

■ 解 説 ■

# コージェネレーション・システムの簡易経済性評価法の導出とその応用

## A Simple Equation for Evaluating Economics of Cogeneration Systems and Its Application

朴 炳 植\*・鈴木 胖\*\*  
Pyong Sik Pak Yutaka Suzuki

### 1. はじめに

電力と熱を同時に発生・利用する熱併給発電システムあるいはコージェネレーション・システム（以下、CGSという）はエネルギーの総合利用効率が高いことや、大規模集中型エネルギー供給システムを補完するエネルギー供給の“ソフトパス”の有効な方法の一つとして<sup>1)</sup>、その普及が大いに望まれている。しかし、CGSの普及のためには、その経済性が成立することがまず必要となる。CGSの構成法としては種々の方法があり<sup>2)</sup>、しかも電力と熱を同時に供給するため関連する要因も多く、CGSの経済性を評価することは容易ではない。そのため、これまでCGSの経済性を評価する手法としては、具体的なケースを詳細に設定して、その経済性について検討するという方法をとることが多い<sup>3-5)</sup>。しかし、このような個別的方法ではCGSがオンサイト型の小規模分散型エネルギー供給システムで、CGSの前提となる社会経済・技術的条件が極めて多様性を持つため、ある条件が変化した場合それが経済性にどのような影響を与えるかを定量的に知ることが困難である。

本稿では、CGSの経済性を決定する主要な要因をとりあげて、CGSの経済性を容易に評価できる式をまず導出する。次に、本評価式に基づくとCGSの経済性をより向上させるためには種々の要因がどのように変化すべきであるかが一般的に論じられることを明らかにする。さらに、本評価式の有効性を示すため、ガスタービンを利用した地域冷暖房用のCGSを例にとりあげて、各種要因について経済性に与える影響の度合を定量的に評価した結果についても述べる。

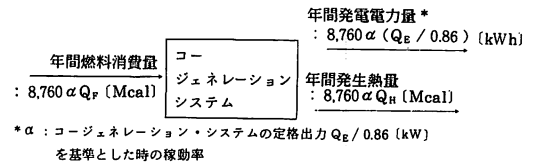


図-1 コージェネレーション・システムの年間入出力エネルギー

### 2. 経済性評価式の導出

定格発電出力  $Q_E$  [Mcal/h] =  $Q_E / 0.86$  [kW] のあるCGSにおいて、その年間（8,760時間）の稼働率を $\alpha$ とすると、年間の入出力エネルギーは図-1に示すように表わすことができる。すなわち、年間で  $8,760\alpha (Q_E / 0.86)$  [kWh] の電力量と  $8,760\alpha Q_H$  [Mcal] の熱量を  $8,760\alpha Q_F$  [Mcal] の燃料量より得ているものとする。ここで、 $Q_H$  [Mcal/h] および  $Q_F$  [Mcal/h] はそれぞれCGSの熱出力および燃料消費量を表わす。このとき、

$$\text{平均発電効率} : \eta_E = Q_E / Q_F \quad (1)$$

$$\text{平均発生熱効率} : \eta_H = Q_H / Q_F \quad (2)$$

$$\text{平均総合熱効率} : \eta_T = (Q_E + Q_H) / Q_F = \eta_E + \eta_H \quad (3)$$

である。いま、CGSの建設費をkW当り  $X'$  円とし ( $X'$  [円/kW])、建設費の年経費率を  $R$  とする。また、燃料単価を  $C_F$  [円/Mcal]、電力の平均売電単価を  $C_E$  [円/kWh] とすると、発生熱媒（蒸気あるいは温水）の平均コスト  $\hat{C}_H$  [円/Mcal] は次のようになる。

$$\hat{C}_H = (C_0 + C_1 - C_2) / S_H \quad (4)$$

ここで、

$$C_0 = R \cdot X' \cdot Q_E / 0.86 \quad (5)$$

: CGSの建設費の年固定費 [円]

$$C_1 = 8,760\alpha Q_F C_F \quad (6)$$

\* 大阪大学工学部電気工学科講師

〒565 吹田市山田丘2-1

\*\* 大阪大学工学部電気工学科教授

(註) 本研究会第3回エネルギーシステム・経済コンファレンス (61/1/31) にて講演  
原稿受理 (61/6/10)

