

## 国内定置常用発電機用エンジンについて

### Engines for Stationary Generator in Normal Service in Domestic Market

上野 充  
Mitsuru Ueno  
阿久津 孝信  
Takanobu Akutsu  
太田 弘  
Hiroshi Ohta  
萩原 康次  
Kouji Hagiwara  
牧 敏夫  
Toshio Maki

電力分野における規制緩和・電力小売り自由化の進展に伴って、オンサイト発電システムの普及が著しく、新たな電力供給システムとして脚光をあびている。従来までの大規模集中型の発電所からの送電に頼っていたビジネス形態が、送電ロスの少なく、かつ電力需要地で必要時必要分をまかなうことができる高効率ネットワークビジネスへと変化をとげてきており、マクロ的にとらえればCO<sub>2</sub>削減に配慮したシステムと認められ始めている。

現在のオンサイト発電システムの中心は、その効率の高さからディーゼルエンジンを動力源としたものが主流であり、当社のディーゼルエンジンもオンサイト発電システムの市場拡大にともなって急速な成長をとげてきている。本稿では、オンサイト発電用ディーゼルエンジンとして織り込まれている当社のエンジン技術を紹介する。

As deregulation and liberalization deepen in the Japan's domestic market of electric power supply, an onsite power generation business has made a great stride, being spotlighted as a new system for power supply. Traditionally power supply in this country has depended on large-scale power stations, and power is transmitted through a power cable. Now this business mode is transforming to a highly efficient network system that can supply as much power as required at the time and place of demand, thereby eliminating a loss during the transmission. This system is being gradually accepted as a system conducive to the reduction of CO<sub>2</sub> in the air against the backdrop of environmental protection.

Presently the mainstream onsite non-utility power generation system is a generator with a diesel engine as its prime mover. Keeping in step with the ever growing market of onsite non-utility generator sets, Komatsu's line of diesel engines has also made a rapid growth.

This paper introduces Komatsu's engine technology that has been built in the diesel engines mounted on onsite non-utility generator sets.

*Key Words:* Power Generation, Diesel Engine, Onsite Power Generation Business

## 1. はじめに

近年の国内電力事情は大きな変化をとげており、特に電力供給の自由化にともなうオンサイト自家用発電機事業の競争が激化している。特に最近の電力会社自身によるオンサイト自家用発電機事業参入は、発電をサービス事業ととらえ、単なる電力供給の立場からではなく、総合エネルギー事業にねらいをつけた事業展開を目指した動きをしている。

今後21世紀の電力供給形態は、マイクロガスタービンや燃料電池といった夢のある技術も台頭しつつあり、上記のオンサイト自家用発電機などの分散型電源が次世代の電

力供給の主役となることは間違いない。このような状況において、当社のディーゼルエンジンが電力供給用動力源として幅広く利用されてきている。最近の3年間で50%もの市場の伸びを示しているといわれる中、当社エンジンが一年(平成11年)の販売台数ベースで40%の伸び、一年(平成12年)の21.6%の伸びと、販売量を急速に伸ばしてきている。(日本内燃力発電設備新聞による)

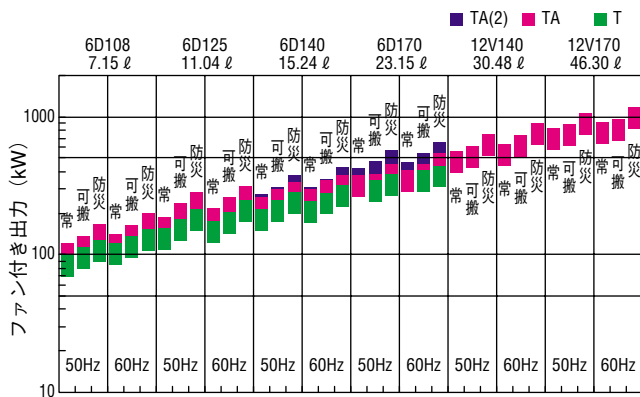
本稿では、現状における常用発電機用エンジンの系列とその特徴について技術的側面をまとめてみた。

## 2. 製品系列

当社のディーゼルエンジンにおいて常用発電機用として、108, 125, 140, 170, 140V, 170Vの6系列を商品化している。図1にその主要仕様を示す。

