

Cx事例3 (既存・継続)

大阪中央病院のコミッショニングの取り組み と運転管理者の役割



関西電力 高松紅美子(BSCA・CxTE)

アレフネット 西 勇樹(BSCA・CxTE)

MIDファシリティマネジメント 中道広行(BSCA・CxTE)

1. プロジェクトの概要
2. 調査フェーズ(初期)の業務
 - BEMSデータ分析・不具合抽出
3. 調査フェーズ(詳細)の業務
 - 3.1 現場調査
 - 3.2 仮設計測設置・現場実験
 - 3.3 対策案の提示
4. 対策実施フェーズの業務と運転管理者の役割
 - 4.1 第1Step 運転者による対策実施
 - 4.2 第2Step 自動化対策
 - 4.3 Cxプロセスにおける運転管理者の役割

1. プロジェクトの概要

関西電力 高松紅美子(BSCA・CxTE)

プロジェクトの体制

➤ 関西電力

- ・ ビル管理を行うMIDファシリティマネジメント (グループ会社) 及び調査・分析業務を担えるアレフネット (関連会社)と連携し、顧客サービスとして既存建物のコミッショニングを実施

➤ MIDファシリティマネジメント(MIDFM)

- ・ エネルギーマネジメントを通じてお客さまの事業推進に貢献する
- ・ 運用Cx (継続Cx) でお客さまへのサービス向上によるビル管理業務の高度化を目指す

➤ アレフネット

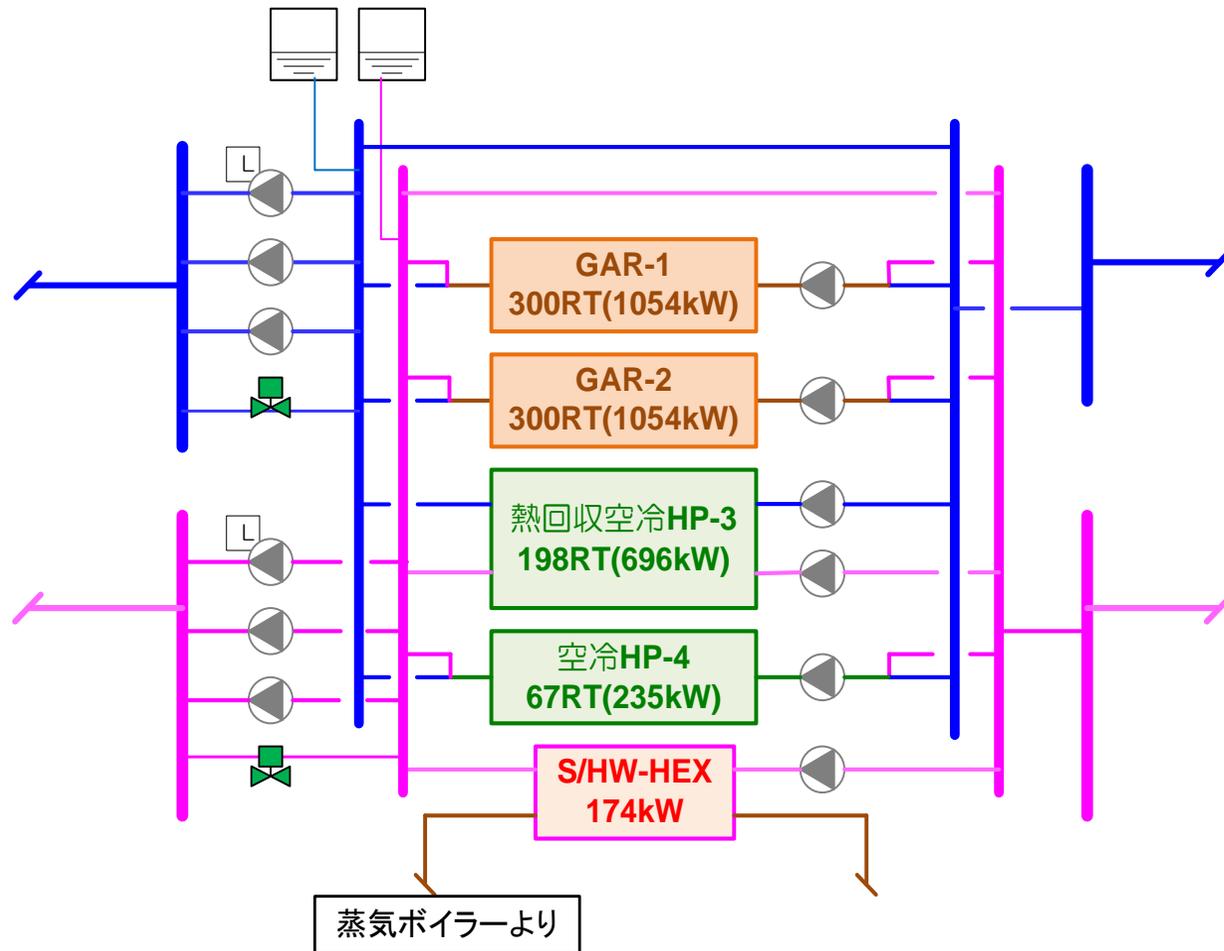
- ・ CxPE 1名、CxTE 3名をもち、CxF(Cx事業者) 登録を活かしたCxビジネスの実績作り



関西電力・MIDファシリティマネジメント・アレフネットで、
既存建物のCxを実践 → 大阪中央病院

大阪中央病院の概要・Cx対象設備

- 主要用途：医療機関
- 延床面積：22,857 m²，地上13階・地下2階
- 主なCx対象設備：熱源設備・冷温水搬送設備



Cx実施スケジュール (2014年1月～2016年3月)

時期とフェーズ	実施内容	<報告者>
<p>2014.1～4 調査フェーズ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ BEMSデータ分析・不具合抽出 ○ 現場詳細調査 ○ 仮設計測設置・現場実験と対策実施提案 	<p>関西電力 高松</p> <p>アレフネット 西</p>
<p>2014.5～ 2016.3 対策実施 フェーズ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2014.5～2015.5 <第1Step> 運転者による対策実施 ○ 2015.6～2016.3 <第2Step> 自動化制御工事と 性能検証 	<p>MIDFM 中道</p>

Cx実施スケジュール(1) 調査フェーズ (2014.3～2015.3)

➤ 2014.3～4 不具合検知及び改善対策の検討

[主な作業]

- ・ データ分析
 - 過去1年間のBEMSデータ(1時間)
- ・ 現場計測及びデータ収集
 - 仮設計測・ロガー装置の設置 (2014.4から1年間)
- ・ 現状把握のための実機操作による試験の実施
- ・ 不具合改善対策案の策定

➤ 2014.5～2015.3 運転者による対策実施

[主な作業]

- ・ 対策案に基づく現地操作 → MID
- ・ データ分析(BEMS及び仮設計測器)・アドバイス → 関電・アレフ
- ・ 定期報告、性能検証報告書 (調査フェーズ) 作成 → 関電

Cx実施スケジュール(2) 対策実施フェーズ(2015.4~2016.3)

➤ 2014.4~5 発注準備・発注

[主な作業]

- ・ 実施フェーズ発注仕様書作成
- ・ 性能検証仕様書(対策実施フェーズ)の作成
- ・ 対策発注

➤ 2014.5~6 対策実施

[主な作業]

- ・ 冷温水搬送設備の省エネ改善（自動制御工事）

➤ 2014.7~2016.3 確認試験・継続性能検証

[主な作業]

- ・ 性能検証会議の開催
- ・ 確認試験、継続性能検証実施

Cx実施体制

➤ **オーナー**：大阪中央病院

➤ **CMT (Commissioning Manegent Team)**

メンバー	BSCA資格・登録	所属
高松紅美子	CxTE (CA)	関西電力 (CxF)
松尾 浩	CxPE	アレフネット (CxF)
西 勇樹	CxTE	
松下直幹	CxTE	
中道広行	CxTE	MIDファシリティマネジメント

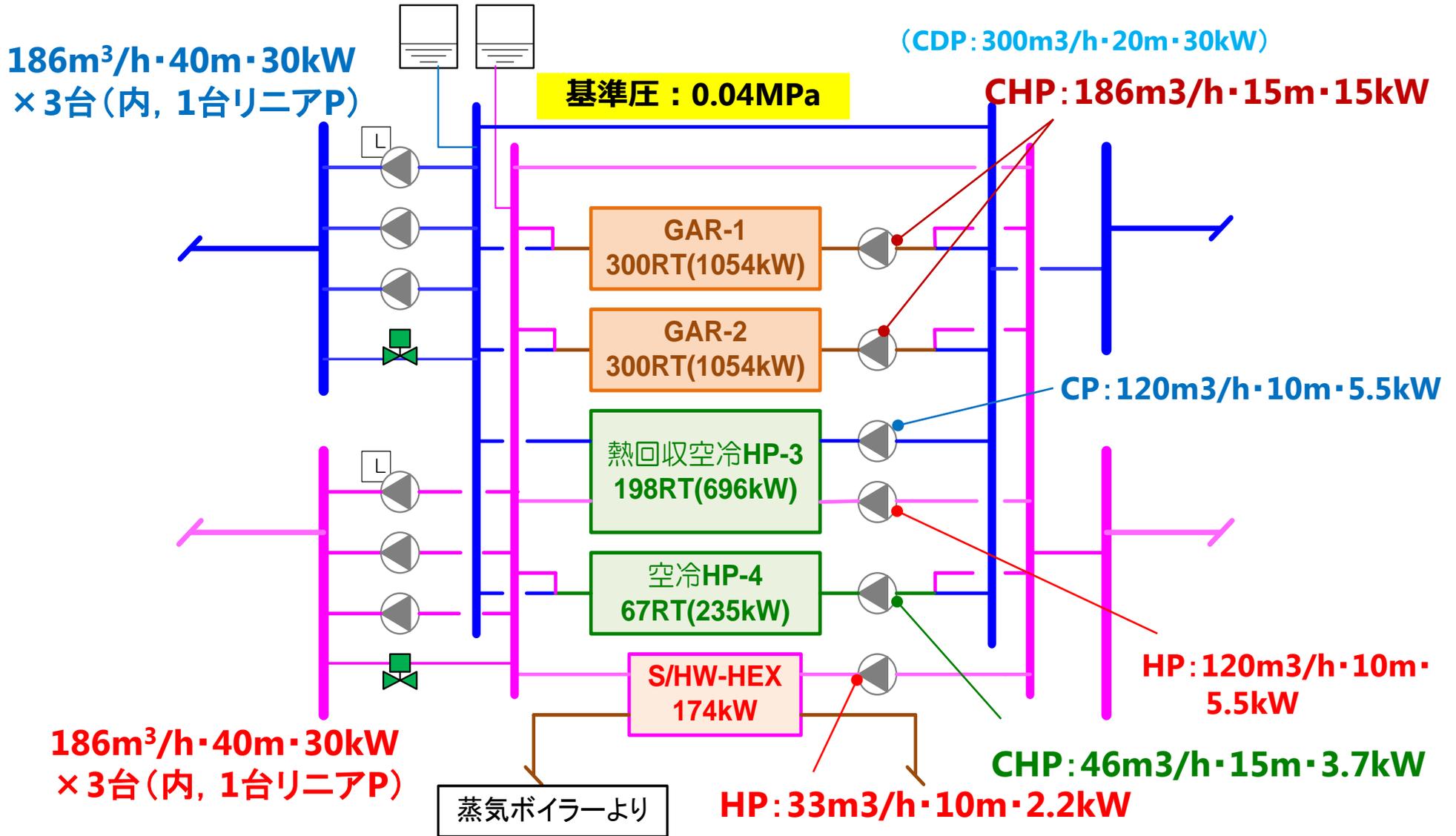
➤ **他Cx関係者**

- ・ 施工者 (BEMS・自動制御)：アレフネット (CxF)
- ・ 運転管理者：MIDファシリティマネジメント
- ・ オブザーバ：関西電力 (CxF)

2. 調査フェーズ(初期)の業務 BEMSデータ分析・不具合抽出

関西電力 高松紅美子(BSCA・CxTE)

