

# 中小規模コージェネレーションシステムの普及状況と技術開発

金子 安雄

## 1. はじめに

私が所属する勦石油産業活性化センターでは、現在、民生用の100~300kW級のディーゼルエンジンを使ったコージェネレーションシステムの技術開発を行なっている。勦石油産業活性化センターといってもご存知ない方が多いと思われるので、はじめに簡単に紹介させていただく。

勦石油産業活性化センター（PEC）は、昭和61年5月、石油業界を中心にして、エンジニアリング、機械、電機、シクタンク、銀行等広範囲な関連業界の協力のもとに石油全般および自動車用メタノールに関する技術開発、調査研究、ならびに石油産業の構造改善等を総合的に推進し、文字どおり石油産業の活性化を促す中核的機関として設立されたものである。総員20数名、技術開発部、メタノール部、総務部、構造改善部、企画調査部という5つの部から成っている。

技術開発としては、コージェネ用ディーゼルの他、燃料電池ナフサ利用技術、重質油等低品位留分燃焼技術、オフガス有効利用技術、精製排熱有効利用システム、燃料油低窒素化技術、高精度反応制御機構、高性能耐腐食反応装置等について研究開発を行なっている。昭和62年度のテーマの数は、合計で32、このうち10がコージェネ用ディーゼル関係である。技術開発に要する費用は、その約2/3が国からの補助金、残りが技術開発に参加する会員の負担であり、研究員、研究施設等は技術開発に参加する会員のそれを使うシステムとなっている。

民生用の中小規模コージェネレーションシステムについて、現在の普及の状況と勦石油産業活性化センターで行なっている技術開発を中心にコージェネ一般の技術開発の現状について以下に報告する。

## 2. 普及の状況

かねこ やすお 勦石油産業活性化センター  
〒102 千代田区麴町5-3-23 ニュー麴町ビル2F

わが国のコージェネレーションシステムは産業用としてはポピュラーで、たとえば、石油精製では、ボイラーで高圧スチームをつくって発電し、その後、排スチームによってタービンポンプを動かし、さらにその排スチームをもってタンクや配管を加熱するといったことは古くから行なってきた。他の業界でも大同小異で、まず発電を行なうか、あるいは、スチームを生産工程に利用したのち、発電を行なうかの違いはあっても、産業用の自家発電の大半はコージェネレーションの形態をとっていると考えられる。これら産業用自家発電の能力は62年3月末現在で約15,470,000kWであり、わが国全体の発電能力の約8.9%を占めている。

一方、民生用のコージェネレーションシステムは、日本コージェネレーション研究会の資料によれば、昭和62年9月現在、137箇所、発電能力の合計約64,100kWであり、わが国全体の発電能力からみるとわずかに0.04%にしかならない。昭和62年の夏に資源エネルギー庁公益事業部が中心となって開かれた「コージェネレーション問題検討委員会」において、西暦2,000年には、最大で1,120,000kWになる可能性もあると予測されているが、それでも現在の総発電能力に対し、わずかに0.6%程度にしかならない。省エネルギーは資源の乏しいわが国にとって進めていかなければならない課題であるだけに、コージェネレーションの一層の普及が待たれる所である。

民生用コージェネレーションの規模別、エンジン別の分類を前記日本コージェネレーション研究会の資料からまとめると表1のとおりとなる。表1によれば発電規模で1,000kW以下のものが122箇所、26,651kWとなる。何kW以下を中小規模というかは議論の余地があるが、1,000kW以下と仮定すると、発電能力では42%にすぎないが、施設数（事業所数）では89%に達する。つまり、民生用の設置例の大部分は中小規模の施設ということになる。

この中小規模の民生用コージェネレーションを見ると、エンジンについては、ガスエンジンとディーゼルエ

ンジンが圧倒的に多く、ガスタービンとデュアルフューエルエンジンは少ない。表1には記載しなかったが、燃料についていえば、ガスエンジンは都市ガス、天然ガスならびにLPGであり、ディーゼルエンジンはA重油、灯油が多く、ガスタービンは都市ガスまたは灯油、デュアルフューエルエンジンは都市ガスとA重油という分類になる。

