空気調和設備の継続性能検証の実践研究
第 1 報 概要と空調運転最適化への歩み

Study on On-going Commissioning Process for Actual HVAC System of an Existing Building
Part 1. On-going Commissioning Outline and Effort for HVAC Optimal Operation

特別会員 ○中原信生（環境システック中原研究処） 正会員 伊藤嘉奈子（(株) 山武）
正会員 徐 国海（(株) 山武） 正会員 神村一幸（(株) 山武）

Nobuo NAKAHARA*[1] Kanako ITO*[2] Guohai XU*[2] Kazuyuki KAMIMURA*[2]
*[1] Nakahara Laboratory, Environmental Syst.-Tech. *[2] Yamatake Corporation

Initial Commissioning for Environmental Engineering Research Center, Yamatake Co., or EERC, has been followed by On-going Commissioning in order to raise system performance. Meaning of On-going Commissioning is first discussed, EERC's commissioning status after completion is introduced in the second and then an example effort of pursuing optimal operation of the combined HVAC system of overhead attached air flow and task-ambient system with floor air supply for the second floor are described in the present paper.

はじめに

本邦初でかつコミッショニングプロセスの確立のための試行的意味を含めて行われた山武環境技術センターの当初性能検証過程(施工段階から導入)については既にその受け渡し時点までの全容を既報 [1]で紹介した。さらに竣工後 1 年間の所謂受け渡し後性能検証段階の性能検証実績の一部である蓄熱槽とエネルギー消費量の性能分析について既報 [2]に紹介した。一方、コミッショニングツールとしてのシステムシミュレーションプログラムの利用性検討のために実績データ提供を別の既報 [3]において紹介し、当ビルの実績の各形態によりわが国の今後の性能検証(コミッショニング)の導入普及のためのデータを提供してきた。本報と次報では受け渡し後並びに定常運転段階へと続く継続性能検証(On-going Cx, Continuous Cx[SM], Cx は Commissioning の略号、以下同じ)の実績の一部を紹介すると共に、継続コミッショニングの意義について論述しておきたい。なお、本報の中で論調にあたる部分は中原の個人的見解であることを断っておく。

１．継続性能検証の意義と本事例の実施形態

当学会コミッショニング委員会で策定した性能検証指針では継続性能検証を以下のように定義付けている。「システムの重大な性能低下や異常が進行する前に、当初性能検証や復性能検証の後に、システム性能の維持や改善、最適化を目的に継続的に行われる性能検証過程である。継続性能検証と繰り返される再性能検証との大きな違いは、再性能検証が元来のビル性能を参照するのに対して、継続性能検証は性能の最適化に重点を置いている点である。継続性能検証過程は、運用上の問題を解決し、快適性を改善し、エネルギー消費を最適化して、必要であれば改修を提案するための、現在進行形の性能検証過程である。」

米国においても当初性能検証に引き続いてこの意味における、最適運転を目指して行っている継続性能検証は多くないと思われる。英語の Continuous Commissioning はテキサス A&M 大学の Claridge 教授のグループで、テキサス州のマークである Lone Star と国の省エネルギーマークの Energy Star を続けてもじった Texas LoanSTAR Program に基づいてテキサス州が強力に推し進めた既設ビルのレトロコミッショニング(復性能検証)に引き続く継続検証によるシステムの最適運転化による省エネルギーの達成に重点がある。ここで Continuaous Cx をテキサス大のサービスマークとしたために既に一般化しつつあったこの用語の使用にブレーキが掛けられ、現在は On-going Cx と呼ぶようになっている。

上記の意味における CC x は当初の設計意図には必ずしもこだわらずビル・システム使用の現状分析の下に最適運転かを目指すものである。しかし本報に述べるような当初性能検証に引き続く継続性能検証では先ずは設計趣旨の実現を第一眼目とし、その上で実際のシステム性能や使われ方の同定の下に、省エネルギーと最適環境のための最適運転方策を確立すると共にシステムの改良を続けていく、というのが本筋となる。そうでなければいったい設計とは何ぞや?という疑問が生じることになる。言い換えれば、設計趣旨が少なくとも竣工後数年以上はまさしくそのビルの目指すところであるような設計をせねばならないということでもある。

次に継続性能検証を過程として認識し、当初工事の責任範囲の中には含まれて居ないと認識する以上はそこに第三者による有料の検証サービス過程が無ければならない。同様の効果を上げる内容が例えば引き続く工事を餌にした施主の強要によったり、学会賞等の表彰を目指して設計施工業者が自主的に費用を負担して行ったり、或いは建物所有者と運転管理者の努力範囲で実行されるこ

とが有るのも事実であり、必ずしもそれを排除せねばならないものではない。そういう意味では本建物の場合は、建物とシステム自体が研究目的を兼ねていることもあって、建物使用者(居住者)の研究目的を兼ねた継続性能検証研究チームとそれを統括する CA にあたる筆者(中原)がアドバイザーとしてサービスを行い、本論文連名者(厳密にはこのほかに短期間携わったものが 3 名)で構成するコミッショニングチームがことに当たった、と言える。従って完全に第三者で実施する CCｘの場合とは異なって検証･研究対象の興味と重要性に応じてテーマが選択され、全体としての性能検証はエネルギー消費量にサムアップされる、ということとなった。

