

都市ガス事業におけるコージェネレーション

虎頭 健四郎

1. はじめに

コージェネレーションは、1つの燃料から2つの有効な2次エネルギーを取り出すシステムであり、欧米にあっては、高効率で省エネルギーに資することから、産業用のみならず民生用需要において広く普及している。

最近、わが国においても、ホテル・病院・事務所ビル等の民生用需要において、導入例が増えつつある。ここでは、わが国の実績と実施例について概括し、導入に当たって最も重要となる省エネルギー性・経済性に関する評価システムの実例を報告する。

2. コージェネレーションシステムの特徴

コージェネレーションシステム (Cogeneration System) は、図1に示すように、熱と電気の需要地において、ガスエンジン・ガスタービン・燃料電池等を利用して電気と熱を同時に発生させ、これら2つの2次エネルギーを需要家が利用するシステムであり、熱と電気の需要の組合せが適切な場合には、エネルギー効率の向上、エネルギーコストの低減が可能なシステムである。

図2に示すように、従来の電力供給方式では、1次エネルギーに換算した総合熱効率は、需要端で約35%である。これは、現在の遠隔立地の大規模火力発電所の熱効率が約39%、この電力を需要地まで送電するときの送電ロスが約4%であることによるものである。すなわち、1次エネルギーの約65

%は、廃熱として大気中に捨てられ、利用されていないことになる。

一方、コージェネレーションシステムは、需要地に発電機を設置することおよび燃料として天然ガス(LNG)を主原料とする都市ガスを利用することから、エネルギーの輸送ロスがほとんどなく、発電効率で約30%、その排熱利用率が約40~50%である。したがって、その総合熱効率は、70~80%と従来方式に比べて、きわめて高いことが、第1の特徴である。

第2の特徴として、コージェネレーションシステムは従来の大規模電力供給システムを補完するものであり、都市内のエネルギー供給システムの多様化に資するものである。すなわち、都市ごみの焼却熱などのローカルエネルギーの利用や石油との組合せにより、快適な都市づくりや都市防災の面から都市エネルギーの多様化に役立つものである。

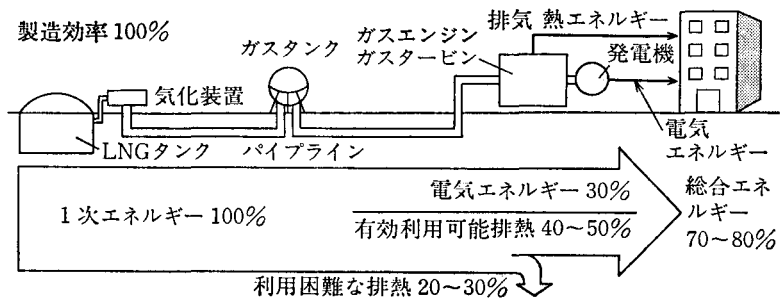


図1 コージェネレーションシステム

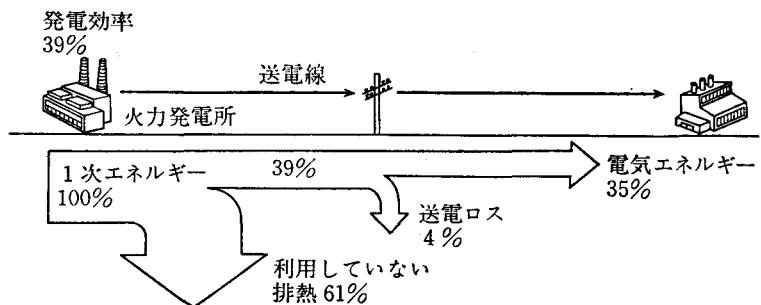


図2 従来方式による発電システム

ことう けんしろう
東京ガス株式会社

〒105 港区海岸1-5-20

第3の特徴として、コージェネレーションシステムは燃料として都市ガスを利用することにより、石油代替エネルギーの導入促進および環境保全に資するものである。

3. コージェネレーションシステム普及の背景

このシステムが、最近普及しつつある背景には、エネルギー需要家にはもちろんのこと、関連産業や国にとって、大きなメリットがあるためである。すなわち、エネルギー需要家にとっては、このシステムを採用することにより、これまで以上の省エネルギーを図り、エネルギーコストを削減することが可能となり、また、エネルギーの種類の選択幅が広がり、エネルギー価格の変動などに柔軟な対応が可能となる。

