

YAMAHA

YAMAHA MOTOR 1997-9 TECHNICAL REVIEW

ヤマハ発動機 技報

No. 24



技報編集委員会事務局所蔵

目 次

製品紹介

- ① **カスタムカー アミ**
Customized Car ami
辻井 栄一郎 / 大石 毅彦 / 古澤 隆志
- ⑤ **マルチパーパスATV YFM600FWA**
Multipurpose ATV YFM600FWA
小野由博 / 瀬戸 稔 / 泉 和彦 / 小高 実 / 内田吉陽 / 静 亮次
- ⑧ **小型実習船 わかたか**
Research Cum Training Vessel 'WAKATAKA'
大庭恭二 / 永富忠良 / 濱田亮一
- ⑪ **圧力式海水ろ過システム YCOSシリーズ**
Pressure Filtration System YCOS Series
北川 欽哉
- ⑭ **調査研究船 アルタイル**
Catamaran Research Vessel "Altair"
三上宏 / 青柳三樹夫 / 小田康元
- ⑰ **スノーメイトYT-660E**
Snow Thrower YT-660E
山口佳久 / 大塚邦彦
- ⑳ **ニュー・パスPX26/PX24**
New PAS PX26/PX24
芦原安史 / 村松隆吉 / 中山浩典 / 山本 聡 / 太田雅男

技術紹介

- ㉓ **モーターサイクルの低振動マウント技術**
Engine Mounting Technology for Reducing Vibration on Motorcycles
田中十四夫
- ㉗ **新型マウンタ YVL88-II, YV100-IIの電気系**
Electrical System of New Surface Mounter YVL88-II and YV100-II
豊田 誠
- ㉚ **ウォータビークルにおけるウォータジェットポンプの性能の計測**
Measurement of Jet Pump Performance in Water Vehicles
池田憲治 / 塚原康寿 / 永房 誠

技術論文

- ㉓㉓ **制御鍛造技術を使ったパウダーメタルピストン (PM-P) の実用化**
Development of the Controlled Forged Powder-Metal Piston (PM-P)
小池俊勝 / 山縣 裕
- ㉓㉗ **マリンレジャーを支えるハードについて**
The Hardware, Support the Marine Leisure
菅澤 実
- ㉓㉚ **Al-19Si-1Cu-1Mg合金およびAl-12Si-1Cu-1Mg合金の
フレッチング摩耗特性に及ぼす硬さの影響**
Effect of Hardness on the Fretting Wear Characteristics of an Al-19Si-1Cu-1Mg and
an Al-12Si-1Cu-1Mg Alloys
栗田洋敬 / 山縣 裕

カスタムカー アミ

Customized Car ami

辻井 栄一郎 Eiiichirou Tsujii 大石 毅彦 Takehiko Oishi 古澤 隆志 Takashi Furusawa

● (株) ワイ・エム・モバイルメイツ

1 はじめに

1995年6月ヤマハ発動機(株)の社内ベンチャー制度YAMAHA VENTURE CAPITAL, 通称YVECが始まったが、当時の世の中は日米自動車・部品交渉を発端にして、1995年末の『自動車の構造等変更検査要件の緩和』いわゆる規制緩和が施行されたところであった。このような

状況の中で、オリジナルのカスタムカーを製造、販売することを目的としたYM MOBILEMATES, INC.(以下、モバイルメイツという)は、さまざまな社内の審査を経て、その子会社設立第2号として1996年12月に誕生した。

今回、主に外観デザインをオリジナルにしたモバイルメイツの第1号カスタムカー“**ami**”アミ(図1)を1997年2月末に発表したもので、以下にその概要を紹介する。



図1 “ami”

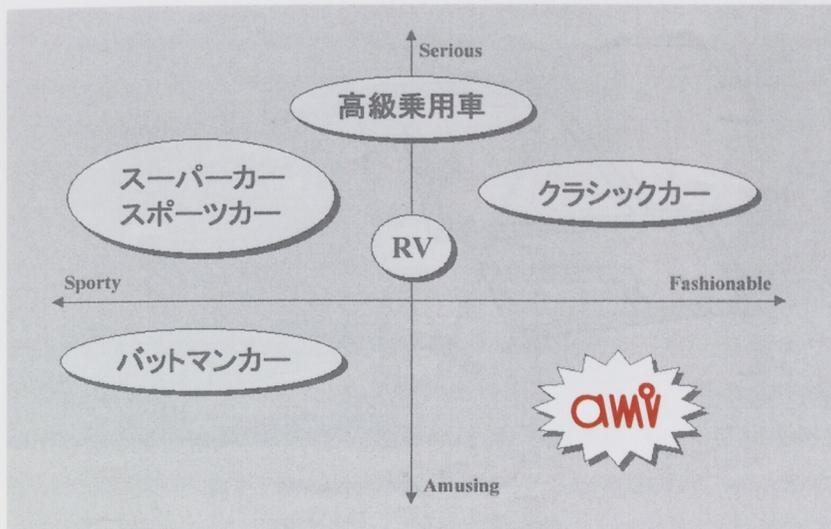


図2 商品コンセプトマップ

る。左上はというと、若者の男性を中心として人気の高いスポーティな車が位置するが、真ん中の上方にはセルシオのような高級車が、またその下の左右にまたがる所にはRV車がある。ところがそれらの下側のアミュージング性に目をやると、現在市販されている乗用車は全く見当たらない。ここが“awiv”の位置する所であり、正にほかに類を見ない、今までの価値観を超えたコンセプトの車であるといえる。

2 商品コンセプト

ちなみに“awiv”とはフランス語で友達という意味であるが、その言葉のように

- ・走っているのを見た人が、振り向かずにはいられないような車
- ・見た人が、乗った人が楽しく幸せな気分になれる車

をコンセプトに、これらを具現化したのが“awiv”である。

もっと具体的に表現すると、

- ・子どものころに見たアニメの世界に誘うような楽しい車

“awiv”はそんな忘れかけた無邪気さを呼び覚ますデザインを追求している。この結果、図1に示すような、今までの価値観を超えたスタイリングが実現されている。

もう少し分かりやすくこの商品コンセプトを表現すると、図2に示すような商品コンセプトマップになる。この図は横軸に「スポーティーさ」と「ファッションブルさ」を、縦軸には「シリアスさ」と「アミュージング性」を取ったものであるが、この図の右上には今流行しているクラシックタイプの車が、きれいにラインナップされ

3 主な特徴

“awiv”は600台限定の手作り受注生産の車であるが、厳密にいうと600台しかできない市販車ということができる。主に外観のデザインが特徴的な“awiv”は、その独特なフォルムを実現させるために車体にも手を加えることで、図3に示すように、軽自動車とは思えない車体剛性を確保し、抜群のスタビリティのあるハンドリングが実現できている。以下にそれらを含めた主な特徴を説明する。

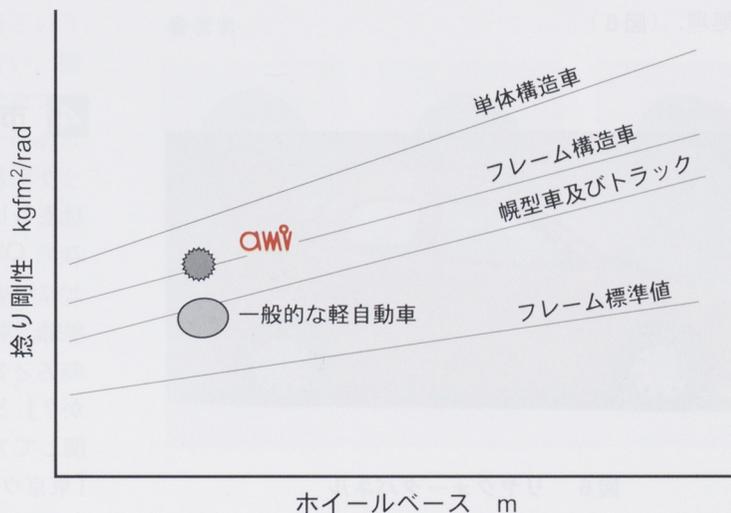


図3 自動車の捻り剛性線図

- (1) トランクリッドやハッチゲートなどの開口部を持たない高剛性FRP製2ドアボディに加え、RIF（Rigidity Improving Frame：剛性増強フレーム）を採用し、さらに高まったボディ剛性（図4）。
- (2) 生涯生産台数600台の限定生産で、しかもハンドメイド。
- (3) 丸形4連テールランプとブラックアウトされたリヤエンドパネル（図5）。
- (4) 軽量ポリカーボネイト製ウィンドウ（クォーター&リヤウィンドウ）。
- (5) 乗車定員は4名で、2名乗車時には可倒式リヤシートを倒すことで、広いラゲッジスペースが出現。
- (6) 全身にまとったエアロパーツにより、巧みな調和を見せるフロントとセンターセクションのオーバルフォルムとスクエアなりヤセクション。フロントエアダム、サイドステップ大型リヤウィングのすべてが標準装備。
- (7) タワーパーキングに駐車可能な全高。
- (8) ミッドシップエンジンを思わせるリヤクォーターパネルのエアインテーク風処理。（図6）

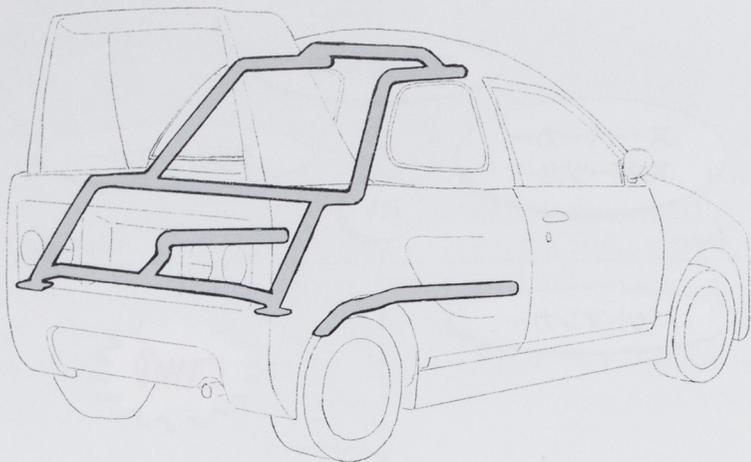


図4 RIF



図5 リヤエンドパネル



図6 リヤクォーターパネル

4 市場調査結果とその実践

カスタムカーの市場調査の一環として、一般消費者を対象としたアンケート調査を行った。調査の内容は、この“**ami**”についての好感度や購入の意向度、価格などについて、さまざまな質問を用意した。例えば性別、年齢、職業などの一般的な質問もたくさんあったが、このアンケートでは『あなたはどんな雑誌を読んでいますか?』という特徴的な質問を設けてあった。この質問に関してアンケートを集計してみると、『**ぴあ**』（図7）と『東京ウォーカー』を読んでいる人が圧倒的であるという結果になった。さらに『**ぴあ**』を読んでいる人の中で、“**ami**”を購入したいと答えた人は、何と30%にも達した。



図7 Weekly ぴあ



図9 配布用パンフレット

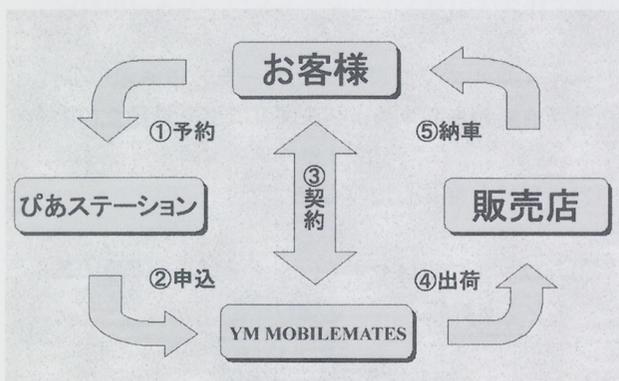


図8 販売システム

これらのアンケート結果やそのほかの調査などを踏まえて、販売については生涯販売台数を600台に限定し、販売予約、広告宣伝、プロモーションはぴあ（株）とのタイアップで行うこととした。図8はその全体のシステムを説明したものであるが、首都圏で40万部発行という『Weekly ぴあ』を中心に告知や広告（図9）を行い、購入を希望するお客様は「チケットぴあ問い合わせセンター」に電話などの連絡をした上で、首都圏で15ヶ所ある直営の「ぴあステーション」で“ami”の予約注文を行う。モービルメイツは「ぴあステーション」から予約の申し込み情報を受け、お客様と売買契約を結ぶ。車両の受け渡しやアフターサービスについては、提携販売店に委託し、購入希望者は予約時にその提携販売店を指定するという、これまでの自動車の販売方法とは異なる新しいアプローチを試みることとなった。

5 おわりに

“ami”はほかに類を見ないごん新なデザインによって、まさにコンセプト通りに仕上がったと自負している。また、限定生産による希少価値もあり、おかげさまで、TV、新聞および雑誌などで注目されている。実際、この車で街を走っていると、老若男女を問わず沢山の方々が、手を振ってくださったり声をかけてくださったりする。皆さんも、もし“ami”を街で見かけたら、ぜひ手を振ってあげてください。

最後になりましたが、モービルメイツの設立や“ami”の開発などには各方面から多大なご支援やご協力を頂きました。関係各位に、本紙面をお借りして厚くお礼申し上げます。

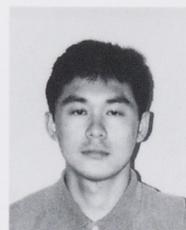
●著者



辻井栄一郎



大石 毅彦



古澤 隆志

マルチパーパスATV YFM600FWA

Multipurpose ATV YFM600FWA

小野由博 Yoshihiro Ono 瀬戸 穰 Minoru Seto 泉 和彦 Kazuhiko Izumi
 小高 実 Minoru Odaka 内田吉陽 Yoshiaki Uchida 静 亮次 Ryouji Shizuka

●MC事業本部 RV事業部技術室・企画室 / MC事業本部 第1コンポーネント開発室

1 はじめに

ATV(All Terrain Vehicle)は、皆さんも御存知のようにトレールライディング、ハンティング、農場でのユーティリティユースなど、様々な用途で活用されている。メイン市場であるUSAの市場規模も、1991年には15万台の総需要であったものが、各社の4WDモデルの積極的導入により、1996年には31万台まで需要が拡大してきている。このような需要拡大の中、オートマチックモデルの台頭により需要構造にも変化があらわれ、競争もより激化してきた。

そこで、ヤマハ発動機(株)として多様なユーザーニーズに対応するためATVでは初めてのエンジンプレーキ付オートマチックエンジンを搭載したマルチパーパスATV「YFM600FWA GRIZZLY」(図1)を導入することになった。ここにその概要を紹介する。

2 開発の狙い

本開発の狙いは、オートマチックATVの頂点モデルとして多様なユーザーニーズを満足させられるよう、「ファン走行からユーティリティ走行まで色々使えるATV」、「ビギナーから経験者までだれでも楽に乗れるATV」をキーワードに、以下の3項目に重点をおいて開発を行った。

- (1) 所有感のある車格、スタイリングと機動性の両立
- (2) 走破性と乗り心地の両立
- (3) パワフルで扱いやすく、シャープな加速感のあるエンジン性能



図1 YFM 600FWA GRIZZLY

3 エンジン関係

「頂点モデルとして色々使えて、だれでも楽に乗れるATV」を実現するため、排気量はATV最大の600ccとし、ATV初のエンジンブレーキを付加したVベルトオートマチックトランスミッションを採用し、オンコマンドディファレンシャルとの組み合わせにより、幅広い機能を持たせたエンジン（図2）を開発した。以下に特徴を紹介する。

3.1 エンジン全般

- (1) エンジンはボア（95mm）×ストローク（84mm）とし、4バルブシリンダヘッドとBST40キャブレタの採用により、パワフルなトルク特性を実現した。
- (2) 飛び込み式スタータ、非円形クランクウエブの採用により、クランク軸上の慣性マスを低減し、シャープなレスポンスを実現した。

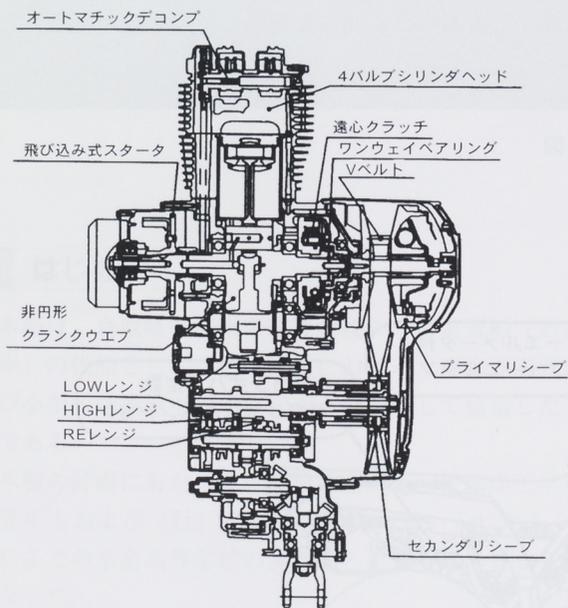


図2 エンジンフィーチャーマップ

3.2 エンジンブレーキ付Vベルトオートマチック

- (1) 図2に示す遠心クラッチと、Vベルトオートマチックおよびカムタイプのワンウェイベアリングを組み合わせ、アイドル状態で下り坂を下るような時でも、ワンウェイベアリングを介して後輪からの逆駆動力をクランク軸へ伝え、エンジンブレーキを

発生させる機構を採用した。この機構により、通常の走行においても、従来のセミオートと称されるハンドクラッチを持たない多段変速のモデルに近い走行フィーリングとすることができた。

- (2) ベルト軸間215mmの中で、ベルト変速比（L/T）は、マニュアルミッション同等の3.5を確保し、HIGH、LOW、REVERSEの3レンジトランスミッションの組み合わせにより、ファン走行とユーティリティ走行を両立させた。

3.3 オンコマンドディファレンシャル

図3に示すように、従来のフロントディファレンシャルのピニオン軸を2分割とし、スリーブを介してエンジンからの動力をON-OFFすることにより、2WD-4WDの切り替えができるようにした。スリーブは、サーボモータを作動させ、ラックアンドピニオンとフォークによりスライドする。サーボモータの制御は、ハンドル部の手元スイッチのON-OFFで行うため、走行状況に応じて簡単に2WD-4WDを選択することができる。これにより、ファン走行からユーティリティ走行まで幅広く使うことが可能になった。

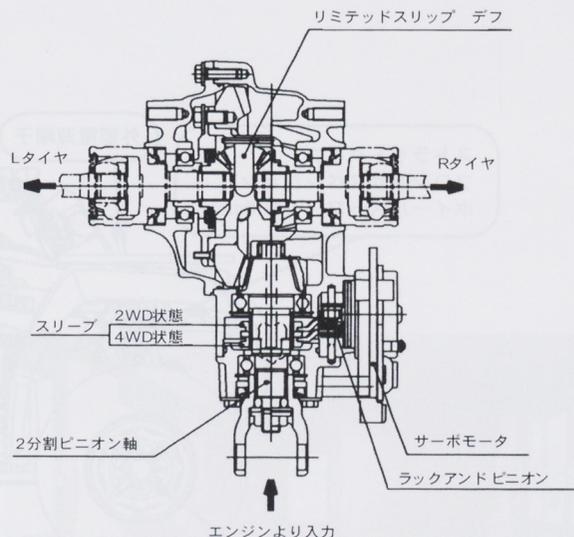


図3 オンコマンドディファレンシャル

4 車体関係

車体は、エンジン排気量とマッチングさせた所有感のある車格とし、バネ定数可変式リヤサスペンションを採用して、走破性と乗り心地の両立を重点に開発を行った。

図4は車体のフィーチャーマップであり、以下特徴を紹介する。

4.1 前後サスペンション

(1)フロントサスペンションは、シンプルな構造のストラットタイプのサスペンションとし、剛性の確保と作動性の向上を行った。

(2)リヤサスペンションには、バネ定数可変機構を採用した。シート横の切り替えレバーを操作することにより、クッション側のカムを作動させ、直列なバネ定数の異なる2種類のスプリングを、合成バネおよび非合成バネとして使用する構造とした。この機構により荷物の積載、無積載時の車体の姿勢変化を抑え、快適なオフロード走行を可能にすることができた。

4.2 フューエルタンク

トップクラスの19L、フューエルメータ付樹脂タンクとし、無給油での長距離走行を可能とした。

4.3 シート

ライディング時の自由度とヒップポイント部での乗り心地の向上を確保するため、ハンマーヘッド形の異形シートを採用した。

4.4 フェンダ、オーバーフェンダ

オフロード走行における泥はねや水はねを極力抑えるため、前後に大型のオーバーフェンダを装着するとともに、フロントフェンダ内側からの泥はねと水はね防止のため、インナフラップを装着した。また、足元も対泥はね性に優れたフロアボードを採用した。デザイン的にはミリタリービークルをイメージした直線的なデザインとした。

5 おわりに

長いようで短い開発期間であったが、ビギナーから経験者まで、言い換えれば家族みんなで楽しく乗れるATVの頂点モデルを開発することができた。

今後も積極的に開発を継続することにより、ユーザーに満足してもらえる商品を提供していきたいと考えている。

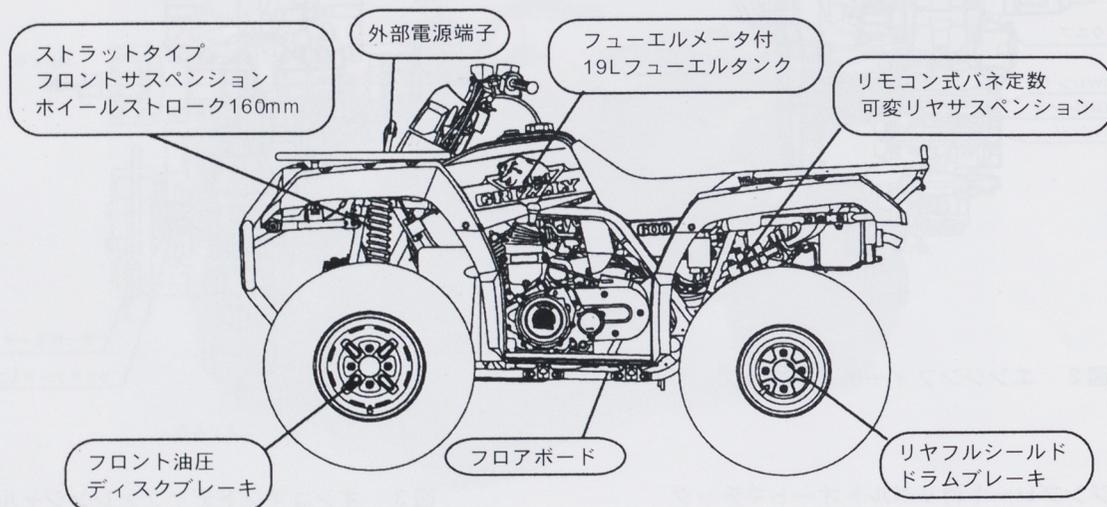


図4 車体のフィーチャーマップ

調査実習船 わかたか

Research Cum Training Vessel ' WAKATAKA '