２．継続検証課題の概要と実施状況

表１に上記の意味において取り上げられた継続性能検証課題とその研究ないし解決の現況を示す。

表１　抽出された継続性能検証課題とその現況

No	項目	課題	実施項目	残件
(1)	VAV システムの給気温度設定方式改善	ロードリセット制御による給気温度設定のふらつきの改善	投票式制御を投入し、データ計測を実施した。	研究担当者の配置替えによりデータ整理未実施。
(2)	2 階空調方式の最適運転制御	･床吹き空調システムの暖房時コールドドラフト ･床チャンバー内の分布 ･天井付着噴流効果 ･省エネルギーのための最適運転運用法の検討	･床吹出し温度が低すぎるときコールドドラフト ･床チャンバ内に相当の温度分布有り、ダクトの吹き出し位置・床の断熱性能に問題があることを指摘。 ･付着噴流効果あるももともと到達距離が短い。 ･冬季は床吹き出しのみ、夏期は天井付着噴流のみの運転を実施し、その快適性・省エネ性を確認。	･建物管理者への運用変更・設備改造提案 ･冬季のコールドドラフト防止と内部冷房負荷処理のトレードオフは空調機が単一であるために限界有り。コイル２系統化についてはコストスタディーの要あり
(3)	R1 性能確認	夏期ピーク時に設置周辺の日射による温度上昇でR-1が設計仕様を発揮できない。	周辺環境の外気の影響を確認し、改善対策を試行。	建物管理者への対策提案。また、改善手段については効果の再確認が必要。
(4)	R1 の COP 改善	コンプレッサの INV 制御導入効果の研究	冷房時の INV 運転は有効であることを確認。	建物管理者への装置運用提案
(5)	暖房時の蓄熱槽温度プロフィール不適切の改善	･暖房放熱時に始端槽の温度と次槽の温度関係が逆転 ･同じく温水送水温度が低下する問題	･排水連通管による低温貫流水の存在の影響を確認 ･温水吸い込み管が下部で吸い込み、かつポンプバイパス流量が多く下部低温水を巻き上げて低温化することを確認 ・改善工事を実施、改善効果を確認	監視を続けること。バイパス弁開放を厳禁
(6)	熱交換器まわりの改善	･負荷側ヘッダーバイパス流過大によるエネルギーロス ･ツーポンプシステムと制御法の問題による二次側送水温度が高温化 ･上記２原因による蓄熱槽還水温度差が十分に取れない事象	･定流量バイパス弁を設置し、バイパス量を極小化 ･ツーポンプの回転数制御を連動 ･制御を変更することで対応	･PCH13 吐出圧ゲージの交換（最大圧を今より大きくする） ･INV 下限値設定変更のための調整とその効果の確認
(7)	エネルギー消費量と効率分析	建物全体のエネルギー消費の変動と原因分析	･2002 年度のデータで確認。学会等に報告 [2)] ･各種システムシミュレーションとの比較 [3)]	2004 年度としては、建物全体のエネルギー消費傾向についての報告を作成予定。
(8)	風量計測方法の改善	環境維持のために、外気導入量の計測手法を確立する必要がある。	風速計測手法についての議論があった。	なし

表中の課題について補足説明する。カッコ内は担当者。

(1) VAV 給気温度制御(陳)

従来の制御方式で生じる問題、①空調運転開始時の送風温度決定法の不確定、②VAV 端末の相反する要求に対する操作量決定の単純化による何れかの環境悪化、③送風温度変化率固定による、ハンチングの発生、④送風量制御と送風温度制御のリンク不在、等の課題に対して、各端末の室温偏差に基づく要求熱量に基づき、送風温度と送風量の許容範囲を投票しその集計結果によって送風温度を決定させようとするアイデアであり、実際のそのテストお行い、相応の効果が認められたが、結論を出せないうちに担当者の配置換えになってしまったので実装は行われていない。

(2) ２階空調方式の最適運転制御(徐)

天井系統と床系統の最適組み合わせ運転とその性能に関するもので、これについては次節に一部を紹介する。

(3) R1 性能確認(伊藤)

エアソースヒートポンプが最大負荷時に能力を発揮し得なかった機能性能試験結果の追求であり、詳細は次報に述べるが､設計･発注上の問題と施工上の問題が確認された。

(4) R1 性能改善(神村)

前項の理由のほか、既設のチラーのインバーター化による省エネルギー効果を確認し、将来の省エネルギ設計に役立てようとする研究テーマであり、これについても次報に述べる。

(5) 暖房時蓄熱槽温度プロフィル不全(伊藤)

暖房時に槽間温度関係が逆転したり、送水温度が低下する問題を解決したもので、連結温度成層式蓄熱槽の過大口径の排水連通管やポンプバイパス管の配設の仕方が問題となるケースであり、次報に詳述する。

(6) 熱交換器周りの改善(神村)

当初性能検証時の事後設計性能検証において早くから指摘されていたもので、①熱交換器二次側がツーポンプシステム(ヘッダーを挟んで２台直列に設置)であること、②ヘッダーバイパスが存在すること、２時側送水温度制御とポンプの回転数制御が､適正温度の送水･適正温度差の確保という点で問題を抱えていたことの後追い検証である。いかにして単純明快なヘッダー無しのワンポンプシステムに近似させるか、最適送水温度制御をどうするか、さらには二次側送水ポンプの回転数制御に端末弁開度情報を持ち込めるか、といった課題である。結論としては表に書き込まれた内容になっており、今回は詳細報告は行わない。

