

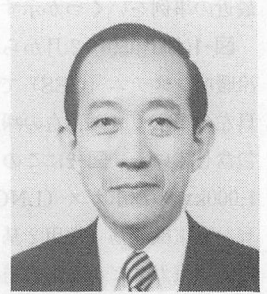
■ 論 説 ■

コージェネレーションの展望

Future Scope of Cogeneration

平 田 賢*

Masaru Hirata



1. コージェネレーション（熱電併給）の特質

山の上にダムを作り、水が海面まで流下してくるまでに、河の流れに沿って高度の高いところから順々に水力発電所をしかけ、水の落差を使いつくすことは誰でも考えることである。熱エネルギーの方の落差に相当するのは、いうまでもなく温度差であるが、燃料に火を点けて得られる1,500°C以上の高温から、海面に相当する常温に至るまで、上の方から順々に使っていくということが意外と行われていない。バーナーに火を点けて風呂をわかす。石油ストーブで暖房をする。バーナーやストーブの火炎帯は1,500°C以上の高温であるが、46°Cの風呂のお湯や20°Cの室温を得るために1,500°C以上の熱を直接投入して誰もあまり不思議に思わない。人類の歴史が火を使うことから始まったためであろうか。

省エネルギーというとすぐ“廃熱回収”という。200°C以下程度の低温域の排熱の利用もたしかに大切ではあるが、むしろ欠落しているのは“高温部の熱の有効利用”ではあるまいか。

タービンでもエンタルピ落差を何段かに分けて消化する。効率が100%ならば単段であろうと複数段であろうと差はない筈だが、そうはいかないから、熱力学第2法則に従って、熱が高温から低温まで流下してくる間に、温度落差を段落に分けてしゃぶりつくすことを考えなければならない。化石燃料の燃焼や核燃料の分裂によって生成された、高温で高級な熱を、そのまま熱として使うプロセスは鉄鋼、セメント、ガラス、窯業など、産業界でも限られているから、高温の熱は、まず熱機関によって可能な限り効率よく動力や電力など他の利用し易い形態のエネルギーに変換しておき、その排熱を、厨房や暖冷房・給湯など、低温の熱で間に合う用途に用いるのが合理的であろう。最近までそ

のような熱の総合的利用システムは開発されていなかった。高温部の熱は動力に、低温部の熱は熱として用いるシステムをコージェネレーション（熱電併給）システム¹⁾とかコミュニティエネルギーシステム（CES）などと呼んでいるがエンジン駆動の発電機とその排気ガスや冷却水の熱を回収利用するシステムばかりでなく、ここではエンジン駆動のヒートポンプや排熱回収付きの燃料電池、太陽光と熱のハイブリッドシステムなども含めて広義に考えることとする。

このようなシステムは、昔から「熱併給発電」などの名称のもとに、わが国でも種々検討されたことがあったが、ついに現実のものとならなかった。それはわが国経済の高度成長期に、スケールメリットと称して原子力や大型火力発電所が続々と辺地に建設され、巨大化の一途をたどったため、熱を必要とする都市と発電所がかい離する一方で、需要地まで熱を輸送するコストがかかりすぎ、経済的に成立たなかったためである。コージェネレーションシステムは、熱の需要地に密接して発電するようなシステムであるから、大きいものでも電気出力に換算して10万kw以下程度の中小型システムとなり、地域分散型のシステムにならざるを得ない¹⁾。原子力や石炭火力発電所など巨大集中型のシステムでベースロードを担って貰い、送配電ロスも小さい需要地密接型のこれら中小型システムで、ピークロードを担うような役割分担で日本全体の最もオプティマムなエネルギー供給システムを構築すべきであろう。ちょうど巨大システムという親亀の背中に子亀や孫亀が乗って、互いに有機的で密接な連携を行い、親亀がこければ皆こけるような「亀の子」システムを作り上げる必要がある²⁾。

