



Title	THERMAL INSULATION TECHNOLOGY FOR SUPERCONDUCTIVITY : The Feasibility of an All-Nonmetallic Thermal Insulation System for a Fusion Superconducting Magnet
Author(s)	Rugaiganisa, Borauzima Mutson Steve
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39199
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について 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	ル ガ イ ガ ニ サ ボ ー ラ ウ ジ マ マ ト サ ン ス テ ィ ー グ Rugaiganisa Borauzima Mutson Steve
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 7 0 4 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 7 年 2 月 2 1 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	THERMAL INSULATION TECHNOLOGY FOR SUPERCONDUCTIVITY : The Feasibility of an All - Nonmetallic Thermal Insulation System for a Fusion Superconducting Magnet (超伝導応用における断熱技術： 核融合用超伝導磁石における全非金属断熱システムの可能性に 関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 岡 田 東 一 教 授 三 宅 千 枝 教 授 宮 崎 慶 次 教 授 田 川 精 一

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は核融合用超伝導磁石における断熱システムに関する研究をまとめたもので次の6章から構成されている。

第1章では、磁場閉じ込め型核融合用超伝導磁石で使用される材料の特殊環境についてまとめ、本研究の目的について述べている。

第2章では、ピッチ系炭素繊維の熱伝導率及び電気抵抗率の温度依存性を80～300K の範囲で調べ、温度の上昇につれて熱伝導率が増加し、電気抵抗率が低下することを見いだしている。80K において SUS316材と比較すると試料の熱伝導率が5倍、電気抵抗率が20倍高くなるという結果を得ている。

第3章では、ピッチ系炭素 FRP 熱シールドを設計し、テール型クライオスタットにおける液体ヘリウム蒸発量に対する測定から、断熱効率を求めた熱量測定をし、アルミニウム製熱シールドとの比較を行っている。アルミニウム材と比べて、ピッチ系炭素 FRP 熱シールドの断熱効率が60%以上であることから、この CFRP 熱シールドは液体窒素温度において使用可能であることを見いだしている。

第4章では、ピッチ系炭素に中性子を照射した場合の熱伝導率の劣化に関する評価を理論的に行っている。黒鉛層におけるフォノン振動モデルによる実験データの解析と中性子照射における格子間原子に関する理論とによって緩和時間パラメータを求め、熱伝導率の評価を行っている。熱中性子炉スペクトルでの照射線量 $3 \times 10^{18} \text{ n/cm}^2$ 以下の場合にはピッチ系炭素の方が SUS316 より熱伝導率が高いという結果を得ている。

第5章では、液体ヘリウムタンクの断熱支持材として GFRP と SUS304 との比較実験を行っている。200リットルの容器の SUS304材首管を GFRP 材首管に取り替えることにより液体ヘリウムの蒸発量を $\frac{1}{2}$ にすることに成功している。

第6章では、第2章から第5章で得られた本研究の知見を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、核融合用超伝導磁石における極低温用熱シールド材ならびに断熱支持材に対する評価を行い、開発の指針に関する検討を行ったものでその主要な成果を要約すると以下のとおりである。

(1) 超伝導応用において、渦電流の生じにくい熱シールド材料としてピッチ系炭素の可能性を確認している。即ち、80K では、ステンレス鋼に比べてピッチ系炭素の電気抵抗率が20倍高いことを確認している。また低温における熱ダイバータへの応用の可能性も確認している。即ちステンレス鋼に対してピッチ系炭素の熱伝導率が5倍であることを明らかにした上で、熱アンカー型非金属熱シールドの開発が可能であることを示し、アルミニウム材熱シールドに対してピッチ系炭素 FRP 材熱シールドの断熱効率が60 %以上になることを明らかにしている。

(2) ピッチ系炭素のマイクロ構造に関わるパラメータを求め、熱伝導率とそのパラメータにどのように依存するかを明らかにしている。格子の a -軸方向に沿ったフォノン散乱に基づいて格子の有効大きさと欠陥濃度を求めている。更に黒鉛の格子におけるフォノン振動モデルによる実験データの解析と、中性子照射により生じた格子間原子に関する理論に基づいて緩和時間パラメータを求め、熱伝導率の照射効果の評価を行っている。熱中性子炉スペクトルの照射線量が $3 \times 10^{18} \text{ n/cm}^2$ 以下の場合には、ピッチ系炭素の方が SUS316 より熱伝導率が高いことを結論している。

(3) 大型クライオスタットにおける金属及び非金属材料の同時使用の可能性及び有用性を確認している。即ちステンレス鋼を主材とする容量200リットルの液体ヘリウム用容器において、断熱支持材として SUS304 と GFRP との比較実験を行い、SUS 材を GFRP 材に取り替えることにより、断熱効率を2倍にすることに成功している。

(4) LHD クラスの核融合装置の断熱システムに非金属材料の使用の可能性を確認している。即ちピッチ系炭素 FRP を熱シールドとし、非金属 FRP を断熱用支持材料として用いた場合、中性子照射線量 $3 \times 10^{17} \text{ n/cm}^2$ までは、十分使用可能であることを明らかにしている。

(5) 高精度で高安定化磁場を必要とする核融合用超伝導磁石において全非金属断熱システムの可能性を確認している。即ちピッチ系炭素を主材とする CFRP を核融合用超伝導磁石の熱シールドに使用可能であることを示し、この結果を拡張してガラス等の FRP を断熱支持材として使用することにより、超伝導磁石の全非金属断熱システムの実現性が高いことを示している。

以上のように、本論文は核融合用超伝導磁石の断熱システムに対する材料開発に関して多くの指針を与えており、核融合工学、ならびに低温材料工学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。