常用市場の伸びのけん引役は大都市近郊における大型スーパー、工場、病院、ホテル、学校であり、主として電力コストの削減を目的として設置が行われている。従来までは発電設備という数万キロワット級の大規模な設備投資が必要なイメージが強かったが、最近の動きとして200～500kWレンジの発電機パッケージを複数台設置する形式が主流となってきている。さらに、この複数台の発電機パッケージ設置の規模は大型化する傾向にあり、当社の最大出力レンジであるSA12V170エンジンによる800kWクラスについても需要が多い。

常用出力の基本的考え方としては、負荷率が90%以上となるため、当社の建設機械車両におけるブルドーザをベースとした出力設定をしている。しかし、最近の市場競争においては電力設備自体をレンタルし顧客にディーゼル発電設備投資の負担を与えないビジネスモデルが成長しており、この観点からはkW単価と呼ばれる1kW発電するのに要する費用という数値が重要な指標となってきている。このため、低イニシャルコスト・低ランニングコストのニーズが要求として高く、その対応として、従来建機などでも広く用いられてきたエンジンの冷却水を利用したアフタークーラ方式から、Air-to-Airによる給気冷却方式をとり入れた系列を加え始めていることも、重要な系列拡大戦略である。



【凡例】  
 常：常用発電機（主として店舗・工場設備などの電源として定置設置され、定格連続運転するもの）  
 可搬：可搬型発電機（主として、建設現場の電源として使用される移動可能なもの）  
 防災：防災型発電機（停電時の非常用電源として運転されるもの）

図1 発電機用コマツエンジンの出力レンジ

## 3. 常用エンジンに対する要求特性と対応技術

### 3.1 燃料消費量

常用発電機に求められる特性としては、エンジンの燃料消費率が第一に挙げられる。ディーゼルエンジンを動力源とする発電システムにおいてトータル経費のうち約70%は燃料代で占められ、経済性のメリットをだす最大の要素となっている。当社における小型高出力に対応して完成した技術、①ダクタイル鋳鉄製ピストン(図2)、②タフトライドライナ(図3)、③デュアルポートによるシリンダヘッド(図4)、④空冷アフタークーラ(図5)、により他社を凌駕する燃料消費量の低さが、多くの発電機メーカーによって認められている。



図2 ダクタイル鋳鉄(FCD)ピストン

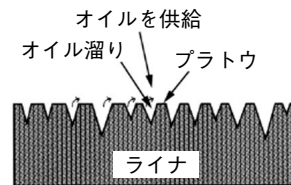


図3 タフトライドライナ

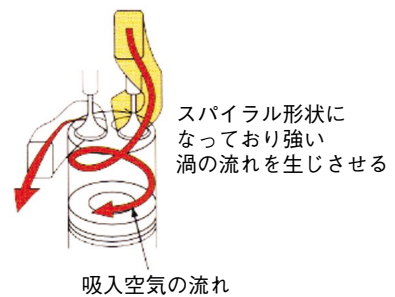


図4 デュアルインテークポート

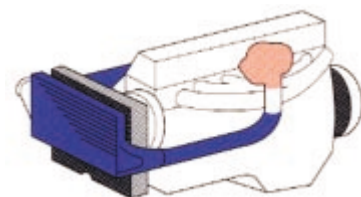


図5 空冷アフタークーラ

3.2 排気ガス規制

日本国内においては昭和63年から固定型内燃機関としての自家用発電機が、大気汚染防止法による規制対象となり、原動機から排出される窒素酸化物(NOx)、煤塵(ばいじん)、硫黄酸化物が規制されている。特に常用発電機については、国が制定する大気汚染防止法の基準値を上回るいわゆる上乗せ基準値が、各地方自治体自主規制によって設定されており、ディーゼルエンジンによる発電設備は大都市圏において非常に厳しい対応をせまられてきている。(図6参照)

図6に示されるように、大部分は950ppm(O<sub>2</sub> 13%換算)

規制下に入るが、大気汚染防止法がサイト規制によるため、排気ガス中のNOx濃度は大気中の湿度に左右される。このため、年間を通じた大気湿度変化を考慮した噴射タイミングの設定をし、規制値以上に厳しい出荷基準で検査がなされている。

