

論文審査の結果の要旨

氏名 宮副 照久

本論文は「Study on current distribution in $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ superconducting wire for NMR magnet design (NMR 用マグネット設計の指針となるイットリウム系 (Y 系) 超電導線材内の電流分布に関する研究)」と題し、高磁界・コンパクトという特長をもつ次世代 NMR マグネットとして期待されているイットリウム系超電導線材利用のマグネットについて、解決すべき重要課題であるイットリウム系超電導線材に誘導される遮蔽電流とそれが NMR マグネット設計に与える影響を検討したものであり、8 章から構成される。

第 1 章は「Introduction」であり、Y 系超電導線材と NMR マグネットの開發現状、および Y 系超電導線材を NMR マグネットに適用する上での課題、特に Y 系線材中の電流分布について整理した上で、本研究の目的を述べている。

第 2 章は「Experimental Setups」と題し、本研究で使用した実験装置と測定システムについて記述している。4.2K から 30K までの範囲の極低温、18T までの強磁場下で、Y 系線材に通電した際の線材内の電流分布を明らかにするために、ホールセンサを用いた磁場分布測定システムを製作した。

第 3 章は「Determination of Method for Estimating Current Distribution」と題し、Y 系超電導線材内の電流分布を測定した磁場分布から求める方法について記述している。線材を幅方向に対して均等に分割し、各区間に一様な電流が一次元的に流れると仮定するモデルに基づき、実測した磁場分布からビオ・サバルの法則の逆問題を解くことで電流分布を算出し、その電流分布の妥当性を検証した。

第 4 章は「Current Distribution in a Single Coated Conductor in Background Magnetic Field」と題し、通電中の単一の Y 系超電導線材に対して外部磁場を印加した際の磁場分布と線材内の電流分布について、実験結果に基づいて議論して、線材全体に磁束が侵入する外部磁場下では、超電導線材の臨界電流に対する通電電流の大きさによって電流分布が決まることを示した。

第 5 章は「Magnetic Field Distribution Generated by Multiple Coated Conductors」と題し、複数の Y 系超電導線材に外部磁場を印加した際に線材内に誘導される電流が発生する磁場分布を測定し、遮蔽電流間の相互作用を検討した。その結果、磁束が線材全体に侵入した単一の線材において求めた電流分布から、複数線材の遮蔽電流が発生する磁場分布を求める手法の構築に成功し、本手法を第 7 章において適用した。

第 6 章は「Temporal Variations of Magnetic Field Generated by Screening Current」と題し、積層あるいは並列配置の複数の Y 系線材内に生じた遮蔽電流の減衰過程における線材間の相互作用について検討している。磁束クリープによる遮蔽電流の減衰は、積層あるい

は並列の枚数に依存しないが、並列させた線材の常伝導層に流れる遮蔽電流の時間減衰は並列枚数に依存することを示した。

第7章は「Magnetic Field Distribution Generated by YBCO Pancake Coil」と題し、第4章と第5章の成果に基づいて、Y系超電導コイル内に生じる遮蔽電流分布を考慮した発生磁場分布の計算を行う手法を構築し、発生磁場の強度、磁場均一度への遮蔽電流の影響を定量的に評価できることを示している。遮蔽電流の影響を低減するためには、励磁プロセスを工夫して、線材内の電流分布を変えることが有効である。

第8章は「Conclusions」であり、本研究の成果を総括している。

以上これを要するに、本論文は、高い磁界均一度が要求されるNMR用マグネットにイットリウム系線材を利用する上で問題となる、線材に誘導される遮蔽電流に関して、短尺線材を用いて様々な外部印加磁界と輸送電流の条件で実験を行って、遮蔽電流分布とそれが作る磁界分布特性を明らかにし、それらの影響を低減し、実用的なNMRマグネットを設計するための基本的な指針を与えたものであり、先端エネルギー工学、特に超電導工学に貢献するところが少なくない。

なお、本論文第2章から第7章は、大崎博之、関野正樹、木吉司との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析と実験および考察を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。