

フライホイール蓄電装置用超電導磁気軸受

地球温暖化対策は、他の輸送機関と比べてエネルギー効率が高い鉄道技術の分野でも広がっています。その一例が、電力貯蔵装置の導入です。鉄道におけるこれらの実用装置としては、フライホイール式装置と電気二重層キャパシタを用いた装置などが挙げられます。私ども鉄道総研では、フライホイール式装置に適用することを目的として、超電導コイルと高温超電導バルク体（以下超電導バルク体と略す）を組み合わせた、荷重容量の大きな磁気軸受の開発を進めています。超電導磁気軸受をフライホイールの支持軸受に適用することで、保守性に優れ、運転効率の高い電力貯蔵装置の開発につなげることを目指しています。なお、超電導バルク体とは、77Kの液体窒素沸点より高い温度で超電導になり、ケーブルや薄膜ではなく、塊（バルク）の状態を使用するものです。

永久磁石と超電導バルク体を組み合わせた、超電導コイル（超電導磁石）と磁性材を組み合わせた超電導磁気軸受と、それを適用したフライホイールの開発は、国家的なプロジェクトとして2000年頃から実施されています。超電導バルク体を適用することで、その磁束ピン止め効果（磁力線をピンで止めたように、その内部に保持する効果）で「磁界中での安定浮上」が可能となります。また、超電導磁石を適用することで、通常の電磁石と比較して「大空間での高磁界」を発生でき、また「永久電流による安定した高磁界供給」が可能となります。このような特徴を有する超電導体を磁気軸受に適用することで、軸受部の損失を極小化できるとともに、低消費電力化や、永久磁石と通常の電磁石で構成する制御型磁気軸受では難しかった軸受の大型化が可能となります。しかしながら、従来の開発では、永久磁石の磁化限界や鉄の飽和磁束密度までの能力で装置を使用していました。この限界を超えて、今まで実現できなかった高荷重容量の超電導磁気軸受を開発することを目指して、超電導磁石と超電導バルク体とを組み合わせる超電導磁気軸受の基礎検討に取り組んでいます。

図1に試験用に製作した超電導磁気軸受の模式図を示します。ロータ（回転軸）側に超電導バルク体を配

置し、ステータ側には超電導磁石を配置する構成を採用し、これをスラスト軸受（軸方向の荷重を主に受ける軸受）に適用しました。超電導バルク体は回転軸を兼ねた液体窒素断熱容器に入れます。この容器を、超電導磁石のコイル内周側（室温）に挿入することで、軸受が構成されます。超電導バルク体を冷却した後に超電導磁石に通電することで、大きな電磁力が発生し、回転軸が浮上支持されます。

静荷重試験では、10kNを超える浮上力を測定しました。バルク体は直径60mm、厚さ20mmほどのものです。単位面積あたりの電磁力で比較すると、従来の超電導バルク体と永久磁石で構成する磁気軸受の10倍以上に相当します。

図2に軸受の高速回転試験装置の模式図を示します。なお、図2の試験装置では、試験軸受が一つであることから、回転軸のラジアル方向（軸方向に直角な径方向）支持を目的とした補助軸受を設けています。超電導磁気軸受で約500kgのフライホイールを浮上支持し、電動機で最高速度3000rpmに回転させて、回転中の電磁力が安定していることを確認しました。

現在、試験用超電導磁気軸受を実用的な荷重支持容量に能力向上するための研究を継続しています。また、小規模な模型装置ですが、補助軸受を使用せずに超電導磁気軸受だけで回転体を支持する装置や、フライホイール装置を構成するために必要な周辺要素技術についても技術開発を進めています。

本研究の一部は、国土交通省の国庫補助金を受けて実施しています。

（浮上式鉄道技術研究部 低温システム 清野寛）

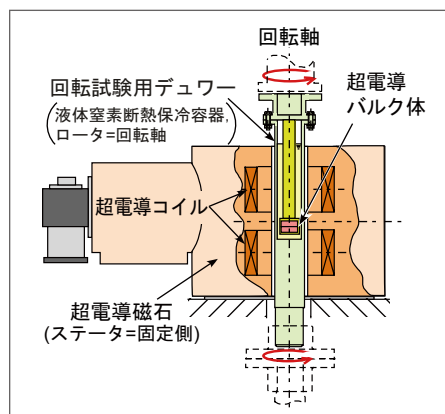


図1 試験用に製作した超電導磁気軸受の模式図

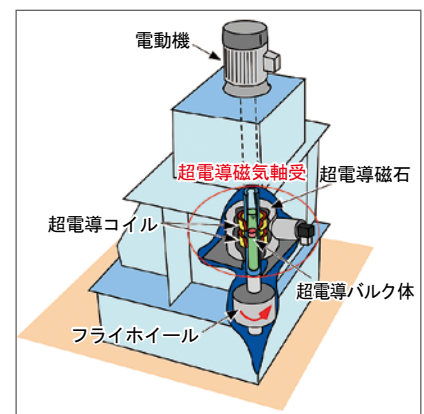


図2 試験用超電導磁気軸受の回転試験装置の模式図