熱源設備概要



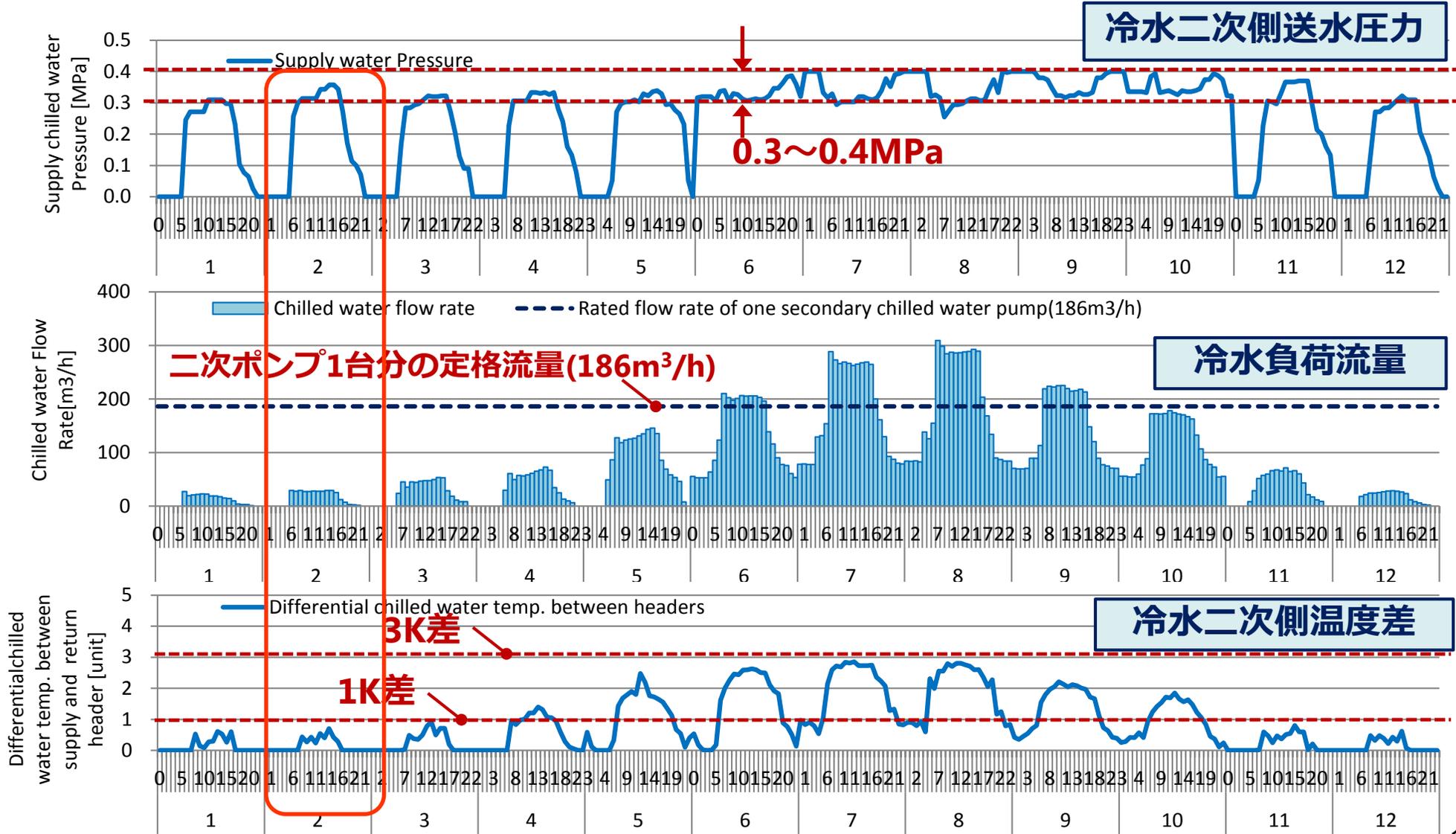
熱源運転状況（2012.12月～2013.11 BEMSデータより）

冷水	時刻																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
冬期								空冷HP4																
夏期	空冷HP4							GAR 1台										空冷HP4		空冷HP4				
中間期								空冷HP4 or GAR1台																

温水	時刻																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
冬期	HEX							GAR 1台				GAR 1台										HEX		
夏期								HEX																
中間期	HEX				GAR 1台																			HEX

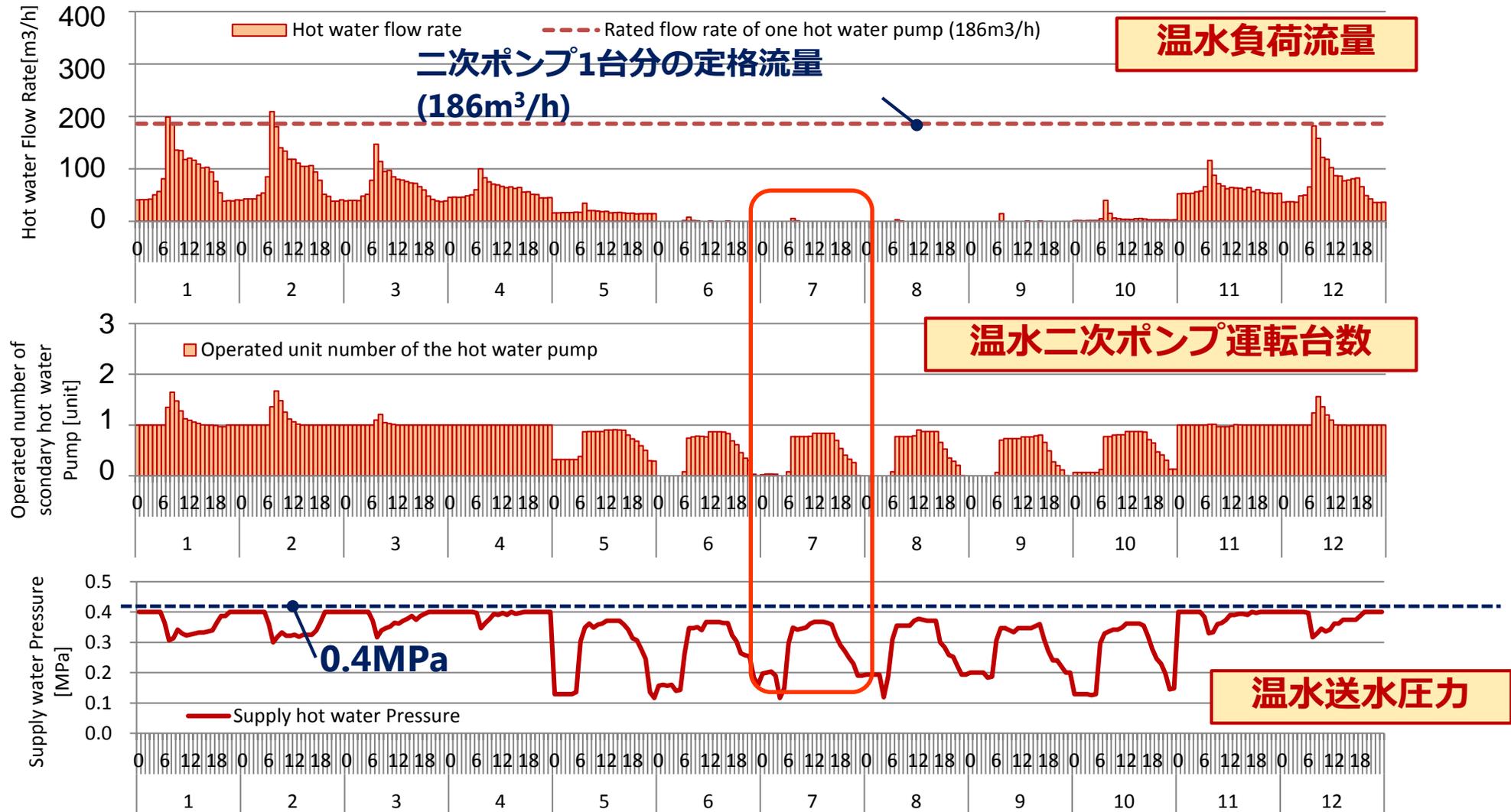
- 冷房については、低負荷時には空冷HP4、高負荷時にはGARを運転。
- 暖房については、低負荷時はHEX、高負荷時にはGARを運転。

【不具合】 送水圧力過多・過流量 → リニアP正常に機能しているのか？



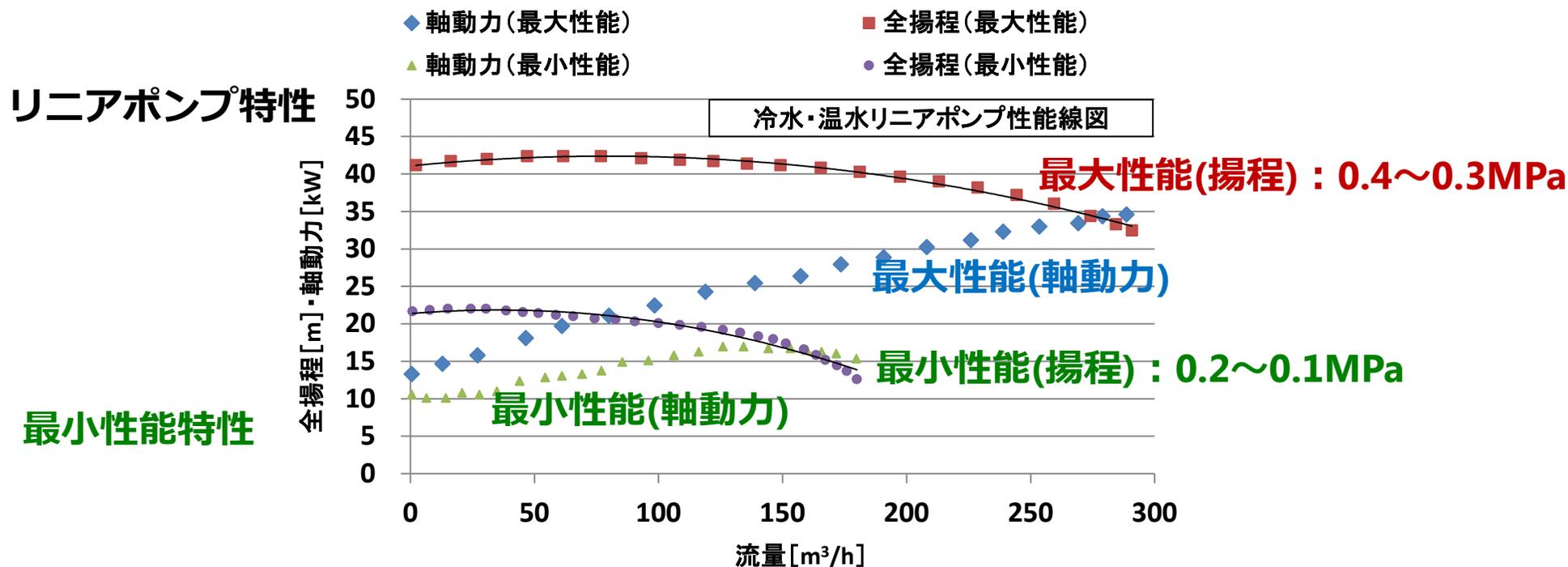
BEMSデータによる不具合抽出 典型的な過流量問題(温水)

【不具合2】 送水圧力過多→リニアP機能は作動してるか？



BEMSデータの分析から想定される課題整理

- 1) 冷水・温水系統とも二次側送水圧力過多・過流量の状態である。
- 2) 冷水・温水二次ポンプのリニアポンプには、本体側の制御設定または、ポンプ本体の不具合が発生している可能性がある。
→ 低負荷流量域であるにもかかわらず、最小性能で運転されない。



3. 調査フェーズ(詳細)の業務

アレフネット 西 勇樹(BSCA・CxTE)



3.1 現場調査

現場調査(1) 概要

- 既存のBEMSデータ分析から予想される課題（前出）
 - ・ 冷水・温水搬送系に問題があることが明らかとなった。
 - ・ 二次側の送水圧力過多・過流量
 - ・ リニアポンプ制御が不適切もしくは機械的な不具合の可能性
 - 現場調査の視点
 - ・ 配管ルート各所の圧力値、各所手動弁の開度状態の確認
 - ・ バイパス制御弁の制御設定の確認
 - ・ リニアポンプ制御設定とメカニカル動作の確認
(High-Lowの切り換えり圧力ポイント値・正常切換するかの確認)
- 
- ・ CMTが確認のための試験操作手順を作成
 - ・ ビル運転者に対して、「試験目的」と「操作時の安全性」を説明すると共に、実際の操作を依頼（運用しながらの試験）

