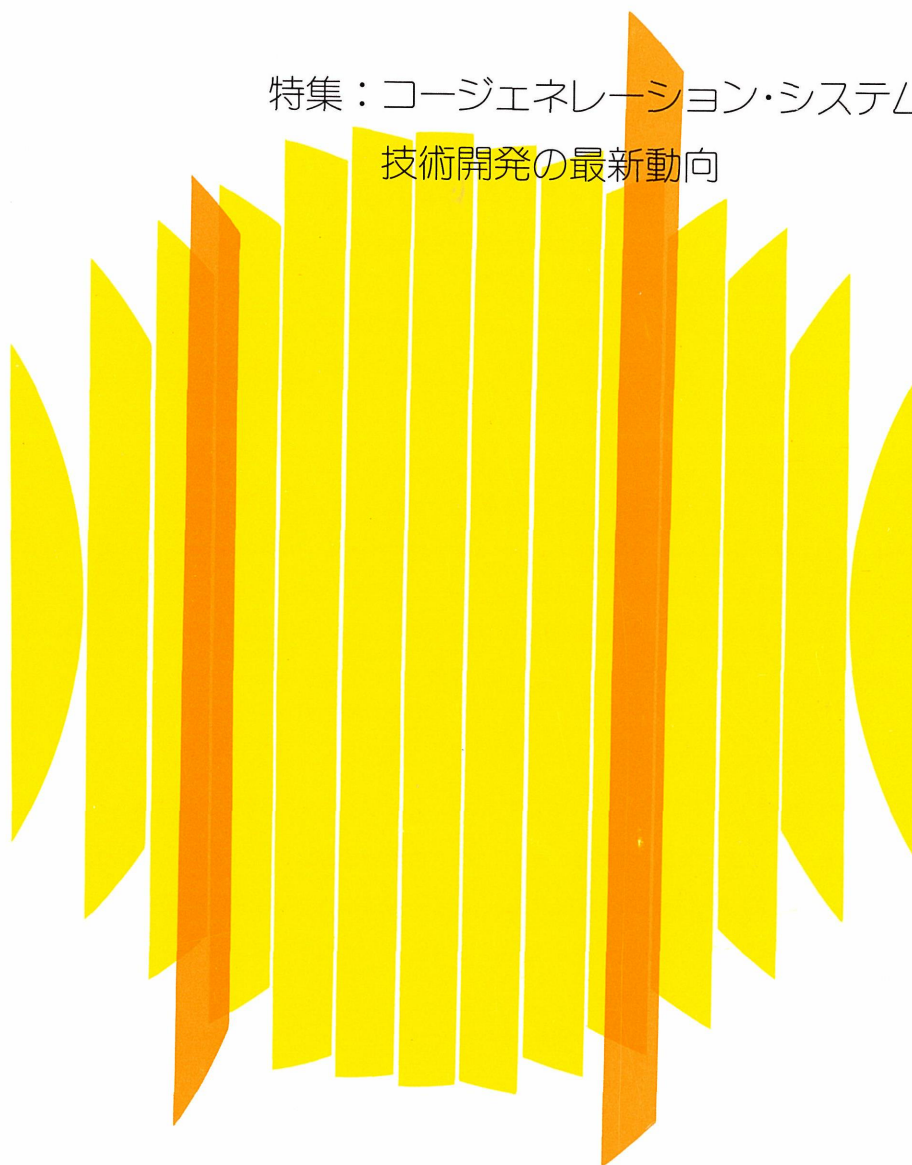


季報 エネルギー総合工学

Vol. 11 No. 3 1988. 10.

特集：コージェネレーション・システム
技術開発の最新動向



財団法人 エネルギー総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

目 次

昭和63年度拡大月例研究会

——コージェネレーション・システム技術開発の最新動向——

昭和63年9月16日(金) 於銀座ガスホール

総 合 司 会 : プロジェクト試験研究部部長代理 片山優久雄

セッションⅠ司会: エネルギー技術情報センター長 大塚益比古

セッションⅡ司会: プロジェクト試験研究部長 山崎 宗重

拡大月例研究会に寄せて —— コージェネレーションと規制緩和 ——

……………東京大学先端科学技術研究センター教授 平 田 賢…… 3
(日本コージェネレーション研究会代表幹事)

開会のあいさつ ……………(財)エネルギー総合工学研究所 理事長 山 本 寛…… 5

来賓のあいさつ ……………通商産業省資源エネルギー庁公益事業部計画課 課長 糟 谷 晃…… 7

セッションⅠ

Ⅰ－Ⅰ コージェネレーションシステムを取り巻く最近の動き
……………日本コージェネレーション研究会 理事 垣 田 行 雄……10
(財)日本システム開発研究所 常務理事)

Ⅰ－Ⅱ コージェネレーションシステムに関連した調査の総括的報告
……………(財)エネルギー総合工学研究所 主任研究員 池 松 正 樹……24

セッションⅡ

Ⅱ－Ⅰ 低NO_xディーゼルエンジン・コージェネレーション・システムの開発状況
……………(財)石油産業活性化センター 技術開発部長 金 子 安 雄……42

Ⅱ－Ⅱ 小型高効率コージェネレーションシステムの開発について
……………アドバンス・コージェネレーションシステム技術研究組合
研究部部長 中 西 恒 雄……57

Ⅱ－Ⅲ 小型ガスエンジンヒートポンプの技術開発と今後の展望
……………(財)日本ガス協会 甲斐崎 充 典……67
(東京ガス(株)商品開発部部长)

Ⅱ－Ⅳ 小型LPGガスエンジン・コージェネレーションシステムの開発動向
……………日本LPGガス協会 竹 内 正 美……81
(三井液化ガス(株)販売部部长代理)

パネル討論会概要.....97

——コージェネレーションシステムの普及に関する制度及び技術上の諸問題について——

司会：東京大学先端科学技術研究センター 教授 平田 賢
 話題提供者：通商産業省資源エネルギー庁公益事業部計画課 課長補佐 古賀 洋一
 建設省住宅局住宅生産課 建築省エネルギー対策官 内海 重忠
 環境庁大気保全局大気規制課 課長補佐 竹本 和彦
 日本コージェネレーション研究会 理事 垣田 行雄
 (財)日本システム開発研究所 常務理事)

討論参加者：三菱重工業㈱相模原製作所エンジン設計部 次長 村松 敏彦
 ㈱石油産業活性化センター 技術開発部長 金子 安雄
 アドバンス・コージェネレーションシステム技術研究組合
 研究部部长 中西 恒雄
 ㈱日本ガス協会 甲斐崎 充典 (東京ガス㈱商品開発部部长)
 日本LPガス協会 竹内 正美 (三井液化ガス㈱販売部部长代理)

閉会のあいさつ (掲載略)専務理事 越川 文雄

研究所のうごき.....99



拡大月例研究会に寄せて

コージェネレーションと規制緩和

東京大学先端科学技術研究センター教授

日本コージェネレーション研究会代表幹事 平 田 賢

この数年の間に、コージェネレーションをめぐる周辺条件は大きく変化した。特にわが国法制面の基盤は急速に整えられたといえよう。昭和61年8月の系統連系技術要件ガイドラインの制定に始まり、業務用予備電力契約制度の導入(61年8月)、一建物内での電力の特定供給認可通達(62年11月)、固定型内燃機関のばい煙排出基準の設定(63年2月)、電気主任技術者不選任承認制度の拡大(63年5月)、小型ガスタービン発電設備に拘る定期検査制度の緩和(63年5月)、建築物への導入検討指針(検討中)、消防法における危険物の規制の緩和(62年4月)、消防用自家発の出力算定法の改正(63年8月)、経済社会エネルギー基盤高度化設備促進税制の一部見直し(63年3月)、省エネルギー型業務用設備への開銀融資の拡大(63年4月)、など、通商産業省を始め、建設省、環境庁、自治省消防庁、地方自治体がそれぞれに関係法令等の

見直しを手がけており、その対応の速さ、柔軟さに目を瞠る思いである。関係の方々の熱意と御努力に心からの敬意を表したい。

コージェネレーションはこのような周辺整備の進展に支えられて、着実な普及を見せているが、それにともなって巷間、更なる規制緩和要求の動きがあると聞く。例えば米国などのように余剰電力の系統への逆送電、あるいは托送などの要求も解らぬではないが、まずは現行法制の範囲内で技術開発やコストダウンの努力をするのが先ではないか。コージェネレーションは、始めから在来の電力供給システムの“補完”と位置づけて来た。かりにコージェネレーションが普及しすぎて、原子力発電所の稼働率を下げるような事態にでもなったら、それは国民経済的にみてマイナスである。

一方、行政側に望みたいことは、例えば大気汚染防止の上のせ規制などの

際に、常に“技術を育てる”姿勢であって欲しい。いたずらに技術の芽を摘みとるようなことがあれば、これまた国民経済的にみてマイナスであろう。筆者自身は、コージェネレーション技術の振興のためにいささかの努力を傾けてきたが、同時に環境庁の「固定型内燃機関大気汚染防止対策検討委員会」の座長も勤めさせて頂いた。新し

い技術が健全な技術であり、真に普及が望まれるものであるならば、それは常に国民に受容されるものでなければならない。そのためには技術の振興に携わるものが、常に自主的な規制をも併せ考えていく姿勢を持たなければならないと考えている。

(ひらた まさる)

開 会 の あ い さ つ

(財) エネルギー総合工学研究所

理事長 山 本 寛

本日の会合は、賛助会員の方々はご存じかと思えますけれども、拡大月例研究会というようなちょっと耳慣れない名前を使っております。私どもの研究所には、研究所の活動を支えてくださっております賛助会員制度がございますが、その賛助会員の方々を対象にいたしまして、毎月月例研究会というのを開いております。この定例の月例研究会は、対象が賛助会員の方々に限定されておりますが、年に一回ぐらいはもう少し幅を広げまして、課題によっては、ご関心のある方々にもご参加いただいても差支えないというような意味合いで、拡大月例研究会という名の企画をいたし、過去においても開いておるわけでございます。きょうも、そのような意味合いで、賛助会員の方々以外の方々にぜひ聞きたいという方に対しまして、門戸を開いた次第でございます。

私どもの研究所は、コージェネレーションに関しましては、いま言われているコージェネレーションとはちょっと違いますけれども、燃料電池につきまして、昭和56年から調査研究を始めました。その後、昭和57年にナフサを利用するガスタービンのコージェネレーションの調査研究を始めました。それから59年からは、石油のコージェネレーションということで調査研究をいたして、今日に至っているわけでございます。勿論、ハードの仕事はやっておりませんので、いろいろな調査研究が主体でございますが、今までかなりの報告書を出しているわけでございます。

それらのいろいろな経緯も踏まえまして、本日ここに拡大月例研究会として、コージェネレーション・システム技術開発の最新動向という名前で会合を企画いたしました次第でございます。

昨年、通産省におかれましてはコージェネレーション推進のためのガイドラインを作られました。それから最近、コージェネレーション機器につきましても大変開発が進んでまいっておりますので、そのような方面の現状をいろいろ皆様方にご紹介申し上げるというのがこの企画の狙いでございます。

電気事業につきましては、日本コージェネレーション研究会が中心的な存在とし

て仕事をしておられます。そして来週の月曜日にはセミナーを予定しておられますが、そのセミナーは、電力系統への連携問題というのが主体のように承っております。私どものほうは、今日の課題にございますように、最新の動向ということで、皆様方にお話し申し上げる次第でございます。したがって来週月曜日のセミナーとは内容が全く異なったものになっております。かなり長い時間、夕方五時半まで今日の会合があるわけでございますが、お時間の許す限りご清聴いただければ大変幸せに存ずる次第でございます。以上最初に簡単なご挨拶を申し上げました。

(やまもと ゆたか)

来賓のあいさつ

資源エネルギー庁

公益事業部計画課 課長 糟谷 晃

只今ご紹介いただきました通産省の糟谷でございます。只今も司会の方から、ご紹介ありましたように、本日は向審議官が参上してお話申し上げる予定でございましたけれども、たまたまウィーンのＩＡＥＡの総会が開かれることになりまして、そちらに科学技術庁長官のお供で出掛けておりますので、きょう私が代ってご挨拶を申し上げたいと思います。

只今、理事長のお話にもありましたように、きょうはエネルギー総合工学研究所の月例研究会でコージェネレーションをテーマとして取り上げられるというふうに伺いました。

このテーマは、実は私ども通産省としても、この数年来、最大のテーマの一つとして取り上げてまいりまして、今後もぜひその普及に力を入れていきたいというふうに考えているテーマでございます。

システムの内容その他も皆さんご専門でしょうから、お話申し上げませんけれども、私どもがコージェネレーション・システムを普及させたいというふうに考えている理由は、大きく分けて二つございます。

一つは、エネルギーの有効利用という問題でございます。もう一つは、エネルギー分野における競争の促進といった問題でございます。

前者の、まずエネルギーの有効利用、あるいは利用効率の向上という問題でございますけれども、ご案内のように、日本のエネルギーの輸入依存度は８割でございます。残りの２割が国産ということでございますが、実はこの２割の中の１割が原子力でございます。原子力を純国産エネルギーという形で国産扱いしておりますので、輸入依存度が８割ですけれども、実際は９割というふうに考えてもいいのかも知れません。

こういう数字というのは、実は先進国の中で日本がずば抜けて高いわけでございます。私ども現在ではたまたまエネルギー需給が非常に緩和をしております。原子力に対する批判の声など上がっておりますけれども、もう少し長い目でみた場合

に、エネルギーの使用効率を上げていかなければいけないということは当然のことかと思えます。環境への負荷の問題もありますし、それに加えて、大事なのは、こういうエネルギー商品というのは、いわゆるマーケットで需給が決まる商品である一面もございませうけれども、他方では非常に政治的に動かされやすい一種の政治商品としての性格があるということでございます。

ご案内のように、石油にしろ、原子力にしろ、そういう性格があるということは皆さんもよくご承知だと思いますけれども、そういう将来どういう事態が起こった場合に、その供給に支障が出るか、全く分からない、不安定な性格を持っております。従って私どもとしては、できるだけエネルギー効率を高める、あるいは供給源を分散するといったセキュリティ対策を日頃からやっていかなければいけない、というふうに思っております。

このコージェネレーション・システムというのは、ご案内のように、熱と電気と両方使うことによりまして、エネルギー効率を飛躍的に向上させることができるわけでございますので、そういう意味で私ども、このシステムの普及に非常に期待をしているところでございます。

二番目は、エネルギー間の競争促進効果を期待しているという側面でございます。勿論エネルギーにはいろんな種類がございませうけれども、これまではどちらかと言えば、ある意味での住み分けができていた時代ではないかというふうに思っております。電気、ガス、プロパン、あるいは石油、こういったものが一種の自分の分野というものを持って、それが大きく動くことがなかったということかと思ひますけれども、私ども、これから21世紀に向けて、あるいは21世紀に入りますと、こういうエネルギー間の競争というものが起こってくるし、またそういうものをむしろ促進していかなければいけないのではないかというふうに考えているのでございます。

複合エネルギー時代ということになりますと一つの需要に対して、二種類あるいは三種類のエネルギーがこれに対応できるという形で、消費者から、あるいはユーザーからみた選択が可能になるような、そういう時代になるのではないかと、またそういうふうになりたいというふうに私どもは考えております。そういう意味で、このコージェネレーションという新しい技術がさらに進むことによって、コストを下げ、利用者の使いやすいシステムとして定着していくということになりますと、この二

番目の私どもの期待にも応えていただけるのではないかというふうに考えている次第でございます。

こういう問題意識から、私ども、数年前からこのコージェネレーション・システムをバックアップしたいということで、いろいろな制度的な規制の緩和をしたり、あるいは助成をしたりしてまいりました。ようやくそれが軌道に乗り始めたのかな、というのが現在の実感でございます。

今日は、先ほどの理事長のお話にもありましたように、最新の技術動向についていろいろお話があるというふうに聞いておりますし、そのあとパネルディスカッションで各界の人の忌憚のない意見交換が行われるというふうに伺っております。私どもとしては、こういう機会を通じて、このコージェネレーション・システムがより一層普及していく、より一層社会の中に浸透していく、ということを期待しているものでございます。

本日一日の研究会が実りの多いものになりますように心から祈念いたしまして、簡単でございますが、私のごあいさつに代えさせていただきます。どうもありがとうございました。(かすや あきら)

コージェネレーションシステムを 取り巻く最近の動き

(財)日本システム開発研究所 常務理事
(日本コージェネレーション研究会理事)

垣 田 行 雄

1. コージェネレーションの理論

まず最初に、コージェネレーションが、一次エネルギーからいろんな二次エネルギーにしていくエネルギー変換という立場から考えますと、非常に理論に沿った技術であるということを強調したいと思います。

コージェネレーションは、電気と熱とを同時に取り出す場合もありますでしょうし、またガスエンジン駆動のヒートポンプのように、動力と熱というものを同時に取り出す場合もあり、その両方を称しています。どうして電気と熱、あるいは動力と熱、両方を指すかと申しますと、エネルギー変換という立場から申しますと、動力と電気というのはほぼ等価な転換ができるからです。電気から動力・動力から電気というものはほとんど100%近く、必要な変換システムを用いて変換できます。

一方、熱から動力、あるいは熱から電気ということに関しましては、100%変換できません。この、変換できないということを理論的に証明したのが、1824年、フランスのサディ・カルノーで、彼の理論を今日、熱力学の第二法則と言っております。これは、動力または

電気を熱エネルギーから得ようとする時、熱機関を動かす作動流体の熱機関作動部への入口温度が高く、熱機関作動部からの出口温度が低ければ低いほど効率よく得られることを示しております。すなわち、熱機関を動かす作動流体の熱機関作動部への入口温度を $T_1(^{\circ}\text{K})$ とし、作動流体の熱機関作動部から外部への出口温度を $T_2(^{\circ}\text{K})$ としますと、熱機関の効率 η はカルノーサイクル(Carnot Cycle)の効率 $\eta_c = (T_1 - T_2) / T_1$ を超えることはできないという法則です。カルノー効率というのは、熱媒体の熱機関への入口温度 T_1 と、熱媒体の熱機関外部に出ていきます温度 T_2 、この2つだけで決定されます。

熱機関の作動流体は、一般には大気に放出されますので、ここでは $t_2(^{\circ}\text{C})$ ($T_2 = 273 + t_2$)を大気の平均的温度 15°C として、 $t_1(^{\circ}\text{C})$ ($T_1 = 273 + t_1$)により η_c がどのように変化するかを示すと次のとおりです。

$t_1 = 50^{\circ}\text{C}$	$\longrightarrow$	$\eta_c = 0.11$
100		0.23
200		0.39
300		0.50
600		0.67
800		0.73

1000	0.77
1500	0.84

例えば1500度という温度のものを15度という大気に放出する場合には、入れたエネルギーのうち84%を理論的には動力に変換できます。あるいはまた動力を介して発電機をつければ電気に変換できます。300度ぐらいですと、ちょうど半分50%ぐらいしか理論的にも動力や電気に変られません。一方、皆さん方が常日頃お使いになりますお風呂であるとか、洗面の給湯というような温度レベル、すなわち50度ぐらいでありますと、理論的にも11%しかインプット・エネルギーのうち動力ないし電気に変えることは出来ません。これは理論的にです。

このように、熱エネルギーを熱機関にて利用するに際しては、 $t_1(^{\circ}\text{C})$ により η_c の差が大きいことを十分理解する必要があります。実際の熱機関では、①カルノーサイクルは実現し得ない。②摩擦損失、作動流体の漏れ、などの原因から、技術が進歩した今日でも η は η_c のほぼ半分程度です。

熱エネルギーを用いる場合、動力または電気を効率よく発生させ得る温度の高いエネルギーを質の高いエネルギーと呼び、一方、暖房や給湯に必要な50~100 $^{\circ}\text{C}$ のように温度が低く、動力または電気を得るには効率の悪い温度レベルのエネルギーを質の低いエネルギーと呼びます。今日の文明社会が必要としているエネルギーには、プロセス加熱・給湯・暖冷房などの熱エネルギーおよび動力・電気エネルギーの大別して二種類のエネルギーがあることを考えますと、石油・天然ガスなどの一次エネルギーを燃焼させて得られる千数百度の高い温度の熱エネルギーのうち、質の

高い部分のみを電気・動力に交換し、質の低いところは大気または海・河川等に廃棄することは、エネルギーの有効利用の観点からみると利用度が低いと言わざるを得ません。一方、暖房・給湯のように50~100 $^{\circ}\text{C}$ もあれば十分な二次エネルギーのために、千数百度の質の高いエネルギーを用いることはエネルギーの賢い使い方ではありません。

燃焼エネルギーを用いるに際しては、温度の高いところすなわち質の高いエネルギーはまず熱機関を用いて電気・動力に変換し、排気熱・熱機関冷却水などの質の低くなったエネルギーはプロセス用・給湯・暖冷房用に用いることにより、一次エネルギーを質の高いところから低いところまで使い尽すという、エネルギーの賢い使い方・エネルギーの有効な使い方をするシステムがコージェネレーションシステムです。

ボイラー等を使えば、100の入力エネルギーのうち85なり90の蒸気あるいは温水が取れます。そうすると、ボイラーのほうがよくは良いではないかということになりますけれども、いくら良いボイラーを使っても、動力なり電気は取れません。私どもの今日築き上げてきた現代文明というのは、動力、あるいはまた電気と、蒸気なり給湯という熱と、両方の二次エネルギーが必要です。熱エネルギーだけが必要であれば、ボイラーで十分な訳ですけれども、我々は電気という非常に貴重なエネルギーをも必要として、その際その電気を得るには先ほど述べました理論上の制約があるならば、その理論的制約をいかに利用してエネルギー有効利用の道を見つめるかというのが、コージェネレーションでございます。

従来、鉄鋼業であるとか、パルプ業である

とか、石油精製業のようなエネルギー多消費産業では、蒸気タービンを使った熱併給をやっているのではないか、それはコージェネレーションと言わないのか、という話を私は受けるのですが、それはコージェネレーションの一つではありますが、基本的に、ではどれだけの高い温度レベルからエネルギーを使いこなしているのかという点から考えますと、従来の蒸気タービンを使ったものは、蒸気を抽気するにしても、燃焼温度に比べて、五百数十度のところからしか使い出していない。そういう意味で、先ほど申しましたカルノーのサイクルが規定しております、温度の高いところと温度の低いところの違いというもの認識すれば、熱併給ではありますけれども、決してコージェネレーションそのものとは言いがたい。私は、そういう意味で蒸気タービンを用いた熱電併給システムはクラシカル・コージェネレーションだ、と言っています。

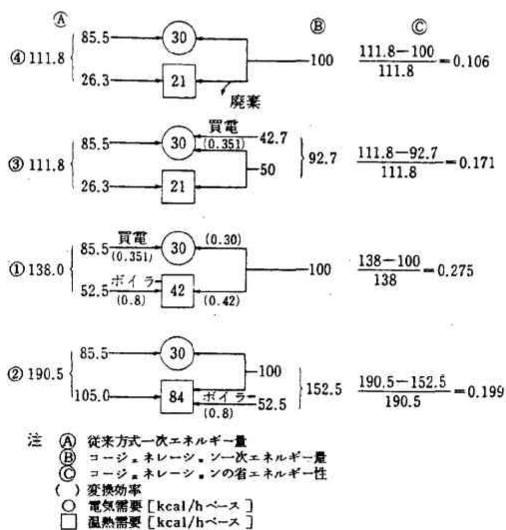
では本来のコージェネレーションと言えど何か、と言うと、やはり温度の高いところから、低いところまで連続的に使い尽くすという意味で、温度の高いところでより良い効率を発揮するガスタービンであるとか、あるいはガスエンジン、あるいはディーゼルを用いるもの、またはガスタービンのあとにスチームタービンをつけて、コンバインドにして、さらに熱を使う、というようなカスケード利用を行うものを言います。

2. コージェネレーションの省エネルギー性

コージェネレーションシステムを民生用建物に採用する場合の省エネルギー性は、①対象建物の電気需要・熱需要の時刻別変動パ

ーン、②コージェネレーションの対象とする電気需要・熱需要、③原動機の種類、④原動機容量と台数、⑤排熱回収・利用システム、⑥一般商用電力系統との連系の有無、⑦原動機の運転制御方法、⑧点検・保安システム、⑨使用燃料、⑩コージェネレーションと比較すべきエネルギー供給システムなどによって異なってきます。

コージェネレーションシステムの燃焼一次エネルギーの有効利用率は、電気需要と熱需要の量・質を含めた時刻別バランスが良い場合には、従来の発電方式に比べて2倍近くなり得ますが、このエネルギー有効利用率は重要な指標ではありますが、電気と熱の需要に応じた建物のエネルギー供給システム全体として使用する一次エネルギー換算使用量そのものが、国民経済的立場からはより重要な指標だと思います。



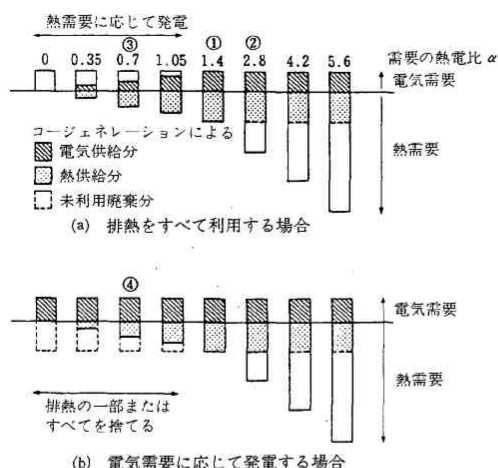
図—1 コージェネレーションシステムの省エネルギー性の考え方 (熱需要を温熱とした場合)

図—1 に示しますように、原動機の発電効

率を30%，排熱有効利用率を42%として，電気需要と温熱需要との比が30：42の場合には，コージェネレーションシステムの従来方式（電気需要は買電に，温熱需要はボイラーによる）に対する一次エネルギー換算省エネルギー率は27.5%となります（図－1の①参照）。この場合，これは1時間値としての算定値であり，もし年間を通じて考えますと，1年間8760時間を通じてこの比が保たれ，かつ原動機の負荷変動に対する発電効率・排熱利用効率の変化がないことを前提としています。図－1の②のように原動機排熱利用可能量よりも温熱需要が多いときには，その不足分をボイラーで補わなければならない，省エネルギー率は19.9%に低下します。また，④のように原動機排熱利用可能量よりも温熱需要が少ないときは，原動機排熱を廃棄することになり，省エネルギー率は10.6%に下がってしまいます。このような場合には，温熱需要に相当する排熱利用可能量を基に原動機の大きさを決め，原動機発電出力では不足する電力は一般商用電力系統から購入すれば，③に示すように省エネルギー率は17.1%に向上いたします。

なお，図－1は電気需要・温熱需要が年間一定としたものであるうえ，熱需要としては温熱需要のみしか考えていないことに留意する必要がありますが，コージェネレーションシステムの省エネルギー性が，電気需要・熱需要の比と原動機発電出力と排熱利用可能量の比との関係で大きく左右されるとともに，発電機規模，温熱・冷熱の需要変動，連系の有無によって大きく異なることを示していることに注目して頂きたいと思います。

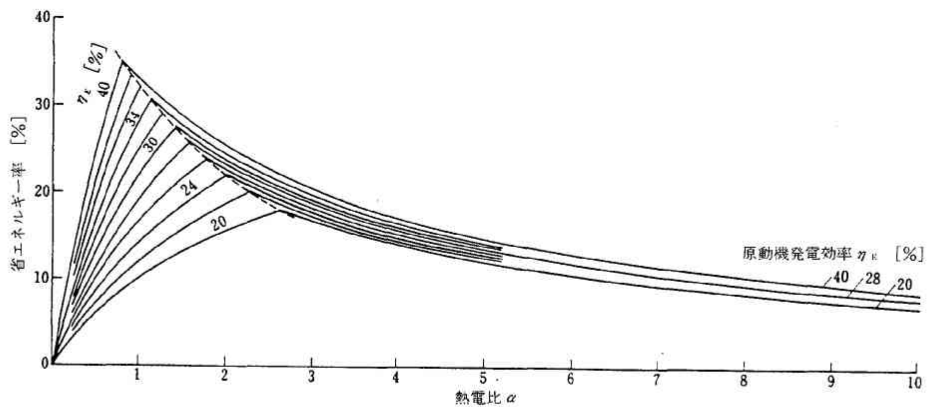
熱電比 α (kcal/hベースの熱需要/電気需



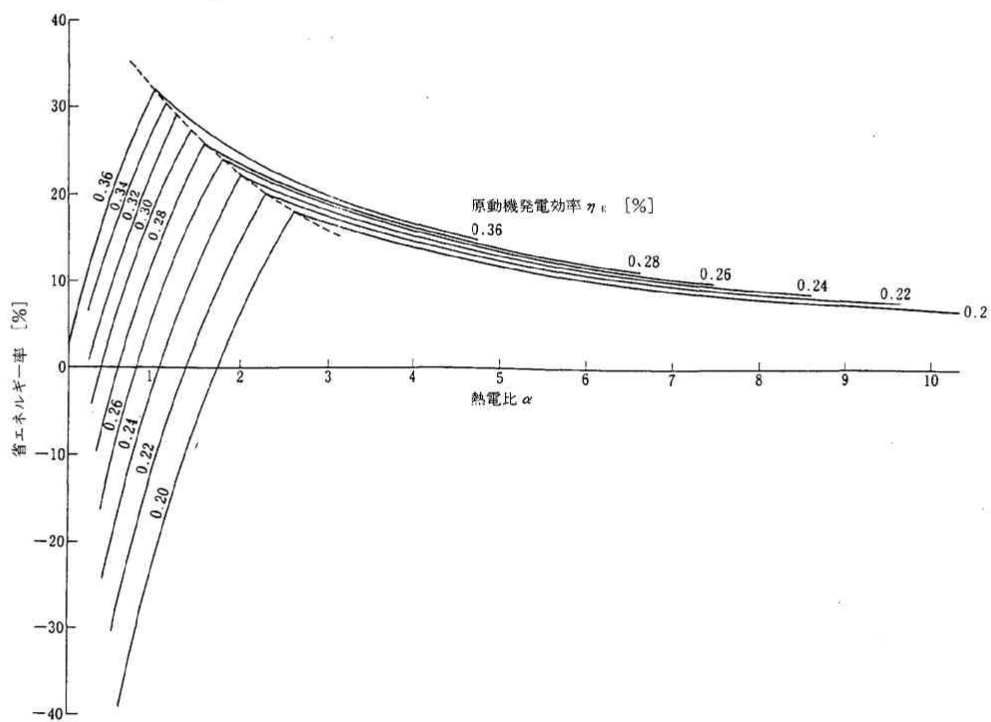
図－2 需要の熱電比と原動機の熱電比との関係（①～④は図－1参照）

要)により，コージェネレーションシステムの省エネルギー率がどのように変化するかを，図－1の延長として，図－2に示す(a)，(b)のケースごとに算定したものが図－3，4です。

図－3，4は，図－1と同じく，年間の省エネルギー率と考えますと，電気需要・熱需要は年間一定，熱需要は温熱のみ，原動機は常時一定負荷率運転と言う実際にはあり得ない仮定をおいて示していることとなりますが，実際の民生用建物での熱電変動・原動機負荷変動・温熱と冷熱の変動・比較すべき従来システム（ヒートポンプ方式など）の違いを考慮すれば，コージェネレーションシステムの省エネルギー率は，民生用建物の熱電比 α が与えられれば図－3の値が限界を示しているものと言えます。また，省エネルギーの観点からは，図－4のように熱電比の小さいところでの原動機排熱の廃棄は絶対避けるべきです。さらに，図－3，4は，原動機発電効率と排熱利用可能量の比により，最大省エネルギー率をもたらす熱電比が一義的に決まることをも示しています。



図—3 コージェネレーションの限界省エネルギー率〔図—2(a)の場合〕



図—4 コージェネレーションの限界省エネルギー率〔図—2(b)の場合〕

この図-3と図-4を見ていただきますと、コージェネレーションの省エネルギーに関するポイントを明確に指摘できると思います。一つはコージェネレーションというものを採用しようとする場合に、省エネ性を上げようとするれば、基本的に原動機の熱効率を上げることが必要です。これは図-3、図-4を見ていただきましても分りますように、そのパラメーターになっております原動機の発電効率が高ければ高いほど省エネになります。これは皆さん当然ご存じで、こんなものは子供でも分かるとおっしゃるかも知れませんが、非常に重要なポイントです。今、国でいろいろな技術開発をコージェネに関して行っていておられますけれども、そのポイントの一つというのは、やはり国家的に省エネルギーを図ろうとすれば、コージェネレーションに用いる原動機の発電効率の向上を図らなければいけないということがこの図から明らかになります。

二点目は、一般電力系統との連系を認めるか、認めないかによって、省エネルギー性というのは非常に変わってくるということなのです。と言いますのは、認めない場合には、図-4に示しましたように、コージェネレーションの方が従来システムに比べて省エネ性が劣るというようなことも起こり得るわけです。これは、バックアップを受けられないとしますと、電気需要に合せて発電せざるを得ず、熱需要がない時に原動機排熱を捨てることになるからです。商用電力との連系の必要性は、この図-3と図-4を見ていただければ、明確に分かります。

後ほどお話いたしますけれども、今年の6月15日から17日にかけて、デンマークの

コペンハーゲンでIEA（国際エネルギー機関）のはじめのコージェネレーションに関する国際会議が行われまして、そのなかでも連系の問題が非常に強く取り上げられました。その際、IEAの事務局の方が、IEAのお偉方に「なぜ連系をしなくちゃいけないか、という議論を今しているのか」、ということの説明しても、なかなか分かってもらえないと言っておりまして、「この二つの図を見れば、なぜ連系問題を議論しなくちゃいけないかというのがすぐ分かるので、この図を使わせてくれ」と言っていました。

日本はエネルギーの大多数を海外に頼っています。石油につきましては、100%近くを輸入しておるわけですから、少しでもエネルギー消費を減らさなくてはいけないということは、周知の、あるいは国是として、国民に受容されておりますコンセプトでございますが、それを実現する場合に、コージェネレーションというひとつの新しい技術を使うに当たっては、連系するか、しないのか、ということによって、その効果が発揮できるか、できないかということが非常に重要だということがお分りいただけたと思います。

三つ目は、この横軸の変動によって、いかに省エネ性変るか、ということが明らかでありますから、いかに電気需要、熱需要を十分に把握するか、というエンジニアリング・レベルの重要性、あるいはまたそうした需要想定を基にして、原動機の種類を何にするのか、あるいはまたその容量と台数をどうするのか、ということが非常に重要だと言う点です。

以上の三点をまとめると次のとおりです。

コージェネレーションの省エネルギー性 向上要因

- 図一 3 →
図一 4 →
1. 原動機の発電効率の向上
 2. 一般電力系統との連系の
必要性（連系をしないと図
一 4 のように省エネルギー
性が負となることもあり得
る）
 3. 電気需要・熱需要の時刻
別変動の十分な把握とシス
テム設計レベルの向上（原
動機の種類・容量と台数・
排熱利用システム・運転管
理技術）

3. 今、何故コージェネレーションか

ここ、二年の間に、コージェネレーションが話題を集めるようになった理由は次の三点ではないかと思います。

1) エネルギー利用の視点

- ① 熱および電気の従来別々の場面で実施されて来たエネルギー管理の徹底・設備の改善によるコスト低減方策が飽和し、熱と電気との供給を全体として有機的に考えて行く以外には、残されたコスト低減策は無いと言うエネルギー利用者の立場。
- ② 10数kW～2,000kWクラスの小型自家発電システムの性能・信頼性および熱電変動に対応して運転する制御技術が向上し、コージェネレーションを安心して利用できるようになったと言うエネルギー供給技術の現状。

