

ENEX2002

ビルのエネルギーマネジメント BEMS

2002.2.01

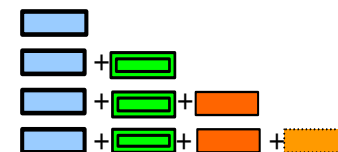
NESTEC

中原信生

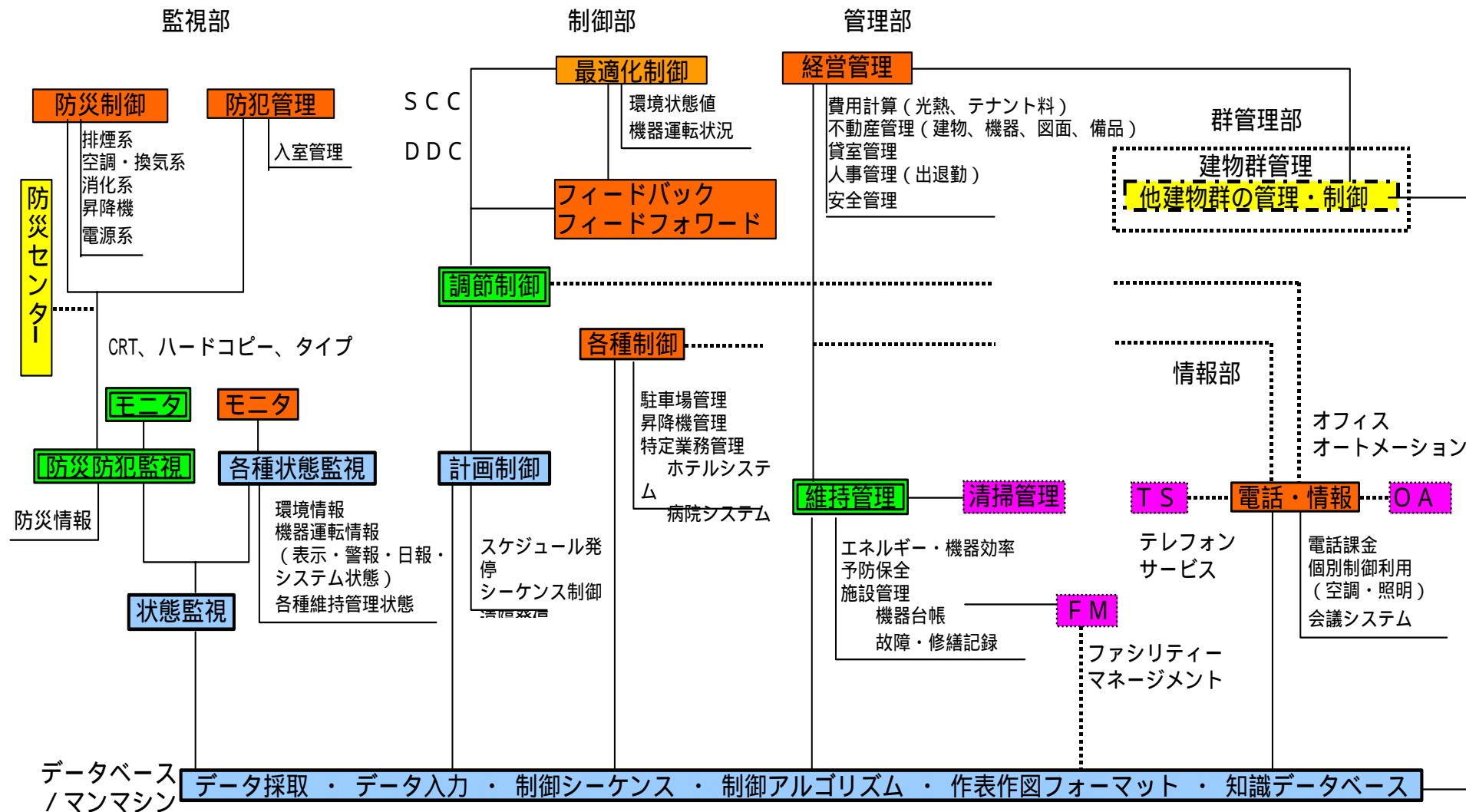
BEMSとは

- BEMS (ビル・エネルギー管理システム)
 - Building and Energy Management System
- BEEMS (ビル・環境・エネルギー管理システム)
 - Building, Environment and Energy Management System
- BA(ビルオートメーション)
 - Building Automation
- BACS(ビルオートメーション・制御システム)
 - Building Automation and Control Systems

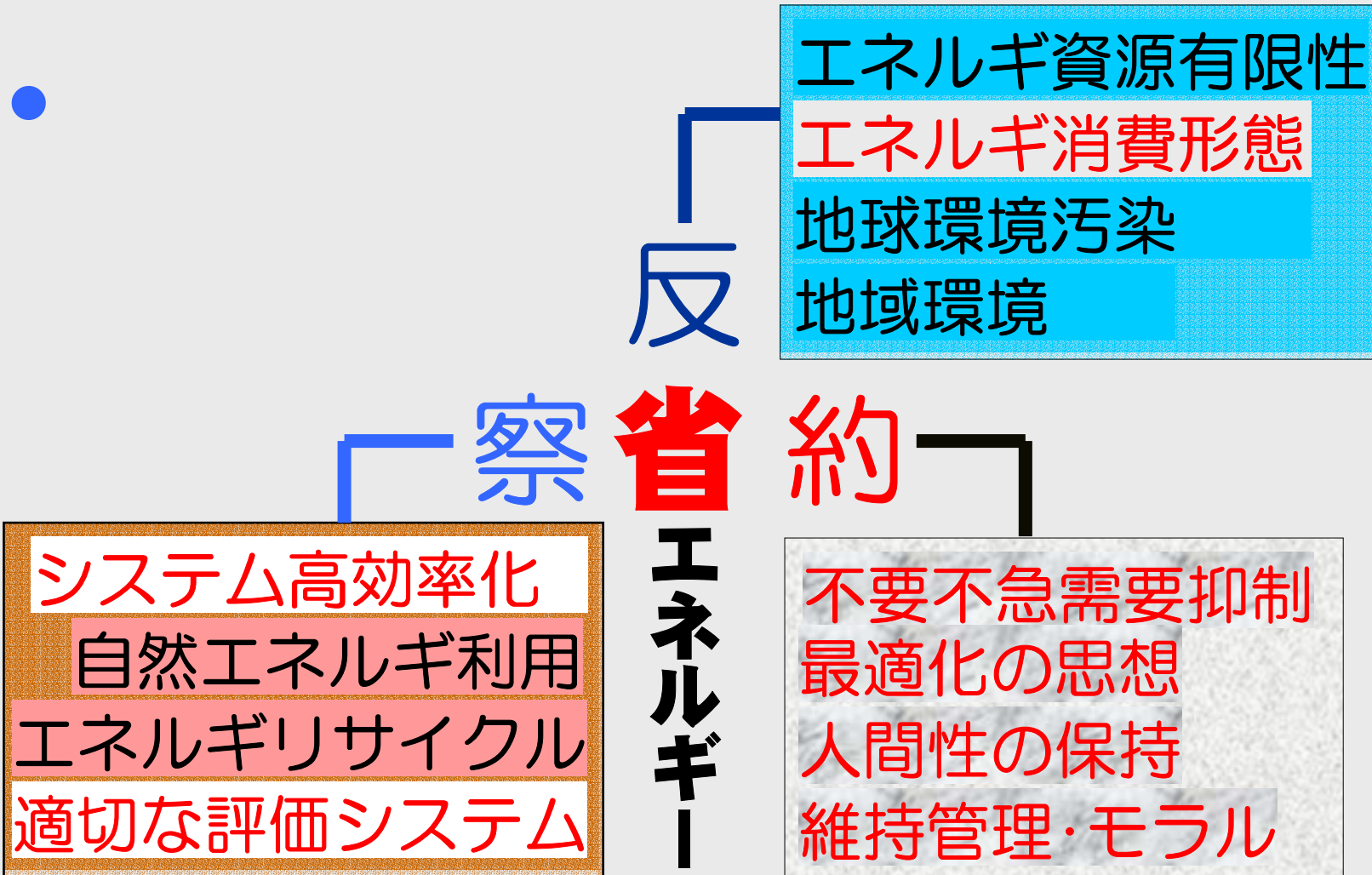
BEMSの構成と階層



基本BEMS
拡張BEMS
高級BEMS
統合化BEMS



省エネルギーの意義



エネルギー管理の規制と制度

- **省エネ法**

- ・ エネルギー管理士(工場のみ)
- ・ エネルギー管理員(一部ビルも)
- ・ 建築主の判断基準(PAL/CEC)

- **管理指標**としてのPAL/CECの
適性

- ・ 実績からの立証が極めて困難
- ・ 義務づけ制度の不在

ビルエネルギー管理への動向

- データ収集・分析
 - ・ 学会・大学・管理協会・調査機関
- BEMS調査・研究(IEA/Annex・学協会)
- ビル管理関連資格制定
 - ・ 環境衛生・建築設備検査(国家資格)
 - ・ 設備診断・総合管理技術者(協会資格)
- エネルギー管理者資格制定の動向
- 性能診断・故障診断の研究活動
- BEMS設置・コミッシング推進の趨勢

将来のビル設備管理技術者像

- 職業的誇り・価値観の醸成
- 高度な技術分野、設計分野と対等
 - ➡ 若・壮年層への魅力ある職場
 - ➡ 定年前後の専門職再就職の場としての活用
- 専門的訓練、教育システムと結合
- ファシリテーターマネージ部門、ビル管理者への強い権限付与

BEMS活用ビル管理によるビルシステムの省エネルギー性の検証と向上

- レトロコミッショニングの早急な展開
- 政策的展開の必要性
 - ビル管理技術者の大掛かりな養成とレトロコミッショニングに対する補助金政策または国家事業
 - 民生省エネの定量的国家目標の設定
 - 定年引退エキスパートの講師活用
 - 実年・若年失業者への教育と職場提供
 - コミッショニング職能資格の国家認定
 - 大学建築等教育での保守管理・マネージメントコースの充実
- ビル設備に対するトップランナー方式の導入
 - (エネルギーと室内環境の両面評価)

National Project: Rebuild America

連邦ビルのコミッショニングにより2005年までに
1985年レベルから30%エネルギー消費量を削減

1992年エネルギー施策条例, 1994年施行令

- 協力体制の組織化
- ベースラインと可能性を確立
 - 高価神話の追放
 - オーナーの認識高揚
- 高品質な性能検証業務推進
- Continuous Commissioningの重視

Continuous Commissioning / Rebuild America

Texas A&M University System 実績例 (NCBC 1998)

建物用途	延床面積	単純 償却年数	年間 節約額(%)
	(m2)		
Medical	12,000	0.1	46
Medical	37,300	1	19
Office	10,200	1.6	11
Office	9,900	0.4	23
School	6,200	1.4	29