また、発電機そのものが住民の生活圏に設置されることもあり、排気ガス中のいわゆるすすについてもその低減は重要な課題である。すすの低減のため、ターボチャージャの最適チューニングによる十分な空気量の確保や燃料の微粒化を促進する燃料噴射ノズルへの特殊加工技術(エクストロードホーンノズル、図7参照)を織り込んでいる。

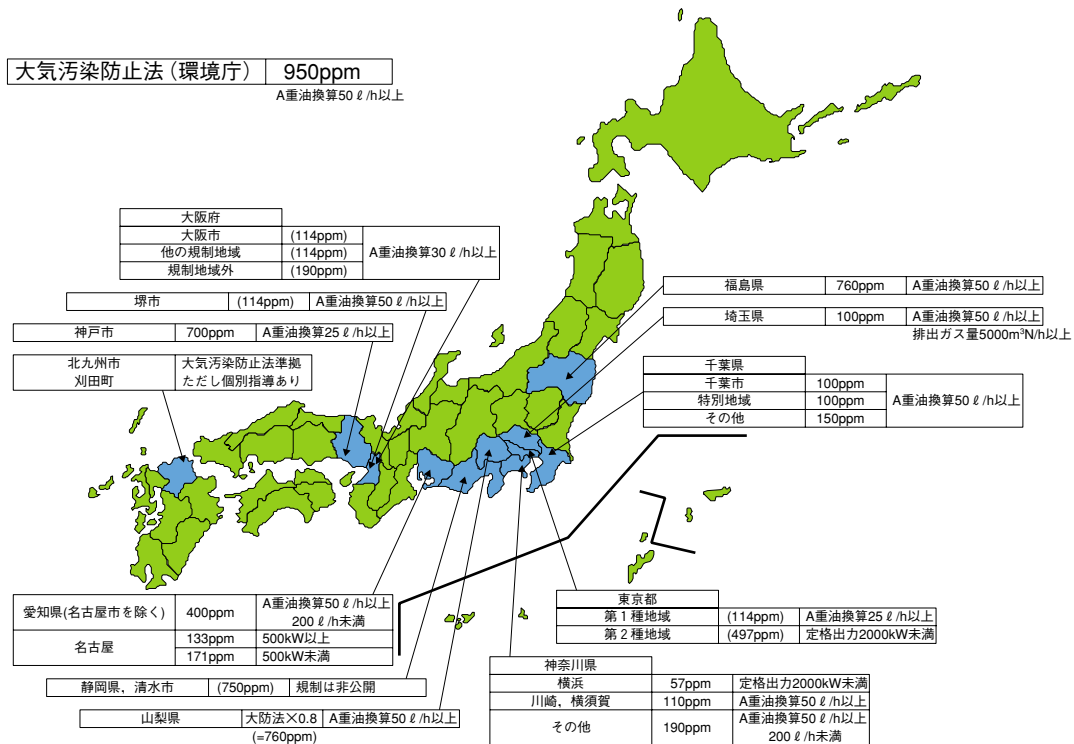


図6 国内大気汚染防止法 各都道府県の規制値状況

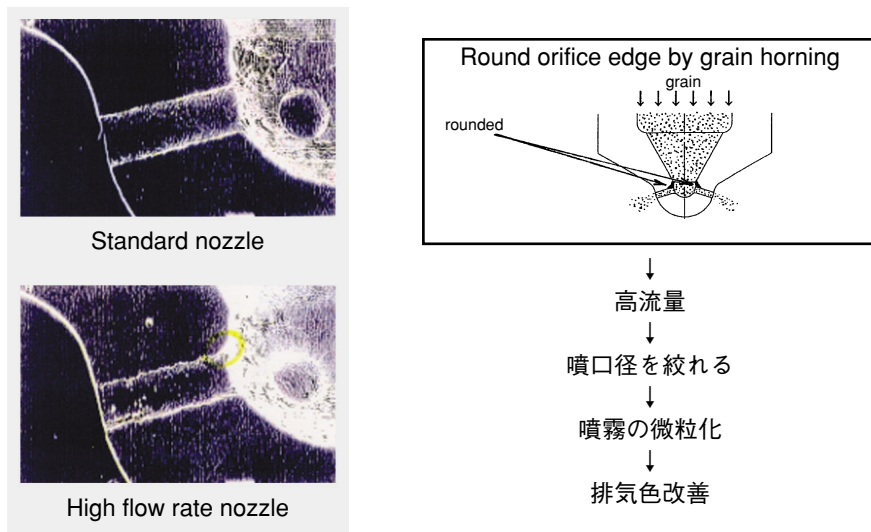


図7 エクストロードホーンノズル (Extrude Horn Nozzle)