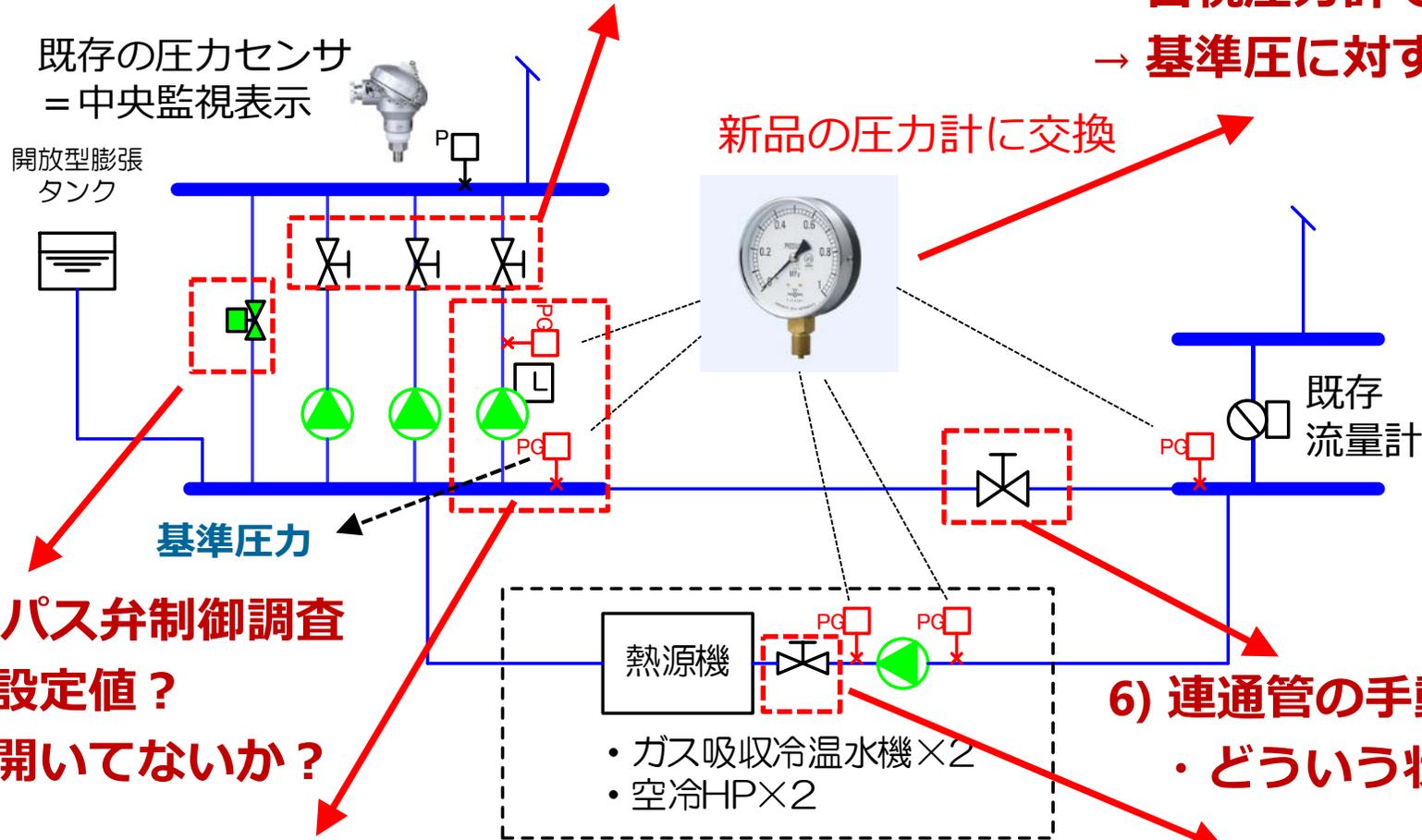
現場調査(2) 具体的な実施内容

2) 二次ポンプ手動弁開度調査

- ・ 絞りすぎてないか？

1) 配管各所の圧力調査

- 目視圧力計で確認
- 基準圧に対する差圧確認



3) バイパス弁制御調査

- ・ 圧力設定値？
- ・ 常時開いてないか？

4) リニアポンプの制御状態の確認

- ・ “H-L”の自動切換圧力の設定？

6) 連通管の手動弁開度調査

- ・ どのような状態か？

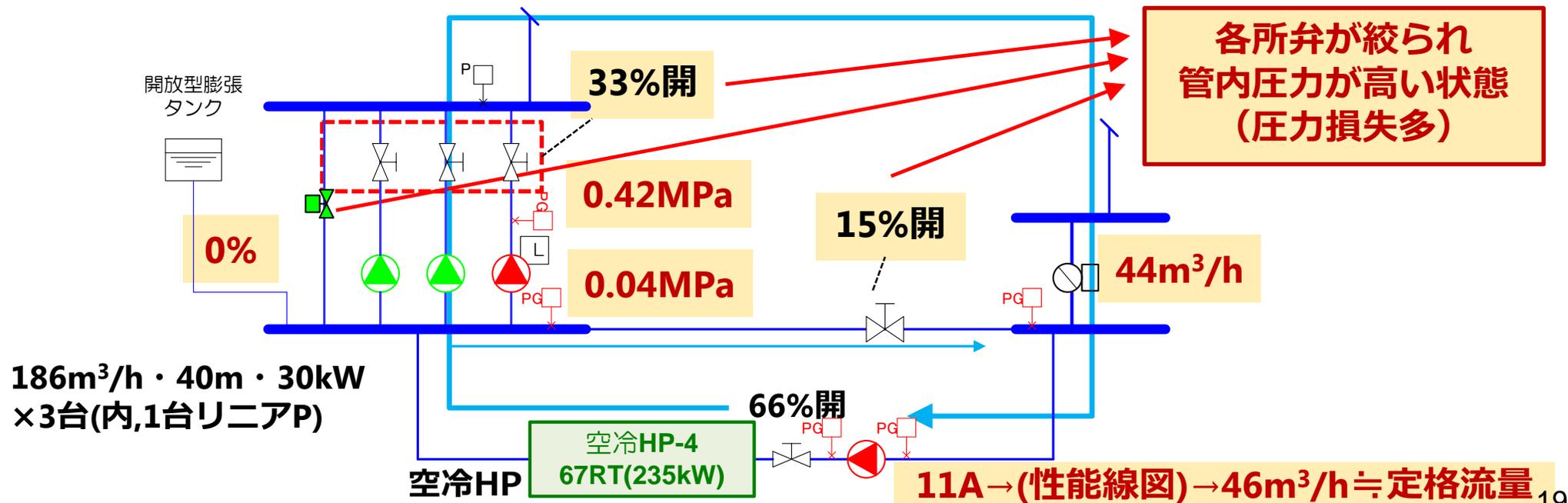
5) 一次ポンプ手動弁開度調査

- ・ 適切な開度か？

現場調査(3) 冷水系統調査結果 (調査日: 2014.3.11)

【冷水系統】

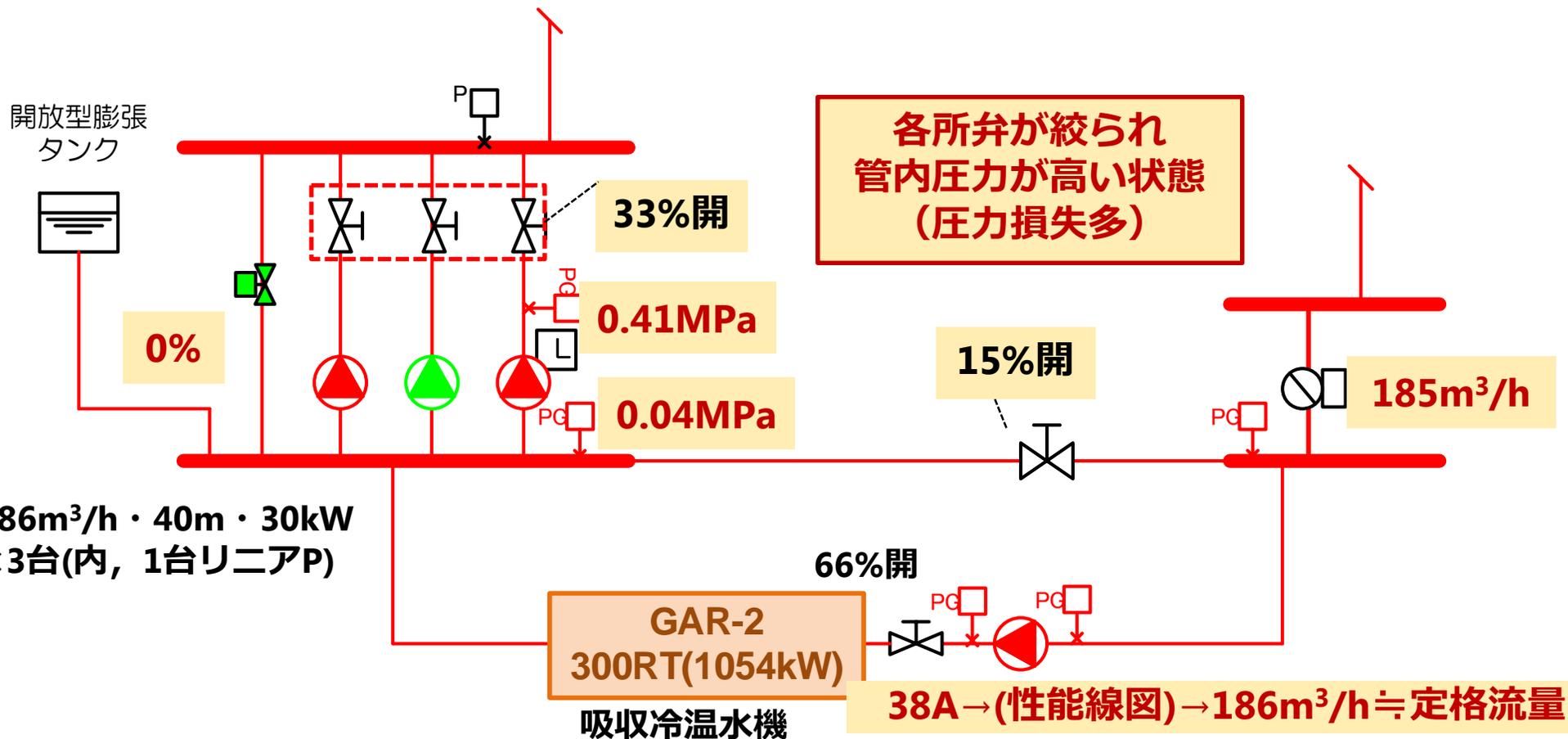
- 二次側流量が極少 (二次ポンプ1本分の25%以下の流量)であった
 - しかし、リニアポンプ最大性能側(H側)であり、ポンプ全揚程 40mもある
- 二次ポンプ手動弁が、かなり絞られている → 大きな弁圧損有り
- 連通管弁が15%に絞られている → 還ヘッドにバイパスしすぎて熱源運転が不安定になったことによる処置と考えられる
- 冷水のリニアポンプが、L側(最小性能側)に移行しないメカニカルな故障を発見



現場調査(4) 温水系統調査結果 (調査日: 2014.3.11)

