

平成20年3月28日

鉄道・運輸機構
東京海洋大学
福井大学
北野精機（株）
（財）鉄道総合技術研究所

推進動力用高温超電導電動機を開発

～ アキシナル型コアレス電動機では世界初。4月17日に公開 ～

環境保全及び操船性などの観点から、電気推進船が内航船を中心に普及しつつありますが、さらに効率を向上させる方法として、小型、軽量ながら低回転でも高トルクと高効率期待される高温超電導線材を用いた船舶推進動力用同期電動機が開発が期待されています。このたび、東京海洋大学をプロジェクトリーダーとする産学研究グループ（注）と鉄道・運輸機構は、**鉄心を使わずに高温超電導線材を巻き線した磁石を回転界磁磁石とするアキシナル型超電導同期電動機を開発しました。**

（注）東京海洋大学、福井大学、北野精機（株）及び（財）鉄道総合技術研究所から構成。

わが国の、超電導線材製造技術は国際的に優位にあり、その船舶推進用電動機への応用においても優位に立つ素地があります。これをうけ、この産学グループでは、（独）鉄道建設・運輸施設整備支援機構（鉄道・運輸機構）の「運輸分野における基礎的研究推進制度」による研究の一環として、高温超電導線材の開発に対応できる小型、軽量、高トルクの船舶推進用超電導同期電動機及びその周辺技術を確立するために、**アキシナルギャップ型高温超電導同期電動機**の試作機を開発しました。この電動機的设计仕様は毎分最大230回転、出力100kW、外径85cm、長さ50cmであり、次のような優れた特徴があります。

- ① 世界で初めて界磁に鉄心のない高温超電導コイルを回転子用磁石（コアレス回転界磁極）として実装しており、現在、急速に進展している超電導線材の実用性能向上に連動して、コイルへの通電電流を格段に増やすことができる構造を実現しました。これにより電動機の性能は現状にとどまらず、さらなる高トルク化と小型化が継続的に見込まれます。
- ② 直径73.5cm、厚さ7.5cmの回転子には、コアレス回転界磁極を8極搭載しており、コイルを多様な冷媒により簡便に冷却励磁できる伝導冷却構造を実現しています。
- ③ 新たに開発した高温超電導バルク電流リードを実装することにより外部から電動機内部への熱侵入をきわめて短い距離で有効に遮断して電動機寸法の軸方向の小型化を実現。アキシナル型としてのタンデム構成を容易にしました。高いエネルギー密度で高温超電導線材を巻き線した界磁コイルを安全有効に冷却できます。
- ④ 直径73.5cm、厚さ4cmの固定子（電機子巻線は銅線）は水冷、油冷、液体窒素等による冷却ができます。
- ⑤ 界磁は冷媒液体に浸漬されず、8極単位で界磁の種類を増減・交換可能なため永久磁石と超電導磁石を組み合わせることで界磁構造を形成できます。その場合、冷凍機冷却が故障

停止しても永久磁石の界磁部分を使用して、船舶推進は継続可能です。

- ⑥ この高温超電導電動機は、船舶用としてポッドに搭載できる縦置き電動機として開発しましたが、横置きも可能で鉄道、風力発電などへの応用も可能です。

なお、電動機の公開を4月17日（木）東京海洋大学において行います。

【問合せ先】

電動機の公開に関して：

国立大学法人東京海洋大学海洋工学部

大学院海洋科学技術研究科

和泉 充

電話 03-5245-7462

研究制度に関して：

鉄道・運輸機構

研究開発部 基礎研究課長

岡本 敦史

電話 045-222-9127

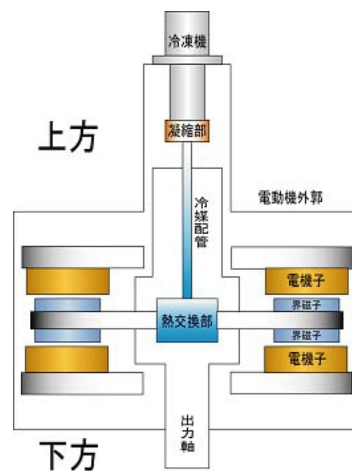
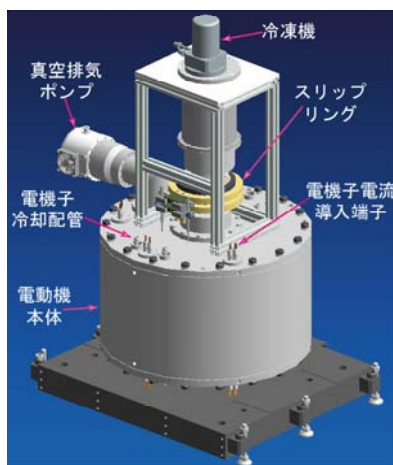


