



Title	核融合超伝導磁石材料における耐放射線性有機複合材料の開発：三次元織物を強化基材とした絶縁材料
Author(s)	安田，純
Citation	大阪大学，1993，博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38602
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 ^{やす}安 ^だ田 ^{じゅん}純

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 0 8 6 3 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 5 年 6 月 22 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 核融合超伝導磁石材料における耐放射線性有機複合材料の開発
—三次元織物を強化基材とした絶縁材料—

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 岡 田 東 一

教 授 三 宅 正 宣 教 授 高 椋 節 夫 教 授 三 宅 千 枝

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、核融合超伝導磁石用的高性能繊維強化有機複合材料（FRP）の開発を目的とし、新しい機能を備えたFRPについて基礎的な研究成果をとりまとめたもので7章から構成されている。

第1章では、核融合超伝導磁石において耐放射線性FRPが必要とされる背景について現状と問題点をまとめ、本研究の意義、必要性並びに目標を明らかにしている。

第2章では、樹脂の熱衝撃試験において、その熱収縮量及び硬さを測定し検討することで極低温用樹脂としての適用性評価がある程度可能であることを明らかにしている。また、樹脂の分子構造を系統的に変えた場合について、極低温物性との相関を検討し、三次元網目構造の整った樹脂が極低温用樹脂として適していることを明らかにしている。

第3章では、三次元織物強化FRP（3D-FRP）が貫層方向の繊維の存在による低熱収縮特性、材料設計による高圧縮強度をもち得る可能性があることを明らかにし、これが絶縁スペーサーとして有望であることを指摘している。但し、電気絶縁耐圧は、貫層方向の繊維の存在により二次元織物強化FRP（2D-FRP）のそれに比べて低くなるが、織物組織の構成を工夫することにより絶縁耐圧を改善し得ることを示している。

第4章では、2D-FRPの機械的強度の照射劣化の本質が層間剪断強度の低下によることを実験的にも解析的にも明らかにし、3D-FRPでは照射による層間剪断強度の劣化を抑制することにより、優れた耐放射線性が得られることを明らかにしている。

第5章では、中性子に対して耐放射線性を有するGFRPの強化用繊維としてホウ素を含まないT-ガラスが望ましいことを明らかにしている。さらに、成形性と耐放射線性の両特性を満足する樹脂の選定に成功している。

第6章では、三次元織物の繊維と樹脂の選択、製作方法の検討等の最適化を行なうことにより得られた3D-FRPの複合応力下での性能について評価している。すなわち、3D-FRPは面圧縮強度でも優れた耐放射線性を示し、かつ剪断応力下での圧縮強度をV型圧縮試験法により調べた結果より、優れた耐放射線性を有することを確認している。

第7章は結論であり、得られた成果をまとめ、本論文の総括を与えている。

論文審査の結果の要旨

核融合用超伝導磁石材料は、極低温、複合応力、放射線照射という三つの過酷な環境下で使用される。この内、絶縁材料としてはガラス繊維強化複合材料（GFRP）が有用であるが、従来から用いられている二次元繊維強化 FRP（2D-FRP）は、繊維を層状に重ね合わせた強化基材構造を有し、沿層方向には優れた特性を示すが、貫層方向には、強度と剛性が低く、熱変形が大きく、更に放射線照射で、層間剪断強度の低下が大きいため、このような材料を核融合超伝導磁石に使用することに多くの問題が残されている。

本論文は、貫層方向にも繊維が存在する三次元繊維強化基材とし、層間の強度、剛性を補強した三次元繊維強化 FRP（3D-FRP）について検討を行っており、2D-FRP と比較しながら特性を測定、解析し、また、FRP の極低温特性や耐放射線性へ与える FRP 基材の影響について基礎的検討を行なうことで新しい機能を備えた FRP の開発を行った研究成果についてまとめたもので、主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 樹脂の分子構造とその極低温物性との相関を検討し、三次元網目構造の整った樹脂が、極低温用樹脂として適していることを明らかにし、分子論的設計の指針を得ている。
- (2) 三次元繊維強化基材とした 3D-FRP の特性について検討し、熱収縮率が低く、圧縮強度が高いという優れた特性が得られる可能性があることを明らかにし、これが絶縁スペーサーとして有望であることを指摘している。
- (3) 2D-FRP の機械的強度の照射劣化の本質は層間剪断強度の低下によることを実験的にも解析的にも明らかにし、3D-FRP では照射による層間剪断強度の劣化を抑制することにより、優れた耐放射線性が得られることを明らかにしている。
- (4) 強化用繊維と樹脂の選択、製作方法の最適化を行なうことにより得られた 3D-FRP は、面圧縮強度や剪断応力下での圧縮強度で優れた耐放射線性を有すると同時に、機械的特性、熱的特性でバランスのとれた材料であることを明らかにしている。

以上のように、開発された新しい材料の製作並びに評価の手法は核融合超伝導磁石の絶縁材料の発展に大きく寄与し得る可能性を示しており、この過程で得られた多くの有用な知見は、複合材料学、低温工学並びに核融合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。