

コージェネレーションの電気・熱のエネルギー価値評価について

Energy value evaluation of electricity and the heat of the cogeneration-system

大阪ガス株式会社エナジーソリューション事業部計画部
Strategy & Planning Dept Energy Solution Business Unit. Osaka Gas Co.,ltd
白木一成
Kazunari Shiraki

キーワード： コージェネレーションシステム (cogeneration-system) ,
省エネルギー (energy saving), 地域冷暖房 (District heating and cooling), エクセルギー (exergy)

1 はじめに

今回の講演は、筆者が井上宇市記念賞を受賞させていただいたことによるものであるが、受賞推薦理由の業績として、学会、特に近畿支部での活動、および「都市ガスコージェネレーションの計画・設計と運用」、「新版都市ガス空調のすべて」の出版、「コージェネレーションシミュレーションプログラム CASCADE-IV」の開発に深く携わったことを挙げていただいている。まずは、これらの活動にご協力いただいた皆様方にこの場を借りて御礼申し上げたい。

このような活動の原点は、筆者が、従来、コージェネレーションシステム (CGS) や空調・給湯設備の省エネ性、環境性の評価について、学識者の方々および建築設備業界、エネルギー業界の方々と議論してきたことにある。

特に、電気消費量削減による CO2 削減効果を評価する電気の CO2 排出係数問題については、20 年以上課題とされているところである。

一方、エネルギー評価については、省エネ法 (エネルギーの使用の合理化に関する法律) で定められた方法が定着しており、これまで大きな議論は起きていなかった。しかし近年になって、CGS の電気・熱のエネルギー評価方法が議論となる場面が出てきている。これは、CGS の電気・熱を設置場所から外部に供給する場面が多くなったためと考えられる。今回は、この課題について筆者が検討している内容を、この場を借りて紹介したい。

2 各種制度における電気・熱の評価と課題の現状

電気および熱のエネルギー価値を物理量として表現する場合、一般的には発熱量で表現し、電気は $1\text{kWh} \Rightarrow 3600\text{kJ}$ (ジュール熱) とし、熱はそのまま $1\text{MJ} \Rightarrow 1\text{MJ}$ で表現している。

しかし、省エネ性を評価する場合は、これと異なり、一般的には燃料、電気、熱を一次エネルギー換算し、統合して評価する。例えば省エネ法および建築物省エネ法 (建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律) では、他人から供給された電気は $9,760\text{kJ/kWh}$ (省エネ法においては、昼間は $9,970\text{kJ/kWh}$ 、夜間は $9,280\text{kJ/kWh}$ で算定することになっているが、本稿では建築物省エネ法と合わせて $9,760\text{kJ/kWh}$ で代表して記載する。) で算定し、他人から供給される熱 (温熱・冷熱) は、 1.36MJ/MJ (産業用蒸気除く) もしくは「熱の発生に使用された燃料の発熱量として適切と認められた数値」で算定することになっている。電気の $9,760\text{kJ/kWh}$ 、熱の 1.36MJ/MJ は、その電気・熱を製造するにあたり用いられたエネルギー量から設定されている。電気については、系統電力の火力発電所の効率から算定されている¹⁾。これらの数値は、消費するエネルギー量の増減に応じて日本国内で消費されるエネルギーがどれだけ増減するかを表わすことになる。

では CGS が出力する電気と熱についてはどうであろうか？

CGSが発電した電気を他の施設に供給すれば、供給された側は、省エネ法、建築物省エネ法に従えば9,760kJ/kWhでカウントすることになる。しかしその電気を製造するために9,760kJ/kWhが消費されたわけではない。またCGSの排熱を他人に供給した場合どのように評価すべきなのか。そのような検討がいくつかの場面で必要となってくる。

