

## C02ヒートポンプ飲料自動販売機における高性能潜熱蓄熱槽の開発研究

藤井, 秀俊

<https://hdl.handle.net/2324/1959113>

---

出版情報 : Kyushu University, 2018, 博士 (工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

氏 名 : 藤井 秀俊

論 文 名 : CO<sub>2</sub>ヒートポンプ飲料自動販売機における高性能潜熱蓄熱槽の開発研究

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

世界のエネルギー消費量は2030年には1990年の2倍に達すると考えられている。化石燃料の使用を契機にしたエネルギー消費量の爆発的・継続的な増加により、温室効果ガスの増加が懸念されており、地球環境に多岐にわたる影響を及ぼしている。また、化石燃料の利用できているエネルギーは1/3程度しかなく、残りの2/3は損失になっている。

将来の地球環境を保護することを目的に、2015年の気候変動枠組条約締約国会議（Conference of the Parties, COP21）で締結されたパリ協定では、参加する196カ国が温室効果ガスの排出量削減目標を作成・提出・維持して、それを達成するための対策をとる義務を負う。有効な対策をとらなければ目標達成は難しいと考えられているが、このような法的拘束力の有無にかかわらず、環境問題解決のための省エネルギー化の取り組みは人類共通の課題である。

ヒートポンプは加熱・冷却方式として、家庭・業務・産業分野の様々な熱需要に適用が拡大しており、各分野の横断的な重要技術・将来技術と位置づけられている。各種のヒートポンプシステムの高効率化・省エネルギー化に向けて、次世代・長期的視点での取り組みがなされており、期待される技術の一つに蓄熱技術が挙げられている。本研究では、CO<sub>2</sub>ヒートポンプ飲料自動販売機の省電力化のために、2種類の蓄熱材利用方法を考案・検討した。それらを実現可能にする潜熱蓄熱槽の開発研究から以下の知見を得た。

第1章では、飲料自動販売機をはじめとするヒートポンプシステムが置かれている状況とヒートポンプの高効率化・省エネルギー化の重要性を述べた。熱エネルギーの最適利用を可能にする蓄熱技術に着目して、CO<sub>2</sub>ヒートポンプ飲料自動販売機に向けた2種類の蓄熱材利用方法を提案した。まず、第一の蓄熱槽（庫室加熱用蓄熱槽）をヒートポンプ停止時の加温庫室における空気・飲料缶の加熱に用いることで、ヒートポンプの圧縮機の電源ON-OFF頻度の低減を目指した。次に、第二の蓄熱槽（冷媒蒸発用蓄熱槽）をヒートポンプサイクル上における圧縮前のCO<sub>2</sub>冷媒の加熱・蒸発に用いることで、ヒートポンプサイクルの未利用熱利用による消費電力削減を目指した。

第2章では、数値熱流体解析（CFD）による蓄熱槽の設計にあたり、基礎実験・解析から、蓄熱材内の温度応答を検討した。基礎実験に基づき作成したCFDの解析結果は実験結果と概ね良好に整合しており、CFDによる蓄熱槽の形状検討を可能にした。

第3章では、2種類の蓄熱槽の要求仕様および理論効果を検討した。CO<sub>2</sub>ヒートポンプ飲料自動販売機の設置・利用環境下において、庫室加熱用蓄熱槽はCO<sub>2</sub>冷媒の80～110℃の間の余剰熱に対して、蓄熱温度70℃、理論蓄熱量40.1kJを要する。また、冷媒蒸発用蓄熱槽はCO<sub>2</sub>冷媒の60℃以下の未利用熱に対して、蓄熱温度26℃、理論蓄熱量46.5kJを要する。各蓄熱槽による飲料自動販売機の年間消費電力の削減量は、庫室加熱蓄熱槽25kWh/y、冷媒蒸発用蓄熱槽52kWh/yと見積られた。さらに、第2章で述べた蓄熱槽のCFDによる形状検討から、庫室加熱用蓄熱槽および

冷媒蒸発用蓄熱槽の最適形状を明らかにした。

第4章では、庫室加熱用蓄熱槽および冷媒蒸発用蓄熱槽の蓄放熱を数値的に検討した。庫室加熱用蓄熱槽の蓄熱過程では、蓄熱槽内の熱伝導促進によって、蓄熱時間の短縮に寄与できるだけでなく、蓄熱時の熱損失の影響を緩和できることもわかった。放熱過程では、蓄熱槽からの放熱により加温庫室の空気温度が制御下限値に達するまでの時間を延長できることがわかった。また、空気側の熱伝達の促進が放熱時間および放熱量の増加に寄与することを示し、その場合には蓄熱材の熱伝導率増加がより効果的であることを示した。また、冷媒蒸発用蓄熱槽の蓄放熱予測では、最適なCO<sub>2</sub>冷媒の加熱・蒸発のために、蓄熱槽の寸法、冷媒温度などの影響を検討して、蓄熱槽における各パラメータの寄与度を考慮した最適化の指針を示した。

第5章では上記の検討から得られた指針の基に設計・作製した2種類の潜熱蓄熱槽をCO<sub>2</sub>ヒートポンプ飲料自動販売機に搭載した場合の省エネルギー効果を実験的に評価した。庫室加熱用蓄熱槽および冷媒蒸発用蓄熱槽の有無による飲料自動販売機の運転状態の違いを検討した結果、庫室加熱用蓄熱槽あるいは冷媒蒸発用蓄熱槽が搭載される場合のCOPはいずれも増加した。さらに各蓄熱槽をより効果的に機能させることを目的に、アフターファン運転と冷媒タンクを採用した。最終的に、CO<sub>2</sub>ヒートポンプ飲料自動販売機の年間消費電力量は、庫室加熱用蓄熱槽により1.6%（10 kWh/y）、冷媒蒸発用蓄熱槽により5.9%（37 kWh/y）を削減することができた。

第6章では、本研究で得られた知見を総括した。