: 燃料費 [円]

$$C_2 = 8,760 \alpha (Q_E / 0.86) C_E \quad (7)$$

: 売電収益 [円]

$$S_H = 8,760 \alpha Q_H \quad (8)$$

: 発生熱量 [Mcal]

である。(5)~(8)式および(1), (2)式の関係を(4)式に代入して, 整理すると,

$$\hat{C}_H = \frac{C_F}{\eta_H} - \frac{\eta_E}{\eta_H} \left( \frac{C_E}{0.86} - 1.327 \frac{R \cdot X}{\alpha} \right) \quad (9)$$

となる。ここで,

$$X \equiv 10^{-4} X' \quad (10)$$

である。CGSの経済性が成立するためには, 熱媒コスト $\hat{C}_H$ が実際に売れる価格(平均売熱単価) $C_H$ 以下でなければならない。すなわち,

$$\hat{C}_H \leq C_H \quad (11)$$

となる必要がある。これを観点を変えてCGSの建設費 $X$ についての制約を見ると, (11)式に(9)式を代入し, $X$ について整理することにより

$$X \leq I_P \quad (12)$$

となる。ここで,  $I_P$ は

$$I_P \equiv \frac{\alpha}{1.327 R} \left( \frac{C_E}{0.86} + C_H \eta_H / \eta_E - C_F / \eta_E \right) \quad (13)$$

である。以下,  $I_P$ はCGSのプロフィット・インデックス(収益指標)ということにする。単位は万円/kWである。(12)式は, CGSの経済性が成立するための条件はCGSの建設費 $X$ (万円/kW)が(13)式で定義される収益指標 $I_P$ より小さくなくてはいけないことを示している。 $X$ は基本的には技術条件により定まり, かなり固定的である。したがって,  $I_P$ が大きくなるほど経済性成立の条件(12)式が成立しやすくなる。

### 3. 各種要因の経済性に与える影響の一般的評価

前節では, CGSの経済性が成立するためには,  $\alpha$ ,  $R$ ,  $C_E$ ,  $C_H$ ,  $C_F$ ,  $\eta_E$ および $\eta_H$ で定められる(13)式の $I_P$ の値が $X$ より大きくならねばならないことを明らかにした。本節では, これらの要因の値の変化がCGSの経済性に与える影響について, 一般的に評価した結果について順次述べることにする。

- (I)  $\alpha \rightarrow$ 大のとき  $I_P \rightarrow$ 大となる。すなわち, CGSの稼働率が大きいとき, 経済性成立の条件(12)式が満足されやすい。
- (II) 年経費率 $R$ として, 以下では簡単のため資本回収係数を利用することにする。資本回収係数 $R$ は, 資

本の利率を $r$ , 資本回収年数を $n$ とすると,

$$R = r / \{1 - (1 + r)^{-n}\} \quad (14)$$

で表わされる<sup>6)</sup>。したがって,  $r \rightarrow$ 小あるいは $n \rightarrow$ 大のとき $R \rightarrow$ 小となり,  $I_P \rightarrow$ 大となる。すなわち, (12)式が満足されやすくなる。

- (III)  $C_E \rightarrow$ 大あるいは $C_H \rightarrow$ 大のとき,  $I_P \rightarrow$ 大となる。すなわち, 平均売電単価 $C_E$ あるいは平均売熱単価 $C_H$ が大なるほど, CGSの経済性の成立の条件は満足されやすくなる。
- (IV)  $C_F \rightarrow$ 小のとき,  $I_P \rightarrow$ 大となる。すなわち, CGSの使用燃料単価が安くなると, CGSの経済性の成立の条件は満足されやすくなる。
- (V)  $\eta_H \rightarrow$ 大のとき,  $I_P \rightarrow$ 大となる。また, (13)式の $\eta_E$ に関する項 $-(C_F - C_H \eta_H) / \eta_E$ において, カッコ内は通常正の値をとるので,  $\eta_E \rightarrow$ 大のとき,  $I_P \rightarrow$ 大となる。すなわち, CGSの発生熱効率や発電効率が高くなると, CGSの経済性成立の条件は満足されやすくなる。
- (VI)  $X \rightarrow$ 小のとき, すなわち, CGSの建設費が安いとき, CGSの経済性成立の条件は満足されやすくなる。

