

TR-AC-0016

002

コージェネレーションシステムの
最適設計の検討

山田 順一 北川 美宏 (ATRI)
井脇 洋 (実習生)

1998. 3. 2

ATR環境適応通信研究所

目 次

概要

1	背景・目的-----	1
2	コージェネレーションシステムと最適化の手法-----	1
2.1	コージェネレーションシステムとその評価-----	1
2.2	最適化アルゴリズム-----	3
3	システムの最適化計算-----	3
3.1	対象データ-----	3
3.2	エネルギー廃棄可能なシステム-----	6
4	計算結果-----	11
5	考察-----	15
	参考文献-----	15

概要

現在の都市エネルギーシステムが抱える資源問題、環境問題、ピーク電力問題などに対して、エネルギー有効利用技術の一つであるコージェネレーションシステムの導入は有効な対策の一つである。一般的なコージェネレーションシステムとは、ガスから発電機を介して電力と熱を得るものである。このコージェネレーションシステム導入において、より経済的なシステムを設計することはシステム導入者側にとって大きな関心事となる。本実習では、電力・ガス料金(ランニングコスト)の低減からシステムの最適化計算を行ない、経済性が高いシステムの設計を目標とした。

本実習で扱うコージェネレーションシステムは、ガスでガスエンジンを駆動して電力を得ると共に、発生した排熱を冷暖房需要に供給するものである。最適化は、ガスエンジンで発生したエネルギーを無駄なく使ってしまう場合と余った場合は捨てるのが可能である場合について行なった。計算対象の負荷データは標準的な事務所の月・時刻単位の電力・冷暖房需要データとし、手法として、ATR環境適応通信研究所で開発された高次元アルゴリズムを用いて計算を行なった。

計算の結果、余剰エネルギーを廃棄可能にして最適化を行なった方が、より経済的なシステムの設計ができるという結果を得た。つまり、ガスエンジンから発生する排熱が無駄になる場合でも、電気より安価なガスで電力需要を補う方が経費を低くおさえることができることが言えた。また、エネルギー廃棄可能の条件下で、設備の使用期間を考慮した設計がシステムの経済的な最適設計になることを確認した。

1 背景・目的

現在の都市エネルギーシステムは、資源問題、環境問題、夏季日中の冷房需要に伴う消費電力の突出に代表されるピーク電力問題など、解決困難な諸問題を抱えている。したがって、エネルギー利用効率が向上するようなエネルギーシステムを発展させることが重要となる。その中で、コージェネレーションシステム (Cogeneration System : CGS) はエネルギー有効利用技術の有効な手段の一つとして知られている。

コージェネレーションシステムとは、二つ以上の有効な二次エネルギーを同時に発生するシステムである [1]。本実習で扱うコージェネレーションシステムは、ガスにより原動機を駆動して発電を行なうと共に、その原動機の排熱を回収して熱を供給するものである。コージェネレーションシステムの導入は、対象の電力・負荷パターンの予測を行ない、省エネルギー性、経済性、環境性から評価される [2]。これら評価項目をもって、より最適なシステムを設計しなければならない。

システム中で発生した排熱をできるだけ無駄なく利用することは、省エネルギー性評価から好ましいといえる。しかしながら、多少ガス購入料を増やし、余った排熱は廃棄すると、経済性が向上する可能性は十分に考えられる。そこで、本実習では、電力・ガス料金の低減から、投資回収年数が最小となるようなコージェネレーションシステムの最適化設計の中で、余剰エネルギーを廃棄できるシステムと、廃棄できないシステムとの比較・検討を行なうことを目的とする。

2 コージェネレーションシステムと最適化の手法

2.1 コージェネレーションシステムとその評価

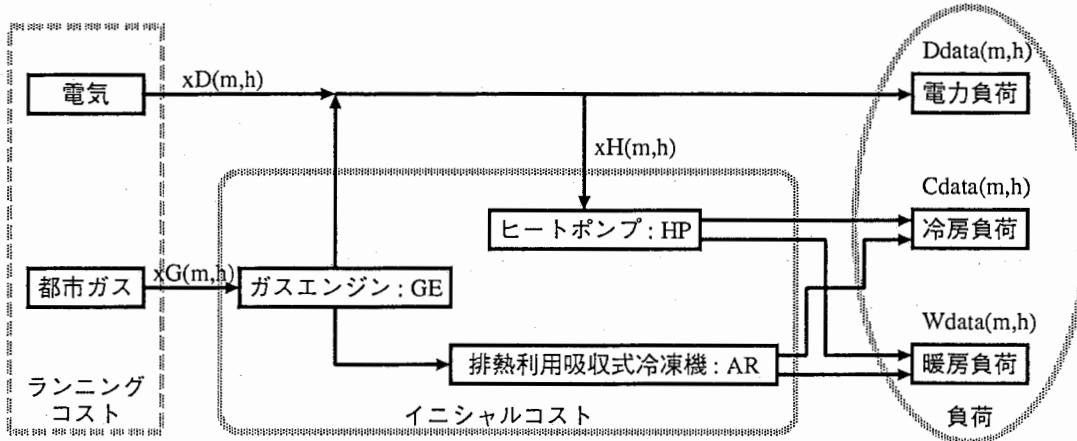
本実習で用いるコージェネレーションシステム (CGS) は、図 1 上段に示すように、燃料として都市ガスを用いてガスエンジン (GE) を駆動させる。これによって、発電を行なうと共に排熱を得る。発生した電気は商用電源からの電気と共に電力負荷、およびヒートポンプ (HP) を介して冷房負荷・暖房負荷に供給される。一方、GE により発生した排熱は排熱利用吸収式冷凍機 (AR) によって回収され、冷房負荷・暖房負荷で利用される。

