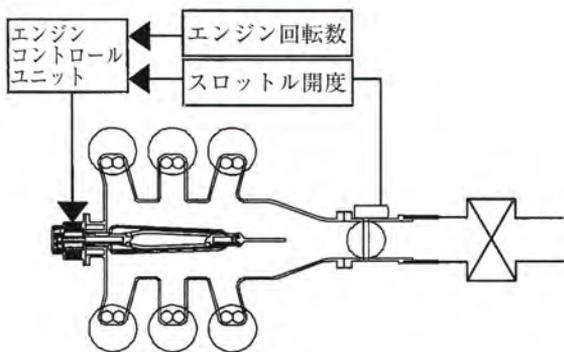


図5 IACVシステム

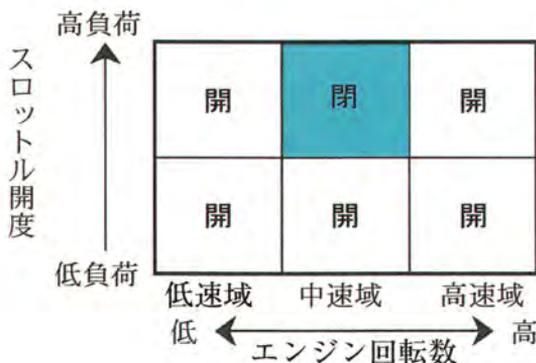


図6 IACVバルブ作動タイミング

速域の運転であることをエンジンコントロールユニットが判断すると、IACVのトルクモータに通電されバルブを閉弁する。この時、回転数に応じた吸気管長が得られるため図7の斜線部で示すようなトルクアップを図ることができる。

高速域では開弁して吸気管長を短縮する。

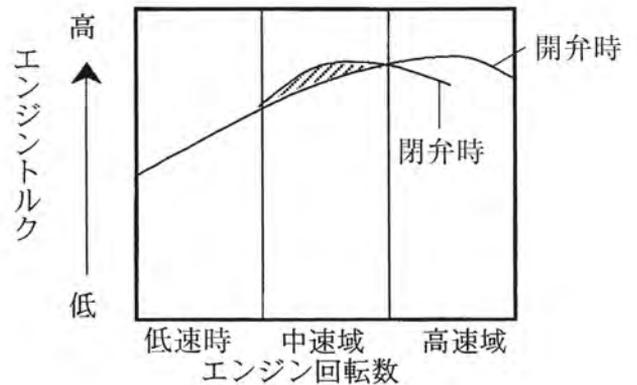


図7 IACV閉弁時のトルク

#### 5. IACVの構造

IACVは、図8断面図に示す構造である。

ガラス強化6ナイロン製のハウジングにモータ部のコイル、ステータをインサート成形して、軸受け部はステンレス製のプッシュを圧入している。また、アルミダイカスト製のバルブ両端にはシャフトを圧入している。

サージタンクとの固定は、先端部を挿入して嵌合し、モータ部をサージタンクにレーザ溶着している。図9に嵌合部の詳細を示す。

図10は、バルブ全開時のトルクモータ部の構成を示す。ねじりスプリングのトルクが常に全開方向（右回り）に作用している。

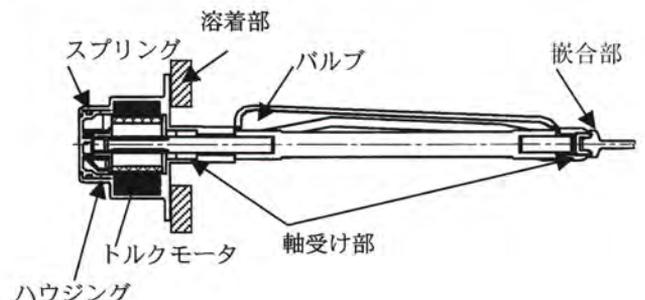


図8 IACV断面図

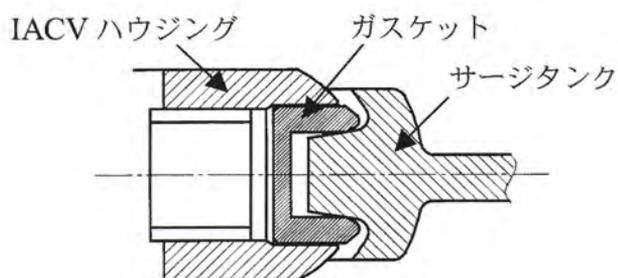


図9 嵌合部詳細

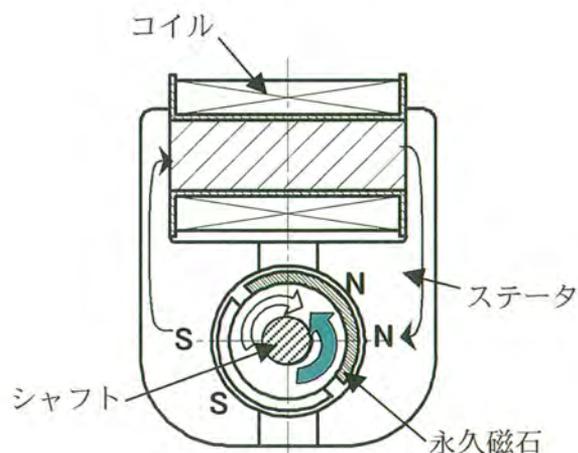


図10 トルクモータ断面図

シャフトに固定された回転子には永久磁石が固定されコイルへの通电により電磁石として磁力が発生するため、同極どうしの反発力と異極間の吸引力により強い全閉方向（左回り）のトルクが発生しバルブは閉弁する。

図11にバルブ作動トルクを示す。

使用不可域は、吸気脈動圧によりバルブに作用する開弁・閉弁トルクである。

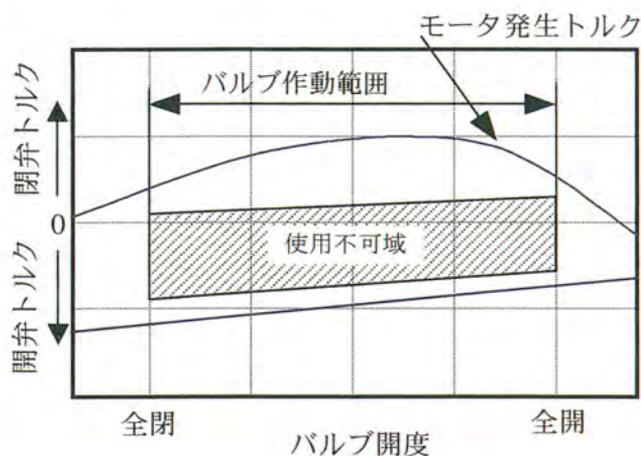


図11 バルブ作動トルク

## 6. 評価結果

トルクモータ式IACVは軽量化とローコスト化を目指してハウジング本体を樹脂成形品で構成しており、樹脂成形されたサージタンクに搭載されている。

IACV取付け部での実機振動Gは、最高回転数域で回転3次（爆発1次）の振動が17G程度であるものの、吸気脈動による回転1.5次成分が主体のオーバーオール（全次数の合計）値では、17Gよりも高い振動レベルに達する。

このため、耐振動性が開発の主要な要素となった。

特にシャフトと軸受け部の摩耗が大きくなると、モータ部の磁石とステータのエアギャップが無くなり、接触してバルブ作動不良につながる。その防止策として熱処理した高硬度材の組合せを選択し、単体加振機及び、実機耐久評価より市場30万km走行相当の信頼性を確保した。

また、サージタンクとの嵌合部強度についてもCAE解析と振幅の実測値から構造の改良を行い、最も過酷な欧州アウトバーン連続高速走行相当のストレスにも耐えられる耐久性を確保できた。

## 7. まとめ

- (1)負圧駆動に代わる世界初のトルクモータ駆動式IACVを開発した。
- (2)エンジン振動に加えて吸気脈動のストレスに耐えられる市場30万km走行相当の十分な信頼性を確保できた。

本製品の開発には、トヨタ自動車株式会社殿およびヤマハ発動機株式会社殿、アイシン精機株式会社殿から多大なご協力とご支援を頂きましたことに感謝いたします。

〈参考文献〉

(1)中島泰夫・村中重夫：

新・自動車用ガソリンエンジン

(株)山海堂 1996年7月31日発行

(2)石川義和：

自動車用ガソリンエンジン設計の要諦

(株)山海堂 2002年9月20日発行

## 著者紹介

吉川直孝

Naotaka Yoshikawa

(第1製品開発部)

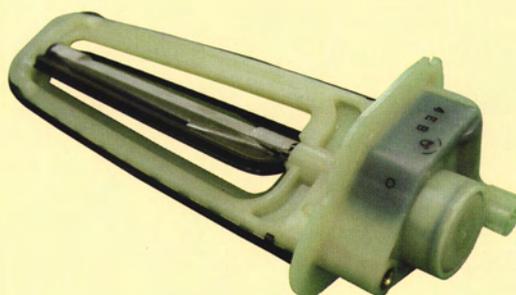
吸気系開発室



## 特集の関連製品



電子制御スロットルボディ  
Electronic Control Throttle Body



可変吸気バルブ  
Intake Air Control Valve



二輪用チタンエンジンバルブ  
Titanium Alloy Engine Valve for Motorcycle

# 直噴ガソリン用インジェクタの噴霧シミュレーション技術

Fuel Spray Simulation of Slit Nozzle Injector for Direct-Injection Gasoline Engine

早川 雅也  
Masaya Hayakawa

米重 和裕  
Kazuhiro Yonesige

武田 啓壮  
Keiso Takeda

永岡 真  
Makoto Nagaoka  
(株式会社 豊田中央研究所)

## 要旨

迅速な直噴インジェクタの開発にはノズル形状から噴霧特性を正確に予測できる数値計算手法が必要となる。本検討では実際のノズル形状についてノズル内の3次元2相流れ計算を行い、この結果を利用した噴霧計算により、噴霧形状、噴霧長、ザウタ平均粒径（SMD）等の代表的な噴霧特性について実験値と良く一致する結果を得た。

## Abstract

In rapid development for new gasoline direct-injector, a numerical method is necessary, which can predict spray characteristics accurately based on injector nozzle shape.

In this study, the structure of two-phase flow inside the slit nozzle injectors is calculated in three-dimensional CFD.

These calculation results are applied to direct-injection spray calculations and get the conformed result to experimental value for the typical spray characteristics such as spray shape, spray length and Sauter mean diameter (SMD).

## 1. はじめに

直噴ガソリンエンジンにおいて噴霧特性がエンジン性能に大きく影響を与えるため噴霧に関する研究が多数行われている<sup>(1)</sup>。

しかしながら、直噴インジェクタによる噴霧形成は高速度・非定常現象であるため直接的計測が難しく、噴霧内部の特性の把握は困難さを伴う。一方、インジェクタノズル内部の燃料流れや噴霧形成過程を数値計算によって予測する試みも近年数多く行われるようになってきているが、実際のインジェクタノズル形状から噴霧特性を予測したものはほとんど無い。

そこで、本報告では諸元の異なる2つの直噴インジェクタについてノズル内気液二相流計算および改良された噴霧モデルによる噴霧計算を行い、実験結果との検証を通じてその適応性を検討した<sup>(2)(3)</sup>。

## 2. 実験方法

噴霧計算の結果について実験値と比較検証を行いその妥当性を評価するため噴霧外観、ザウタ平均粒径（以下SMD）について計測を行った。図1に実験装置の概要を示す。所定の雰囲気気圧に設定した噴射容器内に燃料を噴射し、その時の噴霧外観から噴霧貫徹距離、噴霧角等の噴霧特性を評価した。噴霧外観はストロボとCCDカメラを用いて

噴霧からの散乱光を撮影することで計測した。撮影時期はインジェクタ駆動パルス印加開始時刻から0.1msずつ遅延させて噴霧外観の経時変化を観察した。またSMDの測定には位相ドップラ式レーザ粒径計測装置を用いた。なお測定にはRosin-Rammlerの粒度分布関数を使用した。

## 3. 計算方法

計算はインジェクタ内部形状および噴射空間を格子分割した3次元モデルによって行った。インジェクタ内部の空気、燃料の流れを汎用熱流体解析コードSTAR-CDによって計算し、計算結果である噴孔出口の燃料液膜厚さの分布、流速分布等を境界条件として次に述べる噴霧モデルによって噴霧形成過程を計算する。計算には流れをアンサンブル平均した3次元Navier-Stokes方程式、標準k-εモデル、気液二相流計算はVolume of Fluid（以下VOF法）モデル<sup>(4)</sup>を使用した。

噴霧計算モデルには直噴噴霧形成用に新しく開発されたものを使用した。その詳細は既報の文献を参照されたい<sup>(5)</sup>。この噴霧モデルは(1)液膜分裂、(2)液滴分裂、(3)液滴の衝突と合体、(4)液滴変形についての改良および新規導入により、従来モデルに比較して直噴噴霧の形成過程を高精度で予測するものであり、直噴ファンスプレーにおいてその有効性が確認されている。

