

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11545 号
------	---------------

氏 名 江崎 丈裕

論 文 題 目

水蒸気吸着・水和反応を用いる冷凍サイクルの高度化に関する研究

(Study on advanced chiller cycle by using water adsorption and hydration reaction)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	准教授	小林 敬幸
委員	名古屋大学	教授	堀添 浩俊
委員	名古屋大学	教授	北 英紀
委員	名古屋大学	教授	市野 良一

論文審査の結果の要旨

江崎丈裕君提出の学位論文「水蒸気吸着・水和反応を用いる冷凍サイクルの高度化に関する研究」は、エネルギー利用プロセスで多量に排出される100℃以下の低温未利用熱を活用して冷熱を生成することが可能な熱駆動型のヒートポンプに関し、従来よりも高い効率で、より低温の排熱で駆動する新たな冷凍サイクルシステムを提案し、その技術の成立の可能性について、理論と実験の両面から明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

序章では、本研究の背景を述べるとともに、研究目的を述べている。

第1章では、水蒸気を冷媒として用いる吸着式冷凍機の熱効率の向上を目的として、新規吸着材を用いる二重効用サイクルを提案し、実験的、数値解析によりその性能を評価した。使用する吸着材にゼオライト吸着材(FAM-Z01)を選定し、その吸脱着量、吸脱着速度の実測結果から提案する冷凍サイクルの駆動可能性を検討した。その結果、第一段目の高温サイクルでは、熱源温度100℃で脱着量が大きく得られ、吸脱着速度も十分に大きいことがわかった。また、第二段目の低温サイクルでは、高温サイクルからの60℃相当の凝縮熱が供給されると脱着速度は十分速いことがわかった。これらの結果より、提案する二重効用サイクルが駆動可能であることがわかった。さらに成績係数を向上させるため、断熱圧縮機を付加した二重効用サイクルを考案した。数値解析の結果、圧縮機の効果によって、高温、低温サイクルともに吸脱着量が増大し、成績係数が二重効用サイクルと比較して理論的に25～30%以上高くなることを確認した。

第2章では、60℃以下の排熱温度でも駆動を可能とする吸着式冷凍機の異種吸着材直列二段型システムを提案し、その実用化に関して理論と実験の両面から検討した。本章では、吸着材としてゼオライト吸着材(FAM-Z01, FAM-Z05)と活性炭を選定した。吸着モジュールを試作して冷熱出力特性を評価した結果、45～55℃の低温排熱での温度条件において、ゼオライト吸着材の単段型システムに対して、二段型システムでは3～10倍の冷熱出力が得られることがわかった。しかし、投入する排熱量はゼオライト吸着材、活性炭と2倍であるため成績係数は単段システムより低い結果となった。さらにデータセンタのサーバーから多量に排出されている45～55℃の低温排熱の利用を想定した二段型吸着式冷凍機を試作し、その駆動特性を評価した。その結果、想定される排熱の温度範囲において設計通りの冷熱出力が得られ、安定して駆動することがわかった。

第3章では、第1章で提案した吸着式冷凍機よりも冷熱出力の高い熱駆動冷凍機の開発を目的とし、水和脱水反応を用いる冷熱生成型ケミカルヒートポンプを検討した。水和物の中からSrBr₂塩の6水和物を選定し、水和反応速度を測定した。未反応核モデルを適用して得られた反応速度を解析した。さらにSrBr₂水和脱水反応の繰り返し安定性を評価した。また、コルゲート型熱交換器を用いて反応器モジュールを作製し、熱出力特性を実験により評価した。その結果、水和反応は20秒以内で完了し、実用的な放熱時間である10～60分と比較して十分に速い反応速度を有することがわかった。また、未反応核モデルにて反応速度を解析したところ、SrBr₂は他の水和反応と比較して速い反応速度を有していることが示唆された。水和脱水反応を900回繰り返した結果、化学的な反応材の劣化の要因である副反応は生じず、安定な材料であることがわかった。さらに、試作した反応器モジュールを用いて熱出力を測定した結果、実機相当の温度条件にて高い出力が得られたことから、SrBr₂水和反応を用いる反応系は冷熱生成のためのケミカルヒートポンプとして有効であることを明らかにした。

終章では、本論文の結論を与えるとともに、今後の展望が記されている。

以上のように本論文では、従来よりも低い温度の排熱を利用して高い効率で冷熱を生成する新しい熱駆動型ヒートポンプの技術の成立の可能性を理論と実験の両面から明らかにしている。これらの得られた結果は、エネルギー利用効率の向上と低炭素社会の構築に資するものであり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である江崎丈裕君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。