

## LCEMツール活用事例

### 0.1 目的

本資料は、計画、設計、施工、運用管理段階における LCEM ツールの活用事例をとりまとめたものである。  
ガイドラインに基づき LCEM を実施する際の参考とする。

※LCEMツールの基本的な操作方法についてはLCEMツール付属の操作説明書を確認すること。

※本資料はエネルギーマネジメントに着目して例示したものである。各検討については、コスト、建物の状況等の諸条件を考慮することが必要である。

※LCEM ツールはここで紹介する検討例以外にも、さまざまな検討に用いることが可能である。各段階に応じて、幅広く活用することを期待する。

※ここ紹介する活用事例は、既存施設をモデル建物として検証しているため、省エネルギー効果が見込める技術であっても、予算等の条件により採用されていない技術がある。

## 0.2 検討例

表 各段階における検討例

| 分類                  | NO    | 検討内容                            | LCEMツールによる効果試算方法                              |
|---------------------|-------|---------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1. 計画<br><br>(基本設計) | 1 - 1 | 空調システムの年間一次エネルギー消費量の算出          | システムを構築する。                                    |
|                     | 1 - 2 | 高効率機と標準機の比較                     | 熱源機器を変更する。                                    |
|                     | 1 - 3 | 熱源台数分割の検討                       | 熱源台数を変更し、各システムを構築する。                          |
|                     | 1 - 4 | 冷却水・冷温水の変流量制御方式の検討              | 冷却水・冷温水の変流量制御方式を変更する。                         |
|                     | 1 - 5 | 空調機ファンの変風量制御方式の検討               | 変風量ユニットを用いる。                                  |
| 2. 実施設計             | 2 - 1 | 実施設計時の空調システムの年間一次エネルギー消費量の算出    | システムを構築し、企画段階の算出結果と比較する。                      |
| 3. 施工・試運転調整         | 3 - 1 | 施工時の空調システムの年間一次エネルギー消費量の算出      | システムを構築し、実施設計段階の算出結果と比較する。                    |
|                     | 3 - 2 | 試運転調整時のエネルギー性能確認                | 試運転調整時の負荷・外気条件において、設計時の性能確保ができていないか確認(時刻別に算出) |
| 4. 運用管理             | 4 - 1 | 運用管理時の空調システムの年間一次エネルギー消費量の算出・監視 | 施工時の算出結果と比較する。                                |
|                     | 4 - 2 | 冷却水下限温度設定の適正化                   | 設定を変更する。                                      |
|                     | 4 - 3 | 熱源機器のハンチング運転の抽出                 | 部分負荷時の運転状態を確認する。                              |

### 0.3 モデル建物

以下に示す庁舎を用いて、LCEMツールの活用事例をとりまとめている。

|          |      |                        |
|----------|------|------------------------|
| モデル建物の概要 | 名 称  | K庁舎                    |
|          | 所在地  | 神奈川県                   |
|          | 延床面積 | 約 5,000 m <sup>2</sup> |
|          | 階 数  | 地上3階                   |
|          | 用 途  | 事務所                    |
|          | 設 計  | 2003 年                 |
|          | 竣 工  | 2004 年                 |
|          | 空調熱源 | 直だき吸収冷温水機(ガス13A)       |
|          | 空調方式 | 全空気方式(空調機3台×3フロア=9台)   |

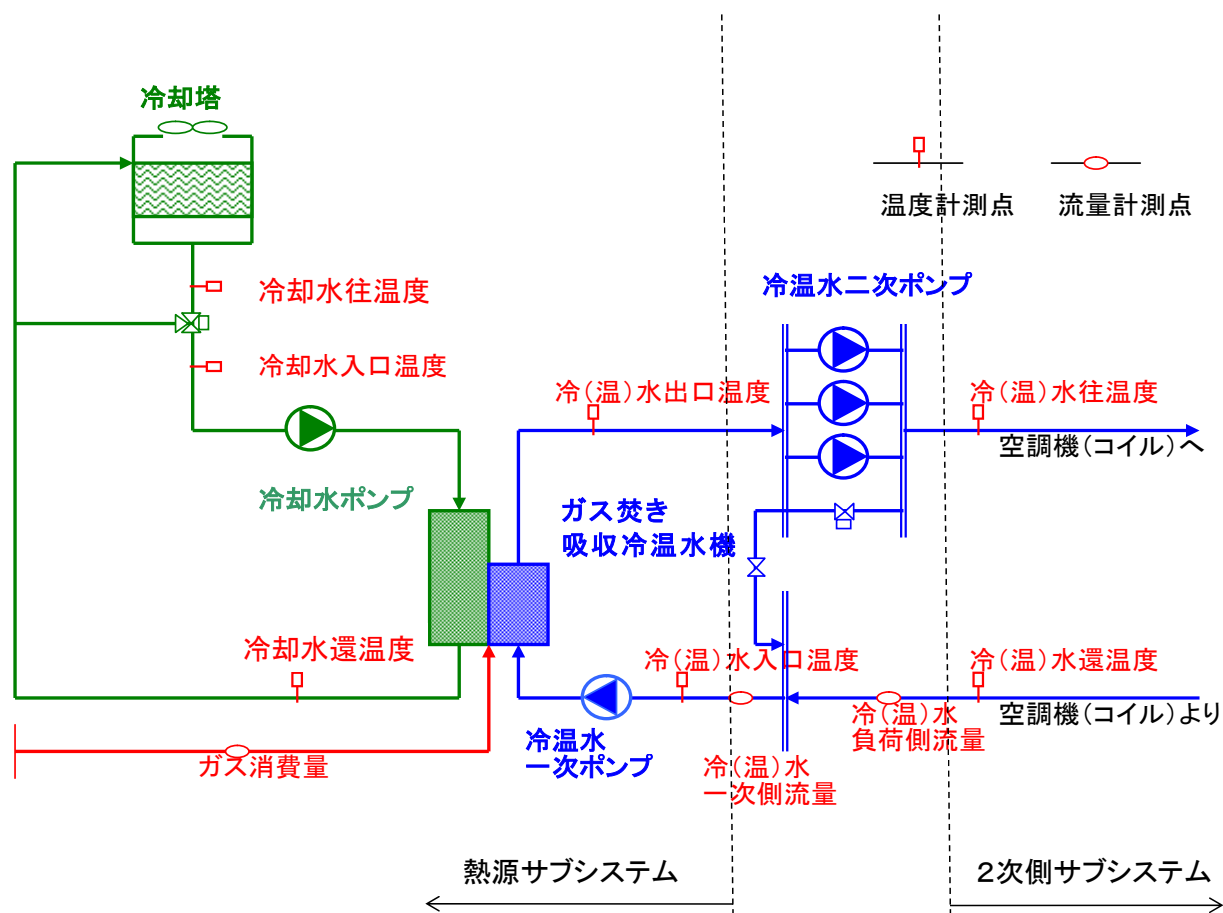


図 0-1 モデル建物(K庁舎)の空調システム図

LCEMツールの構築イメージを図0-2～0-4に示す。

 : 各オブジェクトを示す

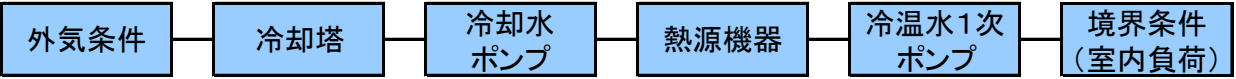


図 0-2 熱源サブシステムの構築イメージ



図 0-3 2次側サブシステムの構築イメージ

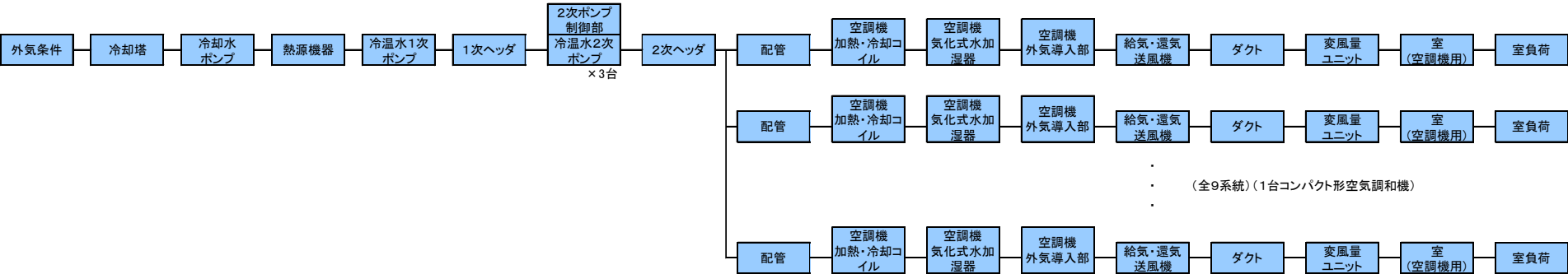


図 0-4 全体システムの構築イメージ

#### 0. 4 一次エネルギー消費原単位

以下の一次エネルギー消費原単位を用いている。

| エネルギー種別  | 単位                      | 一次エネルギー消費原単位 | 備考             |
|----------|-------------------------|--------------|----------------|
| 都市ガス 13A | [MJ/m <sup>3</sup> (N)] | 45.00        | ※ 1<br>(高位発熱量) |
| 電気       | [MJ/kWh]                | 9.97 (昼間)    | ※ 2            |

出典     ※1 東京ガス株式会社の供給ガス(13A)の低位発熱量(H18.2～)

          ※2 エネルギーの使用の合理化に関する法律施行規則

## 1. 企画・基本設計段階の活用例

### 1-1. 空調システムの年間一次エネルギー消費量の算出

#### (1) 目的

選定した空調システムの年間一次エネルギー消費量を把握する。

#### (2) 特徴

部分負荷時の熱源機器及びその周辺機器(冷却塔、冷却水ポンプ、冷温水一次ポンプ)のエネルギー消費特性を確認することができ、年間のエネルギー消費量を推定することができる。