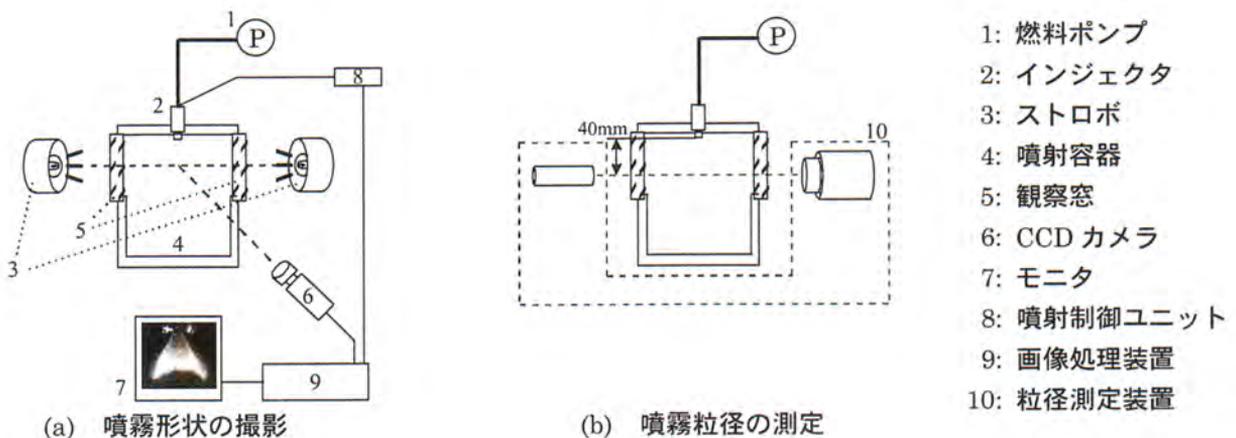


図1 噴霧特性の実験装置概略

#### 4. 計算条件, 試供品形状

本検討ではスリットノズル厚さの異なる2つのインジェクタについてノズル内気液二相流計算と噴霧計算を行った。インジェクタノズル内部の計算格子を図2に示す。

格子分割は計算時間を短縮するため面对称性を利用した1/2形状とした。実験および計算における条件を表1に示す。

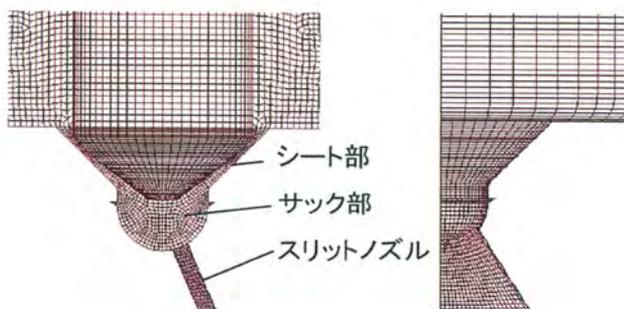


図2 インジェクタノズル内部の計算格子

表1 実験・計算条件

燃料	ノルマルヘブタン
噴射圧力	12MPa(abs.)
噴射場圧力	0.1MPa, 0.5MPa(abs)
噴射場温度	293K
スリットノズル厚さ	大(Aタイプ)、小(Bタイプ)

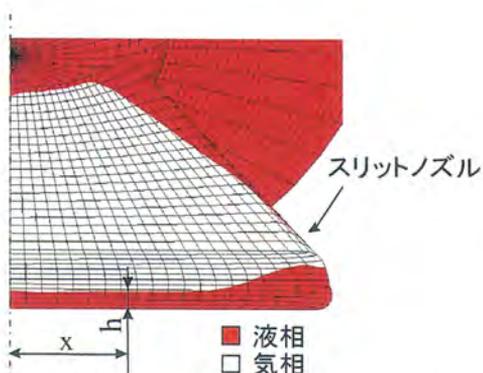


図3 インジェクタノズル内流れ計算結果例

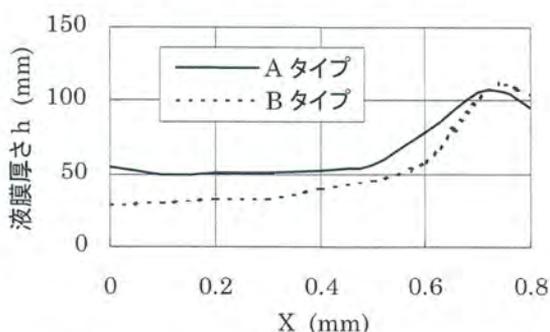


図4 ノズル出口での液膜厚さ分布の比較

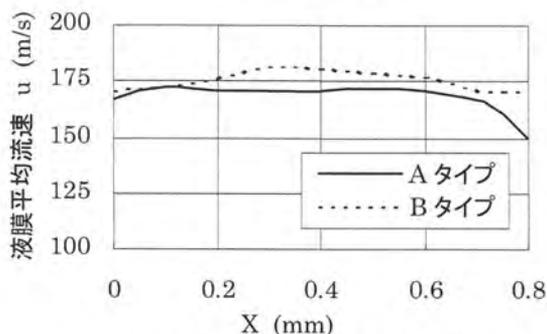


図5 ノズル出口での液膜平均流速分布の比較

#### 5. 計算結果および考察

##### 5.1 インジェクタノズル内流れ計算

計算結果より得られた噴孔周辺の気液分布の一例を図3に示す。スリット内で剥離が発生しており噴孔出口における両タイプの液膜厚さの分布は図4のようになる。両タイプともインジェクタスリット幅方向中央で液膜が薄く、端で厚い分布となるが、全体的な値としてBタイプのほうが液膜が薄くなる。また同位置における液膜の平均流速の分布を図5に示す。両タイプとも幅方向全域でほぼ一定値となるが、Bタイプの方がAタイプと比べて大きな値となっている。

両タイプにおいて噴孔部での液膜厚さ分布および流速分布の差が生じる原因について調査した。図6に計算によって得られた全圧分布を示す。噴孔上流のサック部においてAタイプはBタイプに比べ全圧が全体的に低くなるのがわかる。このサック部の全圧の差が下流の噴孔部での流速差につながったものと考えられる。次に、液膜厚さ分布の差が生じる原因としては形状による影響が考えられる。つまりBタイプのスリット厚さはAタイプに比べ薄く、この形状的な差がスリット内の流れに反映されて液膜厚さの差に現れると考えられる。

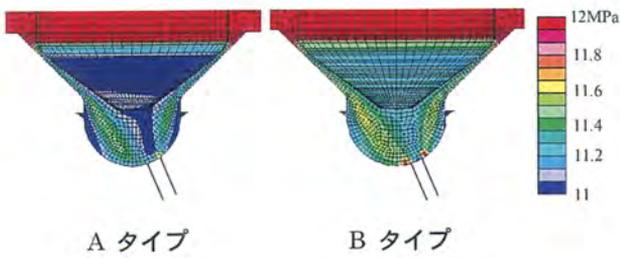


図6 ノズル内の全圧分布の比較

### 5.2 噴霧計算結果

噴霧外観について噴霧写真と計算結果の比較を図7に示す。全体的に良い一致を示しており、特に雰囲気圧力が高い場合に噴霧がしぼむ様子や噴霧先端の巻き込み等を計算でも捕えている。またBタイプはAタイプと比較して噴霧中央の凹み度合が大きくなっていることがわかる。

噴霧貫徹距離およびSMDについて実験値と比較したものを図8、図9に示す。SMDについては噴孔鉛直下40mmを中心に噴霧幅L方向に数点計測を行った。

噴霧貫徹距離において計算値は実験値と良く一致している。また雰囲気圧0.5MPaにおいてAタイプの噴霧貫徹距離がBタイプと比べて大きくなる傾向も計算で捕えていることがわかる。またSMDにおいても計算値は実験値と良く一致している。BタイプはAタイプよりSMDが小さくなることがわかる。

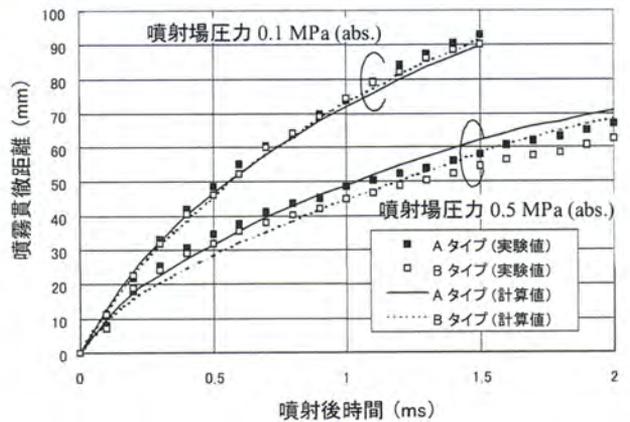


図8 噴霧貫徹距離の比較

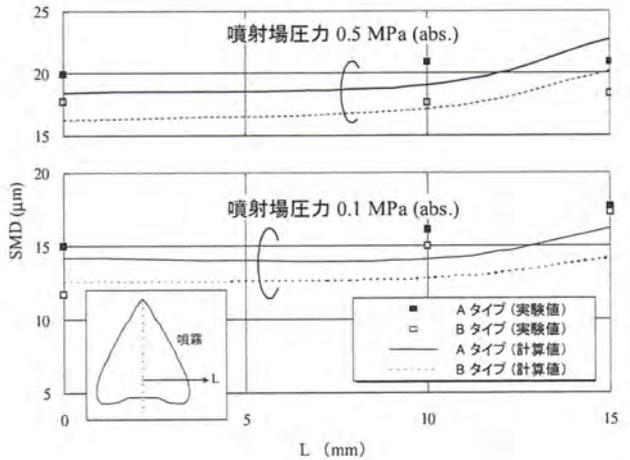


図9 SMDの比較

以上の事項をまとめると、Bタイプはインジェクタサック内の圧力がAタイプより高く液膜の流速が大きい。またBタイプはAタイプと比べ液膜厚さがスリットノズル中央部で薄くなっており、これが噴霧の中央の凹み度合が大きくなった原因と考えられる。

### 5.3 計測困難な噴霧特性の比較

前述の結果よりAタイプおよびBタイプにおけるインジェクタノズル内の流れの差や代表的な噴霧特性における差が把握できた。そこで両タイプの噴霧計算結果から実験的考察が困難と思われる他の噴霧特性を調査することにした。

図10は両タイプにおける蒸発燃料の断面分布を燃料液滴の分布とともに示したものである。BタイプではAタイプと比較して噴霧全体において高い値となっている。また図11には燃料蒸発率の時

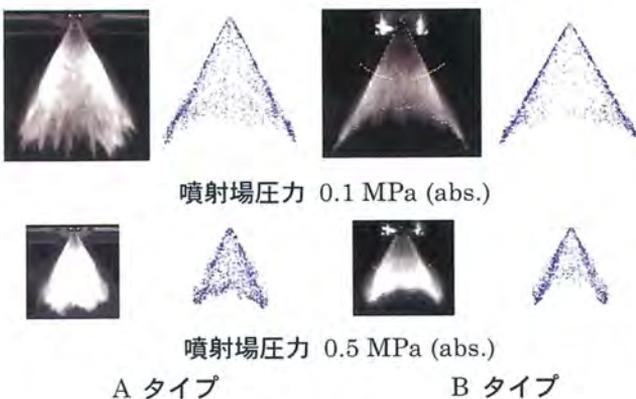


図7 噴霧形状の比較 (噴射後1ms)

間履歴の比較を示す。燃料蒸発率についてBタイプの方がAタイプより大きくなっている。これらは液膜の流速が大きくSMDの小さいBタイプの燃料液滴は周囲空気に接触する機会が高く、燃料蒸発に有利であったためと考えられる。

このように上記のノズル内計算および噴霧計算を通じて、従来計測困難であった噴霧特性の評価も可能となることがわかった。

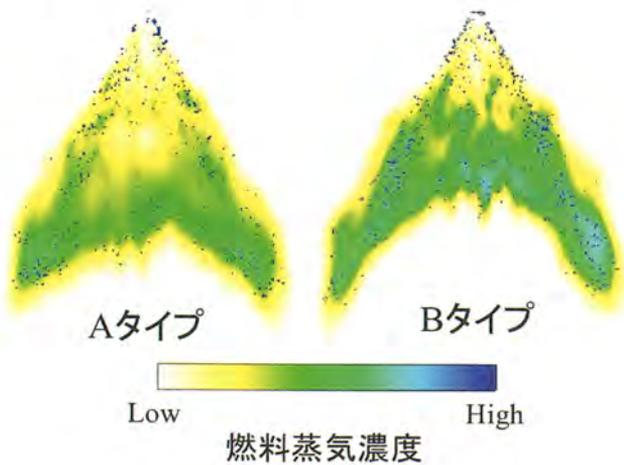


図10 燃料蒸気分布の比較  
(計算値 噴射後 2ms後 0.5MPa 493K)

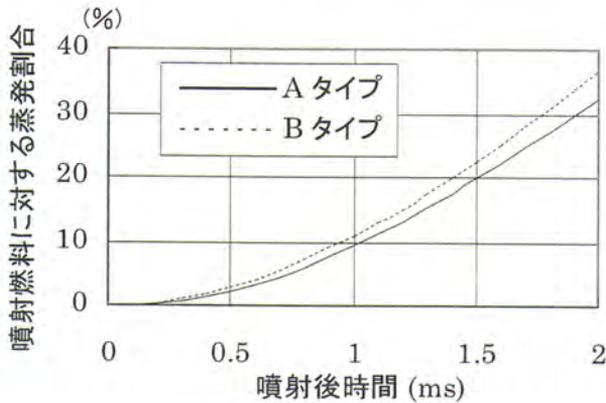


図11 燃料蒸発割合の時間履歴  
(計算値 0.5MPa 493K)

## 6. まとめ

諸元が異なる2つの直噴ファンインジェクタにおいてVOF法を用いたインジェクタノズル内気液二相流計算および新しい噴霧モデルによる噴霧計算を行い、計算結果について検証を行い以下の知見を得た。

- (1)噴霧計算結果について噴霧形状、噴霧貫徹距離、SMDを検証したところ実験値と良い一致を示した。
- (2)インジェクタ諸元に対する噴霧の特性を精度良く計算することができた。
- (3)燃料蒸気分布、燃料蒸発率などの計測困難な特性差を明らかにすることができた。

### 〈参考文献〉

- (1)学ほか：スワールインジェクタによる燃料噴霧の解析，第6回微粒化シンポジウム講演論文集，pp.174-179 (1997)
- (2)早川ほか：直噴ガソリン用インジェクタ噴霧の数値解析技術，自動車技術会学術講演会前刷集，No.76-01, 20015553 (2001)
- (3)M. Hayakawa, et al. : Fuel Spray Simulation of Slit Nozzle Injector for Direct-Injection Gasoline Engine, SAE No.2002-01-1135 (2002)
- (4)C. W. Hirt, et al. : Volume of fluid (VOF) Method for the Dynamics of Free Boundaries, Journal of comp. Physics, No. 1, 39, pp. 201-225 (1981)
- (5)M. Nagaoka, et al. : A Deforming Droplet Model for Fuel Spray in Direct-Injection Gasoline Engines, SAE Paper No. 011225 (2001).