【温水系統】

- 基本的に、冷水系統とほぼ同じ不具合の状況である
- 負荷流量が、二次ポンプの1台分だが、2台運転している

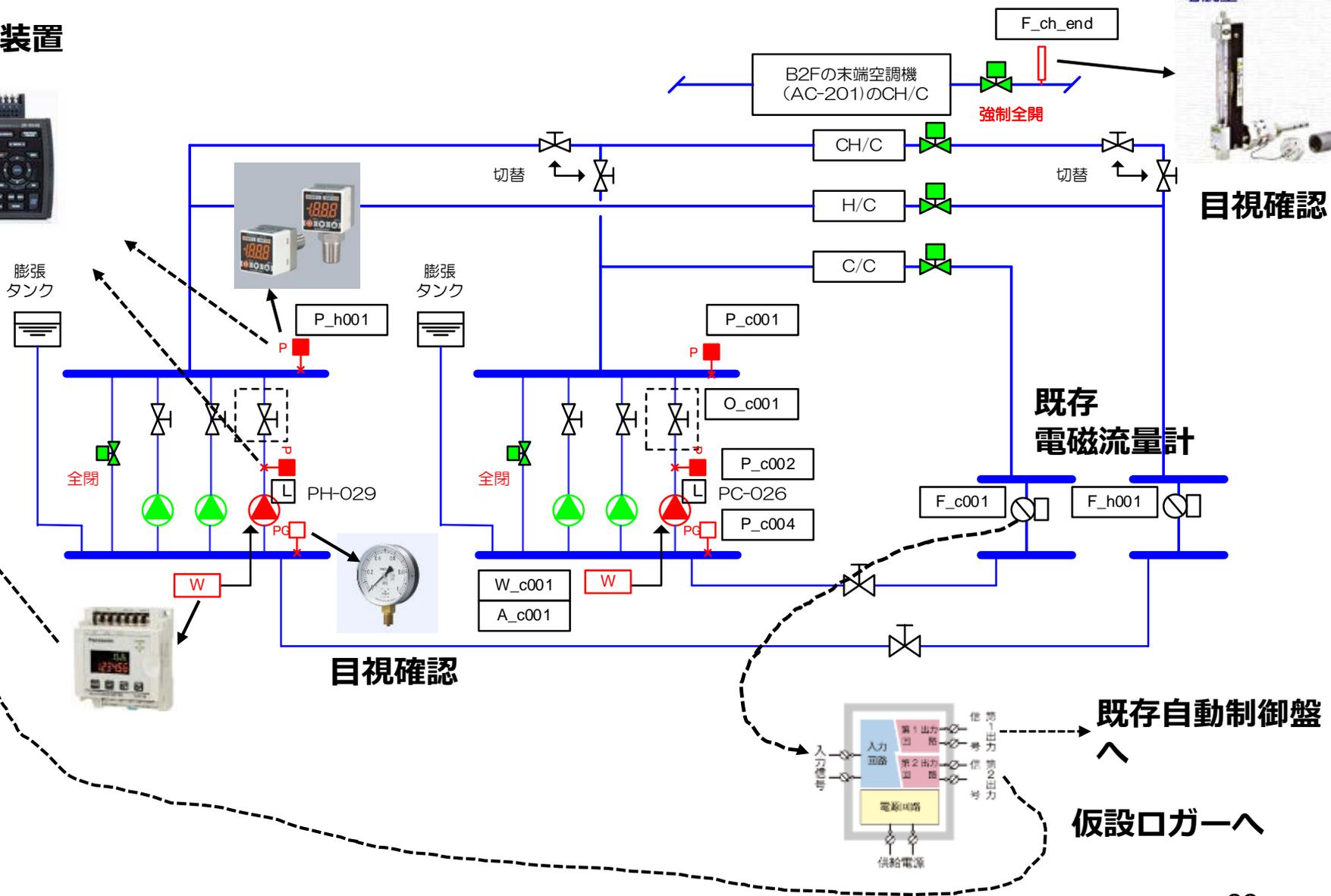




3.2 仮設計測器設置・現場実験

仮設計測器・データロガー装置の設置

仮設ロガー装置



着脱型

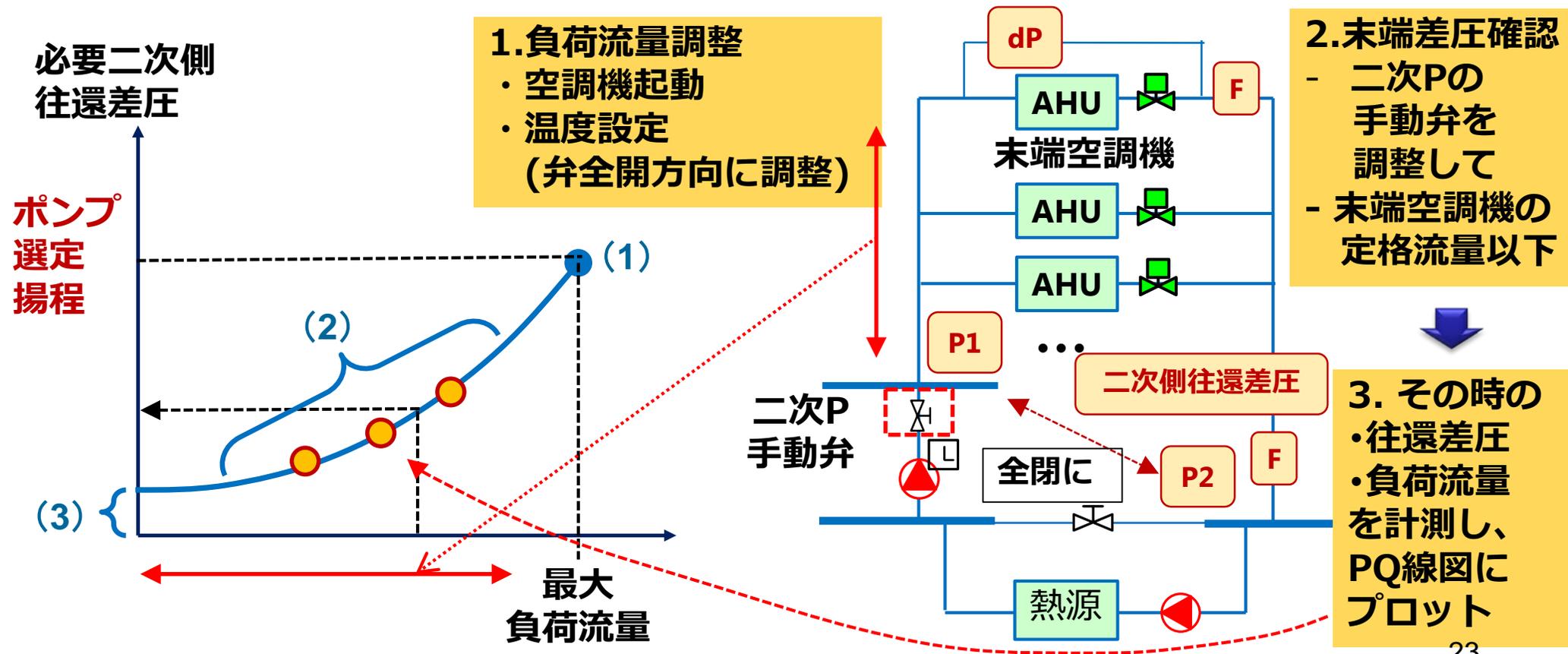


目視確認

ポンプ必要揚程圧力・流量等確認実験(1) 概要

【実験の目的】

- 1) 最大負荷流量時に必要な二次側往還差圧(ポンプ全揚程)の確認
- 2) 負荷流量帯別の必要最小限の二次側往還差圧の確認
- 3) 一次ポンプ余剰圧力活用の可能性 (=二次ポンプ無し運転) の確認

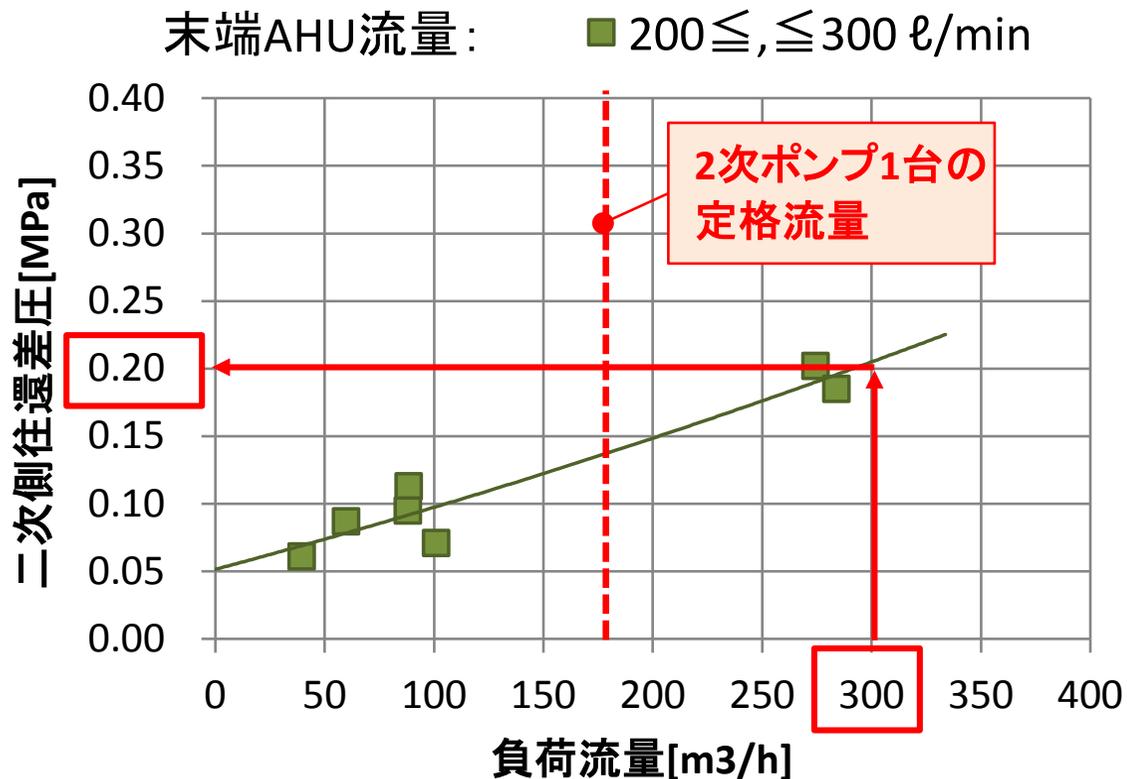


ポンプ必要揚程圧力・流量等確認実験(2) 結果-1

- 実績最大流量時(約300m³/h)でも必要なポンプ揚程は0.2MPa程度
→ **ポンプ揚程 0.4MPa(既存運用) は、圧力過多である**
- 二次P が3台設置なら適正サイズは、**冷 30→15kW、温30kW→11kW**
にダウンサイズ可能



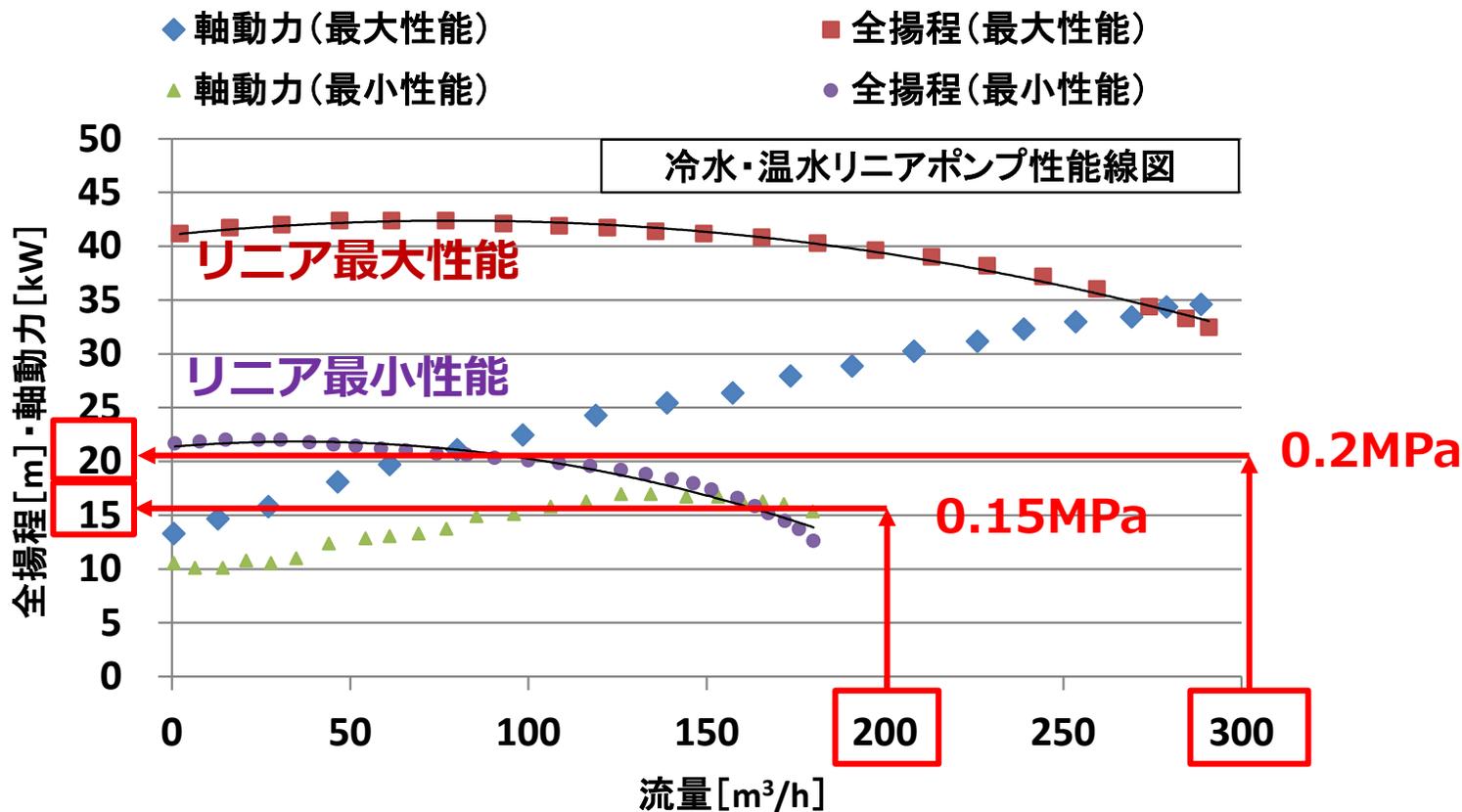
二次ポンプ吐出手動弁を調節し、末端空調機流量を定格流量以下に調整する様子



- 末端空調機の定格流量: 219 ℓ/min (実験は、常時ポンプ1台のみで送水)

ポンプ必要揚程圧力・流量等確認実験(3) 結果-2

- 実績最大流量時(約300m³/h) → 必要ポンプ揚程 : 0.20MPa
 - 負荷流量 200m³/h → 必要ポンプ揚程 : 0.15MPa
- 180m³/hまでは、リニア最小性能、
それ以上はリニア最大性能となるが、圧力過多になる