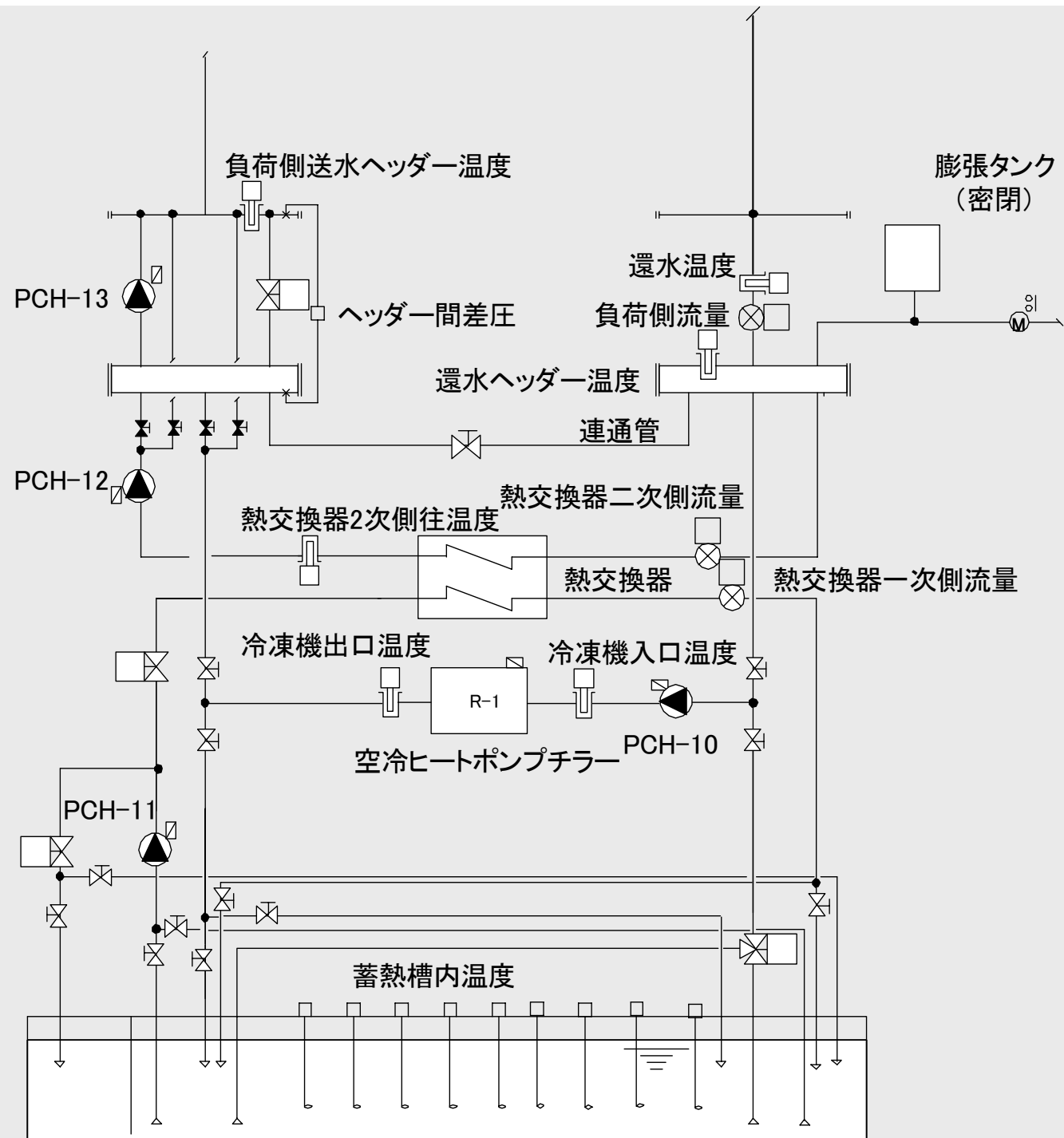
エネルギー管理

- 原単位管理($\text{Mcal/m}^2\text{年}$ 、 $\text{Mcal/m}^2\text{年}$)
- システムCOP
- サブシステムのCOP
 - 例1:熱源システムのCOP
 - 例2:空気搬送系のCOP(ATF)
- エネルギー消費係数 ε
- 要素機器のCOP
 - 例1:冷凍機のCOP
 - 例2:ボイラ効率

エネルギー管理項目と収集データの種類、収集 間隔及び集計期間の例

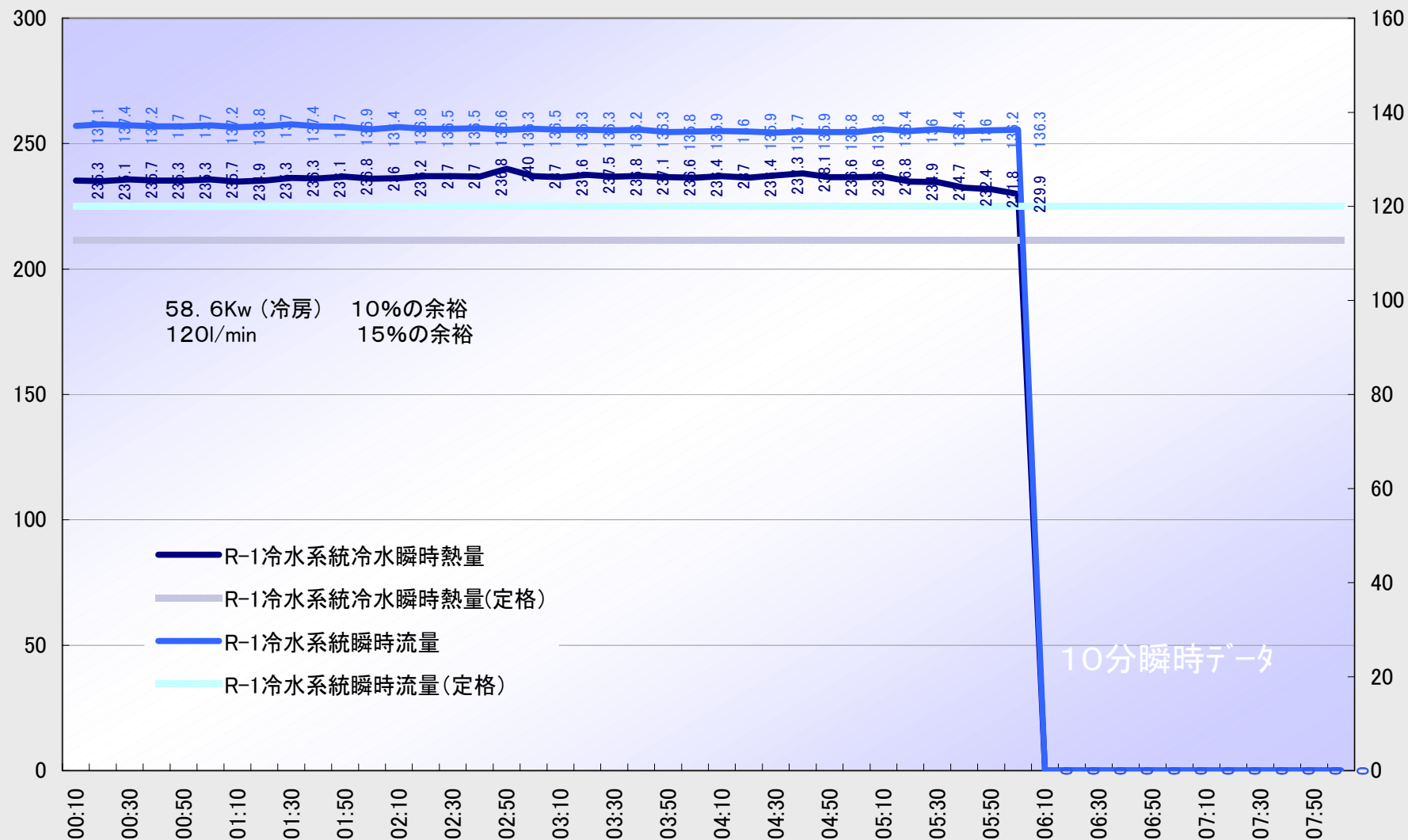
管理項目	収集データ	判定基準値	収集 間隔	集計 期間
建物全体のエネルギー消費量	・エネルギー料金請求書に記載されているエネルギー消費量（電力量、ガス量、灯油量等）	年間1次エネルギー消費量	月	年
冷凍機全体のエネルギー消費量	・各冷凍機のエネルギー消費量（電力量、ガス量、灯油量等）	冷凍機合計の年間1次エネルギー消費量	時間	冷房期
冷凍機全体の期間平均COP	・冷水二次側往還温度 ・冷水二次側流量 ・各冷凍機のエネルギー消費量	冷凍機全体の期間平均COP	時間	冷房期
冷凍機単体の運転効率	・冷凍機冷水出口温度 ・冷凍機冷水入口温度 ・冷凍機冷水流量 ・冷凍機のエネルギー消費量	冷凍機性能曲線	10分	時間

Yビル

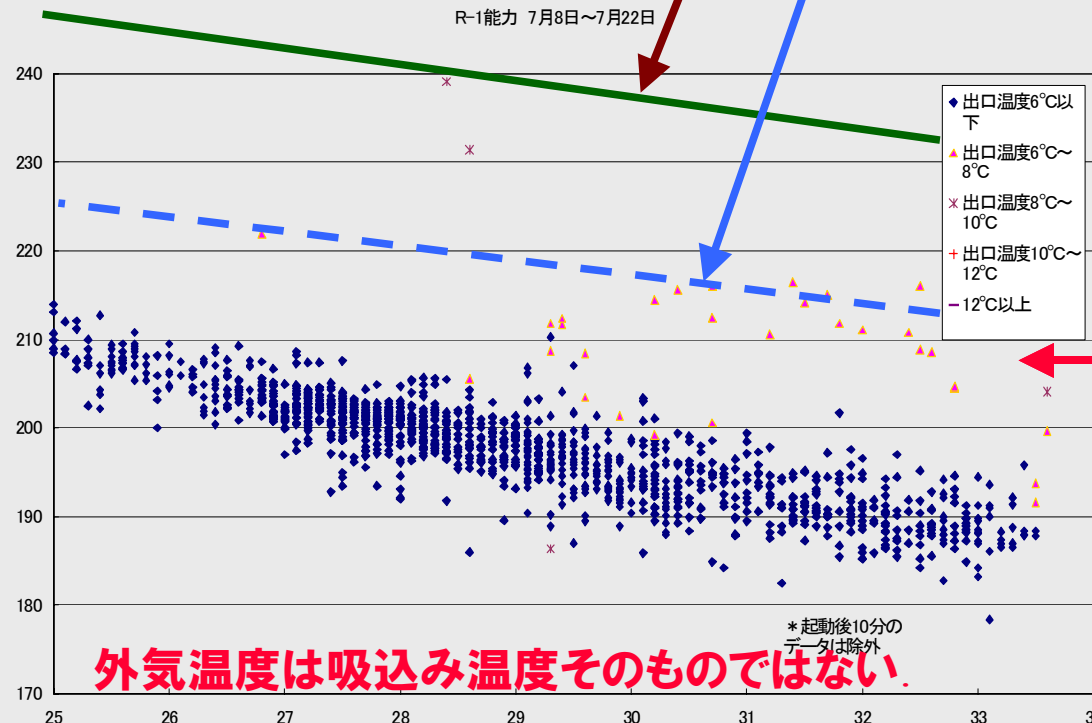
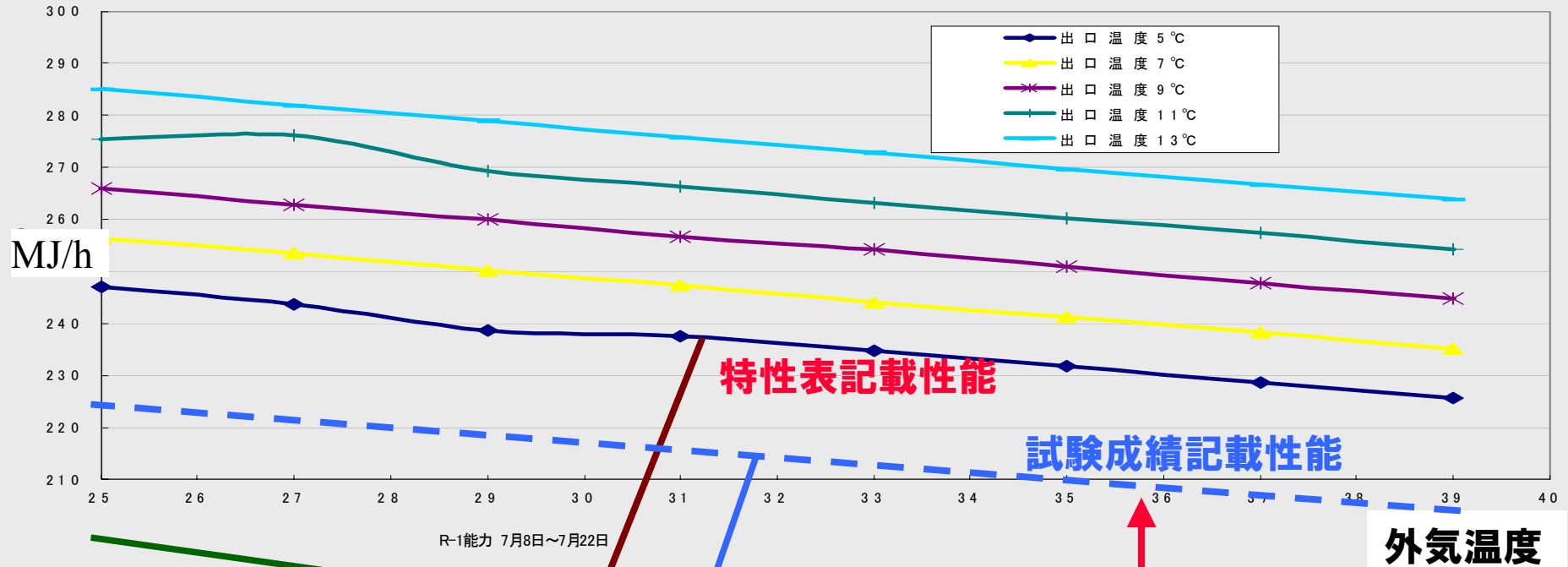


