

## 浮上式 冷却系の簡素化が可能な5T級希土類系高温超電導磁石

水野克俊 小方正文 長嶋賢

希土類系高温超電導線材は臨界温度が高いだけでなく、磁場中での通電特性に優れているため、超電導機器の運用温度を飛躍的に向上できる見込みがある。希土類系高温超電導線材を磁気浮上式鉄道に適用できれば、運用温度の向上に伴う冷却系の省電力化と車上電源設備の小型軽量化が期待できる。希土類系高温超電導線材に実機に適用できるだけの通電特性があること、および適用した際の利点を実証するため、小型ながらも実機と同等の5Tの磁場が発生可能な希土類系高温超電導磁石を製作した。

製作した超電導磁石は45Kの高温で目標の5Tの高磁場を発生させることができた。コイル部分の電流密度も130A/mm<sup>2</sup>と機器応用が十分可能な高い値を実現している。加えて、運用温度の向上に伴い冷凍機の効率が上がった

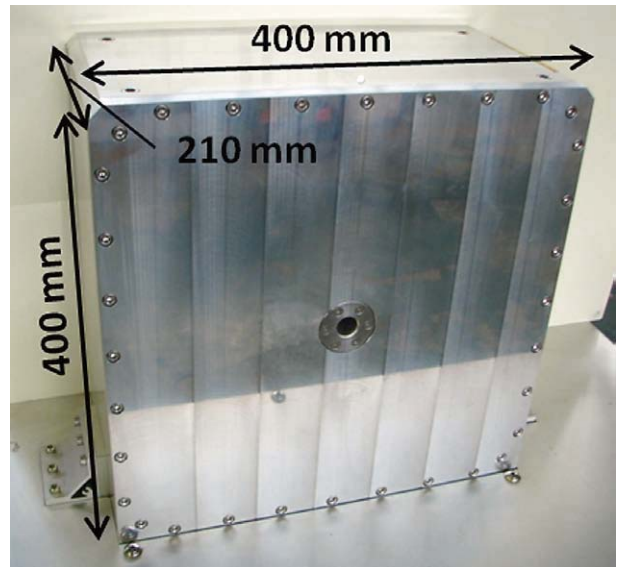


図 製作した小型希土類系高温超電導磁石

たので、磁石の断熱構造が簡素化でき、真空槽を小型化できることも実証された。

## 浮上式 電磁波検出による地上コイル内部欠陥位置標定に関する検討

鈴木正夫 太田聡 池田遼平 川田昌武

磁気浮上式鉄道用地上コイルは、長期間の屋外使用に加え膨大な数が対象となるため、安価で信頼性の高いものが要求される。特に推進系コイルでは、特別高圧機器としての絶縁安定性が重要となる。一方地上コイルは、巻線コイルを樹脂で一体成形した空芯構造が前提となるため、巻線コイルが直接電磁加振力を負担する過酷な環境が強いられる。そのため、地上コイルのモールド内部に潜在する微小欠陥が実運用中に拡大、顕

在化する可能性が考えられ、結果的に絶縁安定性を損なう恐れがある。

本論文では、地上コイルのモールド内部に人工的模擬欠陥を設け、当該箇所が生ずる部分放電に伴い発生する電磁波を効果的に検出することにより、内部欠陥の有無と欠陥位置を標定する絶縁診断手法に関する検討を行った。その結果、電波干渉計システムによる電磁波検出が効果的であり、地上コイルの現地運用における絶縁診断手法として、大きな可能性を有するものと考えられる。

