



超伝導技術を応用した近未来船

武田, 実

(Citation)

海事博物館研究年報, 40:18-20

(Issue Date)

2012

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/81005592>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81005592>



超伝導技術を応用した近未来船

神戸大学海事科学研究科マリンエンジニアリング講座 教授 武田 実

1. はじめに

極低温の世界では、熱運動にかき乱され埋もれていた物質本来の姿が浮かび上がってきます。このような世界で最も興味深い自然現象として、「超伝導」が挙げられます。超伝導現象は約100年前の1911年にカマリング・オネスによって発見され（図1参照）、電気抵抗ゼロを示す量子現象として知られています。その後、超伝導の基礎・応用・開発研究が著しく進展し、超伝導になる温度は -269°C から -140°C を超えるようになりました。さらに、超伝導線を巻いて作製した電磁石（超伝導磁石）は、大電流を流すことができますので、20万ガウスを超える強磁場を発生することができます。私の所属する研究室では、以前より超伝導磁石の強磁場を船用推進に応用する研究を行っています。これは、「超伝導電磁推進船」と呼ばれており、近未来船のひとつに挙げられています。本講演では、超伝導電磁推進船の研究に加えて、この研究から派生した海流MHD（magneto hydrodynamics：電磁流体力学）発電・水素発生の研究について述べます。併せて、最近注

目されている超伝導モータを用いた電気推進船の研究開発動向を説明します。

2. 超伝導電磁推進船の研究

本研究室では、自作したヘリウム液化機（ -269°C の液体ヘリウムを製造する機械）を用いて、1970年代より超伝導電磁推進船の研究を行ってきました。この船は、フレミングの左手則を応用して、海水に働く電磁力の反作用を利用することにより推進することができます。スクリュープロペラがないので振動や騒音が少なく、スピードや進行方向のコントロールが容易で、高速化が可能であるという利点を持っています。図2に2隻目となるモデル船ST-500（本学海事博物館所蔵）の写真を示します。この船には、液体ヘリウムで冷却された超伝導磁石が内蔵されており、船底から下部海水方向へ強磁場を印加します。そして、船底に設置された電極を用いて海水に電流を流せば、推進力を得ることができます。総合水槽実験棟で行われた推進実験では、約15Nの推進力および約0.6m/sの船速が得られました。世界初の超伝導電磁推進実験に関する知見は、1992年に神戸港内で実証航行実験に成功した実験船YAMATO-1（図3参照）へ結実しました。

