

II 編 熱源機器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

熱源機器が複数台設置されている建物では、熱負荷に応じて運転台数が最適になるように制御することが省エネルギーとなる。また、部分負荷時には熱源の効率が高くなるよう熱源送水温度や冷却水温度を制御することで、さらなる省エネルギーが期待できる。一方、夜間蓄熱は、電力平準化に寄与し、外気温度の低い夜間に冷熱を製造することで機器の効率向上が見込まれる。そこで本編では、冷熱源機器を中心として、冷房負荷の変動に応じた熱源機器の運転台数制御、熱源送水温度制御及び冷却水温度制御、蓄熱槽を有する熱源設備の蓄熱制御の運転データを計測、取得することを目的とする。

本編で対象とする制御方法の概要を以下に示す。

① 熱源台数制御

熱源機器が複数台設置されている場合、負荷に応じて機器の稼働台数を制御する。機器の起動/停止を負荷に応じて自動で行う場合と、オペレーターが負荷を監視しながら手動で行う場合、スケジュールによる場合などがある。

② 熱源送水温度制御

冷熱源機器は、送水温度を高くすることで効率が向上する 경우가多く、中間期など負荷がピークに達しない場合に、送水温度設定値を高くして熱源機器の効率向上を図る。一方で送水温度が高いと送水流量が増えるため、ポンプやファンの搬送動力が逆に増えることに注意が必要である。

③ 冷却水温度制御

冷却水の冷却塔出口温度(以下、冷却水出口温度)は熱源機器の仕様により決められるが、熱源機器によっては冷却水出口温度を低くすることで効率が向上する。中間期や夜間など外気温度(正確には外気湿球温度)が低い場合には、冷却塔の能力に余裕があるので、冷却水出口温度を低く設定することが可能となる。この場合も、冷却塔の稼働率を上げることになり冷却塔ファンの搬送動力が増えるため注意が必要である。

④ 蓄熱運転制御

夜間、蓄熱材に熱を蓄え、その熱を昼間に利用することで、電力の平準化や場合によっては省エネルギーに寄与する。本編では、蓄熱材として水を用いた水蓄熱と、氷を用いた氷蓄熱を対象とする。

1.2. 実測対象

実測した建築物の制御手法別分類を表Ⅱ.1.2.1に示す。熱源台数制御は、自動制御7件、手動切替2件の計9物件である。建物用途別では、ホテル1件、病院4件、物販店舗1軒、事務所2件、学校1件と病院が多いが、これは使用中の建物に対して実測が可能か、所有者に実測許可が得られるかなど実測の都合による。地域は北海道から九州まで網羅されており、規模は30,000~170,000m²といずれも大規模建築物となっている。熱源送水温度制御、冷却水出口温度制御に関しては、それぞれ1件、いずれも事務所である。蓄熱運転制御に関しては、水蓄熱3件、氷蓄熱4件の計7物件である。

表Ⅱ.1.2.1 実測対象建築物リスト

設備	分類	制御対象	検出部	制御目標	動作	制御分組記号	設置台数	
							水蓄熱	氷蓄熱
熱源設備	熱源台数制御	自動制御	負荷流量・温度(熱量)	能力(熱量)	増設一源段	Rt-Ono-02	7	
		手動制御	負荷流量・温度(熱量)	能力(熱量)	手動による増設一源段	Rt-Ono-02	2	
			熱源機器本体	外気条件・負荷流量	冷水出口温度(温度可変)	本体の容量制御	Rt-Wt-08	1
	熱源送水温度制御	冷却水出口温度制御	冷却水出口温度	冷却水出口温度(温度可変)	周速数制御	Pcdt-VWV-03	1	
			冷却水入口温度	冷却水入口温度	ON-OFF	Rt-Hst-02	3	
		蓄熱運転制御	蓄熱量	蓄熱量	ON-OFF	Rt-Hst-04	4	

◎:平成23年度からの継続実測
○:平成24年度から新たに実測
△:平成23年度のみ実測

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) を活用する。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する。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 II.1.2.1 の測定方法で実測する。

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 II.1.2.1 各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	備考
熱源台数	流量	超音波流量計	超音波流量計・電力計が常設できない場合、インバータ出力・電流値等から推定(※1)
	ポンプ電力量	電力計または電流計	
	往/還温度	温度ロガー	
	熱源電力量	(自動制御信号)	
	ガス消費量	(自動制御信号)	吸収式熱源のみ
	熱源発停	(自動制御信号)	
熱源送水	流量	超音波流量計	※1 と同様
温度制御	往/還温度	温度ロガー	
	熱源電力量	(自動制御信号)	
	ガス消費量	(自動制御信号)	吸収式熱源のみ
	冷却水温	流量	超音波流量計
度制御	往/還温度	温度ロガー	
	冷却水ポンプ電力量	電力計または電流計	※1 と同様
	冷却塔ファン電力量	電力計または電流計	※1 と同様
	熱源電力量	(自動制御信号)	
	ガス消費量	(自動制御信号)	吸収式熱源のみ
	蓄熱制御	流量	超音波流量計
往/還温度		温度ロガー	
槽内温度		(自動制御信号)	水蓄熱のみ
ブライン流量		(自動制御信号)	氷蓄熱のみ
ブライン往/還温度		(自動制御信号)	氷蓄熱のみ
熱源電力量		(自動制御信号)	
ガス消費量		(自動制御信号)	吸収式熱源のみ

2.2. 実測方法例

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Ⅱ.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Ⅱ.2.2.1 電力計の設置状況 (動力盤)

<以下、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Ⅱ.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Ⅱ.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。

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Ⅱ.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。

<以下、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Ⅱ.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Ⅱ.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。

温度の計測

<配管>

- ① 計測対象システム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Ⅱ.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。

2.3. 分析方法

取得したデータを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。

熱源台数制御	製造熱量と熱源負荷の関係
熱源送水温度制御	冷凍機出力と入力の関係
冷却水温度制御	冷却水往/還温度差と流量比の関係
蓄熱制御	槽内温度(水蓄熱のみ)、夜間移行率

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、運転停止時、立ち上がり時、制御範囲外時などの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。

熱源台数制御	製造熱量、運転台数
熱源送水温度制御	送水温度、流量、製造熱量
冷却水温度制御	冷却水往/還温度、製造熱量
蓄熱制御	蓄放熱量

③ 省エネルギー効果の分析

取得したデータにおいて以下の項目で省エネルギー効果の分析を行う。

熱源台数制御	製造熱量と COP の関係
熱源送水温度制御	冷凍機出力と熱源 COP の関係
冷却水温度制御	冷却水入口温度と熱源 COP の関係
蓄熱制御	蓄熱効率、熱源 COP

<主な用語の定義>

- ・ 1次エネルギーCOP = 熱製造量[MJ] / 1次エネルギー消費量[MJ]
※1次エネルギー換算量) 電気：9.76MJ/kWh, ガス：45MJ/Nm³
- ・ 熱源負荷率 = 熱源製造熱量[kW など] / 熱源定格能力[kW など]
- ・ 蓄熱効率 = 放熱量[MJ] / 蓄熱量[MJ]
- ・ その他 各データ取得結果参照

3. データ取得・分析結果

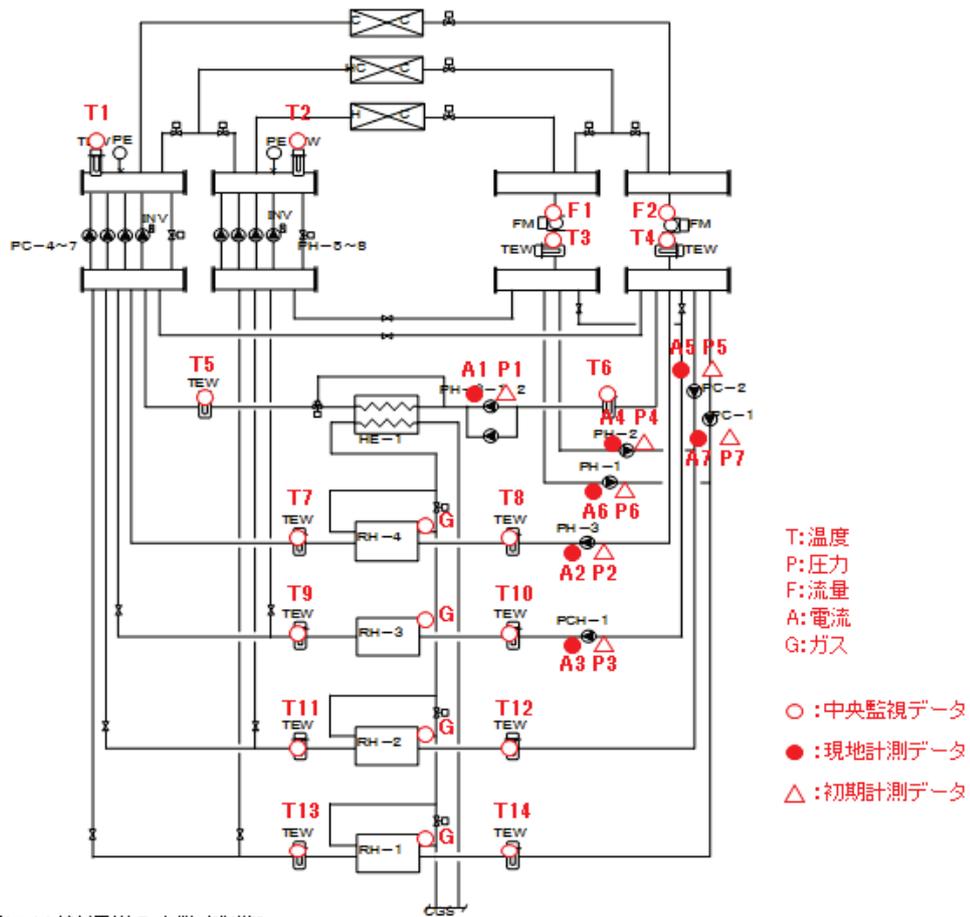
3.1. 熱源台数制御（自動制御）

3.1.1. 病院 03

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

建物名	病院03	地区	新潟	竣工	2007年	改修	-	規模	50,034m2
分類記号	R-Ono-02				検出部	二次側負荷熱量			
制御目的	熱源台数制御				制御目標	能力(冷/温水熱量)			
分析期間	平成24年8月～平成24年10月				動作	増段-減段			
制御対象	RH-1～4, HE-1				製造年月				
制御内容	負荷熱量による台数制御 (自動制御のみ)				機器仕様			冷却能力	加熱能力
					RH-1,2	排熱投入型ガス 冷温水機	1970 kW (560RT)		1292 kW
					RH-3	ガス冷温水機 (暖房特大型)	1970 kW (560RT)		2060 kW
					RH-4	排熱投入型ガス 冷温水機	1266 kW (360RT)		831 kW
					HE-1	温水-温水 熱交換器			600 kW

システムフロー



【増減段の条件】

二次側負荷熱量により熱源機の台数を制御

熱源機器	増段		減段	
	冷房能力	暖房能力	冷房能力	暖房能力
	合計能力の10%超過		合計能力の80%以下	
RH-1	7.78 GJ/h (2161kW)	5.81 GJ/h (1614kW)	5.67 GJ/h (1576kW)	3.72 GJ/h (1034kW)
RH-2	7.78 GJ/h (2161kW)	5.81 GJ/h (1614kW)	5.67 GJ/h (1576kW)	3.72 GJ/h (1034kW)
RH-3	7.78 GJ/h (2161kW)	9.27 GJ/h (2575kW)	5.67 GJ/h (1576kW)	5.93 GJ/h (1648kW)
RH-4	5.00 GJ/h (1389kW)	2.70 GJ/h (750kW)	3.65 GJ/h (1013kW)	1.73 GJ/h (480kW)

病院 03 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

<p>【評価項目計算式】</p> <p>1) 二次側温度差 二次側温度差 = 還ヘッダー温度(T3, T4) - 往ヘッダー温度(T1, T2)</p> <p>2) 二次側負荷熱量 二次側負荷熱量 = 二次側温度差(T3-T2, T4-T1) × 二次側流量(F1, F2) × 比重 × 比熱</p> <p>3) 冷水温度差 冷水温度差 = 冷凍機入口温度(T8, T10, T12, T14) - 冷凍機出口温度(T7, T9, T11, T13)</p> <p>4) 製造熱量 製造熱量 = 冷水温度差(T7-T8, T9-T10, T11-T12, T13-T14) × 冷凍機流量 × 比重 × 比熱</p> <p>5) 熱源負荷率 熱源負荷率 = 製造熱量 ÷ 定格熱量</p> <p>6) 熱源入力比 熱源入力比 = 消費エネルギー(1次換算) ÷ 定格消費エネルギー(1次換算)</p> <p>7) 合計冷水負荷率 合計冷水負荷率 = 製造熱量 ÷ 各冷凍機定格熱量合計</p> <p>8) システムCOP システムCOP = 製造熱量 ÷ 消費エネルギー(1次換算)</p> <p>【計測概要】</p> <p>1) データ収集時間間隔 中央監視データ: 1時間 現地計測データ: 10分</p> <p>2) データ処理 それぞれのデータを1時間平均に集計</p>			
---	--	--	--

病院 03 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ>2012年8月27日~9月9日

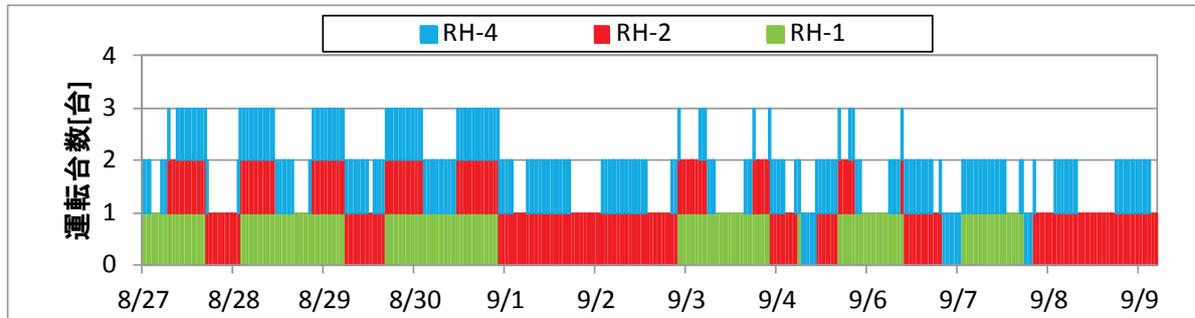


図 II. 3. 1. 1 台数制御トレンド

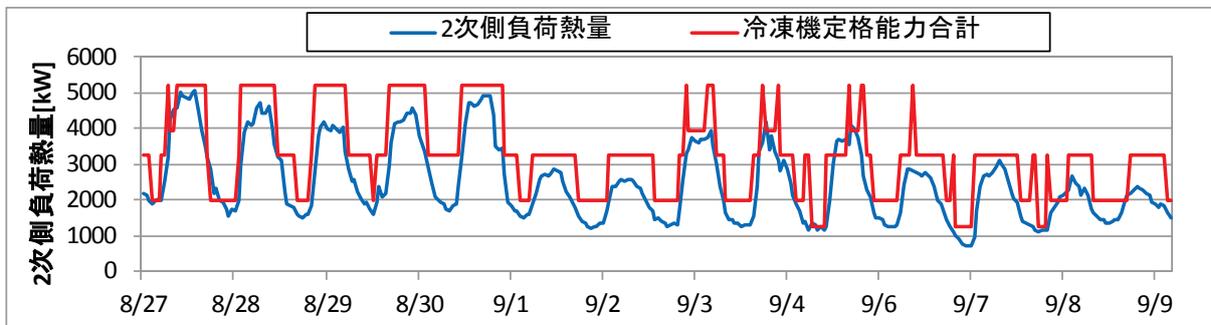


図 II. 3. 1. 2 2次側負荷熱量トレンド

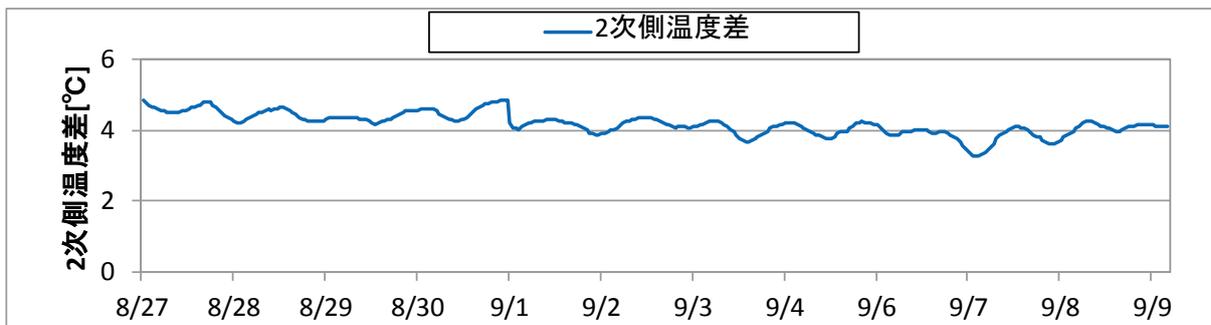


図 II. 3. 1. 3 2次側温度差トレンド

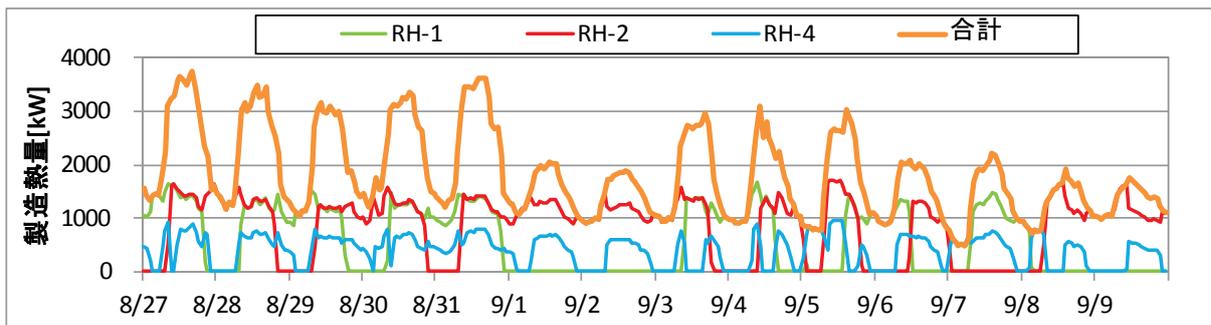


図 II. 3. 1. 4 製造熱量トレンド

病院 03 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ>

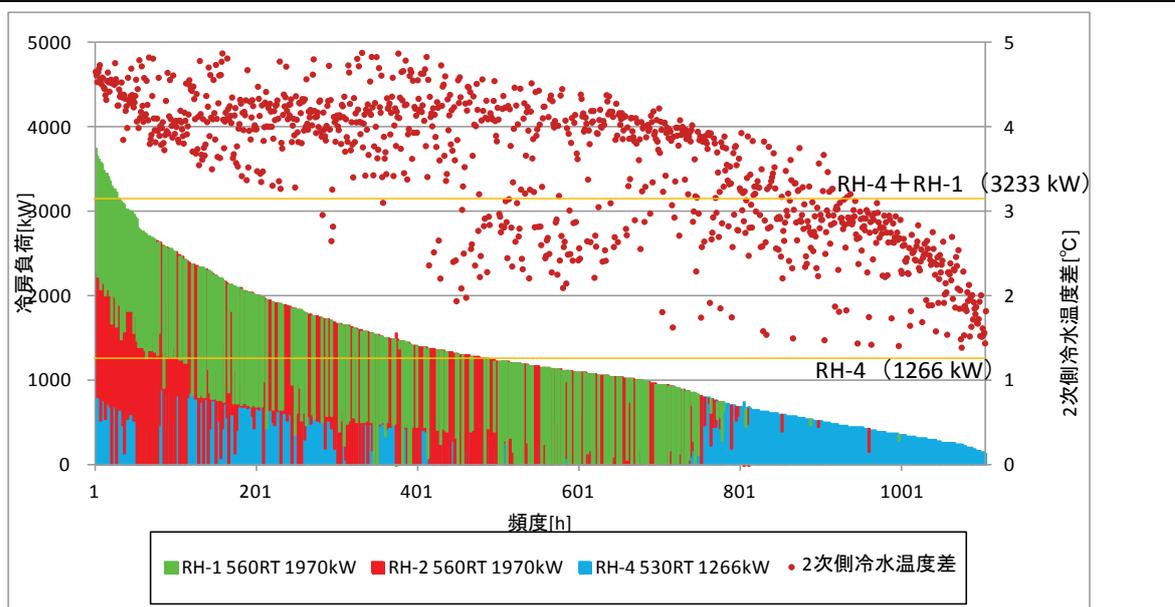


図 II. 3. 1. 5 頻度分布

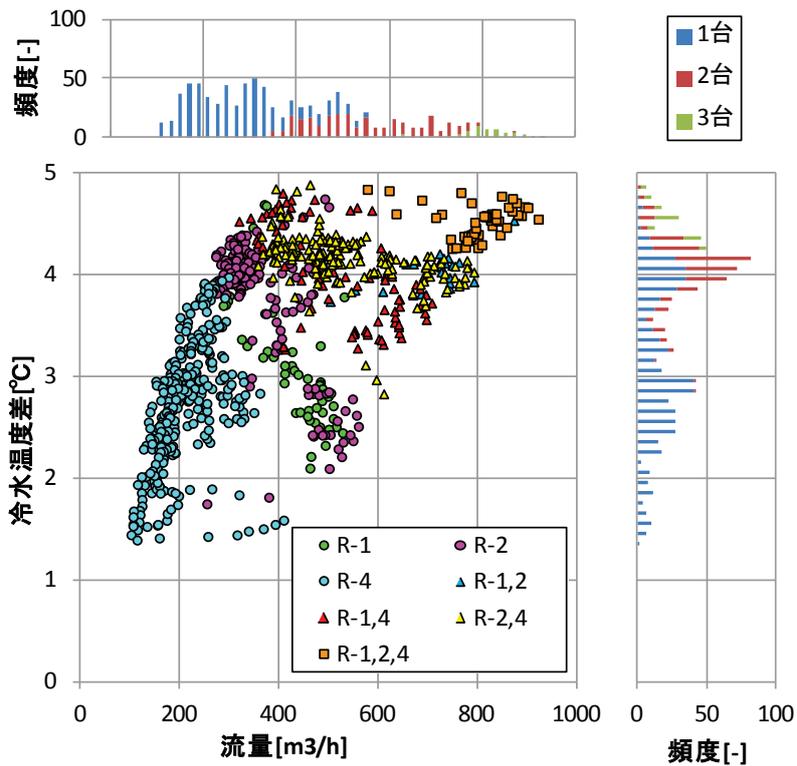


図 II. 3. 1. 6 冷水量と温度差の関係

図 II. 3. 1. 5 : おおむね必要能力に合わせた運転台数となっている。

図 II. 3. 1. 6 : 冷水温度差は 2~5°C で分布している。

病院 03 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ>

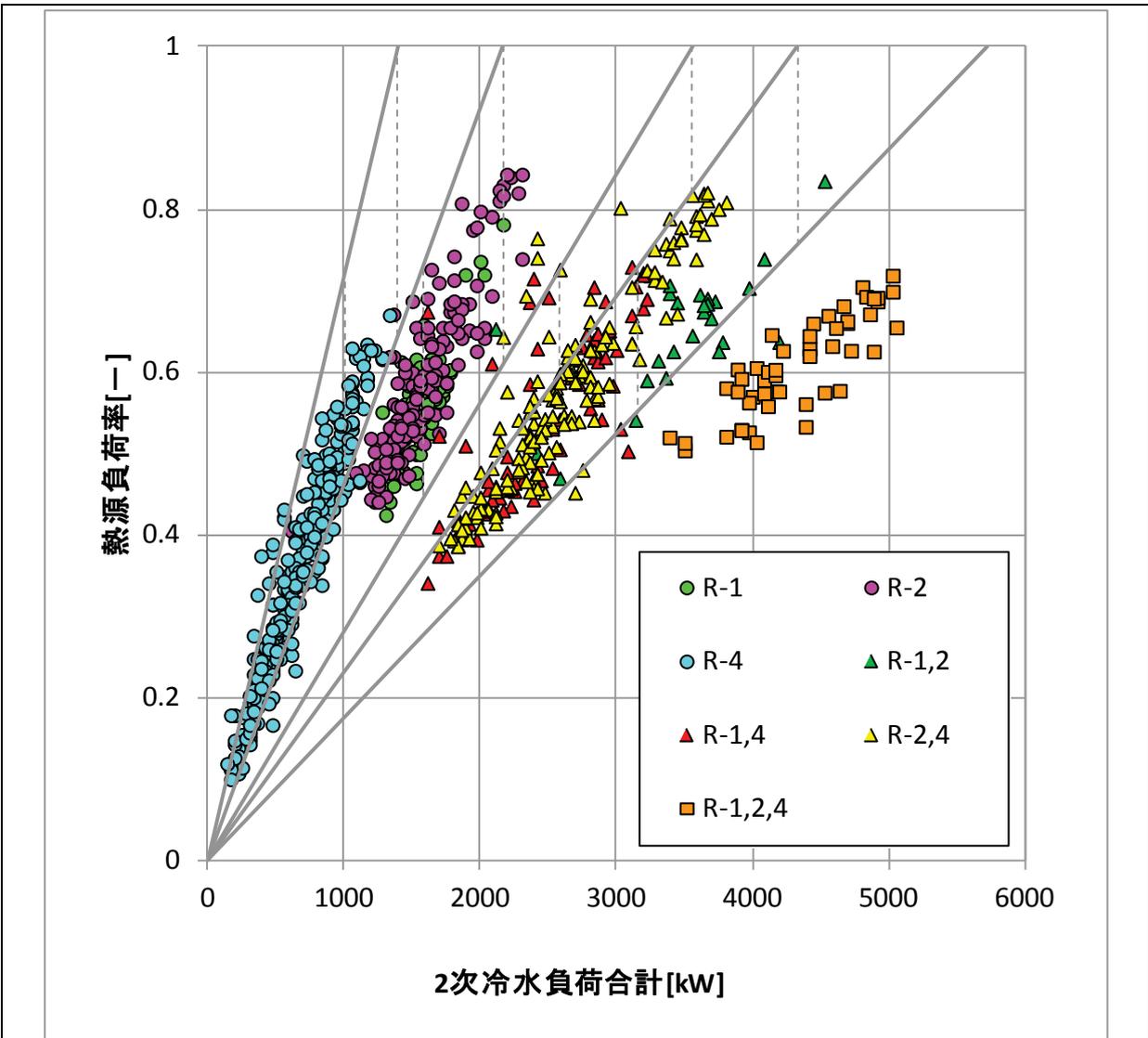


図 II . 3 . 1 . 7 2 次側負荷と冷凍機負荷率の関係

$$\text{熱源負荷率} = \frac{\text{製造熱量}}{\text{冷房指令台数熱量(運転台数分)}}$$

- ①: RH-4 OFF , RH-1 or 2 ON
- ②: RH-1 or 2 ON
- ③: RH-4 ON , RH-1 or 2 ON
- ④: RH-4 OFF , RH-1 and 2 ON
- ⑤: RH-1 and 2 and 4 ON

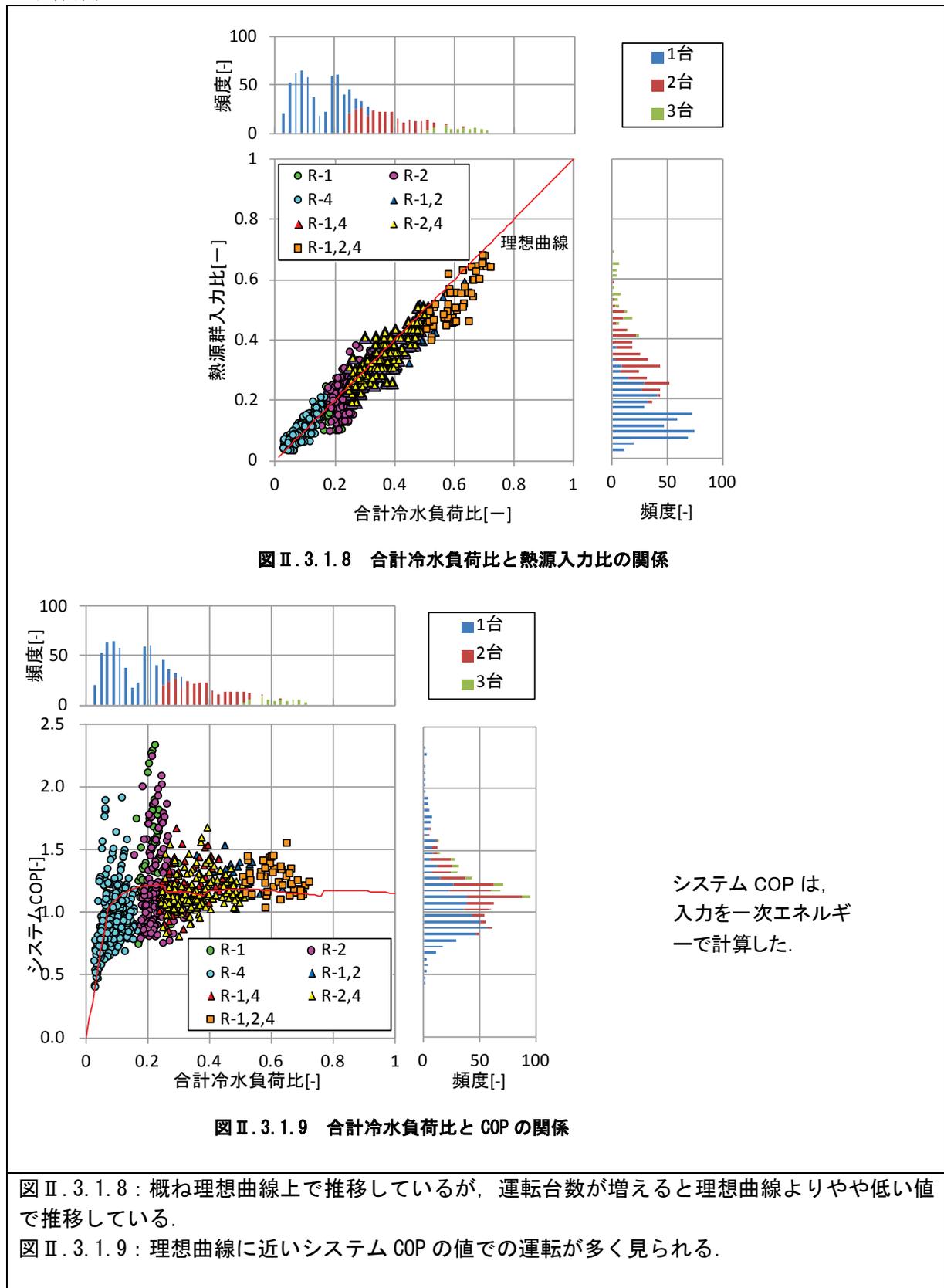
図 II . 3 . 1 . 7 : 運転台数毎に 1 次 の 相 関 が あ る .

2 次 側 負 荷 に 対 す る 増 減 段 の タ イ ミ ン グ は 設 定 通 り で あ る が , 熱 源 負 荷 率 が や や 低 い 値 で あ る .

病院 03 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

<動作確認データ>

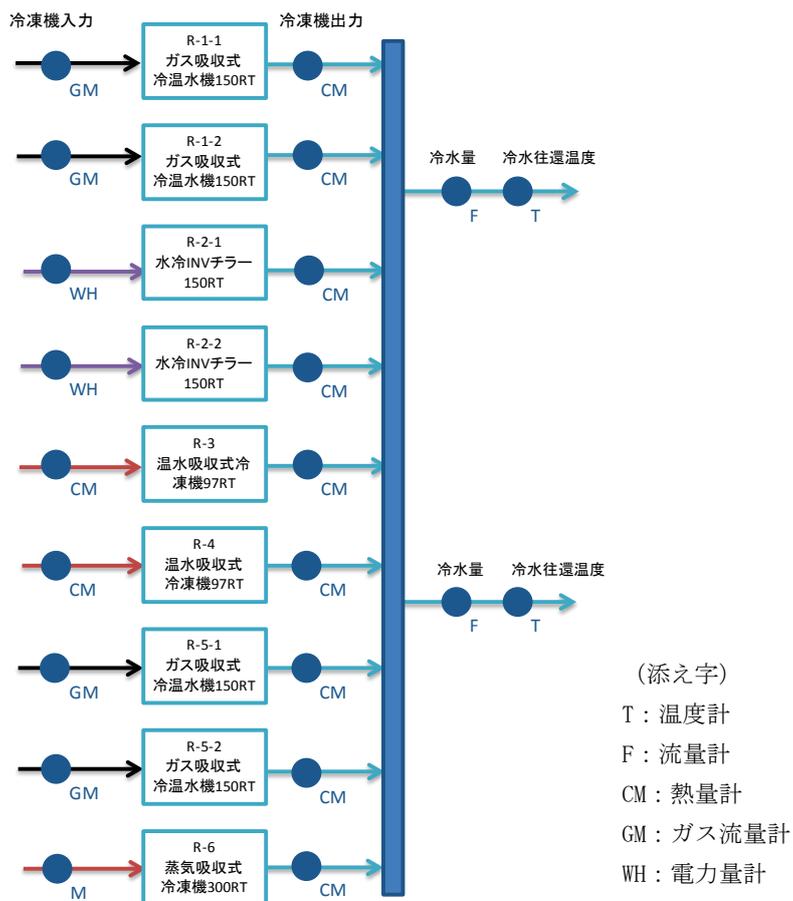


3.1.2. 病院 05

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

建物名	病院 05	地区	九州	竣工	2008 年	改修	—	規模	48,200m ²
分類	R-Ono-02		方式	—		専用/兼用	—	エネルギー源	電気, ガス
機器仕様	NO.	出力		入力		1 次エネルギーCOP			
	R-1-1, R-1-2	150RT	12→7℃	95.2Nm ³ /h		1.03			
	R-2-1, R-2-2	150RT	12→7℃	100kW		1.95			
	R-3, R-4	97RT	12→7℃	88→80℃ 917L/min		0.67			
	R-5-1, R-5-2	150RT	12→7℃	40.9Nm ³ /h		1.03			
	R-6	300RT	12→7℃	1350kg/h		1.31			
<ul style="list-style-type: none"> ・ 契約電力内で R-2 をベース ・ コージェネ停止時は R-3,4 冷凍機を台数制御から除外 									
端末器具	—	種類	—			温調方式	—	手動/自動	自動
分析期間	2011 年 4 月～2012 年 3 月				製造年月	2007 年			
制御内容	熱量による冷凍機台数制御								

システムフロー



病院 05 (R-0no-02)

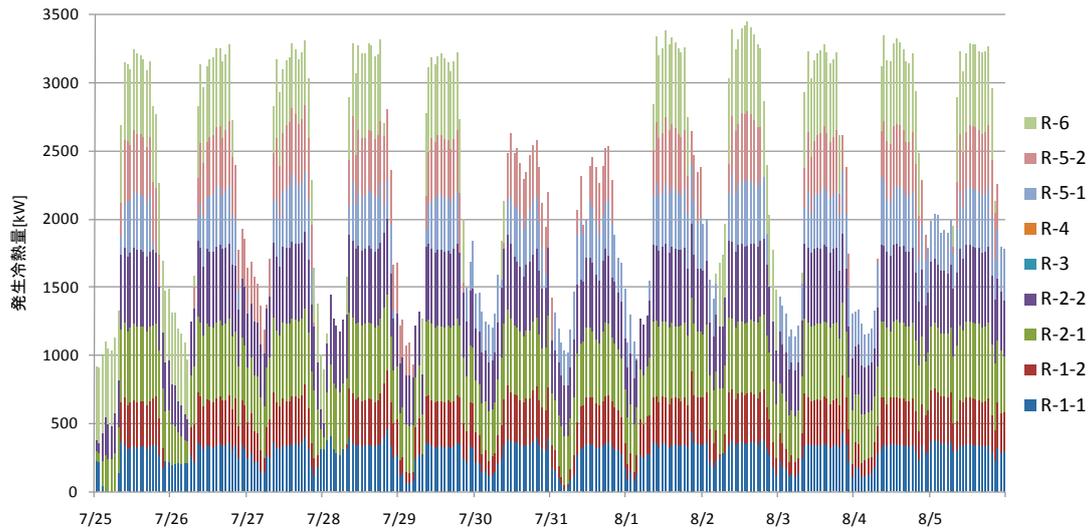
制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ>

冷凍機運転状況

中央監視データ (2011/7/25~8/5)

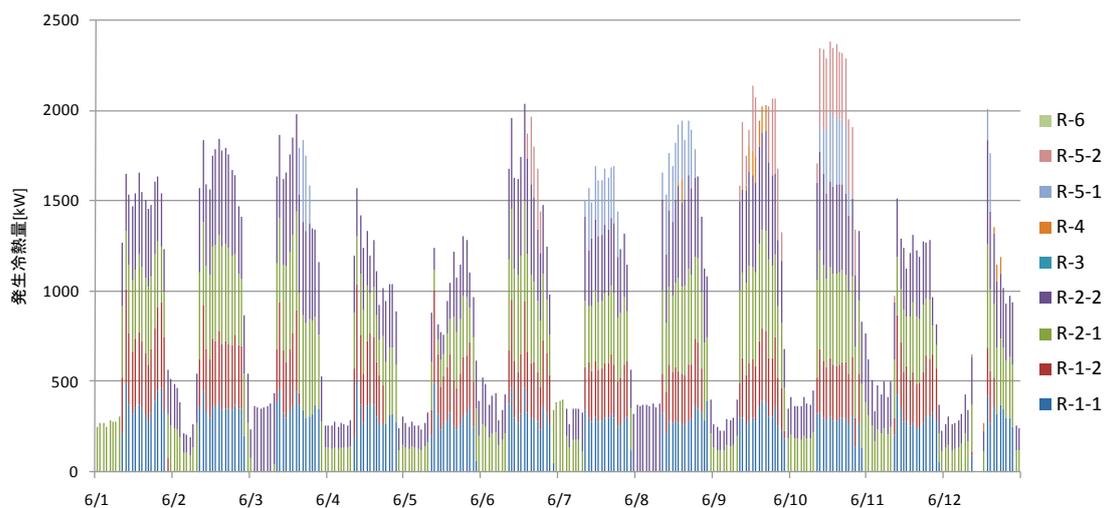
R-1 ガス吸収冷温水機をベース機に R-2 水冷チラー,R-5 ガス吸収冷温水機, R-6 蒸気吸収冷凍機が負荷に応じて運転している. 夜間は電力需要に応じ R-1-2 は停止し R-1-1 と R-2-1,2 による運転となっている. R-3,4 温水吸収冷凍機は運転されていない. (CGS 温水は給湯で全量回収されていると思われる.)



図Ⅱ.3.1.10 各機器による発生冷熱量

中央監視データ (2011/6/1~6/12)

R-1 ガス吸収冷温水機をベース機に R-2 水冷チラー,R-5 ガス吸収冷温水機が負荷に応じて運転している. 夜間は R-2-1,2 による電気中心の運転となっている.



図Ⅱ.3.1.11 各機器による発生冷熱量

病院 05 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

冷凍機運転台数(2011/6/1~10/31)

1台~7台で台数制御

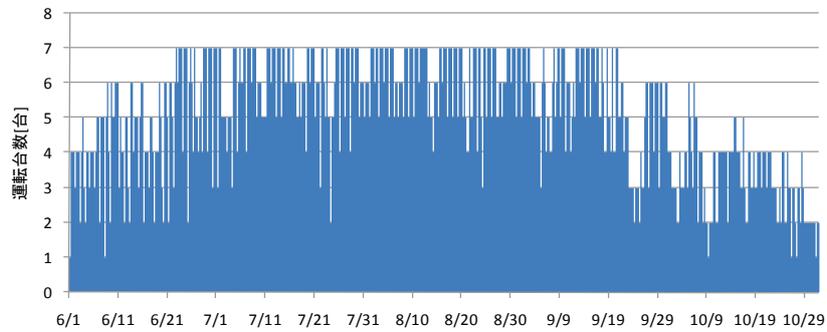


図 II. 3. 1. 12 冷凍機運転台数制御状況

2次側冷水温度差

設計温度差 5°C に対し, 2~3°C の運転となっており流量が多い.
冷凍機運転台数による差はみられない.

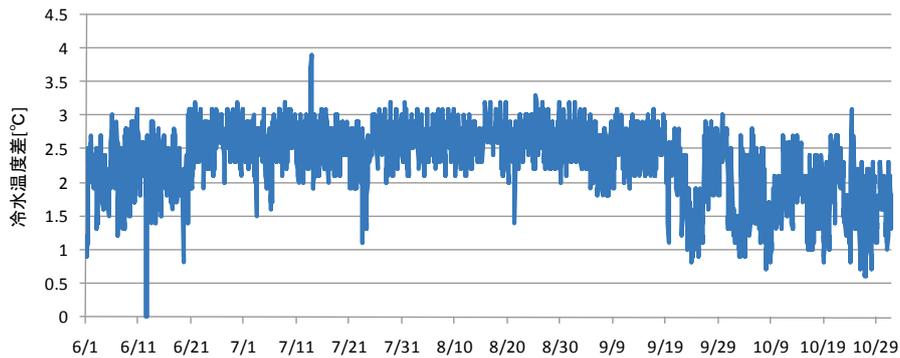


図 II. 3. 1. 13 冷凍機運転台数制御状況

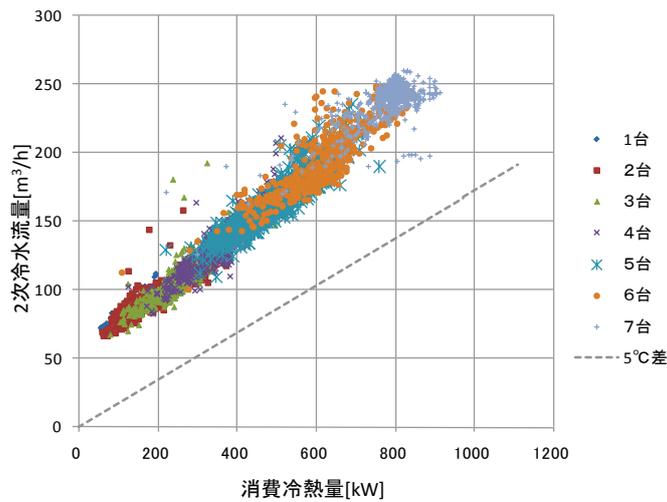


図 II. 3. 1. 14 冷凍機運転台数制御状況

病院 05 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

冷凍機負荷率(2011/6/1~10/31)

台数別の負荷率を示す。負荷率約70%~80%での運転時間が多い。

台数が多くなるに従い全体の負荷率は下がる傾向にある。

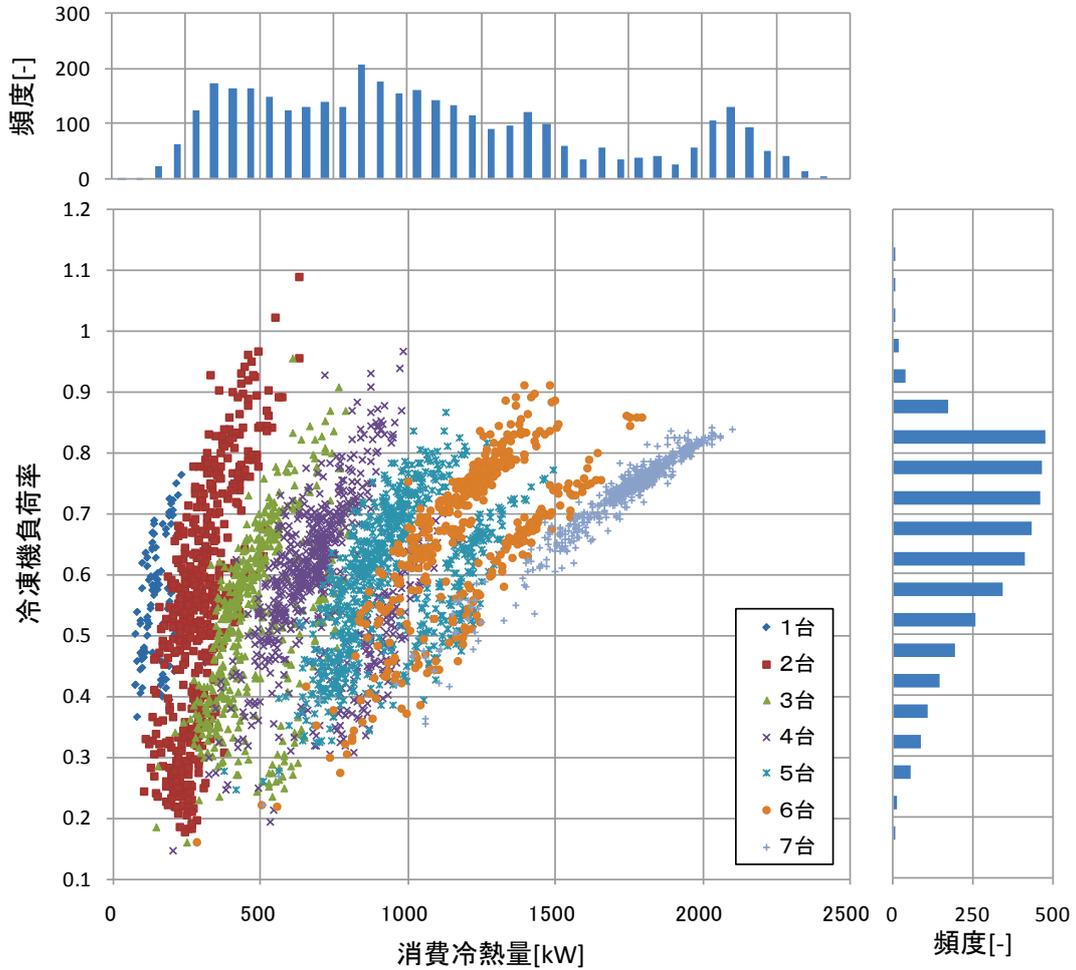


図 II. 3. 1. 15 冷凍機の消費冷熱量と負荷率の関係

病院 05 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

冷凍機 COP (2011/6/1~10/31) 1次エネルギー換算(9.76MJ/kWh)

低負荷時は水冷 INV チラーの運転となり効率が-highい-ga、出力が多くなるとガス吸収冷温水機運転が多くなり効率は低下している。

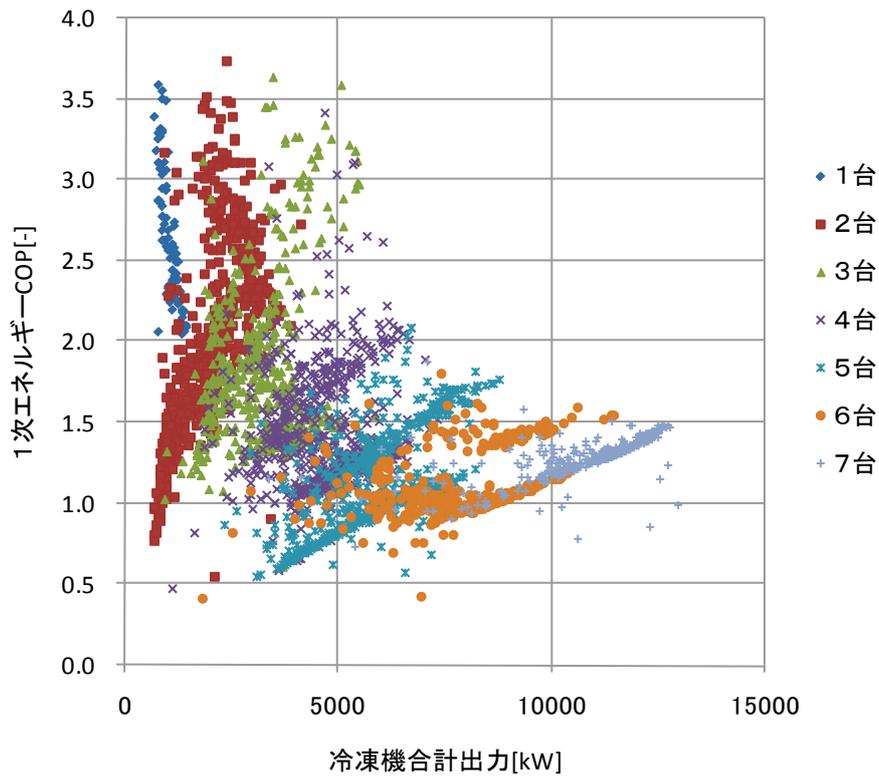
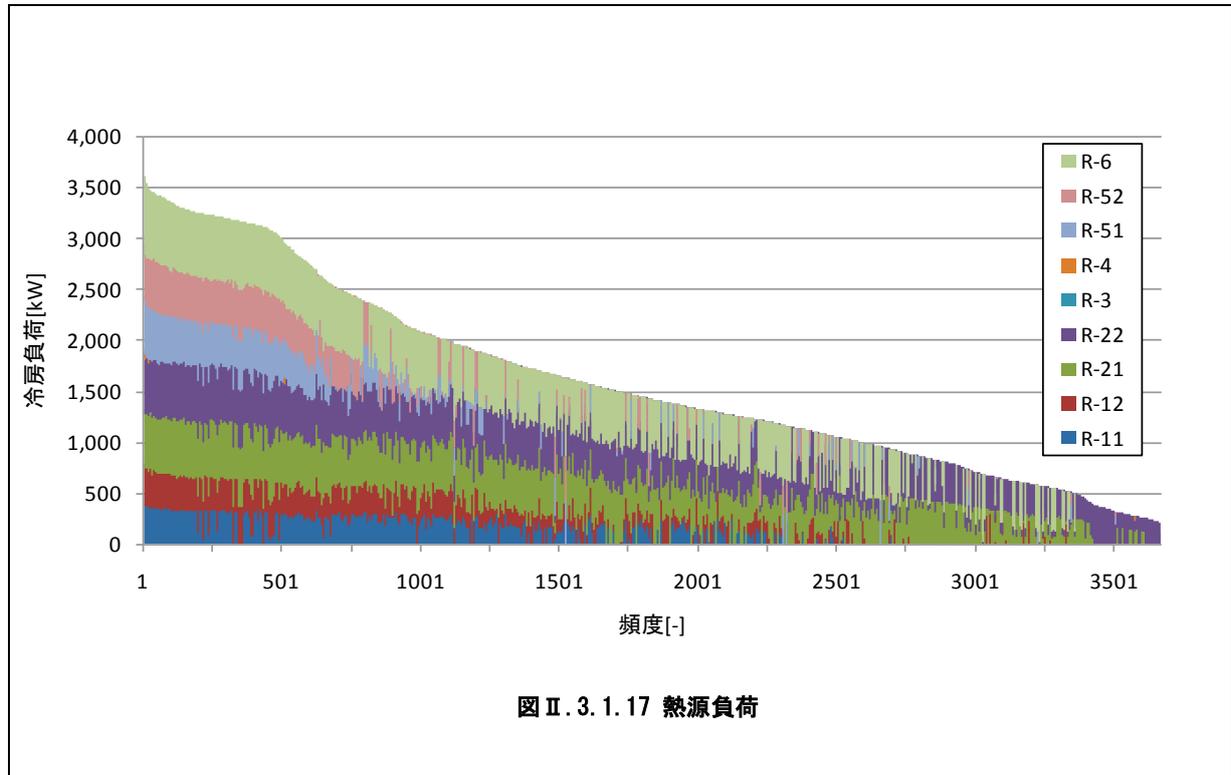


図 II. 3. 1. 16 冷凍機出力と COP の関係

病院 05 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

<熱源負荷データ>

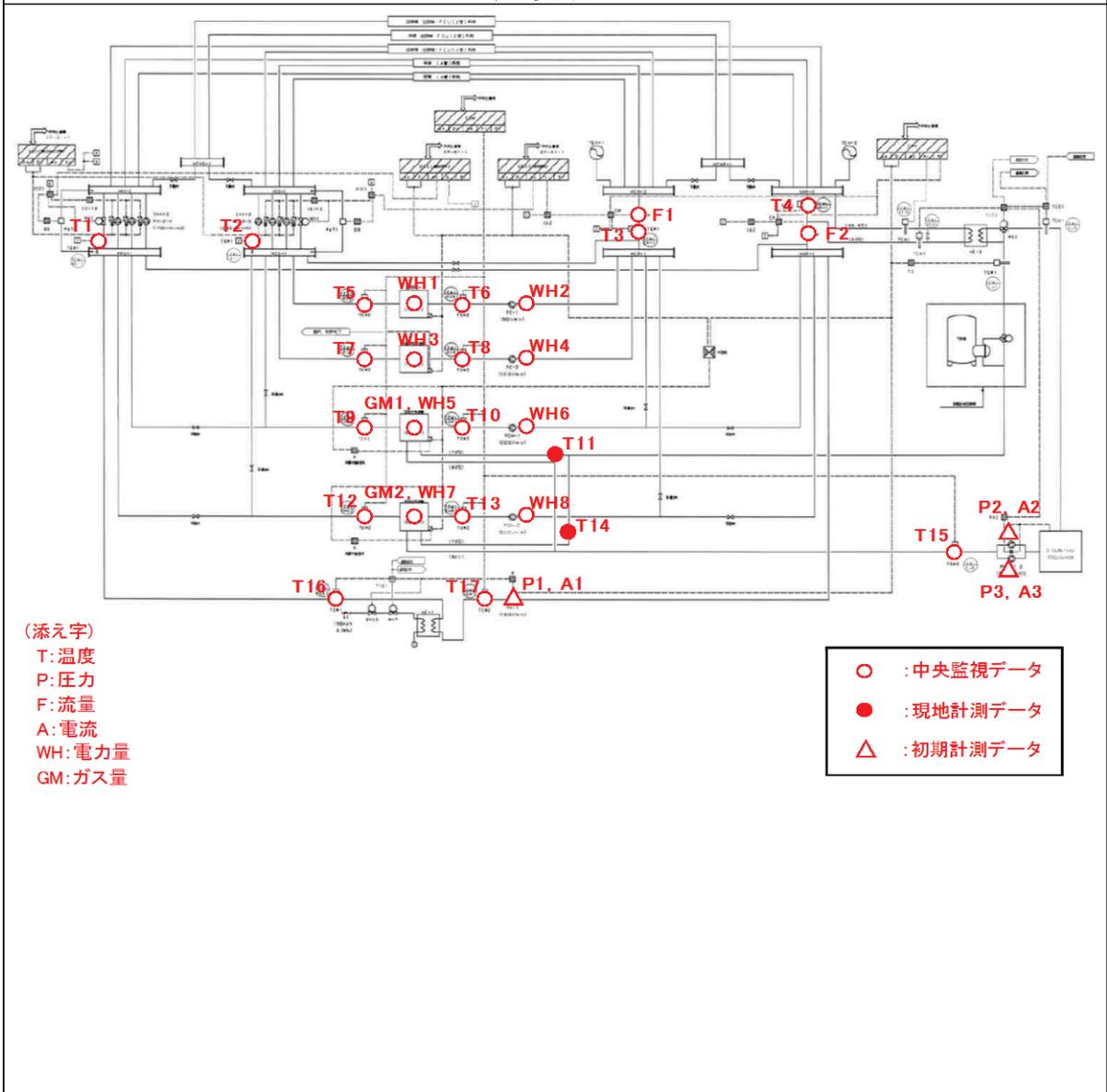


3.1.3. 病院 07

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

建物名	病院07	地区	埼玉	竣工	2008年	改修	-	規模	29,317m ²
分類記号	R-Ono-02				検出部	二次側負荷熱量			
制御目的	熱源台数制御				制御目標	能力（冷/温水熱量）			
分析期間	平成24年8月～平成24年11月				動作	増段-減段			
制御対象	RH-1～2, RR-1, RI-1, HE-1				製造年月				
制御内容	1) 熱源台数制御 ・負荷熱量、流量を計測し、要求の多い方で台数制御 ・運転時間を均一にするように運転順位をローテーションする。				機器仕様			冷却能力	加熱能力
					RH-1,2	律動投入型ガス冷温水機		703 kW (200RT)	629 kW
					RR-1	空冷チラー		315 kW (120HP)	
					RI-1	氷蓄熱ユニット (空冷)		312 kW	831 kW
					HE-1	蒸気-温水熱交換器			333 kW

システムフロー



病院 07 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

【増減段の条件】

（熱源台数制御順位表）

○夏期 冷水・温水

現在ハイセレクトにて流量・熱量どちらかが規定値を超すと増段

		冷水	温水	流量	熱量	演算定格値
吸収式冷温水発生器	RH-1	1(2)	-	149m ³ /h	2180MJ/h (605kW)	31%
吸収式冷温水発生器	RH-2	2(1)	-	149m ³ /h	2180MJ/h (605kW)	31%
空冷チラー	RR-1	4		67m ³ /h	1969MJ/h (547kW)	14%
氷蓄熱冷凍機	RI-1	3		115m ³ /h	1123MJ/h (312kW)	24%
プレート熱交換器	HE-1		1			

減段は流量が約10m³, 熱量が約280MJ/h下がると減段
送水温度補償 往温度:10℃ 還温度:15℃

○冬期 冷水

現在ハイセレクトにて流量・熱量どちらかが規定値を超すと増段

		冷水	温水	流量	熱量	演算定格値
吸収式冷温水発生器	RH-1	-	-	除外	除外	除外
吸収式冷温水発生器	RH-2	-	-	除外	除外	除外
空冷チラー	RR-1	2		67m ³ /h	1969MJ/h (547kW)	14%
氷蓄熱冷凍機	RI-1	1		115m ³ /h	3375MJ/h (938kW)	24%
プレート熱交換器	HE-1					

減段は流量が約10m³, 熱量が約280MJ/h下がると減段
送水温度補償 往温度:10℃ 還温度:15℃

○冬期 温水

現在は熱量が規定値を超したら増段

		冷水	温水	流量	熱量	演算定格値
吸収式冷温水発生器	RH-1	-	2(3)	144m ³ /h	4000MJ/h (1111kW)	40%
吸収式冷温水発生器	RH-2	-	3(2)	144m ³ /h	4000MJ/h (1111kW)	40%
空冷チラー	RR-1	-		-	-	-
氷蓄熱冷凍機	RI-1	-		-	-	-
プレート熱交換器	HE-1		1	72m ³ /h	2000MJ/h (556kW)	20%

減段は熱量が200MJ/h下がると減段
送水温度補償 往温度:55℃ 還温度:40℃

病院 07 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

<p>【評価項目計算式】</p> <p>1) 二次側温度差 二次側温度差 = 還ヘッダー温度(T3, T4) - 往ヘッダー温度(T1, T2)</p> <p>2) 二次側負荷熱量 (中央監視データ) 二次側負荷熱量 = 二次側温度差(T3-T2, T4-T1) × 二次側流量(F1, F2) × 比重 × 比熱</p> <p>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)</p> <p>4) 製造熱量 (中央監視データ) 製造熱量 = 冷水温度差(T6-T5, T8-T7, T10-T9, T13-T12) × 冷凍機流量 × 比重 × 比熱</p> <p>5) 熱源負荷率 熱源負荷率 = 製造熱量 ÷ 定格熱量</p> <p>6) 熱源入力比 熱源入力比 = 消費エネルギー(1次換算) ÷ 定格消費エネルギー(1次換算)</p> <p>7) 合計冷水負荷率 合計冷水負荷率 = 製造熱量 ÷ 各冷凍機定格熱量合計</p> <p>8) システムCOP システムCOP = 製造熱量 ÷ 消費エネルギー(1次換算)</p> <p>【計測概要】</p> <p>1) データ収集時間間隔 中央監視データ: 1時間 現地計測データ: 10分</p> <p>2) データ処理 それぞれのデータを1時間平均に集計</p>			
---	--	--	--

病院 07 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ>夏季冷水 2012年8月20日~9月2日

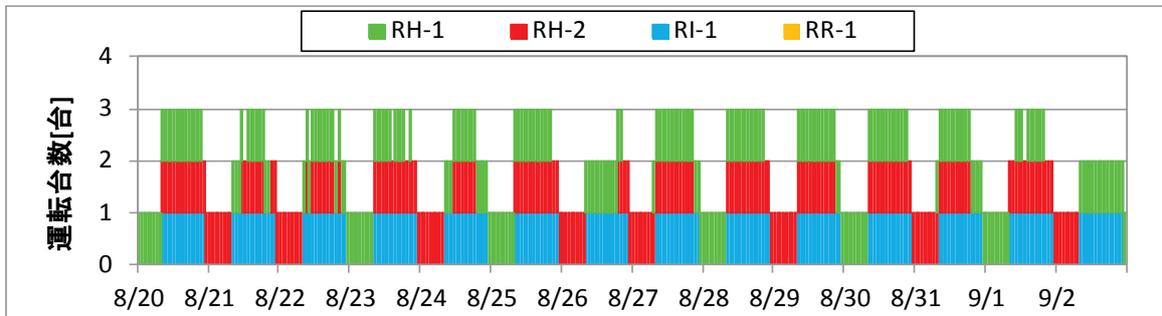


図 II. 3. 1. 18 台数制御トレンド

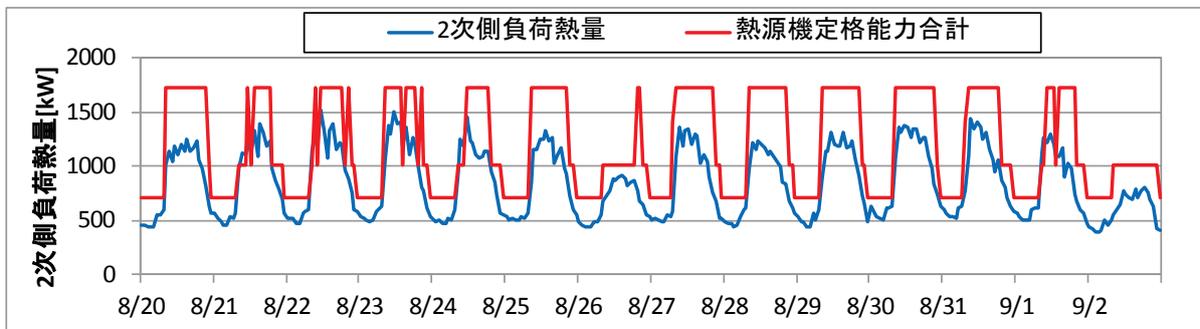


図 II. 3. 1. 19 2次側負荷熱量トレンド

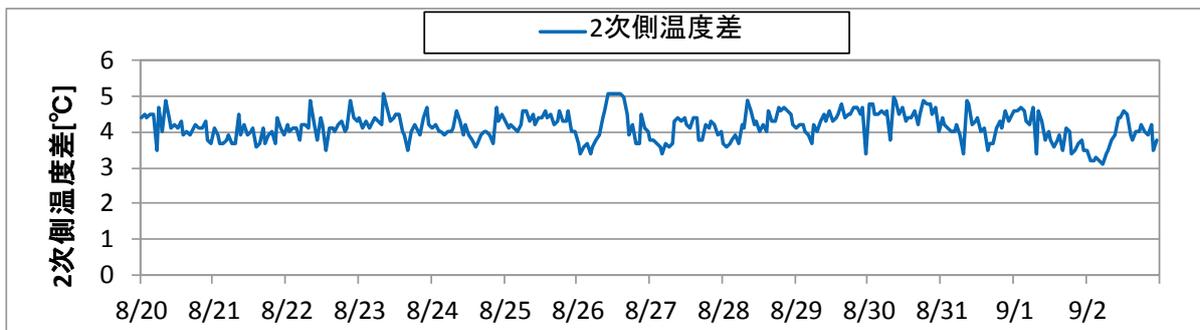


図 II. 3. 1. 20 2次側温度差トレンド

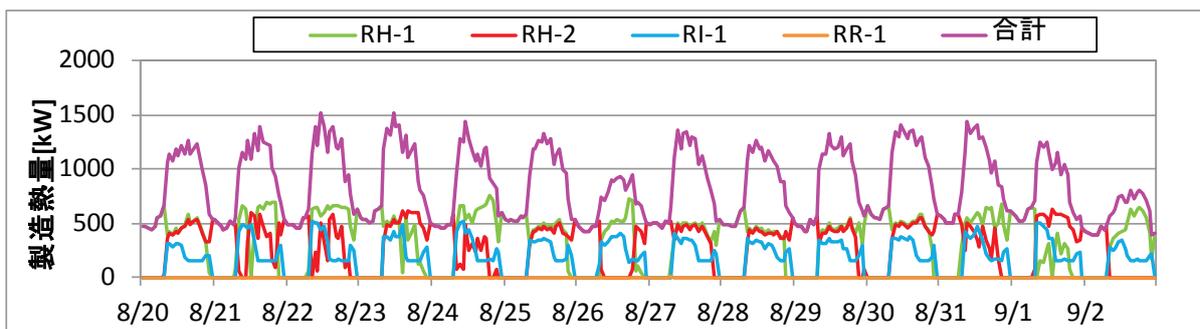


図 II. 3. 1. 21 製造熱量トレンド

病院 07 (R-Ono-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ> 夏季冷水 2012年8月18日~10月6日