その代表的な例を次に示す。

2.1 地域冷暖房におけるCGS活用時の電気・熱の評価

建築物省エネ法では、他人から供給された熱をエネルギー量として算定する際、前述のとおり1.36MJ/MJもしくは「熱の発生に使用された燃料の発熱量として適切と認められた数値」を用いることになっている。地域冷暖房から供給される熱については、従来、1.36MJ/MJまたは熱供給事業便覧（一般社団法人日本熱供給事業協会）掲載値等から求められる冷熱・温熱一体の数値を使用することが認められていたが、近年、冷熱・温熱別の数値を設定する意義が高い地域冷暖房事業者は、冷熱・温熱別の「熱の発生に使用された燃料の発熱量として適切と認められた数値」を積極的に公開し、それを需要家に用いてもらうよう努力している。このため、日本熱供給事業協会では、地域冷暖房プラントで消費されるエネルギー量とシステム構成から、供給する冷熱・温熱別の製造原単位を算定するためのガイドライン²⁾を作成しており、これに基づいて算定された数値を用いることを国も認めている。しかし、地域冷暖房プラント内にCGSが設置されている場合（図1）、CGSの投入エネルギーをどのように電気と排熱に振り分けるかの結論がでていないため、その算定方法の適用外となっている。

さらに、隣接するビルに設置されたCGSの排熱を熱供給事業者が購入する場合（図2）も、その熱のエネルギー評価方法が定まっていないため、供給熱のエネルギー換算値計算に利用できない、すなわち排熱の購入であるにも関わらず、一般のボイラと同等の1.36MJ/MJで算定しなければならない状況にある。

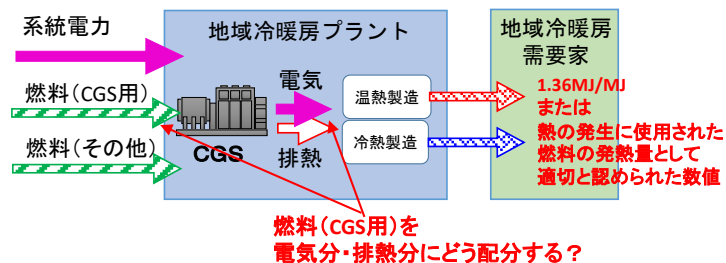


図1 冷熱・温熱製造原単位算定時のプラント内CGSの課題

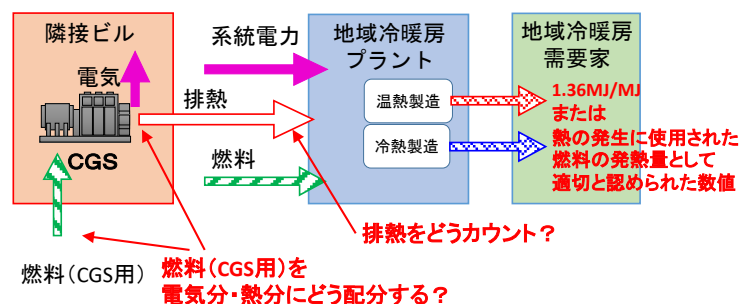


図2 冷熱・温熱製造原単位算定時の隣接CGS排熱算定の課題

2.2 ZEBにおける外部に供給されるCGSの電気・熱の評価

ZEBにおいては、施設で利用されるエネルギー消費量の削減（省エネルギー）を最優先し、さらに再生可能エネルギー等の外部供給分を控除することで、消費エネルギーをゼロ、またはマイナスにすることを目指している。

ZEBの定義については、経済産業省資源エネルギー庁が「ZEBロードマップ検討委員会とりまとめ（平成27年12月）」および「ZEBロードマップフォローアップ委員会とりまとめ」（平成31年3月）で示しているが、評価対象の建物から外部に供給される電気・熱の評価方法については、特にルールを定めていない。

また、当学会編の「ZEBのデザインメソッド（2019年9月）」においては、外部から供給されるエネルギー、外部へ供給するエネルギーとも、「省エネ法の数値もしくは実情にあった換算係数を用いること」とされている。