(7) エネルギー消費量と効率分析(伊藤)

当初１年度のエネルギー消費量が設計目標に対して課題であったことに関して、一つには各サブシステムをいかに効率化させるかという点で表に示したような課題が発生し、一つにはベースラインエネルギーをいかに設定するか、そのためにシステムシミュレーションプログラムが有効に活用できるか、という課題に対して既報[3)]の研究が行われた。いずれにしてもこの課題は進行形であるので今回の２報には含まない。

(8) 風量計測方法の改善(三枝)

環境維持と省エネルギーのための、外気導入量最適化は大きな課題であるが、実際の取りつけ状態で導入外気量を制度よく計測するのが困難で誤差が大きく理屈どおりには最適化できない。この点を改善する簡易な方法を開発しようとしたものであり、模型実験等により効果を確認したが、実装には至らなかった。

３．２階空調方式の最適運転制御に関する検証例

図１に２階空調系統図を、図２に平面図を示す。事務室部分の空調システムを示している。表２には検証活動

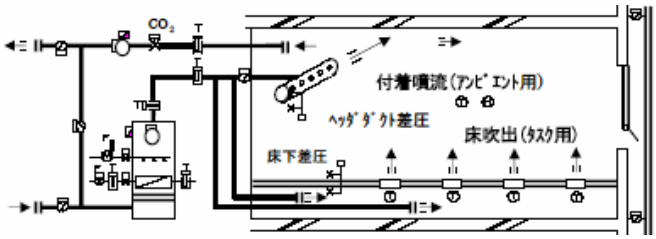

図１　２階空調系統図

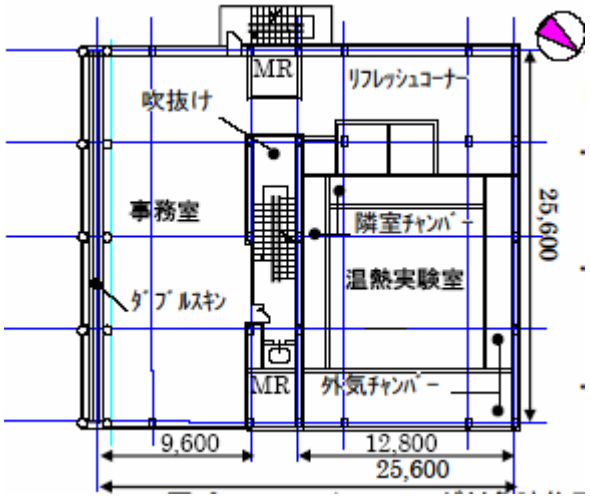

図２　２階平面図

表２　検証活動と検証結果の概要

活動時期	実施項目	検証結果	現状課題や対策など
2000年12月	BAnetからの問題発見とBEMSデータの解析	2台エアハン送風温度の違いによって床フリーアクセス内及び部屋内の温度分布が生じた。	床吹出口温度のばらつきはあるかを確認必要
2001年02月	暖房時床吹出口温度分布の検証及び室内温熱環境のアンケート調査	床吹出口温度のばらつきや及びそれによる室内温度の分布があることを確認し、また、ドラフト感は2割弱であることが分かった。	冷房時同様の問題はあるかを把握、その原因を解明
2002年08月	冷房期床吹出のみ及び床吹出＋付着噴流を運転した場合の各吹出温度･風量分布の検証	吹出口温度のばらつきが確認され、また床吹出口シャッターの開閉がフリーの場合では風量のばらつきは大きい、シャッターが全開の場合では風量はほぼ均一である。	出口温度のばらつきが生じた原因は床の断熱性や送風温度の違いによるものではないか、CFD解析により検討を必要
2003年03月	CFD解析により吹出温度分布差が生じた原因の検討	断熱性や送風温度の違いによる吹出口温度の差が生じることが分かった。	床の断熱改善とエアハンの送風温度なるべく一致する様になる工夫は必要
2003年08月	冷房期付着噴流のみの空調運転方式を用いた場合の温熱環境と省エネ性の検証	付着噴流のみの空調方式を用いた場合、温熱環境は特に問題なくて、さらに従来の(床吹出＋付着噴流)運転方式より省エネ性はあることが分かった。	省エネ性と快適性の面から、付着噴流のみの空調運転方式は実行性が充分ある

の経過と検証結果についての概要を纏めている。この中からいくつかの現象を取り上げてみよう。

3.1　夏季の空調運転方式と環境性能

図３は 2002 年８月に行った、床吹出し単独モードと天井付着噴流+床吹出し併用モードにおける室温分布と、居住者の任意に任せたままのときの床吹出し風量と吹出し温度を示す。これと同時に温熱感のアンケートも行った。詳細は後日の発表に託すが、夏季は床吹き出しのみでも天井吹き出しのみ(データは省略)でも能力的には問題なく、しかし床吹出しにあっては足冷感を訴える者があり、天井吹出しモードを採用することとした。

3.2　床チャンバー内分布問題

図４は 2001 年冬季の床チャンバー内温度、スラブ内温度、空調機吹出し温度及び室温分布の時系列変化を示す。これから以下のことがわかる。

① 吹出し温度が朝の予熱時と午後とで最大 20℃近く変動している。これは混合損失の原因にも、コールドドラフトの原因にもなる。

② 床チャンバー内に最大 6℃近くの温度分布がある。

③ 室温は最大 1.5℃程度の変動がある。

運用と今後の最適運転への方向性としては、課題として挙げられた投票式 VAV 制御の導入、タスクとアンビエントの系統分離、チャンバ内断熱強化と空気分布の改善がるが、この程度の偏差はタスク調節が容易に出来れば吸収できると思われる。