CGS のいくつかの評価項目の中で、経済性の評価は重要な検討事項の一つである。経済性の評価は図 1 下段に示したモデルのような従来システムとの比較による相対評価で検討される。そこで、それぞれのシステムにおいて、イニシャルコスト (GE・HP・AC 機器の工事費用を含めた価格の合計) とランニングコスト (年間の電気・ガス料金の合計) を算出して、両コストの損益を総合的に判断し、経済性が評価される。

例えば、従来システムに CGS を導入すると、HP は小容量化が可能となるが、排熱を利用する為に AR が必要となる。また、GE 容量を大きくすれば、ランニングコスト (RC) の低減が図れるが、イニシャルコスト (IC) が増大する。逆に GE 容量を小さくすると、IC は減少するが、RC は低減効果は減少する。

このような RC と IC から経済性を評価する指標として、単純回収年数がある。単純回収年数は、CGS の導入による従来システムに対する設備投資分を年間の運転メリットで除したものである。本実習では、この単純回収年数が最小となることを目標に計算を行なう

対象エネルギーシステム (コージェネレーションシステム)



比較モデル

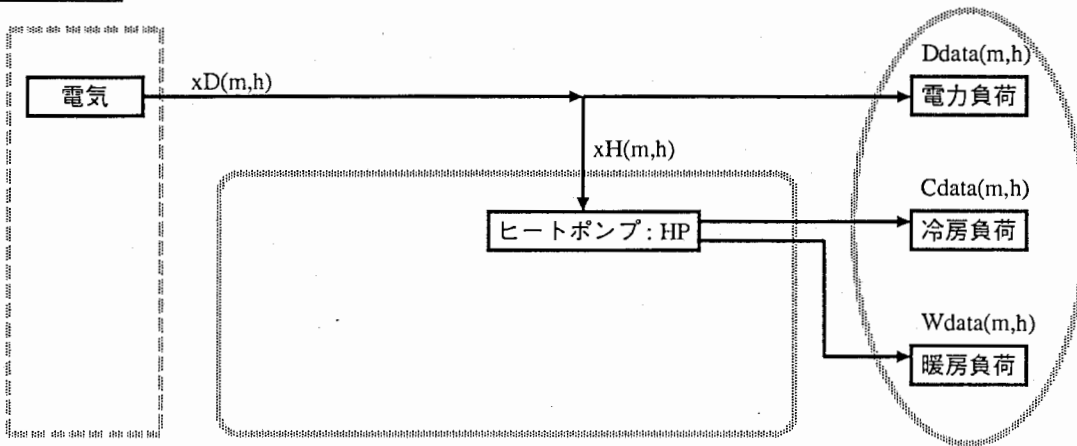


図 1: コージェネレーションシステムと比較モデル

ものとする。

2.2 最適化アルゴリズム

CGS の計算には電力、ガス、HP 入力電力などの要素にそれぞれ 24 時間 × 12 ヶ月という膨大な数の変数が存在する。そのような CGS の最適設計の計算として、高次元アルゴリズムを使用した。高次元アルゴリズムは、多変数の複雑なシステムにおいて、変数を同時に自律的に変化させて最適化を行なうもので、システムの設計や雑音に強いシステム制御に有効な計算手法である。

高次元アルゴリズムの原理は、変数の動きを粒子の動きととらえることから始まる。粒子は他の粒子との相互作用や外部の力から作られるエネルギーにより運動する。長時間、この粒子の位置を観測すると、大局的な安定点に存在する時間が長くなる。このことは、自由度が高い（高次元）である程、顕著であることが報告されており、多変数システムへの適応に有効であると考えられている。

3 システムの最適化計算

3.1 対象データ

CGS の最適設計の対象となる電力・冷房・暖房負荷データは延べ床面積 1 万 m² の標準的な事務所における月 (m) ・時刻 (h) 単位のデータを使用した。これらデータを m, h の関数として次のように表す。

Ddata(m, h)	電力負荷 (kWh)
Cdata(m, h)	冷房負荷 (Mcal)
Wdata(m, h)	暖房負荷 (Mcal)

電力および都市ガスの料金は商用の料金データを使用した。それぞれの料金を求める際、次のような料金係数が与えられる。

cDp	=	1.56 × 12/scym	電力基本料金 × 12 ヶ月
cDs	=	0.016 × 30/scym	電力従量料金 × 30 日
cGb	=	45 / (scx · scym)	ガス定額基本料金
cGp	=	1.14 × 12/scym	ガス従量基本料金 × 12 ヶ月
cGs	=	0.02573 × 30/scym	ガス従量料金 × 30 日

