

ヤマハ技術会 技報

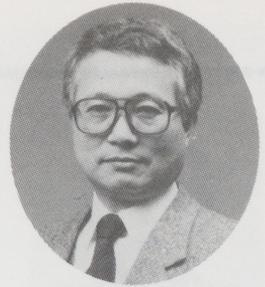
No.7

1989-1



技報編集委員会事務局所蔵

巻頭言



ヤマハ技術会顧問

山下隆一

「アポロ計画とミケランジェロ」

アポロ計画で人類が月に着陸してちょうど20年目。手に汗を握り「歴史的瞬間」を目のあたりにして、ふた昔分もの歳月が流れたことになる。

以来、「システム」、「システム工学」という言葉が使われだし、「ある目的のためにいくつかの要素が有機的に結合すること」との「システム」の基本定義は今や広範な分野において、相当な解釈を受け、定着している。「システム」はコンピューターによる処理の普及と相まって、「生産性向上」「合理化」というテーマに大きな貢献をはたした。

その意味でアームストロング船長以下3名の飛行士に贈られた文化勲章—当時は大変な物議をかもしましたが—今日、その意義について理解も成り立つというわけだ。

一方、確かに「イメージを具現化」するプロセスにおいては、システムチックな考え方やコンピューターが大きな助けとなっている事は否定の余地はないが、やや唐突ながら、「創造のプロセス」にはどのような進歩があったのであろうか？

幸田露伴は、「五重塔」において、「利己主義者」、「石頭」、とあらゆる悪口雑言にも耳をかさず頑に「効率化」—「分業化」—「イメージの妥協」のプロセスを拒否し、一人で企画、設計建築、そしてメンテナンスをする事で五重塔を完成させてゆく職人、「十兵衛」の姿を見事に描き出している。往事、西洋から移入され、多分、都合よく翻訳されていた「合理性」という仮り物の概念に対する強烈なアンチテーゼと考えれば今もって大変新鮮に感じられる。

ところで、その「合理性」の発祥地であるとされるヨーロッパではこの問題がどう扱われたのか？しばしば「人間復興」と訳されるルネッサンスの時代に生きたミケランジェロですら、多作家である為に要求された合理性と自分自身に折合いを付けられずに死ぬまで煩悶し、ロマン—ロランの言葉をかりれば、「悲そうな天才力とそうでなかった彼の意志の間の（つまり）『やむにやまれぬ熱情』と、『あえて求めなかった彼の意志』の間の切実なる矛盾」に答えを出せなかったという。

更に、ロランはミケランジェロの創作活動に関し、「熱狂的な激昂であり、彼の肉体と精神すらそれを保てなかった」とし、天才とは理性的な判断によりどころをおくものであったのではなく、むしろもっと潜在的な恐ろしいまでの感情的なエネルギーであった事を指摘している。すなわち「創造」のための格闘には人間の根源にある「なにか」以外の何ものもかかわることの出来ないということにほかならない。

既成の概念やしくみを創造的に「破壊」して行くことは困難を極めるものであり、又、急激な変化は時として混乱をまねくこともあろう。しかしながら豊かなイマジネーションこそが当社にとって最も重要な財産である。「創造の」プロセスにおける個々の「やむにやまれる熱情」がどのように発露され、又、全体的に展開されるかということが、将来を見通しする上で、極めて重要であり、その重要度は急速に高まっている。すなわち高い次元で「イメージ」できるための何かとイメージの通りに具体化するための何かが緊急のうちにそれぞれ別個に、しかしながら有機的に認識されなくてはならない。そこで、ひとり、ひとり「内なる熱狂的な激昂」つまり、「一番大切なもの」を自省し、その上で「自己」と「システム」との折り合いのつけ方を考えて頂くこと。それこそが現在においても過去においても「ある種の常識」を打破する上でまず最初に探究され得べき課題であることを提案させて頂き本年の皆さんの御活躍をお祈り申し上げます。

目 次

巻 頭 言

「アポロ計画とミケランジェロ」……………ヤマハ技術会顧問

山下 隆一

1. '88, '89 フィッシングボートの開発……………マリン本部技術管理部

大下 智………… 1

2. せん断穴あけ加工による2サイクルエンジン用
耐摩耗高精度シリンダーライナーの開発……………技術本部要素研究部

小池 俊勝………… 7
山縣 裕

3. フォード社向けSHOエンジン……………自動車エンジン事業部AM第3技術部

青山 建夫…………13

4. 2サイクルエンジンの現状と将来……………技術本部動力研究部

本山 雄…………23

5. パターン形成による
集積型熱電対温度センサの開発……………技術本部要素研究部

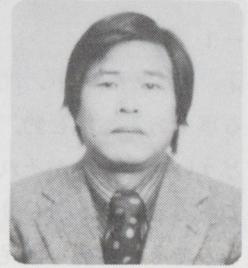
塚越 洋…………35
近藤 裕

6. エンジン組立工場における
FAシステムの構築……………管理本部情報システム部

古賀 政登…………45

'88, '89

フィッシングボートの開発



マリン本部技術管理部 大下 智

1. フィッシングボート コンセプト

1-1

ヤマハのフィッシングボートの種類も増えて来た。Fボートとしてコンセプトを作り上げた当初は1種類でした。が時代の変化と共に市場のニーズ、多様化に伴って開発の方もUシリーズ、Fシリーズ、FCシリーズとシリーズが出来上がり現在では商品性の差別化によりFを中心に考えた時、
UF ← F → FR の様にUFシリーズとFRシリーズに的を絞った開発になった。

1-2 基本的な狙い、コンセプト

FRシリーズ、1ランクプレジャー寄りにシフトする。スタイリング、艀装品の充実、フィッシングボートとしてステータスを感じさせるボート。女性に乗ってもらえるボートの追求、個室型トイレの設置、内装のグレードアップ。

UFシリーズ ニーズの多様化に対応する為FRラインとは別により、釣りに徹した安くて広くて釣りやすいフィッシングマニア向ボートの追求、ラインナップ化し、UF(タックル)シリーズの新設に成功した。

デッキデザイン (UF, F, FRの代表艇)

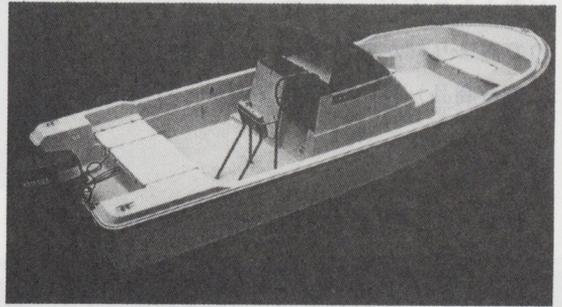


写真1 UFシリーズ UF-23(タックル)



写真2 Fシリーズ F-22



写真3 FRシリーズ FR-27

2. デザインと機能面

2-1

フィッシングボートの開発で大切な事は釣り方を知る事である。流し釣、掛かり釣、引き釣等あるがどういふボートがそれぞれの釣りに向いているかである流し釣、掛かり釣ではボートを停止させ使うのでその機能を満足させなくてはならない。例えばゆれない（ゆれにくい）ボート、風に流されにくいボート、安定の良い事である。又引き釣りでは走りながら使われるので凌波性、走行性能が良いボートである事。国内では大体上記3通りが考えられるが、その使い方も地方により異なるのであまり細かい所迄作り込まない方が（全国的に売れる商品）良いのではないかと考えている。

2-2

フィッシングボートのデザインを開発スタッフがどのように進めているか少し紹介する。一般的には釣人の気持を考え、又自分が使用する時の動

作を考える。例えばここに何があれば便利か、又女性もこの船を使う事を考慮し、トイレは独立の部屋にした方が良いとか、休憩所、着替え場所を使うとか現在のボートはキャビン付が主流である。国内の市場ニーズとして定着して来た。他に持物はどの程度あるか、どのように収納するかを考える。機能面でいえば竿釣を主体に考えるか、手釣を考えるか、何人で使えるか（定員とはちがう）、舷（フリーボード）の高さは適当か、自動排水が考えられているか、デッキウォッシュ（海上で水洗い出来る）は取付けられているか、イケスの大きさ位置は良いか、水位が保たれ水替わりが良いか（スカッパーの数、オーバーフローの機構が大切）、ホイールハウスでは機器類（漁探ロラン）が必要分格納設置出来るスペースがあるか。勿論デザイン面でバランスのとれた見やすい場所で形も良くまとめられている事が必要である。等々検討しながらレイアウト、スタイリングを決めて行く。その他各シリーズの特徴、グレードを加味して行く。

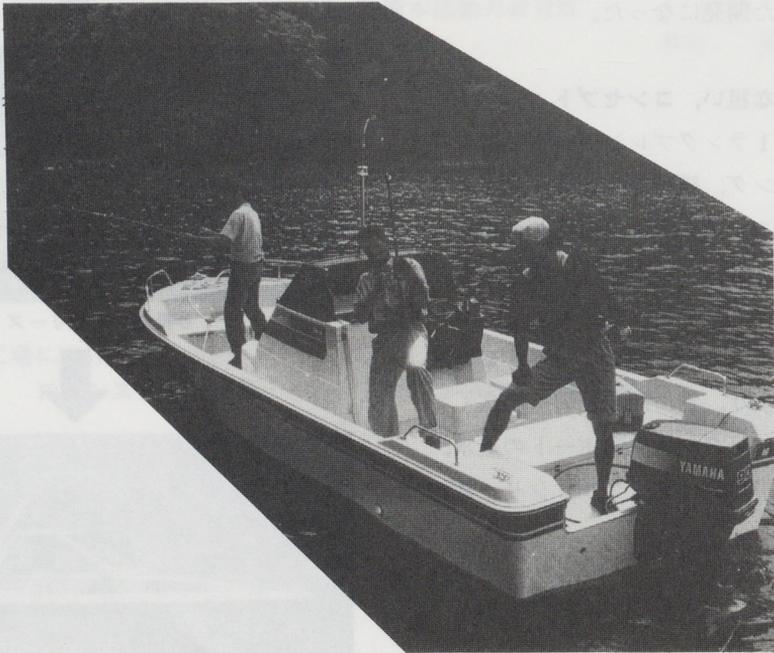


写真4 UF-23（タックル） フリーボード

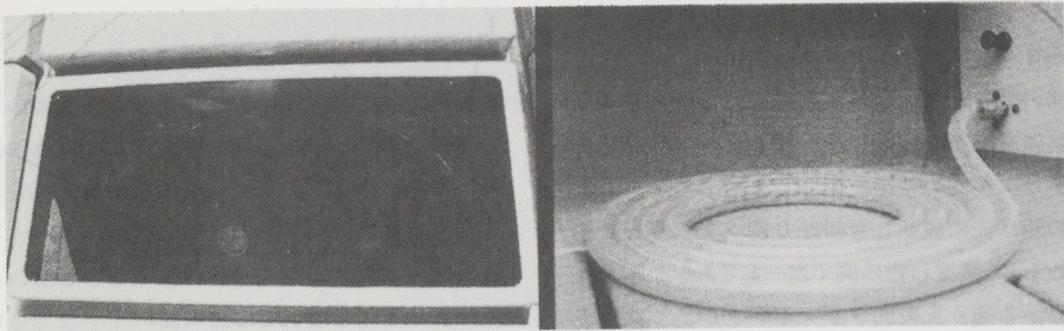


写真5 FR-27 イケス, デッキウォッシュ

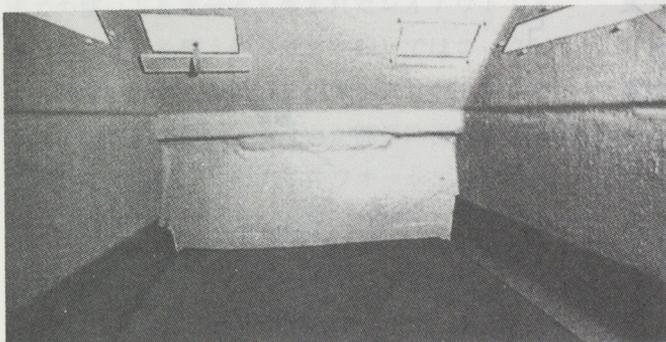


写真6 UF-23 キャビン

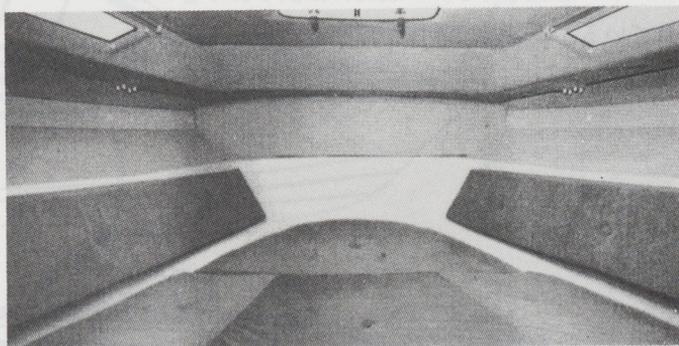


写真7 FR-25 キャビン

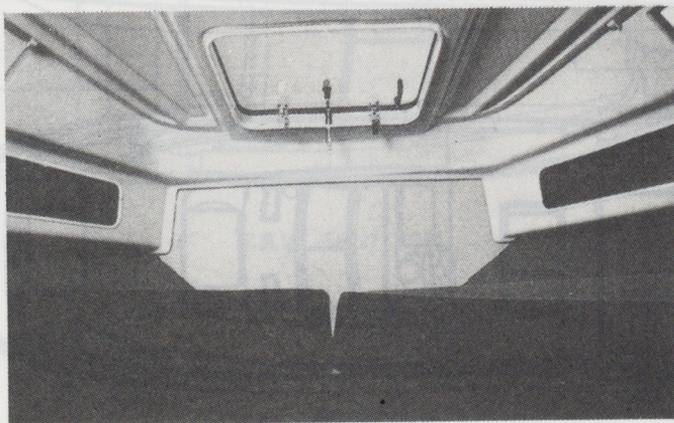


写真8 FR-27 キャビン

2-3 UF-23 (タックル23)

今回の受賞対象になったと思われる商品であり、販売実績も初年度1000隻を上廻るヒット商品である。タックル23の特徴を紹介します。

この船は先に説明した掛かり釣（アンカーで船を止める）、又流し釣に向くボートである。写真4でも分かる通り比較的フリーボードが低く設定されています。外洋での波の静かな時などは一番使い易いボートである。横安定も非常に良く、又釣スペースもセンターコンソール（キャビン付）でありボートの廻り全て釣スペースであるので多人数が竿を出す事が出来る。キャビン付であり2人が休む事が出来るスペースである。イケスもオプション艀装により前後2ヶ所に装備されている。フロアは勿論セルフベ어링であり釣マニアにはこれほどピッタリした釣ボートは他社にはないと思う。もう一つの特徴は和船で採用されているボトム形状である。一般的には浜ずわりといわれている。干潮時に船体が傾かないよう工夫されている。

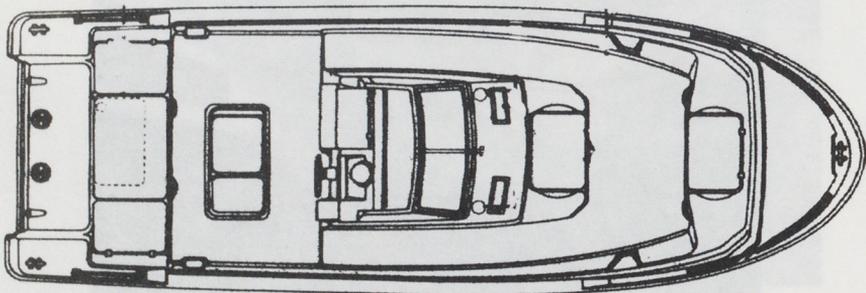
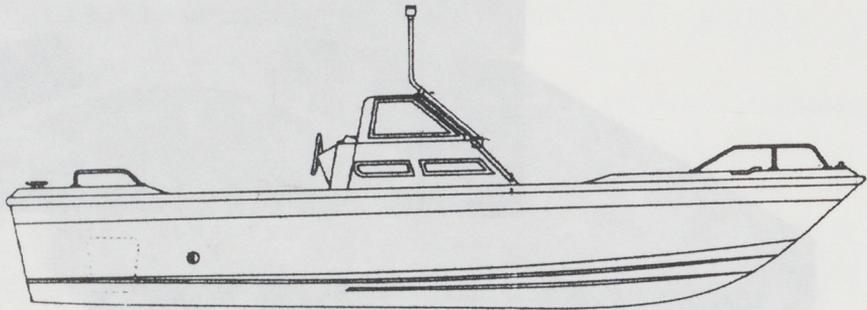
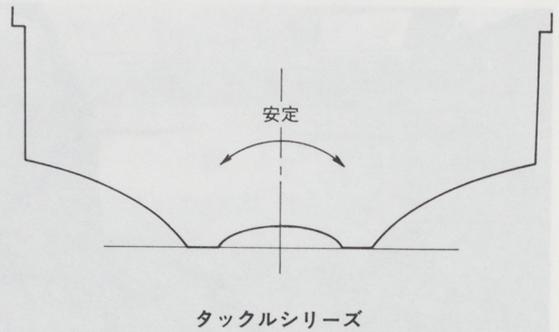
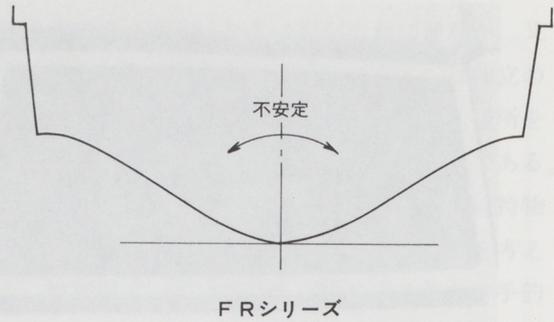


写真9 タックル23 図面

2-4 FR-27

このボートも初年度販売計画を大中に上廻った商品である。この所25~27フィートのボートは他社も含め一番種類が多い。市場でも使い易い大きさという声が聞かれる。外洋、内海共に充分使えるのでこのようにいわれていると思う。特に後部コックピットの使い易さ、広さ、イケスの大きさ(少し深さがある)、コーミングの高さ等、外洋での使い方を充分考え生まれたレイアウトである。又こませを使う釣(サビキ釣)ではコックピット内をいつでもきれいに出来るようデッキウォッシュを標準装備し、水洗いが簡単に出来るよう工夫されている。このデッキウォッシュはヤマハフィッシングボートがいち早く採用した装置であ

る。又キャビン内もフィッシングボートであるがFRのコンセプトであるグレードの高い仕様にまとめている。シンプルなレイアウトであり、従来Fシリーズをより一層豪華に作り上げたのがFRシリーズである。

又、搭載エンジンですが、タイムリーにボルボ社から200psディーゼルスタンドライブが発売となり、船とのマッチングもすばらしく、トータルな意味で、まったく新しいフィッシングクルーザーが提供できました。

とにかく ①新しい、高級感のあるデザイン ②新しい、グレードのフィッシングボート ③新しいE/Gとのセッティング ④新しい、フィッシングゲレンデへの挑戦 により、市場から評価されたのではないか。

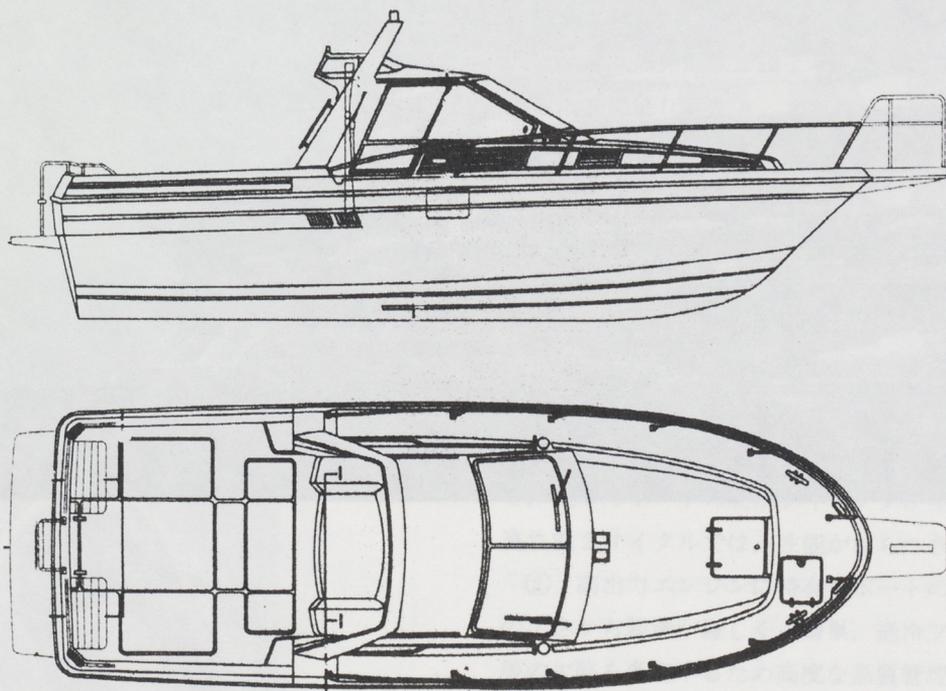


写真10 FR-27 図面

3. ま と め

以上、フィッシングボートの開発の考え方の一部を御紹介したわけですが、欧米に比べ、日本は、やはりこのフィッシングを中心としたボートの使い方が、圧倒的に多く、当社での販売数も70%以上がこのフィッシングボートです。言わば、マリンの主力商品。

日本独特なこの傾向は、日本では当分の間続く

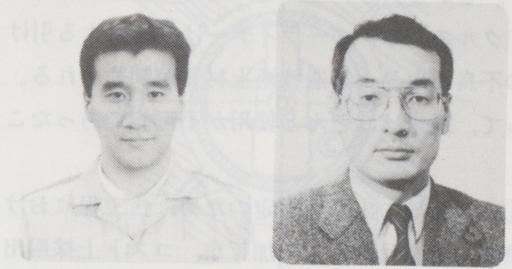
事が予測されます。

又、最近の業界では主力他社が、当社のフィッシングボートをほとんどデットコピーに近い形で発売してきています。“とにかく、ヤマハと同じフィッシングボートさえ作ってれば間違いない”と言った傾向が、特にひどくなっており、せっかく新しいコンセプトでのラインナップ形勢が出来たと思ったら、1年でものまねされると言った事態です。



図 3-1-1 フィッシングボートの構造

せん断穴あけ加工による 2サイクルエンジン用 耐摩耗高精度シリンダー ライナーの開発



技術本部要素研究部 小池 俊勝 山 縣 裕

1. 開発の背景

2サイクルガソリンエンジンは、4サイクルエンジンの様に複雑なバルブ機構で燃焼を連続するのではなく、シリンダー内壁面に開いた多数の穴（ポート）を運動するピストン自体が開閉することにより燃焼を制御している（図1）。従って、故障も少なく例えば排気量1ℓ当りの最高出力も4サイクルエンジンより大きい等の、多くの利点があるが、この機関では、ポートの位置や形状の精度が過渡特性や出力および各種性能に大きく影響する。