以上の各種要因について補足説明を行うと次のようになる。

- (I)  $\alpha$ はエネルギー需要の負荷率に関連したパラメータであり, 熱需要が増加すると通常 $\alpha \rightarrow$ 大となり, CGSが導入されやすいことを意味している。たとえば, 熱需要の大きい製紙プラントなど $\alpha \rightarrow$ 大となるプラントでCGSがこれまで多く導入されている主な理由はこれによって説明される。また, CGSを地域冷暖房システムに利用することを想定した場合, 民生用の冷暖房用熱需要量の増加は $\alpha \rightarrow$ 大とするのが普通であり, 地域冷暖房用のシステムとしてのCGSの経済性成立の環境条件を作り出していると言える。
- (II) 資本回収係数 $R$ は, CGSの耐用性に関連し, 技術的な進歩によりCGSの耐用年数が延びると,  $R \rightarrow$ 小とする効果があり経済性が向上することを意味している。

また, エネルギー政策の一環として, 総合熱利用効率の高いCGSの建設費に対して低金利融資を行うことは $R \rightarrow$ 小とし, CGSの経済性成立に有効である。

- (III) 上記Ⅲ項は, CGSの売電単価および売熱単価に関連する項である。これまで, CGS業者が熱と電力を同時に販売することに対して法的な規制があり, この

規制は  $C_E$  一少の方向に作用しており、CGSの経済性に対して厳しい制約となっている。しかし、この法的規制は近い将来大巾に緩和される方向にあり、これが実現すればCGSの経済性の改善に寄与すると思われる。

- (IV) 本項は、CGSでの使用燃料単価に関する。製鉄プラントなど  $C_F$  一少となる廃ガスの利用できるプラントで、これまでCGSが多く導入されている主な理由はこれによって説明される。また、下水汚泥のメタン発酵処理や都市ごみの熱分解などにより生ずるガスを利用すると燃料単価は極めて安くなる可能性が高く、このようないわゆる、ローカル・エネルギーの活用もCGS利用の一つのあり方と考えられる。
- (V) 項は、CGSの効率の向上に関連している。たとえば、ガスタービンを用いたCGSでは、タービン翼の冷却方式の進歩やファイナセラムの導入等により、タービン入口温度の高温化が可能となり、顕著な熱効率の向上が期待され、この  $\eta_E$  や  $\eta_H$  の向上はCGSの大巾な普及のキーポイントの一つとなっている。
- (VI) 項は、CGSの建設費に関する項目である。XはCGSの規模にも依存し、最適規模の決定は重要な研究課題の一つとなっている。CGSは火力発電システムに比べ、技術的な発展の余地の大きいシステムであり、CGSの普及や規格化等により、今後かなりの建設コストの低減が期待されている。

#### 4. ケース・スタディ

本節では、導出した経済性評価式の有効性を示すため、CGSを利用して地域冷暖房を行うことを想定して、CGSの経済性について具体的に評価した結果について述べる。

##### 4.1 前提条件

- (I) CGSの稼働率  $\alpha$  としては、あるニュータウンに地域冷暖房を行うとして推定された稼働率を参考にし  $\alpha = 0.25$  を基準とする<sup>3)</sup>。
- (II) 資本回収係数  $R$  を定めるにあたって必要となる資本の利率  $r$  は  $r = 0.1$  とし、償却年数  $n$  は  $n = 10$  とする。よって、 $R = 0.1627$  となる。
- (III) 平均売電単価  $C_E$  は現在の民生用の売電単価を参考にして、各需要家に対する基本料金収入（家庭用では最低料金、業務用では契約電力 [kW] 料金収入）も含めて平均で  $C_E = 22.5$  円/kWhとする。平均売熱単価  $C_H$  については次のようにして設定する。