機器能力の確認(R-1、PCH-10)

10月14日R-1能力



R-1能力特性 (UWYJ750B資料)



メーカーの性能線図
チラー性能
実績

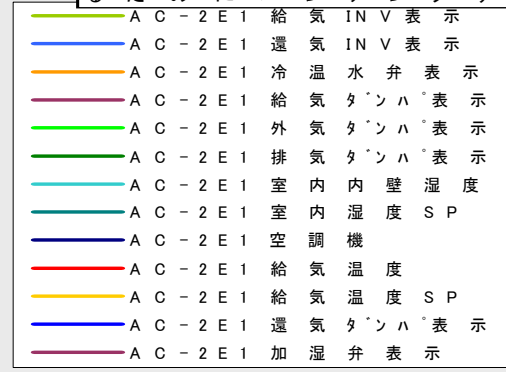
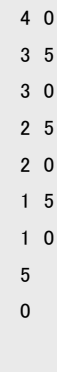
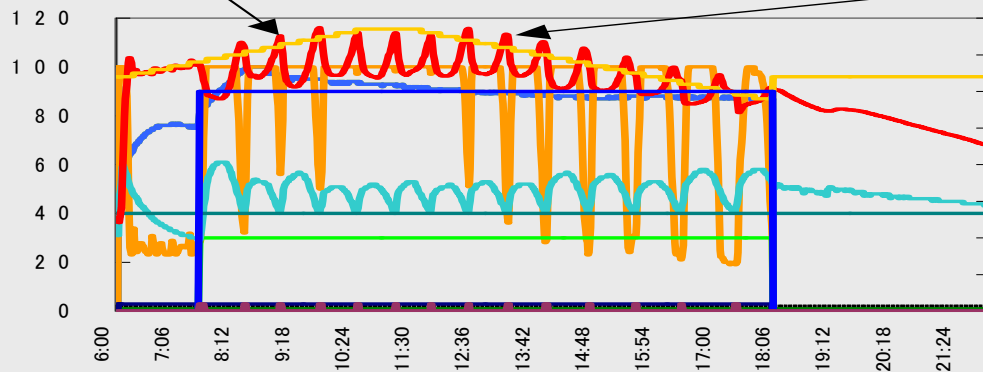
設計仕様(冷房)
35°C/5°C: 56kW
納入性能: 64kW(59kW)
実績性能: 50kW

給気温度制御と過湿応答特性に係る省エネルギー運転制御法

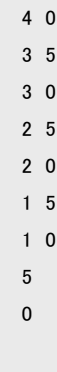
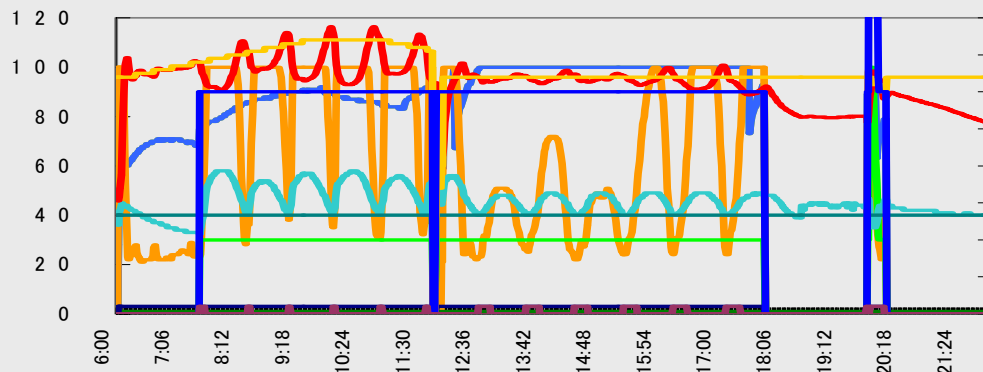
時点でコイル能力不

2月13日(火) AC-2E給気温度制御

室温SPは妥当か?高すぎるためにハンチングする



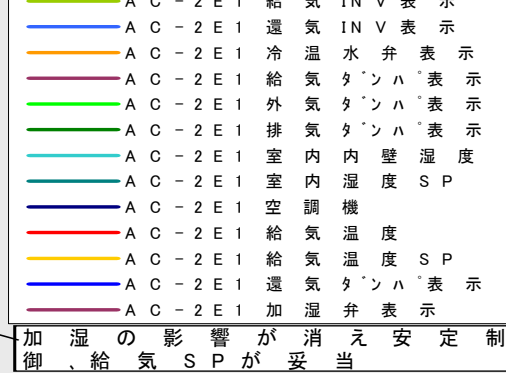
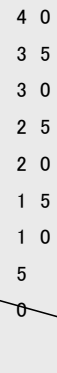
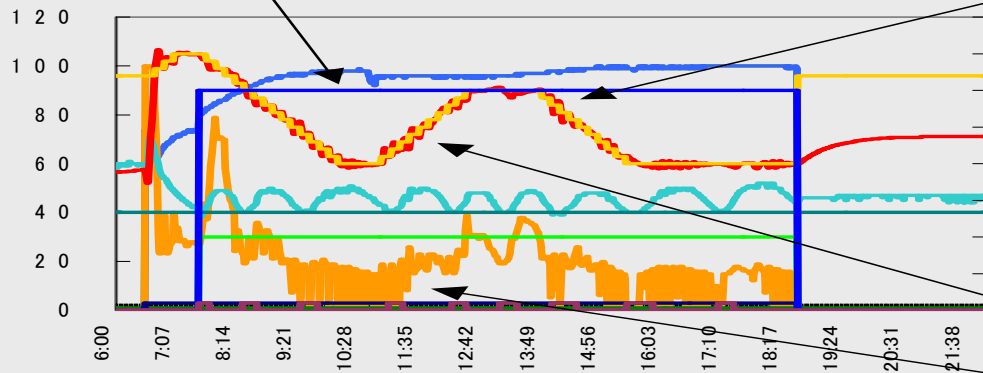
2月14日(水) AC-2E給気温度制御



INVと給気INVとの関係?

2月15日(木) AC-2E給気温度制御

室温SPの動きは妥当か?