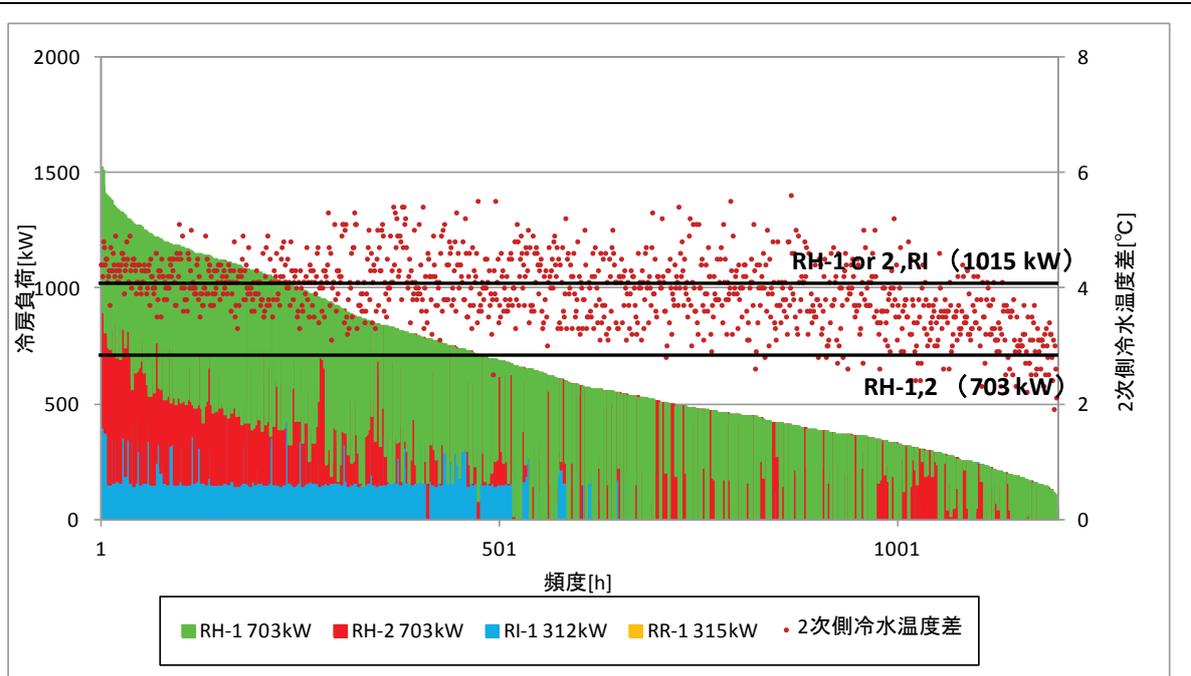


図 II. 3. 1. 22 頻度分布

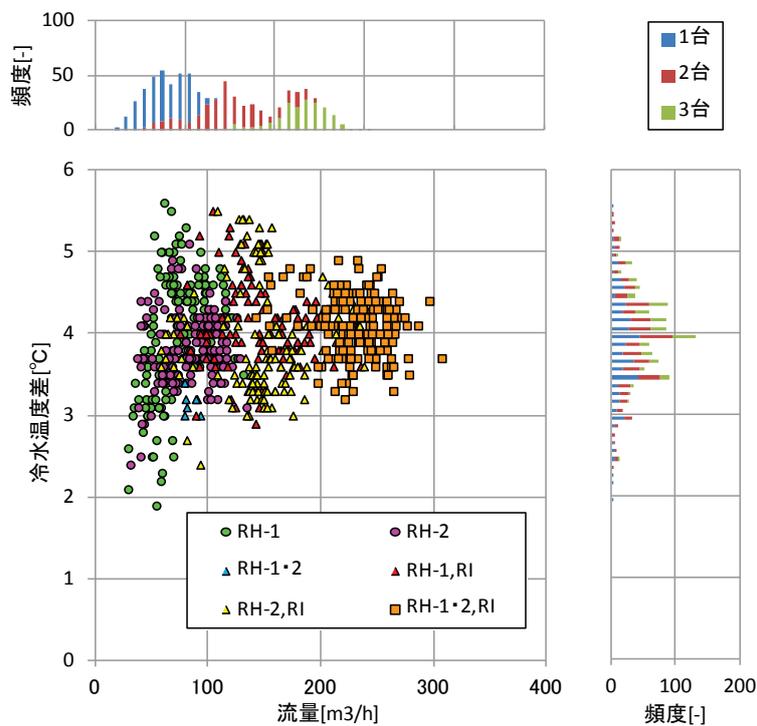


図 II. 3. 1. 23 冷水量と温度差の関係

図 II. 3. 1. 22 : おおむね必要能力に合わせた運転台数となっている。

図 II. 3. 1. 23 : 冷水温度差は 2~5°C で分布している。

病院 07 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ> 夏季冷水 2012年8月18日~10月6日

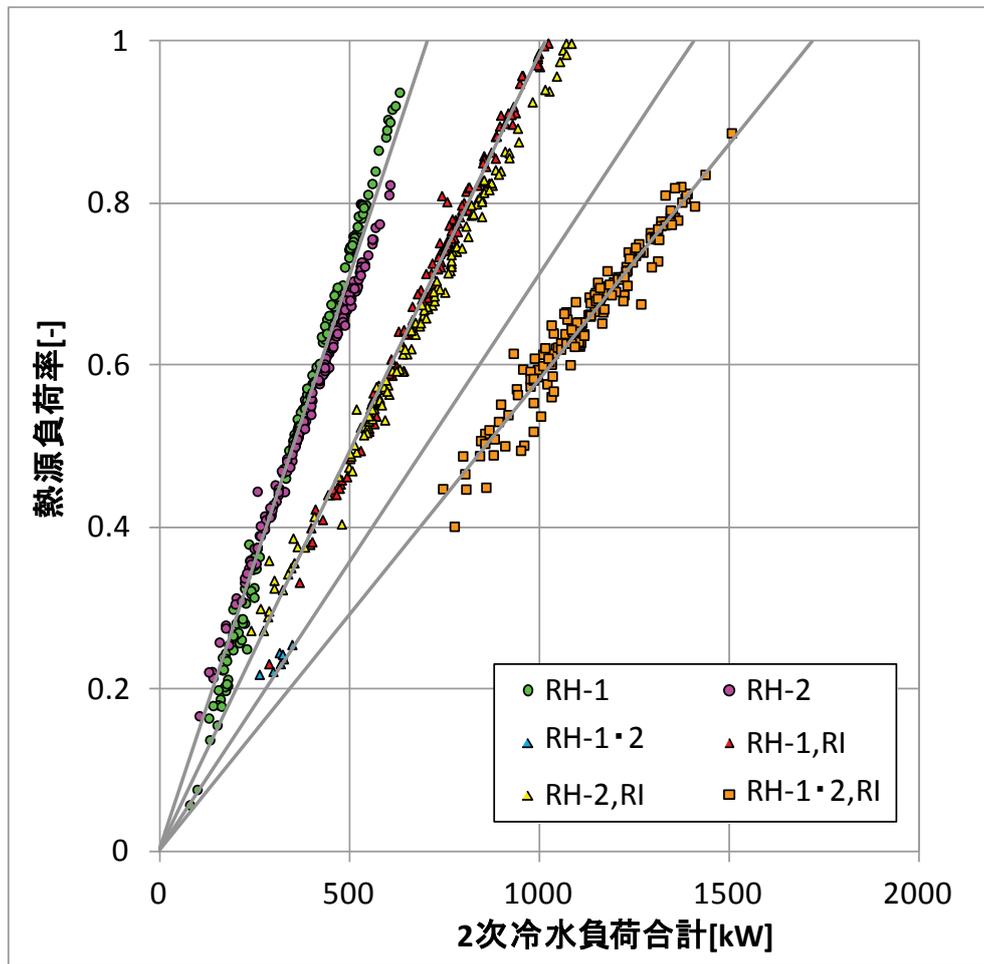


図 II. 3. 1. 24 2次側負荷と冷凍機負荷率の関係

$$\text{熱源負荷率} = \frac{\text{製造熱量}}{\text{冷房指令台数熱量(運転台数分)}}$$

- ①: RH-1 or 2
- ②: RH-1 or 2 , RI
- ③: RH-1 and 2
- ④: RH-1 and 2 , RI

運転台数毎に能力通りの運転をしている。

病院 07 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ>夏季冷水 2012年8月18日~10月6日

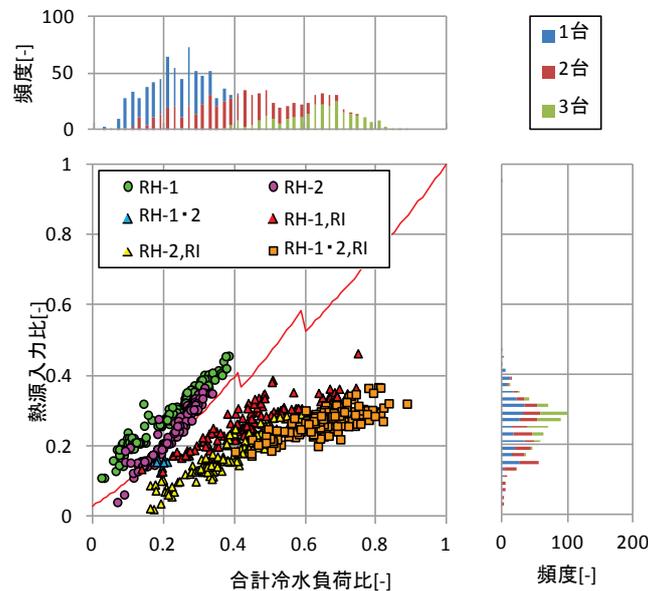


図 II. 3. 1. 25 合計冷水負荷比と熱源入力比の関係

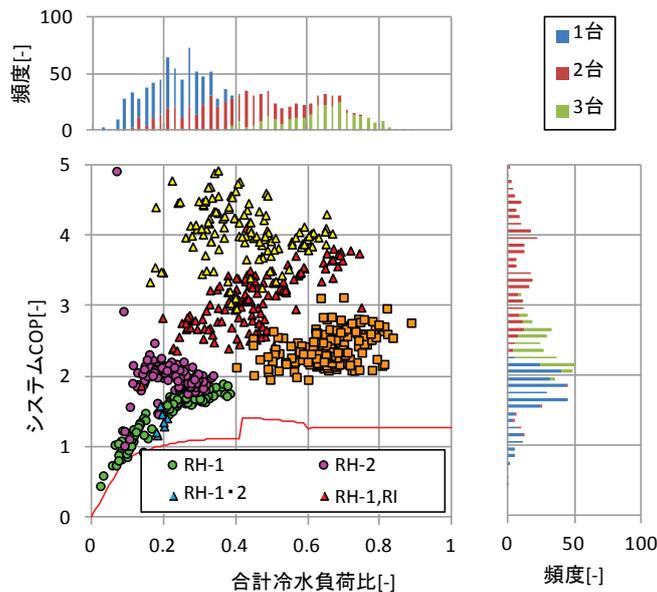


図 II. 3. 1. 26 合計冷水負荷比と COP の関係

図 II. 3. 1. 25 : 合計冷水負荷比と熱源入力比の関係は 1 次の相関がある。

1 台運転時は理想曲線より高い熱源入力比で運転しているが、2 台以上運転時は、低い熱源入力比で運転している。

図 II. 3. 1. 26 : 理想曲線より高い COP で運転している。理想曲線より効率がよい。

→消費エネルギー (ガス量, 消費電力) が少ない (中央監視データ)。

それが入力エネルギーの低さ, COP の高さに反映されている。

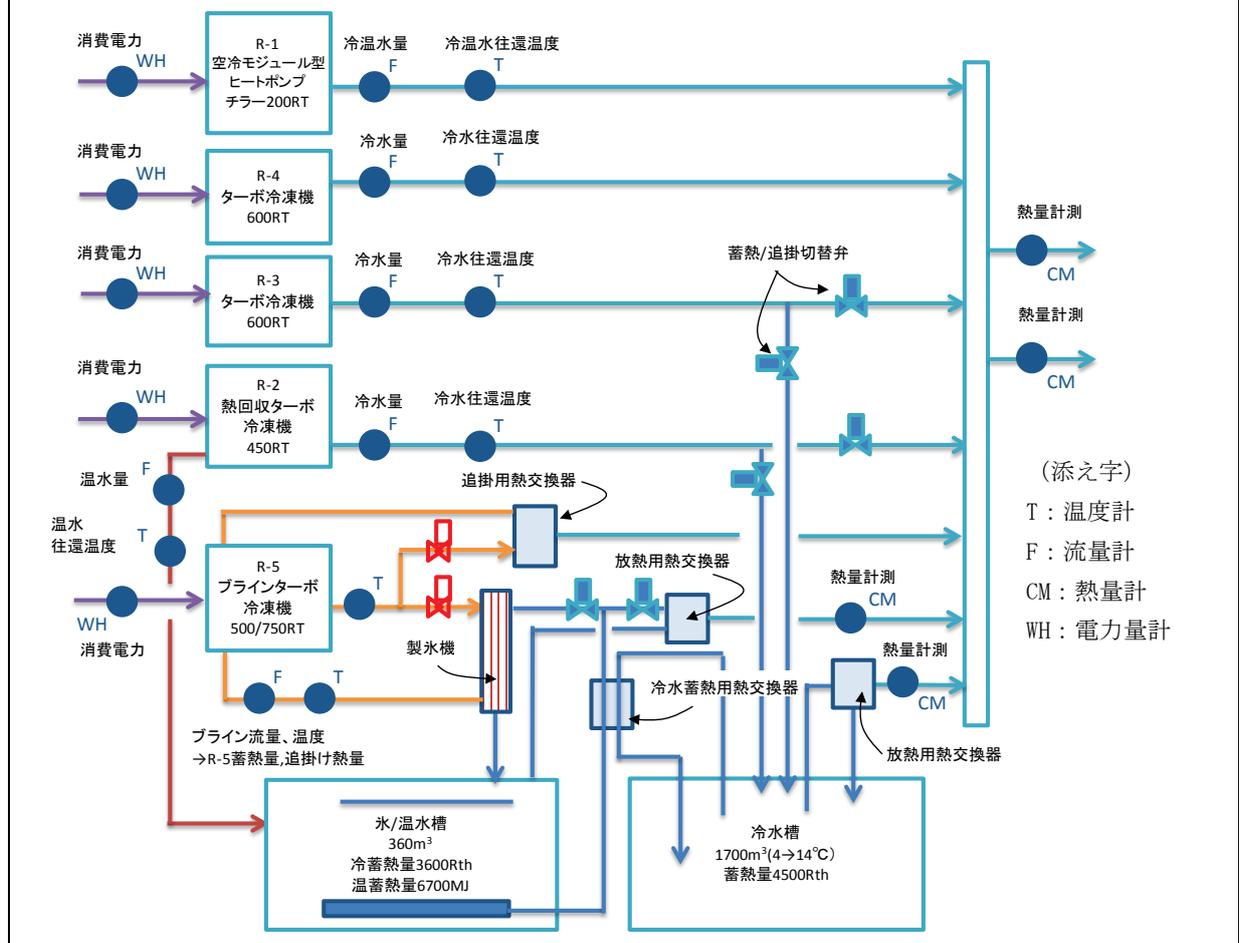
3.1.4. 物販店舗 02

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

建物名	物販店舗 02	地区	関東	竣工	2008 年	改修	—	規模	168,000m ²
分類	R-Ono-02	方式				専用/兼用		エネルギー源	電気
機器	空冷ヒートポンプ	型式	モジュール式						
	ターボ冷凍機	型式	高効率		方式	—			
端末器具	—	種類	—		温調方式	—	手動/自動	自動	
分析期間	2012.5.1~2012.9.30			製造年月	2007 年				
制御内容	負荷熱量により台数制御								
機器仕様	NO.	出力		入力		1次エネルギー-COP			
	R-1	200RT	12→7℃	238kW		1.18			
	R-2	450RT	13→8℃	331kW		1.76			
	R-3	600RT	10→5℃	388kW		2.01			
	R-4	600RT	12→7℃	310kW		2.51			
	R-5	500RT	-2→-5℃	548kW		1.18			
・ 1KWh=9.76MJ/h									

システムフロー

- ・ プラインターボ冷凍機によるダイナミック式氷蓄熱システム
- ・ ターボ冷凍機、空気熱源ヒートポンプチャラーによる追掛け運転



物販店舗 02 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

< 冷凍機運転状況 >

最大負荷は約 2000RT (7,000kW), 最大 5 台運転

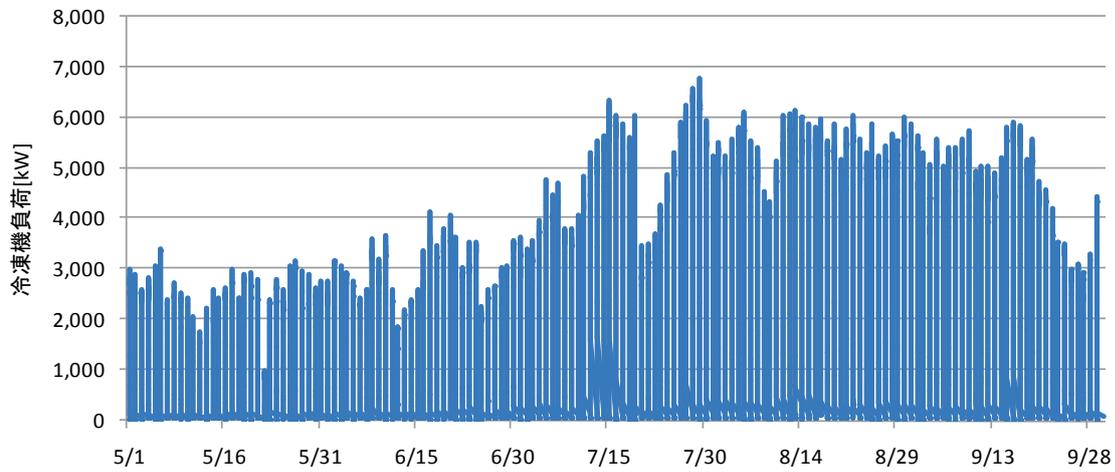


図 II . 3 . 1 . 27 冷凍機負荷の推移

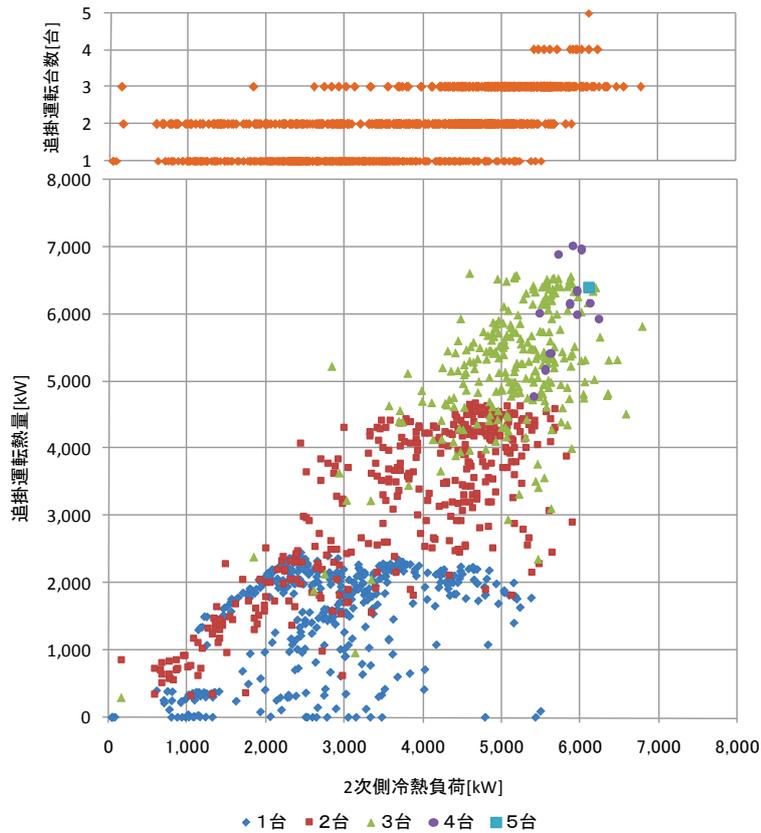
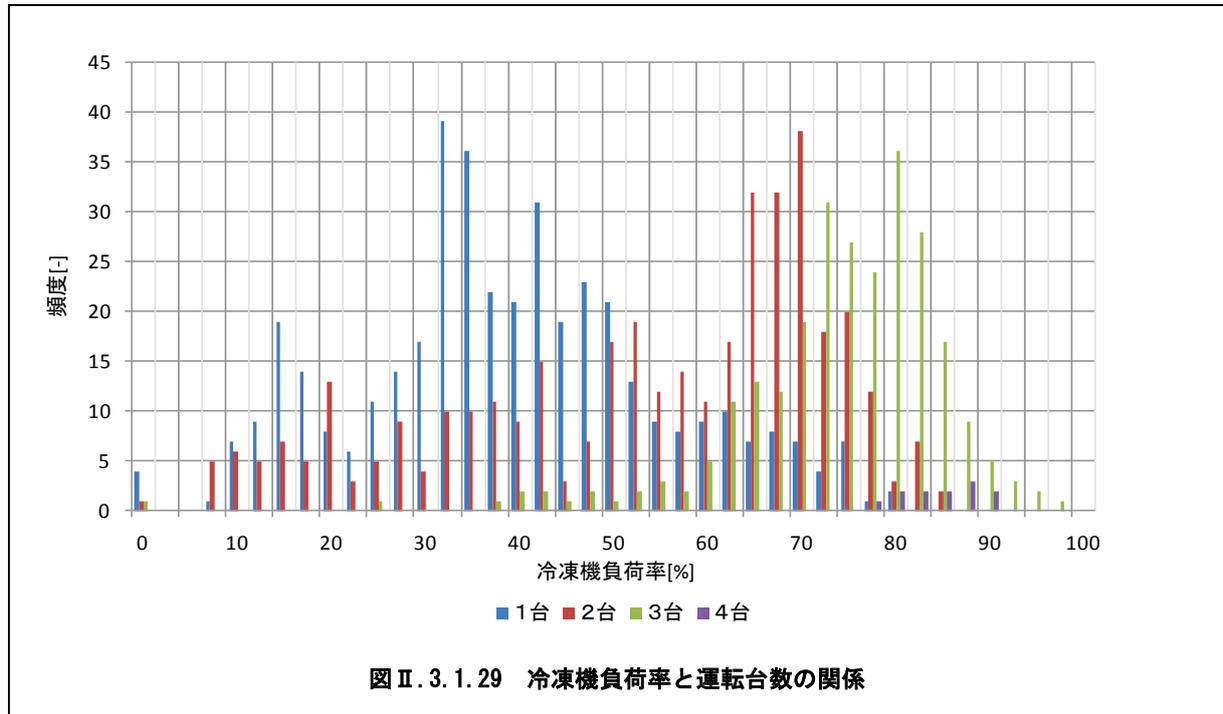


図 II . 3 . 1 . 28 2 次側冷熱負荷と追掛運転熱量の関係

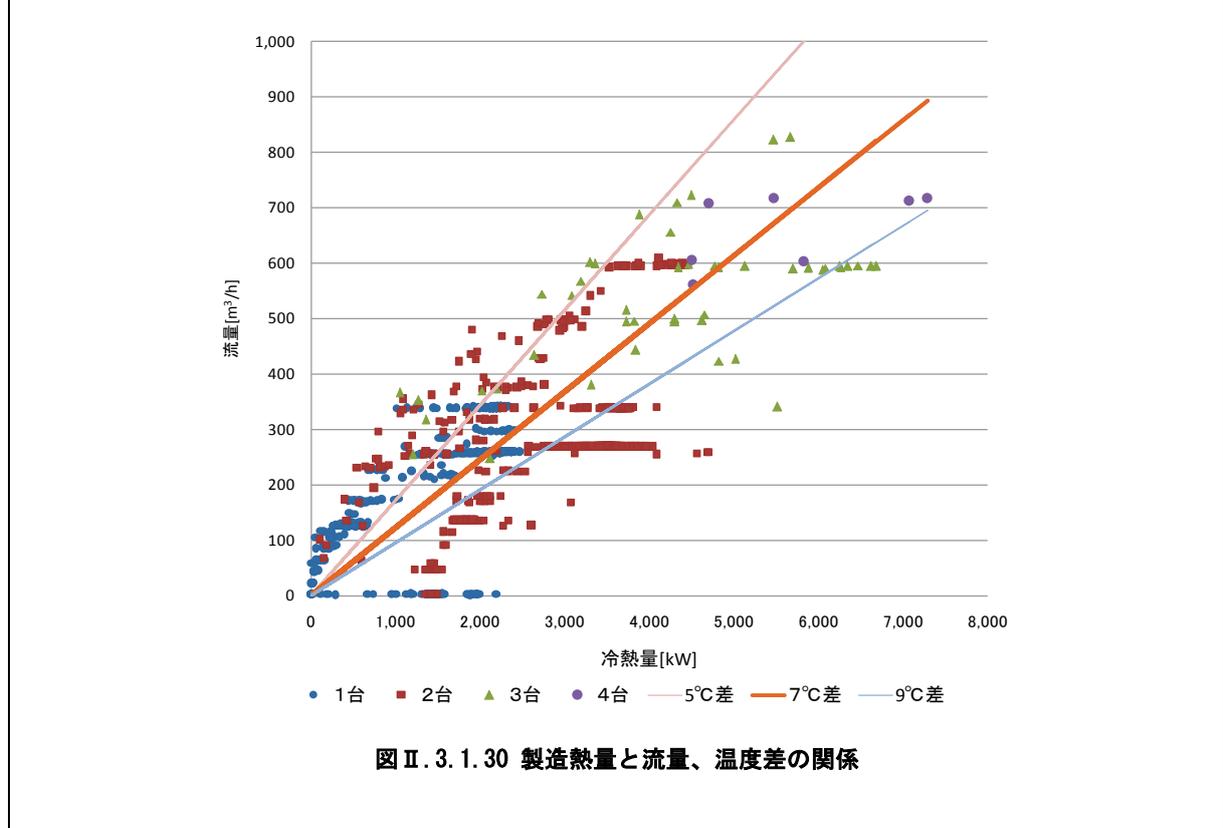
物販店舗 02 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

< 冷凍機運転状況 >



運転状況 製造熱量と流量, 温度差



物販店舗 02 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

< 冷凍機 COP と蓄熱状況 >

製造熱量と冷凍機 COP (単体)

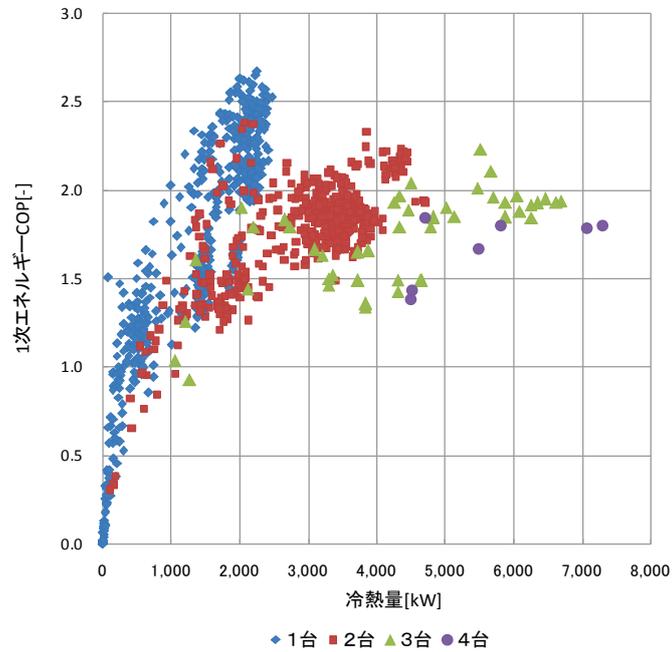


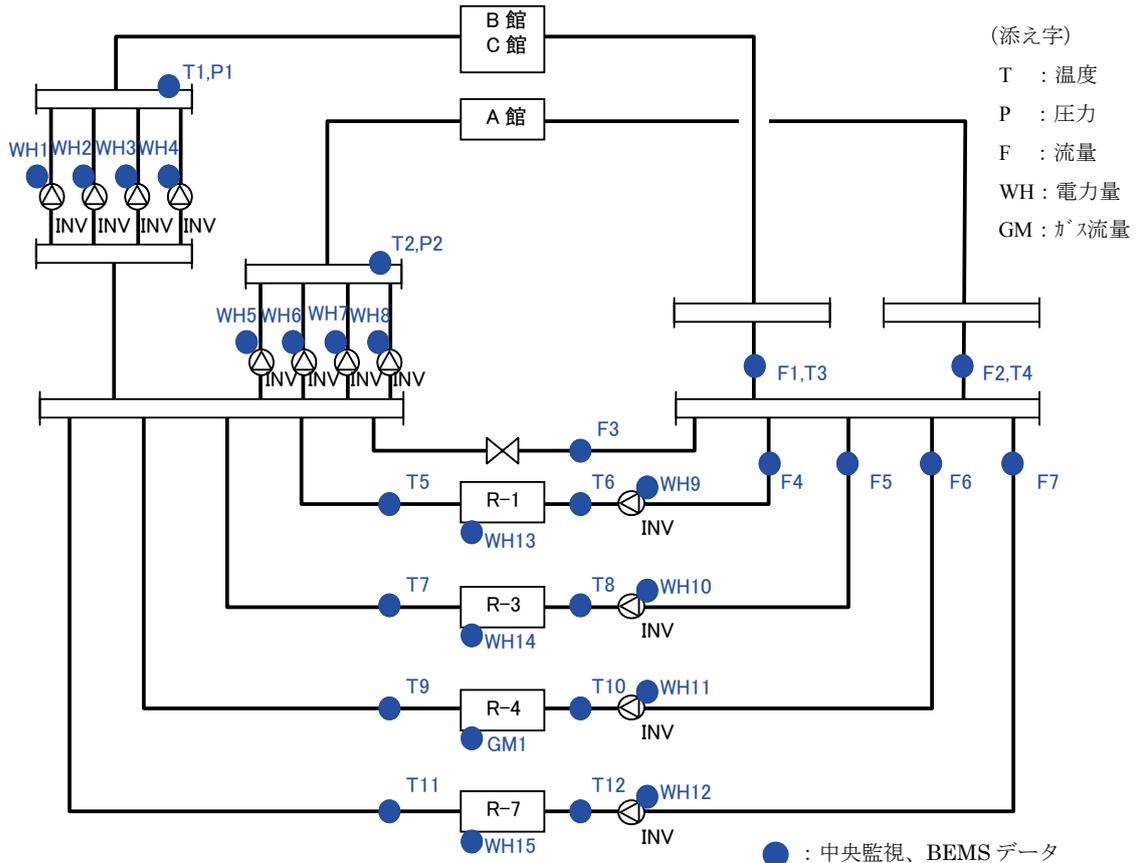
図 II. 3. 1. 31 製造熱量と冷凍機 COP の関係

3.1.5. 事務所 04

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

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	R-Ono-02				検出部	二次側負荷			
制御目的	熱源台数制御				制御目標	製造熱量			
分析期間	平成 23 年 4 月～平成 24 年 3 月				動作	台数制御			
制御対象	熱源機群				製造年月				
制御内容	1) 熱源台数制御 <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 2) 冷凍機補機類制御 <ul style="list-style-type: none"> 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) 冷却水一次ポンプ温度差制御(INV 制御) 冷却塔ファン出口温度制御(INV 制御) 3) 設定 <ul style="list-style-type: none"> 冷水二次ポンプ吐出圧力：60kPa 冷水ポンプ，冷却水ポンプ下限水量：60% 				機器仕様	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） ※他の冷凍機は常時運転なし ※R-1 は冷却水を再熱に利用しているためベース運転			

システムフロー



分析リスト

- 温度変化，往還温度差，製造熱量
- 負荷頻度
- 増減段状況
- 熱源入力(冷水一次ポンプ含む)，熱源 COP (冷水一次ポンプ含む)

事務所 04 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

<制御内容, 評価項目計算式, 計測概要>

<p>1. 制御内容</p> <p>(1) 熱源機 (R-1, R-3, R-4, R-7)</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 R-1 は常にベース運転. ガス優先モード時, R-4 を R-1 の次に起動. <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) 二次側温度差 $\text{二次側温度差} = \text{還ヘッダー温度 (T3, T4)} - \text{往ヘッダー温度 (T1, T2)}$</p> <p>(2) 二次側負荷熱量 $\text{二次側負荷熱量} = \text{二次側温度差 (T3-T1, T4-T2)} \times \text{二次側流量 (F1, F2)} \times \text{比重} \times \text{比熱}$</p> <p>(3) 冷水温度差 $\text{冷房負荷} = \text{冷凍機入口温度 (T6, T8, T10, T12)} - \text{冷凍機出口温度 (T5, T7, T9, T11)}$</p> <p>(4) 製造熱量 $\text{製造熱量} = \text{冷凍機流量 (F4, F5, F6, F7)} \\ \times \text{冷水温度差 (T6-T5, T8-T7, T10-T9, T12-T11)} \times \text{比重} \times \text{比熱}$</p> <p>(5) 熱源負荷率 $\text{熱源負荷率} = \text{製造熱量} \div \text{定格熱量}$</p> <p>(6) 熱源システム入力比 $\text{熱源システム入力比} = \text{消費エネルギー (一次エネルギー基準)} \div \text{定格消費エネルギー (一次エネルギー基準)}$ <p style="text-align: center;">※ポンプは設計仕様での消費電力</p></p> <p>(7) 二次側合計冷水負荷比 $\text{二次側合計冷水負荷比} = \text{製造熱量} \div \text{各冷凍機定格熱量合計}$</p> <p>(8) システム COP $\text{システム COP} = \text{製造熱量} \div \text{消費エネルギー (一次エネルギー基準)}$ <p style="text-align: center;">※冷水一次ポンプ, 冷却水ポンプの消費電力を含む. (冷却塔はフリークーリングが含まれるため, 熱源システム全体の分析から対象外とした.)</p></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"> ・流量: 2分間隔 ・温度: 2分間隔 ・電力: 2分間隔 ・ガス流量: 2分間隔 <p>(2) データ処理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2分間隔のデータを1時間平均に集計
--

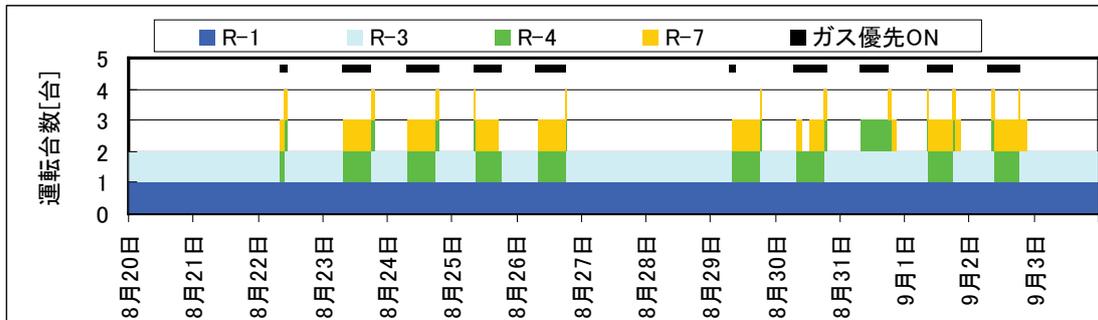
事務所 04 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

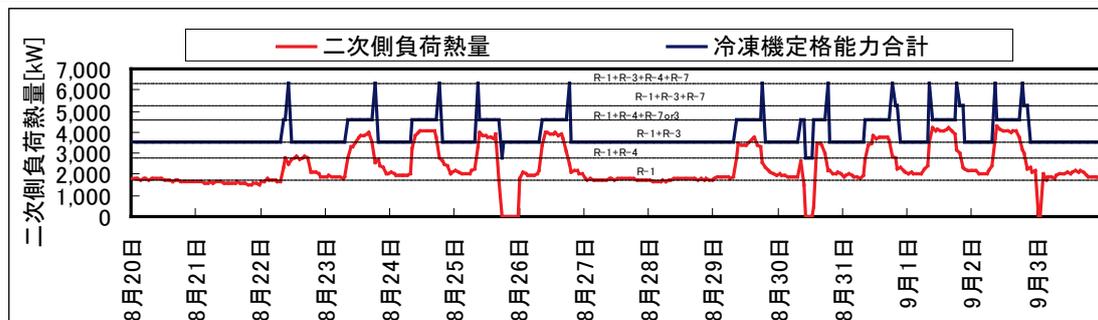
<動作確認データ(1)>

高負荷時(8月20日(土)~9月3日(土))のトレンドデータを示す。

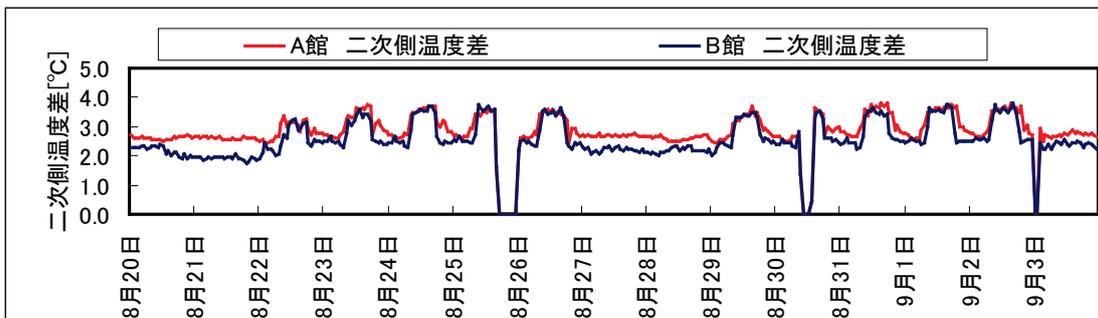
図Ⅱ.3.1.32の上部にガス優先モード時を示している。ガス優先モードではない時でもR-4が運転している場合があるが、手動運転の影響と考えられる。



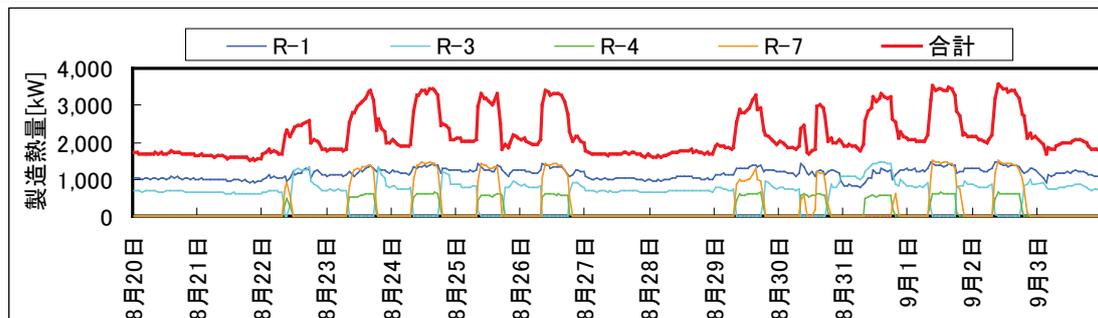
図Ⅱ.3.1.32 台数制御トレンド(高負荷時)



図Ⅱ.3.1.33 台数制御トレンド(高負荷時)



図Ⅱ.3.1.34 二次側負荷熱量トレンド(高負荷時)



図Ⅱ.3.1.35 製造熱量トレンド(高負荷時)

事務所 04 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ(2)>

低負荷時 (6月11日(土)～6月25日(土)) のトレンドデータを示す。
 高負荷時同様、ガス優先モードではない時でも R-4 が運転している場合があるが、手動運転の影響と考えられる。

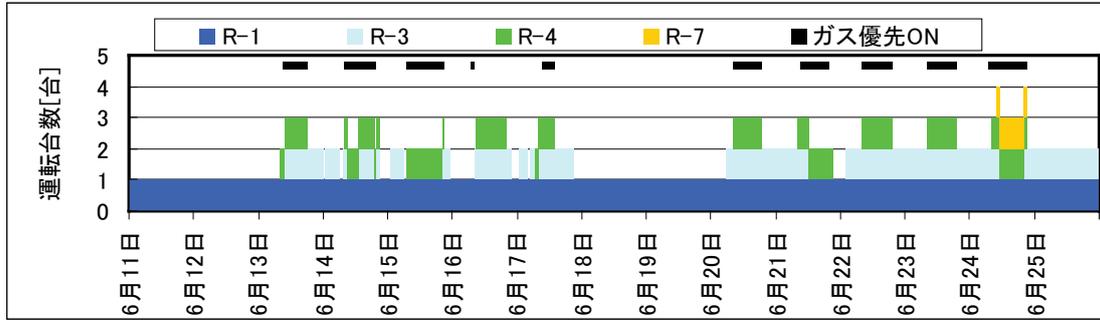


図 II. 3. 1. 36 台数制御トレンド (低負荷時)

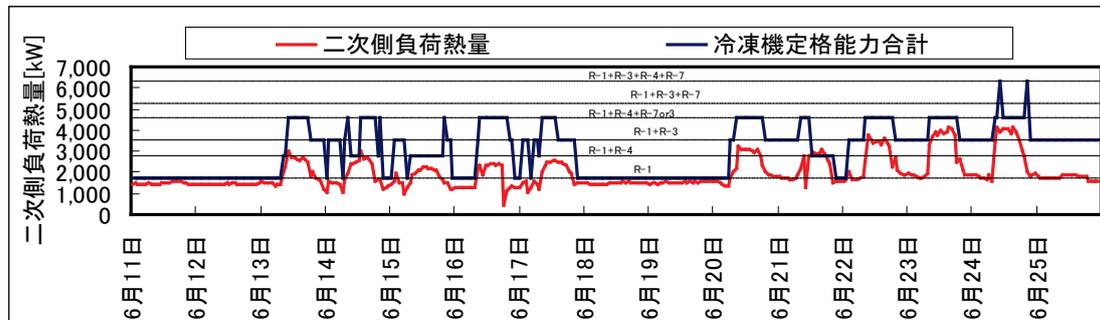


図 II. 3. 1. 37 台数制御トレンド (低負荷時)

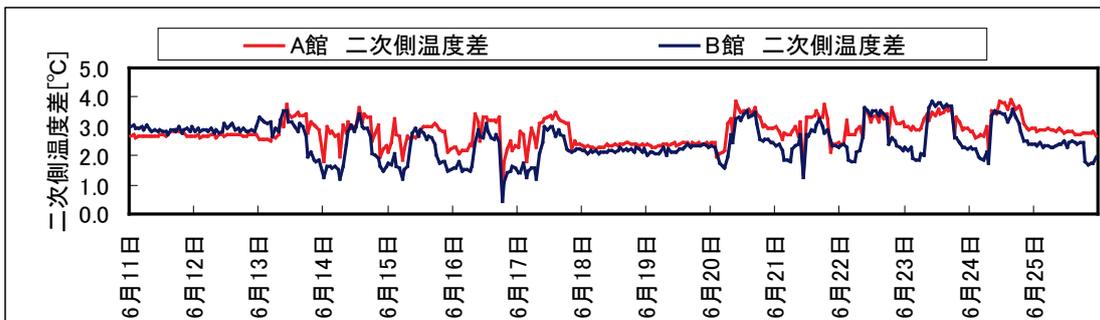


図 II. 3. 1. 38 二次側負荷熱量トレンド (低負荷時)

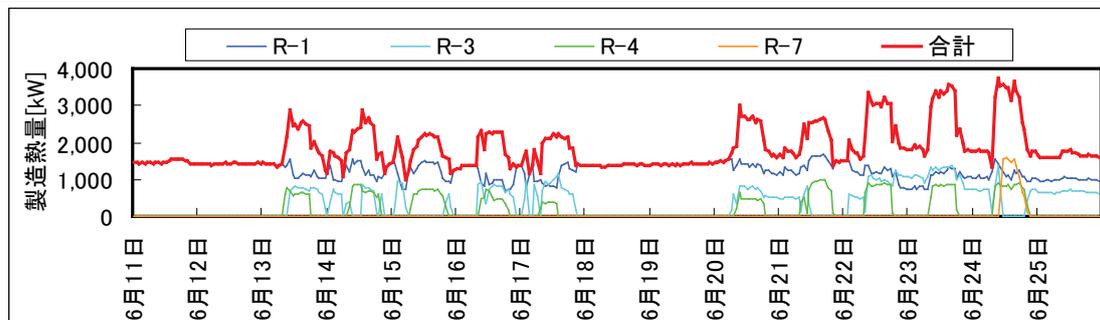


図 II. 3. 1. 39 製造熱量トレンド (低負荷時)

事務所 04 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ(3)>

図 II. 3. 1. 40 : 必要能力以上の台数運転が見られる. ガス優先モードによる R-4 の運転と手動運転の影響と考えられる. 最低必要台数以上の増段が見られるのは, 冷水往温度保障, 流量補正, 手動運転の影響が考えられる.

図 II. 3. 1. 41, 42 : 冷水温度差は 2~5℃ の間に広く分散している.

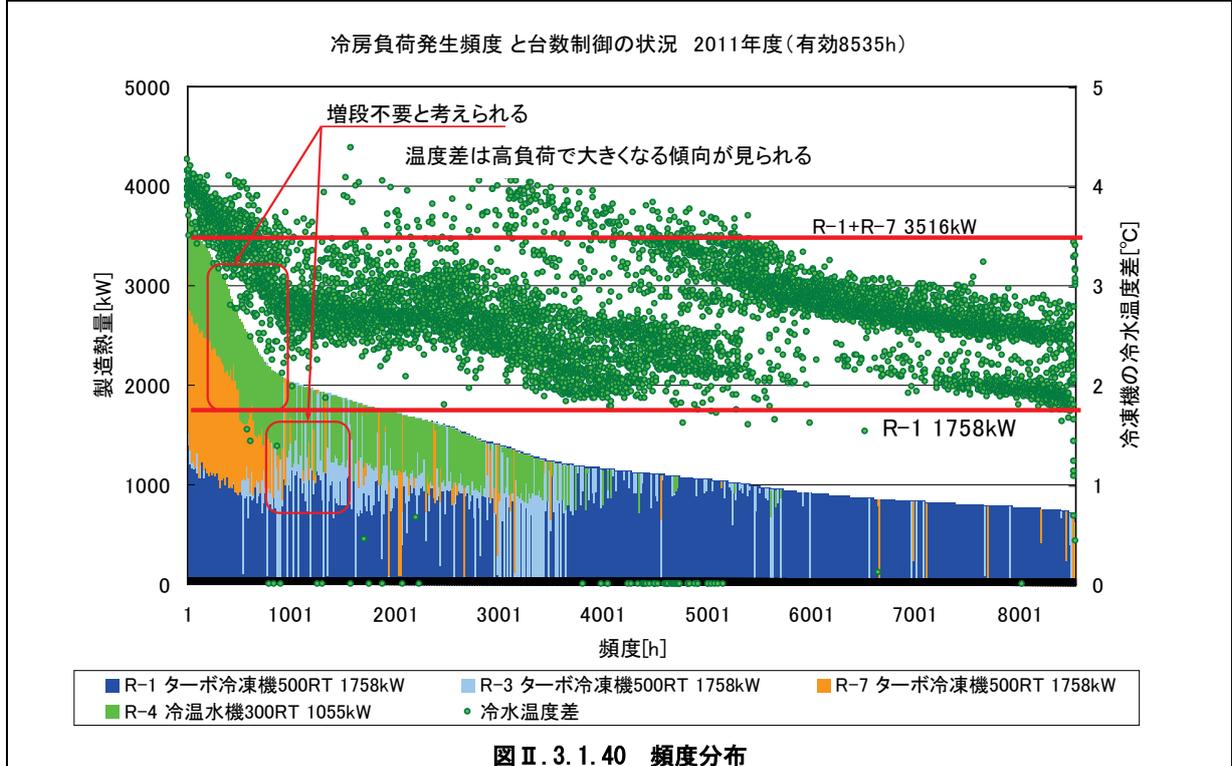


図 II. 3. 1. 40 頻度分布

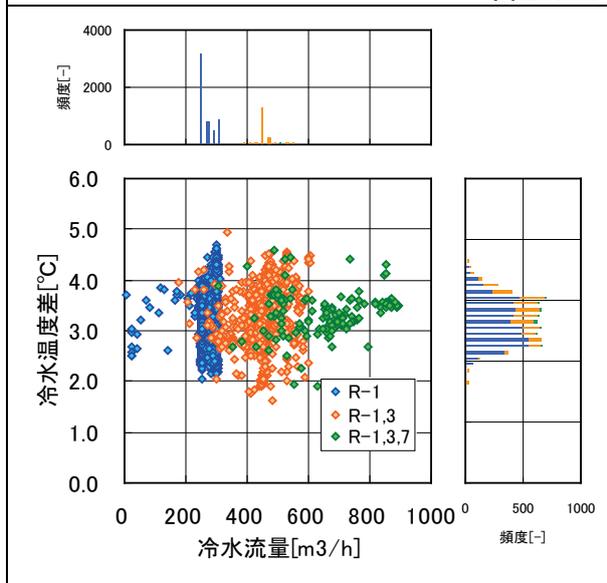


図 II. 3. 1. 41 冷水流量と温度差 (通常モード)

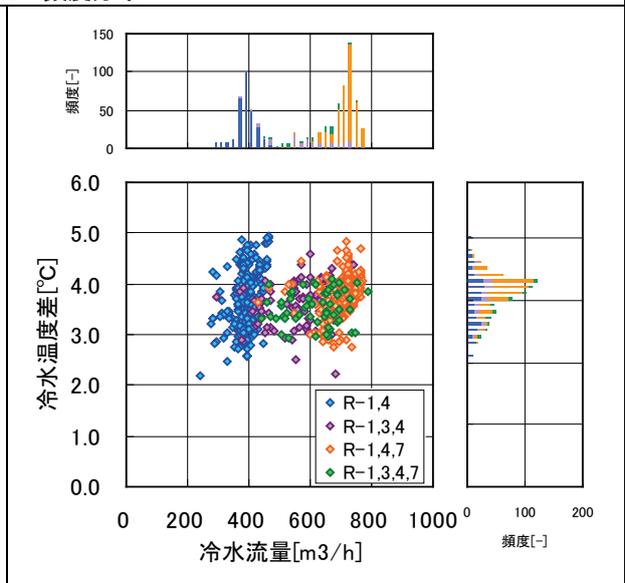


図 II. 3. 1. 42 冷水流量と温度差 (ガス優先モード, R-4 優先)

事務所 04 (R-0no-02)

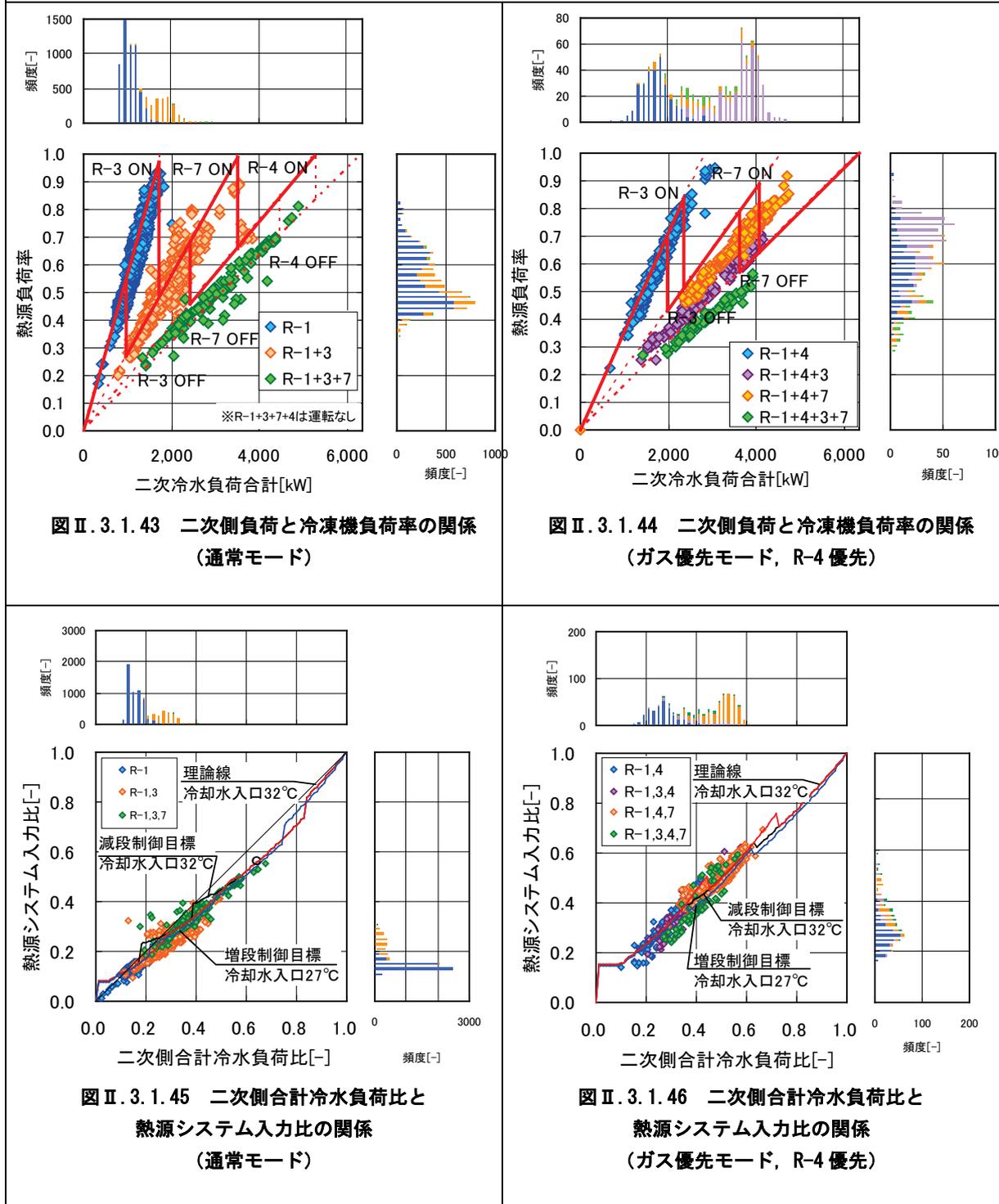
制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ(4)>

図 II. 3. 1. 43 : 通常モードの増段は制御設定に近い動作をしている。

図 II. 3. 1. 44 : ガス優先モードでは制御設定とは異なっており, 手動運転の影響が見られる。

図 II. 3. 1. 45, 46 : 熱源入力は計算式に近い値で分布している。



事務所 04 (R-0no-02)

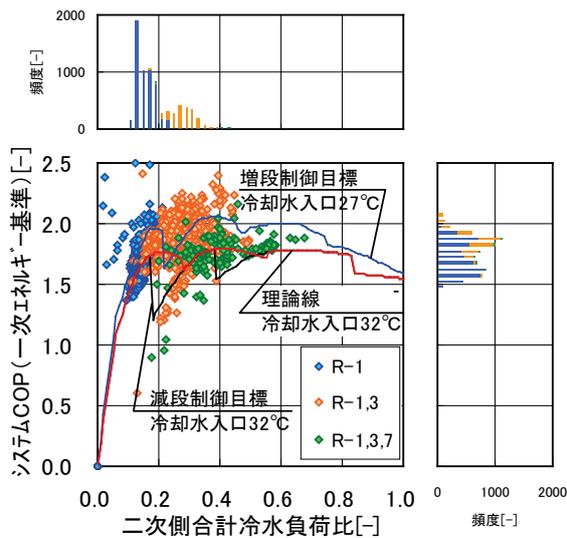
制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ(5)>

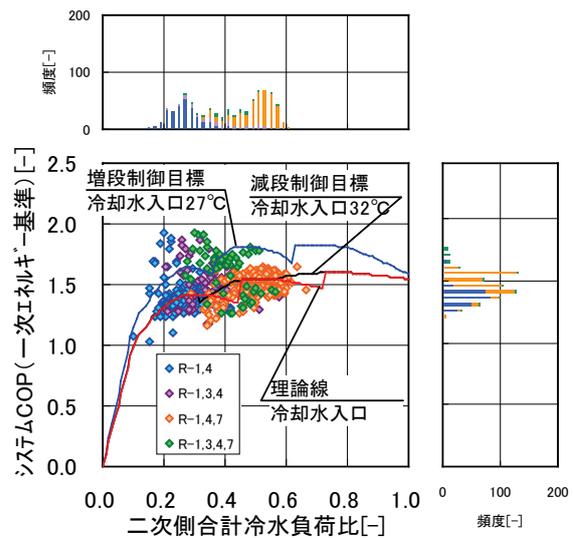
図Ⅱ.3.1.47, 48 : COP は入力を一次エネルギーで計算した。個々の冷凍機負荷率が100%で増段するとした理論線と、減段の制御設定値を図示した。

図Ⅱ.3.1.47 : COP の下限値は制御設定付近に分布している。COP が理論線より高いものは冷却水温度が低下したことによる。

図Ⅱ.3.1.48 : ガス優先モードでは通常モードに比べて COP が低くなっている。



図Ⅱ.3.1.47 二次側合計冷水負荷比とシステム COP の関係 (通常モード)



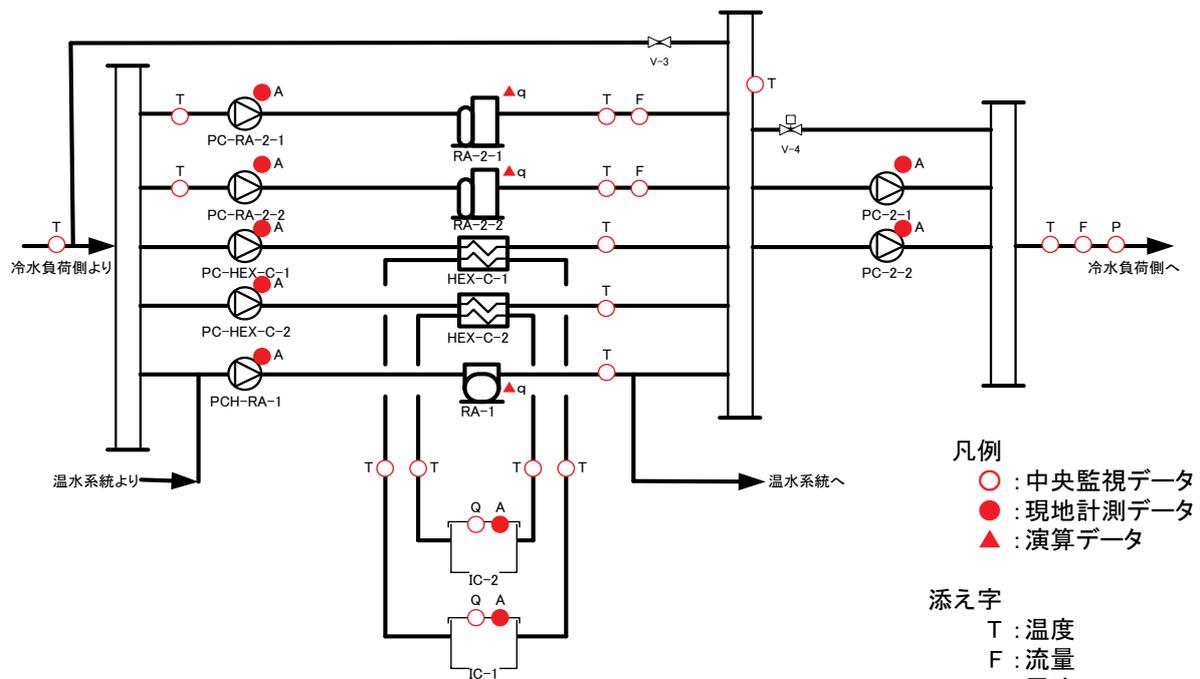
図Ⅱ.3.1.48 二次側合計冷水負荷比とシステム COP の関係 (ガス優先モード, R-4 優先)

3.1.6. 事務所 09

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

建物名	事務所09				
地区	関西	用途	事務所	規模	36,200 m2
実測機NO.	台数制御、蓄熱制御				
期間	平成24年4月～平成25年1月（平成24年4月以前の中央監視データあり）				
制御	・熱源台数制御		機器仕様	RA-1 240RT(ガス焼き冷温水機)	
	・蓄熱制御(水)			RA-2×2 126RT(温水吸収冷凍機)	
	・CGS排熱回収(吸収冷凍機)			IC-1×2 製氷102RT,冷却150RT	
				HEX-C×2 熱交換能力250RT	

システムフロー



凡例
 ○ : 中央監視データ
 ● : 現地計測データ
 ▲ : 演算データ

添え字
 T : 温度
 F : 流量
 A : 電流
 Q : 熱量
 q : 入力量

【熱限台数制御】

- ・CGS温水の優先使用、冷房機はR-2をCGSと連動する
- ・2次側負荷熱量からR-2発生熱量を減じた値により、R-1、氷蓄熱の台数制御を行う
- ・R-2をベース機とするが、CGS停止時は氷蓄熱をベース機とする
- ・往ヘッダ温度が規定値より上昇した場合は、停止中の冷熱源器を1台強制増段する

【氷蓄熱制御】

- ・氷蓄熱槽内温度及びIPFより蓄熱量を算出する
- ・蓄熱量の目標値は常に満水とする
- ・蓄熱モード終了時に満水の蓄熱を完了するために冷凍機の起動/停止を行う

【CGS排熱回収】

- ・CGS高温水入口温度が規定値以上にならないように、高温水/冷却熱交換器で冷却制御する
- ・CGS高温水は、RA-2、温水熱交換器、貯湯槽でシリーズで使う

事務所 09 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

<動作確認データ>

起動直後は氷蓄熱の放熱 IC-1,IC-2 が運転する. CGS の発電負荷の立ち上がりに伴い排熱回収の温水吸収冷凍機 RA-2-1,RA-2-2 に運転が移行する. 負荷の増加に伴いガス焼き冷温水発生機が追いかけて運転する.