まず、従来システムによる熱媒コストを想定する。いま、熱媒を通常のボイラで発生することを考え、使用燃料は都市立地を想定して灯油を用いることとし、灯油の単価を65円/ℓ、灯油の発熱量を8.69 Mcal/ℓ、ボイラの平均熱効率を85%とすると、この場合のコストは8.8円/Mcalとなる。建設費を考慮して、従来システムによる熱媒コストは10円/Mcalと想定する。CGSでは、CGSから需要家までの配管中での熱損失があり、かつ供給温度レベルが低くなる場合が多いこと等を考慮して、 $C_H$ の値は8円/Mcalと想定する。

- (IV)  $C_F$ の値については、どのような燃料種を用いるかによって異なってくる。ここでは、都市立地を想定してクリーンなLNGを利用するものとし、 $C_F = 7$ 円/Mcalを基準として用いる。ただし、 $C_F$ の値はCGSの経済性に極めて大きな影響を与えること、および  $C_F$ の値は種々の社会経済的な要因によって大きく変化すると考えられるので、以下の評価ではできるだけ  $C_F$ の値は変数あるいはパラメータとして取り扱うこととした。
- (V) CGSの効率  $\eta_H$  および  $\eta_E$  はシステムの構成法によって大きく変る。システムの構成法としては蒸気タービンを主としたシステム、ガスタービンを主としたシステム、蒸気タービンとガスタービンを組合せたシステムなど、種々の方法がある<sup>2)</sup>。ここでは、今後の技術の発展が期待され、しかも構成の単純なガスタービン・廃熱ボイラ方式を取り上げることにし、本方式で得られると試算された  $\eta_H = 0.48$ 、 $\eta_E = 0.27$  を基準とする<sup>1)</sup>。

以上より、CGSの経済性の検討に必要な収益指標  $I_P$ の値は定まる。表1は、CGSの経済性評価のために設定した上記パラメータの基準値をまとめて示したものである。

- (VI) CGSの建設費  $X$  については、システムの規模や構成方法等に依存し、一概には指定できない。ただし、議論の便宜上、一応の目安を述べれば上記ガスタービン・廃熱ボイラ方式に対して17~20万円/kWという値となる<sup>3)</sup>。

##### 4.2 CGSの経済性評価

前節の前提条件のもとに、CGSの収益指標  $I_P$  を求めると  $I_P = 16.7$  (万円/kW) となる。いま、CGSの建設  $X$  は上で述べたように17~20 (万円/kW) と想定したので、表1の想定条件のもとではCGSの経済性は、ごくわずかの差で成立しないことになる。

表1 CGSの経済性評価のために設定した種々のパラメータの基準値

稼働率 $\alpha = 0.25$	資本回収係数 <sup>注)</sup> $R = 0.1627$	平均売電単価 $C_E = 22.5$ 円/kWh	平均売熱単価 $C_H = 8$ 円/Mcal	燃料単価 $C_F = 7$ 円/Mcal	平均発電効率 $\eta_E = 0.27$	平均発生熱効率 $\eta_H = 0.48$
------------------------	--------------------------------------	------------------------------	----------------------------	--------------------------	---------------------------	----------------------------

