

ヤマハ技術会 技報

No.6

1988・7



卷頭言



ヤマハ技術会顧問

荒井昌三

私は10年先を考えるのが好きである。考えるとは大げさだが、想像するといったほうがよい。自分が生きてきた50有余年の時間を、現在を基点として左の時間軸に、そして今後の10年を右の軸にして今後の事象を想像する。21世紀の到来を私の時間軸に目盛ることのできる現在時点はというと、世界史上パックス・ジャポニカと言えるほどの国力を持った日本になっている。この蓄積された力が次の10年にあたえる社会変革の様相は、過去の100年、200年の変化に匹敵するものとなろう。

すこし前のことだが、「広島県・四川省経済交流会」にゲストスピーカーとして招かれた。四川省重慶市でヤマハ・モーターサイクルが製造されているという関係で。依頼された講演のテーマは「中国での経済活動の現状と展望」。展望については私の時間軸により、次のようなことを述べて反響をよんだ。

ヤマハが欧州ではじめて見本市に参加したのは、1964年のドイツ・ケルン市での欧州最大の二輪車見本市である。私は4台のヤマハ車をバンに積んで駐在地ロンドンからドーバー海峡を渡った。4台のヤマハ車はMF 2, YD 3, YDS 2, とTDI。当時は欧州車が見本市会場の主人公で、自転車は日本製が幅をきかせていた。

現在はどうか。モーターサイクルは日本車、自転車は台湾にその座をとられ、ケルン見本市の主役が代った。日本車が欧州車にとってかわり、市場を支配してすでに久しい。10年後のケルン見本市の主役はどうなっているだろうか。

ここで結論を書こうとしたら、技術会事務局から依頼された紙面が余りすぎるので、ちょっと横道にそれでみたい。世界史年表を開いて、私の時間軸表の背景においてみてみると、英國の富が強大だったビクトリア女王治世の19世紀中期以降の年表事項は、当然ながら英國を中心としたものが列記されている。そして米国の富が英國を凌ぐようになった第一次大戦以降、10年前ぐらいまでは米国が年表を自己中心に書き加えていったようなものだ。パックス・ジャポニカの力で世界年表全体を編集するのは無理があるとしても、アジア年表は日本の経済力を反映したものとして作成されよう。21世紀はアジア時代と言われているが、私自身モーターサイクル事業にたずさわっていて、アジア時代の幕開けを肌で感じる。アジアは日本の強大な経済力による発展に共鳴して発展する。隣国中国への影響は最大のものになろう。そして発展する中国からの日本経済の構造変革への反作用も大きいものになろう。

ゲストスピーカーとして壇上で、四川省からの要人、広島県知事はじめ県の政財界の人達に、「中国のモーターサイクル産業界が、ヤマハをはじめとする日本の企業と、実質的な意味での平等互恵の精神で協力してゆくなら、10年後のケルン見本市における実用モーターサイクルは、重慶製その他の中国製が主流になることを予想する」と、私の展望をしめくくった。拍手がしばらく続いた。県知事はメモをとりながら頷いていた。

目 次

卷頭言	ヤマハ技術会顧問	荒井 昌三
1. ヤマハ風力発電装置の開発	事業開発本部航空機器部 風力開発課	青木 繁光……1
2. TDR250の開発	モーターサイクル本部 第1技術部技術11課	富本 史郎……15
3. ヤマハレースエンジン“OX66”	AM技術部	吉川 雅明……25
4. レーシングカート用エンジンKT100AX	創輝(株) 技術部 水越 望	泉沢 滋樹……31
5. 2～E/Gの排気ポートカーボン詰りと 排気煙の対策	モーターサイクル本部 第4技術部技術43課	矢代 善伸……41
6. Vプロセス鋳造法	鋳造技術部鋳造技術企画課	豊田 信夫……51
7. カクテルカラーの紹介	生産本部生産技術部	若林 壮一……63
8. FRPの可能性にチャレンジ ヤマハ大船渡製造(株)の紹介	社長 業務課 生産課 資材課 開発課 生産担当 品管担当	岡澤 武……69 岩崎 定雄 千葉 正人 阿部 洋明 里内 和彦 高橋 弘志 吉田 信義

ヤマハ風力発電装置の開発



事業開発本部航空機器部風力開発課 青木繁光

1. はじめに

風力は、太古から人類が利用して来た古典的なエネルギーで、技術的なテーマとしては非常に古いものだと思います。しかしながら、現在、さまざまの理由で世界的にこのテーマの見直しが行われており、徐々に再利用の芽が現われつつあります。私達は、当初セールボートや発動発電機等の既存技術の延長線上で技術開発のスタートを切った訳ですが、実用化開発の局面を迎えることとなりました。

2. 開発の経緯

昭和48年の第一次オイルショックによって、世界的に中東への石油依存体質の改善をはかるための政治的、技術的活動への取組みがはじまり、我が国でも、その中の一環として新エネルギーの利用促進をはかるためのP/Jが提起され、昭和49年にサンシャイン計画としてスタートしました。

この内、風力発電装置は昭和56年度から研究開発が始まりましたが、それに先立つメガワット級大型風力発電システムの解析研究（調査研究）の中で、ローターブレードの主要材料として、複合材料を用いることが議論され、大型舟艇でのF.R.P技術に実績のある当社に、研究参画への打診があ

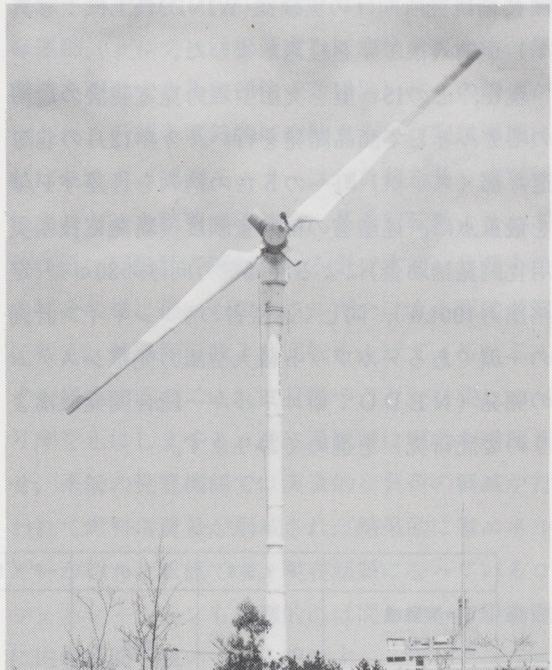


写真1 WINDMEL

った訳です。

この様に、研究開発の当初から価格競争力のあるブレード・メーカーとして当社の舟艇部門が位置付けられていた訳で、現在でもブレードのみを製造して欲しいという引合いがありますし、海外でも特に北欧のボートメーカーが風力用ブレードの主力メーカーとなっているのも同様の背景があるものと思われます。

その後、筑波にあります通産省の工業技術院機械技術研究所より、直径6mの小型実験機ですが

トータルシステムとしての開発・製造を行って欲しいとの打診があり、昭和56年9月の受注によって正式なプロジェクトとしてスタートしました。

昭和57年には、静岡県から浜岡町のローカル・エネルギー館の展示用風力発電装置を受注し、更にこの頃より、自主開発商品としての6m型の開発を始めています。

この様な経緯を図1に示します。

6m型は国内のモニュメント（展示用）市場を中心に計15台が納入され、15m型は工業技術院機械技術研究所向けの実験機(WINDMEL機：写真1)が納入後1年を経過しました。

現在、この15m型を実用型風力発電装置の最初のモデルとして商品開発を行い、今年12月の北海道寿都（スツツ）町への5台の納入を目指すP/Jを最重点に、通産省の補助金制度（新発電技術実用化開発補助金）による沖縄電力向けの30m型（定格出力100kW）、同じく通産省のサンシャイン計画の一環であるメガワット級大型風力発電システムの開発（NEDO：新エネルギー総合開発機構よりの委託研究）を進めております。

3. 風力発電装置の開発

風力発電装置がエネルギー源として実用に供されるためには、他のシステムと同等もしくはそれ以下のエネルギーコストであることが重要です。

エネルギーコストを支配するのは、発生電力量に対する設置コスト、耐久性（耐用年数）、および運転とメンテナンスのためのコストですが、風力エネルギーをはじめとする自然エネルギーの場合には、もう一つの条件が加わります。

それは、取得エネルギーが変動するということで、実用的に用いる場合には、他のエネルギー源（貯蔵システムも含めて）とのハイブリッドによって補完することが必要であり、風力部分としてハイブリッドのための設備も含めて上記コストを算出したものが、ハイブリッドの相手方のエネルギーシステムの、運用コスト（主に燃料コスト）レベルになることが条件となります。

風力利用は、この様な条件を満たすための技術開発という事になります。

3-1 開発のねらい

上記の条件をふまえて、開発の際のポイントを

	FY56	FY57	FY58	FY59	FY60	FY61	FY62
6m実験機	納入						
6m浜岡		納入					
20m揚水		ブレード		タワー	設置		
6m実証試験機		6mの自主開発 8m			新潟大等		
6mモニュメント			昭苑	山形県庁等			
解析研究							
光・風・ハイブリッド							
概念設計							
15m型							
30m型							
50m型							

6mの自主開発
 8m
 15mブレード
 メロンF/S
 800kW設計
 実用機への取組み
 15m実験機
 100kW
 MW(ブレードのみ)

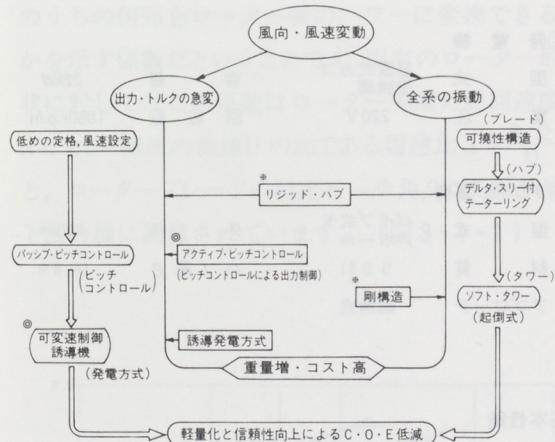
図1 風力発電装置開発の経緯

以下の様に考えています。

- a) 変換効率（風エネルギーから電気エネルギーに変換する効率）を高め、年間発電量を稼ぐこと。
- b) 設置コストを低減し、耐久性を確保するためには、軽量化とソフト化を推進すること。
- c) 運転コストやメンテナンスコストを低減するために、簡素な構造でパッシブなコントロールが出来るシステムを目指すこと。
- d) 又、パブリックアクセシビリティの問題もあるため、騒音レベルを下げ、全体の美観を整えることも重要です。

3-2 ヤマハ風力発電装置のコンセプト

図2に従来のシステムと比較し、当社のシステムの特徴を示します。



中央部は、U.Sのウインドファームを中心に、現在多く用いられているシステムの方式で、誘導発電機を電力系統に電気的に連結する方式です。

外側は当社が提案し、15m型および30m型で開発を進めている方式です。

風力発電装置の作動原理を示す模式図（図3）の中で、この両者の比較を具体的に示します。

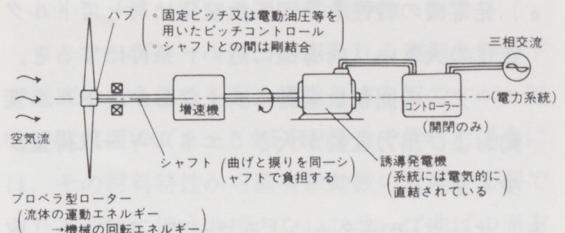


図3-1 従来の方式

図に示すように、風力発電装置の作動原理は極めて簡単なものです。空気流の運動エネルギーはプロペラを裏返しにした様なローターによって回転運動（トルク×回転速度）に変換されます。発電機を駆動する為に20倍～数10倍レベルの增速が行われ、系統と電気的に直結するカゴ型誘導機に結ばれます。誘導モーターは、負荷を負って電気エネルギーを消費する時は、基準回転数よりわずかに低い回転数で運転される訳ですが、負荷をこの場合の様に他からのエネルギーによる駆動装置に代え、基準回転数より回転を上げて（反抗トルクが発生するのでこれに打勝つことが必要）スペリ率を正にしますと、逆に系統側に電力を逆流させ、系統の発電機側では実質的な負荷の軽減が行われて燃料消費量が削減され、結果的に省エネルギーが行われる訳です。現在話題になっているコジェネレーションも原理的には同じことで駆動源に内燃機関を用いている訳です。

さて、エネルギー源となる空気流が、風洞の中の流れの様に変動の少いものであれば、この様な従来の方式で何ら問題はないのですが、実際に風力発電装置を運転する自然風の中では、風速や風向に相当に大きな変動があり、変換効率やシステムの耐久性、電力の質といった基本的な商品性に多大の影響を及ぼすことになります。

当社の最初のモデルである6m型実験機は従来の方式に近いものでしたので、（発電システムが系統連けいタイプでなく独立電源型となっている）運転中に以下の様な問題に直面しました。

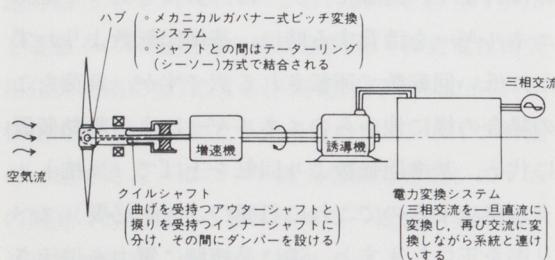
a) 発電機の特性を、回転数変化に対してトルク変化の大きい（誘導機に近い）条件にすると、ローターの回転数変動は少くなるが、トルク変動および出力変動が大きくエネルギー取得量が少くなる。

b) サーボ・モーターによるローターのピッチ（取付角）変換によって定回転を保つのに、発電量の数%から10数%に相当するパワーを消費する。

c) トルク・センサーによる計測で、伝達系に大きな振り振動のあることがうかがわれる。

d) 風向変動によって方位変化（ヨー運動：横方向への首振り）があると、ジャイロモーメントによってピッチング（縦方向の首振り）が起る。

この様な経緯を経て、現在15m型で達成されたシステムは以下の様になっています。



3-3 基本仕様

次に、デザイン要素を含めた特長を理解していくために、外観図および基本仕様を示します。

外観図および基本仕様

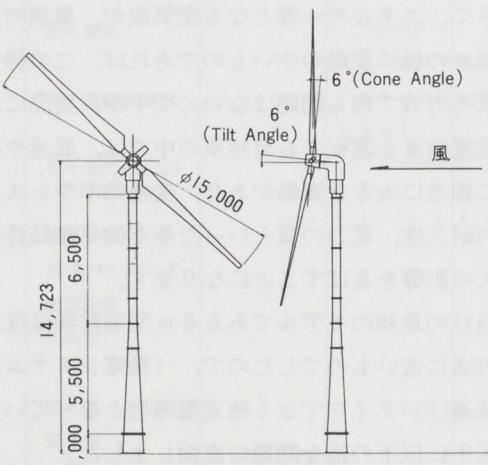


図3-3 15m型の外観図

15mシステムの基本仕様

①ローター部

型式	水平軸型	ローター配置	ダウンウインド
直 径	15m	翼 数	2
コーニング 角	6°	チルト角	6°
材 質	FRP	ブレード翼型	FX-Wシリーズ
ソリディティ イー	3.2%	翼根巾	0.89m
翼端巾	0.22m	捩り角	32°
ハブ形式	データーハブ	デルタスリ 一角	30°
データーリ ング角	±6°		

②制御部

速度制御	ピッチ変換	方位制御	フリーヨー手動ブレーキ
発電機制御	スベリ率調整	制動機	

③ギアボックス、タワー・ヘッド

増速ギア	平行1段十ベルギア	増速比	22.1:1
潤滑方式	オイルバス	ブレーキ	ディスクブレーキ
カップリング	フレキシブルカップリング		

④発電機

型式	豊富なカゴ型誘導	容 量	22kW
電圧	220V	回転数	1800r.p.m

⑤タワー、基礎

型式	パイプ式モノポール	外 径	400mm
材質	SS41	ハブ高さ	14.8m
アプローチ	起倒式		

基本性能

①風速条件

起 動	3.0m/s	定 格	8.0m/s
カットアウト	25m/s	耐 風 速	60m/s

②性 能

定格出力	16.5kW	ローター回転数	81.5r.p.m
------	--------	---------	-----------

3-4 特性

このようなコンセプトと、それに基づく仕様によってもたらされた結果を、計算値と実測データを用いながら紹介します。

a) ローターの空力特性

ローターの空力特性は C_p (出力係数)カーブによって表わされます。 C_p の定義は

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho U^3 A}$$

ここで P : ローター出力 W

ρ : 空気密度 1.225 kg/m^3

U : 一様流の速度 m/sec

A : ローターディスク面積 m^2

ですが、意味するところは回転するローターのディスクを通過する空気流の持つ運動エネルギーのうちの何%をローター軸のパワーに変換できるかを示す係数だということです。固有のローター形状に対してはこの係数はローター先端の周回速度 $R\Omega$ と、一様流の流速 U の比である周速比 $\lambda = \frac{R\Omega}{U}$ と、ローター刃の設定ピッチ角 β に支配され、下図の様に計算されています。(図 3-4-1)

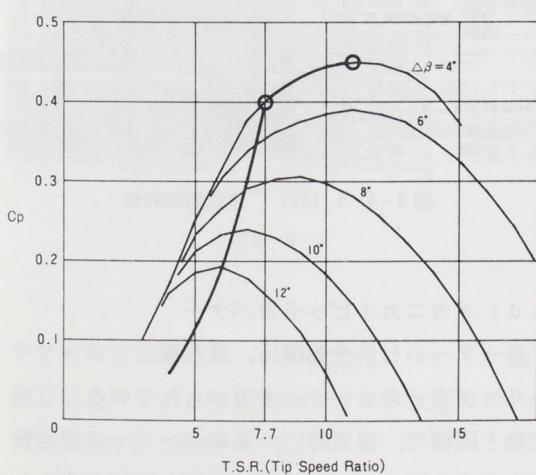


図 3-4-1 出力係数 λ

b) ローター刃の構造特性

ローター刃は、想定される運転条件の下で適度の安全係数を保つ構造とする訳ですが、風力発電装置の刃をFRP構造で作った場合には、その材料特性から固有振動数の管理が必要であり、回転に伴う共振のないフラップ曲げの固有振動数を持つことが条件となります。この関係をキャンベル線図として示します。(図 3-4-2)

製作された刃の振動特性は、研究部に依頼し、以下の様な結果となりました。(モーダル解析)。(図 3-4-3)

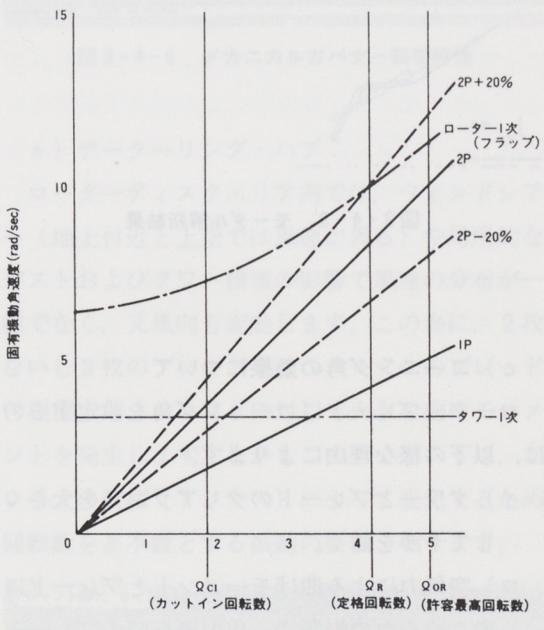


図 3-4-2 キャンベル線図

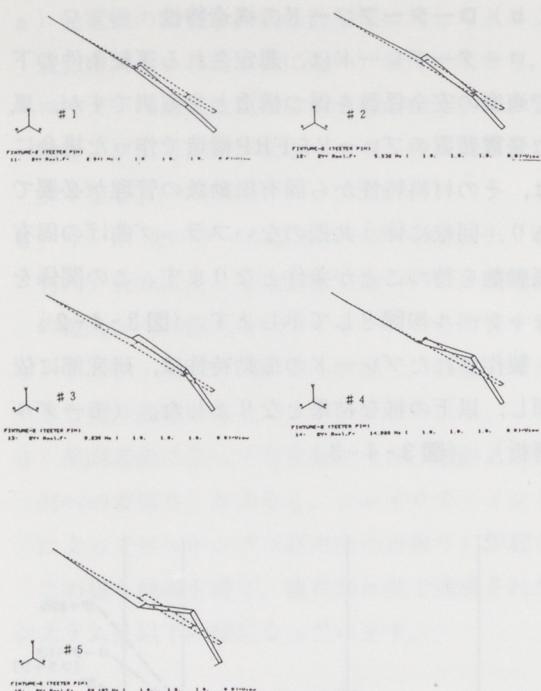


図 3-4-3 モーダル解析結果

c) コーニング角の効果について

ローター ブレードにコーニング角を設定するのには、以下の様な理由によります。

- イ) タワーとブレードのクリアランスを大きくして干渉を防ぐ。
- ロ) 空気力による曲げモーメントとブレードに働く遠心力の影響で、出力運転時のブレード荷重をピュア・テンション状態に近づけ、ブレードの荷重条件を楽にする。
- ハ) 上記の副次的效果として、ピッチベアリングの抵抗が軽減され、メカニカルガバナーの制御性が改善される。
- ニ) ローター自身が正の方位安定性を持つことになり、フリーヨーによる方位制御が可能となる。

このうち、ブレード・ルートの曲げモーメントおよび方位制御特性のデータを図 3-4-4 に示します。

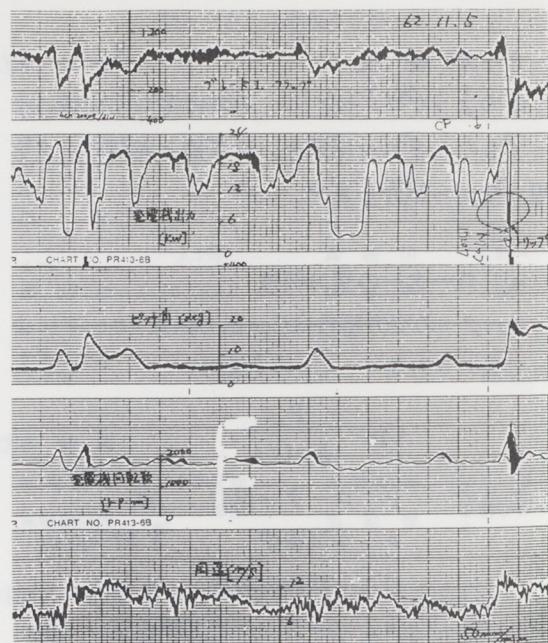


図 3-4-4 (イ) ブレードの曲げモーメント

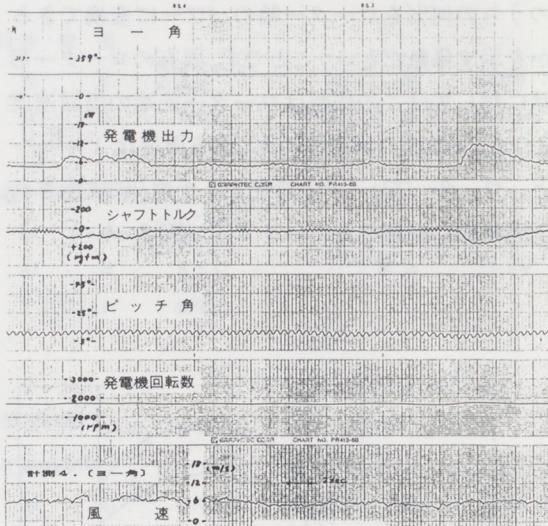


図 3-4-4 (ロ) 方位制御特性

d) メカニカルピッチガバナー

ローターのピッチ制御は、飛行機のプロペラやヘリコプターのローターで用いられているピッチ変換と同様で、強風時に、風車ローターの過回転や過荷重を防ぐための非常に重要な機能です。しかしながら、風力発電装置では、主として経済性

の観点から（装置が複雑化して設置コストが高くなり、しかも制御パワーを消費し、メンテナンスも煩雑である）一部の大型機や実験機を除いて、採用されることが少なかった訳です。

先に述べました直結型の誘導発電方式では、ピッチ角を固定して、誘導機の持つ反応トルク特性を利用して、強風時でも無理やり回転数の上昇を抑え込むという考え方を取っています。

しかし、この考え方では発生頻度の少い強風時への対応のために、ブレード、伝達系、発電機といった主要コンポーネントを過剰定格にしなければならず、最適設計から外れたものとなっています。

メカニカルガバナーによるピッチ変換システムは、この様な実情に即して開発されたもので図3-4-5に示すように定格風速の設定を、年間平均風速の2倍以下に抑えることが可能となり、システムの大巾な軽量化を可能にしました。

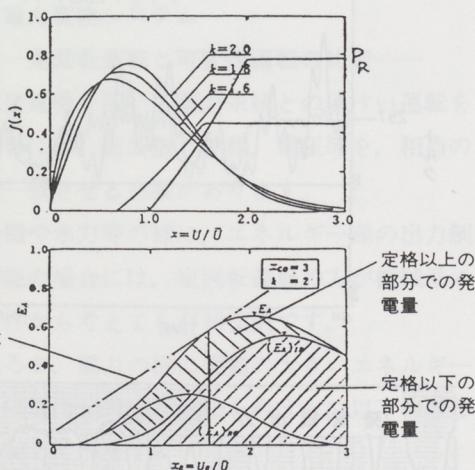


図 3-4-5

メカニカルガバナーの制御特性について、最も厳しい条件である無負荷時でガスト状態のデータで示します。（図3-4-6）

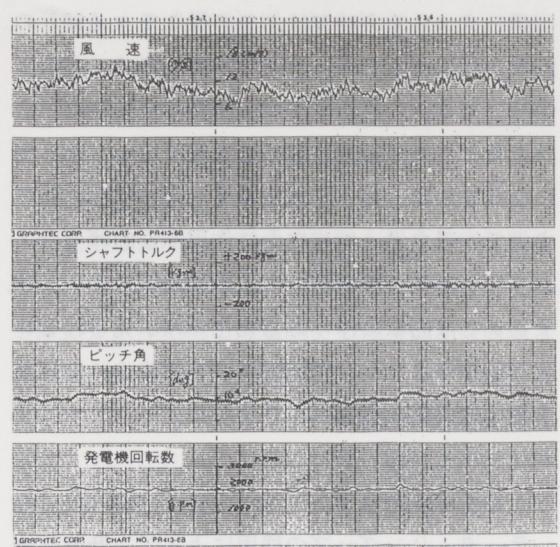


図 3-4-6 メカニカルガバナー制御特性

e) テーターリング・ハブ

ローターディスクエリア内では、ウインドシェー（地上付近と上空では風速が異なる）や局所的なガストおよびタワー後流の影響で風速の分布が一様でなく、又風向も変動します。この為に、2枚ないし3枚のブレードを持つローターのブレード付根部では、シャフトに対して大きな曲げモーメントを発生します。しかもこのモーメントは、ブレードの位相（アジマス）によって変化するため、回転数を基本数とする振動の要因となります。

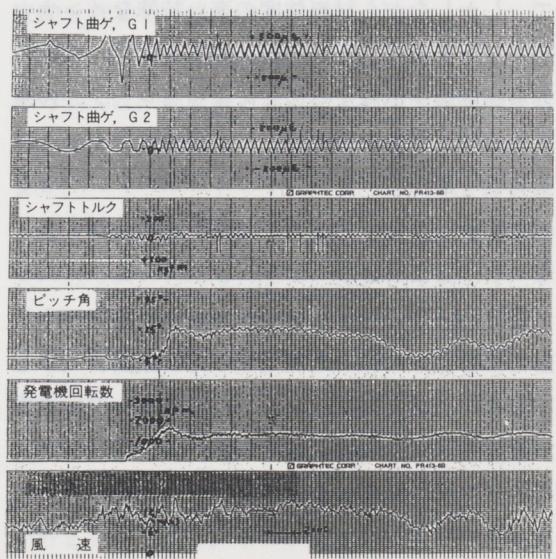


図 3-4-7 シャフト曲げ応力

テーターリングハブは、この様なモーメントの影響を軽減するために考案されたもので、本来はヘリコプターの技術ですが、同様に長大なローターを有する風力発電装置でも次第に用いられる様になりました。テーターリング構造とすることによって、アウターシャフトに作用する曲げモーメントはローターの自重による回転曲げのみとなり、データでは回転に伴う応力変化のみが見られるレベルとなりました。(図3-4-7)勿論これに起因する振動現象は皆無となりました。

f) クイルシャフト

テーターリングハブの採用によって、低速シャフトはかなり細身のものとなりましたが、それでもローター部分を片持ちで支えるという条件から伝達トルクによる捩りについては剛性過剰であり、その結果捩りの固有振動数が過大になってしまいます。

6m型のシリーズでは、開発当初、ハブや途中の結合部のキー、スプライン等伝達系に、計算に乗らない過剰のトルクが作用していることによる不具合が続発し、計測の結果これは全運転領域に見られる非常に大きなトルク変動であることが判明しました。(図3-4-8)

15m型ではこの問題に対する対策として、細身で、しかしながら材料強度の高い特殊なインナーシャフトを用いて全系の捩れ剛性を下げ、捩りの固有振動数を低減することによってローターの空力特性や、電力変換部のトルク特性に含まれる減衰特性を活かし、更にニトリルゴムのダンパーを追加することで、ステップ状の外乱にも対応できるレベルとなりました。

図3-4-9にシミュレーションによるトルク変動の推算と、同様の条件下における実測データを示します。シミュレーションには、ローターの空力特性や、電力変換システムのトルク特性も入っていますが、結果は非常に良い一致を見せてています。

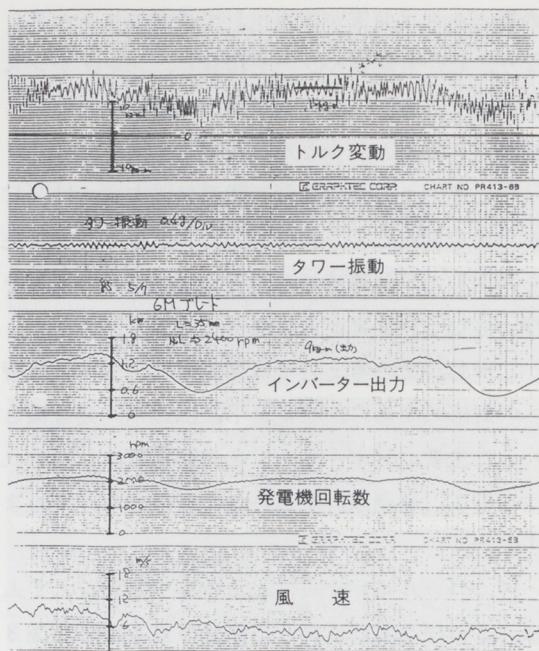


図3-4-8 6m型のトルク特性

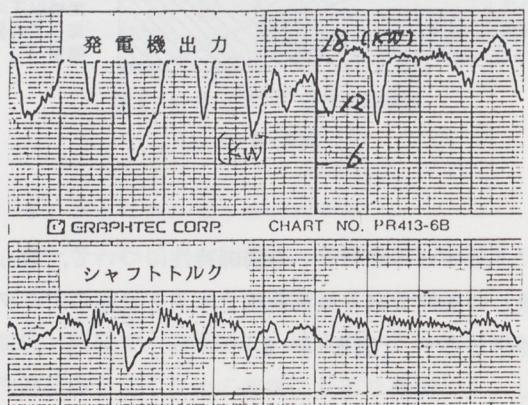
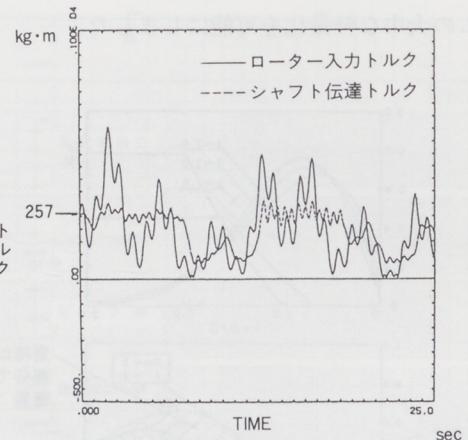


図3-4-9 伝達系トルク特性

g) フリーヨーとソフト・ソフトタワーおよび起倒装置

ローターのコーニング角によって、方位安定性が保たれ、ヨー制御（方位制御）は旋回ペアリングでタワー上部とナセル部を結合するだけの所謂フリーヨーシステムとなっています。タワーシャドウの影響等でローター系に発生するヨー系振動は、上記方式によってタワー系の振り振動特性との連成が絶ち切られ、タワー系の荷重条件が軽減されます。この様な特性を生かして、タワーは曲げの固有振動数が定格回転数の1Pより低いソフト・ソフトタワーとなっています。

これによってタワー系についても一層の軽量化がはかられ、電動ウィンチを用いた起倒が可能となりました。

実験時、この起倒方式によって、アクセシビリティーが大巾に改善され、作業効率を向上させることができました。

h) 電力変換システム

— 定回転運転と可変速運転の比較 —

交流発電機を用いて電力系統との連けい運転を行う場合には、周波数、位相、電圧等を、相当の精度で一致させる必要があります。

内燃機や水力等の様に、エネルギー源の出力制御が可能の場合には、定回転運転の方が機械系の設計条件から考えても有利な訳です。

ところが、風力の様に変動の大きいエネルギー源で、無理やり定回転運転を行うと、以下の様な問題点がでてきます。

イ) 図3-4-1に見られる様に、出力係数は周速比入で支配されます。風速の変動にもかかわらず定回転を保つことは、この入が常に変化することであり、最適設計点を外れた運転が続くという事です。

ロ) 定回転を保つために、ピッチ制御を行う必要がありますが、回転変動および出力変動の巾を狭める程ピッチ変換速度が大となり、制

御システムの容量増と制御パワーロスの増加をいたします。

ハ) 風速上昇時には、折角のパワーをピッチ変換によって逃がしてしまう訳です。エネルギー取得量をみすみす減ずる訳で勿体ない。

開発の当初には、可変速運転を行うのに必要な特殊な電力変換装置、即ち発電機の回転速度変動を許しながら系統との連けいを行う部分の設備コストが大きい為に、上記のディメリットが過少評価されていた訳ですが、その後の運転実績と研究によって、これによるエネルギー取得量の減少は、20~30%程にも及んで来ることが明らかとなつてきました。

加えて、可変速運転では、パワーレベルの変化を或る程度回転数変動で吸収しようとする考え方の為、伝達系のトルク変動が少く、ブレード、シャフト、增速ギア、カップリング等のコンポーネントの耐久性向上に繋がることも明らかとなつてきました。