デュアルフューエルエンジンがほとんどないということは特徴的なことである。コージェネレーションの先進国である欧州においては、デュアルフューエルエンジンは珍しくない。欧州においては、北は北海油田から南はアメリカ、東はソ連、西はイギリスに至るまで、国境を越えて配管による天然ガスの供給網が完成されており、天然ガスが潤沢に使用可能である一方、石油も自由に選択する余地があるため、天然ガスの価格が安い時は天然ガスを使い、重油の価格が安い時は重油を使うシステムが採られ得るためである。

表2には、1施設当たり1,000kW以下の中小規模の民生用コージェネレーションの用途別分類を示した。(なお、大規模施設の場合でもエンジン本体の大きさは1,000kW以下のものがほとんどである。)民生用として目につくのはホテルである。給油、冷暖房等の熱需用とエレベーター、照明等の電力需要とのバランスが良いためである。昭和62年9月現在、20箇所、34基のエンジンが使われている。エンジン別でいえばディーゼルが最も多く14箇所、26基(1基当りの平均発電能力188kW)を数える。

病院もホテルと同じように熱需要と電力使用量のバランスが良いと思われるが、今のところ実施例は少ない。

健康クラブには、健康センター、サウナ等が含まれるが、これもディーゼルが多い。

スポーツ施設には、トレーニングセンター、スイミングスクール、ゴルフ場やスキー場のレストハウス等が含まれるが、ディーゼルとガスエンジンとがほぼ半々である。

ショッピング施設としては、ショッピングセンターの例が4件あるだけである。百貨店は、たとえば、ロンドンにある世界でも有数のハロッズが古くからコージェネレーションを採用しているように、ホテル、病院と並んでコージェネレーションを採用する基盤があるはずであ

表1 民生用コージェネレーションの発電能力と施設数

昭和62年9月日現在(単位 上段 kW 下段 施設数)

	50kW以下	50~100	100~500	500~1,000	小計	1,000kW以上	合計
ガスエンジン	769 29	1,812 22.5	3,886 18.5	1,080 2	7,547 72	9,758 4	17,305kW 76箇所
ディーゼル	86 3	532 6.5	6,696 22.5	9,510 13	16,824 45	22,680 9	39,504 54
ガスタービン			1,280 3	800 1	2,080 4	5,000 2	7,080 6
デュアルフューエル			200 1		200 1		200 1
合計	855 32	2,344 29	12,062 45	11,390 16	26,651 122	37,438 15	64,089 137

備考1 施設(事業所)で複数のエンジンがある場合、予備機を含めた能力の合計で分類した。

2 施設数で0.5というのは、施設(事業所)で異なる種類のエンジンを使用していることを示す。

るが、わが国においては未だしである。

石油会社関連は、灯油、A重油によるディーゼルがほとんどである。自社の研究所、保養所、事務所に設置するほか、最近ではガソリンスタンドに数十kWの小型ディーゼルエンジンのコージェネを設置する例が目立つ。昭和61年秋、昭和シェル石油が特約店である吉字屋本店の甲府の給油所に設置したのがきっかけで、昭和62年には同社の気仙沼市の給油所、コスモ石油の泉市の給油所、三菱石油の横須賀市の給油所等に建設が行なわれた。これは電気を照明、エアコン、洗濯機の動力等に使う一方、熱を洗車用の給湯等に利用するものである。自家発電で安い電力を使えることから、十二分の照明を行ない、客先の注意を引きつける他、給湯による洗車が容易に行なえるなどの利点がある。昭和63年春の消防法の見直しにより、給油所ビルの建設が増加する見込みだが、これを契機に給油所のコージェネレーションは一層加速されるものと思われる。

