

21世紀は一家に一台“分散型電源”

Distributed Generation Installed Each Family in 21 Century

岡崎 洋一郎 松平 伸康
 菱川 明 山根 薫



1. はじめに

当社では、電力産業に関連した種々の機器を製作し、お客様のニーズに対応している。分散型電源は、原子力・火力及び水力発電所等による送電線網を活用し電力を供給する大規模集中電源に対する小規模電源の総称であり、需要地に密着した小容量電源として容易に設置でき、必要とする電力だけ発電するためエネルギー効率が高く、今後、地球温暖化対策やエネルギー産業の規制緩和により市場拡大が見込まれる産業分野である。

当社では、大出力のディーゼルエンジン、ガスエンジン、ガスタービンによる分散型電源や、再生可能エネルギーである風力発電や太陽光発電また新エネルギーである燃料電池等も取り扱っているが、本論文では特に3.8 MW以下の小出力分散型電源に相当する製品について解説する。

2. 昨日

図1に当社4 kWから3.8 MW級のエンジン生産馬力推移を示す。

当社では戦前より産業用エンジンを生産し建設機械等に搭載、使用されてきたが、分散型電源用としては昭和49年の消防法改正でビルなどに防災設備用の非常用電源の設置が義務付けられたことにより普及したパッケージ発電セット用のエンジンとして多く用いられるようになった。

また、昭和50年代のエネルギー事情の変化により、常用電源用途、コージェネレーション用途への市場要求が増え、従来機種シリーズに対し、より高性能・高耐久性を図った新シリーズのエンジンを開発し、国内分散型電源市場に投入した。昭和60年代は、国内市場が活性化し、また輸出も増加したことから生産馬力は急成長し、現在に至っている。

