

リニア車両用希土類系 高温超電導磁石

No.192

発明の名称：磁気浮上式鉄道車両用超電導磁石
登録番号：特許第4790661号
出願日：2007年5月11日
総研発明者：長嶋賢，岩松勝，清野寛，小方正文，
宮崎佳樹，荒井有気，笹川卓

目的と効果

超電導リニア車両は、車上の超電導磁石と地上側に敷設した常電導の地上コイルでリニアモーターを構成することで走行します。リニア車両を高速かつ地上との空隙を大きく取りながら浮上走行させるためには、非常に強力な車上磁石をできるだけ小型・軽量に実現することが必要です。この厳しい仕様を満足するのが超電導磁石であり、超電導リニアシステムの中でも最も重要な装置のひとつです。

リニア車両用超電導磁石は、ニオブ・チタン合金製超電導線で巻いたコイルをマイナス269℃（絶対温度4K）の極低温液体である液体ヘリウムの中に浸漬して冷却し、電気抵抗ゼロの超電導状態として大電流を流し、小型・軽量かつ非常に強力な磁石として運用されます。

そこでもし超電導磁石の運用温度を上昇できれば、液体ヘリウム冷却やそのためのタンク・低温配管類も不要となり、極低温を保持するための冷凍機は小型・軽量化、消費電力の低減が進み、従来よりも構造が簡素化され信頼性も向上した超電導磁石の実現が期待されます(図1)。

技術の概要

超電導磁石の運用温度上昇を実現するための材料として、イットリウム

などの希土類元素を主要材料とする希土類系高温超電導線材を選定しました。この希土類系線材は、臨界温度（超電導状態を保持できる上限温度）が高く、さらに外部から磁場をかけた状態でも電流を多く流すことができる特長があります。つまり、従来よりも高い温度で磁場発生用コイルの巻線材料として使用可能な優れた特性を有しています。

本線材を適用することにより、運用温度をマイナス223℃（絶対温度50K）程度まで上昇できるため、効率の良い小型の冷凍機で超電導コイルを直接伝導冷却する構成や、極低温部へのふく射熱侵入を防止するためのふく射シールドの省略も可能となります。またコイルを構成する主な材料である銅の比熱は4Kから50Kにすることで約1000倍も大きくなるため、熱的外乱に対する超電導そのものの安定性も飛躍的に向上します。リニア車両用希土

類系高温超電導磁石は、省エネルギーや低コスト化にも寄与する次世代の超電導磁石技術です。

発明余話

前項で述べたように、高温超電導磁石の運用温度域における材料比熱は、従来の極低温域と比べて桁違いに大きくなります。これは同じ量の熱侵入を受けたとしても、高温超電導磁石の温度は上昇しにくいことを意味します。そこでこの特性を利用すると、銅やアルミニウムなどの材料をコイルの周囲に付加することにより、初期冷却後は冷凍機の運転を停止しても一定時間超電導状態を保持することのできる高温超電導磁石の実現も可能となります。

本研究は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

(小方正文／浮上式鉄道技術研究部
低温システム研究室)

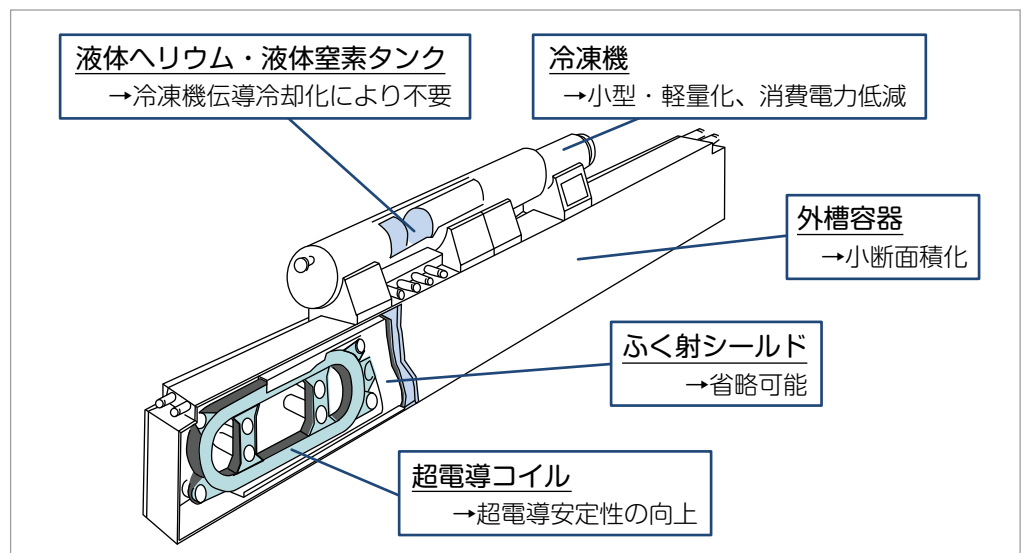


図1 リニア車両用超電導磁石の高温超電導化のメリット