

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 127）

BEST に組み込まれた水蓄熱システムの運転制御方法とその効果

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems,
the BEST (Part127)

Effect of Differences in the Operation Control Method of Air Conditioning System
with Water Thermal Incorporated into the BEST

正 会 員 ○河路 友也（トーエネック） 特別会員 村上 周三（建築環境・省エネルギー機構）

技術フェロー 柳原 隆司（東京電機大学） 正 会 員 工藤 良一（蒼設備設計）

正 会 員 二宮 博史（日建設計） 名誉会員 中原 信生（環境システック中原研究処）

Tomoya KAWAJI*1 Shuzo MURAKAMI*2 Takashi YANAGIHARA*3 Ryoichi KUDO*4

Hiroshi NINOMIYA*5 Nobuo NAKAHARA*6

*1 Toenec Corporation *2 Institute for Building Environment and Energy Conservation

*3 Tokyo Denki University *4 Soh M&E engineers Corporation *5 Nikken Sekkei *6 NESTEC

This paper describes the effect of differences in the operation control method of air conditioning system with water thermal that is embedded in the BEST. It is very important for the thermal storage system to control operation of the heat source. In BEST, there are five methods including uncontrolled to control system. Differences in the simulation results of water temperature in the tank, power consumption and load shifting ratio due to the difference of the control method are shown.

はじめに

既報^{1)~4)}においては、BEST 専門版に搭載されている水・氷蓄熱システムの概要、計算精度検証、検討例などを紹介してきた。本報では、専門版および改正省エネルギー基準対応版の現状の説明と、水蓄熱システムに導入した運転制御手法の種類と計算結果の差について示す。

1. BEST における蓄熱システム開発状況

1.1 専門版

昨年の発表⁴⁾において、水蓄熱システムの運転制御モジュールの開発を実施していると報告したが、その開発と検証を終了し、最新バージョンには実装されている。本報では、この内容を中心に報告している。また、変流量対応熱源の選択も可能としたが、このシステムには、一部制御上の不具合があり、現在改良作業を進めているところである。氷蓄熱関係については、特に変化は無い。

1.2 改正省エネルギー基準対応版

改正省エネルギー基準対応版は、平成 25 年 4 月から施行された省エネルギー基準の改正に対応したプログラムであり、蓄熱システムについても計算が可能となっている。計算可能な蓄熱システムは、専門版に準じるが、入力が簡易化されているため、専門版に比べると、詳細な設定はできなくなっている。但し、蓄熱のメリットを十分に引き出すために必須の条件もあるため、現在も、入力項目については、選定作業を継続している。

2. 水蓄熱システムにおける運転制御の重要性

水蓄熱システムプログラムに運転制御の組み込み作業を実施したが、ここでは、水蓄熱システムにおける運転制御の重要性について示す。図 1 に示すように、運転制御の異常により、熱源の運転が不足した場合には、二次側送水温度が上昇し室内温熱環境が悪化する恐れがある。逆に、過剰な運転が行われると、蓄熱槽を最大限に利用できないため、夜間移行率の低下を招き、蓄熱システム

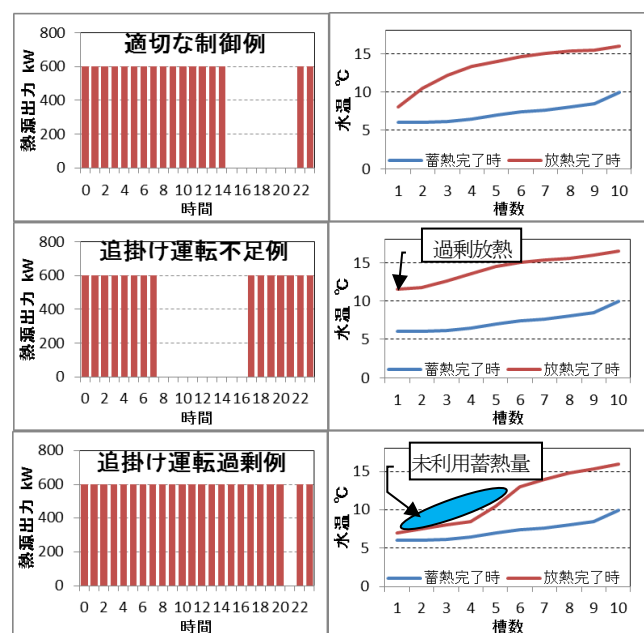


図 1 制御異常による熱源運転時間と槽内水温変化例
(上段：正常、中段：追掛け不足、下段：追掛け過剰)