3.3 騒音

常用発電機の場合、24時間の運転もあり、深夜の近隣に与える騒音低減技術の織り込みは重要な課題である。当社開発のHybridファン(写真1)はその翼形状に特色をもち、同一流量での低騒音化を達成している。また、ギヤトレインのバックラッシュ低減、シリンダブロックの剛性アップといったベースエンジン部分の設計においても、騒音低減技術を織り込んでいる。

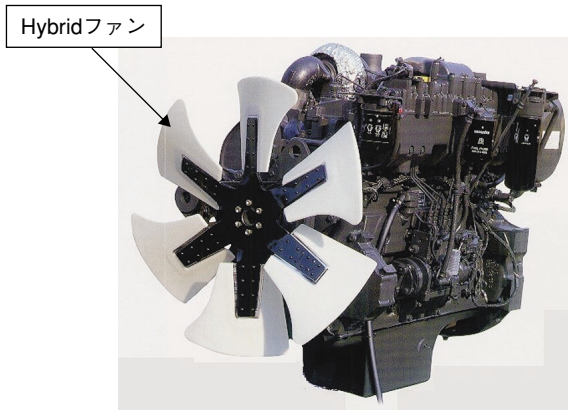


写真1 ハイブリッドファン

3.4 電子制御技術の利用

現在の定置常用仕様のエンジンには電子制御燃料噴射ポンプ搭載を標準仕様とし、制御技術によるメリットを出している。

たとえば、

- ①Li→Hiへの加速をランプ加速制御(約10秒)によって回転上昇させ、急加速時の排気色を可視できないように噴射量制御する(図8)

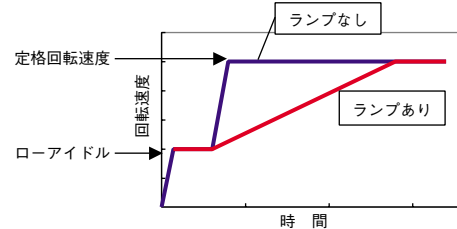


図8 ランプ加速制御

- ②各発電機メーカーの特性にもとづくマッチングを考慮し、PID制御常数を外部調整ボリュームにより変更できる
- ③発電機側との信号処理による故障診断機能(表1参照)などの機能を標準装備としている。

電子制御技術により対応できる機能内容を表2に示す。

表1 故障診断機能の例

項目	故障判定方法	判定時間	処置	復帰性	復帰条件	エンジンの状態	ランプ(アラーム)出力	LED数字表示
正常	—	—	—	—	—	運転	—	00
RAMエラー	システム始動時書き込みデータと読み込みデータが不一致	数 [msec]	ガバナプルダウン	無	電源を一度OFFして再始動させ、左記判定状態でなければ復帰	停止	17ピン	33
ガバナサーボエラー	ラック目標値とラック実測値の差が1 [mm]以上 Ne ≤ 158 [rpm] で 10 [sec] Ne > 158 [rpm] で 5 [sec]	左記参照	同上		同上			11
ラックセンサ	ラックセンサ出力電圧が規定範囲外となった場合 4.5 [V] 以上, 0.15 [V] 以下	150 [msec]	同上		同上			42
過速度(オーバーラン)	『ソフトウェアオーバーラン』 ・定置常用仕様: 50Hz設定時: Ne ≥ 1725 [rpm] 60Hz設定時: Ne ≥ 2070 [rpm] ・可搬仕様: 50, 60Hz設定時とも Ne ≥ 2070 [rpm] 『ハードウェアオーバーラン』 Ne ≥ 2600 [rpm]	・常用: 2.0 [sec] ・可搬: 100 [msec]	同上		同上			20 & 21
油圧低下	Ne ≥ 500 [rpm] で 6 [sec] 経過後に油圧スイッチ ON	500 [msec]	同上		同上			01
水温上昇	水温スイッチ ON	0.3 [sec]	同上		同上			03
電源電圧異常	Ne > 1393 [rpm] で 10 [sec] 経過後に基準電圧 (28 [V]) に対し 30 [%] (8.4V) 以上電源電圧が変動した	数 [msec]	同上		同上			55