運転中の冷凍機定格能力と二次側負荷の比率は, 1 台運転時には高めだが増段に伴い比率が低くなっている. ただし, 二次側流量と冷水往還温度を見ると, 流量を絞り気味で温度差の大きな運転となっている.

解析期間でのピーク負荷は 1,608kW で, 二次側冷却能力 1744kW の 92%に達していた.

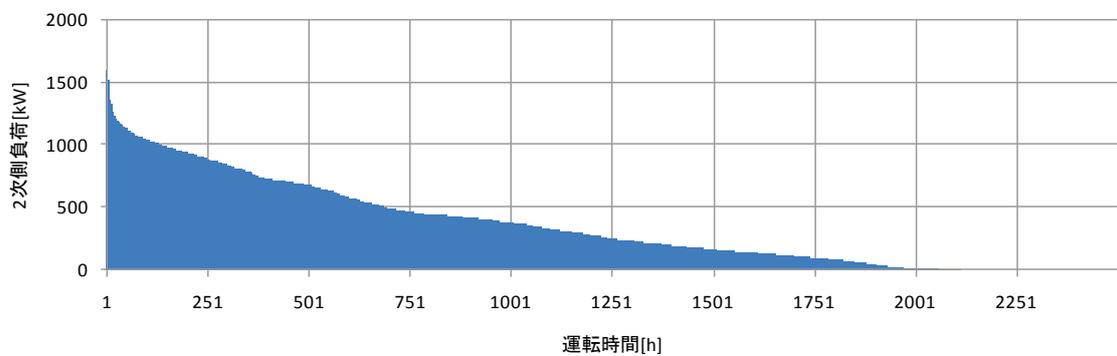


図 II. 3. 1. 49 期間冷房負荷(2012/4/1~10/31)

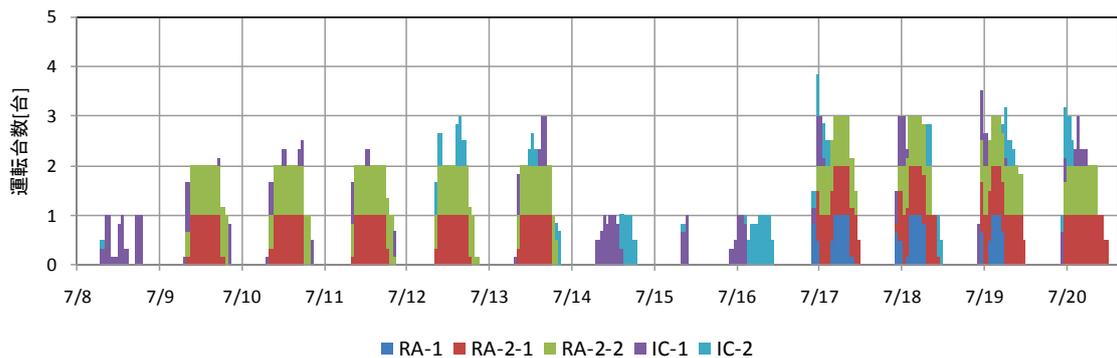
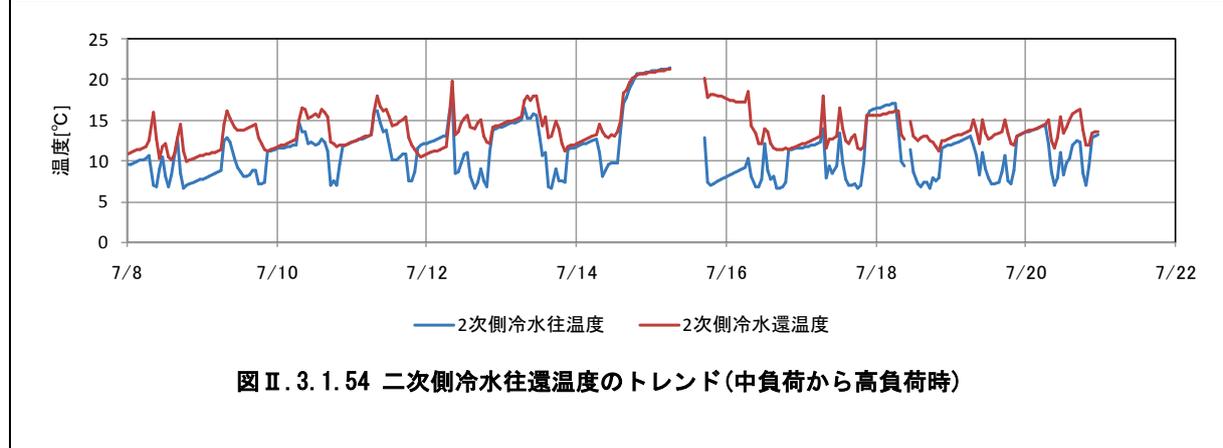
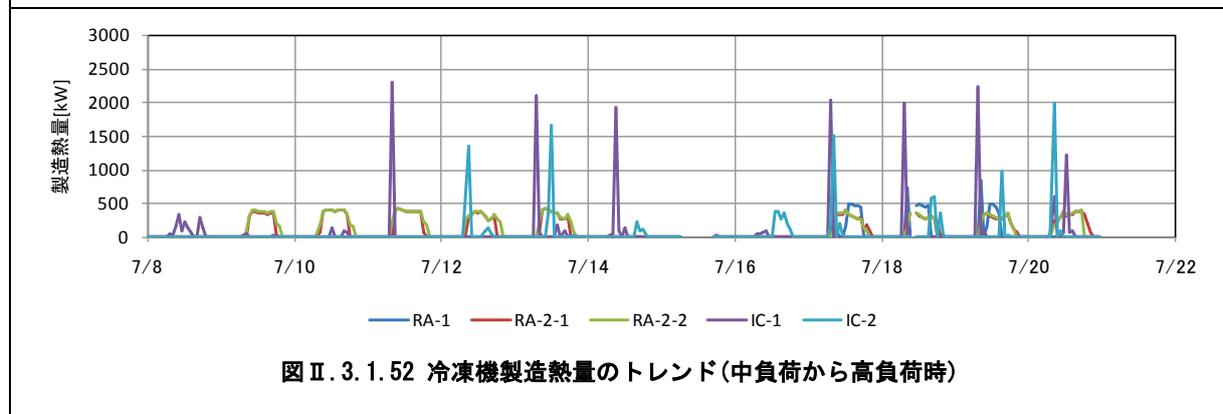
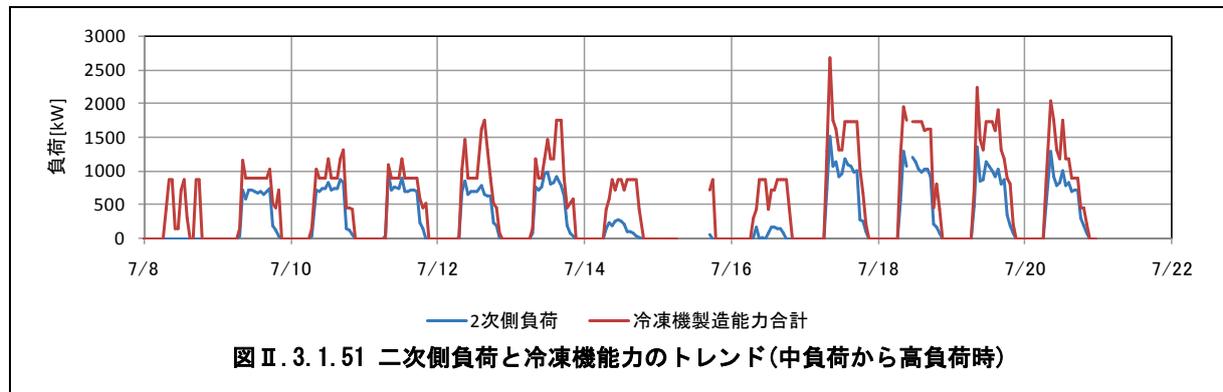


図 II. 3. 1. 50 台数制御の状況(中負荷から高負荷時)

事務所 09 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段



事務所 09 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

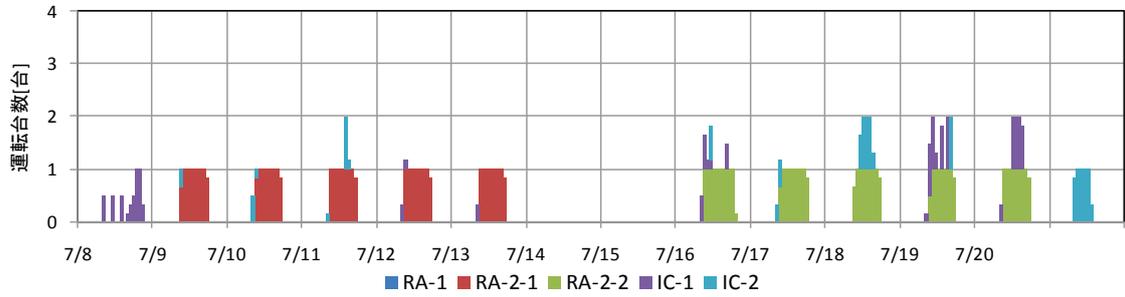


図 II. 3. 1. 55 台数制御の状況(低負荷時)



図 II. 3. 1. 56 2次側負荷と冷凍機能力のトレンド(低負荷時)

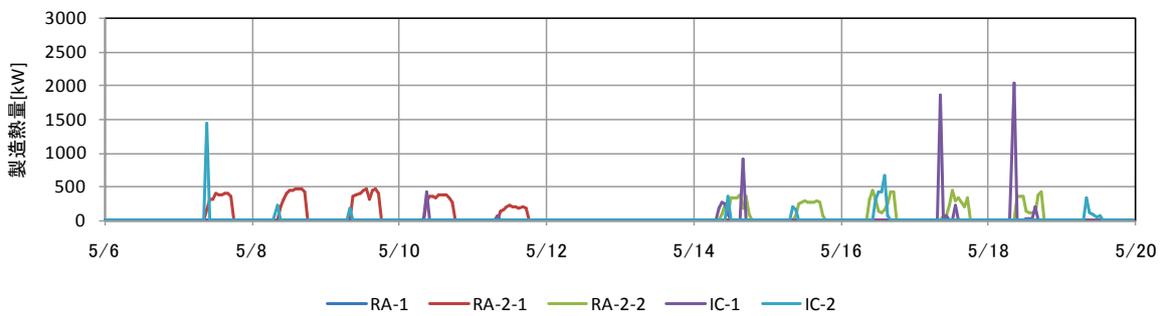
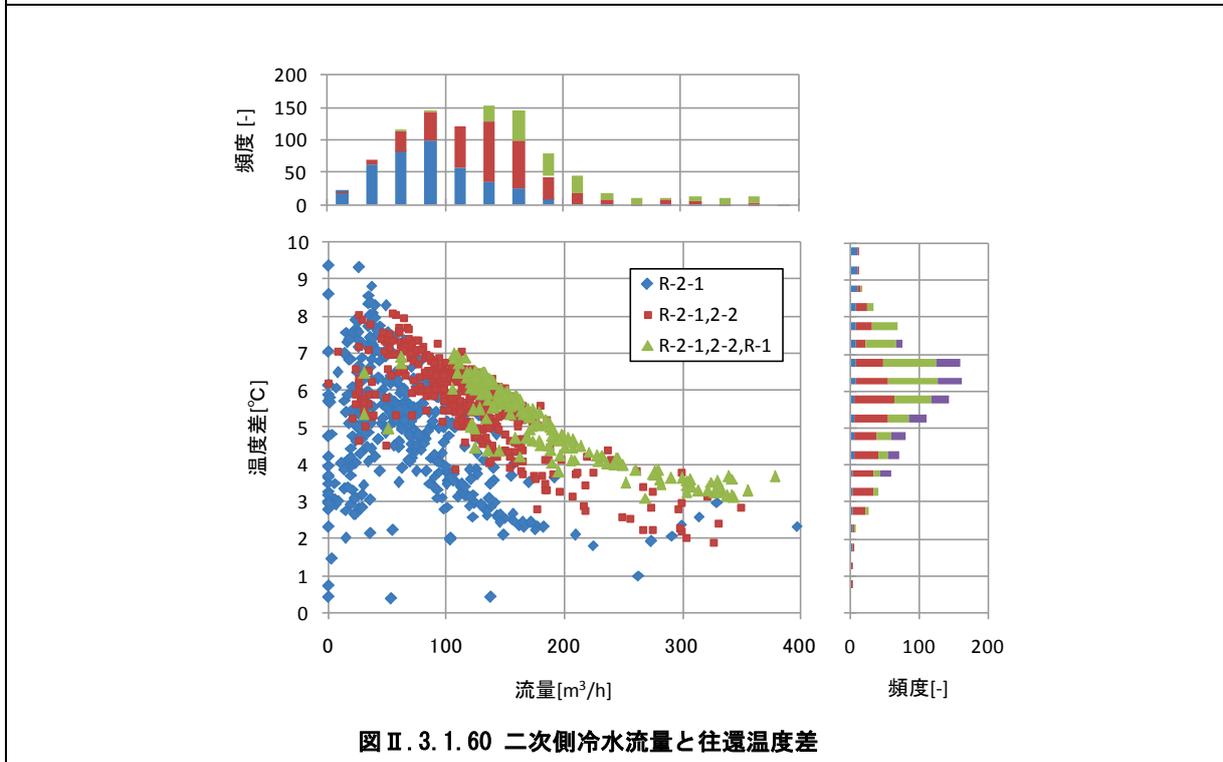
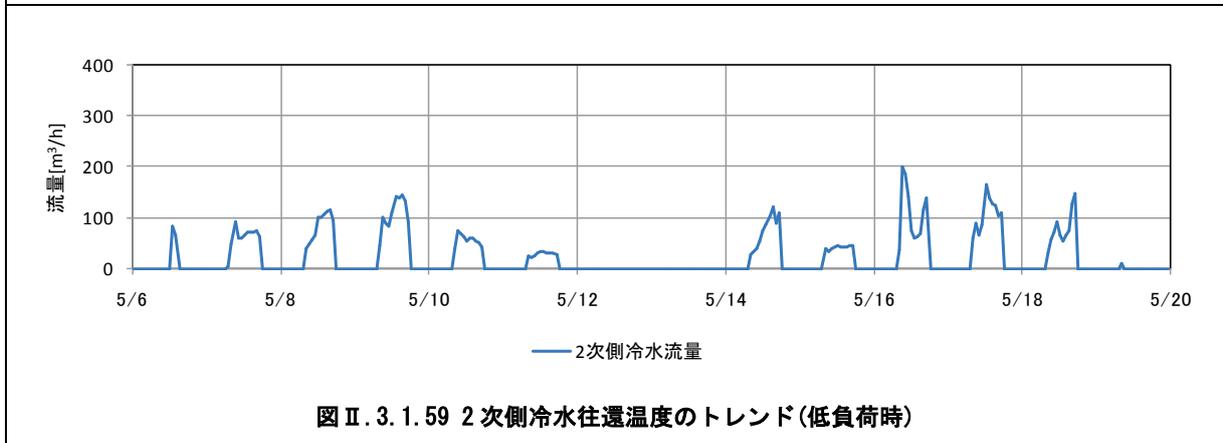
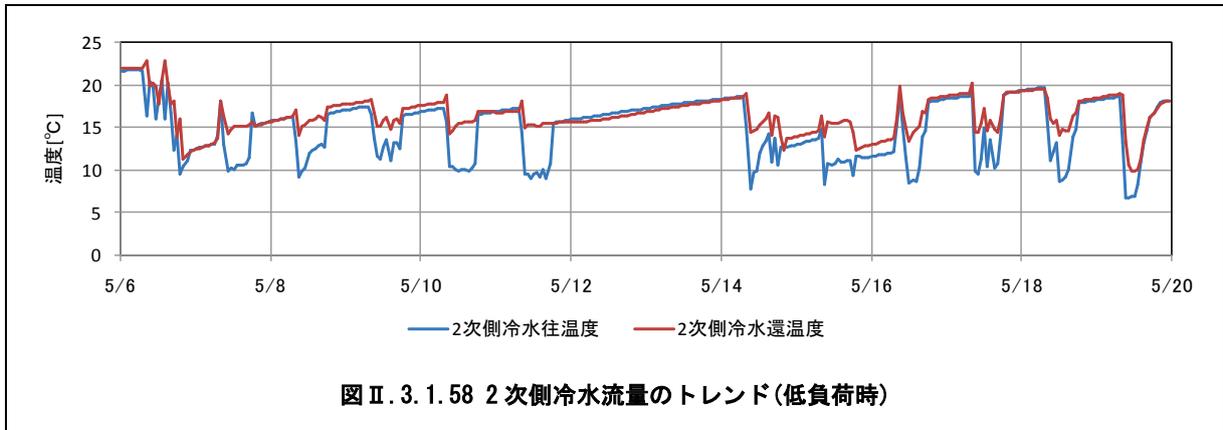


図 II. 3. 1. 57 冷凍機製造熱量のトレンド(低負荷時)

事務所 09 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段



事務所 09 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

< 熱量分析 >

熱量分析には、起動後 60 分間を除外して 10 分間隔のデータの 1 時間平均値を用いた。氷蓄熱の放熱系統は、空調起動直後の運転という特殊事情であるため、熱量分析から削除した。CGS 排熱回収の温水吸収冷凍機 R-2-1, R-2-2, ガス焼き吸収冷温水発生機 R-1 の台数制御は、ほぼ制御動作の基準通りに推移していた。冷凍機の入力比率は、ガスの計量が日積算値のみであったため、時刻データのある温水吸収冷凍機を解析した。冷凍機の出力比に対して入力比が小さめで標準より高い COP であった。この要因として、冷水出口温度が 7°C から 10°C と高めであったことが挙げられる。

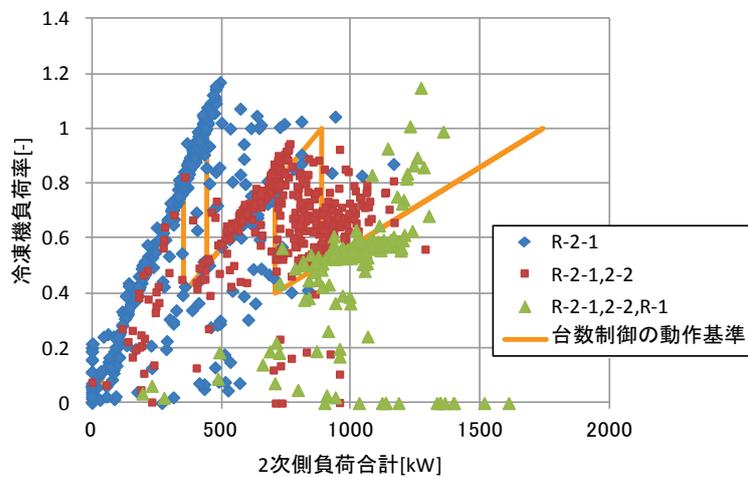


図 II. 3. 1. 61 2 次側負荷と冷凍機負荷率の関係

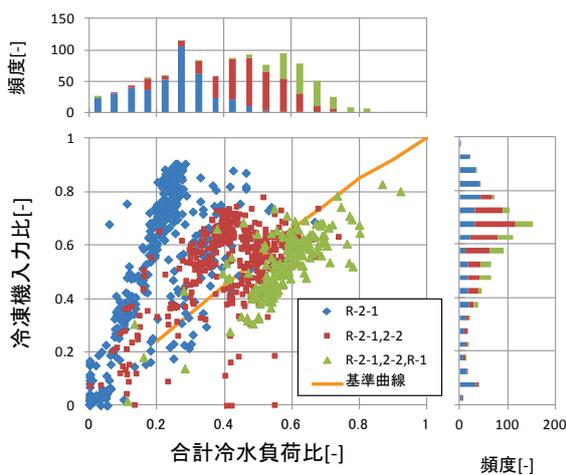


図 II. 3. 1. 62 合計冷水負荷と熱源入力比の関係

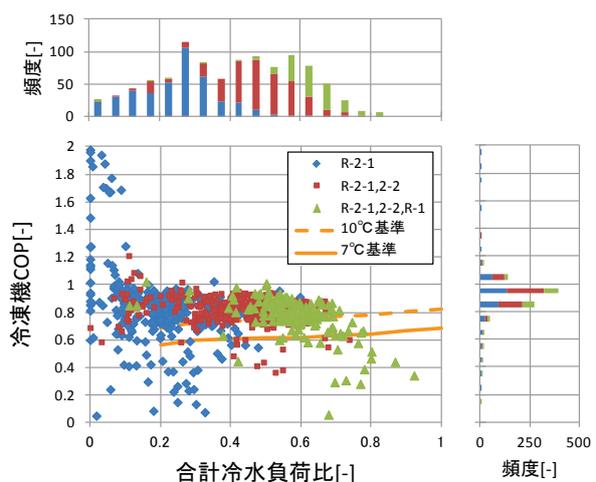


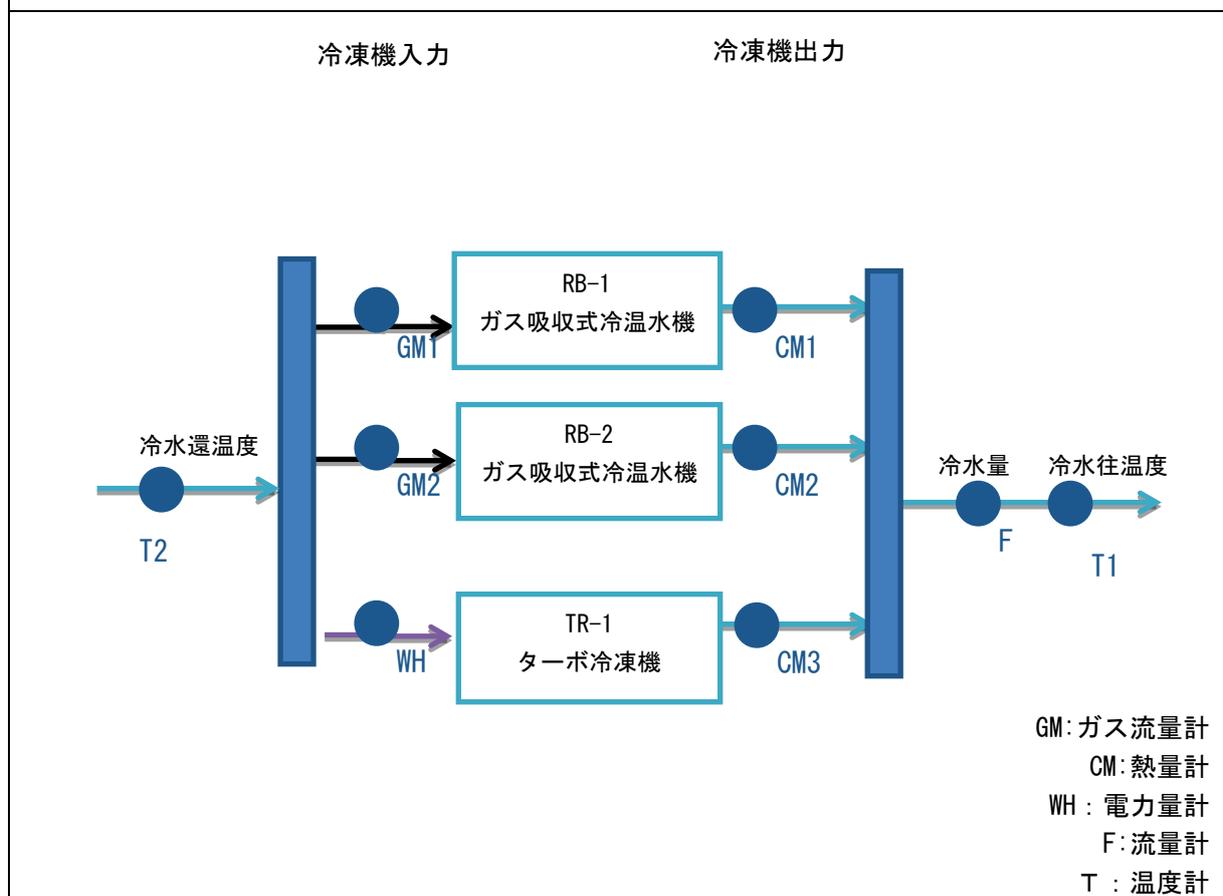
図 II. 3. 1. 63 冷水合計負荷と冷凍機 COP の関係

3.1.7. 学校 01

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

建物名	学校 01	地区	関東	竣工	2010 年	新築	新築	規模	57,000m ²
分類	R-Ono-02	方式				専用/兼用		エネルギー源	電気/ガス
機器	TR-1 ターボ冷凍機	型式	高効率型						
	RB-1,2 ガス吸収式冷温水機	型式	省エネヘビーロード	方式	-				
端末器具	-	種類	-	温調方式	-	手動/自動	自動		
分析期間	2012 年 9 月 7 日～2012 年 10 月 16 日			製造年月	2009 年				
制御内容	冷水負荷熱量に応じ TR-1 ターボ冷凍機→ RB-1 ガス吸収冷温水機→ RB-2 ガス吸収冷温水機 の順で台数制御。ヘッダー間差圧により冷水 1 次ポンプ変流量制御（50～100%）			機器仕様	TR-1 ターボ冷凍機： 400RT 15→7℃ 2500L/min 231kW COP=6.08 RB-1 ガス吸収冷温水機： 500RT 15→7℃ 3150L/min 128Nm ³ /h COP=1.10 RB-2 ガス吸収冷温水機： 500RT 15→7℃ 3150L/min 128Nm ³ /h COP=1.10				

システムフロー



学校 01 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

<動作確認データ>

冷凍機運転状況（中央監視取得データ 2012/9/7～9/13）

ターボ冷凍機をベースとし，冷水負荷熱量に応じてガス吸収冷温水機を追加運転。

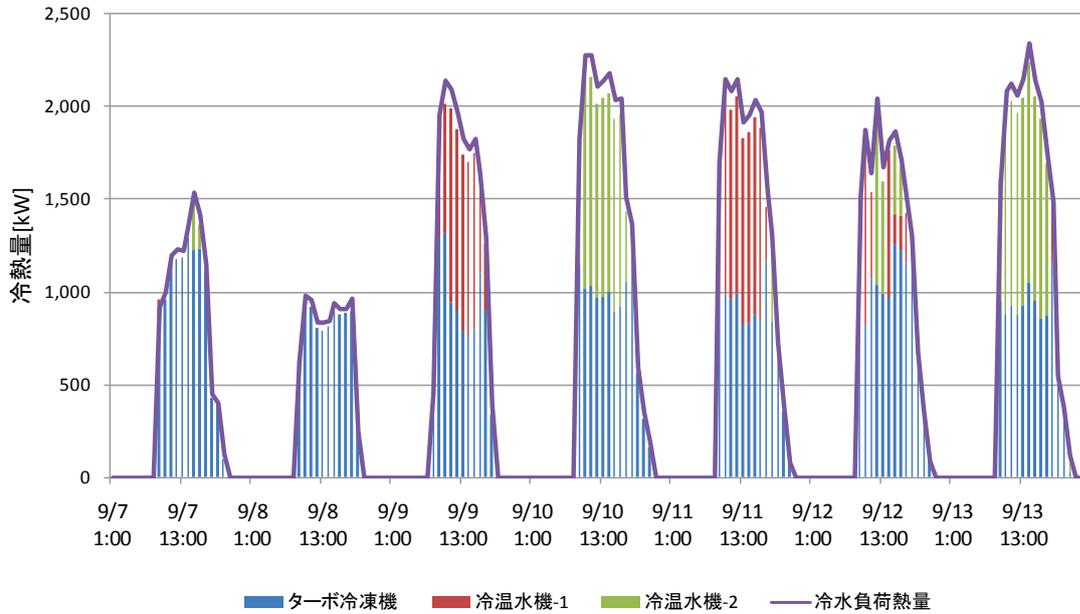


図 II. 3. 1. 64 冷凍機および冷温水機の運転状況と冷熱量の推移

製造冷熱量と流量

設計温度差 8℃に対し約 9℃の温度差運転が多くみられる。

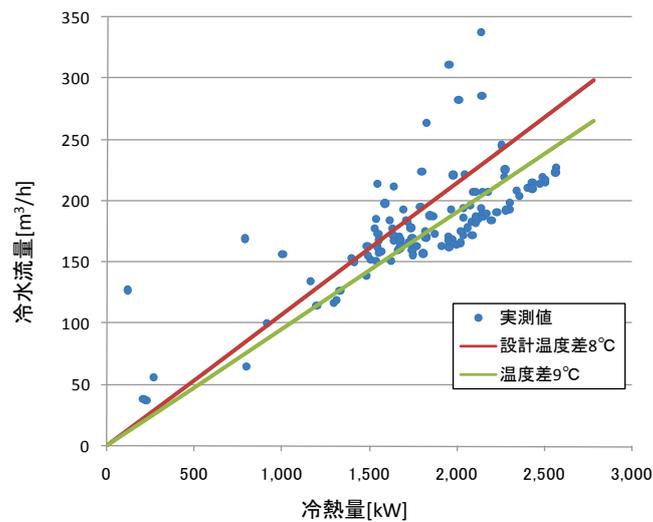


図 II. 3. 1. 65 製造冷熱量と流量の関係

学校 01 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

台数制御負荷率評価（中央監視取得データ 2012.9.7～10.2）

ほぼターボ冷凍機負荷率=1(1,400kW)を基準にガス吸収冷温水機が起動している。

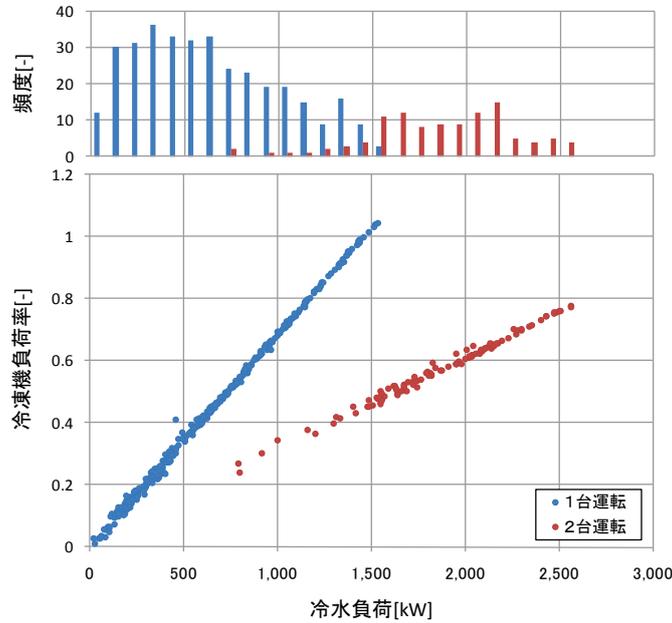


図 II. 3. 1. 66 冷凍機負荷率と稼働台数の関係

冷熱源システム効率評価

kWh=9.76MJ, Nm³=45MJ

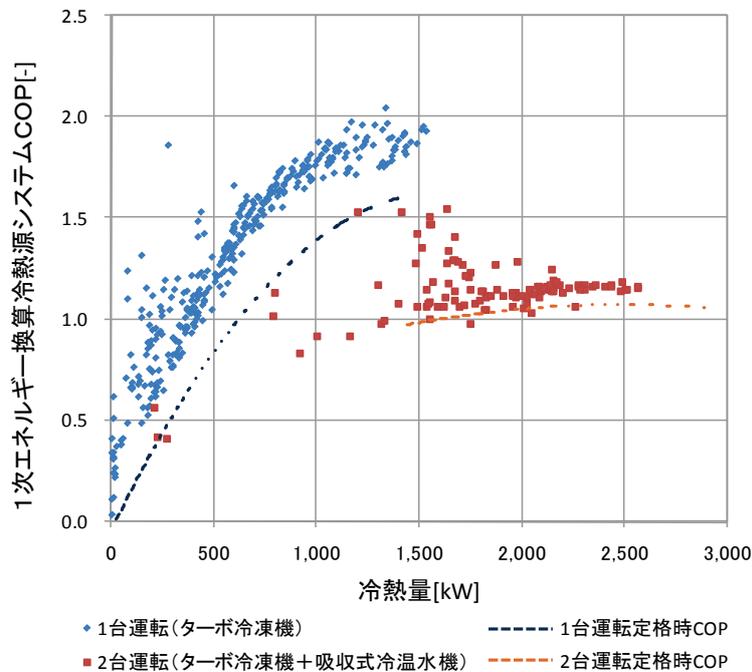


図 II. 3. 1. 67 冷熱源システムの効率評価

学校 01 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	増段-減段

< 要求負荷率による運転台数の増減 (2012/9/7~10/16) >

運転台数増段時

ターボ冷凍機 (TR-1) 1 台による運転時に定格の約 75%を超える要求を受けると冷温水機 (RB-1 または RB-2) が起動する。

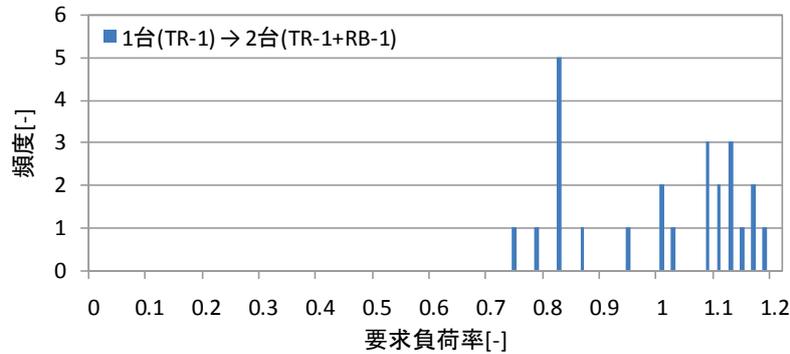


図 II. 3. 1. 68 運転台数増段時 (1 台→2 台) の要求負荷率

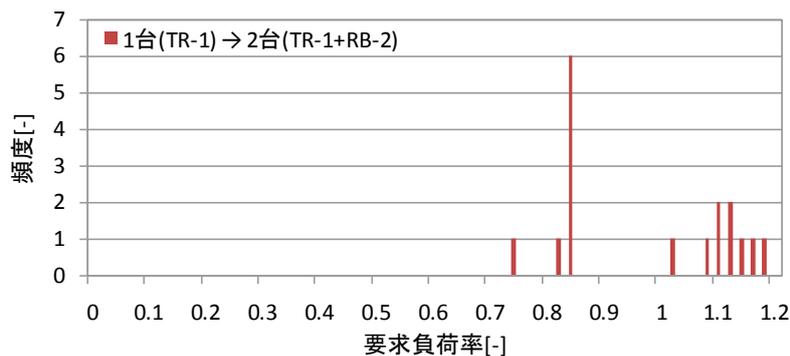


図 II. 3. 1. 69 運転台数増段時 (1 台→2 台) の要求負荷率

2 台運転時に約 85%の要求を受けると 3 台同時運転となる。期間中に 3 台同時運転となったのは 1 度のみであった。

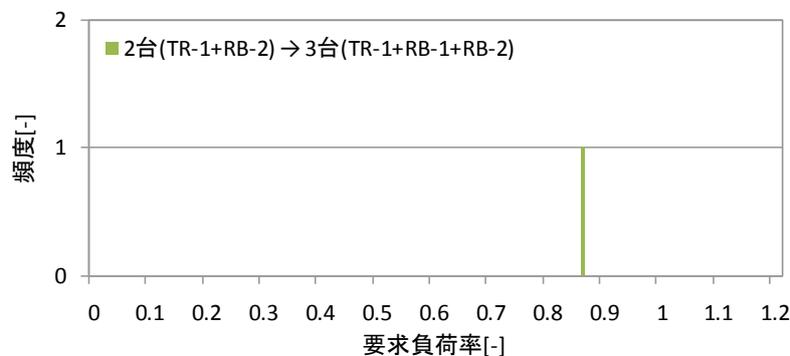


図 II. 3. 1. 70 運転台数増段時 (2 台→3 台) の要求負荷率

学校 01 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	増段-減段

< 要求負荷率による運転台数の増減 (2012/9/7~10/16) >

運転台数減段時

2 台運転時に要求負荷率が 60~65%を下回ると冷温水機が停止する。

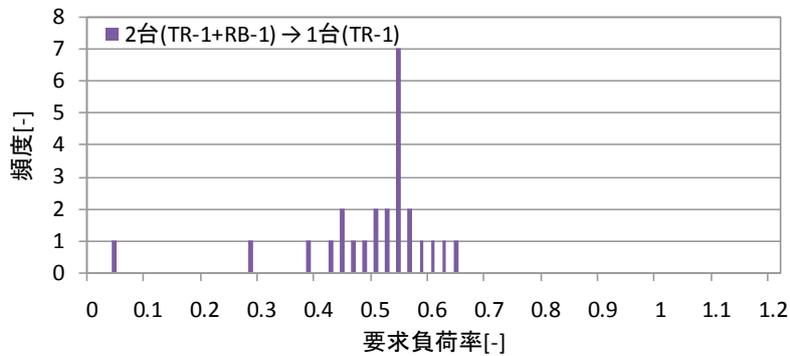


図 II. 3. 1. 71 運転台数減段時 (2 台→1 台) の要求負荷率

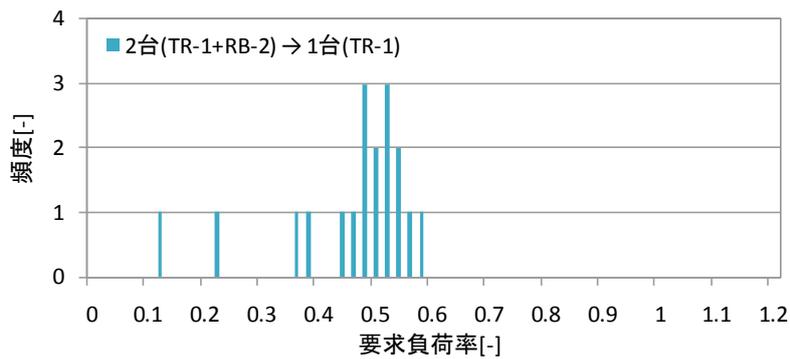


図 II. 3. 1. 72 運転台数減段時 (2 台→1 台) の要求負荷率

3 台運転時に要求負荷率が約 40%を下回ると冷温水機が 2 台とも停止する。

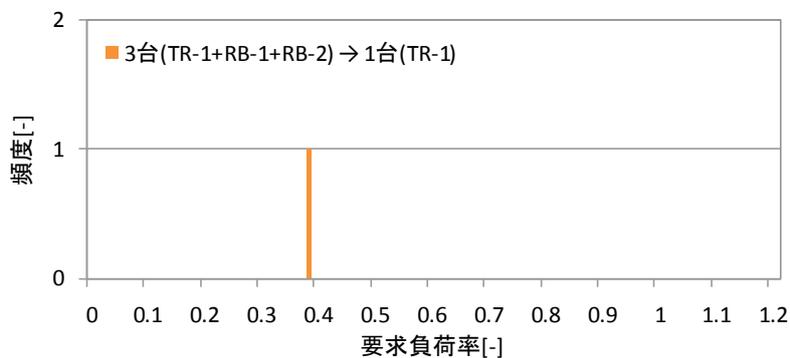


図 II. 3. 1. 73 運転台数減段時 (3 台→1 台) の要求負荷率

学校 01 (R-0no-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	増段-減段

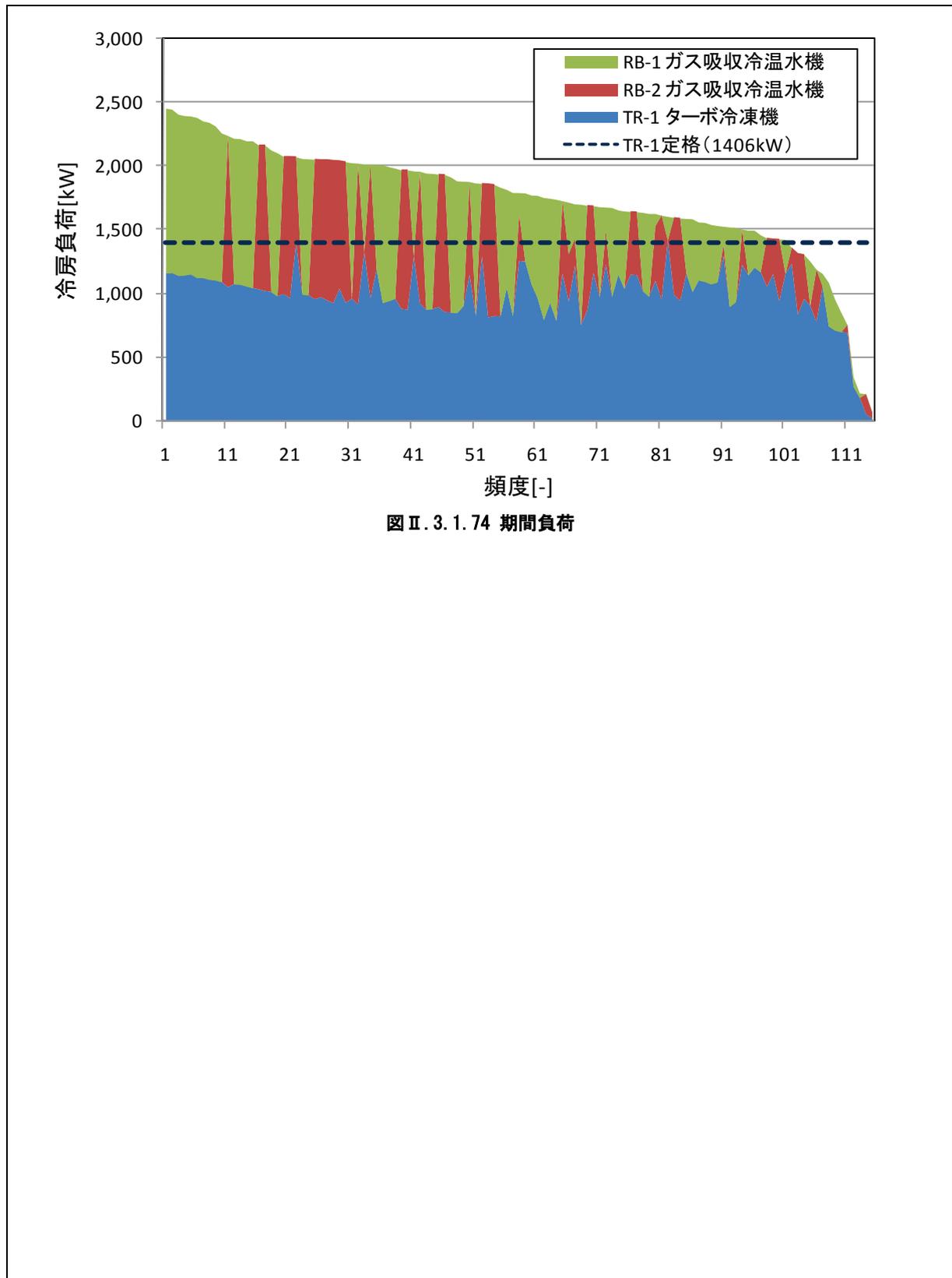


図 II. 3. 1. 74 期間負荷

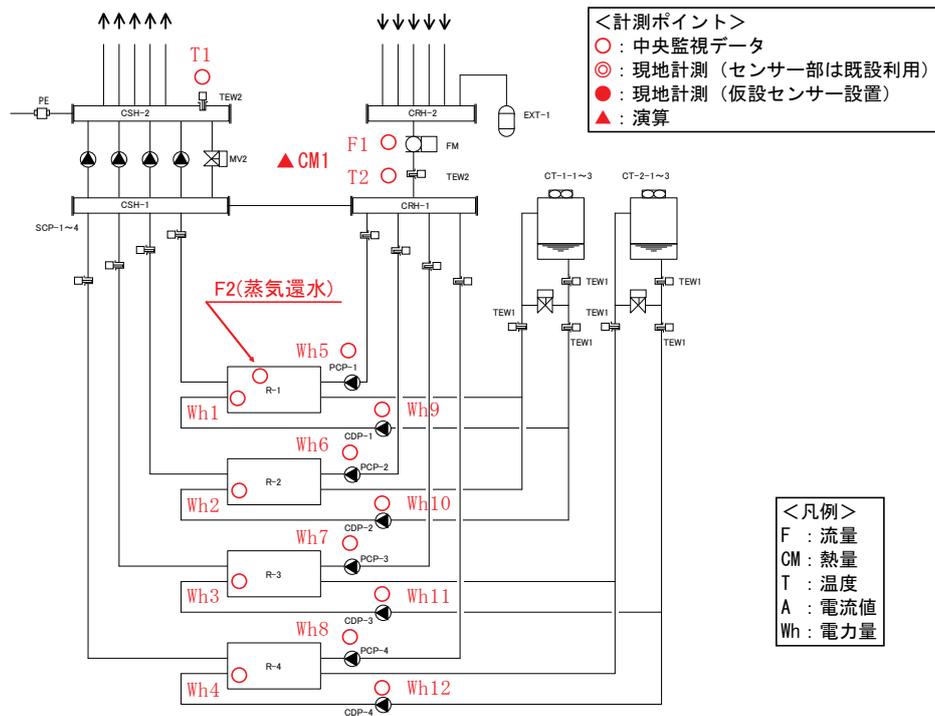
3.2. 熱源台数制御（手動制御）

3.2.1. ホテル02

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度（熱量）	能力（冷水/温水熱量）	手動による増段-減段

建物名	ホテル02	地区	関東	竣工	2010年	改修	—	規模	56,917 m ²				
分類記号	R-Ono-02				検出部	往温度							
制御目的	熱源台数制御（手動制御）				制御目標	往温度							
分析期間	平成24年7月1日～平成24年9月30日				動作	増段-減段（手動）							
制御対象	冷凍機				製造年月								
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 往温度による熱源台数制御（手動制御） （判断値：往温度 10℃で増段） 二次側設計温度 往温度：7℃，還温度：12℃ 				機器使用	R-1（蒸気吸収冷凍機）	1407[kW]	R-2（ターボ冷凍機）	1407[kW]	R-3（ターボ冷凍機）	1407[kW]	R-4（水冷チラー）	350[kW]

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分間瞬時値
- ②中央監視データ：1分間瞬時値（or 平均値）および1時間間隔積算値

(2)データ処理

1分間瞬時値（or 平均値）→1時間平均値に処理

ホテル 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

(3)解析利用データフィルタリング項目

- ①機器の起動・停止時のデータ削除
- ②増段, 減段時のデータ削除

(4)台数制御方法

往温度 (判断値 10°C) による手動制御

(5)評価項目計算式

①二次側温度差

T1 : 往温度[°C], T2 : 還温度[°C]として,
二次側温度差 (ΔT) [°C] = T2 - T1

②二次側負荷熱量

二次側負荷熱量 (CM1) [MJ/h] = 定圧比熱 (4.186) [kJ/kg°C] × 密度 (1.0) [kg/L]
× 流量 (F1) [L/min] × 温度差 (ΔT) [°C]
× 60[min/h] / 1000

③二次側負荷率

二次側負荷率 (CMR) [-] = 二次側負荷熱量 (CM1) [MJ/h] / 定格熱量 (※1) [MJ/h]
定格熱量 (※1) = 16,455.6[MJ/h]
= 3.6[MJ/kWh] × (1407 + 1407 + 1407 + 350) [kWh]

④運転パターン別の熱源負荷率 (以下, パターン別負荷率)

パターン別負荷率 (RR) = パターン別二次側負荷熱量 (CM1) [MJ/h]
/ パターン別定格熱量 (※2) [MJ/h]

パターン別定格熱量 (※2)

運転パターン	定格熱量 [MJ/h]
[R-1]	5,040
[R-2] or [R-3]	5,040
[R-4]	1,260
[R-1 + R-2] or [R-1 + R-3] or [R-2 + R-3]	10,080
[R-1 + R-4] or [R-2 + R-4] or [R-3 + R-4]	6,300
[R-1 + R-2 + R-4] or [R-1 + R-3 + R-4] or [R-2 + R-3 + R-4]	11,340
[R-1 + R-2 + R-3 + R-4]	16,380

ホテル 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

⑤システム COP

$$\text{システム COP} = \text{二次側負荷熱量 (CM1) [MJ/h]} \div \text{消費エネルギー (E) [MJ/h]}$$

$$\begin{aligned} \text{消費エネルギー (E) [MJ/h]} &= \text{冷凍機消費エネルギー (Er) [MJ/h]} \\ &+ \text{冷水一次ポンプ消費エネルギー (Ecp) [MJ/h]} \\ &+ \text{冷却水ポンプ消費エネルギー (Ecd) [MJ/h]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{冷凍機消費エネルギー (Er) [MJ/h]} &= \text{R-1 (Er1) [MJ/h]} \\ &+ \text{R-2 (Er2) [MJ/h]} \\ &+ \text{R-3 (Er3) [MJ/h]} \\ &+ \text{R-4 (Er4) [MJ/h]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{R-1 (Er1) [MJ/h]} &= \text{R-1 消費電力量 (Wh1) [kWh]} \times \text{一次換算係数[MJ/kWh]} \\ &+ \text{R-1 還水量 (F2) [L]} \times \text{エンタルピー差※3 (2.396) [MJ/kg]} \\ &\quad \times \text{密度(1.0)[kg/L]} \div \text{ボイラ効率 (0.9) [-]} \end{aligned}$$

$$\text{R-2 (Er2) [MJ/h]} = \text{R-2 消費電力量 (Wh2) [kWh]} \times \text{一次換算係数[MJ/kWh]}$$

$$\text{R-3 (Er3) [MJ/h]} = \text{R-3 消費電力量 (Wh3) [kWh]} \times \text{一次換算係数[MJ/kWh]}$$

$$\text{R-4 (Er4) [MJ/h]} = \text{R-4 消費電力量 (Wh4) [kWh]} \times \text{一次換算係数[MJ/kWh]}$$

$$\begin{aligned} \text{※3 エンタルピー差} &= \text{0.79MPa 飽和蒸気 (2.7727) [MJ/kg]} \\ &- \text{90℃飽和水 (0.37697) [MJ/kg]} \end{aligned}$$

各ポンプの消費エネルギーは、

$$\begin{aligned} \text{Ecp (5~8)} &= \text{冷水一次ポンプ消費電力量 (Wh5~Wh8) [kWh]} \\ &\quad \times \text{一次換算係数[MJ/kWh]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ecd (9~12)} &= \text{冷水一次ポンプ消費電力量 (Wh9~Wh12) [kWh]} \\ &\quad \times \text{一次換算係数[MJ/kWh]} \end{aligned}$$

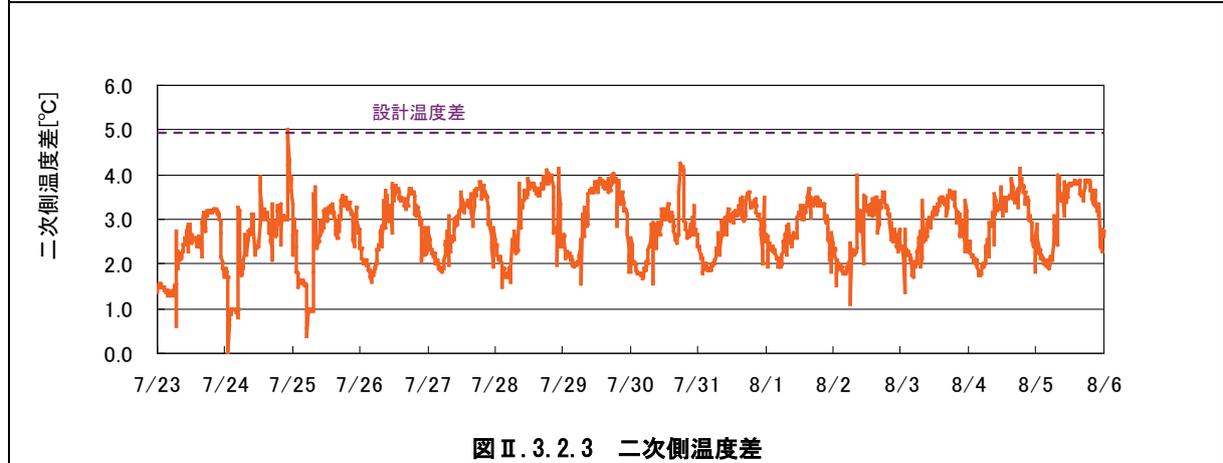
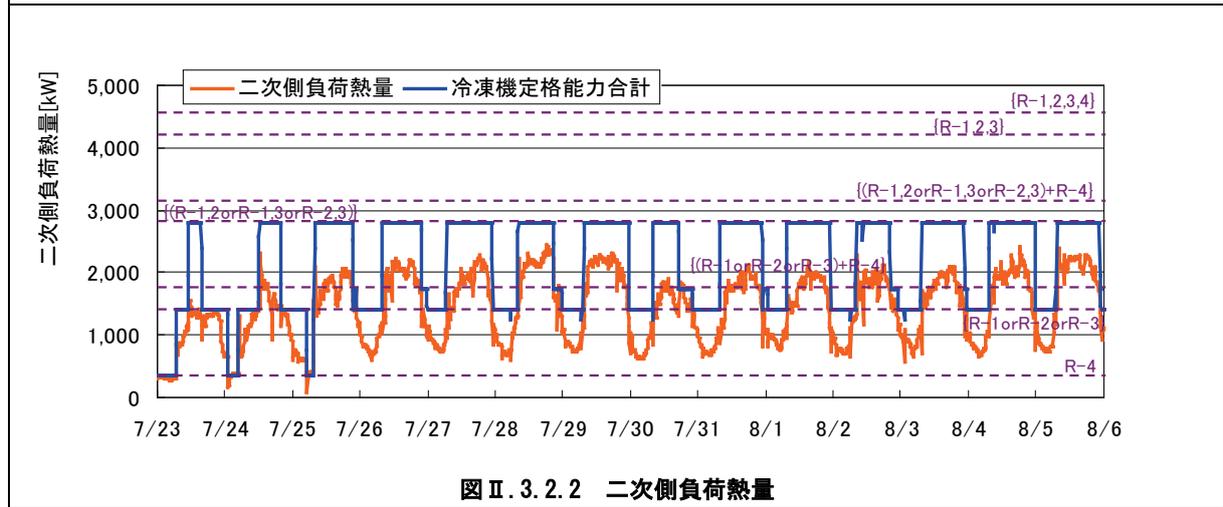
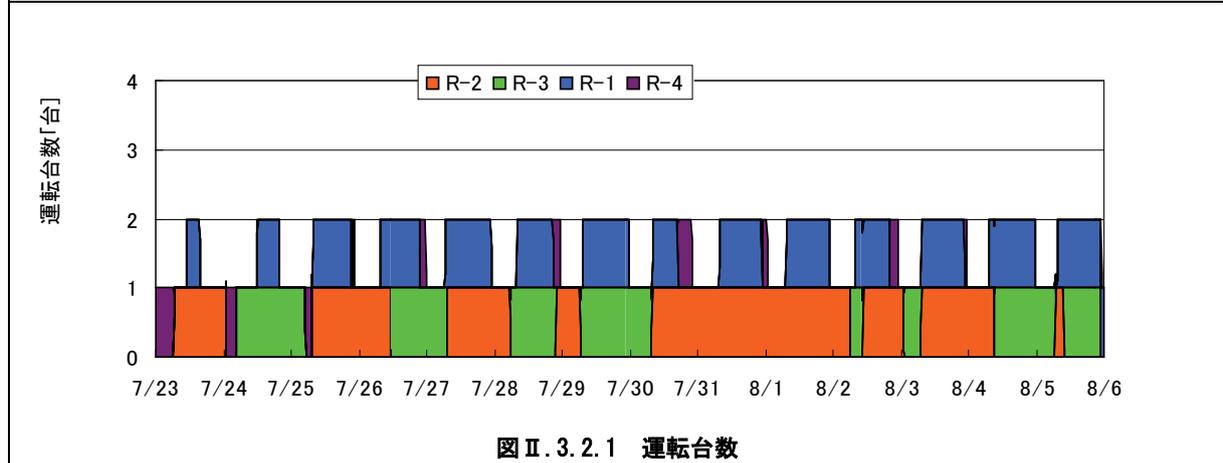
$$\begin{aligned} \text{一次換算係数 [MJ/kWh]} : \text{昼間買電} & \quad 9.28 \text{ [MJ/kWh]} \\ & \quad \text{夜間買電} \quad 9.97 \text{ [MJ/kWh]} \end{aligned}$$

ホテル 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

<動作確認データ(1)>

平成 24 年 7 月 23 日～8 月 5 日までのトレンドデータを示す。
 冷凍機は 4 台あるが、期間を通して最大で 2 台の運転となっている。
 また、台数増段の判断となる往温度は、概ね 10℃以下を保っている。

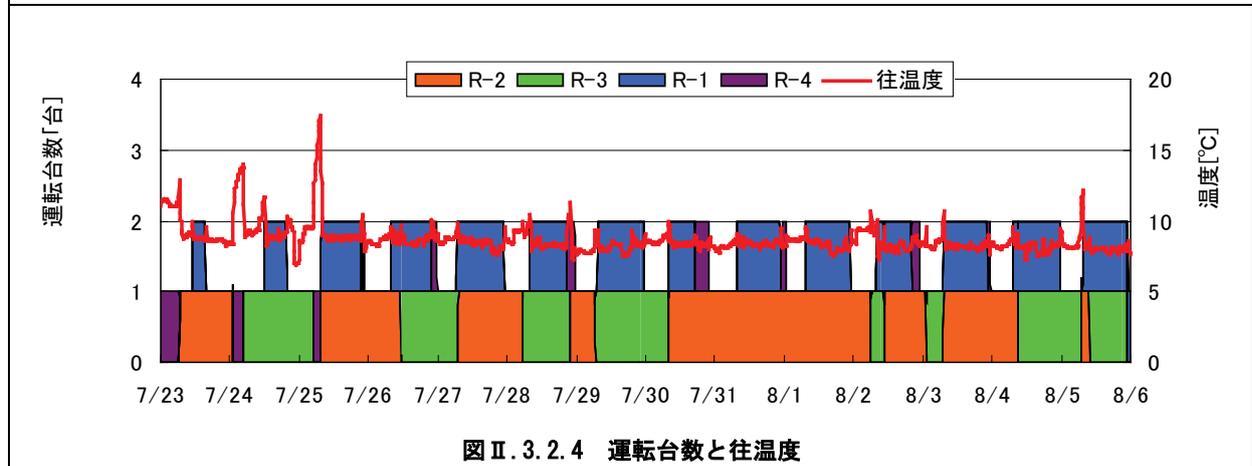


ホテル 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

<動作確認データ(2)>

平成 24 年 7 月 23 日～8 月 5 日までのトレンドデータを示す。



ホテル 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

<動作確認データ(3)>

図 II. 3. 2. 5 一部 (囲み内) 必要以上の能力で運転しているが、それ以外は、負荷に応じた運転をしている。

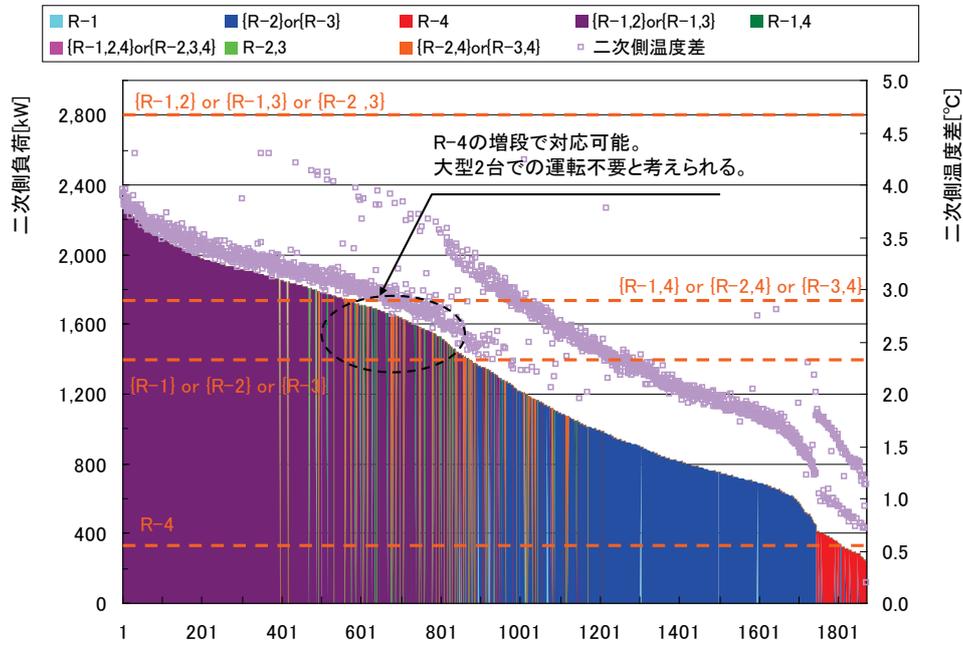


図 II. 3. 2. 5 二次側負荷の頻度分布

図 II. 3. 2. 6 運転パターン別の理論値どおりの運転をしているが、二次側負荷率が重複する部分が多い。

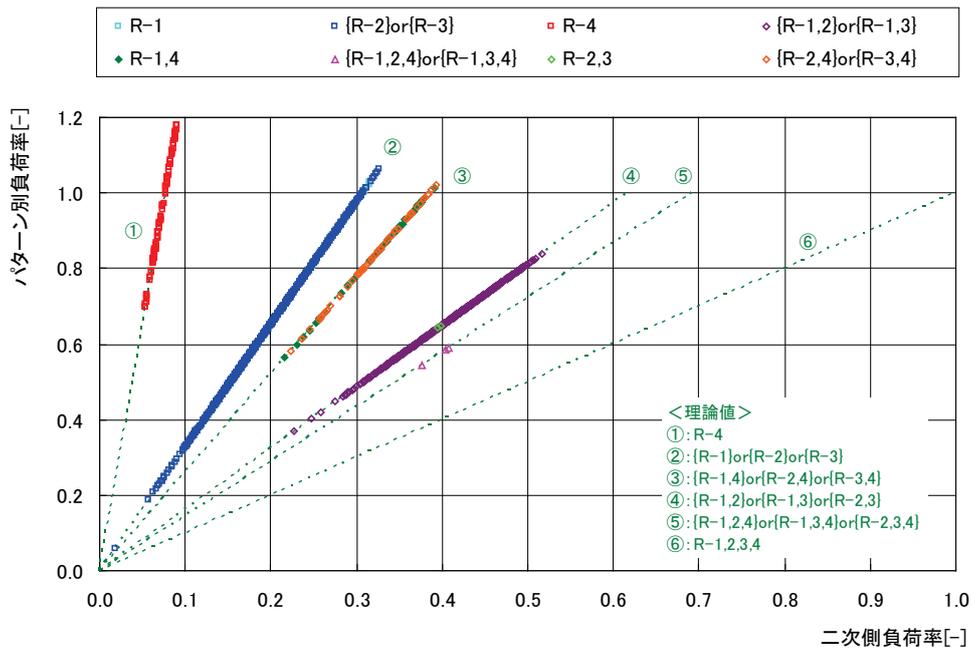


図 II. 3. 2. 6 二次側負荷率とパターン別負荷率の関係

ホテル 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

図 II. 3. 2. 7 蒸気吸収冷凍機が稼動すると入力エネルギーが大きくなる.