のメリットが低下する可能性がある。このように、蓄熱システムのメリットを最大限活かすためにも、適切な運転制御が必要となる。

3. BESTに組み込まれた水蓄熱システム運転制御方法

BESTに組み込まれた水蓄熱システムの運転制御方法は、無制御も含めて以下の5種類である。

①無制御

夜間の蓄熱運転は、満蓄により終了。昼間の追掛け運転は、二次側送水温度が設定値以上になった場合に起動。

②簡易予測(熱源運転時間)

当日の熱源の運転時間から翌日の熱源の運転時間を設定する。翌日の熱源運転時間は、下式で求める。

翌日運転時間 = 当日予定 - (当日予定 - 実績) × 補正係数

・補正係数は、ユーザーが0~1の値を任意に入力する。

・当日予定時間のデフォルトは10時間。

③簡易予測(前日負荷)

翌日も当日と同じ負荷が発生すると予測した制御。

④簡易予測(曜日別負荷)

負荷パターンが曜日によって決定されると考え、1週間前の同一曜日の負荷が発生すると予測した制御。

⑤負荷計算予測

BESTであらかじめ負荷計算を実施しておき、その計算結果を用いて翌日の熱源運転時間を算出する。

③から⑤の制御手法では、翌日の熱源運転時間を下式により求めている。

翌日運転時間 = 予測した負荷 ÷ 前日の熱源平均出力

計算内容としては、22時から熱源の運転を上式で算出した時間に達するまで継続する。夜間蓄熱運転時間内に満蓄条件に達した場合は停止するが、停止している時間も予定時間から差し引く処理を行っている。空調開始以降に予定時間が残っている場合には熱源の運転が再開する。予定時間に達すれば熱源は停止するが、追掛け運転条件に合致すれば、熱源は再起動する。

4. 運転制御方法による差異検討

4.1 検討システム概要

前述した5つの運転制御方法が、計算結果にどのような影響を及ぼすかを明らかにするために、モデルシステムによる計算を実施した。図2に検討システムの概要と系統図を示す。蓄熱槽は、連結完全混合槽型蓄熱槽である。二次側は全て二方弁による変流量システムであり、熱源は入口水温が三方弁により温度制御される定流量システムである。冷房運転時においては、熱源の入口水温が限界水温以下になると満蓄と判断して熱源は停止し、二次側送水温度が限界水温以上になると熱源の追掛け運転が開始される。このシステムにおいて、運転制御方法のみ変更させて8月の一カ月間について計算を実施した。

4.2 ピーク期間計算結果

図3から図7に、各運転制御方法の計算結果として、8月21日から25日までの、熱源出力、二次側送水温度、4点の槽内水温を示す。①無制御では、熱源の追掛け運転のタイミングが遅れるため、二次側送水温度が15℃前

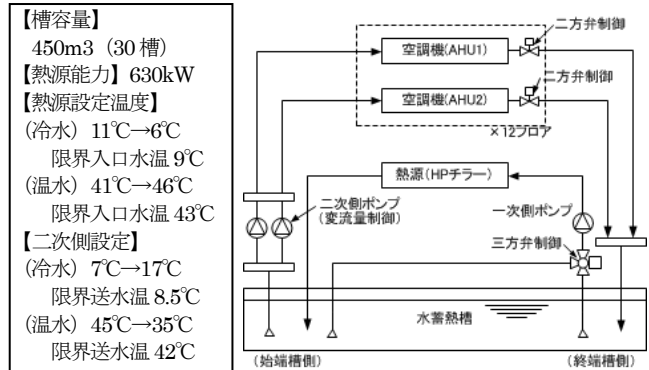


図2 検討システム概要と系統図

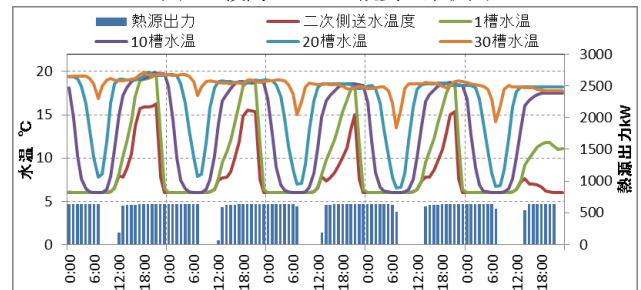


図3 ①無制御計算結果(8/21(月)~8/25(金))