#### (3) システムの構成及び計算条件

##### ○ システムの構成

機器の諸元を表 1-1-1 に示す。

表 1-1-1 基本設計時における機器表

| 機器名称                  | 機器仕様                                                                                                                                   | 電動機    |         | 台数 |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|----|
|                       |                                                                                                                                        | 電源     | 容量      |    |
| 直だき吸収冷温水機(ガス)<br>RH-1 | 冷房能力 527kW (150USRT) 加熱能力 415kW<br>冷水 入口 12℃ 出口 7℃ 1500L/min<br>温水 出口 55℃<br>冷却水 入口 32℃ 出口 37.5℃ 2550L/min<br>比例制御                     | 3φ200V | 10.5kVA | 1  |
| 冷却塔<br>CT-1           | 形式 直交流型密閉式<br>冷却能力 980kW 外気湿球温度 27℃<br>冷却水 出口 32℃ 入口 37.5℃ 2550L/min                                                                   | 3φ200V | 15kW    | 1  |
| 冷却水ポンプ<br>PCD-1       | 125φ×2550L/min × 25m                                                                                                                   | 3φ200V | 18.5kW  | 1  |
| 冷温水一次ポンプ<br>PCH-1     | 125φ×1500L/min × 20m                                                                                                                   | 3φ200V | 11kW    | 1  |
| 冷温水二次ポンプ<br>PCH-2     | 80φ×500L/min × 20m                                                                                                                     | 3φ200V | 5.5kW   | 3  |
| ユニット形空調和機<br>ACU-1    | 立形 冷却能力 58.1kW 加熱能力 58.1kW<br>風量 9,000m <sup>3</sup> /h (外気量 1,000m <sup>3</sup> /h) 機外静圧 800Pa<br>水量 167L/min コイル列数 6列 有効加湿量 10.0kg/h | 3φ200V | 5.5kW   | 9  |
| 還気用送風機                | 遠心送風機 8,000m <sup>3</sup> /h 機外静圧 350Pa                                                                                                | 3φ200V | 5.5kW   | 9  |

##### ○ 外気条件及び負荷傾向

##### ・ピーク負荷設定

以下の式により推定した。

$$\text{ピーク負荷} = \text{熱源機器容量} / (\text{経年係数} * \text{能力補償係数}) = \text{熱源機器容量} / (1.05 * 1.05)$$

※ 熱源機器容量：機器表より

※ 経年係数、能力補償係数：建築設備設計基準より

・外気条件及び部分負荷傾向

LCEMツールの「熱負荷モード」(東京エリア、M-Me)を活用した。

熱源負荷≒空調機負荷[kW]=ピーク負荷[kW]×空調機負荷率[－] (LCEM ツール付属の操作説明書参照)

空調機負荷を用いて、外気導入負荷及び室負荷を求める。

$$\text{空調機負荷[kW]} = \text{外気導入負荷[kW]} + \text{室負荷[kW]} \quad (1)$$

まず、設定した外気導入量を元に外気導入負荷を算出する。

$$\text{外気導入負荷[kW]} = \text{外気導入量[m}^3/\text{h]} \times \rho \div 3600$$

$$\times (\text{外気の比エンタルピー[kJ/kg(DA)]} - \text{室内空気の比エンタルピー[kJ/kg(DA)]}) \quad (2)$$

$$\text{比エンタルピー} = 1.006 \times t + (1.805 \times t + 2501) \times x$$

t: 乾球温度[°C]

x: 絶対湿度[kg/kg(DA)]

ρ: 空気の密度(≒1.2)[kg/m³]

算出した外気導入負荷を用いて、

$$\text{室負荷(全体)[kW]} = \text{部分負荷[kW]} - \text{外気導入負荷[kW]}$$

熱負荷モードから、室負荷を潜熱と顕熱に分ける。

$$\text{室負荷率} = \text{室顕熱負荷率} + \text{室潜熱率}$$

以上の計算を行うと、室負荷の入力データである顕熱負荷と潜熱負荷は表 1-1-2 のようになる。

表 1-1-2 熱負荷の設定

| 冷房               | ～100h | ～200h | ～300h | ～400h | ～500h | ～600h | ～700h | ～800h | ～900h | 引用元    |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 空調機負荷率<br>(室＋外気) | 76%   | 67%   | 60%   | 53%   | 42%   | 30%   | 19%   | 7%    | -14%  | 熱負荷モード |
| 熱源の負荷[kW]        | 363   | 320   | 287   | 253   | 201   | 143   | 91    | 33    | -67   |        |
| 外気乾球温度[°C]       | 30    | 29.2  | 28.6  | 27.5  | 26.3  | 24.7  | 22.9  | 21.2  | 18.8  | 熱負荷モード |
| 外気相対湿度[%]        | 61.1  | 63.3  | 63.3  | 66    | 65.5  | 66.5  | 69.7  | 73.7  | 77.5  | 熱負荷モード |
| 室負荷(全熱)          | 323   | 283   | 256   | 229   | 189   | 145   | 104   | 56    | -28   |        |
| 室顕熱負荷(1台当たり)     | 26    | 24    | 22    | 20    | 16    | 12    | 8     | 4     | 0     |        |
| 室潜熱負荷(1台当たり)     | 10    | 7     | 6     | 6     | 5     | 4     | 3     | 2     | 0     |        |
| 暖房               | ～100h | ～200h | ～300h | ～400h | ～500h | ～600h | ～700h | ～800h | ～900h | 引用元    |
| 空調機負荷率<br>(室＋外気) | 68%   | 46%   | 39%   | 34%   | 31%   | 27%   | 23%   | 16%   | 8%    | 熱負荷モード |
| 熱源の負荷[kW]        | -256  | -173  | -147  | -128  | -117  | -102  | -87   | -60   | -30   |        |
| 外気乾球温度[°C]       | 4.4   | 6.4   | 7.5   | 8.5   | 8.3   | 9.5   | 10.6  | 12.6  | 15.5  | 熱負荷モード |
| 外気相対湿度[%]        | 54.4  | 49.3  | 43    | 39.9  | 42.9  | 41.9  | 43.3  | 46.1  | 42.1  | 熱負荷モード |
| 室負荷(全熱)          | -192  | -115  | -91   | -75   | -65   | -54   | -45   | -31   | -13   |        |
| 室顕熱負荷(1台当たり)     | -20   | -12   | -10   | -8    | -7    | -5    | -5    | -3    | 0     |        |
| 室潜熱負荷(1台当たり)     | -1    | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |        |

※暖房負荷はマイナス値で扱う。(LCEM ツールの特性上)

※「～900h」については、負荷が逆転(冷房時は負、暖房時は正)となっているため、負荷はゼロとみなす。

# ○ 制御概要

補機類の制御方法を表 1-1-3 に示す。

表 1-1-3 補機類の制御方法

| 項目       | 制御方法     |
|----------|----------|
| 冷却水ポンプ   | 変流量      |
| 冷温水1次ポンプ | 定流量      |
| 冷温水2次ポンプ | 変流量・台数制御 |
| 送風機      | 変風量      |

## (4) 計算結果と考察

外気条件と空調機負荷条件を入力して、評価項目を算出した結果を図 1-1-1～1-1-3 に示す。

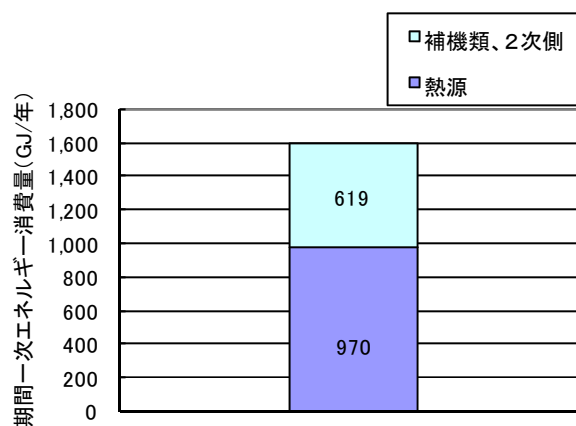


図 1-1-1 全体システムの期間一次エネルギー消費量

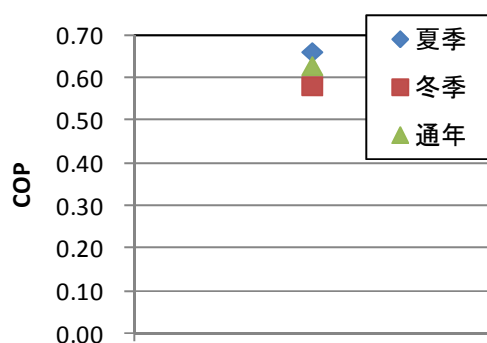


図 1-1-2 期間システム COP

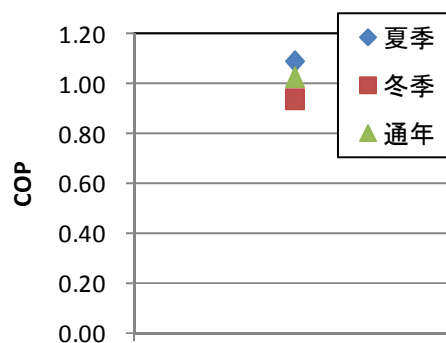


図 1-1-3 熱源機器期間 COP

## 1-2. 熱源の高効率機と標準機の比較

### (1) 目的

熱源の高効率機の導入を図ることによるエネルギー消費量削減効果の試算を行う。空調システムにおける熱源の高効率機と標準機の比較例を示す。ここでは、直だき吸収冷温水機をモデルとして、エネルギー消費特性を比較する。

### (2) 特徴

部分負荷時の熱源機器及びその周辺機器(冷却塔、冷却水ポンプ、冷温水一次ポンプ)のエネルギー消費特性を確認することができ、年間のエネルギー消費量を推定することができる。

### (3) システムの構成及び計算条件

#### ○ システムの構成

システムは1-1. と同じ。(ただし、冷温水2次ポンプと2次側サブシステムは検討に含めていない)

表 1-2-1 の通り、熱源機器を入れ換えて比較する。

表 1-2-1 熱源機器の能力

|       | 熱源定格 COP | 備考                          |
|-------|----------|-----------------------------|
| ケース 1 | 1.2      | 1-1 と同じ                     |
| ケース 2 | 1.4      | 熱源定格 COP をのぞき、1-1 と同じ       |
| ケース 3 | 1.6      | 熱源定格 COP をのぞき、1-1 と同じ(三重効用) |

#### ○ 外気条件及び負荷傾向

##### ・ピーク負荷設定

以下の式により推定した。

$$\text{ピーク負荷} = \text{熱源機器容量} / (\text{経年係数} * \text{能力補償係数}) = \text{熱源機器容量} / (1.05 * 1.05)$$