図 II. 3. 2. 8 蒸気吸収冷凍機が稼動するとシステム COP が低下する.

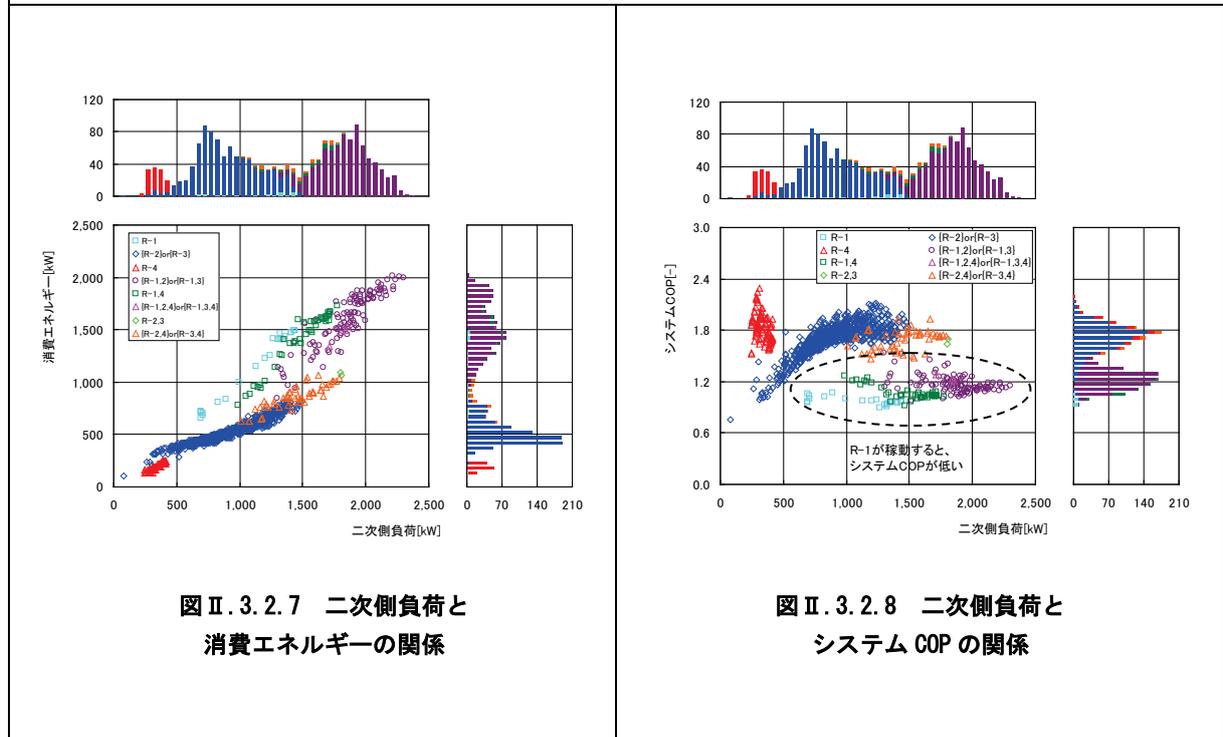


図 II. 3. 2. 7 二次側負荷と消費エネルギーの関係

図 II. 3. 2. 8 二次側負荷とシステム COP の関係

病院 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

< 制御概要, 評価項目 >

<p>1. 制御内容</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中央監視にて計測した冷水温度差と還水流量より熱量を演算し、手動にて冷凍機の台数制御を行う <p>2. 計測並びにフィルタリング条件</p> <p>(1) 計測</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中央監視データ 測定間隔 : 1時間毎 ・ロガーデータ 測定間隔 : 1分毎 <p>(2) フィルタリング</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ロガーデータ 前60分間の平均値 ※ 計測開始後1時間以内のデータは削除 ・冷水ポンプ流量, 冷水熱量, 蒸気熱量, 低温水熱量は, INV周波数から演算 <p>3. 評価項目</p> <p>1) 二次側温度差</p> $\text{二次側温度差} = \text{還ヘッダー温度}(T2) - \text{往ヘッダー温度}(T1)$ <p>2) 二次側負荷熱量</p> $\text{二次側負荷熱量} = \text{二次側温度差}(T2-T1) \times \text{二次側流量}(Q1) \times \text{比重} \times \text{比熱}$ <p>3) 冷水温度差</p> $\text{冷水温度差} = \text{冷凍機入口温度}(T3, T5, T7) - \text{冷凍機出口温度}(T4, T6, T8)$ <p>4) 冷凍機出力</p> $\text{冷凍機出力} = \text{冷水温度差}(T3-T4, T5-T6, T7-T8) \times \text{冷凍機流量} \times \text{比重} \times \text{比熱}$ <p>5) 熱源負荷率</p> $\text{熱源負荷率} = \text{冷凍機出力} \div \text{定格出力}$ <p>6) 熱源入力比</p> $\text{熱源入力比} = \text{消費エネルギー}(1次換算) \div \text{定格消費エネルギー}(1次換算)$ <p>7) 熱源負荷率</p> $\text{熱源負荷率} = \text{冷凍機出力合計} \div \text{各冷凍機定格出力合計}$

病院 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

<デュレーションカーブ>

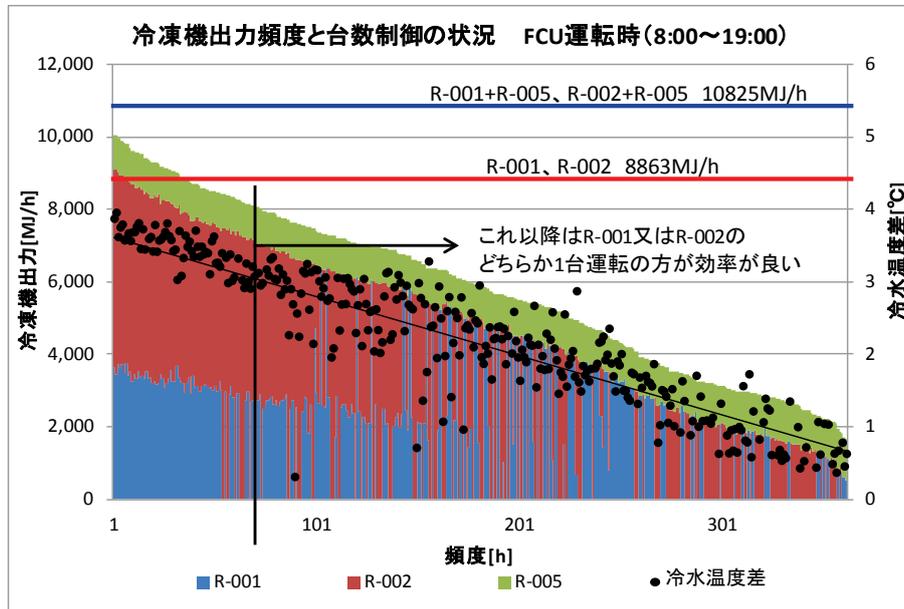


図 II. 3. 2. 9 頻度分布 (FCU 運転時 : 9:00~20:00)

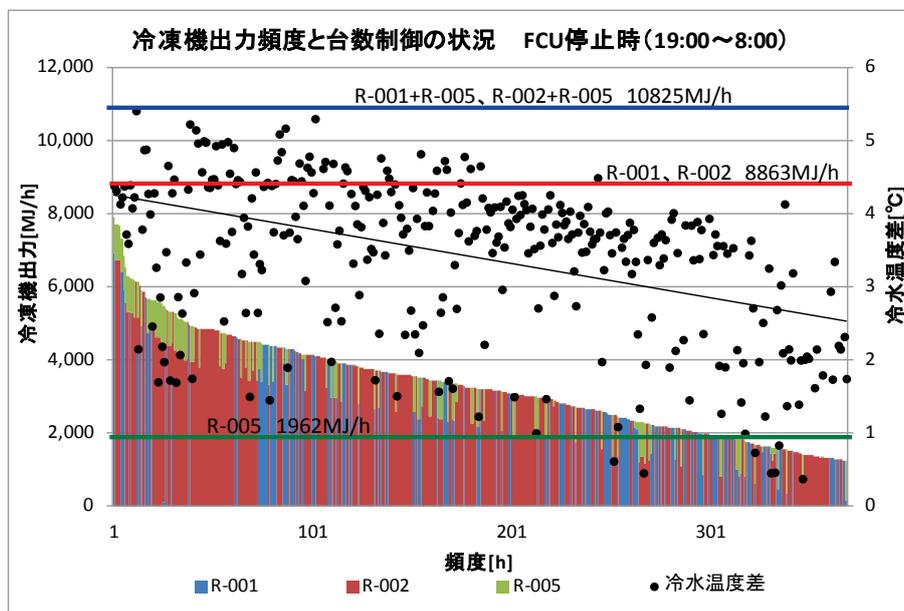


図 II. 3. 2. 10 頻度分布 (FCU 停止時 : 20:00~9:00)

・コージェ稼働時間 6:00~22:00

図 II. 3. 2. 9 : R-005 (排熱回収型冷凍機) を優先して運転しているため R-001, R-002 の負荷率が小さい

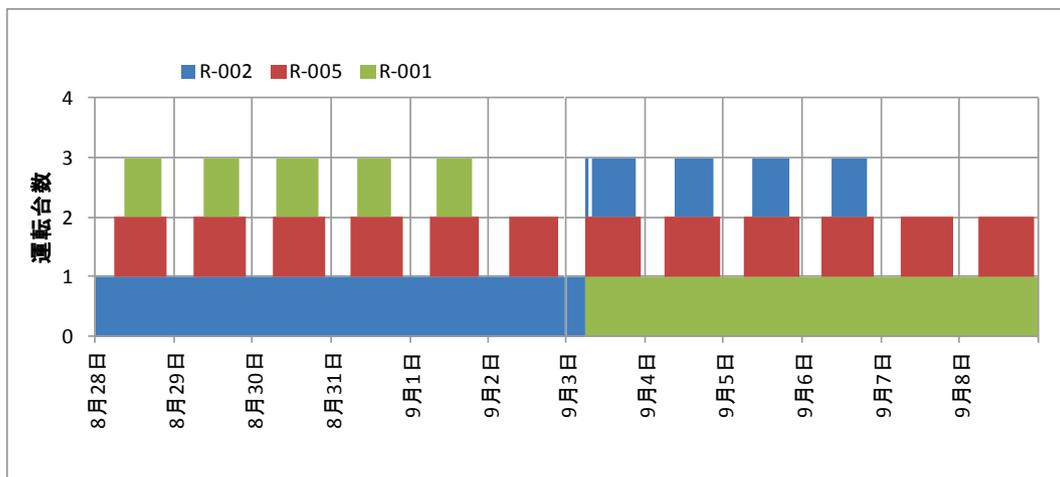
低負荷時でも R-001, R-002 の 2 台運転が多く効率が悪くなっている
冷水温度差は冷凍機出力に比例している。

図 II. 3. 2. 10 : R-005 運転時を除き, R-001 又は R-002 の 1 台運転となっている
冷水温度差は冷凍機出力に比例しているが, ばらつきが大きい

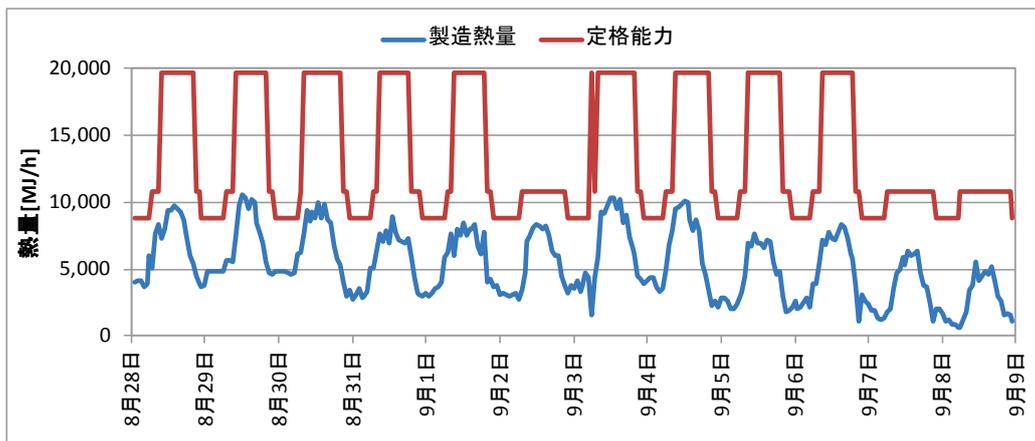
病院 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度(熱量)	能力(冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

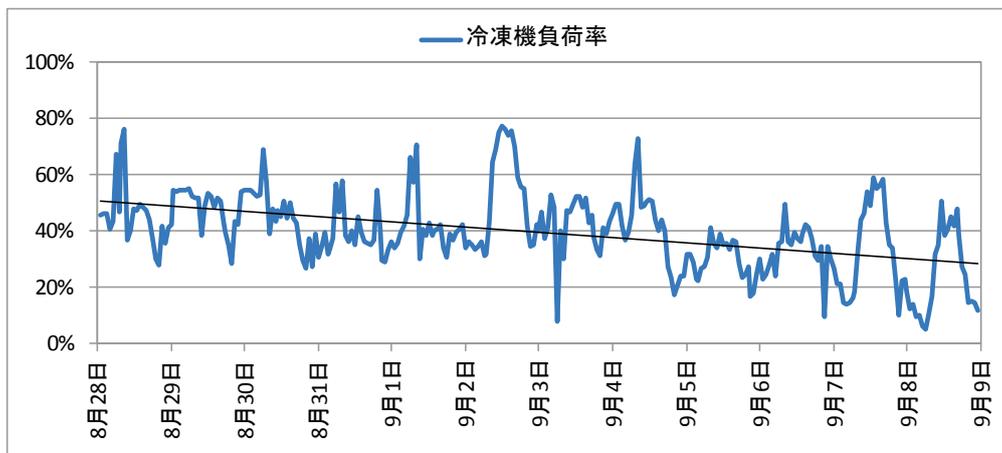
<動作確認データ>2012年8月28日~9月8日



図Ⅱ.3.2.11 台数制御トレンド(高負荷時)



図Ⅱ.3.2.12 台数制御トレンド(高負荷時)



図Ⅱ.3.2.13 冷凍機負荷率トレンド(高負荷時)

- ・ 冷凍機は休日を除き概ね3台運転となっている
- ・ 冷凍機負荷率は概ね20~60% (平均40%) となっている

病院 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

<動作確認データ>2012年9月19日~9月30日

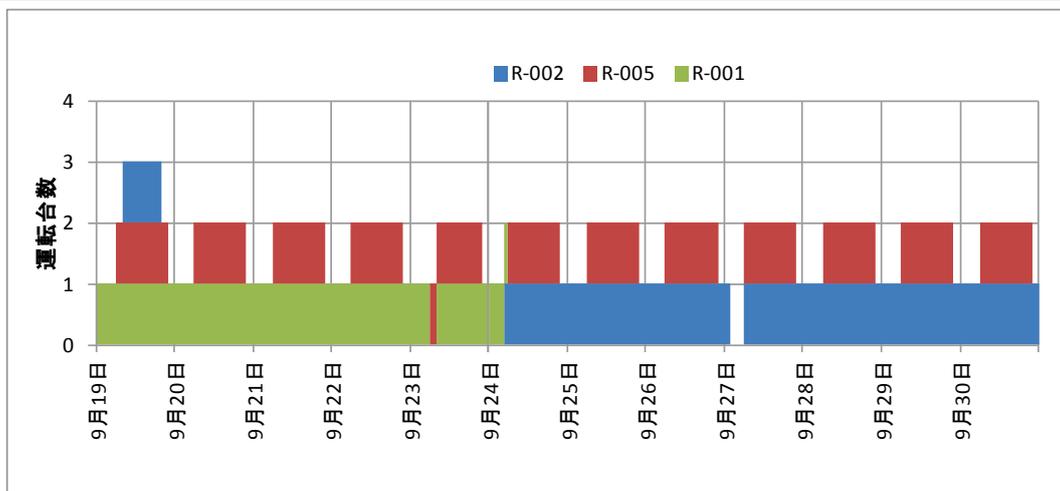


図 II. 3. 2. 14 台数制御トレンド (低負荷時)

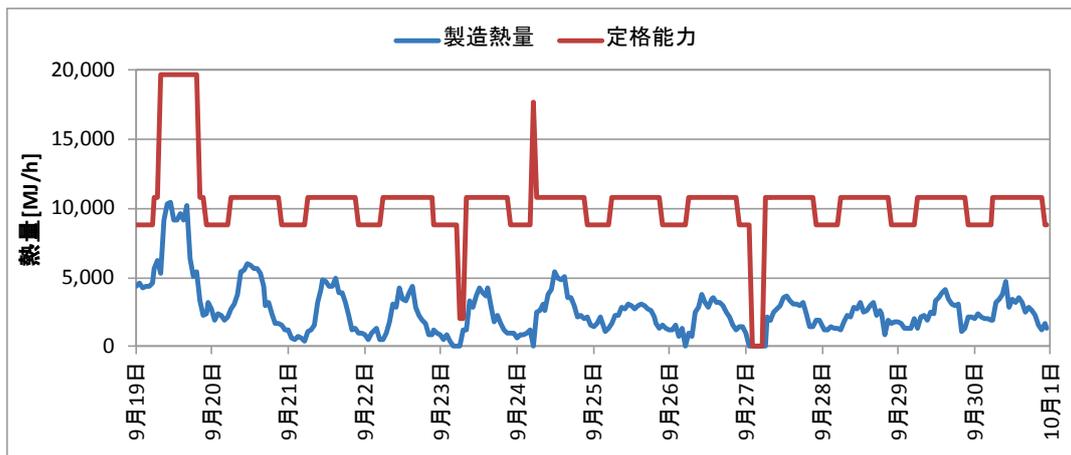


図 II. 3. 2. 15 台数制御トレンド (低負荷時)

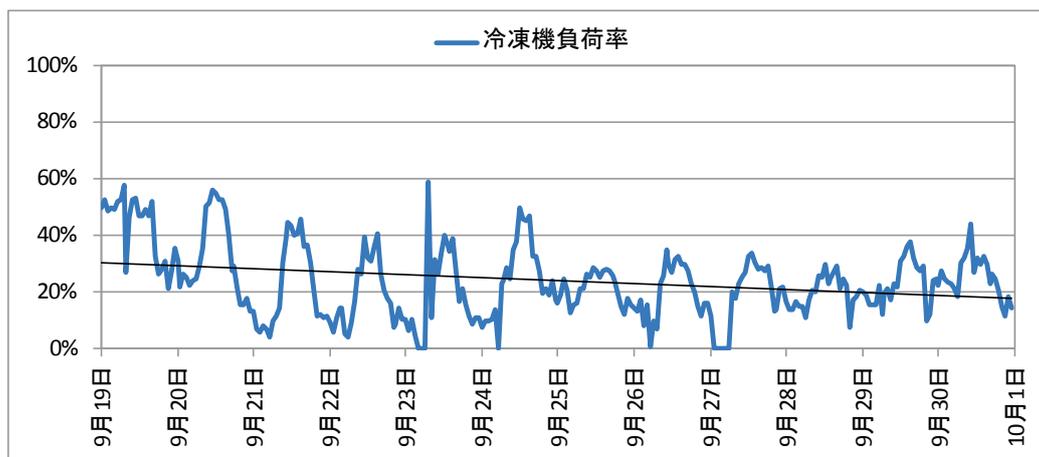


図 II. 3. 2. 16 冷凍機負荷率トレンド (低負荷時)

- ・ 冷凍機は概ね2台運転となっている
- ・ 冷凍機負荷率は概ね10~50% (平均25%) となっている

病院 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

<動作確認データ>COPトレンド

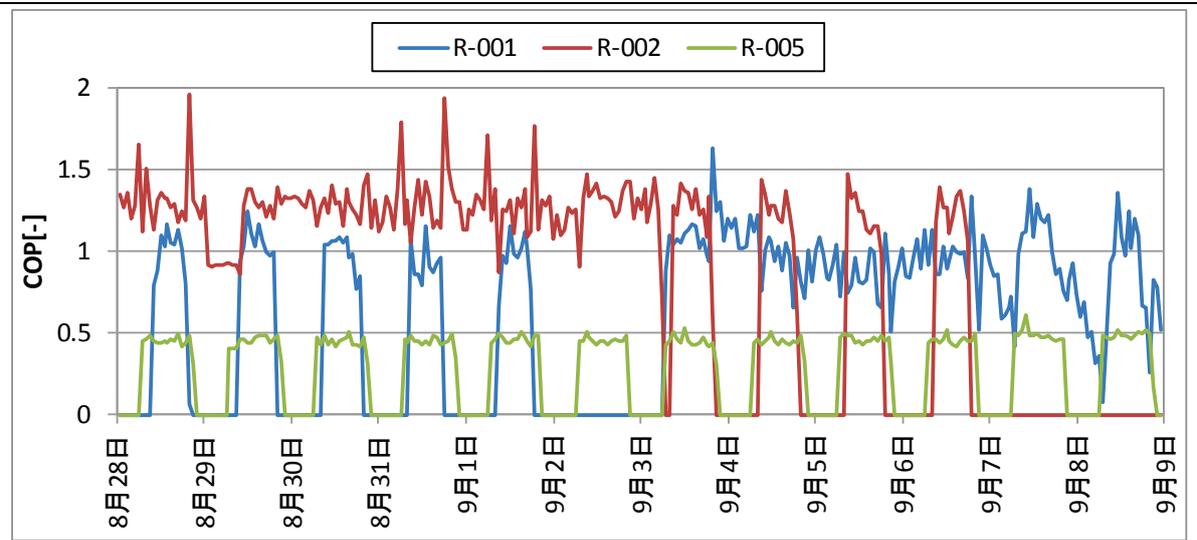


図 II. 3. 2. 17 冷凍機 COPトレンド (高負荷時)

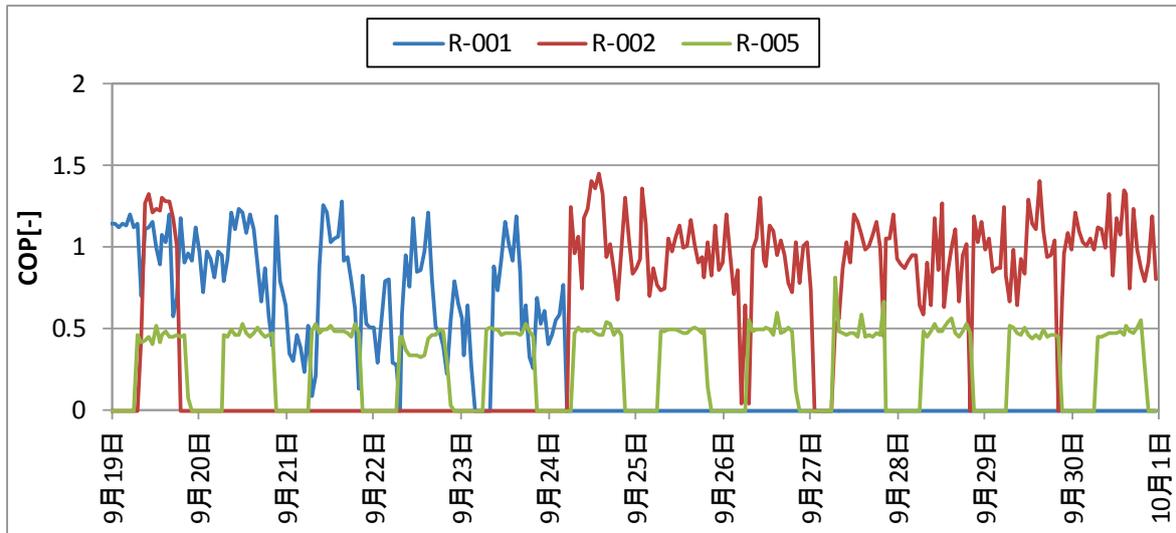


図 II. 3. 2. 18 冷凍機 COPトレンド (低負荷時)

- R-005 の COP は 0.5 前後となっている
- R-001 の COP は高負荷時, 低負荷時とも日中は 1 前後となっている
- R-002 の COP は高負荷時 1.3, 低負荷時 1 前後となっている

病院 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

<動作確認データ> 8 : 00 ~ 19 : 00 (FCU 運転時)

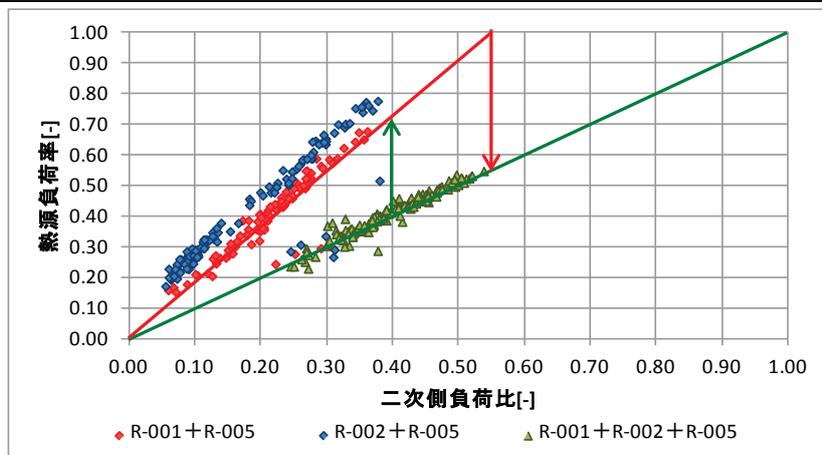


図 II. 3. 2. 19 二次側負荷と冷凍機負荷率

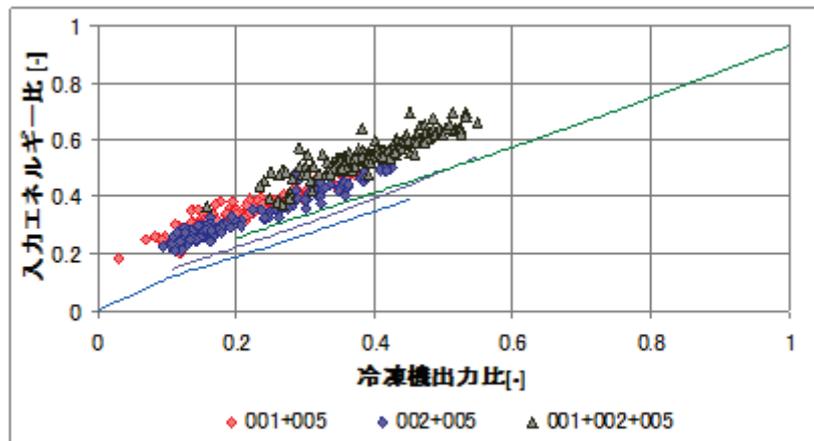


図 II. 3. 2. 20 冷凍機出力と入力エネルギー

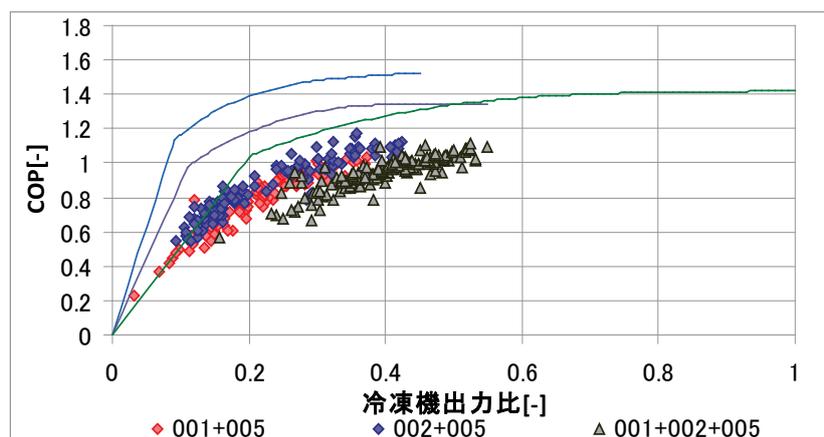


図 II. 3. 2. 21 冷凍機出力とシステム COP

- 図 II. 3. 2. 19 R-002 運転時に熱源負荷率が理論値よりも大きくなっている
- 図 II. 3. 2. 20 入力エネルギーが理論値より多くなっている
- 図 II. 3. 2. 21 R-005 が稼働する運転パターンでは COP が理論値をかなり下回っている

病院 02 (R-0no-02 手動)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機群	負荷流量・温度 (熱量)	能力 (冷水/温水熱量)	手動による増段-減段

<動作確認データ> 19:00~8:00 (FCU停止時)

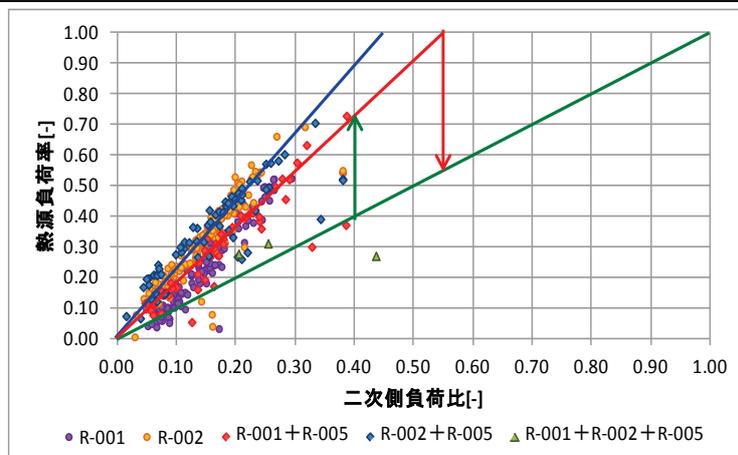


図 II. 3. 2. 22 二次側負荷と冷凍機負荷率

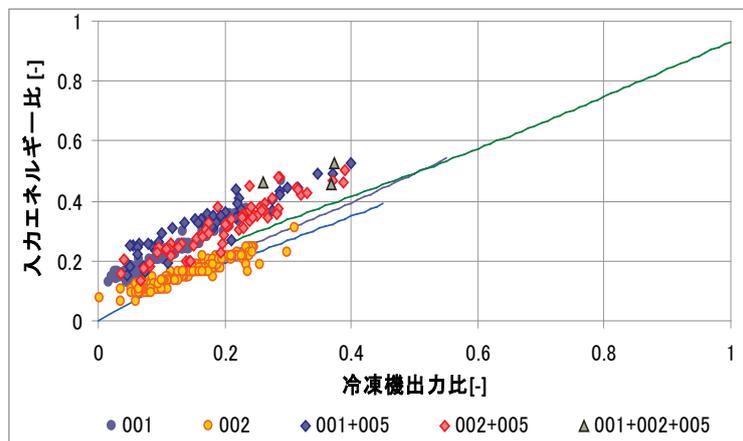


図 II. 3. 2. 23 冷凍機出力と入力エネルギー

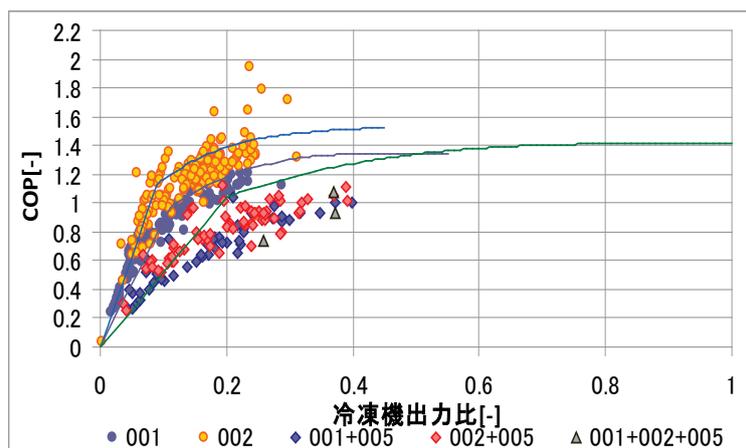


図 II. 3. 2. 24 冷凍機出力とシステム COP

- ・ 図 II. 3. 2. 22 R-001, R-002 単独の運転時を除き、熱源負荷率が理論値よりも大きくなっており、また、増減段のタイミングが理想値よりもかなり低くなっている
- ・ 図 II. 3. 2. 23 R-002 のみ理論値に良く合致しているが、他の運転パターンでは入力エネルギーが理論値よりも多くなっている
- ・ 図 II. 3. 2. 24 R-005 が稼働する運転パターンでは COP が理論値をかなり下回っている

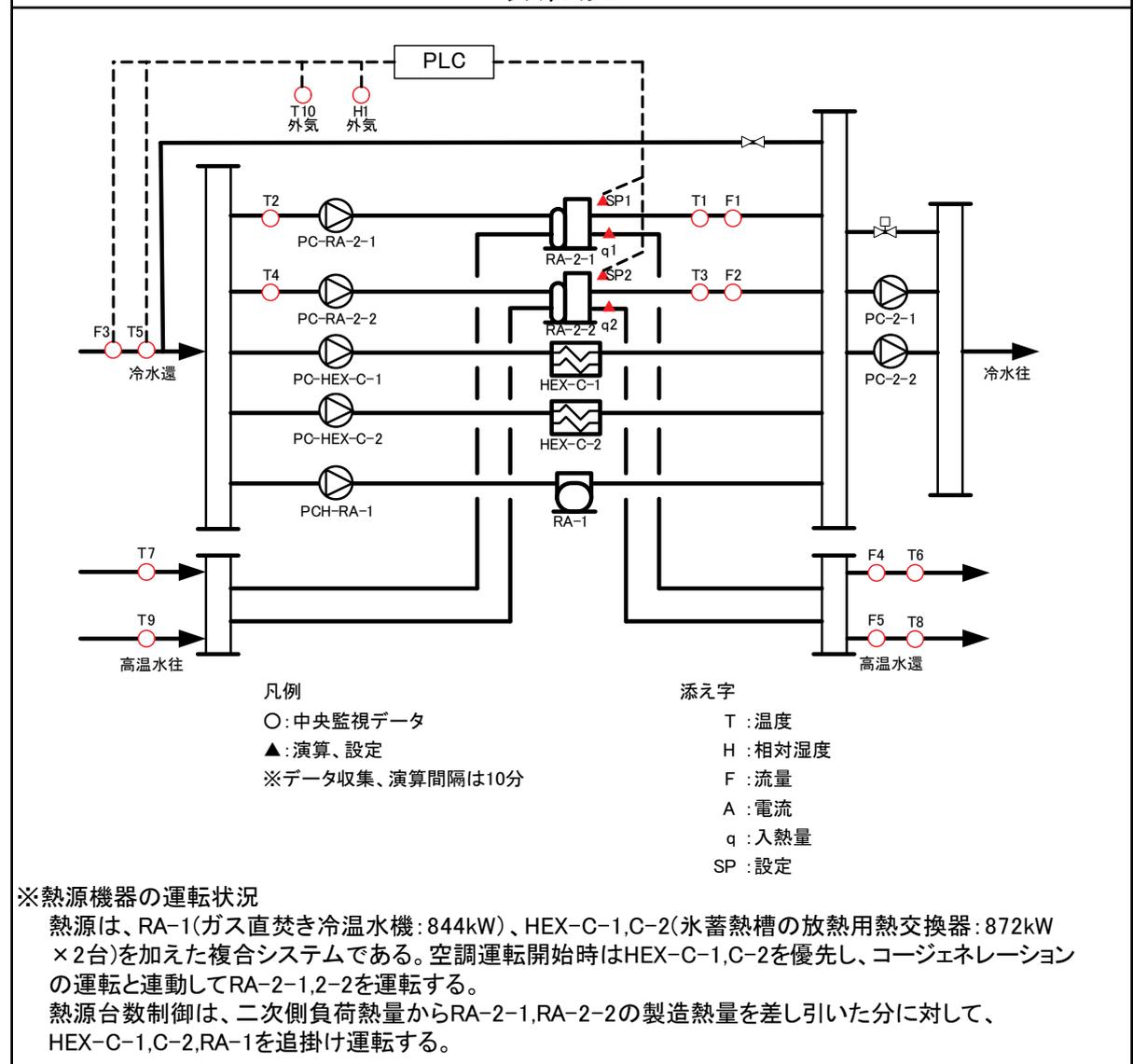
3.3. 熱源送水温度制御

3.3.1. 事務所09

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機器本体	外気条件, 負荷流量	冷水出口温度 (温度可変)	本体の容量制御

建物名	事務所09				
地区	関西	用途	事務所	規模	36,200 m ²
実測機NO.	冷水送水温度制御				
期間	平成23年8月～平成24年11月				
制御			機器仕様		
	・冷水送水温度制御		RA-2-1	ガスエンジン排熱利用	
	外気温度(T10)、外気絶対湿度(H1)、負荷流量(F3)、冷水還温度(T5)の各々で二次側負荷の処理に必要と想定される冷水温度を算出し、最も低い温度を冷凍機の冷水出口温度(SP1, SP2)の設定値として変更する。		RA-2-2	温水吸収冷凍機	
	冷水出口温度設定の変更範囲は、7℃～10℃			冷凍能力 443kW	
				設計冷水出入口温度 (7℃～12℃)	
				冷却水出入口温度 (31℃/37℃)	
				温水出入口温度 (88℃/83℃)	

システムフロー



事務所 09 (R-Wt-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機器本体	外気条件, 負荷流量	冷水出口温度(温度可変)	本体の容量制御

<動作確認データ>

冷房負荷のピークは 1951kW であった。

熱源水送水温度は、冷凍機の起動直後に高めだが、日中ほぼ設定値 (7℃, 9℃, 10℃) で運転していた。

熱源水送水温度の設定値は、「外気温度による設定値」、「外気絶対湿度による設定値」、「負荷流量による設定値」、「還水温度による設定値」の内、安全を見込んで最小値を採用したことから、低負荷の中間期(10月～11月)のみ設計値の 7℃より高い温度に変更された。

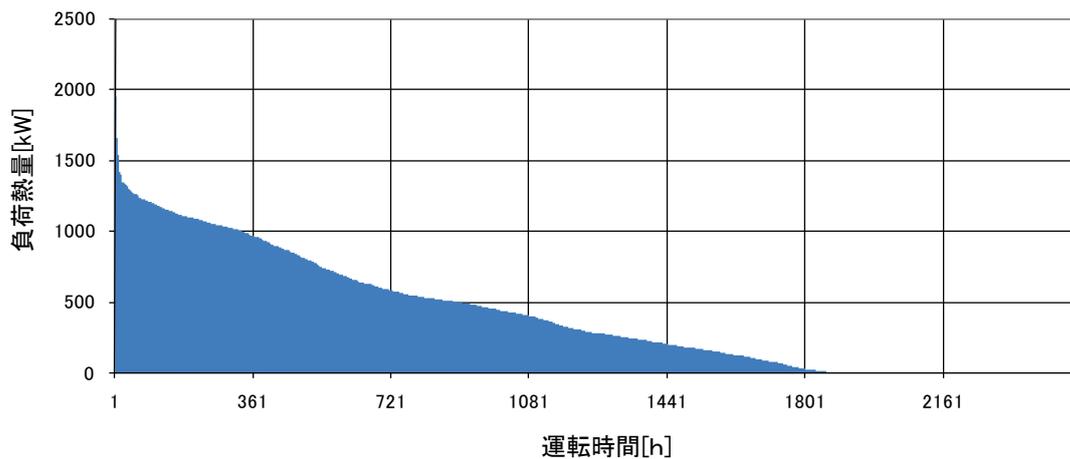


図 II. 3. 3. 1 期間冷房負荷 (2011/5/1～11/30)

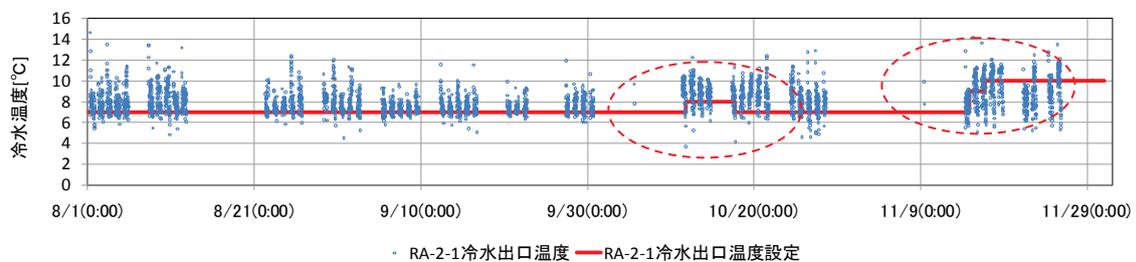


図 II. 3. 3. 2 熱源水送水温度の設定値と実測値 (RA-2-1)

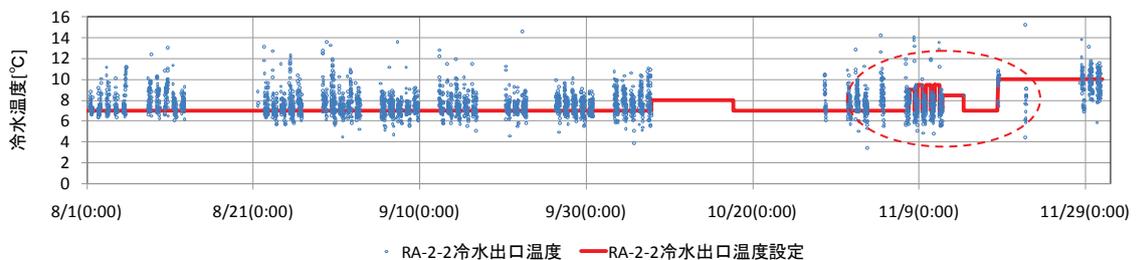


図 II. 3. 3. 3 熱源水送水温度の設定値と実測値 (RA-2-2)

事務所 09 (R-Wt-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機器本体	外気条件, 負荷流量	冷水出口温度(温度可変)	本体の容量制御

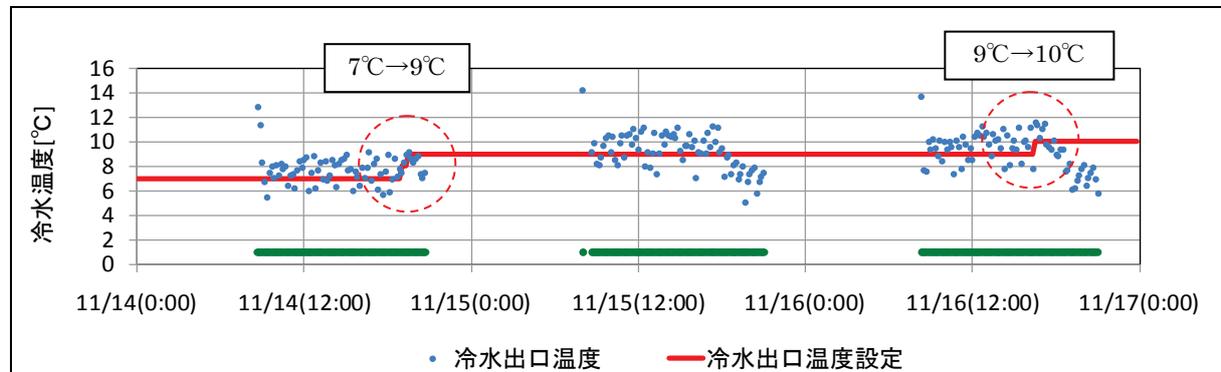


図 II. 3. 3. 4 RA-2-1 熱源水送水温度の設定値と実測値 (H2011/11/14~11/16)

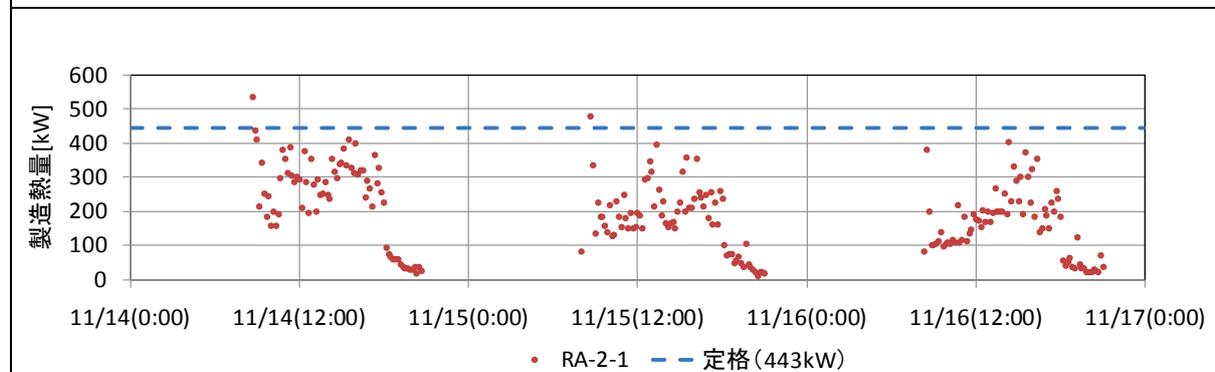


図 II. 3. 3. 5 RA-2-1 冷凍機の製造熱量 (H2011/11/14~11/16)

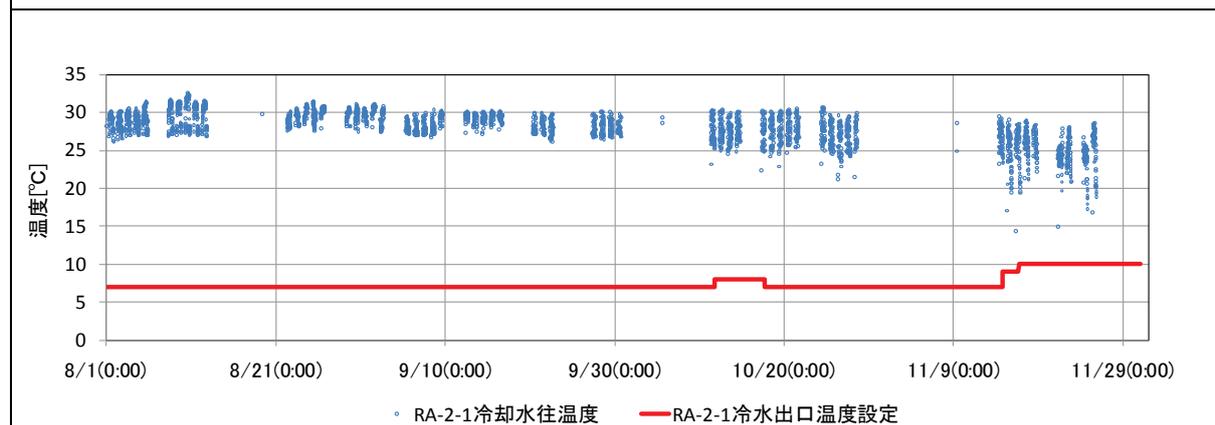
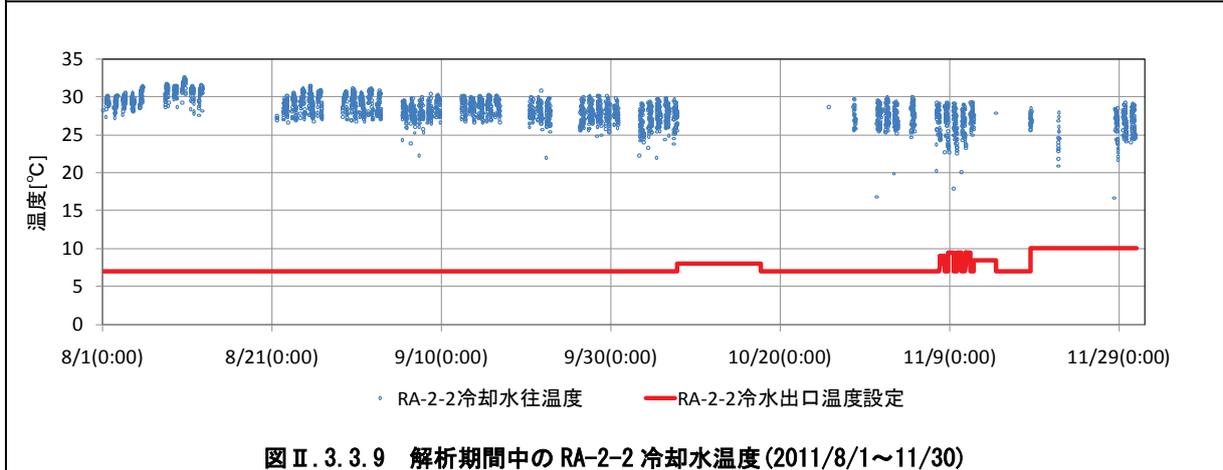
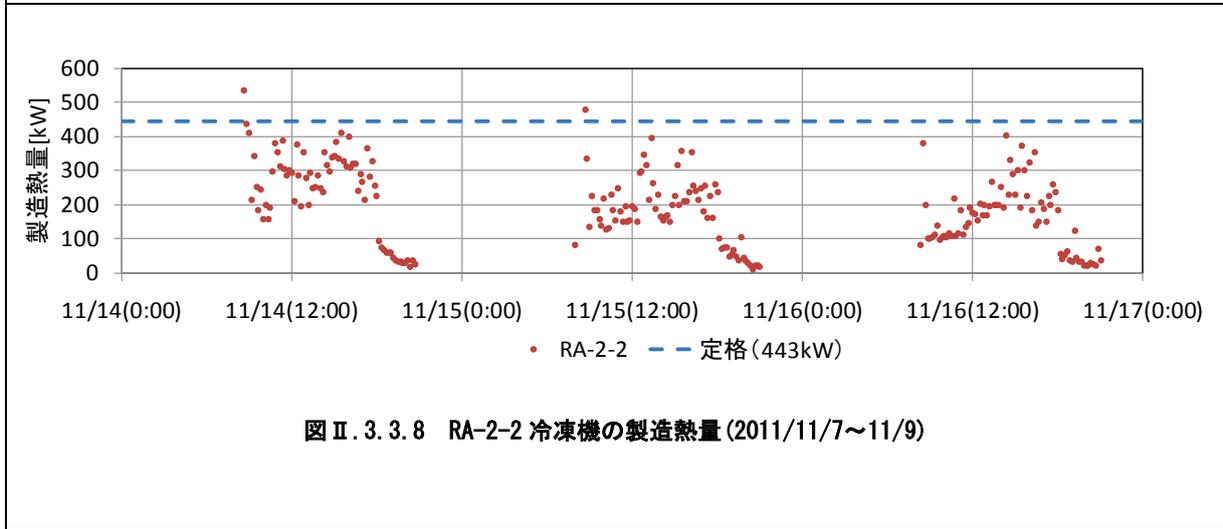
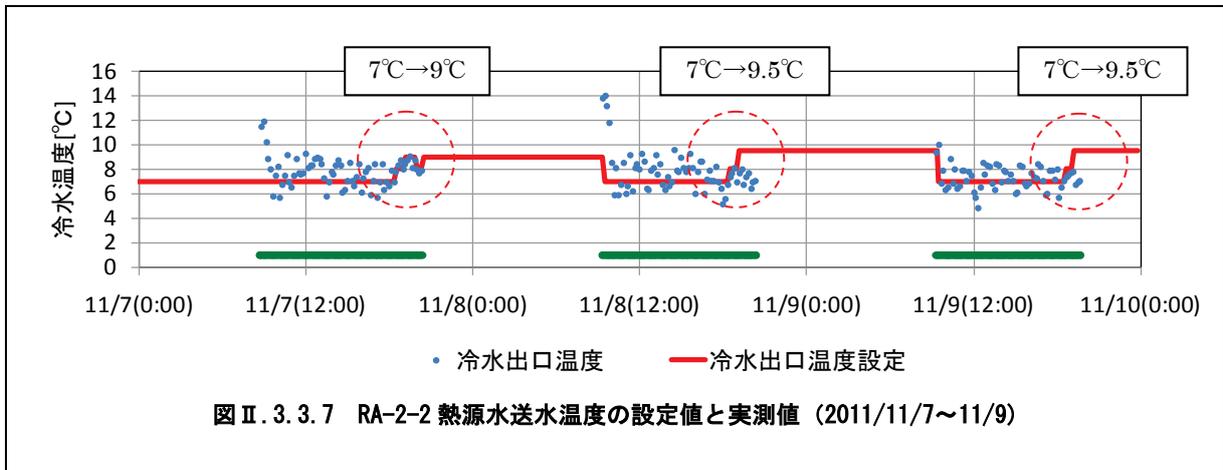


図 II. 3. 3. 6 解析期間中の RA-2-1 冷却水温度 (2011/8/1~11/30)

※冷却水温度は、夏期 30°C, 中間期 25~27°Cで運転していた.

事務所 09 (R-Wt-08)

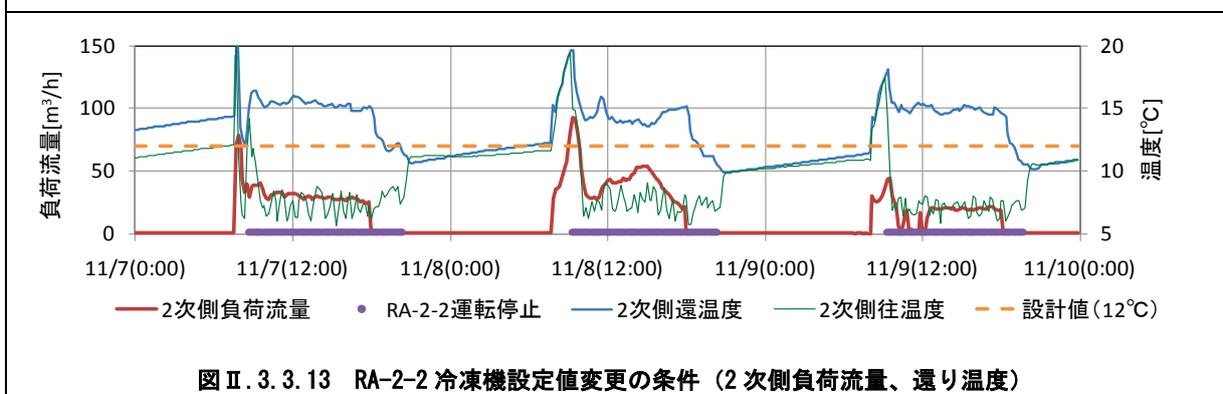
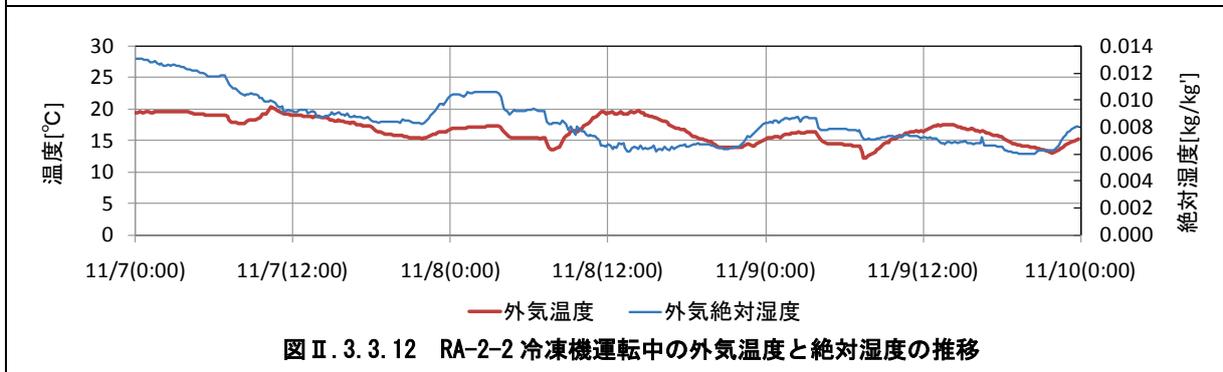
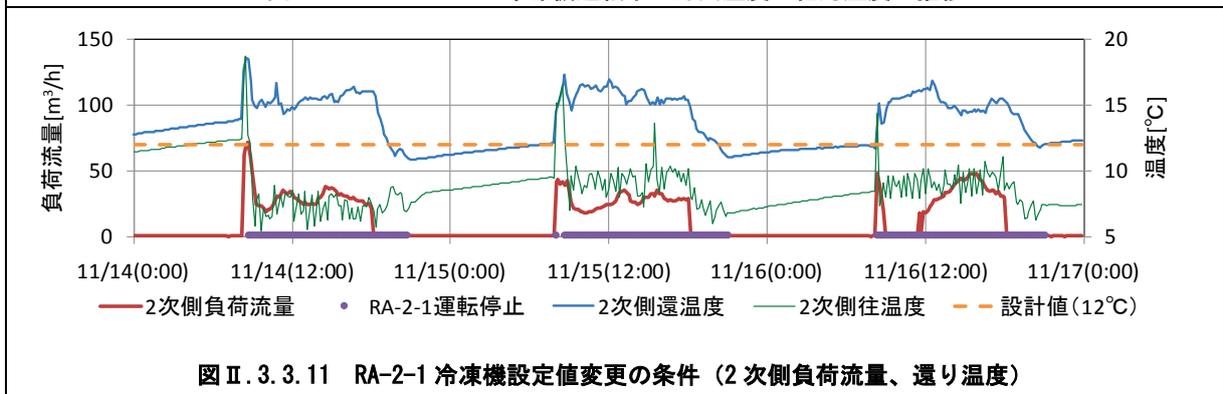
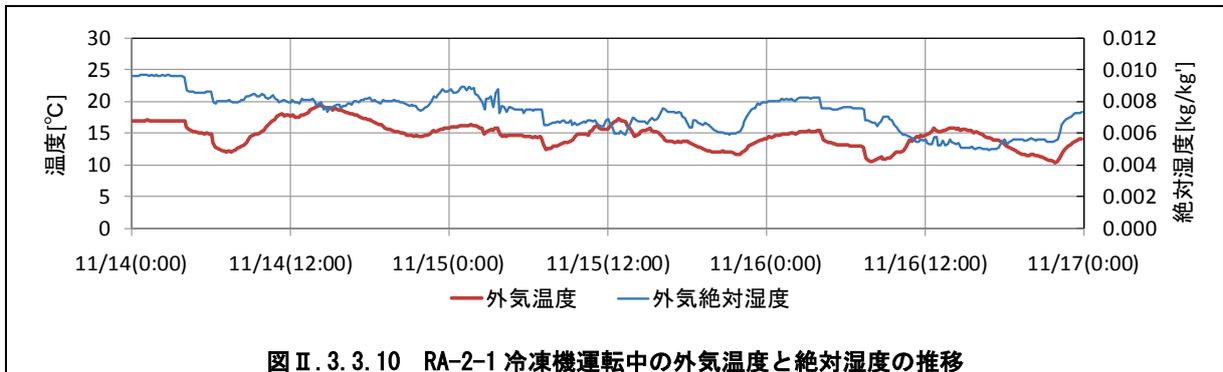
制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機器本体	外気条件, 負荷流量	冷水出口温度(温度可変)	本体の容量制御



※冷却水温度は、夏季 30°C，中間期 25~27°Cで運転していた。

事務所 09 (R-Wt-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機器本体	外気条件, 負荷流量	冷水出口温度(温度可変)	本体の容量制御



※RA-2-1, 2 とともに2次側還温度が設計値の12°Cより高いため, 熱源水送水温度の設定値が高くならなかった。

事務所 09 (R-Wt-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機器本体	外気条件, 負荷流量	冷水出口温度(温度可変)	本体の容量制御

<熱量分析>

熱量分析には, 起動後 60 分間を除外して 10 分間隔のデータの 1 時間平均値を用いた。
 熱源水送水温度設定 7℃と 8℃とで冷凍機性能に僅かな有意差が見られる。
 熱源水送水温度設定 9℃, 10℃時は出力比が小さく, かつ度数が少ないため, 温度設定の高温化による性能向上が確認できなかった。
 ※部分負荷特性の基準値は BEST¹⁾の計算モデルを参照した。なお, 冷水出口温度による特性はメーカーの機器仕様による。

1)小川他, 外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その 111), 空衛大会, 2012.9

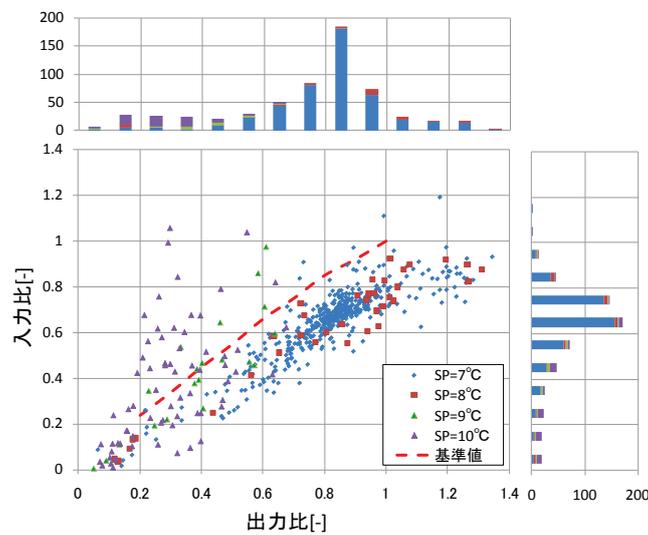


図 II. 3. 3. 14 RA-2-1 冷凍機の入力比と出力比 (2011/8/1~11/30)