加湿の影響が消え安定制御、給気SPが妥当

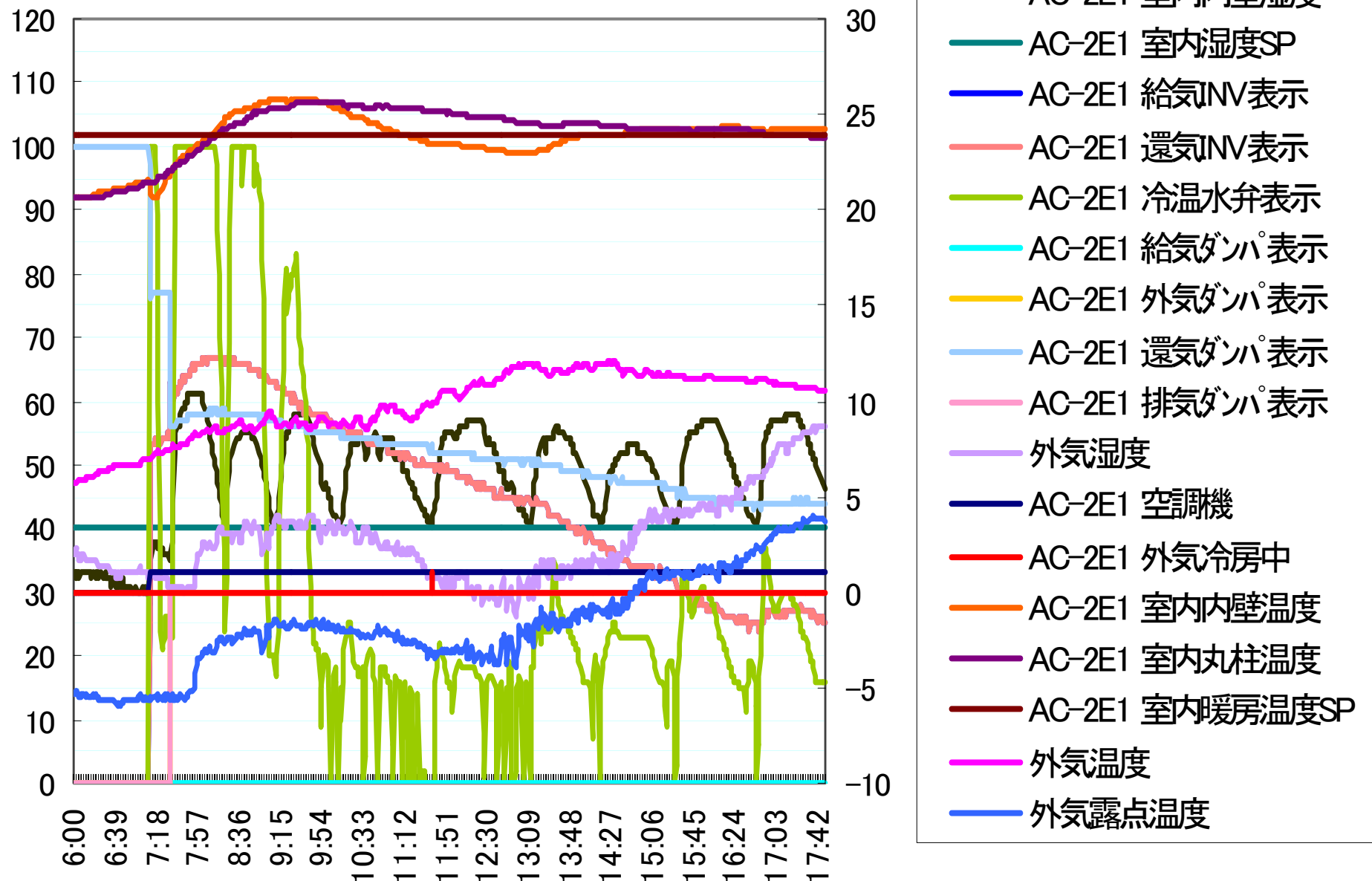
パラメーター調整要す

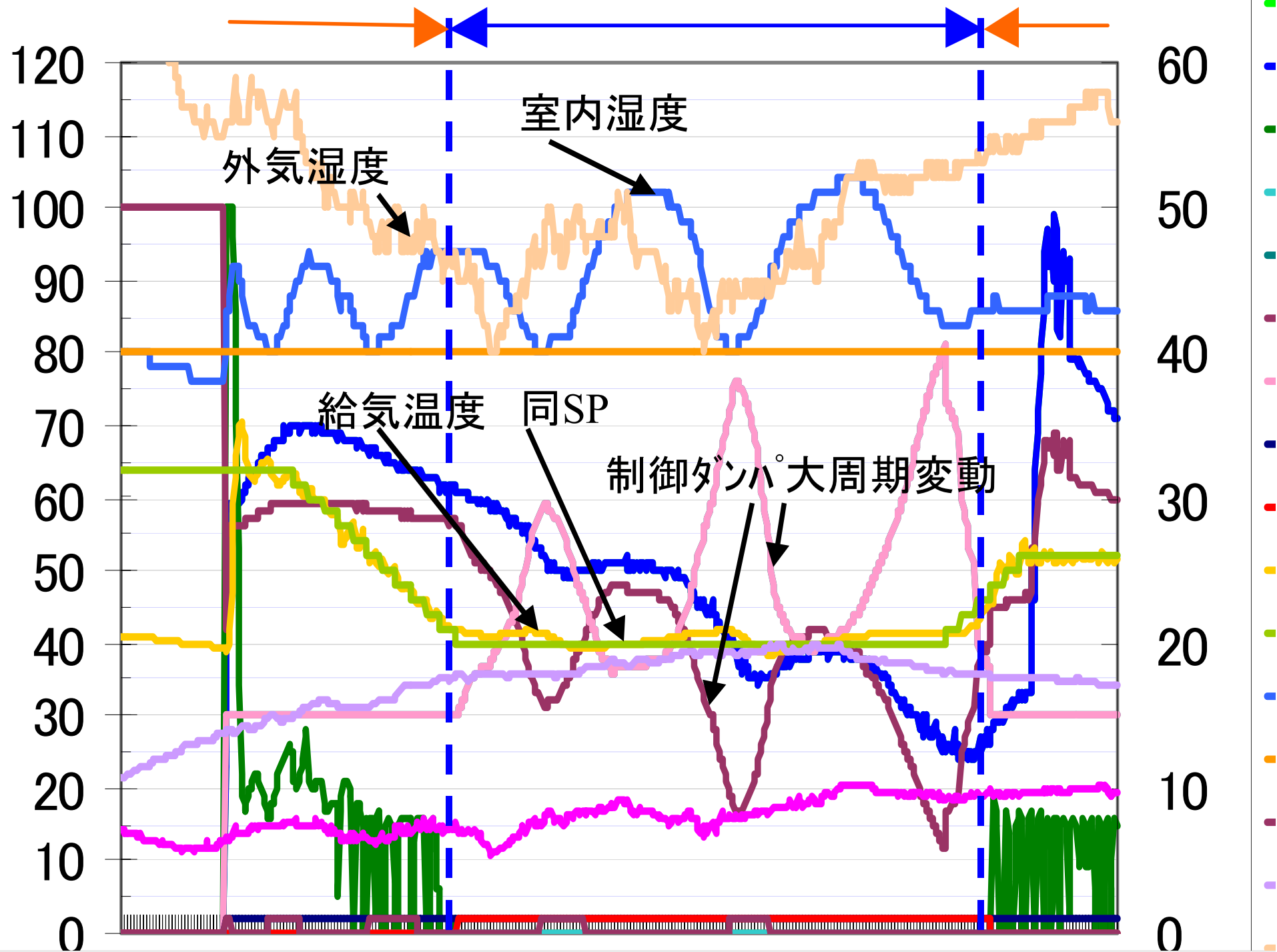
2月16日(金) AC-2E給気温度制御

外気温低温にて負荷中
庸、ハンチング無し.送水
温度もほぼ妥当.

3月16日(金) AC-2E1外冷時室温制御

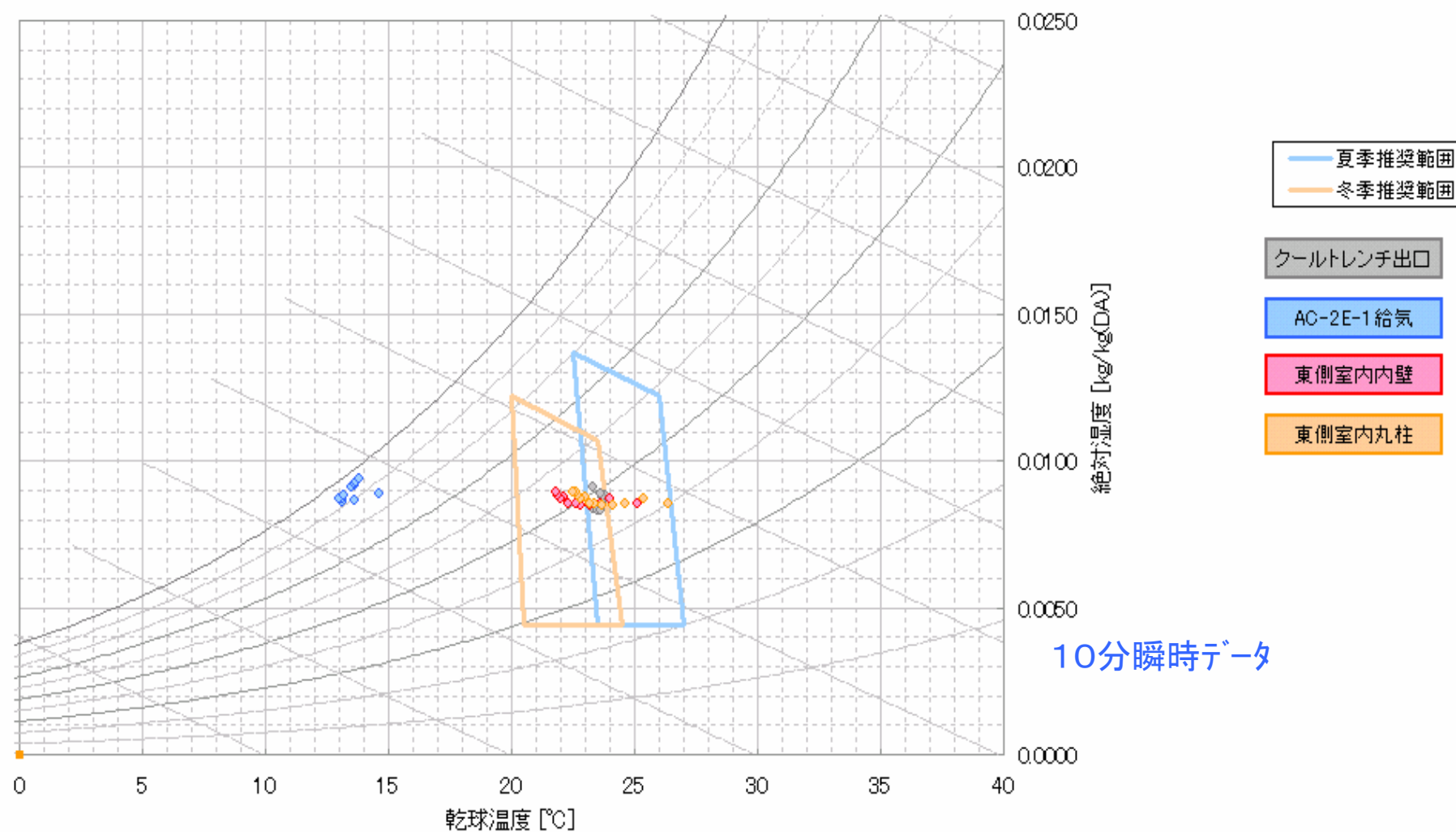
外気冷房特性





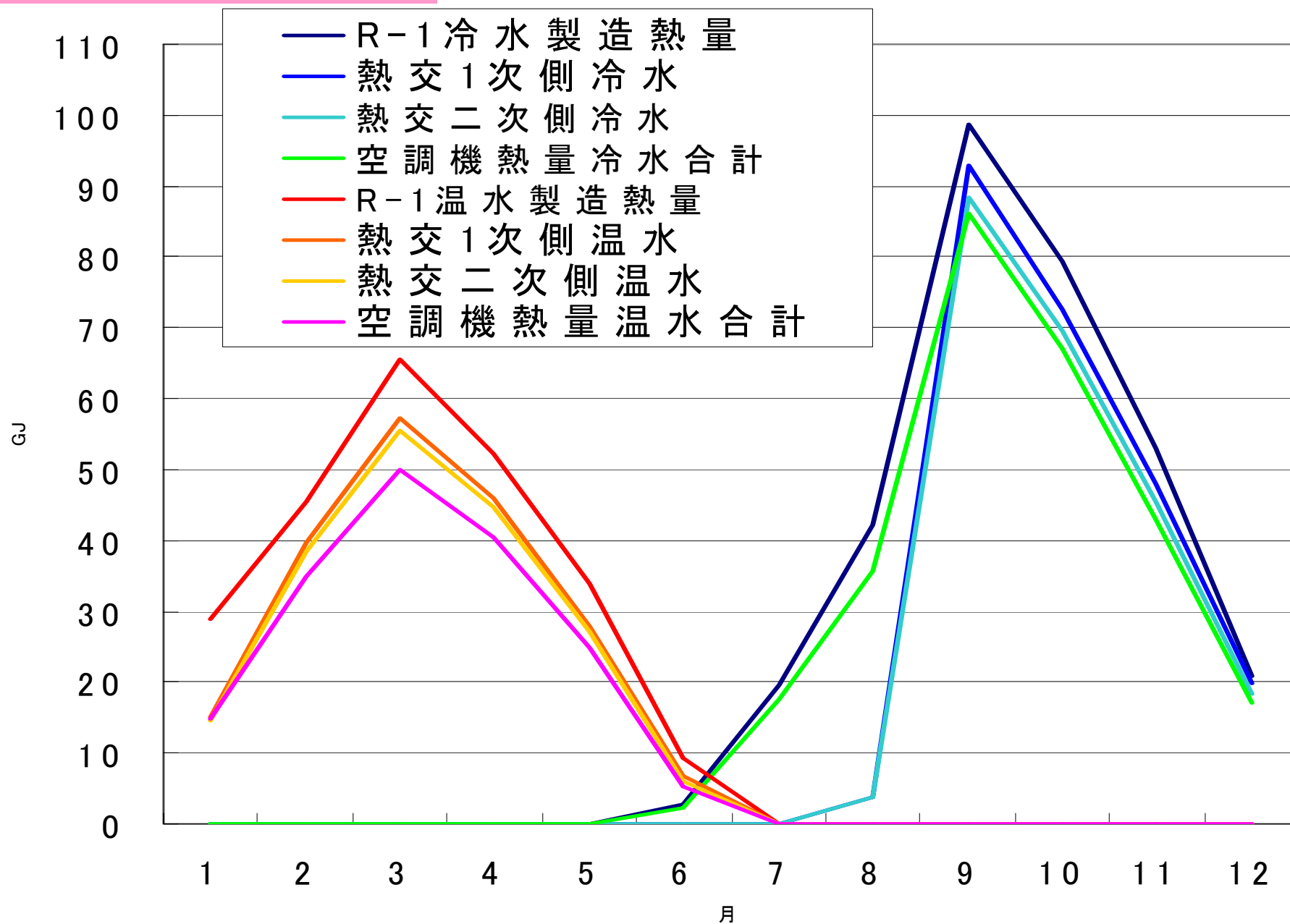
温湿度環境(空気線図表示2E)

2000年10月14日(土)~2000年10月14日(土)



システム熱損失特性

事務棟熱量

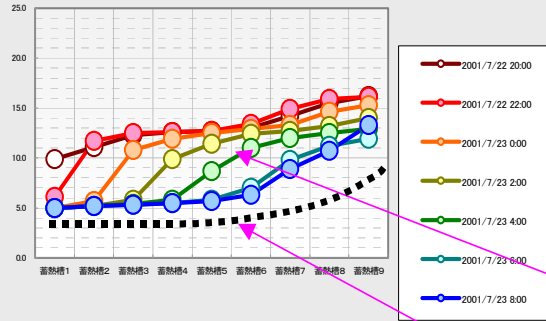


蓄熱診断結果の要点

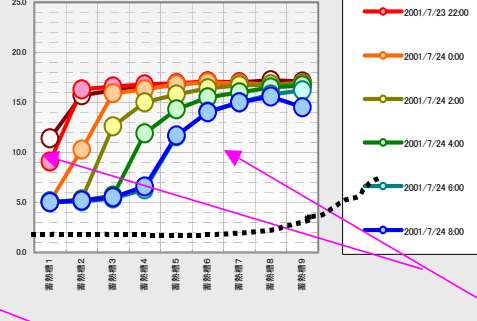
- プロフィール交叉・波打ち
 - ・ 熱源吸込み三方弁フォルト
- プロフィール平坦化
 - ・ VVV系二方弁フォルト
 - ・ (吸込み三方弁フォルト)
 - ・ CWV系定温送水三方弁フォルト
- 夜間シフト不足
 - ・ 運転スケジュール設定不全
 - ・ 負荷予測ミス
- 蓄熱容量不足
 - ・ チラー容量制御動作・設定不良
 - ・ 設計ミス(蓄熱槽効率不良)
 - ・ FCU系(CWV小温度差)の影響

