

Ⅲ編 搬送機器、外気処理システムの制御に係わる省エネルギー効果の実運転データ取得

1. 目的・概要

1.1. 目的

建築物の空調システム等のエネルギー消費量抑制対策として、冷温熱搬送機器、外気処理システムの最適制御が有効であるとされている。建築物の省エネルギー基準においても、変流量制御や変風量制御、最小外気負荷制御、外気冷房制御、熱交換換気制御などの効果が評価されてきた。これらによる空調等エネルギー消費量の大幅な抑制は今後も大きな期待が寄せられるものであるが、エネルギー消費量を評価指標とする省エネルギー基準をより合理的なものにするためには、省エネルギー効果を実証するための実運転データが必要である。

そこで、現場実測によって、上述した 5 種類の制御を中心に省エネルギー効果に関する実運転データを実測し、エネルギー消費量削減率の実態を明らかにする。なお、平成 23 年度にデータ収集を行った物件のうち、制御導入効果が特徴的に表れた物件を抽出して平成 24 年度は計測した。

本編で対象とする制御方法の種類と概要を以下に示す。

① 変流量制御（以下、VWV : Variable Water Volume）

冷凍機用ポンプや冷却水ポンプを、負荷に関係なく一定流量で運転する定流量方式に対し、負荷に応じて流量を最適化することでポンプ動力の削減をおこなう制御方式を指す。流量を最適化する方法としては、インバータなどによりポンプの回転数を制御する方式が一般的である。

② ファン変風量制御（以下、VAV : Variable Air Volume）

外調機ファンや空調機ファンを、負荷に関係なく一定風量で運転する定風量方式に対し、負荷に応じて風量を最適化することでファン動力の削減をおこなう制御方式を指す。風量を最適化する方法としては、インバータなどによりファンの回転数を制御する方式が一般的である。

③ 最小外気導入量制御（以下、最小外気導入）

一定の風量で外気を取り込む換気方式に対し、必要外気量に応じて外気導入量を最適化することで外気処理負荷を削減する制御方式を指す。室内の CO₂ 濃度が上限を超えないように外気導入量を制御する方式や、始業前の予熱（予冷）時に外気取入れ量を最小化する方式があるが、ここでは CO₂ 濃度制御を実測の対象とした。

④ 外気冷房制御（以下、外気冷房）

外気温度が室温より低い（または冷房送風温度に近い）場合に、外気導入量を増加させて外気により室内を冷却することで室内冷房負荷を削減する制御方式を指す。外気負荷エンタルピ制御ともいう。

⑤ 熱交換換気制御（以下、熱交換換気）

外気を取り込む際に、室内からの排気の熱を熱交換器を介して外気に伝熱し、外気処理負荷を削減する制御方式を指す。潜熱・顕熱の両方を熱交換する全熱交換機と、顕熱だけを熱交換する顕熱交換機がある。

1.2. 実測対象

建築設備の種類や使用エネルギー量等を考慮すると、様々な用途・規模の建築物について運転データを実測することが望ましい。また、気象条件によっても省エネルギー効果に差が出る可能性があることから、様々な地域の建築物について実態を把握することが望ましい。

しかしながら、実測に際しては使用者への影響があることから、所有者との交渉が折り合わず、全ての用途・地域での実態調査は困難であった。表Ⅲ.1.2.1に、実測した建築物の用途分類および制御方法を示す。なお、実測の対象とした建築物は22件であるが、ひとつの建築物につき一つまたは複数の制御方法について運転データを収集することで52件の実態調査を実施した。

表Ⅲ.1.2.1 実測した建築物の用途分類および制御方法

	ホテル	病院	物販店舗	事務所	学校他	合計
VWV	4	5	0	10	3	22
VAV	3	6	2	6	1	18
最小外気	0	1	0	3	0	4
外気冷房	1	0	0	3	0	4
熱交換換気	2	0	1	1	0	4

表Ⅲ.1.2.2に、実測した建築物の地域を、表Ⅲ.1.2.3に竣工・改修年を、表Ⅲ.1.2.4に規模を示す。また、搬送機器、外気処理システムの制御に関する実測建築物リストを表Ⅲ.1.2.5に示す。

表Ⅲ.1.2.2 実測した建築物の地域分類

北海道・東北	関東	北信越	関西・中四国	九州	合計
3	13	1	4	1	22

表Ⅲ.1.2.3 実測した建築物の竣工・改修年

～1989年	1990～1999年	2000～2009年	2010年～	合計
1	3	16	2	22

表Ⅲ.1.2.4 実測した建築物の規模

<20,000 m ²	<50,000 m ²	<100,000 m ²	100,000 m ² ≤	合計
3	7	7	5	22

なお、52件のうち5件については、運転データを収集したものの実際には制御が有効に働いていなかったため、データを提示するだけにとどめ分析は行っていない。

2. 実測方法

2.1. 実測概要

運転データの取得にあたっては、実測対象建築物に導入されている BEMS (Building and Energy Management System) を活用した。ただし、BEMS データの数値が適正であるか事前にチェックしたうえで分析に利用した。また、BEMS データだけで省エネルギー効果が分析できない場合、表Ⅲ.2.1.1 の測定方法で実測した。

計測間隔は原則 1 分ごととするが、10 分間の平均値でも代用可とした。

表Ⅲ.2.1.1 搬送機器、外気処理制御の省エネルギー効果測定概要

制御手法	測定・確認項目	主な使用機器
VWV	流量	超音波流量計
	ポンプ電力	電力計または電流計
	往/還温度	温度ロガー
	圧力、インバータ出力、ポンプ発停等	(自動制御信号)
VAV	風量	熱線式風速計またはピトー管
	ファン電力	電力計または電流計
	吸込/吐出温度	温度ロガー
	圧力、インバータ出力、ファン発停等	(自動制御信号)
最小外気導入	外気量	熱線式風速計またはピトー管
	ファン電力	電力計または電流計
	外気/吐出温湿度	温湿度ロガー
	還気 CO ₂ 濃度、MD 開度、インバータ出力等	(自動制御信号)
外気冷房	外気量	熱線式風速計またはピトー管
	ファン電力	電力計または電流計
	外気/吐出/還気温湿度	温湿度ロガー
	MD 開度	(自動制御信号)
熱交換換気	外気量	熱線式風速計またはピトー管
	ファン電力	電力計または電流計
	外気/還気熱交出口温湿度	温湿度ロガー
	ロータ回転数、ダンパ動作	(自動制御信号)

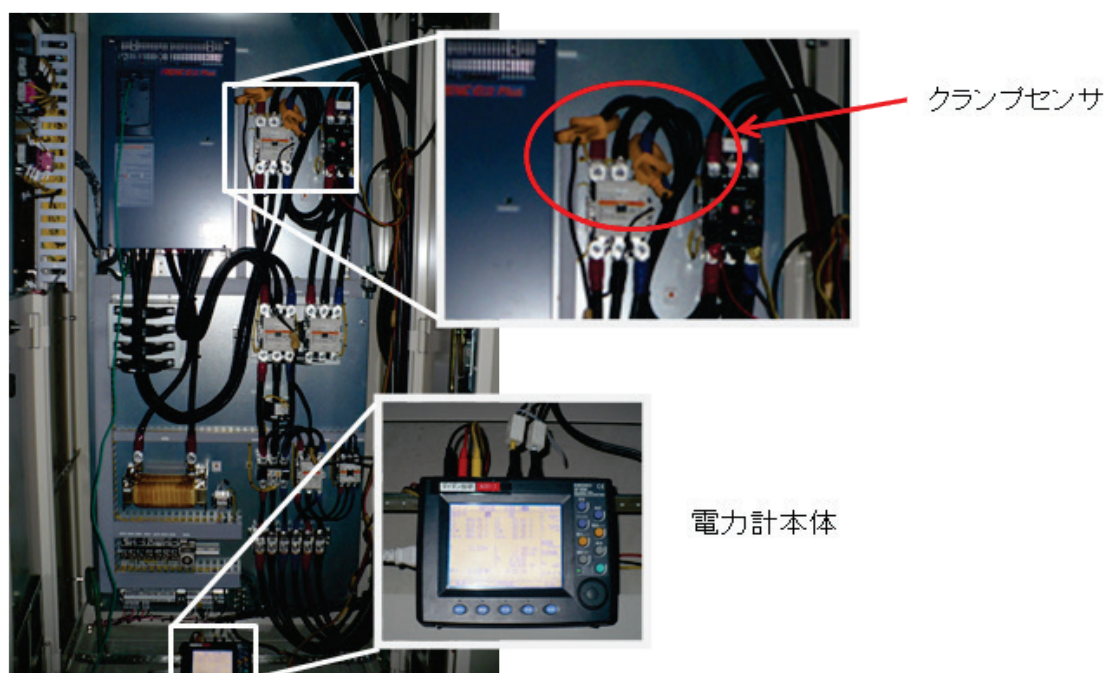
2.2. 実測方法

主な測定項目のうち、電力量、流量、温湿度の測定要領を示す。

2.2.1. 電力量の計測

<電力計を常時設置できる場合>

- ① 計測対象機器の動力盤内電源回路に、電力計を取り付ける (図Ⅲ.2.2.1).
 - 電力計に接続したロガーより、定期的に電力データをダウンロードする。



図Ⅲ.2.2.1 電力計の設置状況 (動力盤)

<電力計を常時設置できない場合>

- ① 計測対象機器を運転し、運転時の電気特性を計測する。
 - ポンプおよびファンのインバータ出力を変化させ、各出力における電気特性(電流/電圧/電力)を計測する。
→インバータ周波数の上下限範囲においてインバータ出力を等間隔刻みで変化させ、計測を行う。また、計測はインバータ出力の上昇時/下降時それぞれについて実施する。
※定速運転を行っているポンプおよびファンはその状態で電気特性を計測する。
 - 計測対象機器が停止していた場合は、手動にて起動操作を行い計測、計測後は手動操作にて停止させる。
- ② 計測作業終了後、電力計を取り外す。
- ③ 計測対象機器の動力盤内電源回路に、クランプ電流ロガーを取り付ける (図Ⅲ.2.2.2)。またインバータ盤にはインバータ出力計測のための計装ロガーを取り付ける。
 - クランプ電流ロガーおよび計装ロガーより、定期的に電流データおよびインバータ周波数データをダウンロードする。
- ④ 上記①で分析した電気特性を利用し、電流データ・インバータ周波数データから電力値を算出する。



図Ⅲ.2.2.2 クランプ電流ロガーの設置状況（動力盤）

～注意事項～

- クランプの配線への取り付けおよび取り外しは絶縁手袋を着用して行う。
- 計測機器の設置は、運転管理業務の支障とならない場所とする。

2.2.2. 流量の計測

<超音波流量計を常時設置できる場合>

- ① 計測対象配管に、超音波流量計を取り付ける（図Ⅲ.2.2.3）。
 - 超音波流量計(ロガー)より、定期的に流量データをダウンロードする。

<超音波流量計を常時設置できない場合>

- ① 計測対象系統の冷温水配管の保温材を取り外す。
- ② 超音波流量計を冷温水配管に取り付ける（図Ⅲ.2.2.3）。
- ③ 計測作業中の配管結露・放熱を防止するため、仮の断熱材で計測箇所を覆う。
- ④ 計測対象機器を運転し、運転時の流量を計測する。
 - ポンプ流量の計測時
インバータ出力を変化させ、各出力における流量を計測する。
→インバータ周波数の上下限範囲においてインバータ出力を等間隔刻みで変化させ、計測を行う。また、計測はインバータ出力の上昇時/下降時それぞれについて実施する。
 - 空調機冷温水流量の計測時
空調機の二方弁開度を変化させ、各出力における流量を計測する。
→二方弁開度を等間隔刻みで変化させ、計測を行う。また、計測はインバータ出力の上昇時/下降時それぞれについて実施する。
- ⑤ 計測した流量特性を利用し、インバータ周波数・二方弁開度データから流量値を算出する。



図Ⅲ. 2. 2. 3 超音波流量計による冷温水配管流量測定状況（断熱材復旧前）

～注意事項～

- 超音波流量計は直管を十分確保できるところに取り付ける。
- 計測機器(特に期間中常設する機器)の設置は、運転管理業務の支障とならない場所とする。

2. 2. 3. 温湿度の計測

<配管>

- ① 計測対象系統の配管の保温材を取り外す。
- ② 配管表面に配管表面温度計を取り付ける。
 - 流体温度を正確に計測できるように、断熱材の内部までセンサを挿入する。
- ③ 計測作業中の配管結露・放熱を防止するため、仮の断熱材で計測箇所を覆う。



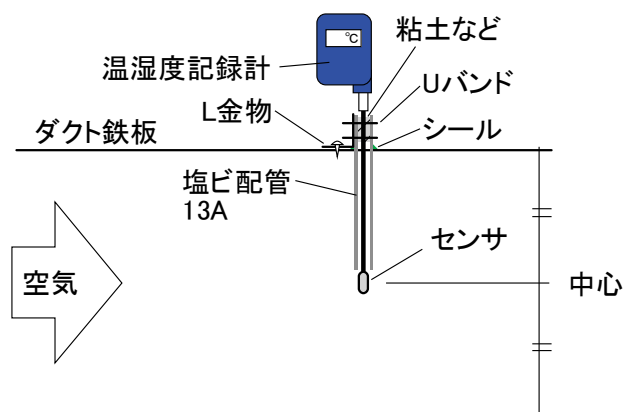
図Ⅲ. 2. 2. 4 配管表面温度測定状況（断熱材復旧前）

～注意事項～

- 外気温度の影響を受けないよう、センサ部はできるだけ奥深くまで挿入する。
- 計測機器の設置は、運転管理業務の支障とならない場所とする。

<ダクト>

- ① 計測対象システムのダクトの保温材を取り外す。
- ② センサがダクト断面中央にセットされるように、塩ビ配管等で固定する（図Ⅲ.2.2.5）。
- ③ 塩ビ配管等を、ダクトに固定する。
- ④ 粘土やパテで塩ビ内部を埋め、配管周囲はシールする。
- ⑤ 保温材を復旧する。



図Ⅲ.2.2.5 ダクト内温度測定要領



図Ⅲ.2.2.6 ダクト内温度測定状況

～注意事項～

- 長期間の測定に耐えられるよう、さや管を固定する。
※風圧等でセンサ部がダクト内面に張り付いた場合、正確な温湿度が測定できない。
- 計測機器の設置は、運転管理業務の支障とならない場所とする。

2.3. 分析方法

取得したデータから、運転停止時や起動・終了時などの分析対象外データを削除した。その後、抽出された分析対象データを1時間の平均値として処理し、次の手順で分析した。

① 制御状況の確認

対象の制御方法が正常に動作していることを確認する。主に、以下の点について確認するが、システムごとに適宜他の状況も確認する。

VWV 制御	流量と吐出圧力の関係、流量とポンプインバータ周波数の関係
VAV 制御	風量と吐出圧力の関係、風量とファンインバータ周波数の関係
最小外気導入制御	CO ₂ 濃度と外気風量の関係、CO ₂ 濃度と外気 MD 開度の関係
外気冷房制御	外気・還気温度差と外気 MD 開度の関係
熱交換換気制御	外気・還気温度差とバイパス MD 動作の関係

② 時系列データの確認

取得したデータを時系列で確認し、インバータ周波数の設定下限値や上限値に張り付いているデータを分析対象外とする。以下の分析には、対象とする制御方法が効果的に動作しているデータを利用する。

③ 省エネルギー効果の分析

VWV および VAV については、流量（風量）と温度差から熱量を算出し、搬送熱量と搬送電力の関係を導出した。また、最小外気導入、外気冷房、熱交換換気制御については、それぞれ外気削減量、外気冷房熱量、熱交換効率等を導出した。

なお、省エネルギー効果を比較しやすくするため、流量・風量・熱量・電力については次のように正規化した。

<水系>

- ・ 流量比 = 流量[L/min] / 分析対象データのポンプ群最大流量[L/min]
- ・ 熱処理量比 = 熱処理量[kJ/min] / 分析対象データの最大熱処理量[kJ/min]
- ・ 消費電力比 = 消費電力[kW] / 分析対象データのポンプ群最大消費電力[kW]
- ・ WTF（水搬送効率） = 熱処理量[MJ/h] / (ポンプ群消費電力[kW]・3.6[MJ/kWh])

<空気系>

- ・ 風量比 = 風量[m³/h] / 分析対象データのファン最大風量[m³/h]
- ・ 熱処理量比 = 熱処理量[MJ/h] / 分析対象データの最大熱処理量[MJ/h]
- ・ 消費電力比 = 消費電力[kW] / 分析対象データのファン最大消費電力[kW]
- ・ ATF（空気搬送効率） = 熱処理量[MJ/h] / (ファン消費電力[kW]・3.6[MJ/kWh])

3. データ取得・分析結果

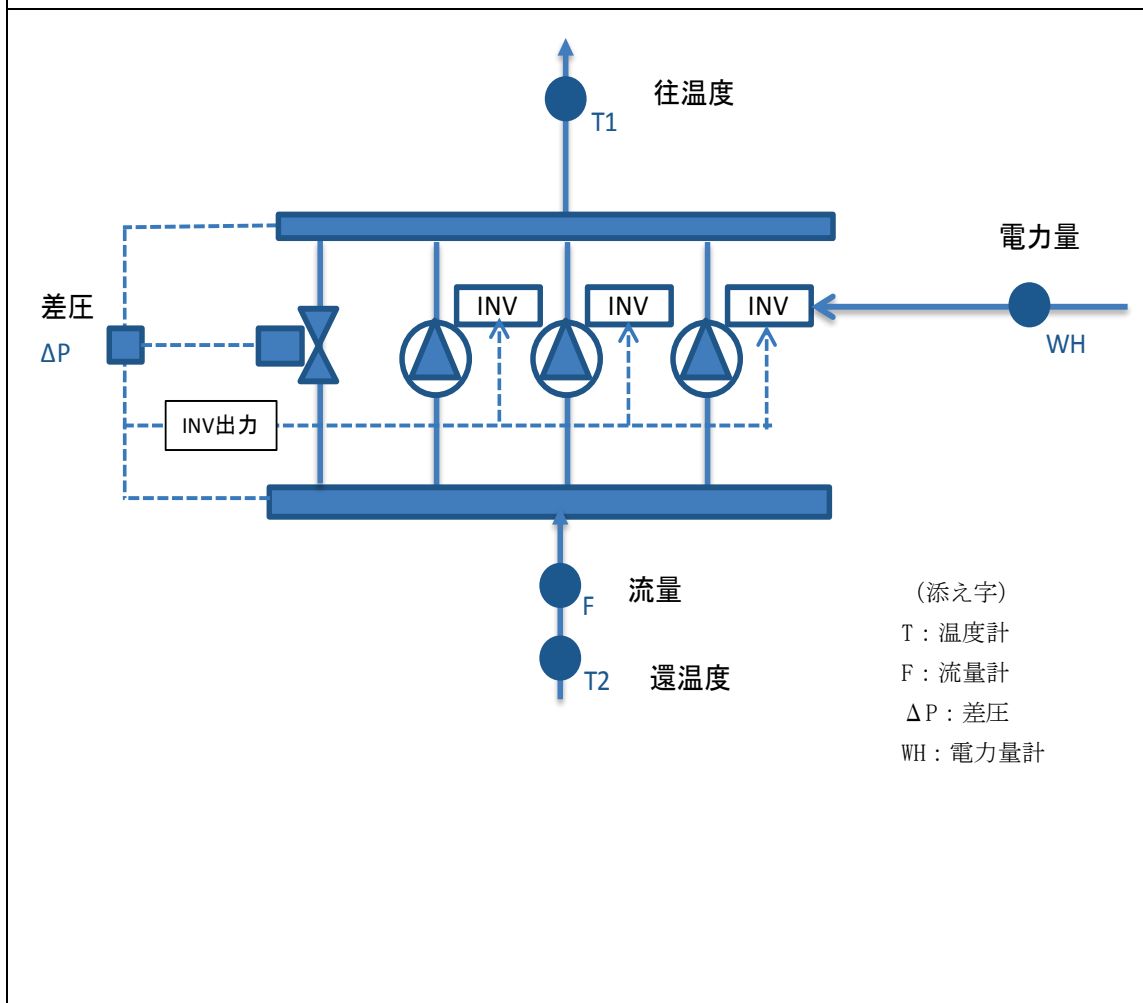
3.1. VWV

3.1.1. ホテル01（冷水VWV，制御方式P2-VWV-05）

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ（全台）	吐出圧力（負荷流量）	推定末端圧	回転数（周波数）制御

建物名	ホテル01	地区	関東	竣工	2004年	改修	—	規模	59,300m ²
分類記号	P2-VWV-05				検出部	吐出圧力（負荷流量）			
制御目的	VWV				制御目標	推定末端圧			
分析期間	2011年7月1日～2012年10月5日				動作	回転数（周波数）制御			
制御対象	2次ポンプ（全台）				製造年月	2003年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 差圧一定 INV 制御→バイパス弁制御 ポンプ全台수에 INV, 同時に回転数制御 				機器仕様	860L/min×200kPa×11kW×3台			

システムフロー



ホテル 01(冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<評価項目計算式, 計測概要>

1. 評価項目計算式 ※添え字(記号)はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 冷水温度差

$$\text{冷水温度差} = \text{冷水還温度 (T2)} - \text{冷水往温度 (T1)}$$

(2) 流量比

$$\text{流量比} = \text{実測流量 (F)} \div \text{実測最大流量}$$

(3) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{実測消費電力 (WH)} \div \text{実測最大消費電力}$$

(4) 熱量比

$$\text{熱量比} = \text{実測流量 (F)} \times \text{冷水温度差 (T2-T1)} \times \text{水の密度} \times \text{水の比熱} \div \text{実測最大熱量}$$

(5) WTF

$$\text{WTF} = \text{実測熱量} \div \text{実測消費電力 (WH)}$$

2. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・温度, 流量, 差圧: 1分間隔
- ・電力量: 30分間隔

(2) データ処理

- ・温度, 流量, 差圧: 1分間隔のデータを1時間平均に集計
- ・電力量: 30分間隔のデータを1時間平均に集計

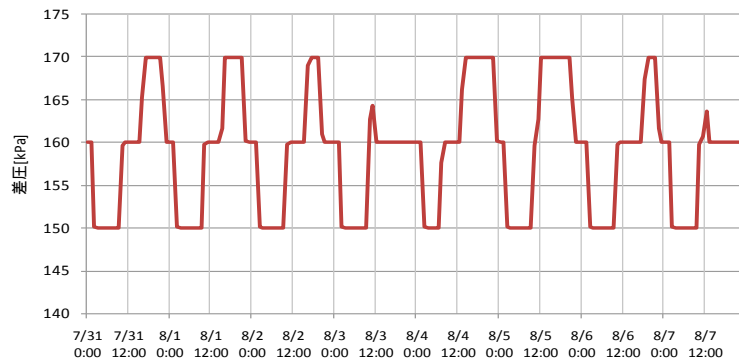
ホテル 01(冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (全台)	吐出圧力 (負荷流量)	推定末端圧	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ>

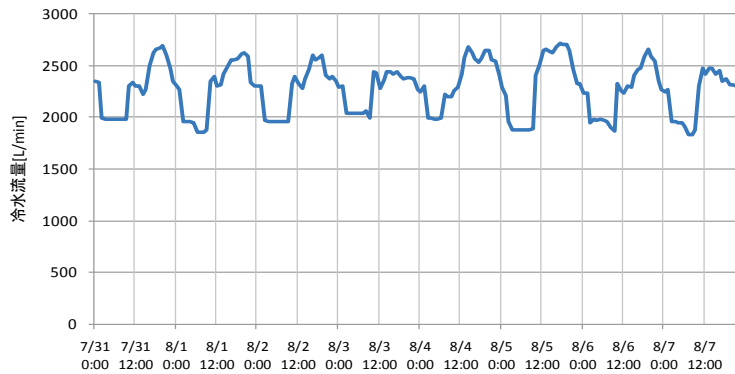
差圧制御状況 (2012/7/31~8/7)

差圧設定値 160kPa に対し 150~170kPa で運転されており差圧制御は良好である。



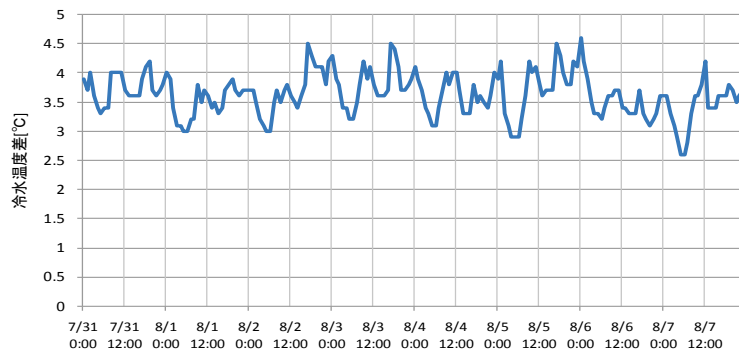
図Ⅲ. 3. 1. 1 差圧制御状況

冷水流量状況 (2012/7/31~8/7)



図Ⅲ. 3. 1. 2 冷水流量の推移

冷水温度差状況 (2012/7/31~8/7)



図Ⅲ. 3. 1. 3 冷水温度差の推移

ホテル 01(冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-05)

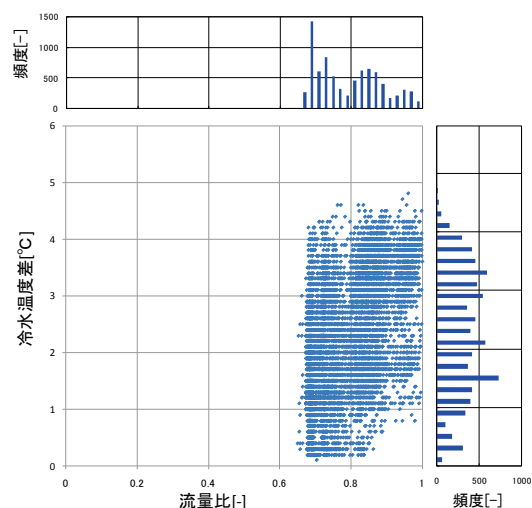
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<流量分析データ>

温度差は設計温度差 5°Cより小さく、流量が多い状態で運転されている。運転台数は常に3台運転であり、周波数は 65%を下限值として制御されている。

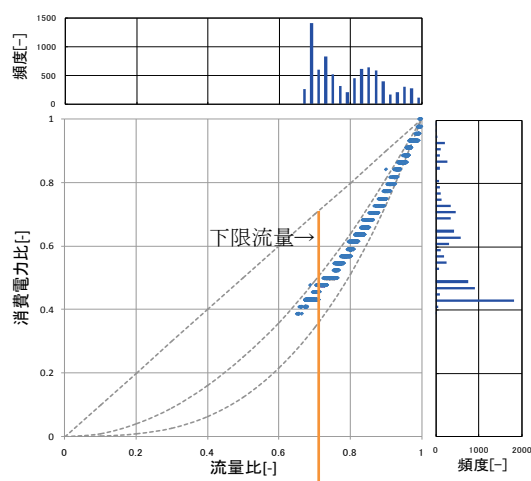
流量最大値 = 2,718 L/min
消費電力最大値 = 44 kWh

流量比と冷水温度差
設計温度差 5°C差を下回っている。



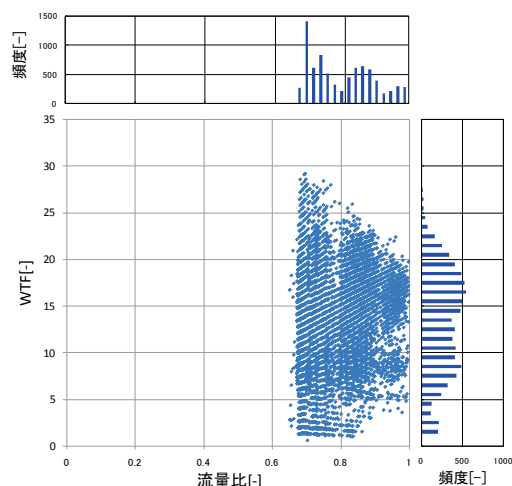
図Ⅲ. 3. 1. 4 流量比と冷水温度差の関係

流量比と消費電力比
周波数出力 65%を下限に運転されている。流量比に比較し消費電力が下がっているのは低流量時に差圧が低下しているためである。



図Ⅲ. 3. 1. 5 流量比と消費電力比の関係

流量比と WTF



図Ⅲ. 3. 1. 6 流量比と WTF の関係

ホテル 01(冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-05)

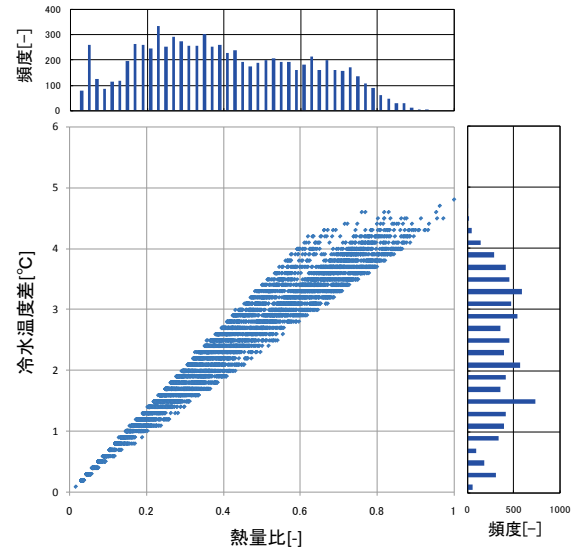
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<熱量分析データ>

熱量増加に伴い温度差は拡大している。
 低負荷時, インバータでの省電力効果に比較し,
 温度差が小さくなることでの熱搬送量の低下が
 大きく, WTF は熱量と比例関係にある。

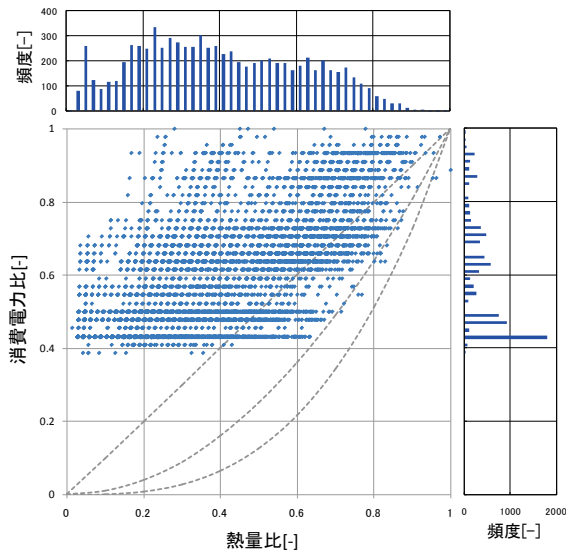
熱量最大値 = 3,150 MJ/h (= 875 kW)

熱量比と冷水温度差
 設計温度差 5°C差を下回っている。



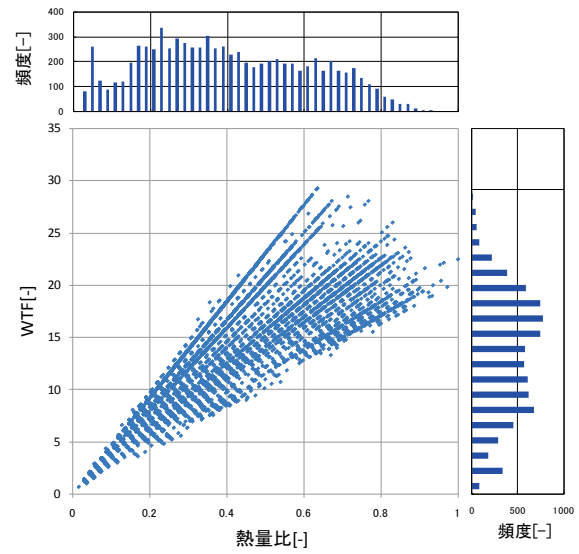
図Ⅲ. 3. 1. 7 熱量比と冷水温度差の関係

熱量比と消費電力比
 消費電力比 40%を下限に運転されている。



図Ⅲ. 3. 1. 8 熱量比と消費電力比の関係

熱量比と WTF

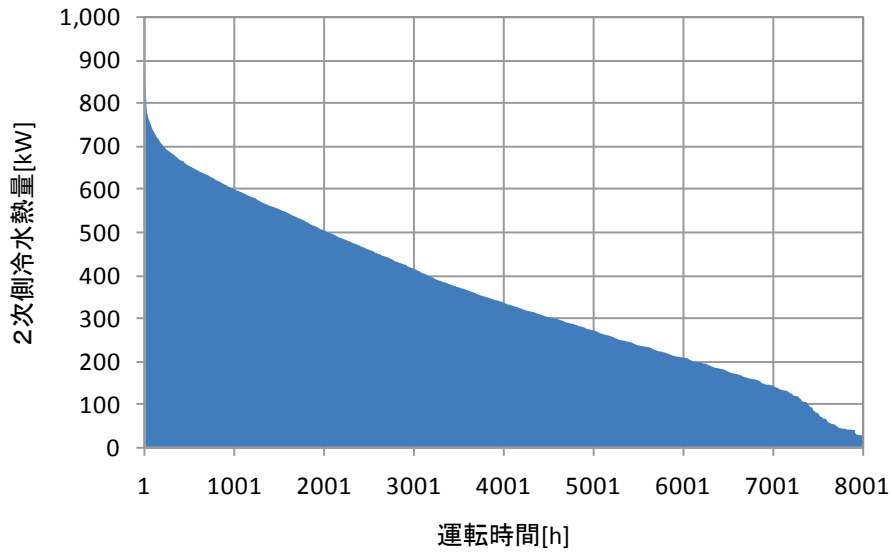


図Ⅲ. 3. 1. 9 熱量比と WTF の関係

ホテル 01(冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (全台)	吐出圧力 (負荷流量)	推定末端圧	回転数 (周波数) 制御

<期間負荷データ>



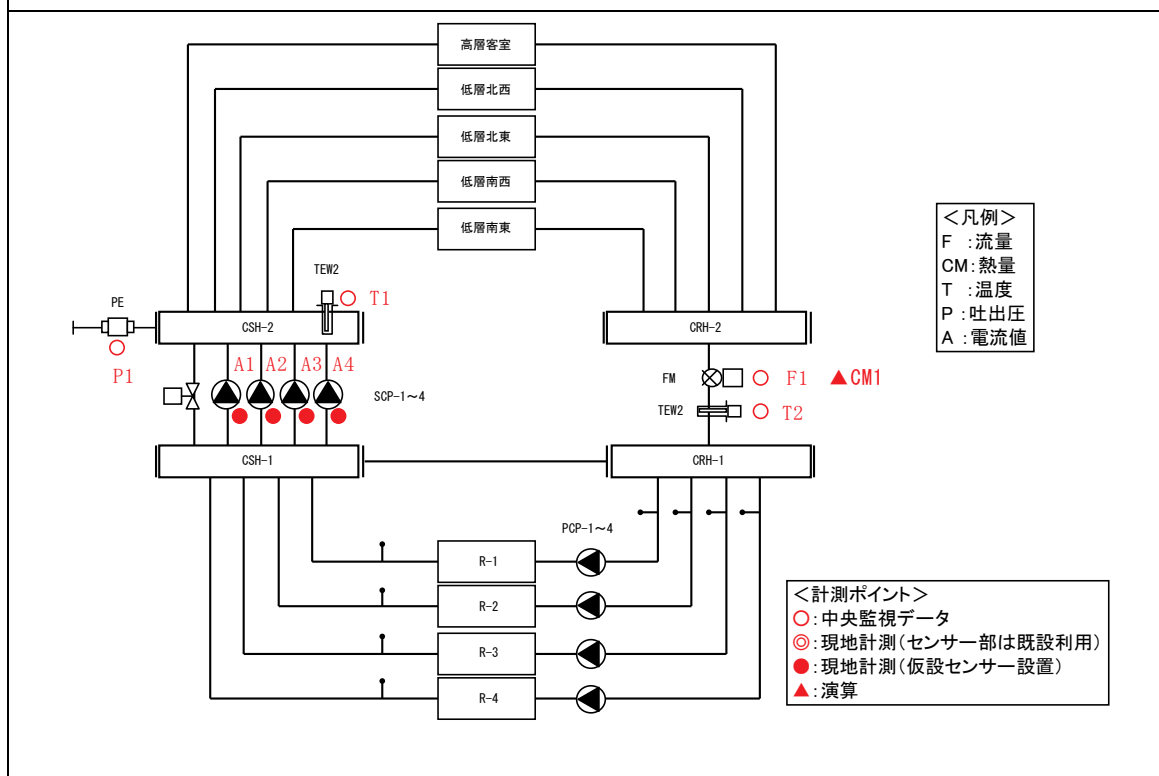
図Ⅲ. 3. 1. 10 期間負荷

3.1.2. ホテル 02 (P2-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

建物名	ホテル 02	地区	関東	竣工	1989年	改修	—	規模	56,917 m ²
分類記号	P2-VWV-03				検出部	負荷流量			
制御目的	ポンプ台数制御				制御目標	流量			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～平成 24 年 9 月 30 日				動作	台数制御			
制御対象	2次ポンプ				製造年月	—			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 負荷流量による2次ポンプ台数制御 ⇒手動による制御（コメント欄参照） 吐出圧によるバイパス弁比例制御 吐出圧設定値：1058kPa 設計温度差：5℃（往7℃，還12℃） 				機器仕様	SCP-1～3 200Φ×150Φ×4760L/min×215kPa×3台 3Φ×415V×30kW，λ-Δ始動 SCP-4 125Φ×100Φ×2380L/min×215kPa×1台 3Φ×415V×15kW，λ-Δ始動			

システムフロー



<制御方式および評価項目計算式>

(1)データの収集時間間隔

- ①現地計測データ：1分間隔，瞬時値
- ②中央監視データ：1分間隔，瞬時値（or 平均値）

ホテル 02 (P2-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

(2) データ処理

1 分間隔瞬時値 (or 平均値) → 10 分間平均値に処理

(3) 解析利用データフィルタリング項目

- ① 機器の起動, 停止時のデータを排除
- ② 増段, 減段時のデータを排除

(4) その他

負荷流量による台数制御閾値は右表参照.

レベル	SCP-1,2,3	SCP-4	台数制御 負荷流量[m ³ /h]
1	0台	1台	0~141
2	1台	0台	141~285
3	1台	1台	285~426
4	2台	0台	426~570
5	2台	1台	570~711
6	3台	0台	711~855
7	3台	1台	855~996

(5) 評価項目計算式

① 流量比

$$\text{流量比 (FR) [-]} = \text{流量 (F1) [L/min]} \div \text{実測時最大流量 (8,695) [L/min]}$$

② 温度差

T1 : 往温度[°C], T2 : 還温度[°C]として,

$$\text{温度差 (ΔT) [°C]} = T2 - T1$$

③ 熱処理量

$$\begin{aligned} \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} &= \text{定圧比熱 (4.186) [kJ/kg/°C]} \times \text{密度 (1.0) [kg/L]} \\ &\quad \times \text{流量 (F1) [L/min]} \times \text{温度差 (ΔT) [°C]} \\ &\quad \times 60[\text{min/h}] \div 1000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{熱処理量比 (CMR) [-]} &= \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} \\ &\quad \div \text{実測時最大熱処理量 (9,059) [MJ/h]} \end{aligned}$$

④ 消費電力

A1~A4 : 電流値[A]を用いて, 以下式より算出.

$$\begin{aligned} \text{消費電力 (P) [kW]} &= \sqrt{3} \times \text{電圧 (415) [V]} \times \text{電流値 (A1+A2+A3+A4) [A]} \\ &\quad \times \text{力率 (0.85)} \div 1000 \end{aligned}$$

$$\text{消費電力比 (PR) [-]} = \text{消費電力 (P) [kW]} \div \text{実測時最大消費電力 (47.9) [kW]}$$

⑤ WTF

$$\text{WTF} = \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} \div 3.6 [\text{MJ/h/kW}] \div \text{消費電力 (P) [kW]}$$

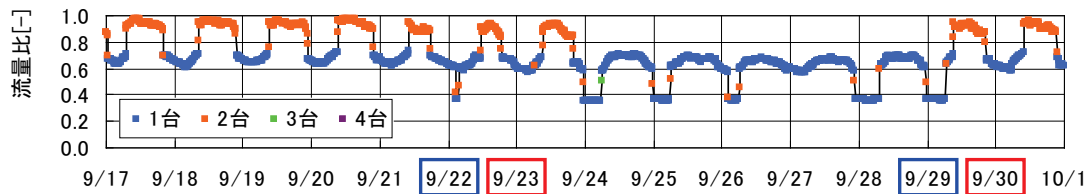
ホテル 02 (P2-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

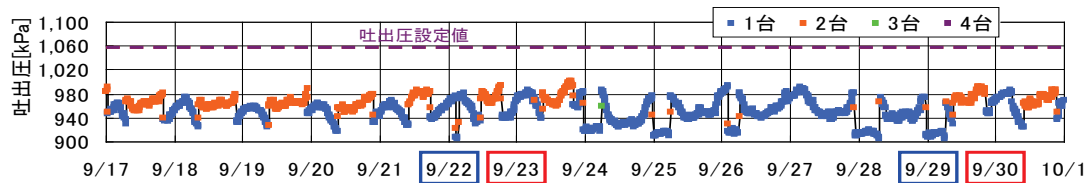
<動作確認データ>

2012年9月17日(月)～9月30日(日)のトレンドデータを示す。

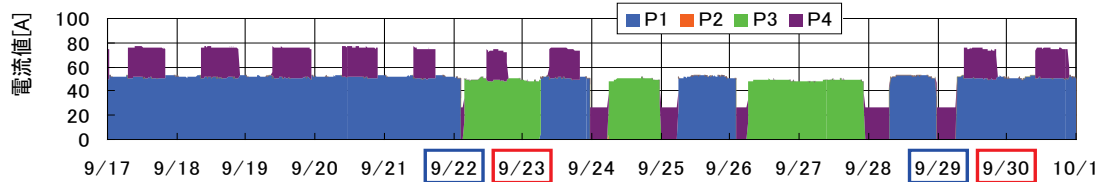
流量は、運転しているポンプに応じた流量で段階的に変動している。また、吐出圧が設定値よりも小さく運転しているが、これは流量不足回避のため設定値を高めに行っているためと考えられる。



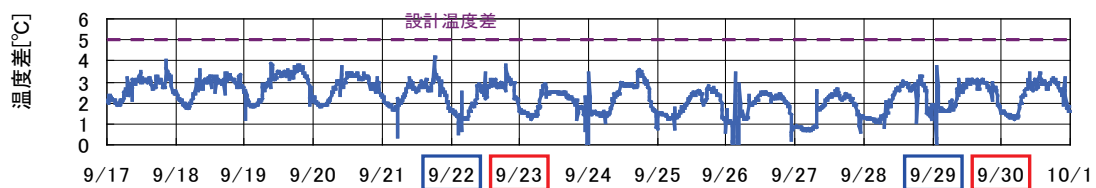
図Ⅲ.3.1.11 流量比



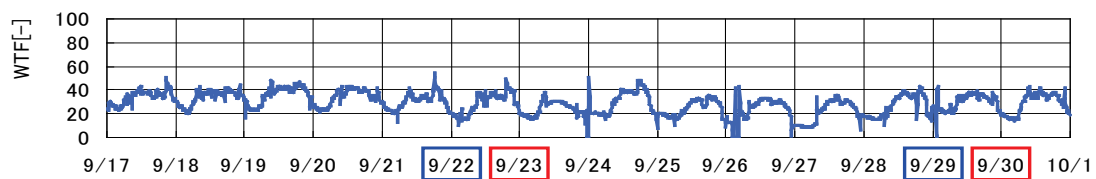
図Ⅲ.3.1.12 吐出圧



図Ⅲ.3.1.13 電流値



図Ⅲ.3.1.14 温度差



図Ⅲ.3.1.15 WTF

ホテル 02 (P2-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

<流量分析>

図Ⅲ. 3. 1. 16

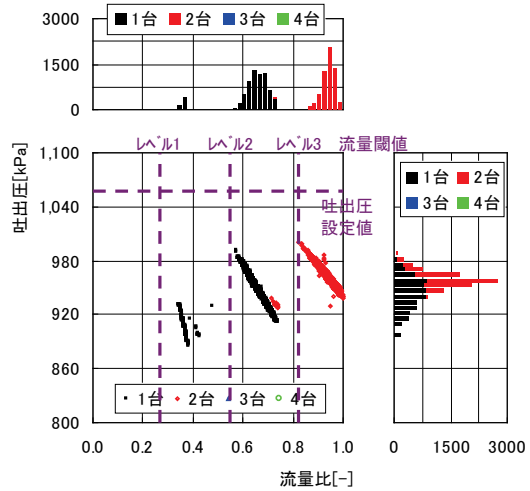
流量不足にならないように設定値を高め
に設定している。また、増減段設定値より
多く流量が流れている。

図Ⅲ. 3. 1. 17

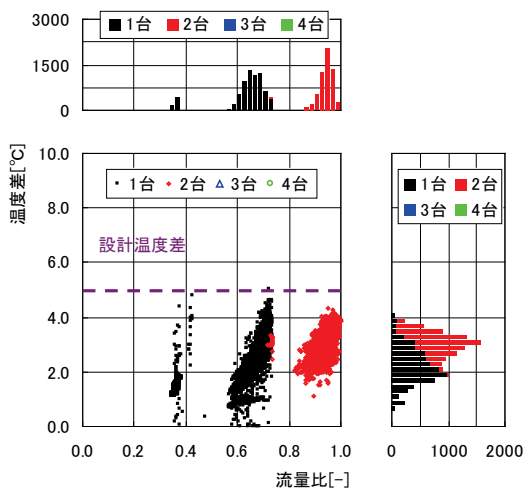
流量が多く流れているため、温度差が小さい
状態で動作している。

図Ⅲ. 3. 1. 18

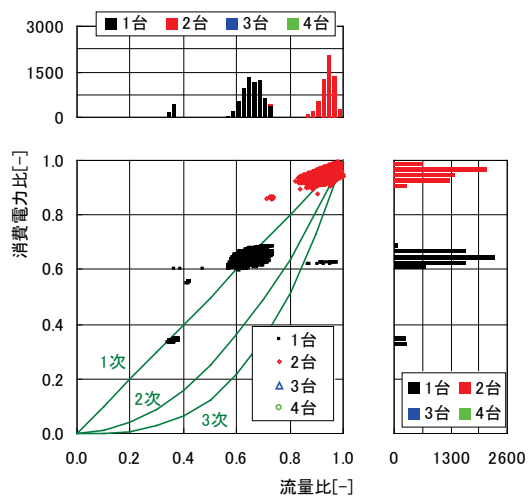
理論値（1次）上を動作している。また、定
格運転のためデータは集合している。



図Ⅲ. 3. 1. 16 流量比と吐出圧の関係



図Ⅲ. 3. 1. 17 流量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 18 流量比と消費電力比の関係

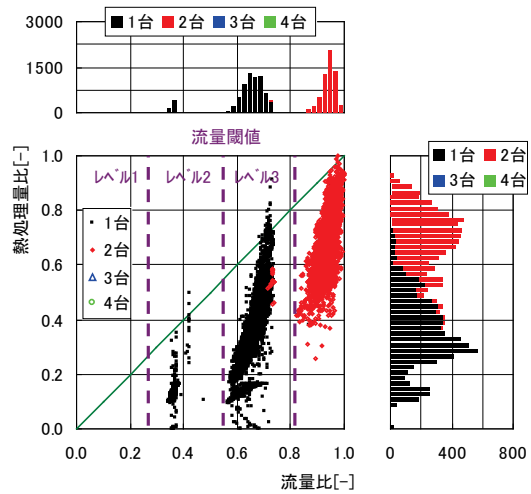
ホテル 02 (P2-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

<流量分析>

図Ⅲ. 3. 1. 19

定格運転のため、流量比はポンプの運転台数に応じて分布している。また、温度差が小さいため、熱量比は理論値よりも小さく動作している。



図Ⅲ. 3. 1. 19 流量比と熱処理量比の関係

ホテル 02 (P2-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

< 熱量分析 >

図Ⅲ. 3. 1. 20

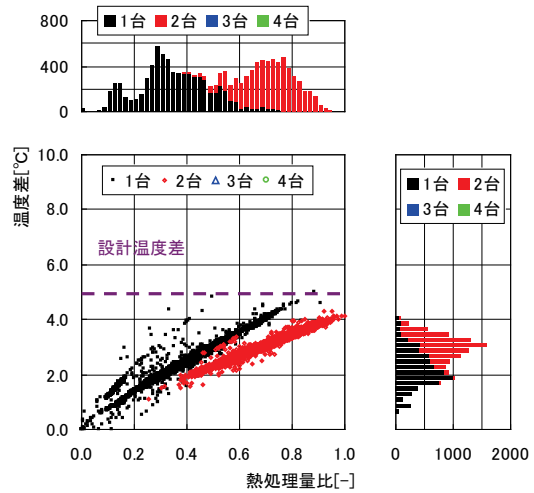
流量が多く流れているため、設計温度差よりも小さく運転している。

図Ⅲ. 3. 1. 21

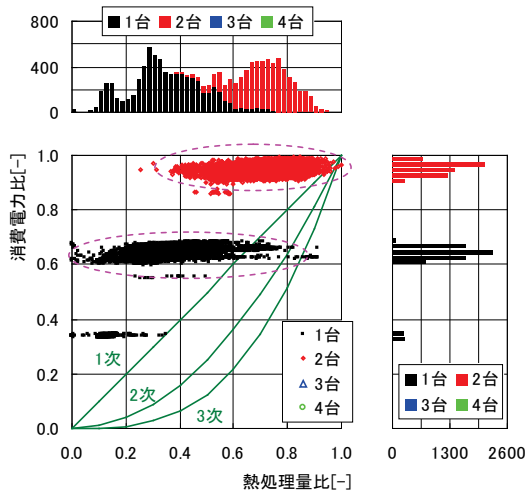
温度差が小さいため、熱処理量比が小さく運転している。そのため、理論値（1次）よりも高い消費電力比で運転している。

図Ⅲ. 3. 1. 22

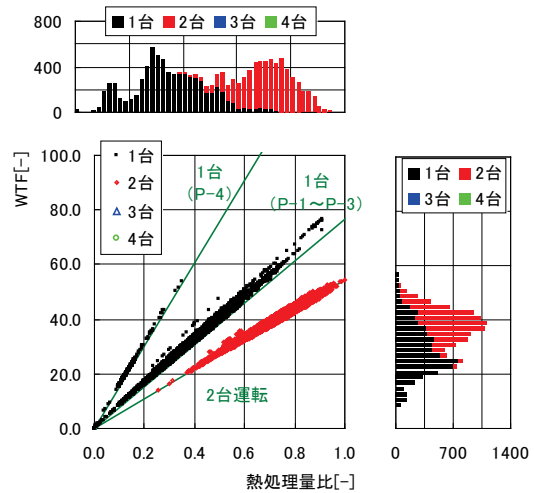
概ね理論値と同等の動作をしている。



図Ⅲ. 3. 1. 20 熱処理量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 21 熱処理量比と消費電力比の関係



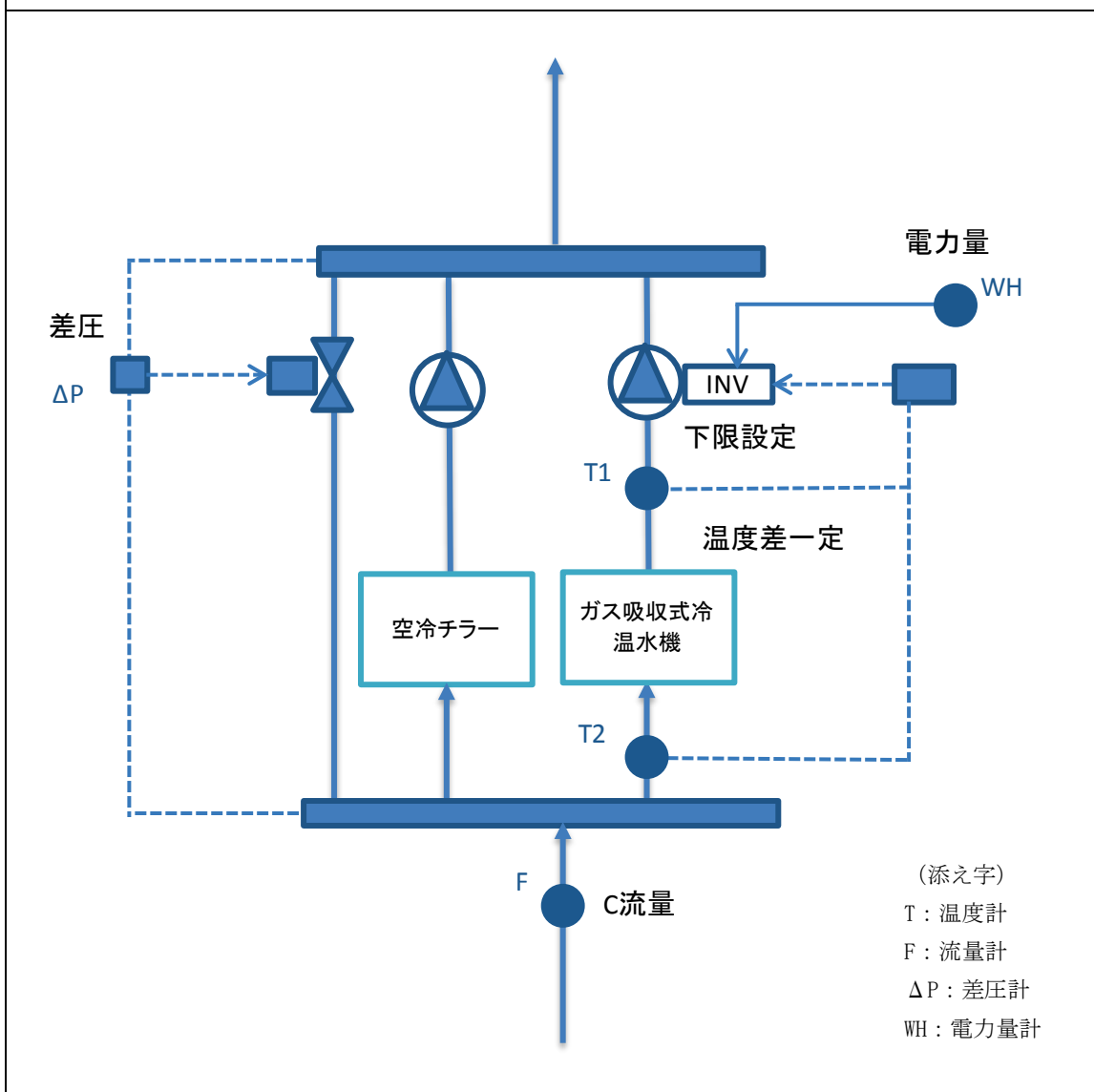
図Ⅲ. 3. 1. 22 熱処理量比とWTFの関係

3.1.3. ホテル 05 (冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	冷凍機冷水温度差	流量	回転数(周波数)制御

建物名	ホテル 05	地区	関東	竣工	2008年	改修	—	規模	19,600m ²
分類記号	P1-VWV-04				検出部	冷凍機冷水温度差			
制御目的	VWV				制御目標	流量			
分析期間	2011年7月1日～2011年11月30日				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	1次ポンプ				製造年月	2008年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 1次ポンプ方式 吐出圧力一定バイパス弁制御 冷凍機出入口温度差一定変流量制御 				機器仕様	冷水ポンプ 1000L/min×400kPa×15kW			

システムフロー



ホテル 05(冷水 VVV, 制御方式 P1-VVV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	冷凍機冷水温度差	流量	回転数(周波数)制御

<評価項目計算式, 計測概要>

1. 評価項目計算式 ※添え字(記号)はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 冷水温度差

$$\text{冷水温度差} = \text{冷水還温度 (T2)} - \text{冷水往温度 (T1)}$$

(2) 流量比

$$\text{流量比} = \text{実測流量 (F)} \div \text{実測最大流量}$$

(3) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{実測消費電力 (WH)} \div \text{実測最大消費電力}$$

(4) 熱量比

$$\text{熱量比} = \text{実測流量 (F)} \times \text{冷数温度差 (T2-T1)} \times \text{水密度} \times \text{比熱} \div \text{実測最大熱量}$$

(5) WTF

$$\text{WTF} = \text{実測熱量} \div \text{実測消費電力 (WH)}$$

2. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・ 1時間間隔

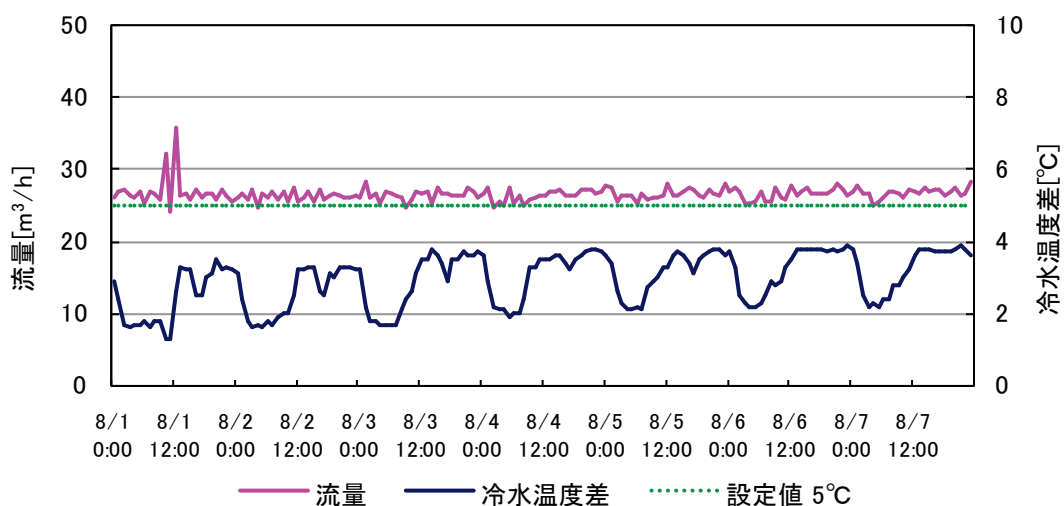
ホテル 05(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	冷凍機冷水温度差	流量	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

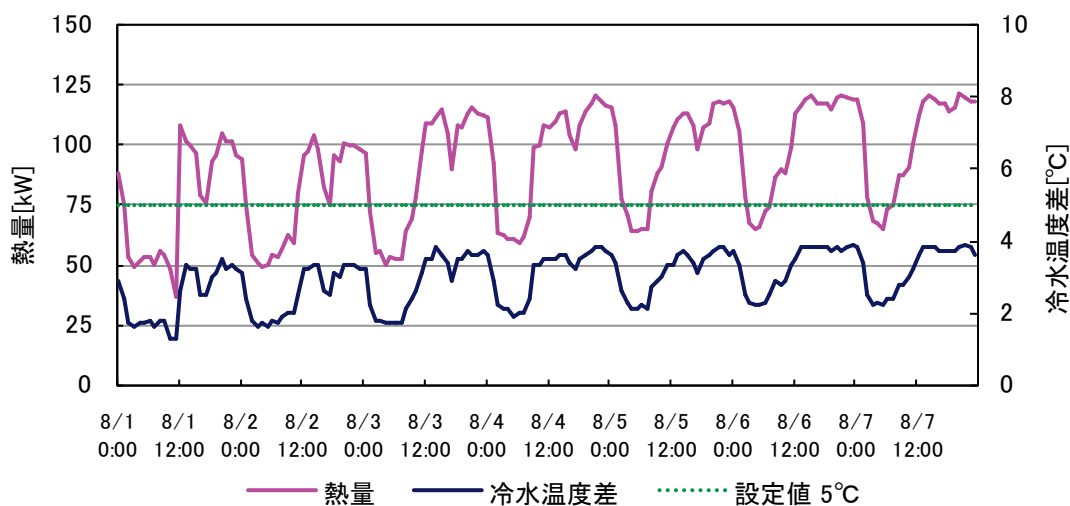
夏の冷水温度差トレンドグラフ (2011/8/1~8/7)

夏季, 流量は冷凍機定格流量の約 50%, 最低流量で定流量運転されている. 温度差はこの流量で 4°C以内となっており変動していない.



図Ⅲ. 3. 1. 23 流量と冷水温度差 (夏期)

負荷が大きくなるに従い温度差は大きくなるが, 最大負荷は定格の約 40%である.



図Ⅲ. 3. 1. 24 熱量と冷水温度差 (夏期)

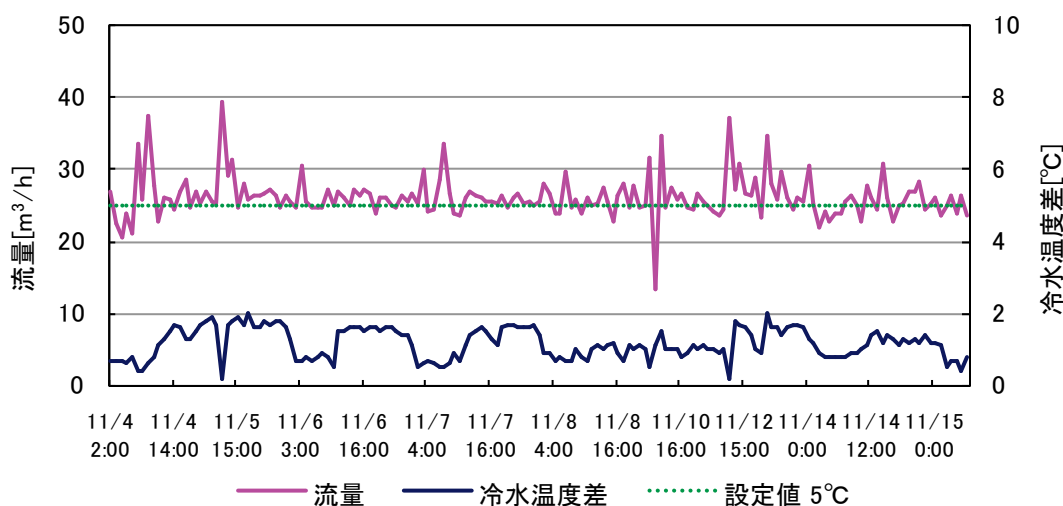
ホテル 05(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	冷凍機冷水温度差	流量	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

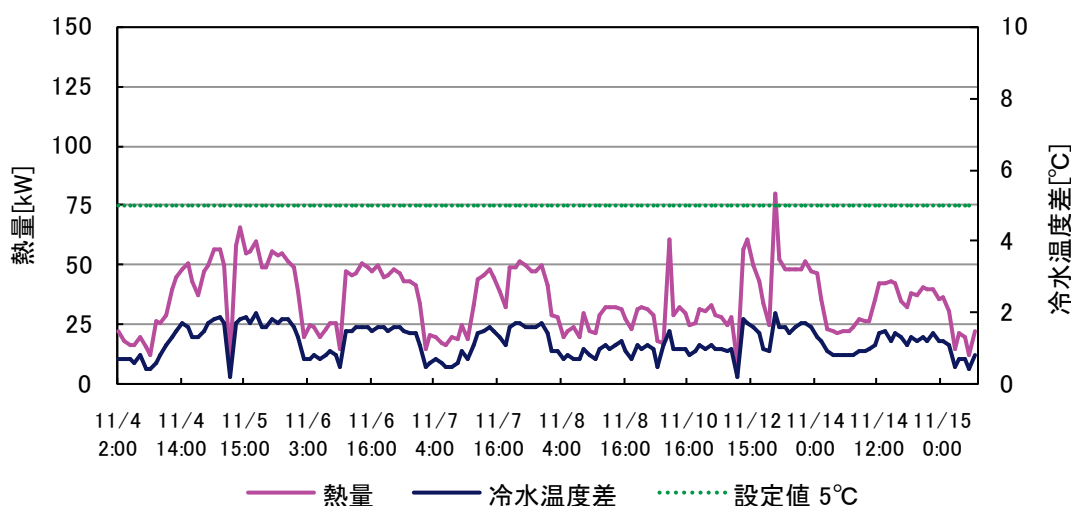
中間期の冷水温度差トレンドグラフ (2011/11/4~11/15)

中間期も夏季同様、流量は冷凍機定格流量の約 50%，最低流量で定流量運転されている。冷水温度差は負荷が少ないため 2℃程度。



図Ⅲ. 3. 1. 25 流量と冷水温度差 (中間期)

中間期の発生熱量は 10～20%である。



図Ⅲ. 3. 1. 26 熱量と冷水温度差 (中間期)

ホテル 05(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	冷凍機冷水温度差	流量	回転数（周波数）制御

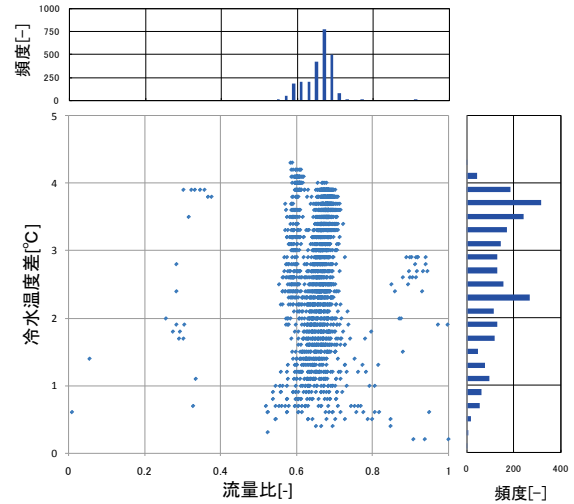
<流量分析データ>

計測全期間(2011/7/1～11/30)の冷水流量比と冷水温度の関係を示す。冷水流量は計測期間中、ほぼ定格値の40%～50%、計測期間中最大値の70%前後の流量で運用されている。設計は冷水温度差一定の変流量制御であるが、冷凍機の運転最小流量でも負荷が小さいため温度差は最大で4℃と冷凍機定格を下回っており、これ以上の低流量化は不可能である。一次ポンプ方式の変流量制御は冷凍機の容量が負荷に比べて大きい場合、冷凍機の最小流量が制約となる。

流量最大値=39.5 m3/h

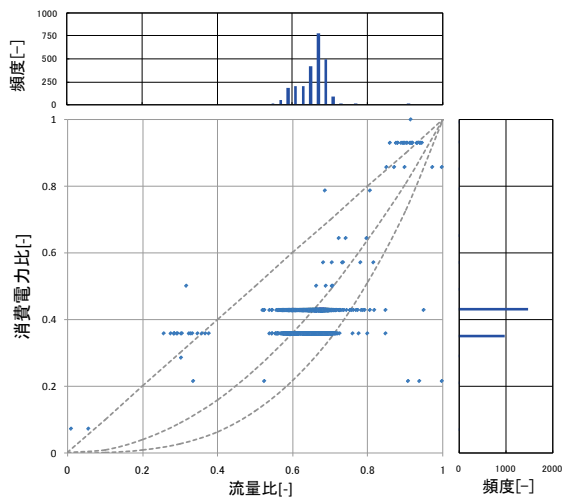
消費電力最大値=14 kWh

流量比～冷水温度差



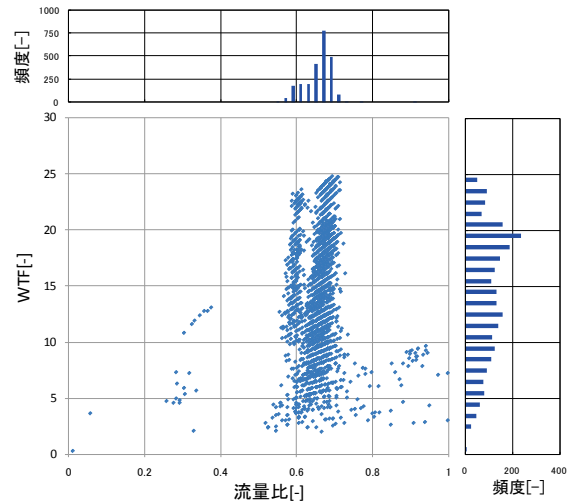
図Ⅲ. 3. 1. 27 流量比と冷水温度差の関係

流量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 1. 28 流量比と消費電力比の関係

流量比～WTF



図Ⅲ. 3. 1. 29 流量比とWTFの関係

ホテル 05(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-04)

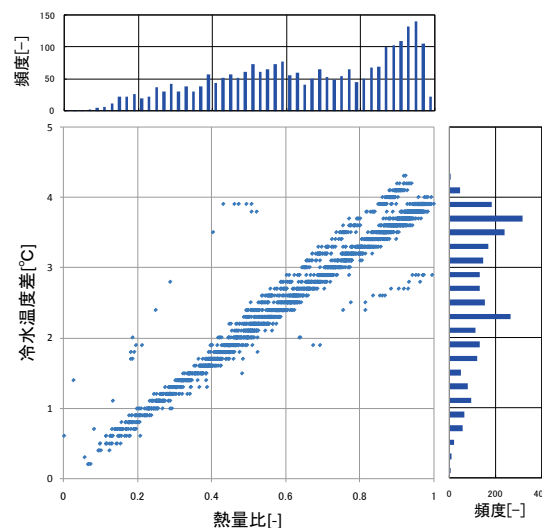
制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	冷凍機冷水温度差	流量	回転数（周波数）制御

<熱量分析データ>

計測全期間(2011/7/1～11/30)の冷水熱量比との関係を示す。冷水熱量は計測期間中、10%～100%、計測期間中最大値の70%前後の熱量で運用されている。設計は冷水温度差一定の変流量制御であるが、冷凍機の運転最小流量でも負荷が小さいため温度差は最大で4℃と冷凍機定格を下回っており、これ以上の低流量化は不可能である。一次ポンプ方式の変流量制御は冷凍機の容量が負荷に比べて大きい場合、冷凍機の最小流量が制約となる。

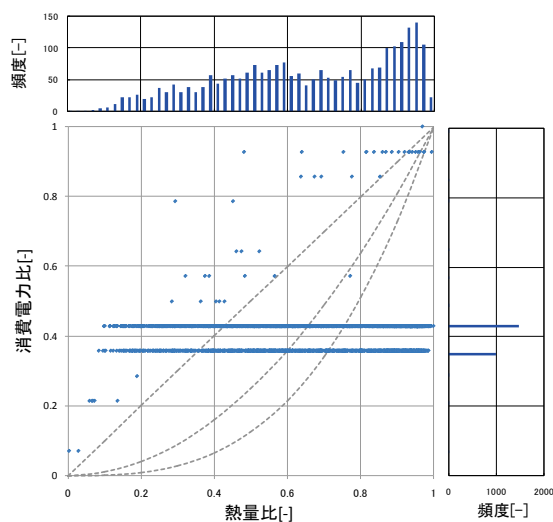
熱量最大値=452 MJ/h
(=126 kW)

熱量比～冷水温度差



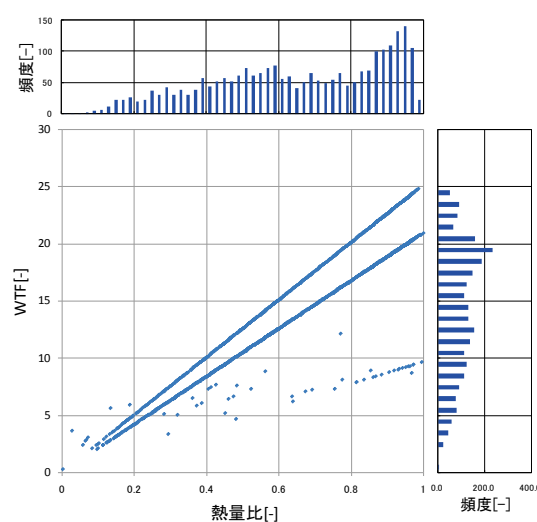
図Ⅲ. 3. 1. 30 熱量比と冷水温度差の関係

熱量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 1. 31 熱量比と消費電力比の関係

熱量比～WTF

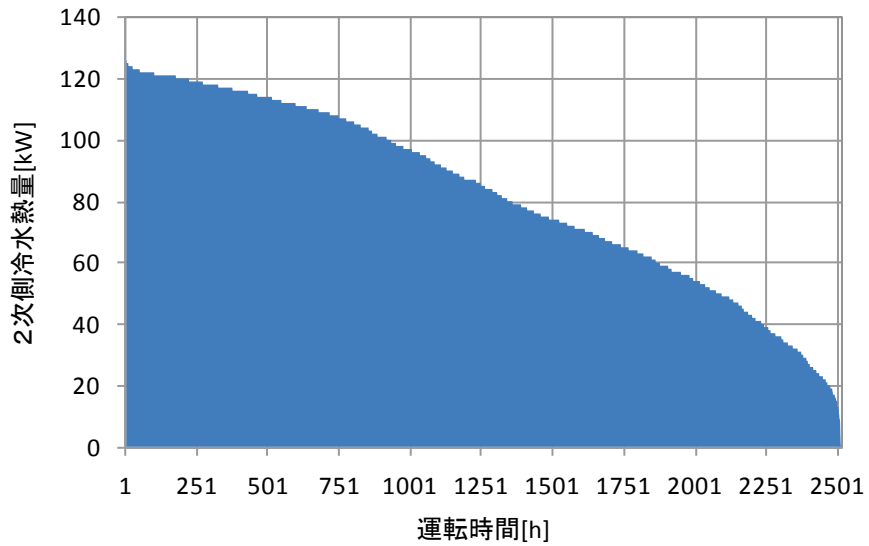


図Ⅲ. 3. 1. 32 熱量比とWTFの関係

ホテル 05(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	冷凍機冷水温度差	流量	回転数（周波数）制御

<期間負荷データ>



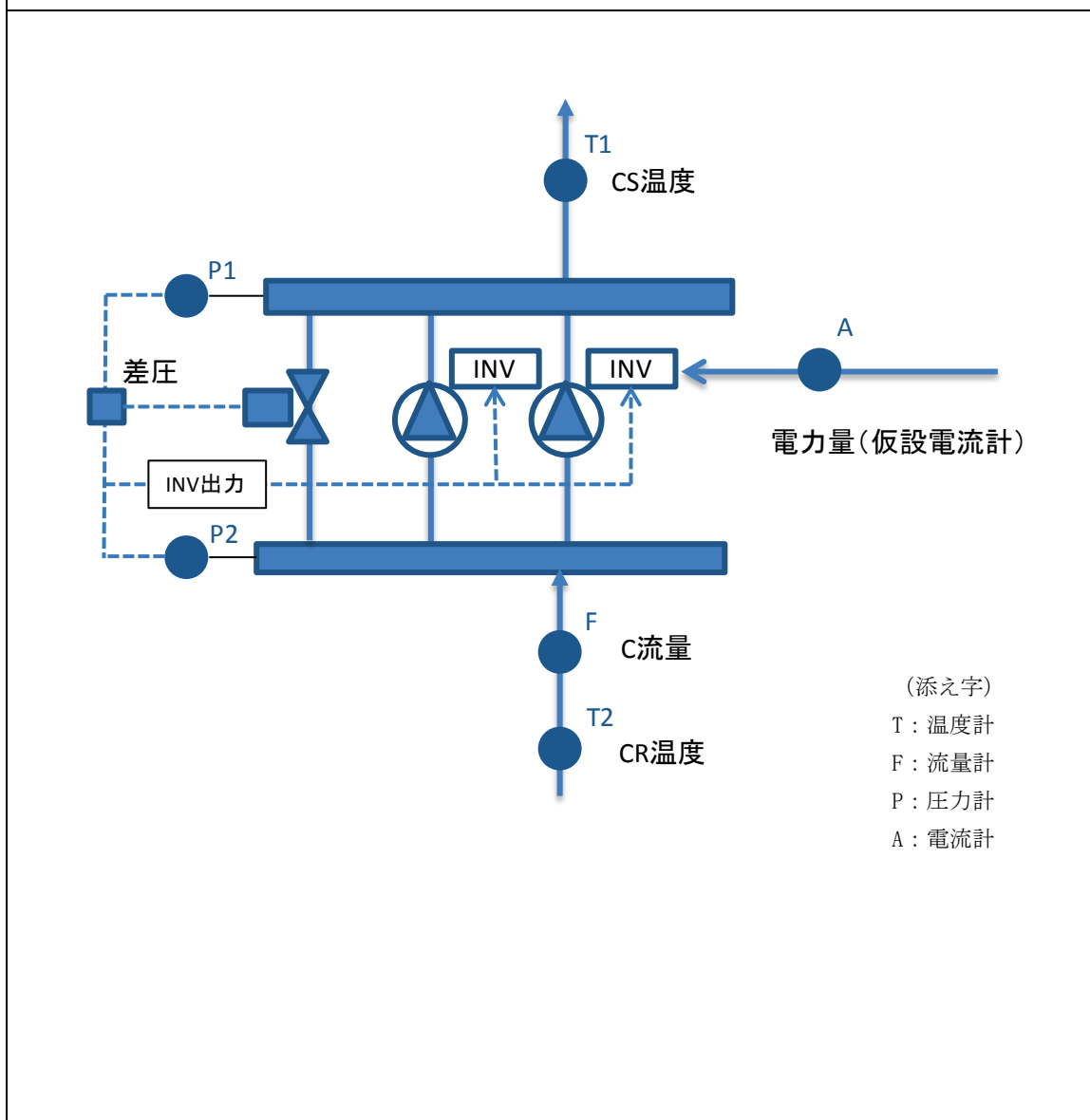
図Ⅲ. 3. 1. 33 期間負荷

3.1.4. ホテル06 (冷水VWV, 制御方式P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

建物名	ホテル06	地区	九州	竣工	1994年	新築	—	規模	165,000m ²
分類記号	P2-VWV-04				検出部	吐出圧力			
制御目的	VWV				制御目標	吐出圧力			
分析期間	2011年11月1日～2011年12月15日				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	2次ポンプ(1台)				製造年月	1993年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ ヘッダー差圧一定 ・ INV制御→バイパス弁制御 ・ 流量による台数制御 				機器仕様	10,000 L/min×60mAq×160kW×2台 (設置5台, 運用2台, 期間中は1台運転)			

システムフロー



ホテル 06 (冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

<評価項目計算式, 計測概要>

1. 評価項目計算式 ※添え字(記号)はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 冷水温度差

$$\text{冷水温度差} = \text{冷水還温度 (T2)} - \text{冷水往温度 (T1)}$$

(2) 流量比

$$\text{流量比} = \text{実測流量 (F)} \div \text{最大流量 (計測期間内)}$$

(3) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{消費電力} \div \text{最大消費電力 (計測期間内)}$$

$$\text{消費電力} = \text{実測電流 (A)} \times 420 \text{ V} \times \sqrt{3} \times 0.9$$

(4) 熱量比

$$\text{熱量比} = \text{熱量} \div \text{最大熱量 (計測期間内)}$$

$$\text{熱量} = \text{実測流量 (F)} \times \text{冷水温度差 (T2-T1)} \times \text{水の密度} \times \text{水の比熱}$$

(5) WTF

$$\text{WTF} = \text{熱量} \div \text{消費電力}$$

2. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

温度, 流量: 5分間隔

電流(仮設計測): 10分間隔

(2) データ処理

- ・5分間隔のデータ(温度, 流量)を10分平均に集計

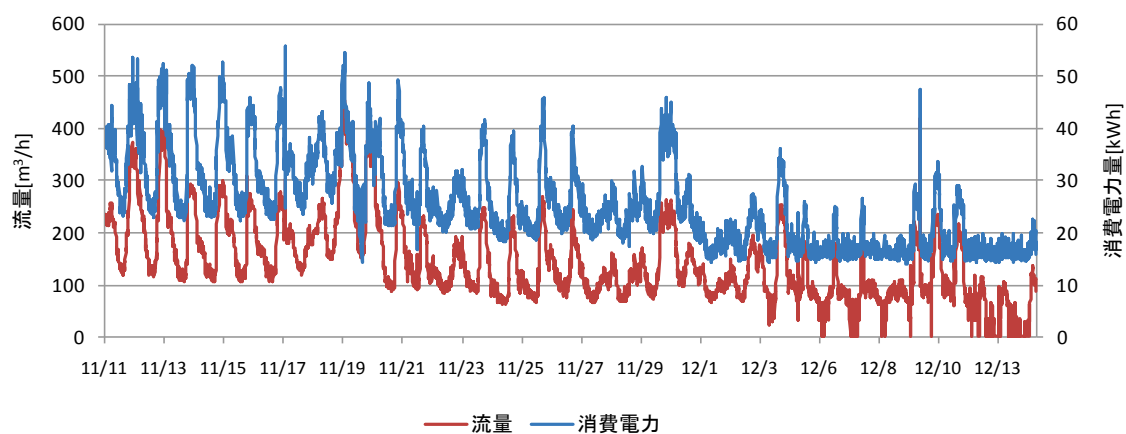
ホテル 06 (冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

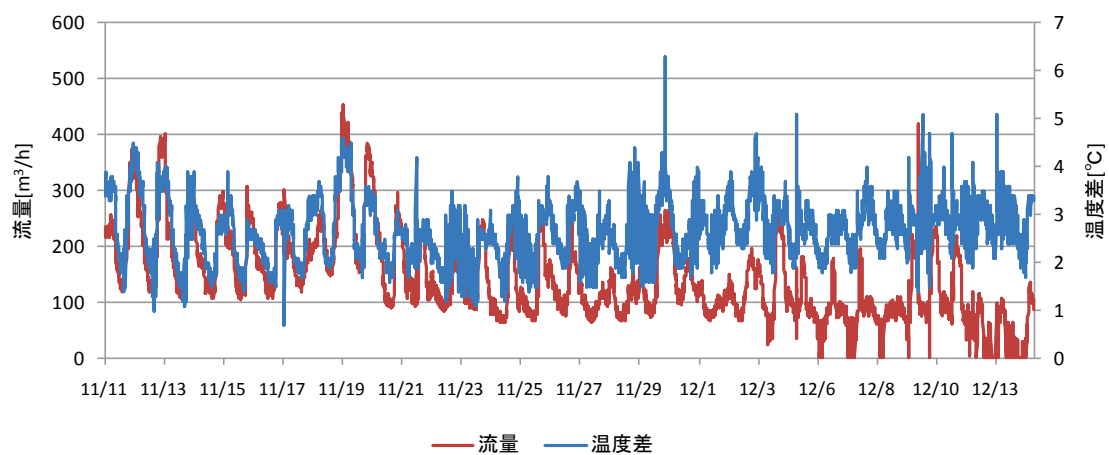
<動作確認データ>

動作状況の推移 (2011/11/11~12/13)

ポンプは1台運転で能力に比較し最大時で30%とかなりの低負荷運転となっている。



図Ⅲ. 3. 1. 34 流量と消費電力の推移



図Ⅲ. 3. 1. 35 流量と温度差の推移

ホテル 06 (冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

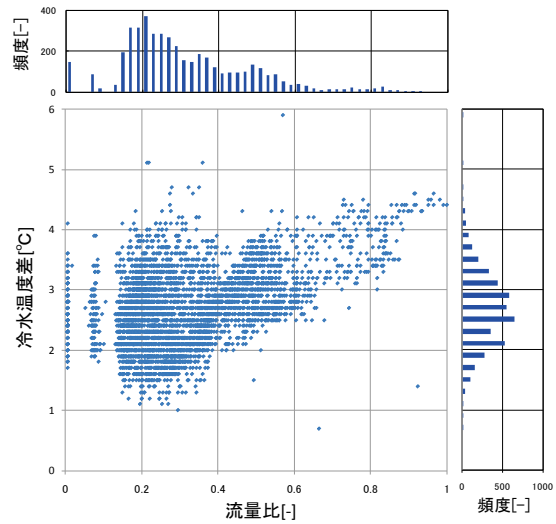
<流量分析データ>

冷水温度差は3℃程度であり設計温度差5℃はとれていない。末端への送水の確保による。

流量最大値=454 m³/h

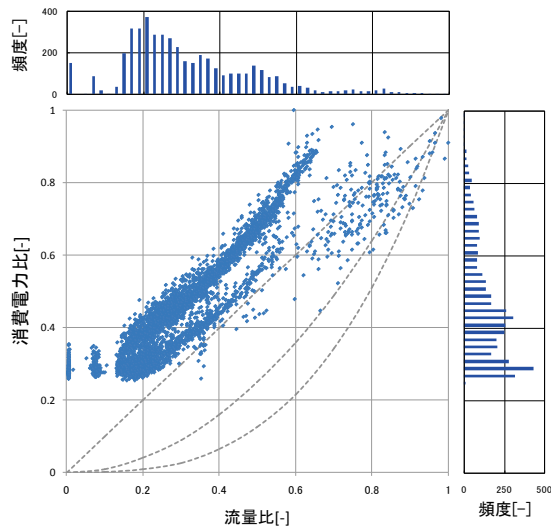
消費電力最大値=56 kWh

流量比～冷水温度差



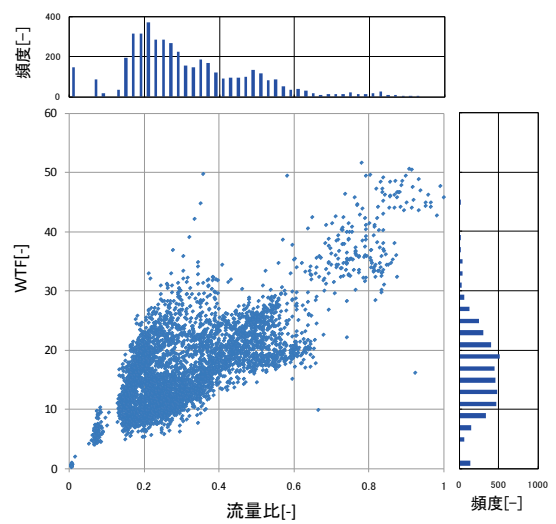
図Ⅲ. 3. 1. 36 流量比と冷水温度差の関係

流量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 1. 37 流量比と消費電力比の関係

流量比～WTF



図Ⅲ. 3. 1. 38 流量比とWTFの関係

ホテル 06 (冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-04)

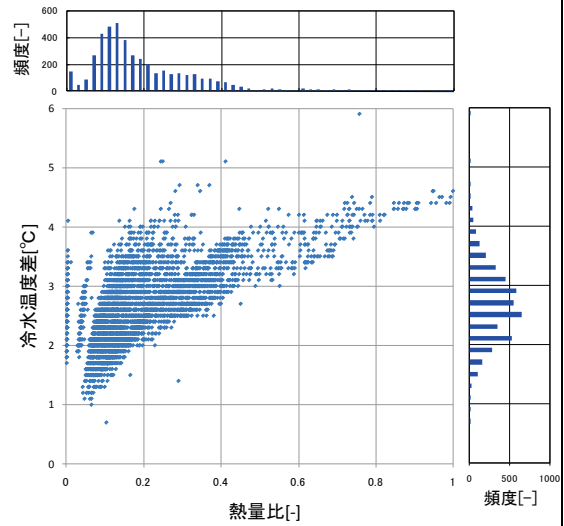
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

<熱量分析データ>

冷水温度差は3℃程度であり設計温度差5℃はとれていない。末端への送水の確保による。

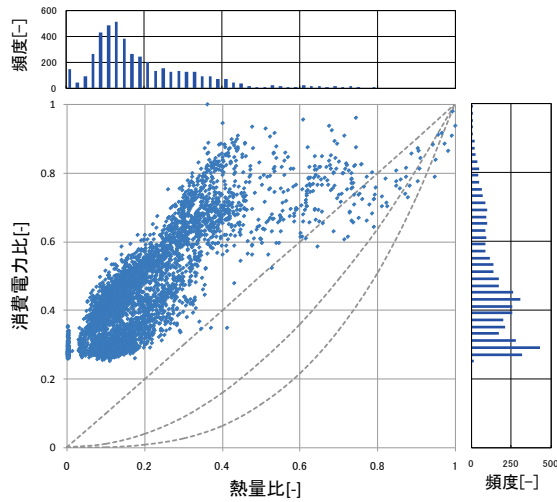
熱量最大値=8,433 MJ/h
(=2,343 kW)

熱量比～冷水温度差



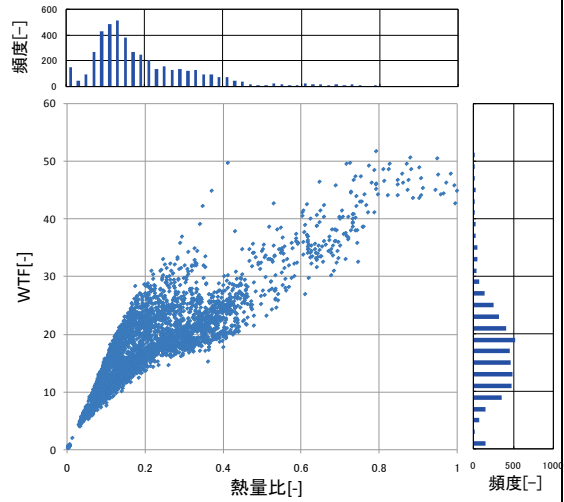
図Ⅲ. 3. 1. 39 熱量比と冷水温度差の関係

熱量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 1. 40 熱量比と消費電力比の関係

熱量比～WTF

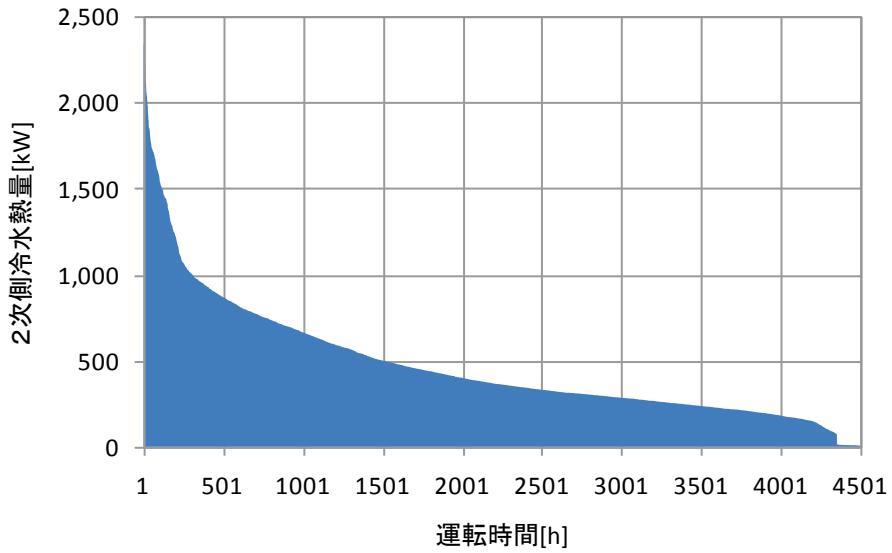


図Ⅲ. 3. 1. 41 熱量比とWTFの関係

ホテル 06 (冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

<期間負荷データ>



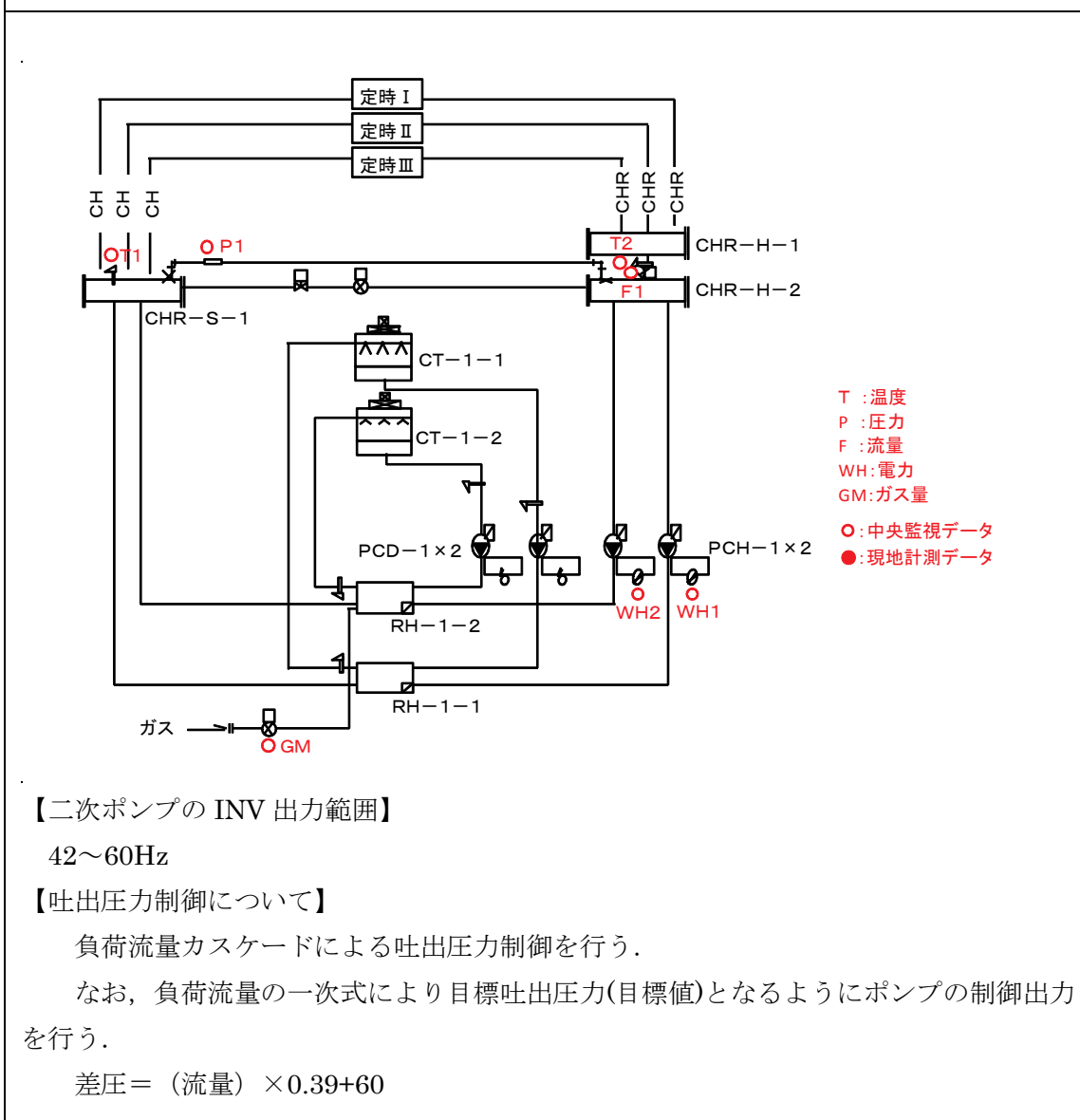
図Ⅲ. 3. 1. 42 期間負荷

3.1.5. 病院 01 (P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PCH-1	吐出圧力 (差圧)	吐出圧力 (差圧)	回転数 (周波数) 制御

建物名	病院 01	地区	山口	竣工	2007 年	改修	—	規模	60,844m ²
分類記号	P1-VWV-05				検出部	吐出圧力 (差圧)			
制御目的	ポンプ回転数制御				制御目標	吐出圧力 (差圧)			
分析期間	平成 23 年 11 月～平成 24 年 9 月				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	PCH-1				製造年月				
制御内容	<ポンプ廻り> ・送水差圧制御				機器仕様	PCH-1 3,024L/min×333kPa 3φ×200V×26kW ×2 台			

システムフロー



病院 01 (P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PCH-1	吐出圧力 (差圧)	吐出圧力 (差圧)	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ> 2012年1月10～23日

【評価項目計算式】

1) 二次側温度差 (温水・冷水温度差)

$$\text{二次側温度差} = \text{還ヘッダー温度 (T2)} - \text{往ヘッダー温度 (T1)}$$

2) 二次側負荷熱量

$$\text{二次側負荷熱量} = \text{二次側温度差 (T1-T2)} \times \text{二次側流量 (F1)} \times \text{比重} \times \text{比熱}$$

3) 流量比

$$\text{流量比} = \text{二次側流量度 (F1)} \div \text{期間最大流量}$$

4) 消費電力量比

$$\text{消費電力量} = \text{消費電力 (WH1, WH2)} \div \text{期間最大消費電力}$$

5) 熱処理量比

$$\text{熱処理量比} = \text{二次側負荷熱量} \div \text{期間最大熱量}$$

6) WTF

$$\text{WTF} = \text{熱処理量} \div \text{期間最大消費電力}$$

【計測概要】

1) データ収集時間間隔

電力量 : 30分

その他 : 1分

2) フィルタリング条件

- ・ 平日 9:00～18:00 のデータを用いる
- ・ 起動後 1 時間以内のデータは削除する
- ・ 電力量の上限, 下限のときのデータは削除する

(INV は未測定)

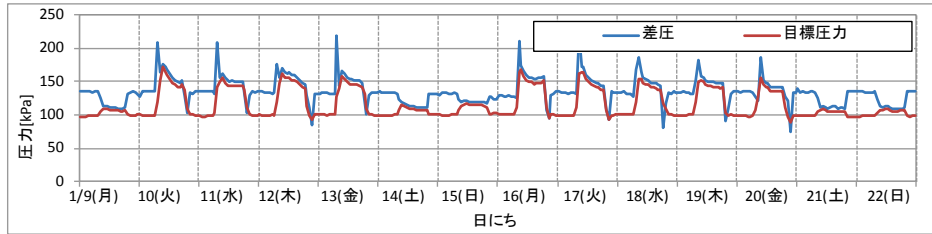
3) データ処理

それぞれのデータを 1 時間平均に集計

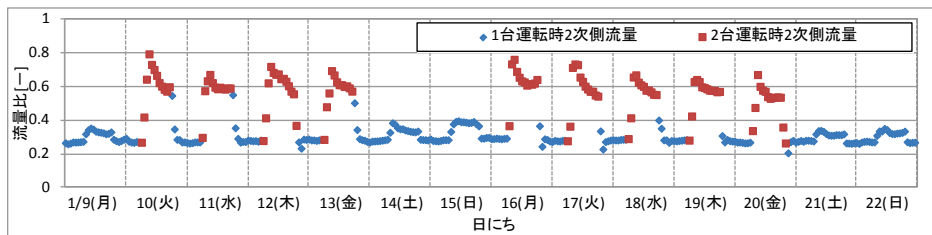
病院 01 (P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PCH-1	吐出圧力 (差圧)	吐出圧力 (差圧)	回転数 (周波数) 制御

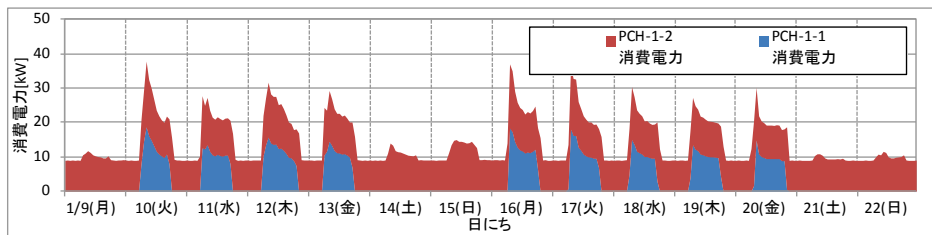
<動作確認データ> 2012年1月10~23日



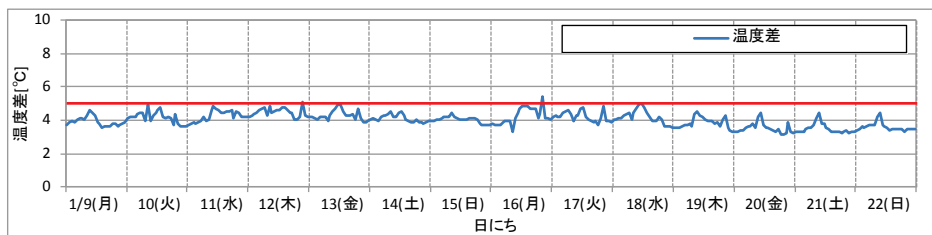
図Ⅲ. 3. 1. 43 差圧, 目標圧力トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 44 流量比トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 45 消費電力トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 46 往還温度差トレンド

図Ⅲ. 3. 1. 43 : 運転時間においては, 差圧が目標圧力とほぼ一致している.

→正常に制御している.

図Ⅲ. 3. 1. 44 : VWV 制御が働いている.

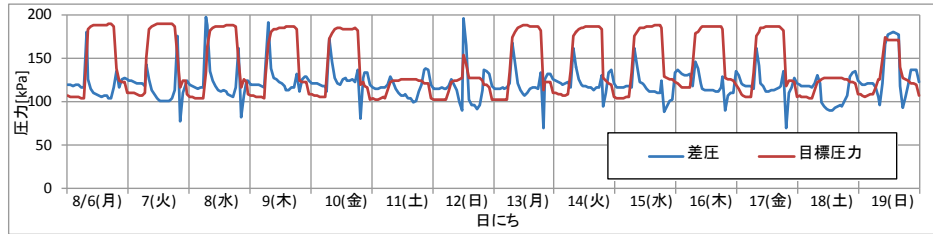
図Ⅲ. 3. 1. 45 : 消費電力は流量に合わせて推移している.

図Ⅲ. 3. 1. 46 : 温度差は 4°C程度で推移している.

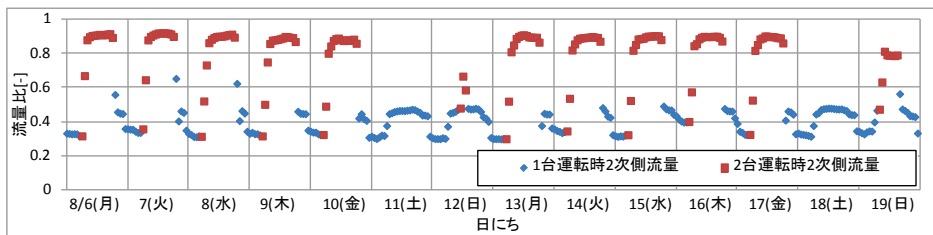
病院 01 (P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PCH-1	吐出圧力 (差圧)	吐出圧力 (差圧)	回転数 (周波数) 制御

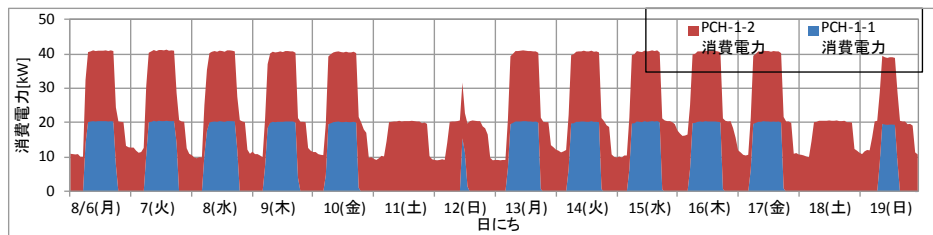
<動作確認データ> 2012年8月6~19日



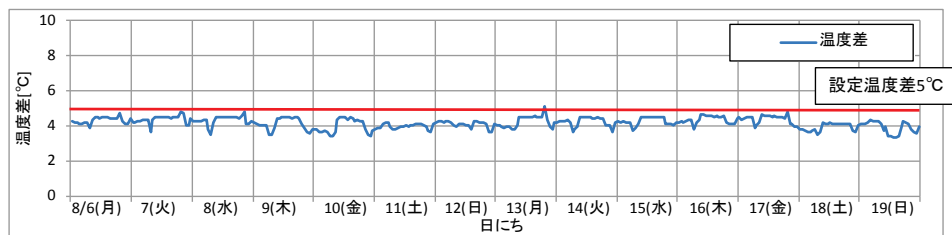
図Ⅲ. 3. 1. 47 差圧, 目標圧カトレンド



図Ⅲ. 3. 1. 48 流量比トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 49 消費電力トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 50 往還温度差トレンド

図Ⅲ. 3. 1. 47: 起動直後は目標圧力に制御できているが, その後差圧は低下している.

→流量が多いために圧力が上がっていないと考えられる.

・目標圧力が高すぎる.

→カスケードの設定値を変更する必要がある.

図Ⅲ. 3. 1. 48: 流量は, 2台運転時には上限で運転している.

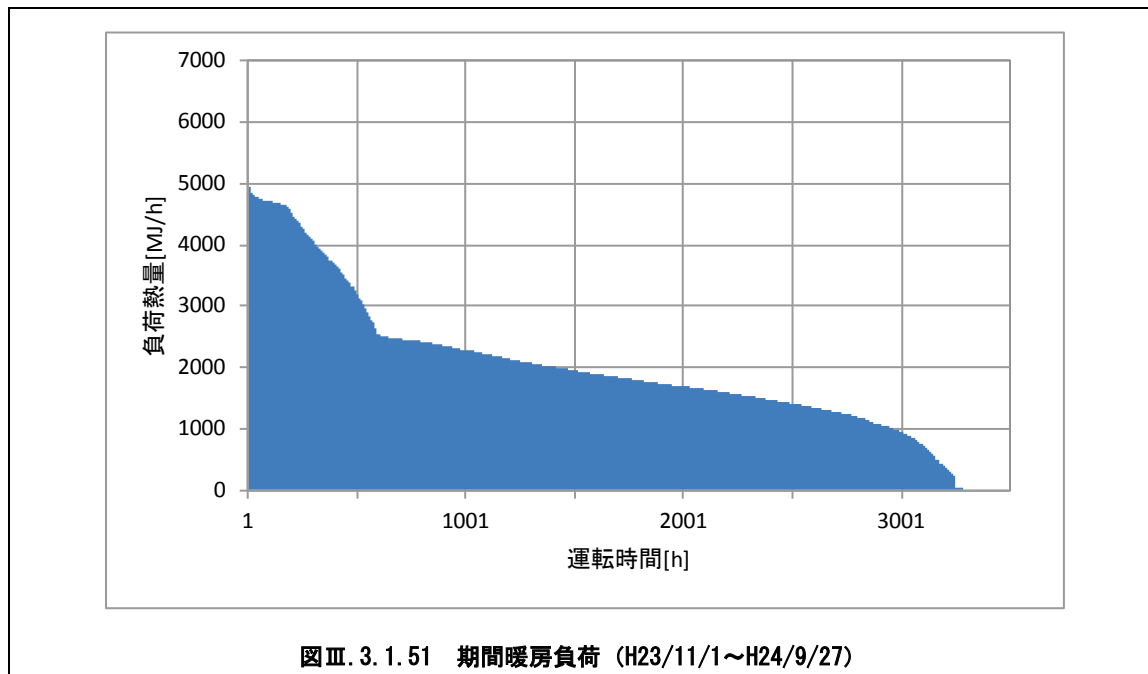
図Ⅲ. 3. 1. 49: 消費電力は上限で運転している.

図Ⅲ. 3. 1. 50: 温度差は4°C程度で推移している.

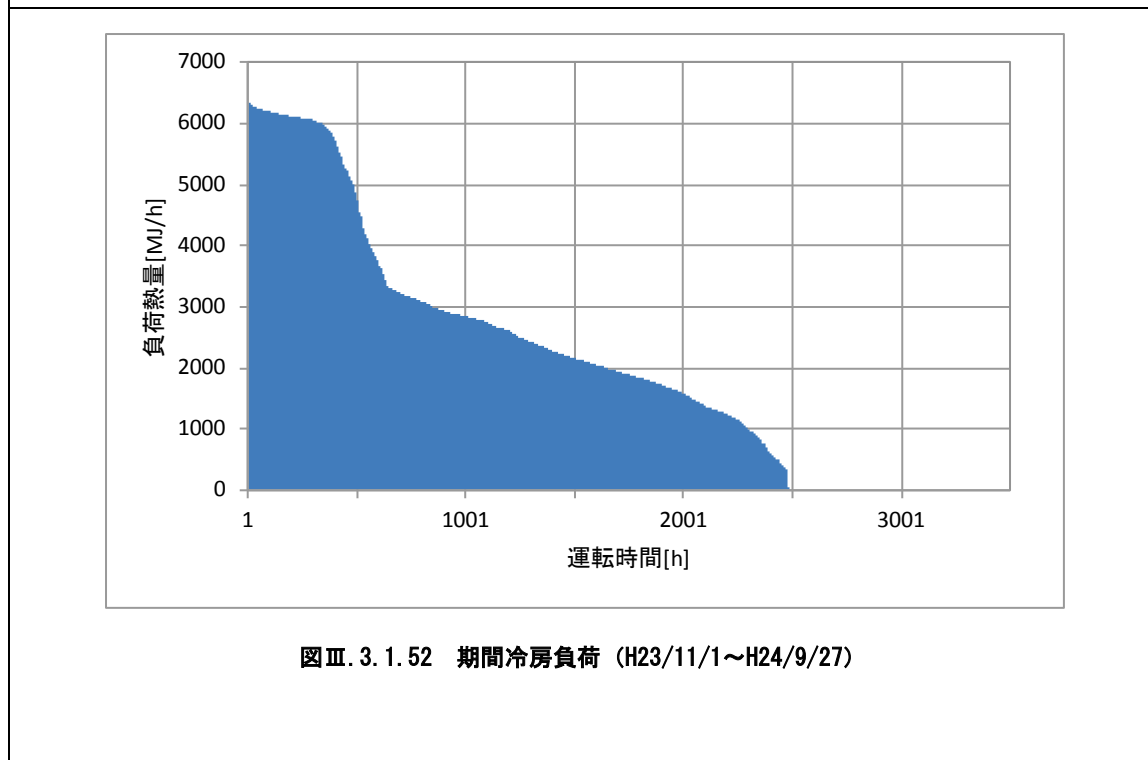
病院 01 (P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PCH-1	吐出圧力 (差圧)	吐出圧力 (差圧)	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ> 2012年1月17,18日



図Ⅲ. 3. 1. 51 期間暖房負荷 (H23/11/1~H24/9/27)



図Ⅲ. 3. 1. 52 期間冷房負荷 (H23/11/1~H24/9/27)

病院 01 (P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PCH-1	吐出圧力 (差圧)	吐出圧力 (差圧)	回転数 (周波数) 制御

< 流量分析 >

※期間中の最大流量, 最大消費電力を”1”とした.

※正規化した際の最大値について

流量 : 302[m³/h]

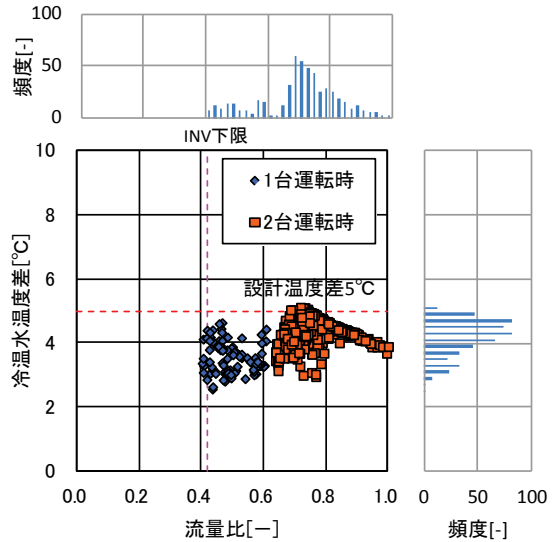
消費電力 : 39[kW]

熱処理量 : 4937[MJ/h]

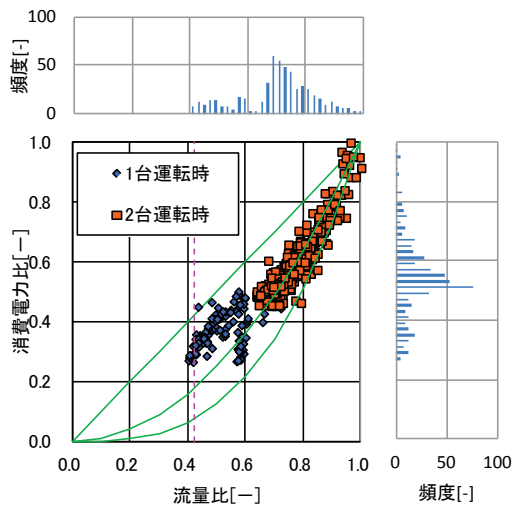
図Ⅲ. 3. 1. 53 : 温度差は 3~5°Cで運転している. 2 台運転時では, 流量の増加に伴い温度差が小さくなっている.

図Ⅲ. 3. 1. 54 : 2 次曲線上で推移している.

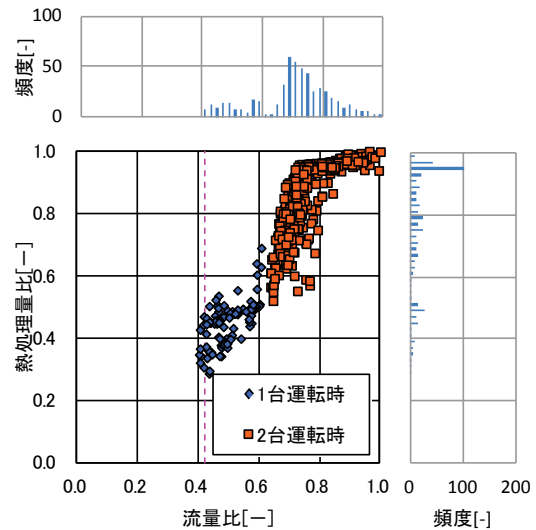
図Ⅲ. 3. 1. 55 : 流量の増加に対する熱処理量の増加がみられる. 2 台運転時で流量が大きいときは温度差が小さくなるため, 流量に対する熱処理量は横ばいとなっている.



図Ⅲ. 3. 1. 53 流量比と冷温水温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 54 流量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 1. 55 流量比と熱処理量比の関係

病院 01 (P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PCH-1	吐出圧力 (差圧)	吐出圧力 (差圧)	回転数 (周波数) 制御

<熱量分析>

※期間中の最大流量, 最大消費電力を”1”とした。

※正規化した際の最大値について

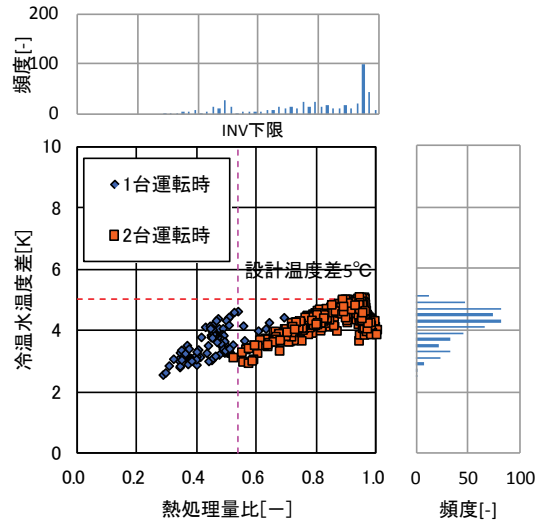
熱処理量 : 4937[MJ/h]

消費電力 : 39[kW]

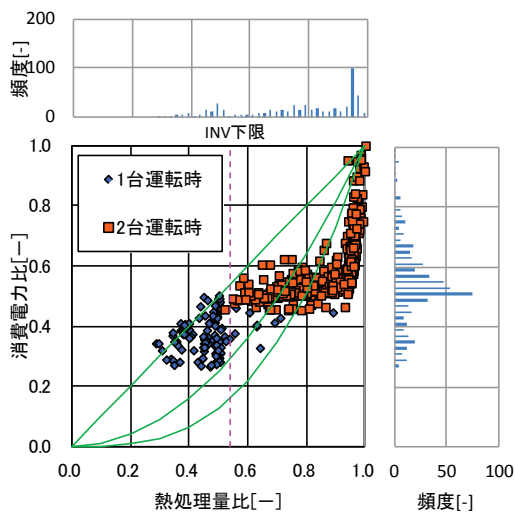
図Ⅲ. 3. 1. 56 : 温度差は 3~5℃で運転している。熱処理量比が 0.9 を超えたあたりで温度差が小さくなる。

図Ⅲ. 3. 1. 57 : 1 次曲線よりも低い消費電力量比で運転している。

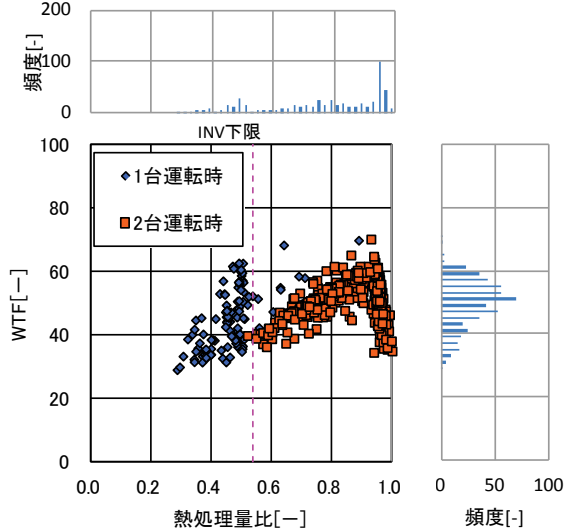
図Ⅲ. 3. 1. 58 : 30~60 の WTF で推移している。



図Ⅲ. 3. 1. 56 熱処理量比と冷温水温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 57 熱処理量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 1. 58 熱処理量比と WTF の関係

病院 02(P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ（全台）	吐出圧力（負荷流量）	推定末端圧	回転数（周波数）制御

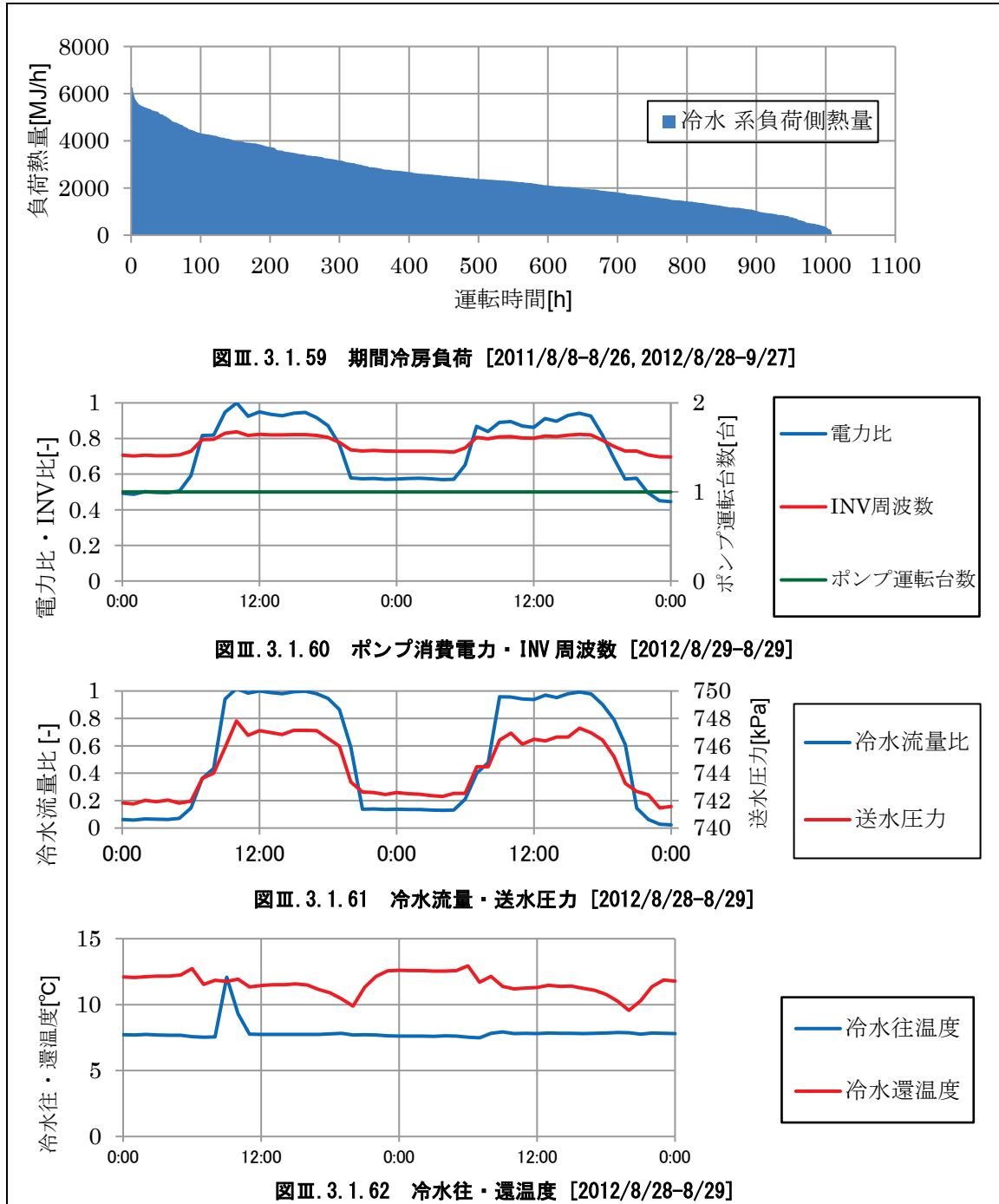
<制御概要・評価項目計算式>

<p>1.制御内容</p> <p>(1) 二次冷水ポンプ群 (PC-005×3 台)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ サプライヘッダー圧力+負荷流量による推定末端圧制御 ・ 負荷流量による台数制御 ・ 吐出圧力によるヘッダーバイパス制御 <p>2.評価項目計算式 ※添え字（記号）はシステムフロー図の計測器番号を示す.</p> <p>(1) 温水温度差</p> <p style="padding-left: 20px;">温水温度差=還ヘッダー温度 (T2) - 往ヘッダー温度 (T1)</p> <p>(2) 熱量</p> <p style="padding-left: 20px;">熱量=冷水温度差 (T2-T1)×流量 (F1) ×比重×比熱</p> <p>(3) 電力量</p> <p style="padding-left: 20px;">電力量=電流値 (A1, A2, A3) ×電圧 (V1, V2, V3)</p> <p>(4) WTF</p> <p style="padding-left: 20px;">WTF=二次側負荷熱量÷電力量</p> <p>3.計測概要</p> <p>(1) データ収集時間間隔</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度：1分間隔 ・ 流量：1分間隔 ・ 圧力：1分間隔 ・ 電流値：1分間隔 ・ INV 周波数：1分間隔 ・ 電圧：初期計測 <p>(2) データ処理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1分間隔のデータを1時間平均に集計

病院 02 (P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (全台)	吐出圧力 (負荷流量)	推定末端圧	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ> 冷水



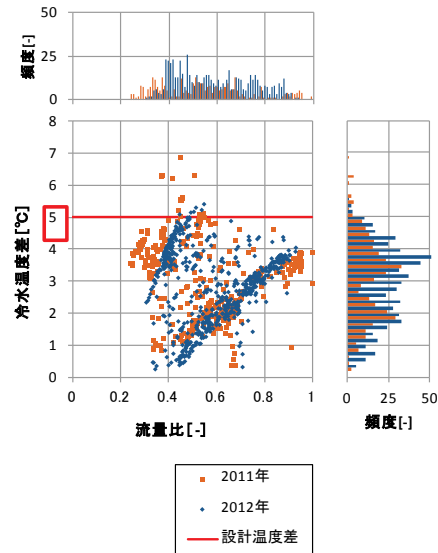
- ・参照期間：2012年8月28日～8月29日
- ・当期間中はポンプの稼働台数は1台であった
- ・流量変動と圧力変動が対応している

病院 02(P1-VWV-05)

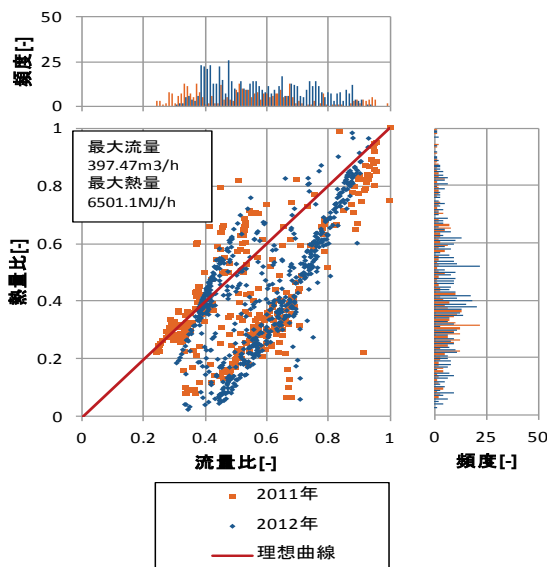
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<流量分析>冷水

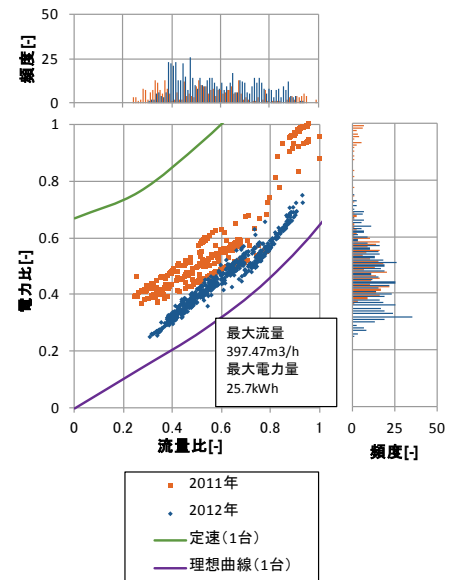
- ・分析対象期間: 2011年8月8日~26日, 2012年8月28日~9月27日の全日
- ・以下, 流量データはFCUシステムの流量を減じて評価した.
- ・2012年は冷水温度差は流量が多くなるにつれ小さくなる傾向が見られるが, 2011年はばらついている.
- ・熱量比との関係は年度に関係なく同様な傾向であるが2012年は2011年に比べ電力比が小さくなっている。(理想曲線に近くなっている)
⇒ 制御設定を変更し, 制御性を改善した結果である。(その他の項目にある流量-圧力線図参照)
- ・電力特性曲線はメーカー予想性能曲線図の値を適用した。(INV運転時の理想曲線は想定抵抗曲線と周波数毎の流量交点より電力値を推定した)



図Ⅲ. 3. 1. 63 流量比と冷水温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 64 流量比と熱量比の関係



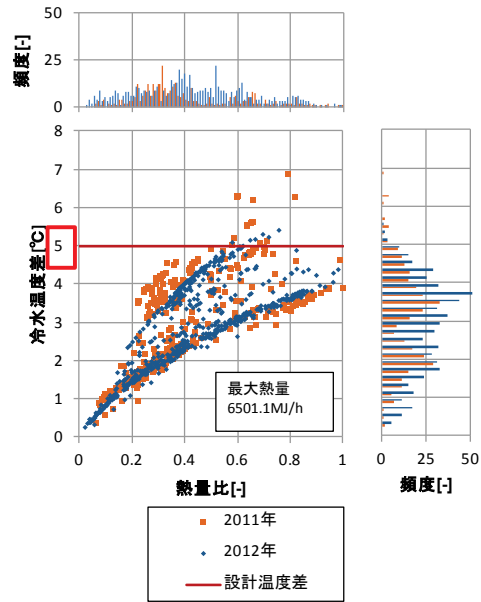
図Ⅲ. 3. 1. 65 流量比と電力比の関係

病院 02(P1-VWV-05)

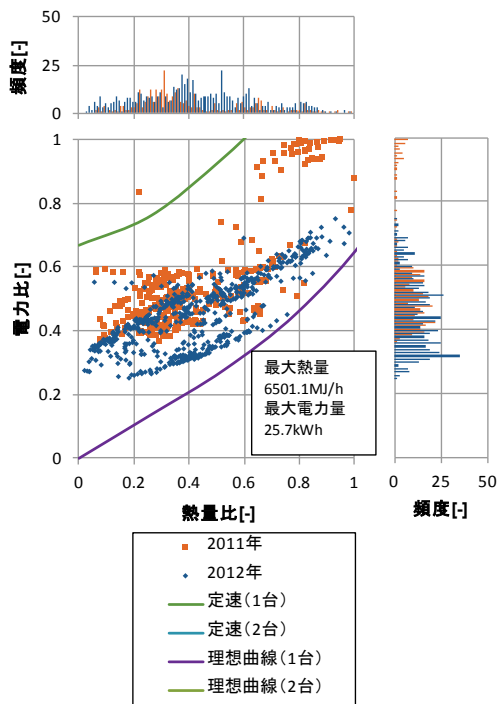
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (全台)	吐出圧力 (負荷流量)	推定末端圧	回転数 (周波数) 制御

<熱量分析> 冷水

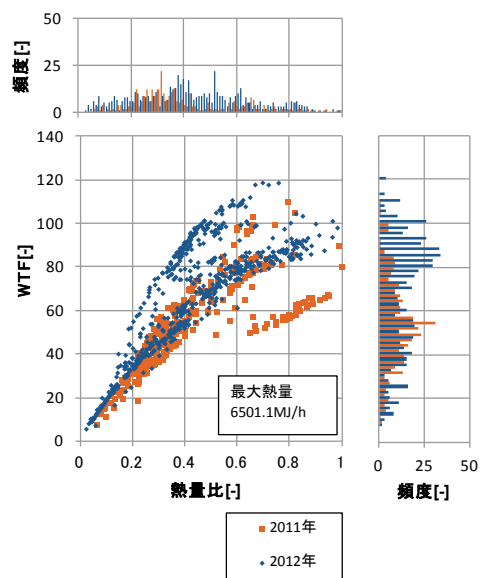
- ・ 熱量比と温度差の関係については、2011年の方が同じ熱量に対して温度差が大きい。
- ・ 送水系の制御が改善された結果、熱量比-電力比並びに熱量比-WTF比のグラフより効率が改善されたことが確認できる
2012年の方が電力比が小さくなり、WTF比が大きくなっている。
- ・ 特性曲線はメーカー予想性能曲線図より得た値を用いて算出した。



図Ⅲ. 3. 1. 66 熱量比と冷水温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 67 熱量比と電力比の関係



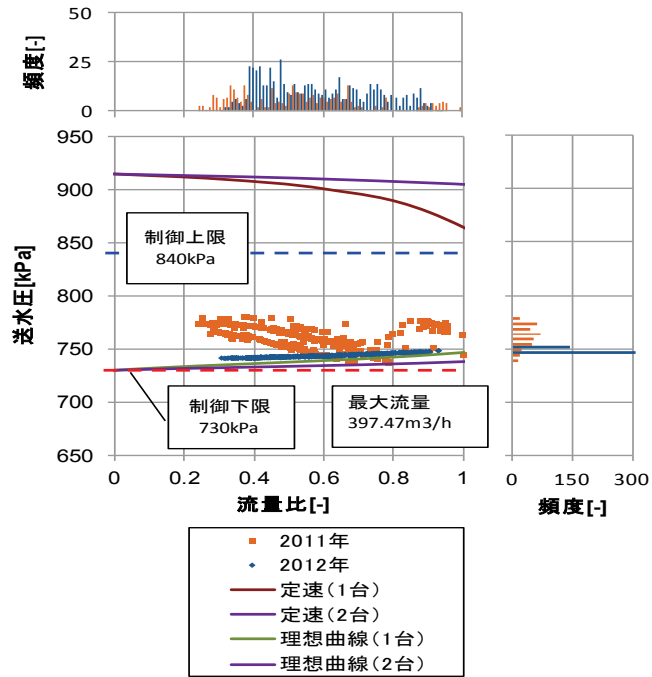
図Ⅲ. 3. 1. 68 熱量比とWTF比の関係

病院 02(P1-VWV-05)

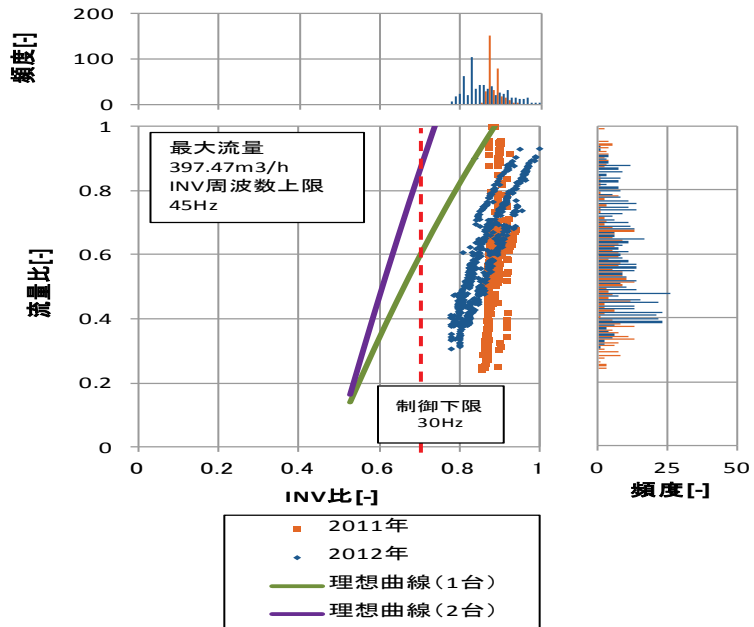
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<その他分析>冷水

・2011年は制御が正常に動作していなかったが、設定変更した結果2012年は改善が見られた。



図Ⅲ. 3. 1. 69 流量比と送水圧力の関係

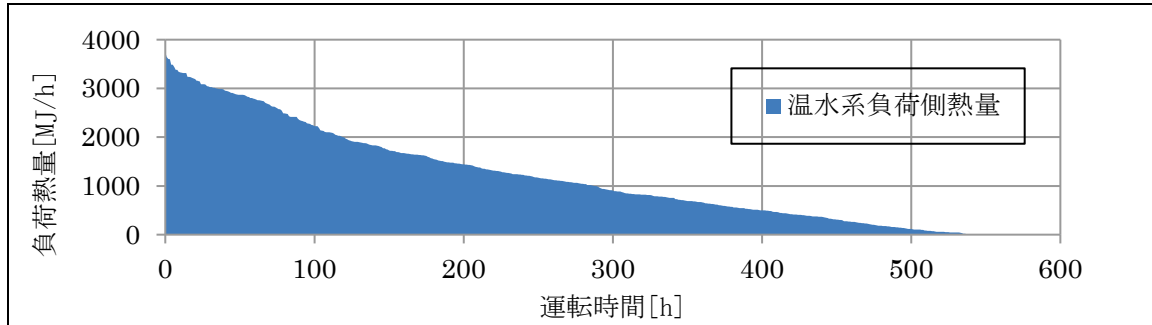


図Ⅲ. 3. 1. 70 INV比と流量比の関係

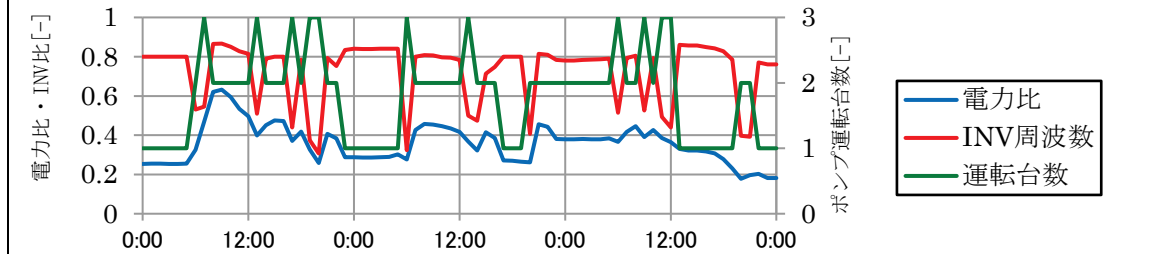
病院 02 (P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (全台)	吐出圧力 (負荷流量)	推定末端圧	回転数 (周波数) 制御

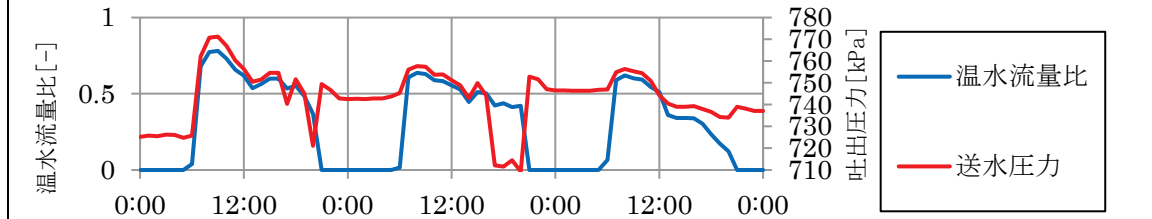
<動作確認データ> 温水



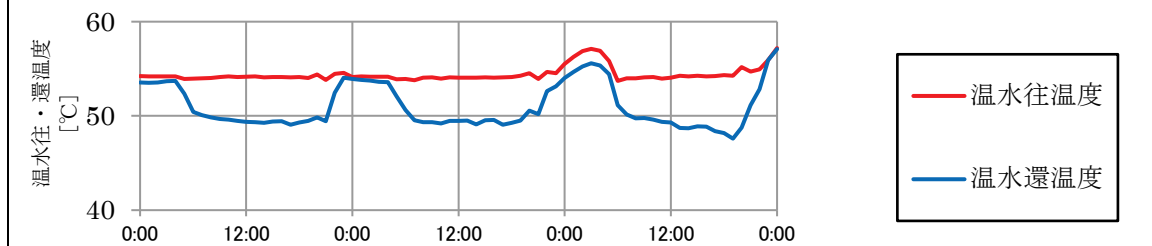
図Ⅲ. 3. 1. 71 期間暖房負荷 [2011/10/1~12/6, 2012/12/12~2013/1/7]



図Ⅲ. 3. 1. 72 ポンプ台数・消費電力・平均 INV 周波数 [2012/12/14-12/16]



図Ⅲ. 3. 1. 73 温水流量・圧力 [2012/12/14-12/16]



図Ⅲ. 3. 1. 74 温水往・還温度 [2012/12/14-12/16]

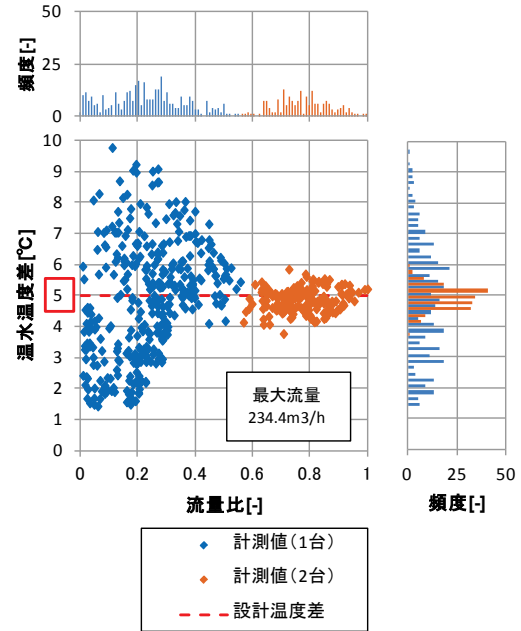
- ・参照期間：2012年12月14日～12月16日
- ・負荷に応じてポンプの稼働台数が変動するため、電力量と INV 周波数は必ずしも対応しない
- ・流量変動と圧力変動が対応している

病院 02(P1-VWV-05)

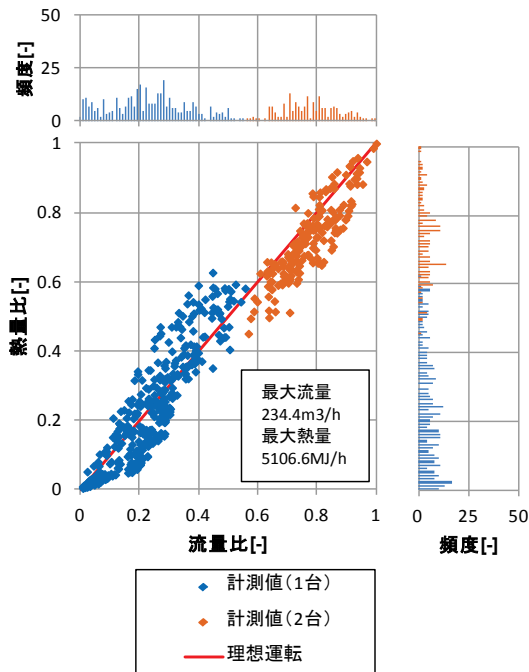
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (全台)	吐出圧力 (負荷流量)	推定末端圧	回転数 (周波数) 制御

<流量分析>温水

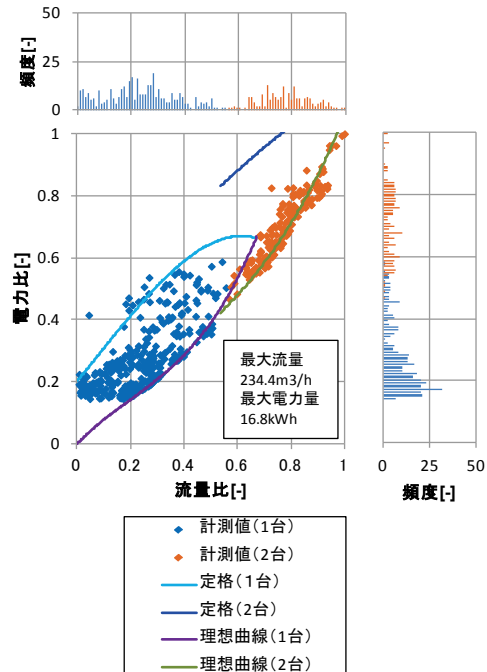
- ・温水ポンプ 1 台運転時は温度差のばらつきも大きいですが, 2 台運転時は温度差が安定している
- ・熱量比は流量比に比例している
- ・流量比 0.5~0.6 付近のサンプル数が少ないのは 1 台運転と 2 台運転の境界のためである
- ・流量比 0.2 以下のところでは電力比下限が一定である
- ・流量比 0.2 以上ではばらつきはあるが電力比に比例していると考えられる



図Ⅲ. 3. 1. 75 流量比と温水温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 76 流量比と熱量比の関係



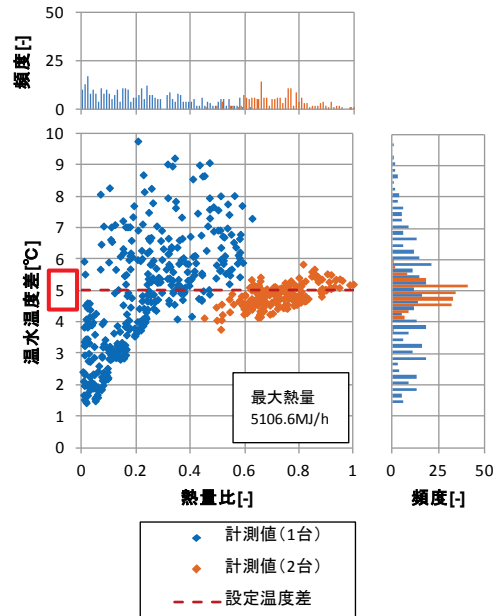
図Ⅲ. 3. 1. 77 流量比と電力比の関係

病院 02(P1-VWV-05)

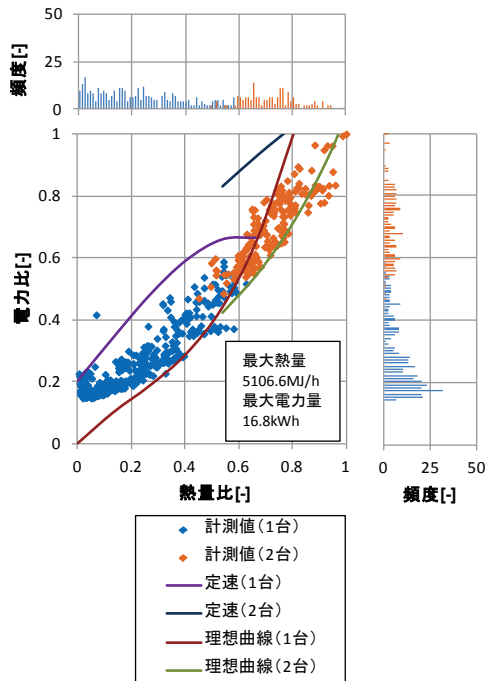
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (全台)	吐出圧力 (負荷流量)	推定末端圧	回転数 (周波数) 制御

<熱量分析> 温水

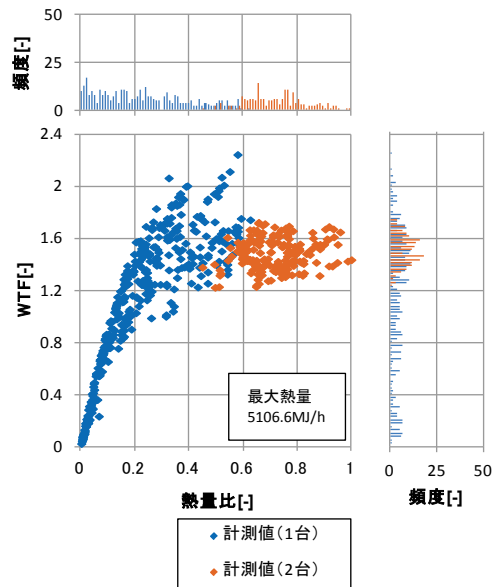
・熱量比と温水温度差との関係についても
流量比と温水温度差の関係と同じことがい
える



図Ⅲ. 3. 1. 78 熱量比と温水温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 79 熱量比と電力比の関係



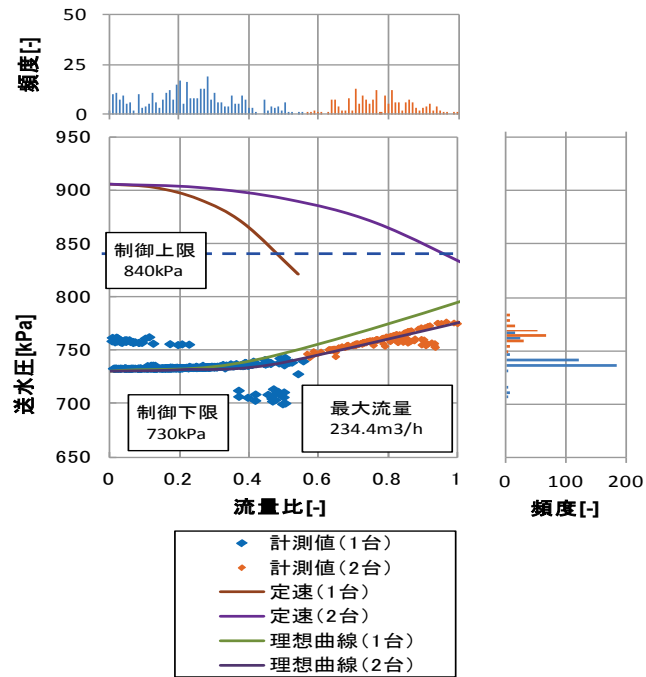
図Ⅲ. 3. 1. 80 熱量比とWTF比の関係

病院 02 (P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (全台)	吐出圧力 (負荷流量)	推定末端圧	回転数 (周波数) 制御

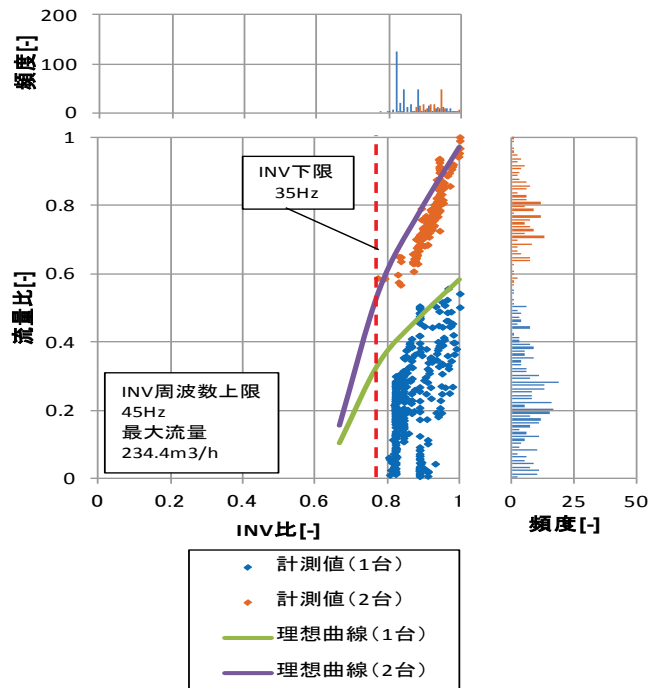
<その他分析> 温水

- ・流量比 56%まで 1 台運転となっている
- ・送水圧はポンプ稼働台数にかかわらず理想曲線 (2 台) に沿って変動している
- ・送水圧が極端に上昇または下降しているのはポンプの台数が増段, 減段する時の値であると考えられる



図Ⅲ. 3. 1. 81 流量比と送水圧力の関係

- ・制御範囲内にて制御されている
- ・流量比が小さいところでは圧力制御により下限値より高い周波数で保持されている



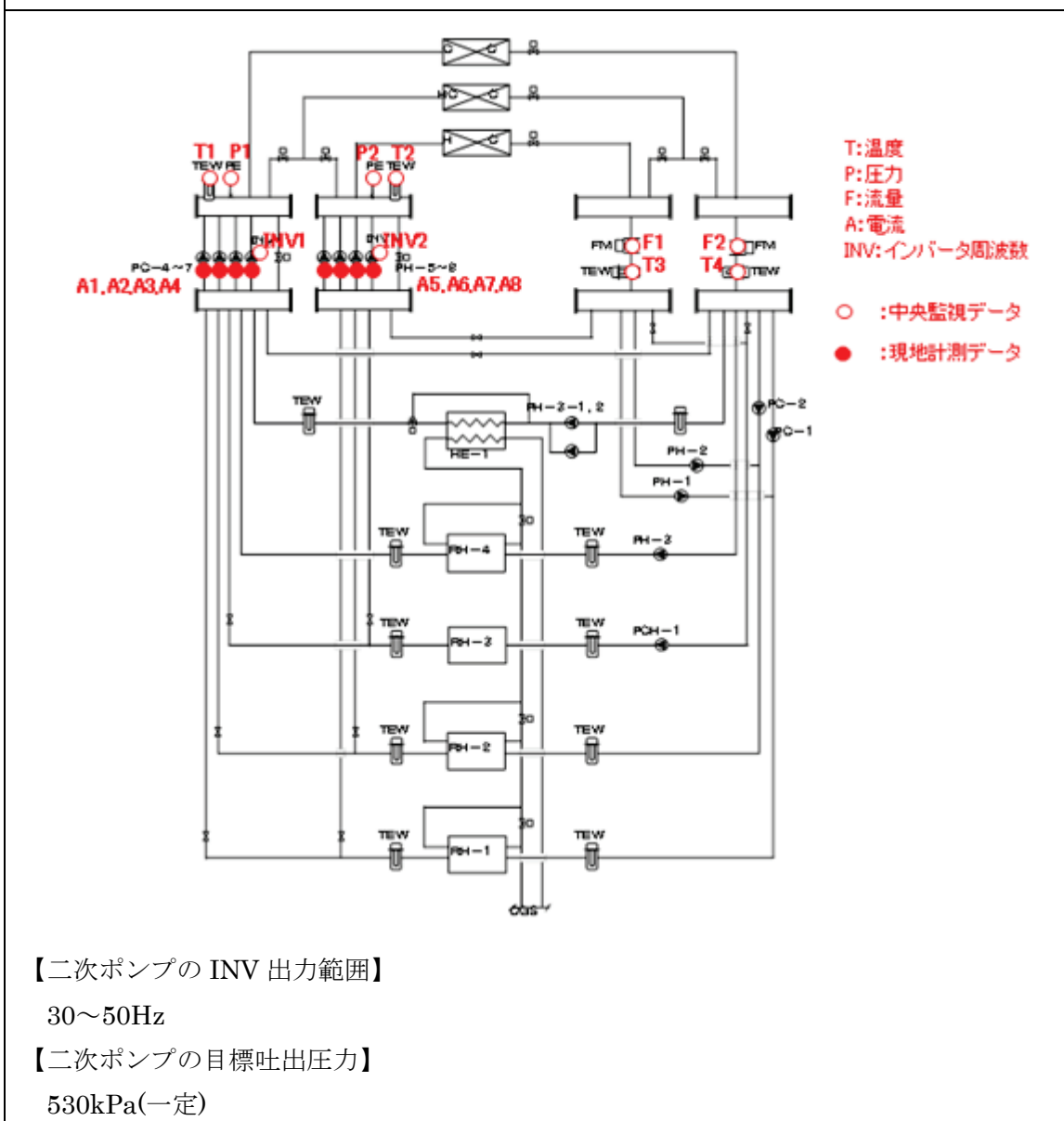
図Ⅲ. 3. 1. 82 INV 比と流量比の関係

3.1.7. 病院 03 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PC-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

建物名	病院 03	地区	新潟	竣工	2007 年	改修	—	規模	50,034m ²
分類記号	P2-VWV-04			検出部	吐出圧力				
制御目的	ポンプ回転数制御			制御目標	吐出圧力一定				
分析期間	平成 23 年 8 月~平成 24 年 7 月			動作	回転数(周波数)制御				
制御対象	PC-4~7, PH-5~8			製造年月					
制御内容	<ポンプ廻り> ・送水圧力制御(1台インバータ) ・二次ポンプ台数制御			機器仕様	PC-4~7 5,140L/min×360kPa 3φ×200V×45kW PH-5~8 3,690L/min×360kPa 3φ×200V×37kW				

システムフロー



病院 03(P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PG-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

【評価項目計算式】

1) 二次側温度差 (温水・冷水温度差)

$$\text{二次側温度差} = \text{還ヘッダー温度 (T3, T4)} - \text{往ヘッダー温度 (T1, T2)}$$

2) 二次側負荷熱量

$$\text{二次側負荷熱量} = \text{二次側温度差 (T3-T2, T4-T1)} \times \text{二次側流量 (F1, F2)} \times \text{比重} \times \text{比熱}$$

3) 流量比

$$\text{流量比} = \text{二次側流量度 (F1, F2)} \div \text{期間最大流量}$$

4) 消費電力量比

$$\text{消費電力量} = \text{消費電力 (A1~A4, A5~A8より算出)} \div \text{期間最大消費電力}$$

5) 熱処理量比

$$\text{熱処理量比} = \text{二次側負荷熱量} \div \text{期間最大熱量}$$

6) WTF

$$\text{WTF} = \text{熱処理量} \div \text{消費電力}$$

【計測概要】

1) データ収集時間間隔

1分

2) フィルタリング条件

- ・ 9-16 時の時間内
- ・ INV 上限値および下限値はカット
- ・ 増減段時のデータはカット

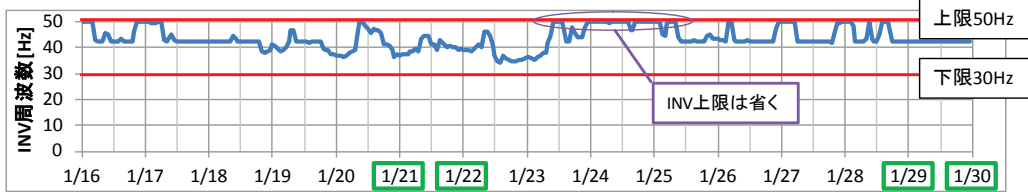
3) データ処理

それぞれのデータを 1 時間平均に集計

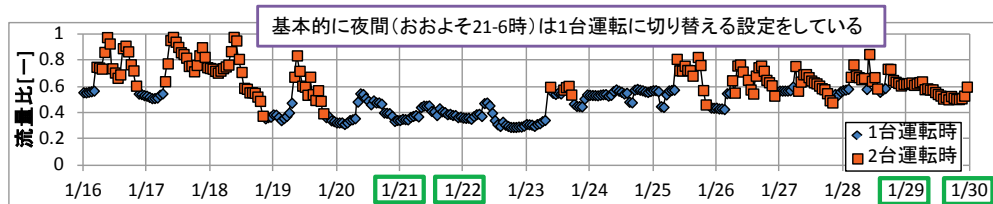
病院 03(P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PG-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

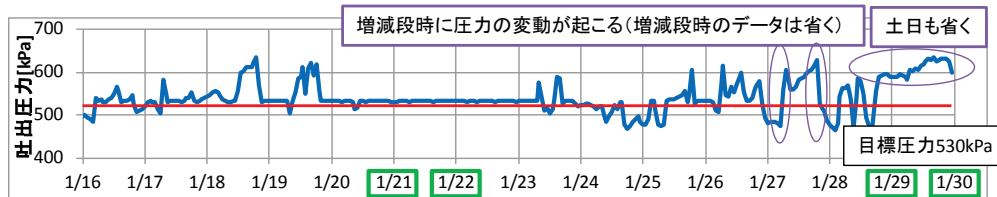
<動作確認データ> 2012年1月15~30日温水



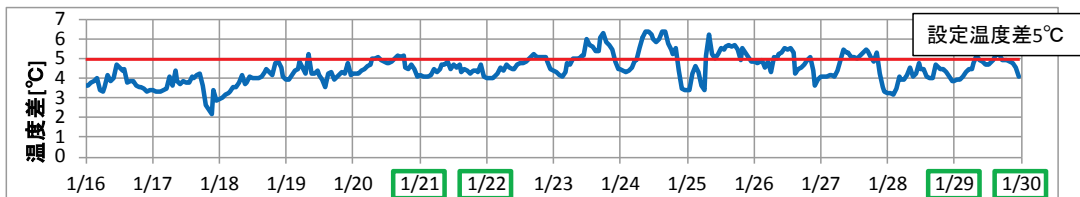
図Ⅲ.3.1.83 INV周波数トレンド



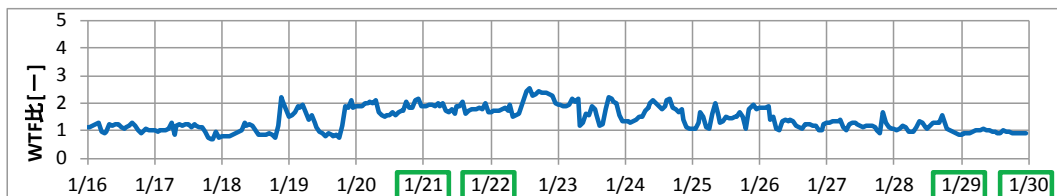
図Ⅲ.3.1.84 流量比トレンド



図Ⅲ.3.1.85 圧カトレンド



図Ⅲ.3.1.86 往還温度差トレンド



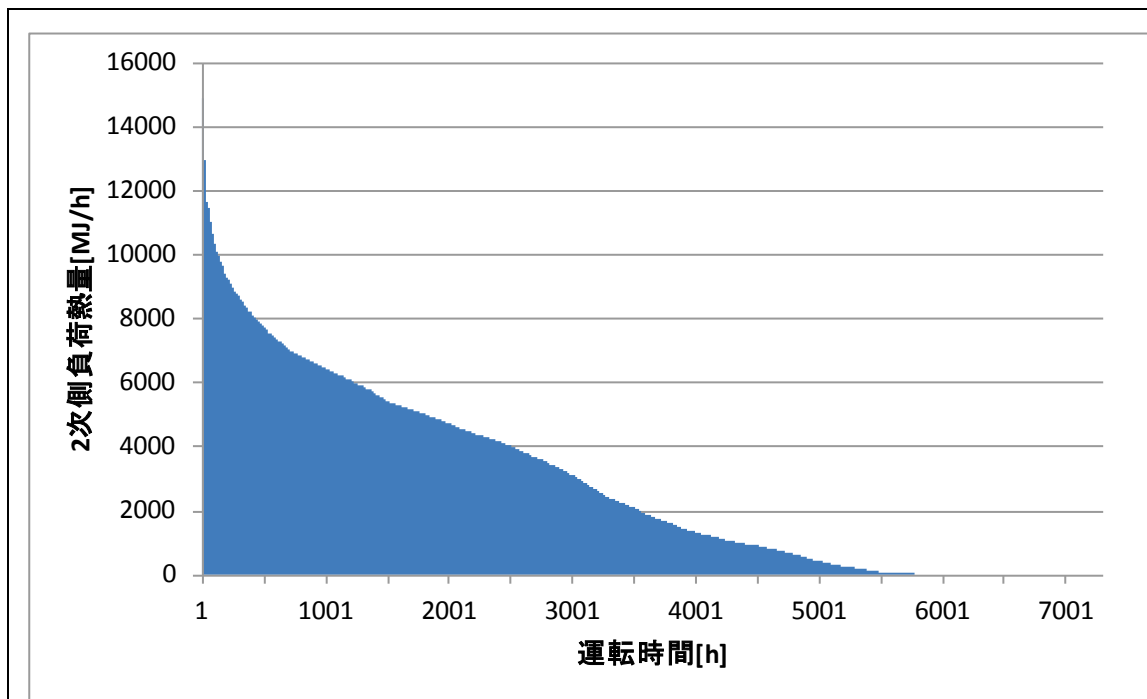
図Ⅲ.3.1.87 WTF比トレンド

□ : 休日

病院 03 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PC-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

<動作確認データ> 温水

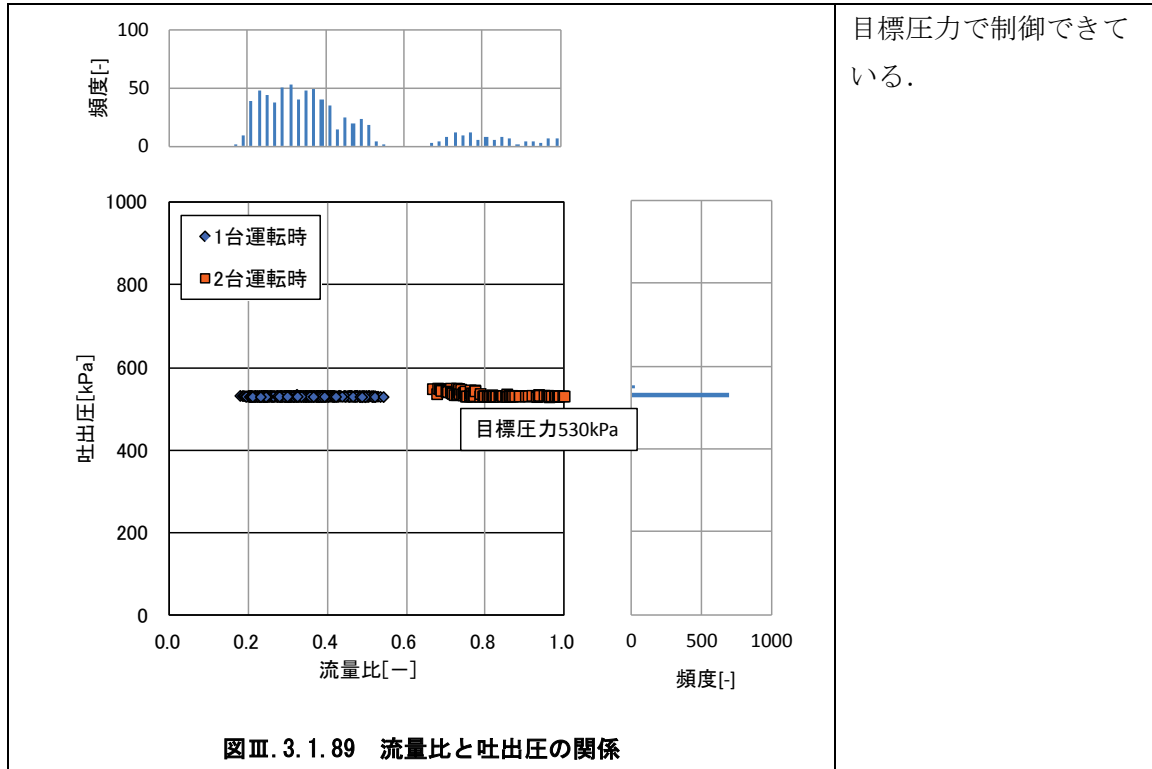


図Ⅲ. 3. 1. 88 期間暖房負荷 (H23/8/11~H24/7/30)

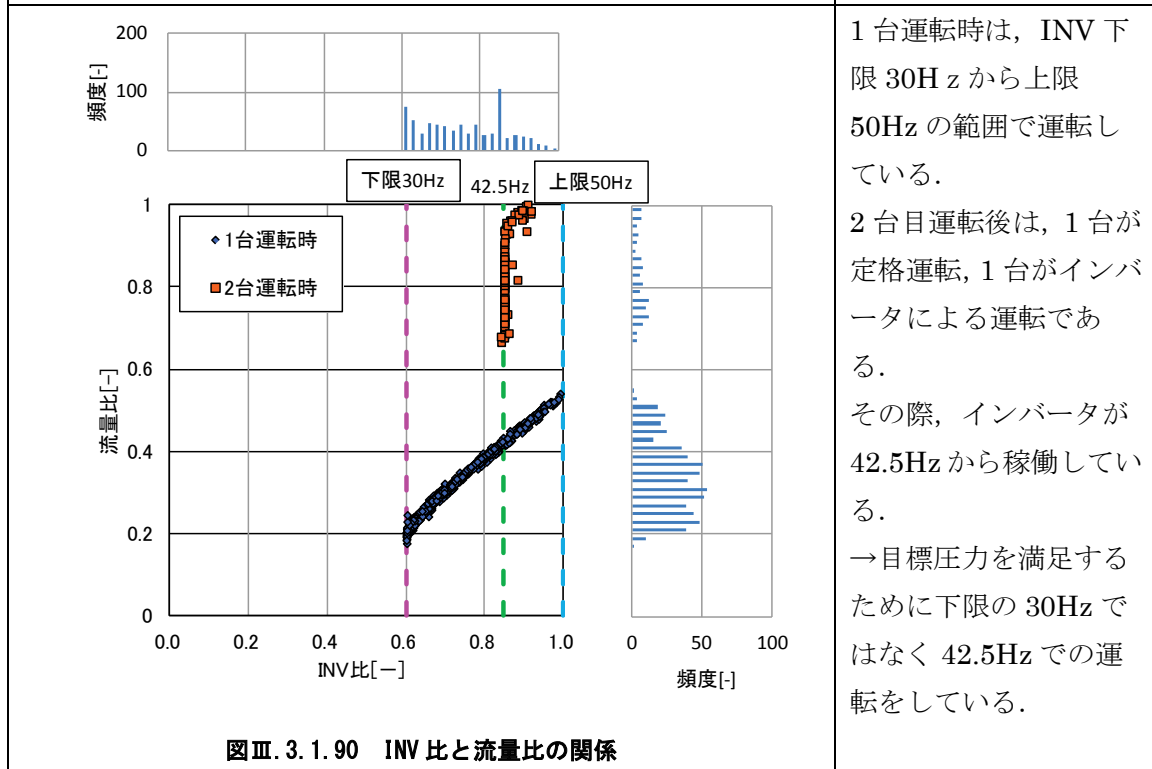
病院 03 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PC-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>温水



目標圧力で制御できている。



1台運転時は、INV 下限 30Hz から上限 50Hz の範囲で運転している。
 2台目運転後は、1台が定格運転、1台がインバータによる運転である。
 その際、インバータが 42.5Hz から稼働している。
 →目標圧力を満足するために下限の 30Hz ではなく 42.5Hz での運転をしている。

病院 03 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PG-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

<流量分析>温水

※期間中の最大流量, 最大消費電力を”1”とした。

※正規化した際の最大値について

流量: 660[m³/h]

消費電力: 68[kW]

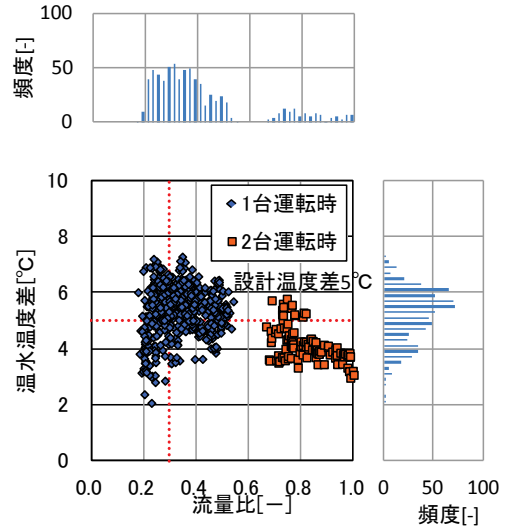
熱処理量: 11694[MJ/h]

図Ⅲ. 3. 1. 91: 温度差は 3~7°Cで運転している。

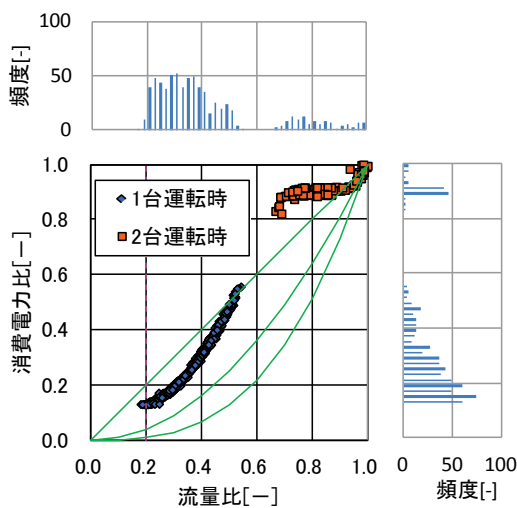
図Ⅲ. 3. 1. 92: 1 台運転時は 1 次曲線と 2 次曲線の間での運転をしている。

2 台運転時は, ほとんどが消費電力比が 0.9 付近での運転をしており, 流量比が 0.9 を超えたあたりから 2 次曲線上での運転をしている。→1 台運転時はインバータにより運転, 2 台運転時はほとんどが定格での運転で, 流量比が 0.9 を超えたあたりから 1 台がインバータでの運転をしている。

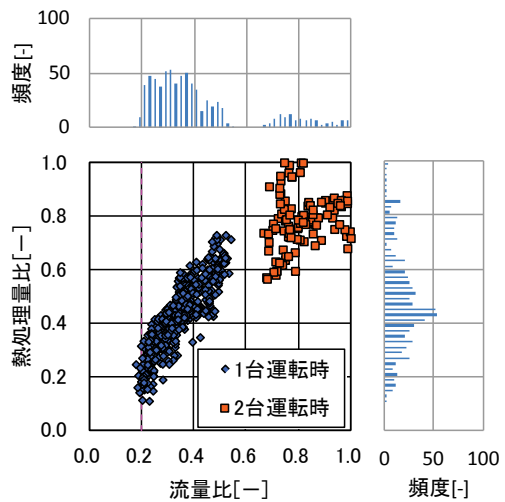
図Ⅲ. 3. 1. 93: 1 台運転時は流量に対して熱処理量比が増加する運転である。2 台運転時は, 同様の傾向はみられるもののばらつきが大きい。



図Ⅲ. 3. 1. 91 流量比と温水温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 92 流量と電力の関係



図Ⅲ. 3. 1. 93 流量と熱量の関係

病院 03 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PC-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

<熱量分析> 温水

※期間中の最大流量, 最大消費電力を”1”とした.