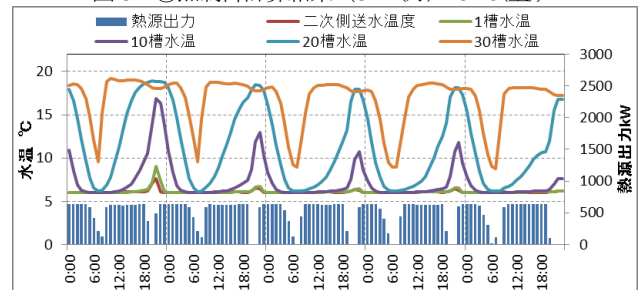


図4 ②簡易予測(熱源運転時間)計算結果(8/21(月)~8/25(金))

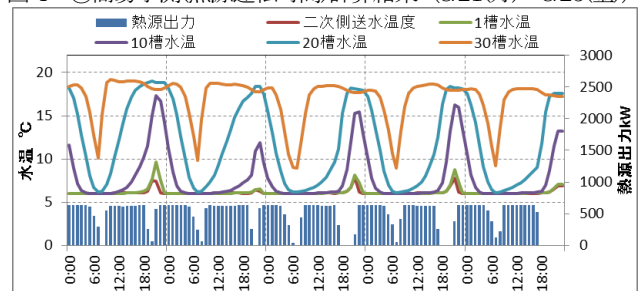


図5 ③簡易予測(前日負荷)計算結果(8/21(月)~8/25(金))

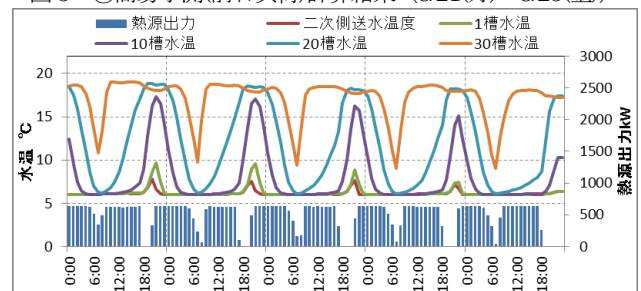


図6 ④簡易予測(曜日別負荷)計算結果(8/21(月)~8/25(金))

後まで上昇しており、室内温熱環境の悪化が懸念される結果になっている。②～④の制御方法では、二次側送水温度の上昇は見られないが、週の後半には、10槽水温も上昇が小さくなっており、熱源の追掛け運転が過剰となっていることが分かる。⑤の負荷計算予測では、二次側送水温度の上昇がなく、槽内水温の上昇度合いも適切な状態になっている。図8には、制御方法別消費電力量と夜間移行率を示し、図9には、二次側送水温度の発生回数を示す。発生回数は、5分間隔の計算結果を元に集計している。①の無制御が消費電力量は最も小さく、かつ夜間移行率も高くなっている。しかしながら、二次側送水温度は上昇回数が多くなっており、適切な状況でないことが分かる。その他の制御方法では、二次側送水温度としては問題無いが、消費電力量と夜間移行率には若干の差が生じている。但し、②から④までの制御方法は、前日や前週の負荷の影響が大きいため、計算時期によっても結果は変化すると考えられる。そこで、次節においては、冷房期間を通して計算を実施し、負荷が増加・減少傾向にある期間に注目して、各制御方法の特徴を更に明確化する。

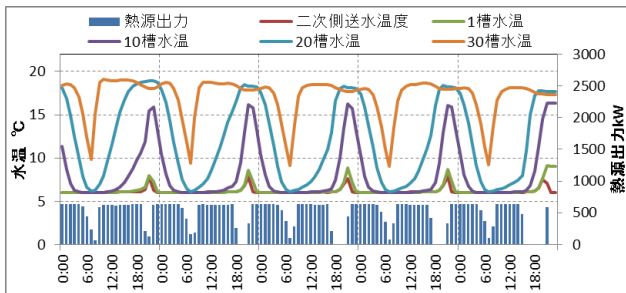


図7 ⑤負荷計算予測計算結果(8/21(月)~8/25(金))