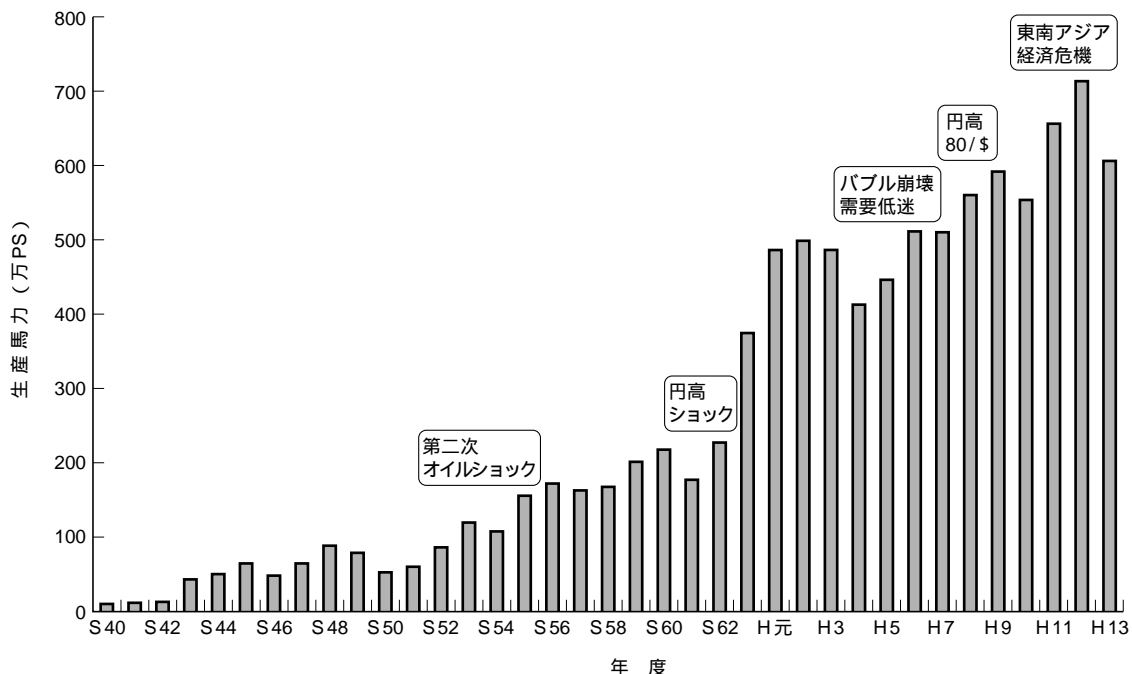


図1 3.8 MW以下エンジン生産馬力 4 kWから3.8 MW級エンジンの昭和40年以降の生産馬力推移を示す。

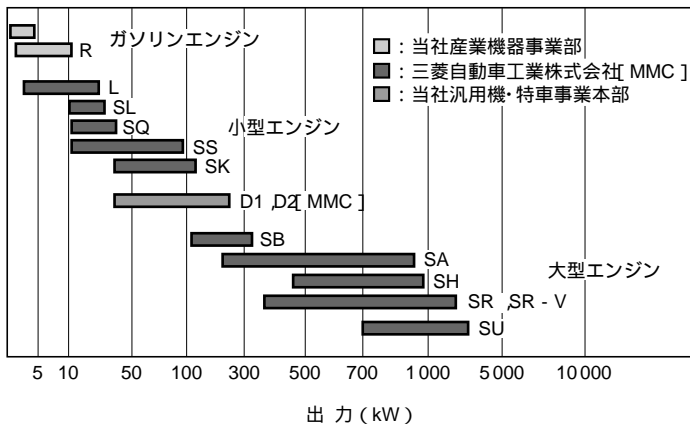


図2 小出力分散型電源用エンジンラインナップ 発電機用途のエンジンラインナップを示す。1 kWから3.8 MWまで幅広いレンジをカバーしているのが分かる。

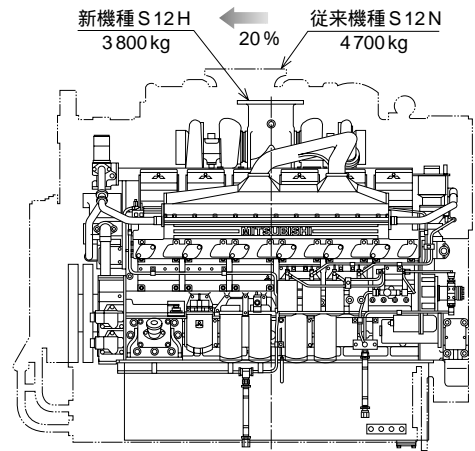


図3 新旧エンジン比較 発電機出力1 000 kW級の従来機種S12Nと新機種S12Hの大きさ及び重量の比較を示す。特に重量は20 %軽減できた。

年	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
37 ~ 75 kW			一次規制						二次規制				三次規制
37 ~ 130 kW			一次規制					二次規制				三次規制	

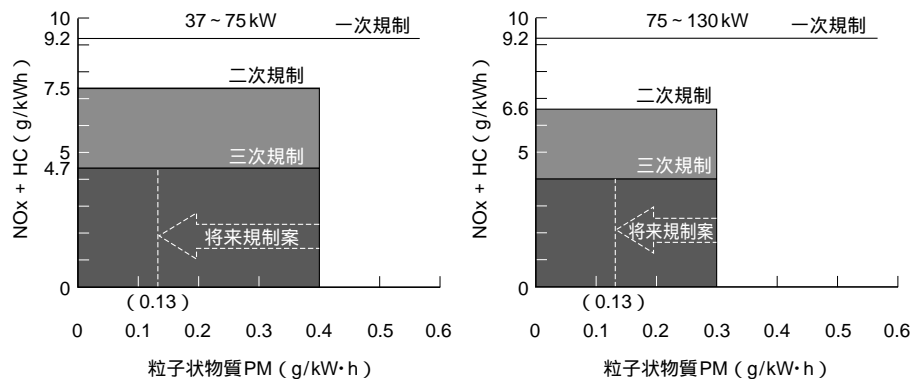


図4 アメリカEPAオフロードエンジン排出ガス規制スケジュール 1例として37 kWから130 kWの場合を示すが、一次、二次、三次と規制が厳しくなっていくのが分かる。