ガス事業にとっては、都市ガスの新たな需要分野の開拓に資するというだけでなく、ガス需要の年間負荷の平準化が可能となり、ガス製造供給システムの稼働率が向上することから、このシステムの普及は、ガス料金の長期的安定に資するメリットがある。一方、電気事業にとっては、電力需要家を失なうというデメリットを考慮する必要があるが、このシステムの普及により、電力負荷の平準化による電源設備の有効利用、電力流通設備のコスト低減といったメリットが期待される。

さらに、国にとっては、エネルギー政策の主要課題である省エネルギーの推進および石油代替エネルギーの導入促進が評価されている。

以上のように、コージェネレーションシステムの普及のメリットは評価されるが、わが国の民生用需要における普及は限られている。その主な理由の1つに、民生用においては、冷暖房・給湯の熱需要と照明・動力等の電力需要の最適な組合せを持った需要が比較的少ないことが挙げられる。また、わが国においては、電気事業法などの制度がコージェネレーションの導入に対して未整備なことも、普及が遅れている理由の1つになっている。今後、都市再開発が進む中で、熱と電力の需要が最適にバランスしている地域冷暖房と組み合わせたコージェネレーションシステムの普及が期待されている。

このような背景をふまえて、通商産業省資源エネルギー庁公益事業部は、これまで主として産業用の分野で発達してきたコージェネレーションの制度を民生用分野に適用可能かについて検討を行ってきた。昭和61年5月の「コージェネレーション運営基準検討委員会報告書」において、①民生用のコージェネレーションについて

も、一定の技術的要件を満足すれば、電気事業者の一般電力系統と連係して運転できることにし、また、②これまで産業用の制度にしかなかった自家発予備電力契約制度を業務用において創設すること等によって、民生用のコージェネレーションについても、産業用と同様に、一般電気事業者と調整が図られた導入を認めた。また、昭和62年8月には「コージェネレーション問題検討委員会報告書」において、電気事業法第17条の「特定供給」の許可の対象として、「一の建物の所有者が、当該建物内の需要に応じて行なう供給」についても運用することとした。これにより、1つの事務所ビル内に設置されるコージェネレーションによる電気を、ビルのテナントが使用することが可能となるなど、従来、制度面で大きな課題となっていた項目について当面の調整が行なわれ、今後の普及に大きなインパクトを与えることになった。

4. わが国の民生用需要における普及実態

現在、わが国におけるコージェネレーションシステムは、昭和62年3月時点において、108件、合計電気出力約51,000kWが普及しており、これは全発電設備量の約0.03%に相当している。

図3、図4に示すように、昭和58年以降、着実に増加しつつある。使用されている熱機関としては、ガスエンジンが最も多く、ディーゼルエンジン、ガスタービンの順である。

これを設置されている建物用途ごとに見ると、事務所が最も多く、ホテル、電算センター、スーパーマーケット等であり、これらは発電・冷房・暖房・給湯の用途に利用される高度利用システムが多い。一方、1件当りの発電規模は、最大12,400kWから最小16kWと幅がありほとんどが300kW以下の比較的小さいシステムが普及しているのが現状である。

5. わが国の産業用需要における普及実態

わが国の産業界においては、早くから自家発電所を工場内に設置し、その廃熱をプロセス蒸気などに利用するコージェネレーションシステムが導入されてきた。

この自家発電設備の総発電出力は、昭和61年12月現在、1,533万kWで電気事業費を含めた総出力の8.9%に相当し、その件数は、989カ所にのぼっている。この産業用の自家発は、ほとんどがコージェネレーションと推定され、化学、鉄鋼、紙・パルプ、非鉄金属等の業種に普及している。