ここで、

scx	=	200	負荷のスケールリング
scy	=	20	料金のスケールリング
scym	=	1000scy	料金 (百万円) の換算

とする。

また、イニシャルコストとなる GE、AR、HP 機器の工事費を含んだ容量別価格は表 1,2,3の示すとおりである。この時、各装置におけるエネルギー変換係数は次のように与えられる。

cGD	=	$0.3 \times 9.94/0.86$	入力ガスの発電能力
cGC	=	$0.7 \times 0.4 \times 9.94$	入力ガスの冷房能力
cGW	=	$0.9 \times 0.4 \times 9.94$	入力ガスの暖房能力
cHC	=	3.0×0.86	ヒートポンプ入力電力の冷房能力
cHW	=	3.0×0.86	ヒートポンプ入力電力の暖房能力

以上を元に、CGS の設計を行なう。

表 1: ガスエンジン

番号 inge	容量 [kW] GEx(inge)	価格 [千円] GEy(inge)
1	50	15,000
2	100	30,000
3	150	45,000
4	200	60,000
5	250	75,000
6	300	90,000
7	350	105,000
8	400	120,000
9	500	150,000
10	800	200,000
11	1,000	250,000
12	1,500	300,000
13	2,000	400,000
14	2,500	500,000
15	3,000	600,000

表 2: ヒートポンプ

番号 inhp	容量 [Mcal/h] HPx(inhp)	価格 [千円] HPy(inhp)
1	22	4,177.2
2	40	6,340.0
3	95	11,632.0
4	140	17,124.0
5	190	22,584.0
6	236	27,240.0
7	280	32,004.0
8	380	42,000.0
9	480	52,000.0
10	580	62,000.0
11	680	72,000.0
12	780	82,000.0
13	880	92,000.0
14	980	100,000.0
15	1,080	108,000.0
16	1,180	116,000.0

表 3: 排熱利用吸収式冷凍機

番号 inac	容量 [Mcal/h] ACx(inac)	価格 [千円] ACy(inac)
1	50.00	7450.000
2	100.00	9900.000
3	150.00	12350.000
4	200.00	14800.000
5	250.00	17250.000
6	300.00	19250.000
7	350.00	21250.000
8	400.00	23150.000
9	450.00	25250.000
10	500.00	27250.000
11	550.00	29250.000
12	600.00	30750.000
13	650.00	32250.000
14	700.00	33750.000
15	750.00	35250.000
16	800.00	36750.000
17	1088.64	52907.904
18	1512.00	73483.200
19	1814.40	88179.840
20	2116.80	102876.480
21	2419.20	117573.120

3.2 エネルギー廃棄可能なシステム

図1に対して、ガスエンジン (GE) から得た電力・熱の余剰分廃棄・廃熱を可能にするシステムは図2のようになる。システムの最適化は、各装置をある組み合わせで固定とした上で、ランニングコストを低減することにより単純回収年収の最小値を求めるものとする。

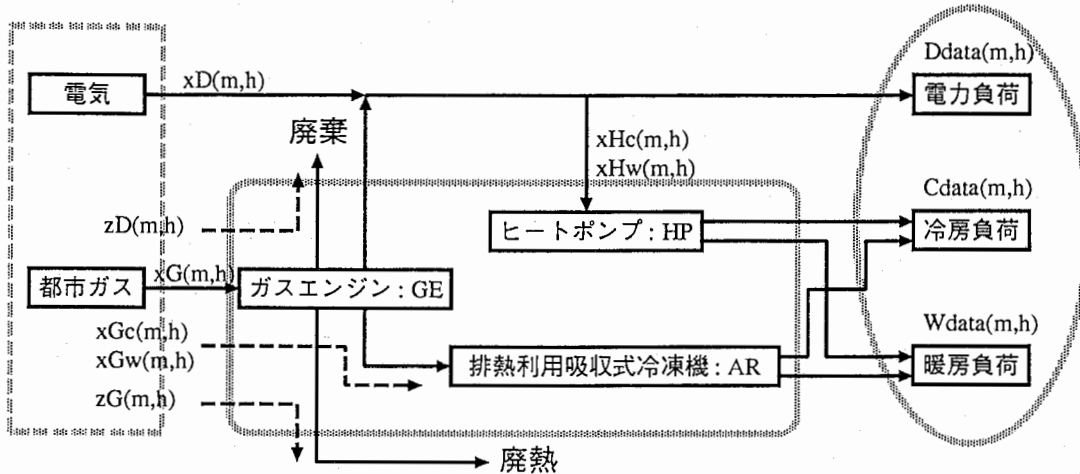


図 2: エネルギー廃棄可能なシステム

3.2.1 条件

CGS システムの変数には次のようなものを用意する。

- | | | |
|--------------------|-----------------------------------|-----|
| $xD(m, h) \geq 0$ | 購入電力エネルギー(kWh) | (1) |
| $xG(m, h) \geq 0$ | 購入ガスエネルギー(Nm ³ /h) | (2) |
| $xGc(m, h) \geq 0$ | 排熱冷房利用ガスエネルギー(Nm ³ /h) | (3) |
| $xGw(m, h) \geq 0$ | 排熱暖房利用ガスエネルギー(Nm ³ /h) | (4) |
| $zD(m, h) \geq 0$ | 廃棄電力相当ガスエネルギー(Nm ³ /h) | (5) |
| $zG(m, h) \geq 0$ | 廃熱相当ガスエネルギー(Nm ³ /h) | (6) |
| $xHc(m, h) \geq 0$ | 冷房利用ヒートポンプ入力電力(kWh) | (7) |
| $xHw(m, h) \geq 0$ | 暖房利用ヒートポンプ入力電力(kWh) | (8) |