著者紹介

早川 雅也  
Masaya Hayakawa  
(研究開発部)



米重 和裕  
Kazuhiro Yonesige  
(先行開発部)



武田 啓壮  
Keiso Takeda  
(先行開発部)





# LEV-II キャニスタの開発

Development of LEV-II Canister

早 川 祐 治  
Yuji Hayakawa

## 要旨

米国においてLEV (Low Emission Vehicle) - II 規制及びZEV (Zero Evaporative Emission Vehicle) 規制が導入された。

今回、対米規制強化に対応したキャニスタを開発したので報告する。

## Abstract

Controls for Low Emission Vehicle (LEV)-II and Zero Evaporative Emission Vehicle (ZEV) are introduced in the US.

This report presents the technology of a canister that can meet the controls for LEV -II and ZEV in the US.

### 1. はじめに

今日の環境問題は、都市部における大気汚染、騒音などの問題にとどまらず、酸性雨、地球温暖化といった地球規模的な問題にまで及んでいる。

自動車においてもこのような環境問題に深く関与している燃料タンクから発生するガソリンベーパーである炭化水素（HC）は、光化学スモッグの原因となり、大気汚染及び酸性雨をもたらす可能性がある。

このような社会状況のなか米国においては、LEV（Low Emission Vehicle）- II 規制及びZEV（Zero Evaporative Emission Vehicle）規制が導入されることになった。

### 2. 米国エバポ規制の変遷

米国におけるエバポに関する規制の変遷を図1に示す。加州においては、2004MYよりLEV-II規制が、2003MYよりZEV規制が施行された。LEV-II規制とは、ガソリン車等のエバポエミッションを現行よりさらに強化した規制であり、ZEV規制とは、電気自動車等の販売を義務づける規制である。なお、ZEV規制の中にクリーンなガソリン車等で一部代替の可能なP-ZEV（パーシャルクレジット）が認められることになった。

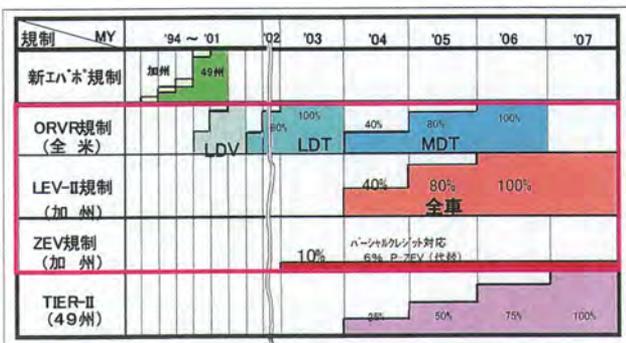


図1 米国エバポ規制の変遷

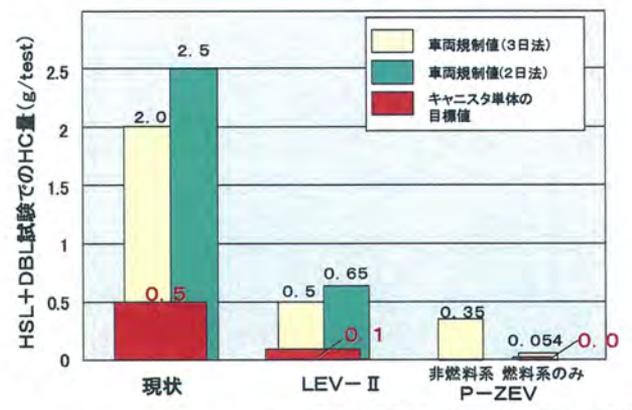
### 3. キャニスタの開発目標値

エバポ試験（HSL試験+DBL試験）における車両から排出されるHC量の規制値は、現状2g/

test以下からLEV-IIでは0.5g/test以下に強化されP-ZEVにおいては、非燃料系で0.35g/test以下、燃料系のみでは0.0g/testである。

キャニスタの開発目標値は、DBL試験において現状0.5g/test以下であるものをLEV-IIでは0.1g/test以下、P-ZEVにおいては0.0g/testとした。（図2）

また、DBL規制からの要求のほかに給油時のORVR（On-board Refueling Vapor Recovery）規制からの要求にも同時に対応させることにした。



注1 { HSL試験：車両停車中に発生するエバポエミッション試験  
DBL試験：車両駐車中に発生するエバポエミッション試験

図2 LEV-II・P-ZEV規制値とキャニスタの開発目標値

### 4. DBL試験中のキャニスタからの吹き抜けのメカニズム

エバポ試験（DBL試験）において車両からHCが排出されるメカニズムについて説明する。

車両のDBL試験を模擬した単体評価方法を図3に示す。

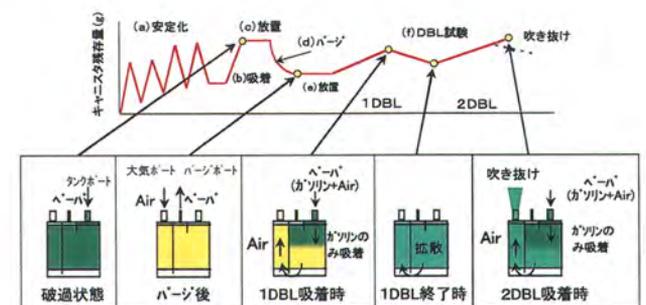


図3 単体評価方法と吹き抜けの状況

DBL試験中にガソリンベーパーがタンクポートより流入すると、ガソリンは活性炭に吸着されるが

エアは大気ポートへと流れていく。この時、大気側の活性炭に残存していたガソリンがエアの流れにより押し出される。これが吹き抜けの現象である。

吹き抜け量を低減するには、キャニスタに残存しているガソリンベーパーの拡散を抑制することと、大気側の活性炭をパージ時によりクリーンにすることがポイントとなる。

## 5. 吹き抜け量低減の検討

### 5.1 拡散の抑制

キャニスタ内に残存しているガソリンベーパーの拡散を抑制するためにバッファプレートの検討を行った。バッファプレートとは活性炭層を分離し活性炭層内に空間と絞りを設けたものであり、その構成を図4に示す。

バッファプレートの絞り径は、ORVR規制値を満足するため通気抵抗に影響しない最小絞り径とした。(図5)

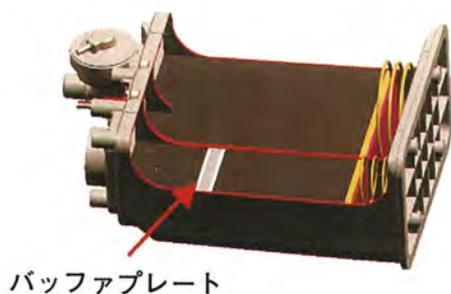


図4 キャニスタの内部構造

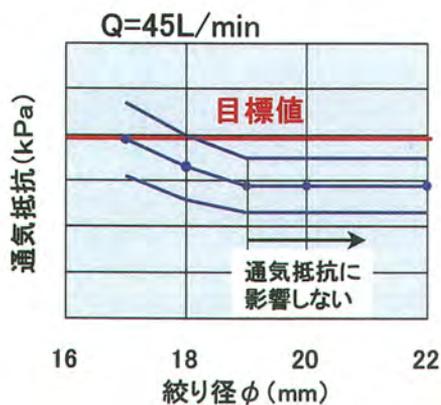


図5 絞り径と通気抵抗の関係

次に、活性炭層内に絞り付きバッファプレート

を挿入することにより活性炭層内における拡散の影響を単体モデルにて検討した。その結果を図6に示す。

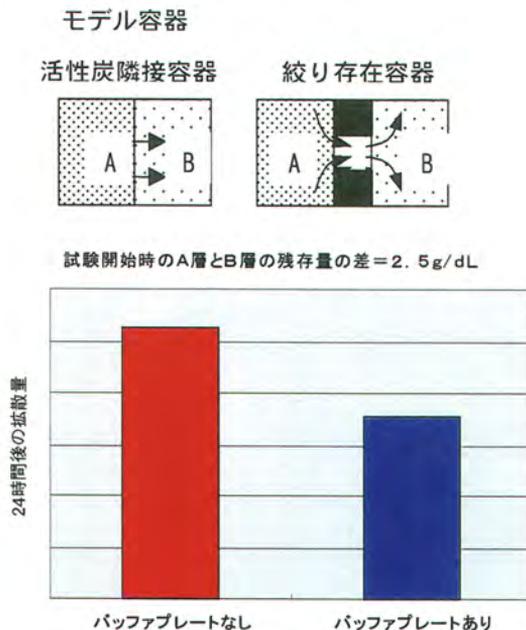


図6 単体モデルでの拡散の状況

バッファプレートの絞りの効果により拡散量が減少していることがわかった。

### 5.2 活性炭使い分けの検討

キャニスタの大気側をクリーンにするため活性炭の残存量について検討を行った。

残存量は活性炭の細孔分布に影響していると考えられている。(図7)

そこで、ブタンを吸着させた後パージを実施し、活性炭の重量変化より残存量を求めた。高吸着性の活性炭は、残存量が多いことを図8に示す。

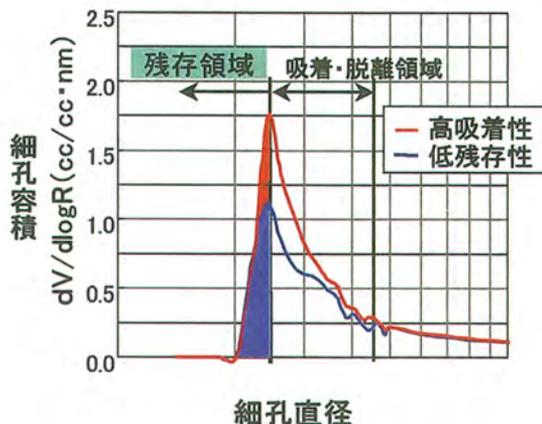


図7 細孔径変化時の容積の変化割合

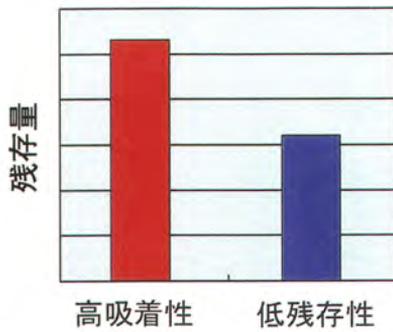


図8 活性炭による残存量の影響

また、ORVR規制との両立ため高吸着性活性炭と低残存性活性炭の配置割合を検討した。その結果を図9に示す。

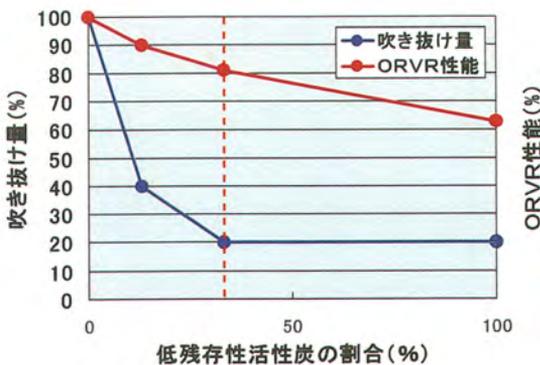


図9 低残存性活性炭の割合の影響

活性炭の最適比率は、  
高吸着性活性炭：低残存性活性炭 = 2 : 1  
とし低残存性の活性炭を大気側に配置した。

## 6. LEV-II キャニスタの評価結果

絞り付きバッファプレートの追加と低残存性活性炭を大気側に配置したキャニスタの単体DBL試験を実施した。

その結果を図10に示す。

開発目標値0.1g/Testを達成できた。

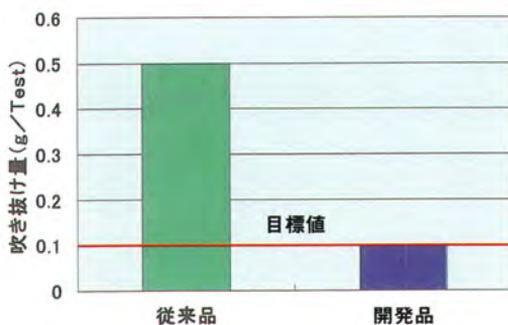


図10 単体DBL試験結果

## 7. P-ZEVキャニスタの検討

LEV-II規制に対応したキャニスタの開発はできたが、P-ZEVの目標値は満足しないため、更なる吹き抜け量の低減が必要である。

キャニスタから洩れ出す微量HCの低減を検討した結果、トラップキャニスタを追加した。(図11)



図11 トラップキャニスタの構造

## 8. P-ZEVキャニスタの評価結果

LEV-IIキャニスタのドレン側にトラップキャニスタを接続することにより、キャニスタから洩れ出す微量HCを吸着させることで、開発目標値を達成できた。(図12)

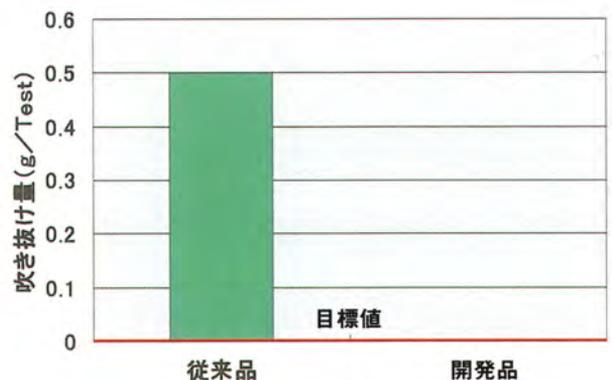


図12 単体DBL試験結果

## 9. まとめ

(1)活性炭の性質による使い分けと、拡散を抑制させるバッファプレートによりLEV-II規制に対応したキャニスタができた。

(2)P-ZEV規制に対しては、LEV-IIキャニスタに  
トラップキャニスタを追加することにより対応  
が可能になった。

〈参考文献〉

- (1)兵道他：Studies on Carbon Canister to  
Satisfy LEV-II EVAP Regulations.  
SAE TECHNICAL PAPER, 2000-01-0895

## 著者紹介

早川 祐治  
Yuji Hayakawa  
(技術企画部)





# エンジンバルブの鍛造技術

## Forging Technology of Engine Valve

岩瀬 悟  
Satoru Iwase

野村 吉幸  
Yoshiyuki Nomura

### 要旨

エンジンの高性能化, 低燃費化, 低コスト化に対応するため, 当社ではアプセット鍛造法, 熱間押し鍛造法, 冷・熱間鍛造法をそれぞれ耐熱鋼製およびチタン合金製の吸排気バルブの成形に適用している. この3種類の鍛造法における当社独自の技術を紹介する.