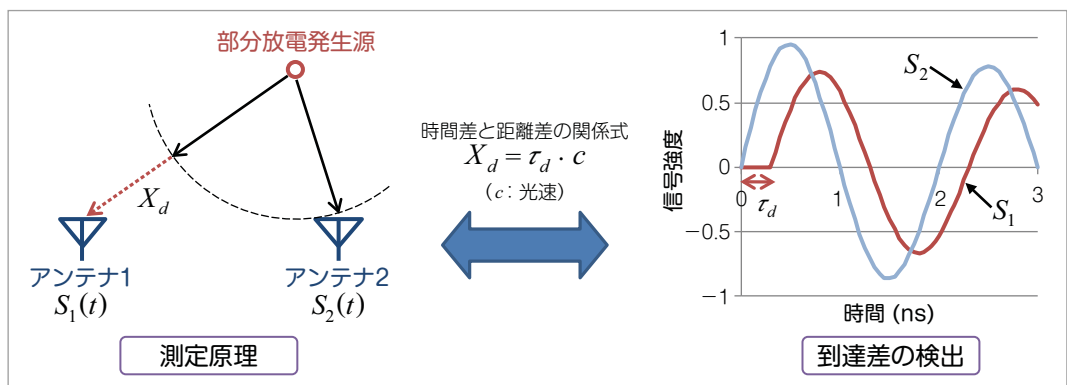


図 電磁波検出による部分放電発生源の標定概念

浮上式

## 地上コイル異常検知センサ用給電装置の開発

田中実 鈴木正夫

浮上式鉄道用地上コイルの外観検査を補完するため、地上コイル異常検知センサの開発を進めているが、センサを地上コイルごとに設置する場合、商用電源の利用は困難である。そこで、地上コイルから発生する変動磁場を利用した給電装置を開発した。列車がセクションを通過する短時間の変動磁場により急速充電を行い、長時間センサを稼働させるため、ポリアセンキャパシタとリチウムポリマバッテリーを組み合わせた蓄電媒体を用いた。ベンチテストの結果、変動磁場を利用して、自律して振動加速度と温度を監視して、データを外部のパソコンに無線送信できることを確認した。

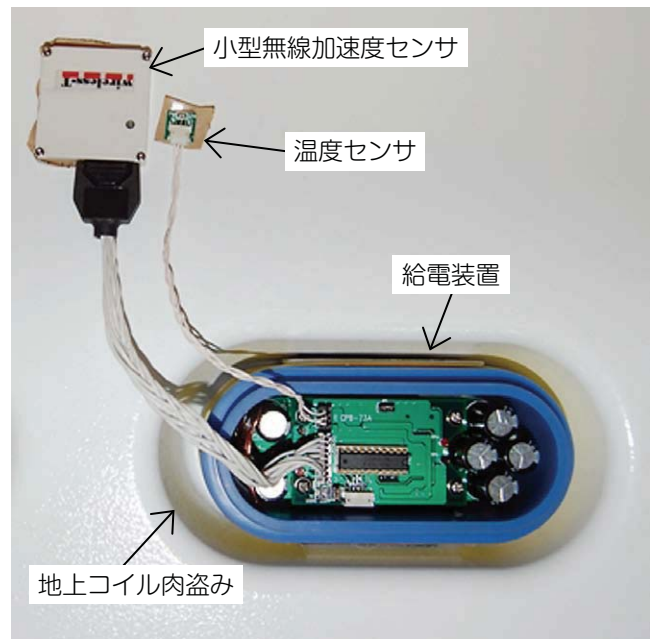


図 地上コイル異常検知センサ外観

車両

## リニアモータ型レールブレーキの開発

浮上式

坂本泰明 柏木隆行 米山崇 嵯峨信一

非粘着ブレーキである渦電流レールブレーキにリニア誘導モータの発電制動を応用することで、停車時に使用可能で、レール温度上昇も少なく、地震時などの異常時にも有効なブレーキとして提供できる可能性がある。これまでに定置の軌条輪回転試験により、300km/hまでの電磁気的、熱的特性、及び励磁システムとその制御を確認した。その結果を受けて、実用化に向けた設計検討の深度化を図り、構内走行試験を実施した。

リニアモータ型レールブレーキのプロトタイプを試験用台車に搭載し、R291試験電車に艤装して構内走行に

供した。その結果、ブレーキ力と発電性能が設計値とはほぼ一致することを確認した。また、補助回路を用いて停車時でも起動可能な制御方法を確立した。これらより、目標である台車あたり10kNのブレーキ力が得られること、主回路からの電力供給なしに自己発電にて動作可能なことが証明され、実車へ適用可能なことを実証した。