以降、(m,h) は省略する。

以上の変数の条件は、図2のようなシステムの構成から次のように与えられる。

$$\text{ガス入力条件} \quad xG = xGc + xGw + zG \quad (9)$$

$$\text{電力負荷} \quad D_{\text{data}} = xD + cGD(xG - zD) - (xHc + xHw) \quad (10)$$

$$\text{冷房負荷} \quad C_{\text{data}} = cGC \cdot xGc + cHC \cdot xHc \quad (11)$$

$$\text{暖房負荷} \quad W_{\text{data}} = cGW \cdot xGw + cHW \cdot xHw \quad (12)$$

一方、コストについて考える。

今回の計算では、使用する装置を固定した条件下で求める。従って、GE、HP、ACのインシヤルコストをそれぞれ $xGEic$ 、 $xHPic$ 、 $xACic$ で表すことにすると、

- $xGEic = GEy(\text{inge})$ のとき、

$$GEx(\text{inge} + 1) \geq cGD \cdot xG \quad (13)$$

- $xHPic = HPy(\text{inge})$ のとき、

$$HPx(\text{inge} + 1) \geq cHC \cdot xHc + cHW \cdot xHw \quad (14)$$

- $xACic = ACy(\text{inge})$ のとき、

$$ACx(\text{inge} + 1) \geq cGC \cdot xGc + cGW \cdot xGw \quad (15)$$

という条件が必要となる。また、インシヤルコストの合計 $xicsum$ は、

$$xicsum = xGEic + xHPic + xACic \quad (16)$$

となる。

電力・ガスのランニングコスト ($xDrc, xGrc$) は、商用の料金算出法から次のようになる。

$$xDrc = cDp \cdot \text{Max}(xD) + cDs \cdot \Sigma xD \quad (17)$$

$$xGrc = cGb + cGp \cdot \text{Max}(xG) + cGs \cdot \Sigma xG \quad (18)$$

ランニングコストの合計 $xrcsum$ は、

$$xrcsum = xDrc + xGrc \quad (19)$$

となる。

CGSのインシヤルコスト、ランニングコストに対して、比較モデル(図1下)のインシヤルコスト(yic)、ランニングコスト(yrc)は負荷データから逆算で簡単に求めることができる。まず負荷データからヒートポンプ入力電力が算出でき、続いて購入電力がわかり、ランニングコストが決定する。 yic は、ヒートポンプ入力電力の最大値から一意的に決まる。

3.2.2 最適化

システムの最適化は、不等式(1)～(8)、(13)～(15)を満足する条件で、ランニングコスト式(19)を最小にする x_D , x_G , x_{Gc} , x_{Gw} , x_{Hc} , x_{Hw} , z_D , z_G を求め、このときの単純回収年数(α)を算出する。

$$\alpha = \frac{xicsum - yic}{(yrc - xrsum) \cdot scx} \quad (20)$$

最適化の計算を行なう前に、現在ある8種の変数は、削減することが可能である。式(11)、(12)より、

$$x_{Hc} = (Cdata - c_{GC} \cdot x_{Gc}) / c_{HC} \quad (21)$$

$$x_{Hw} = (Wdata - c_{GW} \cdot x_{Gw}) / c_{HW} \quad (22)$$

式(10),(21),(22)より、

$$x_D = Ddata + \frac{Cdata}{c_{HC}} + \frac{Wdata}{c_{HW}} - \left(c_{GD} + \frac{c_{GC}}{c_{HC}}\right) \cdot x_{Gc} - \left(c_{GD} + \frac{c_{GW}}{c_{HW}}\right) \cdot x_{Gw} + c_{GD} \cdot z_D - c_{GD} \cdot z_G \quad (23)$$

ここで、

$$q_{13} = c_{GC} / c_{HC}$$

$$q_{23} = c_{GW} / c_{HW}$$

$$q_{12} = c_{GD} + c_{GC} / c_{HC}$$

$$q_{22} = c_{GD} + c_{GW} / c_{HW}$$

$$q_{11} = c_{GW} / c_{HW} - c_{GC} / c_{HC}$$

$$q_{01} = Cdata / c_{HC}$$

$$q_{02} = Wdata / c_{HW}$$

$$q_{00} = Ddata + Cdata / c_{HC} + Wdata / c_{HW}$$

とおくと、各変数は

$$x_{Hc} = q_{01} - q_{13} \cdot x_{Gc} \quad (24)$$

$$x_{Hw} = q_{02} - q_{23} \cdot x_{Gw} \quad (25)$$

$$x_G = x_{Gc} + x_{Gw} + z_G \quad (26)$$

$$x_D = q_{00} - q_{12} \cdot x_{Gc} - q_{22} \cdot x_{Gw} + c_{GD} \cdot z_D - c_{GD} \cdot z_G \quad (27)$$