- ③ 社会の価値観の多様化に呼応した、エネルギー供給の多様化およびセキュリティ確保に関する社会ニーズの高揚。

こうしたエネルギー利用者の立場の変化がコージェネレーションに目を向けさせている第一の視点です。第二の視点は電源開発の電源構成の視点です。

2) 電源開発の視点

遣隋使、遣唐使の時代から明治以降今日の未曾有の経済発展を遂げるまでの我が国の歴史は、先進国（ある時は中国、ある時は欧米）に如何に早くキャッチアップするかへの努力の歴史でしたが、今や我が国は自由世界第二の経済規模を有するに到り、世界にキャッチアップすべき対象を失いつつあります。今後とも活力ある我が国の経済社会を構築して行くためには、日本人自らの手で社会の目標を定め、自らの手で社会を拓いて行かねばなりません。（目標達成型社会から目標開拓型社会への移行）。こうした状況に対応して電源開発に目を向けてみますと、

- ① 昭和50年頃までは欧米を範とする社会構造の変化がおおよそ想定可能であった。
- ② 昭和50年頃までは想定可能な社会構造をもとに電力需要の想定が可能であった。
- ③ それ故、昭和50年頃までは電源開発計画は作り易かった。
- ④ 昭和50年以降社会構造の変化が著しい。それ故、電力需要想定・適正電源開発計画作成は非常に難しい。
- ⑤ 従来の大規模電源開発は計画から運転開始まで15年程度は必要である。
- ⑥ 15年もの先の必要電源の想定はとても適正には出来ない。
- ⑦ 素材産業の低迷、民生需要の増大で電気

需要パターンは平準化に逆行し、巨大電源のみでは不向きなものとなる。

こうした時代の変化を考えますと、今日から将来に向けて電源開発に関して取るべき対策として、

⑦ 計画から運転開始まで1～2年の小型分散型電源を、計画から運転開始まで10～15年と長時間を要する大規模電源との調和を前提に普及させ、不透明な将来の電気需要に対応する。

⑧ 石油・LNG・LPGなど化石エネルギーの燃焼による発電所が皆無ならともかく、今でも年間発電電力量の40%以上をこうした燃料に頼っている現状を考えると、こうした発電所に用いる燃料は可能な限りコージェネレーション（熱と電気を同時に併給）に用いて省エネルギー化を図り、次世代のために貴重な地球資源を温存すべきである。また民生用建物のコージェネレーションシステムは、人が活動する時間帯（すなわち深夜以外）に電気・熱が必要である故に、我が国全体の電気需要のピークカットに資する。

⑨ コージェネレーションと大規模電源の調和ある電力運用の実績を積み重ね、次世代の分散型電源のホープである太陽電池・燃料電池の普及にそなえるべきである。

との考えが必要ではないかと思えます。

アメリカでは各州によって違いはありますが、分散型電源、コージェネレーション及び小さな風力とか、バイオマスとか、いろいろやっておりますが、彼等のこうした政策変換のひとつのきっかけというのは、アメリカ自身の経済成長にかけりが出てきた。要するに成熟社会に入ったからです。産業構造

が大きく変化しないで、成長して行く社会というのは、電力需要の想定が簡単でございすから、大規模発電オリエンティッドでやったほうが経済合理性があるわけです。ですから、集積メリット、大規模メリットをすべて追ってきたわけです。それによってまた経済成長も速まったわけです。ところが、経済成長を達して成熟社会になったときに、従来型の大規模のメリットだけを追うことで本当に良いのか、と言う問題が起ります。と言いますのは、大規模システムは設備投資が大きいのがゆえに、その稼働率が想定どおり行けば、コストが安いに決まっているわけですが、設備投資は割安だったけれども稼働率が予定のように行かなかったらどうか、という問題に成熟社会というのは常に遭遇するわけです。ですから、成熟社会になりますと、必ず大と小をうまく組み合わせて行かざるを得ない。要するに基本ベースは大でやれば良いわけです。絶対これだけ伸びる、というものは大のほうが当然経済的スケールメリットを持っておりますから、それは従来どおりだと思いますけれども、想定の不確かな部分というものを何でカバーするか、それはやはり小さな電源ではないかと思えます。それはどうしてかと言いますと、小さな電源だと、計画から設計、運開までの期間が短くできる。ですから、世の中の動向と照し合せながら、大と中小をうまく組み合わせていくことが必要だと思います。系統的にいけば、電力会社ごとに設備容量が300万kW程度の会社もあれば、4000万kWというような程度のところがございますから、日本全体をカバーしております9電力、沖縄を入れて10電力の中で問題がそれぞれ違うかと思えますし、またその商用系統と連系

する場合に、あまり小さいのがたくさん入ってくると種々の問題が起こり得ることは私自身も存じておりますし、そうしたことに對する注意を払わなくてはならないと思っております。これから議論すべきことは、中小と大をいかに組み合わせていくかという方法論を見出すことだと思います。従来はスケールメリットを追った体系をとってまいりましたし、それは、先ほど申しましたように、従来の時代としてはベストの選択であったと思っております。ただしこれからの社会というのは、従来のやり方がベストであるのか、どうか、という事を考えなくてはならないのではないかと思います。それが人間の叡智ではないかと思ひます。従来の方式をそのまま続けていくことは組織としては楽です。だけれど、それを人間の叡智と言うかどうかを皆さん肝に銘じて考えていただきたい。やはり時代の変化というものを国全体として取りあげなくてはならないと思ひます。それを可能にする技術として、コージェネレーションという技術をようやく我々は手に入れたのではないかと思います。

発電を行う場合、やはり大規模の電源のほうが効率は良いですし、経済性がある場合が多い。ところが、小さな電源だけだと、効率は悪いし、割高だ。そうすると、そうした小規模発電システムをより効率良く割安にして行くためには、熱と電気を両方使うコージェネによって初めて大規模発電システムのスケールメリットに對抗できるわけです。発電だけということでしたら、大規模電力システムに對抗できるわけがないのです。規模のメリット、規模の経済というのは、厳然として事実でございますから、電気だけ発生させるのな

らば、それは大規模のほうが良いに決まっております。

ところが、先ほど申しましたような今日我が国が迎えている社会構造の変化から言つて、大と中小をいかに組み合わせていくかという方策を、これからいろんな立場の人達がそれぞれの立場ごとに考えて行かなくてはいけないのじゃないかというのが二番目の視点でございます。

三番目はコージェネレーションというのは、第三次産業革命のひとつの技術だ、ということをお願いいたします。

3) 技術史の視点

第1次産業革命(蒸気機関が原動力：1769年ジェームス・ワットの凝縮機発明)

第2次産業革命

電気動力・石油化学が原動力：

1831年ファラデーの発電の原理

1870年グラムのリング式発電機発明

1883年エジソンのブラシ式発電機発明

第3次産業革命(半導体・新素材・バイオが原動力)

第3次産業革命の特徴(岸田純之助元朝日新聞論説委員の説)

- ①理論と応用の接近
- ②ソフトウェアの重視
- ③業際的

コージェネレーションは第3次産業革命の特徴そのものである。

1769年にジェームス・ワットが凝縮機を発明いたしました。ジェームス・ワット自身蒸気機関を発明したわけでありませんが、ジェームス・ワット自身は凝縮機というものを発明いたしまして、蒸気の持っているエネルギ

一をできるだけより多く取り出す方法を発明したのです。それにより蒸気機関が実用的なものになり、それによってもたらされたのが皆さんご存じの第一次産業革命でございます。

第二次産業革命と言いますのは、電気動力なり、石油化学を原動力として、とくに1800年代後半の発電機の発明等がきっかけになり引き起こされたもので、今日まで世界を引っ張ってきたわけです。現在騒がれております半導体・新素材・バイオ等を中心として、次の第三次産業革命を開花させなくてはならないという段階に欧米各国が入っているわけですが、朝日新聞の元の論説委員でありました岸田純之助さんがおっしゃっておりますように、第三次産業革命の特徴は何かというと、一番目は、理論と応用の接近だと、要するに理論ができれば、それをすぐ応用ができる、あるいはその応用化までの時間が非常に短いという特徴を持っている。二番目にはソフトウェアの重視。ソフトウェアを十分重視しないと、そのハードウェアたるものが生きてこない。それから三番目に、非常に業際的な性格を持っておる。業際というのはいろんな業種が複合的に絡まるという意味です。そうした点を考えていただきますと、コージェネレーションというのは、カルノーのサイクルという理論を応用として現実の場に持って行くという意味で理論と応用の接近である。または先ほど申しましたように、コージェネレーションの設計、または運転管理につきましては、電気需要、熱需要の想定であるとか、あるいはどうした原動機を選ぶ、あるいは原動機の台数をどのように分割するかとか、あるいは電力との系統連系をどのようにするかとか、というようにソフトウェアの占める割合

というのが非常に大きい。コージェネレーションに携っておられますと、コージェネレーションというのはずいぶん手がかかるというご意見もあろうかと思いますが、それはやはりソフトウェアのウェートが非常に大きな技術だからです。それからまた業際のと申しますのは、原動機、発電機、あるいは電気制御盤、あるいはまたその排熱回収機器等を含めますと、コージェネレーションシステムというのは非常に多種にわたる業界の協力がなくては出来ない。

こうした三つの点を考えますと、岸田元論説委員の説による第三次産業革命の特徴そのものをコージェネレーションは持っております。また、今年8月の末にスイスのモントルーでアメリカの機械学会と国際ガスタービン学会主催のコージェンターボという国際会議が、去年に引き続き第二回目として開催されたことといい、先ほど申しましたIEAのコージェネに関する国際会議といい、電気と熱なんていうのは当たり前じゃないと言われるながら、なぜこうした会議が最近起こってきたかと言いますと、非常に旧態依然たる電気と熱の話ではあるのですが、その供給の在り方、あるいはどのようにして最適化を図るかという点を考えると、非常にハイテクな問題を含んでいるということでございます。

4. コージェネレーションを取り巻く最近の動き

次にコージェネレーションを取り巻く最近の動きについてお話ししたいと思います。国内の動きを図-5にまとめておきましたのでご参考にして下さい。

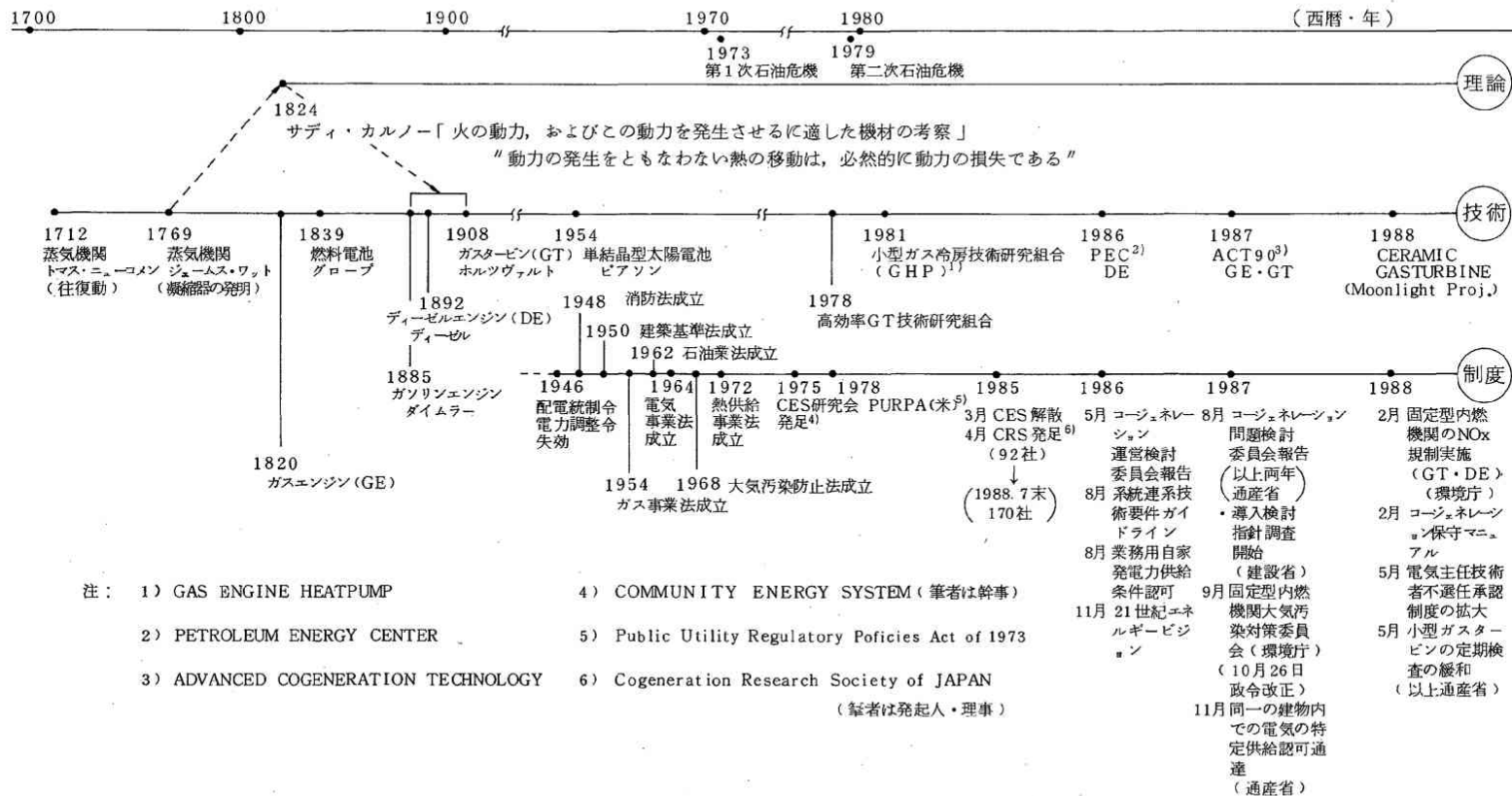


図-5 民生用コージェネレーションを取巻く時代の流れ

次に先ほど申しました国際エネルギー機関でのワークショップの概要をお話したいと思います。

1) I E A (国際エネルギー機関) コージェネレーションワークショップ

i) 主 催

I E A とデンマーク政府の共催

ii) 参 加 者

19ヶ国 102名

iii) 開催日時

1988年6月15～17日

iv) 開催場所

デンマーク、コペンハーゲン

v) 正式会議名

Workshop on the Regulatory and Institutional Aspects of Combined Heat and Power and District Heating

vi) 発表論文

セッション1 (CHP/DHの各国動向: 3論文)

セッション2 (CHP/DHの技術開発動向および市場性: 5論文)

セッション3 A (産業用コージェネレーションの動向: 4論文)

セッション3 B (民生用コージェネレーションとDHの動向: 4論文)

セッション4 (総括討議)

vii) 総括討議概要

- ① 最終エネルギー消費者の電気需要と熱需要のバランスの問題
- ② 原動機の軸出力効率の向上
- ③ 環境対策技術の向上 (主としてNOx)
- ④ 長期間にわたるエネルギー供給の安定性の確保

⑤ 電力供給における自由市場形成の是非

⑥ 電源構成の透明性の確保

⑦ 電力系統との連系条件の制度的緩和

⑧ コージェネレーターの過剰電力の電力会社への売電に対する回避コスト (Avoided Cost) 算定方法の確立

⑨ ⑧に関連する売電契約の期間の保証

⑩ ⑧に関連し、電力会社がコージェネレーターの過剰電力を買い取る義務が法理論上あるのかどうか。

⑪ 電力会社の商用電力系統を用いた託送を認めるのかどうか。

⑫ コージェネレーターが第三者 (コージェネレーション設置者でもなく電力会社でもない者) に電力を供給する事を、どの範囲内で認めるのか。

⑬ エネルギー供給産業間の競争と協調をどのような制度のもとに推進して行くか。

⑭ 分散型電力供給と巨大電力供給システムとのベストミックスをどのように構築して行くか。

⑮ エネルギーの有効利用の観点からのコージェネレーション普及の意義を、既存電力供給体系の中に、どのように明確に位置づけて行くか。

⑯ 地域暖房のエネルギー供給プラントとしてコージェネレーションを用いる場合に、そのプラントの設置は誰が行うのが妥当なのか。

(コージェネレーションではない地域暖房プラントは電気を発生しないが故に、誰でも事業者になり得るし、またコージェネレーションからの電気をプラント用にのみ用いる場合には誰でも事業者にな

り得るが、コージェネレーションからの電気をプラント需要外に用いる場合には、⑩ないしは⑫の問題が生じる)。

- ⑪ コージェネレーションの推進にむけては、個々のシステムとしての経済性・電力供給体系としての経済性・省エネルギーによる環境汚染の削減と原動機を用いることによる環境汚染を総合的に判断した環境保全コストの三つの観点の経済性の検討が必要である。

- ⑫ コージェネレーション構成機器コストの低減。

この会議には、19ヶ国から102名ばかりの参加を得まして、日本からは外務省1人と日本コージェネレーション研究会から2人と、あとガス会社から3人の計6名が参加なさいました。会議の冒頭、エルガ・スチーグというIEAでは有名な事務局長さんの基調講演がありました。その要旨は、「今、石油価格が低迷している。それ故、エネルギー問題について熱心でない状況が多々あるけれども、そうした需給が緩和されている時期にこそ、次の時代のことを考えなければいけないとの視点、それがまず一点。二点目は、やはり環境問題を解決するには、省エネルギーを図って、エネルギー消費を抑えることによって環境に与えるインパクトを少しでも少なくしなければいけない。

三点目は、エネルギーの消費を下げるのがエネルギーの供給安定の基本である。要するに、今後、先進OECD諸国及びNIES及びLDCの諸国の経済が上向きになって、エネルギー消費が増えてくるといのは論外だ。経済成長はするけれども、エネルギー需要は横這いしないし減りぎみというのが自分の

理想だ。こうした事を考えると、コージェネについて、各国の電力状況が違うので、IEAとして統一的な方向を打ち出すべき段階ではないが、各国の電力供給の状況を踏まえながら、コージェネというのをどういうようにして各国の場に入れていくのかを真剣に考えるべき時だ。その場としてIEAは積極的に関与していきたい」と言うことでした。電力会社の状況が各国違うということは、一つのポイントでございますし、もう一つは環境問題から考えまして、省エネルギーになるからといって、その環境インパクトが増えて良いと言うものではない。環境庁の規制が今年の2月から実施され、また東京都を始め各地方自治体が上乗せの基準の検討をしておりますけれども、コージェネレーションというのは良い省エネルギー技術であるのですが、それを普及させて行くためには、一方のマイナス面を解決する努力を怠ってはならないというのは、私も同感でございます。ヨーロッパというのはご存じのように非常に環境問題がうるさい地域でございますから、ヨーロッパに常におられるIEAの事務局長さんが環境問題を強調なさるのも当然のことと思います。

そうした事務局長の話のあと、いろんなセッションが行われまして、最後に、総括討議が行われました。これにつきましては、読んでいただければお分かりのように、私どもが日本コージェネレーション研究会として始終研究しておること、あるいはまた通産省がいろんな委員会を設けられて、検討なさっていること等がほとんど入っております。こうした日本で検討してきたことがようやく各国の共通の場、OECD諸国の一つのエネルギー機関としてのIEAと言う国際機関で検討な

されるようになってきたということが時代の流れを象徴していると思います。

こうした会議の中身につきまして、細かいお話よりも、ポイントだけを申し上げたわけですけれども、コージェネレーションというのは、こうした場で議論されはじめたこと自身に意義があることを今日お越しの皆さん方にもご理解いただきたいと思っております。また連系の問題であるとか、あるいはコージェネレーションの設備コストの問題、これは省エネルギー技術としては非常に良い、だけれども、コスト高だというのは各国共通の問題でございますから、どのようにしてコストダウンを図って行くのか。それから先ほど申しましたように、NOxを中心とする環境汚染というものをどのように削減して行くのか、などが議論の対象となっております。

また、私は8月にヨーロッパにまいりました、ある触媒のメーカーにまいりました。日本の場合ですと、いまこれだけNOxの問題がいろいろ騒がれておっても、一体だれがその性能を保証するのか、というのが非常に曖昧になっております。今回行ったところは、エンジンの出口条件さえ教えてくれて、その条件を保ってくれるならば、我々触媒メーカーが2年なり何年という保証をすると明言しておりました。すなわち我々触媒メーカーが責任を持って対応すると。

日本においても、今後NOx問題を考える場合、設計をするエンジニアリングの立場、あるいはまた燃料を供給する立場、あるいはまた運転する立場、あるいは原動機を納入する立場、いろんな業界がコージェネについて関係しておりますが、一体どの業界が、そのNOxの性能について責任を持つのか、という

ことを真剣に議論して行かなくてはいけないということを痛切に感じました。

設備の増加状況につきましては、皆さんご承知ですし、時間もございませんから、申し上げますけれども、私ども日本コージェネレーション研究会が85年に発足いたしました、その85年の10月から種々の調査研究活動を行ってまいりました。お陰様で今年の10月なり11月にコージェネレーションの経済性、あるいは省エネ性を客観的に評価できるプログラムをほぼ完成いたしまして、会員の皆さん方には公表して行きたいと思っております。また設計するにあたってのエネルギー需要想定をどのようにするのか、とか、あるいは電力系統とどのように連系していったら良いのか、あるいはまたエンジン規模をどのように分割するのがより良いのか、というようなコージェネレーション計画マニュアルというものも同時に公表したいと思っております。これは完全なものではありませんし、最初から完全なものを狙いますと何年あっても足りないので、とりあえず公表して、皆さん方のご叱責を承って、また改良を重ねていきたいと思っておりますので、今後ともよろしくご示唆いただければ、と思っております。

本日はコージェネレーションにつきまして、私なりに考えておりますポイントをもう一度確認させていただきたいというのが前半の話でございまして、後半は、本題でありますコージェネレーションを取り巻く最近の動きにつきまして、二、三お話をさせていただきました。どうもありがとうございました。(かきた ゆきお)

コージェネレーションシステムに 関連した調査の総括的報告

(財)エネルギー総合工学研究所

主任研究員 池 松 正 樹

只今ご紹介にあずかりました池松と申します。今垣田さんから大変高尚なお話をお伺いし大変勉強になりました。私は大分出身でして、ご承知のように別府温泉を抱えておりますので、排水口から常に湯気が立つような環境で育ちまして、エネルギーは幾らでもあるものだと思っておりました。ところが大学に入りましたら、例のオイルショックにぶちあたりまして、それ以来大変エネルギー研究に関心を持っています。今回(財)エネルギー総合工学研究所に出向させていただいて以来、

コージェネレーションという、次代のエネルギーのホープと係り合いを持たせていただいております。当研究所では、昭和59年度より、通産省資源エネルギー庁石油部精製課及び一昨年度からは財団法人石油産業活性化センターの委託調査として、平田先生(東京大学教授)をはじめ東海大学建築学科の田中俊六先生等各委員長のご指導のもとで、表1に示してありますような、各種調査を行ってまいりました。それらの調査の概要について総括的に報告させていただきます。

表1 従来の調査内容の概要

調査分野	調査年度			
	S. 59年度	S. 60年度	S. 61年度	S. 62年度
関連分野	石油TESに関する調査 (石油TES全般についての一般的、基礎的調査)	石油TES用エンジンに関する調査 (特にディーゼルエンジンの現状の問題点を整理し、今後の技術開発課題を明確にした。)	石油TES技術、普及に関する調査 (メンテナンス等のサービス体制の現状と問題点を調査し、整理した。)	小型コージェネレーションシステムに関する調査 (導入利用対象範囲拡大のため60kW以下の小型を調査)
技術が開発			石油TES導入利用に関する調査 (産業分野の一部、染色・合板・食品についてエネルギー消費実態と適用効果調査)	石油TES導入利用に関する調査 (産業分野等のエネルギー消費実態調査と適用効果の把握)
システム利用				

昭和59年度より始めました調査は、初年度は石油TESに関する調査ということで、TESの一般的な調査を行い、その翌年は中心部分であるディーゼルエンジンに関する技術開発課題等の抽出に関する調査を行いました。

さらに、昭和61年度には技術普及に関する調査ということで、エンジンを始めとするメンテナンス及びサービス体制の調査及びガスタービンの技術開発課題について調査を行っております。それと同時に、この年から石油TES導入利用に関する調査ということで、幅広いアンケート調査を中心とする民生分野及び産業分野のエネルギー消費実態及びTESへの関心度等の調査を始めております。

昨年度はさらにコージェネレーションシステムの適用範囲の拡大を図るために100kW以下を対象とした小型コージェネレーション・システムに関する調査を行うと共に食品、化学、紙パ等のエネルギー消費の大きい産業、約42業種を対象にエネルギー消費動向及び石油コージェネレーションの導入可能性について調査を行っております。

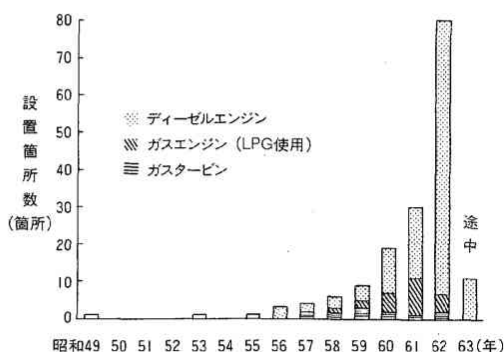


図1 石油コージェネレーションシステム設置箇所数の推移

先ほど垣田さんのお話にもありましたが、

図1に示す普及状況の場合は、石油のコージェネレーション・システムのみに限定しています。従ってガスエンジンの場合はLPGに限らせていただいておりますが、設置件数の推移でございます。ご覧いただきますように、急速に伸びたことが分かります。総数は現在173件でございます。この対象は5000kW未満の内燃機関使用に限定しています。

昭和62年度に86件、全体の約半数が設置されていることが分ります。また原動機別にみますと、ディーゼルエンジンが約8割を占めております。ご承知のように、ディーゼルエンジンはトラックとか、船でも使われているように大変汎用性に優れておりますし、また現在では一番発電効率が高く大規模になりますと40%近い軸端効率が出ます。

もう一つは、オートサイクルのガスエンジンの場合は、ノッキングの問題がございますので、ある程度、大容量化、大型化には限界があると考えられ、またガスタービンはご承知のように小型化の場合どうしても軸端効率が低いという問題があり、その出力規模の制約から適用範囲の広いディーゼル・エンジンが多く活用されているものと思われます。

私どもの調査の特徴の一つは、先ほど申し上げましたように、幅広いアンケート調査を実施している点でございます(図2参照)。

エネルギー消費動向調査というのも、コージェネレーションの場合は、先ほどのお話にありましたように時刻別エネルギー消費実態を電気、熱それから温度レベル、全てにわたってとっていかなければいけない。聞かれるほうにとっては大変厄介な調査でございます。しかしながら幸いに今まで産業用については約500件の多きにわたってデータを採取

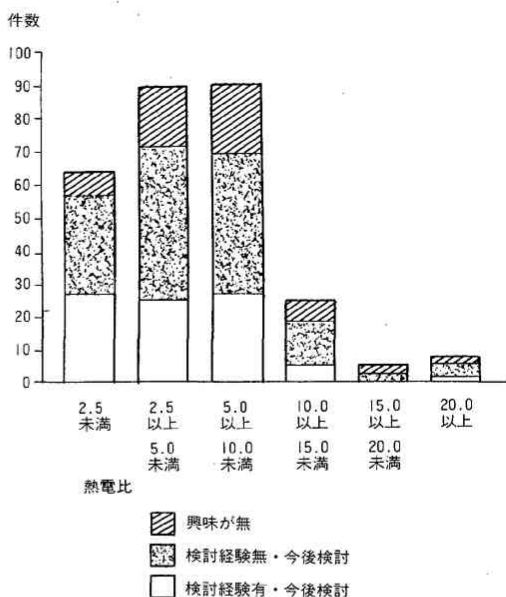


図2 熱電比別にみた石油T E Sへの関心度

させていただいております。

また民生用につきましても、主としてオーナーの方々を中心にシステム関心度調査、それからエネルギー消費動向調査を約440件にわたってやらさせていただいております。

ここに示しました図2の結果は、その一部でございますが、横軸に熱電比、縦軸に関心度をとっております。関心度については興味がまったくないという方も12%ぐらいございます。あとは検討経験がないけれども、今後ぜひ検討したいという方は真中についております。それから白抜きのところは検討経験があって、今後も検討していきたい、という方でございます。全体で見ますと、検討経験がなく、今後検討したいという方が5割に達しております。また検討経験があり、今後も検討していきたいという方が4割を占めており、高い関心度が示されております。しかしながら横軸の熱電比との相関は、全くないと

言っていないほどございません。

それでは各種の調査結果から何で分類すると関心度が整理できるかと言いますと、これは経済原則を反映し、単純でございまして、エネルギーコストです。調査先の生産コストに対するエネルギーコストの比を横軸にとりますと、これは関心度と1対1できれいに相関いたします。

またこのほかにもエネルギー消費量の多さ、それから工場の設備稼働率時間の長さ、そういうものと関心度が大変強く相関しております。

それから興味を持たれた理由につきましては、やはり省エネルギー、省コストが最大の理由となっています。また意識調査いたしますと、思った以上に理解が深く、個々の原動機別の省エネルギーはいきつくところまでいってしまい、これ以上の省エネ、省コストを図るためには、各々の設備をシステムアップしたもの、つまりコージェネレーションが不可欠であるという高い認識に基づいております。

調査で得られましたエネルギー消費実態の一例を図3に示しますが、ご覧いただけますように時刻別で整理していく必要があります。従って熱電比というの、電気需要に見合った時点で給湯や暖冷房の需要がなければいけません。とくに中間期はどうしてもそのバランスがとりにくいのが一般的ですが、図3は事務所の例ですが、ここでは比較的バランスよく負荷が取れております。

私どもが調査しました範囲では、大部分のユーザーの方々、やはり電力需要追従型運転を想定されております。従いまして、先ほど垣田先生のお話の中でもあったように、コ

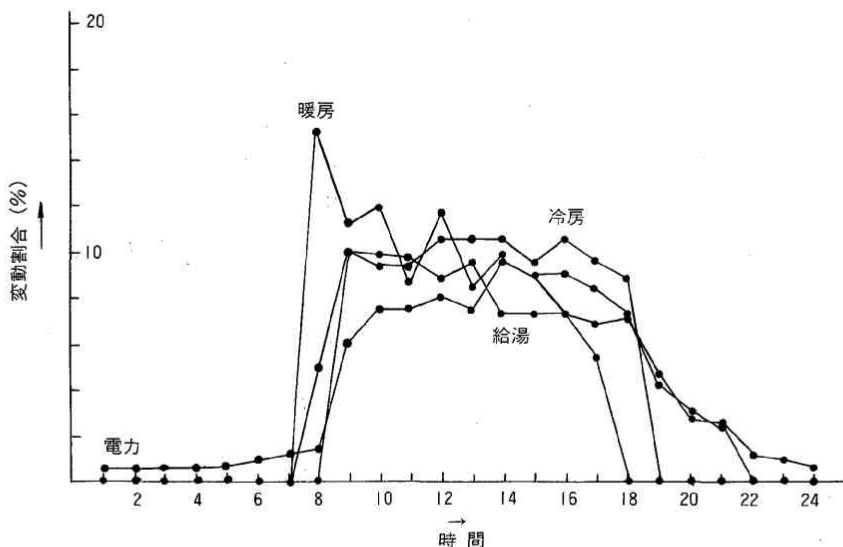


図3 時刻別変動(中間期)

ージェネレーションはバルクにみればピークカットに資するということができると思います。この例でも8時から18時、19時ぐらいの電力消費の大きい時点での負荷に対応した電力需要追従型のコージェネレーションを導入した場合が最も効果が出るという試算結果になっております。

図4は、約10年間にわたりまして、新築ビルの用途別の契約電力量の分布を調べた結果でございます。用途は事務所、商業、宿泊、医療、住宅と分類されております。

新築ビルディングはどうしても契約電力が大きめになる、またビルのみの調査結果でございますが、やはり契約電力分布が500kW以下のところに偏っていることがお分かりかと思えます。

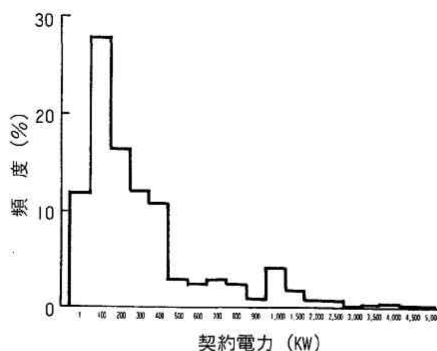
図5はコージェネレーションを設置された方々の満足度を調査した結果でございます。

このケースの場合、石油コージェネレーシ

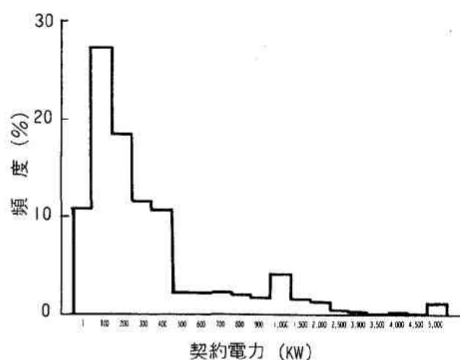
ョンですので、主としてディーゼルエンジンをお使いのユーザーだと思いますが、従って性能や経済性は比較的高い評価を得ております。ご覧いただけますように約半数近くの方が性能および経済性には満足という回答をしております。

一方、約3分の1ぐらいの方が、課題として上げておりますのが環境性、先ほどありましたNOx等の問題、それから取り扱い性、これにはディーゼルエンジンの場合、排気ガス中の煤汚染で、例えば排ガスからの熱回収機の掃除をやらなければいけない、そういう問題がございます。もう一つは信頼性、やはりどうしてもこういう設備をお使いになられる方は、従来ボイラー等の比較的単純な設備しか使い慣れていない方々ですが、こういう方々にとってエンジンそのものが扱いづらく、わかりにくいものです。エンジンというのは、当然定期的にユーザー側でも点検整備

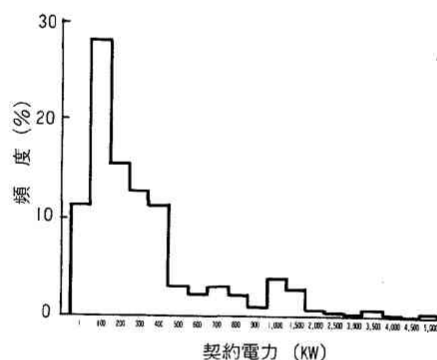
(軒数)							
	契約電力 (ha)	事業所	商業	宿泊	医療	住宅	その他
1	1…99	382	136	87	60	276	475
2	100…	963	368	206	151	227	620
3	200…	640	307	121	73	83	301
4	300…	401	202	90	68	42	239
5	400…	377	224	79	61	27	232
6	500…	84	32	22	17	11	66
7	600…	84	59	18	13	3	63
8	700…	89	63	21	17	6	41
9	800…	77	53	18	12	5	50
10	900…	67	42	6	5	3	24
11	1,000…	144	208	31	21	9	94
12	1,500…	60	212	14	15	3	53
13	2,000…	46	49	6	4	0	26
14	2,500…	21	30	6	2	0	15
15	3,000…	13	18	1	1	0	4
16	3,500…	8	19	2	3	1	2
17	4,000…	12	20	3	1	0	8
18	4,500…	6	13	2	0	0	2
19	5,000…	40	37	2	2	1	5
20	N. D.	123	79	20	20	236	246
21	合 計	3,646	2,170	754	567	932	2,468
							10,738



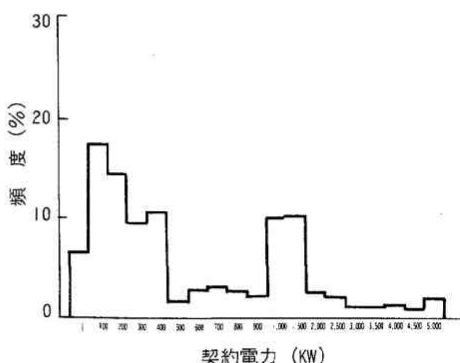
建物用途別の契約電力容量頻度分布(宿泊)



