

CO₂ ヒートポンプ給湯システムの高効率化を目指した貯湯タンク内温度分布計算手法の開発

—給湯・ふろ湯張システム用モデルの構築—

キーワード：ヒートポンプ給湯機，貯湯タンク，蓄熱，
熱伝導，数値シミュレーション

報告書番号：M12003

背景

省エネルギー推進のために、CO₂ ヒートポンプ給湯システムのさらなる効率向上が求められている。本システムでは、ヒートポンプと温度成層型の貯湯タンクから構成されており、貯湯タンク底部の水がヒートポンプへの入水となる。CO₂ 冷媒の場合、この入水温度が高くなると、ヒートポンプの効率が低下し、システム全体の効率に大きく影響を及ぼす。このため、貯湯タンク内の温度分布を精度よくかつ簡便に再現・予測する計算手法の開発が求められている。

目的

給湯・ふろ湯張機能を有するシステムを対象に、計算負荷の小さい一次元熱伝導解析を用いた貯湯タンク内温度分布計算手法を開発する。

主な成果

1. 計算手法の提案

貯湯タンクを n 等分し円柱形と仮定した一次元熱伝導解析による計算手法を提案した(図1)。本手法は、貯湯タンクを頂部、底部、中間部に分割し、それぞれに、実験から求めた熱通過率を用いる放熱モデル、出湯能力などからタイムステップ毎の出湯量を確定(①)し、出湯量の湯がタンク頂部に入り(②)、体積要素ごとに体積比により温度を加重「平均」(③)する出湯モデル、同様な考え方の給湯モデルから構成される。

2. 実験との比較による計算手法の検証

提案した手法の計算結果と冬期温度条件(7℃)における JRA 標準給湯モード^{注1}の試験結果を比較した。図2に貯湯タンク頂部、中間部、底部温度の経時変化を示す。両者は良く一致していることが分かる。さらに、着霜期温度条件(2℃)で修正 M1 モード平日(大)^{注2}における比較を行った(図3)。計算のタンク頂部温度は22時35分開始の給湯途中に40℃以下に低下し、一方、実験では、同一時刻の給湯途中から給湯温度が低下した。タンク内の温度成層の影響により、設定温度での給湯ができなくなることを計算で再現できた。

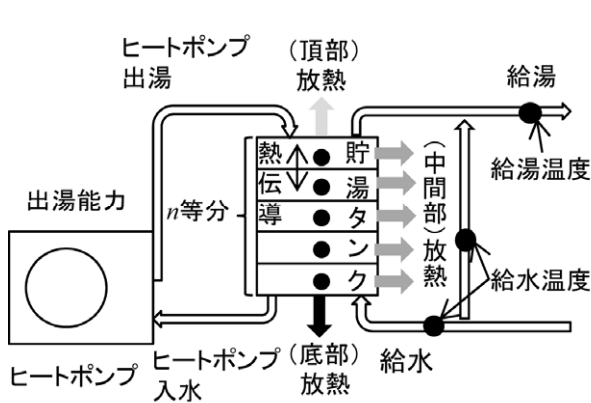
以上により、温度成層をなすタンク内の温度分布を再現・予測できる簡便な計算手法を開発した。

今後の展開

給湯・ふろ湯張に加え、ふろ保温機能を有するシステムを対象に、計算手法を開発する。さらに、開発手法を基に、システムの効率向上に向けた提案を行う。

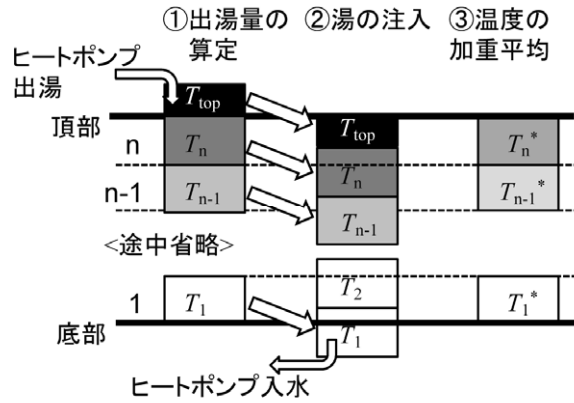
注1：日本冷凍空調工業会標準規格で定められた給湯モード、1日当たり13回の給湯を設定。

注2：省エネ基準を設定する際に使用された給湯モード。平日(大)も含めて6つのモードで構成。



○貯湯タンクモデル化の仮定
 ・ 頂部高温、底部低温の温度成層
 ○放熱モデル
 頂部、中間部、底部の熱通過率(実験値)から外気への放熱量を計算

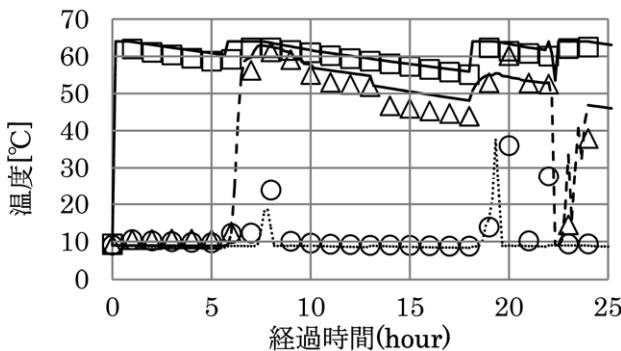
(a) 計算概要と放熱モデル



○出湯モデル
 出湯能力、出湯温度 (T_{top})、 T_1 よりタイムステップ毎の「①出湯量の算定」をする。出湯量分、「②湯の注入」をし、体積比により「③温度の加重平均」をすることで各体積要素の新しい温度を求める。

(b) 出湯モデル

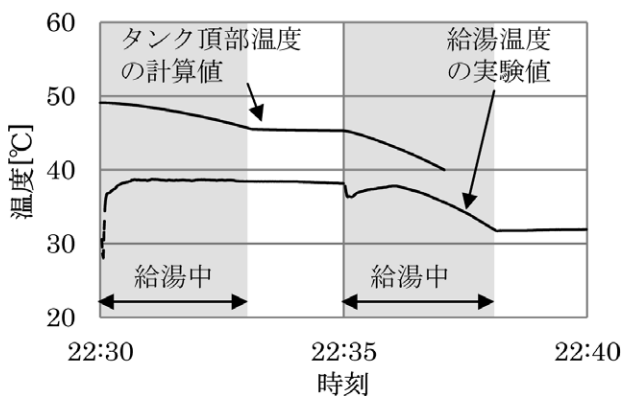
図1 貯湯タンクのモデル化



実験	計算	
□	——	頂部(1.473m)
△	- - - -	中間部(0.756m)
○	底部(0m)

計算結果は実験結果を再現できている。横軸の経過時間は、出湯開始からの時間を示す。上表の()内はタンク高さ

図2 給湯モード(JRA標準)性能試験との比較



計算では、22:35 開始の給湯中に、タンク頂部温度が給湯設定温度(修正 M1 モードの設定温度 40°C)まで低下し、給湯停止となった。実験値でもほぼ同時刻に給湯温度の温度低下が始まっており、計算結果は実験値とよく一致している。(本図は本文の図 3.3 を抜粋して拡大)

図3 給湯モード(修正 M1 モード平日大)性能試験との比較

研究担当者	若松 裕紀 (エネルギー技術研究所 ヒートポンプ・蓄熱領域)
問い合わせ先	電力中央研究所 エネルギー技術研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 046-856-2121 (代) E-mail : eerl-rr-ml@criepi.denken.or.jp

報告書の本冊(PDF版)は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。