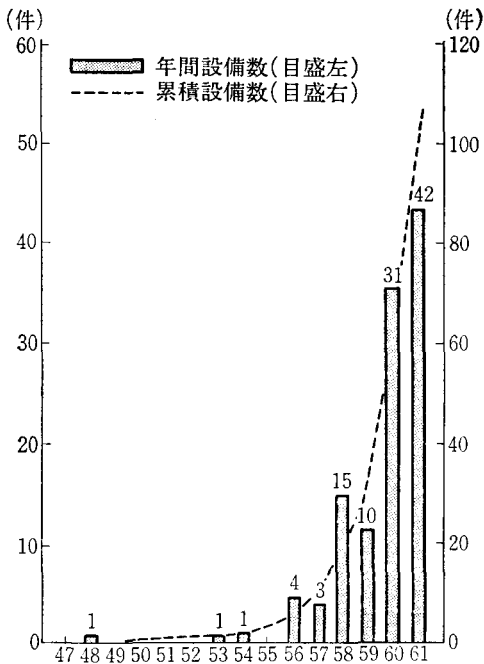


図3 年度別設備数

出典：「コージェネレーション」 Vol.2, 1, 1987, 日本コージェネレーション研究会

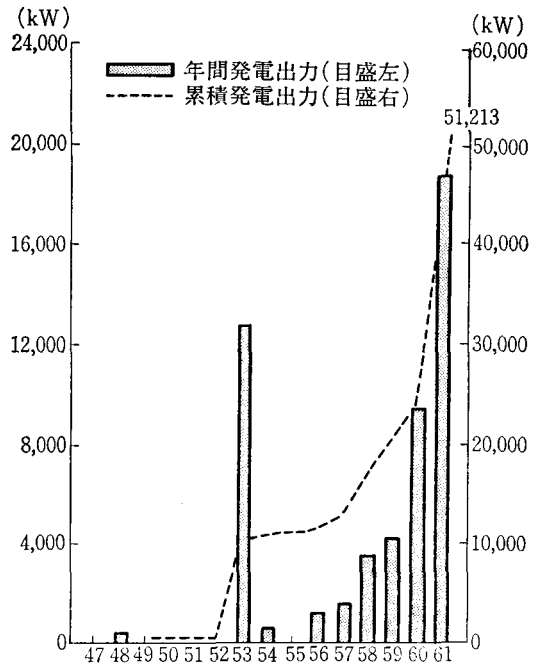


図4 年度別発電出力

6. 民生用需要における熱・電力需要パターン

さて、コージェネレーションシステムの導入計画にあたっては、前もって、その省エネルギー性・経済性を十分に評価しておくことが重要となる。すなわち、コージェネレーションシステムは、電気と熱を同時に発生させるシステムであることから、これを適用する需要サイドにあっては、電気と熱の使用がバランスしていることが最も望ましい。実際には、電気と熱の需要が、このシステムの電気・熱出力と時間的にまた量的に一致することはまずなく、システムの需給に過不足が生じ、電力会社からの電気や補助ボイラーによる熱で、この過不足を調整する必要が生じ、システム全体の省エネルギー性・経済性に大きな影響をおよぼすからである。

表1は、業務用ビルの全エネルギー使用量の中に占める電気エネルギー使用量の比率を示したものである。

また、図5には病院、ホテル、デパート、事務所における電気と熱需要の日間需要パターンの代表例を示す。

このように、民生用需要においては、電気・熱の年間、日間の使用パターンが、業種によって異なっている。

一般に、コージェネレーションシステムは、排熱を有効に利用するところにメリットがあることから、電気に

比べて熱の使用量が多い業種に適しており、表1で言えば、電気使用比率の小さい病院、ホテル等に適用した場合に、省エネルギーが図られ、経済性を発揮しやすいと言えることができる。