石油ガス会社関連は、すべてLPGによるガスエンジンコージェネである。

都市ガス会社関連は、設置箇所数では44箇所と圧倒的に多い。支店、営業所、研修所、研究所、電算機センター、技術センター等に設置されている。ほとんどすべてがガスエンジンである。

石油会社や都市ガス会社関連のコージェネレーションは、一部には技術の開発、ノウハウの蓄積の意味があり、また一部にはデモンストレーションの意味もあると思われる。

その他のものには、事業所ビルを中心に、協同組合、

表 2 中小規模民生用コージェネレーションの用途別分類

昭和62年9月 現在 (単位 上段 kW 中段 施設数 下段 基数)

		ガスエンジン	ディーゼル	ガスタービン	デュアル フューエル	合 計
ホテル	発電能力	595 kW	4,896	1,600		7,091 kW
	設置個所	3	14	3		20個所
	エンジン基数	4	26	4		34基
病院	発電能力	98	960			1,058
	設置個所	1	2			3
	エンジン基数	1	4			5
学校	発電能力	200	720			920
	設置個所	1	2			3
	エンジン基数	1	3			4
健康クラブ	発電能力	70	2,546			2,616
	設置個所	1	5			6
	エンジン基数	1	11			12
スポーツ施設	発電能力	340	1,472			1,812
	設置個所	4	4			8
	エンジン基数	4	7			11
ショッピング施設	発電能力	540	1,850			2,390
	設置個所	1	3			4
	エンジン基数	2	7			9
石油および石油ガス会社関連	発電能力	197	1,370			1,517
	設置個所	5.5	9.5			15
	エンジン基数	7	12			19
都市ガス会社関連	発電能力	3,711			200	3,911
	設置個所	40			1	41
	エンジン基数	47			1	48
その他オフィスビル等	発電能力	1,796	3,010	480		5,286
	設置個所	15.5	5.5	1		22
	エンジン基数	21	5	1		27
合 計	発電能力	7,547	16,824	2,080	200	26,651
	設置個所	72	45	4	1	122
	エンジン基数	88	75	5	1	169

備考 発電能力、施設数の記載は表のそれと同じ。

レストラン、宗教本部、保養所等の施設が含まれる。

### 3. 技術の開発

#### (1) 高効率化

現在使われているコージェネレーションシステムのエンジンは、先に述べたとおりガスエンジンとディーゼルエンジンが大半で、これに少数のガスタービンが加わる。これら3種類のエンジンの熱効率を見ると図1のとおりで、ディーゼルエンジンが最も高い。これに発電機を加えた場合の発電効率は、ディーゼルエンジンで30~40%、ガスエンジンで25~30%、ガスタービンで15~25%程度である。

ディーゼルエンジンは、発電効率が高だけでなく、部分負荷特性も3者の中で最も良く、低負荷においても

発電効率の低下が比較的少ない。効率をあげることは各エンジン共通の課題であるが、特にガスタービンの場合にはその感が深い。大型ガスタービンは別として、民生用コージェネレーションに使われるような小型ガスタービンは、タービン翼の耐熱性が問題で、入口温度を900℃程度に抑える必要があるため、NO<sub>x</sub>の排出が少ないというメリットはあるものの、発電効率は20%程度にしかならない。これをカバーするため、タービン翼の冷却や、耐熱金属材料の使用、セラミックコーティング等の技術開発が急がれている。この技術が完成し、1200~1400℃での燃焼が可能となれば、NO<sub>x</sub>の発生をそれほど増加させずに、発電効率においても他のエンジンに近づくものと期待される。

コージェネレーションとしての総合熱効率は、熱の回

取効率によって左右されるが、ディーゼルエンジンとガスエンジンの場合は70~80%程度、ガスタービンの場合は65~75%程度になると考えられる。ガスエンジンとディーゼルエンジンは、排ガスと冷却水から温水(80℃程度)と低・中圧蒸気(120~170℃程度)の形で熱を回収し、ガスタービンは排ガスから中圧蒸気(180℃程度)の形で熱を回収するのが普通である。