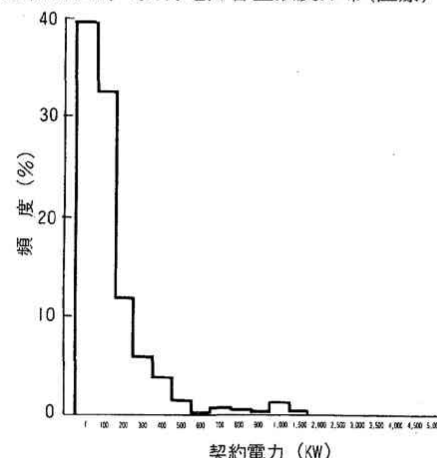
建物用途別の契約電力容量頻度分布(事務所)



建物用途別の契約電力容量頻度分布(医療)



建物用途別の契約電力容量頻度分布(商業)



建物用途別の契約電力容量頻度分布(住宅)

図4 新築ビルディング(S. 40～S. 59)用途別契約電力量の分布

等が必要になりますので、そのへんのセンスが、従来の空調設備と異なっているというのが実態のようでございます。

図5のデータは、昭和60年度に実施したアンケート調査結果で、当時コージェネレーションを導入されていた方々は、私どもはパイ

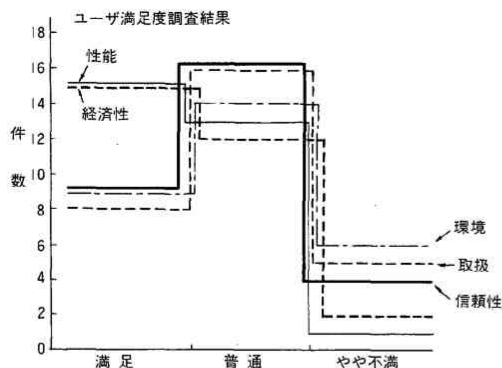


図5 システムの総合評価

オニアと呼んでいるのですが、かなりオーナー等の関心が深い方が多かったと思われます。そういう方々のデータと最近になって導

入された方、つまりコージェネレーションが商業ベースに乗るということで昨今急速に伸びておりますので、そういう理由で導入された方々と意識が違ってくるのか、大変興味深かったのですが、今年、石油産業活性化センターと一緒にやりました調査では、ほとんど似たような傾向のデータが出てきております。ただしこれらはまだ1年ぐらしか稼働しておりませんので、今後継続的にみる必要があると思います。

このようなエネルギー消費データが得られましたら、こういうデータを使いまして、やはり各業種にコージェネを導入した場合にど

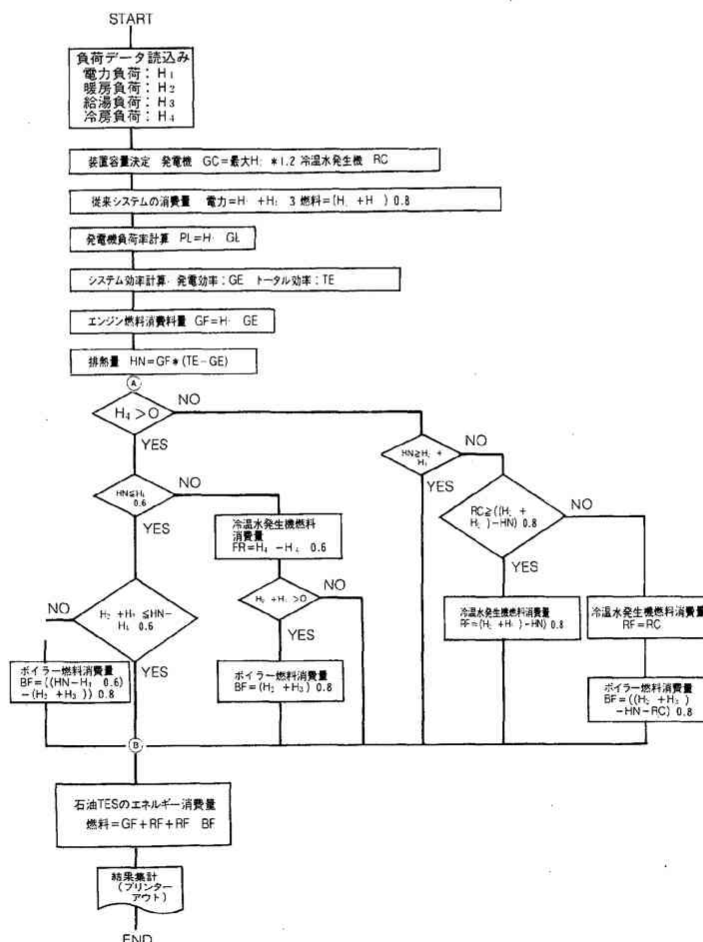


図6 電力需要追従運転（ディーゼル）の計算フロー

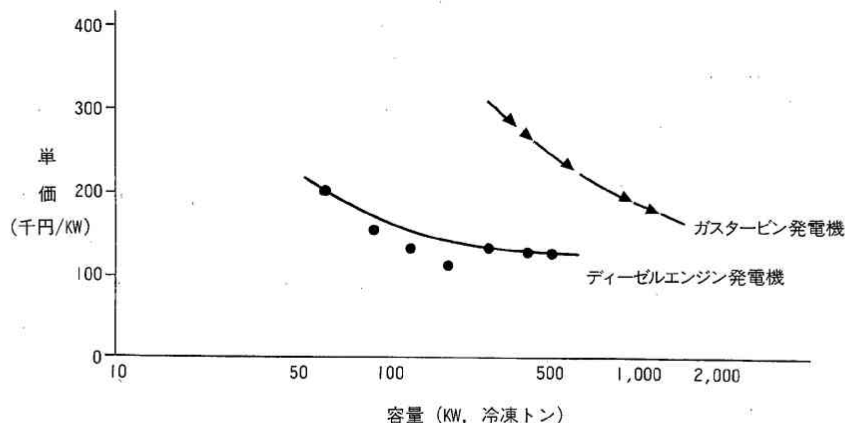


図7 トータルエネルギーシステム (1985年8月現在)

ういう効果があるか、それを評価するプログラムが必要でございます。私どもではそういうプログラムも準備しておりまして、評価を行っております。時刻別のエネルギー消費及び部分負荷率を考慮した部分負荷システム効率、経済性等を評価いたしまして、最終的なアウトプットを得ております(図6)。

その際、この種の調査で、最大の泣きどころはイニシャル・コストの想定が大変難しいというところでございます。メーカーさんの協力を得ながらやっていっております。従って当然、定価ベースということになりますが、

それを補うためにユーザー等でできるだけヒアリング調査も行っております。

図7は横軸に容量、縦軸に単価を取っておりますが、この85年8月の時点では、私どもの調査では、kW当たり、ディーゼルの場合が、100kW程度で、20万円/kW、500kW程度になりますと、15万円程度という想定になっております。ガスタービンはそれに引き換えまして、かなり割高になっておりますが、蒸気が得られるということで、産業用等では根強くニーズがあります。

表2はこのような試算結果の一例でございます

表2 資本回収期間

☆ 資本回収期間3年未満
○ " 3年～5年未満
△ " 5年～7年未満
空欄は7年以上のケース

原 動 機 種	ディーゼルエンジン					ガ ス タ ー ビ ン				
	業 務	商 業	宿 泊	教 育	医 療	業 務	商 業	宿 泊	教 育	医 療
ヒートポンプ駆動	△		☆		△	—	—	—	—	—
電力需要追従	○	○	☆	☆	○			○		☆
中間電力供給	☆	○	☆	☆	○			☆		☆
ベース電力供給	△		☆	☆	△	○	△	☆		☆
部分ベース電力供給			☆	☆	△	☆	○	☆	☆	☆

(注) 1) 資本回収期間 = $\frac{\text{工事費増額分(円)}}{\text{燃料費減少分(円/年)}}$

表3 石油T E S導入可能建物延床面積（全国）

	ディーゼルエンジンヒートポンプシステム			コージェネレーションシステム		
	延床面積	件数	平均延床面積	延床面積	件数	平均延床面積
ホ テ ル ・ 旅 館	千㎡ 109,100	11,410	㎡ 10,000	ディーゼル 千㎡ 93,300	6,260	15,000 ㎡
				ガスタービン 73,500	3,130	23,000
百 貨 店				ディーゼル 5,200	260	20,000
スーパーマーケット				ディーゼル 8,500	760	11,000
大学・短大・高専				ディーゼル 3,900	60	65,000
病 院	70,700	6,900	10,200	ディーゼル 29,900	1,050	28,000
				ガスタービン 18,800	330	57,000
事 務 所	93,000	7,480	12,400	ディーゼル 70,900	3,900	18,000

ますが、星印が単純初期投資回収期間が3年以内と想定された場合、従って非常に導入効果が得られるという場合でございます。丸印が3年から5年、ちょうどボーダーライン、三角印は5年から7年未満ということで、若干投資回収に時間がかかるというケースでございます。

用途別には、業務、商業、宿泊、教育、医療を検討しております。この時点でみますと、やはりどのような駆動形式をとるにいたしましても、ホテルが大変バランスのよい負荷形態を持っていることが分かります。ディーゼルエンジンの場合ホテル以外にも教育といいますか、学園用というのが比較的いい値を示しています。これは私どもが教育用で想定しましたデータ数が実は12件程度ございますが、これらの中には、温水プール等を完備した体育館をお持ちのかなり豪華な学園が多かったことも挙げられます。

表3はこのような試算結果をもとにして、それからもう一つは、消防等でお持ちの各用

途別の建物のストック数の延床面積と件数、これらを調査いたしまして、ホテル、旅館、百貨店、スーパーマーケット、大学、短大、病院、事務所の6業種につきまして、潜在需要量を推定した結果です。

通産省のコージェネレーション問題検討委員会で、最大需要想定量が112万kW（昭和75年時点）となっておりますが、その推定条件と違う点は、この時点では特定供給緩和がございませんでしたので、マンションは入っておりません。代りに先ほど申しました大規模学園が入っております。スーパーマーケットも入っております。この結果、民生用について潜在需要量が約12,290件と私どもはこの時点で推定しております。

とくにホテル、病院につきましては、ある程度以上、床面積1万㎡以上でございますと、かなり導入効果が得られるという試算結果になっております。

今まで述べてきましたようなアンケート調査、それからさらにはそれを整理する評価方

法以外に私共の調査研究の特徴としては技術開発課題の抽出があります(図8参照)。これらの調査から技術課題として抽出されたものが、この次のご講演がございます石油産業活性化等の技術開発に結びついているケースが多々ございます。

これはその一例ですが、ディーゼルエンジンのシリンダー内の正味平均有効圧力の分布を調べたデータでございます。横軸に筒内圧力の平均値、縦軸にその頻度分布をとっております。この横軸の平均有効圧力は何んの指標になるかと申しますと、エンジンに対する苛酷度ということになろうかと思えます。この数値、ディーゼルの場合は、定格点の設定がいろいろ難しいわけですが、この数値がある程度低いということは、定格点での出力余裕度がある、つまり耐久性を非常に配慮した設計になっているということになります。

逆にこの数値が高いということは、かなり効率は高く、単位重量当たりの出力も大きい

が、代りにエンジンの苛酷度は厳しい、ということになります。

ご覧いただけますように、用途別にきれいな分布が取れておりまして、自動車用についてはかなり平均有効圧力が高いということになります。これはご承知のように自動車の場合稼働時間が平均すれば大変短い。またアイドリング等がある、ということを反映していると思われます。一方、海外で使われております常用発電機用をみてみますと、かなり低いところにピークがきている。やはり耐久性、それから稼働時間の長さを配慮した設計になっていることが分かります。これに對しまして、現在、使われております産業用ディーゼルエンジンはその中間ぐらいに幅広く分布しているということが分かりました。

これらの現状調査を反映して、このへんは社団法人の陸用内燃機関協会さんと一緒にやらしていただいておりますが、この調査結果をもとに、例えばディーゼルエンジンでどの

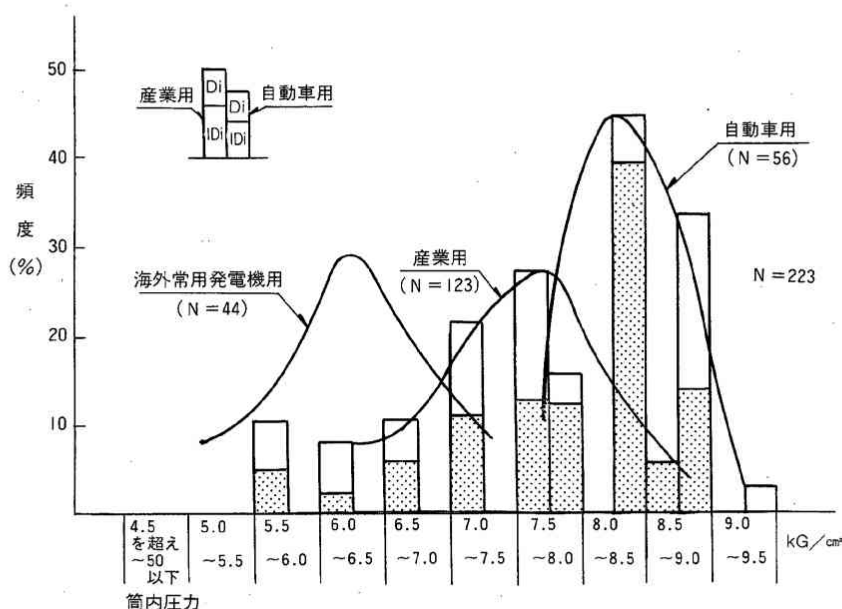


図8 小型ディーゼルエンジン用途別正味平均有効圧力の分布(無過給エンジン)

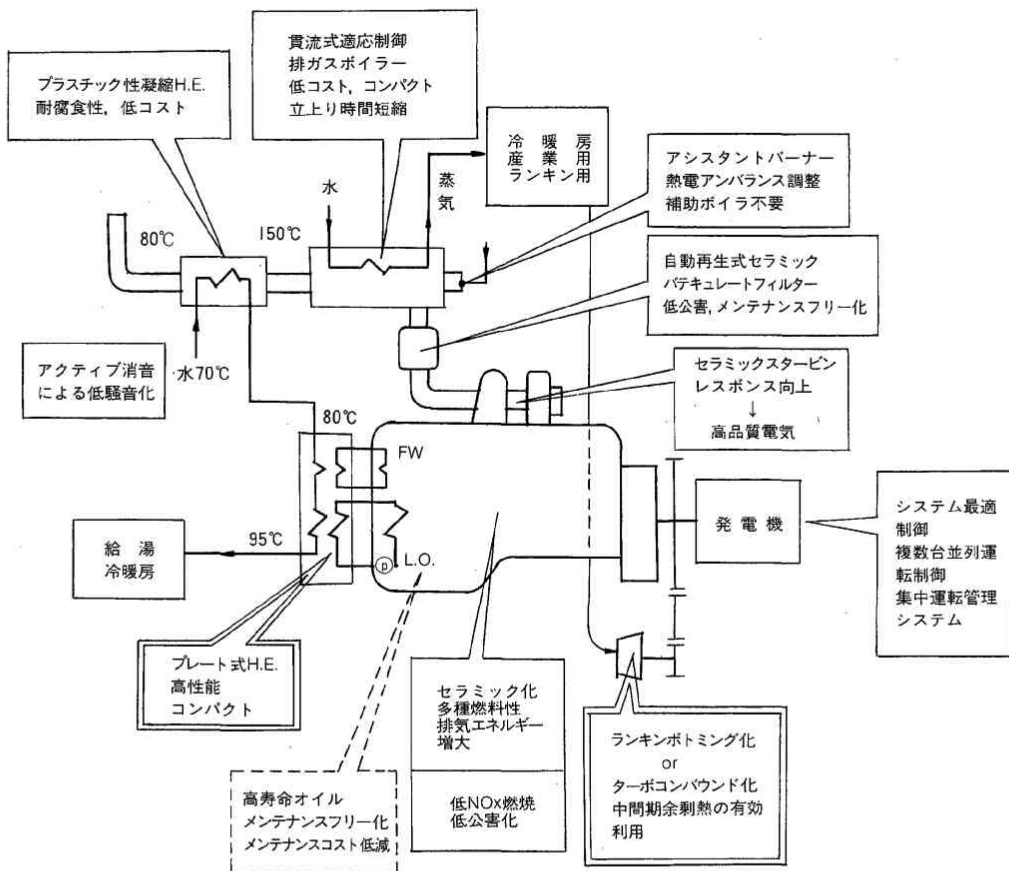


図9 概念設計例

ような技術開発課題があるのかというのを
分かりやすく整理したのが図9でございま
す。

課題は多岐にわたりますが、環境性、これ
には排ガス及びそれだけではなく、消音の場
合、これはアクティブ消音という、ちょうど
発生音と周波数、波が逆になるような音をぶ
つけて、音を消すとか、そういう課題も考え
られております。またやはり耐久性に考慮す
る必要があります。この耐久性の場合は、必
要なポイントのところの材料の開発、例えば
セラミック材料使用ですとか、付属するオイル
の開発等も一つの課題になっていくことと

思われます。また当然コージェネレーション
用というエンジンのデザインは今までござい
ませんでしたので、コージェネレーションを
考慮した場合には、先ほどの耐久性のみなら
ず、システムとして最適制御ができるような
形に持っていく必要等が考えられます。また
場合によっては、アシストバーナー等で熱湯
を活用したり、熱源のバランスを調整したり
する機能が必要になってまいります。これら
調査結果はこの次の講演で述べられます石油
産業活性化センターのディーゼルエンジン開
発の研究に結びついております。

電力各社の実際の契約電力の分布をみたの

単位・千

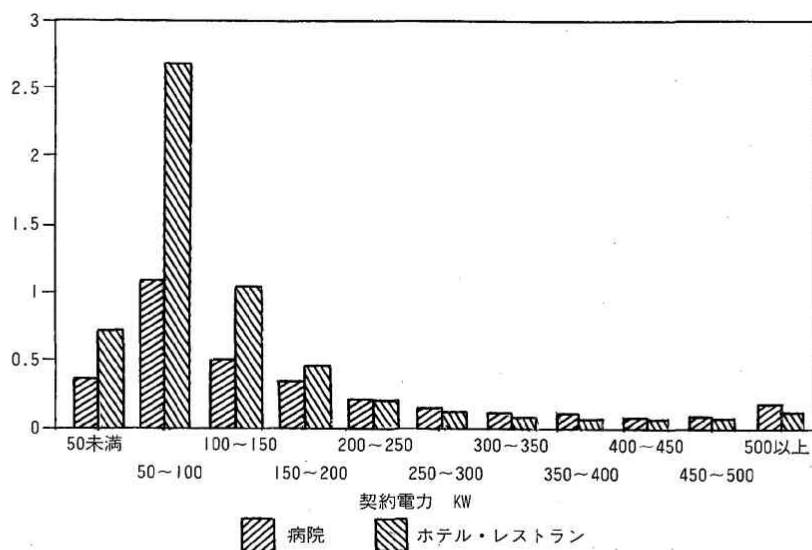


図10 契約電力別業務用需要家数

が図10でございます。先ほど新築のビルディングの場合のケースを見ましたが、新築のビルでは、当初は多少安全を見込むということで、契約電力は大きめになる傾向がありますので、これは実際の契約電力の分布を見たケースでございます。

コージェネの適用に適すると考えられる病院、ホテル、レストランを取っておりますが、ご覧いただけますように、大部分が50～100kWのところに分布が見られます。従いまして、現在の産業用途からきましたコージェネレーションの発想でなく、我々は小型コージェネ(MCS)と呼んでいますが、こういう小型コージェネレーションの開発が、コージェネの今後の普及促進のために不可欠であると考えております。アメリカではこのようなパッケージにしたコージェネレーションのシステムが2000年には2兆円産業になるであろうというDOEの予測も出ております。またGRIでは、こういうパッケージ型の例えばレス

トラン・タイプの40kWのシステムを87年度の予算ベースですが、1.9億円をかけて開発したり、またそれよりさらに小さい10～30kWのスモール・コージェネというシステムを2.2億円かけて開発中でございます。

私どもはこのようなパッケージ型小型システムに注目いたしまして、昨年度、平田先生を委員長とする委員会を設けまして検討いたしました。

初期導入利用に適すると考えられる分野の導入効果のまとめ(MCS)を表4に示します。この中で現状では種々の課題が考えられますので、初期導入をとりあえず図っていく必要があるのではないかと思います。このようなパッケージを標準化していくとともに、初期の導入に適するセクションを選んで、そこへの導入を図りつつ、フィールド・テストを重ねて改良していくという方法も1つの有力な方法として考えられます。

それは具体的にはどういう分野かと申しま

表4 初期導入利用に適すると考えられる分野のまとめ (MCS)

分 野	設備数(ストック量)	伸 び 率	年間新設数	特 記 事 項
サービスステーション	58,729件 (S. 61年末)	-0.6% (61/60)	2千億円/年 の投資予定 2,000件 (推定増改 築見込み)	消防法改正で多機能 化(高層化・兼業化)
レジャーホテル	6,470件(S. 59年末) (対象:床面積 1,000~3,000㎡)		190件 (推定)	改築多い 給湯負荷多い
ファミリーレストラン	5,610件 (S. 60年末)	全体13.4% (60/59)	518件 (60/59)	伸び率高い 給湯負荷多い
スポーツクラブ (プール付)	621件(S. 61年末) (スイミングスクール 約1,500)	約50% (61/60)	196件 内プール付 98件(61/60)	伸び率高い 低温熱需要多い
養 殖 場	約3,600 (S. 61年末)			現在エアレーション 設備として非常用発 電機が必要

すと、一つはサービスステーション、これはガソリンスタンドのことですが、現状6万件程度のストック量があります。設備全体の伸び率をご承知のような状況で、それほど高くないわけですが、現在、消防法の改正等を背景に多機能化が進んでおりまして、高層化とか兼業化が進んでおります。例えばスーパーマーケットと一緒にするとかですが、この年の設備投資が約2,000億円を超えると推定されております。またこのための増改築見込みが年間2000件を超えるということで、今後ある程度大きな需要が見込めるだろうと考えられます。

それから、レジャーホテルでございますが、これはホテルはコージェネの設置の現在の実績も多いわけですし、対象としても優れているわけですが、さらにレジャーホテルと私どもは名づけますが、延床面積が1000㎡から3000㎡の小規模のホテルでもかなり導入見込みが高いのではないかと考えられます。増改築も多いですし、給湯負荷も多いのはご承知

のとおりです。

ファミリーレストラン、これもアメリカでは大変導入が多い事例でございます。残念ながら日本では現在、商業的なコージェネレーション設備として導入されているケースはない、と思います。理由は、ファミリーレストランはご承知のように画一設計されておりますので、全く同じような図面をもとにすべてのレストランが建っているわけで、その基本デザインの中に今コージェネは一切考慮されておられません。これの一番大きな理由は、どうも従業員等を少なくしたいというオーナー側の強い要望に対して、昨年度までは例えば電気主任をおこなさなければいけなかったとか、そういうシステム管理人の問題が日本の場合深刻だったと思われます。

ただ逆を申しますれば、基本設計で一度コージェネが取り入れられれば、すべてがコージェネになるという大変魅力的な分野だと思います。新設の伸び率も13.4%という高い伸び率でございます。

表5 初期導入利用に適すると考えられる分野の導入効果のまとめ(MCS)

分 野	稼働実績	導入効果(推定)	メンテナンス
サービスステーション 〔24kW システム〕	運転時間 4738 h/Y 平均負荷 65.9 % 発電効率 32 % 熱回収率 40 % (冬期のみの値)	電気代 180万円/Y 熱回収 25万円/Y (契約電力の削減 50kW以下)	潤滑油消費 82ℓ/Y オイルフィルタ交換 3カ月 毎
レジャーホテル (40RT GHP) 〔40kW に換算〕	運転時間 8672 h/Y 平均負荷 65 % 平均COP 1.5 (GHP)	年間平均燃料消費量の 約50%を削減 (GHP)	オイル交換 1000 h 4カ月点検 12カ月点検 (GHP)
ファミリーレストラン 50kW システム の試算結果	運転時間 7300 h/Y 平均負荷 83.0 % 発電効率 31.9 % 熱回収率 26.4 %	電気代 370万円/Y 熱回収 45万円/Y (契約電力の削減 67kWが28kWへ)	
スポーツクラブ (プール付) 〔32kW システム〕	運転時間 3173 h/Y 平均負荷 90.9 % 発電効率 32 % 熱回収率 43 %	全体の省コスト 220万円/Y ～300万円/Y (回収熱はほぼ全量利 用可能と報告)	排ガス熱交開放洗浄 1回/月 オイル交換2カ月に 1度
養 殖 場 30kW システム の試算結果	運転時間 7884 h/Y 平均負荷 90 %	電気代 250万円/Y 熱回収 70万円/Y (回収熱は全量利用)	

スポーツクラブは、さらに高い伸び率でして、現在、倍増と言いますか、50%の増加率が続いており、新規事業としていろんな分野から参入されており、大変高い伸び率です。スイミング・スクールも現在、1500件程度ありますが、伸び率が20数%となっております。従って興味深い分野だと思います。

養殖場は必ずしも伸び率が高いとは言えないのですが、現在、エアレーションのための設備として、非常用発電設備を必ず設置しております。と申しますのは、このエアレーションが切れてしまいますと、全部魚が死んでしまうそうです。ある程度温度需要があるとともに、エアレーション設備用電源の需要があり、概略コスト試算しますと、有利な結果になります。

それらの試算結果を取り纏めたのがこの表5でございます。設備はいずれも20kWからせいぜい50kWのシステムが適するわけでござい

ます。最適設計いたしますれば、この程度のコージェネレーションでも十分なペイアウトが見込める可能性が示されております。ただし導入効果が当然200万円から300万円程度の年間のネットセービングとなりますので、それに見合うシステム・コスト、具体的にはトータルのイニシャル・コストはkW当りで25万円を切りませんと、メリットはないということになります。

これらを整理いたしますと、小型コージェネレーションのあるべき姿のイメージはこの図11で集約されると思います。これは大きさでは、例えば車両令で、幅が2.5m、長さが8.5m、高さが3m以下、この範囲内でないと、トラックで運べないとか、いろいろそういう制約がございまして、これらを加味して標準化し、量産化を図っていく必要があろうかと思ひます。ポイントは量産化です。同じようなシステムにして、たくさん作って、できた

ら、kW当り10万円以下のコストにしなければ、ペイしていかない。これよりずっとラフですが、非常用ではこういうパッケージ化がされているわけですが、そういうものを参考に常用で使えるようにグレードアップしていった、そのぐらいのコストになれば、十分需要

が見込まれると思われます。

今回の発表趣旨から新技術については簡単に述べさせていただきますが、例えばスターリングエンジンは、燃料源はなんでもいい、その時々、最低コストの燃料を選ぶことができる、さらに低公害性、例えば NOx は150ppm

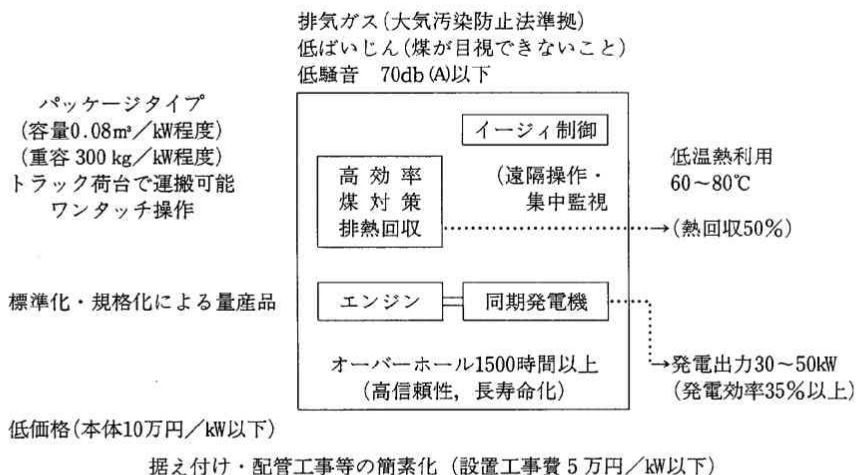


図11 あるべき小型コージェネレーションシステムのイメージ

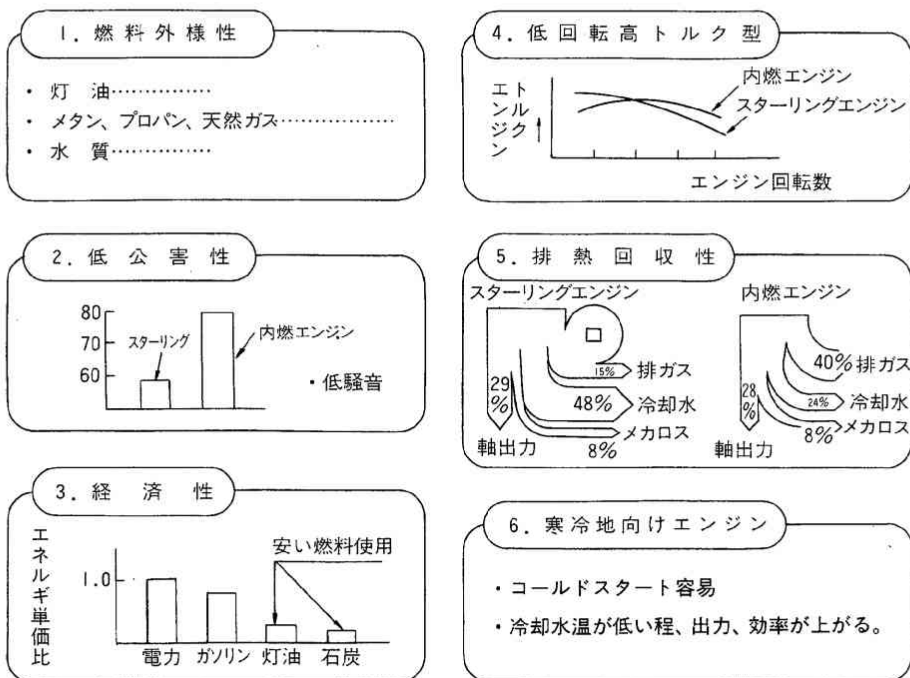


図12 スターリングエンジンの特徴

以下、ノイズにつきましては45デシベルというのを達成している特徴があります（図12）。

また排熱回収が、排ガスからでなく、ほとんど冷却水で取れますので、温度レベルが低い代りに大変熱回収しやすいという、原理的には、コージェネレーションの駆動源として、とくに小規模用では魅力的なエンジンでございます。しかしながらまだ制御性、それから耐久性と課題が多い現状です。

最大の課題は、やはりコストにあると言えます。先ほどのような例えばディーゼルの場合ですと全部既存のラインができあがってしまっているわけですので、大変安い価格になります。それに対しまして、スターリングエンジンの場合、私どもで調査しますと、現状加工費がまず56%以上占めております（図13）。例えばプレヒーター一つ取りましても、大根すり器を何枚か重ねたような形状となっていますが、そういうものでも加工に意外とお金がかかっているということがございます。

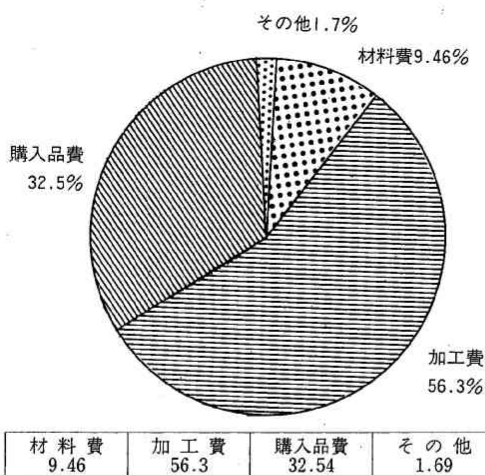


図13 スターリングエンジンのコスト構成

さらに特殊な材料を使っております。

従いまして、現状では、30kWのクラスのスターリングエンジンのコスト例で、1,200万円ぐらいかかってしまっている。これをなんとか製造コスト段階で100万円ぐらいにしたいんですけど、ディーゼルとの競争力はないということになります。そのためには大変地道な一つ

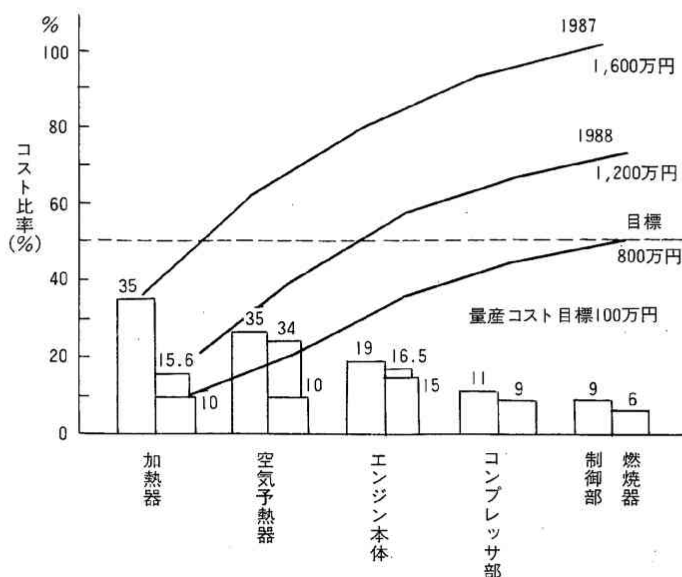


図14 コスト低減実績と目標

ひとつのコスト低減努力をしていくとともに、将来的には量産化を想定いたしませんと、達成できないと考えられます。また極力現状のガスエンジン等との部品の共通性を持たしていく必要があると思います(図14)。

燃料電池も大変有望な技術でございますが、図15にありますように、課題といたしましてはやはりコストでございます。

昭和64年度末を想定いたしましても、100kW、250万円というユーザニーズとはワンオーダー違うコストがかかってしまう。それを種々の技術開発努力、これは詳しくはNEDOの委託で私どもが調査いたしておりますが、種々の技術開発課題を盛り込んで、なおかつ1310台の量産効果を想定して、昭和70年度で、28万4,000円という、ぎりぎりアベラブルなコストに落ち着いているということが想定されます。このためには、様々な導入の

ための努力、それから技術開発のための地道な努力等が必要になってまいります。

今後のコージェネレーションの課題として考えられますのは、やはりディーゼルの場合、とくにNOx対策だと思います。この場合既存技術はアンモニア脱硝しかないわけですが、こういう設備では当然アンモニア・ポンプが必要ということになりますので、大きな課題でございます(表5参照)。注目される将来技術としては、NOx分解触媒というのが昔から研究されておりますが、ゼオライト系の触媒を使ったこういう技術の開発等により後処理技術の確立が有望と考えられ、今年度から私どもは、化学技術研究所等の力を借りて、探索研究をスタートしております。