従来、小型高出力エンジンに採用されるシリンダーには、軽量で冷却能が良いアルミ合金鋳造製

のシリンダーブロックに鋳鉄のシリンダーライナーを鑄ぐるみ、または焼ばめにより組合わせた構造が多用されている。このシリンダーライナー材質としては、完全パーライト地に複合炭水化物が析出し、片状黒鉛のASTMのA型に分散した鋳鉄が耐焼き付き、保油性に対し最も優れている。これは、片状黒鉛鋳鉄が鋼よりも熱伝導率が高く、熱放散性に優れること、また良好な切削性により μm 単位の高精度の旋削、研削が低コストで可能なこと等の理由による。

ところで、従来の量産では砂型およびシェル型等を用い、鑄造時ポートを鑄抜くのが標準的な作り方であるが、次の様な生産技術上の難題があった。

① 鑄物の精度上、ポートの相対位置や大きさの点で $\pm 0.6\text{mm}$ 程度の公差でしか素材が作れないこと、従ってポートの開閉タイミングが生命である高性能2サイクルでは、性能がばらつき易いこと。

② 高出力エンジンに特有なポートの開口面積の広さから鑄造が難しく、鑄巣、過冷フェライト等の欠陥を多発するため高度な品質管理技術を用いても不良率が高いこと、また薄肉に鑄込むとチル等の遊離炭化物が出易く、そのため厚肉に素材を作らざるを得ず最終製品に対する素材の重量歩留りが極めて悪いこと。

③ 低質オイルおよび粗悪ガソリンを使用する発展途上国向には耐摩耗に高リンボロンを添加し

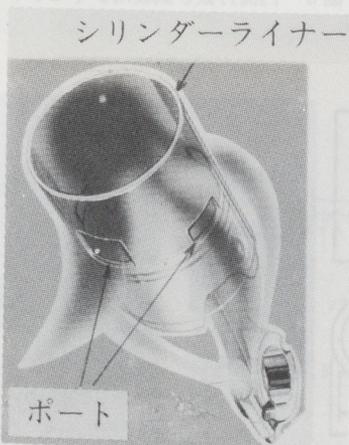


図1 2サイクルエンジンにおける吸排気の流れを示す模式図

高硬度炭水化物の微細に分散した鑄鉄素材を用いたい。しかし大きいポートの開いた複雑形状の2サイクルのシリンダーライナーはリンによる引け等の不良が出易く鑄造技術上材質が制約される。従って、従来はほとんど使用が不可能であったこと。

④ バリ等の出方が不定のため、後工程における精度向上を目的とした加工が、コスト上採用出来ないこと等が挙げられる。

一方、鑄鉄鑄物は素材材という言葉に端的に表される様に、従来、切削以外の加工はほとんど研究されていなかったが、著者らは高生産性の量産技術として鑄物のプレスせん断穴あけ加工に着目、その極めて硬くもろい特性を加工機の工夫改良により克服し、高硬度炭水化物が微細に分散した2サイクルエンジン用高精度シリンダーライナーを開発実用化した。

2. 開発の発過

開発に際しては次の様な多くの困難な点があった。

(1) 材質の問題

① ポートを打抜く単純せん断条件下では穴のまわりにモーメントが発生する。一般の塑性加工用材料は十分な延性を有するため面グレという影響が現れる程度である。しかし、片状黒鉛鑄鉄は図2に示すように弾性領域を入れても伸びは0.8%程度しかなくそのため極めて割れ易い。

② 穴のまわりに破壊応力を越える様な引張応力が慣用ダイセット(図3)を用いた打抜時には発生し、生じた割れが容易に伝播して、図4にみられるような大きな割れとなる。

③ 耐摩耗性を高めるためHV1000程度の炭化物を多量に分散させたいが、このような材料の打抜き量産に関しての公表されたデータが全くないので工具の寿命が設定出来ない。

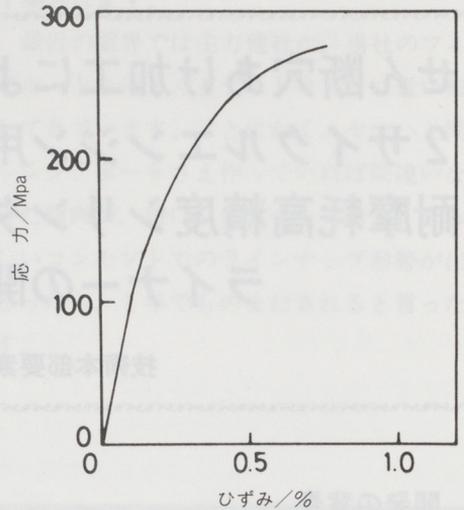


図2 片状黒鉛鑄鉄の応力-ひずみ線図
C:3.35(質量%), Si:2.54
P:0.21, B:0.03, Mn:0.60

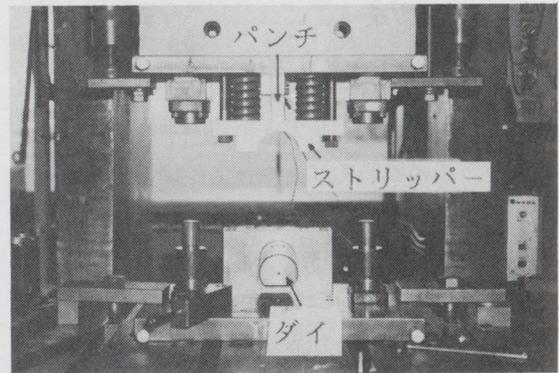


図3 円筒打抜き試験用ダイセット

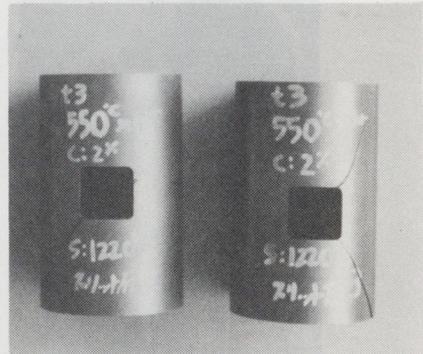
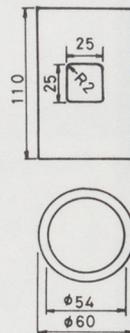


図4 円筒打抜き時に発生した割れ

(2) 形態上の問題

① 一般のシリンダーライナーは外径 $\phi 50 \sim \phi 100$ mm程度の円筒のまわりに6個以上の異形の穴があいている。これらを慣用のダイセットを用いて一個づつ順に抜いたところ、打抜きによる変形が重量して2つめ位で割れが発生してしまった。

② 曲面に穴を打抜くときに発生するワークの変形を拘束することは、割れの発生を防ぐのに有効と考えられるが、そのためには打抜き前のワークの内外径の仕上精度を1/100mmのオーダーまで上げることが必要である。このことは非常なコストアップにつながる。

③ シリンダの径に対するポートの幅が大きい場合、慣用の打抜き方法である外側からパンチを押し込む場合には、図5(A)に示すように、工具刃先が鋭角になり、割れや欠けが生じやすく、工具寿命が非常に短かった。

結局、以上のような難点のため、せん断穴あけによりシリンダーライナーを生産することは、一般のプレス方法では不可能であることがわかった。また、穴のまわりの材料を拘束し割れ発生の原因となる応力を低下させるために、例えば、ファイブランキングは有効である。しかし、応力集中のため割れが発生するので適用することが出来ず、結局、材料の拘束は工具とワークとの間の摩擦程度に頼るしかなかった。

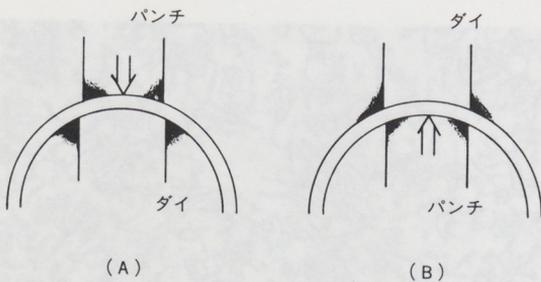
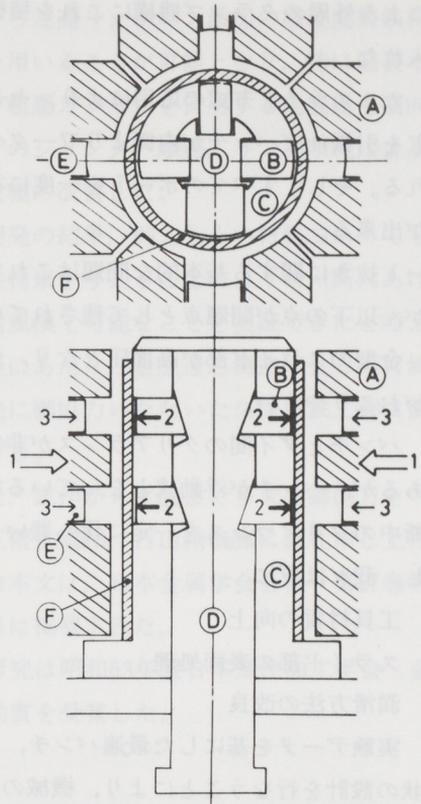


図5 円筒の打抜き方法の比較

- (A) 外側からパンチを押し込む場合
(B) 内側からパンチを押し込む場合



- (A) ダイ (B) パンチ (C) ホルダー
(D) センターロッド (E) プッシュロッド
(F) 円筒素材

図6 シリンダーライナー用打抜き機の機構

そこで我々は図6に示すような打抜き方式を開発した。

主な特徴は

① 外側のダイは円周方向に4分割し、打抜き時ワークを確実にクランプすることが出来る。これによってワークの内外径が低い加工精度でばらついても打抜き時のワークの変形が完全に拘束され、摩擦による穴まわりの材料の拘束も、十分可能になる。

② 円筒はフープ応力に対して座屈抵抗が非常に高いことを利用し、ワークに圧縮応力を発生させることで打抜き時に生ずる穴まわりの引張応力を大幅に軽減出来ることを発見、FEMによる応力解析によってこの効果を確認した(図7)。そして

ダイによる外周のクランプ機構にこれを積極的に取り入れた。

③ カムスライド方式の応用により、センターロッドを引張ればパンチが内側よりワークへ押し込まれる。そしてすべてのポートを一度に打抜くことが出来る。

ポート抜きに関する基本的な問題はこれで解決したが、以下の点が問題点として残されていた。

① 金型のスライド部が高面圧となり、焼付き、摩耗がおこりやすい。

② パンチとダイ間のクリアランスが非常に重要であるが、パンチが浮動式となっている構造上、せん断中のクリアランスを一定に保ち難い。これに対し、我々は更に

- (1) 工具材質の向上
- (2) スライド部の表面処理
- (3) 潤滑方法の改良
- (4) 実験データを基にした最適パンチ、スライド形状の設計を行なうことにより、機械の信頼度を高め、量産に耐え得るものとした。

3. 製品の特徴と実績

昭和60年4月以降生産に入り、現在、当社の船

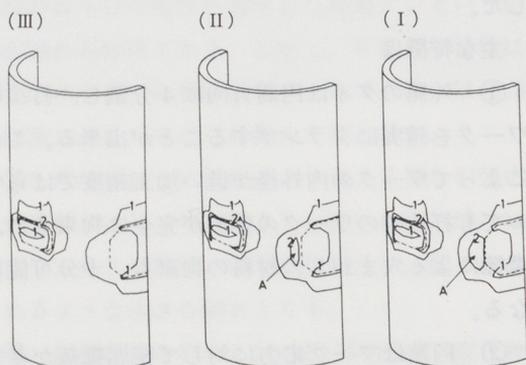


図7 フープ応力による引張応力の減少を示すFEM解析。(I)はフープ応力がない場合に発生する引張応力の分布。破線はポート形状を示す。(II)、(III)とフープ応力を大きくするに従って高い応力集中部(A)が減少している。

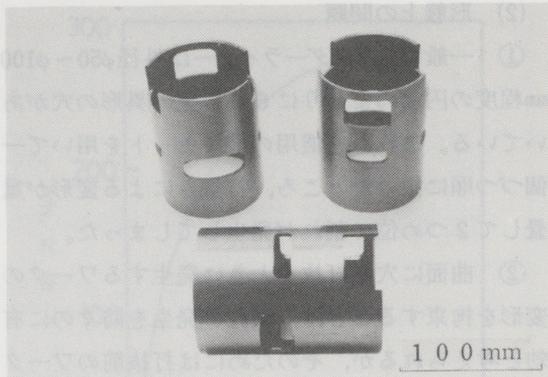


図8(a) 打抜後のシリンダーライナーおよび船外機外觀



図8(b)

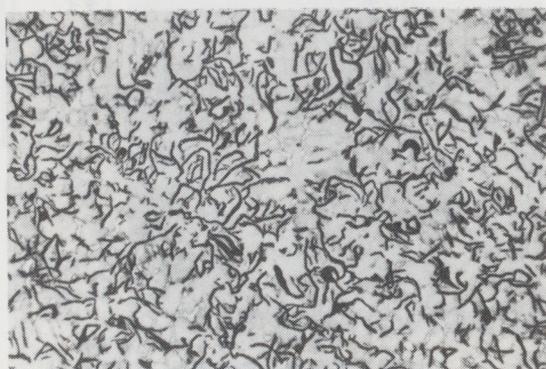


図9 シリンダーライナー素材組織。白色部は微細ステタイト、黒色部はA型片状黒鉛、マトリクスはパーライト。

外機用シリンダーライナー3機種を月産約1万2千本のペースで生産している。図8に一例を示す。なお、工具は切刃部の再研磨を2~3万ショットで行なえば、10万ショット以上使用可能の実績を得ている。

当初企画した様に、本技術の生産性は非常に高く、主な特徴として下記の3点が挙げられる。

① ポート位置のばらつきがなくなったため、エンジンのセッティングが極めて容易になり、大幅な出力性能の安定化が図れた。

② 低コストの金型遠芯鑄造管の素材を用い、本量産プレス機の仕様としては、サイクルタイム20秒、プレス打抜き後真円度30~50 μ m、ポート位置精度 ± 0.05 mmを実現、本プレスを入れた一貫量産工程により従来技術に比べ大幅な不良低減、コストダウンが図れた。

③ 従来、高耐摩耗性が切望されていたが、2サイクルエンジンには鑄造量産技術上全く使用で

きなかった高リンボロン添加の高硬度鑄鉄材(図9)を用いることが可能となり、特に低質オイルおよび粗悪ガソリンを使用する発展途上国向のエンジンのシリンダー摩耗、リング摩耗による耐久性を大幅に改善した。

本開発の結果、例えもろい材料であっても適切な塑性拘束を与えることによりせん断穴あけ加工が量産規模で可能なことを実証できたと考える。

最後にあたり、金型遠芯鑄造による素材鑄鉄管の開発に御協力いただいた久保田鉄工(株)に御礼申し上げます。

また、試作から生産まで多大の御協力をいただいた三信工業(株)、古山精機(株)に御礼申し上げます。

なお本文は、日本金属学会会報 第27巻第6号(1988)に掲載された。

本研究は昭和63年度日本塑性加工学会 会田技術奨励賞を受賞した。

フォード社向け SHOエンジン



自動車エンジン事業部AM第3技術部 青山建夫

1. はじめに

ヤマハ発動機は、1985年に米国フォード社と高性能DOHCエンジンの開発・生産供給について契約し、1988年7月19日に生産を開始した。

このエンジンは「SHO」（スーパー・ハイ・アウトプット）エンジンと呼称され、フォード社のベストセラーカー「トールス」のスポーツモデル「トールスSHO」に搭載されているV6 DOHC 4バルブエンジンである。

最近のニューモデルにあっては、4バルブエンジン化が急速に進んでおり、それも従来のパワー指向から、トータルとしての高性能が求められるようになってきた。

このような要請にこたえて、高出力、スムーズレスポンス、低燃費、静粛性を追求し新開発されたのがこのKOA型エンジンである。

以下にその概要を紹介する。

2. 開発のねらい

(1)高速出力と低速トルクの両立

- ・可変吸気システムの採用
- ・エアホーンのサージタンク内装着

(2)静粛かつ低振動な高級感の達成

- ・鍛造タフトクランクの採用と高剛性設計
- ・メインベアリングキャップのビーム連結

- ・アルミダイカストオイルパンの採用
- ・カムベルトカバーのゴムシールマウント
- ・ヘッドカバーのゴムシールマウント

(3)高信頼性の確保

- ・ベアリングキャップのダクタイル鋳鉄化
- ・クランクシャフト油孔 十文字化
- ・吸気と排気のカム連結 複列チェーン化

(4)吸気系の外観品質向上と流れの連続性表現

- ・質感及びカラーリングの統一
- ・外観メッキ部品の黄色クロメート廃止
- ・フランジ状の締結部廃止

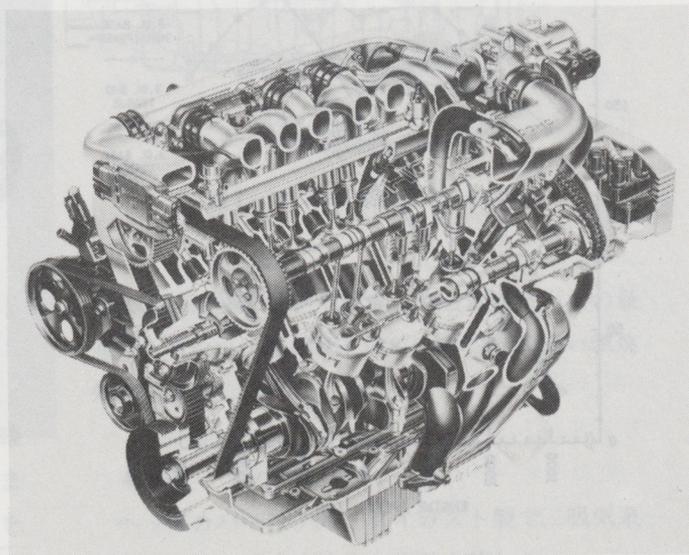


図1 「SHO」エンジン カットモデルイラスト

3. 主要諸元と性能

KOA型エンジンの主要諸元を表1、性能曲線を図2に示す。

表1 エンジン主要諸元

エンジン型式	KOA	
種類	ガソリン噴射、水冷4サイクル	
シリンダー数および配置	60°V形6気筒、横置き	
燃焼室形式	ペントルーフ形	
弁機構	DOHCベルト&チェーン駆動	
気筒あたり吸排気弁数	吸気×2、排気×2	
総排気量 cm ³	2986	
内径×行程 mm	φ89×80	
圧縮比	9.8	
最高出力 (SAEネット)	HP/rpm {KW/rpm} {PS/rpm}	220/6000 {164/6000} {223/6000}
最大トルク (SAEネット)	FT·LB/rpm {N.m/rpm} {kgf.m/rpm}	200/4800 {271/4800} {27.7/4800}
最小燃費率 (SAEネット)	g/KW·h {g/PS·h}	288 {212}
寸法(長さ×幅×高さ)mm	798×683×698	
整備重量	LB {kg}	485 {220}

