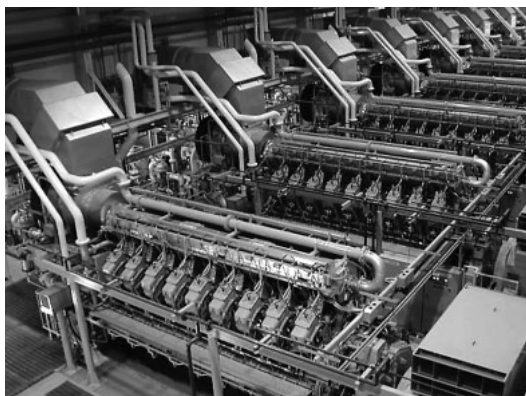


発電機ラインナップ

Lineup of Co-generation in Mitsubishi Heavy Industries



沼田 明^{*1}
Akira Numata

中野 良治^{*2}
Ryouji Nakano

小田 裕司^{*3}
Yuji Oda

勝見 政芳^{*4}
Masayoshi Katsumi

昨今の環境規制が厳しくなる中、CO₂、NO_x、煤じん等の有害排出物の少ない発電機関の需要が伸びており、当社としても電子制御、燃焼改善、後処理システム等を積極的に導入している。また同機関の信頼性及び発電プラント廻りの環境を考慮した低振動・低騒音も環境対応技術として重要である。ガスエンジンについては特徴である低NO_x及び低煤じんを維持しながらディーゼルエンジンに匹敵する高効率化を、ディーゼルエンジンについては高出力及び高効率を維持しながら低NO_x、低煤じん化を推進している。これらの低公害型発電機関に必須であるのが環境対応技術であり、本報では環境対応型エンジンをういたエネルギーサービス事業（売電事業）の一例及び当社の低公害発電機関について紹介する。

1. はじめに

環境対応技術を適応した発電機関のラインナップとエネルギーサービス事業（売電事業）及び環境対応技術について紹介する。

2. 発電セットラインナップ

図1に発電出力10 000 kW以下の当社発電機関のラインナップを示す。発電出力範囲は170～8 000 kWまで幅広く、用途に応じた客先ニーズに対応可能である。

3. エネルギーサービス事業

当社はオンサイト発電事業者、電力小売事業者への発電設備の供給のみならず、積極的に発電エネルギーサービス事業を展開している。

3.1 電力小売事業の展開

電力小売事業の例として当社が100%出資している発電供給者、エム・エイチ・アイ横浜パワー(株)を図2に示す。平成14年10月に当社ガスエンジンMACH-30Gの初号機・2号機が営業運転に入っている(5 750 kW×2台)。

現在、全発電量の内4 000 kWを当社横浜製作所に供給し、残りの7 000 kWを特定規模電気事業者に売電している。今後はサテライト発電構想に基づき、客先におけるオンサイト発電事業の運営を拡大していく

予定である。

3.2 EMS事業の展開

近年、日本において拡大しているESCO事業（電力小売等）と類似したエネルギーサービス（EMS：Energy Management Service）事業を、中国において実現させ、平成15年6月より運用している。

EMSとは、ファイナンス会社、設備メーカ、運用及びメンテナンス会社、石油会社等数社のコンソーシアム契約よりなる当社独自の新規エネルギーサービス契約形態である。

3.2.1 中国におけるEMS事業展開の背景

中国は1998年のディーゼル油輸入禁止により国内ディーゼル油価格が高騰し、同時に電力会社が電力単価を値下げしたため、ディーゼル発電機の常用運用及び新規導入がほとんど停止した。特に日系現地進出企業は中国への生産シフトが加速されてますます多忙となり、以下の背景から2002年頃より特に日系企業に対してEMS事業展開を開始した。

- (1) 中国の一部地域では電力会社の発電（送電）が質量共に悪化している。
- (2) 現地進出企業は本来の生産のみに注力し管理・インフラ関係はアウトソーシングしたい。