注) 資本の利率 $r = 0.1$  償却年数 $n = 10$

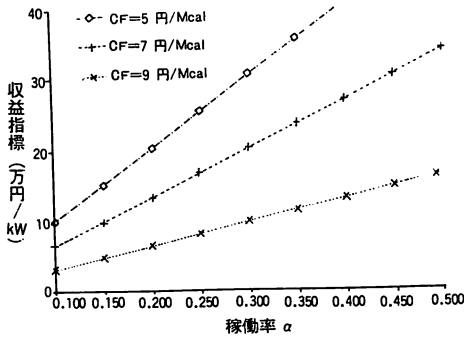


図-2 稼働率 $\alpha$ が変化したときのCGSの経済性

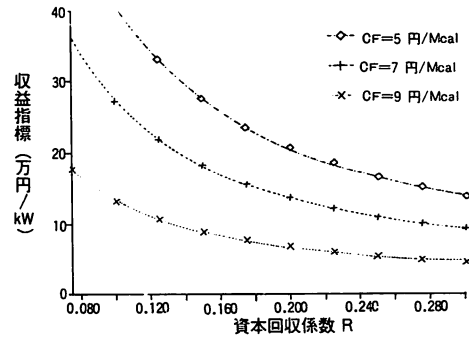


図-3 資本回収係数Rが変化したときのCGSの経済性

ところで、表1に示した想定条件が種々の社会経済・技術的条件によって変わることは明らかである。以下では、表1の各種の要因が変化するとCGSの経済性がどのように影響されるかについて、定量的に分析する。

4.3 各種要因の経済性に与える影響の分析結果

(a) 稼働率 $\alpha$ および資本回収係数Rの影響

(13)式は、4.1節で想定した値を利用し、 $\alpha$ およびRを変数とし、 $C_F$ をパラメータとして $I_P$ を表わすと、それぞれ

$$I_P = \alpha (186.9 - 17.15 \overline{C_F}) \tag{15}$$

$$I_P = (7.606 - 0.698 \overline{C_F}) / R \tag{16}$$

となる。ここで‘ $\overline{\quad}$ ’のつけられた変数はパラメータとしてある値に固定されることを意味するものとする(以下、同様)。図-2は(15)式の関係をグラフに表わしたもの

である。図より、 $\alpha \rightarrow$ 大により $I_P$ の値がどの程度大きくなるかが直ちに分かる。

図-3は資本回収係数Rを変数とした時の $I_P$ の変化を示す。図より、Rが小となると $I_P$ が大巾に大きくなることが分かる。たとえば、資本の利率 $r$ が10%/年から5%/年に低下するとRの値は0.1627から0.1295になり、他の条件を一定とすると $I_P$ の値は21.0(万円/kW)となり経済性が成立するようになると算定されることが分かる。