家庭用の分散型電源としては、キャンプ用等に用いるエンジン発電機があったが、広くは普及していなかった。

3. 今日

3.1 ディーゼルエンジン

コージェネレーションが普及してきたことと、エネルギーの規制緩和により分散型電源が脚光を浴び増加している。

図2に小出力分散型電源に用いられる発電機用途エンジンのラインナップを示す。

また発電機出力1 000 kW級エンジンの比較を図3に示すが、昭和50年代初頭に発売した従来機種S12Nに比べ、平成9年に発売した新機種S12Hは小型、軽量化されていることが分かる。

分散型電源は日常生活のすぐそばにあるだけに、最近、低公害化・省エネ化が必然の要求としてクローズアップされており、それに対応して排出ガス規制対策や低燃費化を盛り込んだディーゼルエンジン、また、クリーンな都市ガスを燃料としたガスエンジンを開発し販売している。

図4に1例としてアメリカ環境保護庁（U.S. Environmental Protection Agency：略称EPA）のオフロードディーゼルエンジン排出ガス規制スケジュールを示すが、国内外ともスケジュールと規制値は大体同じである。当社では、現在、二次規制対応機の販売対応中で、引き続きさらに厳しい三次規制に向けて開発を行っているところである。二次規制をクリアするために、給気温度を下げNOxを低減する手法や燃料噴射圧力を上げて環境や人体に影響を及ぼすとされる粒子状物質PM（Particulate Matter）を低減する手法を用い、図5に示すような外観の排出ガス規制対応エンジンを発売した。

3.2 ガスエンジン

ガスエンジンにおいては、このクラスで世界最高効率のミラーサイクルガスエンジンを一昨年発売し市場で好評を得ている。図6にその外観写真を示す。図7に示すようにミラーサイクルとは、吸気弁の閉じる時期を変更して圧縮行程を通常のエンジンより短くすることで膨張比が圧縮比よりも高くなり、図中の網かけ部分の仕事が増加し熱効率

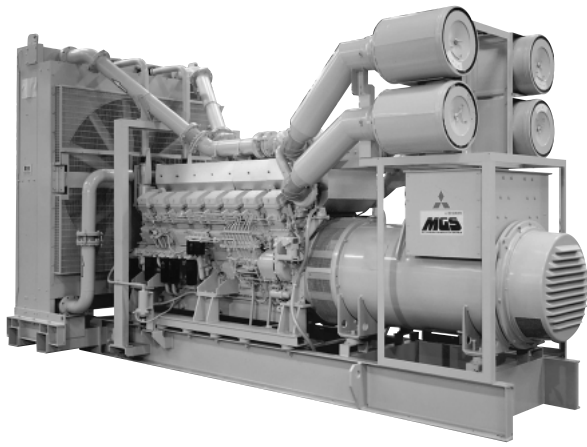


図5 排出ガス2次規制対応ディーゼルエンジン 大型空冷給気冷却機と高圧燃料噴射ポンプ等を採用し北米EPA排出ガス規制に対応した2 MW級S16R発電セットの外観を示す。