7/22～7/28の運転状況により

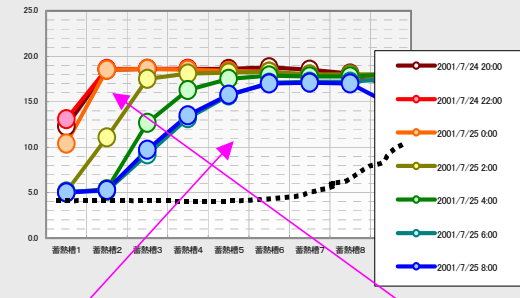
7月22日(日)～23日(月) 温度プロフィール蓄熱



7月23日(月)～24日(火) 温度プロフィール蓄熱



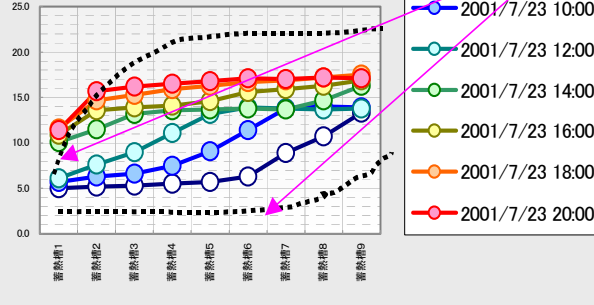
7月24日(火)～25日(水) 温度プロフィール蓄熱



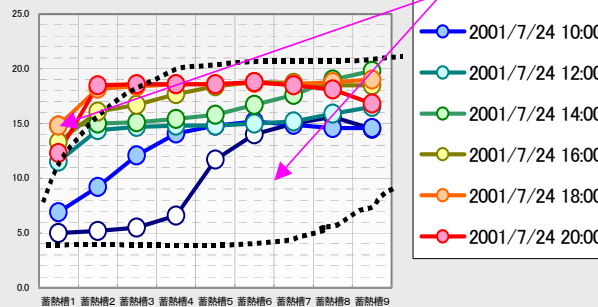
- 22～23日の蓄熱運転状況は正常といってつよい理想的には蓄熱温度minはやや低くして蓄熱量を増やせることがとくに夏ピークにおいて望ましい(熱源on-off制御の調整が必要)。
- 23日放熱運転は負荷過大のために過放熱となっている(低温槽温度が12℃近くまで上がっている)これはチラー能力が負荷に対して不足のために追従運転による蓄熱が追いつかないからである。理想的には図中の点線のプロフィールとなるべきである。

- 前日から引き続き過負荷のために、夜間蓄熱の不足、中間の過放熱が23～25日と激しくなっている。
- 加えて、外気小9ん上昇によるチラー能力の低減により蓄熱性能自体が低下、一方、放熱時においても冷水温度上昇のために十分な空調が出来ずに除去熱量の低下を来たしている。これは必然的に室温上昇、室内湿度の上昇による不快感を来たしている可能性がある。

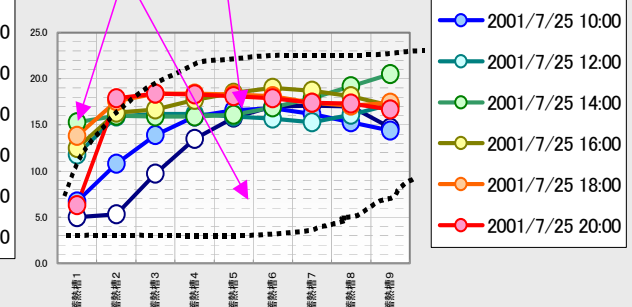
7月23日(月)温度プロフィール 放熱



7月24日(火)温度プロフィール 放熱



7月25日(水)温度プロフィール 放熱



001-001-001 / 共通 クールンチ クールンチ温度

クールンチ入口温度

蓄熱量計算、7/25(水)

外気条件max33.4℃露点温度25.2℃、WB27.2℃、ほぼ設計条件に近い

夜間10時間蓄熱量(温度プロフィールより) (夜間負荷無し)

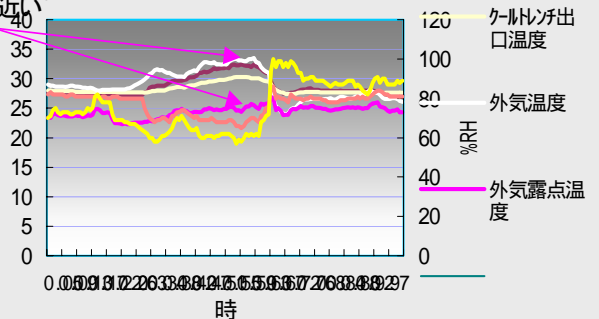
・蓄熱槽容量: 基準60m3水位補正60*2/1.9=63.2m3

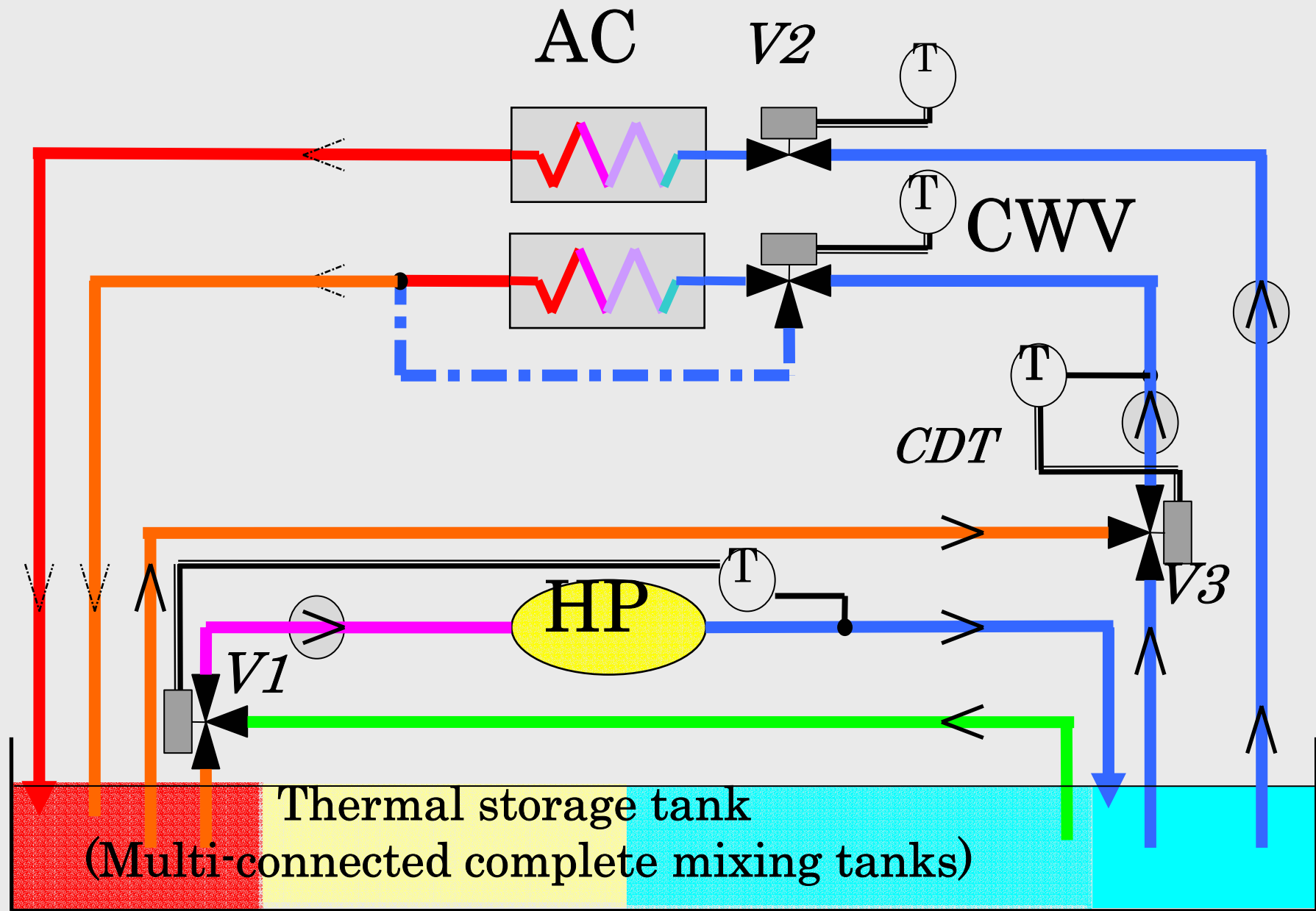
・一槽あたり63.2/8=7.9m3(両端の槽は半量)

$$Q_s = [(13.1 - 5) * 0.5 + (18.5 - 5.3) + (18.6 - 9.7) + (18.5 - 13.5) + (18.6 - 15.8) + (18.8 - 17) + (18.5 - 17.1) + (18 - 17) + (16.8 - 17)] * 7.9$$

設計蓄熱量に対して70%しか能力が発揮できていない
(設計蓄熱量 $Q_{des} = 15USRT * 3 * 10 = 450Mcal$)

期間 1 : 2001年7月25日 水曜日



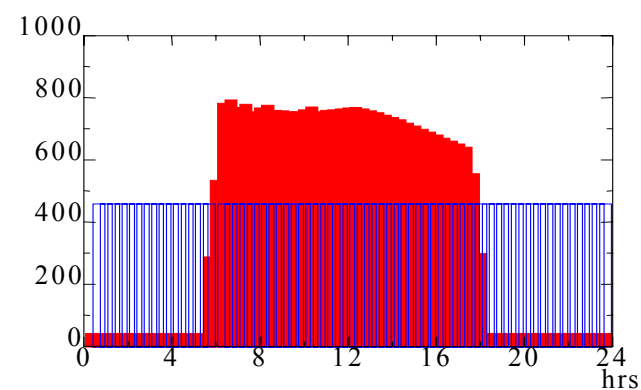
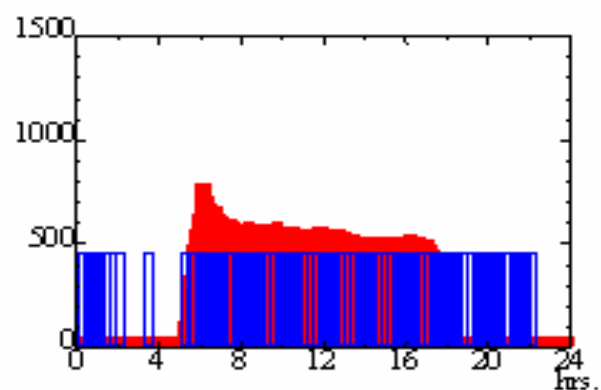
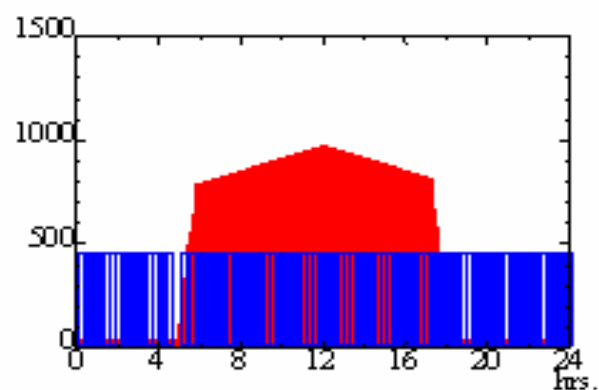
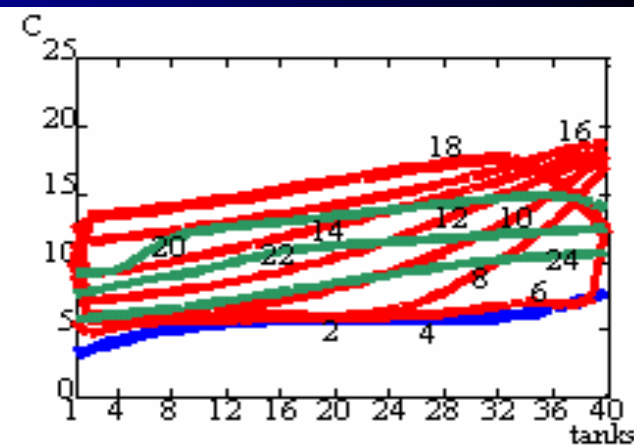
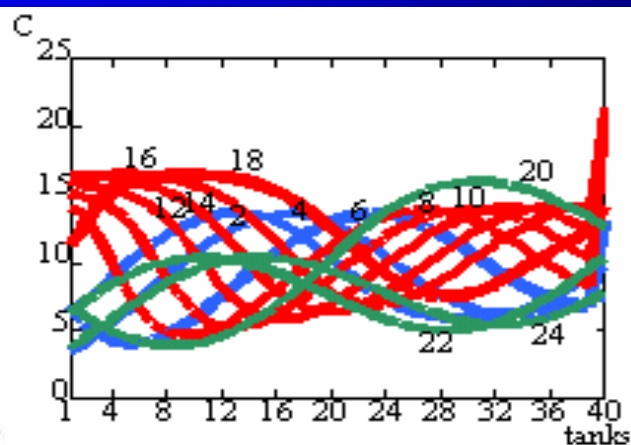
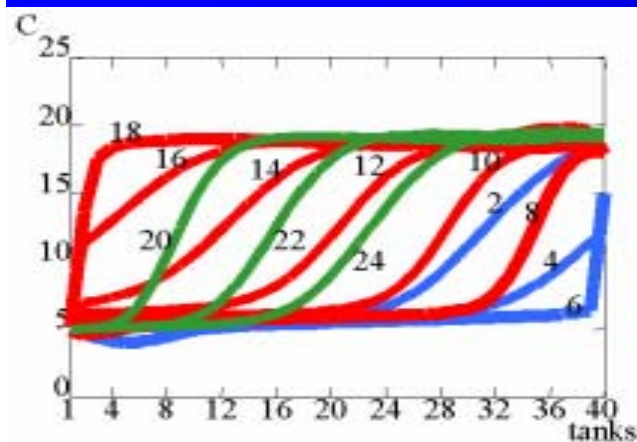