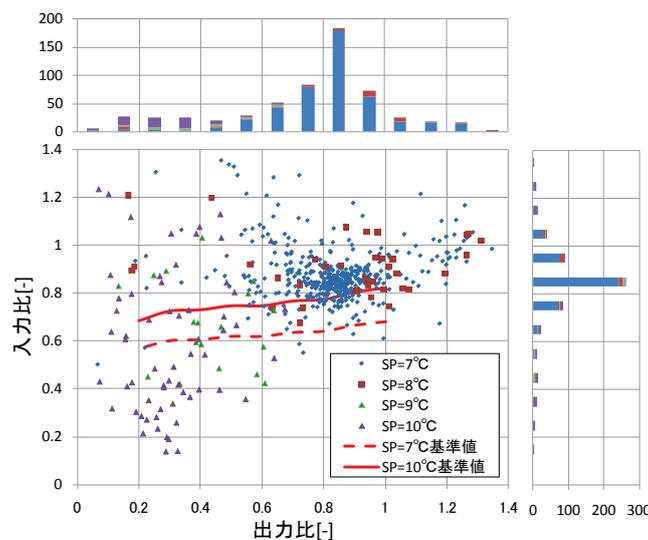
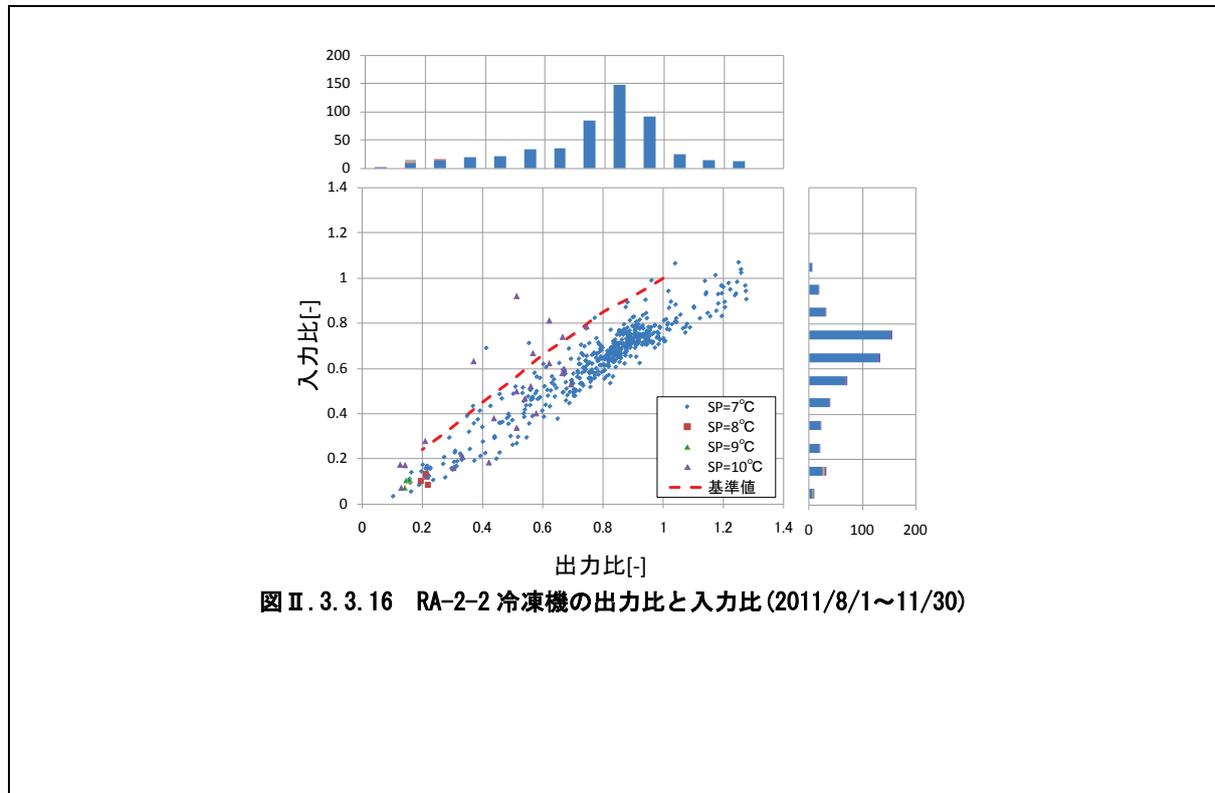


図 II. 3. 3. 15 RA-2-1 冷凍機の入力比と単体 COP (2011/8/1~11/30)

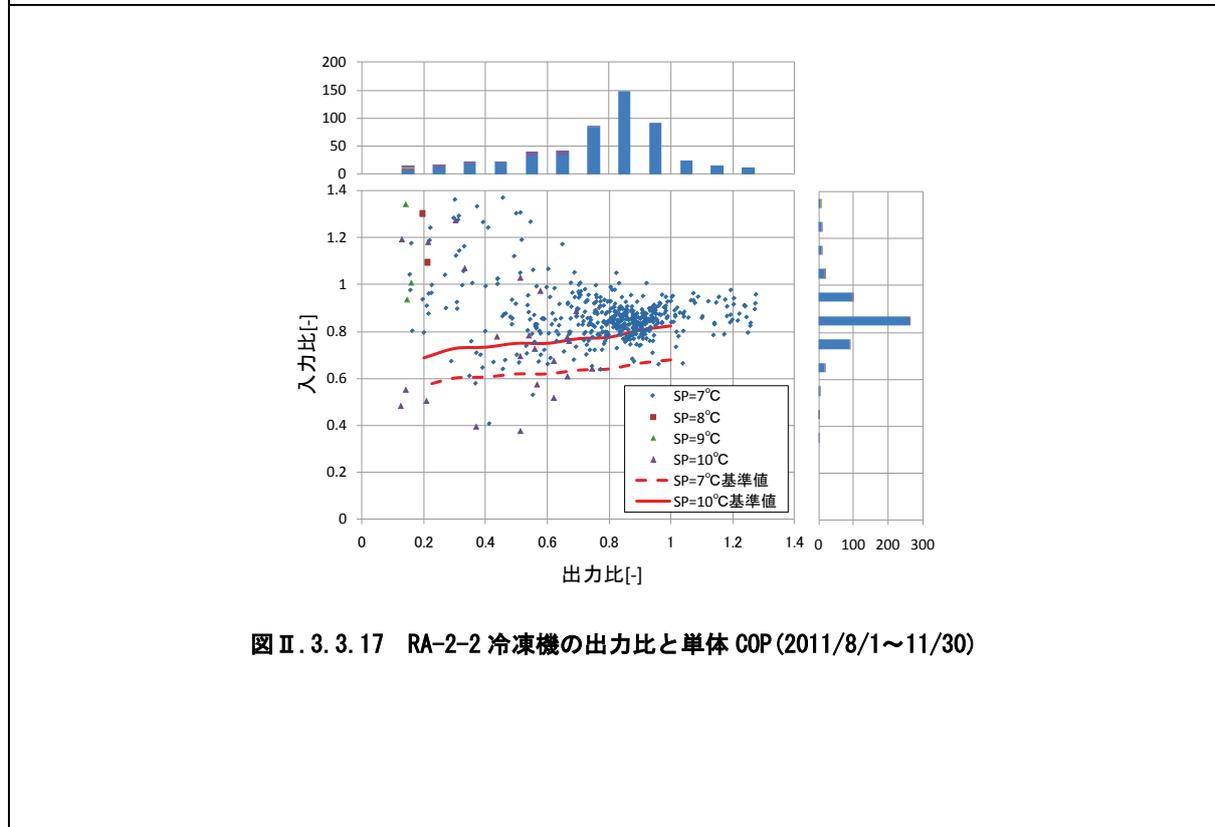
事務所 09 (R-Wt-08)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機器本体	外気条件, 負荷流量	冷水出口温度(温度可変)	本体の容量制御

<熱量分析>



図Ⅱ. 3. 3. 16 RA-2-2 冷凍機出力比と入力比(2011/8/1~11/30)



図Ⅱ. 3. 3. 17 RA-2-2 冷凍機出力比と単体 COP(2011/8/1~11/30)

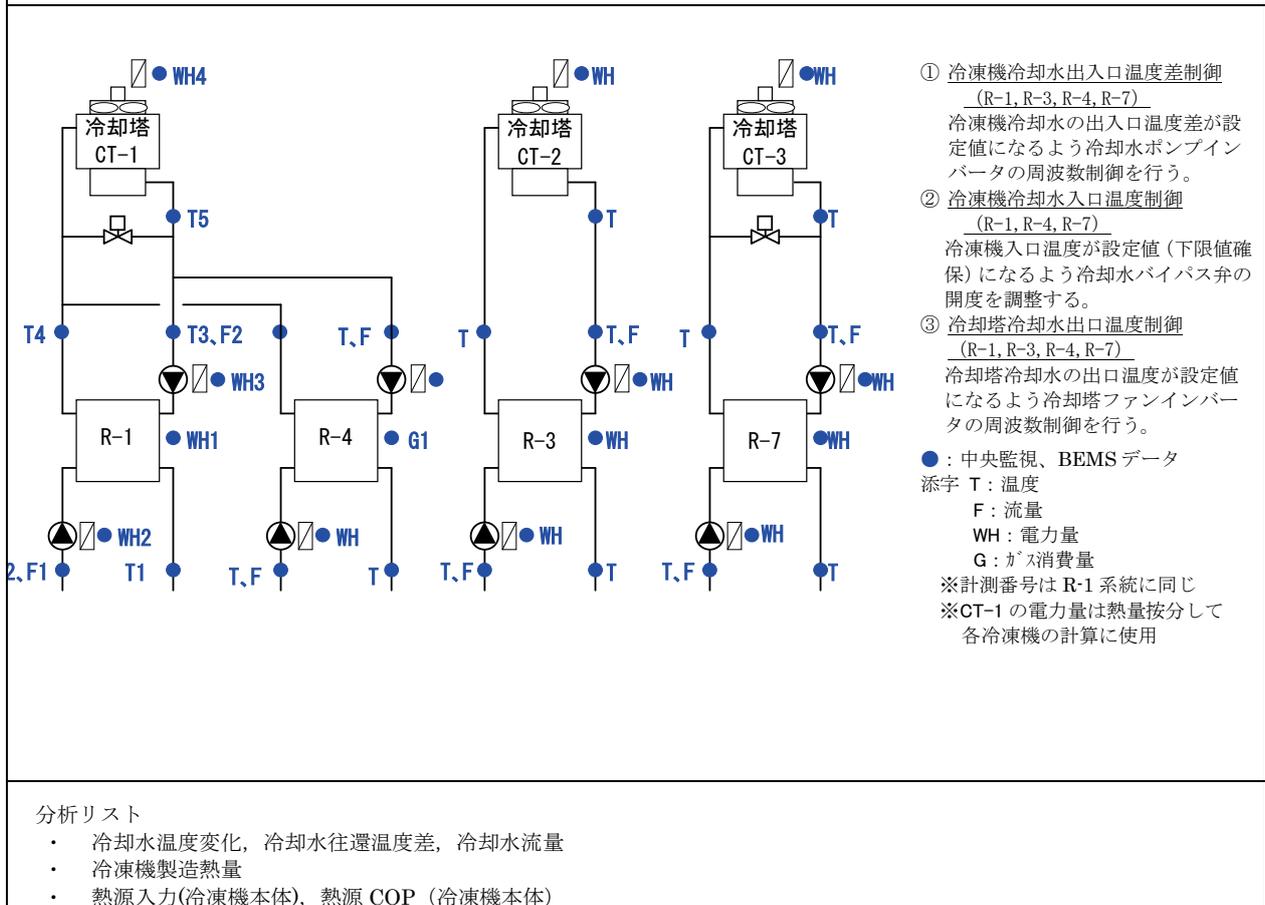
3.4. 冷却水温度制御

3.4.1. 事務所 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差	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	冷却塔出口温度, 冷凍機冷却水入口温度																							
制御目的	冷却水温度差制御				制御目標	冷却水温度																							
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, 二方弁の開閉																							
制御対象	冷却水ポンプ, パイパス弁				製造年月																								
制御内容	4) 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 5) 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) 6) 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) 冷却水ポンプ <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <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



事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

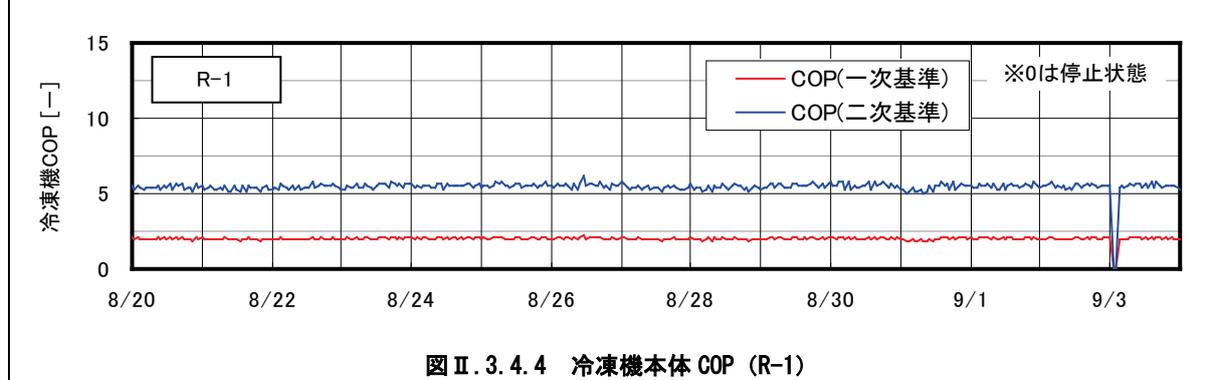
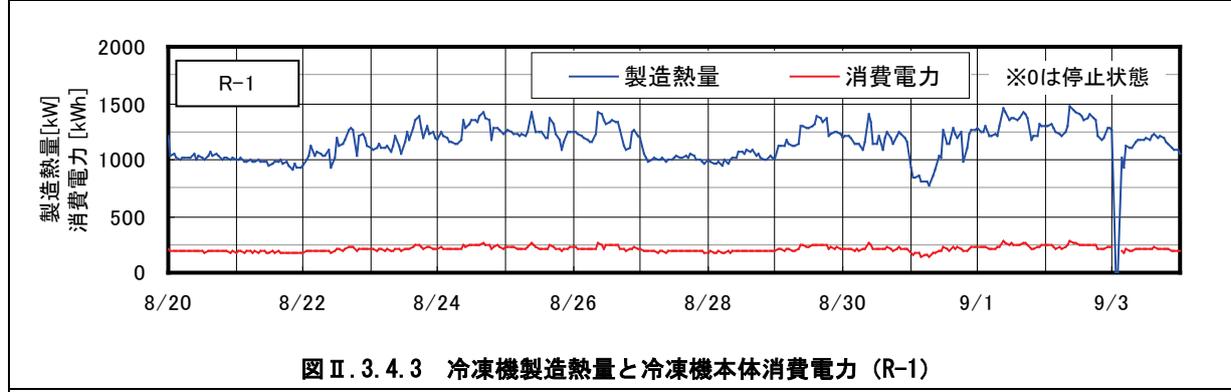
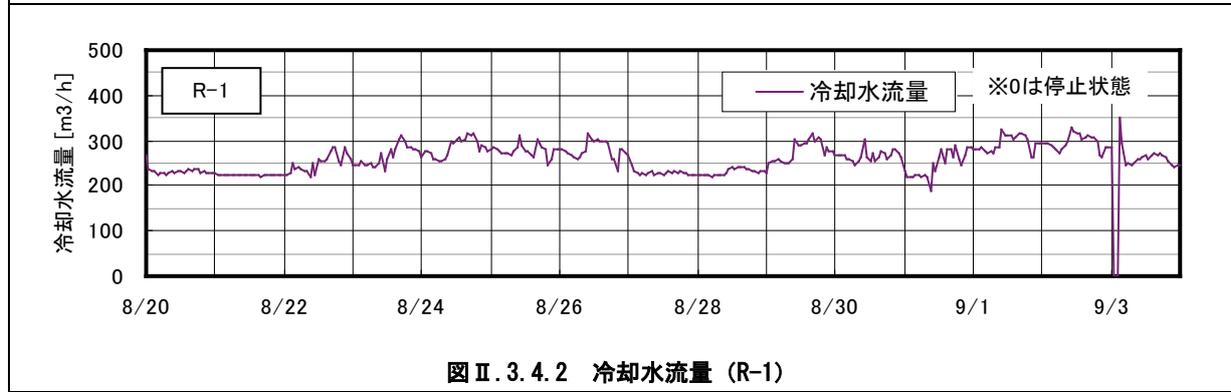
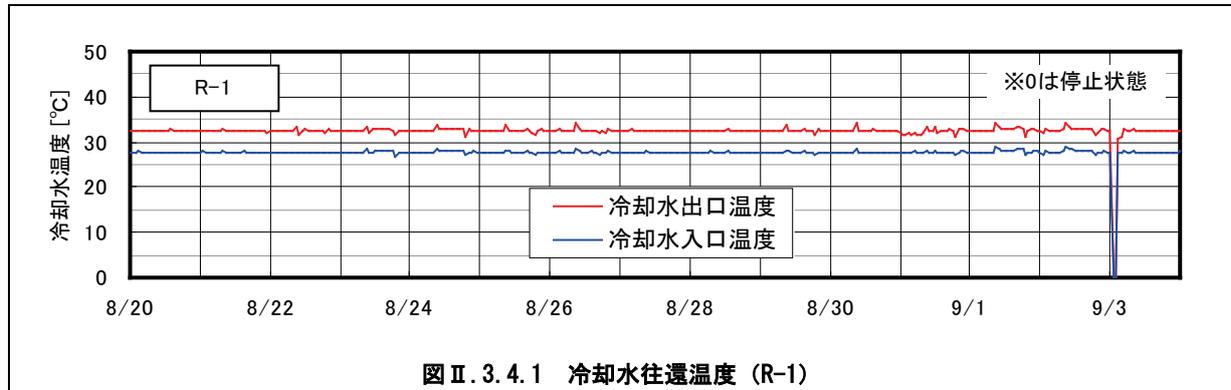
<制御内容, 評価項目計算式, 計測概要>

<p>1. 制御内容</p> <p>(1) 冷却水温度制御</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 冷凍機冷却水出入口温度差制御 ・ 冷凍機冷却水入口温度制御 ・ 冷却塔冷却水出口温度制御 <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) 冷却水温度, 水量</p> <p>冷却水入口温度 : T3 , 冷却水出口温度 : T4 , 冷却水流量 : F2</p> <p>(2) 製造熱量</p> <p>製造熱量 = 冷水温度差 (T2-T1) × 冷水流量 (F1) × 比重 × 比熱</p> <p>(3) 消費電力</p> <p>消費電力 (冷凍機本体) = 冷凍機電力量 (WH1)</p> <p>消費電力 (システム)</p> <p>= 冷凍機本体 (WH1) + 冷水一次ポンプ (WH2) + 冷却水ポンプ (WH3) + 冷却塔 (WH4)</p> <p>(4) COP</p> <p>冷凍機 COP (電力基準) : COP(1)</p> <p>= 製造熱量 ÷ 消費エネルギー (冷凍機本体消費電力基準)</p> <p>冷凍機 COP (一次エネルギー基準) : COP(2)</p> <p>= 製造熱量 ÷ 消費エネルギー (冷凍機本体一次エネルギー基準)</p> <p>システム COP (電力基準) : COP(3)</p> <p>= 製造熱量 ÷ 消費エネルギー (システム消費電力基準)</p> <p>システム COP (一次エネルギー基準) : COP(4)</p> <p>= 製造熱量 ÷ 消費エネルギー (システム一次エネルギー基準)</p> <p>(5) 熱源負荷率</p> <p>熱源負荷率 = 製造熱量 ÷ 定格熱量</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"> ・ 流量 : 2 分間隔 ・ 温度 : 2 分間隔 ・ 電力 : 2 分間隔 ・ ガス流量 : 2 分間隔 <p>(2) データ処理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2 分間隔のデータを 1 時間平均に集計

事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

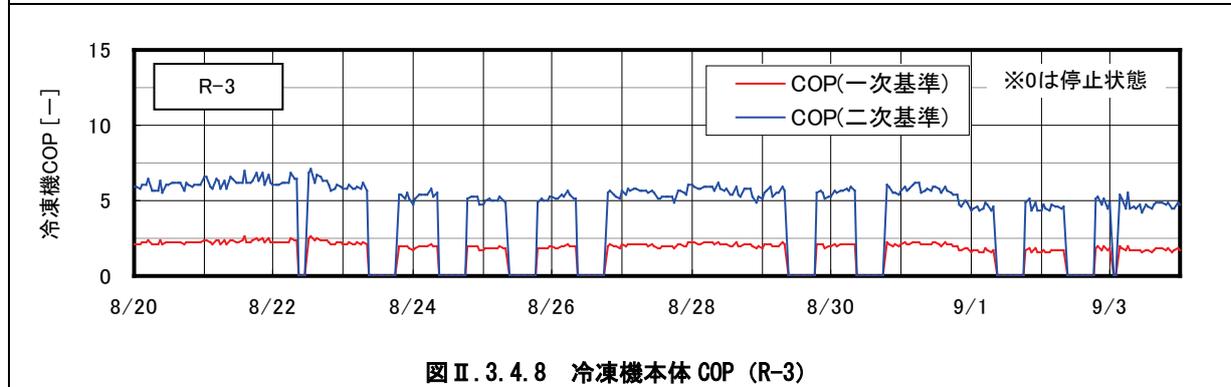
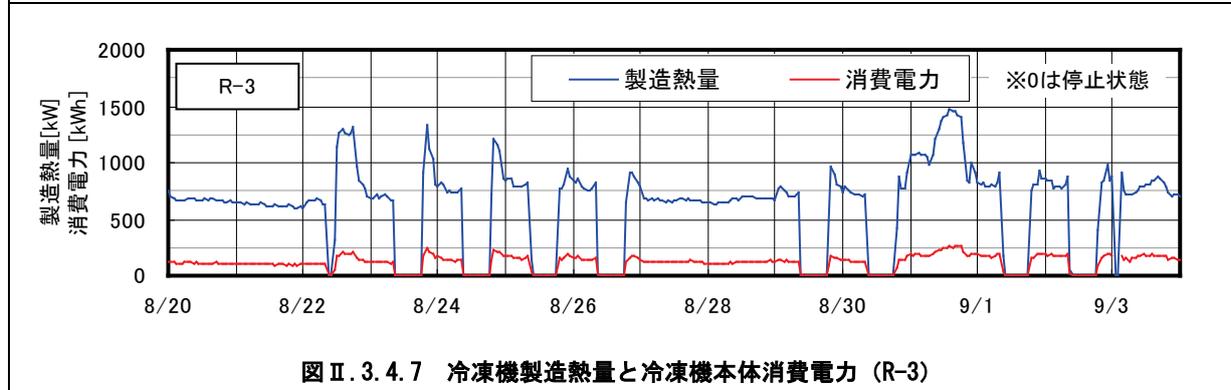
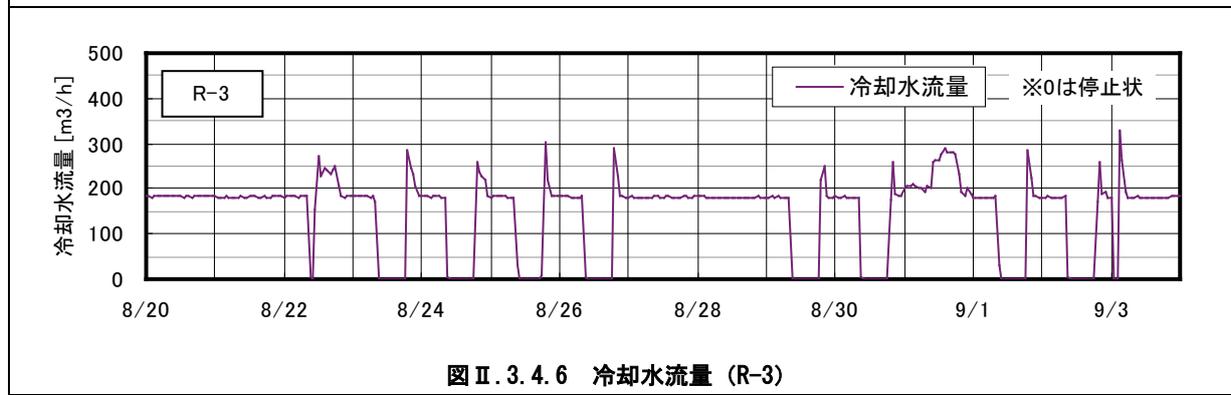
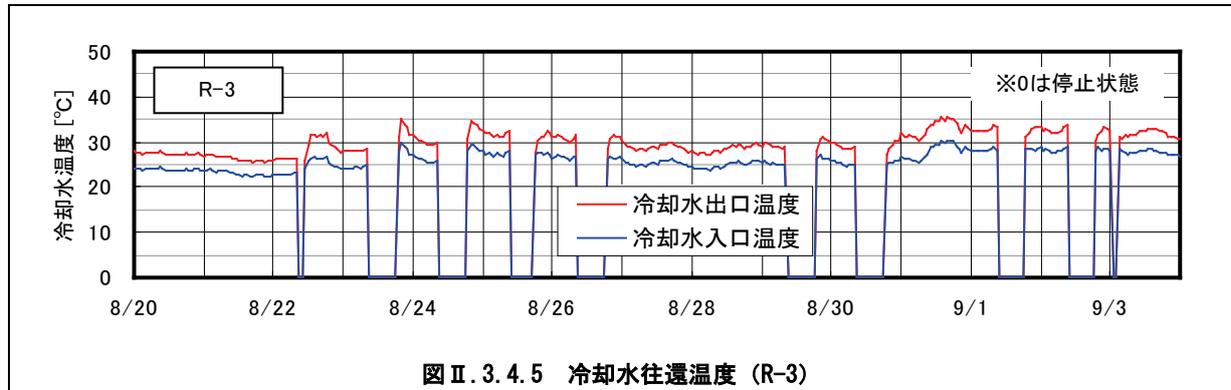
<動作確認データ(1)>



事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

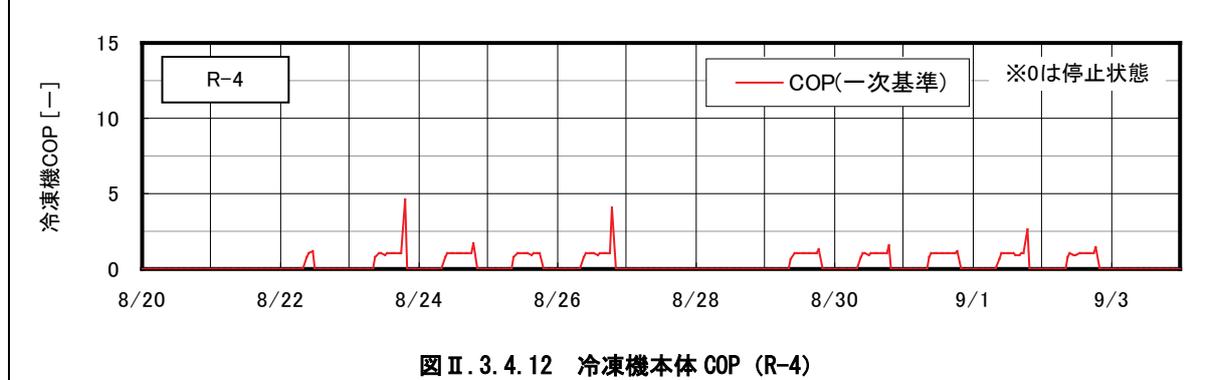
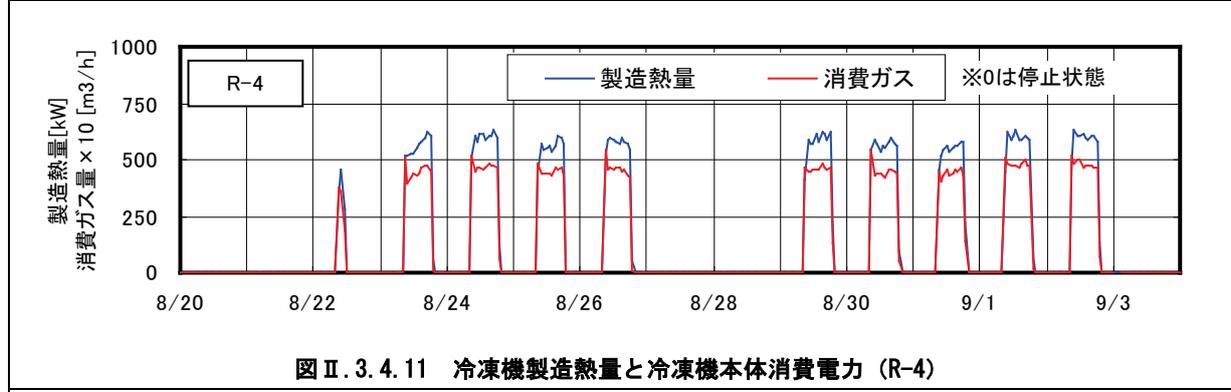
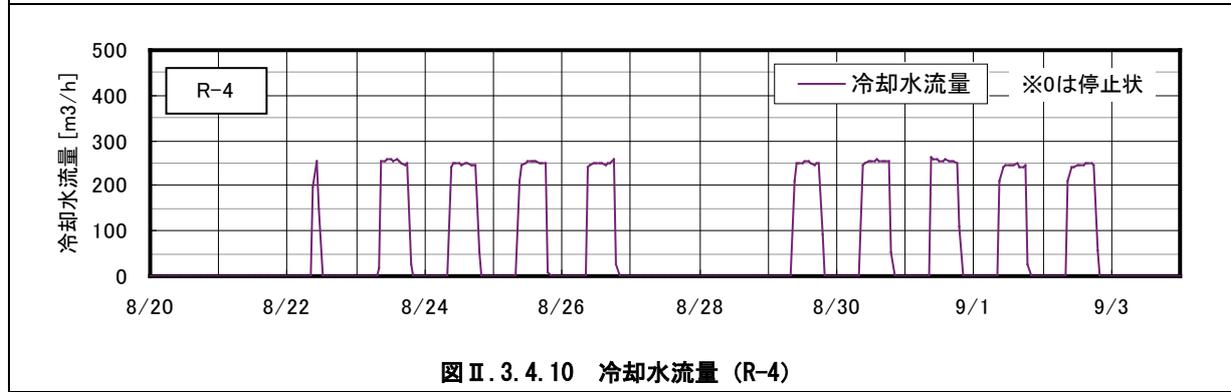
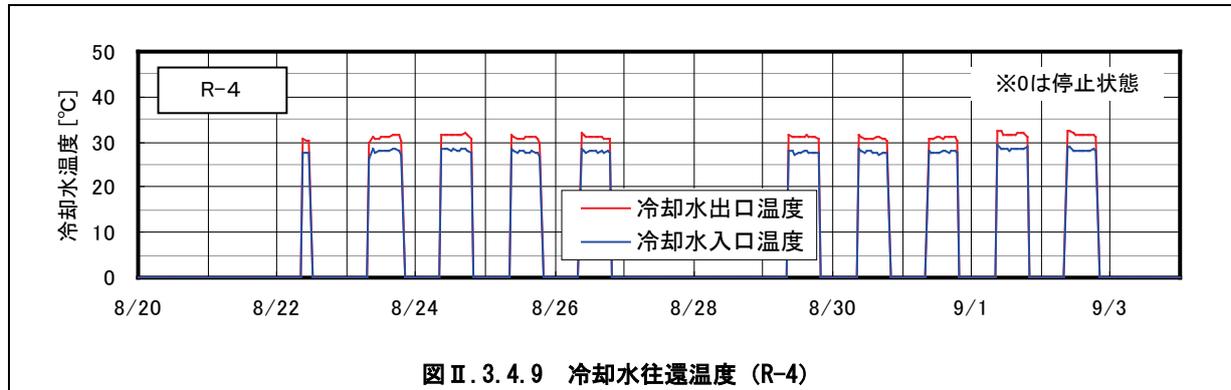
<動作確認データ(2)>



事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

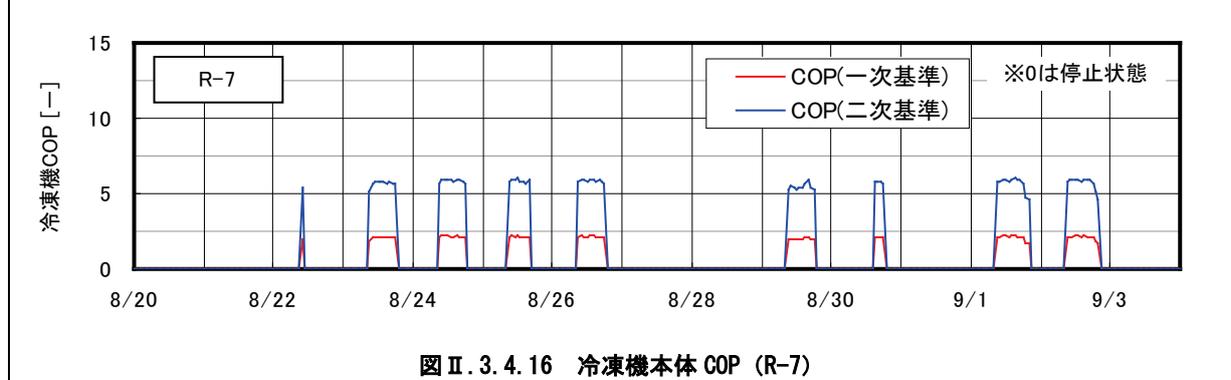
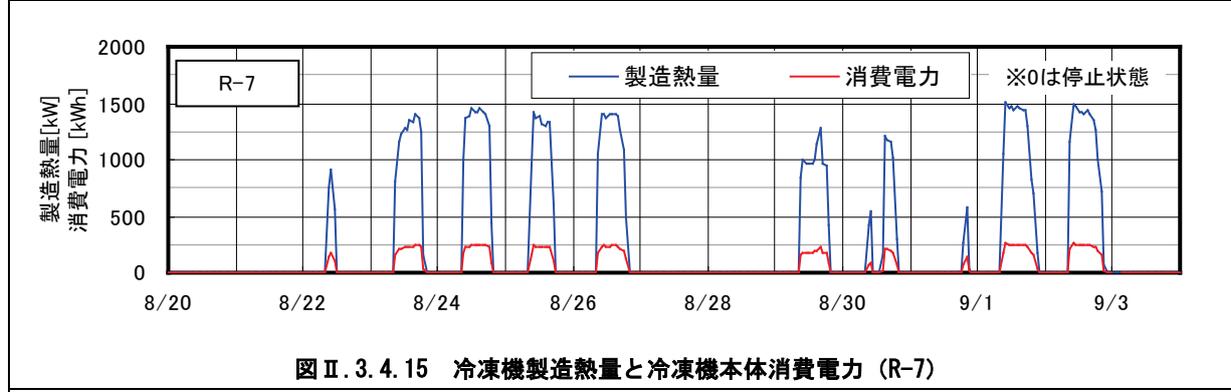
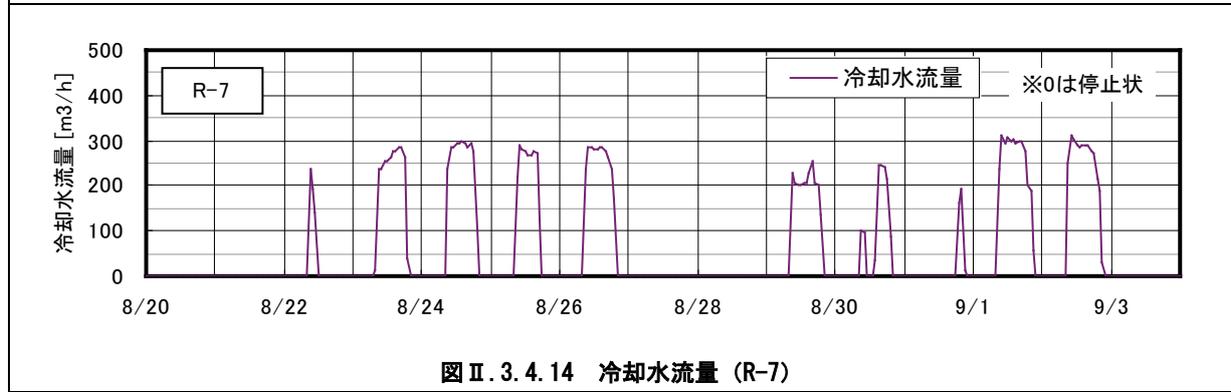
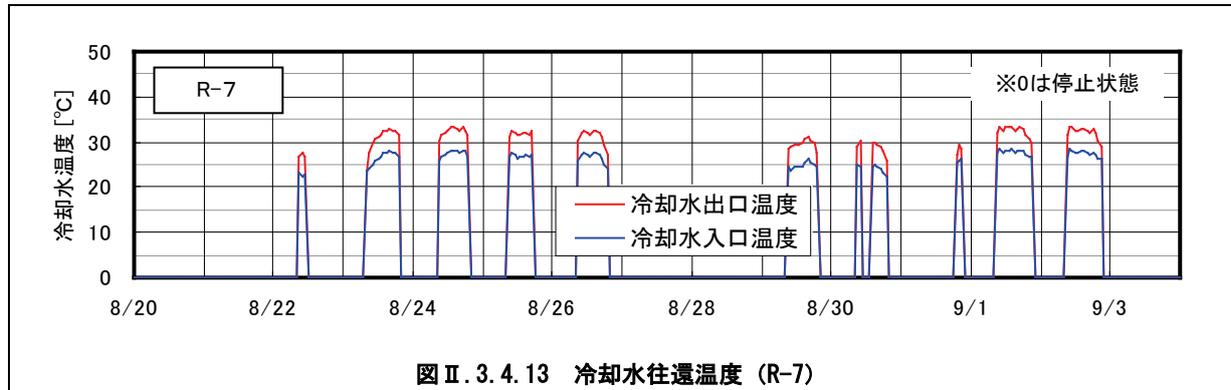
<動作確認データ(3)>



事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

<動作確認データ(4)>



事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

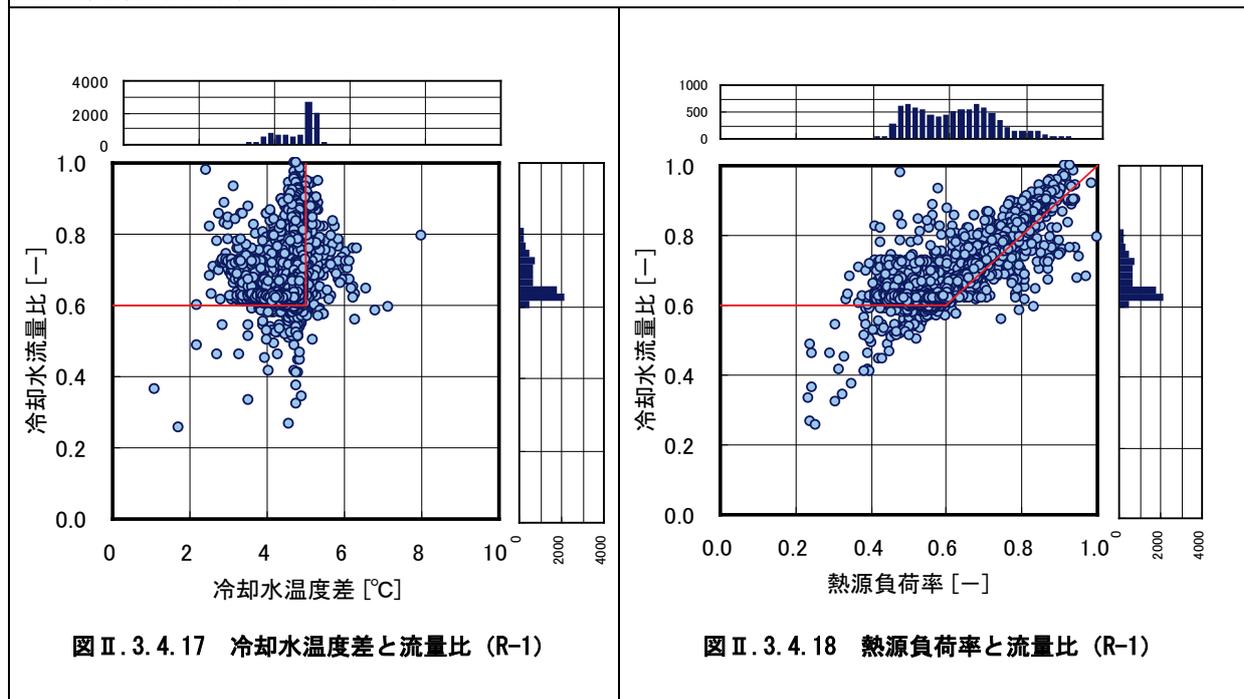
<データ分析(1)>

図Ⅱ.3.4.17 冷却水温度差は設計値の5℃～3℃で分布. 冷却水量は60%が最も頻度が高い. 最大冷却水流量は376m³/hである.

図Ⅱ.3.4.18 熱源負荷率40%以上で冷却水量は60%以上. 制御目標に近い分布になっている. 熱源負荷率は定格1758kWを1としている.

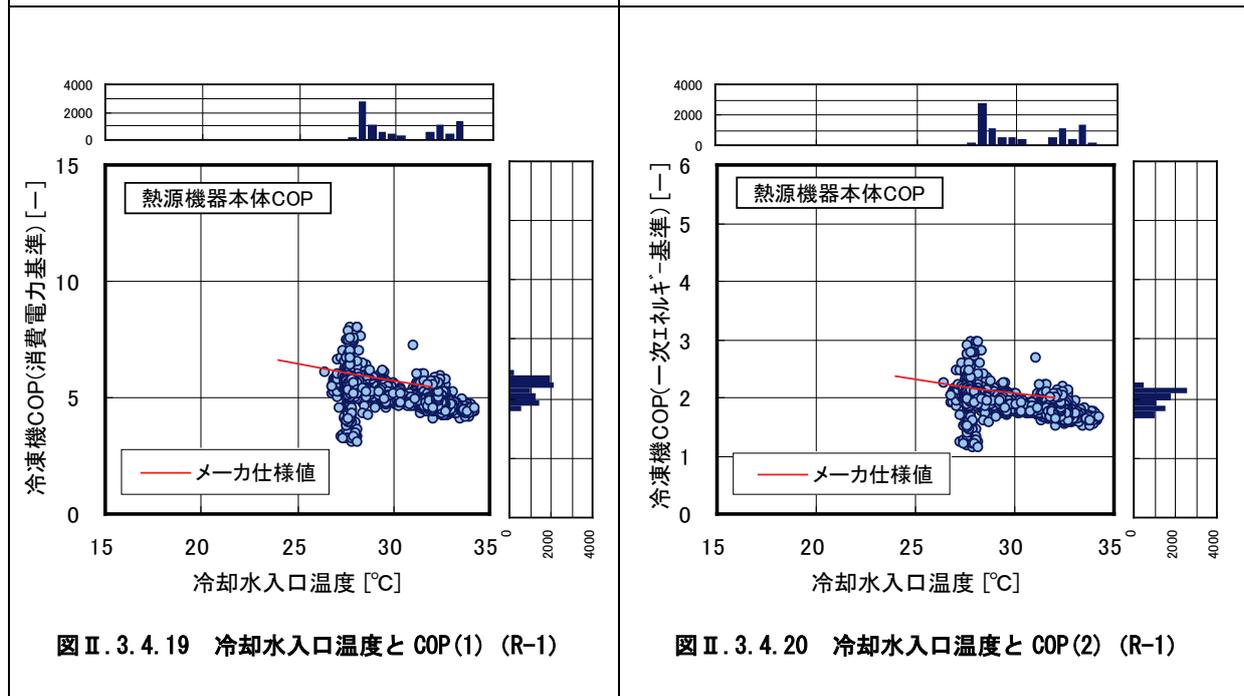
図Ⅱ.3.4.19, 20 COPはメーカ仕様値よりやや低い値で分布している. これは冷却水量が制御されていて, 仕様値の条件より少ないためである.

R-1年間運転時間: 8400時間



図Ⅱ.3.4.17 冷却水温度差と流量比 (R-1)

図Ⅱ.3.4.18 熱源負荷率と流量比 (R-1)



図Ⅱ.3.4.19 冷却水入口温度とCOP(1) (R-1)

図Ⅱ.3.4.20 冷却水入口温度とCOP(2) (R-1)

事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

<データ分析(2)>

図 II. 3. 4. 21, 22 冷凍機本体, 冷水一次ポンプ, 冷却水ポンプ, 冷却塔の消費電力を含めた熱源システム COP を示す.

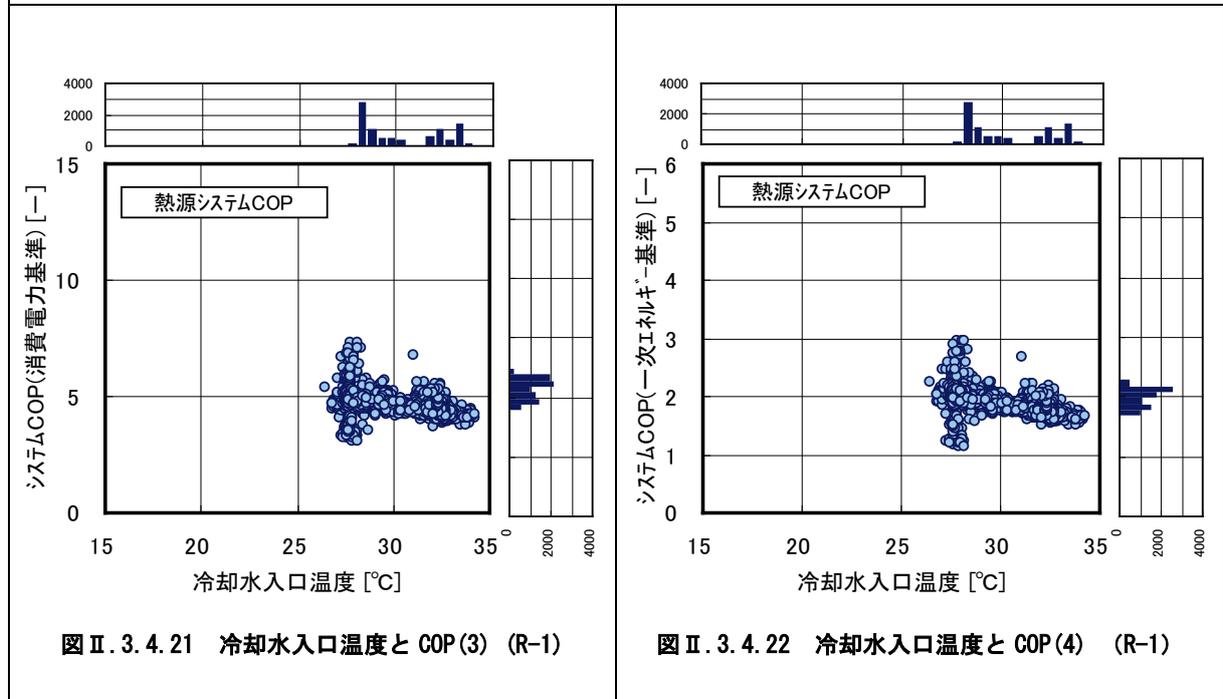


図 II. 3. 4. 21 冷却水入口温度と COP(3) (R-1)

図 II. 3. 4. 22 冷却水入口温度と COP(4) (R-1)

事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

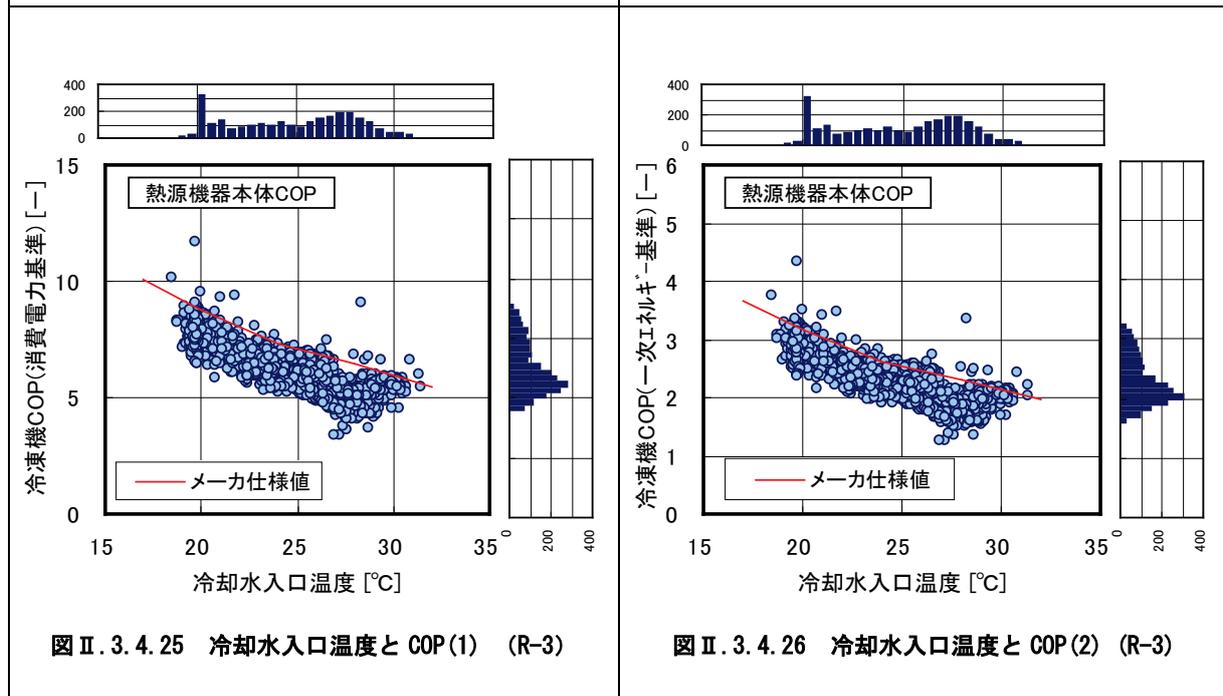
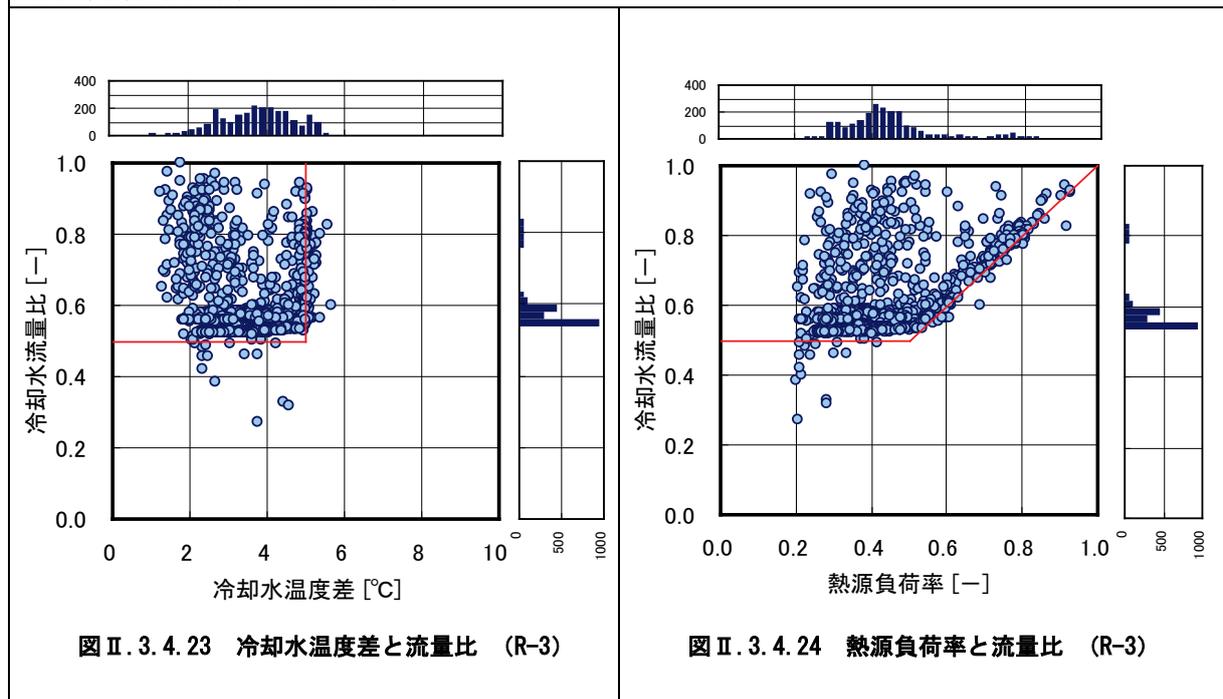
<データ分析(3)>

図Ⅱ.3.4.23 冷却水温度差は 5℃～2℃で分布. 冷却水量は 55%が最も頻度が高い. 最大冷却水流量は 339m³/h である.

図Ⅱ.3.4.24 熱源負荷率 20%以上で冷却水量は 55%以上. 制御目標に近い分布になっている. 熱源負荷率は定格 1758kW を 1 としている.

図Ⅱ.3.4.25, 26 COPはメーカー仕様値よりやや低い値で分布している. 冷却水 18℃まで対応しており, R-1 に比べて COP が高い.

R-3 年間運転時間 : 2200 時間



事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

<データ分析(4)>

図 II. 3. 4. 27, 28 冷凍機本体, 冷水一次ポンプ, 冷却水ポンプ, 冷却塔の消費電力を含めた熱源システム COP を示す.

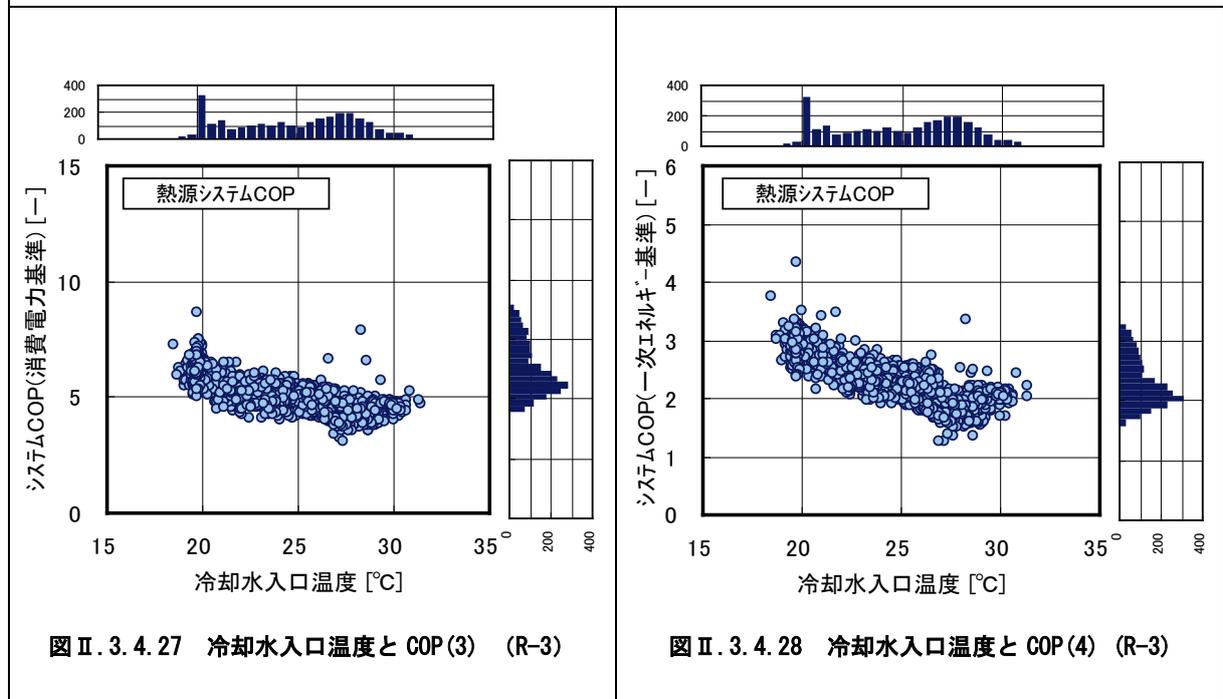


図 II. 3. 4. 27 冷却水入口温度と COP (3) (R-3)

図 II. 3. 4. 28 冷却水入口温度と COP (4) (R-3)

事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

<データ分析(5)>

図 II. 3. 4. 29 冷却水温度差は 6°C~2°C で分布. 冷却水量は 80% で最も頻度が高い. 最大冷却水流量は 321m³/h である.

図 II. 3. 4. 30 熱源負荷率 20% 以上で冷却水量は 80% で分布. 冷却水下限が設計値から変更されている. 熱源負荷率は定格 1055kW を 1 としている.

図 II. 3. 4. 31 熱源機本体の COP はメーカー仕様値以下で分布. 冷却水入口温度は 27~32°C と他に比べて狭い範囲になっている. これは夏期の運転のためである.

図 II. 3. 4. 32 冷凍機本体, 冷水一次ポンプ, 冷却水ポンプ, 冷却塔の消費電力を含めた熱源システム COP を示す.

R-4 年間運転時間 : 700 時間

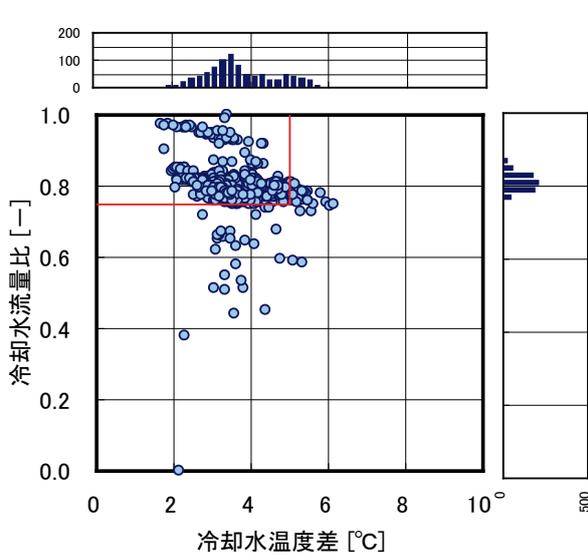


図 II. 3. 4. 29 冷却水温度差と流量比 (R-4)

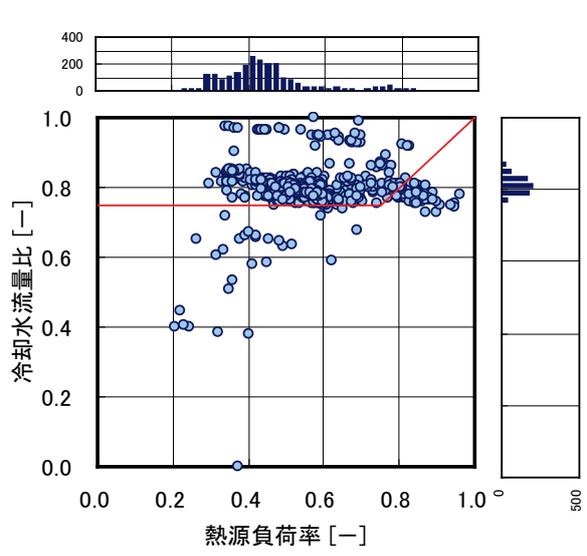


図 II. 3. 4. 30 熱源負荷率と流量比 (R-4)

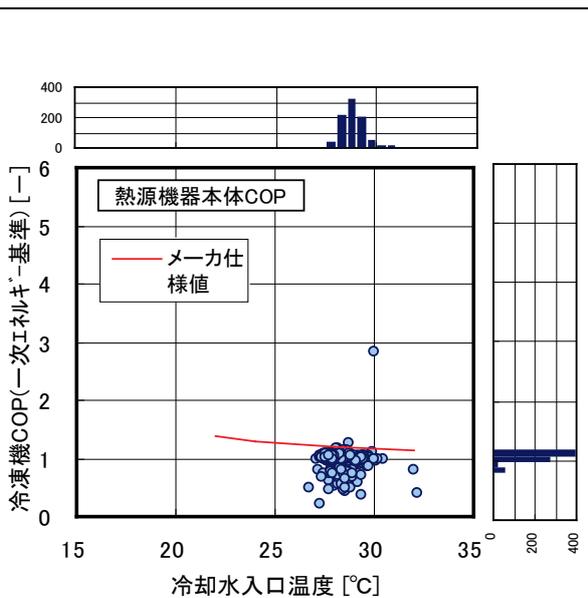


図 II. 3. 4. 31 冷却水入口温度と COP (2) (R-4)

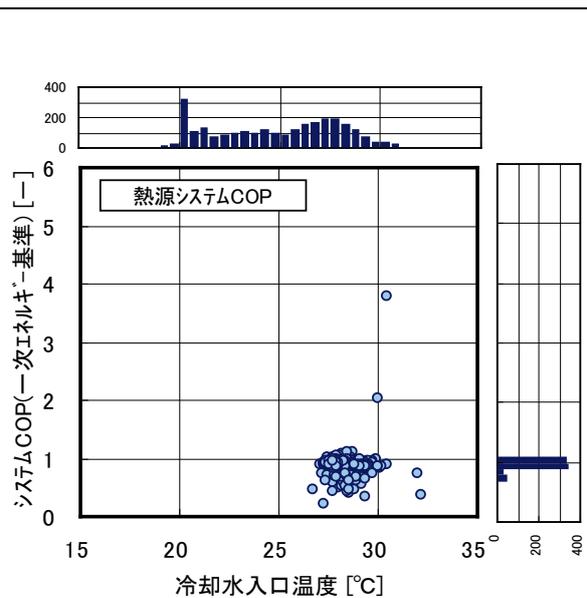


図 II. 3. 4. 32 冷却水入口温度と COP (4) (R-4)

事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

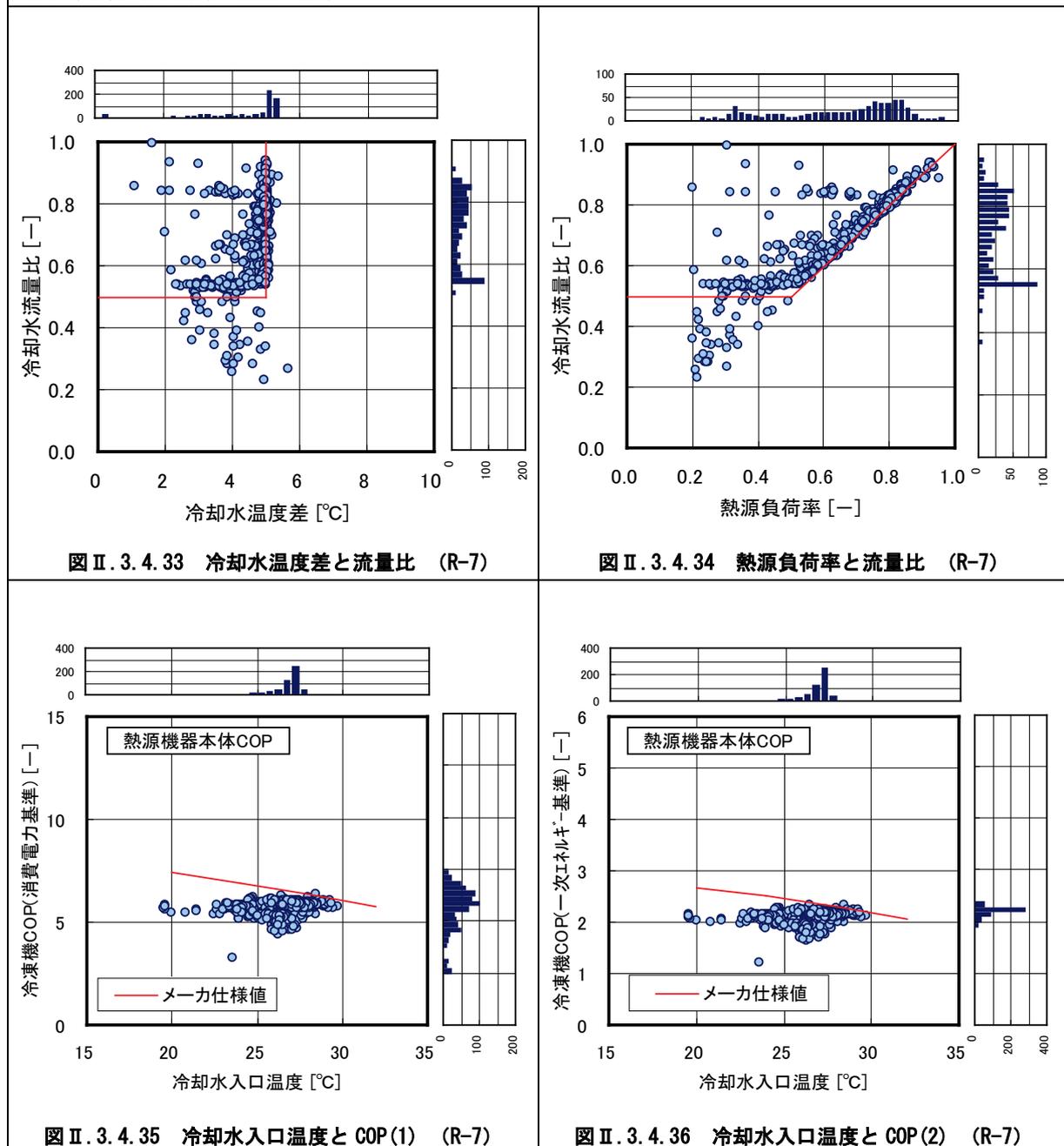
<データ分析(6)>

図Ⅱ.3.4.33 冷却水温度差は 5°C~2°Cで分布. 冷却水量は 55%で最も頻度が高い. 最大冷却水水量は 355m³/h である.