となる。従って、 x_D, x_G, x_{Hc}, x_{Hw} は x_{Gc}, x_{Gw}, z_D, z_G で表すことができる。

各変数の動きは、条件 (1) ~ (8)、(13) ~ (15) より、次の様な制約がある。

$$0 \leq zD \quad (28)$$

$$0 \leq zG \quad (29)$$

$$0 \leq xGc \leq q01/q13 \quad (30)$$

$$0 \leq xGw \leq q02/q23 \quad (31)$$

$$0 \leq xGc + xGw + zG \leq GEx(inge + 1)/cGD \quad (32)$$

$$cGC \cdot xGc + cGW \cdot xGw \leq ACx(inac + 1) \quad (33)$$

$$Cdata + Wdata - HPx(inhp + 1) \leq cGC \cdot xGc + cGW \cdot xGw \leq ACx(inac + 1) \quad (34)$$

$$q12 \cdot xGc + q22 \cdot xGw - cGD \cdot zD + cGD \cdot zG \leq q00 \quad (35)$$

$$(Wdata - HPx(inhp + 1))/cGW \leq xGw \leq ACx(inac + 1)/cGW \quad (36)$$

$$(Cdata - HPx(inhp + 1))/cGC \leq xGc \leq ACx(inac + 1)/cGC \quad (37)$$

また、(30),(37) より、

$$\text{Max}\left(0, Cdata - \frac{HPx(inhp + 1)}{cGC}\right) \leq xGc \leq \text{Min}\left(\frac{q01}{q13}, \frac{ACx(inac + 1)}{cGC}\right) \quad (38)$$

(31),(36) より、

$$\text{Max}\left(0, Wdata - \frac{HPx(inhp + 1)}{cGW}\right) \leq xGw \leq \text{Min}\left(\frac{q02}{q23}, \frac{ACx(inac + 1)}{cGW}\right) \quad (39)$$

となる。

最適化の評価はランニングコストを低減することから行なうので、最適化の評価関数として、

$$E = Q_{rc} \cdot xrcsum \quad (40)$$

を与える。ここで Q_{rc} は任意の重みである。

次に、高次元アルゴリズムを使用する為に、各変数の微係数を導出する。

xGc について

$$\frac{\partial E}{\partial xGc} = Q_{rc} \cdot \frac{\partial xrcsum}{\partial xGc} \quad (41)$$

$$\frac{\partial xDrc}{\partial xD} = cDp \cdot \frac{\partial \text{Max}(xD)}{\partial xD} + cDs \quad (42)$$

$$\frac{\partial xGrc}{\partial xG} = cGp \cdot \frac{\partial \text{Max}(xG)}{\partial xG} + cGs \quad (43)$$

$$\frac{\partial xrcsum}{\partial xGc} = \frac{\partial xDrc}{\partial xD} \cdot \frac{\partial xD}{\partial xGc} + \frac{\partial xGrc}{\partial xG} \cdot \frac{\partial xG}{\partial xGc} \quad (44)$$

$$\frac{\partial xD}{\partial xGc} = -q12 \quad (45)$$

$$\frac{\partial xG}{\partial xGc} = 1 \quad (46)$$

xGw について

$$\frac{\partial E}{\partial xGw} = Q_{rc} \cdot \frac{\partial xrcsum}{\partial xGw} \quad (47)$$

$$\frac{\partial xrcsum}{\partial xGw} = \frac{\partial xDrc}{\partial xD} \cdot \frac{\partial xD}{\partial xGw} + \frac{\partial xGrc}{\partial xG} \cdot \frac{\partial xG}{\partial xGw} \quad (48)$$

$$\frac{\partial xD}{\partial xGw} = -q22 \quad (49)$$

$$\frac{\partial xG}{\partial xGw} = 1 \quad (50)$$

zD について

$$\frac{\partial E}{\partial zD} = Q_{rc} \cdot \frac{\partial xrcsum}{\partial zD} \quad (51)$$

$$\frac{\partial xrcsum}{\partial zD} = \frac{\partial xDrc}{\partial xD} \cdot \frac{\partial xD}{\partial zD} + \frac{\partial xGrc}{\partial xG} \cdot \frac{\partial xG}{\partial zD} \quad (52)$$

$$\frac{\partial xD}{\partial zD} = cGD \quad (53)$$

$$\frac{\partial xG}{\partial zD} = 0 \quad (54)$$

$$(55)$$

zG について

$$\frac{\partial E}{\partial zG} = Q_{rc} \cdot \frac{\partial xrcsum}{\partial zG} \quad (56)$$

$$\frac{\partial xrcsum}{\partial zG} = \frac{\partial xDrc}{\partial xD} \cdot \frac{\partial xD}{\partial zG} + \frac{\partial xGrc}{\partial xG} \cdot \frac{\partial xG}{\partial zG} \quad (57)$$

$$\frac{\partial xD}{\partial zG} = -cGD \quad (58)$$

$$\frac{\partial xG}{\partial zG} = 1 \quad (59)$$

以上のような微係数が加速度となり、高次元アルゴリズムに基づいて、各変数の運動に影響を及ぼす。このことからシステムにおける変数の最適値が算出されることが期待できる。