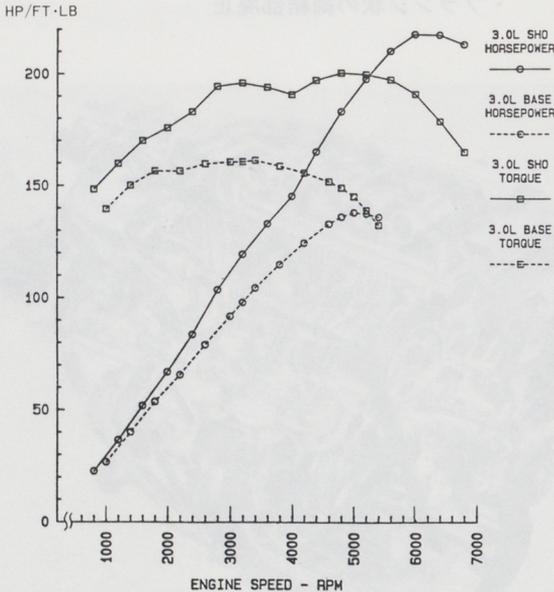


図2 エンジン性能曲線

4. 各部構造と特徴

エンジンのカットモデルイラストを図1に、外観イラストを図3に、外観写真を写真1に、断面図及び外観図を図4～7に示す。

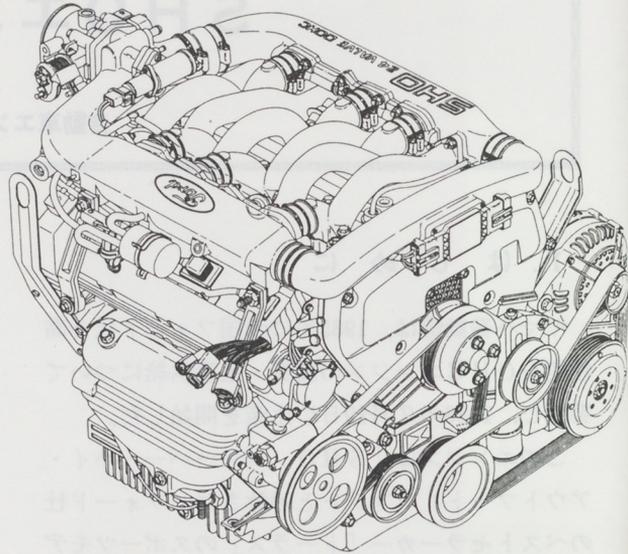


図3 エンジン外観イラスト

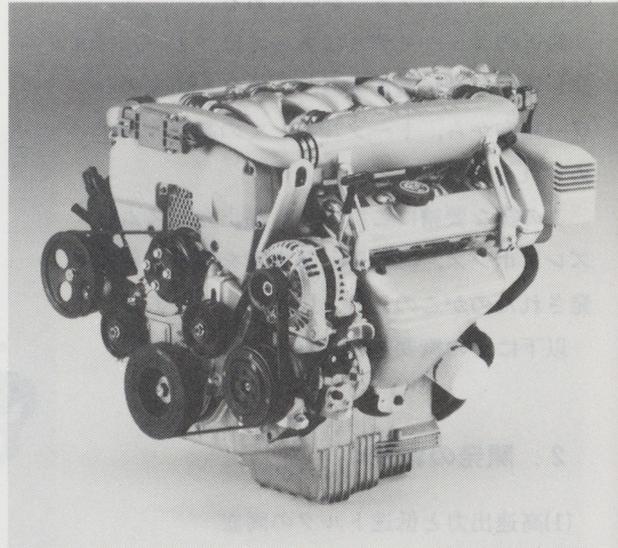


写真1 「SHO」エンジン外観

4-1 シリンダーヘッド

シリンダーヘッドはアルミ合金鋳物製で、傾斜

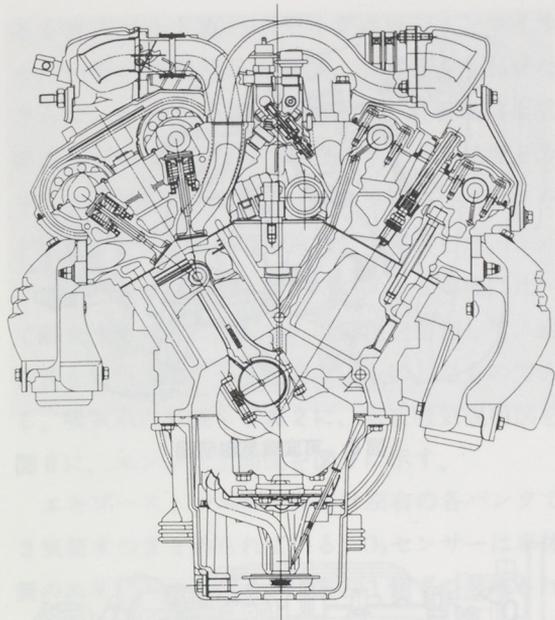


図4 エンジン横断面図

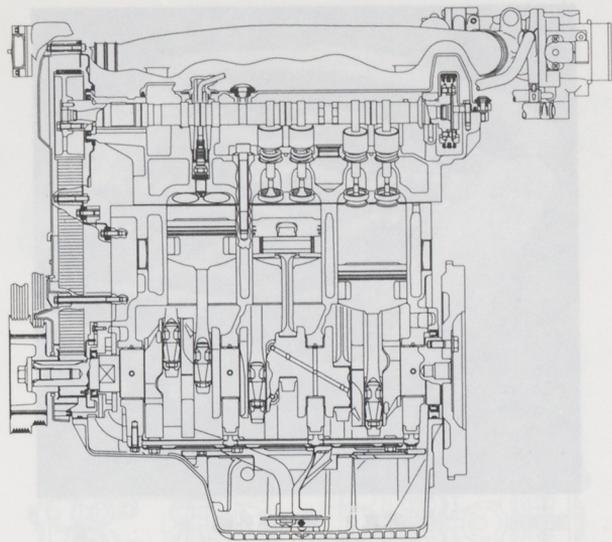


図6 エンジン縦断面図

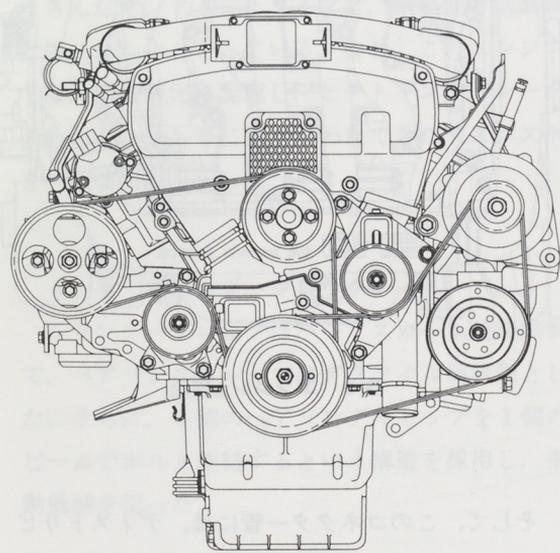


図5 エンジン前面図

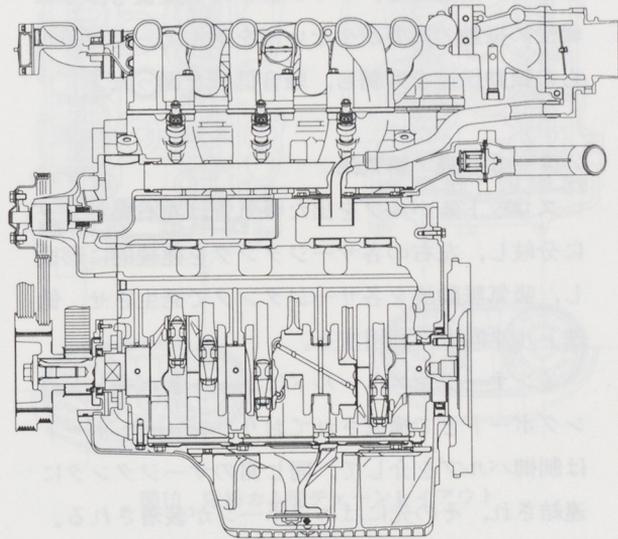


図7 エンジン縦断面バンク間図

鋳造法を採用した。燃焼室はペントルフ形で、バルブの挟み角は 44° として、バルブ通路面積の確保と燃焼室のコンパクト化をバランスさせた。また各気筒の2つの排気ポート間をドリルにて孔を明け、水通路としてプラグ廻りの冷却性確保に配慮をした。また点火プラグを燃焼室中央に配置し、

ピストン頭部形状とで構成される燃焼室形状の最適化を行ない、圧縮比を9.8にまで高め、高い燃焼効率を実現した。

4-2 ヘッドカバー

ヘッドカバーはアルミダイカスト製で、吸気系部品との統一感を出す為、塗装を施した。

ヘッドへのマウントはゴムシールによるフロー

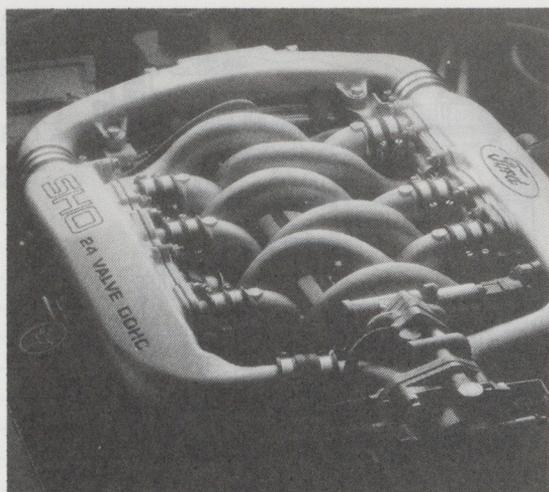


写真2 吸気系外観

ティング構造とし、マウントボルト位置も、カム軸受の振動の影響が少ない所を選んで、動弁系からの振動伝達を抑制し、騒音低減を図った。

4-3 吸・排気系

スロットルバルブを出た吸気管は左右両バンクに分岐し、左右の各サージタンクを連続的に形成し、吸気脈動波を各サージタンクで発生させ、低速トルク向上に利用する。

インテークマニホールドはショートポートとロングポートとで構成されており、ショートポートは制御バルブを介して、同じ側のサージタンクに連結され、その先にはエアホーンが装着される。

ロングポートは反対側のサージタンクに連結される。

4000rpmまでは制御バルブは閉じており、ロングポートからのみ空気が流れ込み、吸気慣性脈動波を最大限に利用し、低中速域の高トルクを得る。

それ以上の高速では制御バルブが開き、高速出力を得る。

左右のサージタンクをエンジン前側で連結しているコネクター管とショートポートの先に付いているエアホーンは、いずれも、高速側と低速側のつながりをスムーズにする為のものである。

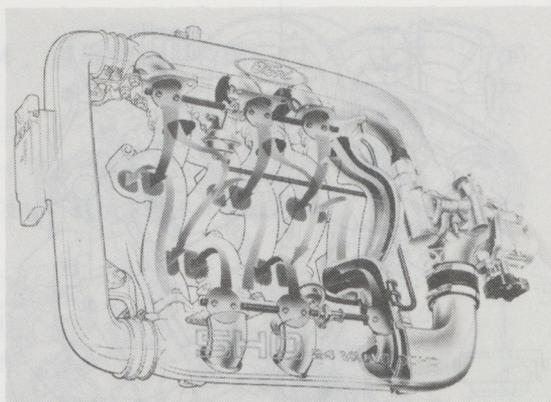


図8 可変吸気説明図

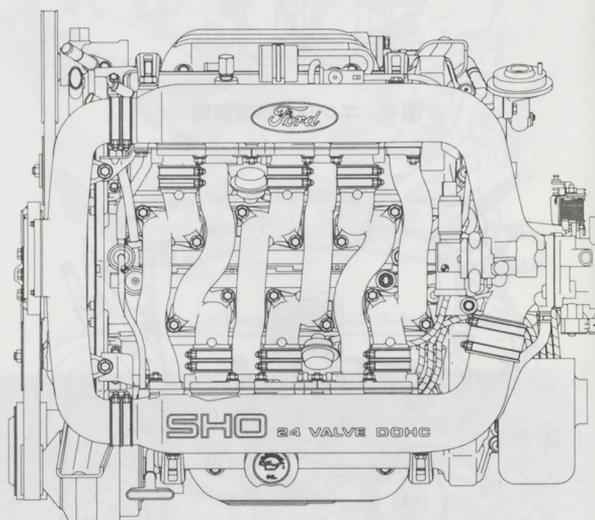


図9 エンジン上面図

そして、このコネクター管には、ディストリビューターなしの点火システム（DISと称される）のモジュールが取付けられている。モジュールの中に使用されているパワートランジスターのヒートシンクとして利用する為である。

吸気系全体の統一的外観品質については、空気流の連続性が表現できる様、特に配慮した。

フランジ状の締結部を用いず、ゴムホースとクランプでまとめ、連続性を表現した。

吸気系部品の表面のきめ、塗色を揃え、近くに

あるカムベルトカバーやイグニッションコイルカバー等の樹脂部品も色調、シボ等を合わせた。さらに、ボルト等のメッキ部品で外観品質上重要な箇所については、黄色クロメート処理をカラーリング統一の為使用せず、シルバークロメート処理にKコート処理を追加して使用した。シルバークロメート処理は黄色クロメート処理に比べて耐食性が劣る為、Kコート処理を追加して、耐食性を黄色クロメートと同等以上にしたものである。吸気系の外観を写真2に、可変吸気説明図を図8に、エンジン上面図を図9に示す。

エキゾーストマニホールドは左右の各バンクで3気筒ずつまとめられている。O₂センサーは車体側のエキゾーストパイプに左右1個ずつ装着され、その先には触媒が配されている。

ヒートインシュレーターはグラスウールの中にはさんだサンドイッチタイプで、断熱性と低騒音に優れたものとなっている。なお、このエンジンでは、環境浄化に配慮し、ヒートインシュレーター、ガスケット等に従来使われてきたアスベストを一切使用しなかった。

4-4 シリンダーブロック

シリンダーブロックはハーフスカートの鋳鉄製で、ベアリングキャップはダクタイル鋳鉄製とした。さらに、4個のベアリングキャップを1個のビームでボルト連結するという構造を採用し、振動低減を図った。

4-5 ピストンおよびピストンリング

ピストンはアルミ合金鋳物製で、ストラットなして、スリット入りとした。

ピストンリングの厚さは、トップ1.2mm、セカンド1.5mm、オイル2.8mmとし、トップとセカンドを低面圧とし、摩擦損失低減に配慮した。またトップリングにはバレル形状、セカンドリングにはテーパ形状、オイルリングには組合せ式を採用し

オイル消費に優れたものとした。

4-6 コンロッドおよびクランクシャフト

コンロッドは大小端の重量調整を実施し、ボルトについてはM9サイズで、ニッケルクロームモリブデン鋼とした。

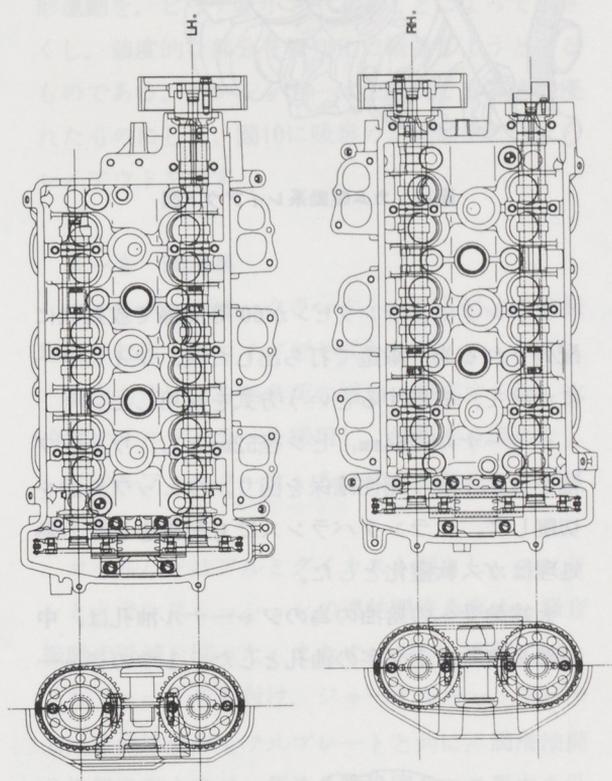


図10 吸排カム間チェーンレイアウト

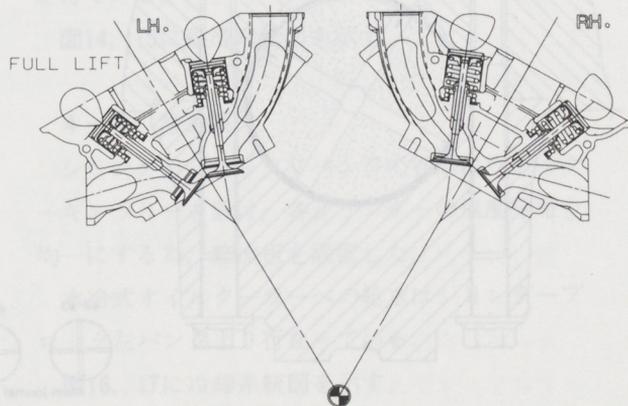


図11 動弁系レイアウト図

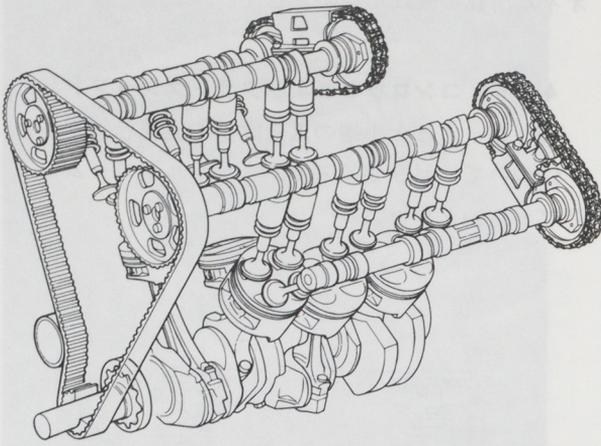


図12 カム駆動系レイアウト図

クランクはクランクピンが60°等間隔で放射状に配列される為、鍛造で打ち出した後、ツイスターにかけて、成形するという方式を採用した。

ジャーナル径64mm、ピン径52mmとし、ウェッジ幅を大きく取り剛性確保を図り、ウェッジ外周を切削して、クランクバランスにも配慮をした。熱処理はガス軟窒化とした。

大端軸受への給油の為のジャーナル油孔は、中央部2箇所は十文字の油孔とした。1つのジャー

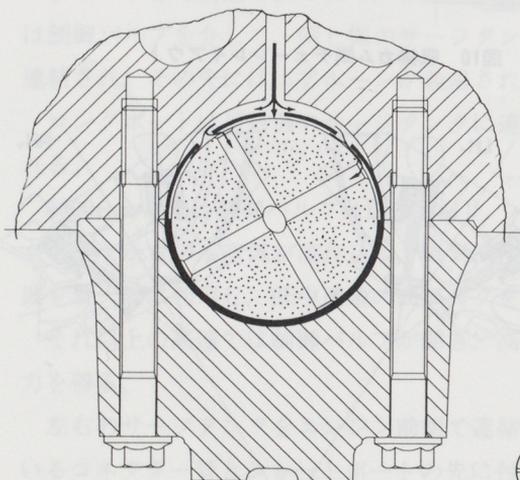


図13 ジャーナル十文字孔図

ナルから2個の大端（クランクピン）へ給油している為である。図13にクランクジャーナル十文字孔図を示す。

クランクの先端にはクランクシャフトのねじり振動を抑えるダンパーとしての役目を兼ねている補機駆動用プーリーが装着されている。

そのプーリーと#1ジャーナルの間にはカムドライブプーリーが配されており、そのドライブプーリーには点火タイミング用クランクシャッター（クランク角度検出用）が組付けられている。

4-7 動弁系

カムシャフトはチル硬さの安定化に優れた高クローム鋳鉄とし、軽量化の為に、中空に鋳出されている。また、右バンク排気カムシャフトの先端には点火タイミング用カムシャッター（気筒判別用）が取付けられている。

カムシャフトの駆動方式はクランク→左右両吸気カムをタイミングベルトで駆動し、吸気カム→排気カム間は複列のプッシュドチェーンで駆動する方式を採用した。タイミングベルトはエンジンの前方に配され、プッシュドチェーンはカムシャフトの後端に配置されている。カム駆動系レイア

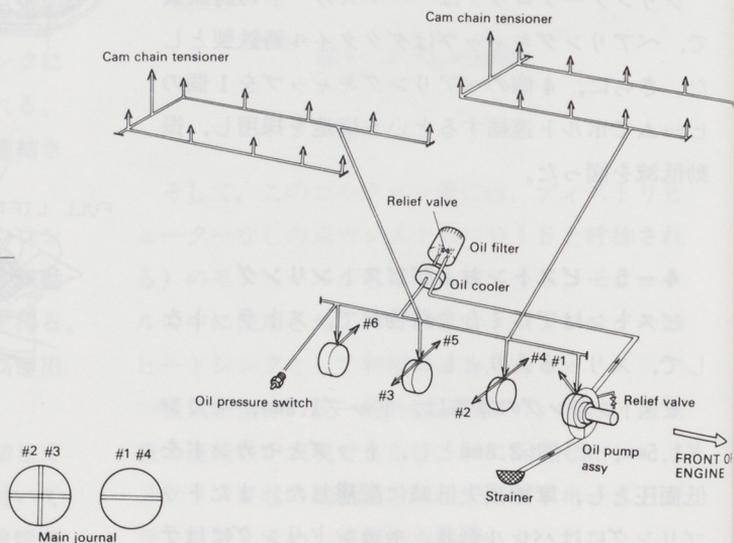


図14 潤滑系統図

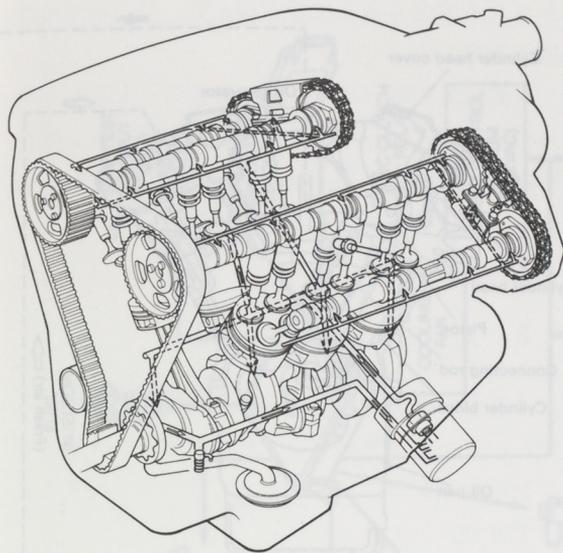


図15 潤滑系統図 (実体)

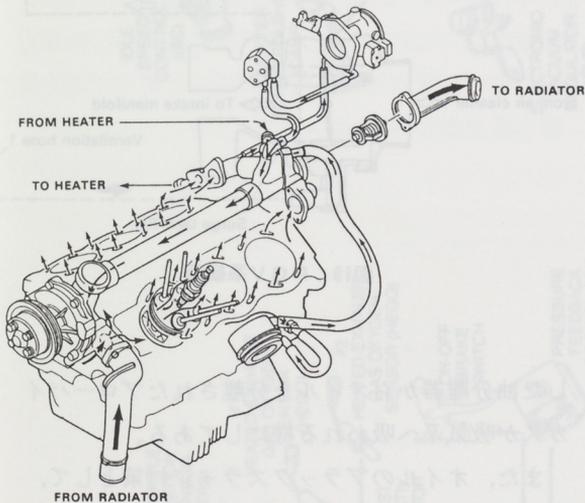


図16 冷却系統図 (実体)

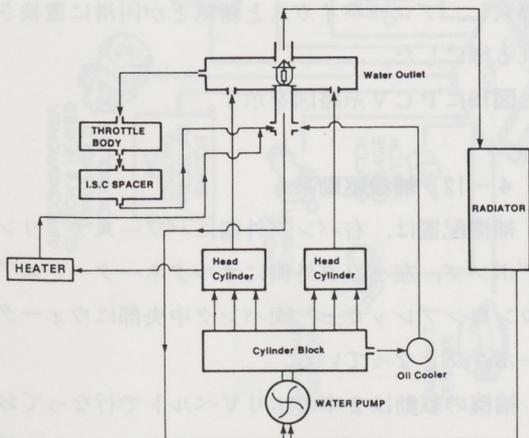


図17 冷却系統図

ウト図を図12に示す。

カムドライブベルトカバーはゴムシールでフローティングマウントし、低騒音化を図った。また樹脂カバー部を3分割、板金カバー部を2分割し、整備性の優れたものにした。

吸排カム連結駆動複列ブッシュドチェーンの採用意図は、スプロケットからチェーンに伝わる多角形運動を、ピッチを小さくすることによって小さくし、強度的な部分を複列化で補強しようとするものである。テンショナーは油圧式で応答性の優れたものにした。図10に吸排カム連動チェーンのレイアウトを示す。

4-8 潤滑系

オイルポンプは、クランクシャフトにより直接駆動されるトロコイドギヤ式とした。

高出力化による熱負荷の増加に対応する為、水冷式オイルクーラーを採用し、信頼性を高めた。

オイルフィルターは、ろ紙式フルフロータイプである。

オイルパンはアルミダイカスト製とし、エンジンとトランスミッションの連結剛性を高め、騒音振動の低減を図った。またオイルパン内部にバッフルプレートを取付け、ジャーナルキャップビームに取付けたバッフルプレートと共に、潤滑油戻り性能を向上させ、気液分離を図りロス馬力を低減させ、車面急旋回時の油面変動を抑え高信頼性を得ている。