風況モデルの下でのシミュレーションによる比較を30m型について行ったもので、このような特性の違いを見ることができます。

図3-4-9に設定した模擬風況を示します。

図3-4-9、10に回転数変動を示します。可変速運転方式では、この図の様に±20%前後の速度変動を許しています。

図3-4-11はピッチ角を表わしています。定回転方式では、回転数と出力の急減な変動を抑えこむために、急激なピッチ変換を繰返すことになります。

図3-4-12はローターの発生する空気力をトルクの形で表わしたもので、定回転方式では、ピッチの逃げのために取得パワーが抑えられていますが、可変速方式では、ガスト時のエネルギーを取込んでいます。

図3-4-13は伝達系のトルクです。可変速方式では、ローター系の回転数上昇の形でエネルギーが貯えられており、トルクレベルは定回転方式と

同じレベルに保たれています。

図3-4-14は発電機の出力です。可変速方式と定回転方式のエネルギー取得量には数10%の差異が見られます。

この様に、定回転方式と可変速方式の差が顕著に表われるのは、全系の慣性量と変動周期がマッチした時で、自然風が常にこの条件下にある訳では無いのですが、それにしても年間を通して、20~30%程の差異が出てくる事が容易にうかがえます。

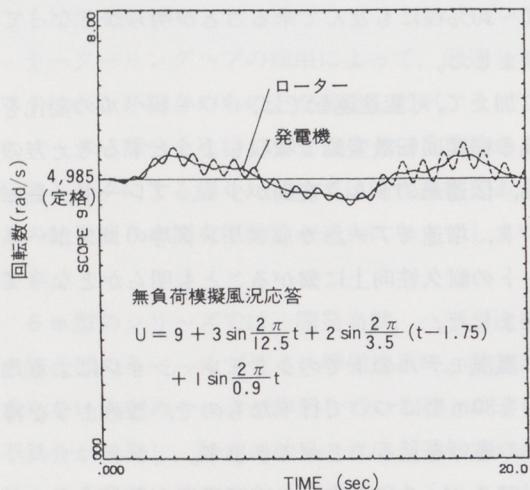


図3-4-9 回転数（可変速運転）

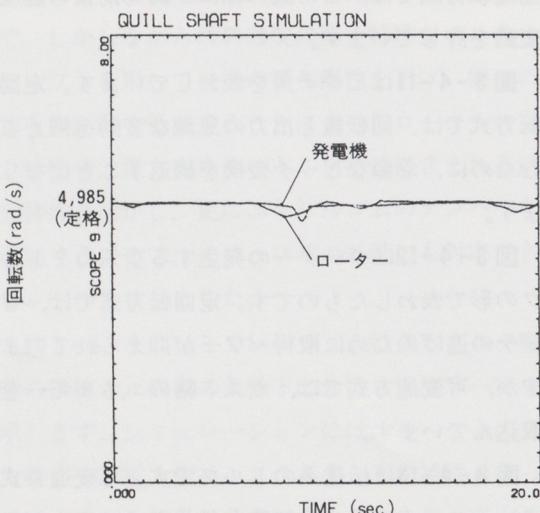


図3-4-10 回転数（定回転運転）

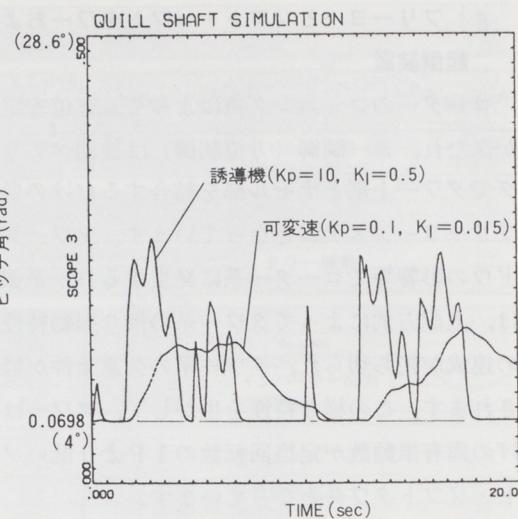


図3-4-11 ローターピッチ角

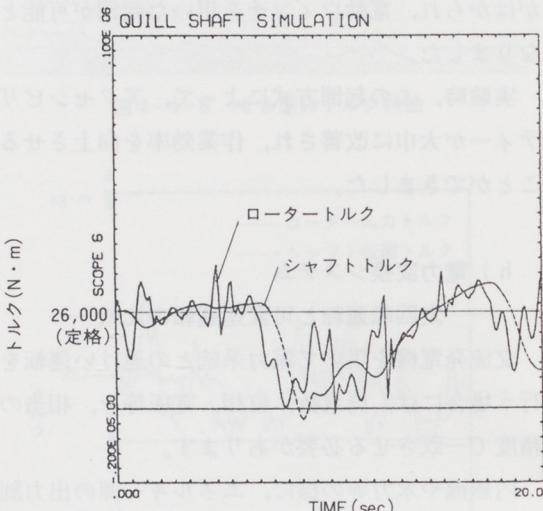


図3-4-12, 13 ロータートルク, シャフトトルク

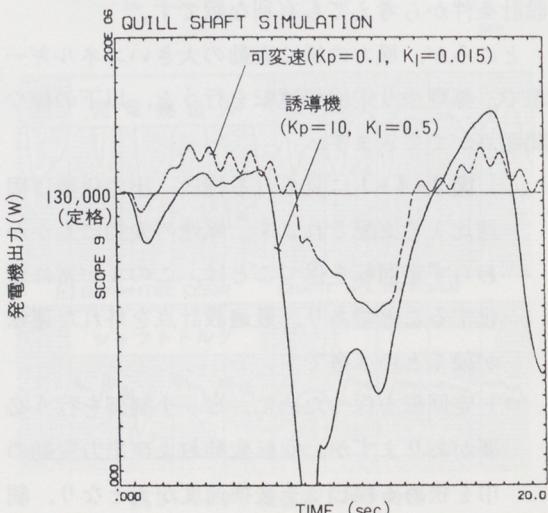


図3-4-14 発電機出力

可変速運転を可能にするためには、発電機と系統の間に、発電機を励磁し、かつ発生電力を風のエネルギーに合せながら制御するコンバーターと、このコンバーター部分で直流に変換された電力を、再び交流に変換しながら系統と同期して送り出すことのできるインバーターで構成される電力変換装置が必要になります。

当システムでは、スイッチング素子にトランジスタを用いたAC-DC-ACリンク方式による可変速発電系統同期電力変換器として開発しました。

この電力変換器は、ローターの回転数を情報として風況に合った出力制御を行ない、ピッチ変換システムと協調しながら、変動する風況の中で運転状態を制御し、最適状態に保つことができる能力を持っています。又、異常時のシステムの保護や系統の保護もする、システムの中枢に当る部分です。図3-4-15にこの部分のブロック図を示します。

電力変換部の主な構成要素は

- ①カゴ型誘導機（市販の電動機を改造して使用）
- ②上記の発電機を励磁し、出力状態を制御するトランジスター型コンバータ
- ③直流部分
- ④直流部分のパワーを交流に変換し、系統と連けいするためのトランジスター型インバータ。
- ⑤ ②および④を総合的に制御する主コントローラー。

②および④の電力変換部では、PWM方式による交流波形制御が行なわれています。

②の部分では更に、誘導機の発電制御を風況に合せて行なうため、低い回転数から高い回転数(22.5~112.5Hz)まで、誘導機のスペリートルク特性を利用しつつ、又、発電機自体の磁気飽和が起らない様に、電圧と周波数の関係を制御しています。

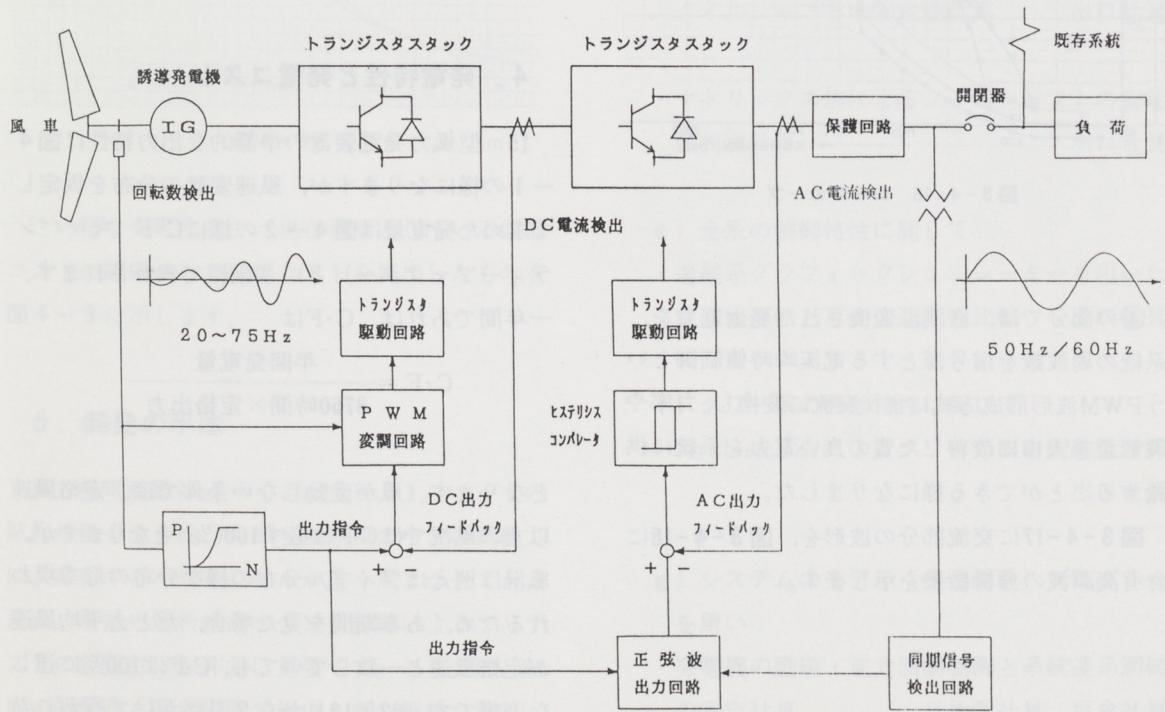


図3-4-15

トータルシステムとして、回転数と出力の関係を定められたマップの上にのせることを目指しており、図3-4-16に、結果として得られたベンチ試験による実測データを示します。

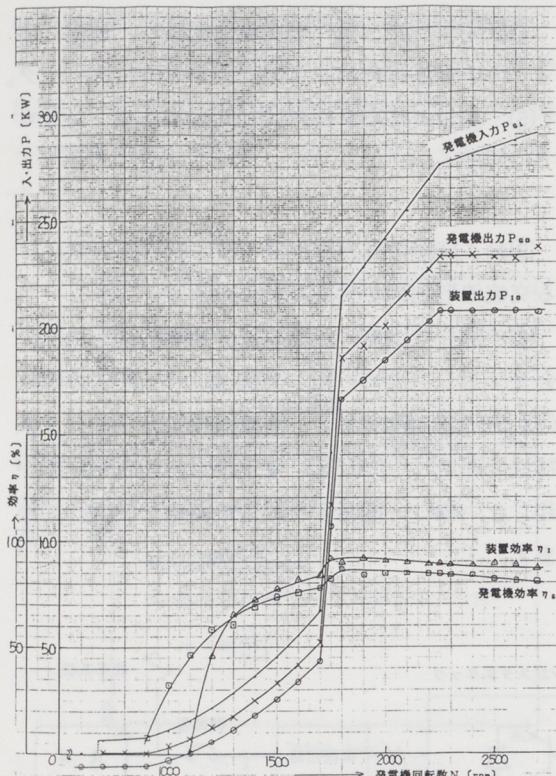


図3-4-16 N-Pカーブ

④の部分では、直流に変換された発生電力を、系統の周波数を信号源とする電流瞬時値制御というPWM波形形成方式により交流に変換し、力率や波形歪を大巾に改善した質の良い電力を系統に供給することができる様になりました。

図3-4-17に交流部分の波形を、図3-4-18に含有高調波の分析結果を示します。

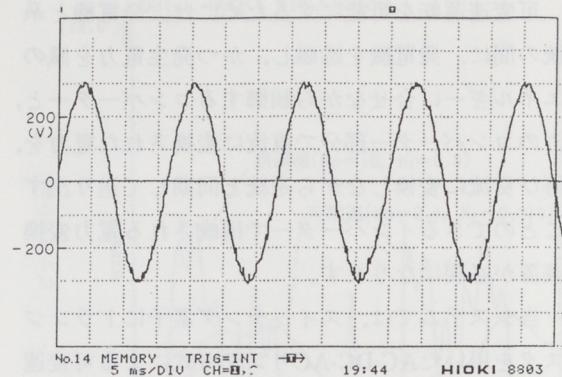


図3-4-17 インバータ端の出力波形

調波次数	レベル	基本波との差	比率	目標性能	評価
1	57.5 (dB)				*
7	19.5	38 (dB)	1.2 (%)	1 (%)	可
総合			1.2	2	良

図3-4-18 含有高調波分析結果

この他、系統との保護協調をはかる部分についても、度重なるベンチ試験およびフィールド試験で、実用化の段階に近いレベルを達成しています。

4. 発電特性と発電コスト

15m型風力発電装置の準静的な出力特性は図4-1の様になりますが、風速変動の分布を仮定して求めた発電量は図4-2の様にC-F（キャパシティーファクター）という指標で表わされます。一年間であれば C-Fは

$$C-F = \frac{\text{年間発電量}}{8760\text{時間} \times \text{定格出力}}$$

となります。風が変動しない条件では、定格風速以上の風況ではC-Fは必ず100(%)となります。風況は例えばワイブル分布の様な分布の形で現われるため、ある期間を見た場合、たとえ平均風速が定格風速と一致していても、C-Fは100%に達しない訳です。62年12月から2月にかけて行われた耐久試験では発電時間約1100時間に対し、約5500 kWhの発電量があった訳ですが、1時間単位に

まとめた平均風速とC-Fの関係は図に※印で示されたレベルとなります。

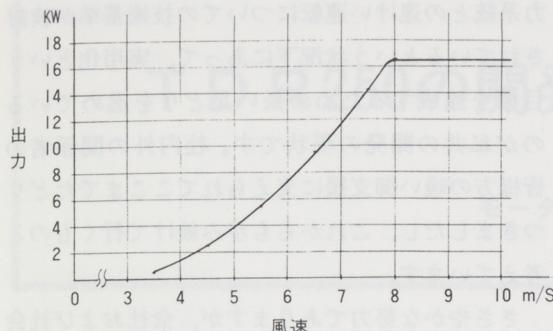


図 4-1 静特性

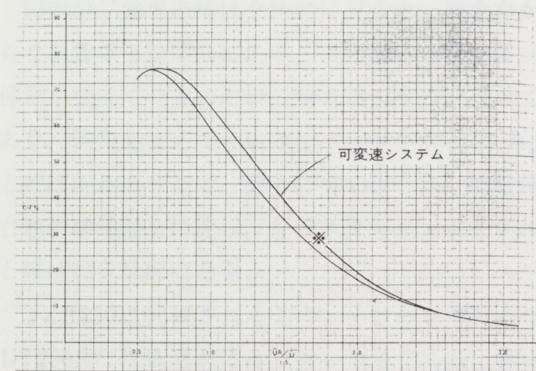


図 4-2

この様な発電性能と、現在目標としている設置コストの関係から、発電コストを算出したものを図 4-3 に示します。

5. 開発の手法

風力発電装置は、サイズが大きく 1 ユニットの試作単価も大きく、しかも自然風の中での試験では、発生するパワーレベルが全く風まかせであるため、事前の解析検討やベンチ試験によるプリテストの位置付けが非常に重要です。ここでは、紙面の関係から開発段階で用いられた解析、計算、実験の手法を担当者と共に紹介するに止めます。

将来このような場で詳細の発表が行われること

を期待します。

a) ローターの空力設計に関して

- ・環状運動量理論による空力特性計算とこれを用いた最適形状設計 田中主任

- ・微少攪乱理論によるローターの方位安定性計算 佐藤(彰)社員

b) ローターの構造設計に関して

- ・Myklestad 法によるローターブレードの振動特性計算 田中主任

c) ローターの制御特性に関して

- ・連続系グラフィックシミュレーターを用いたメカニカルガバナーの制御特性計算 田中主任

d) 伝達系の安定性計算に関して

- ・連続系グラフィックシミュレーターを用いたクイルシャフトの安定性計算 出口社員

- ・マトリックス法によるクイルシャフトの安定性判別計算 出口社員

e) 全系の制御特性に関して

- ・連続系グラフィックシミュレーターを用いた定回転運転と可変速運転の比較 出口社員

f) タワー系の振動特性に関して

- ・Myklestad 法によるタワーの固有振動数計算 出口社員

- g) システムのモデル（伝達関数）プログラムを用い

- ・発電機の励磁・電力回制制御と系統連系制御の安定計算 日比野社員、戸倉社員

- h) 誘導機の等価プログラムを用い

- ・誘導機の等価回路評価とスペリートトルク特性
計算 戸倉社員

- ## i) 電力変換器出力電圧、電流歪評価プログラムによる電力品質検討 日比野社員

- j) 風力発電システムの等価ベンチによる動特性評価 日比野社員、戸倉社員

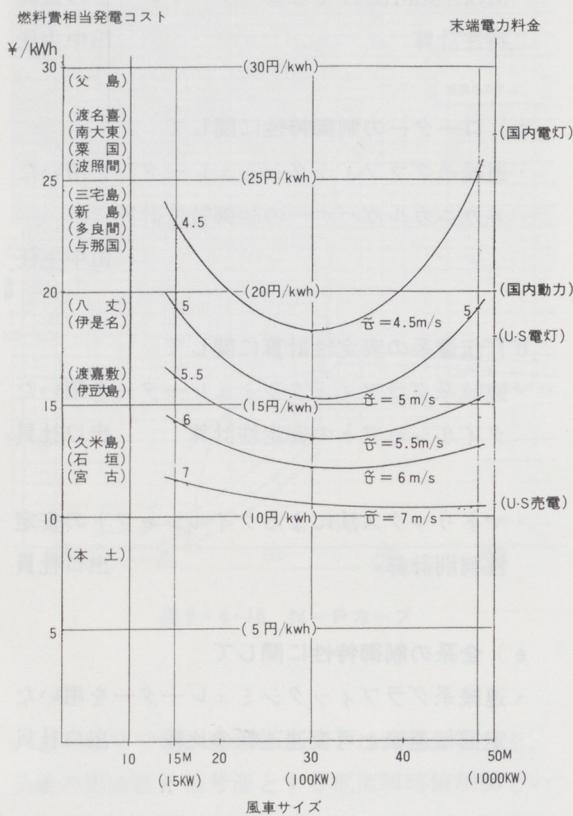


図4-3 発電コスト

6. おわりに

現在、我国に於ては風力発電装置本体および電力系統との連けい運転についての技術基準が検討されているという状況下にあって、実用化という目標を達成するための長い足どりを進めているのが私共の開発の現状です。社内外の関係者の皆様方の暖い御支援に支えられてここまでたどりつきましたし、これからも歩み続けて行くものと考えています。

ささやかな努力であります、会社および社会の今後の発展に少しでも資するところがあれば幸いと考えます。

TDR250の開発



モーターサイクル本部
第1技術部技術11課 富本史郎

1. はじめに

国内の二輪車市場は全体的に見ると、残念ながらここ数年下降傾向にある。この国内市場で唯一伸長を続けているのが軽二輪スポーツのクラスであり、伸長を支えているのが「レーサーレプリカ」と呼ばれるモデルで、図1に示すように、総登録台数の40%以上に達し、今やスタンダードモデルと呼ばれる状況にある。

TZR250に代表されるこのレーサーレプリカや、DT200Rに代表されるオフロードモデルは、ロードレーサーやモトクロッサーにより近づく宿命を背負っており、単機能化、言い替えると先鋭化の方向にある。このクラスのモーターサイクルは趣味性の強い商品であるため、単機能化することによる研ぎ澄まされた美しさが求められることは当然であるが、追求された機能以外のところでは、ガ

マンが強いられることも事実である。

このような背景の中で、モーターサイクルの楽しさの原点である「走り」に重点を置き、走れる場所を広げること、ファンライディングゾーンを拡大することにより、ライダーに新たな楽しみを提供しようとするのが今回紹介するTDR250（写真1）である。



写真1 TDR250

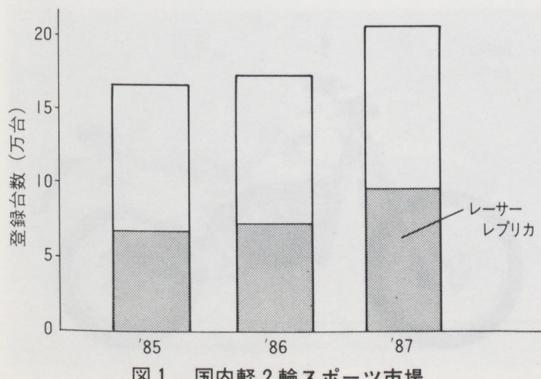


図1 国内軽2輪スポーツ市場

2. 開発概要

開発の狙いは図2に示すように、すべての道で楽しいモーターサイクルであるが、ここで言うすべての道とは、ライダーが日常的に出会う道、すなわち公道を意味する。

オフロードモデルも含め、レーサーレプリカは走りのターゲットをサーキットやモトクロスコースなどに置くのに対し、TDR250は図3のように、

日常のライディング・ゾーンを対象に走る、曲る、止まるのモーターサイクルの原点を追求



- 走破する楽しみ
- 速く、快適に走る楽しみ
- マシンを操る楽しみ



すべての道で楽しいモーターサイクル

図2 TDR250開発の狙い

道を選ばず楽しめるマシン



ファン・ライディング・ゾーンの拡大

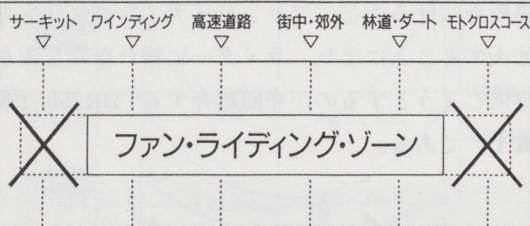


図3

この両極端の部分を切捨てている。その上で残った公道の部分で一番楽しいマシンを作ることを目標とした。

エンジンについては、TZR250のものを使用した。エンジン性能は、モーターサイクルの性格の大きな要素となるが、オンロードで楽しく走るた

めに45馬力の性能と、2気筒エンジンが持つ吹き上り感が不可欠だと考え、TZR250のエンジンを選択した。TZRのエンジンが単に最大出力のみを追い求めただけでなく、中低速性能も伴せ持つ優れたエンジンであることも選択の理由である。

モーターサイクルが走る路面は大きく分けて2種類ある。オンロードとオフロードである。

(本来の意味から外れるが、本稿では舗装路をオン、林道やジャリ道といった未舗装路をオフと呼ばせていただく)

オンロードを走ることを目的としたマシン、TZR250(写真2)、オフロードを走るためのマシン、DT200R(写真3)を比較してみると、細部のパーツの形状のみならず、全体のプロポーションまでが大きく異なることが理解できる。

これは、オンとオフでは要求される機能が異なることを意味するが、TDR250の開発で一番苦労したのは、1つの部品でいかにして両方の機能を満足させるか、という点であった。

設計的にも苦労したところであるが、試作車のテストの際にも、オンとオフで評価基準が異なるため、両方のテストが必要となる場面もあった。

比較モデルについても、新しいジャンルということで、対抗モデルが存在しないため、オンとオフの代表たるTZR250とDT200Rを比較モデルとした。

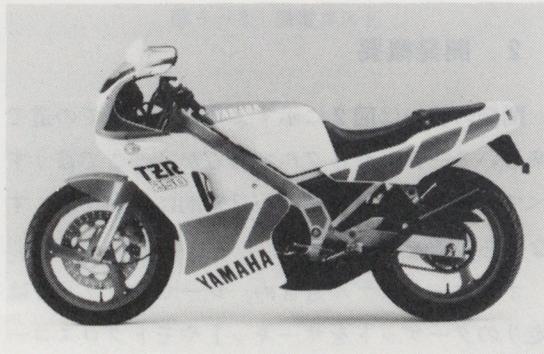


写真2 TZR250



写真3 DT200R

3. エンジン関係主要諸元

前章で述べたとおりエンジン本体はTZR250と基本的に共通である。TZR250のエンジンに関しては、ヤマハ技術会報No.3に詳しいので参照願いたい。

TDR250ではTZRのエンジンをベースに下記を変更した。

- (1) 1速ギヤレシオ
 - (2) 2次減速比
 - (3) クロスアップマフラー
 - (4) エアクリーナ
 - (5) デジタル進角CDI点火
- (YPVSコントロールユニット一体化)

(1)(2)については、中低速域の走行性能向上、(3)については、オフロードでの走破性向上、(5)については、小型軽量化を目的としている。

エンジン性能としては、TZRと殆ど同じであるが、2次減速比を大きくすることにより、図4に示すように、後輪駆動力を高め、中低速域の走行性能を向上させている。発売後の市場評価でも加速力抜群と好評を博しており、TDR250の大きなチャームポイントとなっている。

主要諸元の詳細については、文末の表2を参照願いたい。

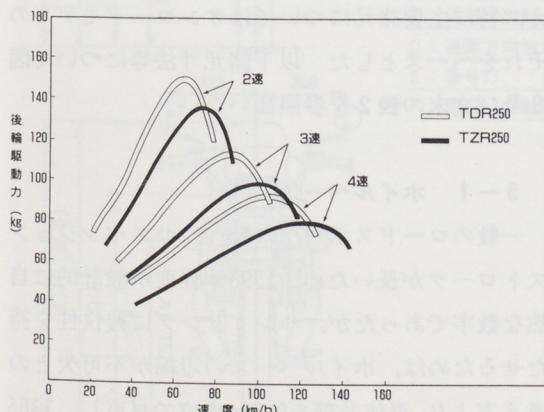


図4 走行性能曲線

4. エンジン関係各部

4-1 クロスアップマフラー

2～エンジンの設計で、いつも苦労するのが、マフラーの通しである。エンジン性能の向上に伴い、胴径が太くなる傾向にある反面、ライディングポジションやバンク角からの要求でマフラーを通せる場所が制限されるケースが多くなっている。

TDR250は、最低地上高を確保するため、アップマフラーを採用したが、エンジン性能をTZRと同等にするためマフラーの基本寸法がTZRと同じであり、2本のマフラーを単純に左右に通したのでは車体巾が巨大になり、カバの背中に乗るようなものとなる。

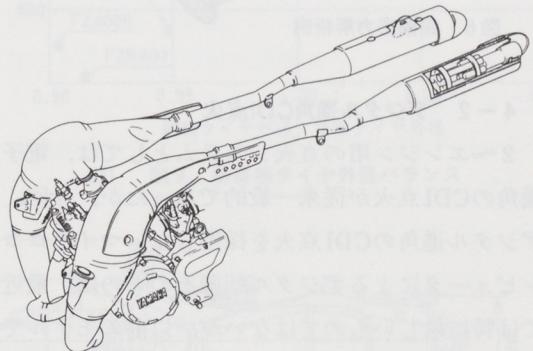


図5 クロスアップマフラー

これを解決するために採用したのが、図5に示すクロスアップマフラーであり、シリンダ前方でマフラーをクロスさせることにより長さを稼ぎ、膨張室部がライディングの妨げにならない形状とした。

今回、マフラー通しに関しては、上記の機能上の要件以外に、外観上の重要な要素となっているため、デザイナーからの要求も多く、設計をやり直すこと実に10仕様目で最終仕様が決定した。

設計に当り、3次元CADのSTAGEを活用したのは当然であるが、従来、オーソガナルエンジンマウントの影響で開発に時間を要した耐久性に関し、最近リリースされた振動応力解析を利用した。

これは、エンジン加振力を入力とし、マフラーの振動モードよりマフラー各部の応力をシミュレートする手法で、最適のマウント位置及びバネ定数、各部の応力予測が可能である。おかげでマフラーの耐久性に関しては、全く問題なく開発を終了することができた。図6に解析結果の例を示す。

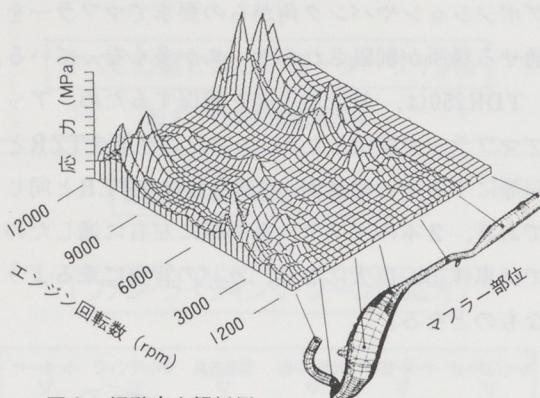


図6 振動応力解析例

4-2 デジタル進角CDI点火

2φエンジン用の点火システムとしては、電子進角のCDI点火が従来一般的であったが、今回、デジタル進角のCDI点火を採用した。マイクロコンピュータによるデジタル制御そのものは、最近では特に珍しいものではないが、以前のモデルでは別に設けていたYPVSのコントロールユニット、及び海外向のモデルに使用しているサイドスタンダスイッチのコントロールユニットをも一体化したことが特徴である。

CDIユニット自体は多少大型化したが、他のユ

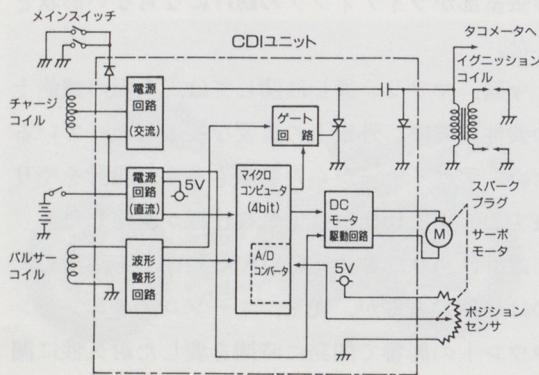


図7 デジタル進角CDI ブロックダイヤグラム

ニットが無くなることによりスペースレイアウト上メリットが大きい。

作動については図7のブロックダイヤグラムで御理解願えると思うが、追記すべきこととして

○直流電源回路によりバッテリーなしでもエンジン始動が可能である。

○点火パターンを4特性内蔵しており、簡単な変更で他のモデルへの流用が可能である。が掲げられる。

今回の開発では諸々の事情により、マイクロコンピュータの能力を100%使い切ったとは残念ながら言えない。スロットル開度制御や、ブースト制御など今後のモデルでぜひトライしたいところである。

5. 車体関係主要諸元

開発概要に記したように、すべての道で楽しいマシン作りを目指したわけであるが、現実的な設計の手法として、オンロードモデルをベースにして、オフロード走行に必要な機能を付加していく方法を選択した。選択の理由はエンジンにある。

TDR250のエンジンの最高出力は45馬力であり、最高速度は必然的に180km/h程度に達することになる。そのため高速の操縦安定性について、ロードスポーツ車並の性能を確保する必要があると考え、特に主要諸元についてはオンロードモデルのそれをベースとした「以下諸元寸法等について図8及び文末の表2を参照願いたい。」

5-1 ホイルベース

一般のロードスポーツに較べ、サスペンションストロークが長いため、1395mm程度が設計的に自然な数字であったが、ハンドリングに軽快性を持たせるためには、ホイルベースの短縮が不可欠との考え方より、車体各部を0.5mm単位で見直し、1385mmにおさえることができた。

5-2 ホイルサイズ

他社のモデルも含め、ロードスポーツ車の主流は前後共17インチ、オフロード車の主流は前輪21インチ後輪18インチである。前者はオンロードでの操縦安定性、後者はオフロードでの走破性、操縦安定性を主眼にサイズが決定されている。

TDR250はオンとオフの両立が可能と考えられる前輪18インチ、後輪17インチとした。前輪19インチの考えもあったが、ホイルベースが伸びること、ユーザーが好みでタイヤを交換する時の種類の豊富さの点で18インチとした。

ただし、タイヤサイズの決定に際しては、前後輪の外径バランスに配慮し、同じ18インチの中でも、外径の大きなタイヤを選択した。図9にいくつかのモデルの前後輪の外径比を示すが、TDR250の位置づけが理解願えると思う。

5-3 キャスター角、キャスター

キャスター角は当初TZ250並の26°でテストしたが、フロントのホイルサイズ18インチとの関係で、オフロード走行時にハンドルが切れ込む傾向が出たため、27°とした。

キャスターについても、ロードスポーツで一般的な95~100mmより少し多い114mmとし、オフでの安定性を持たせた。

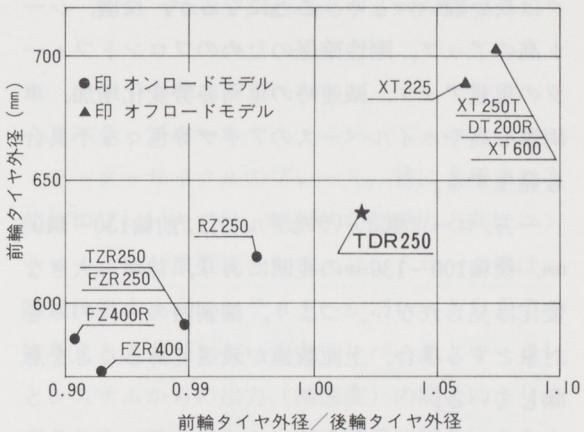


図1 図9 前後輪タイヤ外径バランス

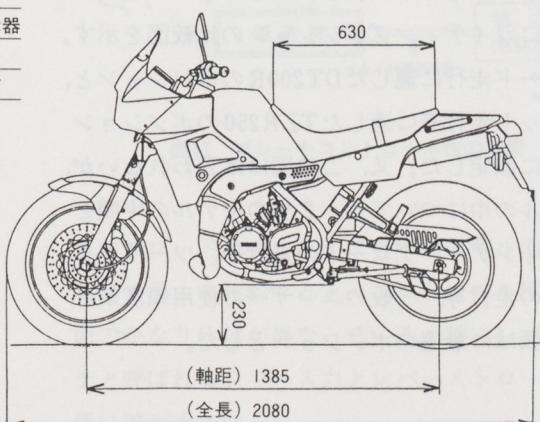
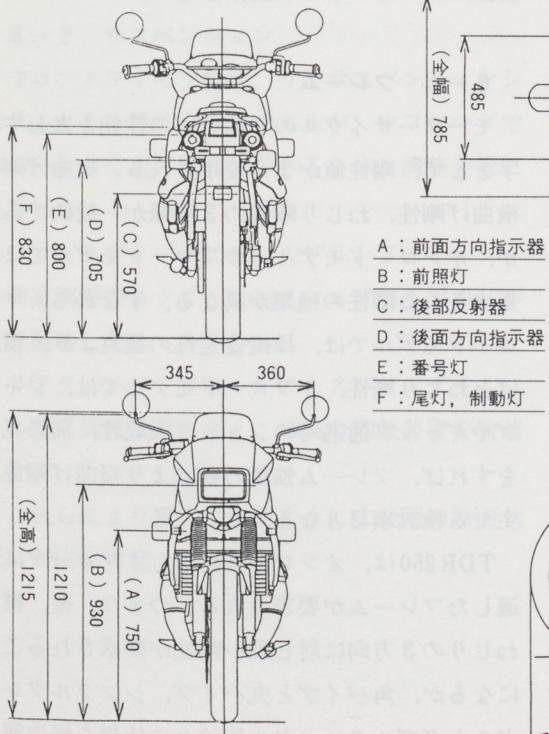


