

大型店舗ビルにおける外気冷房と省エネルギー効果

The Effect of Energy Consumption Saving by Outdoor Air Cooling System in the Department Store

黒田 邦夫*
Kunio Kuroda

要 約

本論文は、竣工後8年を経過した大型店舗ビルにおいて、中間期外気冷房を行うために空調ダクト系統の改修を行うと共に、改修前と改修後のエネルギー削減量について検討を行ったものである。

効果の検証は店舗の営業状態、外気温湿度等の外乱が異なっているために、厳密の意味での前後比較とはなりにくい^が、外気温度の測定により外気冷房効果がわかる。

本来ならば、動的熱負荷解析法を用いて行うべきである^が、地域ごとの気象データ（温度、湿度、風速、風向等）が入手しにくいので、簡便かつ有効な手段として本法を採用した。

改修計画時に予測した省エネルギー量計算値と改修後の実測値から、中間期の外気冷房導入効果として重油使用量換算で57%の削減（2年間）を達成することができた。

目 次

- §1. はじめに
- §2. 既存建築・設備概要
- §3. 外気冷房計画
- §4. 計算結果
- §5. 改修後の実測値
- §6. 外気冷房の効果
- §7. おわりに

果が高いといわれている。しかし、現実には初期投資の圧縮又は設計者の方針等によって、夏期・冬期の外気導入による熱負荷を低減させるために全熱交換器を設ける方式が採用されるケースが多く、そのためバイパス経路を設けないと外気冷房が行えない。

今回、幸いに約19,000㎡の店舗併設型駅ビルの外気冷房改修工事計画の設計から施工までの機会を得たので、実際の外気冷房による省エネルギー効果として、改修への投資金額と消費エネルギーの削減額を比較検討し、その結果を報告する。

§1. はじめに

一般に用いられている省エネルギー化を図る手法として、設計条件（使用条件）の緩和、高効率機器の利用、部分負荷効率の向上、自然エネルギーの利用、エネルギー回収、運転制御の最適化及び仕様の合理化と最適化などがあげられる。そこで既存店舗の空調システムの改修計画に省エネルギー効果を期待して、自然エネルギーを利用する外気冷房システムを計画した。

大型店舗は在室人員の密度が高く、照明器具等による内部発熱も多いので、中間階から上層階にかけて建物内の温度上昇が起きるため、中間期における外気冷房効

§2. 既存建築・設備概要

2-1 既存建築概要

改修計画を行った建物は駅舎のコンコースを一部ふくんだデパートであり、地下1階に惣菜等の小売、1～4階に一般デパート、5階に飲食店、事務室及び塔屋1階は厨房、機械室等の用途に使用されている（Fig.1）。

規模、構造は Table 1 に示すとおりである。

2-2 既存設備概要

空調設備は、重油を熱源とする蒸気ボイラーと吸収式冷凍機により得られた蒸気、冷水を各階に設けたエア-

*設備部設備課

ハンドリングユニットに供給して空調を行っている。また、新鮮空気取入れは全熱交換器を経由して、各ユニットに接続されている。

空調ダクト基本系統図は Fig.2 示すとおりである。設備主要概要を Table 2 に示す。

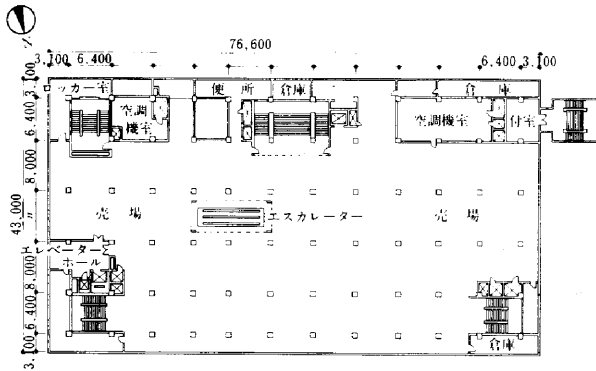


Fig.1 基準階平面図

Table 1 建築概要

場 所	山梨県富士吉田市
用 途	駅ビル、店舗＋飲食店
規 模	地下1階、地上5階、塔屋2階 延面積19,005㎡、基準階面積3,294㎡
構 造	鉄筋コンクリート造
空調面積	12,700㎡ 空調面積/延面積=67%

