

冷凍機無しで超電導を長時間維持するシステム

No.167

発明の名称：磁気浮上式鉄道車両用超電導磁石の運用システム
公開番号：特許 第4790660号
出願日：2007年5月11日
総発明者：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

超電導磁気浮上式鉄道は、車両に強力な超電導コイルを搭載しており、超電導状態を維持するために、超電導コイルは常にある温度以下に冷却して使用しています。例えばニオブチタン製超電導コイルの場合は -269°C （絶対温度4K）という極めて低い温度に保つ必要があります。そのため超電導コイルを冷却するための冷凍機も車載して、冷凍機を常時運転することが一般的です（図1（1））。

そこで、もし冷凍システムの常時運転が不要になれば、冷凍システムを車載しないシステム構成も選択可能となり、その効果としては超電導磁石の大幅な小型化、軽量化、ならびに車上電力の低消費電力化につながると期待されます。

技術の概要

冷凍システムを車載しない構成とは、冷凍機や圧縮機からなる冷凍システムを地上側に置くことを意味します。そして、地上側の冷凍システム設置箇所（冷却ポイント）は、

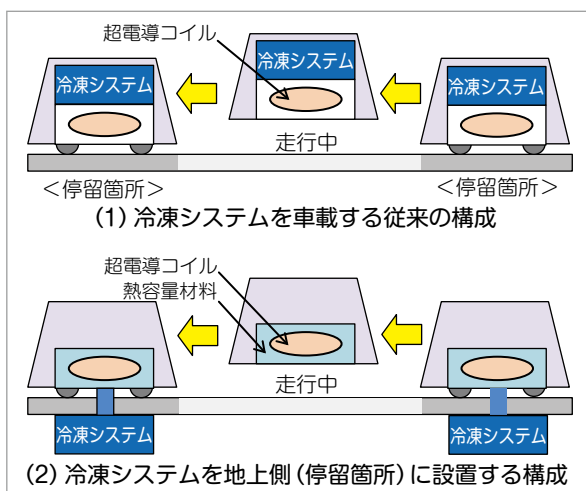


図1 超電導コイルの冷却構成イメージ

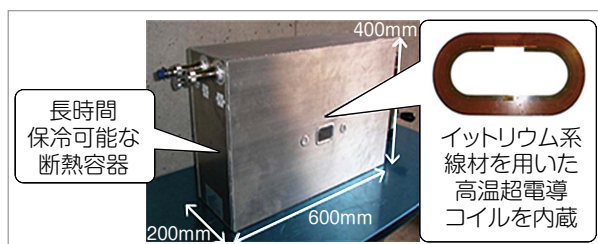


図2 冷凍機無しで超電導を長時間維持する小型コイル

ターミナル駅や車両基地など車両を一定時間以上停留させる箇所とし、これら冷却ポイントに車両があるときには地上側の冷凍システムを超電導コイルへ接続して超電導状態を維持する温度まで積極的に冷却を行います（図1（2））。

また、走行中など車両が冷却ポイント以外にあるときは超電導コイル温度が上昇していき、超電導状態を維持できなくなることも考えられます。そこで超電導コイルに対しては、コイル周囲に熱容量材料を付加して走行時の温度上昇を抑制する対策を併用します。これにより冷凍機無しでも長時間にわたり冷却状態を保持することが可能となります。

さらに超電導コイル材料にイットリウム系高温超電導線材を用いると、冷却温度を -223°C （絶対温度50K）程度まで高めることができるので、冷凍システム的大幅な簡素化が実現します。また、熱容量材料自体の比熱についても、代表的な例として50Kの銅の場合は4Kのときのおよそ1千倍となるため、超電導コイルを高い温度で使用するほど比熱アップによる温度上昇抑制効果も格段に大きくなります。イットリウム系高温超電導コイルは、冷凍機無しで超電導を長時間維持するシステムに最適なコイルの一つです。

発明余話

実際にイットリウム系高温超電導線材を用いて、実機の1/4スケールで冷凍機の無い超電導コイルを開発し（図2）、絶対温度50K以下の超電導状態を9時間維持可能なことを実証しました（図3）。これは実機大スケール換算で24時間以上となり、冷却無しでまる1日間使用できる可能性を確認しています。このような冷凍機無しで超電導コイルを

運用する方法は、高温超電導技術を適用することで実現可能な、まったく新しい使い方です。なお、本開発の一部は国土交通省の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）

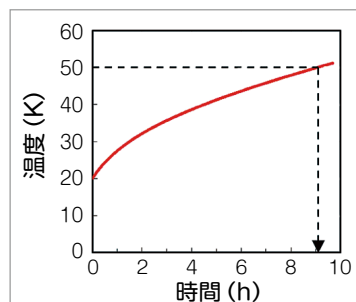


図3 試験結果（50K以下の超電導状態を9時間維持）