3.2.3 境界における変数の反射

評価関数から導出された力を受けて自律的に運動する変数は、時に指定された範囲から外れることがある。これは受けた力が大きい、または計算刻みが大きい時に起こる頻度が高いと考えられる。この場合、範囲の境界を越えた変数を範囲内へ戻す必要がある。

そこで、図3に境界における変数の反射の概念を示す。今、時間 t_0 における変数の値 X_{t_0} が時間 dt 後に境界を越え（図中1）、速度 v を持つと判明したとする。この時、境界から外れる値をその点から境界線上へ戻し（図中2）、速度 v の向きを逆 ($-v$) とし、それを時間 $t_0 + dt$ の変数の値 X_{t_0+dt} とする。

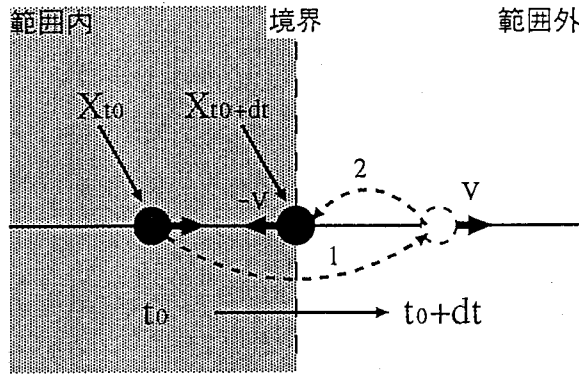


図 3: 変数の反射

4 計算結果

コージェネレーションシステムの最適化を、高次元アルゴリズムを用いて計算した結果を示す。

表 4、5は、様々な機器の組み合わせのシステムの最適化を行なった際のランニングコスト (xrcsum) と単純投資回収年数 (α) である。その中で表 4は余剰エネルギーを廃棄しない場合、表 5は余剰エネルギーを廃棄することが可能である場合の結果である。2つの表から、余剰エネルギーを廃棄した方がランニングコスト、投資回収年数ともに低いことがわかる。

図 4は、表 4,5の結果から、投資回収年数が最小となるシステムについて、グラフに表したものである。比較モデルのグラフとの交点がそれぞれの投資回収年数なので、同じイニシャルコストでも、エネルギーを廃棄できる方が投資回収年数が小さく、年毎におけるコストの伸びが低いことがわかる。

同じエネルギー廃棄可能なシステムでも、イニシャルコストの設定によってコストの伸びに差がでる。図 5はエネルギー廃棄可能なシステムにおいて、投資回収年数が最小となるシステムと、6年後のコストが最小となるシステムをグラフに表したものである。イニシャルコストを高く設定しても、6年間という長期的にみると総合的には特をすることがわかる。

では、エネルギー廃棄可能なシステムにおいては、実際にどれ程のエネルギーを購入し、どれ程のエネルギーを廃棄するのだろうか。例として、事務所の8月におけるエネルギー購入量の様子を示す。図 6は8月におけるエネルギー需要量である。8月なので、昼間は電力はもちろん、冷房需要が高くなっている。また、この事務所では8月に暖房を使うことはない。それに対して、図 7,8はそれぞれ電力購入量、ガス購入量およびエネルギー廃棄相当のガスの量である。これらの図によると電力は昼間の電力・冷房需要が高いときのみ購入し、夜間はガスを買うことでガスエンジンから電力を供給し、排熱はすべて捨てている。また、ガスから得た電力は捨てることはないということも図 8からわかる。

表 4: 機器の組み合わせに対する計算結果 (エネルギー廃棄なし)

機器番号			イニシャルコスト (百万円)				xrcsum (百万円)	投資回収 年数 α
inge	inhp	inac	xicsum	GEy(inge)	HPy(inhp)	ACy(inac)		
1	13	1	114.45	15.00	92.00	7.45	49.2416	3.7712
1	13	2	116.90	15.00	92.00	9.90	49.2053	4.3692
1	13	3	119.35	15.00	92.00	12.35	49.2053	5.0026
2	13	2	131.90	30.00	92.00	9.90	45.8860	4.4384
2	13	3	134.35	30.00	92.00	12.35	45.8276	4.7408
2	13	4	136.80	30.00	92.00	14.80	45.8276	5.0789
3	12	3	139.35	45.00	82.00	12.35	42.9600	3.8909
3	12	4	141.80	45.00	82.00	14.80	42.8811	4.1012
3	12	5	144.25	45.00	82.00	17.25	42.8811	4.3416
3	12	6	146.25	45.00	82.00	19.25	42.8811	4.5378
6	11	5	179.25	90.00	72.00	17.25	35.9704	4.6337

表 5: 機器の組み合わせに対する計算結果 (エネルギー廃棄あり)