4. まとめ

当初性能検証に引き続いて行っている継続性能検証の経過概要と課題解決の現況について述べ、その中から 2 階系統の空調運転状況の解析と最適運転報の模索の状況を概観した。残りは第 2 法を参照されたい

参考文献

1)　廣岡ほか：空気調和設備の当初性能検証（コミッショニング）の実践研究　第一報～第八報)、空気調和・衛生工学会学術講演会論文集、2001.9

2)　伊藤、廣岡、村山、濱田：日本におけるビルコミッショニングの先駆事例-YBS ビル-、空気調和・衛生工学会学術講演会論文集、2002.9

3)　丹羽ほか：コミッショニングツールとしてのシミュレーションプログラムの比較　第１報～第７報、空気調和・衛生工学会学術講演会論文集、2003.9

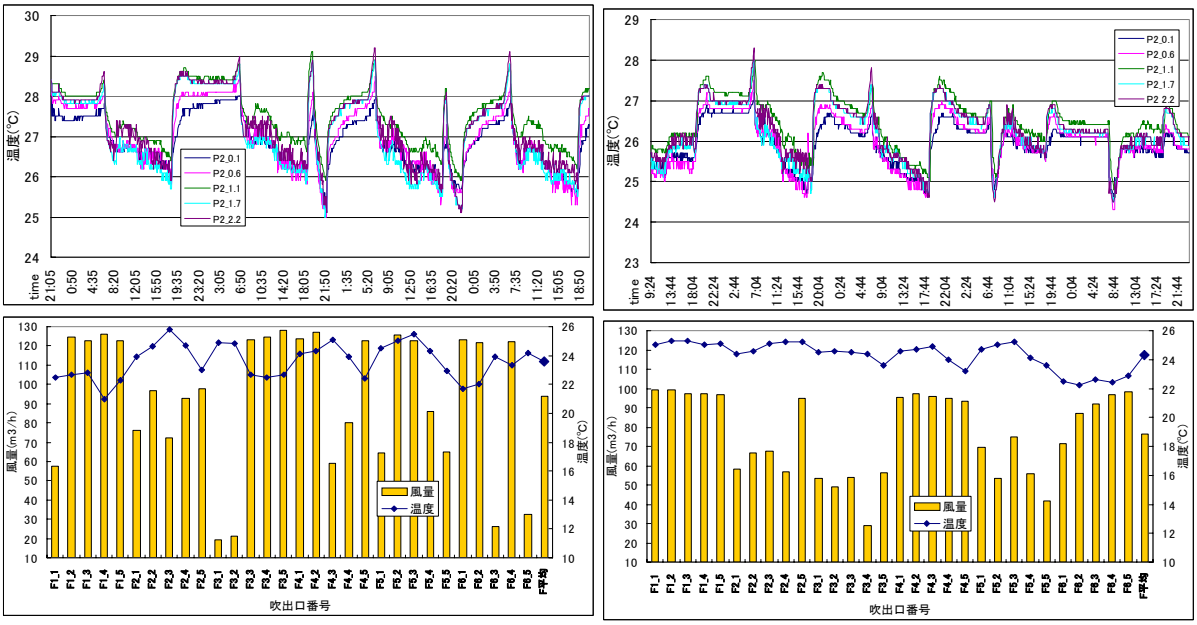

図３　夏季床吹出し単独モード(左)と天井吹出し併用モード(右)における室温変動と吹出し口開度状況

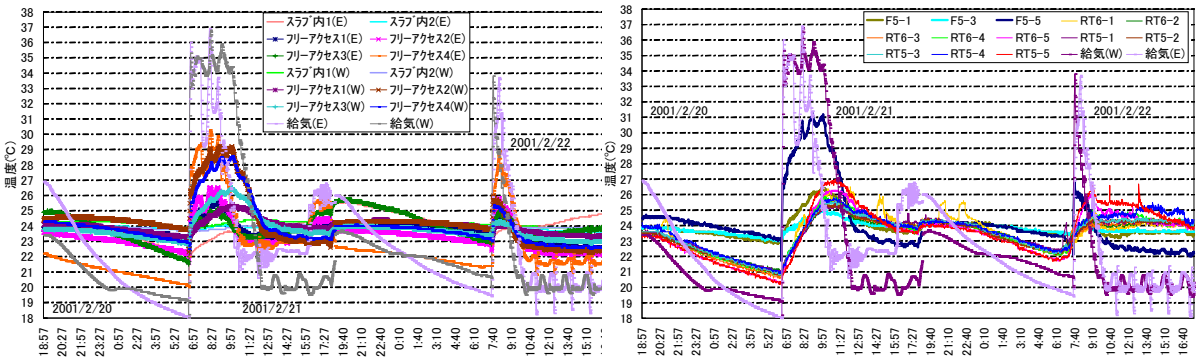

図４　冬季床チャンバー内温度分布(左)・室温分布(右)・吹出し温度の変動状況

空気調和設備の継続性能検証の実践研究
第 2 報 課題の改善事例
Study on On-going Commissioning Process for Actual HVAC System of an Existing Building
PART 2. Case Studies of Improving System Performance

正 会 員 ○伊藤 嘉奈子（(株) 山武） 特別会員 中原 信生（環境システック中原研究処）
正 会 員 神村 一幸（(株) 山武）
Kanako ITO*[1] Nobuo NAKAHARA*[2] Kazuyuki KAMIMURA*[1]
*[1] Yamatake Corporation *[2] Nakahara Laboratory, Environmental Syst.-Tech.