来週早々日本コージェネレーション研究会でセミナーがございます連系に関する問題ですが、詳しくはそちらでお聞きになられれば

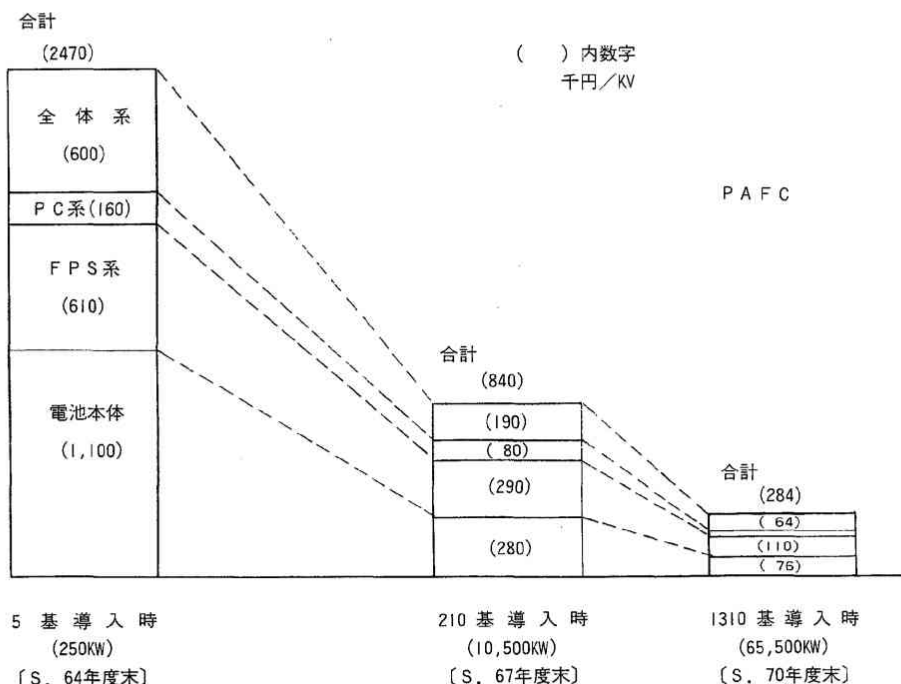


図15 コストダウン予測結果

表5 今までに提案されている各種乾式脱硝法

乾式脱硝名	試薬	処理温度	反応または方法
接触分解法		~ 700℃	$2\text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2$
吸着法		< 150℃	$2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$
非選択接触還元法	CH_4	200 ~ 450℃	$4\text{NO} + \text{CH}_4 \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
	CO	200 ~ 450℃	$2\text{NO} + 2\text{CO} \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{CO}_2$
	H_2	200 ~ 450℃	$2\text{NO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
選択接触還元法	NH_3	200 ~ 450℃	$6\text{NO} + 4\text{NH}_3 \rightarrow 5\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ ($4\text{NO} + 4\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$)
	H_2S	120 ~ 150℃	$2\text{NO} + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{S} + \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
熔融塩吸収法			$6\text{NO} + 2\text{M}_2\text{CO}_3 \rightarrow 4\text{MNO}_3 + 2\text{CO}_2 + \text{N}_2$ $2\text{NO}_2 + \text{M}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{MNO}_2 + \text{MNO}_3 + \text{CO}_2$ $4\text{MNO}_2 + 2\text{C} \rightarrow 2\text{M}_2\text{CO}_3 + 2\text{N}_2 + \text{CO}_2$ $4\text{MNO}_3 + 5\text{C} \rightarrow 2\text{M}_2\text{CO}_3 + 2\text{N}_2 + 3\text{CO}_2$ M: Li^+ , Na^+ , K^+ , など
電子線照射法		50 ~ 250℃	排ガス中に放射線・電子線などを照射し NO_x , SO_x をエアゾル状固形物として捕集する。
無触媒還元法	NH_3 + H_2 + CO	700 ~ 1100℃	アンモニアを還元剤として排ガス中に導入し、気相無触媒で NO_x を N_2 に還元

表6 連系に関する要求事項一覧

	10kW 以下	11kW ~40kW	41kW ~100kW	101kW・ ~400kW	401kW ~1MW	1MW超過 ~10MW	10MW 超過
連系用開閉器	○	○	○	○	○	○	○
発電機用しゃ断器	○	○	○	○	○	○	○
絶縁変圧器		○	○	○	○	○	○
過電圧保護	○	○	○	○	○	○	○
不足電圧保護	○*1	○*1	○	○	○	○	○
過不足周波数保護	○	○	○	○	○	○	○
地絡保護			ケースバイケース	○	○	○	○
短絡保護					○	○	○
電力会社の グレードのレ						○	○
同期検定器	○	○	○	○	○	○	○
電圧・力率調整装置			○	○	○	○	○
遠方計測表示装置							○
専用電話	○	○	○	○	○	○	○

注) *1 無電圧で開となる電磁接触器でもよい。

(PGE資料)

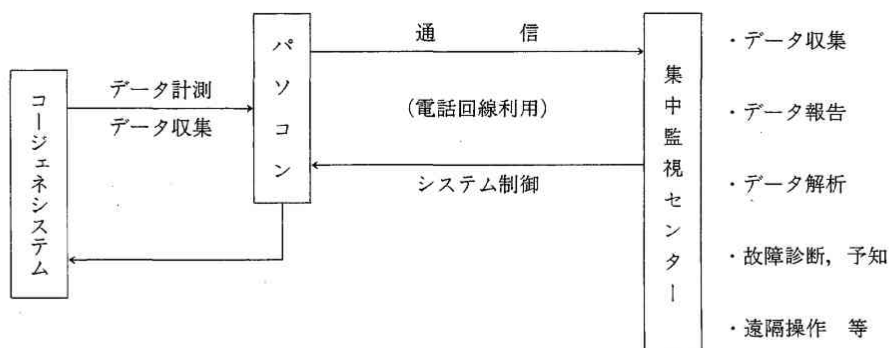


図16 集中監視システムのイメージ

いいと思いますが、一例だけアメリカのPGEという電力会社の系統連系の例をご紹介します(表6)、容量区分が細かく規定されておりまして、電力会社のグレードを要求するのは1000kW以上のケースのみとなっています(表6)。また10kW以下というような設定もございまして、大変シンプルな連系要求になっております。このような米国での実態がひとつの今後の検討の参考になろうかと思えます。

もうひとつ今後の大きな課題として、コージェネレーション設備を設置した場合、従来のボイラー等と違うじゃないか、というのが素朴な一般のユーザーの方々のご意見でございます。従いまして、どうしても図16に概念

を示すような集中監視システムと言いますか、いま電話回線を使えば全国どこでも10円でつなげる可能性がございますので、そういう電話回線等を利用して、システム制御を行い、またデータ収集、それから故障診断予知等を行うバックアップ・システムの体制をつくりませんと、エンジンの技術開発だけでは、ユーザー側でのメンテナンス・フリー等の要求を満足できないと考えられます。またこれは保安上も大変有効で法定保安規制の緩和につながる可能性もございますので、大変重要な課題と考えて、現在、石油産業活性化センターと共同で検討を進めております。以上でございます。(いけまつ まさき)

低NO_xディーゼルエンジン・ コージェネレーションシステムの開発状況

—PECにおけるディーゼルコージェネの技術開発について—

(財)石油産業活性化センター

技術開発部長 金子 安雄

1. PECの概要

只今ご紹介いただきました石油産業活性化センターの金子でございます。石油産業活性化センターと申しまして、ご存じない方が多いのではないかと思います、最初に少しお時間をいただきまして、活性化センターのご紹介をさせていただきたいと思います。

石油産業活性化センターは、英語の名前をPetroleum Energy Centerと言ひまして、その略称をPECと言っております。(表1参照)

表1 PECの概要

PEC	: Petroleum Energy Center
設立	: 昭和61年5月
目的	: (1) 石油全般にわたる技術開発及び調査研究 : (2) 自動車メタノールに関する技術開発及び調査研究 : (3) 石油産業の構造改善などの総合的推進
所在地	: 東京都千代田区麹町5-3-23
基金	: 約11億円
賛助会員	: 74法人 石油産業を中心に石油開発、エンジニアリング、機械、電機、金融機関等の各種業界より成る。

設立は今から2年ほど前の昭和61年5月でございます。

設立の目的は、石油全般に関します技術開発と調査研究並びに自動車用メタノールの技術開発と調査研究、それから石油産業の構造改善等を総合的に推進することでございます。最後の、構造改善と言ひますと、お分かりにくいと思いますが、平たく言えば、過剰になっております石油精製設備を廃棄する場合などに補助金を出したり、あるいは利子補給等を行う、そういったものでございます。

事務所は四ツ谷にございまして、基金は11億円。賛助会員は現在のところ74法人でございまして、石油産業を中心といたしまして、エンジニアリング会社、機械、電機、あるいはシンクタンク、金融機関といったような幅広い構成からなっております。

PECには5つの部がございまして、企画調査部、構造改善部、総務部、メタノール部、それから技術開発部でございます。

2. PECの技術開発

では、次に私どもが行っております技術開

発につきましてご紹介したいと思います。

現在行っております技術開発の大きな柱は表2のように予算上大きな3本の柱に分かれております。それがさらに小さな柱に分かれておりますが、上から順にいきますと、コージェネ用ディーゼルの開発。これにつきまして今日お話するわけでございます。それから燃料電池ナフサ利用技術の開発。これは燃料電池本体の研究ではございませんで、燃料電池に送る水素をナフサ等の石油製品からいかにして低圧・低温で作るか。そういった技術を中心に研究しております。

次の重質油等低品位留分燃焼技術の開発につきましては、減圧残油のような重質油を低NO_xという条件の下にいかに効率よく燃焼させるかという研究と、分解軽油のような民生用としましては、重質な家庭用の燃料を給湯機とか、あるいはストーブ等でカーボンの堆積を起こさないで、いかに効率よく燃焼させるか。そういった研究でございます。

オフガス有効利用技術の開発につきましては、オフガス中のプロピレン等の石油化学に使える有用な成分をリアルタイムで検出し

て、運転制御を行おうという研究でございます。併せまして膜分離による回収を含めて研究をしております。

次の精製用排熱の有効利用につきまして、製油所からの低温排熱からヒートポンプ等で熱を回収する研究でございます。

ピッチ油有効利用技術の開発につきましては、ピッチ油から炭素繊維を作りまして、それを加工、応用する技術の研究でございます。

燃料油低窒素化等技術開発につきましては、これは平たく言えば、触媒の研究でございます。つまり残油の接触分解や水素化分解等に関して、いかにしてより優れた触媒を作るか、という研究でございます。

次の高精度反応制御の技術の開発につきましては、プラントを制御するための各種のセンサーの研究と、製油所に対する人工知能(AI)の応用の基礎的な研究でございます。人工知能につきましては、十数社、三十数人の研究員がPECに出向しておりまして、それでPECの事務所でもって、製油計画とか、あるいはプラントの運転支援等につきまして、共同研究を行っているところでございます。

高性能耐蝕反応装置の開発につきましては、これはセラミックスに関するものでございまして、窒化珪素の繊維や粉末の製造、あるいは炭化珪素のコーティング等に関する研究を行っております。

以上掲げました9つの小さな柱につきましては、それらはさらにそれぞれ幾つかの研究に分かれております。従いまして、PEC全体では63年度で39のテーマにつきまして研究を行っているわけでありまして。

PECの技術開発の仕組みについて次に申

表2 PECの技術開発

- | |
|--------------------|
| 1. 石油製品高度化利用技術開発 |
| ・ コージェネ用ディーゼルの開発 |
| ・ 燃料電池ナフサ利用技術の開発 |
| ・ 重質油等低品位留分燃焼技術の開発 |
| 2. 未利用資源利用効率化技術開発 |
| ・ オフガス有効利用技術の開発 |
| ・ 精製排熱有効利用システムの開発 |
| ・ ピッチ油有効利用技術の開発 |
| 3. 石油製品高品質化技術開発 |
| ・ 燃料油低窒素化等技術開発 |
| ・ 高精度反応制御機構の開発 |
| ・ 高性能耐蝕反応装置の開発 |

なお、これら技術開発は、石油産業活性化技術開発費等補助金の交付を受けて実施しているものである。

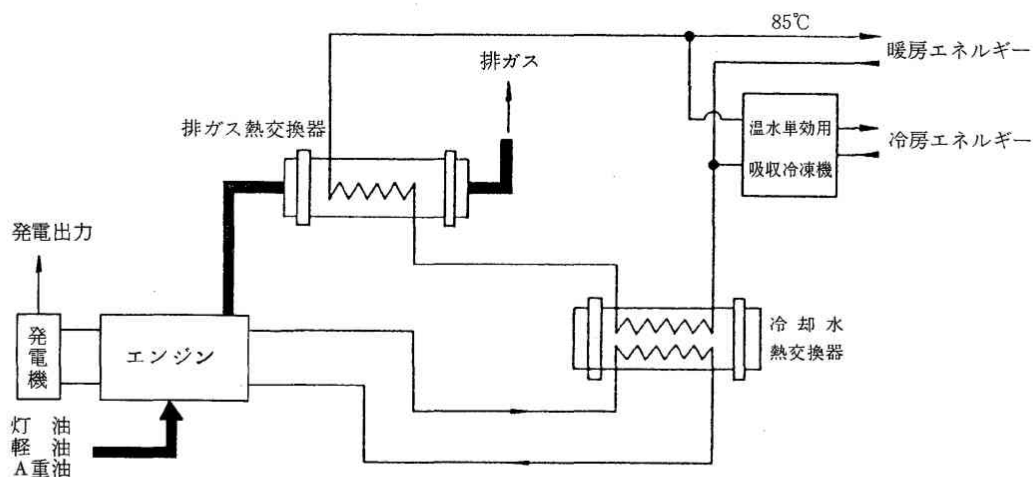


図1 ディーゼルコージェネシステム系統図

しあげます。

PEC自体は財団法人でございまして、技術開発に要する資金は、主として通産省からの補助金で賄っております。

これは石油産業活性化技術開発費等補助金という名前でございます、補助率は3分の2でございます。つまり国は必要とする技術開発費の3分の2を負担しようというものでございます。そして残る3分の1は、この技術開発に参加する各企業の負担となっております。

因みに昭和63年度の技術開発費の総額は、約92億円でございます。なおこれらの技術開発は、昭和61年度から始めまして、昭和65年度には終了する予定でございます。従いまして、昭和65年度以降は、また新しい技術開発の柱をつくらなければならないと考えている次第でございます。

3. PECにおけるコージェネ技術開発

それでは、前置きはこれぐらいにいたしま

して、本論に入りたいと思います。

ご承知のように、コージェネは、ガスタービンあるいはガスエンジンによるものもございしますが、PECでやっておりますコージェネは、ディーゼルエンジンによるコージェネでございます。エンジンの大きさは、表3には500kW以下と記しておりますが、実際に研究しておりますのは、100ないし300kWクラスでございます。ディーゼルエンジンのコージェネの簡単なフローを図1に示しました。燃料は、灯油、軽油、A重油でございますが、やはり主として軽油、A重油が使われております。エンジンの排ガスは、大体450から550℃でございますが、まず排ガス熱交に入って、熱を取られてから、大気に放出されております。一方エンジン冷却水は、エンジンと熱交換器の間を循環しております。温水は冷却水の熱交換器、それから排ガスの熱交換器を通じて、温度を高められます。大体85℃前後を目標に加熱されておりますが、それで暖房等に使われます。また一部は冷房に使われておりますが、その場合には吸収式冷凍機が使わ

れます。

技術開発の課題はいろいろございますけれども、やはりエンジンからの排ガスの性状の改善が第1の問題でございます。ディーゼルエンジンは他のエンジンに比べまして、熱効率が高いという特徴がございます。これは圧縮比が高く、高温で燃焼させるためでございますが、その反面NOxが発生しやすい、という欠点もあります。またばいじんの問題もあります。正しくはパーティキュレートというのでございますが、ここではばいじんという名前で分かりやすく統一させていただきます。ディーゼルエンジンは正しい使い方をすれば、黒煙はあまり出ないはずでございますが、一般道路を走っておりますトラックが、悪い燃料を使ったり、あるいは過重な運転をしたりしておりますので、時々黒煙を出すことがありますので、実態以上にイメージが悪くなっていると思われます。

次の課題は耐久性の向上でございます。できれば、ワンタッチで動かして、次の点検までに全然触らずにすむことが理想でありますけれども、それほどにいかなくても、メン

テナンス・フリーに近づけることが大切でございます。また当然のことながら、コストの低減も大切でございます。コージェネは電気と熱の両方を有効に使います関係で、効率がなくて、ランニングコストが安いのでございますが、設備費がかさみます。従いましてコージェネの普及につきましては、一層のコストダウンが必要かと思っております。そのほかでは、騒音を低く抑えること、システム全体の効率をさらに上げること、小型化、標準化等が技術課題かと思っております。

3-1 開発目標

次にPECで行っております技術開発の目標についてご説明いたします。

やはり最初は低公害でございます。NOxは現状1,000から1,200ppm、これはO₂ 13%でございますが、これを2割以上カットさせることを目標としております。これは昭和61年度当初の目標でございますが、その後環境規制がだんだん厳しくなっておりますので、一部の地方自治体では国の規制に対してさらに上乘せをするという話もきいております。このた

表3 PECコージェネ開発目標
(ディーゼル 500kW以下)

		現 状	目 標
低公害			
NOx(O ₂ 13%)	ppm	1,000～1,200程度	20%以上減
ばいじん	ポッシュ	0.6～ 0.8 "	50%程度減
騒 音	dB	85～ 90 "	5～10dB 程度減
高効率化			
エンジン熱効率	%	35～ 40程度	1～2 程度増
総合効率	%	75～ 80 "	5 程度増
耐久性向上			
TBO	時間	8,000程度	12,000以上
低コスト化			
	万円/kW	20程度	15以下

めP E Cにおきましても、昭和65年度末におきましては、現状の5割、600ppm程度を目標にしていこうと、このように目標を修正している所であります。

ばいじんにつきましては、現在ボッシュで0.6から0.8でございますが、これを5割ぐらいカットしたい、かように考えているわけがあります。

騒音につきましては、現在、1 m離れたところで85から90dB ぐらいありますが、これを5ないし10dB 程度下げたいと思っております。

エンジン効率につきましては、先にも申しましたとおり、ほかのエンジンに比べまして、効率が高いというわけでございますが、やはり排ガス性状を直そうと思いますと、エンジンの燃焼条件を変えなければならない。そうしますと、効率が下がってまいります。これを下げないように、現状維持、あるいは少しでも上げたい、このように思っているわけでございます。また併せて総合効率も熱回収等でカバーして、せめて5%ぐらい上げたいと、このように思っているわけでございます。

耐久性につきましては、T B O、つまりオーバーホール間隔がひとつの目安になります。これは現在8,000時間ぐらいでございますが、これを1.5倍、12,000時間以上、できれば15,000時間ぐらいを目標に開発したいと考えております。

コストにつきましては、現状ではkW当り20万円ぐらいかかると思っています。これは吸収式冷凍機を含まない価格でございますが、これをせめて15万円以下にしたい。このように思っております。

現在P E Cのコージェネの研究は、10社、10グループで行われておりますが、石油会社6社、エンジン会社が4社でございます。具体的な名前を申し上げますと、石油会社では共石技研、東燃、出光、日石精、コスモ、昭和シェルでございます。エンジン会社は三菱重工、新潟鉄工、ヤンマー、小松製作所でございます。

この10グループの研究を大きく分けてみますと、要素技術の研究とエンジン本体の研究、それからシステムの研究とに分かれます。要素技術の研究は、二社、エンジン本体は四社、そしてシステムの研究というのは、四社でございます。要素技術という言葉はユニット技術ということから考えますと、どこにでも使えますけれども、ここではコージェネ全般からみでの要素技術、そのような意味で使っております。

3-2 現在の開発状況

(1) 要素技術の研究

イ) プラズマジェットによる着火改善

では、まず要素技術の研究からご紹介したいと思います。

最初はプラズマジェットによります着火改善技術の研究でございます。(図2参照)これは共石技研の担当でございますが、最終的にはプラズマジェットをつけたディーゼルエンジンを開発しまして、プラズマジェットから出てきます反応活性種を燃焼室に入れて、着火特性を向上させよう、ということを目指しております。やはりNOx とばいじんの低減がポイントになります。

プラズマジェットは、燃料に電気エネルギーを与えまして、分子を励起することによ

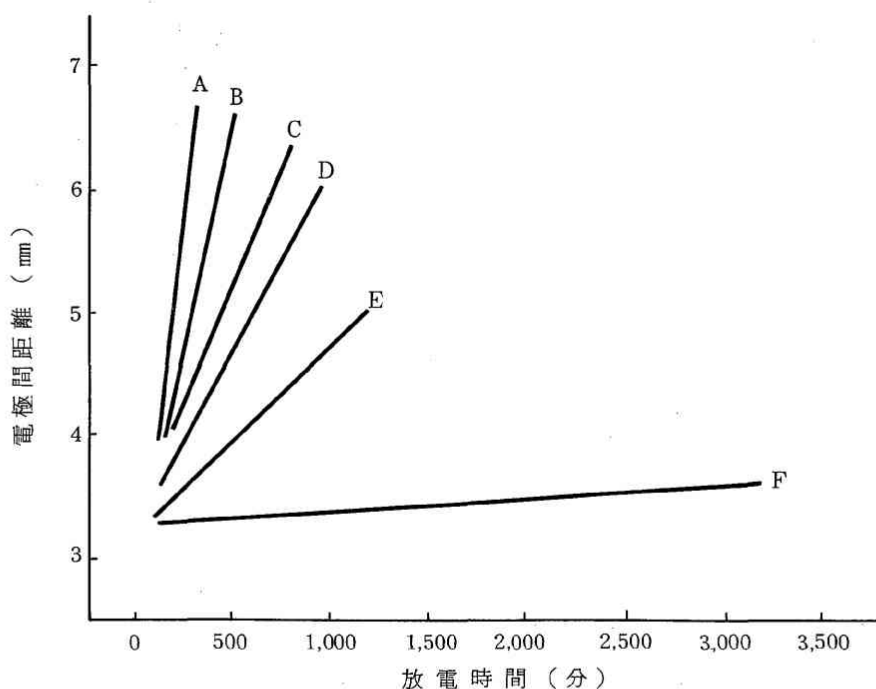


図2 中心電極材の耐久性

て発生します。

この研究の問題点は、電極の摩耗でございます。一般の自動車のプラグというものは、電気エネルギーはせいぜい数十ミリジュールでございますが、プラズマジェットの場合には、それより遙かに多くて、数百ミリジュールまたは数ジュールといったように、普通の十倍ないし百倍のエネルギーを必要といたします。

図2には、電極材の耐久性の試験結果を示しました。これは空中で実験を行った一つの例でございますが、一分間に2,000回プラズマを発生させた例でございますが、一番長いものでも、3,500分、約60時間弱しかもっておりません。融点の高い金属ほど耐久性がよいと、このようになっておりますが、これの改良がこの研究の今後の課題でございます。

このグループがやっております研究で、このほかに今までやってきたことは、反応活性種でありますOHラジカルにつきまして、その分布状態をレーザー光等で測定するシステムを作ったこと。それからエンジンの一部を透明なアクリル樹脂で作って、高速度カメラによってエンジンの中の燃焼状態を撮影して研究するシステムを作ったこと。それから単気筒エンジンにプラズマジェットイグナイターをつけまして、任意のタイミングでプラズマジェットを燃焼室内に放出するシステムを作ったこと等でございますが、いずれにせよ、まだこれは基礎的な段階でございます。本年度以降本格的な実験が始まると、このように期待しております。

ロ) 超音波噴射弁による燃料微粒化

次に超音波噴射弁による燃料微粒化の研究

について、ご説明を申し上げます。

これは東亜燃料工業㈱の担当でございますが、超音波によりまして、振動子を振動させ、燃料を微粒化して着火特性をよくしよう。燃焼効率をあげて、燃費を改善するとともに、ばいじんを下げていこう、そういったことを目的にしております。(表4参照)

表4 噴霧粒径の一例 単位 μm

ホーンタイプ 流量	1		2		3	
	油種 A重油	灯油	A重油	灯油	A重油	灯油
18.4ℓ/h	28	—	27	—	27	—
14.4	28	26	27	23	27	22
7.2	28	20	27	18	—	13
4.0	—	18	25	15	22	12

超音波噴射弁と言いますと、噴射ノズルというものを考えますが、実際は超音波振動によりますアトマイザーといったほうが適切でございます。振動数は最初38キロヘルツからスタートし、60キロヘルツ、80キロヘルツと上げまして、現在では120キロヘルツまできております。表4では、60キロヘルツの時の平均粒径を示しておりますが、灯油よりA重油のほうがやはり粒径が大きくなっております。大体20から27、8ミリミクロンになっております。振動数を上げていきますと、粒径は確かに小さくなるのでございますが、やはり発熱するというような問題が起きております。この超音波噴射弁は普通は吸気管につけます。つまり燃料の一部を吸気管から入れようというわけでございます。これはフュミゲーションと言っておりますが、吸気管に入れます燃料の量は、全体の1割以下と考えています。

実験結果でございますが、予備テストの段階におきましては、フュミゲーションが0な

いは2%、ごく僅かな段階におきまして、ばいじんが約1割ぐらい下がったことが認められております。フュミゲーションを10%ぐらいまで上げていきますと、ばいじんも3割以上下がるだろう、このように期待されております。

この超音波振動の耐久性でございますが、振幅20ミクロンでもって1000時間以上の耐久性の試験を行って、とくに問題はないとされております。

技術的な課題としましては、排ガス中にT H C、トータルハイドロカーボンが増えているということでございますが、これにつきましては、スワール比の変更等によって、空気と燃料との接触をよくしていこうといった対策を検討中でございます。

(2) エンジン本体の研究

次にエンジン本体の研究につきましてご報告申し上げます。

P E Cの場合、NOxの低減は主としてエンジンの燃焼改善によって行おうとしております。一般的に言いまして、ディーゼルエンジンの場合には、タイミングリタード、燃料噴射時期を遅らすことによってNOxが下がります。(図3参照)

ディーゼルエンジンはご承知のとおり、空気を圧縮して、温度を上げまして、それで燃料を噴射することによって爆発現象を起させるというものでございますが、燃料を噴射する時期はピストンが上死点に達する前の一番最適な時に設定されております。つまり燃費が一番いいところに設定されているわけでございます。

NOxに注目して排ガスの性状をよくするため、燃焼条件を変えていきますと、燃費の

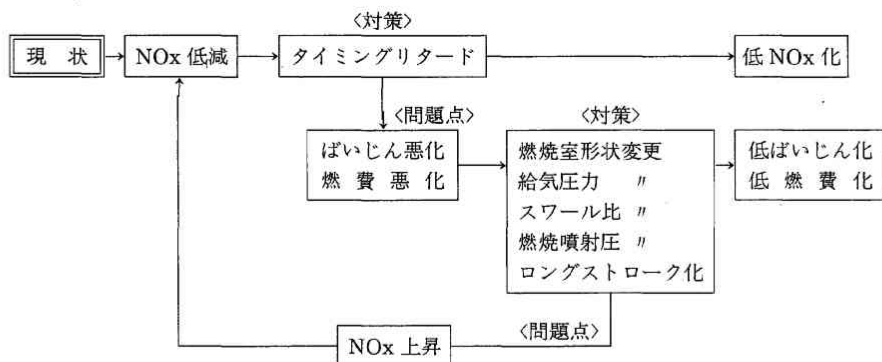


図3 燃焼改善における低 NOx と低ばいじん、低燃費の関係

最も良い点をずらすわけですから当然のことながら、燃費は下がってまいります。それに従ってばいじんも増加します。この対策としましては、例えば燃焼室の形状を変えたり、給気圧力を変えたり、スワール比を変えたり、あるいは噴射圧力を変更したり、いろいろなことをやっております。しかし、結局は低 NOx と低ばいじん、あるいは低燃費の間のベストマッチングを考えていかなければならない。そのように考えているわけでありませう。

PEC におきますエンジン本体の研究は、先に申し上げましたように、三菱重工、新潟鉄工、ヤンマー、小松製作所の担当でございます。

イ) 低セタン価燃料使用の影響

PEC におきましては、通常の燃料のほか、セタン価の低い燃料を使つての研究も行っております。これは三菱重工の担当でございます。

図4 は低セタン価燃料を使った時の影響を調べたものでございます。

左側は、回転数が1800rpm、右側は1500rpm のものでございます。

そのなかで、黒く塗り潰してあるのがセタン指数60で、白い円がセタン指数40のもので

ございます。

これで見ますと、低セタン指数の燃料を使いましても、ばいじんとか、燃料消費率との差はほとんどありません。ただやはり NOx は大きな差があります。図4 では%表示をしておりますが、実際の NOx 排出量では、出力のいかににかかわらず、どのレベルにおきま

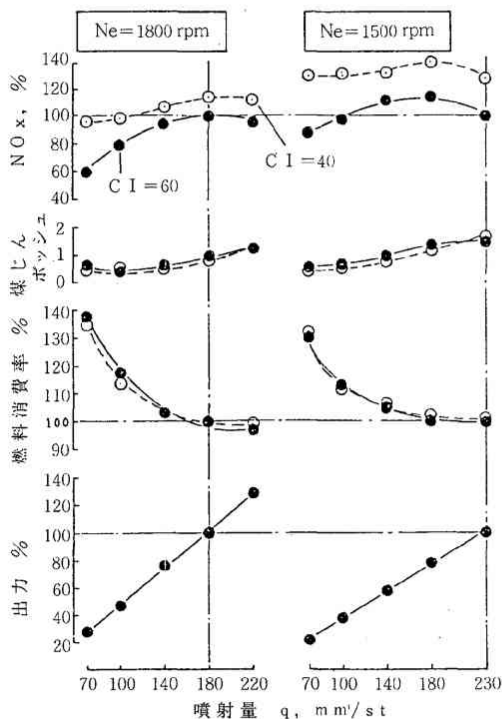


図4 セタン価による影響

しても、大体100ないし300ppm程度の差があります。これは低セタン価燃料を使いますと、やはり着火遅れが長くなりまして、予混合燃焼が増え、それで初期の熱発生が大きくなって、燃焼温度が高くなり、NO_xが増えるのだらう。このように考えております。

ここでセタン指数ということばを使いましたが、これは燃料の50%留出温度並びにAPIの比重から計算で出したものでございまして、セタン価とは相関関係がございます。参考までにその一例を図5に示しました。

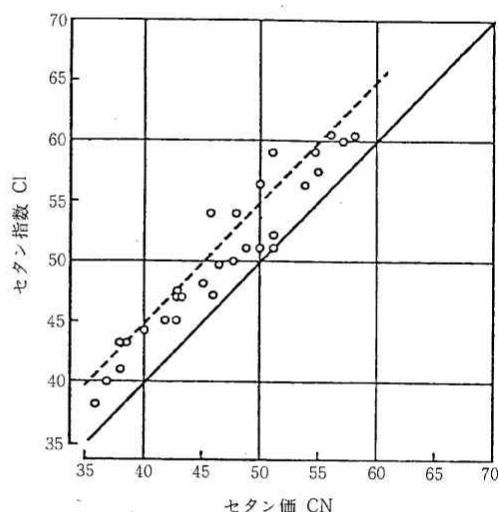


図5 セタン価とセタン指数の比較

どちらかと言いますと、やはりセタン指数のほうが高く出る。例えばセタン指数45ぐらいの時にセタン価は40というようなふうになっております。

因みに、セタン価というのは、ディーゼルエンジンに対して、なめらかな燃焼をおこす燃料性状の指標でありまして、ガソリンエンジンのオクタン価に相当します。具体的には、セタンとヘプタメチルノナンとの混合燃料を標準とし、CFRエンジンで比較した時、同

様の着火性を示す時のセタンのvol. %で表示します。セタン価が高いという事は着火性が良い事を意味します。

ロ) 燃料噴射時期の影響

次に燃料噴射時期の変更による影響につきましてご説明いたします。

図6は実験データの一例を示しております。

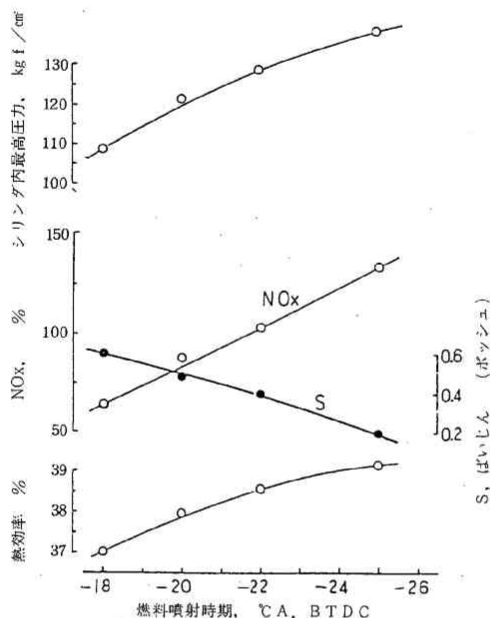


図6 燃料噴射時期による影響

横軸には上死点前のクランク角度、縦軸にはそれぞれ排ガス性状、あるいは燃料消費率等をとっております。

これで見ると、この図では左に行くほど燃料噴射時期を遅らせた格好になるのでございますが、遅らせば遅らせるほどNO_xが下がる。逆にばいじんと燃料消費率が上がってくる、という傾向にあります。つまりNO_xとばいじんとはトレードオフの関係にあるということが明らかでございます。

ハ) 燃焼室形状の影響

次に燃焼室の形状の影響についてご説明い

たします。

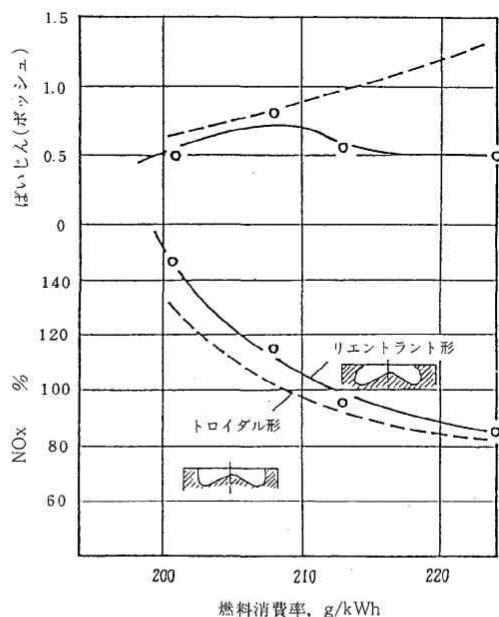


図7 燃焼室形状による影響

図7ではピストンヘッドの形についてリエントラント形とトロイダル形とを比較しておりますが、これを見ますと、リエントラント形のほうがNOxが若干高いということが分かります。実線がリエントラント形で、点線がトロイダル形でございますが、NOxが低い領域におきましては、ばいじんはリエントラント形のほうが低いという結果になっております。従いまして総合的にみますと、トロイダル形よりもリエントラント形のほうがいいのではないかと考えているわけがあります。

ばいじん濃度を測ります時に、普通ボッシュメータを使っております。ディーゼルエンジンの場合そうなのでございますが、大気汚染防止法の場合にはJISで決められた方法に従っております。ボッシュとJIS法との関係の一例を次に示します。(図8)

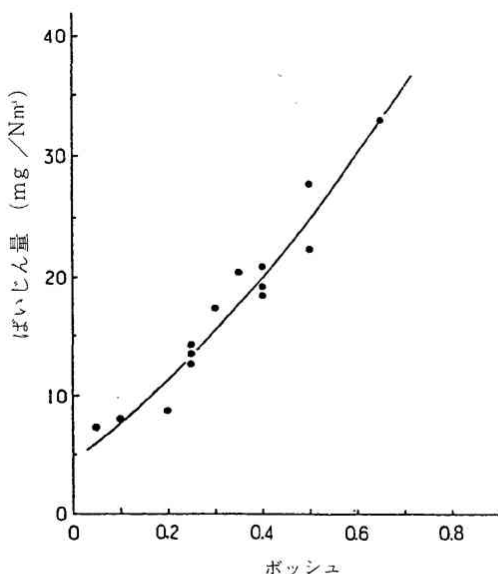


図8 ボッシュとばいじん量の関係

これはエンジンによって違いますので、一例としてご覧いただきたいのですが、横軸ボッシュ、縦軸にJIS法によって測ったばいじんの量が書いてございます。

大雑把にみますと、ボッシュが、0.4の時にJIS法では20ミリグラム／立方メートル程度になっております。因みに一般の工場の排ガスの例から言いますと、20ミリグラム／から30ミリグラム／立方メートルというのは非常に綺麗なほうでございます。

二) 給気圧力の影響

次に給気圧力によります影響についてご説明申し上げます。

図9は横軸に給気圧力、縦軸に排ガス性状等が書いてありますが、NOxも、ばいじんも、あるいは燃料消費率も、ともに給気圧力が高いほうが低く出ております。従いまして圧力比が高い、高効率の過給機を使って吸気圧力を高めることが望まれるわけでありす。