### Abstract

This report presents our original technology employed in three types of forging methods; upset forging, hot extrusion forging and cold-hot forging. These methods are being applied to form the inlet/exhaust valves made of heat-resistant steel and titanium alloy in order to meet engine's high performance, fuel efficiency and low cost.

## 1. はじめに

自動車用エンジンは、'80年代前半までは2バルブ（1気筒あたりの吸気バルブ、排気バルブが各1本）で4気筒が主流で、自動車1台あたりのエンジンバルブ使用数は8本であった。しかし、エンジンの高性能化、低燃費化のためマルチバルブ化・多気筒化が進み、'80年代後半からは4バルブが主流となり、6～8気筒のエンジンも増加した。そのため自動車1台あたりのエンジンバルブ使用数は16～32本となり、需要が増大した。またコスト競争力を高めるために、当社ではエンジンバルブの生産の高能率化・低コスト化を進めてきた。

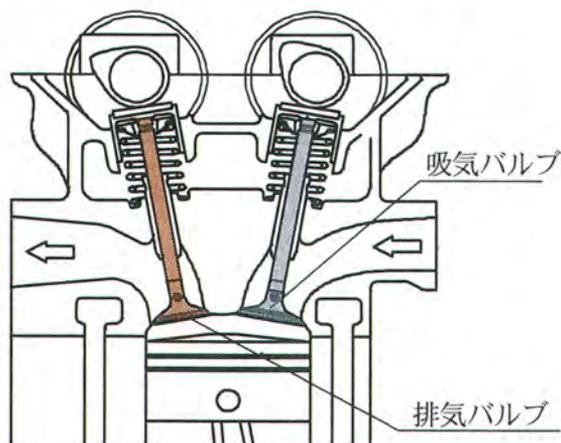


図1 エンジンバルブの組付け状態

## 2. 求められる特性

### (1) 形状

一般に、エンジンバルブはエンジンのシリンダヘッドに取付けられる。(図1) 吸排気効率を向上させるには吸排気口面積を拡大する必要がある。特に吸気口面積の拡大が有効である。そのため、吸気バルブの傘径は拡大傾向にある。

### (2) 質量

エンジンの最高回転数を向上させるためには、往復部慣性質量の低減が有効である。それに対応するためエンジンバルブにおいては、

①軸径を細くする

②中空にする

③比重の小さい材料（チタン合金など）に変更する

などの方法が考えられる。

### (3) 耐熱性

エンジンバルブは、作動中に燃焼ガスの高温にさらされるため、一般には耐熱鋼が使用される。

排気バルブの使用温度は800～900℃に達するため、耐熱性の高い材料が使用される。排気バルブ用の主な材料は、耐熱鋼SUH35、耐熱Ti基MMC（トヨタ自動車(株)殿、(株)豊田中央研究所殿の開発合金）、溶製チタン材Ti-1100（TIMET社製）などがある。

吸気バルブは燃焼前の混合気で冷却されるため、排気バルブよりは耐熱性の要求が低く加工しやすい材料が使用される。吸気バルブ用のおもな材料は、耐熱鋼SUH11、SUH3、チタン合金Ti-6Al-4Vなどがある。

## 3. エンジンバルブ粗形材の製法

一般には、アプセット鍛造法と熱間押し鍛造法が主流であるが、当社では冷・熱間鍛造法による生産も実施しており、これら3種類の工法を製品により使い分けている。

他社では、冷間鍛造のみによる生産も行っている場合があるが、この工法は材質・寸法の制約が大きく、ごく一部にしか採用されていない。

以下に、当社で実施している3種類の工法について最近の技術開発状況を紹介する。

## 4. アプセット鍛造法

### 4.1 工法概要

軸径と同じ径のバー材を切断し、電気アプセットにより通電加熱しながら据込みを行ってオニオンを成形し、その後熱間据込みにて傘部を成形する。(図2)

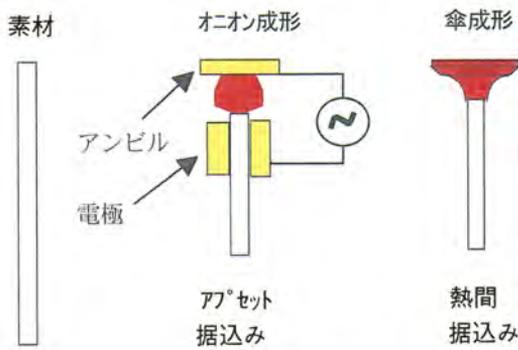


図2 アプセット鍛造法

#### 4.2 技術概要

アンビルと電極の間の材料を通電加熱し、高温になった材料を電極側から加圧すると据込まれて径が拡大する。径の拡大に必要な体積は、電極の下方から通電加熱されている部分に送り込まれる。通電加熱している部分の体積が傘部の体積に達したら、プレスに搬送し、熱間据込みにより傘の形状を成形する。一般的には、アプセット据込み時の熱を利用してただちに熱間据込みを行う。

#### 4.3 長所

- ① 材料の冷間成形性に影響されず、吸気バルブ、排気バルブのどちらにも適用可能である。
- ② オニオン成形工程は、軸径が共通であれば電極、アンビルの共用が可能であり、傘成形工程の型のみが機種ごとに専用となる。そのため、多種少量生産に有利である。

#### 4.4 短所

- ① オニオン成形工程に時間がかかり、高速化が困難である。
- ② オニオンの形状は、通電加熱された材料の温度と送り込まれる材料の供給圧力とのバランスで決まる。このバランスがくずれると、形状が安定しない。特にチタン材の成形では、形状制御が困難であり、歩留りが低下する。

#### 4.5 技術の変遷

当社ではエンジンバルブの生産を開始した1960年以来、この工法を実施してきた。

従来はアプセット据込み時に通電加熱部分への

材料の送り込みは油圧制御で行ってきたが、最近では電気アプセットの制御機構を改良し、サーボモータによるパターン制御方式を開発した。通電部の電流値と材料の送り込み速度との関係を最適に制御することにより、成形の高速化とオニオン形状の安定化を実現した。

### 5. 熱間押し鍛造法

#### 5.1 工法概要

軸径の3倍程度の径の円柱状ビレットを誘導加熱方式で加熱し、熱間押しにてオニオンの軸部を成形する。その後、熱間据込みにて傘部を成形する。(図3)

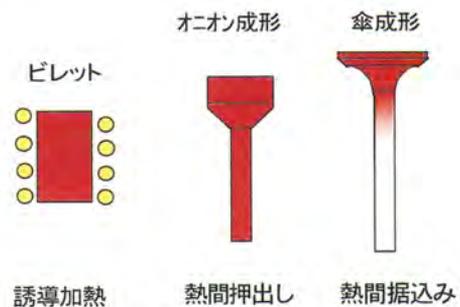


図3 熱間押し鍛造法

#### 5.2 技術概要

##### (1)材料の鍛造性

排気バルブ用耐熱鋼 (SUH35など)、およびチタン材は室温での強度が高く、伸びが低いため冷間鍛造が困難であり、熱間鍛造を行う。

耐熱鋼SUH35は高温になるほど変形抵抗が小さくなり、伸びが大きくなるため鍛造はしやすくなるが、あまり高温に加熱すると鍛造後の熱処理で靱性が低下する。

チタン材の場合は、潤滑性能向上と表面酸化防止をねらい、素材表面にグラファイトコーティングを行う。このコーティング剤は、加熱温度が高すぎると焼失し、摩擦抵抗の増大により表層の流れを阻害し、押し出し品の軸端部に表面割れを発生させる。

また、チタン材の場合は熱伝導率が低く、温度による変形能の変化が大きいため、型温が低いと

表面だけが冷やされて変形能が低下し、押し出し品の軸部に表面割れを発生させる。したがって、型温の管理も重要となる。(図4)

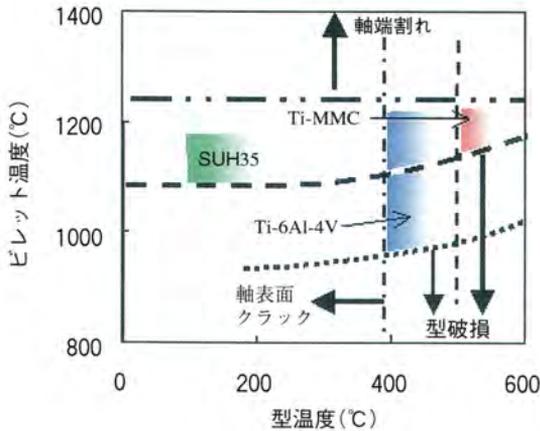


図4 熱間押し出しの温度条件

熱間押し出しで成形したオニオンを熱間据込みして傘部を成形する。このとき、頭部の温度が低いと据込み割れが発生する。

耐熱Ti基複合材料等の排気バルブ用チタン材の場合は、熱間据込み型の温度が低いと流動性が低下し、欠肉不良が発生するため、型の保温が必要となる。(図5)

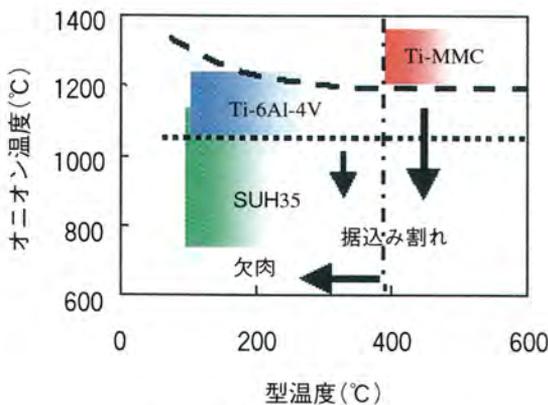


図5 熱間据込みの温度条件

### 5.3 長所

- ① 熱間成形であるから、材料の冷間鍛造性に影響されず、吸気バルブ、排気バルブのどちらにも適用可能である。
- ② オニオンが型で成形され、形状が安定しているので、バルブ粗形材の品質が安定している。

### 5.4 短所

- ① 熱間押し出し型の寿命が短い。
- ② 熱間押し出し用の潤滑剤は黒鉛系が主に使用されるが、これが型や設備に付着して汚れやすい。

### 5.5 技術の変遷

熱間押し出し鍛造法は、当社では'94年に量産化を開始した。熱間押し出し型の寿命向上のため、耐熱性・耐磨耗性に優れたサイアロン<sup>1)</sup>を使用したセラミックス型を開発し、採用した。この熱間押し出し用セラミックス型は従来のダイス鋼型の約10倍の型寿命を実現している。

この技術は、'98年8月に量産化したチタンバルブの生産にも継承された。チタンバルブの熱間押し出しにおいては型温を高温に保つ必要があるため、開発当初は型材に超耐熱鋼を使用した。しかし硬度が低いため磨耗が早く、量産化が困難であった。開発したセラミックス型を採用することにより、高温でも硬さが低下しないため磨耗が少なく、型寿命を量産化可能なレベルに到達させることができた。

## 6. 冷・熱間鍛造法

### 6.1 工法概要

軸径の約2倍の径のコイル材から冷間鍛造によりオニオンを成形する。その後、誘導加熱方式により頭部を加熱し、熱間据込みにて傘部を成形する。(図6)



図6 冷・熱間鍛造法

### 6.2 技術概要

冷間鍛造可能なエンジンバルブ材は、吸気バルブ用の耐熱鋼SUH3, SUH11などである。冷間鍛造性を向上するため不純物成分S, O, Nを低い

レベルに抑えている。硬さは低いほど冷間鍛造しやすいが、完成品の硬さの規格を満足させるためには、あまり低くはできない。

材料が硬いため、冷間鍛造時の成形圧力が大きくなり、SUH3、SUH11の押出しでは断面減少率60%でダイ面圧は2.8GPaとなる。そのため、これに耐える型の開発が必要であった。(図7) 冷間鍛造用のダイスは、成形圧力を受けるダイインサートを補強リングにより外側から締め付けて、内圧による破損を防止する構造になっている。一般部品の冷鍛型の補強リングは1~2個であるが、当製品の成形では耐圧力を確保するため4個の補強リングが必要となる。(図8)

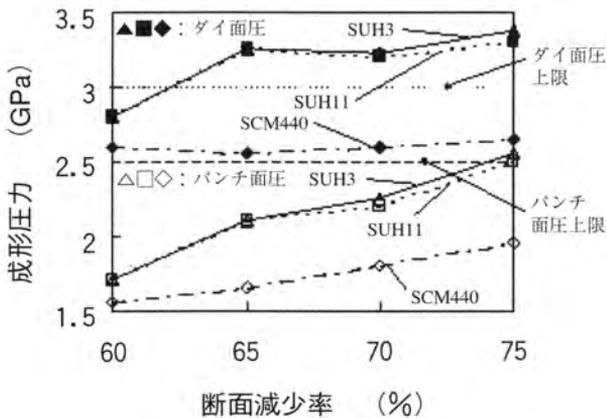


図7 吸気バルブ材の冷間押し成形圧力<sup>2)</sup>

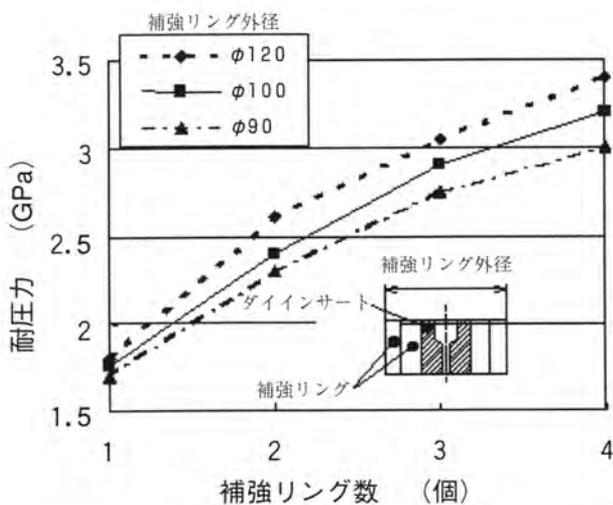


図8 押しダイスの補強リング外径、リング数

### 6.3 長所

① オニオンが型で成形されるため、形状が安定

している。

- ② オニオン成形をコールドフォーマで行なうため、高速化が可能である。
- ③ 冷間鍛造では型の表面処理技術および材料の表面潤滑処理技術が発達しており、型寿命が長い。