図8 車体寸法諸元

5-4 サスペンションストローク

主要諸元の検討の内で、ホイルサイズと同じく特に悩まされたのが、サスペンションストロークである。

DT 200Rに代表されるオフロードモデルではサスペンションストロークが長大化する傾向にある。オフロードの走破性のみに着目すれば、ストロークは長い程いいということになるが、反面、シート高のアップ、剛性確保のためのフロントフォークの重量アップ、減速時の車両姿勢変化増加、車両重心高やホイルベースのアップ等色々な不具合も発生する。

一方、ロードスポーツモデルでは、前輪130~140mm、後輪100~130mmの範囲にあり、昔から大きな変化は見られない。つまり、舗装路の走行のみを対象とする場合、上記数値が最適であることを意味している。

このような状況の中で、オンロードでの性能を確保しながら、オフロードで高い走破性を持たせることができるストロークを検討した。モトクロスレースのような大ジャンプや大きなギャップ走行を対象としない場合は前輪160mm、後輪150mm程度あれば、オフロードでも充分通用することが、実走テストの結果から得られたため前輪160mm、後輪150mmに決定した。

5-5 ライディングポジション

図10にライディングポジションの比較図を示す。オフロード走行に適したDT200Rのポジションと、サーキット走行等に適したTZ250のポジションの中間に設定した。又、この図には表われないが、ハンドルの巾についても、2つのモデルの中間とし、ワインディングロードの走行や、ツーリング、市街地の走行等、一般のユーザーの使用頻度が一番高い領域に最適のポジションとした。

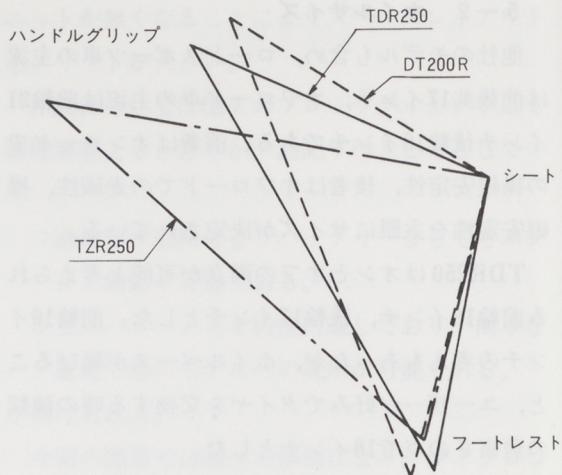


図10 ライディングポジション比較
(シート、ヒップポイント基準)

6. 車体関係各部

比較的オーソドックスな仕様であり、ニューフィーチャーと呼ばれるものは少ないが、特徴的な項目についていくつか紹介したい。

6-1 フレーム

モーターサイクルのフレームの性能を表わす数字として、剛性値がよく使用される。縦曲げ剛性、横曲げ剛性、ねじり剛性の3種類が一般的であるが、オンロードモデルとオフロードモデルでは、重視される剛性の種類が異なる。すなわち、オンロードモデルでは、操縦安定性の観点より、横曲げとねじり剛性、オフロードモデルでは、ジャンプやギャップ通過時のショック吸収性、別の見方をすれば、フレーム強度の観点より縦曲げ剛性が主たる検討項目となる。

TDR250は、オンロードにも、オフロードにも適したフレームが要求される。つまり、縦、横、ねじりの3方向に対し高い剛性が要求されることになるが、角パイプと丸パイプ、シングルクレードルとダブルクレードル等種々の仕様を構造解析

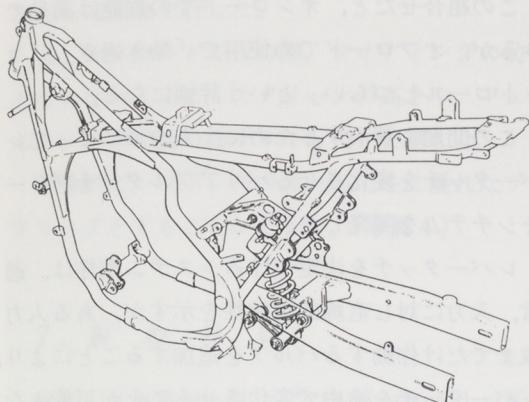


図11 高張力鋼管ダブルクレードルフレーム

で比較しながら、最もバランスの良い、丸パイプのダブルクレードルフレームとした。

強度部材については、STKMHT60, SAPH45等、高張力材を採用し、強度的な余裕を持たせた。(図11)

材質についてアルミも検討したが、コスト上の制約及び、アップマフラーにより車体内部のスペースに余裕がない等の理由で採用を見送った。

6-2 サスペンション

フロントフォーク構造、リアサスペンションシステムとも一般的なものであるが、オフロードでのハードな走りに対応できるよう、調整装置に配慮した。

フロントフォークには、スプリングのイニシャル荷重調整用スクリュに加え、エア加圧用のバルブを装着した。

リアクションユニットにもスプリングイニシャル荷重調整装置に加え、減衰力調整装置を装着した。

これらにより表1に示すように広範囲の路面状況に対応が可能となった。

路面の状況 または走行状態	フロント		リヤ	
	エア圧	スプリング イニシャル	ダイビング アジャスタ	スプリング セット長
●一般、高速	0kg/cm ²	7本目	7段	180mm
●未舗装路	0kg/cm ²	7~3本目	7段	180mm
●一般的の林道	0.4kg/cm ²	3本目	5段	170~175mm

■ ……標準
□ ……調整

表1 サスペンションセッティングの目安

6-3 ブレーキ

モーターサイクルのブレーキ、特に多用される前輪のブレーキでは、絶対的な制動力と共にコントロール性が重要視される。コントロール性は、図12に示すように、ライダーがブレーキシステムに与える入力(レバー入力とレバーストローク)とシステムからの出力(減速度)の関係により決定される。又、入力と出力の関係は図中にあるようなシステム構成部品の仕様により定められる。

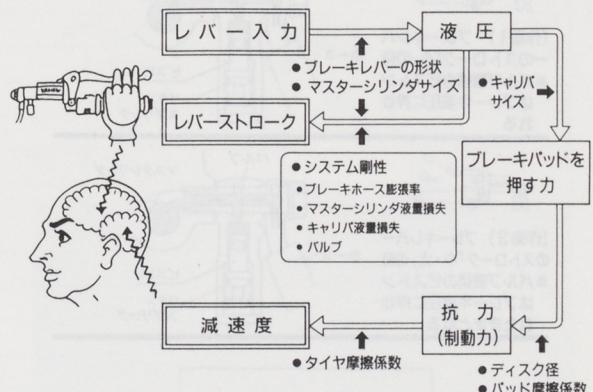


図12 ブレーキコントロール性の要素

オンロードモデルとオフロードモデルのブレーキシステムを比較すると、コントロール性という面でかなり仕様が異なっている。特にレバータッチと呼ばれるレバー入力とレバーストロークの関係に差が大きい。

摩擦係数が0.8程度の舗装路面を対象とするオンロードモデルでは、レバー入力に対するレバーストロークを小さくし、硬いタッチによるダイレクト感が重視されるが、摩擦係数が0.4~0.6の未舗装路面を対象とするオフロードモデルでは、入力に対するストロークを大きくし、微妙なコントロールを可能にしている。いわば、入力依存型とストローク依存型である。

TDR 250のブレーキシステムは、オンロードで優れた制動フィーリングを得るために、基本仕様としてTZR 250の仕様を共通仕用している。すなわち、φ320の大径フローティングディスクと4ポットキャリパの組合せである。

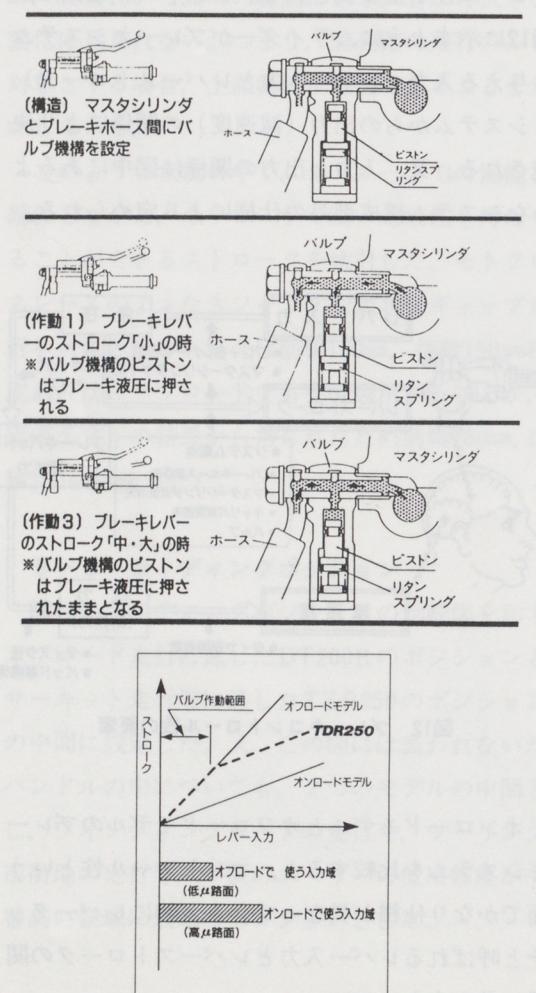


図13 バリアブルタッチブレーキシステムの作動原理と機能

この組合せだと、オンロードでの性能は満足できるが、オフロードでの使用で「効き過ぎ」、「コントロールしづらい」という評価になる。

この問題を解決するために、入力域によってレバータッチを変化させるバリアブルタッチブレーキシステムを開発した。

レバータッチを決定づけるシステム剛性は、通常、入力に対し直線的な特性を示すが、ある入力域までだけ作動するバルブを追加することにより、レバータッチを途中で変化させることが可能となる。すなわち、図13に示すように、路面の摩擦係数の差により、オンとオフで使用する入力域に差があることに着目し、低入力域ではオフロードモデルの特性、高入力域ではオンロードモデルの特性を、バルブ追加により持たせたのが、バリアブルタッチブレーキシステムである。

バルブの構造と作動を図13に示すが、バルブで消費する液量はφ8.4×3.4（ストローク）で約0.2ccである。

6-4 フェアリング

レーサーレプリカモデルでは、最高速が大きなセールスポイントとなるため、伏姿勢での空気抵抗の減少を主眼に設計されたため、ウインドプロテクションが犠牲になっているケースが見られる。

TDR 250では、ウインドプロテクションを最優



写真4

先として開発を行った。

又、オフロード走行の際、ライディングの妨げとならないように、スクリーンの高さや、フュエルタンクとの面の継ぎりにも充分配慮した。

結果的に、バランスの良い実用性に優れたフェアリングとすることができた。(写真4)

7. おわりに

近年、北海道ツーリングの人気が高まり、夏が近づくと雑誌の誌面を賑わしている。北海道の特色は、広大な自然もさることながら、突然舗装が切れてジャリ道になるというように、道がバラエティに富んでいることであろう。開発スタート時要求される機能の確認のために、北海道体験ツーリングを実施したTDR250は、正に、北海道に最適のマシンと言える。

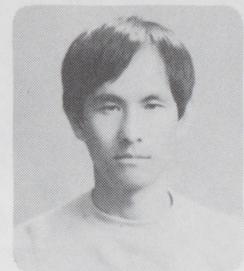
より多くのライダーが、様々な場所で新しいモーターサイクルの楽しみを感じてくれることを願っている。

最後に、本モデルの開発、製造、販売に当り、御協力いただいた社内外の方々に深く感謝の意を表したいと思います。

営業呼称			TDR250	型 式		2YK(TM28SS)
通称名			ヤマハTDR250	キヤブレタ		メインジェット
車名・型式			ヤマハ・2YK	ジェットニードル		♯210
認定番号			II-145	クリップ段数		5L19
類別区分			スタンダード	油面高さ(H 寸法)		25
機種コード			2YK	アイドリング回転数		20~22mm
車台打刻開始番号			2YK-066101~	フレーム型式		1200r.p.m.
原動機型式			1KT	車 キヤス タ		鋼管ダブルクレードル
発売年・月			昭和63年1月	ト レ 一 ル		27°
寸法	全長	2080mm	ハンドル切れ角		114mm	
	全幅	785mm	フュエルタンク容量/予備容量		左右各40°	
	全高	1215mm	オイルタンク容量		14ℓ/約4ℓ	
	シート高	820mm	フロント		1.4ℓ	
	軸間距離	1385mm	フォーク		オイル量/種類	
	最低地上高	230mm	タイヤサ イ ズ		388cm ³ (cc) / G-10	
重量	乾燥重量	134kg	(指定タイヤ)		オインレベル	
	車両重量	151kg	タイヤサ イ ズ		123mm	
	前輪分布	74kg	(前輪)		インナチューブ径	
	後輪分布	77kg	(後輪)		φ 38mm	
	車両総重量	261kg	タイヤサ イ ズ		タイヤサ イ ズ	
	前輪分布	110kg	(後輪)		前輪	
乗車定員	後輪分布	151kg	タイヤサ イ ズ		100/90-18 56H(ブリヂストンTW35)	
	乗車定員	2名	(高速走行)		後輪	
	最高出力	45PS/9500rpm	タイヤサ イ ズ		120/80-17 61H(ブリヂストンTW36)	
	最大トルク	3.6kg-m/8500rpm	1名乗車		タイヤサ イ ズ	
	※定地燃費(運輸省届出値)	43km/ℓ (50km/h)	(高速走行)		前輪	
	登坂能力	θ = 32°	1名乗車		後輪	
原動機	内径 × 行程	56.4×50.0mm	空気圧		1.75kg/cm ² (2.00kg/cm ²)	
	総排気量	249cm ³ (cc)	1名乗車		2.00kg/cm ² (2.25kg/cm ²)	
	クラッチ形式	湿式多板	(高速走行)		2名乗車	
	点火方式	CDI	2名乗車		前輪	
	エアクリーナ形式	湿式ウレタンフォーム	2名乗車		後輪	
	ミッション	通常交換時 1000cm ³ (cc)	ブレーキ		2.25kg/cm ²	
動力	オイル量	O / H 時 1000cm ³ (cc)	フロントブレーキレバー		2~5mm	
	冷却水量	エンジン/ラジエタ 1450cm ³ (cc)	リヤブレーキペダル		無調整式	
		リカバリ 250cm ³ (cc)	クラッチレバーの遊び		10~15mm	
		全容量 1700cm ³ (cc)	ホイール		1.75kg/cm ² (2.00kg/cm ²)	
			トーラル		160mm	
			バッテリ型式		1.75kg/cm ² (2.00kg/cm ²)	
ボアト開閉時期	吸気	開き 自動管制式	スパークプラグ型式		1.75kg/cm ² (2.00kg/cm ²)	
		閉じ 自動管制式	BR8ES BR9ES		1.75kg/cm ² (2.00kg/cm ²)	
	排気	開き A.T.D.C.84~93°	ヘッドライト		1.75kg/cm ² (2.00kg/cm ²)	
		閉じ B.T.D.C.84~93°	ストップ/テール		1.75kg/cm ² (2.00kg/cm ²)	
	掃気	開き A.T.D.C. 120°	フラッシュランプ		1.75kg/cm ² (2.00kg/cm ²)	
		閉じ B.T.D.C. 120°	メータ灯		1.75kg/cm ² (2.00kg/cm ²)	
機器			スピードタコテンプ		12V60/55W	
			メータ灯		12V21/ 5W	
			ヘッドライト		12V23W×4	
			ストップ/テール		12V3.4W	
			フラッシュランプ		12V1.4WX2	
			メータ灯		12V1.7W	
機器			火 計 器	速度警告灯	12V3.4W	
				ニュートラル	12V3.4W	
				ハイビーム	12V3.4W	
				フラッシュ	12V3.4W	
				オイル	12V3.4W	
					12V3.4W	

表2 主要諸元表

ヤマハレースエンジン “OX66”



AM技術部 吉川 雅明

1. まえがき

ヤマハ発動機は、伝統的に自動車用の高性能エンジンの開発にかかわってきた。レース用4バルブエンジンは、'70年代初期から試作およびレース参加を行なった。乗用車用の4バルブエンジンは、'82年より生産を開始している。レースエンジンが、生産エンジンに10年程度先行しているのが理解されよう。'82年末、4バルブの次世代の新技術開発を目的に、'76年以来中止していたレースエンジン開発が再開された。当時、最も自由度の高いレギュレーションとしてF2が選ばれ、世界初の自動車5バルブエンジンであるOX66が誕生した。

エンジンメーカーは、レースチームに対してエンジンを公平に供給することが理想であるとの考えで、本エンジンは開発当初より市販を前提として設計、開発が行なわれた。OX66は'85年よりレース参加が開始され、'86年より約20台がレンタルにより、一般ユーザーに使用された。'87年12月末日のレンタル期間終了を機に、技術面を中心に振り返ってみたい。

2. 開発の狙い

(1) バランスの良い高性能

- DOHC 5バルブ
- 摩擦損失の低減

- 吸排気系のチューニング
- 燃料系、点火系の最適制御

(2) 市販を考慮したシンプル設計

- 部品点数削減
- 左右バンク部品共通化
- メンテナンス向上

(3) コンパクト、軽量

(4) 低コスト

- Ti, Mg部品の低減

3. エンジンの主要諸元と外観

エンジンの外観写真を図1、2に、主要諸元を表1に示す。

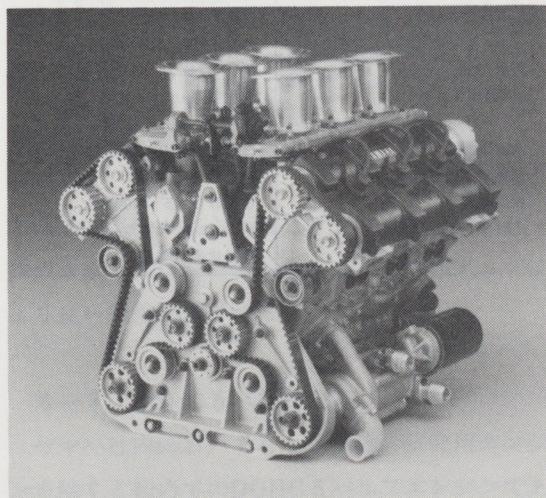


図1

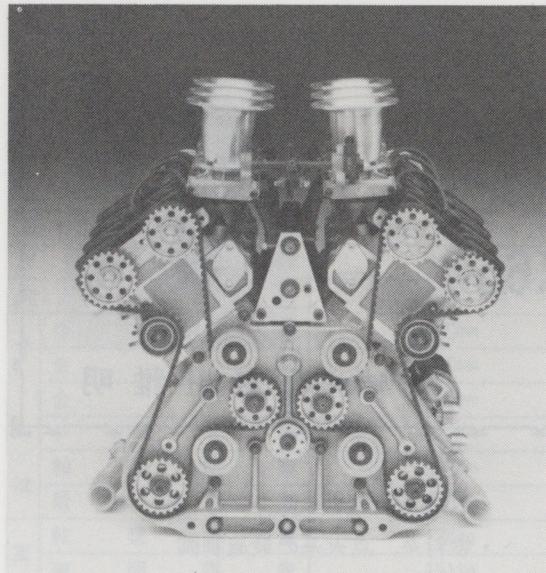


図 2

表 1 主要諸元

項 目	OX66諸元
総排気量	cc 1992
種 類	水冷, 4ストローク
シリンダ数, 配置	75° V形 6気筒
弁機構	DOHC 5バルブ
内径×行程	mm 85×58.5
圧縮比	PS/rpm 12.5
最高出力	kgfm/rpm 360/11000
最大トルク	kgm 24.5/9000
エンジン重量(ドライ)	kg 105kg
クランク	スチール鍛造 3スロー
ピストン	AI鍛造 2本リング
コンロッド	スチール鍛造
シリンダーブロック	AI鍛造 ウエットライナ
カム駆動方式	プライマリ/ギヤ
潤滑方式	セカンダリ/コグベルト
オイルポンプ	ドライサンプ
点火装置	ギヤ, ブレッシャ × 1
点火プラグ	スカベンジ × 2
点火時期	日本電装 C D I 固定進角
燃料系	NGK R0045±11 BTDC 35° 4500rpm ポッショクーゲルフィッシャー 機械式燃料噴射

4. エンジンの特徴

4-1 基本構造

エンジンの基本構造、断面図を図3に、分解写真を図4に、四面図を図5～8に示す。アルミブロック水冷式75°V形6気筒、2000cc、ベルト駆動によるDOHC 5バルブである。

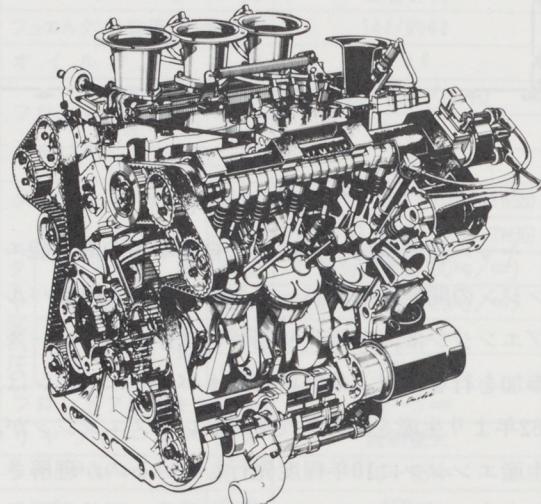


図 3

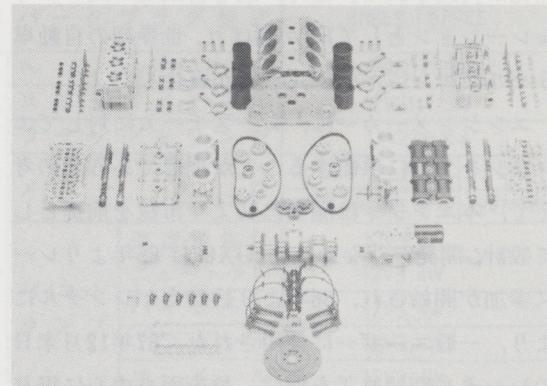


図 4

4-2 シリンダ配列

3ストローククランクを使用した自動車用V形6気筒エンジンのシリンダーブロックVバンク角は90°が一般的であるが、本エンジンは小形、軽量化と振動特性を考慮して75°Vとした。レース用エンジン

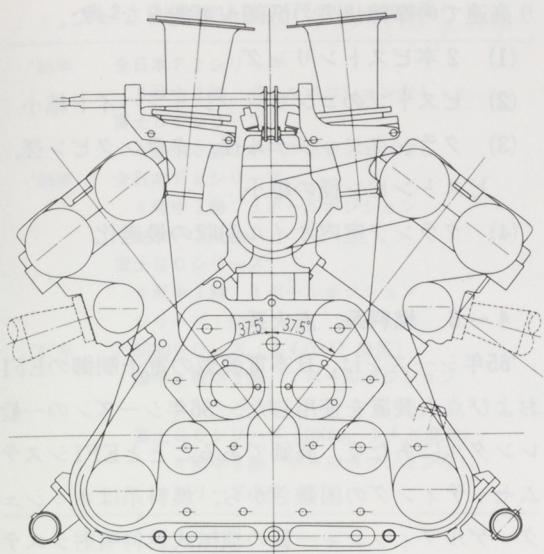


図 5

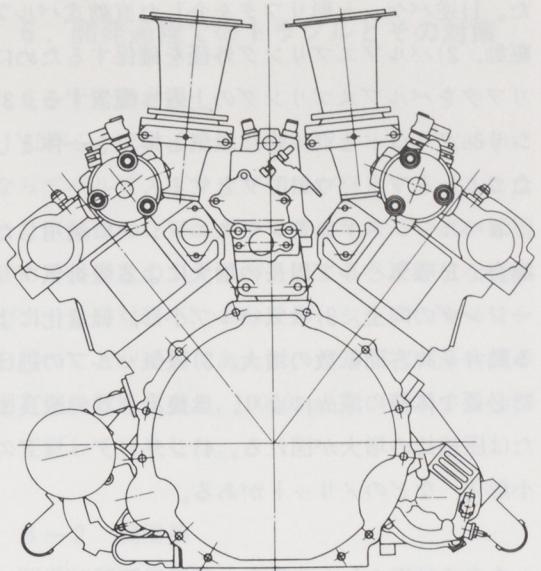


図 7

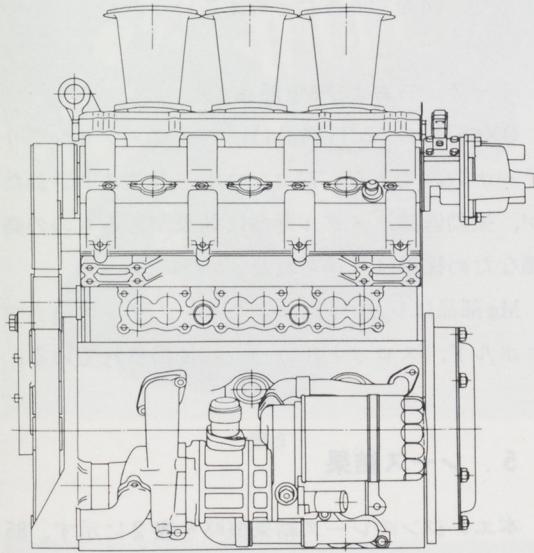


図 6

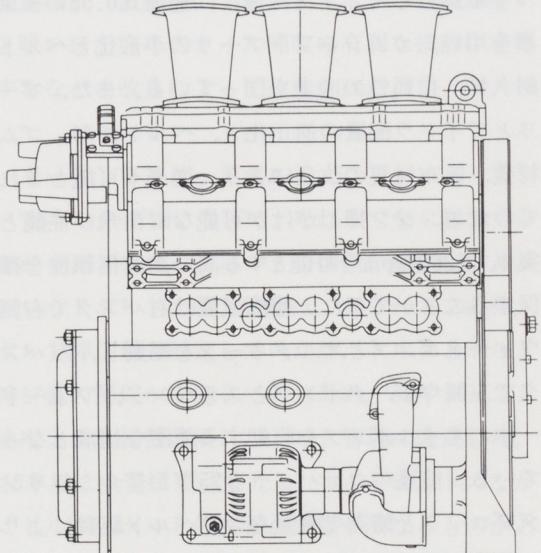


図 8

では、高速化による相対的に多大な往復部の慣性力により、クランクとブロック回りを剛体とみなしした理論計算による振動予測は必ずしも適切ではない。むしろ、クランクとブロックの剛性を考慮して各気筒ごとのバランス向上、剛性アップが振動対策として効果的である。OX66においても、開発初期に振動に悩まされたが、各気筒ごとのバランスウエイトの適正化とクランクジャーナルボル

トの降伏点締めによる軸力アップ、オイルパン一体のクランクジャーナルキャップの剛性アップにより良い結果を得ている。

4-3 DOHC 5バルブ

ヤマハ社内においても、単気筒の研究用エンジンを除くと初めてのDOHC 5バルブエンジンであり、以後のスタンダードとなった以下の構造とし

た。1)逆バケット形リフタを介した直動式バルブ駆動、2)バルブスプリング外径を確保するために、リフタをバルブスプリングの上方へ配置する。3)シリンダヘッドと別体の、吸気と排気を一体としたカムシャフトハウジングとする。

5バルブシステムをレースエンジンに適用した場合、1)吸気バルブ周長の増大による吸排気ブリージングの向上。2)吸気バルブ小形、軽量化による動弁系許容回転数の増大。3)吸気バルブの逃げに必要な体積の減少により、燃焼室形状の改良または圧縮比の増大が図れる。4)シリンダヘッドの小形化、などのメリットがある。

4-4 カムシャフトおよび補機駆動

カムシャフト駆動は、補機駆動も兼ねたコグベルト駆動とした。1次減速には速度比0.55の平歯車を用い、カムシャフトブーリーの小形化とベルト耐久性、信頼性の向上を図っている。また、ブーリーとアイドラー配置の適正化と、ベルト歯形、ゴム材質、帆布材質の改良により、従来不可能とされていたエンジン押しがけが可能な耐歯飛び性能と、実車で12600rpmを可能とする高い高速信頼性を確保することができた。補機配置は右バンクで右側ウォーターポンプとオルタネータを駆動し、左バンクで左側ウォーターポンプとスカベンジ、フィード一体のオイルポンプを駆動する簡潔な構成となっている。前述のコンパクトな75°V形アルミシリンダーブロックと簡潔で軽量なコグベルト駆動により、エンジン重量を105kgに抑えることが可能となった。

4-5 ムービングパーツ

5バルブエンジンでは同一排気量で比較して、より良い吸排気ブリージングと動弁許容回転数の増大が可能となるため、ムービングパーツには、高速での低い摩擦損失が要求される。従来からピストン平均スピードは20m/sが上限であるとする古典的な基準があるが、OX66では下記項目によ

り高速での摩擦損失の低減が可能となった。

- (1) 2本ピストンリング
- (2) ピストンのコンプレッションハイドロイト縮小
- (3) クランクジャーナル径、クランクピン径、ピストンピン径の縮小
- (4) クランク室内オイル回収の最適化

4-6 燃料系、点火系

'85年シーズンは、日本電装製の電子制御のEFIおよび点火装置を使用した。'86年シーズンの一般レンタルにあたり、高価であることとEFIシステムセッティングの困難さから、燃料系はボッシュクーベルフィッシャー製の機械式燃料噴射システムに、点火系は日本電装製の固定進角CDI点火システムに変更された。性能上はそれぞれ一長一短があり、同等であったと考えている。

4-7 TiおよびMg部品

OX66におけるTi部品は、バルブスプリングリーナーのみである。Tiコンロッドもテストされたが、振動低減、メタル寿命に効果があるものの高価なため採用は見送られた。

Mg部品はシリンダヘッドカバー、インテークマニホールド、スロットルカバーに使用されている。

5. レース結果

本エンジンのレース結果概略を表2に示す。'85年のエントリー台数は1台または2台である。一般ユーザーにレンタルを行なった'86年のエントリー台数は約10台である。'87年は3ℓと混走となつたGCシリーズに1台エントリーしたのみである。'87年のF3000シリーズにエントリーしているのはOX66発展形ともいえる3ℓOX77であるが、詳細な紹介は別の機会に譲りたい(図9、10参照)。

レース成績からエンジンの評価を下すのは困難であるが、OX66は十分にコンペティティブであったと考えている。

表2 OX66およびOX77のレース結果

'85年	全日本F2シリーズ
	8戦中0勝 ポールポジションなし
'86年	富士GCシリーズ
	4勝中0勝 ポールポジションなし
'87年	全日本F2シリーズ
	8戦中3勝 3ポールポジション シリーズ3位
富士GCシリーズ	4戦中3勝 4ポールポジション シリーズ1位
	F3000シリーズ (3ℓ OX77 使用) 後半4戦中3勝 1ポールポジション シリーズ2位
富士GCシリーズ (OX66, 3ℓと混走)	4戦中0勝 ポールポジションなし
	シリーズ3位

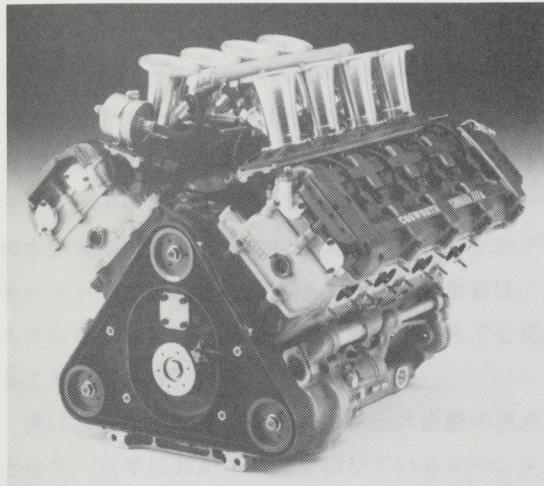


図9

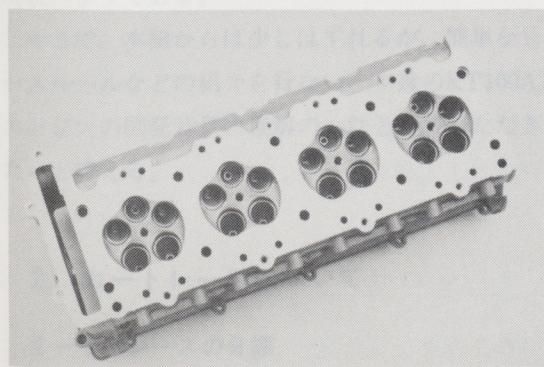


図10

6. 開発過程でのトラブルとその対策

6-1 動弁系

'85年シーズンは全く問題がなかったが、'86年にになってバルブスプリング切損が発生するようになった。減速のシフトダウン時のオーバレグが原因である。多数のドライバーによるさまざまな運転パターンに対して、十分なサージングのマージンを持つことが必要であった。バルブスプリングの固有振動数を見直し、13000rpmをクリアする仕様に変更して解決した。

6-2 潤滑系

開発初期に、クランク室のオイル回収不良によるロス馬力増大が発生した。スカベンジポンプの容量増大（最終的にプレッシャポンプの約3倍）と吸い口を実車でオイル回収の有利な後部に変更するなどの改良によって改善された。

6-3 コンロッドボルト

'86年シーズンになって、それまで全く起きていなかったコンロッドボルトの切損が発生した。コンロッドボルトの軸力管理は、年シーズン頭初、ボルト伸び量を測定していたが、トルクとボルト伸び量の関係が安定していたため、'85年シーズン途中より整備性に優れたトルク管理に変更した。'85年用に大量に発注したコンロッドボルトのなかにトルクとボルト伸び量の関係が異なるものがあり、ボルト締め過ぎとなっていたのが原因であった。軸力管理をボルト伸び量の測定によって行なうように変更してからは再発していない。

7. 今後の展開

レギュレーションの変更により、OX66は、F2レース参加期間が2年という短命なエンジンに終わった。また、われわれのレースに対する理解が十分でなく、エンジンの一般供給時に不備な点も

あったと思う。しかし、5バルブエンジンとしてのポテンシャルを示せたこと、純レースエンジンを一般ユーザーに供給できたことなどの意義は大きかったと考えている。

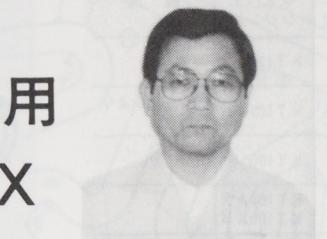
OX66の技術は、その発展形ともいえるF3000用OX77エンジンに生かされ、'87年後半より実戦参加して活躍中である。レースを取り巻く環境は多分に政治的であって、これからも紆余曲折が予想されるが、前向きに進んでいきたい。