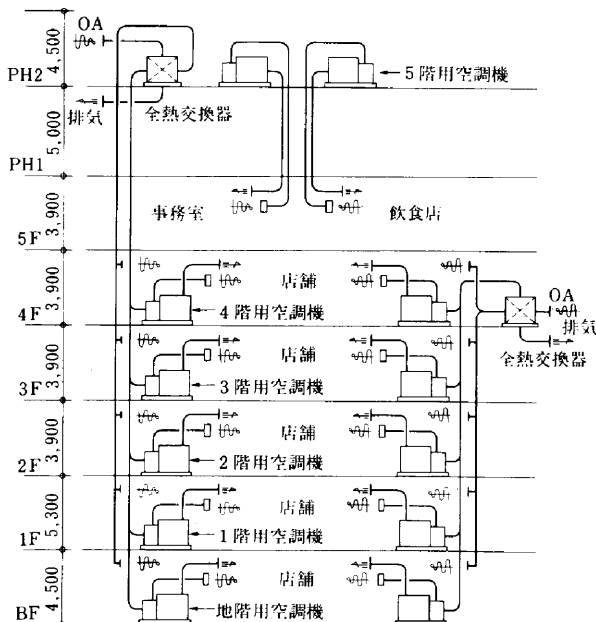


Fig.2 空調主ダクト系統図

Table 2 空調設備概要

空調方式	基準階 各階エアハンドリングユニット + 単一ダクト全空気方式
空調風量	全空気方式 $392.2 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{h}$ 風量/空調面積 $30.9 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 基準階換気回数 11.4回/h 外気取入量 $114.3 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{h}$
空調系統	エアハンドリングユニット 14系統
熱源装置	冷熱源：吸収式冷凍機 380USRT×2基 温熱源：重油焚ボイラー 4,200kg/h×2基 冷凍機容量/空調面積=0.060USRT/㎡ 蓄熱槽なし

§ 3. 外気冷房計画

基本計画条件の一つとして、各階のエアハンドリングユニットに全外気冷房方式を採用することは、既存空調機械室内の改修スペース及びダクト経路等の面から空間的に制約があったため、既存外気取入ダクトを利用する方式とした。すなわちエアハンドリングユニットの全送風量の1/3を中間期外気冷房用の空気取入量（全外気量 $Q=114,300 \text{ m}^3/\text{h}$ ）として計画した。これにより、中間期（8ヶ月間/年）の外気冷房による省エネルギーが期待できることになる。

3-1 改修概要

既存空調ダクトの全熱交換機回りのダクトを Fig.3 に示す。一部改修して、外気バイパス用のダクトを設け、直接外気を空調機へ送風して、外気冷房を行う。

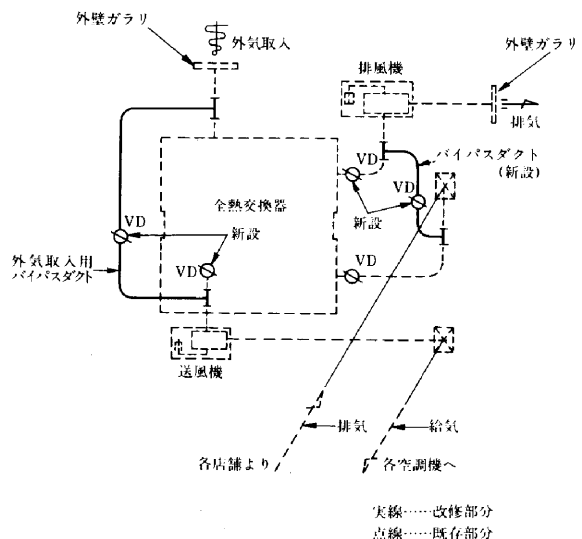


Fig.3 全熱交換器回り改修図

3-2 基本と条件

(1) 室内温度条件

中間期の外気冷房による省エネルギー効果を計算する

うえで、当然室内空間の快適性を維持しなければならない。室内温度条件を下記のように設定した (Table 3)。

- 1) 室内温度 $t_i=18^{\circ}\text{C}\sim 27^{\circ}\text{C}$ 、外気温度 $t_o=25^{\circ}\text{C}$ 未満の時は中間期外気冷房を行うとする。
- 2) 室内温度 $t_i=27^{\circ}\text{C}$ 以上、外気温度 $t_o=25^{\circ}\text{C}$ 以上の場合は夏期冷房運転スケジュールとして、外気冷房効果の計算対象から除く。

なお、外気取入れ経路の切替は手動によるダンパー操作方式とした (Fig.3)。

Table 3 室内設定温度

月	3	4	5	6	9	10	11	12
設定温度 ($^{\circ}\text{C}$)	24	25	26	27	27	26	25	24

(2) 外気温湿度条件

外気冷房の効果を計算するための基本データとして、中間期外気温度の日最高温度 (Table 4) の測定値を用いた。

また、外気湿度については測定記録を得ることができなかったため、全て55%として計算した。

(3) 省エネルギー量計算式

外気と室内空気のエンタルピー差によって削減できるエネルギー相当量を Fig.4 のフローシートの矢印 (実線) に沿って計算する。重油削減量の算出の基本式を以下に示す。

$$q = \frac{r \times Q \times \Delta i \times \Delta h}{\eta_1 \times \Delta h \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \times E_s} \dots\dots (3.1)$$

ここに q : 重油の削減相当量 (ℓ/h)

r : 空気の比重量 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$

Q : 外気導入量 (m^3/h)

Δi : 室内外空気のエンタルピー差 (kcal/kg)

Δh : 蒸発潜熱 $537\text{kcal}/\text{kg}$ ($1\text{kgf}/\text{cm}^2\cdot\text{G}$)

η_1 : 冷凍機、配管等の熱損失係数 0.9

η_2 : 冷凍機の熱効率 0.65 (標準負荷時)

