

室温磁気冷凍システムの開発

世界最高性能の達成で実用化に大きく前進

Development of Room Temperature Magnetic Refrigerator

Aiming at the Practical Use of Magnetic Refrigerator by Achieving of the Highest Performance in the World

(電力技術研究所 超電導G 超電導T)

地球温暖化を引き起こし、オゾン層を破壊するフロンや代替フロンガスを用いない、地球環境に優しい冷凍・冷却技術の開発として、従来の気体の圧縮・膨張による冷凍技術とは全く異なる、ある種の磁性体に磁界の変化を与えると温度が変わる現象を利用した冷凍技術に着目した磁気冷凍技術と呼ばれる技術の開発を進めている。今回、世界最高性能の540Wの冷凍能力を持ち、効率も高い永久磁石を用いた磁気冷凍システムの開発に成功したので報告する。

(Superconductivity Team, Superconductivity Group, Electric Power Research and Development Center)

To help reduce the global warming effect, we develop a principally different refrigerating aggregate to substitute the conventional gas freezers using fluoron / fluoron gas. In addition, to reduce energy consumption due to prolonged operating time, we develop energy-conserving electric equipment incorporating refrigerating aggregates such as air conditioners. We conduct R&D to convert a magnetic refrigeration technology to practical applications. A magnetic refrigeration system using Nd permanent magnet with rotational mechanism has been developed. We achieved the cooling ability of 500W or more and with more than COP: 2 in the magnetic refrigeration system.

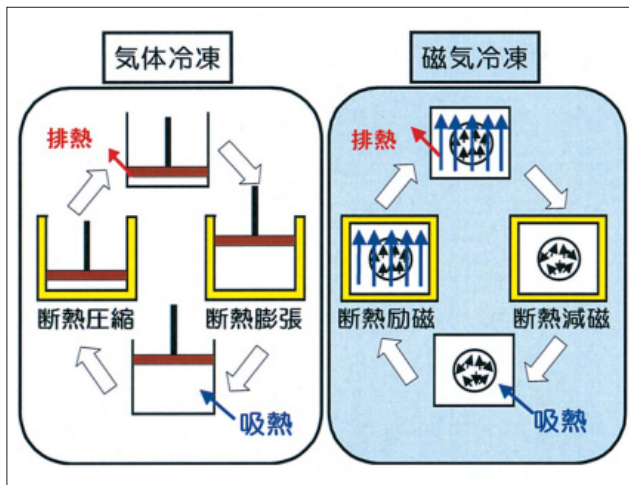
1 開発の背景

地球温暖化を防止するため、従来のフロンや代替フロンガスを利用した気体冷凍機に変わる冷凍機の開発が期待されている。また、エアコンや冷蔵庫といった冷凍機を用いた電気機器は、使用時間が長いいため省エネルギー型の機器開発が進められている状況である。

ところで、ある種の磁性体(以下磁気作業物質という)に磁界の変化を与えると、その温度が変化する現象(磁気熱量効果)が知られている。この現象を利用した磁気冷凍技術は、環境にやさしく高効率で省エネが期待できる技術であり、当社はその実用化に向けた開発を進めている。今回、エアコンや冷蔵庫に利用できるレベルの世界最高の冷凍能力を有した磁気冷凍システムの開発に成功した。

2 磁気冷凍について

磁気冷凍は、磁気作業物質に磁界をかけていくとその磁気作業物質が発熱し、磁界を取り去るとその温度が下



第1図 磁気冷凍と気体冷凍の比較

がる現象(磁気熱量効果)を利用した冷凍技術である。気体冷凍と磁気冷凍の冷凍動作を第1図に比較して示す。

気体冷凍と比べ

- ・理論効率に近い運転の実現が期待でき省エネ効果がある
- ・フロンや代替フロンを用いないため環境にやさしい
- ・コンプレッサーを用いないため静かで振動も少ないという特徴を有する。