8. あとがき

最後に、本エンジンの開発にあたり、ご協力をいただいた社外、社内の多くの方々に深く感謝します。

なお本文は、雑誌「内燃機関」1988年5月号「特集：ヤマハ発動機における各種エンジンの研究開発」に掲載された。

レーシングカート用 エンジン KT100AX



技術部
創輝(株) 泉沢 滋樹 水越 望

1. まえがき

アイルトン, セナ, ネルソン, ピケ, アラン, プロスト, そうそうたるF-1のエースたち, 彼らがいずれも, そのレース人生のスタートをレーシングカートで始めたことは, 既によく知られた事実である。また, 身近な例では, 日本期待のF-1ドライバー中島悟選手や, F3000の若きヒーロー鈴木亜久里選手も, そのレース活動をレーシングカートから始め, 特に鈴木亜久里選手の勇姿は, エキシビションレースなどで, カーコースでも見ることができる。

実に多彩なドライバーたちのレース活動の原点となり, 近年にわかつに脚光を浴びているレーシングカートの世界だが, まだまだ, その実際のレースの世界まで理解されているとはいいくらいのが現状のようである。

そこで, 本論からは少しそれぞれが, 簡単なレースルールなどの紹介を行ない, 本論のKT100AXエンジンの開発背景の理解の一助としていただきたいと考える。

2. カートレースについて

2-1 レースの分類

現在, 日本で実施されているレースは, 次のように大別できる。

(1) FIA(下部組織のCIKが統轄している)ルールによる国際格式レース, これはJapan Kart GPX, 1戦のみである。

(2) JAFルールによる全日本格式レース, レースは, ほぼFIAルールに準拠し, 年間13戦前後が実施される。

(3) JAFルールに準拠したSLカートレース, これは, SLカートクラブ主催のクラブレースである。JAFルールをよりストック性(無改造クラス)を強くしたレースで, 北海道から九州まで年間250戦前後が開催されている。このなかには, F100と呼ばれるフルカウリングで, SUGO, FISCOのような本格コースを走るスリリングなレースも存在している。

表1 日本におけるカートレースの種類

レースの種類	主催者	レースの格式	レース数
FIA (CIK) 国際レース	JAF, ヤマハ	国際	Japan Kart GPX 1戦
JAF全日本選手権	JAF	全日本	東西シリーズ全13戦
SLカートレース	SLカートクラブ	クラブレース	地区シリーズ全250戦

レース区分の概略については, 表1を参照されたい。

2-2 カート用エンジンのクラス区分

代表的なカート用エンジンのクラス分類を, JAFルール, SLルールについて整理したのが表2である。

表2 JAF, SLのレース区分

区分	クラス	おもなエンジン		該当するヤマハエンジン	備考
		排気量	吸込方式		
JAF	Formula K	135cc以下	—	KT135	
	A I - R	100cc以下	リード弁	KT100-R	87シーズンより新設
	A I - P	//	ピストン弁	KT100-P	//
	A II	//	—	KT100AX KT100AII	
SL	JF	//	ピストン弁	KT100JF	カウリング必備
	Sストック	//	//	KT100	3クラスに区分されている
	F-100	//	//	KT100S	カウリング必備

る。性能ランク、吸氣方法などにより、かなり細かく分類し、同一レース内での極端な性能差の生ずることを避けている。

また、いずれのクラスでも機関形式を2サイクル空冷エンジンとし、過給、燃料噴射およびギヤボックスによる変速を禁止している。このような姿で、エンジンとシャーシのみの単純明快なレースとしている。

図1に本文で扱うKT100AX (JAFのA II クラスに相当する)、また図2には、SLカートレースの最上級クラス車、RC100SSを示す。

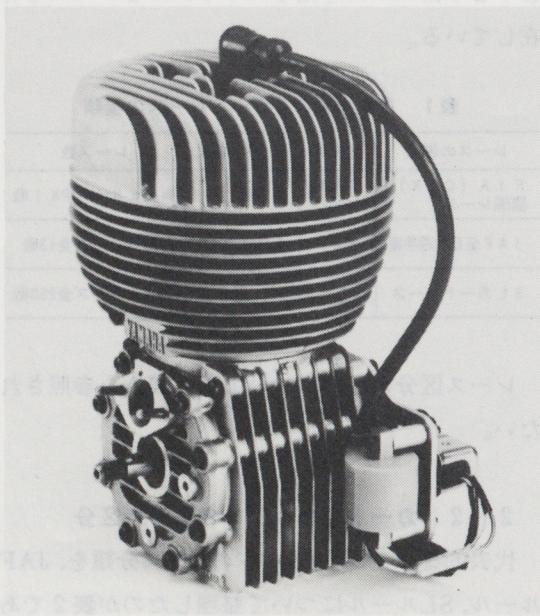


図1 KT100AX エンジン

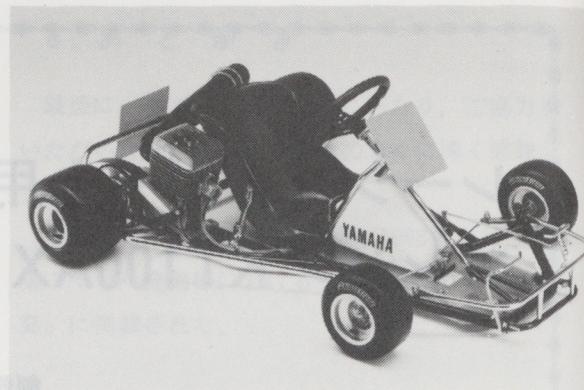


図2 RC100SS

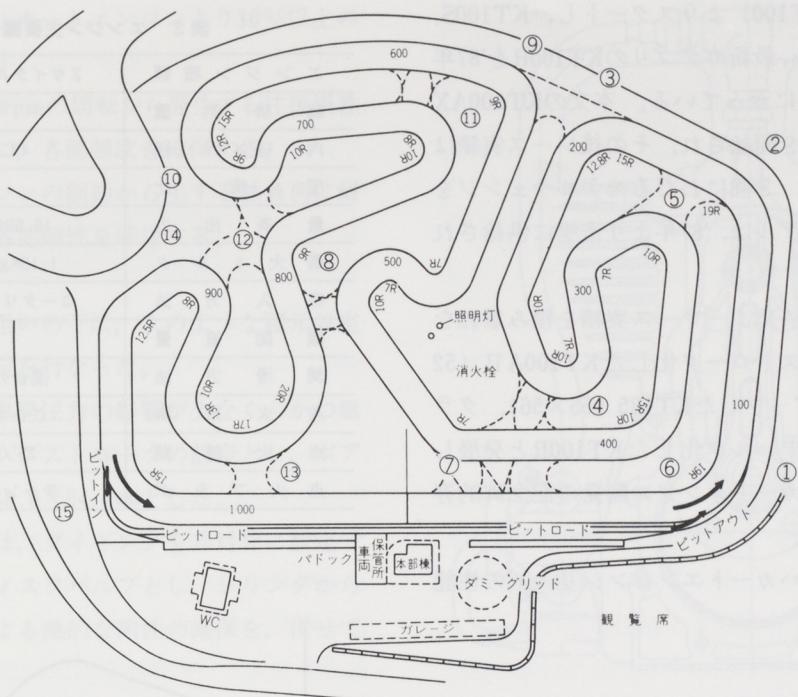
3. レーシングカート用エンジンに要求される性能

レース区分でも簡単に触れたように、最も単純な姿でモータースポーツを楽しむために、カートエンジンには各種の規制が行なわれている。特に、そのなかでもギヤ変速の規制は、カートエンジンの開発を困難にしている。全長1050mのSUGO国際カートコースを、平均時速70km強で走り抜くためには、最高速度で110~120km/hは必要であり、8Rのヘアピンコーナを、フルブレーキングから、続けてフルスロットルで走り抜けるためには、十分な低速性能が必要である。これを単一のギヤ比の下で達成するためには、使用回転域の全域にわたるフラットな馬力特性が必要となってくる。

エンジンの使用実態を理解していただくため、図3にSUGO国際カートコースのコース概要、図4には、1 Lap中のエンジン回転数の変化を示す。①~⑯の数字が、図3のコーナと、図4での回転数と対応している。

4. ヤマハカートエンジンのシリーズについて

表2のように、ヤマハはレーシングカート用エンジンを、各クラス別に7機種そろえている。開発経過としては73年度に、入門クラスのKT100JF



コース全長: 最長コース 1050 m
 コース幅員: 8.0 m
 最大直線長: 125.0 m 第2直線長 51.0 m
 最小曲線半径: 7.0 m
 最大縦断こう配: 5.0%
 最大横断こう配: 5.0%

ピットロード幅: 1.5 m
 ピット全長: 140 m + II 50 m
 パドック面積: 2000 m²
 コース舗装: 密粒度アスコン
 コース外空地: グリーンベルト(洋芝吹付け)
 最小幅員 6.0 m

図3 SUGO国際カートコース

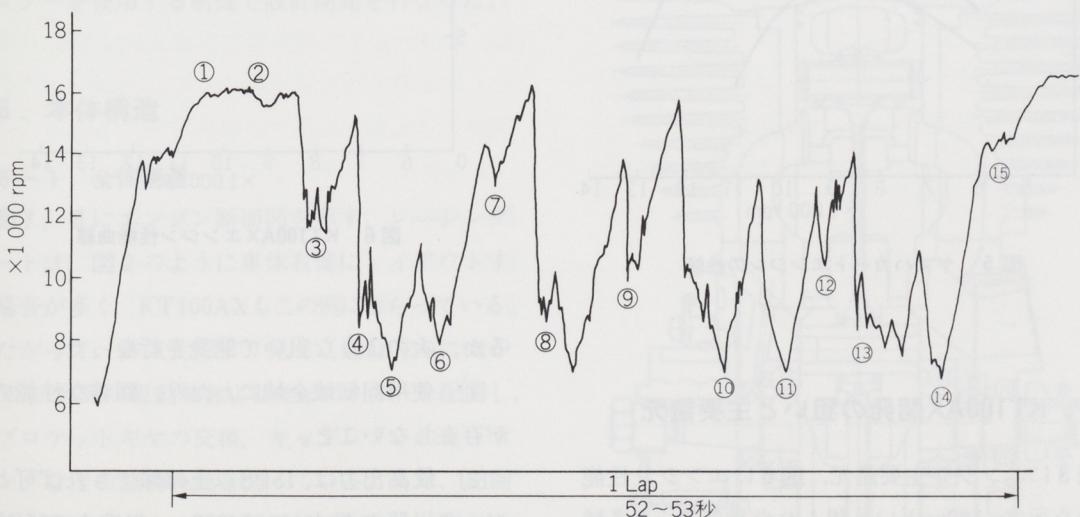


図4 SUGO カートコースにおけるエンジン使用回転域

(当時は単にKT100) よりスタートし, KT100S, KT100AXと進み, 最新カテゴリのKT100Rを'87年に発売し, 今日に至っている。本文のKT100AXは, '79年に発売を開始され, その後レース実績は採り入れながら, 3回にわたるモデルチェンジを受けて, 最新モデルは, '87年より市場に供給されている。

また, KT100AXは, レース実績を積み重ねながら, ショートストローク化したKT100A II (52×46), サイズアップしたKT135 (55×56), クランクケースリードバルブ化したKT100Rと発展していき, ヤマハカートエンジン開発の記念碑的存在となっている。

図5に, ヤマハカートエンジンシリーズの性能を示す。

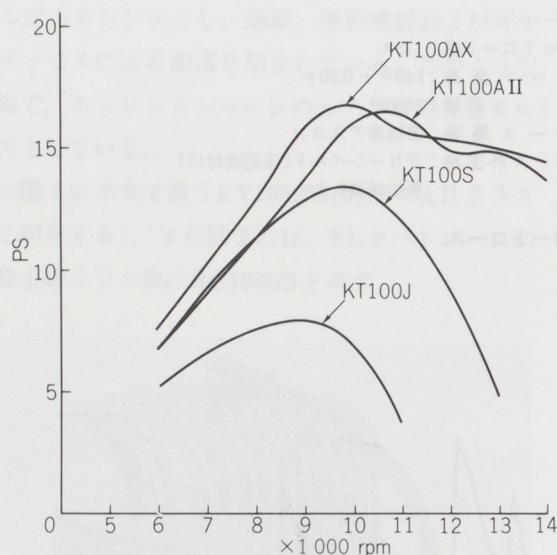


図5 ヤマハカートエンジンの性能

5. KT100AX開発の狙いと主要諸元

表3にエンジン主要諸元, 図6にエンジン性能曲線を示す。100ccという限られた排気量と, 各種レギュレーションの制約のなかで, いかに高性能で, 高いレスポンスのエンジンを得ることができ

表3 エンジン主要諸元表

エンジン種類	2サイクル, 空冷, ガソリン
総排気量	97.7cc
内径×行程	48.0×54.0mm
圧縮比	11.2
最高出力	16.5PS/10500rpm
最大トルク	1.15Kgm/10000rpm
吸入方法	ロータリディスクバルブ
機関重量	12kg
潤滑方法	混合ガソリン使用
点火方法	C D I マグネット
点火時期	25°/10000rpm
点火プラグ	チャンピオンN84G

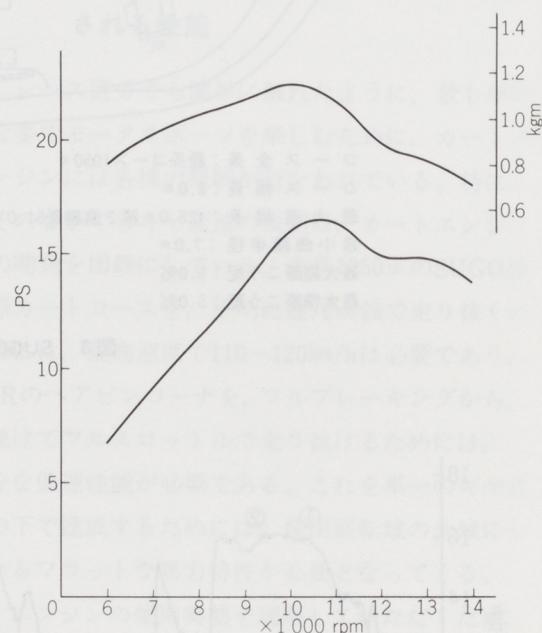


図6 KT100AXエンジン性能曲線

るか, 次のような狙いで開発を行なった。

- (1) 使用回転域全域にわたり, 顕著な性能の谷が存在しないこと。
- (2) 最高出力は, 15PS以上確保できれば可とし, ピーク以降の馬力は, 14000rpm程度まで15PSを割り込まないフラットな特性を確保する。
- (3) 出力の確保しにくい5000~7000rpmの範囲

では、現有ヤマハカートエンジンより10%以上の性能アップを狙う。

(4) 最高18000rpmの回転から発生する往復慣性力に耐えるように、各部強度を確保する。

(5) 空冷エンジンの制約から生ずる熱負荷に耐えうるよう、各部剛性を確保する。

以上のような狙いの下に、次のような諸元設定と主要機構の設定を行なった。

(1) 熱負荷、爆発圧力の影響が少なく、かつ燃焼も安定するロングストロークの設定とし、ボア×ストロークを $48.0 \times 54.0\text{mm}$ とした。

(2) 吸入方式は、タイミングを非対称に設定できるロータリディスクバルブとし、シリングダから吸入孔廃止による熱的な剛性の確保を、併せて狙った。

(3) 掃気方法は、シリングダスリーブの剛性を損なわない範囲で、掃気面積を確保できる3孔式シユニーレタイプとした。

(4) 点火方式は、低速での火花性能（カートは、押しがけがほとんどである）、高速での点火時期設定などを考慮し、CDIを採用した。

(5) キャブレターは、IBAE社製スライドキャブレターを使用する前提で設計開発を行なった。

6. 本体構造

6-1 全体構造

図7、8にエンジン断面図を示す。レーシングカートは、図2のように車体右側にレイアウトする場合が多く、KT100AXもこの例にならっている。したがって、排気孔側より見て（進行方向に向かって）、右側に駆動軸およびキャブレターを配置し、スプロケットギヤの交換、キャブレターのセッティングなどの整備の便を図っている。また、左側には、CDIマグネットを配置しており、いずれも右側エンジンマウントに合わせたレイアウトとなっている。

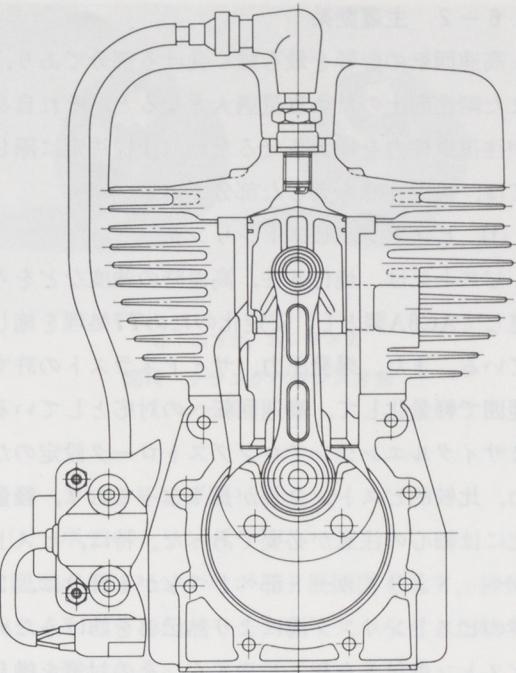


図7 エンジン正面断面図

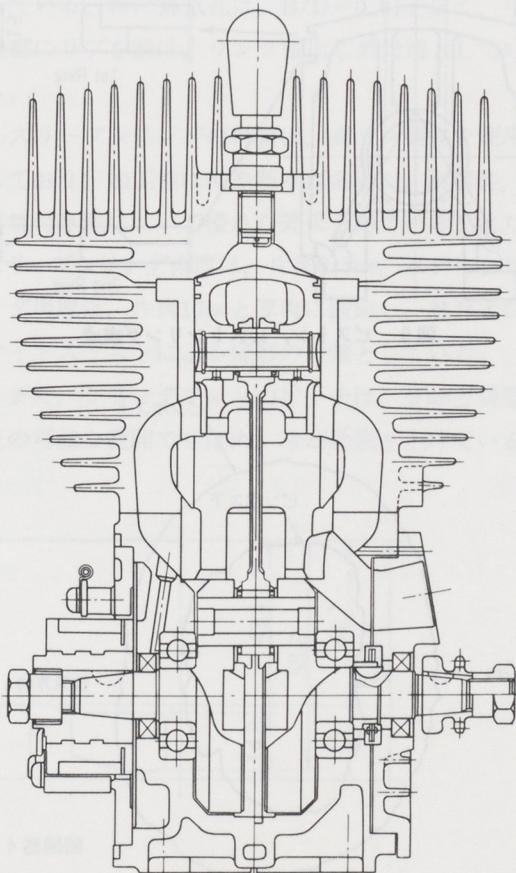


図8 エンジン側面断面図

6-2 主運動系

高速回転の影響を最も強く受ける部分であり、また剛性向上のため重量過大となると、それ自身が往復慣性力を増大させるため、仕様決定に際しては、最も注意を要した部分である。

(1) ピストン、ピストンリング

ピストンは、焼付き性、高温時の強度などを考慮してAC8A製とし、安定化のためT7処理を施している。また、爆発圧力、サイドスラストの許す範囲で軽量化して、高速回転への対応としている。2サイクルエンジンでロングストローク設定のため、比較的ピストン全長が長くなっている。軽量化には細心の注意が必要であった。特に、ピストンヘッドよりスカート部へとつながる部分は、2本のピストンリング溝により熱伝導を妨げるため、ピストン焼付きを起こしやすく、その対策を織り

込んで形状を決めている。

ピストンのサイド部断面形状は、燃焼ガス→ピストン→シリングスリーブへの熱伝導に最も影響を与える部分である。本エンジンのような高速回転エンジンの場合は、リングからの伝熱よりも影響度は高く、性能を決定する重要なファクタとなっている。本機関では、ピストン縦方向の断面では、通常の2サイクル機関同様に、1stリングに向けて、ピンボス部より0.1mm程度半径を小さくして熱膨張への対策としている。プロファイルはピストンヘッドに向けて指数関数的な変化を与えて、熱流量の変化に対応している。

また、ピストンの軸直角断面形状は真円とし、約1時間程度のならし運転によりコースや運転状態に合わせた最適形状となるように設定している。図9にピストン縦断面形状と、ピストンリング形状の概要を示す。また図10には、ならし運転後のピストン軸直角断面形状の一例を示す。

ピストンリングは、1stリングはL形リング、2ndリングはインサイドベベルリングとし、いずれも、そのねじれ効果を利用し、面圧を低く抑えてフリクションロスの低減に成功している。また、材質は特殊鋳鉄を使用し、燃焼ガスにさらされやすいL形リングの熱対策としている。リングは、1st、2ndともその摺動面をクロムメッキして高ピストンスピード対策としている。

(2) コネクティングロッド

コネクティングロッドは、本機関のような高速機関の場合、往復慣性力の影響を最も強く受ける部品である。したがって、必要以上の強度向上はそれ自身の重量に増加させ、自重により往復慣性力を増加させる結果となる注意すべき部品である。

本機関では、接続部の、特に回転面方向の断面2次モーメントを大きくとり、高速回転対策としている。また、大小端部とも、接続部を含む中心面に全周にわたる厚肉部を設け、高速回転時に発生しやすい大小端部変形から始まるベアリング焼付きによるコンロッド破損の対策としている。

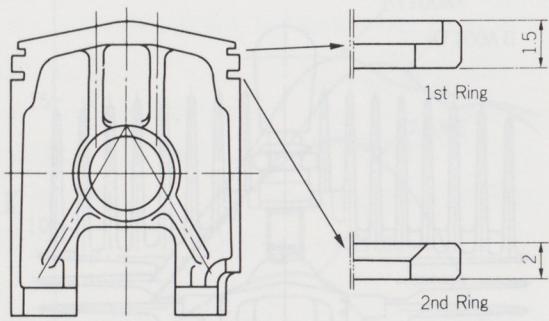


図9 ピストン、ピストンリング構成

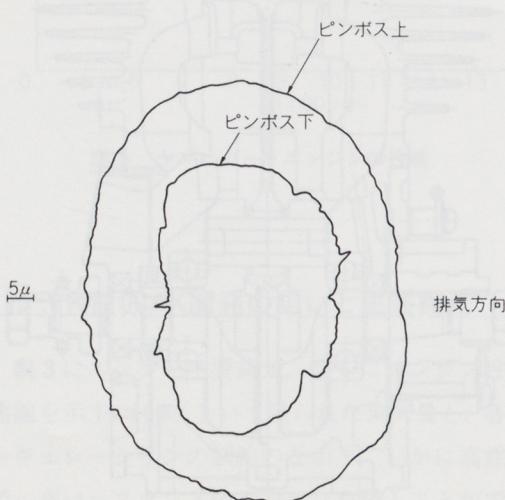


図10 ならし運転によりカム状とした一例

材質はCr-Mo鋼とし、回転面、摺動面にのみ浸炭焼入れしている。外観を図11に示す。



図11 コンロッド外観

(3) クランク

経験的に、往復質量の50~60%のクランクバランス率が、ドライバ一体感としてはベストである。これを確保し、かつ、クラクピン部分の剛性を確保するために、本機関では、図12のような形状のクランクバランス方法を採用している。従来は、クランクウエブのクランクピン側に、ドリル孔をあけて、所要のバランス率を得ていたが、この方法では、クランクピン周辺の剛性が低くなりやすい。その対策として、新しいバランス方式を採用した。この方法によれば、クランクピン孔周辺に必要範囲の厚肉部を確保でき、レース終了後のクランク心振れを1/100以下に抑えることに成功している。

また、材質もNi-Cr-Mo鋼を浸炭焼入れし、クランクピン部、クランクウエブ部を中心とした剛性を確保している。



6-3 シリンダ系

(1) ボデーシリンダ

図13に、シリンダのポート展開図を示す。掃排気タイミングとも、モータサイクルなどと比較すると、遅いタイミングとなっている。

各ポートは、リング張出しの許す範囲で広くとっている。特に排気孔は、B/D=0.81と広く、中央部にリブを設け、リング張出しの対策としている。

スリーブシリンダの材質は、高リン鉄鉄を使用しており、加工性にやや難点はあるが、耐摩性、耐焼付き性において優れた効果を得ている。また、スリーブシリンダ肉厚は、片肉6.5mm、ボデーシリンダ肉厚は、片肉13mmと厚肉に設定し、熱およびサイドスラストによる変形の対策としている。

また、シリンダフィンのピッチは、9mmと铸造上の可能な範囲でせばめ、冷却効果を上げている。

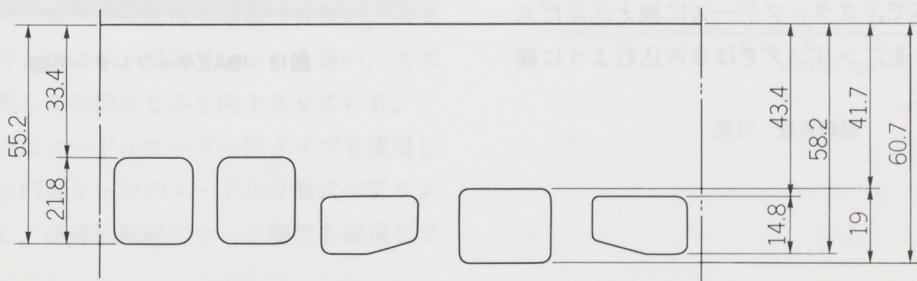


図13 シリンダポート展開図

6-4 吸排気系

本機関は、エンジン本機のみの販売が行なわれているため、キャブレター、マフラーとも、いわゆるリコメンド（推奨）パーツである。

(1) キャブレター

カート用エンジンの場合、キャブレターはエンジンのチューニングレベルに合わせて、ユーザーが既存品のなかから選択するのが一般的である。ここでは、本機関のリコメンドパーツであるIBAEキャブレターを図15に紹介する。

IBAEを含み、これらのキャブレターは、いずれも横G、過渡特性、走行状態に合わせたジェット

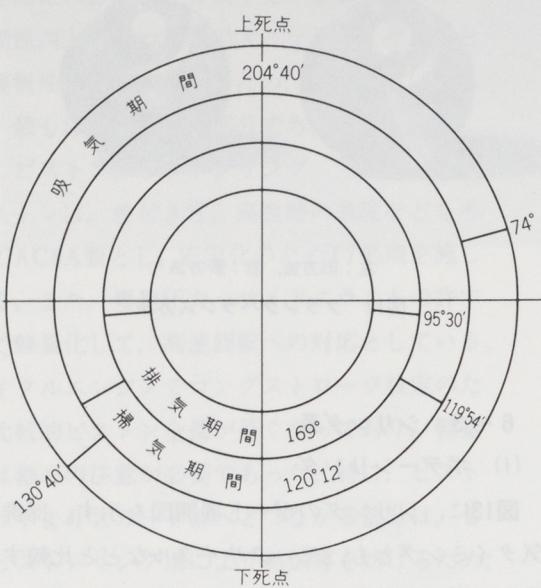


図14 各ポートタイミング図

フィン直径は、最大で195mm、同様に、鋳造上可能な最大径に設定している。

図14に、掃排気タイミング図を示す。

(2) シリンダヘッド

シリンダヘッドは、単純な半球形燃焼室と円すい形スキッシュドームを組み合わせた燃焼室形状としている。また、ベースフィンは、直径195mmに設定し、十分な冷却効果を得ている。取付けはM8ボルト4本で、クランクケースに植え込んだスタッドボルトを、シリンダをはさみ込むように締め付けている。

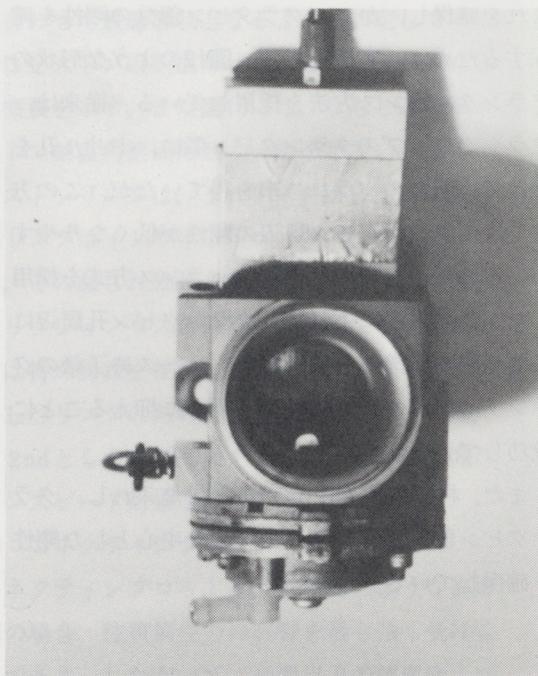


図15 IBAE キャブレター外観

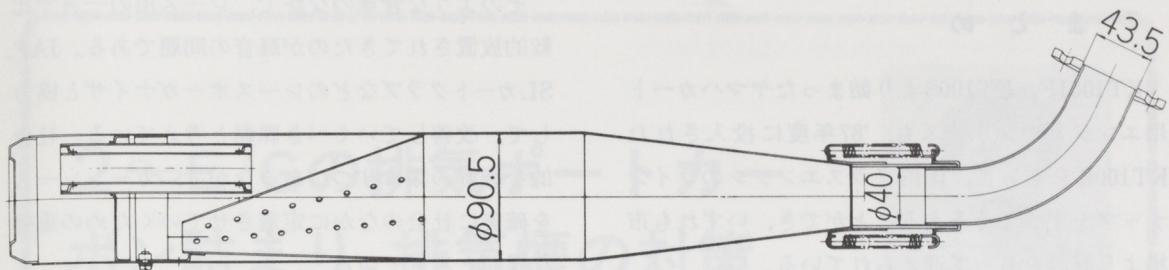


図16 排気系概要

調整などの要求から、フロートレスキャブレターが採用され、低速系、高速系のニードルともに可変式とされている。

(2) ロータリディスクバルブ

ロータリディスクバルブは、日立金属PK材を使用し、バルブに必要な平面度を得ている。インレットのタイミングは、図14に示す。ピストンバルブエンジンと異なり、上死点に対し非対称なタイミングに設定されている。

(3) エキゾーストパイプマフラ

図16に排気系概要を示す。形状は、曲げを1カ所に限定し、抵抗を低く抑えている。また、反射テープは、マフラ中心線に対しオフセットした特殊なレイアウトとし、反射効果が回転数の影響を受けにくい形状としている。排気系のリコメンドパーツはヤマハ純正品であり、図16もこの純正品を示す。

6-5 軸受

大小端軸受には、ニードルベアリングを使用している。スラストの規制は大端側で行ない、スラストベアリングはリン青銅ワッシャを用い、スズメッキを施して初期なじみを向上させている。

小端軸受はニードルケージ一体タイプを使用し、大端軸受は門形ケージのニードル分離式ベアリングを使用し、高速回転時のケージ剛性を確保している。

主軸受は6204タイプのポールベアリングを使用し、リテナは高速時のフリクション対策とし、

ガラス入りナイロンリテナを採用している。

潤滑油は、混合比15:1の混合ガソリンを使用しており、特別な回転制御は行なっていない。

6-6 点火系

点火系は、前述のように、押しがけを前提とするための低速での火花性能ピークが10000rpmとなるなどを考慮し、CDIマグネットを採用している。ロータの形式は、高速回転に耐えるようにインナロータ方式としている。点火時期は、25°/10000rpmに設定している。本マグネットは、始動性、耐かぶり性とも良好であり、好評を得ている。

図17に、本CDIマグネットの進角特性を示す。

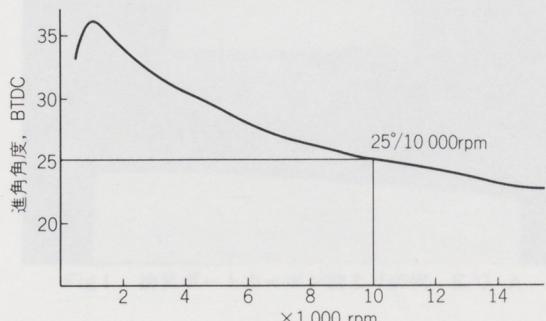


図17 進角特性

7. まとめ

KT100JF, KT100Sより始まったヤマハカート用エンジンのシリーズも、'87年度に投入されたKT100Rをもって、国内クラスエンジンのラインナップをすべてそろえることができ、いずれも市場より好評をもって迎えられている。

また、カートレースそのものも、安全に楽しむことのできるベーシックなモータースポーツとして、一般の理解も深まりつつある。

そのような背景のなかで、レース用の一言で比較的放置されてきたのが騒音の問題である。JAF、SLカートクラブなどのレースオーガナイザと協力して、改善していくべき課題と考えている。社会的な理解の深まりつつあるなかで、カートレースを確実に社会のなかに定着させていくための重要な課題と考えている。

なお本文は、雑誌「内燃機関」1988年5月号「特集：ヤマハ発動機における各種エンジンの研究開発」に掲載された。

2~E/Gの排気ポートカーボン詰まり, 排気煙の対策



第4技術部技術43課 矢代善伸

1. はじめに

2~E/Gに於ける排気系カーボン詰まりによる出力低下と, マフラー後端で発生するオイル飛散, 排気煙は, 2~E/Gの古くからのテーマの1つである。しかし, この2つのテーマは, E/G, オイル相互が関連している為系統的解析があまりないのが実情である。特にオイル側での改善事例はありますが, E/G側での改善事例はほとんどありません。そこで, E/G側での現象解析とオイル側での変動要因より対策法をまとめた。

ここでは排気系カーボン詰まりの代表として排気ポートカーボン詰まり, 排気系汚れの代表として排気煙について報告する。調査の結果, 排気ポートカーボン詰まりは, 排気ポート出口形状の選定と, オイル中の高沸点留分の低減が対策として有効である。又排気煙についてはマフラー後端の排出ガス温度の高温化と, オイルの反応エネルギー(熱分析の一種であるDSCで測定)低減が有効である事が解った。

2. 排気ポートカーボン詰まり

まず最初に, 排気ポートカーボン詰まり調査に使用したエンジンについてTable 1に示す。

排気ポートカーボン詰まりが発生するとFig 1に示す様に排気ポートタイミング及び面積が変化

	E/G A	E/G B	E/G C
冷却方式	強制空冷	自然空冷	強制空冷
ボア×ストローク	49×42	47×50	40×39.2
排気量	79cc	87cc	49cc
CYL材質	F.C	←	←
出力	4.04kW/ 6500rpm	5.3kW/ 7000rpm	1.7kW/ 6000rpm