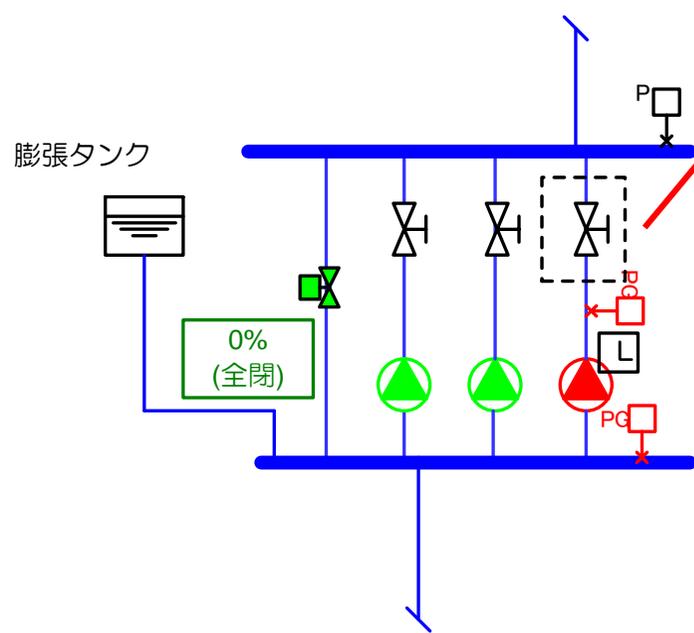
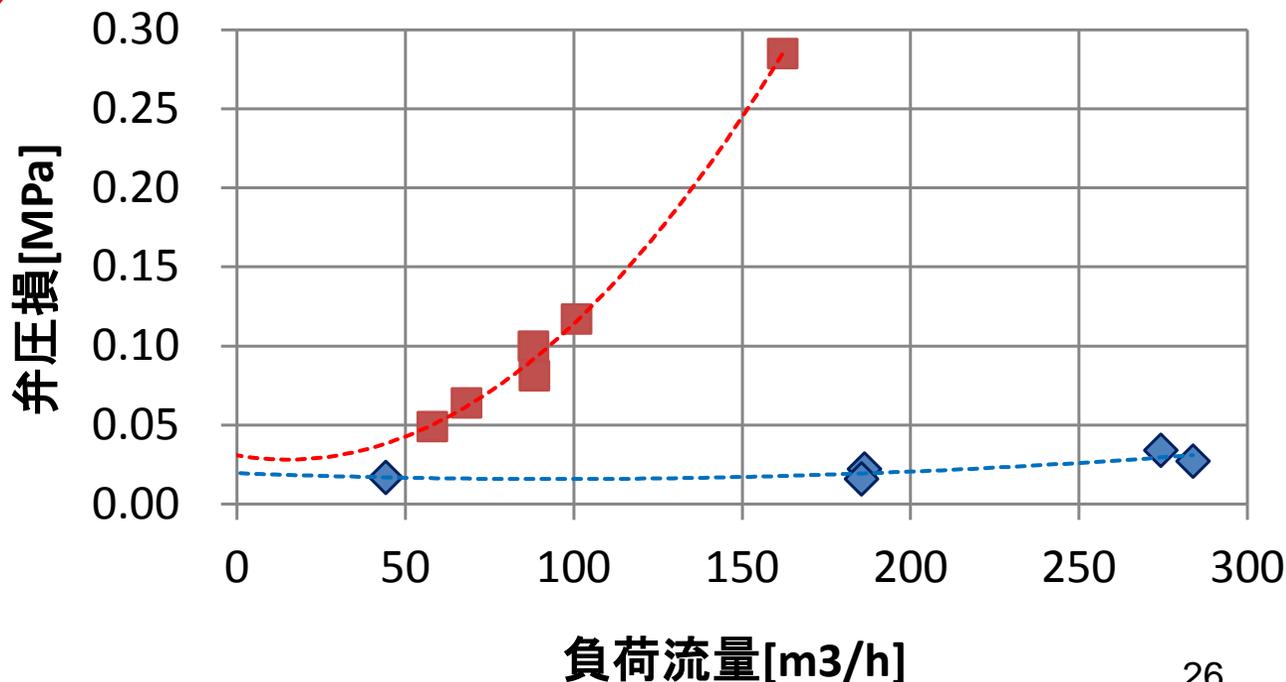


ポンプ必要揚程圧力・流量等確認実験(4) 結果-3

- 二次ポンプ吐出側手動弁開度別の負荷流量に対する弁圧損値の相関
 - ポンプ吐出側手動弁を50%に絞った状態で流量50m³/h以上になると、急激に弁圧損が上昇する
 - **弁開度を100%にし、ポンプをINVで調整することが望ましい。**

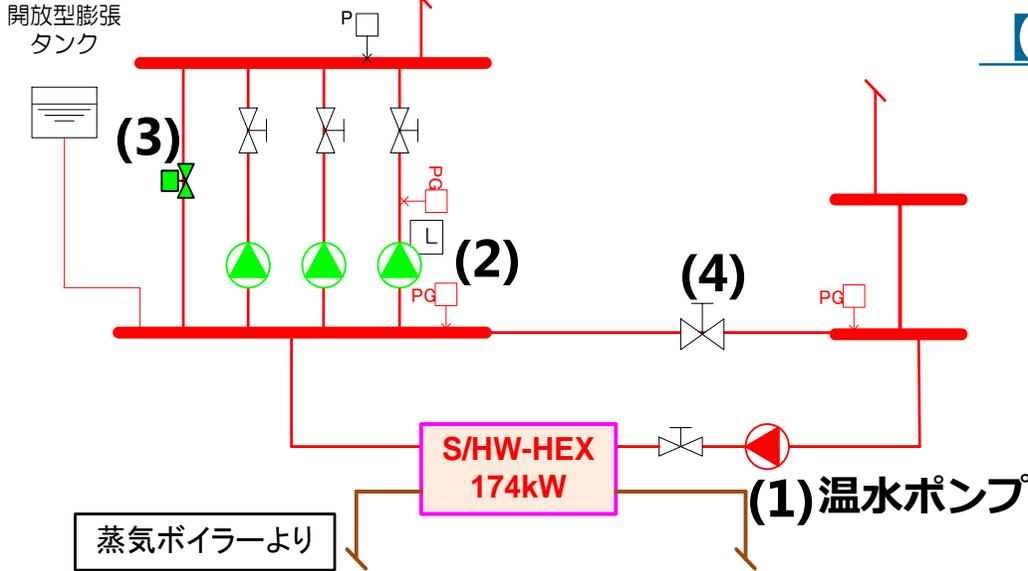
開度「100%時」と「50%時」の比較

◆ 吐出側手動弁全開時 ■ 吐出側手動弁50%開時



ポンプ必要揚程圧力・流量等確認実験(5) 結果-4

一次ポンプ余剰圧力活用の可能性の確認 (以下、実験パターン例)



【実験手順】

- (1) 蒸気-温水熱交換器の温水ポンプ起動
- (2) 二次ポンプ全停止
- (3) ヘッダ間バイパス弁 全開
- (4) 連通管手動弁

既存：15%開 → 実験：全閉

- 連通管手動弁15%開(既存)
- 連通管弁全閉

末端空調機の定格流量：
219 ℓ / min

【実験結果・結論】

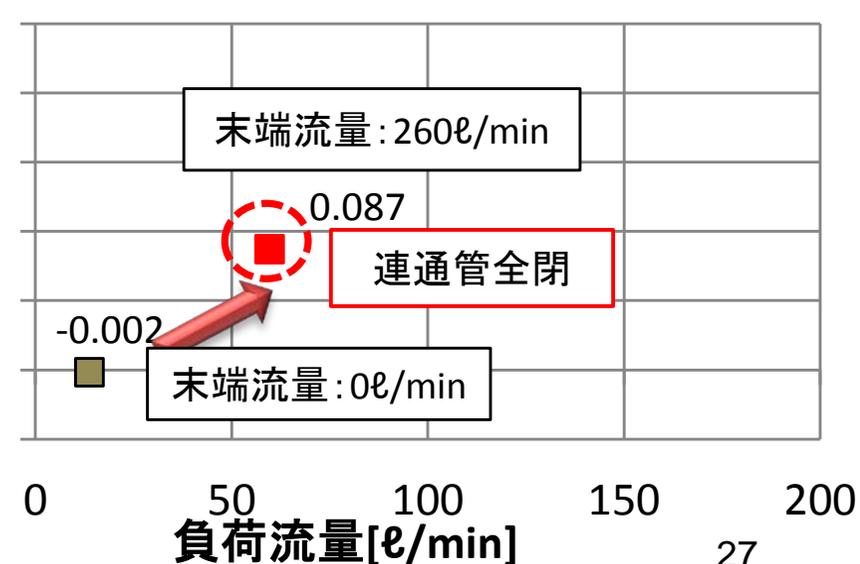
冷水、温水系とも、負荷流量 100m³/h 程度まで(低負荷時)は、

一次ポンプで二次側揚程も賄える

→ 温水系：夏・中間期は二次P完全不要

→ 冷水系：冷房中間期の一部は二次P不要

二次側往還差圧[MPa]
(0.05)





3.3 対策案の提示

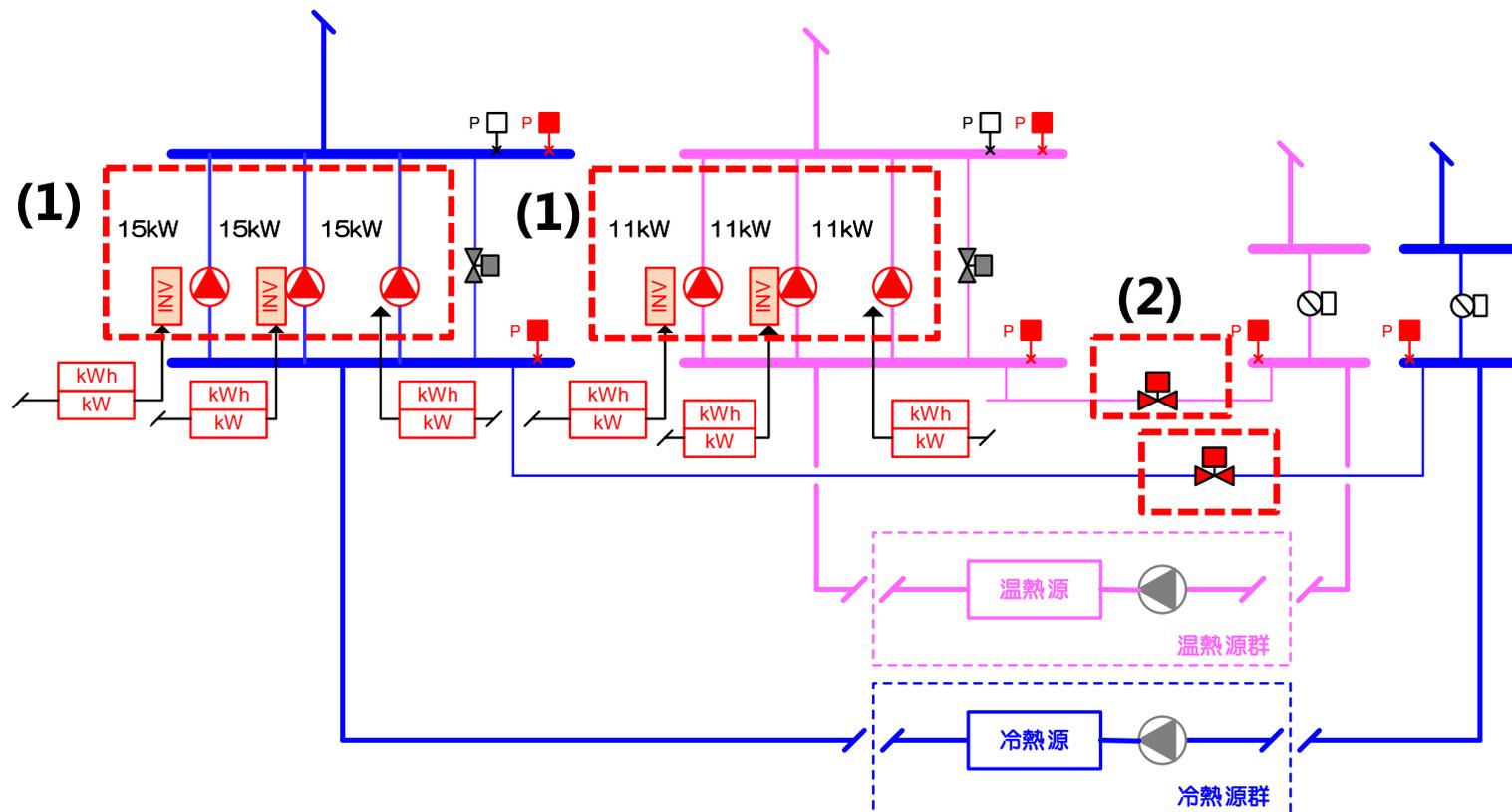
対策実施提案 (A案)

(1) 二次ポンプサイズの適正化 (小容量化) 更新

- ・ 冷水ポンプ 30kW → 15kW (内、2台INV化)
- ・ 温水ポンプ 30kW → 11kW (内、2台INV化)