図6 ミラーサイクルガスエンジン外観 図5のS16Rエンジンをコージェネ用ミラーサイクルガスエンジン化したGS16Rの設置状況を示す。

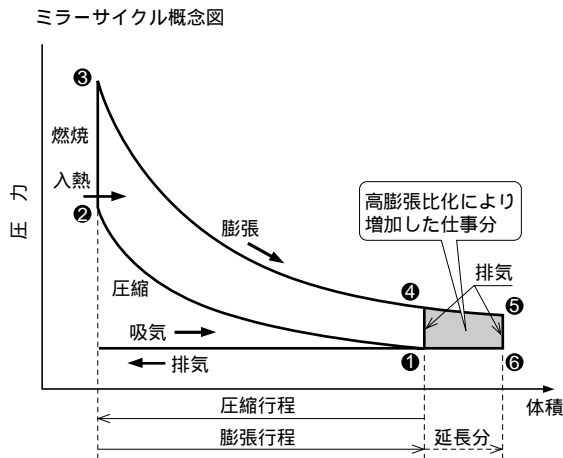
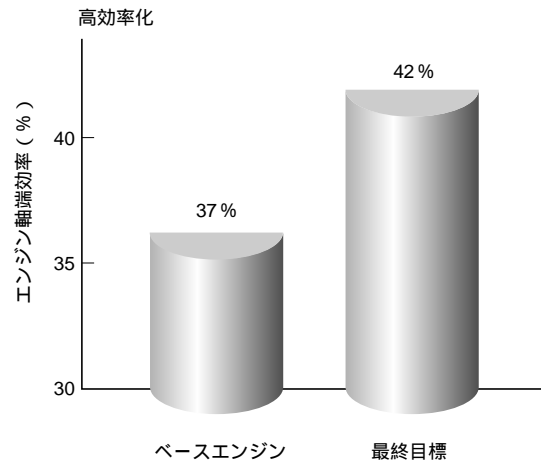


図7 ミラーサイクルによる高効率化 従来のエンジンに対し高膨張比化したことで仕事量が増加しベースエンジンに対し5%の効率向上が図れた。



設備概要

1. ガスエンジン主要諸元

機種	GS16R
気筒数・ボア×ストローク	16 - 170×180
出力	845 kW _e / 1500 rpm
発電機効率	40%
NOx	120 ppm (O ₂ 0%)