CGSを施設に設置し、電気または熱を外部に供給する場合、省エネ法の数値で良いのか、実情にあった換算係数はどう設定すべきなのかが問題となる（図3）。

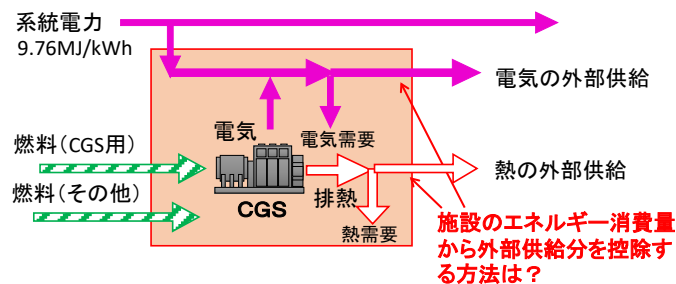


図3 ZEB評価における外部供給エネルギーの扱い

なお、ZEHについては、SOFC（固体酸化物形燃料電池）で発電された電気のうち、外部に供給される電気を9,760kJ/kWhで評価し、施設エネルギー消費量から控除する方法が定められている³⁾。

3 エネルギー量評価の種類と使い分け

前項ではCGSの電気と熱の評価の課題として、2.1と2.2の例を挙げたが、両者は異なる視点での課題である。2.1の課題は、CGSの電気と熱がどれだけのエネルギーで生み出されたのかという「起源」の問題であり、2.2の課題は、CGSの電気と熱がどれだけのエネルギーを削減しているのか、すなわち、どのエネルギーを「代替」しているのかという問題である。

これらを整理して考えるため、ここでは「起源」「代替」に物理的評価である「発熱量」を加え、CGSに限らず分散型エネルギーシステムの電気・熱の単位あたりのエネルギー量を表現する方法を次の三つに分類し考察する。

- (ア) 発熱量
- (イ) 起源エネルギー量
- (ウ) 代替エネルギー量

例えば、太陽光発電により発電された電気を考えると、この違いがわかる。

- (ア) 1kWh⇒3600 kJ （電気のジュール熱）
- (イ) 1kWh⇒ 0 kJ （燃料を使っていない）
- (ウ) 1kWh⇒9,760 kJ （系統電力を代替する場合）

これを CGS の電気について当てはめて考えると、次のとおりである

- (ア) $1\text{kWh} \Rightarrow 3600\text{ kJ}$
- (イ) $1\text{kWh} \Rightarrow (\text{発電用投入エネルギー} (*1) \div \text{発電量})\text{ kJ}$
- (ウ) $1\text{kWh} \Rightarrow 9,760\text{ kJ}$ (系統電力を代替する場合)

CGS の排熱については、次のとおりである

- (ア) $1\text{MJ} \Rightarrow 1\text{ MJ}$
- (イ) $1\text{MJ} \Rightarrow (\text{排熱用投入エネルギー} (*2) \div \text{排熱量})\text{ MJ}$
- (ウ) $1\text{MJ} \Rightarrow \text{代替される熱を製造するためのエネルギー} (*3) \div \text{排熱量}\text{ MJ}$

この (ア)、(イ)、(ウ) については、評価の趣旨に応じて使い分ける必要がある。以後各種制度上で問題となる (イ) と (ウ) について記載する。

(イ) については電気分の起源エネルギー*1、排熱分の起源エネルギー*2をどのように設定するのか、すなわち投入エネルギーを発電電気分と排熱分とどのように按分するのかという問題があり、(ウ) については、*3の把握のため、代替対象の設定が必要となる。(図4)