Table 1 排気ポートカーボン詰まり使用E/G

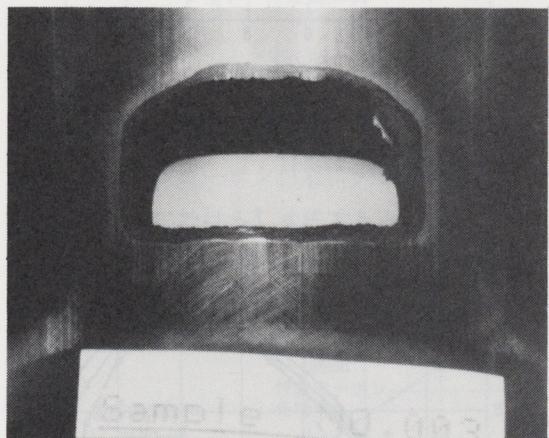


Fig 1 排気ポートカーボン詰まりの例 E/G A

し, E/G出力低下及び, 出力特性が大巾に変化する。排気ポートを詰まらせるカーボンには大別して2タイプがある。1つは低負荷域で発生し易い軟質カーボン, もう1つは, 高負荷域で発生し易い硬質カーボンである。

硬質カーボンは, 比較的短時間で排気ポートに付着する事が特徴で, Fig 1の場合, わずか3Hr

である。

排気ポートカーボン詰まりが、小排気量車で発生し易い理由は、高負荷で運転され易く、排気ポート周囲の温度が高い為、取れにくい硬質カーボンが比較的短期間に付着し易い事による。

本報告では、この硬質カーボン付着による排気ポート詰まり低減策について報告する。

2-1 排気ポートカーボン詰まりによる出力特性の変化

排気ポートカーボン詰まりは、運転時間と共に増加し、それに伴ってE/G出力も低下する。Fig 2にE/G BにてW.O.T 7000rpmで耐久運動した時

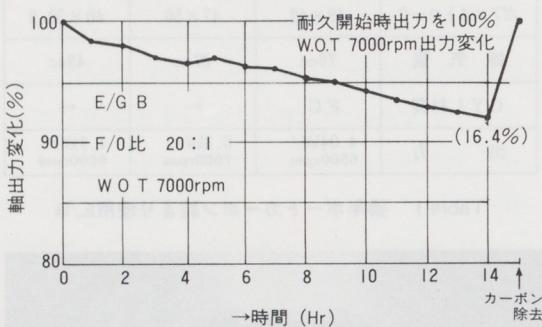


Fig 2 耐久テストに於ける運転時間とE/G出力の変化 at 7000rpm(WOT)

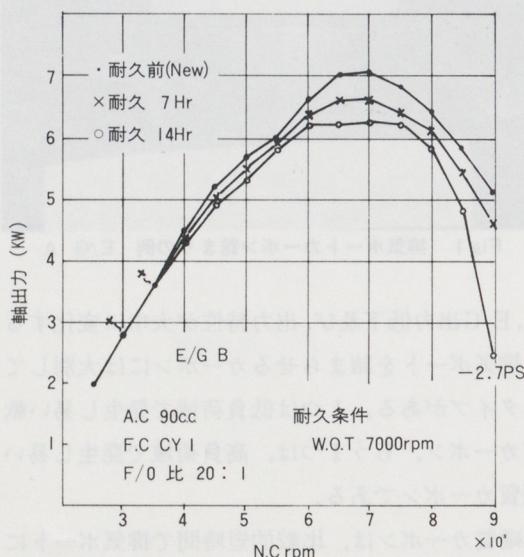


Fig 3 耐久テストに於ける運転時間と出力特性の変化(W.O.T)

の出力変化を示す。この場合、14Hr運転後、排気ポート付着カーボンを除去する事により出力は完全に回復しており、出力変化は排気ポートカーボン詰まりに基因する。

次に同じ耐久中に測定した出力特性データをFig 3に示す。ここで解る様に、排気ポートのカーボン詰まりにより、モーターサイクルの特徴である高回転側出力が大巾に低下する。

2-2 排気ポート温度と排気ポートカーボン詰まり

排気ポートカーボン詰まりは、排気ポートの温度が大きく寄与する事は経験則として知られている。Fig 4は排気ポート温度を変化させた時の排気ポート閉塞率を示す。ここで温度 200°C付近を境界として 200°C以下では大巾に低下し、200°C以上では大巾に増加する事が解る。

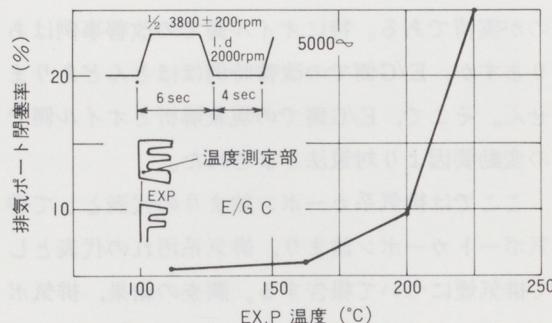


Fig 4 排気ポート温度と排気ポートカーボン詰まり

この事は、CYLの放熱性（材質、冷却方式）の影響を強く受ける事を示している。排気ポートカーボン詰まりテストに使用したE/G A, B, Cは3台共空冷F.C CYLである。

2-3 排気ポート付着カーボンの特徴

排気ポートに付着したカーボンを詳細に観察すると付着部の角度Aと付着カーボン先端角A'に関する事がある事が解った。

Fig 5に代表例として排気ポート形状と断面形状

について示した。ここで解る様に排気ポート出口の断面を見ると場所により形状が異なる。

E/G Aにて、各種テストにてカーボンの付着した排気ポートを各部で注意深くカットし、付着したカーボンの先端角 A' と付着部先端角 A を調査した結果をFig 6 に示す。

この結果、排気ポート出口のカーボン付着部先端角が、付着するカーボンに何らかの影響を与えている事が判明した。

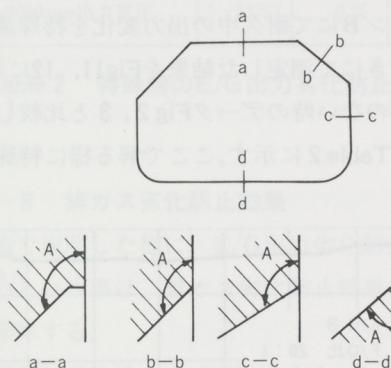


Fig. 5 排気ポート形式と断面形状(E/G A)

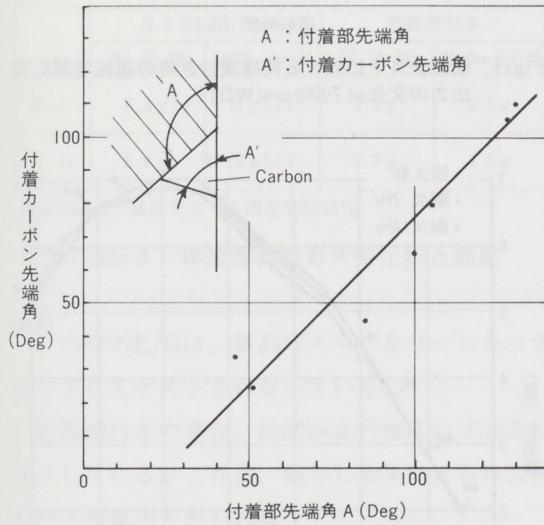


Fig 6 排気ポート付着カーボン先端角A' と付着部先端角A

2-4 特殊溝について

Fig 6 の見方を変えると、オイル量・シリンダー温度を固定すると、排気ポートのカーボン付着部先端角 A を全て鋭角にすれば、カーボン付着を大巾に変えられる事が解る。しかし、最近の 2 ≈ E/G は、排気ポート通路の微妙な形状で E/G 出力特性を決めている。従って性能の低下するような形状は、排気ポートカーボン詰まりに絶大な効果があっても採用する事は出来ない。そこで各種評価テストを行ない Fig 3 に示す形状を選択した。

Fig 7 に示す特殊溝形状は、E/G出力に与える影響が最小のものを選定した。

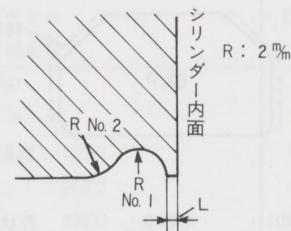


Fig 7 特殊溝形状

2-5 特殊溝の影響

特殊溝にて、カーボン付着に大きな影響を与えるのは、Fig 3 に於ける L寸法である。RNo.1, No.2 を固定し、Lを変えた時の排気ポート閉塞率及び、Fig 6 のb-b断面での付着カーボン先端角の調

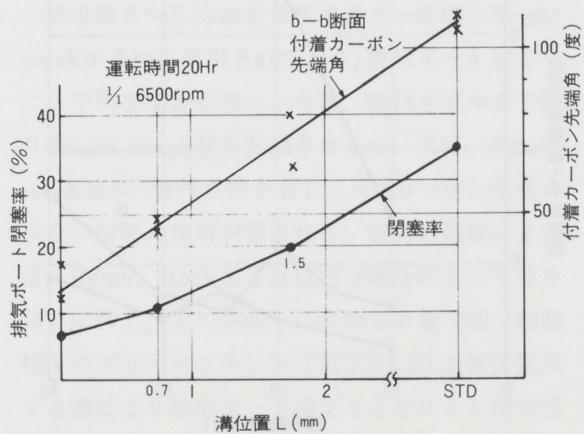


Fig 8 特殊溝位置と排気ポート閉塞率及び付着カーボン先端角

査結果をFig 8に示す。この時の特殊溝は排気ポートの全周に入れてある。

この結果より、排気ポートに付着するカーボンの量（排気ポート出口形状に影響する量）は、シリンドー内面からの排気通路形状のうち、シリンドー内面側直近（わずか数mm）の形状が、多大の影響を与えている事がわかる。

2-6 特殊溝によるカーボン詰まりの効果

耐久運転に於ける排気ポート詰まり性をFig 9に示す形状A, B, C 3仕様にて比較した。この時のLは0mmである。

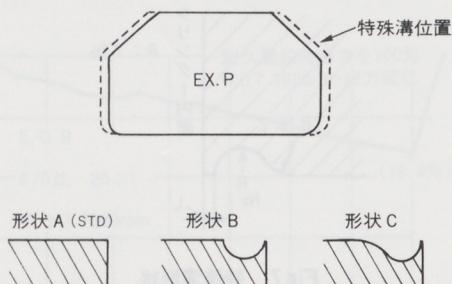


Fig 9 特殊溝位置と形状

形状A, B, Cにて耐久運転した時の運転時間と排気ポート閉塞率測定結果をFig10に示す。

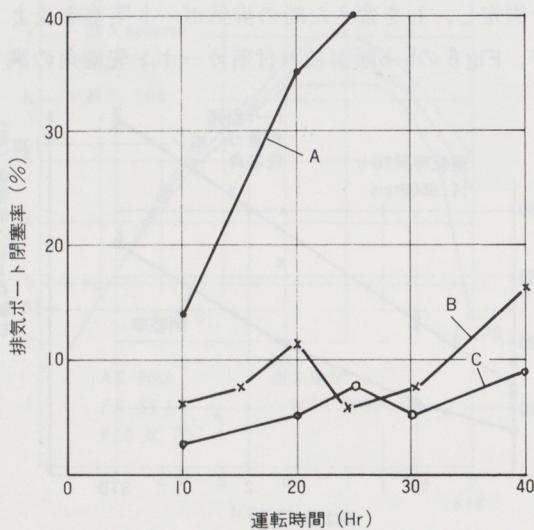


Fig 10 運転時間と排気ポート詰まり

形状B (Fig 7 の R No. 1のみ) に対し、形状C (Fig 7 の R No. 1, R No. 2を含む) が良好な理由は、R No. 2のない形状Bの場合、30Hr前後でR No. 1が全てカーボンで埋ってしまい、結果として形状Aの形に近づく為である。これに対し、形状Cの場合40Hr経過後に於いても、形状を保っており効果が持続している。次項に特殊溝を入れる事による利点を示す。

2-7 E/G出力劣化防止効果

エンジンBにて耐久中の出力変化を特殊溝（形状C）付きにて測定した結果をFig11, 12に示す。

特殊溝のない時のデータFig 2, 3と比較した時の効果をTable 2に示す。ここで解る様に特殊溝は

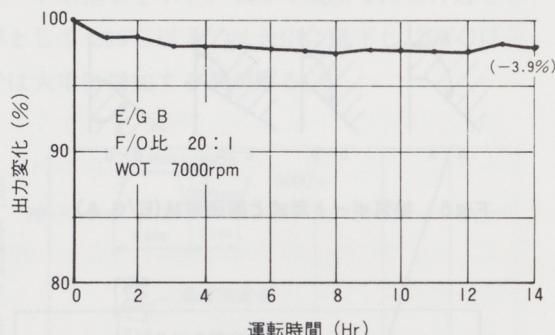


Fig 11 耐久テストに於ける特殊溝付き時の運転時間E/G出力の変化at 7000rpm(WOT)

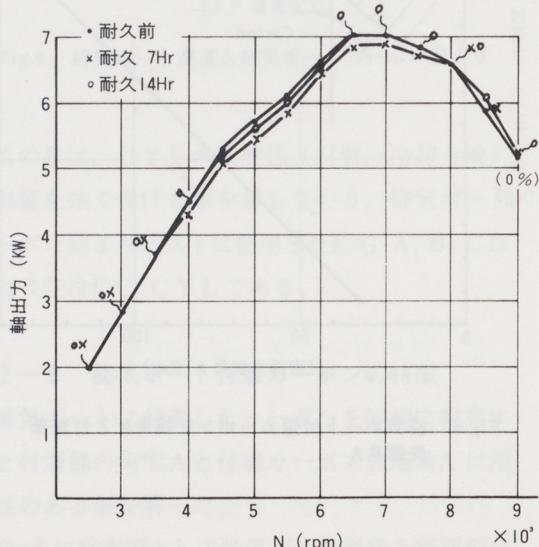


Fig 12 耐久テストに於ける特殊溝付き時の運転時間と出力特性の変化(WOT)

E/G出力劣化防止に対して非常に効果的である。

小型2～E/Gでは、出力そのものが小さい為出力低下は、ドライバビリティ低下となって表わされ易い。この点特殊溝をつける事により、ドライバビリティの低下を大巾に改善出来る。

	STD	特殊溝付	改善効果
耐久中の出力変化 7000rpm(wot)	-1.24ps (-1.7%)	-0.28ps (-3.9%)	0.96ps (STDに比べ約80%)
耐久14Hr後の変化 wot 9000rpm出力変化	-2.7ps (-53%)	0 ps 0 %	2.7ps (100%)

Table 2 特殊溝のE/G出力劣化防止効果

2-8 排ガス劣化防止効果

前項で説明した様に、E/G出力劣化防止効果が大きいという事は、排ガス劣化防止効果も大きい事を意味する。

1例としてE/G Aを使用し、11Lapにて6000km走行前後のLA4モードでのHC、COのマスエミッション測定結果をTable 3に示す。

	S T D		特殊溝付き	
	新 品 時	6000km走行後	新 品 時	6000km走行後
H. C	3.4 g	5 g 以上	3.3 g	2.5 g
C. O	5.8 g	12 g 以上	5.7 g	4.5 g

※6000km走行後排気ポート閉塞率約50%

Table 3 特殊溝の排ガス劣化防止効果

この時のE/Gは、新品時キャブをリーンセッティングしてテストを行なっている。

特殊溝付きの場合、6000km走行後H.C、CO共に低下しているがこれは、馴らし効果によるロス馬力低下が原因と思われる。

2-9 その他のE/Gに於ける効果

本手法の考え方は当社の船外機の一部にも採用されており、モーターサイクルと同様の効果が得

られている。

2-10 2～E/G油の影響

前項までのE/G側の対策法では、使用E/G油を一つに固定してテストを行ったが、使用E/G油によっても排気ポートカーボン詰まりは大巾に異なってくる。

テスト条件をFig 4、テスト油の内容とテスト結果をTable 4に示す。

サ ン プ ル	A	B
オイル設計(%wt)		
鉱油+希釈剤	62	75.5
ブライストック	13.5	0
ポリイソブチレン	21	21
パッケージ添加剤	3.5	3.5
テスト結果(%)		
排気ポートカーボン		
EX. Port 温度 120°C	0	0
" 160°C	3	0
" 220°C	55	10
実走焼付テスト結果	OK	NG (piston~scuff)

Table 4 テスト油設計とテスト結果

この結果を見て解る様にBright stockの様な重質鉱油成分が排気ポート詰まりに対して大きな影響を与えていた事が解った。しかし焼付防止剤として使用されるBright stockを少なくすると、実走テストにてピストンスカッフが発生し易くなる。一般市販2～E/G油を分析すると一般的にBright stockが多めに使用されており、排気ポート詰まりには不利な場合が多い。今後、焼付きのゆるす限りBright stock量を低減させるか、又は、Bright stock並みの焼付き性を有し、しかもカーボン生成の少ない材料の使用が望まれる。著者の経験によれば、Bright stockを5%以内(場合によっては0%)に抑え、そのかわりに平均分子量700～1300程度のポリイソブチレン(以下P.I.B)を数%使用する事により排気ポート詰まりとピストン焼付性を高次元でバランスを取る事が出来る。

3. 排 気 煙

排気煙の調査に使用したエンジンDについて以下に示す。

冷却方式	強制空冷
ボア×ストローク	40×39.9mm
排 気 量	49.9cc
C y l 材質	鋳 鉄
出 力	1.1kW

2～E/Gはその構造上Muffからの排ガス中に未然オイル分を含む為に排気煙が発生する。排気煙に対する報告は杉浦⁽¹⁾、G.J.Souillard⁽²⁾等によって各種報告されている。これら各種報告及び当社のテスト結果によれば、排気煙の多少及びF/0比の排ガス濃度に対する影響はほとんど無視出来るレベルである。しかしながら排気煙は環境上ダメージをもたらす為、改善する事は非常に重要である。そこで2～E/GメーカーとしてE/G側及びオイル側両面より排気煙低減策を調査した結果を以下に報告する。

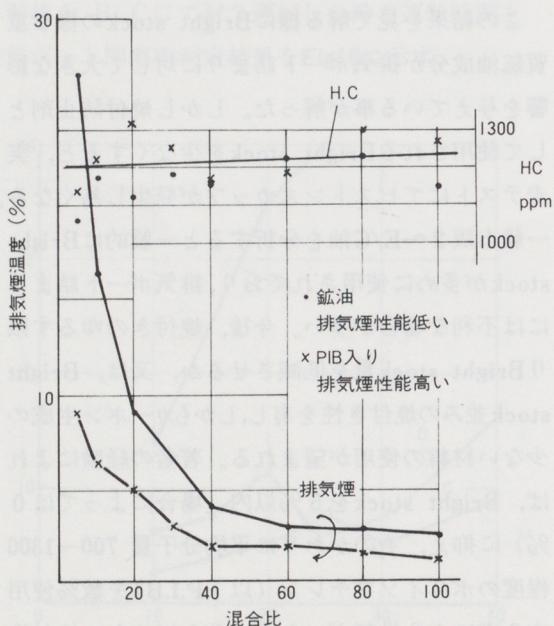


Fig13 排気煙濃度とHC

3-1 F/0比と排気煙濃度、H.C

F/0比の変化で排気煙が大巾に変化するのは衆知の事である。しかし一般的に排気煙イコールH.Cと思われる場合が多い。Fig13に排気煙レベルの異なる2つのオイルにて混合比を変え、その時の排気煙濃度と排ガス中のH.C測定を同時測定した結果を示す。各種報告と同様、排気煙レベルとH.Cはほぼ無関係である事が解る。

3-2 Muff後端での排気煙観察

排気煙はMuff後端からの距離により見え方が異なる。これを明確にする為、無風条件下にてMuff後端からの距離と排気煙濃度、煙中心排ガス温度を測定した。排気煙直径は、煙が拡散してしまう為正確な測定は困難だが目視参考データとした。排気煙はBosch式光透過式スモークメータにて測定した。

この結果をFig14に示す。

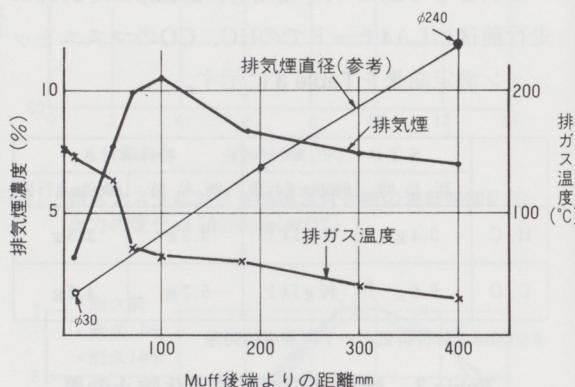


Fig14 Muff後端よりの距離と排気煙濃度・温度

ここで特徴的な事は、Muff後端より離れるに従って排気煙は急増し、この時は排ガス温度が急低下する事である。

この事より排ガス温度が排気煙と密接な関係のある事が解る。

3-3 排ガス温度と排気煙

前項の結果より、排気煙と排ガス温度の関係を

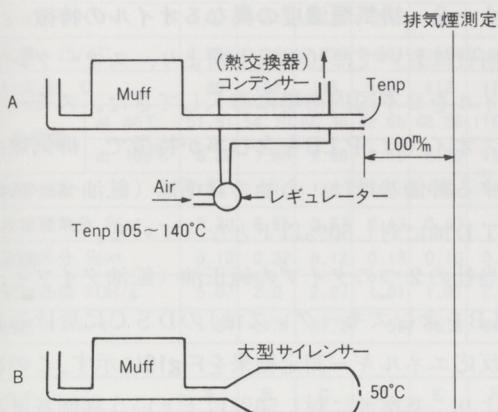


Fig 15 排ガス温度調整法

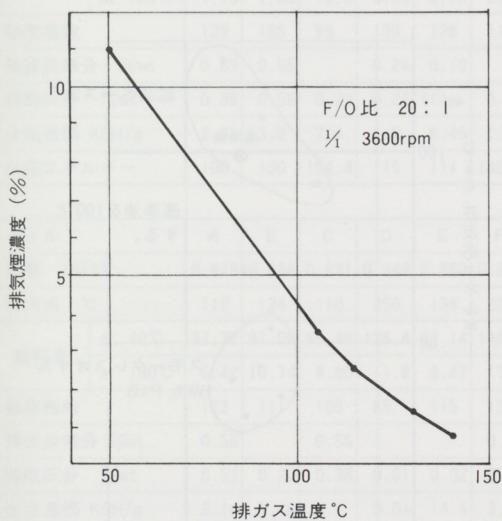


Fig 16 排ガス温度と排気煙濃度

Fig 15 の条件にて測定した。

結果は、グラフ 16 に示す様に排気温度と排気煙が密接な関係のある事がより明確となった。

一般的に E/G 車を使用した自動車でリヤ E/G 車の方がフロント E/G 車より排気煙が少ない。これは、フロントエンジン車の排気系が長さがリヤ E/G 車に比べ圧倒的に長く結果的に排気ガス温度が低下する為である。

4. エンジンオイルに於ける排気煙変動要因

前項に於いて、排気煙は、排ガス温度と相関のある事が判った。そこでエンジンオイル側に於ける排気煙変動要因評価法として熱を用いた分析法の一種である熱分析 (Thermal analysis) を使用してみた。分析器は Thermo Gravimetry (T.G.) - Derivative Thermo Gravimetry (DTG) - Differential Scanning Calorimetry (DSC) 同時測定装置を使用した。Fig 17 に分析例を示す。

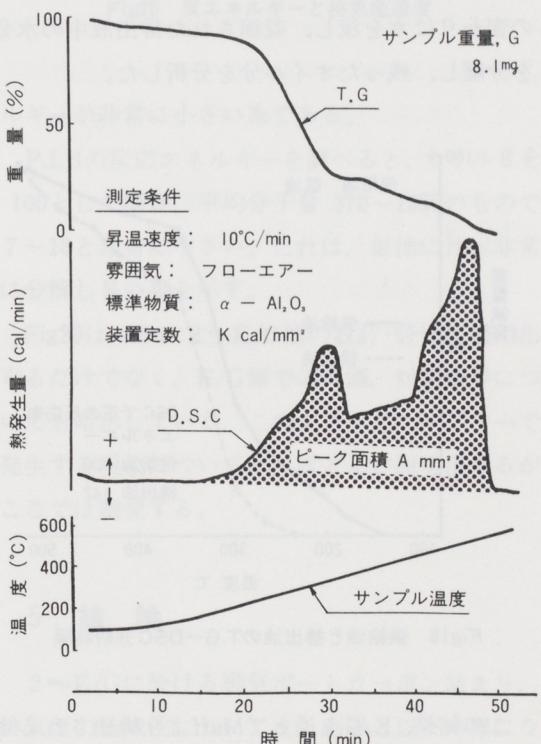


Fig 17 反応エネルギー測定例

この分析にて DSC で測定出来る反応エネルギーに注目した。ここで、反応エネルギーとは、Fig 17 の例では、以下の様にして求められる。

$$\text{反応エネルギー} = A \times K/G$$

A ; 約180°Cで吸熱反応終了後、約570°Cで発熱反応が終了するまでの DSC カーブの面積

K ; 装置定数

G ; サンプル重量

以下反応エネルギーとは全て、この意味である。ここで、吸熱反応部分を無視したのは、灯油、ガソリン等、吸熱反応物質は、経験上それ自身では排気煙にならない為である。

4-1 E/Gへの供給油とMuffからの排出油の変化

E/G内に供給されたオイルがどの様に変化して排出されるかをT.G-DSC分析した結果をグラフに示す。Muffからの排出油はFig15のA法にてAirの変わりに水を流し、凝縮された排出液中の水分を分離し、残ったオイル分を分析した。

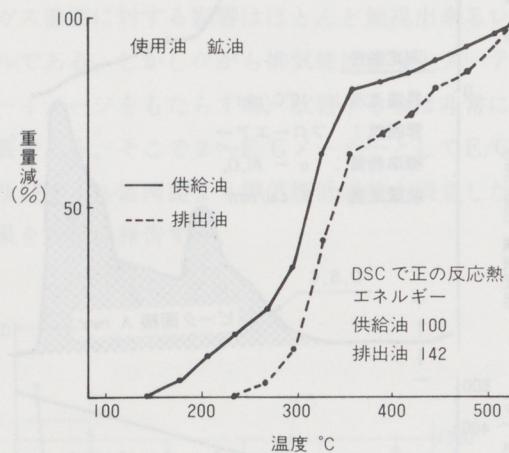


Fig18 供給油と排出油のT.G-DSC分析結果

この結果、E/Gを通ってMuffより排出されるオイルは、高沸点留分が濃縮された形になっている。又DSC分析での正の反応エネルギーは、供給油を100とした場合、排出油は142と約40%も高くなっている。この事より杉浦、加賀谷⁽¹⁾の報告の様にオイル中の未燃オイル分が煙の原因と考えられる。つまり、未燃オイル分が、熱エネルギーを失う事により液化し、これが可視化する事により排気煙となるものと考える。

4-2 排気煙濃度の異なるオイルの特徴

当社においては10年以上前より、スモークレスオイルを日本国内市場に導入してきた。スモークレスオイルは、P.I.Bを含む事が特徴で、排気煙に対する評価基準は、当社の評準油（鉱油ベースのS T D油に対し50%以下となっている。

当社の2つのタイプの純正油（鉱油タイプと、P.I.Bを含むスモークレス油）のDSCに於ける正の反応エネルギー測定結果をFig19に示す。この結果より、基準油に対し50%以下という評価基準をパスしたスモークレスオイルは、反応エネルギーも50%以下であり、排気煙と密接な関係にある。

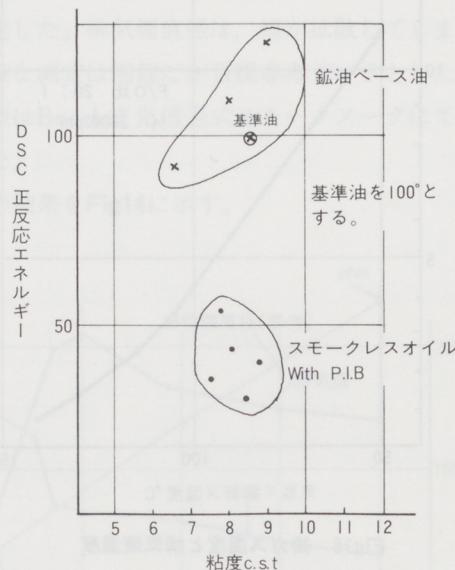


Fig19 当社純正E/G油の正の反応エネルギー

4-3 排気煙と反応エネルギーの関係

排気煙濃度は、測定条件を一定にすると各オイル個有の値を示す。Fig19の結果より、オイルによる排気煙性能の違いは、酸化雰囲気中に於ける反応エネルギーの違いであると考えられる。そこで、世界各地より入手した市販エンジン油の中から反応エネルギーの異なる18種類のオイルを選び、その排気煙濃度との関係を調査した。使用したオイルの一般性状と反応エネルギーのデータをTable5

オイル		A	B	C	D	E	F
比重	15/4°C	0.866	0.866	0.879	0.861	0.864	0.873
引火点	℃	80	102	116	105	112	121
動粘度	at 40°C	51.91	54.70	60.36	42.65	46.56	116.0
	at 100°C	8.38	7.88	8.63	8.10	8.29	12.5
粘度指数		136	121	116	166	166	99
残留炭素分	%wt	0.30	0.55	0.57	0.43	0.43	
硫酸灰分	%wt	0.10	0.32	0.12	0.19	0.19	0.29
全塩基価	KOH/g	5.07	2.0	2.27	1.01	1.01	2.4
反応エネルギー		1.64	43.0	61.2	52	75.8	86.1

オイル		A	B	C	D	E	F
比重	15/4°C	0.867	0.864		0.870	0.866	0.871
引火点	℃	100	154			66	134
動粘度	at 40°C	40.89	50.95	116.0	27.20	38.50	39.72
	at 100°C	7.19	7.05	12.5	5.29	6.10	6.29
粘度指数		139	105	99	130	128	117
残留炭素分	%wt	0.69	0.65		0.24	0.10	
硫酸灰分	%wt	0.38	0.56	0.29	0.23	<10ppm	0.22
全塩基価	KOH/g	2.81	3.0	2.4	1.5	6.45	1.46
反応エネルギー		100	100	104.4	115	111	140.8

オイル		A	B	C	D	E	F
比重	15/4°C	0.878	0.888	0.891	0.949	0.880	0.895
引火点	℃	112	124	110	256	134	226
動粘度	at 40°C	37.32	91.08	56.40	125.4	63.14	146.4
	at 100°C	6.42	10.74	8.00	11.8	8.47	17.3
粘度指数		123	111	108	89	115	138
残留炭素分	%wt	0.59		0.56			0.98
硫酸灰分	%wt	0.52	0.20	0.38	0.01	0.02	0.51
全塩基価	KOH/g	2.14	4.48	3.1	0.01	14.4	3.61
反応エネルギー		141.7	145.3	145.6	145.9	155.2	168.8

※オイルGの反応エネルギーを100とする。

Table 5 テストに使用したオイルの一般性状と反応エネルギー

に示す。

測定結果をFig20に示す。この結果、反応エネルギーと排気煙濃度の間に 0.973 という非常に高い相関係数が得られた。

この事により、オイルによる排気煙の違いは、オイル個別の反応エネルギーによるものである事が判った。

グラフの中でP.I.Bを含むオイルの排気煙及び反応エネルギーが少しいが、これはP.I.Bの反応エネ

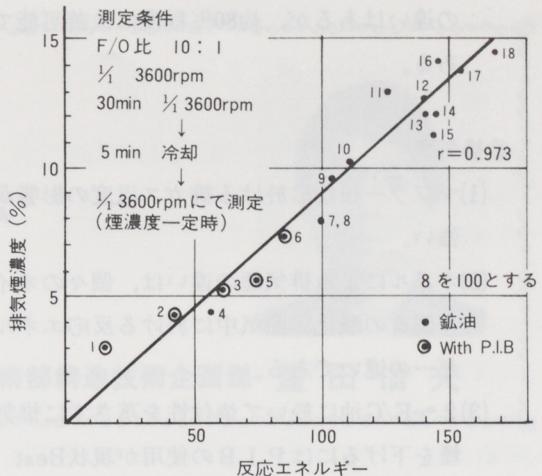


Fig20 反応エネルギーと排気煙濃度

ルギーが非常に小さい為である。

P.I.Bの反応エネルギーを調べると、オイル8を100とした場合、平均分子量 370~1350のもので7~16と非常に小さい。これは、鉱油に比べ非常に分解し易い事を示す。

Fig20は、単に 2~E/G油の設計・評価に使用出来るだけではなく、E/G側での評価、対策法等についても暗示している。このグラフで、マフラーで発生する現象については、ほとんど説明出来るがここでは割愛する。

5. 結論

2~E/Gに於ける排気ポートカーボン詰まり、排気煙の低減法についてまとめると以下の様になる。

◎排気ポートカーボン詰まり

- (1)排気ポート温度の影響が極めて強い。
- (2)高温時に付着するカーボンはポート出口直近に特殊溝をつける事で大巾に改善出来る。
- (3)2~E/G油としては、高粘度基油の低減とP.I.Bの使用が現状Bestである。
- (4) (2),(3)を併用する事によりE/Gによる効果

の違いはあるが、約80%程度は改善可能である。

◎排気煙

- (1)マフラー後端に於ける排ガス温度の影響が強い。
- (2)オイルによる排気煙の違いは、個々のオイル個有の酸化雰囲気中に於ける反応エネルギーの違いである。
- (3)2~E/G油に於いて焼付性を落さずに排気煙を下げるにはP.I.Bの使用が現状Bestである。
- (4)日本国内ではオートルーブスーパーの様にP.I.B使用油が一般的であり、オイルだけで排気煙が50%以上低下している。

6. おわりに

本稿は、1987年11月にIPC-4(第4回環太平洋SAE大会)にて発表した講文を殆どそのまま

転用したものです。Know-How的なものも出していますが、これは日本以外で、少しでも良い2~E/G油をオイルメーカーに市販していただきたいです。現状、日本から一步外に出るとカーボン詰まり、排気煙に対して良質な2~E/G専用油はほとんどありません。有名なメーカーのオイルも例外ではありません。従って海外向け車両を開発する際には、充分考慮して仕様を決める必要があります。

最後に、E/G性能、騒音と同レベルでマフラー関係(カーボン詰まり、オイル飛散、排気煙)が議論される事を願う次第です。

【参考文献】

- (1)杉浦、加賀谷;各種潤滑油使用時的小型2ストロークE/Gの可視煙低減 SAE paper 770623, 1977
- (2)G.J soullard and F.van Quaethoven;polyisobutylen, A New synthotic Matevial for Lubrication, SAE 710730, 1971

Vプロセス铸造法



铸造技术部铸造技术企画课 豊田信夫

1. はじめに

VプロセスとはVacuum Molding Process（減圧铸造法）の略称で日本で発明された铸造方法の一つです。Vプロセスは、砂をフィルムで包み込み、真空状態にすることで砂を固定する铸造方法です。これによって、砂と粘土と水で型どりされる生型铸造よりも、飛躍的に铸造物の美しい、より均一な品質を得ることができます。