Initial Commissioning for Environmental Engineering Research Center, Yamatake Co., has been followed by On-going Commissioning in order to raise system performance. Example efforts of solving problems and improving performance of the thermal storage and heat pump systems during operation phase are introduced.

はじめに
本報では、第 1 報に続き、当初性能検証の経緯を踏まえて継続性能検証で実施した、各課題の解析・改善事例について報告する。

1．対象設備
本報では、主に熱源の解析・改善事例について紹介する。対象となる設備の概要は、図－1～3 の通り。

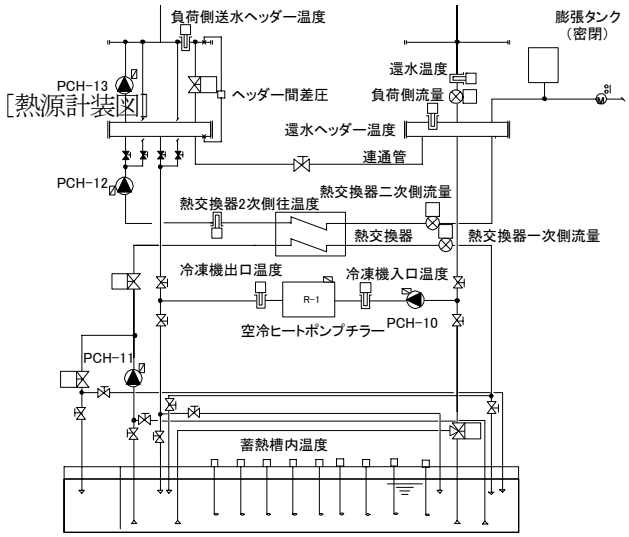

図-1 熱源系統図 [1)]

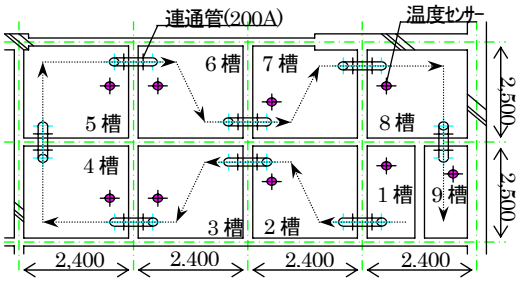

図-2 水蓄熱槽平面図 [1)]

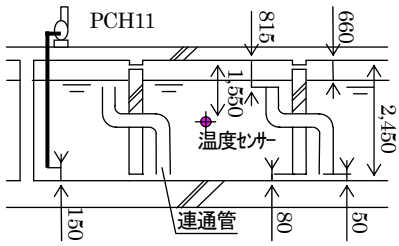

図-3 水蓄熱槽断面図 [1)]

2．蓄熱槽プロフィールの改善
暖房時､蓄熱槽の温度プロフィールに不具合がみられ、熱交換器 1 次側への送水温度が低下する原因となった。その解析・改善過程を以下に示す。

2.1 受け渡し後段階の性能検証
受け渡し段階の性能検証では、①第 8 槽温度のみが低下する、②8 槽・9 槽温度の高低関係が逆転する、③熱交 1 次側送水温度が低下する､という現象が確認された。

これらの現象から、連通管の位置が槽によって異なることによる不十分な混合や、槽容量に比して過大口径の排水連通管を貫流する底部低温水の影響を疑い、施工状況を再確認した。連通管位置は問題なく、底部の低温水を確認、そこに熱交 1 次側送水配管の吸い込み位置が冷水運転と同様底部であったことが送水温度の低下原因と判断し、吸込み位置夏冬切替による吸込位置の変更工事を実施、同時に底部貫流低温水を減らすために 1～2 槽間と 8～9 槽間以外は 2 本となっていた排水連通管の数を全て 1 本とした。

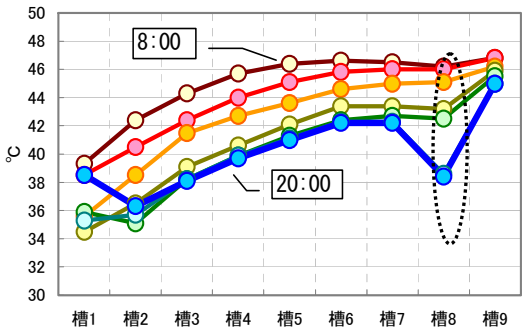

図-4　放熱時蓄熱槽温度プロフィール（2000 年度暖房）

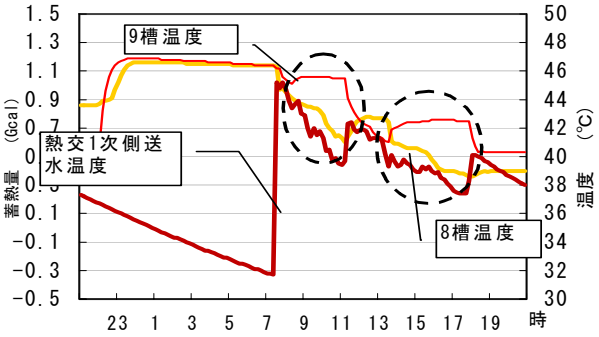

図-5　槽内温度と熱交換器入口温度（2000 年度暖房）[2)]