### 6.4 短所

- ① 冷間鍛造性の良い材料でなければオニオンの成形ができない。そのため、高耐熱性を必要とする排気バルブ材は冷間鍛造が不可能であり、吸気バルブのみに適用可能な工法である。

### 6.5 技術の変遷

'88年から冷・熱間鍛造法による生産を開始した。当時は軸径φ6.0、傘/軸比は5.3であった。その後、軸径はφ5.5が主流になり、傘/軸比は拡大の傾向がある。傘/軸比の大きい吸気バルブの成形を行うため、冷間鍛造型の構造の開発が必要となった。

#### (1) 従来型の構造と座屈発生のメカニズム

従来型は冷鍛3工程での据込みを固定パンチで行う。(図9) 従来の金型構造では、据込み時に材料を拘束する部分と据込むパンチピンが同時に前進するため、据込み開始時のL/Dが座屈限界の2.5を超えてしまい、据込み途中にて座屈が発生する。

#### (2) 開発型の構造と座屈防止のメカニズム

開発型はスライドパンチによって据込みを行う。(図10) スライドパンチでは、スプリングの力により、材料を拘束する部分が先に前進し、材料を据込むパンチピンが遅れて前進するため、据込み開始時のL/Dは座屈限界である2.5よりも小さくすることができ、据込み途中での座屈発生を防止できる。

また据込み途中に、据込まれた材料により型の拘束する部分が押し戻されていくため、閉塞据込み状態から自由据込み状態になり、パンチピンに加わる成形荷重は従来構造の型と同等となる。

これにより、傘/軸比6.9までの吸気バルブの成形が可能になった。(図11)

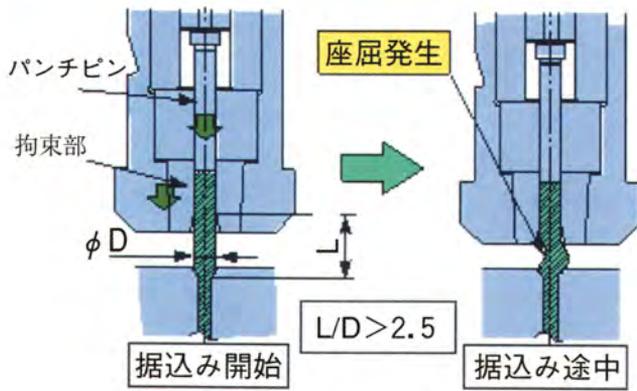


図9 従来の冷鍛3工程パンチ (固定パンチ)

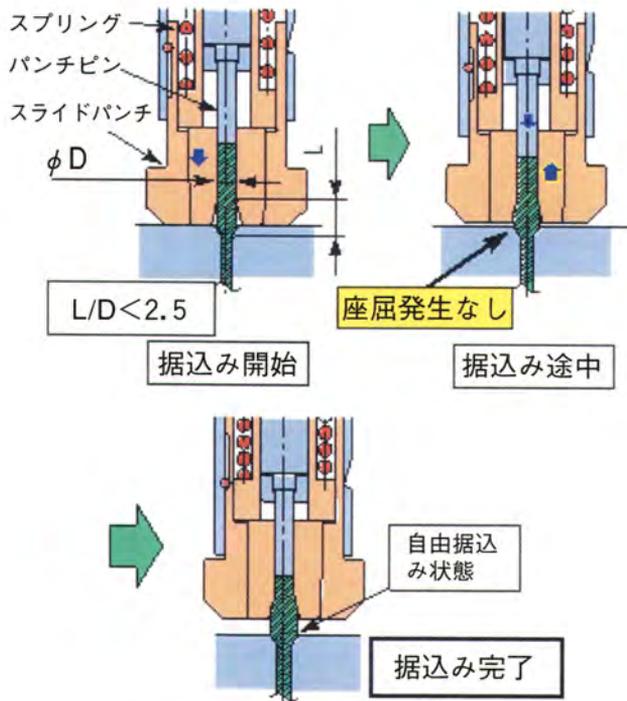


図10 開発型の冷鍛3工程パンチ<sup>3)</sup> (スライドパンチ)

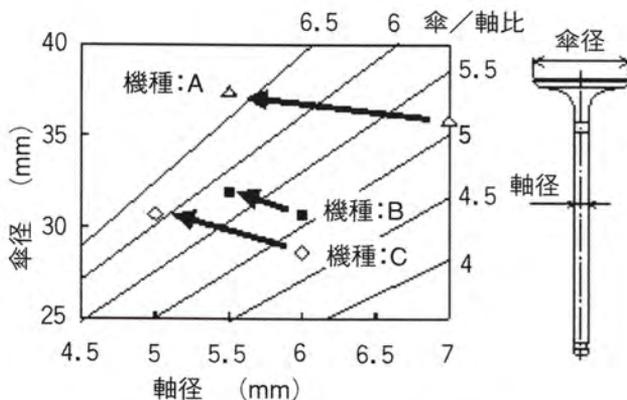


図11 吸気バルブの傘/軸比の傾向

(3) 冷・熱間鍛造法の生産能力増強

近年、製造コストの安い冷・熱間鍛造法は採用が拡大しているため、フォーマーを増設した。新しいフォーマーは、高速化に対応できる機構になっており、従来設備の2倍の生産が可能となった。

高速生産を行うことにより、金型部品に加わる負荷の増大が予想された。そこで、素材径の見直しによる成形圧力の低減、型内潤滑方式等による潤滑油供給能力の増強などを行った。また、衝撃荷重によりピンが折れる、型の一部が塑性変形する等の不具合があったが、偏心荷重対策、クリアランス変更などの細部形状の改良により型破損を防止した。これらにより、型寿命は従来設備以上を確保することができた。

7. まとめ

当社では、材料の特性を考慮し、エンジンバルブの種類と各種鍛造技術を図12のように組合せ、低コスト・高品質な製品の提供に努めている。今後も常に技術革新を継続し、お客様に喜ばれる製品作りを続けていきたい。

【耐熱鋼バルブ】

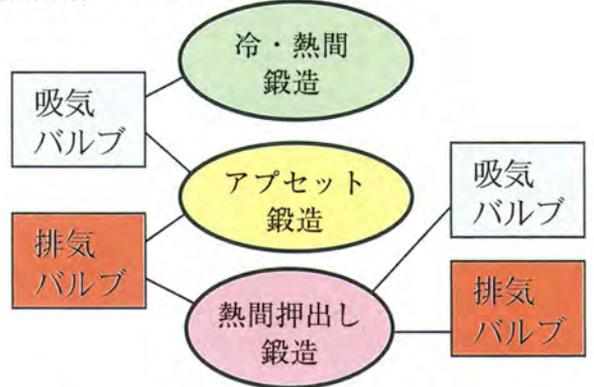


図12 エンジンバルブの種類と鍛造工法の組合せ

〈参考文献〉

- 1) 岩瀬ほか：エンジンバルブ熱間押し出し用セラミックス型の開発  
塑性加工連合講演会論文集  
(平8-11)
- 2) 岩瀬：耐熱バルブ鋼の鍛造技術  
塑性加工学会鍛造分科会第24回鍛造実務講座テキスト (平9-2)
- 3) 岸ほか：エンジンバルブの低コスト化技術  
自動車技術会講演会 (平14-5)

著者紹介

岩瀬 悟

Satoru Iwase  
(生技開発部)



野村 吉幸

Yoshiyuki Nomura  
(生産技術部)





# ウォータジャケットスペーサの開発

Development of Water Jacket Spacer

羽田野 真

Makoto Hatano

## 要旨

シリンダボア壁温を適正化し、ピストンフリクションの低減を図ることにより、車両の燃費を向上させるアイテムであるウォータジャケットスペーサの検討を行った。エンジンブロックの冷却水通路であるウォータジャケットに樹脂製のスペーサを挿入し、冷却水の流速を調整することで、シリンダボア壁温を調整することが可能となる。

## Abstract

By rightsizing the cylinder bore wall temperature and reducing the piston friction, water jacket spacer as an item for improvement of fuel efficiency has been discussed. Inserting resin spacer to water jacket that is a coolant passage on engine block and adjusting the coolant flow velocity can adjust the cylinder bore wall temperature.

## 1. はじめに

近年、燃費向上への要求は厳しくなる一方であり、省燃費化の取り組み技術については、車両全体の軽量化、熱効率の向上、エンジンフリクションの低減など、様々な項目について検討されている。これらの燃費向上技術の中でも、ピストン系フリクションは、エンジンフリクションのほぼ半分近くを占めるため<sup>(1)~(2)</sup>、燃費に与える影響は大きい。このフリクション低減技術の1つとして、ボア壁面の温度を上昇させることにより、ピストンリングとボア壁間の潤滑オイル粘性を下げてフリクションを低減する手法があり、一例としては、ブロック側の冷却水流れを極端に低減させ、ボア壁面の高温化を狙ったよどみ冷却の技術等、数事例が実用化されている<sup>(3)</sup>。

今回、ピストンの冷却水通路であるブロック側ウォータージャケット（以下W/J）内にエンジン別体のスペーサを挿入する手法により、冷却水流れを変化させて、シリンダボア壁温分布を改善することをができた。本報告では、このウォータージャケットスペーサ（以下W/JS）の開発内容について報告する。

## 2. 開発のねらい

### 2.1 エンジン水流れとボア壁温の課題

ブロックW/Jは、エンジンのピストンを冷却するために、ボアに対し環状に設置された冷却水通路である。図1は、本試験にて供試したオープンデッキタイプのエンジンプロックW/J通路上面図およびW/J断面図である。○ポイントは、その部位の壁温をカラーイメージで示したものである。

はじめに、断面図のボア壁温分布をみると、燃焼部に近い上部の壁温が、下の部分より高い傾向にあることが判る。この状態を、ボアとピストンリング間の潤滑メカニズムの観点から考えると、上死点近傍は、境界混合潤滑域であり、ボア中央部・底部については、流体潤滑域であることから、ボア壁温は、上死点近傍は冷却し、ボア中央部・底部については、壁温を上昇させることがフリク

ション低減に有効であると考えられる<sup>(4)</sup>。

次に上面図を説明する。冷却水は、吸気側（以下IN側）の1気筒から4気筒まで流れ、Uターンして排気側（以下EX側）を通りヘッドへ流れ、ピストンを冷却している。ボア壁温分布は、カラーイメージで示すと、水通路から遠く、熱源に挟まれているという理由から、ボア間の温度が他の部分より高くなる傾向にある。

また、冷却水は、W/Jを流れていく際、水温が徐々に上昇し冷却能力が低下する為、気筒間でも、EX側のほうが壁温が高くなる。このような、熱分布の偏りは、ボアの熱変形引き起こし、その変形分を見越したピストンリング張力を設定しなければならぬ為、フリクション増加による燃費悪化の原因の1つとして考えられる<sup>(5)</sup>。

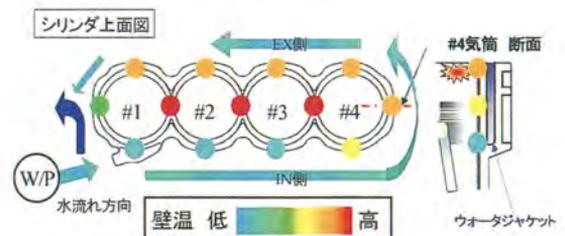


図1 オープンデッキタイプのW/J水流れとボア壁温

### 2.2 W/JSのねらい

ボア壁の熱ばらつきを改善する為に、W/J内の冷却水流速分布を調整する手法が考えられる。理想とする流速分布としては、燃焼部近傍のW/J上部の流速を増加させて冷却を促進し、W/J高さ中央部・底部については、流速を低減させてボアの過冷却を防止することが、ピストンフリクション低減の面から考えて妥当である<sup>(4)</sup>。

上記、流速分布を実現する手段としては、W/J自身の通路形状を変更し、冷却水をW/J上部に集中させることが考えられるが、アルミダイカストでブロックを量産することを前提にすると、W/J中子の耐久性が大幅に低下すること、および製造工程も複雑化し高コストになるなど、製造上の課題が大きい。このような製造上の課題を克服すべく、W/JS形状を任意に変更して、ボア壁温の最適化を図るために、W/J内にW/JSを挿入する手法を検討した。(図2・図3)

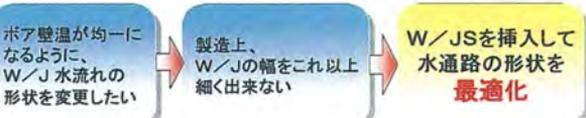
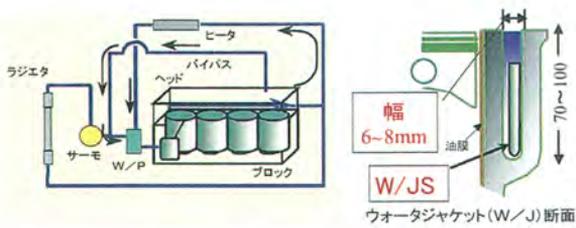


図2 W/JSの狙い

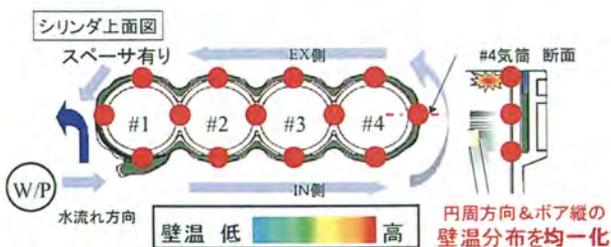


図3 W/JS挿入後のボア壁温ねらい

### 3. W/JSの評価・検討

W/JSの評価方法としては、図4のフローチャートに従って検討を進めた。

まず、現状の把握として、ベンチによるシリンダブロックボア壁温の測定とエンジン水流れの可視化試験を行った。これらの結果から、W/JSの形状検討を行い、次に、台上試験にて燃費効果の確認とスペーサによる水流れの変化を可視化で確認を行った。以後、このフローに従い本報告を記述する。