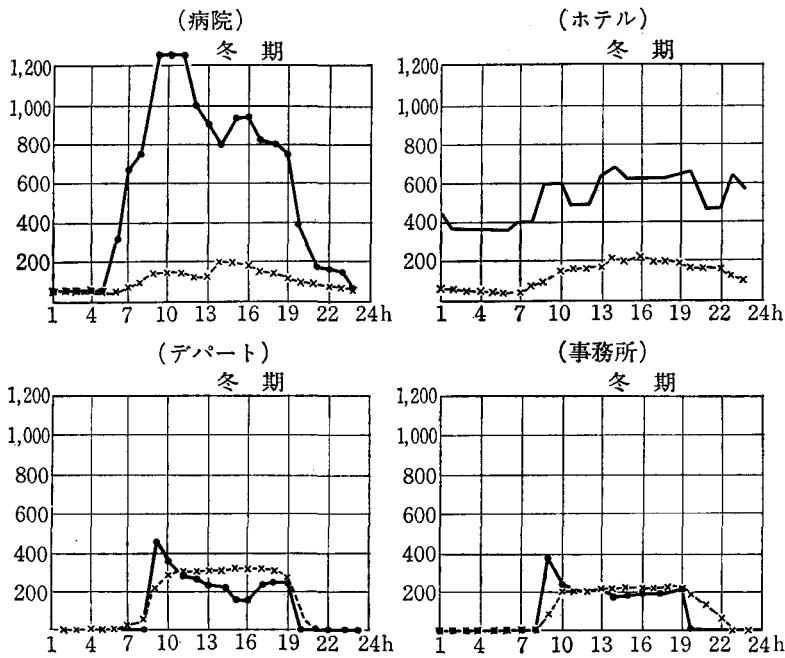
7. コージェネレーションシステムの設計評価のためのシミュレーション

前述のように、コージェネレーションシステムを導入する建物の電力負荷・熱負荷は、時々刻々と変化することから、このシステムが、従来システムに対して、どの程度の省エネルギー性を有し、経済性を持つのかをシミュレーションによってあらかじめ評価しつつ、最適なシステム設計を行なう必要がある。

表1 業務用ビルの電気使用比率

業種	比率	業種	比率
ランドリー	0.08	飲食店	0.34
給食センター	0.11	室内競技場	0.45
ゴルフ場	0.24	各種学校	0.55
病院	0.24	事務所	0.66
ホテル	0.30	百貨店	0.74
旅館	0.32	スーパーマーケット	0.88

(注) 比率=電気使用量/全エネルギー使用量



(注) —●—: 熱 x—x: 電気 (Mcal/10,000m²h)

図 5 民生用需要における電気・熱需要パターン例

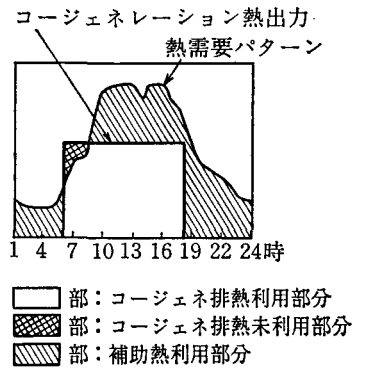


図 6 コージェネレーションの排熱利用状況

このシミュレーションの最大のポイントは、図 6 に示すように、熱需要の時間的変化に対し、コージェネレーションシステムの排熱を、年間を通して、最大に利用で

きるよう、発電規模（すなわち排熱の出力規模）と補助熱源規模を決定することにある。

当社においては、お客様へのシステムの導入に当たり、1次評価用のシミュレーションプログラムを開発し、実用に供している。このプログラムは、パーソナルコンピュータを用い、対話型式で、建物用途・規模、発電規模等を入れることにより、月別、時刻別の熱と電力のバランスをシミュレーションするものである。図 7 にこのプログラムのフローを示す。これにより省エネルギー性、経済性を簡単に評価することができる。

表 2 に、インプット項目一覧を示す。インプットは 41 項目あるが、この中で月別、時刻別負荷パターン等（表中の * 印）29 項目は、標準値が用意されており、1 次評価用として単純化することも可能である。また、写真 1 から写真 5 に示すように、アウトプット画面として、月別・時刻別電力・熱バランス、年間エネルギーバランス等、グラフ化して表示することにより、さまざまな評価ができるようになっている。