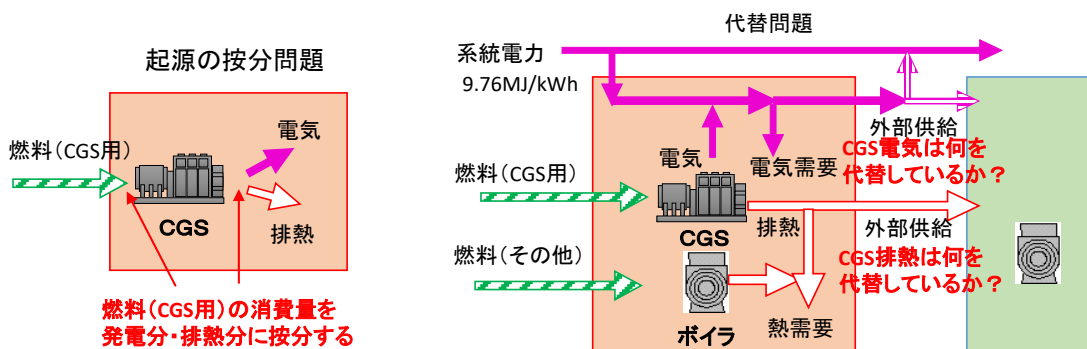


図4. CGS の電気と排熱の起源の按分問題と代替問題

4 CGS の電気・熱の按分方法と活用

4.1 按分方法の種類

前項の (イ) の電気の起源エネルギー量*1、排熱の起源エネルギー量*2を算定する場合、CGS に投入した都市ガスなどのエネルギーを電気分と排熱分に按分する方法が問題となる。この按分方法については、参考文献4) で紹介されている方法があるが、これに加え新たな方法を検討したので紹介する。

まず、現在考えられる按分法を列記する。

- (1) 出力基準按分法 [配分法 1: CGU 出力基準按分法]
- (2) 代替基準按分法 [配分法 2: 代替発電・排熱システム入力基準按分法]
- (3) 代替電気差引法 [配分法 3: 代替発電システム入力差引法]
- (4) 代替排熱差引法 [配分法 4: 代替排熱システム入力差引法]
- (5) 電気主体法
- (6) 排熱主体法
- (7) エクセルギー按分法

このうち、(1) ~ (4) は参考文献4) で提案されたものであり、[] 内はその際に使われた用語である。(5)~(7)は今回筆者が新たに検討しているものである。それぞれ以下に解説する。

(1) 出力基準按分法〔配分法 1: CGU 出力基準按分法〕

CGU（コージェネレーションユニット）の発電効率と排熱回収効率の比率で按分する方法である。（CGU とはコージェネレーションシステムから排熱利用機器等を除いたコージェネレーション本体を意味する。）

電気と排熱を対等に扱う按分方法としては最も単純であるが、電気の利用をジュール熱での加熱のみに限定した考え方であり、電気の価値を考慮すると妥当な按分方法とは言い難いとする。

(2) 代替基準按分法〔配分法 2: 代替発電・排熱システム入力基準按分法〕

CGS の電気が系統電力を代替し、排熱がボイラの熱を代替するとし、その代替するエネルギー量（一次エネルギー換算）の比率に応じて按分する方法である。

電気と排熱を対等に扱う按分方法であり、かつ電気と排熱の価値を CGS が無かった場合の価値と同等と扱っている点では比較的妥当な方法とする。ただし、排熱の代替をボイラであると想定できない場合などでは課題が残る。

(3) 代替電気差引法〔配分法 3: 代替発電システム入力差引法〕

CGS の電気が系統電力を代替するとし、その代替エネルギー量を電気相当分とし、CGS の入力エネルギーから、その電気相当分を差し引いた残りを排熱相当分とする考え方である。

この方法は、CGS を発電主体システムと考える方法である。

省エネ法、建築物省エネ法において、系統を通じて他人から供給された電気は 9,760kJ/kWh で換算するが、これと整合させやすいというメリットがある。参考文献 5) においてもその旨記載されている。

ただし、CGS の発電効率が系統電力の効率を上回る場合、排熱の評価がマイナスになってしまうという不整合が生じる。

(4) 代替排熱差引法〔配分法 4: 代替排熱システム入力差引法〕

CGS の排熱がボイラを代替するとし、その代替エネルギー量を排熱相当分とし、CGS の入力エネルギーから、その排熱相当分を差し引いた残りを発電相当分とする考え方である。