η_3 : ボイラー回りの熱損失係数 0.9

η_4 : ボイラー運転効率 0.781

E_s : 重油の低発熱量 $9.350\text{kcal}/\ell$

式 (3.1) により、外気冷房時の省エネルギー量が重油削減相当量に換算できる。

その他、補機類の相当稼働時間については、下記の時間数とする。

1) 冷凍機の相当稼働時間

前述の削減相当冷却能力に等しい冷凍機の稼働時間を相当稼働時間とする。また、冷却塔、冷却水循環ポンプ及び冷水ポンプも同一の相当稼働時間とした (Fig.4)。

2) ボイラーの相当稼働時間

前述の削減相当蒸気量をボイラー能力で除した時間数を相当稼働時間とした (Fig.4)。

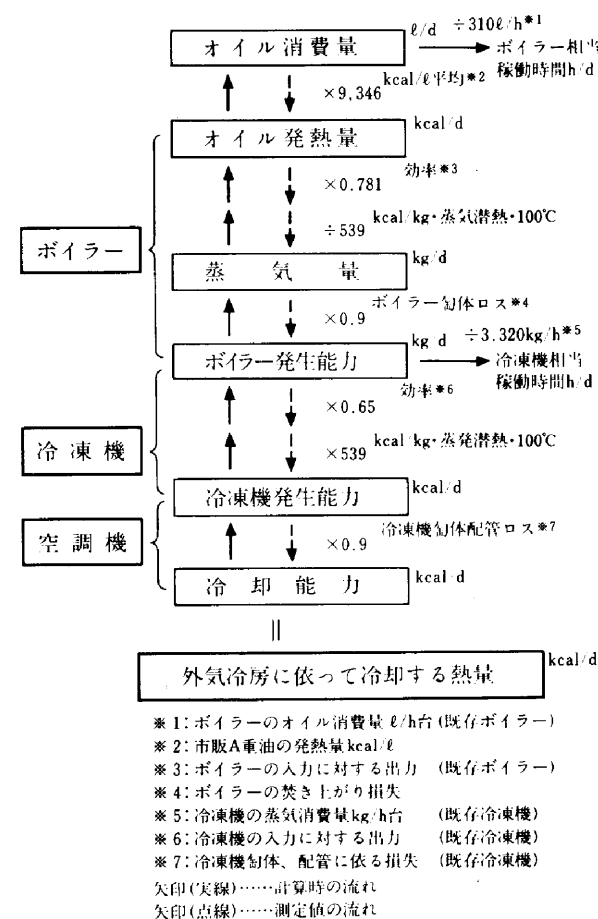


Fig.4 冷却(冷房)量を求めるフローシート

3-3 計算対象年月について

改修前の実績データに基づいて、外気冷房による省エネルギー量を計算するため、外気温度、重油消費量、ボイラー稼働時間および冷凍機稼働時間等の記録は、改修時近くの2年間 (昭和54年9月~56年6月) とした。

改修後のデータとしては、外気温度等が比較的似通っている2年間 (昭和58年3月~59年12月) を選定した (Table 4, 5)。

改修前の各熱源機器実績値は、Table 6, 7, 8, に示す。

§4. 計算結果

§3で述べた計算手法によって、まず改修前2年間のデータに基づき、外気冷房省エネルギー量を算出した。その結果をTable 9に示す。

なお、Table 9による省エネルギー量から求めた熱源機器の削減相当時間数をTable 10・1,2に示す。

ゆえに重油削減量は中間期外気冷房を行ったとすると、2年間に合計98,300ℓ削減できることになる。すなわち、98,300ℓ/164,500ℓ=0.597→60%の省エネルギー化が図れる。

§5. 改修後の実測値

改修後の省エネルギー効果を調べるために、外気温度、冷凍機、ボイラー稼働時間等の測定結果をTable 5, 11, 12, 13, に示す。

それらからの実績稼働測定値より、下記のようなことがいえる。

5-1 外気最高温度測定値

改修後の外気温度はTable 5に示すように、全般的に

高めの温度が測定されている。これは改修後の期間は暖冬の傾向があったためである。ただし、外気冷房が最も期待できる5～6月、9～10月の外気温度は改修後の方が低く、総体的にみると削減効果が計算値より増す傾向がある。

5-2 重油実績消費量

改修効果が顕著に現れている時期は10月、5月であり、重油使用実績がほとんどない。

9月前半と6月後半は改修前と比較して、あまり変化がない。このことは両者とも外気温度が比較的高く、外気冷房効果がすくないことによる (Table 8, 13)。

5-3 冷凍機、ボイラー稼働時間

両者とも、傾向は重油実績消費量で述べたことと同じである (Table 11, 12)。

§6. 外気冷房の効果

改修前後の気象条件、建物使用状態は一日として同一

Table 4 中間期冷房時の外気最高温度(改修前)