図Ⅱ.3.4.34 熱源負荷率 20%以上で冷却水量は 55%以上. 制御目標に近い分布になっている. 熱源負荷率は定格 1758kW を 1 としている.

図Ⅱ.3.4.35, 36 COP はメーカー仕様値よりやや低い値で分布している. 運転時間が少ないため冷却水温度との関係は確認できない.

R-7 年間運転時間 : 500 時間

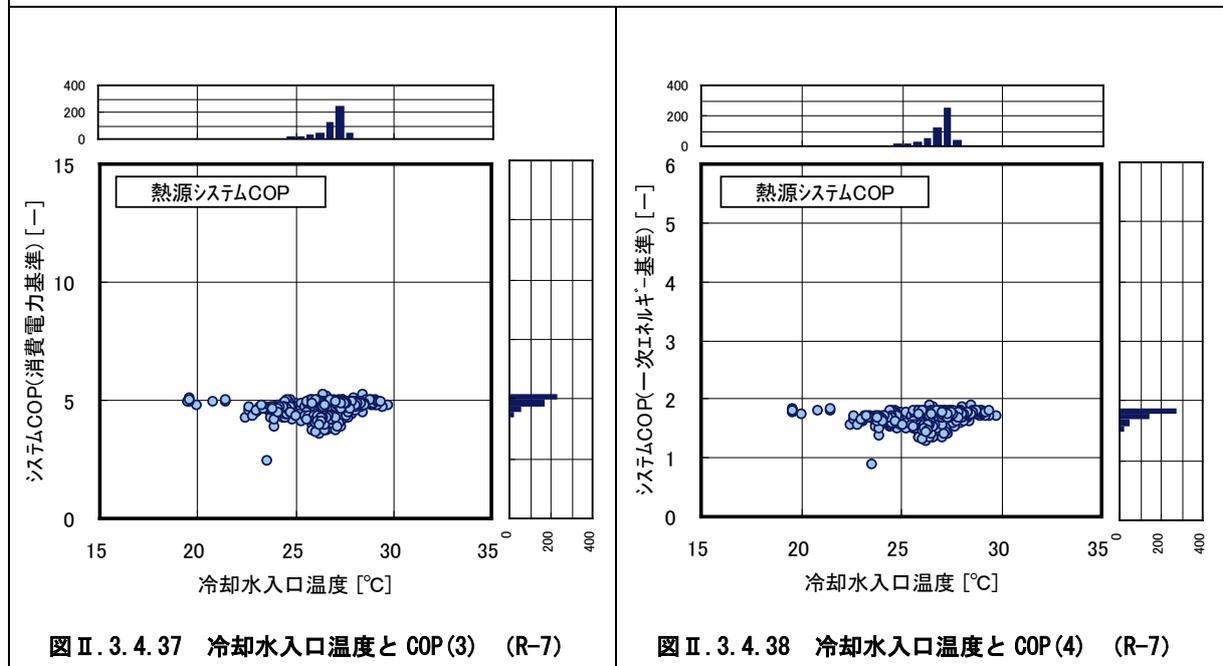


事務所 04 (Pcd-VWV-03)

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

<データ分析(7)>

図 II. 3. 4. 37, 38 冷凍機本体, 冷水一次ポンプ, 冷却水ポンプ, 冷却塔の消費電力を含めた熱源システム COP を示す.



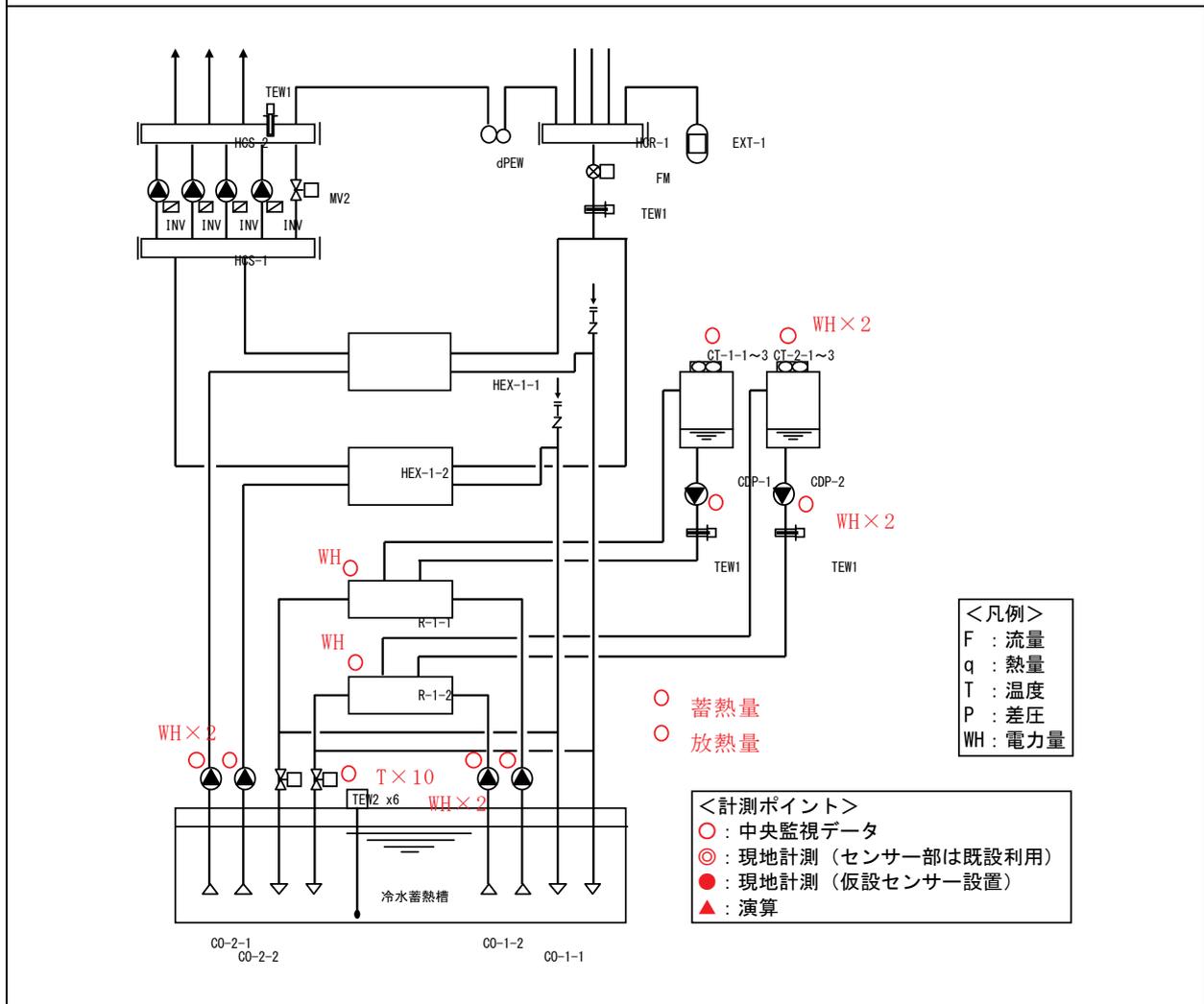
3.5. 蓄熱運転制御（水蓄熱）

3.5.1. 事務所 03

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

建物名	事務所 03	地区	関東	竣工	2005 年	新築	—	規模	52,014 m ²
分類記号	R-Hst-02				検出部	蓄熱槽温度			
制御目的	蓄熱制御				制御目標	蓄熱量			
分析期間	平成 24 年 7 月 1 日～平成 24 年 9 月 30 日				動作	ON-OFF			
制御対象	冷凍機, 熱交換器				製造年月	2003 年 3 月			
制御内容	<ul style="list-style-type: none"> 冷凍機出口温度設定値: 6°C 熱交換器出入口温度 2 次冷水: 18°C→8°C 蓄熱槽側: 7°C→17°C スケジュール運転(コメント欄参照) 				機器仕様	TR-1-1, TR-1-2 ターボ冷凍機 1758kW (500RT) × 2 台 定格 COP 6.0 (冷水 6°C 取出) CP-1-1, CP-1-2 冷水 1 次ポンプ 5047L/min × 180kPa × 30kw × 3 φ HEX-1-1, HEX-1-2 プレート熱交換器 2600kW × 2 台 CP-2-1, CP-2-2 放熱ポンプ 3750L/min × 250kPa × 30kw × 3 φ 水蓄熱槽蓄熱量 120,000MJ (3,000m ³ , 連結完全混合槽型 50 槽)			

システムフロー



事務所 03 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

- (1)データの収集時間間隔
 ・中央監視データ：10分間隔 瞬時値
- (2)データ処理：特になし
- (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
- (4)その他
 ・電力負荷ピークカットにともなうスケジュール運転
 ピーク調整契約（12時～16時）と電力負荷のピーク時間帯を考慮し、13時の時点で満蓄熱となるように午前中まで冷凍機を運転、13時以降の時間帯は冷凍機を極力停止する。

事務所 03 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<冷凍機稼働状況トレンド>

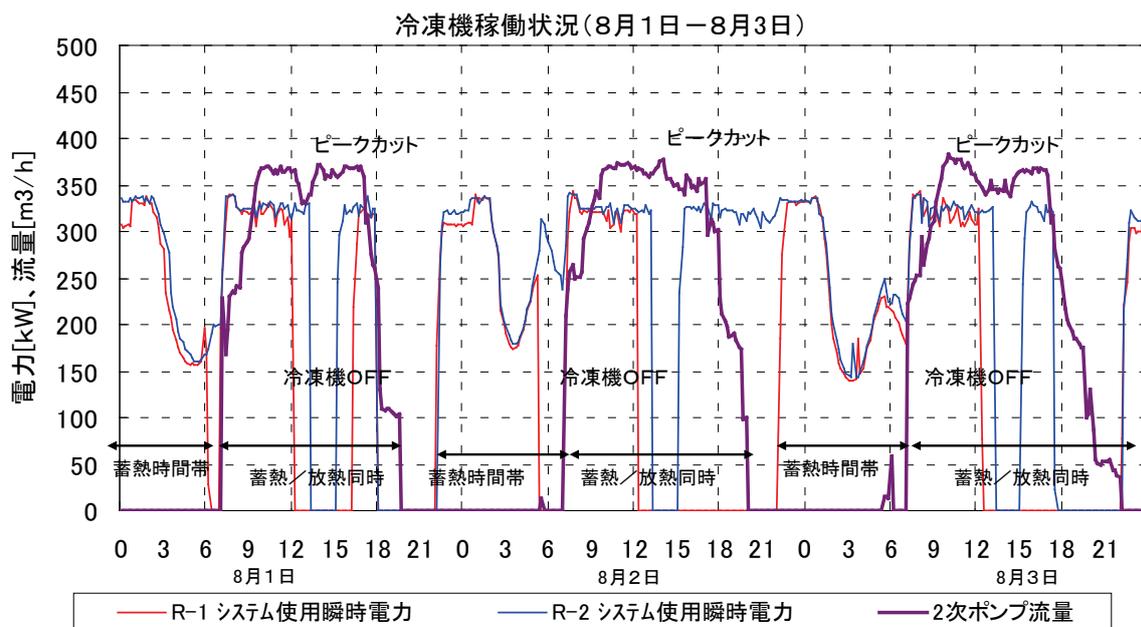
機器稼働及び蓄熱状況を把握するために、8月の3日間の蓄熱量，放熱量，冷凍機の稼働を確認するための熱源機器電力，2次ポンプ流量を示した。

- 1) 蓄熱は22時から行われている。
- 2) 7時以降は冷凍機が2台稼働し，12時まで稼働。その後，熱負荷の状況に合わせ，冷凍機を運転している。

8月1日は，短時間の冷凍機停止

8月2日，3日は，R-2の短時間停止，R-1は12時以降22時まで停止

ピーク調整契約(12時-16時)及び自社の電力負荷のピーク時間帯を考慮し，蓄熱の利用により効果的な電力のピークカットを行うよう冷凍機の運転が計画されている。夜間に蓄熱を行い，午前中は蓄熱槽へ蓄熱すると共に一部を二次側へ供給している。さらに，13時の時点で水蓄熱槽が満蓄になるよう，午前中の冷凍機運転を半手動で行い，13時以降の放熱運転に備えている。極力，12時~15時の時間帯に冷凍機を停止しているのが分かる。



図Ⅱ.3.5.1 冷凍機稼働状況 (8月1日~8月3日)

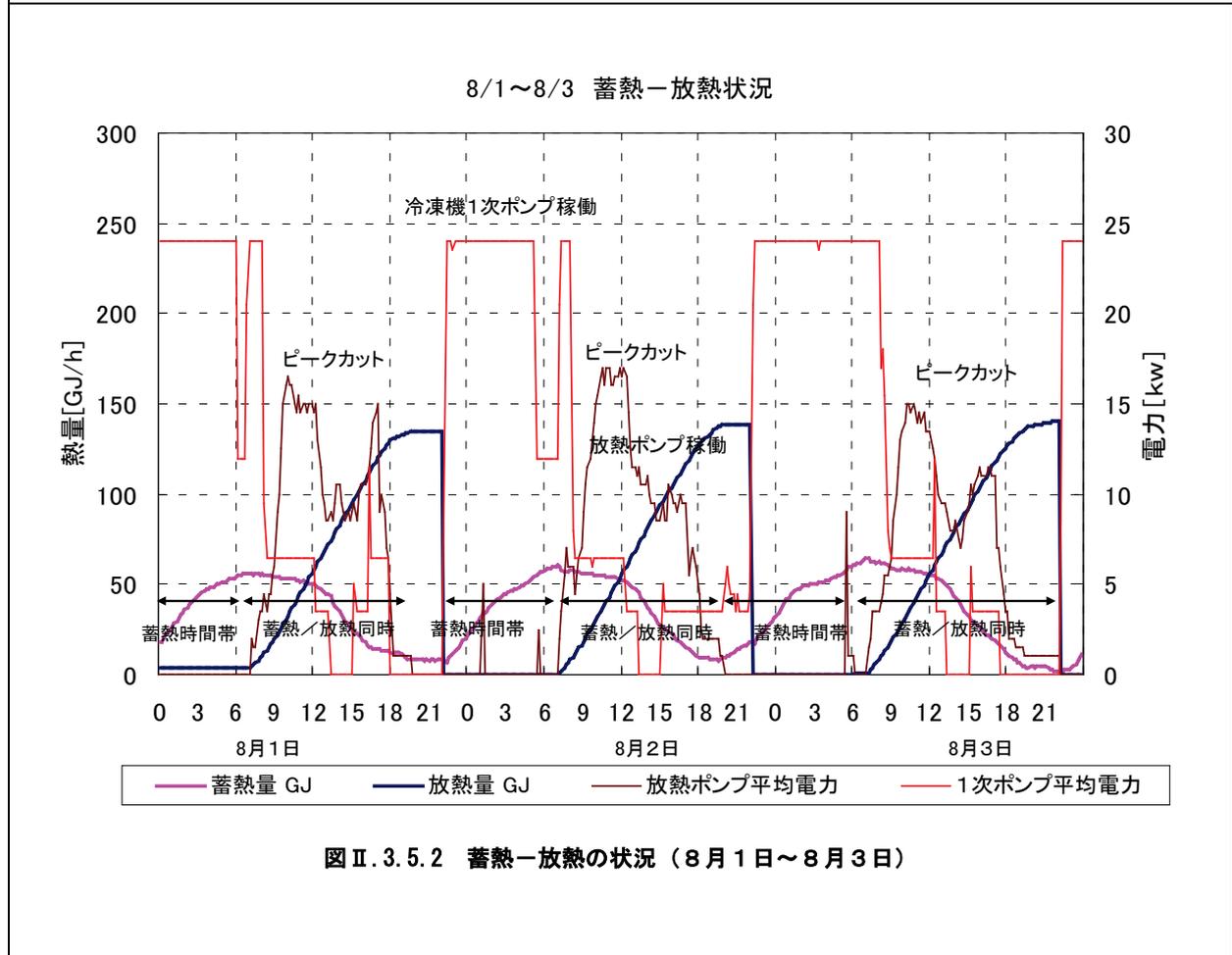
事務所 03 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<冷凍機稼働状況トレンド>

図 II. 3. 5. 2 には、蓄熱・放熱の状況を示すために、蓄熱量、放熱量、冷水 1 次ポンプ電力（冷凍機稼働確認）、放熱ポンプ電力を示す。

夜間は、1 次ポンプのみの稼働と蓄熱量の増加により、蓄熱運転が行われているのが分かる。昼間は、冷凍機 1 次ポンプと放熱ポンプが同時に稼働しており、蓄熱槽への蓄熱と 2 次側への放熱が行われている。冷凍機の運転計画通り、昼間の 13 時～15 時に冷凍機の停止が確認できる。



事務所 03 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<蓄熱槽内温度分布>

蓄熱槽内の温度分布の状態は、冷凍機の運転と蓄熱・放熱の状況により、異なっている。

1) 蓄熱開始時

まだ低温槽近傍に温度の低い冷水があるが、蓄熱開始時間になったため、蓄熱が開始されている。翌朝の7時には、槽内の平均温度が6℃以下になったため、蓄熱が完了している。

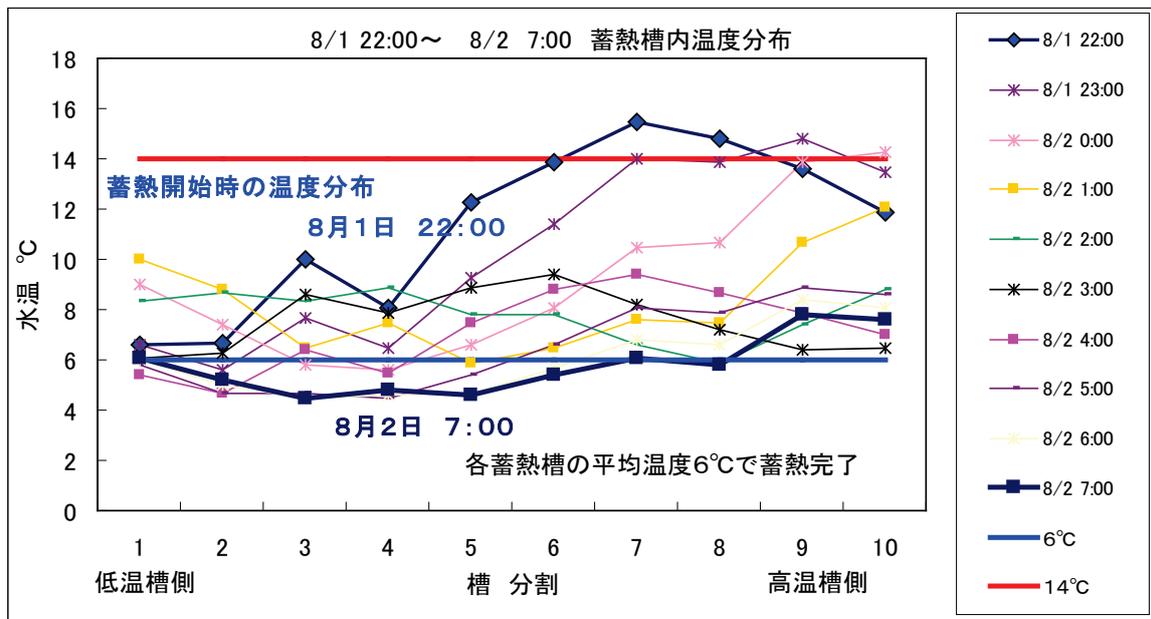


図 II. 3. 5. 3 蓄熱槽内温度分布の変化 (8月1日~8月2日)

2) 蓄熱・放熱同時運転

深夜蓄熱時間帯が過ぎても、冷凍機が稼動し、蓄熱槽内に蓄熱されるため、放熱ポンプが稼動し放熱しても、槽内温度分布は低温まま、大きな変化は起きない。

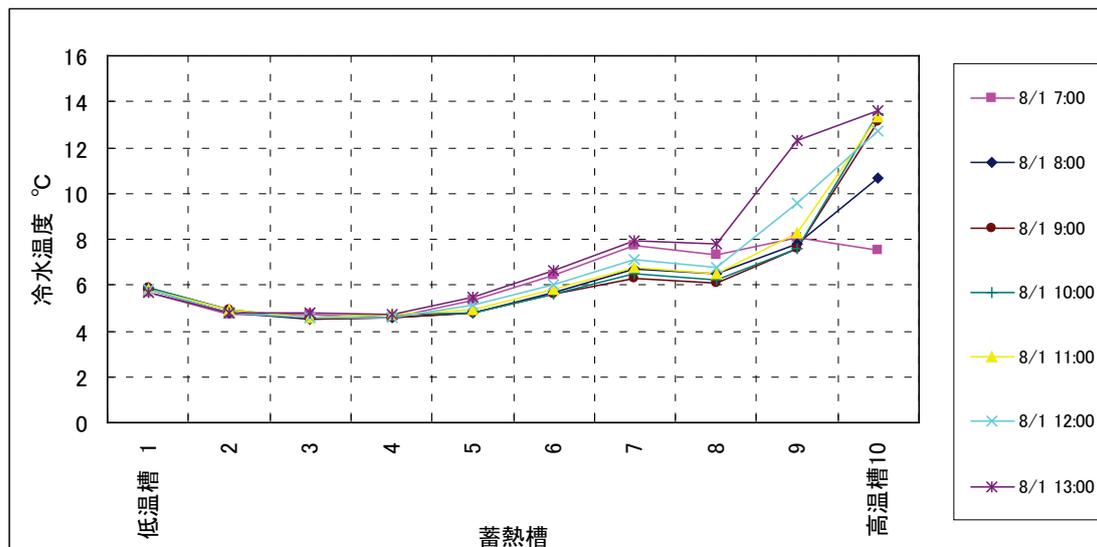


図 II. 3. 5. 4 蓄熱・放熱運転時間帯の温度分布の変化

事務所 03 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<蓄熱槽内温度分布>

3) 放熱時

蓄熱・放熱同時運転が終わり放熱運転のみが行われると、槽内温度分布は、徐々に上昇していく。

蓄熱開始時間帯に入るとき、放熱を完全に完了していないが、翌日のピークカットのために、蓄熱が行われる。

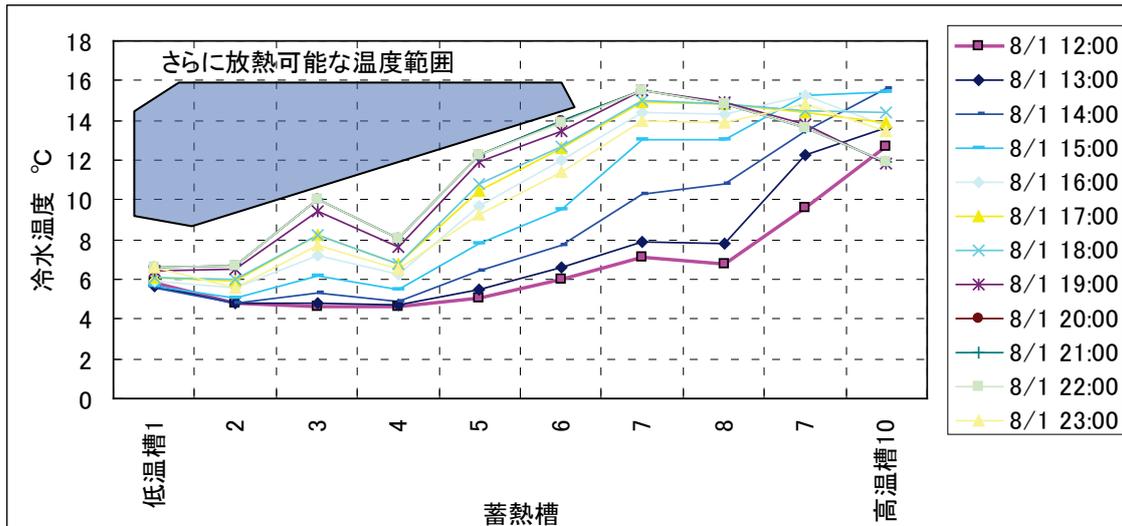


図 II.3.5.5 8月1日 放熱時の温度分布の変化

4) 翌日への蓄熱開始と完了

蓄熱開始時間 22:00 時以降、蓄熱を開始し、槽内の平均温度が 6°C 以下の条件で蓄熱が完了する。

事務所 03 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<冷凍機の負荷率と COP>

図 II. 3. 5. 6 に、冷凍機 R-1, R-2 の負荷率と機器単体 COP の関係を示す。

冷凍機は、夜間蓄熱運転および昼間の蓄熱・放熱同時運転を行っており、常時、高負荷率で運転されている。

また、運転時間は、冷凍機 R-1 に比べ、冷凍機 R-2 のほうが約 1.5 倍多い。
したがって、冷凍機は負荷率の高い状況で運転されるため、成績係数は定格に近い値を示している。

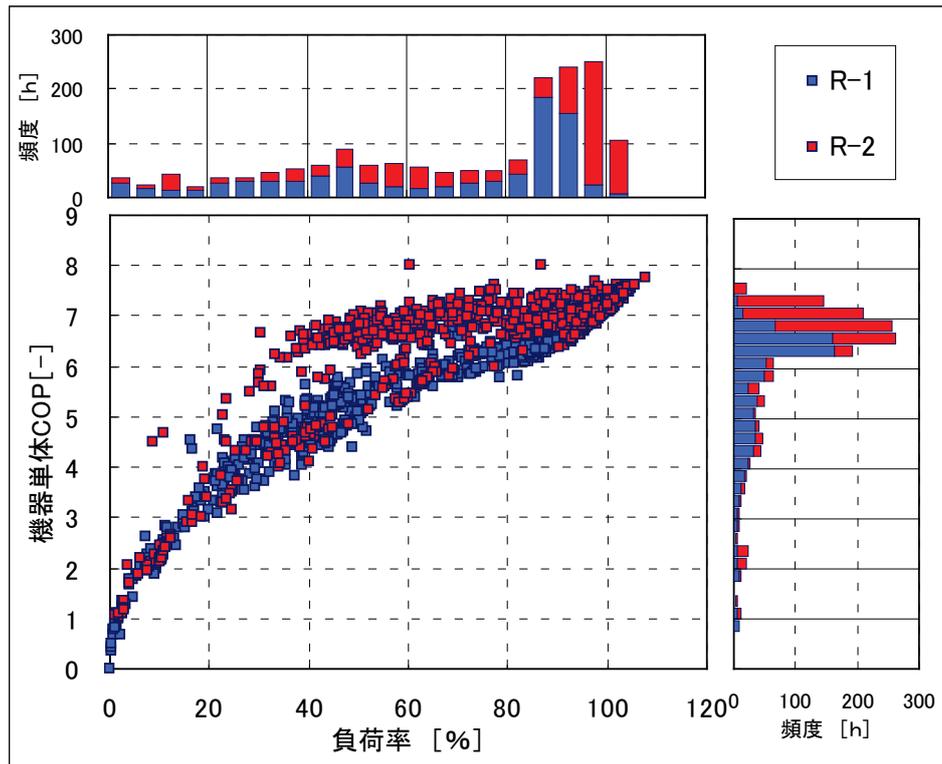


図 II. 3. 5. 6 冷凍機 R-1, R-2 の負荷率と機器単体 COP の関係

データからの計算上、負荷率が 100%を超えている点があるが、そのまま表示している。

事務所 03 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<蓄熱効率の評価>

解析期間 7月1日～9月30日での生産熱量累積と放熱量累積の比を蓄熱効率とした。
 冷凍機が生産冷熱量は全て蓄熱槽へ入り、放熱量は全て「蓄熱槽から出て行くことを前提に、
 生産熱量累積と放熱量累積の比を蓄熱効率とした。

解析期間積算生産冷熱量 (①)	9,245 GJ
解析期間積算放熱量 (②)	7,594 GJ
蓄熱効率 (②/①×100)	82 %

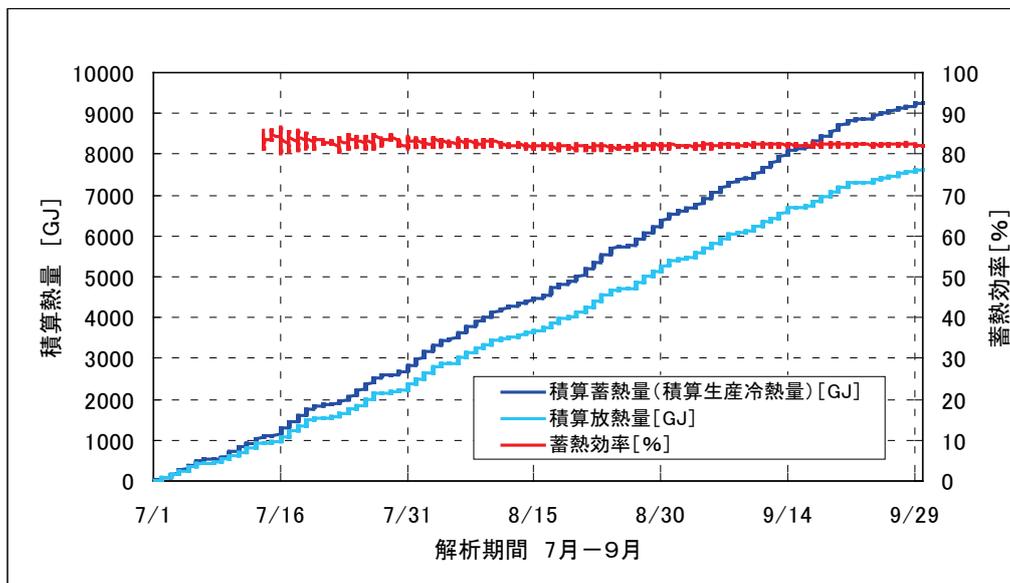


図 II. 3. 5. 7 各積算熱量と蓄熱効率の変化

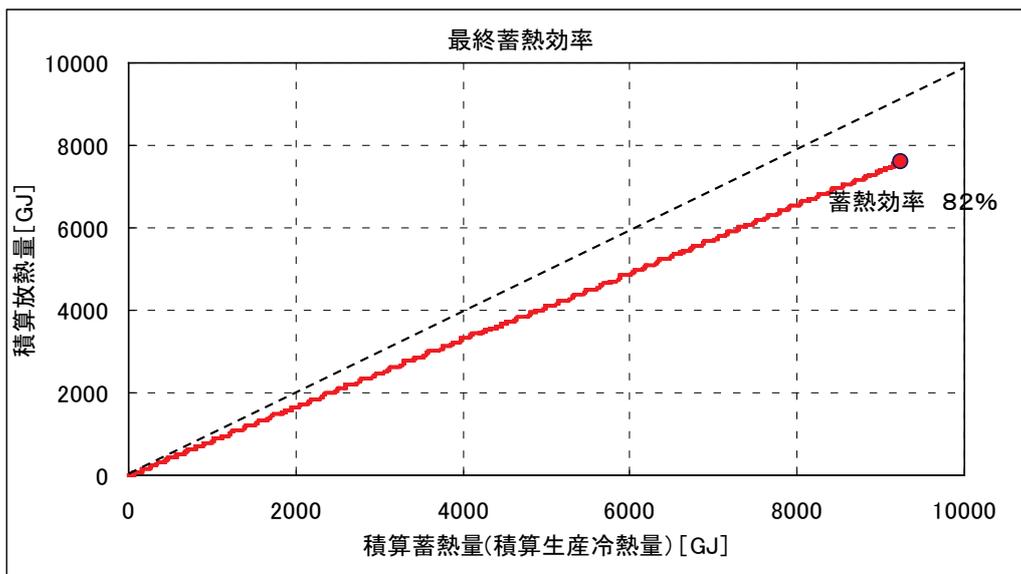


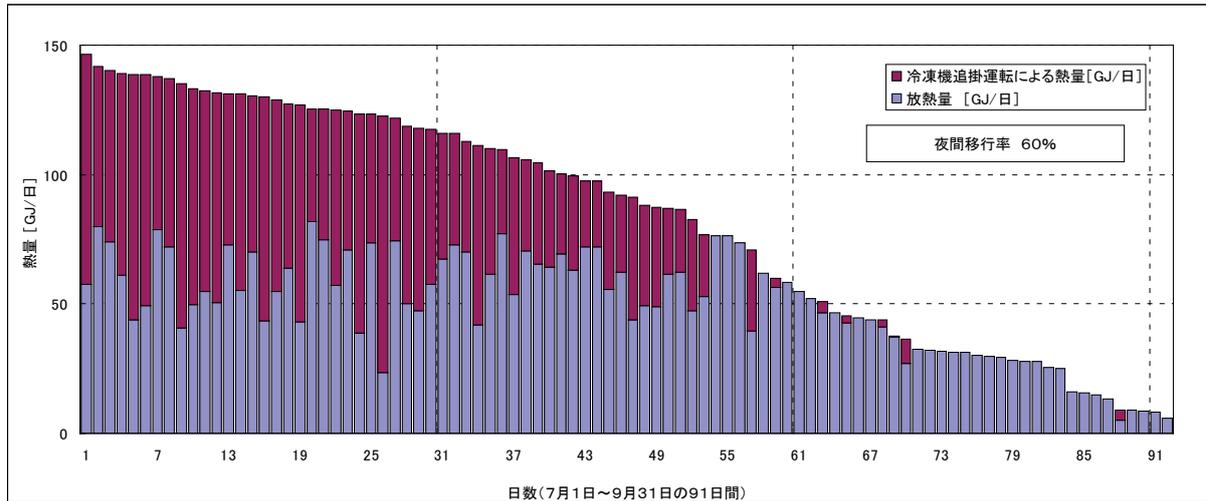
図 II. 3. 5. 8 各積算熱量の関係と最終蓄熱効率

事務所 03 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<夜間移行率の評価>

図Ⅱ.3.5.9 に解析期間 7月1日～9月31日の91日間データを用いてデュレーションカーブを作成し、夜間移行率を算出した。



図Ⅱ.3.5.9 デュレーションカーブ

夜間移行率の算出

二次側熱負荷 [GJ/日] を蓄熱槽からの全放熱量 (a) [GJ/日] とした。

昼間 8:00～22:00 の冷凍機の生産熱量を冷凍機追掛運転熱量とし、「全放熱量－冷凍機追掛運転熱量」を蓄熱槽からの放熱量 (b) とした。

夜間移行率は、「放熱量 (b) / 全放熱量 (a) × 100」 と定義した。

事務所 14 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

【データ算出方法】

1) 各熱源からの熱量の算出方法

測定したポンプの電流値から、能力線図により推定の流量を求める。
流量と、熱源の入口、出口温度差により熱量を算出。

2) 製造熱量

各熱源からの熱量を合算

3) 2次側負荷熱量

流量と温度差から算出

4) 蓄熱効率の算出方法

冷水

冷水蓄熱運転指令がON,OFFの状態により、蓄熱量、放熱量を算出。

ON: (製造熱量) - (2次側負荷熱量) = (蓄熱量)

OFF: (2次側負荷熱量) = (放熱量)

これらを各運転時間で合計したものを1日に蓄熱量および放熱量とする。

(蓄熱効率) = (放熱量) / (蓄熱量)

温水

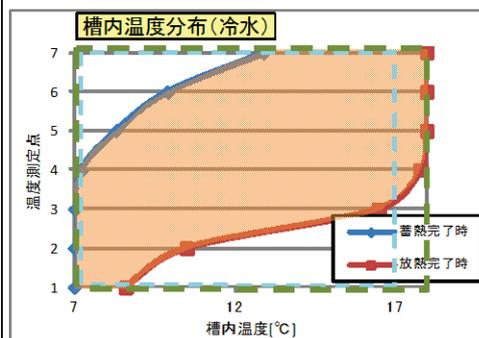
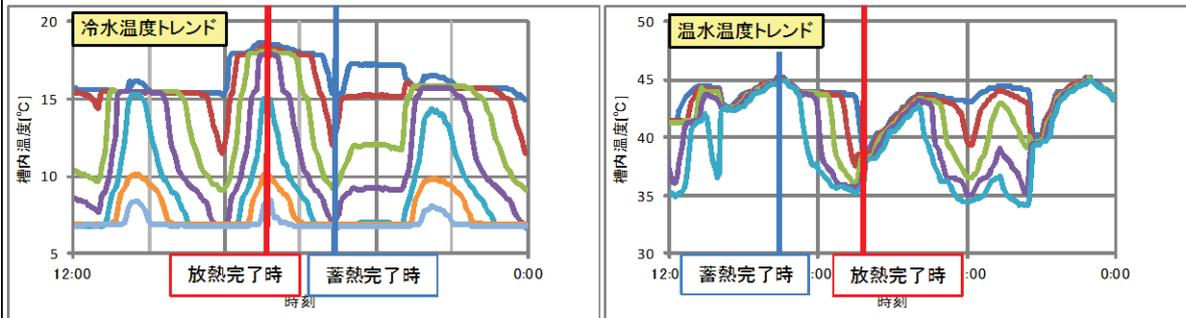
冷水と同様、温水蓄熱指令がON,OFFの状態により、蓄熱量、放熱量を算出。

ただしLRT-1運転時は、冷水と同時に温水も製造しているため、その運転時間もONとして考える。

5) 蓄熱槽効率の算出方法

本物件では、夜間に能力の最大まで蓄熱し、その後放熱する稼働をしている。

そこで、最大に蓄熱された状態を蓄熱完了、その後放熱され、放熱が終わった状態を放熱完了とし、各温度測定点における蓄熱完了時、放熱完了時の熱量の差をこの蓄熱槽の能力と考える。



$$(\text{蓄熱槽効率}) = \frac{\text{蓄熱槽容量}}{\text{設計容量}}$$

温水も同様

□ : 槽内温度設計値
(冷水: 7-17℃)
(温水: 38-45℃)

ただし、最大蓄熱容量は、以下の値から算出。

冷水

槽内水量: 700m³

槽内温度: 7℃-18℃

温水

槽内水量: 200m³

槽内温度: 35℃-45℃

事務所 14 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

【評価項目計算式】

1) 二次側温度差

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

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) 冷温水温度差

$$\begin{aligned} \text{冷温水温度差} = & \text{冷凍機入口温度}(T5, T10, T12, T16, T21, T23) \\ & - \text{冷凍機出口温度}(T6, T11, T13, T17, T22, T24) \end{aligned}$$

4) 製造熱量

$$\text{製造熱量} = \text{冷温水温度差} - \text{ポンプ流量}(A\text{から算出}) \times \text{比重} \times \text{比熱}$$

5) システムCOP

$$\text{システムCOP} = \text{製造熱量} \div \text{消費エネルギー}(1\text{次換算})$$

【計測概要】

1) データ収集時間間隔

10分

2) データ処理

それぞれのデータを1時間平均に集計

事務所 14 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

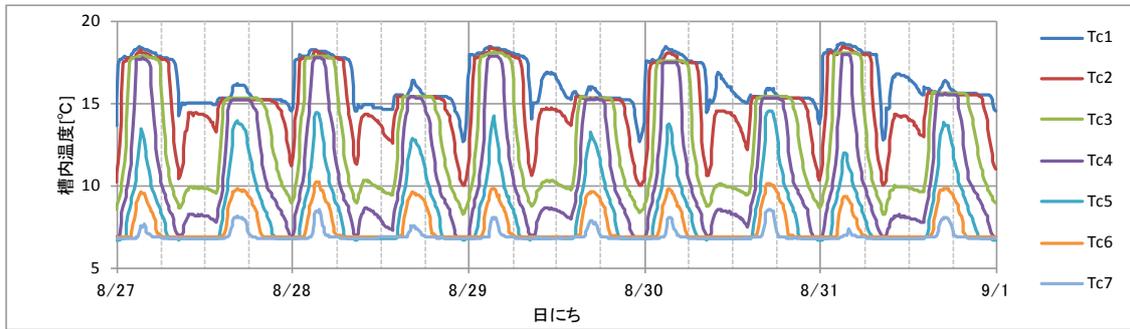


図 II. 3. 5. 10 夏季 槽内温度トレンド (冷水)

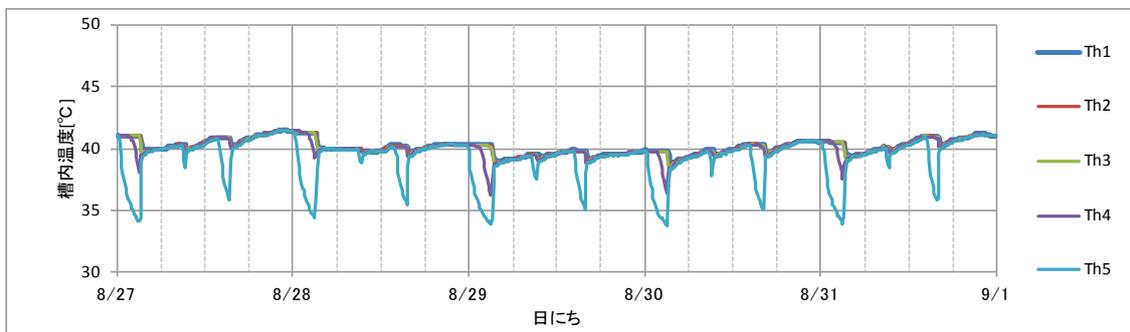


図 II. 3. 5. 11 夏季 槽内温度トレンド (温水)

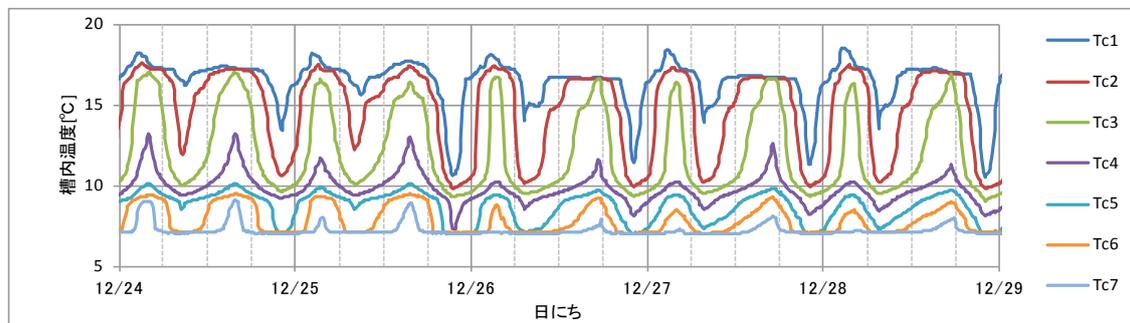


図 II. 3. 5. 12 冬季 槽内温度トレンド (冷水)

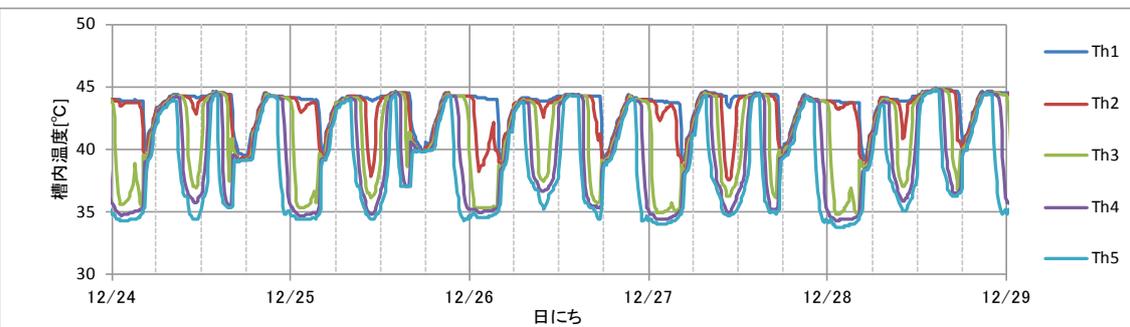


図 II. 3. 5. 13 冬季 槽内温度トレンド (温水)

事務所 14 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

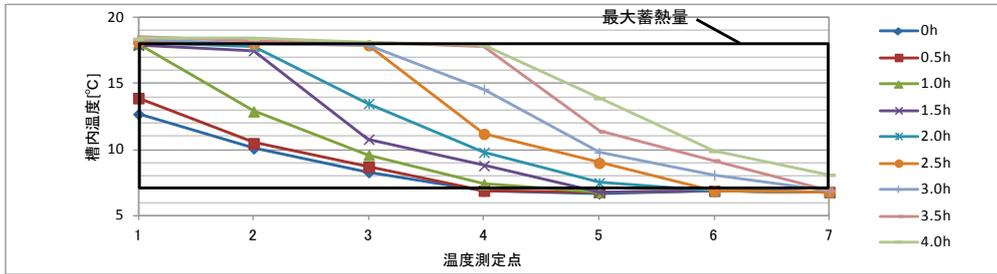


図 II. 3. 5. 14 冷水槽内温度プロフィール 8月29日 23:00~8月30日 3:00 (蓄熱完了時から放熱完了時まで)

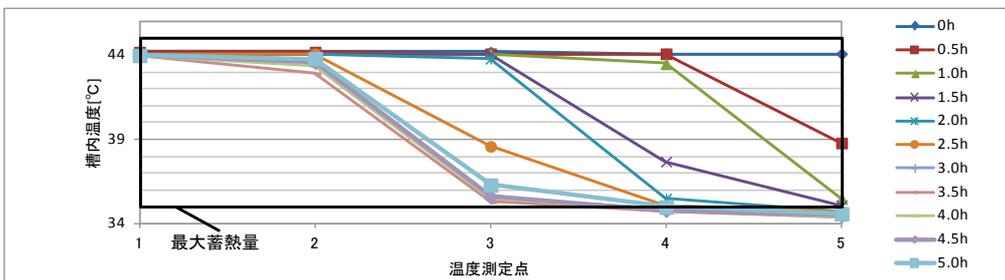


図 II. 3. 5. 15 温水槽内温度プロフィール 12月25日 22:00~11月20日 3:00 (蓄熱完了時から放熱完了時まで)

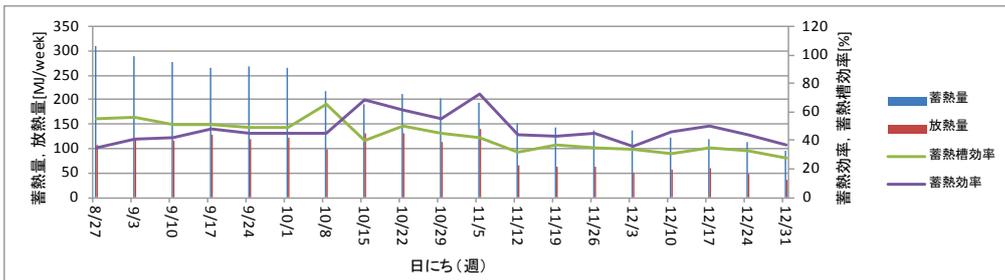


図 II. 3. 5. 16 冷水 槽内温度プロフィールによる評価 (週間データ)

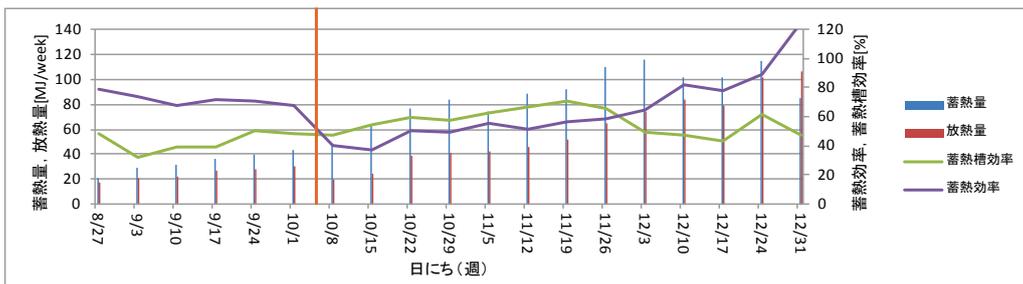


図 II. 3. 5. 17 温水 槽内温度プロフィールによる評価 (週間データ)

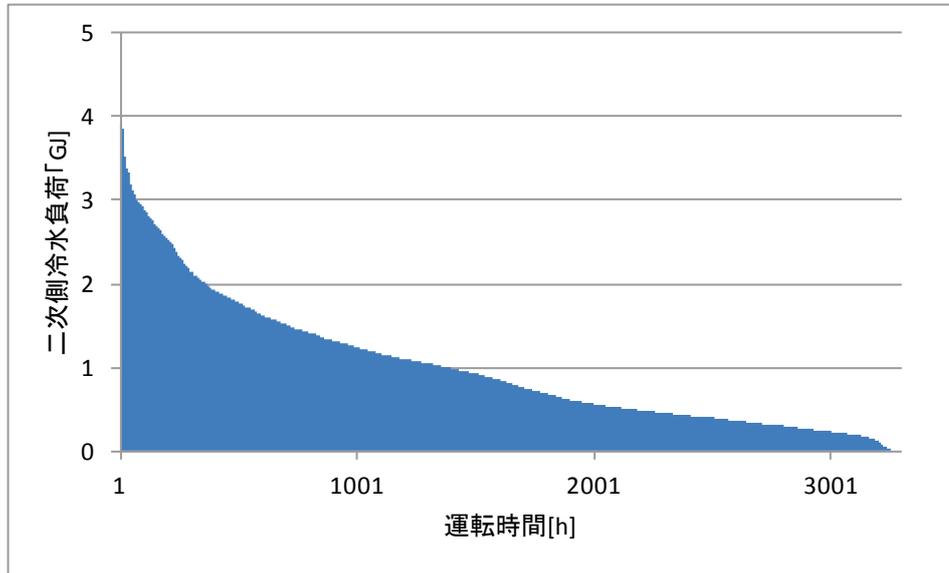
図 II. 3. 5. 16 : 冷水の蓄熱効率および蓄熱槽効率は、40~60%程度となっている。

図 II. 3. 5. 17 : 温水に関して、2次側負荷に合わせて温水の製造量を増加させているため、蓄熱槽効率が上昇している。しかし、蓄熱効率は逆に下降しており、ロスが多いことが分かる。前半 (~10/8) までは、RT-1 のみで冷水蓄熱に合わせた温水製造を行っていたが、後半 (10/8~) では RT-1, 2 の 2 台で温水製造を行っている。(温水製造量の増加) また、11/12 以降では、温水蓄熱指令により蓄熱を行っている。

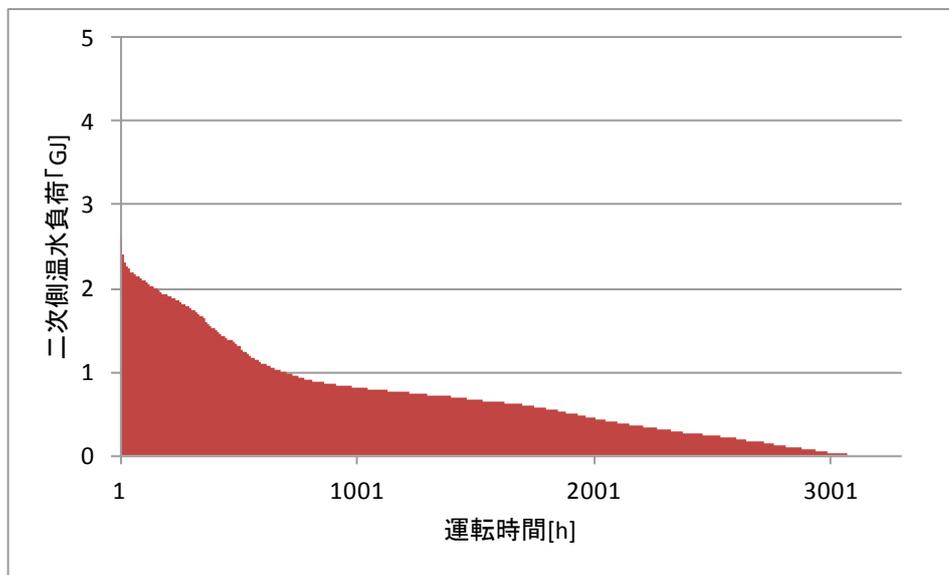
事務所 14 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>



図Ⅱ.3.5.18 頻度分布 (冷水)



図Ⅱ.3.5.19 頻度分布 (温水)

事務所 14 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

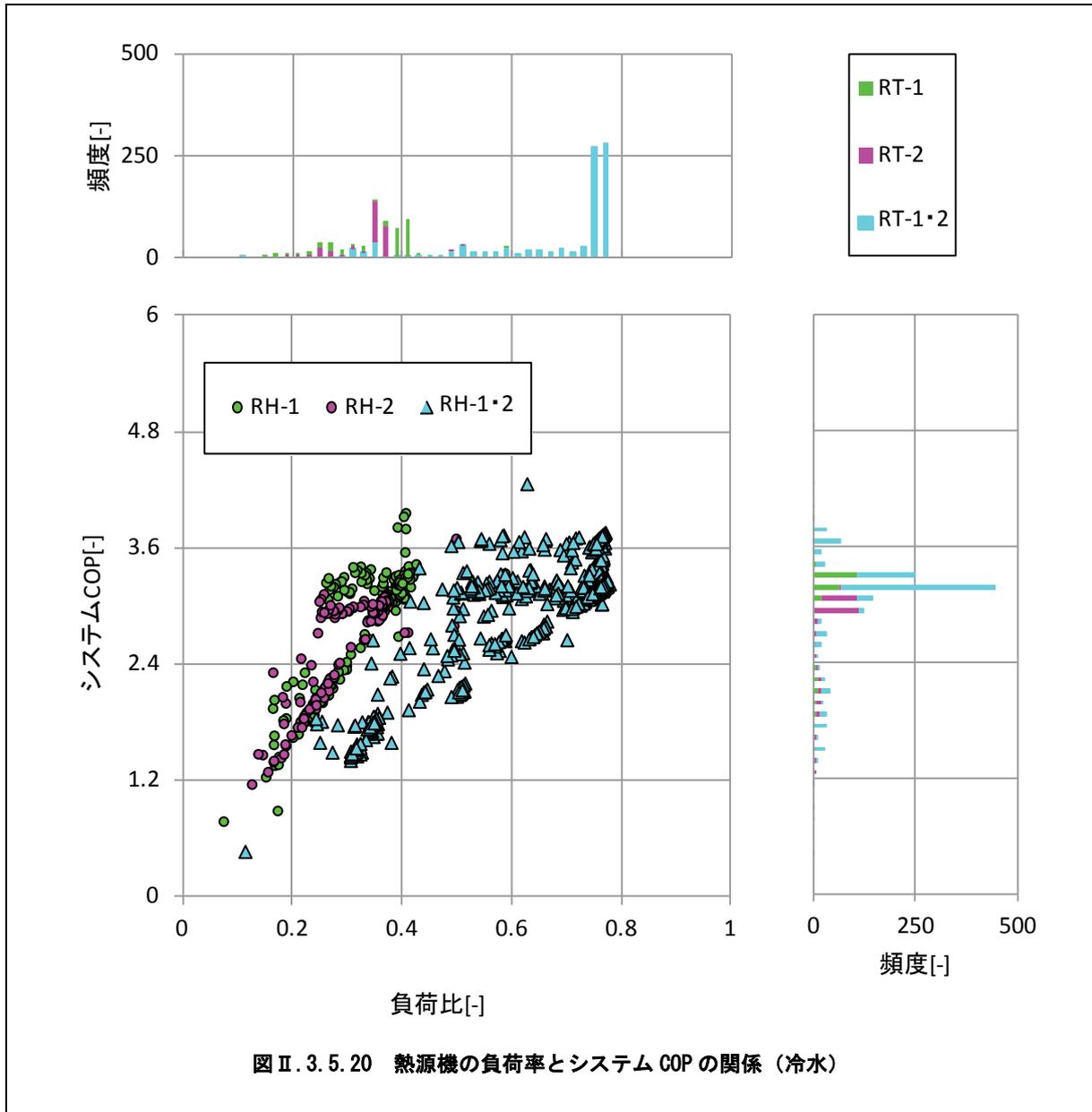


図 II. 3. 5. 20 熱源機の負荷率とシステム COP の関係 (冷水)

事務所 14 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<蓄熱分析>

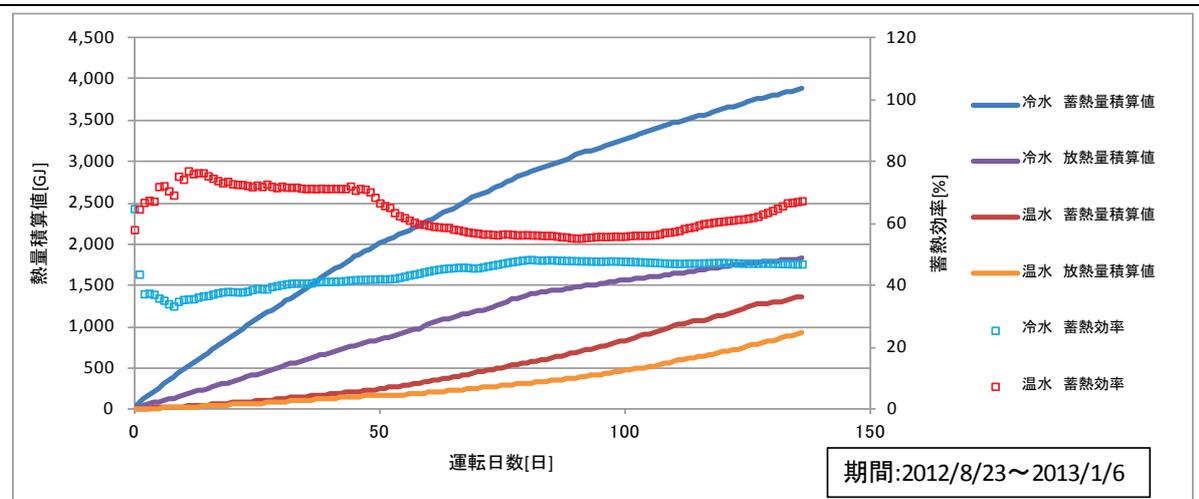


図 II. 3. 5. 21 熱量積算値の運転日数変化

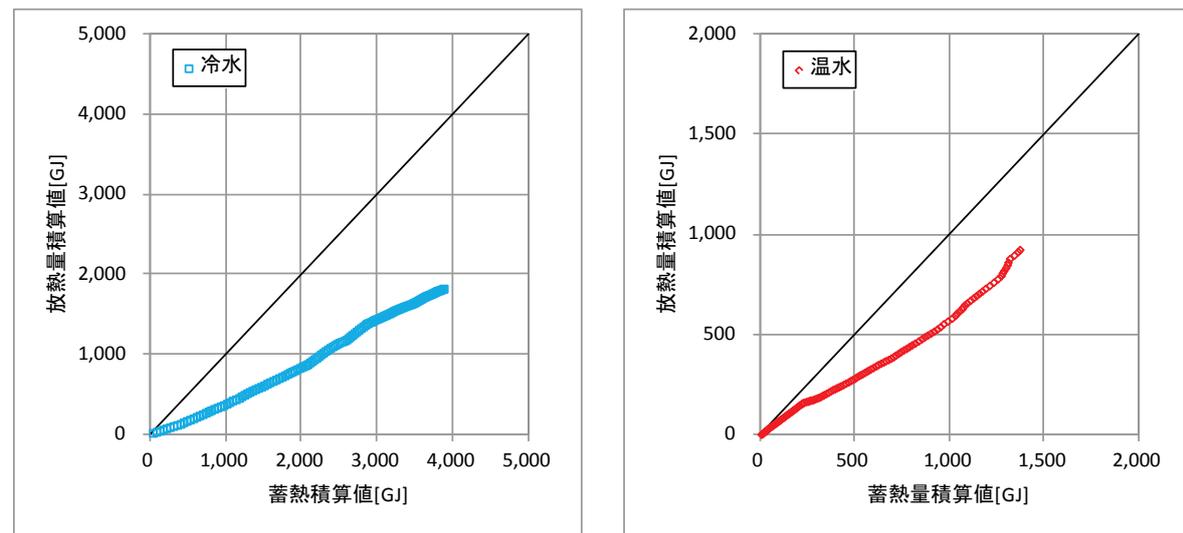


図 II. 3. 5. 22 蓄熱量積算値と放熱量積算値

図 II. 3. 5. 21, 22 : 蓄熱効率は、冷水で 47%, 温水で 67%であった。

温水の蓄熱効率に関して、測定を開始して約 40 日までは 70%~80%であったが、その後約 60%に下がっている。

→図 II. 3. 5. 17 でのコメントにあるように、温水の製造量が増加したために、ロスが多くなったためと考えられる。

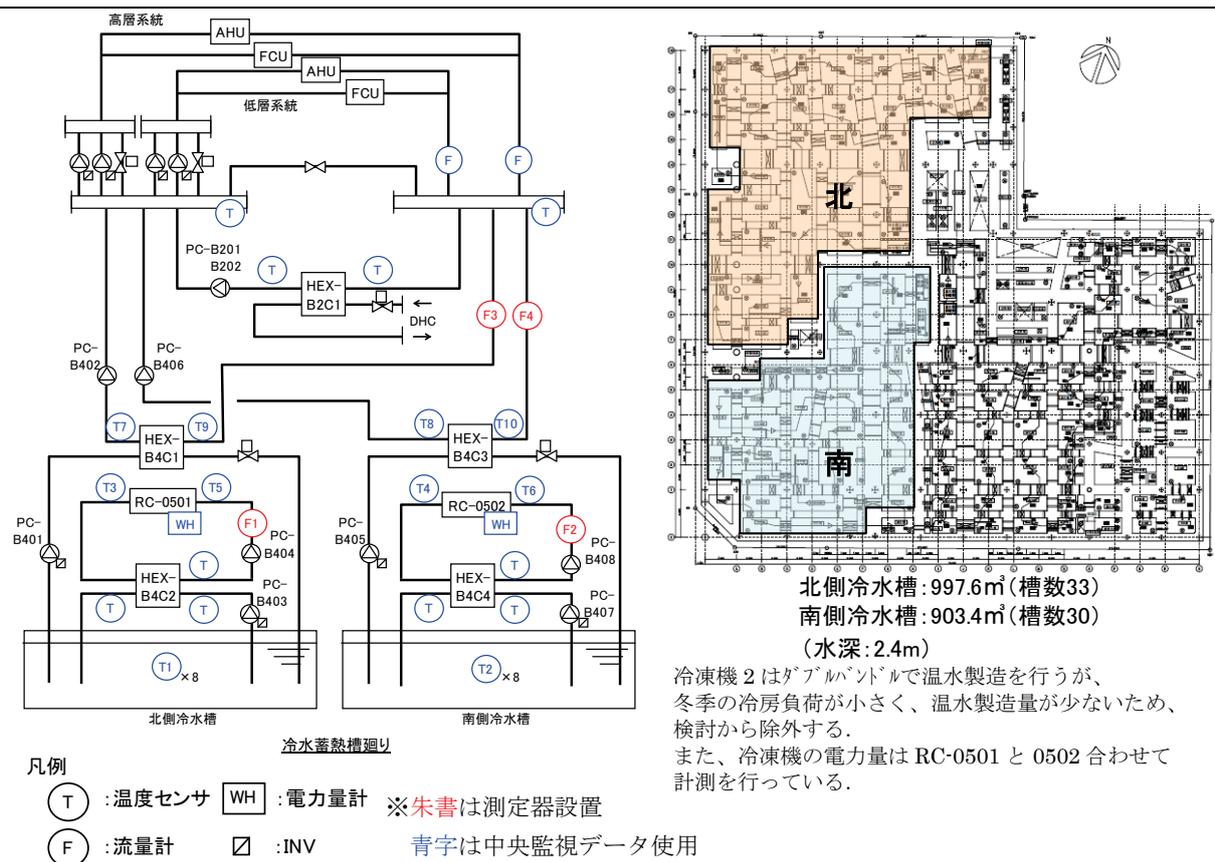
(2 次側負荷は増えているが、それ以上に製造した熱量が多くなった)