(b) 売電単価 $C_E$ および売熱単価 $C_H$ の影響

$C_E$ および $C_H$ を変数とし、 $C_F$ をパラメータとして収益指標 $I_P$ を表わすと、それぞれ

$$I_P = 1.346 C_E - 4.286 \overline{C_F} + 16.46 \tag{17}$$

$$I_P = 2.057 C_H - 4.286 \overline{C_F} + 30.28 \tag{18}$$

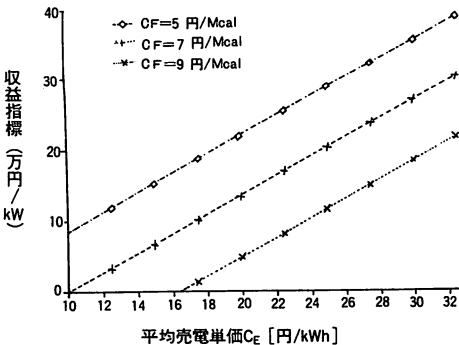


図-4 平均売電単価 $C_E$ が変化したときのCGSの経済性

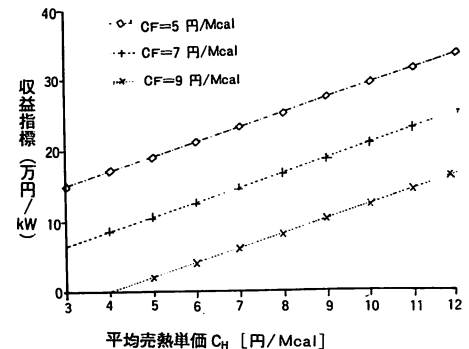


図-5 平均売熱単価 $C_H$ が変化したときのCGSの経済性

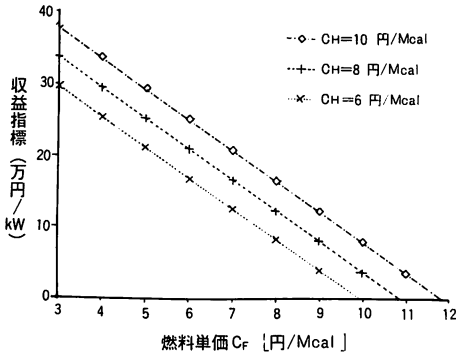


図-6 燃料単価  $C_F$  が変化したときの CGS の経済性

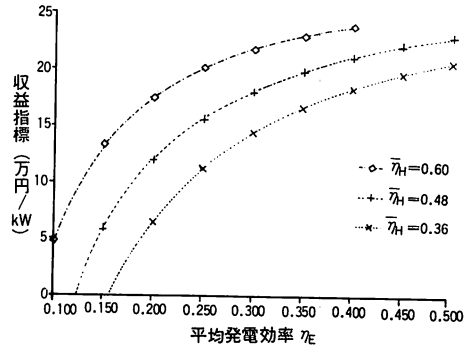


図-7 平均発電効率  $\eta_E$  が変化したときの CGS の経済性

となる。図-4および図-5は、それぞれ平均売電単価  $C_E$  および平均売熱単価  $C_H$  の増加（減少）による  $I_P$  の増加（減少）の割合を示した図である。

(c) 燃料単価  $C_F$  の影響

燃料単価  $C_F$  を変数とし、 $C_H$  をパラメータとして  $I_P$  を表わすと、

$$I_P = -4.286 C_F + 2.057 \bar{C}_H + 30.28 \quad (19)$$

となる。図-6は  $\bar{C}_H$  の値をパラメータにとったときの、 $C_F$  の変化の  $I_P$  に対する変化を示した図である。なお図-2～図-5には、 $C_F$  をパラメータにとったときの各種要因の変化の  $I_P$  に対する変化も示されている。図-2～図-6より、 $C_F \rightarrow$  小となれば CGS の経済性は大巾に良くなる事が分かる。

(d) 効率  $\eta_E, \eta_H$  の影響

ここでは、 $C_F = 7$  円/Mcal に固定した場合について評価すると、

$$I_P = 30.28 + 9.258 \eta_H / \eta_E - 8.101 / \eta_E \quad (20)$$

となる。ここで、 $\eta_E + \eta_H < 1$  なる関係があるので、(20) 式の関係は発生熱効率として  $\bar{\eta}_H = 0.36, 0.48, 0.60$  にとり、発電効率  $\eta_E$  を変数（横軸）にとって  $I_P$  を表わすと図-7のようになる。図-7より、 $\eta_E \rightarrow$  大、 $\eta_H \rightarrow$  大となれば、CGS の経済性が著しく向上することが分かる。たとえば、 $\eta_E = 0.35$  となれば  $I_P$  の値は  $\eta_H = 0.48$  の場合 19.8 万円/kW、 $\eta_H = 0.6$  では 23.0 万円/kW となり、 $X = 17 \sim 20$  万円/kW という前提条件のもとでは経済性成立の条件がほぼ満足されることが分かる。

4.4 各種要因変化の総合評価

本節では、各種要因の変化が CGS の経済性に与える影響について総合的に検討した結果について述べる。

CGS の収益指標  $I_P$  は表 1 に示した各種パラメータの内の 1 つのみをパラメータにとり、他のパラメータ

は基準値を用いて表わすと、それぞれ以下ようになる。

(a) パラメータ  $\alpha$  :  $I_P = 66.93 \alpha \quad (21)$

(b) パラメータ  $R$  :  $I_P = 2.723 / R \quad (22)$

(c) パラメータ  $C_E$  :  $I_P = 1.346 C_E - 13.54 \quad (23)$

(d) パラメータ  $C_H$  :  $I_P = 2.057 C_H + 0.274 \quad (24)$

(e) パラメータ  $C_F$  :  $I_P = 46.74 - 4.286 C_F \quad (25)$

(f) パラメータ  $\eta_E$  :  $I_P = 30.28 - 3.657 / \eta_E \quad (26)$

(g) パラメータ  $\eta_H$  :  $I_P = 34.29 \eta_H + 0.274 \quad (27)$

参考のため、パラメータを  $q$  で表わしたとき、次式で定義されるパラメータ  $q$  の基準点の近傍での（微少変動に対する）感度<sup>8)</sup>  $S_q$

$$S_q = \partial I_P / I_P / \partial q / q = \frac{\partial I_P}{\partial q} \cdot \frac{q}{I_P} \quad (28)$$

