

実施企業名:株式会社 東芝

研究課題名:新材料を用いた高効率常温磁気冷凍システムの開発研究

1. 研究の概要

フロンを始めとする気体冷媒の圧縮・膨張を応用した汎用の冷凍技術では、オゾン層保護や地球温暖化対策の観点から冷媒が見直され、アンモニアやイソブタンなどの自然冷媒への転換も進められているが、これらも本質的に安心な技術とは言い難く、クリーンかつ安全で高効率な新しい冷凍技術の開発が強く求められている。

本研究では、磁場による磁性体のエントロピー変化を利用して低温を創り出す磁気冷凍技術について、究極的にはこれを汎用の冷凍技術として実用化するための研究を行う。具体的には、常温域で低磁場でも大きなエントロピー変化が得られる磁気冷凍材料と永久磁石とを組合せて熱サイクルを構成する原理的なシステムを構築し、高効率な常温磁気冷凍を実験実証する。

2. 研究目標の達成状況と実用化への展望

期待以上の成果が得られ、実用化の可能性も期待できる。

研究目標の達成状況

研究目標	達成状況
永久磁石を用いた磁気冷凍の原理システムを構築し、優れた磁気熱量効果を持つ新材料系を用いて、超電導磁石よりはるかに低い永久磁石の磁場(1T 以下)で、室温から零下の温度域までの常温磁気冷凍を実証する。	ハルバツハ型永久磁石磁場(磁場1T)を用いた磁気冷凍機能検証試験用の原理モジュールを試作し、磁気冷凍材料として、基準材料 Gd をもとに磁気熱量効果を向上させた GdY 合金の球状粒子を搭載して、AMR(Active Magnetic Regenerative Refrigeration)方式の熱サイクルによる磁気冷凍動作によって、世界最高水準となる温度差 46 の生成に成功し、室温から零下(-11)までの冷凍を達成した。

採択企業における実用化への展望

今後は、具体的なシステム構成を模索し、サイズ・重量に対応する冷凍能力(W)や、冷凍効率(COP)の定量評価を行うことで、永久磁石を用いた常温磁気冷凍システムの技術的実用性の原理確認を進めるとしている。

3. 総合所見

(総合)

期待以上の成果が得られ、実用化の可能性も期待できる。

本研究では、永久磁石と磁気冷凍材料を組合せた、クリーンかつ安全で高効率な新しい磁気冷凍技術の開発が行われた。永久磁石、Gd 系合金(強磁性材料)を用いた磁気冷凍の原理システムを構築し、室温から零下の温度域までの常温磁気冷凍を実現し、その際の温度差(46)も世界最高水準であったと認められることから、当初の目標に対して期待以上の成果が得られたと考える。今後、将来の実用化に向けて更なる温度差の実現を目指すに当たっては、当初の期待程の成果が得られなかった LaFeSi 系材料についても、今回明らかになった問題点をクリアできれば Gd 系合金よりも有力な磁気冷凍材料と考えられるので、開発研究を継続されることを期待する。本冷凍システムは、実用化にはまだ長い時間が必要と思われるが、実用化されれば極めて大きな市場とともに大きな社会貢献を期待できる。今後のさらなる研究開発の進展に期待したい。

(詳細)

永久磁石の磁場環境で、強磁性材料の Gd 系合金を磁気冷凍材料として用いた AMR (Active Magnetic Regenerative Refrigeration) 方式による磁気冷凍システムを構築した結果、世界最高水準となる温度差 46 の生成に成功したことから、当初の目標に対して期待以上の成果が得られたと認められる。今回の開発研究で、新規の冷凍技術の実用化に向けての可能性が示されたことから、本技術の実用化のために必要となる開発研究をさらに加速させて頂きたい。特に、当初から磁気冷凍材料として検討を進めているメタ磁性 LaFeSi 系材料について、Gd 系合金よりも磁気エントロピー変化の物性値が優位であるにもかかわらず結果(温度差 22)が思わしくない原因の解明及びその対策を進めていって欲しい。

本技術の基本特許は既に出願済みであり、本研究により4件の特許を出願している。なお、AMR方式の磁気冷凍熱サイクルを提案した他社の基本特許は、既に権利が満了しているため、本技術の障害とはならないと判断される。知的財産戦略も十分に検討されており、特許出願に意欲的に取り組む姿勢は評価できる。

本研究成果は新しい技術シーズの誕生と位置づけられ、実用化にはまだ長い時間が必要と思われるが、今後の開発が磁気冷凍の材料開発とシステム開発の両輪により、さらに進展することを期待する。また、本技術の開発研究を通して Gd 系材料より安価な LaFeSi 系材料での開発が進めば、エアコンなどの家電製品にも利用できることが期待され、市場規模が極めて大きくなる可能性を秘めていると考える。

磁気冷凍は、将来の冷凍方式として期待でき、今回、その原理の実用化可能性を確認できた価値は大きい。本技術は、従来の気体冷凍とは全く異なる、クリーンで省エネルギー型の次世代冷凍技術である。実用化されれば、冷凍技術全体の転換に結びつく可能性もあり、新事業創出の期待度は高い。国際競争の激しい分野であるため、他社技術や市場動向に注意しながら、今後の開発研究を加速されたい。