大庭恭二 Kyoji Oba 永富忠良 Tadayoshi Nagatomi 濱田亮一 Ryoichi Hamada

●ヤマハ蒲郡製造(株) / ヤマハ発動機(株)舟艇事業部技術室



図1 わかたか

1 はじめに

本船は、鳥取県立境水産高等学校の小型実習船「わかたか」の代船として、沿岸海域における水産海洋実習および小型船舶操縦士養成施設のA型船として建造したものである。

本船の計画にあたっては、境水産高等学校海洋工学科の先生方および(社)漁船協会の深い思い入れがあり、これまでの水産高等学校の実習船とは多少趣の異なる船となった。

すなわち、図1のように外観は欧州風な古典的クルーザーとし、内装には図2、図3に示すようにチーク材を多用することにより、豪華で落ち着いた大人の仕上がりとしながら、機動性や機能については今日的な高い性能を持たせている。

船の構成そのものは、通常の単胴1機1軸の滑走艇であるが、船型は実績のある艇を基本に本船の雰囲気に合わせ、船首部の形状を3次元CADで立体的に検討して決定した。



図2 サロン風景



図3 操舵室ダッシュボード

また、「実習船は教室である」という学校長の言葉により、船内の騒音を可能な限り抑さえるため、発電機関は当初計画の開放型から遮音箱付きに変更した。また、主機関は浮動支持とし、ヤマハ発動機(株)舟艇事業部機装技術グループの推奨案に従って、防振、防音工事を実施した。その結果、100%出力時においても70dBとこの種の艇では最良の騒音レベルを得ることができた。試運転時立ち会われた先生方からも感嘆の声を聞いた。

通常我々の担当している特注艇の設計は、特定のクライアントの夢とかイメージを数値化し、具現化することが主な仕事であるが、さらに数値化、具現化されたサンプルを早めに提示して、クライアントの夢やイメージを固めていくことも、円滑な工事展開をするために重要である。本船の建造にあたっては、特に後者に対して、これまで以上に注意を払ったが、その具体例を表1に示す。

表1 仕様打ち合わせ例

内装	サンプルのプレゼンテーション 社内実艇の見学会 他社艇のカタログの提示
スタイル、 外観	他社艇のカタログの提供 社内同型船の写真資料の提供
艙装品	サンプルの製作プレゼンテーション グラフィックパーズ作成
騒音	オーディオテープと騒音計による dB値の体感
操作性、 配置	工事立ち会いを依頼し、 現物で再確認

上記の点を踏まえた綿密な仕様打ち合わせを実施したことにより、客先との思惑のずれもなく、極めて円滑な建造工事を行うことができた。

また、早い時期に入札仕様に対するヤマハの仕様を提示して、クライアントの承認を得たことが、クライアントに安心感を与えると同時に、やり直しや追加工事などの無用な工事費の低減や工事期間の短縮につながった。特に今回は契約仕様書を入手して、直ちに関連各部署がそれをもとに同時に作業を開始したことで、上記のコンカレントな対応が可能となった。

2 船体主要目

表2に船体主要目を示す。

表2 船体主要目

全長	19.15m	全幅	4.29m
登録長	14.93m	深さ	1.48m
総トン数	19 t		
主機関	YANMAR 6LX-ET3 出力 770PS / 2000rpm		
速力	23.14kt(試運転最大) 50kt(航海)		
航続距離	260海里		
燃料油タンク	2,000 L		
清水タンク	1,000 L		
定員	30名		
資格	第一種小型漁船 (JCI 沿海)		

3 主要装備

各部の主要設備を表3に、機関部分を図4に示す。

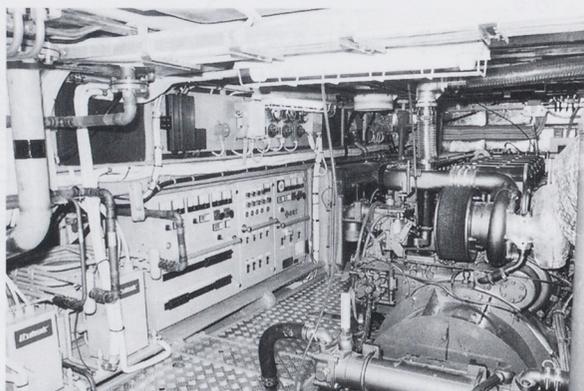


図4 機関室

表3 主要設備

機関部	主 機 関	ヤンマー 6 L X - E T 3 直列6気筒ディーゼル 出力 770PS/2000rpm
	プ ロ ペ ラ	ナカシマ 3翼固定ピッチ アルミ青銅鑄物 1000mm×830mm
	逆転減速機	新潟コンバータ MGNV 272 EX I (減速比)=2.07アングルドライブ
	発 電 機 関	太洋電機 M844 L 直列 4 気筒ディーゼル 出力 30PS/1800rpm
	ポ ン プ	雑用水, ビルジ, サニタリー, 清水, エアコン冷却水
電機部	発 電 機	太洋電機 25KVA 3φ 225V 60Hzブラシレス
	蓄 電 池	24V300A1群 24V200A1群 12V300A1群
室内艙装	船員室ソファ, サロンソファ, 洋式トイレ, 収納型冷蔵庫オープンレンジ 折り畳みテーブル, エアコン 4台, ギャレーカウンタ, 室内換気装置	
航海計器	レーダー 64マイル, 無線方位探知器, G P S, ロランC, 航法指示器 真風向風速計, ジャイロコンパス	
無線装置	G M D S S 設備, DSB27MHz無線電話, 衛星系船舶電話, 船内指令	
漁労, 調査, 観測設備	魚群探知機, 潮流計, S T D 観測装置, トローリングアウトリガー 瀬釣り装置, 水上オートバイ (ヤマハマリンジェット), 潜水設備12セット 水中テレビロボット, 水中無線	
視聴覚設備	21インチビデオ内蔵テレビ, カセットテープデッキ, C D プレーヤ AM-FMラジオ	
甲板機械	油圧操舵機 トルク450kg-m 2カ所操舵 (W/H, アッパーブリッジ) オートパイロット (ジャイロ, G P S 信号)	

4 おわりに

水産高等学校の実習船に要求される要素も様変わりしてきており、以前のような魚臭さは敬遠されつつある。この船も学校の象徴的な意味合いが強く、この船の建造を知り今年度の同校入学希望者が過去最高となったとの学校長の話を聞くに至り、まさにその感を強くした次第である。クライアントも満足できる艇が完成し、建造に携わった方々も美酒に酔えたのでは…。

●著者



大庭 恭二



永富 忠良



濱田 亮一

圧力式海水ろ過システム YCOSシリーズ

Pressure Filtration System YCOS Series

北川欽哉 Kinya Kitagawa

●YAMAHA NUTRECO AQUATECH CO. (旧 舟艇事業部技術室)

1 はじめに

趣味で熱帯魚や金魚を飼っている人は多いと思うが、仕事で魚を飼っている人はそんなにいない。

圧力式海水ろ過システムYCOSの実験では、様々な種類の魚をヤマハ発動機㈱（以下、当社という）新居工場の型置き場の一角にある実験室で飼っている。例を挙げるとタイ、ヒラメ、ハマチ、アマゴ、チョウザメなど、海水淡水を問わず小さな水族館状態になっており、水質検査の一方でエサやりや餌づけに忙しく立ち働いている。そのかたわらでは、塩ビ細工でなにやら得体の知れないものを作っているという具合で、もうこんなことが2年も続き、今ではすっかり魚の気持ちの分かるようになってしまっている。といってもこれらの仕事は魚を育てることではなく魚を生かすことである。育てるのも生かすのも同じじゃないか、といわれそうだが、ハードウェアを開発する側に立つと全く違うものになる。

2 YCOSとは

YCOSシリーズは当社が開発した、魚を生かすシステムの製品名称で、一般には“圧力式循環ろ過器”と呼ばれるもので、現在、図1に示すYCOS90（1.5t水槽用）と図2に示すYCOS300（5t水槽用）がある。具体的にどのような利用目的を想定した商品であるかを簡単に説明すると、

「長期間水交換をせずに活魚を一時的に備蓄するために水槽の水を調整する装置」ということである。



図1 YCOS90

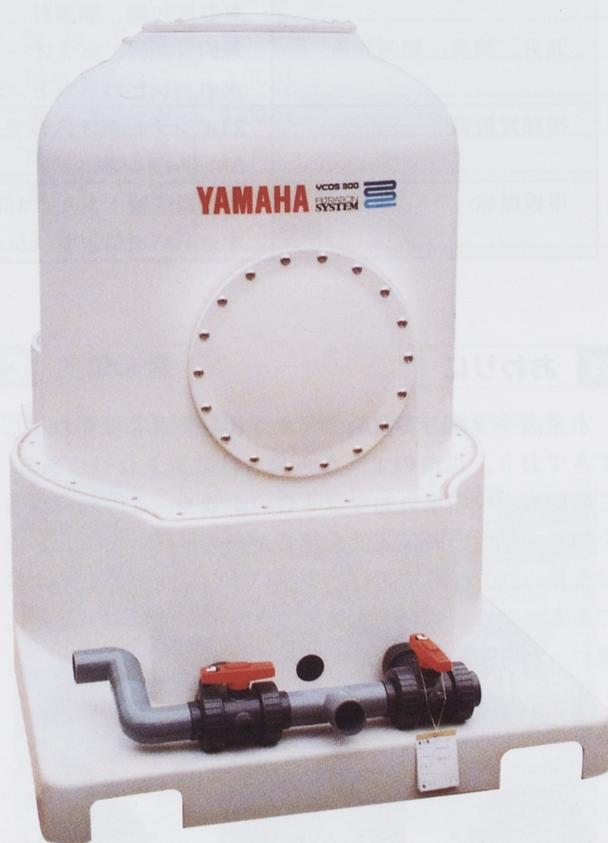


図2 YCOS300

一般に知られている水族館や趣味の水槽と違う点を以下に示す。

- ①基本的にエサはやらない
- ②魚の投入密度が極端に高い（6%，通常は0.5%にも満たない）
- ③魚の滞留時間は長くても4～5日

このようにYCOSは、機能を一時備蓄に特化して開発した商品で、ここでいう水を調整するというのは、次の6つの機能に代表される。

- ①うろこやふん、その他の浮遊物のろ過
- ②水温を適温に保つ
- ③アンモニアなど毒性物質の除去
- ④Phの調整
- ⑤溶存酸素濃度の維持
- ⑥雑菌の繁殖と濁りの防止

それぞれに関連するハードウェアについて、項目を追って説明する。

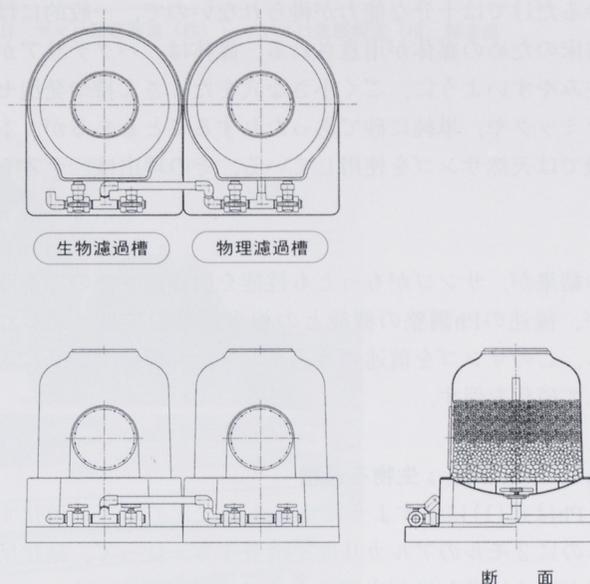


図3 圧力式ろ過

2.1 ろ過；物理ろ過槽

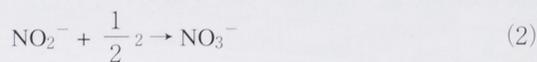
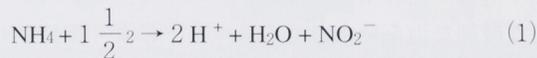
前述したように、固形物またはそれに準ずる浮遊物をこし取るのがろ過の目的で、YCOSではアンストラサイトという無煙炭を使っている。これはかなり硬い材質のもので、石器の矢じりに使われた黒曜石の小さいもの（粒径2～5mm）を想像していただくと良い。ろ過に関しては様々な研究がなされており、方法も目的により千差万別である。YCOSのろ過では、上水のろ過でも使われている深層ろ過理論に基づく方法で、ろ材粒径よりもはるかに小さな物質までろ過することができる。このアンストラサイトとそれを支持する砂利をFRP製のタンクに入れて密閉し海水を通す。これを圧力式ろ過（図3）という。圧力式ろ過に対して、ポンプでくみ上げた水をろ材中に自然落下させる開放式または重力式ろ過というものがあり、これが従来一般的であった。スペースや運転効率では圧力式が勝るが、ろ材の洗浄がしにくいのが難点であったので、本機では逆洗浄をしやすいバルブ配置にし、空気によるかくはん洗浄も併用して、効率的に洗浄ができるようにした。

2.2 温度調節；温調器

水温の調節は冷却用に家庭用のコンデンシングユニット（室外機）に接続したチタンパイプと加熱用のパイプヒーターを使った熱交換機を使用しており、通常の設定は18℃前後である。

2.3 アンモニアの除去；生物ろ過槽

水槽の中には目に見えるゴミもあれば、目に見えないが魚にとっては猛毒となるものも存在する。その代表的なものがアンモニアとそれが変化した亜硝酸である。その限界濃度は、魚種やコンディションにもよるが0.5ppm程度であるが、それらを除去するためにバクテリアが一般的に使われている。ここで使うバクテリアには数種あるが、代表的なものにニトロソモナスとニトロバクターが知られている。式(1)式(2)に示すように、アンモニアを亜硝酸に、亜硝酸を硝酸塩に変化させるが、これらの過程を硝化反応という。硝化後の生成物の硝酸は前の2種に比べ100分の1程度の毒性しかないので通常問題にはならないが、甲殻類には毒となるので現状では定期的な水換えが必要である。



具体的な使用方法は、バクテリアを水中に浮遊させているだけでは十分な能力が得られないので、一般的には着床のための媒体が用意される。媒体は、バクテリアが住みやすいように、ごく小さな穴をたくさん持つ発泡セラミックや、単純に砂であったりすることもあるが、本機では天然サンゴを使用している。その理由は、テスト

の結果が、サンゴがもっとも性能を引き出したのであるが、後述のPh調整の機能との相乗効果の結果と思われる。このサンゴを前述のろ過タンクと同様のタンクに入れて硝化を促す。

2.4 Phの調整；生物ろ過槽

Phは式(1)に示すように1モルのアンモニアを硝化するのに2モルのアルカリ度を消費する。従って、硝化反応が進めば進むほど水槽の水のPhは下がっていく。

Phは魚、特に海水魚にとって重要な環境要素であり、海水魚では一般にPhを6.5～8に維持するのが望ましい。Phに関しては、その絶対値よりも変化率の影響を強く受け、急激な変化は魚に無用なストレスを与えることになる。ストレスは魚にとっては人間以上に生存にかかわる要素であり、ストレスによりウイルス性の病気にかかりやすくなったり、代謝が増えて水を必要以上に汚すことにもなる。Phはバクテリアの活性にも影響を与える。バクテリアは上限はあるもののPhの上昇につれて活性が増すので、消化能力を考えたときはPhは高め(7～7.5)に保ちたい。サンゴは海水のPhを安定させるのに有効で、海水中の炭素硬度(KH)を上げて弱アルカリに保つ作用がある。

2.5 溶存酸素濃度；泡まつ処理槽

活魚備蓄に使われる水槽には、時として水面を覆い尽くさんばかりの魚が投入されることがある。そんなときにもっとも深刻な問題になるのが、溶存酸素濃度という溶け込んでいる酸素の濃度である。溶存酸素濃度は、図4に示す泡まつ処理槽というタンクの中で、エアストーンという微細な泡を発生させるユニットにより維持される、と同時に、発生した泡に付着しているたん白質などの有機物を取り除き、ろ過槽の負荷を減らしている。

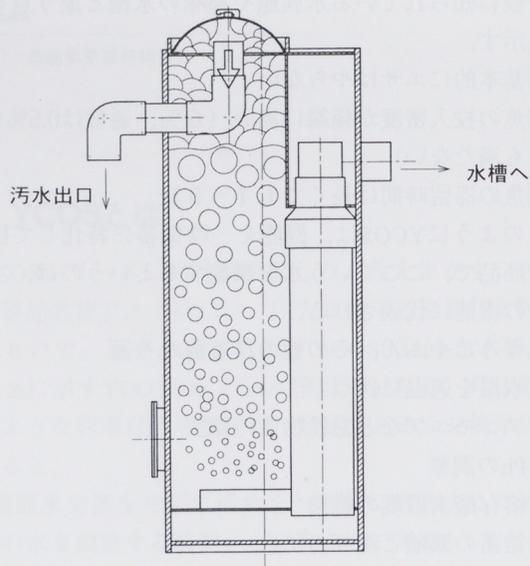


図4 泡まつ処理槽

2.6 その他

前項のほかに大腸菌を始めとする雑菌を処理する殺菌装置や、フィルタでは取れない色や濁りを取る活性炭槽、循環ポンプ、エアブローなどがセットされてろ過システムが完成する。

3 おわりに

ろ過システムという今まで想像もしたことがない商品に、全くの門外漢の私たちが取り組んで約2年、設計にかかってからは1年がたち、基本的な開発は一息付いた観があるが、生き物を相手にするだけに奥の深さは相当なもので、将来養殖まで使えるようなものにするにはさらに専門的な知識と技術が必要になってくる。また閉鎖された環境の中で、微妙なバランスを保ちながら維持される生命のもろさは、地球全体にもいえることではあるが、空恐ろしさを感じてしまう。

●著者



北川 欽哉

調査研究船 アルタイル

Catamaran Research Vessel "Altair"

三上 宏 Hiroshi Mikami 青柳三樹夫 Mikio Aoyagi 小田康元 Yasumoto Oda

●海外市場開拓事業部（旧 ヤマハ蒲郡製造（株））／舟艇事業部（旧 ヤマハ蒲郡製造（株））／ヤマハ蒲郡製造（株）製造部



図2 アルタイル

1 はじめに

金沢工業大学の調査研究船の入札がコンサルタントである（株）海洋総合技研を通して行われ、ヤマハ発動機（株）が落札した。今までモノハルの調査研究船は何隻も建造した実績はあるが、本船はJCI船でしかも船型は非対称型カタマラン（図1）という指定があるほか、調査研究がやりやすい機構をいくつか取り入れて完成したのでここに紹介する。

金沢工業大学には、全学生必修科目になっている「人間と自然」という科目がある。本大学の穴水湾自然学苑は全国「星の街」に指定された石川県穴水町にあり、ここで受講する科目の中で本船が使われる。そして今、「アルタイル」と命名された本船（図2）は、能登半島国定公園の自然に囲まれて、輝く星のごとく活躍している。



図1 非対称型カタマラン

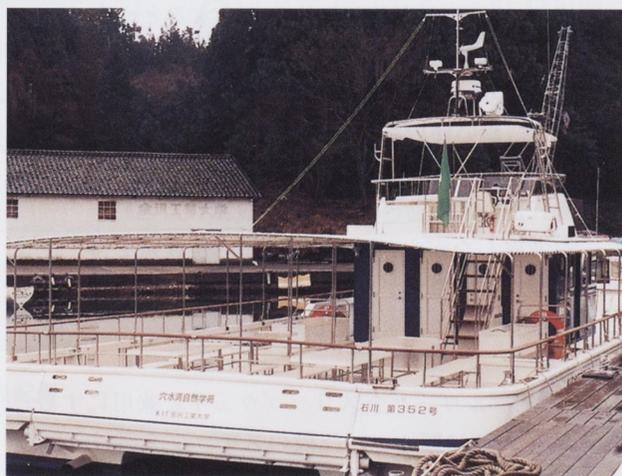


図3 デッキ部

2 船主の要望

船主から下記にあげるような要望があった。

- (1) 学生に夢を持たせるような優雅なデザインとグレードの高い仕上がりをもたせること。
- (2) 非対称型カタマラン船とし、デッキは図3に示すように広く、人が安全に動けるようにできるだけ突起物が出ないこと。
- (3) カッターへの乗り降りについても、片舷3個所のゲートと後部に可動式のスリップウェイを設けること。
- (4) 観測機器を直接海へ入れられるように、デッキ中央部にハッチを設けること。
- (5) 船の操船や取り付けられた機器類の操作を1人で容易にできるようにすること。

3 仕様概要

- (1) 物の接着部分や積層面をなるべく見せず、見える所についてはグレードの高い仕上がりとし、特にFRP構造は配色と形状で違和感のないようにした。さらに、要所にチーク材を用い、白い船体との融合を図った。
- (2) 総トン数19tで、長さを変えないでデッキを広くとると、デッキ高さが低くなる。するとカタマラン船なので左右単胴の連結部分と海面との距離が小さくなり、航走中この部分が波にたたかれる恐れがある。幸い使用される海域が湾内で穏やかなので、水槽で模型船を走らせることにより、トンネル部に流れ込む水の動きをつかみ、復原性と連結部の強度を考慮しながら、最小40cmという数値を得た。また非対称型の方が、対称型よりトンネル内で起きる波は少ないことを確認した。
- (3) 後部ブルワークをスリップウェイと兼用にするため、内面に幅4m、三段のステップを設け、90度回転して開いた時、決められたブルワーク高さの中で、海面から最下端ステップまで約30cmになるようにデッキの切り欠きと回転軸の最良位置を決めた。

(4) 甲板の船体中心線上に1m角の観測用ハッチをつけるにあたって、連結部を開口することにより強度が低下しないように壁四面と船体を一体成型して、それをデッキと接着する構造とした。また、中蓋を設け、六ヶ所にロックをつけて、波に下から叩かれた時に海水がデッキ上に吹き出てこないようにした。

(5) 機器類の操作については、表1に示すように操作系統を1人で複数の機器が扱えるようにした。

表1 機器類の操作系統

主機	操縦操舵	フライングブリッジ	1系統
		操舵室	2系統
		デッキ コード式	1系統
		自動操舵	1式
		低速装置	
ウィンドラススイッチ	操舵室		1式
		デッキ上 フット式	1式
		コード式	1式
サイドスラスタ	操舵室		1
		デッキ上 コード式	1