図14, 15に潤滑系統図を示す。

4-9 冷却系

シリンダーブロックVバンクの谷間にウォーターギャラリーを設け、各シリンダーの温度分布を均一にする為、整流板を設置した。

水冷式オイルクーラーへの給水はシリンダーブロック左バンクより行なっている。

図16, 17に冷却系統図を示す。

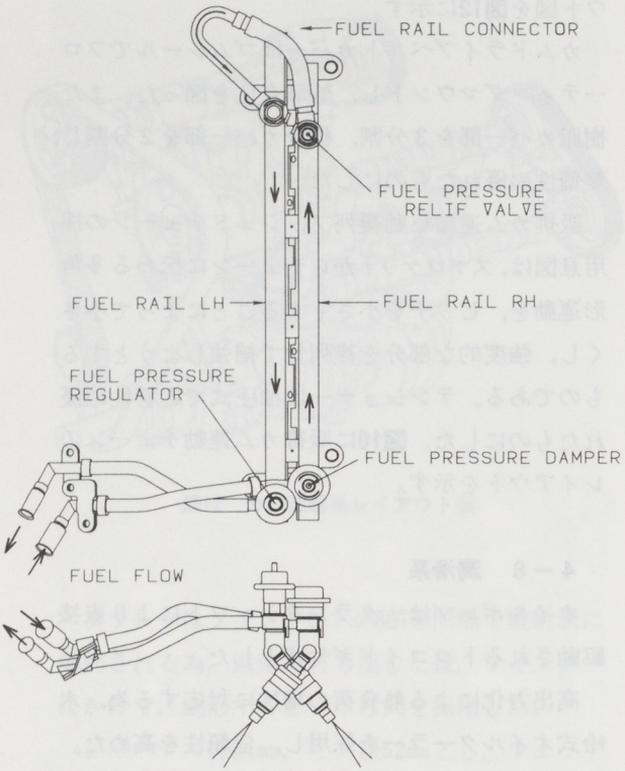


図18 燃料系統図

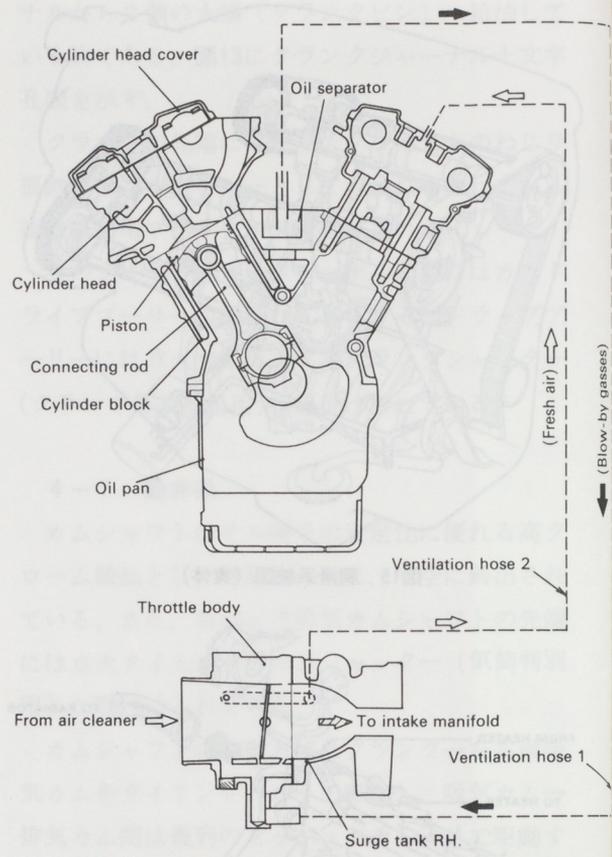


図19 PCV系統図

4-10 燃料系

フューエルレール（燃料ギャラリー）はアルミ押し出し材を採用した。左右バンクのレール間はナイロンチューブとスチールパイプから成る連結パイプで連通し、そのジョイントボルトの所には燃圧チェックバルブを配設した。

フューエルインジェクターには2噴口式を採用し、シーケンシャルインジェクション方式で各気筒の吸気タイミングに同期させて噴射を行なっている。

燃料経路でナイロンチューブを使用した箇所には、全て耐炎カバーを施した。

図18に燃料系統図を示す。

4-11 PCV系

PCVシステムは、クローズドシステムを採用し、シリンダーブロックのVバンク中央部に配置

した油分離器からオイルを分離されたブローバイガスが吸気系へ吸われる様にしてある。

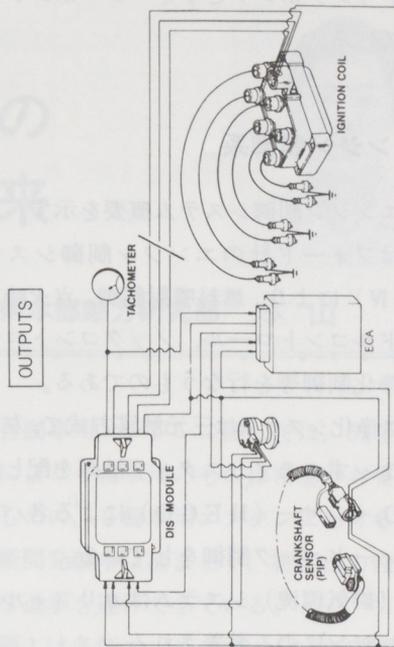
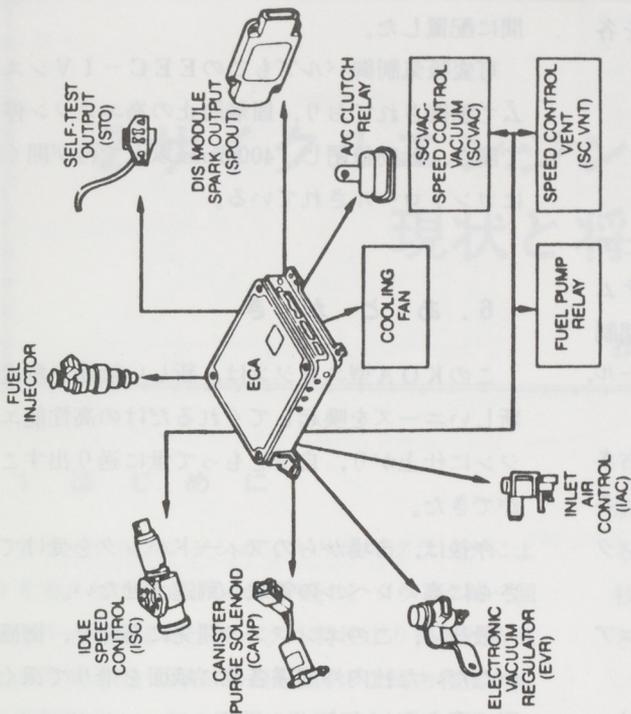
また、オイルのブラックスラッジ対策として、スロットルボディ一部より新気をヘッドカバーへ導入し、ブローバイガスと新気とが円滑に置換される様にした。

図19にPCV系路図を示す。

4-12 補機駆動系

補機配置は、右バンク外側にパワーステアリングポンプ、左バンク外側にオルタネーターとエアコンプレッサー、両バンク中央部にウォーターポンプとなっている。

補機の駆動は2本のポリVベルトで行なっており、外側の6リブベルトでオルタネーターとエア



Distributorless Ignition System

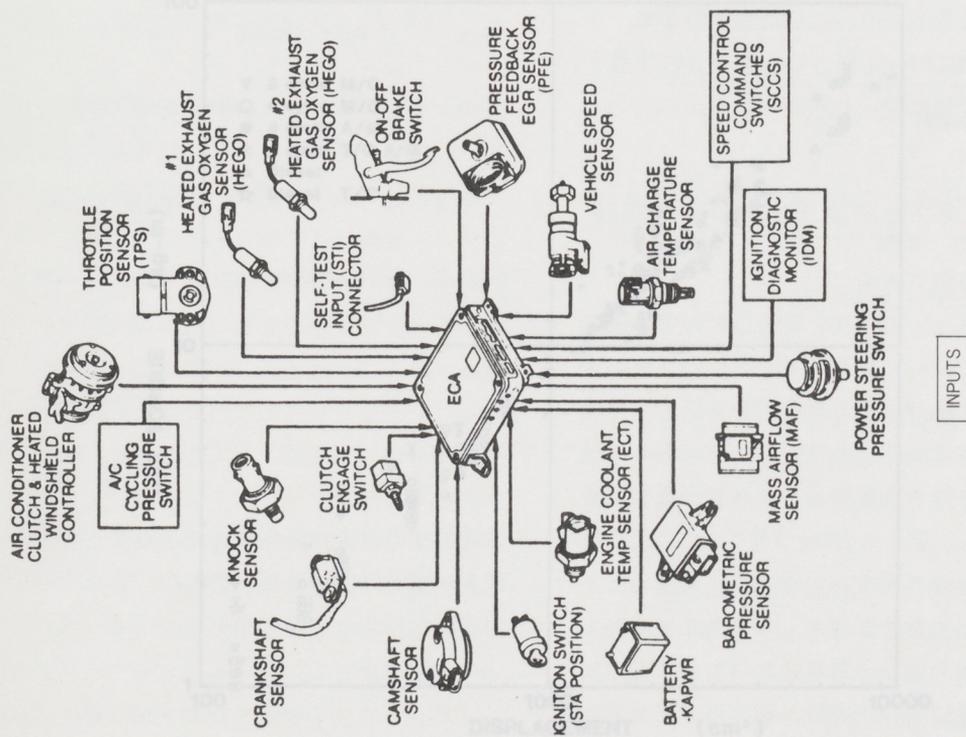


図20 エンジン制御システム概要

コンプレッサーを、内側の4リブベルトでパワーステアリングポンプとウォーターポンプを各々駆動している。

5. エンジン制御系

図20にエンジン制御システム概要を示す。このシステムはフォード社のエンジン制御システム(EEC-IV)により、燃料噴射制御、点火時期制御、アイドルコントロール、ノックコントロール、排出ガス浄化制御等を行なうものである。

排出ガス浄化システムは三元触媒方式で、左右各バンクに1ヶずつモノリスタイプ触媒を配し、各バンクのO₂センサー(HEGO)による各バンク独立のフィードバック制御をしている。

EGR(排気環流)システムはカリフォルニア州向けエンジンにのみ装着される。

ノックセンサーは、1ヶで6気筒すべてのノッ

キングを検出できる位置を選んで、Vバンクの谷間に配置した。

可変吸気制御バルブもこのEEC-IVシステムで制御されており、固着防止の為エンジン停止で開き、始動後閉じ、4000rpm.以上で再び開く様にコントロールされている。

6. あとがき

このKOA型エンジンは、新しい価値を創造し新しいニーズを喚起してくれるだけの高性能エンジンに仕上がりに、自信をもって世に送り出すことができた。

今後は、市場からのフィードバックを受けて、さらに高いレベルの領域へ到達させたい。

最後に、このエンジンの開発にあたり、御協力いただいた社内外関係各位に紙面を借りて深く感謝の意を表します。

2サイクルエンジンの 現状と将来



技術本部動力研究部 本山 雄

1. はじめに

2サイクルエンジンがイギリスのクラークにより考案されてから100余年が経つ。クランク軸一回転当り一爆発というサイクル特性より得られる高比出力ゆえに、現在では模型用の1馬力程度から大型船用ディーゼル機関の数万馬力まで、幅広い範囲で実用に供されている。

自動車用エンジンに関しては、53年排出ガス規制により4輪車用のものは市場から姿を消しているものの、⁽¹⁾2輪車用エンジンにおけるここ数年の技術開発競争は凄まじく、特に出力性能の面で大きな進歩を遂げてきている。

図1は各種エンジン(2・4輪自動車用)の最大トルクを比較したものである。⁽²⁾2サイクルは、500cc以下にしか見受けられないが、4サイクルと較

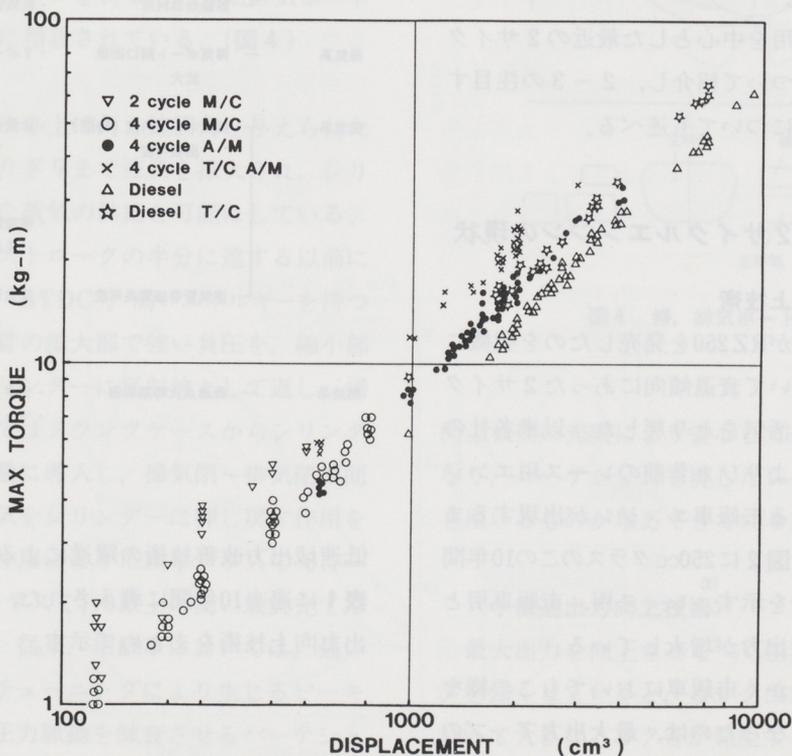


図1 各種エンジンの最大トルク比較

べ20~30%最大トルクが高く、ほぼ過給機付4サイクルと同等の値を示している事がわかる。

さらに同一排気量の場合エンジンを小型軽量に押えることができ、整備性、コストの面においても4サイクルに対し優位に立っている。

2サイクルエンジンが原付~軽2輪において強味を發揮しているのは、それらの長所が要求される品質にびたりと当てはまっているからである。しかし一方で、白煙が多い、排気ガスが汚い、燃費が悪い等の解決が難しい欠点も合わせ持ち、締め出されてしまった商品分野も多い。

4輪車用2サイクルエンジンが姿を消した最大の理由は、排気ガス中の未燃炭化水素(HC)が多い為であった。これは新気がシリンダーを素通りするいわゆる吹き抜けが多い事と、シリンダー内で新気が残留ガスにより希釈される為に生じる失火を伴う燃焼(不整燃焼)を起こすことに原因がある。しかし近年これらを根本的に解決し再び4輪車用エンジンとして蘇らせようという動きが活発化してきている。

本稿では2輪車用を中心とした最近の2サイクルエンジン技術について紹介し、2~3の注目すべき研究開発動向についても述べる。

2. 2輪車用2サイクルエンジンの現状

2-1 出力向上技術

昭和55年に当社がRZ250を発売したのを契機にそれまで原付を除いて衰退傾向にあった2サイクルエンジンは急に活気を取り戻した。以来各社の激しい開発競争によりひと昔前のレース用エンジン以上の出力を誇る市販車エンジンが出現するまでに至っている。図2に250ccクラスのこの10年間の最大出力の変遷を示す。レース用、市販車用ともに50%程度最大出力が増大している。

レース用はともかく市販車においてもこの様な出力向上が可能になったのは、最大出力アップのチューニング技術の向上はもちろんであるが、中

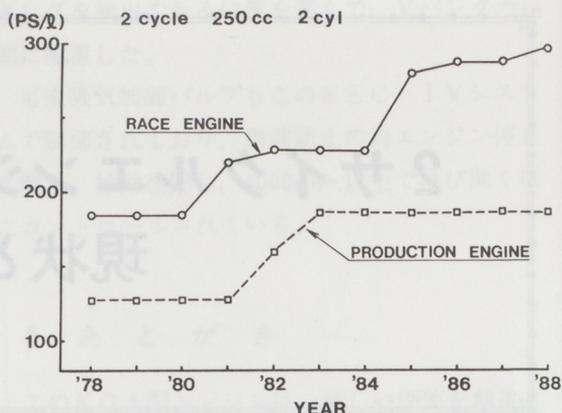


図2 近年の2輪車用2サイクルエンジンの出力向上

表1 最近10年間に導入された出力向上技術

燃料供給系	— 最適A/F制御	・電子コントロールキャブレター
吸気系	— 吹き返し低減	・リードバルブ
	— 慣性効果向上	・ロータリーディスクバルブ ・ロータリーリードバルブ (RRIS)
	— 脈動効果利用	・吸気管ブランチ (YEIS)
掃気系	— 掃気ポート開口面積拡大	・7ポートトルクインダクション
排気系	— 排気ポート角度(時間)面積可変	・排気タイミング制御 YPVS, RCバルブ AETC, KIPS
	— 補助排気ポート制御 (KIPS, YPVS)	
	— 排気管等価管長可変	・排気管ブランチ制御 ATAC, SAEC KIVS
燃焼系	— 最適点火時期制御	・デジタル点火 ・マップ点火

低速域出力改善技術の躍進によるところが大きい。表1に過去10年間に導入された、または定着した出力向上技術をまとめて示す。

機関形式	2XT (TZR250)
総排気量	249 cc
種類	水冷2サイクル並列二気筒
内径×行程	56.4×50 mm
圧縮比	6.4
最高出力	45 ps / 9500 rpm
最大トルク	3.6 Kg-m / 8500 rpm
吸気方式	クランクケースリードバルブ
気化器	TM28×2

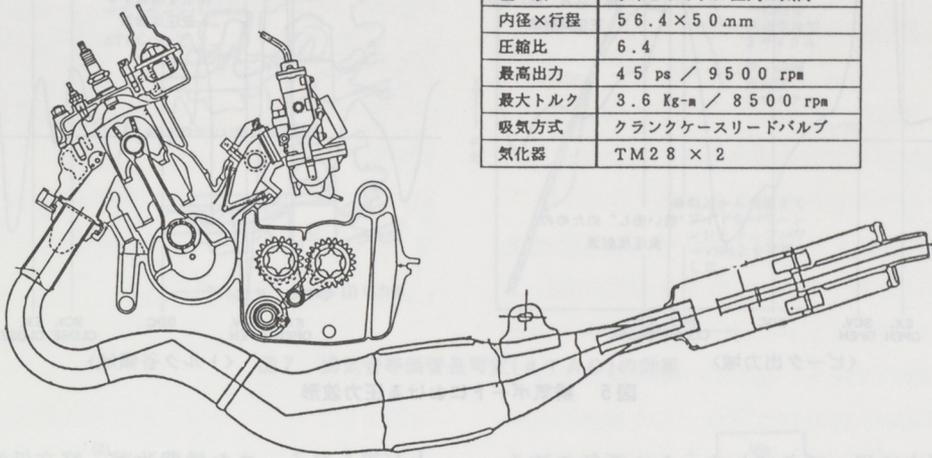


図3 250ccクラス2輪車用2サイクルエンジン

〈最大出力向上技術〉

図3は最近の250ccクラスの2サイクルエンジンである。水冷化されたシリンダーの排気ポートには排気タイミング可変デバイスが標準装備され、強い排気ブローダウンを得るため補助排気ポートが主排気の両脇に増設されている。(図4)

また、適度な吹き上げ角と施回角を与えられた掃気ポートもぎりぎりまで弦長を拡大され、シリンダーへの十分な新気の供給を可能にしている。排気ポートは全ストロークの半分に達する以前に開き(82~87°A・BTDC)、高いエネルギーを持つ排気ガスは排気管の拡大部で強い負圧を、縮小部で強い正圧をシリンダーに反射波として返し、掃気ポート開期間ではクランクケースからシリンダー内へ新気を大量に導入し、掃気閉~排気閉期間で吹き抜けた新気をシリンダーに押し戻す作用をしている。この作用により市販車クラスで0.7~0.8、レーサークラスで1.0以上の高い最大充てん効率を得ている。従来、市販車においては、強い圧力波を用いたチューニングにより生じるピーキーな特性を嫌い圧力脈動を減衰させるパーテーションを排気管に用いてきたが、後述する中低速出力

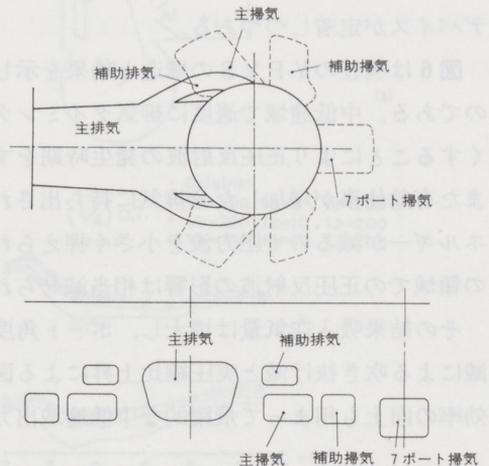


図4 掃, 排気ポート配置

向上技術の充実により安心して出力が出せる様になり、パーテーションを廃したレーサー型マフラーを用いるものが増えてきている。

〈中低速出力向上技術〉

最大出力を向上させるべく圧力脈動チューニングを強くしていくと、ピーク出力以下の回転域において大きなトルク谷が発生するようになる。

これは、その回転域において前述の正圧反射波

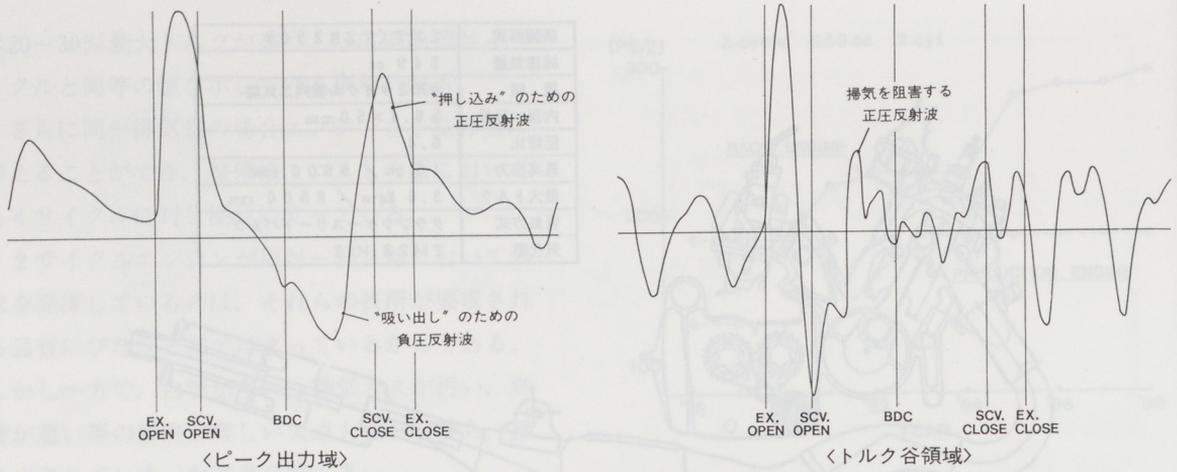


図5 排気ポートにおける圧力波形

が掃気期間中に戻ってきてしまうため新気の流入が大きく阻害されるのが原因である。その対策としてYPVSをはじめとする可変排気タイミングデバイスが定着しつつある。

図6は当社のYPVSの構造と効果を示したものである⁽⁴⁾。中低速域で適度に排気タイミングを遅くすることにより正圧反射波の発生時期をずらし、また有効仕事が増加した分排気に持ち出されるエネルギーが減るので圧力波を小さく押えられ、その領域での正圧反射波の影響は相当減ぜられる。

その結果吸入空気量は増大し、ポート角度面積減による吹き抜け減と実圧縮比上昇による図示熱効率の向上も相まって飛躍的な中低速域出力の向

上が得られる。また燃費改善⁽⁵⁾、騒音低減上の効果もある。

YPVSの市販車導入後各社が相ついで同種のデバイスを世に出したことから、この手法の優秀性が立証されたといえよう。

中低速出力改善のもう一つの方法は排気管等価管長可変である。これは、中低速域で排気管途中に設けた枝管（ブランチ管）の入口バルブを開ける事により排気管の等価管長を長くし、圧力脈動の周期を低速側に同期させるのを狙ったものである。付带的に排気管を小さめに作れるという効果も生じる。一例としてホンダのATACの構造と効果を図7に示す⁽⁶⁾。