2.2　第 1 回配管工事後の状況確認

配管工事の結果、熱交 1 次側送水温度の低下は改善されたが、第 8 槽と第 9 槽の高低関係の逆転は依然見られた。

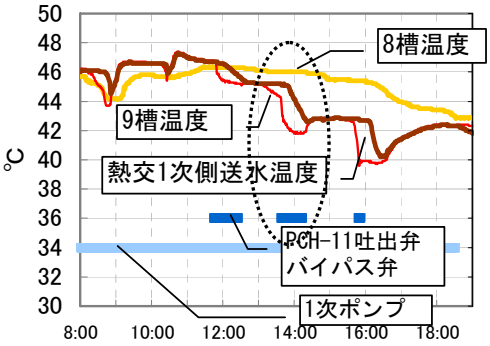

図-6　槽内温度と熱交換器入口温度（2001 年度暖房）

このとき、PCH-11 の締め切り運転防止バイパス弁の開閉状況を確認したところ、バイパス弁が開くと 9 槽温度が 8 槽温度より低下することが判り、その原因はバイパス管の吐出量が過大でかつ底部近くまで挿入されていたために底部低温水が攪拌して 9 槽計測温度が低下する状況が確認できた。バイパス流量調整とバイパス管吐出流を上部水平にするためのエルボ取り付けが必要と判断した。なお、8 槽温度の異常低下は見られなかった。

2.3　バイパス流量調整と第 2 回配管工事の結果確認

(1) バイパス流量調整結果

バイパス管の手動弁全開時の流量は 28 l/min、半開時は 14～15 l/min であることを確認し、半開時の温度プロフィールを確認した。手動弁を調整しても、第 8 槽と第 9 槽の温度高低逆転現象が発生することを確認した。

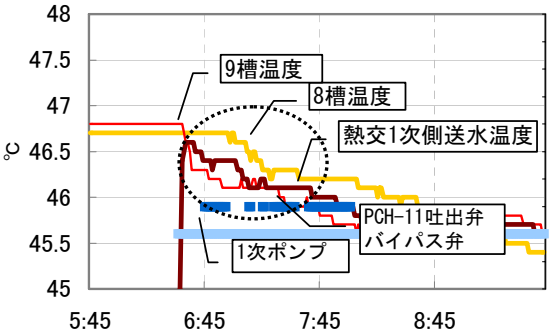

図-7　槽内温度と熱交換器入口温度（2002 年度暖房）

(2) 第 2 回配管工事結果

バイパス管の吐出部へのエルボ取り付け工事後、バイパス弁が開いても 8 槽と 9 槽間の温度高低現象は見られなくなった。しかし、僅かながら竣工当初と同様、第 8 槽の低下が見られるようになった。

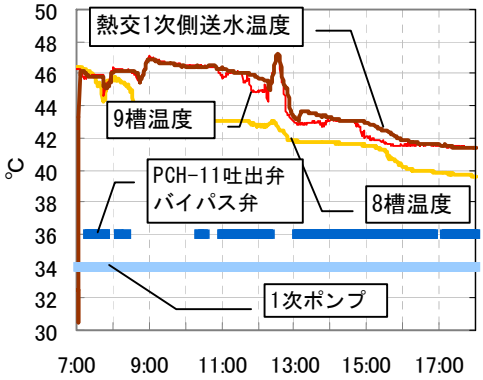

図-8　槽内温度と熱交換器入口温度（2003 年度暖房）

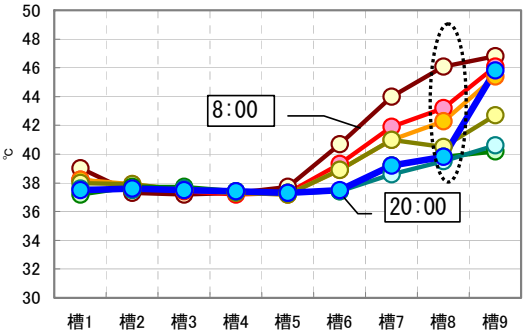

図-9　放熱時蓄熱槽温度プロフィール（2003 年度暖房）

バイパス管工事の際、底部低温水の影響を小さくするために第 8 槽と第 9 槽の間の排水口に仕切り板を設けているため、8 槽内の低温水レベルが上昇して計測温度に影響を与え、この現象が発生すると推測される。

2.4　今後の課題

以上より、当初性能検証からの課題は大方改善されたが、ここに、連結温度成層型蓄熱槽の排水連通管の位置とサイズ選定に繊細な配慮が必要であること、ポンプバイパス流量の過大防止と槽への還流位置を誤らないことが重要であるという教訓が得られた。