※正規化した際の最大値について

熱処理量 : 11694[MJ/h]

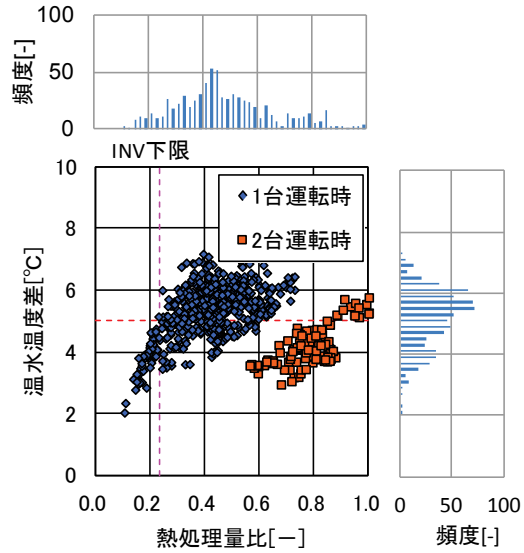
消費電力 : 68[kW]

図Ⅲ. 3. 1. 94 : 温度差は 3~7°Cで運転している.

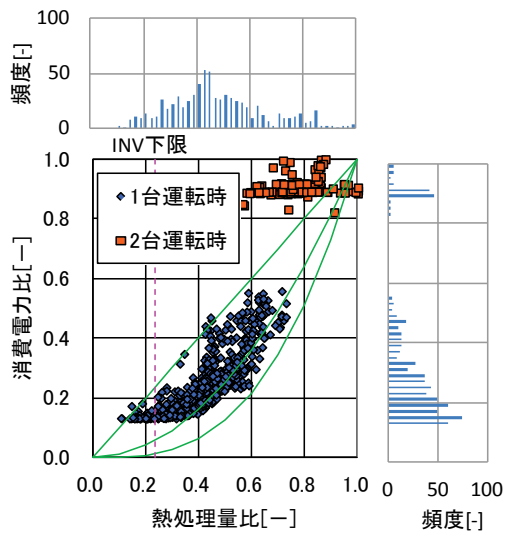
図Ⅲ. 3. 1. 95 : 1 台運転時は 1 次曲線と 2 次曲線の間での運転をしている.

2 台運転時は, ほとんどが消費電力比が 0.9 付近での運転をしている. →1 台運転時はインバータにより運転, 2 台運転時はほとんどが定格での運転をしている.

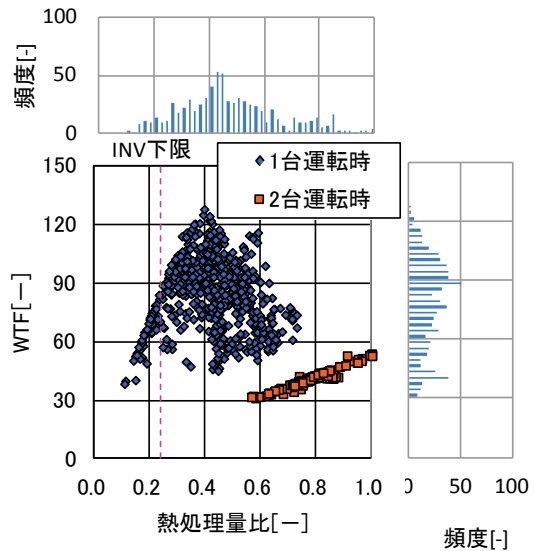
図Ⅲ. 3. 1. 96 : 1 台運転時はインバータでの運転の熱処理量が 0.4 までは WTF が上昇し, その後減少している. 2 台運転時はほとんどが定格運転のため, WTF が 1 次曲線となっている.



図Ⅲ. 3. 1. 94 熱処理量比と温水温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 95 熱処理量比と消費電力比の関係

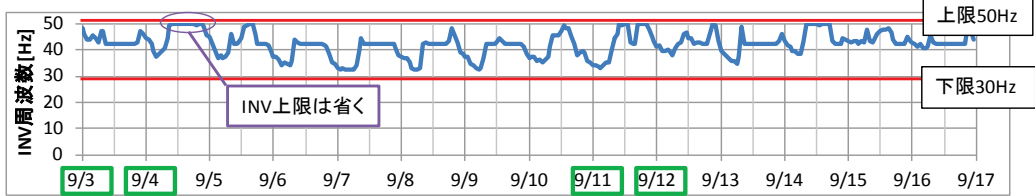


図Ⅲ. 3. 1. 96 熱処理量比と WTF の関係

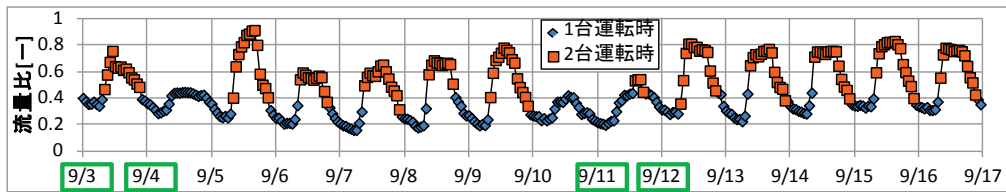
病院 03 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PC-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

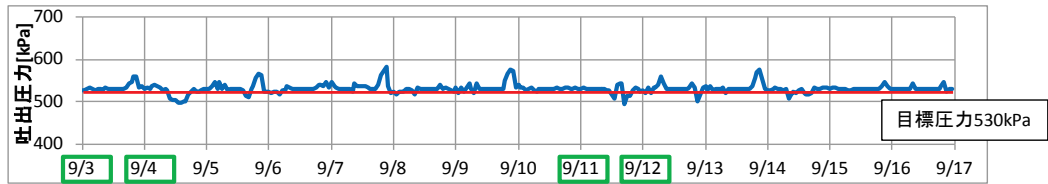
<動作確認データ> 2011年9月3~17日冷水



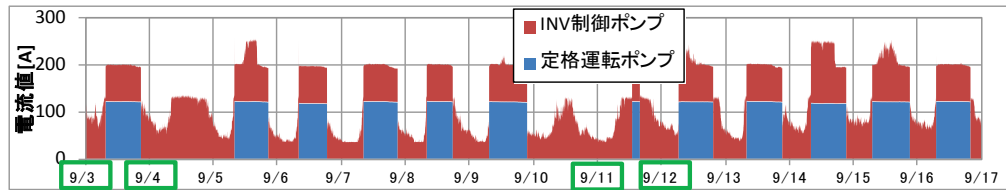
図Ⅲ. 3. 1. 97 INV周波数トレンド



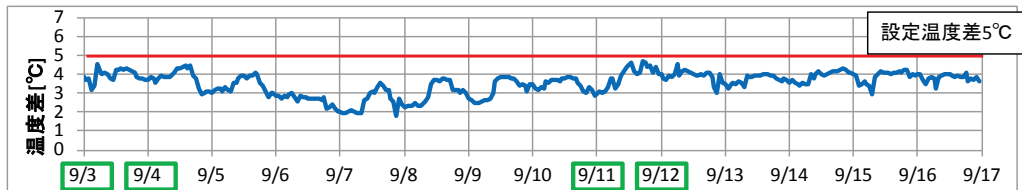
図Ⅲ. 3. 1. 98 流量比トレンド



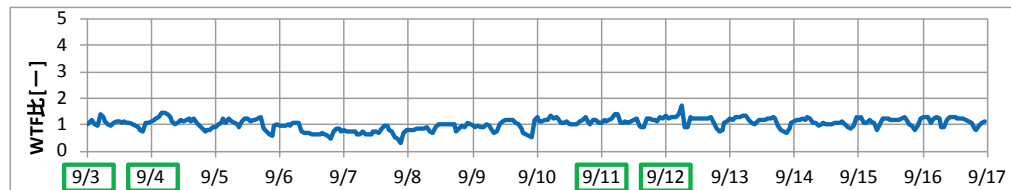
図Ⅲ. 3. 1. 99 圧カトレンド



図Ⅲ. 3. 1. 100 電流値トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 101 往還温度差トレンド

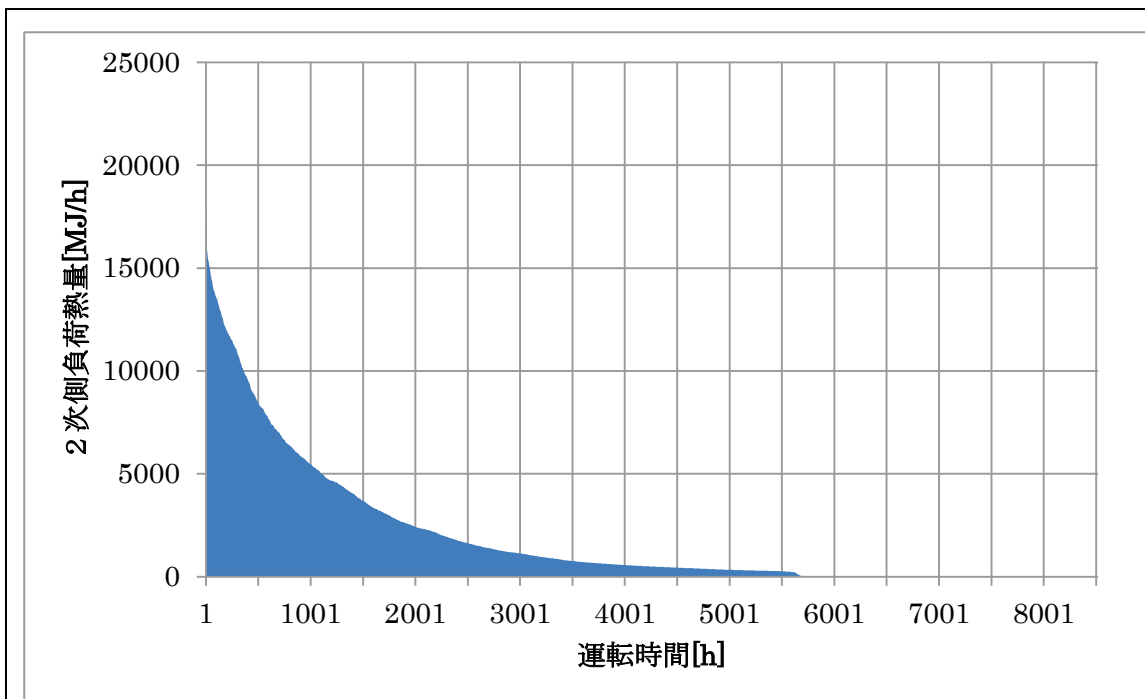


図Ⅲ. 3. 1. 102 WTF比トレンド

病院 03 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PC-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

<動作確認データ> 冷水

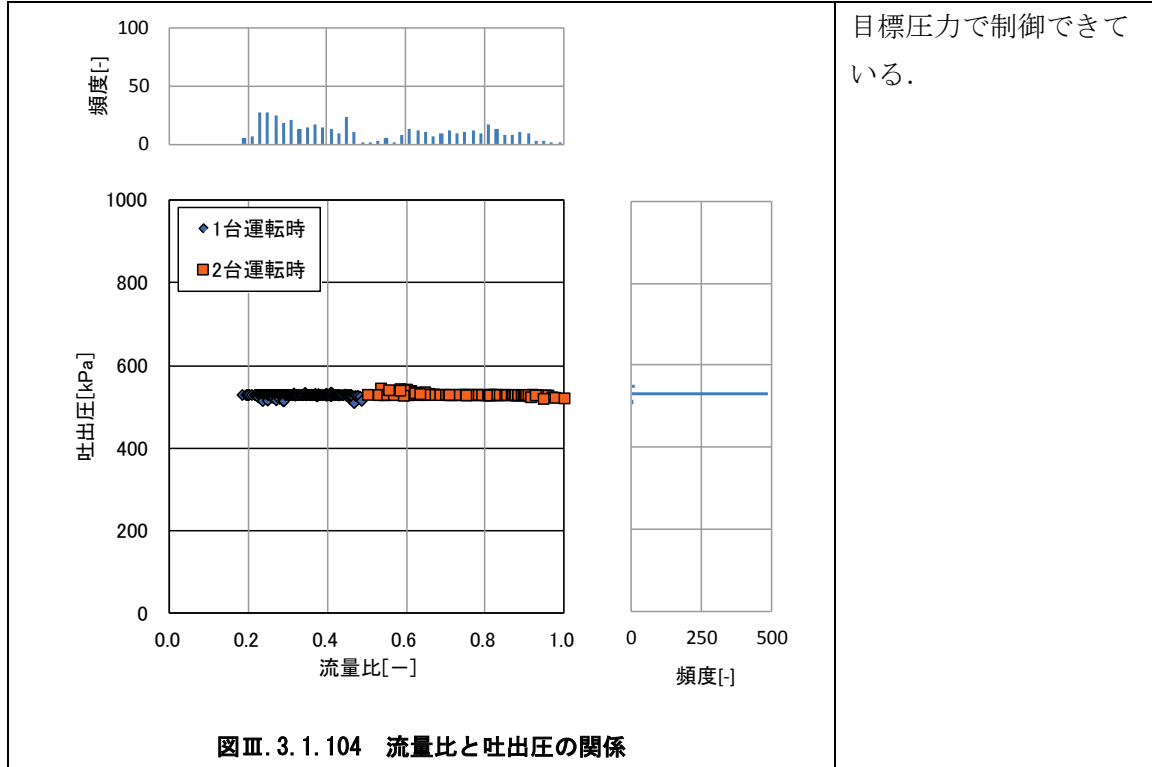


図Ⅲ. 3. 1. 103 期間冷房負荷 (H23/8/11~H24/7/30)

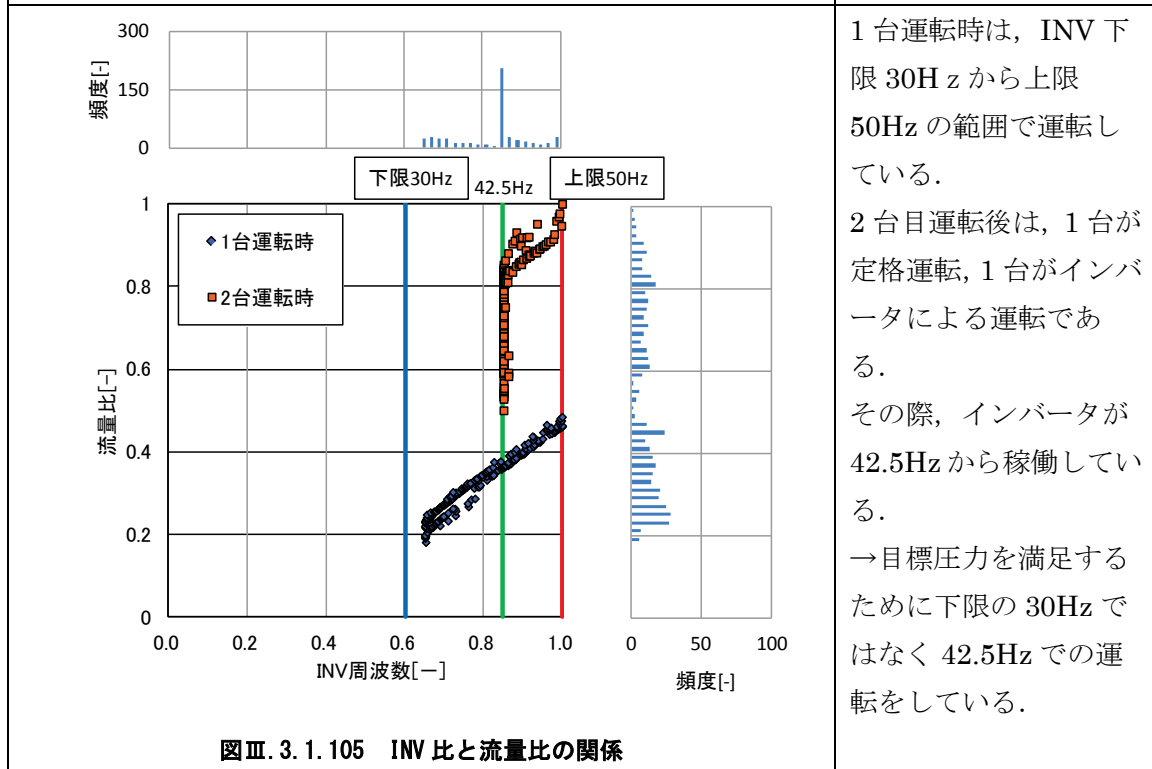
病院 03 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PC-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

<動作確認データ> 冷水



目標圧力で制御できている。



1 台運転時は, INV 下限 30Hz から上限 50Hz の範囲で運転している。
 2 台目運転後は, 1 台が定格運転, 1 台がインバータによる運転である。
 その際, インバータが 42.5Hz から稼働している。
 →目標圧力を満足するために下限の 30Hz ではなく 42.5Hz での運転をしている。

病院 03 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PG-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

<流量分析>冷水

※期間中の最大流量, 最大消費電力を”1”とした.

※正規化した際の最大値について

流量: 847[m³/h]

消費電力: 83[kW]

熱処理量: 15844[MJ/h]

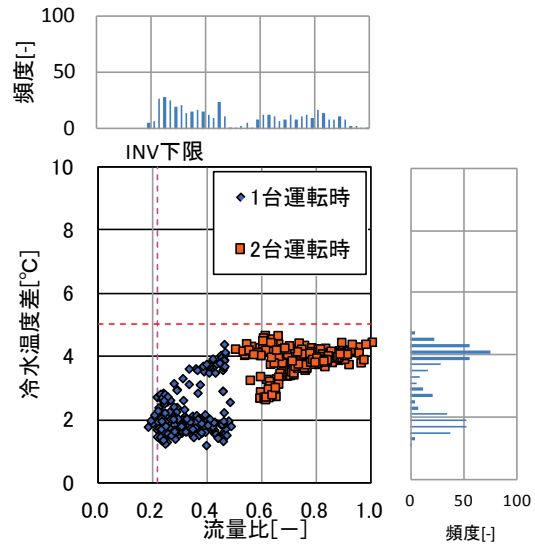
図Ⅲ. 3. 1. 106: 温度差は 1.5~5℃で運転している.

図Ⅲ. 3. 1. 107: 1台運転時は1次曲線と2次曲線の間での運転をしている.

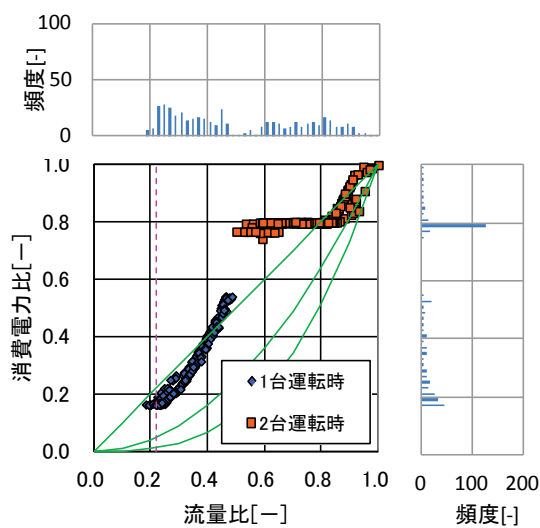
2台運転時は, ほとんどが消費電力比が0.8付近での運転をしており, 流量比が0.9を超えたあたりから消費電力比が上昇している.

→1台運転時はインバータにより運転, 2台運転時は2台とも定格付近での運転となり, 流量比が0.8を超えたあたりから1台がインバータでの運転をしている.

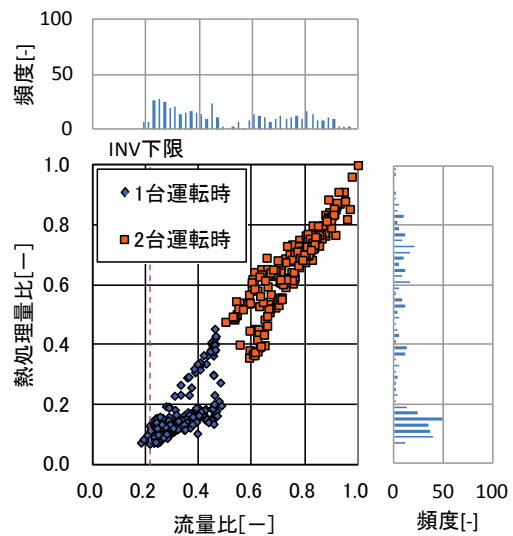
図Ⅲ. 3. 1. 108: 流量比の増加に対して熱処理量比も増加している.



図Ⅲ. 3. 1. 106 流量比と冷水温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 107 流量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 1. 108 流量比と熱処理量比の関係

病院 03 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
PG-4~7, PH-5~8	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

<熱量分析>冷水

※期間中の最大流量, 最大消費電力を” 1” とした.

※正規化した際の最大値について

熱処理量 : 15844[MJ/h]

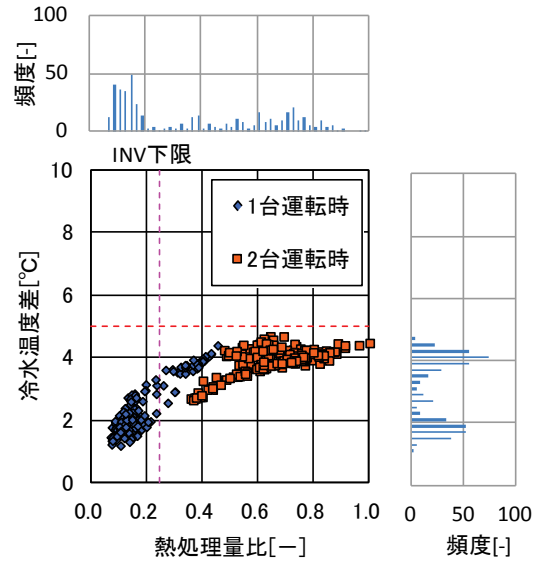
消費電力 : 83[kW]

図Ⅲ. 3. 1. 109 : 温度差は 1.5~5°Cで運転している.

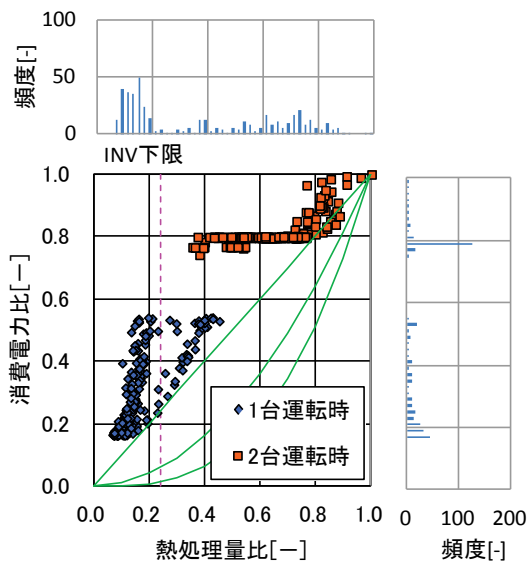
図Ⅲ. 3. 1. 110: 1 台運転時は 1 次曲線と 2 次曲線の間での運転をしている.

2 台運転時は, ほとんどが消費電力比が 0.8 付近での運転をしている. → 1 台運転時はインバータにより運転, 2 台運転時はほとんどが定格での運転をしている.

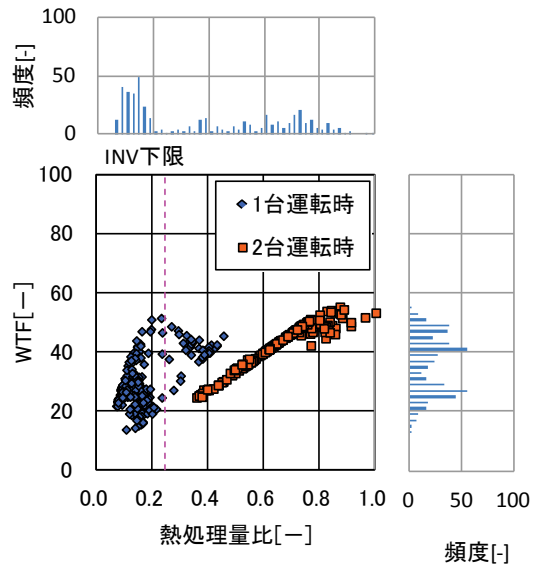
図Ⅲ. 3. 1. 111: 1 台運転時はインバータでの運転の熱処理量が 0.2 までは WTF が上昇し, その後減少している. 2 台運転時はほとんどが定格運転のため, WTF が 1 次曲線となっている.



図Ⅲ. 3. 1. 109 熱処理量比と冷水温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 110 熱処理量比と消費電力比の関係



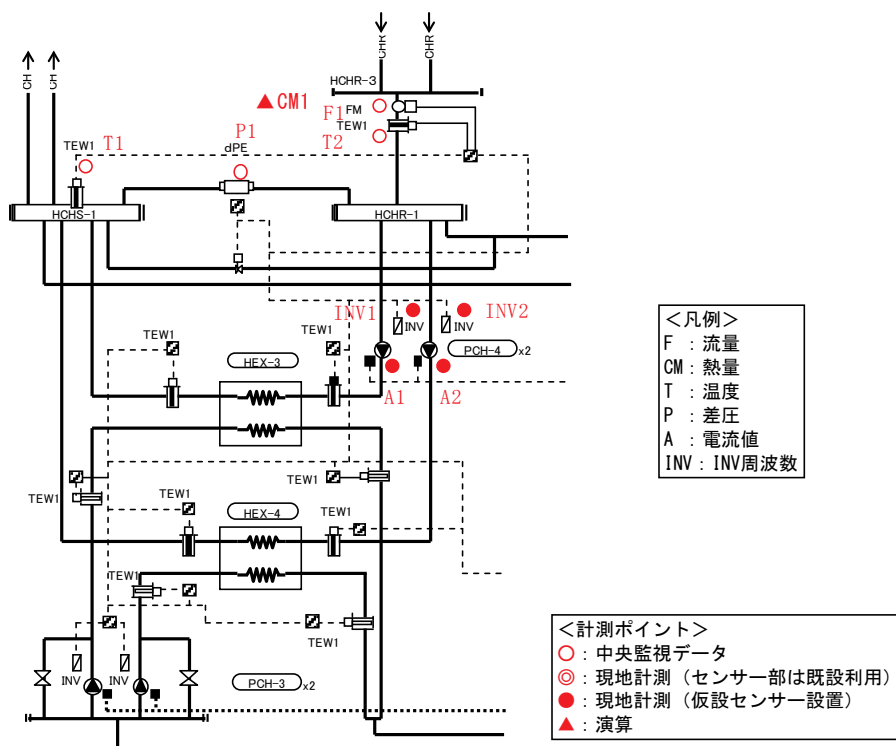
図Ⅲ. 3. 1. 111 熱処理量比と WTF の関係

3.1.8. 病院 04 (P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

建物名	病院 04	地区	関東	竣工	2006年	新築	—	規模	31,000 m ²
分類記号	P2-VWV-08				検出部	吐出圧力(差圧)			
制御目的	ポンプ回転数制御				制御目標	吐出圧力(差圧)			
分析期間	平成24年7月1日～平成24年9月30日				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	2次ポンプ(全台)				製造年月	—			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> ・負荷流量, 負荷熱量による2次ポンプ台数制御(コメント欄参照) ・差圧によるポンプINV制御 INV設定値: 上限50Hz, 下限30Hz 差圧設定値: 200kPa ・設計温度: 往温度9℃, 還温度16℃ 				機器仕様	PCH-4 125Φ×1230L/min×500kPa×2台 3Φ×200V×22kW, λ-Δ始動			

システムフロー



<制御方式および評価項目計算式>

(1)データの収集時間間隔

- ①現地計測データ: 1分間隔, 瞬時値
- ②中央監視データ: 1分間隔, 瞬時値 (or 平均値)

(2)データ処理

1分間隔瞬時値 (or 平均値) → 10分間平均値に処理

病院 04 (P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

(3)解析利用データフィルタリング項目

- ①機器の起動, 停止時のデータを排除
- ②増段, 減段時のデータを排除

(4)制御内容

- ・増段熱量: 2162 [MJ/h]
- ・増段流量: 71 [m³/h]
- ・減段(増段) DIFF(熱量): 216 [MJ/h]
- ・減段(増段) DIFF(流量): 7.4 [m³/h]

(5)評価項目計算式

①流量比

$$\text{流量比 (FR) [-]} = \text{流量 (F1) [L/min]} \text{ / 実測時最大流量 (3,297) [L/min]}$$

②温度差

T1: 往温度[°C], T2: 還温度[°C]として,
 温度差 (ΔT) [°C] = T2 - T1

③熱処理量

$$\begin{aligned} \text{熱処理量(CM1)[MJ/h]} &= \text{低圧比熱 (4.186) [kJ/kg°C]} \times \text{密度 (1.0) [kg/L]} \\ &\quad \times \text{流量 (F1) [L/min]} \times \text{温度差 (ΔT) [°C]} \\ &\quad \times 60[\text{min/h}] \text{ / } 1000 \end{aligned}$$

$$\text{熱処理量比 (CMR) [-]} = \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} \text{ / 実測時最大熱処理量 (4,998) [MJ/h]}$$

④消費電力

A1~A2: 電流値[A]として,
 消費電力 (P) [kW] = $\sqrt{3}$ × 電圧 (200) [V] × 電流 (A1+A2) [A]
 × 力率 (0.85) / 1000

$$\text{消費電力比 (PR) [-]} = \text{消費電力 (P) [kW]} \text{ / 実測時最大消費電力 (31.2) [kW]}$$

⑤WTF

$$\text{WTF[-]} = \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} \text{ / } 3.6[\text{MJ/h/kW}] \text{ / 消費電力 (P) [kW]}$$

病院 04 (P2-VWV-08)

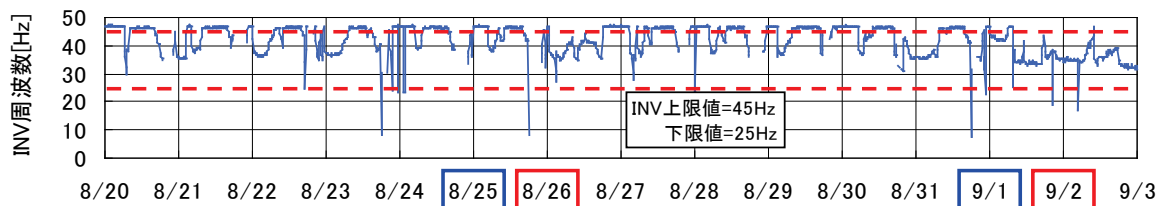
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

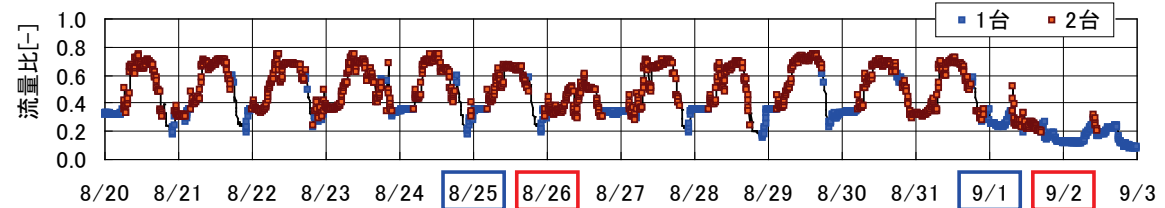
2012年8月20日(月)～9月2日(日)のトレンドデータを示す。

INV周波数は、1台運転時は運転しているポンプの周波数、2台運転時は2台の平均値として

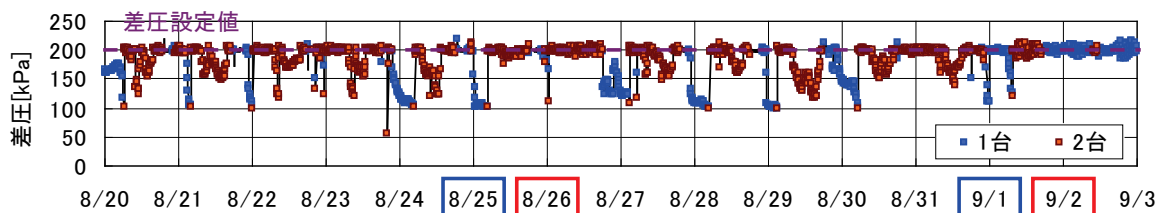
いる。
電流値から、2台運転時は均等にポンプが稼働していることがわかる。また、温度差は設計温度差に近い温度差を確保できている。



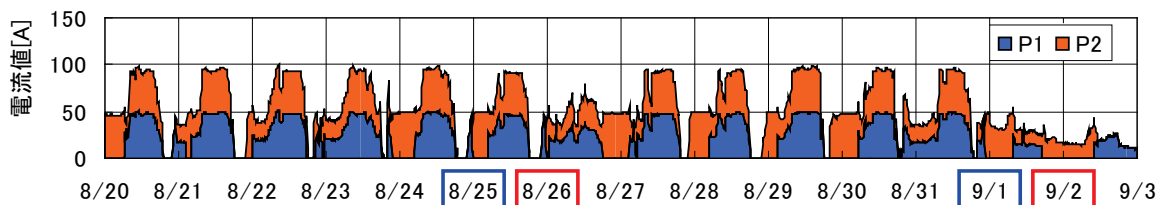
図Ⅲ.3.1.112 INV周波数



図Ⅲ.3.1.113 流量比



図Ⅲ.3.1.114 差圧

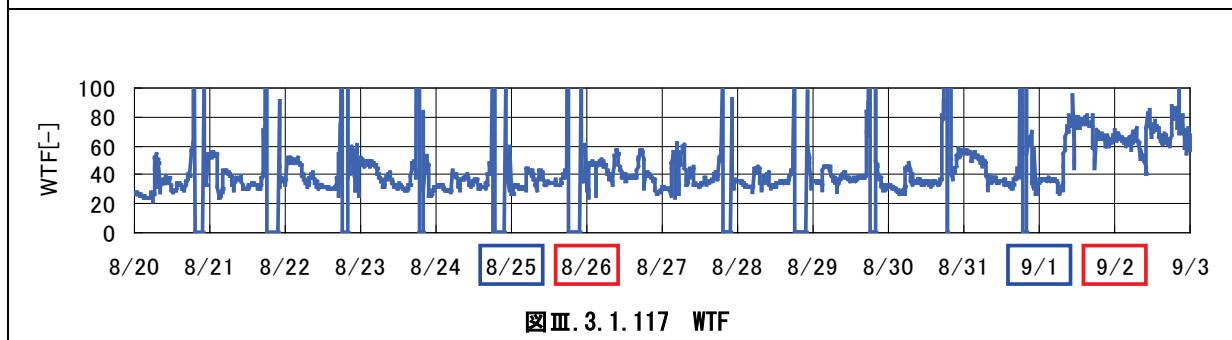
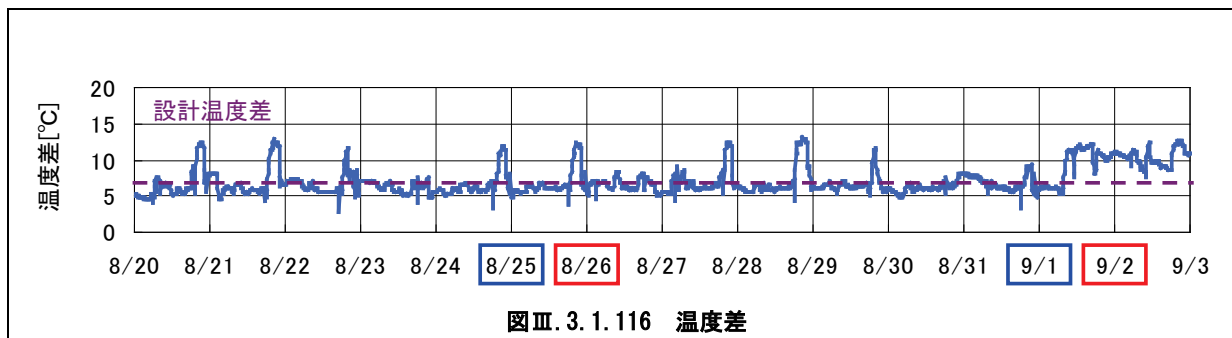


図Ⅲ.3.1.115 電流値

病院 04 (P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

<動作確認データ 2>



病院 04 (P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

<流量分析>

図Ⅲ. 3. 1. 118

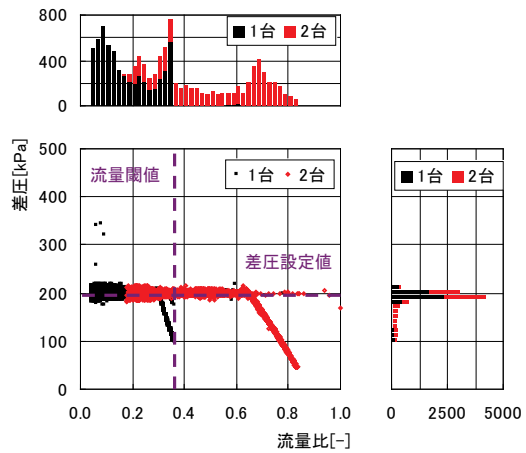
流量閾値で増減段している. また, 1台運転, 2台運転ともに流量比が大きくなると差圧が設定値を満足しなくなっている.

図Ⅲ. 3. 1. 119

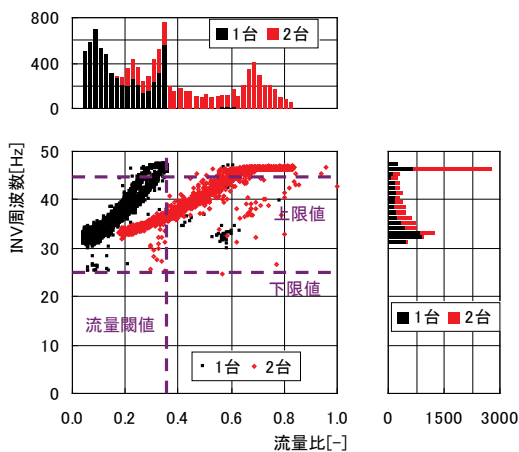
INV 周波数は上下限設定値内で運転している.

図Ⅲ. 3. 1. 120

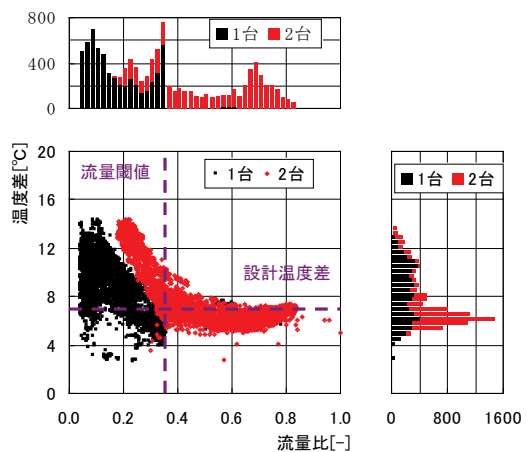
設計温度差を中心に動作し, 流量比が小さくなるほど温度差を確保している.



図Ⅲ. 3. 1. 118 流量比と差圧の関係



図Ⅲ. 3. 1. 119 流量比と INV 周波数の関係



図Ⅲ. 3. 1. 120 流量比と温度差の関係

病院 04 (P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

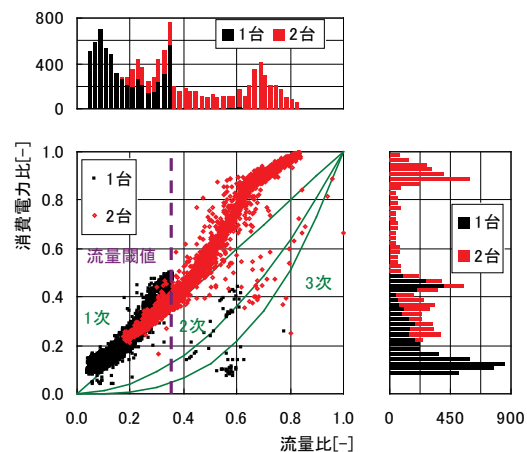
<流量分析>

図Ⅲ. 3. 1. 121

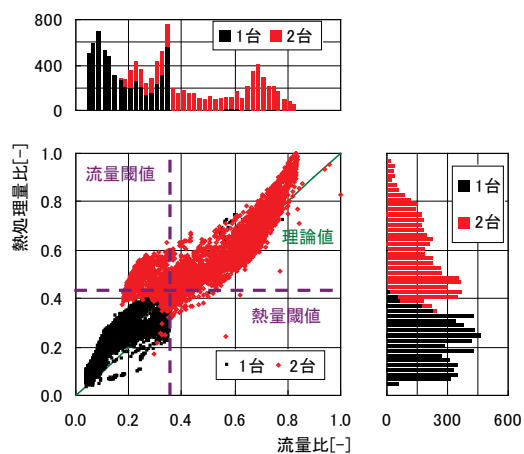
流量比が 0.5 以下では理論値 (1 次) 上で動作し、それ以上では理論値 (1 次) よりも消費電力比が高くなっている。

図Ⅲ. 3. 1. 122

流量比と熱処理量比は比例して動作している。



図Ⅲ. 3. 1. 121 流量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 1. 122 流量比と熱処理量比の関係

病院 04 (P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

<熱量分析>

図Ⅲ. 3. 1. 123

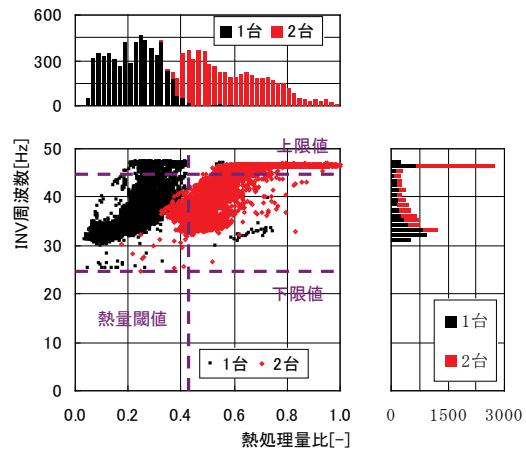
熱量閾値で増減段されている。また、INV周波数は上下限設定値内で動作している。

図Ⅲ. 3. 1. 124

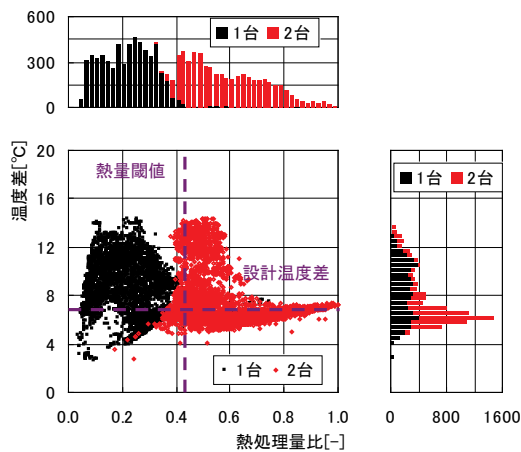
設計温度差を中心に運転し、1台運転時、2台運転時ともに流量比が下がるほど温度差が大きくなっている。

図Ⅲ. 3. 1. 125

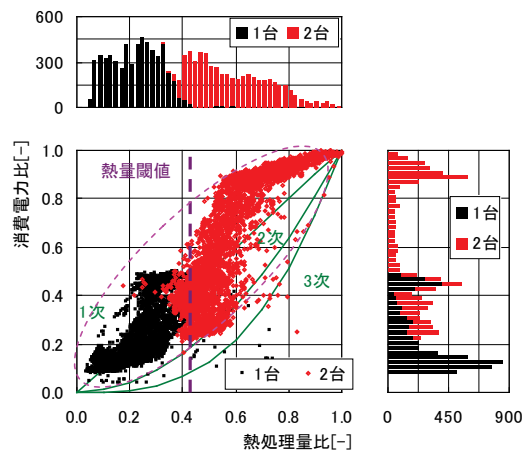
熱処理量比が0.5以下では理論値(1次)付近で動作し、それ以上では理論値(1次)よりも高い消費電力比で動作している。



図Ⅲ. 3. 1. 123 熱処理量比と INV 周波数の関係



図Ⅲ. 3. 1. 124 熱処理量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 125 熱処理量比と消費電力比の関係

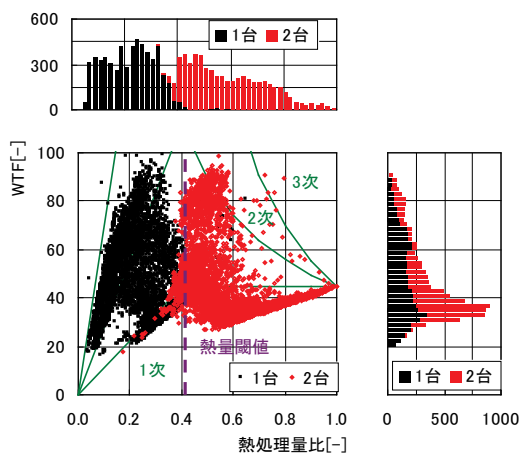
病院 04 (P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

<熱量分析>

図Ⅲ.3.1.126

主に理論値(1次)と理論値(2次)の間で動作している。



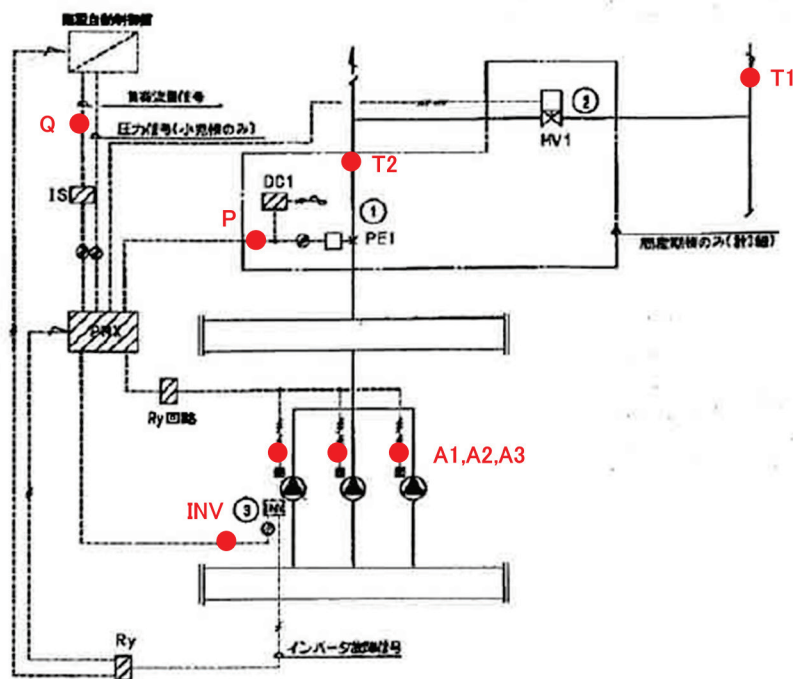
図Ⅲ.3.1.126 熱処理量比と WTF の関係

3.1.9. 病院 09(P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
CHP-102×3 台	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数（周波数）制御

建物名	病院 09	地区	大阪	竣工	—	改修	2001 年	規模	14,832m ²
分類記号	P2-VWV-04				検出部	吐出圧力			
制御目的	ポンプ回転数制御				制御目標	吐出圧力一定			
分析期間	平成 23 年 8 月～平成 24 年 7 月				動作	回転数（周波数）制御			
制御対象	CHP-102×3 台				製造年月	—			
制御内容	<ポンプ廻り> ・送水圧力制御（1 台インバータ） ・二次ポンプ台数制御				機器仕様	CHP-102 2,360L/min×440kPa 3φ×200V×30kW			

システムフロー



T: 温度
 P: 圧力
 Q: 流量
 A: 電流
 INV: インバータ周波数

【二次ポンプの INV 出力範囲】

36～60Hz

【二次ポンプの目標吐出圧力】

200kPa(一定)

病院 09(P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
CHP-102-1~3	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

【評価項目計算式】

1) 二次側温度差 (温水・冷水温度差)

$$\text{二次側温度差} = \text{還ヘッド温度 (T3, T4)} - \text{往ヘッド温度 (T1, T2)}$$

2) 二次側負荷熱量

$$\text{二次側負荷熱量} = \text{二次側温度差 (T3-T2, T4-T1)} \times \text{二次側流量 (F1, F2)} \times \text{比重} \times \text{比熱}$$

3) 流量比

$$\text{流量比} = \text{二次側流量度 (F1, F2)} \div \text{定格流量}$$

4) 消費電力量比

$$\text{消費電力量} = \text{消費電力 (A1~A4, A5~A8より算出)} \div \text{定格消費電力}$$

5) 熱処理量比

$$\text{熱処理量比} = \text{二次側負荷熱量} \div \text{定格熱量}$$

6) WTF

$$\text{WTF} = \text{熱処理量} \div \text{消費電力}$$

7) WTF 比

$$\text{WTF 比} = \text{WTF} \div \text{定格 WTF 比 (定格熱処理量} \div \text{定格消費電力)}$$

【計測概要】

1) データ収集時間間隔

1分

2) フィルタリング条件

- ・ 9-16 時の時間内
- ・ INV 上限値および下限値はカット
- ・ 増減段時のデータはカット

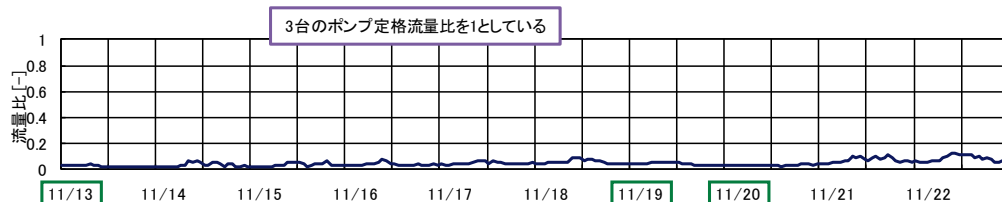
3) データ処理

それぞれのデータを 1 時間平均に集計

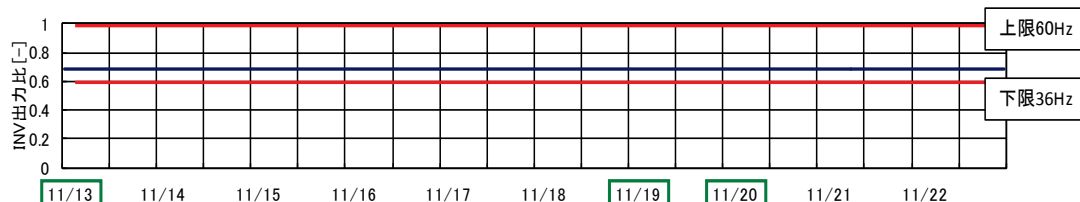
病院 09(P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
CHP-102-1~3	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

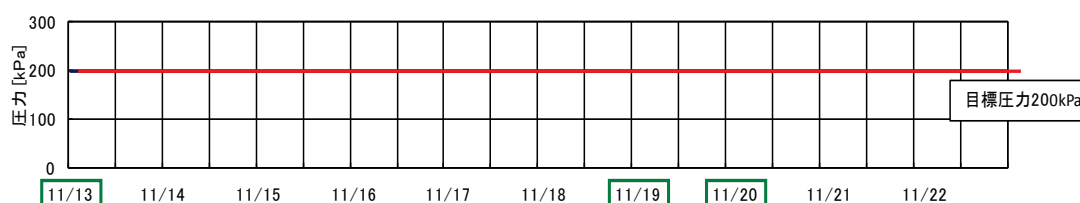
<動作確認データ> 2012年1月15~30日



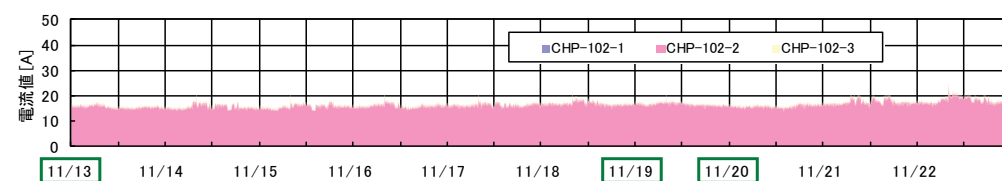
図Ⅲ. 3. 1. 127 流量比トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 128 INV出力比トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 129 圧カトレンド

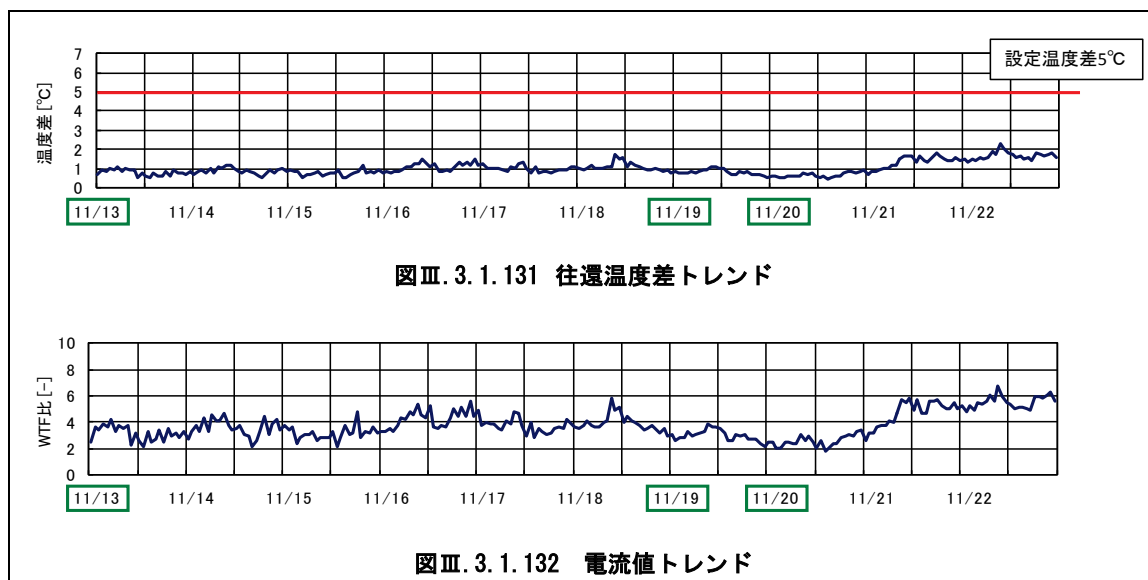


図Ⅲ. 3. 1. 130 電流値トレンド

病院 09 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
CHP-102-1~3	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数(周波数)制御

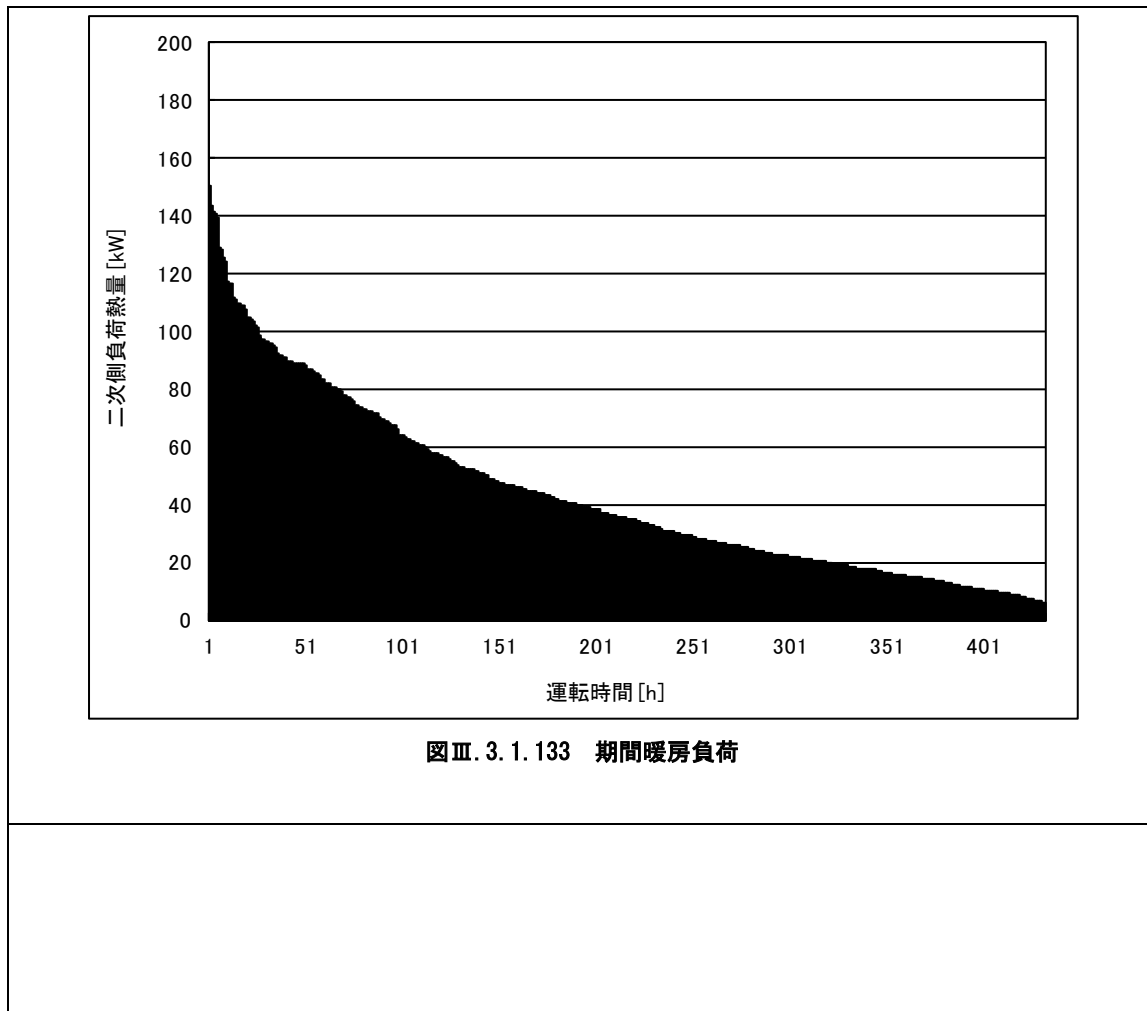
<動作確認データ> 2012年1月15~30日



病院 09 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
CHP-102-1~3	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数（周波数）制御

<動作確認データ> 温水

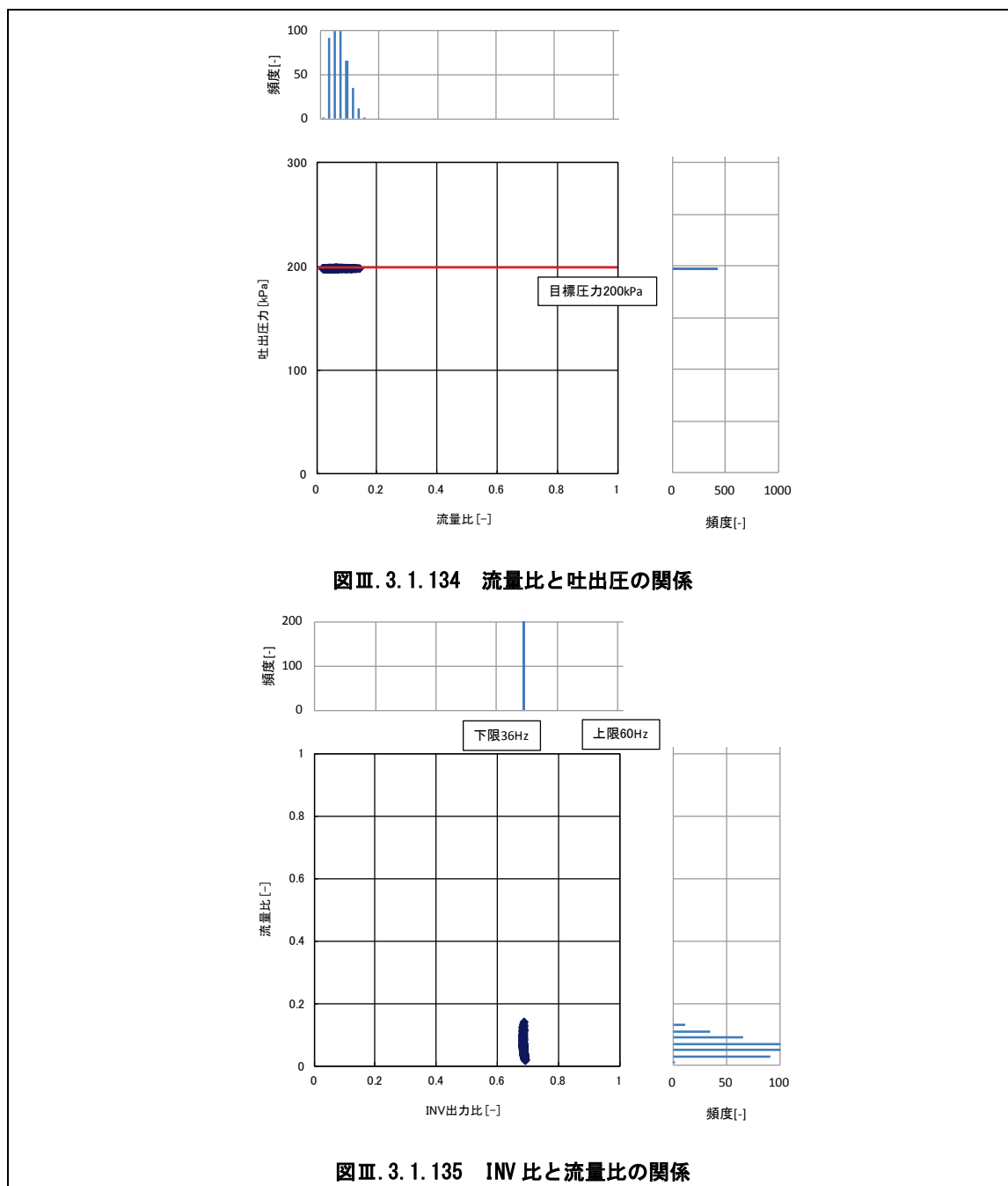


図Ⅲ. 3. 1. 133 期間暖房負荷

病院 09 (P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
CHP-102-1~3	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数（周波数）制御

<動作確認データ> 温水



図Ⅲ.3.1.134: 目標圧力で制御できている。

図Ⅲ.3.1.135: 計測期間中 1 台運転である時は, INV 周波数比はほとんど 0.7 であった。

→ 目標圧力を満足するため 42Hz で運転をしている。

病院 09(P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
CHP-102-1~3	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数（周波数）制御

<動作確認データ> 温水

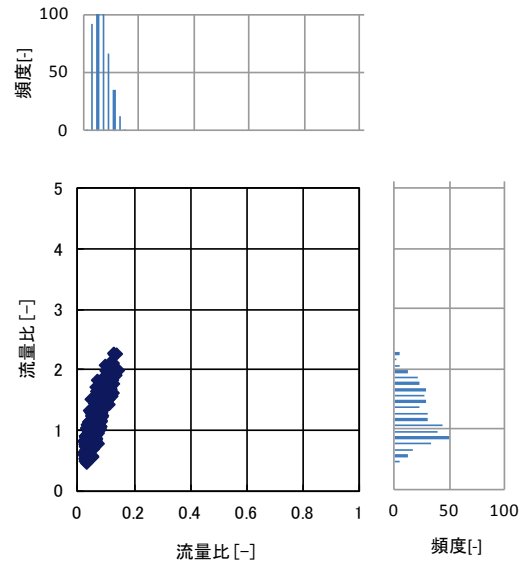
※3 台分の設計流量，最大消費電力を” 1” とした。

※消費電力の理想曲線は，周波数下限設定値 36Hz，三乗則により計算した。

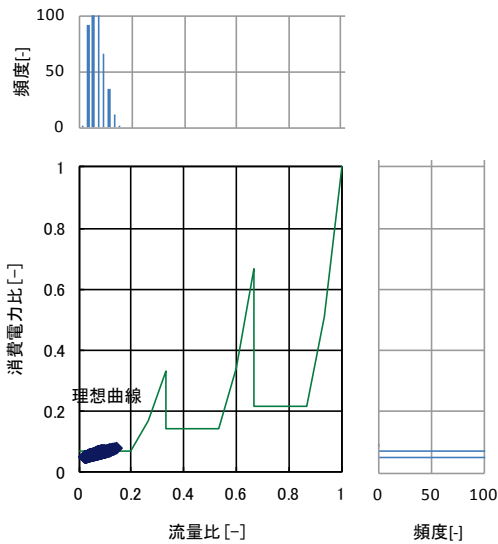
図Ⅲ. 3. 1. 136：温度差は 1~2℃で運転しており，温度差がついていない。

図Ⅲ. 3. 1. 137：理想曲線とほぼ同じ動きで運転している。

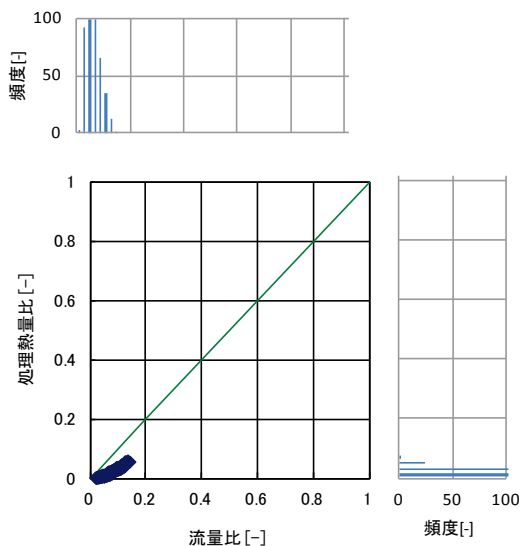
図Ⅲ. 3. 1. 138：理想曲線よりも低い熱量比で運転している。これは温度差がついていないためである。



図Ⅲ. 3. 1. 136 流量と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 137 流量と電力の関係



図Ⅲ. 3. 1. 138 流量と熱量の関係

病院 09(P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
CHP-102-1~3	吐出圧力	吐出圧力一定	回転数（周波数）制御

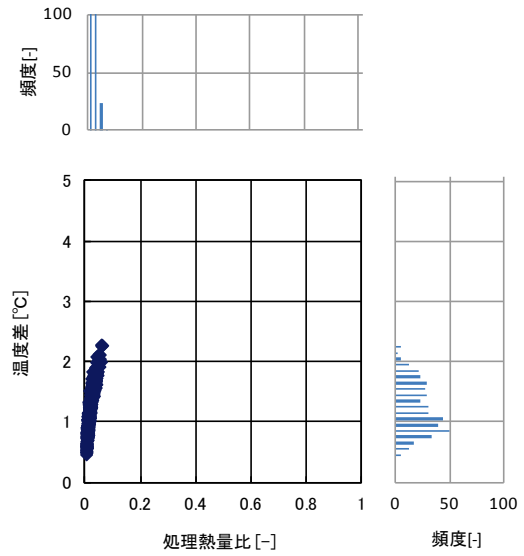
<動作確認データ> 温水

※3 台分の設計流量，最大消費電力を”1”とした。

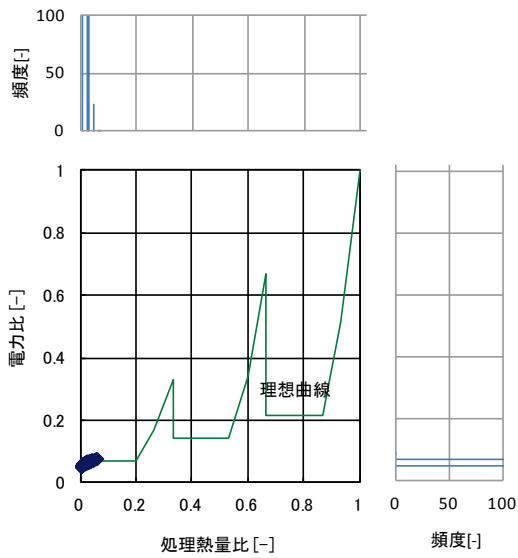
※消費電力の理想曲線は，周波数下限設定値 36Hz，三乗則により計算した。

図Ⅲ. 3. 1. 139：温度差は 1~2℃で運転しており，温度差がついていない。

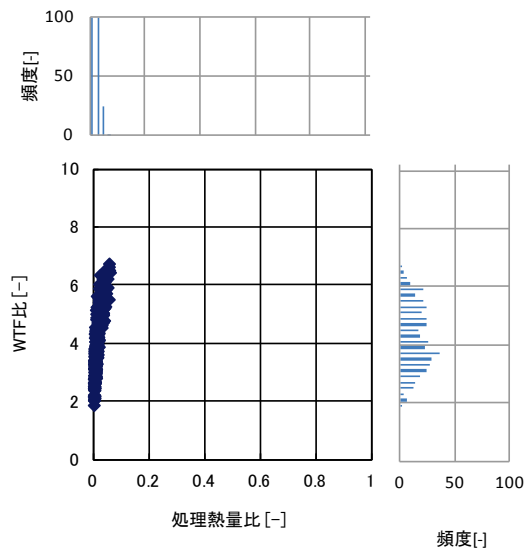
図Ⅲ. 3. 1. 140：理想曲線とほぼ同じ動きで運転している。



図Ⅲ. 3. 1. 139 熱量と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 140 熱量と電力の関係



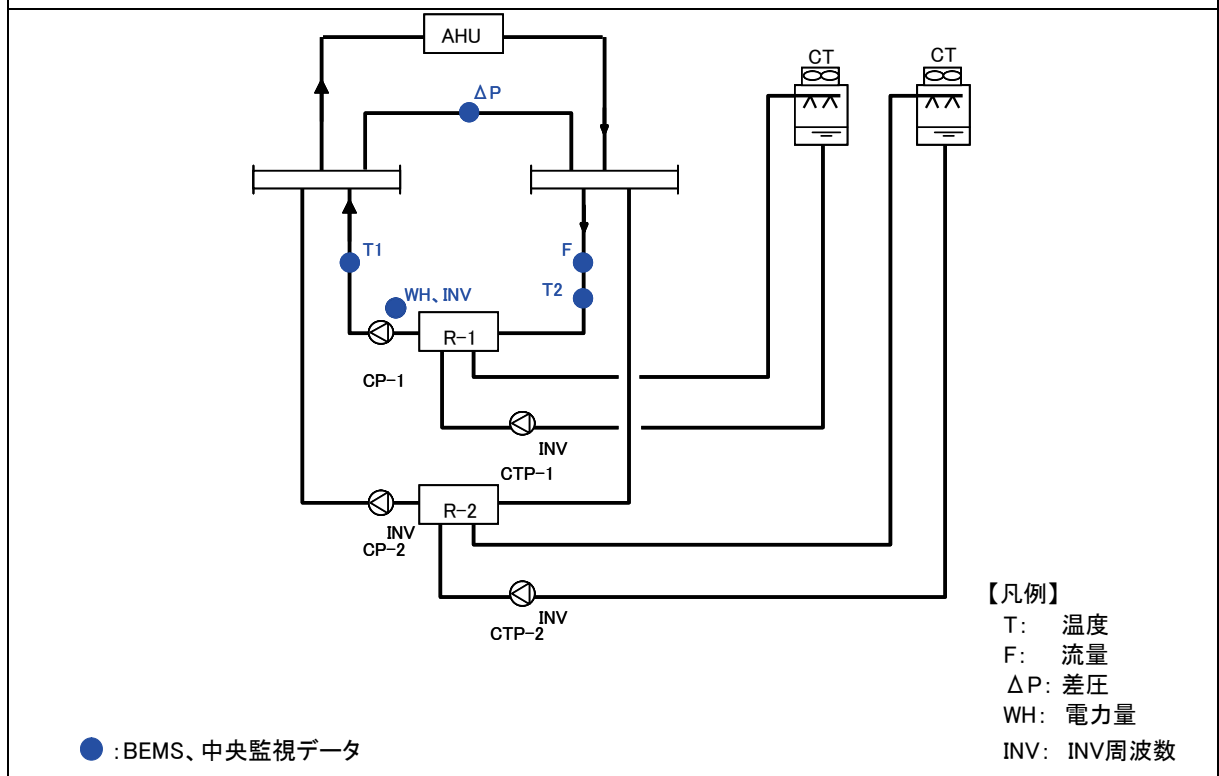
図Ⅲ. 3. 1. 141 熱量と熱量の関係

3.1.10. 事務所 02(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
CP-1	冷凍機冷水温度差	流量	回転数(周波数)制御

建物名	事務所 02	地区	関東	竣工	2007 年	改修	—	規模	20,000 m ²
分類記号	P1-VVW-04				検出部	冷凍機冷水温度差			
制御目的	ポンプ回転数制御				制御目標	流量			
分析期間	平成 23 年 8 月~10 月, 平成 24 年 8 月~10 月				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	CP-1				製造年月				
制御内容	1) 熱源台数制御 2) 冷水系統 <ul style="list-style-type: none"> ・ 送水圧力制御 ・ 冷水温度差制御 ・ 最低流量保障 3) 冷却水系統 <ul style="list-style-type: none"> ・ 温度差制御 ・ ファン発停 				機器仕様	R-1 280RT(蒸気吸収式) R-2 250RT(ターボ) CP-1 121 m ³ /h × 380kPa × 22kW CP-2 108 m ³ /h × 360kPa × 22kW			

システムフロー



計測器

- 温度 : 熱電対
- 流量 : 超音波流量計
- 差圧 : 差圧発信機
- 電力量 : 電力量計

事務所 02(冷水 VVV, 制御方式 P1-VVV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
CP-1	冷凍機冷水温度差	流量	回転数（周波数）制御

<制御概要, 評価項目計算式>

1. 制御内容

(1) CP-1 冷水ポンプ

- ・温度センサおよび流量計によりポンプインバータ制御を行う。
- ・負荷側の送水圧を一定にするためにヘッドバイパス弁制御を行う。

2. 評価項目計算式

(1) 流量

計測期間の最大流量を基に流量比を算出。

$$\text{流量比 QR} = \text{流量 } Q \text{ [L/min]} / \text{実測最大流量 : 1,962 [L/min]}$$

(2) 冷水温度差

T1 の計測温度を冷水往温度 T1[°C], T2 の計測温度を冷水還温度 T2[°C]として使用。

$$\text{冷水温度差 } \Delta T \text{ [°C]} = T2 \text{ [°C]} - T1 \text{ [°C]}$$

(3) 熱処理量

流量 Q および冷水温度差 ΔT を基に熱処理量を算出。

$$\begin{aligned} \text{熱処理量 } q \text{ [MJ/h]} &= \text{定圧比熱 : 4.186 [kJ/kg} \cdot \text{°C]} \times \text{空気密度 : 1.0 [kg/L]} \times \text{流量 } Q \text{ [L/min]} \\ &\quad \times 60 \text{ [min/h]} \times \text{冷水温度差 } \Delta T \text{ [°C]} \end{aligned}$$

計測期間の熱処理量を基に熱処理量比を算出する。

$$\text{熱処理量比 HR} = \text{熱処理量 } q \text{ [MJ/h]} / \text{最大熱処理量 : 953 [MJ/h]}$$

(4) 消費電力

WH の消費電力を E として使用。

流量 Q が最大時 (1,962 L/min) の計測消費電力を実測最大消費電力として消費電力比を算出。

$$\text{消費電力比 ER} = \text{消費電力 } E \text{ [kW]} / \text{実測最大消費電力 : 18.4 [kW]}$$

(5) WTF (水搬送効率)

$$\text{WTF} = (\text{熱処理量 } q \text{ [MJ/h]} / 3.6[\text{MJ}/(\text{h} \cdot \text{kW})]) / \text{消費電力 [kW]}$$

計測時最大熱処理量 (953 [MJ/h]) 時の WTF (56.7) を基準として, WTF 比を算出

$$\text{WTF 比} = \text{WTF} / \text{基準 WTF : 56.7}$$

(6) INV 周波数

計測した値をそのまま使用。

(7) ヘッド差圧

計測した値をそのまま使用。

事務所 02(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-04)

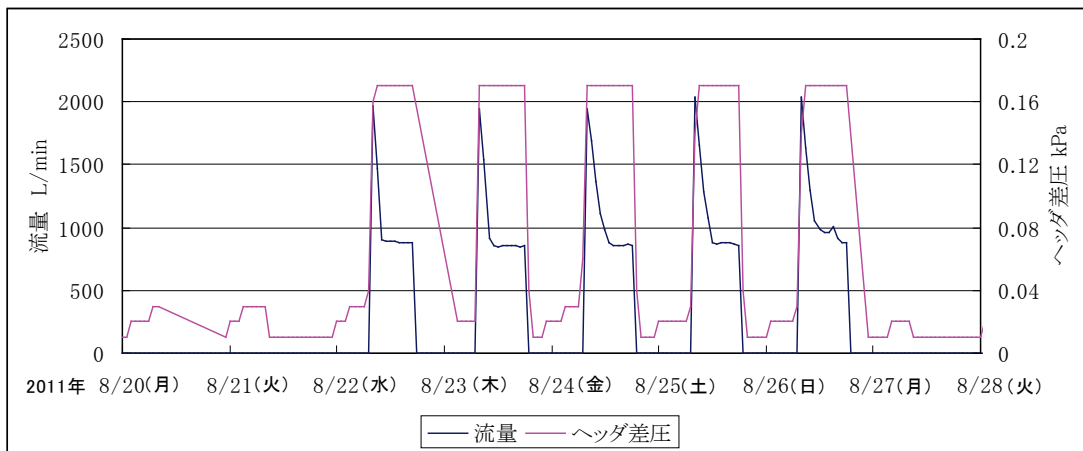
制御対象	検出部	制御目標	動作
CP-1	冷凍機冷水温度差	流量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

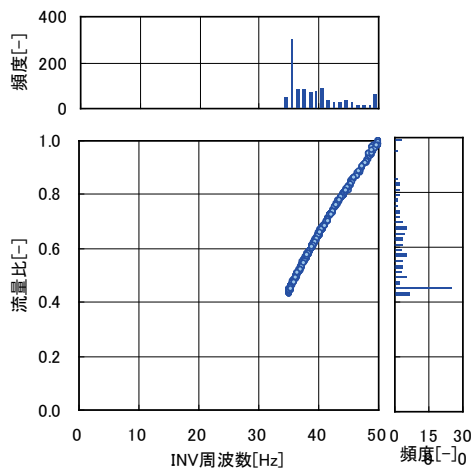
図Ⅲ. 3. 1. 142：ポンプ末端圧力を一定にするため、往還ヘッド差圧一定の制御を行っている。ポンプ稼働中は往還ヘッド差圧が一定になっていることが伺える。

図Ⅲ. 3. 1. 143：INV 周波数と流量は比例の関係となっている。

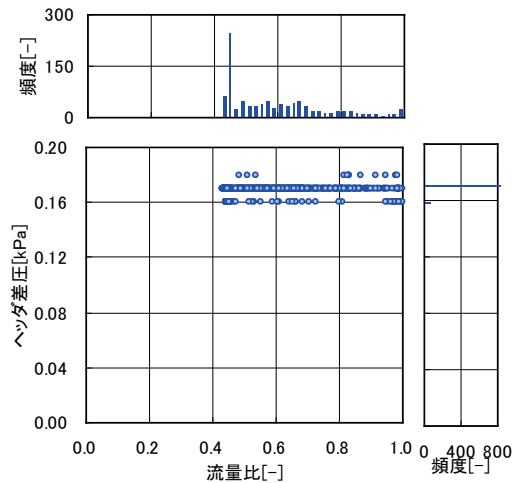
図Ⅲ. 3. 1. 144：流量とヘッド差圧は一定となっており、末端圧制御が正常に動作していることが伺える。



図Ⅲ. 3. 1. 142 流量・圧カトレンド



図Ⅲ. 3. 1. 143 インバータ周波数と流量の関係



図Ⅲ. 3. 1. 144 流量とヘッド差圧の関係

事務所 02(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-04)

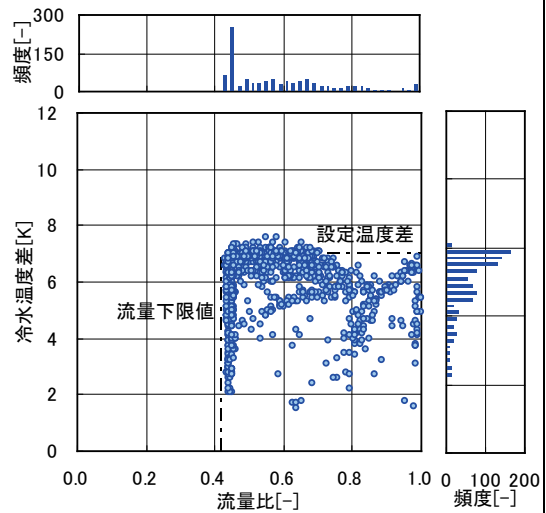
制御対象	検出部	制御目標	動作
CP-1	冷凍機冷水温度差	流量	回転数（周波数）制御

<流量分析>

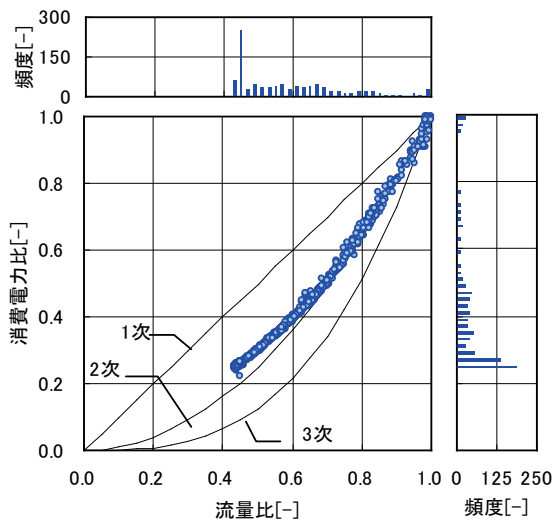
図Ⅲ.3.1.145: 流量比が 0.42 付近はインバータ下限であり, 冷水温度差が 2~7℃に分布している. 最大流量は 1,962L/min.

図Ⅲ.3.1.146: 流量比と電力比の関係は 2 次の関係になっている. 最大消費電力は 18.4kW.

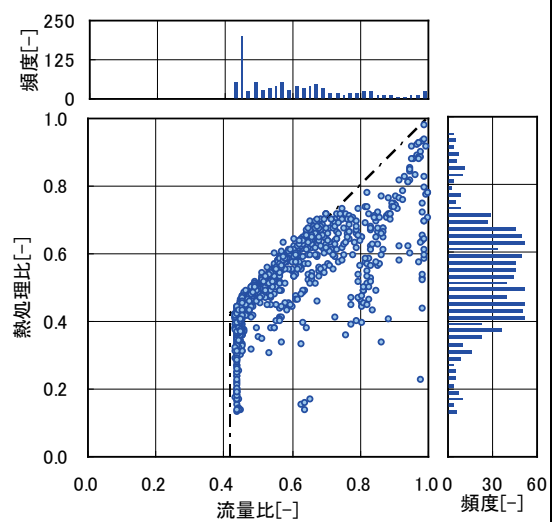
図Ⅲ.3.1.147: インバータ下限値である 0.42 付近では温度差が変化している. 流量 0.42 以上では, 流量が変化し熱処理量比と比例の関係がある. 最大熱処理量 265kW.



図Ⅲ.3.1.145 流量比と温度差の関係



図Ⅲ.3.1.146 流量比と電力比の関係



図Ⅲ.3.1.147 流量比と熱処理量比の関係

事務所 02(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-04)

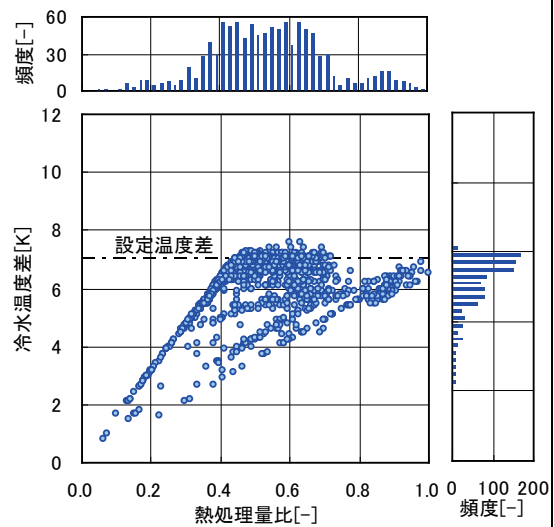
制御対象	検出部	制御目標	動作
CP-1	冷凍機冷水温度差	流量	回転数（周波数）制御

<熱量分析>

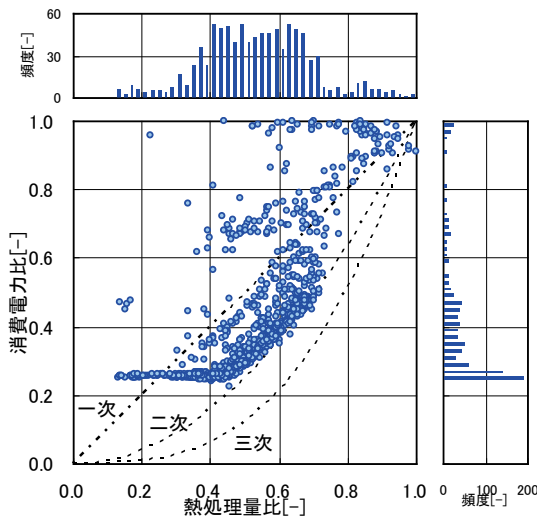
図Ⅲ.3.1.148:熱処理量比 0.42 より小さい場合, 冷水温度差と比例関係にあり, 温度差制御が動作していることが分かる.

図Ⅲ.3.1.149:熱処理量比 0.42 より小さい値は流量下限値で動作しているため, 消費電力が一定である.

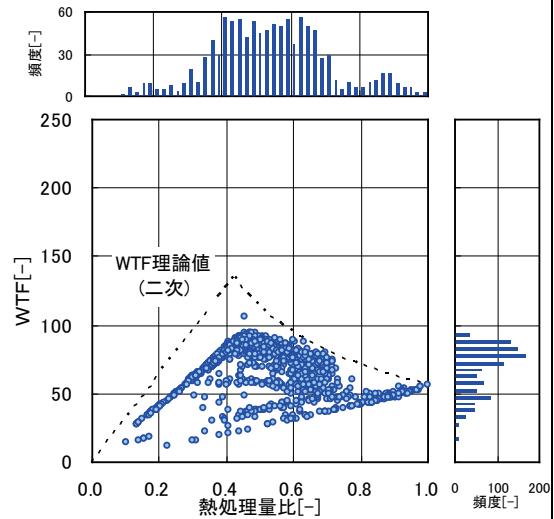
図Ⅲ.3.1.150:熱処理量比はWTF理論値より下回っている. 図Ⅲ.3.1.149 より消費電力は熱処理量比の2次関数よりも大きいため, WTF比は理論値よりも小さくなった.



図Ⅲ.3.1.148 熱量と温度差の関係



図Ⅲ.3.1.149 熱処理量比と電力比の関係



図Ⅲ.3.1.150 熱処理量比とWTFの関係

事務所 03(P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

(3)解析利用データフィルタリング項目

- ①機器の起動, 停止時のデータを排除
- ②増段, 減段時のデータを排除

(4)評価項目計算式

①流量比

$$\text{流量比 (FR)} = \text{流量 (F1) [L/min]} \text{ / 実測時最大流量 (6,645) [L/min]}$$

②温度差

T1 : 往温度[°C], T2 : 還温度[°C]として,
 温度差 (ΔT) [°C] = T2 - T1

③熱処理量

$$\begin{aligned} \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} &= \text{低圧比熱 (4.186) [kJ/kg/°C]} \times \text{密度 (1.0) [kg/L]} \\ &\quad \times \text{流量 (F1) [L/min]} \times \text{温度差 (\Delta T) [°C]} \\ &\quad \times 60[\text{min/h}] \text{ / } 1000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{熱処理量比 (CMR) [-]} &= \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} \\ &\quad \text{/ 実測時最大熱処理量 (16,476) [MJ/h]} \end{aligned}$$

④消費電力

A1~A4 : 電流値[A]として,
 消費電力 (P) [kW] = $\sqrt{3}$ × 電圧 (200) [V] × 電流値 (A1+A2+A3+A4) [A]
 × 力率 (0.85) / 1000

$$\text{消費電力比 (PR) [-]} = \text{消費電力 (P) [kW]} \text{ / 実測時最大消費電力 (81.5) [kW]}$$

⑤WTF

$$\text{WTF[-]} = \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} \text{ / } 3.6[\text{MJ/h/kW}] \text{ / 消費電力 (P) [kW]}$$

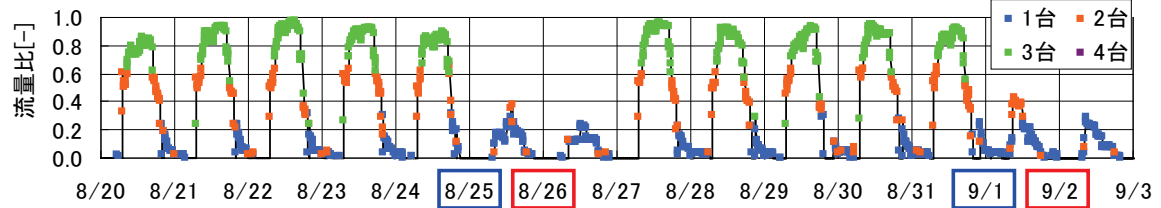
事務所 03(P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

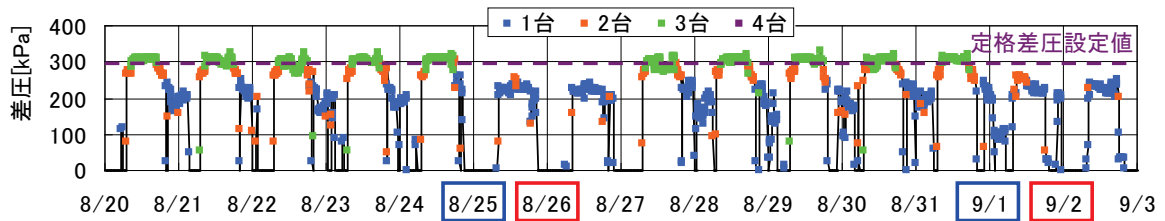
<動作確認データ 1>

2012年8月20日(月)～9月2日(日)のトレンドデータを示す。

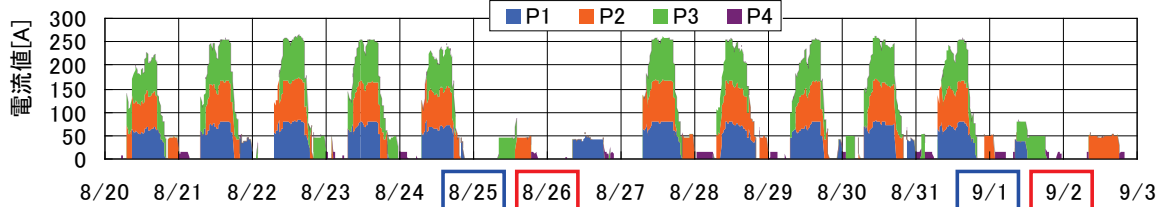
電流値から、複数台運転において均等にポンプを稼働していることがわかる。また、温度差は、設計温度差までは満たしていないが、8℃程度の温度差を確保できている。



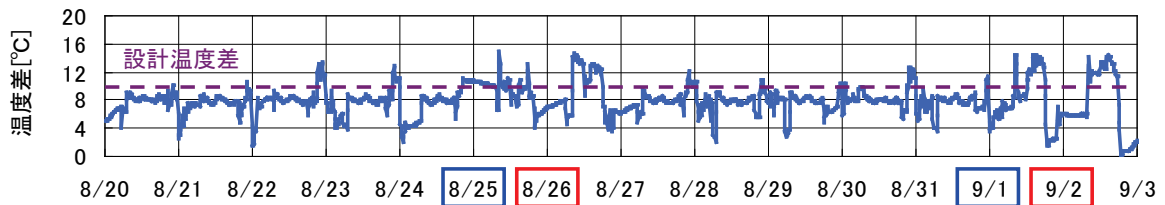
図Ⅲ. 3. 1. 151 流量比



図Ⅲ. 3. 1. 152 差圧



図Ⅲ. 3. 1. 153 電流値

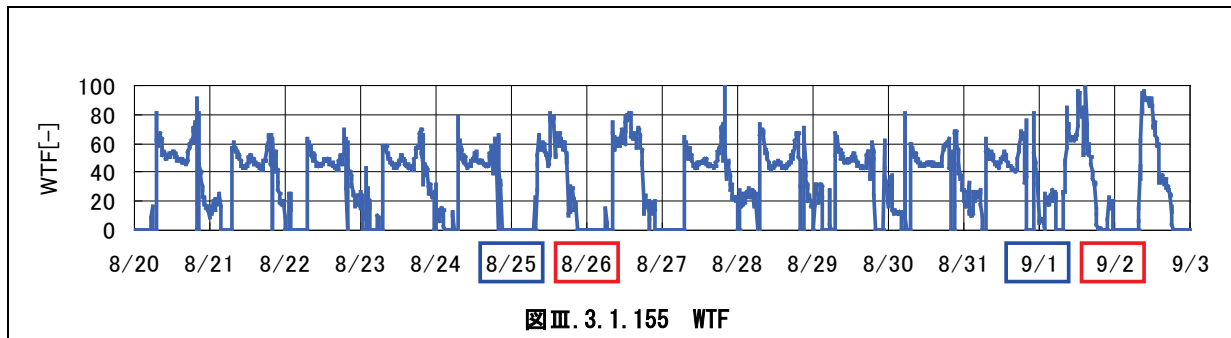


図Ⅲ. 3. 1. 154 温度差

事務所 03 (P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

<動作確認データ 2>



図Ⅲ. 3. 1. 155 WTF

事務所 03 (P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

<流量分析>

図Ⅲ. 3. 1. 156

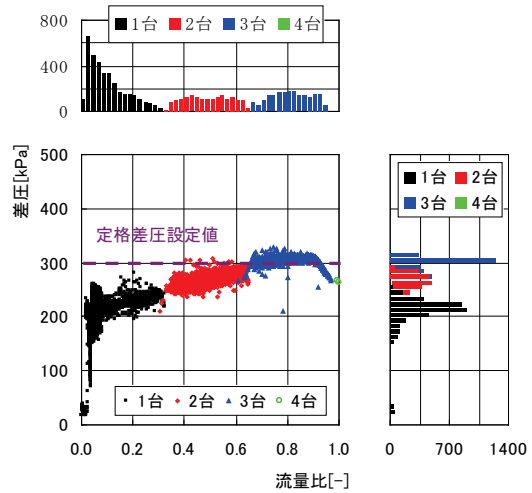
期間中の差圧設定値は、193~300kPa で動作していた。また、増段・減段は流量で明確に実施されている。

図Ⅲ. 3. 1. 157

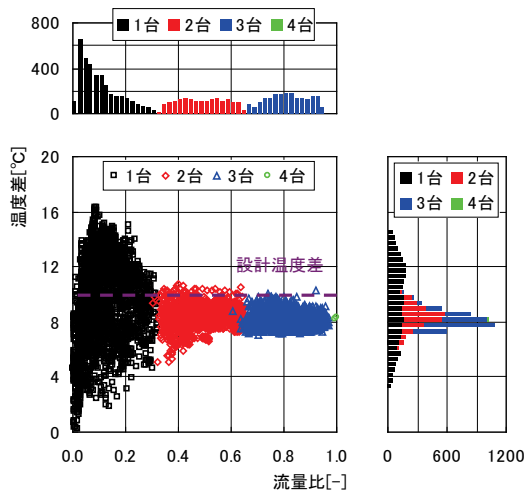
1台運転時はばらつきが大きいですが、設計温度差 10°Cに対して概ね 8°C前後で動作している。

図Ⅲ. 3. 1. 158

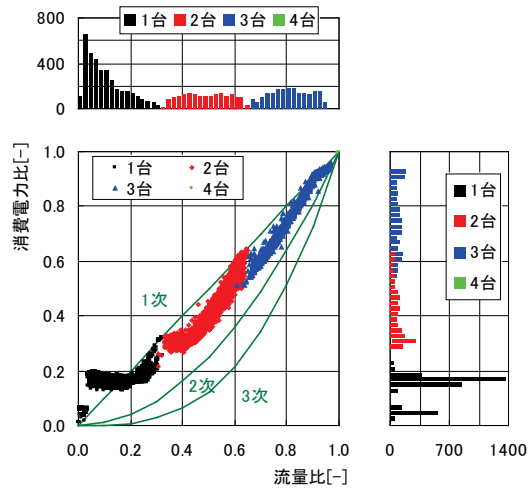
流量比が低くなるほど消費電力比が理論値(2次)よりも高くなっている。また、各台数の流量比が低い部分で消費電力比が横ばいになるのは、最低周波数設定の影響と考えられる。



図Ⅲ. 3. 1. 156 流量比と差圧の関係



図Ⅲ. 3. 1. 157 流量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 158 流量比と消費電力比の関係

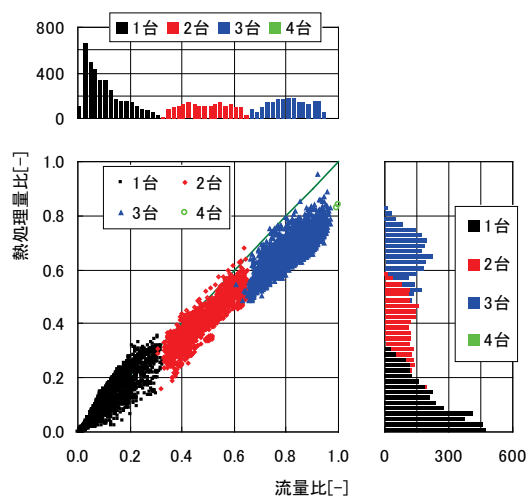
事務所 03(P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

<流量分析>

図Ⅲ.3.1.159

温度差がほぼ一定で運転しているので、流量比と熱処理量比が比例して動作している。



図Ⅲ.3.1.159 流量比と熱処理量比の関係

事務所 03 (P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(差圧)	吐出圧力(差圧)	回転数(周波数)制御

図Ⅲ. 3. 1. 160

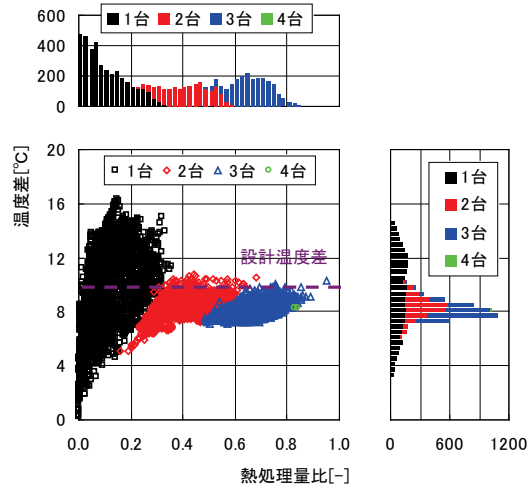
設計温度差よりは低く運転しているが、8℃付近を中心に安定している。

図Ⅲ. 3. 1. 161

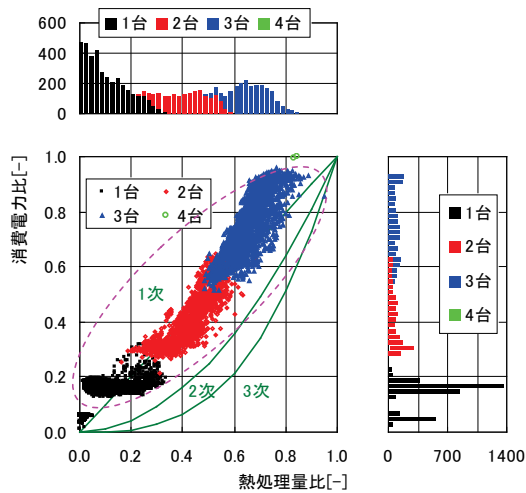
理論値(1次)上で運転している。

図Ⅲ. 3. 1. 162

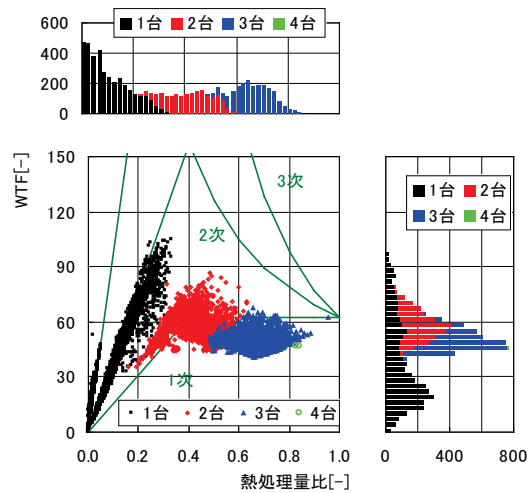
1台運転時は理論値(2次, 3次)上で動作しているが、2台運転以上になるとWTFが下がり、熱処理量比0.5以上では、理論値(1次)よりも低くなっている。



図Ⅲ. 3. 1. 160 熱処理量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 161 熱処理量比と消費電力比の関係



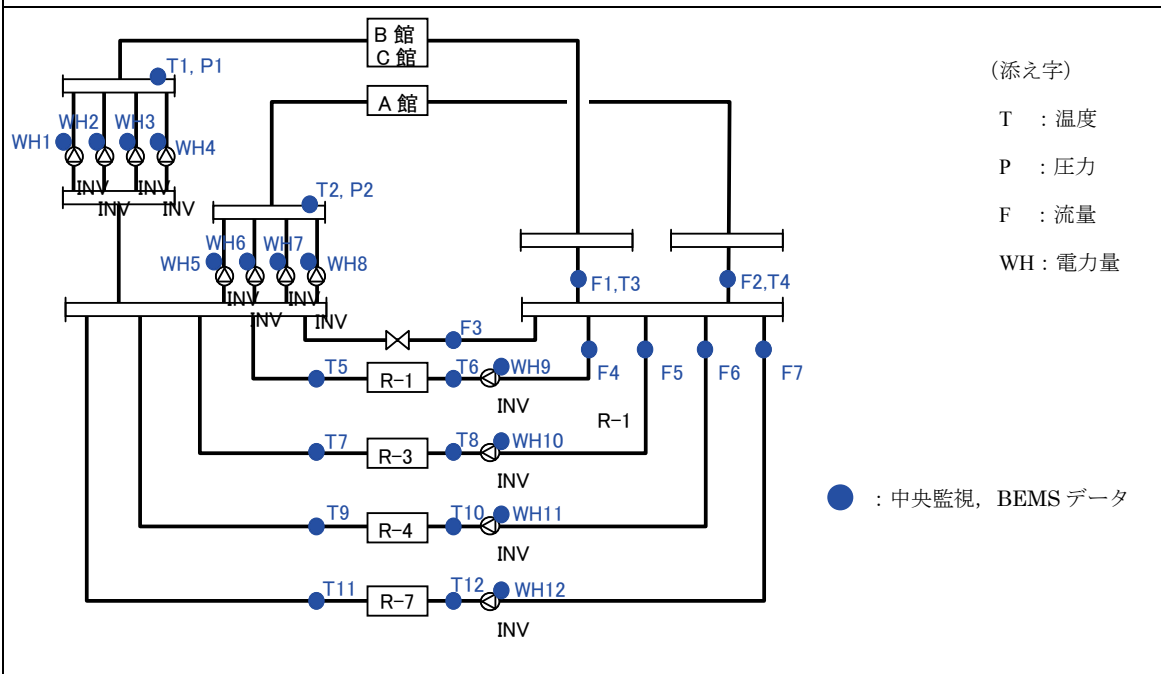
図Ⅲ. 3. 1. 162 熱処理量比とWTFの関係

3.1.12. 事務所 04(冷水 VVV, 制御方式 P1-VVV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源一次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

建物名	事務所 04	地区	関東	竣工	2005 年	改修	—	規模	100,000m ²																				
分類記号	P1-VVV-03				検出部	二次側負荷流量																							
制御目的	一次側冷水量制御				制御目標	流量																							
分析期間	2011 年 4 月～2012 年 3 月				動作	回転数（周波数）制御																							
制御対象	熱源冷水一次ポンプ				製造年月	2005 年 4 月																							
制御内容	<p>1) 熱源台数制御</p> <ul style="list-style-type: none"> 冷水二次側負荷熱量による台数制御 冷水二次側冷水量と冷水往温度による運転台数の補正 通常モード/ガス優先モード切替 <p>2) 冷凍機補機類制御</p> <ul style="list-style-type: none"> 冷水二次ポンプ吐出圧制御(INV 制御) 冷水一次ポンプ負荷流量制御(INV 制御) 冷却水ポンプ温度制御(INV 制御) 冷却塔ファン出口温度制御(INV 制御) <p>3) 設定</p> <ul style="list-style-type: none"> 冷水二次ポンプ吐出圧力：60kPa 冷水ポンプ, 冷却水ポンプ下限流量 R-01:60%, R-03:50%, R-04:75%, R-07:50% 				機器仕様	<p>熱源 R-1 500RT (定速ターボ) R-3 500RT (INV ターボ) R-4 300RT (ガス焚冷温水機) R-7 500RT (定速ターボ)</p> <p>冷水一次ポンプ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器番号</th> <th>流量 m³/h</th> <th>揚程 [mAq]</th> <th>モータ定格 [kW]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CP-1-1</td> <td>302</td> <td>15</td> <td>22</td> </tr> <tr> <td>CP-1-3</td> <td>302</td> <td>21</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>CP-1-4</td> <td>181</td> <td>15</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>CP-1-7</td> <td>302</td> <td>15</td> <td>22</td> </tr> </tbody> </table>				機器番号	流量 m ³ /h	揚程 [mAq]	モータ定格 [kW]	CP-1-1	302	15	22	CP-1-3	302	21	30	CP-1-4	181	15	11	CP-1-7	302	15	22
機器番号	流量 m ³ /h	揚程 [mAq]	モータ定格 [kW]																										
CP-1-1	302	15	22																										
CP-1-3	302	21	30																										
CP-1-4	181	15	11																										
CP-1-7	302	15	22																										

システムフロー



分析リスト

- 温度変化, 往還温度差, 流量, 熱処理量
- 冷水一次ポンプ消費電力, WTF

事務所 04(冷水 VVV, 制御方式 P1-VVV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

<制御内容, 評価項目計算式, 計測概要>

1. 制御内容

(1) 冷水一次ポンプ流量制御

- ・ 冷水一次ポンプ負荷流量制御(INV 制御) 熱源最適制御からの周波数設定値による回転数制御
- ・ 冷水ポンプ下限流量設定値 R-01:60%, R-03:50%, R-04:75%, R-07:50%

2. 評価項目計算式 ※添え字（記号）はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 冷水温度, 温度差

冷水入口温度 : T6,T8,T10,T12 , 冷水出口温度 : T5,T7,T9,T11

冷水温度差 : (T6-T5), (T8-T7), (T10-T9), (T12-T11)

(2) 冷水流量

冷水流量 = 冷水一次ポンプ流量 (F4,F5,F6,F7)

冷水流量比 = 冷水一次ポンプ流量 (F4,F5,F6,F7) ÷ 実測最大流量

(3) 熱処理量

熱処理量 = 冷水温度差 (T6-T5,T8-T7,T10-T9,T12-T11) × 冷水流量 (F4,F5,F6,F7) × 比重 × 比熱

熱処理量比 = 熱処理量 ÷ 実測最大熱処理量

(4) 消費電力

消費電力 = 冷水一次ポンプ消費電力 (WH9,WH10,WH11,WH12)

消費電力比 = 冷水一次ポンプ消費電力 (WH9,WH10,WH11,WH12) ÷ 実測最大消費電力

(5) WTF

WTF = 熱処理量 ÷ 冷水一次ポンプ消費電力

3. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・ 流量 : 2 分間隔
- ・ 温度 : 2 分間隔
- ・ 電力 : 2 分間隔

(2) データ処理

- ・ 2 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ>

冷水一次ポンプ CP-1-1(R-01)

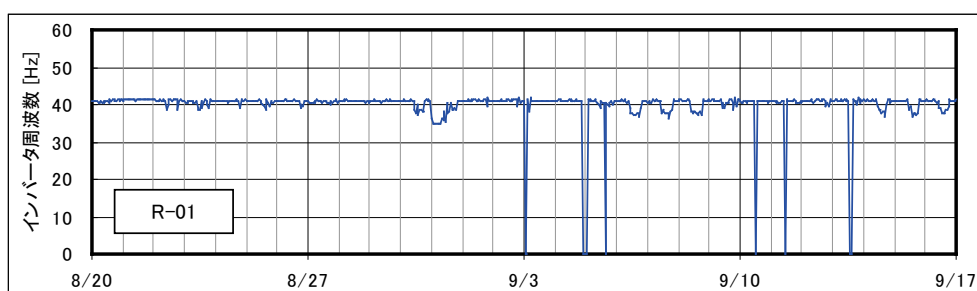
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：302m³/h

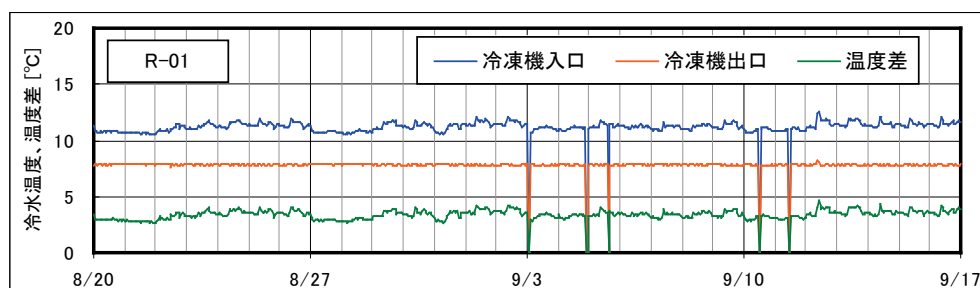
ポンプ電動機定格出力：22kW

設計温度差：5℃

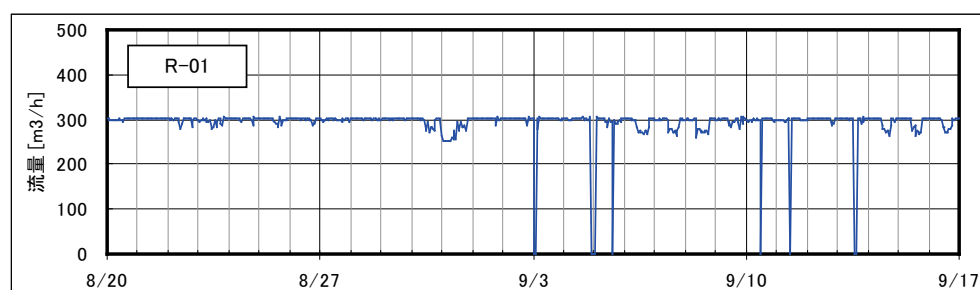
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 163 インバータ周波数トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 164 冷水温度トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 165 流量トレンド

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ>

冷水一次ポンプ CP-1-1(R-01)

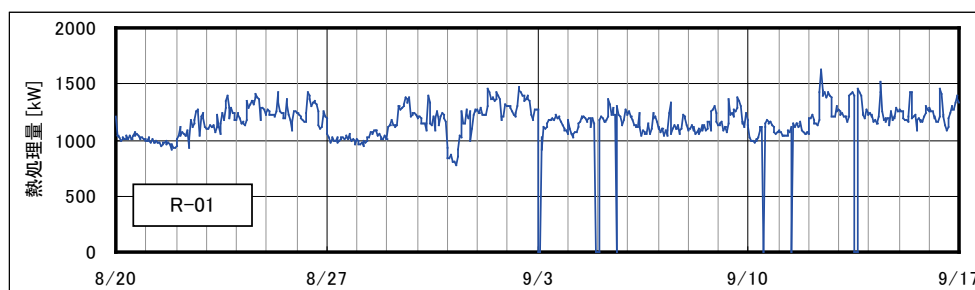
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：302 m³/h

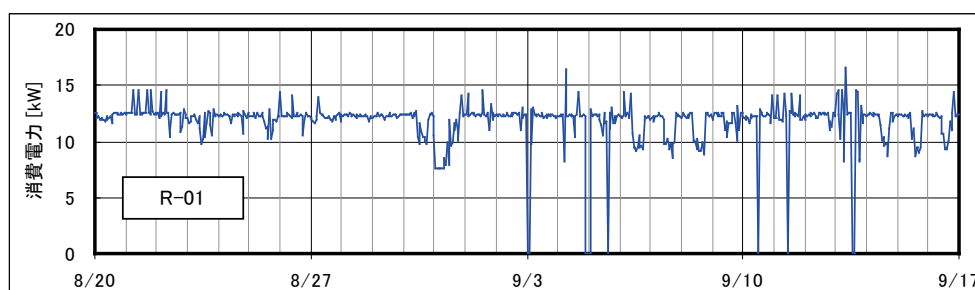
ポンプ電動機定格出力：22kW

設計温度差：5℃

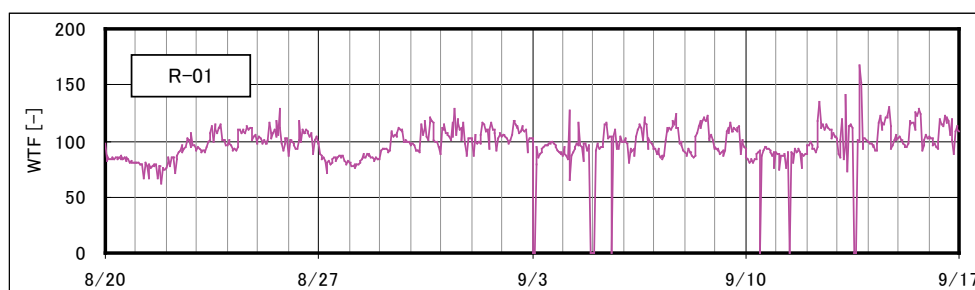
※値が 0 の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 166 熱処理量トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 167 消費電力トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 168 WTFトレンド

事務所 04(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

<流量分析>

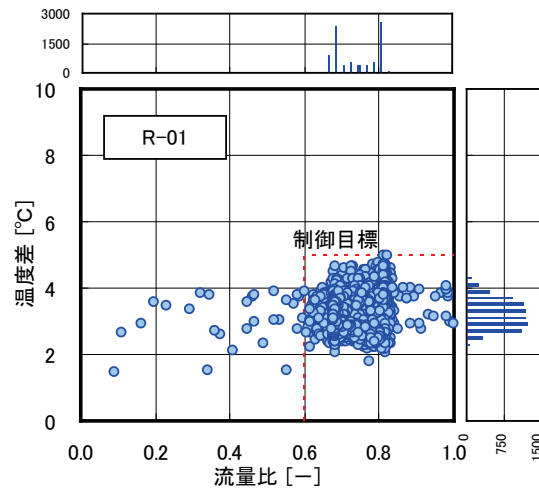
冷水ポンプ CP-1-1(R-01)

熱源起動・停止時の 1 時間はデータ削除して分析を行った。

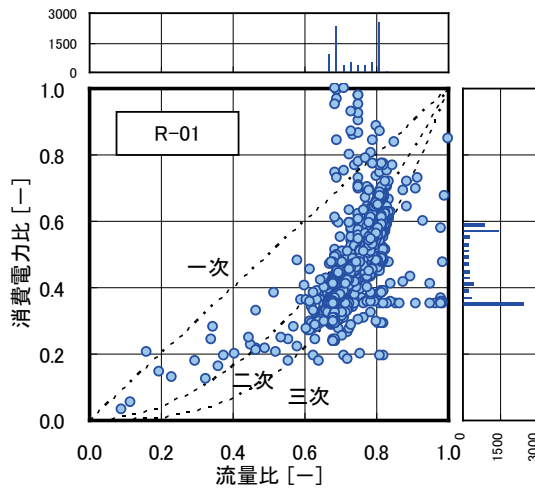
図Ⅲ. 3. 1. 169 冷水流量比は主に 0.7 および 0.8 付近に分布している。最大流量は夏期の 370m³/h である。設計温度差 5℃に対し、計測結果では 2～3℃に分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 170 三次の理論線を中心にした分布となっている。最大消費電力は 21.4kW である。

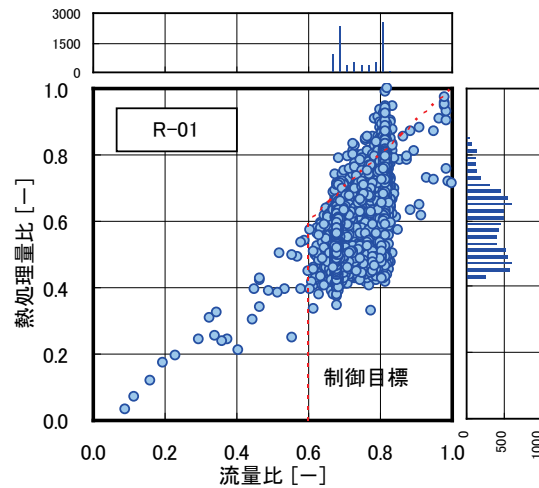
図Ⅲ. 3. 1. 171 概ね制御目標以下で分布している。最大熱処理量は 1755kW である。



図Ⅲ. 3. 1. 169 流量比と温度差の関係 (R-01)



図Ⅲ. 3. 1. 170 流量比と電力比の関係 (R-01)



図Ⅲ. 3. 1. 171 流量比と熱処理量比の関係 (R-01)

事務所 04(冷水 VVV, 制御方式 P1-VVV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数 (周波数) 制御

< 熱量分析 >

冷水ポンプ CP-1-1(R-01)

図Ⅲ. 3. 1. 172

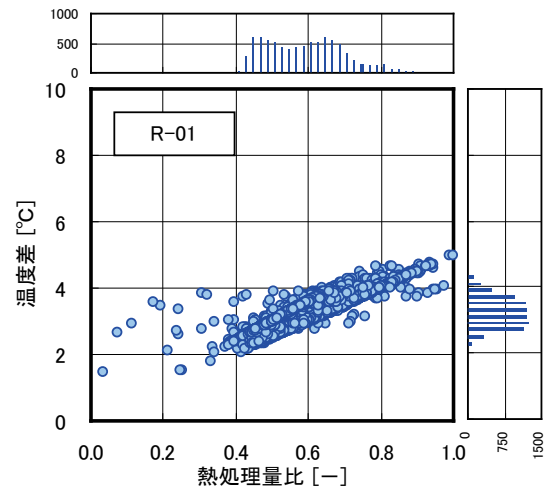
熱処理量比が 1 では温度差は 5°C で、熱処理量比の低下とともに温度差が低下している。

図Ⅲ. 3. 1. 173

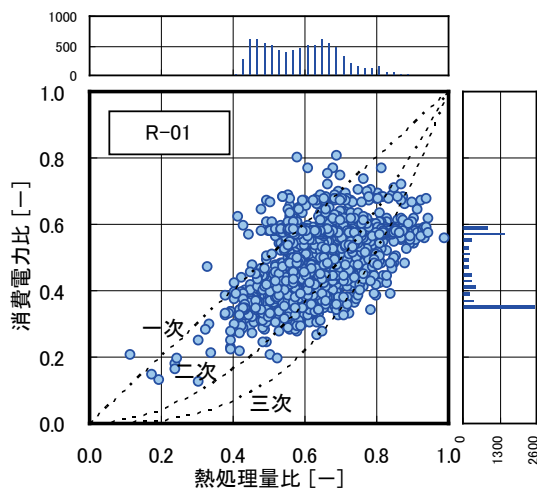
プロットは一次から三次の理論線の間で分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 174

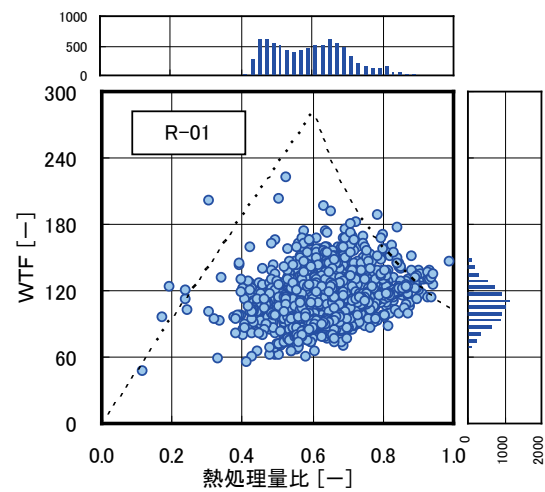
WTF は 110 を中心にして 200 以下に分布している。



図Ⅲ. 3. 1. 172 熱処理量比と温度差の関係 (R-01)



図Ⅲ. 3. 1. 173 熱処理量比と電力比の関係 (R-01)



図Ⅲ. 3. 1. 174 熱処理量比と WTF の関係 (R-01)

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷水一次ポンプ CP-1-3(R-03)

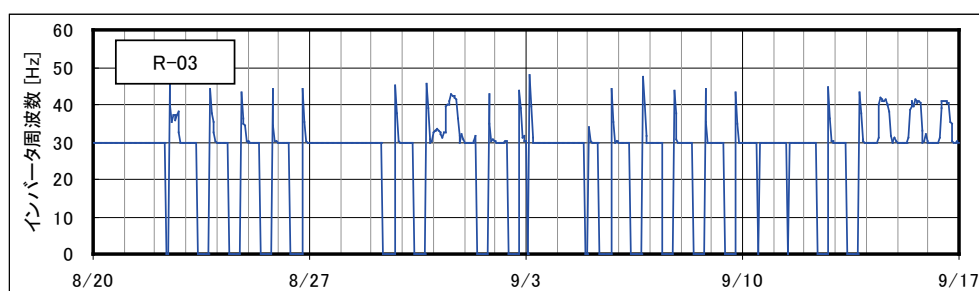
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：302 m³/h

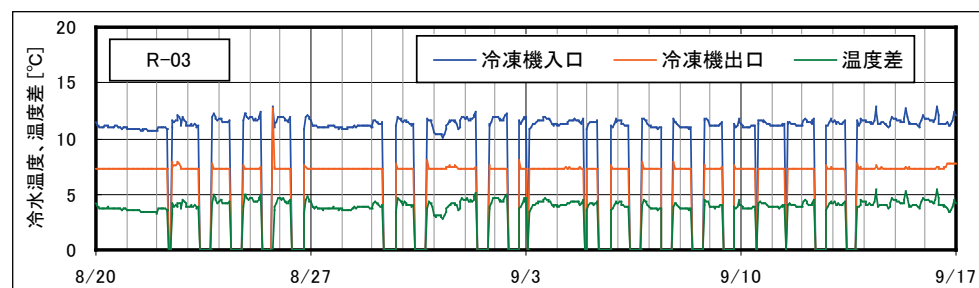
ポンプ電動機定格出力：30kW

設計温度差：5℃

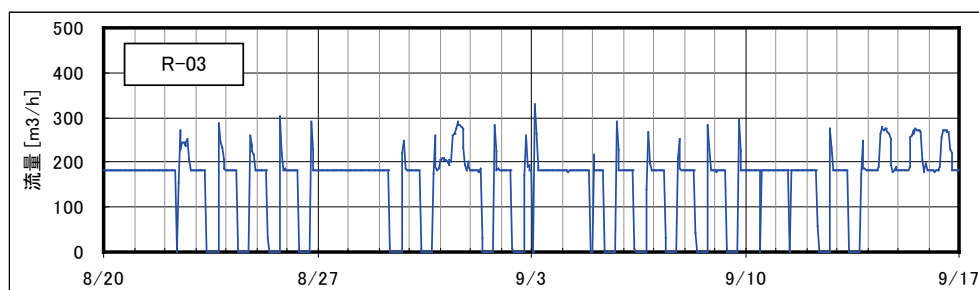
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 175 インバータ周波数トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 176 冷水温度トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 177 流量トレンド

事務所 04(冷水 VVV, 制御方式 P1-VVV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷水一次ポンプ CP-1-3(R-03)

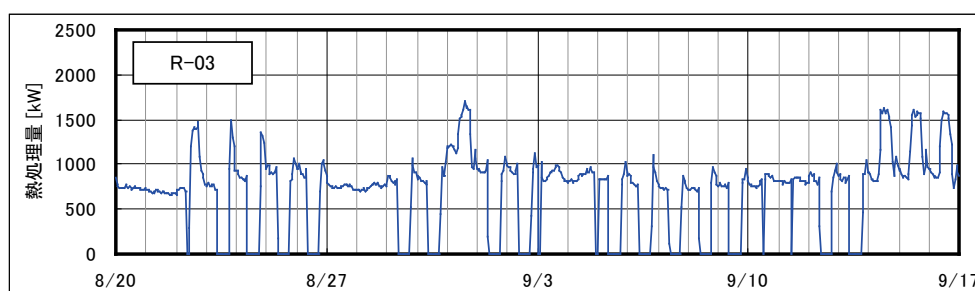
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：302 m³/h

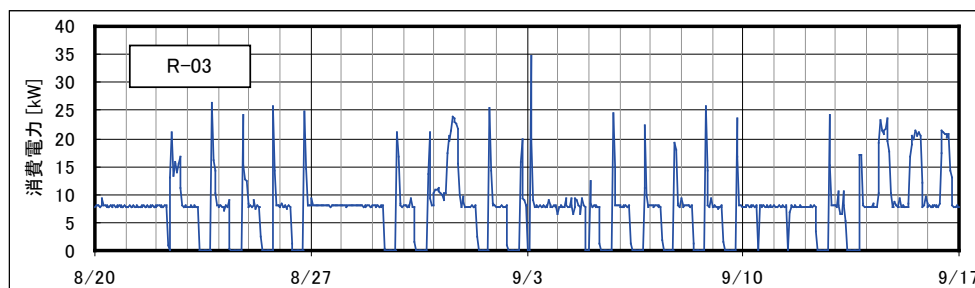
ポンプ電動機定格出力：30kW

設計温度差：5℃

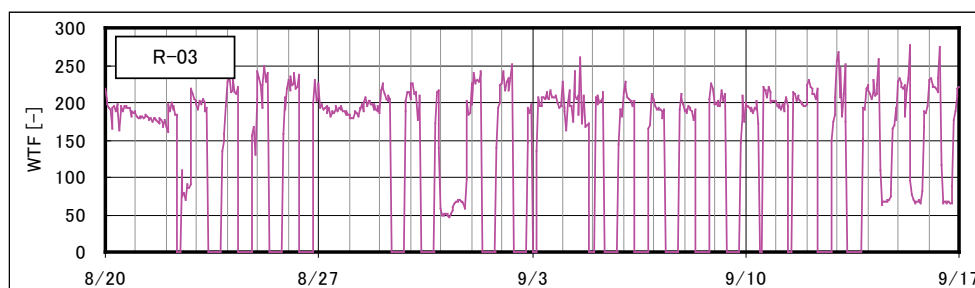
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ.3.1.178 熱処理量トレンド



図Ⅲ.3.1.179 消費電力トレンド



図Ⅲ.3.1.180 WTFトレンド

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

<流量分析>

冷水ポンプ CP-1-3(R-03)

熱源起動・停止時の 1 時間はデータ削除して分析を行った。

図Ⅲ. 3. 1. 181

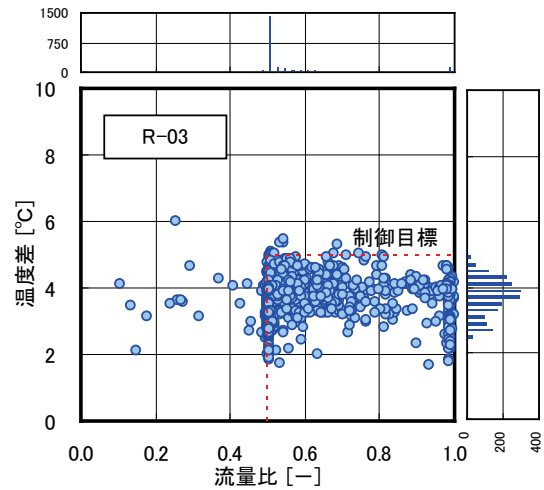
流量は下限流量に多く分布している。最大流量は 306m³/h。設計温度差 5℃に対し、計測結果では 2~5℃に分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 182

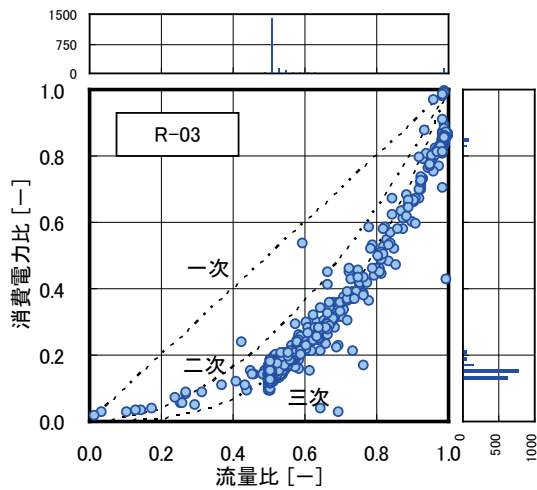
全体としては流量と消費電力の関係は三次の理論線に沿って分布している。最大消費電力は 25.2kW。

図Ⅲ. 3. 1. 183

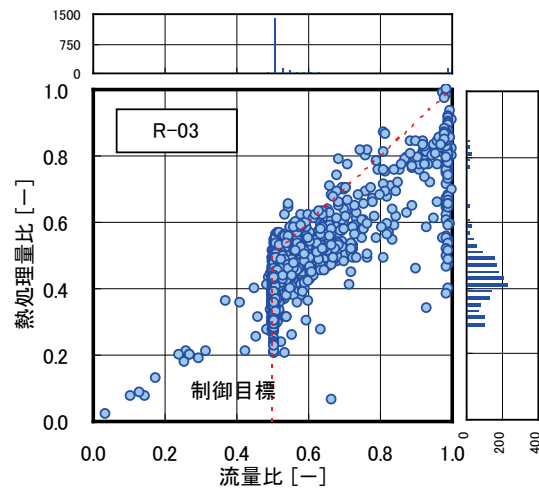
流量比と熱処理量比の関係は制御目標以下で分布している。最大熱処理量は 1633kW。



図Ⅲ. 3. 1. 181 流量比と温度差の関係 (R-03)



図Ⅲ. 3. 1. 182 流量比と電力比の関係 (R-03)



図Ⅲ. 3. 1. 183 流量比と熱処理量比の関係 (R-03)

事務所 04(冷水 VVV, 制御方式 P1-VVV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数 (周波数) 制御

< 熱量分析 >

冷水ポンプ CP-1-3(R-03)

図Ⅲ. 3. 1. 184

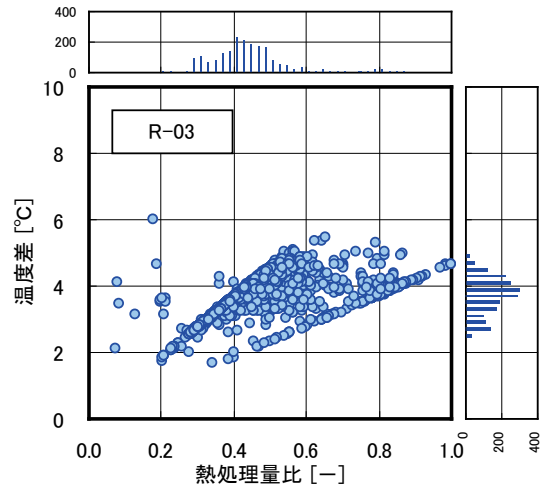
熱処理量比が 1 では温度差は 5°C で, 熱処理量比の低下とともに温度差が低下している。

図Ⅲ. 3. 1. 185

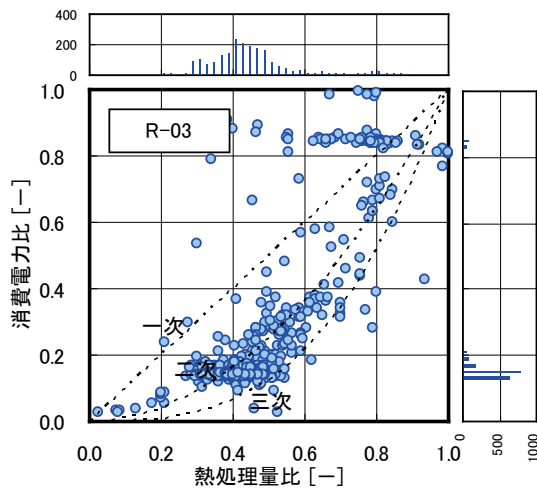
プロットは二次の理論線を中心にして分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 186