この方法は、CGS を排熱主体システムと考える方法である。しかしボイラの効率が 80% を超えている実態を考えると熱を得るために CGS を設置するとは考えにくい。

(5) 電気主体法

投入したエネルギーはすべて発電用とみなす方法である。排熱は完全に副次的に生成されたものとみなし、0 カウントする。

これは、(3) と同様、発電主体の考え方であるが、完全に電気のための CGS 設置と考える方法である。CGS の発電効率が系統電力の効率を上回った場合には(5)の方が適している。

省エネ法において、隣接された CGS から排熱を購入して利用する際、CGS の原動機がガスエンジンである場合に限り、排熱分のエネルギー量を 0 カウントする「未利用エネルギー活用制度」があるが、これと整合した方法といえる。

(6) 熱主体法

投入したエネルギーはすべて排熱用とみなす方法である。電気は副次的に生成されたものとみなし 0 カウントする。

これは電気主体法の逆の考え方であるが、(4) と同様、ボイラの効率が 80% を超えている実態を考えると、熱を得るために CGS を設置するとは考えにくい。

(7)エクセルギー按分法

本稿の表題が CGS の電気・熱のエネルギー価値の評価であるが、エネルギーの価値を評価する方法として「エクセルギー」を用いることが考えられる。エクセルギーとは、エネルギーがもっている「仕事をする能力」を表現するものであり、エネルギーを如何に効率よく利用するかを分析するための指標である。熱エネルギーに関しては、温度レベルを加味した評価と考えることができる⁵⁾。(ただし、省エネ量、省エネ率を計算する場合は、比較システムを設定して消費エネルギー量を比較することが必要。)

電気・熱のエクセルギーは熱量にエクセルギー効率を乗じて算定できる。

電気のエクセルギー効率は1である。

熱のエクセルギー効率は、温水の場合、比熱一定とできるので、排熱温度と基準温度を決めれば次式で一義的に決まる。

温水のエクセルギー効率＝

$$1 - (\text{基準温度}) \times \ln(\text{排熱温度} / \text{基準温度}) / (\text{排熱温度} - \text{基準温度}) \quad \text{※温度は絶対温度}$$

基準温度 15℃、排熱温度 88℃とした場合、熱のエクセルギー効率は 0.109 となる。

この方法であれば、(2)のように代替システムを想定する必要がなく、CGS の仕様と基準温度が決まれば算定できるため、より汎用的な利用が期待できる。

これら(1)～(7)の方法で按分した場合の按分量と製造原単位について表 1 に示す。

表 1 按分方法別の CGS 電気・熱の按分量と製造原単位

		投入エネルギーの電気分・熱分の按分量 投入エネルギー：100MJ 発電効率：35% 排熱効率：25%	製造原単位 電気 (左欄÷発電出力) 排熱 (左欄÷排熱量)
(1)	電気	$(100 \times 0.35 / (0.35 + 0.25)) = 58.3 \text{ MJ}$	6,000 kJ/kWh
	排熱	$(100 \times 0.25 / (0.35 + 0.25)) = 41.7 \text{ MJ}$	1.66 MJ/MJ
(2)	電気	$[100 \times (100 \times 0.35 \div 3.6 \times 9.76) \div \{ (100 \times 0.35 \div 3.6 \times 9.76) + (100 \times 0.25 \div 0.8) \}] = 75.2 \text{ MJ}$	7,740 kJ/kWh
	排熱	$[100 \times (100 \times 0.25 \div 0.8) \div \{ (100 \times 0.35 \div 3.6 \times 9.76) + (100 \times 0.25 \div 0.8) \}] = 24.8 \text{ MJ}$	0.99 MJ/MJ
(3)	電気	$9.72 \times 9.76 = 94.9 \text{ MJ}$	9,760 kJ/kWh
	排熱	$100 - (9.72 \times 9.76) = 5.1 \text{ MJ}$	0.20 MJ/MJ
(4)	電気	$100 - (25 \div 0.8) = 68.7 \text{ MJ}$	7,070 kJ/kWh
	排熱	$25 \div 0.8 = 31.3 \text{ MJ}$	1.25 MJ/MJ
(5)	電気	100 MJ	10,300 kJ/kWh
	排熱	0 MJ	0 MJ/MJ
(6)	電気	0 MJ	0 kJ/kWh
	排熱	100 MJ	4.0 MJ/MJ
(7)	電気	$100 \times \{ (9.72 \times 3.6) \div (9.72 \times 3.6 + 25 \times 0.109) \} = 92.8 \text{ MJ}$	9,540 kJ/kWh
	排熱	$100 \times \{ (25 \times 0.109) \div (9.72 \times 3.6 + 25 \times 0.109) \} = 7.22 \text{ MJ}$	0.29 MJ/MJ