2. コージェネレーションの事例

最近になって、病院、ホテル、大型コンピューターを持つ事務所ビルなど経済性の成立つケースからこのようなシステムが急速に普及のきざしを見ているが、

* 東京大学工学部船用機械工学科教授

〒113 東京都文京区本郷 7-3-1

最近の事例をいくつか示す。

図-1は昭和59年2月から稼動し始めた東京芝浦地域冷暖房システム (CES) であるが、このシステムは写真左の東京ガス側、右の側東芝それぞれの本社ビルを包含している。図-2にこのシステムの系統図を示す。1,000kwの都市ガス (LNG) を燃料としたガスタービン発電機3基 (常用2基, 非常用専用1基) によって、東京ガスビルの電力需要の1/2程度を自家発電方式でまかなっている。ガスタービン排熱は隣接の芝浦



図-1 コミュニティエネルギーシステム (CES) を採用した芝浦地域冷暖房

地域冷暖房センターに送られ、同センター内のガス焼き蒸気ボイラーで発生する蒸気と合流して、両社のビルの冷暖房熱源として利用され、総合熱利用率は70%となっている。この設備では排熱回収の給湯は行っていないが、給湯を行った場合には74%と効率は更に上昇する。買電とボイラーの在来方式と比較して、このCES方式の経済性を試算すると、3~5年で黒字に転化するとされている。

次にピストンエンジンを用いた事例として、270kw×2基のガスエンジン駆動発電機を用いて昭和57年秋から稼動しているスーパーマーケット“ニチイ”の場合を図-3に示す。このシステムは大阪ガス側が開発したFCCAシステム (Frequency Controlled Cogeneration Airconditioning System) で、周波数可変型ガスエンジン発電機を用いている。発電された電力は、空調系統の冷温水ポンプやファンの駆動動力に用いられ、エンジン排ガス及び冷却水は吸収式冷温水機に導いて、冷暖房に用いられたあと、最終的に付設の温水プールの加温に用いられる。冷暖房負荷が小さい中間期などには、エンジン回転速度即ち発電周波数を低下させ、駆動しているポンプやファン等の回転速度を落とすとともに、エンジンからの排熱も低下させ