2. 稼働実績
 (1) 稼働開始 H11年7月
 (2) 総稼働時間 7600 Hr

CO₂削減

コストメリット 「買電+ボイラ」のコストを100として指数表示

14	ボイラ燃料代(温水, 蒸気利用)	↓ 低減 40%
31	基本契約料	
55	電力料金	60

燃料代及びメンテ費

図8 ガス コージェネエンジン設置例 当社相模原工場自家発電所での稼働例を示すが、CO₂排出量及び稼働コストで導入前に比べ大幅の改善が図れたことが分かる。

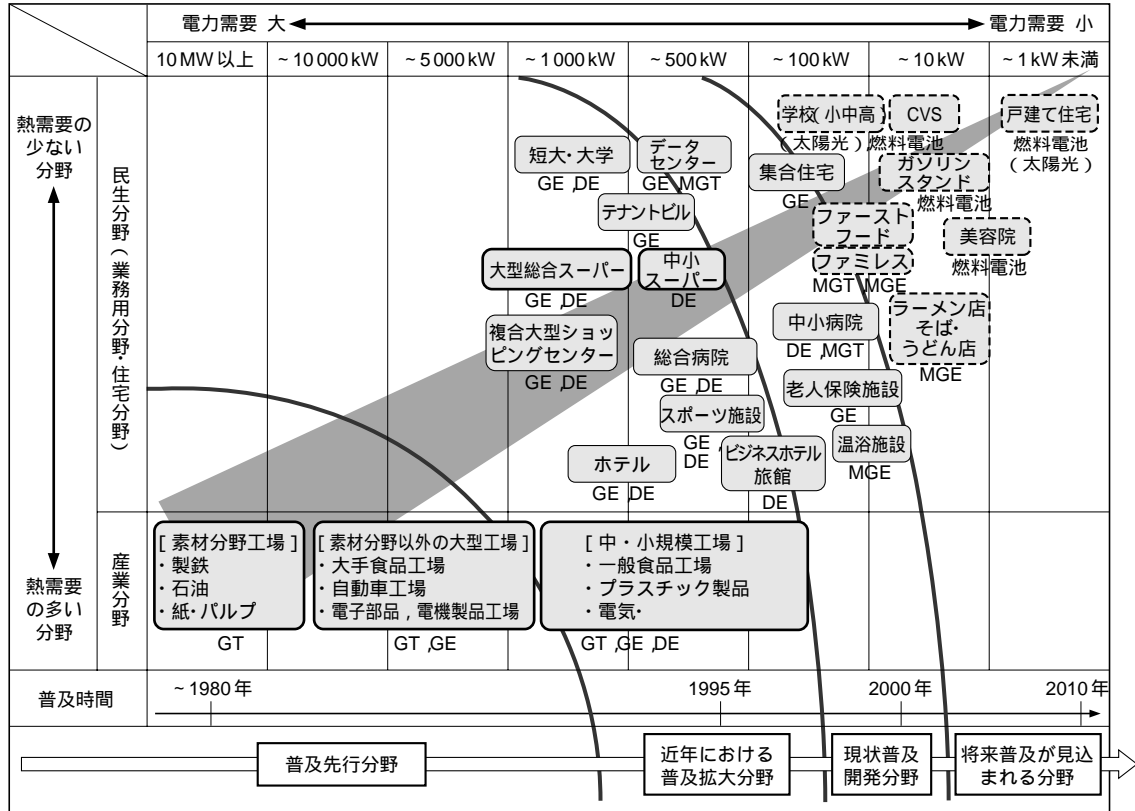


図9 分散型電源今後の普及拡大の可能性³⁾ 今後は熱及び電力の需要の少ない戸建て住宅等の小規模施設に、それぞれ使い勝手の良い動力源で普及することが予想される。

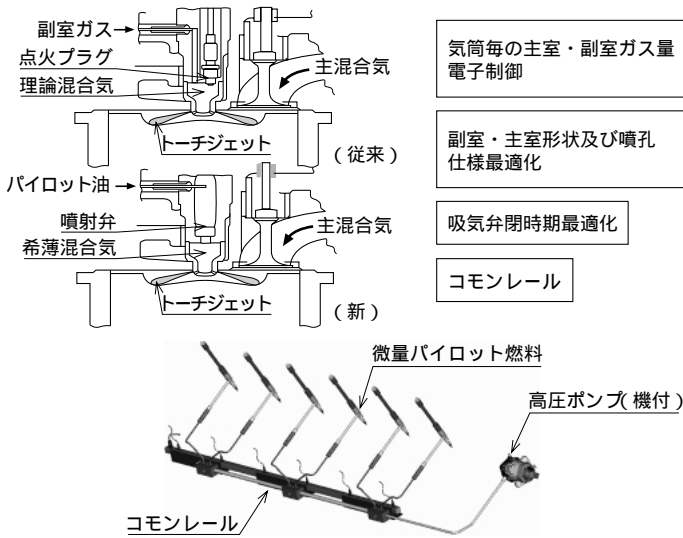


図10 高効率ガスエンジンの開発 MACHシリーズの開発コンセプトを示す。図中の要素を採用し発電効率42%を達成した⁽²⁾。

が向上するシステムのことです。当社では従来のリーンバーンエンジンにこのシステムを採用し、従来機種に比べ5%の効率向上を図ることができました。図8に当社相模原工場の自家発電用にガスコージェネエンジンを設置した例を示すが、導入前に比べCO₂で約20%削減、買電とボイラ使用時に比べ約40%の稼働コスト削減が図れた。