3.2.2 EMS契約のメリット

ユーザの抱える諸問題・課題に対して、EMS契約は次のようなメリットがある。

- ファイナンス（リース）会社による資金で、初期投

^{*1} 汎用機・特車事業本部エンジン技術部次長

^{*2} 横浜製作所原動機技術部次長

^{*3} 技術本部長崎研究所内燃機・油機研究推進室長

^{*4} 技術本部横浜研究所機械研究室長

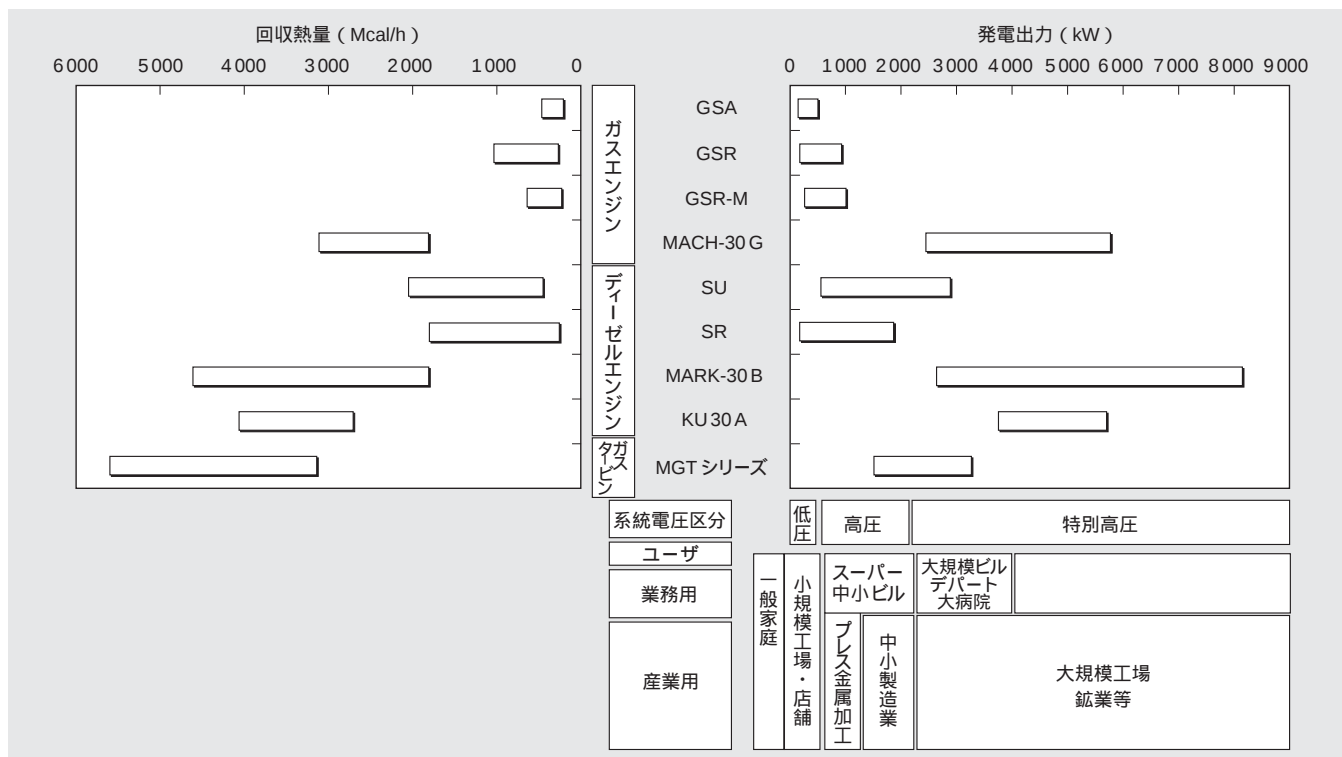


図1 当社発電機ラインナップ 発電出力10 000 kW以下の製品ラインナップを用途別に発電出力と回収熱量との関係で示す。



図2 エム・エイチ・アイ横浜パワー(株) 横浜製作所内にて稼働している。

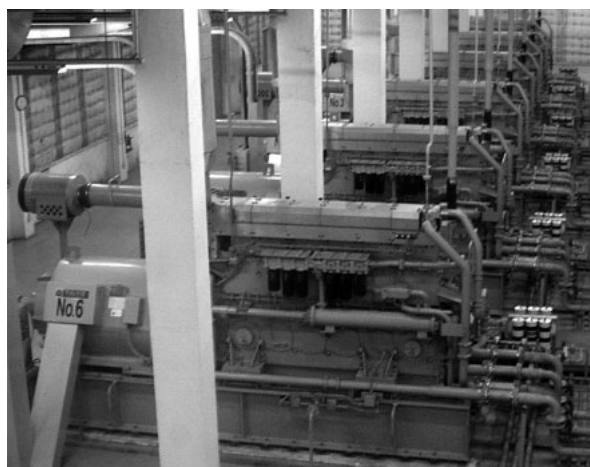


図3 EMS契約ディーゼル発電所 ディーゼルエンジン(S6U)、1 000 kW × 6 台のEMS契約発電所。

資が不要となる。

- 石油会社からの安定した高品質の燃料調達と、メーカー指定の運用及びメンテナンス専門会社をパッケージで供給し、電力・エネルギー管理のアウトソーシングを実現する。
- 電力会社並みの電力単価で、高品質で安定した電力を供給できる。これにより不安定な電力会社による停電・瞬停、電圧降下、電力需要ピーク時の供电不安を回避できる。
- 新工場への新規採用のみならず、現工場の既設発電設備を高効率常用専用機へ換装することによって、発電性能向上及び保守性等の改善が可能である。