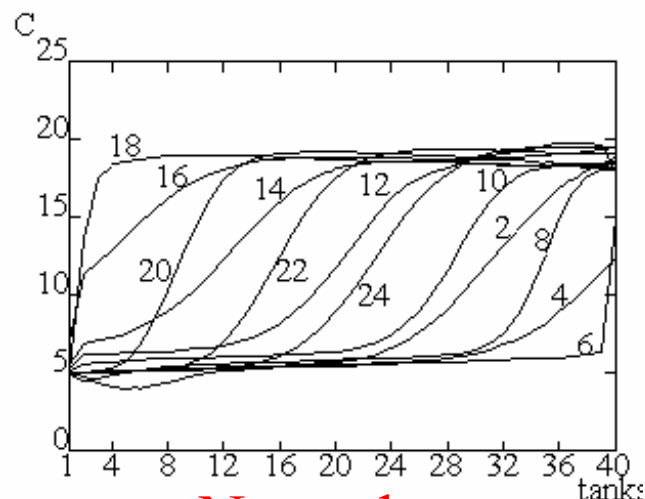
制御フォルトの例

正常

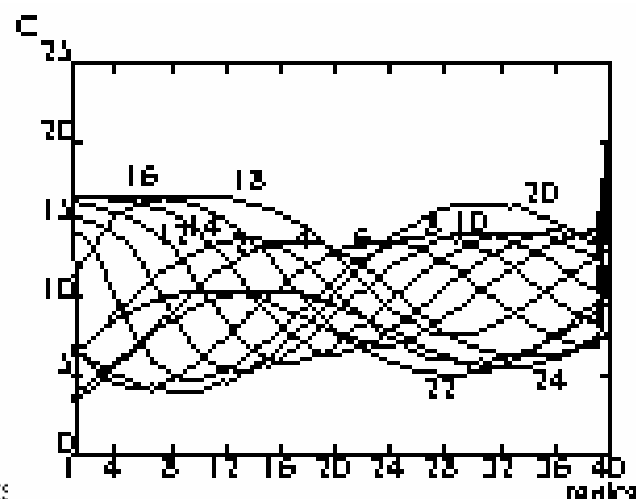
熱源吸込
み三方弁
故障

二次側AHU二
方弁・定温送
水三方弁故障

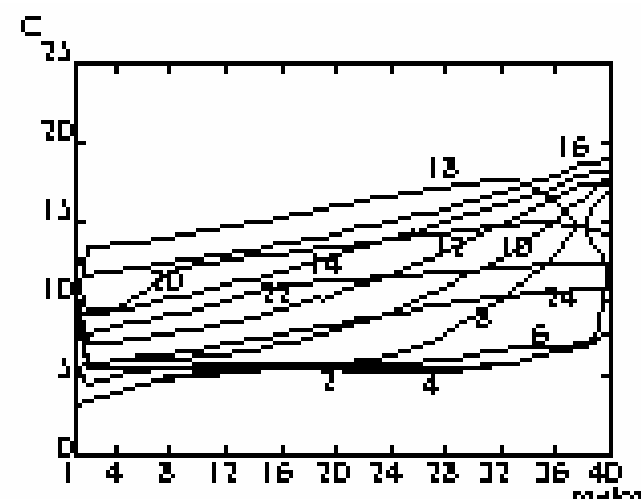




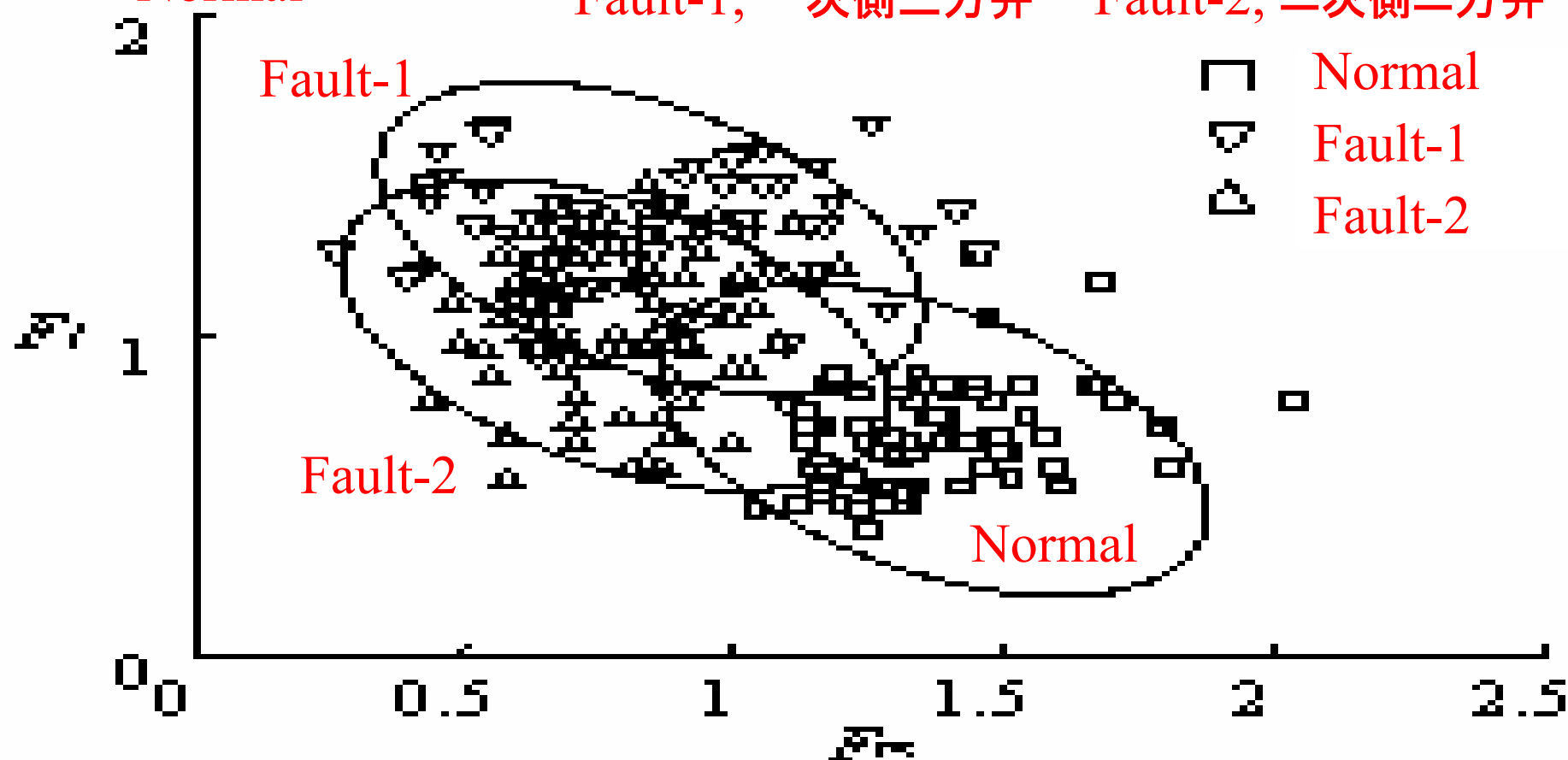
Normal



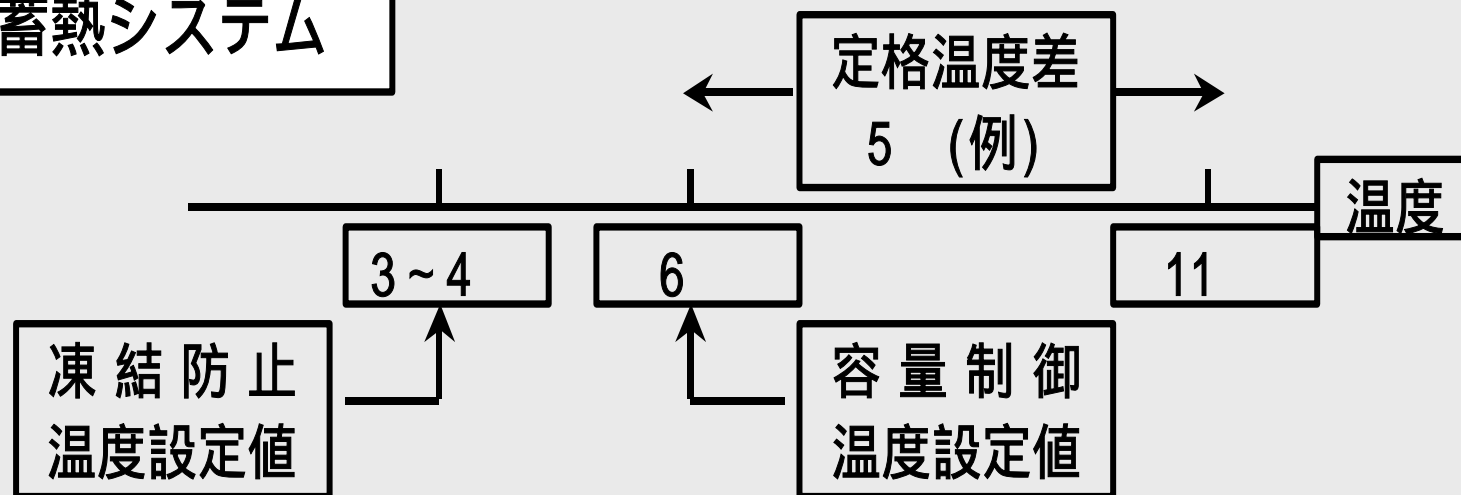
Fault-1, 一次側三方弁



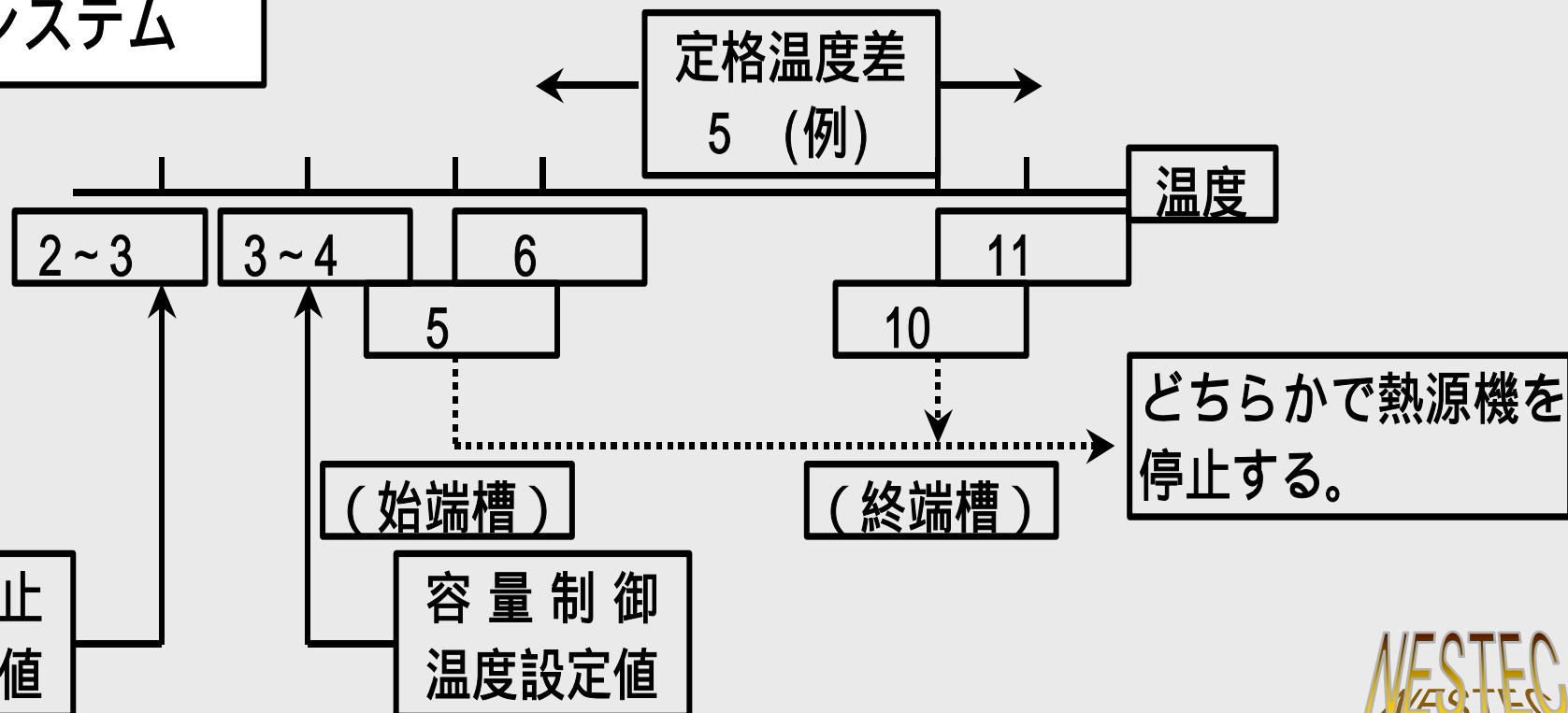