Vプロセス铸造設備は、昭和61年12月磐田第3工場に設置され、現在、铸造金型の製造を開始しております。

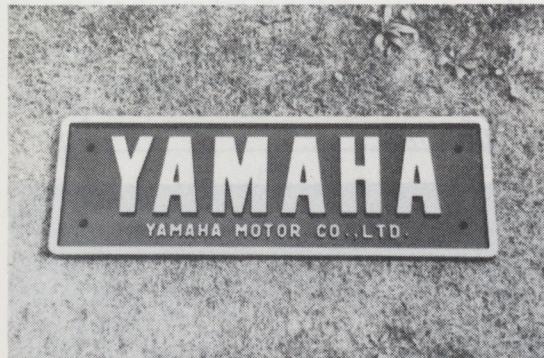


写真1 Vプロセスによる銘板

2. Vプロセスの歴史

昭和46年、長野県工業試験所および(株)アキタによってVプロセスは共同開発された。

昭和46年2月 (株)アキタの久保好政氏と長野県工業試験場の中田邦位研究員とが共同でNK金型の研究を続けていた。金型の寿命、塗型剥離防止等の未解決の点があったが、塗型がしっかりとすれば金型の寿命が伸びることは明らかであった。彼らの実験の中で塗型を真空力で金型に吸い着けてはどうかという提案があった。これがそもそもVプロセスの始りであった。

昭和46年3月 試作1号機完成する。これは、吹き込み中子造型機を改造したもので、Vプロセスの基本的な問題点はこの試作機により解決された。

昭和46年4月 基本発明特許出願完了する。

公開番号 昭和47年 第38727号
昭和47年 第38728号
昭和47年 第42227号
昭和47年 第42229号

昭和46年6月 基本装置特許出願完了する。

昭和46年8月 試作2号機および試作3号機完成する。

昭和46年12月 新東工業(株)と契約、Vプロセス装置の開発を依頼するとともにその装置の独占販売契約を締結する。

昭和47年1月 電気化学工業(株)とVプロセス用フィルムの共同開発に着手する。

型抜きが容易になる。そのため、抜き勾配の小さい鋳物ができる。

昭和48年4月 第15回科学技術功労者の表彰。

優れた国産技術の開発に貢献した発明者として科学技術長官賞を受賞する。

3-3 鋳肌が美しい

細かい砂で鋳型ができるため、よりなめらかな鋳肌になっている。

昭和60年5月 磐田第3工場でVプロセスレンタル装置を使って亜鉛合金の鋳造テストする。

3-4 寸法精度が良い

Vプロセスは、写型性と型抜き性が良いこと、真空の力を使って砂粒を固めて鋳型を造るので、鋳型の強度がかなり大きく、鋳型の変形が小さくなり、寸法精度が良くなっている。

昭和61年12月 磐田第3工場にVプロセス鋳造設備を設置して、亜鉛合金型、アルミ製品の生産を開始する。

3-5 工場の環境が改善される

Vプロセスは、鋳物砂に水分、粘結剤を一切含まないので、鋳物砂の流動性、充填性が優れないとともに、鋳物砂が粘結固化されていないので枠バランもきわめて容易である。

従って、振動、騒音等による公害が少なく、また従来のような粘結剤の燃焼によって発生する刺激臭も皆無となる。

3. Vプロセスの特長

3-1 写型性が良い

Vプロセスは、非常に流動性の良い、さらさらとした砂を使用するため、きわめて小さい力で砂が充填できるので、型の細かい形状や模様が、そのまま写し出すことが可能となり、輪郭のすっきりとした鋳物ができる。また、これまで不可能であった精密な模様のある鋳物が製造できる。

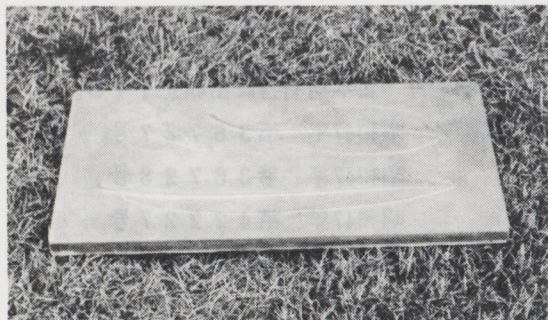


写真2 木の葉模様の鋳造品

3-2 型抜き性が良い

Vプロセスは、型と鋳型との間にフィルムがあることと、真空で鋳型を吸引することによって、型と鋳型との間の摩擦が小さくなり、鋳型からの

3-6 特別な設備を使う

Vプロセスは、鋳型内部を真空にすること、プラスチックフィルムを用いることから、真空ポンプ、フィルム加熱機、吸引ボックス等の一連の装置が必要となる。

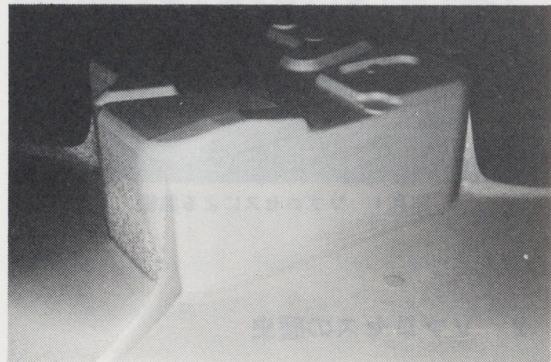


写真3 Vプロセスのフィルム

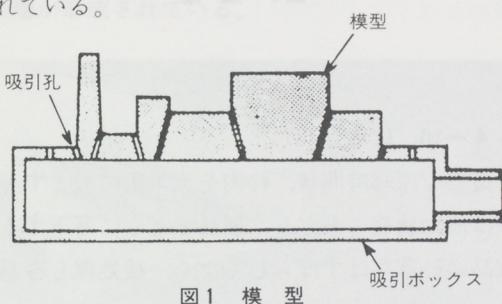
4. Vプロセスの概要

Vプロセスは、粘結剤を含まない乾燥けい砂で鋳型を造るため、生砂型とは異った特別な造型を行なう。

Vプロセスの造型法を図解で説明すると、次の通りとなる。

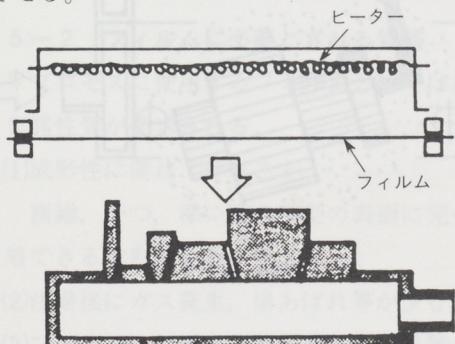
4-1 模型

吸引ボックスの上に模型を取り付ける。模型には吸引ボックスへ通じる多数の吸着用小孔があげられている。



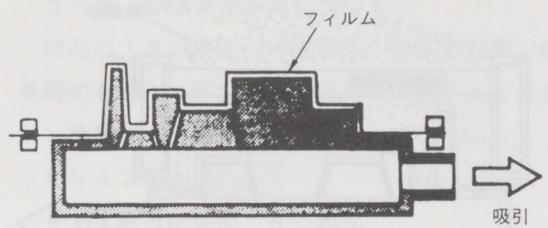
4-2 フィルム

伸び率が大きく、かつ塑性変形率の高いプラスチックの薄いフィルムを、ヒーターにより加熱軟化させる。



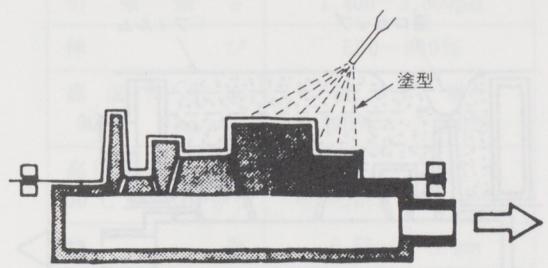
4-3 フィルム成形

加熱軟化したフィルムを、模型表面に置き、吸引ボックスを減圧にすると、フィルムは模型面に吸着される。



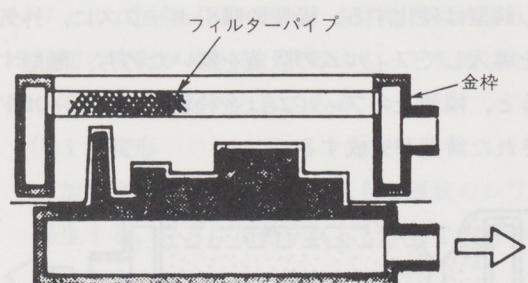
4-4 塗型

鋳物肌をさらに良くするため、フィルム表面に塗型を吹き付ける。



4-5 金枠

フィルムを吸着した模型に、フィルターパイプを内部に備えた枠をセットする。



4-6 砂入れ

充填効果が上がるよう粒度調整された乾燥砂を微振動を加えながら充填する。

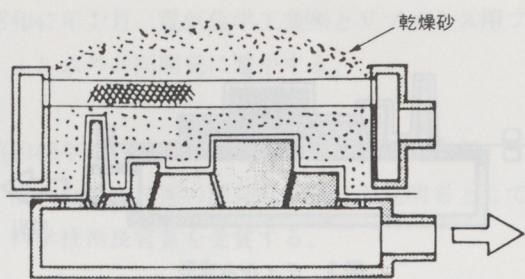


図6 砂入れ

4-7 上面フィルム張り

湯口カップを成形し、砂面をならして、上面をフィルムで覆う。

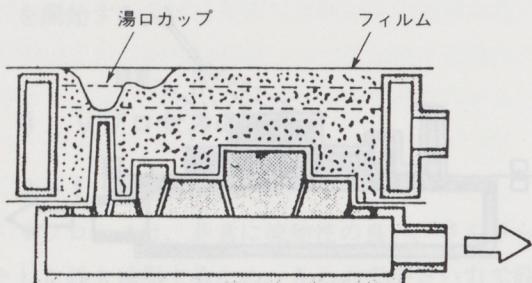


図7 上面フィルム張り

4-8 錫型完成

枠内をフィルタパイプを通して減圧にすると、上面を覆ったフィルムを介して、外圧が砂に作用し錫型は硬化する。模型の吸引ボックスに、外気を導入してフィルムの吸着を解いたのち、離型すると、模型上のフィルムは金枠側に移りシールドされた錫型が完成する。

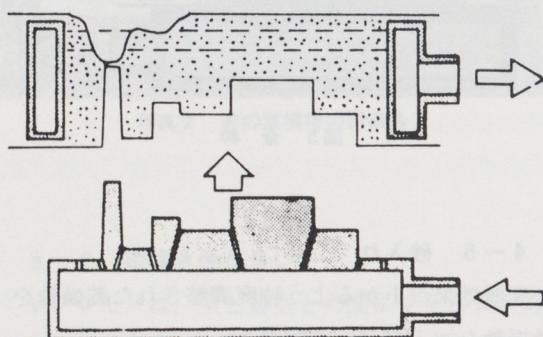


図8 錫型完成

4-9 注湯

上記の工程で造られた上型および下型を、枠合せして減圧状態で注湯する。

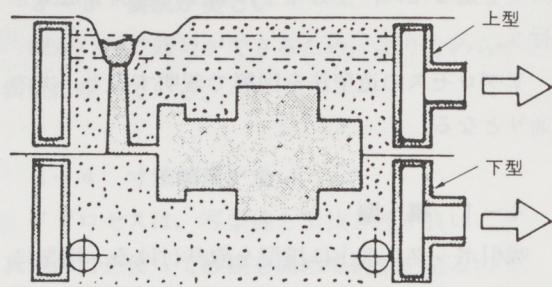


図9 注湯

4-10 ばらし

適当な冷却時間後、枠内を大気圧にもどすと、砂は流動状態にもどり、製品とともに落下する。製品の砂落ちはすばらしくよく、後処理も容易である。

砂は冷却して、そのまま再使用する。

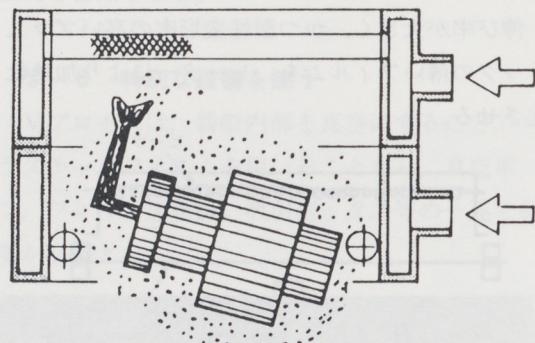


図10 ばらし

5. Vプロセス用プラスチックフィルム

5-1 フィルムの高温における挙動

プラスチックフィルムを用いて鋳型上部を覆い鋳型内部を吸引しないで1000°Cの鋼塊をフィルム上に置いた場合、フィルムが瞬間に燃えて一部燃焼残渣である炭素が残るだけで、鋼塊下の砂は特に変化はみられない。

鋳型内を真密度-300mmHgに保って鋼塊を置いた場合、瞬間に白煙がわずか発生するだけである。鋼塊を除去するとその下に比較的強固なシェル状の層が形成されている。



写真4 シェル層とフィルム

5-2 フィルムに必要とされる性質

Vプロセスに使用するフィルムとしては次のような諸性質が要求される。

(1)成形性に優れていること。

複雑、かつ、深い溝の模型の表面に完全に密着できる成形性を有すること。

(2)注湯後にガス発生、湯あばれ等が少ないこと。

(3)フィルムに起因する焼き着き、鋳巣等の鋳造欠陥がないこと。

(4)機械設備を腐食させるようなガス発生がないこと。

(5)残留フィルムの処理が簡単で、かつ、公害に連がらないこと。

(6)安価で入手が容易なこと。

5-3 EVAフィルムについて

凹凸の大きい模型への成形性、塑性変形率、燃焼時の有害ガス等の点から現在ではEVA（エチレン酢酸ビニール共重合）が最も適している。

EVAフィルム

EVA酢ビ配合率 5~20%

EVAシート厚み

50μ 鋳肌の細かい板物用

75μ 一般小物部品用

100μ 深絞り率の大きい鋳物用

比 重	0.93~0.95	
引 張 強 さ	1,400~3,800psi	
伸 び	650~900%	
高 温 伸 び 率 90°C 9 kg/cm ²	縦 200%	横 300%
高 温 塑 性 变 形 率 90°C 500%伸び後	縦 60~70%	横 70~90%
比 热	0.55cal/°C/gm	

表1 E.V.A フィルムの性質

5-4 フィルム加熱

熱可塑性フィルムであるため、フィルム成形には加熱機を必要とする。

フィルム加熱（85~90°C）をすると次のような3段階の変形がおきる。成形にもっとも適した状態は(2)の2次変形のときである。

(1)1次変形

加熱当初フィルム表面に大きな波状のシワが発生する。さらに加熱されると小さな波状のシワになる。

(2)2次変形（フィルム成形適性時）

小波が消えて鏡面になり、非常に光沢が出てくる。

(3)3次変形

さらに加熱していくと穴があき、成形不可能となる。

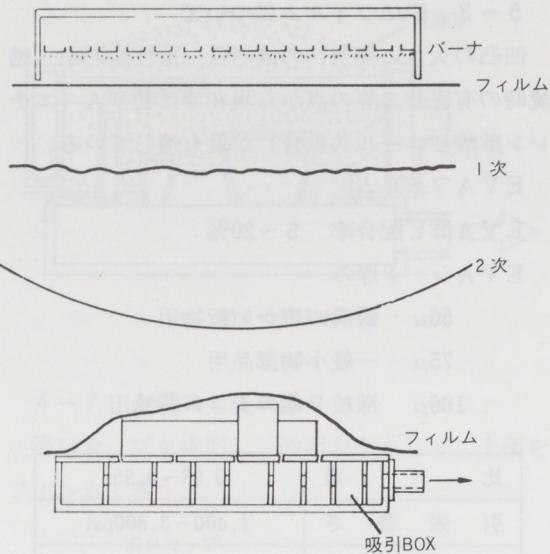


図11 フィルムの塑性変形

5-5 フィルムの吸着方法

(1)吸引しながら、フィルムを被覆する方法

フィルムの加熱温度を低下させずすばやく吸着できるので最適である。形状の複雑な模型に適する。

(2)フィルム被覆後吸引する方法

形状の簡単な模型の場合は、この方法でもよい。

いずれの場合も、85~90°Cに加熱されたフィルムを降温させることなく、すばやく吸着することが必要である。

模型の全表面積が吸着前のフィルム面積の200%までは、工夫により十分吸着可能である。

6. 模型

Vプロセスの模型は、フィルムを模型に吸着するための吸引孔が必要であり、さらに模型定盤の下に吸引ボックスを取り付ける。

模型は従来の砂型の場合と異なり、鋳物砂に直接触れないため、特に耐摩耗性は必要としない。

6-1 模型材料

模型材料としては、次のようなものが使用できる。

- (1)木材 一般的模型材である。乾燥度を上げること。
- (2)金属材料 繰り返し使用による温度上昇は、フィルムの粘着に注意。
- (3)樹脂 多量生産用として安価で最適。
- (4)発泡材 高密度 (30grm/l以上) のものを選ぶこと。
- (5)石膏 木型との併用、試作用としてよい。
- (6)粘土 1回限りとし、次回はその製品を模型にしてもよい。
- (7)その他 植物、その他現物でもよい。

6-2 模型の製作方法

砂型铸造法の模型と特に差がないが、次の事項に注意する。

(1)塗装

表面平滑度を向上するため塗装するとよい。ただし、シリコン塗装等の耐熱塗装にしないとフィルム離型時に、鋳型表面を荒らす。

(2)吸引孔

吸引孔の直径が大きすぎるとフィルム破損の原因となる。0.5~1.0mm径のピアノ線で100~200mmのピッチで孔あけする。

(3)抜け勾配

特に必要としないが、つけるなら0~1/1000程度でよい。

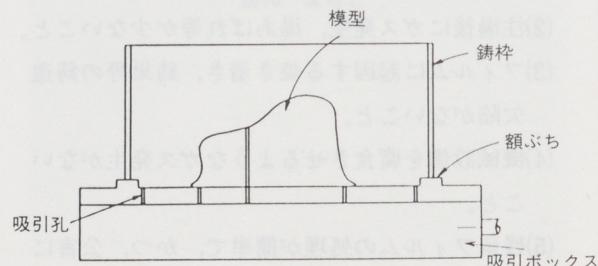


図12 模型と吸引ボックス

6-3 吸引ボックス

吸引ボックスは、フィルム吸着時に定盤を含めて大気圧 (0.5kgf/cm^2) を受けるため、それに耐えられる強度を必要とする。

材料は、鋼板、木材、ベニヤ板でよい。

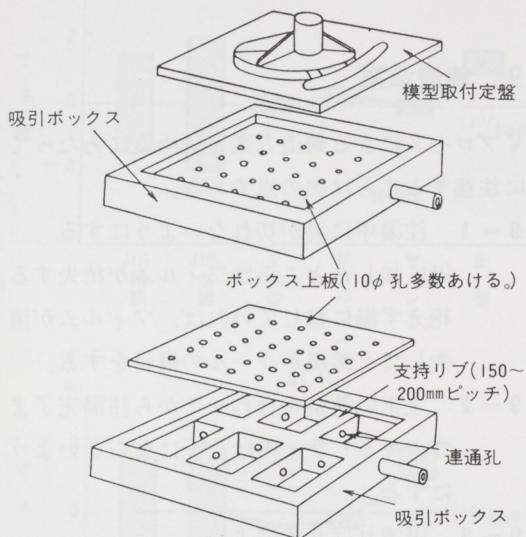


図13 吸引ボックスの構造

7. 真空装置

Vプロセスで要求される真空特性は、真空度-300~400mmHg程度で、排気速度の大きいことが必要である。

しかし、造型中の空気洩れ、鋳込中または、鋳込み後の空気流量等によって、真空度、流量が低下もしくは変化するので、これらの真空特性を考慮して、真空ポンプのタイプ、能力を決定しなければならない。

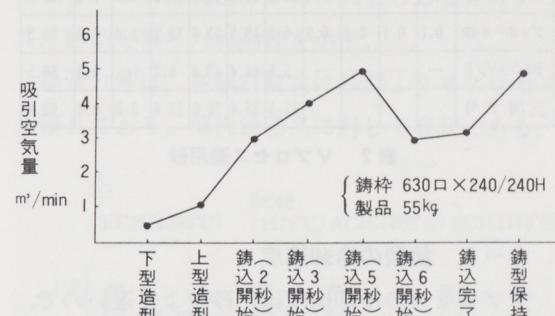


図14 吸引空気量の変化

吸引空気量の目安は、次の通りである。

造型時 $3 \sim 4 \text{ m}^3/\text{分} / \text{鋳枠体積m}^3$

鋳込時 $9 \sim 11 \text{ m}^3/\text{分} / \text{鋳枠体積m}^3$

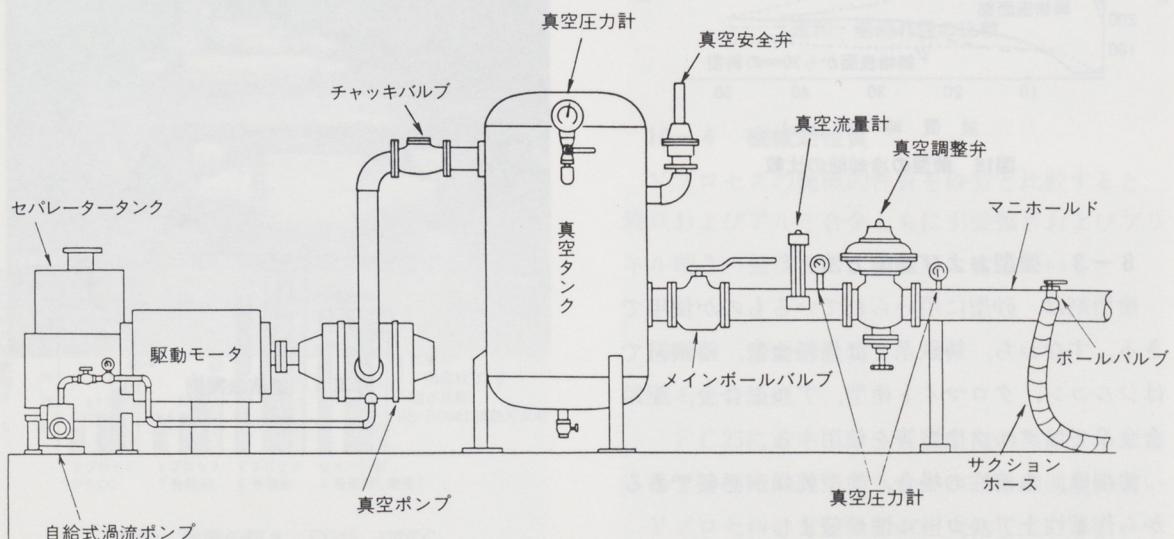


図15 真空装置

8. 鋳型材料

8-1 鋳物砂

Vプロセスは、粘土やレジン等の粘結剤を含まない乾燥砂を用い、また鋳型中の発生ガスを吸引排出するので、従来の砂型より細粒砂を用いる。

砂名	MESH 20 %	AFS									
		28	35	48	70	100	150	200	270	Pan	AFS
フタリサンド	—	—	1.5	11.2	34.0	40.0	11.2	1.0	—	—	63
三子山硅砂	0.2	2.9	14.4	25.5	35.4	14.8	5.1	1.5	0.2	tr	50.9
三栄7号	—	—	—	0.1	25.6	36.6	24.4	11.1	1.4	0.1	82.1
ダイヤ7号	—	—	—	2.4	13.6	22.4	27.6	27.8	5.0	1.2	103
ジョホール砂	0.1	0.1	0.2	0.9	6.2	18.5	52.8	19.2	1.0	0.5	98.3
ジルコンサンド	—	—	—	—	5.8	44.4	43.4	6.2	tr	0.2	86.5
三河7号					11.8	35.4	36.0	13.4	3.0	0.4	92.6

表2 Vプロセス適用砂

8-2 鋳型の冷却速度

Vプロセスの冷却速度は、砂型より遅いので、鋳込後のばらし時間は、この性質を把握して決めることが望ましい。

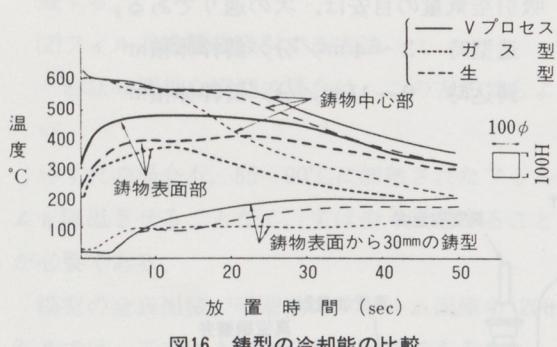


図16 鋳型の冷却能の比較

8-3 塗型および塗型方法

塗型剤は、砂型に用いられているものが使用できる。すなわち、鋳鉄系では黒鉛塗型、鋳鋼系ではジルコン、クロマイト塗型、アルミ合金、亜鉛合金系ではタルク塗型等を使用する。

溶剤は、水溶性の場合、塗型乾燥が必要であるから作業性上アルコール性が望ましい。

塗型は模型の形状にそって全体にムラなく吹き

付ける。塗型が不十分であると、製品に肌荒れや焼き着きをおこしやすい。

8-4 砂の再利用

回収された砂は50°C以下にしないと、造型時にフィルムが模型に溶着して離型性をそこなう。

9. 鋳造法

Vプロセスによる鋳造方案を決めるにあたって特に注意することは次の点である。

9-1 注湯中に湯が切れないようにする。

湯に接したところはフィルムが消失する。

絶えず湯に接していれば、フィルムが消失しても溶湯がシールの役目をする。

9-2 上下の鋳型を合わせてから注湯完了まで、キャビティ内は負圧にならないようする。

9-3 湯流れは非常によい。

9-4 注湯は早く静かに行なう。

9-5 鋳型の上面に湯をこぼさないようにする。

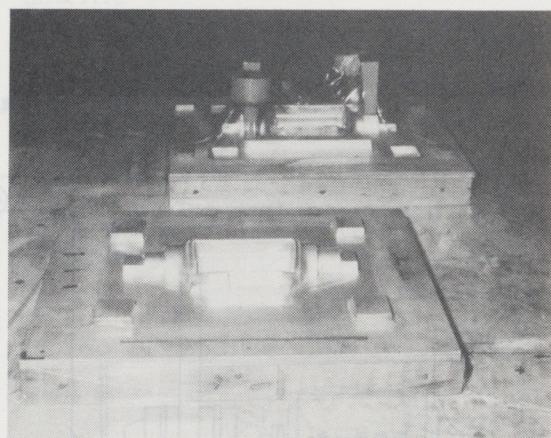


写真5 鋳造法

10. 鋳造材質

10-1 寸法精度

Vプロセスは、鋳鉄系およびアルミ合金では、自硬性鋳型と同程度の寸法精度を示している。

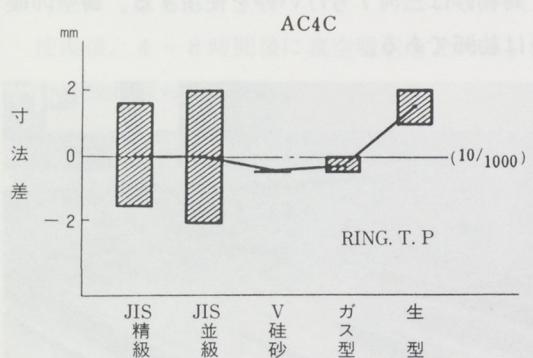
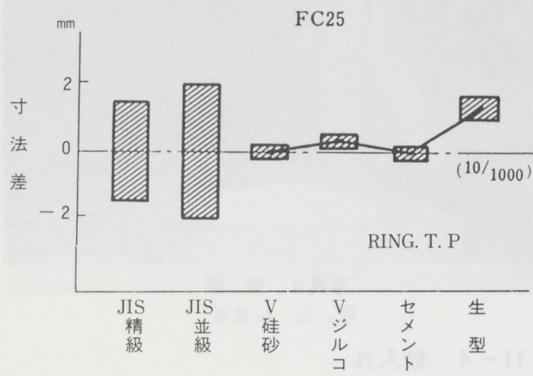


図17 寸法精度

10-2 表面の粗さ

鋳鉄、アルミ合金での各種鋳型の表面粗さの違いを比べると、Vプロセスの細粒砂の場合が優れている。

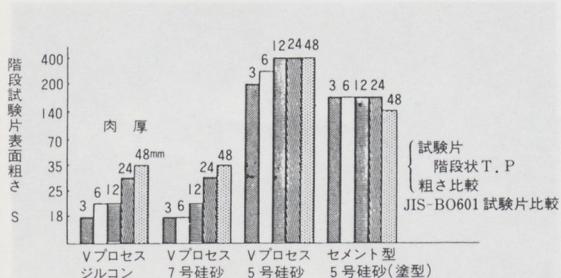


図18 表面の粗さ FC25 1370°C

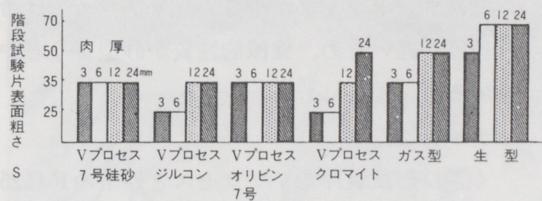


図19 表面の粗さ AC4C 760°C

10-3 湯流れ性

Vプロセスは、プラスチックフィルムの摩擦抵抗が砂型と比べて小さいこと、あるいは、鋳込中にフィルムの消失部分からの吸引の影響等によって、砂型と異った流動性を示す。

湯流れ性は、各種材質共に砂型よりVプロセスが優れており、薄肉鋳物品に対して有利である。

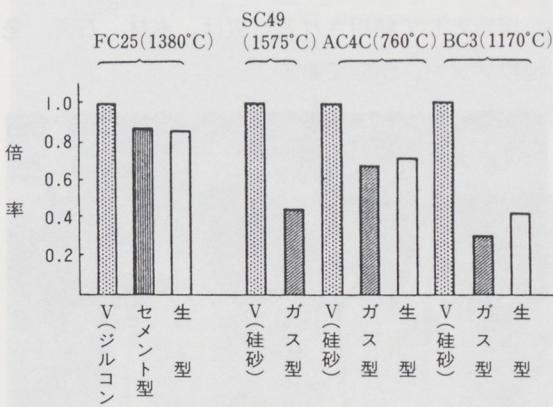


図20 湯流れ性の比較

10-4 機械的性質

Vプロセスの機械的性質を砂型と比較すると、鋳鉄およびアルミ合金ともに引張強さおよびブリネル硬さの強度面で、わずかに劣っている。

10-5 治金的性質

(1) ミクロ組織

FC25においては、ASTMの黒鉛サイズ基準では明確に表示できないが、冷却速度の遅いVプロセスの方が黒鉛が粗大化している。

AC4Cの場合、Vプロセス、生型、ガス型

の順にデンドライドが小さく、Vプロセスは冷却速度が遅いため、機械的性質が砂型よりもやや劣る。

(2)チル特性

くさび形試験片でVプロセスと砂型のFC25の場合でのチル特性を比較すると、Vプロセスの方がチル巾が狭い。冷却速度が遅いことを示している。

11. 磐田第3工場での鋳造例

Vプロセスによって、重量200～1500kgのプレス用ZAS型を製造している。

11-1 模型

模型として使用される材質は、木材、石膏、発泡ウレタン、樹脂である。



写真6 模型

11-2 フィルム成形

フィルム厚75μ、100μのVシートを使用し、プロパンガスで加熱する。



写真7 フィルム加熱

11-3 塗型

塗型剤は骨材にタルク、溶剤にジルコメルトを使用する。濃度はボーメ計で20～30である。

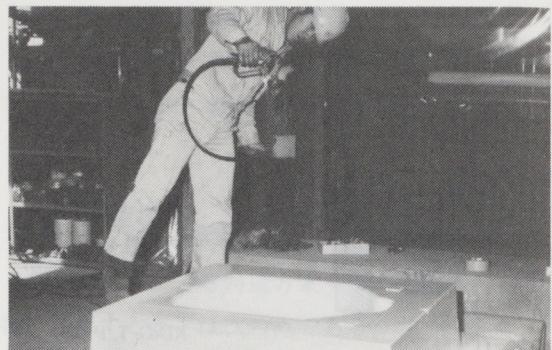


写真8 塗型

11-4 砂入れ

鋳物砂は三河7号けい砂を使用する。鋳型の硬さは約95である。

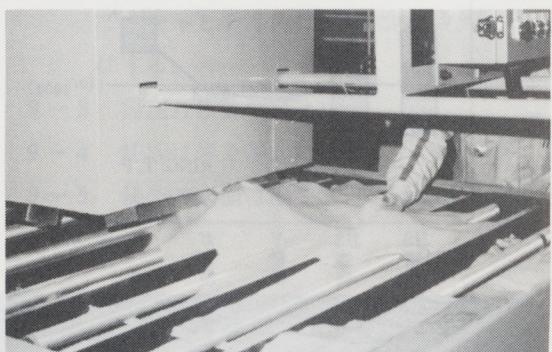


写真9 砂入れ

11-5 鋳型

プレス用ZAS型（型用亜鉛合金）の場合、上型がなく、下型のみでオープン鋳造となる。

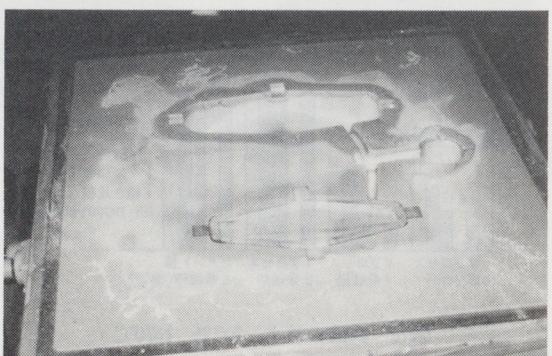


写真10 鋳型

11-6 注湯

ZAS合金の溶解温度は約450°C、注湯温度は約410°Cである。

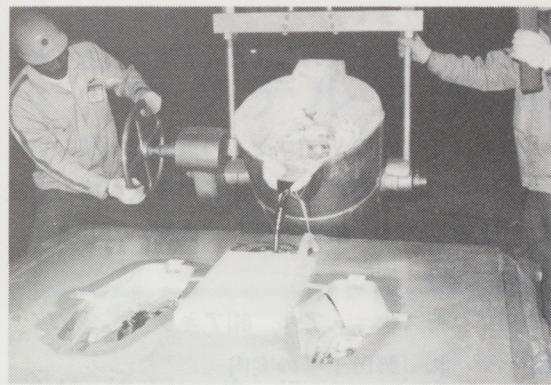


写真11 注湯

11-7 ばらし

注湯後、4~8時間後に真空吸引を止める。ばらしは翌日ばらしになる。

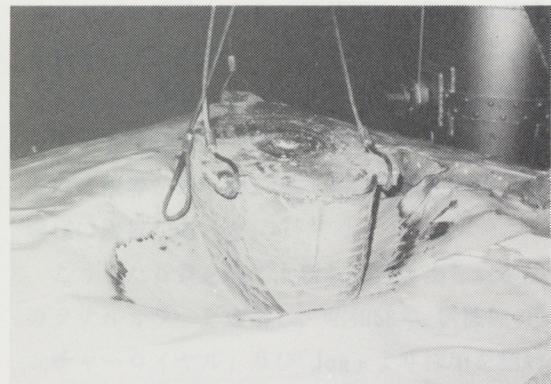


写真12 ばらし

11-8 鋳造品



写真13 ZASポンチ



写真14 AC4B 製品

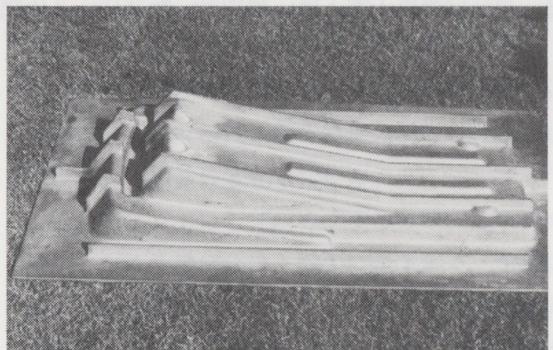


写真15 AC7A 蒸気型



写真16 ZAS ダイ型

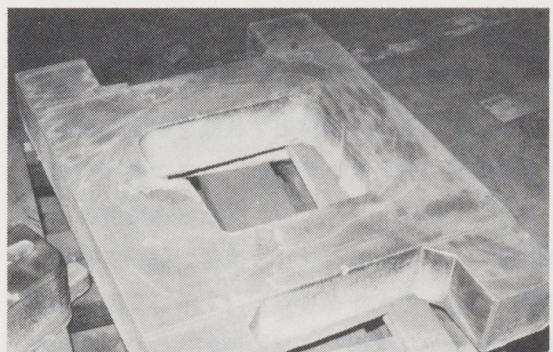


写真17 ZAS ホルダー

13. おわりに

Vプロセスの特長、製造プロセスの概要について一般的な知識を説明してきました。Vプロセスは、一般的にはエクステリアの門扉、フェンス、あるいはピアノフレーム等の大型薄物装飾用に用いられています。