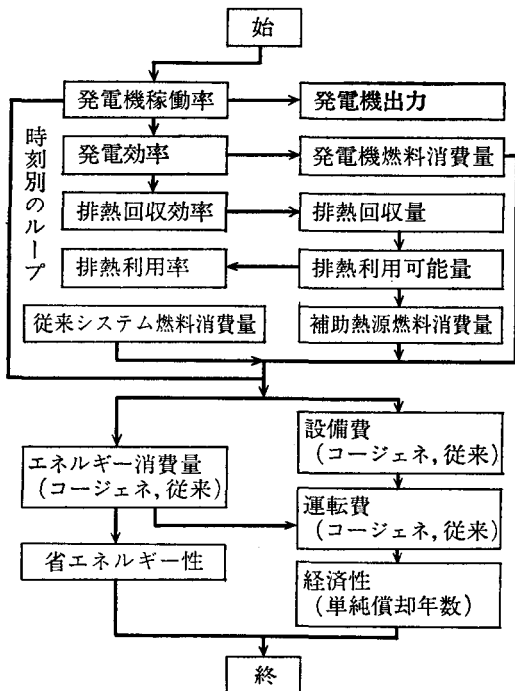


図 7 シミュレーションプログラムのフロー

8. シミュレーションプログラムによるケーススタディ

次に本プログラムを利用して、病院にコージェネレーションシステムを導入する場合のケーススタディについ

表 2 シミュレーションプログラムインプット項目一覧

建 物 デ ー タ	
1	建物種類
2	所在地
3	延床面積 m ²
4	電力供給面積 m ²
5	熱供給面積 m ²
6	* 建物使用日数
7	* システム運転日数
8	* 夏期, 冬期, 中間期の区分
9	* システム運転時間
10	買電との並列有無
11	* ピーク電力負荷 W/m ²
12	* 年間電力負荷 kWh/m ²
13	* ピーク冷房負荷 kcal/h・m ²
14	* 年間冷房負荷 Mcal/m ²
15	* ピーク暖房負荷 kcal/h・m ²
16	* 年間暖房負荷 Mcal/m ²
17	* ピーク給湯負荷 kcal/h・m ²
18	* 年間給湯負荷 Mcal/m ²
19	* 月別負荷パターン (電力, 冷房, 暖房, 給湯)
20	* 時刻別負荷パターン(電力, 冷房, 暖房, 給湯)
シ ス テ ム デ ー タ	
1	発電機運転最低負荷率
2	発電機駆動機種 (GT, GE)
3	発電機容量 kW/台
4	発電機設置台数
5	排熱回収方法
6	排熱利用順序
7	* 発電効率カーブ
8	* ジャケット冷却水熱回収効率カーブ
9	* 排ガス熱回収効率カーブ
10	* 発電効率吸気温度補正率
11	* 排熱利用機器COP
12	* 補助熱源COP
機 器 選 定 デ ー タ	
1	* ポンプ選定データ
2	* 熱源機設置台数
3	* 熱源機定格効率
設 備 費 算 出 デ ー タ	
1	* 各種機器単価カーブ (円/kW, 円/RT, 円/kcal/h……)
運 転 費 算 出 デ ー タ	
1	* 電力, ガス料金
2	* 冷却水補給水量 %
3	* 用水費 円/m ²
4	* 人件費 円/年
5	* 維持修理費 %