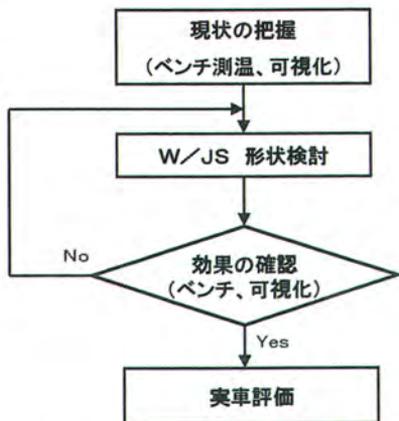


図4 W/JS評価フローチャート

#### 3.1 ボア壁温測定 (W/JS無し)

ボア壁温は、台上の2.0Lエンジンに熱電対を設置し、冷却水出口水温一定の条件で測定を行った。测温部位は、2気筒目を測定しており、縦方向ではボア断面のトップから、図5のように、深さ方向でボア内壁面から1mmの距離で5点設置した。40km/h定常走行時の壁温特性を図5に示す。グラフは、縦軸にトップからのボア测温位置を示し、横軸は、温度を示している。縦方向の温度分布はIN側の温度に対し、ボア間の温度が高く、また、燃焼部に近い上部ほど温度が高い温度分布になっている。また、図6に示す円周方向での温度分布を見ると、ボア間の温度が高く、IN-EX側の温度はボア間に対し低くなっている様子が確認できる。

測定条件: 40km定常走行相当

エンジン : 2.0L

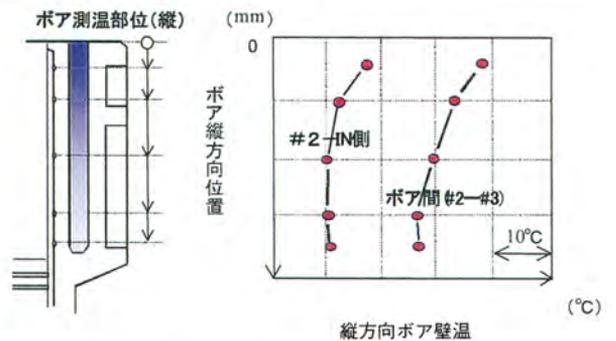


図5 縦方向ボア测温結果 (W/JS無し)

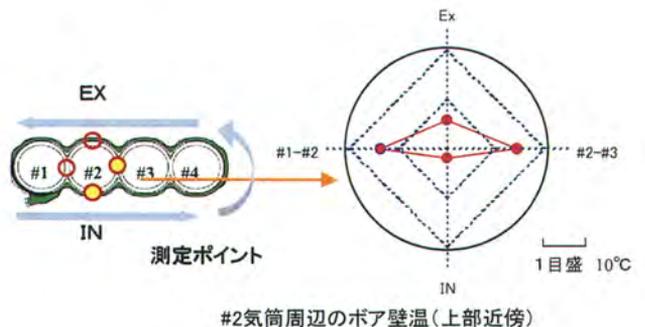


図6 円周方向ボア测温結果 (W/JS無し)

#### 3.2 可視化試験による水流れ解析

次に、現状のW/J水流れの把握およびW/JS形状の検討を行うために、可視化試験を実施した。

水流れの解析に使用した装置を、図7に示す。可視化手法としては、一般的な方法であるトレー

サとして水と比重の近い微粉末のリルサンパウダーを適量混合させ、ウォータポンプにより駆動させた。そして、スリットレーザー光で観察部位を照射し、水流れを高速カメラによるビデオ撮影を行い、流れ解析ソフト（VISIFLOW）によるPIV解析を実施した。

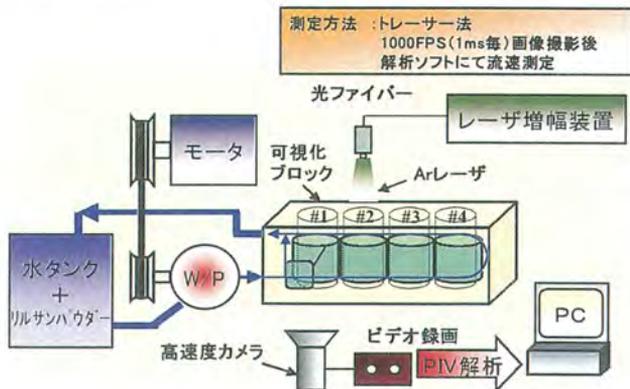


図7 可視化試験装置

測定部位IN側の4気筒目における解析結果を図8に示す。これはPIV解析の一例を示したもので、画像に表示された矢印ベクトルは流速と方向を示している。次に、図9は、PIVのベクトルデータをn増し平均化し、W/J高さ方向で上、中、下の3カ所の流速をスカラー換算したものであり、縦軸にW/J上端からの位置、横軸に解析結果の流速を示している。また、スペーサとW/Jの調整隙間（W/JS断面図参照）を変化させたときの流速変化をそれぞれ図示した。この結果より、W/JS無しの流速分布に対し、W/JS有りの流速が遅く、スペーサ挿入によりW/Jの冷却水流速の低下が確認できた。これは、W/JSが通路抵抗となり、ヘッド側に流れる冷却水の割合が増加したことが原因と考えられる。また、調整隙間を狭くすると、この部分の流速が遅くなることが確認できた。逆に、W/JSが無い上部については、流速の低下が小さいことがわかる。

まとめとして、

- ① W/JS挿入により、W/Jの冷却水の流速低下が起こること、ただしW/J上部の流速低下は小。
- ② 隙間が小さいほど流速が低下することが可視化試験の結果より確認された。

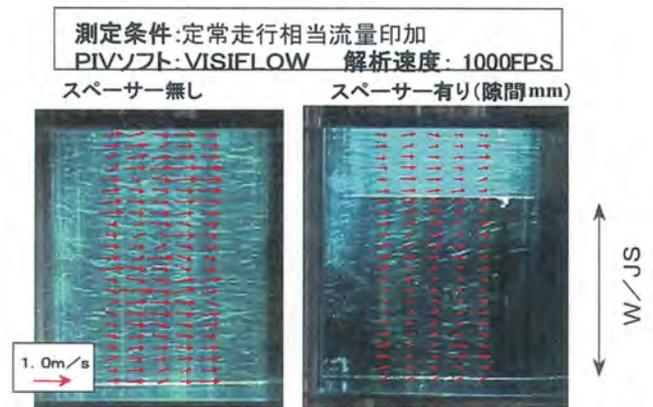


図8 流れ解析（PIV解析）の一例

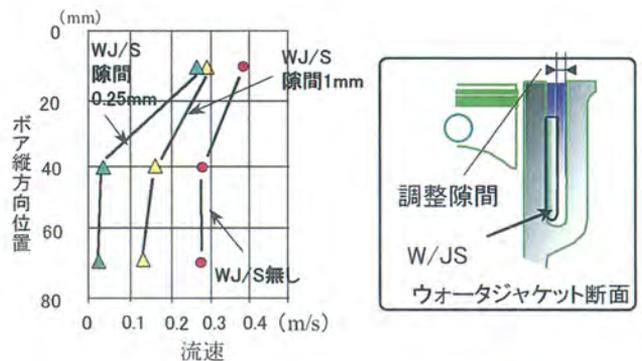


図9 4気筒IN側の流れ解析結果

### 3.3 W/JS設計・形状検討

ベースエンジンのボア壁温測定結果と流れ解析の結果を参考にして、W/JSの形状を検討した。

図10にW/JS形状図を示す。W/JSの形状は、温度分布で熱いボア上部は冷却し、壁温が低く、冷却を抑えたい中央部・底面部分は、流速を下げて保温するという考え方で、検討を進めた。具体的な形状としては、ボア上部の燃焼部付近は、積極的に冷却したいため、W/J上部に水通路を設けた。また、ボア間にくらべ、ボア側面は壁温が低いため、この部分は、近傍流速を低減するために、ボアとスペーサとの隙間を小さくした。また、量産時の製造手段・材質については、生産性・高温長期耐久性などを総合的に考慮して、樹脂材（芳香族ナイロンガラス含有）の射出成形を選定している。

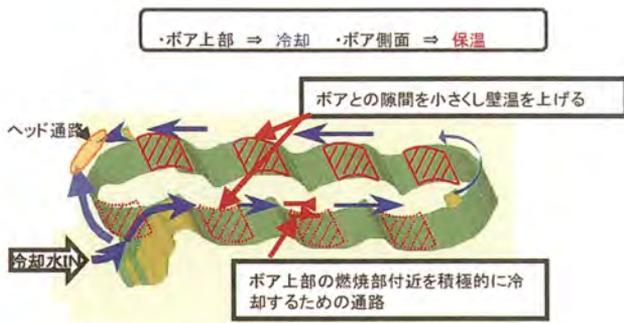


図10 W/JS形状

### 3.4 ボア壁温測定 (スペーサ有り)

前章 3.1 と同条件にて、形状検討後のW/JSをエンジンプロックに挿入し、ボア壁温の測定を行った。W/JS有無における縦方向のボア壁温測定結果を図11に示す。この結果よりスペーサによりボア壁温が全体的に上昇していることが確認できる。当初の狙いであるボア上部の冷却促進までは達成できなかったが、ボア上部の温度上昇は他の部位よりも低く抑えることができた。これは、W/JS挿入時におけるボア上部の流速低下が小さい為、壁温上昇を他の部位に比べ、抑制できたものと考えられる。次に、円周方向のボア壁温測定結果を図12に示す。円周方向でもIN-EXすべてにおいて、壁温の上昇が確認できる。このような、壁温上昇の原因としては、先ほどの可視化試験から、スペーサ挿入によって、W/J内の冷却水流速・流量が全体的に低下し、冷却水への熱伝達が低減された為、ボア壁温が上昇したものと推察される。また、壁温分布ばらつきについては、縦方向でボ

ア上部と下部の温度差が縮小し、また円周方向でも、ボア側面が温度上昇したことにより、全体的に壁温ばらつきが低減されていることが確認できた。

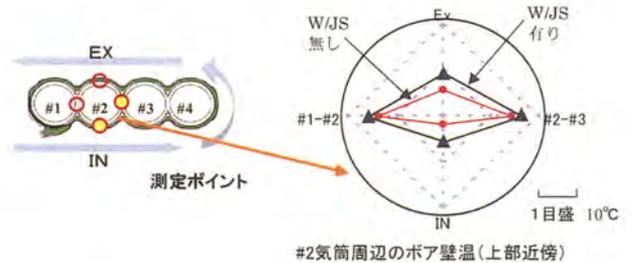


図12 円周方向ボア測温結果 (W/JS有無)

### 3.5 W/JSの燃費効果

W/JS有無における燃費評価を台上ベンチにて行った。評価項目としては、10-15モードの寄与率の高い運転域を代表点として、燃費消費を測定した。

この結果、測定点平均の壁温が、約+5℃上昇し、燃費効果は0.5~1.0%の向上が確認出来た。

燃費効果向上の理由としては、スペーサ挿入によりボア平均壁温が上昇することにより、ピストンリングとボア壁間の潤滑オイル温度が上昇し、フリクションが低下した為であると推察される。

## 4. まとめ

W/J水路に別体挿入し、W/J壁温分布を改善できるW/JSを開発した。

- (1)可視化トレーサ法による基本的なブロック水流れの解析から、W/JSの形状検討を行い、ボアの壁温分布を改善することができた。
- (2)W/JSによりボア壁温が平均で約5℃上昇し、+0.5~1.0%の燃費効果が確認できた。

### 謝辞

本製品の検討に、多大なご協力とご支援を頂きました。トヨタ自動車株式会社殿と内山工業株式会社殿およびデュポン株式会社殿に対し、この紙面をお借りして、お礼申し上げます。

測定条件: 40km定常走行相当

エンジン : 2.0L

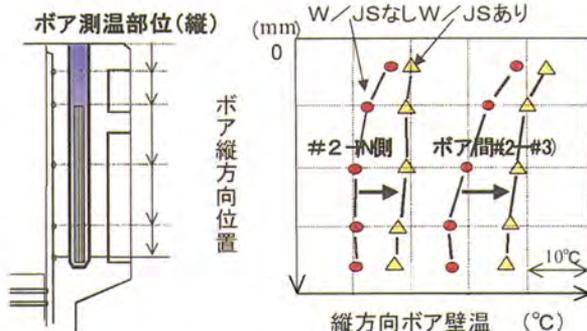


図11. 縦方向ボア測温結果 (W/JS有無)

〈参考文献〉

- (1)Wakuri, Y., Soejima, M., Ejima, Y., Hamatake, T., and Kitahara, T. SAE Paper, No.952471(1995)
- (2)和栗・北原・浜武・副島, 議論, 62-599, C (1996), 2811-2817
- (3)萩原秀実, 月刊トライボロジー, 2003.5 p.12
- (4)北原辰巳他, 第14回内燃機関合同シンポジウム講演会論文集 (1997)
- (5)須原資博他, 第13回内燃機関シンポジウム講演会論文集 (1996)

著者紹介

**羽田野 真**

Makoto Hatano  
(第1製品開発部)



**竹内 克直**

Katsunao Takeuchi  
(第1製品開発部)



**村上 広道**

Hiromichi Murakami  
(システム開発部)