3.5.3. 事務所 15

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

建物名	事務所 15	地区	北海道	竣工	2011 年	新築	—	規模	60,000m ²
分類	R-Hst-02				種類	水蓄熱			
分析期間	平成 24 年 1 月～平成 24 年 9 月				動作	一次ポンプ周波数制御, 冷凍機 ON-OFF 制御			
制御内容	<p>7) 蓄熱制御</p> <ul style="list-style-type: none"> 蓄熱コントローラにより, 蓄熱目標値を設定し蓄熱時間帯 (22:00～) になったら冷凍機を起動し, 蓄熱量が目標値に到達したら停止する. 蓄熱量は各蓄熱槽に設置されている 8 箇所の温度センサと, 各センサに重み付けされた水量設定[m³]から演算する. <p>8) 放熱制御</p> <ul style="list-style-type: none"> 蓄熱量 (演算値) が空調時間帯終了時に 0 となるよう, 追掛け運転の「開始」と「中止」を判断する. 				機器仕様	<p>冷凍機 1</p> <p>RC-0501</p> <p>冷却能力 580kW</p> <p>温度差 10℃⇒5℃</p> <p>消費電力 134kW</p> <p>冷水ポンプ 15.0kW</p> <p>冷却水ポンプ 18.5kW</p> <p>冷却塔 14kW</p> <p>冷凍機 2</p> <p>RC-0502</p> <p>冷却能力 580kW</p> <p>熱回収時冷却能力 527W</p> <p>熱回収時暖房能力 723kW</p> <p>温度差 10℃⇒5℃</p> <p>消費電力 197kW</p> <p>冷水ポンプ 15.0kW</p> <p>冷却水ポンプ 18.5kW</p> <p>冷却塔 14kW</p>			

システムフロー



分析リスト

- ・ 経時変化
- ・ 温度プロフィールによる評価 (週単位)
- ・ 熱量による評価 (週単位, 月単位)
- ・ 放熱ロスの検証
- ・ 熱源機の負荷率と COP
- ・ 蓄熱量, 放熱量の累計

事務所 15 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<制御内容, 評価項目計算式, 計測概要>

<p>1. 制御内容</p> <p>(1) 蓄熱制御</p> <ul style="list-style-type: none"> 蓄熱コントローラにより, 蓄熱目標値を設定し蓄熱時間帯 (22:00~) になったら冷凍機を起動し, 蓄熱量が目標値に到達したら停止する. 蓄熱量は各蓄熱槽に設置されている 8 箇所の温度センサと, 各センサに重み付けされた水量設定[m3]から演算する. <p>(2) 放熱制御</p> <ul style="list-style-type: none"> 蓄熱量 (演算値) が空調時間帯終了時に 0 となるよう, 追掛け運転の「開始」と「中止」を判断する. <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) 蓄熱量, 放熱量 (温度プロファイルによる評価)</p> <p>各蓄熱槽に設置されている 8 箇所の温度センサ (T1, T2) の時間変化ΔT と, 各センサに重み付けされた水量設定[m3]から蓄熱量と放熱量を算出する. また, 水量設定[m3]と設計温度差 (7℃) から算出した熱量を名目蓄熱量とする.</p> <p>蓄熱量 = 温度時間変化 (22:00~8:00) ($\Delta T1, \Delta T2$) × 水量設定 × 比重 × 比熱 放熱量 = 温度時間変化 (8:00~22:00) ($\Delta T1, \Delta T2$) × 水量設定 × 比重 × 比熱 名目蓄熱量 = 水量設定 × 設計温度差 × 比重 × 比熱</p> <p>(2) 蓄熱槽効率 (温度プロファイルによる評価)</p> <p>蓄熱層効率 = 放熱量 ÷ 名目蓄熱量</p> <p>(3) 蓄熱効率 (温度プロファイルによる評価)</p> <p>蓄熱効率 = 放熱量 ÷ 蓄熱量</p> <p>(4) 蓄熱量, 放熱量 (熱量計測による評価)</p> <p>放熱量, 蓄熱量を一次側および二次側の計測値から算出する. 22:00~8:00 を蓄熱量とし, 8:00~22:00 を追掛け運転時の製造熱量とする. また, 名目蓄熱量は温度プロファイルによる評価と同等とする.</p> <p>蓄熱量, 追掛け運転 = 冷凍機出入口温度差 (T5-T3, T6-T4) × 流量 (F1, F2) × 比重 × 比熱 放熱量 = 放熱熱交換器出入口温度差 (T9-T7, T10-T8) × 流量 (F3, F4) × 比重 × 比熱</p> <p>(5) 蓄熱槽効率 (熱量計測による評価)</p> <p>蓄熱槽効率 = 放熱量 ÷ 名目蓄熱量</p> <p>(6) 蓄熱効率 (熱量計測による評価)</p> <p>蓄熱効率 = (放熱量 - 追掛け運転) ÷ 蓄熱量</p> <p>(7) 夜間移行率 (熱量計測による評価)</p> <p>夜間移行率 = 放熱量 ÷ 蓄熱量</p> <p>(8) 放熱量, 放熱率 (放熱ロス検証)</p> <p>熱源停止時の蓄熱槽内温度プロファイルより, 時間当たりの放熱量と放熱率を算出する.</p> <p>放熱量 = 温度時間変化 (熱源停止時) ($\Delta T1, \Delta T2$) × 水量設定 × 比重 × 比熱 ÷ 停止時間 放熱率 = 放熱量 ÷ 名目蓄熱量</p>

事務所 15 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<制御内容, 評価項目計算式, 計測概要>

(9) 製造熱量

$$\text{製造熱量} = \text{冷凍機出入口温度差 (T5-T3, T6-T4)} \times \text{流量 (F1, F2)} \times \text{比重} \times \text{比熱}$$

(10) 負荷率

$$\text{負荷率} = \text{製造熱量} \div \text{定格熱量}$$

(11) 冷凍機 COP

$$\text{冷凍機 COP} = \text{製造熱量} \div \text{冷凍機消費エネルギー (消費電力基準)}$$

(12) 熱量積算値 (積算値による評価)

熱量計測から求めた蓄熱量と放熱量を日ごとに積算した値。

(13) 蓄熱効率 (積算値による評価)

$$\text{蓄熱効率} = \text{放熱量積算値} \div \text{蓄熱量積算値}$$

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

事務所 15 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

北側冷水槽および南側冷水槽は 8 箇所所で槽内温度を計測。
槽内温度計測点に割り付けられた冷水量はそれぞれ下記の通り。

北側：①108.8 m³ ②126.1 m³ ③131 m³ ④130.6 m³ ⑤124.3 m³ ⑥125.8 m³ ⑦133.4 m³ ⑧117.6 m³

南側：①95.2 m³ ②103.7 m³ ③116.1 m³ ④120.6 m³ ⑤109.9 m³ ⑥105.4 m³ ⑦111.4 m³ ⑧141.1 m³

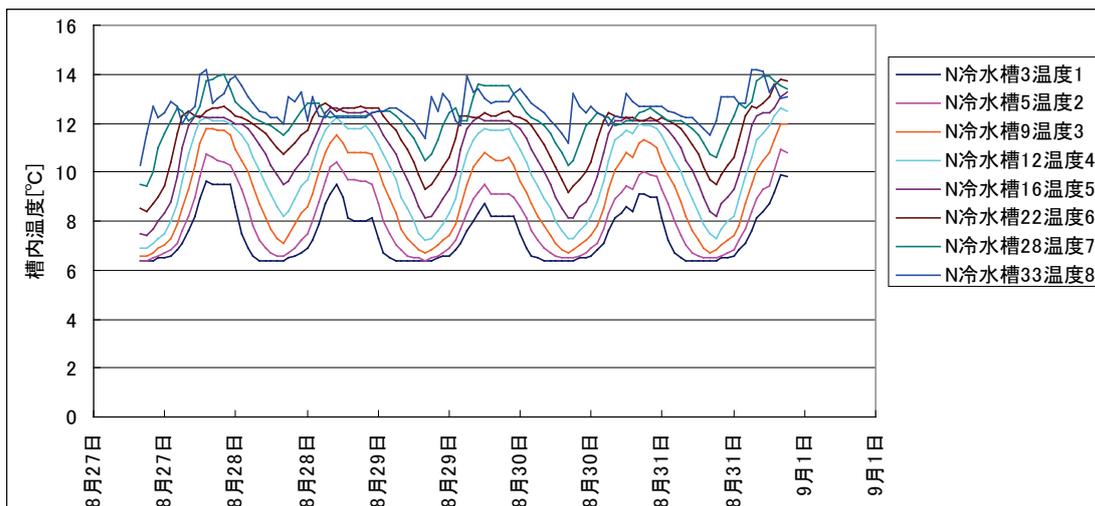


図 II. 3. 5. 23 北側冷水槽 槽内温度トレンド

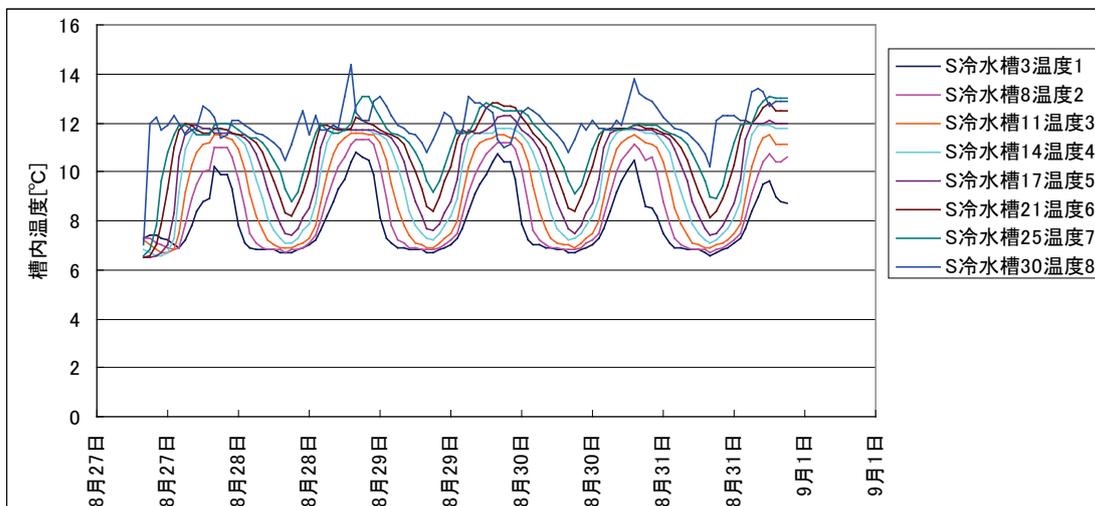


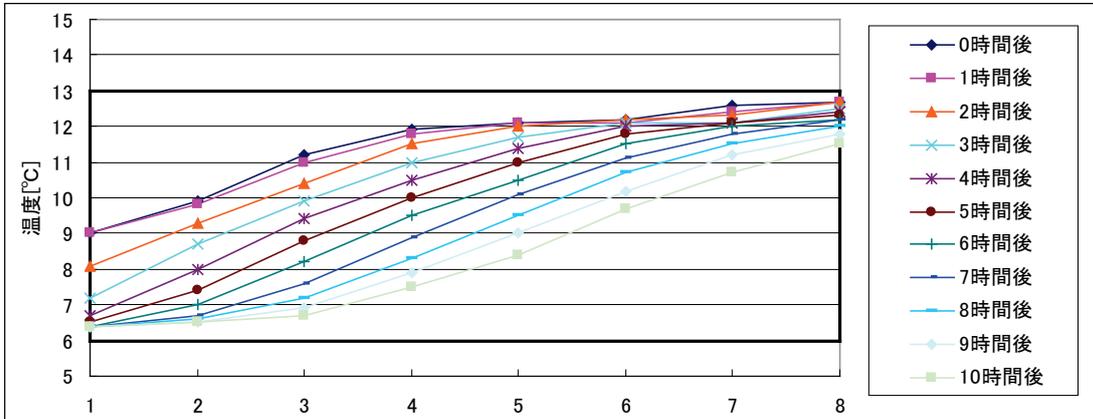
図 II. 3. 5. 24 南側冷水槽 槽内温度トレンド

事務所 15 (R-Hst-02)

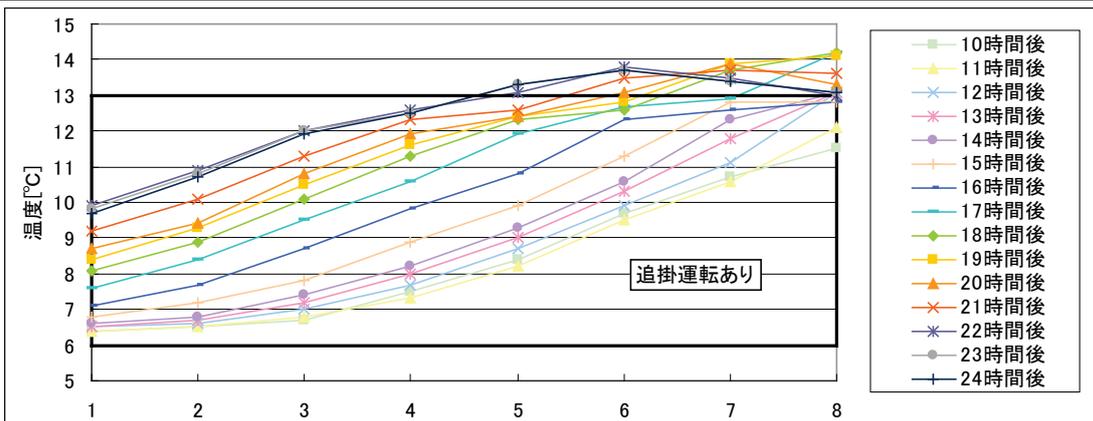
制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

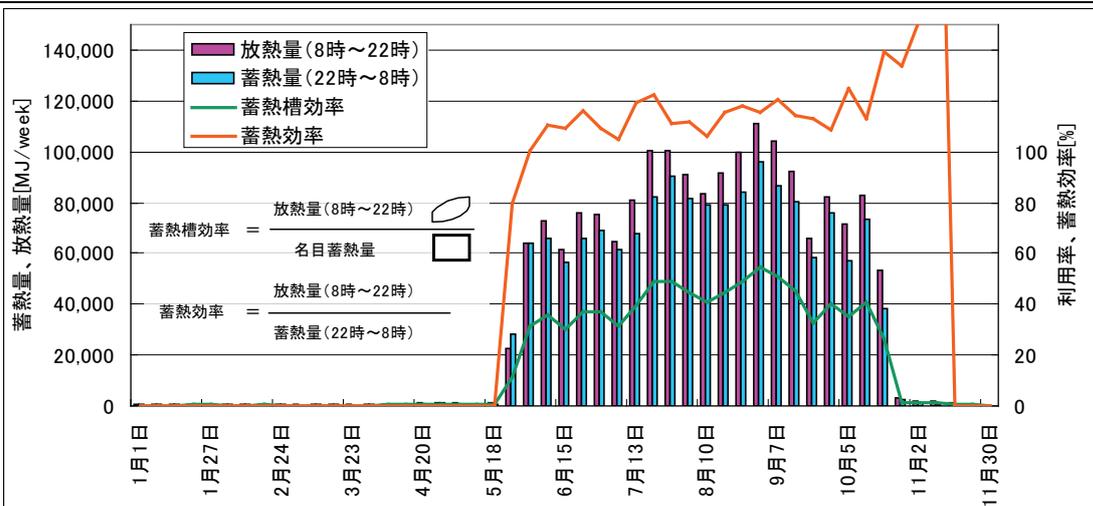
北側冷水槽の温度プロフィールによる評価：蓄熱効率が 100%を超えており，冷凍機の追掛運転の計測製造熱量をプロフィールから求めた放熱量から減算する必要がある。



図Ⅱ.3.5.25 北側冷水槽 槽内温度プロフィール 8月29日22時～30日8時（蓄熱時）



図Ⅱ.3.5.26 北側冷水槽 槽内温度プロフィール 8月30日8時～22時（放熱時）



図Ⅱ.3.5.27 北側冷水槽 槽内温度プロフィールによる評価

事務所 15 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

南側冷水槽の温度プロフィールによる評価

蓄熱効率が 100%を超えており，冷凍機の追掛運転の計測製造熱量をプロフィールから求めた放熱量から減算する必要がある。

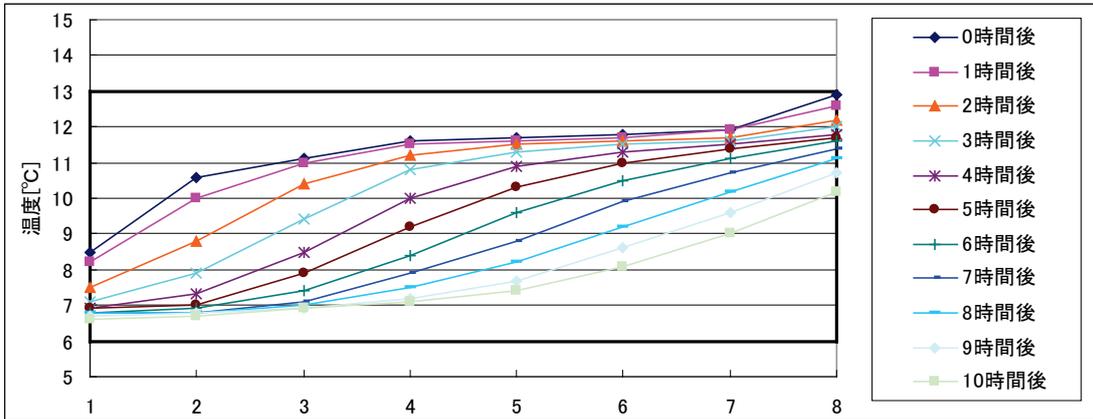


図 II. 3. 5. 28 南側冷水槽 槽内温度プロフィール 8月29日22時~30日8時(蓄熱時)

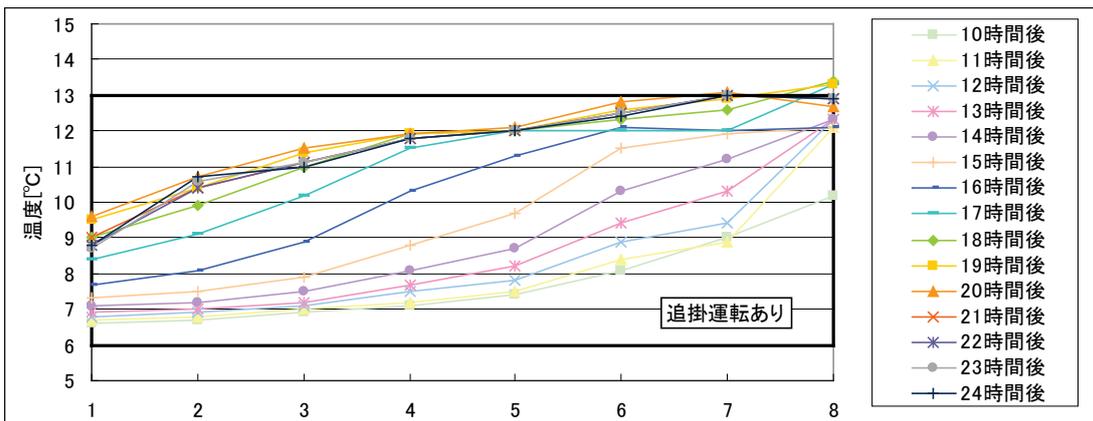


図 II. 3. 5. 29 南側冷水槽 槽内温度プロフィール 8月30日8時~22時(放熱時)

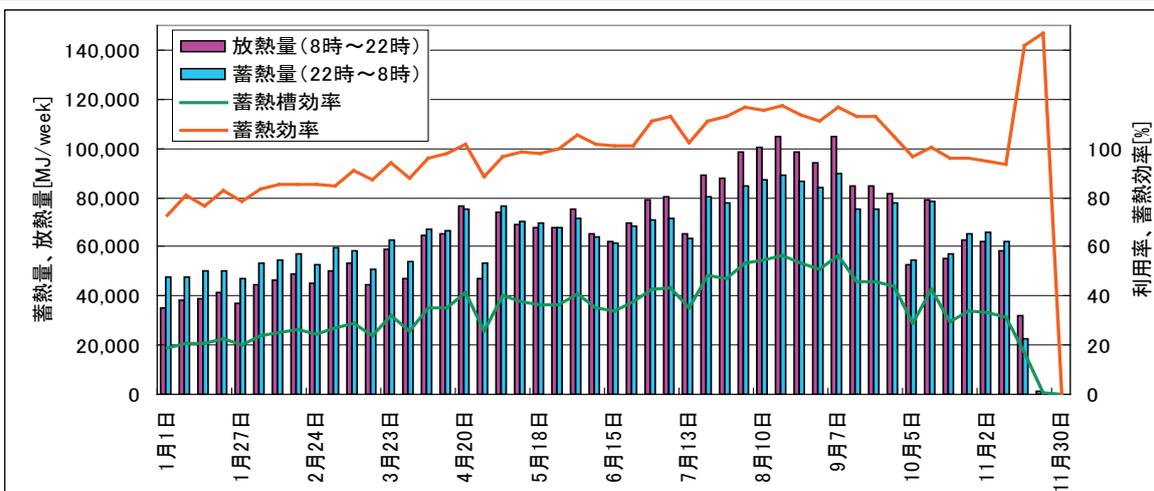


図 II. 3. 5. 30 南側冷水槽 槽内温度プロフィールによる評価

事務所 15 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

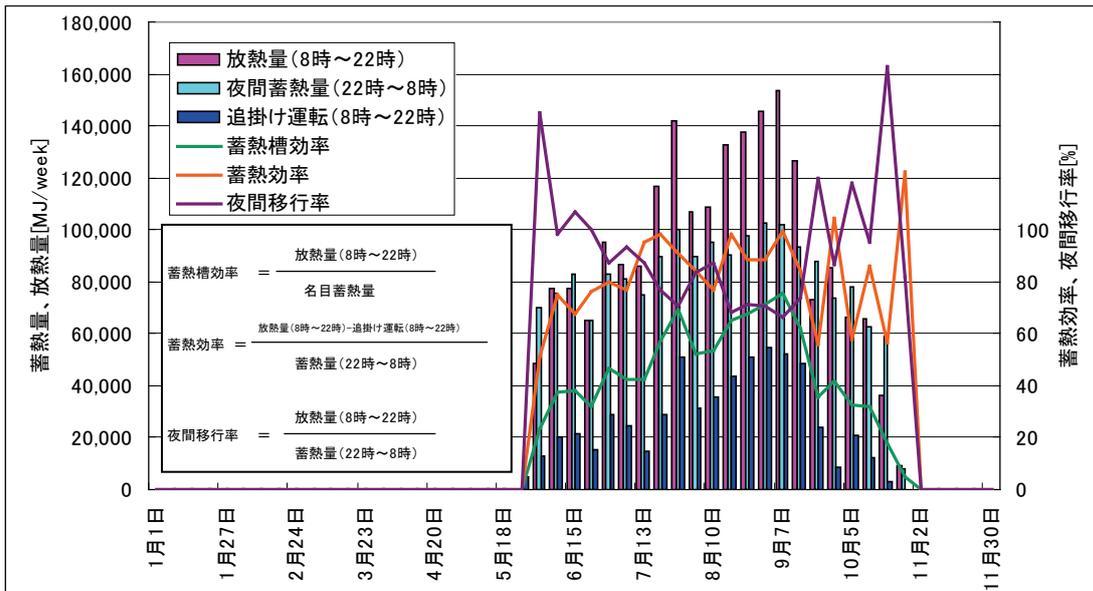
<動作確認データ>

熱量計測による評価

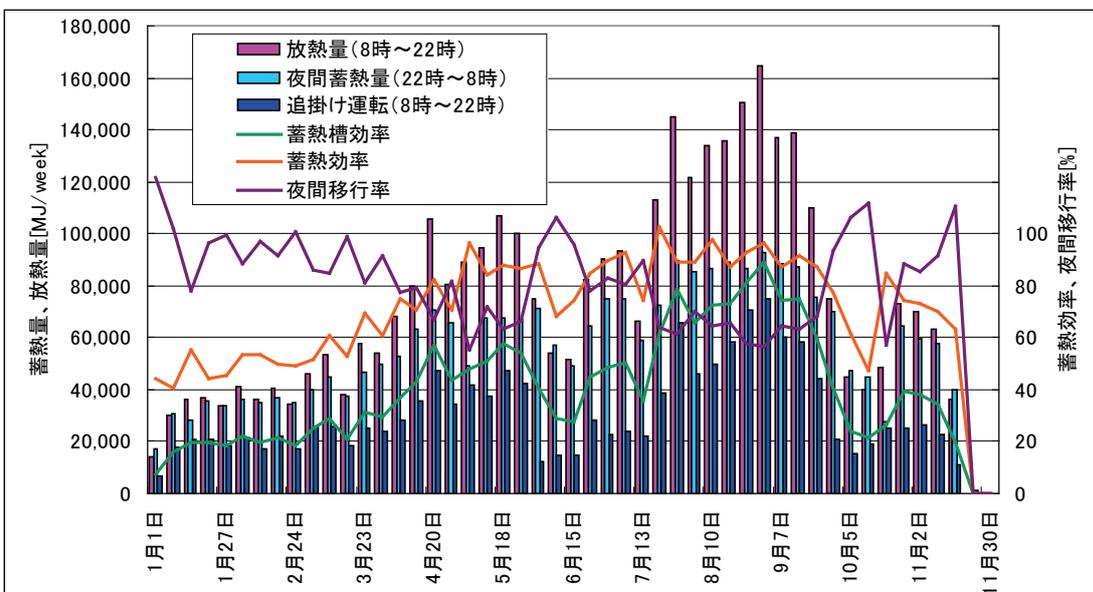
放熱量，蓄熱量を計測値による計算から同じ方法で求める。

1 週間の合計値から求めた夏期の蓄熱効率は概ね 60～100%の間で変動している。

南側蓄熱層は冬期も運用されており，その期間の蓄熱効率は 40～60%程度になっている。



図Ⅱ.3.5.31 北側冷水槽 熱量計による評価 (週間データ)



図Ⅱ.3.5.32 南側冷水槽 熱量計による評価 (週間データ)

事務所 15 (R-Hst-02)

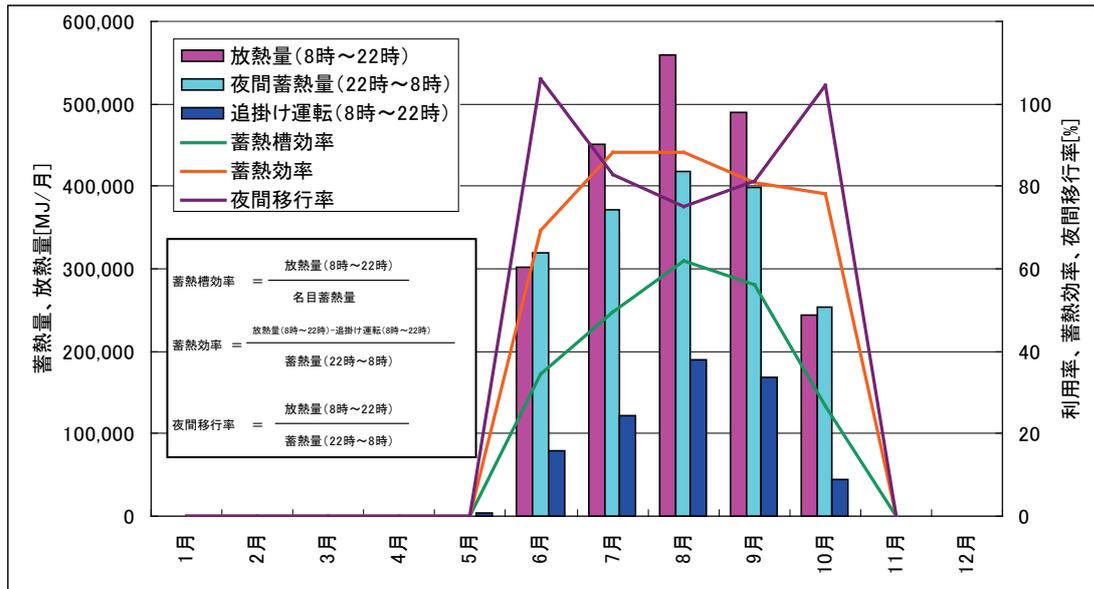
制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

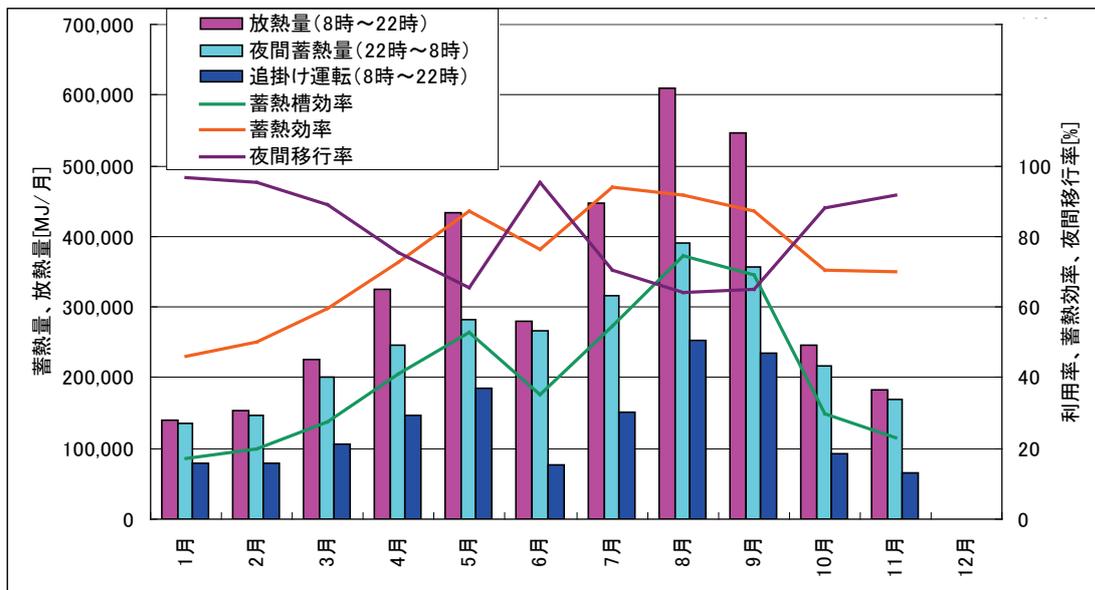
熱量計測による評価

放熱量，蓄熱量を計測値による計算から同じ方法で求める。

1ヶ月の合計値による評価では，夏期の蓄熱効率は60～90%，冬期の蓄熱効率は40～60%程度になっている。



図Ⅱ.3.5.33 北側冷水槽 熱量計による評価 (月間データ)



図Ⅱ.3.5.34 南側冷水槽 熱量計による評価 (月間データ)

事務所 15 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

北側冷水槽の放熱ロスの検証 (停止時の放熱量を1時間当たりとして計算)
 時間当たりの放熱率は概ね 0.3~0.6%に分布

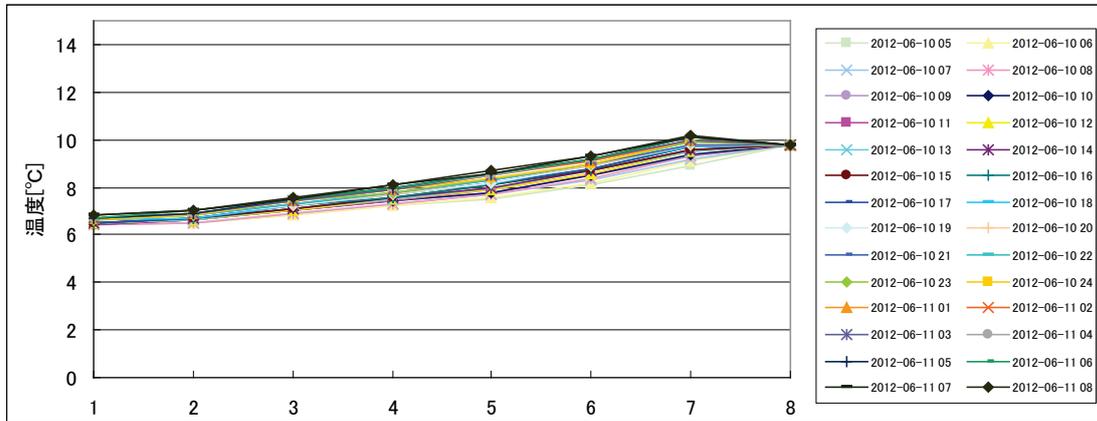


図 II. 3. 5. 35 北側冷水槽 停止時槽内温度プロフィール 6月10日5時~21時

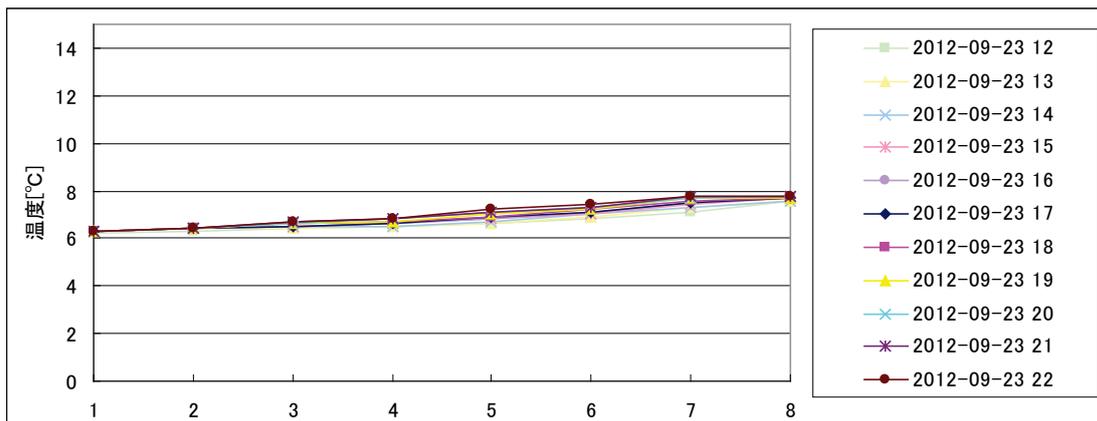


図 II. 3. 5. 36 北側冷水槽 停止時槽内温度プロフィール 9月23日12時~22時

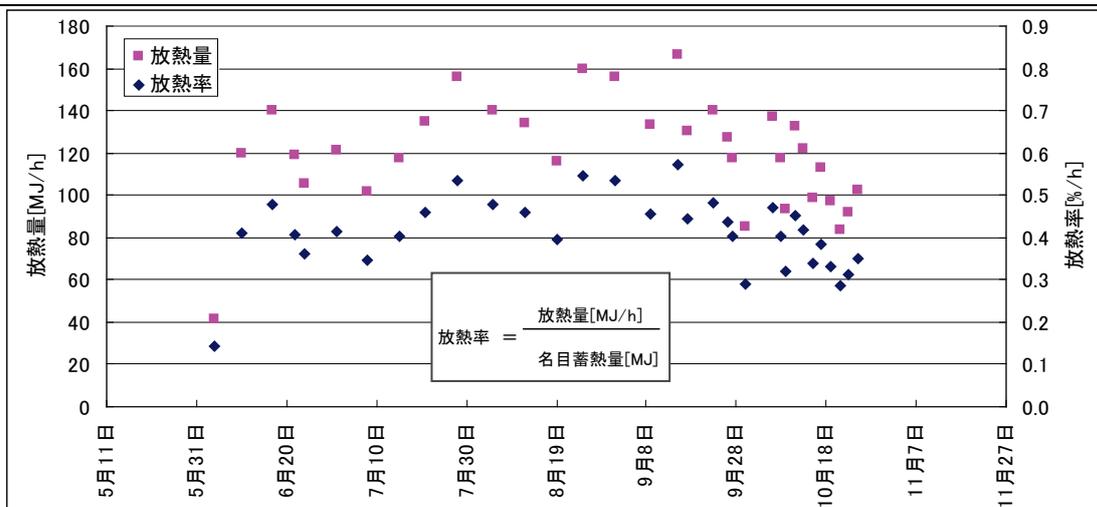


図 II. 3. 5. 37 北側冷水槽 停止時の放熱ロス

事務所 15 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

南側冷水槽の放熱ロスの検証 (停止時の放熱量を1時間当たりとして計算)
 時間当たりの放熱率は概ね 0.1~0.45%に分布.

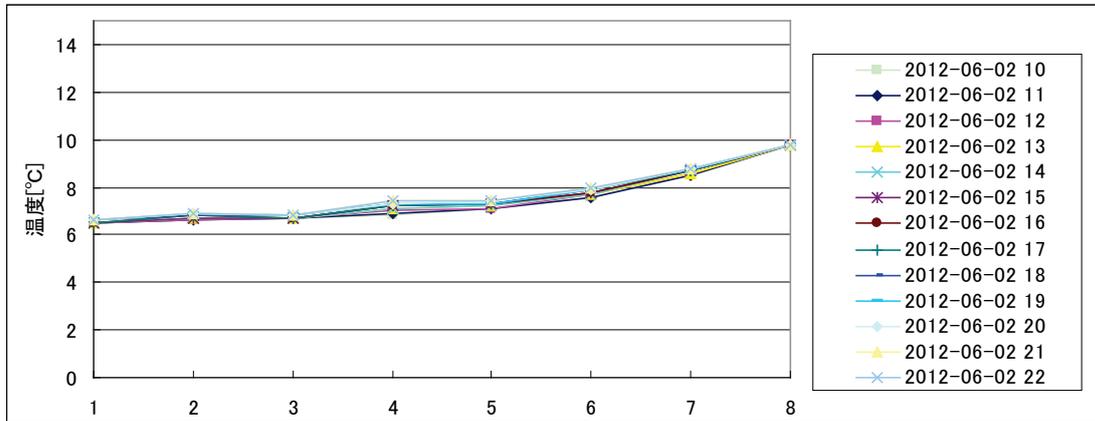


図 II. 3. 5. 38 南側冷水槽 停止時槽内温度プロフィール 6月2日 10時~22時

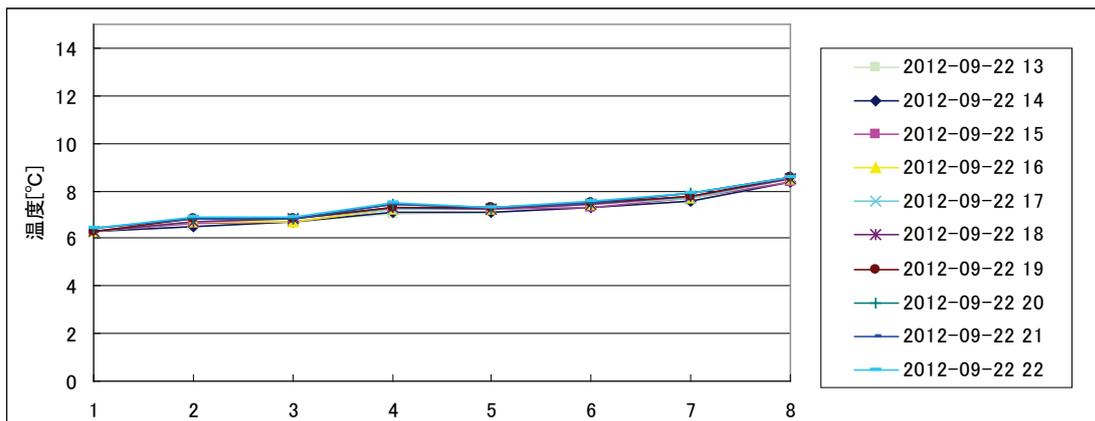


図 II. 3. 5. 39 南側冷水槽 停止時槽内温度プロフィール 9月22日 13時~22時

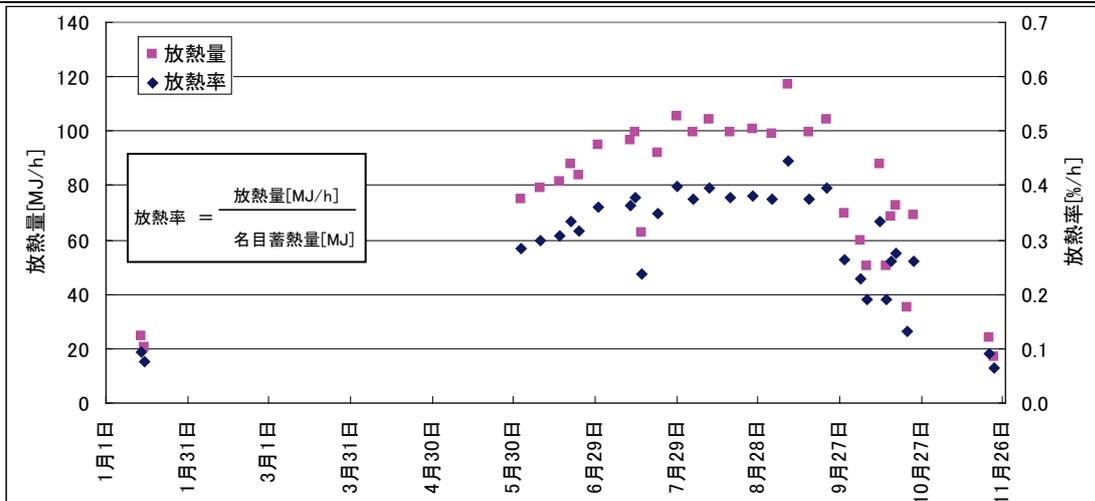


図 II. 3. 5. 40 南側冷水槽 停止時の放熱ロス

事務所 15 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

熱源負荷率と冷凍機 COP

RC-0501 と RC-0502 の 2 台同時運転では蓄熱運転と追掛運転による冷凍機 COP の差がない。
 RC-0502 の単独運転では追掛け時の運転が高いときがある。
 RC-0501 と RC-0502 の追掛け時の単独運転では、RC-0501 が冷凍機 COP が高い。
 蓄熱槽での運用であるのに、負荷率が 40~100% (2 台運転) あるのは、蓄熱終了時に部分負荷となる傾向があるためだと考えられる。また、頻度でみると 1 台運転時は 0.4~0.5 に集中しており、2 台運転でも 0.6~1.0 に集中していることがわかり、低負荷運転の頻度は少ない。

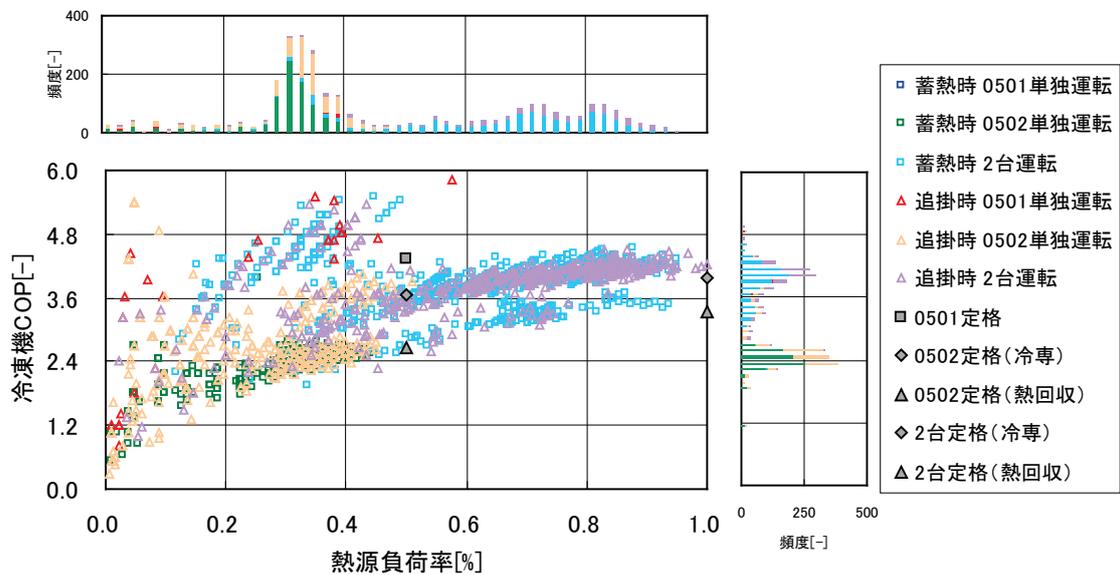


図 II. 3. 5. 41 熱源負荷率と冷凍機 COP の関係

事務所 15 (R-Hst-02)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	蓄熱槽温度	蓄熱量	ON-OFF

<分析データ>

計測期間 (2012/1/1~11/30) の積算値による評価
蓄熱効率は北側冷水槽で 81%, 南側冷水槽では 78%であった.

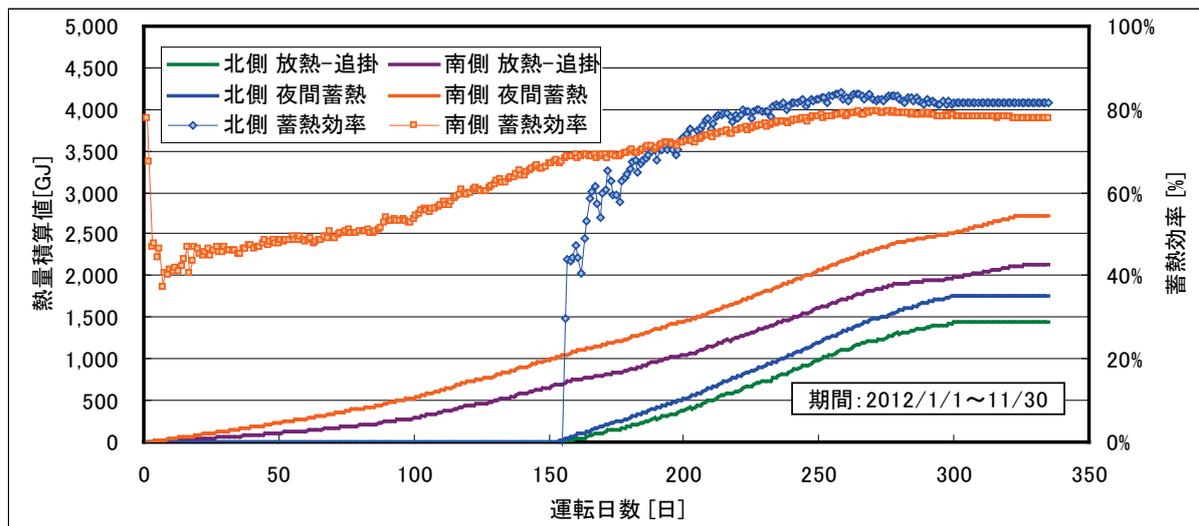


図 II. 3. 5. 42 熱量積算値の運転日数変化

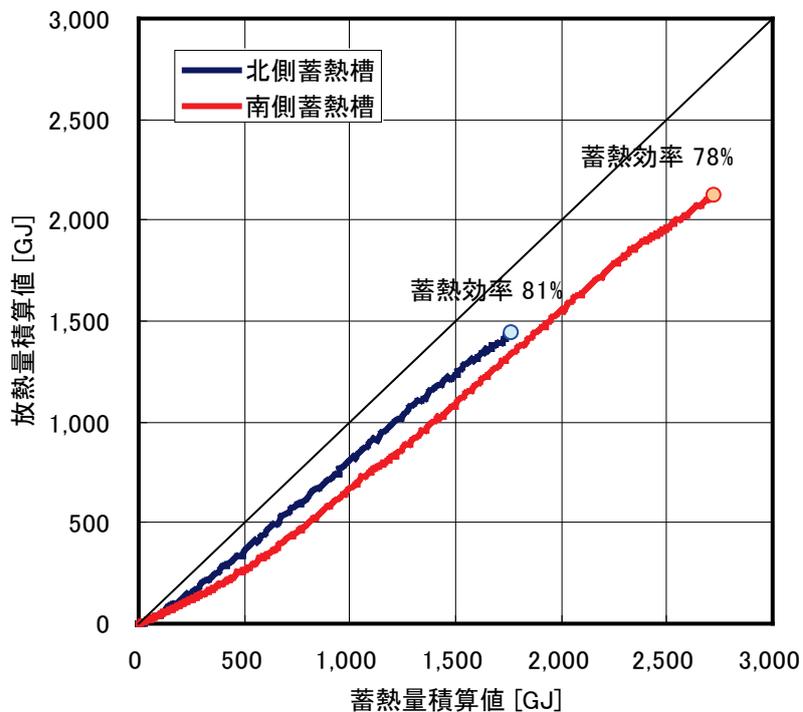


図 II. 3. 5. 43 放熱量積算値と蓄熱量積算値

3.6. 蓄熱運転制御（氷蓄熱）

3.6.1. 物販店舗 02

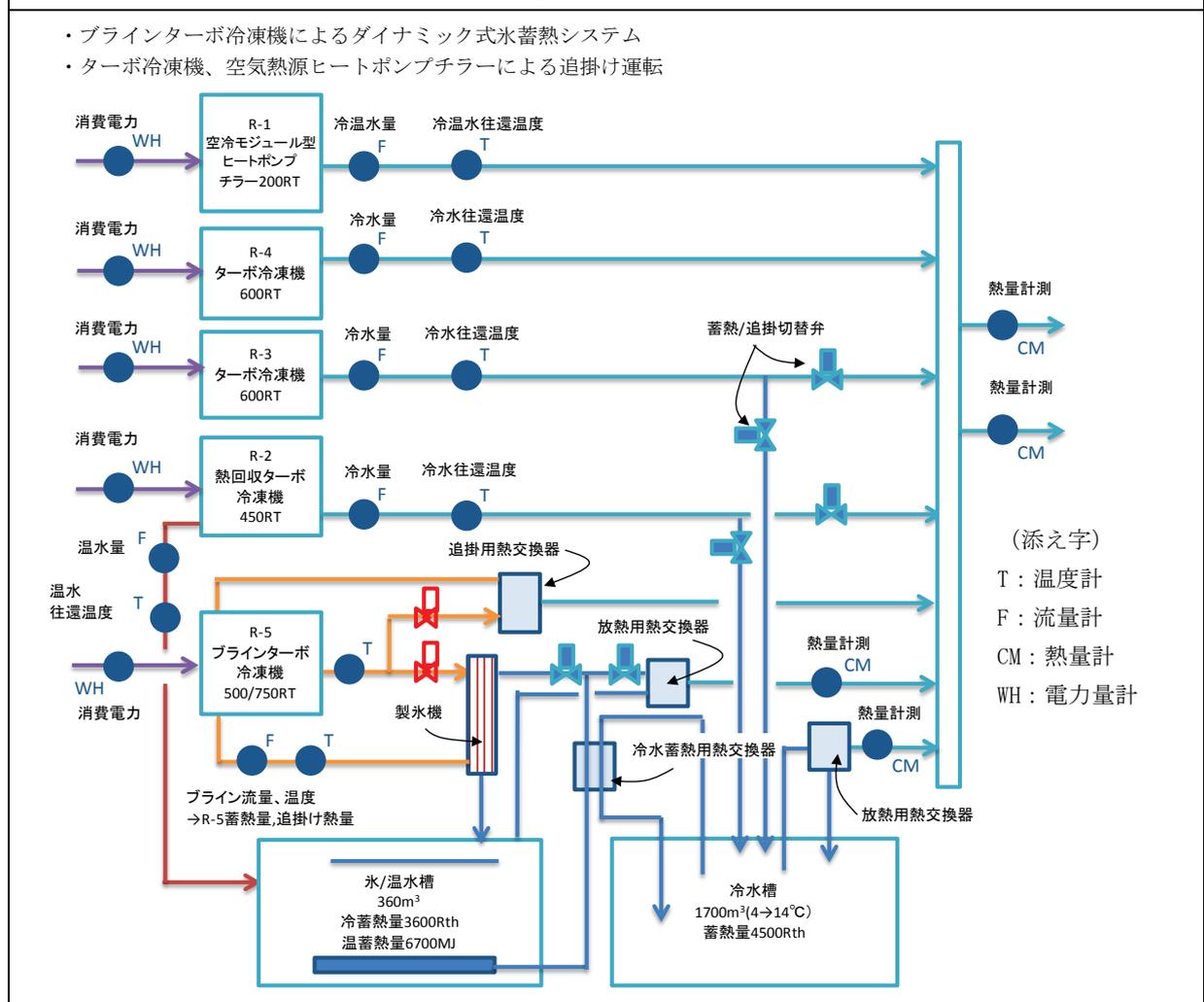
制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量（蓄熱、放熱）	蓄熱量	ON-OFF

建物名	物販店舗 02	地区	関東	竣工	2008 年	改修	—	規模	168,000m ²
分類	R-Hst-04	方式				専用/兼用		エネルギー源	電気
機器	空冷ヒートポンプ	型式	モジュール式						
	ターボ冷凍機	型式	高効率		方式	—			
端末器具	—	種類	—		温調方式	—	手動/自動	自動	
分析期間	2012.5.1～2012.9.30			製造年月	2007 年				
制御内容	負荷熱量により台数制御								

機器仕様	NO.	出力		入力	1次エネルギーCOP
	R-1	200RT	12→7℃	238kW	1.18
	R-2	450RT	13→8℃	331kW	1.76
	R-3	600RT	10→5℃	388kW	2.01
	R-4	600RT	12→7℃	310kW	2.51
	R-5	500RT	-2→5℃	548kW	1.18

・ 1KWh=9.76MJ/h

システムフロー



物販店舗 02 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

< 冷凍機 COP と蓄熱状況 >

蓄熱状況

月別の蓄熱熱量と放熱熱量 (水+氷)

蓄熱量 = 蓄熱時の冷凍機製造熱量

放熱量 = 消費熱量 - 冷凍機追掛け運転製造熱量

損失熱量は 2012 年 5 月～9 月で 18%

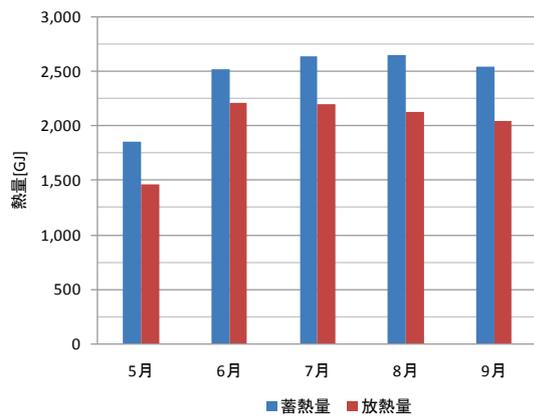


図 II. 3. 6. 1 月別の蓄熱量と放熱量

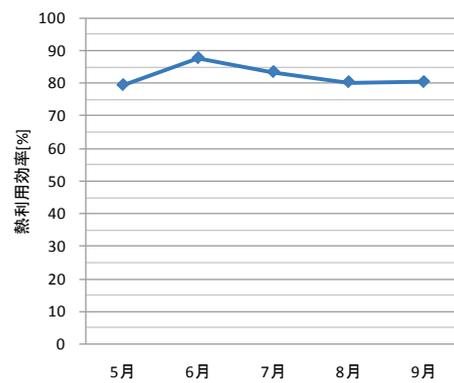


図 II. 3. 6. 2 月別の蓄熱効率

物販店舗 02 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

蓄熱時の冷凍機負荷率と COP

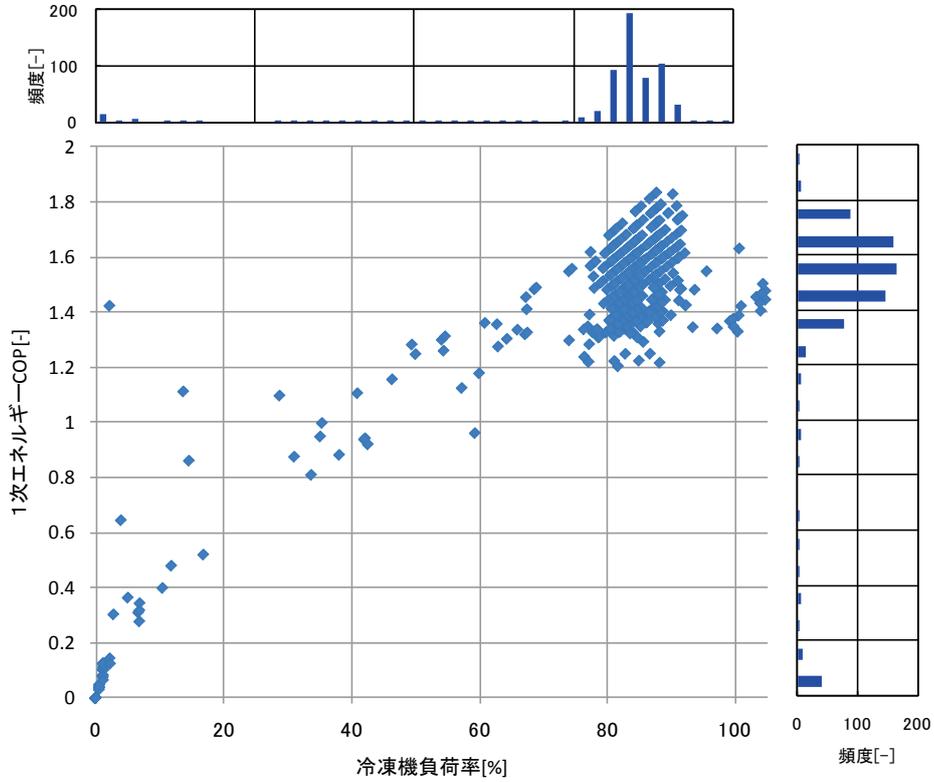


図 II. 3. 6. 3 冷凍機負荷率と COP の関係

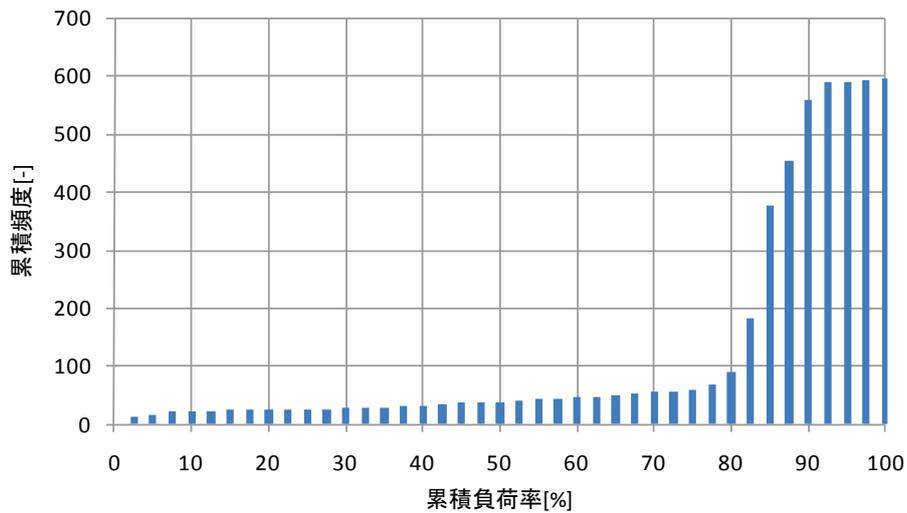


図 II. 3. 6. 4 負荷率の累積状況

物販店舗 02 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

蓄熱水槽の利用状況 (1日積算蓄熱量と最大蓄熱量の比較)

表 II. 3. 6. 1 蓄熱水槽容量と最大蓄熱量

水槽容量	360	m ³
凝縮熱	336	kJ/kg
IPF	0.3	
氷蓄熱	36,288	MJ
水温度差	10	°C
水容量	252	m ³
水蓄熱	10,549	Mcal
合計	46,837	MJ
水槽容量	1,700	m ³
水温度差	10	°C
水容量	1,360	m ³
水蓄熱	56,930	MJ
合計	56,930	MJ
総合計	103,766	MJ

蓄熱水槽容量に基づく設計最大蓄熱量は 103.766MJ

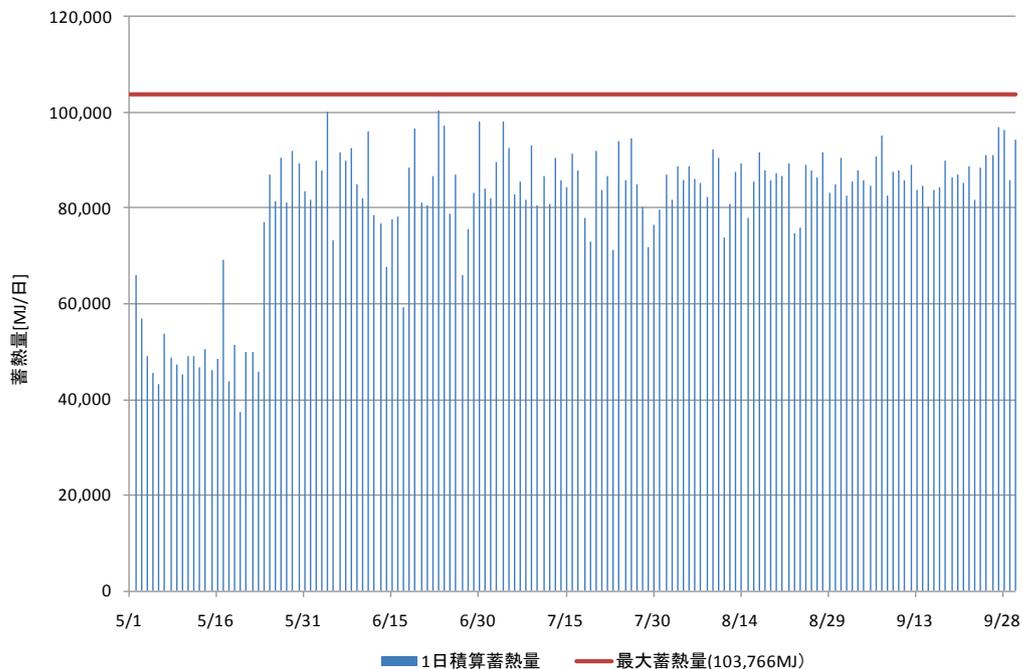
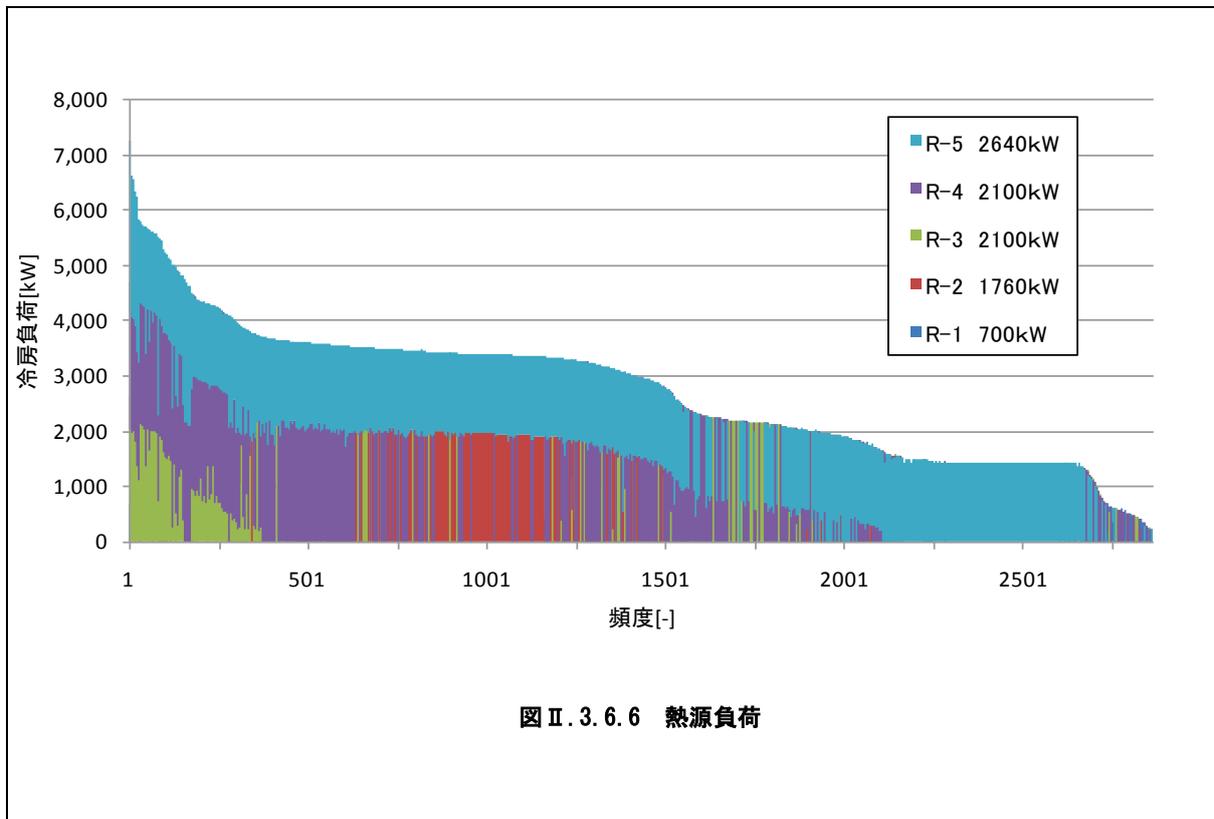


図 II. 3. 6. 5 1日積算蓄熱量と最大蓄熱量の比較

物販店舗 02 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

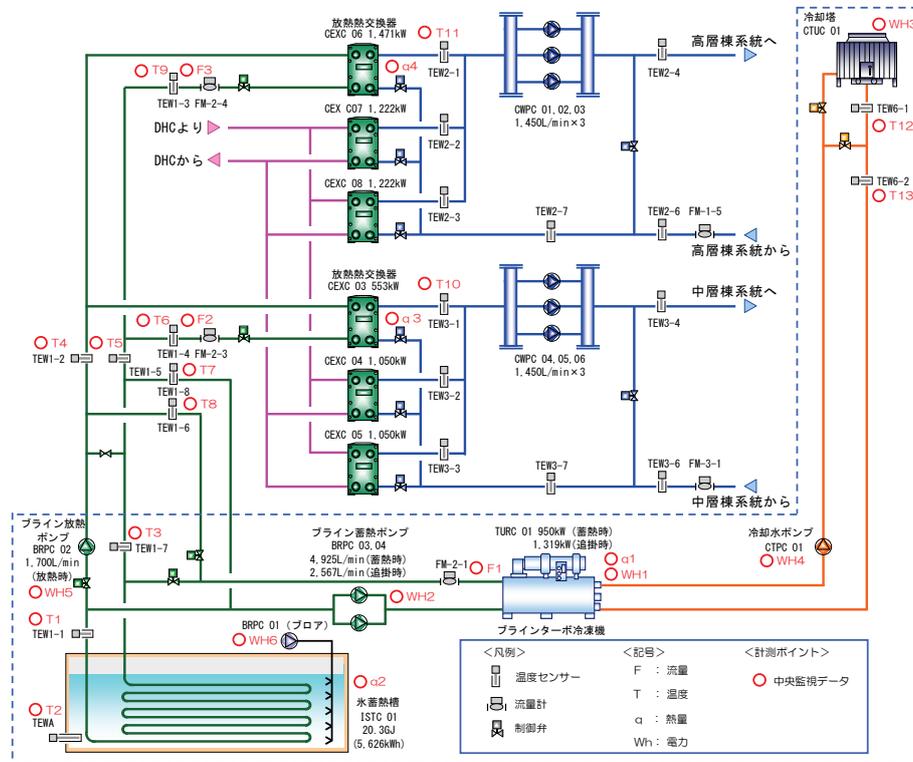


3.6.2. 事務所 01

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

建物名	事務所 01	地区	東京	竣工	2009 年	新築	—	規模	74,580 m ²
分類記号	R-Hst-04				検出部	熱量			
制御目的	蓄熱制御				制御目標	蓄熱量			
分析期間	平成 24 年 4 月 1 日～平成 24 年 9 月 30 日				動作	ON-OFF			
制御対象	—				製造年月	2009 年 4 月			
制御内容	蓄熱目標値を設定し、蓄熱開始時間 (22:00) になったら冷凍機を起動し、蓄熱終了時間 (8:00) になったら、もしくは蓄熱量が目標値に達したら終了する。				機器仕様	TURC01 : 能力 950kW (追掛時 1,319kW) BRPC02 : 1,700L/min BRPC03・04 : 4,925L/min(蓄熱時) 2,567L/min(追掛時) ISTC01 : 蓄熱可能量 20.3GJ			

システムフロー



(1)データの収集時間間隔

- 中央監視データ : 1 時間間隔, 瞬時値, 積算値

(2)データ処理

- 中央監視データをそのまま利用

(3)解析利用データのフィルタリング項目

- プリンターボ冷凍機停止時のシステム運転データ削除

(4)台数制御方法

- 負荷流量により放熱・追掛運転の台数制御を行う。(2012 年の計測期間の追掛け運転なし)

(5)その他

- 負荷流量に見合った熱源運転を行う。(2012 年の計測期間はパターン 2 で運転)
パターン 1 : 放熱→追掛→(DHC 受入)
パターン 2 : 放熱→(DHC 受入)→追掛
- 満蓄熱量の 30%以上放熱されない場合は、蓄熱運転は行わない。

事務所 01 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

< 熱源日積算熱量 (蓄熱量・放熱量) >

- ・ 日積算蓄熱量[青], 日積算放熱量[赤] を図 II.3.6.7 に示す. 横軸を月日[日], 縦軸を熱量 [GJ] とする.
- ・ 日積算蓄熱量は, 蓄熱積算熱量 q_2 の差とし, 日積算放熱量は, q_4 と q_5 の合計積算熱量である.
- ・ 中間期 (4 月・10 月・11 月) は, 完全に放熱せず残氷状態となる日が数日確認できる.
- ・ 中間期以外は満蓄まで製氷し, ほぼその日の内に完全に放熱されている.
- ・ 氷蓄熱の放熱量で不足する場合は, DHC の受入で賄われている. (DHC 受入データなし)
- ・ TURC (ブライントーボ冷凍機) の追掛け運転は行われていない.