表中で*印については、プログラム中に標準値を具備。

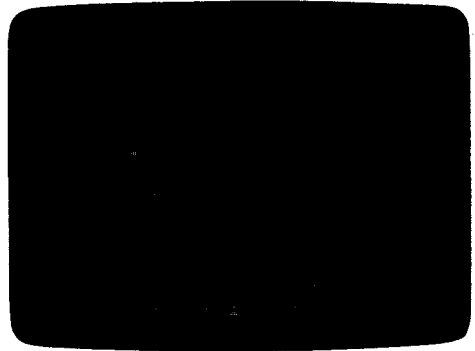


写真 1 時刻別電力バランス

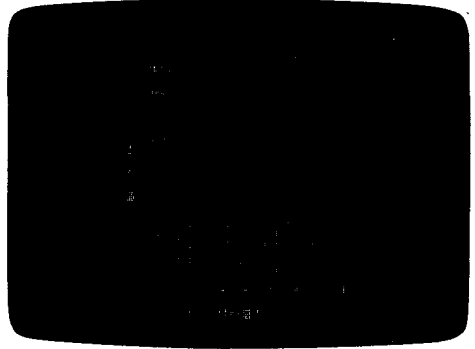


写真 2 月別電力バランス

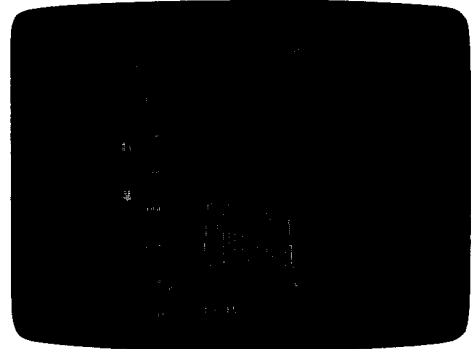


写真 3 時刻別熱バランス

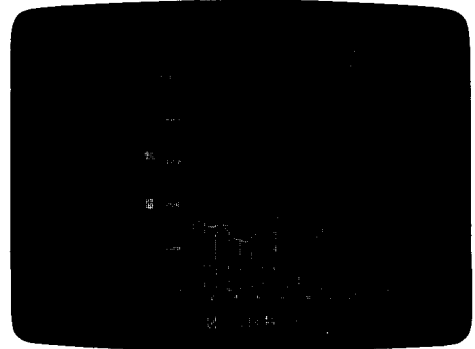


写真 4 月別熱バランス

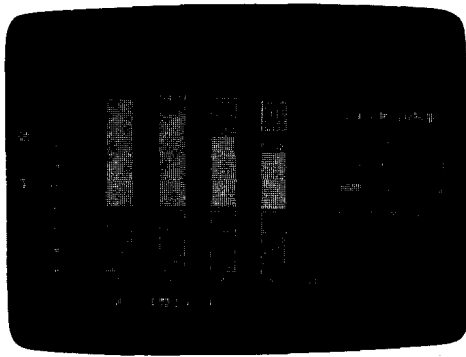


写真 5 年間エネルギーバランス

て述べてみよう。一例として 20,000m² の延床面積を持ち、東京地区に立地する 560床の病院のケースを考える。

電力需要は最大負荷 1,200kW、年間需要量 3,800MWH であり、また熱需要の最大負荷および年間需要量は、給湯分野でそれぞれ 800Mcal/h、2,624Gcal、暖房分野で 1,642Mcal/h、1,000Gcal、冷房分野で 2,052Mcal/h、1,176Gcal と想定できる。その他、電力・熱の月別・時刻別パターン、発電規模、運転方法等を入力し、シミュレーションを行なう。ケースとしては、この病院の最大電力負荷に対し、発電規模を ①360kW、②480kW、③600kW とし、図 8 に示すように、コージェネレーションシステムとしては、ガスエンジン発電機 1 台、排熱利用の温水吸収冷凍機に、補助熱源にガス吸収冷温水機と給

油ボイラーを組み合わせたシステムとする。また、比較する従来システムは、図 8 中のガス吸収冷温水機と給湯ボイラーの熱源と電力会社からの買電を組み合わせたシステムとする。表 3 に、このシミュレーション結果を示すが、コージェネレーションシステムの設備費増に対し、①、②、③のいずれのケースも、従来システムに比べて運転費が安く、その単純償却年度（＝設備費増額／運転費削減額）は、3～4年であり、省エネルギー投資としては、適切と判断される。このコースの省エネルギー率は約 20% である。

一方、このシミュレーションプログラムを使って、病院の規模に対して、コージェネレーションシステムの適正な発電規模を評価してみると表 4 のようになる。

すなわち、病院延床面積 5,000、10,000、15,000、20,000、30,000m² の 5 ケースに対して、電力最大負荷に対して、コージェネレーションの発電規模は、おおむね 30～40% とすることが適切であることがわかる。

9. おわりに

以上、わが国におけるコージェネレーションの動向を整理し、その導入に当たって最も重要となる評価システムについて述べてみた。先に国がまとめた「21世紀エネルギービジョン」においては、コージェネレーションシステムを、今後の複合エネルギー時代の幕開けを象徴する