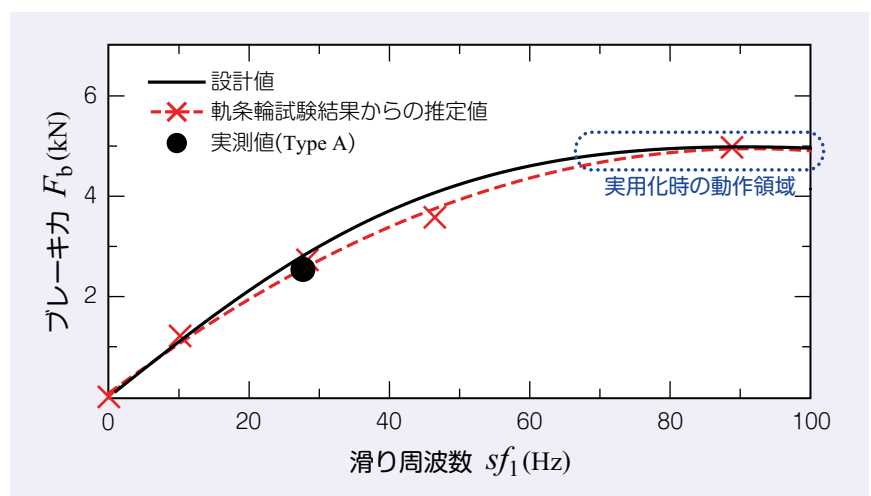


図 構内走行試験の結果(ブレーキ性能)

車両

## 非接触給電コイルにおける導体の近接効果による損失の検討

柏木隆行 長谷川均 加藤佳仁 坂本泰明  
浮田啓悟

非接触給電による電力供給は、課電部の露出が無く、感電・漏電の可能性が低く、また接触部分が無いため摩擦等が無く、メンテナンスコストの低減が図れると言った特長がある。一方で空間を通してエネルギーの授受を行うため、接触給電に比べエネルギー伝送密度が低く、更に電力の変換等のために伝送効率が低下してしまうという課題がある。本論文では非接触給電に用いるコイルで効率に関して課題となる交流抵抗増加因子に着目し、特にコイルを構成する上で影響の大きい近接効果に焦点を当て、損失の原因と損失を低減する素線構成やコイル構成について電磁界解析を用いて検討した。素線間

を絶縁したリッツ線での解析を行い、導体総断面積に比例して抵抗比が増加すること、素線直径として0.26mm程度以下とすること、総導体形状(外形)を扁平にすれば、交流抵抗増加の抑制に寄与することなどを明らかにした。

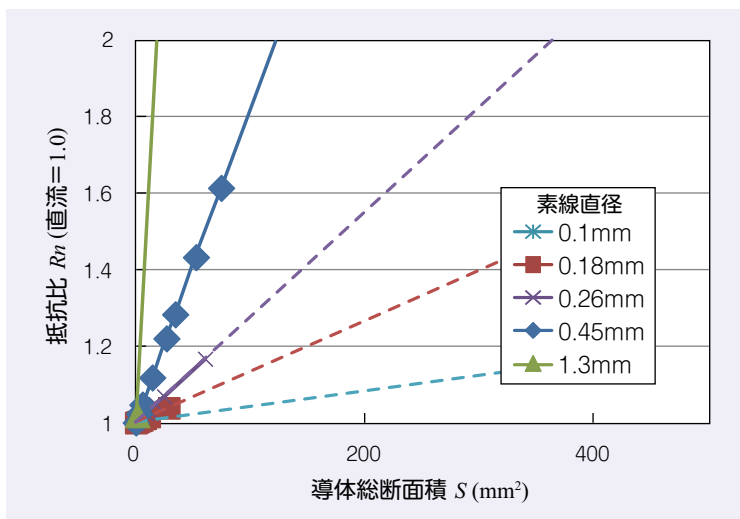


図 導体総断面積と抵抗比

電力

## フライホイール駆動用永久磁石同期電動機の開発

吉澤佳祐 荒井有気 長嶋賢 坂本泰明

鉄道システムの回生電力有効活用を目的とした超電導フライホイール蓄電装置の開発を行っている。この蓄電装置では、ロータは風損低減と軸受冷却のために密封した容器内に納めている。従ってエネルギー授受のための発電電動機を容器外に配置する場合には非接触でトルクをロータに伝達する必要がある。これまでの試験装置では、永久磁石を組合せた非接触トルク伝達装置を用いていたが、この構造では発電電動機部分において風損が発生する。これに対して、永久磁石を用いた回転子を密閉容器内に納めること

