The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	室温作動磁気冷却機の設計および熱流制御に関する研究
Author(s)	越智, 利彦
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40319
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏　　名　越　智　利　彦（おち　としひこ）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　13270　号

学位授与年月日　平成9年3月25日

学位授与の要件　学位規則第4条第2項該当

学位論文名　**室温作動磁気冷却機の設計および熱流制御に関する研究**

論文審査委員　（主査）

教　授　青木　亮三

教　授　世古田言彦　　教　授　佐々木孝友　　教　授　森　　勇蔵

教　授　松浦　虔士

論文内容の要旨

本論文は，環境への影響性に優れ小型化高効率の新しいタイプの冷却技術の開発が必要とされている社会的背景において，より実用的な室温作動磁気冷却機の開発を目的として，その際に必要となる熱流制御技術の確立とそれを用いた室温作動磁気冷却機の設計試作を行った研究についてまとめたものであり，序論，結論を含めて9章より構成されている。

第1章では，冷却の社会的必要性と冷却技術の歴史的展開を概説し，磁気冷却の技術開発における問題点を指摘した上で，本研究の目的について述べている。

第2章では，磁気冷却の原理と冷却機構成の熱力学的に考察するとともに磁気冷却技術発展の科学的背景を述べている。

第3章では，室温磁気冷却の作業物質として，室温付近に磁気転移点があり大きな有効Bohr磁子数を有するガドリニウムの有用性を述べ，また磁気冷却機の構成においては熱ポンプ動作を実現する熱スイッチの必要性を指摘している。さらに励磁法として強力永久磁石の利用がエネルギー経済的であり，冷却サイクルとして等磁化過程を伴う蓄冷サイクルが有効であることを提言している。

第4章では，熱ポンプ動作のための熱スイッチの種々の方式について実験的な試みを含めて検討し，室温磁気冷却機への応用としては，ヒートパイプを利用した熱ダイオードが有効であることを示している。

第5章では，ヒートパイプ式熱ダイオード素子の開発試作を行い，その結果1℃以下の温度差で順／逆方向熱流比40以上の高特性を確認している。またこの熱輸送特性の解析を行い，Nusselt膜状凝縮理論による数値計算結果と合致することを確認している。

第6章では，本研究で開発したヒートパイプ式熱ダイオード素子ならびにNd－Fe永久磁石励磁を用いてカスケード型磁気冷却機の設計試作を行いその動作特性を報告している。実験結果の解析を行い，開発した磁気冷却機の到達温度差$\triangle T=1.2$K，冷凍動作計数$\eta=2.3$，19.5℃における冷却能力20mWを得ている。

第7章では，開発した磁気冷却機の性能特性についてモデル計算との比較から評価を行い，さらに次段階の改良方策について検討を行っている。その結果磁気冷却作業物質の伝熱特性の改善による到達冷却温度の低下がさらに期待されることを示している。これに基づいて，ヒートパイプの内部にガドリニウムを内蔵した新しい磁気冷却機の設計試作を行い，その動作実験の結果，系の伝熱特性が改善され熱緩和時間の短縮を確認している。

第8章では，将来さらに大幅な冷却温度の低下を得ることを目的として磁気転移点の種々に異なる作業物質の開発について検討している。その方策としてガトリニウムのアルミニウム合金化による磁気転移点の制御を試みている。その結果，合金化の種々の問題点についての知見が得られ磁気転移点制御の可能性を示している。

第9章では，本研究の主要な事項についての内容および結果を要約し本論文の結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

現在地球規模においてエネルギー消費が増大し，それに伴う熱排気を効果的に除去する冷却の問題は現代社会において益々重要な課題となり，また高密度集積化を進めているエレクトロニクス工業においては騒音振動に伴う在来のガス圧縮膨張型冷却機に変わって，静粛で効率的な新しい冷却システムの開発が要求されている。本論文は磁性体の磁化消磁によるエントロピー変化を利用した室温作動磁気冷却機の設計試作を行った開発研究の結果をまとめたものであり，その成果を要約すると次の通りである。

(1) 室温付近に磁気転移点をもつガドリニウム（Gd）を作業物質として採用することにより，その磁化過程に永久磁石の応用を可能にしてエネルギー経済的な設計を行っている。

(2) Nd－Fe永久磁石利用による単位Gd素子の温度変化を測定し，それを用いて実用的な冷却温度に達するための複数素子の縦列接続によるカスケード式磁気冷却機の設計原理を具体化している。

(3) カスケード式磁気冷却システムに必要な方向性熱流制御を検討し，有効な熱スイッチとしてヒートパイプを利用した熱ダイオードの独自の設計を行っている。

(4) メタノール媒体と非対称ウイック構造を組み合わせたヒートパイプ式熱ダイオードの試作改良により1℃以下の温度差で順逆方向熱流比42の測定結果を得て他に類を見ない高特性熱ダイオードの開発に成功している。

(5) これらの各素子を組み合わせてカスケード式磁気冷却機の試作を行い，動作実験から冷凍動作特性係数$\eta=2.3$，19.5℃における冷却能力20mWの実績を得ている。

以上のように本論文は希土類磁性体Gd素子とヒートパイプ式熱ダイオードを縦列接続したカスケード方式による磁気冷却システムの設計原理を確立し，素子縦列の試作装置により室温作動磁気冷却機の作動実績を確認している。これらの成果は熱工学，低温工学の分野の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。