- 電力供給と同時に、排熱によるコージェネレーションを利用することでさらに省エネルギーを図ることができる。

3.2.3 導入事例

中国の某電気機器メーカーが導入したEMS契約による発電設備を図3に示す。当社ディーゼルエンジンS6Uを使用した1 000 kW × 6 台の常用発電設備であり、計画的なメンテナンスにより給電の信頼性を維持することで電力を安定供給し、ユーザの生産操業安定化に寄与している。

3.2.4 今後の展開

海外から展開を開始したEMS事業のメリットを活

かして、日本国内においても今後積極的な事業展開を図っていく。

4. 環境対応技術

4.1 燃焼及び電子制御

4.1.1 ガスエンジン

当社ラインナップのガスエンジンの特徴としてミラーサイクルの導入がある。図4にミラーサイクルシステムの概念図を示す。ミラーサイクルは幾何学的圧縮比を高めながらも給気弁を従来より早く閉じることによって実圧縮比を従来レベルに確保できるため、膨張行程と圧縮行程の差分（仕事量）を大きく取ることができるシステムである。このシステムにより発電機端効率はMACH-30Gにて従来比3.4%アップの45.5%、GSR-Mで従来比14%アップの40%を達成し、NO_xは従来レベルとしている。またMACH-30Gは図5に示す電子制御システムを用いて低NO_xと高効率を両立している。図6には現在稼働中のGS12R-Mを示す。