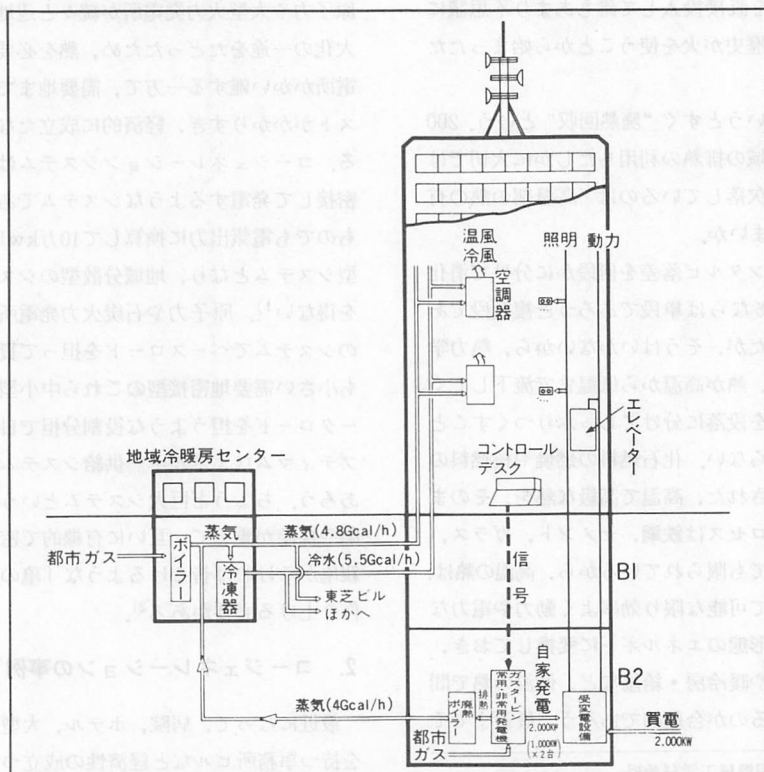


図-2 東京ガスビルのエネルギーシステム

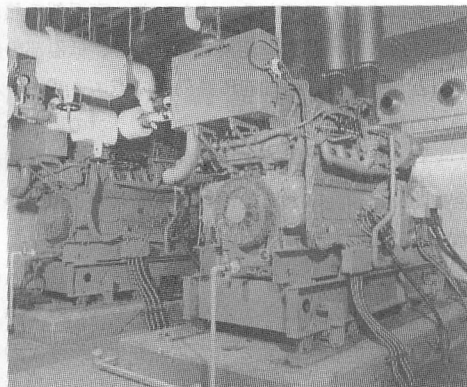


図-3 270kwガスエンジン2基によるスーパーマーケット“ニチイ”のコージェネレーションシステム

て部分負荷に対応する。ポンプやファン等の空調用機器類を駆動する誘導電動機の所要電力は回転速度の3乗に比例するから部分負荷時の省エネルギー効果が大きい。また一般にピストン機関は回転速度を低下させてもトルク、燃費（効率）等があまり定格点と変わらない特性を持っている。軸出力や排熱量は回転速度に比例して減少するので、上述のFCCA方式は、年間を通じての稼働率（効率）が極めて向上する。このシステムはランニングコストで年間2,700万円のメリットがあり、イニシャルコストの増分を約1.3年で回収可能と試算されている。

ところで、「燃料に火を点けたらまず動力回収」という原則を徹底させると、各家庭にこのようなシステムが入らなければならない。各家庭の台所や風呂場でエンジンや燃料電池がまわるのが著者の理想の姿である。この主張は通産省の認めるところとなり、補助金によって、昭和56年5月小型ガス冷房技術研究組合が設立され、エンジンメーカーと空調システムメーカーがタイアップして、世界にも珍しい小型システムが7機種開発された。開発を終了し、組合は昭和59年3月に解散したが、50台が現在市中でフィールドテストを行っている。図-4はテスト中の例である。まだ家電品なみのコストには及ばないが、その成果は高く評価されよう。

3. コージェネレーションの課題

3.1 産業界におけるコージェネレーションの見直し

高温のプロセスを終わって排出された熱を、次の低温のプロセスに利用するというような熱エネルギーの合理的な使い方は、オイルショック以後、産業界では

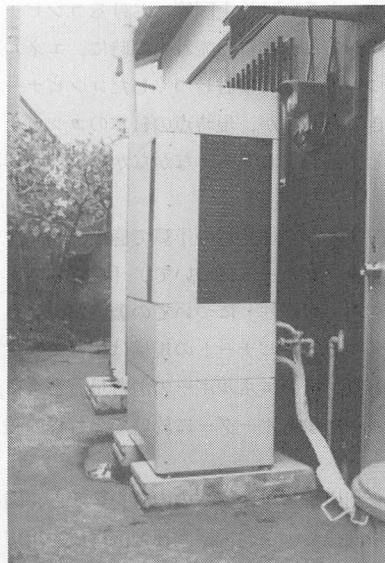


図-4 家庭用小型システム

随分検討され、また一業種の内部では現実化もされてきた。他方、民生用として開発された上述のような新しい技術を産業界向けに再度取り入れて、たとえば異業種間のエネルギーのやりとりをまで拡大し、エネルギーコンビナートとしての産業再構築の可能性を検討することも重要であろう。

在来のコンビナートは、基本的に「物質」の流れで複数の企業が結びついたものであり、「エネルギー」の流れにいたるまで配慮が施されたものとは言いがたい。物質にもエネルギーにも保存則が成り立ち、つい両者をごっちゃにしがちであるが、根本的な差異は、熱エネルギーには第2法則が存在するということである。熱が高温から低温へ向かって流れ、決して逆流しないとすると、最も高温の熱を使用する産業を中心に据えて、その排（“廃”ではない）熱で間に合う産業を、温度レベルに応じて次々と同心円上に配置し、最後に民生用の住宅群を配するのが最も望ましいが、多くの場合そのようにはなっていない。したがって、現状のコンビナートで、ある企業から出る排熱を他の企業で利用しようとしても、延々と配管を引きまわさなければならず、経済的に成り立たない場合が多い。逆に、手直し程度のことで成り立つものは、すでにかんりの程度実施されており、根本的に見直した場合、物流にとって都合のよかった運河が、エネルギーの輸送には障害となるなど、コンビナートのレイアウトから考えなおす必要が生じ大事業となる。