の値を示すと、次のとおりとなる。 $C_E$  に対しては 1.81、 $C_F$  に対しては -1.79、 $\alpha$  および  $R$  に対してはそれぞれ 1.0 および -1.0 となる。また、 $C_H$  および  $\eta_H$  に対しては 0.98 であり、 $\eta_E$  に対しては 0.81 となる。

図-8は(21)～(27)式を基にして、各種パラメータの値が基準値を中心として土30%以内の相対的な変化をしたときの収益指標  $I_P$  の変化を示した図である。感度  $S_P$  の値および図-8より、表 1 に与えた基準値をベースにした相対的な変化によって生ずる  $I_P$  の値の変化によって、CGS の経済性向上にどのパラメータの改善が効果的であるかを判定できる。その効果の大きいものから順に挙げると、ほぼ

- ①  $C_E$  の増加
- ②  $C_F$  の減少
- ③  $R$  の減少
- ④  $\alpha$  の増加
- ⑤  $C_H$  および  $\eta_H$  の増加（効果は同等）

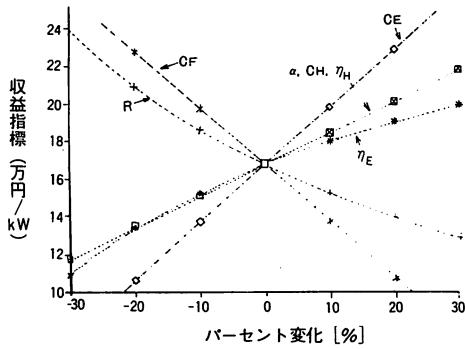


図-8 各種パラメータの変化がCGSの経済性に与える影響

⑥  $\eta_E$ の向上

の順となる。図-8では、 $C_H$ および $\eta_E$ の変化による $I_p$ の変化は、 $\alpha$ の変化による $I_p$ の変化とほとんど重なって表示されている。

さて、これらの種々の要因のうち $C_E$ の値の変化が最も大きな影響を持つのでCGSの売電条件の悪化はCGSの経済性を極めて悪化させることになる。このため、たとえばあるCGS業者の発電電力を電力会社に売却するような場合を考えると、その売却単価はCGS業者が需要家に直接電力を供給する場合よりも低いと考えられるので、売電単価の低下がもたらす経済性の低下の度合は極めて大きなものとなることが分かる。

CGSの経済性の成立のためには、燃料単価 $C_F$ の低下にも努力を払う必要がある。仮に都市ガス会社の天然ガスの供給を受けるとすると、夏季冷房特約料金の適用を受けたとしても7.349円/Mcal(大阪ガスの場合)であり、経済性の向上にはつながらない。しかし、CGSの規模が大きく(表1の稼働率、発電効率の条件下では $Q_E$ が6.31MW以上に)になると、燃料使用量は産業用LNG契約適用の対象となる使用量(年間400万 $m^3$ , 11,000kcal/ $m^3$ ペース)を超え、かなり安価なLNGの供給を受けれる可能性が極めて高くなる。さらには、都市ガス会社がより積極的に、LNGの供給者ならびに熱供給配管の建設、維持、保守の専門家として、CGSの経営に直接参加することもCGSの一つの経営方法として考えられる。なお、 $C_F$ の値の低下の方法として都市ごみの熱分解ガスや下水汚泥のメタン発酵ガスなどを利用する方法があることは先に述べたとおりである。この場合は、地方自治体がCGSの経営に関与することになる。