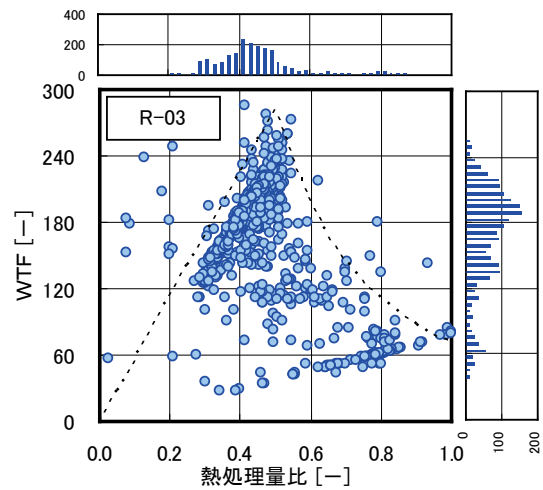
WTF は熱処理量比 0.5 のときに最大で 280 となっている。



図Ⅲ. 3. 1. 184 熱処理量比と温度差の関係 (R-03)



図Ⅲ. 3. 1. 185 熱処理量比と電力比の関係 (R-03)



図Ⅲ. 3. 1. 186 熱処理量比と WTF の関係 (R-03)

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷水一次ポンプ CP-1-4(R-04)

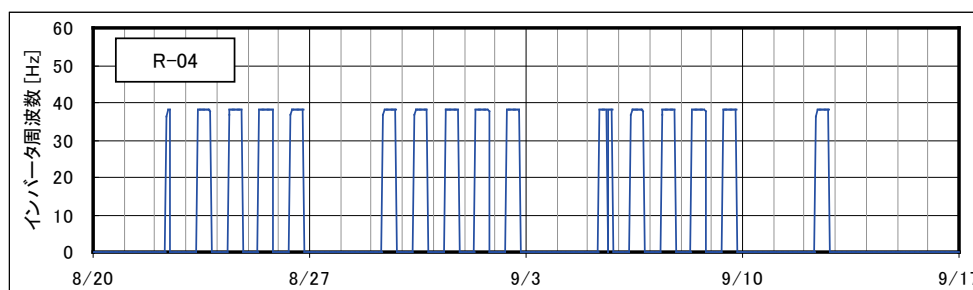
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：181 m³/h

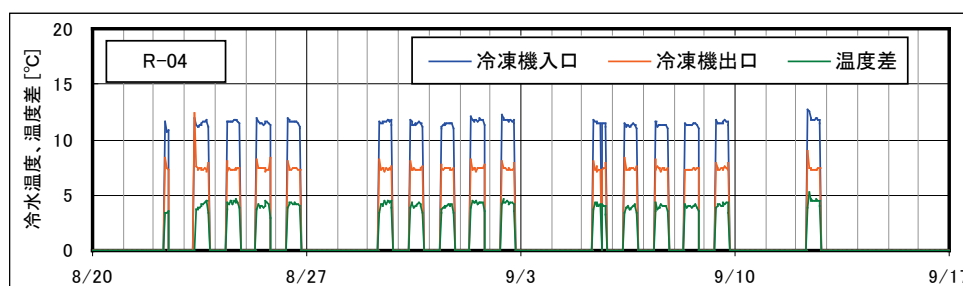
ポンプ電動機定格出力：11kW

設計温度差：5℃

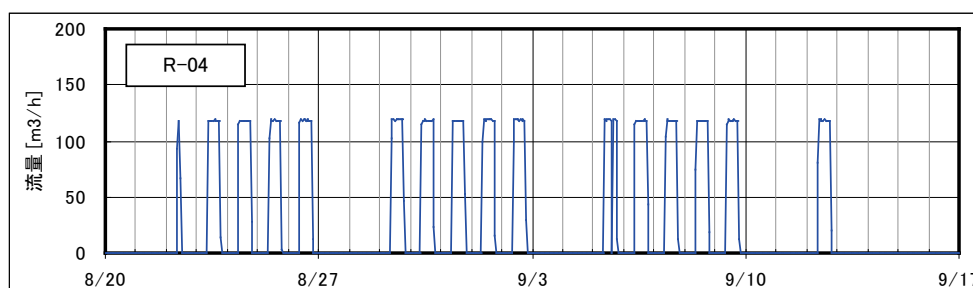
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 187 インバータ周波数トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 188 冷水温度トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 189 流量トレンド

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷水一次ポンプ CP-1-4(R-04)

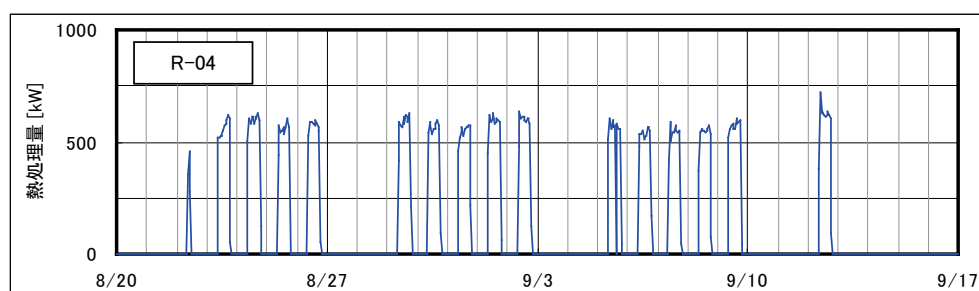
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：181 m³/h

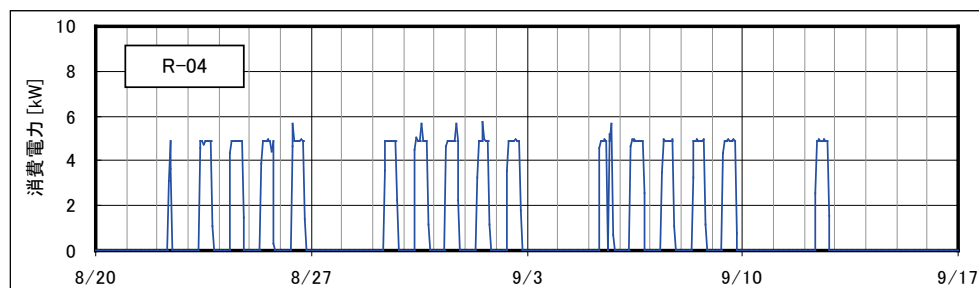
ポンプ電動機定格出力：11kW

設計温度差：5℃

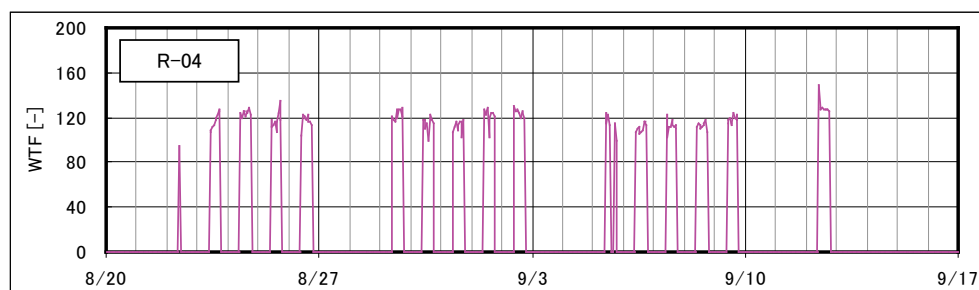
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ.3.1.190 熱処理量トレンド



図Ⅲ.3.1.191 消費電力トレンド



図Ⅲ.3.1.192 WTFトレンド

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数 (周波数) 制御

冷水ポンプ CP-1-4(R-04)

熱源起動・停止時の 1 時間はデータ削除して分析を行った。

図Ⅲ. 3. 1. 193

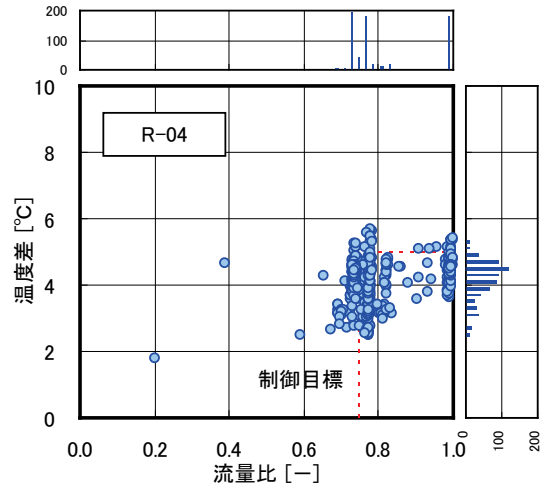
流量は流量比 0.7 および 1 に多く分布している。最大流量(流量比 1)は 161m³/h である。設計温度差 5℃に対し、計測結果では 3~5℃に多く分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 194

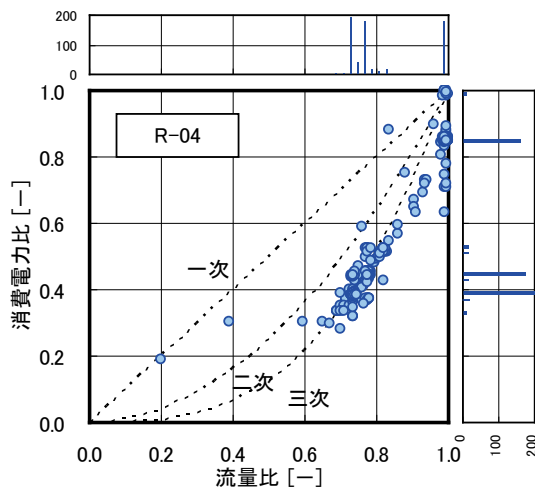
全体としては流量と消費電力の関係は三次の理論線に近い。最大消費電力は 12.7kW である。

図Ⅲ. 3. 1. 195

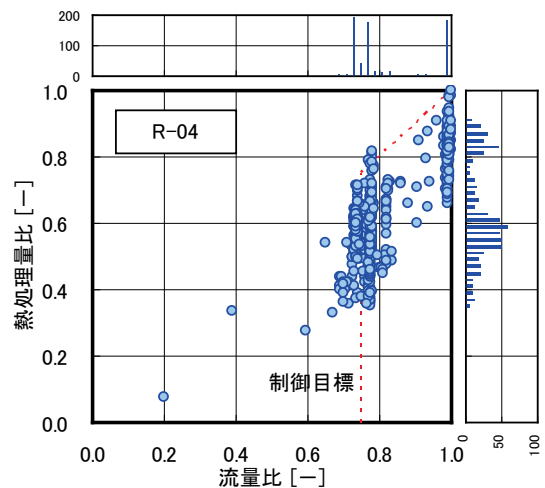
流量比と熱処理量比の関係は制御目標以下で分布している。最大熱処理量は 1012kW である。



図Ⅲ. 3. 1. 193 流量比と温度差の関係 (R-04)



図Ⅲ. 3. 1. 194 流量比と電力比の関係 (R-04)



図Ⅲ. 3. 1. 195 流量比と熱処理量比の関係 (R-04)

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数 (周波数) 制御

< 熱量分析 >

冷水ポンプ CP-1-4(R-04)

図Ⅲ. 3. 1. 196

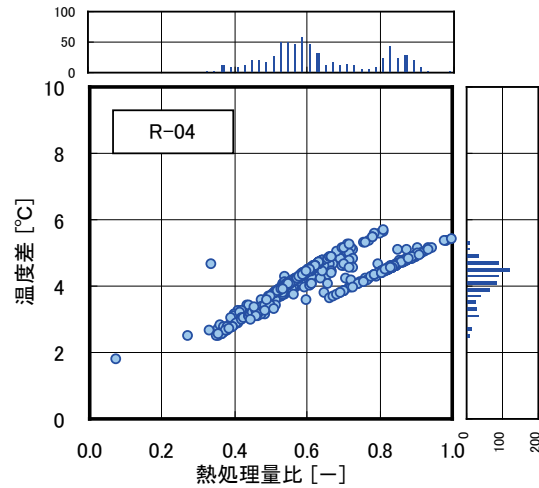
熱処理量比が 1 では温度差は 5°C で, 熱処理量比の低下とともに温度差が低下している。

図Ⅲ. 3. 1. 197

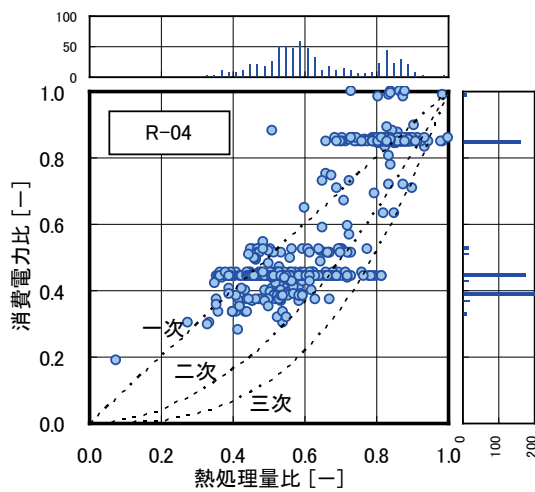
消費電力比は 0.4 と 0.8 に分布。

図Ⅲ. 3. 1. 198

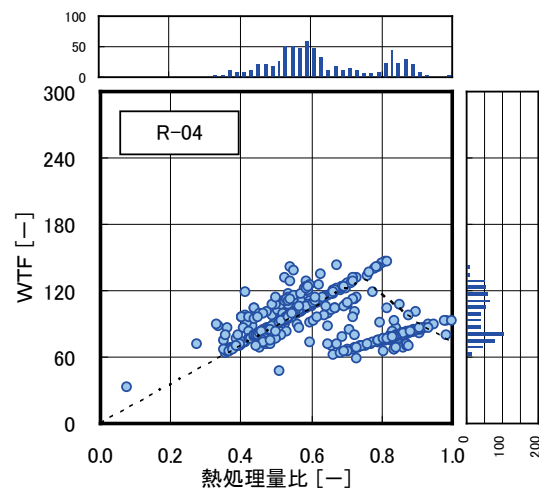
WTF は熱処理量比 0.8 のときに最大で 150 となっている。



図Ⅲ. 3. 1. 196 熱処理量比と温度差の関係 (R-04)



図Ⅲ. 3. 1. 197 熱処理量比と電力比の関係 (R-04)



図Ⅲ. 3. 1. 198 熱処理量比と WTF の関係 (R-04)

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷水一次ポンプ CP-1-7(R-07)

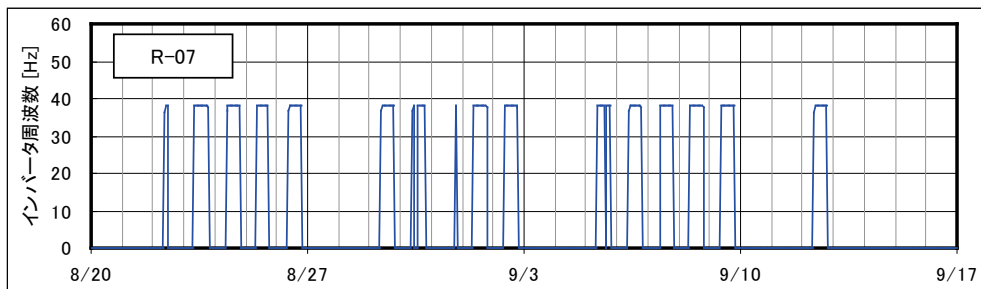
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：302 m³/h

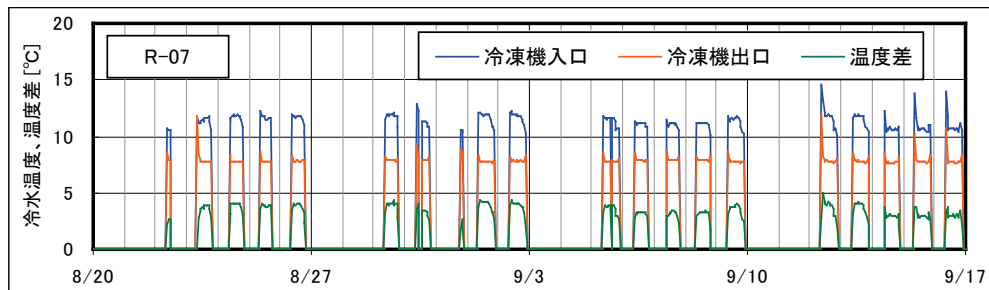
ポンプ電動機定格出力：22kW

設計温度差：5℃

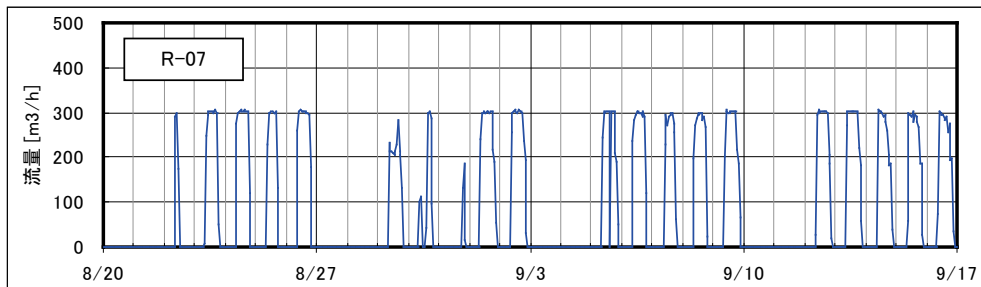
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 199 インバータ周波数トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 200 冷水温度トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 201 流量トレンド

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷水一次ポンプ CP-1-7(R-07)

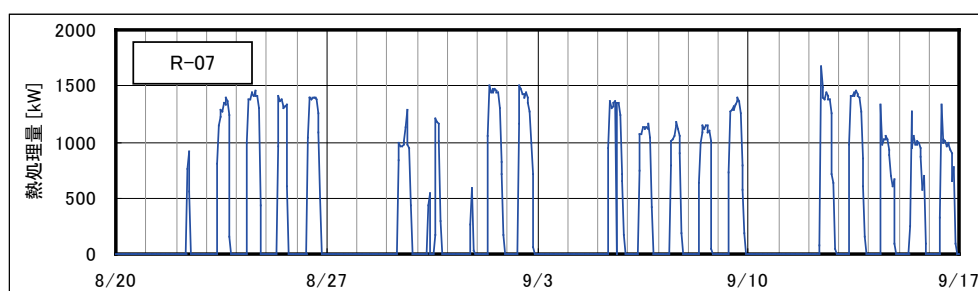
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：302 m³/h

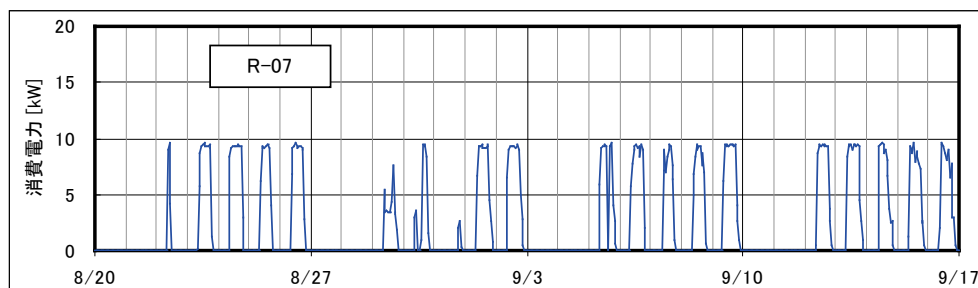
ポンプ電動機定格出力：22kW

設計温度差：5℃

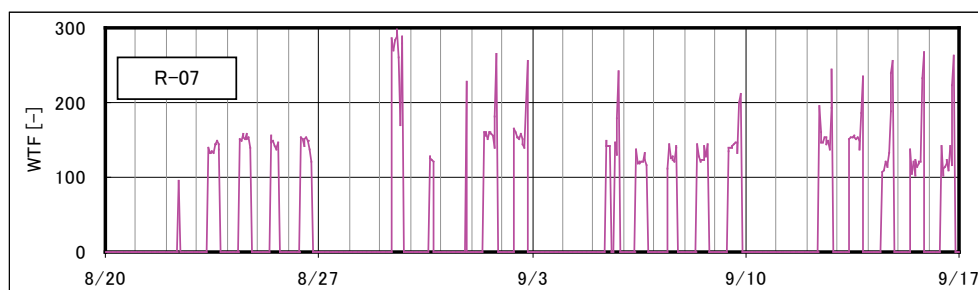
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 202 熱処理量トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 203 消費電力トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 204 WTFトレンド

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

<流量分析>

冷水ポンプ CP-1-7(R-07)

熱源起動・停止時の 1 時間はデータ削除して分析を行った。

図Ⅲ. 3. 1. 205

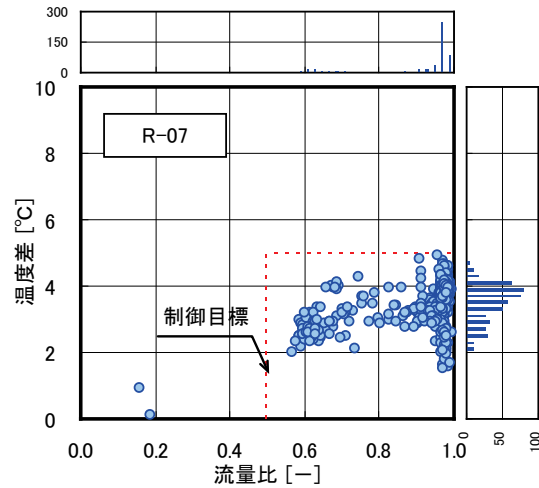
流量は流量比 1 に多く分布している。最大流量(流量比 1)は 307m³/h である。設計温度差 5℃に対し、計測結果では 2~5℃に多く分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 206

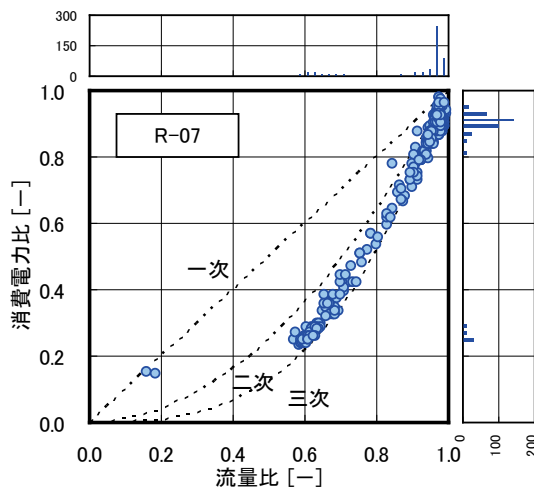
全体としては流量と消費電力の関係は三次の理論線に近い。最大消費電力は 10.3kW である。

図Ⅲ. 3. 1. 207

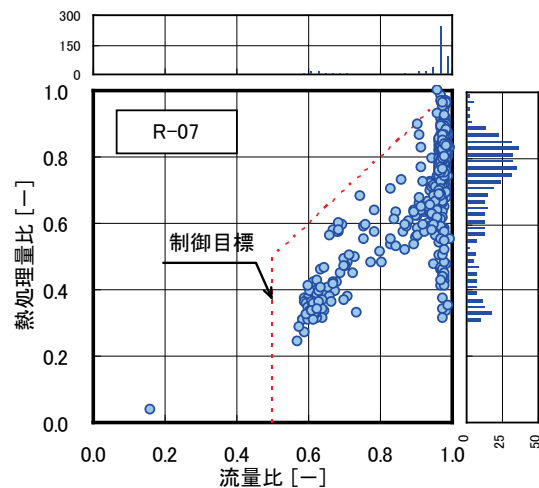
流量比と熱処理量比の関係は制御目標以下で分布している。最大熱処理量は 1678kW である。



図Ⅲ. 3. 1. 205 流量比と温度差の関係 (R-07)



図Ⅲ. 3. 1. 206 流量比と電力比の関係 (R-07)



図Ⅲ. 3. 1. 207 流量比と熱処理量比の関係 (R-07)

事務所 04(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源 1 次ポンプ	二次側負荷流量	流量	回転数（周波数）制御

< 熱量分析 >

冷水ポンプ CP-1-4(R-04)

図Ⅲ. 3. 1. 208

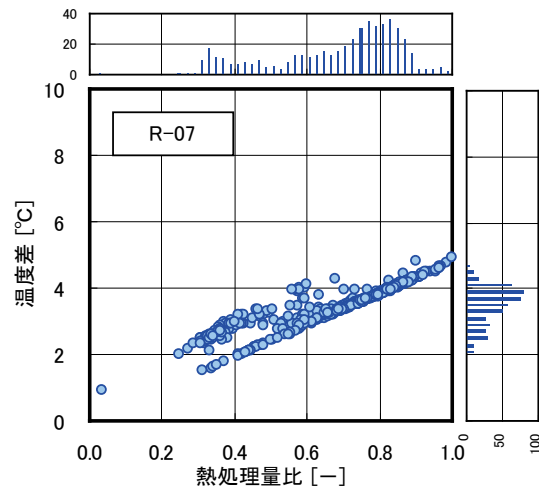
熱処理量比が 1 では温度差は 5°C で、熱処理量比の低下とともに温度差が低下している。

図Ⅲ. 3. 1. 209

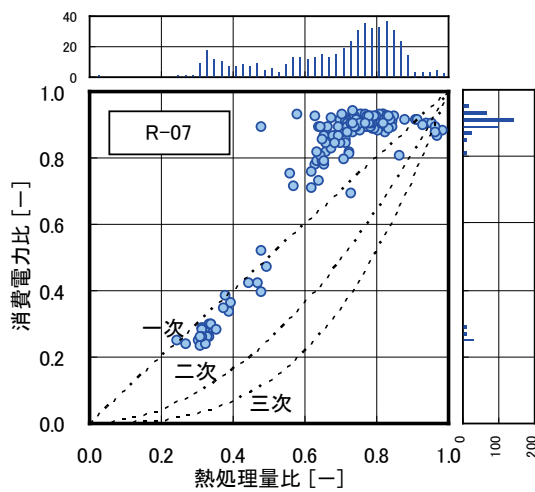
消費電力比は 0.9 を中心として分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 210

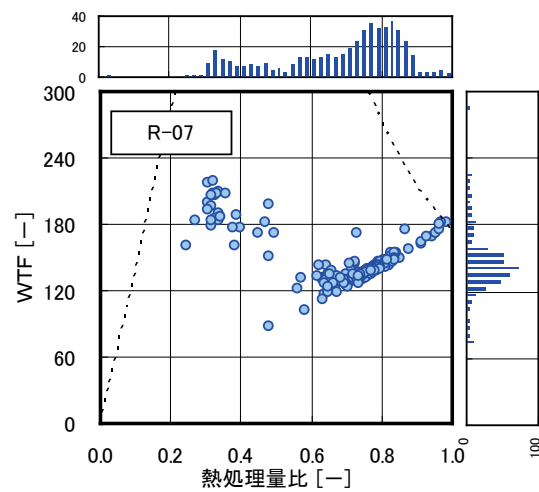
WTF は熱処理量比 1 のときに 180 で、直線的に分布しているが、熱処理量比が 0.3 程度 のときに最大値 220 となっている。



図Ⅲ. 3. 1. 208 熱処理量比と温度差の関係 (R-07)



図Ⅲ. 3. 1. 209 熱処理量比と電力比の関係 (R-07)



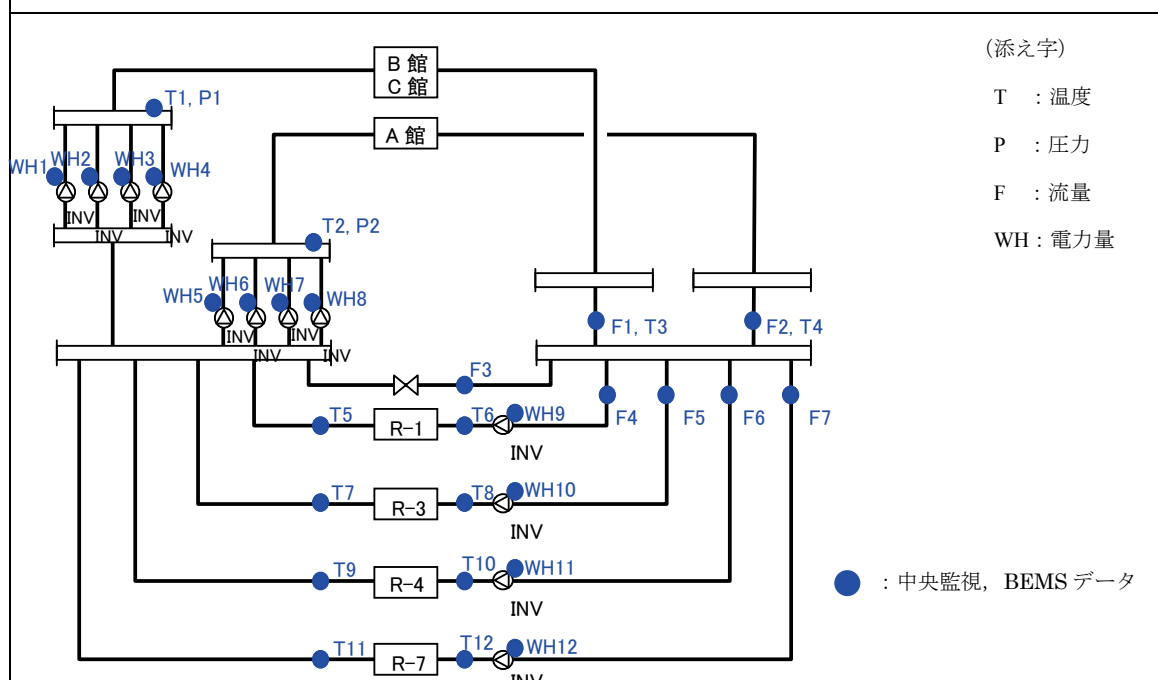
図Ⅲ. 3. 1. 210 熱処理量比と WTF の関係 (R-07)

3.1.13. 事務所 04 (冷水 VVV, 制御方式 P2-VVV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源二次ポンプ	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

建物名	事務所 04	地区	関東	竣工	2005 年	改修	—	規模	100,000m ²																				
分類記号	P2-VVV-08				検出部	吐出圧力																							
制御目的	二次側冷水量制御				制御目標	吐出圧力																							
分析期間	平成 23 年 4 月～平成 24 年 3 月				動作	回転数(周波数)制御, 台数制御																							
制御対象	熱源機				製造年月																								
制御内容	1) 熱源台数制御 ・ 冷水二次側負荷熱量による台数制御 ・ 冷水二次側冷水量と冷水往温度による運転台数の補正 ・ 通常モード/ガス優先モード切替 2) 冷凍機補機類制御 ・ 冷水二次ポンプ吐出圧制御(INV 制御) ・ 冷水一次ポンプ温度差制御(INV 制御) ・ 冷却水ポンプ温度制御(INV 制御) ・ 冷却塔ファン出口温度制御(INV 制御) 3) 設定 ・ 冷水二次ポンプ吐出圧力: 60kPa ・ 冷水ポンプ, 冷却水ポンプ下限流量 R-01:60%, R-03:50%, R-04:75%, R-07:50%				機器仕様	熱源 R-1 500RT (定速ターボ) R-3 500RT (INV ターボ) R-4 300RT (ガス焚冷温水機) R-7 500RT (定速ターボ) A 館二次ポンプ <table border="1" style="margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>機器番号</th> <th>流量 [L/min]</th> <th>揚程 [mAq]</th> <th>モータ定格 [kW]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CP-2-1</td> <td>6,000</td> <td>22</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>CP-2-2</td> <td>6,000</td> <td>22</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>CP-2-3</td> <td>2,000</td> <td>22</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>CP-2-4</td> <td>6,000</td> <td>22</td> <td>37</td> </tr> </tbody> </table>				機器番号	流量 [L/min]	揚程 [mAq]	モータ定格 [kW]	CP-2-1	6,000	22	37	CP-2-2	6,000	22	37	CP-2-3	2,000	22	15	CP-2-4	6,000	22	37
機器番号	流量 [L/min]	揚程 [mAq]	モータ定格 [kW]																										
CP-2-1	6,000	22	37																										
CP-2-2	6,000	22	37																										
CP-2-3	2,000	22	15																										
CP-2-4	6,000	22	37																										

システムフロー



分析リスト

- ・ 吐出圧力, ポンプ運転台数, 温度変化, 往還温度差,
- ・ 熱処理量
- ・ 冷水二次ポンプ消費電力, WTF

事務所 04(冷水 VVV, 制御方式 P2-VVV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源二次ポンプ	吐出圧力	吐出圧力	回転数（周波数）制御

<制御内容, 評価項目計算式, 計測概要>

1. 制御内容

(1) 冷水二次ポンプ流量制御

- ・ 冷水二次ポンプ吐出圧制御(INV 制御) 推定末端圧制御
- ・ 冷水二次ポンプ吐出圧力: 60kPa

2. 評価項目計算式 ※添え字（記号）はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 冷水温度, 温度差

冷水往温度: T2, 冷水還温度: T4 冷水温度差: (T4-T2)

(2) 合計流量

合計流量 = 合計流量 (F2)

流量比 = 合計流量 (F2) ÷ 実測最大流量

(3) 熱処理量

熱処理量 = 冷水温度差 (T4-T2) × 合計流量 (F2) × 比重 × 比熱

熱処理量比 = 熱処理量 ÷ 実測最大熱処理量

(4) 消費電力

合計消費電力 = 冷水二次ポンプ合計消費電力 (WH5 + WH6 + WH7 + WH8)

消費電力比 = 冷水二次ポンプ合計消費電力 (WH5 + WH6 + WH7 + WH8) ÷ 実測最大合計消費電力

(5) WTF

WTF = 熱処理量 ÷ 冷水二次ポンプ合計消費電力

3. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・ 流量: 2 分間隔
- ・ 温度: 2 分間隔
- ・ 電力: 2 分間隔

(2) データ処理

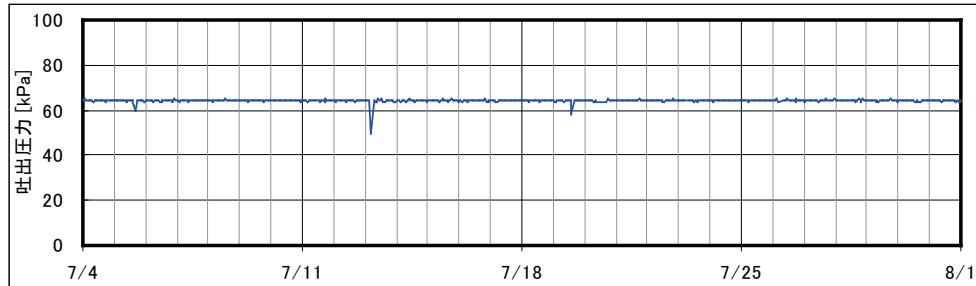
- ・ 2 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

事務所 04(冷水 VVV, 制御方式 P2-VVV-08)

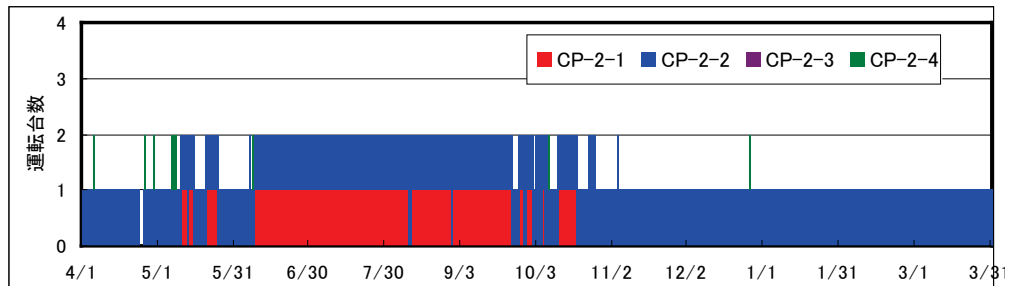
制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源二次ポンプ	吐出圧力	吐出圧力	回転数（周波数）制御

<動作確認データ(1)>

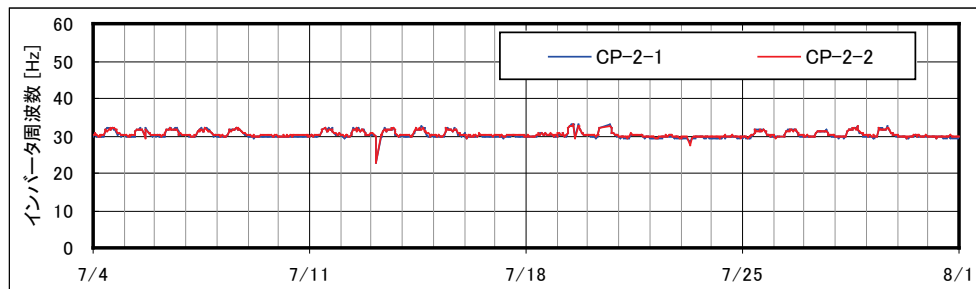
設計当初からの負荷減少により，冷水 2 次ポンプは同じ能力の 1 台または 2 台のポンプ（CP-2-1, CP-2-2, CP-2-4）で運転されており，CP-2-3 の運転はない．以降の分析ではポンプの機器番号を区別せずに運転台数で評価する．



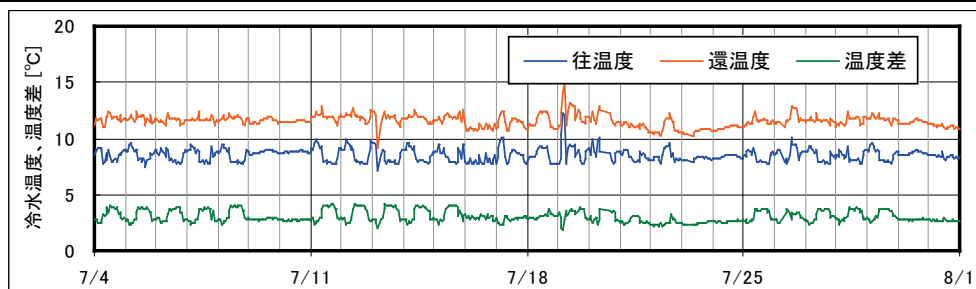
図Ⅲ. 3. 1. 211 吐出圧力トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 212 台数制御トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 213 インバータ周波数 (CP-1, CP-2)



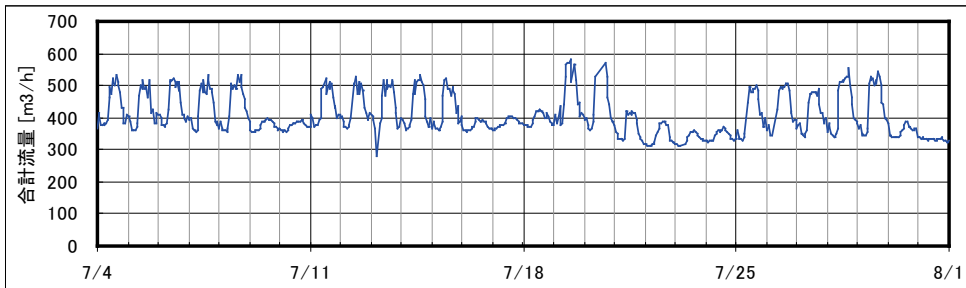
図Ⅲ. 3. 1. 214 冷水温度トレンド

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-08)

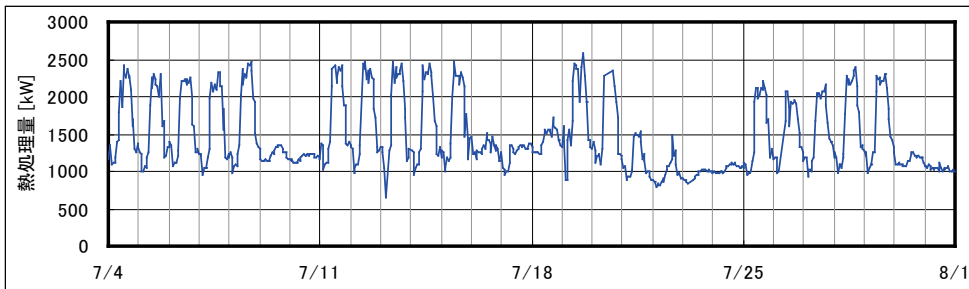
制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源二次ポンプ	吐出圧力	吐出圧力	回転数（周波数）制御

<動作確認データ(2)>

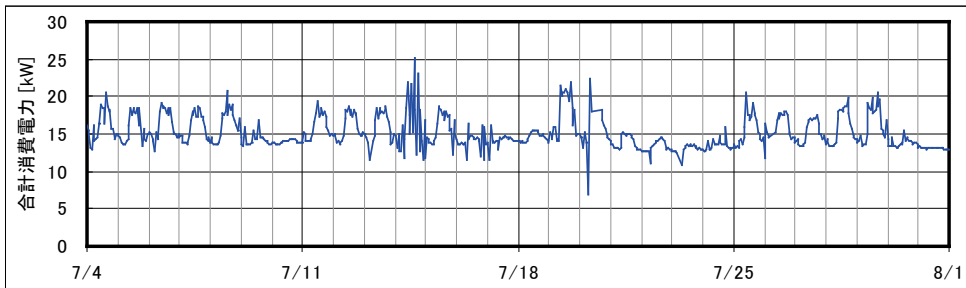
7月4日（月）～7月31日（日）のトレンドデータを示す。
 土日および祝日（7月18日）は負荷が小さいことが確認できる。



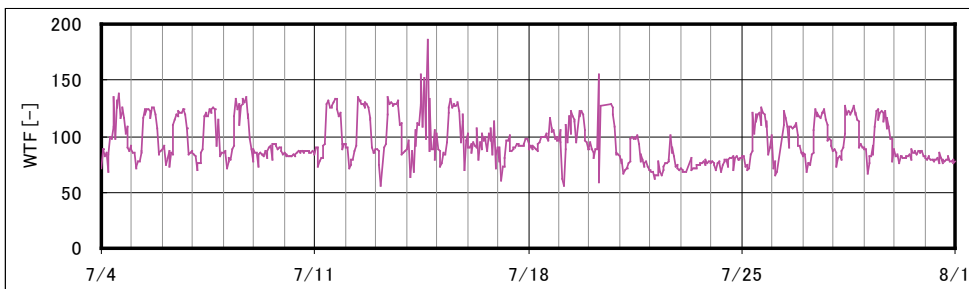
図Ⅲ. 3. 1. 215 二次側合計流量トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 216 二次側合計熱処理量トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 217 合計消費電力トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 218 合計WTFトレンド

事務所 04(冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源二次ポンプ	吐出圧力	吐出圧力	回転数（周波数）制御

<動作確認データ(3)>

図Ⅲ. 3. 1. 219

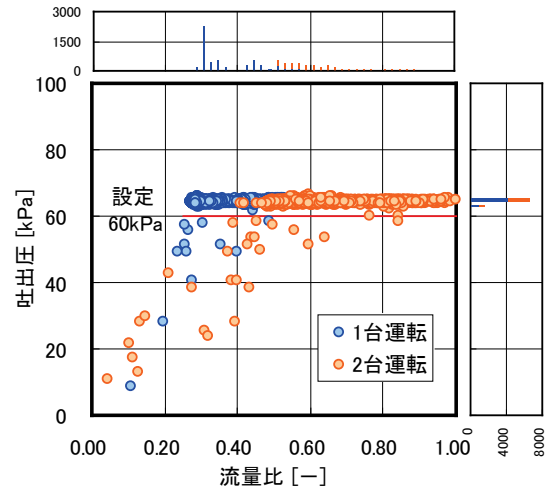
流量比によらずほぼ一定の圧力となっている。
 ほとんどは流量比 0.3 の運転で年間 2300 時間である。最大流量（流量比 1）は 607m³/h である。

図Ⅲ. 3. 1. 220

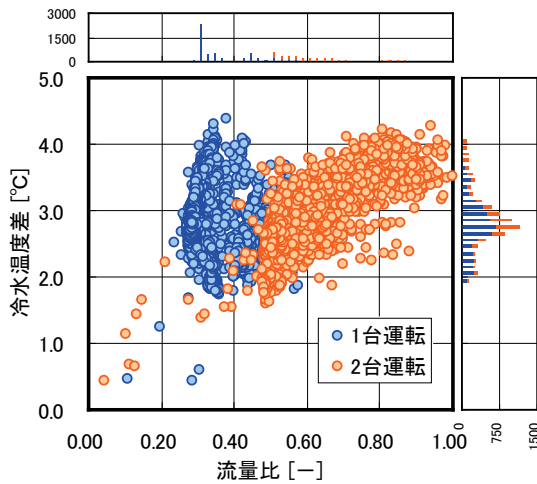
2 台運転の場合は流量比の増加と共に温度差が増加する傾向にある。1 台運転では流量比 0.3 に集中して温度差が変化している。全体として冷水温度差は 2.5~3℃ に多く分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 221

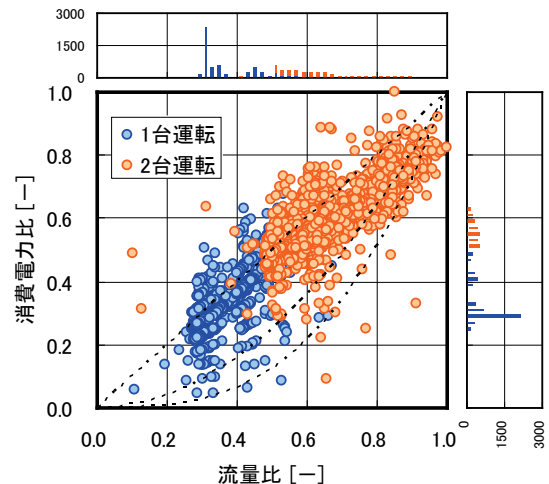
吐出圧制御のため流量比と消費電力は一次の関係で分布する。最大消費電力は 25.2kW である。



図Ⅲ. 3. 1. 219 流量比と吐出圧の関係



図Ⅲ. 3. 1. 220 流量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 221 流量比と電力比の関係

事務所 04(冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源二次ポンプ	吐出圧力	吐出圧力	回転数（周波数）制御

<動作確認データ(5)>

図Ⅲ. 3. 1. 222

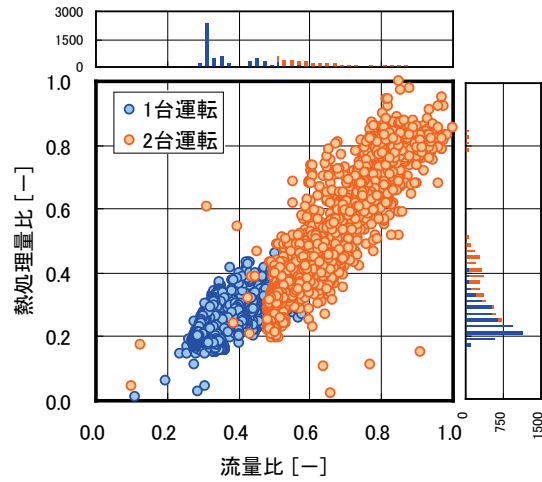
温度差の変化が少ないために熱処理量比は流量比に対して概ね直線的に分布する。最大熱処理量は 2825kW である。

図Ⅲ. 3. 1. 223

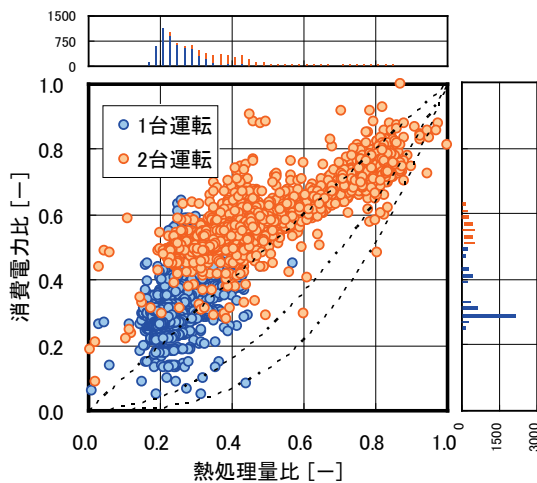
2 台運転の場合は流量の低下とともに温度差も低下するため、消費電力は一次の理論線よりも上に分布する。1 台運転では流量比 0.3 の運転が多いため消費電力比も 0.3 に多く分布する。

図Ⅲ. 3. 1. 224

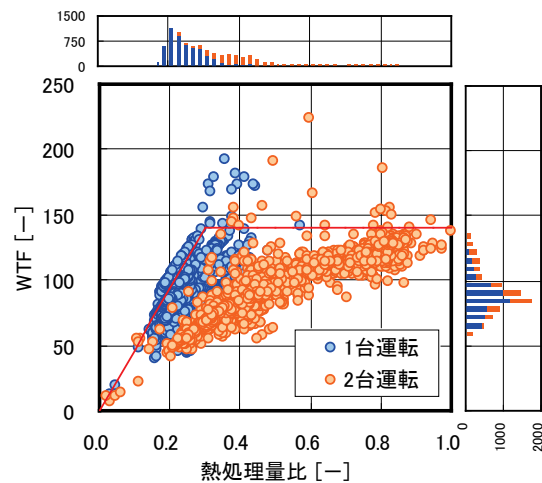
流量の低下と共に温度差が低下するために概ね 140 を最大として、それ以下で分布する。



図Ⅲ. 3. 1. 222 流量比と熱処理量比の関係



図Ⅲ. 3. 1. 223 熱処理量比と電力比の関係



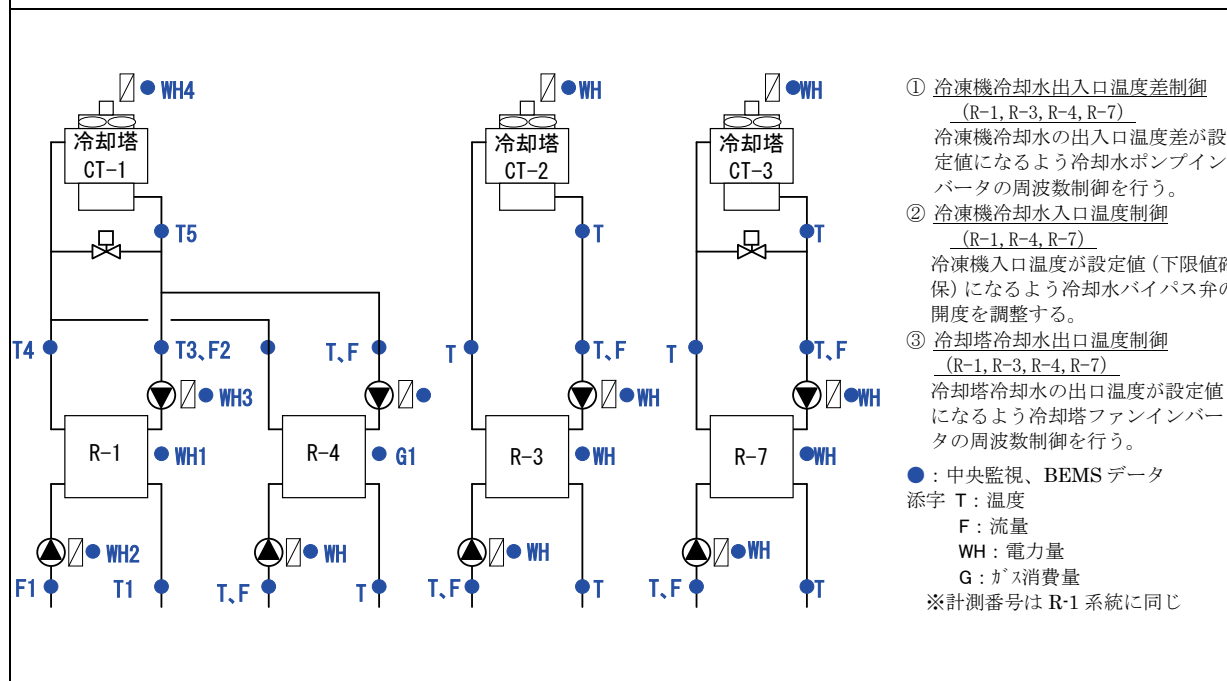
図Ⅲ. 3. 1. 224 熱処理量比と WTF の関係

3.1.14. 事務所 04 (冷凍機冷却水出入口温度差制御 Pcd-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機入口温度, 出口温度	冷却水温度差	周波数制御

建物名	事務所 04	地区	関東	竣工	2005 年	改修	—	規模	100,000m ²																				
分類記号	Pcd-VWV-04				検出部	冷凍機冷却水出入口温度																							
制御目的	冷却水流量制御				制御目標	冷凍機冷却水出入口温度差																							
分析期間	2011 年 4 月～2012 年 3 月				動作	回転数 (周波数) 制御																							
制御対象	熱源冷却水ポンプ				製造年月	2005 年 4 月																							
制御内容	<p>1) 熱源台数制御</p> <ul style="list-style-type: none"> 冷却水二次側負荷熱量による台数制御 冷却水二次側冷却水量と冷却水往温度による運転台数の補正 通常モード/ガス優先モード切替 <p>2) 冷凍機補機類制御</p> <ul style="list-style-type: none"> 冷水二次ポンプ吐出圧制御(INV 制御) 冷水一次ポンプ負荷流量制御(INV 制御) 冷却水ポンプ温度制御(INV 制御) 冷却塔ファン出口温度制御(INV 制御) <p>3) 設定</p> <ul style="list-style-type: none"> 冷水二次ポンプ吐出圧力: 60kPa 冷水ポンプ, 冷却水ポンプ下限流量 R-01:60%, R-03:50%, R-04:75%, R-07:50% 				機器仕様	<p>熱源 R-1 500RT (定速ターボ)</p> <p>R-3 500RT (INV ターボ)</p> <p>R-4 300RT (ガス焚冷温水機)</p> <p>R-7 500RT (定速ターボ)</p> <p>冷却水ポンプ</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器番号</th> <th>流量 [m³/h]</th> <th>揚程 [mAq]</th> <th>モータ定格 [kW]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CDP-1</td> <td>355</td> <td>24</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>CDP-3</td> <td>390</td> <td>24</td> <td>45</td> </tr> <tr> <td>CDP-4</td> <td>324</td> <td>24</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>CDP-7</td> <td>390</td> <td>24</td> <td>45</td> </tr> </tbody> </table>				機器番号	流量 [m ³ /h]	揚程 [mAq]	モータ定格 [kW]	CDP-1	355	24	45	CDP-3	390	24	45	CDP-4	324	24	37	CDP-7	390	24	45
機器番号	流量 [m ³ /h]	揚程 [mAq]	モータ定格 [kW]																										
CDP-1	355	24	45																										
CDP-3	390	24	45																										
CDP-4	324	24	37																										
CDP-7	390	24	45																										

システムフロー



分析リスト

- 温度変化, 往還温度差, 流量, 熱処理量
- 冷却水ポンプ消費電力, WTF

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機入口温度, 出口温度	冷却水温度差	周波数制御

<制御内容, 評価項目計算式, 計測概要>

1. 制御内容

(1) 冷却水温度制御

- ・ 冷凍機冷却水出口温度制御
- ・ 冷凍機冷却水入口温度制御
- ・ 冷却塔冷却水出口温度制御

2. 評価項目計算式 ※添え字（記号）はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 冷却水温度, 温度差

冷却水入口温度: T3 , 冷却水出口温度: T4 , 冷水温度差: (T2-T1)

(2) 冷却水流量

冷却水流量 = 冷却水ポンプ流量 (F2)

冷却水流量比 = 冷却水ポンプ流量 (F2) ÷ 実測最大流量

(3) 熱処理量

熱処理量 = 冷却水温度差 (T4-T3) × 冷却水流量 (F2) × 比重 × 比熱

熱処理量比 = 冷却水温度差 (T4-T3) × 冷却水流量 (F2) × 比重 × 比熱 ÷ 実測最大熱処理量

(4) 消費電力

消費電力 = 冷却水ポンプ消費電力 (WH3)

消費電力比 = 冷却水ポンプ消費電力 (WH3) ÷ 実測最大消費電力

(5) WTF

WTF = 熱処理量 ÷ 冷却水ポンプ消費電力

3. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・ 流量: 2 分間隔
- ・ 温度: 2 分間隔
- ・ 電力: 2 分間隔

(2) データ処理

- ・ 2 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷却水ポンプ CDP-1(R-01)

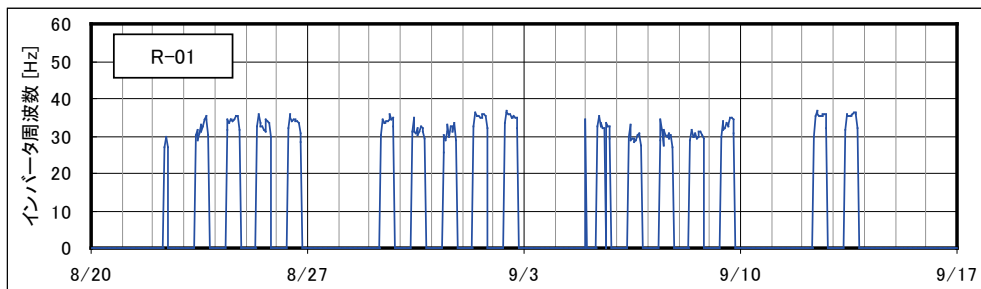
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：355m³/h

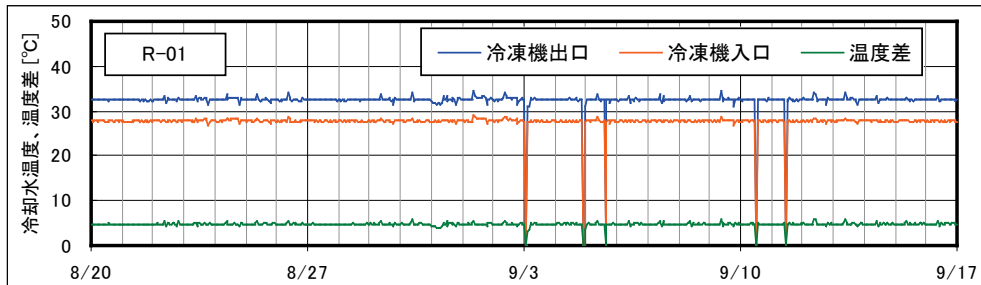
ポンプ電動機定格出力：45kW

設計温度差：5℃

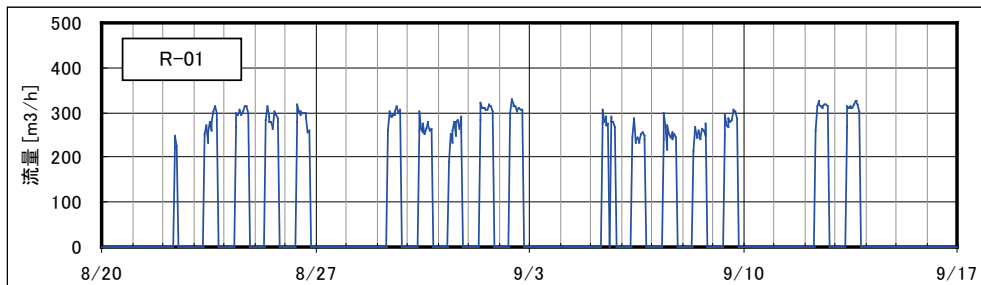
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 225 インバータ周波数トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 226 冷却水温度トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 227 流量トレンド

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷却水ポンプ CDP-1(R-01)

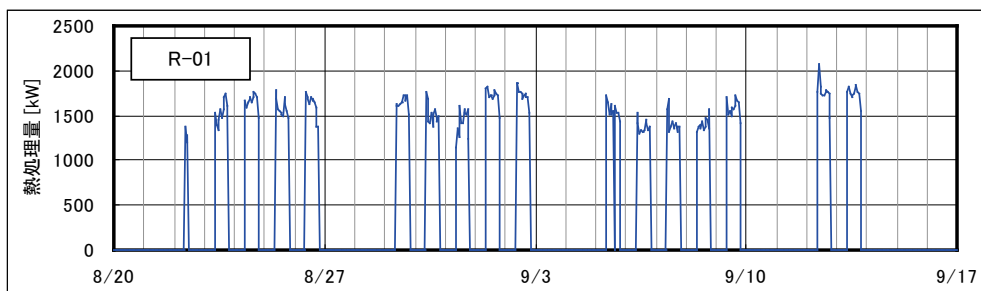
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：355 m³/h

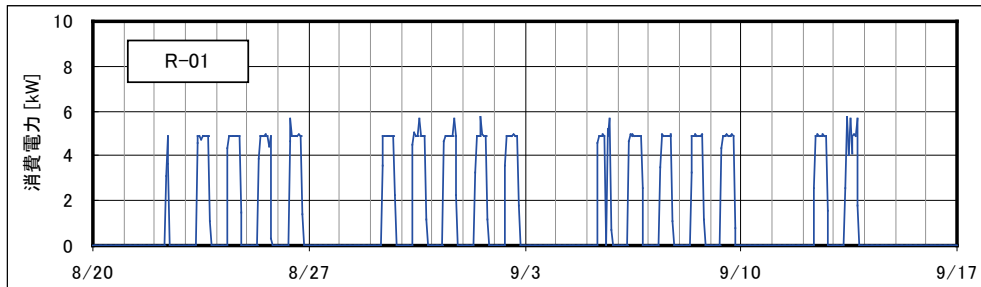
ポンプ電動機定格出力：22kW

設計温度差：5℃

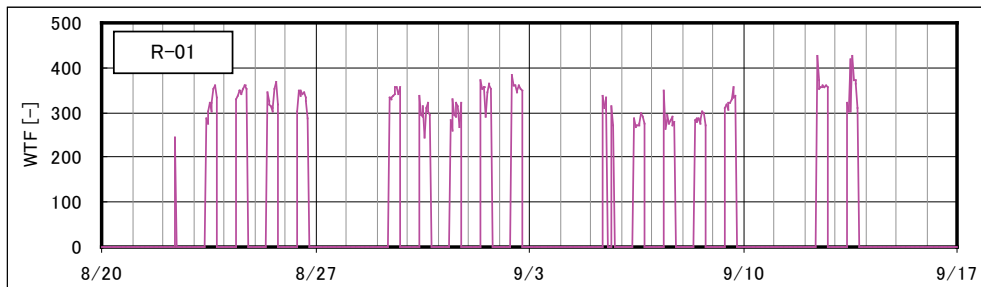
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ.3.1.228 熱処理量トレンド



図Ⅲ.3.1.229 消費電力トレンド



図Ⅲ.3.1.230 WTFトレンド

事務所 04(冷却水 VWV, 制御方式 Pcd-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<流量分析>

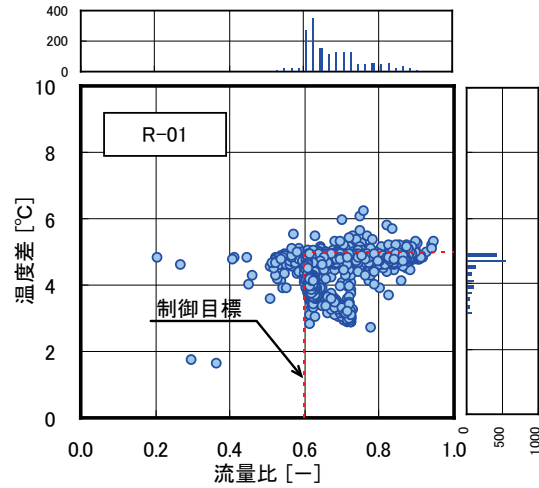
冷却水ポンプ CDP-1(R-01)

熱源起動・停止時の1時間はデータ削除して分析を行った。

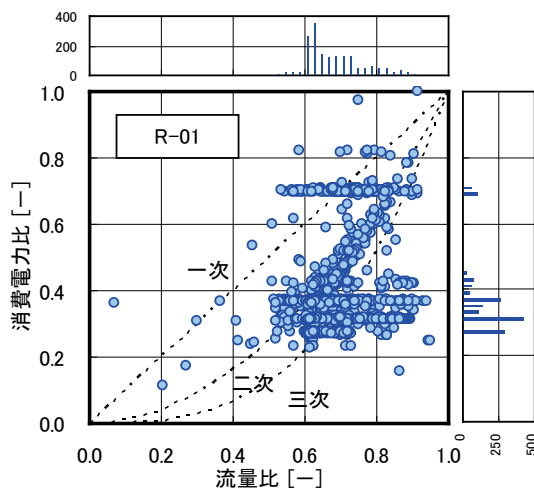
図Ⅲ. 3. 1. 231：冷却水流量比は主に 0.6 から 0.9 に分布している。最大流量は夏期の 361m³/h である。設計温度差 5℃に対し、計測結果では 3～5℃に分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 232：二次曲線に近い分布となっている。消費電力比が 0.3 と 0.7 の時に流量比が 0.5 から 0.9 で変化しているのは冷却水バイパス弁制御の影響。最大消費電力は 15.5kW である。

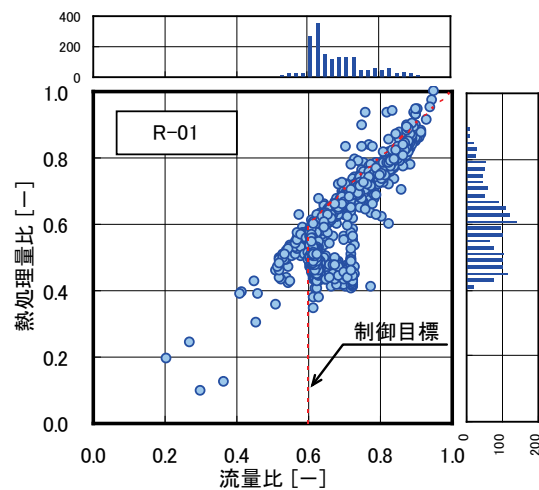
図Ⅲ. 3. 1. 233：流量比 0.6 以上で直線的に熱処理量比が増加している。最大熱処理量は 2203kW である。



図Ⅲ. 3. 1. 231 流量比と温度差の関係 (R-01)



図Ⅲ. 3. 1. 232 流量比と電力費の関係 (R-01)



図Ⅲ. 3. 1. 233 流量比と熱処理量比の関係 (R-01)

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<熱量分析>

冷却水ポンプ CDP-1(R-01)

図Ⅲ. 3. 1. 234

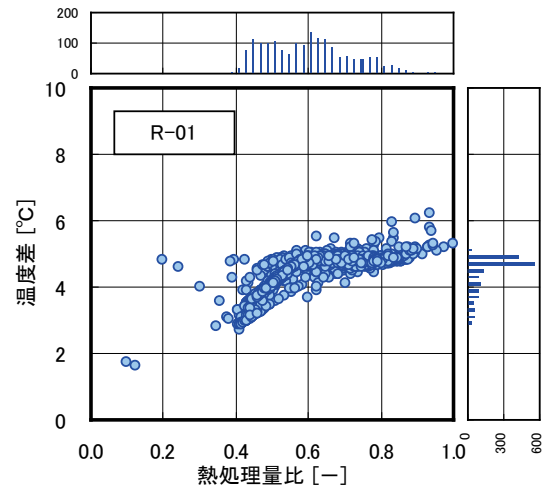
熱処理量比が 1 では温度差は 5°C程度で, 熱処理量比が 0.6 以下になると温度差が低下している.

図Ⅲ. 3. 1. 235

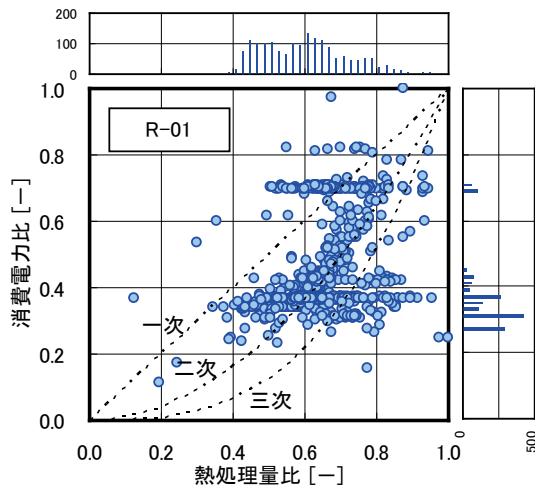
プロットは二次の理論線を中心にして分布している.

図Ⅲ. 3. 1. 236

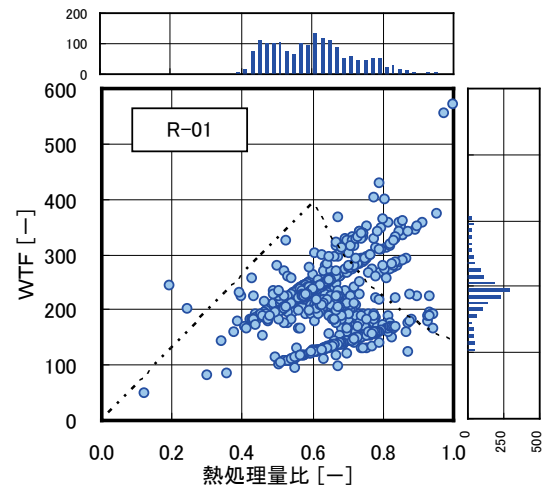
WTF は熱処理量比 0.7 以上で WTF が 300 以上となっている.



図Ⅲ. 3. 1. 234 熱処理量比と温度差の関係 (R-01)



図Ⅲ. 3. 1. 235 熱処理量比と電力比の関係 (R-01)



図Ⅲ. 3. 1. 236 熱処理量比と WTF の関係 (R-01)

事務所 04(冷却水 VVV, 制御方式 Pcd-VVV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷却水ポンプ CDP-3(R-03)

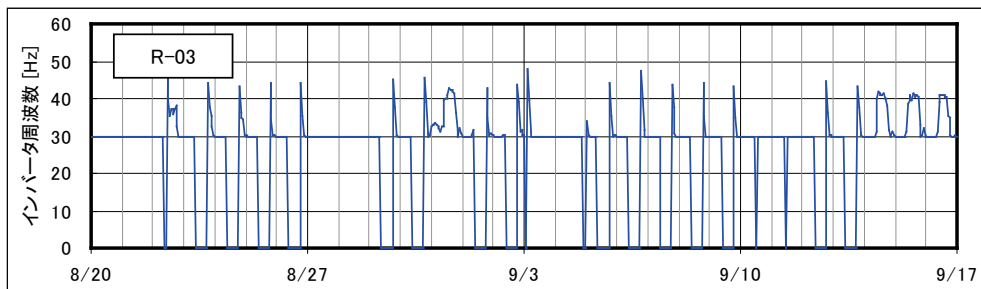
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：390 m³/h

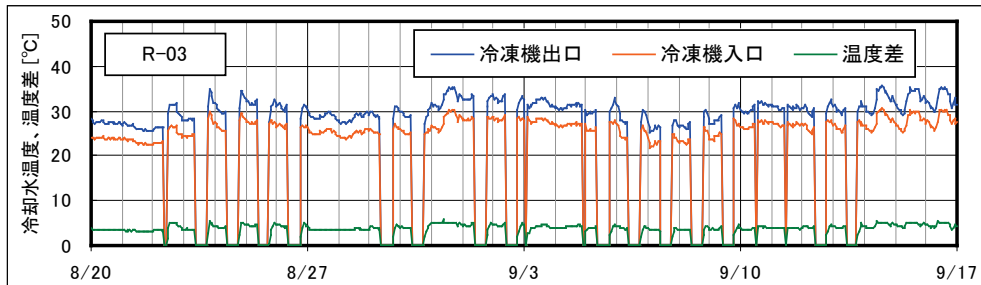
ポンプ電動機定格出力：45kW

設計温度差：5℃

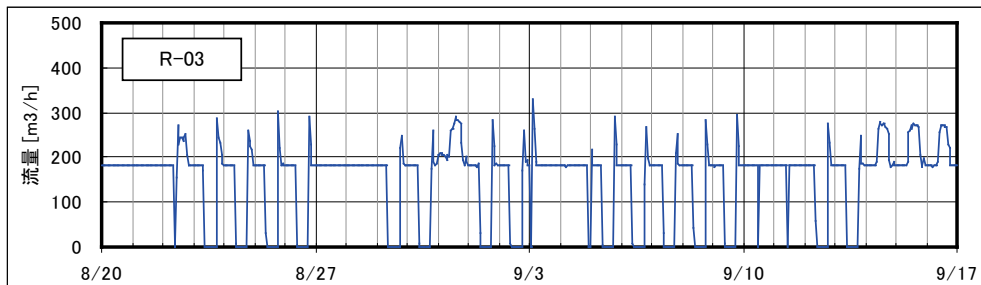
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 237 インバータ周波数トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 238 冷却水温度トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 239 流量トレンド

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷却水ポンプ CDP-3(R-03)

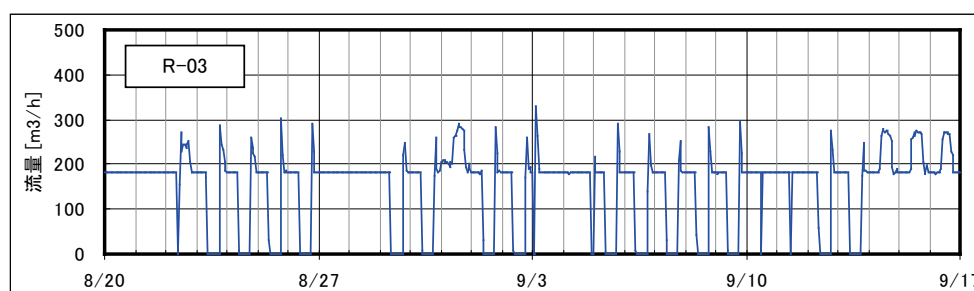
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：390 m³/h

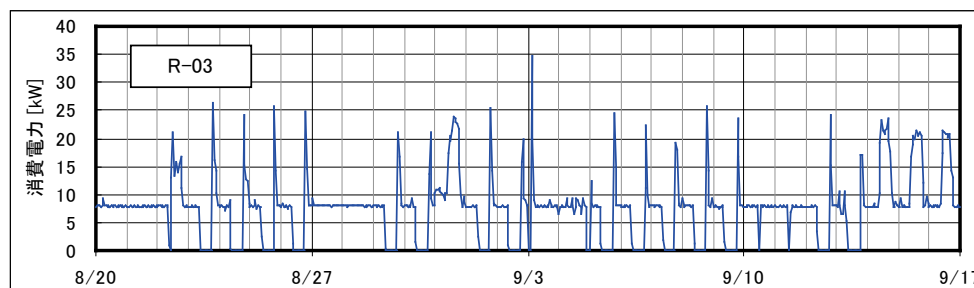
ポンプ電動機定格出力：45kW

設計温度差：5℃

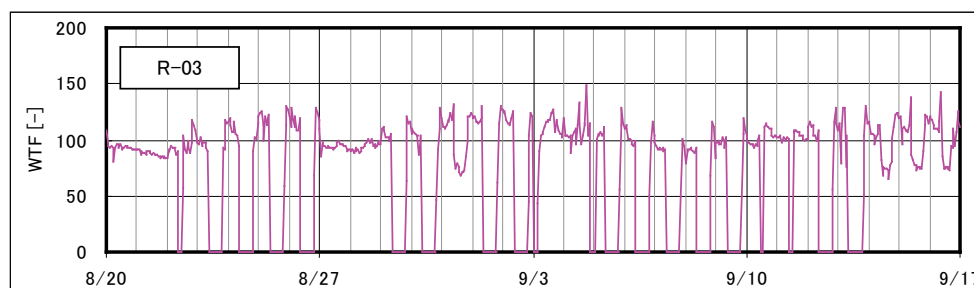
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ.3.1.240 熱処理量トレンド



図Ⅲ.3.1.241 消費電力トレンド



図Ⅲ.3.1.242 WTFトレンド

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<流量分析>

冷却水ポンプ CDP-3(R-03)

熱源起動・停止時の1時間はデータ削除して分析を行った。

図Ⅲ. 3. 1. 243

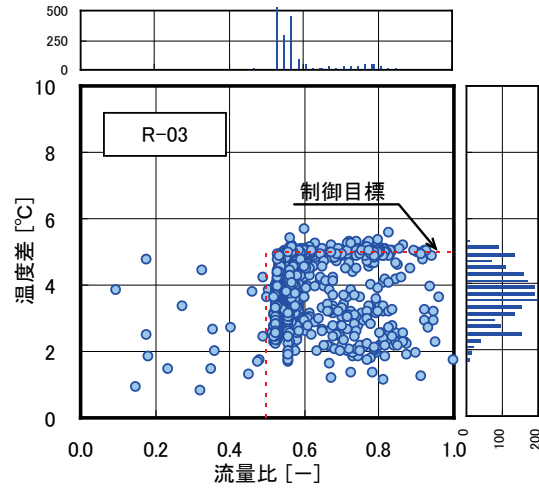
流量は下限流量に多く分布している。最大流量は 339m³/h。設計温度差 5°Cに対し、計測結果では 2~5°Cに分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 244

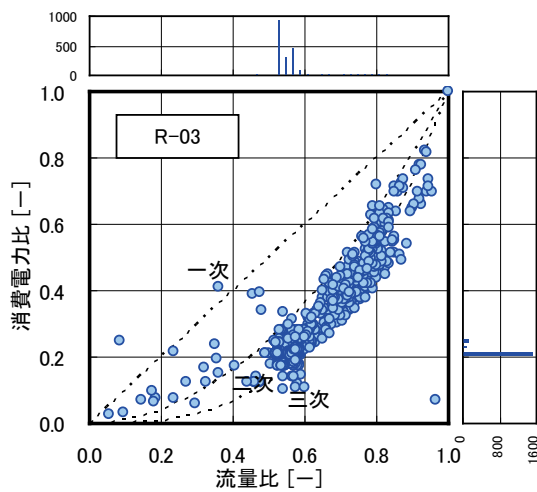
全体としては流量と消費電力の関係は三次の理論線に近い。最大消費電力は 37.6kW である。

図Ⅲ. 3. 1. 245

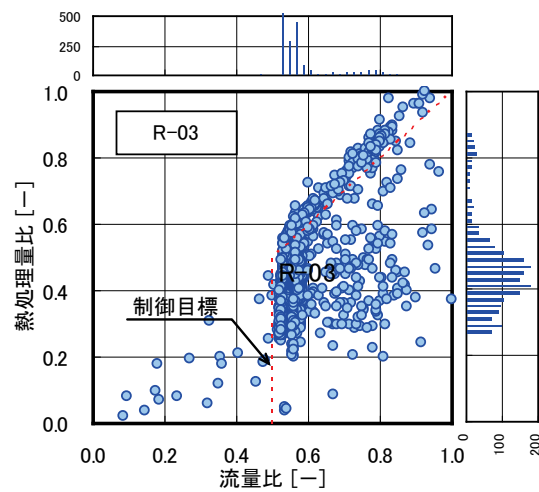
流量比と熱処理量比の関係は制御目標に近い分布になっている。最大熱処理量は 1842kW である。



図Ⅲ. 3. 1. 243 流量比と温度差の関係 (R-03)



図Ⅲ. 3. 1. 244 流量比と電力比の関係 (R-03)



図Ⅲ. 3. 1. 245 流量比と熱処理量比の関係 (R-03)

事務所 04(冷却水 VWV, 制御方式 Pcd-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<熱量分析>

冷却水ポンプ CDP-3(R-03)

図Ⅲ. 3. 1. 246

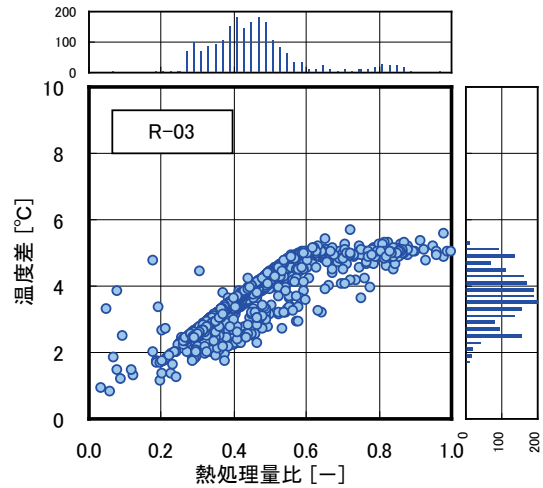
熱処理量比が 1 では温度差は 5°Cで, 熱処理量比が 0.6 以下で温度差が低下している.

図Ⅲ. 3. 1. 247

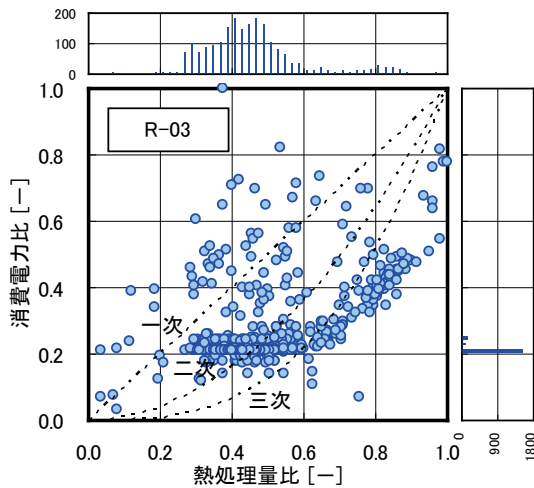
消費電力比は 0.22 が多い.

図Ⅲ. 3. 1. 248

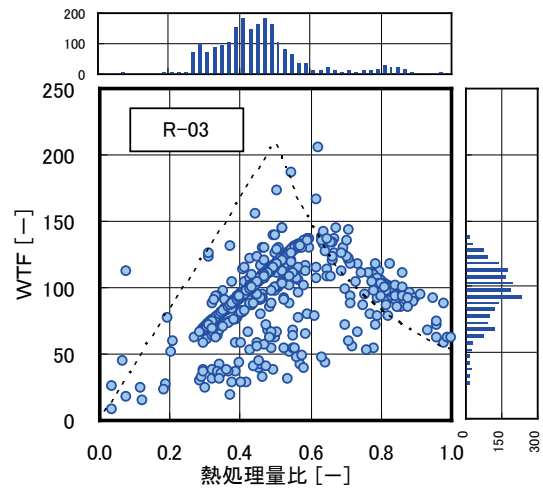
WTF は熱処理量比 0.6 で最も大きく, 概ね 150 が最大となっている.



図Ⅲ. 3. 1. 246 熱処理量比と温度差の関係 (R-03)



図Ⅲ. 3. 1. 247 熱処理量比と電力比の関係 (R-03)



図Ⅲ. 3. 1. 248 熱処理量比と WTF の関係 (R-03)

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷却水ポンプ CDP-4(R-04)

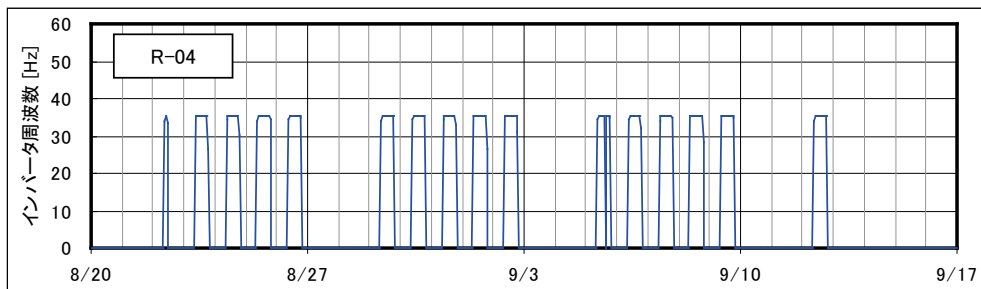
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：324 m³/h

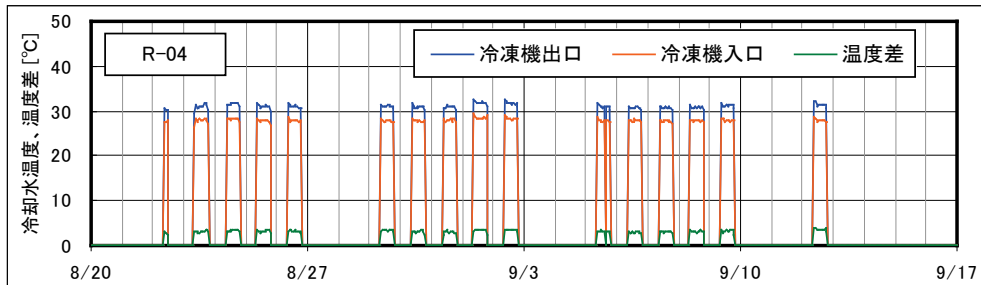
ポンプ電動機定格出力：37kW

設計温度差：5℃

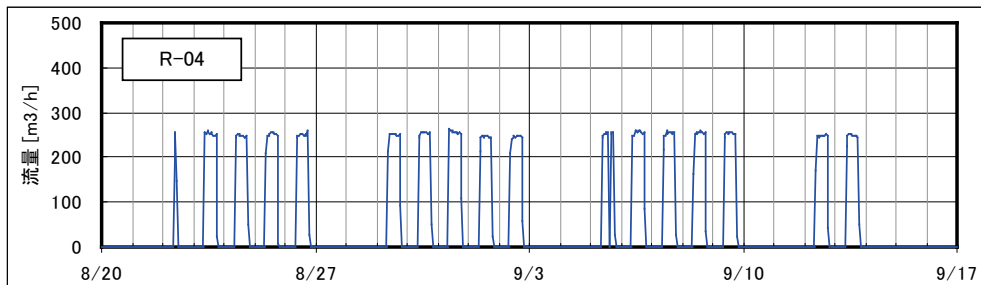
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 249 インバータ周波数トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 250 冷却水温度トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 251 流量トレンド

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷却水ポンプ CDP-4(R-04)

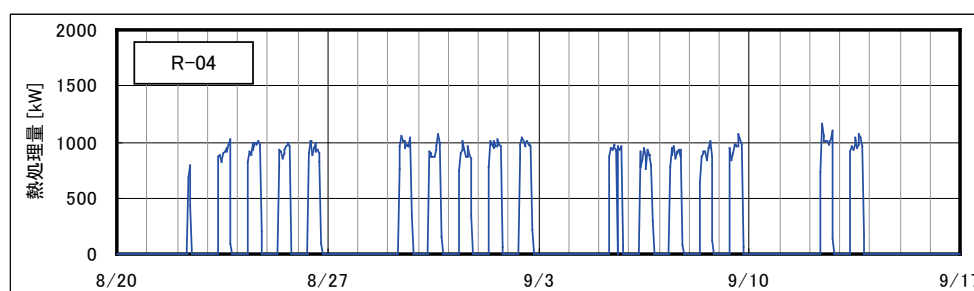
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：324 m³/h

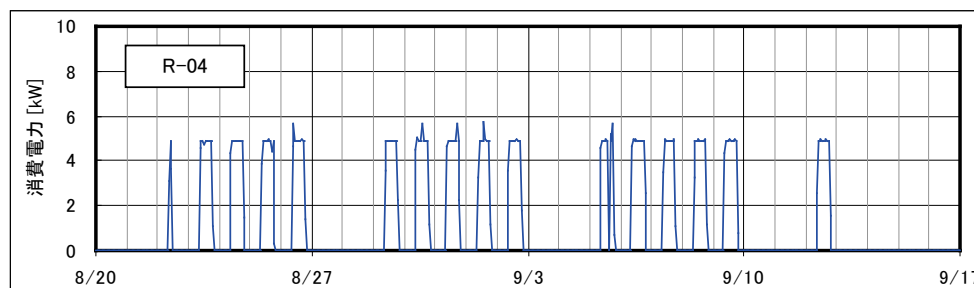
ポンプ電動機定格出力：37kW

設計温度差：5℃

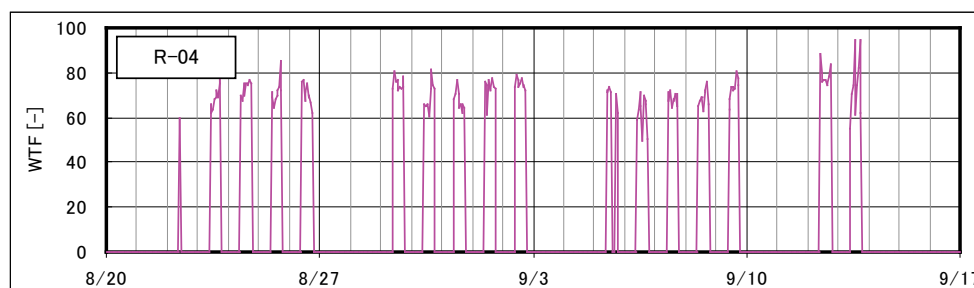
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 252 熱処理量トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 253 消費電力トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 254 WTFトレンド

事務所 04(冷却水 VWV, 制御方式 Pcd-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<流量分析>

冷却水ポンプ CDP-4(R-04)

熱源起動・停止時の1時間はデータ削除して分析を行った。

図Ⅲ. 3. 1. 255

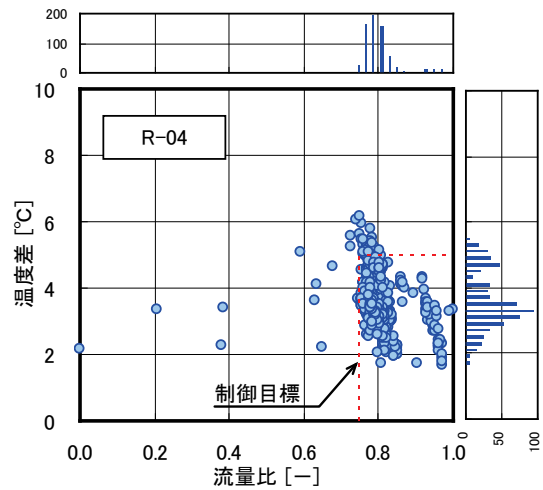
流量比 0.8 に多く分布している。最大流量(流量比 1)は 321m³/h である。設計温度差 5℃に対し、計測結果では 2~6℃に多く分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 256

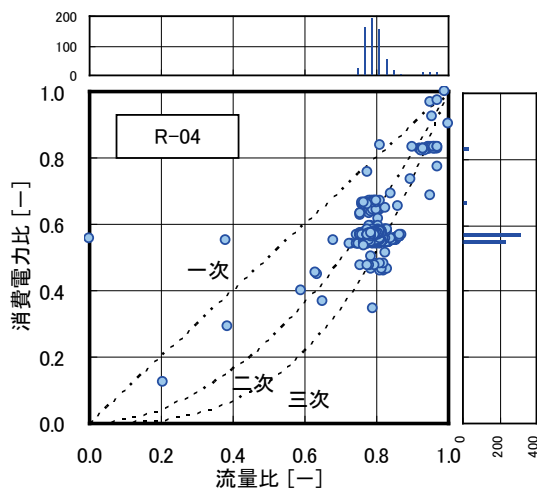
プロットは流量比 0.7, 消費電力比 0.55 に集中している。最大消費電力は 23.2kW である。

図Ⅲ. 3. 1. 257

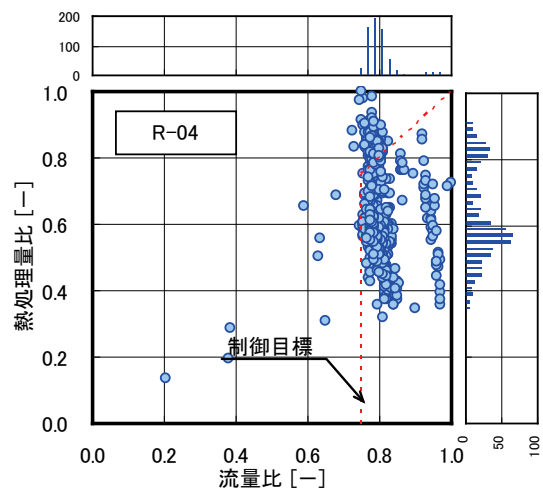
主に流量下限に分布している。最大熱処理量は 1714kW である。



図Ⅲ. 3. 1. 255 流量比と温度差の関係 (R-04)



図Ⅲ. 3. 1. 256 流量比と電力比の関係 (R-04)



図Ⅲ. 3. 1. 257 流量比と熱処理量比の関係 (R-04)

事務所 04(冷却水 VWV, 制御方式 Pcd-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<熱量分析>

冷却水ポンプ CDP-4(R-04)

図Ⅲ. 3. 1. 258

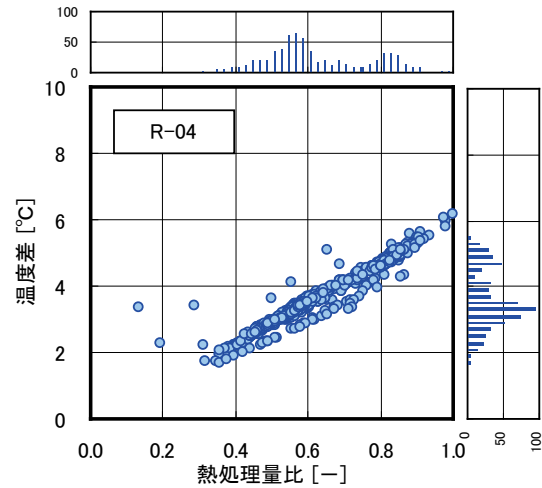
熱処理量比が 1 では温度差は 6°C で、熱処理量比の低下とともに温度差が低下している。

図Ⅲ. 3. 1. 259

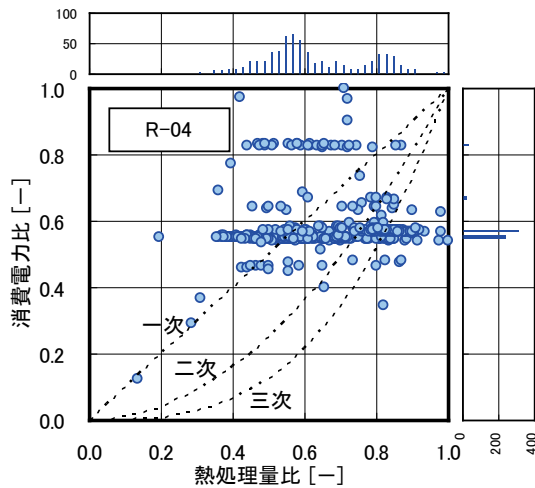
消費電力比は 0.55 に多く分布。

図Ⅲ. 3. 1. 260

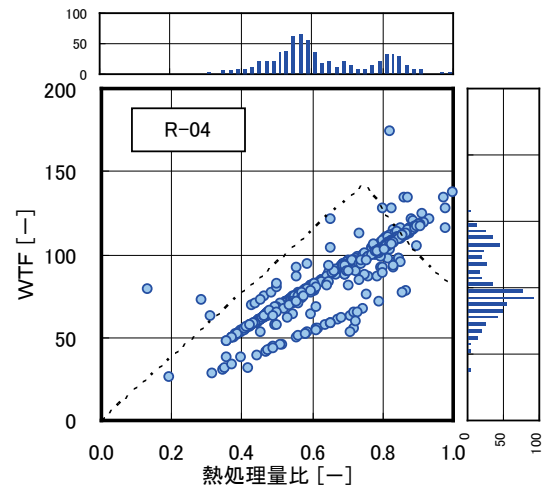
熱処理量比 1 の時の WTF が 140 程度で、直線的に分布している。



図Ⅲ. 3. 1. 258 熱処理量比と温度差の関係 (R-04)



図Ⅲ. 3. 1. 259 熱処理量比と電力比の関係 (R-04)



図Ⅲ. 3. 1. 260 熱処理量比と WTF の関係 (R-04)

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷却水ポンプ CDP-7(R-07)

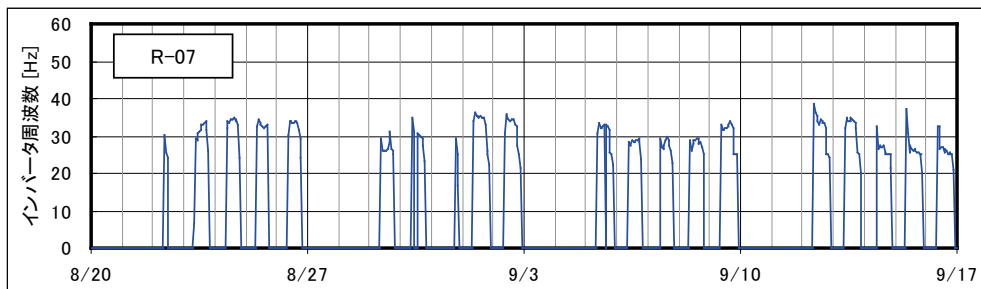
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：390 m³/h

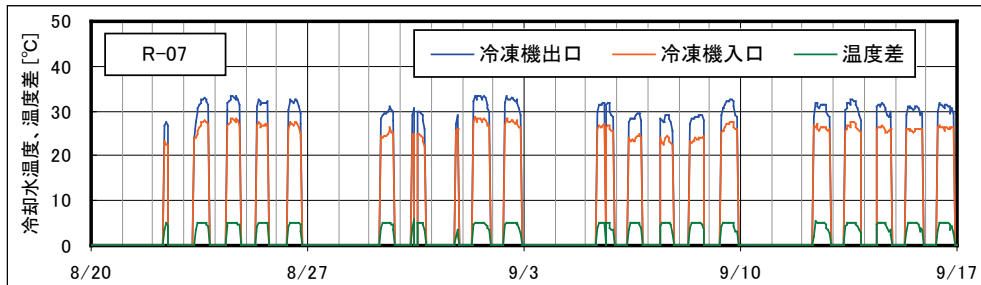
ポンプ電動機定格出力：45kW

設計温度差：5℃

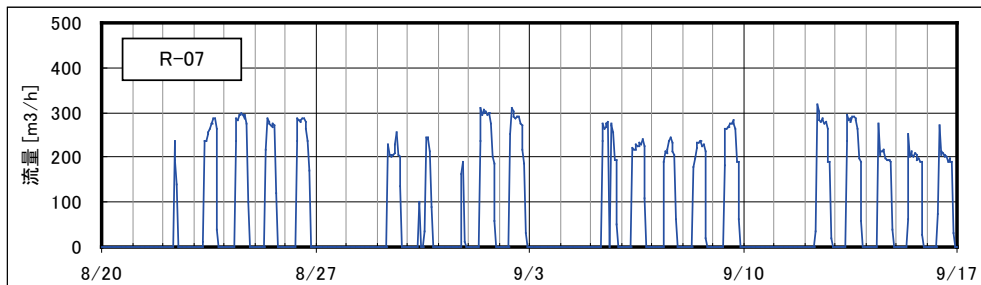
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ. 3. 1. 261 インバータ周波数トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 262 冷却水温度トレンド



図Ⅲ. 3. 1. 263 流量トレンド

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

冷却水ポンプ CDP-7(R-07)

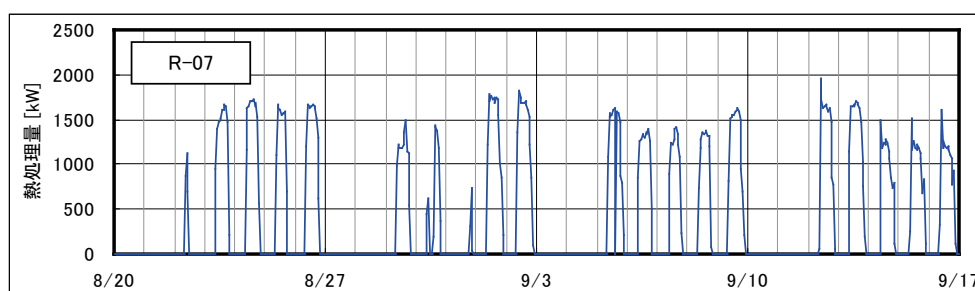
8月20日から9月16日のトレンドデータ

設計流量：390 m³/h

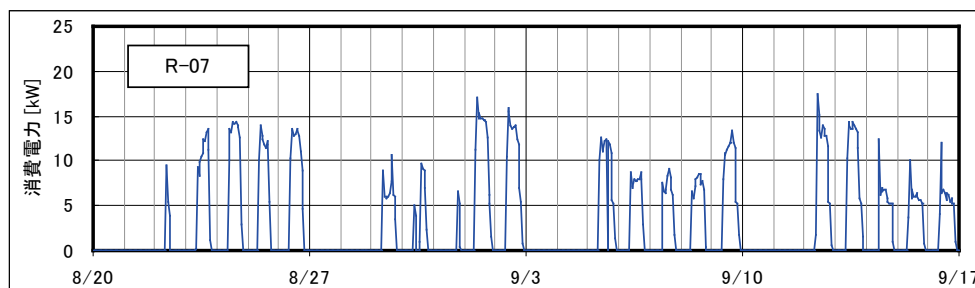
ポンプ電動機定格出力：4.5kW

設計温度差：5℃

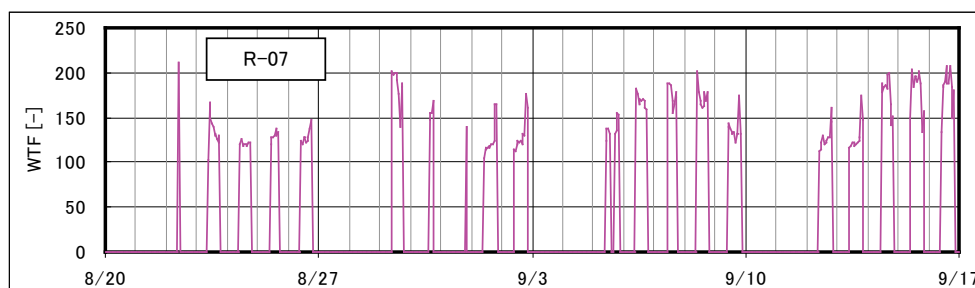
※値が0の時は機器停止およびデータ欠損



図Ⅲ.3.1.264 熱処理量トレンド



図Ⅲ.3.1.265 消費電力トレンド



図Ⅲ.3.1.266 WTFトレンド

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

<流量分析>

冷却水ポンプ CDP-7(R-07)

熱源起動・停止時の1時間はデータ削除して分析を行った。

図Ⅲ. 3. 1. 267

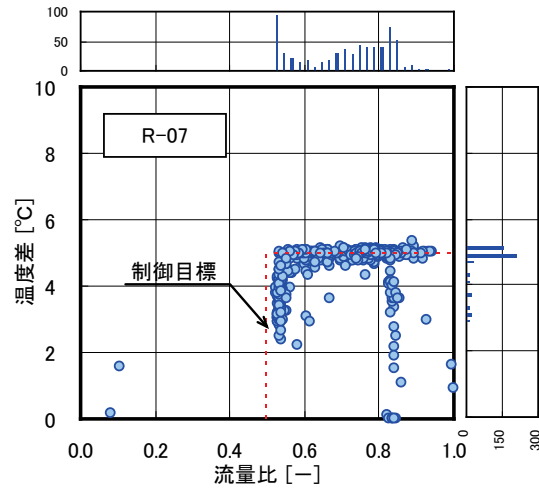
流量は流量比 0.5 から 0.8 に分布している。最大流量(流量比 1)は 355m³/h である。設計温度差 5℃に対し、計測結果では 5℃にデータが多く、制御目標に近い分布である。

図Ⅲ. 3. 1. 268

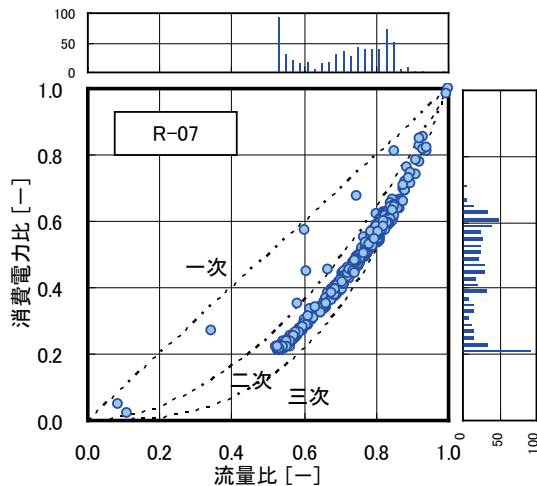
全体としては流量と消費電力の関係は二次から三次の理論線の間分布している。最大消費電力は 24.0kW である。

図Ⅲ. 3. 1. 269

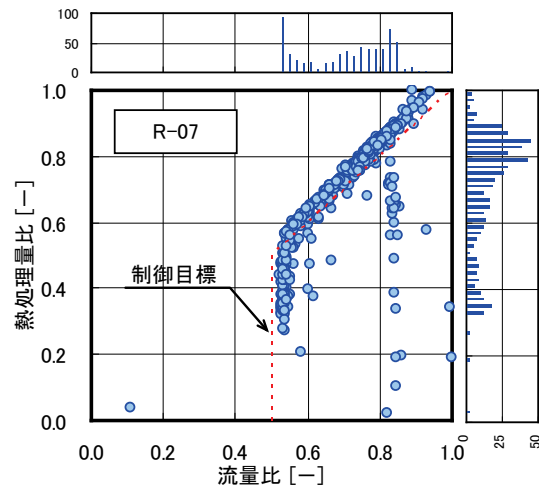
流量比と熱処理量比の関係は制御目標とほぼ同じ。最大熱処理量は 1956kW である。



図Ⅲ. 3. 1. 267 流量比と温度差の関係 (R-07)



図Ⅲ. 3. 1. 268 流量比と電力比の関係 (R-07)



図Ⅲ. 3. 1. 269 流量比と熱処理量比の関係 (R-07)

事務所 04(冷却水 VVW, 制御方式 Pcd-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機冷却水出入口温度	冷却水出入口温度差	回転数（周波数）制御

< 熱量分析 >

冷却水ポンプ CDP-4(R-04)

図Ⅲ. 3. 1. 270

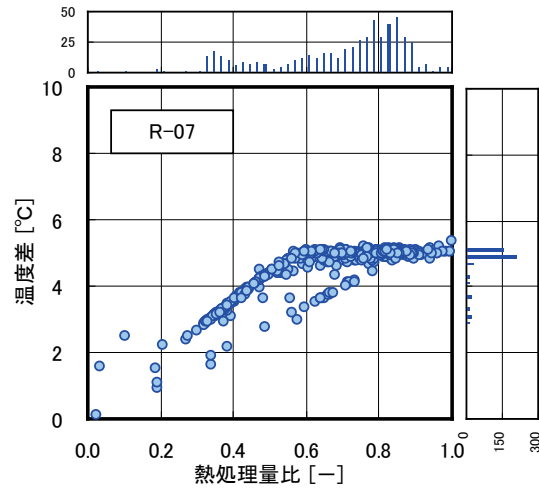
熱処理量比が 1 では温度差は 5°C で、熱処理量比が 0.6 以下で温度差が低下している。

図Ⅲ. 3. 1. 271

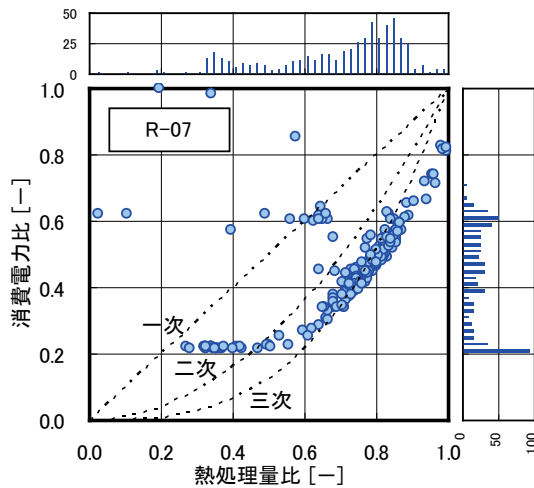
消費電力比は 0.2 から 0.6 に分布している。

図Ⅲ. 3. 1. 272

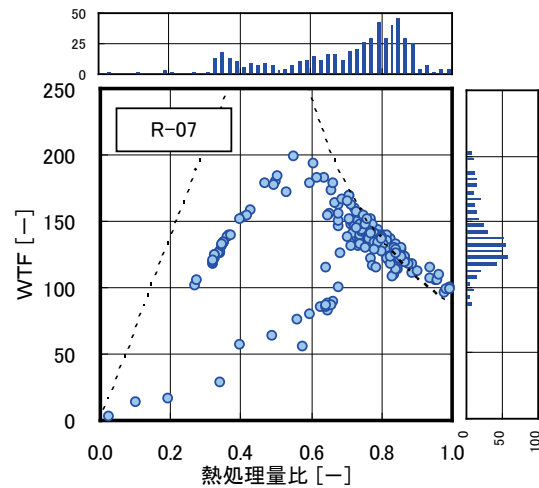
WTF は熱処理量比 0.5 で最も大きく、概ね 200 が最大となっている。



図Ⅲ. 3. 1. 270 熱処理量比と温度差の関係 (R-07)



図Ⅲ. 3. 1. 271 熱処理量比と電力比の関係 (R-07)



図Ⅲ. 3. 1. 272 熱処理量比と WTF の関係 (R-07)

事務所 05 (P2-VWV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(末端圧)	末端圧	回転数(周波数)制御

(3)解析利用データフィルタリング項目

- ①機器の起動, 停止時のデータを排除
- ②増段, 減段時のデータを排除

(4)制御方式

- ①負荷流量による冷水ポンプ群台数制御
- ②末端圧力によるバイパス弁制御およびポンプインバータ周波数制御

(5)評価項目計算式

①流量比

$$\text{流量比 (FR) [-]} = \text{流量 (F1) [L/min]} \div \text{実測時最大流量 (3,485) [L/min]}$$

②温度差

T1 : 往温度[°C], T2 : 還温度[°C]として,
 温度差 (ΔT) [°C] = T2 - T1

③熱処理量

$$\begin{aligned} \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} &= \text{低圧比熱 (4.186) [kJ/kg/°C]} \times \text{密度 (1.0) [kg/L]} \\ &\quad \times \text{流量 (F1) [L/min]} \times \text{温度差 (\Delta T) [°C]} \\ &\quad \times 60[\text{min/h}] \div 1000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{熱処理量比 (CMR) [-]} &= \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} \\ &\quad \div \text{実測時最大熱処理量 (5,313) [MJ/h]} \end{aligned}$$

④消費電力

A1~A2 : 電流値[A]として,
 消費電力 (P) [kW] = $\sqrt{3} \times \text{電圧 (200) [V]} \times \text{電流値 (A1+A2) [A]}$
 $\quad \times \text{力率 (0.85)} \div 1000$

$$\text{消費電力比 (PR) [-]} = \text{消費電力 (P) [kW]} \div \text{実測時最大消費電力 (36.2) [kW]}$$

⑤WTF

$$\text{WTF[-]} = \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} \div 3.6[\text{MJ/h/kW}] \div \text{消費電力 (P) [kW]}$$

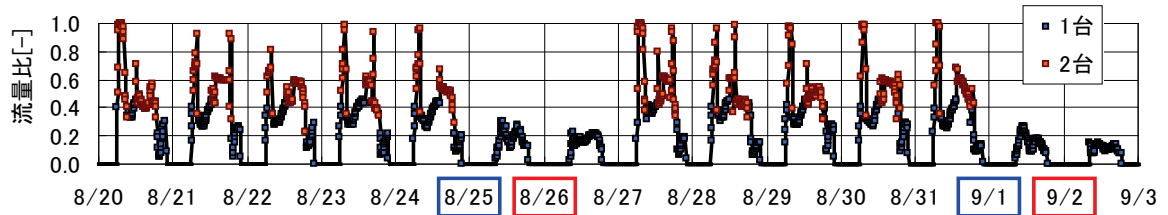
事務所 05 (P2-VWV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(末端圧)	末端圧	回転数(周波数)制御

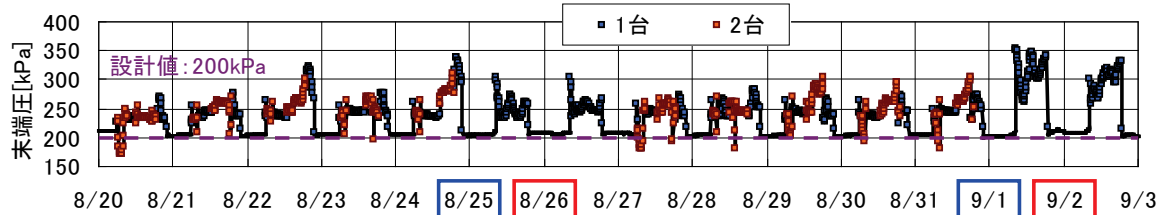
<動作確認データ 1>

2012年8月20日(月)～9月2日(日)のトレンドデータを示す。

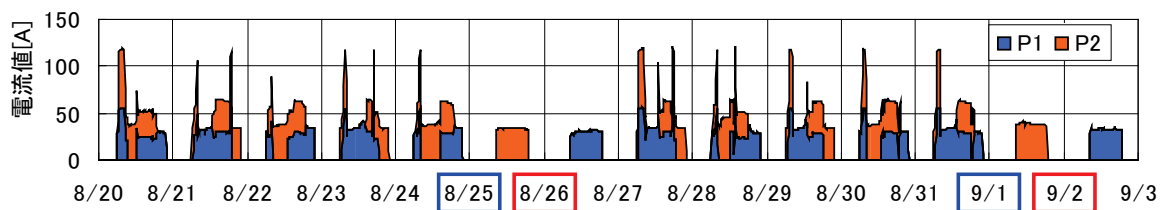
昼間の運転では大きい設計温度差を確保した運転となっている。ポンプの増減段は、流量比 0.4 付近で行われている。



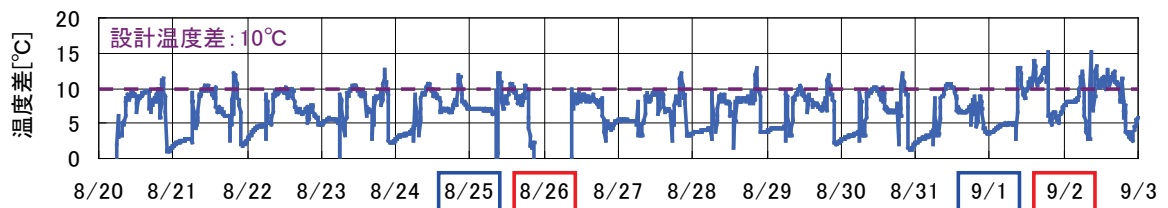
図Ⅲ. 3. 1. 273 流量比



図Ⅲ. 3. 1. 274 末端圧



図Ⅲ. 3. 1. 275 電流値

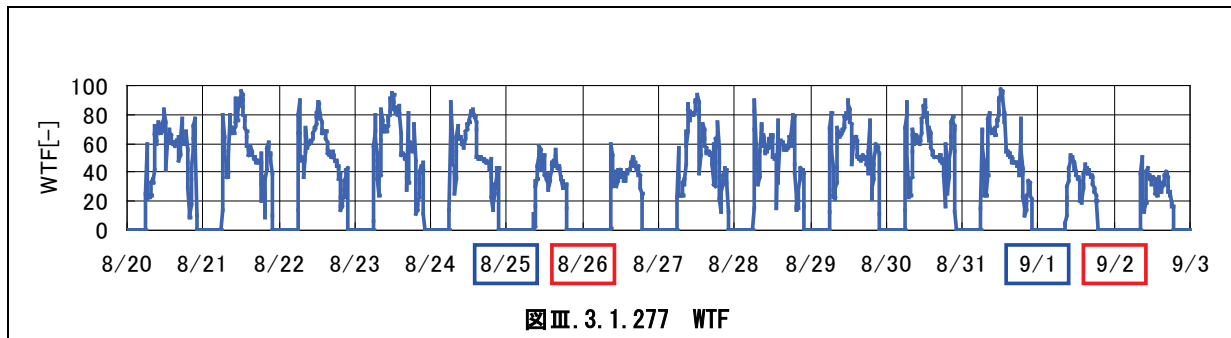


図Ⅲ. 3. 1. 276 温度差

事務所 05 (P2-VWV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(末端圧)	末端圧	回転数(周波数)制御

<動作確認データ 2>



事務所 05 (P2-VWV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(末端圧)	末端圧	回転数(周波数)制御

<流量分析>

図Ⅲ.3.1.278

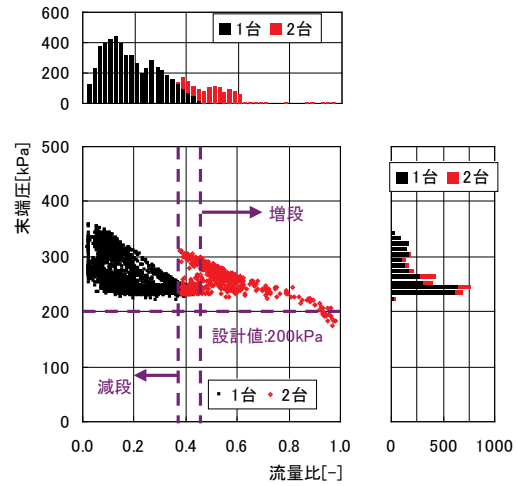
ポンプの増減段は設定値どおり動作している。また、末端圧は設計値よりも高めで動作している。

図Ⅲ.3.1.279

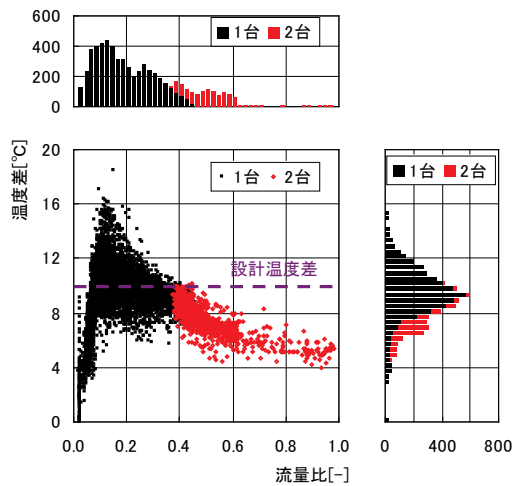
1台運転時は設計温度差付近で動作しているが、2台運転では設計温度差を確保できていない。

図Ⅲ.3.1.280

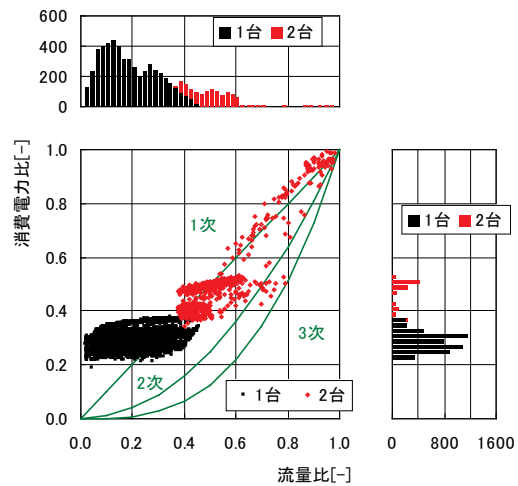
流量比0.3以下では、消費電力比が1次関数よりも高くなる。インバータ周波数の最低周波数の影響と考えられる。



図Ⅲ.3.1.278 流量比と末端圧の関係



図Ⅲ.3.1.279 流量比と温度差の関係



図Ⅲ.3.1.280 流量比と消費電力比の関係

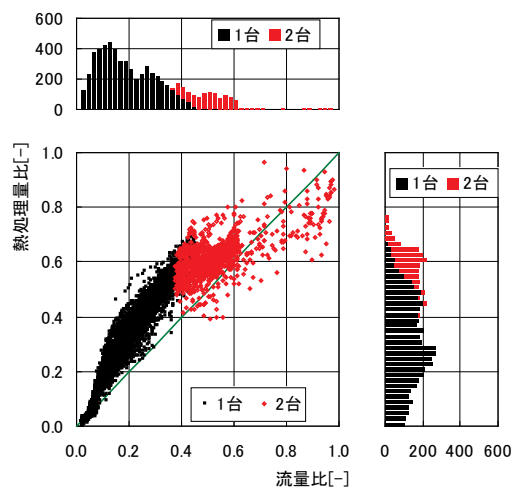
事務所 05 (P2-VWV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(末端圧)	末端圧	回転数(周波数)制御

<流量分析>

図Ⅲ. 3. 1. 281

1 台運転時は温度差が大きいため理論値より高く, 2 台運転時は流量比が高くなるほど温度差が小さくなるため, 理論値よりも低くなっている.



図Ⅲ. 3. 1. 281 流量比と熱処理量比の関係

事務所 05 (P2-VWV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(末端圧)	末端圧	回転数(周波数)制御

<熱量分析>

図Ⅲ. 3. 1. 282

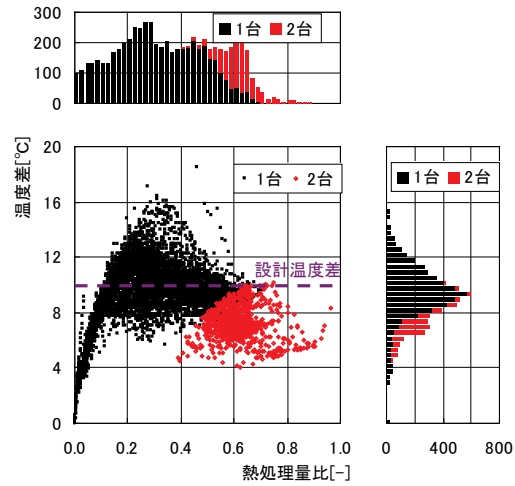
1 台運転時は設計温度差付近で動作しているが、2 台運転では設計温度差が確保できていない。

図Ⅲ. 3. 1. 283

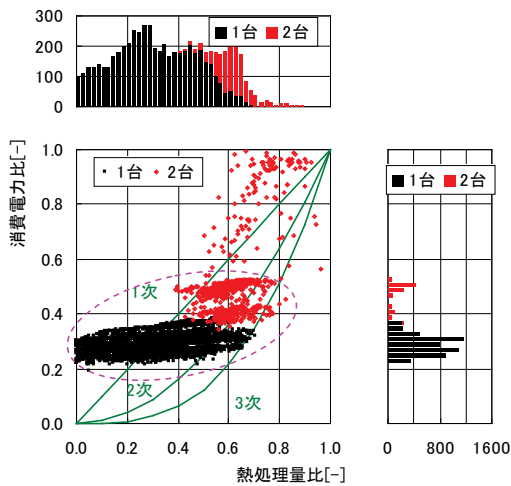
熱処理量比が低い範囲では消費電力比が理論値(2次)よりも高く動作している。これは、インバータ周波数の最小周波数設定によるものと考えられる。

図Ⅲ. 3. 1. 284

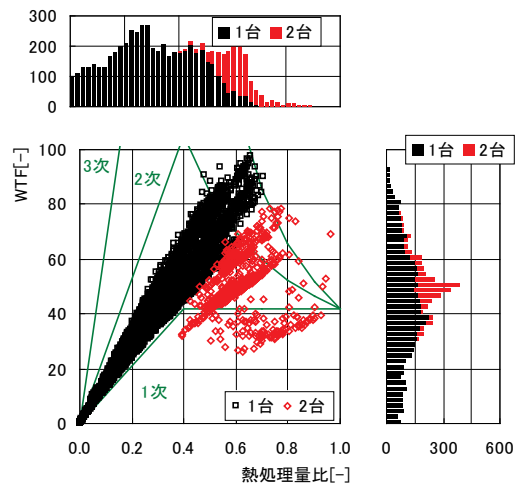
WTF は理論値(1次)と理論値(2次)の間で動作している。熱処理量が高い範囲では、温度差が小さくなることによる流量増加に伴う消費電力の増加により、WTF が小さくなっていると考えられる。



図Ⅲ. 3. 1. 282 熱処理量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 283 熱処理量比と消費電力比の関係



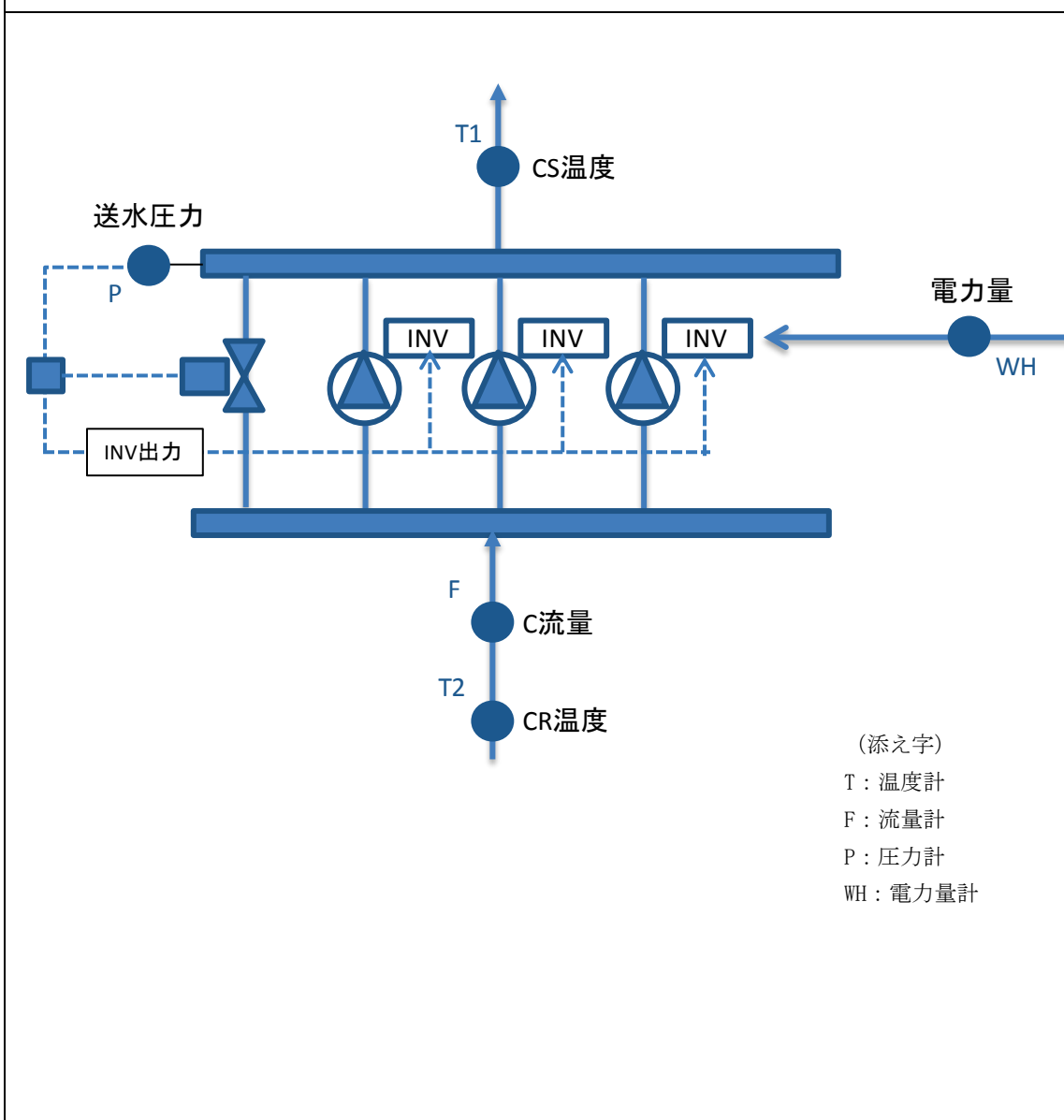
図Ⅲ. 3. 1. 284 熱処理量比とWTFの関係

3.1.17. 事務所 06 (冷水 VVV, 制御方式 P2-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

建物名	事務所 06	地区	関東	竣工	2003年	新築	—	規模	47,300m ²
分類記号	P2-VWV-05				検出部	吐出圧力(負荷流量)			
制御目的	VVV				制御目標	推定末端圧			
分析期間	2011年8月1日~2012年8月31日				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	2次ポンプ(全台)				製造年月	2002年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 送水圧力一定 INV→バイパス弁制御 流量による台数制御 				機器仕様	PC-1,2,3: 1490L/min×400kPa×18.5kW			

システムフロー



事務所 06 (冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<評価項目計算式, 計測概要>

1. 評価項目計算式 ※添え字(記号)はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 冷水温度差

$$\text{冷水温度差} = \text{冷水還温度 (T2)} - \text{冷水往温度 (T1)}$$

(2) 流量比

$$\text{流量比} = \text{実測流量 (F)} \div \text{実測最大流量}$$

(3) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{実測消費電力 (WH)} \div \text{実測最大消費電力}$$

(4) 熱量比

$$\text{熱量比} = \text{実測流量 (F)} \times \text{冷数温度差 (T2-T1)} \times \text{水密度} \times \text{比熱} \div \text{実測最大熱量}$$

(5) WTF

$$\text{WTF} = \text{実測熱量} \div \text{実測消費電力 (WH)}$$

2. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・温度, 流量, 圧力: 1分間隔
- ・電力量: 5分間隔

(2) データ処理

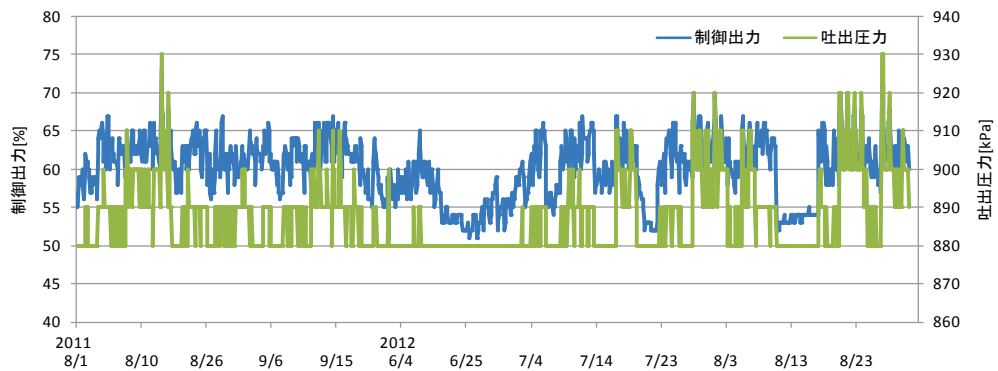
- ・温度, 流量, 圧力: 1分間隔のデータを1時間平均に集計
- ・電力量: 5分間隔のデータを1時間平均に集計

事務所 06 (冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-05)

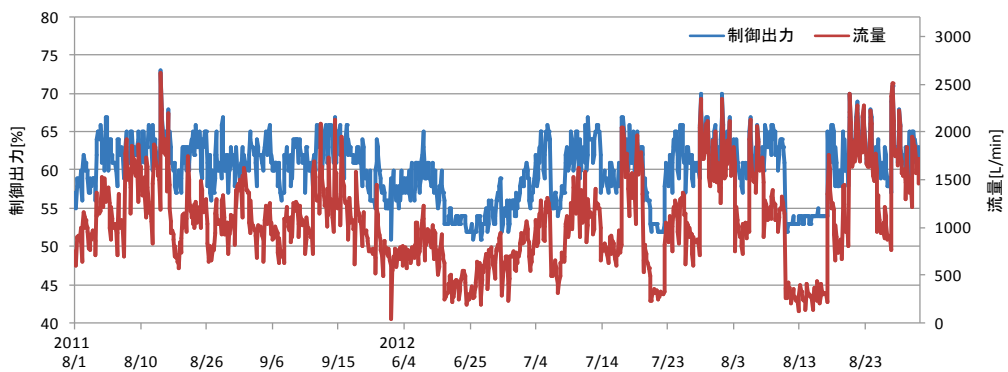
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

- ・吐出圧力を 880kPa~920kPa で周波数制御している。設定値は 900kPa.
- ・流量によりポンプは台数制御されている。
- ・3台設置されているが運転は1台または2台となっている。
- ・制御周波数は 20~40Hz にて上下限設定。

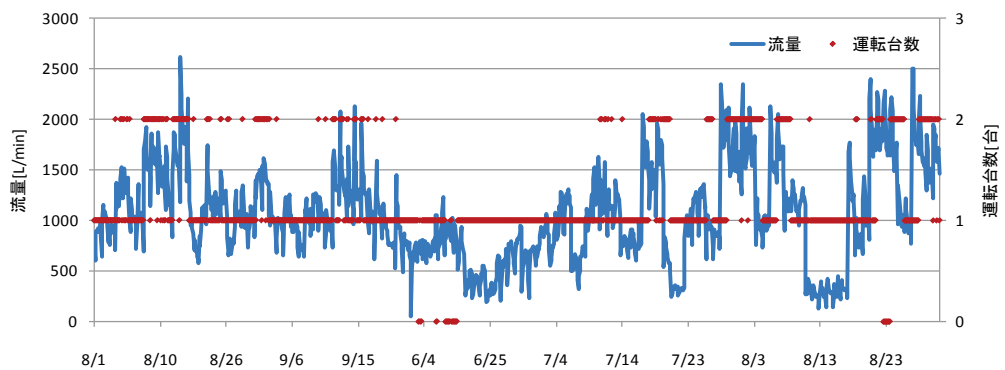


図Ⅲ. 3. 1. 285 制御出力と吐出圧力の推移



図Ⅲ. 3. 1. 286 制御出力と流量の推移

1500L/min を中心に増減されている。



図Ⅲ. 3. 1. 287 流量とポンプ運転台数の推移

事務所 06(冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

<流量分析データ>

温度差は設計温度差に近い状態で運転されており、流量制御は良好である。差圧一定制御では流量比と消費電力比は比例関係になるが差圧制御が良好なためほぼ理論通りの運用状態である。

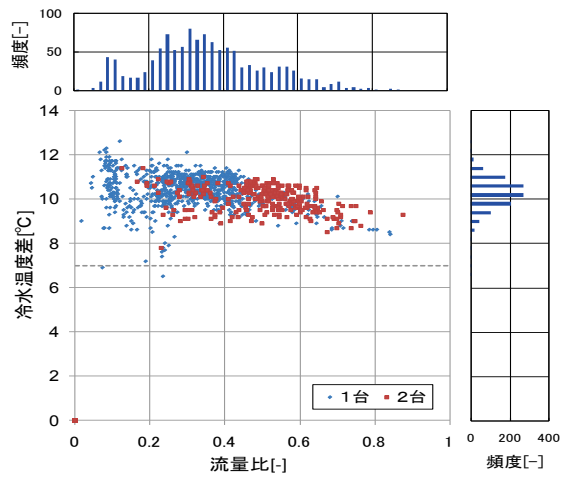
流量最大値=2980L/min

消費電力最大値=17.3kWh

INV 周波数= 20~40Hz

流量比～冷水温度差

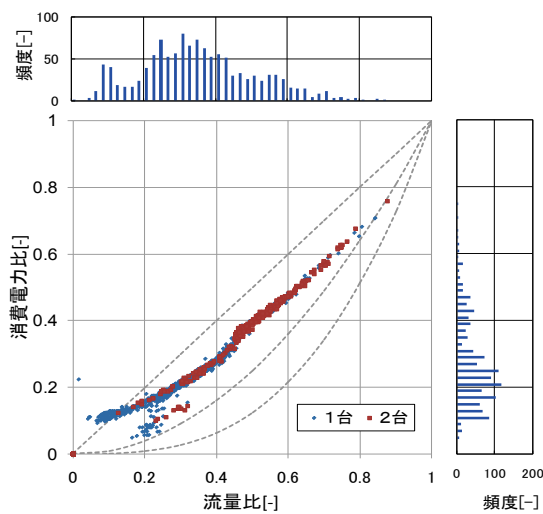
10~12℃差で運転されており非常に低流量で運転されている。設計温度差(7℃)以上の温度差。



図Ⅲ. 3. 1. 288 流量比と冷水温度差の関係

流量比～消費電力比

出力20%を中心に10%を下限に運転されている。

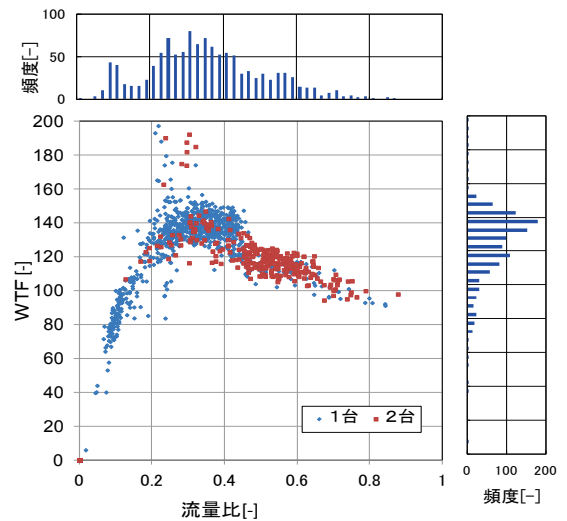


図Ⅲ. 3. 1. 289 流量比と消費電力比の関係

流量比～WTF 比

運転時の最大熱量時の WTF=1

流量30%で最大WTFとなっている。



図Ⅲ. 3. 1. 290 流量比とWTFの関係

事務所 06 (冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (全台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数 (周波数) 制御

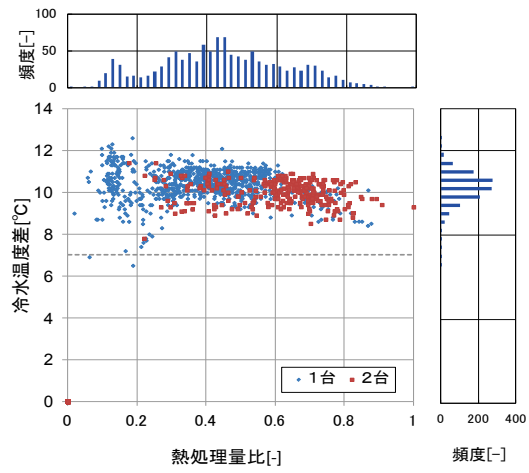
<熱量分析データ>

2台運転時の WTF が 1台運転時に比較し小さくなっており、高負荷時は制御圧力が高めで運転されているものとおもわれる。

熱量最大値=6,106 MJ/h
(=1,697 kW)

熱量比～冷水温度差

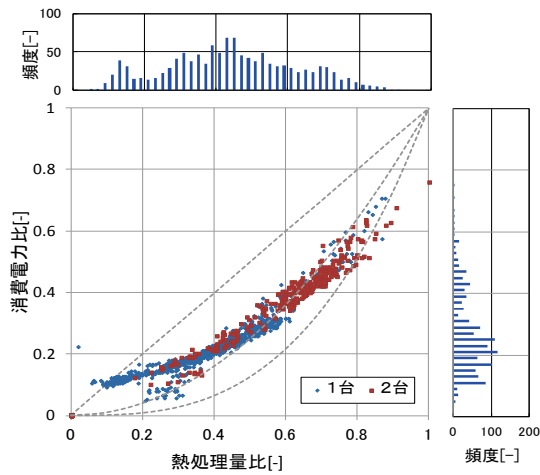
10～12℃差で運転されており非常に低流量で運転されている。設計温度差 (7℃) 以上の温度差となっている。



図Ⅲ. 3. 1. 291 熱量比と冷水温度差の関係

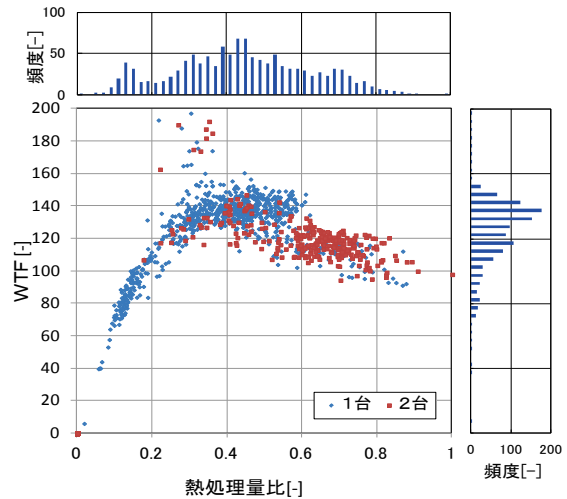
熱量比～消費電力比

出力 20%を下限に運転されている。



図Ⅲ. 3. 1. 292 熱量比と消費電力比の関係

熱量比～WTF

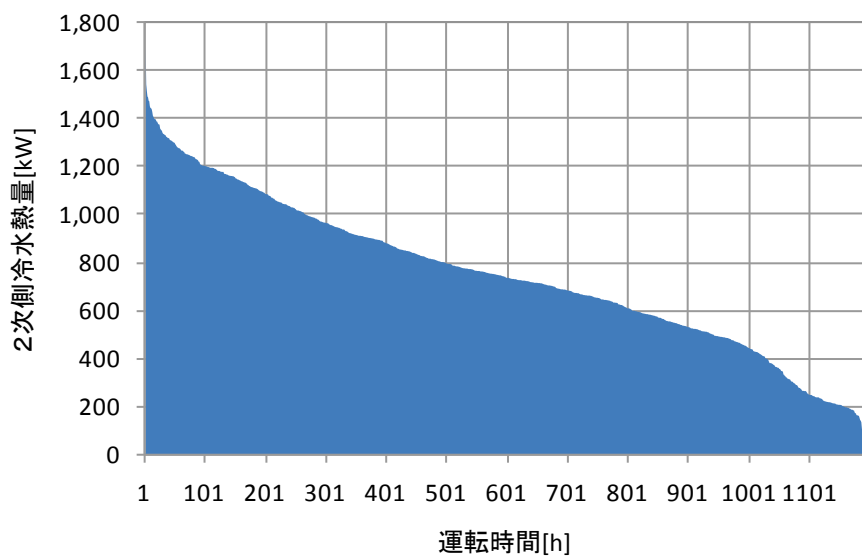


図Ⅲ. 3. 1. 293 熱量比と WTF の関係

事務所 06 (冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (全台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数 (周波数) 制御

< 期間負荷データ >



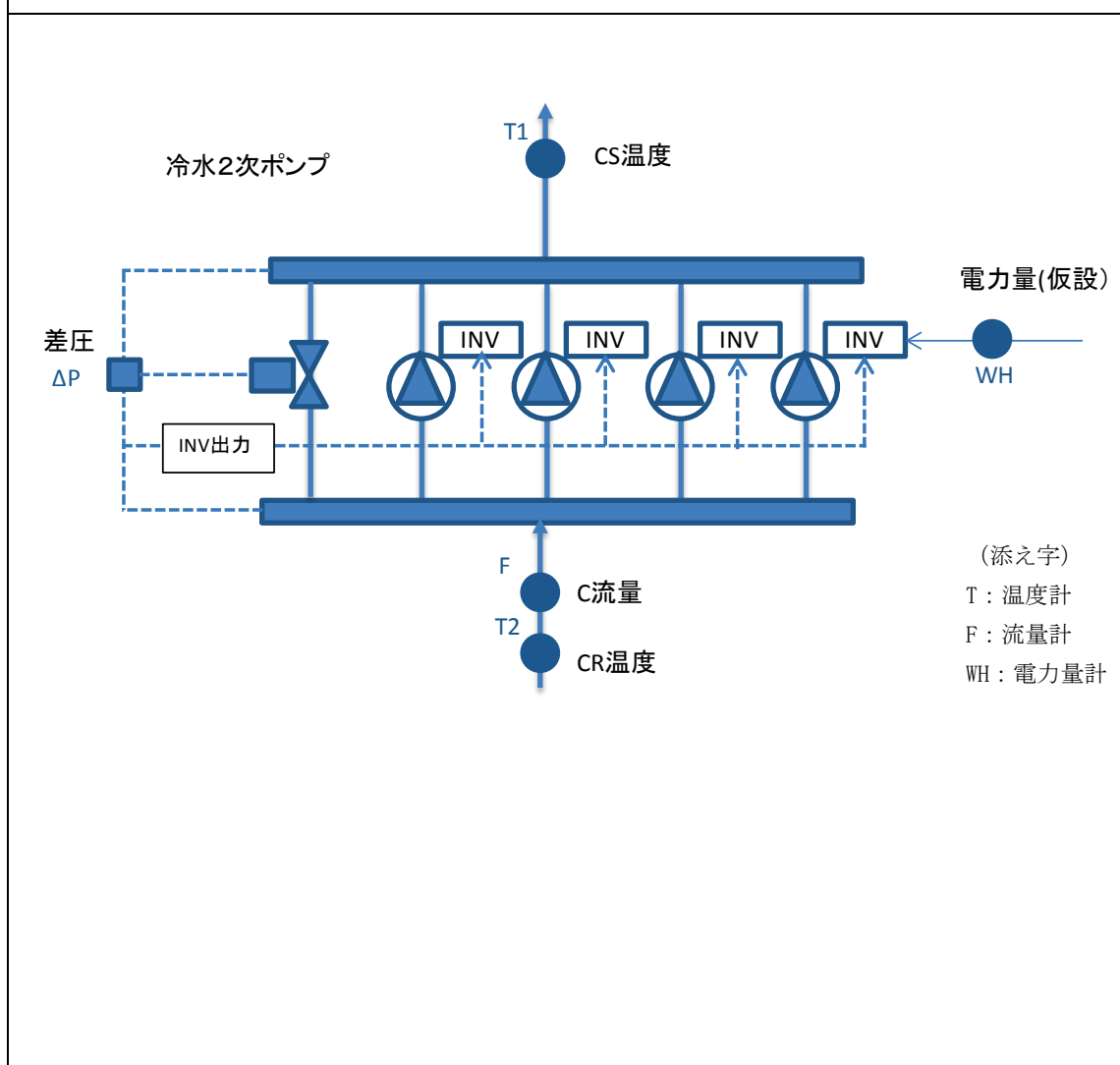
図Ⅲ. 3. 1. 294 期間負荷

3.1.18. 事務所 07 (冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-12)

制御対象	検出部	制御目標	動作
密閉系 2 次ポンプ	負荷流量	差圧・流量	回転数 (周波数) 制御

建物名	事務所 07	地区	関東	竣工	2008 年	新築	—	規模	20,300m ²
分類記号	P1-VVW-12				検出部	負荷流量			
制御目的	VVW				制御目標	差圧・流量			
分析期間	2011 年 9 月 12 日～2011 年 11 月 1 日 2012 年 9 月 1 日～2012 年 9 月 25 日				動作	I N V 制御			
制御対象	密閉系 2 次ポンプ				製造年月	2008 年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ ヘッダ差圧一定 INV 制御→バイパス弁制御 ・ 2 次側負荷流量により台数制御 				機器仕様	1400L/min × 235kPa × 11kW × 4 台			

システムフロー



事務所 07(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-12)

制御対象	検出部	制御目標	動作
密閉系 2 次ポンプ	負荷流量	差圧・流量	回転数（周波数）制御

<評価項目計算式, 計測概要>

1. 評価項目計算式 ※添え字（記号）はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 冷水温度差

$$\text{冷水温度差} = \text{冷水還温度 (T2)} - \text{冷水往温度 (T1)}$$

(2) 流量比

$$\text{流量比} = \text{実測流量 (F)} \div \text{最大流量 (計測期間内)}$$

(3) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{実測消費電力(WH)} \div \text{最大消費電力 (計測期間内)}$$

(4) 熱量比

$$\text{熱量比} = \text{熱量} \div \text{最大熱量 (計測期間内)}$$

$$\text{熱量} = \text{実測流量 (F)} \times \text{冷水温度差 (T2-T1)} \times \text{水の密度} \times \text{水の比熱}$$

(5) WTF

$$\text{WTF} = \text{熱量} \div \text{消費電力}$$

2. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

10 分間隔

(2) データ処理

- ・ 10 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

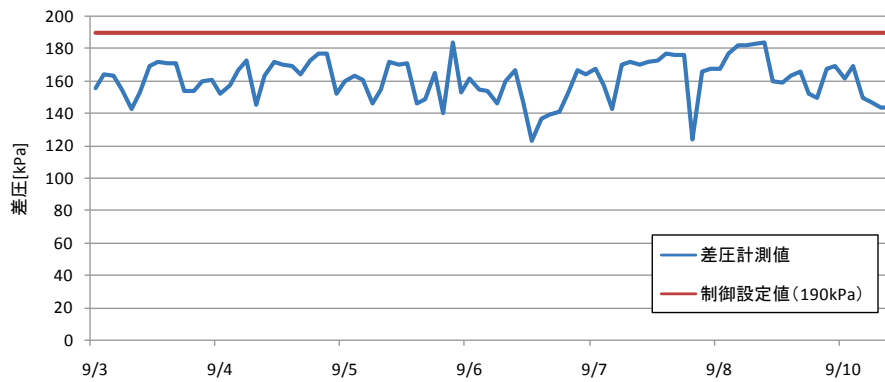
事務所 07(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-12)

制御対象	検出部	制御目標	動作
密閉系 2 次ポンプ	負荷流量	差圧・流量	回転数(周波数)制御

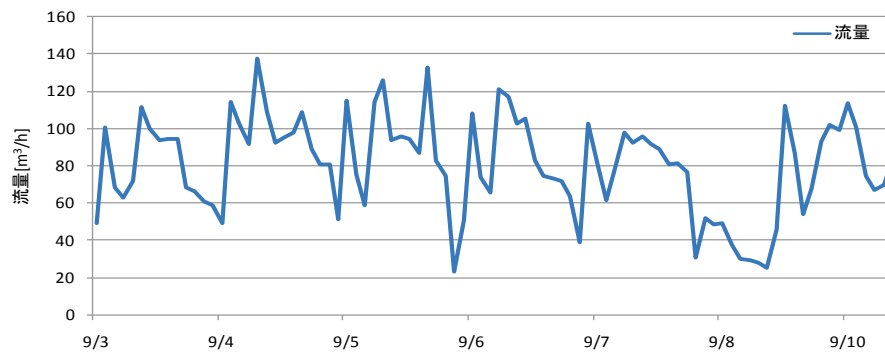
<動作確認データ>

2012/9/3～2012/9/10 の運転状況

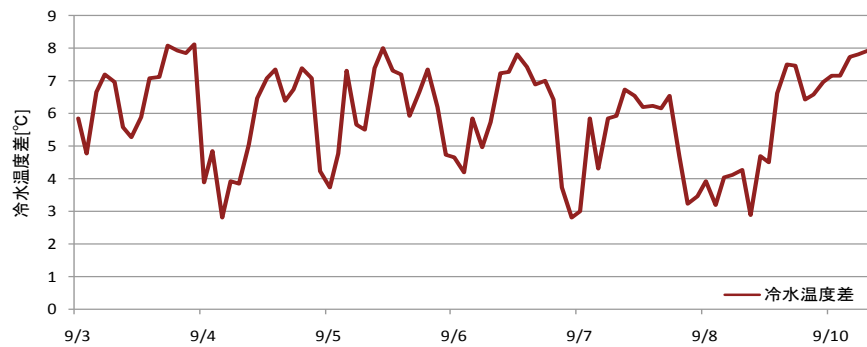
差圧設定値 190kPa に対し 140～180kPa で運転されており若干低めで制御されているが±20kPa の範囲で差圧が推移しており制御は良好である。



図Ⅲ. 3. 1. 295 差圧制御状況



図Ⅲ. 3. 1. 296 流量制御状況



図Ⅲ. 3. 1. 297 冷水温度差制御状況

事務所 07(冷水 VVW, 制御方式 P1-VVW-12)