※ 熱源機器容量：機器表より

※ 経年係数、能力補償係数：建築設備設計基準より

##### ・外気条件及び部分負荷傾向

LCЕМツールの「熱負荷モード」(東京エリア、M-Me)を活用した。

$$\text{熱源の負荷[kW]} = \text{ピーク負荷[kW]} * \text{空調機負荷率[-]} \quad (\text{LCЕМ ツール付属の操作説明書参照})$$

## ○ 制御概要

### ・ 冷温水流量制御

熱源の処理熱負荷は冷温水流量及び冷温水行き還り温度差によって決まる。本検討においては、変流量制御とし以下の制御方法で行う。

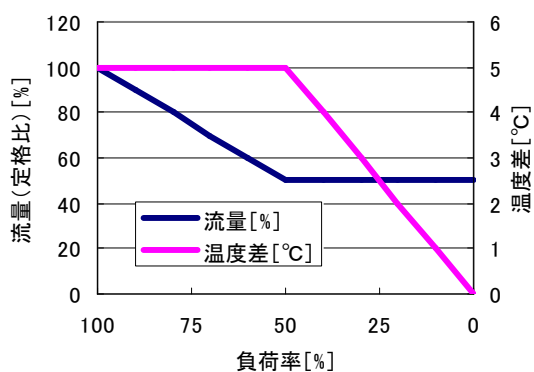
冷温水流量については定格流量の50%～100%を制御範囲とし、変流量制御が可能な範囲では、冷温水行き還り温度差を一定(5℃)とする。処理熱負荷が流量制御範囲を下回った場合は、流量を最小(50%)とし、残りの熱負荷は冷温水行き還り温度差により制御を行う(下表、下図)。ただし、三重効用の冷温水流量については、70%～100%の範囲(機器の適用域)とする。

表 1-2-2 冷温水流量および冷温水行き還り温度差の算定例

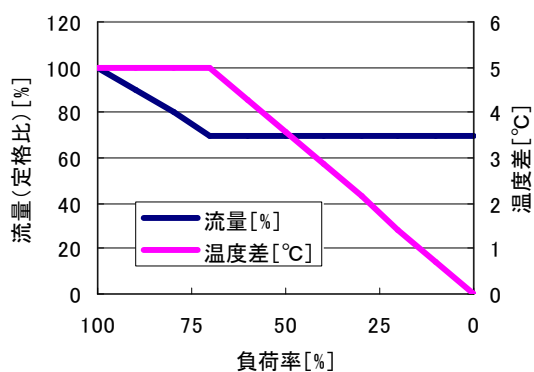
| 冷房               | ～100h | ～200h | ～300h | ～400h | ～500h | ～600h | ～700h | ～800h |                 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| 空調機負荷率<br>(室+外気) | 76%   | 67%   | 60%   | 53%   | 42%   | 30%   | 19%   | 7%    | ピーク負荷<br>(100%) |
| 負荷[kW]           | 363   | 320   | 287   | 253   | 201   | 143   | 91    | 33    | 478             |
| 冷温水流量[L/min]     | 1,040 | 917   | 821   | 750   | 750   | 750   | 750   | 750   | 1,500           |
| 温度差[℃]           | 5.0   | 5.0   | 5.0   | 4.8   | 3.8   | 2.7   | 1.7   | 0.6   |                 |

| 暖房               | ～100h | ～200h | ～300h | ～400h | ～500h | ～600h | ～700h | ～800h |                 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| 空調機負荷率<br>(室+外気) | 68%   | 46%   | 39%   | 34%   | 31%   | 27%   | 23%   | 16%   | ピーク負荷<br>(100%) |
| 負荷[kW]           | 256   | 173   | 147   | 128   | 117   | 102   | 87    | 60    | 376             |
| 冷温水流量[L/min]     | 750   | 750   | 750   | 750   | 750   | 750   | 750   | 750   | 1,500           |
| 温度差[℃]           | 4.9   | 3.3   | 2.8   | 2.4   | 2.2   | 1.9   | 1.7   | 1.1   |                 |

※「～900h」については、負荷が逆転(冷房時は負、暖房時は正)となっているため、負荷はゼロとみなす。



(ケース1・2)



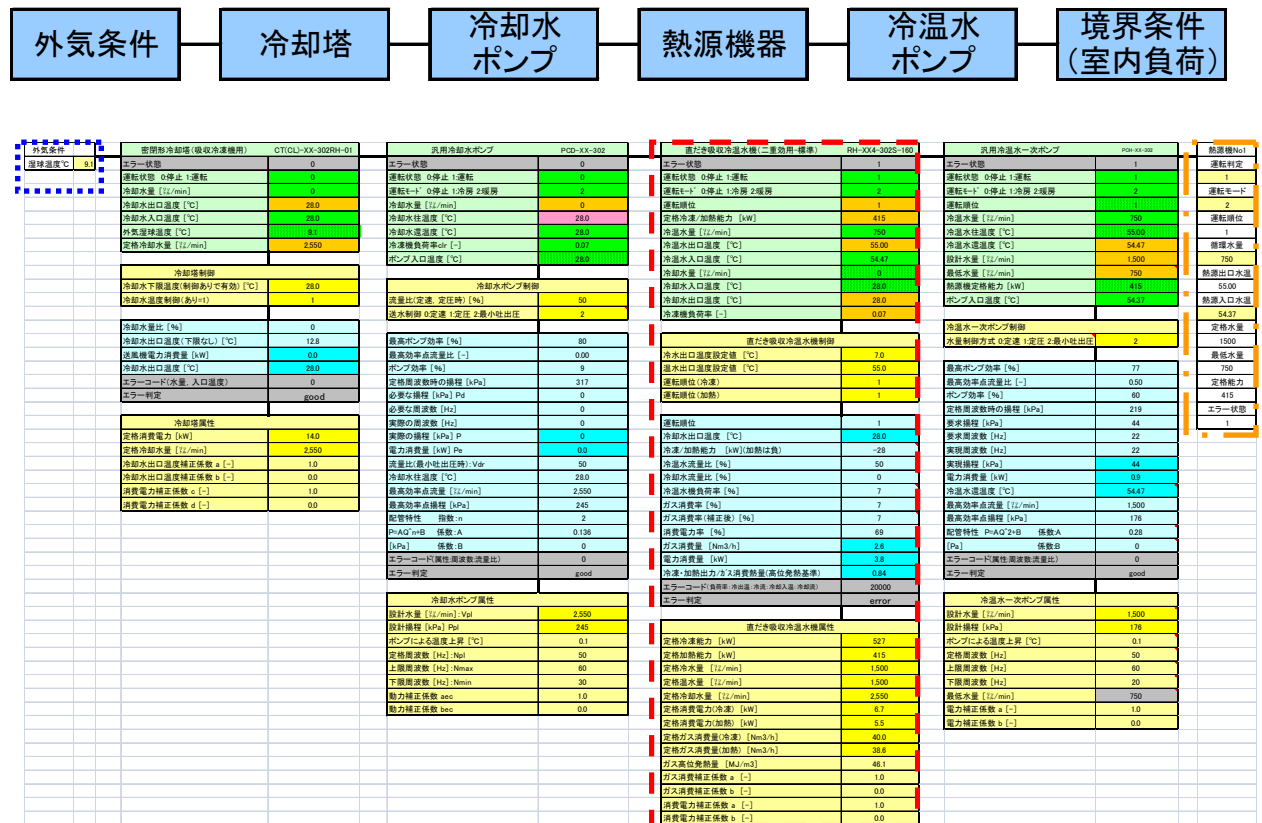
(ケース3)

図 1-2-1 冷温水流量および冷温水行き還り温度差

### ・ 冷却水変流量制御

変流量制御とする。

構築したLCEMツールを図 1-2-2 に示す。



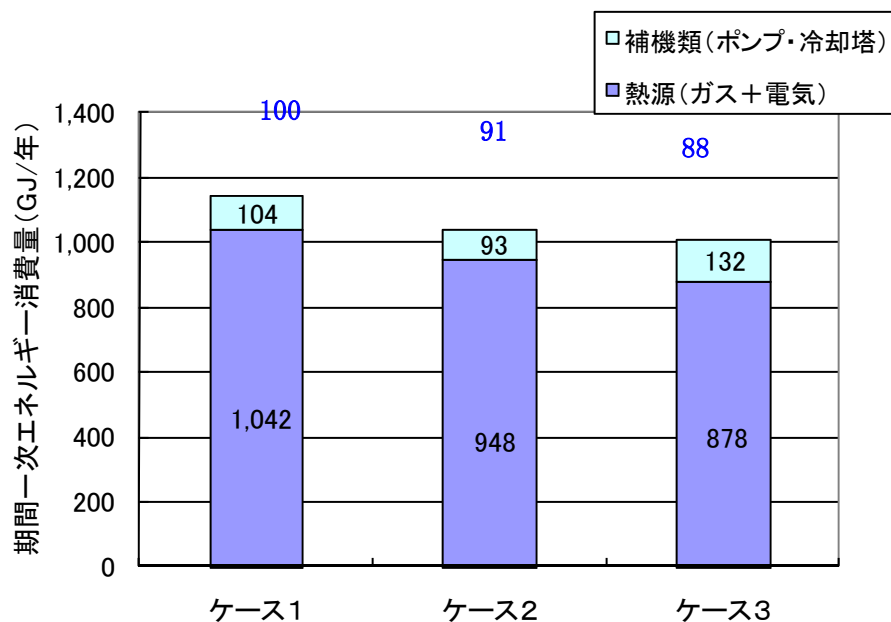
- 熱源オブジェクト入れ替え範囲
- 運転モード、冷温水流量・温度入力部
- 外気条件入力部

図 1-2-2 熱源サブシステム構築イメージ

#### (4) 計算結果と考察

エネルギー性能の比較結果を図 1-2-3～1-2-5 に示す。

熱源機器の効率を上げることにより、熱源サブシステム全体のエネルギー消費量の削減とすることが確認できた。なお、三重効用については、冷温水流量の下限値が高い(70%)ことにより、ポンプのエネルギー消費量が大きくなる結果となったが、システム全体としては、効果が見込まれる。



※青字はケース1を100とした場合の数値

図 1-2-3 標準機と高効率機のエネルギー性能比較

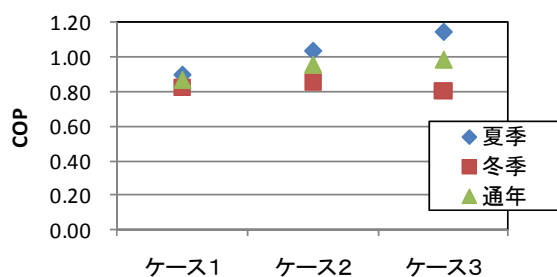


図 1-2-4 期間システム COP の比較(熱源サブシステム)