通常、電気と熱の需要のタイミングが合わないが、蓄積ということになれば熱の方が対処しやすい。したがって、蓄熱技術の開発が必要となる。水蓄熱が一般的だが、単位重量当り、水の数倍の蓄熱量があるケミカル蓄熱も研究開発が進められている。

## (2) 低公害性

コージェネレーションの場合、環境問題として考えられるものは排ガス性状、特に $\text{NO}_x$ とパーティキュレートならびに騒音がある。

ディーゼルエンジンは高圧縮比、高温燃焼であり、先にも述べたとおり高効率であるが、そのかわりガスタービンに比べれば $\text{NO}_x$ が多く、 $\text{O}_2$ 13%で1,000~1,200ppm程度である。ガスエンジンも $\text{O}_2$ 5%で2,000ppm程度あり、絶対量でディーゼルとはほぼ同等である。

ディーゼルエンジンを使ったコージェネレーションに対しては、63年2月より、新設のケースでは $\text{NO}_x$ 、950ppm(シリンダー径400ppm未満)という法規制が適用されることとなった。これに対してはタイミングリタード等の燃焼技術の改善で対応がとられることになる。しかし、タイミングリタード(燃料噴射時期遅延)は燃料消費率を増加させる。そのため、高圧噴射、燃焼室形状の変更等により、効率をあげる努力が必要となる。ディーゼルの場合、ばいじんも0.10g/nm<sup>3</sup>以下と規制されたが、燃焼の面でいえば、 $\text{NO}_x$ の低減とばいじんの低減とは裏腹の関係にある。したがって両者があるレベルで満足させる一方、特にばいじんを低減させる必要がある場合は、ばいじんトラップ等を使うことになるが、ばいじんトラップは耐久性に難があるため、セラミックス等新素材により耐久性を向上させる研究が進められている。

$\text{NO}_x$ の低減に対しては、発電ボイラーなどではアンモニア還元脱硝が実用化されている。しかし、ディーゼルエンジンの場合は、触媒に悪影響があるばいじんをまず処理する必要があること、負荷変動に対する $\text{NH}_3$ 注入の追随性を良くすることなどの問題があり、直ちに適用することはむずかしく今後の技術開発課題と考えられる。排ガス再循環も効果があると思われるが、循環比率と低

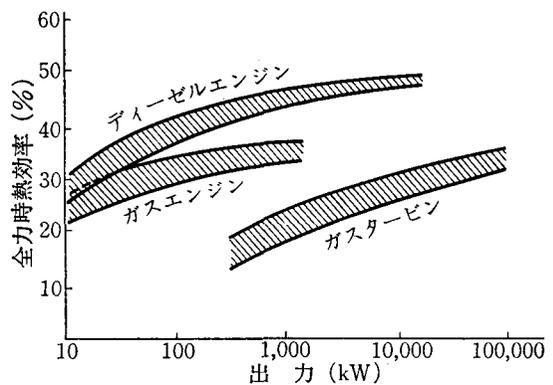


図1 原動機の熱効率(機械出力/入力)

(社)日本産業機器工業会 (社)日本機械工業連合会  
「省エネルギー技術の応用によるエネルギー高効率利用の調査研究報告書」(60.7)

減効果ならびにエンジンに対する影響を勘案する必要があるのである。

騒音に対しては、一般的には防音パッケージで対処するが、本質的な防音対策としてディーゼルエンジン本体の騒音発生源の研究により、たとえば、部材の剛性をあげるなどの成果が得られている。

## (3) 耐久性、使い勝手

需要家にとってコストと並んで大切なものは耐久性と使い勝手である。システムそのものはブラックボックスに入り、スイッチ1つ、ボタン1つで動き、必要な電気と熱を供給してくれなければ困る。こういう要求に対処するためには、要所にセラミックス等、耐摩耗性、耐熱性のある新素材を使った耐久性に優れたエンジンの開発をはじめとして、長寿命の潤滑油や熱媒体油の開発、自動給排油システムの開発、閉塞を起こしにくい高効率の熱交換器の開発等が必要となる。