制御対象	検出部	制御目標	動作
密閉系 2 次ポンプ	負荷流量	差圧・流量	回転数（周波数）制御

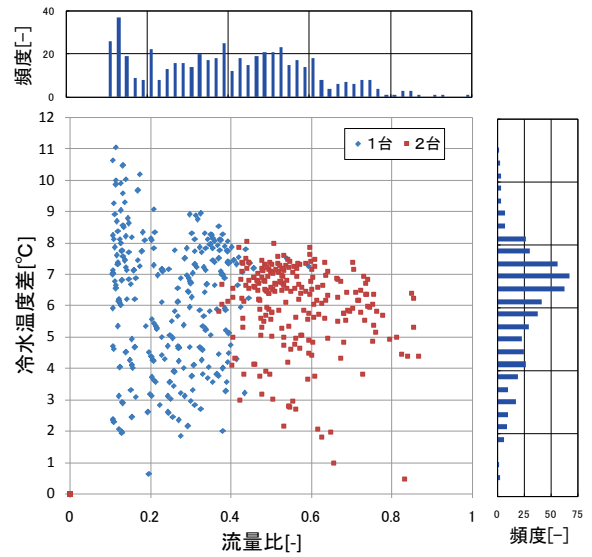
< 流量分析データ >

温度差は設計温度差に近い状態で運転されており，流量制御は良好である．差圧一定制御では流量比と消費電力比は比例関係になるが差圧制御が良好なためほぼ理論通りの運用状態である．

流量最大値=189m³/h
 消費電力最大値=15.2kWh
 INV 上限値=50Hz

流量比～冷水温度差

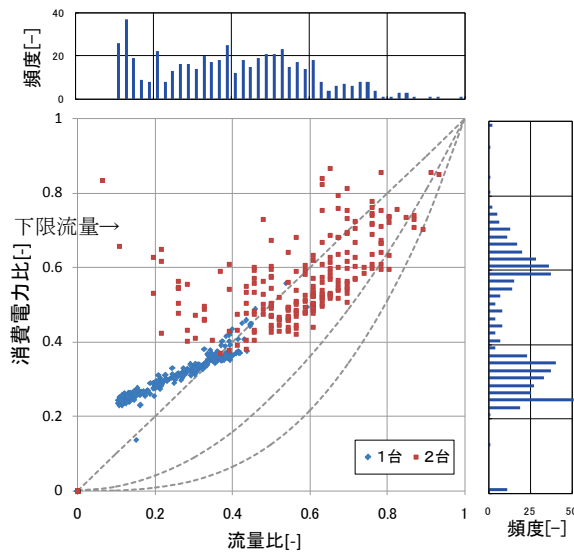
6～7℃差で運転されておりほぼ設計温度差 7℃となっている．



図Ⅲ. 3. 1. 298 流量比と冷水温度差の関係

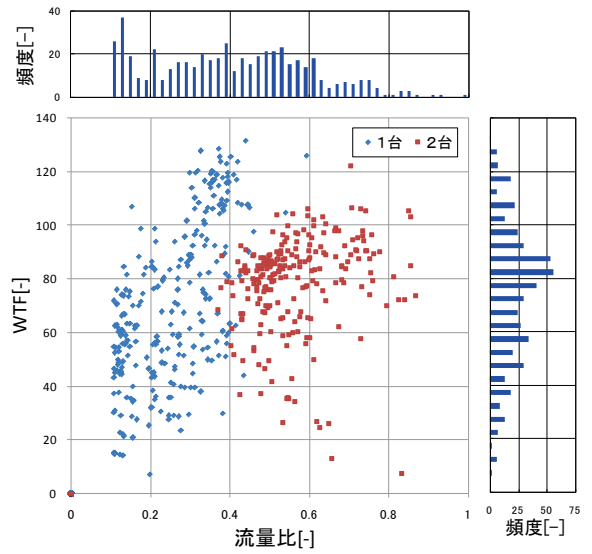
流量比～消費電力比

出力 20%を下限に運転されている．



図Ⅲ. 3. 1. 299 流量比と消費電力比の関係

流量比～WTF



図Ⅲ. 3. 1. 300 流量比とWTFの関係

事務所 07(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-12)

制御対象	検出部	制御目標	動作
密閉系 2 次ポンプ	負荷流量	差圧・流量	回転数（周波数）制御

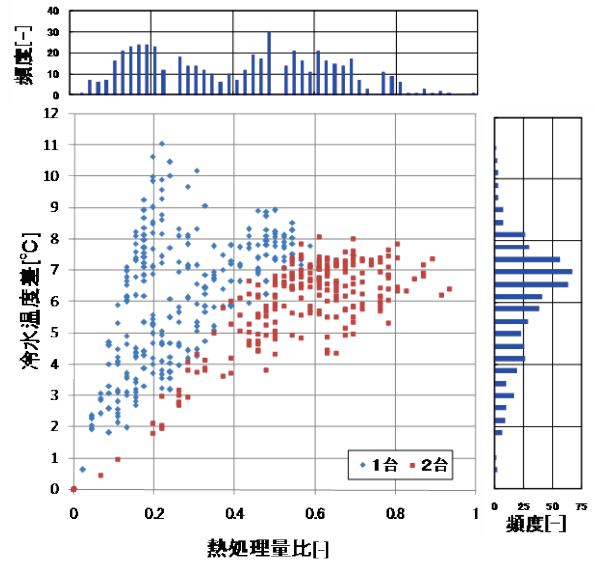
< 熱量分析データ >

2 台運転時の WTF が 1 台運転時に比較し小さくなっており，高負荷時は制御圧力が高めで運転されているものとおもわれる。

熱量最大値=4.6GJ/h

熱量比～冷水温度差

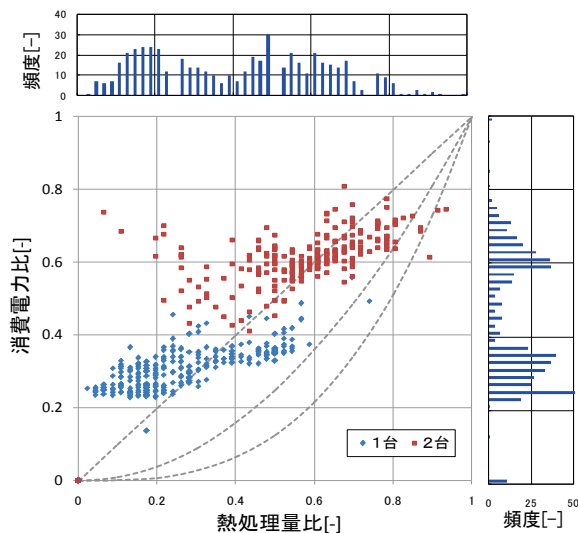
6～7℃差で運転されておりほぼ設計温度差 7℃となっている。



図Ⅲ. 3. 1. 301 熱量比と冷水温度差の関係

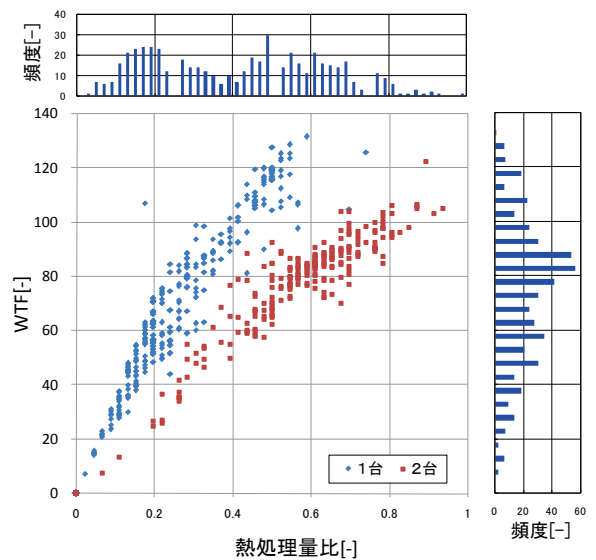
熱量比～消費電力比

出力 20%を下限に運転されている。



図Ⅲ. 3. 1. 302 熱量比と消費電力比の関係

熱量比～WTF

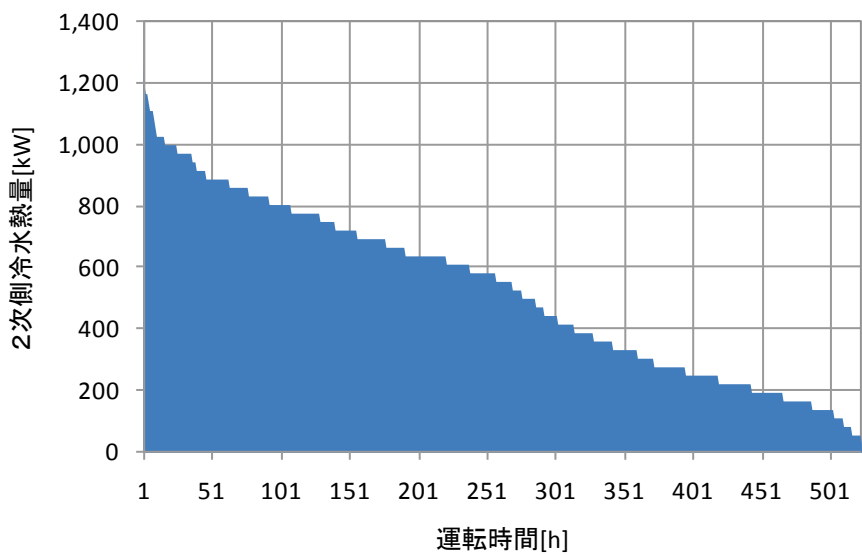


図Ⅲ. 3. 1. 303 熱量比と WTF の関係

事務所 07(冷水 VWV, 制御方式 P1-VWV-12)

制御対象	検出部	制御目標	動作
密閉系 2 次ポンプ	負荷流量	差圧・流量	回転数（周波数）制御

< 期間負荷データ >



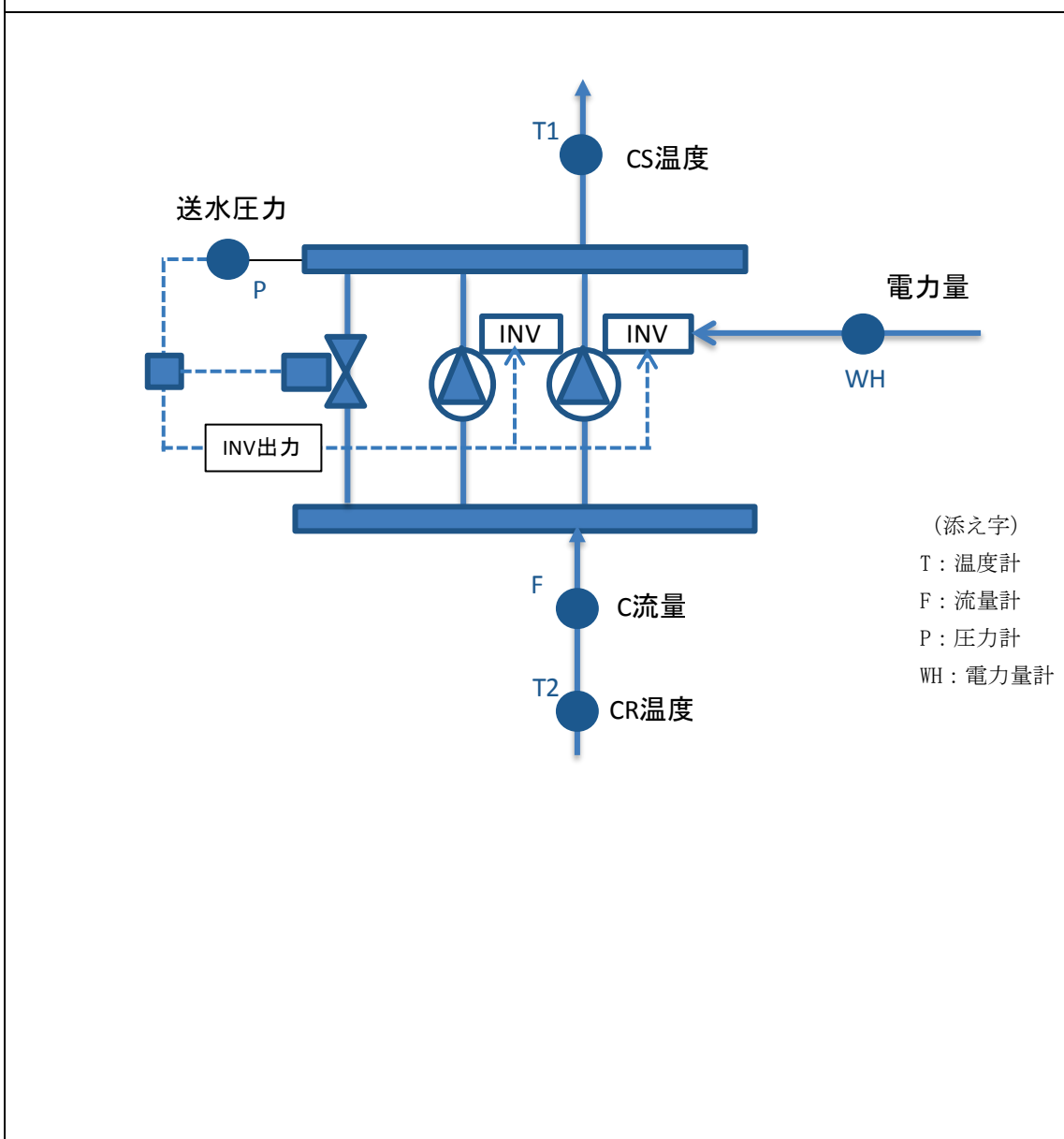
図Ⅲ. 3. 1. 304 期間負荷

3.1.18. 事務所 08 (冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数 (周波数) 制御

建物名	事務所 08	地区	北海道	竣工	2003年	改修	—	規模	108,000m ²
分類記号	P2-VWV-04				検出部	吐出圧力			
制御目的	VWV				制御目標	吐出圧力			
分析期間	2011年4月1日～2012年9月12日				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	2次ポンプ (1台)				製造年月	2002年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 送水圧力一定 INV→バイパス弁制御 流量による台数制御 				機器仕様	1300L/min×294kPa×15kW 2台			

システムフロー



事務所 08(冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数 (周波数) 制御

<評価項目計算式, 計測概要>

1. 評価項目計算式 ※添え字 (記号) はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 冷水温度差

$$\text{冷水温度差} = \text{冷水還温度 (T2)} - \text{冷水往温度 (T1)}$$

(2) 流量比

$$\text{流量比} = \text{実測流量 (F)} \div \text{実測最大流量}$$

(3) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{実測消費電力 (WH)} \div \text{実測最大消費電力}$$

(4) 熱量比

$$\text{熱量比} = \text{実測流量 (F)} \times \text{冷水温度差 (T2-T1)} \times \text{水の密度} \times \text{水の比熱} \div \text{実測最大熱量}$$

(5) WTF

$$\text{WTF} = \text{実測熱量} \div \text{実測消費電力 (WH)}$$

2. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・ 10分間隔

(2) データ処理

- ・ 10分間隔のデータを1時間平均に集計

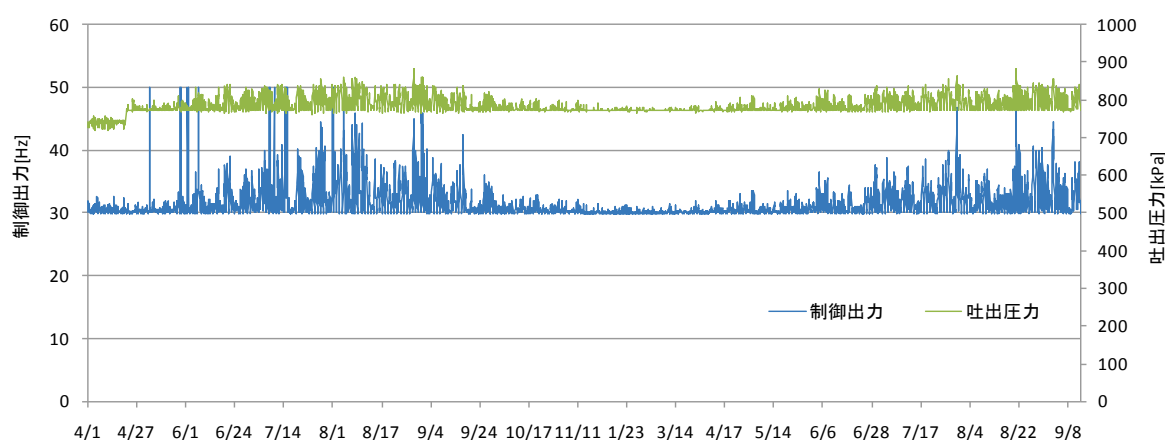
事務所 08(冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

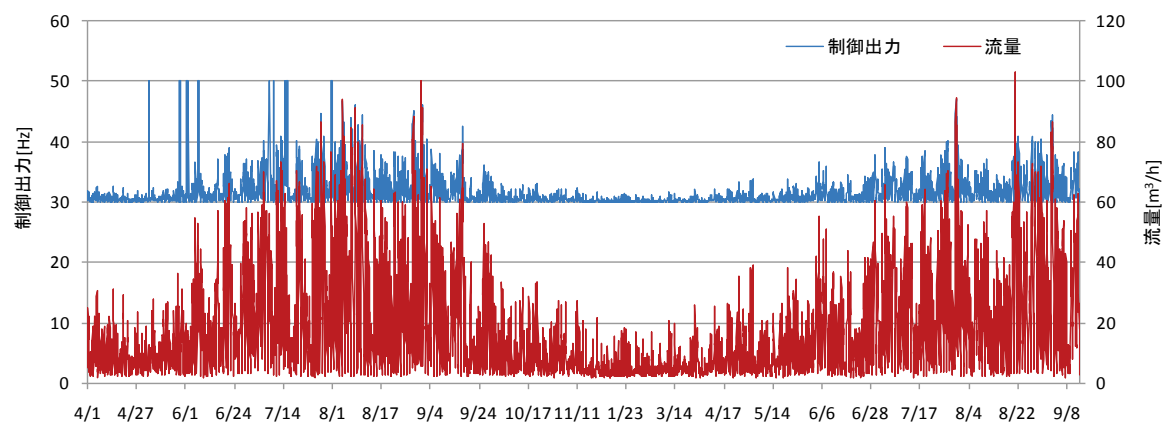
- ・吐出圧力を 780kPa～820kPa で制御している。(設定値 800kPa)
- ・2台設置されているが運転は1台となっている。
- ・制御出力は 30～50Hz にて上下限設定。

制御出力と吐出圧力の推移 (2011/4/1～2012/9/8)



図Ⅲ. 3. 1. 305 制御出力と吐出圧力の推移

制御出力と流量の推移 (2011/4/1～2012/9/8)



図Ⅲ. 3. 1. 306 制御出力と吐出圧力の推移

事務所 08(冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

<流量分析データ>

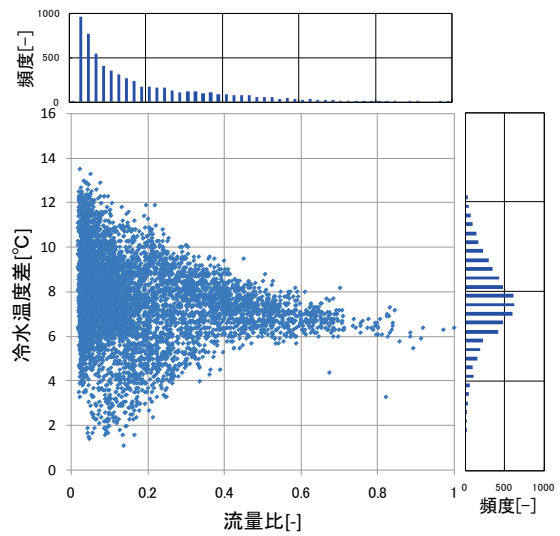
温度差は設計温度差に近い状態で運転されており、流量制御は良好である。差圧一定制御では流量比と消費電力比は比例関係になるが差圧制御が良好なためほぼ理論通りの運用状態である。

流量最大値=103m³/h

消費電力最大値=10.4 kWh

流量比～冷水温度差

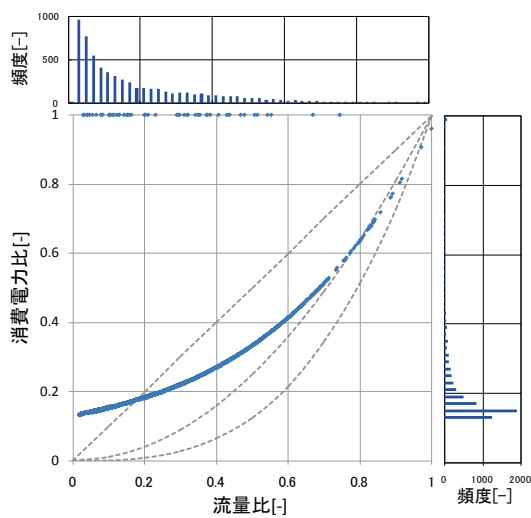
6～8℃差で運転されており非常に低流量で運転されている。設計温度差(5℃)以上の温度差。



図Ⅲ. 3. 1. 307 流量比と冷水温度差の関係

流量比～消費電力比

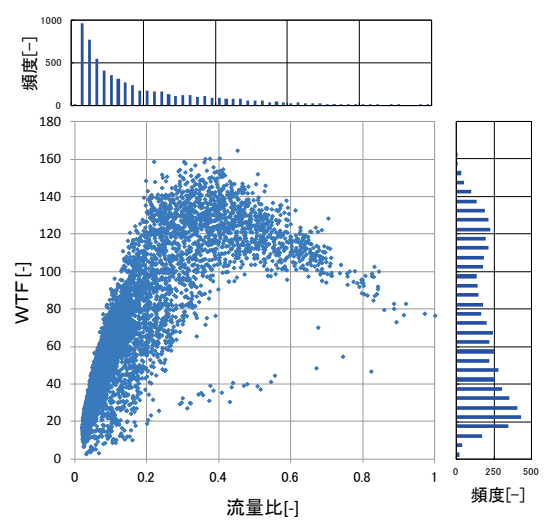
10%を下限に運転されている。



図Ⅲ. 3. 1. 308 流量比と消費電力比の関係

流量比～WTF

流量 30%で最大 WTF となっている。



図Ⅲ. 3. 1. 309 流量比とWTFの関係

事務所 08(冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数 (周波数) 制御

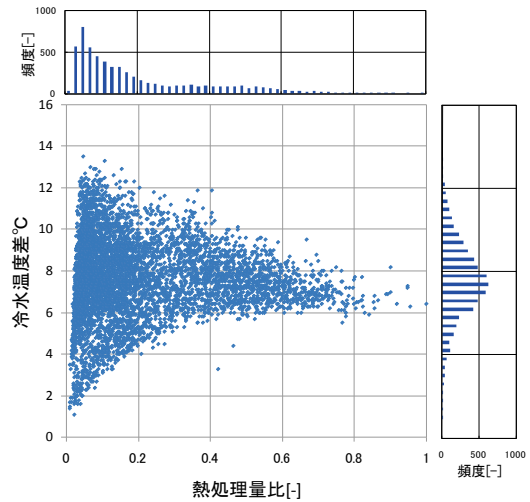
<熱量分析データ>

温度差が設計温度差に近い状態で運転されており, 制御は良好である.

熱量最大値=2759MJ/h
(= 766 kW)

熱量比~冷水温度差

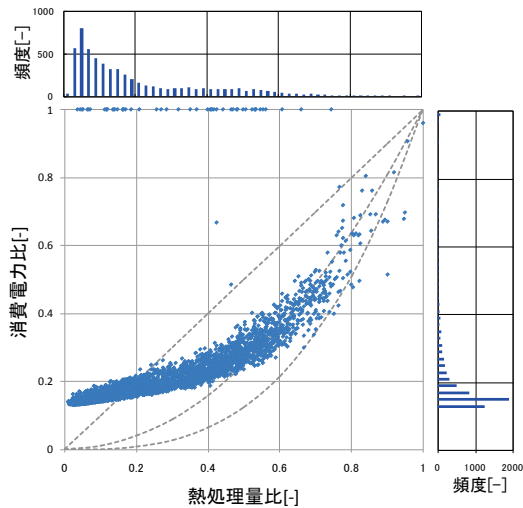
6~8℃差で運転されており非常に低流量で運転されている. 設計温度差 (5℃) 以上の温度差.



図Ⅲ. 3. 1. 310 熱量比と冷水温度差の関係

熱量比~消費電力比

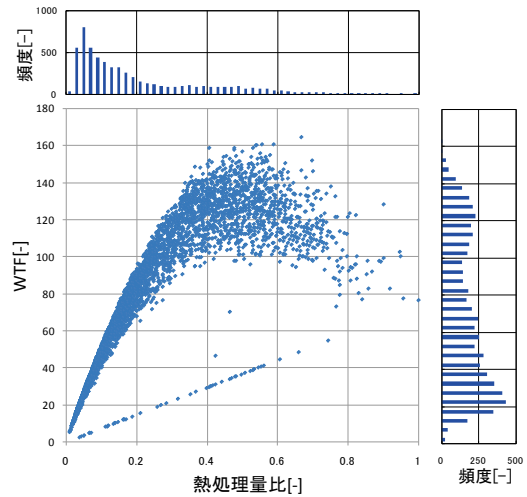
10%を下限に運転されている.



図Ⅲ. 3. 1. 311 熱量比と消費電力比の関係

熱量比~WTF

熱量比 50%で最大 WTF となっている.

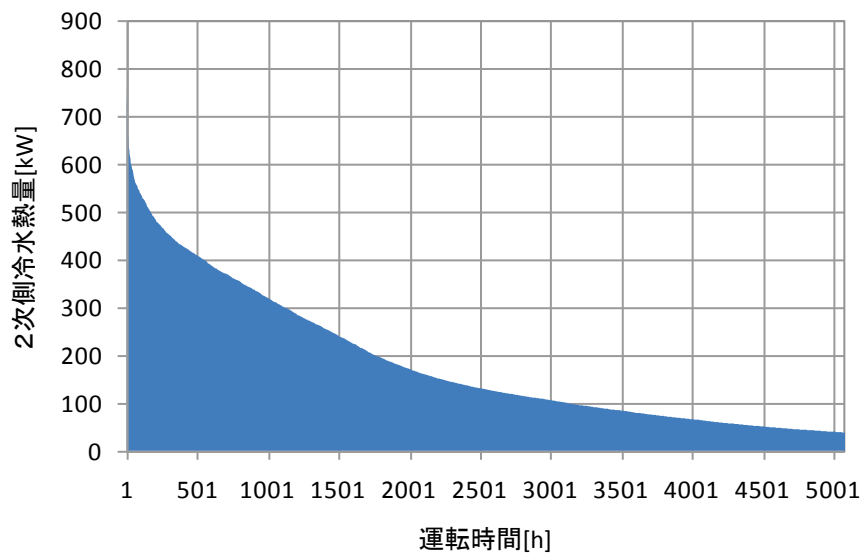


図Ⅲ. 3. 1. 312 熱量比とWTFの関係

事務所 08(冷水 VWV, 制御方式 P2-VWV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ (1台)	吐出圧力	吐出圧力	回転数(周波数)制御

<期間負荷データ>



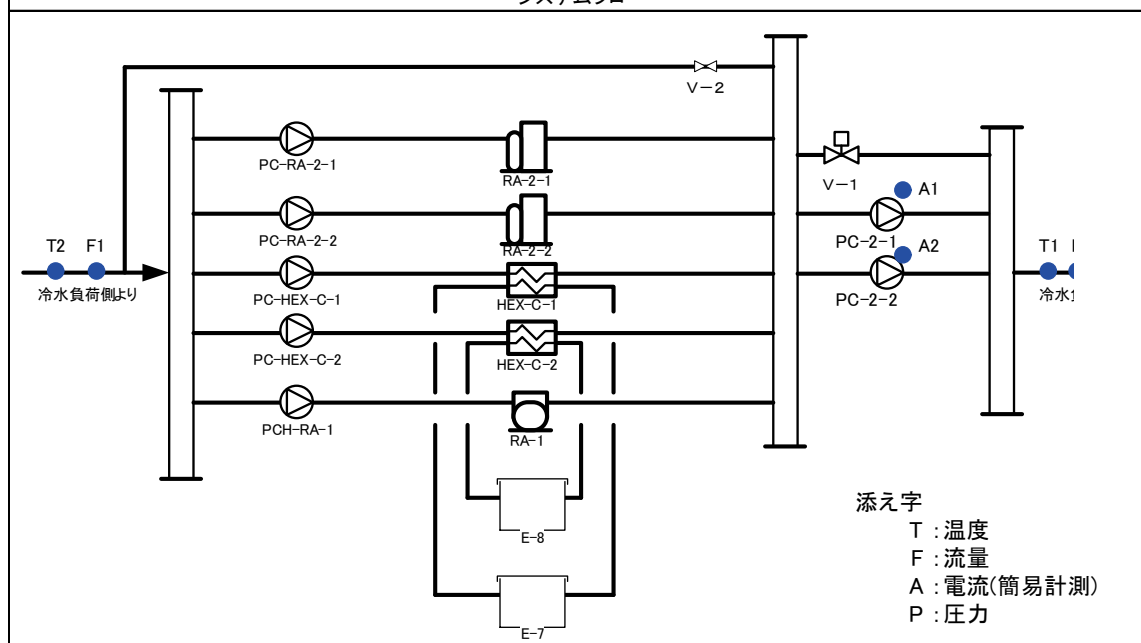
図Ⅲ. 3. 1. 313 期間負荷

3.1.19. 事務所09（冷水VWV，制御方式P2-VWV-05）

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ（全台）	吐出圧力（負荷流量）	推定末端圧	回転数（周波数）制御

建物名	事務所09	地区	関東	竣工	2000年	改修	—	規模	36,200m ²
分類記号	P2-VWV-05				検出部	負荷流量			
制御目的	二次側冷水流量制御				制御目標	推定末端圧			
分析期間	2006/6/24-2006/10/31				動作	回転数（周波数）制御、台数制御			
制御対象	二次ポンプ				製造年月				
制御内容	<p>1)二次ポンプ台数制御</p> <ul style="list-style-type: none"> ・二次側負荷流量による台数制御 <p>2)二次ポンプの吐出圧制御</p> <ul style="list-style-type: none"> ・二次側負荷流量による推定末端圧となるようINVによる回転数制御 ・INV周波数が下限値となっても吐出圧力が上昇する場合は、バイパス弁をPI制御 <p>3)制御設定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・冷水二次ポンプの台数制御 負荷流量280m³/hで増段、240m³/hで減段 ・冷水二次ポンプの吐出圧力 設定値固定時 780kPa 設定値推定末端圧時 負荷流量による 最低揚程 100kPa、ヘッド圧力580kPa 空調機二方弁開度によるカスケード制御 最大開度97.5%で5kPa増、92.5%で5kPa減 インバータ下限周波数 50%(30Hz) ・バイパス弁の制御 インバータ下限周波数でも吐出圧力が上昇した場合はヘッド間バイパス弁V-1をPI制御 				機器仕様	<p>冷水二次ポンプ PC-2-1,PC-2-2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・150A×100A×5,000L/min×32m ・3φ400V,60Hz, 37kW 			

システムフロー



分析リスト

- ・ 温度変化、往還温度差、流量、熱処理量
- ・ 冷水二次ポンプ消費電力、WTF

事務所 09(冷水 VVV, 制御方式 P2-VVV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<制御概要, 評価項目計算式>

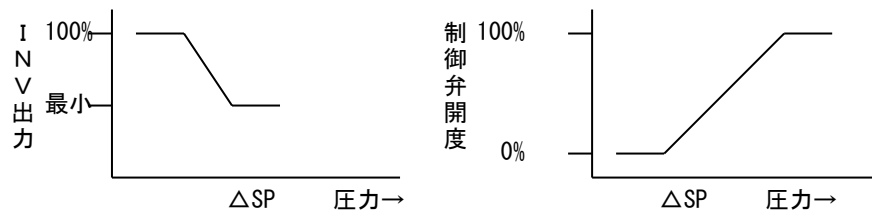
1. 制御概要

(1)CP-2-1, CP-2-2 冷水ポンプ台数制御

- ・熱量演算に使用する2次側負荷流量信号を基に, 2次ポンプの台数制御を行う.
- ・台数制御方式は, ローテーション・シーケンシャル両方とも切換により可能とする.
- ・運転機が故障の場合は, 自動的にスキップする.

(2) CP-2-1, CP-2-2 冷水ポンプ吐出圧制御

- ・2次側に送水する圧力を検知し, 2次ポンプに設置されたインバータ装置によりポンプの回転数を制御する.
- ・インバータ装置は最小回転数を設定し, 最小回転数でも吐出圧力が上昇した場合はヘッド間のバイパス弁 V-1 を PI 制御する.



2. 評価項目計算式

(1)流量

計測期間の最大流量を基準値として流量比(=流量 F1÷基準値)を算出.

(2)冷水温度差

冷水往温度 T1 と冷水還温度 T2 の差を冷水温度差 ΔT とする.

(3)熱量

熱量計からの出力値(MJ/h)から, 熱量(kW)を換算.

計測期間の最大熱量を基準値として, 熱量比(=熱量÷基準値)を算出.

(4)消費電力

電流値合計(A1+A2)に電圧(400V), 位相(√3), 力率(0.95)を乗じて消費電力を換算.

計測期間の最大電力を基準値として, 消費電力比(=消費電力÷基準値)を算出.

(5)W T F (水搬送効率)

消費電力を熱量で除して算出.

(6)吐出圧力

計測値を使用.

(7)計測値の平均化

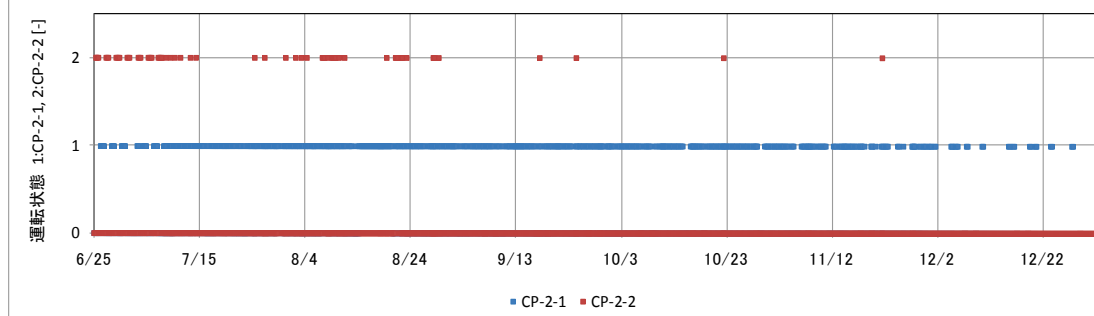
10 分間隔で計測した値を基に 1 時間ごとの加算平均を算出.

事務所 09(冷水 VVV, 制御方式 P2-VVV-05)

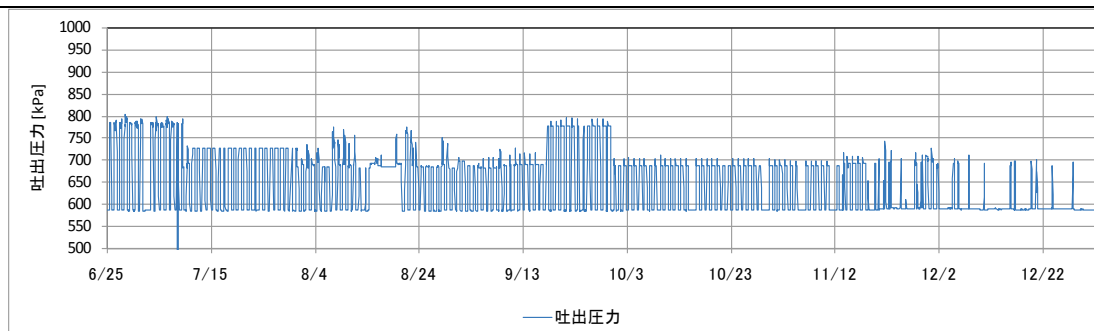
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

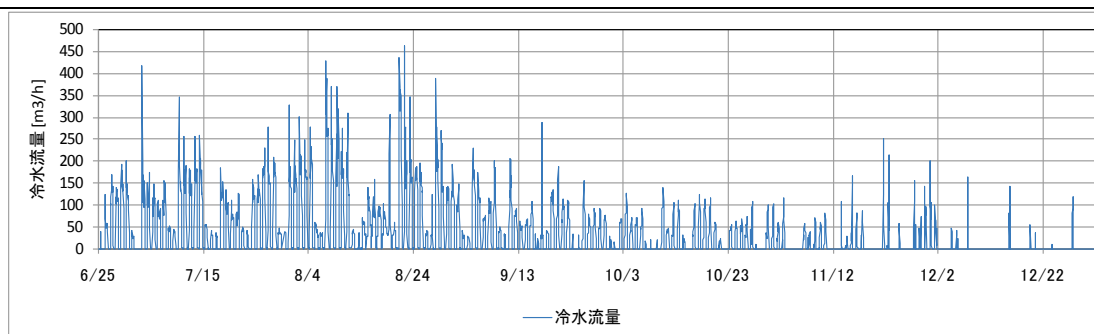
- ・二次ポンプの運転台数は夏季ピーク時を除くとほぼ1台であった。
- ・吐出圧力は、6/25～7/8, 9/17～9/30が固定, 他は推定末端圧であった。
- ・流量は、夏期ピーク時で450m³/h程度であるが、他はポンプ1台運転で賄える280m³/h以下であった。



図Ⅲ. 3. 1. 314 運転台数の推移



図Ⅲ. 3. 1. 315 吐出圧力のトレンド



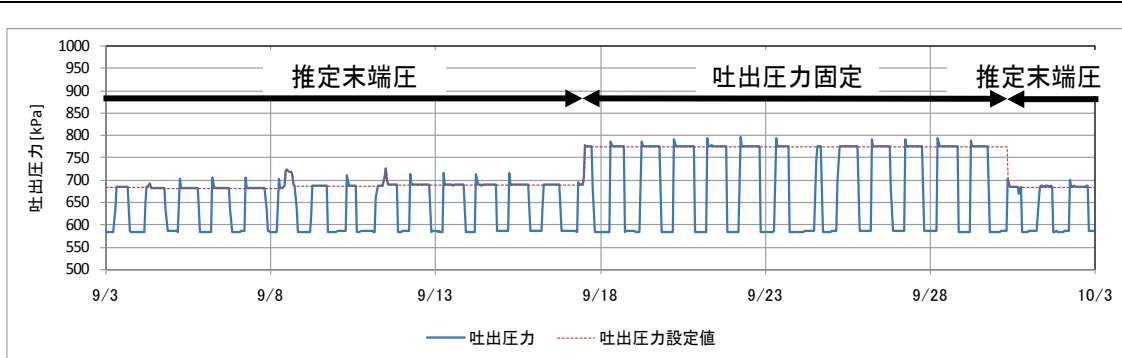
図Ⅲ. 3. 1. 316 冷水流量のトレンド

事務所 09(冷水 VVV, 制御方式 P2-VVV-05)

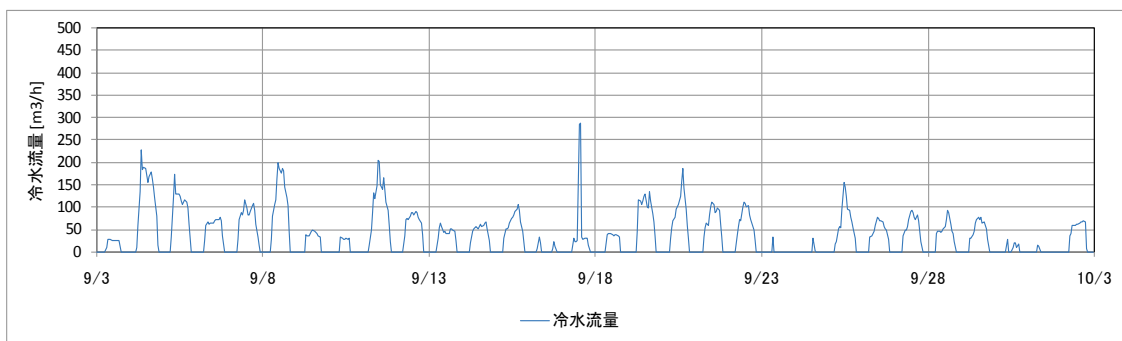
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

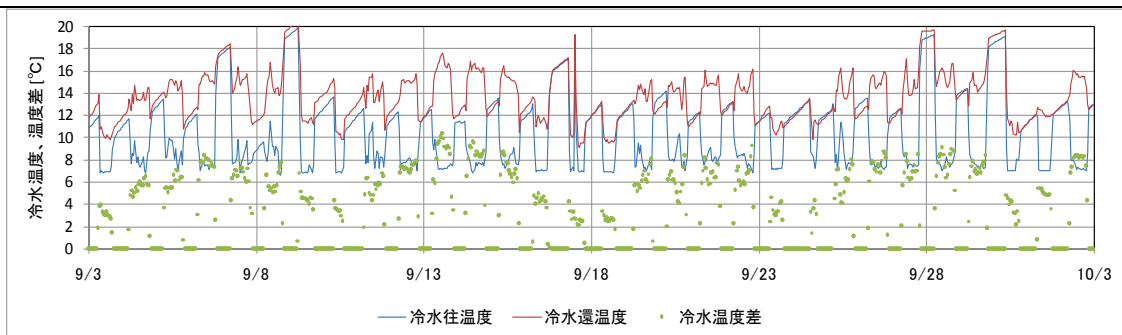
- ・吐出圧固定と推定末端圧を切り替えた期間の運転データを示す。
- ・吐出圧力は、推定末端圧制御とすることで流量に応じた値となっていた。
- ・冷水温度差は、制御方法に関わらず 2℃～8℃で変動していた。



図Ⅲ.3.1.317 制御方法変更前後の吐出圧力のトレンド



図Ⅲ.3.1.318 冷水流量のトレンド



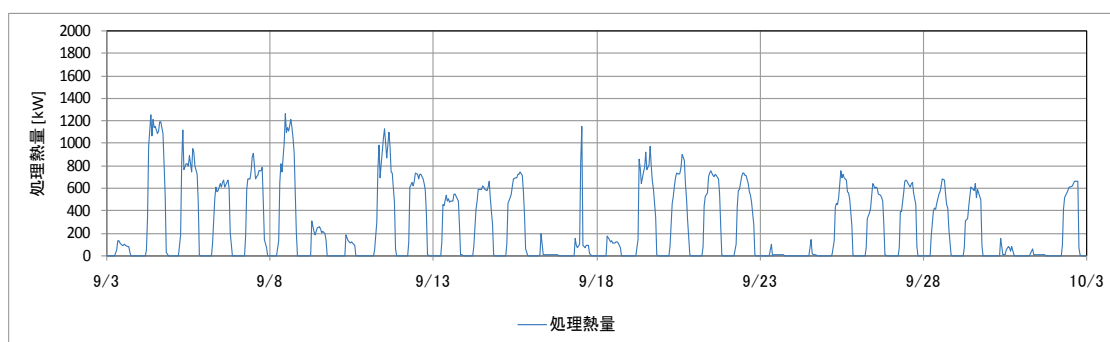
図Ⅲ.3.1.319 冷水温度、温度差のトレンド

事務所 09(冷水 VVV, 制御方式 P2-VVV-05)

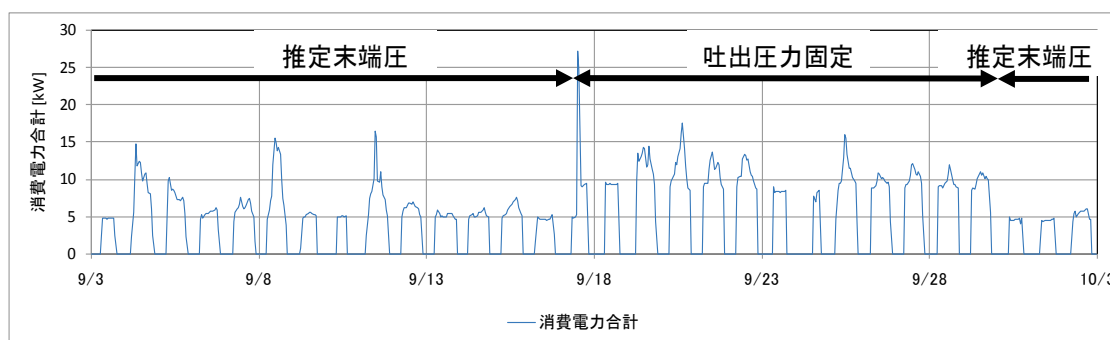
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

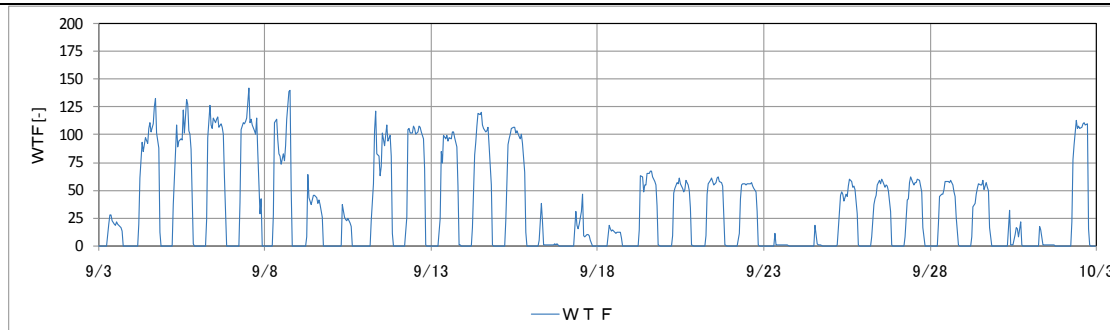
- ・処理熱量は、600kW から 1200kW であった。
- ・吐出圧力固定の方が推定末端圧よりも消費電力合計は大きくなった。
- ・WTF は推定末端圧の場合は 100~125、吐出圧力固定の場合は 50~70 で変動していた。



図Ⅲ. 3. 1. 320 処理熱量のトレンド



図Ⅲ. 3. 1. 321 冷水流量のトレンド



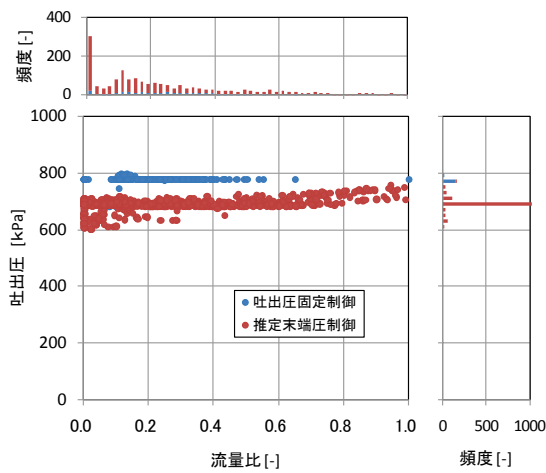
図Ⅲ. 3. 1. 322 WTFのトレンド

事務所 09(冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-05)

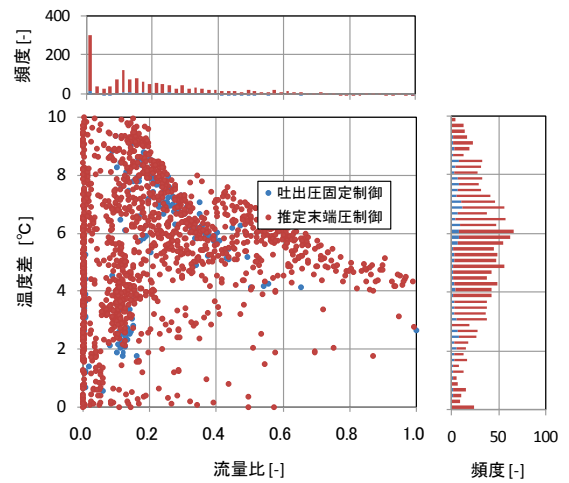
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<流量分析>

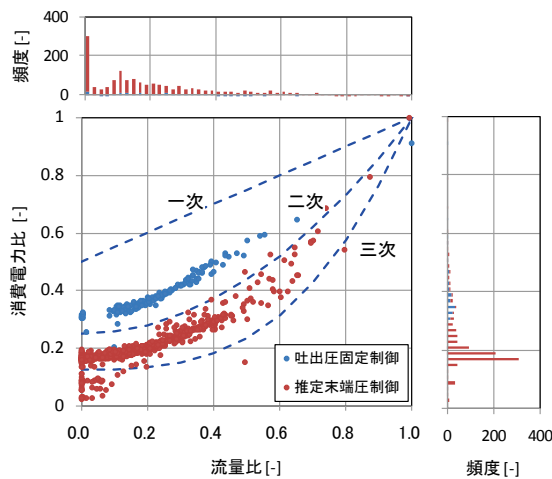
- ・流量比では 288.3m³/h を基準値とした.
- ・消費電力比では 27.2kW を基準値とした.
- ・処理熱量比では 1912.7kW を基準値とした.
- ・流量比と吐出圧の関係から, 推定末端圧では流量比に応じて吐出圧が多少絞られている.



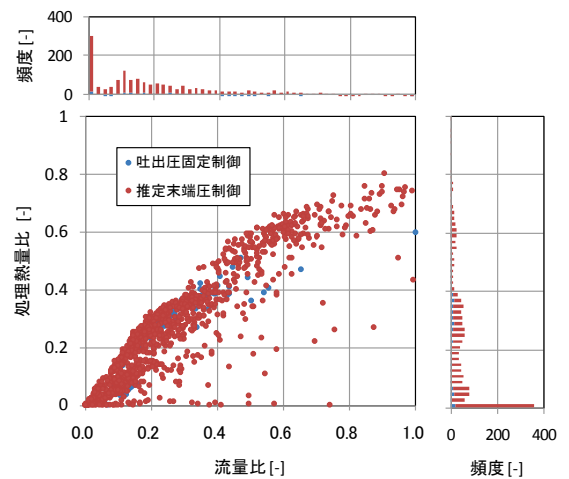
図Ⅲ. 3. 1. 323 流量比と吐出圧の関係



図Ⅲ. 3. 1. 324 流量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 325 流量比と消費電力比の関係



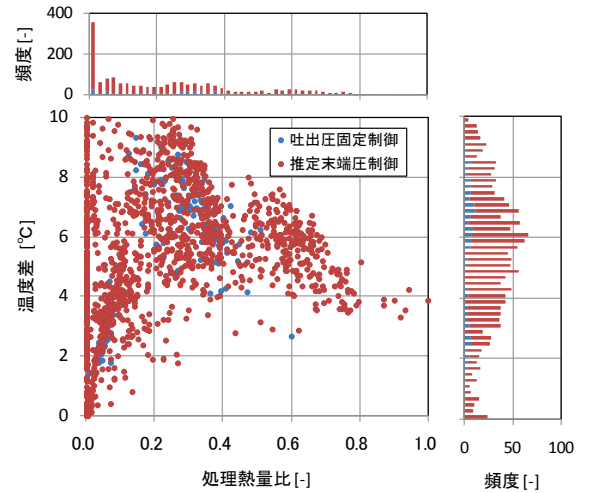
図Ⅲ. 3. 1. 326 流量比と処理熱量比の関係

事務所 09(冷水 VVW, 制御方式 P2-VVW-05)

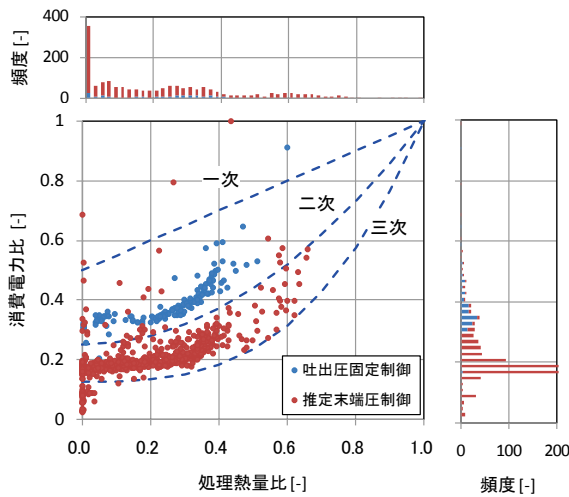
制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ(全台)	吐出圧力(負荷流量)	推定末端圧	回転数(周波数)制御

<熱量分析>

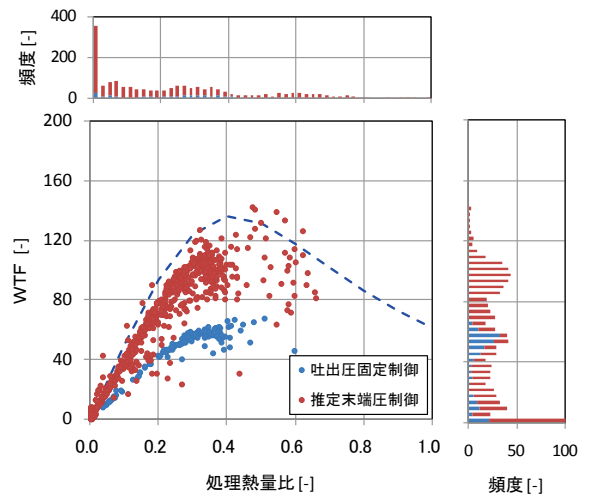
- ・消費電力比では 27.2kW を基準値とした。
- ・処理熱量比では 1912.7kW を基準値とした。
- ・温度差は、制御方法に関わらず、設計値 5℃ に対して 6℃ を中央に 2℃～8℃ の範囲で広く分布している。
- ・消費電力比は、吐出圧力固定に比べ推定末端圧の方が 0.1～0.2 ポイント下回っている。
- ・推定末端圧制御での消費電力比は、二次と三次の間である。
- ・WTF は、推定末端圧制御とすることで搬送効率の向上が見られる。



図Ⅲ. 3. 1. 327 処理熱量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 328 処理熱量比と消費電力比の関係



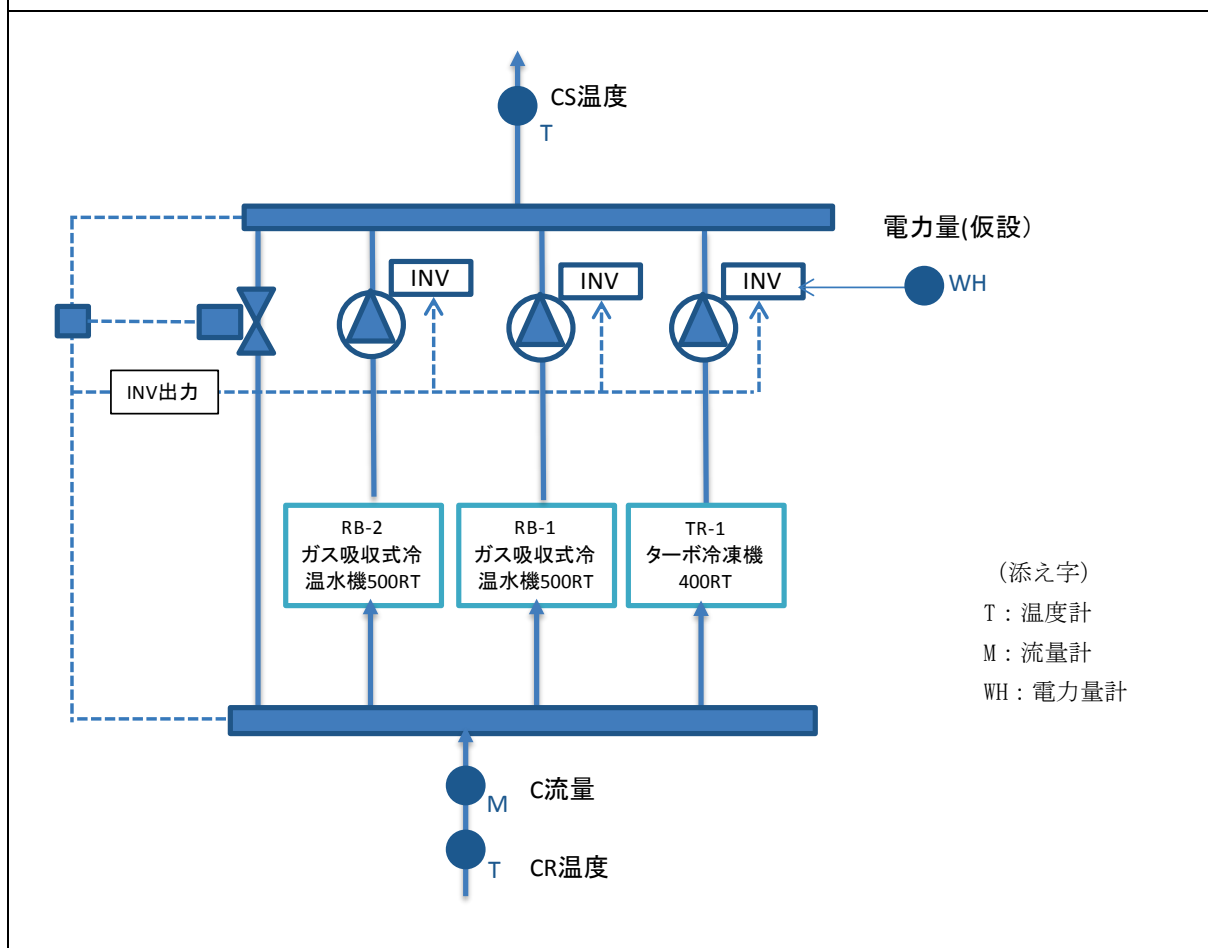
図Ⅲ. 3. 1. 329 処理熱量比とWTFの関係

3.1.20. 学校 01 (冷水 VVW, 制御方式 : P1-VVW-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	2次側差圧	吐出圧力	回転数(周波数)制御

建物名	学校 01	地区	関東	竣工	2010年	新築	—	規模	57,000m ²
分類記号	P1-VVW-05				検出部	2次側差圧			
制御目的	VVW				制御目標	吐出圧力			
分析期間	2011年3月13日～2012年2月20日				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	冷水ポンプ				製造年月	年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 1次ポンプ ヘッダー間圧力一定 INV 制御→バルブ制御 負荷熱量による台数制御 INV 下限流量設定 				機器仕様	冷水ポンプ : 2515L/min×590kPa×30kW×1台 冷温水ポンプ : 3150L/min×590kPa×37kW×2台			

システムフロー



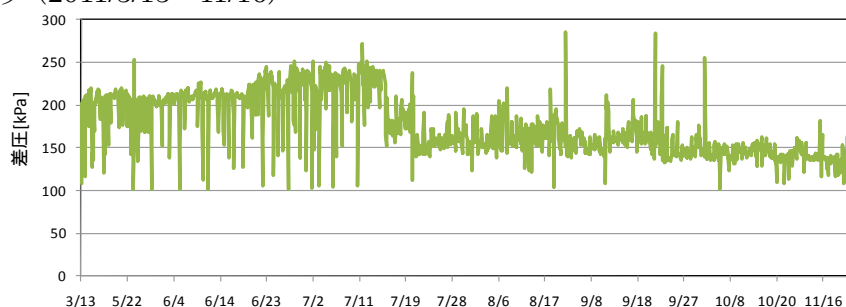
学校 01(冷水 VWV, 制御方式:P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	2次側差圧	吐出圧力	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

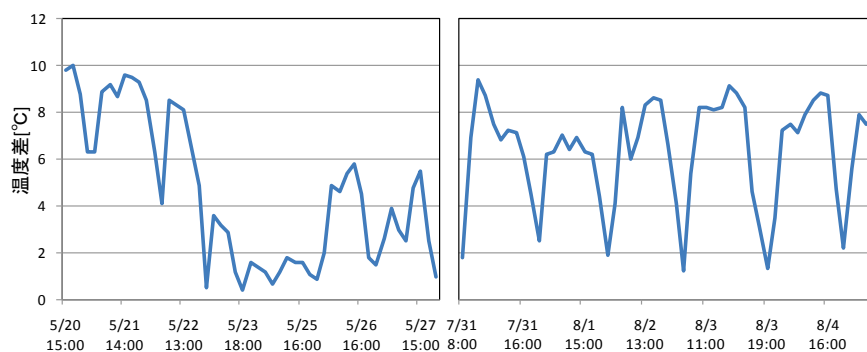
- ・差圧を 150kPa～250kPa で制御している。(設定値 150～200kPa)
- ・1次ポンプ方式で冷水ポンプ 1台, 冷温水ポンプ 2台設置されている。
- ・制御周波数は流量 50%にて下限設定。

吐出圧力の推移 (2011/3/13～11/16)



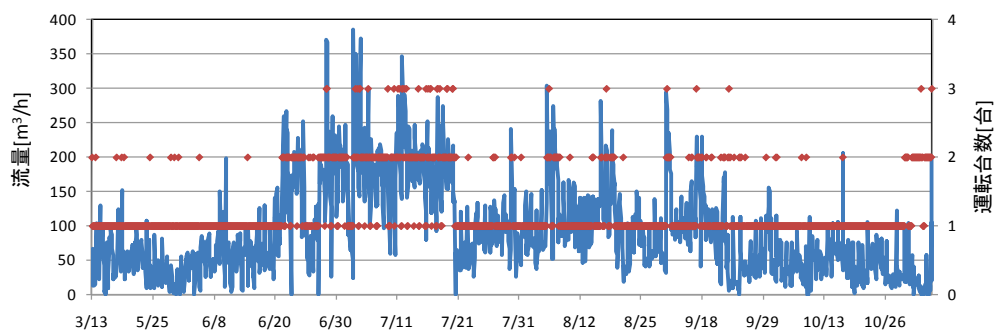
図Ⅲ. 3. 1. 330 吐出圧力の推移

温度差の推移 (2011/5/20～5/27, 2011/7/31～8/5)



図Ⅲ. 3. 1. 331 温度差の推移

流量と運転台数の推移 (2011/3/13～11/16)



図Ⅲ. 3. 1. 332 流量と運転台数の推移

学校 01(冷水 VWV, 制御方式:P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	2次側差圧	吐出圧力	回転数(周波数)制御

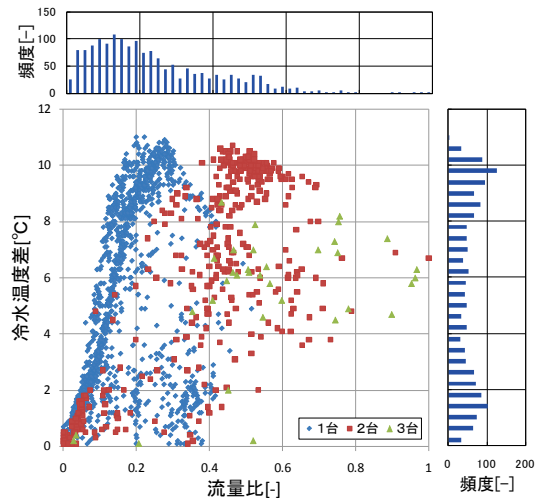
<流量分析データ>

1次ポンプ方式のためポンプの流量が同一でなく、さらに冷凍機の台数制御と同調するため1台運転時と2台運転時の特性がはっきりと分かれています。

流量最大値=385m³/h
 消費電力最大値=76kWh
 INV 周波数=25~50Hz

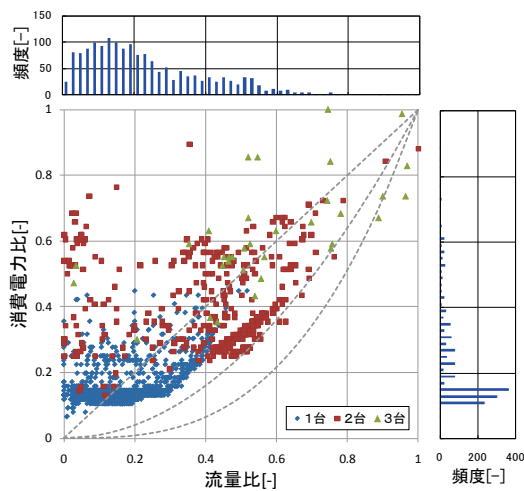
流量比～冷水温度差

設計温度差は8℃. 流量が大きくなると10℃差程度の温度差となっている。



図Ⅲ. 3. 1. 333 流量比と冷水温度差の関係

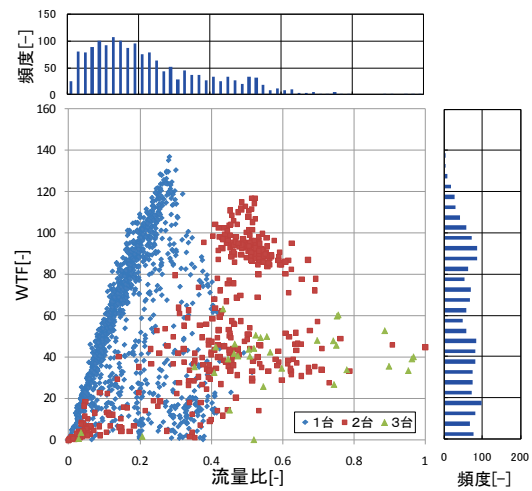
流量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 1. 334 流量比と消費電力比の関係

流量比～WTF

1台運転の100%流量時は最もWTFが高くなる。



図Ⅲ. 3. 1. 335 流量比とWTFの関係

学校 01(冷水 VWV, 制御方式:P1-VWV-05)

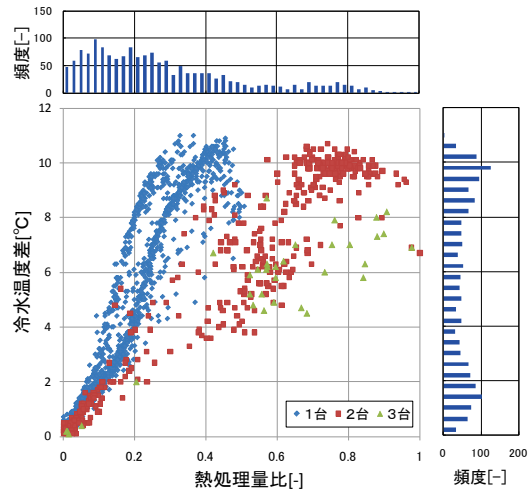
制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	2次側差圧	吐出圧力	回転数(周波数)制御

<熱量分析データ>

1次ポンプ方式のためポンプの流量が同一でなく、さらに冷凍機の台数制御と同調するため1台運転時と2台運転時の特性がはっきりと分かれている。

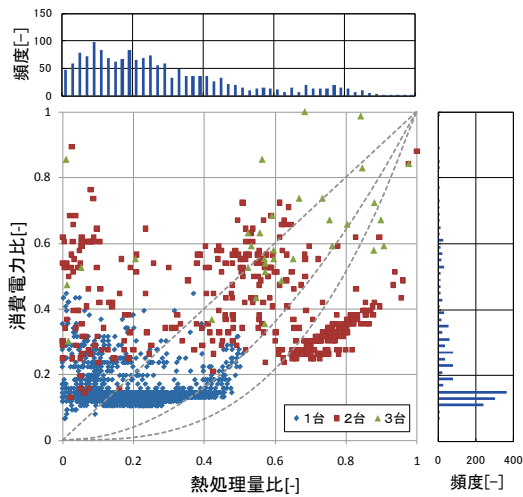
熱量最大値=10.8GJ/h

熱量比～冷水温度差



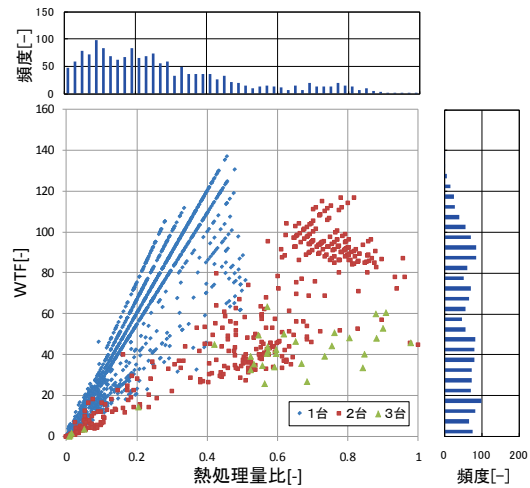
図Ⅲ. 3. 1. 336 熱量比と冷水温度差の関係

熱量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 1. 337 熱量比と消費電力比の関係

熱量比～WTF

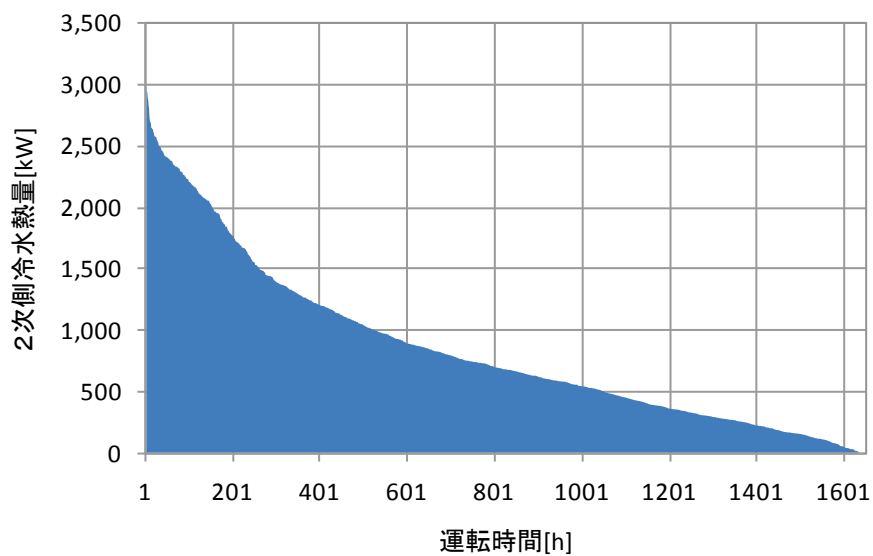


図Ⅲ. 3. 1. 338 熱量比とWTFの関係

学校 01(冷水 VWV, 制御方式:P1-VWV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
1次ポンプ	2次側差圧	吐出圧力	回転数(周波数)制御

<期間負荷データ>



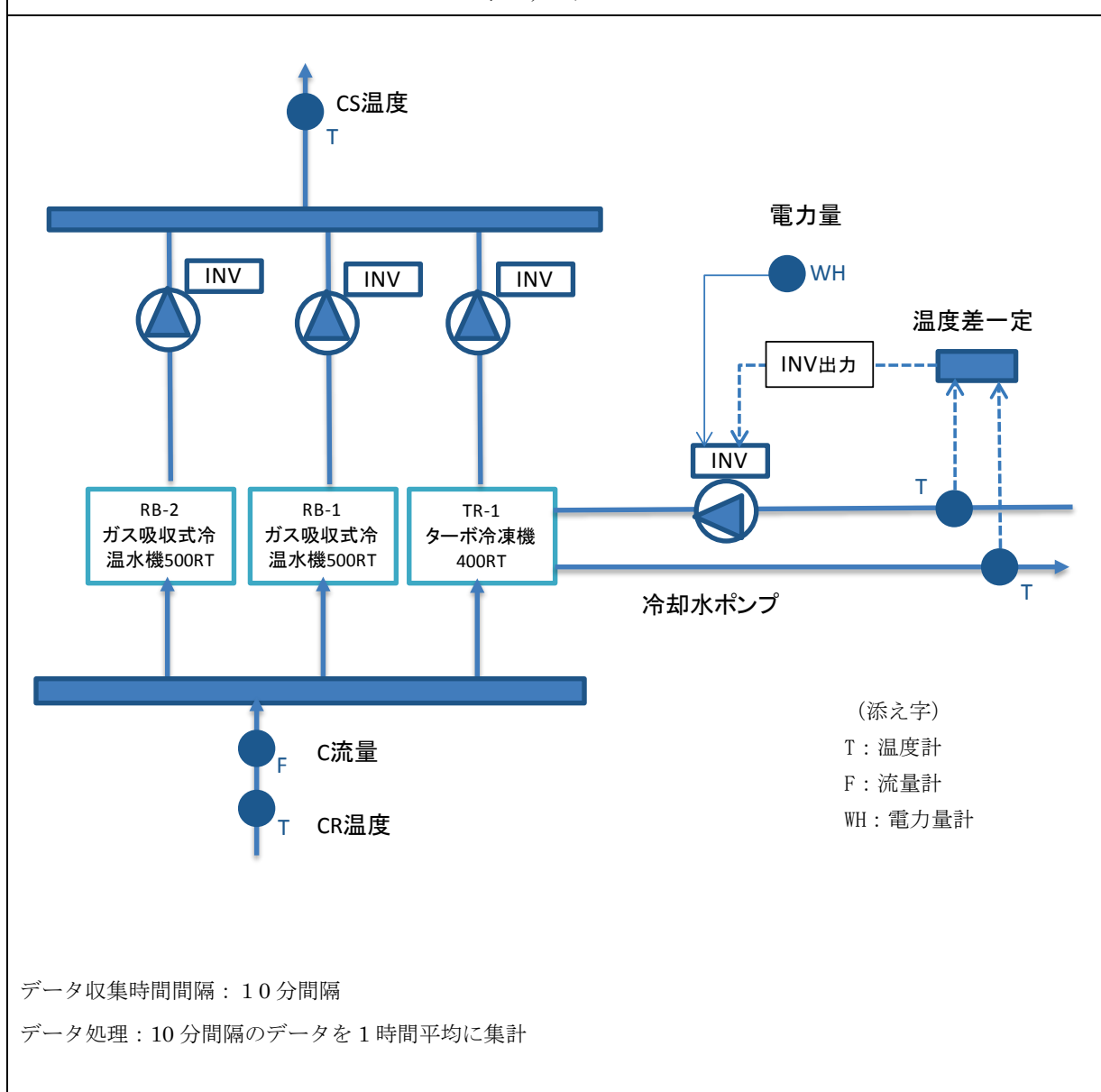
図Ⅲ. 3. 1. 339 期間負荷

3.1.21. 学校 01 (冷却水 VWV, 制御方式 PCD-VWV-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機の冷却水出口温度	冷凍機の冷却水出口温度	回転数 (周波数) 制御

建物名	学校 01	地区	関東	竣工	2010 年	新築	—	規模	57,000m ²
分類記号	PCD-VWV-02				検出部	冷凍機の冷却水出口温度			
制御目的	VWV				制御目標	冷凍機の冷却水出口温度			
分析期間	2011 年 6 月 1 日～2011 年 10 月 30 日				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	冷却水ポンプ				製造年月	2009 年			
制御内容	・ 冷却水温度一定 INV 制御				機器仕様	2515L/min×590kPa×30kW×1 台			

システムフロー



データ収集時間間隔 : 10 分間隔

データ処理 : 10 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

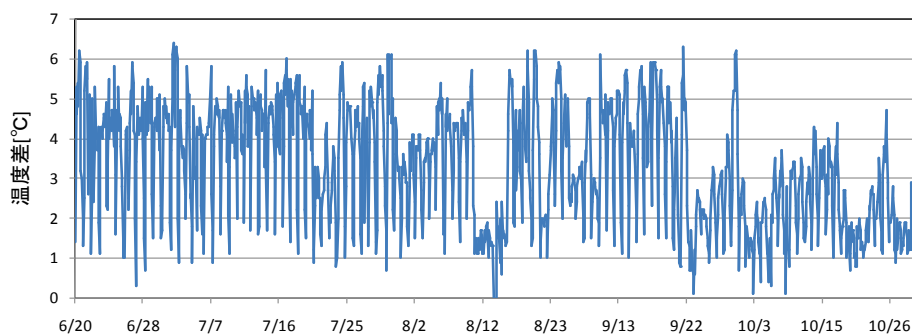
学校 01 (冷却水 VWV, 制御方式 PCD-VWV-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機の冷却水出口温度	冷凍機の冷却水出口温度	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ>

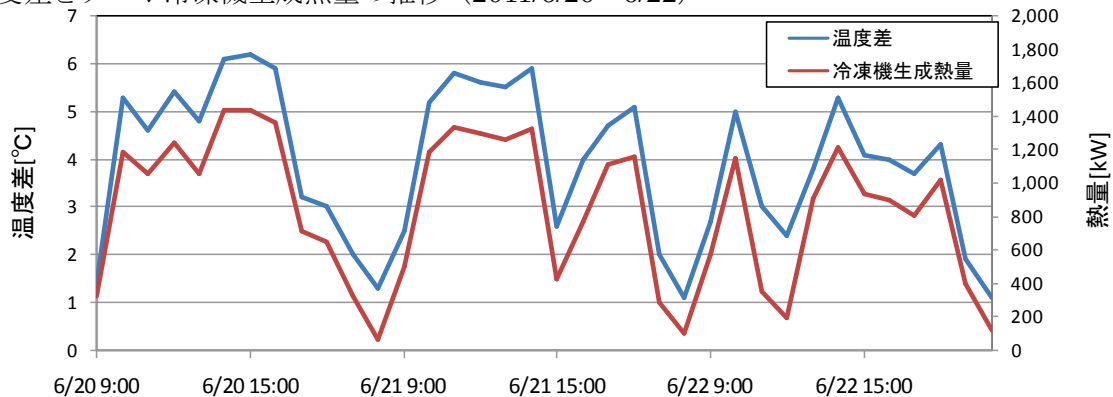
温度差 (出口温度-入口温度) が小さくなると出力は下がり, 下限値 30Hz で制御している.

温度差の推移 (2011/6/20~10/30)



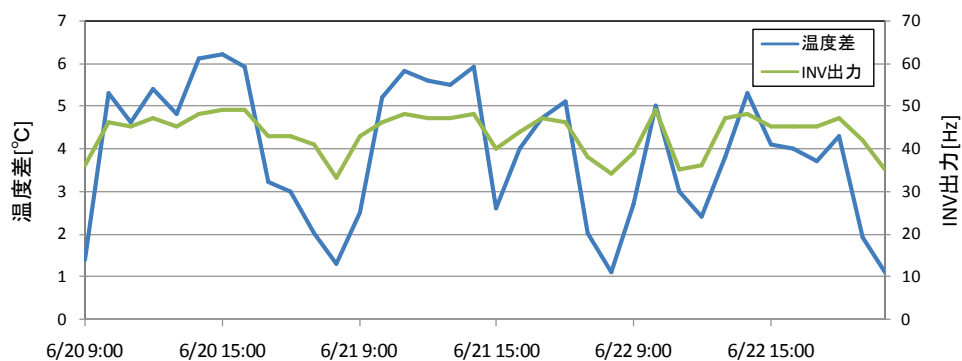
図Ⅲ. 3. 1. 340 温度差の推移

温度差とターボ冷凍機生成熱量の推移 (2011/6/20~6/22)



図Ⅲ. 3. 1. 341 温度差と冷凍機生成熱量の推移

温度差と INV 出力の推移 (2011/6/20~6/22)



図Ⅲ. 3. 1. 342 温度差と INV 出力の推移

学校 01 (冷却水 VWV, 制御方式 PCD-VWV-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
冷却水ポンプ	冷凍機の冷却水出口温度	冷凍機の冷却水出口温度	回転数(周波数)制御

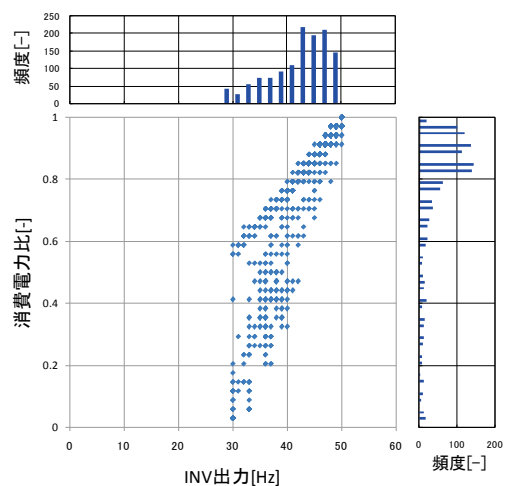
< 相関分析データ >

INV 出力は 30Hz 下限値.
消費電力比 80%程度まで制御している.

消費電力最大値=34kWh

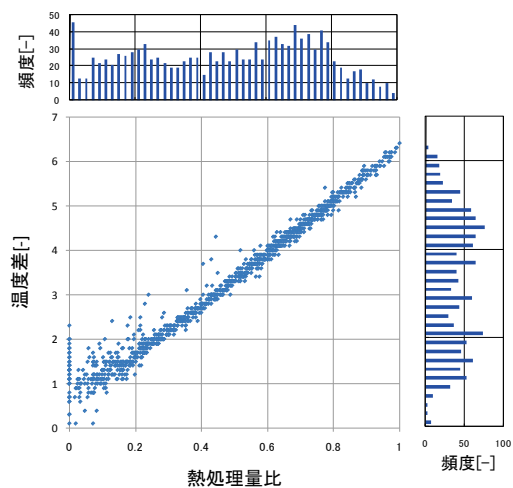
熱量最大値=5.33GJ/h

INV 出力～消費電力比



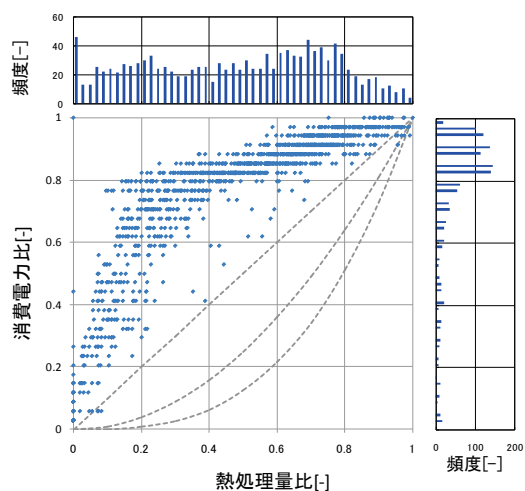
図Ⅲ. 3. 1. 343 INV 出力と消費電力比の関係

熱量比～温度差



図Ⅲ. 3. 1. 344 熱量比と温度差の関係

熱量比～消費電力



図Ⅲ. 3. 1. 345 熱量比と消費電力の関係

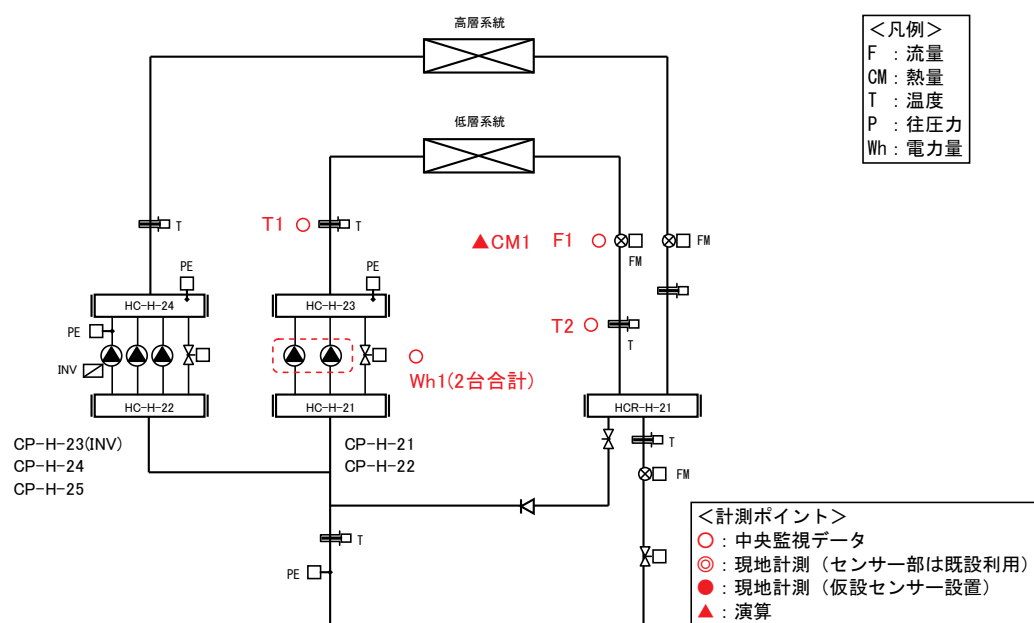
3.1.22. その他 01（ホテル低層系統）（P2-VWV-03）

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

建物名	その他 01	地区	関西	竣工	1997年	新築	—	規模	236,000 m ²
分類記号	P2-VWV-03				検出部	負荷流量			
制御目的	ポンプ台数制御				制御目標	流量			
分析期間	平成24年7月1日～平成24年9月30日				動作	台数制御			
制御対象	2次ポンプ				製造年月	—			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 2次側流量による台数制御 往圧力によるバイパス弁制御 外調機設計温度 往温度：7℃，還温度：17℃ 				機器仕様	CP-H-21,22 100Φ×65Φ×1400L/min×25mAq×2台 3Φ×400V×11kW			

システムフロー

<ホテル系統>



<制御方式及び評価項目計算式>

- (1)データの収集時間間隔
 - ①現地計測データ：1時間，瞬時値
 - ②中央監視データ：1分間，瞬時値
- (2)データ処理
1分間瞬時値→1時間平均値に処理
- (3)解析利用データのフィルタリング項目
 - ①機器の起動・停止時のデータ排除
 - ②増段，減段時のデータを排除

その他 01 (ホテル低層系統) (P2-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

(4)制御内容

①2次側流量による台数制御

増減段流量閾値[L/min]

変更日	増段	減段
従来	1,350	1,283
7/27	2,333	2,217
8/29	2,333	2,217

②往圧力によるバイパス弁制御

往圧力設定値[MPa]

変更日	低層
従来	0.82
7/13	0.7
7/19	0.68
8/29	0.6

(5)評価項目計算式

①流量比

$$\text{流量比 (FR) [-]} = \text{流量 (F1) [L/min]} \div \text{実測時最大流量 (2,880) [L/min]}$$

②温度差

T1 : 往温度[°C], T2 : 還温度[°C]として,

$$\text{温度差 (ΔT) [°C]} = \text{T2} - \text{T1}$$

③熱処理量

$$\begin{aligned} \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} &= \text{低圧比熱 (4.186) [kJ/kg/°C]} \times \text{密度 (1.0) [kg/L]} \\ &\times \text{流量 (F1) [L/min]} \times \text{温度差 (ΔT) [°C]} \\ &\times 60[\text{min/h}] \div 1000 \end{aligned}$$

④消費電力量比

Wh1 : 2台合計電力量[kWh]として,

$$\begin{aligned} \text{消費電力量比 (PR) [-]} &= \text{消費電力量 (Wh1) [kWh]} \\ &\div \text{実測時最大消費電力量 (26.0) [kWh]} \end{aligned}$$

⑤WTF

$$\text{WTF[-]} = \text{熱処理量 (CM1) [MJ/h]} \div 3.6[\text{MJ/kWh}] \div \text{消費電力量 (Wh1) [kWh]}$$

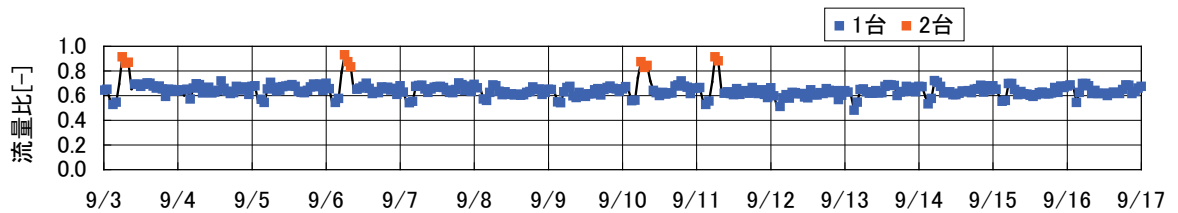
その他 01 (ホテル低層系統) (P2-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

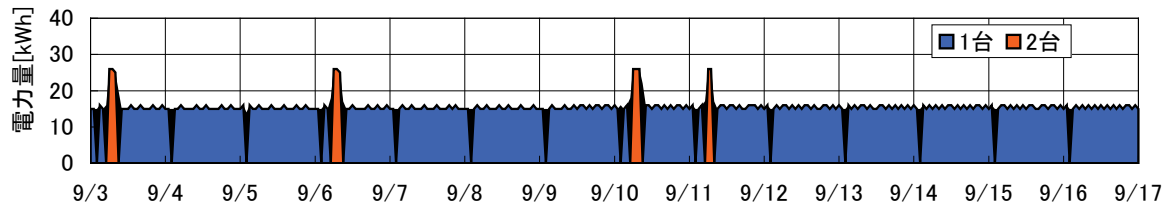
<動作確認データ>

2012年9月3日(月)～9月16日(日)のトレンドデータを示す。

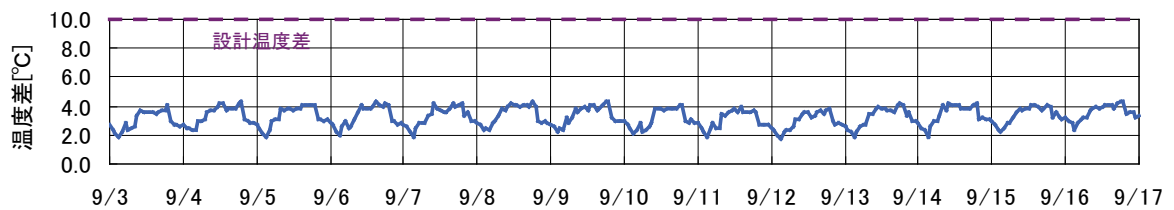
24時間運転で、流量はほぼ一定で運転している。また、温度差は設計温度差を満たしていないが、昼間4℃差・夜間2℃差を繰り返して運転している。



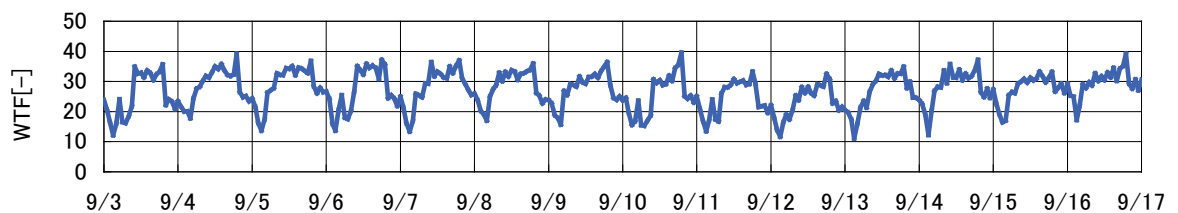
図Ⅲ.3.1.346 流量比



図Ⅲ.3.1.347 電力量



図Ⅲ.3.1.348 温度差



図Ⅲ.3.1.349 WTF

その他 01 (ホテル低層系統) (P2-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

<流量分析>

- ① : 7月1日~7月27日
- ② : 7月27日~9月30日

図Ⅲ. 3. 1. 350

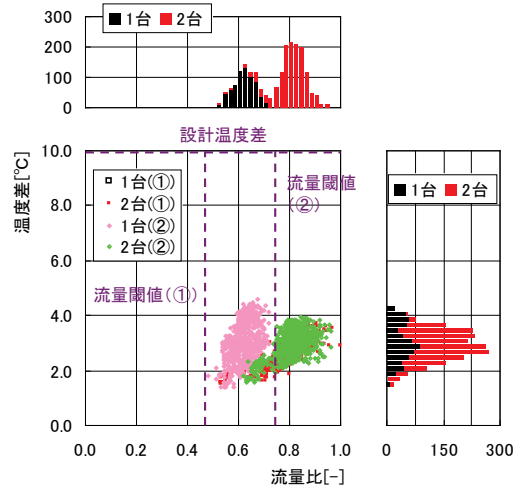
温度差 3°Cを中心とした動作となっている。増減段は、①の期間は 2 台運転のみであるが、流量設定値を変更後の②の期間は、1 台運転・2 台運転の増減段が行われている。

図Ⅲ. 3. 1. 351

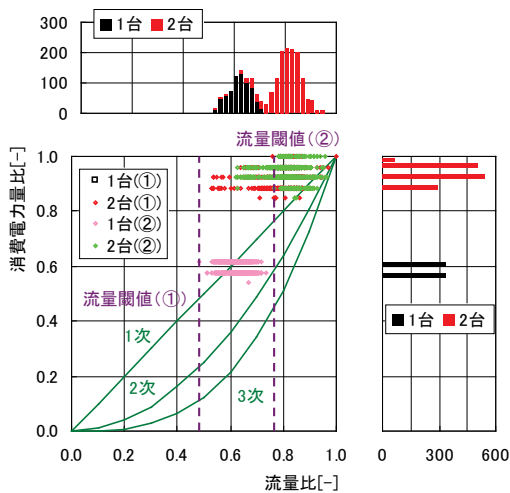
実測値は複数の傾向を示している。これは、往圧力設定値を変更した影響と考えられる。

図Ⅲ. 3. 1. 352

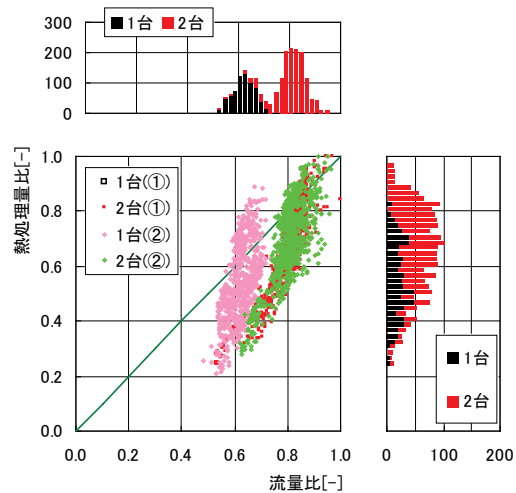
流量比と熱処理量比は比例関係にない。



図Ⅲ. 3. 1. 350 流量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 351 流量比と消費電力量比の関係



図Ⅲ. 3. 1. 352 流量比と熱処理量比の関係

その他 01 (ホテル低層系統) (P2-VWV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
2次ポンプ	負荷流量	流量	台数制御

<熱量分析>

- ① : 7月1日~7月27日
- ② : 7月27日~9月30日

図Ⅲ. 3. 1. 353

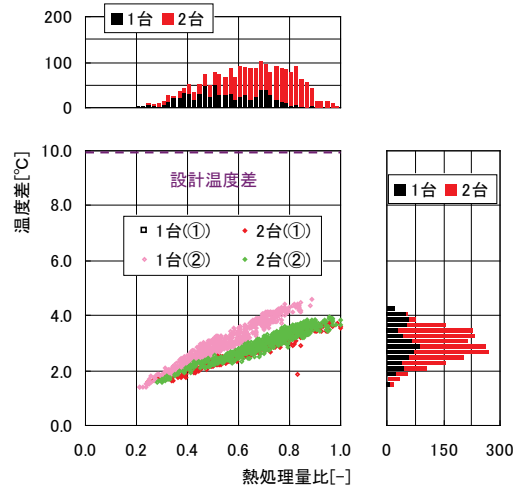
ポンプが定格運転で流量の変動が小さいため、熱処理量と温度差は比例している。

図Ⅲ. 3. 1. 354

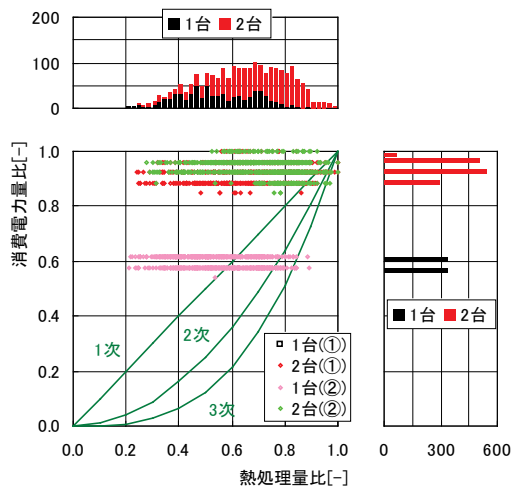
実測値は複数の傾向を示している。これは、往圧力設定値を変更した影響と考えられる。

図Ⅲ. 3. 1. 355

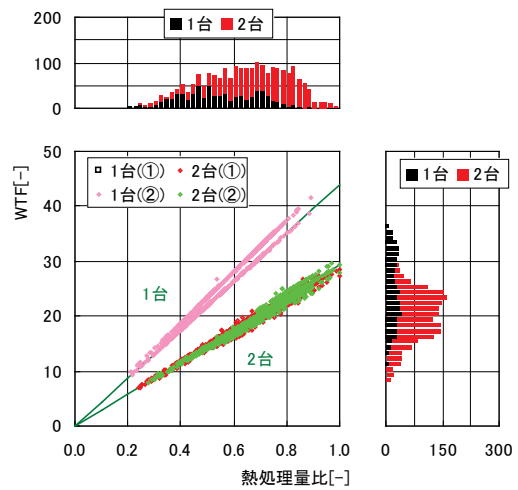
1台運転時、2台運転時ともに、それぞれの理論値と同じ動作をしている。



図Ⅲ. 3. 1. 353 熱処理量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 1. 354 熱処理量比と消費電力量比の関係



図Ⅲ. 3. 1. 355 熱処理量比とWTFの関係

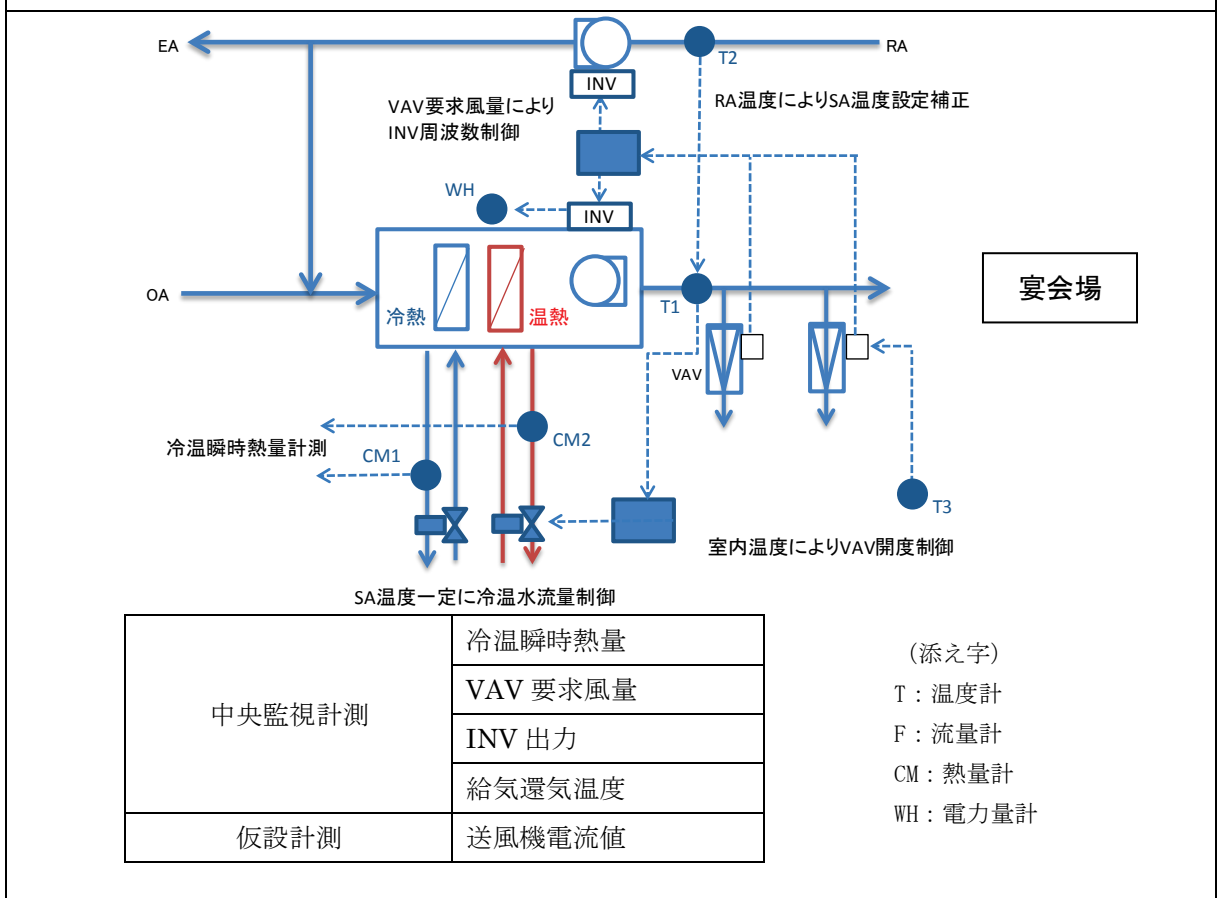
3.2. VAV

3.2.1. ホテル01（空調機 VAV，制御方式 AHU-VAV-03）

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

建物名	ホテル01	地区	関東	竣工	2004年	改修	—	規模	59,300m ²
分類記号	AHU-VAV-03				検出部	VAV 合計風量			
制御目的	VAV				制御目標	給気風量			
分析期間	2012年4月1日～2012年11月29日				動作	回転数（周波数）制御			
制御対象	空調機ファン				製造年月	2003年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 給気温度一定制御 VAV 要求風量により INV 周波数出力 SA 露点温度により冷水，加湿弁制御 室内温度により VAV 風量を制御 RA 温度により給気温度設定値変更 				機器仕様	空調機 46800m ³ /hx30kW 冷水量=838L/min 冷熱量=277kW 外気量=18800m ³ /h			

システムフロー



ホテル 01(空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

<評価項目計算式, 計測概要>

1. 評価項目計算式 ※添え字(記号)はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 空気温度差

$$\text{空気温度差} = \text{還気温度 (T2)} - \text{給気温度 (T1)}$$

(2) 風量比

$$\text{風量比} = \text{実測風量 (VAV トータル風量)} \div \text{実測最大風量}$$

(3) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{実測消費電力 (WH)} \div \text{実測最大消費電力}$$

(4) 熱量比

$$\begin{aligned} \text{熱量比} &= \text{給気風量 (トータル VAV 風量)} \times \text{空気温度差 (T2-T1)} \\ &\quad \times \text{空気密度} \times \text{比熱} \div \text{実測最大熱量} \end{aligned}$$

(5) ATF

$$\text{ATF} = \text{実測熱量} \div \text{実測消費電力 (WH)}$$

2. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・ 1 分間隔

(2) データ処理

- ・ 1 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

ホテル 01(空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-03)

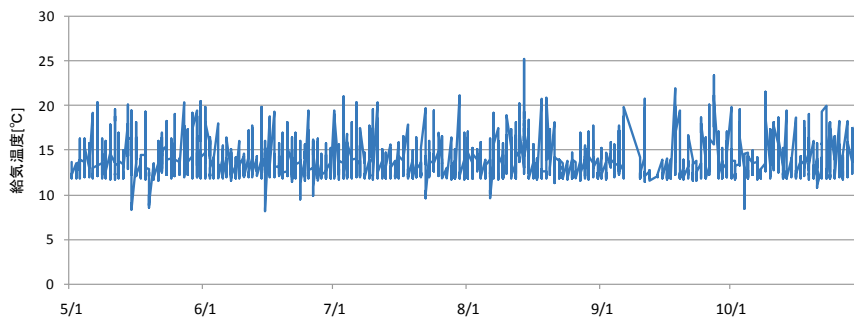
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

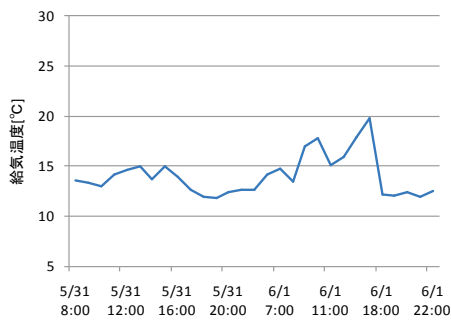
動作状況の推移 (2012/5/1~10/31)

- ・ 出口空気温度が制御値になるよう冷水弁を制御している。(最低 13°C)
- ・ 夏季は宴会場の使用が少ないためか風量が絞られている。中間季はほぼ 100%風量。

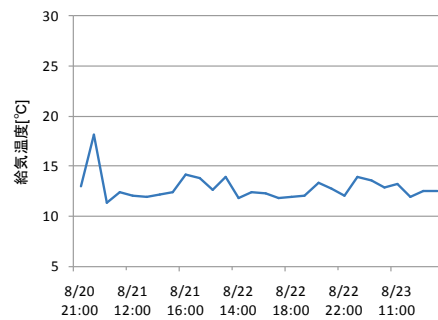
給気温度の推移



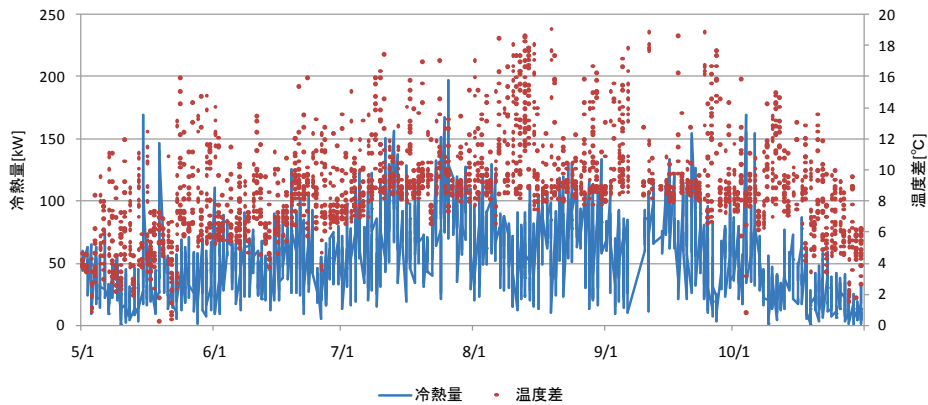
図Ⅲ. 3. 2. 1 給気温度の推移



図Ⅲ. 3. 2. 2 給気温度の時間推移 (中間期)



図Ⅲ. 3. 2. 3 給気温度の時間推移 (夏期)



図Ⅲ. 3. 2. 4 冷熱量と温度差の推移

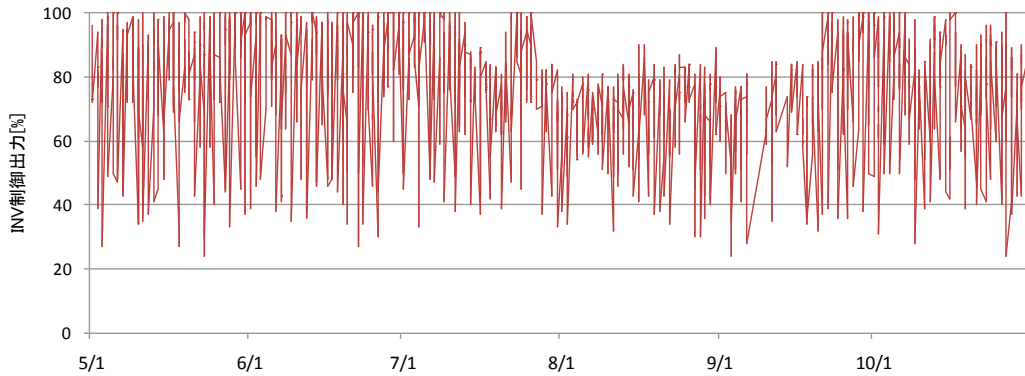
ホテル 01(空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

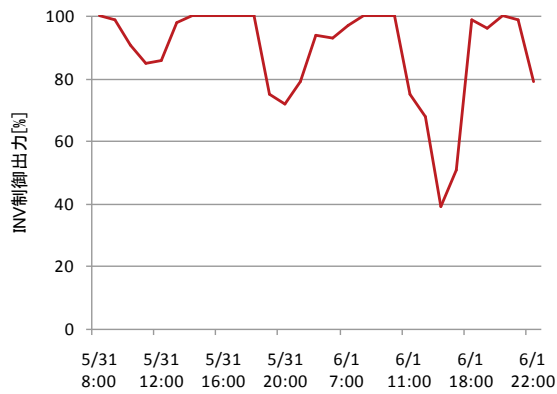
<動作確認データ>

INVは20Hz～50Hzで運用されており，変風量制御は良好である．夏季に比べ中間期のINV出力が大きいのは宴会場の稼働状況によると思われる．

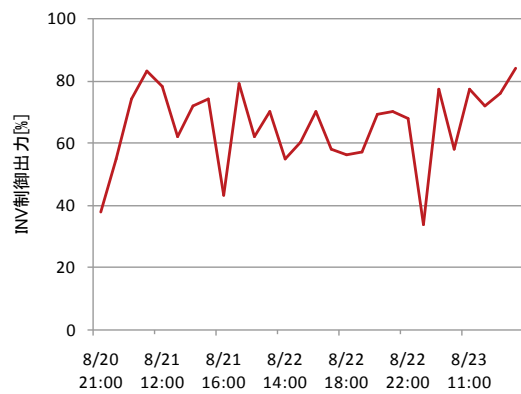
INV 制御出力の推移 (2012/5/1～10/31)



図Ⅲ. 3. 2. 5 INV 制御出力の推移



図Ⅲ. 3. 2. 6 INV 制御出力の時間推移
(中間期)



図Ⅲ. 3. 2. 7 INV 制御出力の時間推移
(夏期)

ホテル 01(空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-03)

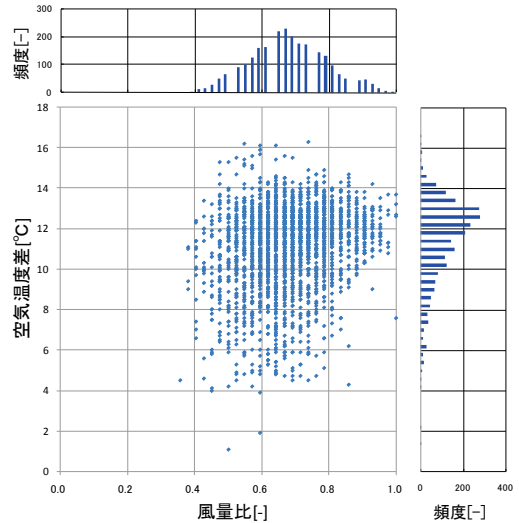
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

<風量分析データ>

風量は70%を中心に運用されている。空気温度差は1.3℃程度ついており、変風量制御は良好である。

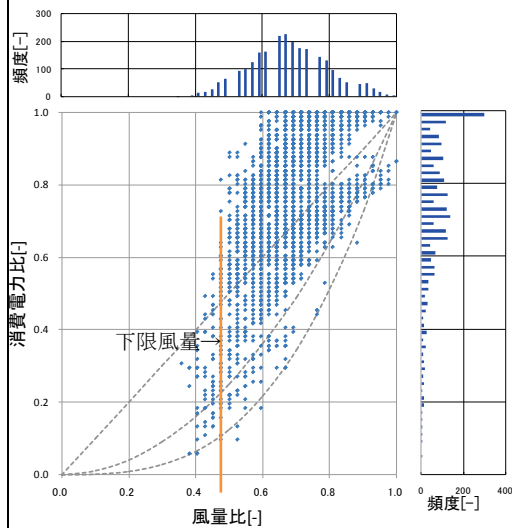
風量最大値 = 46,000 m³/h
 消費電力最大値 = 11.8 kWh
 INV 周波数 = 20~50Hz

風量比と還気給気温度差



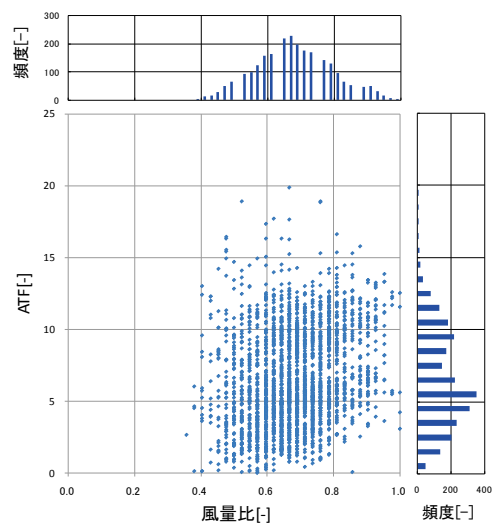
図Ⅲ. 3. 2. 8 風量比と還気給気温度差の関係

風量比と消費電力比



図Ⅲ. 3. 2. 9 風量比と消費電力比の関係

風量比と ATF



図Ⅲ. 3. 2. 10 風量比と ATF の関係

ホテル 01(空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-03)

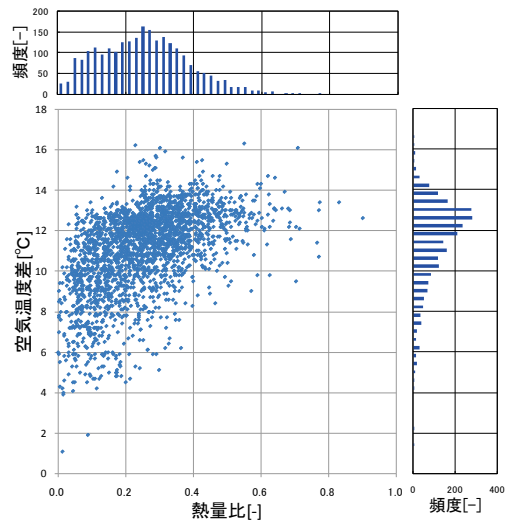
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

<熱量分析データ>

熱量は広く分布しているが空気温度差は1
3℃程度ついており，変風量制御は良好で
ある。

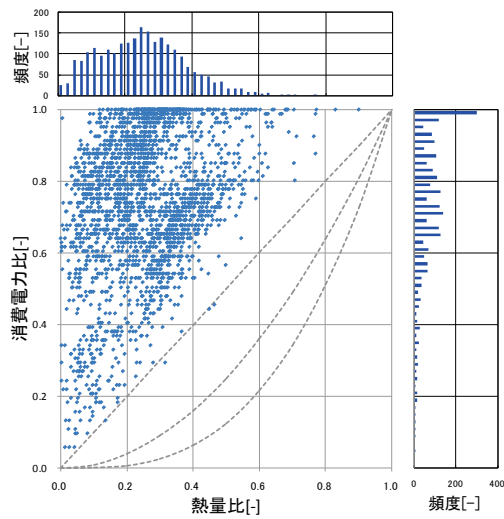
熱量最大値 = 789 MJ/h (冷水熱量)
(=219 kW)

熱量比と還気給気温度差



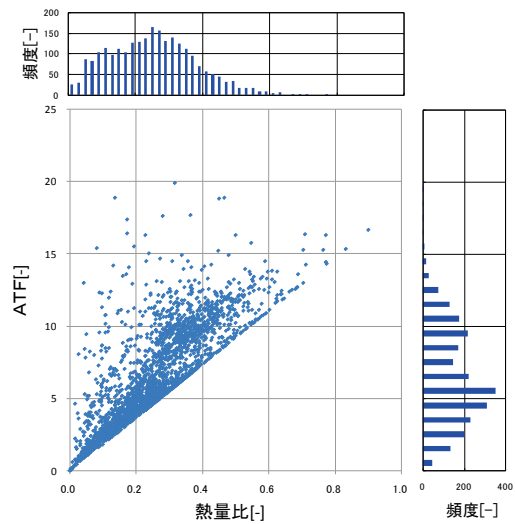
図Ⅲ. 3. 2. 11 熱量比と還気給気温度差の関係

熱量比と消費電力比



図Ⅲ. 3. 2. 12 熱量比と消費電力比の関係

熱量比と ATF

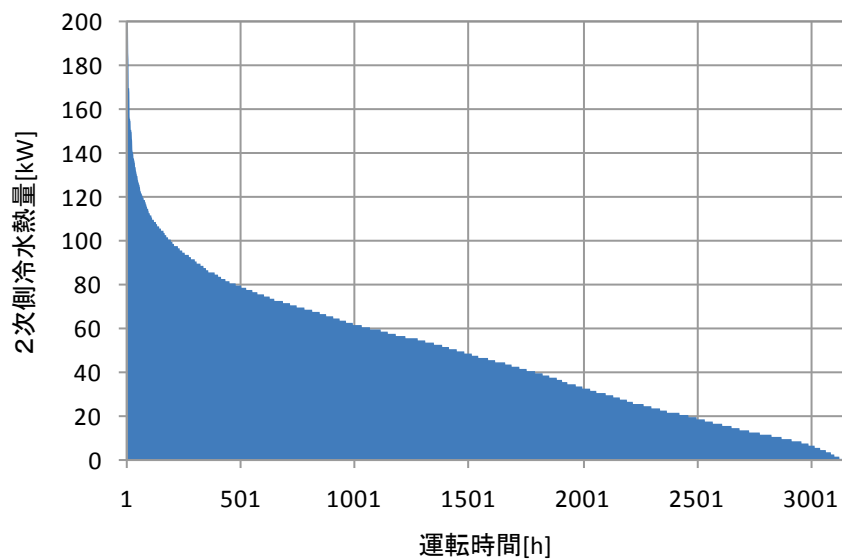


図Ⅲ. 3. 2. 13 熱量比と ATF の関係

ホテル 01(空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

<期間負荷データ>



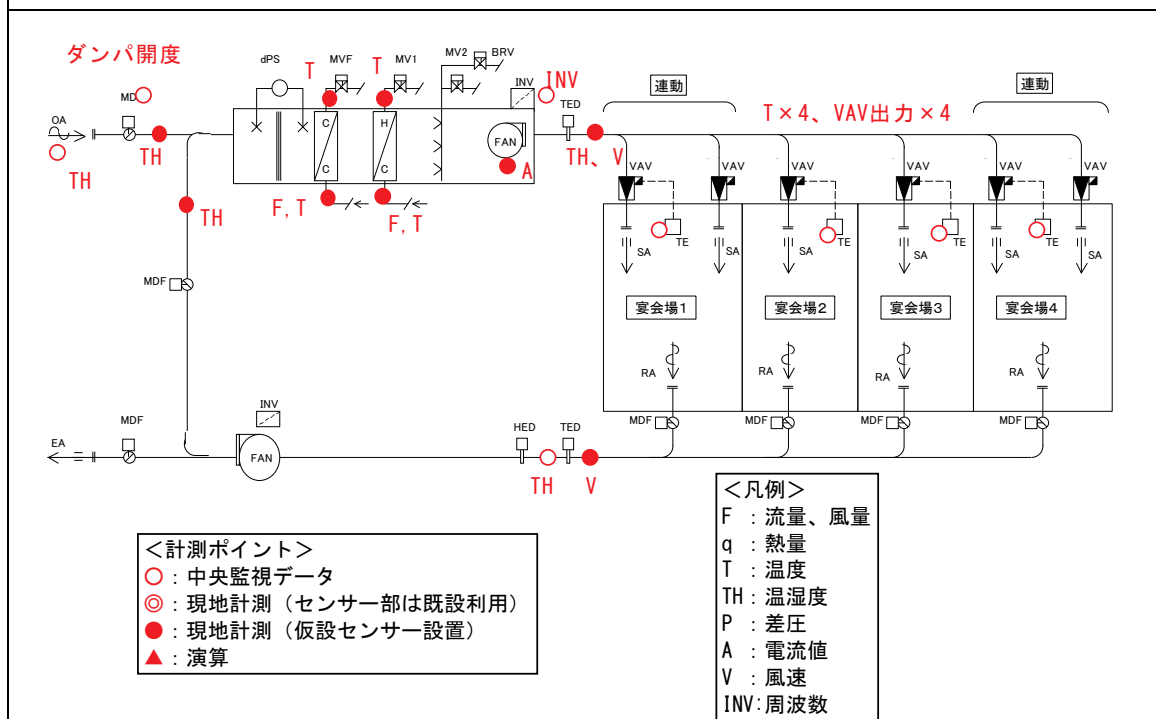
図Ⅲ. 3. 2. 14 期間負荷

3.2.2. ホテル 02 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

建物名	ホテル 02	地区	東京	竣工	1989 年	改修	2006 年	規模	56,917m ²
分類記号	AHU-VAV-03				検出部	VAV 合計風量			
制御目的	室内温度				制御目標	給気風量			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～9 月 30 日				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	SA ファン				製造年月				
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> VAV 加重平均風量によるファンの回転数制御 給気温度ロードリセット制御 (設定温度: 12~30℃) ウォーミングアップ制御 外気冷房制御 INV 周波数上限下限 SA: 50Hz (100%) ~ 20Hz (40%) SA 温度設定: 12.4℃ (ウォーミングアップ 12℃) 室内温度設定: 23℃ 				機器仕様	AC-0402 (大宴会場系統) SA 量: 62,000m ³ /h × 333Pa 3φ × 415V × 30kW, λ-Δ 起動, INV 付 OA 量: 18,900m ³ /h (外冷時: 62,000m ³ /h) 冷却能力: 491.5kW × 1409L/min (5℃deg) 加熱能力: 137.9kW × 395L/min (5℃deg)			

システムフロー



分析リスト

- 温度変化, 給気還気温度差, 風量, 処理熱量
- ファン消費電力, ATF

ホテル 02 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<計測データ，評価項目計算式>

1. 計測データ

(1) データの収集時間間隔

- ・ 現地計測データ：1 分間隔，瞬時値
- ・ 中央監視データ：1 分間隔，瞬時値

(2) データ処理

- ・ 1 分間隔瞬時値 → 1 時間平均値に処理

(3) 解析利用データのフィルタリング項目

- ・ 機器の起動時，停止時のデータを排除
- ・ ウォーミングアップ時，外気冷房運転時のデータを削除

2. 評価項目計算式

(1) 風量

計測したダクト内の風速 V から給気風量 SA を算出した。

計測期間の最大風量を基に風量比を算出した。

風量比 FR = 給気風量 SA [m³/h] / 実測最大風量：63,473 [m³/h]

(2) 給気還気温度差

計測した給気温度を T1，還気温度を T2 として算出した。

給気還気温度差 ΔT [°C] = T2 [°C] - T1 [°C]

(3) 処理熱量

SA と RA のエンタルピー差と SA 風量とで，処理熱量を算出した。

処理熱量 q [kW] = 空気密度：1.2 [kg/m³] × 給気風量 SA [m³/h]

× (RA 比エンタルピー H2 [kJ/kg'] - SA 比エンタルピー H1 [kJ/kg']) / 3,600 [kJ/(h・kW)]

最大処理熱量を基に処理熱量比を算出した。

処理量熱比 HR = 処理熱量 q [kW] / 最大処理熱量：512 [kW]

(4) 消費電力

計測した電流 A から消費電力を算出した。

SA ファンの消費電力を消費電力 E として使用した。

SA ファン消費電力 E [kW] = √3 × 電圧：415 [V] × SA ファン電流 A [A] × 力率：0.85 / 1,000

[W/kW]

最大消費電力を基に消費電力比を算出した。

消費電力比 ER = 消費電力 E [kW] / 最大消費電力：21.1 [kW]

(5) ATF (空気搬送効率)

ATF = 処理熱量 q [kW] / 消費電力 [kW]

計測時の最大処理熱量 (512 [kW]) と最大消費電力 (21.1 [kW]) との ATF (24.2) を基準として，理想曲線を算出した。

(6) 理想曲線

風量に対する電力，熱量に対する電力ともに 1 次曲線，2 次曲線，3 次曲線とした。

SA ファンの INV 上限下限のみを考慮した。

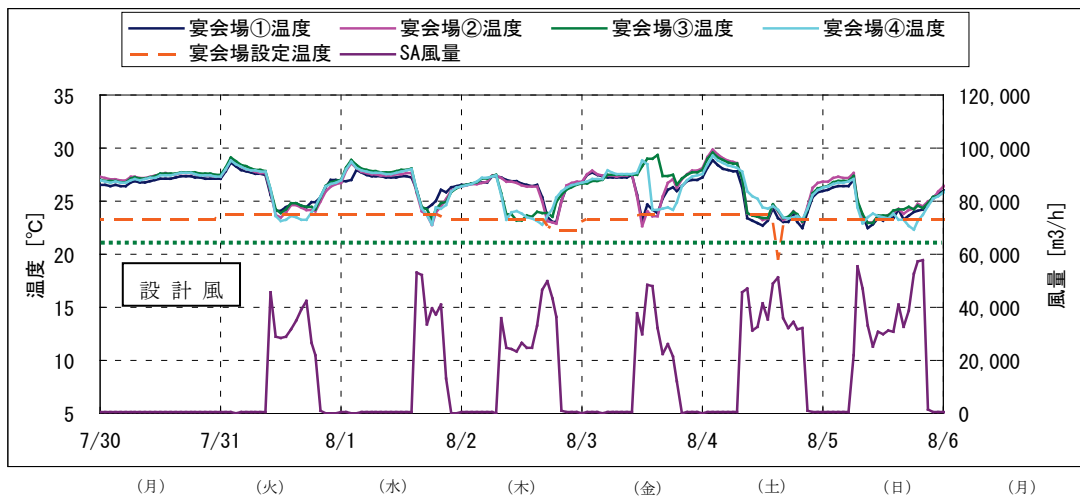
上限：50Hz → 1.0，下限：20Hz → 0.4

ホテル 02 (AHU-VAV-03)

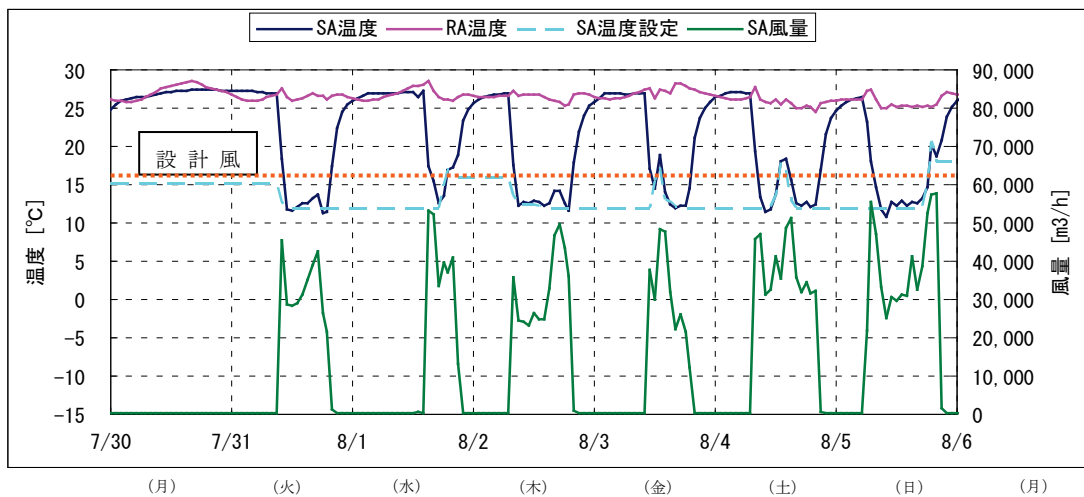
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

- ・ 2012. 7. 30～8. 5 のトレンドグラフ
- ・ 室温設定は 23℃程度であるが、概ね設定通りに制御される。
- ・ SA 風量は空調機の起動時にピークがあり、57,000m³/h 程度である。設計値が 62,000m³/h であるが、90%程度である。
- ・ SA 温度設定は 12℃程度であり、ロードリセット制御により変動している。空調機稼働中は、概ね設定通りに SA 温度が制御される。



図Ⅲ. 3. 2. 15 各室温, SA 風量トレンド



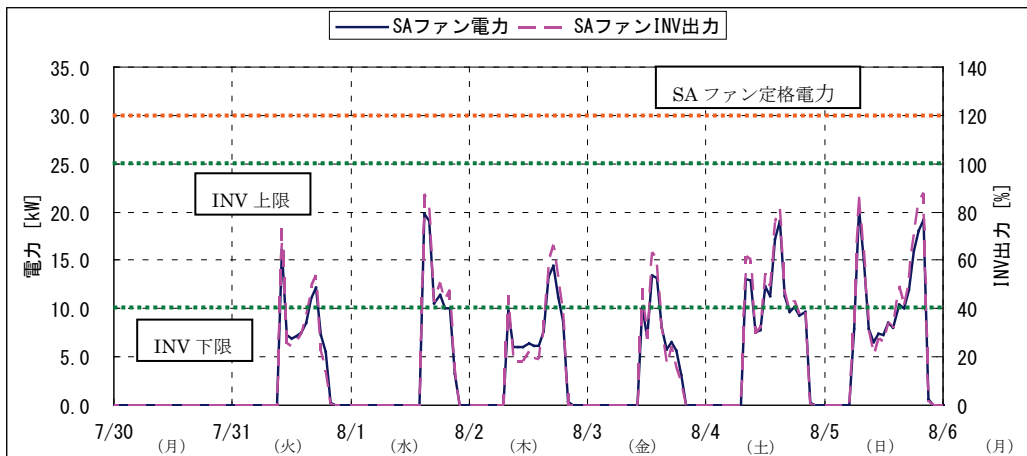
図Ⅲ. 3. 2. 16 SA 温度, RA 温度, SA 風量トレンド

ホテル 02(AHU-VAV-03)

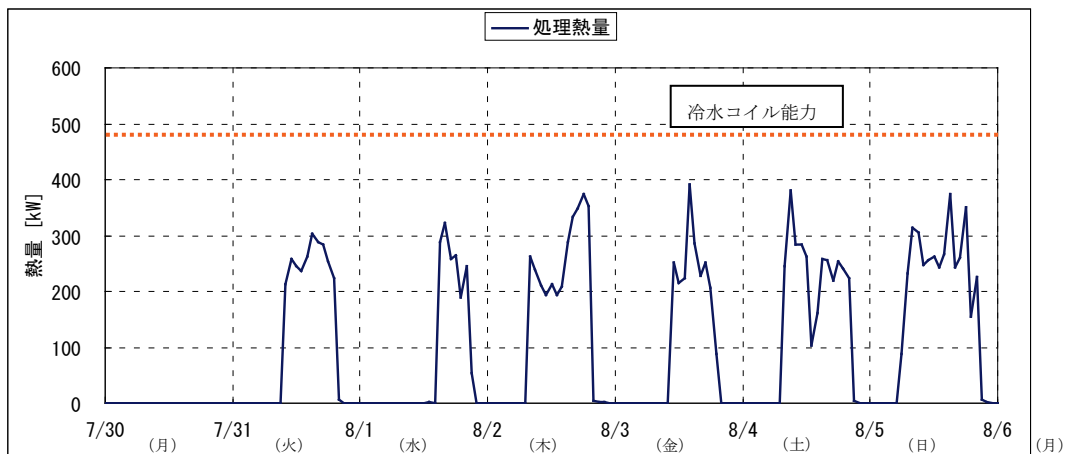
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

- ・ 2012. 7. 30～8. 5 のトレンドグラフ
- ・ 電力と INV 出力の変化は、同じ傾向の変化を示す。
- ・ INV 上限は 100%であるが、ピークは 90%程度である。INV 下限の回答は 40%であるが、実際は 20%程度で運転している。
- ・ INV 出力が 90%で 20kW 程度である。INV 出力が 100%で 22kW 程度と考えられ、SA ファン定格の 30kW より小さい値になる。
- ・ 冷水コイルの能力は 491.5kW であるが、ピークで 400kW となり 80%程度の処理熱量となる。



図Ⅲ. 3. 2. 17 ファン電力トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 18 処理熱量トレンド

ホテル 02 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<風量分析>

図Ⅲ. 3. 2. 19

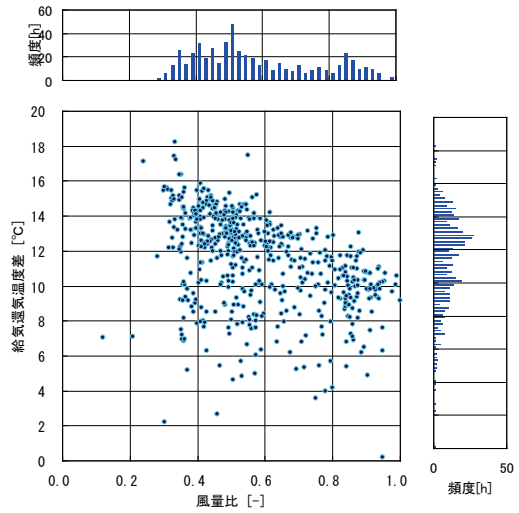
給気還気温度差は、ばらついている。風量比が小さい方が顕著である。

図Ⅲ. 3. 2. 20

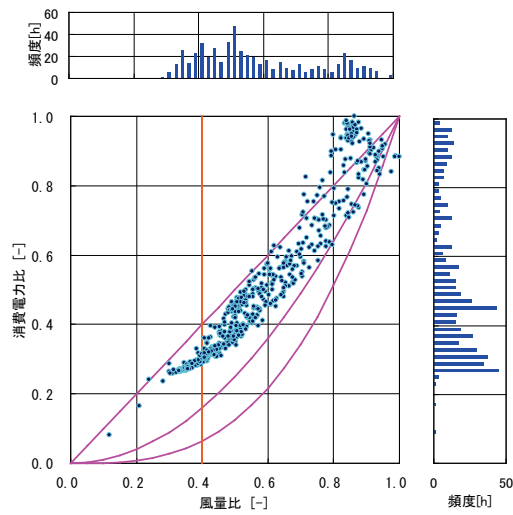
消費電力比は、比例に近い分布である。

図Ⅲ. 3. 2. 21

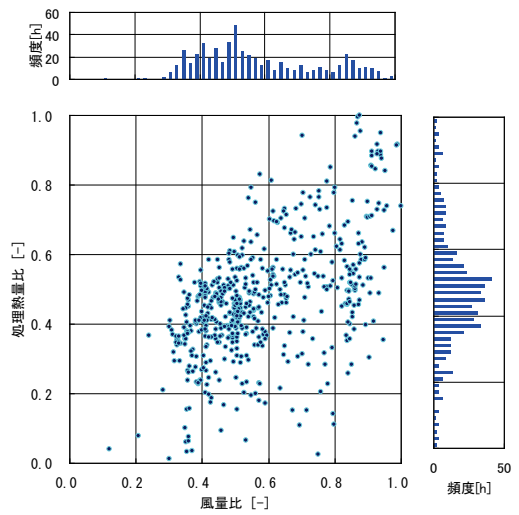
処理熱量比は、ばらついている。



図Ⅲ. 3. 2. 19 風量比と給気還気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 20 風量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 21 風量比と処理熱量比の関係

ホテル 02 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

< 熱量分析 >

(コメント欄)

図Ⅲ. 3. 2. 22

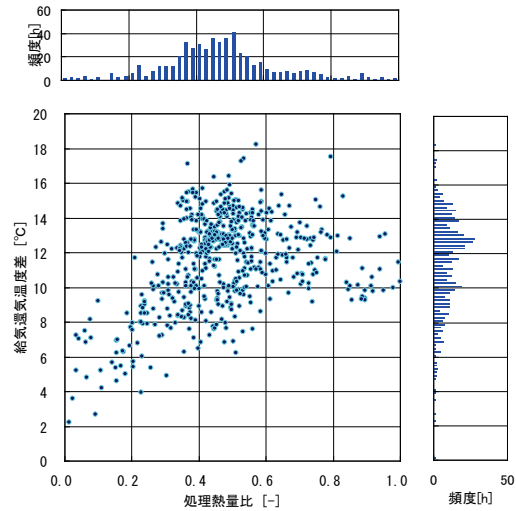
処理熱量比と給気還気温度差との間には、比例に近い関係が見られる。

図Ⅲ. 3. 2. 23

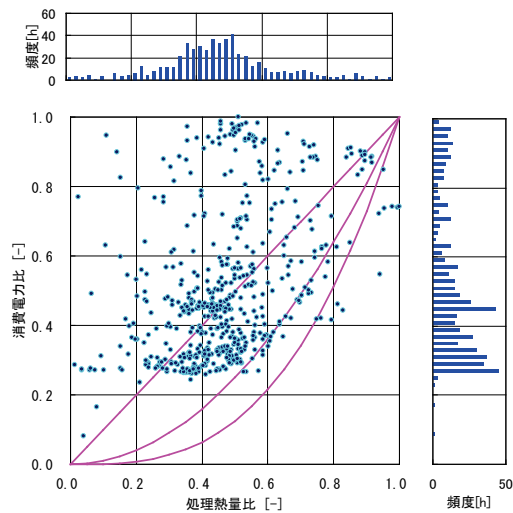
消費電力比が 0.27 付近で一定となる。

図Ⅲ. 3. 2. 24

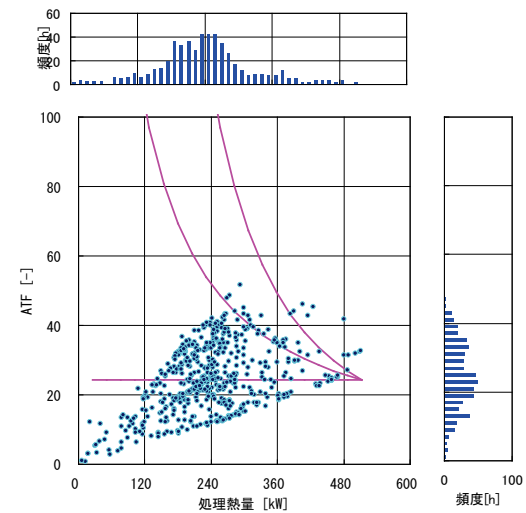
処理熱量と ATF との間に比例の関係が見られる。



図Ⅲ. 3. 2. 22 処理熱量比と給気還気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 23 処理熱量比と消費電力比の関係



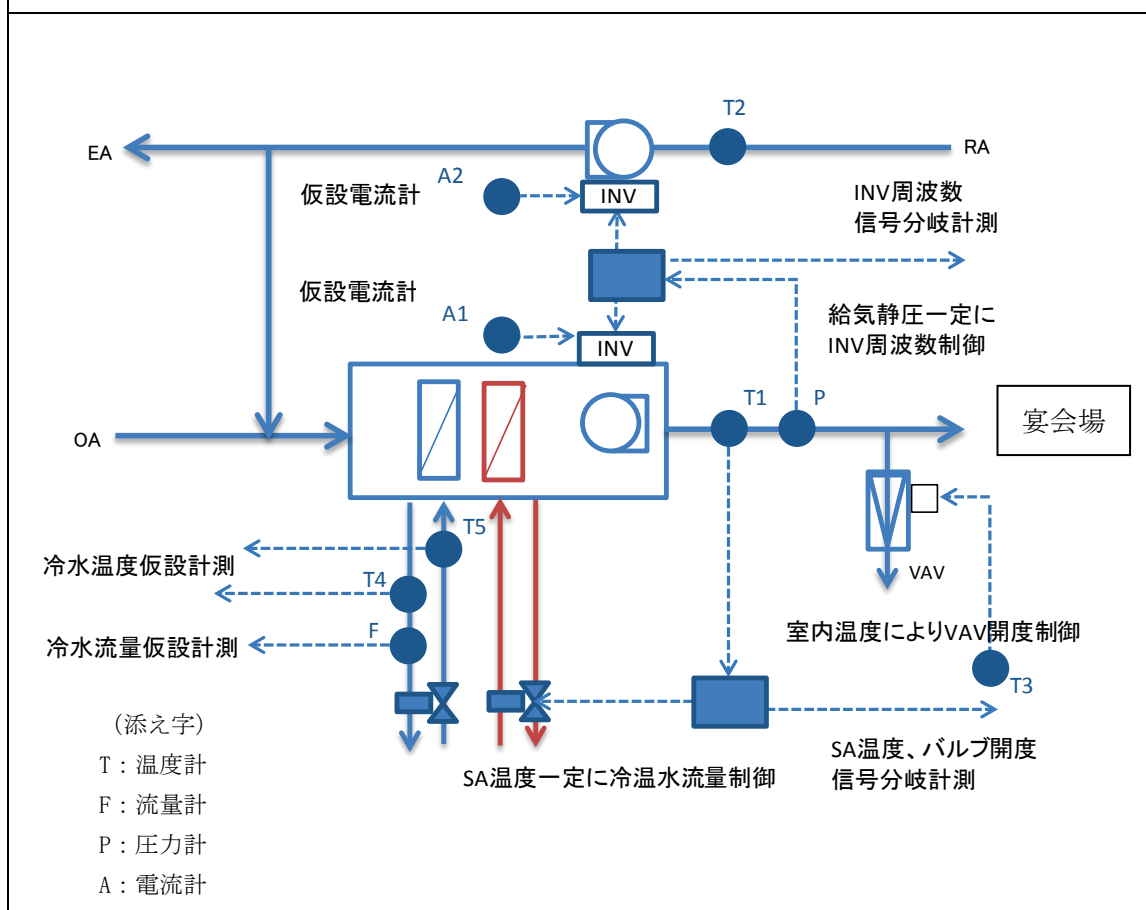
図Ⅲ. 3. 2. 24 処理熱量比と ATF 比の関係

3.2.3. ホテル06（空調機 VAV，制御方式 AHU-VAV-06）

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧（可変）	吐出圧	回転数（周波数）制御

建物名	ホテル06	地区	九州	竣工	1994年	新築	—	規模	165,000m ²
分類記号	AHU-VAV-06				検出部	吐出圧（可変）			
制御目的	VAV				制御目標	吐出圧			
分析期間	2011年11月1日～2011年12月15日				動作	回転数（周波数）制御			
制御対象	空調機ファン				製造年月	年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 給気温度一定制御 RA湿度により加湿弁制御 SA空気圧力によりINV周波数出力制御 				機器仕様	16,600m ³ /h × 11kW 冷房能力=124kW 外気量=5010m ³ /h			

システムフロー



ホテル 06 (空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧 (可変)	吐出圧	回転数 (周波数) 制御

<評価項目計算式, 計測概要>

1. 評価項目計算式 ※添え字 (記号) はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 空気温度差

$$\text{空気温度差} = \text{還気温度 (T2)} - \text{給気温度 (T1)}$$

(2) 風量比

$$\text{風量比} = \text{実測風量 (VAV トータル風量)} \div \text{計測期間の最大風量}$$

(3) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{消費電力} \div \text{計測期間の最大消費電力}$$

$$\text{消費電力} = \text{実測電流 (A1+A2)} \times 440 \text{ V} \times \sqrt{3}$$

(4) 熱量比

$$\text{熱量比} = \text{熱量} \div \text{計測期間の最大熱量}$$

$$\text{熱量} = \text{冷水量 (F)} \times \text{水温度差 (T5-T4)} \times \text{水の密度} \times \text{水の比熱}$$

(5) ATF

$$\text{ATF} = \text{熱量} \div \text{消費電力}$$

2. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・ 10 分間隔

(2) データ処理

- ・ 10 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

ホテル 06 (空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-04)

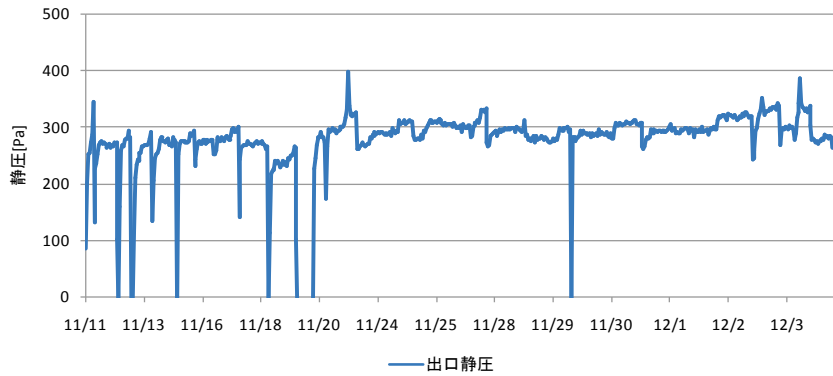
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧 (可変)	吐出圧	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ>

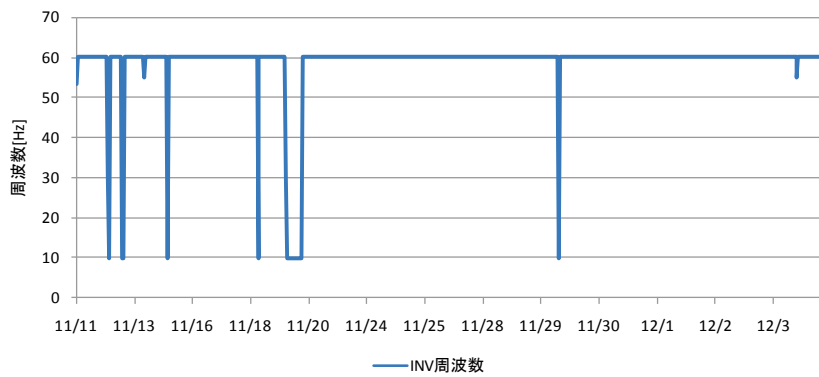
動作状況 (2011/11/11~12/3) のトレンドグラフ

出口静圧は 300kPa でほぼ一定.

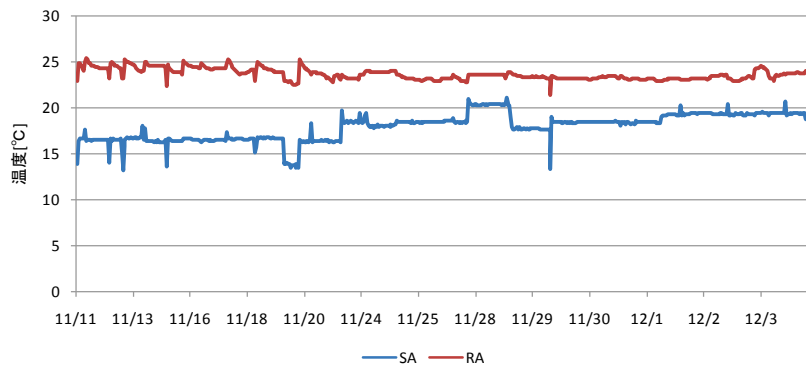
変風量制御は行われているが静圧を保持するため INV 周波数は一定.