機器番号			イニシャルコスト (百万円)				xrcsum (百万円)	投資回収 年数 α
inge	inhp	inac	xicsum	GEy(inge)	HPy(inhp)	ACy(inac)		
1	13	1	114.45	15.00	92.00	7.450	47.7787	2.7292
1	13	2	116.90	15.00	92.00	9.900	47.7393	3.1683
1	13	3	119.35	15.00	92.00	12.350	47.7393	3.6277
2	13	2	131.90	30.00	92.00	9.900	43.3601	3.2842
2	13	3	134.35	30.00	92.00	12.350	43.4188	3.5579
2	13	4	136.80	30.00	92.00	14.800	43.4188	3.8117
3	12	3	139.35	45.00	82.00	12.350	39.7375	2.9507
3	12	4	141.80	45.00	82.00	14.800	39.7337	3.1335
3	12	5	144.25	45.00	82.00	17.250	39.7337	3.3172
3	12	6	146.25	45.00	82.00	19.250	39.7337	3.4671
8	10	7	203.25	120.00	62.00	21.25	26.9692	3.9553

システムのコスト

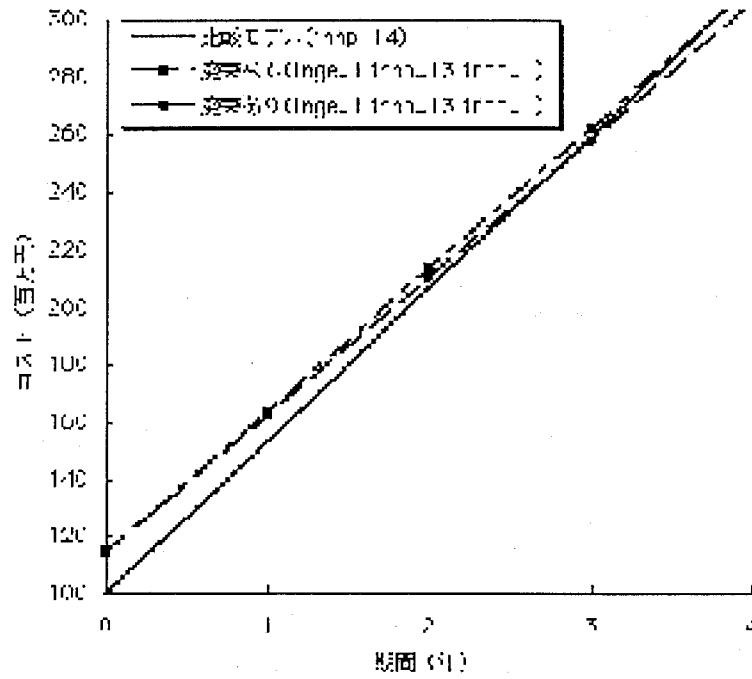


図 4: コストの伸び

6年間のシステムのコストの伸び

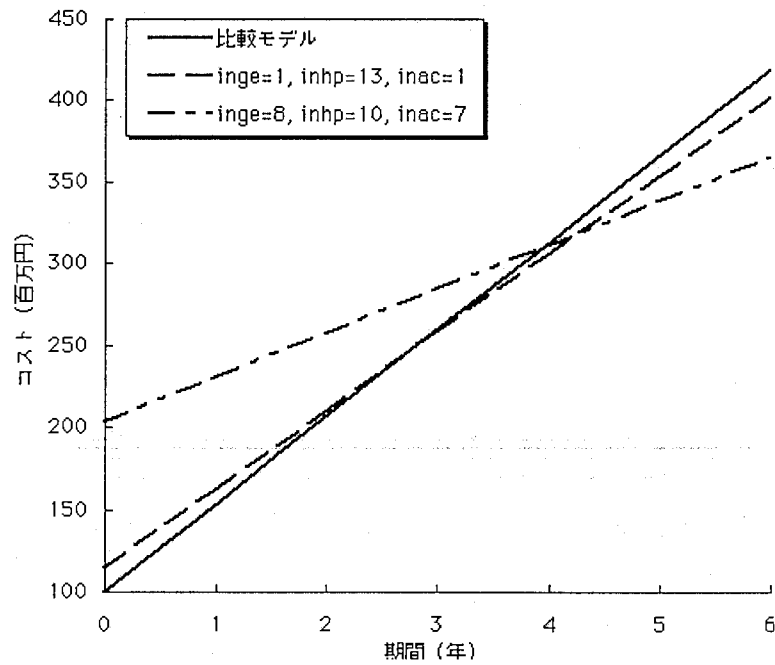


図 5: 6年間のシステムのコストの伸び

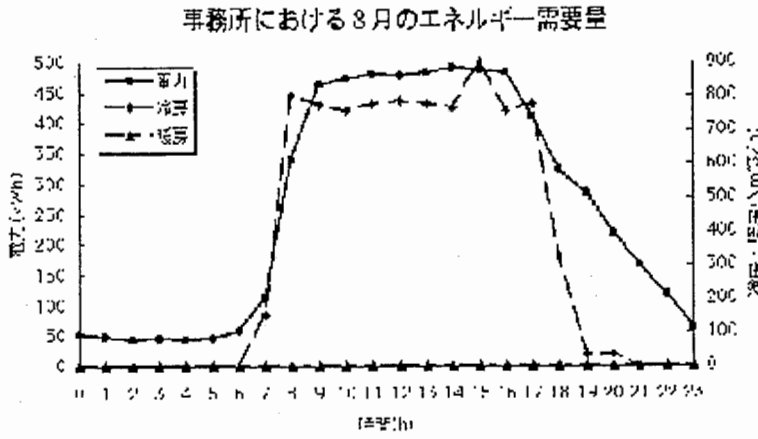


図 6: 事務所の 8 月におけるエネルギー需要

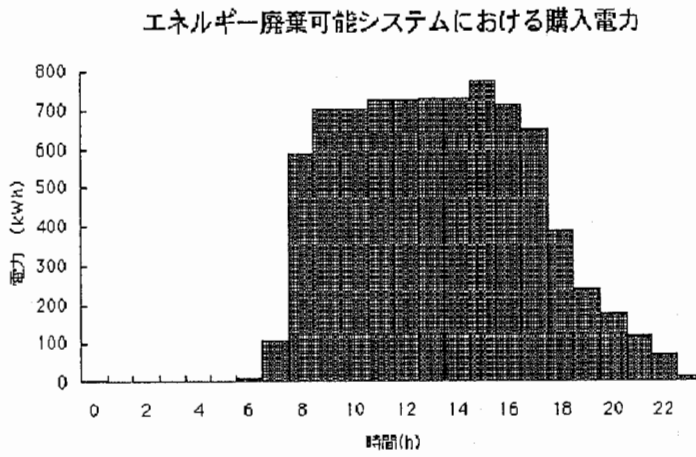


図 7: 8 月の電力購入量

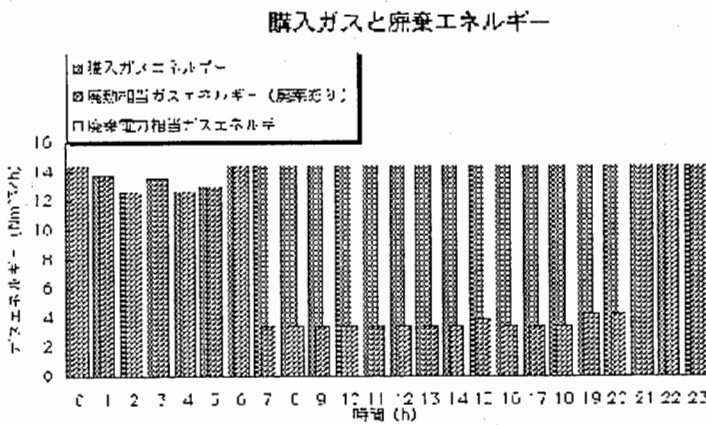


図 8: 8 月のガス購入量および廃棄エネルギー量

5 考察