4 主要目

主要目を表2に、一般配置を図4に示す。

表2 主要目

全長	20.30m	全幅	7.00m
登録長	18.22m	登録幅	6.98m
登録深さ	1.39m	総トン数	19t
最大搭載人員	75名	満載排水量	35.26 t
燃料	3,000L		
資格	JCI限定沿海, 調査研究船(旅客船)		
主機関	小松ディーゼル6M125A-2 450PS / 2130rpm		
発電機	15KVA		
プロペラ(DxP)	0.850mX1.070m		
主な装備	自動操舵装置 船内指令装置 ジャイロコンパス 国際VHF レーダー 超短波無線電話装置 GPS 電動デリック 2基 気象FAX ウィンドラス 2基 魚群探知機 W/J搭載ゴムポート 風向風速計 可動式スリップウェイ		

5 おわりに

トンネル部の海面上高さが低いので、蒲郡より穴水までの回航は、天候を見ながら下関廻りで9日かけて無事終了した。工期は多少延びたが、よいものを作るという考えの元、関係者が様々な議論や検討を重ねて課題を達成できた。船主殿始め（株）海洋総合技研の香川社長および建造にご協力を頂いたメーカーの皆様には紙面を借りてお礼申し上げます。

●著者



三上 宏



青柳三樹夫



小田 康元

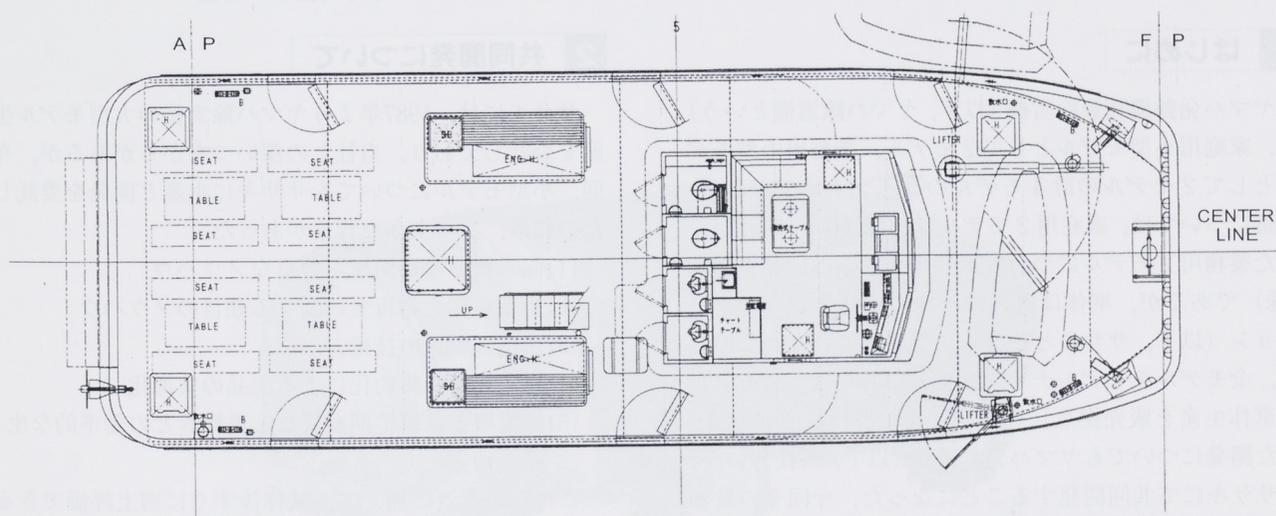


図4 一般配置

スノーメイト YT-660E

Snow Thrower YT-660E

山口佳久 Yamaguchi Yoshihisa 大塚邦彦 Otsuka Kunihiko

●特機事業部 開発室



図1 YT-660E

1 はじめに

ヤマハ発動機(株)製除雪機(以下、ヤマハ除雪機という)は、家庭用小型モデルとして2モデル、業務用中型モデルとして2モデルの計4モデルのラインナップがある。製造については、家庭用2モデルは創輝(株)に委託し、また業務用2モデルについては、エンジンは同じく創輝(株)であるが、車体は青森の(株)ササキコーポレーション(以下、ササキという)に委託していた。このたび、全モデルをモデルチェンジするにあたり、全モデルの車体生産を販売拠点に近いササキで行うことになり、また開発についてもヤマハ発動機(株)(以下、当社という)とササキにて共同開発することになった。今回その最初の製品として、図1に示す家庭用小型モデルYT-660Eを開発し、'97モデルとして発売したので、ここにその概要を紹介する。

2 共同開発について

ササキには、1987年よりヤマハ除雪機の大型モデル生産を委託しており、当社との深いつながりがあるが、今回、小型モデルについてもササキに生産と開発を委託したのは、次のような背景があった。

- (1) 除雪機生産に関する豊富なノウハウ。
- (2) 少量生産大物板金に関する独自のノウハウ
- (3) 農機具製造の技術力
- (4) 生産場所の集約化による部品の共通化
- (5) 除雪機とは繁忙期が異なる農機具との効率的な生産の補完

これらの背景に加えて、試作後すぐに雪上評価できる地の利を生かした開発および生産に直結した製品設計と、当社の商品企画、評価、エンジン技術など双方の得意分野を十分に生かし、役割分担を明確化した効率的な開発ができるという点にあった。

ササキは青森県十和田市に本社のある、従業員240名の国内有数の農機具アタッチメントメーカーで、洋式プラウ（図2）を作り上げた洋式農機具作りの先駆者として、北海道開拓史にもその名を記されている。また、現在では図3に示すような乗用の果樹園防除散布のスピードスプレーヤー（4WD、4WS、42PS）など、大型モデルの開発、製造、販売も行っている。

ササキの特徴は、樹脂ものを除けばほとんどの部品を内製化でき、特に板金大物部品についてはblank型を使わず、シャーリング盤、タレットパンチングプレス、NCベンダを多用して対応できることなど、少量生産モデルのネックとなる型投資額を大幅に抑えることができるという点にある。



図2 洋式プラウ

また、開発、試作、生産部門に至るまで非常に小回りがきくため、短期開発が可能である。例えば、雪上テストである仕様がNGとなった場合でも、翌朝には次の試作品が届いているという状況である。

従来モデルでは、雪上テスト終了の時期から生試、生産まで日程がないため、開発に2シーズン要することもしばしばあったが、今回のこのモデルでは、ササキの協力により、1シーズンで対応することができた。

今回の共同開発にあたっては、表1に示すような開発の分担を行って開発の効率化をはかり、同時に開発責任の明確化も行った。

表1 両社の開発分担

当 社	開発目標設定 評価基準書作成 基本機能／性能テスト（除雪性能） 競合モデル評価 エンジン部分の開発 先行開発 Reg・調査
サ サ キ	全体計画 車体設計 全体評価テスト 耐久テスト こん包設計

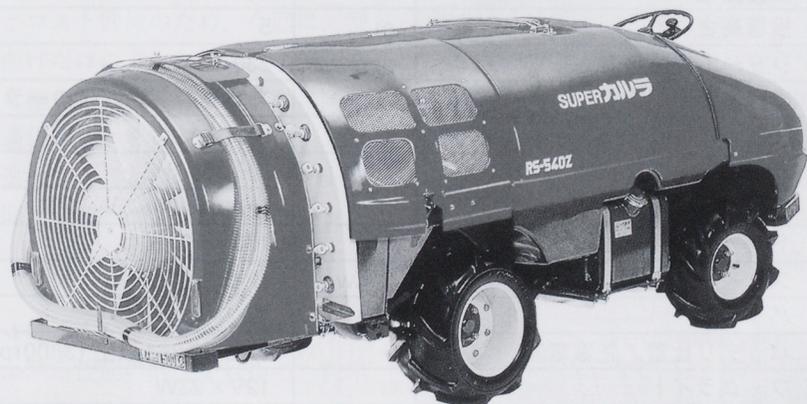


図3 ササキ製スピードスプレーヤー RS-540Z

3 開発の狙い

開発の対象機種は、国内一般家庭用向けの除雪機 (YSM-660のモデルチェンジ機種) としたが、その開発の狙いを、次の3点をとした。表2に仕様諸元を示す。

- (1) 除雪性能の向上、雪質対応力の強化
- (2) 操作性、信頼性、整備性の向上
- (3) 採算性の向上

表2 YT-660E 仕様諸元

項目	単位	諸元	
営業呼称		YT-660E	
登録型式		7RV1	
寸法 (L×W×H)	mm	1370×620×1005	
乾燥重量	kg	100	
燃料タンク容量	L	4.5	
エンジン	エンジン名称/型式	MZ175 / 7NN6	
	エンジン形式	空冷4サイクルOHV	
	内径×行程	mm	66×50
	総排気量	mL	171
	有効圧縮比		8.5
	最大出力	kw/rpm	4.0 / 4000 (5.5Ps)
	最大トルク	Nm/rpm	10.8 / 2500 (1.1kgfm)
	最小燃料消費率	g/kwh	285 (210 g / Psh)
	潤滑方式		強制飛沫式
	点火方式		TCI
	スパークプラグ		NGK BPR 4ES
	始動方式		セルモータ/リコイル併用
	エンジン潤滑油		SAE 5W-30
除雪機構	除雪機構		2ステージ (オーガ, プロア)
	最大除雪能力	t/hr	35
	除雪幅	mm	620
	除雪高さ	mm	440
	投雪距離	m	14
	投雪高さ	m	5
	シュート回転角度	deg	230
走行装置	走行装置		エンドレスゴムクローラ
	変速装置		HST
	走行速度	km/h	前進:0~3.2 後進:0~2.4
	トラックサイズ (巾×リンク数×ピッチ)	mm	130×19×64
電装	スタータモータ	V-Kw	12-0.3
	バッテリー	V-Ah	12-14
	バッテリー比重/充電電流		1.28 / 0.35A以上 (3800rpm)
	ワークライト		12V×23W

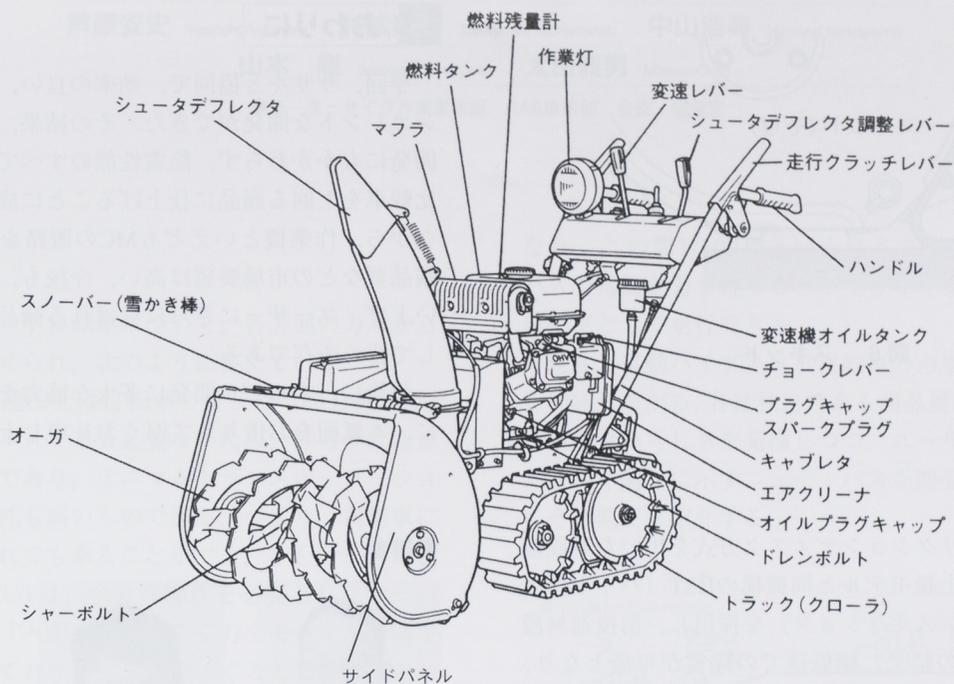


図4 車体各部の名称

4 特徴

4.1 エンジン

エンジンはOHVのはん用エンジンMZ175を流用し、セルモータを搭載し、低温用セッティングや雪入り対策などの除雪機用の改良を行った。

また、従来エンジンマウントはゴムマウントを使用してハンドル振動を抑えていたが、エンジンの挙動によるVベルト外れの問題対策とコスト低減のため、今回は、型を使用しない板金折り曲げだけのエンジンブラケットを追加し、ゴムマウントを廃止した。ハンドル振動に関しては、ブラケットの最適化テストを重ね、さらにハンドル内に防振ウエイトを追加することで、ゴムマウント仕様の従来機並に振動を抑えることができた。

4.2 車体

車体各部の名称を図4に示すが、雪をかき機能のオーガ部まわりについては、除雪性能の向上を目指し、従来モデルから次の改良を行った。

(1) オーガ歯数を1.5倍に増加

(2) オーガ回転数のUp

(3) スクレーパーの改良(2段曲げ形状 図5)

(4) サイドパネルの剛性Up(除雪時の抵抗低減)

(5) スキッドの剛性Up(図6)

さらに投雪機能のシュート部については、従来モデルでは、投雪方向を変えるため、手動のリンクでシュートを回転させていたが、今回からすべてのモデルに、車のパワーウインド用モータを流用した電動シュートを採用した。また、シュートの立ち上げ角を立て、従来モデルに比べ、より高く投雪できるように改良を行った。

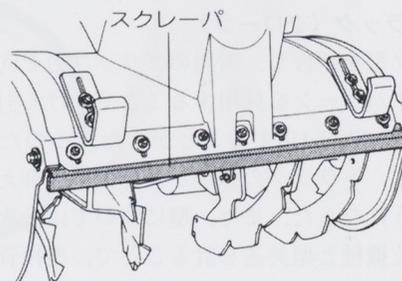


図5 スクレーパー

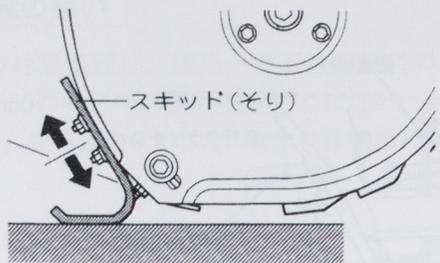


図6 スキッド

4.3 走行系

4.3.1 変速機

従来機は、フリクションディスク方式を用いた有段変速であったが、上級モデルと同機構のHST（ハイドロスタティックトランスミッション）を採用し、前後進無段変速とした。その結果、極低速での除雪が可能となり、従来、小型機では困難だった、氷状の堅雪除雪でもワンランク上のモデルとも肩を並べることができるようになった。

4.3.2 減速機

通常トランスミッションケースの材質というと、アルミダイカストか鋳鉄を想像されると思うが（従来モデルはADC）、今回は農工機のノウハウを流用してケースを板金折り曲げとし、軸受け部については、鉄のボスを溶接することで、全く型を作らずにトランスミッションケースを形成している。

一般にミッションケースは、全周を完全にシールし、オイルにより潤滑するものという固定観念があった。今回のケースは、折り曲げた四方にすき間があり、水などの侵入により耐久性に不具合が予想されたが、低速回転とグリス潤滑ということもあり、台上および雪上の耐久テストでも何ら不具合が発生することもなく、あらためて農工機のノウハウに驚かされた。

4.3.3 トラック（クローラ）

トラック型を新作し、雪面のグリップ力を向上させる新トラックパターンを採用することで、けん引力が従来モデルに比べ20%Upすることができた。そのため、堅雪除雪時でも、トラックのスリップを大幅に抑えることができるようになった。また、型については、次年度開発予定の上位機種と型共通を計ることで、型投資を半分におさえることができた。

5 おわりに

今回、ササキと協同で、効率の良い、広い意味でのコンカレントな開発ができた。その結果、短期間、少人数開発にもかかわらず、除雪性能のすべての項目について比較車を上回る商品に仕上げることに成功した。しかしながら、作業機といえどもMCの販路を使うことから外観品質などの市場要望は高い。今後も、市場の要望を吸い上げ、ユーザーにさらに喜ばれる商品にするべく改良して行く所存である。

最後に、本モデル開発に多大な協力を頂いた関係各位に、本紙面をお借りして厚くお礼申し上げます。

●著者



山口 佳久



大塚 邦彦

ニュー・パス PX26 / PX24

New PAS PX26/PX24

芦原安史 Yasushi Ashihara 村松隆吉 Takayoshi Muramatsu 中山浩典 Hironori Nakayama

山本 聡 Satoshi Yamamoto 太田雅男 Masao Oota

●モーターサイクル事業本部 PAS事業部 企画・開発室

1 はじめに

電動ハイブリッド自転車について、各方面の方々から様々な質問が寄せられ、次のように答えている。

パスは道路交通法上は自転車とまったく同じ扱いで、運転免許証もヘルメットも必要ないため、許可された歩道の走行も可能であり、ミニマムトランスポーターションとしての利便性も高いものである。つまり、自転車に乗れる人ならだれでも乗ることができ、スイッチを「入」「切」する操作以外は、余分な操作を必要としない。パスはあくまでも「人がペダルをこぐ力をモーターが補助する」設計になっており、ペダルをこぐことで初めて走り出すので、機械を操作している感じや機械が動いている感じがしない。また、パスの補助力は、人がペダルを踏む力を越えないので、スピードが出すぎる心配はない。つまり、図1に示すように、15km/hまでは普通の人から非力な人までこいだ力と同等以下の量をアシストし、15km/hから徐々にアシスト力を減少し24km/hでゼロに

なり、この間1/100秒という早さで作動する。そして、パスの補助動力を得ることができなくなっても、普通の自転車として走行できる。

現在、電動ハイブリッド自転車の市場は、上記の要件を加味しながら、各社独自性ある商品展開で競っている。今回ヤマハラしさを発揮しつつ、ユーザーの期待にこたえるべく図2に示すニュー・パスを開発したので、ここにその概要を紹介する。

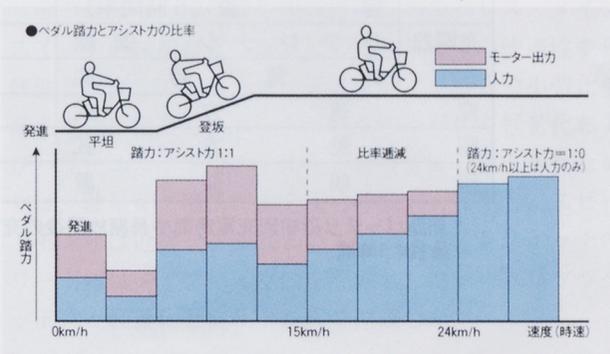


図1 ペダル踏力とアシスト力の比率



図2 ニュー・パス

表1 仕様諸元

		26インチ(PX26)	24インチ(PX24)
寸法	全長	1,880mm	1,770mm
	全幅	540mm	540mm
	サドル高	750mm~910mm	738mm~900mm
	軸間距離	1,150mm	1,110mm
	タイヤサイズ	26×1-3/8	24×1-3/8
車両重量		27kg	26kg
性能	補助速度範囲	比例補助 0km/h以上~15km/h未満	0km/h以上~15km/h未満
		通減補助 15km/h以上~24km/h未満	15km/h以上~24km/h未満
	一充電航続距離	ヤマハパターン 30km 平坦路 40km	27km 37km
原動機	形式	直流ブラシ式	直流ブラシ式
	定格出力	235W	235W
補助力制御方式		踏力比例制御式	踏力比例制御式
バッテリー	形式	ニカド電池	ニカド電池
	容量(5時間率)	1.2V×20 / 5Ah	1.2V×20 / 5Ah
充電器	リフレッシュ機能	有	有
	充電時間	約3.5時間*	約3.5時間*
変速方式		内装3段式	内装3段式
駆動方式		チェーン式	チェーン式
照明装置		ダイナモ式前照灯	ダイナモ式前照灯

* 新品バッテリーの初回充電時間や長期放置後の充電時間およびリフレッシュ充電中の充電に要する時間は、最長4.5時間。

2 開発の狙い

本開発の狙いは、電動ハイブリッド自転車の本格的な量販と普及をめざして、「軽快、シンプル、なっとく価格」と「より身近なPAS」を実現することである。そこで、人にやさしく、使いやすいPASにするために、電動モータ、バッテリー、フレームなどすべてを新設計で行った。基本設計の段階からすみずみまで乗りやすさを追究し、デザイン面でも軽快で洗練されたデザインとした。

商品の開発に当たって、次の項目に重点をおいた。

- (1) 乗り降りの際、無理な姿勢をとらずにスムーズな足ぬきのできる前ぐりスペースを確保する。
- (2) サドル高は低くし調整は幅広くできるようにする。
- (3) バッテリーは手軽な充電とするため、脱着充電、車載充電の両方を可能にする。
- (4) 行動範囲を広げるため航続距離を伸ばす。
- (5) 充電器には、バッテリー性能を回復させるためのリフレッシュ機能を装備する。

そのほかに、バッテリーの残量ランプの装備など様々な開発、改良を行った。

3 製品概要

ニュー・パスは、軽快感あふれる斬新なスタイルながら、高いアイデンティティを確保した商品である。表1に仕様諸元を示すが、まず、小柄な方でもゆとりをもって乗車できるようにするために、乗り降りの際、無理な姿勢をとらずにスムーズな足抜きが行えるU字型「ゆうゆうフレーム」を採用した(図3)。また、サドル高も低くかつ幅広く調整でき、乗り降りや足つき性も向上させ、より広いユーザー層の使用の実現を可能にした(図4)。

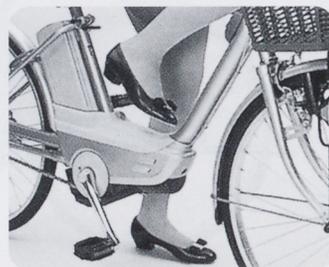
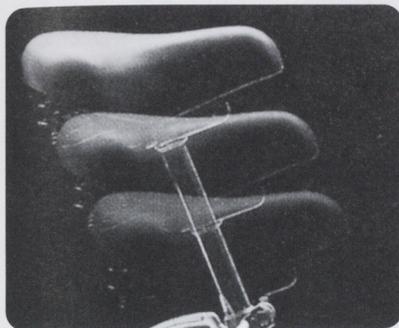


図3 ゆうゆうフレーム



(最高サドル高)
910mm 900mm

750mm 738mm
(26インチ) (24インチ)
(最低サドル高)

図4 サドル高とその調整範囲

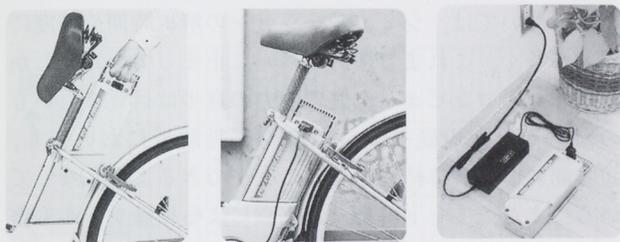


図5 スライド式バッテリー

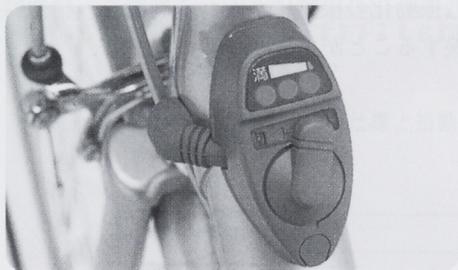


図6 バッテリー残量ランプ

次に、小型化した新開発のパワーユニットやバッテリーのマス集中配置により操縦性の軽快感を発揮している。航続距離向上の追及については、パワーユニットやモータおよびコントローラなどの改良により、平坦路ならば40kmの走行ができる余裕の航続距離を可能にした。