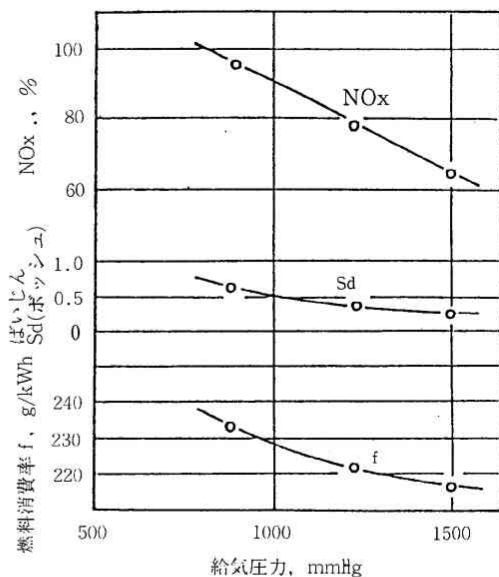


図9 給気圧力による影響

ホ) スワール比の影響

次にスワール比の影響についてご説明いたします。

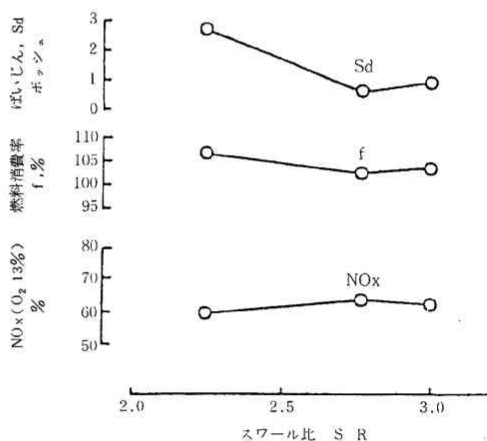


図10 スワール比による影響

スワール比というのは、空気の流入の際の旋回流の強さを表わす一つの尺度でございますが、図10ではその一例を示しております。横軸にスワール比、縦軸には排ガス性状と燃費をとっております。

スワール比の大きいほうが旋回流が強くて、燃焼がうまくいくのではないかと、思っておりましたけれども、必ずしもそうではなくて、ある範囲ではございますけれども、最適点があるという結果になっております。

へ) 燃料噴射圧の影響

次に燃料噴射圧力の影響につきましてご説明申し上げます。

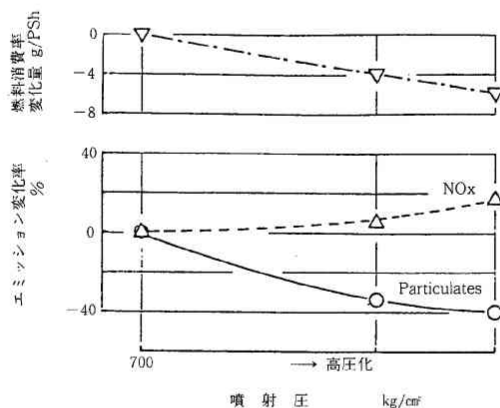


図11 燃料噴射圧による影響

図11は燃料噴射圧を変えた場合の一つの例を示しております。

右側にいくほど、噴射圧が高くなるということでございますが、これで見ますと、燃料噴射圧を上げますと、ばいじんと燃料消費率は下がっております。一方NOxは、トレードオフの関係で上がっておりますけれども、それほど大きくは上がっていない。つまりNOx, ばいじん, 燃費の間の最適点を見つけることもできるのではないかと考えているわけでございます。

ト) その他

ここでは別に図を書きませんでしたけれども、ピストンのロングストローク化の実験も行っておりまして、シリンダー径に対しまして、ストローク径を、例えば180ミリと160ミ

りに替えた場合とでは、やはりストロークは長いほうが、ばいじん量、並びに燃費が下がるという知見を得ております。ただし、逆にNOxは上がります。

エンジンの燃焼室の部分を断熱にした実験も行っておりますが、水冷エンジンに比べまして、若干燃費がよくなるという結果を得ております。

燃料の噴射ノズルの角度を160度から155、あるいは150度に変えた実験も行いましたが、トロイダル形、あるいはリエントラント形の燃焼室の形状いかにかわらず、ばいじんは下がる傾向にあることが認められております。

ディーゼルエンジンには、直噴のほかに副室燃焼のものもございますが、副室燃焼の比率を変えてテストしたところ、副室燃焼の比率が10%程度までは燃料費率は下がる一方、ばいじんはあまり変わらない。ただし副室燃焼の比率が10%を越しますと、ばいじんも上がってくる。その時に燃費は別に下がらない。といった結果になっております。

それからエンジンの低騒音化につきまして、研究を行っておりますが、部品の剛性を上げたり、あるいはタイミングギアの位置を変えたりすることによって低騒音化に寄与することが判ってきております。

このほか、耐久性につきましては、シリンドーライナー材の摺動摩耗テストとか、ボルト材の腐蝕による疲労強度のテストとか、あるいはオイルシールの耐熱寿命テスト等の研究を行っております。また六気筒エンジンの要所、例えばシリンドーライナーとか、ピストンリングとかにセラミックスを使って、耐久性を上げる研究も行っております。

(3) システムの研究

以上エンジン関係の説明を終りまして、次にシステム関係のご説明に移ります。

イ) 排ガス再循環

最初に排ガスの再循環につきましてご説明いたします。(図12)

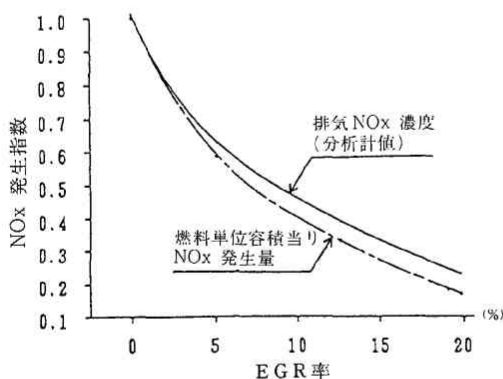


図12 EGRとNOxの関係

これは日本石油精製の担当ですが、エンジンの排ガスを再循環して、NOxを下げるということは一般の分野におきましては、普通に行われているわけですが、ディーゼルエンジンの場合には、排ガスの中のばいじんによるエンジンのトラブルが懸念されまして、今まで実施されたことはなかったと記憶しております。図12には、EGR、つまり排ガス再循環率を上げていった場合、NOxがどのくらい下がるか、というデータの一例を示しております。これで見ますと、EGR 10%前後におきまして、NOx濃度は約半分、単位燃料当りのNOxの発生量は4割程度に下がっております。これはスポットデータでございましてデータの絶対値は変わるかも知れませんが、EGRがNOxの低減に極めて効果がありそうだ、ということは認められると思います。

次にEGRとばいじんの関係を調べたデー

タをご覧にいます。

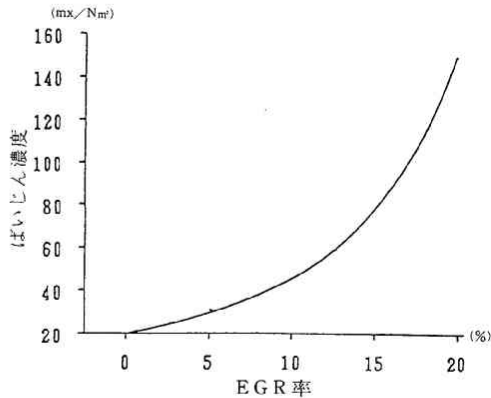


図13 EGRとばいじんの関係

図13はEGR率を変えた場合のばいじん濃度でございます、EGR率が増加するにつれてばいじんは急激に増加しております。

EGRがゼロの時の値、つまり20ミリ／立方メートルがこの排ガスの本来のばいじん濃度でございます。このグループはばいじん濃度の低減のためにEGRのほかに燃焼添加剤の研究も行っているのですが、それによりますと、EGRを行わないケースでは、添加剤があまり効かなかった、しかしながらEGRを行っておりますと、添加剤の効果が出てくる、という報告をしております。

一例を申し上げますと、ある添加剤でございますが、燃料1リッター当たり1.5モルを添加した場合に、EGR率12%でもって、ばいじんは約4割下がっている、またEGR率を18%にいたしますと、ばいじんは約8割も下がっている、という、スポットですが、そういうデータを出しております。これもやはり今後の研究によりますけれども、EGRを行うと、添加剤が効くのだ、ということは一つの事実かと思っております。

このグループでは、EGRのために、二次

設備の ΔP が上がるのではないかと、そうした場合の脊圧増加がどういふ影響を与えるだろうか、ということの調査を行っております、実験しておりますけれども、脊圧を200ないし500ミリ水柱から1200ミリ水柱に上げた場合、出力負荷のいかにかわらず、若干の燃費の増加、あるいは排ガス温度の上昇があるものの、COやばいじん等に関してはあまり上がっていない、という報告をしております。

NOxにつきましては、負荷率が上がるにつれて、若干ですが、増加しているようでございます。

EGRを行うと、エンジンに悪い影響があるのではないかと感じておりましたが、200時間の耐久テストでは、とくに大きな問題はない。このように報告しております。現在63年度におきまして、これを延長して1000時間、あるいはそれ以上の耐久テストを実施しているところでございます。

ロ) 高温熱回収

次に高温熱回収のシステムを研究しているグループについてご説明いたします。

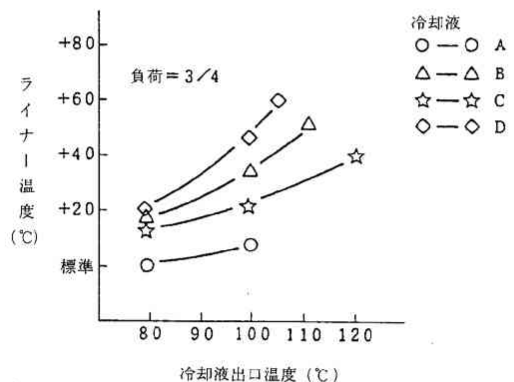


図14 冷却液温度とシリンダライナー温度

これは出光興産とコスモ石油の担当でございます。高温熱回収というのは、普通、エンジンの冷却温度は80℃ぐらいでございます

が、これを120℃以上に上げて、そのような高温でエンジンを冷却して、それで熱を有効に使おう、という研究でございます。温度が100℃以上になりますので、冷却水は使いません。冷却水を使うと沸騰してボイラーになりますので、ボイラー規制を避けるという意味で通常、水は使いません。その代り耐熱性の熱媒体が必要となります。図14には耐熱クーラントの種類を替えた時の冷却液出口温度とシリンダーライナーの温度の上昇の関係を示しております。一番下のマルは冷却水を使った時のデータでございます。これに比べまして、クーラントのほうは、かなりライナーの温度は上がっております。

ここには示しておりませんが、このグループは、エンジンの冷却温度を変えた時の排ガス性状をチェックしております。それによりますと、エンジンの冷却温度を高くしていきますと、排ガス温度とNOxは若干増加しますが、ばいじん濃度はかなり下がっております。一例を上げますと、ボッシュで0.9から0.6まで下がったというような報告もされております。また120℃以上の高温でもって、耐久テストを行っておりますが、500時間ぐらいの耐久テストの結果では、ピストンには確かにカーボンの堆積が認められましたが、潤滑油、あるいは熱媒体に関しましては、特段の問題はなかったと、このように報告しております。エンジン油につきましては、鉱油系、合成油系をいろいろテストしておりますが、耐熱性、清浄性などで、やはり合成油のほうがいい結果を得ております。

以上が高温熱回収システムに関します知見でございますが、高温エンジンからの実際の熱回収、これは熱水あるいは水蒸気による回

収でございますが、それとか、吸収式冷凍機のシステムへの組み込みとか、あるいは蓄熱システムの検討とかいう問題は、今年度以降の課題でございます。

PECにおいてはもう一つシステムの研究を行っているグループがございまして、これはスタートがちょっと遅れておりまして、1年間の基礎研究しかやっておりませんので、これに関します報告は今回省略させていただきます。

(4) 今後の主たる課題

最後に今後の課題につきましてご説明したいと思っております。

やはり低公害性、特にNOxが一番の問題でございます。今までは主としてエンジンの燃焼改善によりまして低NOx化を計ろうとしておりました。勿論排ガス再循環等もやっております、ほかの方法も研究しておりますけれども、やはり主体はエンジンの燃焼改善でございます。しかしながら最近では、一部地方自体が極めて厳しいNOxの規制を行うというように聞いております。アンモニア脱硝という方法もございますけれども、ディーゼルエンジンの場合には、5000kWあるいはそれ以上の大きいエンジンの場合には、実例がございまして、PECでやっておりますような100~300kW程度の小さいエンジンの場合には、実際には使われておりません。これはコストの面もございまして、負荷変動に対する追従性の問題がございまして、排ガス中にアンモニアがリークするのではないかと、そういうことに対する懸念も一つの原因かと思っております。しかしながら、PECとしましては、今後新しい脱硝法、高エネルギー脱硝と言いますか、プラズマ脱硝と言いますか、

そういった新しい新規脱硝法の開発を含めまして、いかにして小型ディーゼルエンジンのコージェネに脱硝を適用させるか、という研究を進めていきたいと思っております。これにつきましては、本年度から本格的な調査を開始したところでございます。

それから低コスト化でございますが、やはり普及するためには設備投資が少ないほうが望ましい。そういった意味では、部品の共通化、あるいは標準化が必要かと思えます。これにつきましても現在、有識者の方々にお集りいただきまして、PECで開発を行っておりますエンジンの部品等の標準化につきまして検討を行っているところでございます。

もう一つの課題はメンテナンス・フリーでございます。ユーザーの方々はトラブルがないという前提でものを買いにしていると

思いますので、できれば完全なメンテナンス・フリーが望ましいのですが、それができないとすれば、せめて故障をあらかじめ察知するシステムの開発が必要かと思えます。そのために例えば電話線等を使つてのユーザーのデータを一カ所に集めて管理するというのも一つの方法かと思いますが、どういうセンサーをどこに使う、ということを含めまして、来年度以降、集中監視設備について実際に実験を行いながら、研究進めて行きたい、かように思っております。

以上ざっぱくでございますけれど、石油産業活性化センターにおきますディーゼルエンジンのコージェネレーションに関する技術開発の一端をご紹介させていただきました。どうもご清聴ありがとうございました。(かねこやすお)

小型高効率コージェネレーションシステム の開発について

アドバンス・コージェネレーションシステム技術研究組合

研究部長 中西恒雄

只今ご紹介にあずかりましたアドバンス・コージェネレーション技術研究組合の中西でございます。当組合も、開発事業を開始いたしまして二年目に入りまして、本格的な事業はこれからというところでございますけれども、今日はこれから取り組もうとしております技術開発の概要についてご説明申し上げます。と言いましても、当組合につきまして、ご存じのない方も多数おられるのではないかと思いますので、組合の概要からまず簡単にご紹介申し上げたいと思います。

当組合は天然ガスを利用するホテル、病院、レストラン、事務所等、主に民生用を対象とした小型のガスエンジンおよびガスタービンによる省スペース型高効率コージェネレーション・システムの実用化開発を目的として昨年62年4月に設立され、鉱工業技術研究組合法に基づきまして、6月に認可された組合でございます。組合名はアドバンス・コージェネレーションシステム技術研究組合、非常に長い名前になっておりますけれども、略称は、アドバンス・コージェネレーション・テクノロジーの頭文字と、さらに90年代のシステム、それから総合効率90%を目指すという意気込みを表しまして、ACT90といたし

ております。

組合のメンバーは、電気事業者、ガス事業者、いわゆるユーザー6社、それから原動機メーカー、電気機器メーカー、それから熱回収メーカー11社、計17社で構成されております。

このようにユーザーと機器ごとの専門メーカーが有機的に結合しまして、協働して、各要素機器の機能アップは勿論のこと、より進んだコージェネレーション・システムを開発すべく取り組んでいるところでございます。

それでは、ACT90の研究開発の概要についてご説明いたしたいと思います。

表1にガスエンジンおよびガスタービン・コージェネレーションシステムにおいて一層の改善が期待される技術上の課題を整理してみました。

一つには、まず高効率化が上げられるわけですが、コージェネレーションシステムにおいて、高効率化を図る場合、発電効率と総合効率の二つの側面から改善を進める必要があるわけです。それは、民生用ビルにおける熱の需要が電気に比べまして、季節ごとの変動が非常に激しく、従って発電効率を上げ、かつ総合効率を上げることがシステム導入の可能性を大きく増加させることになると

表1 ガスエンジン・ガスタービンCGS
における技術上の課題

(1) 高効率化
○発電効率の向上
・原動機・発電機・周波数変換装置の全負荷及び部分負荷での効率向上
○総合効率の向上
・排熱回収装置(含む吸収式冷凍機)の効率向上
・熱電比の可変化
(2) 省スペース化
○効率改善による省スペース効果
○各要素機器の小型化
○〃の複合化
○パッケージ化
(3) 環境適合性
○ガスエンジンのNOx対策
・高稀薄燃焼
・三元触媒
・脱硝装置
○ガスタービンのNOx対策
・水又は蒸気噴射
・ハイブリット触媒燃焼
・予混合燃焼
・脱硝装置
(4) 低コスト化・運転・保守性能向上他

いうこととございます。

発電効率の施策としましては、要素機器すなわち、原動機、発電機、周波数変換装置の全負荷、これは定格負荷のことですけれども、それから部分負荷での効率向上が考えられます。

総合効率の施策としましては、排熱回収装置、これは吸収式冷凍機も含みますけれども、これらの効率向上、それから熱電比の可変化、こういうものが考えられます。とくに熱電比の可変化は、熱の需要が下がった時に、熱を発電に回しまして、熱電比を下げることで、運用効率を上げることができまして、システム導入の可能性を増加させることになるということとございます。

次の課題としまして省スペース化が上げられます。

これから都市部にコージェネレーションシステムを導入する場合、とくに近年の地価の高騰もありまして、システムの占有面積を小さくすること、すなわち省スペース化を図ることが重要な課題となってきております。

その施策としましては、先ほど述べました効率改善によりスケールメリット分小さくなるわけで、省スペース化の効果もあるわけですが、さらに各要素機器の小型化、それから各要素機器の複合化、この複合化と申しますのは、現在各要素機器というものはそれぞれ単独に設計、製作して、システムとして組み立てられておりますけれども、ここで発想を変えまして、二つ以上の要素機器、またはその要素機器の中の部分も含めまして、それを一体化して組み込むことができれば、大きな省スペース化につながるということとございます。

それからシステム自体をパッケージ化することができれば、省スペース化が図れるとともに、トラックに詰め込んだりしての輸送面、それから設置性の面で大きな改善につながると考えられます。

次の課題が環境適合性ですが、環境の中で、騒音、振動につきましては、設置箇所とか、環境条件によりまして、それぞれその処置は可能と考えておりまして、問題はやはりNOxであろうと考えております。

現在考えられるガスエンジンのNOx対策としまして、高稀薄燃焼、それから三元触媒、脱硝装置等があるかと思ひます。

ガスタービンのNOx対策としましては、水または蒸気噴射、予混合燃焼、それから予混合燃焼と触媒燃焼を組み合わせたハイブリット触媒燃焼とか、脱硝装置、そういうも

表2 ACT90の研究開発目標

		ガスエンジン CGS	ガスタービン CGS
容 量		100～500kW	500～1,500kW
高効率化	原 動 機	40%以上	30%以上
	総 合	80%以上	
省スペース化		0.3～0.5m ² /kW	
環境適合性(NOx)		規制値内	
設 備 コ ス ト		15万円/kW以下	
運 転 性		運転モード選択・全自動・故障診断	
設 置 方 式		パッケージ形（ビルディング・ブロック方式）	

注：効率は低位発熱量基準

のがあるかと考えます。

次の課題としまして、低コスト化、運転・保守性向上。低コストと申しますと、やはりイニシャルコスト、ランニングコスト、メンテナンスコスト、それから運転保守性、こういうものはやはり高度な技術を持たない人でも、運転ができ、非常に運転しやすい、ワンタッチで運転できる、ということですが、さらに信頼性とか、長寿命化、そういうものを図る必要があるのではなかろうかということでございます。

以上、技術上の課題につきましてご説明いたしましたけれども、これらの課題にたいしましてACT90ではどのような取り組みをこれからしようとしているのか、次にご説明いたしたいと思います。（表2参考）

まず開発目標でございますけれども、容量は、先ほどご説明しました民生用が対象になっておりますので、それぞれ小型でございますけれども、ガスエンジン・コージェネレーションシステムは100～500kW、ガスタービン・コージェネレーションシステムが500～1,500kW、そのへんの容量のものを狙って、こ

れから開発を進めることにしています。

高効率化の目標でございますけれども、ガスエンジンの軸短効率、40%以上、ガスタービンにつきましては30%以上を狙っています。それから総合効率は80%以上を狙って、これから開発に取り組んでいくということでございます。現状の効率から比べると、非常に高い目標ではないかと自分でも考えております。

省スペース化はkW当り0.3～0.5m²。環境適合性につきましては、NOx値ですけれども、規制値内に収める。今のところは、法的な規制値はガスタービンだけで、ガスエンジンにつきましては、規制値はございませんけれども、時代の流れでなにか規制値ができれば、その規制値内を狙っていくことになろうかと思ひます。

設備コスト、これはkW15万円以下を狙って開発を進めます。

運転性でございますけれども、運転モード選択、モードと言いますと、大体3つを考えております。再経済運転モード、電主熱従モード、逆の熱主電従モード、その3つのモードを選択して運転でき、さらに全自動故障診断システム、そういうものを開発していきたいと考えております。

設置方式はパッケージ型を考えております。

次に、開発スケジュールでございますけれども、先ほど2年目に入ったとお話しましたが、62年7月から事業開始をして、1年間かかって、63年度の7月まで全体計画、基本仕様、基本設計をまとめることとしております。（図1参考）ここではもうすでにこの段階は終了したわけですが、昨年まずやったことは、国内外の現状技術、技術開発

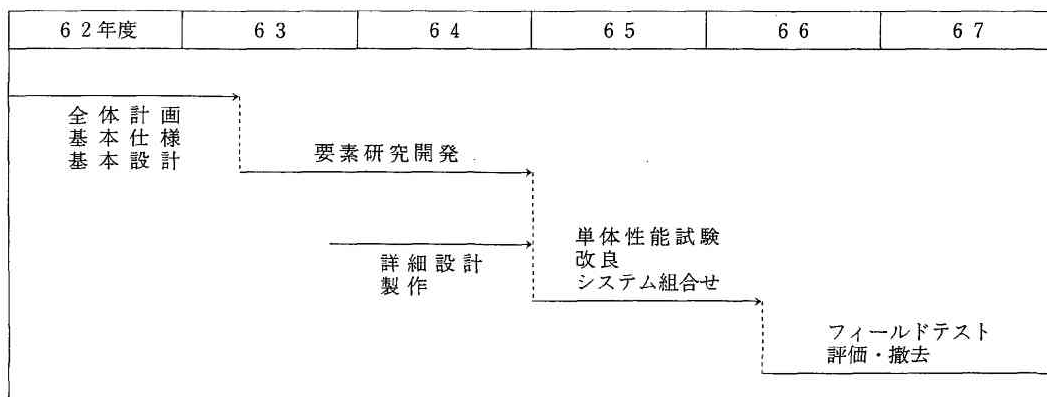


図1 ACT90の研究開発スケジュール

動向、そういうものをつぶさに調査して、そして昨年は海外調査団を出しました。コージェネレーションでは先進諸国であるヨーロッパ、アメリカを調査しまして、国内と外国のそういう現状技術と開発動向を調べまして、それをもとにしまして、組合の開発目標と、開発項目というものを設定したということでございます。

大体設定を終わりました、基本設計も終わった段階ですので、後ほどそのへんのお話をさせていただきますと考えております。

そして63年7月に引き続き、それぞれ要素研究開発を進めてまいります。これは各要素機器ごとに分かれまして、かなりベーシックな研究から始めるわけです。そして並行して、終わったものから、詳細設計、それから製作、そして64年いっぱい単体機器を製作しまして、そして65年から66年の7月までかけまして、単体ごとの性能試験、そして改良に改良を重ねまして、66年7月頃までにシステムを組み合せる。先ほどちょっとご説明で落しましたけれども、当組合ではガスエンジンを2システム、それからガスタービンを2システム、それぞれ製作しまして、フィールドテ

ストまでやって、実証をする、ということで計画しております。従いまして、66年7月までにそれぞれ4つのシステムを組み立てて、そして1年以上かけてフィールドテストをして、そしていろいろ設計してきた数値について67年いっぱいかけて、実際の評価をすませる。トータルで6年間をかけて進んだコージェネレーションシステムを開発しようという計画でございます。

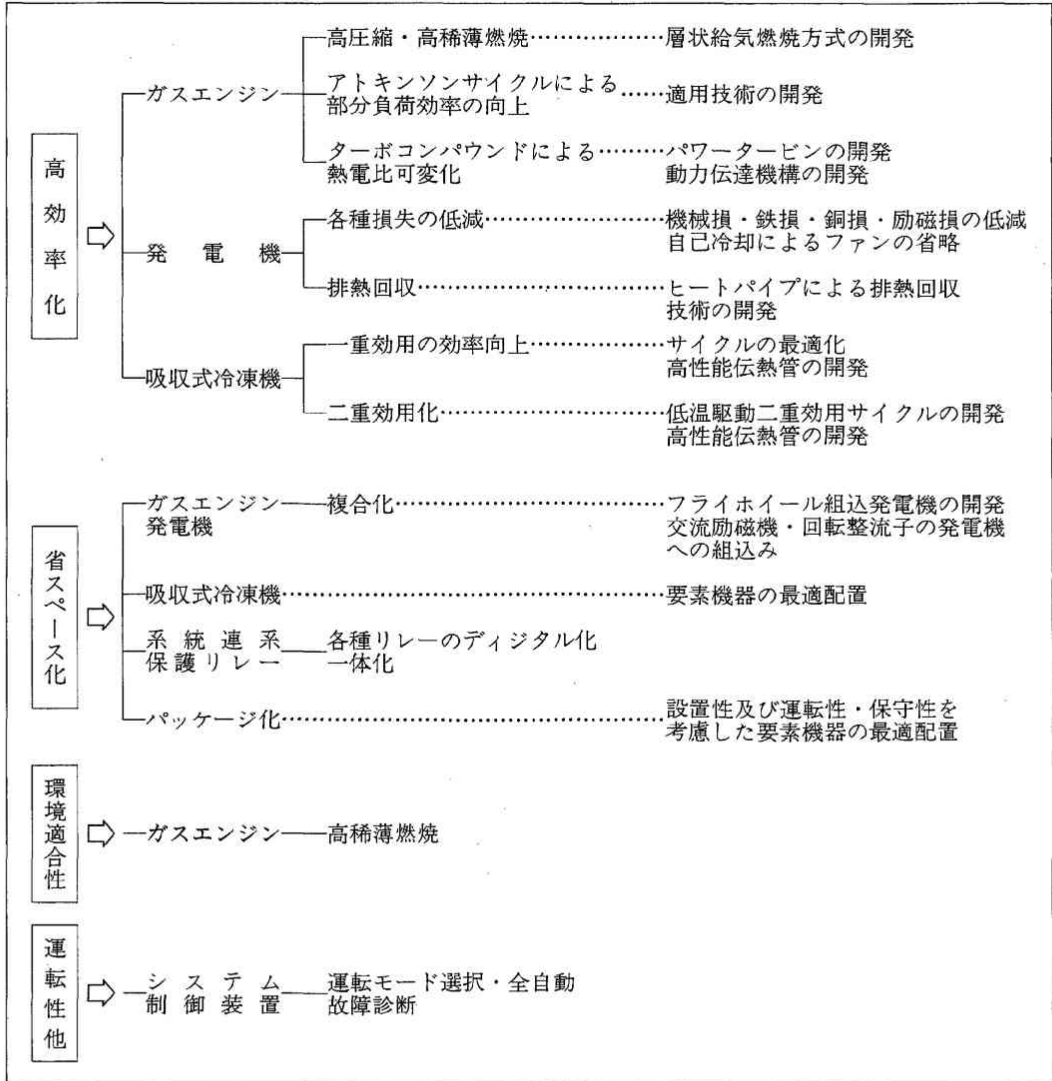
次にそれぞれの課題に対する開発の方法と主な開発要素につきまして、表3、表4に整理してみましたので、これに沿ってご説明させていただきます。

先ほどもご説明申し上げましたけれども、開発にあたってはこれらの要素を盛り込みまして、ガスエンジン2システム、ガスタービン2システム、計4システムに分かれまして開発を進めることとしております。

まずガスエンジン・コージェネレーションシステムですけれども、ガスエンジンの高効率化では、なんと申しましても、やはり高圧縮・高稀薄燃焼で、先ほど申し上げました40%の軸短効率を狙うということを考えております。高圧縮、大体、圧縮比、15ぐらいまで。

表3 ACT90の研究開発の方向と主な開発要素

(ガスエンジンCGS)



それから高稀薄燃焼は、空燃比1.2から1.3程度までをなんとかねらって開発を進めていきたいと思っております。高稀薄燃焼ですと、1.4ぐらいからは失火現象が起きてくるわけですが、失火現象を避けるため復室式による層状給気燃焼方式を開発していきたい。このように考えております。

それからアトキンソンサイクルによる部分負荷効率の向上でございますが、これはミラ

ーサイクルとも言っておりますけれども、ロータリーバルブを使用することによりまして、部分負荷域における吸気のポンピングロス低減して、部分負荷効率の向上を図ろうということでございます。

ターボコンパウンドによる熱電比可変性、これは過給機とは別に排気タービンを設けまして、熱の需要が落ちた場合、ここでそのエネルギーを排気タービンで回収いたしまし

て、それをクランク軸に回収して、発電効率を上げるというものでございます。そのためには、パワータービンの開発、それから動力伝達機構の開発、主なものしか書いてございませんけれども、そのようなことを考えております。

発電機でございますけれども、各種損失の低減、発電機の損失というものは、主には機械損、鉄損、銅損、励磁損がございまして、そういうものを低減すること。それから自己冷却によるファンの省略、そういうものによって効率をあげてやろうということでございます。

排熱回収ですが、ガスエンジンのほうの発電機の1台は永久磁石を使用いたしますけれども、そのため回転子側の発生熱量が抑えられるため、冷却は固定子側のみ考慮すればいいことになります。従って、固定子にヒートパイプを組み込みまして、冷却回収しようとするものであります。

吸収式冷凍機でございまして、1台は一重効用を使用いたします。その一重効用のサイクルの最適化、高性能伝熱管の開発、そういう諸々の改善を図りまして、成績係数0.7程度までなんとかもっていきたいと考えております。

それから1台は二重効用化を図ろうと思っております。これはある意味で複合化とも言えるものではないかと思っておりますけれども、従来、二重効用を導入する場合、190℃以上の熱源が必要とされております。しかしながら、ACT90では、これを140℃でなんとか導入すべく開発をいたしたいと考えております。そのためにはエンジンのほうを苛める必要が出てくるわけですが、従来のジャ

ケット冷却温度は大体90℃程度ですけれども、それを140度まで上げる、そのようなことを考えております。これらが開発できれば、非常に冷房の効率が大きく改善されることになるわけです。

次の課題としまして、省スペース化でございまして、ガスエンジンとか、発電機につきましては、複合化を考えて、省スペース化をねらっていきたいと思っております。その一例が、フライホイール組込発電機の開発、これはガスエンジンではどうしても脈動を抑えるために、フライホイールが必要になってくるわけですが、ちょっと発想を変えまして、フライホイールに発電機を組み込んで、そして省スペース化を図っていこう。それから交流励磁機・回転整流子の発電機への組み込み、そのほかにもございまして、そういうもので省スペース化を図っていきたいと考えております。吸収式冷凍機、これは吸収式冷凍機の中の要素機器の最適配置でもって吸収式冷凍機そのものをコンパクト化していこう、ということでございます。

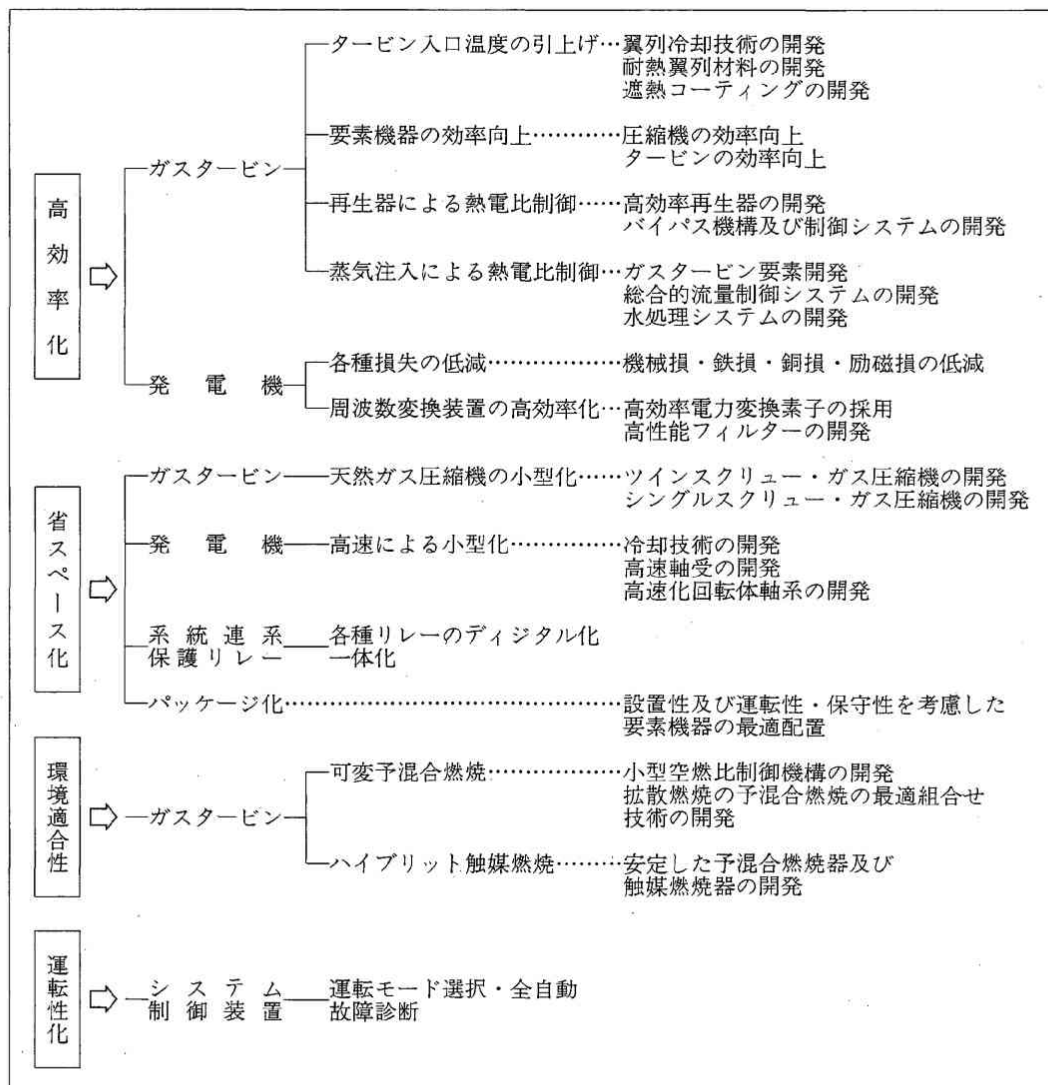
系統連系、保護リレー、これは各種リレーをデジタル化するとともに、一体化して、コンパクト化を図っていきたい、ということでございます。

パッケージ化でございまして、設置性および運転性、保守性を考慮した要素機器の最適配置をいろいろ考えて、コンパクトなパッケージ化を図っていきたいということでございます。

次に環境適合性でございまして、ガスエンジンのNOx対策に尽きるのじゃないかと思っておりますけれども、ご存じのように、ガスエンジンもガスタービンも同じでございま

表4 ACT90の研究開発の方向と主な開発要素

(ガスタービンCGS)



すけれども、効率とNOxが裏腹の関係にあるわけでごしまして、ACT90ではガスエンジンでは効率40%を目指して、その施策として高圧縮、さらに高温冷却を狙っており、そのためにNOxは非常に厳しい条件となっております。しかしながら、従来以下は勿論のこと、規制値以内に収めるべく、最善を尽くして開発に取り組みたいと考えております。