単位:℃

DATE	54:09	54:10	54:11	54:12	55:03	55:04	55:05	55:06	55:09	55:10	55:11	55:12	56:03	56:04	56:05	55:06
1	20.3	27.0	5.0	0.9	10.1	19.5	16.4	20.3	25.7	18.9	0.0	-0.8	6.1	8.5	22.9	19.8
2	24.6	26.0	7.6	1.7	7.5	10.0	17.2	22.7	22.3	15.8	1.5	0.0	3.5	13.9	24.0	22.0
3	26.8	19.5	8.5	0.5	7.9	9.9	20.5	21.9	25.0	15.2	0.3	7.9	5.7	13.3	23.1	21.3
4	24.2	19.9	9.5	-0.3	7.2	13.1	20.4	22.3	24.0	16.5	-2.0	3.0	6.3	12.9	19.5	19.0
5	25.2	20.5	13.4	7.1	4.2	17.0	24.0	24.0	26.5	17.9	5.1	-3.7	6.9	11.7	17.5	26.2
6	25.6	14.7	11.0	5.1	3.3	21.3	18.1	22.1	27.2	19.9	5.1	-2.2	5.7	15.0	14.6	24.5
7	26.5	14.0	8.7	4.6	9.7	21.4	16.8	22.9	28.1	21.6	6.9	-1.4	6.4	13.6	12.1	19.8
8	26.6	20.3	6.5	1.1	6.1	22.3	12.3	26.5	24.1	23.4	2.9	-2.2	9.2	13.7	21.6	25.4
9	23.8	18.7	4.0	0.6	11.2	16.0	17.2	26.6	23.0	19.5	0.6	-1.9	7.6	12.0	24.5	24.3
10	22.8	19.5	1.4	1.7	10.6	11.3	17.1	27.0	21.9	18.0	2.7	-1.7	8.4	15.6	23.8	22.3
11	23.3	19.1	-1.1	-0.9	5.2	12.0	24.7	25.5	23.1	22.1	4.1	-2.0	6.4	18.1	18.1	19.0
12	22.4	17.3	-3.6	-1.8	5.8	11.0	19.6	22.3	23.0	20.4	9.2	1.1	9.4	18.5	17.1	20.3
13	23.9	16.2	-0.1	-2.6	8.0	17.3	20.6	22.2	24.2	20.3	2.0	-1.0	8.2	16.4	19.9	20.9
14	24.7	14.8	-0.1	-2.4	5.8	7.6	24.9	15.1	25.5	19.6	0.2	-1.9	9.9	12.4	19.1	20.1
15	27.3	12.7	0.7	-3.6	7.9	15.1	27.2	23.5	23.6	17.6	4.0	-1.5	10.6	13.7	21.6	20.3
16	19.1	15.6	3.7	-0.8	8.2	9.7	26.3	27.7	22.9	14.5	5.7	-4.3	5.4	8.8	18.3	23.9
17	19.2	15.7	6.3	-1.5	8.2	11.3	17.9	26.1	22.8	19.9	1.7	-5.4	6.6	12.0	13.1	24.5
18	21.1	14.6	8.5	-1.9	6.8	15.8	13.7	27.6	18.6	18.7	1.7	-3.0	10.6	13.2	19.5	26.2
19	25.9	23.7	6.3	-1.9	14.7	16.0	20.2	29.4	21.0	20.7	2.2	-3.0	13.9	9.8	19.7	19.0
20	21.1	23.1	4.1	6.5	11.0	20.8	17.7	21.0	16.5	18.8	7.1	-3.5	14.1	13.1	19.1	24.1
21	22.1	21.1	1.8	4.9	0.3	12.7	24.8	17.0	24.3	17.3	5.0	-6.1	15.1	13.3	21.2	23.1
22	27.1	15.9	0.4	7.7	2.2	13.1	24.7	24.4	16.5	14.9	7.1	-5.8	14.1	14.4	19.5	23.8
23	27.1	15.4	7.8	4.6	5.9	17.3	24.8	25.8	16.5	14.6	5.5	-3.8	12.9	19.1	23.2	29.3
24	18.3	14.7	4.1	-0.7	4.9	14.8	26.0	27.4	15.5	12.1	7.3	-1.2	10.6	20.3	18.7	25.6
25	18.2	17.5	3.6	-0.5	7.8	12.9	25.5	27.9	13.3	18.8	7.4	0.6	12.7	15.6	19.2	24.0
26	19.3	17.8	8.2	-3.4	10.0	14.4	24.2	25.7	11.9	16.1	1.4	-4.3	13.2	14.7	23.8	24.2
27	23.2	17.0	2.6	-2.2	10.1	14.8	26.3	29.1	14.3	10.9		-5.5	9.4	20.8	22.4	26.4
28	14.8	15.6	3.8	-2.2	11.6	19.4	26.3	31.0	15.6	13.5		-6.7	9.5	18.5	24.8	
29	19.9	17.0	8.9	-1.9	13.6	16.7	26.5	25.8	15.6	14.0		-7.8	12.2	19.2	25.8	
30	20.3	15.8	1.6	-2.9	14.5	13.4	26.8	20.0	19.2	11.5		-3.4	9.4	19.8	25.6	
31		12.1		-1.1	17.7		24.4			9.2		-5.2	8.9		19.5	
AVE.	22.8	17.8	4.8	0.5	8.3	14.9	21.7	24.4	21.1	17.2	3.6	-2.5	9.3	14.7	20.4	22.9

条件ではないが、2年間の長期に亘っての測定結果であるので、外乱の変動は不規則のようにみえるが、全般的な傾向は正規分布的頻度で出現しているといえる*1。

このことをふまえて、計算で得た結果と実績値を比較検討する。

6-1 外気冷房による重油削減量

§3で計画した室内温度に基づいて、中間期の外気冷房を行い、改修後の重油実績消費量 (Table 13) から、2年間の総削減量として、93,846ℓ (164,523ℓ - 70,677ℓ) の成果を挙げることができた。これにより外気冷房を採用すると約57%の省エネルギーを図ることができた。

なお、計画値とはおよそ3%の差が発生したが、期待通りの成果が得られた。

外気冷房対象期間の外気温度は改修後の方が高いのに計算値通りの削減を図ることができたのは、前述のように5～6月上旬及び9月下旬～10月にかけて外気温度が低いことにもよるほか、全熱交換器部分の切り替え作