この他、トラブルを未然に防ぐために、いずれは遠隔集中監視体制の整備が必要となろう。離島の発電機に対しては、日本においてもかかるシステムが実用化されているが、米国においては、たとえばサンジェゴのインテリコン社は、コージェネ専門に17箇所のユーザーに集中監視のサービス業務を行っており、データを電話線でキャッチし、コンピュータ処理によりトラブルの予知を行ない、異常を感じた時はポケットベル等で運転員に知らせるシステムをとっている。コージェネを普及させるためにはこのようなシステムによるバックアップ体制をとる必要があると考えられる。

ディーゼルの場合、小規模メンテナンスは別として、

オーバーホールを行なう間隔は次第に延長されている。現在のところ、オーバーホール間隔は、8,000時間位が普通だが、少なくともこれを12,000時間以上、つまり、1.5年に1回以下程度にしたいと考えている。

#### (4) その他

その他の課題としては、当然のことながら、低コスト化、省スペース化がある。これに対しては、エンジンを含めたシステムの標準化、コンパクト化で対応がとられよう。エンジンメーカーがばらばらのかたちで製造する

よりも、共通の部品をより多く使うことにより互換性、量産効果が生じ、コストダウンにつながるはずである。また、省スペース化はエンジンと発電機の一体化、熱交換器の効率アップ等による小型化、パッケージ化等によりすすめられるものと思われる。

（財）石油産業活性化センターとしては、これまで述べてきた開発課題に対し、少しでも需要家のニーズに応えようと昭和65年度を目標に研究開発を行なっているところである。

## 会員の声・近況

田中謙一郎 西南学院大学商学部

3年ほど前に、「研究室だより」の欄に寄稿したことがある（29巻11号）。内容は、昭和45年以来14年間続けられてきた、文科系のみならず珍しい「情報処理特別講座」を紹介したものであった。

COBOL、PL/I等の言語別のカリキュラムが好評で、これが本学の情報処理教育の中核をなしていた。しかし、情報化そのものが急速に進行しつつある現代において、それが夜間の特別講座であることの問題点も示唆しておいた。

その後、この件は学長の諮問を受けた検討委員会で審議され、議論を積みあげた結果、昼間の正規の単位として認定されることになった。言語処理システム、事務処理システム等の新編成のカリキュラムからなる情報処理基礎1～8は、本年4月からスタートしている。経済学部出身の私が、商学部で管理工学を担当するきっかけとなった特別講座が発展解消したことについては、昭和51年発行の修了証書を未だに保存している私としては、淋しい気がしないでもない。

なお、ついでながら、私は今夏よりスタンフォード大へ留学の予定でこの科目を担当していない。

細江守紀 九州大学経済学部経済工学科

最近私が進めているテーマは市場・組織における不確実性と情報の数理的分析です。不確実性下の組織＝取引形式については参加者間の情報の非対称性の存在が重要なポイントだと考えられます。この1、2年は行動情報の非対称性を考慮した階層的企業、チーム型企業などの比較組織分析を行なっています。

最近、ラドナー＝マスキンはチーム型企業の非有効性を繰り返しゲームの文脈で主張していますが、モニタリング、市場の不確実性観点から大変興味ある指摘となっています。また、市場との関連では、技術的イノベーション、あるいは、そのためのR&D戦略に関する情報のあり方がどのように産業組織の形成、市場成果の水準に影響を与えていくか、また、最近のVAN事業の発展にみられる情報ネットワークの形成が企業間の垂直的、水平的取引にどのような影響を与えるか等が現在の研究課題です。

これらの問題はアメリカの数理的経済・経営研究者を中心に、不実備情報、完全均衡概念などの新しいゲーム論の成果をとり入れて、さかんに分析されてきています。

この春、こうした問題に対する私の研究の一部が、『不確実性と情報の経済分析』（九大出版会）として出版されます。興味をおもちの方はぜひ一読いただけたらと思います。