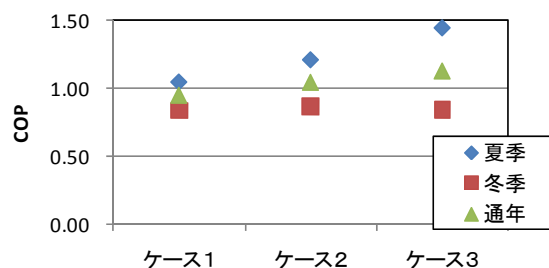


図 1-2-5 期間熱源機器 COP の比較

### 1-3. 熱源台数分割の検討

#### (1) 目的

熱源の台数を複数にする。部分負荷時に運転台数を制御することによるエネルギー消費量削減効果の試算を行い、エネルギー消費特性を比較する。

#### (2) 特徴

熱源機器及びその周辺機器(冷却塔、冷却水ポンプ、冷温水一次ポンプ)を台数分割したことによる部分負荷時のエネルギー消費特性を確認することができ、年間のエネルギー消費量を推定することができる。

#### (3) システムの構成及び計算条件

##### ○ システムの構成

熱源台数の設定を表 1-3-1 に示す。LCЕМ ツールで熱源サブシステムを構築し、ケース1～4を比較する。

表 1-3-1 熱源台数の設定

|       | 熱源台数 | 熱源容量                     |
|-------|------|--------------------------|
| ケース 1 | 1台   | 150RT (1-1と同じ)           |
| ケース 2 | 2台   | 50%を2台(80RT×2台)          |
| ケース 3 | 2台   | 60%を1台、40%を1台(90RT、60RT) |
| ケース 4 | 3台   | 33%を3台(50RT×3台)          |

各ケースの機器の諸元を表 1-3-2～1-3-4 に示す(ケース1は1-1と同じ)。

表 1-3-2 機器表(ケース2)

| 機器名称                  | 機器仕様                                                                                                                           | 電動機    |        | 台数 |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|----|
|                       |                                                                                                                                | 電源     | 容量     |    |
| 直だき吸収冷温水機(ガス)<br>RH-1 | 冷房能力 279kW (80USRT) 加熱能力 251kW<br>冷水 入口 12℃ 出口 7℃ 800L/min<br>温水 出口 55℃<br>冷却水 入口 32℃ 出口 37.5℃ 1360L/min<br>定格COP 冷房 1.05 比例制御 | 3φ200V | 7.8kVA | 2  |
| 冷却塔<br>CT-1           | 形式 直交流型密閉式<br>冷却能力 520kW 外気湿球温度 27℃<br>冷却水 出口 32℃ 入口 37.5℃ 1360L/min                                                           | 3φ200V | 5.5kW  | 2  |
| 冷却水ポンプ<br>PCD-1       | 125φ×1360L/min×20m                                                                                                             | 3φ200V | 11kW   | 2  |
| 冷温水一次ポンプ<br>PCH-1     | 80φ×800L/min×14m                                                                                                               | 3φ200V | 5.5kW  | 2  |

※青字はケース1と異なる部分

表 1-3-3 機器表(ケース3)

| 機器名称          | 機器仕様                           | 電動機    |        | 台数 |
|---------------|--------------------------------|--------|--------|----|
|               |                                | 電源     | 容量     |    |
| 直だき吸収冷温水機(ガス) | 冷房能力 314kW (90USRT) 加熱能力 266kW | 3φ200V | 7.8kVA | 1  |
| RH-1          | 冷水 入口 12℃ 出口 7℃ 900L/min       |        |        |    |
|               | 温水 出口 55℃                      |        |        |    |
|               | 冷却水 入口 32℃ 出口 37.5℃ 1530L/min  |        |        |    |
|               | 定格COP 冷房 1.05 比例制御             |        |        |    |
| 直だき吸収冷温水機(ガス) | 冷房能力 209kW (60USRT) 加熱能力 177kW | 3φ200V | 5.5kVA | 1  |
| RH-2          | 冷水 入口 12℃ 出口 7℃ 600L/min       |        |        |    |
|               | 温水 出口 55℃                      |        |        |    |
|               | 冷却水 入口 32℃ 出口 37.5℃ 1020L/min  |        |        |    |
|               | 定格COP 冷房 1.05 比例制御             |        |        |    |
| 冷却塔           | 形式 直交流型密閉式                     | 3φ200V | 5.5kW  | 1  |
| CT-1          | 冷却能力 580kW 外気湿球温度 27℃          |        |        |    |
|               | 冷却水 出口 32℃ 入口 37.5℃ 1530L/min  |        |        |    |
| 冷却塔           | 形式 直交流型密閉式                     | 3φ200V | 4.4kW  | 1  |
| CT-2          | 冷却能力 390kW 外気湿球温度 27℃          |        |        |    |
|               | 冷却水 出口 32℃ 入口 37.5℃ 1020L/min  |        |        |    |
| 冷却水ポンプ        | 125φ×1530L/min×20m             | 3φ200V | 11kW   | 1  |
| PCD-1         |                                |        |        |    |
| 冷却水ポンプ        | 100φ×1020L/min×20m             | 3φ200V | 7.5kW  | 1  |
| PCD-2         |                                |        |        |    |
| 冷温水一次ポンプ      | 80φ×900L/min×14m               | 3φ200V | 5.5kW  | 1  |
| PCH-1         |                                |        |        |    |
| 冷温水一次ポンプ      | 80φ×600L/min×14m               | 3φ200V | 3.7kW  | 1  |
| PCH-2         |                                |        |        |    |

※青字はケース1と異なる部分

表 1-3-4 機器表(ケース4)

| 機器名称             | 機器仕様                           | 電動機    |        | 台数 |
|------------------|--------------------------------|--------|--------|----|
|                  |                                | 電源     | 容量     |    |
| 小型吸収冷温水機ユニット(ガス) | 冷房能力 176kW (50USRT) 加熱能力 157kW | 3φ200V | 5.2kVA | 3  |
| RH-1             | 冷水 入口 12℃ 出口 7℃ 500L/min       |        |        |    |
|                  | 温水 出口 55℃                      |        |        |    |
|                  | 冷却水 入口 32℃ 出口 37.5℃ 850L/min   |        |        |    |
|                  | 定格COP 冷房 1.05 比例制御             |        |        |    |
| 冷却塔              | 形式 直交流型密閉式                     | 3φ200V | 2.5kW  | 3  |
| CT-1             | 冷却能力 325kW 外気湿球温度 27℃          |        |        |    |
|                  | 冷却水 出口 32℃ 入口 37.5℃ 1360L/min  |        |        |    |
| 冷却水ポンプ           | 80φ×850L/min×20m               | 3φ200V | 5.5kW  | 3  |
| PCD-1            |                                |        |        |    |
| 冷温水一次ポンプ         | 65φ×500L/min×12m               | 3φ200V | 2.2kW  | 3  |
| PCH-1            |                                |        |        |    |

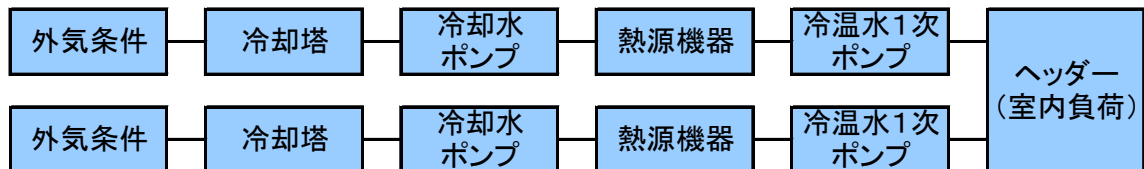
※青字はケース1と異なる部分

○ 外気条件及び負荷傾向(1-1と同じ)

○ 制御概要(1-2と同じ)

LCEMツールの構築イメージを図 1-3-1 に示す。

ケース2、3



ケース4

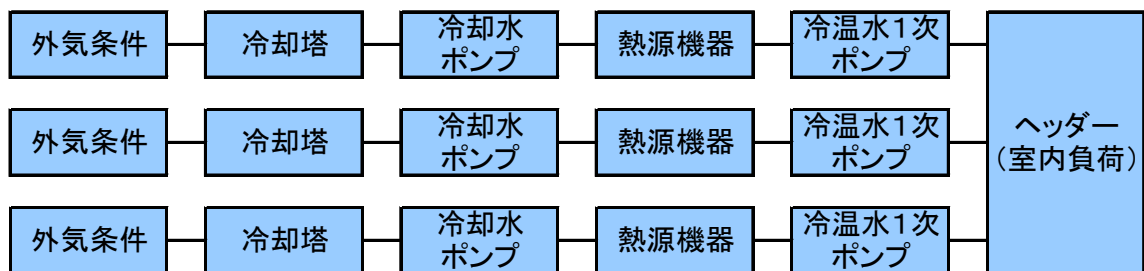
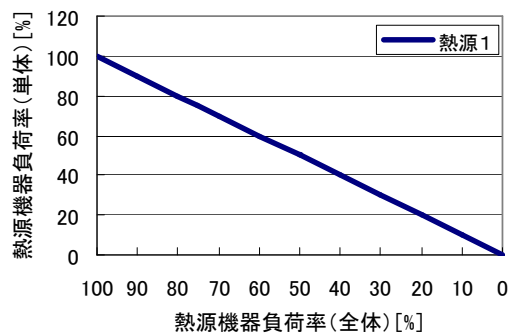