さらにヒンジ式サドルとスライド式バッテリー脱着は、ヤマハPASのアイデンティティを踏襲した。スライド式バッテリーにより、小型、軽量化が実現し、しかも簡単に脱着でき、車載充電もできる脱着充電、車載充電の両用式を採用した(図5)。さらに、充電器はリフレッシュ機能付きでバッテリーの性能を十分に引き出すこととした。バッテリーについてはニカドバッテリー20個使用の24Vであり、バッテリー切れに備え、残りの充電量が常時確認できるバッテリー残量ランプをハンドルの下に装備した(図6)。

その他にも、操作性や視認性抜群のキーレス・メインスイッチの採用など、細部にわたり乗る人の快適性や利便性を追究している。モータは直流ブラシ式で小型化や高効率化を追及し、コントローラの小型化や軽量化およびパワーユニットへの一体化を行っている。トルクセンサは、遊星ギヤ機構の固定反力検知式を採用し、スピードセンサは近接センサ式としている。メインスイッチのリード線はメインパイプ内を配索し、フレームはブラケット式で軽量化と低サドル高を達成した。

4 おわりに

電動ハイブリッド自転車ヤマハ「PAS」は、世界新商品として1994年4月全国販売を開始して以来、その開発意図が市場に受け入れられ、電動自転車市場には今や同業、異業の多数の企業が参入している。今年は国内市場の需要が拡大し、20万台程度に膨らむと予測され、今後大きく市場が拡大されていくと期待されている。より良い商品への期待にこたえるべくマーケットインの思想で、今後も改善に努める所存である。

モーターサイクルの低振動マウント技術

Engine Mounting Technology for Reducing Vibration on Motorcycles

田中十四夫 Toshio Tanaka

● モーターサイクル事業本部 第1コンポーネント開発室

1 はじめに

モーターサイクルにおけるエンジンマウントの多くは、図1に示されるように、ラバーマウントとリジッドマウントのどちらかに大別される。前者は、スクータのリンクマウントやオーソゴナルマウントの実績からも分かるように、防振効果に対する高い評価が得られている。しかし、近年の様々な技術進化によって得られた高度な操縦安定性やパワーを包括するには、後者を前提としたマウントに頼らざるを得ない状況になりつつある。リジッドでいかに低振動なマウントを構築できるか、このテーマが開発プライオリティの中でも、重要な技術課題として位置づけられるようになってきたのである。

本報では、モーターサイクルのリジッドマウントにおける、最近の低振動開発技術について紹介する。

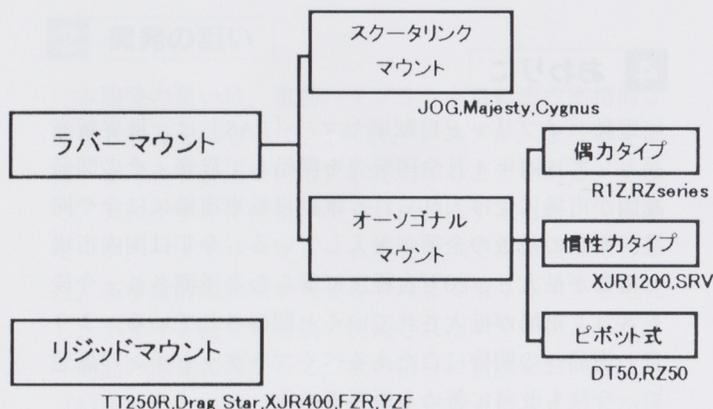


図1 モーターサイクルのエンジンマウント

2 リジッドマウントの低振動化技術

リジッドマウントモデルの低振動化技術としては、つぎの3つが挙げられる。

- (1) 計測伝達関数による最適加振力バランスの選定
- (2) FEM解析・実験解析による対策効果の予測
- (3) シミュレーション予測によるマウント仕様の最適化

(1)、(2)は、実用化技術として既に確立されているが、(3)については、シミュレーションの解析時間や精度に課題が多く、これまで検討レベルに止まっていた。しかし、昨今のコンピュータ処理能力の進歩は目覚ましいものがあり、大規模モデルのFEM振動解析においても、短時間にその計算結果を見ることができるようになっている。また、モード解析など実験による検証ツールも整備され、シミュレーション技術の精度は格段に向上している。このような背景は、マウント仕様の最適化を実現させるための大きな原動力となる。すなわち、図2に示したフローチャートのように、マウントの配置や構造といった低振動化の根幹にかかわる判断を、構想時点で設計に反映することが可能となるのである。

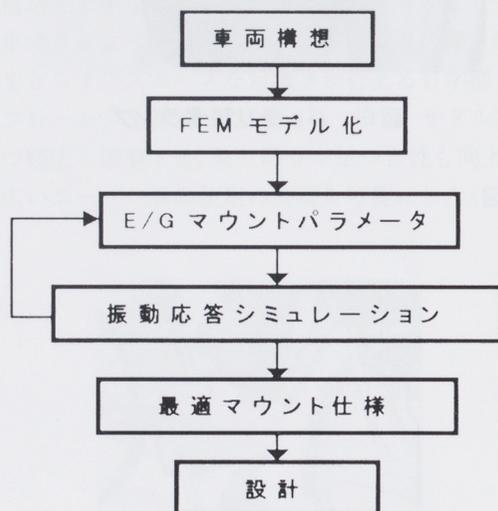
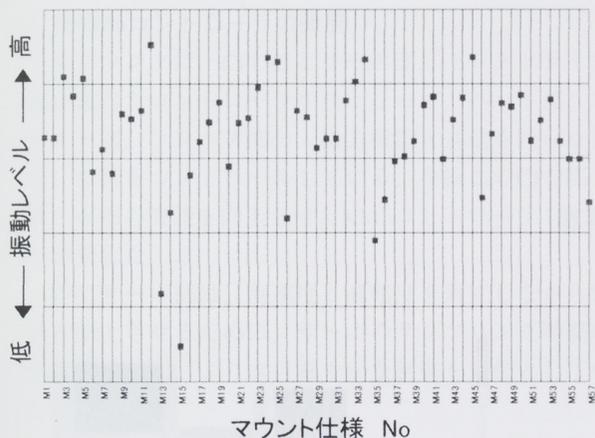


図2 マウント仕様の最適化

図3に、ある量産車をモデル化して、シミュレーションを行った結果を示す。この図は、マウント仕様の違いによって振動レベルがどのように変わるかを表している。操安性、強度、組立性など、車両としての機能を考慮した上で、もっとも低振動な仕様を実用最適マウントとして決定する。

図4は、実機計測によってシミュレーションを検証したデータであるが、標準マウント仕様（実線）と、シミュレーションで得られた最適マウント仕様（破線）におけるハンドルまわりの実測加速度の比較を表している。ほとんどの回転域で、振動が大幅に低減されているのがわかる。「シミュレーション予測によるマウント仕様の最適化」技術は、実用可能レベルに達したと判断できる結果といえる。



3 おわりに

軽量化、高出力、高回転、低コストなど周辺技術に関する様々な変革やニーズは、振動に対してますます厳しい状況になると予想される。エンジンマウントに対する従来の開発スタンスのままでは、これからのモデル開発において、振動の目標レベルを達成できない可能性もありうる。今後、本報で述べたシミュレーションによる最適化技術を発展させ、より快適なモーターサイクルの開発に取り組んでいきたい。

● 著者



田中十四夫

図3 シミュレーションによるマウント仕様と振動レベル

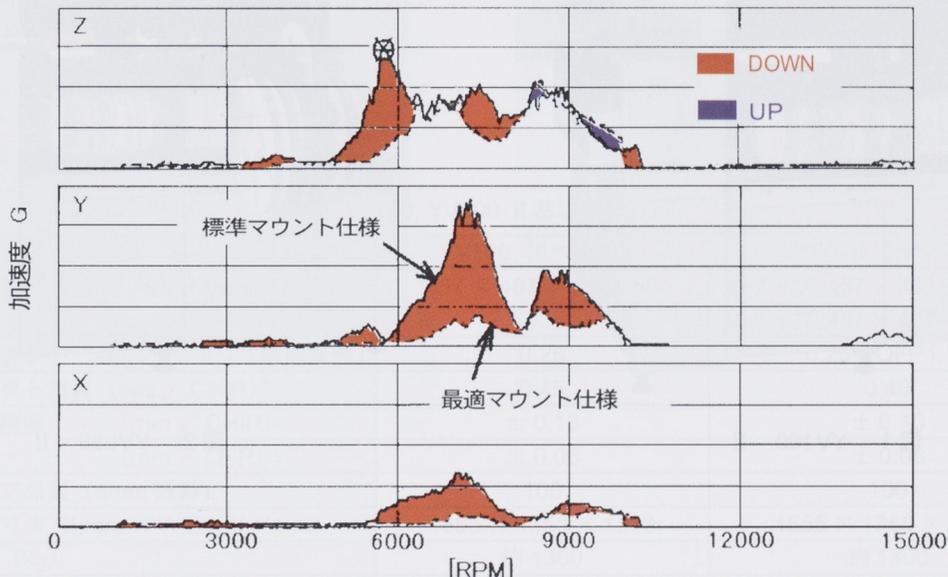


図4 ハンドルまわりの加速度計測結果

新型マウンタYVL88-Ⅱ, YV100-Ⅱの電気系

Electrical System of New Surface Mounter YVL88-Ⅱ and YV100-Ⅱ

豊田 誠 Makoto Toyoda

●IM事業部 技術室

1 はじめに

この数年、パソコンおよび携帯電話の普及により、電子部品表面実装システム市場も急速に発展している。中でもヤマハ発動機(株) (以下、当社という) はフルビジョン(視覚認識)マウンタのパイオニアであり、現在のマウンタ業界はこの方式が主流である。

当社は中心的な機種として、YVL88(レーザ&ビジョン、高精度、多機能マウンタ)とYV100(マルチヘッドビジョン、高精度、高速マウンタ)を1996年4月から販売していたが、この度これらをモデルチェンジし、ニューモデルYV100-Ⅱ(図1)を1997年4月、YVL88-Ⅱ(図2)を6月より販売を開始した。以下にこれらの電気系の概要を紹介する。

2 開発の狙い

YVL88, YV100は、当社が自信を持って薦めることのできる視覚認識システムと、オートバイ設計から得たフレーム構造解析技術を融合させたマウンタである。これらの特徴である高精度と高速度をいかに向上させるかが、今回の開発における重要課題であった。



図1 YV100-Ⅱ

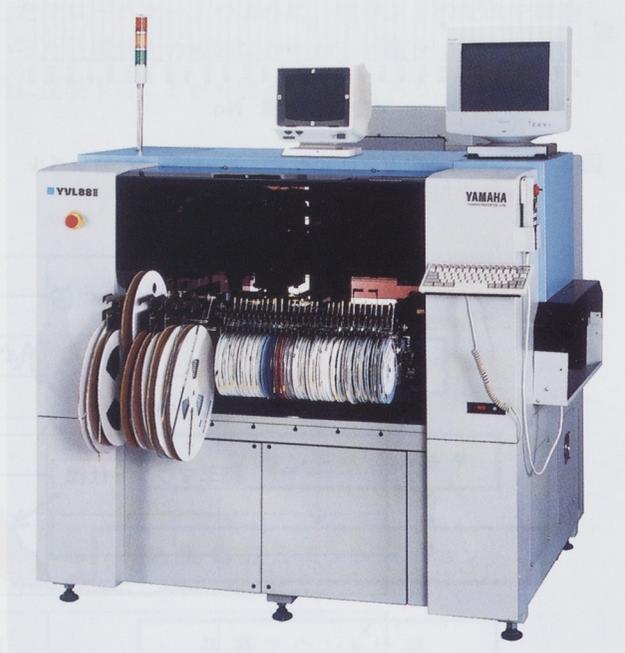


図2 YVL88-Ⅱ

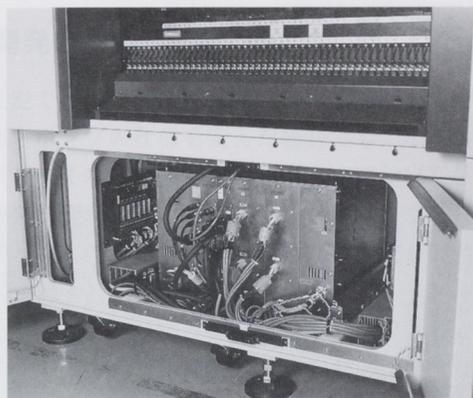


図3 KM5コントローラ

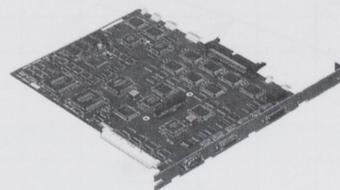


図4 KM5サーボボード

3 開発内容

(1) 新KM5コントローラの開発

本マウンタは、CPU部とサーボ部、モータドライブ部を兼ねたコントローラが核となって、ヘッド部、フィータ部、コンベア部の入出力機能と通信を行いながら、全体をコントロールしている。今回このCPU部とサーボ部の機能を向上させたKM5コントローラ（図3）を開発した。

特にサーボ部は、高速度と高精度を両立しながら性能を向上させるために、サーボのサンプリング時間の短縮を実現し、より木目細やかな制御を可能としている。（図4）

(2) 新電源システムの開発

大容量モータ採用に伴い、安定した電力をモータドライブ部に供給するため、3相電源システムを採用した。

(3) TWINマルチビューカメラの採用

YV100-IIにおいては、マルチビュー（移動中認識用）カメラを2個搭載し、認識位置までの移動ロスを低減した。表1にYV100との基本仕様比較を示す。

4 おわりに

以上、YVL88-IIとYV100-IIの電気系の概要について紹介した。従来機に対し、スペック的に魅力のある製品となったと考えている。今後も高速性、高精度、そして高汎用性、高信頼性を主眼として、ニーズにあったマウンタを開発していく所存である。

● 著者



豊田 誠

表1 YV100, YV100-II 基本仕様比較

機種名	YV100 (8ヘッド)	YV100-II (8ヘッド)
最大最小基板寸法 (Lmm × Wmm)	457 × 407 ~ 50 × 50	Mタイプ : 457 × 305 ~ 50 × 50 Lタイプ : 457 × 407 ~ 50 × 50
部品搭載タクト (sec / CHIP) [最適条件]	0.25	0.25 (QFP1.7)
実生産タクト概算 (sec / CHIP)*	0.45	0.40
部品搭載精度	(mm / CHIP)	± 0.10
	(mm / QFP)	± 0.08
最大テープ品質 (8mm 概算)	100	100
本体外形寸法 (Lmm × Wmm × Hmm)	1655 × 1358 × 1810	1655 × 1358 × 1810
本体重量 (kg)	約 1300	約 1300

*個々のユーザー基板に対する保証値ではありません。

ウォータービークルにおけるジェットポンプ性能の計測

Measurement of Jet Pump Performance in Water Vehicles

池田 憲治 Kenji Ikeda 塚原 康寿 Koju Tsukahara 永房 誠 Makoto Nagafusa

●WV事業部 技術室



図1 ウォータービークル

1 はじめに

図1に示すヤマハのウォータービークル（以下、WVという。国内においてはマリンジェット）が世に出て10年を越えたが、図2に示す推進機構として用いているジェットポンプ（以下、ポンプという）は、艇の軽快な運動性を得られることのほかにも、安全な推進機構として、効率向上などの今後の高性能化が期待されている。

ポンプの性能開発は、一部の水槽テストを除いて浜名湖での実航走テストにて行っているため、図3に示すように気象条件や海面状態の変化などによるデータのばらつきは避けられない。また春から秋のレジャーシーズンにおいては、実航走テストに利用できる海面域が制限されるなどの要因があり、精度や作業効率上多くの制約が存在する。

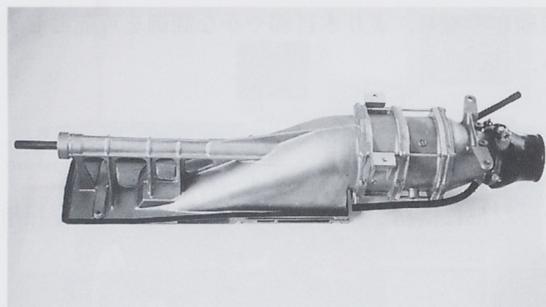


図2 ジェットポンプ

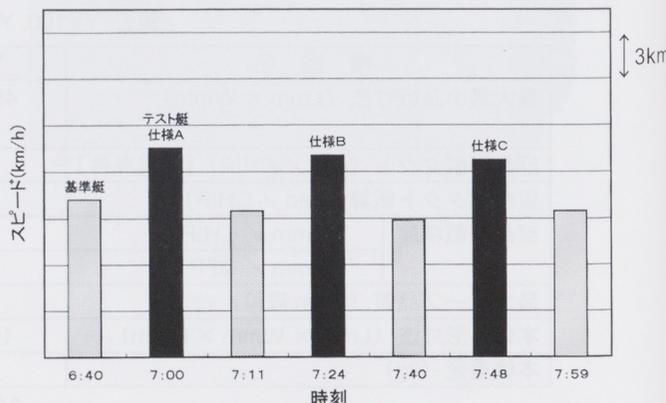


図3 同一仕様（基準艇）のスピード変化

2 開発の狙い

実航走での性能評価は、ポンプと艇体が複合評価されるため、ポンプの仕様を変えた場合でも、その性能変化が、ポンプまたは船体特性のいずれの変化に影響されたものかを整理することがむずかしい。ポンプ仕様を変えた時にトリム（姿勢）も変わり、船体抵抗も同時に変わりうる（図4）。商品開発においては、トータルで良いものを追いかけて性能を作り込むことはできるが、ポンプ性能のポテンシャルを上げて行くためには、ポンプ単独での性能解析が容易にできる必要性を痛感してきた。

一方で、台上でのポンプの性能解析のためには、水面から水を吸い上げる状態を再現させる必要があるが、またコンパクトにまとめられたレイアウトおよび形状から、ある部分の形状による特性がほかの部分に影響を及ぼすため、局部ごとに分割して解析する「可分の原理」が使えず、ポンプ全体で評価試験をする必要性が分かっている。このため、従来の密閉式回流水槽（キャビテーショントンネル）や開放式回流水槽（最高20km/h程度）では、効果的な性能解析ができなかった。

以上の点を考慮し、実物パーツで評価が可能な高速回流水槽の開発に着手し昨年完成したので、これを利用した計測例と共に紹介する。

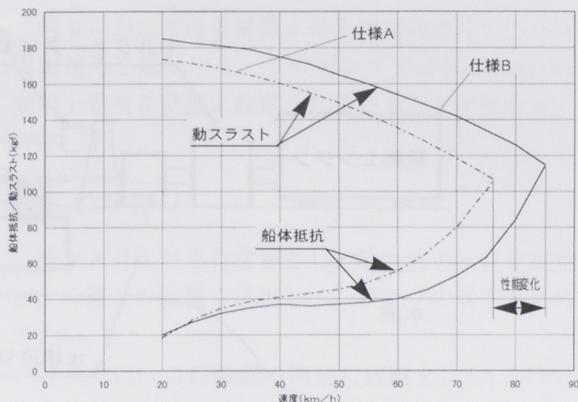


図4 スピード性能変化

3 設備の特徴

前項の狙いに基づいて実現した設備の特徴を述べる。この回流水槽は、実流速60km/hの開放水面を持つ、ほかに例を見ない設備であり、航走状態のポンプ実体とほぼ同じ評価が可能になった。

この高速回流水槽を図5に示すが、縦20m横10mの屋外装置で、総量100tの水を600psのディーゼルエンジンで加圧している。図6に示す計測部はパソコンによるデータ取り込みで、各種圧力、動スラスト、動圧回収率、ポンプ効率、推進効率などの出力が可能であり、さらに可視化のために計測部の横と底部にガラス窓を設けている。