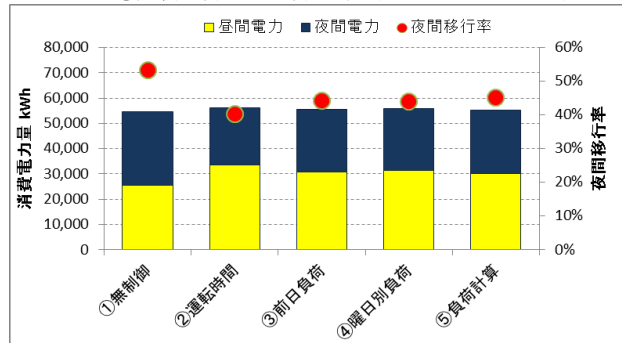


図8 制御方法別消費電力量と夜間移行率(8月一ヵ月分)

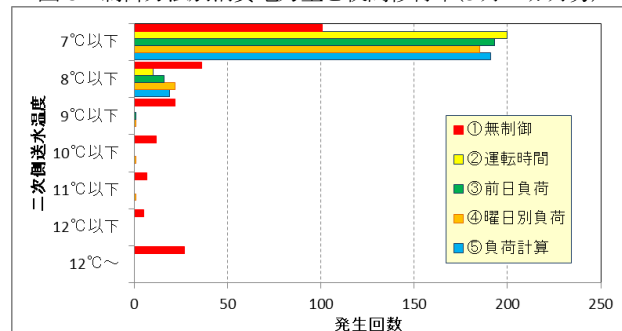


図9 制御方法別二次側送水温度の発生回数(8月一ヵ月分)

4.3 負荷変動期間計算結果

5月1日から10月31日までの計算を実施し、図10～図14に、負荷増加期間は7月10日～14日、負荷減少期間は9月11日～15日の結果を示す。①無制御の場合、追掛け運転開始時に蓄熱量が残っていないため、二次側送水温度の上昇が頻繁に発生している。②の制御では、負荷減少期間では負荷変動に対して、予測制御が対応できず過剰な追掛け運転が行われ、蓄熱槽が有効に利用されていない。③と④においても、負荷減少期間では若干過剰運転となっている。⑤については、ほぼ問題の無い状態である。全体としては、負荷増加期間よりも、負荷減少期間の方が、熱源の昼間の運転が過剰となり、夜間移行率が低下する等、不適切な運転となる。

図15に消費電力量と夜間移行率、図16に二次側送水温度の発生回数を示す。図8と同様に無制御が最も良い

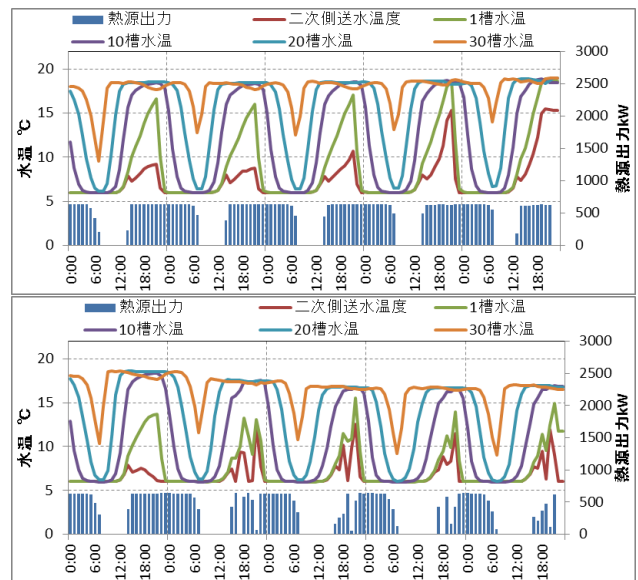


図10 ①無制御計算結果

(上段: 7/10(月)~7/14(金) 下段: 9/11(月)~9/15(金))