これらのエンジンはお客様のところで稼働している他の常用発電システムと同様に24時間遠隔監視システムにより、故障等による停止を最小限に抑えるよう管理されている。

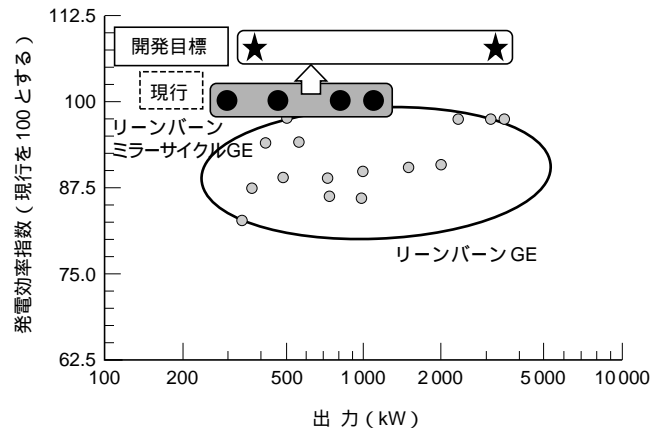


図11 高効率ガスエンジンの開発目標 ミラーサイクルやMACHシリーズ開発要素の一部を織り込み発電効率の向上とシリーズの充実を図る。

4.あ し た

4.1 分散型電源の将来

国内では、電力需要は21世紀半ばまで増加が見込まれているが、集中電源は原子力発電所の新規設置にブレーキがかかり、大規模設備の建設は今後、困難になるものと予想され、ますます分散型電源のニーズ増加が見込まれている⁽¹⁾。

また集中電源は、最大電力量に対応する形で設備増強を行ってきており、負荷平準化等のきめ細かい対応ができておらず、投入された1次エネルギーの約60%を廃熱として放出している状況で、設備過剰にある⁽²⁾。このため、21世紀半

ばにかけての老朽更新時にその一部は効率の良い分散型電源や中小設備の集中電源に置き換わるものとする。

図9に分散型電源の今後の普及拡大の可能性を示す⁽³⁾。昨今新聞等でコンビニエンスストアにおけるマイクロガスタービンを使用した分散型電源が話題になっているが、今後も熱及び電力需要の少ない戸建て住宅等の小規模施設にまで普及していく可能性がある。また、その動力源は個々の電力需要パターンに対し最適なものになっていくと予想される。

また、送電線の容易に設置できない場所での工場設備等に分散型電源は不可欠であり、今後もニーズは増大していくものとする。

当社では、業務用分散型電源用エンジンとして、高効率ガスエンジンの開発、高効率常用ディーゼルエンジンの開発、また小店舗、家庭用としてマイクロガスタービン、燃料電池等将来製品の開発に注力している。

4.2 高効率ガスエンジン

高効率ガスエンジンにおいては、図10に示すような大出力分散型電源用途のMACHシリーズで採用した各シリンダー毎の個別最適電子制御やNOx生成を抑制するためのパイ

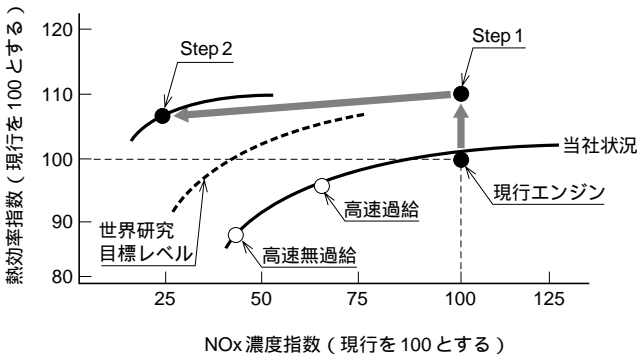


図12 高効率ディーゼルエンジンの開発目標(その1) 開発目標をNOxと熱効率の関係で示す。NOx 現行レベルで熱効率を向上させ、次のステップでNOxを大幅に改善する。

ロット着火リーンバーン方式等やミラーサイクルの開発要素を一部織り込んだエンジンを開発中である⁽²⁾。図11にその開発目標を示す。

4.3 高効率ディーゼルエンジン

高効率常用ディーゼルエンジンでは現状より数段厳しい将来排出ガス規制対応をもくろんだ新エンジンシリーズを開発中である。排出ガス規制適応と熱効率向上を同時に達成するために燃料噴射系等の高圧化及び電子制御化や増大する筒内最高圧力に耐え得る高剛性設計を盛り込んだものとなる。図12、図13にその開発目標値を示すが、最終目標達成のために、エンジン本体での対応に加え当社独自の後処理装置の開発や、筒内水噴射等の従来から培ってきた排出ガス規制対応技術も新エンジンには盛り込んでいく予定である。