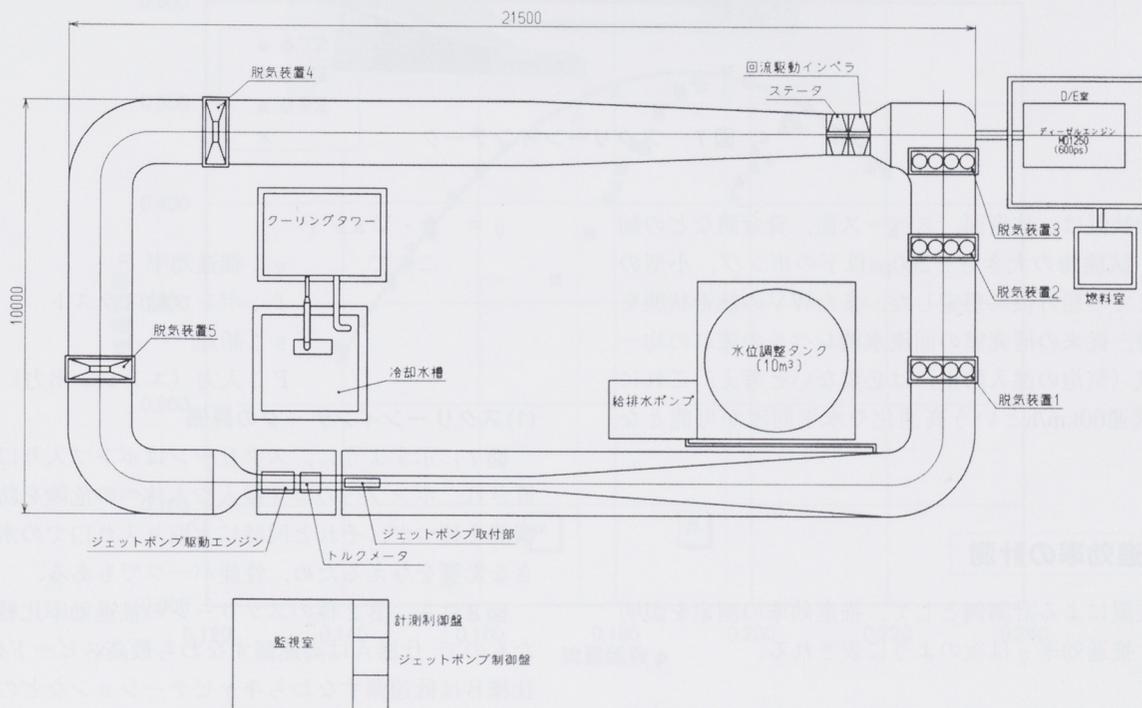


図5 ポンプ性能試験装置概要

ウォータービークルにおけるジェットポンプ性能の計測

Measurement of Jet Pump Performance in Water Vehicles

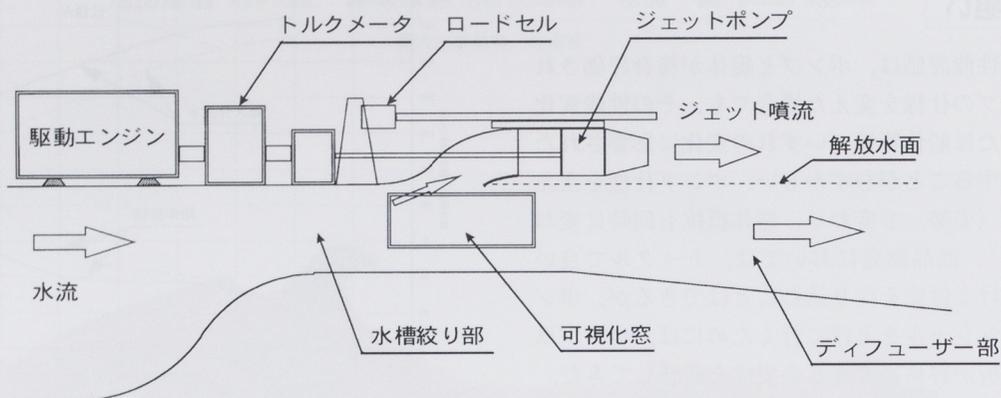


図6 計測部

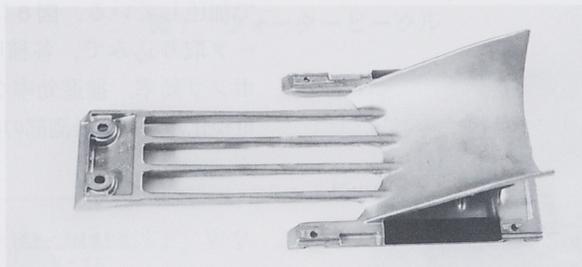
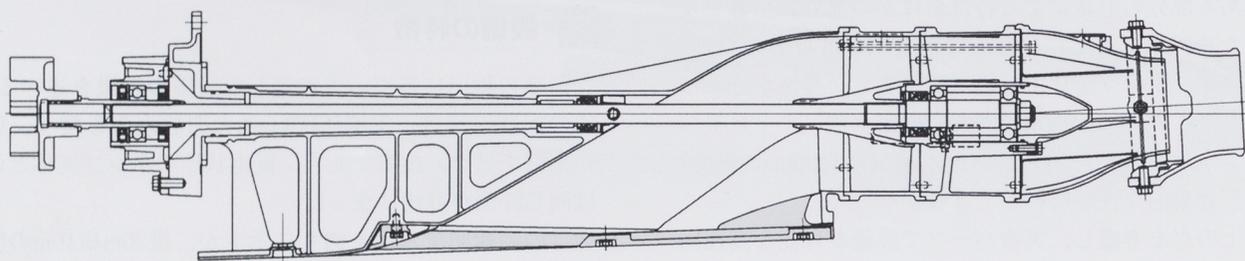


図7 スクリーンインテーク

当試験装置は、技術面、スペース面、資金面などの制約から、試験物の大きさを200ps以下のポンプ、小型のクラスまでの船外機に想定した。またWVの航走状態を考えた時、従来の研究室の回流水槽レベルの流れの均一性や脱気（気泡の混入防止）は必要ないと考え、これにより実流速60km/hという高速化や水平回流が可能となった。

4 推進効率の計測

上記装置による計測例として、推進効率の測定を説明するが、推進効率 η は次のように表される。

$$\eta = f \cdot V_s / P$$

ここで η : 推進効率
 f : ポンプ動スラスト
 V_s : 船速
 P : 入力 (エンジン出力)

(1) スクリーンインテークの評価

図7に示すように、スクリーンはポンプ入り口部に設置され、ポンプへのゴミ侵入や人体への危険を防止する機能を持つが、それと同時に水取り入れ口での水流に大きな影響を与えるため、性能パーツでもある。

図8はA、B2種のスクリーンの推進効率比較を行ったもので、仕様Aは高速側すなわち最高スピードに優れ、仕様Bは低速側すなわちキャビテーションなどの発生が少なく加速に優れていることを示している。

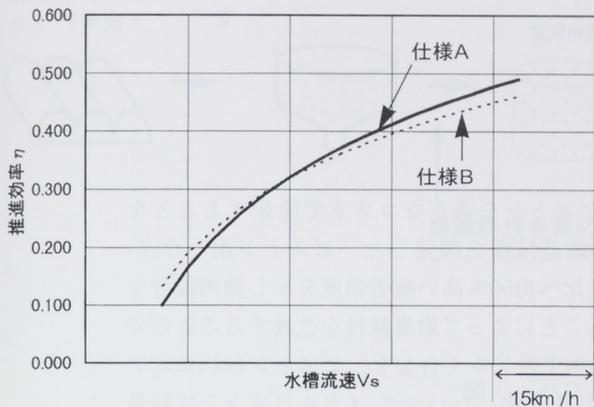


図8 スクリーンの推進効率比較

(2)流量係数での判断

図9は水槽流速の代わりに流量係数による整理をして、ポンプAssyの仕様設定が実航走スピード域で妥当なマッチングがなされているかどうかを判断したものである。流量係数は次式で表される。

$$\phi = Q / (A \cdot U)$$

ここで

- φ：流量係数
- Q：流量
- A：インペラ部の断面積
- U：インペラの周速度

図9において流量係数 α は水槽実流速時を、 β は航走実流速時を意味する。このポンプでは航走最高速時に、効率上妥当な位置に設定されていることが分かる。

5 むすび

昨年8月より先行業務として第一ステージを開始したが、今後この装置を活用して、ポンプの効率を高めて行きたい。

終わりに、この装置の開発に理解を示し、スペース、資金面で全面的な支援をして頂いた三信工業(株)と、未知の技術課題解決に尽力を頂いた(株)西日本流体技研に紙面をお借りして深謝いたします。

● 著者



池田 憲治

塚原 康寿

永房 誠

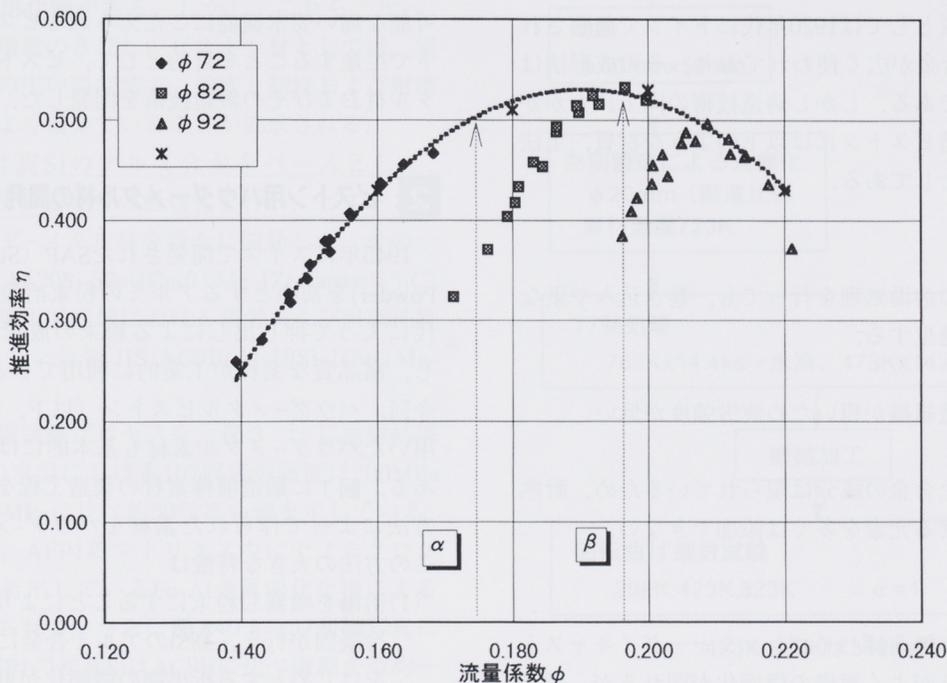


図9 航走時の推進効率

制御鍛造技術を使ったパウダーメタルピストン(PM-P)の実用化

Development of the Controlled Forged Powder-Metal Piston (PM-P)

小池俊勝 Toshikatsu Koike 山縣 裕 Hiroshi Yamagata

●技術本部 基盤技術研究室

要旨

鑄造では実現不可能な高い要求機能にこたえられるピストンを適正なコストで生産することを目的として、ピストン用パウダーメタル材および制御鍛造技術を開発した。ピストン用パウダーメタル材は室温から523Kの温度域で鑄造ピストン材に比べ約50%高い疲労強度を示し薄肉設計を可能にする。また硬質SiC粒子を必要に応じ適量混ぜることによって耐摩耗性を改善することができる。一方、制御鍛造技術はパウダーメタル材などの難加工性アルミ合金を、ピストン形状にニアネットでかつ効率よく成形する技術である。制御鍛造技術を使ったパウダーメタルピストンは軽量化と耐久性向上に顕著な効果があり、1990年より当社の世界GPレース用マシンYZR500に採用されている。本年より世界に先駆けて市販車への採用を始めた。

1 はじめに

エンジンに対する高出力化、燃費改善、排気ガスおよび騒音低減、あるいは長寿命化の要求が強まる20世紀末の今日、エンジンの心臓部品であるピストンにもより一層、機能の向上が求められている。高温高圧の燃焼ガスにさらされ、シリンダの中を高速で往復運動するピストンは高い強度と耐摩耗性を備え、かつ軽量であることが要求される。

ピストンの材質としては1920年代にドイツで発明された高Siのアルミ合金が広く使われており、その成形法は金型鑄造が主流である。しかし鑄造技術の向上にもかかわらず、金型鑄造ピストンには以下のような材質、工法の制約が依然としてある。

- (1) 脱ガスなどの溶湯処理を行っても、巻き込みや巣などの欠陥が発生する。
- (2) 肉厚部の鑄造組織が粗いため疲労強度が低い。
- (3) 鑄造に向けた合金の成分は限られているため、耐熱性を向上させる元素を多くは添加できない。

ほかの鑄造法、例えばハイプレッシャーダイキャストは薄肉部の湯周りがよく組織の微細化が図れるが、製品中に含まれるガス量が多く、高温でブリストア欠陥が発生するため使えない。また、スクイーズキャストイング

などの加圧鑄造法により、セラミックススイスカーを部分的に複合化して強度の不足を補う方法も開発されているが⁽¹⁾、セラミックスとアルミ界面の接合強度の信頼性確保と品質管理に手間がかかり、結果的に大幅なコストアップになるため、一部のディーゼルエンジン用ピストンへの使用にとどまっている。いずれにせよ、ピストンの高機能化を今以上に行うには、既存の鑄造ベースの技術では限界がある。今回、我々は鑄造ピストンでは不可能な高い要求機能にこたえられるピストンを適正コストで生産することを目的として、ピストン用パウダーメタル材およびその鍛造技術を開発した。

2 ピストン用パウダーメタル材の開発

1945年にスイスで開発されたSAP (Sintered Aluminum Powder)を初めとするアルミの粉末冶金技術は、1980年代に入って押し出しによる粉末の成形固化技術が進歩し、高品質な素材が工業的に利用できるようになった。今回、パウダーメタルピストン(以下、PM-Pという)で用いたパウダーメタル素材も基本的にはこの流れの中にある。図1に鍛造前棒素材の製造工程を示す。以下この方法によって作られた素材をパウダーメタル材と呼ぶ。この方法の大きな特徴は

- (1) 溶湯を噴霧し粉末にすることにより103K/s以上の急冷凝固が行え、高Siのアルミ合金においては初晶Siをはじめとする析出物の微細化が可能になる。

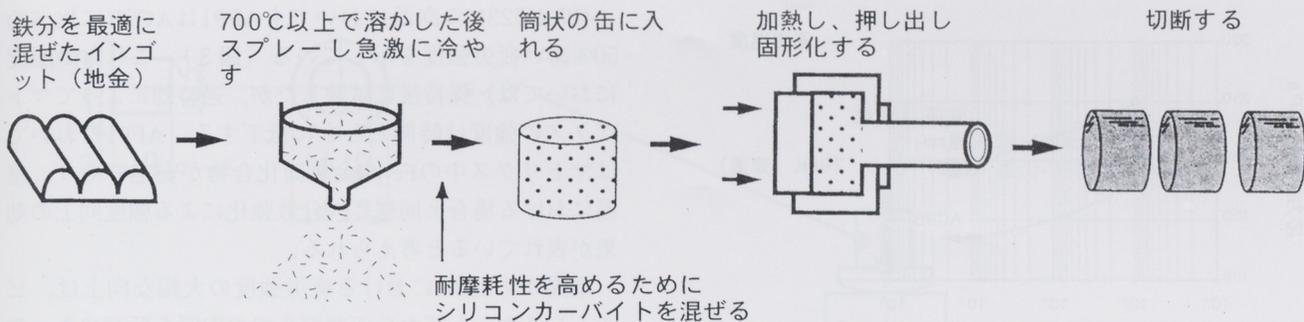


図1 パウダー-メタル材の製造工程

(2) 溶湯中にFeなどの成分を多く添加し高融点の化合物を積極的に分散させることによって、耐熱性を飛躍的に高めることができる。

(3) アルミ合金粉末の成形固化時にSiCなどの硬質粒子を必要に応じて混ぜ、耐摩耗性の向上も自在に行うことができる。

などである。

アルミ基パウダーメタル材は、現在までにコンプレッサ⁽²⁾やシリンダライナ⁽³⁾など、耐摩耗性を主に要求される部品に実用化例がある。しかし、これらと比べ、けた違いに使用環境のきびしいピストン材としては、室温から高温までの広い温度域で、強度と靱性および耐摩耗性をバランスよく備えていることが要求される。

今回、我々は高Siのアルミ合金をベースとして、Fe、SiCをはじめとする成分の最適化を行い、ピストンのための実用パウダーメタル材を新たに開発した。その一つであるAFP1 (Al-20Si-5Fe-1Cu-0.5Mg-1Zr+2mass%SiC)の、ピストンの実用温度域における疲労および耐摩耗特性を、鋳造ピストン合金 JIS AC9B(Al-19Si-1Cu-1Mg-1Ni)と比較する。

図2に疲労強度試験プロセスを、図3⁽⁴⁾に試験結果を示す。AFP1の室温における107回疲労強度は200MPaで、AC9Bの135MPaに比べ約50%高い値を示している。この理由として、AFP1のマトリクス中にナノミクロンオーダーで微細に析出しているFe-Al金属間化合物による分散強化が考えられる。さらに図4のマイクロ組織写真に示すように、AFP1の初晶SiはAC9Bに比べ微細かつ均一に析出しているため、ミクロ的な応力集中が緩和され疲労クラックの発生がおこりにくくなっていることも強度

向上に寄与していると考えられる。両合金中のCu、Mgの量はほぼ等しいため、時効硬化による強度向上への寄与は同程度と考えられる。

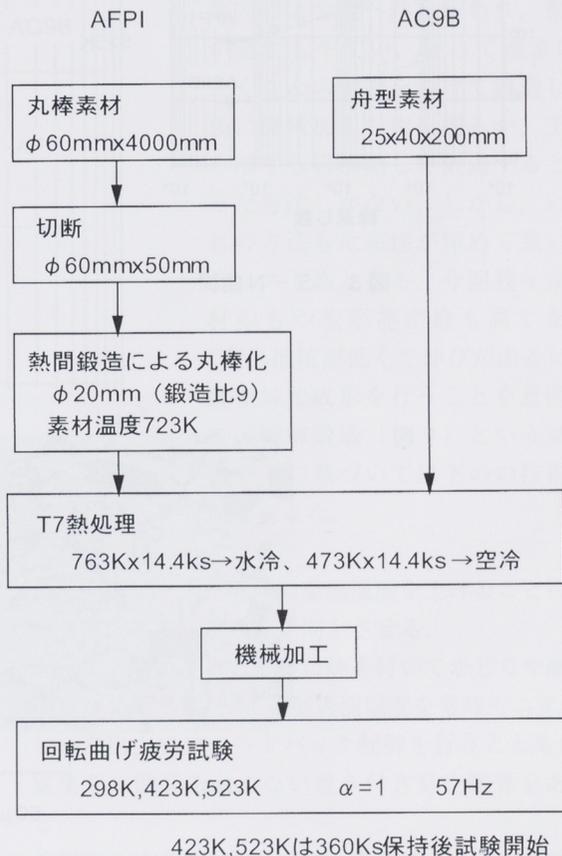


図2 疲労強度の試験プロセス

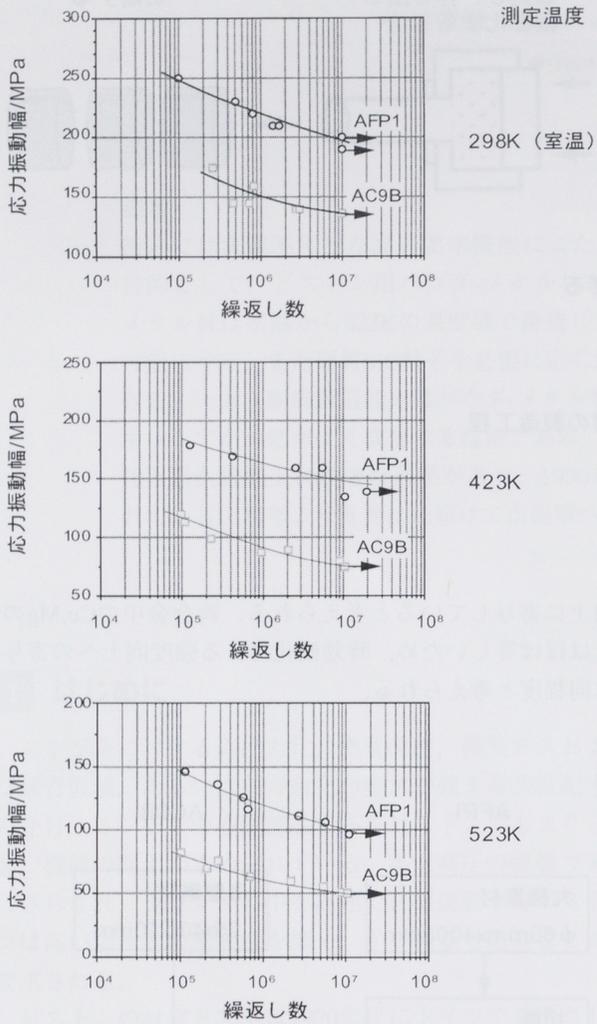


図3 S-N曲線

423K,523Kの高温においてもAFP1はAC9Bに比べ約50%高い疲労強度を示している(図3)。これらの温度においては、保持後に試験したが、過時効によってマトリクスの強度は時間とともに低下する。AFP1においてはマトリクス中のFe-Al金属間化合物が安定であり、室温における場合と同様に、分散強化による強度向上の効果が表れていると考えられる。

室温から523Kにおける疲労強度の大幅な向上は、ピストンスカート部から天井部までの肉厚を低減でき、薄肉軽量化に直接つながる。

つぎに耐摩耗性の比較について述べる。試験はフレッチング摩耗試験機によって行った。図5に示すように、一定角度で揺動するロータ(ピストン材)にライダ(SCM415浸炭焼入れ材)を一定回数押し付け、試験後のロータの摩耗あとの面積の大きさを画像解析装置付の光学顕微鏡によって測定し、摩耗量とした。潤滑条件はドライで行った。

523Kにおける測定結果を図6(4)に示す。AFP1はAC9Bよりも摩耗量が少なく、耐摩耗性にすぐれていることがわかる。この理由としてはAl-Fe化合物の分散強化によるマトリクスの強化に加え、硬質のSiC粒子(硬さHv2900)がマトリクス中に均一に分散していることが考えられる。

高温における耐摩耗性の向上は、ピン孔やリング溝部の耐久性向上につながる。また、シリンダ摺動部の耐焼付き性を改善し、ピストン、シリンダ間のクリアランスをつめられるようになるため、燃費やピストン打音の低減を図ることができる。