表2 発電機用コントローラ制御内容

No.	項目	内容
1	周波数(50/60Hz)切換	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、50Hz と 60Hz を切り換える。 運転中は切換え不可(電源 OFF 時のみ切換え可)。
2	Li/ 定格運転切換	発電機盤からのスイッチ入力により、Li 回転と定格回転を切換える。 運転中(電源 ON 時)に切換え可能。
3	Li 回転速度調整	パネル上のボリュームにより、Li 回転速度を調整する。 調整範囲：800 rpm ± 100 rpm
4	ドループ / アイソクロナス運転切換	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、定格回転時の制御を、ドループ制御(NO.5)と アイソクロナス制御(NO.6)とを切り換える。 運転中は切換え不可(電源 OFF 時のみ切換え可)。
5	ドループ制御運転	ドループ/アイソ運転切換ジャンパ線(NO.4)がドループの位置の時、ドループ制御(負荷 に応じ回転速度が変化する)により運転を行う。回転調整は、パルス信号(NO.7)、アナロ グ信号(NO.9)、パネル上のボリューム(NO.8)のいずれかにより行う。
6	アイソクロナス制御運転	ドループ/アイソ運転切換ジャンパ線(NO.4)がアイソの位置の時、アイソクロナス制 御(負荷によらず定格回転速度一定)運転を行う。回転調整は、アナログ信号(NO.9)、ボリ ューム(NO.8)のいずれかにより行う。
7	定格回転パルス信号調整 (ドループ制御時)	発電機盤からのパルス信号入力にて、定格回転速度の調整を行う。 調整速度：約 3 rpm/sec(常用)、約 5 rpm/sec(可搬) 判定：50 msec
8	定格回転ボリューム調整 (アイソ&ドループ時)	パネル上のボリュームにより定格回転速度の調整を行う。 判定 15msec
9	定格回転アナログ入力調整 (アイソ&ドループ時)	発電機盤からのアナログ信号入力にて、定格回転を調整する。 回転制御信号範囲：DC 1～5 V
10	回転調整アナログ/ パルス切換 (ドループ制御時)	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、定格回転調整方法を、パルス信号入力(NO.7) かアナログ信号入力(NO.9)に切換えられる。 運転中(電源 ON 時)にも切換え可能。
11	回転調整アナログ/ ボリューム切換 (アイソ&ドループ時)	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、定格回転調整方法を、ボリューム調整(NO.8) かアナログ信号入力(NO.9)に切換えられる。 運転中(電源 ON 時)に切換は可能、但しエラー表示。
12	ドループ調整 (ドループ制御時)	定格回転時、パネル上のボリュームにてレギュレーションを変化させる。 調整範囲：約 3～5%
13	急加速制限機能 (スピードランプ機能)	Li/ 定格切換スイッチにより定格指示となった際に、Li → 定格(約 10sec) 回転速度上昇 時間を制御し、急加速時のスモークを低減する。Li 無し時(起動→Hi)にも同様の制御を する。
14	スピードランプ ON/OFF 切換	パネル上のジャンパ線の ON/OFF により、スピードランプ制御を行うか行わないかを 切り換える。運転中は切換え不可(電源 OFF 時のみ切換え可)。
15	非常停止機能	油圧低下、水温上昇、過速度などの重故障時にエンジンを停止させる。
16	故障診断表示機能	電子ガバナシステムに異常が生じた場合に、所定の異常処置を実施し、故障信号を外部 へ出力する。 出力：コントローラ本体の数値表示、および異常発生有無のランプ出力 (詳細は、故障診断一覧を参照)
17	メモリクリア機能	パネル上のメモリクリアボタンを押すことにより、記憶した故障内容を消去する。
18	オーバスピードモード切換 (テスト時のみ使用)	パネル上のジャンパ線により、オーバスピードテストを可能にする運転中は切換え不可 (電源 OFF 時のみ切換え可)。
19	PID 調整機能	発電機の安定性、応答性の最適値に設定が可能のように、パネル上のボリュームにて制 御定数を変更することができる。
20	PID 調整 ON/OFF 切換え	パネル上のジャンパ線により、PID 定数の調整がパネル上のボリュームにて可/不可を 切り換える。(不可=内部データの定数を使用する。) 運転中は切換え不可(電源 OFF 時のみ切換え可)。
21	スタータピニオン離脱信号 出力	エンジン始動を検知しリレー信号を外部へ出力する。
22	エンジンプレーループ機能	パネル上のスイッチにて無噴射クランキングが可能