4.1.2 ディーゼルエンジン

図7にはKU30Bへの搭載を狙い、開発を進めている電子制御コモンレールシステムの構成図を示す。高低2つの圧力レールを有し、それぞれの噴射時期を2

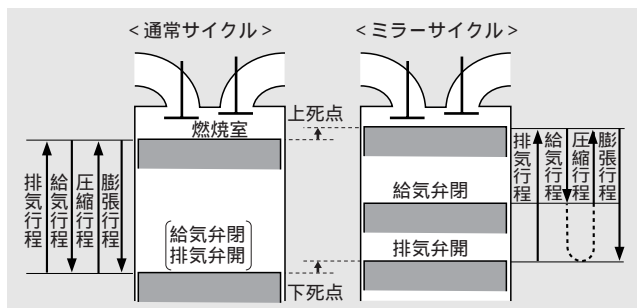


図4 ミラーサイクルシステム模式図 膨張行程＞圧縮行程とすることで高効率化を達成。

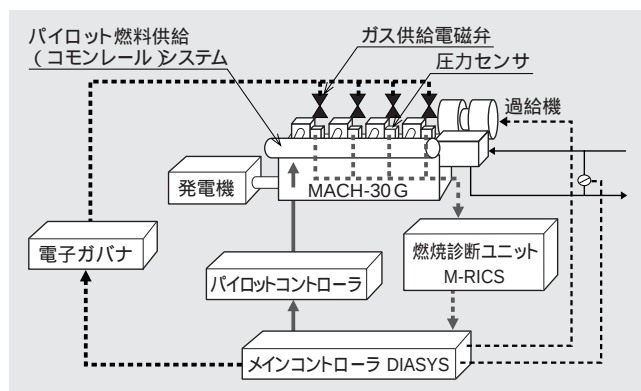


図5 電子制御システム MACH-30Gに標準搭載されるシステム。メインコントローラDIASYSを用いてエンジンの燃焼状態を常に最適に制御する。

つの電磁弁で独立に制御することで自由な燃料噴射モードを実現可能とした。これにより起動時から高い噴射圧を確保することができるため、発停及び低負荷時の煤じん排出量の大幅な低減を可能とした。

図8は本システムにより初期の燃料噴射量を抑制し



図6 稼働中のGS12R-M ミラーサイクルの適用により従来に比較し大幅な熱効率改善を達成している。

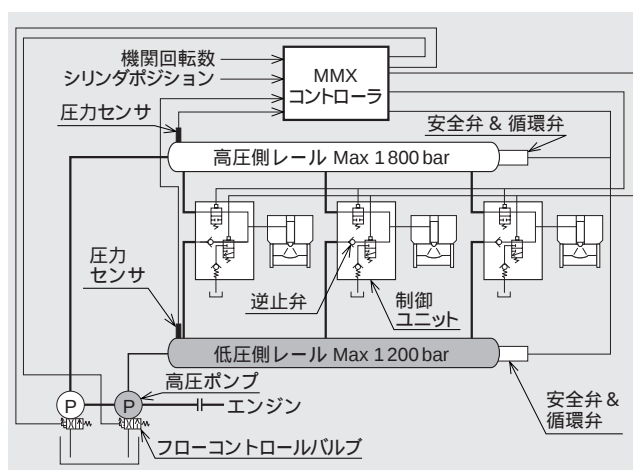


図7 コモンレールシステム 各筒の燃料制御電磁弁が外付けであるため、既存機関に取付可能。また2種のレール圧の組合せで噴射パターンをコントロールできる。

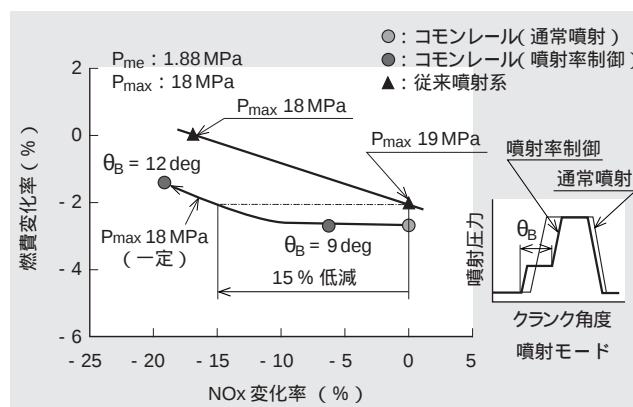


図8 NO_xと燃費の関係 コモンレールにて噴射パターンを調整することにより、低NO_xと低燃費を同時実現。

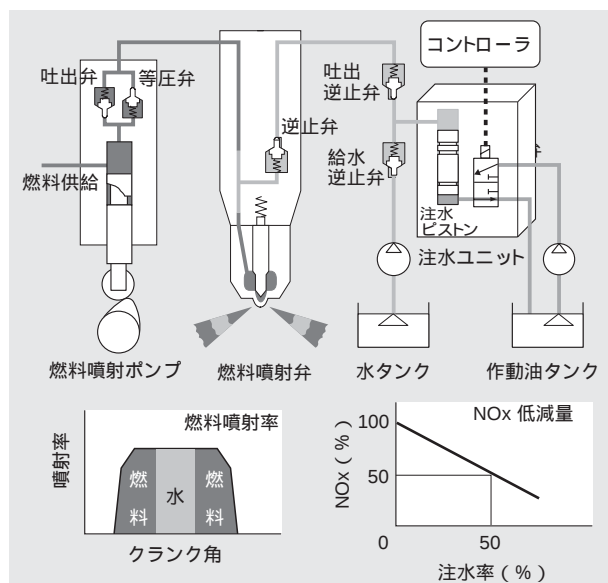


図9 層状水噴射システム 注水率 50 %でNOx を 50 %低減.