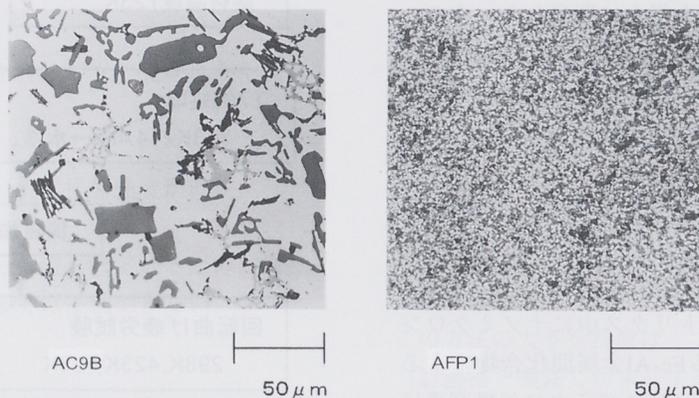


図4 ミクロ組織写真

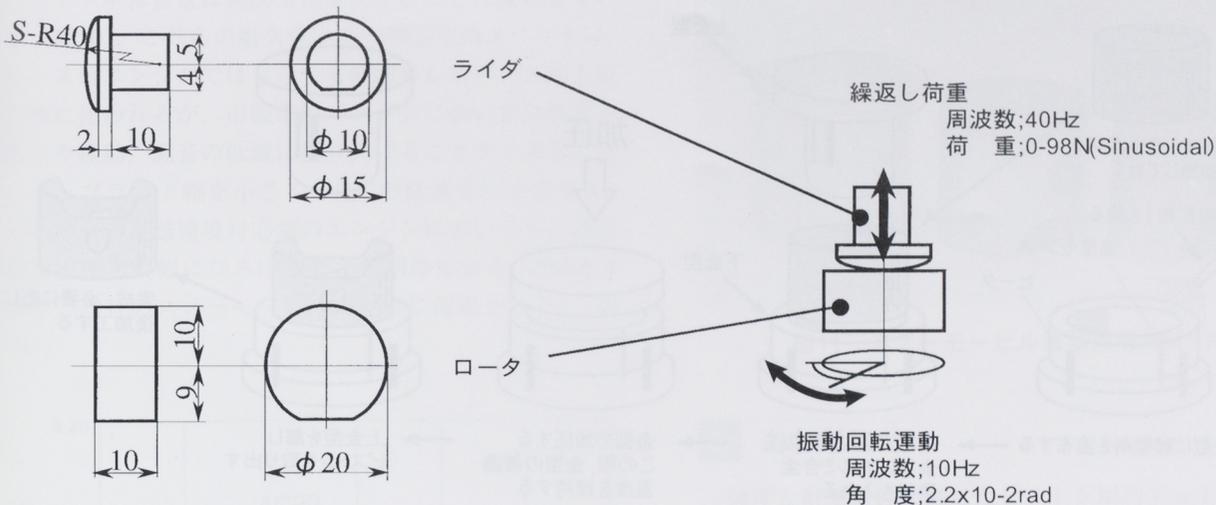


図5 フレッチング摩耗試験

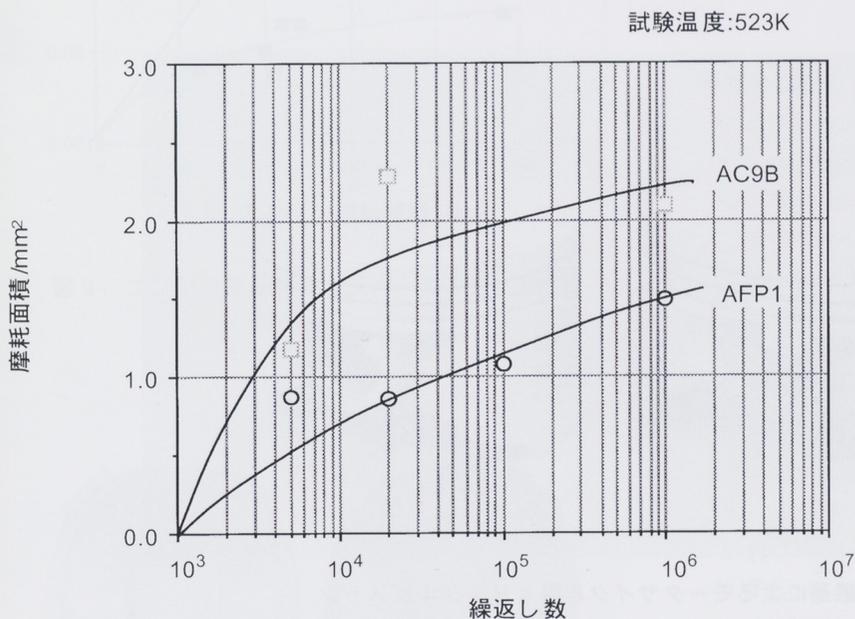


図6 フレッチング摩耗試験結果

が、金型の加熱は予熱程度にとどまり、金型温度は鍛造のサイクルタイムで成りゆきで決まるといふ側面があった。そのため成形時に薄肉部は金型へ熱を奪われ、割れが発生しやすい。従って通常は、たくさんの余肉をつけて鍛造した後に機械加工で肉を削るか、工程を増やし再加熱して鍛造するといった方法しかない。しかし、いずれの方法も生産性が極めて悪いためコスト高となる。今回我々は素材のもつ変形能が最も高くなる(変形抵抗が低くて伸びが出る)温度領域で成形を行うことを意図して、制御鍛造(図7)というコンセプトに基づいて以下の技術開発を行った。

3 制御鍛造技術の開発

高Si系アルミ合金は伸びが少なく鍛造性が非常に悪い。PM-Pで用いたパウダーメタル材は部品の要求機能上高温強度が高く、そのため成形荷重が上がり鍛造性がさらに悪い。また一般の熱間鍛造では素材の加熱は行う

- (1)金型内にヒータを配置し金型温度を上げることによって薄肉部の成形限界を向上させる。
- (2)温度を上げすぎると金型に焼き付いてかじりや離型不良が発生するため、金型表面温度を常時モニタし、ヒータ出力のフィードバック制御を行うとともに、離型剤の開発をおこない焼き付き発生限界をあげる。
- (3)離型剤の精密な吹き付け技術を開発し、型の場所によって吹き付け量の変化をつけることにより、局部的な焼き付きにも対応できるようにする。

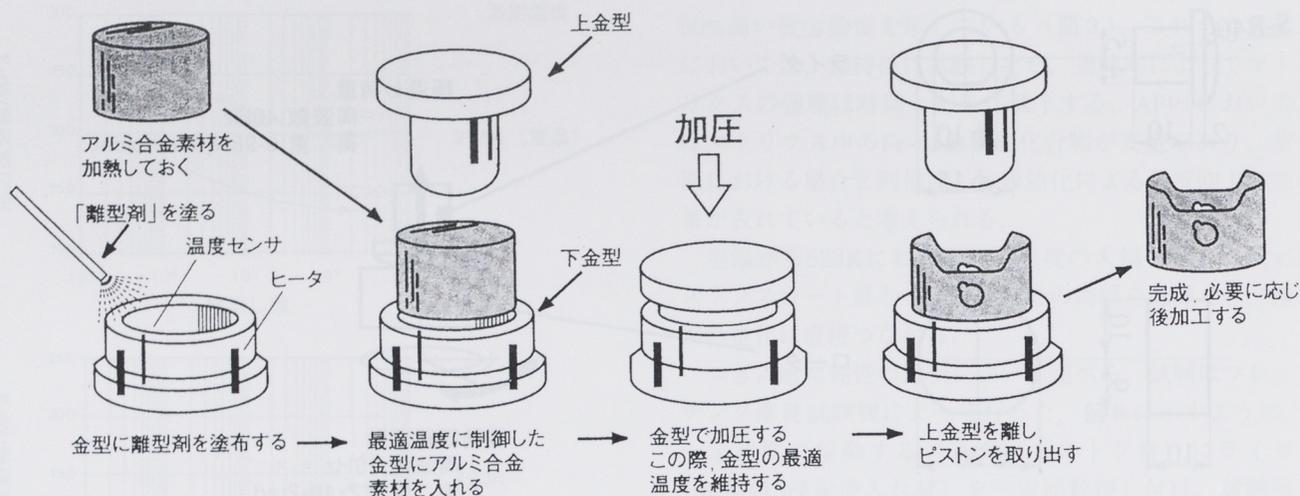


図7 制御鍛造プロセス

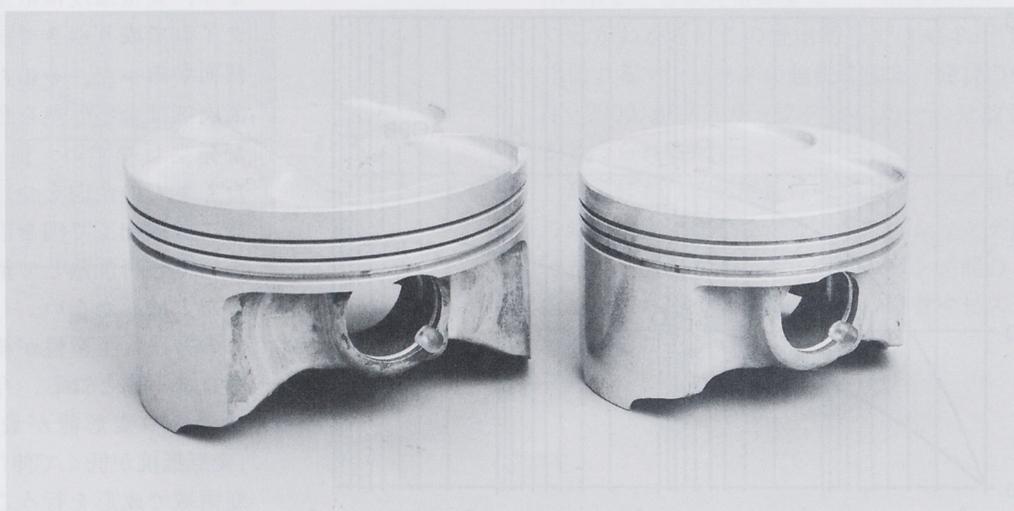


図8 制御鍛造によるモータサイクル用4サイクルピストン

本技術により、従来の熱間鍛造では一般に3工程が必要であった薄肉のリブ形状をもつピストンを、1工程で成形することが可能になった。また、金型にかかる応力が下がり閉そく鍛造化が可能になったため、成形品の精度が向上した（一般の熱間鍛造では $\pm 0.2\text{mm}$ 以上が本技術では $\pm 0.1\text{mm}$ ）。これによって、機械加工が常識であった4サイクルエンジン用ピストンのバルブ逃げ形状の鍛造成形が可能になり（図8）⁽⁵⁾、大幅なコスト低減につながった。制御鍛造とは、従来の熱間鍛造や恒温鍛造というカテゴリーに含まれるものではあるが、離型剤を含めた鍛造条件の制御を、より精密に積極的に行うと

いう意味でつけたものである⁽⁶⁾。

4 PM-Pの特徴

PM-Pは1990年よりYZR500をはじめとする世界GPレース用マシンに採用され、材質および形状の最適化を進めてきた。図9⁽⁷⁾にエンジン限界性能で連続運転を行った場合の、天井へこみ量と運転時間の関係を示す。同じ天井肉厚の casting ピストンと比較して天井へこみが起こりにくいPM-Pは、レースエンジンにおいて優れた耐久性を示す。またエンジン出力が約10%向上するなかで、

ピストン単体重量は約20%軽量化することに成功している(図10)。これらの耐久性向上や軽量化のメリットは、レース用エンジンではさらなる性能やレスポンス向上のために使われるが、市販車用エンジンにおいては燃費の向上や振動、騒音の低減に振り向けることができる。またトップランド幅を小さくしH/Cの低減を行えるなど、これからの地球環境対応型のエンジンにおいても、設計の自由度を大幅にひろげることが期待できる。PM-Pは今年、当社のスノーモービル市販車に採用される。(図11)。

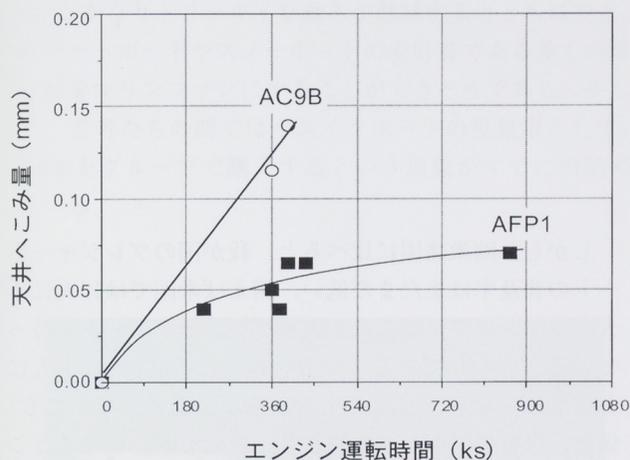
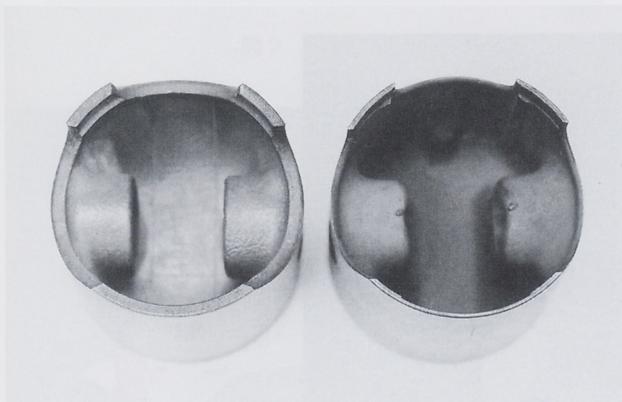


図9 エンジン運転時間と天井へこみ量の関係



鍛造ピストン PM-P
図10 鍛造ピストンとPM-Pの肉厚比較



図11 スノーモービル市販車用PM-P

5 おわりに

強度と耐摩耗性に優れたピストン用のアルミ合金パウダー-メタル素材と、薄肉かつ高精度な成形を可能にする制御鍛造技術を開発し、鑄造ピストンの限界を打ち破る高性能なパウダー-メタルピストンを実用化した。

参考文献

- (1) T.Donomoto, K.Funamati, N.Miura and N.Miyake : SAE Paper, No.830252.
- (2) T.Hayashi, Y.Takeda, K.Akechi and T.Fujiwara : SAE Paper, No.900407.
- (3) E.Koya, Y.Hagiwara and S.Miura : SAE Paper, No.940847.
- (4) T.Koike, H.Kurita and H.Yamagata : Proc. 4th Japan International SAMPE Symposium, 1995, pp.501-506.
- (5) 小池俊勝, 山縣 裕 : 軽金属91回秋期講演概要, 1996, pp.145-146.
- (6) 小池俊勝, 山縣 裕 : 第47回塑加講論, 1996, pp.113-114.
- (7) T.Koike and H.Yamagata : Proc. of PM' 94, Les Edition de Physique Les Ulis, Paris, 1994, pp.1627-1630.

●著者



小池 俊勝



山縣 裕

マリンレジャーを支えるハードについて

The Hardware, Support the Marine Leisure

菅澤 実 Minoru Sugasawa

●舟艇事業部 技術室

要旨

本稿は論文という堅い内容ではなく、マリンレジャー用舟艇について技術者の興味をそそるような内容を中心に、需要の動向や商品の変遷、そして開発の歴史などにスポットをあてながら、なるべく広く、分かりやすくという点に心がけて執筆したものである。したがって読者の皆様にもマリンレジャー関連商品開発のだいご味や楽しさ、そして難しさなどが伝えられ、一人でも多くの人々がマリンレジャー関連商品開発に興味を持っていただけることを願って、本稿を紹介する。

1 はじめに

マリンレジャー用舟艇は、プレジャーボートと総称され、ヨット、パワーボート、パーソナルウォータークラフト（以下、PWCという）などがある。プレジャーボートの中で、我が国で一番多く利用されているのがパワーボートで、次がPWCそしてヨットがそれに続いている。プレジャーボートの総需要は、緩やかであるが年率約5%程度で増加している。特にPWCはここ10年の間に著しく増加している。

しかし、欧米諸国に比べると、我が国のプレジャーボートの普及率はまだまだ低い。例えば米国では16人に1人、フランスでは83人に1人がプレジャーボートを持っているといわれている。一方日本では約400人に1人とどまっている。日本の生活水準などを考えてみても、係留、保管場所などが整備され、だれもがいつでもどこでも気軽にプレジャーボートで海に乗り出せるような環境が整備されれば、欧米並に普及していくことと考えられる。



図1 ウェイクボード

2 マリンスポーツとボート

プレジャーボートには入らないが、ウィンドサーフィン、サーフボードなどは根強い人気がある。さらにビーチ商品としてここ数年の間にポデーボードというサーフィンを手軽にした波乗り用のものが、若者の人気になっている。また、ボート遊びの第一位は水上スキーであったのだが、ここ数年前から釣りにとって変わられ、これをまた元にもどしそうな勢いのある商品が出現した。それは、ウエイクボード(図1)といい、その運動性能は水上スキーよりも高く、引き波を利用してジャンプをしたり、かなりトリッキンな動きが熟練するとともにでき、スケートボードやスノーボードの愛好者である多くの若年層をマリンファンにすることができそうである。そして、若者たちの間ではウエイクボードの曳航用として、PWCをグループで購入するという現象がすでに出始めている。



図2 SRV-20



図3 CR-27

このような兆候から、昨年より釣りだけでなく、多くのマリンスポーツを目的とした150万円という低価格ボートSRV-20(図2)を市場に提案した。この艇の狙いは、インショア向きでデイクルージングを主体として、水上スキー、ウエイクボードなどの曳航はもちろん、釣りにも使え、そしてセルフベアリングコックピット機能を備え、係留場所もいろいろな条件に答えられる、多目的のエントリーユーザーを対象とした艇である。この艇は、現在までに約2,500隻を販売した。そしてさらに上級機種種のCR-27(図3)を市場に提案した。この艇は、家族4人でクルージングを楽しみ、静かな入り江やきれいなマリナーに係留をして、艇に泊まる楽しさをテーマにした。この艇についても順調に販売が続いている。それぞれ70%が新規需要層である。これらのことは、プレジャーボートを主体としたマリンレジャーがここ数年釣り一辺倒であったのが、確実に一般化しつつあるということ、今後の需要拡大が予想され大変楽しみである。

3 パワーボート

プレジャーボートの中で、パワーボートの保有隻数は約26万隻で、PWCは約8万隻、ヨットは約4万4千隻となっている。パワーボートは、自動車の普及と共に開発された小型高出力ガソリンエンジンを小型舟艇に搭載したことから始まった。海の上を高速で快遊するスリル感とかそう快感がユーザーから求められ、「乗ることの楽しさ」を追求してきた。欧米では、現在でもそのようなクルージングボート派がユーザーの主流だが、日本では、一般化するに従い「乗って遊ぶ」ということから「遊ぶために乗る」に変化し、道具としての機能を要求されるようになり、ボートの種類が多様になってきた。それを船型の変化で捉えると、最初はラウンドビルジの排水量タイプの船型にチェーンを付けて高速に対応していたが、エンジンの高馬力化に伴い、さらなる高速力に適應するために、シーズレッド、カタマランおよびトリマランなど種々の船型が生み出された。そして、1960年のマイアミナッソーレースでレイモンド・ハント設計のブルー・モッピーという船名のトラソムデッドライズが25度のモノヘッドロンディープV船型(図4)がデビューし、優勝を飾ってしまった。

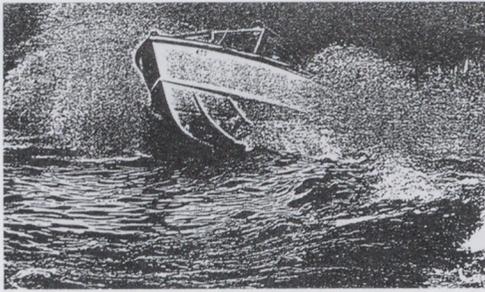


図4 モノヘッドロンドィープV船型
出典：パワーボートデザイン

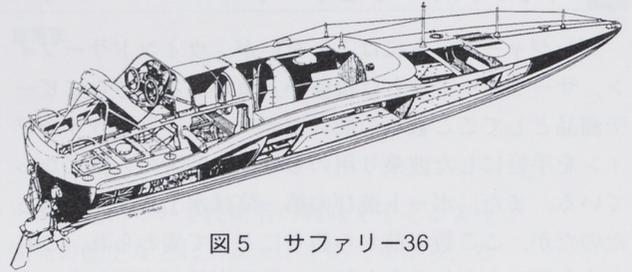


図5 サファリー-36
出典：Dhows to deltas

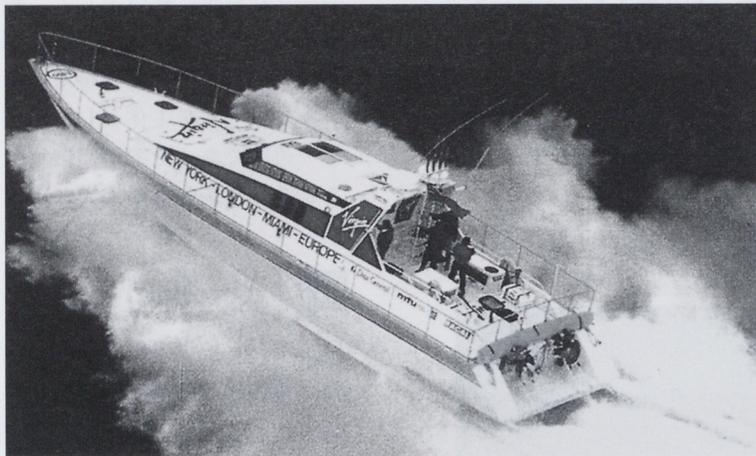


図6 パーthenアトランティックチャレンジャー II
出典：Muscle Boots

従来からディープVの概念はあり、耐波性の優位性は容易に想像がついていたのであるが、抵抗性能上とてもフラットな船型に勝てないということで、多くのナールアーキテクトやレーサーはその採用を見送っていた。それをレイモンド ハントは果敢に採用して、当時の常識を覆してオフショアでの優位性を実証した。そして、世界中のパワーボート船型はディープVに統一されていった。その後もパワーボートはレースと共に進化してきた。ハントの次に私にとって衝撃的な船型は、ステムラインを充分寝かして思いっきりチェーンをバウの部分で高くし、全く自由な美しいラインで構成されたデルタ船型であった。この船型は、サファリー-36 (図5) として1964年のカウズトーカーレースに出場して優勝した。

そのデザイナーは、レナト ソニイ レビで、1985年にパーthenアトランティックチャレンジャー II (図6) でブルーリボンを狙い見事にその栄冠を手にした。その艇は全長22mで4000馬力、最高速力50ノットであった。記録は3日10時間40分、平均速力35.59ノットだった。レビは推進性能を上げることに情熱的に取り組み、サー

フェイスプロペラを用いたステップドライブを研究し、レビドライブ (図7) としてユニット化をして販売している。

このころのレースボートは、トン当たりで260馬力、速力は約45ノット、その後パワーウエイトレシオはどんどんあがり、船型もモノハルから空力を使い船体を浮上させる、ステップ付きのトンネルカタマラン (図8) が台頭してきた。そして、速力は65ノットを超えるようになってきた。そうなる、従来のプロペラでは優にキャビテーション領域に入り、アーネソンドライブ (図9) など次々と開発が行われてきた。このことは、船型、推進システムだけではなく、構造および材料についても同様である。GRP、各種軽量心材を挟み込んだサンドイッチ構造、アルミ、ジュラルミン、そしてCFRPなどの高強度複合材が惜しげもなく使われ、「軽く、軽くそして強く」の思想のもと沢山の技術開発が行われたが、それらの多くは発表されないままそれぞれのノウハウとしてしまい込まれている。