Fault-2, 二次側二方弁



非蓄熱システム



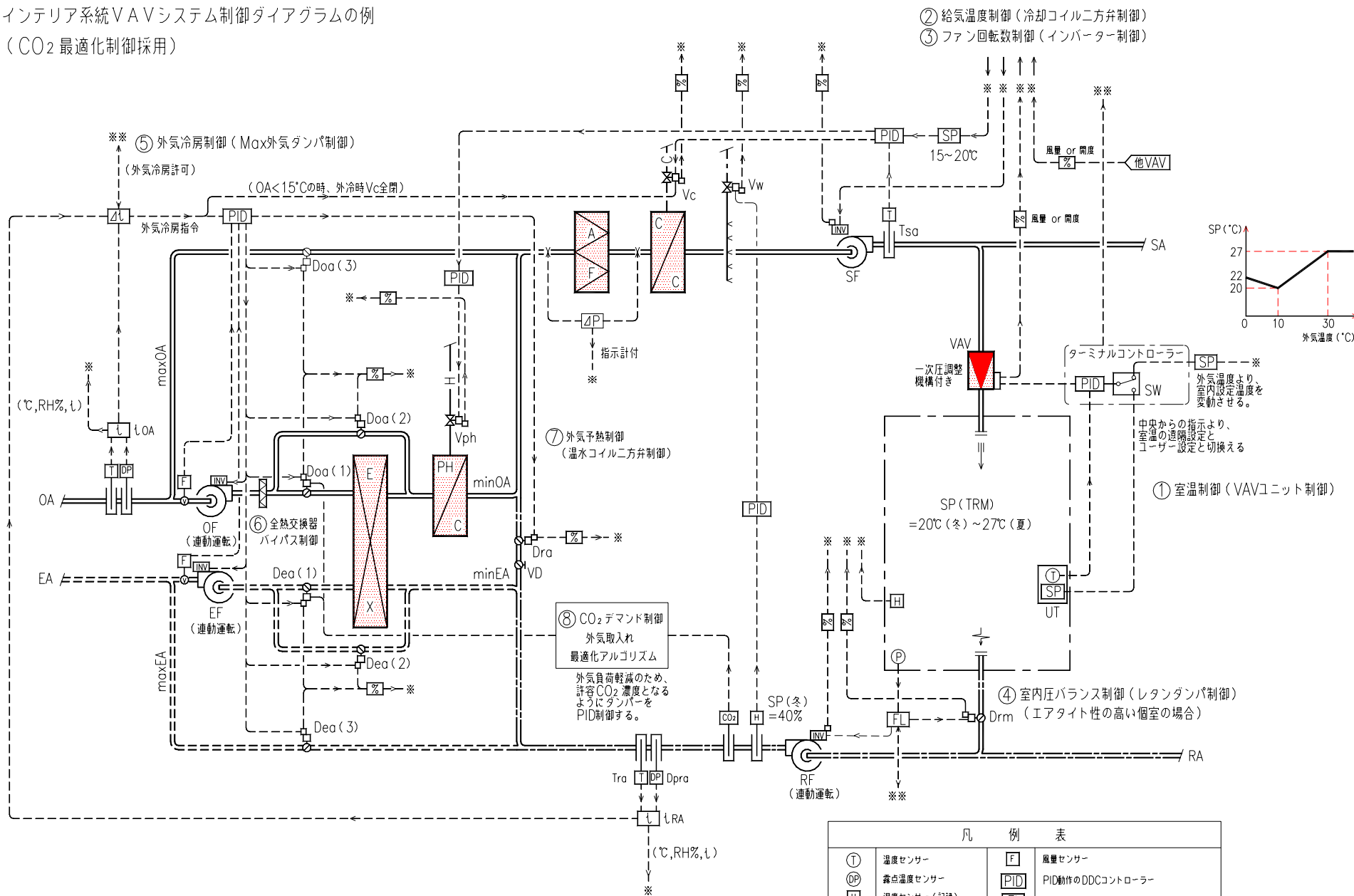
蓄熱システム

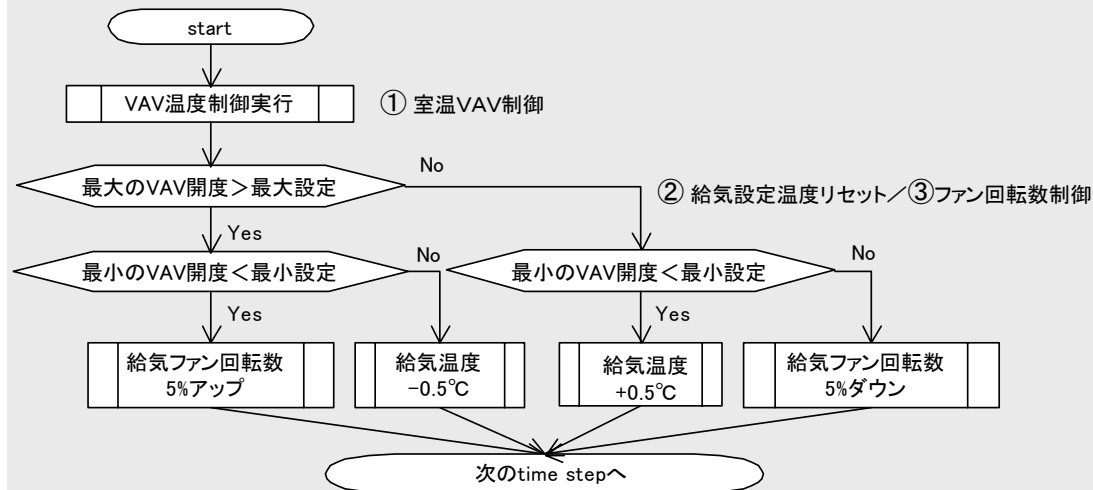


BEMSによる適正管理を可能にするための自動制御設計図の記載法

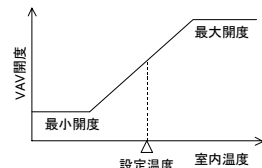
- 制御の因果関係をフローチャート、ダイアグラム、および言葉で明記
- 制御動作や設定スケジュールなどを図で明示
- 年間における設定値と運転許容偏差(性能)を明記
- 性能評価する責任範囲を明記

インテリア系統VAVシステム制御ダイアグラムの例
(CO₂最適化制御採用)