4.4 新分散型電源

図14にマイクロガスタービン発電装置を示す。図中に詳細説明はないが、下記の3Eをセールスポイントに実用化を

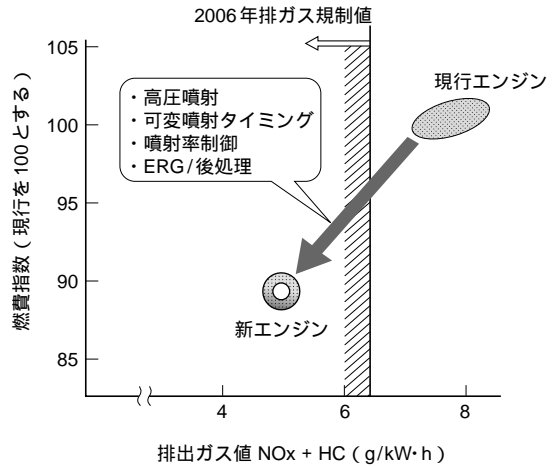
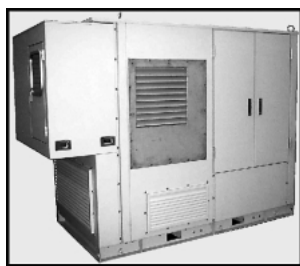


図13 高効率ディーゼルエンジンの開発目標(その2) 図中に示す開発要素を織り込み、低排出ガス化と燃費の大幅改善を開発目標値としている。



マイクロガスタービン発電セット

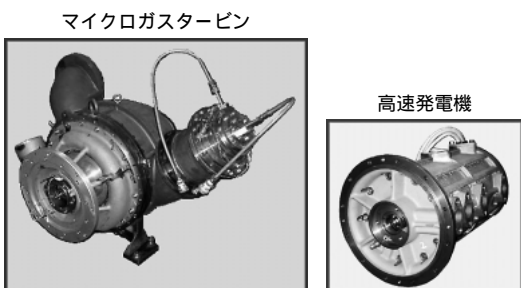
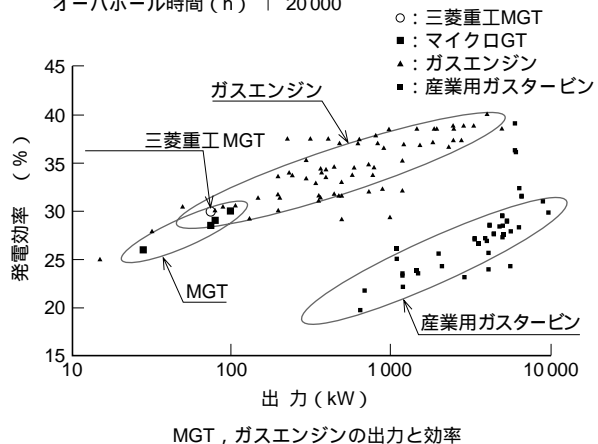