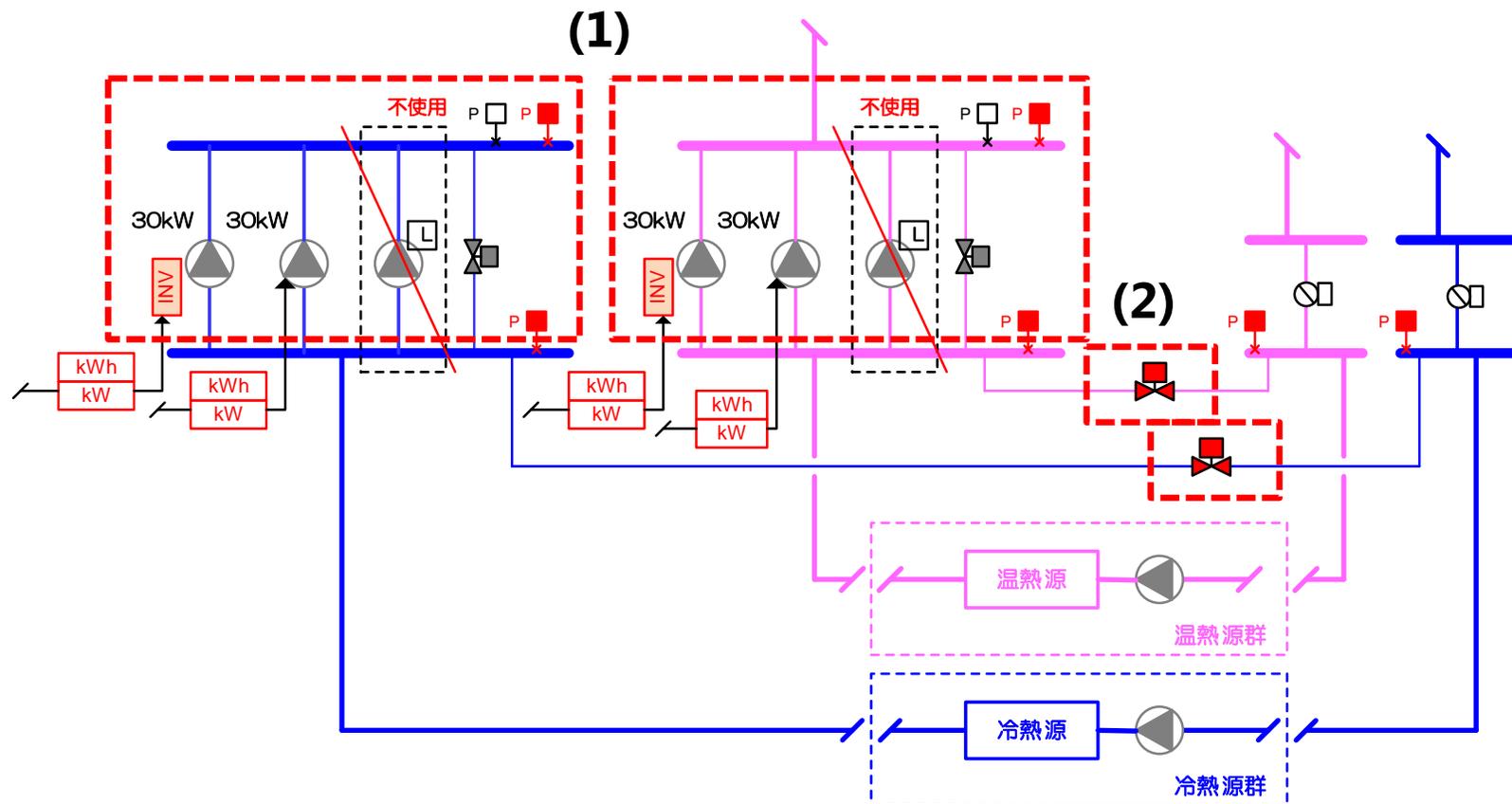
(2) 一次ポンプ余剰圧力を活用する制御の導入(連通管に制御弁を設置)

(3) BEMSを設置 (本計画では、Cx対象部分のみ将来は全面更新)



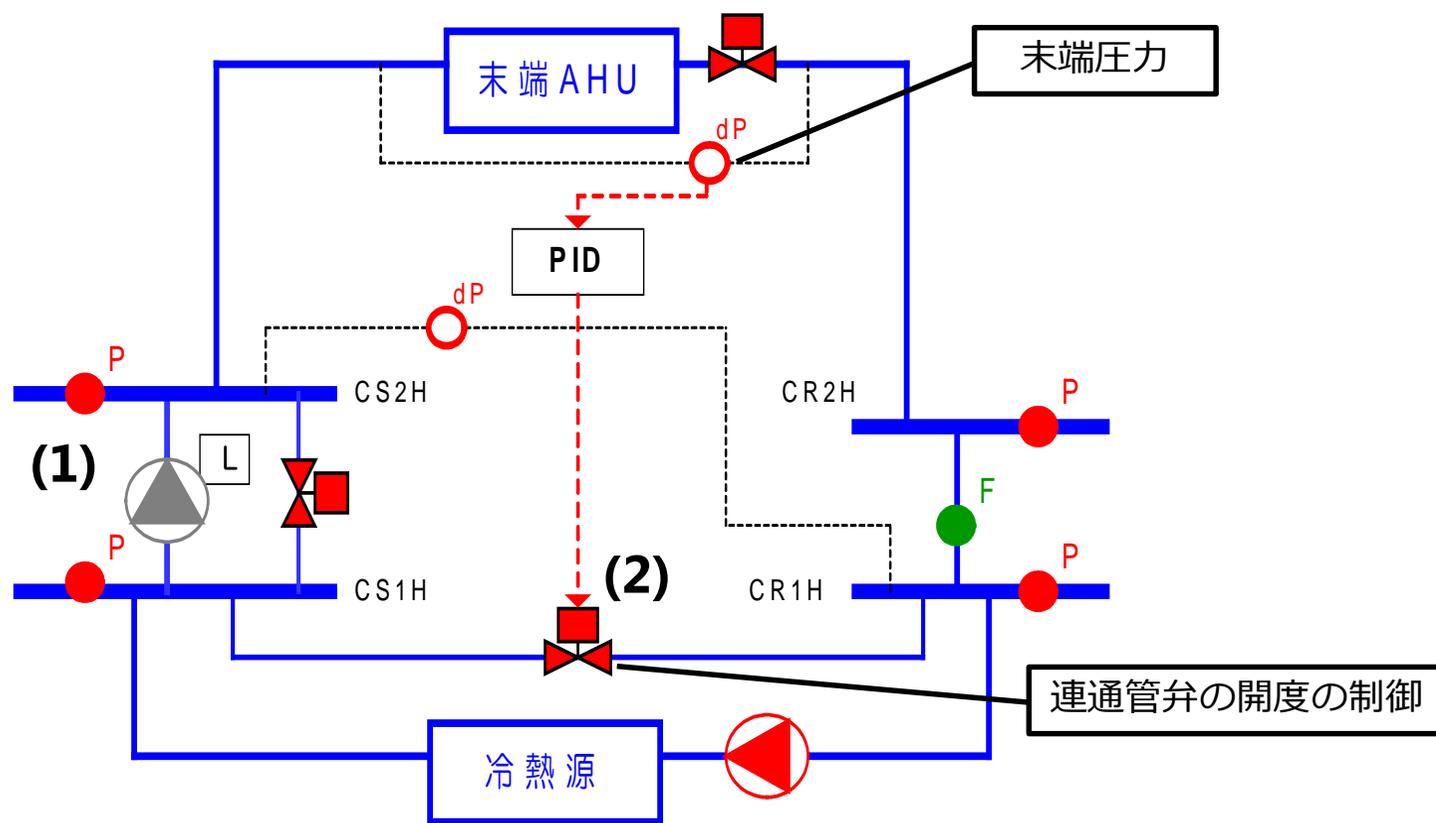
対策実施提案（B案）

- (1) 既存二次ポンプ1台にインバータ設置
- (2) 一次ポンプ余剰圧力を活用する制御の導入(連通管に制御弁を設置)
- (3) BEMSを設置（本計画では、Cx対象部分のみ将来は全面更新）



対策実施提案（C案）

- (1) 弁開けておき、リニアポンプ（常時低速or停止）で運用し、必要に応じて手動で高速にする。（運用による対応）
- (2) 末端圧力制御の導入（連通管に制御弁を設置）
- (3) BEMSを設置（本計画では、Cx対象部分のみ将来は全面更新）



4. 対策実施フェーズの業務と運転管理者の役割

MIDファシリティマネジメント 中道広行(BSCA・CxTE)

対策実施（2段階）

第1Step：運転者による対策実施（2014.5～2015.3）

- 1) 実験で得られた知見に基づく適正な運用方法の提示
(CMT_関電・アレフ)
- 2) 1)に基づく運転を実施 (運転員_MID)
- 3) 運転データ分析・不具合発生時の対策アドバイス(CMT)



第2Step：自動化対策（2015.6～2016.3）

- 1) 実施フェーズ発注仕様書の作成 (CMT)
 - ローコスト化・運転者の周知を図るため半自動システム
- 2) 対策実施業者の選定 → アレフネット C案を採用
- 3) 実運用・機能性能試験 (運転員・CMT)
- 4) 運転管理マニュアル作成 (運転員・CMT)

- 定期的な性能検証会議の開催し、性能確認・課題の解決

4.1 第1Step 運転者による対策実施 (2014.5~2015.3)

運転者による対策実施

【共通】

- ・ リニアポンプの吐出弁開度を100%開とする（弁圧損を無くす）
- ・ リニアポンプは、最小性能側（L側）に固定
 - ピーク負荷期は、リニアポンプを手動停止し、他ポンプで運用
- ・ 熱源運転台数は、冷水温度が12℃以上、温水温度が45℃以下にならないような台数にする（運転員が常に意識して判断する）

【冷水系】

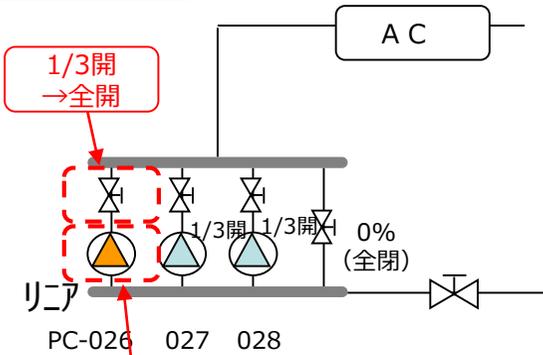
- ・ 連通管の弁は、従来通り「15%開」のまま運用し、熱源が流量不足にならない程度に、一次ポンプ余剰圧を活用
- ・ 二次ポンプは、原則リニアP(L側)の1台運転を心がける

【温水系】

- ・ 夏・中間期は、① 連通管の手動弁を全閉、② 二次ポンプを完全停止、③ ヘッダ間バイパス全開、とし、蒸気/温水HEXの温水ポンプで全揚程を賄う運転とする

二次冷温水ポンプおよびバルブの調整

対策内容



リアポンプ設定
「AUTO」→「MANUAL最小」

<対策内容>

- ◆二次側リアポンプのバルブ 1/3開→全開（弁圧損をなくす）
- ◆リアポンプの設定を「A U T O」から「M A N U A L 最小性能」に変更

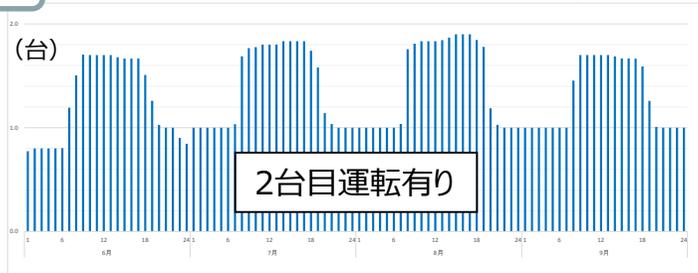
<結果>

- (1) 「最大性能」運転から「最小性能」運転へ。
- (2) 昨年は2台動いていたポンプが1台で運転するようになった。
省エネ効果 電気代▲77MWh（▲約30%） 光熱費▲1,400千円/年

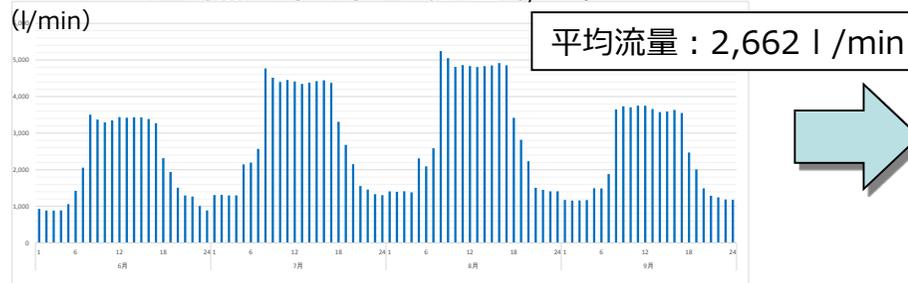
* <算出方法> (1) 二次側流量から「最小性能」「最大性能」のときの消費電力を算出して求めています。
二次ポンプ停止時（一次ポンプ余剰圧力）の消費電力は除いています。
(2) 昨年の2台目、3台目のポンプの運転時間にポンプ消費電力20kW（定格30kW）を掛けて算出しています。

対策前

<H25年度> 6月~9月 平均ポンプ運転台数 (台) (台)

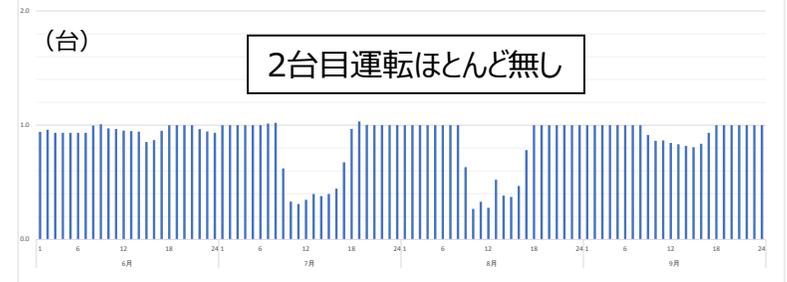


<H25年度> 6月~9月 二次側流量 (l/min)

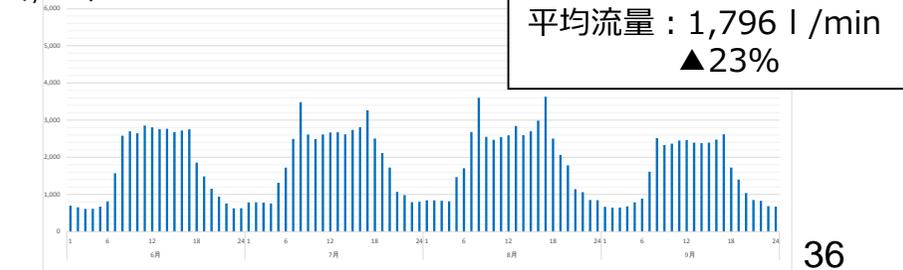


対策後

<H26年度> 6月~9月 平均ポンプ運転台数 (台) (l/min)