铸物肌が美しい、転写性がよい、湯流れ性がよいことからみれば、自然の流れとなります。

当社の铸造工場では、铸物肌、転写性、寸法精度のよさを利用して、主にプレス用ZAS型をVプロセスで製造しております。

ZAS金型の製造では、塗型、フィルム成形およびZAS合金铸造等の技術ノウハウが蓄積され25S～35Sの表面肌を得て、プレス型として十分通用しております。

今後は、蒸気型用の薄物のAℓ型の製造を考えています。

最後にこれらのVプロセスの製造が順調にいくようになりましたのも、関係者の多大な協力と援助によるもので、紙面を借りて感謝いたします。

【参考文献】

- (1)Vプロセスマニュアル (株)アキタ
- (2)ヤマハ(株) 磐田工場の案内

カクテルカラーの紹介



生産本部生産技術部 若林壮一

1. はじめに

昭和56年当時、カラーリングはモーターサイクルでは、Deep&Rich&Sparkle（デザインポリシー）へと高級指向へのニーズが強まりつつあった。又、当時、タウンメイトのコスト開発に於いて、コスト $\frac{1}{2}$ の要請があり、塗装コスト開発の必要性も強まっていた。

しかし、既存の手法（メタリックカラー、キャンディー塗装等）では、デザインポリシーに応ずるには限界があった。又、コスト開発に於いても同様に限界があった。

こうした背景を経て、新しく創り出した手法をカクテルカラーと命名し、昭和58年、新機種の「ベンチャーロイヤル」及び「Jog」より採用を始め、現在でもカクテルカラーは、カラーリングの分野で、市場をリードしている。

今回ここに、カクテルカラーの手法とその特徴について紹介し、より多くの皆さんに、カラーリングへの関心をもっていただければ幸いです。

2. カクテルカラーの原点

カクテルカラーの発想は、数年前、沖縄へ出張した時に飛行機より見た珊瑚礁の美しさがヒントになっている。海岸で見た珊瑚礁そのものは、石灰質のgrayish（灰み）の色調であるが、海水を通

して見える珊瑚礁は、深いところでは濃い（Deep）青緑色に、除々に浅くなるに従い明るい（Bright）淡緑色へと微妙に変化している。

これをヒントにして、カクテルカラーの手法の原点となる塗膜構成は、図1に示す如く、下層には、grayish（灰み）のソリッドカラー（珊瑚礁）上層をカラクリヤー（海水）にして、2層の複合で色出しをしている。

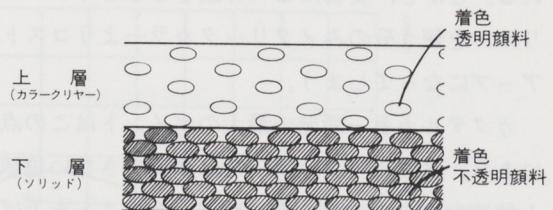


図1 カクテルカラー塗膜構成の原点 (1)

3. 輝き (Sparkle) をつける

2輪、4輪を問わず塗色に「輝き」をつけることは不可欠であり、カクテルカラーにも輝きをつける必要があった。

市場で一般に多用されているメタリックの塗膜構成を図2に示す。メタリックカラーは、下層に着色するための透明顔料と、輝きを出すアルミが配合されている。（以下「メタリックベース」と

いう。上層には、艶を出すためのクリヤー層があり、2層で構成されている。

メタリックベースには、着色透明顔料とアルミが混在しているため表現できる色調は、白濁(grayish)の傾向になる。この事を身近な例で説明すれば、青(着色顔料)の絵具に白(アルミ)の絵具を混ぜ合わせると白濁するのと同じである。このためメタリックカラーでは鮮度の高い色調を作ることが難しい。

カクテルカラーも下層は、grayish(灰み)のソリッドカラーであるが、上層のカラークリヤーとの2層の複合で色調を出しているため、珊瑚礁のようにDeepからBrightまで色域を拡げることが可能であり、カラークリヤーの効果と相まって鮮度も大巾に向上できる。

カクテルカラーに輝きをつけるのに最も手っ取り早い方法は、下層をメタリックベースにして輝きをつけ、上層をカラークリヤーにして2層の複合で色調を出して鮮度も向上させる方法が考えられる。しかし、安易にこの方法をとるとカラークリヤーを使う分のみメタリックカラーよりコストアップになってしまう。

カクテルカラー開発の最大のポイントはこの点にあり、メタリックカラーでは表現できない色域と鮮度向上をメタリックカラーよりコストを下げて割り出すことにあった。この課題を図3に示すように上層のカラークリヤー中にアルミを配合し輝きをもたらすことによって達成した。

輝きをつけるためにカラークリヤー中に配合するアルミ量は、メタリックベースと同量にするとカラークリヤーは白濁して鮮度が低下してしまう。だが、メタリックカラーと同等の輝きを得るのに必要なカラークリヤー中のアルミ量は、約1%の極少量で済む事が判った。表1に「タウンメイト」に採用した塗色「ラジカルグリーン」のカクテルカラーの配合とメタリックカラーにした時の配合の比較を示す。

カラークリヤー中に配合するアルミ量が極少量



図2 メタリックカラーの塗膜構成

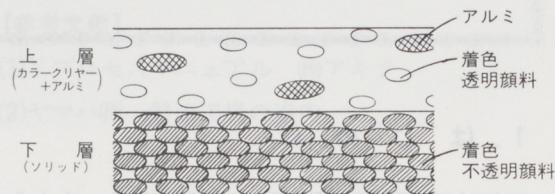


図3 カクテルカラー塗膜構成の原点 (2)

のためアルミによる白濁はなく、輝きを持ちながら色域は、vivid(さえた)、bright(あかるい)、strong(強い)、deep(こい)、へと拡げることができた。

青系と赤系の色相におけるカクテルカラーの色域拡大範囲について、メタリックカラーと比較した例を表2、表3に示す。

		カクテル	メタリック
上層	樹脂	97.5	100
	透明顔料	2	—
	アルミ	0.5	—
下層	樹脂	78	85
	不透明顔料	22	—
	透明顔料	—	10
	アルミ	—	5

表1 カクテルとメタリックの配合比較

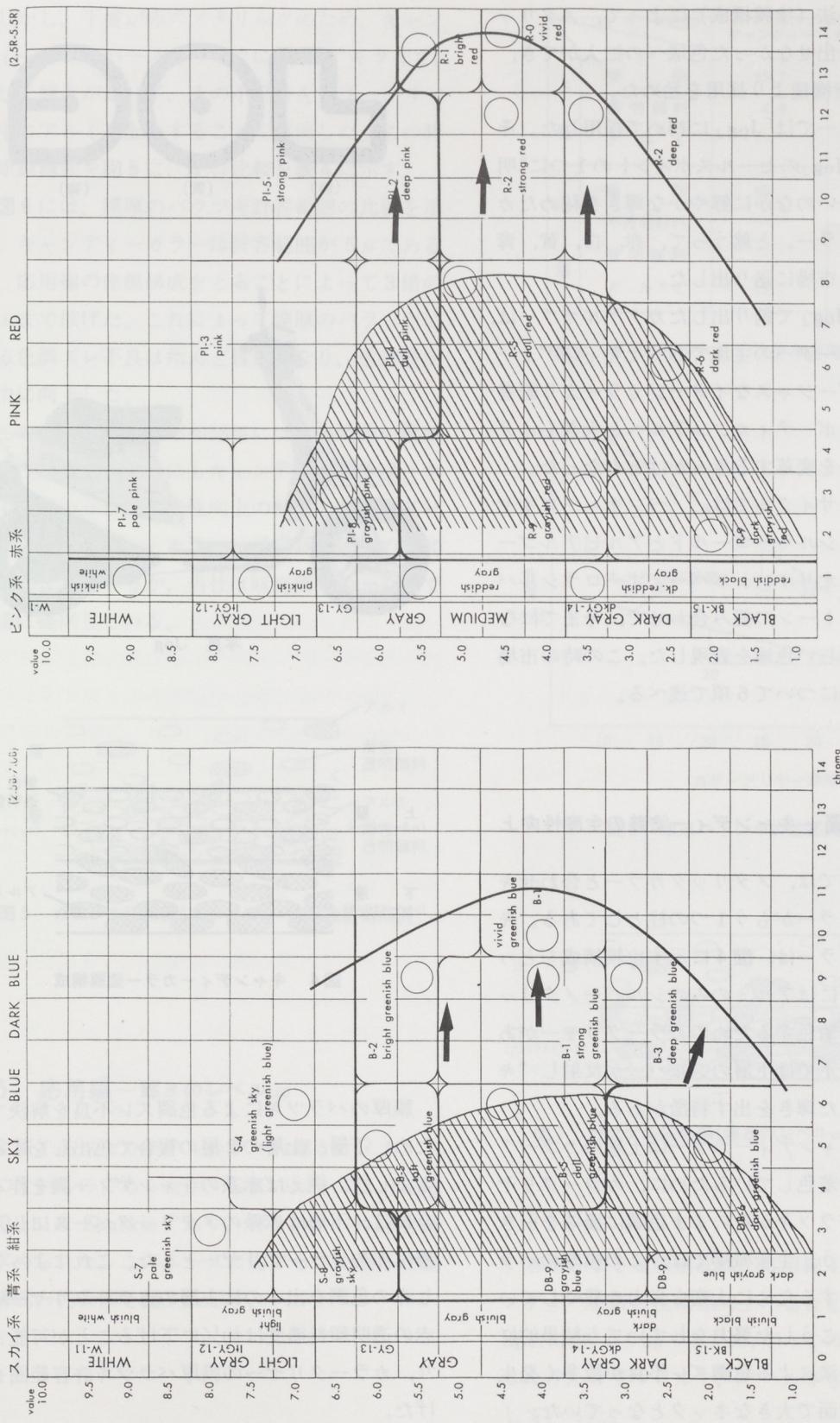


表3 青系同一色相における色域拡大範囲

表2 赤系同一色相における色域拡大範囲

こうした手法（塗膜構成）によって、メタリックカラーでは出せなかった色域への拡大ができ、'84年発売の新機種より採用を始めた。

(1)スクーターでは「Jog」に初めて採用した。その時の「Jog」のセールスポイントの1つに『明るい色合いのなかに鮮やかな輝きを秘めたカクテルカラー』と銘うって、赤、白、黄、青の4色を市場に送り出した。

この「Jog」で創り出したカクテルカラーは、従来スクーターの主流であったキャンディー塗装のゴージャスなイメージカラーより若者向きのスポーティカジュアルへと大きくイメージカラーを変革するきっかけともなった。

(2)モーターサイクルでは、「ベンチャーロイヤル」に「シルキーゴールドとアルビアルゴールド」「オリオンシルバーとオーロラシルバー」の2トーンの組み合わせで、今までになかった新しい色域を表現した。この時の市場での評価について6項で述べる。



写真 Jog

4. 応用編—キャンディー塗装の生産性向上

2輪の業界では、メタリックカラーと合わせキャンディーカラーがもう1つの柱としてある。キャンディーカラーは、図4に示す塗膜構成をとっており、下層にはアルミのみのシルバーメタリック、上層には着色するためのカラークリヤーがあり、太陽光の下では下層のシルバーが反射し『キラキラ』とした輝きを出す特徴がある。

しかし、キャンディーカラーは上層のカラークリヤーのみで着色しているために、カラークリヤーの膜厚のバラツキがそのまま色調に濃淡を引き起こしてしまう。生産職場では、この膜厚のバラツキを最少にするために大変な労力を費やしていた。しかし、こうした努力をしていても結果的には、色調の濃淡による色調ズレ不良が数多く発生し、生産性の面で大きなネックとなっていた。

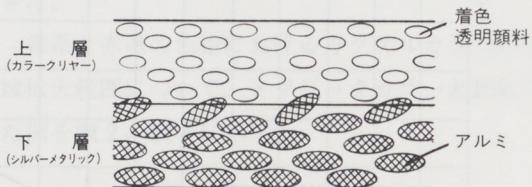


図4 キャンディーカラー塗膜構成

膜厚のバラツキによる色調ズレ不良を解決するため、下層、上層の2層の複合で色出しをすることとした。例えば赤系のキャンディー調を作る場合には、下層は赤系のメタリックベースにし、上層は赤のカラークリヤーとした。これによって同じ赤の色調を出すのに上層のカラークリヤー中の赤の透明顔料濃度は約1/3に下げることが可能となり、カラークリヤーの膜厚バラツキ許容範囲を拡げた。

しかし、下層が赤のメタリックのため、キャンディーのシルバーメタリックに比して“キラキラ”とした輝きが足りず、その不足分をカラークリヤー中にアルミを配合することで解決した。この時の塗膜構成を図5に、配合比較を表4に示す。

図6には、膜厚のバラツキ許容範囲の比較を示す。キャンディーカラーは許容範囲が5μであるが、応用編の塗膜構成をとることによって3倍の15μまで拡げた。これによって膜厚のバラツキによる色調ズレ不良は殆んど皆無となり、生産性が大巾に向上した。

この手法を使い、昭和58年には、当時強い要請のあったスクーターにもキャンディー調カラーを採用していった。生産性向上の結果として、某社では、キャンディーカラーは通常販売価格の5000円upになっているが、当社は販売価格のupなしで市場に提供している。

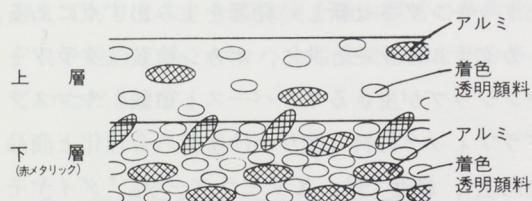


図5 カクテル応用編(キャンディー調)塗膜構成例

5. 応用編—輝きのレベルup

3項で述べたカクテルカラーの輝きはメタリックに近いものであったが、GKのニーズは、Deep & Rich & Sparkleであり、輝きのレベルupを強く求められた。このニーズに応ずるべく取った塗膜構成の代表例を図7に示す。

		キャンディー	カクテル応用編	
上層		樹脂 透明顔料 アルミ	95.1 4.9 —	98.2 1.6 0.2
下層		樹脂 不透明顔料 透明顔料 アルミ	85 — — 15	81 2.1 13.5 3.4

表4 キャンディー、カクテル応用編配合比較

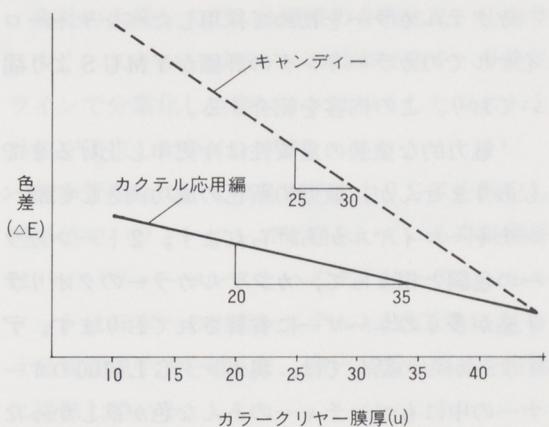


図6 膜厚バラツキ許容範囲比較

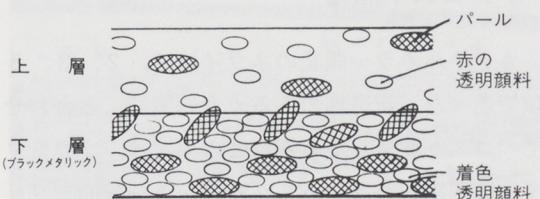


図7 カクテル応用編(輝きのレベルup)塗膜構成例

基本となる塗膜構成は、応用編4で述べたキャンディー塗装の生産性向上の場合と同じであるが、Sparkleをよりupするため、アルミの粒径を大きくしたり、カラーアルミ、パール等も使用し工夫をしていた。

次に、こうして創り出した最初の塗色「スパークルクリムソンブラック」について述べる。この塗色もベンチャーロイヤルに採用したが、塗膜構成は下層がブラックメタリック、上層のカラークリヤーにはレッドを使用している。このため、シャドーではウルシの様な深みのあるブラックに見えるが、太陽光を受けると奥底より「キラッ」と赤く強く輝く表現を創り出している。

6. 市場評価

カクテルカラーを初めて採用したベンチャーロイヤルでのカラーリングの評価がY M U Sより届いており、この内容を紹介する。

「魅力的な塗装の重要性は今更申し上げるまでもありませんが、最近の新色の成功例として'83ベンチャーロイヤルがあげられます。2トーンカラーの色調と相まって、カクテルカラーのクオリティ感が多くのユーザーに賞賛されております。ディラーからの話では、現ホンダG L1100のオーナーの中にもベンチャーのあんな色が欲しかったという声を聞いております……。」

7. コスト開発

カクテルカラー開発のネライには、2, 3, 5項で述べた『新奇性のあるカラー開発』と合わせて『コスト開発』がある。この項では、タウンメイトに採用したラジカルグリーンと一般的なグリーンメタリックを比較して説明する。

塗料材料のコストは、着色顔料の占める割合が高く一般的な顔料のコストは、表5のようになっている。

表1を見ていただきたい。カクテルカラーでは、透明顔料の配合比が1%，アルミの配合比も1%になっており、安価な不透明顔料を多く使用している。この結果、塗料材料コストはメタリック比75%で作り込むことが可能になった。

種類	分類	コスト比
不透明顔料	無機顔料	1
透明顔料	有機顔料	10~50
アルミ	—	3~6

表5 顔料のコスト比較
(無機顔料を1とした時)

しかし、残念なことにカクテルカラーを提案した以降、色調の主流がメタリックでは表現できない色域の方向や、輝きのレベルアップの方向へ拡大していったため、ネライとしたコスト低減には必ずしも結びついていないのが実情である。

8. おわりに

我々の強みは、材料開発と工法開発を担当しており、デザイナーのニーズと生産部門のニーズとをドッキングさせ新しい発想を生み出す点にある。

カクテルカラーと共に、ボカシ塗装（クラフトマンシップが生きるサンバースト塗装）やマスクグラフィック材料（塗りわけ塗装の合理化と商品性向上），最近では、X Vビラゴー等に『ダイヤモンドの輝き』をもつ新材料も開発し提案してきた。

今後も生産部門に喜ばれる工法、材料にして、『ヤマハらしい商品作り』を達成するため一層の努力をしてゆきたい。

FRPの可能性にチャレンジ ヤマハ大船渡製造(株)の紹介

ヤマハ大船渡製造(株)



社長
岡澤 武



業務課
岩崎定雄



生産課
千葉正人



資材課
阿部洋明



開発課
里内和彦



生産担当
高橋弘志



品管担当
吉田信義

1. はじめに

当社は岩手県の湘南と呼ばれ、また陸中海岸国立公園の一部南三陸の地大船渡にあります。大船渡市は人口約4万人の小都市ですが、水産と観光に恵まれた港町です。

当社がこの地に設立されてから早くも16年目を迎えております。今回は実を結ぶ経営の多角化、FRP総合工場、ヤマハ大船渡製造(株)を紹介させていただきます。

2. 工場の特色(完全な多角経営とJIS)

設立当初は東北6県の業務艇中心の生産工場としてスタート、その後業務拡大に伴い、ファミリープールの導入もあり、又57年には当社の大きな経営の柱となるオートバイ用ヘルメットの開発と生産、さらに59年11月からレジャーボート、セールボートの生産受入れを行い、FRP商品の拡大につとめ、FRP総合工場としての基盤が確立され、さらに62年5月より現在マリーンスポーツの花形ウォータービークル(マリーンジェット)の生産受入れ、さらに地元三陸にヤマハのFRP技術を提供し地域社会に貢献と言う事でサケ、アワビ、ワカメ、ホタテの近代的省力化水槽の開発、又FRPドアの開発と、地元三陸で技術のヤマハと注目される企業に発展しつつあります。

当社の生産システムは運搬の合理化又、仕掛けは少く、スキル、スペースの効率は高く、多能工ラインで分業化し生産ロットは少くしたコストと品質を追求したラインです。

能率管理についてはRWFによりSTを設定し週単位でパフォーマンス管理をしている舟艇関係はハイパフォーマンスとハイクオリティ、ヘルメットは日本一の生産システムとJIS工場に見合う品質管理手法を導入し、高い品質の商品を市場に提供している。



写真 工場全景

3. ヤマハ大船渡製造(株)のあゆみ

- 48年 2月資本金5千万円で設立
50年 10月生産隻数2万隻達成
55年 4月ファミリープール生産
57年 9月ヘルメット生産開始
58年 10月生産隻数7万隻達成
59年 4月ヘルメット日本工業規格JIS C種工場認可取得
59年 11月ポートセール12艇種生産開始
59年 ヘルメットJIS B種取得
62年 5月ウォータービークルMMV生産開始
62年 6月ヘルメット月産2万個生産達成

4. 生産課の活動

(1)職場紹介

〈舟艇生産関係〉

種別

- 小型漁船 東日本以北の5トン未満船
和船 東日本以北及び輸出13f～36f
プレジャーボート 各種パワーボート13f～25f
セールボート 2人乗りディインギータイプ
マリンジェット 2人乗り水上バイク
ファミリープール 組立式簡易ファミリープール
各種水槽 ワカメ水槽、ボイル釜 etc.

〈ヘルメット生産関係〉

- 乗車用安全帽 ジェット型、フルフェース型各種

5. 総合原価の低減活動状況

船、ヘルメットを生産する中で能率、品質、材料関係を3本の柱として、スタッフ、組長が各職場毎に月目標を掲げ、改善活動を実施し、週、月単位で目標に対しての達成度について発表し、改

善活動内容について相互に確認を行ない、良い所は他組へも波及させて行く実績検討会を実施しています。

(1)総合能率の向上活動

①PACシステム (Performance Analysis and Control)
職場の生産効率を高めて、コスト低減を目標に展開活動しています。

PACは標準時間の作業量を決められた作業方法における作業能率を表わすシステムです。PACでは作業パフォーマンスと総合パフォーマンスの2種類で管理しています。

$$\textcircled{○} \text{ 作業パフォーマンス} = \frac{\text{標準時間}}{\text{投入工数} - \text{除外工数}}$$

$$\textcircled{○} \text{ 総合パフォーマンス} = \frac{\text{標準時間}}{\text{投入工数}}$$



写真 PAC実績検討会

(2)品質管理活動

各種FRP商品を国内外に、高品質のヤマハブランド名で出荷されている基本は、マリン事業部で定めるボート品質管理標準のBQS (YAMAHA Boat Quality control Standards) で統一された規格で生産しております。

活動方針として

①スキルの向上を図り工程内品質の作り込み推進。

- ②直行率向上で仕上げ作業の削減。
 ③勉強会による各自の品質レベル向上推進。

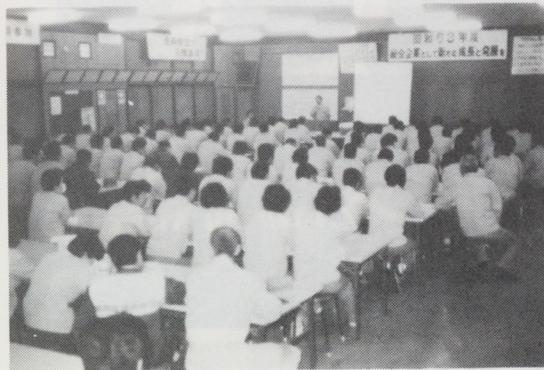


写真 勉強会風景

(3) 材料使用量管理活動

軽くて強い船体を作り込む為に、各艇種ごとに成形仕様書が有り、標準量に基づき成形作業を行ないます。外観を守るゲルコート、丈夫な船殻のF R P層、内面を美しく仕上げる内装用ゲルコート、各材料は使用時に計量して必要量を用いられます。材料を多く使用すると、船自体重くなりスピードが出ないやら、燃費が悪いやらと、百害あって一利なしの諺通りとなります。

供給量管理の一例を示しますと、例えばガラス繊維に含浸させる不飽和ポリエステル樹脂においては、R S C S (Regin Shot Control System)で工程毎の標準量が表示され、作業標準に基づいた作業を行なう事により、原価上、品質上適正な製品を生産するシステムとなっています。

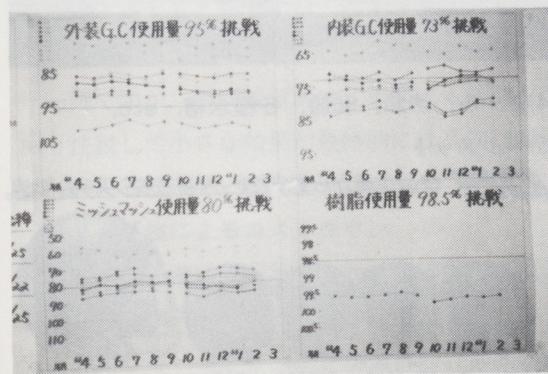
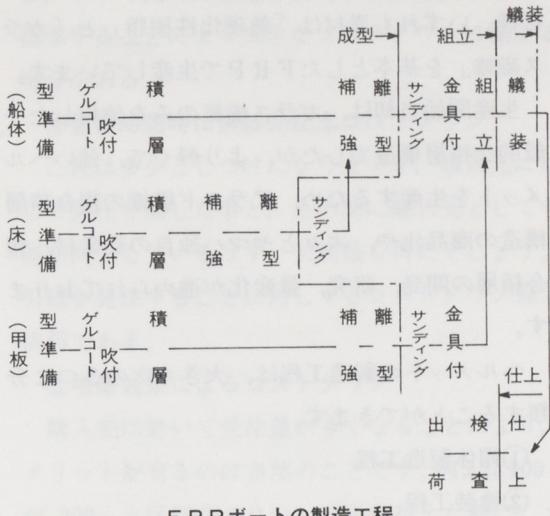


写真 各材料別管理図

6. 舟艇製造工程紹介

製造工程は下図の様な流れにより製品が作られています。



FRPボートの製造工程

○ 成型工程

G.C吹付 製品表面の色をガンで吹付けします。
 積層 ガラス繊維へポリエステル樹脂を塗布しローラー等で空気を脱泡して強固なF R P層を形成します。
 補強 強度をさらに必要な箇所に合板やウレタンを取付けします。

○ 組立工程

サンディング 余分な所を切り取ります。
 金具付 操舵装置、手すり等を取付けします。
 組立 船体と甲板をFRPにより接着します。

○ 艤装工程

船体を守る防舷材やブリッジ、計器類、内装材貼り付、トイレ設備等を取付けします。

○ 仕上工程

グラフィックやテープなどで、商品価値を高めます。

○ 完成検査

射水テスト、機能検査、各基準による合否判定を行ないバラツキの少ない品質の安定維持を図っております。

7. ヘルメット(乗車用安全帽)の 製造工程紹介

当社で製造しているヘルメットは、JIS-B種、C種。いずれも素材は「熱硬化性樹脂」と「ガラス繊維」を基本としたFRPで生産しています。

生産開始当初は、ガラス繊維のみを使用した一般的な積層構造でしたが、より軽くて、強いヘルメットを生産するため、アラミド繊維の複合積層構造の商品化や、次々とヤマハ独自の新素材、複合積層の開発、研究、量産化が進められております。

ヘルメットの製造工程は、大きく次の3つに分類することができます。

- ①帽体製造工程
- ②塗装工程
- ③組立工程

それぞれの工程で、JIS表示許可工場として製造工程の管理がきびしく義務付けられており、各工程毎に

- ①管理項目
- ②品質特性

が、作業標準化され、各管理項目全てにおいて記録を行ない、データの採取と活用がなされるシステムとなっています。又、設備についても、各製造設備毎に

- ①点検時期
- ②点検箇所
- ③点検基準
- ④交換基準
- ⑤点検及び修理記録

などの項目について、設備管理規定（ヤマハ大船渡標準OFS）により標準化されており、ヘルメット職場のTPMの基本となっております。

8. ヤマハ大船渡の製品紹介

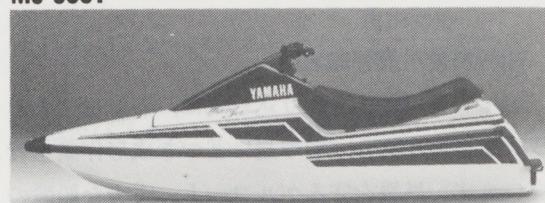
(1)ボート

STR-21RX% ハル:ポーラーホワイト&ネイビーブルー+ローズマーレー



(2)マリンジェット

MJ-500T カラーリング: ポーラーホワイト&レッド&ブラック



(3)セールボート (ディンギータイプ)

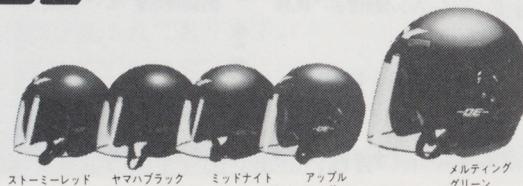
YAMAHA-16 Sealark II ハル:ホワイト



(4)プール、漁船、和船、各種水槽、etc,

(5)ヘルメット

OE 快適主義から生まれた、内装着脱システム採用。



● JIS C種MFJ公認 ● FRP複合積層構造 ● 内装着脱システム ● ルーカス
スライド4段階クイックオープンシールド
● ダイレクトベンチレーション ● サイズ/M,L



● JIS C種 ● ジェット、フルフェイス2WAYシステムヘルメット ● フレックスFRP+ケブラー複合構造 ● 3次曲面ハードコート、10段階クイックオープーシルード ● ツインダイレクトベンチレーション ● サイズ/M-L

MULTI DIMENSION PROGRAM
YAMAHA HELMET SN

9. 資材業務について

資材業務を御紹介するに当り、資材課目標として5項目の目標を設定していますので、これを説明することで進めていきます。

(1)既存商品不採算機種のコスト改善

(プロダクトミックスによる損益変動を無し
安定した利益体質の確立→赤字0)

製品の見積りから価格決定に至る迄に、営業上の政策及び生産移行後の改訂によるコストアップ等で、材料費が赤字となるケースが有る。これを常に製品別材料費の集計を実施して、マリン事業部買上価格より安くする努力をしている。

その手法として、最初に改善目標価格を把握し、以下の考え方により推進している。

①相見積り実施によるメーカ変更

よく実施することですが、ポイントは繰返し行なうことが大切です。

一例ですが、瞬間接着剤は3年間に4社間を7回も往復して小さな効果が最終的には当初400円が200円となっている。

②V A手法によるコストダウン

ヤマハ大船渡にも来社され貴重な御指導を頂きました、杉山先生のレスエンジニアリングの考え方を利用している。又マリン事業部設計部間の協力により推進している。

③部品運賃の見直し

(梱包方法、物流ルート、運送会社選択)

見積書の中に積算されている運送費は多くの場合、ラフで高めに設定されている。見直しをして、指導することにより大きなコストダウンに繋がる場合がある。

④型價却完時に價却完記念コストダウン

これは多少こじつけになりますが、購入先に対して責任を果した事と、その間に購入先としても能率向上しているはず、又利益も得たでしょう。引き続き発注することに対するコストダウン協力依頼である。

⑤増産効果によるコストダウン

購入先に於いて受注量が多くなることにより、メリットが有るのは当然のことです。例えば100ヶが200ヶと区切りの良いレベルを超えた時に、タイミングに依頼をする。この時に注意したいことは大きなコストダウンを最初から望まず、少しでも形となるように協力を願いする心掛けが大切で最終的には効果が上がる。

⑥流通の簡素化

購入先より送付されてくる梱包を良く見ることです。発注は○○株にしているが、送付されたダンボール箱は××化工とのケースがあります。購入先に失礼にならないことを確認してアタックする。但しメーカー直取引きが必ずしも安いとは限らない。

以上、いずれにしても一番大切なことは、あらゆる角度からの購入先に対するコストダウンへの動機付けです。

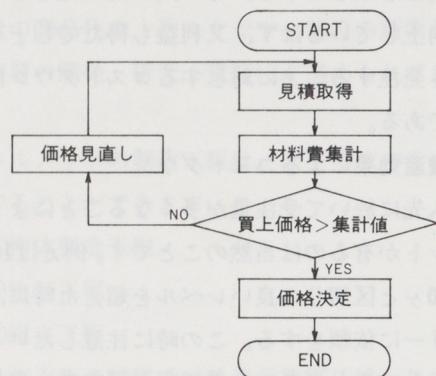
ボールを投げてやらなければ、ヒットもホームランも出ません。時には空振りに終るケースもありますが、ボールを投げ続けたいと考えております。

(2)新商品のスムーズな部品納入とコスト作り

設計、生産技術、購入先の協力を頂き推進して

いる。資材としてはやはり購入先に納入日程の作成を依頼している。納入日程を作ることで目標が設定され、スムーズな納入に結び付くと考えている。

新商品のコスト作りは、個々の部品を安くしたと考えていても、製品として集計した時に赤字では大変です。したがって当社では下記のルーチンにて処理をしている。



実業務の中でこの作業を繰返すに努力がいります。価格決定が遅れ支払遅延となりそうな場合は仮単価で処理しておきます。良く最初が肝心と言いますが、一度正式に決定した単価を下げることは大変難しい、購入先としても下げられたという意識が強くなるものです。したがって交渉の段階で製品としての集計値を把握して、協力をお願いすべきだと考えている。