図14 マイクロガスタービン発電装置

出力80 kW 発電効率30%を達成し、世界トップレベルにあることが分かる。

【仕様】

出力 (kW)	80
回転数 (rpm)	6500
発電効率 (%)	30
NOx (ppm)	25以下
オーバーホール時間 (h)	20000



MGT、ガスエンジンの出力と効率

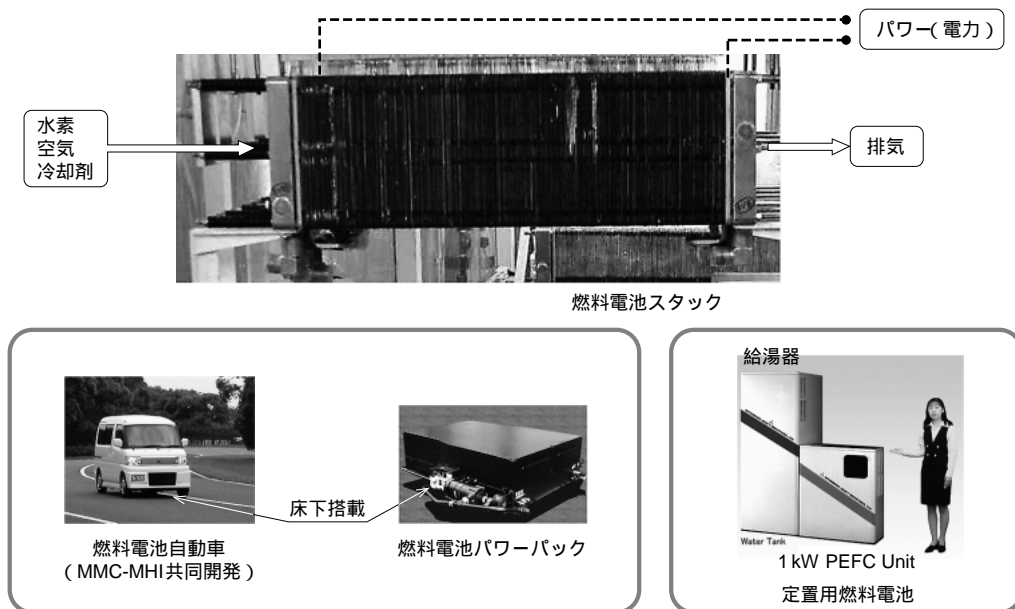


図 15 燃料電池固体高分子形燃料電池外観 燃料電池の概略と開発中の燃料電池を示す。右下の写真が家庭用の 1 kW 級燃料電池である。

図っている。

- (1) Efficiency : 効率 30 % 以上の小型発電装置
- (2) Environment Friendly : 低 NOx , 低振動の都市型発電装置
- (3) Easy to Operate : ボタン一つで起動 , 負荷投入 , 運転停止

図 15 に固体高分子形燃料電池を示す。三菱自動車と共同で行ってきた研究のノウハウを分散型電源用燃料電池の開発に展開していく計画で、家庭用としての 1 kW 級も開発中である。

分散型電源の普及の拡大は、外部環境要因（電力料金、燃料費及び環境規制）に大きく左右される。どのように環境が変化しても対応できるように当社はディーゼル、ガスエンジンに加えてガスタービン、燃料電池を開発中である。

5. おわりに

一家に一台、分散型電源の普及が進んでいくと、各家庭で蓄熱システムを保有するなど、エネルギーの利用形態が変わるだけでなく、現在の上流から下流への電力システムではなく、地域全体のエネルギー運用の最適化が図られる必要が生じ、エネルギー事業の変革が引き起こされる可能性がある。そして、そこから生まれるのは公害の少ないより豊かな生活である。当社ではそのような世の中の実現に向け、個々の要

求に合った分散型電源の開発・普及に取り組んで行く方針である。

参考文献

- (1) 栗原ほか、わが国の電力システムの将来像、電中研レビュー第 39 号 p.15
- (2) 小田ほか、三菱重工における分散型電源、三菱重工技報 Vol.39 No.3 (2002-5) p. 152 ~ 159
- (3) <http://www.fuji-keizai.co.jp/>
分散型電源の普及動向および電力市場に対する影響について、株式会社 富士経済



岡崎洋一郎
常務取締役
汎用機・特車事業本部長



松平伸康
汎用機・特車事業本部
エンジン・ターボ総括部長



菱川明
汎用機・特車事業本部
エンジン・ターボ総括部エンジン・ターボ技術部長



山根薫
汎用機・特車事業本部
エンジン・ターボ総括部エンジン・ターボ技術部大型エンジン設計課主席