条件 投入エネルギー100MJ、発電効率 35% (HHV)、排熱効率 25% (HHV)

(発電出力 9.72kWh 排熱出力 25MJ)

代替電力：系統電力 9,760kJ/kWh、代替ボイラ効率 80%

基準温度 15℃、排熱温度 88℃ (熱のエクセルギー効率：0.109)

4.2 按分方法の活用（CGS の設置者が特定できる場合）

では、前項の按分方法のうち、どの方法を用いることが適切であろうか。

参考文献4)では、(1)～(4)の方法を提示しているが、どの方法が適切かという判断は下していない。筆者も按分の方法はCGSの設置者の意図に委ねるべきと考えている。

CGSは電気と熱の両方を製造することに価値があると考えれば、(2)代替基準按分法または(7)エクセルギー按分法の方法を用いればよい。発電を主な目的として（逆に、燃料を極力使用せずに熱を発生させることを目的として）設置したならば、(3)代替電気差引法、または(5)電気主体法を用いればよい。

2.1において、地域冷暖房でのCGS利用の評価方法が決まっていないという課題をあげたが、これも地域冷暖房プラント内にあるCGSについては、地域冷暖房事業者が決めれば何の問題もないはずである。電気と排熱の配分方法の違いによって、冷熱、温熱の製造原単位が変化するが、これもそのプラントの特性と考えてよいのではないだろうか。

図2で示した地域冷暖事業者が、隣接するビルに設置されたCGSから排熱を購入する場合も、CGS設置者が按分方法を決定し、送出側と受入側のエネルギー収支の整合を取ったうえで、両者が合意すれば問題ないのではないだろうか。

ただし、いずれの場合も、設定方法の恣意的な運用（例えば係数を提示する需要家毎に計算方法を変更するなど）は避ける必要がある。

4.3 按分方法の活用（CGS の設置者が特定できない場合）

前項では、CGS設置者の意図が確認できる場合について述べたが、CGS設置者が特定できず、設置の意図が確認できない場合で、なんらかの制度におけるルールを設定する場合には、客観的根拠に基づく共通の按分方法も必要であろう。

この場合、CGSの「電気と排熱を有効利用する」という基本的な機能を考えると、電気と排熱の両方に配分する(2)代替基準按分法もしくは(7)エクセルギー按分法が有効な選択肢となる。

しかし、(2)代替基準按分法は、代替対象を決めなければならない。電気については通常系統電力を代替すると考えられるので、 $9,760\text{kJ/kWh}$ として問題ないが、熱については一般的なボイラを代替するとは限らない。(2)代替基準按分法を用いることができるのは、「排熱が無ければ一般的なボイラ（給湯器）で熱を賄う」と想定される場合と限定的となる。

一方(7)エクセルギー按分法は、代替対象を想定する必要がない。また排熱の温度による価値の違いを考慮できるというメリットもある。

CGS設置の意図が確認できない場合においては、電気、熱を並列的に扱い、かつ汎用的に扱える点で、エクセルギー按分方式は、より妥当な方法といえるのではないだろうか。

5 CGS の電気・熱の代替効果の評価

次に、3. 三種類のエネルギー量評価の使い分けで示した(ウ)の代替エネルギー（代替効果）について考察する。

この代替エネルギー評価は、施設内の省エネルギー評価でも必要となるが、特に外部に電気・熱を供給し、施設のエネルギー量から外部供給分を控除する場合に検討が必要となる。