た噴射率制御を行い，従来噴射系と同等燃料にてほぼ 15 % の NO_x 排出量を低減したものである。

さらに、本システムには図 9 に示す層状水噴射システムを搭載可能としており、燃料に対し 50 % の水を注水、燃料と水を層状に筒内に噴射することで最大 50 % の NO_x 低減を可能としている。

4.2 後処理システム

当社では環境対策として低公害燃焼の研究開発のみならず、排出ガスの後処理、振動・騒音の低減にも取り組んでおり、発電システム全体として環境に配慮している。

地球温暖化物質の一つであるCO₂の発生を抑制するには、化石燃料を使用する機械の熱効率を向上する必要がある。当社では他の熱機関と比較して高热効率の達成が可能なディーゼルエンジン、ガスエンジンの特徴を活かし、CO₂排出量削減に向けた更なる技術開発を進めている。

また、ディーゼルエンジンからのNO_x、煤じんの排出は社会問題となっており、燃焼の改善及び排出ガス後処理双方の研究開発を推進している。

市街地ではエンジンの運転により発生する騒音・振動が問題となるので、遮音効果の高いボンネットによる低騒音化、発電セットの防振支持化等の対策を施している。

4.2.1 排ガス後処理装置

エンジン内部での燃焼の改善によりNO_x、煤じん等の環境汚染物質を低減する事が可能である。更に排出ガスをクリーンにするため、後処理によりディーゼルエンジンではNO_x及び煤じんを、ガスエンジンではNO_xを除去する技術が開発されている。



図10 当社の自家発電プラント用脱硝装置 脱硝率は90 %を超える。

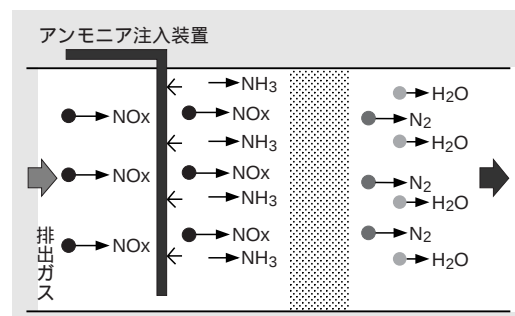


図 11 アンモニア脱硝装置 反応装置で NOx
を N₂と H₂O に分解する。

(1) 脱硝装置

当社ではディーゼルエンジン、ガスエンジンのみならず、ガスタービン、ボイラ、焼却炉などの燃焼を伴う製品を有しており、これらの排出ガスの後処理技術を用いた脱硝装置、MINTシリーズを商品化している。

図10に当社の自家発電プラントを示す。

本装置は、図 11 に示すとおり、アンモニア水を排出ガス中に注入し、反応装置で NO_x を N_2 と H_2O に変換するものであり、脱硝率は 90 % を超える。

また、MINTシリーズは250 kWから50 000 kW
までの広い出力範囲をカバーし、国内外の数多くの
プラントに納入されている。

(2) 煤じん除去装置

発電用ディーゼルエンジンは回転数が一定であること、常に定格出力近傍で使用されること、また、煤じんが多量に発生しがちな急激な負荷変動が少な

いことから、通常の運転領域で煤じん排出量を抑えた燃焼状態にすることが可能である。このため、後処理装置無で煤じん量を規制値以内に抑える事が可能である。一方、起動時の急速なエンジンの立ち上がり時に黒煙が発生する。そこでこれを除去する為の後処理装置を開発した。これは、起動時のみ排出ガスをフィルタに導き煤じんを除去し、通常運転時に捕捉した煤じんを焼却するものである。黒煙除去装置設置状況を図12に示す。