今後、21世紀へむけて、たとえば古い臨海工業地帯

の再開発、あるいは途上国等におけるコンビナート開発等に際しては、物質の流れと同時に、エネルギーの流れについても十分検討しつくしたコンビナートを建設すべきであろうが、現時点の日本のコンビナートを対象にして議論をしても、なかなか現実性が伴わない。

昭和57年度から通産省の予算で鹿島、水島、名古屋南部の各コンビナートについて、「産業間のエネルギー共同利用の可能性」についての調査が行われた³⁾。これら3つのコンビナートの規模は相互にかなり似かよっており、そのエネルギーの消費量、とくに未利用排エネルギー量もオーダーに於いてそれ程の差異はない。

この未利用排エネルギーの内容を見ると、図-5に示すように鹿島および名古屋南部地区は民生用以外にはあまり用途のない100℃以下の温水など、比較的低温の排熱が主体であるのに対し、水島の場合には、未だ利用価値のある比較的高温の排熱がかなり残っている。ここで100℃以下の排熱は主に温排水、100～700℃の排熱は主として燃焼排気ガス顕熱、700℃以上の高温排熱はコークスや鉄鋼製品等の固体顕熱が主体である。

3地区における排熱の特性に、このようにかなり明確な差があることの大きな原因は、エネルギー共同利用の程度の差にあると考えられる。

鹿島地区には、石油化学コンビナート地区に、鹿島北及び鹿島南共同発電機が設立され、電気と蒸気の共同利用が行われている。北共発は電気出力387.1 MWの抽気復水タービンで、電力が主、蒸気が従、南共発は電気出力136 MWの抽気背圧タービンで、蒸気が主、電力が従の設備構成になっている。このように、電力と熱を同時に発生するシステムはコージェネレーション

システムそのものである。すなわち、高温部の熱は熱機関に投入し、動力に変換して発電し、低温部の熱は蒸気として使う、原理的に高効率の省エネルギーシステムの概念が昭和36年のマスタープランの段階から導入されたのである。名古屋南部地区についても同様に企業間で自家発電とその抽気蒸気の共同利用がかなり徹底して行われている。

その結果、鹿島および名古屋南部地区は水島地区に比べて、未利用の高温熱エネルギーが少ないのであろう。このように産業界でもコージェネレーションの考え方を基礎に異業種間のエネルギー共同利用の視点に立ってシステムを見直すことによって、まだまだ省エネルギーの余地が残されていると思う。

3.2 コージェネレーションの周辺問題

以上の例に示したように今後、民生用、産業用を問わず、原理的に正しいエネルギーの使用法を推進して行くためには、解決しておかなければならないいくつかの問題点がある。最大の問題は、エネルギー供給に関する日本の社会制度あるいはシステムの問題である。わが国の場合、エネルギーの供給は、電気、ガス、熱それぞれについて、事業法に定められた事業者が安定供給の責任を負って供給しており、それら以外の者がその供給に携わろうとする場合には、法の規制をうける。コンビナートやコミュニティ等において、電気、ガス、熱のやりとりをいざ行おうとする場合に、現行法の規制が障害となる場合が多々発生するであろう。自家発電そのものには問題はないが、発生した電力を他へ供給しようとした場合、送配電については電力会社の地域独占とされており、発電した企業等が他人の需要に応じて供給することは現行法では原則として許されていない。勿論余剰電力を「電力会社」に供給することは可能である。

更に、電力会社の系統と並列運転して、必要な場合、例えば発電機の事故時などに系統からバックアップをして貰うことが必要となるが（それでないとならば非常用設備が必要となるなど経済性が悪化する）どのような技術的、経済的条件が満たされれば電力会社の系統との連系が認められるかなどの検討が早急に必要となる。将来は日本全体の発送電システムが親亀から孫亀まですべて連系し、コンピューターコントロールによって経済的にも省エネルギー的にも最もオプティマムな状況が作り出されて行く時代が必ずや訪れることであろう。

