

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	希土類系高温超電導線材を用いた浮上式鉄道用超電導磁石の実現に向けた研究
Title(English)	
著者(和文)	水野克俊
Author(English)	Katsutoshi Mizuno
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11125号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岡村 哲至,奥野 喜裕,末包 哲也,肖 鋒,長崎 孝夫
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11125号, Conferred date:2019/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	水野 克俊	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	岡村 哲至	教授	長崎 孝夫	准教授
	審査員	奥野 喜裕	教授		
		末包 哲也	教授		
	肖 鋒	教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「希土類系高温超電導線材を用いた浮上式鉄道用超電導磁石の実現に向けた研究」と題し、希土類系高温超電導磁石を浮上式鉄道に適用するための課題を抽出し、実現化に向けて不可欠となる要素技術の確立、および車両に搭載する超電導コイルの開発とその基本性能について述べており、以下の6章から構成されている。

第1章「序論」では、磁気浮上式鉄道用超電導磁石に希土類系高温超電導線材を用いることにより寒剤不要・低消費電力・軽量な車載超電導磁石が実現できる見込みがあることを指摘し、本論文の目的と意義を示している。

第2章「アウトガスに関する基礎研究」では、高温超電導磁石特有のアウトガスに関する対策について述べている。まず、高温超電導磁石を構成する部材からのアウトガス放出速度評価および成分分析を実施し、コイル冷却時におけるアウトガスの放出源は室温部の部材であることを明らかにしている。次に、断熱真空層内部に吸着剤を設置することを想定し、コイル利用環境を考慮して加熱をせずに真空排気による吸着性能の再生を行う場合の活性炭の吸着性能試験を実施している。結果として、アウトガスの主成分である水素に対し高い吸着性能を持つだけでなく、加熱をしない再生でも性能が低下しないことを明らかにしている。これにより、高温超電導磁石の長期的な高真空保持が可能となる見通しを得ている。

第3章「劣化回避と冷却性を両立したコイル製作手法」では、電磁力によるコイル性能の劣化を抑えつつ、コイルと冷却伝熱部材との熱接触を十分に保つコイル製作手法を考案している。希土類系高温超電導コイルに対して従来から行われているエポキシ樹脂含浸を行うと、線材とエポキシ樹脂の熱収縮率の違いから冷却時に線材内で層間剥離が生じ、臨界電流値の低下を引き起こす。一方で、非含浸コイルではコイルターン間あるいはコイルと伝熱部材との熱接触が不十分となり、熱暴走のリスクが高くなる。そこで、コイルターン間にはポリイミドフィルムを施し、コイル端面ではエチレン-メタクリル酸共重合体の熱可塑性樹脂を用いて伝熱部材と強固に固着させる手法を考案している。熱可塑性樹脂は極低温に冷却されても接着面が剥離することはなく、安定した伝熱経路を形成できることを確認した後にコイルを製作し、伝熱部材を固着させる前後で臨界電流値と  $n$  値に変化がないことを確認し、劣化が回避されていることを実証している。

第4章「実機大希土類系高温超電導コイルの開発」では、第3章で考案したコイル製作手法によって、車両に搭載される実機大の希土類系高温超電導コイルの設計・製作を行っている。コイルを収納するケースをアルミニウム合金で製作して軽量化と強度を両立させることで、高温超電導磁石ならではの付加価値を追求している。励磁試験では、要求される起磁力を満たすとともにコイル電圧挙動に異常は見られず、コイルケースにおけるひずみも構造解析とおおむね一致していることを確認している。さらに、コイル温度 32 K において起磁力 750 kA を実証し、車載超電導磁石の高起磁力化の可能性を示している。

第5章「実機大希土類系高温超電導コイルの機械加振試験」では、製作した実機大コイルを用いて、走行状態を想定した機械加振試験を実施したときのコイルの特性について述べている。浮上走行時に考えられる超電導コイルの共振現象を機械加振で再現したところ、共振に伴うコイルおよびコイルケースでの発熱は数 W 程度でありコイルへの定常熱侵入と比較すれば十分に小さく、コイル冷却に与える悪影響は極めて小さいことを明らかにしている。また、励磁状態で加振中も常電導転移やその前兆は確認されず、周波数応答も加振の前後で変化しなかったことから実機大コイル構造部材の損傷はなかったものと考えられ、浮上走行時でも希土類系高温超電導コイルは運用可能である見通しを得ている。

第6章「結論」では、本論文の成果を総括するとともに、実用化に向けての展望を述べている。

以上を要するに本論文は、希土類系高温超電導磁石を浮上式鉄道に適用するために不可欠となる要素技術を確立し、要求される基本性能を実機大の高温超電導コイルによって実証しており、工学上および工業上貢献するところが大きい。したがって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。