図Ⅲ. 3. 2. 25 出口静圧の推移



図Ⅲ. 3. 2. 26 INV 周波数の推移



図Ⅲ. 3. 2. 27 SA 温度と RA 温度の推移

ホテル 06 (空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-04)

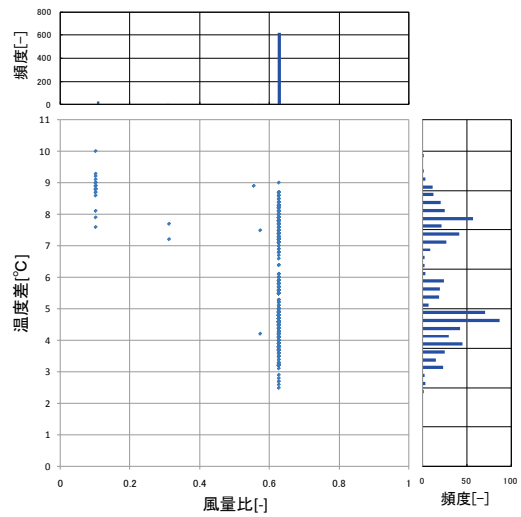
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧 (可変)	吐出圧	回転数 (周波数) 制御

<風量分析データ>

風量が変化していないのは送風機静圧不足による。絞り運転ができない状況である。

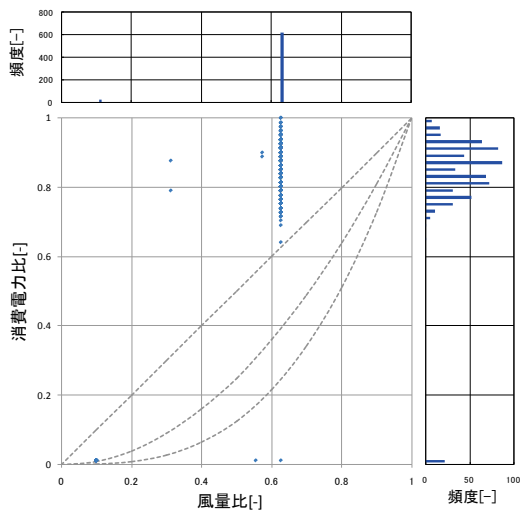
消費電力最大値=6.2kWh

風量比～還気給気温度差



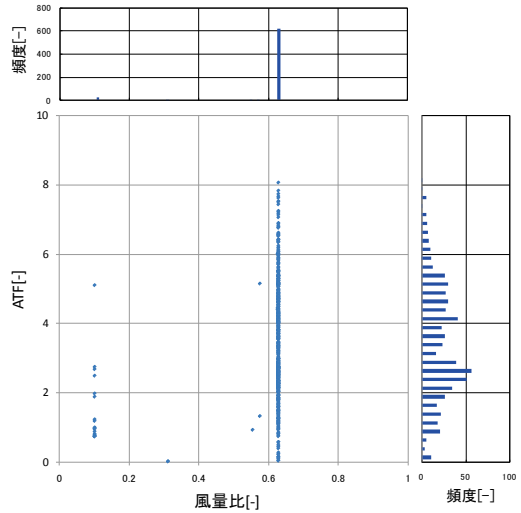
図Ⅲ. 3. 2. 28 風量比と還気給気温度差の関係

風量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 2. 29 風量比と消費電力比の関係

風量比～ATF



図Ⅲ. 3. 2. 30 風量比とATFの関係

ホテル 06 (空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-04)

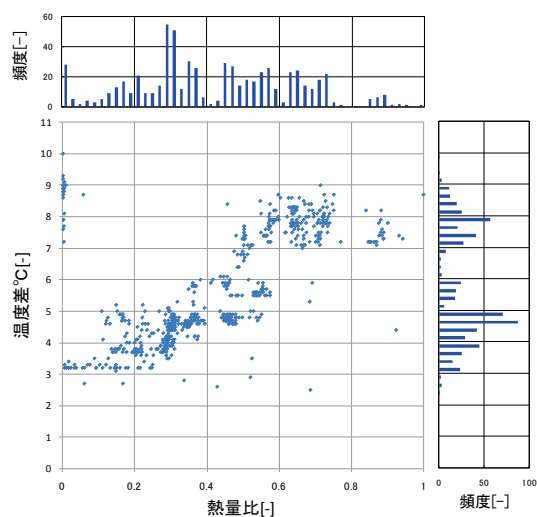
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧 (可変)	吐出圧	回転数 (周波数) 制御

< 熱量分析データ >

定風量なので ATF は熱量比と比例している。

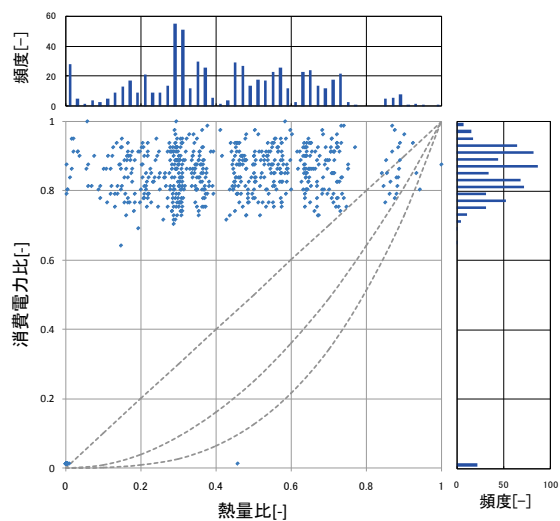
熱量最大値 = 152.7 MJ/h
(=42.4 kW)

熱量比～還気給気温度差



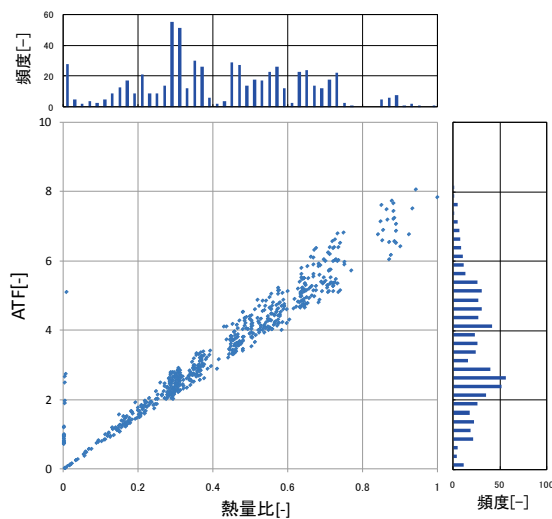
図Ⅲ. 3. 2. 31 熱量比と還気給気温度差の関係

熱量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 2. 32 熱量比と消費電力比の関係

熱量比～ATF

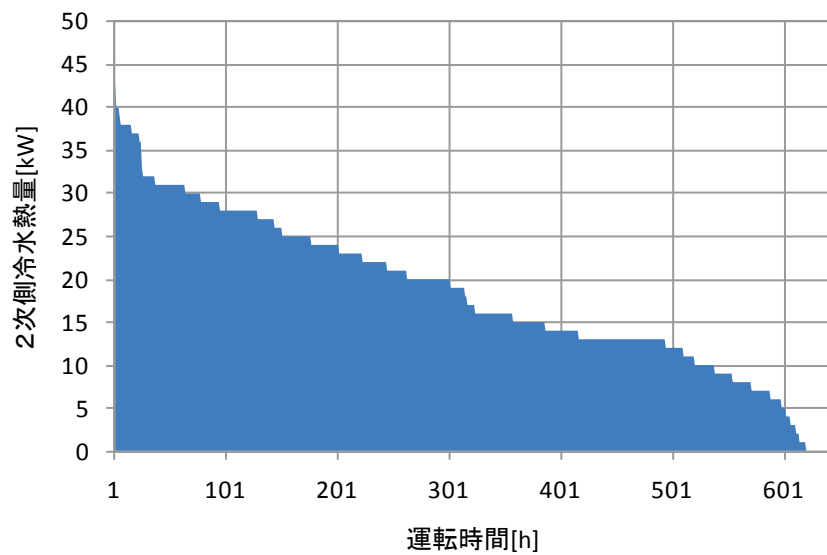


図Ⅲ. 3. 2. 33 熱量比と ATF の関係

ホテル 06 (空調機 VAV, 制御方式 AHU-VAV-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧 (可変)	吐出圧	回転数 (周波数) 制御

<期間負荷データ>



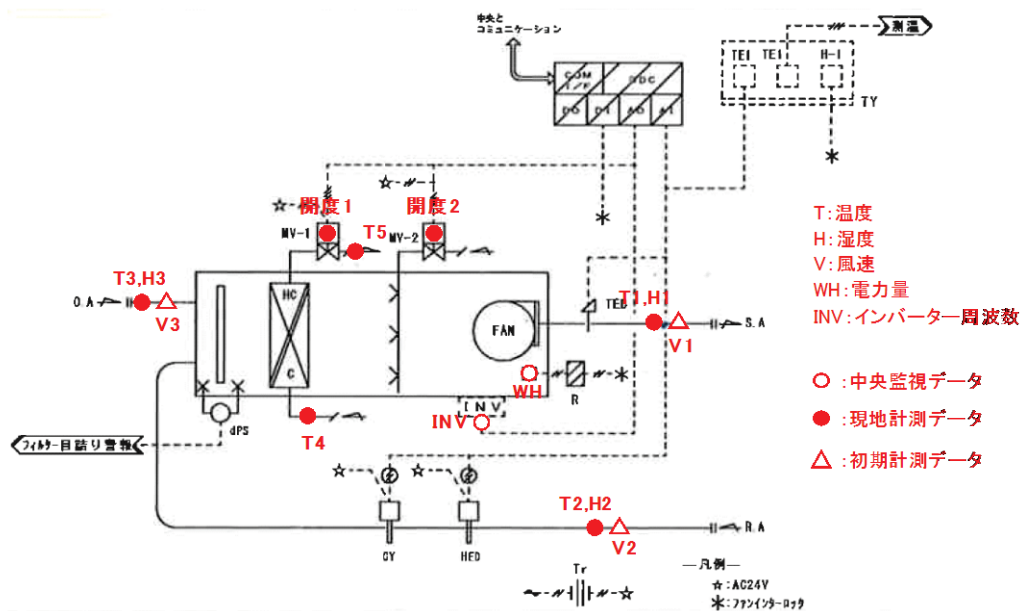
図Ⅲ. 3. 2. 34 期間負荷

3.2.4. 病院 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
AHU-8	室内温度	室内温度	回転数(周波数)制御

建物名	病院01	地区	山口	竣工	2007年	改修	-	規模	60,844m ²
分類記号	AHU-VAV-05				検出部	室内温度			
制御目的	ファン回転数制御				制御目標	室内温度			
分析期間	平成23年11月～平成24年9月				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	AHU-8				製造年月				
制御内容	<AHU廻り> ・給気温度制御 (下記コメント参照) ・給気露点温度制御 (設定値: 50%RH) ・給気風量制御 (下記コメント参照) ・CO2制御 (設定値: 1000ppm)				機器仕様	AHU-8 8,040m ³ /h × 461Pa(機外) 3φ × 200V × 5.5kW C/C: (冷)63.7kW, (暖)43.6kW S/C: 24kg/h			

システムフロー



【空調対象室用途・規模】

系統	室名	面積 [m ²]	SA設計風量 [m ³ /h]	RA設計風量 [m ³ /h]
AHU-8	エントランスホール 待合室 総合受付	808.4	8040	4720

【INV上限および下限値[Hz]】

	上限	下限
AHU-8	46.8	30

◆給気温度制御について

室内温度の設定値と計測値との偏差によりバルブ開度を制御し、給気温度設定値を制御する。

◆給気風量制御について

室内温度差及びCO2濃度によって制御されており、インバータ出力要求が高い方を選択する制御になっている(ただし、本物件では、CO2濃度が1000ppmを超える時間はほとんどないため、ほとんどの時間で室内温度での制御を行っている)

病院 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
AHU-8	室内温度	室内温度	回転数（周波数）制御

【評価項目計算式】

1) 負荷熱量(水側)

$$\text{負荷熱量} = \text{温度差}(T4 - T5) \times \text{流量(開度1から算出)} \times \text{比重} \times \text{比熱}$$

2) 風量比

$$\text{風量比} = \text{風量(INVより算出)} \div \text{期間最大定格風量}$$

3) 給気-還気温度差

$$\text{給気-還気温度差} = T1 - T2$$

4) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{消費電力(WH)} \div \text{期間最大消費電力}$$

5) 熱処理量比

$$\text{熱処理量比} = \text{負荷熱量} \div \text{期間最大熱処理量}$$

6) ATF

$$\text{ATF} = \text{熱処理量} \div \text{期間最大消費電力}$$

【計測概要】

1) データ収集時間間隔

電力量: 30分

その他: 1分

2) フィルタリング条件

- ・9:00~17:00のデータを用いる
- ・起動後1時間以内のデータは削除
- ・INV上限, 下限値のデータは削除
(INV上限: 46.8Hz, INV下限: 30Hz)
- ・データのほとんどがINV上限および下限ではりついてしまっている。
→VAVの分析には, 制御が働いている期間のデータを抽出して利用

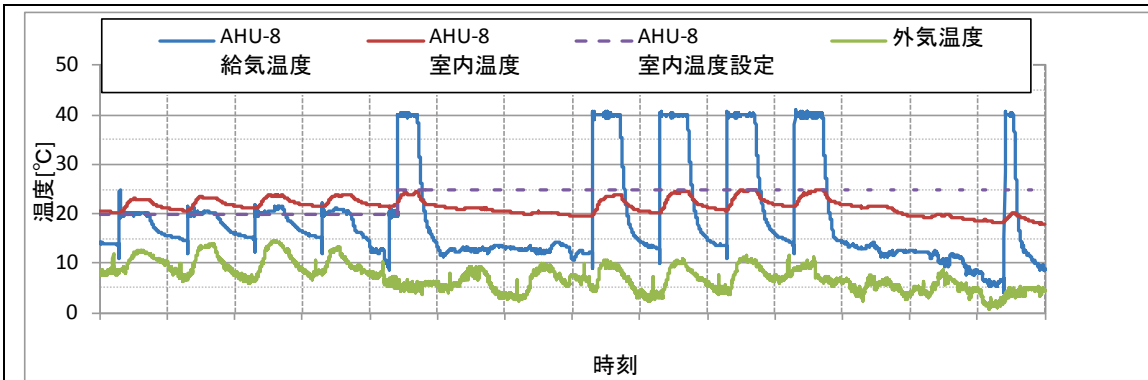
3) データ処理

それぞれのデータを1時間平均に集計

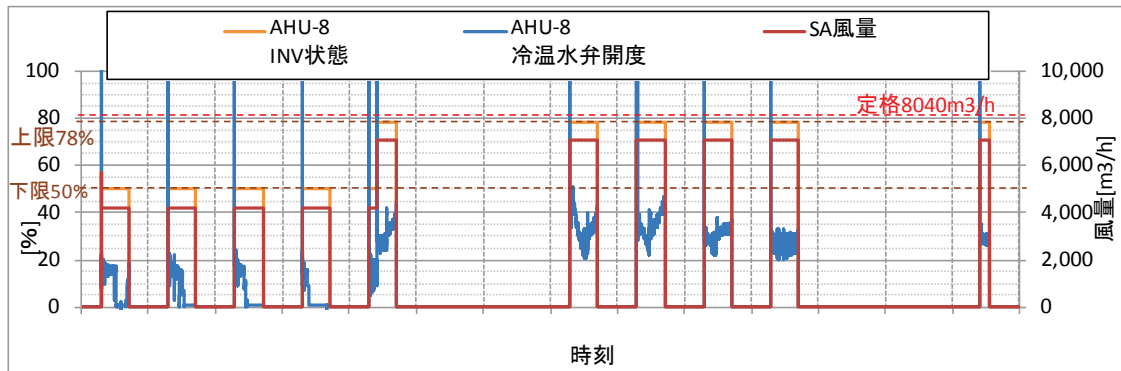
病院 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
AHU-8	室内温度	室内温度	回転数(周波数)制御

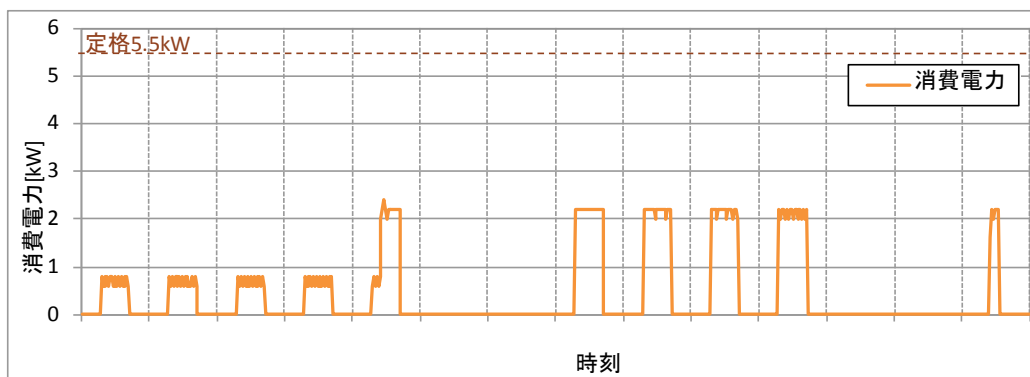
<動作確認データ>2011年12月12日~25日



図Ⅲ. 3. 2. 35 AHU 給気状態トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 36 INV, 冷温水弁開度および SA 風量トレンド



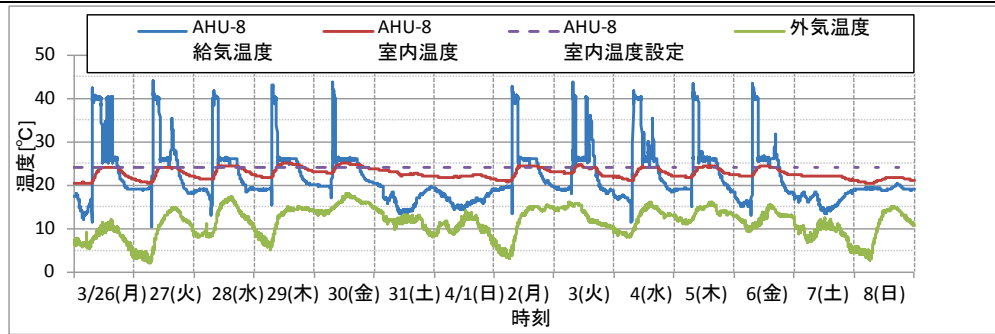
図Ⅲ. 3. 2. 37 電力トレンド

- 12/16 に室内温度設定値を 20℃→25℃に変更している。
- 設定変更前は室内温度が設定温度を満足しているため INV 下限値で運転している。設定変更後は室内温度が設定温度より低いため、給気温度が高く、風量も INV 上限値で運転している。(VAV 制御は働いていない)
- 設定変更に合わせて消費電力も多くなっている。

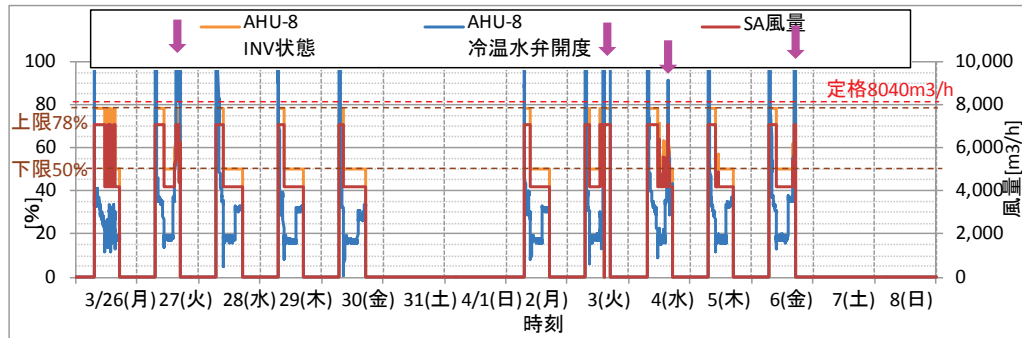
病院 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
AHU-8	室内温度	室内温度	回転数(周波数)制御

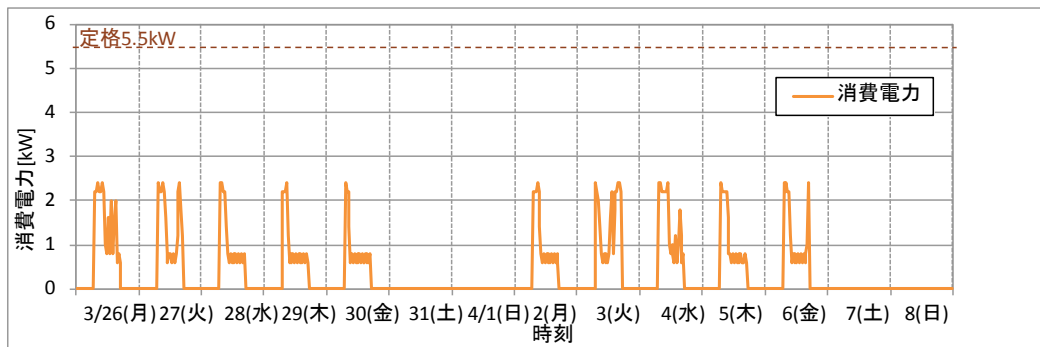
<動作確認データ> 2012年3月26日~4月8日



図Ⅲ. 3. 2. 38 AHU 給気状態トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 39 INV, 冷温水弁開度およびSA風量トレンド



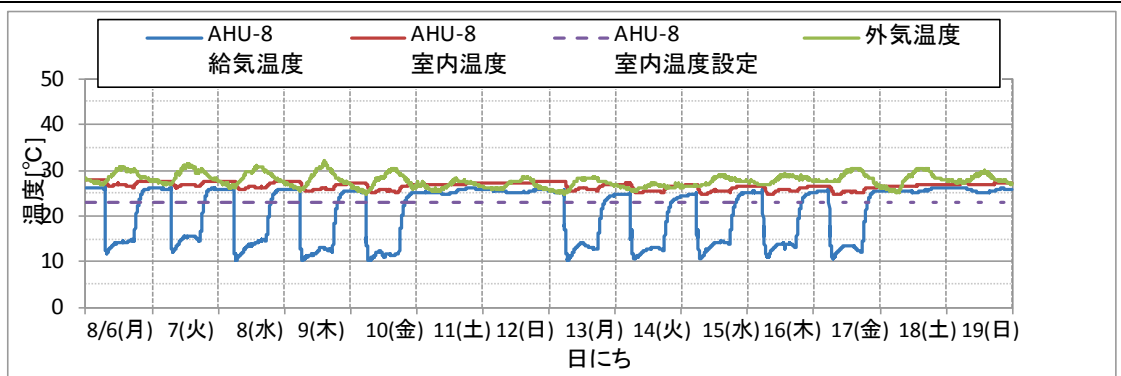
図Ⅲ. 3. 2. 40 電力トレンド

- 設定温度を満足するために給気温度を変化させている。
- 設定温度を満足するために INV により風量を変化させている。(VAV 制御が働いている) 運転時間内(1日のうち)で、設定温度を満足したあと再び設定温度と給気温度に差がつくと、冷温水弁の開度が急激に大きくなる。(図の矢印部)
- INV の変化に合わせて消費電力が推移している。
- VAV 制御をしていた期間は、3月・4月の前半のみであった。

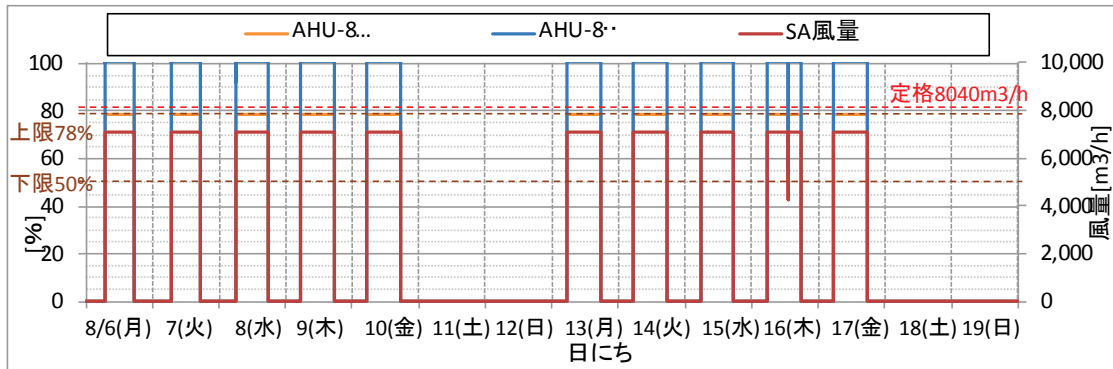
病院 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
AHU-8	室内温度	室内温度	回転数(周波数)制御

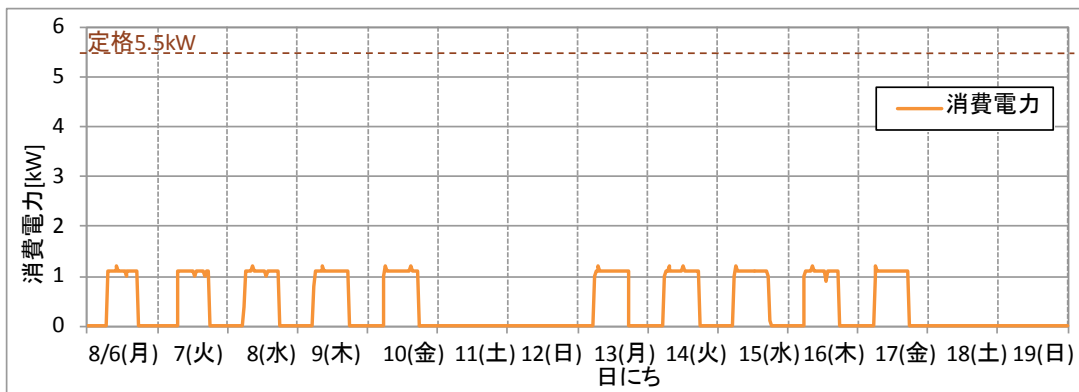
<動作確認データ> 2012年8月6日~19日



図Ⅲ. 3. 2. 41 AHU 給気状態トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 42 INV, 冷温水弁開度およびSA風量トレンド



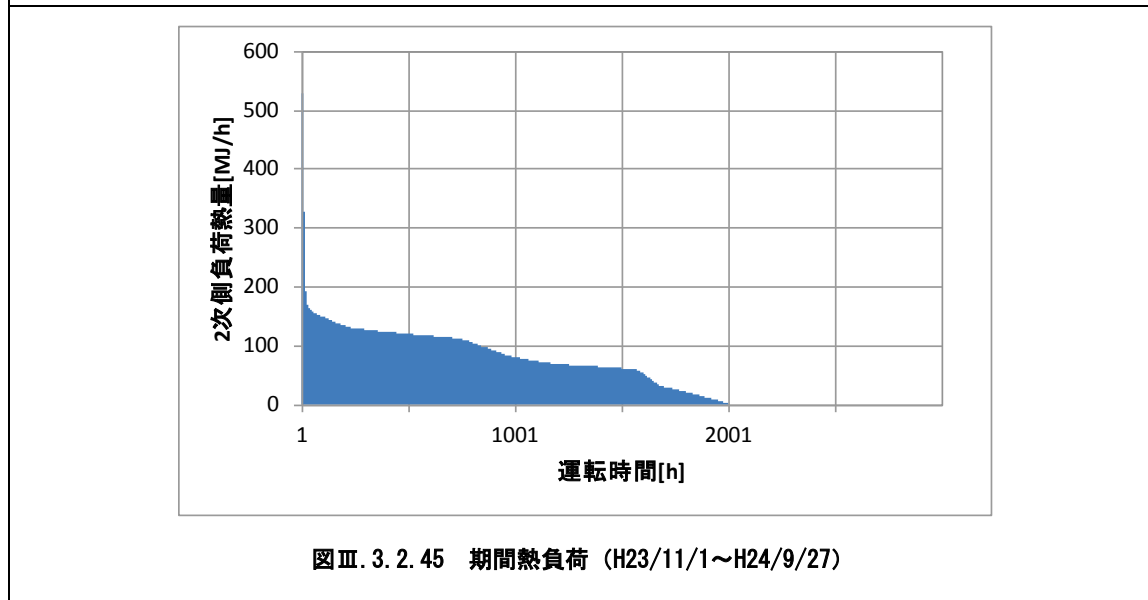
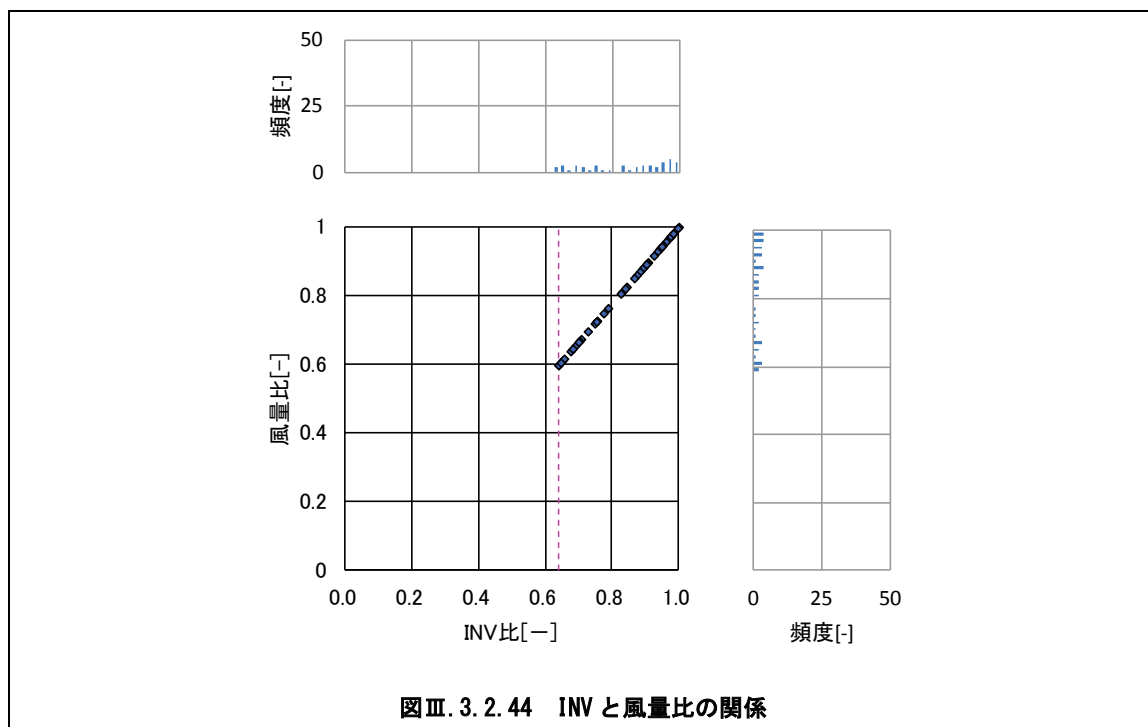
図Ⅲ. 3. 2. 43 電力トレンド

- 室内温度が設定温度を満足していないため、低い温度で給気している。
- 室内温度が設定温度を満足していないため、INV 上限値で運転している。
(VAV 制御が働いている)

病院 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
AHU-8	室内温度	室内温度	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>



- INV 上限値および下限値での運転がほとんどであり、そのデータを除外したため、データ数は少ない。INV の上昇による風量比の上昇がみられる。
- 2 次側負荷熱量は、顕熱としている。

病院 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
AHU-8	室内温度	室内温度	回転数(周波数)制御

<風量分析>

※期間中の最大風量, 最大消費電力を”1”とした.

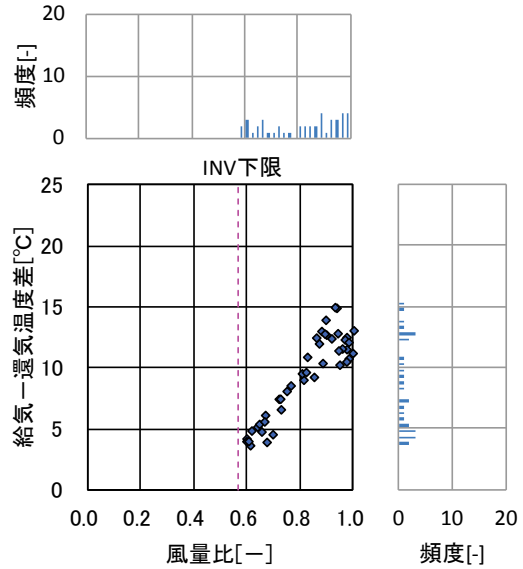
※正規化した際の最大値について

風量 : 7075[m³/h]

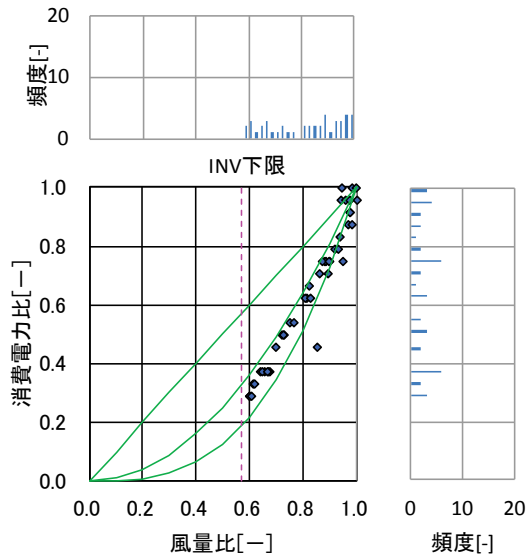
消費電力 : 2.4[kW]

熱処理量 : 141[MJ/h]

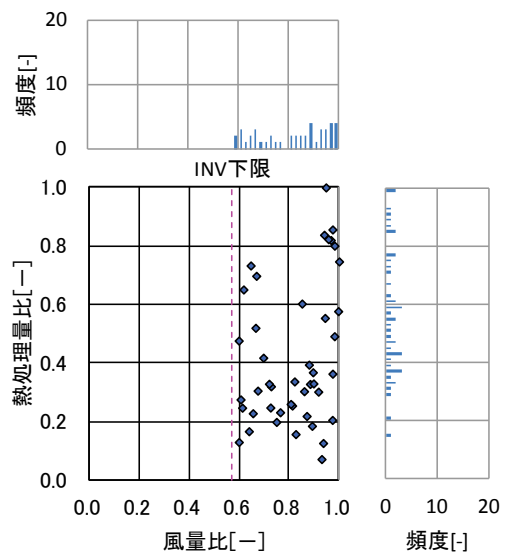
- 温度差は風量が大きくなるにつれて大きくなっている. これは, 設定温度を満足するために急激な風量と冷温水弁開度の増加によるものと考えられる.
- 風量と電力の関係は, 2次曲線と3次曲線の間で推移している.
- 風量に対し熱量は増加しているが, ばらつきが大きい.



図Ⅲ. 3. 2. 46 風量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 47 風量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 48 風量比と熱量比の関係

病院 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
AHU-8	室内温度	室内温度	回転数(周波数)制御

<熱量分析>

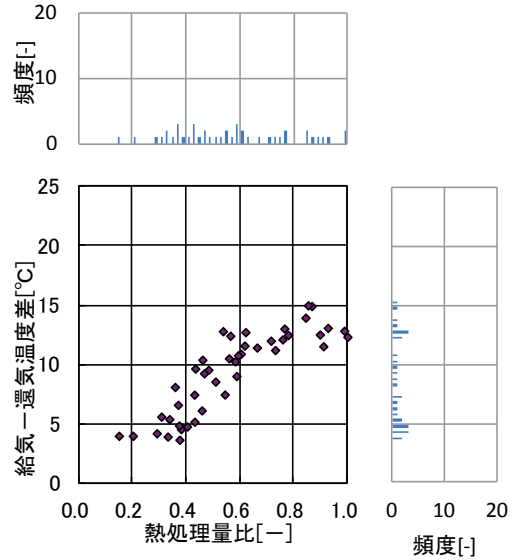
※期間中の最大風量, 最大消費電力を” 1” とした.

※正規化した際の最大値について

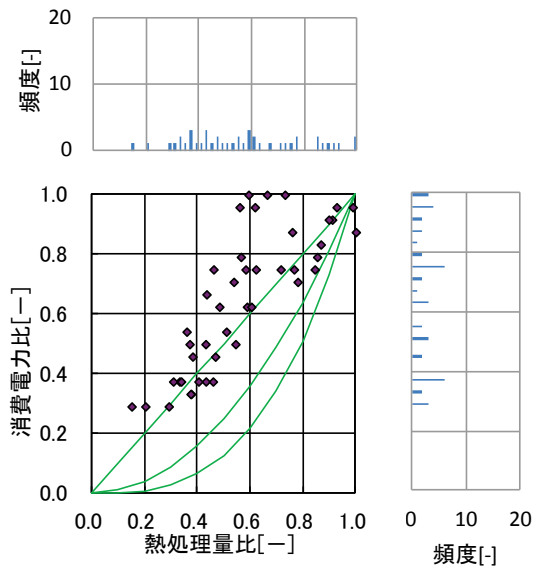
熱処理量 : 141[MJ/h]

消費電力 : 2.4[kW]

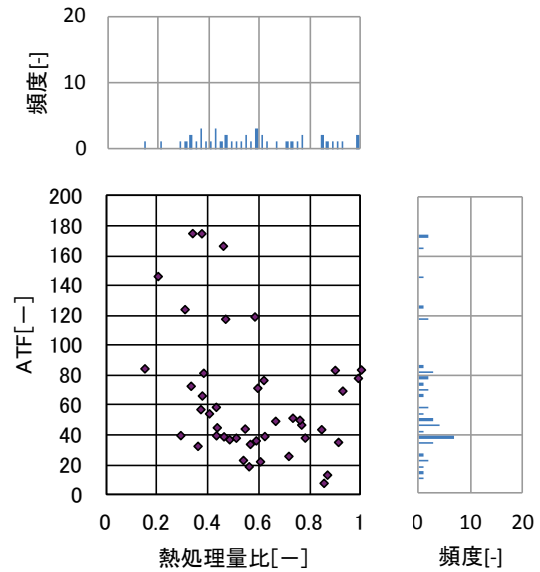
- 温度差は熱処理量が大きくなるにつれて大きくなっている.
- 風量と電力の関係は, 2次曲線より上で推移している.
- ATF はばらつきが大きい.



図Ⅲ. 3. 2. 49 熱量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 50 熱量比と消費電力比の関係



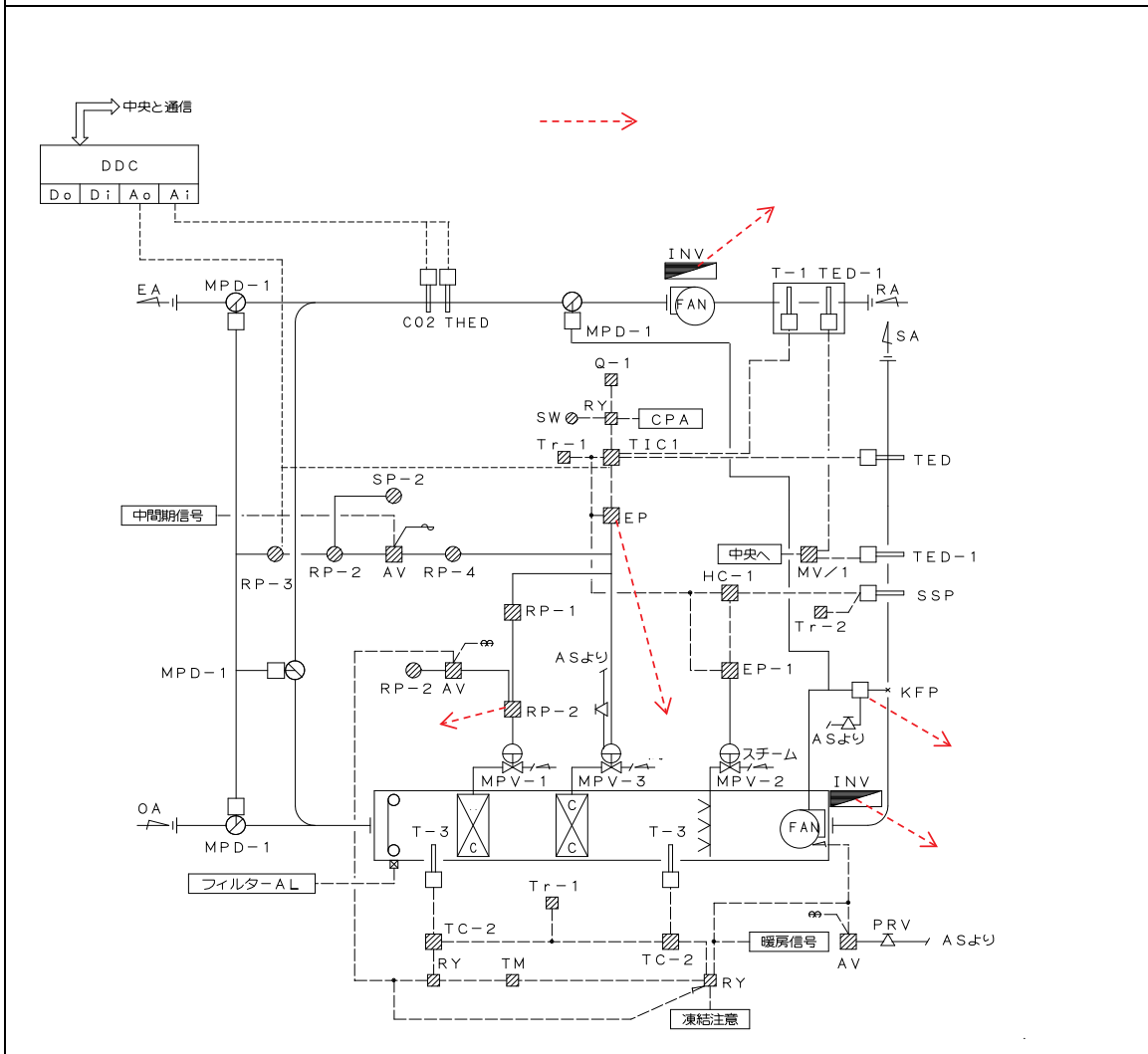
図Ⅲ. 3. 2. 51 熱量比とATFの関係

3.2.5. 病院 02 (AHU-VAV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

建物名	病院 02	地区	北海道	竣工	1980年	改修	2010年	規模	26679m ²
分類記号	AHU-VAV-06				検出部	吐出圧(可変)			
制御目的	VAV				制御目標	吐出圧			
分析期間	平成23年8月～平成25年1月				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	OAC-403, RF-403				製造年月				
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 給気温度制御 給気露点温度制御 吐出圧力による INV 風量制御 				機器仕様	OAC-403 21,000m ³ /hx980Pa(TP) 3φx200Vx15kW C/C : 193kW 555L/min S/C : 130kW 207kg/h RF-403 #3x9,390m ³ /hx568Pa 3φx200Vx3.7kW			

システムフロー



病院 02 (AHU-VAV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数（周波数）制御

<評価項目計算式，計測概要>

1.制御内容

(1) 給気・還気ファン

- ・ 給気温度制御
- ・ 給気露点温度制御
- ・ 吐出圧力による INV 風量制御

2.評価項目計算式 ※添え字（記号）はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 給気・還気温度差

$$\text{給気・還気温度差} = \text{還気温度 (T2)} - \text{給気温度 (T1)}$$

(2) 風量

$$\text{風量} = \text{給気風速 (S1, S2, S3)} \times \text{断面積} \times 3600$$

(3) 熱量

$$\text{熱量} = \text{比エンタルピ差} \times \text{風量} \times \text{比重} \times \text{比熱}$$

※比エンタルピ差は T1, T2, T3, H1, H2, H3, 風量より演算

(4) 電力量

初期計測における電流値と電力量 (WH1, WH2) の関係式と電流値ロガー (A1,A2) より算出

(5) ATF

$$\text{ATF} = \text{熱量} \div \text{電力量}$$

3.計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・ 温度：1 分間隔
- ・ 湿度：1 分間隔
- ・ 風速：1 分間隔
- ・ 圧力：1 分間隔
- ・ 電流値：1 分間隔
- ・ INV 周波数：1 分間隔
- ・ 電力量：初期計測

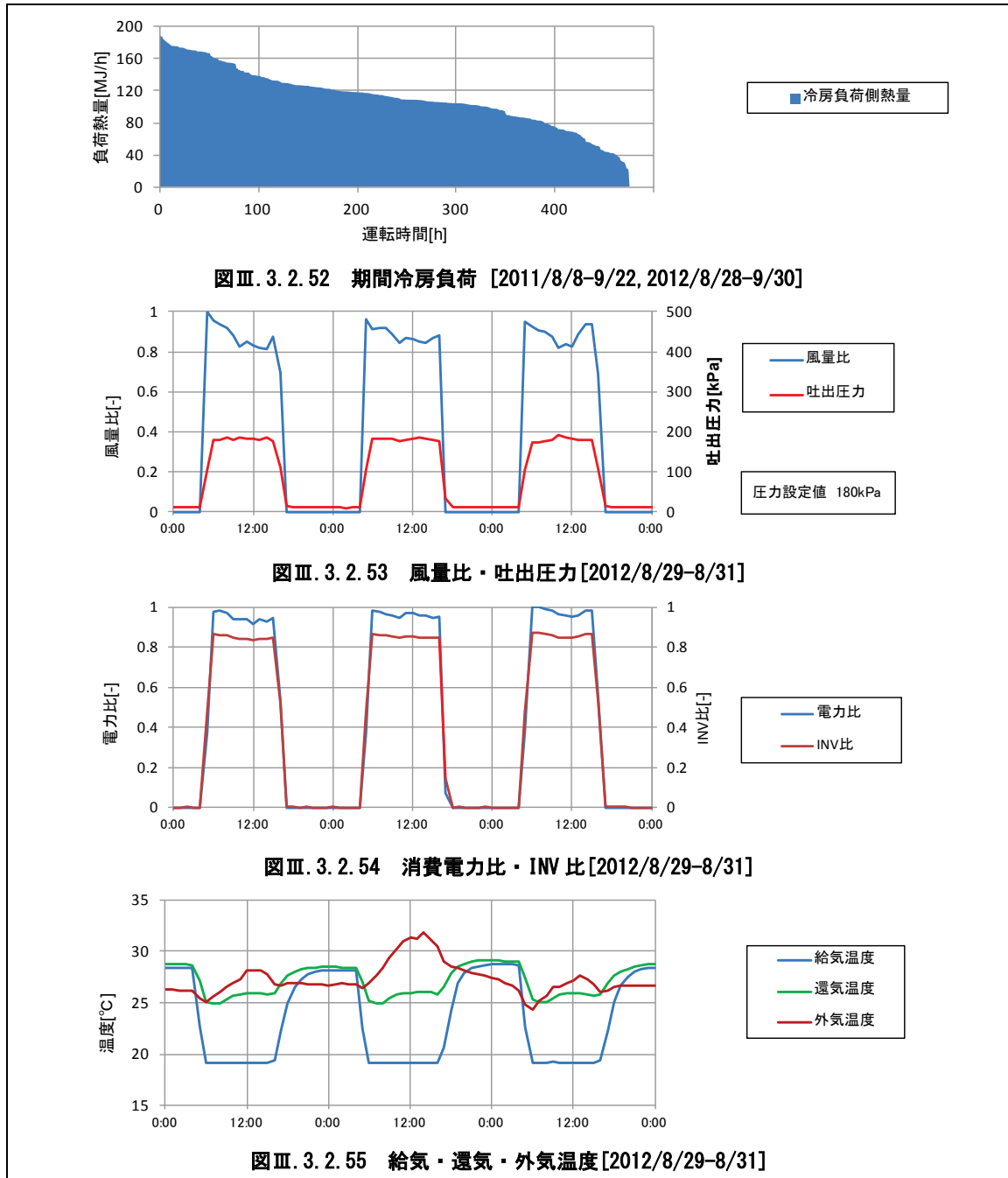
(2) データ処理

- ・ 1 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

病院 02 (AHU-VAV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>冷房



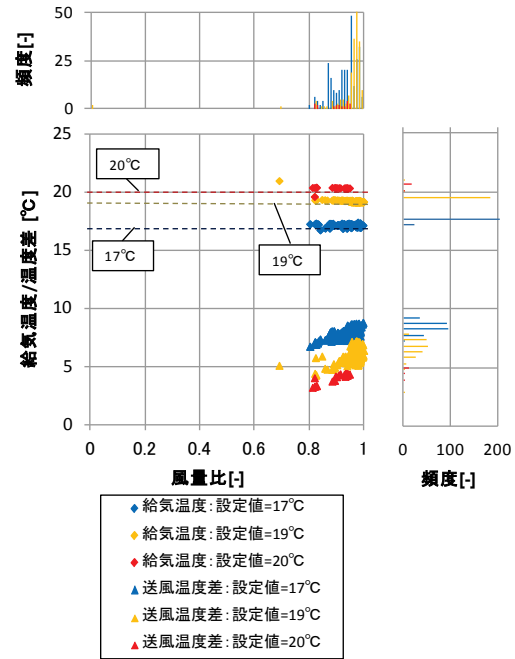
- ・参照期間：2012年8月29日～8月31日
- ・風量比と吐出静圧は対応している
- ・ファン電力と INV 周波数は対応している

病院 02(AHU-VAV-06)

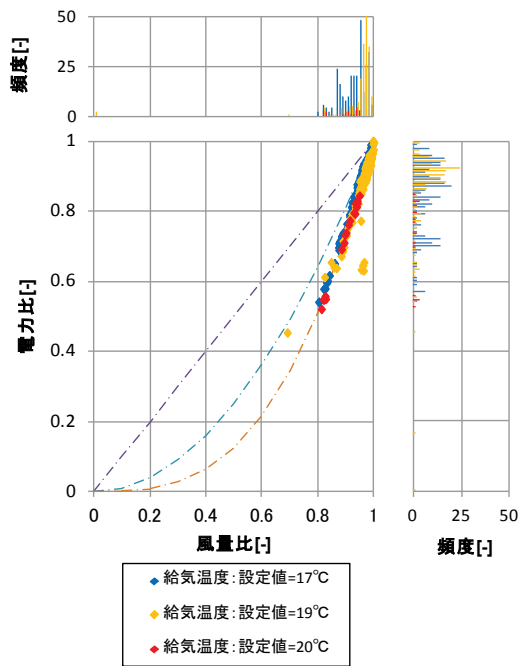
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

<風量分析>冷房

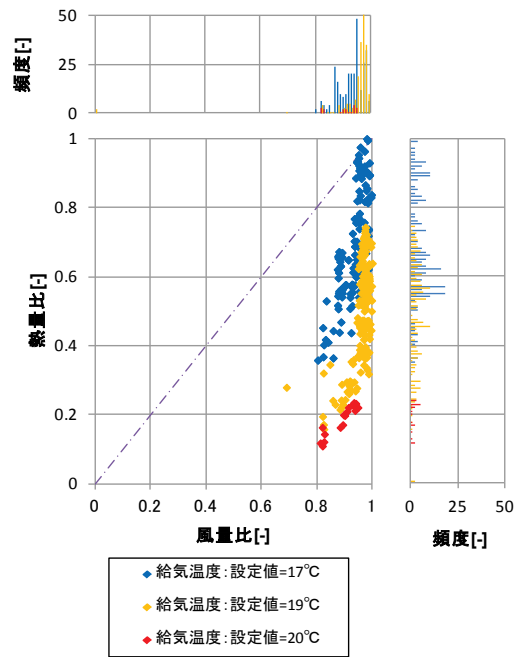
- ・計測期間中は、風量比はほぼ 0.8~1.0 に収まっている
- ・風量と給気温度の関係を見ると、給気温度は設定値通りに制御されているといえる
- ・風量と消費電力は比例しているが、傾斜が近似していない
(風量測定値が実風量より小さくなっていると考えられる)
- ・風量比-電力比の理想曲線は上から1次、2次、3次曲線を表す。



図Ⅲ. 3. 2. 56 風量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 57 風量比と電力比の関係



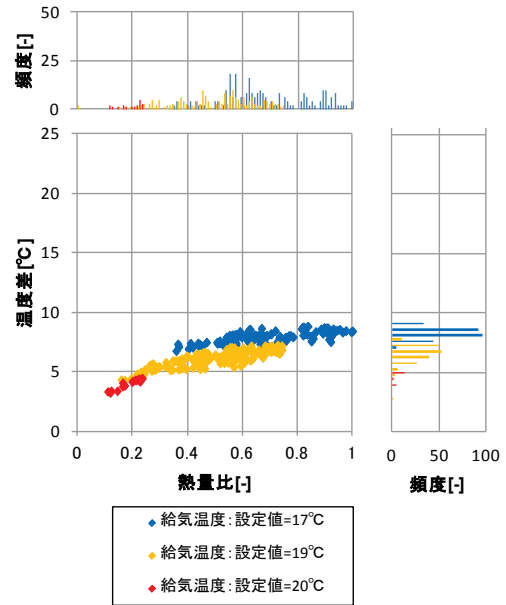
図Ⅲ. 3. 2. 58 風量比と熱量比の関係

病院 02(AHU-VAV-06)

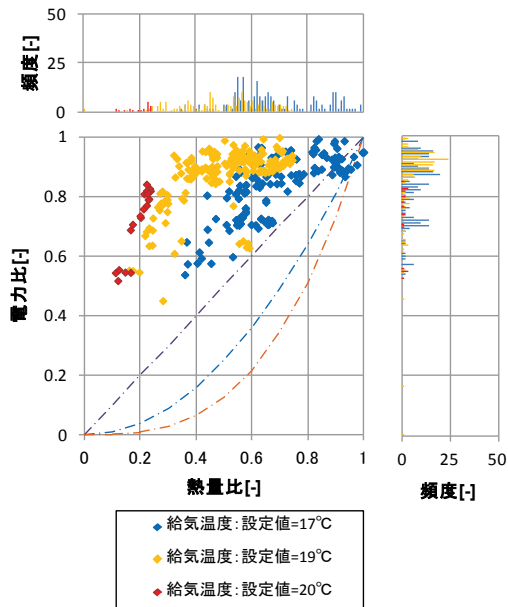
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

<熱量分析>冷房

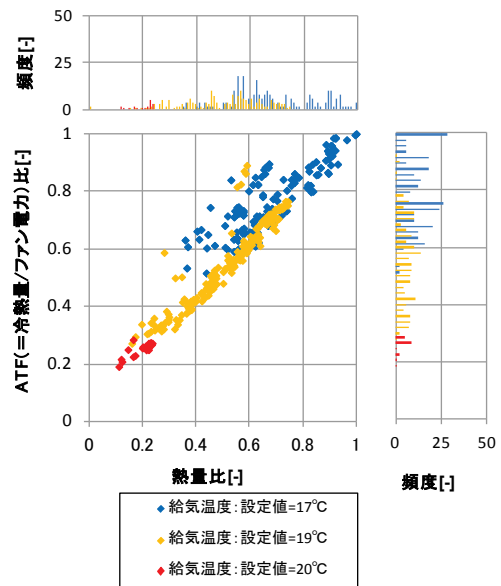
・風量計測値が実風量よりも小さくなって
いることと外気負荷が小さいため効率が悪い
結果となっている



図Ⅲ. 3. 2. 59 熱量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 60 熱量比と電力比の関係



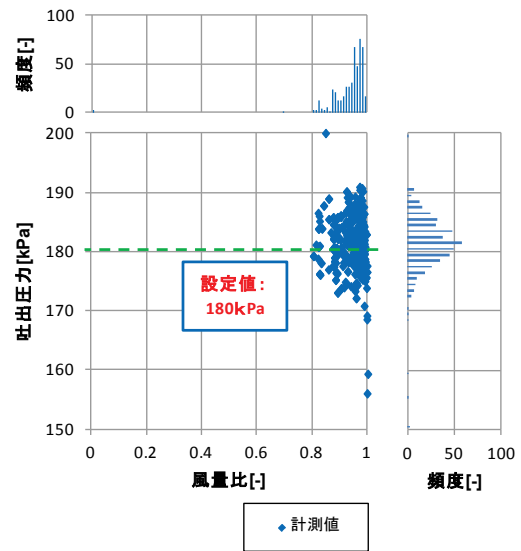
図Ⅲ. 3. 2. 61 熱量比とATFの関係

病院 02 (AHU-VAV-06)

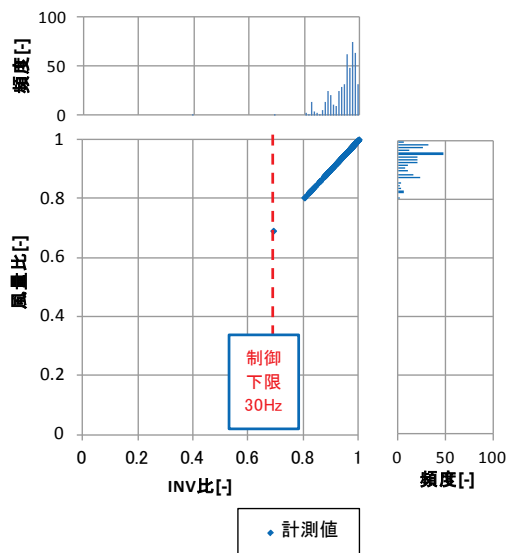
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数（周波数）制御

<その他分析>冷房

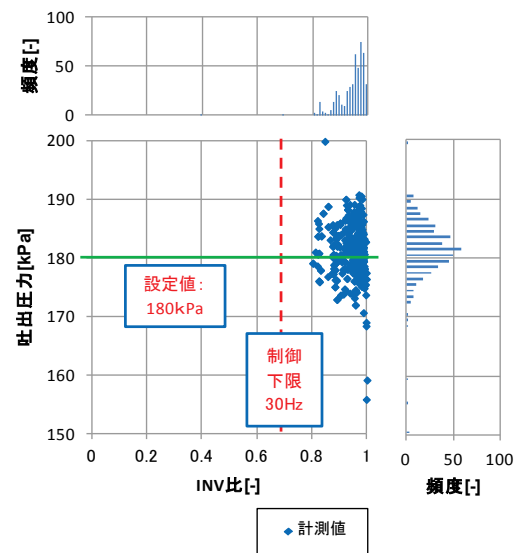
- ・吐出圧力は設計値付近で制御されている
- ・INV 範囲内ではほぼ制御されている
- ・風量比と INV 比は比例している



図Ⅲ. 3. 2. 62 風量比と吐出圧力の関係



図Ⅲ. 3. 2. 63 INV 比と風量比の関係

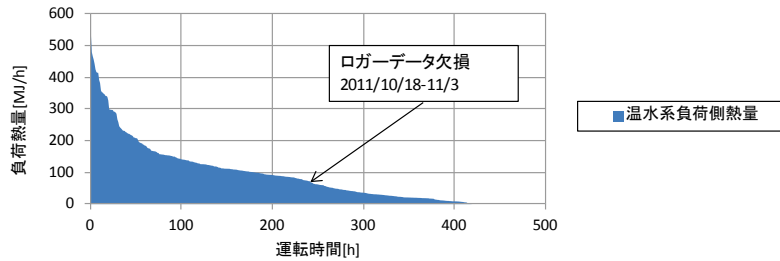


図Ⅲ. 3. 2. 64 INV 比と吐出圧力の関係

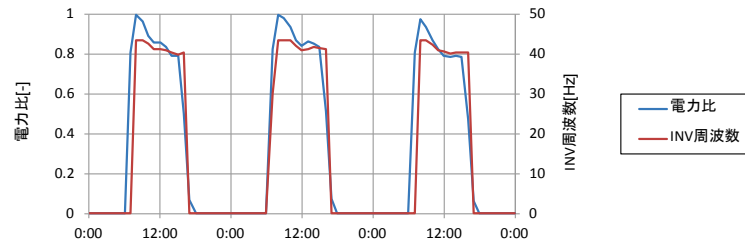
病院 02 (AHU-VAV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数（周波数）制御

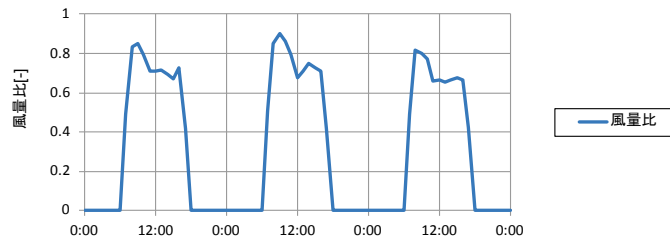
<動作確認データ>暖房



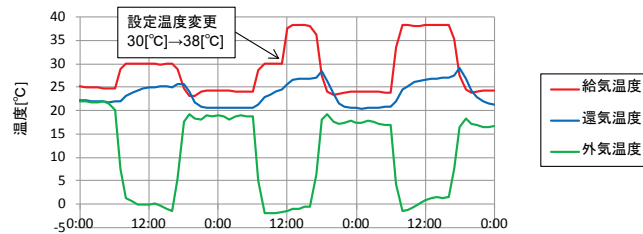
図Ⅲ. 3. 2. 65 期間暖房負荷 [2011/10/1-12/6]



図Ⅲ. 3. 2. 66 給気ファン電力量・INV周波数 [2011/11/30-12/2]



図Ⅲ. 3. 2. 67 給気風量 [2011/11/30-12/2]



図Ⅲ. 3. 2. 68 給気・還気・外気温度 [2011/11/30-12/2]

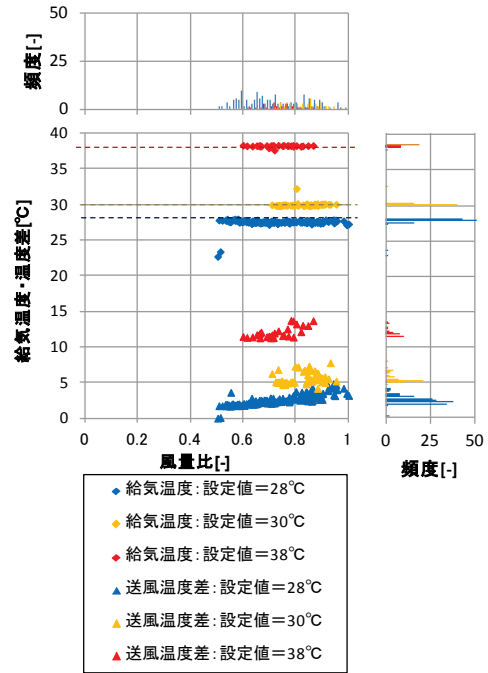
- ・ 2011/10/18～11/3 のデータが欠損しているため、デュレーションカーブがなだらかな曲線にならないと考えられる
- ・ 消費電力は INV 周波数に比例して変化している
- ・ 給気温度設定値を、2011/12/1 に 30[°C]から 38[°C]に変更している

病院 02(AHU-VAV-06)

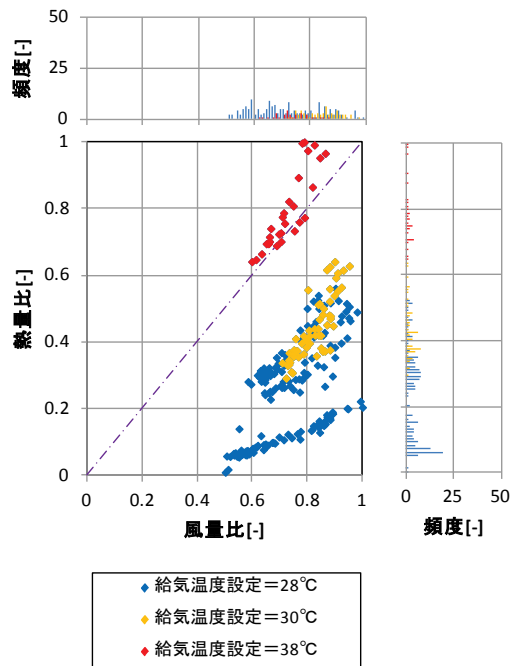
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

<風量分析>暖房

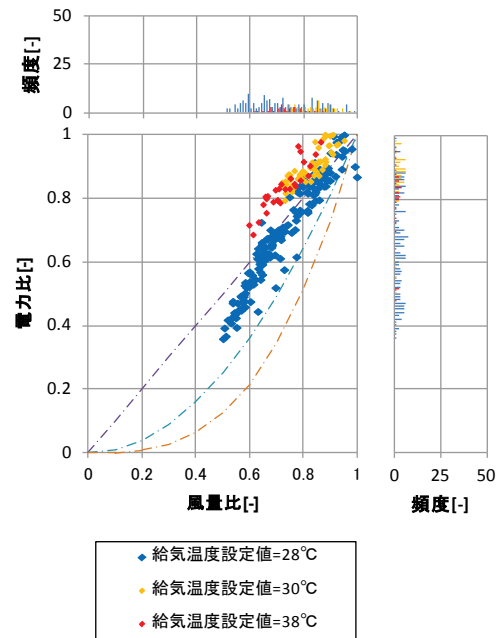
- ・給気温度は設定値付近 (28°C, 30°C, 38°C) で制御されている
- ・送風温度差は風量が増加するにつれて大きくなる傾向がある
- ・風量比と電力比は比例している
- ・送風温度が高い場合、風量比に対して電力比が大きくなっている。これは給気温度によるものと考えられる
(定圧制御のため：温度高→抵抗減→回転数 UP→電力 UP)



図Ⅲ. 3. 2. 69 風量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 70 風量比と熱量比の関係



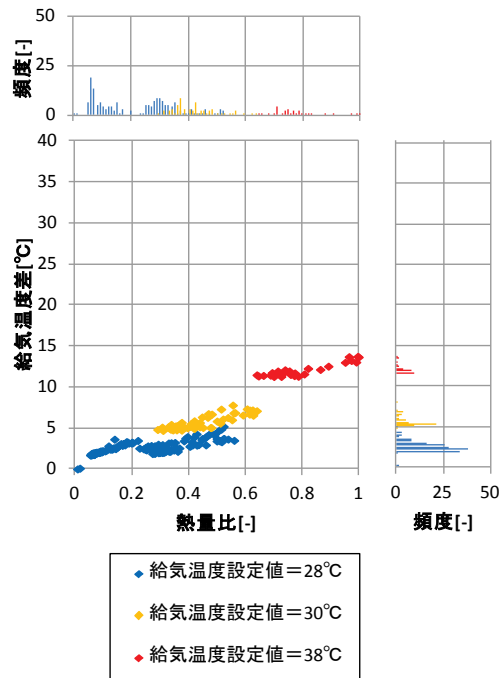
図Ⅲ. 3. 2. 71 風量比と電力比の関係

病院 02(AHU-VAV-06)

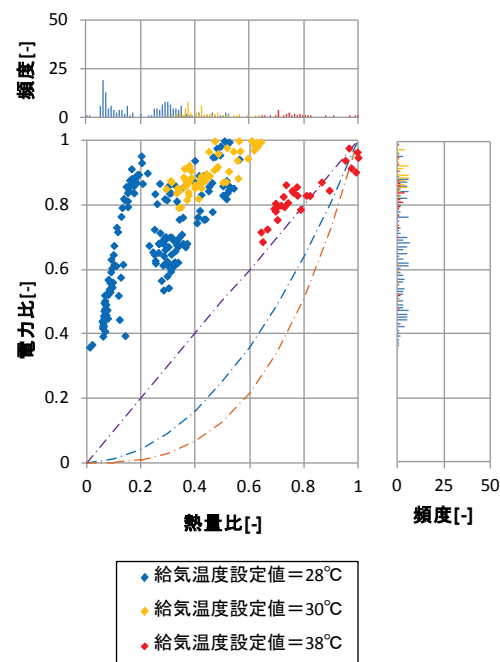
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

<熱量分析>暖房

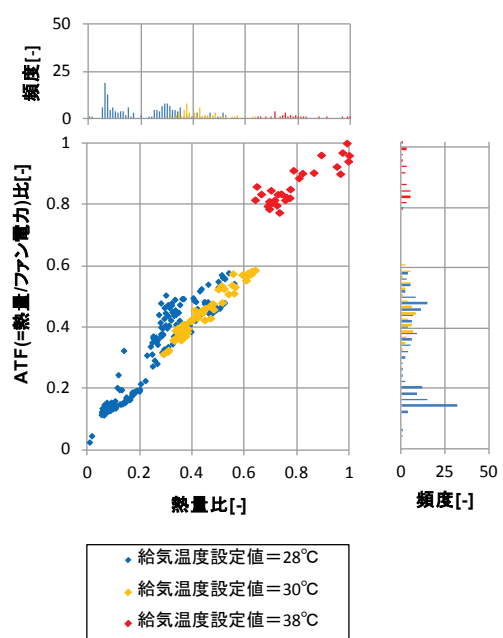
・給気温度設定値=28[°C]のとき、熱量比の分布が2つの集合に分かれているのは、熱量比の小さい集合は2011年10月(10/1~10/17)の値、大きい集合は2011年11月(11/4~11/30)の値であり、暖房負荷の差によるものと考えられる



図Ⅲ. 3. 2. 72 熱量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 73 熱量比と電力比の関係



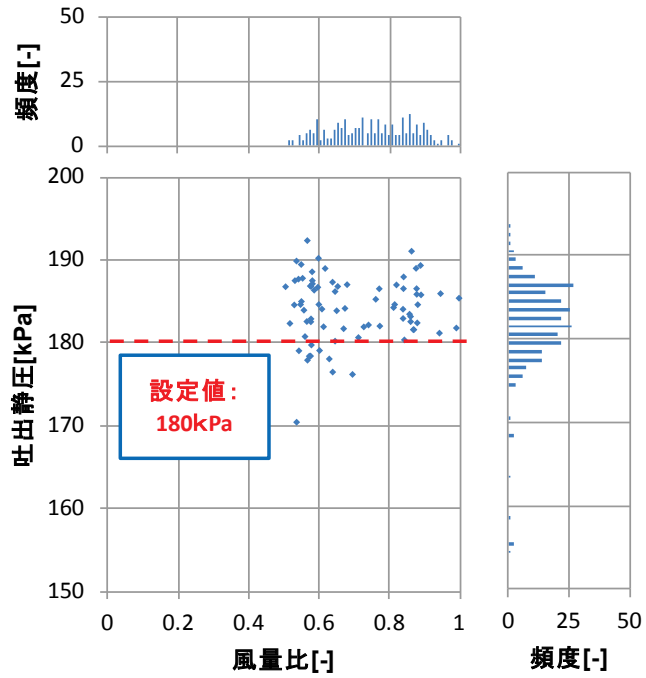
図Ⅲ. 3. 2. 74 熱量比とATFの関係

病院 02 (AHU-VAV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

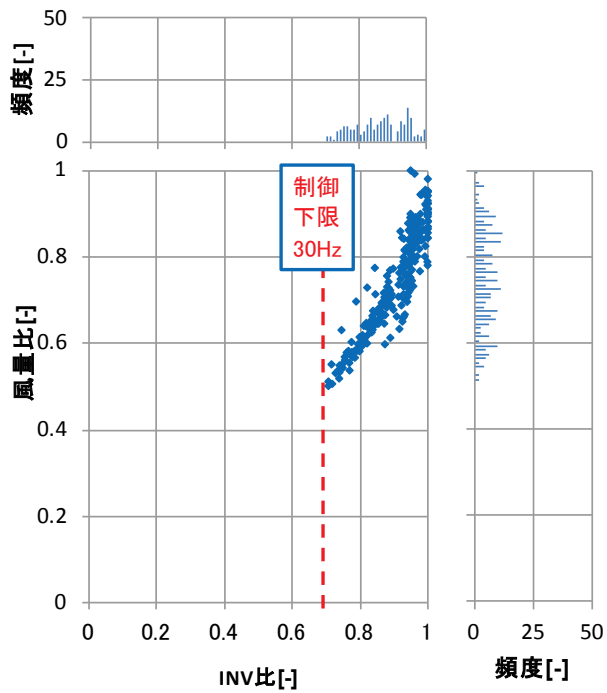
<その他分析>暖房

・風量の大小にかかわらず，吐出静圧は設定値付近で制御されている



図Ⅲ. 3. 2. 75 風量比と吐出圧の関係

・INV 制御範囲内で制御されている



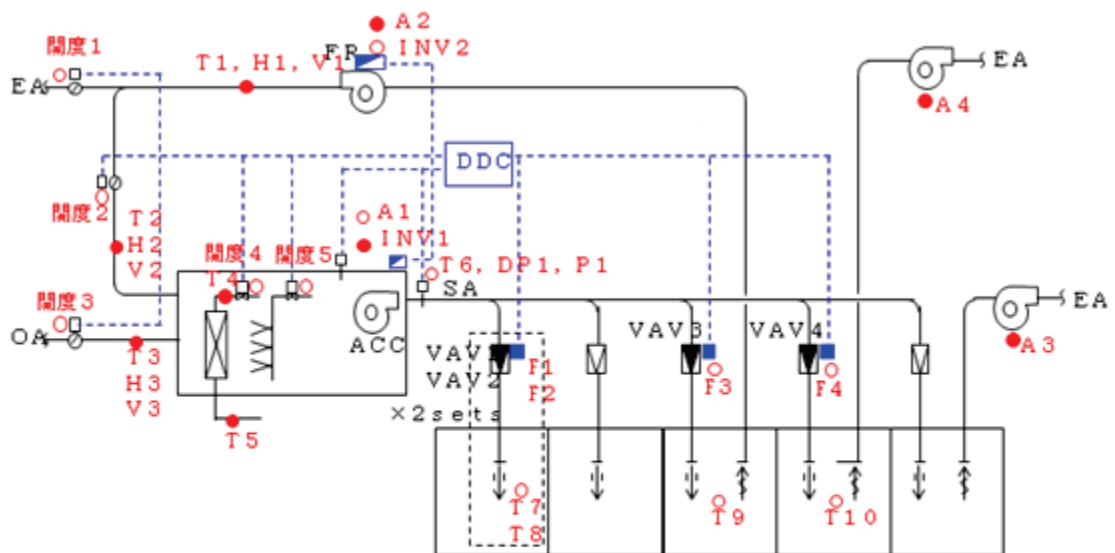
図Ⅲ. 3. 2. 76 INV 比と風量比の関係

3.2.6. 病院 03 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

建物名	病院 03	地区	新潟	竣工	2007 年	改修	—	規模	50,034m ²
分類記号	AHU-VAV-03				検出部	VAV 合計風量			
制御目的	ファン回転数制御				制御目標	給気風量			
分析期間	平成 23 年 8 月～平成 24 年 7 月				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	ACC-105, FR-105-1, FE-105-01, FE-SW-3				製造年月				
制御内容	<AHU 廻り> ・給気温度制御 ・給気露点温度制御 ・外気冷房制御 ・給気風量制御 <VAV 廻り> ・室内温度制御				機器仕様	ACC-105 36,000m ³ /h×607Pa(機外) 3φ×200V×15kW C/C : (冷)173.0kW, (暖)180.1kW S/C : 79.9kg/h FR-105-1 29,800m ³ /h×590Pa(機外) 3φ×200V×15kW			

システムフロー



【空調対象室用途・規模】

系統	室名	面積 [m ²]	SA設計風量 [m ³ /h]
VAV105-1	中央ホール	777	13800
VAV105-2・3	廊下1	608	14100
VAV105-4	中央ホール (吹抜上部)	95.7	7800
CAV105-2	廊下6	134.5	800
	更衣室	6	200
計		1621.2	36000

T : 温度 V : 風速
 H : 湿度 P : 圧力
 DP : 露点 A : 電流
 F : 風量
 ○ : 中央監視データ ● : 現地計測データ

【INV上限および下限値[Hz】】

	上限	下限
ACC-105	45	25
FR-105-1	50	25

病院 03 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

<評価項目計算式, 計測概要>

【評価項目計算式】

1) 顕熱 (空気側)

顕熱 = 温度 (SA : T6, RA : T2, OA : T3) × 風量 (SA : P1 から算出, RA : V2 から算出, OA : V3 から算出) × 密度 × 比熱

2) 二次側負荷熱量

二次側負荷熱量 = | SA 顕熱 - RA 顕熱 - OA 顕熱 |

3) 冷水温度差

冷水温度差 = 冷凍機入口温度 (T5, T7, T9, T12) - 冷凍機出口温度 (T6, T8, T10, T13)

4) 風量比

風量比 = 風量 (F1 + F2 + F3 + CAV) ÷ 期間最大風量

5) 給気 - 還気温度差

給気 - 還気温度差 = T6 - T2

6) 消費電力比

消費電力比 = 消費電力 (A1 より算出) ÷ 期間最大消費電力

7) 熱処理量比

熱処理量比 = 熱処理量 (SA 顕熱 - RA 顕熱) ÷ 期間最大熱処理量

8) ATF

ATF = 熱処理量 ÷ 消費電力

【計測概要】

1) データ収集時間間隔

1分

2) フィルタリング条件

- ・ 9:00~17:00 のデータを用いる
- ・ 起動後 1 時間のデータは削除
- ・ INV 上限, 下限値のデータは削除

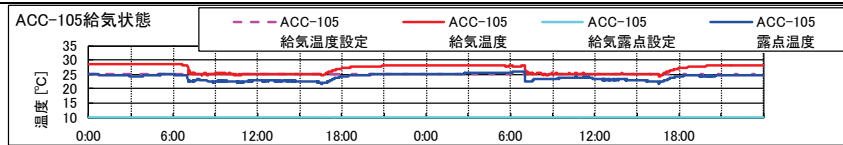
3) データ処理

それぞれのデータを 1 時間平均に集計

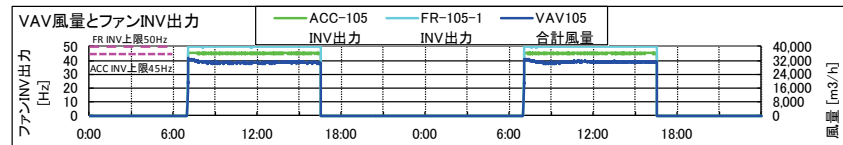
病院 03 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数) 制御

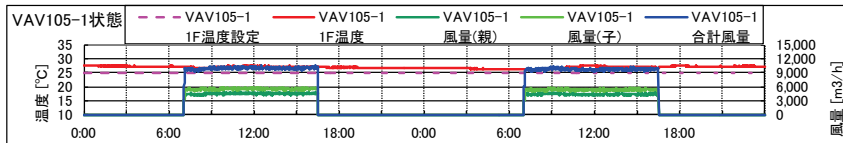
<動作確認データ> 2011年9月1,2日



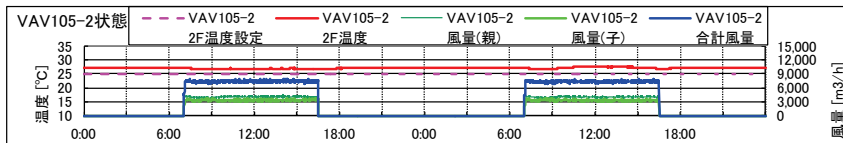
図Ⅲ. 3. 2. 77 ACC-105 給気状態トレンド



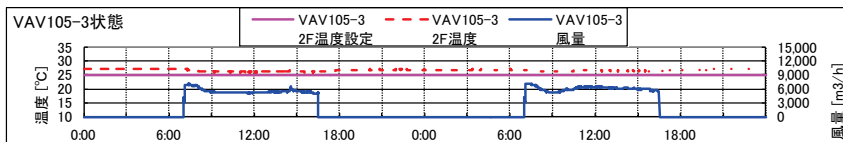
図Ⅲ. 3. 2. 78 INV および VAV 給気状態トレンド



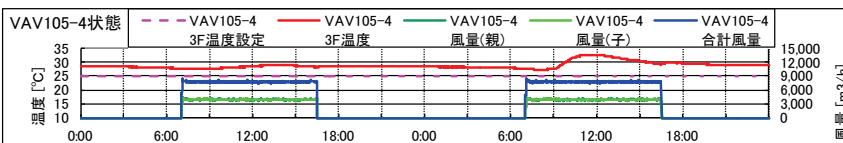
図Ⅲ. 3. 2. 79 VAV105-1 給気状態トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 80 VAV105-2 給気状態トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 81 VAV105-3 給気状態トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 82 VAV105-4 給気状態トレンド

VAV105-1~4 は、それぞれシステムフロー図の VAV1~4 を指す。

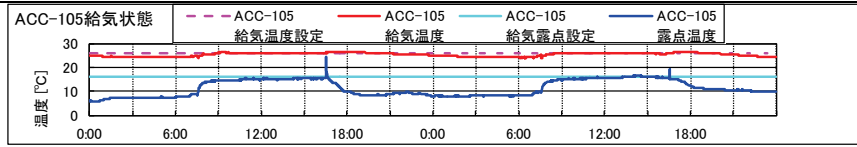
また、各 VAV ユニットは親・子の 2 台構成となっている。

- ACC105 の給気温度は設定通りに制御できている。(給気露点温度はフリー)
- 各 VAV が設定温度を満足していないため、ACC-105 および FR-105-1 は INV 上限値で運転している。
- 各 VAV について、設定温度を満足していない。

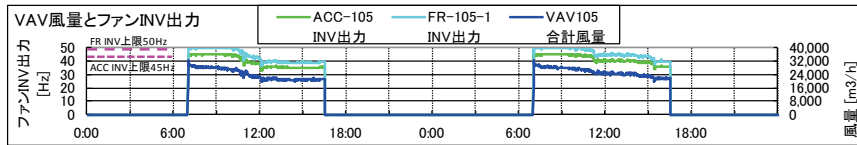
病院 03 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

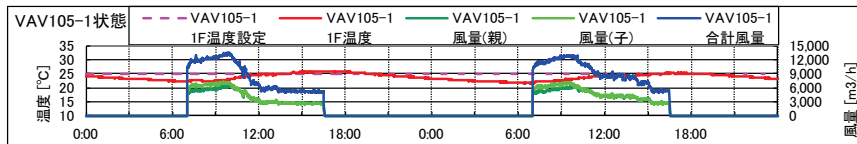
<動作確認データ> 2011年12月6,7日



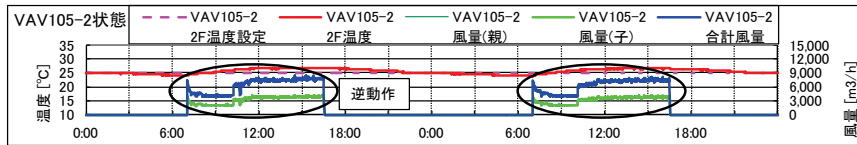
図Ⅲ. 3. 2. 83 ACC-105 給気状態トレンド



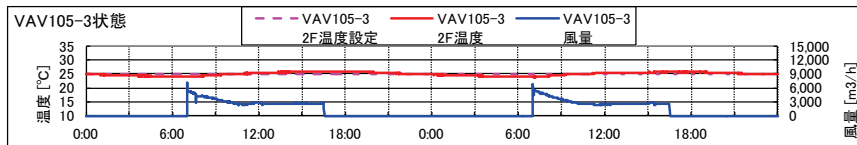
図Ⅲ. 3. 2. 84 INV および VAV 給気状態トレンド



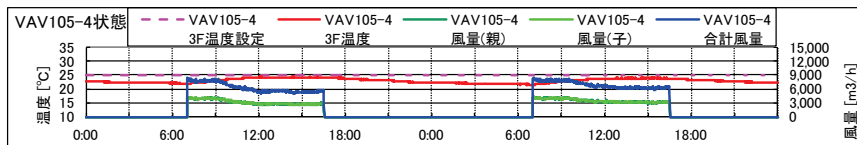
図Ⅲ. 3. 2. 85 VAV105-1 給気状態トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 86 VAV105-2 給気状態トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 87 VAV105-3 給気状態トレンド



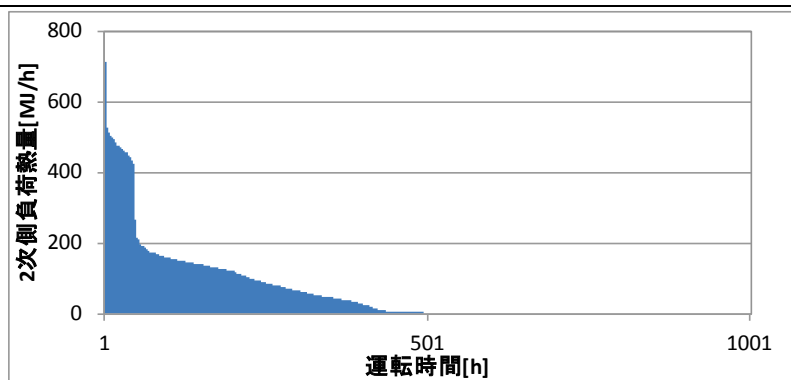
図Ⅲ. 3. 2. 88 VAV105-4 給気状態トレンド

- ACC105 の給気温度は設定通りに制御できている。
- 温度と風量は正常に制御できている。(室内温度が設定温度に近くなると風量が小さくなる)
- VAV の合計風量と VAV105-1,3,4 の風量の差分で運転しているため、逆動作となっている。

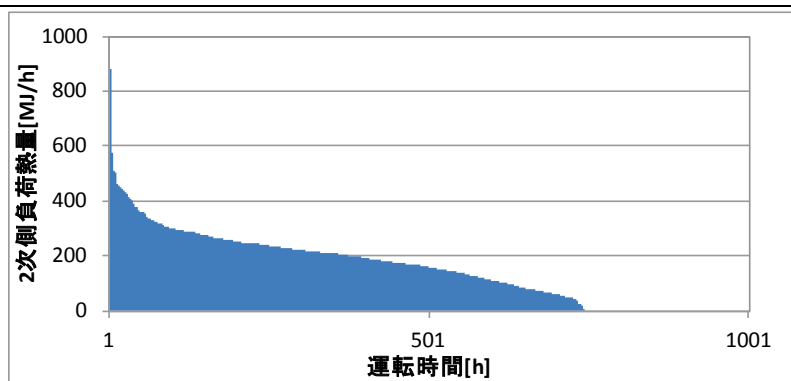
病院 03 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数) 制御

<動作確認データ>

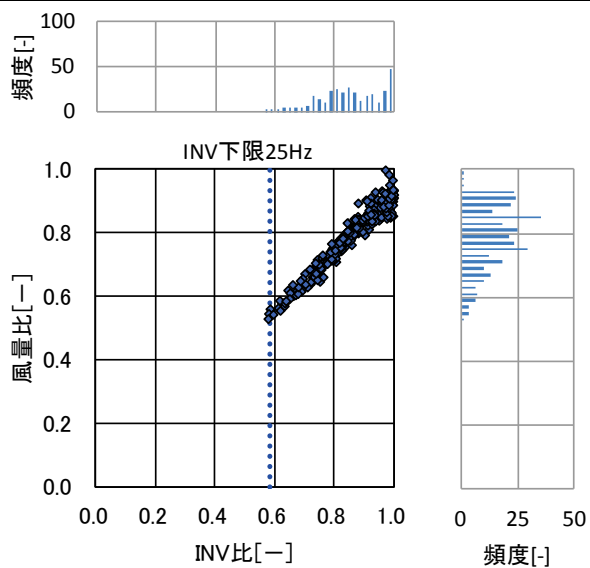


図Ⅲ. 3. 2. 89 期間冷房負荷



図Ⅲ. 3. 2. 90 期間暖房負荷

2次側負荷熱量は、空気の顕熱としている



図Ⅲ. 3. 2. 91 INV と風量比の関係

病院 03 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

<風量分析>2011年9月~2012年1月

※期間中の最大風量, 最大消費電力, 最大熱処理量を”1”とした.

※データは2011年9月~2012年1月までのデータである.

※熱処理量は, 顕熱としている.

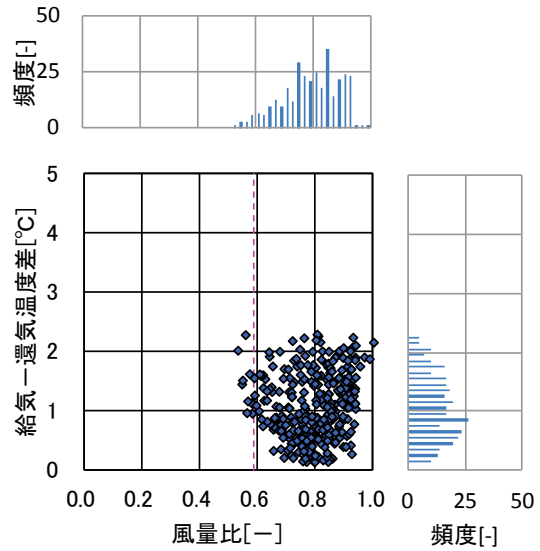
※正規化した際の最大値について

風量: 30672[m³/h]

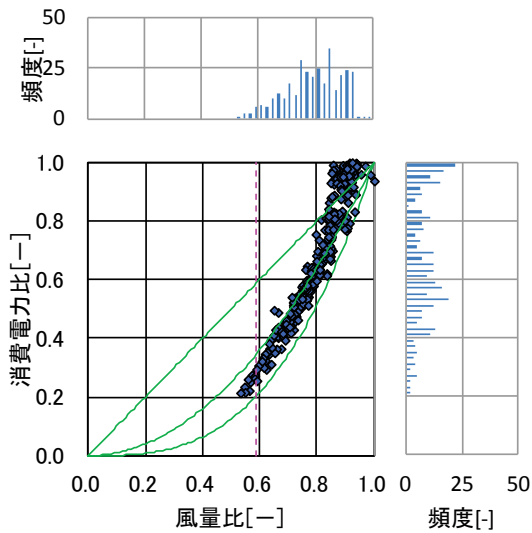
消費電力: 13[kW]

熱処理量: 72[MJ/h]

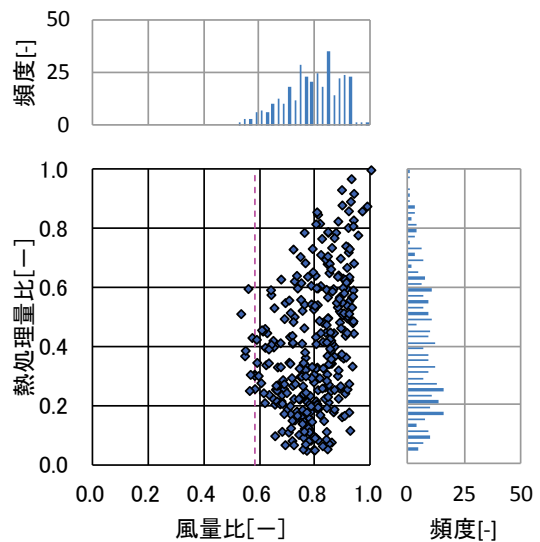
- 温度差は0~2°Cで分布している.
- 風量と電力の関係は, 3次曲線よりも上で推移している.
- 風量に対し熱量は増加しているが, ばらつきが大きい.



図Ⅲ.3.2.92 風量比と温度差の関係



図Ⅲ.3.2.93 風量比と消費電力比の関係



図Ⅲ.3.2.94 風量比と熱量比の関係

病院 03 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

< 熱量分析 >

※期間中の最大風量, 最大消費電力, 最大熱処理量を” 1” とした.

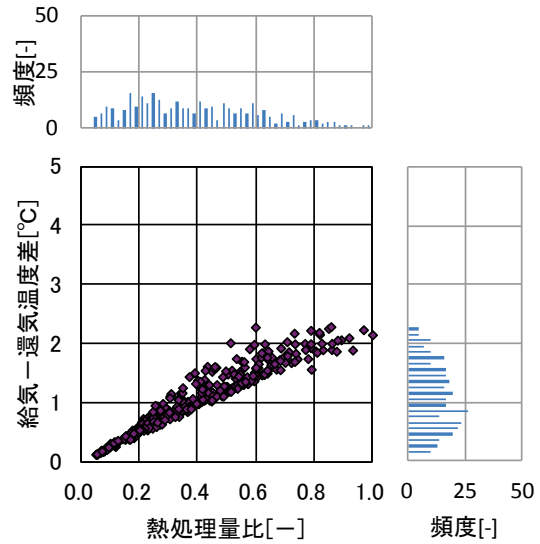
※熱処理量は, 顕熱としている.

※正規化した際の最大値について

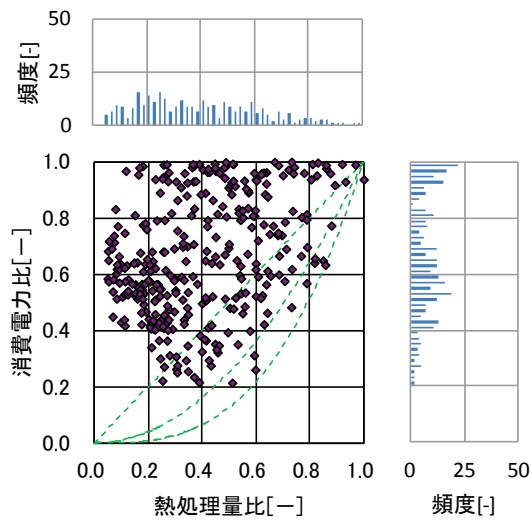
熱処理量 : 72[MJ/h]

消費電力 : 12[kW]

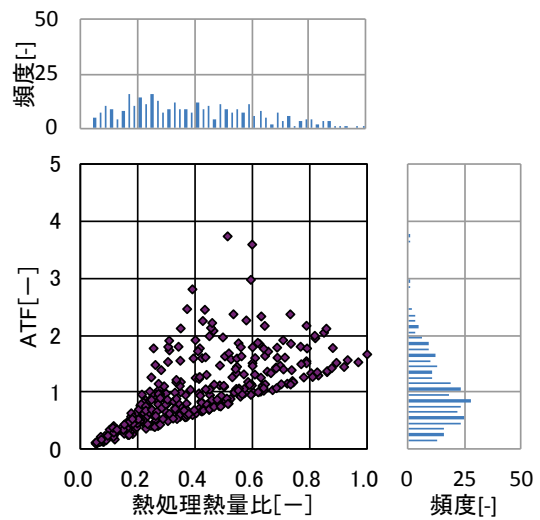
- 温度差は 0~2°C で分布している.
- 熱量と電力の関係に関しては, ばらつきが大きく関係性は見られない.
- ほとんどが ATF が 2 以下で運転している.



図Ⅲ. 3. 2. 95 熱量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 96 熱量比と消費電力比の関係



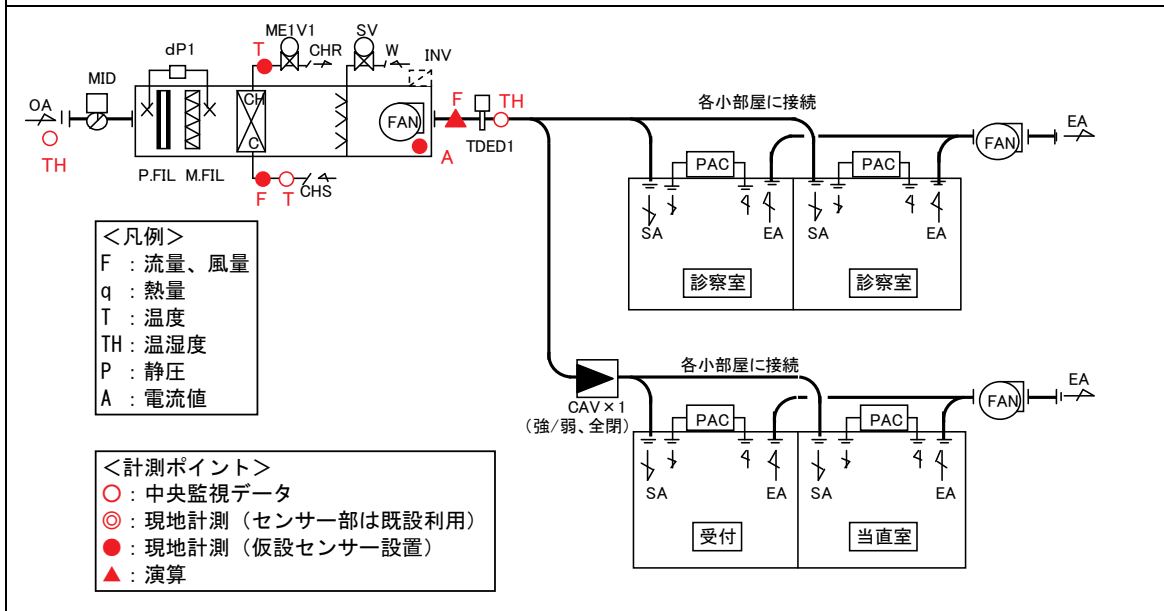
図Ⅲ. 3. 2. 97 熱量比と ATF の関係

3.2.7. 病院 04 (FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

建物名	病院 04	地区	千葉	竣工	2006 年	新築	—	規模	31,000m ²
分類記号	FAO-VAV-03				検出部	CAV 合計風量			
制御目的	給気風量				制御目標	給気風量			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～9 月 30 日				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	SA ファン				製造年月				
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 給気温度制御 室温設定により冷温水弁の比例制御を行う (冷暖切換). 給気露点温度を計測し, 加湿 (冬季) 制御を行う. 外気給気風量制御 CAV (強・夜間切換) の切換信号により, INV 周波数を切換える. 外気給気制御 定風量の系統と CAV 設置系統に分かれる. INV 周波数上限下限 上限 45Hz, 下限 41Hz SA 温度設定 18:00～6:00 24°C, 6:00～18:00 22°C 風量切替の基準 月～金 6:00～10:00, 11:00～13:00, 16:00～18:00 High (強), それ以外 Low (弱) 室内温度設定: PAC 側で設定 				機器仕様	AHU-151 (外来棟 1 階 小児科・外来待合 いホール系統) 送風ファン 7,700m ³ /h×580Pa× 5.5kW 冷水コイル 99.8 kW 冷水量 205 L/min 温水コイル 88.1 kW 温水量 182 L/min			

システムフロー



分析リスト

- ・温度変化, 給気外気温度差, 風量, 処理熱量
- ・ファン消費電力, ATF

病院 04 (FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<計測データ，評価項目計算式>

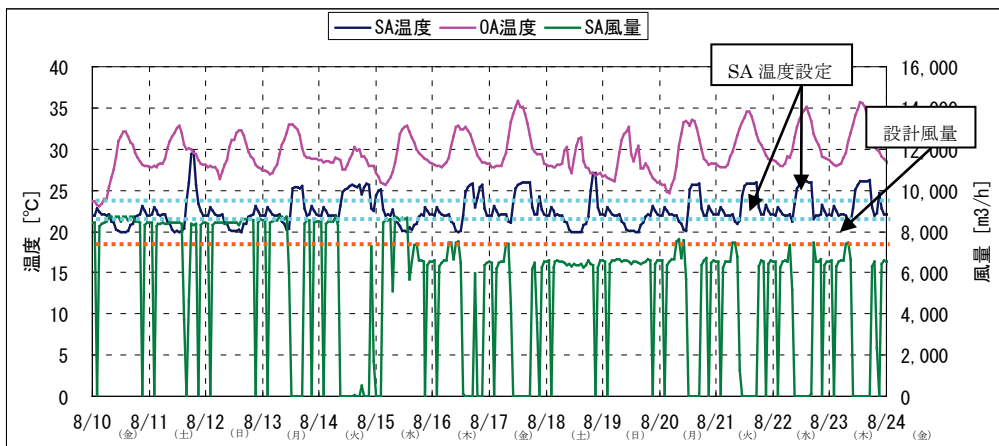
<p>1. 計測データ</p> <p>(1) データの収集時間間隔</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地計測データ：1分間隔，瞬時値 ・中央監視データ：10分間隔，瞬時値 <p>(2) データ処理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1分間隔瞬時値，10分間隔瞬時値 → 1時間平均値に処理 <p>(3) 解析利用データのフィルタリング項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機器の起動時，停止時のデータを排除 ・機器が停止状態のデータを削除 ・給気外気エンタルピ差がマイナスとなるデータを削除 <p>2. 評価項目計算式</p> <p>(1) 風量</p> <p>給気風量 SA は，事前にダクト内の風速の測定を行い，SA ファン消費電力 E [kW] と間に以下の関係式を算出した。</p> $\text{給気風量 SA [m}^3\text{/h]} = -304.64 \times E^3 + 1637.5 \times E^2 + 475.92 \times E$ <p>計測期間の最大風量を基に風量比を算出した。</p> $\text{風量比 FR} = \text{給気風量 SA [m}^3\text{/h]} / \text{実測最大風量：8,748 [m}^3\text{/h]}$ <p>(2) 給気外気温度差</p> <p>計測した給気温度を T1，外気温度を T2 として算出した。</p> $\text{給気外気温度差 } \Delta T [^\circ\text{C}] = T2 [^\circ\text{C}] - T1 [^\circ\text{C}]$ <p>(3) 処理熱量</p> <p>SA と OA のエンタルピ差と SA 風量とで，処理熱量を算出した。</p> $\text{処理熱量 q [MJ/h]} = \text{空気密度：1.2 [kg/m}^3\text{]} \times \text{給気風量 SA [m}^3\text{/h]} \times (\text{OA 比エンタルピ H2 [kJ/kg']} - \text{SA 比エンタルピ H1 [kJ/kg']}) / 1,000 \text{ [kJ/MJ]}$ <p>最大処理熱量を基に処理熱量比を算出した。</p> $\text{処理量熱比 HR} = \text{処理熱量 q [MJ/h]} / \text{最大処理熱量：219 [MJ/h]}$ <p>(4) 消費電力</p> <p>計測した電流 A から消費電力を算出した。</p> <p>SA ファンの消費電力を消費電力 E として使用した。</p> $\text{SA ファン消費電力 E [kW]} = \sqrt{3} \times \text{電圧：200 [V]} \times \text{SA ファン電流 A [A]} \times \text{力率：0.85} / 1,000 \text{ [W/kW]}$ <p>最大消費電力を基に消費電力比を算出した。</p> $\text{消費電力比 ER} = \text{消費電力 E [kW]} / \text{最大消費電力：4.0 [kW]}$ <p>(5) ATF（空気搬送効率）</p> $\text{ATF} = (\text{処理熱量 q [MJ/h]} / 3.6 [\text{MJ}/(\text{h} \cdot \text{kW})]) / \text{消費電力 [kW]}$ <p>計測時の最大処理熱量（219 [MJ/h]）と最大消費電力（4.0 [kW]）との ATF（15.2）を基準とし，理想曲線を算出した。</p> <p>(6) 理想曲線</p> <p>風量に対する電力，熱量に対する電力ともに1次曲線，2次曲線，3次曲線とした。</p> <p>SA ファンの INV 上限下限のみを考慮した。</p> <p>上限：45Hz → 1.0，下限：41Hz → 0.911</p>
--

病院 04 (FAO-VAV-03)

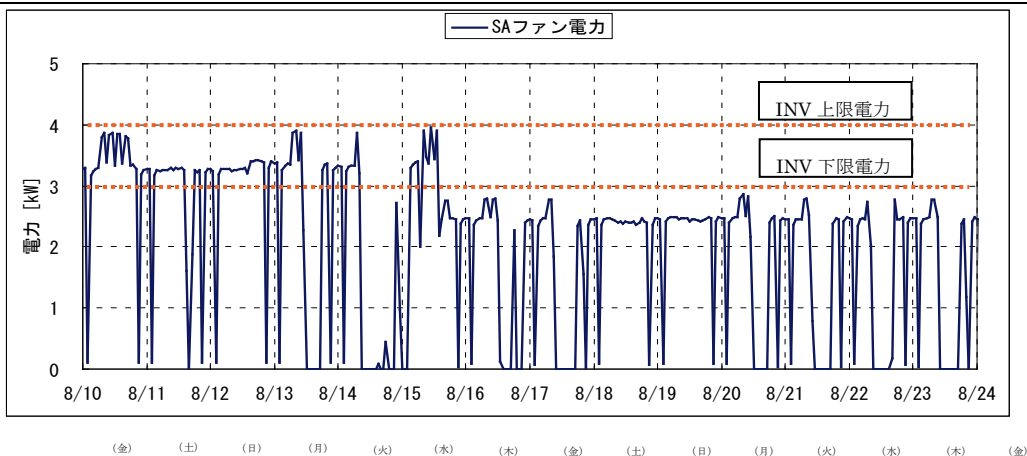
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

- 2012. 8. 10～8. 24 のトレンドグラフ
- SA 風量は設計値が 7,700m³/h であるが、ピーク時は概ね設計風量になる。昼間でも外調機が何度か停止している。
- 8/16 に風量の設定が変わっている。
- SA 設定温度は昼間が 22℃、夜間が 24℃であるが、外調機が稼働している間は 22℃に制御されている。
- INV 周波数が 45Hz で電力は 4.0kW、INV 周波数が 41Hz で電力は 3.0kW となる。



図Ⅲ. 3. 2. 98 SA 温度, OA 温度, SA 風量トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 99 ファン電力トレンド

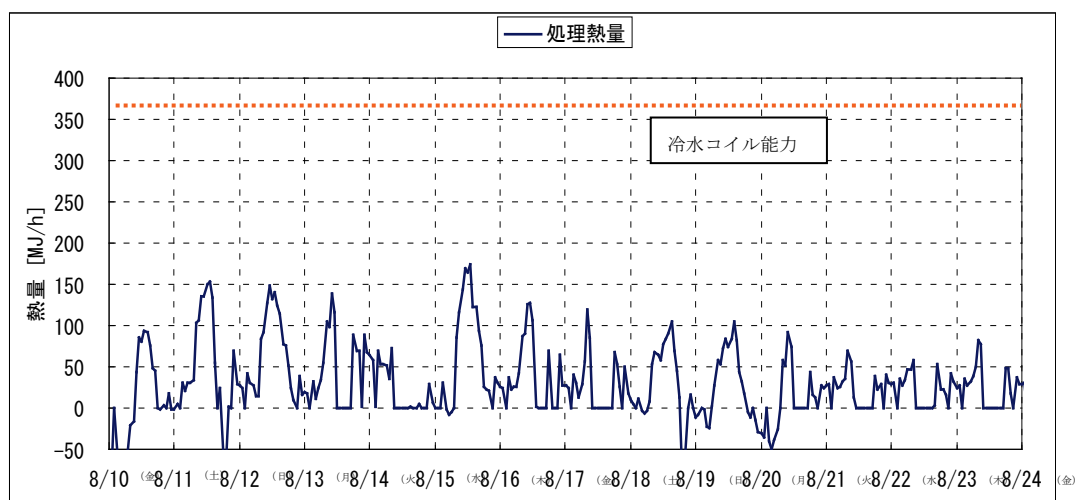
病院 04 (FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

(コメント欄)

- ・ 2012.8.10~8.24 のトレンドグラフ
- ・ 冷水コイルの能力は 359MJ/h (99.8kW) であるが、ピークで 165MJ/h となり 46%程度の処理熱量となる。



図Ⅲ. 3. 2. 100 処理熱量トレンド

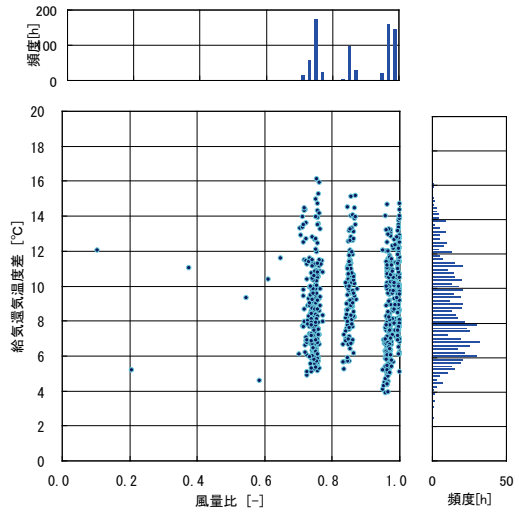
病院 04 (FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

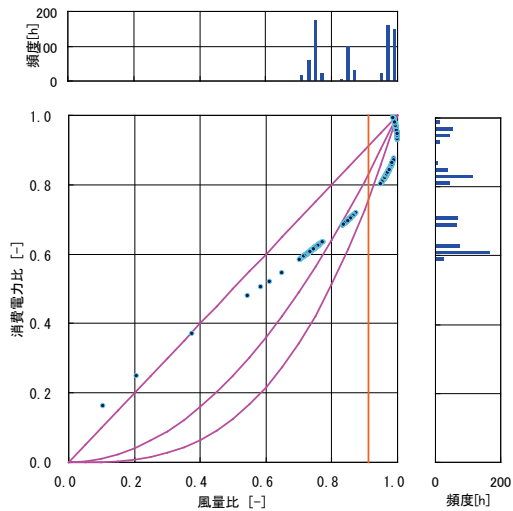
<風量分析>

(コメント欄)

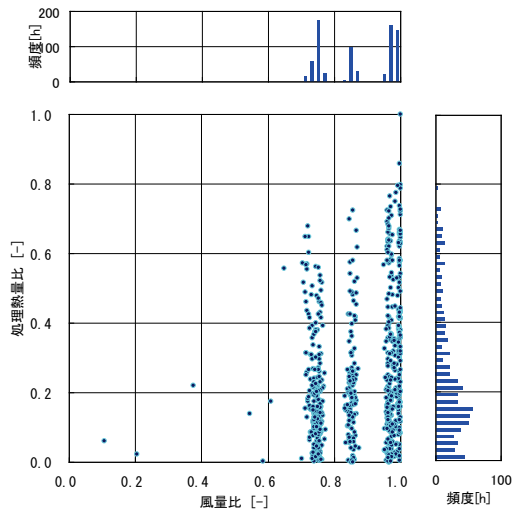
- 風量比には、3つのピークがあり、それぞれの風量比で給気外気温度差にばらつきがある。
- 消費電力は理想曲線から離れた分布である。風量比には4つのピークがある。
- 風量比のピークごとに給気温度を変化させるため、処理熱量比は、ばらついている。



図Ⅲ. 3. 2. 101 風量比と給気外気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 102 風量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 103 風量比と処理熱量比の関係

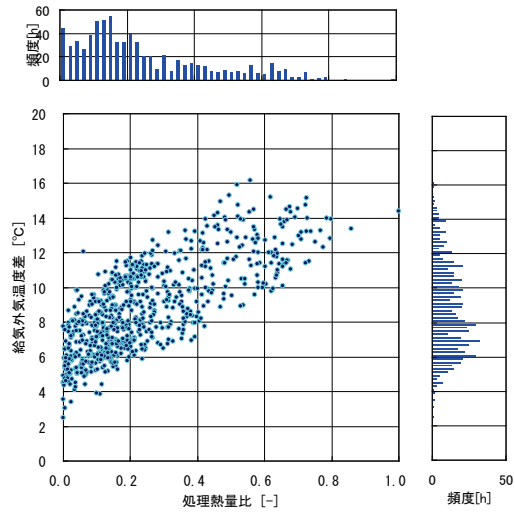
病院 04 (FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

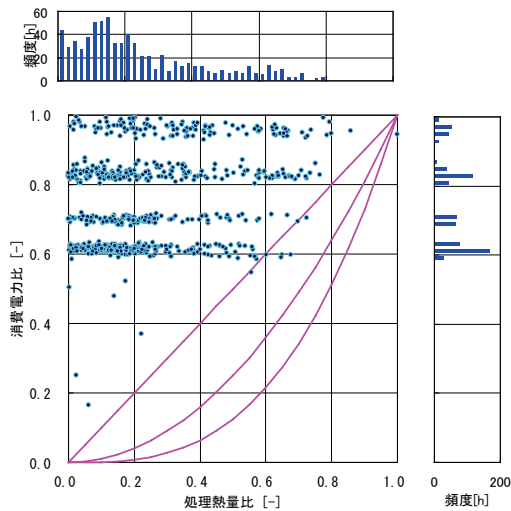
< 熱量分析 >

(コメント欄)

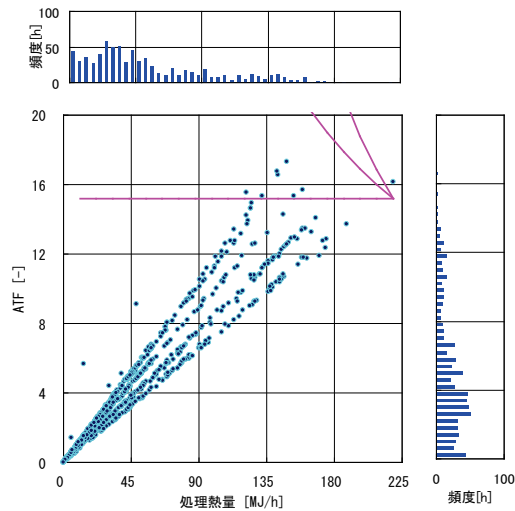
- 定風量に近い運転となるため, 処理熱量比と給気外気温度差との間には, 比例の関係が見られる.
- 消費電力量比には4つのピークが存在している. 給気温度を変化させて, 処理熱量を変えている. 外気温度が低い場合は, 処理熱量比は0になる.
- 処理熱量と ATF との間に比例の関係が見られる.



図Ⅲ. 3. 2. 104 処理熱量比と給気外気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 105 処理熱量比と消費電力量比の関係



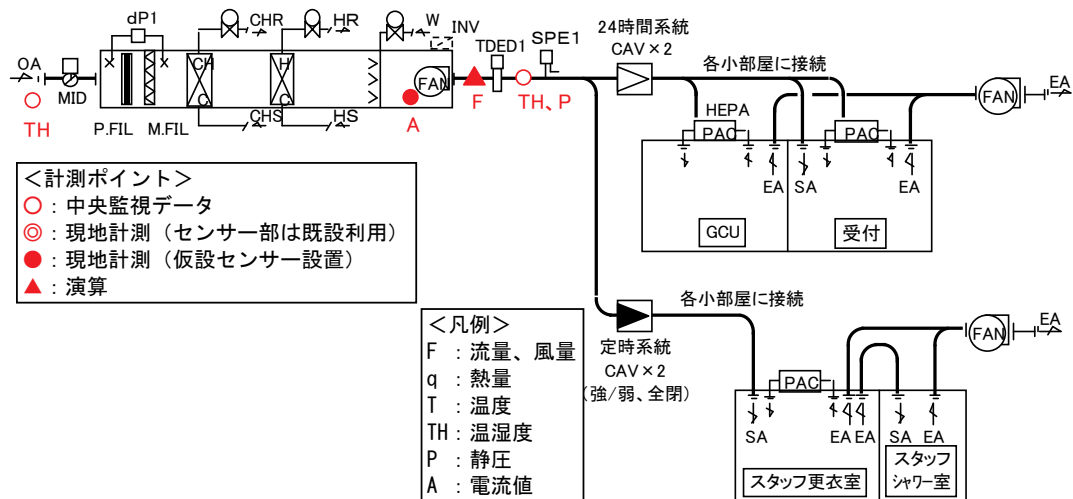
図Ⅲ. 3. 2. 106 処理熱量とATFの関係

3.2.8. 病院 04 (FA0-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数（周波数）制御

建物名	病院 04	地区	千葉	竣工	2006 年	新築	—	規模	31,000m ²
分類記号	FA0-VAV-05				検出部	吐出圧（可変）			
制御目的	給気風量				制御目標	吐出圧			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～9 月 30 日				動作	回転数（周波数）制御			
制御対象	SA ファン				製造年月				
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> ・給気温度制御 室温設定により冷水弁・温水弁の比例制御を行う。 給気露点温度を計測し、加湿／除湿（冷水弁）制御を行う。 ・外気給気風量制御 給気ダクト内静圧（吐出側）による INV 周波数制御（設定静圧 160Pa） 各系統への外気給気風量の制御は CAV にて行う。 ・CAV-外調機-排風機連動 ・INV 周波数上限下限 上限 50Hz, 下限 20Hz ・SA 温度設定 18:00～6:00 25℃, 6:00～18:00 23℃ ・SA 静圧設定：160Pa ・風量切替の基準 各部屋で手動切替 ・室内温度設定：PAC 側で設定 				機器仕様	AHU-301 （入院棟 3 階 NICU・GCU 系統） 送風ファン 7,220m ³ /h×440Pa×5.5kW 冷水コイル 83.2 kW 冷水量 171 L/min 温水コイル 87.5 kW 温水量 113 L/min 再熱コイル 16.2 kW 温水量 34 L/min			

システムフロー



分析リスト

- ・温度変化，給気外気温度差，風量，処理熱量
- ・ファン消費電力，給気ダクト静圧，ATF

病院 04 (FAO-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数（周波数）制御

<計測データ，評価項目計算式>

<p>1. 計測データ</p> <p>(1) データの収集時間間隔</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地計測データ：1分間隔，瞬時値 ・中央監視データ：10分間隔，瞬時値 <p>(2) データ処理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1分間隔瞬時値，10分間隔瞬時値 → 1時間平均値に処理 <p>(3) 解析利用データのフィルタリング項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機器の起動時，停止時のデータを排除 ・機器が停止状態のデータを削除 ・給気外気エンタルピ差がマイナスとなるデータを削除 <p>2. 評価項目計算式</p> <p>(1) 風量</p> <p>給気風量 SA は，事前にダクト内の風速の測定を行い，SA ファン消費電力 E [kW] と間に以下の関係式を算出した。</p> $\text{給気風量 SA [m}^3/\text{h]} = -137.53 \times E^3 - 1228.8 \times E^2 + 3952.9 \times E$ <p>計測期間の最大風量を基に風量比を算出した。</p> $\text{風量比 FR} = \text{給気風量 SA [m}^3/\text{h]} / \text{実測最大風量：7,596 [m}^3/\text{h]}$ <p>(2) 給気外気温度差</p> <p>計測した給気温度を T1，外気温度を T2 として算出した。</p> $\text{給気外気温度差 } \Delta T [^\circ\text{C}] = T2 [^\circ\text{C}] - T1 [^\circ\text{C}]$ <p>(3) 処理熱量</p> <p>SA と OA のエンタルピ差と SA 風量とで，処理熱量を算出した。</p> $\text{処理熱量 q [MJ/h]} = \text{空気密度：1.2 [kg/m}^3\text{]} \times \text{給気風量 SA [m}^3/\text{h]} \\ \times (\text{OA 比エンタルピ H2 [kJ/kg']} - \text{SA 比エンタルピ H1 [kJ/kg']}) / 1,000 \text{ [kJ/MJ]}$ <p>最大処理熱量を基に処理熱量比を算出した。</p> $\text{処理熱量比 HR} = \text{処理熱量 q [MJ/h]} / \text{最大処理熱量：261 [MJ/h]}$ <p>(4) 消費電力</p> <p>計測した電流 A から消費電力を算出した。</p> <p>SA ファンの消費電力を消費電力 E として使用した。</p> $\text{SA ファン消費電力 E [kW]} \\ = \sqrt{3} \times \text{電圧：200 [V]} \times \text{SA ファン電流 A [A]} \times \text{力率：0.85} / 1,000 \text{ [W/kW]}$ <p>最大消費電力を基に消費電力比を算出した。</p> $\text{消費電力比 ER} = \text{消費電力 E [kW]} / \text{最大消費電力：4.6 [kW]}$ <p>(5) ATF (空気搬送効率)</p> $\text{ATF} = (\text{処理熱量 q [MJ/h]} / 3.6[\text{MJ}/(\text{h} \cdot \text{kW})]) / \text{消費電力 [kW]}$ <p>計測時の最大処理熱量 (261 [MJ/h]) と最大消費電力 (4.6 [kW]) との ATF (15.9) を基準として，理想曲線を算出した。</p> <p>(6) 理想曲線</p> <p>風量に対する電力，熱量に対する電力ともに1次曲線，2次曲線，3次曲線とした。</p> <p>SA ファンの INV 上限下限のみを考慮した。</p> <p>上限：50Hz → 1.0，下限：20Hz → 0.4</p>

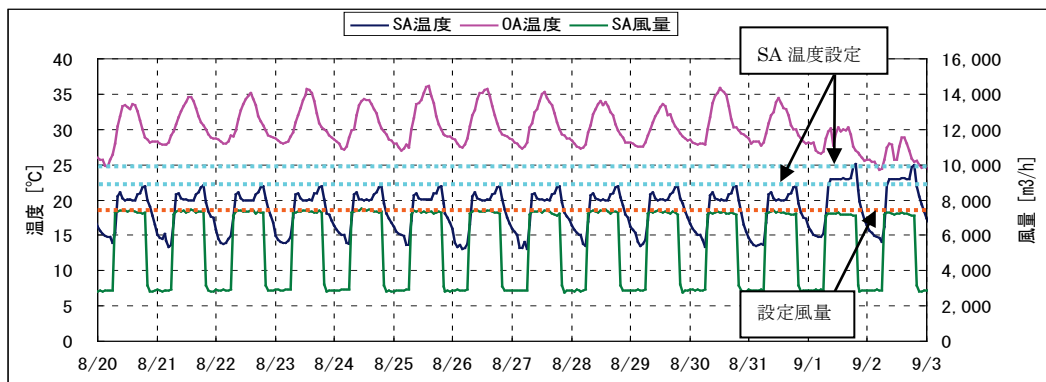
病院 04 (FAO-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数（周波数）制御

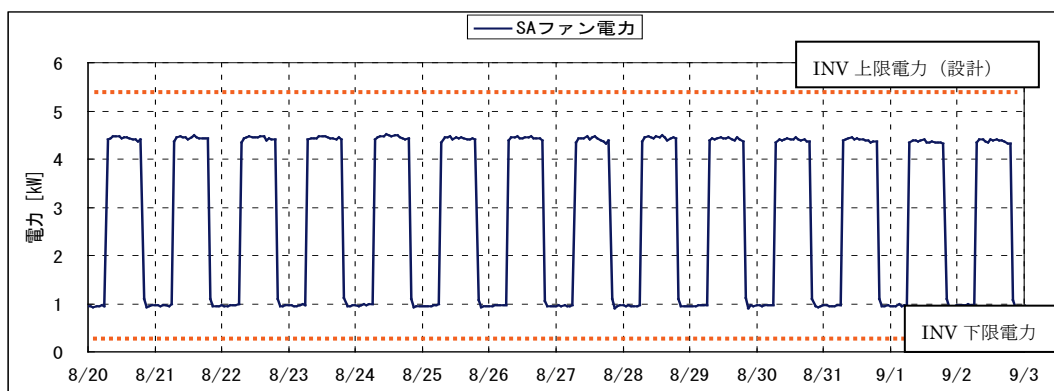
<動作確認データ>

(コメント欄)

- ・ 2012. 8. 20～9. 3 のトレンドグラフ
- ・ SA 風量は設計値が 7,220m³/h であるが、ピーク時は概ね設計風量になる。昼間と夜間で CAV の台数が変わり、手動であるが 2 段階に変化している。
- ・ SA 設定温度は昼間が 23℃、夜間が 25℃であるが、設定より低い温度に制御されている。
- ・ INV 周波数が 20Hz で電力は 0.35kW となる。
- ・ 昼間と夜間で運転している CAV の台数が変わり、手動であるが 2 段階に変化している。



図Ⅲ. 3. 2. 107 SA 温度, OA 温度, SA 風量トレンド



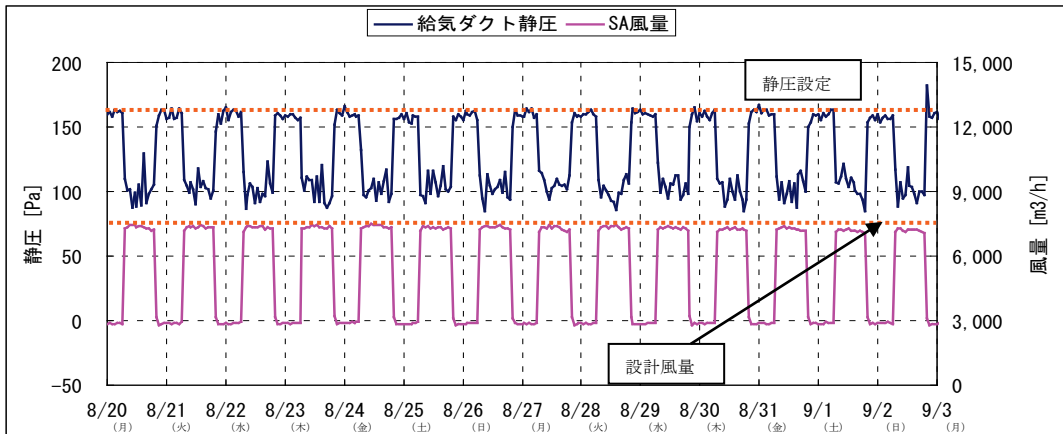
図Ⅲ. 3. 2. 108 ファン電力トレンド

病院 04 (FAO-VAV-05)

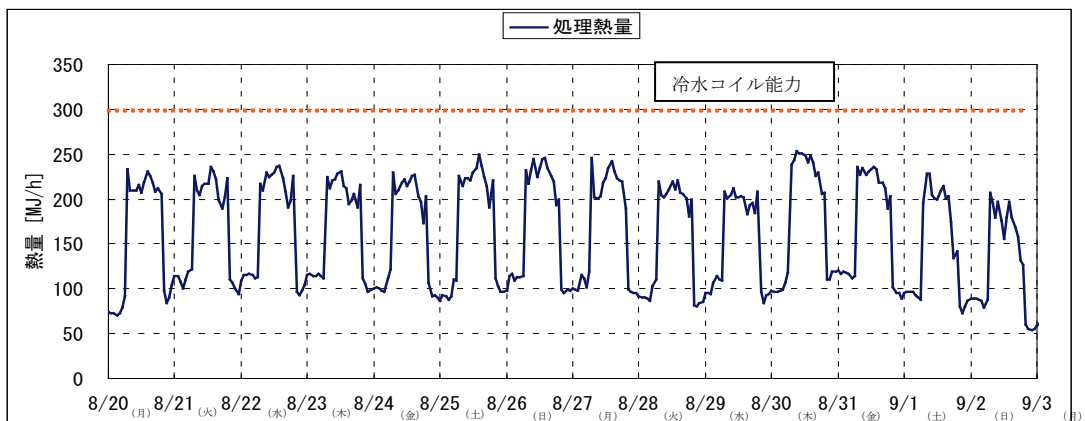
制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

- ・ 2012. 8. 20～9. 3 のトレンドグラフ
- ・ 静圧の設定は、160Pa である。SA 風量が小の時は概ね設定通りである。風量がピークの時ファン INV が上限になるが、100Pa 前後にしかならない。
- ・ 冷水コイルの能力は 300MJ/h (83.2kW) であるが、ピークで 250MJ/h となり 83%程度の処理熱量となる。



図Ⅲ. 3. 2. 109 給気ダクト静圧, 風量トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 110 処理熱量トレンド

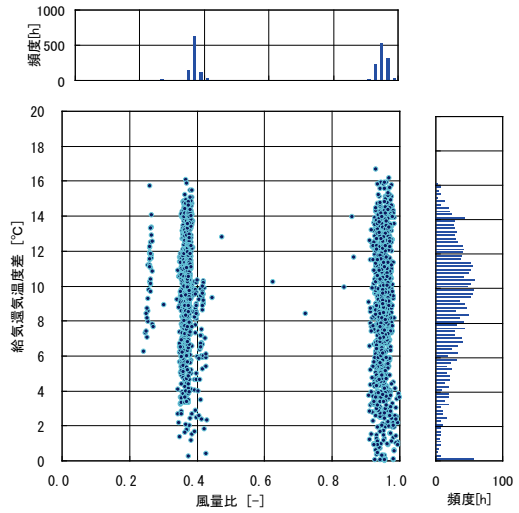
病院 04 (FAO-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数（周波数）制御

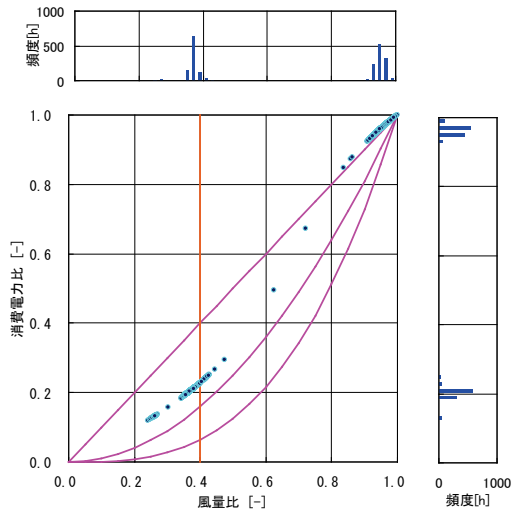
<風量分析>

(コメント欄)

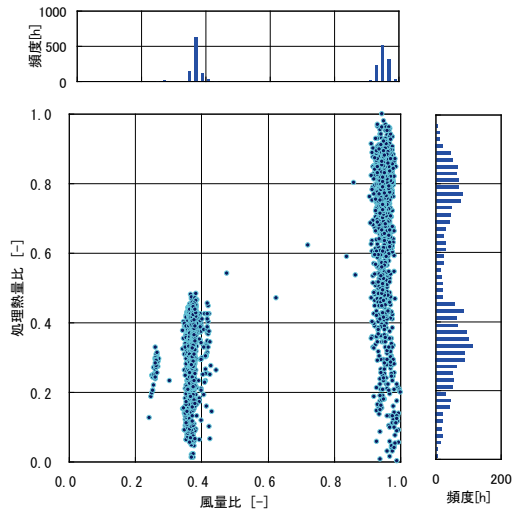
- 風量比には、2つのピークがあり、それぞれの風量比で給気外気温度差にばらつきがある。
- 消費電力は1次曲線と2次曲線の間に分布している。風量比には2つのピークがある。
- 風量比のピークごとに給気温度を変化させるため、処理熱量比は、ばらついている。



図Ⅲ. 3. 2. 111 風量比と給気外気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 112 風量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 113 風量比と処理熱量比の関係

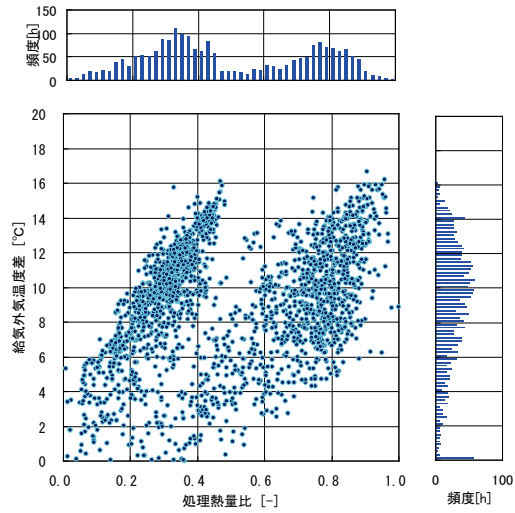
病院 04 (FAO-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	吐出圧	吐出圧	回転数（周波数）制御

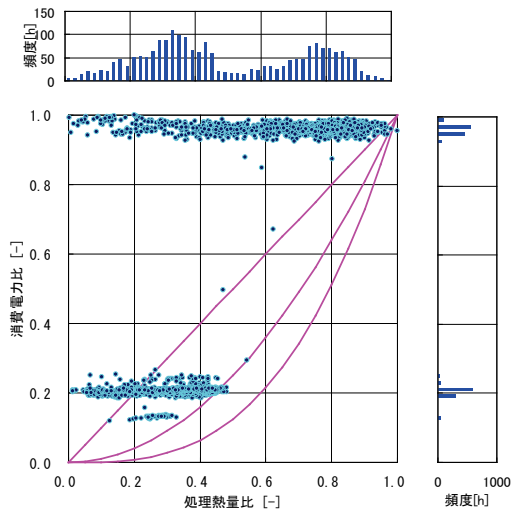
< 熱量分析 >

(コメント欄)

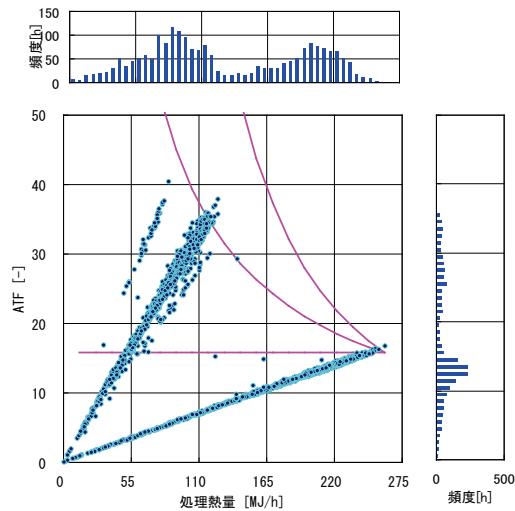
- 処理熱量比には2つのグループがある。定風量に近い運転となるため、それぞれのグループで処理熱量比と給気外気温度差の間には、比例の関係が見られる。
- 消費電力量比には2つのピークが存在している。給気温度を変化させて、処理熱量を変えている。外気温度が低い場合は、処理熱量比は0になる。
- 処理熱量とATFとの間には、2つのグループがあり、それぞれで比例の関係が見られる。



図Ⅲ. 3. 2. 114 処理熱量比と給気外気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 115 処理熱量比と消費電力比の関係



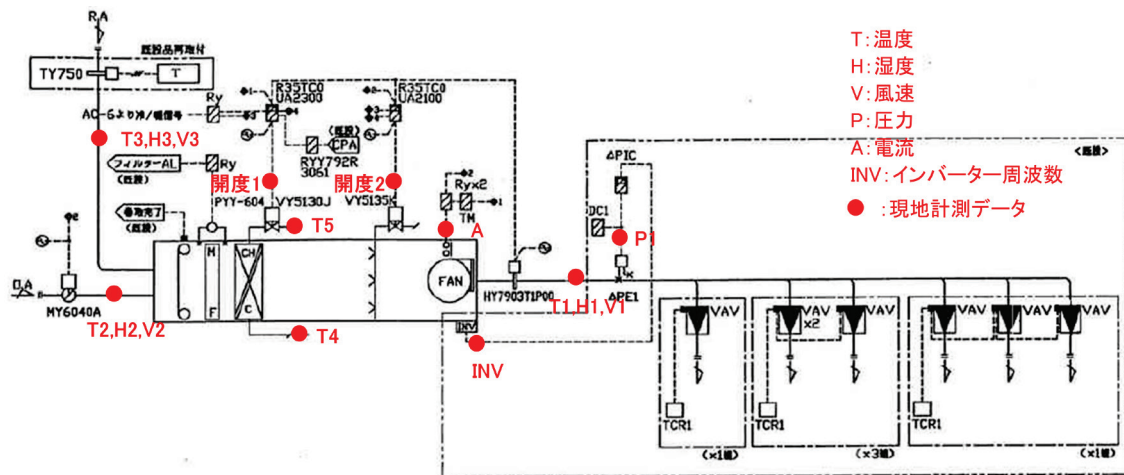
図Ⅲ. 3. 2. 116 処理熱量とATFの関係

3.2.9. 病院 09 (AHU-VAV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

建物名	病院 04	地区	大阪	竣工	-	改修	2001年	規模	14,832m ²
分類記号	AHU-VAV-06				検出部	給気静圧			
制御目的	ファン回転数制御				制御目標	給気風量			
分析期間	平成 23 年 11 月～平成 24 年 2 月				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	AC-13				製造年月				
制御内容	<AHU 廻り> ・給気温度制御 ・給気露点温度制御 ・給気風量制御 <VAV 廻り> ・室内温度制御				機器仕様	AC-13 16,200m ³ /h×530Pa(機外) 3φ×200V×11kW C/C:(冷)111.7kW,(暖)91.2kW S/C:28.8kg/h			

システムフロー



【空調対象室用途・規模】

VAV記号	系統	SA設計風量 [m ³ /h]
VAV-AC-13-B01	B1F 自販機コーナー	450
VAV-AC-13-B02~B03	B1F 中央廊下	1930
VAV-AC-13-101~103	1F エントランスホール	3860
VAV-AC-13-201~202	2F EVホール	2100
VAV-AC-13-301~302	3F EVホール	1500

【INV 上限および下限値 [Hz]】

	上限	下限
AC-13	60	30

【ファンの目標給気静圧】

515Pa(一定)

【処理熱量算出方法】

- ・AHU の冷温水コイル出入口状態から顕熱を求める
- ・コイル熱量を処理熱量とする

病院 09 (AHU-VAV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

【評価項目計算式】

1) 二次側負荷熱量(水側)

$$\text{二次側負荷熱量} = \text{温度差}(T4 - T5) \times \text{流量(開度1から算出} \times \text{比重} \times \text{比熱}$$

4) 風量比

$$\text{風量比} = \text{風量(INVより算出)} \div \text{定格風量}$$

5) 給気-還気温度差

$$\text{給気-還気温度差} = T1 - T2$$

6) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{消費電力(WH)} \div \text{定格消費電力}$$

7) 熱処理量比

$$\text{熱処理量比} = \text{二次側負荷熱量} \div \text{定格熱処理量}$$

8) ATF

$$\text{ATF} = \text{熱処理量} \div \text{消費電力}$$

9) ATF比

$$\text{ATF比} = \text{ATF} \div \text{定格ATF(定格熱処理量} \div \text{定格消費電力)}$$

【計測概要】

1) データ収集時間間隔

1分

2) フィルタリング条件

- ・9:00~17:00のデータを用いる
- ・起動後1時間のデータは削除

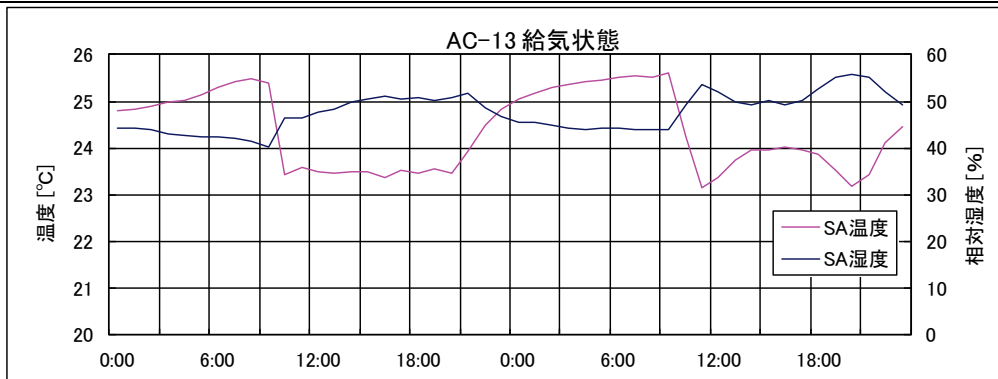
3) データ処理

それぞれのデータを1時間平均に集計

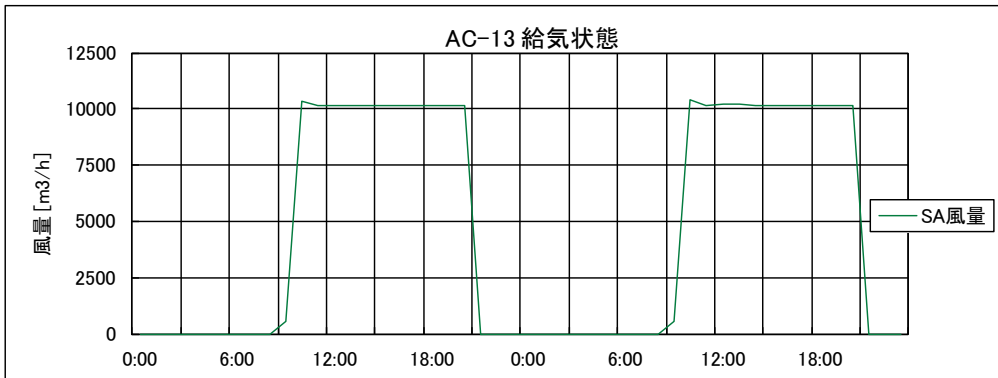
病院 09 (AHU-VAV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

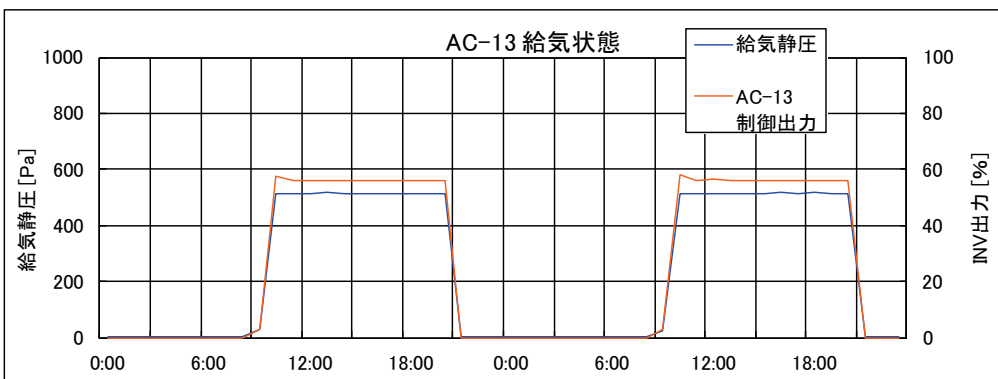
<動作確認データ> 2011年11月29,30日



図Ⅲ. 3. 2. 117 給気温湿度状態トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 118 給気風量状態トレンド



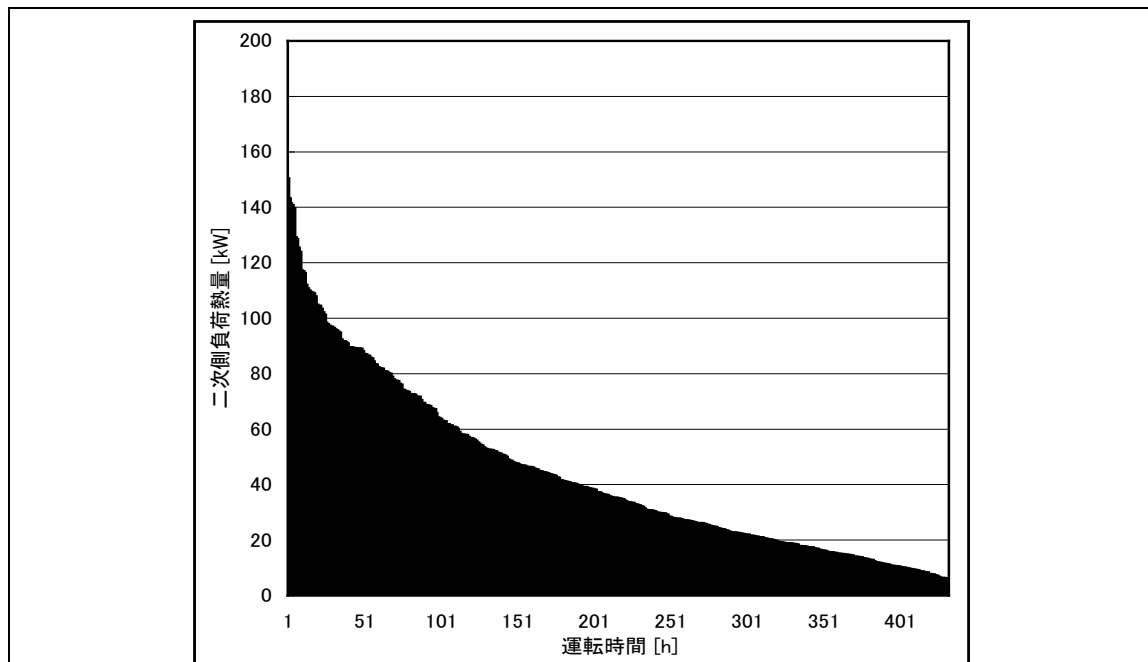
図Ⅲ. 3. 2. 119 給気静圧および INV 出力状態トレンド

- AC-13 の給気温度 23.5℃, 相対湿度は 50%に制御されている。
- AC-13 の風量は運転中ほぼ一定である。
- 給気静圧は一定(515Pa)に INV 制御されている。

病院 09 (AHU-VAV-06)

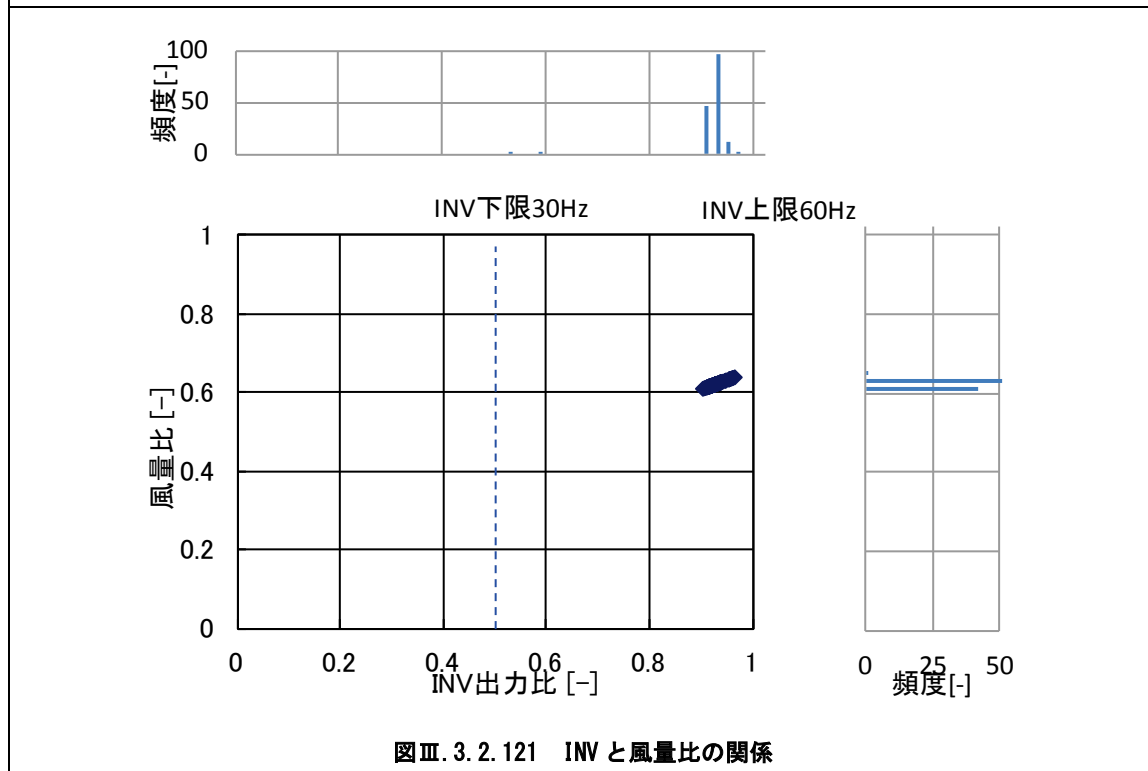
制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>



図Ⅲ. 3. 2. 120 期間暖房負荷

2次側負荷熱量は、顕熱(水側)としている



図Ⅲ. 3. 2. 121 INVと風量比の関係

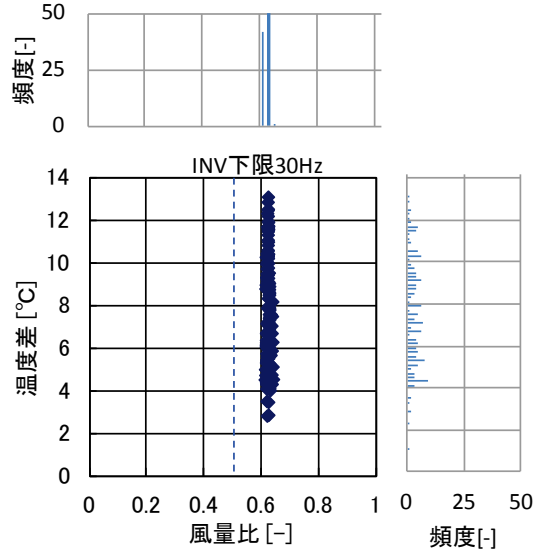
病院 09 (AHU-VAV-06)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

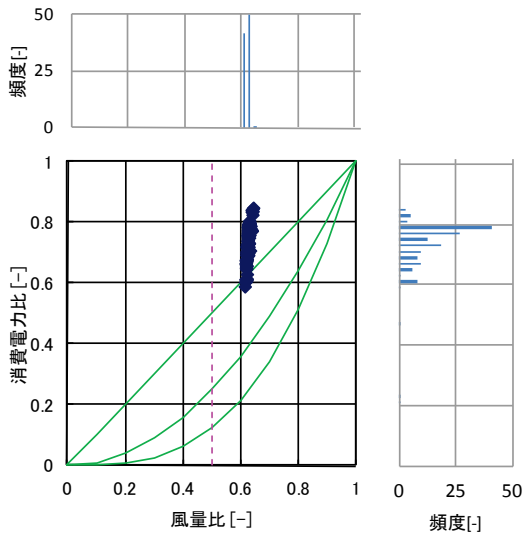
<風量分析>2011年11月~2011年12月

※設計風量, 設計消費電力を”1”とした.
 ※データは2011年11月~2011年12月までのデータである.
 ※消費電力の理想曲線は, 周波数下限設定値30Hz, 三乗則により計算した.

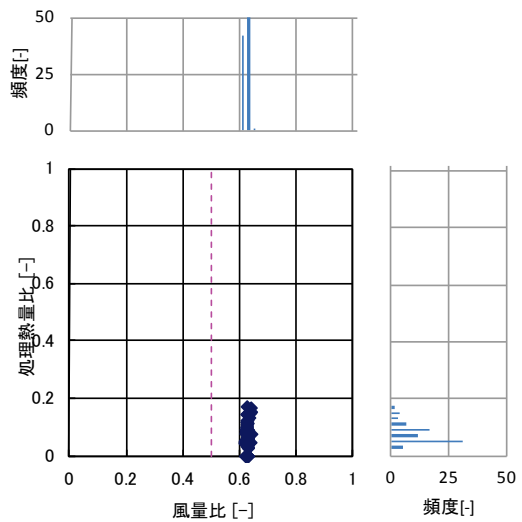
- 温度差は3~13°Cで分布している.
- 風量と電力の関係は, 2次曲線よりも上で推移している.
- 理想曲線よりも低い熱処理量比で運転している.



図Ⅲ. 3. 2. 122 風量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 123 風量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 124 風量比と熱量比の関係

病院 09 (AHU-VAV-06)

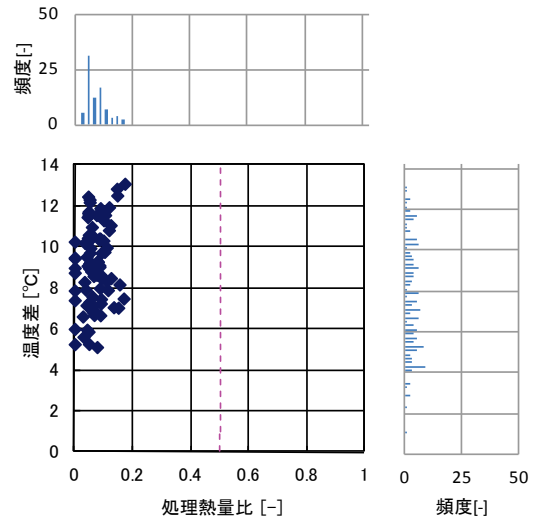
制御対象	検出部	制御目標	動作
ファン	吐出圧	吐出圧	回転数(周波数)制御

<熱量分析>

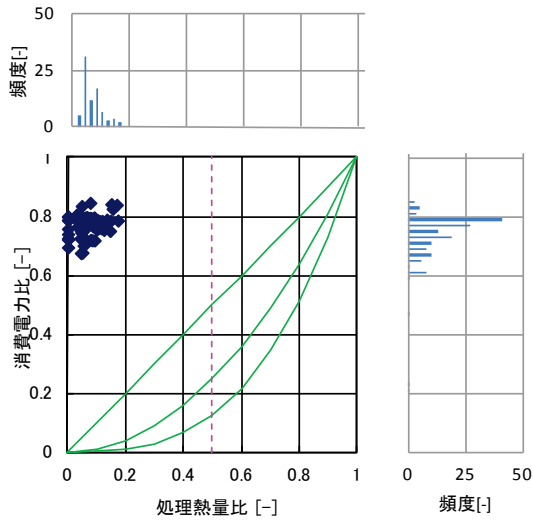
※処理熱量比および消費電力比はそれぞれ設計熱量比(=設計風量×設計温度差), 設計消費電力を”1”とした.

※処理熱量比の最大値は 112kW に相当.

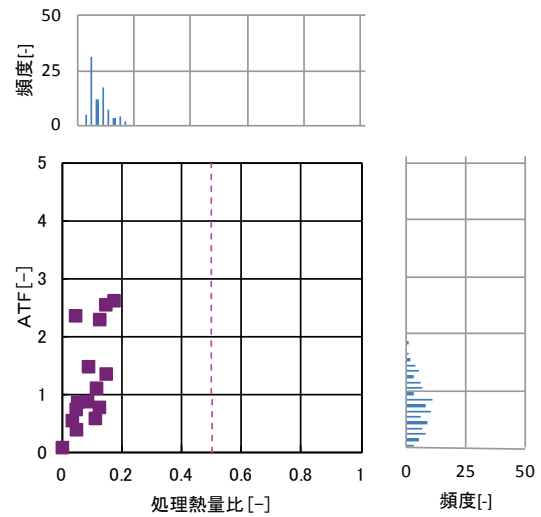
- 温度差は 5~13°C で分布している.
- 風量と電力の関係は, 理想曲線より上で推移している.



図Ⅲ. 3. 2. 125 熱量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 126 熱量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 127 熱量比とATFの関係

3.2.10. 物販 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	室内温度	室内温度	回転数(周波数)制御

建物名	物販店舗01	地区	東京	竣工	1996年	改修		規模	277,815m ²
分類記号	AHU-VAV-05				検出部	室内温度			
制御目的	室内温度				制御目標	室内温度			
分析期間	平成24年7月1日～9月30日				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	SAファン				製造年月				
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 室内温度制御 室温設定により送風機 INV 制御 給気温度制御 給気温度設定により冷温水バルブ制御 INV 周波数上限下限 上限 60%, 下限 20% SA 温度設定: 14~15℃ 室内温度設定: 24.5~26.5℃ 				機器仕様	AC-302 (3階店舗系統) SAファン 48,000m ³ /h×1,760Pa (機外: 1,100Pa) 3φ×200V×37kW, INV 起動 コイル能力 冷却 325.6kW×930L/min (5℃差) 加熱 220.9kW×930L/min (3.4℃差) OA量 13,600m ³ /h			
システムフロー									
<p>システムフロー図は、OA（外気）がMDF OPx2を通過し、コイル（C）と加熱/冷却コイル（HC）を通過した後、ファン（FAN）によって送風機（INV）に送られます。送風機は店舗（店舗）に送風します。図には、室温（T）、湿度（TH）、風量（F）、ファン周波数（INV）などの計測ポイントが示されています。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p><計測ポイント></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ : 中央監視データ ◎ : 現地計測（センサー一部は既設利用） ● : 現地計測（仮設センサー設置） ▲ : 演算 </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p><凡例></p> <ul style="list-style-type: none"> F : 流量、風量 q : 熱量 T : 温度 TH : 温湿度 P : 差圧 A : 電流値 V : 風速 INV : 周波数 </div> </div>									
<p>分析リスト</p> <ul style="list-style-type: none"> 温度変化, 給気還気温度差, 風量, 処理熱量 ファン消費電力, INV 周波数, ATF 									

物販 01(AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	室内温度	室内温度	回転数(周波数)制御

<計測データ, 評価項目計算式>

1. 計測データ

(1) データの収集時間間隔

- ・ 現地計測データ: 1分間隔, 瞬時値
- ・ 中央監視データ: 1時間間隔, 瞬時値

(2) データ処理

- ・ 1分間隔瞬時値 → 1時間平均値に処理

(3) 解析利用データのフィルタリング項目

- ・ 機器の起動時, 停止時のデータを排除

2. 評価項目計算式

(1) 風量

計測したダクト内の風速 V1 から給気風量 SA を算出した.

計測したダクト内の風速 V2 から還気風量 RA を算出した.

SA と RA の差から外気風量 OA を算出した.

計測期間の最大風量を基に風量比を算出した.

風量比 FR = 給気風量 SA [m³/h] / 実測最大風量: 29,169 [m³/h]

(2) 給気還気温度差

計測した給気温度を T1, 還気温度を T2 として算出した.

給気還気温度差 ΔT[°C] = T2 [°C] - T1[°C]

(3) 処理熱量

SA と MIX のエンタルピ差と SA 風量とで, 処理熱量を算出した.

処理熱量 q [kW] = 空気密度: 1.2 [kg/m³] × 給気風量 SA [m³/h]

× (MIX 比エンタルピ H2 [kJ/kg'] - SA 比エンタルピ H1 [kJ/kg']) / 3,600 [kJ/(h·kW)]

MIX 比エンタルピ H2 [kJ/kg'] = (RA 比エンタルピ H3 [kJ/kg'] × 還気風量 RA [m³/h]

- OA 比エンタルピ H4 [kJ/kg'] × 外気風量 OA [m³/h]) / (RA [m³/h] + OA [m³/h])

最大処理熱量を基に処理熱量比を算出した.

処理量熱比 HR = 処理熱量 q [kW] / 最大処理熱量: 225 [kW]

(4) 消費電力

計測した電流 A から消費電力を算出した.

SA ファンの消費電力を消費電力 E として使用した.

SA ファン消費電力 E [kW] = √3 × 電圧: 200 [V] × SA ファン電流 A [A] × 力率: 0.85 / 1,000 [W/kW]

最大消費電力を基に消費電力比を算出した.