(3) ECCO™フィルタシステム

当社では、高硫黄燃料を前提とした煤じん除去装置、ECCO™ (Eliminating Technology of Carbon by Catalytic Oxidation) フィルタシステムを開発中である⁽¹⁾。

4.1.2項の煤じん除去装置がエンジン起動時の煤じん除去を目的としているのに対し、本フィルタシステムは常にエンジン稼働中の煤じんを除去するものである。

自動車用として開発されたDPR (Diesel Particulate Filter) が、高硫黄燃料を用いると触媒性能が低下するのに対し、ECCO™ フィルタシステムは高硫黄燃料でも性能を維持できる特徴を有する。

本装置は既に実機エンジンを利用した試験を実施しており、優れた性能を有する事が確認されており、実用化に向けて各種試験を実施している。

4.3 振動・騒音

4.3.1 低騒音化

当社では、市街地の大規模店舗・ホテル・病院などに向けて、超低騒音発電パッケージを納入している。低騒音発電パッケージは開発当初85 dB(A)仕様を主流としていた。現状では75 dB(A)仕様、更には70 dB(A)仕様の要求があり、現在超低騒音70 dB(A)仕様パッケージを開発・発売している(図13)。



図12 黒煙除去装置設置状況 高硫黄燃料においても黒煙を除去できる。

低騒音化のため、低騒音化寄与率の高いパッケージ・パネルの透過損失の向上、吸気サイレンサ・排風ダクトのスプリッタや排気マフラの強化などを行っている。

図14に最も効果の高いパネルの透過損失の試験結果を、85 dB(A)仕様と比較して示す。

パネルの透過損失は85 dB(A)仕様パネルの33 dB(A)に対して、平均で43 dB(A)であり、約10 dB(A)アップしている。

今後は低周波域の改善を行い、更なる低騒音化を図っていく。

4.3.2 低振動化

年々厳しくなる低公害化要求の一つとして、低周波振動の低減がある。一般に機械振動分野での100 Hz以下の比較的low周波な振動が建造物の基礎などを介して外部環境へ伝播することにより、屋内生活空間に影響を及ぼす。そのため、住宅地に近い自家発電装置にとって低周波振動は深刻な問題であり、優れた防振装置が重要となっている。