事業法ばかりでなくコージェネレーション実現にあ

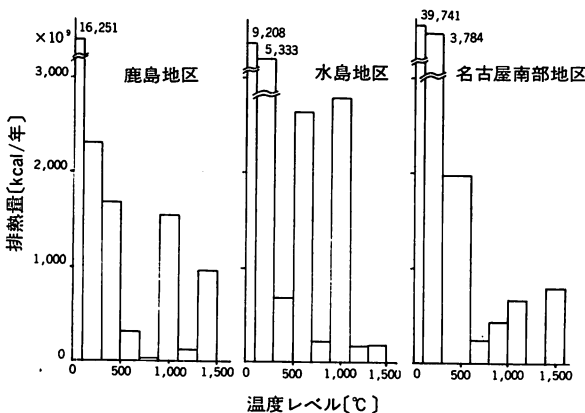


図-5 コンビナートにおける排熱量と温度分布の現状

たってクリアすべき法律は、道路法、道路交通法、港湾法、労働安全衛生法、大気汚染防止法、消防法、工場立地法、石油コンビナート等災害防止法、高圧ガス取締法、河川法などまことに煩雑で、意欲を失わせるに十分である。コージェネレーションを導入して、省エネルギーを真に推進しようとするならば、まず第一になすべきことは、コージェネレーションを社会システムとして“認知する”こと、しかるのち法体系の整備、簡素化とくに基本的な思想の統一を行うことが最重要課題である。第二に、事業主体をどのようなものにすべきか、税制・金融上の助成策はどのようなものが適当かなど、周辺体制整備が必要であろう。これらのことは、主として官側の姿勢の問題であり、これからはひとえに官の主導いかんで、推進のスピードが決まると考えている。何が国民全体の利益なのかが問われており、答案を書く国の責任は重大である。このようにコージェネレーションという新しい社会システムの導入にあたり、需要予測、技術基準、法体系の整備、社会に与えるインパクトなど、その周辺に存在する様

々な問題を調査研究し、技術の振興を促進して、エネルギー利用の効率化を図ると共に、会員相互および国際的な連携を行うことを目的として、昭和60年4月、日本コージェネレーション研究会が設立される運びとなった。電力、ガス、建設、重工業など関連する業界が資金を出し合って設立する任意団体であるが、昭和48年の第1次石油ショック以降、(財)省エネルギーセンターの場で先駆的に進められて来たコミュニティエネルギーシステム(CES)研究会の作業が発展的に引き継がれて行くものと期待している。

参 考 文 献

- 1) 平田賢編著；「コージェネレーションの現状と設計技術資料集」, 第1インターナショナル(株) (1984) 12月。
- 2) 平田；「80年代のエネルギー問題 -地域分散型エネルギーシステムのすすめ-」, エネルギー・資源 Vol.2 No.1 (1981)。
- 3) 平田；「コージェネレーションによるエネルギーコンビナート構想について」, 省エネルギー, Vol.36 No.2 (1984)。

共催行事

第22回 日本伝熱シンポジウム開催について

- 〔主催〕 日本学術会議熱工学研究連絡委員会, 日本伝熱研究会, エネルギー・資源研究会ほか
- 〔日時〕 昭和60年5月20日(月)~22日(水), 懇親会は5月21日(火)18時30分より
- 〔会場〕 日本都市センター(〒102 千代田区平河町2-4-1 TEL03-265-8211)
- 〔参加費〕 シンポジウム参加費: 5000円(5月1日まで申込の者), その他6000円
講演論文集代: 5000円(郵送の場合5550円)
懇親会参加費: 6000円(5月1日まで申込の者), その他7000円
- 〔申込要領〕 郵送振替払込書の通信欄に, (1) 氏名(ふりがな), (2) 勤務先または学校名, (3) 講演論文集冊数(進呈分以外), (4) 懇親会出欠をご記入の上, 当該費用をご送金ください。参加証は当日, 受付にてお渡しいたします。なお, 事務の簡素化と経費節減のため, 原則として, 領収書の発行を省略させていただきますので, 郵便局で受取られる郵便振替払込金受領書を保存くださるようお願い申し上げます。
- 〔申込先〕 〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1
東京工業大学工学部化学工学科内 第2, 回日本伝熱シンポジウム準備委員会
TEL 03-726-1111 内線2110
郵便振替口座: 東京 3-136275

尚, 会場での当日受付は第1日目の8時30分より行います。