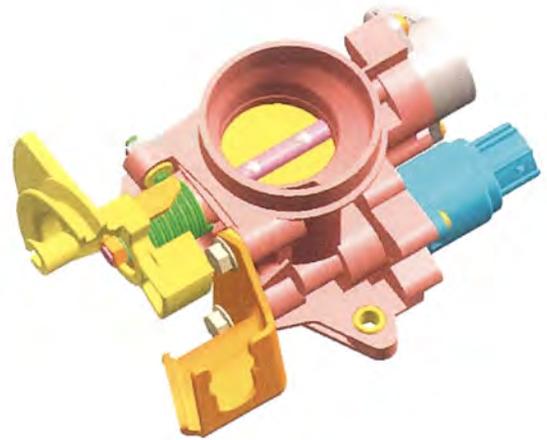


## 樹脂スロットルボデー Plastic Throttle Body

### 概要

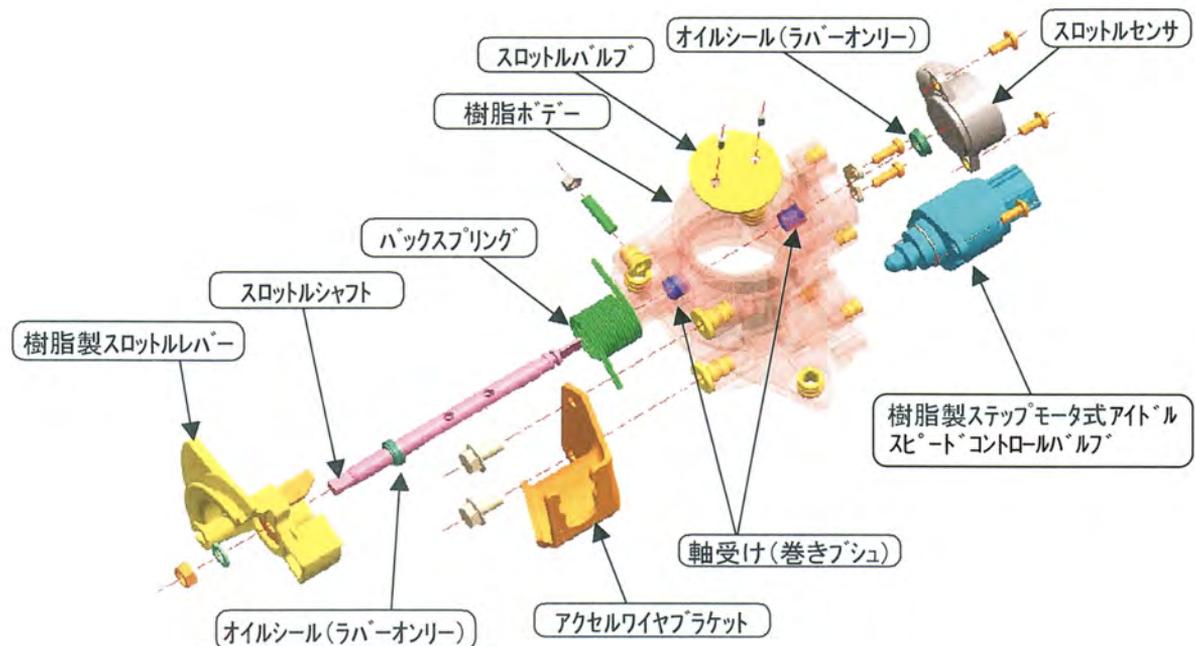
アクセルペダルに連動してバルブが開閉することにより、エンジンへの吸入空気量を制御する。

樹脂からなるボデーを採用し、従来品（アルミダイカスト製）と同性能、同等の信頼性を確保しつつ、軽量化・低コスト化を実現した。



### 主な特長

- ・軽量かつ低コスト
- ・排気量660～1000ccのエンジンまで搭載可能であり、低アイドル回転数に対応した洩れ流量を確保
- ・ボデー最適設計で対衝突安全性に配慮



# モータ式樹脂可変吸気バルブ Plastic Intake Air Control Valve

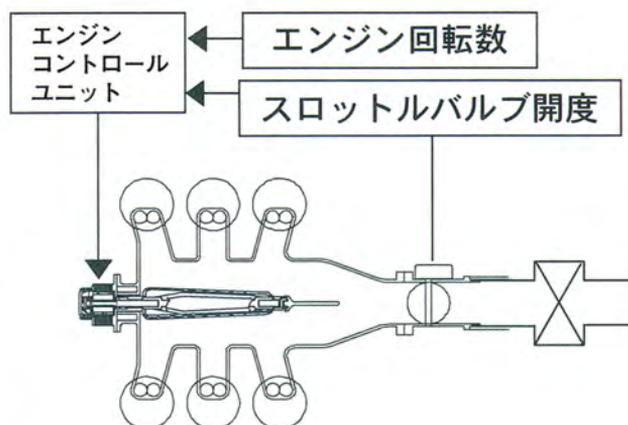
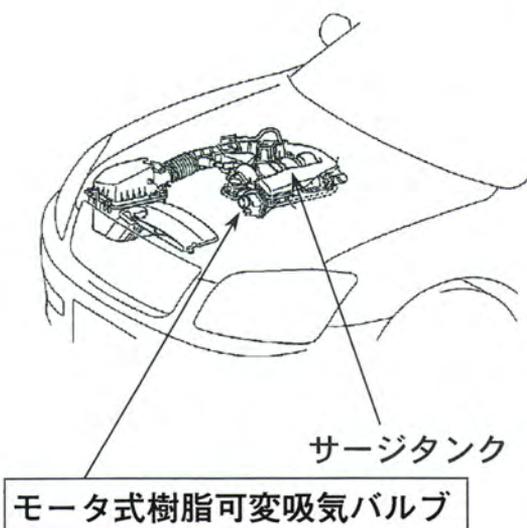
## ● 概 要

吸気系のサージタンクに装着して、トルクモータによりバルブを開閉し、有効吸気管長を切替える。エンジン回転数に対して適切な吸気管長に切替えることで、吸気脈動効果により吸入空気量を増加させてエンジンのトルク・出力向上を図る。



## ● 主な特長

- ・従来のダイヤフラム式と同等の駆動回路で制御可能
- ・30万km走行相当の信頼性を確保
- ・可変吸気管長により、V6、直噴エンジンの中高速域のトルクアップ可能

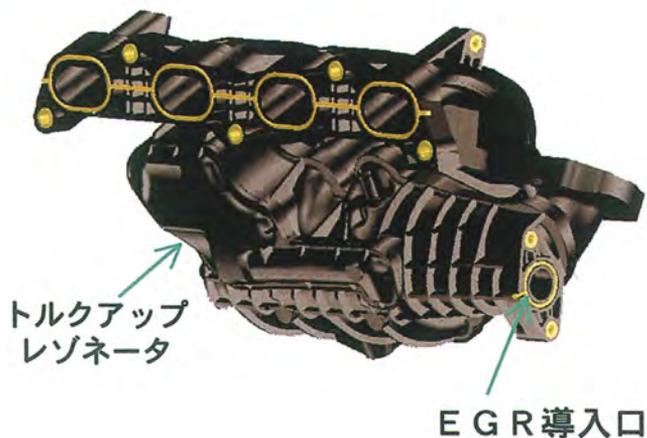


# 樹脂インテークマニホールド Plastic Intake manifold

## 概要

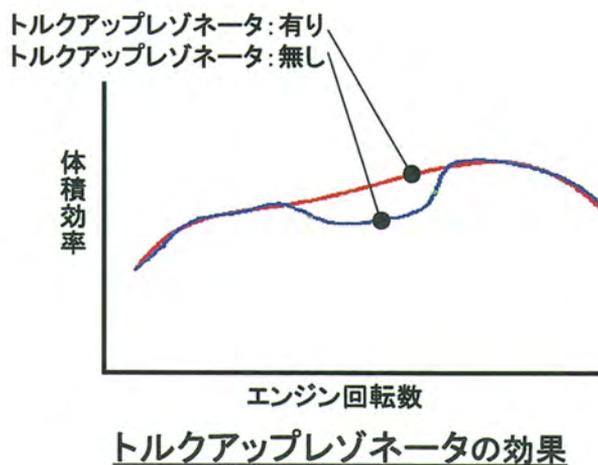
スロットルボデーから取り入れた空気をエンジンの各気筒へ分配する。

EGRの導入に対応するとともに、トルクアップレゾネータを内蔵し、エンジンのトルク・出力向上を図る。



## 主な特長

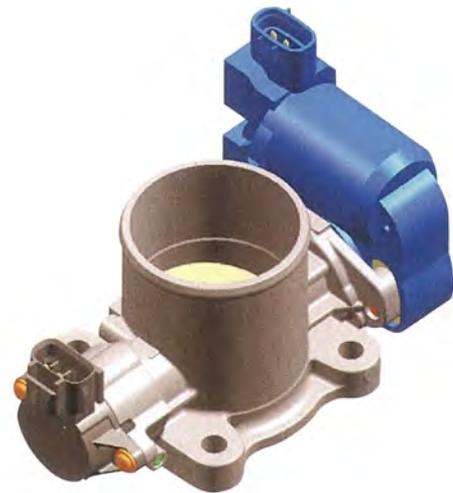
- ・高温EGRガス導入の実現
- ・トルクアップレゾネータ内蔵による体積効率向上の実現
- ・軽量化と高耐圧の両立



# トルクモータ式ディーゼルスロットル Rotary Solenoid Diesel Throttle

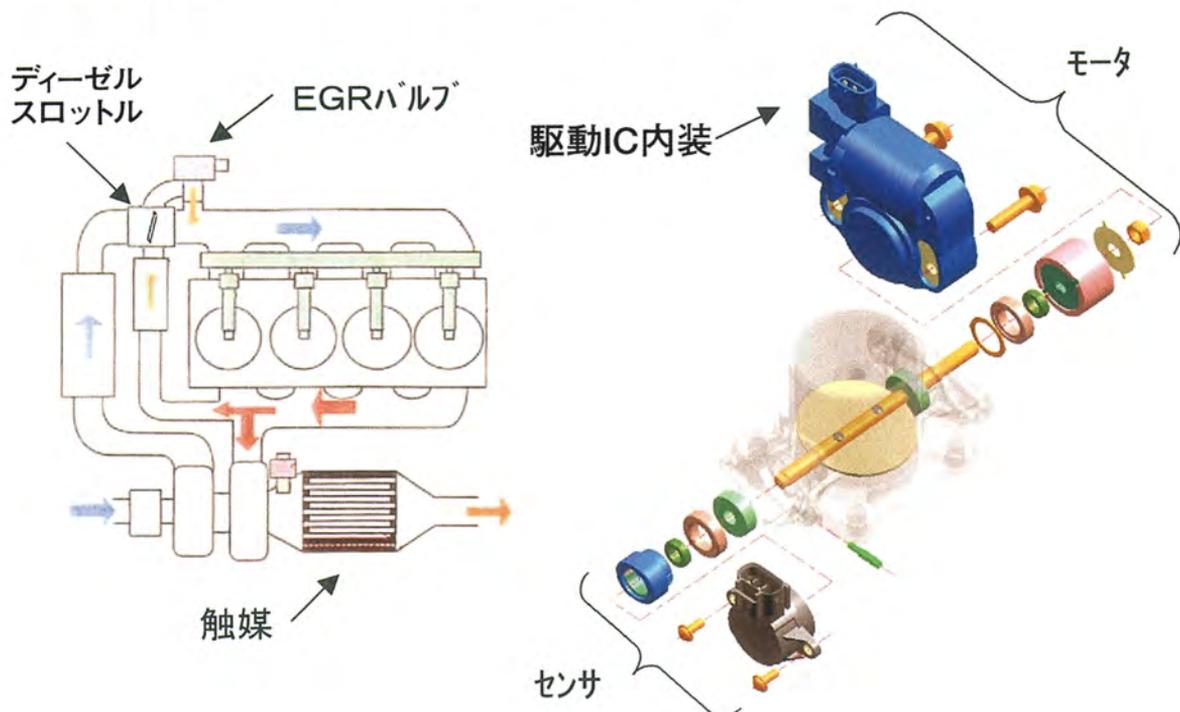
## ●概要

ディーゼルエンジンの新長期排出ガス規制に対応した新燃焼方式の採用が進められている。そのシステムに必要な高応答・高分解能のバルブ制御を可能にした。



## ●主な特長

- ・ボア径φ40からφ80までのシリーズ化により広範囲の排気量に対応
- ・非接触式センサ，トルクモータの採用による長寿命化
- ・駆動ICの搭載によるエンジンコントロールユニットの制御負荷低減



## 樹脂アクセルペダルモジュール Plastic Accelerator Pedal W/Sensor

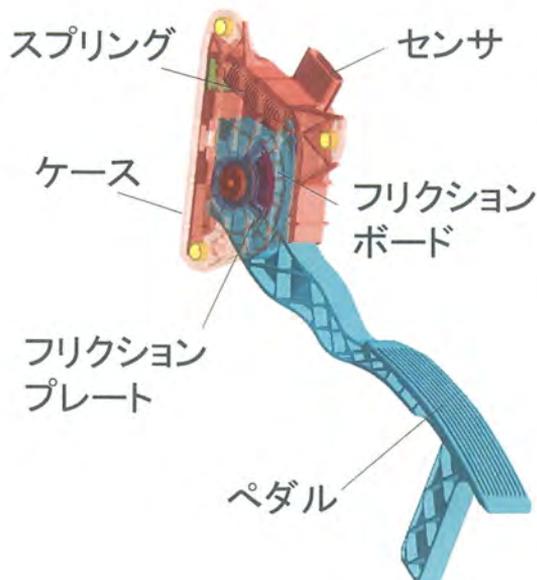
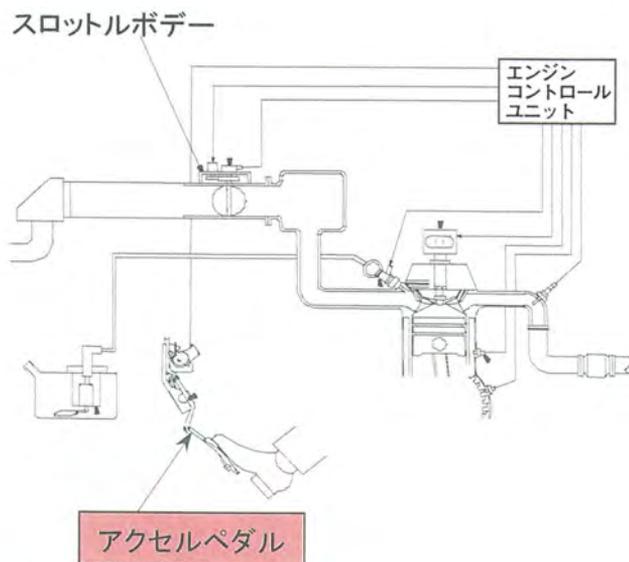
### 概要