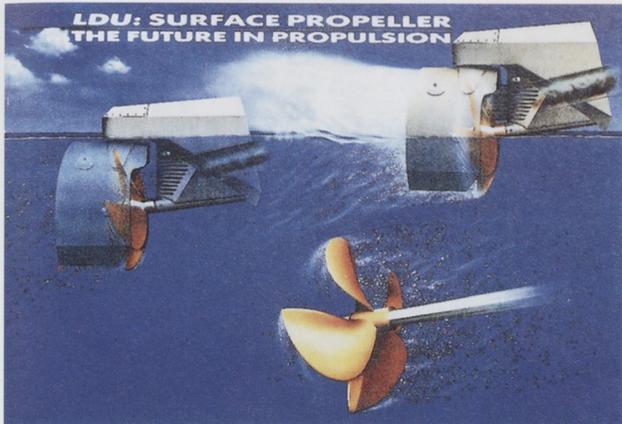


図7 レビドライブ
出典：MB Marine社カタログ



図8 ステップ付きのトンネルカタマラン
出典：Muscle Boots

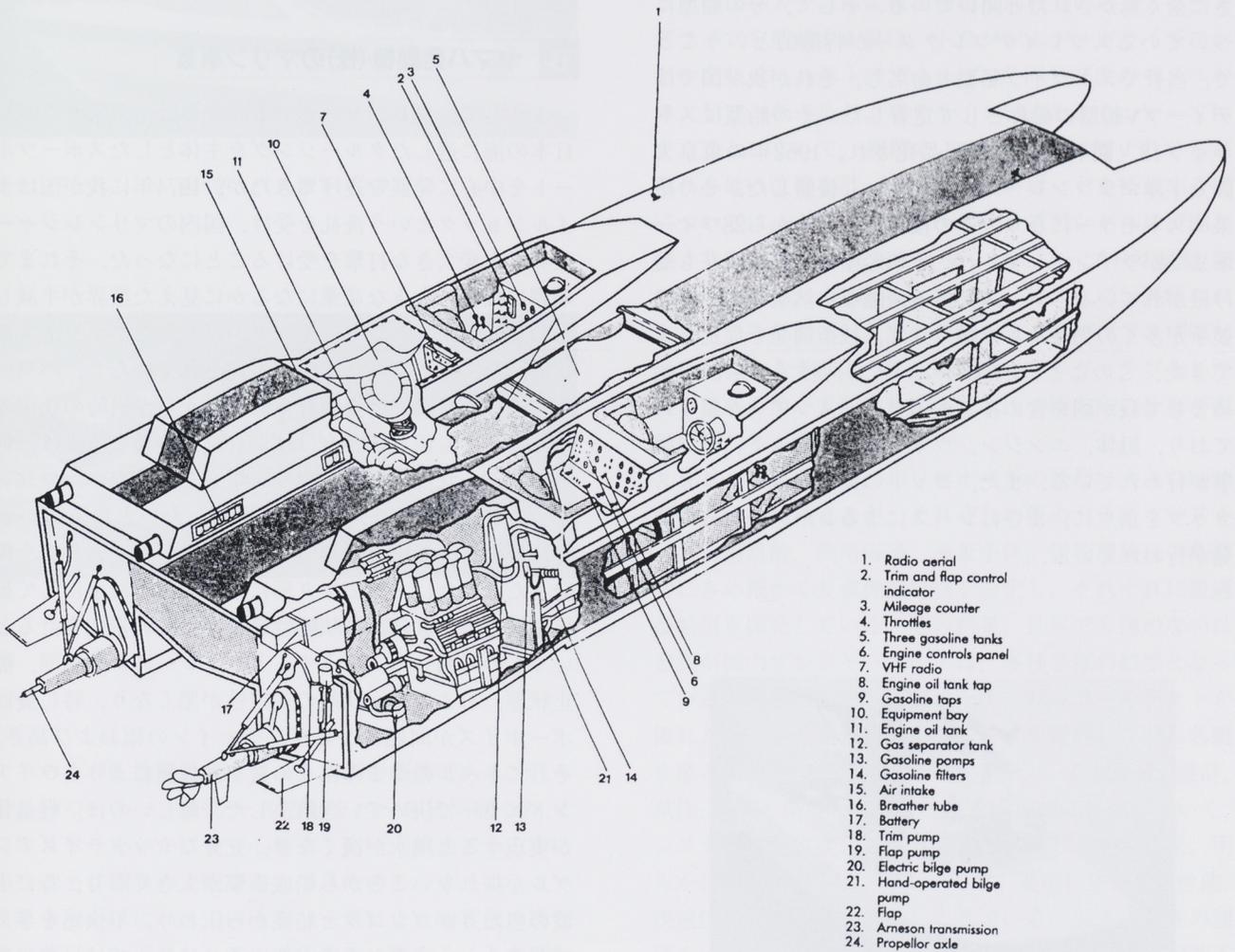


図9 アーネソンドライブ
出典：Muscle Boots

4 日本におけるプレジャーボート

我が国においても、1961年と1962年に東京から大阪まで1,000キロのオフショアレースが行われ、そして、熱海オーシャンカップレースは現在でも続いている。ヤマハ発動機(株) (以下、当社という) は1960年初めてパワーボートを発売した。それはカタマラン船型を売りものにスタートした(図10)。そして翌年の第一回東京大阪太平洋マラソンレースに20フィートのカタマラン艇で参加をして優勝した。20フィートのボートでオフショアを東京から大阪迄航走するなど、今ではとうてい考えられないが、当時の先輩方の情熱と潮っほさには驚かされる。その後米国でのディーブVの活躍の情報を得て、当社独自のディーブV船型を開発し試作艇を製作して試乗したところ、そのソフトライディングおよび旋回挙動の素直さに全く驚かされたと聞いている。そして、その船型についているスプレイドフレクターが特徴的ということで、当社でストライプ船型と命名し、それが我が国ではディーブV船型の総称として定着した。その船型はストライプ18(図11)として製品化され、1962年の東京大阪太平洋マラソンレースにデビューし優勝した。その結果ベストセラーになり、その後15フィートから28フィートまでがラインナップされ、その船型の思想は現在も受け継がれている。レースによる過酷な自然条件の中での競争が多くの先輩たちを駆り立て、技術開発を促進させてきた。このことはPWCについても同様で、米国を始めとして我が国を含め多くの国でレースツアーが組まれており、艇体、エンジン、ウォータージェットの開発競争が行われている。また、ヨットの世界ではアメリカズカップを頂点に、まさにレースによるレースのための開発が行われている。



図10 1960年代のパワーボート

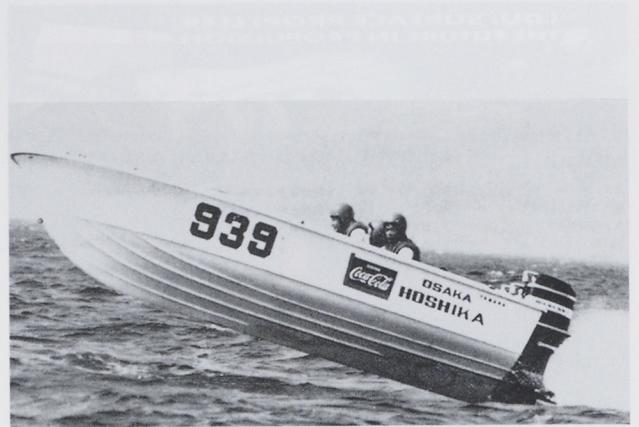


図11 ストライプ18

5 ヤマハ発動機(株)のマリン事業

こうして、プレジャーボートの世界は、欧米を手本に日本の海に適したクルージングを主体としたスポーツボートを中心に発展を遂げてきたが、1974年に我が国はオイルショックという洗礼を受け、国内のマリンレジャー業界は大変大きな打撃を受けることになった。それまで順調に推移し大きな産業になるかに見えた業界が半減してしまった。プレジャーボートのほとんどがポリエステル樹脂を主体とした石油製品で作られていたし、パワーボートは多くの燃料を消費することから、当時の状況の中ではとても乗ることもはばかれた。そこで当社は、何とかそんな状況の中でもマリン事業を続けたい、マリンファンに乗ってもらえる艇を供給したいという思いから、非常に少ない燃料消費でプレーニングできる艇を開発した。それは、断面を丸形にし表面積を最小にして抵抗を減じると共に、形状剛性を利用して軽量化を計るというものであった。そうすると、プレーニング状態、静止状態、および旋回状態の安定性が悪くなり、特に旋回ポーポイズが問題になるが、チェーンの幅および高さ、そしてキールのつまみ出しの量を試作艇によりトライアンドエラーで決めていき解決した。難しいのは、軽量化が実現すると喫水が浅くなり、十分なデッドライズアングルが採れないことから船底衝撃が大きくなり、特に小波の当たりがゴツゴツと船底から伝わり、不快感を与えてしまうということであった。それについては、フォアフットを深くつまみ出してキールにつなげ、小波に対するクッションストロークを旋回時に引っかからない程度までできる限り長くするというで解決した。そしてその船型はハイフレックス船型と名付けられ、パスポー

ト17 (図12) という商品名で販売された。その艇は、価格および燃料消費とも従来艇より約20%向上させることができた結果、オイルショックという厳しい経済状況の中でもヒット商品となった。これらのことは、我々開発技術者に対して大変大きな教訓を与えた。それは、オイルの一滴は血の一滴と冗談ではあるがいわれ、ガソリンを使うようなレジャーに対してかなり風当たりが強い中でのことであったが、本格的にマリンレジャーが定着しつつあるということおよびタイムリーな商品は絶対に強いということだった。

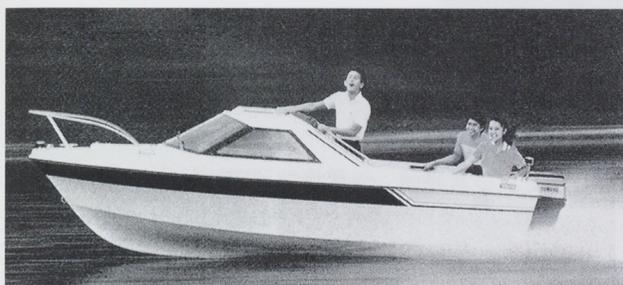


図12 パスポート17



図13 滑走型和船船型

その次の転換期は釣りボート需要の創造である。我々は、パワーボートがレース活動をベースに開発され、オフショアをいかに乗り心地よく高速で航走できるかということに開発の主眼をおいてきたのを、オイルショックをきっかけにパスポートシリーズによりお客様の遊び方に着目し、道具としての機能のみに徹することで新しい需要を掘り起こせることに成功した。次のターゲットとして、増加傾向にあった釣り人にマイボートによる釣りの楽しさを提案したいと考えた。当時遊漁船が活況を呈し始め、週末になると品川や荒川沿いの船宿の前には、

朝早くから沢山の人たちが並んだ。地方では、業務用の中古の和船が釣りの愛好者によって購入され始めた。そこで我々は、業務用和船の船型をベースにレジャー用釣りボートの船型を開発して行った。特に考慮したのは、ローリング性能、高速性、河川係留に耐えられる頑丈さおよびドライ性で、フラットキールを持つL/Bの大きなコンケープVの滑走型和船船型(図13)を完成させた。それが少しずつ改良され今日のタックルシリーズにつながり、7千隻～8千隻を世に送り出す大ヒットにつながった。それらは我が国の漁法や海象そして環境条件にピッタリと適合し、我が国独特の技術要件を備えているからだと自負している。

一方、本格的なオフショアを航走するボートとしては、パシフィッククルーザーとしてシリーズ化されている。このシリーズの船型は、ストライプ船型をベースにドライブシステムにより2種類に別れている。スタンドライブを搭載する艇は、トランソムデッドライズアングルをレイ ハントのディープVと同じ25度のモノヘッドロンVで、キールおよびチェーン付近をよりシャープにすることによって、初期のころのディープVよりさらに乗り心地の改善を計っている。インボードを搭載する艇については、トランソムデッドライズアングルは17度と浅くし、船首部では38度と深くしたワープロV船型(図14)としている。これらのことは、ドライブシステムによるスラストラインと重心との差によるバウアップモーメントの大きさによって、波浪中のフルジャンプをした後の着水姿勢が支配され、衝撃水圧の縦方向の分布が変化することから変えている。

レイ ハント以来、パワーボートの船型に大きな変化がないように見えるが、それぞれの艇のドライブシステム、使用目的、使用海域、海象条件、保管環境により非常にきめ細かく要求機能特性を設定し、それぞれに最適な船型を開発している。その結果、世界でも例のないほど我が国のプレジャーボートは、多種多様の船型となっている。開発の方法も、優れたナーバルアーキテクトが優れた乗り手と組み、数々のレースを経験しながら名艇を産み出した手法から大きく変化をし、基盤研究、設計、試作、実験といった各ステップを論理的に検証していく、システム開発に変化してきている。そしてその結果、明らかにスタイリング、インテリア、運動性能、高速性能、快適性および価格は進歩してきている。あえて現在の課題をいうとしたら、機装つまり使い勝手への配慮が若干弱いかなど考える。これは、始終海に出て船に乗り慣れた熱心な設計者のこだわりによることが多く、分業化した組織開発の一番の弱点である。今それを補うために、開発者でチームを組んでビルフィッシュトーナメントに

自社艇で参加したり、プロトタイプ艇を休日に解放し、どんどん乗船体験を積んでいくようにして、艇の使い勝手のあるべき姿を追求している。

6 おわりに

今後のマリンレジャーを考えると、さらに余暇時間が増加し、公共ハーバーや一般港の解放など、安くて良質な環境条件が整っていくことから、ますますマリンファンは増加するであろう。我々としても、我々が開発した商品を通じて素晴らしい海の世界を、多くの人々に味わってもらえたらこんな幸せはないと考える。そこでこれから最も重要なことは、安全性に対する配慮である。昨夏もPWCの衝突やパワーボートの転覆、衝突など痛ましい海難事故があった。マリンレジャーが一般化していくと共に、自動車と同じ感覚で乗られるお客様が増えるだろうし、またお客様の期待もそのようになっていくことであろう。厳しい自然環境の中で、我々は自動車並の

確実性や安全性を製品の中に具備していかなければならない。従って、浮沈構造のレベルフローテーション、荒天時の耐ブローチング性、高速時のダッチロール、ポーポイズ現象など、常に完ぺきな安全性を求めて我々の研究は待ったなしの状況である。

最後に、本稿は日本造船学会誌「TECHNO MARINE」一月号のマリンレジャー特集に掲載されたものを元に再編集したものである。

●著者



菅澤 実



図14 ワープドV船型

Al-19Si-1Cu-1Mg合金およびAl-12Si-1Cu-1Mg合金の フレッチング摩耗特性に及ぼす硬さの影響

Effect of Hardness on the Fretting Wear Characteristics of an Al-19Si-1Cu-1Mg and an Al-12Si-1Cu-1Mg Alloys

栗田洋敬 Hirotaka Kurita 山縣 裕 Hiroshi Yamagata

●技術本部 基盤技術研究室

要旨

繰返し荷重と微小すべりを同時に加えることができるフレッチング摩耗試験機を用い、熱処理条件を変化させることで硬さを変化させた過共晶組成のAl-Si合金（JIS-AC9B）および共晶組成のAl-Si合金（JIS-AC8A）の硬さと摩耗量の関係を調べ、硬さおよび組織が耐摩耗性に及ぼす影響を検討した。試験片は、半球形接触面をもつライダ（浸炭焼入れを施した合金鋼）と、平面接触面をもつロータ（AC9BまたはAC8A）よりなる。試験片接触部に周波数40Hz、荷重振幅 98 ± 10 Nの繰返し荷重を付加すると同時に、接触部中心を軸とした 6.8×10^{-2} radの揺動回転運動を与えた。AC9BおよびAC8Aは、763Kで1時間保持後水焼入れし、その後523Kで所定時間時効処理を行った。その際、時効時間を変化させロータの硬さを変化させた。試験は、室温（298K）および523Kにて、無潤滑、大気中で行った。室温および523Kでの摩耗痕面積は、硬さの増加に伴い減少した。凝着摩耗が支配的形態で、耐摩耗性はマトリックスの硬さによって決まり、組織中のSi粒子の分散状態の影響は受けないものと考えられた。

1 はじめに

最近の地球環境問題に対する意識の高まりから、自動車エンジンに対する燃費向上、排ガス低減のニーズは非常に大きくなっている。軽量化は、これらのニーズにこたえるための有効な方法であり、部品のアルミ化が進められている⁽¹⁾。アルミニウム合金に要求される特性には強度、剛性、耐熱、耐摩耗などがある。耐摩耗性については、一方向または往復すべり摩耗について評価したものが数多く見られる。しかし、摩耗は一方向または往復すべりだけではない。微小すべりを受ける自動車エンジン部品にはフレッチング摩耗が生じ、繰返し荷重下でのフレッチング摩耗特性を把握することは、アルミニウム合金を適用する上で重要である。

これまでに筆者らはDe Geeらにより開発されたフレッチング摩耗試験機⁽²⁾を参考に、繰返し荷重と微小すべりを同時に加えることができる試験機を試作⁽³⁾した。そして無潤滑、室温において、共晶組成のAl-Si合金中に平均粒径 $14 \mu\text{m}$ のSiC粒子を体積率20%分散させた複合材料（MMC）と共晶組成のAl-Si合金JIS-AC8Aのフレッチング摩耗挙動の比較を行い、SiC粒子が耐摩耗性に及ぼす影響を検討した。その結果、MMCとAC8Aは同様のプロセスに沿って摩耗が進行すること、また組織中に分散しているSiC粒子によりMMCの耐摩耗性は、

AC8Aと比べて優れていることが明らかになった。このとき、MMCとAC8Aの硬さおよび組織の違いが耐摩耗性に及ぼす影響については検討していない。しかし、実際に使用されるエンジン部品は、運転時にかかる熱により過時効が進み、硬度低下を起こす場合も多い。したがって、硬度低下が耐摩耗性に及ぼす影響を調べることは実用的価値が大きい。

そこで本研究では、熱処理条件を変化させることで硬さを変化させた過共晶組成のAl-Si合金（JIS-AC9B）および共晶組成のAl-Si合金（JIS-AC8A）の硬さと摩耗量の関係を調べ、硬さおよび組織が耐摩耗性に及ぼす影響を検討した。

2 実験方法

2.1 実験装置及び条件

試験機⁽³⁾は、De Geeらにより開発されたフレッチング摩耗試験機⁽²⁾を参考に試作したもので、試験片に対し繰返し荷重と微小すべりを同時に加えることができる。図1に試験片の形状および接触状態を示す。上側試験片をライダ、下側試験片をロータと呼ぶ。ライダの接触面はR40の半球形であり、ロータの接触面は平面である。繰返し荷重は周波数40Hz、荷重振幅 98 ± 10 Nで付

加した。ライダ取り付け部と試験機本体は連結されておらず、ライダとロータは試験中常に接触状態にある。ロータに対して、繰返し荷重と同時に、接触部中心を軸とした周波数10Hz、 6.8×10^{-2} radの揺動回転運動を与えた。この揺動回転の1周期をフレッチングの繰返し数（以下、繰返し数という）1回とした。このとき繰返し荷重と揺動回転運動は同期させていない。揺動回転運動の角度（以下、揺動角という）は、非接触式レーザ変位センサにより実測した。その他試験機の詳細は、前報⁽³⁾参照。

試験は、室温（298K）および523Kにて行った。523Kにおける試験は、ライダおよびロータの周囲に環状電気炉を設置し、電気炉内で行った。523Kに昇温後、ライダおよびロータの温度が均一になるように、600s保持後試験を行った。試験時間は540sである。523Kでの保持および試験中の硬さ変化は時間が短いため認められなかった。

実験条件を表1に示す。実験はすべて無潤滑、大気中で行った。

表1 実験条件

ライダ	荷重振幅, N	98
	周波数, Hz	40
ロータ	繰返し数	5.4×10^3
	揺動角, rad	6.81×10^{-2}
	周波数, Hz	10
試験温度, K		298, 523
潤滑		無潤滑

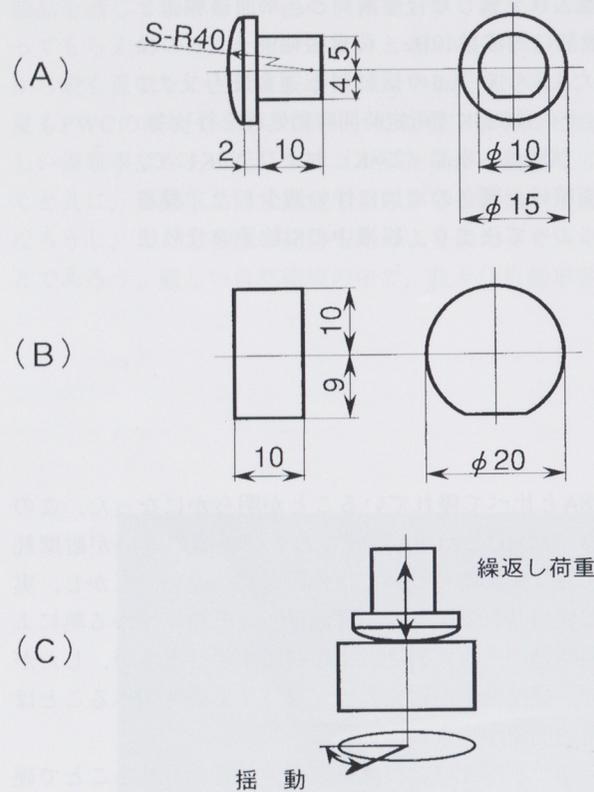


図1 フレッチング摩耗試験片

(A) ライダ, (B) ロータ, (C) 接触状態

2.2 試験片

表2にAC9BおよびAC8Aのマトリックスの組成を示す。図2にロータ材のAC9BおよびAC8Aのマイクロ組織を示す。AC9BおよびAC8Aは763Kで1時間保持後水焼入れし、その後523Kで所定時間時効処理を行った。その際時効時間を変化させロータの硬さを変化させた。ロータの硬さは、ロックウェル硬さFスケールにて室温で測定した。表3に時効時間と硬さを示す。

ライダは、合金鋼（JIS-SCM415）に浸炭焼入れを施したものである。そのピッカース硬さ（荷重2.9N）は室温で795であった。ライダ、ロータは共に接触面をバフ研磨し、表面粗さは $Rz = 0.6 \pm 0.2 \mu\text{m}$ であった。試験片は、接触面をエタノールにより洗浄し、試験に供した。

表2 ロータおよびライダの合金組成

	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Ti	Pb	Sn	Cr	Al
AC9B	1.0	19	1.0	≤ 0.20	≤ 0.8	≤ 0.50	1.0	≤ 0.2	≤ 0.10	≤ 0.10	≤ 0.10	残
AC8A	1.0	12	1.0	≤ 0.15	≤ 0.8	≤ 0.15	1.2	≤ 0.2	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.10	残

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Fe
SCM415	0.15	0.25	0.7	≤ 0.030	≤ 0.030	1.0	0.22	残