防振装置は支持するばね要素を柔らかくすることで防振効果が大きくなる反面、発電装置の揺れを考慮した設計・据付が難しくなる。

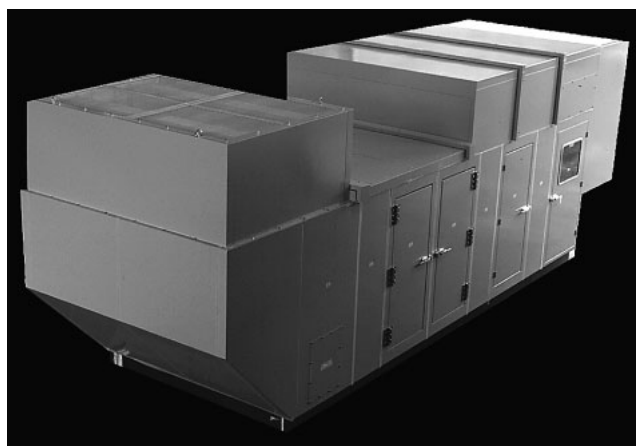


図13 超低騒音70dB(A)仕様パッケージ 85 dB(A)仕様パッケージを下回る超低騒音設計。

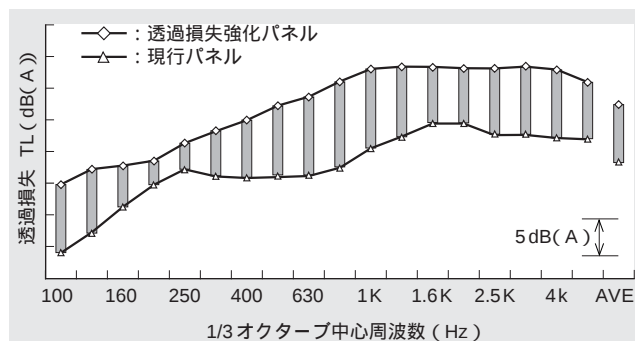


図14 パネル透過損失計測結果 パッケージ及びパネルの透過損失を大幅に向上。

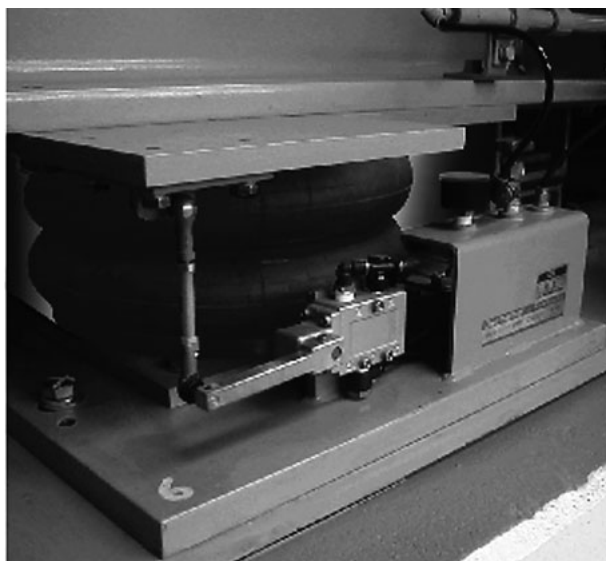


図15 実機エアサスペンション例 エアサスペンション、ショックアブソーバー、ストッパー等から構成。

当社では、図15に示すエアサスペンションを防振装置として試験し、良好な結果が得られた。エアサスペンションを採用したエンジンの振動計測結果（SUエンジン）を、図16に示す。

従来の防振ゴム方式の減衰量 10 ~ 20 dB 程度に対し、エアサスペンションの防振効果は大きい。

また今回は、エアサスペンションに付随する装置として、負荷変動時などの急激な揺れを吸収するショックアブソーバ及び大変位ストッパを装備しており、これらの装置を最適化し、コストダウン及び耐久性向上を図ることも今後の課題である。

5. ま と め

当社は売電及びコジェネ用発電設備を対象に高効率を達成しかつ、環境対応技術に積極的に取り組んでいる。燃焼改善のための、ミラーサイクルシステムや電子制御システムを導入し、効率改善や排ガスの浄化を達成している。これにより資源燃料の有効利用及びCO₂排出低減に寄与している。更なる低公害のため、排ガス後処理システムである脱硝装置や黒煙除去装置を開発している。また、機関の信頼性向上と発電機関設置環境の改善を考慮した低騒音及び低振動対策に取

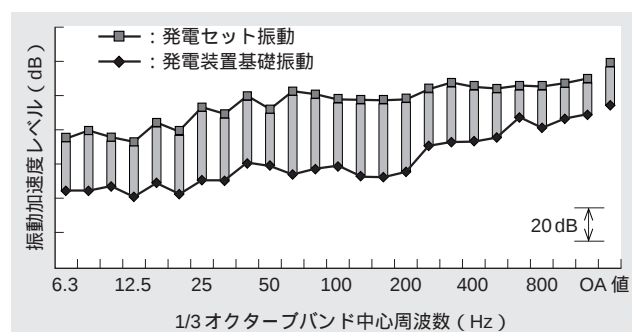


図16 エアサスペンション振動計測結果 従来の防振ゴム式に比較し減衰量の大きなエアサスペンション式。

り組んでいる。

今後、益々環境対応に対するニーズが高まってくると予想される中で、当社は常に一步先を考えた低公害型発電機開発に余念がない。またそのような環境対応技術を備えた発電機関をオンサイト発電事業に設置することで、客先ニーズの高効率コージェネレーション・売電事業・低公害性確保を低コストで供給できると考える。

参 考 文 献

- (1) 角田ほか、世界最高効率三菱リーンバーンガスエンジン、三菱重工技報 Vol.40 No.4
- (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
- (3) 角田、低公害・高効率ガスエンジンの開発 クリーンエネルギー（2003）



沼田 明



中野 良治



小田 裕司



勝見 政芳