業が比較的スムーズに行えたことによる。

また、削減重油料金としては昭和54年～55年が8,325,000円 (164,523ℓ) であり、昭和58年～59年が4,594,000円 (70,677ℓ) となった。すなわち、2年間の省エネルギー額はおよそ370万円となった。

重油相当削減量の計算値 Table 9 と実績値 Table 13 では多少の差が生じている。その原因は中間期外気温度の日最高温度の日別単純平均値で比較すると、Table 4, 5 より改修前は17.5℃ (昭和54年, 55年10月の平均)、21.1℃ (昭和54年, 55年5月の平均) に対して、16.7℃ (昭和58年, 59年10月の平均)、19.8℃ (昭和58年, 59年5月の平均) と全体的に外気最高温度が低いことが主な点と考えられる。

6-2 補機類の動力削減量

動力の削減量については、補機類を含めて個別電力計が設置されていないので、判定が困難であった。ただし、冷凍機類 (所要動力85kw) の相当稼動時間削減量は Table 10・1, 2 よりおよそ30,300kwh になり、改修後

Table 5 中間期冷房時の外気最高温度(改修後)

単位:℃

DATE	58:03	58:04	58:05	58:06	58:09	58:10	58:11	58:12	59:03	59:04	59:05	59:06	59:09	59:10	59:11	59:12
1	10.0	6.0	19.8	14.3	25.3	20.5	12.0	12.2	2.0	15.7	8.0	21.6	28.1	20.5	10.3	7.0
2	9.2	11.7	17.3	23.9	26.6	21.5	11.4	10.1	2.1	4.5	15.0	24.0	29.5	20.2	11.5	8.0
3	10.9	9.8	19.0	24.0	27.8	21.3	14.0	10.0	5.0	9.5	17.0	22.1	29.8	26.1	10.1	8.0
4	7.0	14.0	21.2	21.0	27.4	23.1	11.8	6.0	2.9	4.0	17.5	19.2	29.6	24.0	11.9	8.0
5	6.7	12.9	21.5	20.0	28.0	22.3	10.5	5.0	2.9	14.2	18.0	20.1	26.5	25.0	14.3	12.0
6	6.4	17.0	13.9	20.0	27.5	19.5	9.2	7.0	3.0	14.9	12.4	23.0	22.0	18.0	14.5	8.8
7	4.3	15.5	22.0	22.5	28.8	18.3	8.9	5.5	3.3	8.5	19.0	24.0	22.9	10.5	14.6	3.0
8	1.8	14.2	20.0	22.9	23.2	15.7	9.9	6.0	1.5	6.0	20.0	25.1	18.3	11.0	15.5	6.0
9	6.3	13.9	18.9	24.5	22.3	23.2	9.8	7.8	5.0	8.2	22.0	19.3	19.6	11.0	15.0	6.8
10	5.0	13.9	18.9	22.3	24.2	21.6	10.3	8.1	0.8	11.1	25.0	20.4	26.5	12.3	15.6	8.3
11	7.4	20.8	22.0	21.3	22.9	22.0	11.2	10.4	0.8	10.3	15.8	21.1	24.0	10.5	18.0	9.0
12	6.4	19.9	20.2	19.4	29.3	22.3	14.0	4.0	5.2	13.0	21.5		22.1	11.1	14.3	13.1
13	7.0	19.8	22.8	20.1	26.3	20.0	11.0	5.8	5.0	12.0	26.0	19.3	21.8	20.0	9.0	9.5
14	6.2	16.6	25.0	24.2	24.0	18.7	8.5	9.5	0.5	11.9	21.7	22.9	23.0	21.5	8.5	13.8
15	5.9	17.2	20.8	27.8	23.0	16.2	8.4	8.5	2.8	11.9	18.1	24.1	19.0	17.9	9.2	7.0
16	8.2	13.0	21.0	21.2	22.9	15.0	9.0	3.3	2.3	13.1	16.0	22.5	19.5	14.0	9.5	4.3
17	11.9	13.8	22.0	19.0	22.3	16.2	9.8	3.5	6.3	18.5	16.5	23.4	20.4	15.0	12.8	3.0
18	12.0	15.3	18.3	17.8	28.5	15.3	9.5	0.0	4.1	20.1	15.9	26.3	21.3	16.9	11.0	8.0
19	8.0	16.8	22.1	24.1	19.9	16.3	10.0	0.8	4.0	14.0	15.8	27.2	17.0	14.8	6.4	4.3
20	10.0	23.4	21.6	20.7	20.5	15.8	10.0	1.0	4.6	14.9	15.1	21.0	20.8	15.2	6.4	4.5
21	8.5	17.0	22.8	26.3	21.7	15.8	9.5	4.0	3.2	11.1	15.5	21.0	20.7	13.4	4.0	7.5
22	13.5	18.7	25.2	27.0	24.3	16.2	9.4	5.0	2.5	8.4	17.0	21.5	18.4	13.6	8.0	7.0
23	13.1	18.9	22.0	23.0	18.4	15.3	7.8	8.0	3.5	10.0	16.0	20.1	16.7	14.0	10.5	2.0
24	10.0	21.8	20.0	21.1	17.3	10.8	10.5	2.5	7.2	15.3	18.0	19.8	19.0	16.2	14.0	1.0
25	7.0	21.3	18.2	25.3	20.8	11.2	10.5	0.0	8.8	16.0	20.8	21.8	20.0	17.5	11.4	0.8
26	8.7	23.4	15.8	20.6	19.5	11.2	10.6	0.6	17.2	15.0	26.0		19.2	16.2	6.4	1.0
27	5.1	22.0	19.0	20.3	18.6	15.1	10.5	1.4	9.4	17.0	22.0		16.3	17.3	9.2	2.4
28	11.4	21.8	20.3	20.9	17.5	14.1	8.8	1.6	1.2	17.0	21.6	23.2	18.0	14.4	7.5	2.2
29	11.2	24.0	20.5	23.4	18.0	14.3	9.5		9.2	12.6	22.5	19.0	19.8	14.0	7.0	1.5
30	6.0		25.0	22.5	18.2	13.9	9.8	2.7	12.2	12.4	21.8	22.0	22.0	14.0	8.0	0.4
31	8.0		24.2			13.0					25.9			10.9		2.0
AVE.	8.2	17.0	20.7	22.0	23.2	17.3	10.2	5.2	4.6	12.4	18.8	21.2	21.7	16.0	10.8	5.8