次にガスタービン・コージェネレーションシステム。まず高効率化の課題のガスタービンでございますけれども、午前中にも話ございましたけれども、一般にガスタービンというものは、出力が小さくなりますと、効率がかなり急激に低下するという宿命的なものがあるわけで、小型機では、現状大体21~2%ぐらいじゃなかろうかと思えます。国外では、1,500kW級のもので、まだ開発中でございます。

ますけれども、28.5%と聞いております。したがってACT90で狙う小型機での30%以上というのは非常に高い目標になっているわけですが、このように高い目標を掲げて、開発に取り組むたいと考えております。

そのガスタービンの効率向上対策といたしましては、まずタービン入口温度の引き上げがあります。過去には、ムーンライトとか、そういうところで高効率化ガスタービンの研究開発で1,300℃程度までの開発に取り組まれたという実績がございますけれども、それらは中・大型機を対象にしましたものでございまして、ACT90が対象としております、こういう小型機にはそのまま適用できるものではございません。現状の設備では、大体900~950℃どまりになっているのが現状でございます。しかし、ACT90では、このタービン入口温度を1,200℃から1,300℃を狙って開発を進めることを考えております。そのためには翼列冷却技術の開発とか、発熱鋳型法による一方向凝固とか、単結晶凝固材、そういうもので耐蝕性に優れた耐熱翼列材料の開発とか、さらにはセラミック等の遮熱コーティングの開発を進めて、なんとか目標に近づけたいと考えております。

要素機器の効率向上。これは圧縮機の効率向上とか、タービンの効率向上でございます。

再生器による熱電比制御、そのあともそうでございますけれども、さきほどお話ししましたように、熱の需要が下がった場合、その熱で発電を増やすということはシステム導入に非常に大きな推進になるわけですが、ACT90ではそこにも力を入れて開発を進めていきたいと考えております。

一つは再生器による熱電比制御でございま

す。これは一種のエアヒーターでございますけれども、そのために高効率再生器の開発とか、バイパス機構および制御システムの開発を進めていく必要があらうかと考えております。

もう一つは、蒸気注入による熱電比制御でございます。これは排熱回収ボイラーで発生させた蒸気の一部で、これは過熱蒸気でございますけれども、ガスタービンの燃焼機部に注入して、電気出力の増加を図ろうというものでございます。

先ほどの再生器と同じく蒸気とか、排気、そういうものをコントロールすることによりまして、熱電比を適宜変更することを制御に組み込んで、変更することができるようシステムにしたいと考えております。

そのためには、ガスタービンの要素開発、それから総合的流量制御システムの開発、水処理システムの開発、主にそういうものが必要になってくるということでございます。

発電機の高効率化でございますけれども、ご存じのとおり、ガスタービン自体は、回転を上げませんとパワーが出ないわけで、従いまして、どこの発電機でも、減速ギアを入れまして、回転を落して発電をしているのが現状でございます。しかしACT90では、高速発電機を開発したいと考えているところでございます。1台は15,000回転の同期発電機を、1台は30,000回転の誘導発電機を開発していきたいと考えております。現在このような高速発電機は、国内、国外ともまだ実用化されたという話は聞いておりません。国外では、同じような開発に取り組んでいるという情報は入っております。従ってこの開発自体非常にリスクも大きいわけですが、こうい

う高速発電機を開発できますと、あとで述べますけれども、省スペース化は勿論のこと、ガスタービンの出力を変速運転ですることによりまして、部分負荷効率を改善することもできるし、そのほか多くの可能性を秘めた非常に次世代に適した機器になるのじゃないかと考えているわけで、ぜひ成功させたいと考えております。

そのための施策として各種損失の低減、それからもう一つは、周波数変換装置の高効率化。高速発電機ですから、周波数の高い電気が発生するわけです。従いまして、それをいったん直流に直して、そしてまた50サイクルないしは60サイクルに周波数を変換する必要が出てくるわけです。従いまして、周波数変換装置が新たに必要になってくるわけでございますけれども、そういうものの高効率化を図っていききたい。そのためにはGTO等高効率電子変換素子、そういうものの採用でなんとか効率を図っていききたい。

もう一つは、周波数を高周波数から周波数変換いたしますので、高調波問題が出てくるわけですが、系統との連系を図るため高性能フィルターの開発も併せて進めていきたいということでございます。

省スペース化のガスタービンでございますけれども、天然ガス圧縮機の小型化、天然ガスの圧縮機が従来ですと非常に大きな占有面積を占めているわけですが、それをなんとか小さくして、ツインスクルー・ガス圧縮機、シングルスクルー・ガス圧縮機、そういうものをなんとか開発していききたい、ということでもあります。

発電機。先ほどご説明いたしましたけれども、高速による小型化は発電機自体を高速化

することによって非常に小さくなるということと、もう一つは、減速ギアが非常に小型になる。なるべくなら直結にしたかったのですが、いろいろなスタディした結果、やはり小さなギアを入れなければならないという結論に達したわけですが、それでも非常に小さなギアになる。そのために非常にボリュームが小さくなります。

一方、周波数変換装置が新たに必要になりますけれども、そのへんはパッケージとは別に、非常に設置性に自由度があるのではなかろうか。どこかの屋根裏とか、どこか空いているところに置けばよく、制約のあるところに設置する時には非常にメリットが出てくるのではなかろうかと思えます。

系統連系、保護リレー、これはガスエンジンと同じでございますけれども、各種リレーのデジタル化でございます。

パッケージ化も同じでございますけれども、設置性および運転性、保守性を考慮した要素技術の最適配置でございます。

環境適合性でございますけれども、ガスタービンについて、冒頭ご説明申し上げましたけれども、可変予混合燃焼とハイブリット触媒燃焼があらうかと思えます。可変予混合燃焼と言いますのは、燃料を予混合室内で空気と予混合しまして、局所的な燃料の過濃領域をなくしまして、NOxの発生を抑制するという方法でございます。可変と言いますのは、出力に合せて、空気比、そういうものを変化させられるようなシステムということで、可変予混合燃焼です。そのためには小型空燃比制御機構の開発とか、拡散燃焼と予混合燃焼の最適組み合わせ、そういうものの技術開発が必要になってきます。

ハイブリット触媒燃焼ですけれども、安定した予混合燃焼器および触媒燃焼器の開発があらうかと思います。

運転性でございますけれども、システム制御装置、これは運転モード選択・全自動、これもガスエンジンと同じでございます。

以上ざっぱくにご説明申し上げましたけれども、やはりユーザーと各メーカーが一緒になって開発を進めるということで、我々としては各要素機器の機能アップは勿論でございますけれども、先ほどご説明しましたように、ソフト面、ハード面において複合化、各専門メーカーさん一体となって、ぜひ複合化でよりよいシステムを構築したい、そのように考えている次第でございます。

まだ事業開始したばかりで、結果はまだございませんので、これから進めようとしていく内容についてご説明申し上げました。

(なかにし つねお)

質疑応答

質問 この研究計画は全体でどのくらいの金額でしょうか。二種類のガスエンジンとガスタービンと二つ取り組んで、さらにそれぞれ二つのシステムということでございますけれども、ガスエンジンとガスタービンで、容量につきましてはだいぶ差があるようでございますが、開発にあたりましての、ウェートづけ、について差があるのかどうか。それからガスエンジンとガスタービン、開発要素につきましては、大変詳しくご説明いただいたのですが、それぞれのシステムで特徴的な組み合わせをなさって、その上で、各々の目標値を達成しようということかと思うのですが。その特徴的な組み合わせが、先ほどのお話ではガスエンジンについては吸収式冷凍機、ガ

スタービンにつきましては、発電機の部分回転数等で差があるようでございますが、ほかにもなにか特徴的な点がございましたら、お聞かせいただきましたらば、と思います。

中西 まず一つ目は、費用の規模では、6年間で大体42億円程度を考えております。

それから、やはりガスエンジンとガスタービンは得手、不得手があるわけですが、午前中の話でもいろいろありましたけれども、結論から申し上げますと、やはり床面積が大きくて、そして大容量で、熱の需要が大きいのというのはガスタービンになろうかと思っておりますけれども、それだけに、小さいところでは、不得手になっているわけです。その分小さいところは、発電効率もガスエンジンのほうがガスタービンよりもよろしいので、そういうニーズに合せて、そのシステムというのは選ぶべきだと思います。

それから、一番最後のご質問にもありましたけれども、ガスエンジンとガスタービン、そのなかでもやはりいろいろ特色を持たしているわけです。冒頭申し上げました目標は全部にかかった目標でございますけれども、そのほかにいろいろ特色を持たして、なるべく多くのメニューをご用意することによっていろいろ多様化するユーザーの皆さん方の要望に応えられるのじゃないかということで、いろんな特色を持たしているわけです。

特色を一つひとつお話すると時間が過ぎてしまいますが、ガスタービンのほうは非常に熱電比が制御しやすいということもございまして、先ほどちょっと複合化に力を入れているということをお話しましたけれども、特色の一つとして、ガスタービンでの熱電比制御をACT90の目玉として開発を進めることにしております。

小型ガスエンジンヒートポンプの 技術開発と今後の展望

(社)日本ガス協会

(東京ガス㈱商品開発部 部長) 甲斐崎 充典

1. はじめに

小型ガスエンジンヒートポンプについて報告させていただきます。今日の他のテーマと違いまして、私がお報告します小型というのは、本当に小そうございまして、エンジンの排気量が250から600cc程度、皆さんご存知のオートバイとか、軽自動車のエンジンを使ったガスエンジンのシステムというふうにご理解いただきたいと思います。またこのエンジンを使いまして、発電ではなしに、いわゆる冷房、暖房、あるいは給湯、そういう最終的な利用エネルギーに変えるシステムでございます。

この小型のガスエンジンヒートポンプを略して、GHPと呼ばさせていただきますけれども、この小型GHPの技術開発を中心にスライドを使いまして、報告させていただきます。小型GHPというのは自動車をお考えいただければ分かりいいかと思います。自動車というのはエンジンでもって、すべてのエネルギーを賄っております。直流ですけれども、発電もしております。冷房もできます。暖房もできます。勿論、ステレオも聞けますし、移動できるという本来の目的がありますが、自

動車というのは、本当のトータルコージェネレーションじゃないか、そういうふうに思うわけです。そういう動くコージェネレーションを定置用に固定して使う、というのが、この小型GHPの考え方です。動くから難しいのではなしに、逆に固定するから難しい。そういう技術課題が多うございまして、昨年9月に発売いたしました、開発から商品化するまで約7年間かかっています。自動車でそういう実績があるのだから、定置用にするには短期間でできるように考えられるわけですが、細かい点で大きな技術課題が横たわ

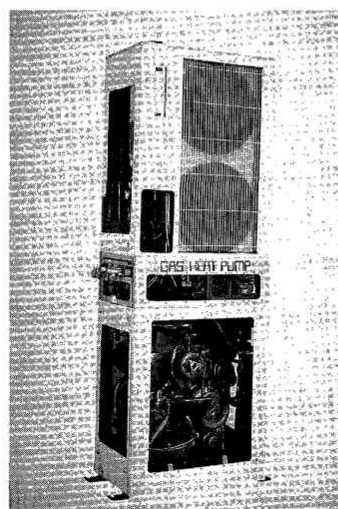


写真1 1.3 冷凍トン小型GHP

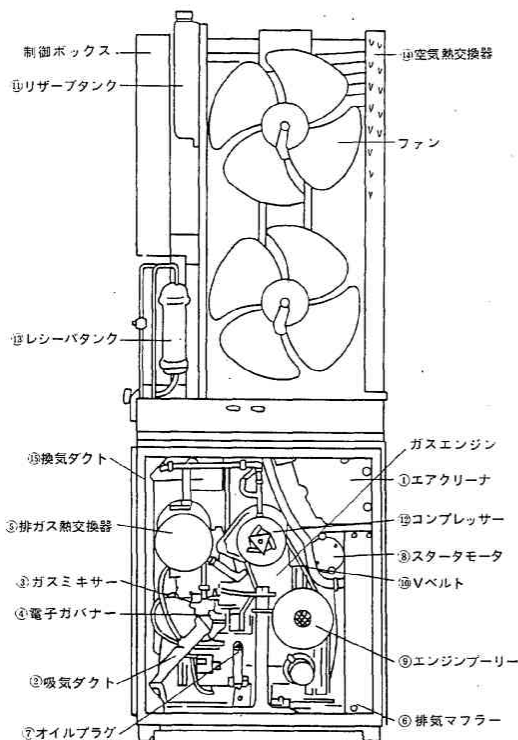


図1 室外ユニットの構造

っているということでございます。

写真1は昨年9月から発売した小型GHPの一番小さいタイプの、建物の外に置く機器でございます。下部にガスエンジンとコンプレッサーが入っています。上のほうが、まわりの空気と熱交換する熱交換器でございます。

ご覧のとおり、狭いところにたくさん詰め込んでおりまして、分かりにくいかと思えます。自動車と違ひまして、この中で排熱回収もしておりますから、そういう熱交換器も納めています。

写真1をイラストにしたものが図1です。下部にエンジンがございまして、これにはコンプレッサーと排ガスの熱交換器を取り付けています。いわゆるマフラーとの兼用でござ

います。さらに排気マフラーも低騒音化のために二段階になっております。

2. 技術課題

定置用にする場合の技術課題としては、運転時間が長い、ということで、一応目標としては20,000時間ぐらい使えるようにしないといけないということで、これが大きな課題だと思います。それから定置用にする場合には自動車と違って、高効率の冷暖房ができるようにしないといけない、ということで、ヒートポンプサイクルにしないといけない。自動車の場合は、冷媒として現在問題になっておりますR12というのを使っておりますけれども、普通定置用ヒートポンプでは、R22でございます。これは規制対象外でございますけれども、このR22にしますと、コンプレッサーのシールの問題、耐久性の問題があります。それから高効率にするということで、自動車では排気ガスから熱回収しないで、高温の排ガスを道路に出しているわけです。自動車では熱を捨ててはいますが、それから熱回収しないといけない。さらに自動車では、最近音の問題も大事な問題でございますけれども、定置用の場合は、さらに低騒音化しないといけない。最後の大きな問題でございますけれども、メンテナンスが自動車の場合必要でございます。定置用にした場合に、メンテナンスをどの程度に抑えるか、これが一般的に受け入れられるか、そういうメンテナンスができるだけ少ないような形にしないといけない。自動車の場合は、メンテナンスのために法律でも義務づけられて車検もございまして、それから車のほうが整備するところへ移

動してくる。GHPでは、メンテナンス要員がGHPの置いてあるところに行かないといけない。そういう問題点があります。

3. 小型ガス冷房技術研究組合の研究開発

1) 背景

そういうことで、定置用にするために技術課題が山積しておりまして、技術開発しないといけない、ということで、昭和56年に通産省の絶大なご指導、ご援助によりまして、小型ガス冷房技術研究組合というのが設立されました。これはエンジン関係メーカーさん、それから空調機関係メーカーさん、それとガス会社、これらの方15社で、この研究組合を結成しまして、技術開発に3カ年間取り組みました。この3カ年間に通産省のほうから開発援助として15億円援助していただいております。この援助をしていただいた根拠と言いますのは、最初の講演資料に出ておりますけれども、56年と言いますと、やはり石油代替を促進しないといけない。その石油代替のエネルギーとして、LNGというのが評価されて、この積極的導入を図っていく、ということで、天然ガスを使う小型GHPの技術開発を進めることになりました。

それともう一つは、電力とガスの負荷というのが1年を通じて大きく波を打っているわけですが、電気は夏がピークであり、ガスは逆に夏はオフピークであります。これらの波を平準化するというためにも、ガスの冷房を積極的に普及すべきである、という国策から、こういう開発援助をいただいたわけでございます。大型につきましては、ガスの吸収式冷凍機というのは普及段階にあります

から、これは普及援助策という形で、やはり援助をいただいておりますけれども、小型のほうはまだ実用化されていないということで、開発援助という形で取り組みさせていただいたわけでございます。

最近、エネルギー事情はだいぶ緩和されておりますけれども、基本的には日本においてはこういう取り組みというのは、現在も今後も非常に大事な課題ではないかというふうに考えております。ただし、現実にはこういうエネルギー環境におきましては、やはり自由経済の原則になりますので、石油代替のエネルギーシステムであるからとか、あるいは省エネルギーであるからとか、そういう形では普及というのは非常に難しい、ということは実感しております。

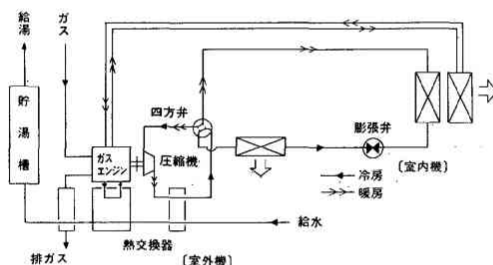


図2 システムフロー

2) システムフロー

図2は先ほどの研究組合の時の小型GHPのシステムフローでございます。ガスエンジンで電気のヒートポンプと同じようにコンプレッサーを回しまして、冷媒を室内機へ送ります。冷房、暖房とでは逆のサイクルになりますけれども、室内のところで冷風なり温風にする。これは普通の電気のヒートポンプと同じ仕組みです。それに対して、ガスエンジンを使いますと、エンジンの排熱が出てきま

す。排熱を有効に使おうということで、暖房の時にはこのヒートポンプサイクルの温熱にさらに排熱をプラスして、室内を快適な暖房にしようという冷暖房のシステム、それとも一つは、給湯と一緒に併せ行う、そういう冷房、暖房、給湯という3つの用途に対して、一つのシステムで対応できるように、という取り組みであります。

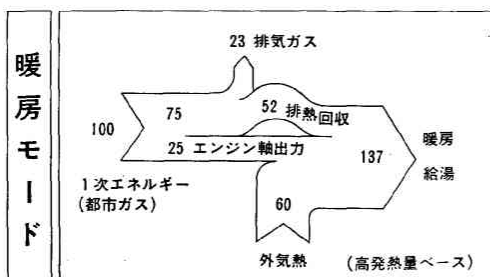


図3 システム効率（目標）

3) システム効率

図3は暖房の時のシステム効率で、研究組合の目標値でございます。1次エネルギーを100入れまして、エンジンの軸動力として25%、それでヒートポンプサイクルを回しまして、85の温熱が出る。さらに排熱のほうから熱回収しまして、52出てきますので、あわせて100入れて137のアウトプットが出せる。これを暖房あるいは給湯に使う。エンジンの場合は、普通は低位発熱量ベースで議論されるわけですけど、小型GHPの場合は、高位発熱量ベースでやっていますので、低位発熱量ベースにしますと、このアウトプットはさらにこれの1割アップになります。

冷房の場合は、冷房そのものは85でございますけれども、排熱を使えばさらに高効率になります。これは数字上こうなるわけですけど、夏の場合はやはり給湯負荷が小さくなります

す。どうしても使い切れません。やはり冷房の場合は、全体のエネルギー消費率というのは小さくなります。

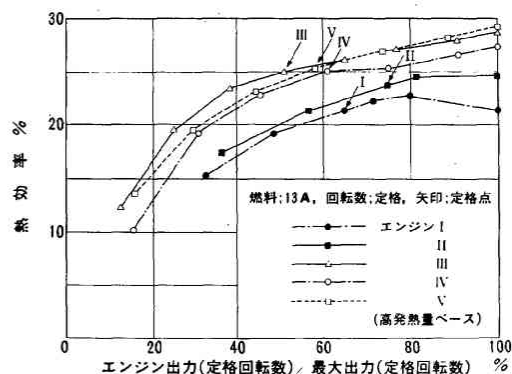


図4 エンジンの熱効率

4) エンジン熱効率

きょうの前半の発表でもありましたけれども、やはりベースとなりますガスエンジンの熱効率を上げるというのが一番の基本開発でございまして、図4は研究組合時代のエンジンの熱効率であります。これも高位発熱量ベースでございまして、このデータは回転数一定の熱効率になっておりますけれども、最大出力の時に22%から28%ぐらいの効率を達成しております。この時は、2サイクルのエンジンと4サイクルのエンジン、両方やっております。下側の2つが2サイクルでございまして、上の効率の高いところが4サイクルでございまして、4サイクルの場合は、いわゆる低位発熱量ベースであれば30%のエンジン熱効率を達成しました。これが研究組合の大きな成果になっております。

5) エンジン排熱の活用

ガスエンジンで冷暖房する場合の一番の特徴というのは、一番の特徴といっても、これ

しかないのかも分かりませんが、非常に寒い時に、暖房性能が、それ以外のヒートポンプシステムに対して非常に有利であるということで、エンジン排熱を温水で室内まで回した時の暖房能力を1としますと、このエンジン排熱を使わない場合は、外気温が下がった場合に12%落ちてしまう。エンジン排熱でヒートポンプのフロンを加熱した場合は、それを冷媒加熱と呼んでいますけれど、この場合も若干落ちますけれど、だいぶ維持できる。そうしますと、外気温0℃時の温風吹き出し温度も高い温風が得られる。このエンジンの排熱をどういう形で室内側の暖房あるいは給湯に使えるか、その技術がこの研究組合の時にひとつの大きなテーマとして取り組まれています。この温水循環式であれば、そう難しい技術じゃない。ただし、冷媒加熱になりますと、相当難しい技術になる。それでも研究組合の時に全部で7つのシステムを開発していますけれども、一つのシステムは冷媒加熱を組み込みまして試作レベルまでは技術開発が進んだということでございます。

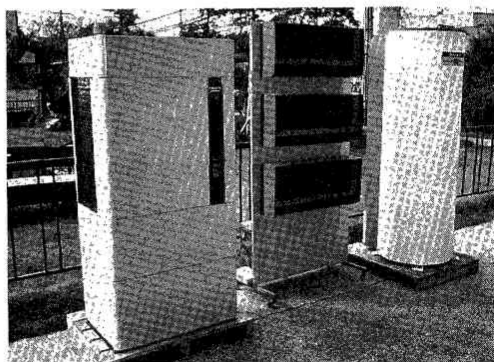


写真2 家庭用の試作システム

6) 試作システム

写真2は研究組合の最後の年に試作された冷房、暖房、給湯を行える、家庭用の小

型GHPでございます。このシステムが先ほど言いました冷媒加熱という排熱の利用システムをいかしたシステムでございます。

左の一番下のところにエンジン・コンプレッサーが入っています。上が熱交換器です。中央が3室の冷暖房室内機です。右は給湯用のタンクです。

7) 耐久性

研究組合の場合は、先ほどの技術開発のほかに、最初に申し上げました耐久性についても取り組んでおりまして、エンジンオイルの耐久性、それからスターター、自動運転しますのでスターターの使用回数が非常に多くなるということで、スターターの開発、それから点火性能を維持しなければいけないということで、点火ユニットの開発とか、そういうものも行いました。とくにエンジンの耐久性については、オイル等の改良もされまして、18,000時間、基本的なトラブルなしに運転できたということで、ガスエンジンの耐久性にも自信を持てたわけです。このように研究組合の研究開発というのは、15社の努力によりまして、また関係者のご指導によりまして、非常な成果を得ることができました。その3カ年間の成果を生かして、いよいよ商品化に取り組むというのが次のステップになったわけであります。

4. 商品化開発

1) 小型エンジンの高性能化

エンジンの開発内容、これは商品化のためのエンジンの開発内容ということですが、商品化の時も先ほど申しました小型のシ

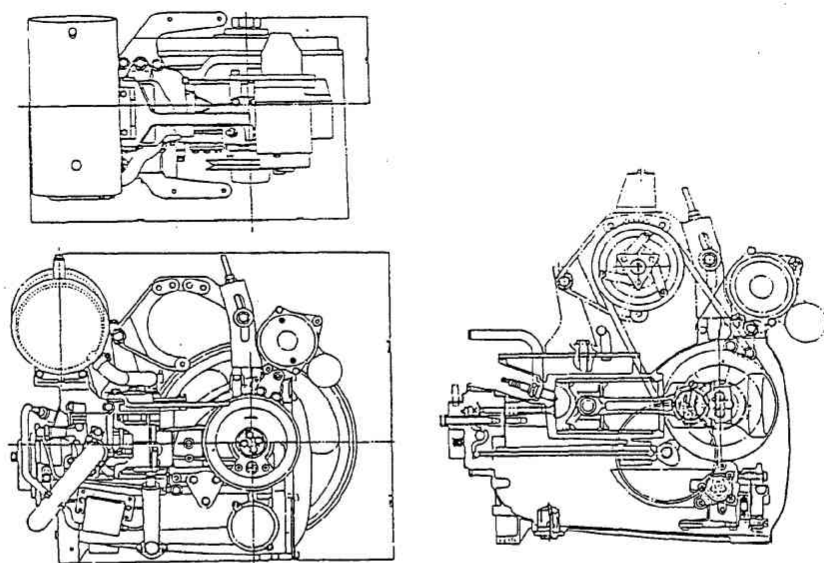


図5 ガスエンジンユニット

システムに絞るということになりまして、冷凍能力でいきますと、1冷凍トンから5冷凍トンまで商品化しよう。その場合もやはり一番難しいのは、小さいほうのシステムのほうが難しい。最も小さいシステムのエンジンの開発内容としては、コストを下げないといけない、小型化しないといけない、あるいは騒音も下げないといけない、効率も上げないといけない。非常に欲張った内容となっています。

図5は最初の商品化のための試作品で、一番小さい245ccのガス専用のオリジナルのエンジンでございます。左の上のほうに、排熱回収器を一体に抱かしたものです。真中の上のは、コンプレッサーです。

図6は商品化の一番小さい1.3冷凍トン用のガスエンジンの性能曲線でございます。エンジン効率は、高位発熱量ベースでございまして、27%から30%、ここで初めてエンジンのスピードを変化させたグラフになっています。これはやはりガスエンジンを使うには、

電気式の家庭用の場合はインバータという形で制御しますが、自動車の場合は、アクセル一つでエンジンの回転数を変えられるので、それを応用しまして、この小型のもの

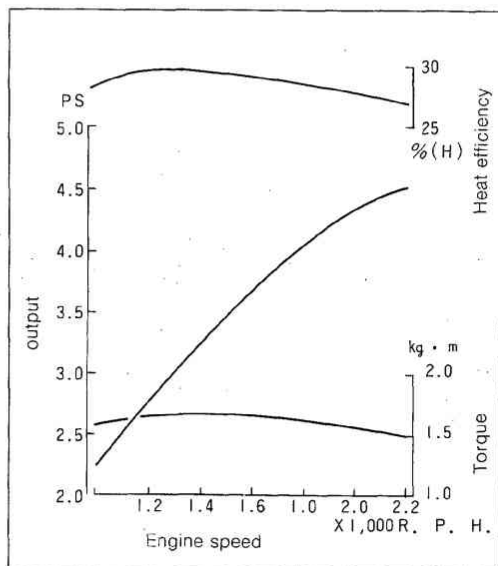


図6 ガスエンジンの性能

を1,000回転から2,000回転まで回転数を制御する。そうしますと、エンジン効率が非常に高い数値で維持できるわけです。これを研究組合の時のグラフですと、回転数一定で、負荷を変えますと、エンジン効率が落ちてしまう。GHPの場合は回転数を制御することによって、エンジンの効率は非常に高めに維持して使える。冷暖房というのは、負荷の大きい時と小さい時があるわけですが、負荷の小さい時が、時間は長いかと思えますけれども、そういう時に効率が悪いということでは実用性がない、ということで、負荷に応じてエンジンの回転数を変えてやる。そうすると、エンジンの効率も非常に高く維持できる。ガスエンジンの場合は、回転数制御と先ほどの排熱回収というものを生かすことによって、ガスエンジンの特徴が小型GHPに生かされることになります。それによって商品価値をできるだけ高められる。と申しますのは、小型GHPというのは、やはり弱点が多すぎます。定置用の小型となりますと、電気のヒートポンプが膨大な台数で普及しているわけですから、そういうところへ入っていく後発の商品でございますから、非常に弱点が多すぎます。まずこういうエンジンを使ったシステムですと、大きい、重い、音も大きい。もちろんコストも初めて入っていくわけで、コストも高い。メンテナンスも必要である。そういう弱点を多く抱えているわけですが、こういう弱点はできるだけ小さく抑え込む。その一方で、ガスエンジンの特徴をできるだけ生かした形でシステムを作り上げて、少しでも商品価値のある形に作り上げたい、というのが、商品化の時の一番の開発の課題となったわけでございます。

このように、ガスエンジンは245ccという非常に小さいエンジンで、エンジン効率が30%を達成できたのは画期的な開発であったのではないかと思います。

この場合に、どうしてこれが達成できたかというのは、ほかの方もおっしゃっているように、やはり圧縮比を上げた。この一番小さいエンジンで、圧縮比は12にしてあります。普通のこのクラスのエンジンですと、8前後かと思えますけれども、それを12に上げて、効率をアップできた。

それと、もう一つは、稀薄燃焼。このエンジンは、非常に稀薄燃焼に耐えるエンジンになっておりまして、これは燃焼室の改善とか、点火システムの改善等によりまして空燃比は12から15～6まで実用域レベルで使っております。15～6になりますと、きょういろいろ出ておりますNOxについてもだいぶ小さくなる。そういう効率もよくなるし、環境性もよくできる、ということで、高い稀薄燃焼、低いと言ったほうがいいのかも知れませんが、そういう15～16でもスムーズな運転ができるエンジンでございます。

2) システムフロー

図7は先ほどの研究組合と同じような形でございまして、コンプレッサのほうでR22を回しまして、普通のヒートポンプサイクルを運転するというものと、あとエンジンのジャケットの温水でエンジンの排ガスからも熱回収して、80℃ぐらいの温水にして、それを室内に持ってくる、という2つのサイクルから構成されたシステムフローでございます。

らに回転数を2,000から1,100まで落としますと、アウトプットのほうが4,000弱になります。ガス量もそれにつれて下がってきます。この場合に、インプットに対するアウトプットの比、すなわちCOPでございすけれども、2,000回転の時のCOPというのが、1.34ぐらいでございすけれども、負荷が小さくなりますと、COPは逆に上がってまいります。1.53ぐらいです。暖房の時は1.34から1.54と、普通のガスのボイラーなんかですと、負荷が下がりますと若干効率が落ちる、この場合はインバーターと同じように効率は上がっていく。1.5は150%の効率ですから、湯沸器の80%に較べると、インプットは逆に約半分のガス量ですむ。そういう高効率の暖房ができます。

暖房の時の外気温が下がった場合のアウトプットは、これはヒートポンプ・サイクルでございすから、どうしても下がる。その下がり方がどの程度か、JISの標準条件の7度を1としますと、-5度の時に86%ぐらい、約14%能力が落ちる。それでも吹き出しの温度は43度ぐらいということで、まだ十分に暖房できる温風が出されている。これはエンジン排熱を使うという形で、こういう性能を得ることができたということでございす。

冷房の場合は、いわゆる冷房を得るためのシステムだけでございすので、エンジン排熱は外に捨てております。これに先ほどの研究組合と同じような貯湯タンクというのを設けますと、排熱からお湯がつかれる。ただし、冷房期間中のお湯の使用量というのは少ない。それと時間的なズレがあるということで、実際の実用レベルでは、現状のエネルギー環境ですと、非常に厳しいのではないかと、とい

うことで、昨年から売り出したものには、給湯の機能はついておりません。

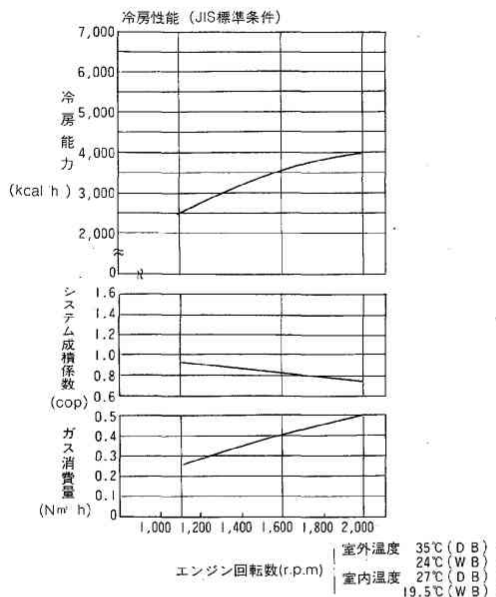


図9 冷房時性能曲線

図9は冷房性能でございす。この場合のCOPは、0.73から0.93で、これも回転数を下げていくと、システム成績係数が上がっていく。これは暖房時と同じであります。

5) 低騒音化

室外ユニットの低騒音化というのは、非常に大事でございまして、こういう小型GHPの騒音を減らすために騒音の発生源を追及して、その対策をとるということをやりました。

最近は計測器もいいものがございまして、図10は先ほどの一番小さいGHPの測定値でございすけれども、下部にエンジンが入っておるわけです。上が熱交換器です。これを横方向7列。縦方向がたしか15段だったと思

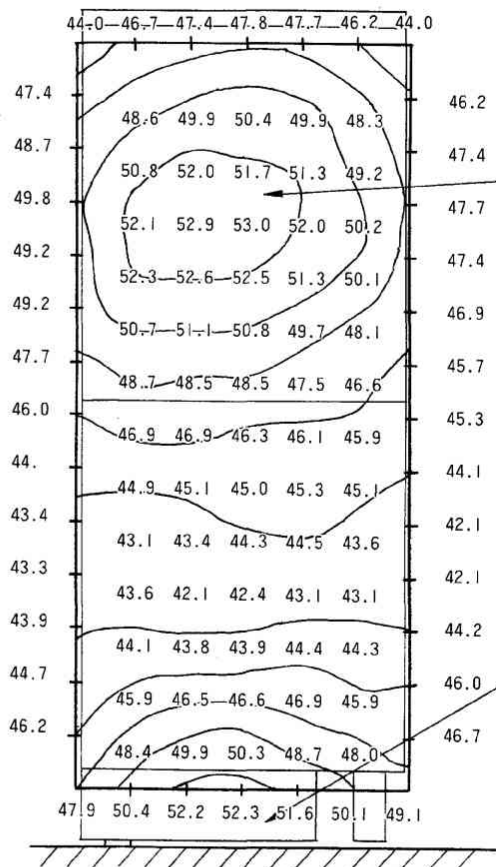


図10 小型GHPの騒音測定例

いますけれども、105点の音のレベルを測定しますと、やはり最下部からエンジンの燃焼のための空気を取り入れているわけですが、そのあたりが一つ高い。もう一つは上方にファンがあるわけですが、このファンの音と、もう一つは排気ガスを上方に出していますのでファンと排気音と両方混ざった形で、2カ所のところが少し高目に出ている。そのへんの対策を取れば、目標の50dB(A)にはできるという判断をして、いろいろ対策を取った時のデータです。

最終的には、最下部にございました吸気部を、エンジンルーム内にもっていきまして、

吸気マフラーという形で吸気音は消している。それから排気ガス関係についても、エンジンルームと上の方から熱交換器部へと換気しているわけですが、その換気筒のところの吸音材を強化しまして、排出音を下げたり、排気マフラーも2個使いまして、排気音を抑えるという形で対策をとりました。

6) 省スペース化

関東地区等ではこういうものを建物の外に置くという、スペースが問題になります。そういう意味で小さくしないといけないということで、狭いところにたくさんの部品を詰め込んでございます。これでもって、奥行きが44センチ、幅が60センチという形で、占有面積としては、電気の冷房能力の同じものとはほとんど同じスペースに置ける。高さのほうは高くなる。そういう外形でございます。

7) 耐久性

耐久性というのは非常に大事なものですから、断続の24時間耐久試験を長期間行なっています。

やはり屋外設置でございますから、一定の時間ごとに上からシャワーをかけまして、雨の影響とか、そういうものも試験する。写真の下のほうが濡れているのは、そのせいです。

8) 商品化システム

図11は昨年9月から都市ガス会社と、LPガス関係でも販売されておりますけれども、一番上が1.3冷凍トン、今まで話してまいりましたもののほとんどがこのシステムでございいます。それから2冷凍トン、4冷凍トン、5冷凍トン、一番下のものは13冷凍トンで、