(l/min) <H26年度> 6月~9月 二次側流量 (l/min)

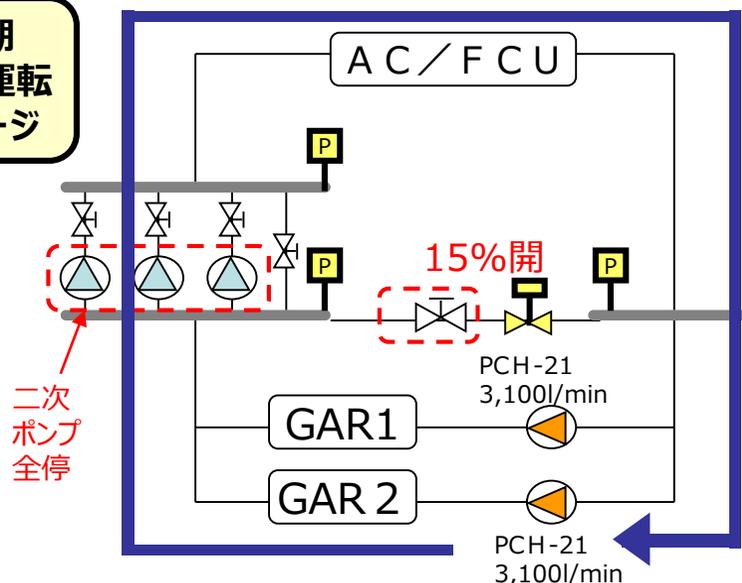


一次ポンプ余剰圧力活用運転（二次ポンプ停止）

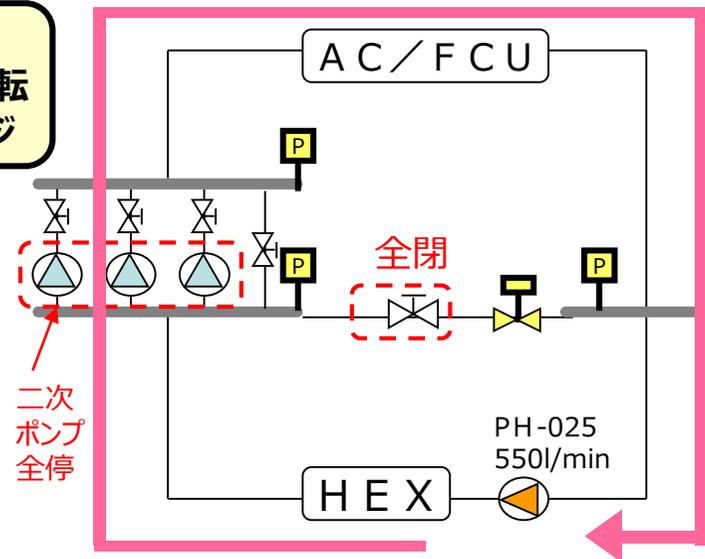
<対策内容>

- (夏期) 冷水運転：GAR 2台運転の際、一次ポンプのみで二次側流量が賄えるため二次ポンプを停止
- 温水運転：HEX 運転の際、一次ポンプのみで二次側流量が賄えるため二次ポンプを停止
- (冬期) 冷水運転：空冷HP4の際、一次ポンプのみで二次側流量が賄えるため二次ポンプを停止

夏期 冷水運転 イメージ



夏期 温水運転 イメージ



<結果>

省エネ効果 電気使用量 ▲38MWh デマンド 34kW
光熱費 ▲1,300千円/年

* <算出方法>

昨年と今年の二次側温水ポンプ(リニア)の運転時間の差に、消費電力を掛けて算出しています。

二次側冷水ポンプ消費電力 (PC-026) : 20kW(定格30kW)

二次側温水ポンプ消費電力 (PH-026) : 14kW(定格30kW)

4.2 第2Step 自動化対策 (2015.6~2016.3)

自動化実施の背景

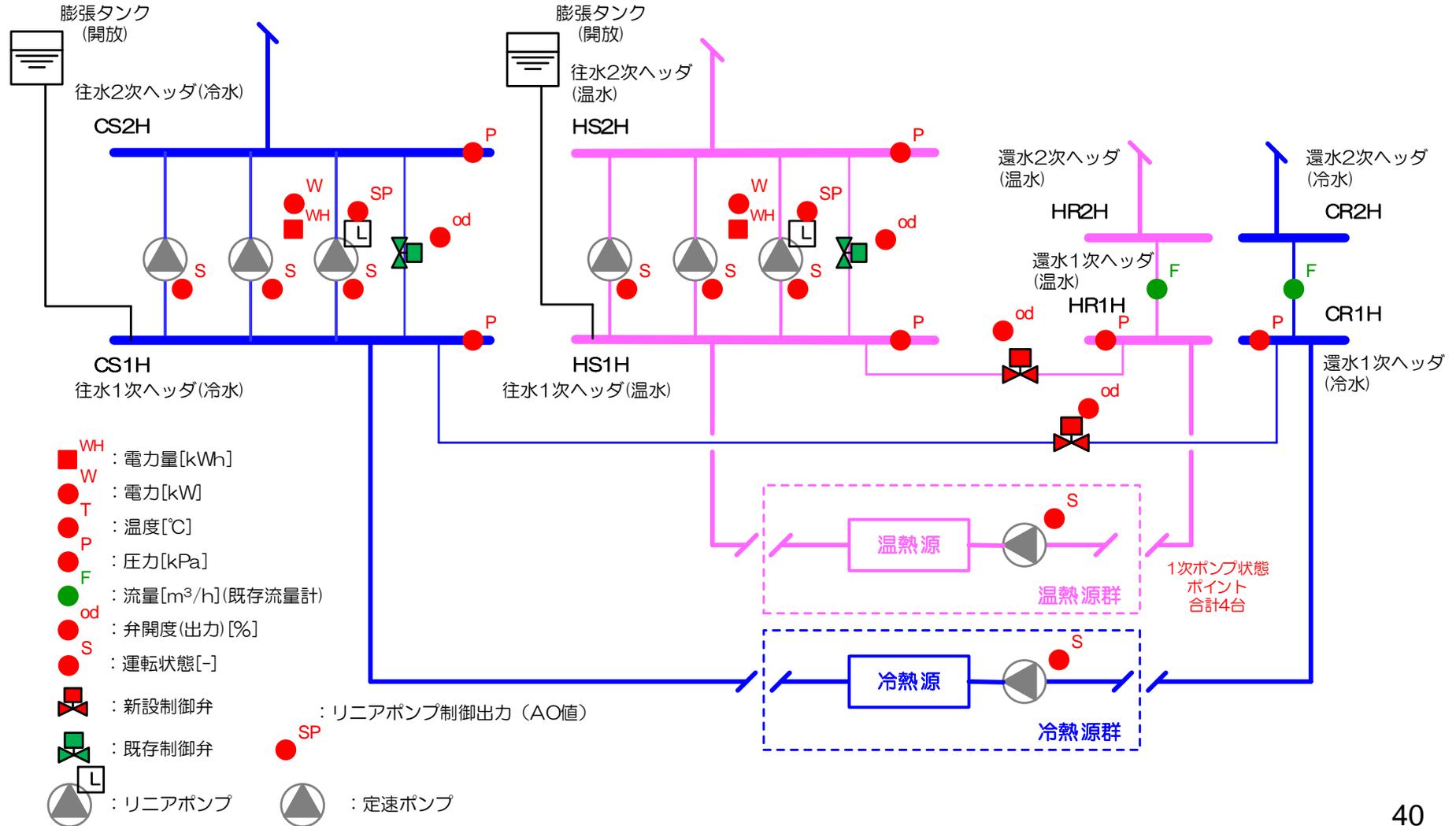
- ・ 第1ステップは、調査結果に基づいた運用を、運転員が日々手動で対応したが、実際にはこの労務に人件費がかかっている
- ・ 24時間中央監視に張り付いては見られない。
→ 一部でも自動化すれば、更なる効果が期待できる



- ・ このタイミングで、低容量のポンプに更新+インバータ化も検討したが、熱源更新機に一気に行うほうがよいと判断し、更新はしない
- ・ 制御は、二次ポンプ1台(リニア)のOn-Off制御(2台以上の運転は必要なし)、リニアポンプL-H自動切換、連通管制御弁による一次ポンプ余剰圧利用制御のみ導入する → **C案を採用**
- ・ 熱源運転台数は、第1Stepと同様、人による判断を継続
→ **半自動制御で、対策費を低減**
→ **Cx実施前(第1Stepの前)に対する効果で3年以内の償却を見込む**

新設BEMSの取り込み信号

- 今回は、搬送系廻りのみだが、その他既存の監視制御対象もこの新設BEMSに順次置き換えも可能



中央監視室の様子



性能検証会議の開催・審議内容

開催回	開催日	主な内容
第1回	2015年7月9日	キックオフ、導入後初期運用確認
第2回	2015年7月28日	初回性能検証・不具合対策
第3回	2015年8月19日	盛夏期性能検証
第4回	2015年9月30日	冷房主体中間期性能検証
第5回	2015年11月25日	暖房主体中間期性能検証
第6回	2016年1月25日	暖房ピーク期性能検証
第7回	2016年3月予定	全体レビュー

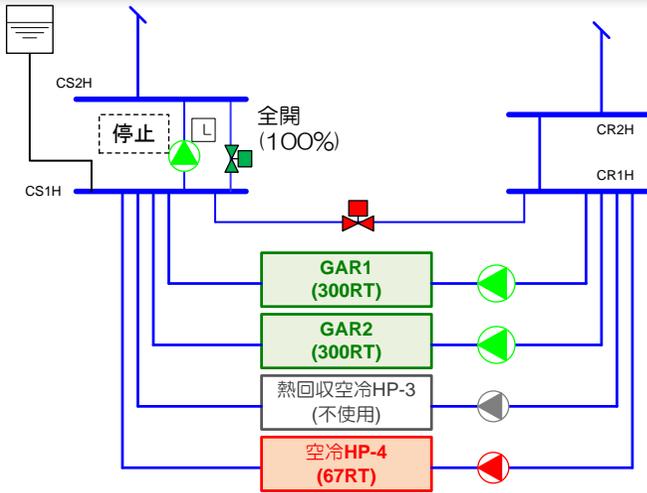


性能検証会議の様子
(BEMSを見ながら協議)

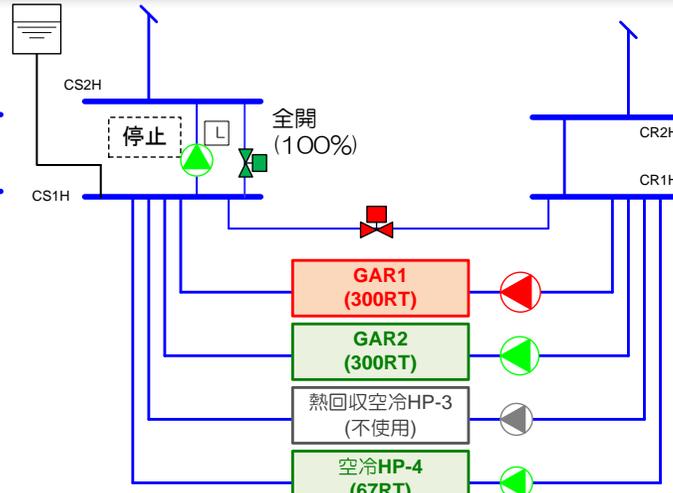
【性能検証会議の進め方】

1. 施工者報告：熱源システムの試運転調整・チューニング報告
2. CMT報告：運転分析結果・チューニング改善提案
3. 運転管理者報告：不具合報告・チューニング実施報告
4. 運用方針の検討：CMT・運転管理者・施工者で総合的に検討、状況に応じて制御プログラム改造

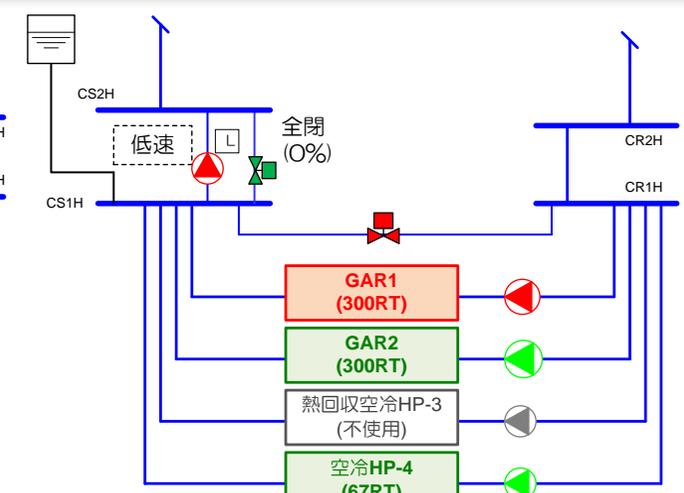
熱源・二次ポンプ運転台数の運用指針 (CMT→運転者)