Table 6 中間期冷房時のボイラー実績稼働時間(改修前)

単位:時間

DATE	54:09	54:10	54:11	54:12	55:03	55:04	55:05	55:06	55:09	55:10	55:11	55:12	56:03	56:04	56:05	55:06
1	7.50	7.83	7.00				4.08	5.42	7.00							
2	7.25	2.08	5.25					4.58	3.92	2.00						
3	8.58	4.25	3.50				7.70	7.08	4.42	2.50					4.58	
4		6.58	3.00				2.88	6.42	6.08	2.00					2.42	
5	8.42	7.25	5.33				6.83	6.25	5.75	3.00						
6	7.50	6.50	8.17				3.33	6.42	6.42	2.42						2.33
7	7.83		3.58				2.00	7.00	7.00	2.75						6.75
8	8.08	6.08	1.50					5.42	3.25	4.67						3.83
9	8.08	4.00					3.08	4.42		2.58					3.17	
10	6.92	3.42						3.92	3.50	4.00						
11		6.00	6.25			3.00	6.75	3.42	6.42	3.83						
12	7.75	3.17	3.00			1.83	5.58	7.17	7.58	4.50						3.25
13	7.42	2.50						6.00	7.08	3.08						3.92
14	8.33	5.92					6.83	6.50	6.33					4.00		5.25
15	8.08	3.25					4.08	7.42	7.00							2.67
16	6.58						2.83	6.58	6.67						1.75	
17	6.67						3.00		5.67	3.50						5.92
18		2.00					2.08	4.25	6.58	2.58					2.33	3.25
19	8.25						6.00	6.50	6.42							
20	5.33	5.17						1.50	5.42							2.25
21	6.58	7.33					3.83	4.67	7.00							3.92
22	7.92	4.50					5.17	9.75	5.75							2.33
23	8.00	4.00				3.08	2.50	3.08	3.00							
24	6.58						6.00	3.83	2.50							3.17
25	6.75	2.67					7.17	7.75		2.17						
26	5.83	3.00					4.83	6.92								5.75
27	5.83	3.50						7.50							2.50	6.58
28	2.00	2.50				2.17	3.92	7.58	2.00							
29	5.92	2.50				3.17	3.00									
30	7.00	1.58					6.92	6.50	1.62							
31		3.08						3.92							3.58	
TOTAL	190.98	110.66	46.58	0.00	0.00	13.25	118.23	159.93	134.38	45.58	0.00	0.00	0.00	0.00	24.33	61.17

Table 7 中間期冷房時の冷凍機実績稼働時間(改修前)

単位:時間

DATE	54:09	54:10	54:11	54:12	55:03	55:04	55:05	55:06	55:09	55:10	55:11	55:12	56:03	56:04	56:05	55:06
1	7.08	7.00	2.50				4.08	5.42	7.00							
2	6.58	1.67	3.25					4.58	3.92	1.42						
3	8.25	3.83	3.00				7.67	7.08	4.42	2.00					4.17	
4		5.33	3.00				2.88	6.42	6.08	1.50					2.25	
5	8.00	6.83	4.83				6.83	6.25	5.75	2.50						
6	7.17	5.25	3.58				3.33	6.42	6.42	2.00						1.83
7	7.50		1.83				2.00	7.00	7.00	2.00						4.08
8	7.58	5.50	1.00					5.42	3.25	4.08						3.67
9	7.33	3.33					3.08	4.42		2.17					3.00	
10	6.33	3.42						3.92	3.50	3.50						
11		3.50	5.67			3.00	6.75	3.42	6.42	3.33						
12	7.08	2.67	2.58			1.83	5.58	7.17	7.58	4.00						2.75
13	8.92	1.42				3.00		6.00	7.08	2.42						3.75
14	8.00	5.33					6.83	6.50	6.33						3.92	4.75
15	7.67	2.67					4.08	7.42	7.00							2.00
16	6.00						2.83	6.58	6.17						1.25	
17	6.25						3.00		5.33	3.00						5.33
18		2.00					2.08	4.25	6.33	2.00					1.75	3.08
19	7.67						6.00	6.50	6.58							
20	4.83	4.92						1.50	4.75							1.75
21	6.00	6.25					3.83	4.67	6.50							3.42
22	7.17	4.00					5.17	9.75	5.00							1.83
23	7.58					3.08	2.50	3.08	2.67							
24	6.08						6.00	3.83	1.92							2.58
25	6.58	2.17					7.17	7.75		1.67						
26	5.17	3.00					4.83	6.92								5.17
27	5.50	3.33						7.50							2.33	3.75
28	1.75	1.92				2.17	3.92	7.58	1.33							
29	5.50	2.33				3.17	3.00									
30	6.58	1.08					6.92	6.50	1.42							
31		2.42						3.92							2.92	
TOTAL	180.15	91.17	31.24	0.00	0.00	16.25	118.20	159.93	129.75	37.59	0.00	0.00	0.00	0.00	21.59	49.74

