

Title	超伝導コイルのクエンチ現象に及ぼす超伝導線の再配列の影響 : 核融合炉用超伝導コイルの安定性検討への展開
Author(s)	森山, 英重
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41025
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏 名	もり 森	やま 山	ひで 英	しげ 重
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)			
学 位 記 番 号	第 1 3 5 7 1 号			
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 2 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	超伝導コイルのクエンチ現象に及ぼす超伝導線の再配列の影響 —核融合炉用超伝導コイルの安定性検討への展開—			
論 文 審 査 委 員	(主査) 教授 岡田 東一 (副査) 教授 山本 幸佳 教授 岡田 成文			

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、核融合炉用超伝導コイルより小さい密巻超伝導コイルのクエンチ原因となる機械的擾乱の発生メカニズム、抑制手法に関する研究の成果、およびその研究に基づく核融合炉用超伝導コイルにおける機械的擾乱の種類推定に関する研究の成果をまとめたものであり、以下の7章から構成されている。

第1章では、核融合炉用超伝導コイル、そのクエンチ抑制（安定性向上）の重要性および機械的擾乱に関する研究の重要性を論じることにより、本論文の目的および位置づけを明確にしている。

第2章では、超伝導コイルに特有なトレーニング挙動に注目し、密巻超伝導コイルのトレーニング特性および巻棒のひずみ変化を調べ、そのトレーニング特性と巻棒のひずみ変化とが関係することを見いだしている。また、この関係に基づき、機械的擾乱モデルとして超伝導線の1 μm 以下と小さな変位の累積である再配列、対地絶縁部の摩擦および樹脂クラックから成る再配列モデルを提案している。

第3章では、密巻超伝導コイルにおける巻棒のひずみ変化を考慮して超伝導線の張力分布を計算し、この張力分布に基づき、超伝導線の再配列によって局所的に発生し得る解放エネルギーを計算し、その解放エネルギーの計算値が最小クエンチエネルギー10 $\mu\text{J}/\text{cm}^3$ に比べて1桁大きく、再配列モデルが力学的に成立することを推定している。また、核融合炉用超伝導コイルの再配列に伴う解放エネルギーの計算値も、その最小クエンチエネルギー0.4 J/cm^3 に比べて1桁以上大きく、核融合炉用超伝導コイルのクエンチ原因となる機械的擾乱が再配列であることを推定している。

第4章では、密巻超伝導コイルにおける巻棒のひずみ変化に基づき、再配列によって局所的に発生し得る解放エネルギーを実験的に求め、その解放エネルギーが190 μJ と最小クエンチエネルギーに比べて1桁大きく、再配列モデルが成立することを実証している。

第5章では、再配列モデルを構成する超伝導線の再配列、対地絶縁部の摩擦と樹脂クラックに注目し、摩擦係数が小さく離型性に優れたシートを対地絶縁物に貼った密巻超伝導コイルと貼らないコイルのトレーニング挙動を調べ、対地絶縁部の摩擦および樹脂クラックの抑制に加え、再配列の抑制が安定性の向上にとって重要であることを示している。

第6章では、加熱した非接着コイル、エポキシ含浸によって加熱接着したコイルおよびフェノキシによって融着したコイルのトレーニング挙動および再配列による解放エネルギーを調べ、再配列の具体的な抑制手法としてフェノキシ融着が優れていることを実証している。また、フェノキシによって融着した核融合炉用超伝導コイルの再配列による解放エネルギーを計算し、フェノキシ融着が核融合炉用超伝導コイルの安定性向上につながることを推定している。

第7章は結論であり、本研究で得られた成果を要約し、今後に残された課題について述べ、本論文の総括としている。

論文審査の結果の要旨

従来密巻超伝導コイルはクエンチ原因となる機械的擾乱の発生メカニズムが十分に解明されていなかったし、密巻超伝導コイルより大きな核融合炉用超伝導コイルでは、クエンチ原因となる機械的擾乱の種類さえも明確になっていない。本論文では、密巻超伝導コイルにおける機械的擾乱の発生メカニズムと抑制手法に関する研究成果、および核融合炉用超伝導コイルにおける機械的擾乱の種類推定に関する研究成果をまとめたものである。その主要な研究成果を要約すると次の通りである。

(1) 密巻超伝導コイルのトレーニング特性と巻棒のひずみ変化とが関係することを見いだしている。また、この関係に基づき、機械的擾乱モデルとして超伝導線の $1\mu\text{m}$ 以下と小さな変位の累積である再配列、対地絶縁部の摩擦および樹脂クラックから成る再配列モデルを提案している。

(2) 密巻超伝導コイルにおける超伝導線の再配列によって局所的に発生し得る解放エネルギーの計算値が最小クエンチエネルギー $10\mu\text{J}/\text{cm}^3$ に比べて1桁大きく、再配列モデルが力学的に成立することを示している。また、核融合炉用超伝導コイルの再配列に伴う解放エネルギーの計算値も、その最小クエンチエネルギー $0.4\text{J}/\text{cm}^3$ に比べて1桁以上大きく、核融合炉用超伝導コイルのクエンチ原因となる機械的擾乱が再配列であることを推定している。

(3) 密巻超伝導コイルの再配列によって局所的に発生し得る解放エネルギーを実験的に求め、その解放エネルギーが最小クエンチエネルギーに比べて $190\mu\text{J}$ と大きく、再配列モデルが成立することを実証している。

(4) 摩擦係数が小さく離型性に優れたポリ四フッ化エチレンのシートを対地絶縁物に貼った密巻超伝導コイルと貼らないコイルのトレーニング挙動を調べ、再配列が対地絶縁部の摩擦および樹脂クラックを伴うこと、また、再配列の抑制が安定性向上にとって重要であることを実証している。

(5) 加熱した非接着コイル、エポキシ含浸によって加熱接着したコイルおよびフェノキシによって融着したコイルのトレーニング特性および再配列による解放エネルギーを調べ、再配列の具体的な抑制手法としてフェノキシ融着が優れていることを実証している。また、フェノキシ融着が核融合炉用超伝導コイルの安定性向上につながることを推定している。

以上のように、本論文は核融合炉用超伝導コイルより小さい密巻超伝導コイルにおける超伝導線の再配列について研究し、その研究に基づき、核融合炉用超伝導コイルのクエンチ原因となる機械的擾乱の種類推定において成果を挙げた先駆的研究として、核融合工学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られる。