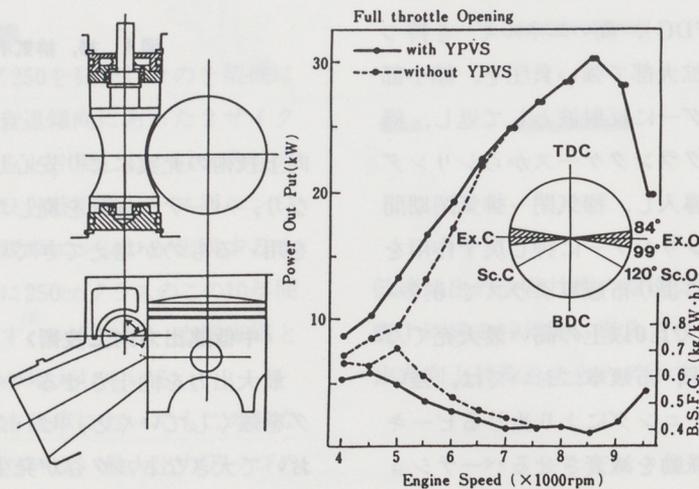


図6 排気タイミング制御(YPVS)の構造と効果

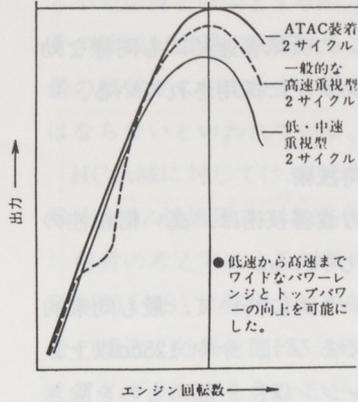
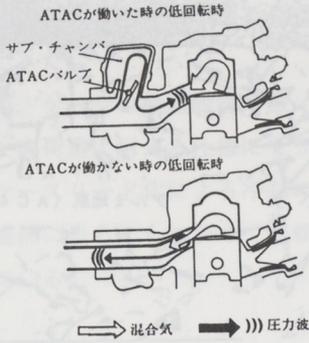


図7 排気管等価管長可変(ATAC)の効果

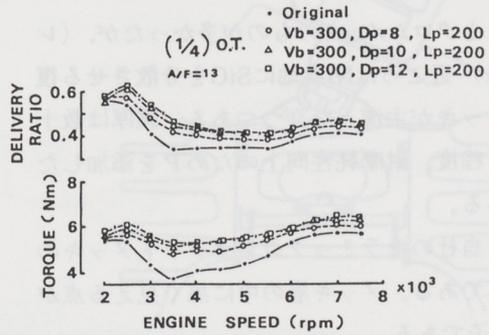
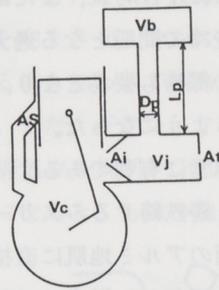
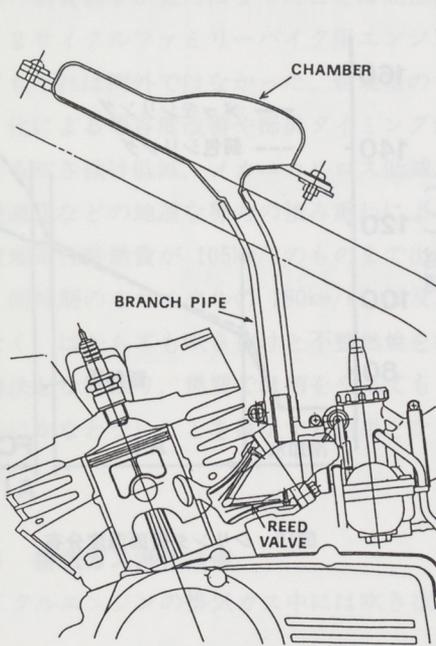


図8 吸気管ブランチ(YEIS)の効果

〈中低負荷域出力改善技術〉

実走行にて必要なエンジン出力は、50km/hで1.4PS、70km/hで3.0PS(但し250ccクラス、6thギヤ)と全負荷の数分の1であり、そのときスロットル開度は $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{1}{10}$ と相当絞り込んだ状態となる。そのような走行状態で必要なのはちょっとしたアクセル操作でスムーズに加速できるかどうかということ、即ち部分負荷特性が良いことであり、走り易さの点からはむしろ全負荷出力特性より重要

となる場合もある。YEISは、その部分負荷特性を改善するべく開発されたデバイスである。⁽⁷⁾

構造と特性を上図に示す。キャブレターとリードバルブの間に小径のブランチ管と容積体を付加することにより、その間で発生する有害な圧力脈動を減衰させ給気比(1サイクル当りの吸入空気量)を増大させる。さらに吹き返し圧力波の低減によりキャブレターからの燃料の吹き出しも安定化される。これらによりフラットで高い部分負荷

出力特性が得られる。

また2気筒エンジンの吸気管連結にも同様な効果があり、各社のエンジンに採用されている。

2-2 信頼性維持技術

前節で説明した出力改善技術は、高い信頼性のもとではじめて具現化される。

その信頼性維持という点に於いて、最も効果的であったのは水冷化であろう。今や125cc以上2輪車用2サイクルエンジンは、一部のものを除き全て水冷化されている。(国内) 水冷化によりシリンダ内壁温が大巾に下げられ、また温度の均一化が進むために、空冷で問題となる過大な熱変形が緩和され、油膜の保持も容易となり、より高い出力にまで耐えうようになった。

騒音低減上でも非常に有利である。

さらに最近では、鋳鉄鋳ぐるみスリーブのかわりに、シリンダ内面のアルミ地肌(AC4B)に直接メッキをする手法が一般化してきた。従来メッキシリンダというとクロムメッキのものが多かったが、(レーザー系) 近ごろはNi素地にSiCを分散させる複合分散メッキが主流となりつつある。膜厚は数十ミクロン程度、耐摩耗性向上のためPを添加したものもある。

図9は当社のセラミックコンポジットメッキの組織写真である。メッキ層の中に黒く見える点がSiCの粒子である。

メッキシリンダの採用により、シリンダ壁温はさらに20°C近く下げられ、供給油量も1/3程度まで低減することが可能となった。(図10, 11参照)⁽⁸⁾

なお、シリンダの熱変形低減にはクランクケーススリッドバルブの採用も大きく貢献している。

ピストンはAC8A, AC9B等のアルミ鋳造合金製が主流で、耐熱性向上のため頂部にNiメッキを施したものや、リング溝面ダレ防止にアルマイト処理したものも現れている。

またメッキシリンダの登場によりピストンリン



図9 セラミックコンポジットメッキ

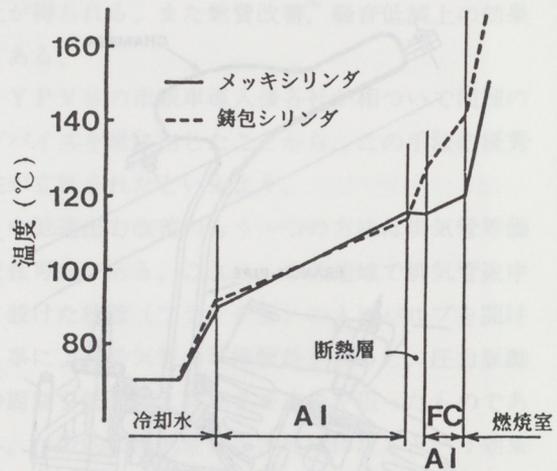


図10 シリンダ壁面温度分布

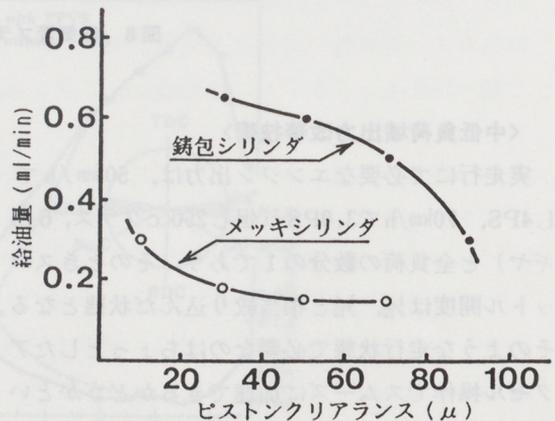


図11 限界油量比較

グにはより高い耐摩耗性が求められるようになり、チタンナイトライド処理されたリング等も見受けられるようになってきた。

大端ベアリングは、ケージの最適設計や銀メッキ化などにより年々高荷重に耐える仕様になりつつあり、クランクケースリード化による冷却の促進（新気が直接大端部に当る）も加わって信頼性向上に効果をあげている。

2-3 燃費低減技術

昭和58年から59年にかけて、50ccクラスを中心に2輪車の燃費競争が盛んになったことは記憶に新しい。2サイクルファミリーバイク用エンジンにおいてもそれは例外ではなかった。燃焼室のコンパクト化による等容度改善⁽⁶⁾や掃排タイミング最適化による吹き抜け低減、メカニカルロス低減、減速比最適化などの地道な努力の積み重ねにより30km/h定地走行時燃費が105km/lのものまで出現したが、同時期の4サイクルの180km/lには及ぶべくもなく、はからずも吹き抜けと不整燃焼を根本から解決しない限り、燃費では何をやっても4サイクルにかなわないことを露呈する結果となった。

2-4 排気ガス浄化技術

2サイクルエンジンの排気ガス中には吹き抜け

と不整燃焼と原因とするHCが多量に含まれており、その低減が切望されている。（一般にNO_xは、多量の残留ガスを含む中で燃焼が行われる為問題にはならないといわれている。）

HC低減に対しては、1：原因となるものを取り除く、2：後処理、の2通りの考え方がある。

前者の考え方による対策の一例として、'80 RD400 (US) に採用された排気バルブ制御がある。その構造と効果を図13、14に示す⁽⁹⁾。

アイドリングを含むモード走行時に多用される低負荷領域においてバルブを閉じる事により（小孔は開いている）新気と残留ガスのバランスを変え着火率を向上させ、さらに構造的に新気が吹けにくくなる事も加わって相当量のHC低減効果が得られる。また、ギクシャク改善の効果もある。

しかし排気ガス規制がCO低減まで含むさらに厳しいものになると、もはや後処理に頼らざるを得

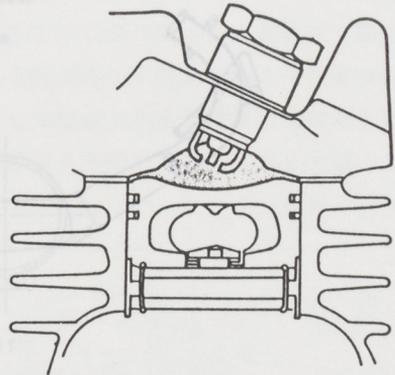


図12 球型燃焼室

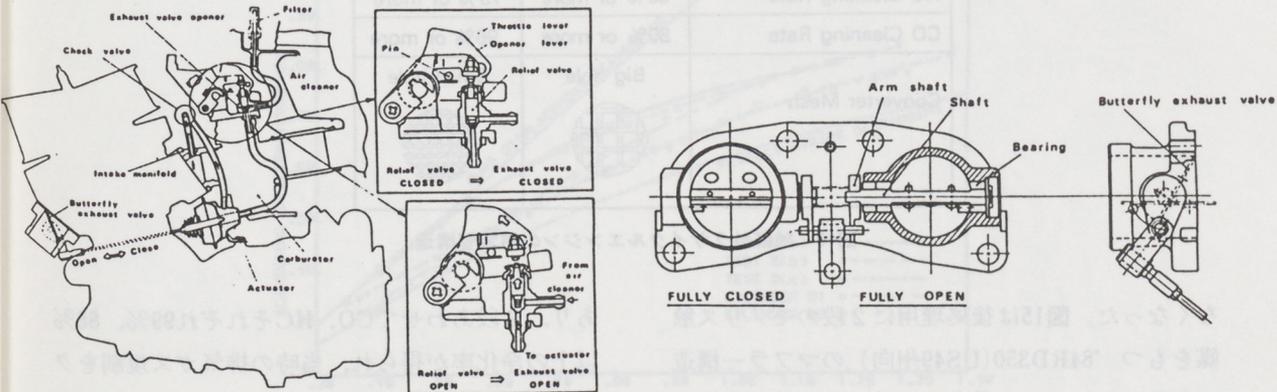


図13 排気バルブ付2輪車用エンジン

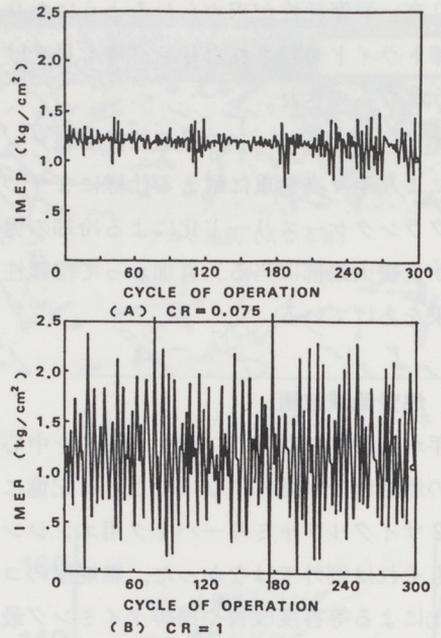
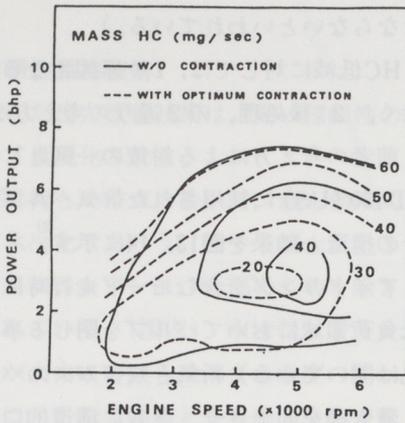
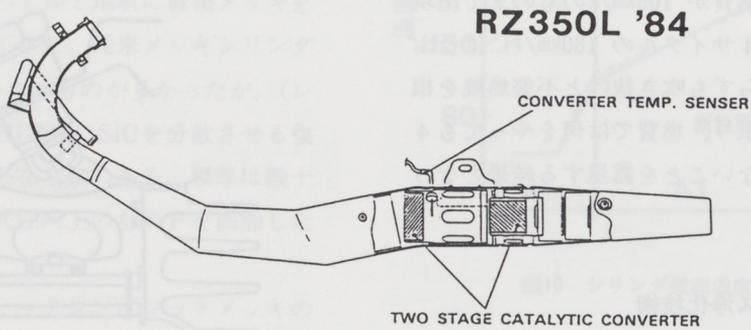


図14 排気バルブのHC低減効果と燃焼変動低減効果



	CONVERTER 1	CONVERTER 2
HC Cleaning Rate	50% or more	75% or more
CO Cleaning Rate	80% or more	96% or more
Converter Mesh	Big hole 	Small hole 

図15 触媒付2サイクルエンジンの排気管構造

なくなった。図15は後処理用に2段のモノリス触媒をもつ '84RD350(US49州向)のマフラー構造である。CO、HCの酸化に十分なO₂を補給するため2次エア導入口をエキゾーストパイプに設けて

あり、2段あわせてCO、HCそれぞれ99%、88%以上の浄化率が得られ、当時の排気ガス規制をクリアーしている。

3. 最近の研究開発動向

2サイクルエンジンは掃気過程を持つことで毎回爆発を可能にしているが、逆にさまざまな不都合を生じるのも、そこに原因がある。それゆえ2サイクルエンジンの研究は掃気解明を中心に行われてきた。

本章では最近発表された掃気研究の事例を紹介

し、掃気により生じる不都合を一挙に解決しようという試みについても述べる。

3-1 掃気過程の解明

掃気流れは、相の混合拡散を伴う複雑な非定常3次元流で、エンジンにおいて最も解明が難しいものの1つである。古くは富塚らによりかなりの実験的アプローチがとられたが、最近も数々の研

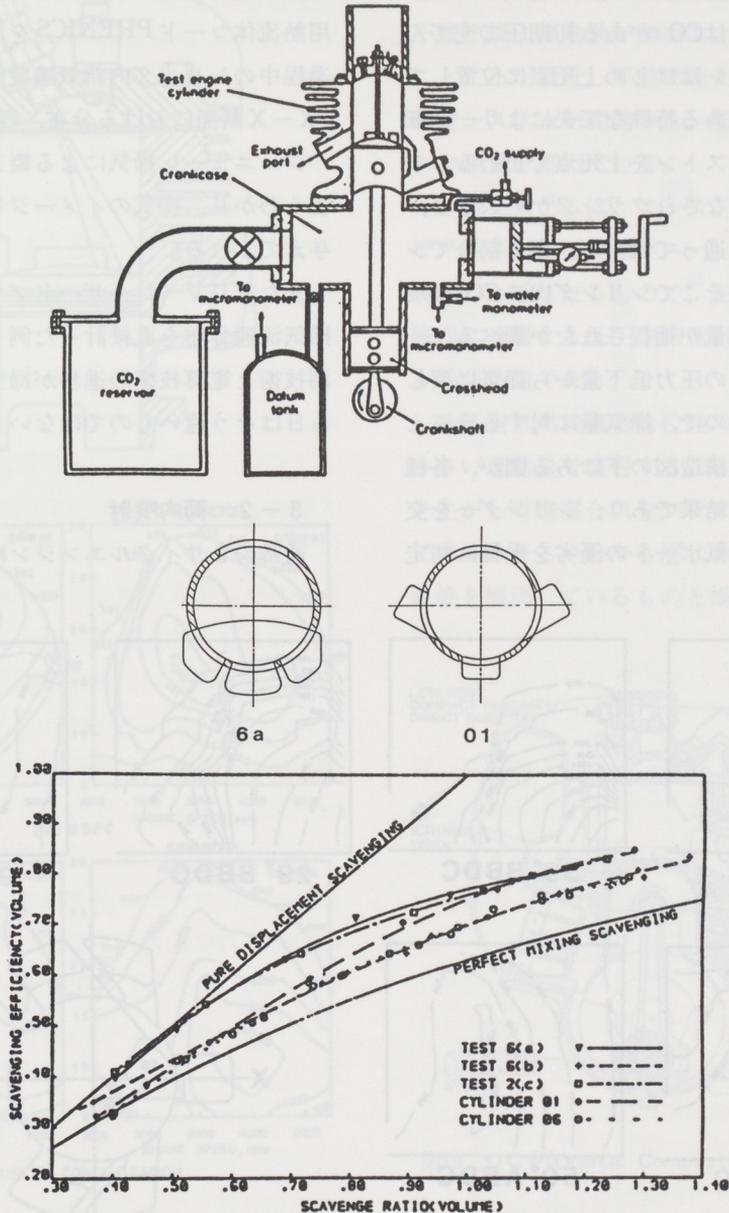


図16 掃気性能比較実験装置とテスト結果

究者により熱心に解明が試みられている。

そのうちの、最近の研究成果の一例として、イギリスのQUB(Queen's University of Belfast)のDr.Blairの掃気比較装置について紹介する。⁽¹⁰⁾

図16はその掃気比較装置の構造図である。シリンダヘッド、ピストン、クロスヘッドはそれぞれロッドで結ばれ、それゆえクランクの回転に伴うクランクケース、シリンダの容積変化は生じない構造をしている。作動方法は以下の通りである。

クランクケースにはCO₂がある初期圧で充てられており、ピストンははじめ上死点に位置している。クランク軸をある特殊な工夫により一回転だけ回転させ再びピストンを上死点で止める。すると一回だけ掃気がなされクランクケースより、CO₂が掃気ポートを通して流出し、ある割合でシリンダ内に留まる。そこでシリンダ内のCO₂濃度を計測しどの程度の量が補捉されたか調べる。一方、クランクケースの圧力低下量から掃気に要した全CO₂量が知れるので、掃気量に対する充てん量の関係が求まる。構造図の下にある図が、各種シリンダを比較した結果であり、シリンダーを交換することにより掃気ポートの優劣を手軽に判定

することができる。

1章で述べた様に、掃気行程には排気系からくる圧力波による作用の影響が強く現われ、掃気ポートのみの特性を純粋にとり出すことは非常に困難である。本装置は掃気に対する他要素の影響をほぼ完全に排除することができる点で秀逸である。

次に最近の電算機によるシミュレーション技術を掃気流れに応用した例を紹介する。図17は、汎用熱流体コードPHENICSを用いて計算した掃気過程のシリンダ内新気濃度割合である。⁽¹¹⁾

(X-X断面における分布、容積は一定)

シュニユーレ掃気による縦方向の流れの旋回がよくわかり、掃気のイメージをより一層具体的に与えてくれる。

またLDV(レーザードブラー流速計)により掃気流速分布を直接計った例も報告されており計測技術と電算技術の進歩が掃気過程を明らかにする日はそう遠いものではないと言えよう。

3-2 筒内噴射

通常の2サイクルエンジンは、燃料の10~50%

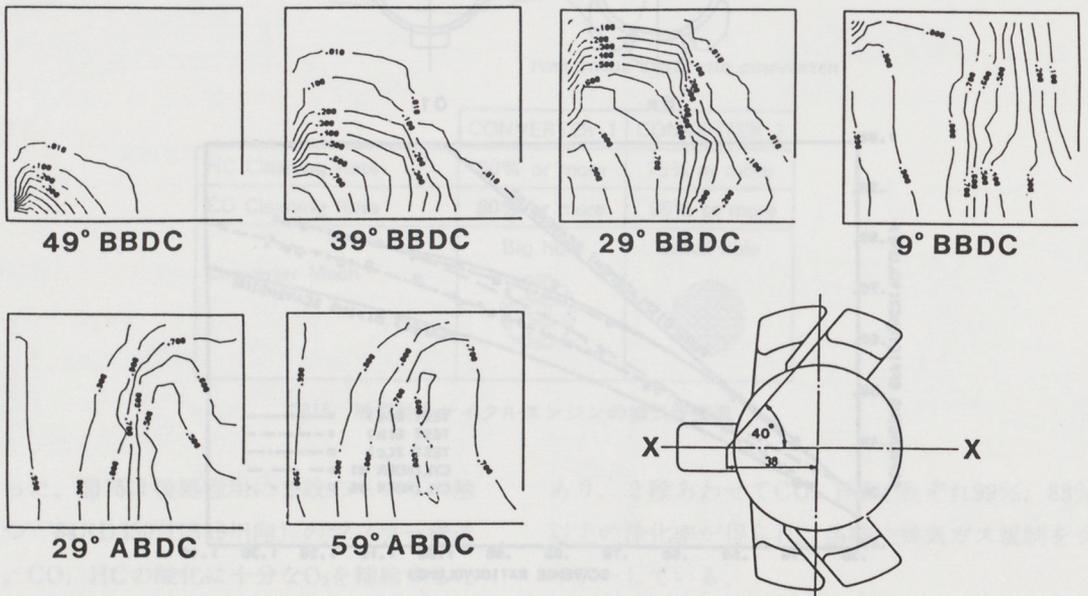


図17 掃気過程の3次元流れシミュレーション

もの量を、そのまま大気に損失として吐き出している。その対策として燃料のみをシリンダ内に直接噴射して、吹き抜け損失を大巾に低減させようという試みは、かなり古くから試行されてきた。