### 3.5 高信頼性・耐久性

常用発電機においては設備としての要求から、高い信頼性と耐久性を要求されているが、当社では業界にさきがけて16000hrのOV(オーバーホール)インターバルをセリングポイントとしてきている。エンジン個々の部品においては建設機械車両をベースとしたデータベースが蓄積されており、そのデータベースから特に定置常用発電機における特有の使われ方を考慮し、軸シール類の寿命向上変更、噴射系部品の「ゴム材質」→「鉄配管」への変更、燃料性状にあわせたエンジンオイルの選定基準、オイルパンの容量アップ、バイパスフィルタの標準装備、燃料フィルタの容量アップ(A重油対応)、燃料イオウ分に対する腐食対策、などの設計変更を実施し、16000時間のOV寿命を達成してきている。

また、スケジュールメンテナンス表を整備し、A点検(500hrごと)、B点検(1000hrごと)、C点検(2000hrごと)、D点検(4000hrごと)、E点検(8000hrごと)、F点検(16000hrごと)における整備基準・交換部品一覧を規定しており、発電設備導入時のランニングコスト算出にあたっても有効活用されている。

## 4. 今後の展望

急速な市場の拡大に伴って市場競争が激しくなりつつあるが、3節でも述べたように、分散型発電機システムの使命は、その経済性にある。厳しい環境規制の中で、いかに経済的に運転できる動力源であるか、によって将来の生き残りは決まっていくものと考えられ、①燃料消費量の低減、②メンテナンスコストの低減、が分散型発電機市場における市場要求の根幹にあり、今後ともそのニーズに変化はないものと考えられる。

## 5. あとがき

当社のディーゼルエンジンを応用した商品の中で、発電機用エンジンの売上比率は50%を超える状況にまで成長してきている。これまで発電機用エンジンビジネスに携わった方々の苦勞と努力のたまものである。これからの21世紀においても電力需要は拡大を続けるものと思われ、一層の商品力アップは欠かせない。幸い、当社のFCDピストンによる低燃費技術と建機をベースとして地道に実施してきている交換部品の寿命延長技術は、今の市場ニーズに合致しており、定置常用市場ではコマツエンジンのブランドを築き始めているといっても過言ではない。このブランドを良い意味で維持しつつ、更に改良を図っていく所存である。そのためには、各方面からのフィードバック情報が必要であり、何よりも増してそういった情報からのニーズを重要視していきたいと考えている。

## 筆者紹介



Mitsuru Ueno

うえの みつる

上野 充 1984年、コマツ入社。  
現在、(株)アイ・ピー・エー副社長。



Takanobu Akutsu

あくつ たかのぶ

阿久津 孝信 1983年、コマツ入社。  
現在、(株)アイ・ピー・エー応用品開発グループ所属。



Hiroshi Ohta

おおた ひろし

太田 弘 1981年、コマツ入社。  
現在、(株)アイ・ピー・エー応用品開発グループ所属。



Kouji Hagiwara

はぎわら こうじ

萩原 康次 1993年、コマツ入社。  
現在、(株)アイ・ピー・エー応用品開発グループ所属。



Toshio Maki

まき としお

牧 敏夫 1995年、コマツ入社。

現在、(株)アイ・ピー・エー応用品開発グループ所属。

### 【筆者からひと言】

定置常用発電機用エンジンとして、たくさんのコマツエンジンが各OEM殿に採用されており、皆様の近所の“ショッピングセンタ、工場など”で日夜稼働しております。

これも、基本としてはエンジンの性能(本書で報告しました燃費など)が認められた事が理由と考えますが、エンジンの信頼性・耐久性および部品の補給体制を含めたアフターサービス面での対応を含めた“オールコマツの力”によるものと考えます。

今後も“安くて品質の良い電力”の御客様への供給を図るために、エンジンの改良・開発に努力していきたいと思っております。