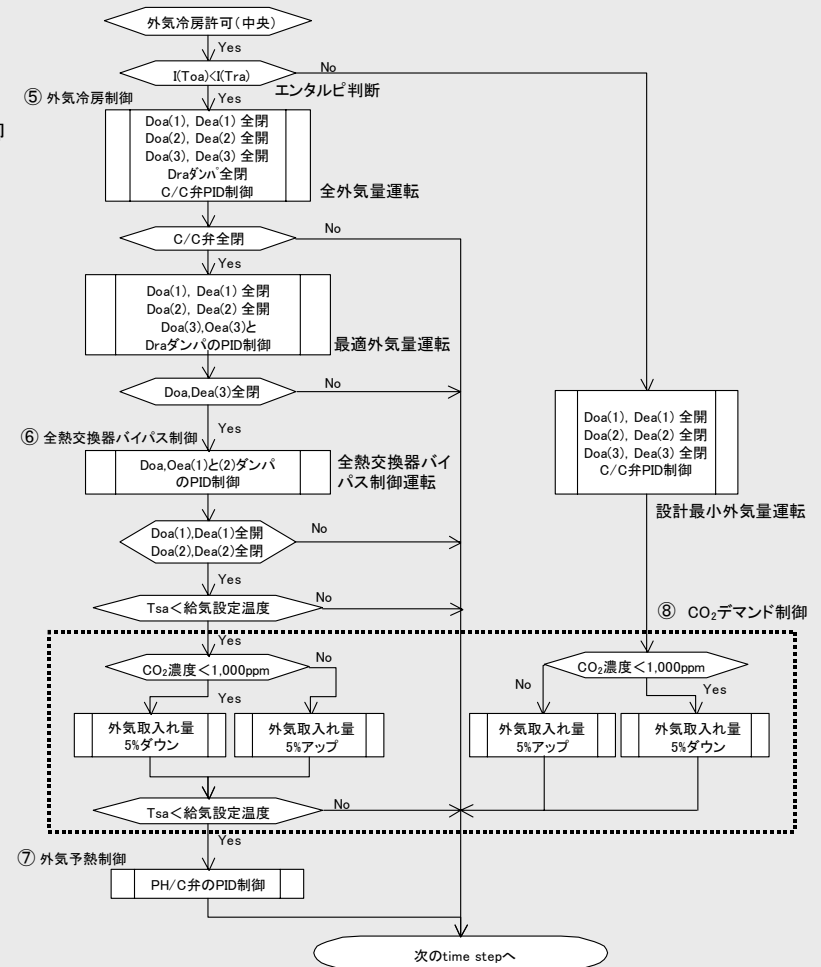
室温VAV制御
設定温度と現在室温の偏差により、VAV開度を比例制御する。

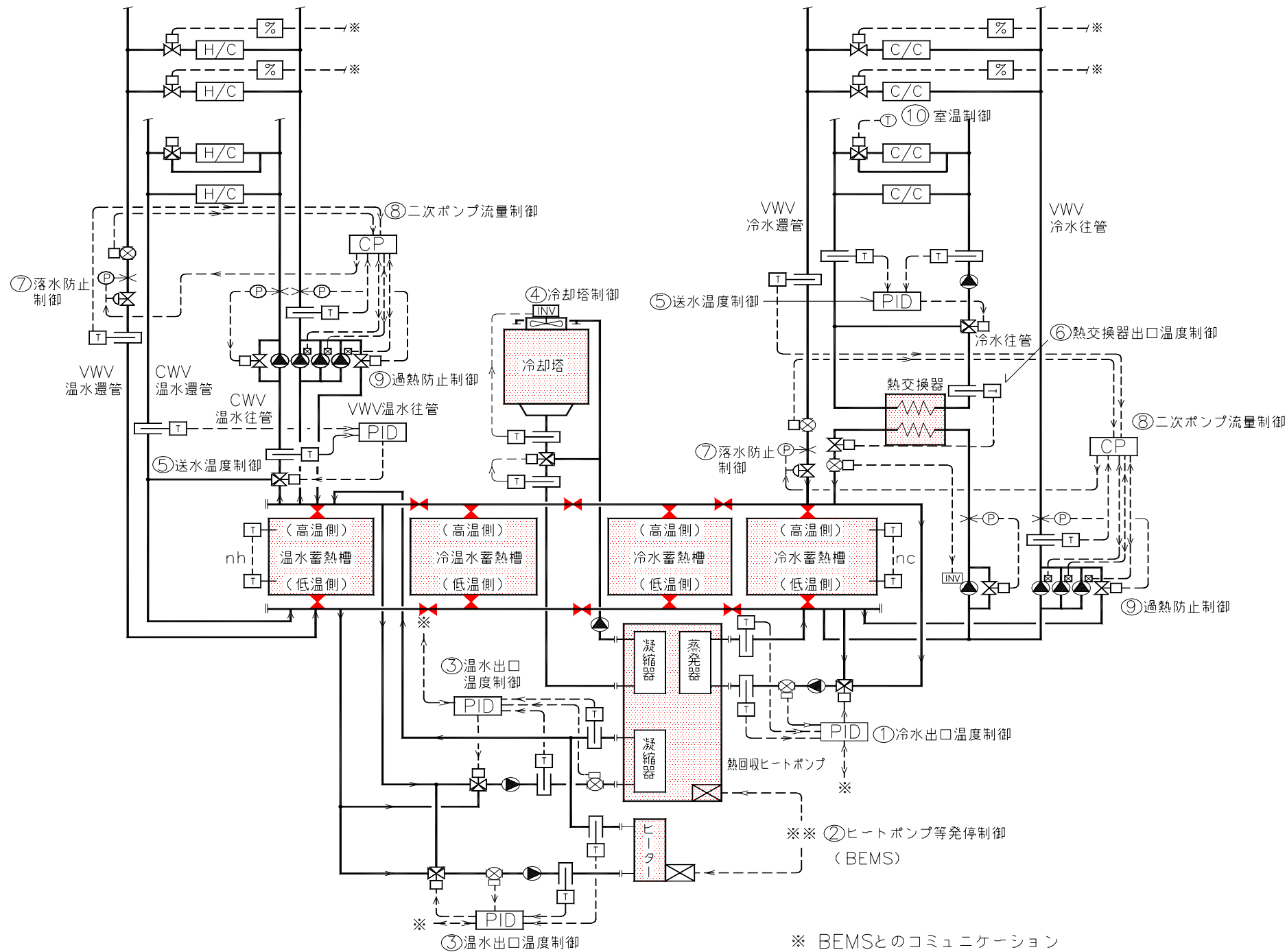


給気温度リセット / 風量制御
系統内の各VAVの状態を監視し、各VAVの最大開度（遠隔設定可）と最小開度（遠隔設定可）の開度状態により、給気温度とファン回転数をフローチャートのように自動変更する。

室内圧バランス制御
室内の静圧を検知して、レタダンパの開度をフローティング制御する。

外気冷房制御 / 全熱交換器バイパス制御 / 外気予熱制御 / CO_2 デマンド制御
外気冷房が中央で許可されているときに外気エンタルピ $I(\text{Toa})$ が還気エンタルピ $I(\text{Tra})$ より低い場合には、目標の給気温度(T_{sp})となるように外気取入れ量を最大としたうえで、冷水2方弁をPID制御する。
さらに外気温度が低い場合には冷水2方弁が全閉となった場合は、還気空気を必要量混合させて所定の給気温度を維持する。この時冷水2方弁は開かないようにする。
さらに外気温度が低い場合には、外気取入れバイパスダンパ $\text{Doa}(3), \text{Dea}(3)$ が全閉となり最小外気量となるが、その場合は全熱交換器のバイパス制御にて給気温度を補償する。
さらに外気温が低くなり、最小外気量が全量全熱交換器を経由する場合でも所定の給気温度が維持できないときには、 CO_2 濃度が維持できるまで外気取入れ量を減少させ、それでも満足しない場合に初めて予熱弁にて加熱することとする。
エンタルピ判断により外気冷房が有効でない場合は、最小外気量運転とする。





動作説明

冷水発生モードにおける熱源機冷水出口温度制御

手動にて設定された冷水出口温度（蓄熱温度）[SP=5～7] を確保するようにヒートポンプの入口温度をカスケード制御する。（注：最適温度設定するときは別途フローを記述のこと。4.3.7(1)b)参照）

ヒートポンプ等発停制御

- ・起動：タイムスケジュール(夜間蓄熱・電力ピークカットなどの発停許容条件設定)、ならびに負荷予測(天気予報と負荷履歴の学習モデルを用いる。予測計算は予測時刻より24時間分行う)と蓄熱量推定とからなる最適起動停止ルーチンによりヒートポンプを自動起動する(4.3.7(2)a)b)c))を参照して設計意図が伝わるようにフローチャートで動作説明をする)。
- ・停止：タイムスケジュールまたは、満蓄熱の場合は冷水出口または温度が所定の温度まで降下したとき、追従運転時は負荷予測と蓄熱量推定とから最適停止ルーチンにより自動停止する(詳細フローチャートを4.3.7(2)a)b)c)を参照して記述し動作説明をする)。
- ・熱源機が熱回収モードで冷水・温水同時発生動作時は卓越する負荷側のモードで制御する。

ヒートポンプの容量制御：高効率運転のため、容量制御は出口温度による圧縮機の容量制御は行わず、定格電流制御(全入力運転制御)とする。図4.4.5左下図の蓄熱システムの設定例を参照。

温水発生モードにおける熱源機温水出口温度制御

凝縮器出口温水側に挿入された温度センサーの信号により、蓄熱槽低温側と高温側の水を三方弁にて混合し、予め手動で設定された温水出口温度（蓄熱温度）[SP=45～47] を確保するようにヒートポンプの入口温度をカスケード制御する。（注：最適温度設定するときは別途フローを記述のこと。4.3.7(1)b)参照）

冷却塔制御

- ・蓄熱・放熱切替制御：熱回収運転時、温熱が満蓄し、なおかつ冷熱不足の場合は引き続きチラーモードで運転するために冷却塔回路を運転し放熱する。以後の最適停止は による。
- ・冷却塔出口温度制御：冷却塔出口温度を冷凍機冷却水入口許容最低温度[例:SP=20] 以上に維持するためにバイパス三方弁制御(P動作)を行う。
- ・エコノマイザー(冷却塔ファン回転数)制御：冷却塔ファン低速運転時と定格運転時の冷却水出口水温によるチラーのCOP向上による省エネルギー効果とファン動力の省エネルギー効果を加算比較して最小エネルギーになるように冷却塔ファンの最適回転数制御を行う。

熱交換器出口温度制御

熱交換器一次側温度差を最大に（流量を必要最小限に）するよう二次側送水温度が一定になるように一次側流量を二方弁にて制御する。

定流量システムにおける還水温度補償用定温送水制御

蓄熱槽効率を高く保持するために、定流量システムの冷水（温水）還水温度が低下（上昇）しないように冷水（温水）二次側送水温度を必要最高（最低）限度に手動でリセットした設定温度にて三方弁制御をする。（注：最適温度設定するときは別途フローを記述のこと。4.3.7(1)b)参照）

開放システムにおける圧力調整及び落水防止制御

- ・圧力制御：還水管の底部にて、還水圧力の変動を吸収する圧力調整弁を設ける。
- ・落水防止制御：開放系回路の水を保持するため、ポンプ停止前に弁を閉止し、起動後に開放とする。

変流量システム二次ポンプ流量圧力制御

二次側の搬送動力を必要最小とするため、二次側流量によりポンプ揚程を変動させながら、二次ポンプ（定速ポンプ2台＋可変ポンプ1台）の台数制御及び回転数制御を行う。システム末端部の2方弁（または2方弁＋コイルの全開定格最大流量時）差圧を確保するように、各台数運転において変流量機が負荷変動を吸収して回転数制御、制御不能（偏差がリミット値以上）となった段階で定流量ポンプを増減段して台数制御を行う。台数増減段時の偏差解消は回転数制御により、台数発停のハンチング防止を考慮することとする。

図4.4.5左下図の二次側ポンプQ-H線図の設定例を参照。

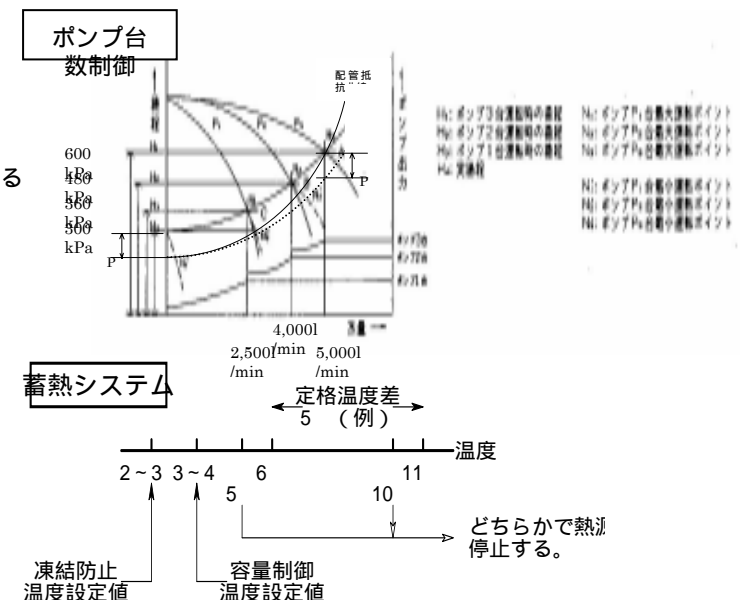
小流量時の過熱防止制御

上記システムの小流量時にポンプの過熱防止および二次側送水圧力維持、ポンプ最低送水量確保のため、二方弁を開き過熱しない程度の流量を確保する。

室温制御

室内サーモスタットによる二方弁流量制御を行う。

R F M Sによる演算制御・操作・監視



BEMS活用ビル管理によるビルシステムの省エネルギー性の検証と向上

- レトロコミッショニングの早急な展開
- 政策的展開の必要性
 - ビル管理技術者の大掛かりな養成とレトロコミッショニングに対する補助金政策または国家事業
 - 民生省エネの定量的国家目標の設定
 - 定年引退エキスパートの講師活用
 - 実年・若年失業者への教育と職場提供
 - コミッショニング職能資格の国家認定
 - 大学建築等教育での保守管理・マネージメントコースの充実
- ビル設備に対するトップランナー方式の導入
 - (エネルギーと室内環境の両面評価)