それらの多くは、燃料ポンプにディーゼルエンジンで用いられるポッシュ型プランジャポンプを

用い、50~100kg/cm²程度の圧力で燃料を噴射する高圧噴射方式で、一部市販に至ったものもある⁽¹²⁾

日本では、市販にまでは至らなかったが、富士重工のテストエンジンデータが有名である⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾

図18にその構造と効果を示す。

中・高負荷域の燃費・排出ガス(HC)特性改善には目を見張るものがあるが、低負荷域はキャブレター仕様とほとんど差が無いことがわかる。これは、高圧噴射では、吹き抜けは低減されるが、不整燃焼には効果が無いことを示している。

ところが最近、不整燃焼まで対策できるという噴射システムが開発され、国内外の自動車メーカーの注目を集めている。

このシステムは、オーストラリアのOEC(オービタルエンジンカンパニー)が開発したOCPシステムと呼ばれるもので⁽¹⁵⁾、圧縮空気でガソリンを筒内に噴射する低圧空気燃料噴射方式をとっているのが特徴である。

低圧空気燃料噴射は粒径の非常に小さい噴霧を小さい運動量で噴射することができる。その特性を生かし可燃混合気をプラグ付近にのみ滞留させて燃焼させるいわゆる層状燃焼を可能とし、不整燃焼を解決しているものと推定されている。

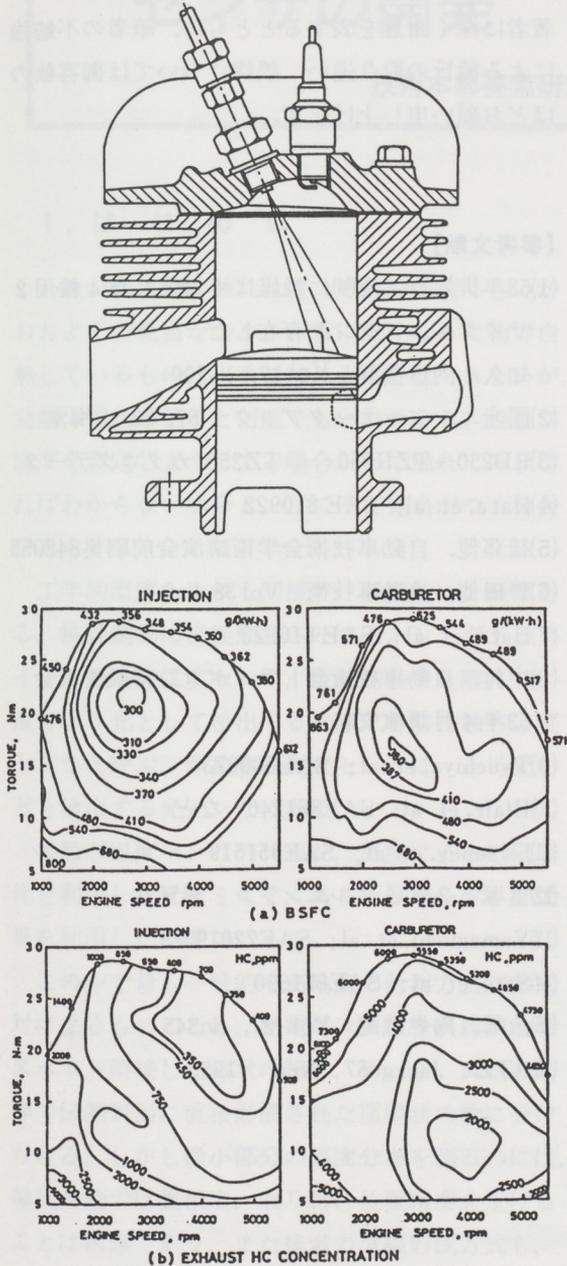


図18 高圧噴射の燃費、排ガス特性

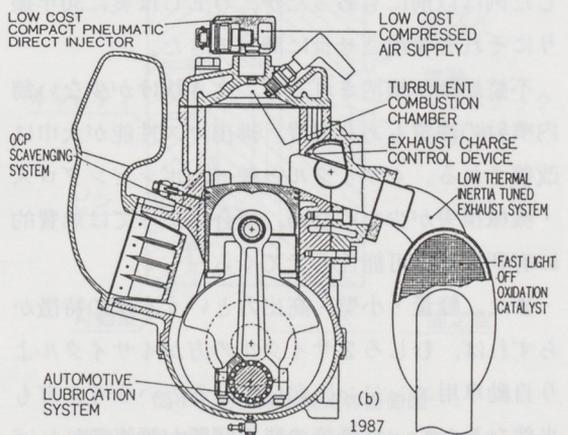


図19 OCP(Orbital Combustion Process) エンジン

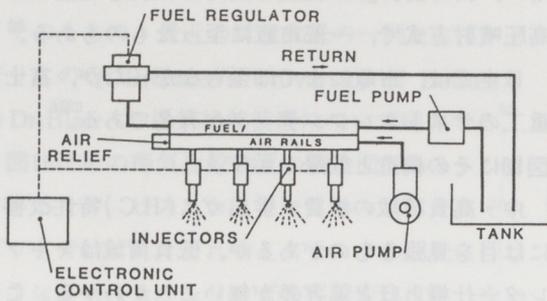


図20 低圧空気燃料噴射システム
(ODIS (Orbital Direct Injection System))

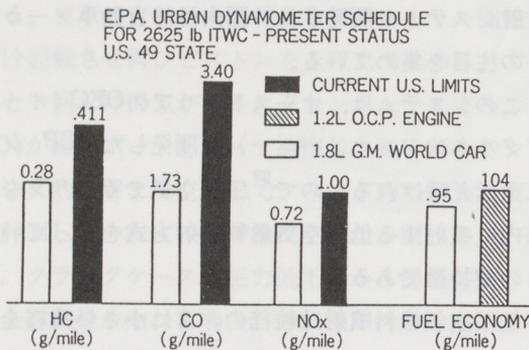


図21 OCPエンジン排ガス、燃費特性

低圧空気燃料噴射をガソリン2サイクルに適用した例は以前にもあったが、¹⁶⁾ OECは実に30年振りにそれを復活させ世に問うてきた。

不整燃焼が根治されると、吹き抜けが少ない筒内噴射の性質もあり燃費、排出ガス性能が大巾に改善される。4サイクルと比べ、ポンピングロス・機械損失が少ないため、場合によっては燃費的に有利になる可能性もでてくる。

また、軽量・小型・高出力という本来の特徴からすれば、むしろ2サイクルの方が4サイクルより自動車用エンジンに向いているという考え方も当然なりたち、白煙等の残る問題が解決されれば再び自動車用として2サイクルエンジンが世に出る事もありうるというのが関係者の見方である。

最近2サイクルエンジンが何かと話題を集めて

いるのは、以上のような事情によるものである。

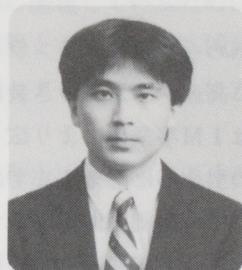
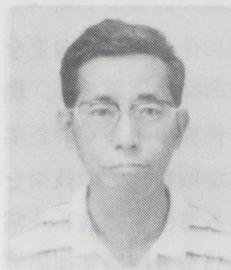
4. おわりに

本稿は自動車技術会ガソリン機関部門委員会で話題提供した資料をもとにまとめたものである。本稿の作成に当り多数引用させて戴いた文献等の著者に深く謝意を表するとともに、筆者の不勉強による論旨の取り違い、誤謬については御容赦のほどお願い申し上げます。

【参考文献】

- (1)53年排気ガス規制に触媒にて対応した4輪用2サイクルエンジンが存在した。
- 知久, 内燃機関 Vol.17, No.209
- (2)国産エンジンデータブック '87, '88 山海堂
- (3)RD250~TZR250 TZ250 カタログデータ
- (4)Hata, et al; SAE 810922
- (5)後藤他, 自動車技術会学術講演会前刷集842053
- (6)野田他, 自動車技術 Vol 38, No.9
- (7)Hata, et al; SAE 810923
- (8)中村, 自動車技術会トライボロシ特設委員会 63年4月講演資料
- (9)Tsuchiya, et al; SAE800973
- (10)Blair, et al; SAE861240 など
- (11)Sweeney, et al; SAE851519
- (12)富塚 2サイクルエンジン 養賢堂
- (13)Yamaguchi, et al; SAE720195
- (14)Sato, et al; SAE871690
- (15)渡部, 内燃機関 Vol 27, No.345
- (16)ATZ Jahrg 57 Nrg 1955

パターン形成による 集積型熱電対温度 センサの開発



技術本部要素研究部 塚越 洋 近藤 裕

1. はじめに

われわれは物に触れば、それが何度くらいかおおよその見当がつく。非常に熱くなった物で白熱しているものは、手で触れることはできないが、発熱体の色を見ると何度くらいかわかる。つまり温度を測定しようとする場合、手で触れてみなければわからない場合と、目でみて見当がつく場合がある。

工学的温度センサも同様で、原理的に2種類ある。被計測物に直接触れさせてセンシングするタイプを接触形温度センサ、被計測物から離れて、遠方より光として検出するタイプを非接触形温度センサと呼ぶ。非接触形温度センサは、赤外光などを検出する光センサである。

接触形温度センサの代表が、温度による抵抗変化を利用したサーミスタ、あるいはゼーベック効果を利用した熱電対である。

この中で最も一般的で高精度の計測方法が熱電対によるものである。熱電対は異種金属線同士をスポット溶接した線状の物と、めっき、真空蒸着等で伝熱表面に直接形成された薄膜状の物に分けられる。しかし微小部分の温度分布を測るのには、線状の物では集積度、取り付け位置精度を上げることは困難であり、また後者の薄膜形成方式も、高集積タイプの物を実用化したという報告は今までにほとんど無いようである。

われわれは、従来開発を進めてきた高速めっきによる精密回路形成技術を応用して、東京大学生産技術研究所 横井秀俊助教授、村田泰彦助手との共同開発により、射出成形金型内の樹脂温度分布計測を可能とする集積型熱電対温度センサを実用化した。

そこで集積型熱電対センサの開発経緯、製造方法、応用例を紹介する。

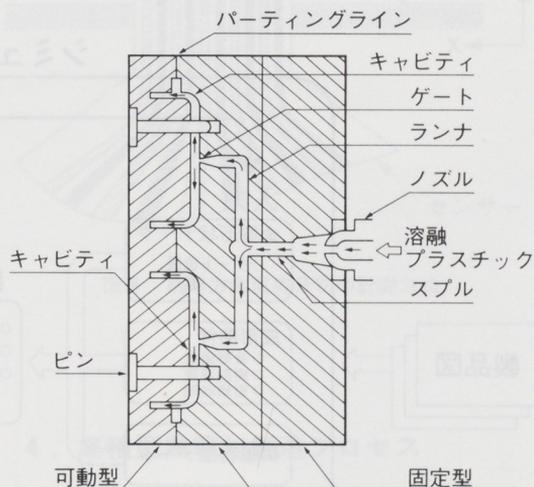


図1 射出成形金型の断面図

溶融プラスチックは、ノズルと呼ばれる成形機の射出口から射出され金型内に流入する。その後金型内のスプル、ランナを流れ、ゲートを通じてキャビティと呼ばれる製品の形に合わせて作られた空間に充填される。

2. 開発の経緯

電気めっき工程のインライン化、生産性向上を目的に高速クロムめっき装置の開発に着手し、現在ではIM事業部により広く世界中の多くの企業からの引合いに応えるまでになった。この技術を応用して、微細回路を形成する方法を提案し、昭和59年から2年間通産省の補助金で開発を進めてきた。現在は生技センター2Fに試作のできる設備をそろえ、高度化するエレクトロニクス技術に応えられるように、技術開発を進めている。

昭和62年、横井先生のほうから射出成形型内の樹脂温度分布を測るためのセンサ、つまり集積型熱電対開発の依頼を受け、ヤマハ発動機にてセンの試作、東大生研では性能評価という形でセンサの開発が始まった。

約1年間の試行錯誤の末、工法的、性能的にも安定する電気めっきを用いた工法を開発、現在日米の特許出願中である。また社内で射出成形の技術開発を行なっている生産技術1課にて、このセ

ンサをコンピュータ・シミュレーションの検証と、生産立上げ時のトラブル原因追求用ツールとしての応用をテーマに生産型でのテストを進めている。

3. 高度化する射出成形シミュレーション・立ち遅れる実測検証手段

3-1 コンピュータ・シミュレーション

射出成形の生産性は高い。自由なデザインを1工程で作ることが出来る。しかし“一発成形”と呼ばれ、1工程で製品の性能がほぼ決定されるこの成形法は、リスクが高い成形法とも言える。例えば成形品に反りが発生し、それが金型の手直しで修正不可能であれば、1個当り数百万~数千万円もする金型を最初から作り直さなければならぬし、それに時間もかかる。

このようなリスクを最小限に抑え込むのが、射出成形の過程をコンピュータ上の数値データとして扱うシミュレーションだ。

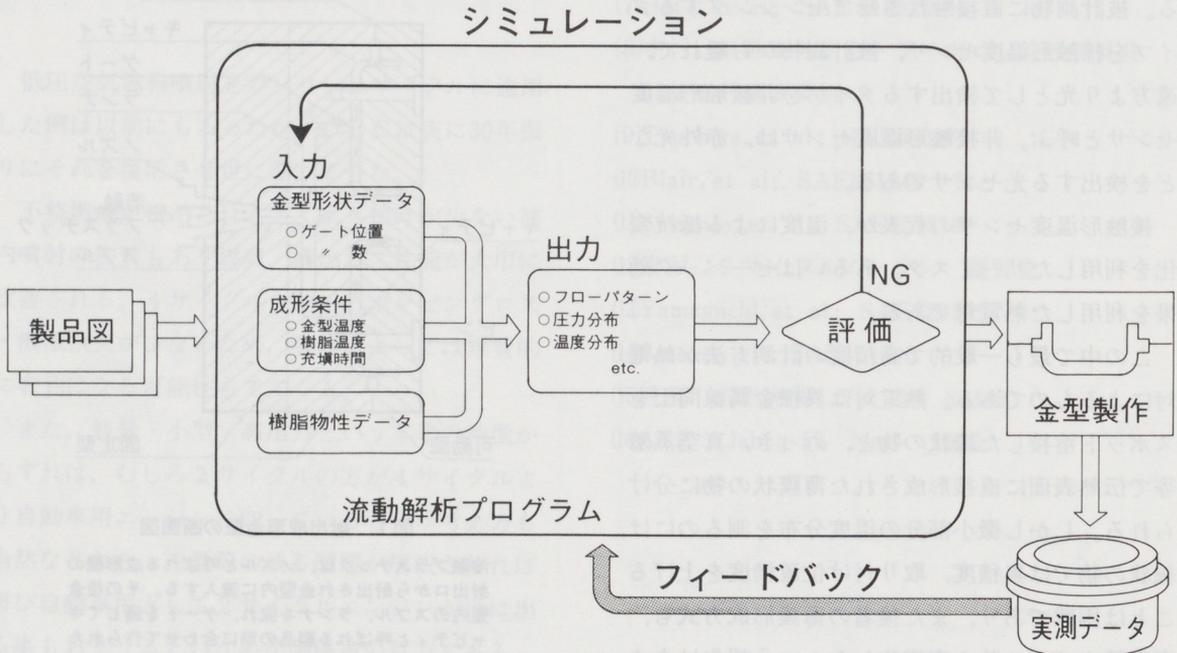
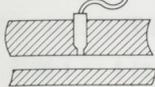
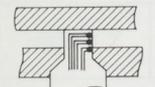


図2 金型設計の流れ

図1のような金型をシミュレーション設計する流れを図2に示す。コンピュータ上で十分な結果が得られるまでシミュレーションを繰り返すことが出来るわけである。ここで重要なことは、解析結果と実際の成形品とを比較し、その結果を蓄積していくことである。

表1 金型内流動樹脂温度測定法の比較

方法	長所	短所
赤外線放射温度計 	○ 応答性に優れる ○ 繰り返し計測が可能	○ 樹脂2mm程度までの深さの平均温度しかわからない
超音波計測 	○ 金型の外側から計測できる	○ 各樹脂の超音波伝波速度データが必要 ○ 平均的温度しかわからない
熱電対をキャビティ表面に配置 	○ 簡便である	○ 樹脂表面温度しかわからない
集積型熱電対 	○ 板厚方向温度分布が測れる ○ 位置精度が良い ○ 応答性	○ 繰り返し計測5回程度 ○ 生産時の同時計測はできない

3-2 実測検証の重要性

シミュレーションの精度向上に加え、32ビットのエンジニアリング・ワークステーションの低価格化というコンピュータ側からの追風を受けて、射出成形のCAE (computer aided engineering) は今後ますます普及する勢いだ。

今後のソフト自体の動向は、ふたつに分かれるようである。

- 1) "設計支援タイプ"—設計者、成形技術者の手で手軽に使える。「リアルタイムの応答性」がポイント。
- 2) "研究開発タイプ"—まったく新しい製品の開発に研究所レベルで取り組むタイプ。「より100%に近い精度」がポイント。

特に後者の場合、まだまだ完全に解明されていない様々な要因が複雑に関連しているために、完全なシミュレートは困難と言える。現在関係者の間では、正確な基礎データを集めることに力を入れているようである。

その一つが今回の金型内流動樹脂温度分布測定である。計測手段としては、表1に示す赤外線放射温度計、超音波計測等が知られているが、いずれも正確な計測手段として確立されるまでに至っていない。

そこでわれわれは、3mm程度の範囲内で5ないし10点の温度分布を測定できる方法として、薄いベース基板の上に多数の熱電対パターンを集積したセンサを、流動方向に対して垂直に設置する方法(図3)を考えた。

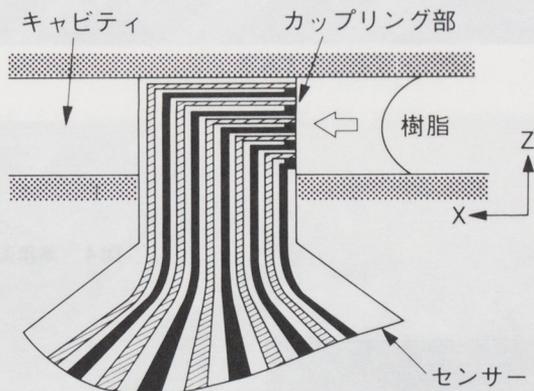
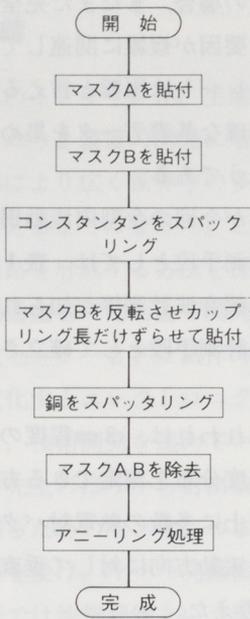


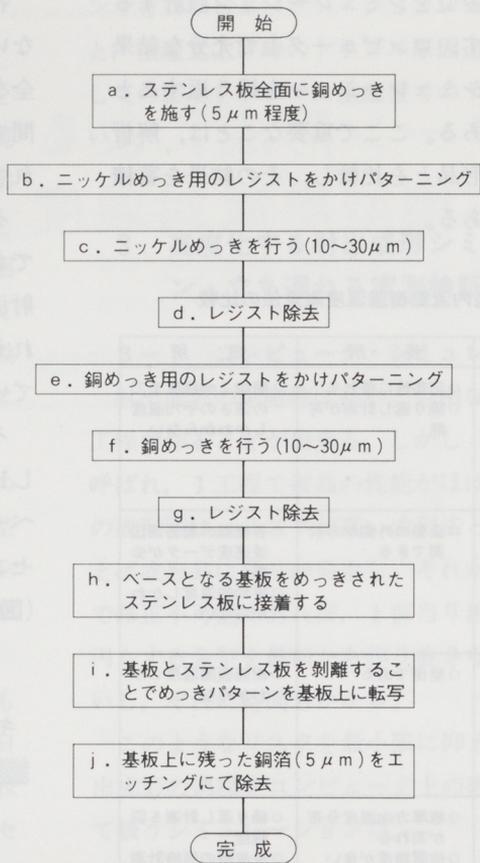
図3 板厚方向温度分布の計測方法

4. 集積型熱電対製造プロセス

当初は、図4(a)に示すスパッタリング法(以後SP法と呼ぶ)および(b)めっき法の2通りの薄膜形成方法を考えた。SP法は生産性の低さ、焼鈍時のベース基材の耐熱性、ワークの大きさ制限、コスト高等の欠点がある。しかし加工工数、スパッタ材料の制限が少ないことを大きな特徴とする。



(a) スパッタリング



(b) めっき

図4 集積型熱電対製造プロセス

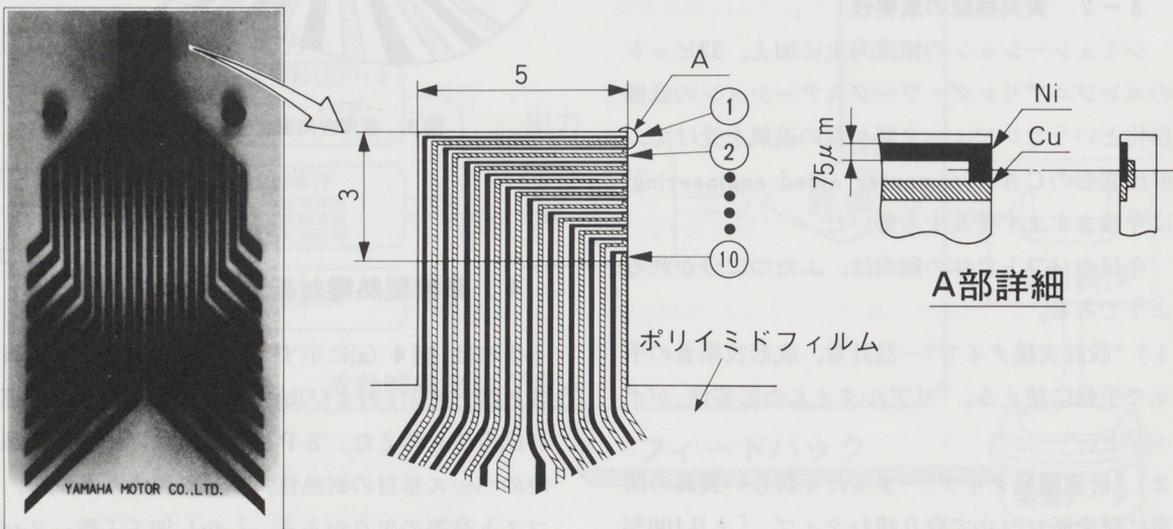


図5 試作センサ形状

一方めっき法は工数が多く煩雑であるが、厚膜の形成速度が高く量産化が可能、従って大幅なコストダウンの達成が容易というメリットを有している。

両方法とも試作をしてみた結果、SP法では薄膜強度が低く、加工時間が長い等の問題が生じ、めっき法を採用することになった。

図5に試作したセンサの形状を、表2にはカプリング部の主要寸法を示す。今回は3mmの範囲に5点及び10点の測定点を持つ2種類を作った。

図4(b)に工程表の詳細を示す。

写真1～4はそれぞれb, d, e, gの工程を電子顕微鏡で観察した物である。

表2 試作センサの主要寸法

主要寸法	ピッチ	線幅	膜厚	ベース基板厚
5対タイプ	0.6mm	150 μ m	10~30 μ m	75 μ m
10対タイプ	0.3mm	75 μ m	10~30 μ m	75 μ m