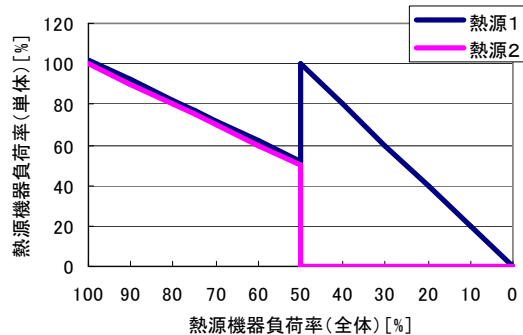
図 1-3-1 空調システムの構築イメージ

○ 熱源機器の運転時負荷率

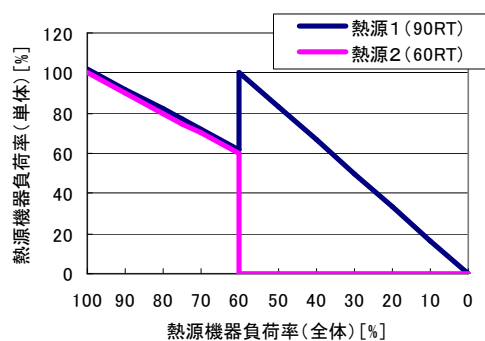
高負荷時の熱源同時運転を行う場合は、全体負荷を熱源容量比で按分する。



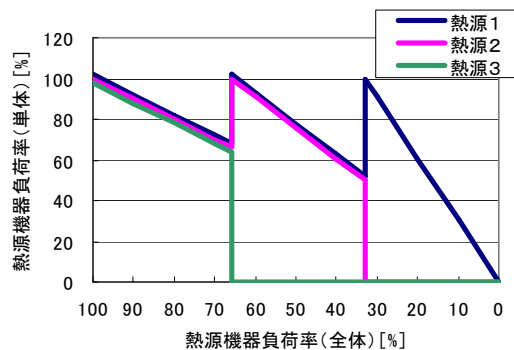
ケース1



ケース2



ケース3

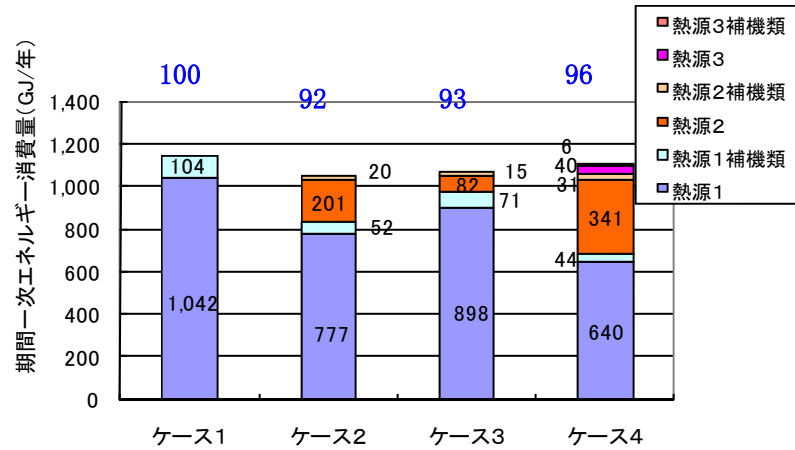


ケース4

図 1-3-2 熱源機器の負荷率のイメージ

#### (4) 計算結果と考察

エネルギー性能の比較結果を図 1-3-3, 1-3-4 に示す。台数制御により、省エネルギー効果が見込め、分割台数及び容量の設定は建物用途により適切に検討する必要がある。



※青字はケース1を100とした場合の数値

図 1-3-3 熱源台数分割によるエネルギー性能比較

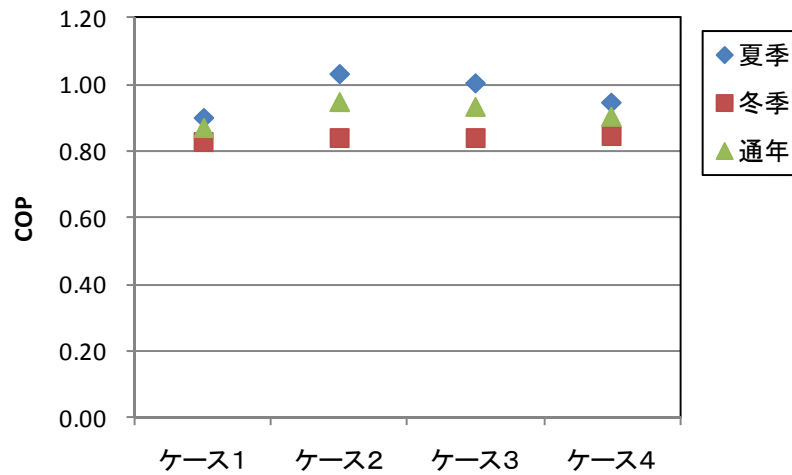


図 1-3-4 期間システム COP の比較(熱源サブシステム)

#### 1-4. 冷却水・冷温水の変流量制御方式の検討

##### (1)目的

冷却水ポンプ及び冷温水ポンプを変流量制御することによるエネルギー消費量削減効果の試算を行い、エネルギー消費特性を比較する。

##### (2)特徴

冷却水ポンプ及び冷温水ポンプを変流量制御したことによる部分負荷時のエネルギー消費特性を確認することができ、年間のエネルギー消費量を推定することができる。

##### (3)システムの構成及び計算条件

○ システムの構成(1-1と同じ)

○ 外気条件及び負荷傾向(1-1と同じ)

○ 制御概要

- ・ 冷却水・冷温水流量制御

流量制御の設定を表 1-4-1 に示す。

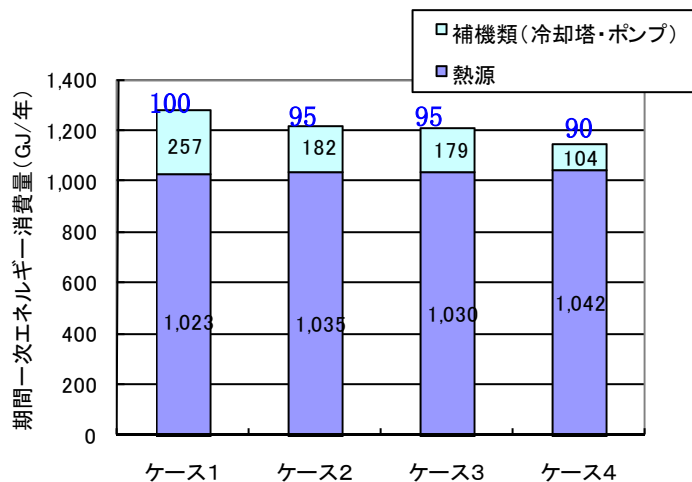
表 1-4-1 ポンプの制御方法

|       | システム概要         | 冷却水ポンプ | 冷温水1次ポンプ |
|-------|----------------|--------|----------|
| ケース 1 | 定流量システム        | 定流量    | 定流量      |
| ケース 2 | 冷却水変流量システム     | 変流量    | 定流量      |
| ケース 3 | 冷温水変流量システム     | 定流量    | 変流量      |
| ケース 4 | 冷却水・冷温水変流量システム | 変流量    | 変流量      |

※冷温水の流量制御方法は1-2. と同じ

#### (4) 計算結果と考察

エネルギー性能の比較結果を以下の図に示す。



※青字はケース1を100とした場合の数値

図 1-4-1 変流量制御によるエネルギー性能比較

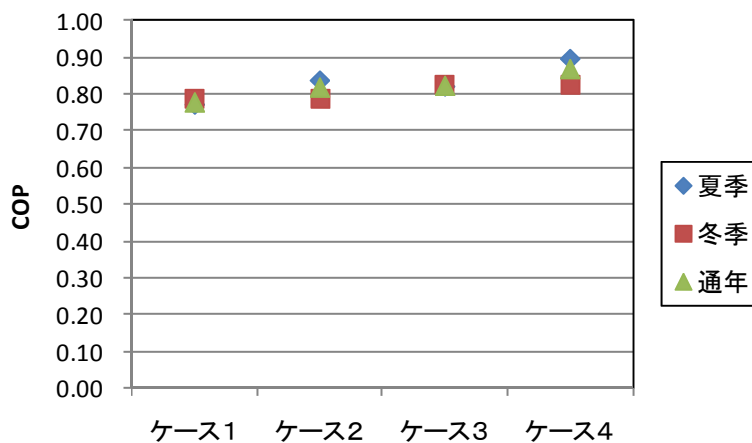


図 1-4-2 期間システム COP の比較(熱源サブシステム)

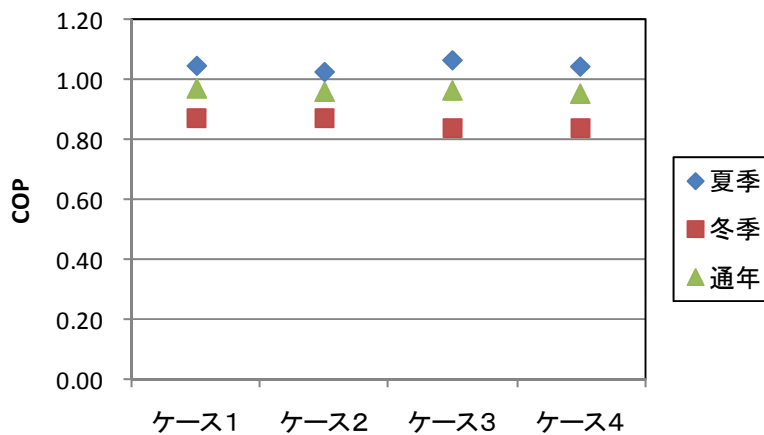


図 1-4-3 期間熱源機器 COP の比較

## 1-5. 空調機ファンの変風量制御方式の検討

### (1)目的

空調機ファンを変風量制御することによるエネルギー消費量削減効果の試算を行い、エネルギー消費特性を比較する。

### (2)特徴

空調機ファンを変風量制御したことによる部分負荷時のエネルギー消費特性を確認することができ、年間のエネルギー消費量を推定することができる。

### (3)システムの構成及び計算条件

#### ○ システムの構成

機器の諸元(1-1と同じ)

#### ○ 外気条件及び負荷傾向(1-1と同じ)

#### ○ 制御概要

- ・ 冷却水・冷温水流量制御(1-1と同じ)

- ・ 空調機ファン送風量制御

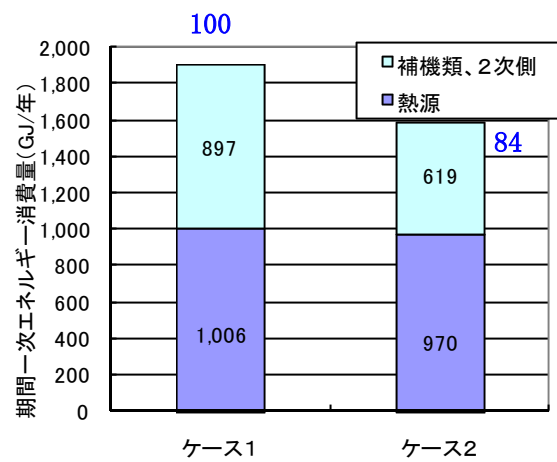
送風量制御の設定を表 1-5-1 に示す。

表 1-5-1 送風機の制御方法

|       | システム概要  | ユニット形空気調和機 |
|-------|---------|------------|
| ケース 1 | 定風量システム | 定風量        |
| ケース 2 | 変風量システム | 変風量        |