MODELS OF COMMERCIALIZATION IN TOKYO GAS

	Capacity (kcal/h)		Comments	
	Cooling	Heating	Engine	Compressor
Yamaha 1.3	4,000	6,500	Original	Multi-Vane Rot. ×1
Yamaha 2	7,100	8,500	Original	Scroll Rot. ×1
Yanmar	11,500	16,000	Remodeled Diesel	Multi-Vane Rot. ×2
Aishin	15,000	18,000	Remodeled Automobile	Scroll Rot. ×2
Sanyo	40,000	42,000	Remodeled Diesel	Reci. 4Cyl. ×1

図11 商用化システム

これは以前から販売しております。能力はエンジンの回転数を最大にした場合の能力でございます。1.3冷凍トンの能力は冷房の4,000に対して、暖房が6,500とエンジン排熱を一番有効に使っていますので、冷房に較べて暖房の能力が非常に大きくなっています。エンジンは上の2つはガスエンジン専用に開発されたエンジンです。4冷凍トンのものはディーゼルエンジンの転用で、ガスエンジン化したものです。5冷凍トンのものは自動車のエンジン、軽自動車のエンジンをガスエンジン化したものです。コンプレッサーは、すべて自動車のカークーラーのコンプレッサーをGHP用に改造したものでございます。冷媒R-22用に改造したマルチベーンタイプとスクロールタイプのコンプレッサーです。

9) 設置例

これからしばらくは、実際にどういうところに現在販売されて、ついているかという設置例をご覧いただきたいと思います。(表1参照)

表1 小型GHPの設置例

(都市ガス)

マンションの事務所
小学校(音楽教室) (写真3)
病院
中華料理店(写真4)
レストランの厨房室
新築レストラン

(LPガス)

戸建新築住宅
新築老人ホーム
農協ビル(新築)

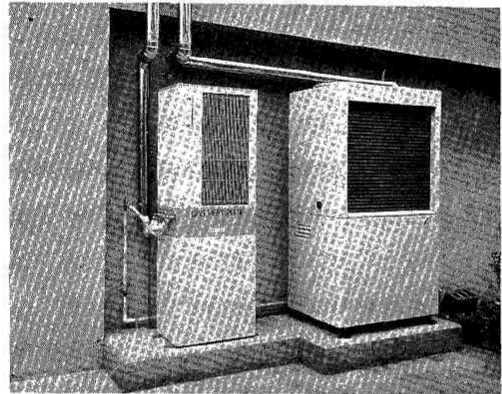


写真3 小学校の設置例

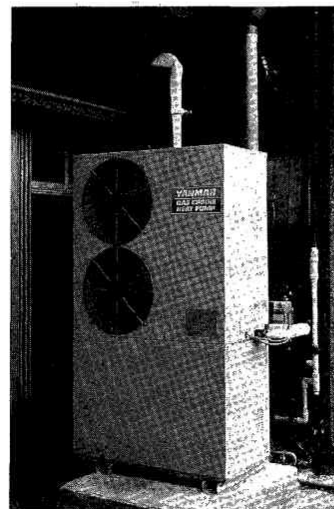


写真4 中華料理店の設置例

10) メンテナンス

このように実際に設置されているわけですが、先ほどの問題点の一つであるメンテナンスがございます。1.3冷凍トンの場合では、まずエンジンオイルは2年ごとに取り換えます。2年ごとというのは大体1年間2000時間を考えまして、4000時間ごととなります。実際はエンジンオイルの耐久性というのは5000時間から7000時間を確認しております、とりあえずは2年ごとに取り換える。それからオイルフィルターは4年ごとです。点火プラグは一般の自動車用の白金を使ったものでない、安いものを使っていますから、これは毎年交換。白金の点火プラグを使っているシステムは2年になっています。

エンジンの冷却水、これは4年ごとに交換する。それから奥行きを小さくするためにエンジンの上にコンプレッサーがあるので、どうしても駆動のためにベルトを使う。そのベルトを5年ごとに取り換える。吸気のエアフィルターは1年ごとに取り換える。こういうものを取り換えれば10年間使えるということで、こういう定期メンテナンスをすることになります。

5. 今後の展望

1) シリーズ化

今後の展開でございますけれど、現在はまだ品種が少のうございます。先ほどの設置例のとおり、1台だけの設置でなしに、いろんな部屋のために複数台設置するという場合もございまして、やはり能力のシリーズ化をやっていないといけない。もう一つ、室内機はインテリア性を考慮した形で、いろんなタ

イプを準備しなければいけない。そういう小型GHPのシリーズ化と室内側のバリエーションを広げる。そういうことがこういう商品を普及していくためのひとつの柱になるかと思っています。

2) 冷媒加熱の技術開発

それと、技術的にはエンジンの排熱を冷媒のフロンにそのまま乗せて室内まで持っていければ、温水で持っていくよりは配管が少なくてすむ、勿論工事が楽であるということで、この技術の開発が期待されるわけです。冷媒の液ポンプを使う場合には、ガスエンジンからは冷却水と排熱を回収した温水が出るわけですが、室内で暖房して帰ってきたフロンを一つはこの温水で加熱してやる。残りのものはまわりの空気から熱を奪う。そういう形でやりますと、システム効率が先ほどの温水循環方式と同じような高効率を維持できて、さらに配管が冷媒配管だけですむ。こういうシステムが実用化できれば、さらに小型GHPの普及の大きなインパクトになるのじゃないか、まだこれは実用化されておられません。

3) コストダウン

もう一つ、基本的なコストダウンということが非常に大事です。各年コストダウンを進めて1990年か、91年になると、コストについてもまああのレベルになるのではないかと期待しております。

このコストダウンを達成するには、このようなエンジンを使ったシステムで言いますと、自動車のオートエアコンというのが最近是一般化しておりますけれども、そういうオートエアコンの技術と電気のヒートポンプの

技術、そういう技術を小型GHPのほうに転用、活用しまして、コストダウンをさらにもっと早めに下げていこうという形になると、今後の展望が開けてくるのではないかと期待しています。

極端なことを言いますと、エアコン付きの軽自動車、というのがあるわけですが、これが600キログラムぐらいの重量です。それが約60万円。先ほどの一番小さい1.3冷凍トンのGHPというの、約180キロでございます。そのシステムが現在72万円します。まだ手作りのレベルだと思いますけれども、軽自動車のそういう市場価格からいくと、まだまだこのコストダウンというものは進むのではないかと、私も期待している次第でございます。

4) 米国との交流

以上のような展開になれば、この小型GHPの展望というのも開けてくるし、さらに小型GHPでマーケットが大きいと言われていたアメリカは、冷房と暖房はきわめて負荷時間が大きい。そういうところは小型GHPというのを期待して、このあと申し上げますけれども、開発も真剣に取り組んでいるわけですが、そういうところと同じような技術が使えるということになれば、世界的な広がりになるのではないかと。これは願望かも知れませんが、そうならば、マーケットの大きいところで大量に造って、マーケットの小さい日本なんかにはそこから逆輸入するということになれば、いわゆる貿易摩擦もない。そういう時代がきたら非常にいいのではないかと。現在の為替レートでいくと、アメリカの場合非常に厳しい、ということが言えるわけです。以上が日本の状況でございまして、次

に、アメリカの開発状況について簡単にご披露させていただきます。

6. 米国における技術開発

アメリカのGRI、ガス・リサーチ・インスティテュートというところで家庭用と業務用の開発をやっております。家庭用では吸収式と吸着式、内燃エンジン式、スターリングエンジン式の4タイプ、それから業務用で、スターリングエンジン式、ロータリーエンジン式、この2つであります。

家庭用の場合3冷凍トンクラスであります。業務用のほうは10冷凍トンです。アメリカの場合は、暖房のCOPが1.7~1.8、冷房で約1と、きわめて高性能のものを期待しております。

家庭用の開発スケジュールは、フィールドテストが来年あたりからスタートするという状況です。スターリングエンジン式はまだフィールドテストの段階にはなっていません。

家庭用のターゲットは、コスト4,100ドルと、現在の為替レートですと、非常に安い価格になります。それと、メンテナンスは1年ないし3年に1回、できれば3年に1回までもっていききたい。耐久性は13年から20年としています。

業務用のスケジュールは、1989年からフィールドテストを予定しています。

以上がアメリカの開発概況で、GRIは家庭用と業務用のヒートポンプの開発のために年間約25億円の開発費を投入しています。これは1992年まで大体そのレベルに近い開発投資を継続するというようになっております。

アメリカの場合はこのヒートポンプの開発

以外に天然ガス自動車の普及にさらに今後真剣に取り組んでいくということも聞いておりますので、ガスエンジンに関しては、アメリ

カでも、コージェネレーション以外の分野での普及がさらに促進されるのではないかと、うふうに考えます。(かいさき まさのり)

小型LPGガスエンジン・コージェネレーションシステムの開発動向

日本LPGガス協会（石油ガス利用コージェネレーション委員会幹事）

（三井液化ガス㈱販売部部長代理） 竹内正美

LPGガスのコージェネレーションシステムの現状について述べますが、我々業界は昭和36年からLPGガスを輸入しはじめまして、それ以降徐々に伸びてきている業界なのでございます。我々自身でも先程来皆様方が発表されたようなGHP*あるいはコージェネレーションシステムを前々から組織を作って技術調査検討を加え長期使用に耐えるシステム作りを考えていたのですが、なかなか思う様にならず、はからずも今回昨年（昭和62年度）ですけれども、国の事業として、資源エネルギー庁から石油コージェネレーション機器の開発という委託事業を受けまして、よって我々はここに同システム機器の開発をすべく始めたばかりでございます。

1. LPGガス業界の方向付け

まずLPGガス業界の状況というのをみていただければ、ご存じの方もあるだろうと思いますが図—1を見て下さい。我々業界のガスの使い方、使われ方というのをみていきますと、昭和36年以降、成長を遂げた分野、あるいは微増を続けている分野、それから減退する分野、3つに分けられるだろうと思います。

成長を遂げた分野と言いますと、産業用、同じガスを扱っているわけですが、都市ガスの原料、それから微増を続けている分野というのは我々業界が主として扱って来た家庭業務用プロパンなのです。

それから、減退している分野と言いますのは、大口の鉄鋼用、石油化学用の原料です。

我々業界は、約2,000万軒の家庭にプロパンを主に供給してきているわけで、年間の輸入量は約1,400万トン、あと石油精製から出てくるガスが年間200万トンぐらいあるわけです。

輸入LPGガスはプロパンとブタン両方を並行して輸入してくるわけですが、1,400万トンのうちの約55%がプロパンで、45%がブタンなのです。ですから家庭用に主に使っているのはプロパンで、そのプロパンを、後で申し上げますけれども、エンジンの燃料にする事は技術的に難しい問題ではないわけです。

ところが家庭、業務用に約2,000万軒のプロパンを供給しているわけですから、輸入量の約45%がブタンで、これが都市ガスの原料、産業用等に供給をしているわけなのでありますが、表—1に見る通り燃焼特性の非常に異なるガスがLPGガスでございます。

注）*ガスエンジンヒートポンプ

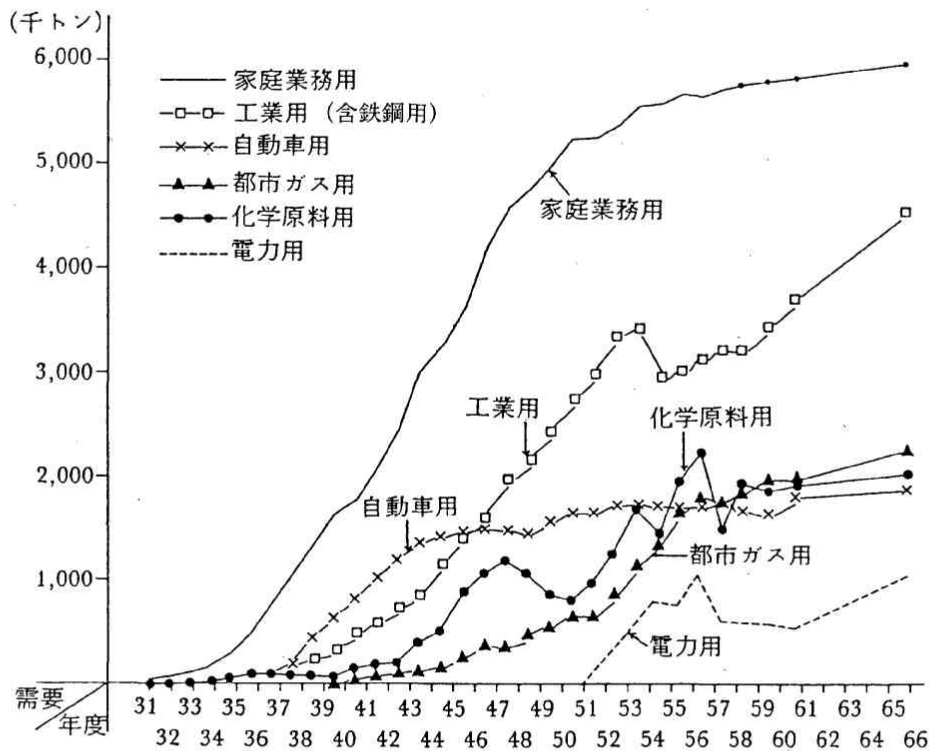
2. コージェネレーション機器の開発

(昭和62年度)

2-1 調査

L Pガスは大手都市ガス主体で使われてい

るメタンを主体としたパラフィン系のガスであることは事実なのですが、その燃焼条件は表一1の下になればなるほど難しくなる。それで、この受託を受けたとき、我々とすれば、各エンジンメーカーがいろんな形でL Pガス



図一1 L Pガス需要部門の推移と見通し

表一1 燃 料 特 性

燃 料 ガ ス	対ノッキング特性 オクタン価	限界圧縮比	理論空気量 (Nm^3/Nm^3)	低位発熱量 LHV (kcal/Nm^3)	低位発熱量/ 理論混合気量 (kcal/Nm^3)
メ タ ン (CH_4)	130.0	15.0 : 1	9.524	8,557	813
エ タ ン (C_2H_6)	103.0	14.0 : 1	16.667	15,228	862
プロパン (C_3H_8)	99.6	12.0 : 1	23.810	21,800	879
i-ブタン (C_4H_{10})	98.4	5.25 : 1	30.958	28,249	884
n-ブタン (C_4H_{10})	91.6	6.4 : 1	30.935	28,338	887

を燃料としたコージェネレーション、あるいはGHPをやられているわけですから、その中で、我々が望むボタンを主体とした燃料でエンジンがどう運転されているかをまず調べようと思ひまして、昨年始めいろいろやられているハードメーカー、ソフトメーカーの16社をお願いして、運転データがないものか収集しようと考えました。我々が単純に考えたのは、これだけエンジンにいろんなオイル、ガスを使って運転しているのだから多分LPガスに関するデータはあるだろう、そういうデータを収集すれば、すぐシステムが組めるのじゃないか、というような安易な考えを持ったのですが、實際上いろいろ調べてみますと、ほとんどデータがない。とくにボタンに関しては、残念なことに、データがあったのは一社しかなかった。

2-2 実験の必要性

と言いますのは、我々はこれで今やろうとしているのは、GHPよりもコージェネレーションですから年間の稼働時間が長くなる。そうするとLPガスを燃料に使って高効率で、なおかつ耐久性の高いものをまず探さなければならない。データのないのならまず各社の現実に動いている市場に提供されているエンジンを各社特有の仕様のままプロパンとボタンを燃料に使った場合その能力がどう変わってくるのかそのままでいいのかどうかということをもまずチェックしよう、ということで、昨年1年間、調査実験をいろいろやってみたのですがその報告はまずおくとして、この事業を実施する前提条件として年間使用状況の実態、図-2をごらんになれば解るように、使用量の差はあれ都市ガスと同カーブを描き、やはり冬場にピークがありましてそれから一番使用量が少ないのはやはり夏場になる。これは先ほど申し上げたように、家庭用を主に

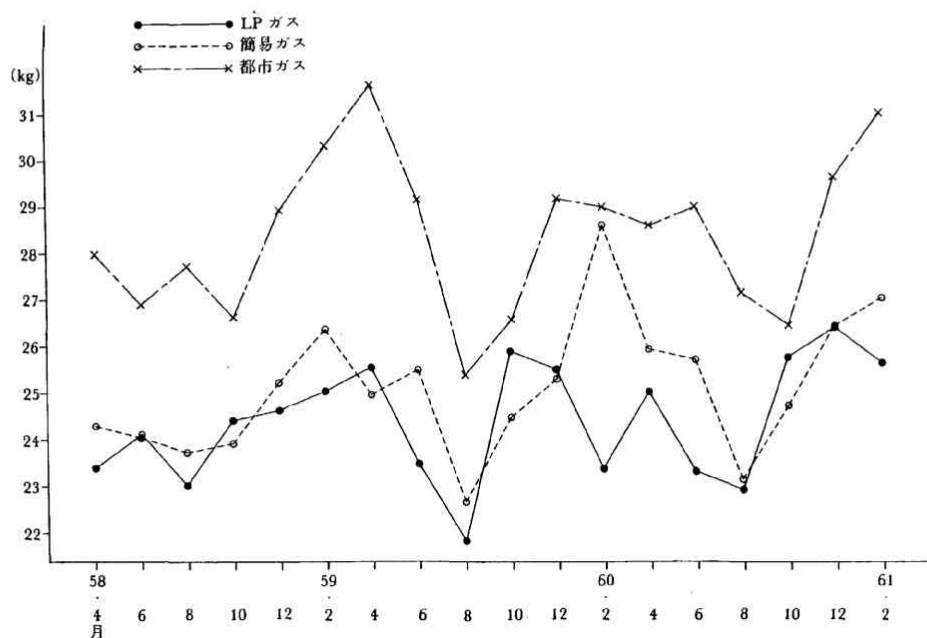


図-2 家庭用原単位推移 (季調済)

発展してきましたLPガス業界ですから、どうしても冬場のピークと夏場のボトムというのは見方を間違えると、翌年の冬場に関してのガスの需給の問題というのが出てくるわけですから、できるだけ平均化して使えるようなもの、要するに年間をできるだけ平均して使ってさらに需要の拡大ということになってくると、家庭用にブタンを使えばいいじゃないかという問題も確かにあることはありますけれども、まず需要拡大、あるいは需要の平準化ということが目標になるわけですから、年間を通じてバランスよくガスを使用するコージェネも一つのルーツであるわけです。

それで、我々はコージェネレーション機器の開発を62年度に通産省より委託を受けて、先ほど申し上げたように、いろいろなデータをお願いしましたが現実になく、それでは我々のほうが今度はエンジンを選んでまず確認実験をして方向付けをしなければならぬ。我々の業界は非常に遅れておりますから、エンジンメーカーをお願いしてエンジンの性能等をチェックしていかなくちゃいけない、ということで、この事業を始めたわけです。

2-3 実験と仕様

LPガスの燃料特性、表-1をもう一度見てほしいのですが、上からメタン、エタン、プロパン、イソブタン、ノーマルブタン、こう燃料をみていきますと、非常に特性が違うわけです。

例えば下から2番目のイソブタンをみていただければ分かるように、限界圧縮比は5.25しかない。ところが、現実には動いているエンジンは、圧縮比8ぐらいです。それから高いものですと、12ぐらいまであるわけです。だから、

限界圧縮比が理論上で5.25しかないものが、実際の高圧縮比エンジンにおいてどのくらい力が出せるのかということをもまずチェックしていかなければいけない。単純にプロパンとブタンを燃やしてみますと燃焼状態はほとんど変わらず、連続燃焼で実際に使ってみますと、燃やしていくと思われるブタンのほうが、炎が伸びて、非常に燃やしやすい燃料なのです。實際上こういう燃料をエンジンのような間欠燃焼に使っていった場合にはどうなるか。ということは、私どもはLPガスについて昭和36年頃からバーナーを作ってみたり、実際に燃焼ばかりやってきておりますので、自信はあったのですが現実にエンジンを運転してみるとということになると、ガスのことは分かっていますけれども運転状況、排ガス等がどうなるか分からない。それで、やってみなければ分からないというのが現状であり、この様な燃料特性であるLPガスを使うことには自信があった訳ではありませんでした。しかしながら3台程度のエンジンを実際に実験で確認しなければならずA社、B社、C社、16社をお願いして、我々は委員会を作り早稲田大学の斎藤教授に委員長をお願いし、さらに工業技術院機械技術研究所にもお願いをし、委員会を作りそれからワーキンググループを作る。さらに16社の中から賛同を得られる3社とエンジンを選ばしていただきました。

この3社を表-2では、仮にA、B、C社としておりますけれども、日産自動車、ヤマハディーゼル、それから新キャタピラー三菱、この3社のエンジンを提供していただき、かなりの時間をかけ運転をしたわけです。

表-2 エンジン仕様

エンジンメーカーと機種を選定

第1ワーキンググループ（エンジン部門）が主体となり、システムの基本機器であるエンジンのLPガス専用化に必要な基本データの収集を目的とし、アンケート16社と協議の結果、次の3社の機種を選定した。

実験供試エンジン

エンジンメーカー	A 社	B 社	C 社
エンジン	ディーゼルエンジンのガス化対応		
型式, シリンダー数	直列 6 気筒	直列 6 気筒	直列 4 気筒
シリンダーボア (mm)	96	121	100
ストローク (mm)	96	153	110
総排気量 (ℓ)	4.169	10.5	3.456
ファイアリングオーダー	1, 5, 3, 6, 2, 4	1, 5, 3, 6, 2, 4	1, 3, 2, 4
圧縮比	8.3	8.0	12.0/9.0
ガバナー	メカニカル	メカニカル	電子式
キャブレター	IMPCO CA200	IMPCO CA200	IMPO CA125/100

2-4 実験報告

まだデータを正式に公表することはできませんから、仮にこれをA社、B社、C社というふうにしていただきまして、エンジンはここに書いてございますように、ディーゼルエンジンのガス化対応、圧縮比はA社は8.3、B社が8、C社の場合は12のものと9のものと両方やらさせていただきました。

その結果なのですが図3は空燃比を0.8から1.5程度まで変化させた場合に、排ガス温度、点火進角、NOx、軸トルクがどう変わるか、燃費率がどう変わるかの傾向を見たわけです。

それをもとに最良の範囲は、どこにあるかを実験によって探し出す事にしましたが、空燃比をどこの位置にしたらいいのか、一番トルクが出る時期ということでも最初考えてみたのですが、それを燃費率で見ますと、全開の

場合と、マニホールドをマイナス200にした場合、あるいはマイナス400にした場合は、図の様に燃費率の差がある。当然空燃比を変えることによって軸トルクもここには示してありませんが大きく変わってくるし、NOxも変わってくる。点火進角もずいぶん変わってくるわけです。それから、これが排ガス温度にも影響を及ぼします。この予備的な実験結果は現状エンジンにLPガスを燃料にした場合の確認がなされた程度であると考えています。

そこで確認実験をさらに進めたのが図3-1～3-3でして、まず図3-1を見ていただきますとA社、B社、C社、のエンジン回転数別トルク、軸出力、燃料消費率、それからNOxのデータです。条件は全開でやっていますが、各社エンジン固有圧縮比のもとに基礎的な数字をまず出そうということで、13A、

プロパン、ブタンと燃料を変え、その定格性能とは何か、というチェックをしたのがこのデータになるわけです。

これによって、軸出力は、B社の場合は、定格出力は決めてあるから、要するに変えられないというデータなのですが、出力のどのくらいを定格にするかどうか、というのは、各社各様の考えがありまして、我々で

はちょっと解りかねる点ではありますが、定格出力とは何ぞやということを考えた時に、B社のように、このエンジンはこういう定格だ、ということで言われれば、それ以上この年ではできなかったわけですが、A社とC社のように多少の軸出力の違いはブタン、プロパン、13A、圧縮比8.3と、9をみていただければ分かるようにかなりの違いが出てきます。

NOxの発生の問題、それから燃料消費率の問題にしても、容量、圧縮比等の違いから差が出ていると考えています。

我々とすれば、メインはコージェネですから、図3-2に今度は各社エンジンでの1500回転、図3-3に1800回転での、平均有効圧力から見たガス温度、軸出力、燃料消費率、NOxが、どういうふうに変ってくるのか実験した結果です。

この場合は、先程来申し上げてますけれども定格性能の時もそうなのですが、部分負荷性能、この場合もA社の場合は空燃比を1.0に抑えている等条件がみんな違うわけです。

B社の場合は軸出力から抑えている。C社の場合も一応軸出力を抑えているのですが、多少のずれはあることはあります。一応、エンジンメーカー各社の考え方がありますから、これでいいかどうかというのは、この結果をみてよく検討してから次年度の実験に入る事になるのですが、その次に、1800回転にした場合には、平均有効圧力の変動時に、軸出力が変り、燃料消費率が変り、NOxが変ってくるか、このへんが各社とも異なりどう将来につなげるかが問題だろうと思われま

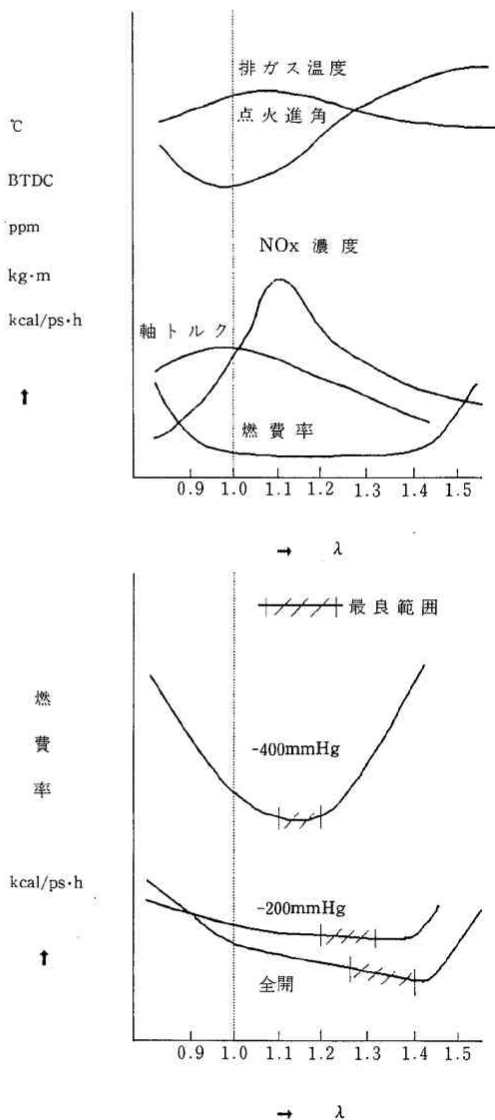
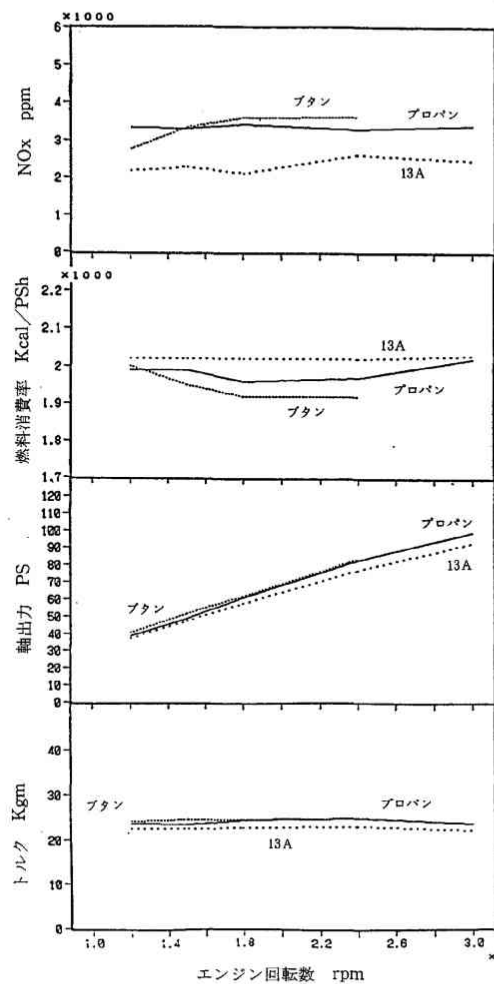
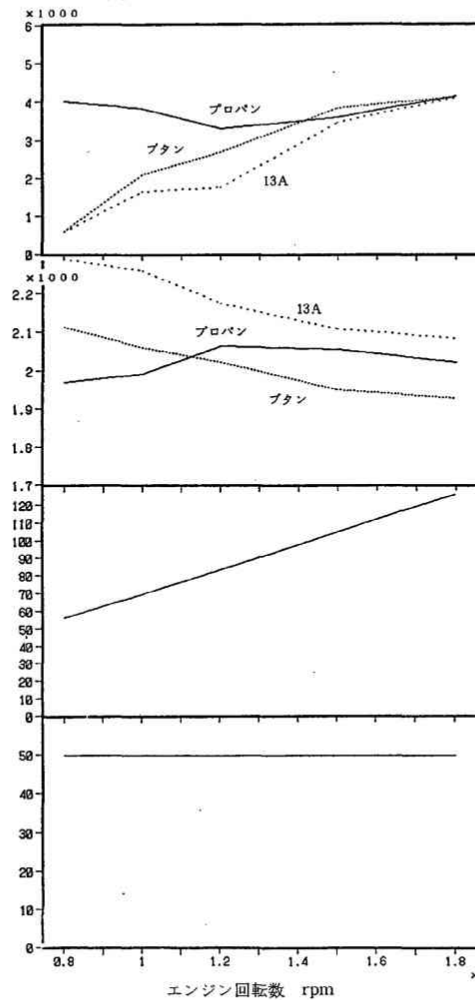