3．冷凍機性能の検証

冷房時、冷凍機性能が設計条件下で性能発揮できていな

い現象が見られた。その原因推定と、対策検討の過程を以下に示す。

3.1　受け渡し後段階の性能検証

受け渡し段階の性能検証では、暖房時は冷凍機メーカーによる性能特性表を満足しているが、冷房時に満足できていない現象が図-10、11 の通り確認された。

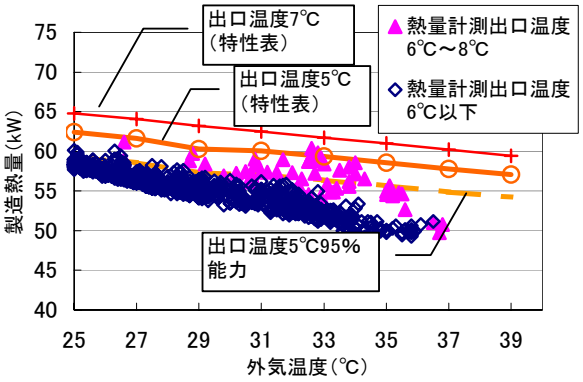

図-10　冷房ピーク時冷凍機能力特性（2001 年度冷房）[2)]

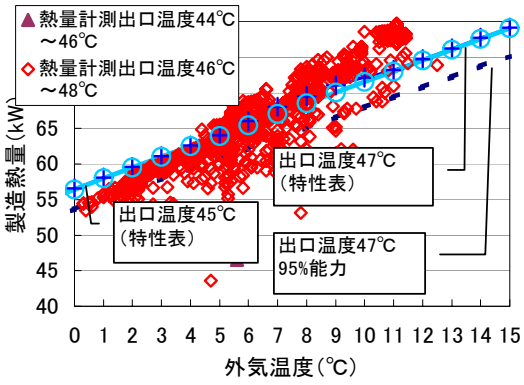

図-11　暖房ピーク時冷凍機能力特性（2001 年度暖房）

しかし、メーカーにより、より詳細な計測が実施された結果、冷却塔の吸い込み温度と BEMS による外気温度計測結果に差があることが確認された。そのため、能力確認条件の外気温度を BEMS からのデータではなく、冷却塔の吸い込み温度とした場合、特性表の性能を発揮していることが確認できた。

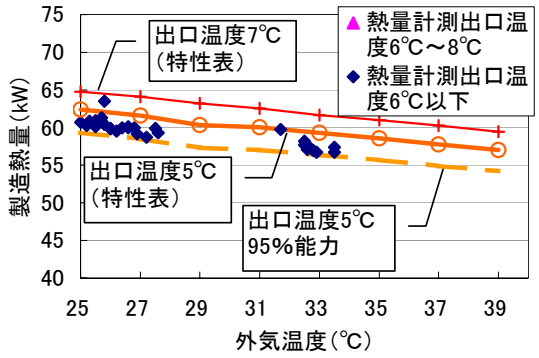

図-12　冷房時冷凍機能力特性（2002 年度冷房）[2)]

3.2　周辺温度状況と散水効果の確認

冷凍機周辺の温度上昇が冷凍機が必要性能を発揮できない原因と推定し、周辺温度状況の確認を実施した。また、外気温度が高い場合にも高負荷に対応するために、冷却フィン部への散水が効果的ではないかと推測し、散水時の性能変化を確認した。

周辺温度は、日中に上昇する、明け方に下がる、夜間はほとんど差がない、という傾向が確認できた。

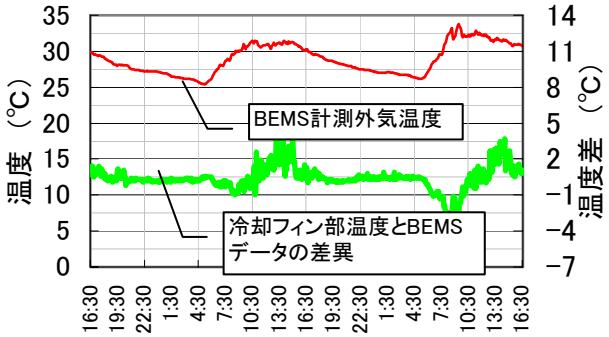

図-13　BEMS 計測と R-1 周辺計測温度差（2003 年度冷房）

これより日射が床に吸収されて床温度が上昇し、対流伝熱により周辺空気が高温になること、また明け方は夜間放射により床面が周囲空気温度より低下し、対流伝熱により周辺底部の温度が下がると推定される。

散水時の能力変化を計測すると、図-14 となり、冷却フィンへの散水は若干ではあるが、効果がある（7%の上昇）ことが確認できる。

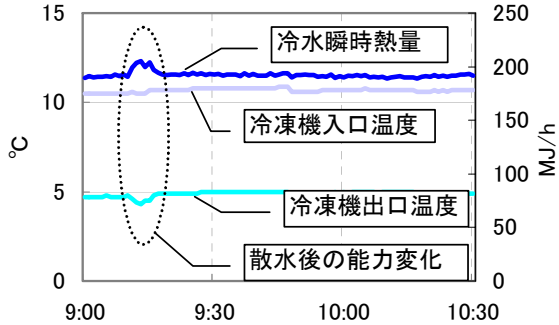

図-14　散水時の冷凍機能力変化（2003 年度冷房）

3.3　今後の課題

日射による周辺温度上昇の対策として屋根の設置を、また、高負荷時に冷凍機の最大能力が発揮できるように必要時の冷却フィン部への散水方法を検討する。ここで得られた教訓は、吸込み周辺気流と日射等による温度の悪化への配慮が重要であること、また JIS 規格の許容条件を考慮した上での保証数値を設計にての指定が必要であること、外気温度による性能変動技術資料をメーカーから受領し確認する必要性、等である。