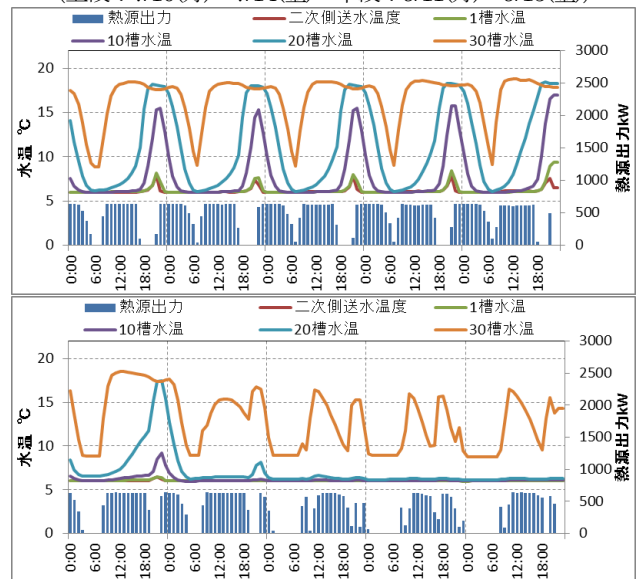


図11 ②簡易予測(熱源運転時間)計算結果

(上段: 7/10(月)~7/14(金) 下段: 9/11(月)~9/15(金))

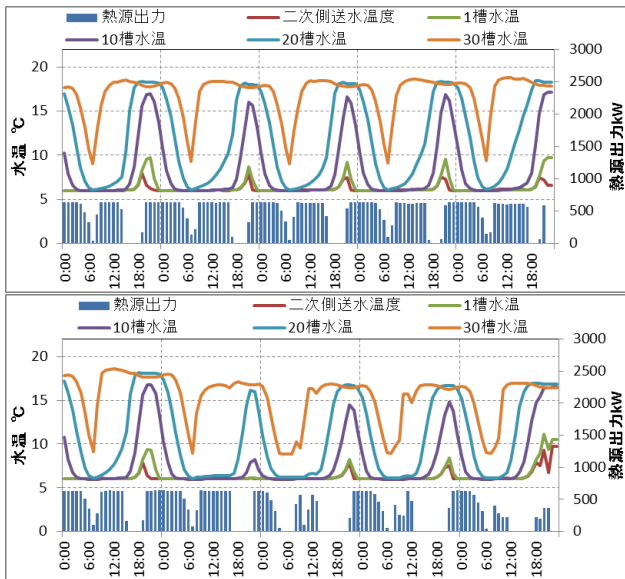


図12 ③簡易予測(前日負荷)計算結果
(上段：7/10(月)～7/14(金) 下段：9/11(月)～9/15(金))

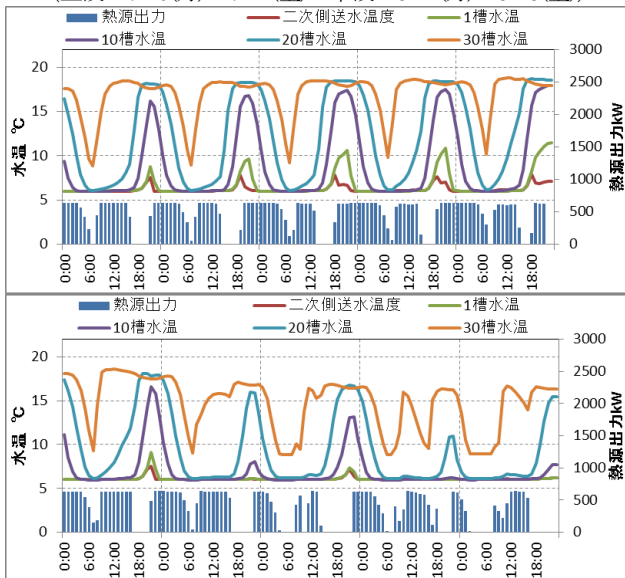


図13 ④簡易予測(曜日別負荷)計算結果
(上段：7/10(月)～7/14(金) 下段：9/11(月)～9/15(金))