消費電力比 ER = 消費電力 E [kW] / 最大消費電力: 8.5 [kW]

(5) ATF (空気搬送効率)

ATF = 処理熱量 q [kW] / 消費電力 [kW]

計測時の最大処理熱量 (225 [kW]) と最大消費電力 (8.5 [kW]) との ATF (26.4) を基準として, 理想曲線を算出した.

(6) 理想曲線

風量に対する電力, 熱量に対する電力ともに 1 次曲線, 2 次曲線, 3 次曲線とした.

SA ファンの INV 上限下限のみを考慮した.

上限: 60% → 1.0, 下限: 20% → 0.333

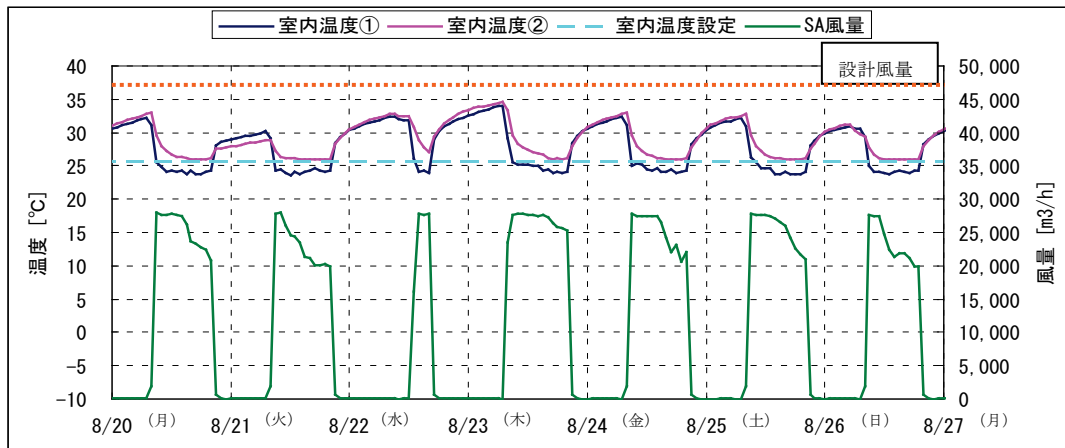
物販 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	室内温度	室内温度	回転数 (周波数) 制御

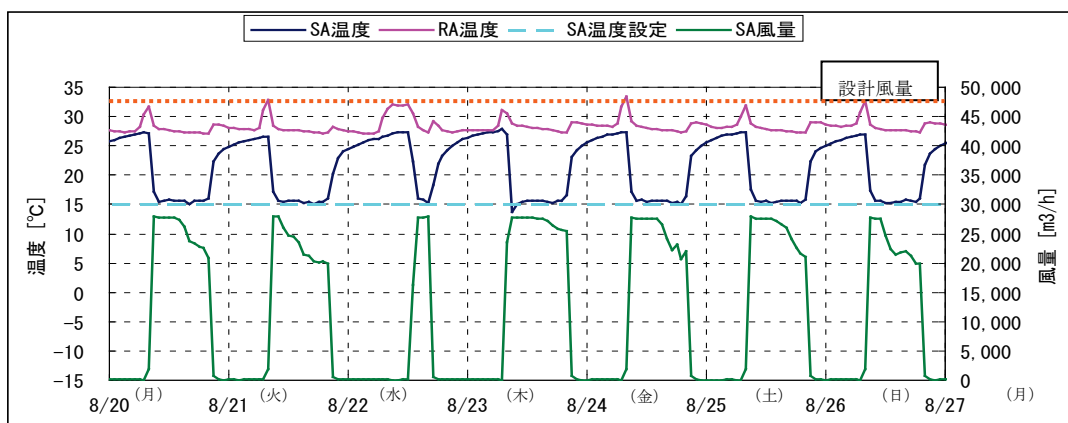
<動作確認データ>

(コメント欄)

- ・ 2012. 8. 20~8. 27 のトレンドグラフ
- ・ 室温設定は 26°C であるが、概ね設定通りに制御される。
- ・ SA 風量は設計値が 48,000m³/h であるが、起動時でも 28,000m³/h 程度であり 58%の風量である。
- ・ SA 温度設定は 15°C であるが、空調機稼働中は概ね設定通りに制御される。
- ・ SA 風量に変化しても、SA 温度はほぼ一定である。



図Ⅲ. 3. 2. 128 各室温, SA 風量トレンド



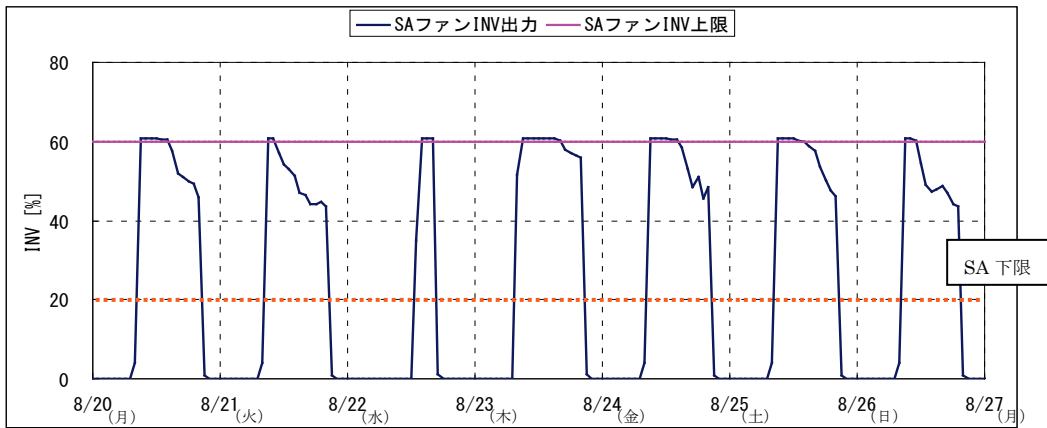
図Ⅲ. 3. 2. 129 SA 温度, RA 温度, SA 風量トレンド

物販 01 (AHU-VAV-05)

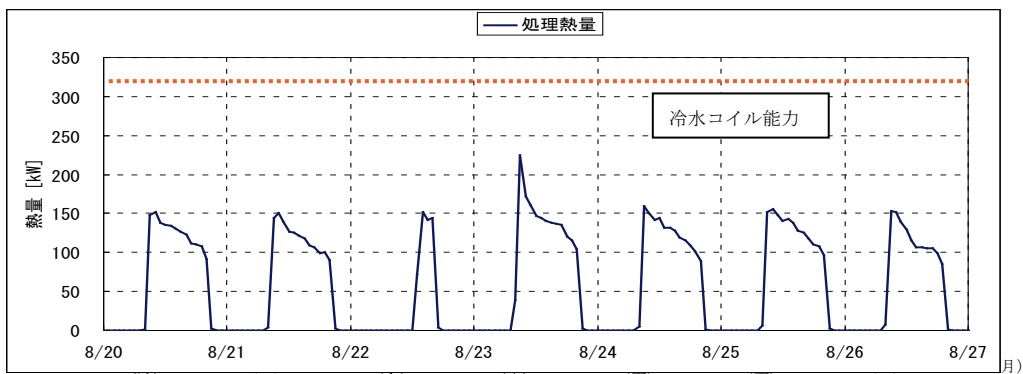
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	室内温度	室内温度	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

- ・ 2012. 8. 20～8. 27 のトレンドグラフ
- ・ SA ファンは省エネのため、INV の上限を 60%として運転している。
- ・ SA ファンは、起動時にピークが存在し、その後徐々に減少する。
- ・ 下限は 20%であるが、45%までしか減少しない。
- ・ 冷水コイルの能力は 325. 6kW であるが、ピークで 230kW となり 70%程度の処理熱量となる。



図Ⅲ. 3. 2. 130 ファン INV トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 131 処理熱量トレンド

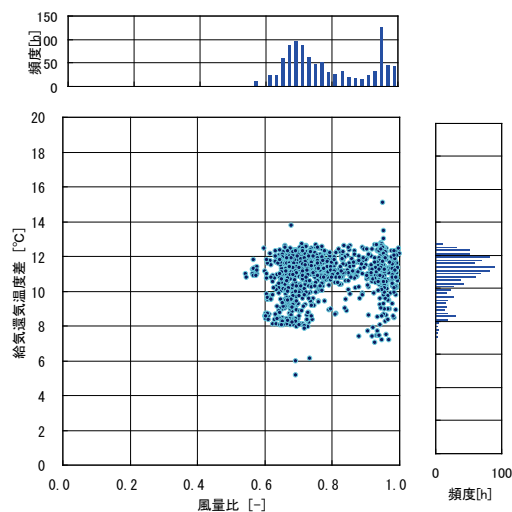
物販 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	室内温度	室内温度	回転数（周波数）制御

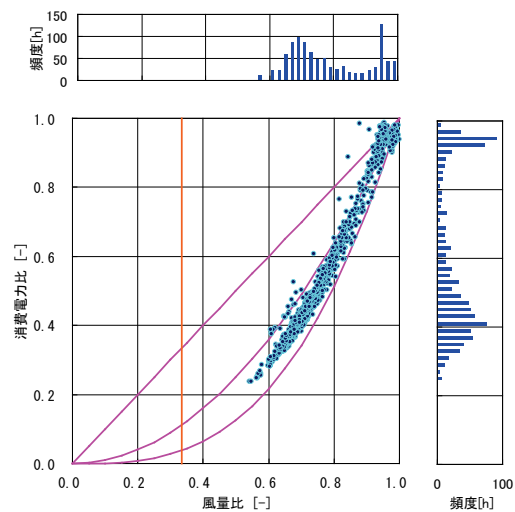
<風量分析>

(コメント欄)

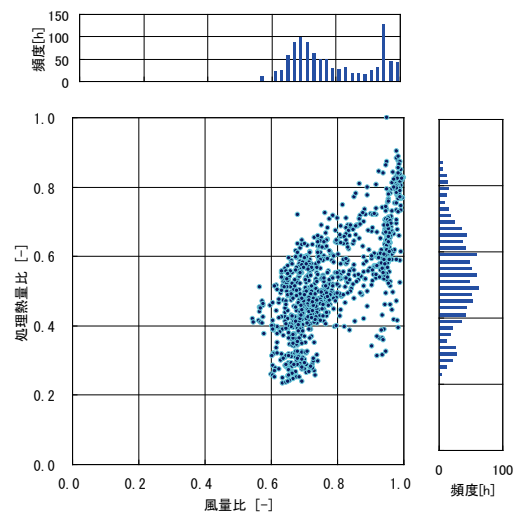
- 風量比が 0.6 付近と 1.0 付近に分布が集まり給気還気温度差が 8~13°C 付近に集まる傾向がある。
- 消費電力比は 2 次曲線と 3 次曲線の間に分布している。
- 処理熱量比は、ばらついている。



図Ⅲ. 3. 2. 132 風量比と給気還気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 133 風量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 134 風量比と処理熱量比の関係

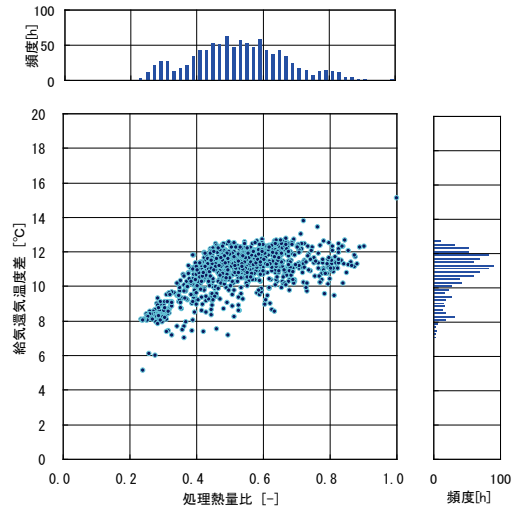
物販 01 (AHU-VAV-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	室内温度	室内温度	回転数（周波数）制御

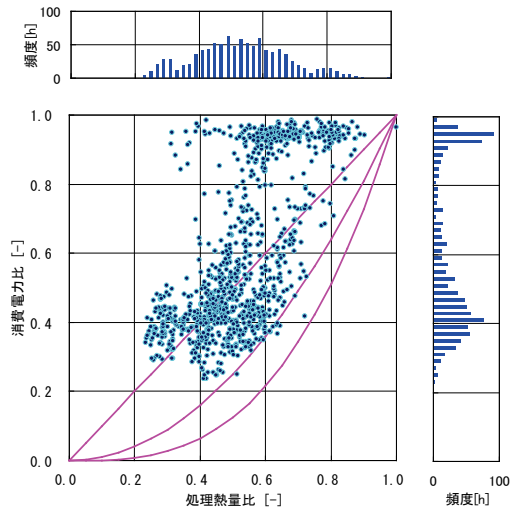
<熱量分析>

(コメント欄)

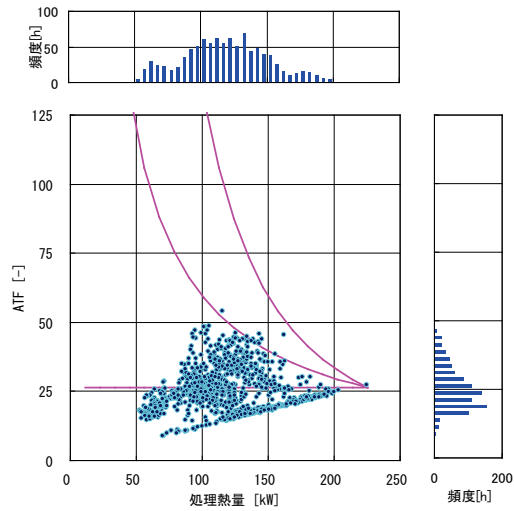
- 処理熱量比が大きい場合, 給気還気温度差は 10~12°Cにあるが, 処理熱量が小さくなると INV の下限により風量が制限されるため, 給気還気温度差は小さくなる.
- 消費電力比は 2 次曲線の付近にも分布するが, 1 次曲線の上方にも分布している.
- 処理熱量と ATF との間に比例の関係が見られる.



図Ⅲ. 3. 2. 135 処理熱量比と給気還気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 136 処理熱量比と消費電力比の関係



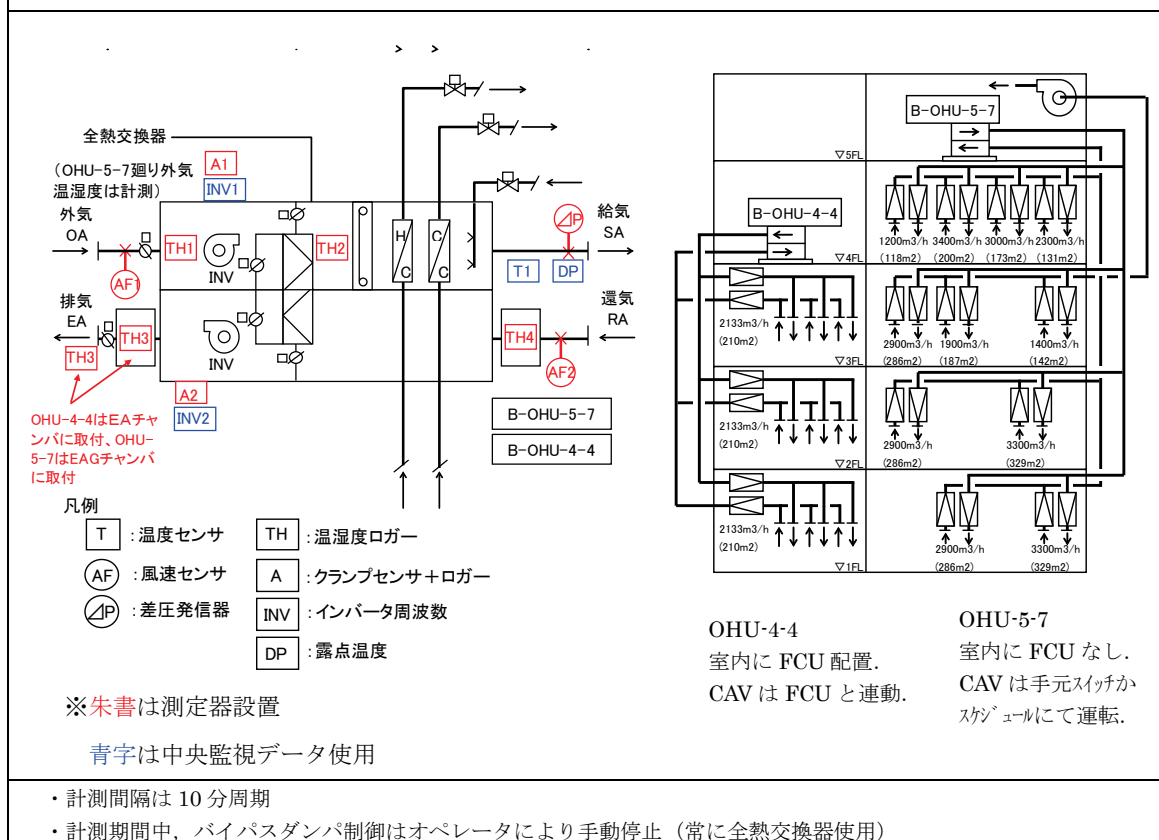
図Ⅲ. 3. 2. 137 処理熱量比とATFの関係

3.2.11. 物販 03 (FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

建物名	物販店舗 03	地区	北海道	竣工	2009 年	新築	—	規模	15,000m ²
分類記号	FAO-VAV-03				検出部	CAV 合計風量			
制御目的	ファン回転数制御				制御目標	給気風量			
分析期間	平成 23 年 8 月～平成 24 年 1 月				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	外調機ファン				製造年月				
制御内容	1) 給気風量制御 <ul style="list-style-type: none"> CAV 要求風量の合算値による送風ファン INV 制御 (給気, 排気個別) CAV 計測風量による INV 周波数補正制御 (±2%) 給気露点温度制御 凍結防止制御 2) 設定値 <ul style="list-style-type: none"> 吐出温度設定値 OHU-4-4 : 25.5℃, OHU-5-7 : 26℃ 吐出露点温度設定値 OHU-4-4 : 7.8℃ DP OHU-5-7 : 8.3℃DP				機器仕様	OHU-4-4 SA ファン 6,400 m ³ /h×1283Pa 3φ×200V×5.5kW, INV 起動 RA ファン 6,400 m ³ /h×879Pa 3φ×200V×3.7kW, INV 起動 全熱交換器 交換効率 72.1% (メカ仕様値) OHU-5-7 SA ファン 28,500 m ³ /h×1205Pa 3φ×200V×18.5kW, INV 起動 RA ファン 19,800 m ³ /h×729Pa 3φ×200V×7.5kW, INV 起動 全熱交換器 交換効率 61.2% (メカ仕様値)			

システムフロー



- 計測間隔は 10 分周期
- 計測期間中、バイパスダンパ制御はオペレータにより手動停止 (常に全熱交換器使用)

物販 03(FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<制御内容，評価項目計算式，計測概要>

1. 制御内容

(1) 給気温度制御

- ・ 吐出温度設定値 OHU-4-4 : 25.5℃, OHU-5-7 : 26℃と±偏差 (2℃) により, 冷房暖房の給気温度設定を行う.
- ・ 吐出露点温度設定値 OHU-4-4 : 7.8℃DP, OHU-5-7 : 8.3℃DP により加湿弁比例制御を行う.
- ・ 外調機停止中にケーシング内が 5℃以下になった場合, 温水弁を最小開度開き, 凍結防止制御を行う.

(2) 給気風量制御

- ・ CAV 要求風量の合算値による送風ファン INV 制御 (給気, 排気個別)
- ・ 使用していない店舗内の CAV は全閉とするが, INV 下限値以下の制御範囲と判断した場合, 使用していない店舗の CAV を最小風量開度分開く.
- ・ CAV 計測風量による INV 周波数補正制御 (±2%)

2. 評価項目計算式 ※添え字 (記号) はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 給気 - 還気温度差

$$\text{給気 - 還気温度差} = \text{給気温度 (T1)} - \text{還気温度 (TH4 の温度)}$$

(2) 風量比

$$\text{風量比} = \text{給気風速 (AF1)} \times \text{ダクト断面積} \div \text{実測最大風量}$$

(3) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{消費電力 (A1 より算出)} \div \text{実測最大消費電力 (実測最大風量時の消費電力)}$$

(4) 熱処理比

$$\text{熱処理比} = \text{給気風量 (AF1 より算出)} \times (\text{給気 - 還気温度差}) \\ \times \text{空気密度} \times \text{比熱} \div \text{実測最大消費電力 (実測最大風量時の熱処理量)}$$

(5) ATF

$$\text{ATF} = \text{実測熱処理量} \div \text{実測送風機 (SA ファン) 消費電力}$$

3. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・ 流量 : 10 分間隔
- ・ 温度 : 10 分間隔
- ・ 電力 : 10 分間隔

(2) データ処理

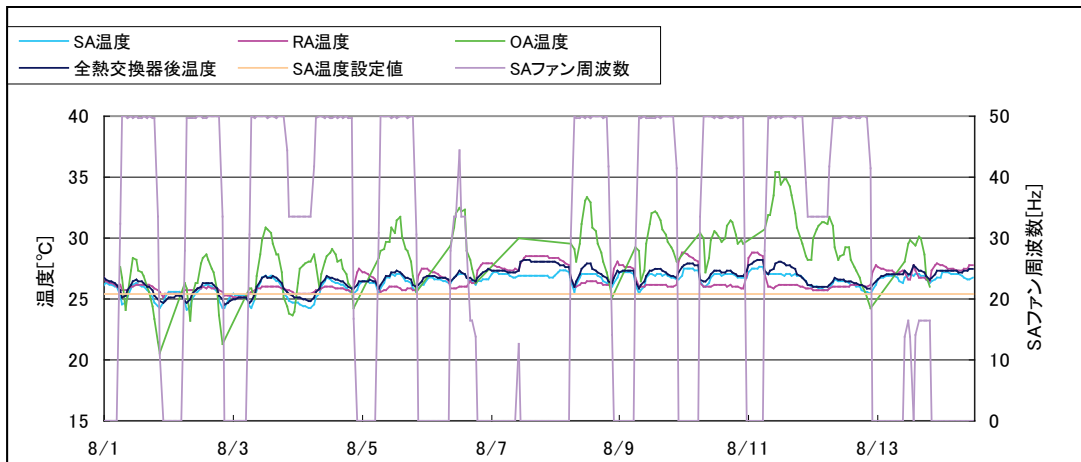
- ・ 10 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

物販 03(FAO-VAV-03)

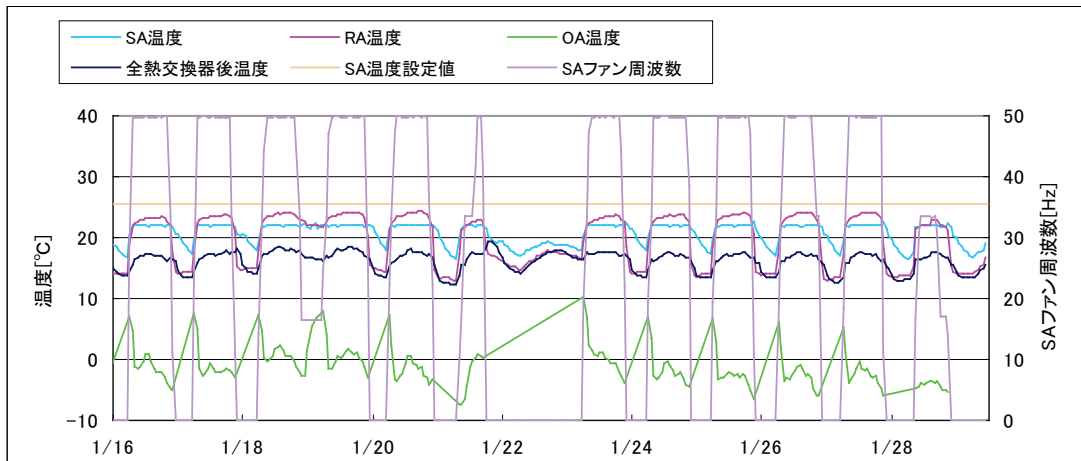
制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<OHU-4-4 動作確認データ>

夏季（2011年8月1日（月）～8月14日（日））と
 冬季（2012年1月16日（月）～1月29日（日））のトレンドデータを示す。
 おおむね7：00 起動，20：00 停止． 土日休日店舗．



図Ⅲ. 3. 2. 138 OHU-4-4 温度・風量トレンド（夏季）



図Ⅲ. 3. 2. 139 OHU-4-4 温度・風量トレンド（冬季）

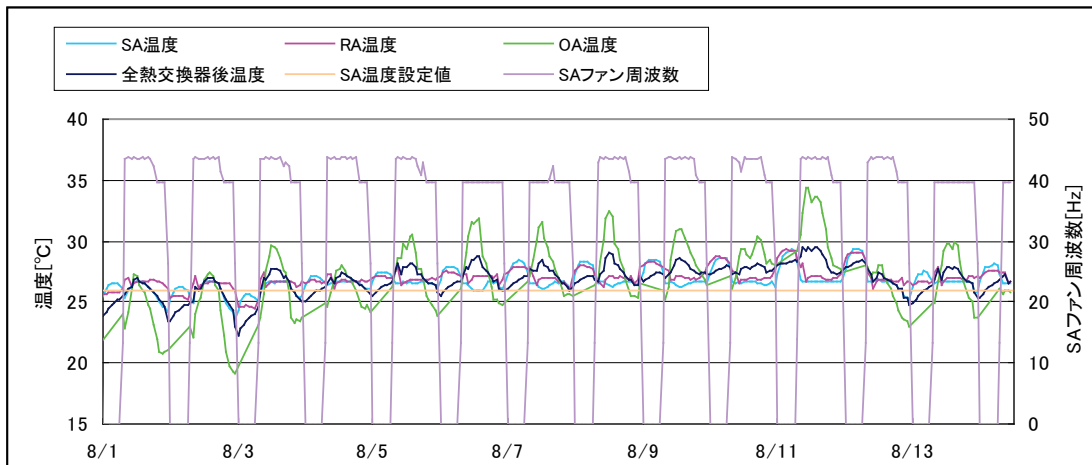
物販 03(FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

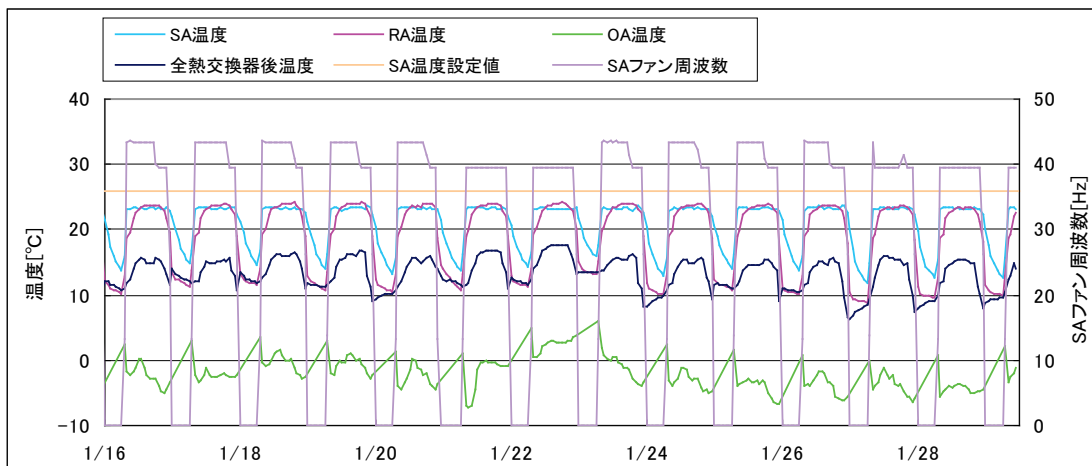
<OHU-5-7 動作確認データ>

夏季（2011年8月1日（月）～8月14日（日））と
 冬季（2012年1月16日（月）～1月29日（日））のトレンドデータを示す。
 おおむね8：00 起動，22：00 停止。

OHU-5-7は別系統排気を持っており，別系統排気の ON-OFF で風量上限が変化しており，
 土日および18時以降に SA ファン周波数が低くなる。（別系統排気が停止する）



図Ⅲ. 3. 2. 140 OHU-5-7 温度・風量トレンド（夏季）



図Ⅲ. 3. 2. 141 OHU-5-7 温度・風量トレンド（冬季）

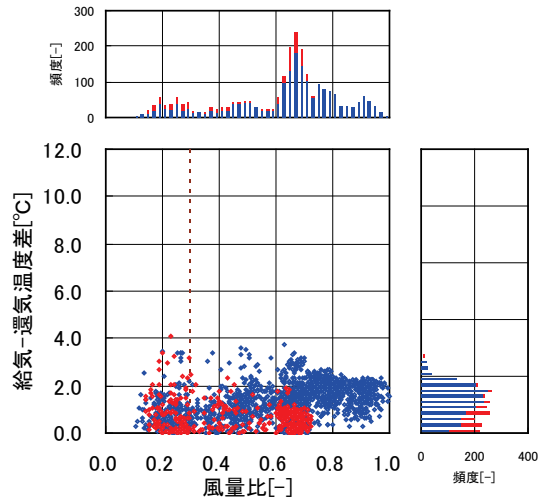
物販 03(FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

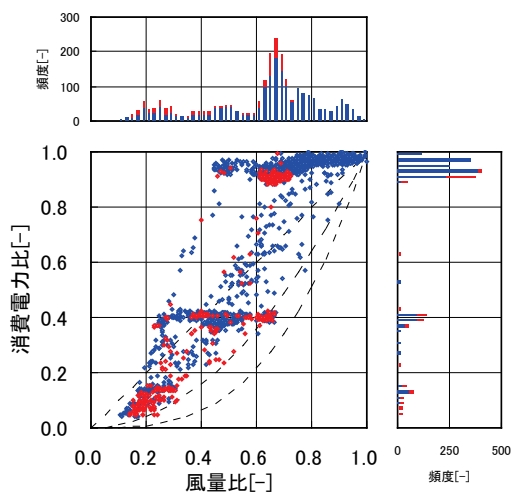
<OHU-4-4 風量分析>

外調機の給排気温度が $SA < RA$ の場合を青、 $SA > RA$ の場合を赤でプロットした。

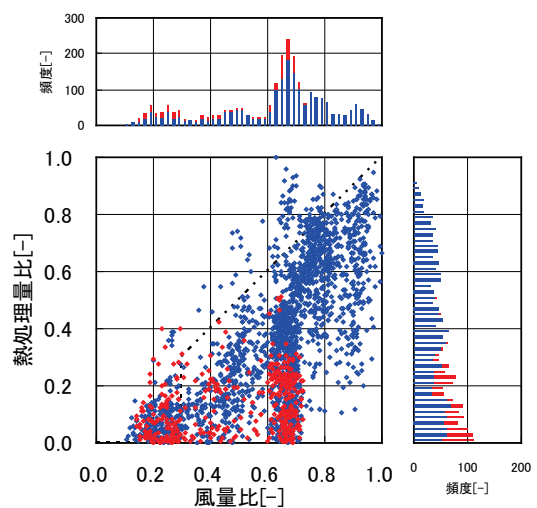
- 温度差は $0 \sim 4^{\circ}\text{C}$ でほぼ均等に分布している。最大風量は $9,172\text{m}^3/\text{h}$ 。
- CAV は 3 フロアに設置されている。給気 SA、還気 RA とも CAV の通過風量により INV 周波数の補正 ($\pm 2\%$) を行っている。風量比が変化しても消費電力があまり変化していない部分がある。CAV が個別に動作することで、風量に変化がでているが INV 周波数は CAV の設定合計風量で決まるため周波数値に変化が出ないためと考えられる。最大消費電力は 4.9kW 。
- 温度差がとれていない部分もあるため、熱処理比は低めに分布している。最大熱処理量は 7.2kW 。



図Ⅲ. 3. 2. 142 風量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 143 風量比と電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 144 風量比と熱処理量比の関係

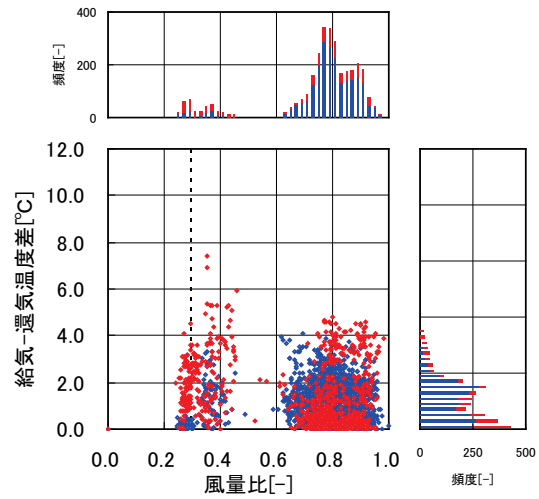
物販 03(FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

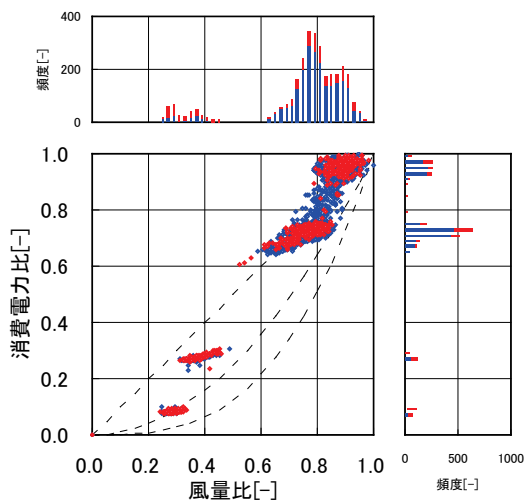
<OHU-5-7 風量分析>

外調機の給排気温度が $SA < RA$ の場合を青， $SA > RA$ の場合を赤でプロットした。

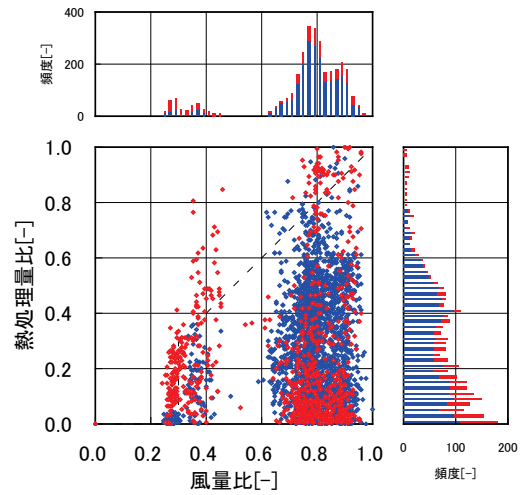
- 室内に補助空調がないため，温度差は OHU-4-4 に比べると取れている．ただし，温度差が取れていない場合の頻度が高い．最大風量は 31,864m³/h.
- CAV は 4 フロアに配置されており，それぞれ別店舗で運用時間が違うため，分布も 4 箇所に分かれている．最大消費電力は 6.7kW.
- 温度差が取れていない頻度が高いため，熱処理比は低めに分布している．最大熱処理量は 34kW.



図Ⅲ. 3. 2. 145 風量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 146 風量比と電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 147 風量比と熱処理量比の関係

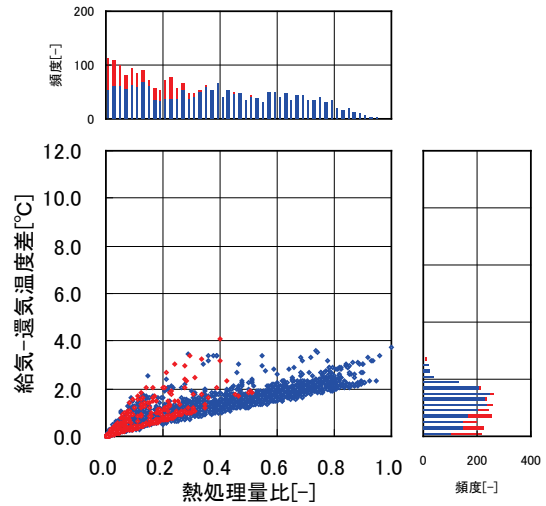
物販 03(FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

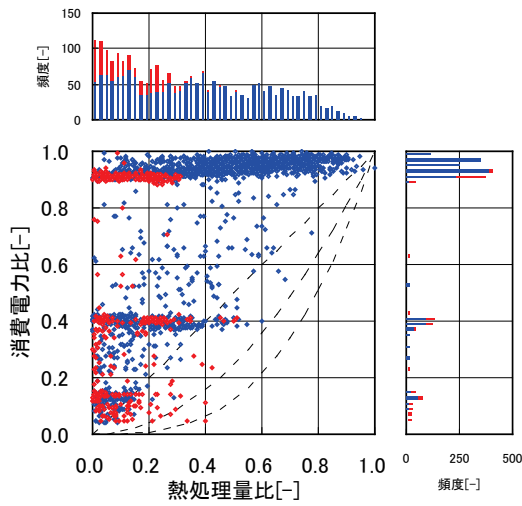
<OHU-4-4 熱量分析>

外調機の給排気温度が $SA < RA$ の場合を青， $SA > RA$ の場合を赤でプロットした。

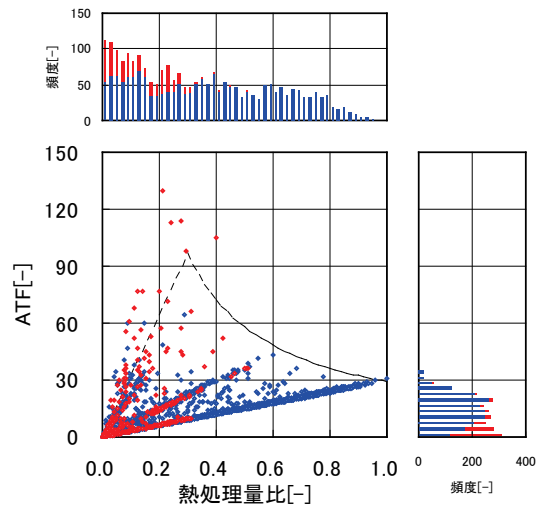
- 熱処理量比が小さくなると，二方弁を制御し，温度差が小さくなる。
- 熱処理量比が小さくなくても，稼働中 CAV 台数が変わらなければ，消費電力に変化が出ていない。
- CAV が 3 フLOOR に設置されており，運用時間の違いから分布が 3 箇所に分かれている。



図Ⅲ. 3. 2. 148 熱処理量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 149 熱処理量比と電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 150 熱処理量比と ATF の関係

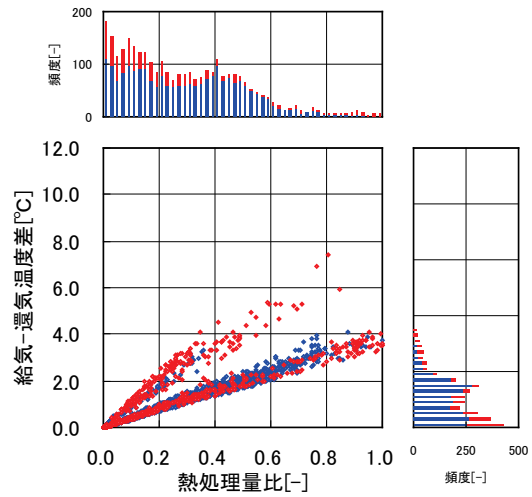
物販 03(FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外調機ファン	CAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

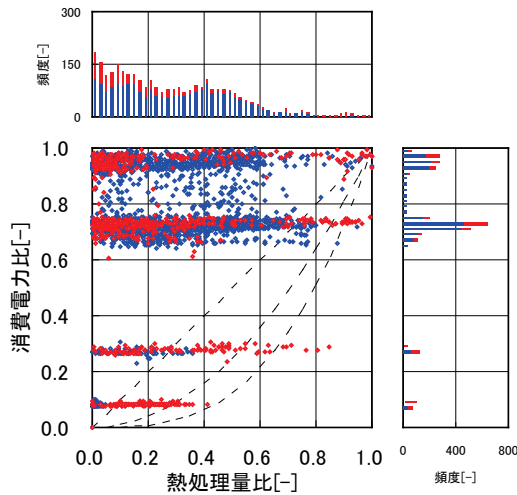
<OHU-5-7 熱量分析>

外調機の給排気温度が $SA < RA$ の場合を青， $SA > RA$ の場合を赤でプロットした。

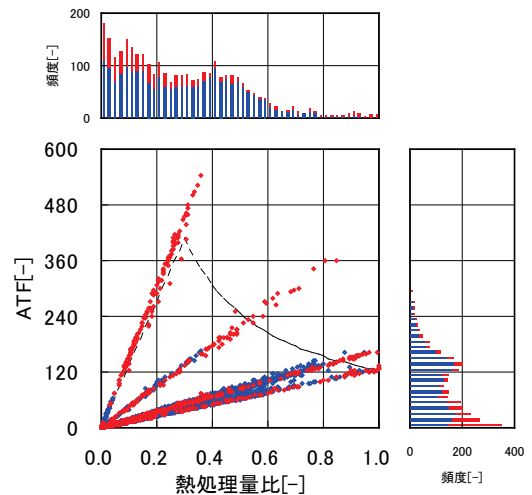
- 熱処理量比が小さくなると，二方弁を制御し，温度差が小さくなる。
- 熱処理量比が小さくなくても，稼働中 CAV 台数が変わらなければ，消費電力に変化が出ていない。
- CAV が 4 フロアに設置されており，運用時間の違いから分布が 4 箇所に分かれている。



図Ⅲ. 3. 2. 151 熱処理量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 152 熱処理量比と電力比の関係



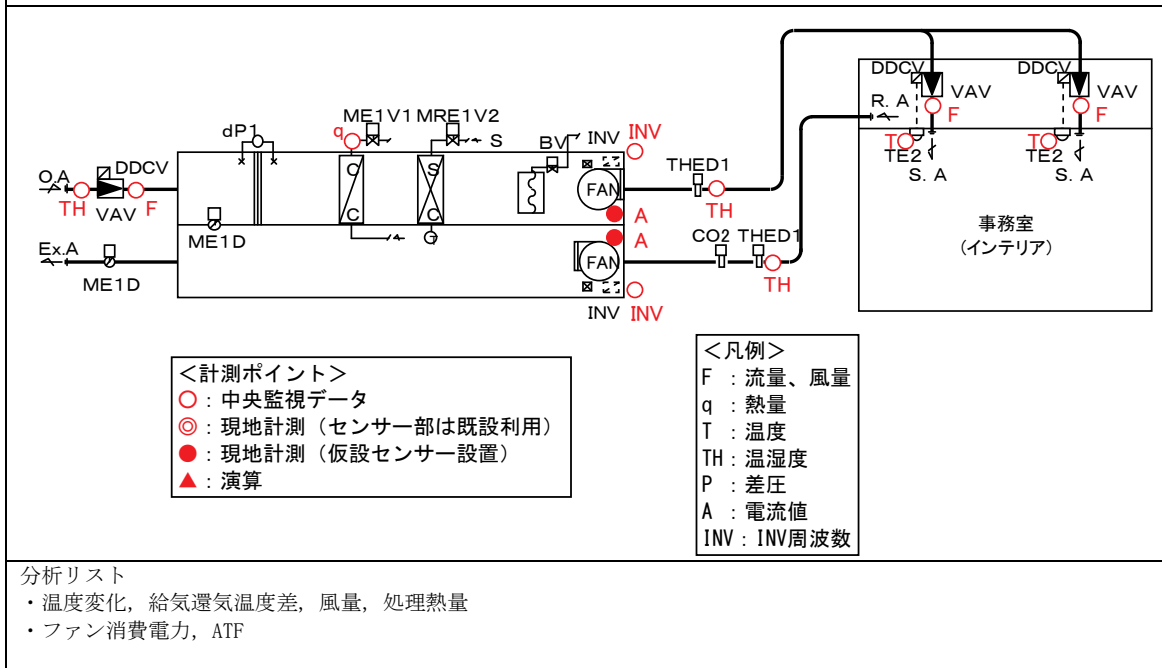
図Ⅲ. 3. 2. 153 熱処理量比と ATF の関係

3.2.12. 事務所 01 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気温度	回転数 (周波数) 制御

建物名	事務所 01	地区	東京	竣工	2009 年	新築	—	規模	74,580m ²
分類記号	AHU-VAV-03				検出部	VAV 合計風量			
制御目的	室内温度				制御目標	給気風量			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～9 月 30 日				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	SA ファン, RA ファン				製造年月	—			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 給気温度一定制御 (設定値 冷房: 22℃, 暖房: 20℃) 給気温度補正制御 (VAV 風量制御でのロードリセット) 給気風量制御 VAV 要求風量の合計と静圧過不足信号 (状態信号) による INV 周波数制御 (初期 50Hz) 外気冷房制御 (外気と室内のエンタルピ比較) 還気 CO₂ 濃度制御 (設定値 950ppm) (OA 量設定値: 2,800m³/h, 上限値: 10,900m³/h) ウォーミングアップ制御 INV 周波数上限下限 SA: 67Hz～32Hz, RA: 57Hz～25Hz 室内温度設定: 27℃ 				機器仕様	AA15N-AHUC01 (15 階事務所系統) 送風ファン 10,900m ³ /h×615Pa×7.5kW 還気ファン 8,500m ³ /h×400Pa×2.2kW 冷水コイル 78.7 kW 冷水量 141 L/min 蒸気コイル 40.0 kW 蒸気量 66.5 kg/h (200kPa)			

システムフロー



事務所 01 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気温度	回転数 (周波数) 制御

<計測データ, 評価項目計算式>

<p>1. 計測データ</p> <p>(1) データの収集時間間隔</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地計測データ: 1 分間隔, 瞬時値 ・中央監視データ: 10 分間隔, 平均値 <p>(2) データ処理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1 分間隔瞬時値, 10 分間隔平均値 → 1 時間平均値に処理 <p>(3) 解析利用データのフィルタリング項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機器の起動時, 停止時のデータを排除 ・機器が停止状態のデータを削除 <p>2. 評価項目計算式</p> <p>(1) 風量</p> <p>VAV ユニットの風量の合計を給気風量 SA として使用した。 計測期間の最大風量を基に風量比を算出した。 風量比 FR = 給気風量 SA [m³/h] / 実測最大風量: 10,290 [m³/h]</p> <p>(2) 給気還気温度差</p> <p>計測した給気温度を T1, 還気温度を T2 として算出した。 給気還気温度差 ΔT[°C] = T2 [°C] - T1 [°C]</p> <p>(3) 処理熱量</p> <p>SA と RA のエンタルピー差と SA 風量とで, 処理熱量を算出した。 処理熱量 q [MJ/h] = 空気密度: 1.2 [kg/m³] × 給気風量 SA [m³/h] × (RA 比エンタルピー H2 [kJ/kg'] - SA 比エンタルピー H1 [kJ/kg']) / 1,000 [kJ/MJ]</p> <p>最大処理熱量を基に処理熱量比を算出した。 処理量熱比 HR = 処理熱量 q [MJ/h] / 最大処理熱量: 195 [MJ/h]</p> <p>(4) 消費電力</p> <p>計測した電流 A から消費電力を算出した。 SA ファンの消費電力 E1 と RA ファンの消費電力 E2 の合計を消費電力 E として使用した。 SA ファン消費電力 E1 [kW] = √3 × 電圧: 200 [V] × SA ファン電流 A1 [A] × 力率: 0.85 / 1,000 [W/kW] RA ファン消費電力 E2 [kW] = √3 × 電圧: 200 [V] × RA ファン電流 A2 [A] × 力率: 0.85 / 1,000 [W/kW]</p> <p>最大消費電力を基に消費電力比を算出した。 消費電力比 ER = 消費電力 E [kW] / 最大消費電力: 5.3 [kW]</p> <p>(5) ATF (空気搬送効率)</p> <p>ATF = (処理熱量 q [MJ/h] / 3.6[MJ/(h・kW)]) / 消費電力 [kW]</p> <p>計測時の最大処理熱量 (195 [MJ/h]) と最大消費電力 (5.3 [kW]) との ATF (10.2) を基準として, 理想曲線を算出した。</p> <p>(6) 理想曲線</p> <p>風量に対する電力, 熱量に対する電力ともに 1 次曲線, 2 次曲線, 3 次曲線とした。 SA ファンの INV 上限下限のみを考慮した。 上限: 67Hz → 1.0, 下限: 32Hz → 0.478</p>

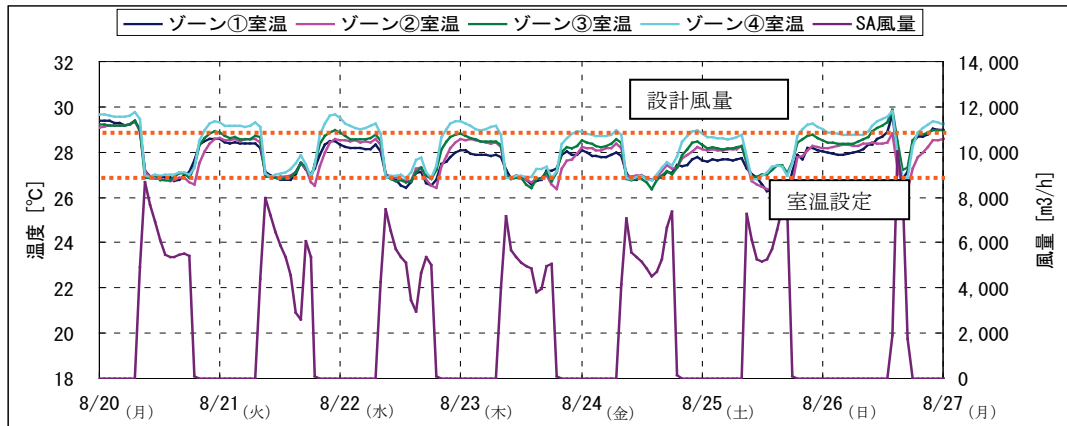
事務所 01 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気温度	回転数 (周波数) 制御

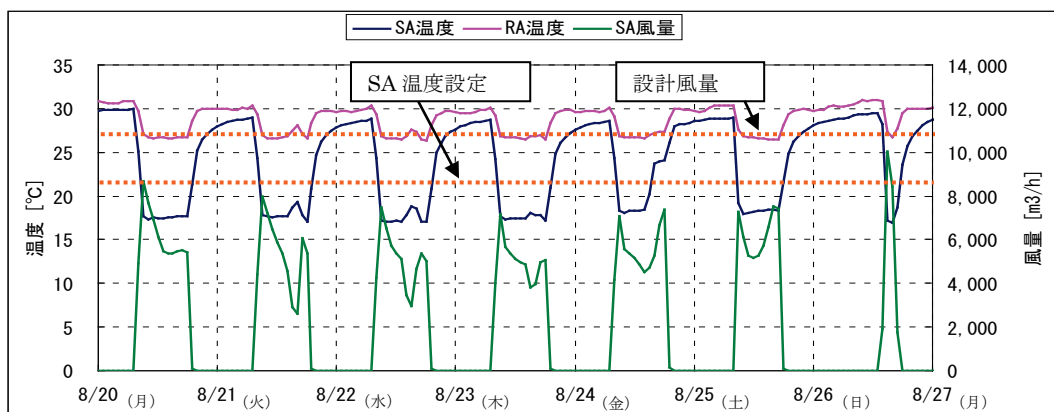
<動作確認データ>

(コメント欄)

- ・ 2012. 8. 20~8. 27 のトレンドグラフ
- ・ 室温設定は 27°C であるが、概ね設定通りに制御される。
- ・ SA 風量は設計値が 10,900m³/h であるが、起動時に 8,000m³/h 程度になり、その後減少する。また、夕方に、もう一つピークがある。
- ・ SA 温度設定は 22°C であるが、ロードリセット制御により 17~18°C に制御される。
- ・ SA 風量が増加しても、午前中の SA 温度はほぼ一定である。午後に負荷が減った時に、SA 温度が上昇している。夕方に SA 風量が増加した時に、SA 温度が低下する。



図Ⅲ. 3. 2. 154 各室温, SA 風量トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 155 SA 温度, RA 温度, SA 風量トレンド

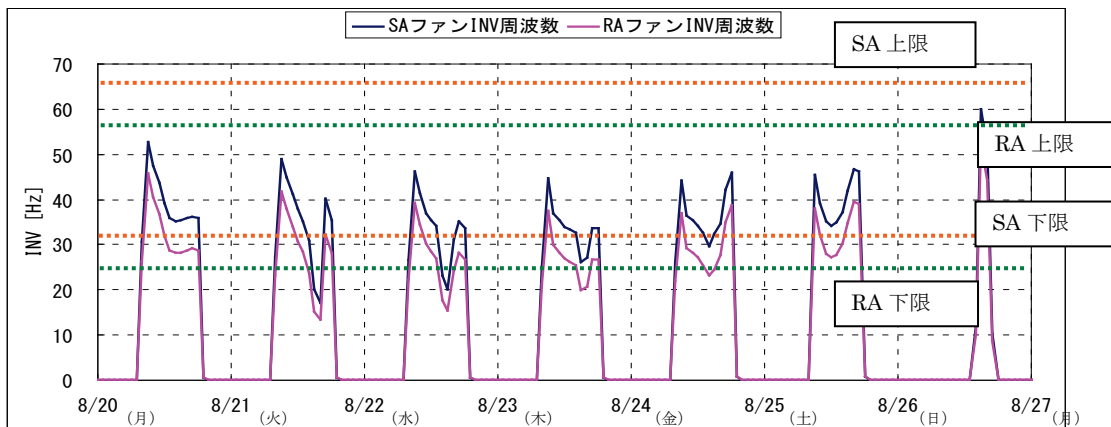
事務所 01 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気温度	回転数 (周波数) 制御

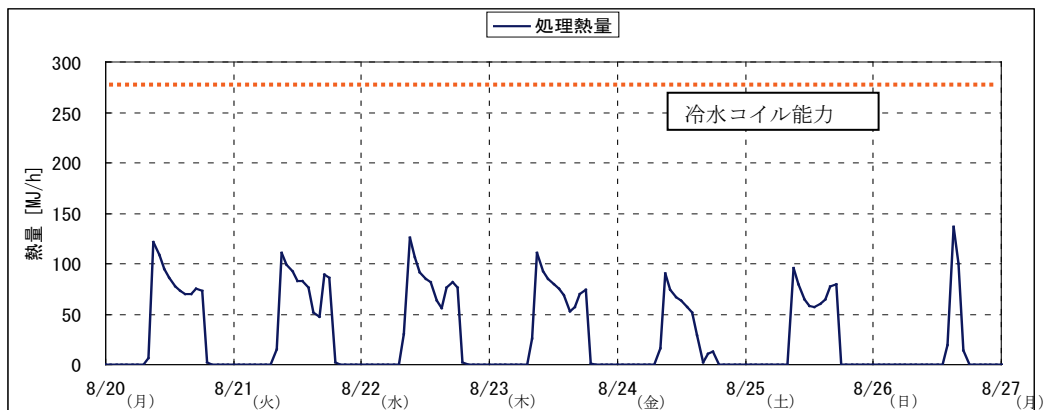
<動作確認データ>

(コメント欄)

- ・ 2012. 8. 20~8. 27 のトレンドグラフ
- ・ SA, RA ファンはともに、起動時にピークが存在し、徐々に減少する。夕方にもう一つピークがある。
- ・ SA, RA ファンともに、夕方に下限を下回る場合があるが、ファンが停止している状態があるためである。
- ・ 冷水コイルの能力は 283MJ/h (78.7kW) であるが、ピークで 130MJ/h となり 45%程度の処理熱量となる。



図Ⅲ. 3. 2. 156 ファン INVトレンド



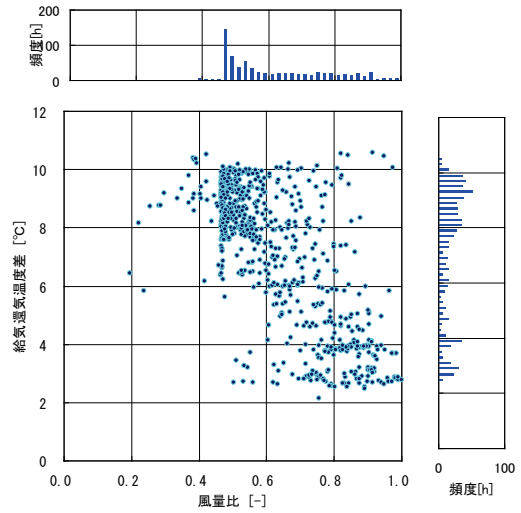
図Ⅲ. 3. 2. 157 処理熱量トレンド

事務所 01 (AHU-VAV-03)

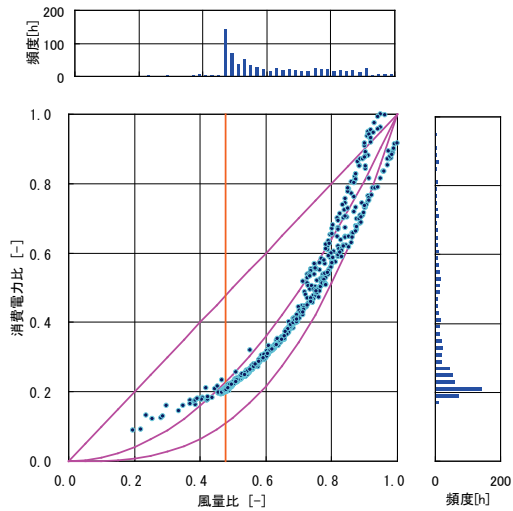
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気温度	回転数(周波数)制御

<風量分析>

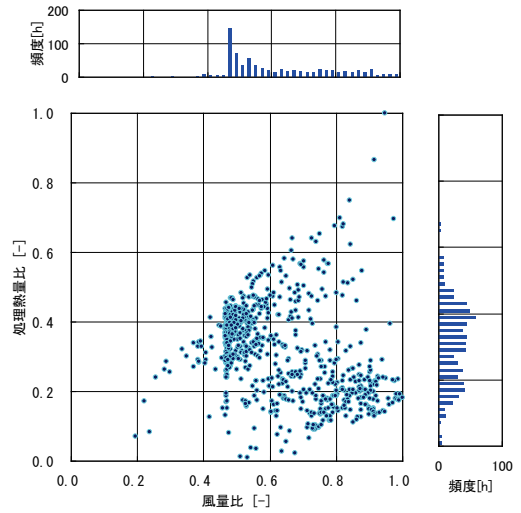
- 風量比が 0.5 付近では給気還気温度差が 10°C 付近に集まり，風量比が 1 に近づくと 3°C 付近に集まる傾向がある。
- 消費電力は 2 次曲線と 3 次曲線の間で分布している。
- 消費熱量比は，ばらついている。



図Ⅲ. 3. 2. 158 風量比と給気還気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 159 風量比と消費電力比の関係



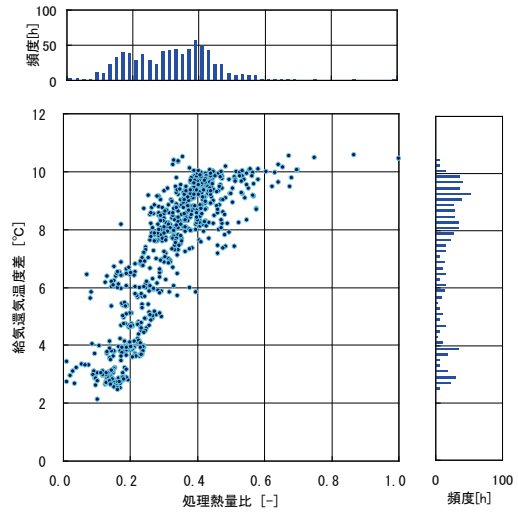
図Ⅲ. 3. 2. 160 風量比と処理熱量比の関係

事務所 01 (AHU-VAV-03)

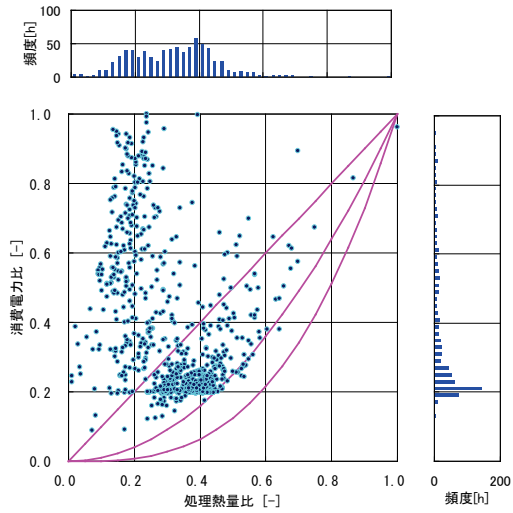
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気温度	回転数 (周波数) 制御

< 熱量分析 >

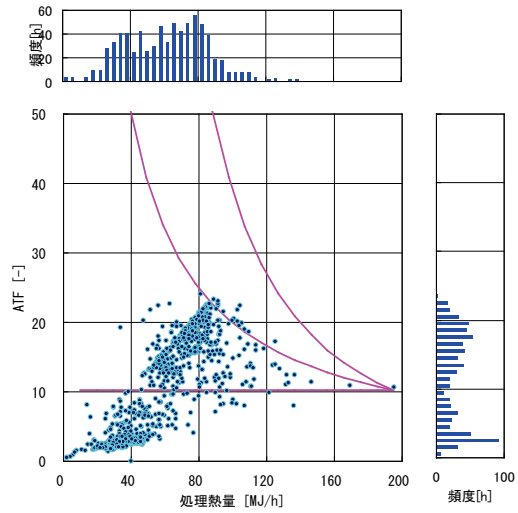
- 処理熱量比と給気還気温度差には, 比例の関係が見られる.
- 処理熱量比が 0.2 付近で消費電力量比が大きくなるが, 風量が小さい時に給気還気温度差が大きくなり, 風量が大きい時に給気還気温度差が小さくなるためである.
- 処理熱量と ATF との間に比例の関係が見られる.



図Ⅲ. 3. 2. 161 処理熱量比と給気還気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 162 処理熱量比と消費電力比の関係



図Ⅲ. 3. 2. 163 処理熱量比とATFの関係

事務所 02 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
SA ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<制御内容，評価項目計算式>

1. 制御内容

(1) 空調機

- ・室内設定温度に対して冷水二方弁で流量を比例制御
- ・室内負荷に応じて VAV を開閉し，VAV の開度情報を基に給気風量を制御

2. 評価項目計算式

(1) 風量

風速 (AF1) × ダクト断面積より算出.

計測期間の最大風量を基に風量比を算出.

風量比 FR = 給気風量 SA [m³/h] / 実測最大風量 : 12,085 [m³/h]

(2) 給気-還気温度差

TH1 の計測温度を給気温度 T1, TH2 の計測温度を還気温度 T2 として算出.

給気-還気温度差 ΔT [°C] = T2 [°C] - T1 [°C]

(3) 熱処理量

熱処理量 q [MJ/h] = 定圧比熱 : 1.006 [kJ/kg · °C] × 空気密度 : 1.2 [kg/m³] × 給気風量 SA [m³/h]
/ 1,000 [kJ/MJ] × 給気-還気温度差 ΔT [°C]

最大熱処理量を基に熱処理量比を算出する.

熱処理量比 HR = 熱処理量 q [MJ/h] / 最大熱処理量 : 174 [MJ/h]

(4) 消費電力

WH の消費電力を E として使用.

給気風量 SA が最大時 (12,085 m³/h) の計測消費電力を実測最大消費電力として消費電力比を算出.

消費電力比 ER = 消費電力 E [kW] / 実測最大消費電力 : 4.3 [kW]

(5) ATF (空気搬送効率)

ATF = (熱処理量 q [MJ/h] / 3.6[MJ/(h · kW)]) / 消費電力 [kW]

(6) INV 周波数比率

INV をインバータ周波数 INV として使用.

給気風量 SA が最大時 (12,085 m³/h) の INV 周波数を実測最大周波数として INV 周波数比率を算出.

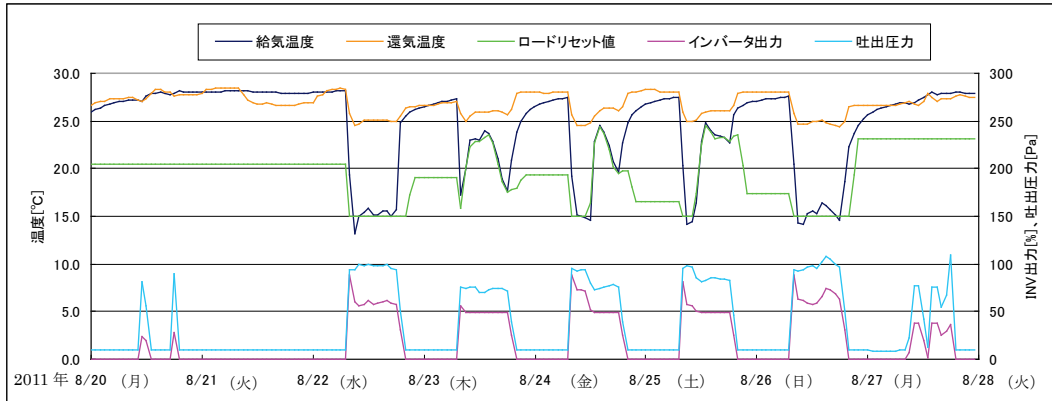
INV 周波数比率 F = INV [Hz] / 実測最大周波数 : 87.9 [Hz]

事務所 02 (AHU-VAV-03)

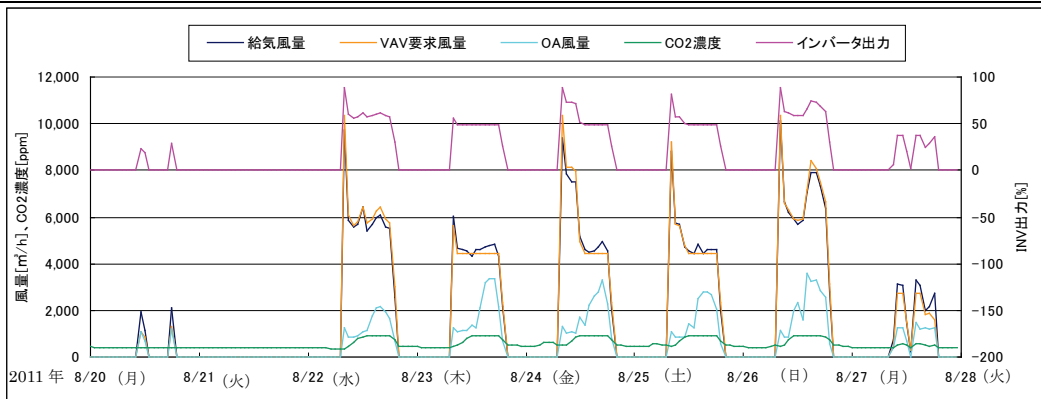
制御対象	検出部	制御目標	動作
SA ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<動作確認データ>

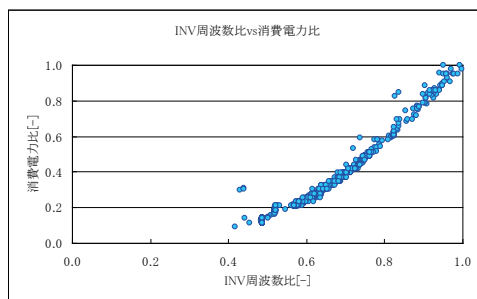
- ・ ロードリセット制御に応じて、給気温度が変動している。
- ・ OA は VAV の計測風量
- ・ 空調機設計機外機外静圧 260Pa



図Ⅲ. 3. 2. 164 給気、換気風量、設定値トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 165 給気風量、VAV 要求量、OA 風量、CO2 濃度トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 166 INV 周波数と電力比の関係

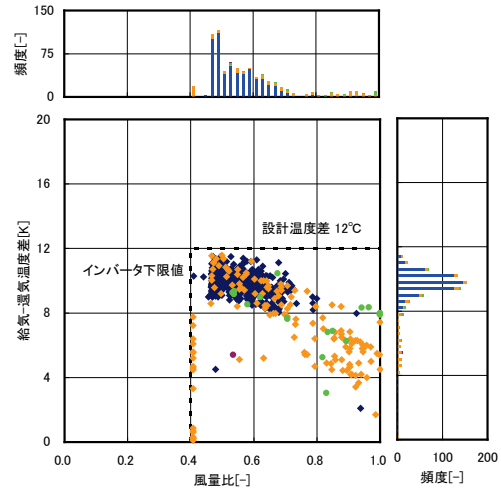
事務所 02 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
SA ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

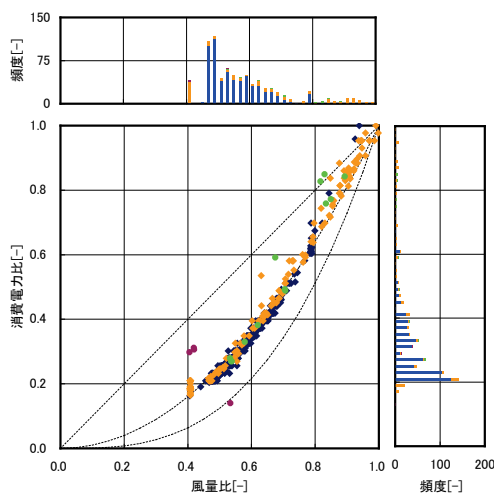
<風量分析>

執務時間のデータを青でプロットした。緑は土日のデータ、オレンジは起動時（8～9時）、紫は時間延長時（19時以降）のデータを示す。トレンドデータからわかる通り、土日、19時以降は VAV 要求風量が少なく、起動時は VAV 要求風量が大きく出るため、定常運転時と区別した。最大風量は 12,085m³/h.

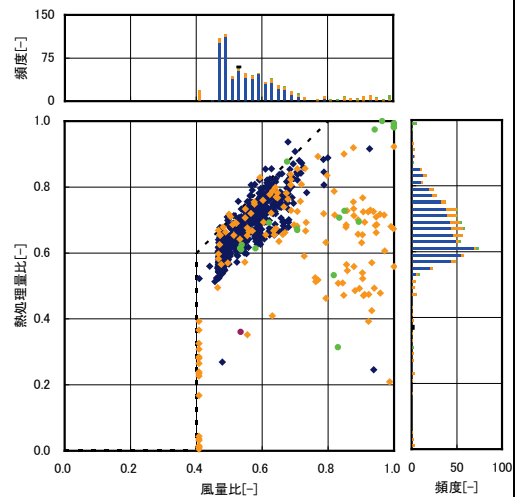
- VAV の要求風量が低くなり下限に達するにつれ、給気温度設定値が高くなる。インバータ周波数下限ではロードリセット制御が働いて温度差が小さくなっている。インバータ下限の風量比は 0.4 である。
- 消費電力は 2 次曲線と 3 次曲線の間で推移している。最大消費電力は 4.3kW。
- 風量下限値である 0.4 付近では温度差が変化している。流量比が 0.4 以上の範囲では流量が変化することで熱処理量比と比例している。最大処理熱量は 34.3kW。



図Ⅲ. 3. 2. 167 風量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 168 風量比と電力比の関係



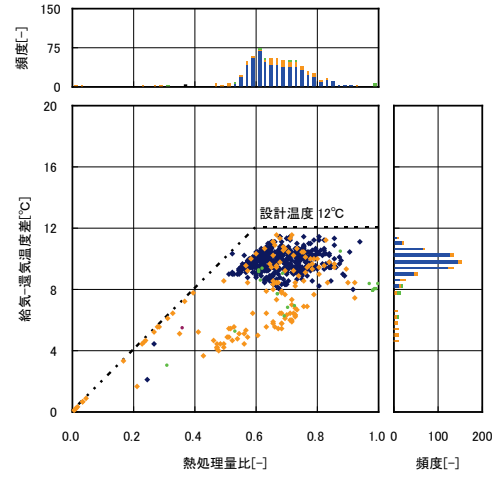
図Ⅲ. 3. 2. 169 風量比と熱処理量比の関係

事務所 02 (AHU-VAV-03)

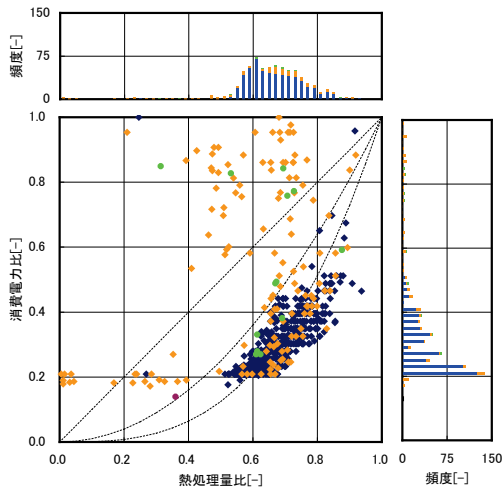
制御対象	検出部	制御目標	動作
SA ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

< 熱量分析 >

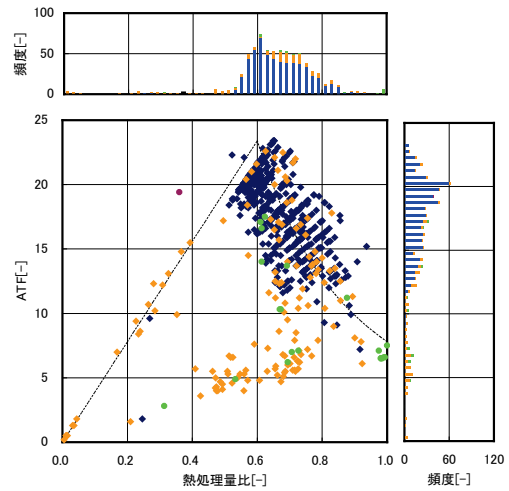
- 熱処理量比が 0.6 より小さくなると、風量固定となり温度差が小さくなる。最大処理熱量は 34.3kW.
- 熱処理量比が 0.6 未満は風量が一定であり、消費電力比が一定である。熱処理量比が 0.6 より大きい場合、熱処理量比の 3 乗に比例して消費電力比が追従している。最大消費電力は 4.3kW.
- 熱処理量比が 0.6 未満は熱処理量比の変化と ATF は比例関係にあり、熱処理量比が 0.6 より大きい場合に熱処理量比に対し反比例する。



図Ⅲ. 3. 2. 170 熱処理量比と温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 171 熱処理量比と電力比の関係



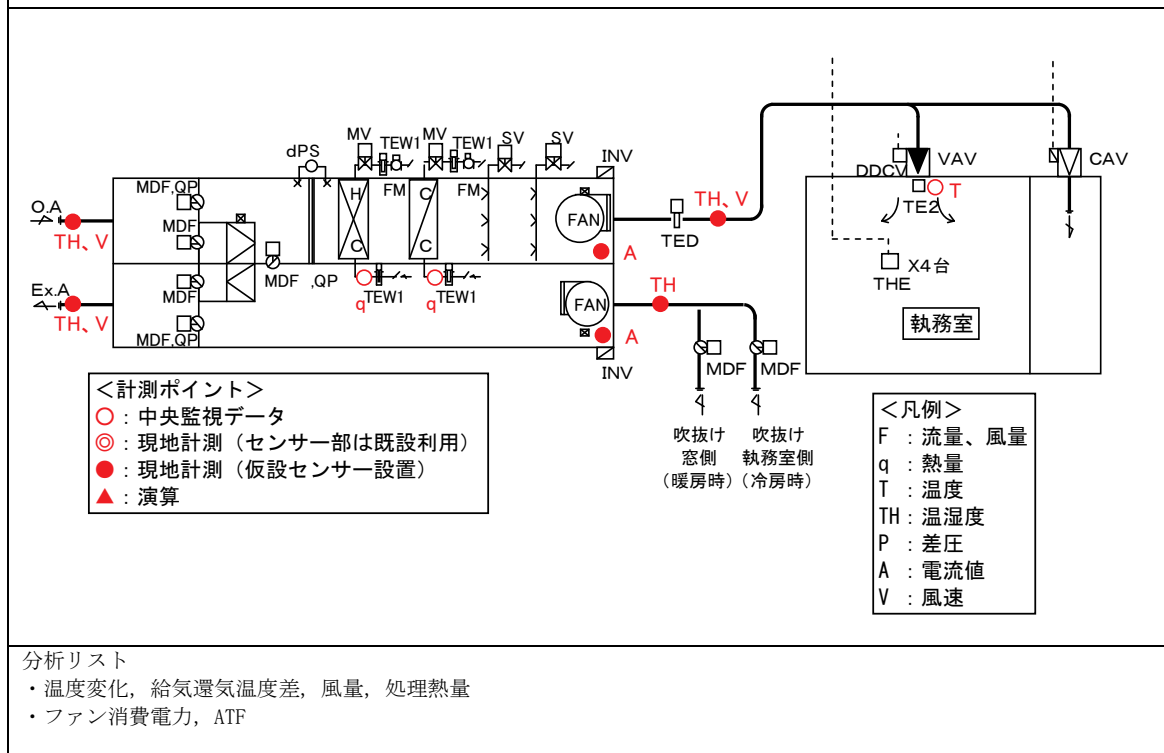
図Ⅲ. 3. 2. 172 熱処理量比と ATF の関係

3.2.14. 事務所 03 (FA0-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

建物名	事務所 03	地区	埼玉	竣工	2005 年	新築	—	規模	52,014m ²
分類記号	AHU-VAV-03				検出部	VAV 合計風量			
制御目的	室内温度				制御目標	給気風量			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～9 月 30 日				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	SA ファン, RA ファン				製造年月	—			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 給気温度一定制御 室内湿度による加湿弁制御 VAV 要求風量による INV 周波数出力 VAV 開度による INV 周波数補正制御 給気温度ロードリセット制御 ウォーミングアップ制御 全熱交換器 (バイパスダンバ切替) INV 周波数上限下限 SA : 45Hz～30Hz, RA : 50Hz～30Hz SA 温度設定 : 15℃ 室内温度設定 : 25℃ 				機器仕様	AHUM-6-1 (執務室系統) 送風ファン 24,200m ³ /h×600Pa×18.5kW 還気ファン 20,900m ³ /h×350Pa×15kW 冷水コイル 183 kW 冷水量 270 L/min 温水コイル 95 kW 温水量 170 L/min 外気量 7,300m ³ /h			

システムフロー



事務所 03(FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

<計測データ, 評価項目計算式>

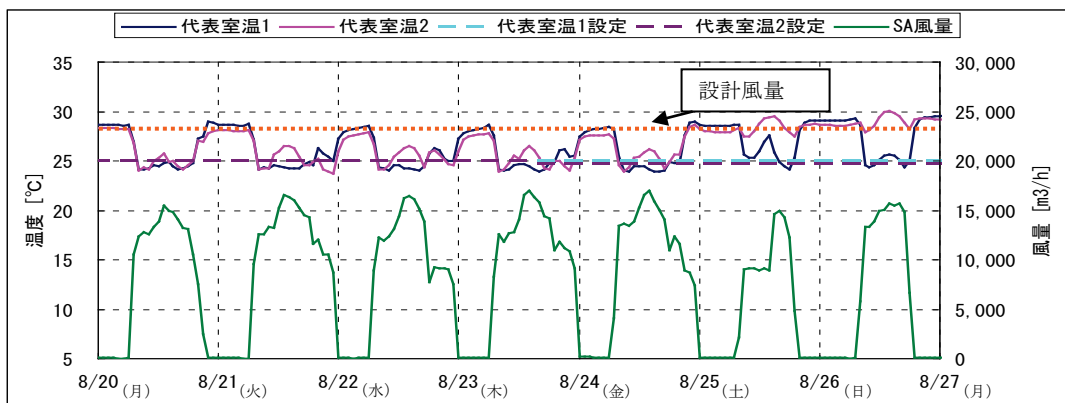
<p>1. 計測データ</p> <p>(1) データの収集時間間隔</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地計測データ: 1分間隔, 瞬時値 ・中央監視データ: 10分間隔, 瞬時値(熱量は30分間隔積算値) <p>(2) データ処理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1分間隔瞬時値, 10分間隔瞬時値 → 1時間平均値に処理 <p>(3) 解析利用データのフィルタリング項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機器の起動時, 停止時のデータを排除 ・機器が停止状態のデータを削除 ・冷水流量が0となるデータを削除 <p>2. 評価項目計算式</p> <p>(1) 風量</p> <p>計測したダクト内の風速Vから給気風量SAを算出した。 計測期間の最大風量を基に風量比を算出した。 風量比 FR = 給気風量 SA [m³/h] / 実測最大風量: 18,204 [m³/h]</p> <p>(2) 給気還気温度差</p> <p>計測した給気温度をT1, 還気温度をT2として算出した。 給気還気温度差 ΔT[°C] = T2 [°C] - T1 [°C]</p> <p>(3) 処理熱量</p> <p>SAとRAのエンタルピー差とSA風量とで, 処理熱量を算出した。 処理熱量 q [MJ/h] = 空気密度: 1.2 [kg/m³] × 給気風量 SA [m³/h] × (RA比エンタルピー H2 [kJ/kg'] - SA比エンタルピー H1 [kJ/kg']) / 1,000 [kJ/MJ]</p> <p>最大処理熱量を基に処理熱量比を算出した。 処理熱量熱比 HR = 処理熱量 q [MJ/h] / 最大処理熱量: 519 [MJ/h]</p> <p>(4) 消費電力</p> <p>計測した電流Aから消費電力を算出した。 SAファンの消費電力E1とRAファンの消費電力E2の合計を消費電力Eとして使用した。 SAファン消費電力 E1 [kW] = √3 × 電圧: 200 [V] × SAファン電流 A1 [A] × 力率: 0.85 / 1,000 [W/kW] RAファン消費電力 E2 [kW] = √3 × 電圧: 200 [V] × RAファン電流 A2 [A] × 力率: 0.85 / 1,000 [W/kW]</p> <p>最大消費電力を基に消費電力比を算出した。 消費電力比 ER = 消費電力 E [kW] / 最大消費電力: 16.7 [kW]</p> <p>(5) ATF (空気搬送効率)</p> <p>ATF = (処理熱量 q [MJ/h] / 3.6[MJ/(h・kW)]) / 消費電力 [kW]</p> <p>計測時の最大処理熱量(519 [MJ/h])と最大消費電力(16.7 [kW])とのATF(8.64)を基準として, 理想曲線を算出した。</p> <p>(6) 理想曲線</p> <p>風量に対する電力, 熱量に対する電力ともに1次曲線, 2次曲線, 3次曲線とした。 SAファンのINV上限下限のみを考慮した。 上限: 45Hz → 1.0, 下限: 30Hz → 0.667</p>
--

事務所 03 (FAO-VAV-03)

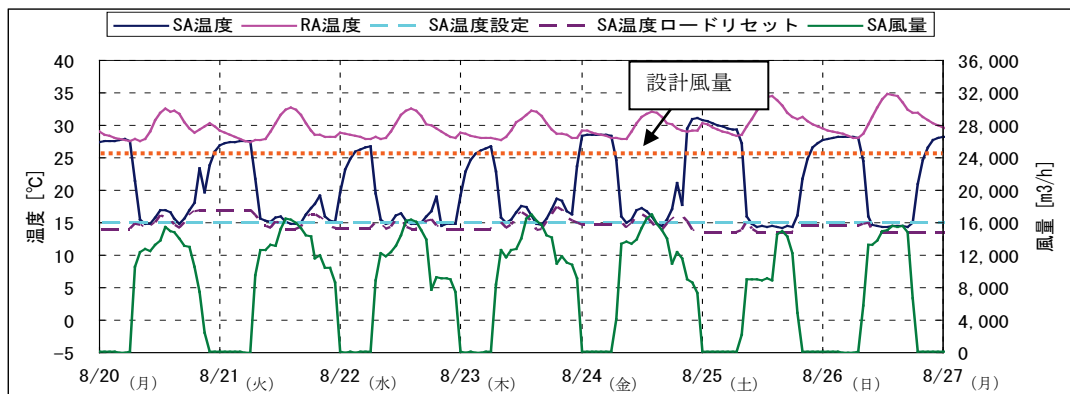
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

(コメント欄)

- 2012. 8. 20～8. 27 のトレンドグラフ
- 室温設定は 25℃であるが、概ね設定通りに制御される。
- SA 風量は空調機の起動時でなく、熱負荷が多い 13 時位がピークとなる。また SA 風量は設計値が 24,200m³/h であるが、ピークでも 17,000m³/h と 70%程度である。
- SA 温度設定は 15℃であるが、SA 風量に応じてロードリセット制御が働く。空調機稼働中は、概ねロードリセットの設定通りに SA 温度が制御される。
- RA の吸込みは執務室でなく吹き抜けにあるため、RA 温度はピーク時に 32℃を上回る温度になる。



図Ⅲ. 3. 2. 173 各室温, SA 風量トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 174 SA 温度, RA 温度, SA 風量トレンド

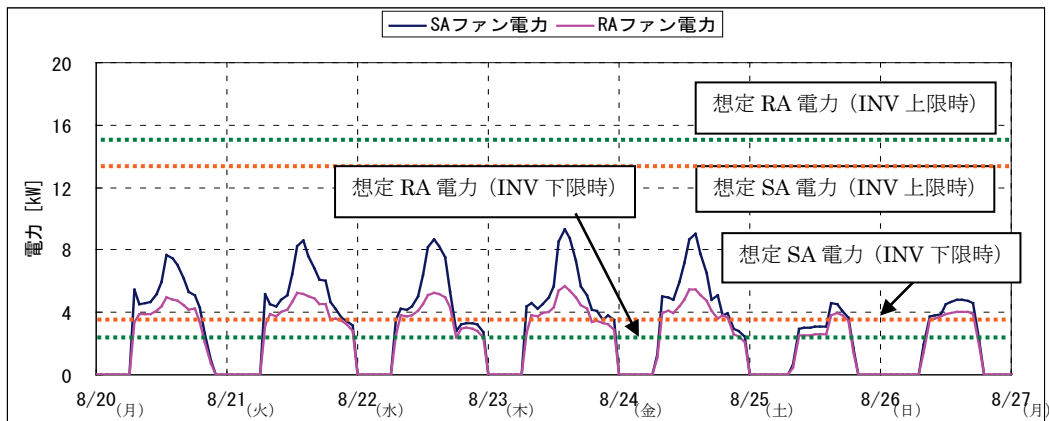
事務所 03 (FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

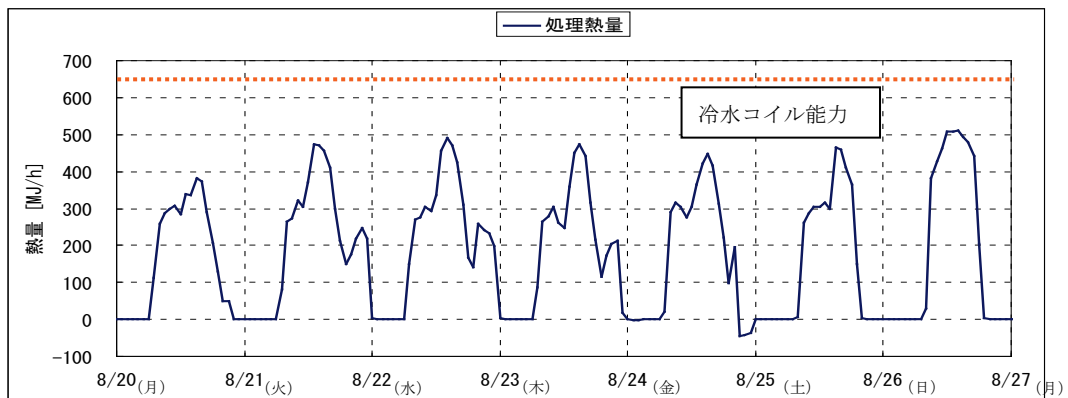
<動作確認データ>

(コメント欄)

- 2012. 8. 20~8. 27 のトレンドグラフ
- INV 上限時と INV 下限時の想定 SA 電力および想定 RA 電力は、ファンの定格電力に対し 3 乗則で算出した。
- SA, RA とともに空調機立ち上げ時に小さなピークがあり、最大のピークは負荷が大きい 13 時頃である。しかし SA, RA とともに、INV の上限までは電力が上がらない。
- INV 周波数が 40Hz で SA 電力 : 9.4kW, RA 電力 : 7.6kW となるので、ピーク時は 40Hz 前後と考えられる。
- 冷水コイルの能力は 658MJ/h (183kW) であるが、ピークで 500MJ/h となり 75%程度の処理熱量となる。ピークの SA 風量が設計値の 70%程度であるため、概ね風量に応じた熱量である。



図Ⅲ. 3. 2. 175 ファン電力トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 176 処理熱量トレンド

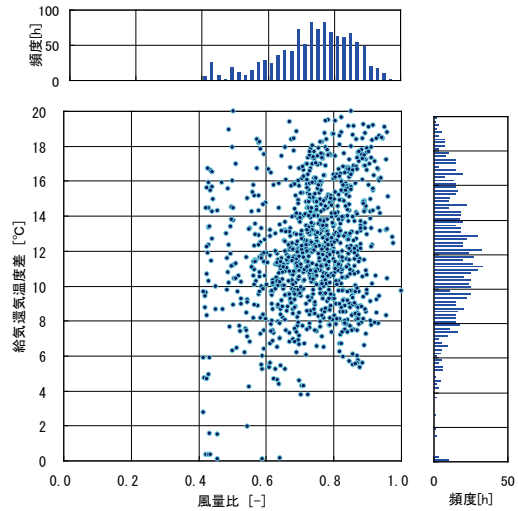
事務所 03 (FAO-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

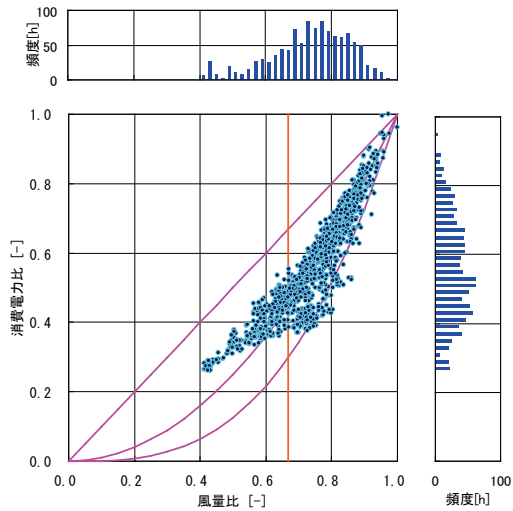
<風量分析>

(コメント欄)

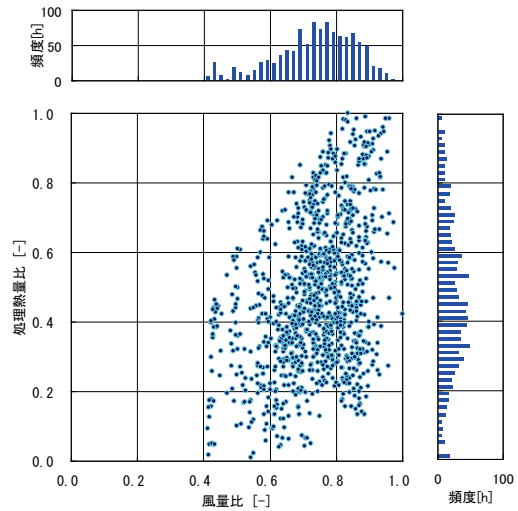
- 給気還気温度差は、ばらついている。風量比が小さい方が顕著である。
- 消費電力比は、風量比が 0.7 以上で 2 次曲線と 3 次曲線の間での分布となる。
- 処理熱量比は、ばらついている。



図Ⅲ. 3. 2. 177 風量比と給気還気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 178 風量比と消費電力比の関係



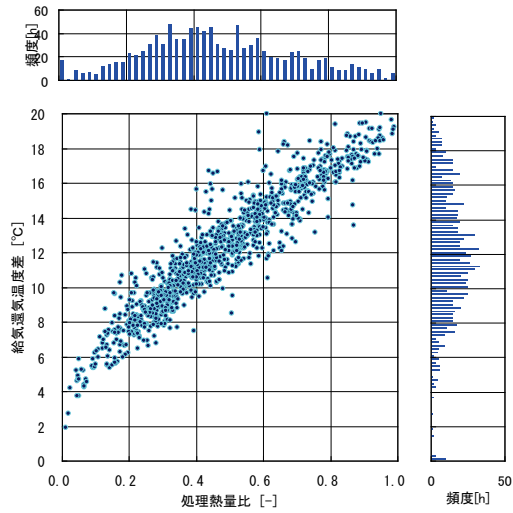
図Ⅲ. 3. 2. 179 風量比と処理熱量比の関係

事務所 03 (FAO-VAV-03)

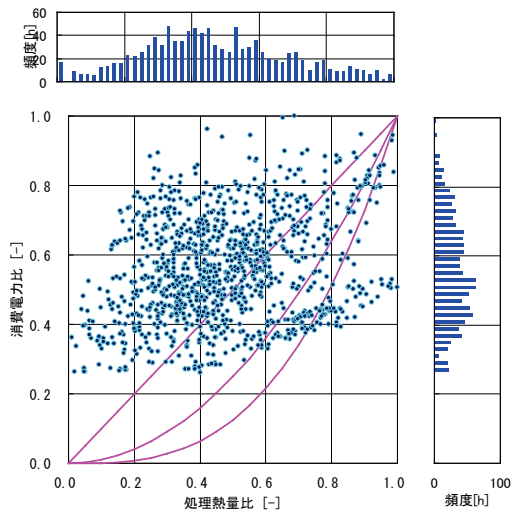
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

< 熱量分析 >

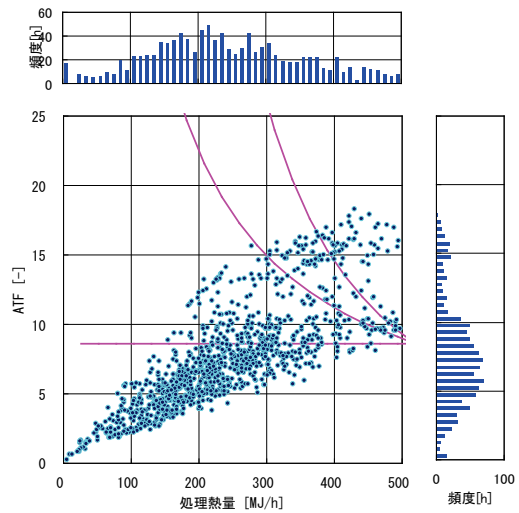
- 処理熱量比と給気還気温度差との間には、比例の関係が見られ、定風量に近い運転である。
- 消費電力比が 0.27 付近で一定となるが、SA ファン、RA ファンともに INV の下限になるためである。
- 処理熱量と ATF との間に比例の関係が見られる。



図Ⅲ. 3. 2. 180 処理熱量比と給気還気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 181 処理熱量比と消費電力比の関係



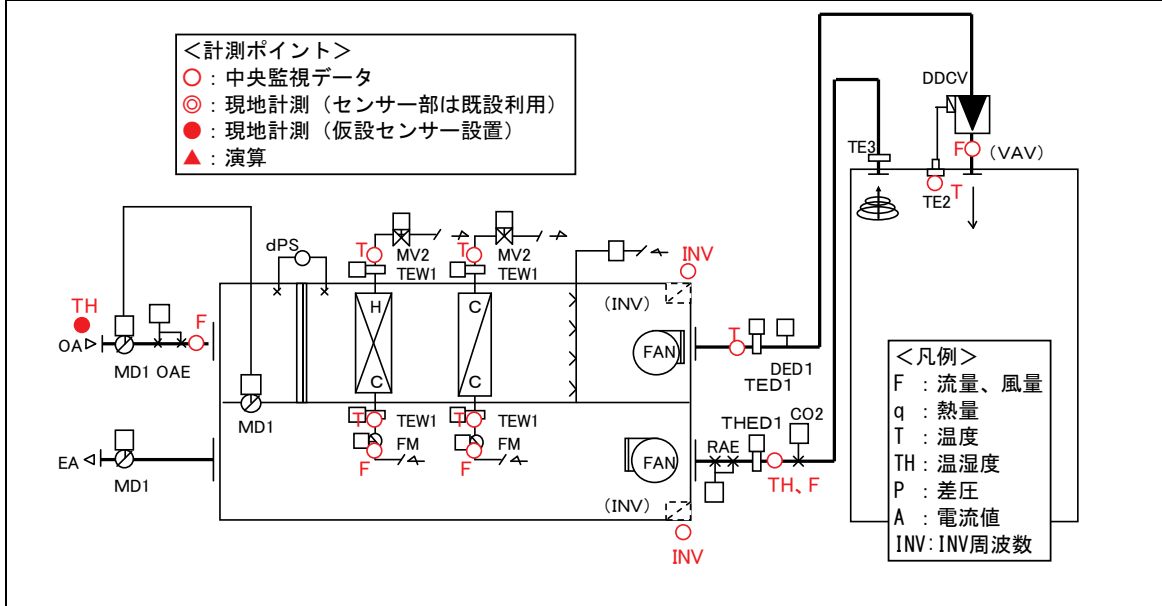
図Ⅲ. 3. 2. 182 処理熱量とATFの関係

3.2.15. 事務所 05 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

建物名	事務所 05	地区	東京	竣工	2003 年	新築	—	規模	20,580m ²
分類記号	AHU-VAV-03				検出部	VAV 合計風量			
制御目的	室内温度				制御目標	給気風量			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～9 月 30 日				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	SA ファン, RA ファン				製造年月				
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 給気温度一定制御 給気温度補正制御 RA 温度による冷房・送風・暖房切替 RA 湿度による加湿弁制御 VAV 要求風量による INV 周波数出力 INV 周波数補正制御 外気冷房制御 還気 CO2 濃度が設定値になるよう, OA 量を制御 ウォーミングアップ制御 INV 周波数上限下限 SA : 60%~30%, RA : 50%~30% SA 温度設定 : 12℃ 室内温度設定 : 26.3℃ 				機器仕様	AC-5-1 (5 階事務室系統) 送風ファン 9,200m ³ /h×400Pa×5.5kW 還気ファン 8,650m ³ /h×300Pa×5.5kW 冷水コイル 76.8 kW 冷水量 110 L/min 温水コイル 39 kW 温水量 56 L/min 外気量 2,000m ³ /h 外冷時 3,800m ³ /h			

システムフロー



分析リスト

- ・ 温度変化, 給気還気温度差, 風量, 処理熱量
- ・ ファン消費電力, ファン INV 周波数, ATF

事務所 05 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

<計測データ, 評価項目計算式>

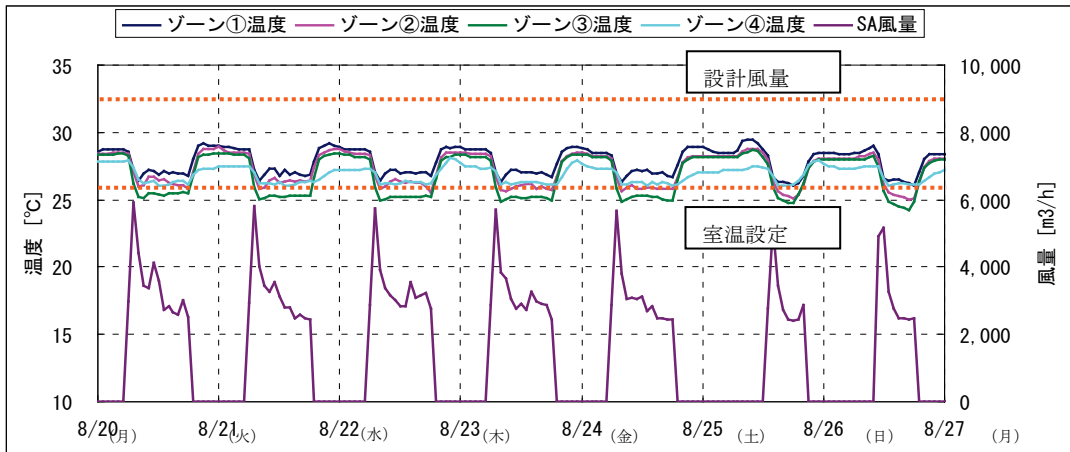
<p>1. 計測データ</p> <p>(1) データの収集時間間隔</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現地計測データ: 1分間隔, 瞬時値 ・中央監視データ: 10分間隔, 瞬時値 <p>(2) データ処理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1分間隔瞬時値, 10分間隔瞬時値 → 1時間平均値に処理 <p>(3) 解析利用データのフィルタリング項目</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機器の起動時, 停止時のデータを排除 ・機器が停止状態のデータを削除 <p>2. 評価項目計算式</p> <p>(1) 風量</p> <p>VAVユニットの風量の合計を給気風量 SA として使用した. 計測期間の最大風量を基に風量比を算出した. 風量比 FR = 給気風量 SA [m³/h] / 実測最大風量: 6,122 [m³/h]</p> <p>(2) 給気還気温度差</p> <p>計測した給気温度を T1, 還気温度を T2 として算出した. 給気還気温度差 ΔT [°C] = T2 [°C] - T1 [°C]</p> <p>(3) 処理熱量</p> <p>冷水熱量を処理熱量として使用した. 処理熱量 q [MJ/h] = 比熱: 4.186 [kJ/kg・°C] × 密度: 1.0 [kg/L] × 冷水流量 F [L/min] × (冷水還温度 T4 [°C] - 冷水往温度 T3 [°C]) / 1,000 [kJ/MJ] × 60 [min/h] 最大処理熱量を基に処理熱量比を算出した. 処理量熱比 HR = 処理熱量 q [MJ/h] / 最大処理熱量: 158 [MJ/h]</p> <p>(4) 消費電力</p> <p>INV 周波数比から消費電力を算出した. SAファンの消費電力 E1 と RAファンの消費電力 E2 の合計を消費電力 E として使用した. SAファン消費電力 E1 [kW] = (SAファン INV 周波数比) ^ 3 × SAファン定格電力: 5.5 [kW] RAファン消費電力 E2 [kW] = (RAファン INV 周波数比) ^ 3 × RAファン定格電力: 5.5 [kW] 最大消費電力を基に消費電力比を算出した. 消費電力比 ER = 消費電力 E [kW] / 最大消費電力: 5.0 [kW]</p> <p>(5) ATF (空気搬送効率)</p> <p>ATF = (処理熱量 q [MJ/h] / 3.6[MJ/(h・kW)]) / 消費電力 [kW] 計測時の最大処理熱量 (158 [MJ/h]) と最大消費電力 (5.0 [kW]) との ATF (8.97) を基準とし, 理想曲線を算出した.</p> <p>(6) INV 周波数比</p> <p>計測された INV 設定値をインバータ周波数比 INV として使用した.</p> <p>(7) 理想曲線</p> <p>風量に対する電力, 熱量に対する電力ともに 1次曲線, 2次曲線, 3次曲線とした. SAファンの INV 上限下限のみを考慮した. 上限: 60% → 1.0, 下限: 30% → 0.5</p>

事務所 05 (AHU-VAV-03)

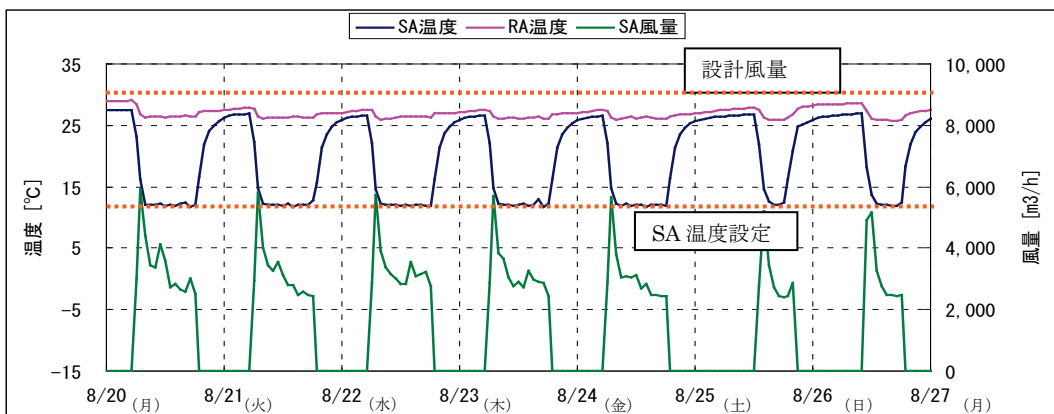
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ>

- ・ 2012. 8. 20～8. 27 のトレンドグラフ
- ・ 室温設定は 26. 3℃であるが、概ね設定通りに制御される。
- ・ SA 風量は設計値が 9, 200m³/h であるが、起動時に 6, 000m³/h 程度になり、その後減少する。
- ・ SA 温度設定は 12℃であるが、空調機稼働中は、概ね設定通りに制御される。
- ・ SA 風量に変化しても、SA 温度はほぼ一定であるが、空調機起動時と停止時にやや上昇している。



図Ⅲ. 3. 2. 183 各室温, SA 風量トレンド



図Ⅲ. 3. 2. 184 SA 温度, RA 温度, SA 風量トレンド

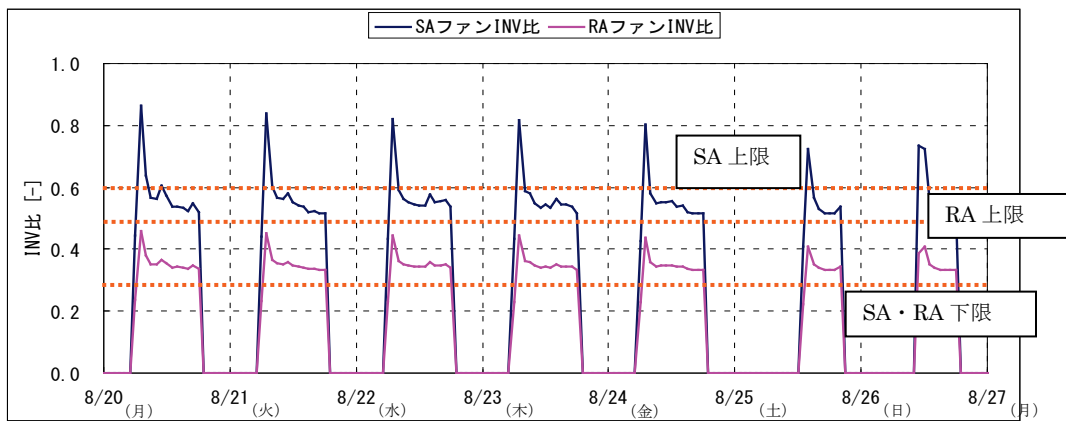
事務所 05 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

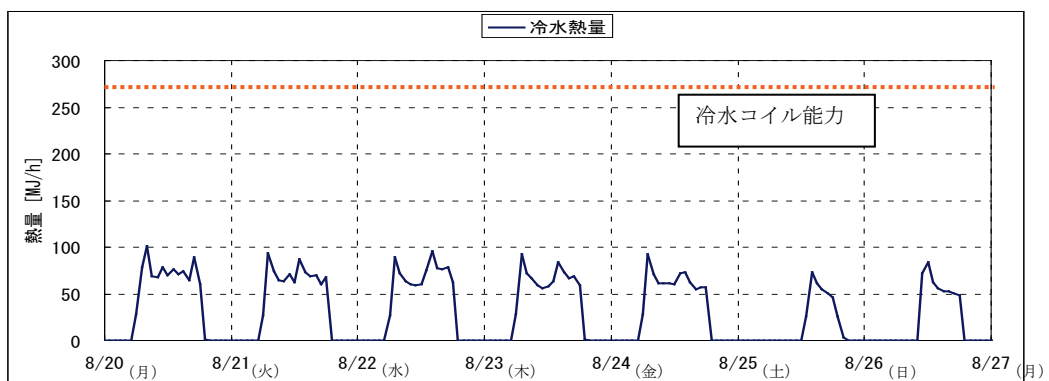
<動作確認データ>

(コメント欄)

- ・ 2012. 8. 20~8. 27 のトレンドグラフ
- ・ SA ファンは, 起動時に上限を超えた INV 周波数を要求している.
- ・ 空調機立上がり後は, SA ファン INV・RA ファン INV とも徐々に減少するが, 下限までは減少しない.
- ・ 冷水コイル能力は 276MJ/h であるが, 冷水熱量は 100MJ/h 程度にしかない.



図Ⅲ. 3. 2. 185 INV 周波数比トレンド



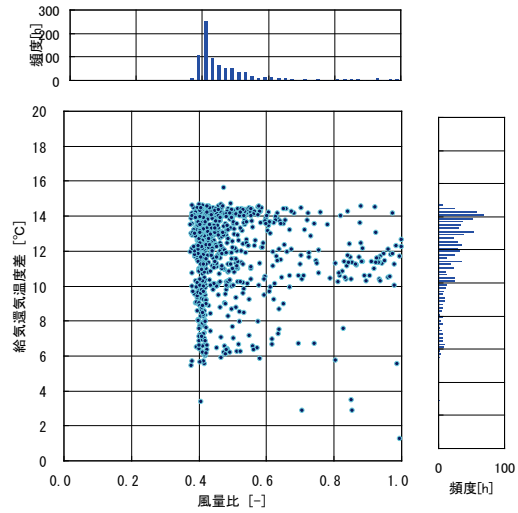
図Ⅲ. 3. 2. 186 冷水熱量トレンド

事務所 05 (AHU-VAV-03)

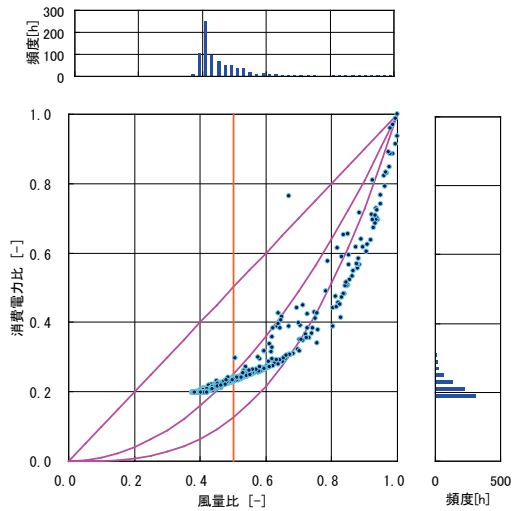
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

<風量分析>

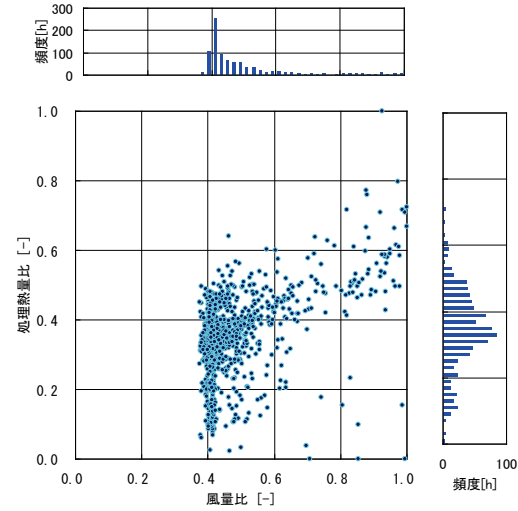
- 風量比が小さくなるにつれ，給気還気温度差がばらついている。INV 下限は 0.4 であり、供給熱量を減らすために SA 温度を高くしなければならない。
- 消費電力比は，風量比が 0.4~0.7 で比例に近い分布となり，0.7 以上で 3 次曲線に近い分布となる。
- 風量比が 0.4 付近は処理熱量比がばらつく。風量比が大きくなるにつれ，処理熱量比も大きくなる。



図Ⅲ. 3. 2. 187 風量比と給気還気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 188 風量比と消費電力比の関係



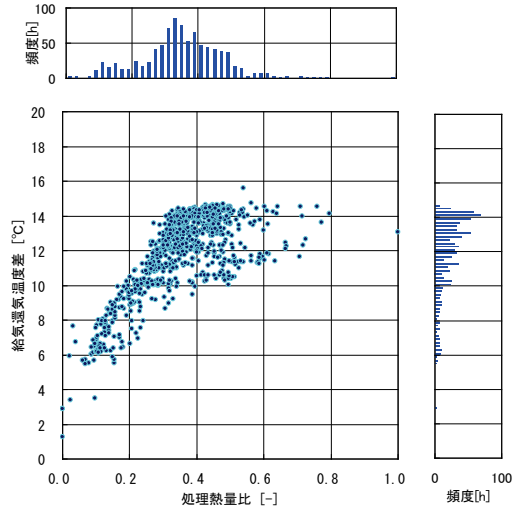
図Ⅲ. 3. 2. 189 風量比と処理熱量比の関係

事務所 05 (AHU-VAV-03)

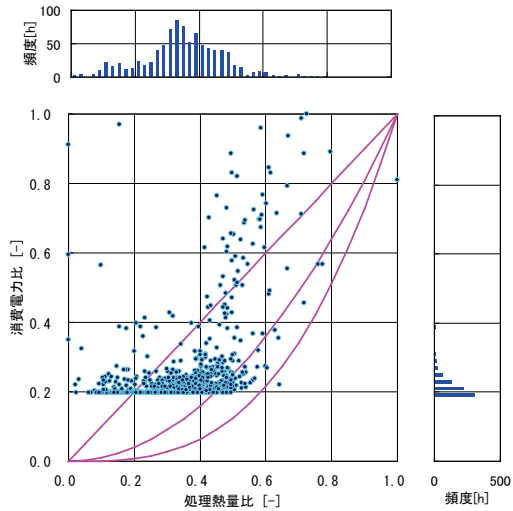
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機ファン	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

< 熱量分析 >

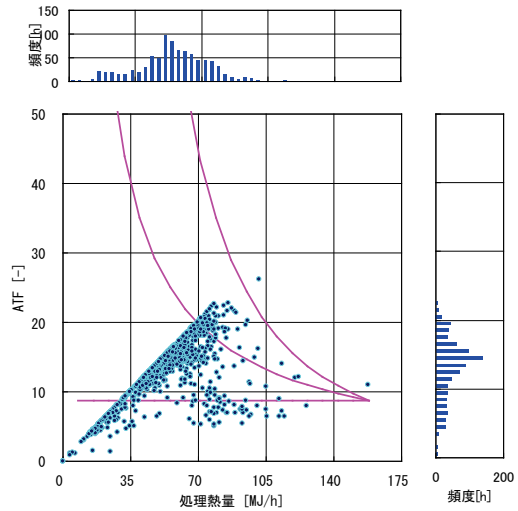
- 処理熱量比が 0.4 位までは, 給気還気温度差との間に, 比例の関係が見られる.
- 消費電力比が 0.2 付近で一定となるが, INV の下限になるためである. 処理熱量比が増えるにつれ, 消費電力量比も増加する傾向がある.
- INV の下限になるため, 処理熱量が 80MJ/h までは, ATF との間に比例の関係が見られる.



図Ⅲ. 3. 2. 190 処理熱量比と給気還気温度差の関係



図Ⅲ. 3. 2. 191 処理熱量比と消費電力比の関係



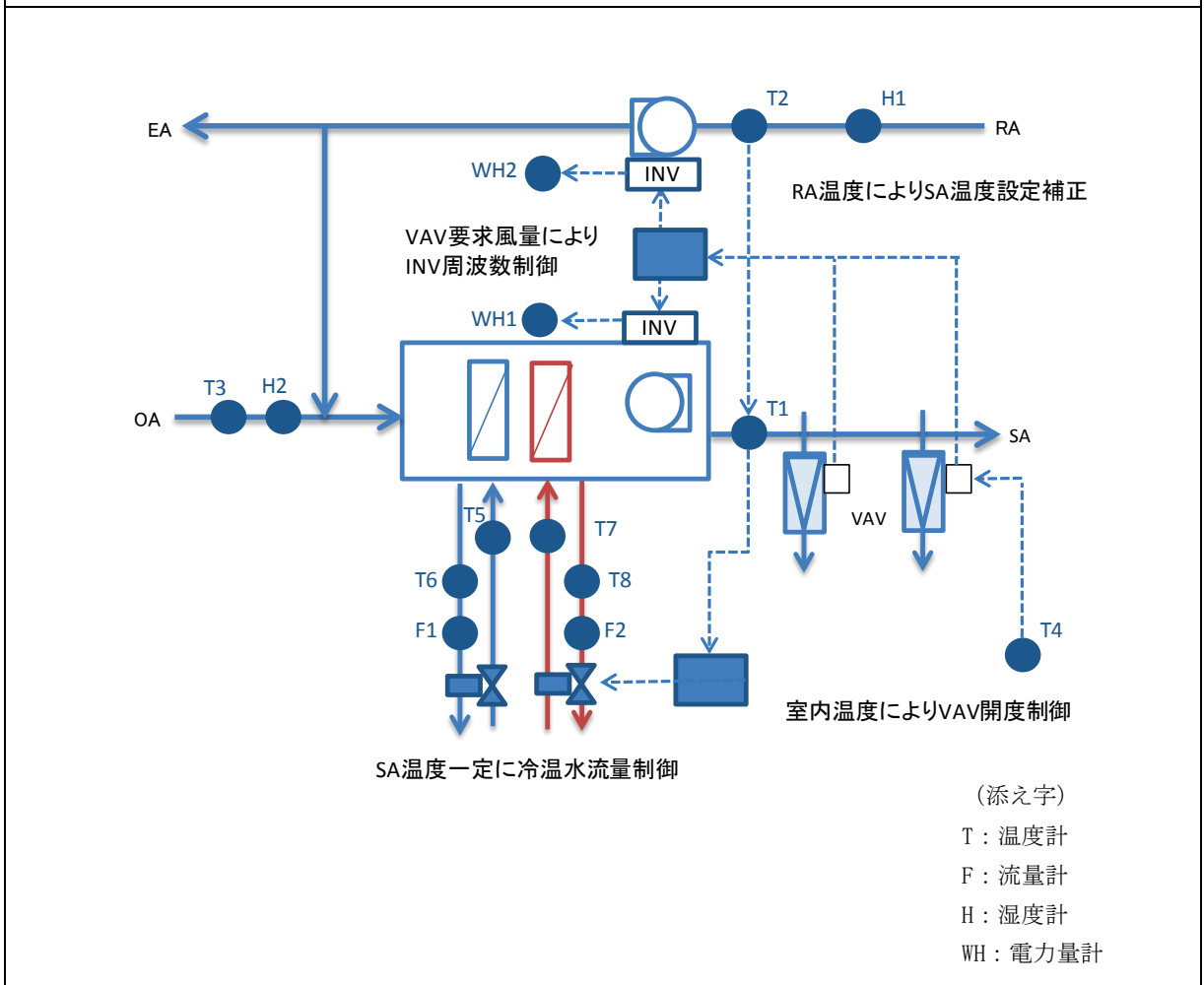
図Ⅲ. 3. 2. 192 処理熱量とATFの関係

3.2.16. 事務所 06 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

建物名	事務所 06	地区	関東	竣工	2003 年	新築	—	規模	47,300m ²
分類記号	AHU-VAV-03				検出部	VAV 合計風量			
制御目的	VAV				制御目標	給気風量			
分析期間	2011 年 8 月 1 日～2012 年 9 月 29 日				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	空調機ファン				製造年月	2002 年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 給気温度一定制御 給気温度補正制御 RA 温度により冷房, 送風, 暖房切替 RA 湿度により加湿弁制御 VAV 要求風量により INV 周波数出力 				機器仕様	12,980m ³ /h × 350Pa × 11kW 冷房能力 : 99.6kW 7→17℃ ΔT=10℃ 冷水量 : 143 L/min 外気量 : 4300m ³ /h			

システムフロー



事務所 06 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

<評価項目計算式, 計測概要>

1. 評価項目計算式 ※添え字 (記号) はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 空気温度差

$$\text{空気温度差} = \text{還気温度 (T2)} - \text{給気温度 (T1)}$$

(2) 風量比

$$\text{風量比} = \text{実測風量 (VAV トータル風量)} \div \text{実測最大風量}$$

(3) 熱量

$$\text{冷却熱量} = \text{実測流量 (F1)} \times \text{水の温度差 (T6-T5)} \times \text{水の密度} \times \text{水の比熱}$$

$$\text{加熱熱量} = \text{実測流量 (F2)} \times \text{水の温度差 (T7-T8)} \times \text{水の密度} \times \text{水の比熱}$$

(4) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{実測消費電力 (WH1+WH2)} \div \text{実測最大消費電力}$$

(5) 熱量比

$$\text{熱量比} = \text{熱量} \div \text{計測期間内の最大熱量}$$

(6) ATF

$$\text{ATF} = \text{熱量} \div \text{消費電力}$$

2. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

温度, 流量, 湿度 : 1 分間隔

電力量 : 5 分間隔

(2) データ処理

温度, 流量, 湿度 : 1 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

電力量 : 5 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

事務所 06 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

<動作確認データ>

2012/8/20～8/30 のトレンドグラフ

- ・ 出口空気温度が制御値になるよう冷水弁を制御している。(15℃)
 - ・ VAV 要求風量に応じインバータ周波数を制御している。
 - ・ 朝起動時は負荷が大きく周波数が最大となるが、時間とともに周波数は減少する。
- 出口温度は設定温度に制御されており、風量制御は出力 5～100%、電力比最少 10%まで制御されている。

冷却熱量と出口温度 (2012/8/20～8/30)

15℃で一定に制御されている。

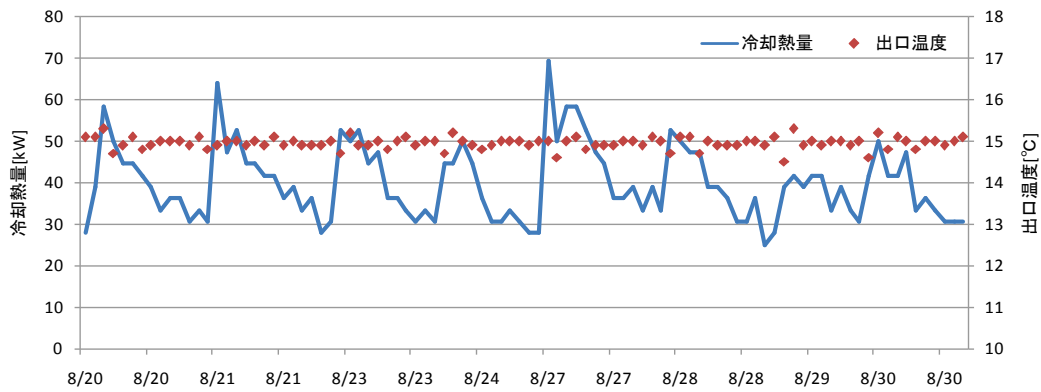


図 III. 3. 2. 193 冷却熱量と出口温度の推移

冷却熱量と制御出力 (2012/8/20～8/30)

要求風量に基づく制御出力による風量変化に伴い、冷却熱量は変動している。

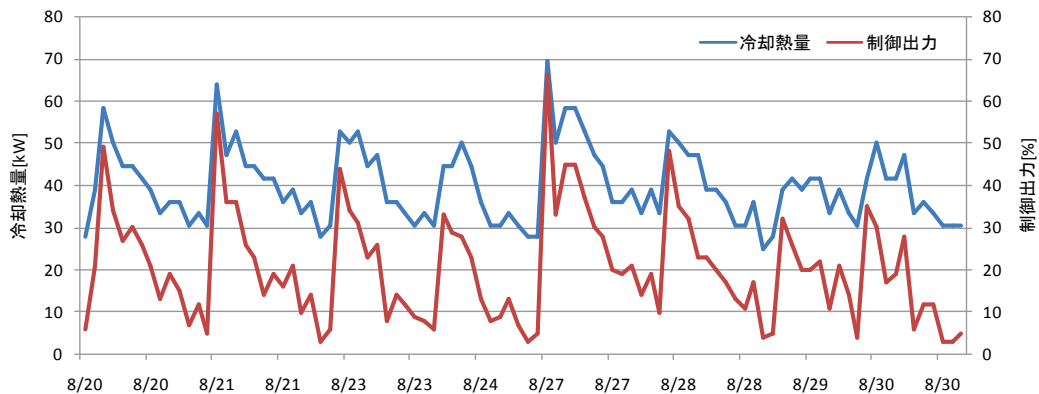


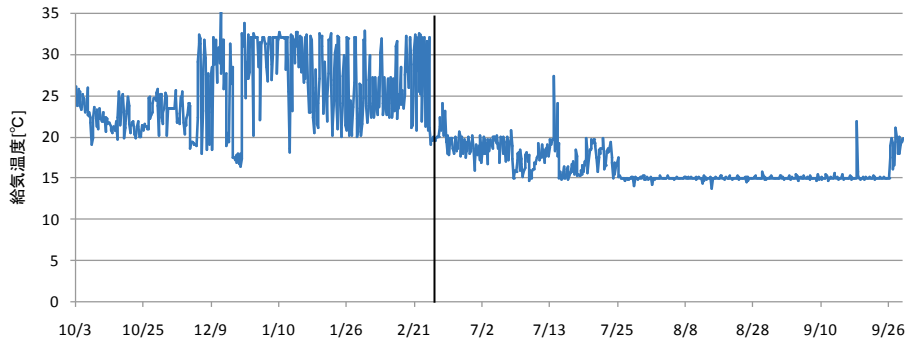
図 III. 3. 2. 194 冷却熱量と制御出力の推移

事務所 06 (AHU-VAV-03)

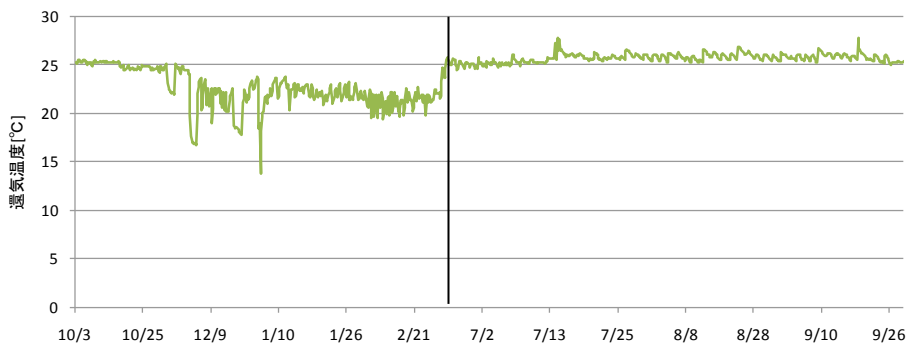
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ>

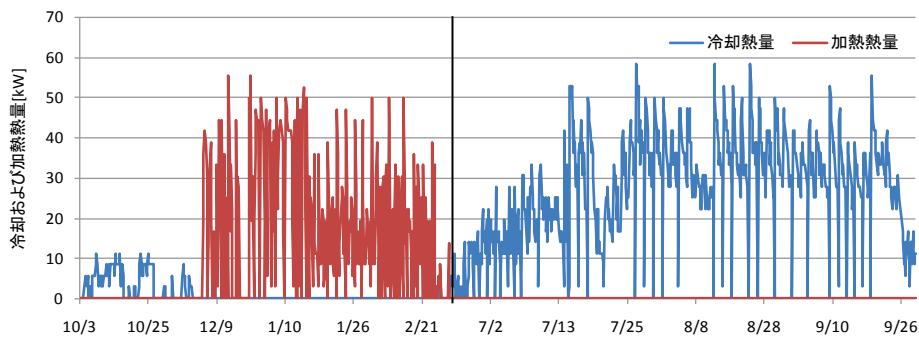
給気温度は暖房時 32℃, 冷房時 15℃で制御されており, 室内負荷が小さく, 最少風量時に還気温度が下がる場合には設定温度を上げる制御を行っている. (5月, 10月の中間期)



図Ⅲ. 3. 2. 195 給気温度の年間推移



図Ⅲ. 3. 2. 196 還気温度の年間推移



図Ⅲ. 3. 2. 197 冷却および加熱熱量の年間推移

事務所 06 (AHU-VAV-03)

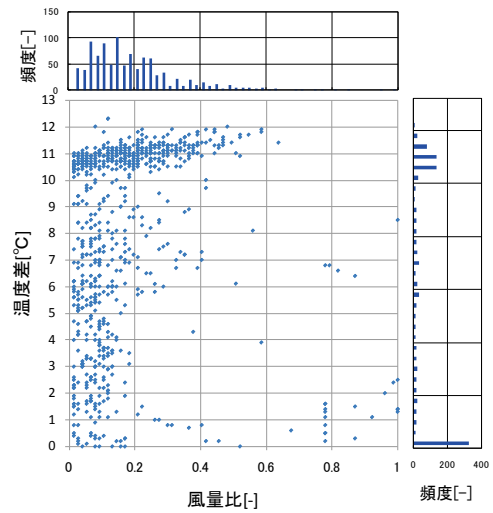
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

<風量分析データ>

空気温度差が 11℃程度で運用されており、
風量の変動による影響を受けておらず、制御
状況は良好である。

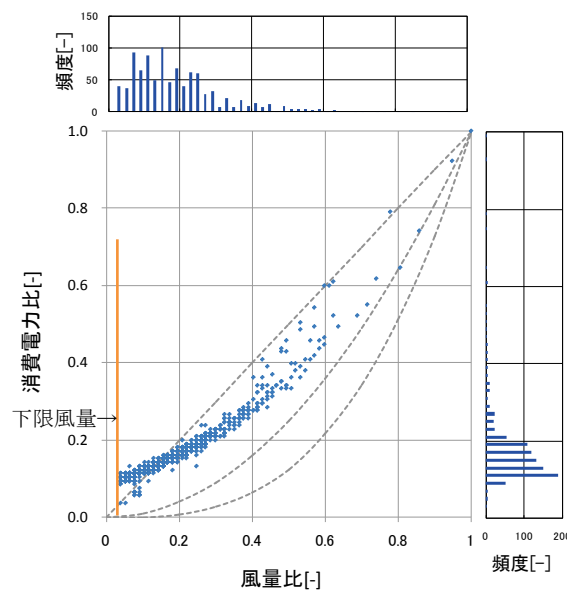
風量最大値=9990m³/h
消費電力最大値=10.5kWh
INV 周波数=2.5~50Hz

風量比～還気給気温度差



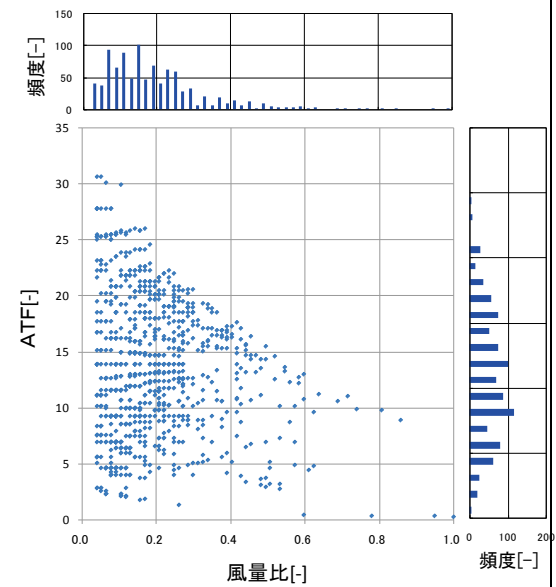
図Ⅲ. 3. 2. 198 風量比と還気給気温度差
の関係

風量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 2. 199 風量比と消費電力比の関係

風量比～ATF



図Ⅲ. 3. 2. 200 風量比と ATF の関係

事務所 06 (AHU-VAV-03)

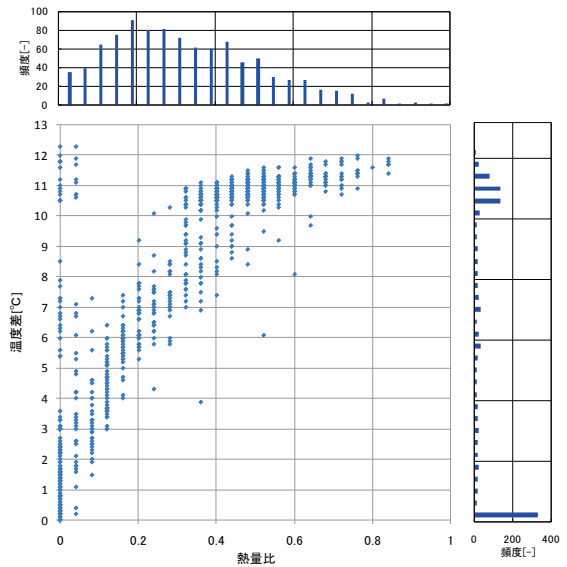
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

< 熱量分析データ >

空気温度差が 11℃程度で運用されており、
風量の変動による影響を受けておらず、制御
状況は良好である。

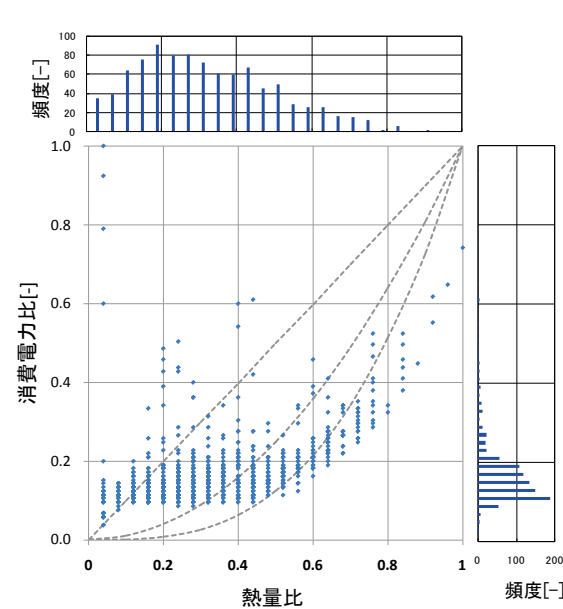
熱量最大値=358MJ/h (冷水熱量)

熱量比～還気給気温度差



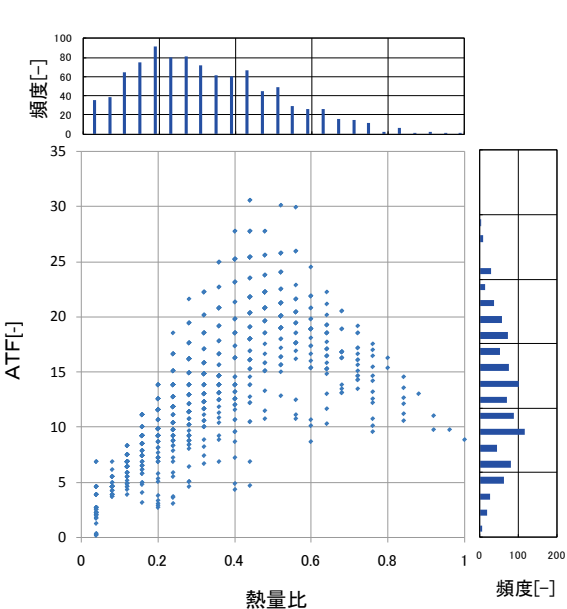
図Ⅲ. 3. 2. 201 熱量と給気還気温度差の関係

熱量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 2. 202 熱量比と消費電力費の関係

熱量比～ATF

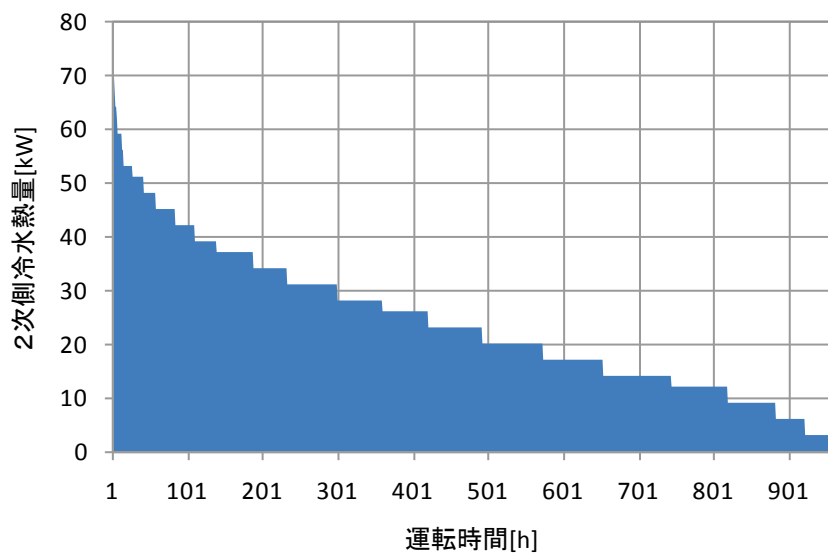


図Ⅲ. 3. 2. 203 熱量比と ATF の関係

事務所 06 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

< 期間負荷データ >



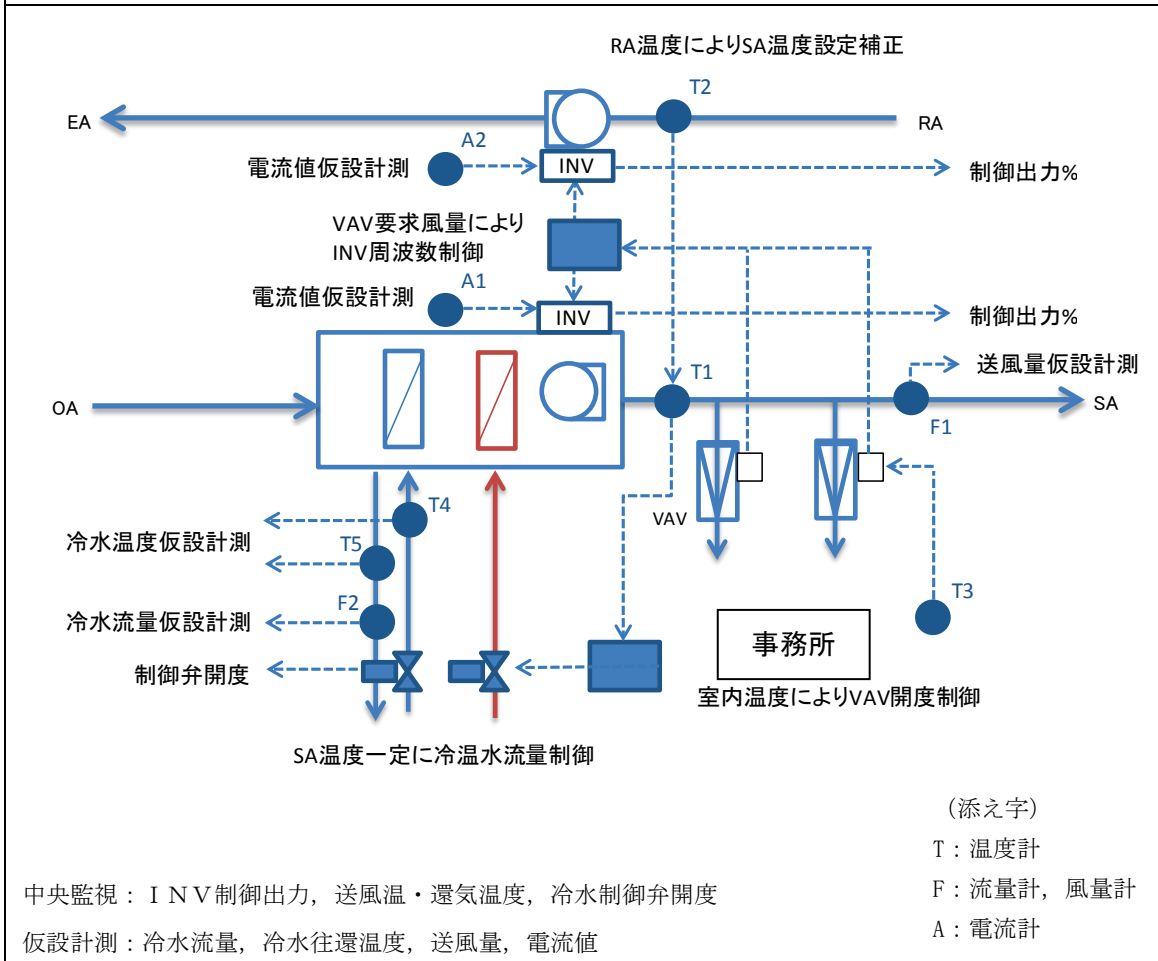
図Ⅲ. 3. 2. 204 期間負荷

3.2.17. 事務所 08 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

建物名	事務所 08	地区	北海道	竣工	2003 年	改修	—	規模	108,000m ²
分類記号	AHU-VAV-03				検出部	VAV 合計風量			
制御目的	VAV				制御目標	給気風量			
分析期間	2009 年 8 月 1 日～2009 年 11 月 30 日				動作	回転数 (周波数) 制御			
制御対象	空調機ファン				製造年月	2002 年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 給気温度一定制御 VAV 要求風量により INV 周波数出力制御 RA 湿度により加湿弁制御 室内温度により VAV 風量を制御 外気冷房制御 (エンタルピ) CO₂ 濃度により外気量制御 				機器仕様	送風機 : 10000m ³ /h×392Pa×7.5kW, 3.7kW 冷房能力 : 66.1kW			

システムフロー



事務所 08(AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

<評価項目計算式，計測概要>

1. 評価項目計算式 ※添え字（記号）はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 給気還気温度差

$$\text{給気還気温度差} = \text{還気温度 (T2)} - \text{給気温度 (T1)}$$

(2) 風量比

$$\text{風量比} = \text{実測風量 (F1)} \div \text{計測期間の最大風量}$$

(3) 消費電力比

$$\text{消費電力比} = \text{消費電力} \div \text{計測期間の最大消費電力}$$

$$\text{消費電力} = \text{実測電流 (A1+A2)} \times \text{電圧} \times \sqrt{3} \times \text{力率}$$

(4) 熱量比

$$\text{熱量比} = \text{熱量} \div \text{計測期間の最大熱量}$$

$$\text{熱量} = \text{冷水量 (F2)} \times \text{水温度差 (T5-T4)} \times \text{水の密度} \times \text{水の比熱}$$

(5) ATF

$$\text{ATF} = \text{熱量} \div \text{消費電力}$$

2. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・ 10 分間隔

(2) データ処理

- ・ 10 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

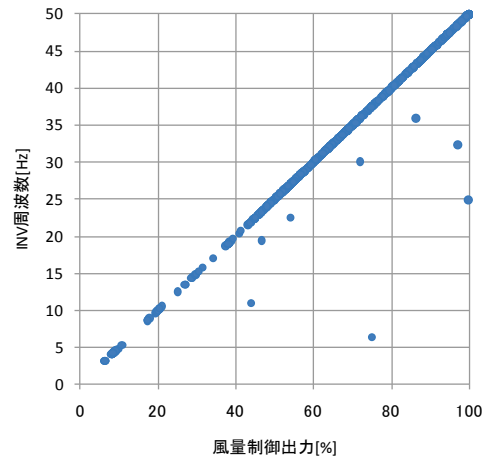
事務所 08 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数（周波数）制御

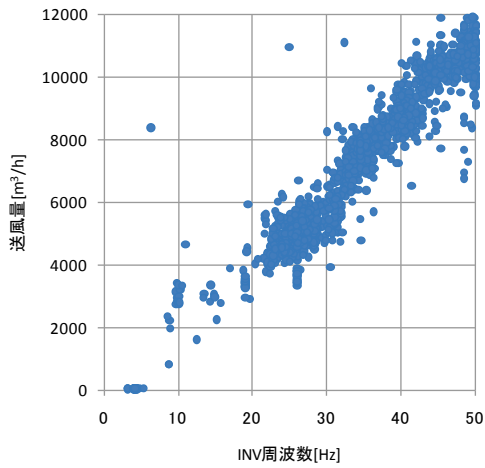
<動作確認データ>

仮設計測による風量，電力量の制御出力，INV 周波数との関係

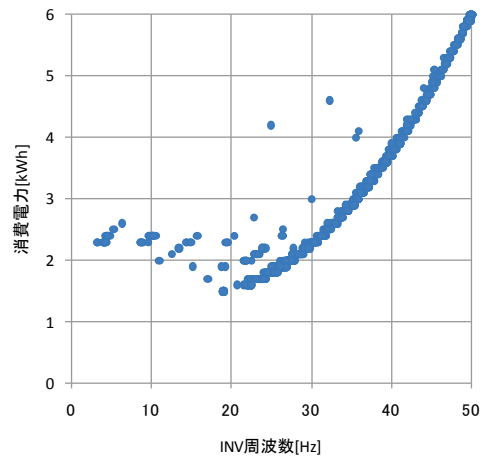
- ・ 風量，電力量は期間限定の仮設計測値.
- ・ 冷水負荷が発生していないデータは削除.
- ・ 制御出力は 0~100% に対し，周波数 0~50Hz.



図Ⅲ. 3. 2. 205 風量制御出力と INV 周波数



図Ⅲ. 3. 2. 206 INV 周波数と送風量



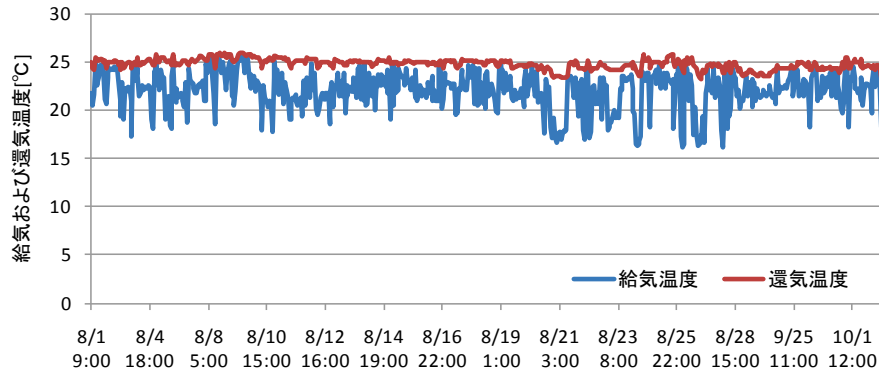
図Ⅲ. 3. 2. 207 INV 周波数と消費電力量

事務所 08 (AHU-VAV-03)

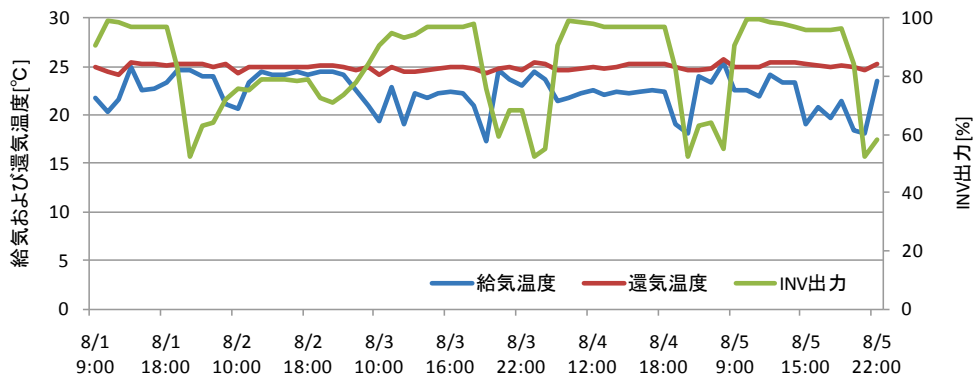
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

<動作確認データ>

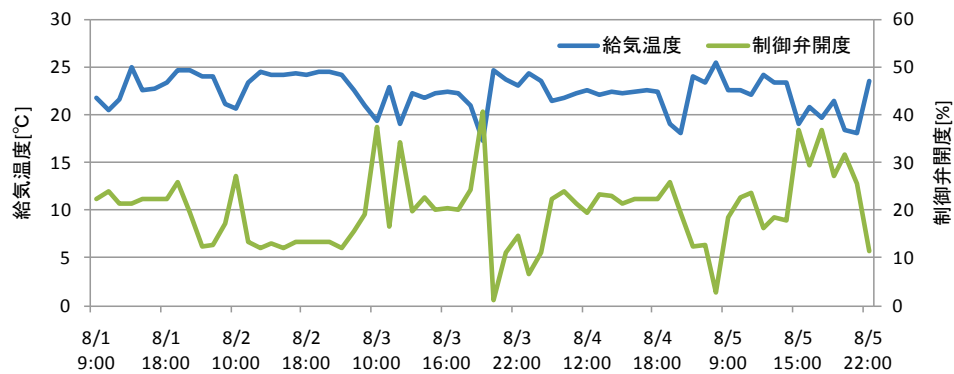
還気温度はほぼ 25°C一定であり良好。



図Ⅲ. 3. 2. 208 給気および還気温度の日推移



図Ⅲ. 3. 2. 209 給気および還気温度と INV 出力の時間推移



図Ⅲ. 3. 2. 210 給気温度と制御弁開度の時間推移

事務所 08 (AHU-VAV-03)

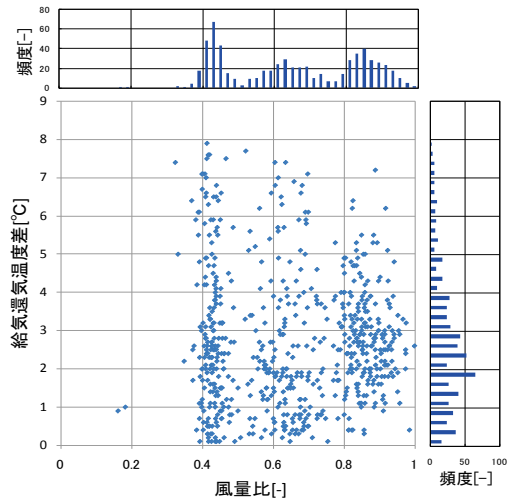
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

<風量分析データ>

立ち上がり時, 中間季, 夏季で風量が3か所に集中している. 室内負荷が少ないことが原因で空気温度差は 2~3°C程度となっている.