Pattern1: 夜間運用



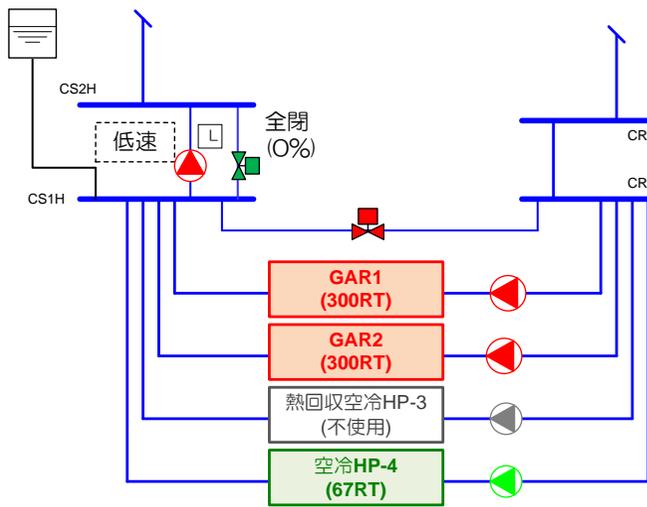
Pattern2: 低負荷用



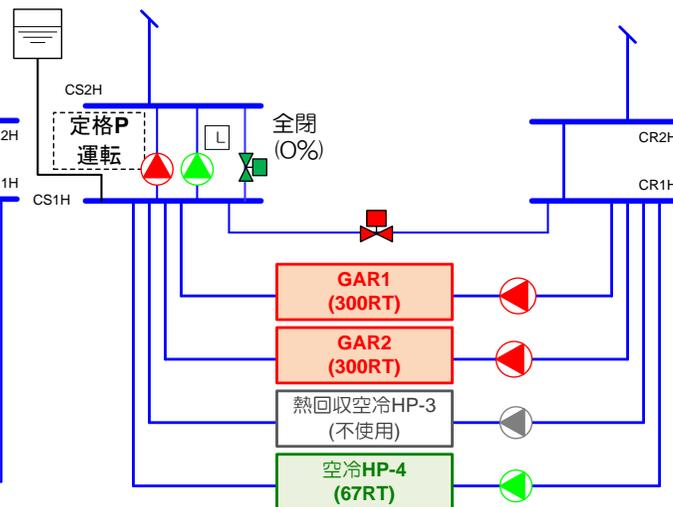
Pattern3: 中負荷運用

【運転パターン表(CMT提示)】

Pattern	末端差圧 (目安)	負荷流量 (目安)
1	30-50 kPa	50 m ³ /h以下
2		50-120 m ³ /h
3		120-200 m ³ /h
4		200-280 m ³ /h
5		280 m ³ /h以上

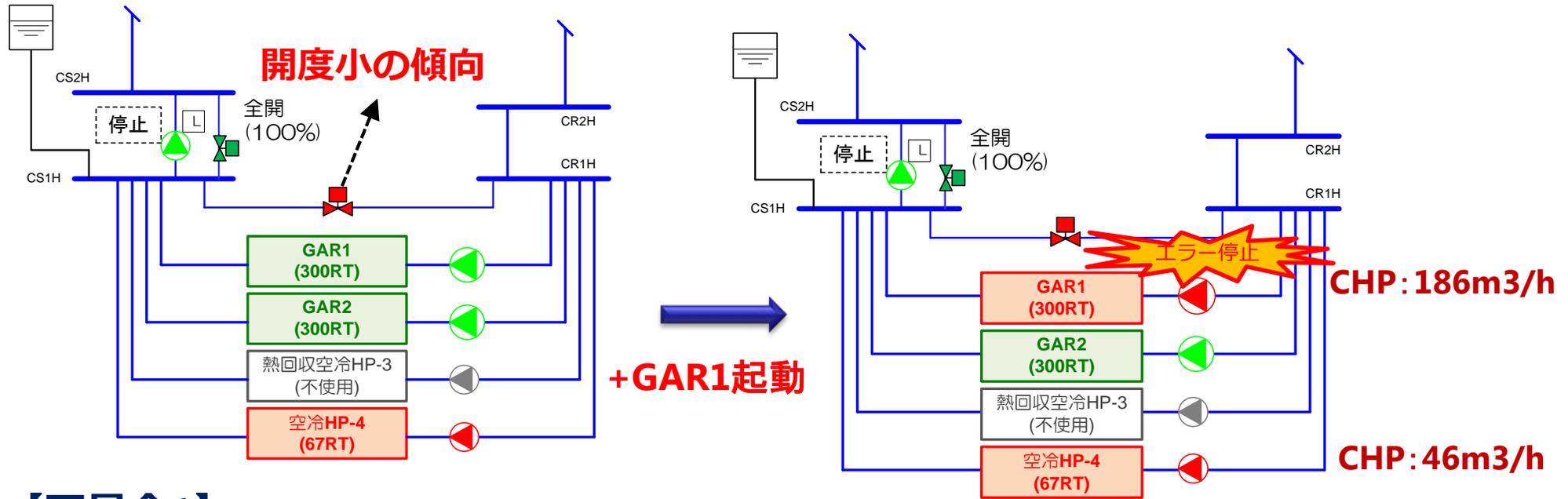


Pattern4: 高負荷用



Pattern5: ピーク負荷用

自動制御の不具合対応(1) GARの流量低下エラー停止回避対策



【不具合1】

- 1) 小熱源(空冷HP-4) 1台運転で連通管弁開度極小(絞り状態でほぼ全閉時)の状態
- 2) 容量の大きいGAR1を起動すると、糞詰まりとなり流量低下(定格流量の約50%)でエラー停止する → 連通管弁の開度調整が追いつかず流量低エラーが発生

【対策】

- ・ 熱源発停操作は、既存監視盤から行うので、その操作の前に、新設監視盤の画面で、連通管弁を一旦100%開を設定時間維持する処理を行う釦を設け、その操作をしてから、熱源起動するように改造した。

自動制御の不具合対応(2)

【その他】

- ・ さまざまな状況に迅速に対応できるコントローラを設置



➤ 運転員の運用や機能性能試験の結果、明らかとなった課題に対しプログラム変更が容易にできる。

→ **Cxをするには重要な要素**

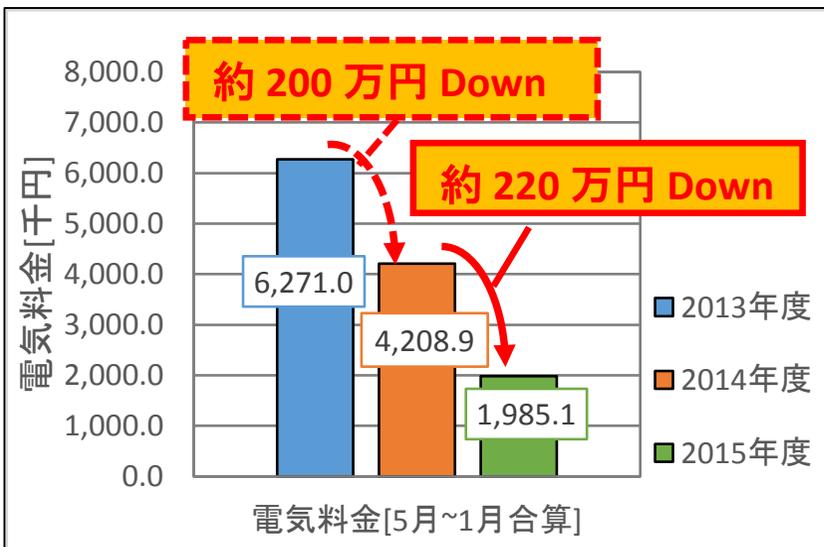
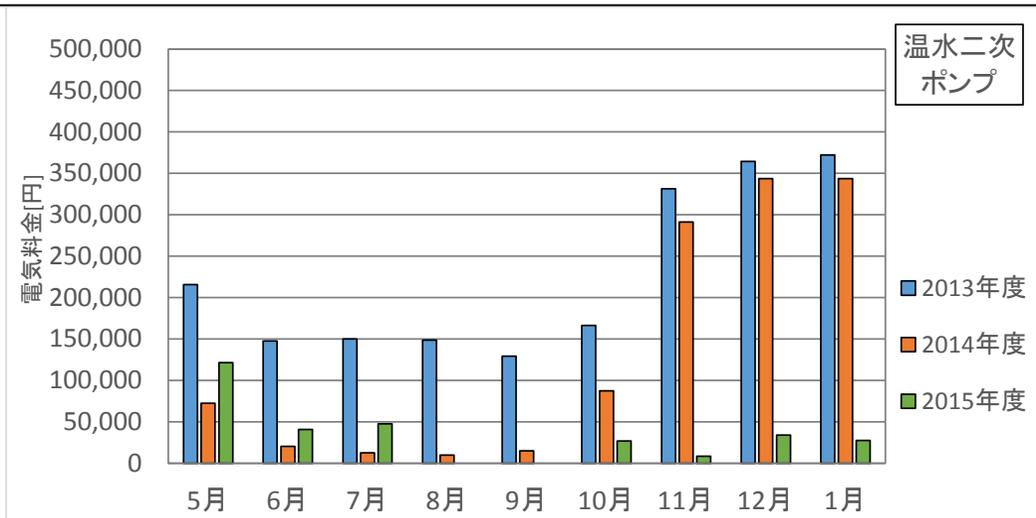
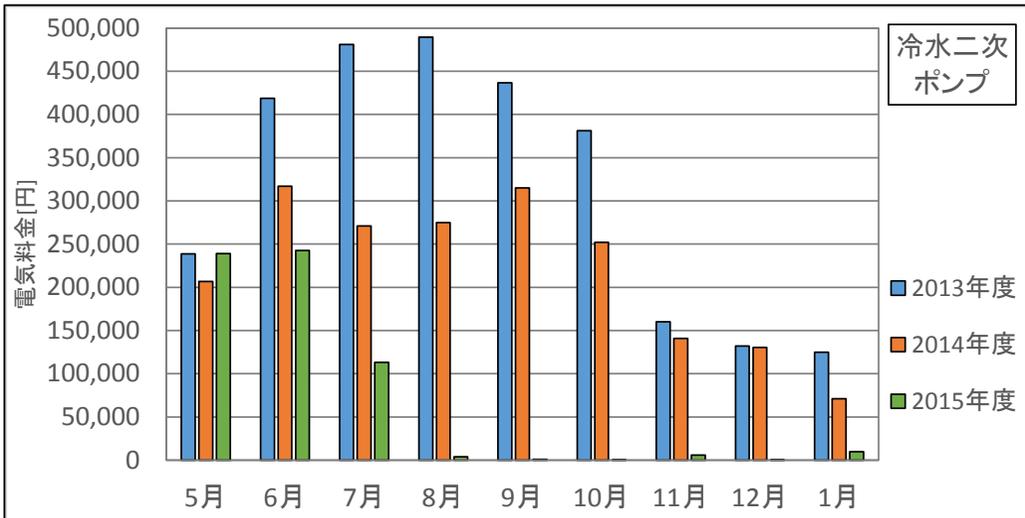
- 制御コントローラは、

PLC(Programmable Logic Controller)

- 制御プログラムをモジュール化して作成

省工ネ効果

・ 搬送設備の省工ネ効果（電気料金）



電気料金 (千円)	二次ポンプ		一次ポンプ				合計値
	冷水	温水	HEX	GAR 1・2	空冷 HP3	空冷 HP4	
2013年度	2,659.5	2,302.1	25.2	1,133.8	0.2	150.2	6,271.0
2014年度	2,068.0	1,201.7	0.4	681.1	120.4	137.2	4,208.9
2015年度	723.7	227.7	81.2	832.4	0.1	120.1	1,985.1

<算出方法>年度ごとの総運転時間に定格電力を掛けて消費電力量を算出しています。

*1 15円/kWhとして電気料金を算出しています。

4.3 Cxプロセスにおける運転管理者の役割

既存建物（病院）における省エネ実現のハードルと姿勢

- **“省エネ = 我慢”のイメージあり医療現場には受け入れられにくい**
省エネは暑さや寒さの我慢、消灯（暗い）というイメージがあり、患者さまへの精神的、身体的影響を懸念し、医療現場には受け入れられにくい
- **“省エネ < 院内環境の維持、向上”**
医療施設として必要な温湿度、空気清浄度の確保が大前提であり、その上での省エネには制約が多い



- **確実な省エネ効果の発揮には、継続的な検証が必要**
医療施設の特異性を理解した上で、適切な省エネ対策を作成すると共に省エネ対策が確実に効果を発揮するよう、日々のチューニングを行うことが重要である。ただし、その中で起こりうる予期せぬトラブルへの即応体制は必要である。

大阪中央病院が成果をあげられた要因

- 1. オーナー（病院）が省エネ推進に積極的に取り組まれてること**
 - ・ 建物竣工後15年以上経過した事から、設計当初からの情勢変化に合わせた最適運用のニーズがあった
- 2. 検証プロセスをCxチーム（関電のグループ企業）で取組めたこと**
 - ・ Cxチームをエネルギー、コミッショニング、運転管理のそれぞれの立場のメンバーで構成したことにより、実現性の高い対策を実施し、継続的な検証が可能であった
- 3. Cxチームに管理会社を入れたこと**
 - ・ 運転管理者がCxプロセスを理解し、運転変更におけるチェックポイントの把握と不具合発生時の素早い対応が可能であった

居住環境に制約が多い既存建物でCxを成功させるには、Cxを理解した運転管理者の参加が効果的である

→ Cx導入によるビル管理業務の高度化へ

終