Table 8 中間期冷房時の重油実績使用量(改修前)

単位: ℓ

DATE	54:09	54:10	54:11	54:12	55:03	55:04	55:05	55:06	55:09	55:10	55:11	55:12	56:03	56:04	56:05	55:06
1	1212	1596	418				935	1115	1475							
2	1397	479	618					962	699	420						
3	1851	811	493				1040	1581	861	305					773	
4		1159	321				547	1211	1118	354					347	
5	1780	968	973				1007	1246	1543	427						
6	1362	930	585				569	1334	1472	412						735
7	1616		537				351	1373	1462	444						899
8	1714	935	221					1242	638	734						712
9	1436	581					757	1021		340					560	
10	1303	697					619		936	509						
11		582	1123			835	1050	818	997	669						
12	1273	396	381			232	877	1540	1730	651						630
13	1187	417						1344	1171	453						805
14	1321	847					1136	1411	1200					695		790
15	1818	565					958	1593	1136							572
16	1067						533	1516	1224						320	
17	1004						593		1001	675						920
18		478					467	1043	758	411					316	604
19	1649						855	1227	455							
20	845	887						394	969							423
21	1182	1110					709	972	935							733
22	1651	602					1015	1809	835							476
23	1748					528	592	509	376							
24	1154						1313	921	354							502
25	940	558					1351	1834		412						
26	1046	357					1130	1611								1255
27	1111	552						1758							619	1077
28	421	424				426	825	1679	483							
29	1081	385				384	697									
30	1452	302					1430	1098	465							
31		485					1010								924	
TOTAL	35621	17103	5670	0	0	2405	22366	34162	24293	7216	0	0	0	0	4554	11133

Table 9 中間期冷房時の重油削減量(計算値)

単位: ℓ

DATE	54:09	54:10	54:11	54:12	55:03	55:04	55:05	55:06	55:09	55:10	55:11	55:12	56:03	56:04	56:05	55:06
1	590	1596	418				561	543	1475							
2	269	479	582					308	254	259						
3	1851	327	444				359	591	861	200					159	
4		456	274				208	440	277	202					140	
5	1780	334	672				145	309	1543	218						
6	1362	623	466				287	492	1472	162						144
7	1616		481				198	433	1462	123						449
8	1714	358	217					1242	156	146						712
9	363	265					419	1021		137					51	
10	414	281					344		350	258						
11		260	1123			628	90	818	309	177						
12	459	218	381			185	352	560	541	248						307
13	297	252						492	284	173						353
14	251	565					92	1077	1200						310	389
15	1818	429					958	415	293							278
16	587						533	1516	386						160	
17	550						302		318	265						180
18		321					334	1043	427	188					127	604
19	1649						330	1227	198							
20	366	183						172	655							104
21	436	366					59	644	224							227
22	1651	369					87	429	564							120
23	1748					264	49	509	254							
24	696						1313	921	257							502
25	570	290					1351	1834		187						
26	570	183					156	1611								304
27	342	309						1758							159	1077
28	325	263				165	825	1679	350							
29	537	215				198	697									
30	707	186					1430	543	255							
31		389					135								373	
TOTAL	23520	9518	5058	0	0	1439	11615	22628	14367	2943	0	0	0	0	1480	5751

Table 10・1 省エネルギー量予想と運転時間

	54年 9月	10	11	12	55年 3月	4	5	6	計
重油(ℓ)	23,520	9,518	5,058	0	0	1,439	11,615	22,628	73,778
冷凍機稼動時間(h)	86	34	19	0	0	5	42	83	269
ボイラー稼動時間(h)	76	31	16	0	0	5	37	73	238

Table 10・2 省エネルギー量予想と運転時間

	55年 9月	10	11	12	56年 3月	4	5	6	計
重油(ℓ)	14,367	2,943	0	0	0	0	1,480	5,751	24,541
冷凍機稼動時間(h)	52	11	0	0	0	0	4	21	88
ボイラー稼動時間(h)	46	9	0	0	0	0	5	19	79

Table 11 ボイラー実績稼動時間(改修後)