#### (4) 計算結果と考察

エネルギー性能の比較結果を以下の図に示す。



※青字はケース1を100とした場合の数値

図 1-5-1 変風量制御によるエネルギー性能比較

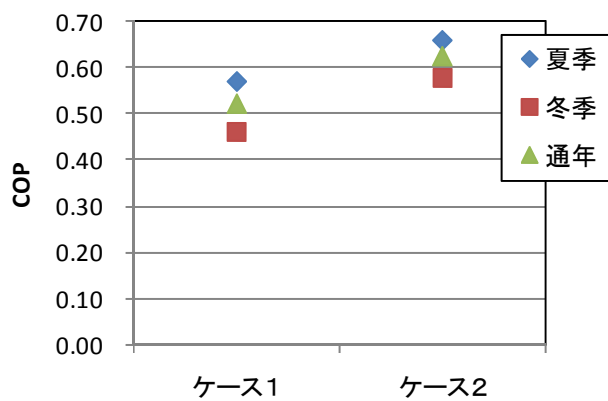


図 1-5-2 期間システム COP の比較(全体システム)

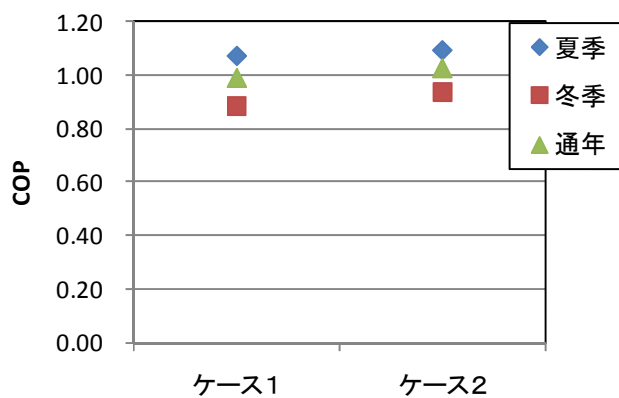


図 1-5-3 期間熱源機器 COP の比較

## **2. 実施設計段階の活用例**

### **2-1. 実施設計時の空調システムの年間一次エネルギー消費量の算出**

#### **(1)目的**

実施設計が終了した段階で、エネルギー性能評価を行う。

#### **(2)特徴**

実施設計時におけるエネルギー性能の確認ができる。

ケース1:企画段階

ケース2:実施設計段階

### (3)システムの構成及び計算条件

#### ○ システムの構成

実施設計段階の機器の諸元を以下の表に示す。

表 2-1-1 機器表（実施設計段階）

| 機器名称                   | 機器仕様                                                                                                                                                                              | 電動機    |         | 台数 |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|----|
|                        |                                                                                                                                                                                   | 電源     | 容量      |    |
| 直だき吸収冷温水機(ガス)<br>RH-1  | 冷房能力 527kW (150USRT) 加熱能力 415kW<br>冷水 入口 12℃ 出口 7℃ 1460L/min<br>温水 出口 55℃<br>冷却水 入口 32℃ 出口 37.5℃ 2470L/min<br>燃料消費量 冷房 39.5 Nm <sup>3</sup> /h 暖房 39.5 Nm <sup>3</sup> /h<br>比例制御 | 3φ200V | 10.0kVA | 1  |
| 冷却塔<br>CT-1            | 形式 直交流型密閉式<br>冷却能力 980kW 外気湿球温度 27℃<br>冷却水 出口 32℃ 入口 37.5℃ 2470L/min                                                                                                              | 3φ200V | 15kW    | 1  |
| 冷却水ポンプ<br>PCD-1        | 125φ×2470L/min × 25m                                                                                                                                                              | 3φ200V | 18.5kW  | 1  |
| 冷温水一次ポンプ<br>PCH-1      | 125φ×1460L/min × 20m                                                                                                                                                              | 3φ200V | 11kW    | 1  |
| 冷温水二次ポンプ<br>PCH-2      | 80φ×500L/min × 20m                                                                                                                                                                | 3φ200V | 5.5kW   | 3  |
| ユニット形空気調和機<br>ACU-1-1  | 立形 冷却能力 41.6kW 加熱能力 28.9kW<br>風量 10,200m <sup>3</sup> /h (外気量 950m <sup>3</sup> /h) 機外静圧 750Pa<br>水量 119L/min コイル列数 6列 有効加湿量 5.0kg/h                                              | 3φ200V | 7.5kW   | 1  |
| ユニット形空気調和機<br>ACU-1-2  | 立形 冷却能力 87.0kW 加熱能力 62.0kW<br>風量 14,280m <sup>3</sup> /h (外気量 2,580m <sup>3</sup> /h) 機外静圧 850Pa<br>水量 249L/min コイル列数 6列 有効加湿量 6.6kg/h                                            | 3φ200V | 11kW    | 1  |
| ユニット形空気調和機<br>ACU-2-1  | 立形 冷却能力 52.3kW 加熱能力 48.5kW<br>風量 10,430m <sup>3</sup> /h (外気量 1,260m <sup>3</sup> /h) 機外静圧 810Pa<br>水量 150L/min コイル列数 6列 有効加湿量 7.7kg/h                                            | 3φ200V | 7.5kW   | 1  |
| ユニット形空気調和機<br>ACU-2-2  | 立形 冷却能力 47.8kW 加熱能力 32.2kW<br>風量 8,350m <sup>3</sup> /h (外気量 1,410m <sup>3</sup> /h) 機外静圧 810Pa<br>水量 137L/min コイル列数 8列 有効加湿量 8.6kg/h                                             | 3φ200V | 5.5kW   | 1  |
| ユニット形空気調和機<br>ACU-2-3  | 立形 冷却能力 49.0kW 加熱能力 32.5kW<br>風量 8,830m <sup>3</sup> /h (外気量 1,320m <sup>3</sup> /h) 機外静圧 780Pa<br>水量 140L/min コイル列数 6列 有効加湿量 8.1kg/h                                             | 3φ200V | 7.5kW   | 1  |
| ユニット形空気調和機<br>ACU-3-1  | 立形 冷却能力 48.6kW 加熱能力 33.9kW<br>風量 11,910m <sup>3</sup> /h (外気量 660m <sup>3</sup> /h) 機外静圧 880Pa<br>水量 139L/min コイル列数 6列 有効加湿量 4.1kg/h                                              | 3φ200V | 7.5kW   | 1  |
| ユニット形空気調和機<br>ACU-3-2  | 立形 冷却能力 52.4kW 加熱能力 35.4kW<br>風量 12,380m <sup>3</sup> /h (外気量 920m <sup>3</sup> /h) 機外静圧 820Pa<br>水量 150L/min コイル列数 6列 有効加湿量 5.0kg/h                                              | 3φ200V | 7.5kW   | 1  |
| ユニット形空気調和機<br>ACU-3-3  | 立形 冷却能力 72.8kW 加熱能力 53.1kW<br>風量 9,960m <sup>3</sup> /h (外気量 3,000m <sup>3</sup> /h) 機外静圧 810Pa<br>水量 208L/min コイル列数 8列 有効加湿量 18.4kg/h                                            | 3φ200V | 7.5kW   | 1  |
| コンパクト形空気調和機<br>ACC-1-1 | 冷却能力 48.8kW 加熱能力 33.6kW<br>風量 5,980m <sup>3</sup> /h (外気量 1,800m <sup>3</sup> /h) 機外静圧 740Pa<br>水量 140L/min 有効加湿量 11.0kg/h                                                        | 3φ200V | 3.7kW   | 1  |

○ 制御概要

流量制御(計画段階、実施設計段階共通)

表 2-1-2 ポンプ・送風機の制御方法

| 項目       | 制御       |
|----------|----------|
| 冷却水ポンプ   | 変流量      |
| 冷温水一次ポンプ | 定流量      |
| 冷温水一次ポンプ | 変流量＋台数制御 |
| 送風機      | 変風量      |

○ 外気条件及び負荷傾向

外気条件及び負荷傾向の条件を表 2-1-3 に示す。

実施設計時のピーク負荷については、熱負荷計算の結果を用いた。

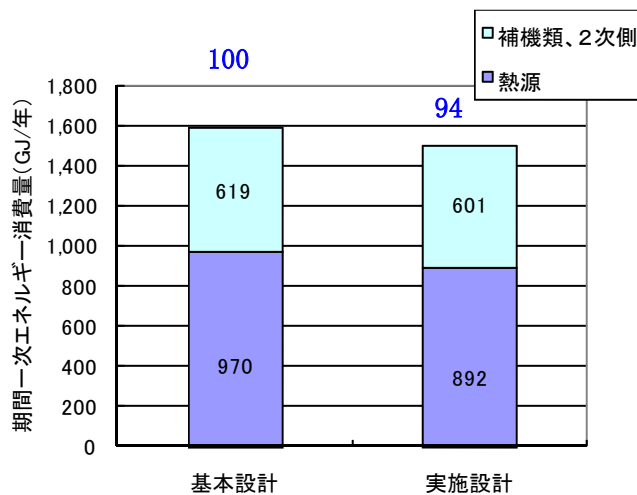
表 2-1-3 外気条件及び負荷傾向の設定

| 項目     | 基本設計                | 実施設計                             |
|--------|---------------------|----------------------------------|
| 外気条件   | 1-1と同じ<br>(熱負荷モード)  | 1-1と同じ                           |
| 負荷傾向   | 1-1と同じ<br>(熱負荷モード)  | 1-1と同じ                           |
| ピーク負荷  | 基本設計時の<br>熱源機器容量による | 実施設計時の<br>熱負荷計算による<br>(建築設備設計基準) |
| 設備機器容量 | 1-1と同じ              | 実施設計時の<br>熱負荷計算による<br>(建築設備設計基準) |