でこの風損を低減する永久磁石同期電動機を提案した。また、フライホイールでは、初期立ち上げの際に共振回転数でロータが振動する。これに対応するために、永久磁石同期電動機は大きなギャップを持ち、ダンピングに寄与する径方向への力を発生できる構造とした。本報告では小型の試験機を製作し、これらの特長を確認した。

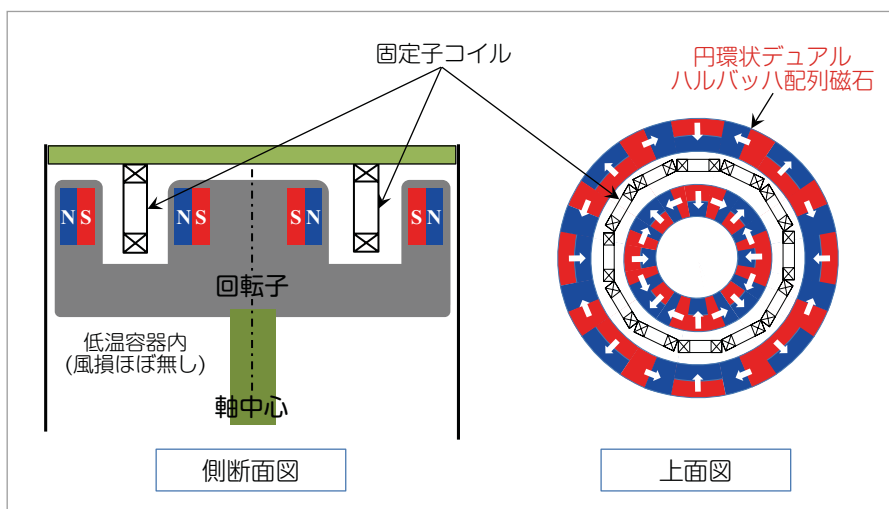


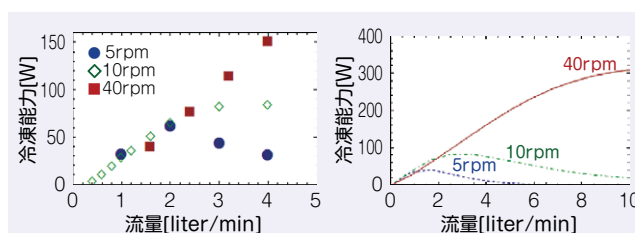
図 提案する永久磁石同期電動機概略図

浮上式

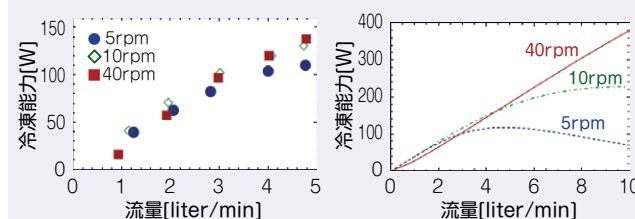
## 新規磁気作業物質を用いた磁気冷凍機 の特性

宮崎佳樹 脇耕一郎 荒井有気 水野克俊  
吉澤佳祐 長嶋賢

鉄道車両空調の省エネルギー化の観点から、現行の蒸気圧縮式冷凍に変わり得る冷房技術として、磁気熱量効果を用いた冷凍技術の開発を目的としている。磁気冷凍において、現行の圧縮膨張冷凍サイクルにおける「作動ガス」の役割を担うのは、「磁気作業物質」と呼ばれる磁性体である。本稿では、室温領域の磁気冷凍の評価に多く用いられてきた磁気作業物質であるGdと、新規磁気作業物質であるLaFe系材料を磁気冷凍装置に搭載し、冷凍能力特性を評価した。数値解析を加えた考察から、材料特性を考慮したシステム設計について指針を得ることができた。



Gd搭載時の冷凍能力の流量依存性  
(左: 実験結果, 右: 数値計算)



LaFeCoSiを搭載した場合の冷凍能力  
(左: 実験結果, 右: 数値計算)