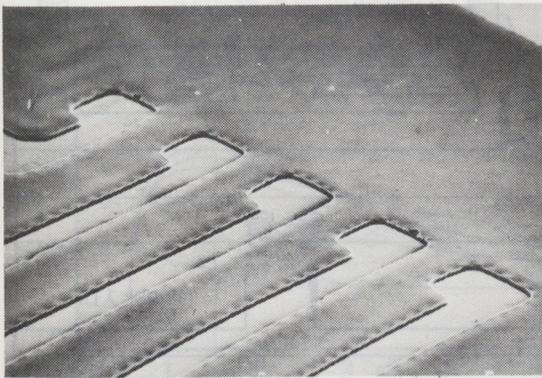


写真1

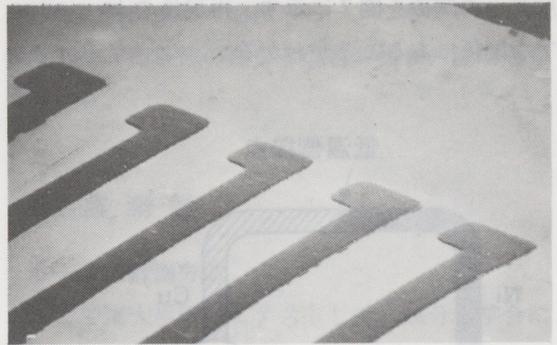


写真2

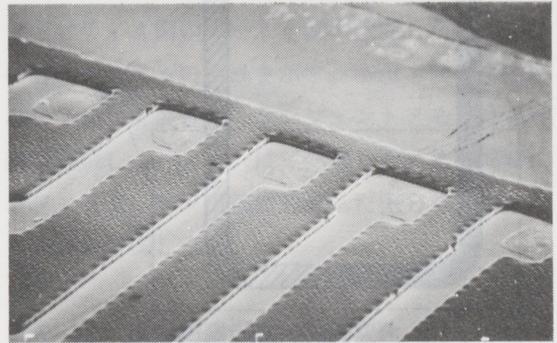


写真3

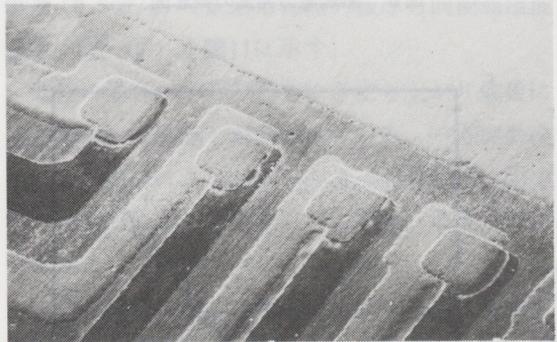


写真4

5. 特性評価

5-1 熱起電力-温度特性

熱電対は2種類の材質の異なる金属の両端を接合し、図6のような回路を作り一端を加熱すると、両端の温度差にみあった電位差が生ずる。この電位差を熱起電力と呼ぶ。本センサの熱起電力と温

度差との関係を図7に示す。再現性のよい、リニアな関係にあることがわかる。

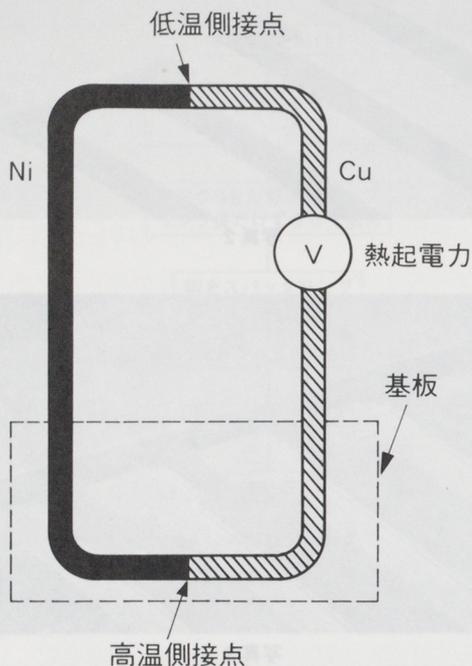


図6 熱起電力発生概念図

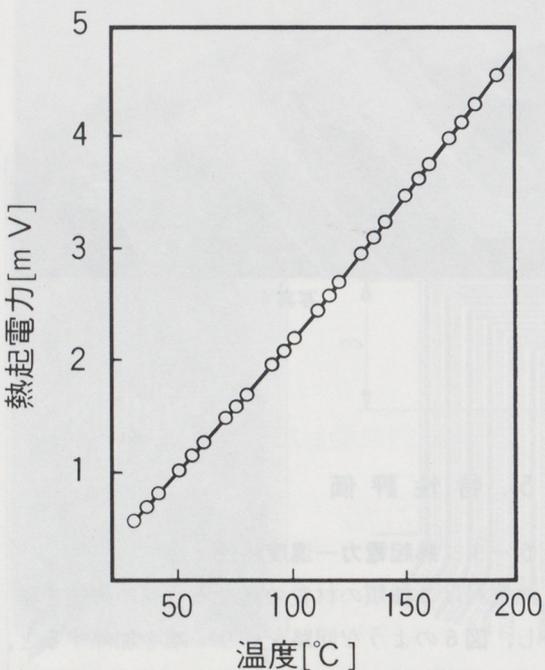


図7 熱起電力—温度特性

5-2 応答性

30°Cの外気温から190°Cのシリコンオイルへと温度を急上昇させて応答時間を調べた。図8に190°Cの熱起電力を100%としたときの、時間軸に対する立ち上がりを示した。63.2%応答が0.07s、95%が0.27s、100%が0.53sと良い応答性を示している。

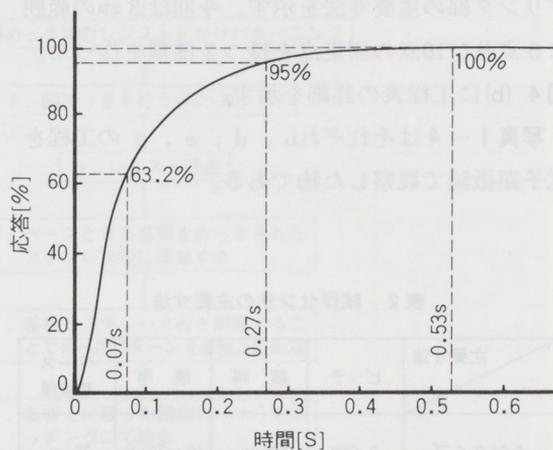


図8 応答性 (30°C→190°Cシリコン油)

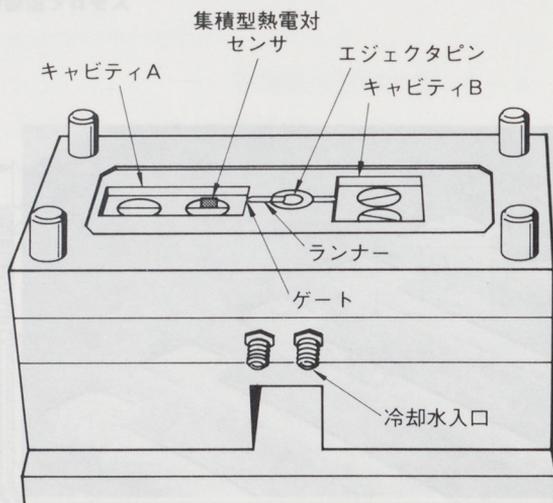


図9 計測用金型

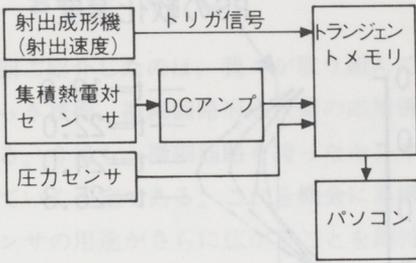


図10 計測装置の構成

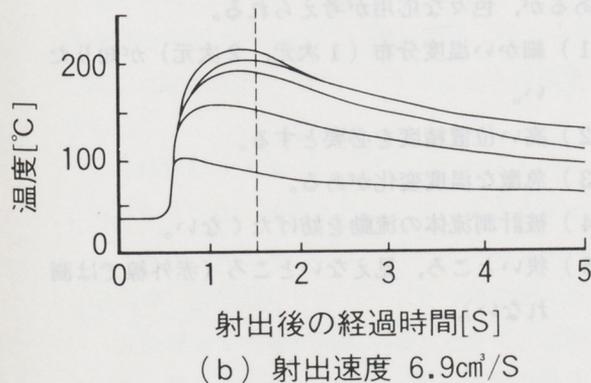
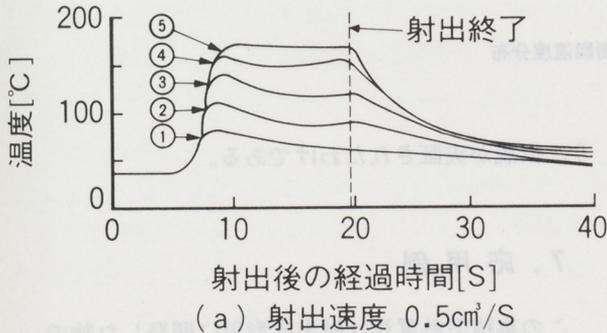
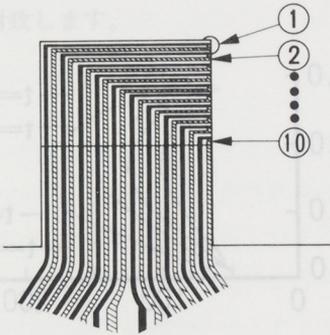


図11 板厚方向樹脂温度の時間変化

しかし射出成形の樹脂スピードはかなり速いものもあり、応答性の更なる改善が現在の課題となっている。

6. 実測例

6-1 計測方法

ここで東大生研にてテストして、高分子学会に報告された結果の一部を紹介する。

図9に計測用金型の基本構造を示す。センサはキャビティA側のゲートそばに設置した。図10には計測システムの構成を示す。本センサの出力はDCアンプを通してトランジェントメモリに各々同時記録し、パソコンにて処理した。また同時にエジェクターピン下部に設置した圧力センサにより圧力も記録した。

6-2 流動樹脂温度の時間変化

ポリスチレン(P S)を中速(射出速度 $6.9\text{cm}^3/\text{s}$)、低速($0.5\text{cm}^3/\text{s}$)で成形した時の板厚方向樹脂温度変化(①~⑤)を図11に示す。

低速の場合、中心部⑤を除き立ち上がり直後に壁面近傍の温度低下が始まっている。一方流動後期には、冷却により粘度が高まった領域②~④でずりせんだん応力が働き、逆に発熱、温度上昇を引き起こしている。

中速の場合には、全体的に特に③~⑤において高温流動状態が広がっている。樹脂の打ち込みは約1.5秒で終了してしまうため、低速の場合のような、ずりせんだんによる、せんだん発熱は顕著に認められなかった。また中速ではノズル部の樹脂温度よりも金型内温度の方が高くなっている。

6-3 板厚方向温度分布

射出開始後の各時間における温度分布を図12に示す。

図中(1)流動過程を見てみると、低速(射出速度 $0.5\text{cm}^3/\text{s}$)では、流動初期の放物線状温度分布が、

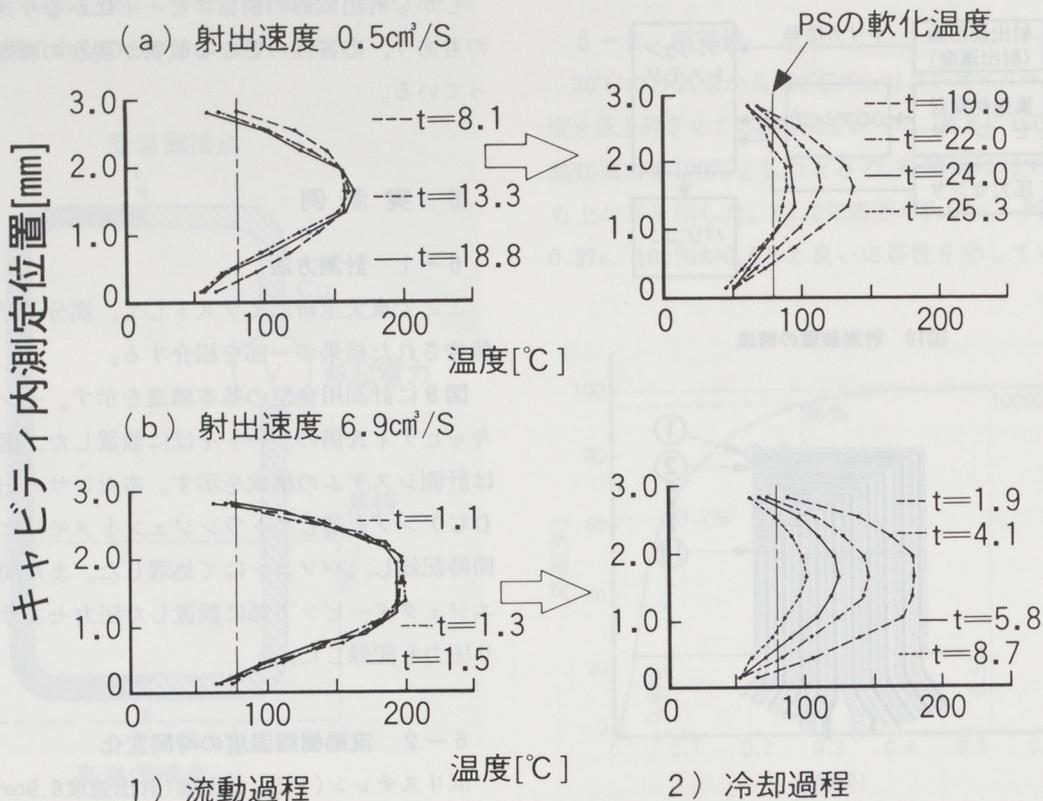


図12 板厚方向樹脂温度分布

流動後期では中央は昇温し、かつ壁面近傍で温度降下した尖鋭化傾向を示している。これに対して中速（射出速度 $6.9\text{cm}^3/\text{s}$ ）では流動過程を通してほぼ定常的な温度分布となっている。

図中にPSの軟化温度も示した。この温度より低ければ固化状態、高ければ流動状態ということになる。成形時金型近傍には固化した薄い層（スキン層）が形成される。図からスキン層は低速時 $0.3\sim 0.5\text{mm}$ 中速度では 0.2mm 程度となる。これは10点計測による細かな温度分布抽出が可能となった結果初めて実測できたデータである。

同図(2)の冷却過程では急激に均熱化と冷却がなされるが、両者の冷却速度に大きな差は認められない。

これらの結果は、従来成形過程における通説となっていたプロセスを、裏付ける結果となってお

り、仮説が実証されたわけである。

7. 応用例

この集積型熱電対は射出成形用に開発した物であるが、色々な応用が考えられる。

- 1) 細かい温度分布（1次元，2次元）が知りたい。
- 2) 高い位置精度を必要とする。
- 3) 急激な温度変化がある。
- 4) 被計測流体の流動を妨げたくない。
- 5) 狭いところ，見えないところ（赤外線では測れない）。

以上のような所での計測で困っている方は、ぜひご相談を。何かの役に立てれば幸いである。

8. おわりに

今回ご紹介したのは、我々が取り組んできた高速度めっき技術、微細回路形成技術の応用例の一つである。今後も、微細回路を持ったセンサ等を開発していく予定である。これを機会に集積型熱電対センサの用途がさらに広がることを期待してペンを置く。

最後に、このセンサの開発の機会を与えて下さった東大・生産技術研究所の横井教授、村田助手に心から感謝致します。

【参考文献】

- (1)横井, 村田, 塚越: 昭和62精密工学会秋講論, 533
- (2) " : 昭和63精密工学会春講論, 605
- (3) " : 時和63精密工学会秋講論
- (4) " : 第37回高分子討論会, 3 L14
- (5)日経ニューマテリアル: 1987, 34号, P50~64

1. はじめに

近年、我が国の製造業はニューサユーズの多様化、製品ライフサイクルの短縮化、国内外市場の競争激化などにより大きな転換期にある。つまり、製品の多様化にともない従来の専用機による製造、従来の自動化では対応が困難になってきている。

そこで多品種少量で高付加価値の製品を、いかに早く、いかに安く、いかに低コストで生産するかが大きな課題となり、その有効な達成手段としてFA（ファクトリーオートメーション）が脚光を浴びている。

こうしたなか、当社においても多品種少量で高付加価値の製品生産をめざして、FA工場建設の機運が打ち出された。そして従来の工場に分散していたエンジン組立ラインを1ヶ所に集約し、FA化を実現したエンジン組立専門工場「ヤマハ発動機静岡第3工場」（以下、静岡第3工場と呼ぶ）が新たに建設され、昭和61年9月よりその運用を開始した。

この静岡第3工場は、1階に部品受入とエンジン出荷ラインを、2階にはエンジン組立ラインを持つ2階建ての工場である。そして自動倉庫、無人搬送車、自動組立ロボットなどを積極的に導入し、多品種少量生産に対応するとともに、工場内全体の自動化を実現し、生産工程の大幅な合理化・省力化を図った先進のFA工場である。

本工場は世界工場生産環境改善の先駆けといわれ、日本経済新聞社主催の「75年建設文化遺産賞」を受賞し、広く人目を惹きつけるなど、名実ともに高い評価を受けている。

2. システム化概説

本工場FA工場建設にあたっては、トップの方針をもとに次の基本コンセプトを打ち出した。

2-1 トップ方針

「誇れるヤマハ・ホムレックスが、理想的ヤマハの姿（収益性と成長性が高く、人間性が尊重され、社会やお客様から信頼される会社）に現実のヤマハの姿を近づけよう。

2-2 基本コンセプト

- (1) 人間尊重の誇れるヤマハ。
「人を活かす、人にやさしい工場です」
- (2) 先進FAの誇れるヤマハ。
「明日の技術を見ることが出来る工場です」
- (3) 高信頼性の誇れるヤマハ。
「お客様に選ばれ、信頼されるエンジンを作る工場です」

本工場では、以上3つの基本コンセプトをもとに、システム化構想が通められた。

エンジン組立工場における F A システムの構築



管理本部情報システム部 古賀政登

1. はじめに

近年、我が国の製造業はユーザーニーズの多様化、製品ライフサイクルの短命化、内外市場の競争激化などにより大きな転換期にある。つまり、製品の多様化にともない従来の専用機による製造、組立の自動化では対応が困難になってきている。

そこで多品種少量で高付加価値の製品を、いかに早く、かつ効率よく低コストで生産するかが大きな課題となり、その有力な達成手段としてF A（ファクトリー・オートメーション）が脚光を浴びている。

こうしたなか、当社に於いても多品種少量で高付加価値の製品生産をめざして、F A工場建設の構想が打ち出された。そして従来各工場に分散していたエンジン組立ラインを1ヶ所に集約し、F A化を実現したエンジン組立専門工場「ヤマハ発動機磐田第5工場」（以下、磐田第5工場と略す）が新たに建設され、昭和61年9月よりその運用を開始した。

この磐田第5工場は、1階に部品受入とエンジン出荷ラインを、2階にはエンジン組立ラインを持つ2階建ての工場である。そして自動倉庫、無人搬送車、自動組立ロボットなどを積極的に導入し、多品種少量生産に対応するとともに、工場内物流の自動化を実現し、生産工程の大幅な合理化省力化を図った先進のF A工場である。

その生産性向上と作業環境改善の成果が認められ、日本経済新聞社主催の「'87全国優秀先端事業所賞 日経21」に入選を果たすなど、名実ともに高い評価を受けている。

2. システム化構想

当社F A工場建設にあたっては、トップの方針をもとに次の基本コンセプトを打ち出した。

2-1 トップ方針

「誇れるヤマハをみんなで!! 理想のヤマハの姿（収益性や成長性が高く、人間性が尊重され、社会やお客様から信頼される会社）に現実のヤマハの姿を近づけよう」

2-2 基本コンセプト

- (1) 人間尊重の誇れるヤマハ。
(人を活かし、人にやさしい工場です。)
- (2) 先進F Aの誇れるヤマハ。
(明日の技術を見ることができる工場です。)
- (3) 高信頼性の誇れるヤマハ。
(お客様に喜ばれ、信頼されるエンジンを作る工場です。)

第5工場では、以上3つの基本コンセプトをもとに、システム化構想が進められた。

2-3 具体的な構想

- (1) 工場内物流の自動化設備として、小物及び中物部品自動倉庫、部品供給用無人搬送車、エンジン自動倉庫等を導入する。そしてこれらの制御システムをLAN（ローカルエリアネットワーク）で結び、部品受入からエンジン出荷までの工場内物流自動化システムを構築する。
- (2) 部品の受入実績やエンジンの完成実績、出荷実績等をリアルタイムで収集するとともに、製造現場には、オンラインで進捗情報を提供する。
- (3) 管理システムは、工場管理に必要なデータの維持管理や日々の計画作成、及び制御システムへの作業指示と実績データの収集を行う。
- (4) 現在本社では、当社生産管理の核となっているヤマハ総合生産管理システム（以下、PYMACと略す）が稼動中である。当FAシステムでは、PYMACと一貫した情報システム体系を確立する。

3. 磐田第5工場の位置づけ

図1で示すように磐田第5工場は、部品メーカーあるいは、部品加工工場から部品の供給を受け、エンジン組立を行なったのち、車体の組立工場へ完成エンジンを供給する役割を受け持っている。

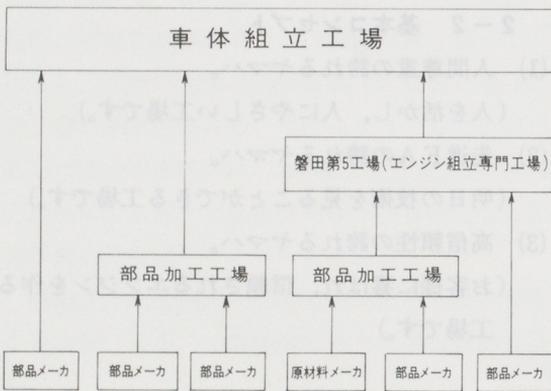


図1 磐田第5工場の位置づけ

4. FAシステムの概要

当FAシステムの機能は、図2に示す様にデータの維持管理や、制御システムへの作業指示などを行う管理システムと、その作業指示にもとづき自動化設備を制御する制御システムとに、大きく二分される。

さらに制御システムは、小物部品自動倉庫システム、中物部品自動倉庫システム、ライン進捗管理システム、エンジン自動倉庫システムに分散されている。図3に磐田第5工場のFAシステム運用全体図を示すので参照されたい。