#### (4) 計算結果と考察

消費エネルギーの比較結果を図 2-1-1～2-1-3 に示す。

※実施設計(詳細設計)を行ったことによる精査によるものであるため、計画段階から期間一次エネルギー消費量が増加する場合があることに留意すること。ただし、当初計画した目標値を達成すること。



※青字は基本設計を 100 とした場合の数値

図 2-1-1 全体システムの期間一次エネルギー消費量の比較

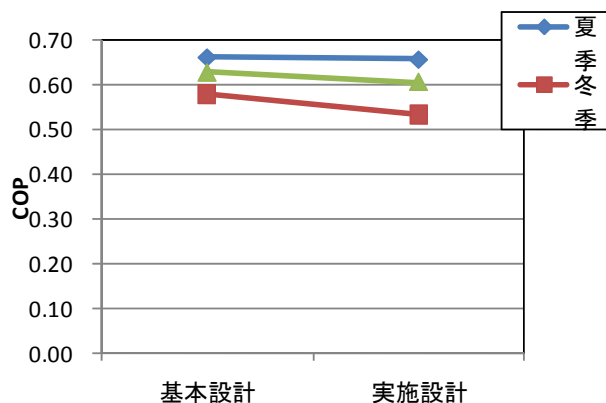


図 2-1-2 期間システム COP の比較(全体システム)

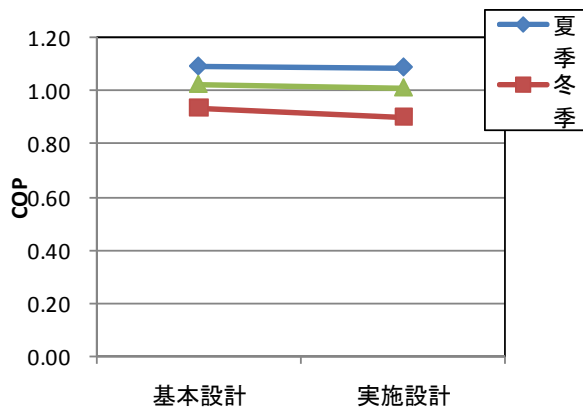


図 2-1-3 期間熱源機器 COP の比較

### 3. 施工・試運転調整段階の活用例

#### 3-1. 施工時の空調システムの年間一次エネルギー消費量の算出

##### (1) 目的

実際に設置される機器特性を使って、空調システムのエネルギー性能評価を行う。

##### (2) 特徴

実際に設置される機器特性のエネルギー性能の確認ができる。

##### (3) システムの構成及び計算条件

導入された熱源機器の緒元を表 3-1-1 に示す。

表 3-1-1 熱源機器の緒元（施工段階）

| 機器名称                  | 機器仕様                                                                                                                                                                              | 電動機    |         | 台数 |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------|----|
|                       |                                                                                                                                                                                   | 電源     | 容量      |    |
|                       |                                                                                                                                                                                   |        |         |    |
| 直だき吸収冷温水機(ガス)<br>RH-1 | 冷房能力 510kW (145USRT) 加熱能力 407kW<br>冷水 入口 12℃ 出口 7℃ 1460L/min<br>温水 出口 55℃<br>冷却水 入口 32℃ 出口 37.5℃ 2470L/min<br>燃料消費量 冷房 36.2 Nm <sup>3</sup> /h 暖房 37.9 Nm <sup>3</sup> /h<br>比例制御 | 3φ200V | 10.2kVA | 1  |
|                       |                                                                                                                                                                                   |        |         |    |

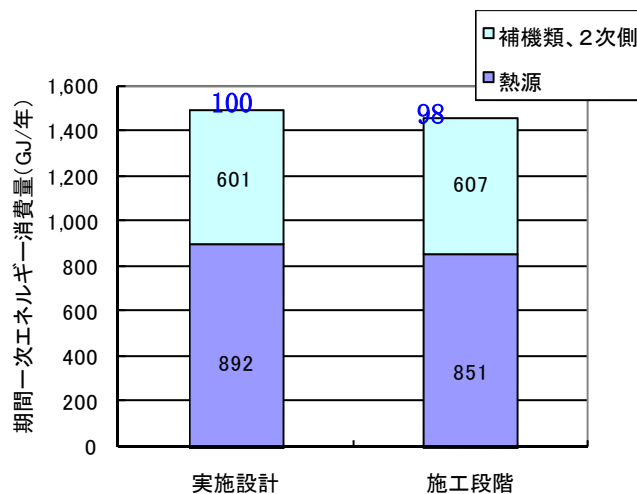
※ポンプ・送風機等も実際の機器特性に合わせ、オブジェクトを入れ替える。

○ 制御概要(2-1と同じ)

○ 外気条件及び負荷傾向(2-1と同じ)

#### (4) 計算結果と考察

エネルギー性能の比較結果を図 3-1-1～3-1-3 に示す。



※青字は実施設計を 100 とした場合の数値

図 3-1-1 全体システムの期間一次エネルギー消費量の比較

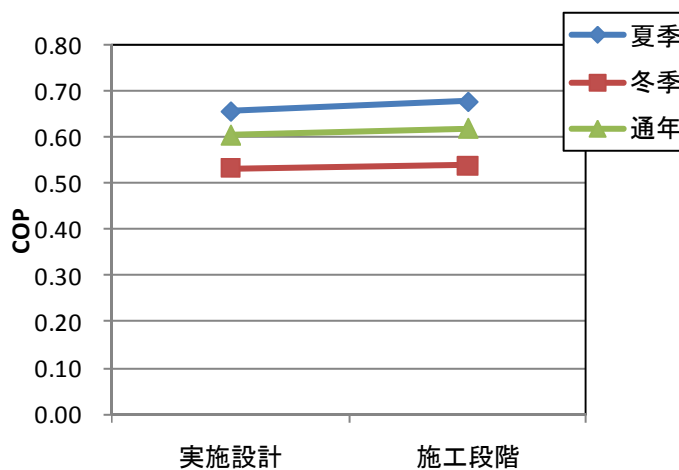


図 3-1-2 期間システム COP の比較(全体システム)

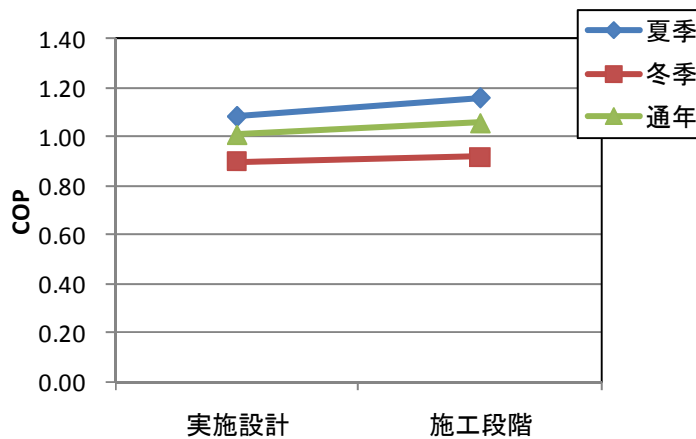


図 3-1-3 期間熱源機器 COP の比較

### 3-2. 試運転調整時のエネルギー性能確認

#### (1) 目的

施工完了に伴い、試運転調整を行う際に、実際の空調システムと LCEM ツールにおける計算結果のエネルギー性能の再現性を確認する。

#### (2) 特徴

施工完了に伴い、実際に導入された機器のオブジェクトを用いてエネルギーの性能を確認しつつ、実測値による負荷条件等を用いることにより、再現性が増し、今後の運用管理段階の指標とする。

#### (3) システムの構成及び計算条件

##### ○ システムの構成

2-1と同じ。

##### ○ 制御概要

2-1と同じ。

##### ○ 外気条件及び負荷傾向

試運転調整時の実測値を用いる。

##### ・外気条件

外気取り入れ用ダクトにおける計測データを用いる。

##### ・負荷傾向

空調機の処理熱量の計測データに基づき、システム毎の室内顕熱と室内潜熱を算出する。

#### (4) 計算結果と考察

計算結果を図 3-2-1 に示す。

導入システムの実測値と同一負荷における LCEM ツールの結果は、同様の傾向となった。

※立ち上がり時の燃料消費量の違いは、実測値は夜間に蓄熱された負荷を朝の立ち上がり時に処理しており、LCEM ツールは夜間の蓄熱分は考慮していないためであると考えられる。