5.1 CGS の電気の代替効果

省エネ法、建築物省エネ法とも、系統電力など、他人から供給される電気は $9,760\text{kJ/kWh}$ でカウントすることになっている。

施設にCGSを設置し自家発自家消費した場合、系統電力、すなわち他人から供給される電気を代替することになるので、CGSの電気の代替効果は $1\text{kW}\Rightarrow 9,760\text{kJ}$ で評価することができる。また、CGSの電気を、系統を通じ外部供給する場合も、系統電力を削減することになるので、 $1\text{kW}\Rightarrow 9,760\text{kJ}$ で評価することができる。

隣接する施設に自営線で供給する場合は、電気を受ける側がその電気で何を代替するかを考え、どのようにカウントするのかが決まる。例えば、電気を受ける側が、系統から購入する電気に替えて CGS 電気を購入し、系統電力と同様に $1\text{kW} \Rightarrow 9,760\text{kJ}$ でカウントするのであれば、供給する側は、 $1\text{kW} \Rightarrow 9,760\text{kJ}$ で算定し、CGS 設置側でエネルギー量から控除できる。電気を受ける側が、もともと自家発電を行っており、 $\beta \text{ MJ/kWh}$ の電気を使用しており、これを隣接 CGS からの電気で代替する場合、CGS からの電気を $\alpha \text{ MJ/kWh}$ でカウントすることになると、電気の受け側は、 $(\beta - \alpha) \text{ MJ/kWh}$ の省エネ効果を得ることができ、CGS 側は $\alpha \text{ MJ/kWh}$ を控除することができる。 α は当事者同士で決定すればよい。 α を 4. で紹介した按分方法で設定することも考えられる。 α を 0 とすれば、その電気用のエネルギーはすべて供給側が負担し、受け入れ側はその分の省エネ効果が得られる。いずれにしても自営線の場合は、供給側と受入側の換算値を整合させればよい。

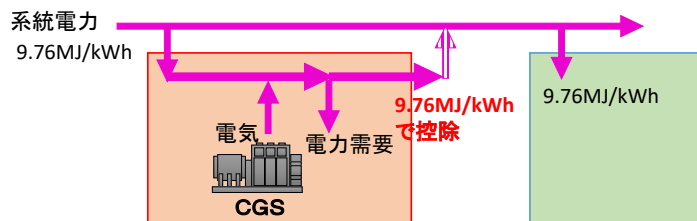


図5 系統に逆潮流する場合の CGS 電気の代替効果

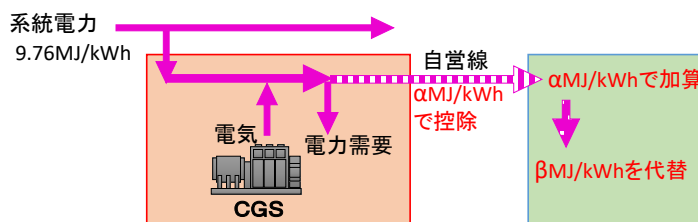


図6 自営線供給の場合の CGS 電気の代替効果

5.2 CGS の排熱の代替効果

施設で利用する熱は一般的にその施設内の設備（ボイラ、ヒートポンプ給湯器）で製造されるので、排熱の代替効果はその設備のエネルギー消費量を代替すると考えればよい。また外部に供給する場合も、電気と異なり利用者が確認できるため、排熱がなければ受入側でどのように熱を製造していたかを想定すればよい。電気の自営線の場合と同様の考え方ができる。

例えば、受入側で、もともとボイラで $\varepsilon \text{ MJ/MJ}$ の熱を製造し利用していたところに、隣接ビルから CGS 排熱を購入し $\gamma \text{ MJ/MJ}$ でカウントすることになると、受入側は $(\varepsilon - \gamma) \text{ MJ/MJ}$ の省エネ効果を得ることができ、CGS 側は $\gamma \text{ MJ/MJ}$ を控除することができる。（図7）