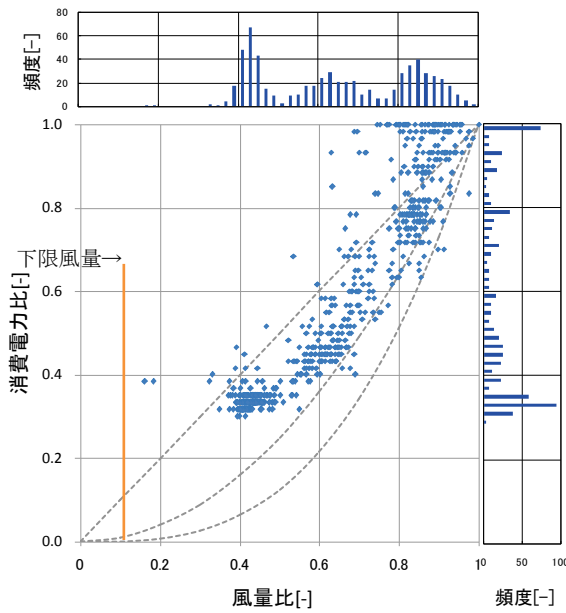
風量最大値=12213m³/h
 消費電力最大値=6.0kWh
 INV 周波数=10~50Hz

風量比~還気給気温度差



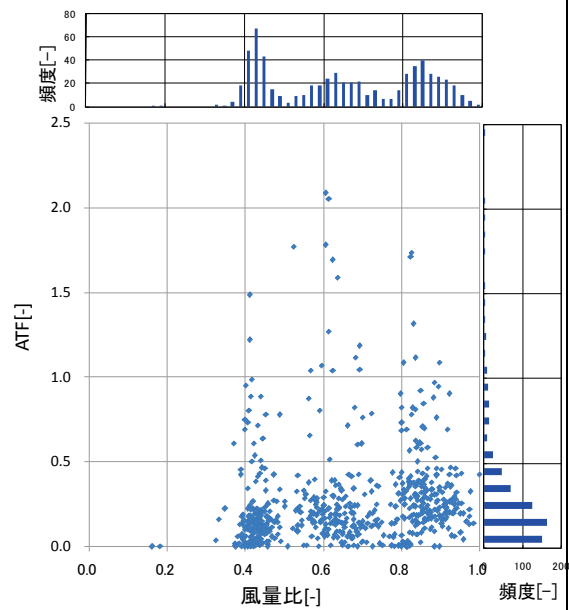
図Ⅲ. 3. 2. 211 風量比と還気給気温度差の関係

風量比~消費電力比



図Ⅲ. 3. 2. 212 風量比と消費電力比の関係

風量比~ATF



図Ⅲ. 3. 2. 213 風量比と ATF の関係

事務所 08 (AHU-VAV-03)

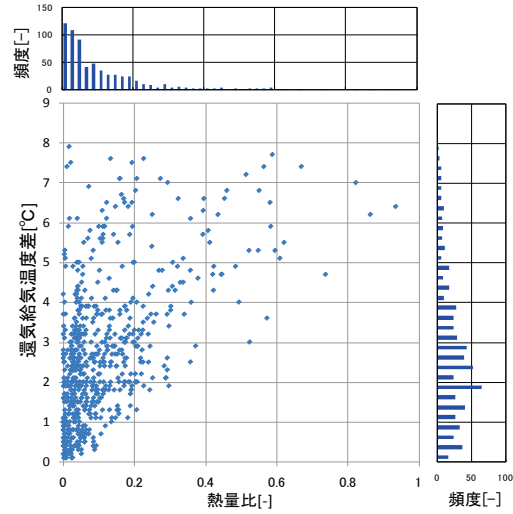
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御

< 熱量分析データ >

室内負荷が少ないことや外気冷房で空調機
熱量比は 20%以下となっている。

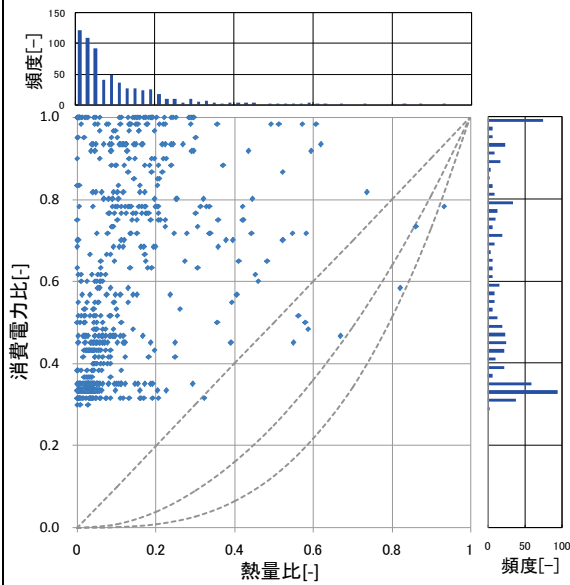
熱量最大値=52.4MJ/h (冷水熱量)

熱量比～還気給気温度差



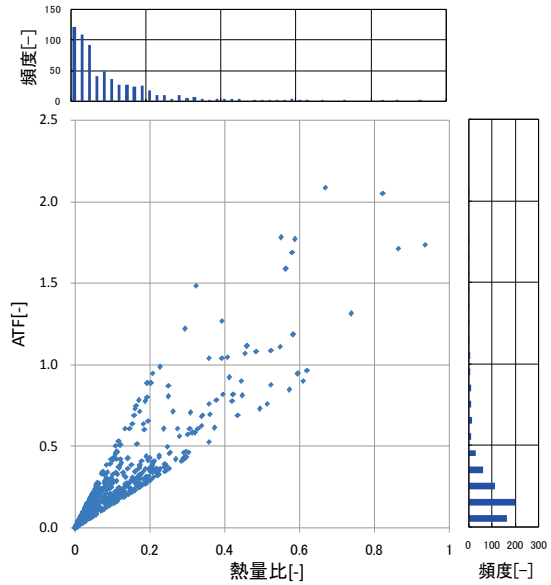
図Ⅲ. 3. 2. 214 熱量比と還気給気温度差
の関係

熱量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 2. 215 熱量比と消費電力比の関係

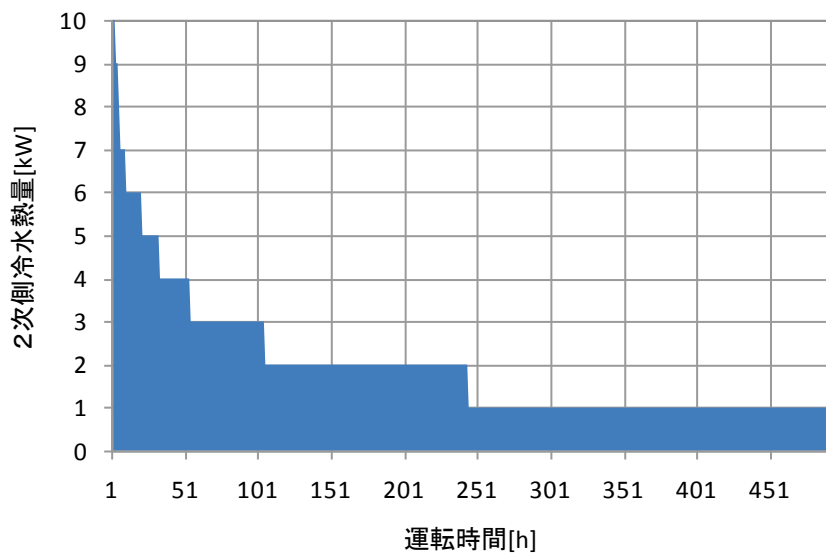
熱量比～ATF



図Ⅲ. 3. 2. 216 熱量比と ATF の関係

事務所 08 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数 (周波数) 制御



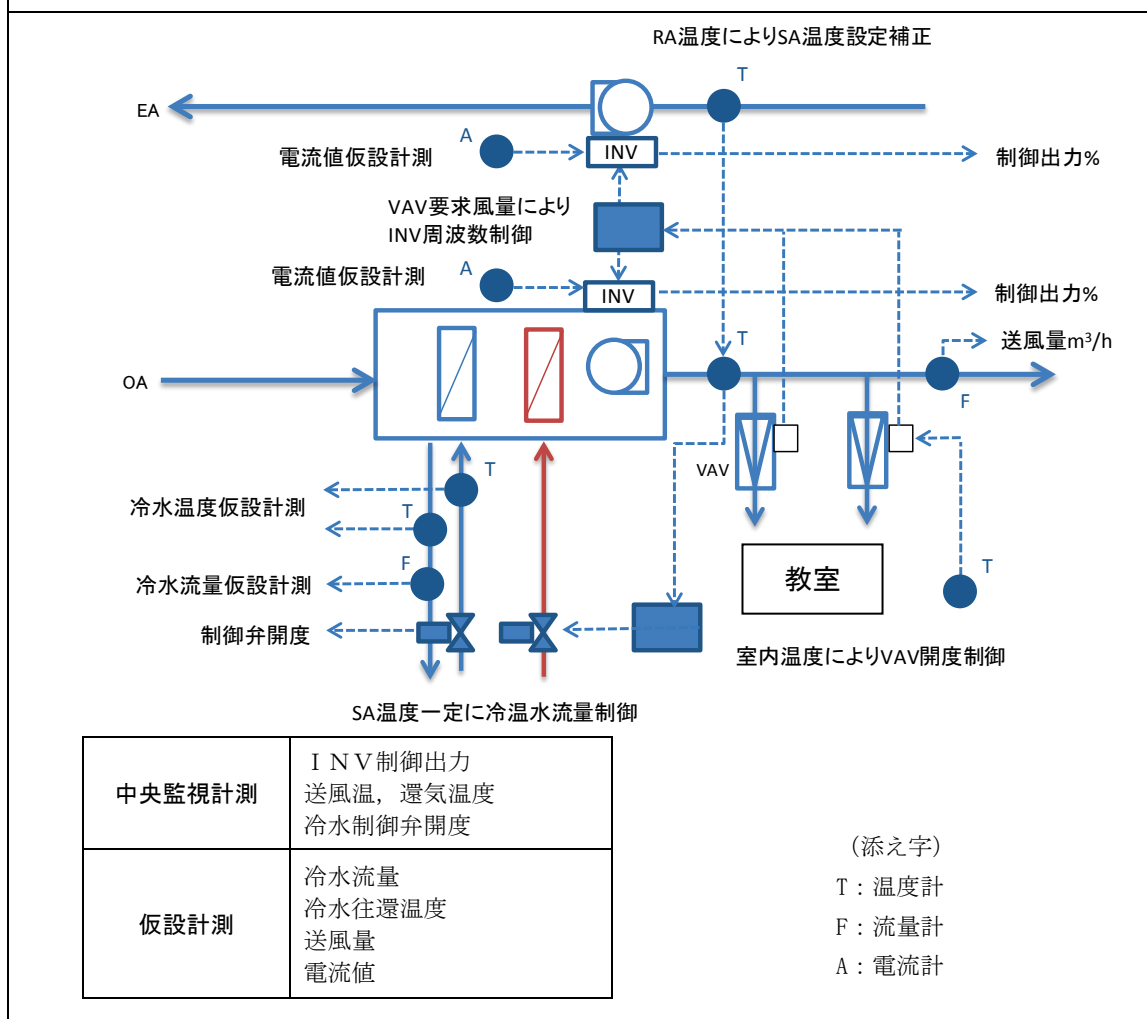
図Ⅲ. 3. 2. 217 期間負荷

3. 2. 18. 学校 01 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

建物名	学校 01	地区	関東	竣工	2010 年	新築	—	規模	57,000m ²
分類記号	AHU-VAV-03				検出部	VAV 合計風量			
制御目的	VAV				制御目標	給気風量			
分析期間	2011 年 7 月 1 日～2011 年 10 月 31 日				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	空調機ファン				製造年月	2009 年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 給気温度一定制御 給気温度補正制御 VAV 要求風量により INV 周波数出力 INV 周波数補正制御 室内温度検出により VAV 風量を制御 				機器仕様	15000m ³ /h×1072kPa×11kW OA=9000m ³ /h 冷房能力：163kW, 7-15℃			

システムフロー



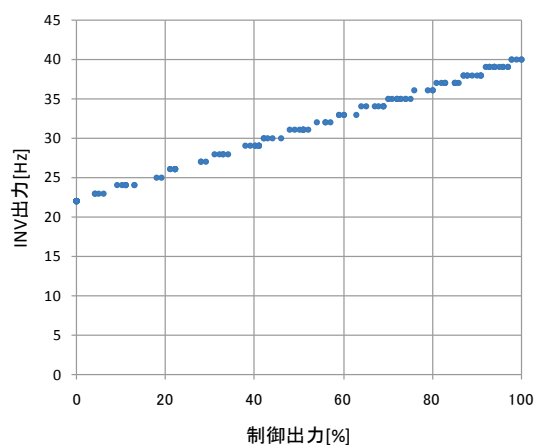
学校 01 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

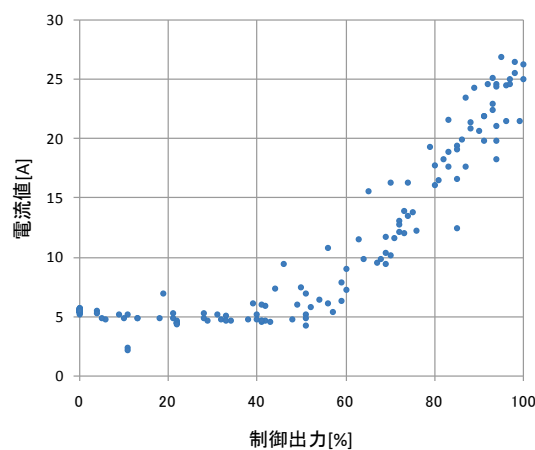
<動作確認データ>

仮設計測による風量，流量の制御出力，制御弁開度との関係

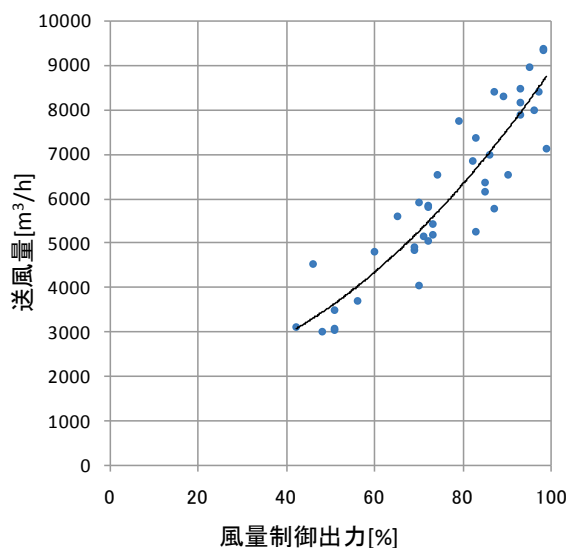
*風量，電流値，流量は期間限定の仮設計測値.



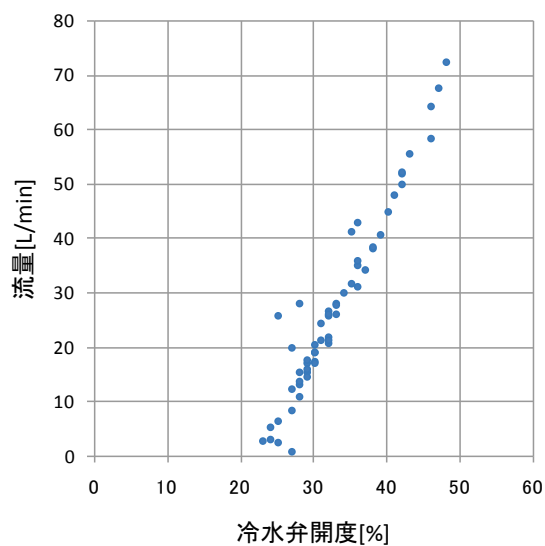
図Ⅲ. 3. 2. 218 制御出力と INV 出力の関係



図Ⅲ. 3. 2. 219 制御出力と電流値



図Ⅲ. 3. 2. 220 風量制御出力と送風量の関係



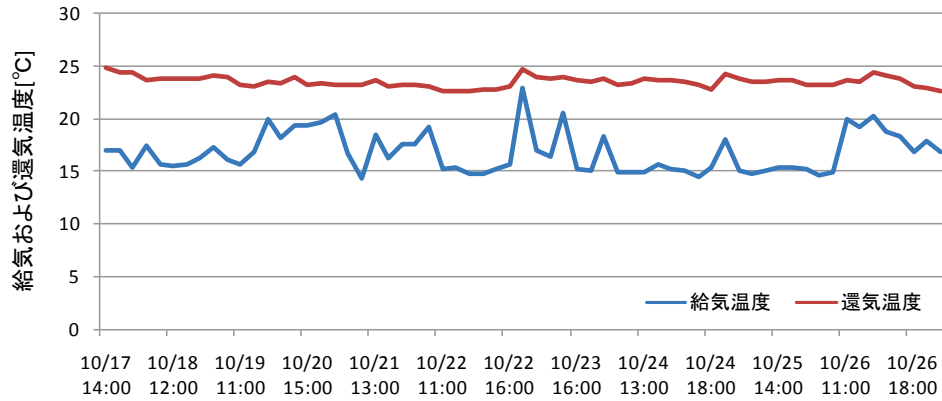
図Ⅲ. 3. 2. 221 冷水弁開度と流量の関係

学校 01 (AHU-VAV-03)

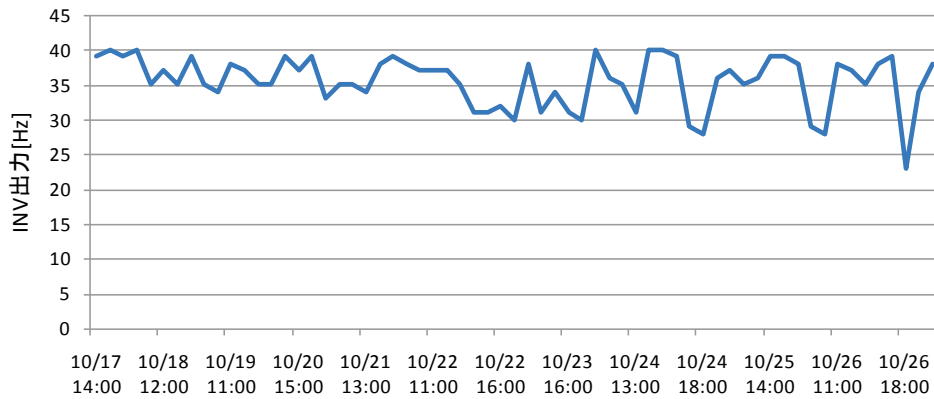
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

< 動作確認データ (2011/10/17~10/26) >

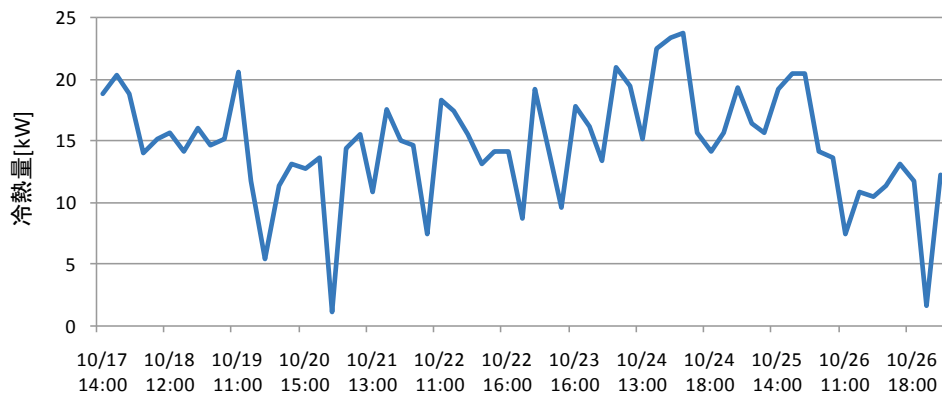
給気温度は冷房時 15℃で制御されており、還気温度もほぼ 23℃一定であり良好。



図Ⅲ. 3. 2. 222 給気および還気温度の推移



図Ⅲ. 3. 2. 223 INV出力の推移



図Ⅲ. 3. 2. 224 冷熱量の推移

学校 01 (AHU-VAV-03)

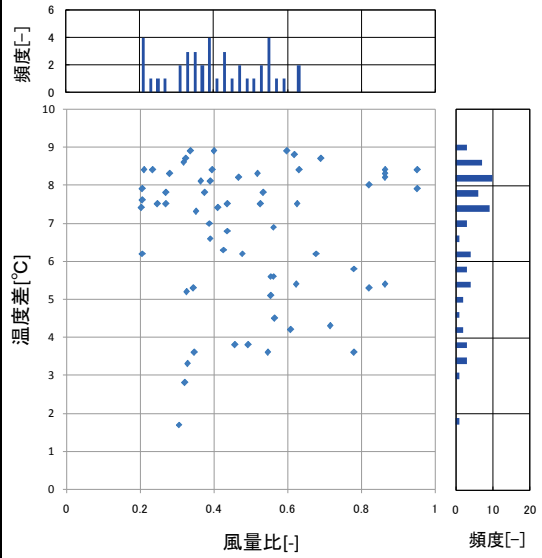
制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

<風量分析データ>

風量比 0.6 で消費電力最大となっている理由は不明.

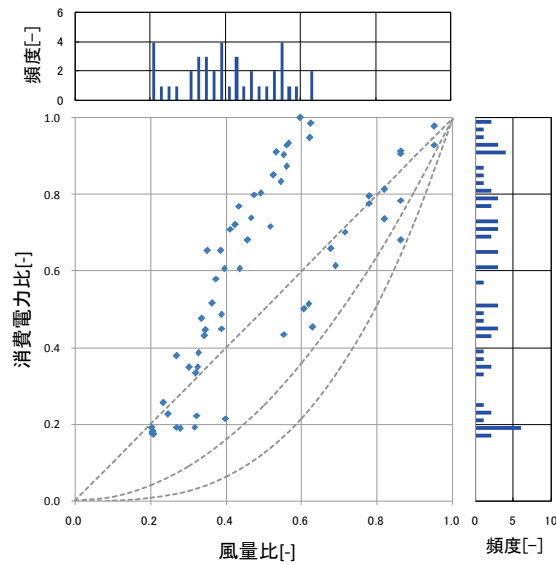
風量最大値=9356m³/h
 消費電力最大値=9.3kWh
 INV 周波数=20~40Hz

風量比～還気給気温度差



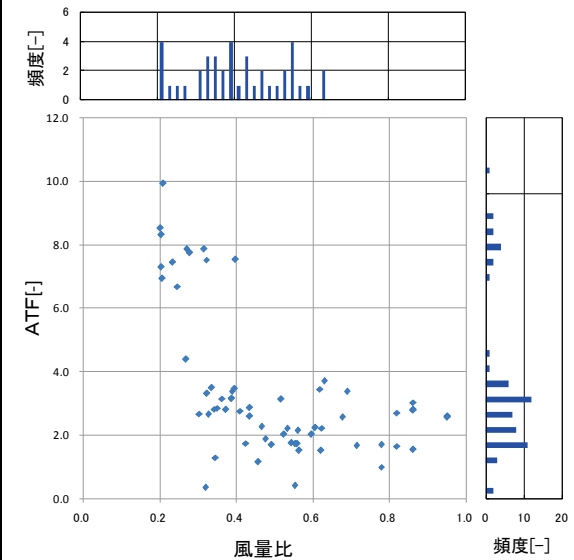
図Ⅲ. 3. 2. 225 風量比と温度差の関係

風量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 2. 226 風量比と消費電力比の関係

風量比～ATF



図Ⅲ. 3. 2. 227 風量比と ATF の関係

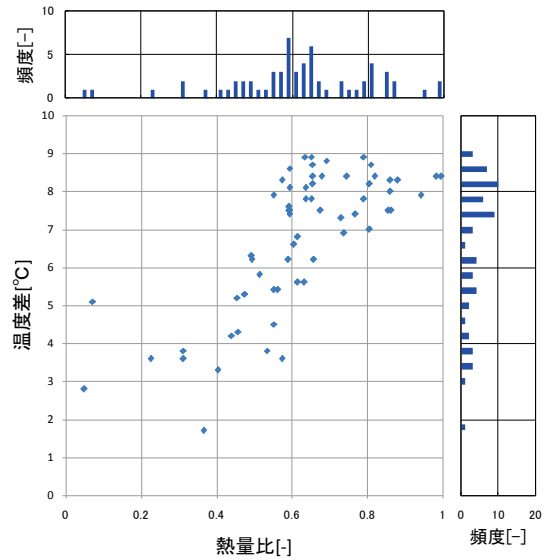
学校 01 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

< 熱量分析データ >

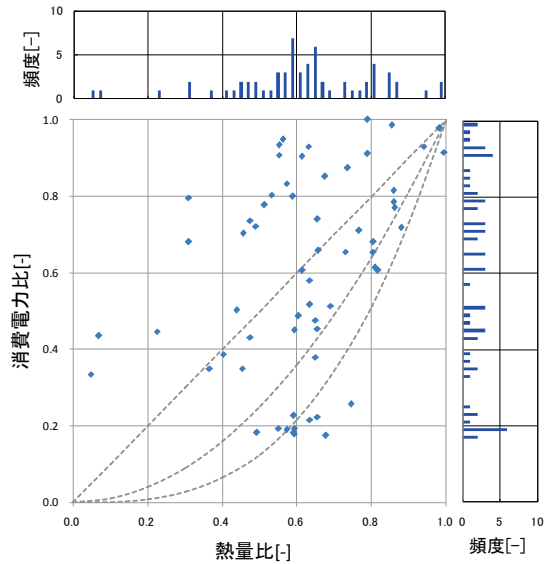
熱量最大値=85.6MJ/h

熱量比～還気給気温度差



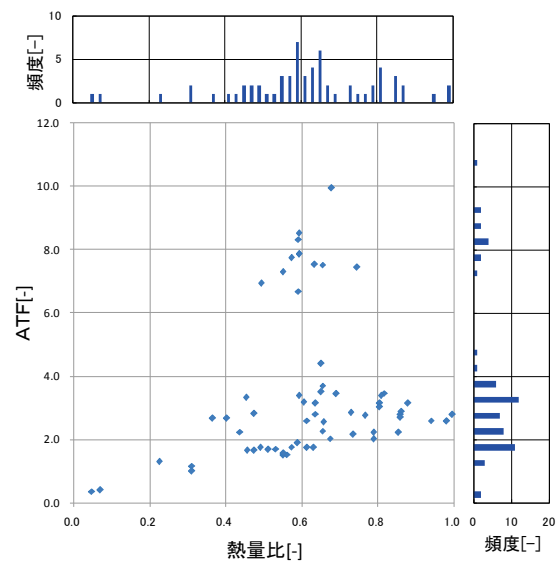
図Ⅲ. 3. 2. 228 温度差と熱量比の関係

熱量比～消費電力比



図Ⅲ. 3. 2. 229 熱量比と消費電力比の関係

熱量比～ATF

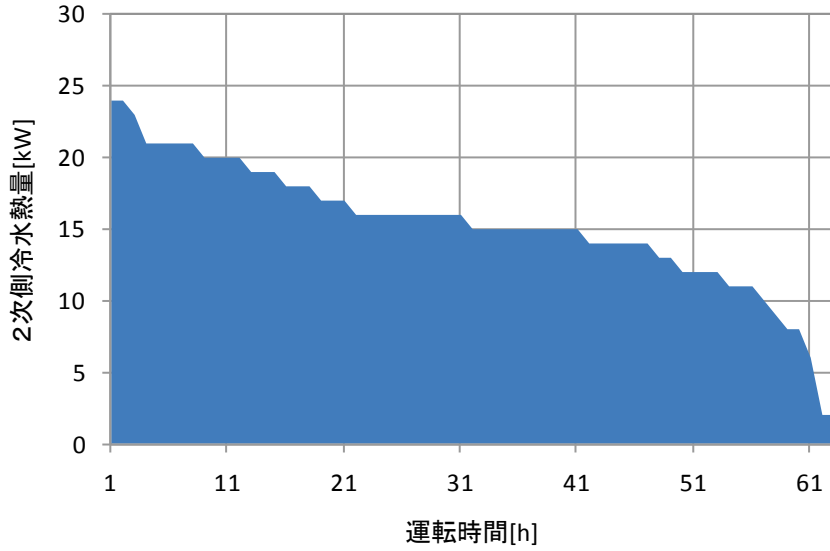


図Ⅲ. 3. 2. 230 熱量比と ATF の関係

学校 01 (AHU-VAV-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
空調機送風機	VAV 合計風量	給気風量	回転数(周波数)制御

< 期間負荷データ >



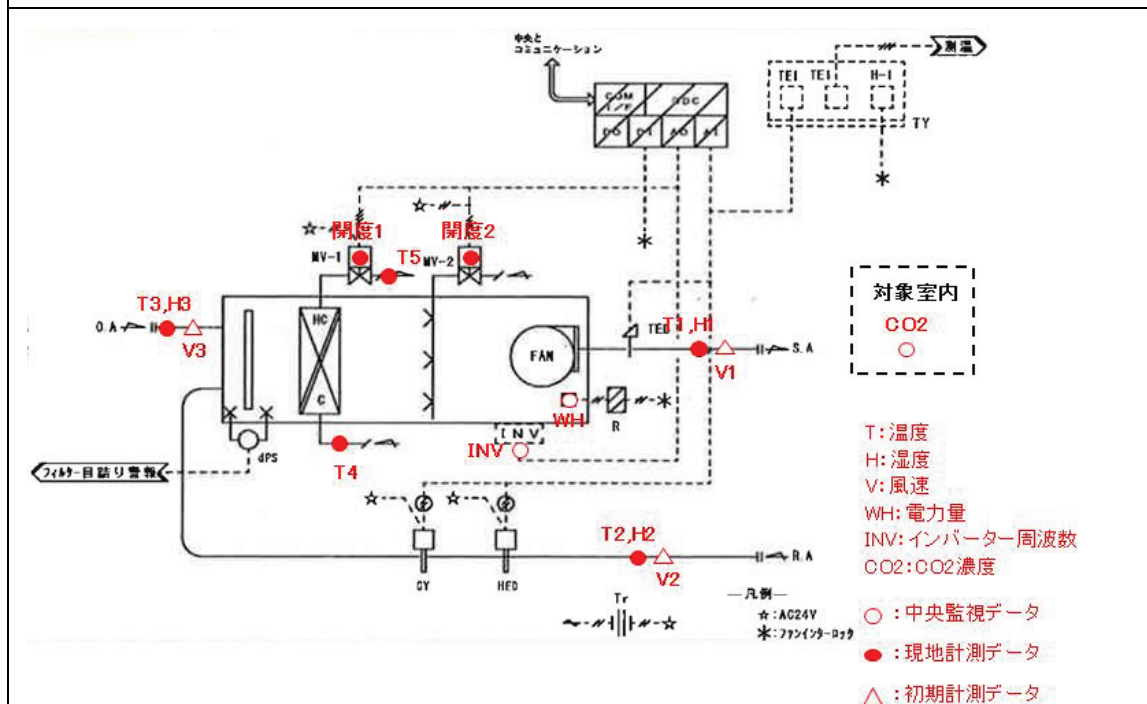
図Ⅲ. 3. 2. 231 期間負荷

3.3. CO2 濃度制御

3.3.1. 病院 01 (FOA-OAL-04)

制御対象		検出部			制御目標			動作	
外気ファン		室内 CO2 濃度			CO2 濃度			回転数(周波数)制御	
建物名	病院 01	地区	山口	竣工	2007 年	改修	—	規模	60,844m ²
分類記号	FOA-OAL-04				検出部	室内 CO2 濃度			
制御目的	ファン回転数制御				制御目標	CO2 濃度			
分析期間	平成 23 年 11 月～平成 24 年 9 月				動作	回転数(周波数)制御			
制御対象	AHU-8				製造年月	2009 年			
制御内容	<AHU 廻り> ・ 給気温度制御 ・ 給気露点温度制御 (設定値: 50%RH) ・ 給気風量制御 ・ CO2 制御 (設定値: 1000ppm)				機器仕様	AHU-8 8,040m ³ /h×461Pa(機外) 3φ×200V×5.5kW C/C: (冷)63.7kW, (暖)43.6kW S/C: 24kg/h			

システムフロー



【空調対象室用途・規模】

系統	室名	面積 [m ²]	SA設計風量 [m ³ /h]	RA設計風量 [m ³ /h]
AHU-8	エントランスホール 待合室 総合受付	808.4	8040	4720

【INV 上限および下限値[Hz]】

	上限	下限
AHU-8	46.8	30

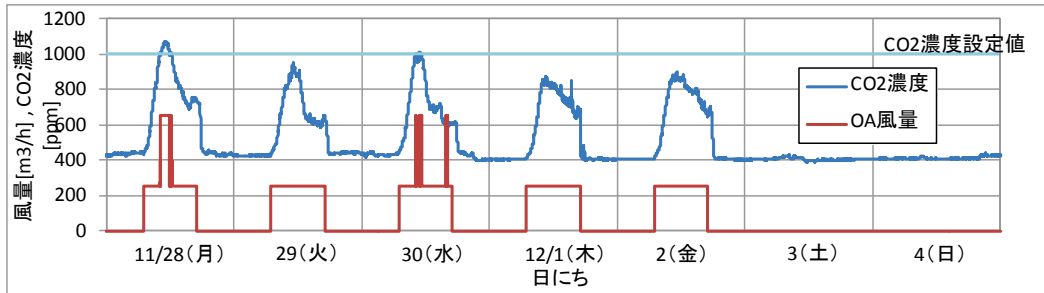
◆CO2 濃度制御について

室内への給気風量は、室内温度差及び CO2 濃度によって制御されており、インバータ出力要求が高い方を選択する制御になっている。よって、CO2 濃度が設定値である 1000ppm を超えた場合、CO2 濃度制御による風量制御が働く。(ただし、本物件では、CO2 濃度が 1000ppm を超える時間はほとんどないため、ほとんどの時間で室内温度での制御を行っている)

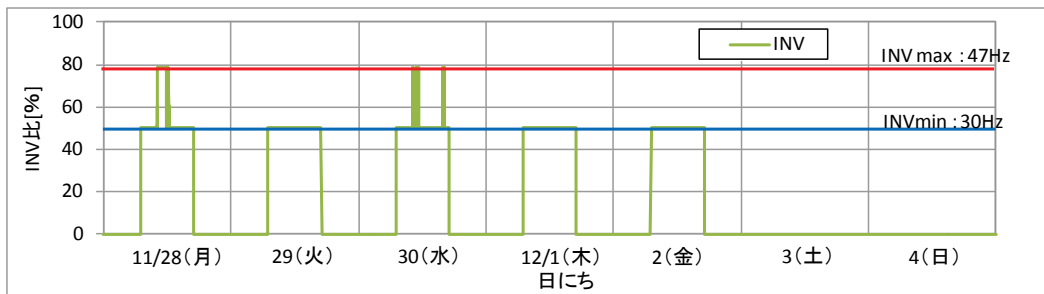
病院 01(FOA-OAL-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気ファン	室内 CO2 濃度	CO2 濃度	回転数(周波数)制御

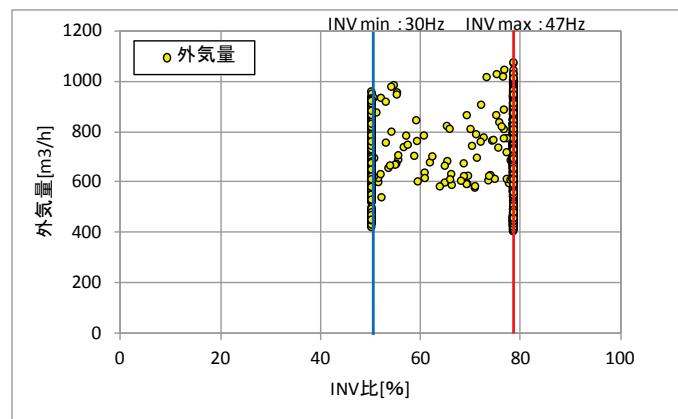
<動作確認データ> 2011年11月28日~12月4日



図Ⅲ.3.3.1 外気量, CO2 濃度トレンド



図Ⅲ.3.3.2 INV 周波数トレンド



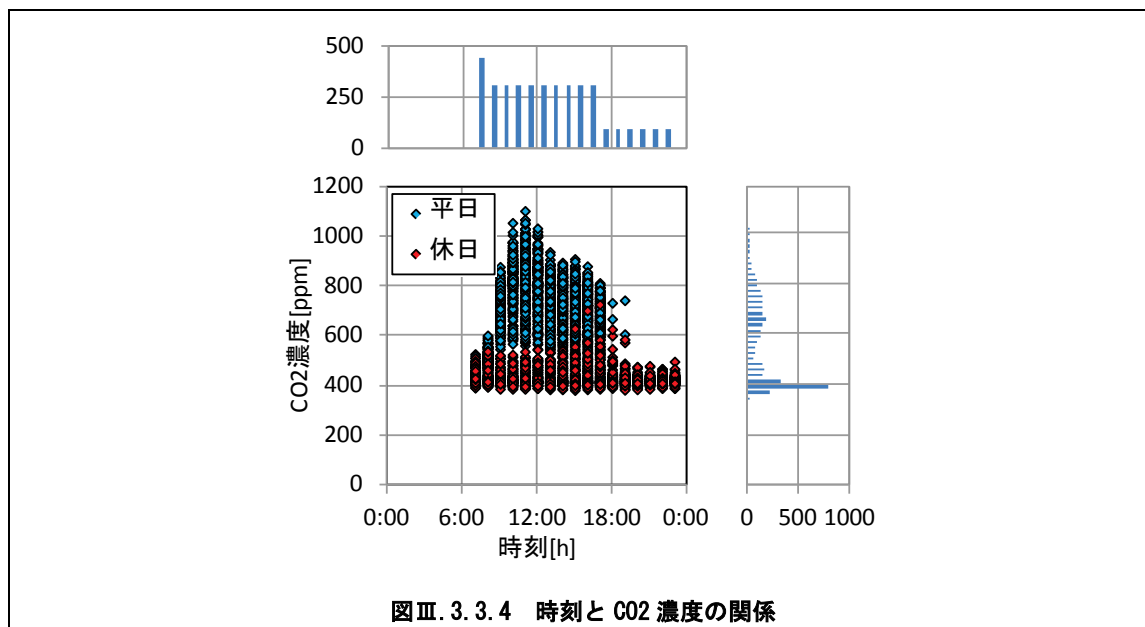
図Ⅲ.3.3.3 INV 比と外気量の関係

- CO2 濃度が設定値を超えた際に, INV 上限値で運転している。
それ以外では, INV 下限値で運転している。
- INV による制御は室内温度による制御によるもので, CO2 濃度による制御は上限もしくは下限に張り付いている。

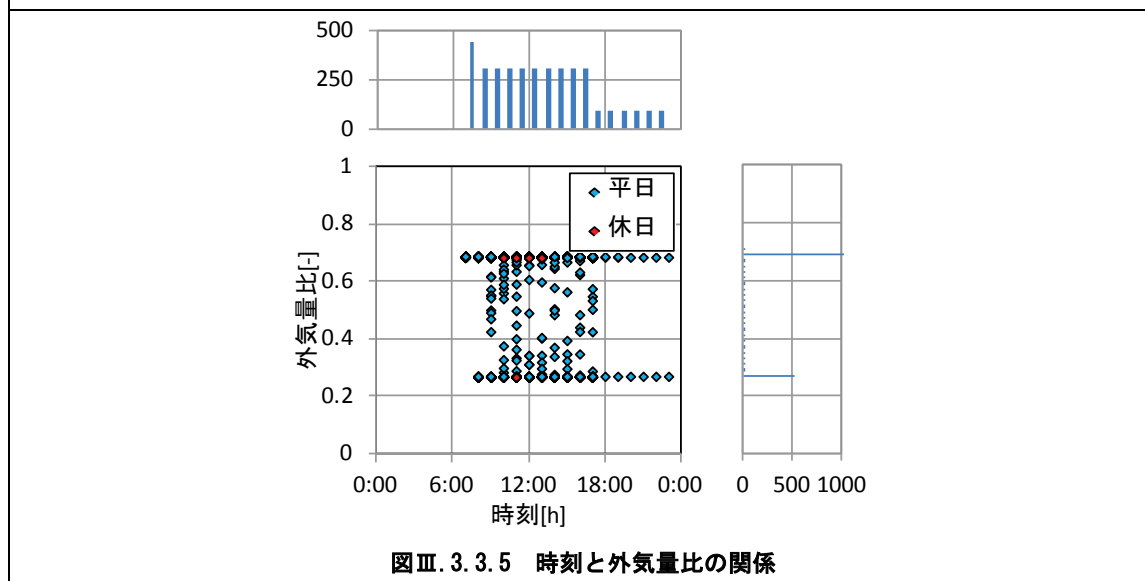
病院 01(FOA-OAL-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気ファン	室内 CO2 濃度	CO2 濃度	回転数(周波数)制御

<時刻別トレンド>



図Ⅲ. 3. 3. 4 時刻と CO2 濃度の関係



図Ⅲ. 3. 3. 5 時刻と外気量比の関係

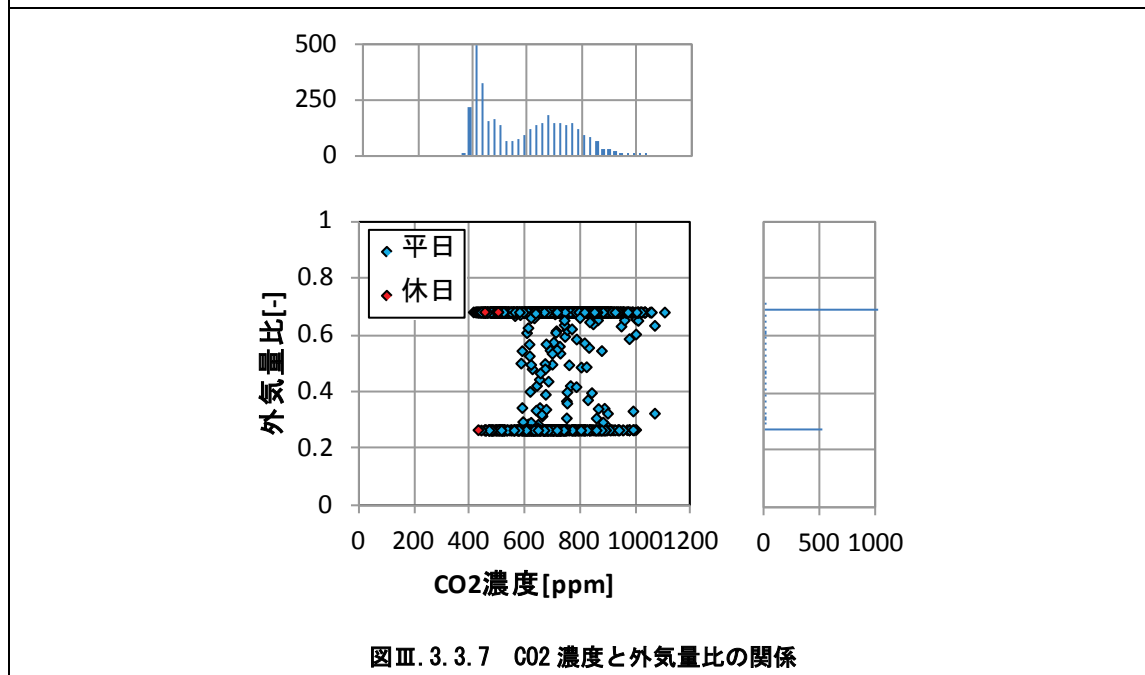
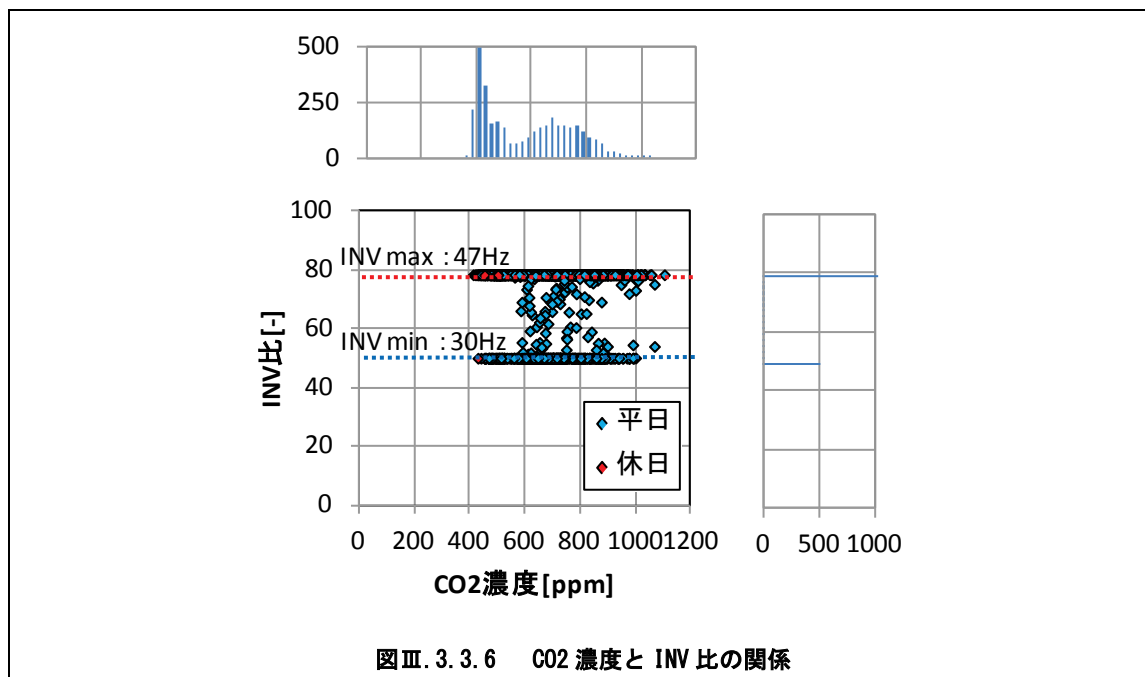
平日を青，休日を赤でプロットした。

- 平日 11 時まで CO2 濃度が上昇し，11 時頃をピークに減少していく。
 - 休日は常に CO2 濃度は 400～500ppm である。
 - CO2 濃度設定値である 1000ppm を超える時間はほとんどない。
- 基本的には外気量比が 0.7 程度(INV 上限値)および 0.3 程度(INV 下限値)で運転している。

病院 01(FOA-OAL-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気ファン	室内 CO2 濃度	CO2 濃度	回転数(周波数)制御

<制御動作分析>



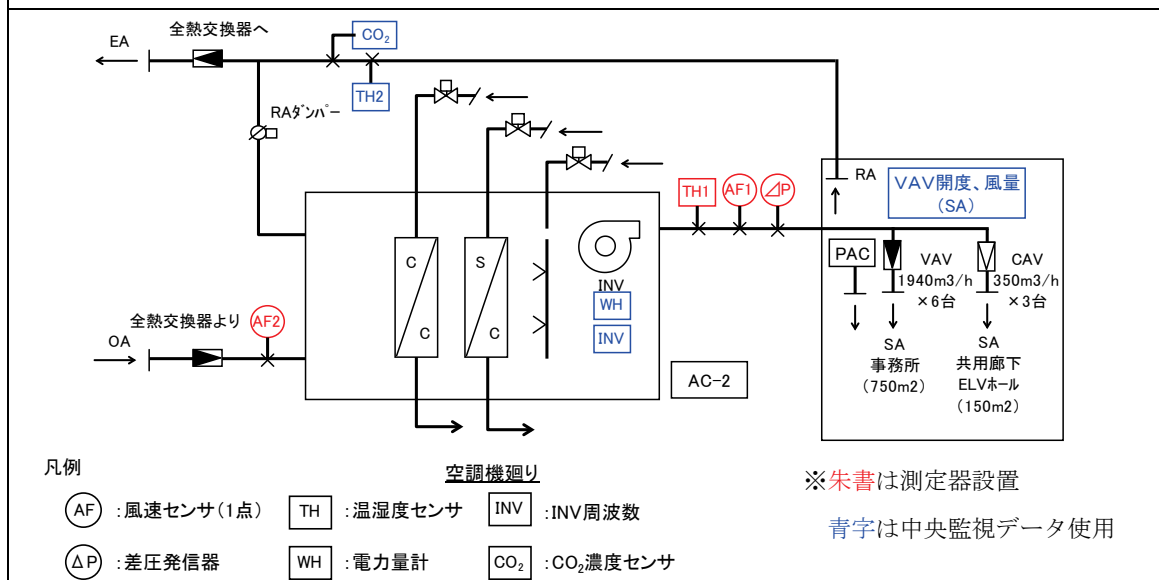
INV および外気風量は上限，下限での運転がほとんどである。
 ただし，CO2 濃度が 1000ppm 未満において INV 比が 0.7 (max) になっているのは，室内温度制御によるものである。

3.3.2. 事務所 02 (FOA-OAL-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	還気 CO2 濃度	CO2 濃度	MD, VAV 制御

建物名	事務所 02	地区	関東	竣工	2007 年	改修	—	規模	20,000m ²
分類記号	FOA-OAL-03				検出部	室内 (RA) CO2 濃度			
制御目的	外気量				制御目標	CO2 濃度			
分析期間	平成 23 年 8 月～平成 24 年 10 月				動作	MD, VAV 制御			
制御対象	外気量				製造年月				
制御内容	1) 給気風量制御 ・ 室内各 VAV の総要求風量による送風ファンインバータ制御. また, 静圧の過不足の情報により回転数の補正を行う. 2) 給気温度制御 ・ 給気温度により冷水弁, 加熱弁の比例制御を行う 3) CO2 濃度制御 ・ 還気 CO2 濃度により OA-VAV および EA-VAV の風量設定を変更する. ・ RA 用 MD は OA-VAV と逆動作を行う. 4) 給気温度ロードリセット制御 ・ 各 VAV からの制御状態 (温度偏差比率) により, 給気温度目標値を自動的に変更する.				機器仕様	ファン 12,700m ³ /h×260Pa (機外) RA : 8,025 m ³ /h, OA : 4,675 m ³ /h 3φ×400V×7.5kW, INV 起動 外気量 設計外気量 4,675 m ³ /h フィルタ プレフィルタ (AFI-80%) 中性能フィルタ (NBS-65%)			

システムフロー



分析リスト

- ・ 風量変化
- ・ CO2 濃度変化
- ・ 外気負荷削減率

事務所 02(最小外気導入, 制御方式 FOA-OAL-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	還気 CO2 濃度	CO2 濃度	MD, VAV 制御

<制御内容, 評価項目計算式, 計測概要>

1. 制御内容

(1) CO2 濃度制御

- ・ 還気 CO2 濃度により OA-VAV および EA-VAV の風量設定を変更する.
- ・ RA ダンパは OA-VAV と逆動作を行う.
- ・ CO2 濃度は各 AHU の RA を計測, 設定値 900ppm.

2. 評価項目計算式 ※添え字 (記号) はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) 風量

風量 = 風速 (AF1, AF2) × ダクト断面積

(2) 外気負荷削減率

外気負荷削減率 = 1 - (CO₂ 濃度制御時外気量 ÷ 設計外気量)

3. 計測概要

(1) 計測機器

温湿度 : 温湿度センサ

風 速 : 風速センサ (1点)

差 圧 : 差圧発信器

電力量 : 電力量計

(2) データ収集時間間隔

- ・ 温 度 : 4 分間隔
- ・ 差 圧 : 4 分間隔
- ・ 温湿度 : 4 分間隔
- ・ 流 量 : 4 分間隔
- ・ 電 力 : 4 分間隔
- ・ CO₂ 濃度 : 4 分間隔

(3) データ処理

- ・ 4 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

事務所 02(最小外気導入, 制御方式 FOA-OAL-03)

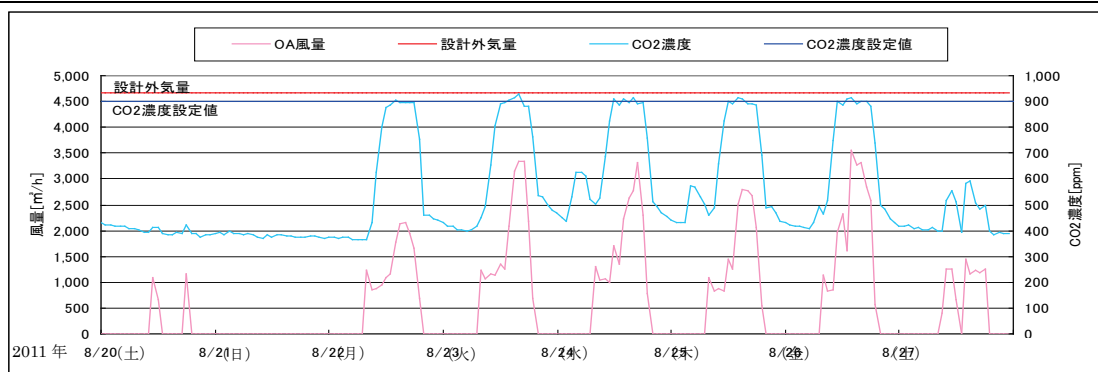
制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	還気 CO2 濃度	CO2 濃度	MD, VAV 制御

<動作確認データ>

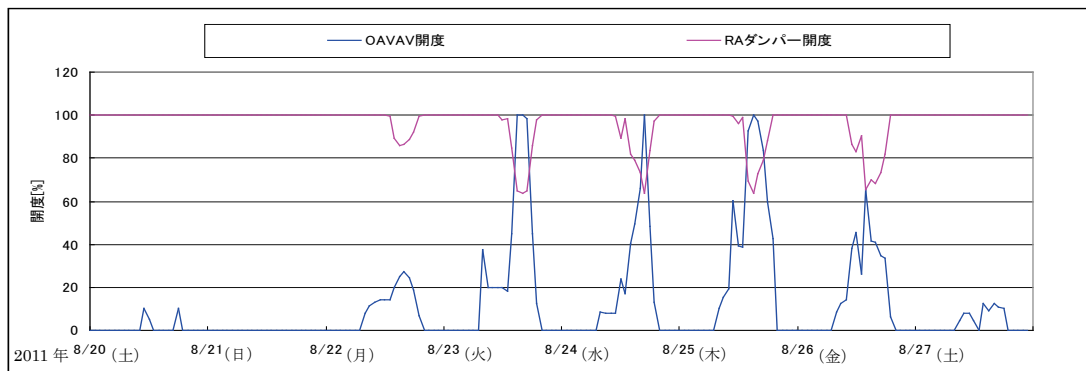
8月20日(土)～～9月3日(土)のトレンドデータを示す。

設計外気量は 4,675m³/h. OA-VAV は CO2 濃度設定値 900ppm として PI 制御.

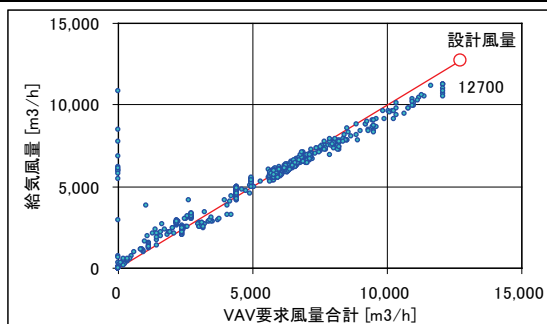
- 空調機は昼間運転であり VAV 要求風量制御の結果, 風量が増えている。
- RA ダンパは OA-VAV と逆動作。
- 空調機の給気風量は室内 VAV 要求風量に応じて制御されている。
- OA-VAV は主に 60%以下の開度で動作し, 外気風量を制御している。



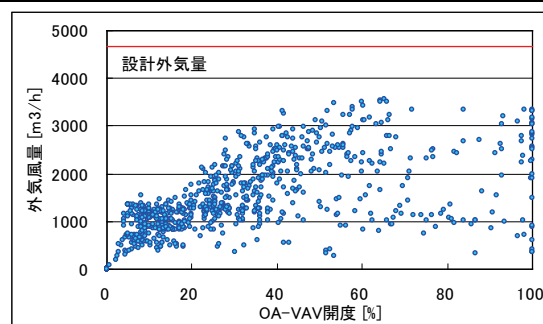
図Ⅲ.3.3.8 外気量, CO2 濃度トレンド



図Ⅲ.3.3.9 OA-VAV 開度, RA ダンパ開度トレンド



図Ⅲ.3.3.10 VAV 要求風量と給気風量の関係



図Ⅲ.3.3.11 OA-VAV 開度と外気風量の関係

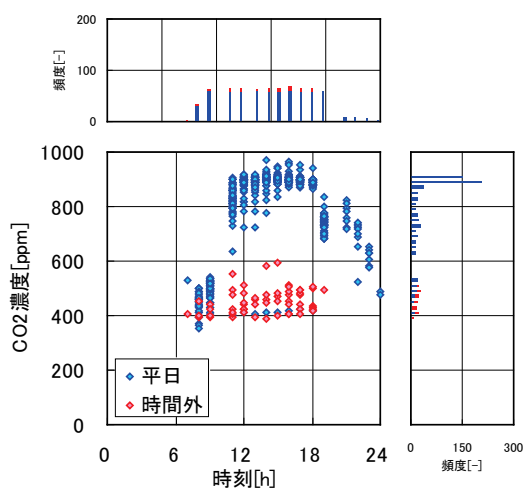
事務所 02(最小外気導入, 制御方式 FOA-OAL-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	還気 CO2 濃度	CO2 濃度	MD, VAV 制御

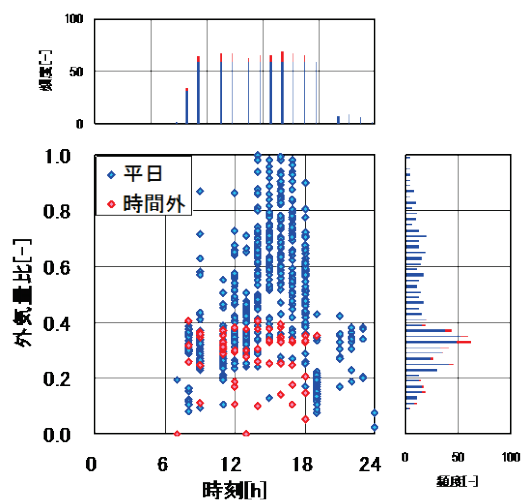
<時刻別トレンド>

平日を青, 休日および立ち上がり時, 18 時以降の時間外運転時を赤でプロットした.

- 平日 11 時から CO2 濃度が上昇し, 16 時頃をピーク減少していく.
休日は常に CO2 濃度は低めである.
- CO2 濃度が高くなる午後に外気量比が増加している.



図Ⅲ.3.3.12 時刻別の CO2 濃度



図Ⅲ.3.3.13 時刻別の外気量比

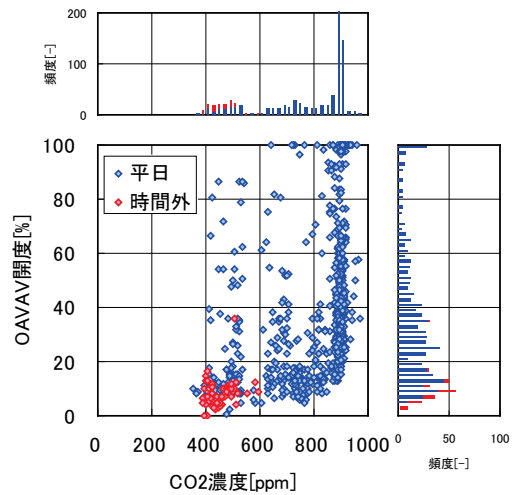
事務所 02(最小外気導入, 制御方式 FOA-OAL-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	還気 CO2 濃度	CO2 濃度	MD, VAV 制御

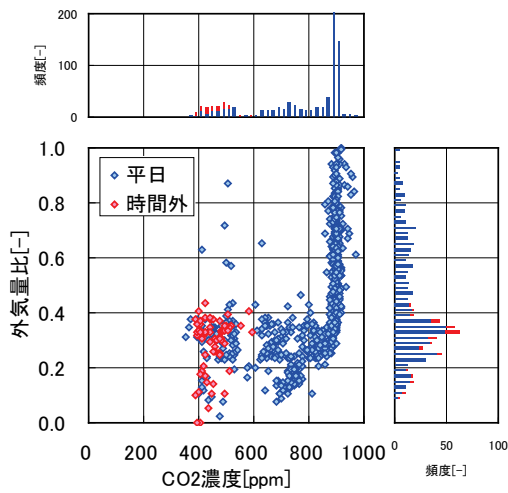
<制御動作分析>

- CO2 濃度 900ppm を中心として, OA-VAV が動作している.
- 900ppm を中心に外気量比が変動している.
- 900ppm を超える頻度は少なく, 外気負荷削減比率が 0.7~0.8 で推移している. 負荷削減率が高い値を示しているのは, 休日および立ち上がり時, 18 時以降の時間外運転時である.

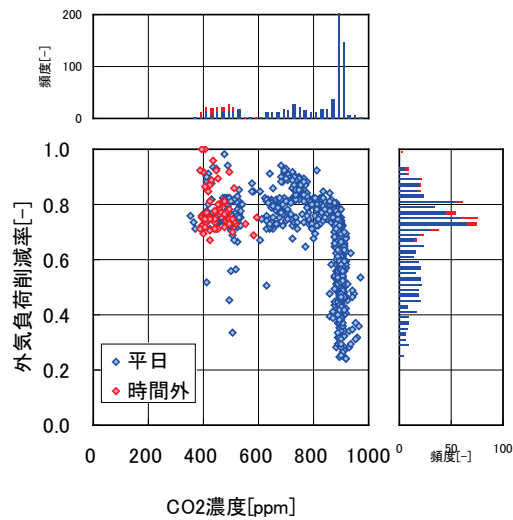
$$\text{外気負荷削減率} = 1 - \frac{\text{CO2 濃度制御時外気量}}{\text{設計外気量}}$$



図Ⅲ. 3. 3. 14 CO2 濃度と OAVAV 開度の関係



図Ⅲ. 3. 3. 15 CO2 濃度と外気量比の関係



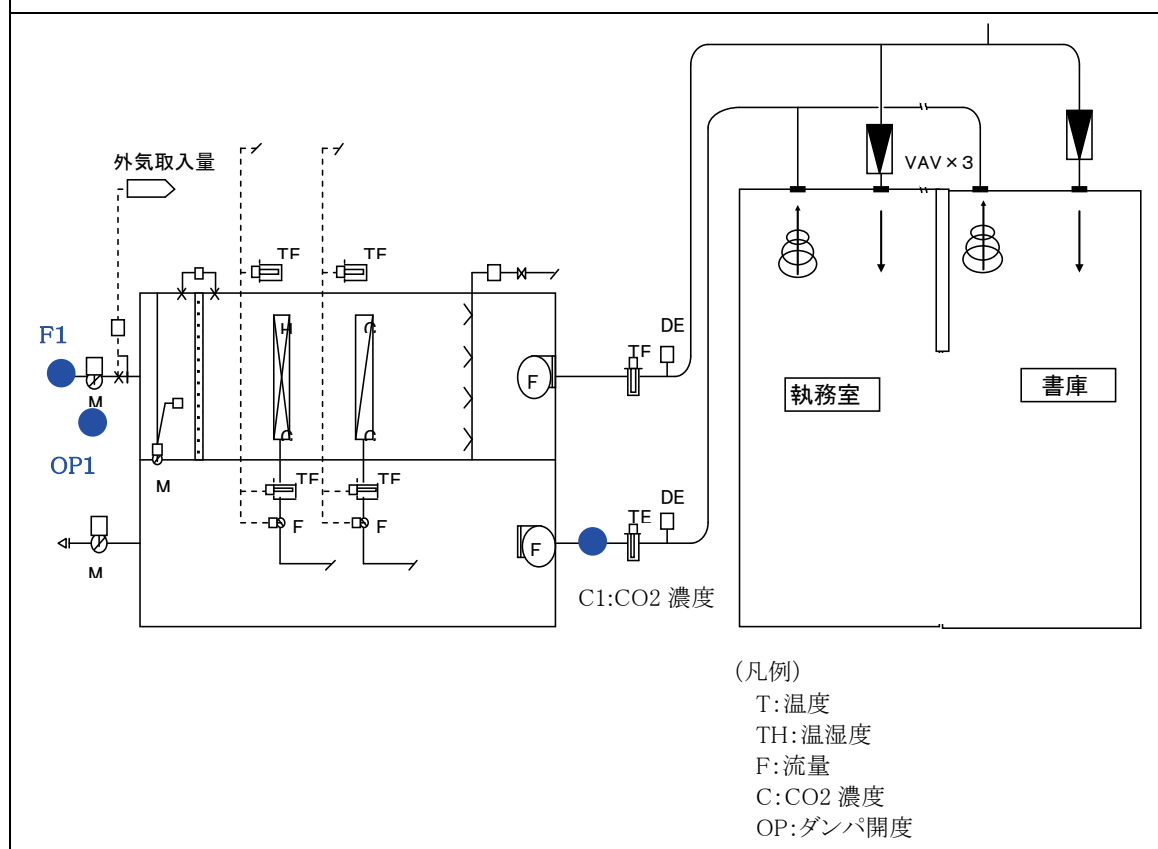
図Ⅲ. 3. 3. 16 CO2 濃度と外気負荷削減率の関係

3.3.3. 事務所 05 (FOA-OAL-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気風量	室内 CO2 濃度	CO2 濃度	MD 比例制御

建物名	事務所 05	地区	東京	竣工	2003 年	新築	—	規模	20,580 m ²
分類記号	FOA-OAL-03				検出部	還気 CO2 濃度 (室内 CO2 濃度)			
制御目的	CO2 濃度による外気風量制御				制御目標	CO2 濃度			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～9 月 30 日				動作	比例制御			
制御対象	外気風量				製造年月				
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 給気温度一定制御 ・ 給気温度補正制御 ・ RA 温度による冷房・送風・暖房切替 ・ RA 湿度による加湿弁制御 ・ VAV 要求風量による INV 周波数出力 ・ INV 周波数補正制御 ・ 外気冷房制御 ・ 還気 CO2 濃度が設定値になるよう、OA 量を制御 ・ ウォーミングアップ制御 ・ INV 周波数上限下限 SA : 60%~30%, RA : 50%~30% ・ SA 温度設定 : 12℃ ・ 室内温度設定 : 26.3℃ 				機器仕様	AC-5-1 (5 階事務所系統) 対象床面積約 500m ² (基準階 1393m ²) 送風ファン 9,200m ³ /h×400Pa×5.5kW 換気回数 5 回/h 還気ファン 8,650m ³ /h×300Pa×5.5kW 冷水コイル 76.8 kW 冷水量 110 L/min 温水コイル 39 kW 温水量 56 L/min 外気量 2,000m ³ /h 外冷時 3,800m ³ /h			

システムフロー



事務所 05 (FOA-OAL-03)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気風量	室内 CO2 濃度	CO2 濃度	MD 比例制御

1. 制御内容

外気ダンパ開度

- ・ 還気 CO2 濃度が設定値になるよう OA 量を制御する。
初期設定 CO2 濃度 900 ppm (平成 24 年 8 月以降 800ppm に変更)
- ・ 還気 CO2 濃度 800PPM を超えた時点で OA ダンパ開動作開始
- ・ 最小設計 OA 風量 2000m³/h (給気風量 9200m³/h 時)

2. 評価項目計算式

$$\text{外気負荷削減率} = 1 - \frac{\text{CO2 濃度制御時外気風量}}{\text{設計外気風量}}$$

3. 計測概要

(1) データの収集時間間隔

- ・ 中央監視データ : 10 分瞬時値

(2) データ処理

- ・ 1 時間データに加工

(3) 解析利用データのフィルタリング項目

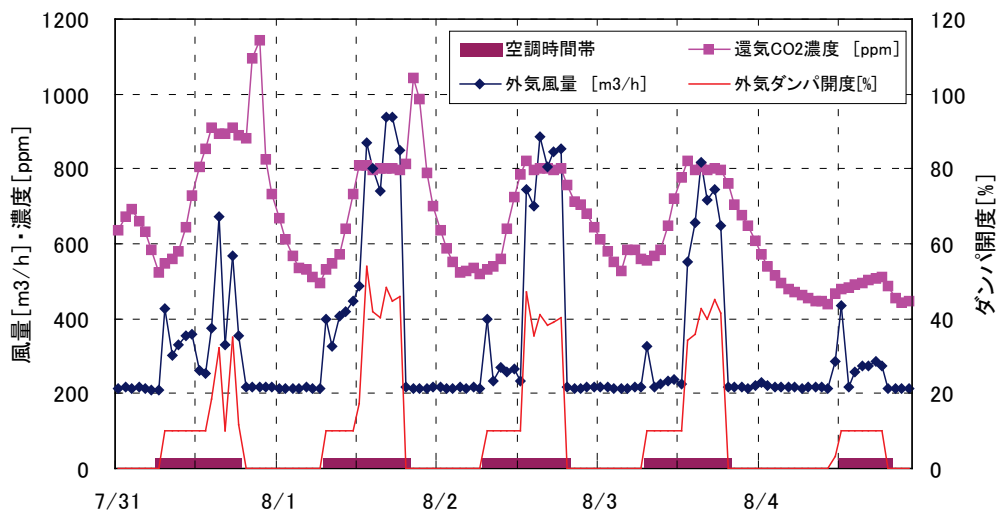
- ・ 空調機停止時のデータを削除
- ・ 外気冷房信号出力時のデータを削除

事務所 05 (FOA-OAL-03)

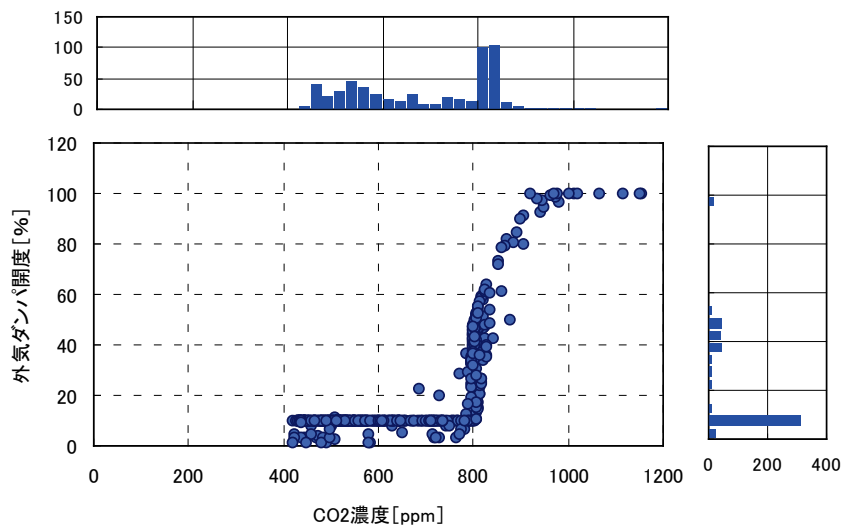
制御対象	検出部	制御目標	動作
外気風量	室内 CO2 濃度	CO2 濃度	MD 比例制御

<動作確認>

- 還気 CO2 濃度と外気風量の変化を示した。空調時間帯は、還気 CO2 濃度の上昇とともに、外気風量を取り入れられている。CO2 制御が機能していることが分かる。
 - 還気 CO2 濃度の上限設定値が 8 月から 800ppm に変更されている。
- 設計外気量 2000m³/h に比べ、運用では、最小外気風量は 500m³/h 程度に抑えられている。
 - 還気 CO2 濃度は外気風量 1000m³/h 程度の取り入れで 1000ppm に抑えられている。



図Ⅲ. 3. 3. 17 還気 CO2 濃度と外気風量のトレンド図



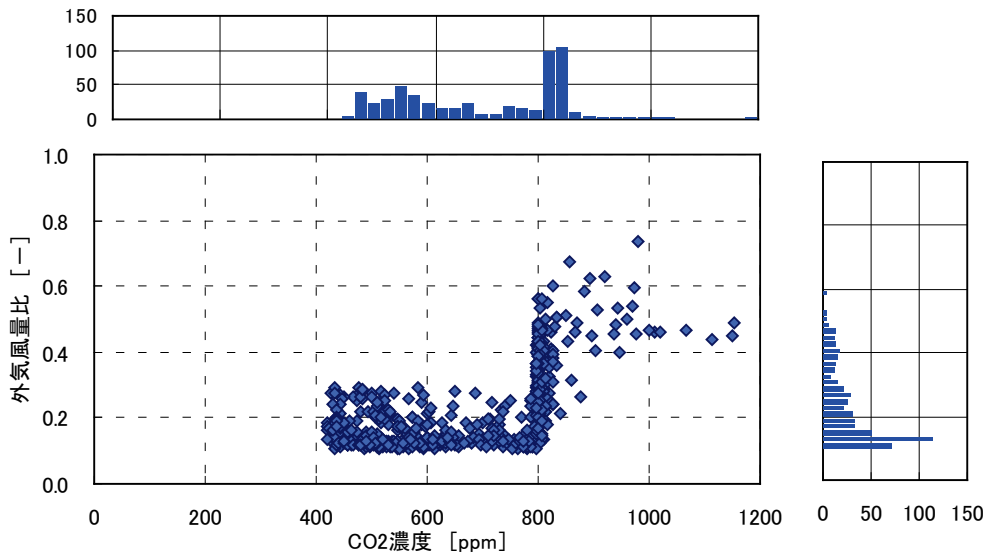
図Ⅲ. 3. 3. 18 還気 CO2 濃度と外気ダンパの関係

事務所 05 (FOA-OAL-03)

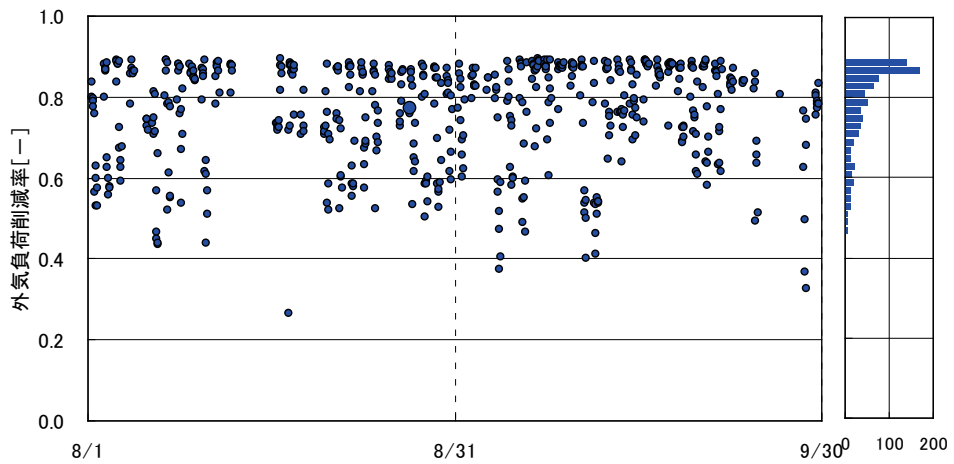
制御対象	検出部	制御目標	動作
外気風量	室内 CO2 濃度	CO2 濃度	MD 比例制御

<動作確認>

- CO2 濃度と外気ダンパ開度の関係を示した。
 - CO2 濃度 800PPM で OA ダンパ動作開始が確認され CO2 制御されているのが分かる。
 - 設計 OA 風量 2000m³/h (給気風量 9200m³/h 時)
 - 室内 CO2 濃度が 1000ppm 以下になるよう、外気が取り入れられている。



図Ⅲ. 3. 3. 19 還気 CO2 濃度と外気ダンパ開度の関係



図Ⅲ. 3. 3. 20 外気負荷削減率の推移

事務所 05 (FOA-OAL-03)

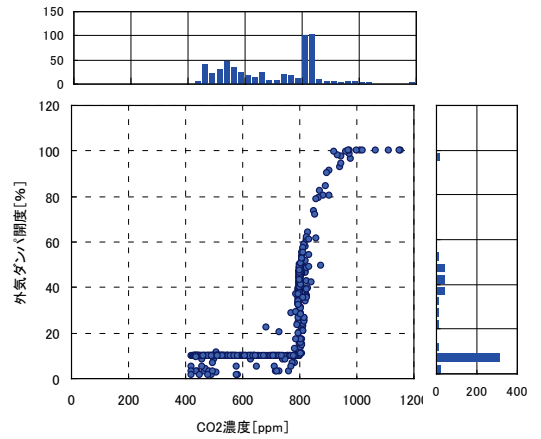
制御対象	検出部	制御目標	動作
外気風量	室内 CO2 濃度	CO2 濃度	MD 比例制御

<制御動作分析>

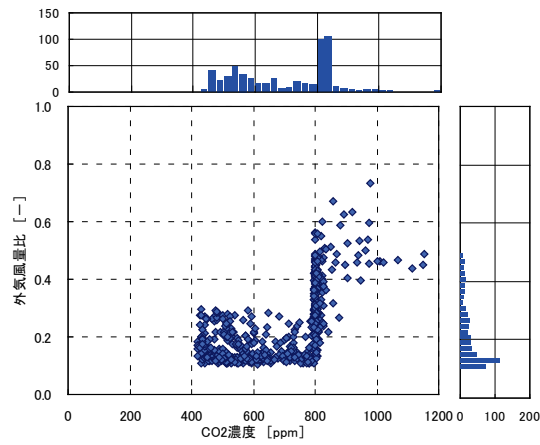
- 外気ダンパは、CO2 濃度 800ppm を境に動作していることが分かる。
解析期間中の空調時間帯では、外気ダンパ 10%の時間帯が多く、かなりの外気取り入れ量が削減されている。
CO2 濃度が 800ppm を超える時間帯は少ない。
- CO2 濃度と外気風量比の関係を示したものである。設計外気風量の約 20%で運転されている。
- 外気負荷削減率を示したものである。外気負荷削減率は、0.7~0.9 で推移している。

外気負荷削減率の計算は次式による。

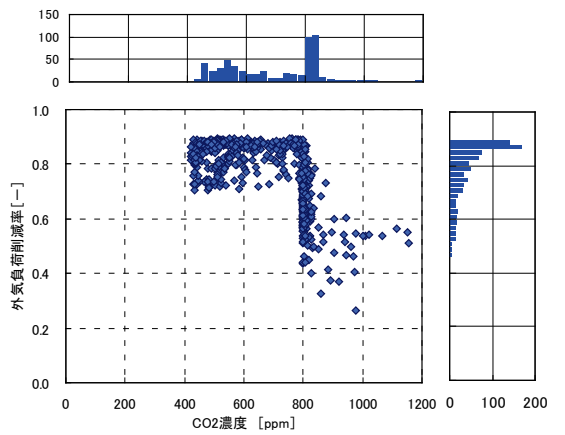
$$\text{外気負荷削減率} = 1 - \frac{\text{CO2 濃度制御時外気風量}}{\text{設計外気風量}}$$



図Ⅲ. 3. 3. 21 CO2 濃度と外気ダンパ開度の関係



図Ⅲ. 3. 3. 22 CO2 濃度と外気風量比の関係



図Ⅲ. 3. 3. 23 CO2 濃度と外気負荷削減率の関係

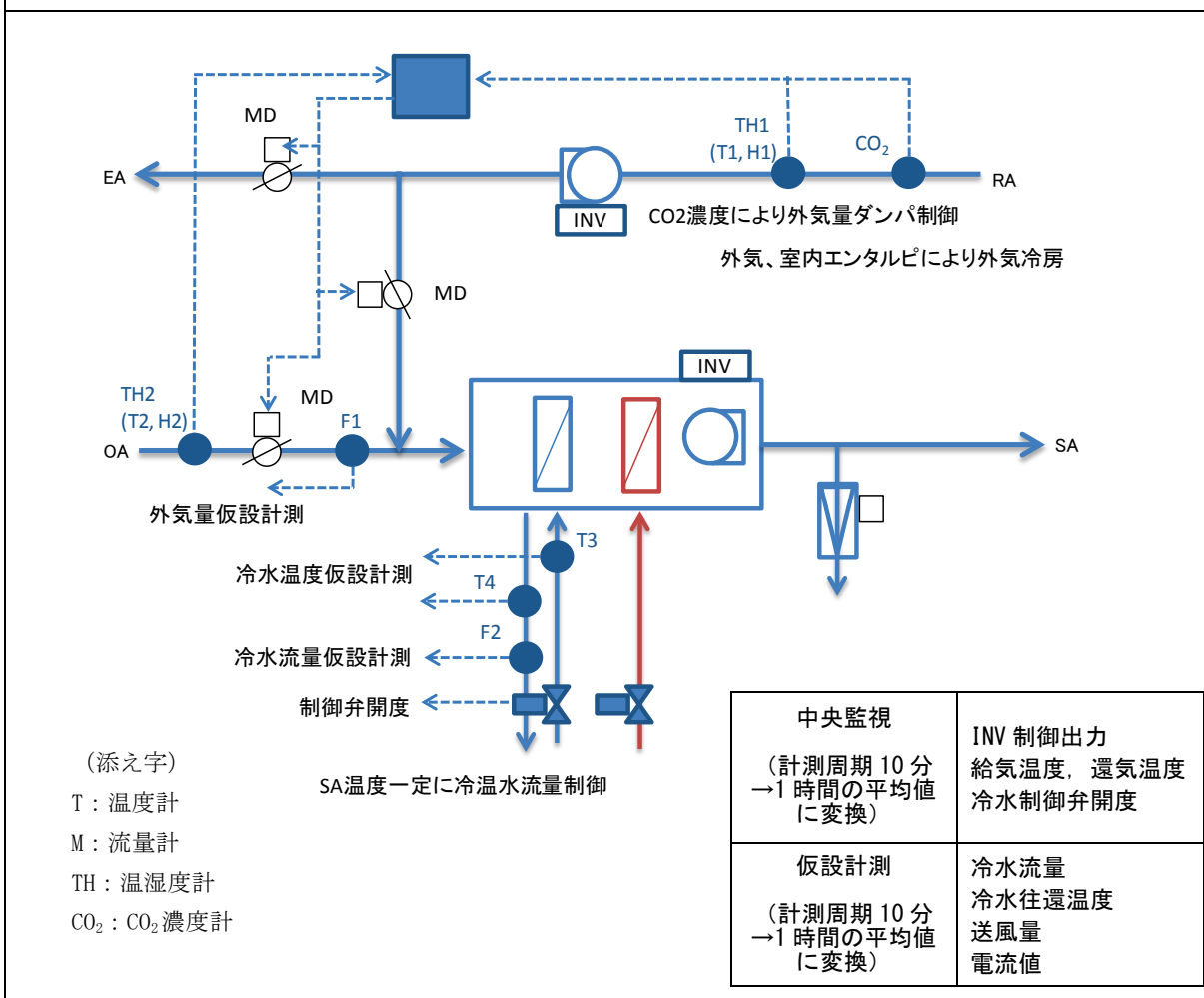
3.3.4. 事務所 08 (CO₂ 濃度制御, 外気冷房制御, 制御方式 : FOA-OAL-03, FOA-OAC-05)

※本建築物に関しては, CO₂ 濃度制御と外気冷房制御を併せて分析した.

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

建物名	事務所 08	地区	北海道	竣工	2003 年	改修	—	規模	108,000m ²
分類記号	FOA-OAL-03, FOA-OAC-05				検出部	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ			
制御目的	CO ₂ /外気冷房				制御目標	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ			
分析期間	2009 年 8 月 1 日~2009 年 11 月 30 日				動作	MD 比例制御/MD 比例制御			
制御対象	外気量/外気量				製造年月	2002 年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 給気温度一定制御 ・ VAV 要求風量により INV 周波数出力 ・ RA 湿度により加湿弁制御 ・ 室内温度により VAV 風量を制御 ・ 外気冷房制御 (エンタルピ) ・ CO₂ 濃度により外気量制御 				機器仕様	送風機 : 10,000m ³ /h × 392Pa × 7.5kW, 3.7kW 冷房能力 : 66.1kW 設計外気量 : 2,500m ³ /h			

システムフロー



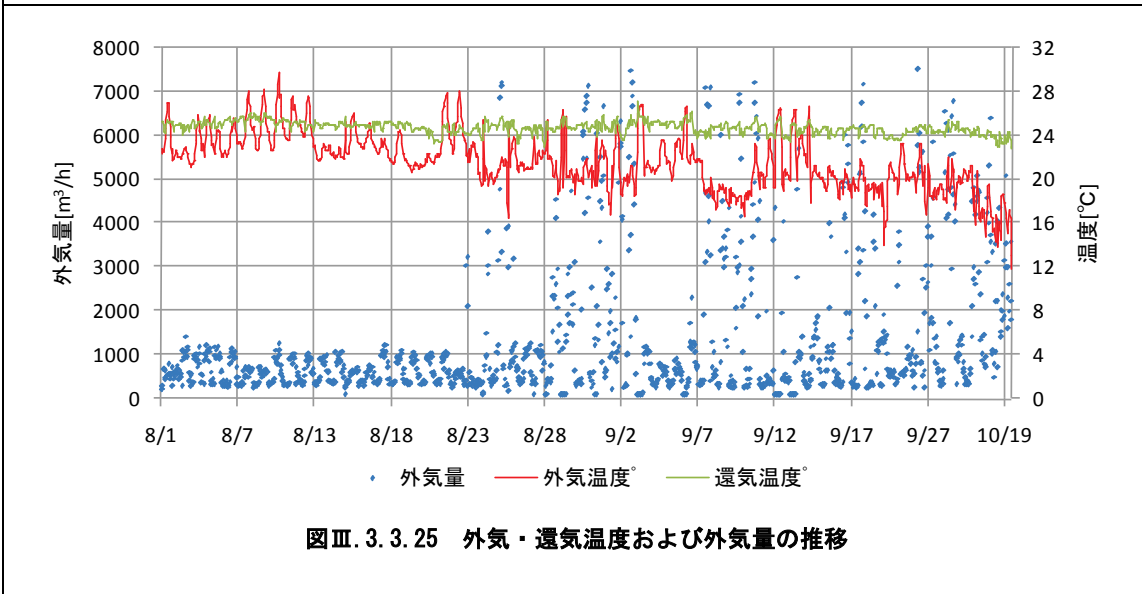
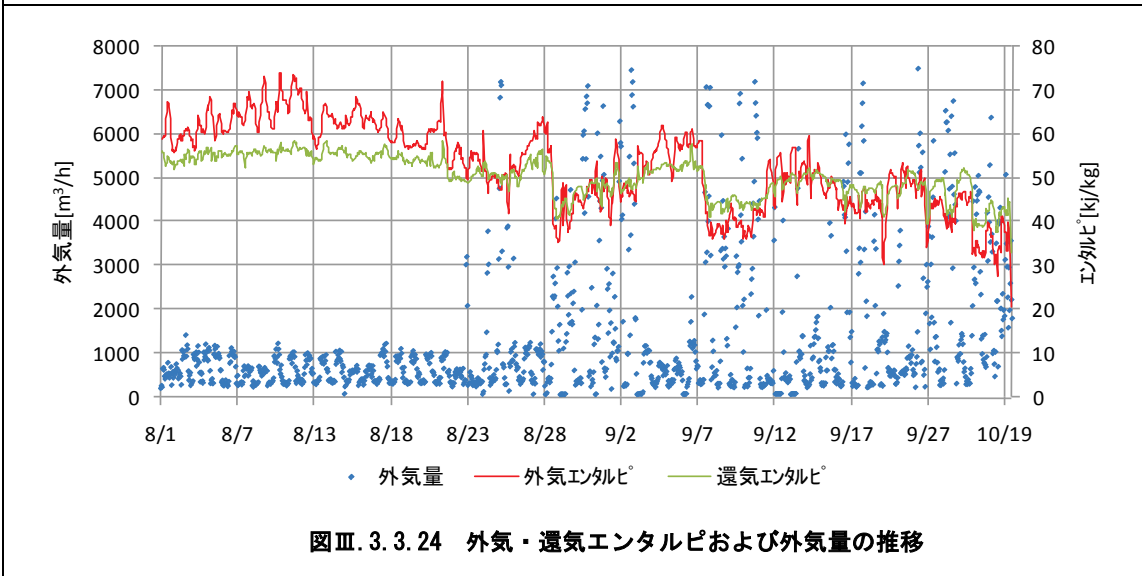
事務所 08 (CO₂ 濃度制御, 外気冷房制御, 制御方式:FOA-OAL-03, FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

<動作確認データ>

外気エンタルピが還気エンタルピを下回る 8 月下旬より外気冷房となっている。なお、参考に示す温度でも同様の傾向が見られる(※還気温度は夏期 27~28℃, 冬期 22~23℃). 夏期~外気冷房前の外気導入量は 500~1,000m³/h であったが, 外気冷房時には 3,000~7,000m³/h の外気導入量であった.

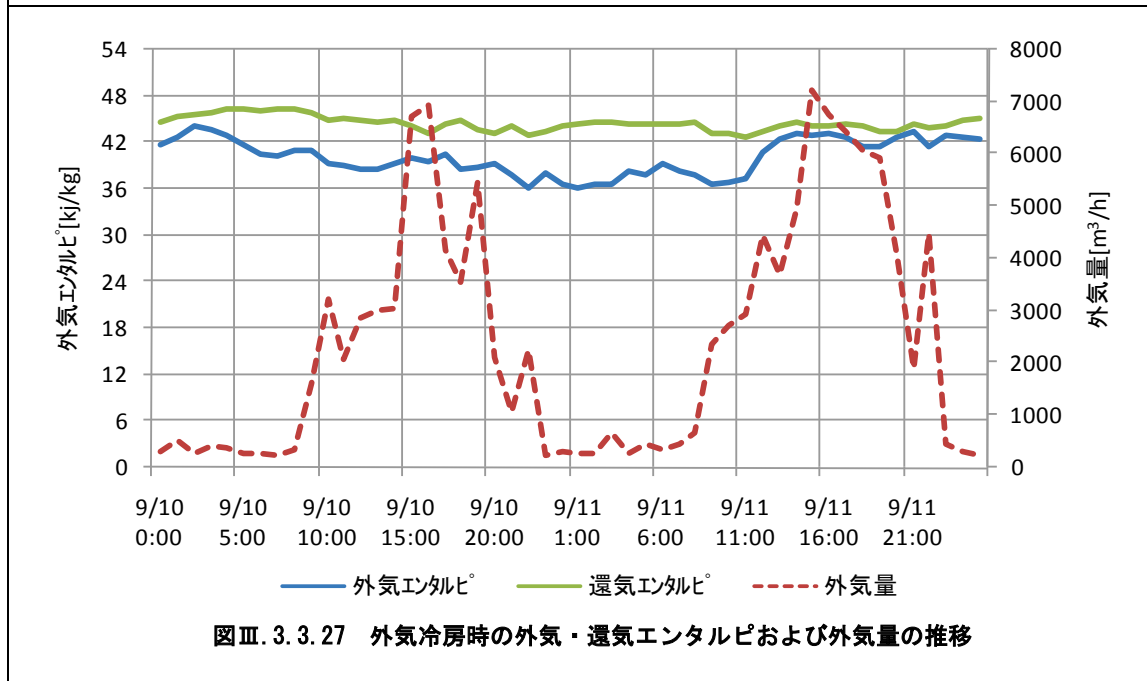
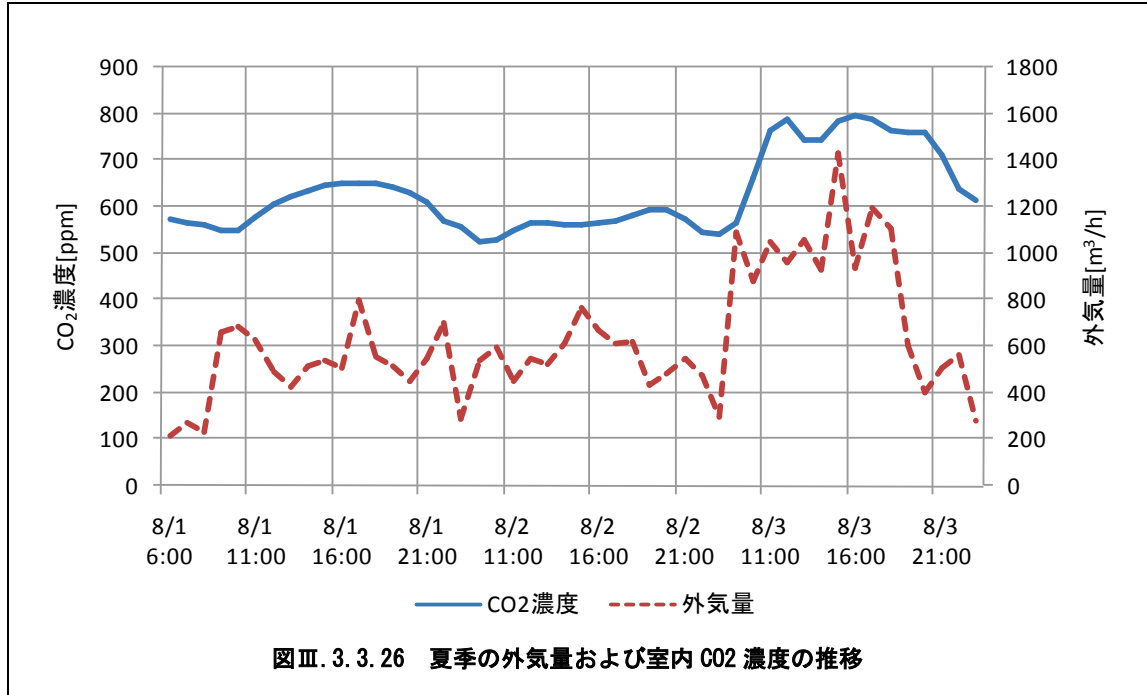
※非外冷指令時には CO₂ 濃度制御が行われている。



事務所 08 (CO₂ 濃度制御, 外気冷房制御, 制御方式:FOA-OAL-03, FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

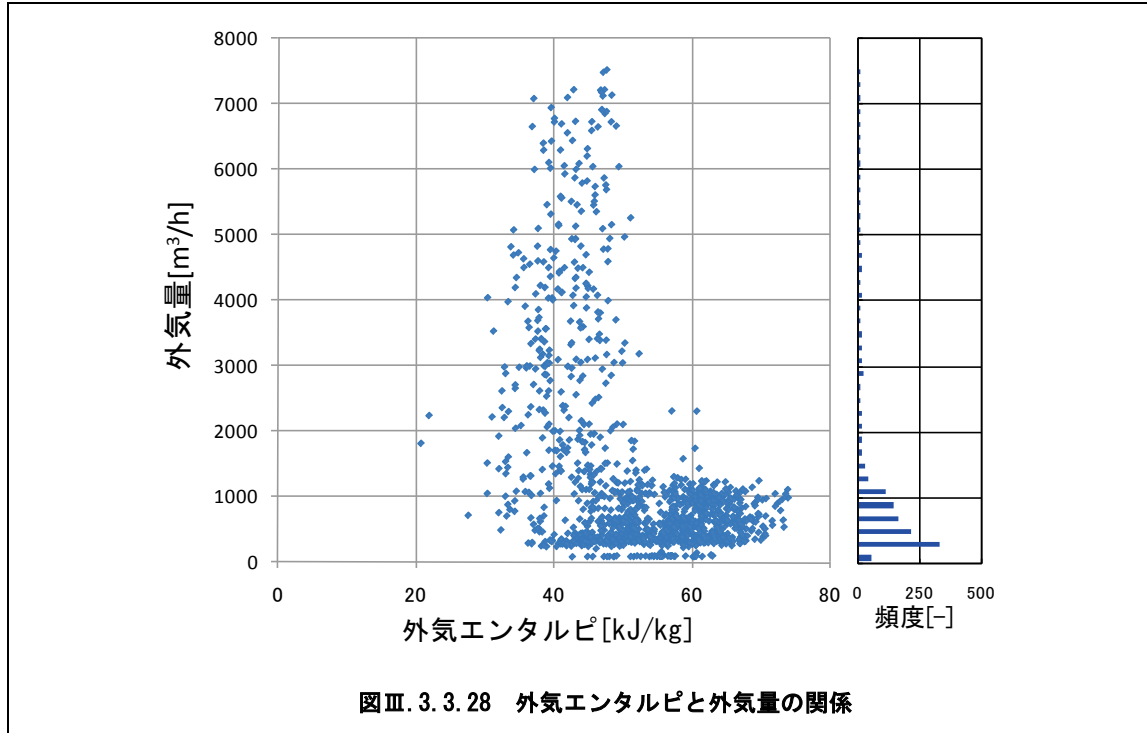
<動作確認データ>



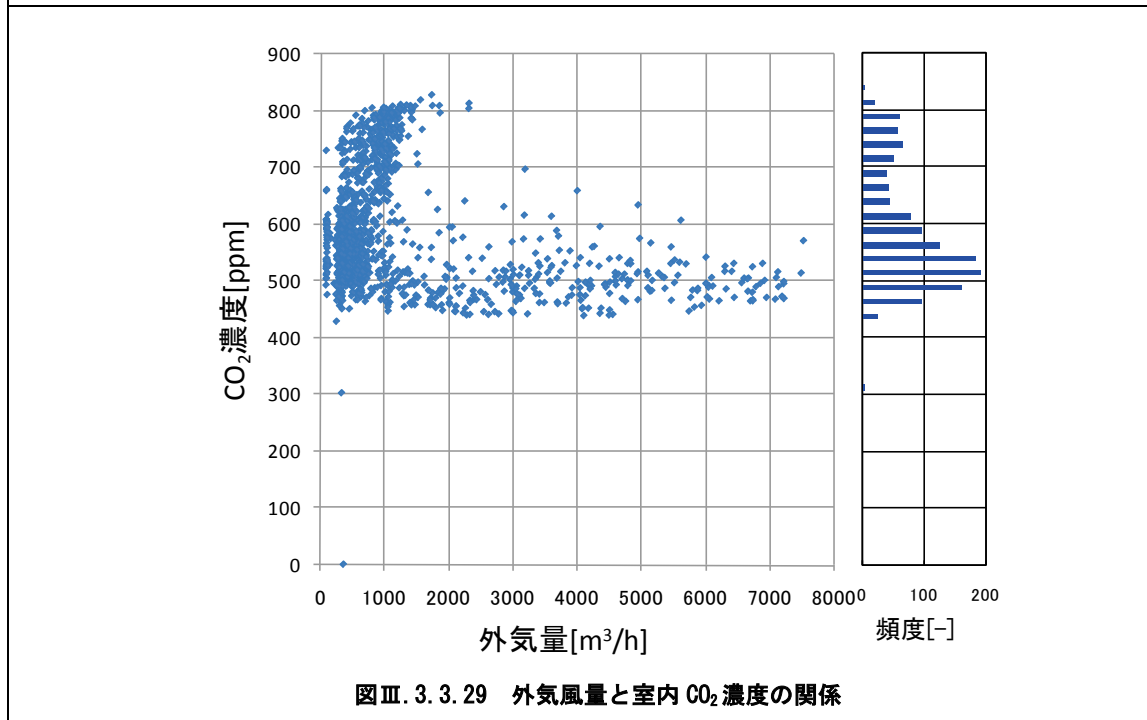
事務所 08 (CO₂ 濃度制御, 外気冷房制御, 制御方式:FOA-OAL-03, FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

< 外気量分析 >



図Ⅲ. 3. 3. 28 外気エンタルピと外気量の関係



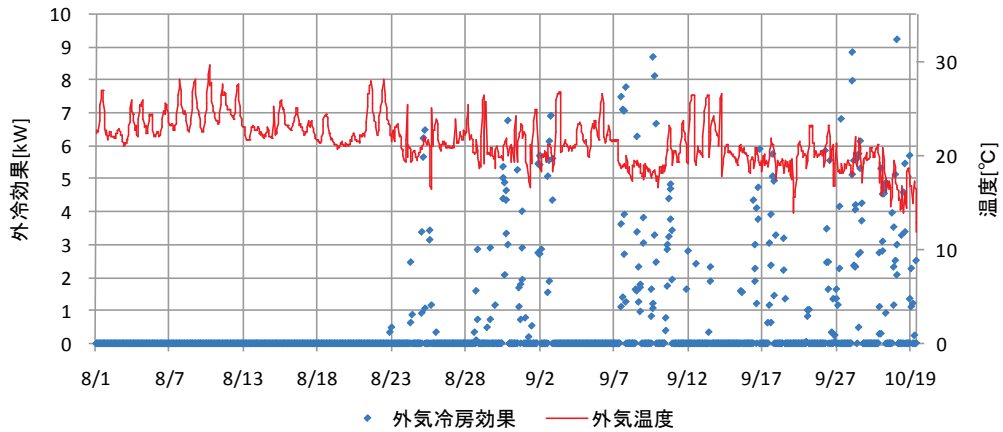
図Ⅲ. 3. 3. 29 外気風量と室内 CO₂ 濃度の関係

事務所 08 (CO₂ 濃度制御, 外気冷房制御, 制御方式:FOA-OAL-03, FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

<熱量分析>

外気冷房の導入効果と CO₂ 制御効果を試算した結果, ほぼ安定した冷房負荷の削減効果が得られた. 外気冷房効果と CO₂ 削減効果は外気エンタルピ 50kJ/kg を境界としている.

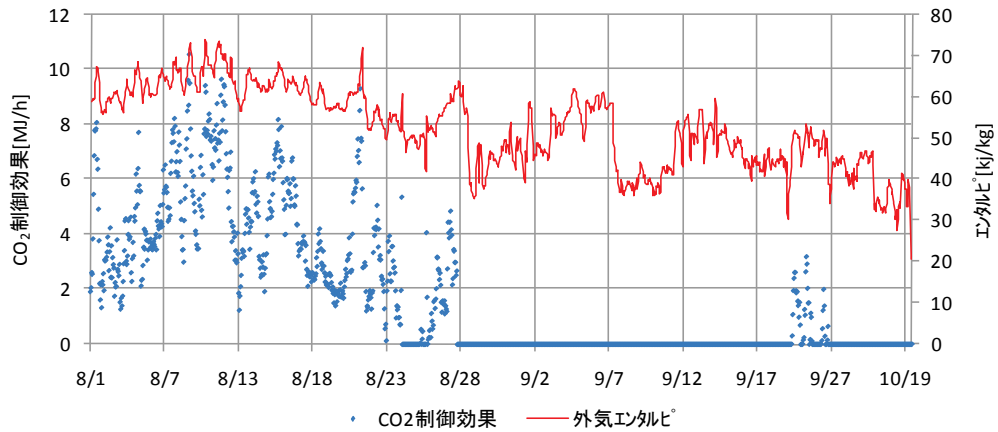


図Ⅲ. 3. 3. 30 外気温度と外気冷房効果

※外気冷房効果の計算

通常の外気量を 2,500m³/h として, 外冷による外気風量増の冷房削減効果を算出する.

$$\text{外気冷房効果(MJ/h)} = (\text{還気温度} - \text{外気温度}) \times (\text{外気量} - 2000) \times 0.288 \times 4.186 / 1000$$



図Ⅲ. 3. 3. 31 外気エンタルピと CO₂ 削減効果

※CO₂ 制御効果の計算

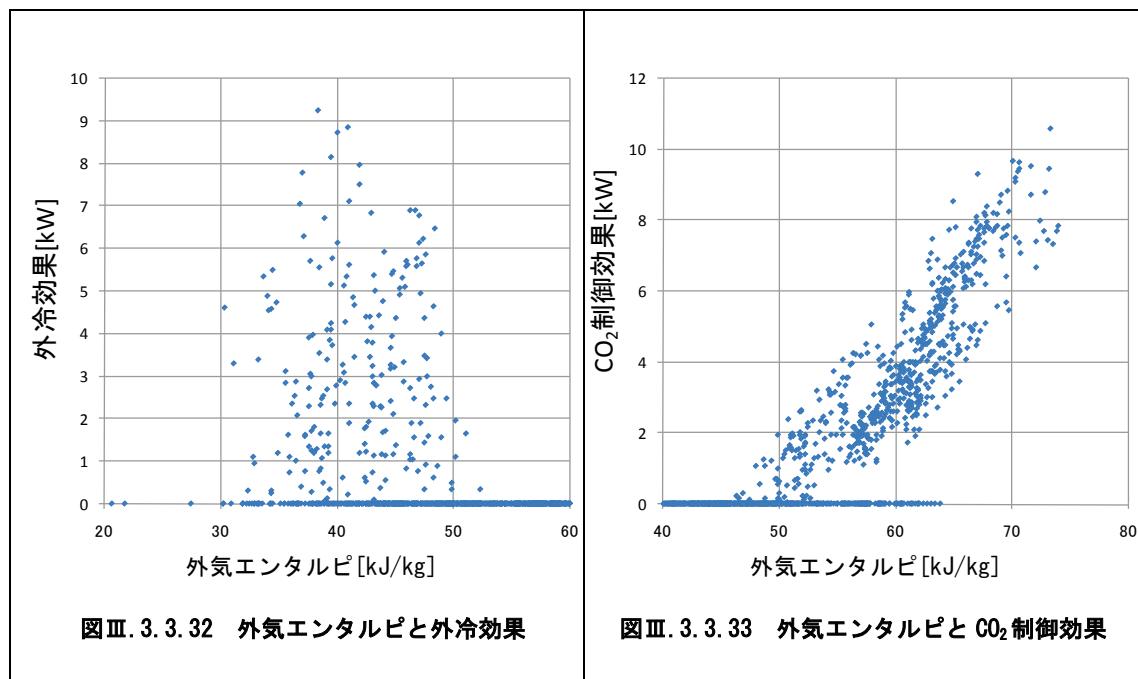
通常の外気量を 2,500m³/h として, CO₂ 制御による外気風量増の冷房削減効果を算出する.

$$\text{CO}_2 \text{ 制御効果(MJ/h)} = (\text{外気エンタルピ} - \text{室内エンタルピ}) \times (2500 - \text{外気量}) \times 0.288 \times 4.186 / 1000$$

事務所 08 (CO₂ 濃度制御, 外気冷房制御, 制御方式:FOA-OAL-03, FOA-OAC-05)

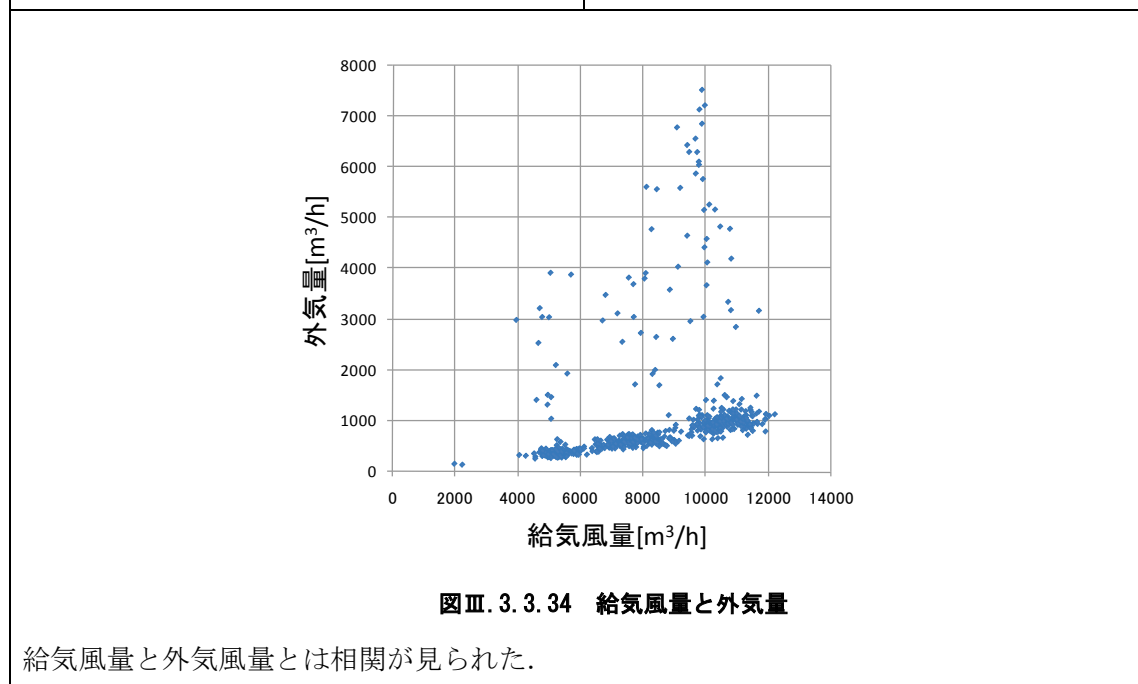
制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

<熱量分析>



図Ⅲ. 3. 3. 32 外気エンタルピと外冷効果

図Ⅲ. 3. 3. 33 外気エンタルピと CO₂ 制御効果



図Ⅲ. 3. 3. 34 給気風量と外気量

給気風量と外気風量とは相関が見られた。

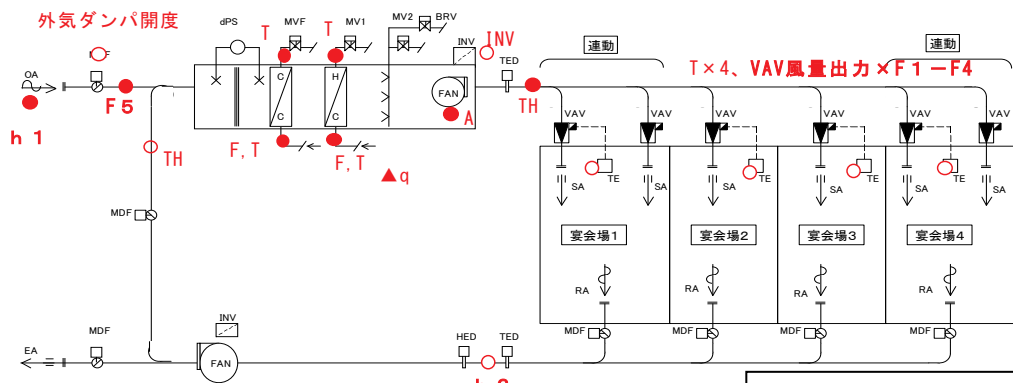
3.4. 外気冷房制御

3.4.1. ホテル02 (FOA-0AC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

建物名	ホテル02	地区	東京	竣工	1989年	新築	—	規模	56,917 m ²
分類記号	FOA-0AC-05				検出部	外気エンタルピ, 還気エンタルピ			
制御目的	還気エンタルピ				制御目標	還気エンタルピ			
分析期間	平成24年7月1日～平成24年9月30日				動作	MD 比例制御			
制御対象	外気量				製造年月	(2006年オーバーホール)			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ VAV 加重平均風量によるファンの回転数制 ・ INV 設定値：下限値 20Hz (40%), 上限値 50Hz (100%) ・ 給気温度ロードリセット制御 (設定温度：12～30℃) ・ 外気冷房制御 				機器仕様	AC-0402 (大宴会場系統) SA 量：62,000CMHx333Pa 3φx415Vx30kW, λ-Δ 起動, INV 付 OA 量：18,900CMH (外冷時：62,000CMH) 冷却能力：491.5kWx1409L/min (5℃deg) 加熱能力：137.9kWx395L/min (5℃deg)			

システムフロー



<凡例>

F : 流量, 風量

q : 熱量

T : 温度

TH : 温湿度

h : エンタルピ

(1) データの収集時間間隔

- ・ 現地計測データ：1分間隔, 瞬時値
- ・ 中央監視データ：同上

(2) データ処理：1分間隔瞬時値→1時間平均値に処理

(3) 解析利用データのフィルタリング項目

- ・ 機器の起動・停止時のデータを排除
- ・ 外気冷房信号出力が無い場合、外気風量、空気温度・相対湿度からの演算エンタルピにより外気冷房モードを判断のうえデータを評価。

ホテル 02(FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

<制御内容>

1. 制御内容

ダンパ開度

還気エンタルピと外気エンタルピの差を演算し、制御実施の判断

外気冷房運転開始条件

- ・外気露点温度 : 5~19°C DP
- ・外気温度 : 5°C 以上
- ・エンタルピ比較

2. 評価項目計算式

$$\begin{aligned} \text{外気冷房効果量 [MJ/h]} &= (\text{還気エンタルピ (h2)} - \text{外気エンタルピ (h1)}) \text{ [kJ/kg]} \\ &\quad \times (\text{外気風量 (F5)} - 18900) \text{ [m}^3\text{/h]} \times 1.2 \text{ [kg/m}^3\text{]} / 1000 \text{ [kJ/MJ]} \end{aligned}$$

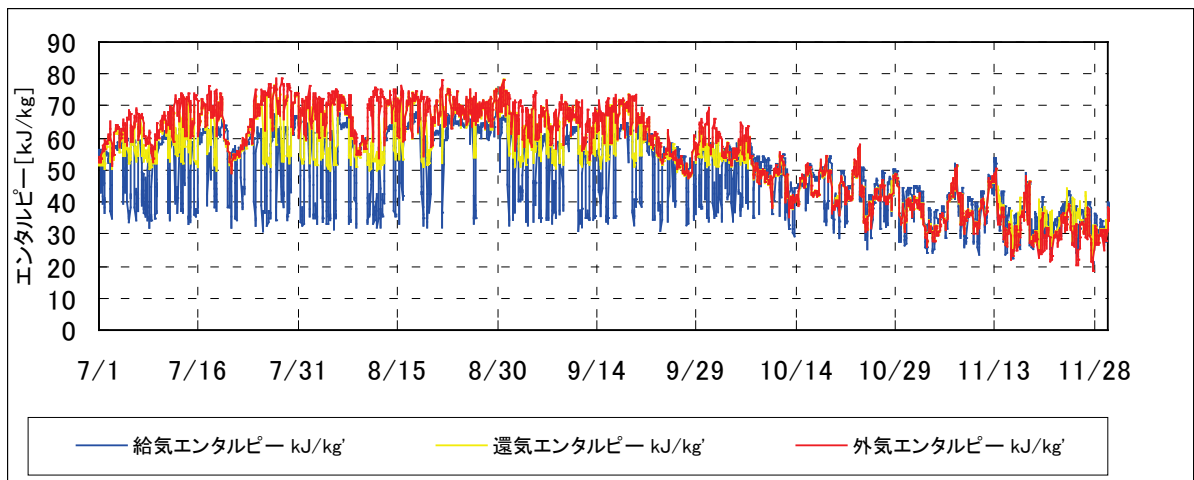
ホテル 02(FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピー・還気エンタルピー	還気エンタルピー	MD 比例制御

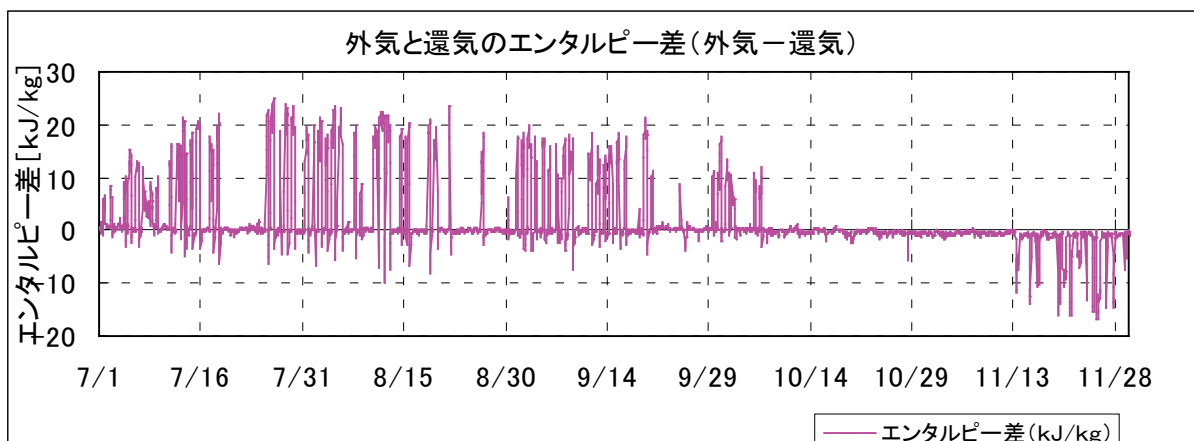
<動作確認データ>

外気，還気，給気のエンタルピーの変化

外気エンタルピー，還気エンタルピーの変化及びエンタルピー差の変化を見ると，7月，8月，9月では，外気エンタルピーは還気エンタルピーより大きく，外気冷房ができる状況ではない．10月，11月になると外気エンタルピーが小さくなるため，外気冷房が可能となる状況が出てくる．



図Ⅲ. 3. 4. 1 外気，還気，給気エンタルピーの変化



図Ⅲ. 3. 4. 2 外気と還気のエンタルピー差の変化

ホテル 02(FOA-OAC-05)

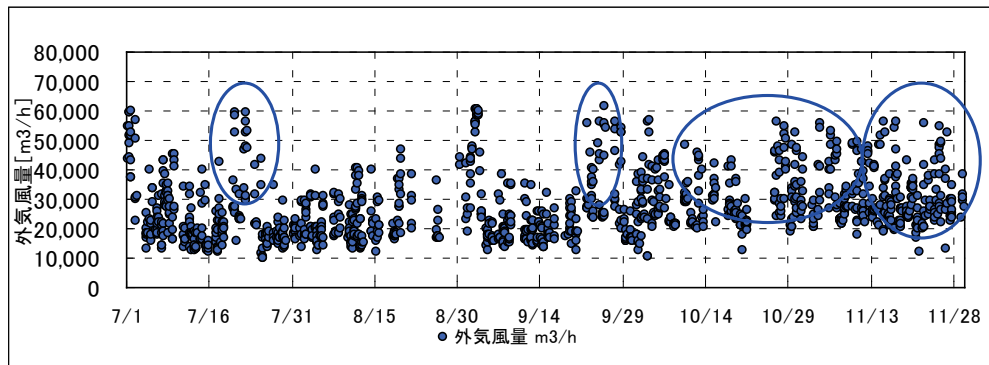
制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

<動作確認データ>

空調機稼働時の外気風量の変化を見ると、空調機稼働時は、15,000m³/h～60,000m³/hの風量が入り入れられており、ほぼ設計（18,900m³/h、外気冷房時 62,000m³/h）風量の範囲で変化している。

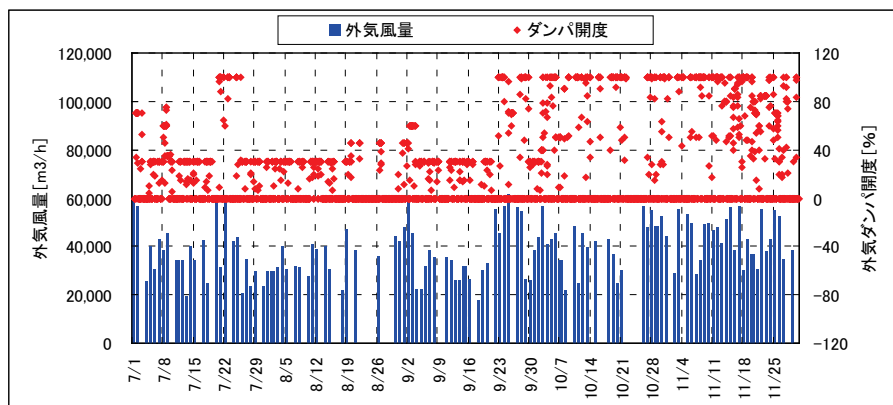
外気風量のみでは、通常モードの外気取り入れか、外気冷房モードによる外気取り入れか区別できないため、外気と還気のエンタルピ差の大小により、外気冷房モードを判断する。

11月には明らかに外気冷房モードで外気が入り入れられている。その他の○印箇所はエンタルピ差がわずかであるが、中央監視の判断により外気が入り入れられていると考える。



図Ⅲ.3.4.3 外気風量の変化

外気ダンパ開度と外気風量の変化を見ると、外気ダンパ開度は最小開度 30%と考えられ、通常時は開度 30%、外気冷房時は開度 100%となっていることが分かる。外気風量の変化は、給気ファンの INV 周波数の変化に影響され、ダンパ開度の変化とは一致しない。



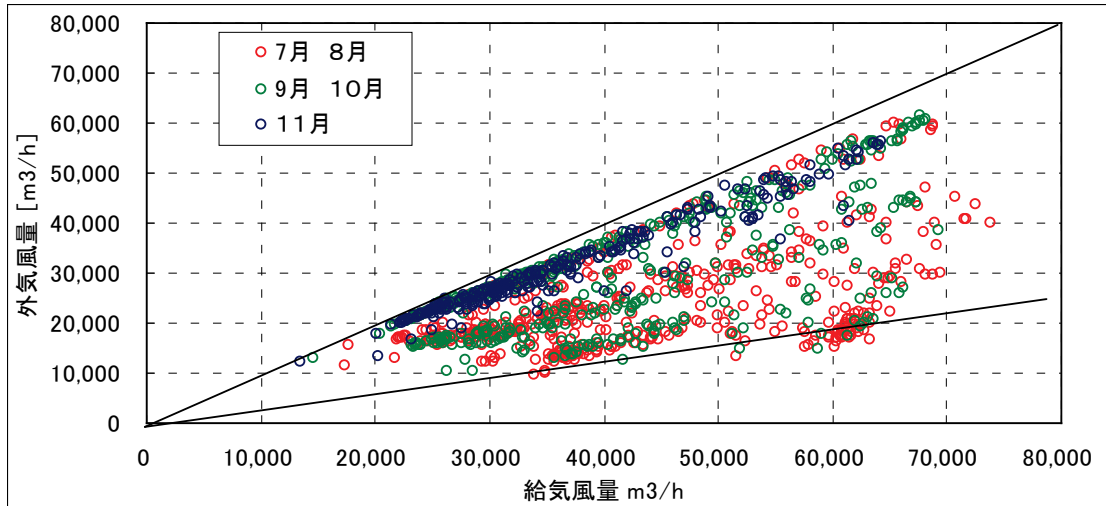
図Ⅲ.3.4.4 外気ダンパ開度・外気風量の変化

ホテル 02(FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

< 給気風量と外気風量の関係 >

給気風量と外気風量の関係を見るために同時刻の給気風量と外気風量の関係を示す。図中には7-8月, 9-10月, 11月で色分けして示している。11月は外気冷房が行われているため, 給気風量のすべて, または90%以上を外気で占めているのがわかる。



図Ⅲ. 3. 4. 5 月別給気風量と外気風量の関係

ホテル 02(FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

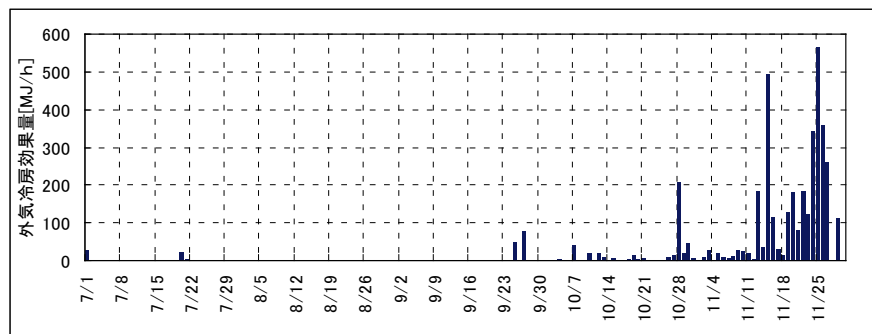
<外気冷房効果量の評価>

外気冷房効果量の算出

還気エンタルピ>外気エンタルピ, 及び外気風量 19,800m³/h を超えた外気風量を外気冷房効果量評価の対象外気風量とする.

効果量は, 通常 of 最小外気風量より多く取り入れられた外気風量の増分に対し外気・還気エンタルピ差を掛けて算出する. 7月~10月は外気冷房効果量が現れず, 11月に現れている.

$$\text{外気冷房効果 [MJ/h]} = (\text{還気エンタルピ} - \text{外気エンタルピ}) [\text{kJ/kg}] \times (\text{外気風量} - 18900) [\text{m}^3/\text{h}] \times 1.2 [\text{kg}/\text{m}^3] / 1000 [\text{kJ}/\text{MJ}]$$



図Ⅲ.3.4.6 外気冷房効果量の変化

各月の外気冷房効果量

各月での外気冷房効果量を算出し, 室内処理負荷に対する比率を効果%として算出した. この効果量は, 外気風量 19,800m³/h を超える分を外気冷房による効果とした.

7月~9月は, 外気冷房可能な時間が無く, 外気冷房効果が得られない.

11月は, 給気風量の大部分を外気で占めており, 高い外気冷房効果を上げている.

表Ⅲ.3.4.1 各月の外気冷房効果量

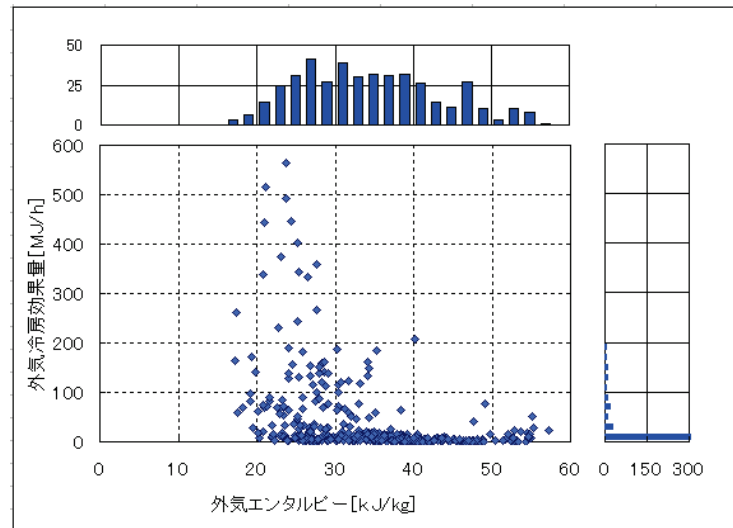
	室内処理負荷 [MJ/月]	外気冷房効果 [MJ/月]	外冷有効時間 [h/月]	効果[%]	空調機稼働時間[h]
7月	178,437	97	11	0.1	292
8月	136,497	0	0	0.0	196
9月	173,732	240	11	0.1	255
10月	68,029	922	140	1.4	235
11月	34,879	14,062	270	40.3	273
		15,321	432		1,251

ホテル 02(FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピー・還気エンタルピー	還気エンタルピー	MD 比例制御

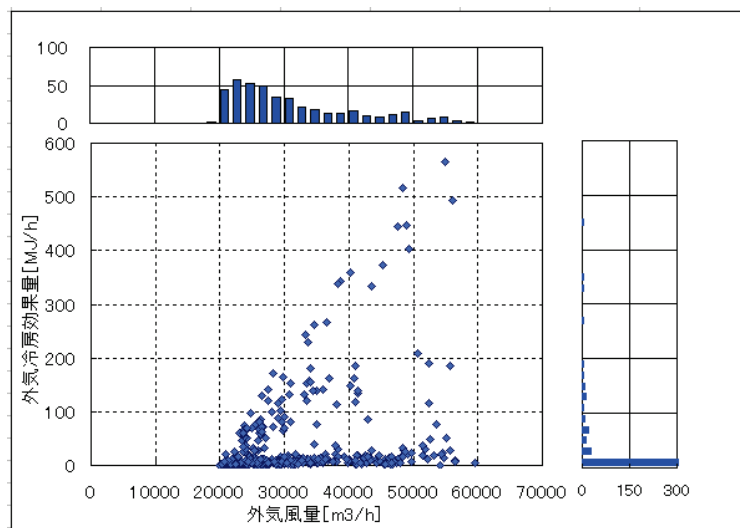
<外気冷房効果の評価>

外気エンタルピーが高いほど外気冷房ができず，効果量も少ない．外気エンタルピーの低い11月の時期の大きな外気冷房効果量が得られる．



図Ⅲ. 3. 4. 7 外気エンタルピーと外気冷房効果量の関係

外気風量の増加とともに外気冷房効果量は増加している．外気冷房効果量の最大可能量は外気風量に比例する．



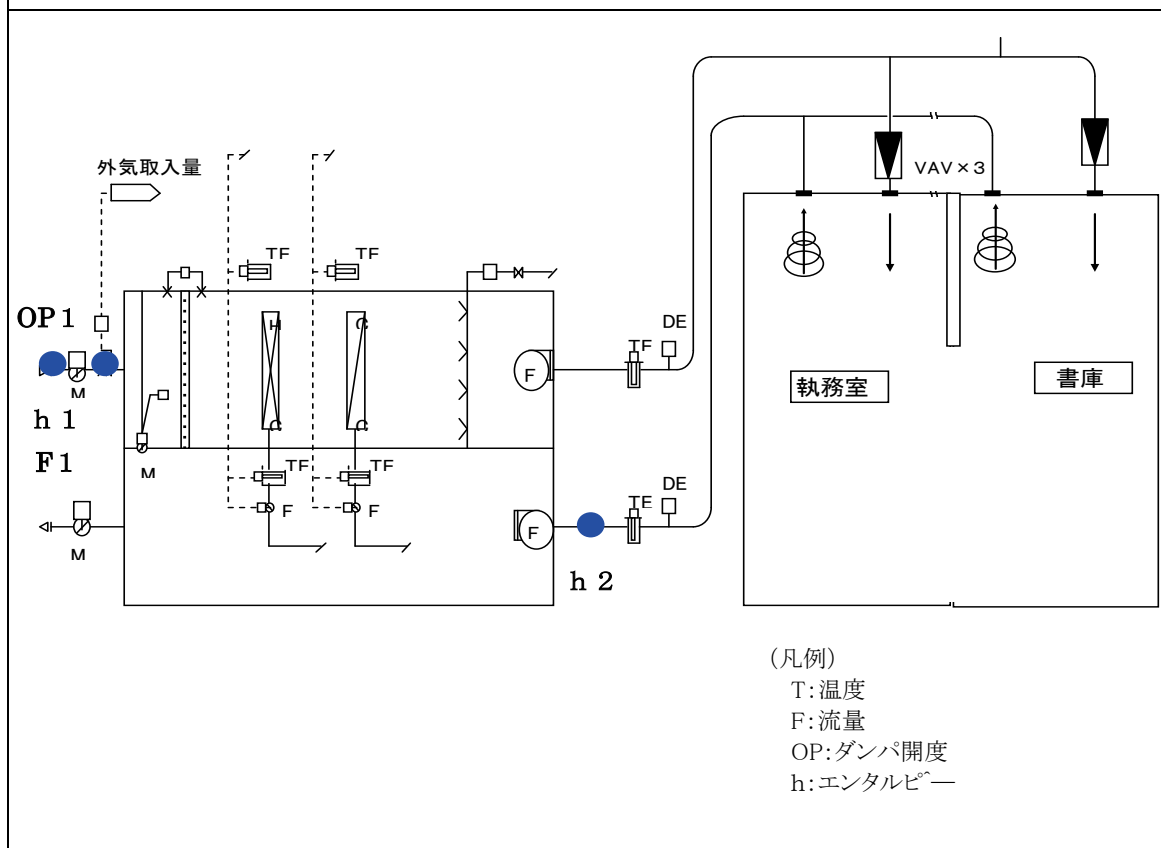
図Ⅲ. 3. 4. 8 外気風量と外気冷房効果量の関係

3.4.2. 事務所 05 (外気冷房制御 FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	室内エンタルピ, 外気エンタルピ	還気エンタルピ	MD比例制御

建物名	事務所 05	地区	東京	竣工	2003 年	新築	—	規模	20,580 m ²
分類記号	FOA-OAC-05				検出部	室内エンタルピ, 外気エンタルピ			
制御目的	室内外エンタルピ差による外気冷房				制御目標	還気エンタルピ (室内温度)			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～平成 24 年 9 月 30 日				動作	内外エンタルピ差で外気ダンパを制御			
制御対象	AC-5-1				製造年月	2003 年 3 月			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> ・給気温度一定制御 ・給気温度補正制御 ・RA 温度による冷房・送風・暖房切替 ・RA 湿度による加湿弁制御 ・VAV 要求風量による INV 周波数出力 ・INV 周波数補正制御 ・外気冷房制御 ・還気 CO2 濃度が設定値になるよう, OA 量を制御 ・ウォーミングアップ制御 ・INV 周波数上限下限 SA : 60%~30%, RA : 50%~30% ・SA 温度設定 : 12℃ ・室内温度設定 : 26.3℃ 				機器仕様	AC-5-1 (5 階事務室系統) 対象床面積約 500m ² (基準階 1393m ²) 送風ファン 9,200m ³ /h×400Pa×5.5kW 還気回数 5 回/h 還気ファン 8,650m ³ /h×300Pa×5.5kW 冷水コイル 76.8 kW 冷水量 110 L/min 温水コイル 39 kW 温水量 56 L/min 外気量 2,000m ³ /h 外冷時 3,800m ³ /h			

システムフロー



事務所 05(外気冷房制御 FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	室内エンタルピ, 外気エンタルピ	還気エンタルピ	MD比例制御

(1) データの収集時間間隔

- ・ 中央監視データ：10 分瞬時値

(2) データ処理

- ・ 1 時間データに加工

(3) 解析利用データのフィルタリング項目

- ・ 空調機停止時のデータを削除
- ・ 外気冷房信号出力時のデータを採用

(4) その他

- ・ 外冷効果量

外冷有効信号が出ていない通常の運転状況では、外気風量は 1000m³/h と考える。

従って、外冷有効信号が出ていても外気風量が 1000m³/h 以下時は通常の外気取り入れ状態と判断し、外冷効果量とは見なさない。

外冷効果量は、積極的に取り入れられた 1000m³/h を超えた外気風量について外気還気エンタルピ差をもって算出し評価する。

$$\text{外気冷房効果量 [MJ/h]} = (\text{還気エンタルピ (h2)} - \text{外気エンタルピ (h1)}) [\text{kJ/kg}] \\ \times (\text{外気風量 (F1)} - 1000) [\text{m}^3/\text{h}] \times 1.2 [\text{kg}/\text{m}^3] / 1000 [\text{kJ}/\text{MJ}]$$

1. 制御内容

外気ダンパ開度

下記の条件を満たすとき積極的に外気冷房を行う。

- ・ 外気エンタルピ < 室内エンタルピ
- ・ 外気露点温度 < 外気露点温度上限 20℃以下
- ・ 外気下限温度 4℃ < 外気温度 < 室内温度
- ・ 外気湿度下限値 10% < 外気湿度

設計 OA 風量 2000m³/h(外気冷房時 3800m³/h)

過去の運用時実績から OA 風量を 1000m³/h に変更されている。

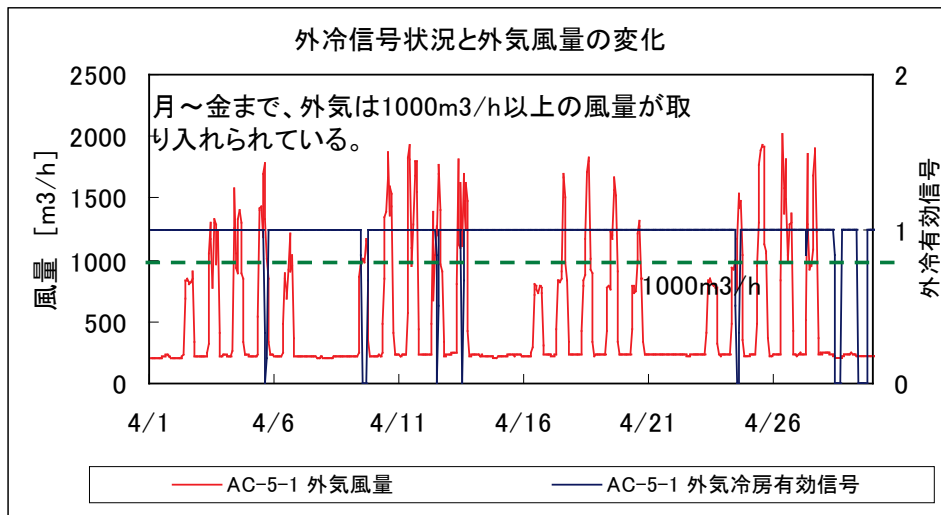
事務所 05(外気冷房制御 FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	室内エンタルピー, 外気エンタルピー	還気エンタルピー	MD比例制御

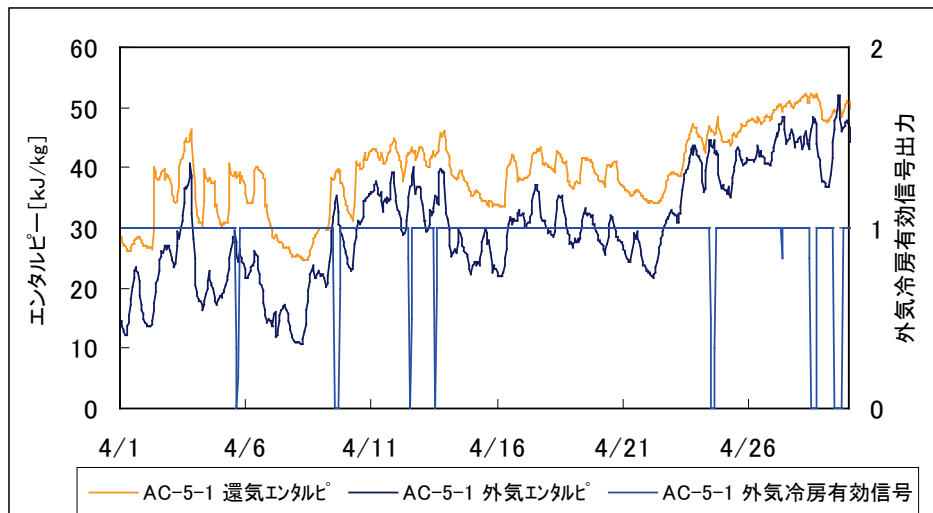
<外気冷房動作の確認トレンド>

4月の外気冷房の状況を見ると、外冷信号が出されており、外気冷房が可能なことが分かる。

また、外気風量は1000m³/h~2000m³/hの外気を取り入れられていることが分かる。



図Ⅲ. 3. 4. 9 外冷信号状況と外気風量の変化



図Ⅲ. 3. 4. 10 外冷信号状況と外気・還気エンタルピーの変化

外気エンタルピーは還気エンタルピーに比べ小さく、外気冷房が可能でありことが分かる。

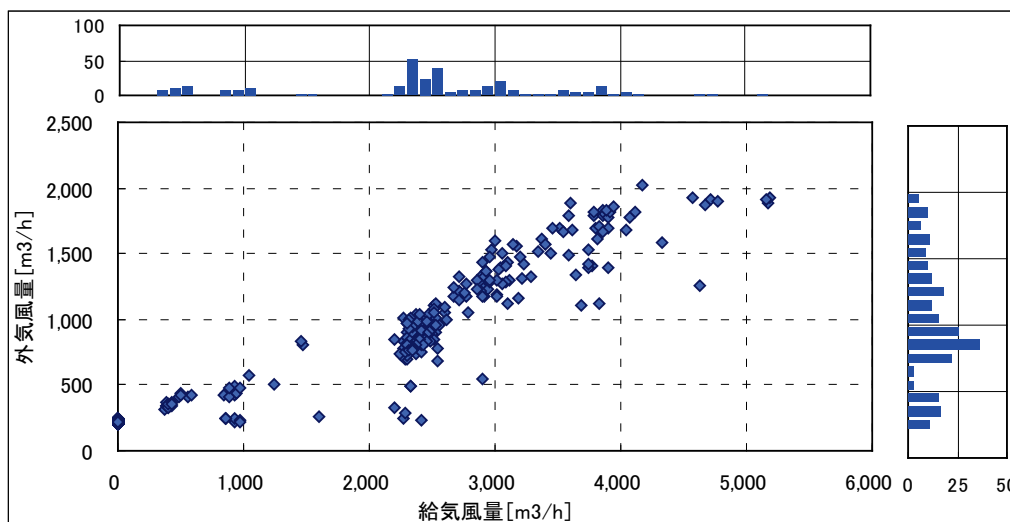
事務所 05(外気冷房制御 FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	室内エンタルピ, 外気エンタルピ	還気エンタルピ	MD比例制御

< 給気風量と外気風量の関係 >

4月の給気風量と外気風量の関係を示す。

給気風量の変化範囲は 2000m³/h～5000m³/h に対し、外気風量は 1000m³/h～2000m³/h の範囲にあり、外気が積極的に取り入れられているのが分かる。



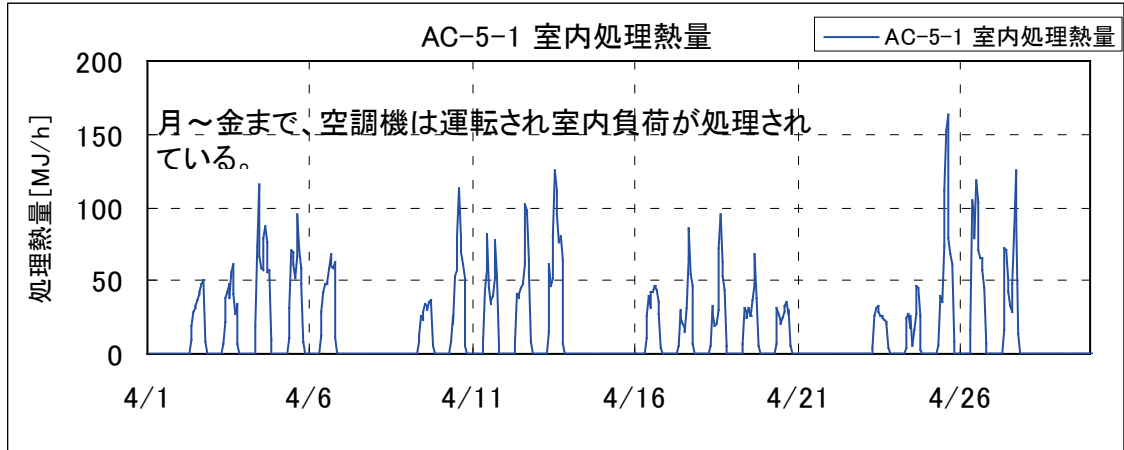
図Ⅲ.3.4.11 4月 給気風量と外気風量の関係

事務所 05(外気冷房制御 FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	室内エンタルピ, 外気エンタルピ	還気エンタルピ	MD比例制御

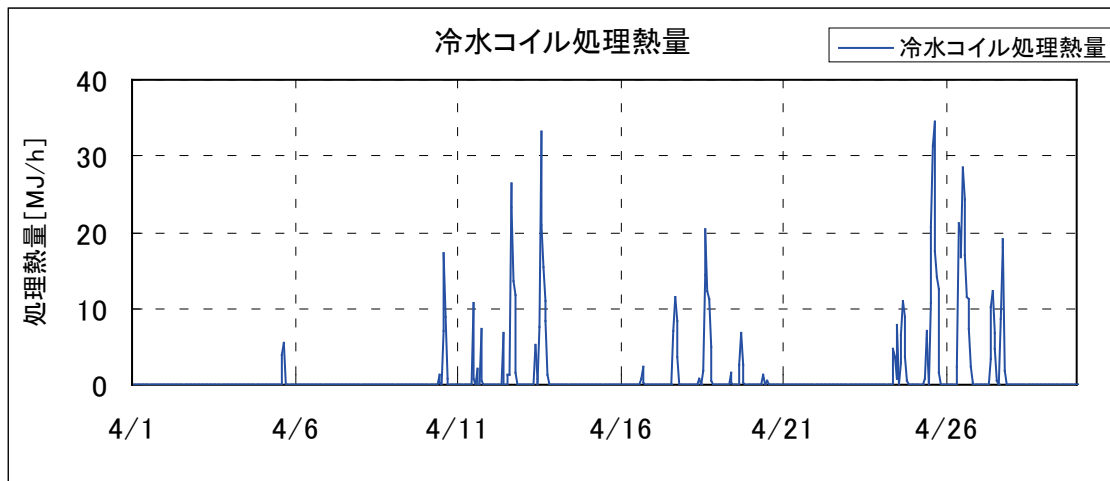
<空調負荷（室内処理熱量）と冷水コイル負荷の変化>

平日の月～金まで、空調機は運転され、室内負荷が処理されているのが確認できる。



図Ⅲ. 3. 4. 12 室内処理熱量の変化

実際の冷水コイルで処理されている熱量は図Ⅲ. 3. 4. 12の室内処理熱量に比べ減少しており、外気冷房効果が確認できる。



図Ⅲ. 3. 4. 13 冷水コイル処理熱量の変化

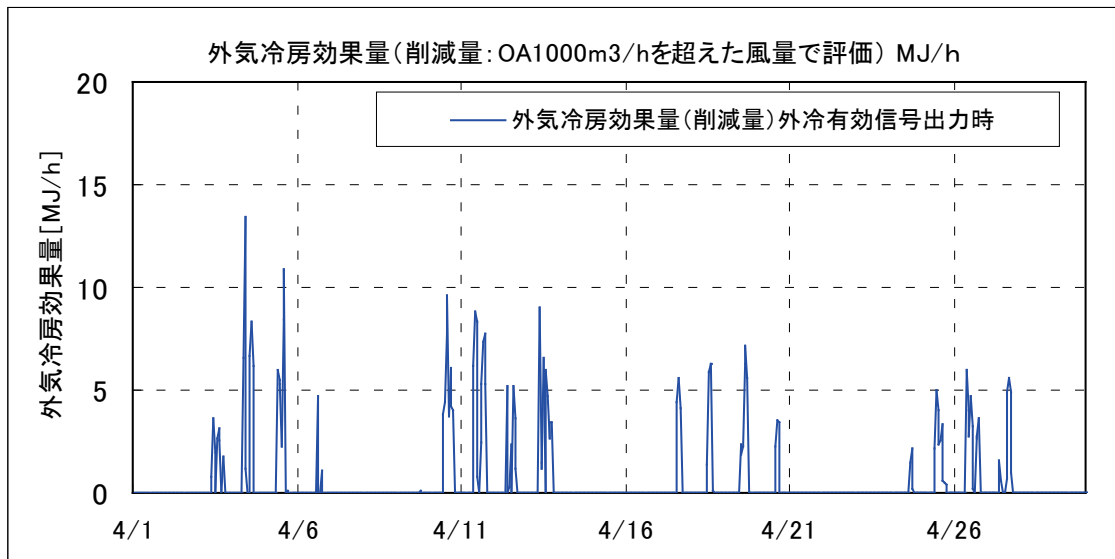
事務所 05(外気冷房制御 FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	室内エンタルピ, 外気エンタルピ	還気エンタルピ	MD比例制御

<外気冷房効果の算出>

外気冷房効果は、通常の最小外気風量より多く取り入れられた外気風量の増分に対し外気・還気エンタルピ差を掛けて算出する。

$$\begin{aligned} \text{外気冷房効果量 [MJ/h]} &= (\text{還気エンタルピ} - \text{外気エンタルピ}) \text{ [kJ/kg]} \\ &\times (\text{外気風量} - 1000) \text{ [m}^3\text{/h]} \times 1.2 \text{ [kg/m}^3\text{]} / 1000 \text{ [kJ/MJ]} \end{aligned}$$



図Ⅲ. 3. 4. 14 外気冷房効果量の変化

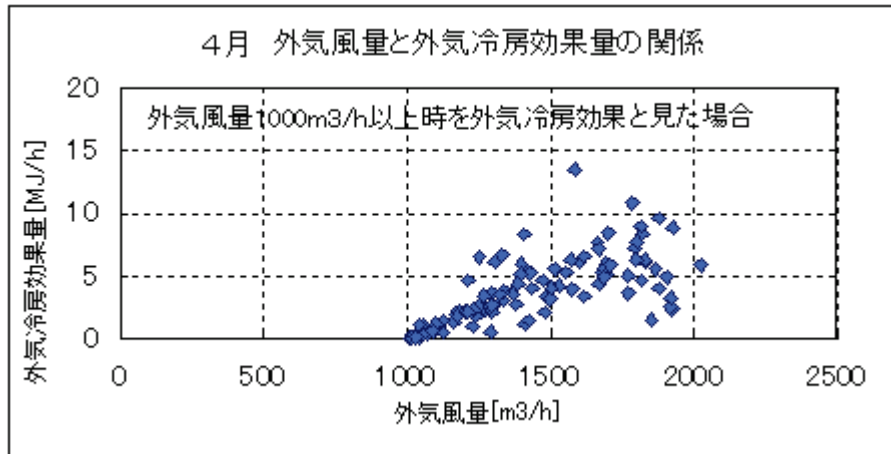
事務所 05(外気冷房制御 FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	室内エンタルピー, 外気エンタルピー	還気エンタルピー	MD比例制御

<外気冷房効果量の評価>

外気風量と外気冷房効果の関係

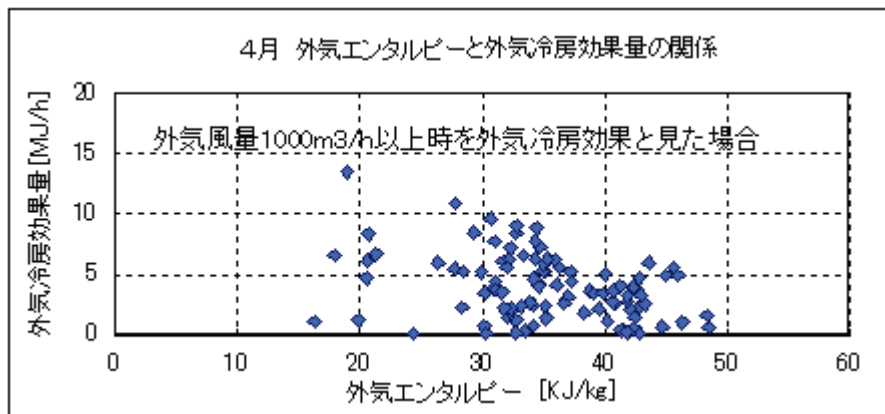
外気冷房が可能な時期では、外気風量が増加にともない外気冷房効果量も増加する。



図Ⅲ.3.4.15 4月 外気風量と外気冷房効果量の関係

外気エンタルピーと外気冷房効果量の関係

外気エンタルピーが高い状況では外気冷房効果量の少なく、効果量は外気エンタルピーに反比例する。



図Ⅲ.3.4.16 外気エンタルピーと外気冷房効果量の関係

事務所 05(外気冷房制御 FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	室内エンタルピ, 外気エンタルピ	還気エンタルピ	MD比例制御

<各月の外気冷房効果>

- 各月での外気冷房効果量を算出し、室内処理負荷に対する比率を効果%として算出した。
- この外冷効果量は、外気風量 1000m³/h を超える分を外気冷房による効果とした。
- 4 月は、毎日毎時外気冷房有効信号が出され、外気冷房が有効に行われている。その効果は室内処理負荷に対して 4 %程度である。
- また、4 月の空調運転時間帯での外気冷房有効信号の出力された時間数は 225 時間になる。
- 7 月、8 月は、外気冷房有効信号の出力時間数が極端に減少する。従って外気冷房効果量はほとんど見込めないことが分かる。
- 9 月になると、外気冷房有効信号の出力時間数が増加するため、外気冷房が有効になってくる。

表Ⅲ. 3. 4. 2 各月の外気冷房効果量

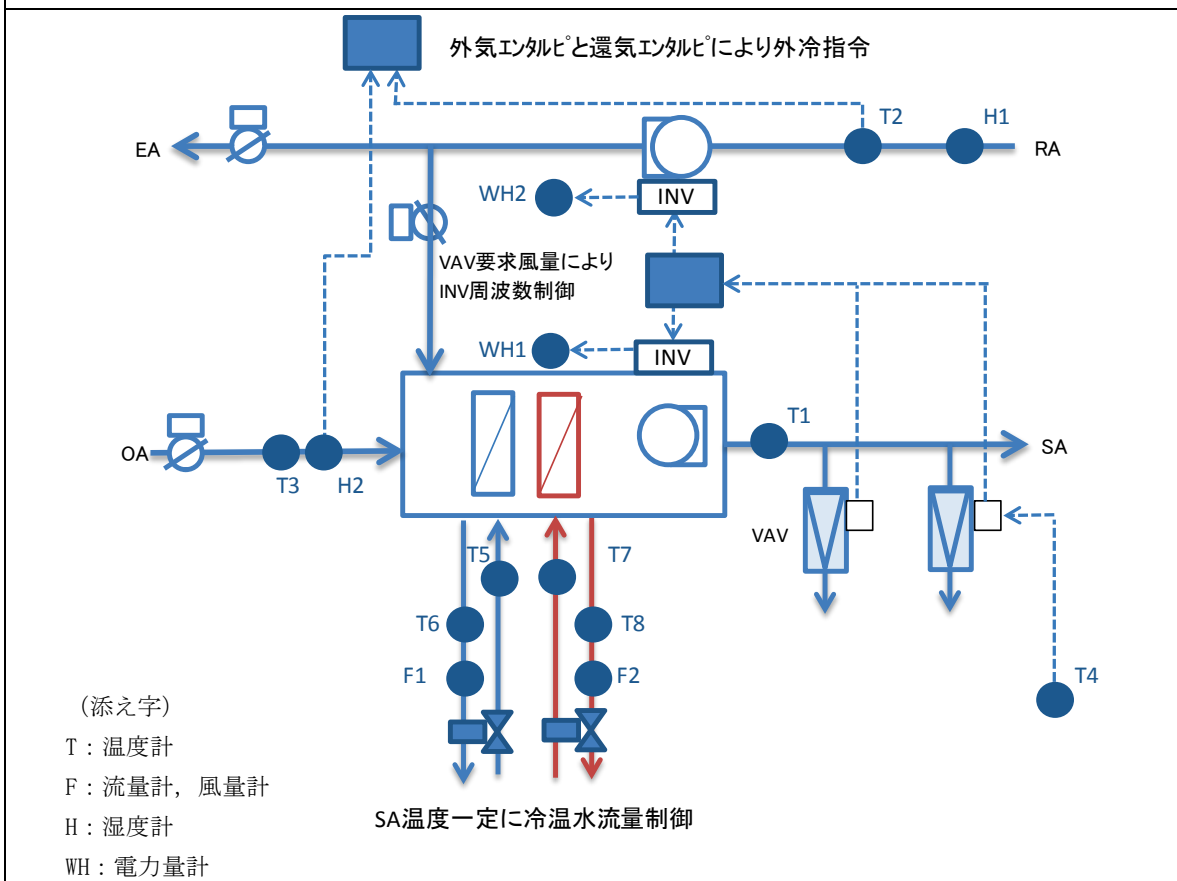
	室内処理負荷量 [MJ/月]	外気冷房効果量 [MJ/月]	外冷有効時間数 [h/月]	効果 [%]
4 月	10, 452	399	225	3. 8
5 月	21, 795	531	211	2. 4
6 月	32, 637	210	138	0. 6
7 月	44, 518	32	31	0. 1
8 月	53, 466	1	4	0. 0
9 月	45, 702	166	56	0. 4

3.4.3. 事務所 06 (外気冷房, 制御方式 FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

建物名	事務所 06	地区	関東	竣工	2003 年	新築	—	規模	47,300m ²
分類記号	FOA-OAC-05				検出部	外気エンタルピ, 還気エンタルピ			
制御目的	外気冷房				制御目標	還気エンタルピ			
分析期間	2012 年 12 月 1 日～2012 年 12 月 1 日				動作	MD 比例制御			
制御対象	外気量				製造年月	2003 年			
制御内容	外気エンタルピと還気エンタルピの大小比較から外気冷房を指令 【参考：その他空調機本体の制御】 ・ 給気温度一定制御 ・ 給気温度補正制御 ・ RA 温度により冷房, 送風, 暖房切替 ・ RA 湿度により加湿弁制御 ・ VAV 要求風量により INV 周波数出力				機器仕様	12,980 m ³ /h×350Pa×11kW 冷房能力：99.6kW 7→17℃ ΔT=10℃ 冷水量：143 L/min 外気量：4300m ³ /h			

システムフロー



事務所 06 (外気冷房, 制御方式 FOA-0AC-05)

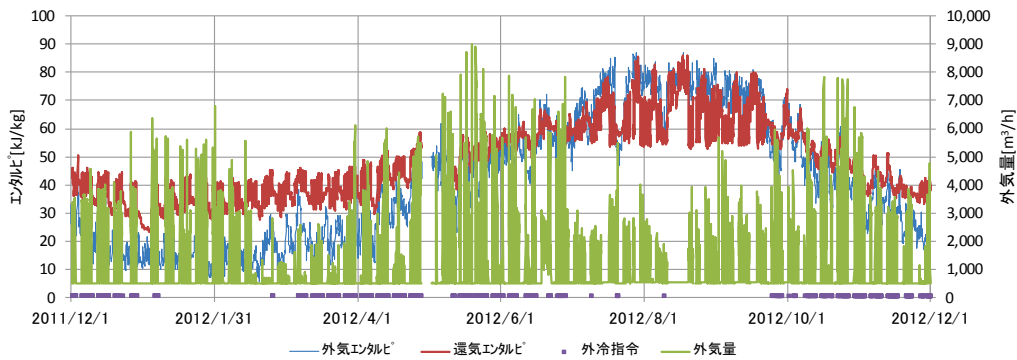
制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

<動作確認データ>

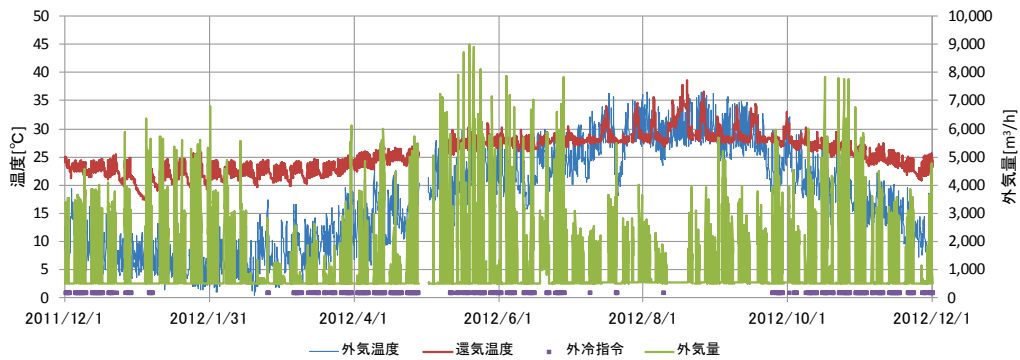
外気エンタルピが還気エンタルピを下回る 9 月下旬より外気冷房となっている。なお、参考を示す温度でも同様の傾向が見られる(※還気温度は夏期 27~28℃, 冬期 22~23℃). 夏期~外気冷房前の外気導入量は約 2,000m³/h であったが, 外気冷房時には 2,000~7,000m³/h の外気導入量であった.