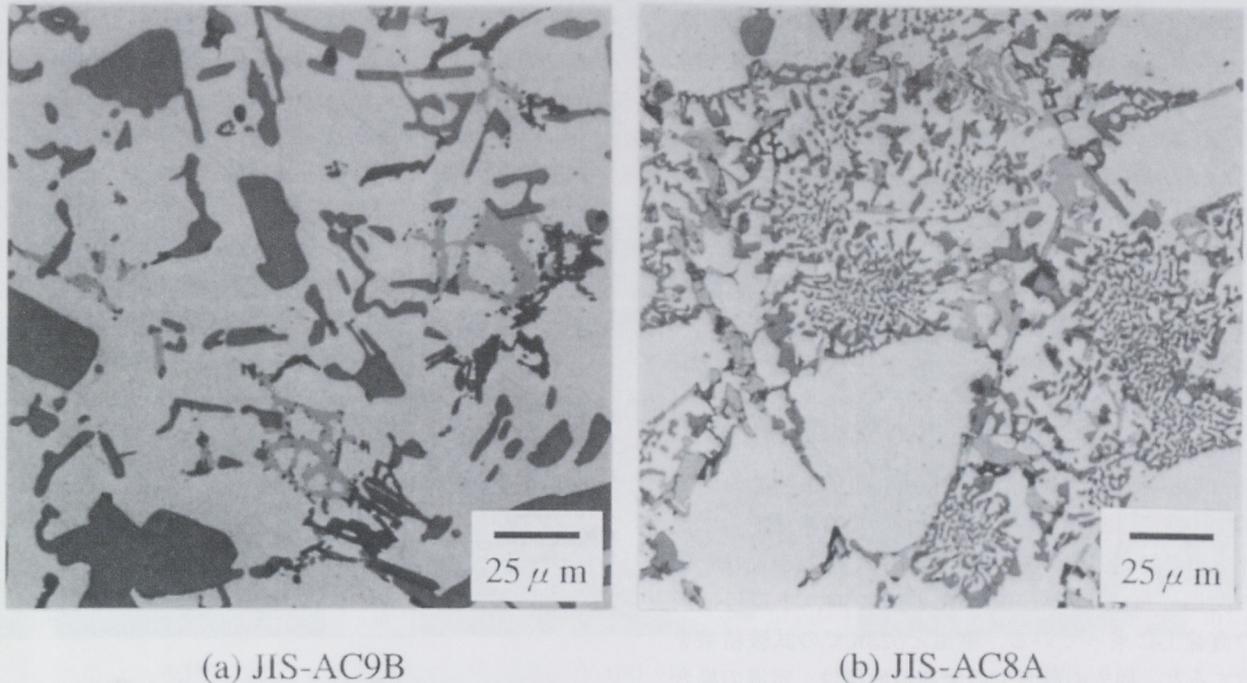


図2 JIS-AC9B (a) および JIS-AC8A (b) の金属組織

表3 時効時間と硬さ

材質	溶体化処理	523Kにおける時効時間, ks	硬さ, HRF
AC9B	763K × 3.6ks	3.6	96
		36	92
		360	82
AC8A	763K × 3.6ks	3.6	95
		360	76

2.3 耐摩耗性の評価

摩耗量は、試験片質量の減少、表面粗さ計による摩耗痕の深さ、摩耗痕の半径とライダ接触面の曲率半径から摩耗体積を算出するなどの方法⁽⁴⁾で測定できる。本研究では、ロータ表面の摩耗痕には摩耗粉がたい積し、同時に摩耗痕中央部には、摩耗の生じていない固着域が存在する。そこで、本研究での耐摩耗性の評価は、試験後のロータ表面の摩耗痕面積を光学顕微鏡に付属した画像処理装置により計測することで行った。また、SEMによる摩耗痕の観察も行った。ライダについては、試験後の摩耗痕面積がロータとほぼ同一の値であったため、

今回はロータの摩耗にのみ注目し、検討することとした。

3 実験結果

3.1 試験片接触状態

ライダとロータの接触状態を調べるために、室温および523Kにおいて114Nの垂直荷重のみ加え、接触部の変形量を表面粗さ計にて測定した。その結果、接触部に塑性変形は全く認められなかった。したがって、本実験においてライダとロータは、弾性接触状態にあるといえる。

3.2 AC9BおよびAC8Aの金属組織

本実験で使用したロータ材であるAC9BおよびAC8A (図2)の金属組織中のSi粒子の分散状態の違いを調べるために、金属組織観察を行った。AC9Bは、 α 相と針状の共晶Siおよび粒径10~50 μm の初晶Siからなる。一方、AC8Aは α 相と粒径2~10 μm の共晶Siよりなる。組織中にしめるSi粒子の面積割合は、画像処理装置により実測したところ、AC9Bが28%、AC8Aが29%であり、ほぼ同程度であった。これはAC8Aの組織中のSi粒子が、AC9Bに比べて粒径が小さく、数が多いためである。

3.3 摩耗痕面積と硬さの関係

図3に室温および523Kでの摩耗痕面積と硬さの関係を示す。室温(298K)、523Kいずれの場合も硬さの増加に伴い、摩耗痕面積は減少した。また、摩耗痕面積と硬さの関係において、AC9BとAC8Aのプロットはほぼ同一の直線上に乗っている。室温と523Kでの試験結果を比較すると、同一の硬さでの摩耗痕面積は、室温の場合よりも523Kの場合の方が大きい。グラフの傾きも異なり、室温の場合よりも523Kの場合の方が大きい。

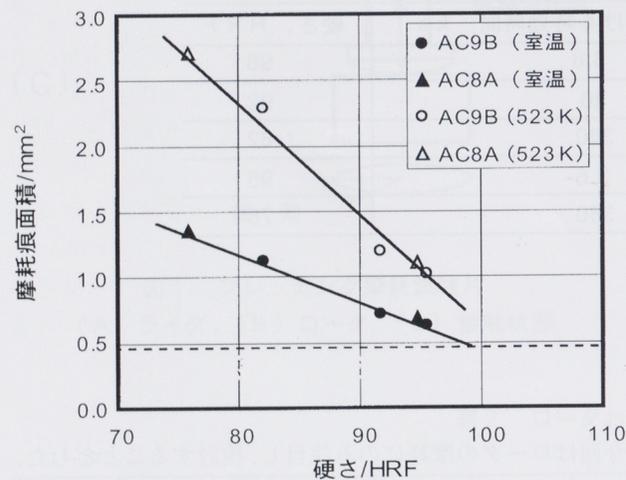


図3 摩耗痕面積と硬さの関係

3.4 摩耗痕の観察

この試験機でのフレッチング摩耗痕には、図4に示すように接触する2面が相対的にすべる環状の部分(slip region, すべり域)と、中心部のすべらない円状の部分(stick region, 固着域)が生じる⁽⁵⁾。本実験の場合にも試験片接触部には、すべり域と固着域が生じた。摩耗痕外周部には、摩耗粉が排出されている様子が認められた。

図5に523Kでの試験後のAC9Bの摩耗痕のSEM観察結果を示す。試験片硬さが低くなるにつれて、摩耗痕中央部の固着域は小さくなり、c) HRF82では固着域は認められない。摩耗痕すべり域は、全面でマトリックスが円周方向に塑性流動を起こしており、所々表面層がはく離している箇所が認められた。初晶Siとマトリックスの界面にクラックが生じている様子は認められなかった。

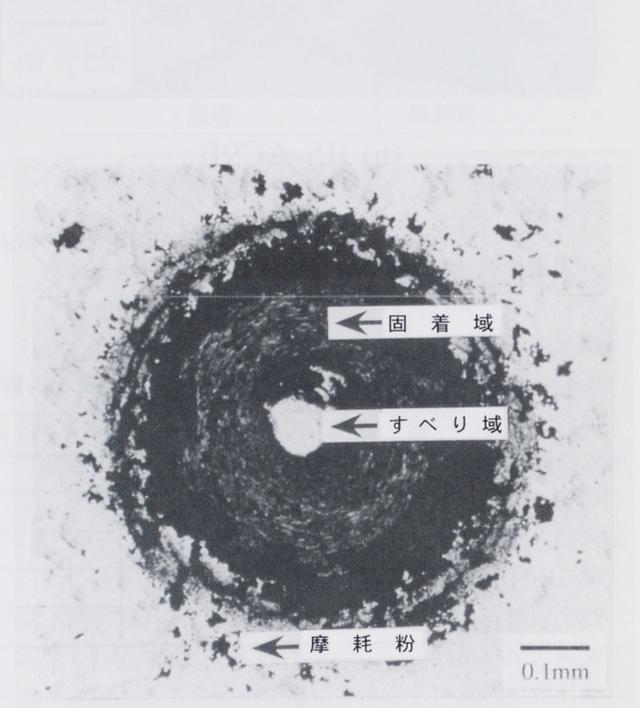


図4 AC9Bのフレッチング摩耗痕

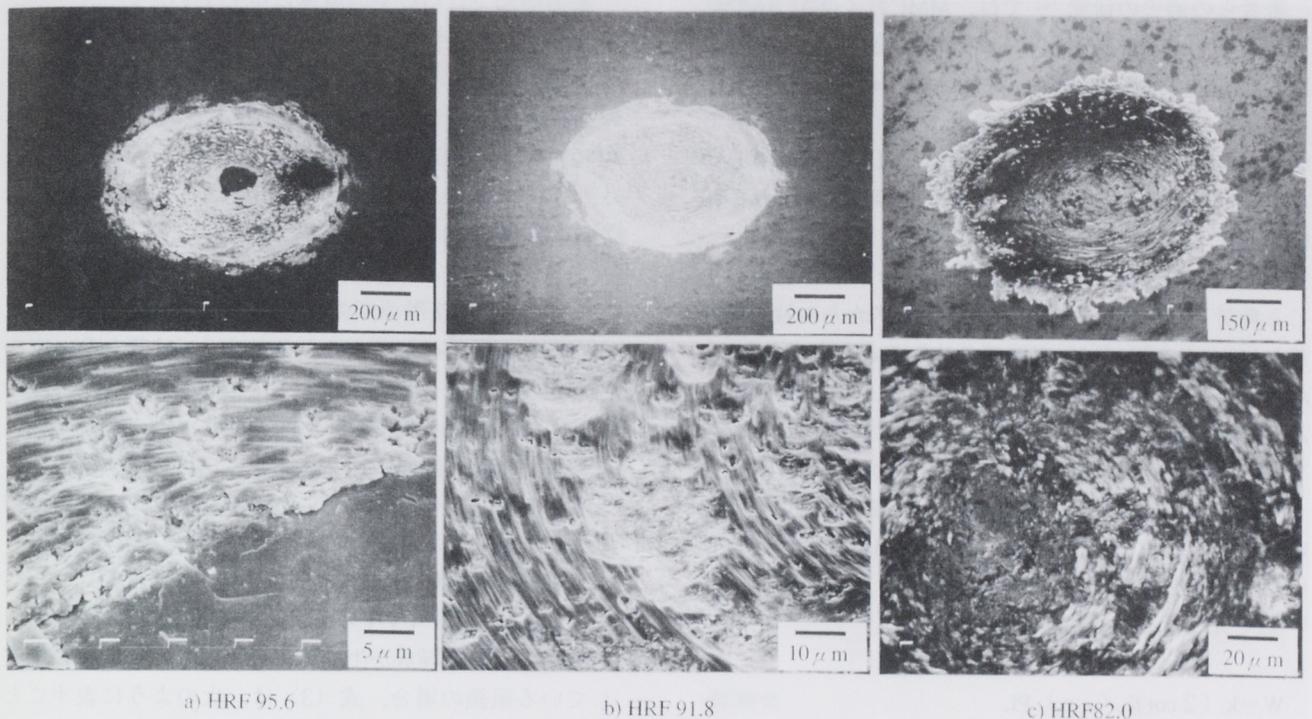


図5 フレッチング摩耗痕のSEM観察結果

4 考察

4.1 試験片接触状態と摩耗痕面積

室温および523Kでの摩耗痕面積は、硬さの増大に従い減少した(図3)。この摩耗痕面積の差が、耐摩耗性の差によるものか、ライダとロータの初期の接触部面積の違いによるものか検討する。

ライダとロータの接触は弾性接触であるから、接触部の大きさはHertzの弾性接触理論⁽⁶⁾から式(1)により推定される。

$$a = (3/4rP((1-\nu_1^2)/E_1 + (1-\nu_2^2)/E_2))^{1/3} \quad (1)$$

ここで、 a はHertz接触円半径、 r はライダ接触面の曲率半径、 P は荷重、 ν_1 はライダのポアソン比、 ν_2 はロータのポアソン比、 E_1 はライダの縦弾性係数、 E_2 はロータの縦弾性係数である。接触部面積は、ライダおよびロータの縦弾性係数、ポアソン比により決まる。熱処理によりロータの硬さは変化しても、縦弾性係数およびポアソ

ン比は変化しない。したがって、硬さが変化しても接触部面積は変化しない。式(1)により、室温におけるHertz接触円半径および接触部面積を計算すると、それぞれ0.28mm、0.46mm²となる。室温における接触部面積計算値を図3中に破線で示す。この接触部面積と摩耗痕面積の差が、摩耗による接触部面積の増加分である。したがって、本実験の条件範囲においては、摩耗試験後の摩耗痕面積の違いが、耐摩耗性の差を示す。

4.2 耐摩耗性の硬度依存性

本実験では硬さの増加に伴い、摩耗痕面積は減少した。このとき、AC9BとAC8Aの摩耗痕面積と硬さの関係は同様の傾向を示し、摩耗痕面積のプロットはほぼ同一の直線上にのっている。図2に示すように、AC9BとAC8Aは組織中のSi粒子の分散状態が大きく異なっているにもかかわらず、耐摩耗性が組織の影響を受けず、硬さのみ依存する。この理由について、摩耗メカニズムの考察を通じて検討する。

著者らの過去の研究⁽³⁾では、MMCおよびAC8Aのフレッチング摩耗進行過程の初期（繰返し数 1.25×10^3 回）において、マトリックスと金属組織中に含まれる粒子（SiCまたはSi粒子）の界面に疲労クラックが観察されている。このとき、揺動角は 1.7×10^{-2} rad（摩耗痕中心から半径0.3mmの円周上における接触面の相対すべり振幅は $5 \mu\text{m}$ ）であった。

本実験の場合にも、Si粒子とマトリックスの界面に生じる疲労クラックを起点にマトリックスからSi粒子が脱落し、ロータをアブレシブ摩耗させることが考えられる。AC9BおよびAC8Aの摩耗が、マトリックスから脱落したSi粒子によるアブレシブ摩耗であると仮定すると、以下のことが考えられる。

アブレシブ摩耗として、半頂角 θ を持つ円すい形の硬い突起が、軟らかい面に深さ d だけ食い込んですべるといふモデルを用いると、摩耗体積 W は、次のように表す⁽⁷⁾ことができる。

$$W = k (2 \cot \theta / \pi p_f) PL \quad (2)$$

ここで、 k は摩耗粉の生成確率、 p_f は軟らかい摩擦面の塑性流動圧力、 P は荷重、 L は摩擦距離である。 p_f は押し込み硬さに近似できるため、アブレシブ摩耗による摩耗量は摩擦面の押し込み硬さに反比例することになる。したがって、摩耗形態として摩擦面間にかみ込んだSi粒子によるアブレシブ摩耗が支配的であれば、硬さの増加に伴い摩耗が減ることが予想される。また、アブレシブ摩耗量は、硬質粒子の粒径の増加と共に増加する⁽⁸⁾ことが知られている。したがって、組織の異なるAC9BとAC8Aは、異なった摩耗痕面積と硬さの関係になることが予想される。

図3でAC9BとAC8Aの摩耗痕面積は硬さの増加に伴い減少し、AC9BとAC8Aは同様の摩耗痕面積と硬さの関係を持っており、組織の違いによる影響は認められなかった。また、AC9Bの摩耗痕をSEM観察した（図5）ところ、初晶Siとマトリックスの界面にクラックが生じている様子は認められず、摩耗痕のすべり域全面にマトリックスの塑性流動が認められ、所々表面層がはく離していた。したがって、本実験におけるAC9BおよびAC8Aの摩耗形態は、マトリックスから脱落したSi粒子によるアブレシブ摩耗ではないと考えられる。

摩擦面間ではSi粒子の脱落は生じていないことから、マトリックス（組織中のSi粒子以外の部分）の凝着摩耗が支配的であると仮定すると、以下のことが考えられる。凝着摩耗の機構がHolmの凝着理論⁽⁹⁾に従うとすれば、摩耗量 W は式（3）により表される。

$$W = Z (P / p_f) L \quad (3)$$

ここで、 Z は接触面間の真実接触点で両面の原子の合いごとに原子の取り去られる確率、 p_f は軟らかい摩擦面が塑性流動を生じる圧力、 P は荷重、 L は摩擦距離である。 p_f は押し込み硬さに近似できるため、凝着摩耗による摩耗量は摩擦面の押し込み硬さに反比例することになる。したがって、摩耗形態としてマトリックスの凝着摩耗が支配的であれば、アブレシブ摩耗の場合と同様に、硬さの増加に伴い摩耗が減ることが予想される。

また、式（3）中の P / p_f は真実接触部の面積を示す。真実接触部内に凝着が生じる部分と生じない部分が混在している組織の場合、式（3）は、次のように表すことができると考えられる。

$$W = Z (P / p_f) fL \quad (4)$$

ここで、 f は真実接触部に占める、凝着が生じる部分の割合とする。

凝着は、真実接触部内のマトリックスの部分で生じ、Si粒子の部分では生じないと考えると、組織中に占めるマトリックスの面積割合は、AC9BおよびAC8Aではほぼ同じであるため、 f の値も同等であると考えられる。したがって、AC9BとAC8Aは同様の摩耗痕面積と硬さの関係を持つことが予想される。

この考察は実験結果と一致する。したがって、本実験の条件範囲においてAC9BおよびAC8Aの摩耗は凝着摩耗機構が支配的で、耐摩耗性はマトリックスの硬さにより決まり、組織中のSi粒子の分散状態の影響は受けなかったものと考えられる。

4.3 耐摩耗性におよぼす温度の影響

523Kにおける摩耗痕面積は、室温の場合に比べて大きい。523Kにおけるロータの塑性流動圧力 p_f は、室温に比べ低下していると考えられる。したがって523Kでは、式（4）中の P / p_f すなわち真実接触部面積が室温に比べて大きくなり、凝着による摩耗量が増大し、摩耗痕面積も大きくなったと考えられる。

5 おわりに

繰返し荷重と微小すべりを同時に加えることができるフレッチング摩耗試験機を用い、熱処理条件で硬さを変化させた過共晶組成のAl-Si合金 (JIS-AC9B) および共晶組成のAl-Si合金 (JIS-AC8A) の硬さと摩耗量の関係を調べ、硬さおよび組織が耐摩耗性に及ぼす影響を検討した。

- (1) 室温および523Kでの摩耗痕面積は、硬さの増加に伴い減少した。AC9B, AC8Aとも、摩耗痕面積と硬さの関係は同一の直線上に乗っていた。
- (2) 凝着摩耗が支配的形態で、耐摩耗性はマトリックスの硬さによって決まり、組織中のSi粒子の分散状態の影響は受けないものと考えられた。

■参考文献

- (1) 鮎谷清司：金属, 65 (1995), 295.
- (2) A.W.J.De Gee, C.P.L.Commissaris & J.H.Zaat : Wear, 7 (1964), 535.
- (3) 栗田洋敬, 山縣 裕：トライボロジスト, 42 (1997), 477.
- (4) 笹田 直：潤滑, 4 (1959), 127.
- (5) 佐藤準一：油圧と空気圧, 18 (1987), 259.
- (6) H.R.Hertz : Gesammelte Werke, 1 (1895), 174.
- (7) E.Rabinowicz : Friction and Wear of Materials, John Wiley and Sons (1965), 168.
- (8) 日本潤滑学会編：潤滑ハンドブック, 養賢堂, (1987), 64.
- (9) R.Holm : Electric Contacts, Hugo Gebers Forlag, (1946), 214.

● 著者



栗田 洋敬



山縣 裕

過去、担当業務の関係で、編集はもちろん、読むこともなかった『技報』の編集委員の一員になってから早くも約2年が経過し、当No.24で四巻目の発行を迎えることになりました。その間に、No.22からはヤマハ発動機（株）の発行となり、技報に対する注目度も一段と大きくなり、その役割も幅広いものになっているものと思われます。また、4月18日には新しい企業理念・行動指針・長期ビジョンが会社より発表され、新しい目標に向かっていろいろな活動が、より活発になるものと思われる。その結果が技報に反映される日も遠くないものと、今から楽しみだ。印刷物・刊行物にはいろいろな種類のものがあるが、当技報は会社の活動結果が、その一端とはいえ端的に表れるものであり、編集作業にもより注意を払いながら当たる所存でおりますし、社内の広い範囲からの情報収集にも心掛けて行きたいと思っています。皆様のより積極的な投稿を期待すると共に、日ごろのご協力を感謝致します。（久保）

先日某関連会社を訪ねた際、無人受け付けにおいてあったA4カードケース型電話帳を見て、浜北本社のころは我社も同様であったなと思いつつ、今ではずいぶん厚くなったものだと感じ入った次第である。カードケース電話帳のころ、われわれエンジン技術者が興味深く参考にした文献は“内燃機関”、“自動車技術”、“モーターファン”、“SAE Paper”などの市販雑誌と共に“トヨタ技報”を読んだものだった。今思えば、当時社内には技報と呼ばれるものはなく、トヨタ技報の内容の充実に感動したのだった。時は過ぎ、今では“ヤマハ発動機技報”も立派に整い、内容も充実しつつある。電話帳の厚みと共にいつの間にか社内の組織も複雑となり、ほかの部門がなにを行っているのか解らなくなるほど規模が大きくなった。その中で定期的に送られてくる技報を読むことで、自分が知らない所で技術の向上を目指して多くのエンジニアたちが情熱的に努力していることを感じるとともに、その技術、人脈を知ることでもできる貴重な資料となっている。今では前記の雑誌“内燃機関”“モーターファン”は、ネタが尽きて原稿を書く人が少なくなったためか（読者の激減か？）休刊するに至っている。この時代に頼めば快く執筆してくれる多くの技術者がいることは頼もしく、社内技術の広がりを感じている。今後とも著者の方、愛読して下さる多くの皆様のご協力をよろしくお願い致しますとともに、皆様の技報を一層充実させ、より多くの方々に満足いただけるように微力を尽くしていく積もりである。（岸田）

◆ ヤマハ発動機技報編集委員（1997年9月現在）

編集委員長	齋藤 正芳	技術本部 開発支援室
編集副委員長	寺井 康晴	生産企画本部 生産企画室
編集委員	飯田 正敏	(株)IIC 水事業部
	岸田 肇	GHP事業部 開発部
	久保 正人	舟艇事業部 技術室
	米谷 俊一	技術本部 基盤技術研究室
	橋本 正喜	生産企画本部 生産企画室
	鈴木 隆	(株)ワイ・イー・シー 技術設計2課
	鈴木 晴久	モーターサイクル事業本部製造事業部 生産管理室
	土本 寛治	三信工業(株) 技術企画部
	富本 史郎	創輝(株) 技術本部 技術管理室
	中村 和郎	特機事業部 海外営業室
	中道 正和	モーターサイクル事業本部 技術総括部
	古谷 昌雄	IM事業部 技術室
	松長 伸彦	AM事業部 第3技術室
	森下 紀夫	森山工業(株) 技術管理課
編集事務局	田村 力	技術本部 知的財産室
	早坂 謙一	技術本部 開発支援室
	明田千津子	技術本部 開発支援室

お問い合わせ：ヤマハ発動機株式会社 技術本部 開発支援室 電話 0538-32-1172
ホームページアドレス <http://www.yamaha-motor.co.jp>

ヤマハ発動機 技報 第24号

YAMAHA MOTOR TECHNICAL REVIEW

印刷	1997年8月20日
発行	1997年9月1日
発行所	ヤマハ発動機株式会社 〒438 静岡県磐田市新貝2500
発行人	永易 均
編集	ヤマハ技術会技報編集委員会
表紙デザイン	株式会社エムロード
印刷所	桐屋印刷株式会社 〒432 静岡県浜松市米津町1181 無断転載を禁じます



YAMAHA

ヤマハ発動機株式会社