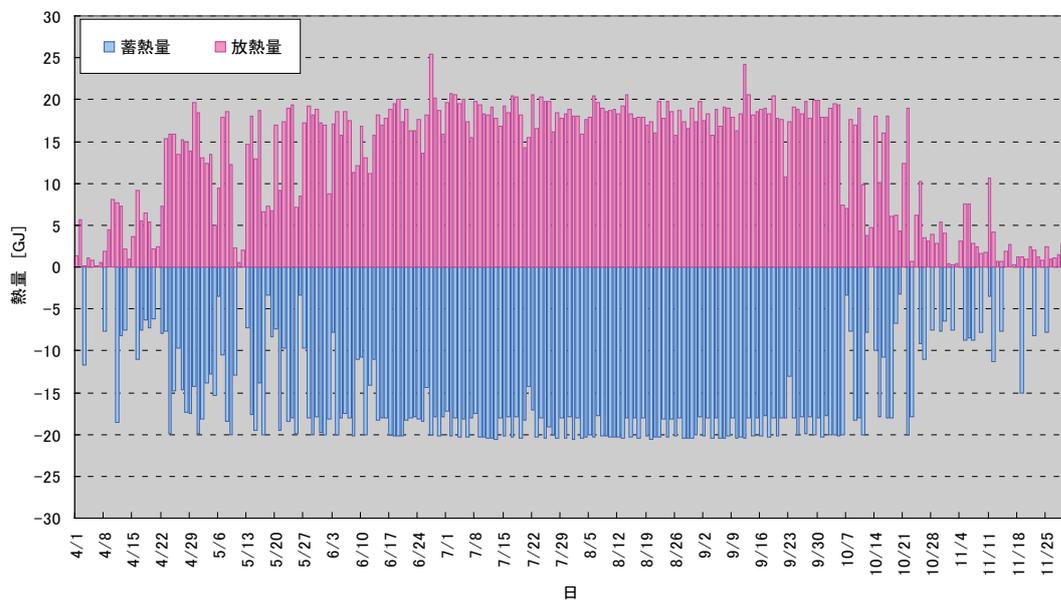


図 II.3.6.7 熱源日積算熱量 (蓄熱量・放熱量)

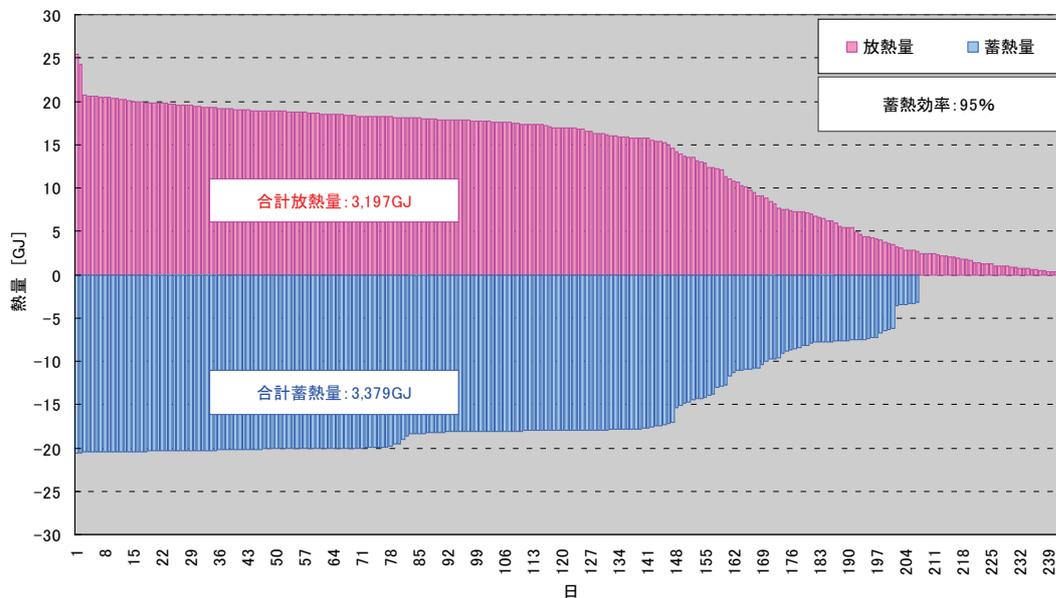
事務所 01 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

<蓄熱効率>

- 日積算蓄熱量[青]と日積算放熱量[赤]を負荷の大きい順に左から並べたグラフを図Ⅱ.3.6.8に示す。横軸を日[日], 縦軸を熱量[GJ]とする。
- 蓄熱効率が95%であり比較的熱損失が小さい。蓄熱効率の算出方法を以下に示す。

$$\text{蓄熱効率}[\%] = \frac{\text{放熱量}[\text{GJ}]}{\text{蓄熱量}[\text{GJ}]} \times 100$$
 - 蓄熱量 : q2の積算熱量
 - 放熱量 : q4とq5の合計積算熱量
- 満蓄熱量(20GJ)まで蓄熱されている日が80日程度あり, 残りの日数は残蓄状態から製氷運転が行われているため, 満蓄熱量以下となっている。
- 満蓄熱量の30%以下(6GJ以下)の製氷運転はないはずだが, 6日ほど確認できる(原因不明)。



図Ⅱ.3.6.8 蓄熱効率

事務所 01 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

<月別蓄熱効率と SCOP>

- 月積算蓄熱量[青]と月積算放熱量[赤]を図 II.3.6.9 に示す。月別蓄熱効率[緑], 蓄熱 SCOP (蓄熱量) [紫], 蓄熱 SCOP (放熱量) [橙]と日 SCOP (放熱量) [青]を折れ線で示す。横軸を月 (4月~11月), 縦軸 (左) を熱量[GJ], 縦軸 (右) を蓄熱効率[%], SCOP[$\times 10^{-1}$]とする。
- 月別の蓄熱効率, SCOP の算出方法を以下に示す。
 - 蓄熱効率[%] = 放熱量[GJ] / 蓄熱量[GJ]
 - 蓄熱 SCOP (蓄熱量) = 蓄熱量[kWh] / 蓄熱時消費電力[kWh]
 - 蓄熱 SCOP (放熱量) = 放熱量[kWh] / 蓄熱時消費電力[kWh]
 - 日 SCOP = 放熱量[kWh] / 消費電力[kWh]
 - 蓄熱量 : q2 の月毎の積算熱量
 - 放熱量 : q4 と q5 の月毎の合計積算熱量
 - 蓄熱時消費電力 : 蓄熱時, WH1~WH4 (TURC01, BRPC03, 04, CTUC01, CTPC01 の消費電力量) の合計積算値
 - 消費電力 : 蓄熱時消費電力 + 放熱時, WH5~WH6 (BRPC01, 02 の消費電力量) の合計積算値 (BWPC01~06 (二次側冷水ポンプ) は含まない)
- 負荷に対する流量制御がされておらず, 中間期の放熱運転では温度差が小さいため, ポンプ動力の割合が高く, 日 SCOP が低い傾向にある。
- 11月は残氷日が多く, 蓄熱を使い切れていないため, 蓄熱効率と日 SCOP が極端に低い。

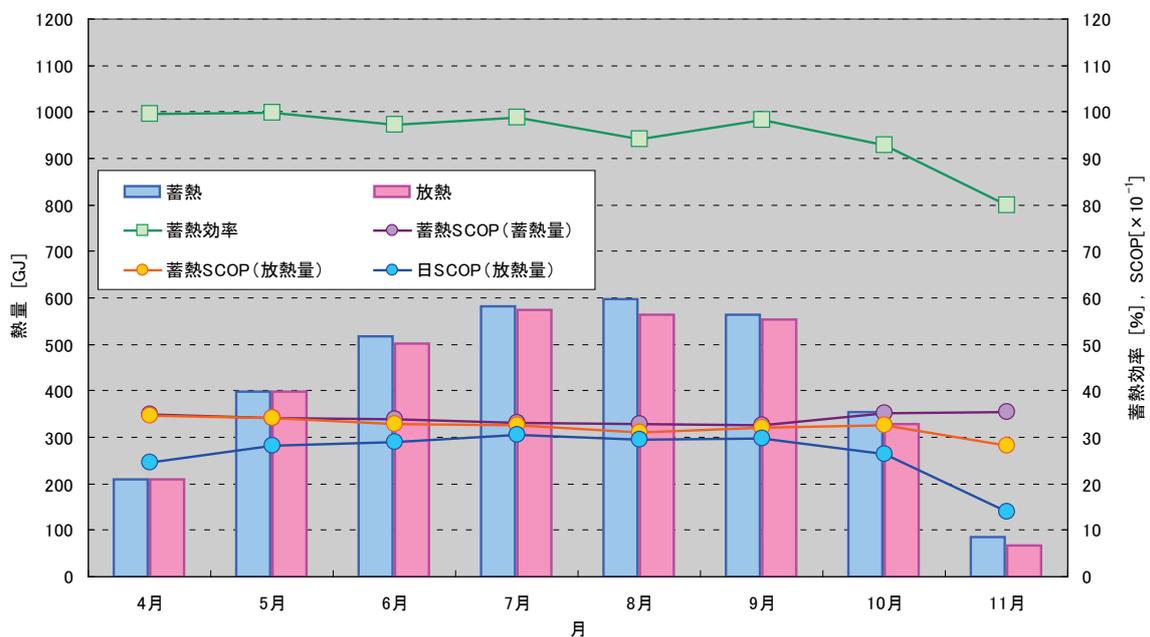


図 II.3.6.9 月別蓄熱効率と SCOP

事務所 01 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

< 冷凍機部分負荷特性 >

- ・ 冷凍機部分負荷特性を 図 II. 3. 6. 10 に示す。横軸を負荷率[%], 縦軸を機器単体 COP[-] とする。また, 負荷率および機器単体 COP の頻度を同グラフ示す。
 - ・ 負荷率, 機器単体 COP の算出方法を以下に示す。
 - 負荷率[%] = 蓄熱量[kW] / 定格冷凍能力[kW]
 - 機器単体 COP = 蓄熱量[kW] / 冷凍機消費電力[kW]
- 蓄熱量 : q2 の日積算蓄熱量 ÷ 蓄熱運転時間[h]
- 定格冷凍能力 : 950[kW]
- 冷凍機消費電力 : WH1[kW]

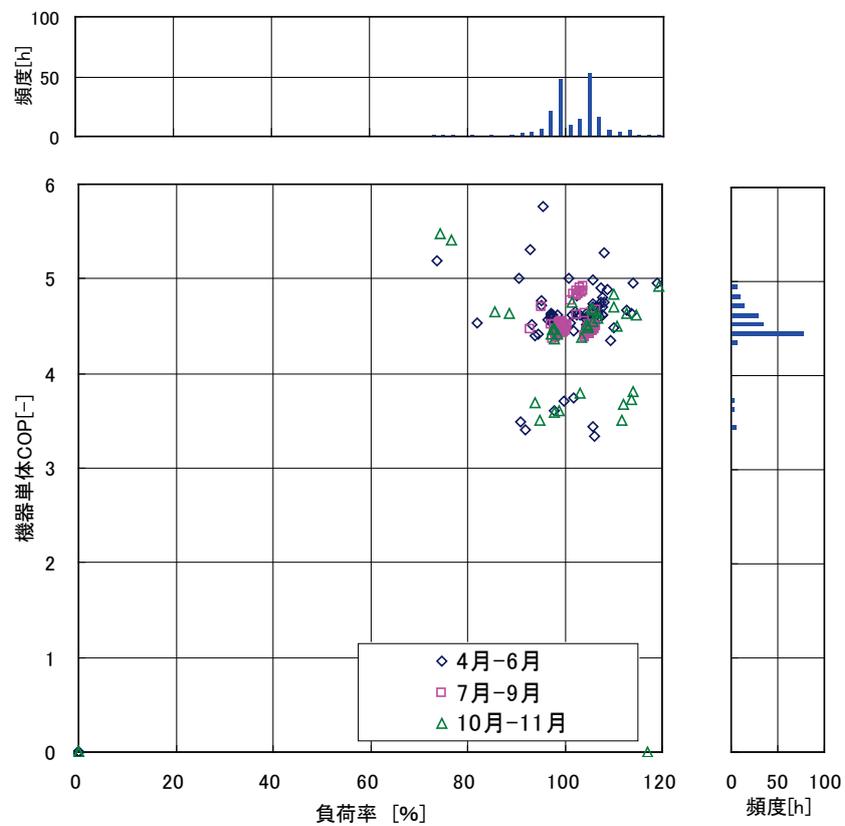


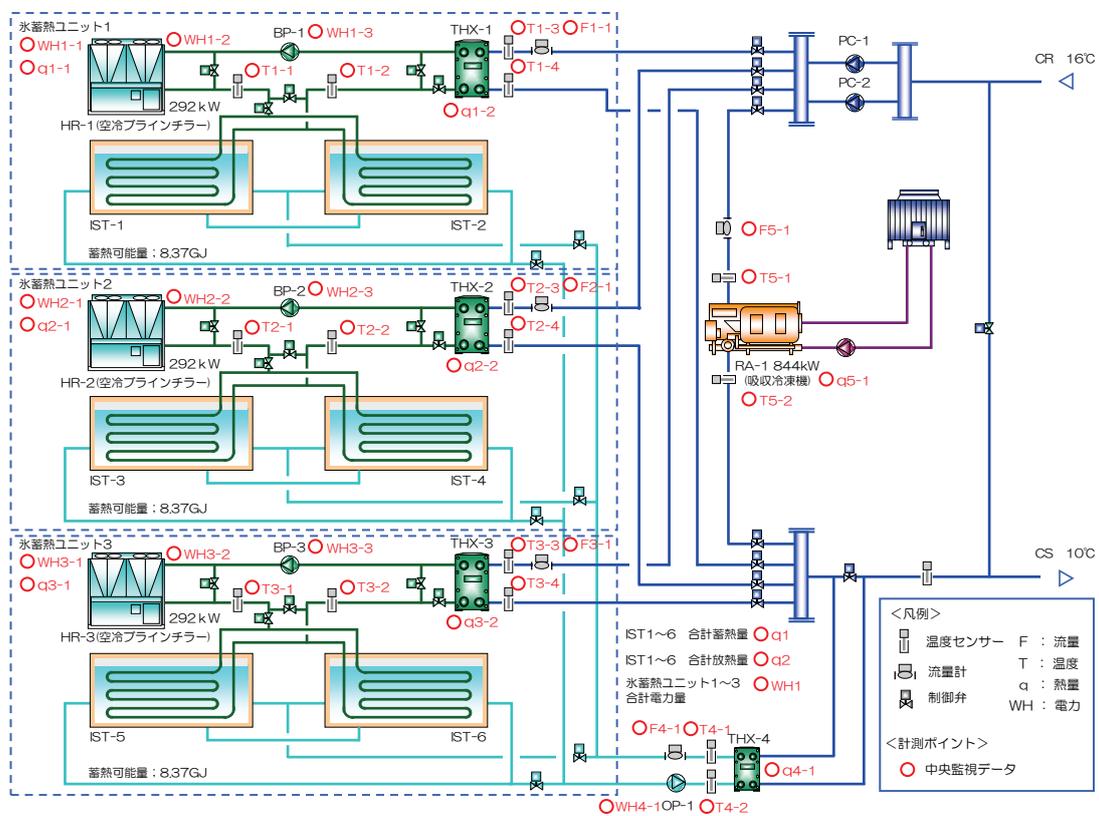
図 II. 3. 6. 10 冷凍機部分負荷特性

3.6.3. 事務所 05

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

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	R-Hst-04				検出部	熱量			
制御目的	蓄熱制御				制御目標	蓄熱量			
分析期間	平成 24 年 4 月 1 日～平成 24 年 9 月 30 日				動作	ON-OFF			
制御対象	—				製造年月	2003 年 3 月			
制御内容	蓄熱目標値を設定し蓄熱開始時間 (22:00) になったら冷凍機を起動し、蓄熱終了時間 (8:00) になったら、もしくは蓄熱量が目標値に達したら終了する。				機器仕様	HR: 能力 292kW (製氷時: 205kW) × 3 台 RA: 能力 844kW × 1 台 BP: 100φ×80φ×1,490L/min×270kPa × 3 台 IST: 蓄熱可能量 4.19GJ × 6 槽			

システムフロー



(1)データの収集時間間隔

- ・中央監視データ: 1時間間隔, 瞬時値, 積算値

(2)データ処理

- ・中央監視データをそのまま利用

(3)解析利用データのフィルタリング項目

- ・冷凍機停止時のシステム運転データ削除

(4)台数制御方法

- ・RA-1と氷蓄熱ユニット3台を並列に接続し、負荷および季節に応じて台数制御を行う。
- ・RA-1と氷蓄熱ユニットで負荷がまかなえない時、HRの追掛け運転を行う。
- ・内外融方式である氷蓄熱ユニットは、内融熱交換器と外融熱交換器を直列に配列し併用を可能としている。
- ・電力ピークカットのため、13時から15時はHRの追掛け運転は行わない。

事務所 05 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

< 熱源日積算熱量 (蓄熱量・放熱量・追掛熱量) >

- 日積算熱量を図 II.3.6.11 に示す。蓄熱量 q1 [青], 放熱量 q2 [赤], HR 追掛熱量 q1-2 ~ q3-2 [緑] および RA 追掛熱量 q5-1 [黄] とする。横軸を月日 [日], 縦軸を熱量 [GJ] とする。
- 蓄熱量 q1 と放熱量 q2 は, IST1~6 (氷蓄熱ユニット 1~3 系統) の合計熱量である。
- HR 追掛熱量 q1-2 ~ q3-2 は, HR1~3 の合計積算熱量である。
- ピーク時間 (13 時~16 時) は, 氷の放熱のみで負荷を賄っており, ピーク時間以外は RA で追掛運転をしている。HR の追掛運転はほぼしていない。
- 水槽内が極力残氷状態とならぬよう HR の台数制御がされており, 中間期 (4 月) は HR-3 は運転せずに HR-1, 2 のみで蓄熱運転を行っている。
- 内融に加えて, ピーク時 (7 月, 8 月) に外融を併用することで急激な立ち上がりに対応している。

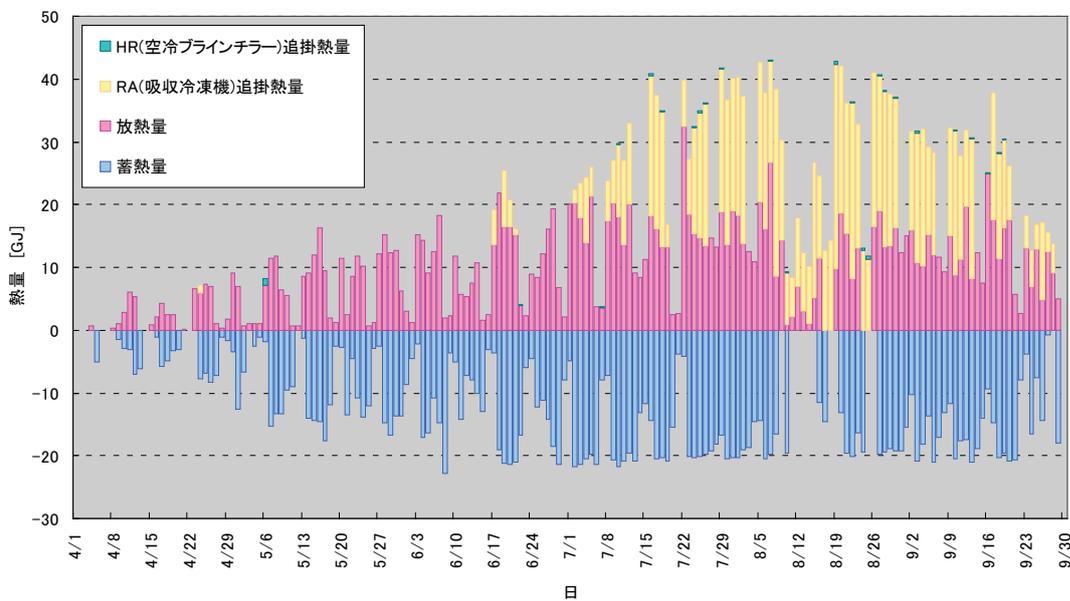


図 II.3.6.11 熱源日積算熱量 (蓄熱量・放熱量・追掛熱量)

事務所 05 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

<デュレーションカーブと夜間移行率>

- 日積算熱量を全体負荷の大きい順に並べたグラフ (デュレーションカーブ) を図 II. 3. 6. 12 に示す. 放熱量 q 2 [赤], HR 追掛熱量 q 1-2 ~ q 3-2 [緑] および RA 追掛熱量 q 5-1 [黄] とする. 横軸を日, 縦軸を熱量 [GJ] とする.
- 日積算放熱量は, IST1~6 (氷蓄熱ユニット 1~3 系統) の合計合計放熱量である.
- 夜間移行率は 63% である. 夜間移行率の算出方法を以下に示す.
 - 夜間移行率 [%] = 放熱量 [GJ] / (放熱量 [GJ] + HR 追掛熱量 [GJ] + RA 追掛熱量 [GJ]) × 100
 - 放熱量 : q 2 の積算熱量
 - HR 追掛熱量 : q 1-2 ~ q 3-2 の合計積算熱量
 - RA 追掛熱量 : q 5-1 の積算熱量
- 低負荷日は, 追掛運転を行わず氷の放熱のみで賄っている.
- 放熱せず追掛運転のみで負荷を賄う日が確認できる. (理由は不明)

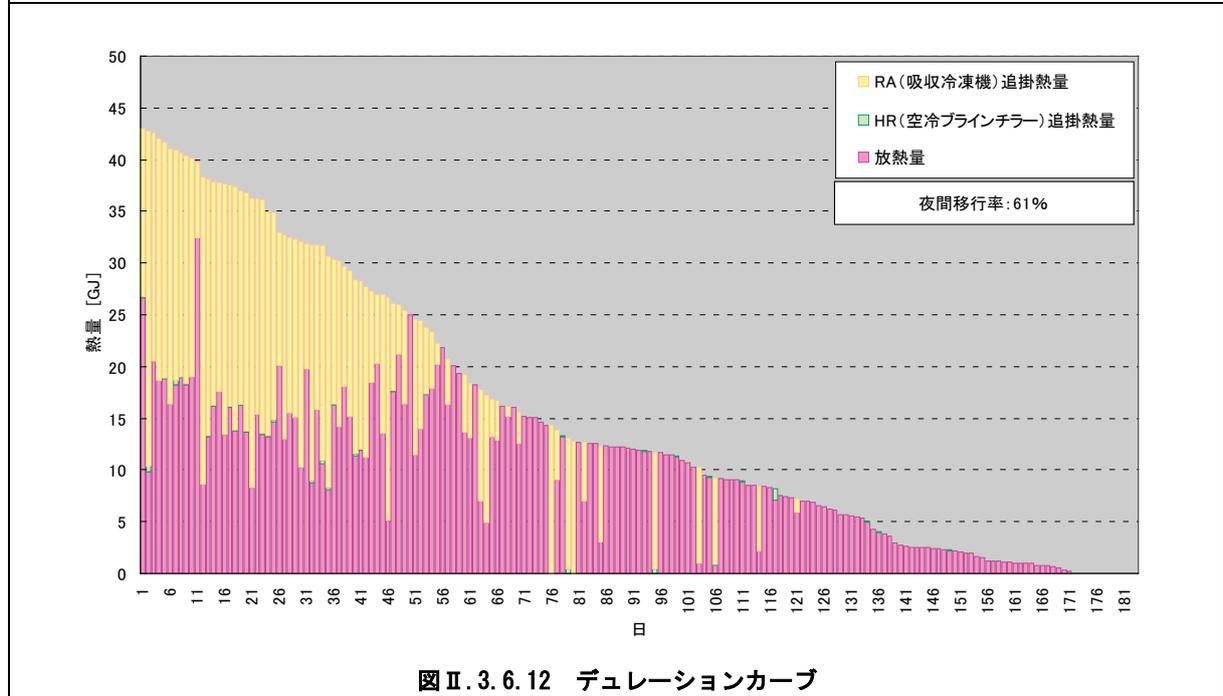


図 II. 3. 6. 12 デュレーションカーブ

事務所 05 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

<蓄熱効率>

- 日積算蓄熱量 q1[青]と日積算放熱量 q2[赤]を負荷の大きい順に左から並べたグラフを 図 II. 3. 6. 13 に示す. 横軸を日[日], 縦軸を熱量[GJ]とする.
- 日積算蓄熱量と日積算放熱量は, IST1~6 (氷蓄熱ユニット 1~3 系統) の合計熱量である.
- 蓄熱効率は 83% である. 蓄熱効率の算出方法を以下に示す.
 - 蓄熱効率[%] = 放熱量[GJ] / 蓄熱量[GJ] × 100
 - 蓄熱量 : q1 の積算値
 - 放熱量 : q2 の積算値
- 蓄熱槽はパネル水槽であり, 屋上設置であるため熱損失が大きいと考えられる.

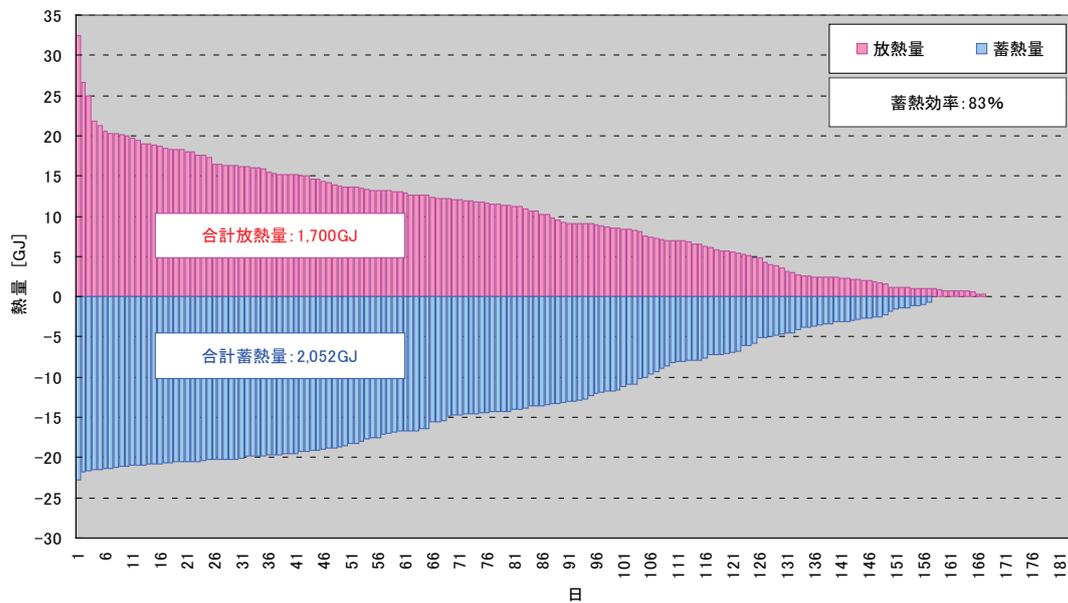


図 II. 3. 6. 13 蓄熱効率

事務所 05 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

<月別蓄熱効率と SCOP>

- 月積算蓄熱量[青]と月積算放熱量[赤]を示す。月別蓄熱効率[緑], 蓄熱 SCOP (蓄熱量) [紫], 蓄熱 SCOP (放熱量) [橙]と日 SCOP (放熱量) [青]を折れ線で示す。横軸を月(4月～9月), 縦軸(左)を熱量[GJ], 縦軸(右)を蓄熱効率[%], SCOP[$\times 10^{-1}$]とする。
- 月別の蓄熱効率, SCOP の算出方法を以下に示す。
 - 蓄熱効率[%] = 放熱量[GJ] / 蓄熱量[GJ]
 - 蓄熱 SCOP (蓄熱量) = 蓄熱量[kWh] / 蓄熱時消費電力[kWh]
 - 蓄熱 SCOP (放熱量) = 放熱量[kWh] / 蓄熱時消費電力[kWh]
 - 日 SCOP = 放熱量[kWh] / 消費電力[kWh]
- 蓄熱量 : q1 の月毎の積算熱量
- 放熱量 : q2 の月毎の積算熱量
- 蓄熱時消費電力 : 蓄熱時, WH1-1～WH3-1 (HR-1～3, BP-1～3 の消費電力量) 合計積算値
- 消費電力 : 蓄熱時+放熱時, WH1-1～WH3-1, WH4-1 (HR-1～3, BP-1～3, OP-1 の消費電力量) 合計積算値 (PC1～2 (二次側冷水ポンプ) は含まない)

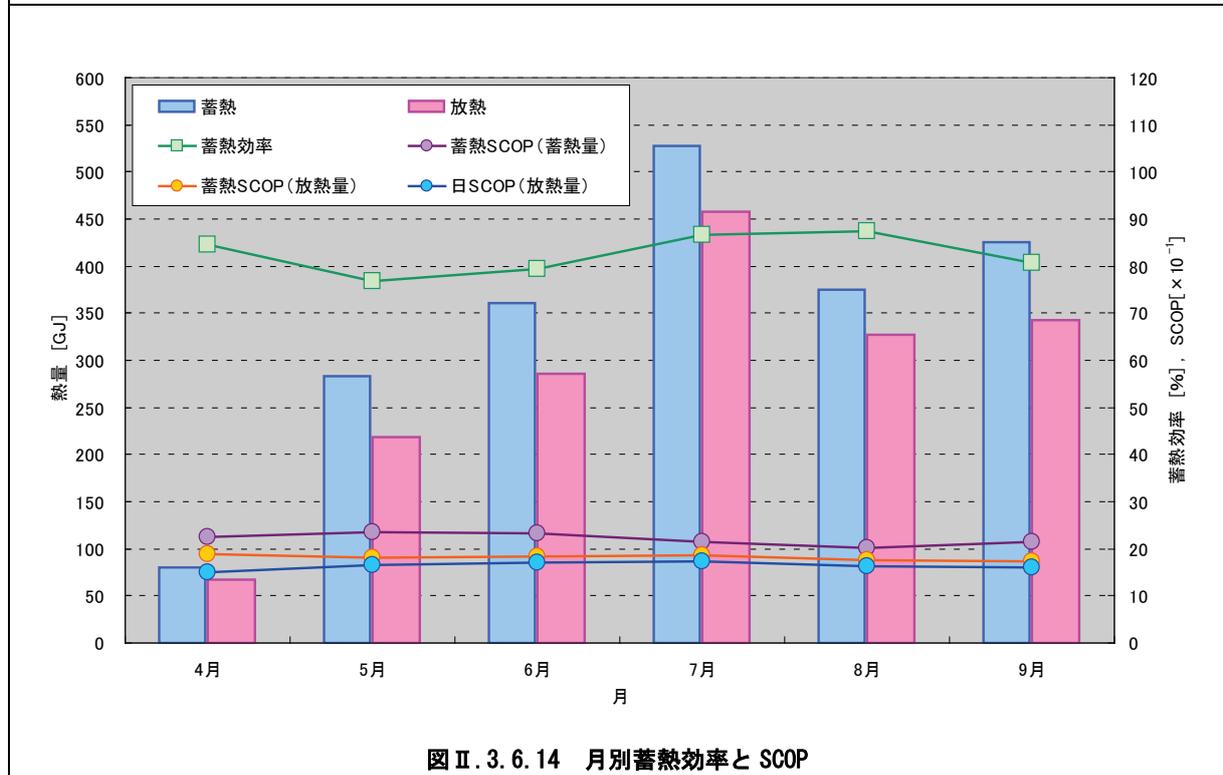


図 II. 3. 6. 14 月別蓄熱効率と SCOP

事務所 05 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

< 冷凍機部分負荷特性 >

- ・ 冷凍機部分負荷特性を 図 II. 3. 6. 15~17 に示す. 横軸を負荷率 [%], 縦軸を機器単体 COP [-] とする. また, 負荷率および機器単体 COP の頻度を同グラフ示す.
- ・ 負荷率, 機器単体 COP の算出方法を以下に示す.
 - 負荷率 [%] = 蓄熱量 [kW] / 定格冷凍能力 [kW]
 - 機器単体 COP = 蓄熱量 [kW] / 冷凍機消費電力 [kW]
- 蓄熱量 : q 1-1 ~ q 3-1 の各機器 時間積算熱量
- 定格冷凍能力 : 205 [kW]
- 冷凍機消費電力 : WH1-2 ~ 3-1 の各電力量
- ・ HR はファンの台数制御を行っており, 増減段は外気温度に従う. ファンの増減段は 2 台・4 台・8 台で制御されるため, 3 列に並ぶ COP の推移はファンの台数によるものと考える.

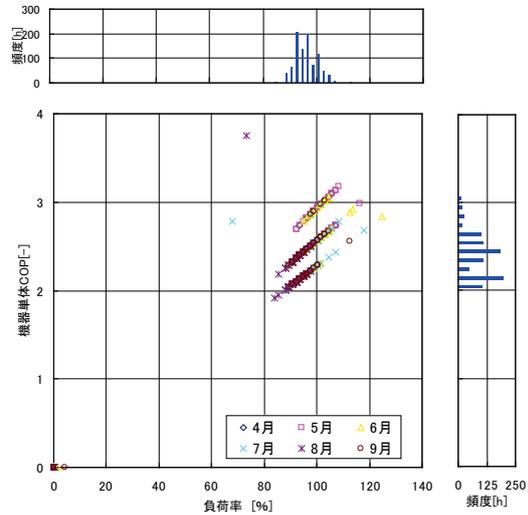


図 II. 3. 6. 15 HR-1 部分負荷特性

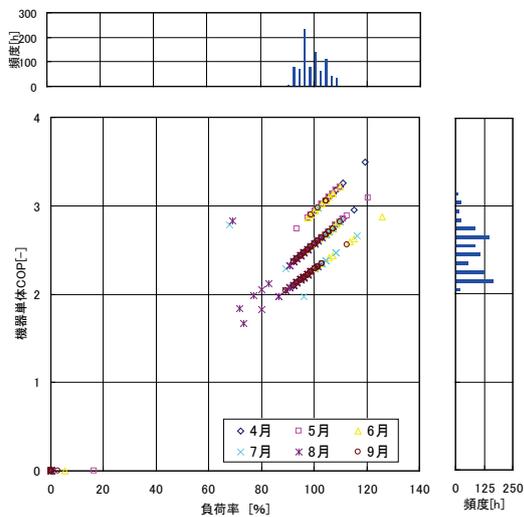


図 II. 3. 6. 16 HR-2 部分負荷特性

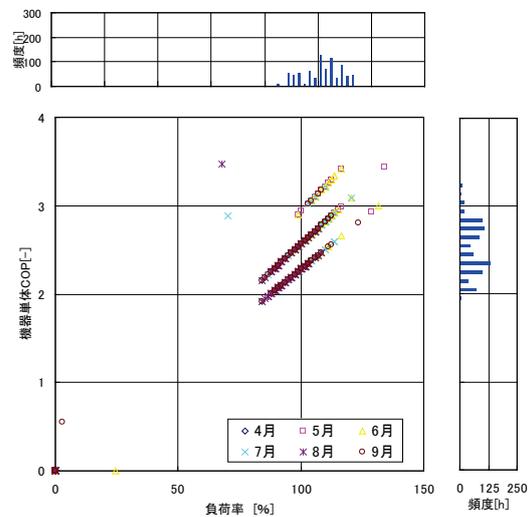


図 II. 3. 6. 17 HR-3 部分負荷特性

学校 02 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

<動作確認データ>

冷凍機運転状況 (2012/7/2~7/8)

ブラインヒートポンプにより夜間氷蓄熱を行っており, 昼間は 13:00~16:00 を中心に放熱を行っている. 100%放熱しており, 空気熱源ヒートポンプによる追掛け運転を行っている.

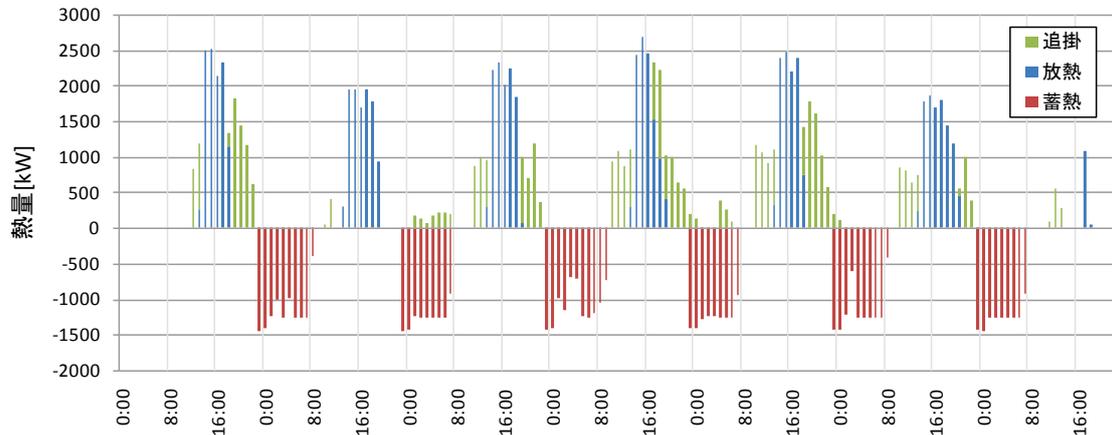


図 II. 3. 6. 18 冷凍機運転状況

蓄熱および放熱状況 {2012/6/1~10/31}

6月~10月の蓄熱量に対する放熱量は平均 92%となっており, 蓄熱損失は平均 8%である.

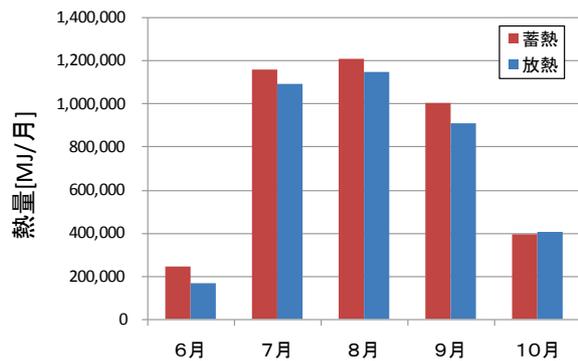


図 II. 3. 6. 19 月別の蓄熱および放熱量

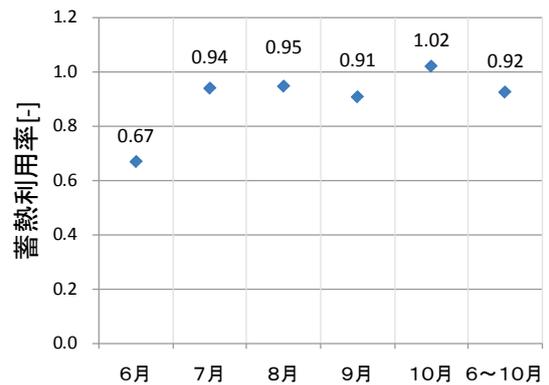


図 II. 3. 6. 20 月別の蓄熱利用率

学校 02 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

氷蓄熱量プラインチラー効率

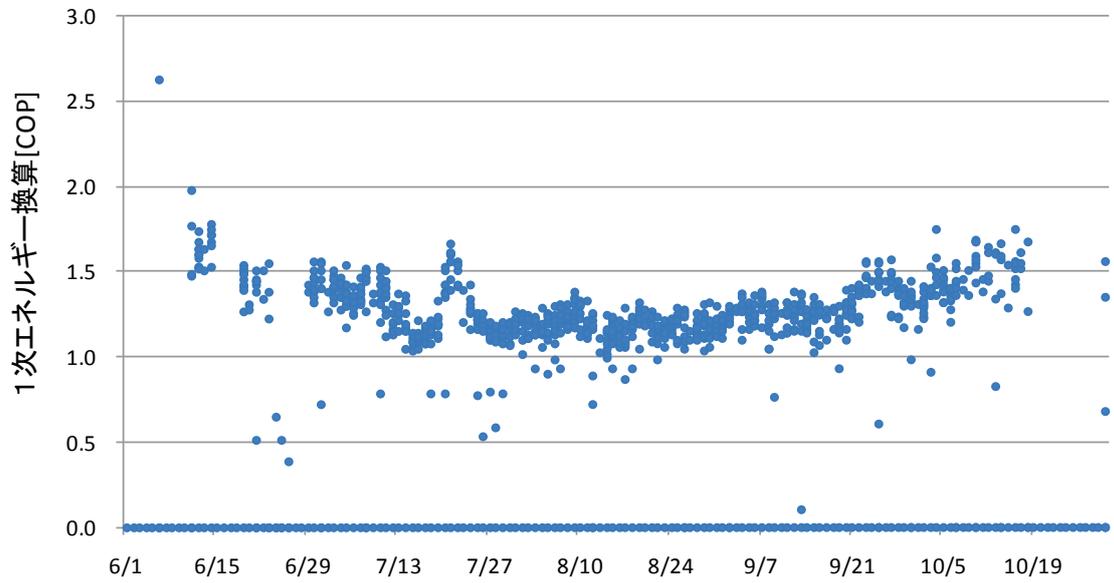


図 II. 3. 6. 21 氷蓄熱量プラインチラー効率の推移

空気熱源ヒートポンプチラー効率

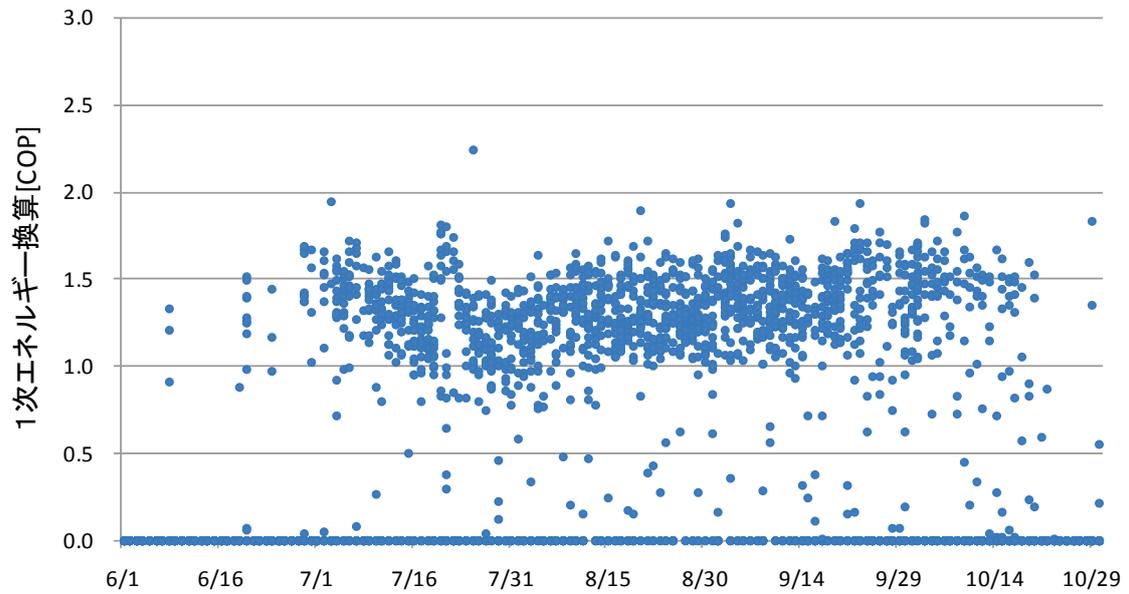


図 II. 3. 6. 22 空気熱源ヒートポンプチラー効率の推移

学校 02 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

消費電力 (1次エネルギー換算) に対する消費冷熱量

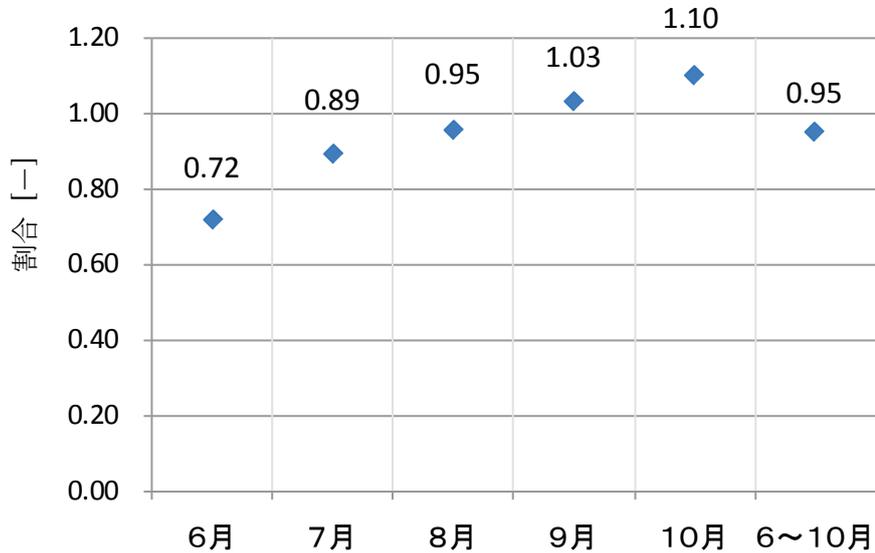


図 II. 3. 6. 23 消費電力 (1次エネルギー換算) に対する消費冷熱量の割合

空気熱源ヒートポンプチラーの製造熱量比に対する消費電力比

10 台連結タイプであり, ほぼ熱量に比例して台数制御されている.
10%部分負荷まで絞っている.

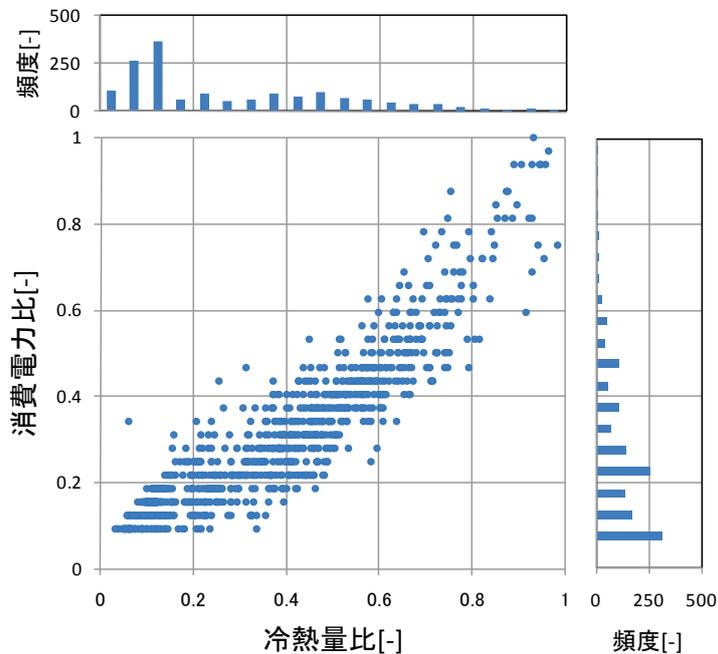


図 II. 3. 6. 24 空気熱源ヒートポンプチラーの製造熱量比に対する消費電力比

学校 02 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

氷蓄熱時の冷凍機負荷率と COP
蓄熱運転時の 50%が負荷率 0.7 以上であった。

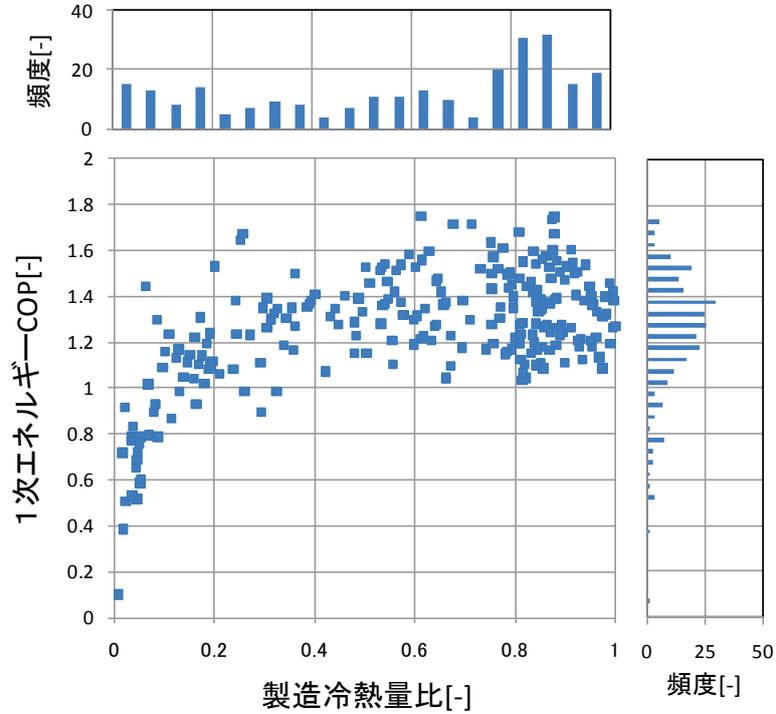


図 II. 3. 6. 25 空気熱源ヒートポンプチラーの製造熱量比と COP の関係

学校 02 (R-Hst-04)

制御対象	検出部	制御目標	動作
熱源機	熱量 (蓄熱, 放熱)	蓄熱量	ON-OFF

蓄熱水槽の利用状況 (1日積算蓄熱量と最大蓄熱量の比較)

表 II. 3. 6. 2 蓄熱水槽容量と最大蓄熱量

水槽容量	250	m ³
凝縮熱	336	kJ/kg
IPF	0.4	
氷蓄熱	33,600	MJ
水温度差	8	°C
水容量	150	m ³
水蓄熱	5,023	Mcal
合計	38,623	MJ
水槽容量	275	m ³
水温度差	5	°C
水容量	275	m ³
水蓄熱	5,756	MJ
合計	5,756	MJ
総合計	44,379	MJ

蓄熱水槽容量に基づく最大蓄熱量は 44,379MJ

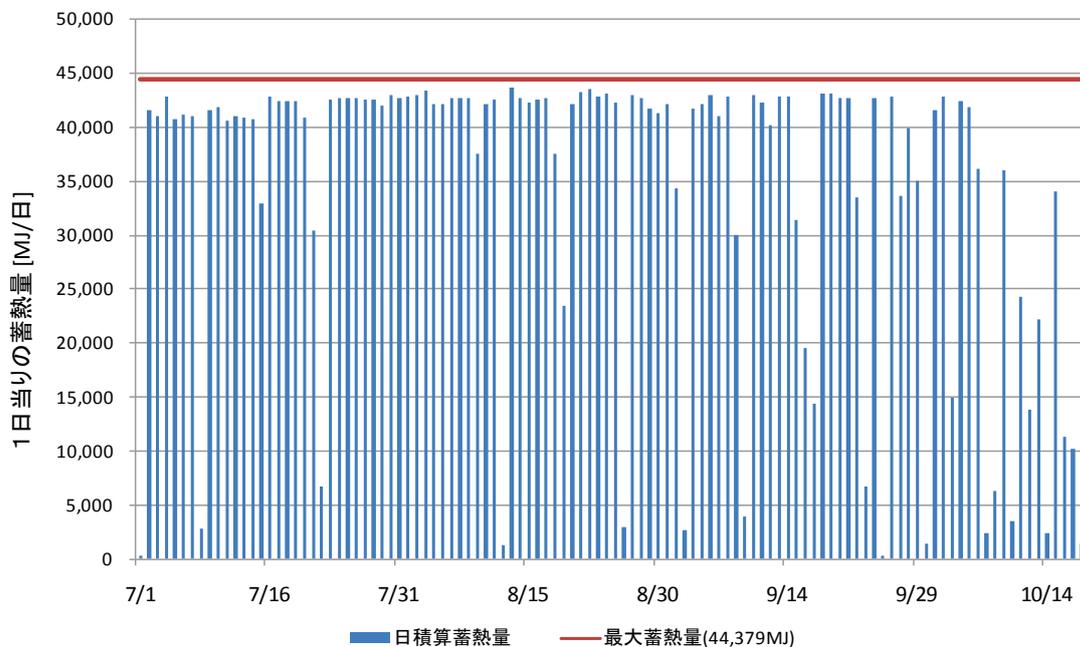


図 II. 3. 6. 26 日積算蓄熱量と最大蓄熱量の比較

4. まとめ

本編では、冷熱源機器を中心として、冷房負荷の変動に応じた熱源機器の運転台数制御、熱源送水温度制御及び冷却水温度制御、蓄熱槽を有する熱源設備の蓄熱制御の運転データを計測した。物件数は、熱源台数制御に関して自動制御7件、手動制御2件の計9物件、熱源送水温度制御、冷却水温度制御に関してそれぞれ1件、蓄熱運転制御に関して水蓄熱3件、氷蓄熱4件の計7物件であり、熱源送水温度制御、冷却水出口温度制御以外では複数件の計測が行えた。熱源送水温度制御、冷却水出口温度制御に関しては、導入件数が少なく複数の物件を実測できなかったため、複数系統を実測することで複数件の実測事例を取得した。

以下に計測結果のまとめを示す。

1) 熱源台数制御

- ・複数の熱源機器にて台数運転制御を行った際の製造熱量と COP の関係を計測した。
- ・低負荷時やベース運転として効率の良い機器が優先して稼働されている。
- ・自動制御に関しては、負荷に応じて熱源の発停が行われているが、負荷が低いにも関わらず複数台の運転が行われている場合があった。
- ・手動制御に関しては、自動制御に比べて発停頻度が低い傾向にある。自動制御と同様、負荷が低いにもかかわらず複数台の運転が行われている場合があった。

2) 熱源送水温度制御

- ・冷水送水温度設定値を変化させた場合の冷凍機 COP を計測した。
- ・冷水送水温度設定値を 7℃から 10℃まで変化させたが、冷凍機 COP に明らかな差はなかった。これは設定温度変更期間が短く、負荷が少ない時期であったことが原因と考えられる。

3) 冷却水温度制御

- ・冷凍機入口冷却水温度と熱源 COP の関係を計測した。
- ・ターボ冷凍機3台については、2台が冷凍機入口冷却水温度の低下により熱源単体 COP、冷却塔を含めたシステム COP とともに向上する傾向であったが、メーカー仕様値より若干低い値であった。その他1台については、冷却水温度によらず COP は一定であった。
- ・吸収冷凍機1台については、冷凍機入口冷却水温度がほぼ一定であり、COP も一定であった。

4) 蓄熱運転制御

- ・蓄熱時と放熱時の熱量を計測し、月別および冷房あるいは暖房期間の蓄熱効率を求めた。
- ・水蓄熱制御に関しては、期間蓄熱効率 48%~81%、月別蓄熱効率の最大値 60%~86%であった。
- ・氷蓄熱制御に関しては、期間蓄熱効率 71%~95%、月別蓄熱効率の最大値 80%~97%であった。
- ・負荷が少ない月に蓄熱効率が低下する事例があり、蓄放熱量の運用改善により効率が向上する余地が残されている。
- ・ピーク電力削減を目的として東日本大震災後に意図的に運転パターンを変更した事例があった。

本実測のデータのみで全建物の傾向を把握するには件数が少なすぎるが、実際に運用されている建物のエネルギー消費実態を知る上で貴重なデータである。今後も同様の実測を行い、データ数が増えることで、建物のエネルギー消費実態とその動向が把握できると考えられる。