厳冬期には, 外気湿度が低いため外冷指令が除外された.

※非外冷指令時には CO₂ 濃度制御が行われている。10/12~11/8 風量データ欠測.



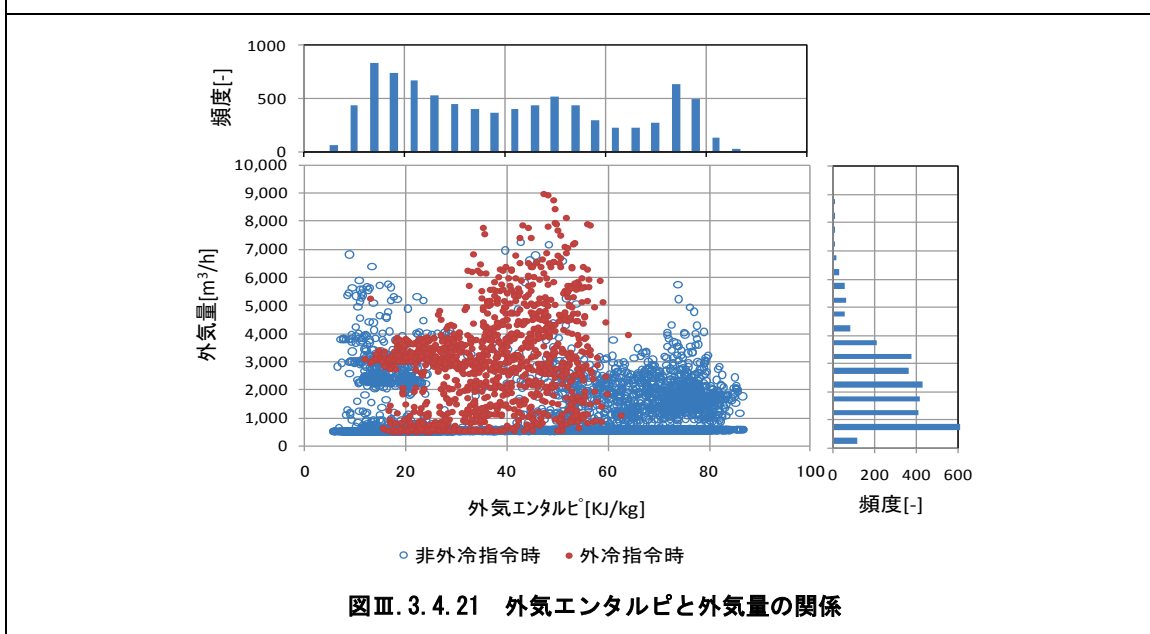
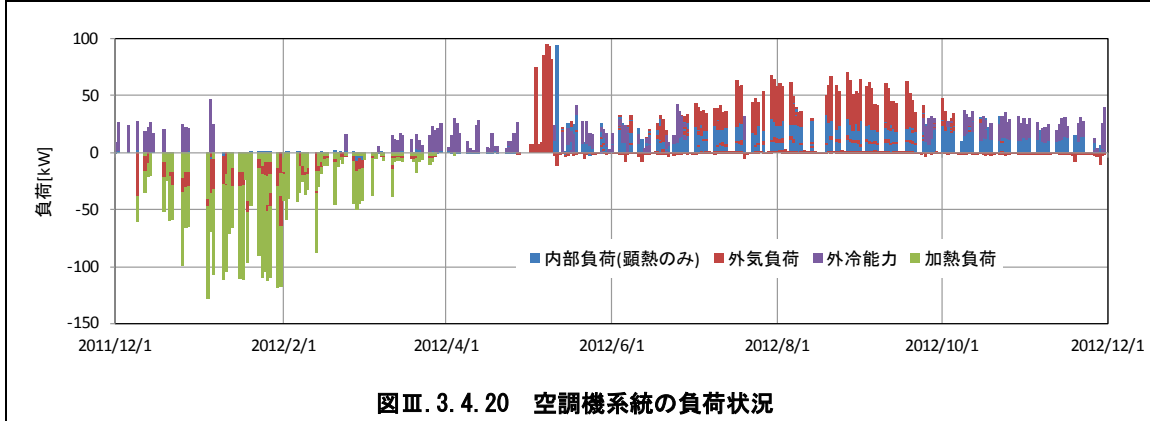
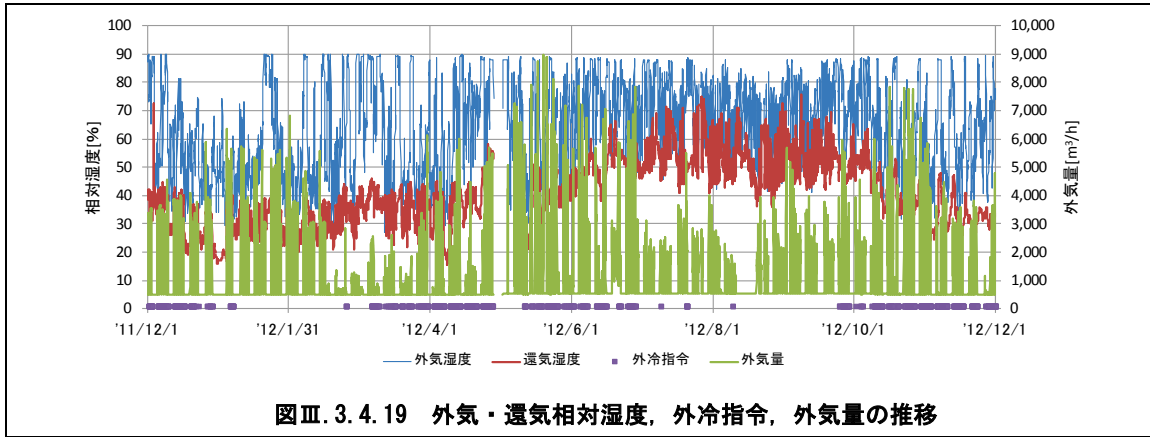
図Ⅲ. 3. 4. 17 外気・還気エンタルピ, 外冷指令, 外気量の推移



図Ⅲ. 3. 4. 18 外気・還気温度, 外冷指令, 外気量の推移

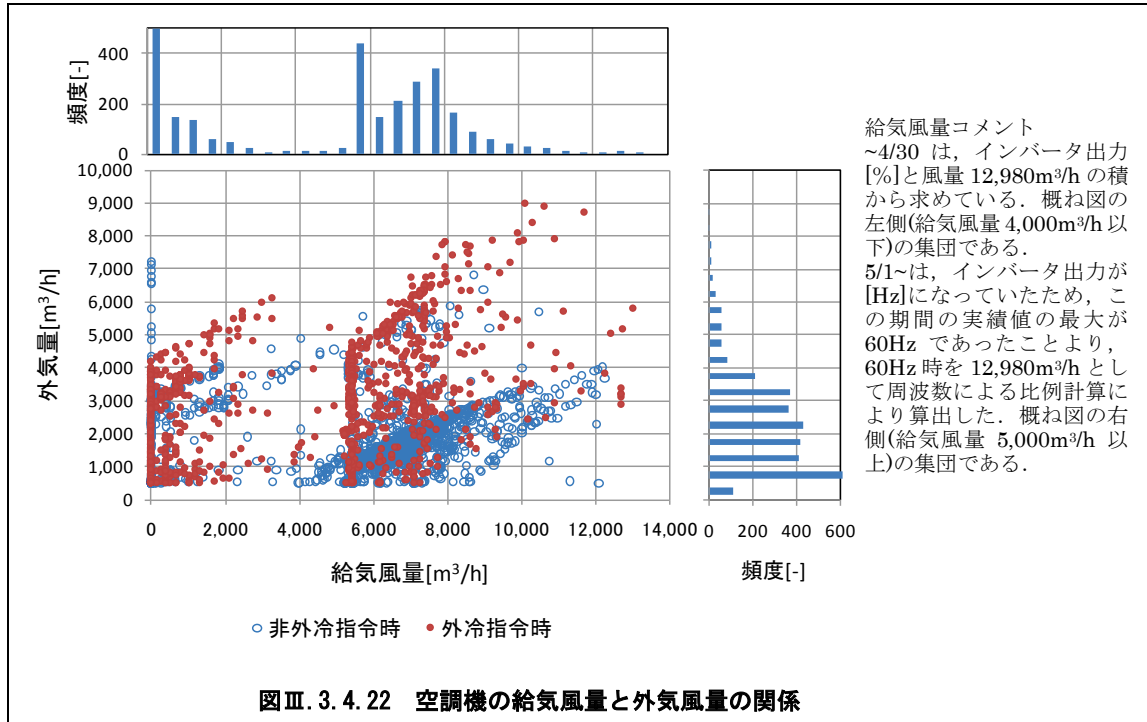
事務所 06 (外気冷房, 制御方式 FOA-0AC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

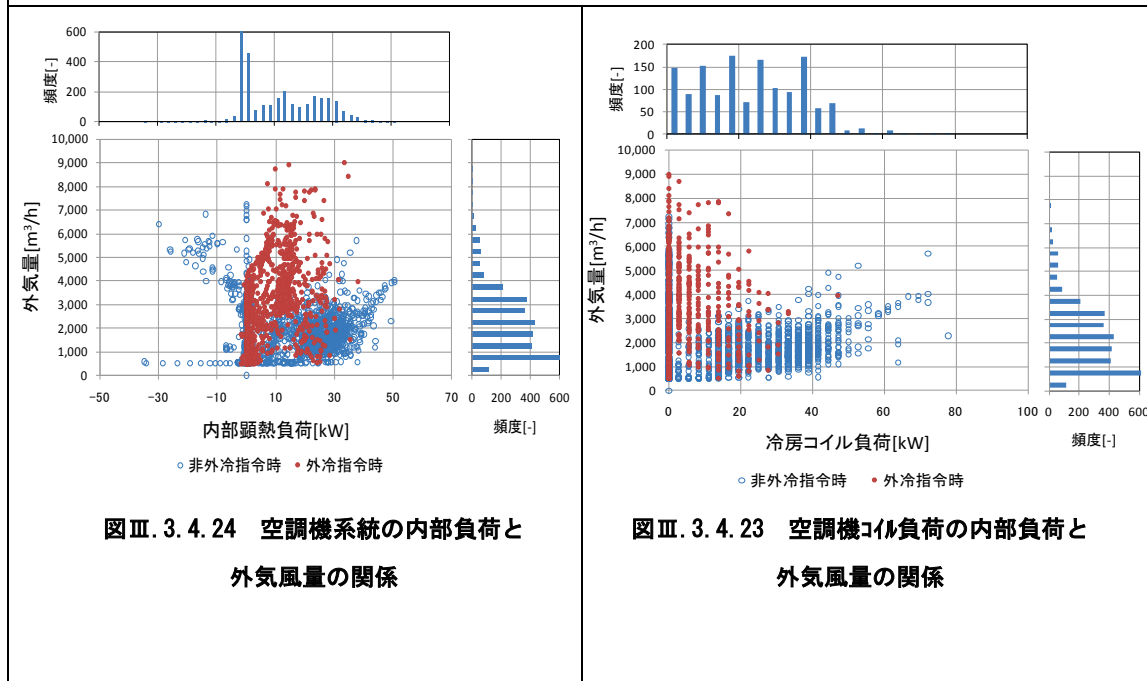


事務所 06 (外気冷房, 制御方式 FOA-OAC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御



図Ⅲ. 3. 4. 22 空調機の給気風量と外気風量の関係



図Ⅲ. 3. 4. 24 空調機システムの内部負荷と外気風量の関係

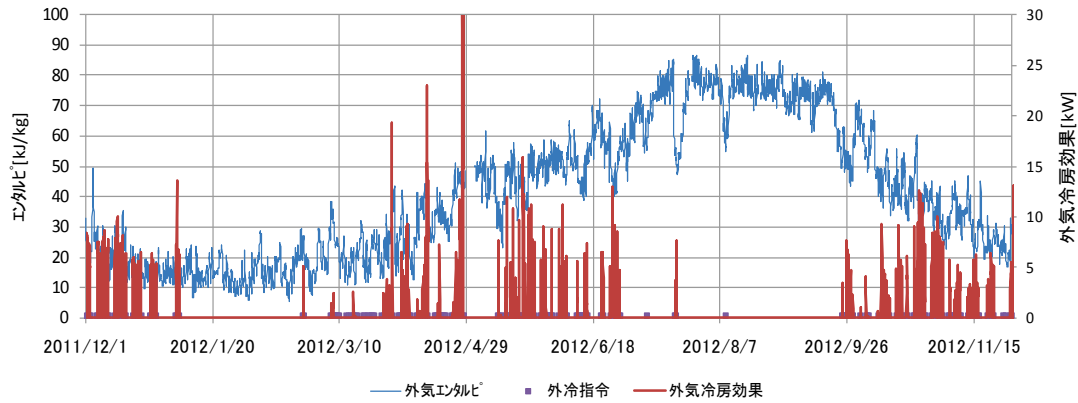
図Ⅲ. 3. 4. 23 空調機コイル負荷の内部負荷と外気風量の関係

事務所 06 (外気冷房, 制御方式 FOA-0AC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

< 熱量分析 >

外気冷房の導入効果を試算した結果, ほぼ安定した冷房負荷の削減効果が得られた。外気温度と冷房負荷削減効果には, あまり相関が見られないが, 外気量と冷房負荷削減効果には, 正の相関が見られる。

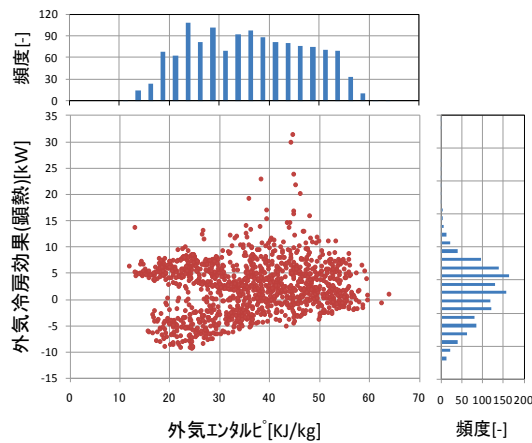


図Ⅲ. 3. 4. 25 外気温度と外気冷房効果

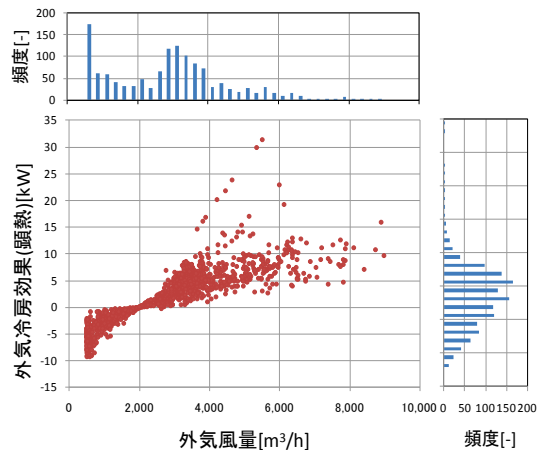
※外気冷房効果 (顕熱) の計算

非外冷指令時の運転データから, 通常の外気量を 2,000m³/h として, 外冷による外気風量増の冷房削減効果を算出する。

$$\text{外気冷房効果 (kW)} = (\text{還気温度} - \text{外気温度}) \times (\text{外気量} - 2000) \times 0.288 \times 4.186 / 3600$$



図Ⅲ. 3. 4. 26 外気エンタルピと外気冷房効果
(顕熱)の相関



図Ⅲ. 3. 4. 27 外気風量と外気冷房効果
(顕熱)の相関

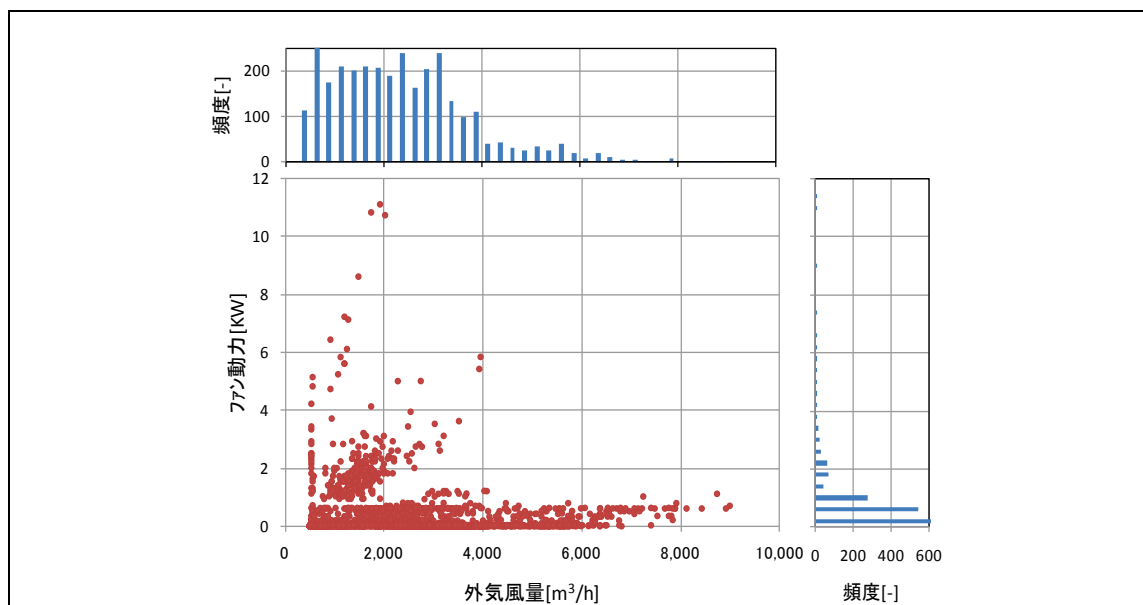
※図Ⅲ. 3. 4. 26 と図Ⅲ. 3. 4. 27 は外気冷房時のみ

※外気風量は常に 500m³/h 程度の値を出力している。通常の外気量を 2,000m³/h としたため, それ以下の外気量では外冷効果の値は負の値となる。

事務所 06 (外気冷房, 制御方式 FOA-0AC-05)

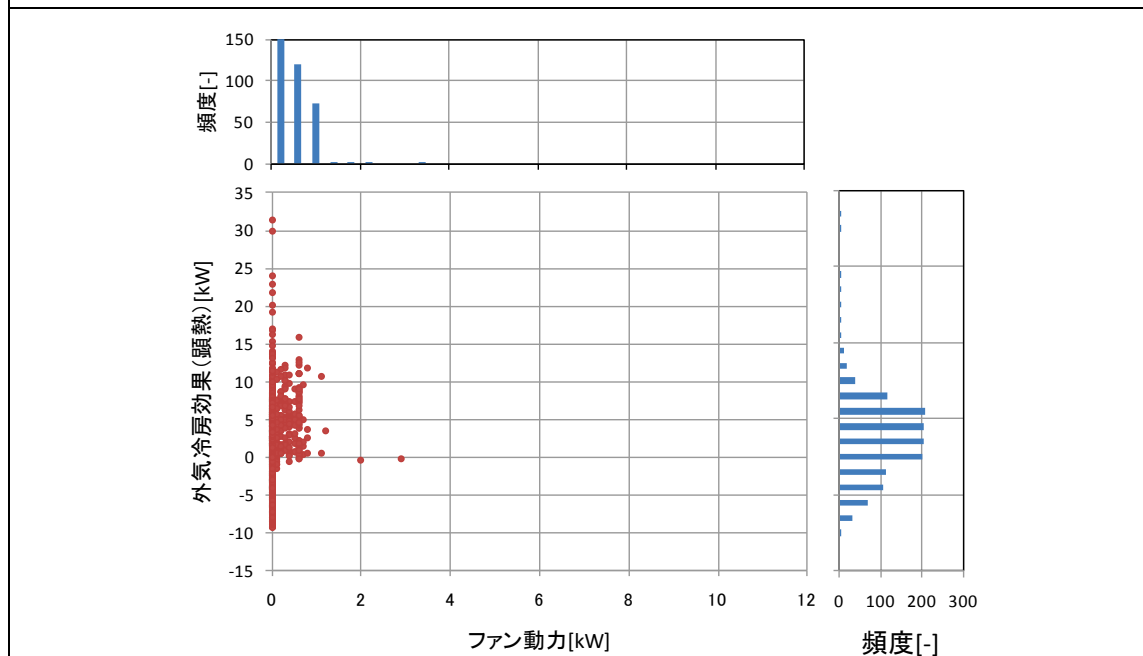
制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

<熱量分析>



図Ⅲ. 3. 4. 28 外気風量とファン動力の相関

※外気風量は常に 500m³/h 程度の値を出力している。

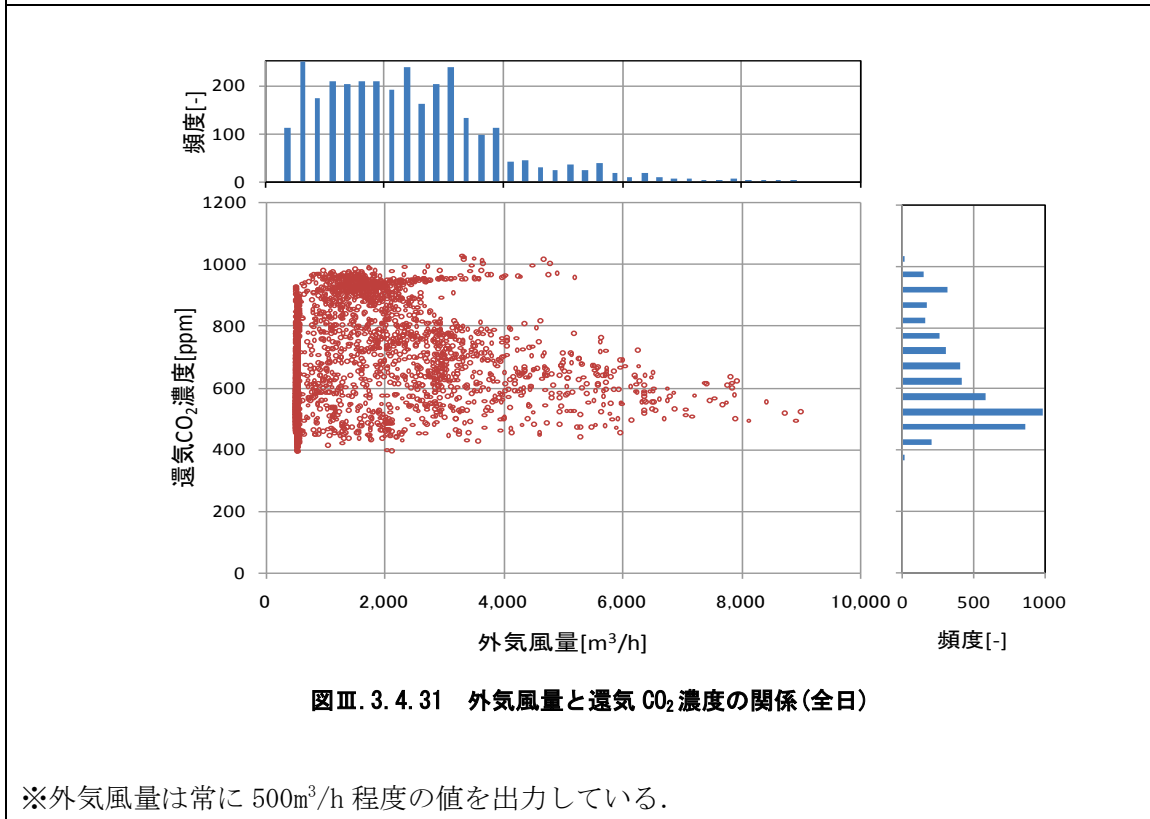
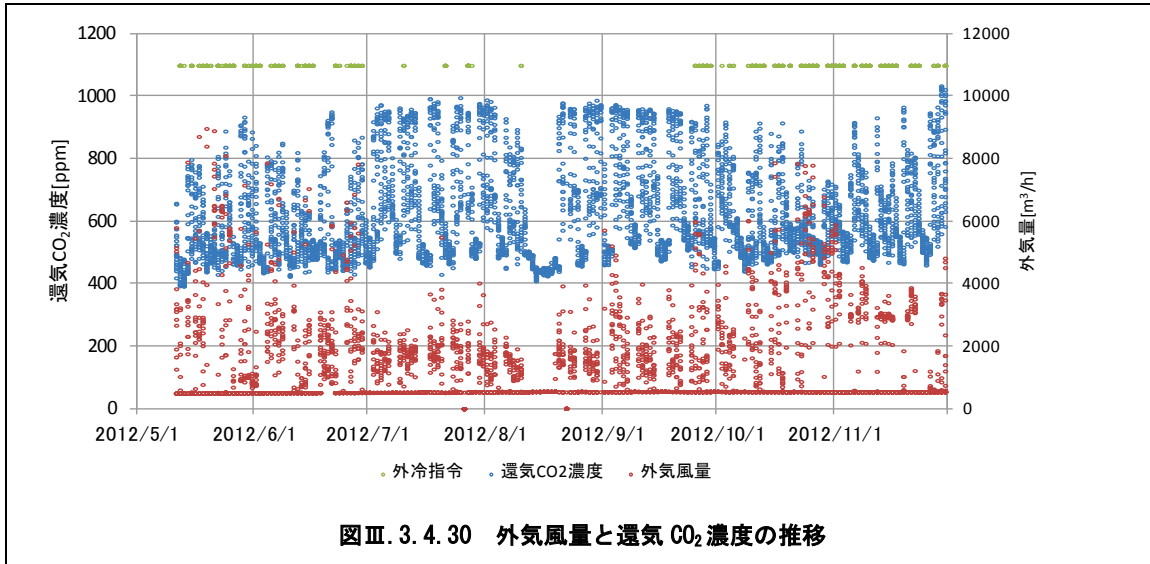


図Ⅲ. 3. 4. 29 ファン動力と外気冷房効果 (顕熱) の相関

※図Ⅲ. 3. 4. 29 は外気冷房時のみ

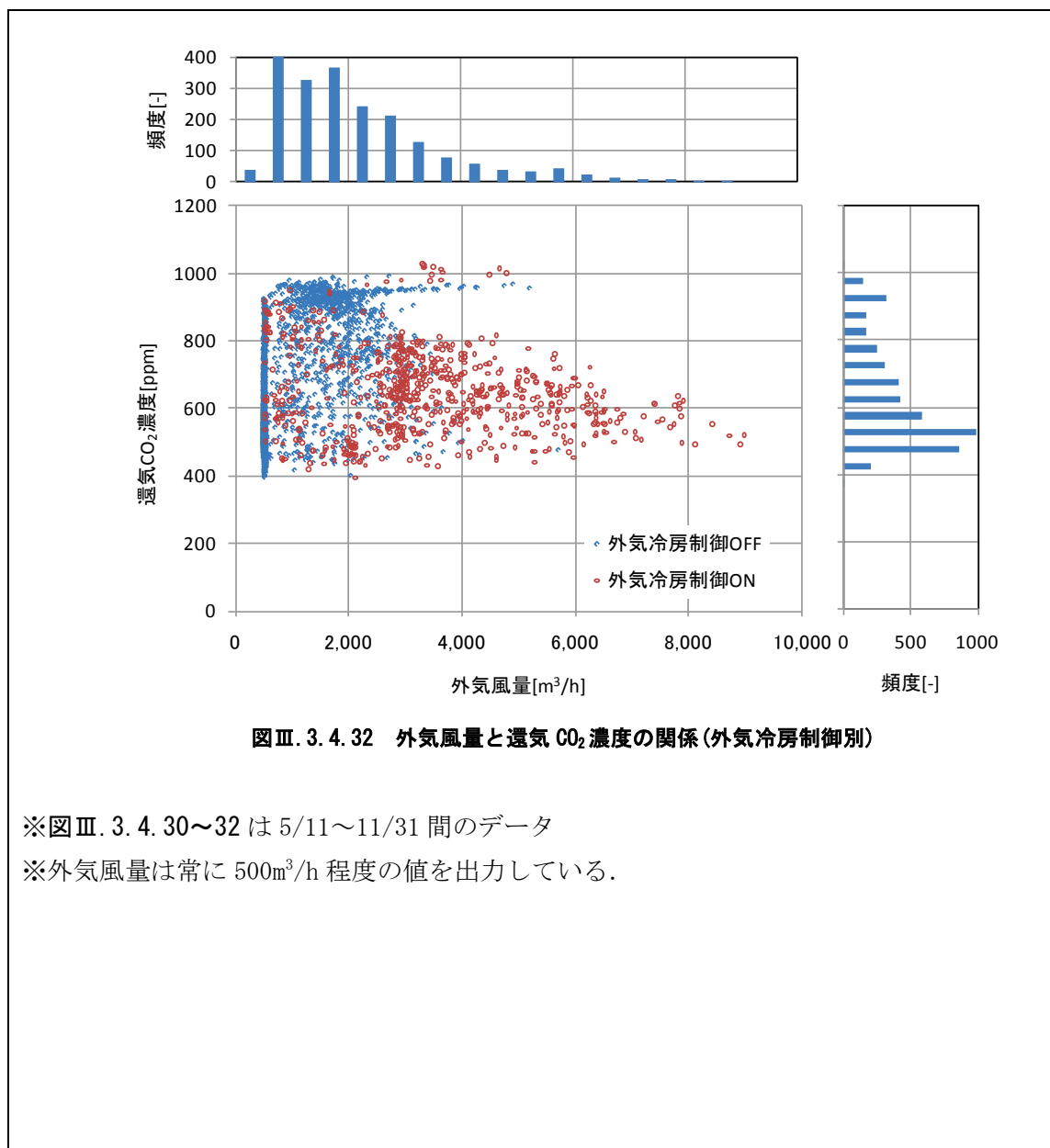
事務所 06 (外気冷房, 制御方式 FOA-0AC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御



事務所 06 (外気冷房, 制御方式 FOA-0AC-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御



図Ⅲ. 3. 4. 32 外気風量と還気 CO₂ 濃度の関係 (外気冷房制御別)

※図Ⅲ. 3. 4. 30~32 は 5/11~11/31 間のデータ

※外気風量は常に 500m³/h 程度の値を出力している.

事務所 06 (外気冷房, 制御方式 FOA-0AC-05)

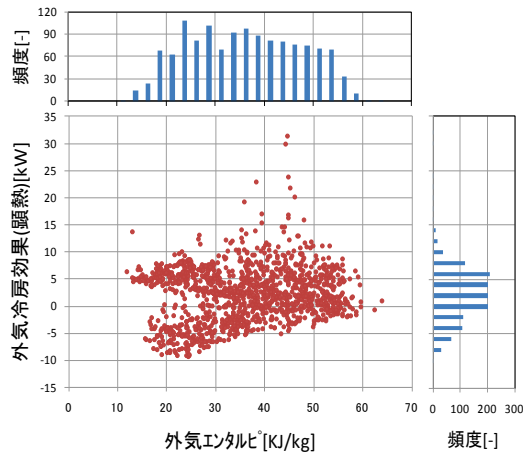
制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量	外気エンタルピ・還気エンタルピ	還気エンタルピ	MD 比例制御

<参考>

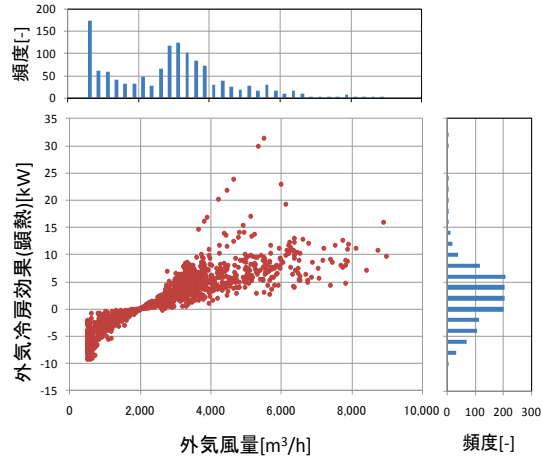
※外気冷房効果の計算を前述の顕熱からエンタルピ差にして再計算する.

非外冷指令時の運転データから, 通常の外気量を 2,000m³/h として, 外冷による外気風量増の冷房削減効果を算出する.

$$\text{外気冷房効果(kW)} = (\text{還気比エンタルピ} - \text{外気比エンタルピ}) \times (\text{外気量} - 2000) \times 1.2/3600$$



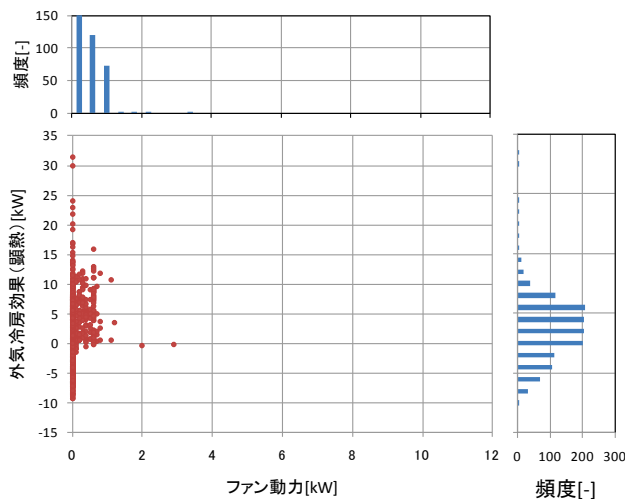
図Ⅲ. 3. 4. 33 外気エンタルピと
外気冷房効果の相関



図Ⅲ. 3. 4. 34 外気風量と外気冷房効果の相関

※外気風量は常に 500m³/h 程度の値を出力している.

通常の外気量を 2,000m³/h としたため, それ以下の外気量では外冷効果の値は負の値となる.



図Ⅲ. 3. 4. 35 ファン動力と外気冷房効果の相関

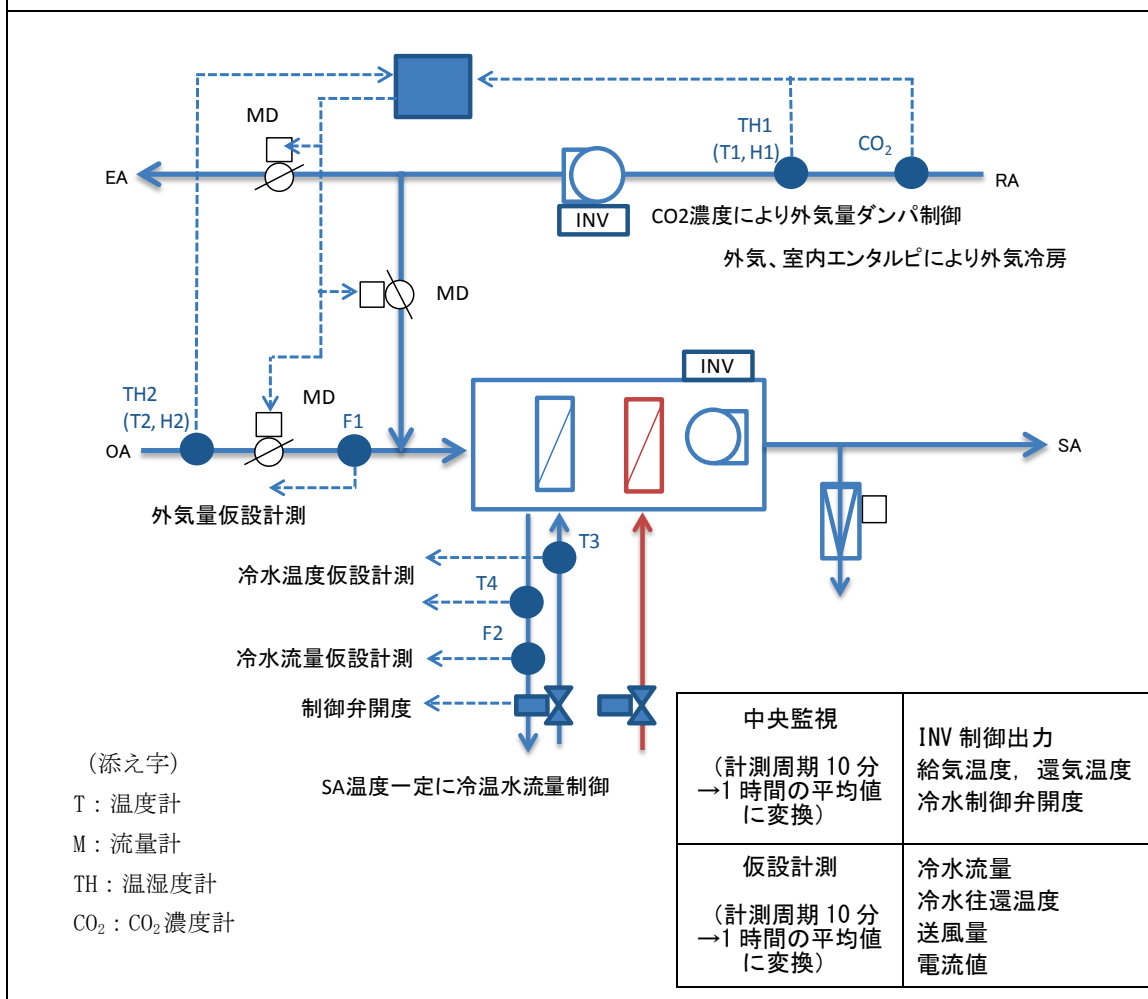
3.4.4. 事務所 08 (FOA-OAC-05) <再掲>

※本建築物に関しては、CO₂ 濃度制御と外気冷房制御を併せて分析したため本節で再掲。

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

建物名	事務所 08	地区	北海道	竣工	2003 年	改修	—	規模	108,000m ²
分類記号	FOA-OAL-03, FOA-OAC-05				検出部	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ			
制御目的	CO ₂ /外気冷房				制御目標	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ			
分析期間	2009 年 8 月 1 日～2009 年 11 月 30 日				動作	MD 比例制御/MD 比例制御			
制御対象	外気量/外気量				製造年月	2002 年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> ・ 給気温度一定制御 ・ VAV 要求風量により INV 周波数出力 ・ RA 湿度により加湿弁制御 ・ 室内温度により VAV 風量を制御 ・ 外気冷房制御 (エンタルピ) ・ CO₂ 濃度により外気量制御 				機器仕様	送風機 : 10,000m ³ /h × 392Pa × 7.5kW, 3.7kW 冷房能力 : 66.1kW 設計外気量 : 2,500m ³ /h			

システムフロー



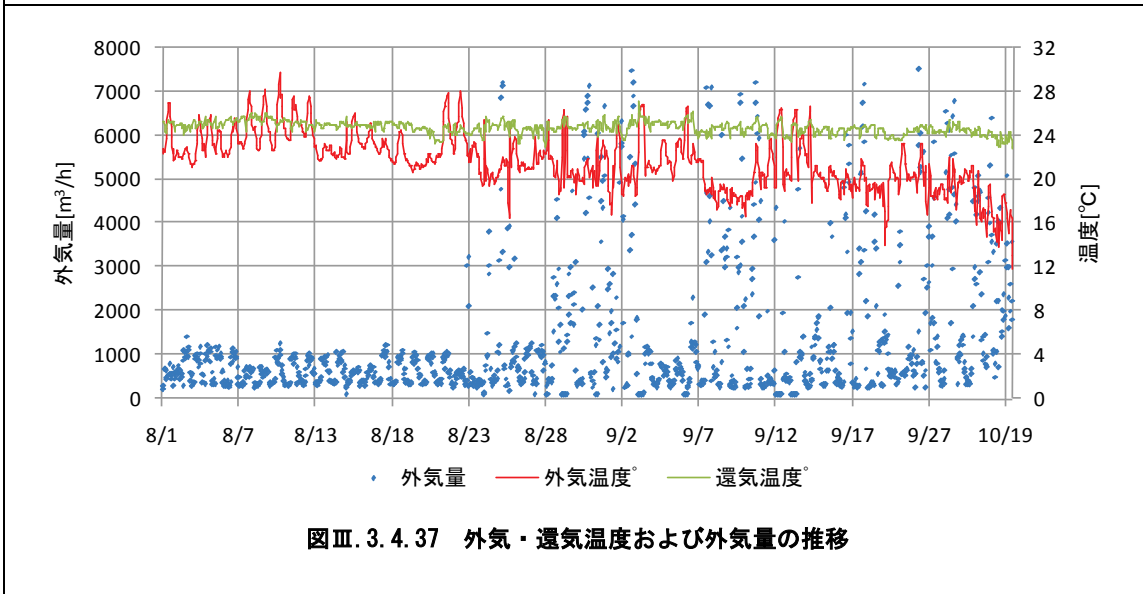
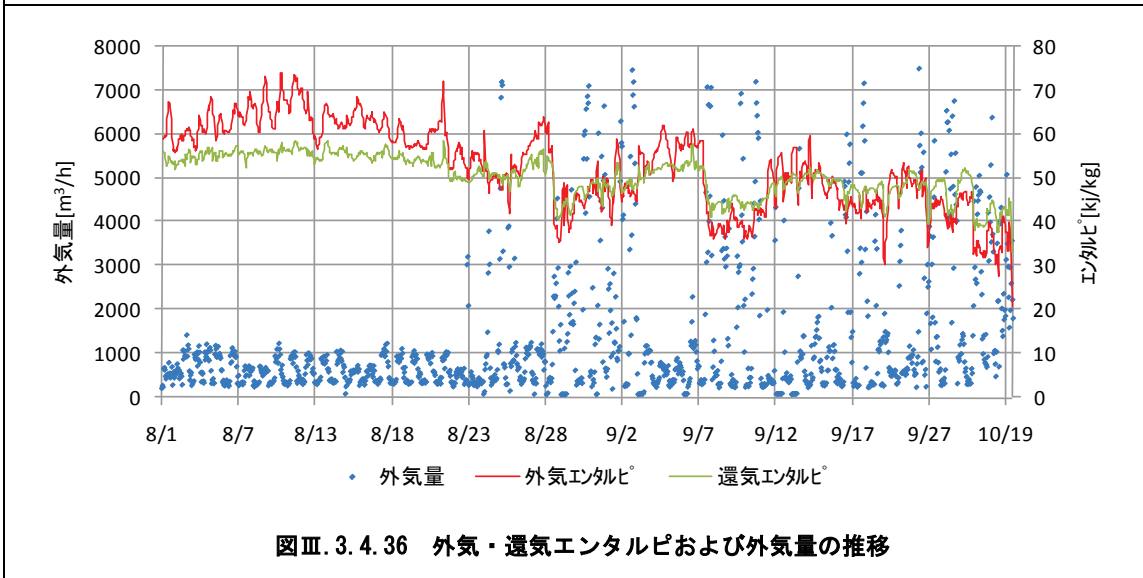
事務所 08(FOA-OAC-05) <再掲>

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

<動作確認データ>

外気エンタルピが還気エンタルピを下回る 8 月下旬より外気冷房となっている。なお、参考に示す温度でも同様の傾向が見られる(※還気温度は夏期 27~28℃, 冬期 22~23℃).
夏期~外気冷房前の外気導入量は 500~1,000m³/h であったが, 外気冷房時には 3,000~7,000m³/h の外気導入量であった.

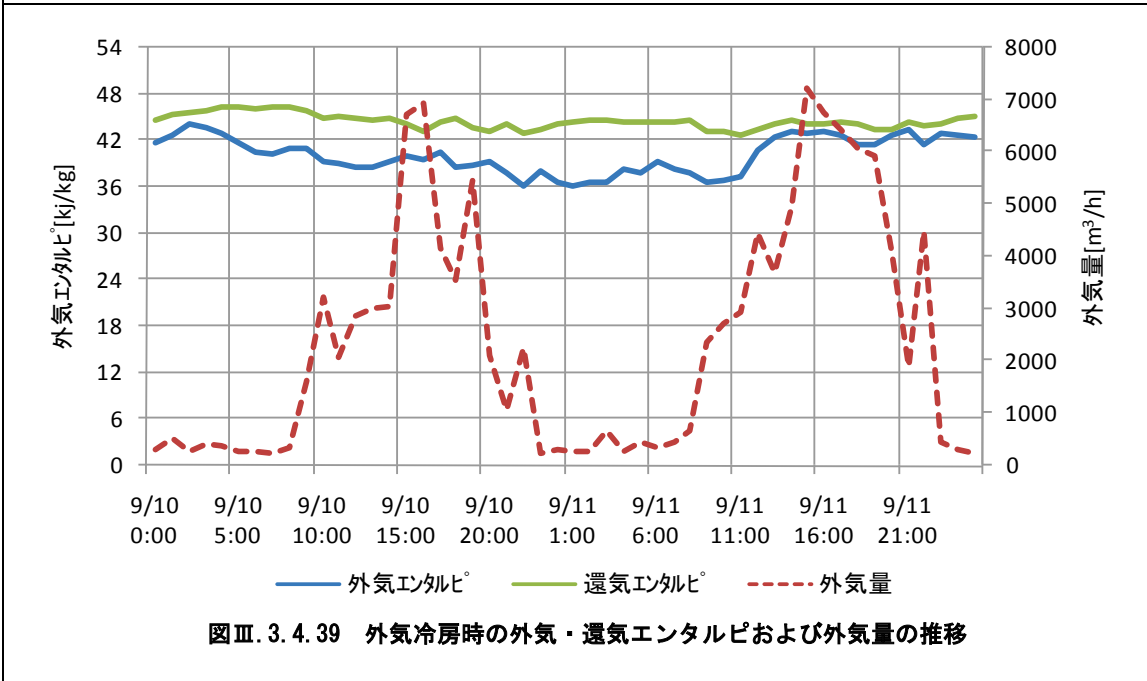
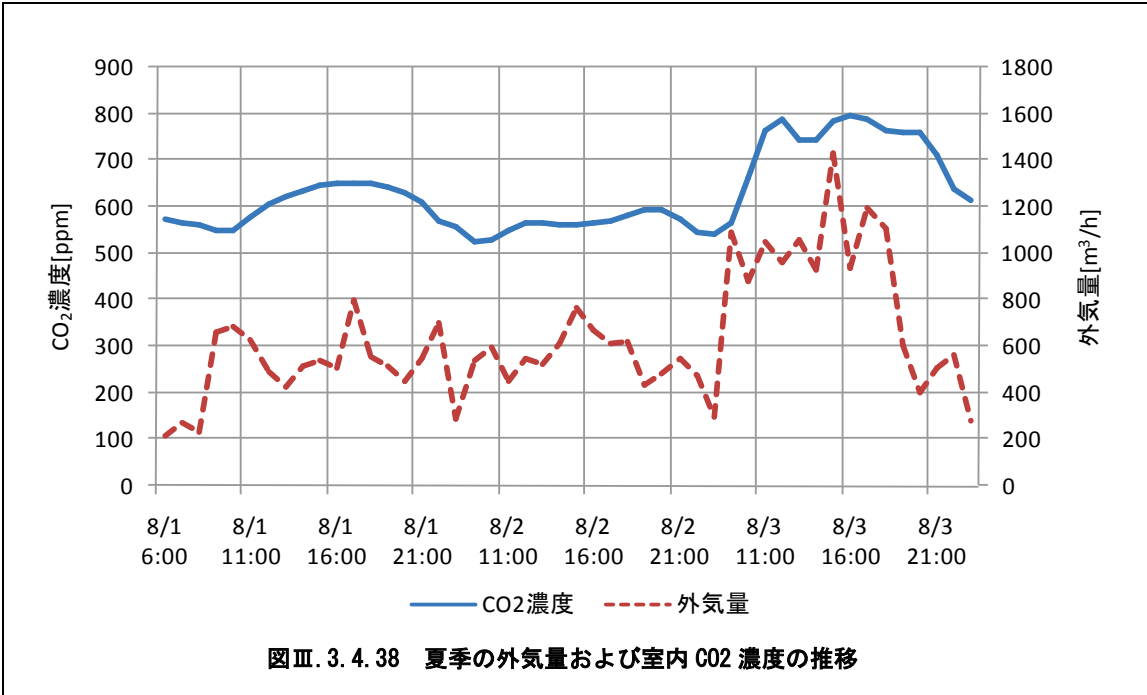
※非外冷指令時には CO₂ 濃度制御が行われている。



事務所 08(FOA-OAC-05) <再掲>

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

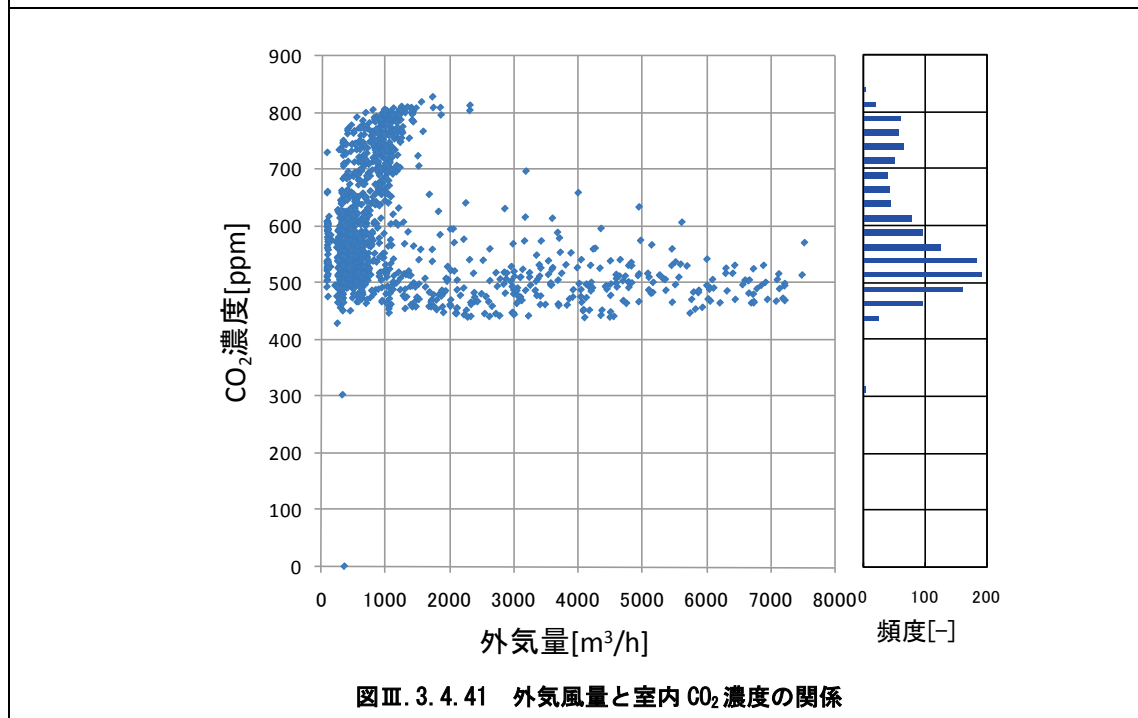
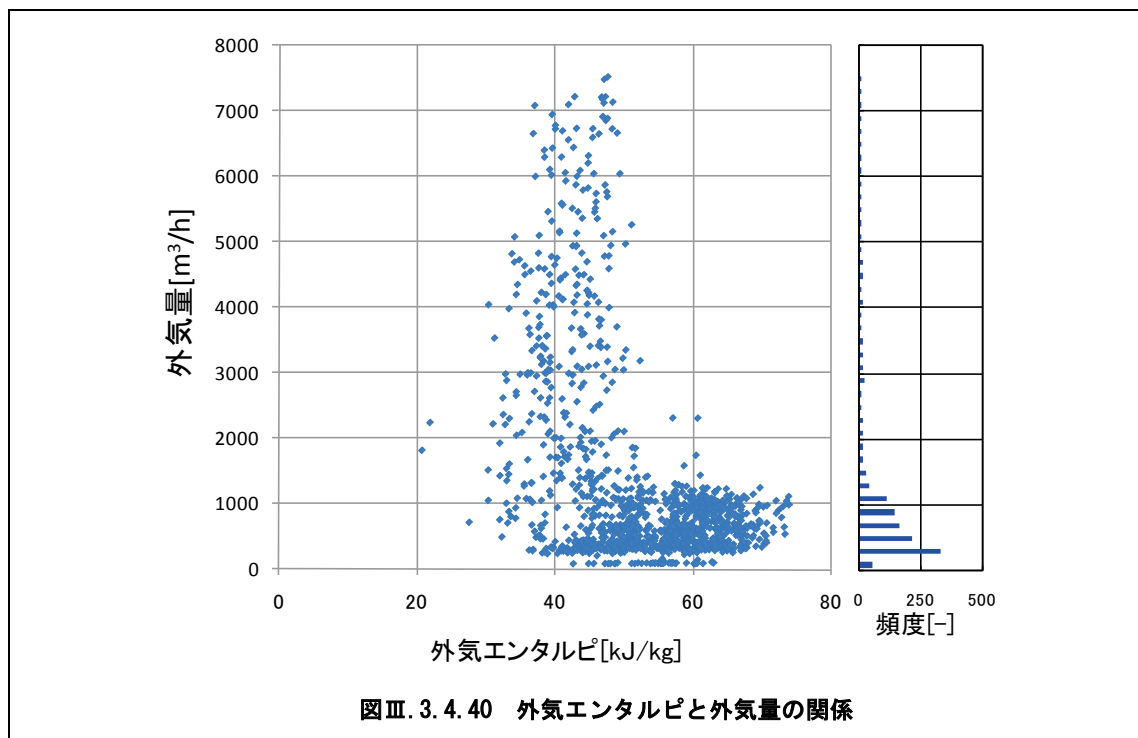
<動作確認データ>



事務所 08(FOA-OAC-05) <再掲>

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

<外気量分析>

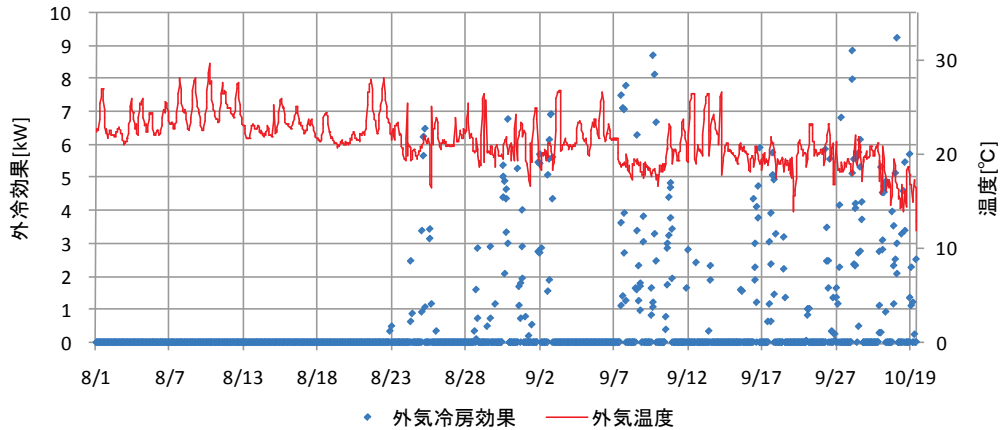


事務所 08(FOA-OAC-05) <再掲>

制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

<熱量分析>

外気冷房の導入効果と CO₂ 制御効果を試算した結果、ほぼ安定した冷房負荷の削減効果が得られた。外気冷房効果と CO₂ 削減効果は外気エンタルピ 50kJ/kg を境界としている。

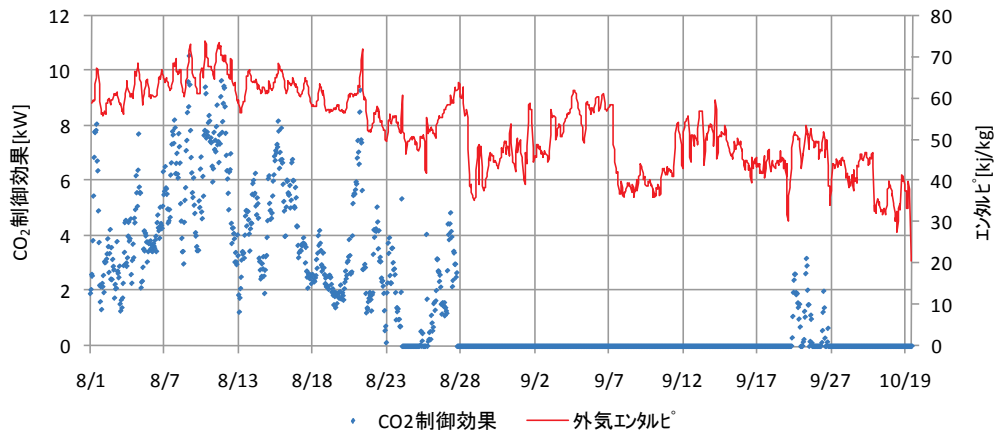


図Ⅲ.3.4.42 外気温度と外気冷房効果

※外気冷房効果の計算

通常の外気量を 2,500m³/h として、外冷による外気風量増の冷房削減効果を算出する。

$$\text{外気冷房効果(kW)} = (\text{還気温度} - \text{外気温度}) \times (\text{外気量} - 2000) \times 0.288 \times 4.186 / 3600$$



図Ⅲ.3.4.43 外気エンタルピと CO₂ 削減効果

※CO₂ 制御効果の計算

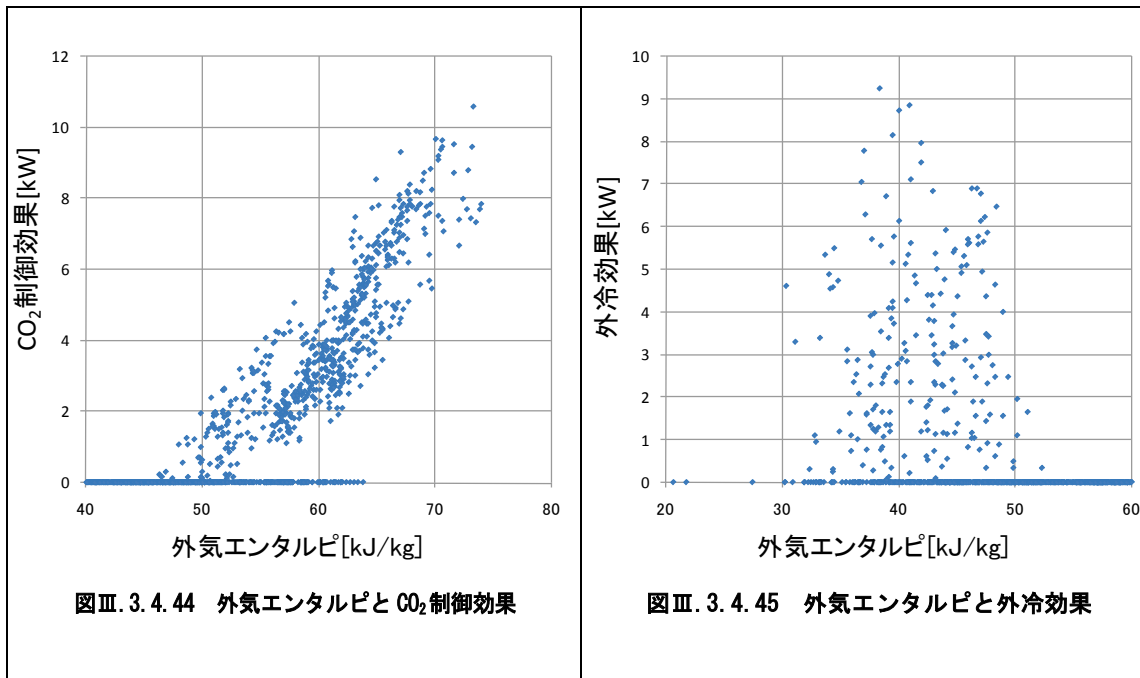
通常の外気量を 2,500m³/h として、CO₂ 制御による外気風量増の冷房削減効果を算出する。

$$\text{CO}_2 \text{ 制御効果(kW)} = (\text{外気エンタルピ} - \text{室内エンタルピ}) \times (2500 - \text{外気量}) \times 0.288 \times 4.186 / 3600$$

事務所 08 (FOA-OAC-05) <再掲>

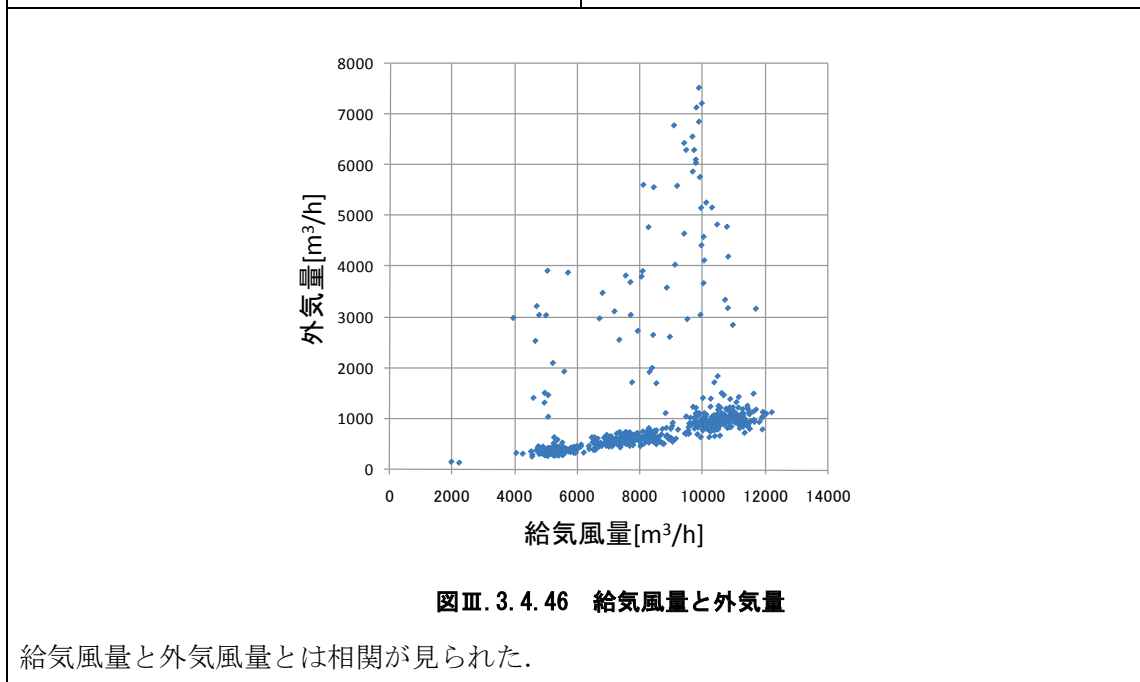
制御対象	検出部	制御目標	動作
外気量/外気量	室内 CO ₂ 濃度/外気・還気エンタルピ	CO ₂ 濃度/還気エンタルピ	MD 比例制御/MD 比例制御

<熱量分析>



図Ⅲ. 3. 4. 44 外気エンタルピと CO₂ 制御効果

図Ⅲ. 3. 4. 45 外気エンタルピと外冷効果



図Ⅲ. 3. 4. 46 給気風量と外気量

給気風量と外気風量とは相関が見られた。

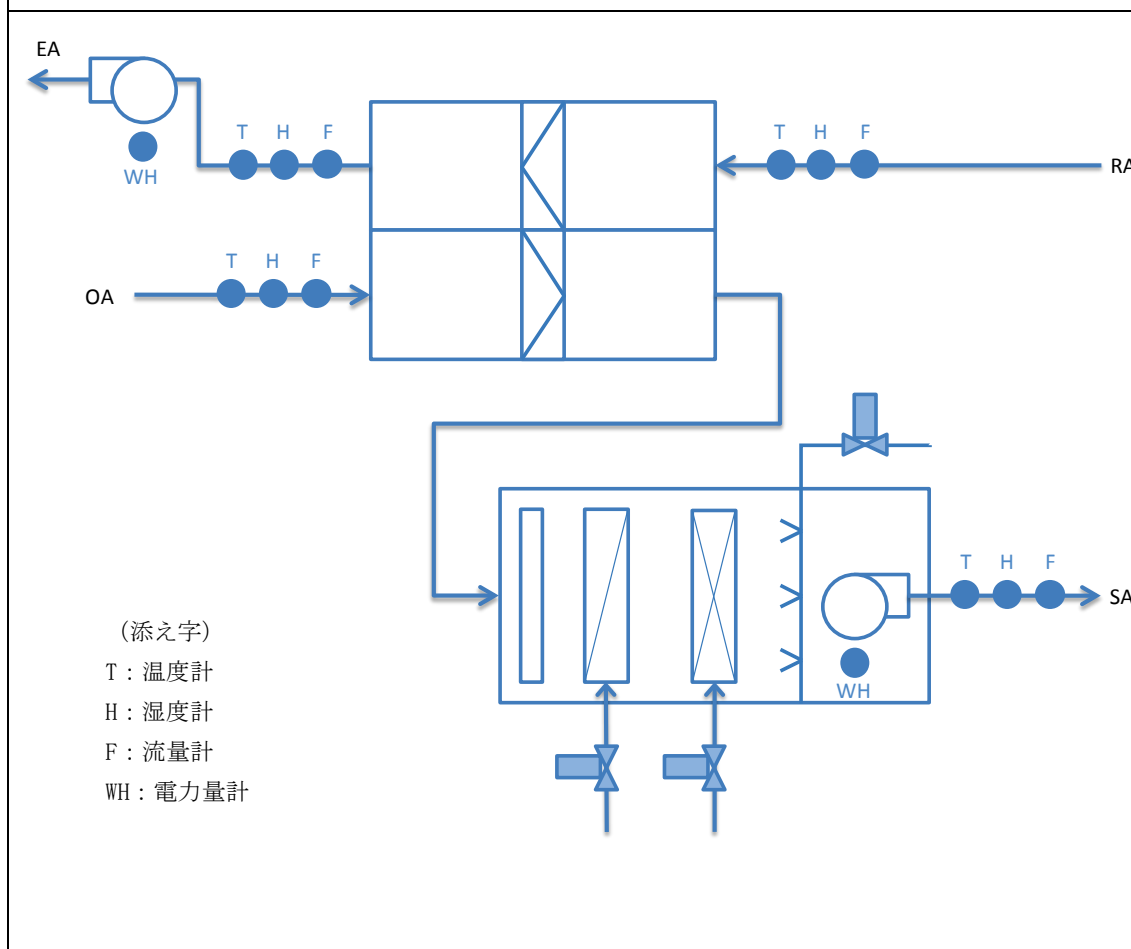
3.5. 熱交換換気制御

3.5.1. ホテル01（熱交換換気，制御方式 HEXT-HVE-02）

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気温度・還気温度	還気温度	回転 ON-OFF

建物名	ホテル01	地区	関東	竣工	2004年	改修	—	規模	59,300m ²
分類記号	HEXT-HVE-02				検出部	外気温度・還気温度			
制御目的	熱交換換気				制御目標	還気温度			
分析期間	2011年8月1日～2011年11月31日				動作	回転 ON-OFF			
制御対象	ロータ				製造年月				
制御内容	・ 外気-排気温度差により発停				機器仕様	回転式全熱交換器 外気量=5,400m ³ /h 排気量=4,680m ³ /h 交換効率=75%			

システムフロー



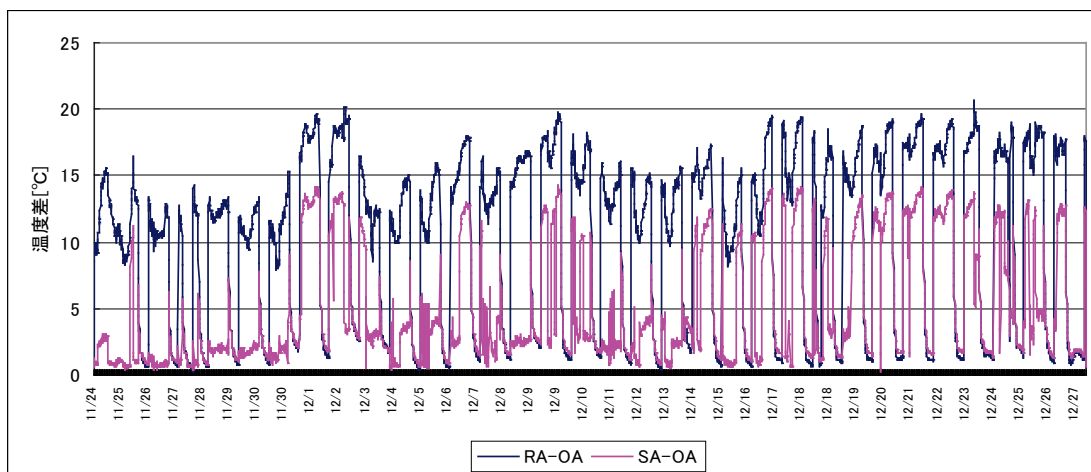
ホテル 01 (熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気温度・還気温度	還気温度	回転 ON-OFF

<動作確認データ>

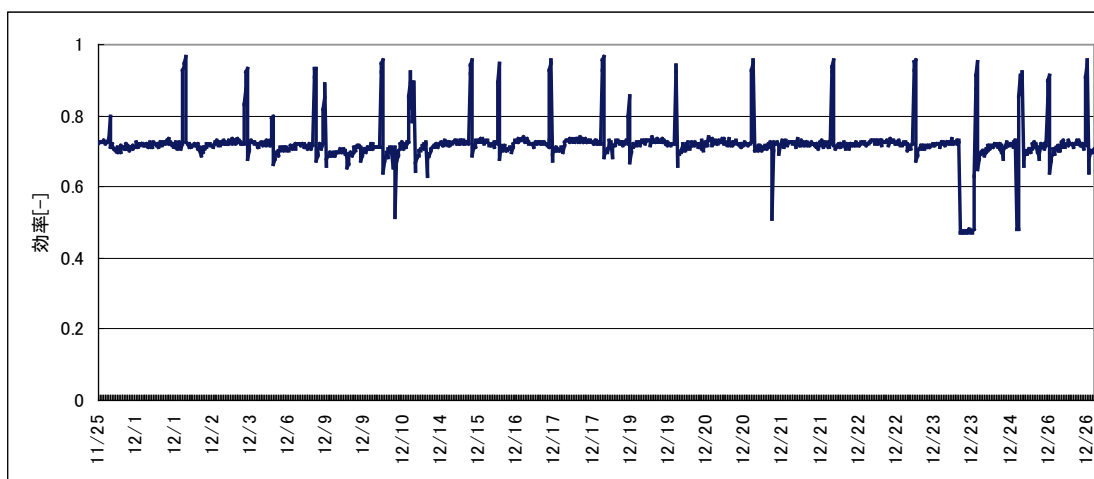
RA と OA の温度差が 8℃以上で熱交換を開始する。

OA 風量=12,000m³/h, RA 風量=10,000m³/h で固定。



図Ⅲ. 3. 5. 1 温度のトレンド(2011/11/24~12/24)

熱交換効率は期間中ほぼ 70%で一定。80%を超える計測値は切替時や立ち上げ時の異常値と思われる。



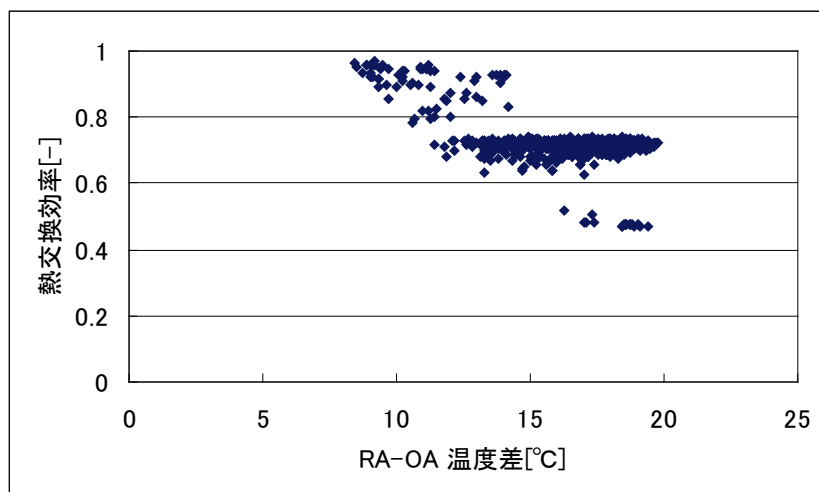
図Ⅲ. 3. 5. 2 効率のトレンド(2011/11/24~12/24)

ホテル 01 (熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気温度・還気温度	還気温度	回転 ON-OFF

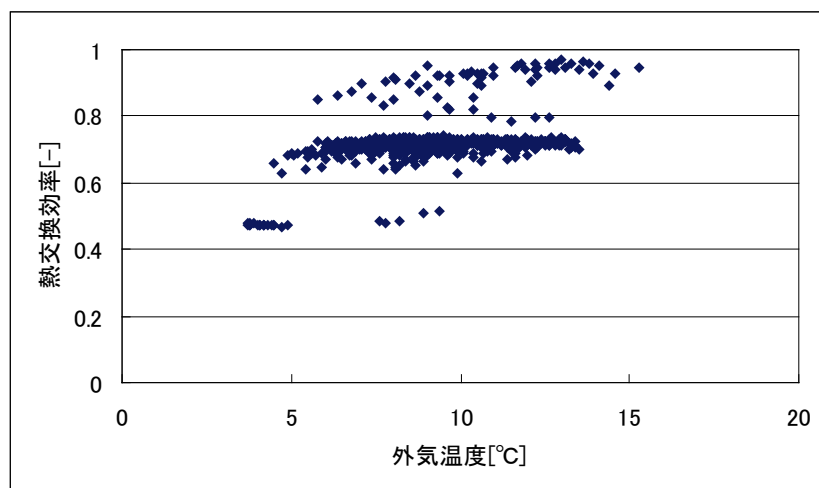
<温度と効率>

RA-OA の温度差による影響は見られない。80%を超える計測値は切替時や立ち上げ時の異常値と思われる。



図Ⅲ. 3. 5. 3 RA-OA 温度差と熱交換効率の関係

外気温度による効率への影響は見られない。



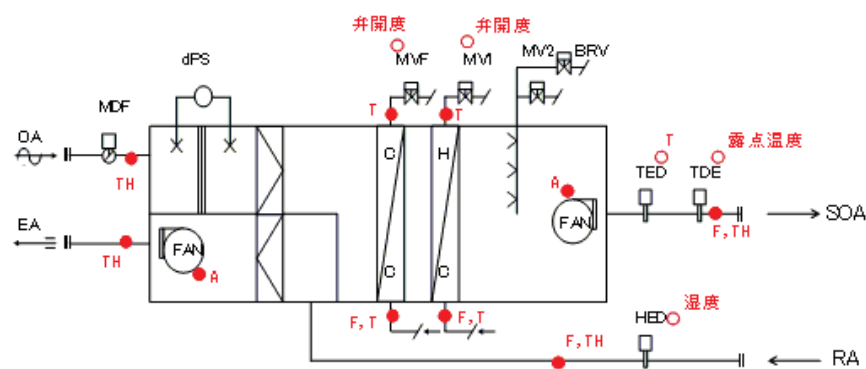
図Ⅲ. 3. 5. 4 外気温度と熱交換効率の関係

3.5.2. ホテル 02 (HEXT-HVE-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気エンタルピ, 還気エンタルピ	還気エンタルピ温度	回転 ON-OFF

建物名	ホテル 02	地区	東京	竣工	1989 年	改修	2006 年	規模	56,917 m ²
分類記号	HEXT-HVE-02				検出部	外気エンタルピ, 還気エンタルピ			
制御目的	還気温度				制御目標	還気温度			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～平成 24 年 9 月 30 日				動作	回転 ON-OFF			
制御対象	ロータ				製造年月	1988 年			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> ・制御期間中は 24 時間運転され, 内外温度差 (エンタルピ差) により熱交換される. ・客室系統の外調機として 24 時運転される. 				機器仕様	外気風量 SA ファン: 36,260CMHx490Pa (機外) 3φ x415Vx30kW, λ-Δ 起動, INV 付 RA ファン: 36,260CMHx470Pa (機外) 3φ x415Vx22kW, λ-Δ 起動, INV 付 冷却能力: 156.7kWx449L/min (5°Cdeg) 加熱能力: 119.0kWx341L/min (5°Cdeg) 全熱交換器回転式アルミロータ (THR-550A) 熱交換効率 73%			

システムフロー



<計測ポイント>
 ○: 中央監視データ
 ⊙: 現地計測 (センサー部は既設利用)
 ●: 現地計測 (仮設センサー設置)
 ▲: 演算

<凡例>
 F: 流量, 風量
 q: 熱量
 T: 温度
 TH: 温湿度
 P: 差圧
 A: 電流値

空調機停止時, ロータ停止時は給気風量をゼロとする.

計測は, 2012年7月より開始したが, センサ不具合のため, データを精査し, 8月29日～9月30日頃までは正常値と判断しデータをまとめた.

(1) データの収集時間間隔

- ・現地計測データ: 1分間隔, 瞬時値
- ・中央監視データ: 同上

(2) データ処理: 1分間隔瞬時値→10分平均に処理

(3) 解析利用データのフィルタリング項目

- ・機器の起動・停止時のデータを排除

ホテル 02 (HEXT-HVE-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気エンタルピ, 還気エンタルピ	還気エンタルピ温度	回転 ON-OFF

風量及びエンタルピの算出

風量はダクト内風速を測定し、各エンタルピは空気温度・相対湿度を測定し、算出した。

排気風量（還気風量）：現地測定

外気風量（給気風量）：現地測定

還気エンタルピ：現地測定（空気温度、相対湿度）より算出

排気エンタルピ：現地測定（空気温度、相対湿度）より算出

外気エンタルピ：現地測定（空気温度、相対湿度）より算出

給気エンタルピ（ロータ出口）

：現地測定点が冷水コイル出口のため、冷水コイル処理熱量を差し引き、ロータ出口エンタルピを算出

ホテル 02 (HEXT-HVE-02)

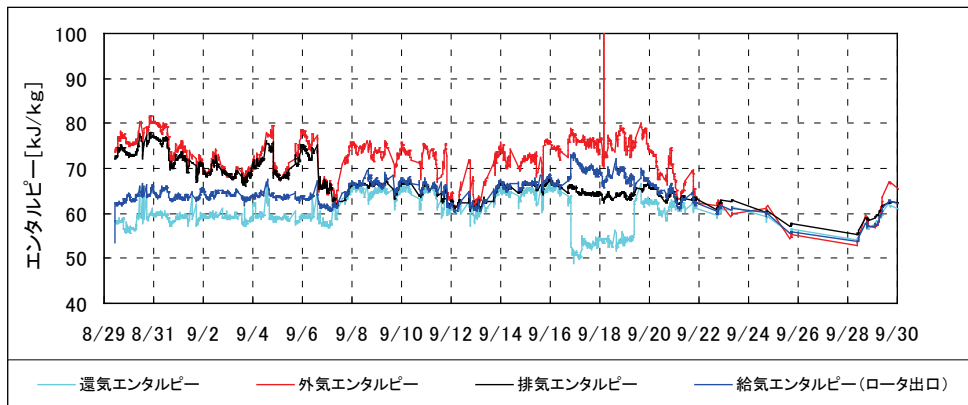
制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気エンタルピー, 還気エンタルピー	還気エンタルピー温度	回転 ON-OFF

<動作確認データ>

各測定点でのエンタルピーの変化

計測した空気温度と相対湿度から算出した各エンタルピーの変化を示す。

外気エンタルピーと給気エンタルピー（又は外気エンタルピーと還気エンタルピー）に差は付いている状況や還気エンタルピーが外気エンタルピーより大きくなり逆転している状況も見られる。



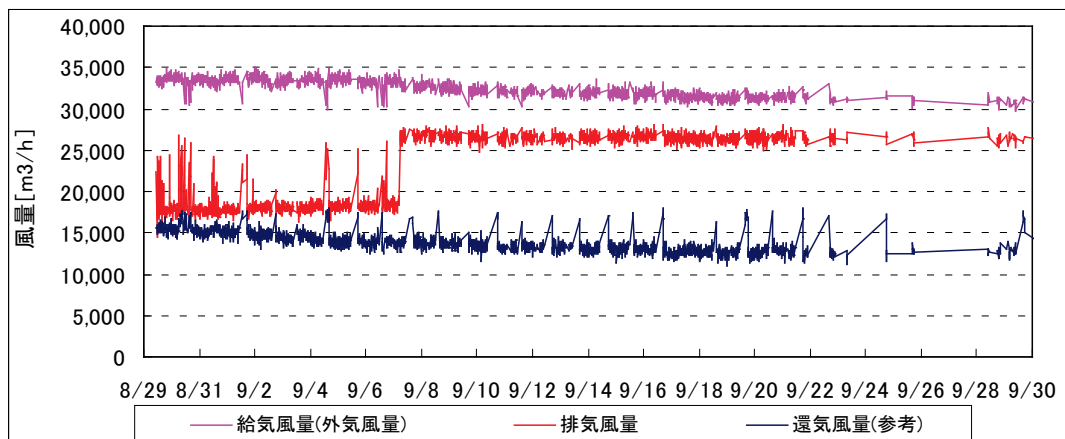
図Ⅲ. 3. 5. 5 各測定点でのエンタルピーの変化

<各系統での風量の変化>

ロータ前後の各風量（風速測定）の変化を示す。給気風量，還気風量はほぼ一定の値で計測されているものの，排気風量は9/7を境に増加して，一定の風量を示している。

本来は，排気風量（ロータ出口側）と還気風量（空調機還気側）で測定する風量は同じはずであるが，9/7を境にして排気側風量が増加している。

8/29～9/7までは，還気風量と排気風量はほぼ同程度の風量を示している。



図Ⅲ. 3. 5. 6 各系統測定点での風量の変化

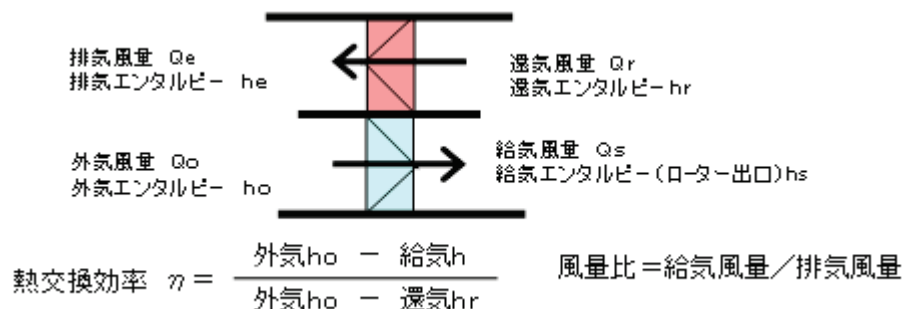
ホテル 02 (HEXT-HVE-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気エンタルピー, 還気エンタルピー	還気エンタルピー温度	回転 ON-OFF

<熱交換効率の算出>

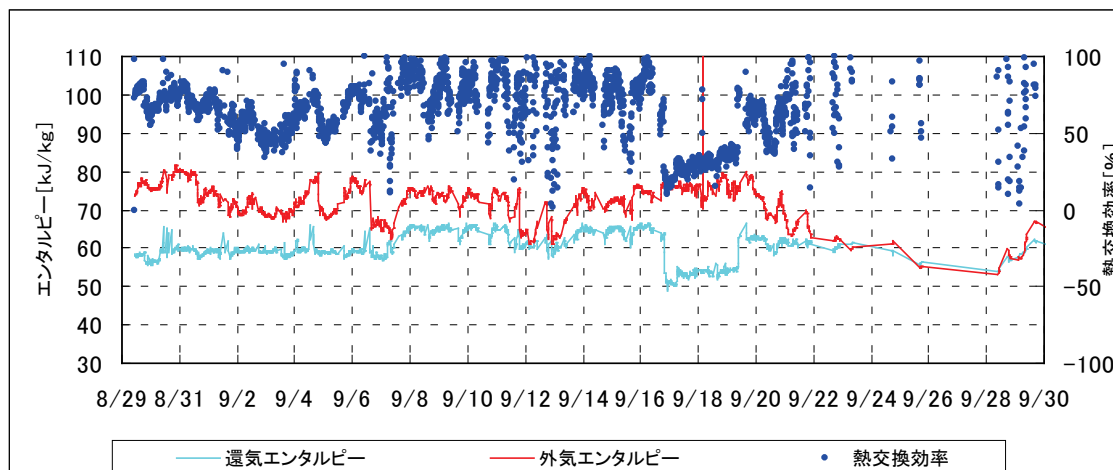
交換効率の算出

算出式は以下の通りとする.



熱交換効率の変化

熱交換効率 1.0 を超えるものは表示していない. 外気エンタルピーと還気エンタルピーの差が付いている状況では, 効率 0.75 前後で変化している. 差が小さくなると効率の変動も大きくなる. 9/23 以降では, 両者のエンタルピー差が無い状況で, 効率も 1.0 を超えるか負の値を示している.



図Ⅲ.3.5.7 熱交換効率の変化

ホテル 02 (HEXT-HVE-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気エンタルピ, 還気エンタルピ	還気エンタルピ温度	回転 ON-OFF

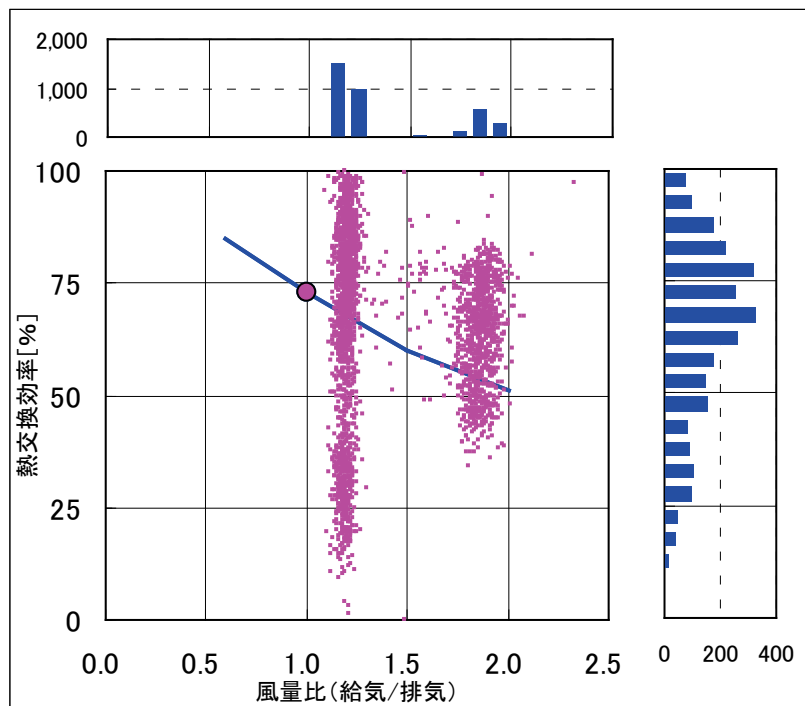
<熱交換効率の評価>

当初の設計条件では、風量比(給気風量/排気風量) =1.0, 熱交換効率 $\eta = 0.73$ である。○印が設計条件での風量比と熱交換効率である。曲線は給気風量 3200m³/h 時の性能を示す(メーカーカタログより引用)

図Ⅲ.3.5.8 に示した通り、計測した排気風量が途中で変化し、風量比 1.2 近傍と 1.8 近傍に分散している。

熱交換効率はロータの前後のエンタルピを用いて算出されるため、風量測定の不具合の影響を受けないと考えれば、熱交換効率の頻度分布から、熱交換効率 75%前後が最多頻度を示しており、熱交換性能が出ていると考えられる。

従って、風量比は 1.2 前後であると推測する。また、図Ⅲ.3.5.8 で一定の計測値を示している還気風量を風量比に用いた場合、風量比は 2.5 程度となり、運用上、想定しにくい送風機の運転条件と考えられるため、採用できない。

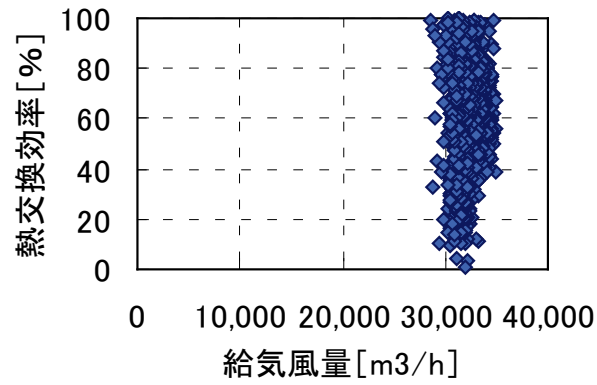


図Ⅲ.3.5.8 風量比と熱交換効率の関係

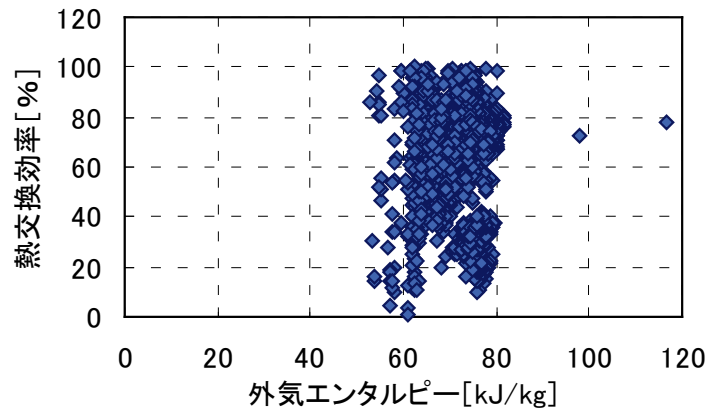
ホテル 02 (HEXT-HVE-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気エンタルピー, 還気エンタルピー	還気エンタルピー温度	回転 ON-OFF

< 熱交換効率の評価 >



図Ⅲ. 3. 5. 9 給気風量と熱交換効率の関係



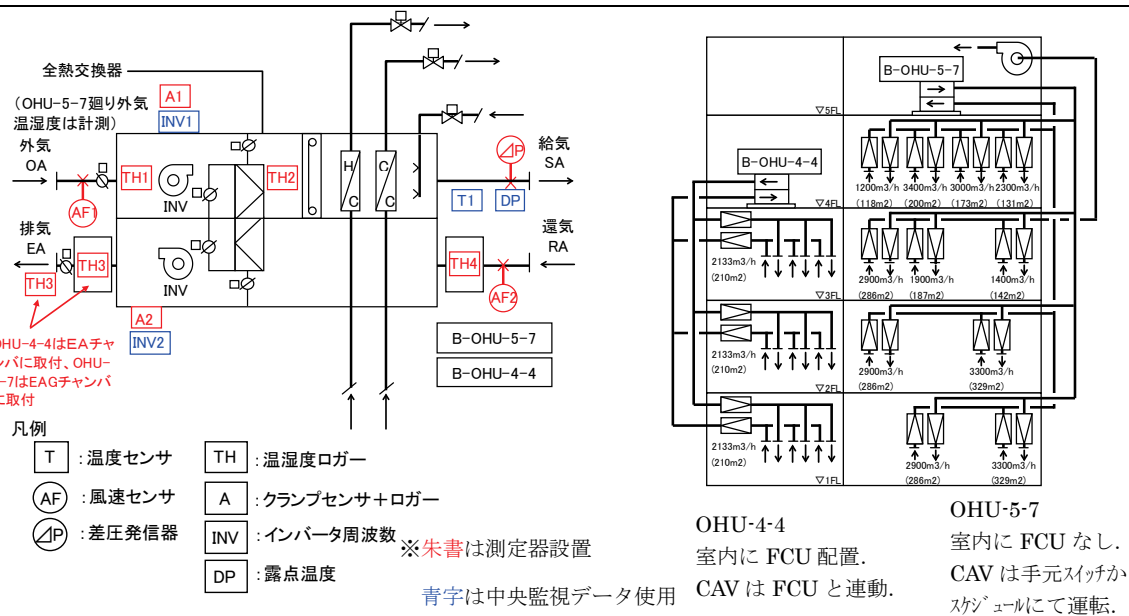
図Ⅲ. 3. 5. 10 外気エンタルピーと熱交換効率の関係

3.5.3. 物販店舗 03 (HEXT-HVE-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ハイパスタンプ	外気温度・還気温度	還気温度	ハイパスタンプ開閉

建物名	物販店舗 03	地区	北海道	竣工	2009 年	新築	—	規模	15,000m ²
分類記号	HEXT-HVE-05				検出部	外気温度・還気温度			
制御目的	熱交換器制御				制御目標	還気風量			
分析期間	平成 23 年 8 月～平成 24 年 1 月				動作	ハイパスタンプ開閉			
制御対象	ハイパスタンプ				製造年月				
制御内容	1) 給気風量制御 <ul style="list-style-type: none"> CAV 要求風量の合算値による送風ファン INV 制御 (給気, 排気個別) CAV 計測風量による INV 周波数補正制御 (±2%) 給気露点温度制御 凍結防止制御 2) 設定値 <ul style="list-style-type: none"> 吐出温度設定値 OHU-4-4 : 25.5℃, OHU-5-7 : 26℃ 吐出露点温度設定値 OHU-4-4 : 7.8℃CDP, OHU-5-7 : 8.3℃CDP 				機器仕様	OHU-4-4 SA ファン 6,400m ³ /h×1283Pa 3φ×200V×5.5kW, INV 起動 RA ファン 6,400 m ³ /h×879Pa 3φ×200V×3.7kW, INV 起動 全熱交換器 交換効率 72.1% (メーカー仕様) OHU-5-7 SA ファン 28,500 m ³ /h×1205Pa 3φ×200V×18.5kW, INV 起動 RA ファン 19,800 m ³ /h×729Pa 3φ×200V×7.5kW, INV 起動 全熱交換器 交換効率 61.2% (メーカー仕様)			

システムフロー



・計測間隔は 10 分周期
 ・計測期間中、バイパスダンプ制御はオペレータにより手動停止 (常に全熱交換器使用)
 JIS B 8628 (全熱交換器) において、有効換気量を給気量から漏えい量を差し引いた風量として定義している。これは、ファン配置によって、RA が SA にリークし見かけの全熱交換効率が上昇することを考慮しているためであると考えられる。ただし、今回の計測対象のファン配置では SA 側が正圧となり RA 側が負圧になるため、RA が SA にリークすることは考えにくいことから、SA の計測データを用いて全熱交換効率を算出している。

物販店舗 03(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
パイルスタック	外気温度・還気温度	還気温度	パイルスタック 開閉

<制御内容, 評価項目計算式, 計測概要>

1. 制御内容

(1) 給気温度制御

- ・吐出温度設定値 OHU-4-4 : 25.5℃, OHU-5-7 : 26℃と±偏差 (2℃) により, 冷房暖房の給気温度設定を行う.
- ・吐出露点温度設定値 OHU-4-4 : 7.8℃DP, OHU-5-7 : 8.3℃DP により加湿弁比例制御を行う.
- ・外調機停止中にケーシング内が 5℃以下になった場合, 温水弁を最小開度開き, 凍結防止制御を行う.

(2) 給気風量制御

- ・CAV 要求風量の合算値による送風ファン INV 制御 (給気, 排気個別)
- ・使用していない店舗内の CAV は全閉とするが, INV 下限値以下の制御範囲と判断した場合, 使用していない店舗の CAV を最小風量開度分開く.
- ・CAV 計測風量による INV 周波数補正制御 (±2%)

2. 評価項目計算式 ※添え字 (記号) はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) エンタルピ

エンタルピ : 全熱交換器前後の各温湿度ロガーより, 算出する. ただし, 外気 (OA) エンタルピ (TH1) は給気ファンの発熱影響を考慮し, 電流計 (A1) から電力を風速計 (AF1) から風量を算出し, 温度上昇を加味し補正を行った.

(2) 熱交換器効率

全熱交換器効率

$$= \{ \text{OA エンタルピ (TH1)} - \text{SA エンタルピ (TH2)} \} \div \{ \text{OA エンタルピ (TH1)} - \text{RA エンタルピ (TH4)} \}$$

(3) 風量

風量 [m3/h] = 風速 (AF1, AF2) × ダクト断面積

風量 [-] = 風速 (AF1, AF2) × ダクト断面積 ÷ 実測最大風量

(4) 風量比 (SA/RA)

風量比 = 風速 (AF1) × ダクト断面積 ÷ 風速 (AF2) × ダクト断面積

(5) エンタルピ差

エンタルピ差 = OA エンタルピ (TH1) - RA エンタルピ (TH4)

3. 計測概要

(1) データ収集時間間隔

- ・流量 : 10 分間隔
- ・温度 : 10 分間隔
- ・電力 : 10 分間隔

(2) データ処理

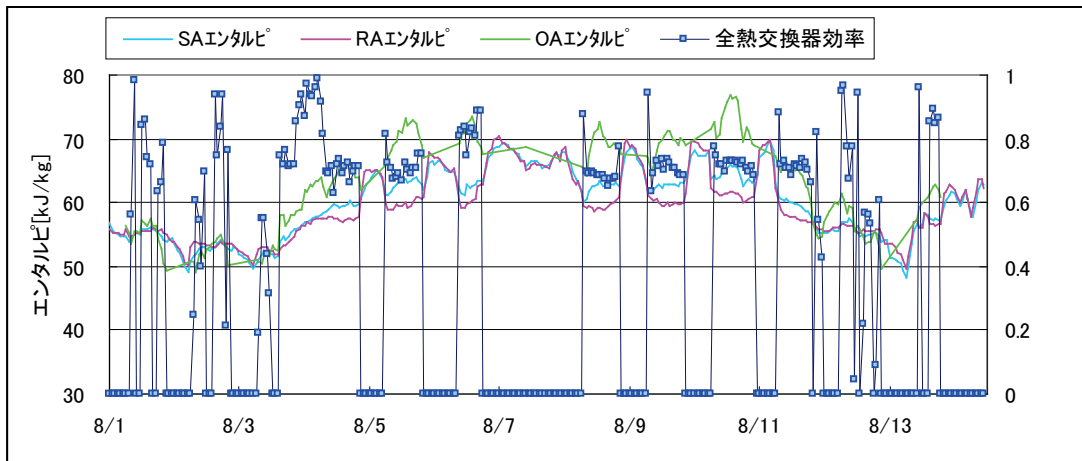
- ・10 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

物販店舗 03(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-05)

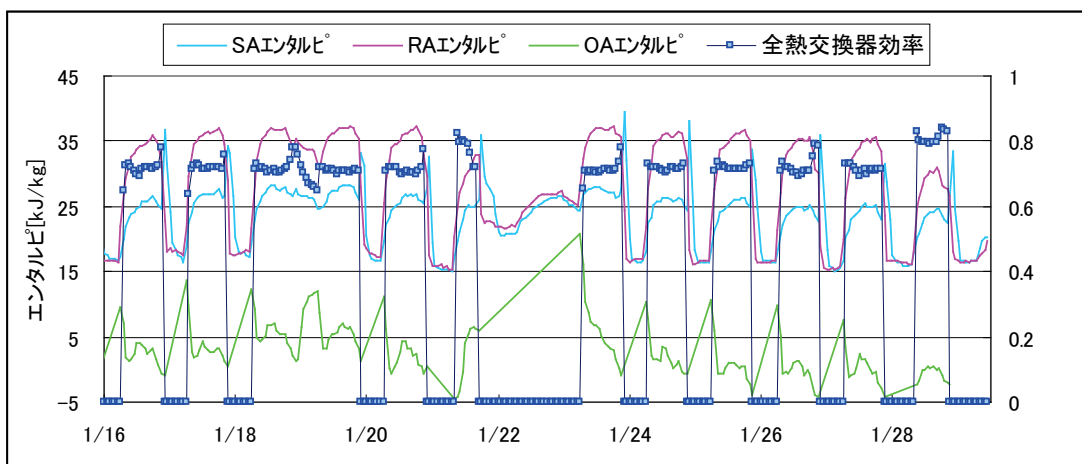
制御対象	検出部	制御目標	動作
バypass	外気温度・還気温度	還気温度	バypass 開閉

<OHU-4-4 トレンドデータ>

夏季 (2011年8月1日(月)～8月14日(日)) と
 冬季 (2012年1月16日(月)～1月29日(日)) のトレンドデータを示す。
 運動等によるタイムラグがあるため、起動直後1時間と停止直前1時間のデータを削除した。
 対象部分は3フロア。夏季全熱交換効率率は給気と還気のエンタルピー差が小さいために出る
 逆転現象やエラー値を削除したため、ON-OFFを繰り返して見える部分があるが、日中は
 連続運転をしている。



図Ⅲ.3.5.11 B-OHU-4-4 エンタルピー・全熱交換器効率トレンド (夏季)



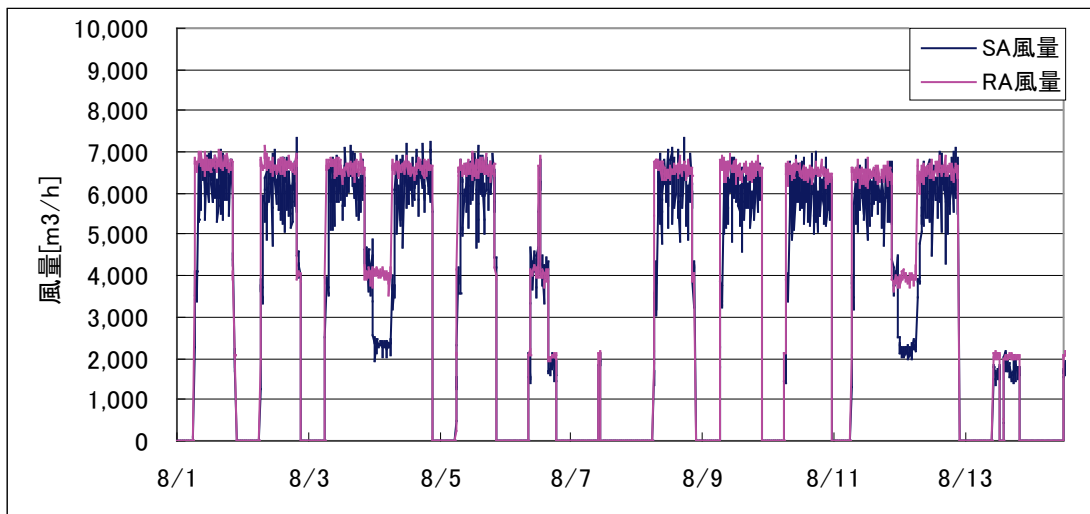
図Ⅲ.3.5.12 B-OHU-4-4 エンタルピー・全熱交換器効率トレンド (冬季)

物販店舗 03(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-05)

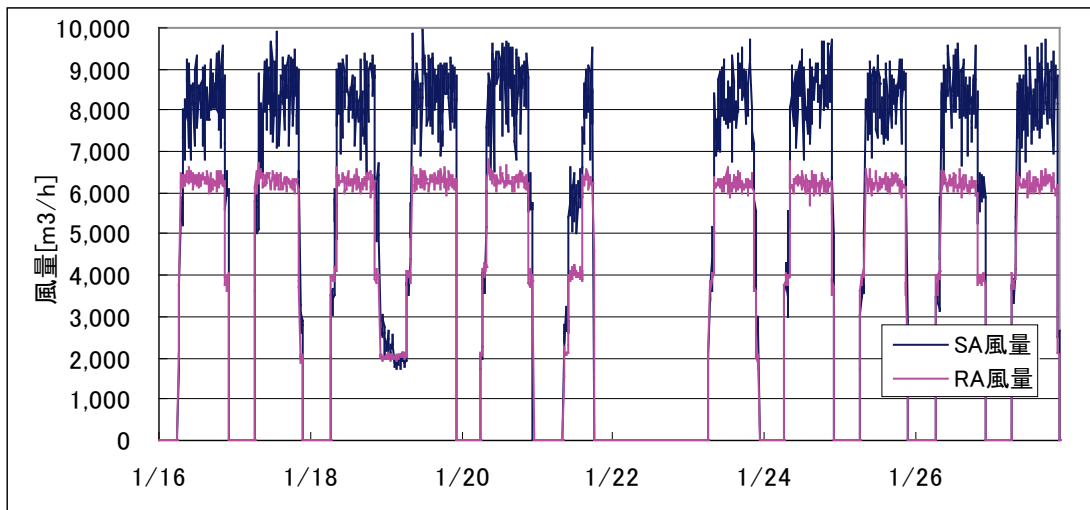
制御対象	検出部	制御目標	動作
バypass	外気温度・還気温度	還気温度	バypass 開閉

<OHU-4-4 トレンドデータ>

夏季 (2011年8月1日(月)～8月14日(日)) と
 冬季 (2012年1月16日(月)～1月29日(日)) の風量トレンドデータを示す。
 還気 RA の風量はほぼ一定だが、給気は冬季のほうが大きい。また、日単位での動きも還
 気 RA に比べると大きい。土日休みの店舗である。



図Ⅲ.3.5.13 B-OHU-4-4 風量トレンド (夏季)



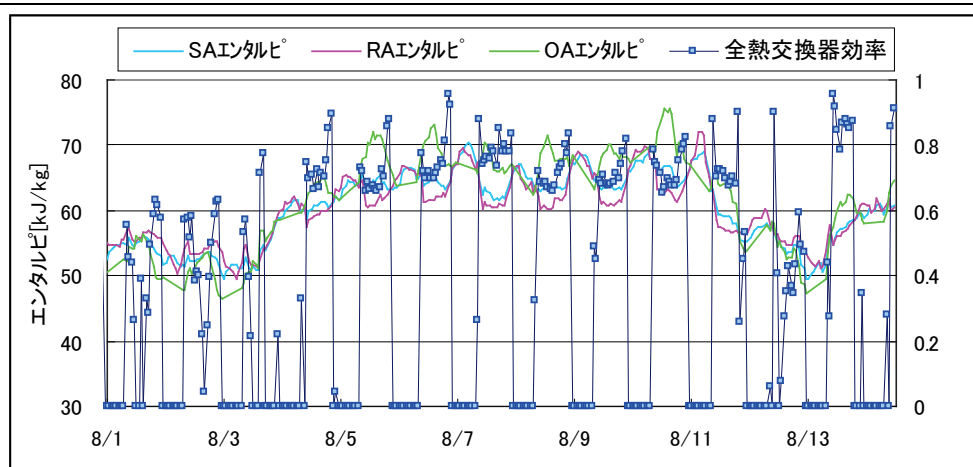
図Ⅲ.3.5.14 B-OHU-4-4 風量トレンド (冬季)

物販店舗 03(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-05)

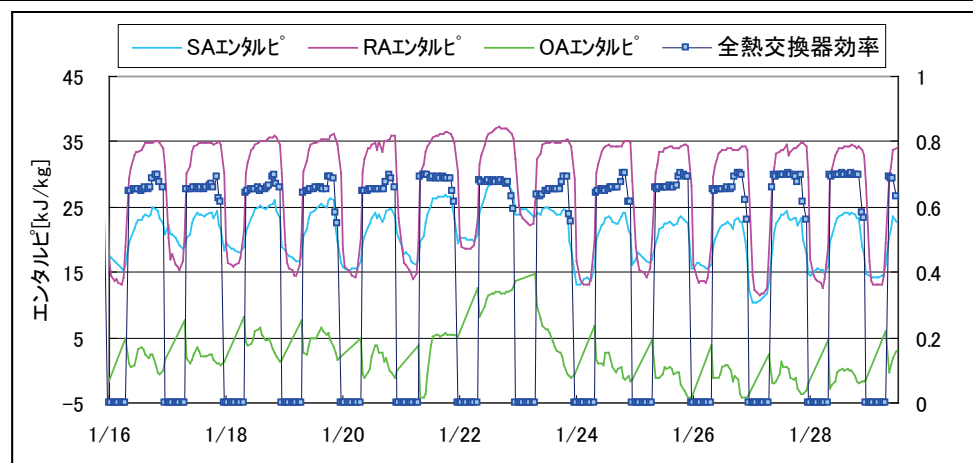
制御対象	検出部	制御目標	動作
バイパスバルブ	外気温度・還気温度	還気温度	バイパスバルブ 開閉

<OHU-5-7 トレンドデータ>

夏季 (2011年8月1日(月)～8月14日(日)) と
 冬季 (2012年1月16日(月)～1月29日(日)) のトレンドデータを示す。
 連動等によるタイムラグがあるため、起動直後1時間と停止直前1時間のデータを削除した。
 対象部分は4フロア。逆転現象やエラー値を削除したため、ON-OFFを繰り返して見える部分があるが、日中は連続運転をしている。



図Ⅲ.3.5.15 B-OHU-5-7 エンタルピー・全熱交換器効率トレンド (夏季)



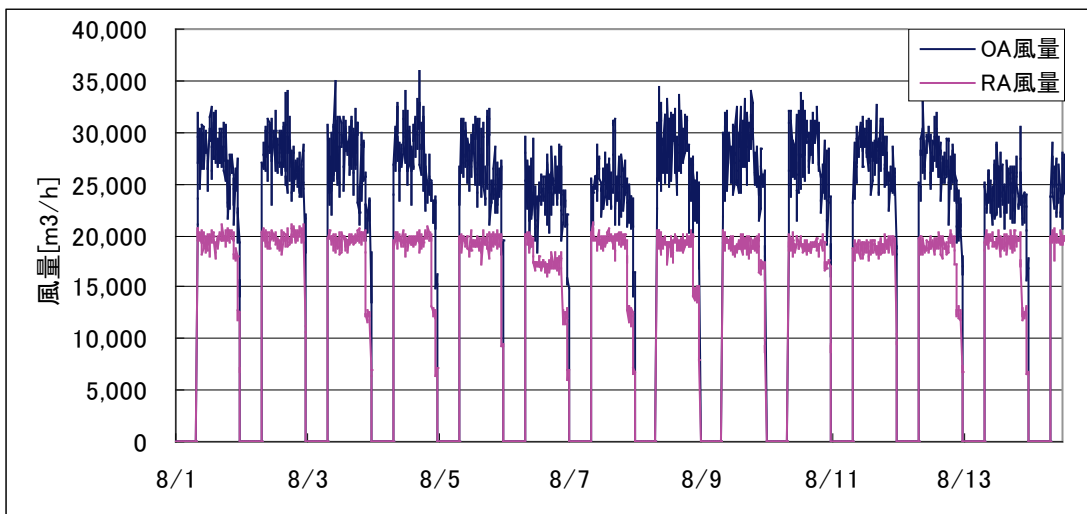
図Ⅲ.3.5.16 B-OHU-5-7 エンタルピー・全熱交換器効率トレンド (冬季)

物販店舗 03(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-05)

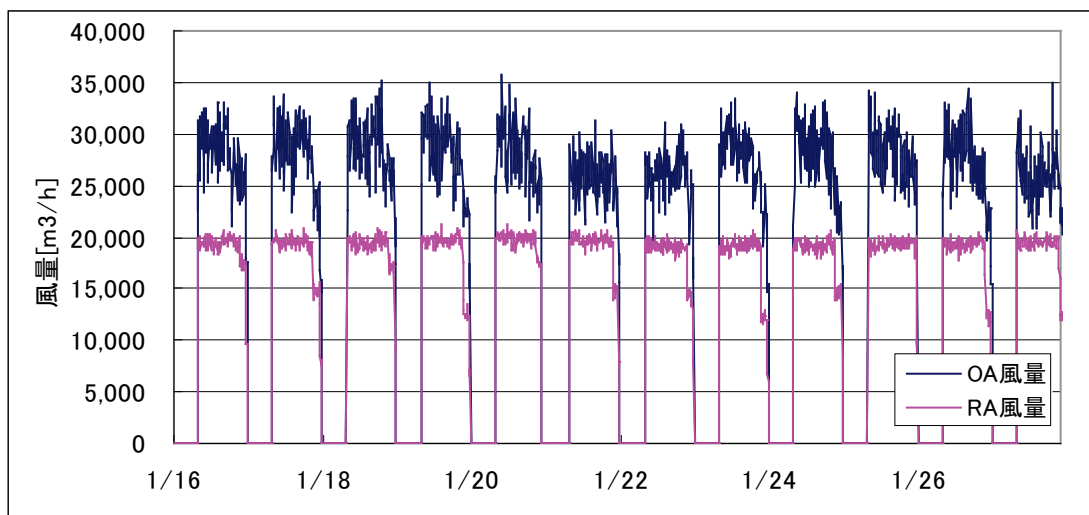
制御対象	検出部	制御目標	動作
バイパスダンパ	外気温度・還気温度	還気温度	バイパスダンパ 開閉

<OHU-5-7 トレンドデータ>

夏季 (2011年8月1日(月)～8月14日(日)) と
 冬季 (2012年1月16日(月)～1月29日(日)) のトレンドデータを示す。
 夏季, 冬季での顕著な差は見られないが, 還気 RA に比べ, 給気 SA は日単位での変動が大きい。



図Ⅲ.3.5.17 B-OHU-5-7 エンタルピ・全熱交換器効率トレンド (夏季)



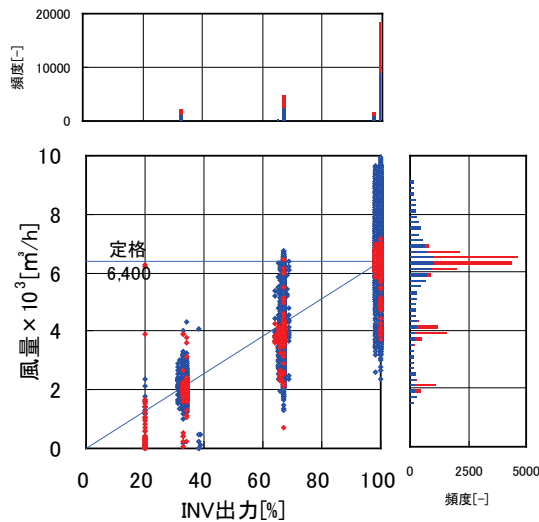
図Ⅲ.3.5.18 B-OHU-5-7 エンタルピ・全熱交換器効率トレンド (冬季)

物販店舗 03(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-05)

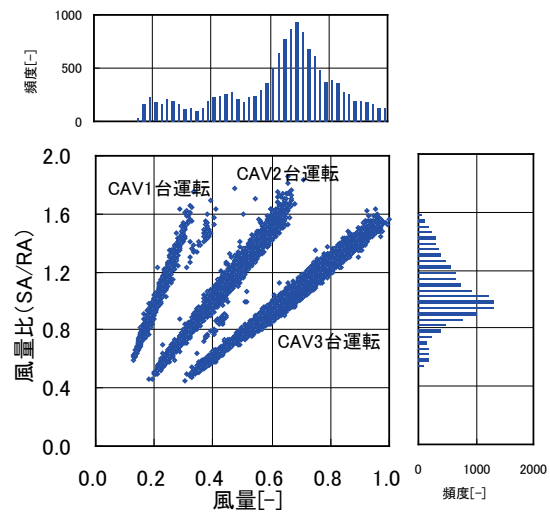
制御対象	検出部	制御目標	動作
バypass	外気温度・還気温度	還気温度	バypass 開閉

<OHU-4-4 動作分析>

- 給気 SA を青, 還気 RA を赤でプロットした. 対象フロアが 3 フロアで, 2136m³/h の給気 CAV が 3 台設置されている. 給気 SA, 還気 RA とも CAV の通過風量により INV 周波数の補正 (±2%) を行っている. 還気 RA に比べ, 給気 SA のほうが風量の変動が大きい. 風量の発生頻度は, 2136m³/h の整数倍で大きい. プロットは 10 分間の計測データを示す.
- 同風量の CAV が 3 台あるため, 3 種類の直線がみられる. 還気 RA に対し, 給気 SA 風量の変動が大きいため, SA 風量の増加に伴い, 風量比 (SA/RA) も変化する. 最大風量は 1 時間平均値の 9,172m³/h.



図Ⅲ. 3. 5. 19 OHU-4-4 INV 出力と風量の関係
(10 分間の計測データ)



図Ⅲ. 3. 5. 20 OHU-4-4
SA 風量と風量比 (SA/RA) の関係

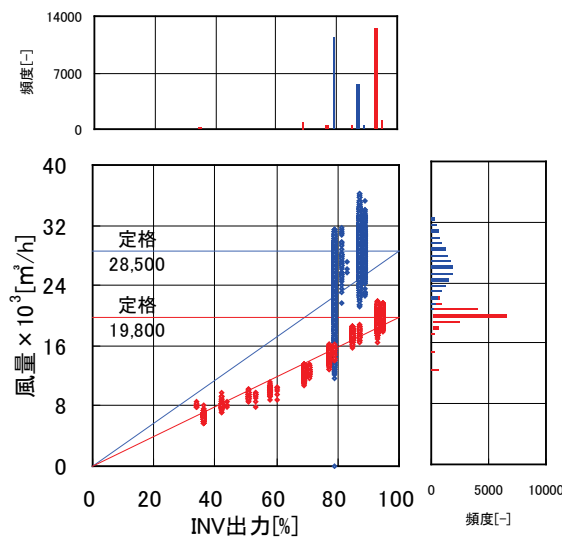
物販店舗 03(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-05)

制御対象	検出部	制御目標	動作
バイパスダンパ	外気温度・還気温度	還気温度	バイパスダンパ 開閉

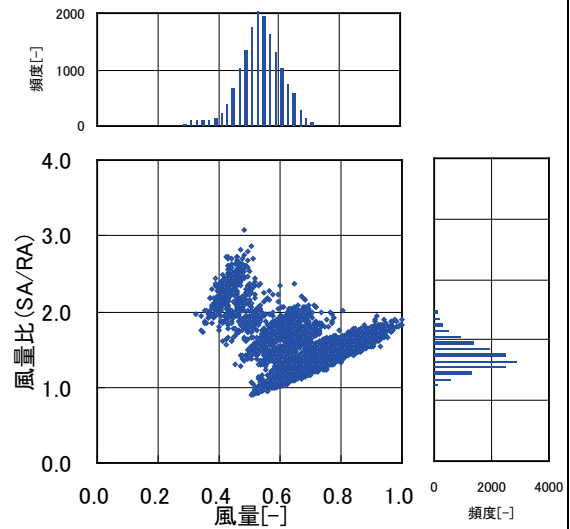
<OHU-5-7 動作分析>

系統内に単独排気を行う部分があるため、SA が RA より多くなっている。

- SA を青、RA を赤でプロットした。対象フロアが 4 フロアで、1200~3400m³/h の CAV が計 11 台設置されている。1 フロアに 1 店舗が入居している状態のため、SA の INV 出力頻度分布は 4 箇所に分かれている。給気 SA、還気 RA とともに CAV の通過風量により INV 周波数の補正 (±2%) を行っている。還気 RA に比べ、給気 SA のほうが風量の変動が大きい。プロットは 10 分間の計測データを示す。
- 風量トレンドからわかるように還気 RA に対し、給気 SA 風量の変動が大きいため、SA 風量の増加に伴い、風量比 (SA/RA) も変化する。最大風量は 1 時間平均値の 31,864m³/h。



図Ⅲ. 3. 5. 21 OHU-5-7
INV 出力と風量の関係



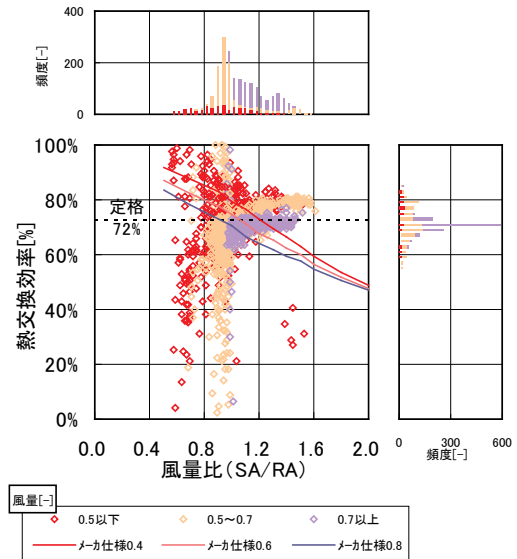
図Ⅲ. 3. 5. 22 OHU-5-7
SA 風量と風量比 (SA/RA) の関係

物販店舗 03(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-05)

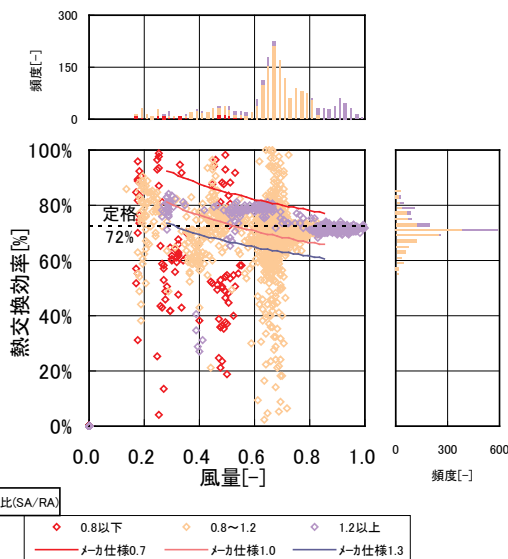
制御対象	検出部	制御目標	動作
バイパスバルブ	外気温度・還気温度	還気温度	バイパスバルブ 開閉

<OHU-4-4 性能分析>

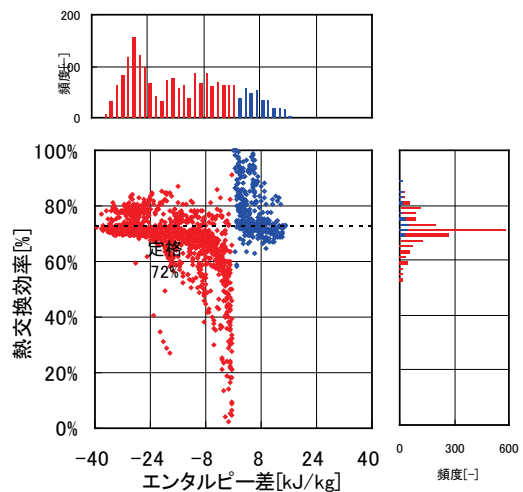
- 風量比 (SA/RA) と SA 風量との関係を把握しやすいように、風量が 0.5 以下の場合と 0.5~0.7 の場合、0.7 以上の場合で色を変えてプロットした。同じ風量比 (SA/RA) の場合、SA 風量が少ない方が効率が高い。(紫<ベージュ<赤) また、風量が 0.4, 0.6, 0.8 の時のメカ仕様値をそれぞれ赤、橙、青の線で表した。
- 風量比が 0.8 以下、0.8~1.2, 1.2 以上の場合で色分けしてプロットした。同じ色で比べると SA 風量が小さい時のほうが効率が高い。同じ風量で比べると風量比による差がわかりにくい。また、風量比が 0.7, 1.0, 1.3 のときのメカ仕様値をそれぞれ赤、橙、青の線で表した。最大風量 9,172m³/h を 1 とした。
- 外調機の給排気が SA<RA の場合を青、SA>RA の場合を赤でプロットした。エンタルピー差が大きくなると効率がのぼらつきが小さくなることわかる。エンタルピー差が小さいときに効率が大きく変化するのは、小さい数値の比率を求めていることによるものと考えられる。



図Ⅲ.3.5.23 OHU-4-4
風量比 (SA/RA) と熱交換器効率の関係



図Ⅲ.3.5.24 OHU-4-4
風量と熱交換器効率の関係



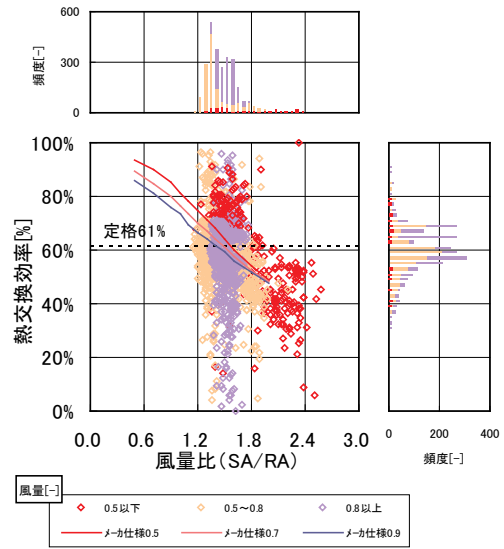
図Ⅲ.3.5.25 OHU-4-4
エンタルピー差と熱交換器効率の関係

物販店舗 03(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-05)

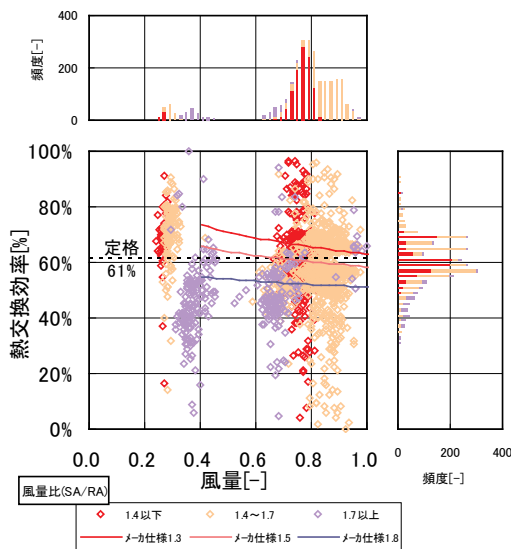
制御対象	検出部	制御目標	動作
バイパスバルブ	外気温度・還気温度	還気温度	バイパスバルブ 開閉

<OHU-5-7 性能分析>

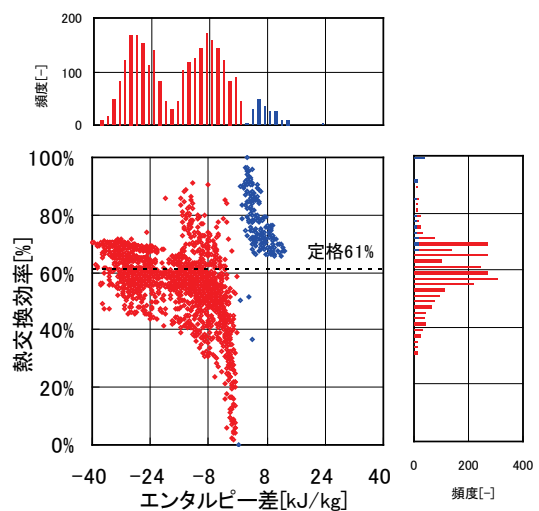
- SA 風量が 0.5 以下, 0.5~0.8 の場合, 0.8 以上の場合で色を変えてプロットした. 風量比 (SA/RA) が大きくなると効率は低くなる. また, 風量が 0.5, 0.7, 0.9 の時のメーカー仕様値をそれぞれ赤, 橙, 青の線で表した.
- 風量比が 1.4 以下, 1.4~1.7, 1.7 以上の場合で色分けしてプロットした. OHU-4-4 に比べ, 違いがわかりにくい. また, 風量比が 1.3, 1.5, 1.8 のときのメーカー仕様値をそれぞれ赤, 橙, 青の線で表した. 最大風量 31,864m³/h を 1 とした.
- OHU4-4 と同様.



図Ⅲ.3.5.26 OHU-5-7
風量比 (SA/RA) と熱交換器効率の関係



図Ⅲ.3.5.27 OHU-5-7
風量と熱交換器効率の関係



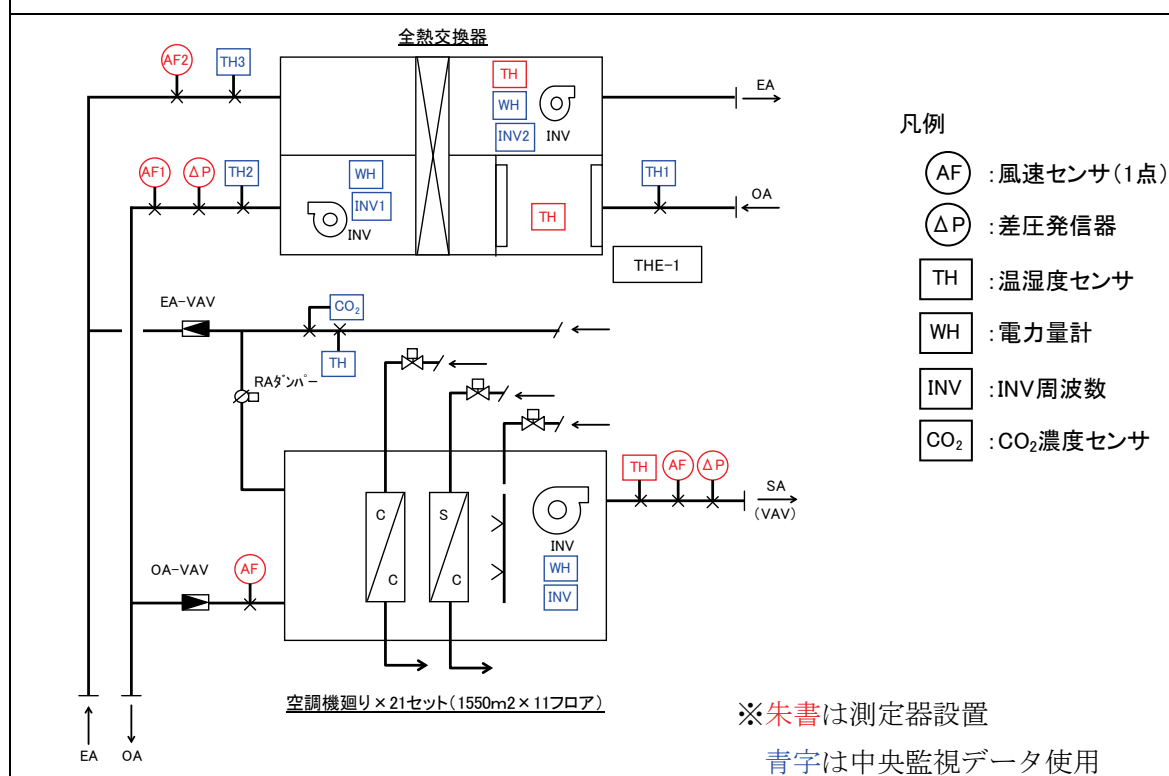
図Ⅲ.3.5.28 OHU-5-7
エンタルピー差と熱交換器効率の関係

3.5.4. 事務所 02 (HEXT-HVE-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気温度・還気温度	還気温度	回転 ON-OFF

建物名	事務所 02	地区	関東	竣工	2007 年	改修	—	規模	20,000m ²
分類記号	HEXT-HVE-02				検出部	外気温度・還気温度			
制御目的	熱交換器制御				制御目標	還気風量			
分析期間	平成 23 年 8 月～平成 23 年 10 月				動作	回転 ON-OFF			
制御対象	ロータ				製造年月				
制御内容	1) 給気風量制御 ・ 各空調機の総 OA 要求風量による送風ファンインバータ制御. 2) 外気冷房制御 ・ 外冷判断時のロータ間欠運転. 3) CO ₂ 濃度制御 ・ 空調機の還気 CO ₂ 濃度により OA-VAV および EA-VAV の風量設定を変更する.				機器仕様	給気ファン	80,800m ³ /h×980Pa (全静圧) 3φ×400V×45kW, INV 起動		
						排気ファン	57,700m ³ /h×1274Pa (全静圧) 3φ×400V×37kW, INV 起動		
						ロータ	3φ×400V×1.5kW 交換効率 62%		
						フィルタ	プレフィルタ (AFI-80%)		

システムフロー



温湿度 : 温湿度センサ
 風速 : 風速センサ (1点)
 差圧 : 差圧発信器
 電力量 : 電力量計
 ・ 計測間隔は 4 分周期

事務所 02(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気温度・還気温度	還気温度	回転 ON-OFF

<制御内容, 評価項目計算式, 計測概要>

1. 制御内容

(1) 給気風量制御

- ・各空調機の総 OA 要求風量による送風ファンインバータ制御.

(2) 外気冷房制御

- ・外冷判断時のロータ間欠運転.

(3) CO2 濃度制御

- ・空調機の還気 CO2 濃度により OA-VAV および EA-VAV の風量設定を変更する.

2. 評価項目計算式

※添え字 (記号) はシステムフロー図の計測器番号を示す.

(1) エンタルピ

エンタルピ : 全熱交換器前後の各温湿度ロガーより, 算出する.

(2) 熱交換器効率

熱交換器効率

$$= \{ \text{OA エンタルピ (TH1)} - \text{SA エンタルピ (TH2)} \} \div \{ \text{OA エンタルピ (TH1)} - \text{RA エンタルピ (TH3)} \}$$

(3) インバータ出力

$$\text{インバータ出力} = \text{インバータ計測値 (INV1, INV2)} \div \text{インバータ定格値} \times 100$$

(4) 風量

$$\text{風量 [m3/h]} = \text{風速 (AF1, AF2)} \times \text{ダクト断面積}$$

$$\text{風量 [-]} = \text{風速 (AF1, AF2)} \times \text{ダクト断面積} \div \text{実測最大風量}$$

(5) 風量比 (SA/RA)

$$\text{風量比} = \text{SA 風速 (AF1)} \times \text{ダクト断面積} \div \text{RA 風速 (AF2)} \times \text{ダクト断面積}$$

(6) エンタルピ差

$$\text{エンタルピ差} = \text{OA エンタルピ (TH1)} - \text{RA エンタルピ (TH3)}$$

3. 計測概要

(1) 計測機器

- 温湿度 : 温湿度センサ
- 風速 : 風速センサ (1点)
- 差圧 : 差圧発信器
- 電力量 : 電力量計

(2) データ収集時間間隔

- ・温度 : 4分間隔
- ・差圧 : 4分間隔
- ・温湿度 : 4分間隔
- ・流量 : 4分間隔
- ・電力 : 4分間隔
- ・CO₂濃度 : 4分間隔

(3) データ処理

- ・4分間隔のデータを1時間平均に集計

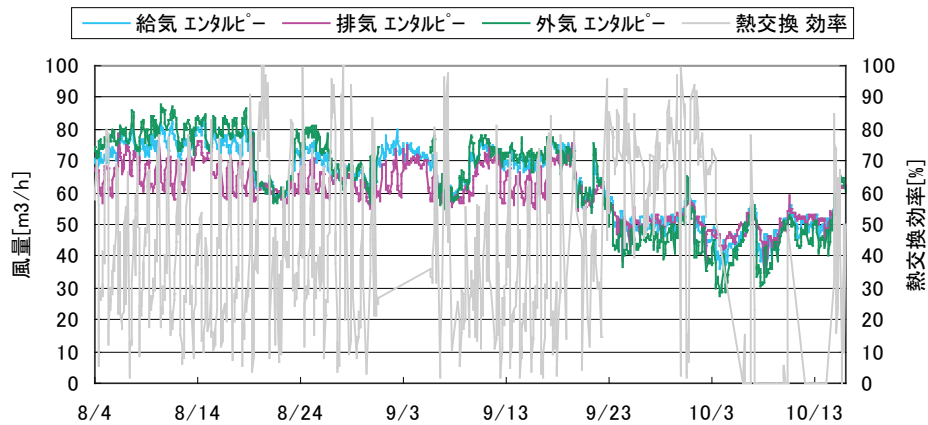
事務所 02(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気温度・還気温度	還気温度	回転 ON-OFF

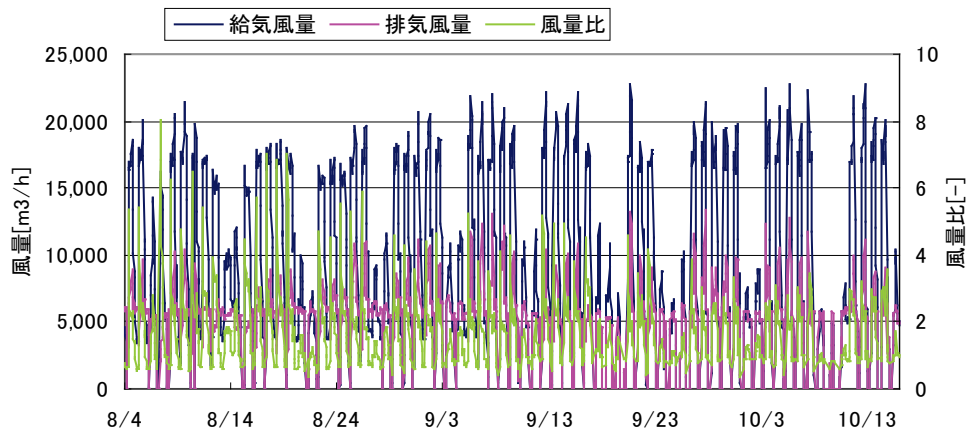
<トレンドデータ>

トレンドデータを示す.

- 計測エンタルピにおいて, 外気エンタルピと給気エンタルピもしくは外気エンタルピと排気エンタルピに差が無い場合の熱交換効率を削除した. また, 効率が負になるもの, 100%を超えるものもエラー値として削除した.
- 給気風量と排気風量, およびその風量比(給気/排気)を示した. 2次側空調機にてCO₂濃度による最小外気量制御を行っているため, 変動が激しい. 風量比(給気/排気)は大きく変化している.



図Ⅲ. 3. 5. 29 エンタルピ・全熱交換器効率トレンド



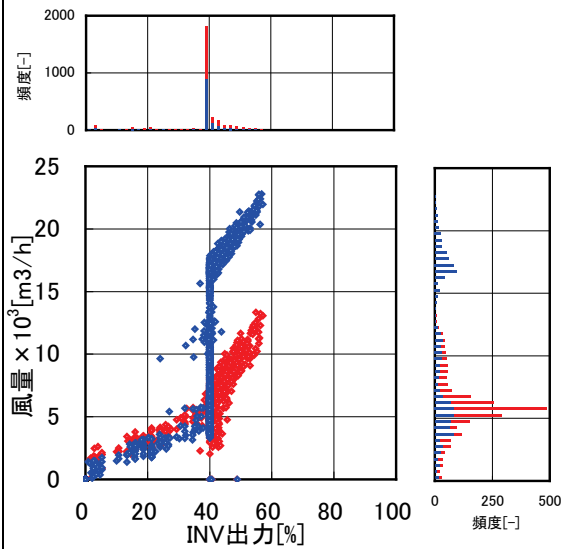
図Ⅲ. 3. 5. 30 給気・排気風量, 風量比(OA/EA)トレンド

事務所 02(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-02)

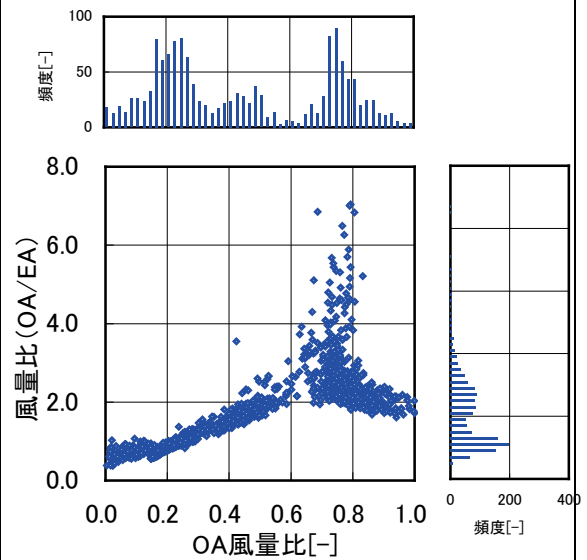
制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気温度・還気温度	還気温度	回転 ON-OFF

<動作分析>

- 給気 OA を青, 排気 EA を赤でプロットした. INV 周波数は下限値の 40%~57%であり, ほぼ下限値での運転となっている. 2 次側空調機での CO₂ 濃度による最小外気量制御の作用で OA-VAV, EA-VAV の開度が変化し風量に影響している.
- 給気 OA ファンと排気 EA ファンは同周波数となるよう制御されている. システムフローからわかるように, CO₂ 濃度による最小外気量制御が働くため, 風量比は 0.5~8 程度まで大きく変化している.



図Ⅲ. 3. 5. 31 INV 出力と風量の関係



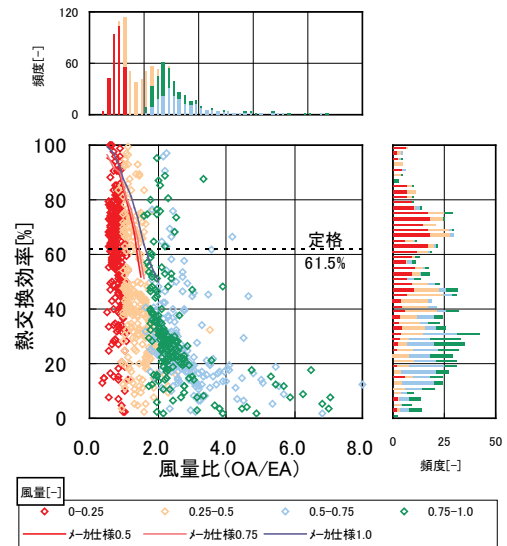
図Ⅲ. 3. 5. 32 OA 風量比と
風量比 (OA/EA) の関係

事務所 02(熱交換換気, 制御方式 HEXT-HVE-02)

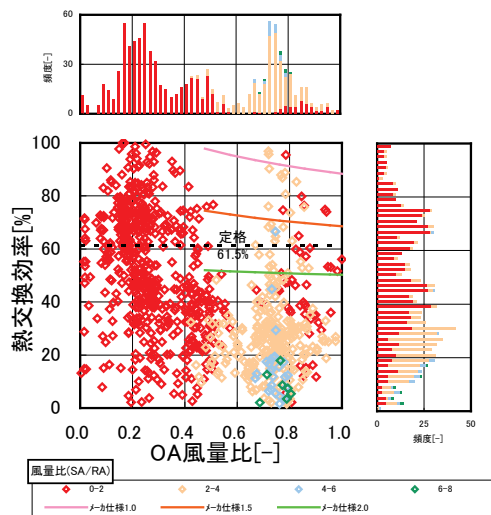
制御対象	検出部	制御目標	動作
ロータ	外気温度・還気温度	還気温度	回転 ON-OFF

<性能分析>

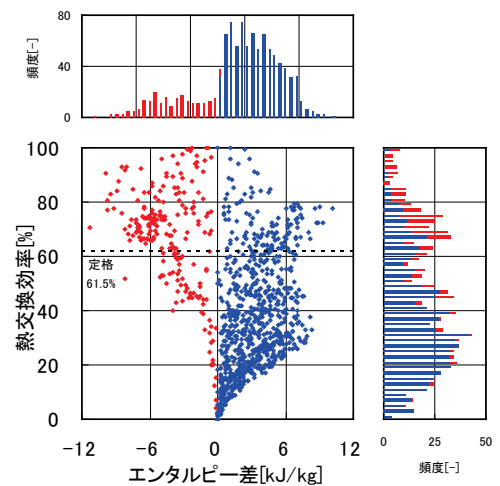
- 風量比 (OA/EA) と OA 風量比の関係を把握しやすいように, OA 風量比が 0~0.25, 0.25~0.5, 0.5~0.75, 0.75~1.0 の場合で色を変えてプロットした. また, メーカー仕様値を線で, 定格風量での効率を点線で併記している. メーカーの推奨範囲 (0.5~2.0) を超えた風量比での運用のため, 定格値より低い値が多い.
- OA 風量比が 0~2, 2~4, 4~6, 6~8 の場合で色分けしてプロットしメーカー仕様値と定格の効率を併記した. メーカーの推奨範囲 (0.96~4.76) より低い風量での運用が多い.
- 給排気エンタルピー差が $OA < EA$ の場合を青, $OA > EA$ の場合を赤でプロットした. 前述のように, VAV による INV 制御や, CO₂ 濃度による最小外気量制御の影響が大きく, 適正な風量および風量比で運用できていないため低い効率での運転も見られる.



図Ⅲ. 3. 5. 33 風量比 (OA/EA) と熱交換器効率の関係



図Ⅲ. 3. 5. 34 OA 風量比と熱交換器効率の関係



図Ⅲ. 3. 5. 35 エンタルピー差と熱交換器効率の関係

4. まとめ

本編では、空調・換気システムに適用される代表的な省エネルギー制御手法について、運転データを実測するとともにエネルギー消費量削減率の実態を調査した。以下に、要点を示す。

- 対象とした制御手法：

- ①ポンプ変流量制御（VWV）
- ②ファン変風量制御（VAV）
- ③最小外気導入量制御
- ④外気冷房制御
- ⑤熱交換換気制御

一つの建築物につき一つまたは複数の制御手法を実測することにより、現状多く採用されている制御手法を網羅することができた。その結果、VWV制御は22件、VAV制御は18件、最小外気導入制御は4件、外気冷房制御は4件、熱交換換気制御は4件、合計で52件の実測データを収集できた。

- 実測した建築物数および用途：

改正省エネ法で規定されている8区分の用途の建築物のうち、次の5用途の建築物について実測した。調査対象建築物数の合計は22件である。

- ①ホテル
- ②病院
- ③物品販売を営む店舗（物販店舗等）
- ④事務所
- ④学校他

- 対象地域：

北海道から九州まで、幅広い地域の建築物を実測した。

- 年代および規模：

過去20年間に竣工・改修された建築物を中心に、10,000 m²～500,000 m²の幅広い建築物について実態を調査した。

- 運転データの取得：

BEMSに取り込まれているデータを利用するだけでなく、電力計や超音波流量計などを設置して必要なデータを収集した。

- データ取得間隔：

細かな変動を見逃さないために、データ収集間隔は1分を基本とした。なお、分析には1時間平均値を用いたが、1分ごとの計測データのうち上限値や下限値に張り付いたデータや、立ち上がり・立下がり時などの特異的なデータは除外して平均化処理を行った。

- 分析上の工夫：

建築物ごとに流量範囲や電力範囲が異なることから、実測値を最大値で正規化して省エネルギー効果を比較した。

- 熱負荷の実態：

制御が理論通り（設計思想通り）動作していない事例も見受けられた。多くは、設定値などの調整が適切に行われていないことが原因と考えられる。省エネルギー効果が期待される制御手法を導入しても、設計・運用・調整が悪ければ、所望の省エネルギー効果が得られないことに留意すべきである。

一方で、理論性能に近い結果が得られた事例もいくつか見受けられた。これらは、施工時のコミッショニングおよび運用時のチューニングが適切に実施されていた建築物であると推察される。

本編では、各種建築物の実運用時におけるエネルギー消費量の実態を報告した。

搬送機器・外気処理システムの制御にかかる実態データを多数収集できたことにより、様々な観点から事例を横並びで把握することができた。省エネルギー化を図るためには、このような実測を行う意義は高く、非常に貴重なデータが収集できたといえる。これらの実測データを分析することで、エネルギー消費量予測のための評価値を制御手法ごとに推察することが可能となる。

本編では実測データの収集・整理を目的としたが、V編ではこれらの結果を様々な切り口から分析し、エネルギー消費量の予測方法について考察する。

