

ガス冷却が不要な超電導磁石用電流リードの開発

超電導リニアシステムのキーテクノロジー部品である超電導磁石は、強力な磁場を発生する装置としてリニア車両に搭載されています。そして超電導磁石から磁場を発生させるためには、磁石内部の超電導コイルに対して外部から電流を供給する作業（これを励磁作業と呼びます）が必要です。ここでは、この超電導コイルへ電流を供給するための導体部品である電流リードについて最近の開発状況をご紹介します。

まず、図1に従来タイプの超電導リニア用電流リードの構成を示します。-273℃の液体ヘリウム温度に冷却された超電導コイルに接続するリード導体の材料には、電気抵抗の小さい銅合金を用い、形状は細くかつ長くして外部から超電導コイル側への伝導熱侵入量を抑制しています。さらに低温ヘリウムガスを流すことのできるガス冷却用配管の中にリード導体を引き通し、励磁作業時にはガスを流すことでリード導体に発生するジュール発熱（抵抗発熱）を取り去る構造を採用していました。この方式の場合、本来の通電作業の他にバルブの開閉等の冷却ガス扱い作業が加わるため励磁作業時間の短縮が難しいこと、またガス冷却用配管を設備するために超電導磁石の構造が少し複雑になる点で、まだ改良の余地がありました。

そこで鉄道総研では、ガス冷却無しで励磁作業が可能な超電導磁石用電流リードを開発しました。この電流リードには、ガス冷却の廃止による励磁作業時間の短縮はもちろん、ガス冷却のための一切の部品を省略できるので、小型で軽く、構造が簡素化された、低コストで信頼性の高い超

電導磁石の開発に寄与できるメリットがあります。

図2にガス冷却が不要な電流リードの構成を示します。本電流リードは2種類のリード導体から成り、超電導コイルにつながる低温側には高温超電導電流リードを使用し、外部電流端子につながる高温側には銅合金リードを用いて真空空間中に直接配置しています。この高温超電導電流リードは、液体窒素温度（-197℃）において超電導状態の保持が可能なセラミクス材料で製作したもので、電気抵抗がゼロの超電導状態を利用することでジュール発熱の心配が無く、またセラミクスそのものが極めて低い熱伝導率であるので、熱侵入量を抑制しながら、従来よりも大幅なリード長さの短縮を実現しました。また高温側の銅合金リードには、ガス冷却無しでも励磁作業時の発熱の影響が生じないような工夫を施しました。

現在、本電流リードは図2に示したベンチ試験用の超電導磁石に組み込んで長期運用確認を行っています。ガス冷却の不要化は、簡便で安定した励磁作業の実現に大きく貢献しています。今後は、耐振動性能の向上ならびに検証により、実際に走行する超電導リニア用超電導磁石に本電流リード技術を適用することが可能であると考えています。

本研究は国土交通省の補助金を受けて実施しました。

（浮上式鉄道技術研究部 低温システム 小方正文）

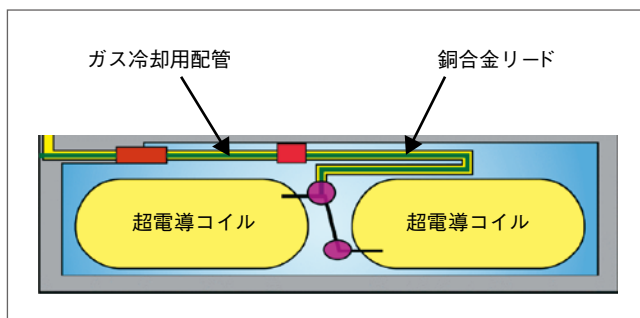


図1 従来の超電導リニア用電流リードの構成

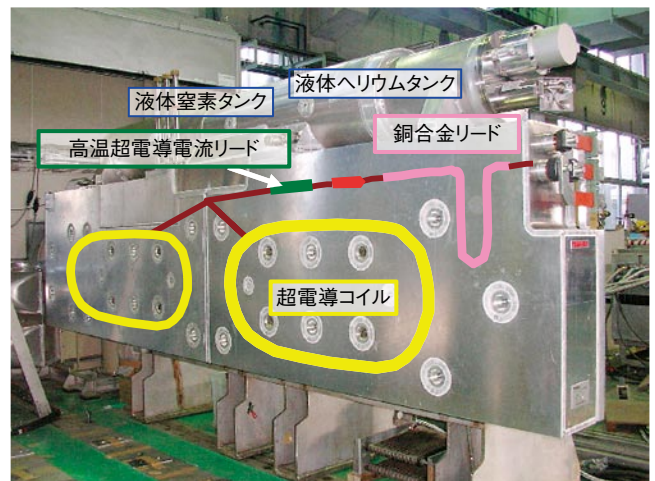


図2 ガス冷却が不要な電流リードを組み込んだ超電導磁石（地上コイル耐久試験用超電導磁石）