本実習では、様々な機器の組み合わせにおいて最適化を行なった結果、エネルギーを廃棄できる場合において最適化を行なった方が、全体的に投資回収年数が小さくなる、つまり、早い時期にシステム投資の元がとれるということがわかった。事務所における8月のエネルギー購入量の結果(図6, 7, 8)は、そうしたエネルギーを捨てる方が総コストが低くなることを裏付けるものである。

一般的にガスは電力よりも安価である。従って、夜間に使用する程の電力ならば、ガスエンジンから起こす電力を用いた方が割安となる。このような電力・ガスの使い方ができるのは、夜間に使う必要のない排熱を捨てることを許可したからである。もし、排熱を捨てることを許可せず、発生した分をすべて冷暖房に使用しなければならないとしたら、夜間にガスを用いることは許可されず、ガスより高価な電力を購入しなければならない。

一方、本実習では、単純投資回収年数が高くても、長期的にみれば総コストが比較的低いシステム設計があることを確認した。設備が小規模であれば、元をとる期間がある程度短くなるのは当然といえば当然のことである。設備が大規模であれば元をとる期間も長くなるが、大規模である分、ガスから得ることできるエネルギー量が増大するので、年間の経費は低くおさえることができる。投資回収年数はシステムの経済性を評価する上での一つの指標である。しかし、設備や建物の耐用年数に対応する長期的な経済性指標としては適した指標とは言えない。本報告書では、一例として6年間の設備使用でもっとも経済的であると予想されるデータを示したが、使用期間が異なれば、システム設計は異なる。

コージェネレーションシステムの導入は主に環境性、省エネルギー性、経済性から評価される。本実習における排熱を無駄にするようなシステム設計は、省エネルギー性の観点においては好ましいとは言えないかもしれない。しかしながら、システムを導入する側にとって、経済性評価に基づくシステム設計が一番の関心事である。そういう意味で、本実習における最適設計の検討は有意義なものであったと言える。

参考文献

- [1] 伊東 弘一, 横山 良平著 "コージェネレーションの最適設計-インテリジェント・フレキシブル・コージェネレーションを目指して-", 産業図書 (1990)
- [2] 空気調和・衛生工学会 "都市ガスによるコージェネレーションシステム計画・設計と評価", 丸善株式会社 (1994)