図1 電動機の外部及び内部構造と冷却概念図

図2 電動機外観

キーワード

高温超電導線材：

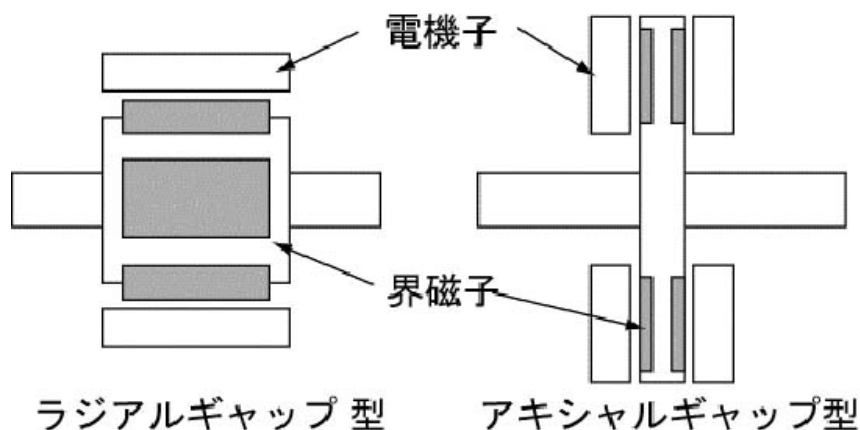
金属系の超電導材料ではなく酸化物系の材料で作製された線材です。金属系と比較して高温で超電導状態になるので、液体ヘリウムや大型な冷凍機を用いなくても安定して使用できます。現在、多くの電動機では、今回の試作機と同様に、ビスマス系の線材が広く使われていますが、近い将来、さらに通電特性の良いイットリウム系の次世代線材の安定供給が始まります。これにより、電動機性能はさらに向上すると期待されます。

高温超電導バルク電流リード：

超電導線材を界磁として使用したモータでは、コイルに電流を流して磁場を発生させるために電流リードがコイルから外部まで配線されます。しかしそのままでは熱侵入が非常に大きくコイルの冷却や安定動作性、効率の低下を引き起こします。一般に高温超電導コイルは、約-196℃以下で使用されます。この温度を保つため、外部からの熱侵入を抑制するには銅リードを長尺にする方法と、リードの一部に高温超電導材料を用いる方法があります。超電導材料は、超電導状態において抵抗がゼロであり、発熱がないことに加えて、熱伝導率が非常に低い(銅の100分の1)という特徴を持っています。本研究では高温超電導体の結晶の塊であるバルク材を用いた電流リードを設計製作しました。設計した電流リードでは-183℃において300A以上の電流を流すことが可能です。本機ではこの高温超電導バルク電流リードを使用することにより外部からの熱侵入を長尺な銅リードを使用せず、コンパクトに遮断しています。この結果、電動機の軸方向の寸法を短くすることができました。

アキシアルギャップ型電動機：

同期モータは回転軸に対する界磁子と電機子の配置でラジアルギャップ型とアキシアルギャップ型に分けられます。図の様に界磁子と電機子とのギャップが半径方向にあるのがラジアルギャップ型であり、磁力の向きは回転軸に垂直になります。回転軸方向に直列配置されるのがアキシアルギャップ型です。アキシアルギャップ型の場合には磁力の向きは回転軸方向であり、簡単な構造で、かつ界磁子の両面を使えるという特徴があり、小型モータによく採用されています。



電気推進船（スーパーエコシップ-SES船）：

鉄道・運輸機構では、H17年度から内航共有船の電気推進化を進めています。これまでに、4隻（254総トン型旅客船1隻、492総トン型貨物船1隻、499総トン型タンカー1隻、749総トン型タンカー1隻）が竣工しました。このほかに現在、5隻（タンカー3隻、セメント船2隻）の建造が建造中又は計画中です。さらに20年度以降もSES船の共有船建造が見込まれています。