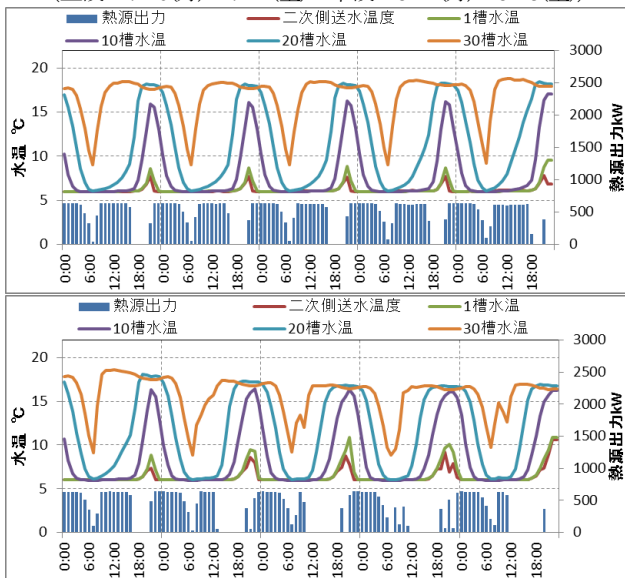


図14 ⑤負荷計算予測計算結果
(上段：7/10(月)～7/14(金) 下段：9/11(月)～9/15(金))

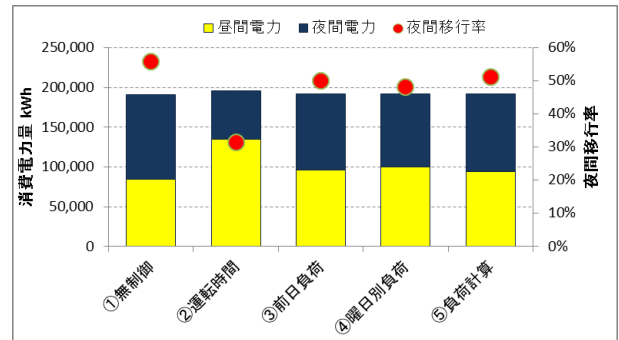


図15 制御方法別消費電力量と夜間移行率(6/1～10/31)

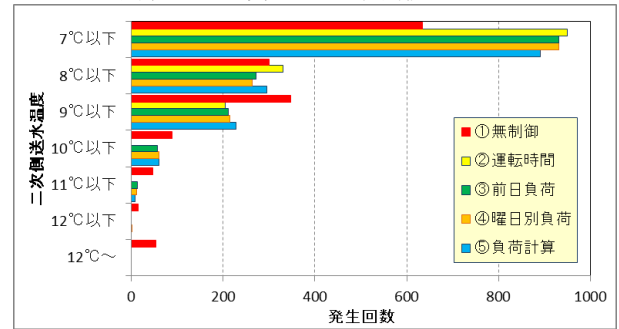


図16 制御方法別二次側送水温度の発生回数(6/1～10/31)

結果となっているが、二次側送水温度上昇の問題がある。③～⑤の制御方法では、⑤が最も消費電力量は少なく夜間移行率は高くなっているが、ほぼ同等な結果である。二次側送水温度については、①以外は大きな差はない。但し、この結果は負荷の状況により変化するため、実システムに合わせた制御方法を選択することが必要である。

5. まとめ

BESTに組み込まれた水蓄熱の運転制御方法の種類と計算結果への影響について示した。今後も、機能強化・改良作業を継続する予定である。

【謝辞】

本報は、(一財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」・「BEST 企画委員会」(村上周三委員長)および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、蓄熱・蓄電等システム検討WG(柳原隆司主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。蓄熱・蓄電等検討WG名簿(順不同)主査：柳原隆司(東京電機大学)、幹事：合田和泰(着設備設計)、委員：中原信生(環境システック中原研究処)、南島正範(関西電力)、柳井崇(日本設計)、加藤伯彦、井上聡(以上、中部電力)、田中勝彦、小澤正一(以上、東京電力)、工藤良一(着設備設計)、河路友也(トーエネック)、助飛羅力(三機工業)、野原文男、二宮博史(以上、日建設計)、松原隆彦(ヒートポンプ・蓄熱センター)、事務局：生稲清久(建築環境・省エネルギー機構)、早瀬訓、岩崎由佳(以上、ヒートポンプ・蓄熱センター)。

【参考文献】

- 河路 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33)蓄熱式空調システムのプログラム概要、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.1133～1136、2008.8
- 河路 他：同上(その77)蓄熱式空調システムの槽内熱挙動検証、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.2587～2590、2010.9
- 河路 他：同上(その93)氷蓄熱式空調システムの運転検証、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.1735～1738、2011.9
- 河路 他：同上(その107)BESTを利用した水蓄熱式空調システムの高効率化検証とフォルトシミュレーション、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.1379～1382、2012.9