単位：時間

DATE	58:03	58:04	58:05	58:06	58:09	58:10	58:11	58:12	59:03	59:04	59:05	59:06	59:09	59:10	59:11	59:12
1				2.67	7.75							3.00	9.00	1.67		
2				4.08	8.00	1.25						4.00	9.08	2.33		
3					8.42							4.33	8.75	6.83		
4				3.83	8.80							3.33				
5			2.83	2.50	8.00	3.25						5.00	8.33			
6												4.33	8.16			
7					7.50							2.50	7.83			
8			4.83		3.08							3.00	7.58			
9					6.00	2.58						0.75	5.25			
10				5.16	6.58	4.16						3.42	8.25			
11					7.33							2.00				
12				2.91	8.08								5.16			
13			2.08									2.16	5.42			
14			3.33									3.67	1.50			
15			1.83	2.50								5.08	5.00			
16					2.50							3.33	6.50			
17					2.25							3.75	5.42			
18					6.25							4.16				
19				4.75	1.92								2.16			
20			3.00									3.08	6.33			
21					1.33							4.50				
22			6.16	2.83	3.50								1.50			
23				2.50	3.58							2.42	5.00			
24					1.67							4.67	4.50			
25				5.25	5.33							2.83	2.50			
26				5.75									1.75			
27													4.42			
28												1.83	3.42			
29		6.50	2.00									2.00	3.08			
30			2.16								3.58	2.58	7.08			
31			2.50													
TOTAL	0.00	6.50	30.72	44.73	107.87	11.24	0.00	0.00	0.00	0.00	3.58	81.72	142.97	10.83	0.00	0.00

Table 12 冷凍機実績稼動時間(改修後)

単位:時間

DATE	58:03	58:04	58:05	58:06	58:09	58:10	58:11	58:12	59:03	59:04	59:05	59:06	59:09	59:10	59:11	59:12
1				2.00	7.33							2.16	8.58	1.42		
2					7.50	0.83						3.58	8.67	2.00		
3				3.42	7.91							3.83	8.42	6.58		
4				3.58	8.42							2.91				
5			2.16	2.25	7.50	3.25						2.25	8.00			
6												3.33	7.83			
7					6.83							1.91	7.50			
8			4.50		2.42							2.75	7.16			
9					5.50	2.16						0.75	4.75			
10				4.75	6.08	4.16						3.00	7.91			
11					7.08							1.75				
12				2.50	7.67								4.67			
13			1.58									1.67	5.08			
14			3.00									3.25	1.42			
15			1.50	2.16								5.08	4.33			
16					2.00							2.83	6.00			
17					1.83							3.50	5.00			
18					5.91							3.83				
19				4.16	1.50								2.00			
20			2.50									2.75	6.00			
21					1.00							4.33				
22			5.67	2.67	3.08								1.16			
23				2.25	3.08							2.00	4.50			
24					1.08							4.16	4.50			
25				4.75	4.75							2.33	2.00			
26				5.08									1.16			
27													3.75			
28												1.33	3.33			
29		6.50	1.75									1.58	2.58			
30			1.83								3.33	2.25	6.83			
31			1.42													
TOTAL	0.00	6.50	25.91	39.57	98.47	10.40	0.00	0.00	0.00	0.00	3.33	69.11	133.13	10.00	0.00	0.00

Table 13 中間期冷房時の重油実績使用量(改修後)

単位:ℓ/h

DATE	58:03	58:04	58:05	58:06	58:09	58:10	58:11	58:12	59:03	59:04	59:05	59:06	59:09	59:10	59:11	59:12
1				510	1405							349	1444	278		
2				716	1367	285						682	1560	196		
3				604	1769							839	1413	892		
4				627	1859							487				
5			374	577	1498	3						384	1320			
6				11								478	1035			
7					1227							501	1025			
8			596	146	670							543	879			
9					1032	380						355	875			
10				814	1333	545						541	1188			
11					1152							439				
12				196	1664								694			
13			400	283								463	759			
14			496									600	398			
15			330	544								926	616			
16					396							517	851			
17					390							855	724			
18					151	392						992				
19					680	327							375			
20			440									732	638			
21					286							659				
22			917	483	583								295			
23				347	503							514	566			
24				129	259							592	626			
25				885	840							570	366			
26				798									395			
27													469			
28					120							329	481			
29		669	431									326	492			
30			367								725	423	799			
31			402													
TOTAL	0	669	4753	8621	18952	1213	0	0	0	0	725	14096	20283	1366	0	0

2年間のランニングコスト削減額として、およそ445万円見込めたことになる。

改修工事に投資した400万円に対して約1.8年で投資回収できるので、中間期外気冷房の効果が現われたといえる。ただし、重油価格が改修工事後で1.5倍程度上昇した。しかし、価格が一定だとしても $1.5 \times 1.8 \text{年} \rightarrow 2.7 \text{年}$ で投資額以上の省エネルギー効果がある。

§7. おわりに

営業中の店舗において、中間期外気冷房設備改修工事の計画に当たり、外乱、建物用途、管理面の比較対象を量的に定義づける作業を行う過程において、運転管理面からみつめ直し、ビル管理者と打ち合せを行ったところ、建主側の並々な省エネルギー化への熱意が感じられた。また、計算結果の欄でも述べたように重油相当削減量（計算値）通りの省エネルギー化（およそ57%）が達成できたことは、単に機械的改修もさることながら、省エネルギー化の意識がビル管理者に芽生えた点でも、当改修工事は大いにメリットが現れたと評価できる。

来客者等による影響については次の機会に客数等をパラメーターとした使用エネルギー量としてとらえて検討を加え、さらに動的熱負荷解析と実営業建物の接点に付いても検討を加える予定である。

最後に、管理日誌、管理内容等の貴重な資料を公開していただいた駅ビル管理室に深く感謝する次第である。

参考文献

1. *1「モンテカルロ法による熱負荷計算のための気象データの研究」早川著
2. 空気調和・衛生工学便覧 第10版