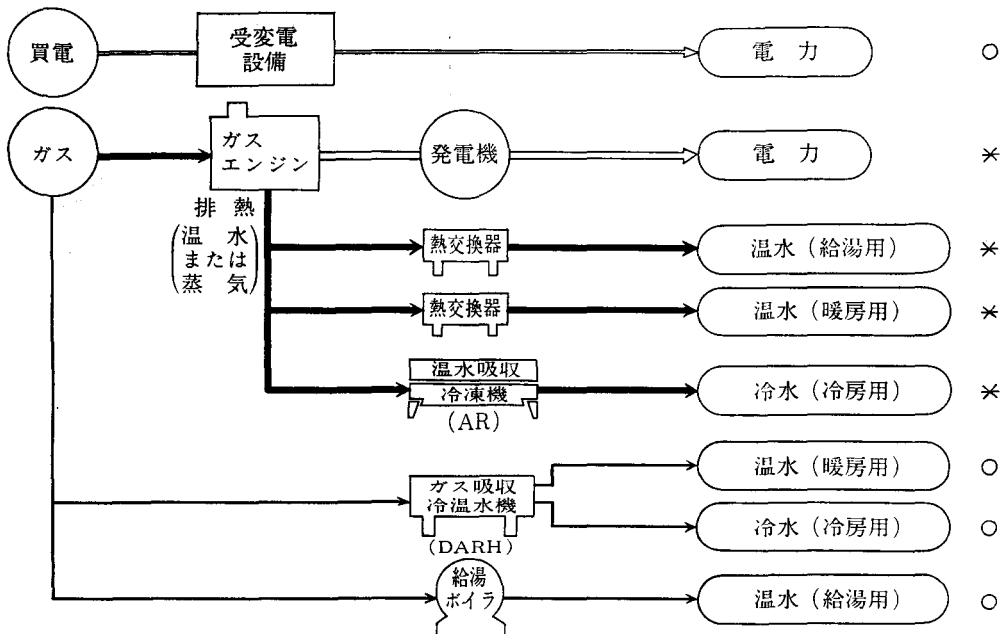


図 8 病院のコージェネレーションシステム

(注) * : コージェネレーションによる電気と熱 ○ : 不足分を賄う時の補助の電気と熱 (従来システム)

表 3 病院におけるコージェネレーションシステムの経済性

ケ ー ス		㉔	㉕	㉖	従来システム
主 要 機 器	ガスエンジン 発 電 機	360kW × 1 台	480kW × 1 台	600kW × 1 台	—
	排熱利用・温 水吸収冷凍機	101RT × 1 台	134RT × 1 台	168RT × 1 台	—
	ガス 吸 取 冷 温 水 機	299RT 618Mcal/h} × 2 台	286RT 550Mcal/h} × 2 台	272RT 482Mcal/h} × 2 台	399RT 821Mcal/h} × 2 台
	給湯ボイラー	394Mcal/h × 1 台	758Mcal/h × 1 台	160Mcal/h × 1 台	800Mcal/h × 1 台
設 備 費 (百万円/年)	合 計	390	438	487	224
	差 額 ①	166	214	263	—
運 転 費 (百万円/年)	電気料金	57	43	33	107
	ガス料金	59	65	69	69
	用水費	4	4	4	4
	維持費	8	9	10	3
	同上合計	128	121	116	183
	差 額 ②	55	62	67	—
単純償却年数 ①/②		3.0	3.6	3.9	—

(注) ● 差額=(コージェネレーションシステム)-(従来システム)

● 電気, ガス料金は1987年1月現在

表 4 病院における適正コージェネレーション規模

病 院 規 模			コージェネレーション規模	
延床面積 (m ²)	ベッド数 (床)	電力最大負 荷(kW)①	発電規模 (kW)②	発電割合 (%)〔②/①〕
5,000	140	300	90	30
10,000	280	600	180	30
15,000	420	900	270	30
20,000	560	1,200	480	40
30,000	840	1,800	720	40

望ましいシステムとして位置づけており, 今後普及が期待されるが, その適正な普及に当っては, ニーズに適した評価システムの開発が今後重要となろう。

参 考 文 献

- [1] 虎頭健二郎: コージェネレーションシステムの動向. 空気調和・衛生工学, 61, 2 (1987), 25-32.
- [2] 浜田隆道: コージェネレーション実用化への課題. 空気調和と冷凍, 27, 8 (1987), 34-43.
- [3] コージェネレーションシステム調査専門委員会: 電気学会技術報告(Ⅱ)部第263号, 電気学会, 1988. 2.

[4] 山本健司: コージェネレーション導入に係わる経済性評価システムの開発について. 日本ガス協会誌臨時増刊号, 40, 10(1987), 178-184.

[5] 青木 毅: 病院におけるコージェネレーション. 建築設備と配管工事'87. 増刊号, (1987), 117-135.

燃 料 電 池

燃料電池は水の電気分解とは逆に, 燃料中の水素と空気中の酸素を特殊な電解質の中で化学反応させ燃料のもつ化学エネルギーを直接電気に変換する装置. 電解質によってリン酸型, 熔融炭酸塩型, 固体電解質型の3つのタイプに分れる. 発電効率は45~60%を目標とし, コージェネレーションとして排熱を利用すれば総合効率は80%に達する. 無公害で発電規模の調節も可能であるので都市型の分散電源として最適である. 日本では新エネルギー総合開発機構(NEDO)を中心に, 電気メーカー, 電力, 都市ガス, 石油各社が激しい研究開発競争を展開しており, 近い将来経済的な実用装置が利用可能になるものと期待している. (K.K.)