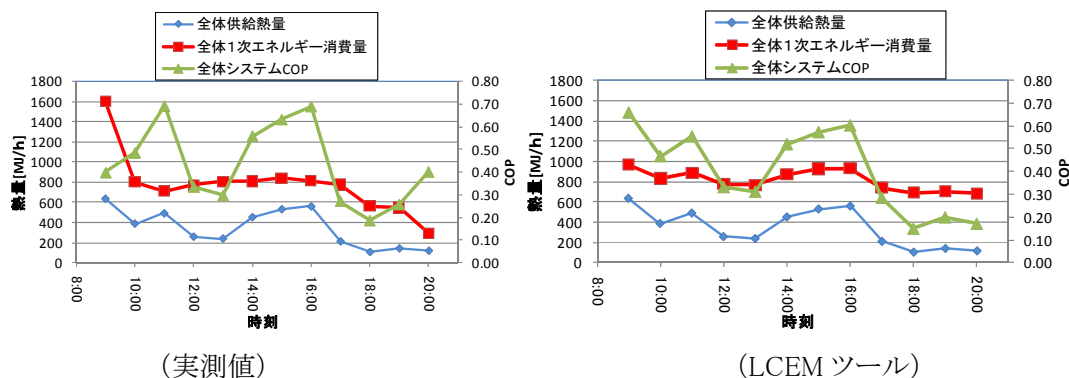


図 3-2-1 試運転調整段階のエネルギー性能確認

#### 4. 運用管理段階の活用例

##### 4-1. 運用管理時の空調システムの年間一次エネルギー消費量の算出・監視

###### (1) 目的

施工段階で算出したエネルギー性能を指標にしつつ、年間一次エネルギー消費量を比較する。

###### (2) 特徴

空調システムの最適運転(目標)を把握しつつ、運転管理ができる。

###### (3) 計算条件

###### ○ 外気条件及び負荷傾向

運転時の実測値を用いる。

###### ・外気条件

外気取り入れ用ダクトにおける計測データを用いる。

###### ・負荷傾向

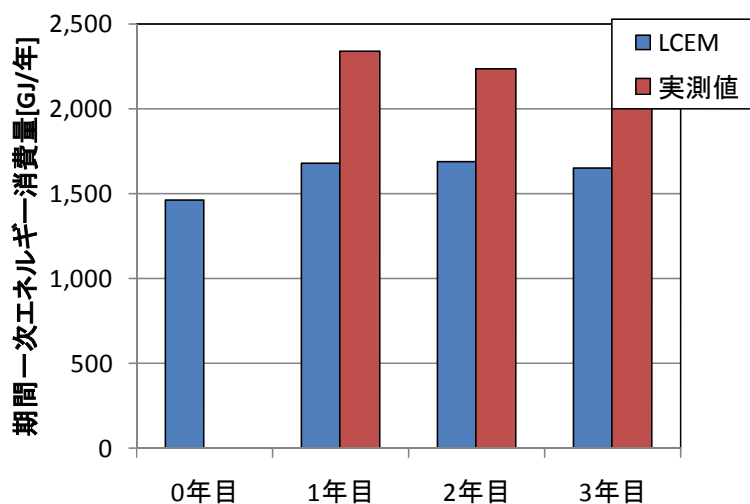
空調機の処理熱量の計測データに基づき、系統毎の室内顕熱と室内潜熱を算出する。

#### (4) 計算結果と考察

エネルギー性能の比較結果を図 4-1-1～4-1-3 に示す。

※ 運用の初期段階では LCEM ツール算出値と実測値の差が減るように、運用改善することが望ましい。

その後、実際の運用方法が LCEM ツール内の運用方法と同じと判断された場合には、算出値を実測値と算出値の差がなくなるよう補正する。



※0年目は施工段階の算出結果

図 4-1-1 全体システムの期間一次エネルギー消費量の比較(イメージ)

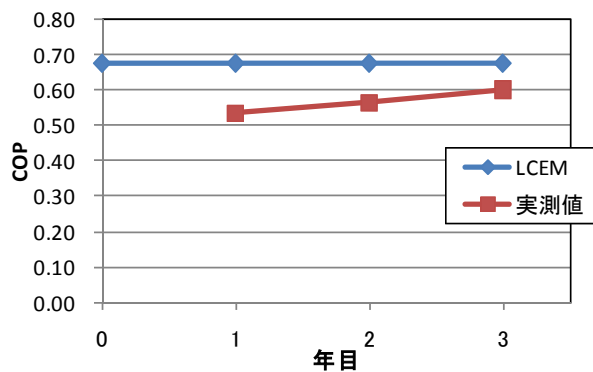
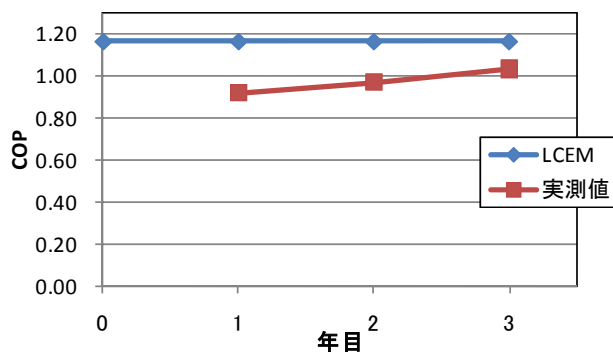


図 4-1-2 期間システム COP の比較(全体システム)(イメージ)



※0年目は施工段階の算出結果

図 4-1-3 期間熱源機器 COP の比較較(イメージ)

## 4-2. 冷却水下限温度設定の適正化

### (1)目的

冷却水下限温度設定を変更し、熱源機器の運転効率を改善する。

### (2)特徴

冷却塔周りの三方弁制御の冷却水下限温度設定を変更する。一般的に、熱源の冷却水入口温度が下がれば、熱源機器の運転効率があがる。

### (3)計算条件

冷却水下限温度設定を表 4-2-1 に示す。

表 4-2-1 冷却水下限温度設定

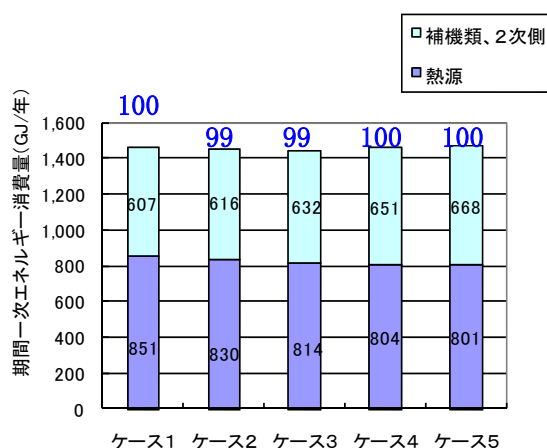
|      | 冷却水下限温度設定 |
|------|-----------|
| ケース1 | 28℃       |
| ケース2 | 26℃       |
| ケース3 | 24℃       |
| ケース4 | 22℃       |
| ケース5 | 20℃       |

その他は3-1.と同じ

### (4)計算結果と考察

計算結果を図 4-2-1 に示す。

冷却水下限温度設定を下げれば、熱源機器の効率があがり、冷却塔送風機の電力消費量が増加する。したがって、これらの最適値を設定すれば、システム効率が改善する。



※青字はケース1を100とした場合の数値

図 4-2-1 全体システムの期間一次エネルギー消費量の比較

### 4-3. 熱源機器のハンチング運転の抽出

#### (1) 目的

低負荷運転時の空調システムの運転状況を把握して、運用改善を行う。

#### (2) 特徴

低負荷運転時には、熱源機器が ON-OFF 運転を行う負荷領域がある。その領域の境界では、ON-OFF 運転が頻繁に発生（ハンチング）し、機器のエネルギー性能の低下につながるため、ハンチングが発生する可能性のある時間帯を把握し、運転方法の改善提案につなげる。

#### (3) 計算条件

##### ○ 外気条件及び負荷傾向

運転時の実測値を用いる。

##### ・外気条件

外気取り入れ用ダクトにおける計測データを用いる。

##### ・負荷傾向

空調機の処理熱量の計測データに基づき、系統毎の室内顕熱と室内潜熱を算出する。

#### (4) 計算結果と考察

計算を実施した結果を図 4-3-1 に示す。

以下の時間帯で「ERROR」が発生した。

「ERROR」発生時間帯：12 時、13 時、17～20 時

エラーコードにより、原因を確認すると、低負荷率による機器運転範囲外であることがわかった（本機器では負荷率が 25%以下の場合）。本時間帯周辺では、ハンチングを引き起こしている可能性もあるため、機器の運転状況の把握が必要である。

改善方法としては以下の例が挙げられる。

- ・冷温水往還温度を確認しつつ、熱源機器の運転を手動で行う。

|    | A | B | C  | D            | E   | F        | G   | H          | I        |    | AG        | AH     |
|----|---|---|----|--------------|-----|----------|-----|------------|----------|----|-----------|--------|
|    | 月 | 日 | 時  | 【エラー状態】      | 1次側 | 冷温水2次ポンプ | 2次側 | 【エネルギー消費量】 | No.1熱源機器 |    | 【熱源機】No.1 | エラーコード |
| 1  |   |   |    |              |     |          |     |            |          | 1  |           |        |
| 2  |   |   | 9  | 【エラー状態】      | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 11.95    | 2  | 【熱源機】N    | 0      |
| 3  |   |   | 10 | 【エラー状態】      | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 9.215    | 3  | 【熱源機】N    | 0      |
| 4  |   |   | 11 | 【エラー状態】      | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 10.35    | 4  | 【熱源機】N    | 0      |
| 5  |   |   | 12 | 【エラー状態】ERROR | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 8.075    | 5  | 【熱源機】N    | 20000  |
| 6  |   |   | 13 | 【エラー状態】ERROR | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 7.875    | 6  | 【熱源機】N    | 20000  |
| 7  |   |   | 14 | 【エラー状態】      | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 10.00    | 7  | 【熱源機】N    | 0      |
| 8  |   |   | 15 | 【エラー状態】      | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 11.10    | 8  | 【熱源機】N    | 0      |
| 9  |   |   | 16 | 【エラー状態】      | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 11.20    | 9  | 【熱源機】N    | 0      |
| 10 |   |   | 17 | 【エラー状態】ERROR | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 7.385    | 10 | 【熱源機】N    | 20000  |
| 11 |   |   | 18 | 【エラー状態】ERROR | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 6.465    | 11 | 【熱源機】N    | 20000  |
| 12 |   |   | 19 | 【エラー状態】ERROR | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 6.705    | 12 | 【熱源機】N    | 20000  |
| 13 |   |   | 20 | 【エラー状態】ERROR | 0   | 0        | 0   | 【エネルギー消費量】 | 6.335    | 13 | 【熱源機】N    | 20000  |
| 14 |   |   |    |              |     |          |     |            |          | 14 |           |        |
| 15 |   |   |    |              |     |          |     |            |          |    |           |        |

図 4-3-1 LCEM ツール計算結果抜粋(出力シート)

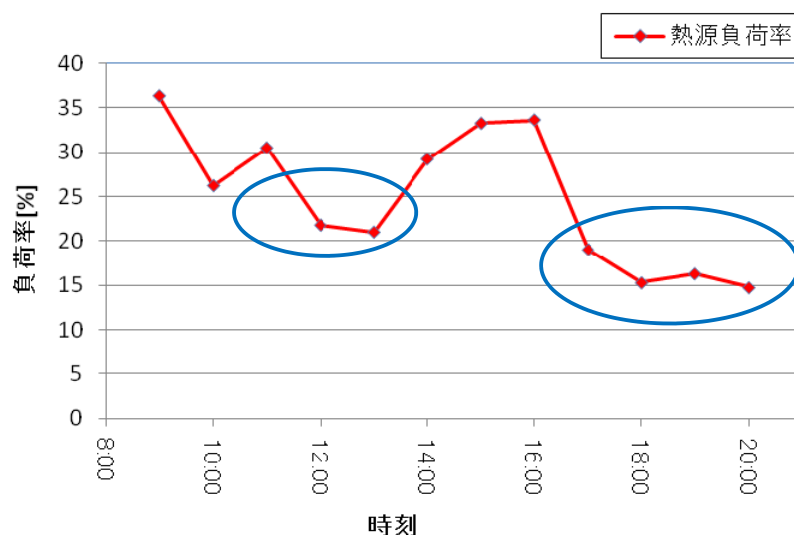


図 4-3-2 時刻別の熱源負荷率