$\alpha$ の値の増加のためには地域冷暖房用のCGSでは

熱需要密度の高い都市に立地することが有利であると考えられる。この意味で地域冷暖房用のCGSは都市型のエネルギー供給システムといえよう。Rの値の低下のためには、資本回収年数 $n$ の延長や資本の利率 $r$ の低下が必要である。したがって、エネルギー資源有効利用の観点からエネルギー利用効率の高いCGSの建設費に対して低金利融資を行うなどの財政的援助はCGSの経済性の成立のためには効果的である。ただし、CGSの本格的な普及のためには、特別な財政的援助なしで経済的に有利となるように技術的な改善を行うことが望ましい。

$C_H$ の値は、他の熱エネルギー供給システムとの関連で定まる要素が強く、CGSの側からその値を決定することは困難であろう。 $\eta_H$ (および $\eta_E$ )の値は、ガスタービンを利用したCGSではタービン入口温度の高温化や再熱サイクルの導入などにより実現できる。再生サイクルの採用も $\eta_E$ の値の向上に有効である。

5. おわりに

本稿では、コージェネレーション・システム(CG S)の経済性を簡便に評価する式を導出し、CGSの経済性を左右する種々の要因について、各種の要因の値の改善がCGSの経済性の向上に対してどのような影響を与えるかを一般的に論じた。導出した経済性評価の式に用いた要因は次の8要因である。

- ① CGSの稼働率  $\alpha$
- ② CGSの建設資金の年経費率 R
- ③ 平均売電単価  $C_E$  (円/kWh)
- ④ 平均売熱単価  $C_H$  (円/Mcal)
- ⑤ 燃料単価  $C_F$  (円/Mcal)
- ⑥ 平均発電効率  $\eta_E$
- ⑦ 平均発生熱効率  $\eta_H$
- ⑧ CGSの建設費 X (万円/kWh)

本稿では、また具体的なケースを設定して、これらの要因がCGSの経済性に与える影響の度合を定量的に明らかにした。そして、CGSの経済性の向上のためには、売電単価 $C_E$ の上昇や燃料単価 $C_F$ の低下が効果的であることを述べた。また、稼働率 $\alpha$ が大となるシステムに利用することも効果的であることを述べた。さらに、発生熱効率 $\eta_H$ および発電効率 $\eta_E$ の効率向上も重要であることを明らかにした。

コージェネレーション・システムの今後の一層の普及のためには、その建設費の低下、燃料単価の低減や発生熱効率や発電効率の向上に向けての一層の技術的

な研究開発が望まれる。

なお、コージェネレーション・システムの普及のためには、経済性の改善とならんでその環境性の改善も極めて重要である。環境性の問題については機会を改めて論じる予定である。

#### 参考文献

- 1) A. B. Lovins ; Soft Energy Paths, Friends of the Earth, Inc.(1977) (室田・槌屋訳 ; ソフトエネルギーパス, 時事通信社, 昭54)
- 2) Y. Suzuki, K. Ito and P. S. Pak ; Comparative Studies on Energy Conservation Systems for Urban Area, Preprints of IFAC 8th World Congress, Vol. 23, pp. 129 /134 (1981. 8)
- 3) (財)大阪科学技術センター ; 都市トータルエネルギーシステム, 第2巻, 地域熱供給システム, 第4章(昭56.3)
- 4) 橋爪 ; 企業間における熱電共同利用, エネルギーレビュー, 1983. 11, pp. 10~13 (昭58)
- 5) 小川 ; 需要家のエネルギー選択における経済性評価基準, 第3回エネルギー・システム経済コンファレンス講演論文集, pp. 99/106 (1986.1)
- 6) 千住・伏見 ; 経済性工学の基礎, 6.2節, 日本能率協会(昭57.4)
- 7) 朴・堀井・伊東・鈴木 ; シミュレーションによる地域冷暖房用熱併給発電プラントの評価, シミュレーション, Vol. 4, No. 1, pp. 19 /25(昭60.3)
- 8) D. G. Schultz and J. L. Melsa ; State Functions and Linear Control System, Sec. 9.4, McGraw-Hill(1967) (1967) (久村訳 ; 状態関数と線形制御系, 学献社, 1970)