スロットルボデーの電子制御化に伴い、アクセルセンサをアクセルペダルに一体化し、ペダル等の樹脂化により、低コスト・軽量化を実現した。



### 主な特長

- ・ ケース、ペダルの樹脂化による軽量化
- ・ アクセルセンサをケースにビルトインし、小型化・低コスト化



# アイドルスピードコントロールバルブ Idle Speed Control Valve

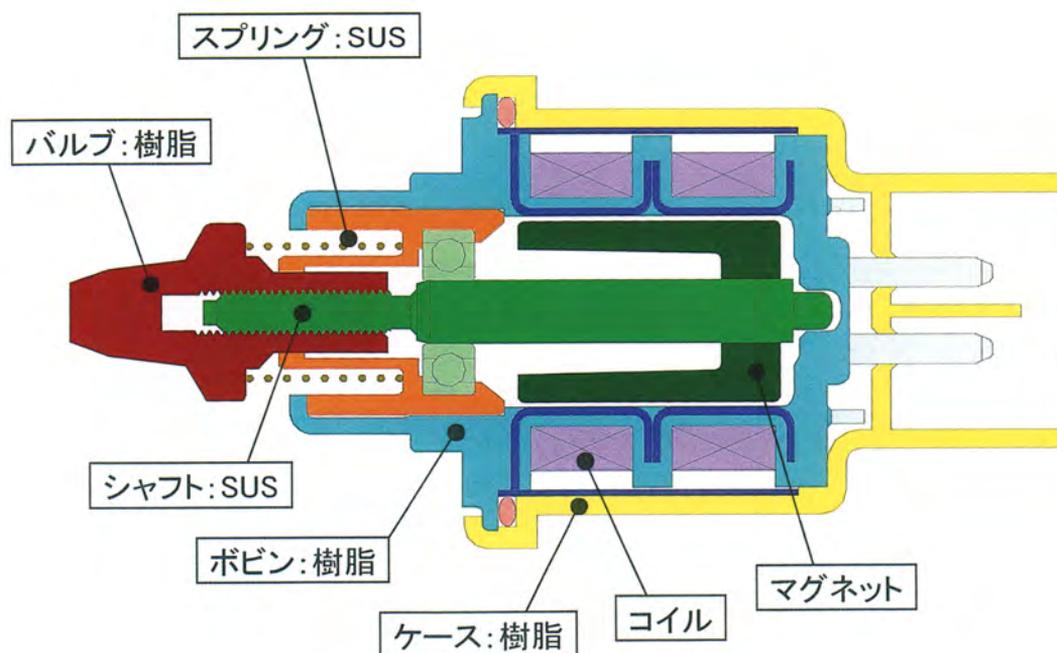
## ●概要

2 輪車・船外機も排気ガス規制対応で電子燃料噴射化が進んでいる。スロットルボデーに搭載され、アイドル回転数を制御するステップモータ式アイドルスピードコントロールバルブを軽量化した。



## ●主な特長

- ・ 構成部品の樹脂一体成形による軽量化
- ・ 構成部品を樹脂化・SUS化しており、船外機にも使用可能



## ハイブリッド車用電動ウォーターポンプ Water Pump for Hybrid Vehicle

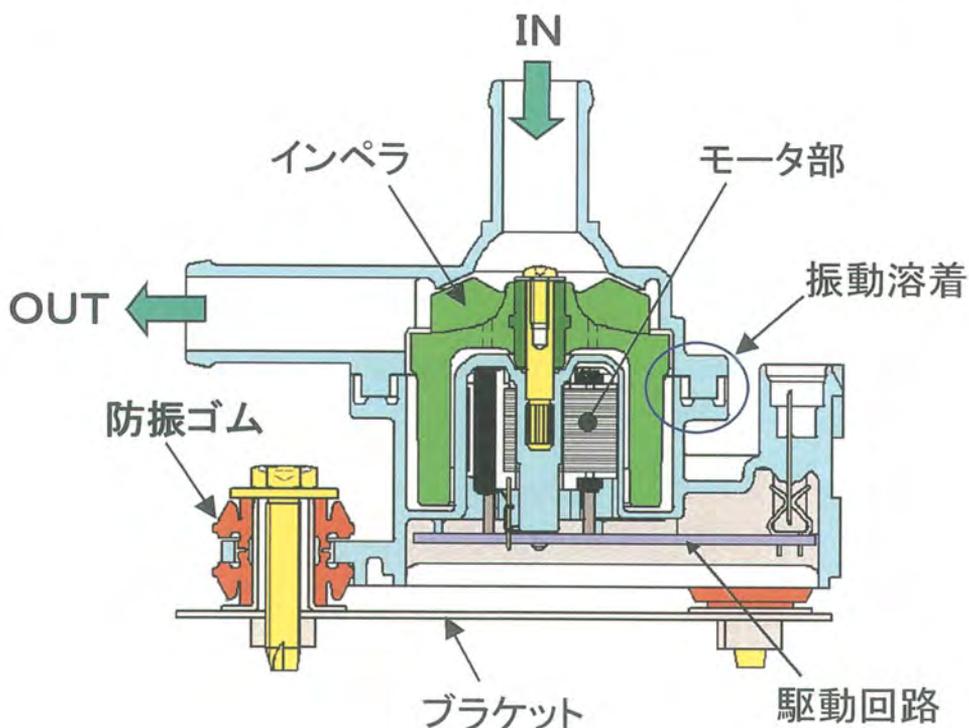
### 概要

ハイブリッド車用インバータ・モータなどへの冷却水循環として用いられる高流量・高性能なハイブリッド車用電動ウォーターポンプ



### 主な特長

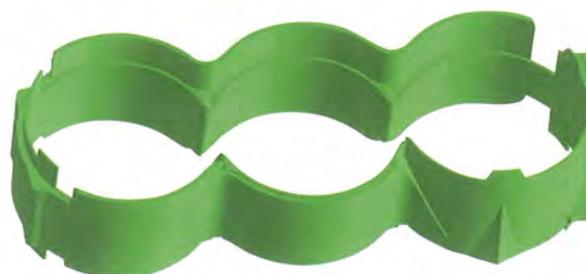
- ・ ブラシレスモータ採用による長寿命化
- ・ 磁気回路の適正化によるポンプ・モータ効率の向上
- ・ プラスチックマグネット製のローター体型インペラの採用による小型・低コスト化



# ウォータージャケットスペーサ Water Jacket Spacer

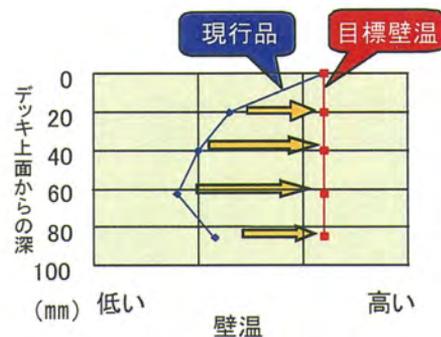
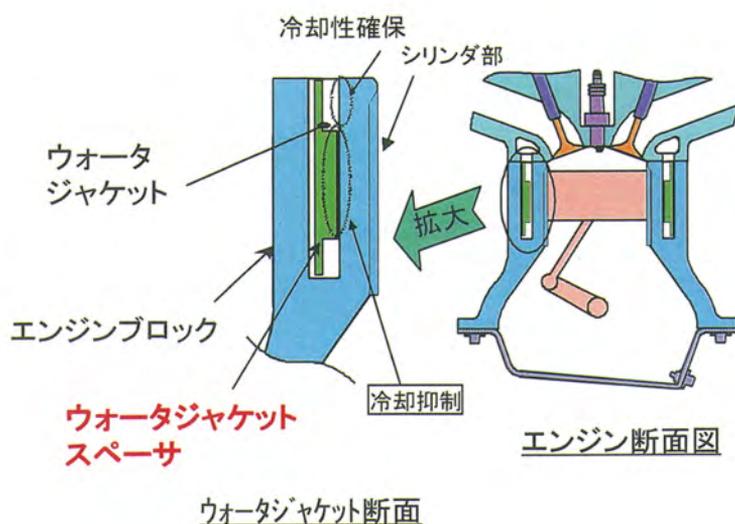
## 概要

エンジンプロックのウォータージャケット内に挿入し、冷却水流れを制御することにより、シリンダ部の過冷却を防ぐ。



## 主な特長

シリンダ壁温の適正化をはかり、ピストンの摩擦抵抗低減による燃費向上に寄与する。



シリンダ部壁温特性

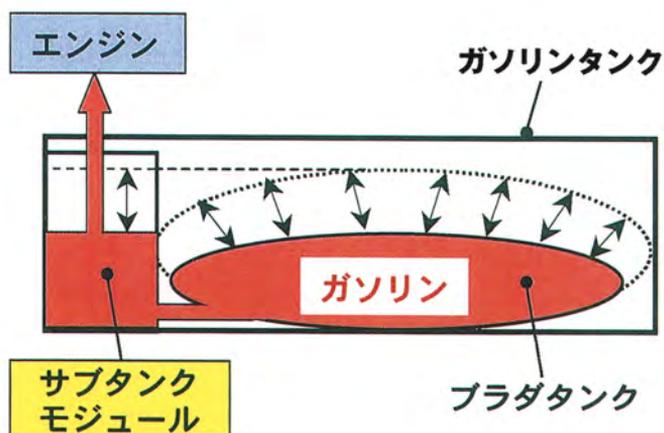
壁温過冷却部を減らし、高温化・均一化により、フリクション低減をはかる

## ブラダタンク用サブタンクモジュール Fuel Pump Sub Tank Module for Bladder Tank

### 概要

ガソリタンク内にブラダタンク（ガソリン残量に応じて収縮する特殊樹脂製タンク）とともに搭載され、ガソリタンク内から車外へのガソリンベーパーの放出を防止する。

米国ゼロエバポ規制対応製品。

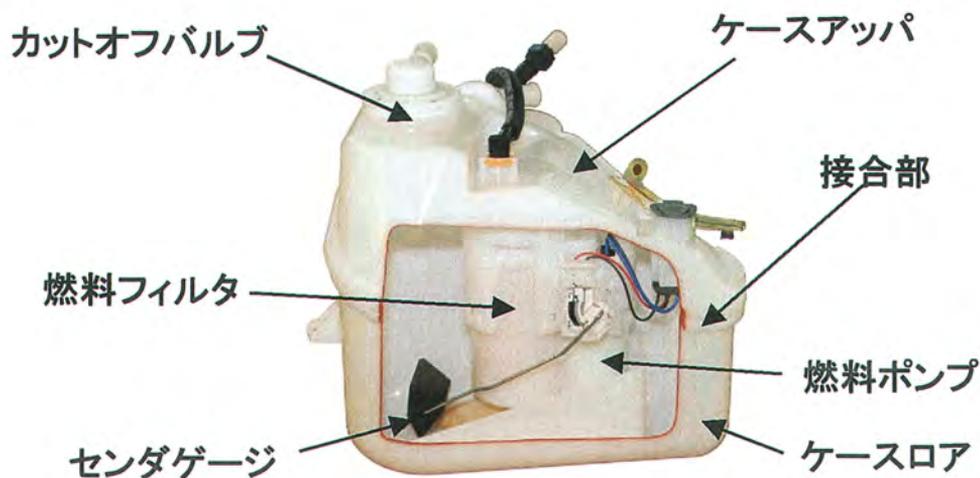


ブラダタンクシステム

\*米国ゼロエバポ規制対応

### 主な特長

- ・内製サブタンク（従来は他社品）とフューエルポンプモジュールを一体化
- ・アーム式センダーゲージの採用，サブタンク部のボルト廃止などにより，コストを約50%低減



ブラダタンク用サブタンクモジュール

## 米国エバポ規制対応キャニスタ Canister for US evaporative emission control

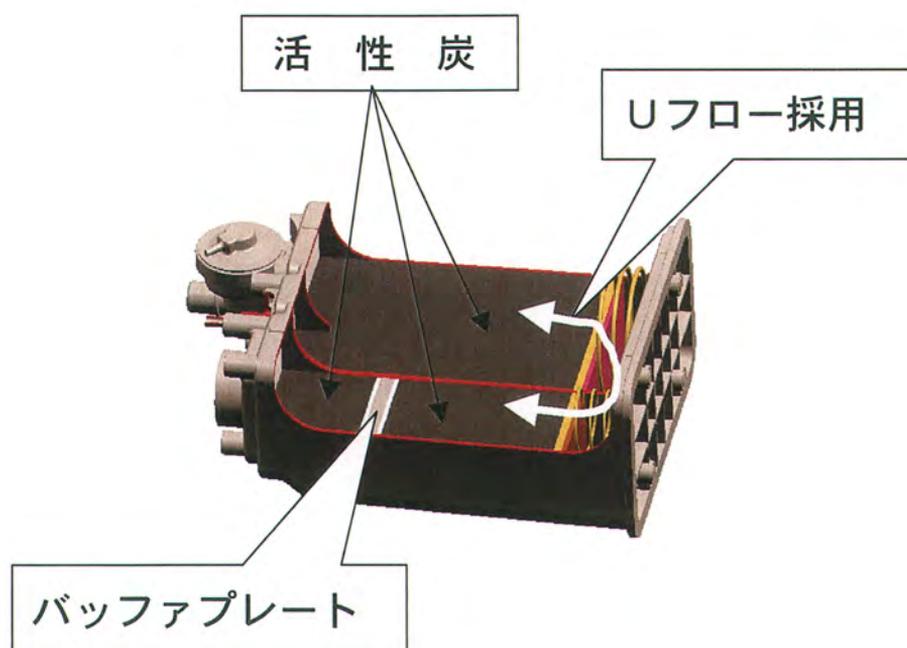
### ● 概 要

ガソリン蒸気の車外への放出を防止するエバポシステム製品。米国のエバポ規制に対応した高性能な樹脂キャニスタ



### ● 主な特長

- ・ 2層式Uフロー及びバッファプレート採用による高性能（高効率）化
- ・ 活性炭使い分けにより性能変更が可能
- ・ キャニスタ本共通化による低コスト化



## 編集委員

今村 兼雄 (取締役)	
中野 正高 (経営企画部)	渡辺 幸広 (研究開発部)
藤井 真一 (第2製品開発部)	鈴木 敏郎 (技術企画部)
大原 満 (技術企画部)	磯谷 寛 (研究開発部)
高松 浩司 (第2製品開発部)	磯貝 富治 (先行開発部)
池谷 昌紀 (先行開発部)	佐久間義弘 (生技開発部)
鈴木 良典 (生産技術部)	坂口 巖 (総務部)

---

## 愛三技報 第2号 AISAN TECHNICAL JOURNAL No.2

禁無断転載 © 2004 AISAN INDUSTRY CO.,LTD.

発行 2004年8月18日  
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 今村 兼雄  
編集人 渡辺 幸広  
印刷所 三帰プリンティング株式会社

---



# AISAN TECHNICAL JOURNAL

## 愛三技報

愛三工業株式会社