4．熱源の効率運転検討

3 で示した通り、当初性能検証時から継続的に冷凍機性能を確認し、運転条件を確認しているが、それと並行して、熱源システムの効率運転を図るため、冷凍機コンプレッサーと 1 次ポンプについて、INV 制御を実装し、熱源システムとしての効率の向上を検討した。

4.1　冷凍機コンプレッサーの INV 制御実装

納入時は実装されていなかったインバータをコンプレ

ッサーに実装し、負荷率による効率の変化を冷房時について、図-15 の通り確認した。

図-15 より、冷房時には、部分負荷率 0.6 までは COP が上昇するが、それ以下の範囲では、徐々に熱源 COP が低下していることがわかる。また、0.36 以下の範囲では、全負荷運転時より熱源 COP が低下している。
なお、暖房時には、部分負荷率が下がるほど COP が低下する傾向が見られた。

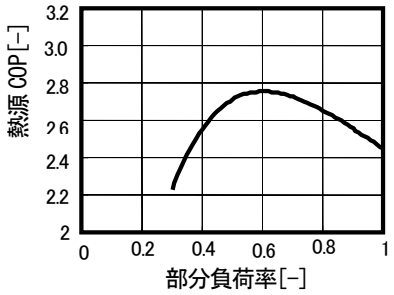

図-15　部分負荷時の熱源 COP 変化

以上より、コンプレッサーINV 制御を導入することにより、冷房時の部分負荷率がある値以上となる場合は効率が向上するが、それ以外の条件では、むしろ効率が下がることがわかった。

4.2　冷凍機コンプレッサ・1 次ポンプ INV 制御

(1)　シミュレーションによる INV 制御効果の検討

コンプレッサーINV 制御とともに、1 次ポンプの INV 制御を検討し、その効果について、シミュレーションで比較した。比較した条件は表-1 の通り。各条件についてのシミュレーション結果は表-2 の通りとなった。

表－1

case	出口水温制御[*1]	1 次ポンプ制御方法	熱源機器制御方法
α	有効	定流量運転	全負荷運転
B0	無効	出口水温が設定温度になるように流量を調整	全負荷運転
B1	有効	1 次側最高効率点[*2] で運転開始。蓄熱時間帯終了まで全負荷運転をしないと蓄熱を完了できなくなる時点からは熱源機器、1 次ポンプとも全負荷運転	
B2	無効	出口水温が設定温度になるように流量を調整	蓄熱量と目安蓄熱量の差により熱源機器の部分負荷率を決定

＊1　三方弁による冷凍機出口温度制御
＊2　1 次側 COP が最高となる部分負荷率

表-2　熱源 COP、1 次側 COP の比較

case		熱源 COP	1 次側 COP
暖房	α	2.41	2.25
	B0	2.45	2.37
冷房	α	3.00	2.77
	B0	2.99	2.83
	B1	3.39	3.16
	B2	3.41	3.21

表-2 より、1 次側 COP については、各 INV 制御の導入により、COP が向上していることがわかる。ただし、1 次ポンプ INV 制御の導入だけでは著しい効果が得られず、1 次側最高効率点での運転が最もよい結果となった。

(2)　INV 制御実測結果

シミュレーション結果を検証するために、コンプレッサーと 1 次ポンプの INV 回転数を実際に変更して、その効果を確認した。実測条件は表-3 の通り。

表-3　蓄熱空調システム冷房運転実測のケース比較

	case X	case Y
熱源機器	全負荷運転	周波数 27.4Hz で運転
1 次ポンプ	全負荷運転	周波数 35.1Hz で運転
三方弁熱源出口水温設定値[※1]	5.1℃	7.1℃
蓄熱基準温度[※2]	13.0℃	15.0℃

※1　三方弁の開度を調整するための指標。熱源機器出口水温がこの温度になるように高温側と低温側の割合を変化させる
※2　蓄熱量算出の際の基準温度

実測結果は表-4 の通りとなり、INV 回転数を変更することで効率が上昇することが確認できた。

表-4　実測結果

	case X			case Y		
	1 日目	2 日目	平均	1 日目	2 日目	平均
熱源 COP	3.14	3.38	3.25	3.97	4.2	4.09
1 次側 COP	2.87	3.07	2.96	3.72	3.93	3.83

4.3　今後の課題

各 INV 制御を導入することで効率上昇効果が得られることがシミュレーションと実測の結果より確認できたが、実運用としては 1 次側最高効率点を求めたり事前に適切な部分負荷率を求めることが難しい。負荷予測を導入したり、INV 制御実施条件を決定する実用的な手法を検討する必要がある。

まとめ

以上の事例より、継続的な検証を実施することにより以下の効果が得られることを確認できた。

1)　竣工当初からの計測データ蓄積により、解析を継続していく中で新たな視点を見出した際、過去のデータを遡って解析が可能である。
2)　当初性能検証時の課題が整理されていることにより、継続的に課題解決に取り組むことが可能である。

今後も継続性能検証を実施し、さらに課題の確認・解決を実施していく。

参 考 文 献

1)　湯澤、笠置、村山、近本、廣岡、中原：空気調和設備の当初性能検証（コミッショニング）の実践研究（第二報）　空調設備の概要と企画・設計段階の事後性能検証、平成 13 年度空気調和・衛生工学会学術講演会論文集
2)　伊藤、廣岡、村山、濱田：日本におけるビルコミッショニングの先駆事例-YBS ビル-、平成 14 年度空気調和・衛生工学会学術講演会論文集