γ を 4. で紹介した按分方法で決めることもできる。重要なのは、電気と同様、送出側と受入側の換算値を整合させることである。



図7 隣接ビル供給時の CGS 排熱の代替効果

6 おわりに

本稿では、CGSの電気・熱のエネルギーの価値を「起源」の視点と「代替」の視点で整理したが、これを電気と熱を統合して言い換えると「CGS投入エネルギー」と「代替システム（比較システム）エネルギー」である。そして、この差がCGSの省エネ効果ということになる。

CGSの省エネ効果を評価することは、従来行われており特段の問題はなかったが、今回、電気と排熱に分け、さらに「起源」と「代替」で分けて考察したのは、冒頭にも述べたように、CGSの電気・排熱を設置場所から外部に供給する場面が多くなり、これに対する評価を個々に行う必要が生じたことによる。

各種制度においても、省エネ法では、「未利用エネルギー活用制度」、「連携省エネルギー計画の認定制度」が制定され、建築物省エネ法では、省エネ性能向上計画の認定の対象に「複数の建築物の連携による取組」が追加された。ZEHでの再生可能エネルギー等の外部への供給はもちろんのこと、施設間エネルギー融通を行うZEBも積極的に検討されている。

このようなエネルギーの外部との連携、すなわちエネルギーの面的利用を評価する際には、直接的な評価対象だけでなく、周囲への影響がどうなるのかも含めて考慮する必要がある。

上記の制度や既存制度の運用の中で、CGSの効果を適切に評価する方法を検討するにあたり、本稿の内容を参考にしていただければ幸いである。

と、本稿を締めようとしていたところ、私が尊敬する先生のお一人である、東京大学名誉教授の平田堅先生がこの3月にお亡くなりになったとの情報を得た。コージェネレーション研究会（現在のコージェネ財団）の初代会長であり、それ以前から日本でのコージェネレーションの普及を牽引いただいた先生である。私は、二十年ほど前に今の業務に携わったところからご指導いただいたが、よく「ガスの高温の炎で40℃程度の風呂を沸かすとはけしからん。まず電気という高級なエネルギーをつくって、それにともなって出た熱で風呂に入ればいい！」と怒られた。当時は「家庭用のコージェネなんてできっこない。この先生は現実をわかっていない」と心の中で思っていたが、その後10年もたたないうちに、家庭用コージェネレーションが販売され、いまやSOFC燃料電池が家庭用の省エネ機器の一角を成している。私が言うのは失礼だが、平田先生は本当に先見の明のある方であった。先生のお言葉にある高温の炎、高級なエネルギーは、まさに本稿でも扱ったエクセルギーの概念である。今、あらためて先生のご指導の価値を感じる。

今回の講演は、井上市市記念賞の受賞に伴うものであるが、私が井上先生にお世話になったのも二十数年前であった。日本ガス協会のコージェネレーションの研究会の座長を務めていただいていた。

日本のコージェネレーションのスタートは本当に偉大な先生方によって支えられていた。あらためてお二人の先生に感謝申し上げたい。

参考文献

- 1) 省エネルギーセンター：平成20年度改正省エネ法の解説[工場・事業場編]（2010-12）
- 2) 日本熱供給事業協会：熱供給事業における冷熱・温熱別換算係数算出に係るガイドライン（2017-6）
- 3) ZEHロードマップ フォローアップ委員会：ZEHの定義（改定版）〈戸建住宅〉（2018-12）
- 4) 空気調和・衛生工学会：地域冷暖房計画検討小委員会報告書第1篇（WG1）コージェネレーションの効率の評価ガイドライン（2007-3）
- 5) 空気調和・衛生工学会：都市ガスコージェネレーションの計画・設計と運用（2015-3）
- 6) 押田勇雄：ブルーボックスB727「エクセルギー」のすすめ（1988-4）