以下に当FAシステムの概要について述べる。まず工場管理システムの概要を説明し、次に各制御システムの主な機能について、エンジンの組立工程を追いながら説明する。

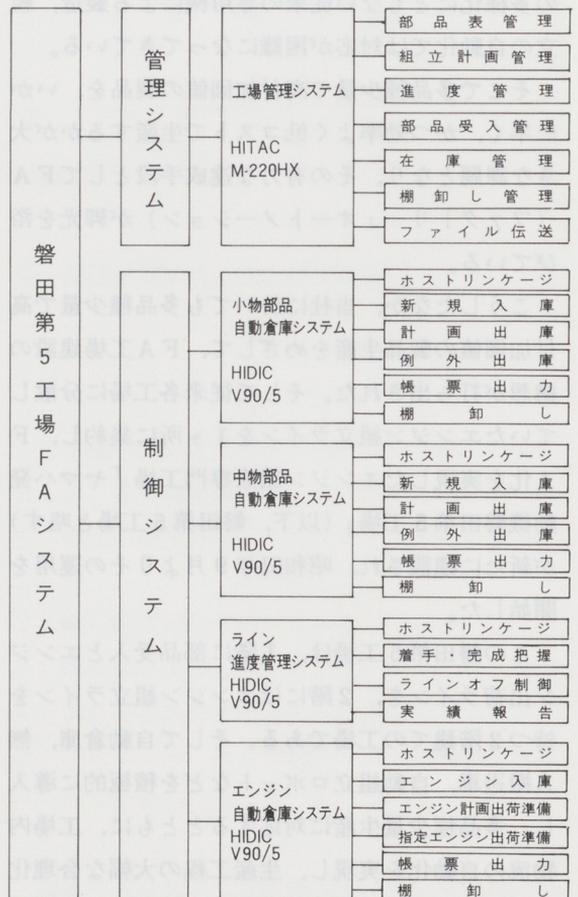


図2 FAシステム全体の機能体系図

4-1 工場管理システム

工場管理システムは、FAシステム全体の中で中心的な役割を果たしている。以下に工場管理システムの機能のうち、工場内物流に関する部品表管理、組立計画管理、進捗管理、部品受入管理の四機能についてその概要を説明する。

4-1-1 部品表管理

工場管理システムで維持管理される部品表は当FAシステムの基礎情報として構築されている。その範囲はPYMACが持つ全ヤマハ部品表のうち、磐田第5工場で管轄される工程の部分を出したもので構成される。つまり当工場へ納入される部品のレベルから製品として出荷されるエンジンまでのレベルで構成されている。

(1) 品目情報

部品又はエンジンに関するデータで、部品番号をKEYとして、品目名称、重量等の基礎データが保持されている。

そして小物及び中物部品の品目情報は、それぞれの自動倉庫システムに伝送されて、在庫管理などの基礎データとしても使用されている。

(2) 製品構成情報

エンジンと部品あるいは、部品と部品のつながりを親子の関係で表現したもので、組付けられる部品の部品番号、使用個数、供給場所などが管理されている。

また供給場所については、ラインの工程編成変更に対して即応できるよう、オンラインでのメンテナンスが可能になっている。

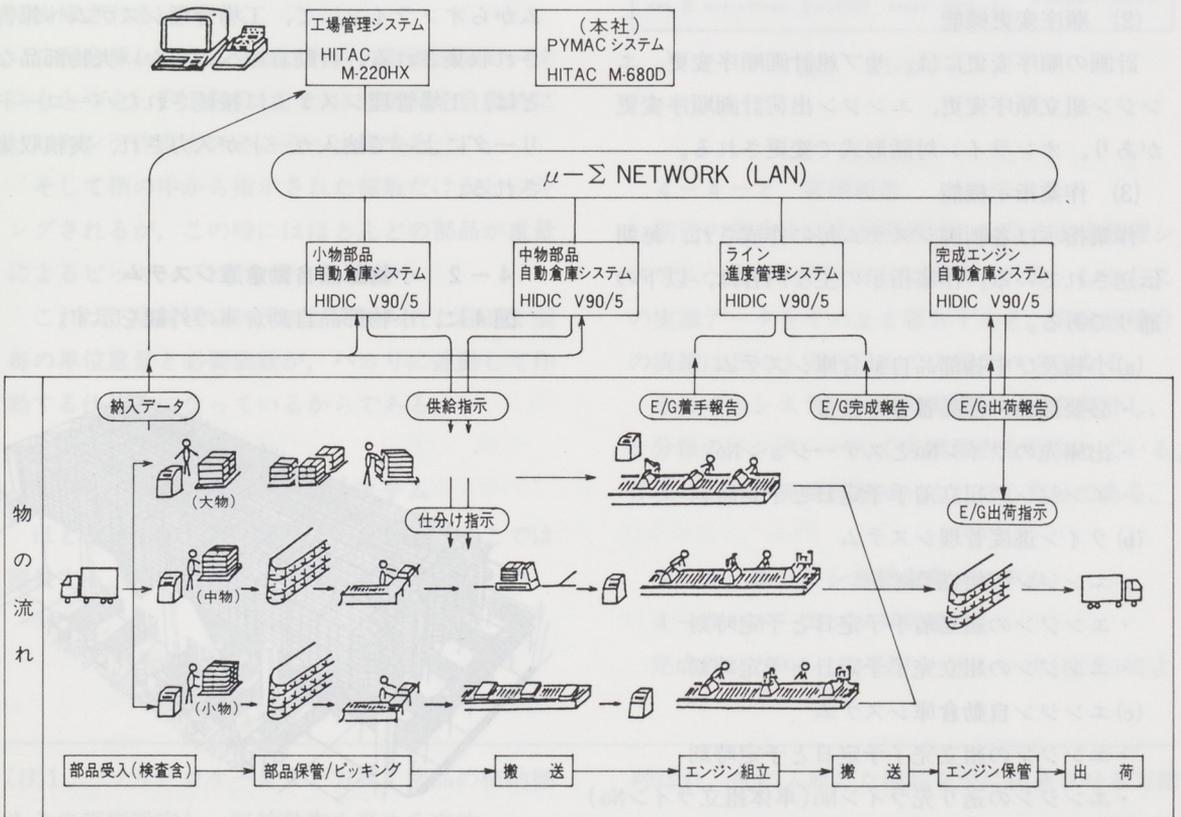


図3 FAシステム運用全体図

4-1-2 組立計画管理

組立計画管理は、PYMACから受け取った基本計画をデータベースに作り込む計画作成機能と組立現場の状況に応じその基本計画の順序変更を行う順序変更機能及び、最終の計画にもとづき各制御システムへの作業指示を作成する作業指示機能があり、それぞれ以下のようにになっている。

(1) 計画作成機能

PYMACより受け取る基本計画には、エンジン組立計画とエンジン出荷計画の、二つがある。そしてエンジン組立計画をもとに、サブ組計画が作成される。

これらの計画はロットと呼ばれる作業単位毎に作成され、それぞれロットシリアルNo.と呼ばれるユニークな番号が付加されている。そして以下に述べる順序変更や、実績データの更新処理は、すべてこのロットシリアルNo.を単位に行なわれる。

(2) 順序変更機能

計画の順序変更には、サブ組計画順序変更、エンジン組立順序変更、エンジン出荷計画順序変更があり、オンライン対話形式で変更される。

(3) 作業指示機能

作業指示は各制御システム毎に作成され、毎朝伝送されている。作業指示の主な内容は、以下の通りである。

(a) 小物及び中物部品自動倉庫システム

- ・必要部品の部品番号と数量
- ・出庫先のラインNo.とステーションNo.
- ・エンジンの組立着手予定日と予定時刻

(b) ライン進度管理システム

- ・エンジンの組立ライン
- ・エンジンの組立着手予定日と予定時刻
- ・エンジンの組立完了予定日と予定時刻

(c) エンジン自動倉庫システム

- ・エンジンの組立完了予定日と予定時刻
 - ・エンジンの送り先ラインNo.(車体組立ラインNo.)
 - ・車体の組立着手予定日と予定時刻
- などが指示されている。

4-1-3 進捗管理

進捗管理は、各制御システムよりオンラインにより報告される実績データをもとに、時々刻々と変化するエンジンの、組立進捗や出荷進捗などの進捗情報を、オンラインにて製造現場へ提供している。

4-1-4 部品受入管理

部品受入管理には、部品受入計画作成と受入実績の収集がある。

(1) 部品受入計画の作成

部品受入データは、未受入分から翌日受入分までが毎朝PYMACより伝送され、部品受入計画として作り込まれる。このデータは、部品の受取照合用に自動倉庫システムへも伝送されている。

(2) 受入実績の収集

小物と中物部品の受入実績は、自動倉庫システムからオンラインにて、工場管理システムへ報告され収集される。自動倉庫へ入らない大物部品などは、工場管理システムに接続されたバーコードリーダーによって納入カードが入力され、実績収集される。

4-2 小物部品自動倉庫システム

図4に、小物部品自動倉庫の外観を示す。

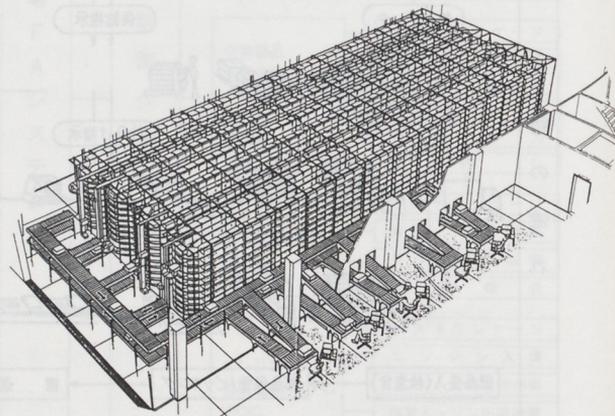


図4 小物部品自動倉庫の外観

4-2-1 新規入庫

PYMACにより発注された部品は、納入カードと一緒に部品メーカなどから、指定された日に磐田第5工場へ納入される。そして納入カードが入力されると受入計画と照合されたのち、フリーロケーション(注1)にて自動的に入庫される。

4-2-2 計画出庫

入庫された部品は組立計画に従って自動的に出庫される。計画出庫にはエンジン部品計画出庫データとサブ組部品計画出庫データとがあり、それぞれ出庫の方法が若干異なっている。

(1) エンジン部品計画出庫は、組立作業単位にその子部品の部品番号、数量、供給場所などが指示され出庫される。

(2) サブ組部品計画出庫は、1日分の出庫データが子部品の部品番号、供給場所毎にまとめられて出庫される。

自動倉庫システムではこれらの計画出庫データにもとづき、FIFO(注2)にて部品を自動的にピッキング作業者のところへ出庫する。

そして箱の中から指示された個数だけがピッキングされるが、この時にはほとんどの部品が重量によるピッキングで行われている。

これは工場管理システムから送られた部品1個毎の単位重量と必要個数が、ハカリに連動して作動する仕組みになっているからである。

4-3 中物部品自動倉庫システム

ほとんど小物と同一機能であるため、ここでは割愛する。

4-4 ライン進捗管理システム

4-4-1 着手・完成実績把握

組立ラインでは、組立計画の順序どおり組立が着手される。こと着手の際、図5で示すようなエンジンカードと呼ばれるバーカードがエンジンを乗せるパレット(台)に1台1葉で付けられる。そして、組立ラインの着手ポイントと完成ポイントで自動的に入力され、各々着手実績と完成実績として把握される。

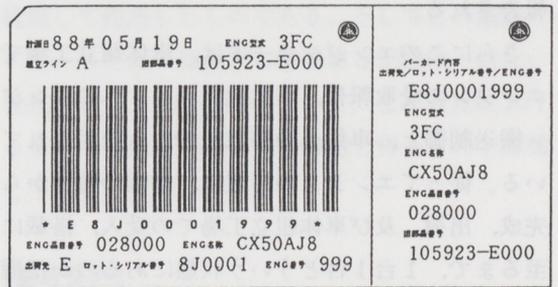


図5 エンジンカード

4-4-2 実績報告

前述の着手及び完成実績は、上位の工場管理システムへもオンラインにて報告される。しかしこの実績データをそのまま報告すると、日産数千台の実績は日に1万件以上の大量データとなる。

そこで当システムでこの実績データを集計し、5分毎のインターバルで実績報告を行なっている。管理レベルの実績収集は、これでも充分である。

4-5 エンジン自動倉庫システム

4-5-1 エンジン入庫

完成されたエンジンはバーチレータ(注3)によ

(注1) フリーロケーション方式：部品の格納棚をその都度設定し、収納効率を高める方法。

(注2) (First In First Out)：先入れ先出しと

呼ばれ、先に入庫した部品を先に在庫させる方法。

(注3) バーチレータ：部品や製品などを上又は下の階へ連続搬送する小型エレベータのこと。

り自動倉庫へと搬送され、フリーロケーション方式にて自動的に入庫される。

4-5-2 エンジン出荷準備

保管されているエンジンの出荷準備は、エンジンの部品番号と台数をキーインするだけで、自動的に行なわれる。出荷準備が完了すると、直ちにトラックへ自動移載され車体組立工場へ運ばれる。

この時の出荷実績は、前述のエンジンカードを出荷ポイントで自動的に入力することにより把握され、上位の工場管理システムへオンラインにて報告される。

さらにこのエンジンカードは、車体組立工場へエンジンの受取報告、車体組立ラインへのエンジン搬送制御と、車体への搭載報告にも使用されている。従ってエンジンの情報は、作業の着手から完成、出荷、及び車体組立工場での受入、搭載に至るまで、1台1台どういう状態にあるのか把握できるようになっている。

5. FAシステムの評価

当FAシステムでは、工場管理システムを中心に、各制御システムが緊密なリンクを保って稼働し効果を発揮している。

5-1 コスト面での評価

(1) 部品庫在庫の、30%削減を達成することができた。これによりムダな棚卸資産も減少した。

(2) 自動倉庫の導入により、部品の入出庫及び、エンジンの出荷が高速で行えるようになった。

また従来の部品棚設置に比べ、その占有面積は従来の半分以下となっている。

5-2 作業面での評価

(1) 入荷場では、部品の入出庫作業を全て自動化したため、重量物の運搬作業が大幅に減少した。人間尊重を誇る工場としては、大きな成果で

ある。

(2) エンジン出荷場においても、入荷場同様全て自動化したため、従来のフォークリフトでの運搬作業に比べ、大幅な作業改善となった。

(3) エンジンの組付部品には似たような形状をしたものがある。このため従来はピッキング作業者のミスで誤品出庫したために、ラインストップを招くことがまれに発生していた。しかし当FAシステムでは、出庫すべき部品をコンピュータが指示し自動的に出庫するため、この誤品出庫は皆無となっている。

(4) 自動倉庫の部品及びエンジン在庫は、全てコンピュータ管理しているため、システムによる臨時棚卸が随時可能となった。これにより在庫精度は、ほぼ100%が保たれ、棚卸は部品、エンジンともに理論在庫での報告が可能となった。

5-3 その他の評価

(1) 今回のような大規模なFAシステムの構築は、当社において初めてのものであり、FAシステムにおける管理システムや各制御システム及び、それらをつなぐネットワーク技術などの社内蓄積に大いに貢献した。

(2) 工場管理コンピュータHITAC M-220HXでは、朝の電源投入から夜の電源断まで、プリンタ用紙と磁気テープの掛け替えを除いて、すべて無人で運転されている。

今後、分散コンピュータを導入する場合には、このような無人化運転は必須であろう。

6. 今後の展開

当FAシステムも第一次の導入から約2年が経過し、工場管理システムをはじめ各制御システムは既に安定稼働に入っている。そして部品の受入からエンジン出荷までの工場内物流の自動化という目標は充分達成されている。今後はさらに無人化工場を目指し、統合化されたFAシステムとし

て以下の展開を図ってゆく予定である。

(1) 工場スタッフ業務のO A化

工場管理システムが管理する実績データを、マイクロメインフレーム結合により表化、グラフ化し、工場スタッフの計画立案や判断業務の質と効率向上を目指したO A化を展開する。

(2) 自動組立ロボットとのリンク

現在の自動組立ロボットはそれぞれ個々に稼動しており、段取り替えの指示等はまだマニュアル操作となっている。将来はF Aシステムとのリンクにより、日程計画などから計画台数、段取り替えの指示等は、コンピュータにより行いたい。

(3) 各制御システム同志の相互バックアップ

工場内に張りめぐらした μ - Σ ネットワークと、各制御システム用に同一機種の制御コンピュータを導入したメリットを生かして、各制御システム同志の相互バックアップを検討していく。

(4) 他工場F A化と工場間水平ネットワーク化

磐田第5工場は、F Aシステムを成功させ、他工場へ適用するための、実験工場といった側面も持っており、将来F Aシステムは部品加工工場や

車体組立工場などへも、順次拡大される予定である。そして今後の他工場の適用にあたっては本社と工場を結ぶ垂直ネットワークだけではなく、工場間の水平ネットワーク化についても検討していく。

7. お わ り に

今回のF Aシステムは、情報処理部門をはじめ、生産管理、生産技術などの各部門の若い力を結集したタスクフォースチームが、最新のF A技術に挑戦して構築したものである。そしてこの最新のF Aシステムが稼動する磐田第5工場は、新しい世代のエンジン組立工場として、また当社におけるモデル工場としても充分機能し得るものと確信している。

【参考資料】

参考として図6に工場管理システムのハードウェア構成図を、図7にソフトウェア構成図を示す。



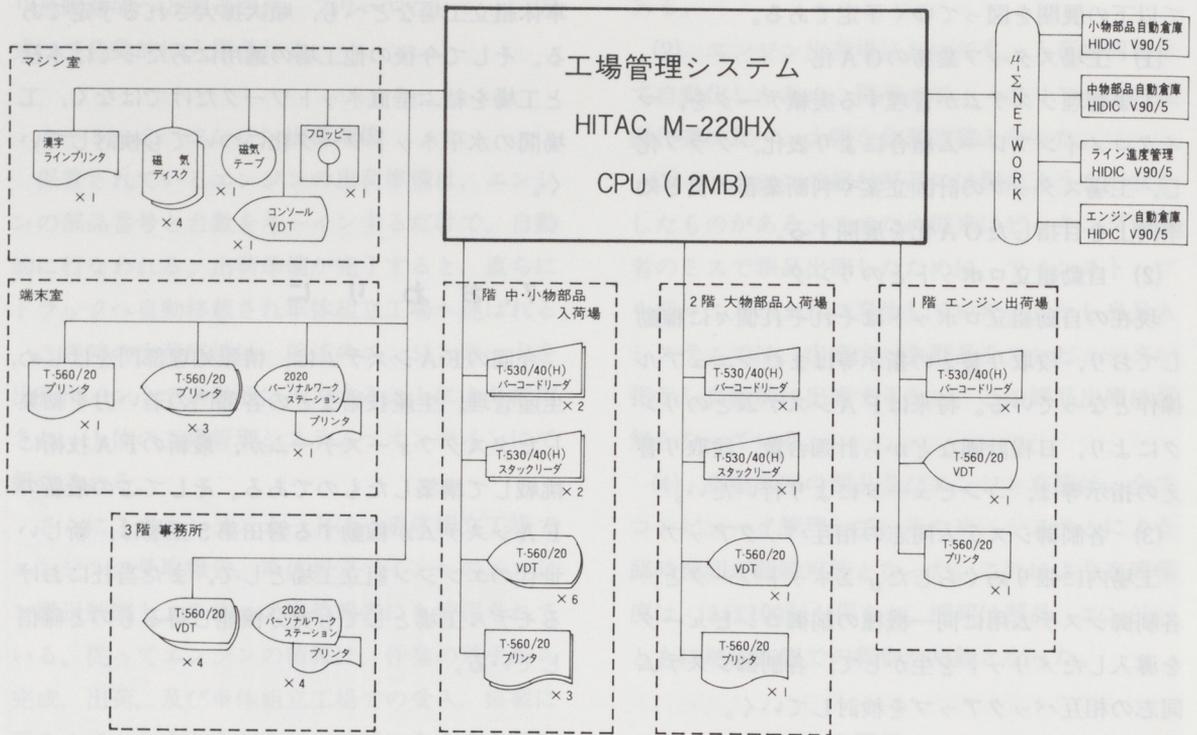


図6 ハードウェア構成図

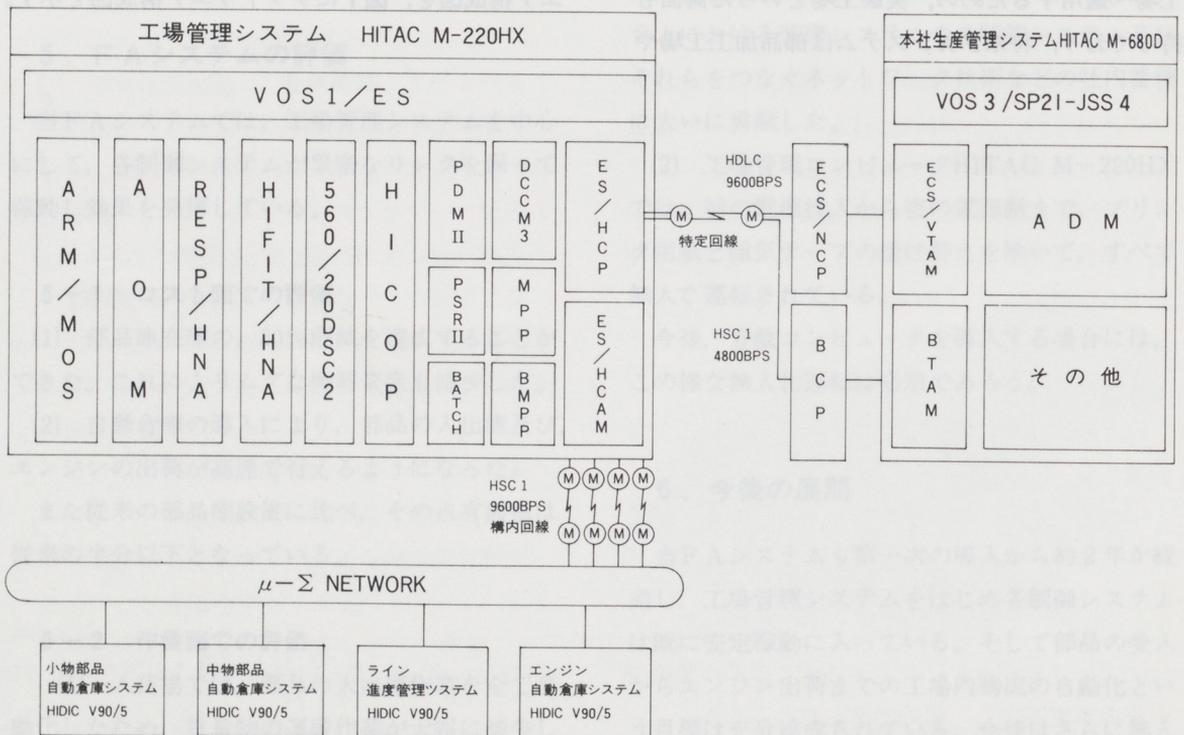


図7 ソフトウェア構成図

ヤマハ技術会 技報 第7号

平成元年1月20日 印刷

平成元年1月25日 発行

(禁無断転載) ©

発行所	ヤマハ技術会
発行人	長谷川武彦
編集人	鈴木忠雄
表紙デザイン	エルム・デザイン
印刷所	浜松市米津町1181 桐屋印刷株式会社