別紙1 電動機の概要

別紙2 電動機の公開について

推進動力用高温超電導電動機の概要

◎高温超電導線材の高性能化とともに、現在のみならず未来にわたり高性能を発揮する鉄心のないコアレス形推進動力用同期電動機の開発

- (1) 世界で初めて界磁に鉄心のないアキシヤル型回転界磁コアレスモータを開発。
- (2) 冷却冷媒によって回転界磁磁石を 37 K 以下（コイル温度）に伝導冷却できます。
- (3) 超電導体の線材により巻き線した界磁 8 極を安定に冷却励磁（通電電流 160 A 以上）できます。
- (4) 新たに開発した高温超電導バルク電流リードを実装することによって熱侵入をきわめて短い設計距離で有効に遮断することができ、高温超電導線材を巻き線した界磁コイルを安全有効に冷却できます。
- (5) インバータによって電動機を低速回転させるベクトル制御運転試験に成功しました。
- (6) 8 極界磁および 6 極電機子換算で 22.5 kW 相当、モータ全体で 92 kW 以上。
- (7) 8 極単位で界磁の種類を交換できるため永久磁石、2 G 線材磁石を組み合わせることで界磁構造を形成できます。例えば、冷凍機冷却が故障しても永久磁石界磁で船舶推進は継続可能です。
- (8) 電機子は水冷、油冷、液体窒素冷却が可能であり、将来的に高温超電導線材で電機子巻線を形成することが可能です。

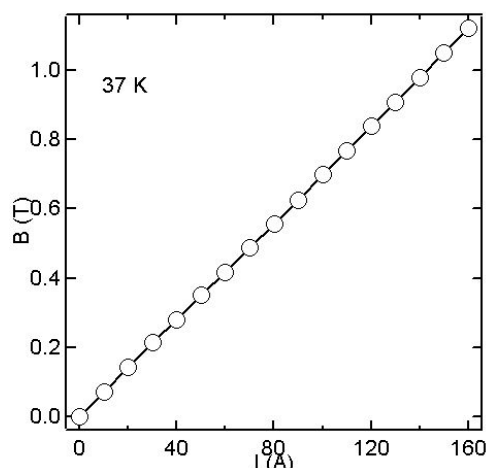
◎実用化への発展性を大いに秘めた電動機構造

回転軸が鉛直方向の縦置き型電動機の実用プロトタイプの確立

- (1) 電動機をポッドに納める、または船内に縦置きにすることによりポッド推進装置の省スペース化に寄与します。またタグボートなどの全旋回式推進機用縦置電動機等への幅広い実用可能性が期待できます。
- (2) 冷却系について平成 18 年度までの基礎的研究開発における要素技術の成果を活用して、還流ヘリウムガス冷媒や小型冷凍機による電動機界磁の簡便な冷却を実現しました。また、本機は熱伝導により冷却する機構であるため、今後の冷凍機技術の進歩により、液体やガス冷媒の外部からの供給が不要になります。

◎研究計画

本研究は、鉄道・運輸機構の「運輸分野における基礎的研究推進制度」のもと、平成 16 年度から 3 年にわたり研究を進めてきた「推進動力用高温超電導同期電動機に関する研究」（東京海洋大学、福井大学、北野精機、IHI、富士電機システムズ、鉄道総研）に続くステップアップ研究として平成 19 年度に東京海洋大学、福井大学、北野精機、鉄道総研の 4 機関による共同研究体が研究開発を実施しました。



電動機内界磁コイルの通電電流－磁場特性

推進動力用高温超電導電動機の公開について

鉄道・運輸機構
東京海洋大学
福井大学
北野精機（株）
（財）鉄道総合技術研究所

推進動力用高温超電導電動機の概要をご紹介するため、次の要領で、電動機の説明と見学会を開催しますのでご案内いたします。

1. 開催場所：

概要説明：東京海洋大学越中島キャンパス越中島会館2階SCS講義室

(<http://www.e.kaiyodai.ac.jp/dept/campus.htm> 地図参照 建物番号⑭)

電動機見学・質疑応答：東京海洋大学越中島キャンパス第1実験棟垂直循環回流水槽脇

(<http://www.e.kaiyodai.ac.jp/dept/campus.htm> 地図参照 建物番号⑥)

2. 開催日時：平成20年4月17日（木） 15：00～17：00

3. プログラム：

15：10～15：30	概要説明
15：45～16：30	電動機見学
16：30～16：50	質疑応答

4. 参加登録：説明会及び電動機見学に参加をご希望の方は、4月16日までに下記「問い合わせ先」までEメール又はFAXでご連絡ください。

5. 問い合わせ先：

東京海洋大学海洋工学部・大学院海洋科学技術研究科
〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6
電話番号：03-5245-7462 FAX 番号：03-5245-7462
e-mail:izumi@kaiyodai.ac.jp