(3)部品倉庫整理整頓

(ロケーション化の推進→目で見る管理)

部品供給の効率アップ、欠品防止は勿論ですが、どの会社も同じですが、間接部門は少数精銳で業務していると思います。担当者が休んだら大混乱、どこに部品が置いてあるか不明、これで業務に支障を来すことから誰にも判るように棚毎に看板を付け、大区分→A, B, C 中区分→1, 2, 3 小区分→機能別部品名 との表示を実施しています。まだ完全ではないので、推進中である。

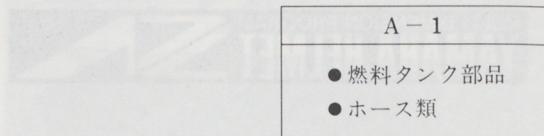
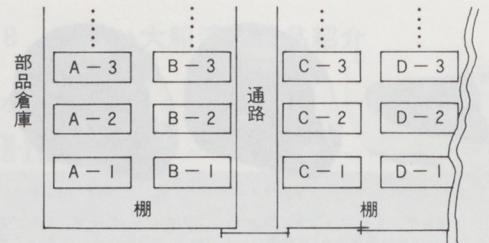


写真 (部品倉庫)

(4)資材売上拡大 (間接人工の有効化と効率化)

(ヘルメット補修パーツ、舟補修パーツ業務)

間接部門も売上に貢献し、自からの給料もこの中より生みだすとの意気込みで積極的に取り組んでいる。ヘルメットのパーツ梱包は女子社員が担当し、舟の大型部品ダンボール梱包を男子社員となかなか大変な作業です。こうした作業を通じて、売上げを多くしよう、儲けようと努力していることが、他の業務、特にコスト決定にも良い結果となっている。

(5)業務の電算化

(あらゆる発注業務の電算化)

大きなシステムではなく、自からの業務を自からのプログラミングで電算化とすることで各担当者が取り組み、実施している。今まで個人情報として持っていたDATAをマイコンと言うブラックボックスに掛けることで、標準化、共有化を目指している。

最後に資材スローガンとして

「資材マンは、会社の“ダム”となり、“ムダ”の流出防止、又お金をプールすることを考えよう」を合言葉に資材4人（女性2人）部品管理5人、縁の下の力持ちとして頑張っている。

10. 乗車用ヘルメットの規格・基準

国内に於る乗車用ヘルメットの規格・基準には、次のものがあり製品にはそれに適合していることを表わすマークが表示される。

(1) 国で定めているもの

- 安全基準……………Sマーク
- 日本工業規格……………JISマーク

(2) 製品安全協会で定めているもの

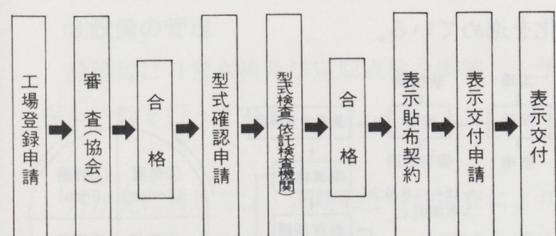
- 認定基準……………SGマーク

国では、乗車用ヘルメットを「特定製品」に指定し安全基準に適合しない製品の販売を禁じている。

尚、それぞれのマークを表示する為には、次のステップにより「登録工場」及び「JIS工場」になる必要がある。

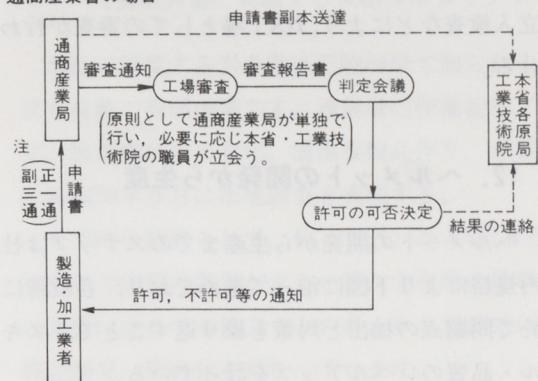
また、それぞれの基準は、日本工業規格に基づき定められている。

① 製造事業者登録までのしくみ



② JIS表示許可までのしくみ

通商産業省の場合



申請から許可の可否決定の通知までの手続



SGマーク



JISマーク



Sマーク

11. JIS表示許可工場の申請から表示許可まで

申請から表示許可までは、先に記述したステップで行われる申請は

- 1) 品質確保の方法及び品質管理状況概要
- 2) 設備管理の概要
- 3) 品質特性の概要

などの資料のほか、最近6ヶ月間の生産実績、品質実績を添付して行う。

審査は、係官2名が派遣され個別審査事項に基づき概略下記の内容で実地審査が行われる。

- 1) 品質の設定は適正か
- 2) 最適生産条件を明確に設定し、それに基づく作業が行われているか
- 3) JISに適合しているか

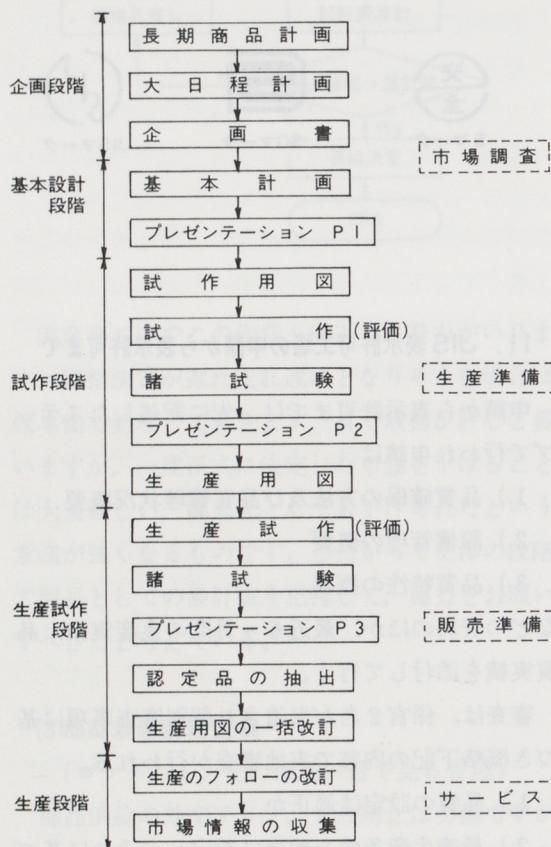
尚、許可に当っては、「JIS該当品が現在はもちろん、将来とも安定して生産ができる工場」であることが条件となる。

また、許可後JIS工場には、年1回の生産状況と

品質管理の状況報告のほか、生産条件変更時の報告が義務付けられており、係官による公示検査、立入検査などにより、JIS工場としての審査が行われる。

12. ヘルメットの開発から生産

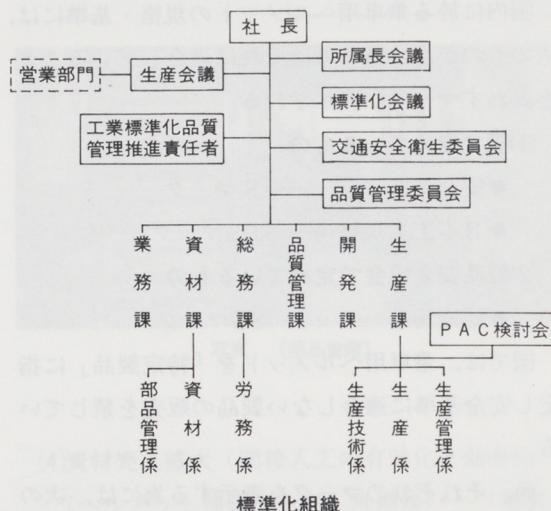
ヘルメットの開発から生産までのステップは社内規格により下図に沿って進めており、各段階に於て問題点の抽出と対策を繰り返すことで、スキル・品質のレベルアップを計っている。



13. 社内標準化の体制の概要と推進

当社では、社内標準化を明確且つ円滑に推進する為「標準化会議」を発足させ、次の様な任務を行っている。

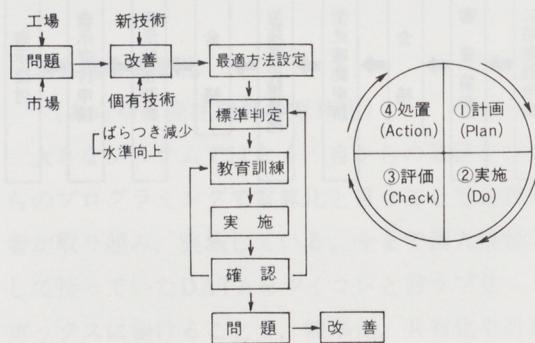
- 1) 社内に於る各種規格規定の審議
- 2) 教育計画の検討審議と実施状況確認
- 3) 品質水準の評価
- 4) その他、標準化に関する諸事項の審議



また、標準化を進めるステップとしては、下図に示す通り

- 1) 問題の原因究明と改善
- 2) 改善維持の為の標準化と教育訓練の実施
- 3) 実施結果の確認と是正処置

といった具合に管理のサークルを回しながら標準化を進めている。



標準化を進めるステップ

14. 社内管理と外注管理の概要

JIS工場は、社内・外注に係わることなく、同一の管理が要求されており、主たる管理とその一例としては

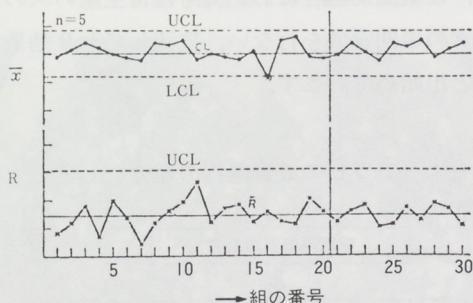
(1)原材料等、資材の管理

材料の先入先出しあはもちろんのこと、主要原材料及び部品には全てロット番号を付与し、成績表を保管する。

従って、製品の製造番号により殆どの経歴が分るようになっている。

(2)製造工程の管理

各工程に於て、重点管理項目が決められ、作業指導書及び掲示物により一目でわかるようになっているほか、管理図等品質管理手法を用い、異常の早期発見に努めている。



(3)設備の管理

設備毎に日常点検及び定期点検を実施し、予防保全活動を行っている。

外注先に対しては、定期的な外注監査により、これらのが実施されているかの確認を行い、常に『工程での品質の作り込み』を心掛け、将来共、安定した品質の製品を生産できる体制としている。

15. 自社新商品開発

(養殖漁業に貢献する大船渡第3セクター)

当社の位置する岩手県は三陸海岸で知られる、日本有数の養殖漁場です。漁業者の作業能率アップ、加工機材の省力化。清潔な製品作り、を目標に昭和58年3月に市場調査を実施する。

その時の結論として、秋(9月)から春(3月)にかけて製品の需要が大きい事、と冬場の仕事量の確保に少しでも役立つとの考え方から積極的に新商品開発、製品化を行なっています。

15-1 基本方針

- (1)地域社会に貢献する商品の開発。
- (2)FRP総合メーカーとしての布石。
- (3)冬場の仕事量の確保と経営への貢献。

15-2 代表的な自社新商品と養殖漁業の紹介

(1) ワカメ

岩手県の養殖ワカメの生産量は全国で第1位の実績を上げております。

ワカメは春になると下部にメカブができて、これから胞子を放出し夏には枯れてしまいます。

放出された胞子は発芽して配偶体となり、夏の高温期を越します。この配偶体にはオスとメスがあり、秋には受精して芽胞体となり10月から11月ごろには1~2cmの幼葉となります。これが冬から春にかけて生長し、大きなワカメとなります。

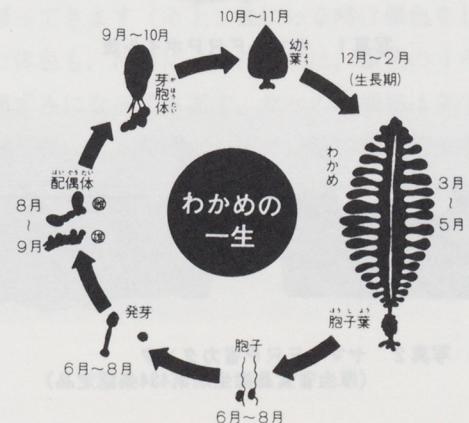


図1 ワカメの一生

(1)-1 ワカメ養殖の模式図

- ①採苗：6月から8月にワカメのめかぶから胞子を放出させて、種糸に採苗します。
- ②本養成：10月から11月になると種糸から1～20cmのワカメが発芽してきます。これを養殖繩に巻付けて、本養成を行います。
- ③収穫：3月ごろには1.3m～2mのワカメに生長するので、これを収穫します。

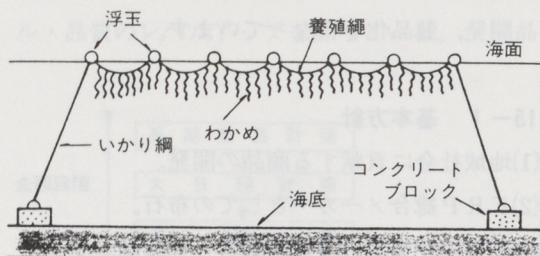


図2 ワカメ養殖の模式図

(1)-2 ワカメ収穫後の加工

ワカメ収穫時の生ワカメから保存加工し消費者に出荷されます。

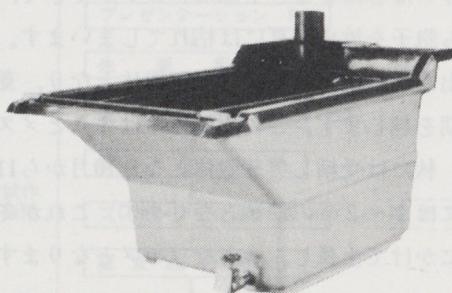


写真1 ヤマハFRPポイル釜

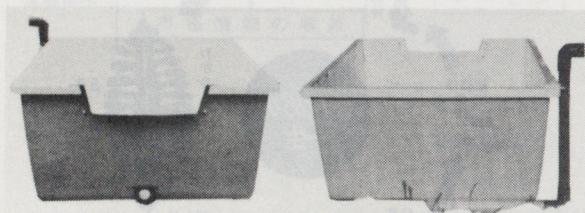


写真2 ヤマハFRP省カタンク
(厚生省食品衛生法第434条認定品)

(2) アワビ

岩手県のアワビはエゾアワビと呼ばれる種類です。全国のアワビの生産量は5000トン前後で、このうち10%位が岩手県で生産されています。

産卵期は秋で、産卵された稚貝は4～5日間浮遊生活をしてから海底に沈着します。

この沈着した稚アワビは1cm位までは、岩に付着している水ゴケ(けい藻)を食べて大きくなりますが、その後はコンブやワカメなどの海藻類を食べるようになります。漁獲される9cm以上のアワビに成長するまで5年以上もかかります。

その為、禁漁期間や漁獲する大きさの制限、あるいはコンクリートブロックの投入などによる漁場づくりをして、アワビの増殖をはかっています。またアワビの種苗などを生産するため大船渡市に岩手県栽培漁業センター。三陸町に三陸町アワビ増殖センターを建設し、それぞれ昭和55年度及び昭和58年度から種苗生産を始めました。

又、漁業協同組合においても種苗生産の次のステップの中間育成を行ない、放流しており効果も着々と出始めています。

(2)-1 アワビの成育過程の紹介

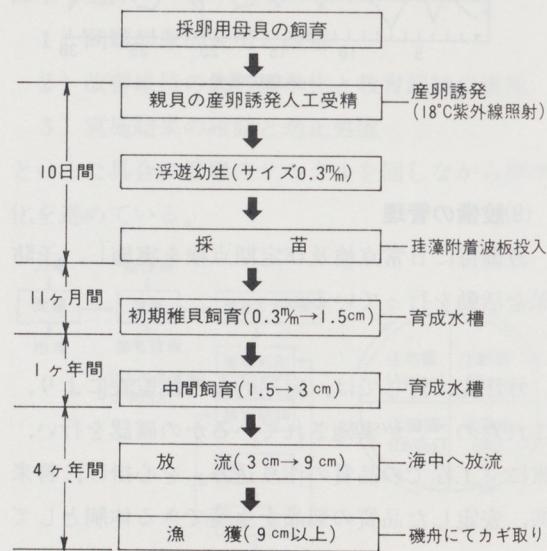




写真 屋外アワビ育成水槽

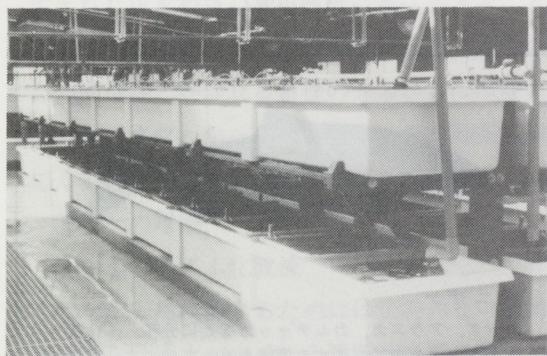


写真 屋外アワビ育成水槽
(当社製 10m 物160本)



写真 アワビ稚貝



写真 アワビのかぎ取り漁業

(3) サケ

岩手県のサケの漁獲量は全国第二位の実績を上げております。(第一位は北海道)

岩手県では関係者(県、漁協)の協力のもとにふ化場の整備拡充、健康なサケ稚魚を放流する等、色々と努力をしてきました。そのためサケの漁獲量は年々増加し昭和61年度には1671万尾、4万トンを超える実績を上げております。

当社はワカメのボイル釜、省力タンク、アワビの育成水槽等で蓄積した知識と技術を活用し、サケ、マスの設備の近代化等に貢献すべく努力を続けております。

(3)-1 サケの紹介

①サケの種類

サケ属には6魚種の仲間があり川でふ化(卵から生まれる)した後、種魚となってすぐ海に旅立つものを海洋型。数年間、川で生活してから海に旅立つものを河川型の2種類に分類されます。

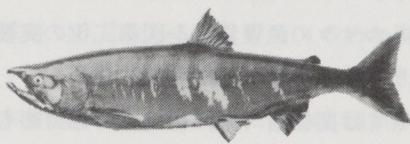
岩手県でとれるサケはシロザケ、サクラマス、カラフトマスの3種が漁獲されますが、人工増殖を行っているサケは、シロザケ、サクラマス、ギンザケの3種類です。

②サケの一生

天然のサケは川で生まれ、北洋を回遊しながら2~6年で成長し、産卵のために生まれた川に、帰ってきます。

②-1 そ上と産卵

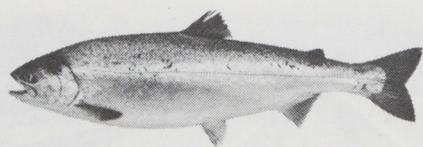
秋になると沿岸の各河川にサケが産卵のために帰ってきます(そ上)。海にいる時は銀色をしていた体色も、河川に入ったサケは、銀色のうろこが黒ずみになってきます。サケの産卵場は冬でも結氷しないような湧水が出ている砂利地帯が選ばれます。産卵される卵は、一尾当たり約3000粒です。又、産卵後サケは数日間で息を引きとります。



シロザケ

日本からカムチャッカ半島、アリューシャン諸島など北洋にかけて多く分布。2年～6年で親サケとなって河川に帰ってきます。産卵は9月から翌年1月にかけて湧水のでる所で行なわれ、稚魚は翌春の3月～5月に海にくだります。

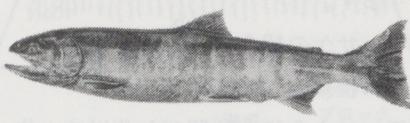
(海洋型)



ギンザケ

北アメリカを中心にはめずらしく、日本には棲息しません。産卵は9月から翌年3月までおよび、ふ化後1年～2年川で生活した後、海にくだります。海での生活は1年たらずで、母川にのぼります。

(河川型)



サクラマス

東アジアに分布。陸封されたものはヤマベ、またはヤマメと呼ばれます。一般に川に残るものは雄が多く、雌のほとんどは海にくだります。春から秋にかけて川にのぼり、ふ化後1～2年は川で生活、海では1年ほど生活し母川に帰ってきます。

(河川型)

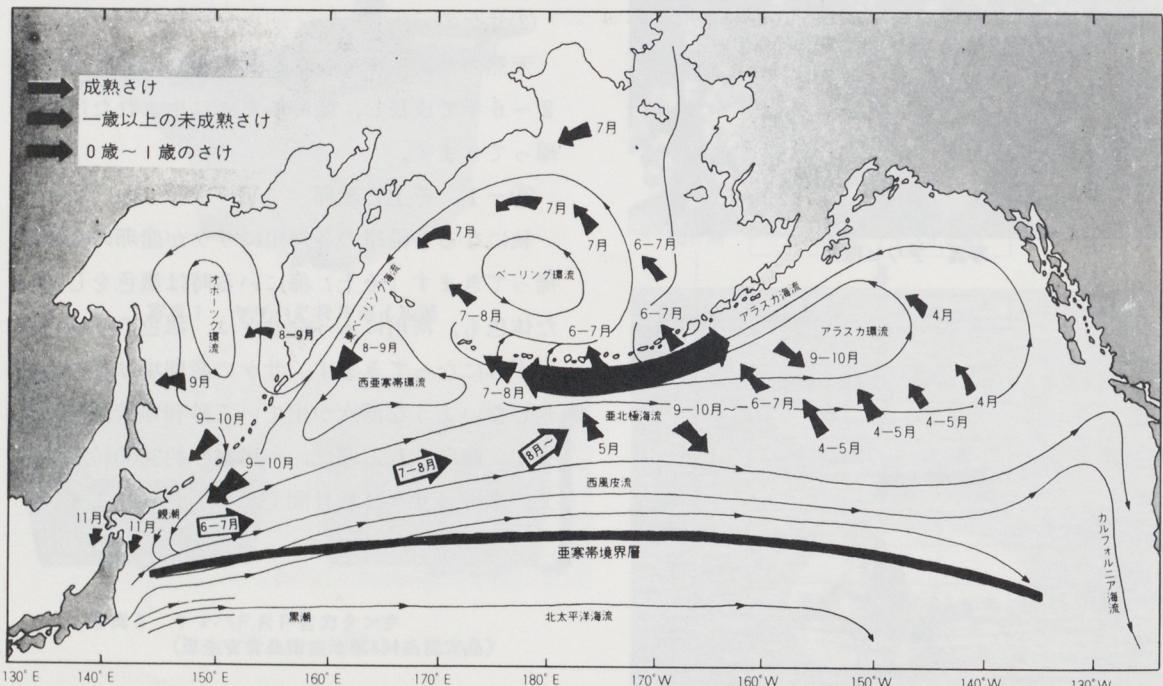


ベニザケ

カナダ、アラスカ、カムチャッカなどに分布。ふ化後1～2年淡水の湖で生活する習性をもっています。稚魚が生息する湖を上流にもった川が日本に存在しないため、わが国では漁獲がみられません。

(河川型)

さけの回遊経路模式図 (米盛 保, 1975より)



②-2 ふ化から北洋への旅立ち

水温変化の少ない湧水の出るところに産卵された卵は、砂利の中で成長し、毎日の水温をたした数値が480°Cになるとふ化し、さらに400°C分の日数がたつと稚魚となります。少しづつ成長した稚魚は春3月から5月にかけて海にくだり、北洋へ向って旅立ちます。

②-3 北洋から生まれた川をめざして

北洋で1~5年すごしたサケは大きく成長して、生まれた川をめざし、再び長い旅に出ます。どうしてサケが間違わないで母川に帰ってこれるのか。この回帰性と呼ばれる習性のシステムは実際どうなのか、まだわかっていません。ただ確実に帰ってくるということは事実です。

③サケの増殖

③-1 人工ふ化放流

サケが天然産卵するためには公害のない河川、河床からは湧水が出ている場所が必要です。しかし現在では自然のままの地形、環境を保つことが大変難しくなってきました。

人工ふ化場では冬場でも温度変化の少ない地下水を使い、管理保護するので天然産卵のふ化率30~40%を大きく上回る95%以上の稚魚のふ化に成功しています。人工ふ化場では稚魚になってからも外敵にさらされることがないので安心して餌を食べ、育っていきます。ある程度大きくなり、ひとりで生活出来るようになった稚魚は人工ふ化場から放流されます。

又、岩手県の場合、天然産卵のサケの回帰率が約0.5%なのに対して、人工ふ化されたサケの回帰率は約3%，6倍の効率で帰って来ています。

③-2 人工ふ化の方法

1. 捕獲

人工ふ化放流用としてサケを捕獲する。

2. 採卵

雌の腹を切って卵をとりだします。

3. 受精

卵に雄の精子をかけ、受精をさせます。

4. 受精卵の洗浄

卵のよごれ等を取りのぞき、水を吸収させます。

5. ふ化槽への収容

発眼するまで卵を管理します。

6. 検査

死んだ卵を取りのぞきます。

7. ふ化槽への収容

ふ化させます。

8. 飼育

稚魚を飼育槽でじょうぶな稚魚を作るため飼育します。

9. 放流

一匹でも多く、帰ってくる事を祈りながら川と海に放流します。



写真 サケ・マスふ化場



写真 ヤマハF R P飼育実験水槽

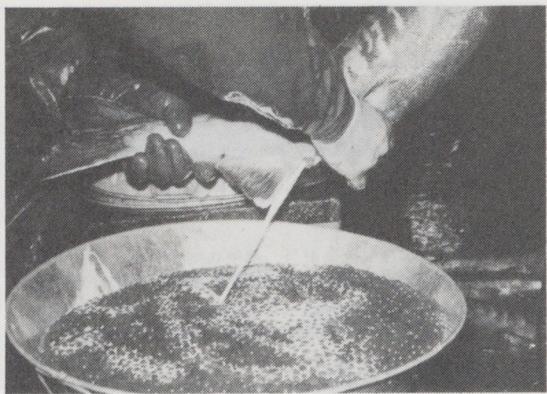


写真 採卵と受精

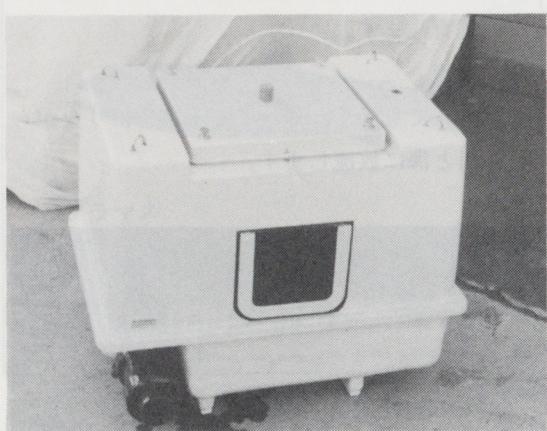


写真 ヤマハF R P稚魚輸送タンク

16. 開発背景

(開発課)

陸奥湾では、北海道について大規模にホタテ貝の養殖が行われている。このホタテ養殖作業に使われる船が、我社生産漁船の大黒柱「ホタテ・シリーズ」である。38ftから48ftまでの間に7艇種と、他にないほど充実している。

(1)日本一割安の船に乗るホタテ業者

陸奥湾は、重点市場として現在も新艇開発を進めているが、他社も同様に考えているために、他の市場では見られないほどメーカー間の競争が激しくて、低価格があたりまえになってしまってい

る。苦心してセールスポイントを造りこんでも、高く売ることは出来ない。だれが得をしているのか、重点市場とは、しゃくにさわる所である。

(2)重くて強いホタテ船

陸奥湾は遠浅の海であるために、今だ、ほとんどの船は浜に引揚げて保管している。しかし、これがくせもので、設計泣かせなのである。仕事に出かけるには船を海に降さなければならないが、この降し方がすさまじく、昔、遊園地にあった「ウォーターシュート」の比ではなく迫力がある。いくら艇体強度を高めておいても、不安無しでは見てはいられない。おかげで船体中央部は、20mmもの板厚となってしまっている。

(3)陸奥湾は競艇場！

車と同じく、漁船も馬力アップが加速されている。「隣の船には負けたくない」が先なのか、「営業政策」が先か、いずれにしても遅い船は、論外なのである。しかし、浜揚げ機能を持つ船型は、機能と性能が相反する部分がいくつもあり、馬力を大きくして行っても期待するほどスピードは伸びない。そこで、浜揚げは出来ないが、性能の良い「キール船」と、この船を乗せて浜揚げする「櫂」とを抱き合せで導入する企画した。これがうまくいき、ダントツで「ホタテカップ」を獲得できたのであるが、なりふりかまわざの他社にはすぐに櫂までもコピーされてしまい、またもや、レースが始まってしまった。

(4)陸奥湾のニューウェーブ

ホタテ船は、作業船であるために、機能性能が最優先されて、居住性、その他はおまけ程度のスバルタンな船で「良し」とされていた。しかし、時代の流れには逆らえず「波しうきをかぶるのはいやだ」とか、「トイレが無いのでいやだ」とかの声が、若手や奥様たちより出始めて、ホタテ船にも、立派なブリッジと、水洗トイレが付いてしま

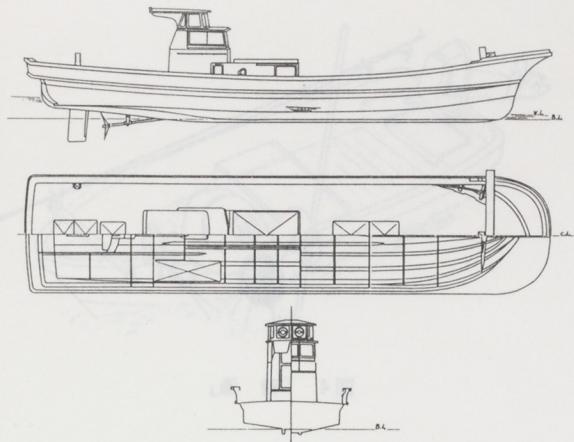


図1 「ホタテ・シリーズ」浜揚げタイプ DX-48C-OA

った。さらには、「ブリッジのデザイン、内装が云々」の声までもチラホラ聞えて来ている。行きすぎて、長靴をスリッパに履き替えて入るブリッジの船は、願いさげである。

北東北の太平洋側は、リアス式海岸で知られる三陸海岸である。この入りくんだ地形を利用して、ワカメ、カキ、ホヤ等の養殖が、さかんに行なわれている。ここで活躍している漁船が「キール・シリーズ」で、昨年生まれかわり、やや不振の三陸市場で期待されている。

(1)より日本人的発想の漁船

いくら養殖に適した地形であっても、湾が小さいために使用可能面積は、いがいと少ない。ここにもって業者数は多いときてるので、小規模な養殖となり、養殖業だけでの経営は成り立ちづらい。これを手っ取り早く打開するには、湾の外へ出て行く方法がある。タイミング良く、鮭の延縄漁が許可されて一举に外海指向が高まってしまった。しかし、これには当然ながら投資を必要とするし、漁船漁業の不安定さもあり、かなりの決断がいる。したがって現状は、「養殖作業もでき、外海でもそこそこ使える」カローラの漁船が望まれ、キール・シリーズが造りあげられたのである。他の市場でも同様な要望があるらしく、おかげさまで、キ

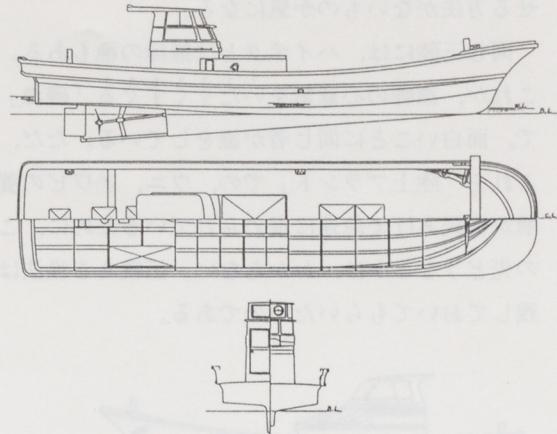


図2 「ホタテ・シリーズ」キールタイプ DX-48D-OA

ール・シリーズの半数は三陸以外の市場で売られている。

(2)省力、ハイテクは良いのだが？

小型漁船においても省力化が進んでいる。代表的な物としては、「リモコン操舵」があり、かなり大きな船でも一人操業を可能とさせているために普及率は目覚しい。本来の意図した使い方とはやや違うが、人が乗っていない船が走って来て、良く見ると、船首に寝ころんでいる者が器用にリモコンで操船しているなどの風景があまり珍しくなくなってきた。

一方、ハイテク化の波もおしよせて来ており、レーダー、カラー漁探、ロランの搭載は常識で、高性能自動操舵、はては、人工衛星を使ったビデオプロッターまでもの話が出ている。気になるのは、外海にそれほど出ない船がこれらの機器を本当に必要とするのか？使いこなしているか？で、もし本当であれば、「勘と経験の漁師」は、すでにカタカナの「オペレーター」に変身してしまっているのかもしれない。もう一つ、これらの機器は、サイズ、パネルデザイン等がバラバラで、それぞれのメーカー代表として自己主張しているために、ブリッジに入るとまるでオモチャ箱の中にいる様で、なんともおちつかない。なんとかスッキリさ

せる方法がないものか気になる。

同じ三陸には、ハイテクとは無縁の漁もある。これが、漁師の心意気をいたくすぐる「磯漁」で、面白いことに同じ者が漁をしている。ただ、これを「陸上プラント」での、ウニ、アワビの養殖が官民あげて急速に進められているために、この先どうなるかは、わからない。伝統ある漁法は残しておいてもらいたいのである。

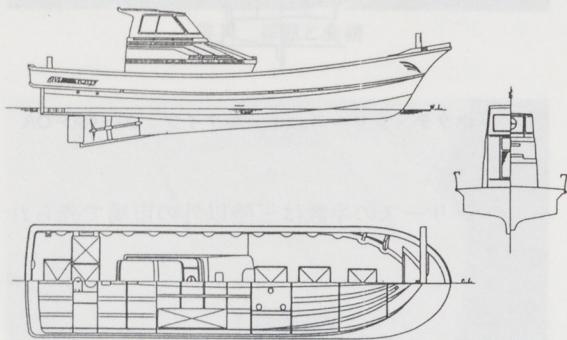


図3 「キール・シリーズ」 DX-36B-OA

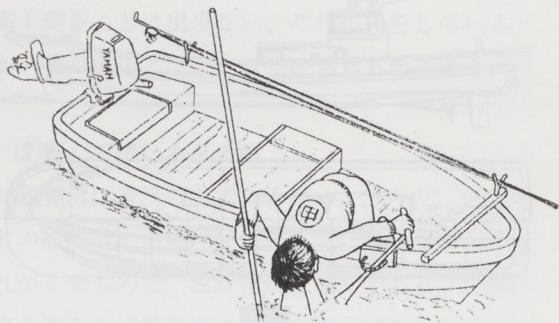


図4 「磯漁」

ヤマハ技術会 技報 第6号

昭和63年7月5日 印刷

昭和63年7月10日 発行

(禁無断転載) ©

発行所 ヤマハ技術会

長谷川武彦

発行人 鈴木忠雄

編集人

表紙デザイン

YAC

印刷所

浜松市米津町1181

桐屋印刷株式会社