図3 空燃比特性

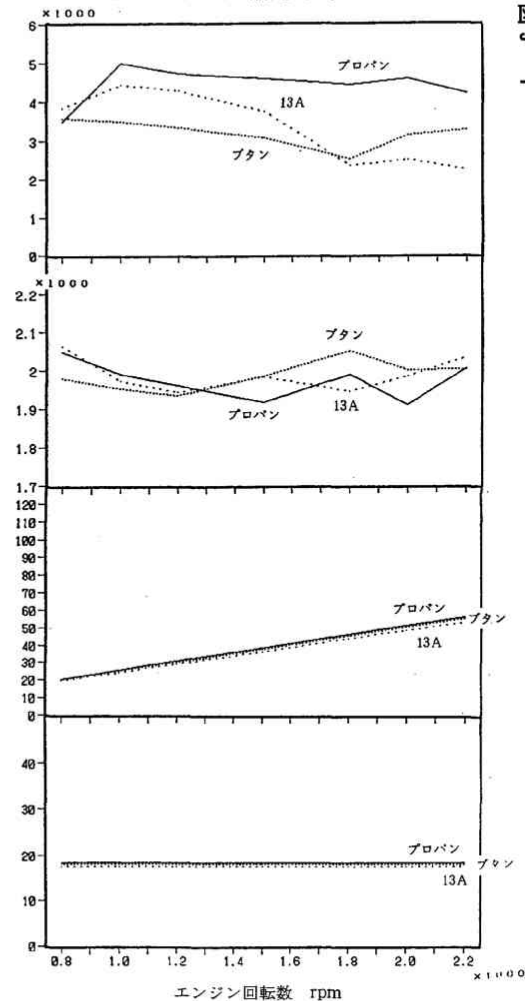
定格性能 A社 圧縮比 8.3



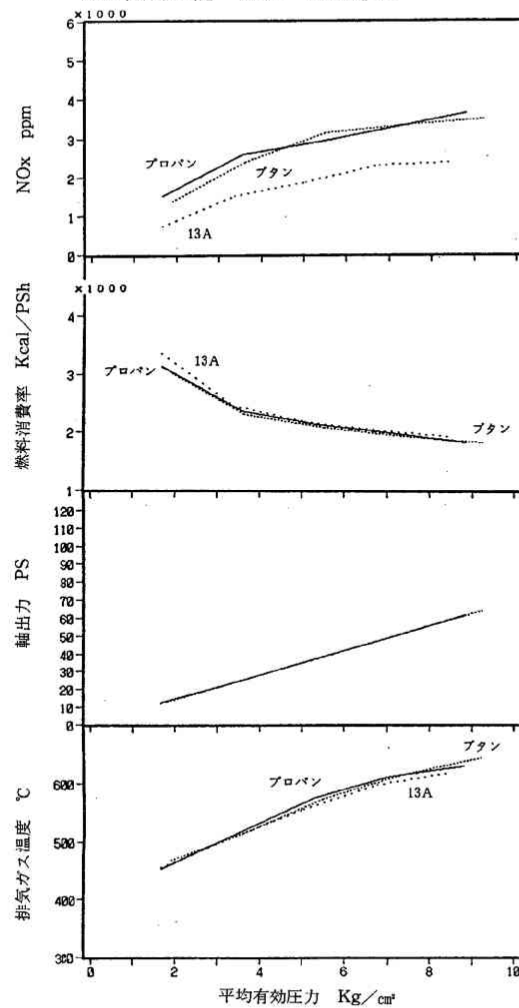
定格性能 B社 圧縮比 8.0



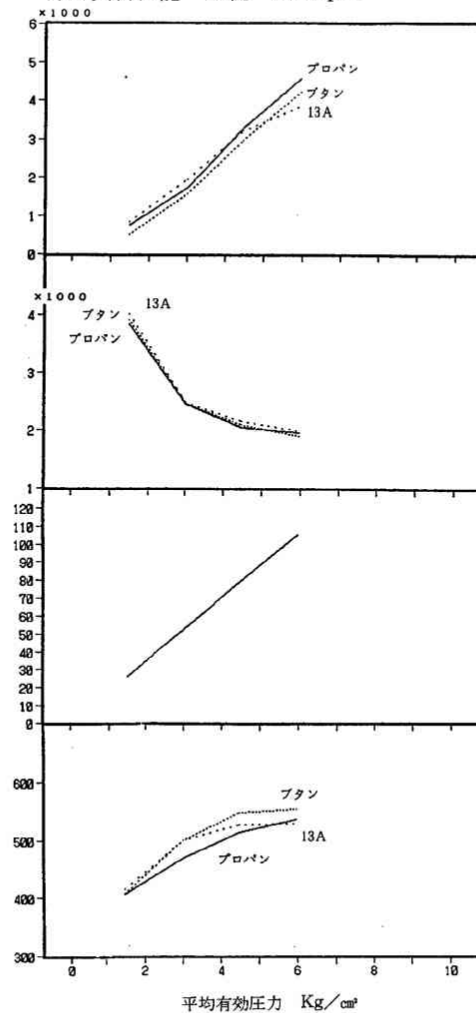
定格性能 C社 圧縮比 9.0



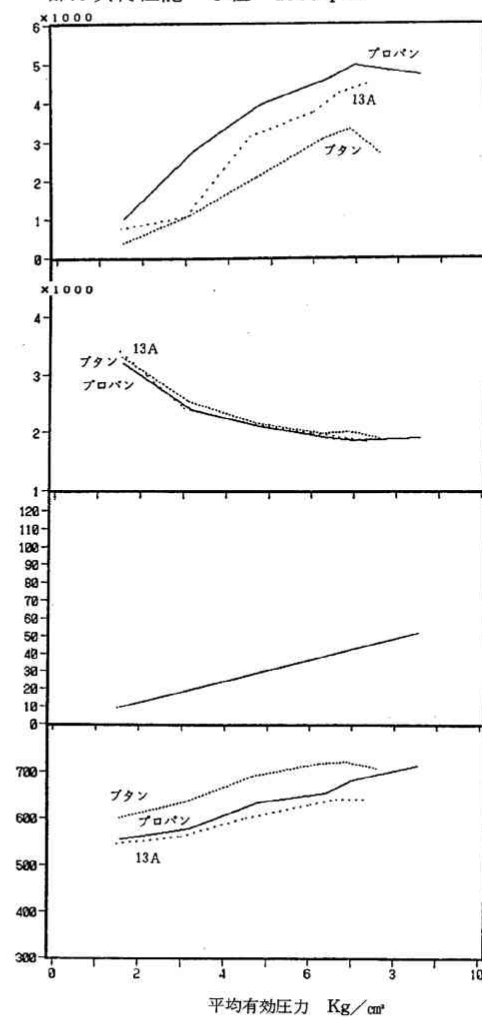
部分負荷性能 A社 1500rpm



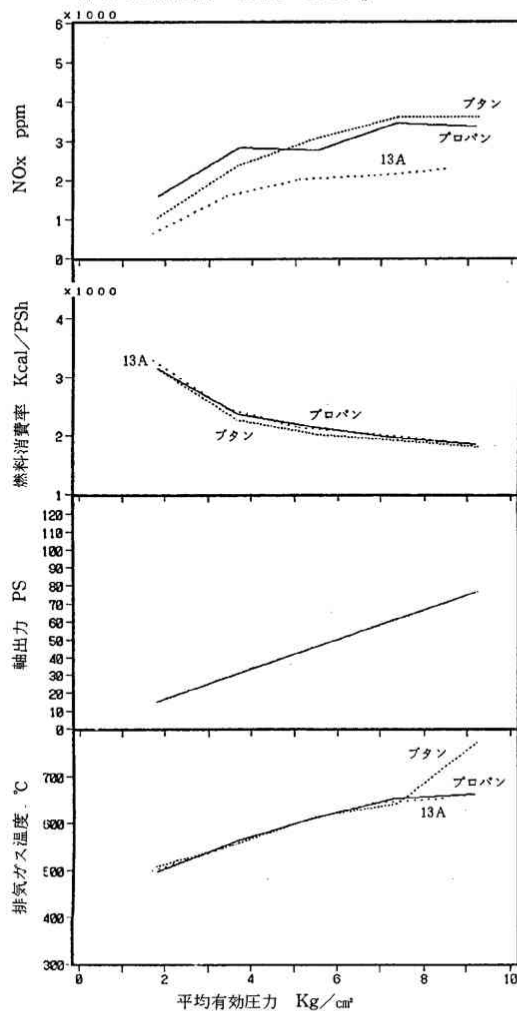
部分負荷性能 B社 1500rpm



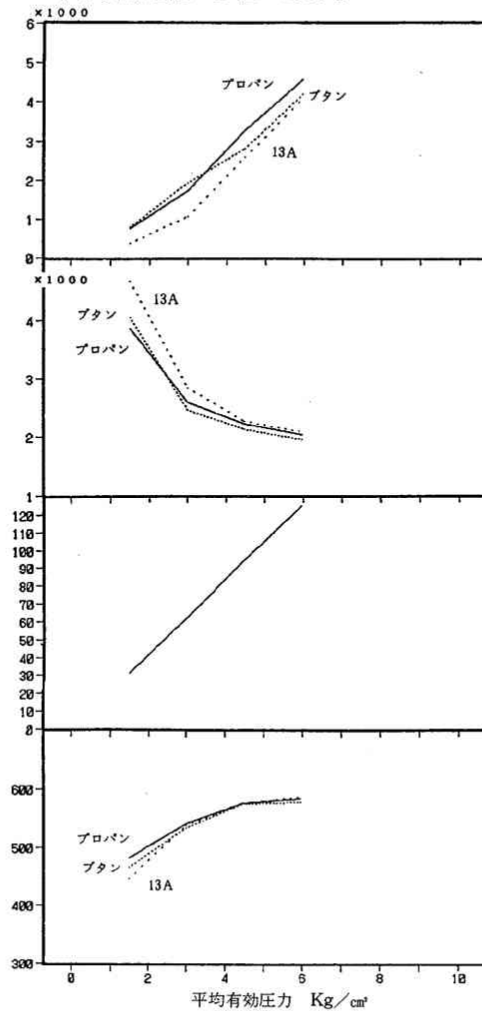
部分負荷性能 C社 1500rpm



部分負荷性能 A社 1800rpm



部分負荷性能 B社 1800rpm



部分負荷性能 C社 1800rpm

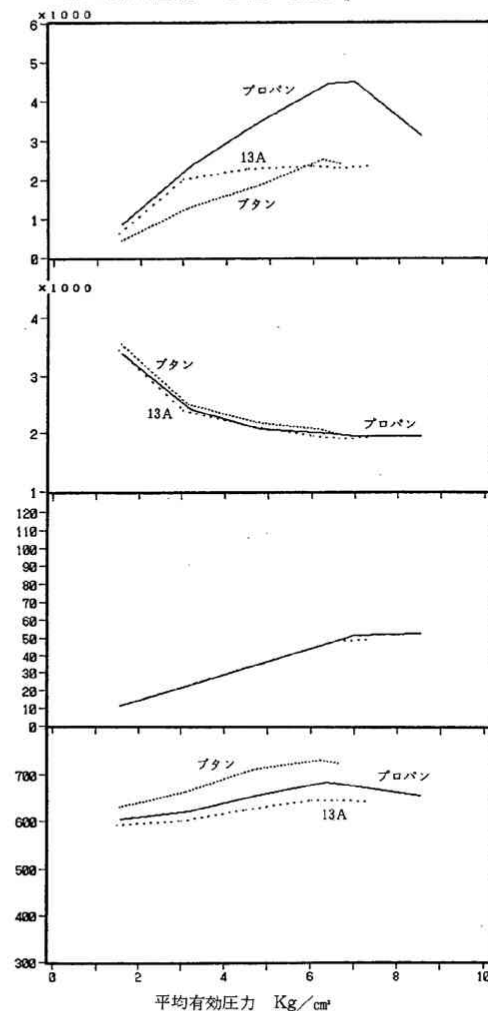
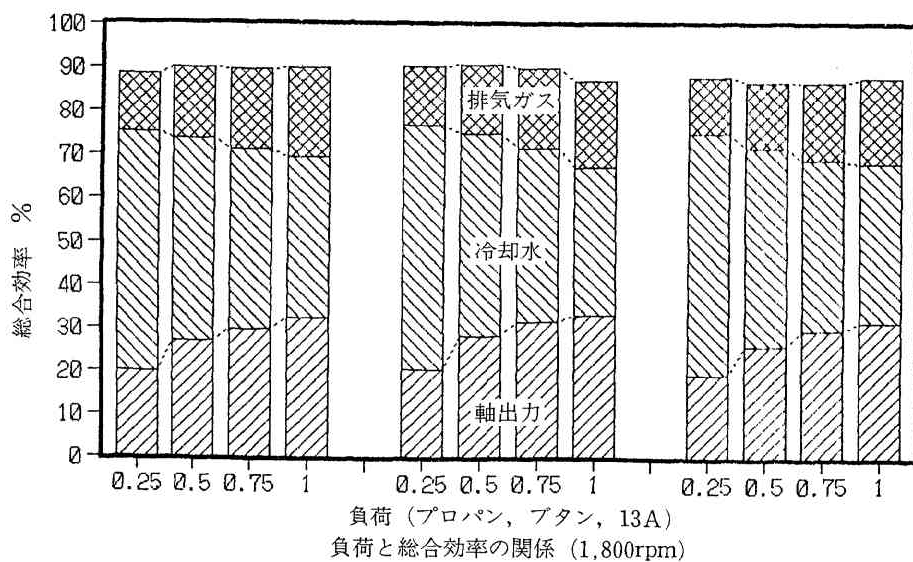
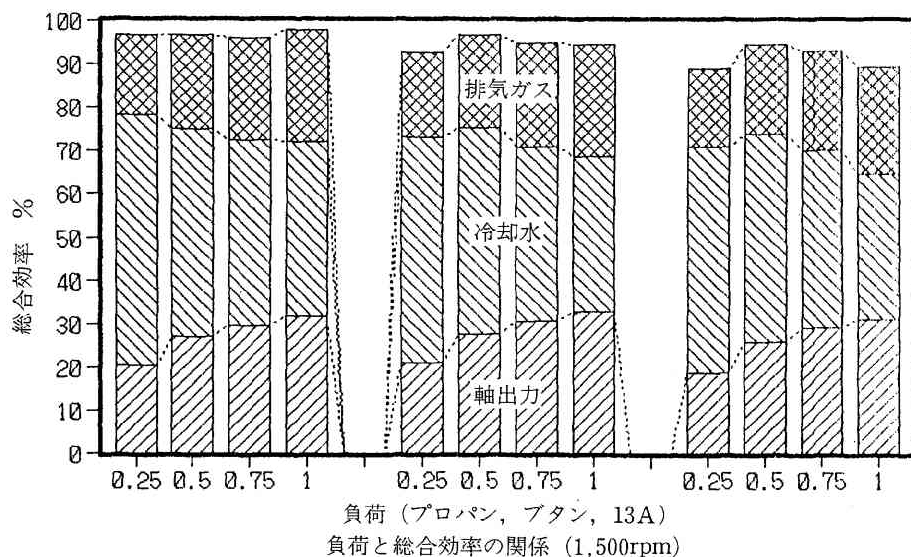


図3-4 見ていただきたいのですが、これはA, B, C社のうちの代表的なものを選んで、プロパン、ブタン、13Aの燃料での、1500回転と、1800回転のヒートバランをスチェックしてみました。

負荷が100%の時、75%の時、50%の時、25%にした時に軸出力、それから冷却水からの熱、排気ガスの熱はどの様に変ってくるのか、我々とすれば、軸出力での高望みをして37%ぐらい欲しい。それから総合効率では85%ぐ

図3-4



らいは出したいのだという考えで、当初から考えてるわけですが、実際問題として、それが可能かどうかというのが、これを見ていただいただけでも疑問のような感じを持ちます。

それと、先ほど申し上げましたように、C社の場合は9と12という圧縮比でのエンジンテストをしたのですがその結果、ブタンでは圧縮比が9まででしたらノッキングを生じることなく運転はできました。ですが12の圧縮比の時には、アイドリングぐらいにしかエンジンは動きませんで、もう負荷をかけてもどうしてもエンジンは動かなかったというのが現状なのです。

最初に申し上げたように燃料特性での限界圧縮比はブタンの場合、ブタンと申ししてもイソとノルマルが産地によって多少混合率が違うわけですが、大体ノルマルが60の、イソが40ぐらいのガスですから限界圧縮比でいきますと、6ちょっとぐらいが限界だろうと思われまゝ。それが大体9ぐらいまでぐらいだったら動かせそうだが、それ以上になると、とてもじゃないけれどもブタンは燃えない、ということになりまして、これらから得た結果、圧縮比、回転数一定における空燃比、熱効率、軸出力で約33%ぐらいまでは得られることは分かりましたが、燃料消費率、これを見ていただければ分かるように、最大負荷の時、一応定格を最大負荷と称しておりますけれども、それから今度は10分の11もやっていかなきゃいけませんし、徐々に負荷を下げていった場合に燃料消費率が非常に上がって、これをできるだけフラットにしなければいけないだろう。この3社のエンジンにおける燃料消費率を負荷を下げた時も高効率

化を計るにはどうしたら良いかこの段階では分からないというのが現実なんです。

3. 開発の動向

3-1 昭和63年度実験目標

本年度(63年度)どの項目を実験の対象にしていったらいいか検討した結果目標値をトーンダウンしまして定格で約33%ぐらい。それからNOxの問題、環境問題もありますけれども、東京、神奈川の場合ですと、考えられないようなNOxの規制数字が多分出てくるのだろうと思うのですが、一応酸素ゼロ%NOxを500ppmぐらいに抑えたい。と言いますと今度は熱効率を33%以上要求してNOxを500ppmに抑えられるかどうかという問題になります。それには現状のエンジンをどうするか問題として残っていくわけです。

それにはまずエンジンに使っている空気とガスを混ぜるミキサーの問題なのですが、空燃比を安定させるためにはどうも何か不足しているような気がするわけです。

と言いますのは、回転数を変えたり、負荷を変えていくことによって、空燃比が定まらない。ですから、全運転領域において空気とガスの混合性が良好になるような、ミキサーが必要なのじゃなかろうか。

NOxの規制問題でいきますと方法としては再循環で燃やすか、非常に稀薄な状況で燃やすか、稀薄な状況で燃やしていけば当然、出力は出てこないわけですから過給器が必要ですし、点火問題での基本的な圧縮比問題もあるわけですが、そうすると三元触媒を使わなければいけない。この三元触媒にしても、ライフは分からないし効率は下る。中に入れ

る三元触媒の形状さらに高温障害問題が発生して来るでしょうが、なんかの形でNOxを抑えていかなきゃいけない。そうした場合にはどの回転数どの負荷の条件においても、空気過剰率が一定にならない限り、発生するNOxの量というのはまたバラバラになってしまう。どういう形で空燃比の作り方がいいのか排ガスをオージェンセンサーでコントロールするわけですが、それが全領域で本当に可能かどうか、このへんは非常に難しいような気がするわけです。

それから高効率にするんだと言いましても、低速のディーゼル系のエンジンと高速のディーゼル系のエンジンと2通りありますから、低速系のエンジンの場合は、そんな問題はないだろうと思いますけれども、高速系で非常に回転数の幅の広いものを使っていった場合に、1500、1800回転のような低速運転をする場合に、現状のままのカムでいいのかどうか。バルブは現状でいいのかどうか。ですから高効率化とそれから耐久性というのを両方考え、さらにNOx対策もとというと、矛盾だらけの動き方をしていることは事実あるわけです。これらのものを今現実には各社にお願いして始めたばかりなのですけれども、本年度の実験のあり方は、ミキサーの高性能化問題についてはミキサーの性能比較、ダイヤフラム型式がいいのか、ベンチュリタイプのものがあるのか、今シミュレーションをしている段階で、ミキサーの性能というものをもう一回見直してみよう。それから排ガスの温度と稀薄燃焼限界の関係を明確にしていかなければいけないだろう。さらに高効率化の問題から過給器をつけなければならないエンジンもあり、スワールの強さを変更してその熱効率

の向上を図っていかなければならないエンジンもあるわけです。

LPガスの場合ですと、排ガス温度が高いものですから先程ふれたように三元触媒の熱害対策という問題もあり排気マニホールドの冷却を強化しなきゃいけない。やってみますと、システムを組もうと思った去年の段階からだいぶトーンダウンをしてきて、エンジンにはあまり手を加えるな、と書いてある本もあるように非常にむずかしいと考えています。システムについてはプロジェクトでいろんな形でやられておりますから、そういうものは、ぜひ使わせて貰いたいものはたくさんあるわけですが、どうもLPガス燃料からみていきますと今のエンジンでいいのかな、これがそのままであれば、年間8,000時間運転出来るようなコージェネに使った場合空中分解をするのじゃないかなという非常に素朴な疑問を持っているわけです。

3-2 将来計画

我々とすればまず今年来年にかけてエンジンをまず作り上げる。それでなおかつ来年は、今年度できあがっていたエンジンの耐久テストをやっている。そういうようなことを考えていながら、基礎的な作業を今やっているとところなのです。LPガス用基本エンジンの耐久性をテストすることによってLPガスのエンジンを使ったコージェネの標準仕様をどう作ったらいいのか考えているのが現状です。

再度申し上げますが、LPガスといっても、プロパンとブタンでは非常に燃焼性が違います。現実には今あるエンジンでのガス化対応ということでプロパンを使う分にはそんな大き

な問題はなく、耐久性を求めればいいのですが、ブタンを燃料とした場合、今すぐ作る事が出来ないのが現状です。

それからプロパンの場合は先程来申し上げたように主として家庭用に使っているわけですからいいんですけども、ブタンは気温によってはガス化しても再液化しやすい性質をもっていますからプロパンを混入させ再液化のないような使い方をしなければならない場合もあります。

そうした場合には、今度はプロパンとブタンとをどういう比率でエンジンを運転した場合に、どのくらいの比率によってプロパンサイドになるのか、ブタンサイドになってくるのか、ということもまた調べなきゃいけないということになります。

ですから、将来計画を実際のシステムにするには、メーカー側といろいろ話をし、実験を繰り返してきているのですが方法としてはどうも新しい商品化と同じような形で現在は進んでいると考えていただいていいと思うのです。

昭和63年度は62年度にやった実験の結果をもとにして、高効率化、対NOx問題、それから耐久力を上げていくには、どうしたらいいのか、という言葉で言ってしまうと非常に簡単なのですが、それを三者三様に打ち合わせをしていきながら、三者三様の考え方や我々の考え方を入れまして、今年度の実験を今進めている段階でございます。

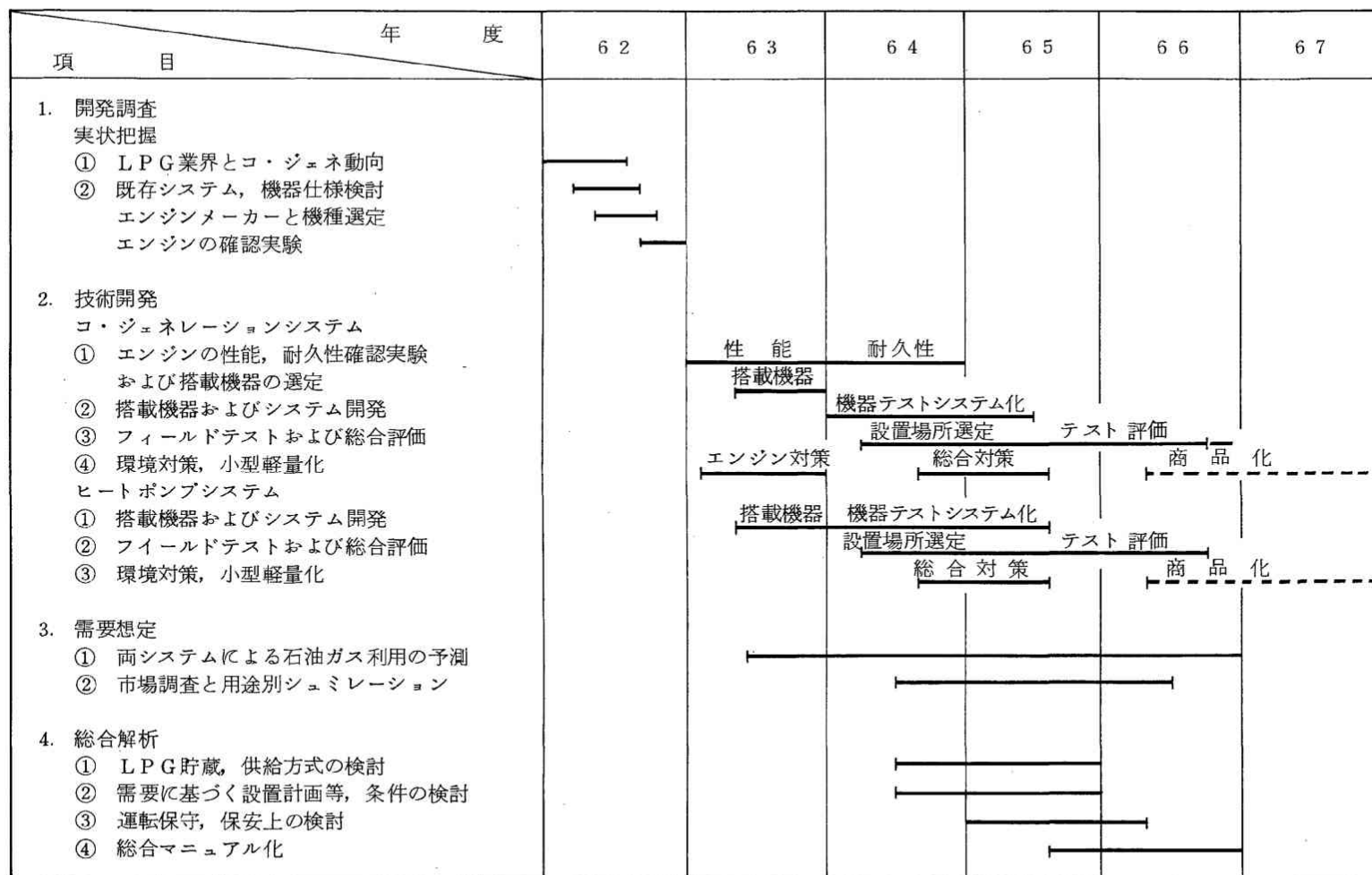
ですから、昭和64年度以降、いろんな形で実験をしようと思っておりますけれども商品の完成が最終目標ですから実験に終っては困るのです。耐久性についてはバルブシート、形状、材質問題それから排気側のマニホールド

にしても、水冷マニホールドにしたほうがいいのかどうか。さらに専用のディストリビューターをつけたほうがいいのかどうか、大体64年から65年ぐらいにプロトタイプを作っていこう。こういう考えをしております。

図-4、開発全体計画の3.4項の需要想定、総合解析を見ていただきたいのですが、LPガス専用のコージェネレーションができたとしても、これがどういうところに向いているか、どういう形で取付けたらいいのか、LPガスの利用の予測、それに要する市場調査ですとか、用途別のシミュレーションもしていかなきゃいけないでしょうし、LPガスというのは、基本的には配管での供給ではなくシリンダーですとか、タンクに入っているガスを使うわけですから、貯蔵とか、供給、その設置計画、保守点検管理のあり方、こういうものも含めてマニュアル化まで進めていきたいと考えております。

まずエンジンの仕様を決め、それからどういうタイプのジェネレーターを搭載するか、ただ単に1500、1800回転だけでいい成績を残すということではなくて、コンプレッサーも搭載するわけですから、コンプレッサーは最低回転と最大回転があるわけです。その範囲でどのような成績になるか、さらに排ガスですとか、冷却水をどういうふうに使っていくか、熱交換器の問題では直接スチームにするのか、あるいは高温水にするのか、冷媒を直接使ったほうがいいのか、システムの制御機器の問題、先程来申し上げています自動進角の問題、このようなものを含めて、基礎的なエンジンと搭載機器を決めて、エンジンの耐久試験にできるだけ早く入っていききたい。

再度図-4の全体計画を見て下さい。昭和



図－4 石油ガス利用コ・ジェネレーション機器の開発全体計画

62年から初めまして昭和66年までにはテストを完了して昭和66年の初めにはLPガスを燃料とした同システムの商品化まで持っていきたいと考えてはいます。そこにエンジン対策と総合対策と書いてありますが、これは高性能化、耐久性、環境対策、小型軽量化の問題、またヒートポンプも課題に入っていますから塔載機器の問題、システム開発の問題等を含めて重複しますが、66年度はできあがったエンジンを需要想定のもとにプログラムを組み耐久性テストもやる。さらにこれをフィールドに出すために、どういう場所に、どのように置いていったらいいのか、ということも含めて開発の調査から、技術開発需要想定、総合解析まで含めて昭和66年までに終らせて、我々とは別のプロジェクトが様々な形で開発をやられていますから、それに追いつけ、追い越せ、ということで、我々のプロジェクトはシステムから入らないで、エンジンから入っている、ということだけは、ほかのプロジェクトとは多少違いがあるのかな、という感じを持っております。

それから、我々がいろんなテストをやっていく段階で、1500回転あるいは1800回転で運転した場合、今度はエンジン固有の軸のブレですとか、回転数の変動、やっぱりこういうものはかなりある。こういう軸ブレとか、回転数の変動が、ジェネレーターを塔載していった場合の周波数の変動に大きな影響力を持ってくる。そうしますと、それをどこまで抑えたらいいのか、ということも考えて、今いろんなテストをお願いし、現実にもうテストに入っている状況なのですけれども、そのなかで、一つ一つ拾い上げていって見て、また我々の委員会での方針ですとか、ワーキング

グループの作業でいろんなことを考えて実施していますが、LPガス業界でも、現実に使用されているコージェネ、GHPでエンジンが使われ市場に出ているわけですから、我々が技術的なアフターケアをできればいいな、さらにもう少しいいものをと考えています。本来ですと、ターゲットである1kW15万円以下ということとで言いたいところなのですが、現実にはそこまでなかなか進みそうもない。今やっていることというのは、現実的な技術問題を主に調べている段階で、いろいろエンジンを運転したりしている段階で、やはり首を傾げてみたり、ああうまくいっているなあと思ったりしているのですが、先程来申し上げましたように、もう完全に新しい商品化ということでの基礎的なエンジンの仕様に一番我々はこれからもエンジンに左右されてくるだろうと思われれます。従いまして、エンジン本体そのものが、我々の狙う様々なものを全部早くカバーしてくればシステムとして取り組むことはできるわけです。

どうも当初我々が考えたいき方とだいぶ違うところもありますし、本年度例えば、うちのエンジンは、出力は定格で、こうだ、と言っているエンジンにしても、それ以上、じゃ、そのエンジンの最大出力はどうか、最大出力と、その定格性能というのはどういうふうにみたほうがいいのか、こういうことも今やっていただいておりますし、平均筒内の有効圧をみていただければ分かりますように、まだまだ低いものもありますから、こういうものについては過給器をつけてもう一回実験をし出力アップの実証が可能かどうか、圧縮比の高いエンジンもあるわけですから、そのまま効率を上げていくにはどうしたらいい

か。いろんな形でやってはいますが、どうも分からないのは、先程来申し上げております空気とガスを混ぜる技術というのがどうもできあがってないのじゃないか。それが空燃比が1.0にセットしたものが、回転数を変え、あるいは負荷を変えていくとバラバラになっている。これが現状のエンジンですから、多分LPガスだけの問題ではないと思いますが、もう一度見直してなおかつどういう状況においても、セットした空燃比が何時も同じで、あるいは今度は燃焼排ガスが何時でも我々が考えているオーツーゼロ%ドライにおいて、500ppmで、500ppmよりも100ppmとか、150ppmとか場所によっては規制があるかも分りませんが、その時はまたそれ以下になるような制御の方法を考えればいいとは思ってはおりますけれども非常に難しい問題があるわけです。

ですから、高性能ミキサーの開発、空燃比制御の問題、高効率化の研究ですとか、三元触媒の熱害対策ですとか、いろんな問題が重

なってきました。

4. おわりに

従って一概にこうしたらいいんだということとはここで発表できないのが現状なものですから、もう1年ぐらい実験をくり返しますと、大体それなりのエンジンに対する結論が出てくるだろうと考えておりますので、昭和62年、昨年度1年間やった実績をもとに結論のない話をさせていただきました。私自身もまだまだエンジンについてはそんなに詳しくはございませんし、我々自身もまた勉強しなければならないことも非常に多いわけですので皆さんのお力をお借りしまして、よりよいシステムづくりに早く入っていきたいと考えております。

本日はどうもありがとうございました。

(たけうち まさみ)

パネル討論会概要

——コージェネレーションの普及に関する

制度及び技術上の諸問題について——

- (1) コージェネレーションは、業際であるとともに、関連官庁も多い境界領域にあるものなので、本日のようなパネル討論の意義は大きい。また、最新の技術開発の報告も時宜を得たものであった。
- (2) 通産省におけるコージェネレーション推進のための規制緩和の動向について：
- コージェネレーションは
 - ①省エネ上有効で
 - ②エネルギー間競合の促進に役立つものと位置付けられる。
 - 関連法規としては、電気事業法・ガス事業法・熱供給事業法がある。
 - 規制緩和の動向は以下の通り。
 - ①系統連系ガイドラインの設定（予備電力契約制度、昭和61年）
 - ②特定供給条件の緩和（申請許可第1号、大阪ツイン21ビル）
 - ③電気主任技術者の不選任化
 - ④ガスタービンの定期点検期間の合理化（最大2年、また点検時期に任意性）
- (3) 建設省におけるコージェネレーション関連の取り組み状況について：
- 建築基準法上馴染みのないシステムだったため、適切な導入のためのマニュアルを作成した。
 - マニュアル作成に続いて、適切な計画手法の検討を進めている。
 - 実際にガス利用のコージェネレーション・プロジェクトを実現したい。（都市再開発地域、住宅・都市整備公団において）
 - 問題点としては、権利問題、建物の形の複雑さ、また大都市圏では環境問題がある。
 - 建基法第52条6項の1の規定（容積率の緩和）の適用を考慮中（一建物内供給では苦しい見通し）
- (4) 環境庁における大気汚染防止の立場からのコージェネレーションへの要望について：
- 省エネ設備であっても、環境へのインパクトを配慮してほしい。（ガスタービン、ディーゼルの規制：昭和63年2月以降）
 - 大気汚染防止法施行令の改正に際して宿題になっているガスエンジン等については、今年度より検討を開始している。

○燃料消費50ℓ/h未満についても、公害防止のための技術開発をお願いしたい。

○水噴射、エマルジョン等のNO_x対策への優遇処置が認められた。また、小型機器も低公害型には奨励策を検討中。

○地方自治体では、独自の調査を実施中。環境保全是コージェネレーションの健全な発展のためには義務と思われる。

(5) 討議における主な意見：

○第三次産業革命ともいえる変化の時代であり、省庁間もデータ交換と討議をフランクに行うことが望まれる。

○大気汚染の規制に当たって国は十分な検討の上に立っていても、一部自治体には行き過ぎの恐れもあり、リードタイムを考慮した、段階的かつ妥当な規制が望まれる。

○コージェネレーションはまだ緒に付いたばかりであり、車両用エンジン等を含めた全体的な視野の中でのNO_x規制を望む。

○LPGコージェネレーションではLPGの特性を生かして、ガス化せずに液

状のままエンジン燃料とする開発を実施したい。

○環境保全面からどういう考え方で、何を基準に何と比較するかといった規制ベースとなる考え方等を示して欲しい。

○メーカーの立場からの意見として

・NO_xについては、データのばらつきが大きい。また主に研究データの段階であり、実用データはこれから採取の状態である。ディーゼルの対応策として現状では、タイミングリタード方式が主流といえる。

・アンモニア脱硝については、小型ディーゼルエンジン用は少なく、現在試作研究中。

・今後はメンテナンスのしっかりしたメーカーのみが生き残れると受け止めている。

○今後小規模なコージェネレーションにまで環境規制の網をかぶせる場合、届け出が集中する通産局で対応できるものだろうか。尚、燃料消費量50kℓ/h以上の設備については大気汚染防止法の下で、準備が進められている。

研究所のうごき

(昭和63年7月1日～9月30日)

◇ 月例研究会開催

第55回月例研究会

日 時：7月29日(金) 14:00～16:00

場 所：幸ビル(13階) 1303会議室

議 題：

- (1) 炭酸ガスにかかわる諸問題
(財)日本気象協会 解説予報部主任技師
理学博士 朝倉 正氏)
- (2) 高レベル放射性廃棄物の処分について—
常識と非常識の間—
(財)エネルギー総合工学研究所 専門役
村野 徹)

◇ 昭和63年度拡大月例研究会開催

日 時：9月16日(金) 9:30～17:35

場 所：銀座ガスホール

主 題：コージェネレーションシステム技術開
発の最新動向

(セッション1)

- コージェネレーションシステムを取りま
く最近の動き(日本コージェネレーション
研究会 垣田行雄氏)
- コージェネレーションシステムに関連し
た調査の総括的報告(財)エネルギー総合工
学研究所 池松正樹)

(セッション2)

- 低NOxディーゼルエンジン・コージェネ
レーションシステムの開発状況(財)石油産
業活性化センター 金子安雄氏)
- 小型高効率コージェネレーションシステ
ムの開発について(アドバンス・コージェ
ネレーションシステム技術研究組合 中西
恒雄氏)
- 小型ガスエンジンヒートポンプの技術開
発と今後の展望(財)日本ガス協会 甲斐崎
充典氏(東京ガス㈱)
- 小型LPGガスエンジン・コージェネレ
ーションシステムの開発動向(日本LPGガ
ス協会 竹内正美氏(石油ガス利用コージェ
ネレーション委員会))

(パネル討論会)

「コージェネレーションシステムの普及に関
する制度及び技術上の諸問題について」

一司会：平田 賢氏(東京大学)

話題提供者：古賀洋一氏(通商産業省)、内海
重忠氏(建設省)、竹本和彦氏(環境庁)、
垣田行雄氏(日本コージェネレーション研
究会)

討論参加者：村松敏彦氏(三菱重工業㈱)並
びにセッション1及びセッション2の講師
諸氏

研究会の内容記録は、季報本号に掲載

◇ 主なできごと

7月6日(木) SPS委員会(第1回)開催

7日(木) 電源計画手法検討委員会(第2回)
開催

12日(火) 石油トータルエネルギーシステム
普及推進に関する調査委員会(第
1回)開催

20日(水) 分散型新発電技術実用化実証研究
に関する調査委員会(第1回)開
催

27日(水) 石油コージェネレーションシステ
ム最適化に関する調査委員会(第
1回)開催

8月4日(木) LNG貯槽管理システム調査研究
会(第1回)開催

22日(月) 東京湾沿岸地域におけるユーティ
リティ施設と地域の一体化整備に
関する調査分科会(第3回)開催

29日(月) 軽油の低硫黄化に関する調査エン
ジン分科会(第1回)開催

9月6日(火) 電源計画手法検討委員会(第3回)
開催

7日(水) 高度負荷集中制御システム検討委
員会(第1回)開催

13日(火) 東京湾沿岸地域におけるユーティリ
ティ施設と地域一体的整備に関す
る調査委員会(第3回)開催
高度負荷集中制御システム専門委
員会(第1回)開催

14日(水) 無停電電源装置(CVCF)信頼性
等評価委員会専門部会(第2回)
開催

19日(月) 軽油の低硫黄化に関する調査環境
影響分科会(第1回)開催

29日(木) FBR新技術F/Sシステム概念
評価検討W/G, 基盤技術評価検
討W/G合同会議(第1回)開催

◇ 人事異動

○ 7月1日付

(採用) 大久保克彦 主任研究員に任命
プロジェクト試験研
究部配属

(採用) 太田 昭司 主任研究員に任命
プロジェクト試験研
究部配属

(採用) 白江 孝俊 研究員に任命
プロジェクト試験研
究部配属

(採用) 藤井外志雄 主任研究員に任命
プロジェクト試験研
究部配属

主任研究員 河野 直実 退職(出向解除)

主任研究員 茂田 省吾 退職(出向解除)

主任研究員 野口 俊郎 退職(出向解除)

研究員 山口 秀信 退職(出向解除)

○ 8月1日付

(採用) 田村 啓一 主管研究員に任命
プロジェクト試験研
究部配属

主管研究員 岡村 丈一 退職(出向解除)

○ 9月1日付

(採用) 大河内一男 副主席研究員に任命
企画部配属, エネル
ギー技術情報センタ
ー並びにプロジェク
ト試験研究部兼務

(昇任) 丹呉 良郎 主管研究員に任命

(昇任) 中野 重夫 主管研究員に任命

(昇任) 藤井外志雄 主管研究員に任命

(昇任) 白江 孝俊 主任研究員に任命

◇ その他

炭酸ガス等による地球温暖化問題に関する講演会の開催

昭和63年8月1日(14時~17時), (株)日本電機
工業会ホールにおいて, 以下の内容の講演会を
行った。

1. 地球温暖化のメカニズム(東北大学教授
田中正之氏)
2. 気候変動による植物生産力及び農業への
影響(お茶の水女子大学教授 内嶋善兵衛
氏)
3. 炭酸ガス問題への対応と海外における動
向(東京大学教授 茅 陽一氏)

海外出張

- (1) 松井一秋主管研究員は,「原子力研究に関す
るスタンフォード大学及びワシントン州立大
学への訪問調査」のため, 7月11日から7月
15日の間, 米国に出張した。
- (2) 中野重夫主管研究員は,「深層天然ガスに関
する海外調査」のため, 8月21日から9月8
日の間, ソ連, スウェーデン, 西ドイツに出張
した。
- (3) 出口京司主管研究員は,「ロボット先端技術
に関する海外調査」のため, 9月10日から9
月22日の間, イタリア, 英国, オランダ, 西
ドイツ, フランスに出張した。
- (4) 田村啓一主管研究員は,「石油コージェネレ
ーションシステム・ディーゼルエンジン排気
ガス対策海外調査」のため, 9月24日から10
月9日の間, 英国, 西ドイツ, オーストリア,
ベルギーに出張した。
- (5) 谷口武俊主任研究員は,「ENS/ANS軽
水炉安全に関する国際会議出席及びフランス
原子力研究機関訪問調査」のため, 9月28日
から10月9日の間, フランスに出張した。

季報エネルギー総合工学 第11巻第3号

昭和63年10月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105 東京都港区西新橋1-14-2

新橋SYビル(6F)

電話 (03) 508-8891

無断転載を禁じます。(印刷) 和光堂印刷株式会社