3 開発した装置の概要

磁気冷凍機の冷凍能力を向上させるためには、

- ・大きな磁界変化を与えること
- ・熱交換効率を向上させること
- ・熱侵入量を低減すること

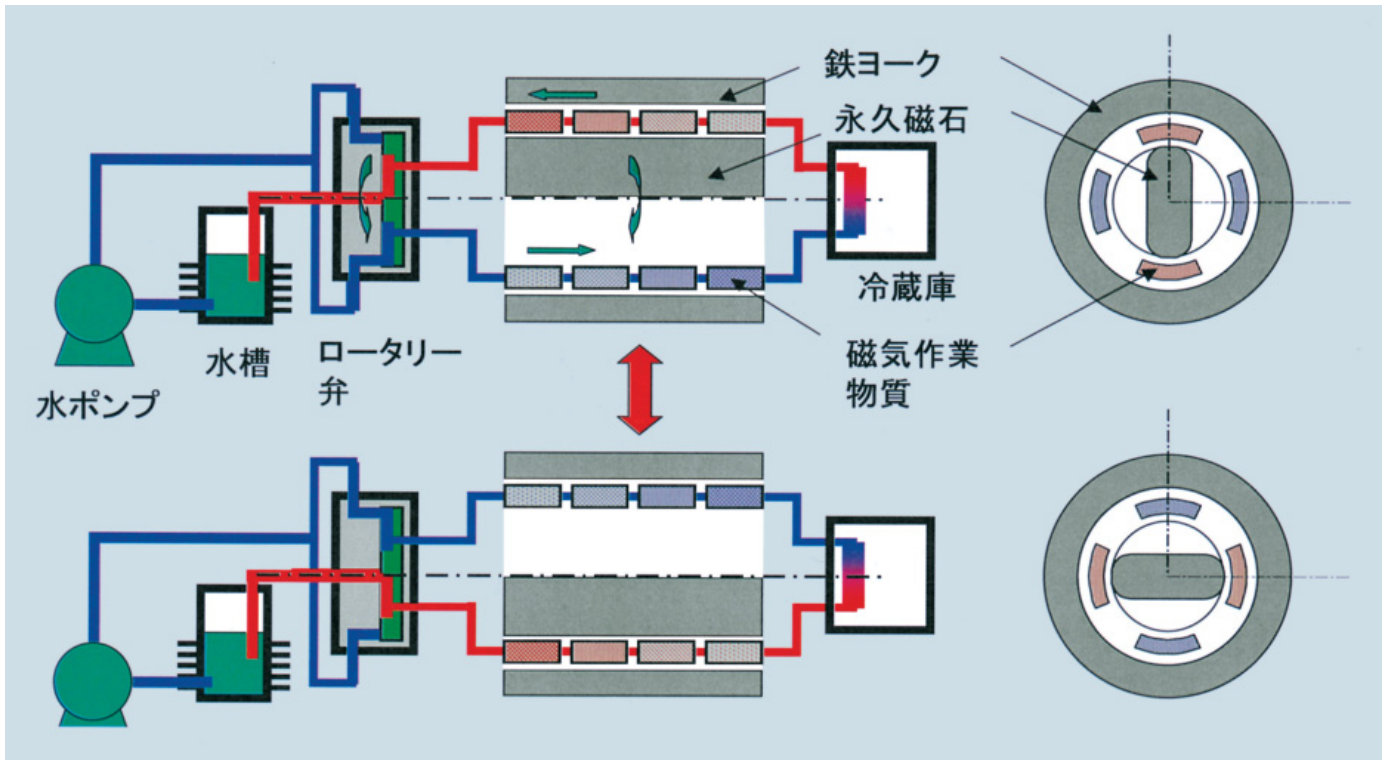
が有効である。開発したシステムの概略図を第2図に、システム外観写真を第3図を示す。

今回開発した装置は、永久磁石のもつ磁界を最大限に活用できるように、その形状と配置を工夫する(磁石をV字型に配置することで磁界の反発力を高める)ことで大きな磁界変化(1.1テスラ)を可能とした。

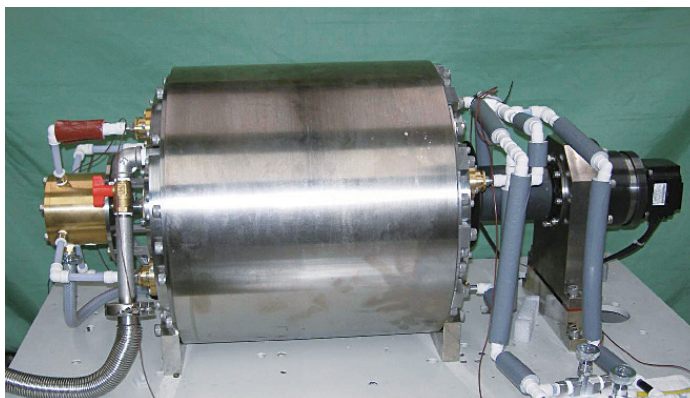
また、熱交換器の構造を最適化し(水の流れる管の長さを短くし、熱交換流体の流速を従来の3倍以上に高めることで冷凍能力を高めた。

加えて、永久磁石が回転することで磁界の変化を磁気作業物質に与える構造であるが、その際にシステム外筒部(鉄ヨーク)に発生する渦電流による発熱を、磁気回路の構造の最適化(外筒部を輪切りにして絶縁体を挟み込むこと)により低減し、熱侵入量を抑えることに成功した。

これらの改良により、平成15年度に達成した冷凍能力60Wのおよそ10倍となる540Wの世界最高性能を達成した。従来機と比較した性能緒元を第1表に示す。



第2図 磁気冷凍システム構成と動作フロー



第3図 開発した室温磁気冷凍システムの外観

第1表 室温磁気冷凍システムの緒元比較

	開発システム	従来システム
磁界発生源	ネオジウム系永久磁石	ネオジウム系永久磁石
磁界の強さ	1.1テスラ	0.77 テスラ
磁気作業物質	ガドリニウム	ガドリニウム系合金
熱交換媒体	水+アルコール	水+アルコール
運転周期	2.4秒	2.4秒
最大冷凍能力	540W	60W
成績係数	2.5	0.1
本体部寸法	H410mm×W400mm×D390mm	H270mm×W270mm×D430mm

また、消費電力をおさえ、効率の高いシステムとするためには、

- ・永久磁石を駆動するモータや熱交換媒体を循環させるポンプの動力を低減させることが必要となる。

今回開発した装置は、効率よく熱交換するために循環する熱交換媒体(水)の流し方を工夫し(配管を太くし)圧力損失を下げることで水ポンプの動力を抑えた。

さらに、永久磁石の回転による磁気抵抗力の軽減を図ることで、モータの動力も低減した。

これらにより、磁気冷凍システムとして世界最高となる成績係数(COP)2を越える性能を実現した。

4 今後の進め方

今後は、磁気冷凍技術を用いたエアコンや冷蔵庫などの早期実用化をめざし、高い磁気熱量効果を持つ材料の安定製造技術の開発や、さらにコンパクトでより高効率な装置の開発を進めていく予定である。

なお、この冷凍システム開発は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から受託して進めている地球温暖化防止新技術開発プログラムの国家プロジェクト「ノンフロン型省エネ冷凍空調システム開発」の一環として、国立大学法人東京工業大学大学院総合理工学研究科、神戸大学大学院工学研究科、九州大学大学院理学研究院物理学部門との共同により、産官学が連携して行っているものである。



執筆者 / 平野直樹
Hirano.Naoki@chuden.co.jp