YAMATO-1では13~14km/hの船速が得られましたが、推進力の小ささが指摘されました。これ

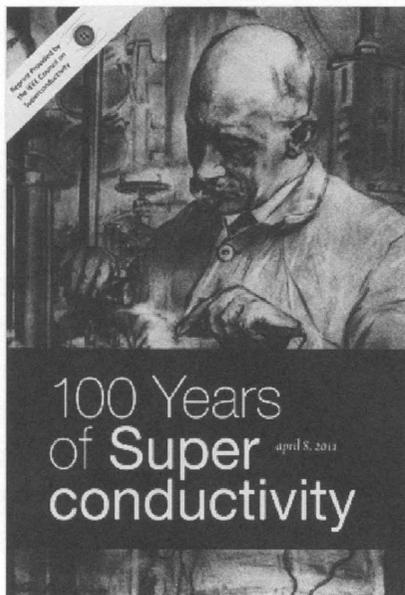


図1 超伝導発見100周年記念誌

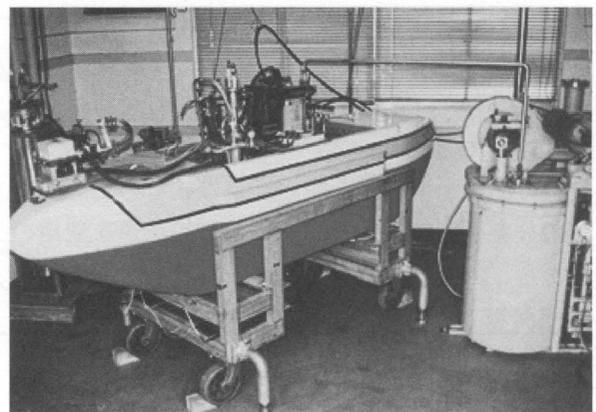


図2 超伝導電磁推進船 ST-500の写真

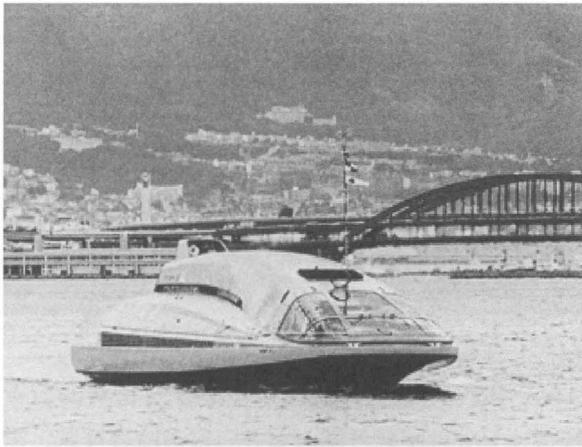


図3 超伝導電磁推進船 YAMATO-1の写真

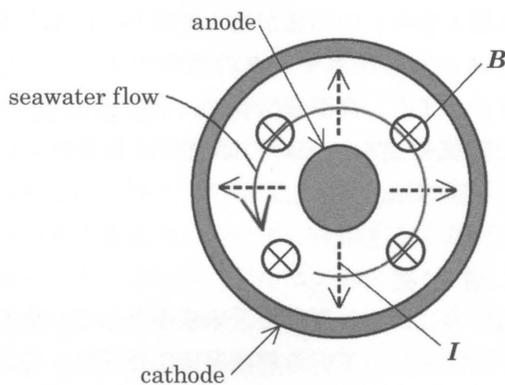


図4 ヘリカル型推進の原理図（縦断面）

を克服するためには、超伝導磁石の強磁場化および大型化が重要となります。そこで、これらの改良が可能なソレノイド型超伝導磁石を用いた、ヘリカル型超伝導電磁推進機の研究に着手しました。この研究は、物質・材料研究機構および中国科学院电工研究所との国際共同研究として実施されました。図4にヘリカル型推進の原理図（縦断面）を示します。ヘリカル型推進機は、ダクト内に設置された同軸2重円筒状電極およびヘリカル状仕切板、ダクト外に設置されたソレノイド型超伝導磁石で構成されています。図4に示すように、紙面向う向きに磁場 B を印加した状態で、放射状に電流 I を流すと、海水が電極間を回転運動します。ヘリカル状仕切板を用いて、この回転運動を直線運動に変換すれば、ヘリカル型推進が可能になります。実験に用いたヘリカル型推進機の写真を図5に示します。ヘリカル型推進機は、前後に設置された整流器を含めて、直径約40cm、全長約2mです。推進実験では、物質・材料研

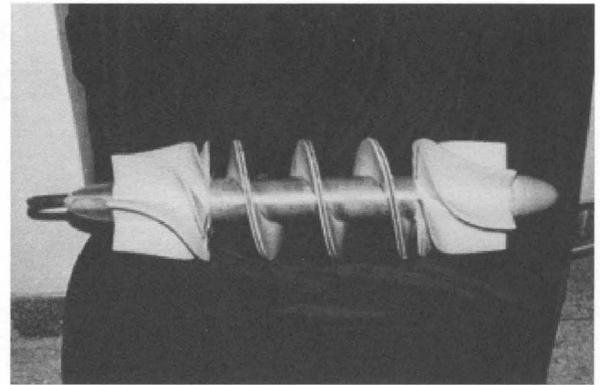


図5 ヘリカル型推進機の写真

究機構の大型超伝導磁石（最大磁場15万ガウス）を用いており、ヘリカル型推進機と海水タンクをフローラインで繋ぎました。図6にヘリカル型推進実験の写真を示します。実験の結果、磁場14万ガウス、電流700Aを印加して、YAMATO-1の約10倍の推進力密度を得ることに成功しました。さらに大型化することにより、高い推進効率が得られることも数値シミュレーション研究により明らかになっています。

3. 海流 MHD 発電・水素発生の研究

ヘリカル型推進では、高い推進力と推進効率を得られることがわかりましたので、逆の原理（フレミングの右手則）を応用すれば、海流・潮流のエネルギーを有効利用できるのではないかと考えました。すなわち、海流 MHD 発電の着想を得たのです。海流・潮流のエネルギーは、季節や天候に左右されないので、再生可能エネルギーとして極めて有効であると考えられます。新型（ヘリカル型）海流 MHD 発電の原理は、図4の逆の原理として説明することができます。つまり、図の向きに磁場 B を印加した状態で、海水が電極の周りを回転運動すると誘導起電力が発生します。これが電気分解電圧を超えれば、海水を通して電流 I が流れて発電するとともに水素ガスが発生します。これまでに、直径約10cm、長さ約30cmの小型のヘリカル型海流 MHD 発電機・水素発生器を試作し、超伝導磁石を用いて世界で初めて発電実験に成功しました。ヘリカル型海流 MHD 発電実験の写真を図7に示します。発電実験では、7万ガウスの超伝導磁石を用いており、ヘリカル型発電機と海水タンクおよび海水循環ポ

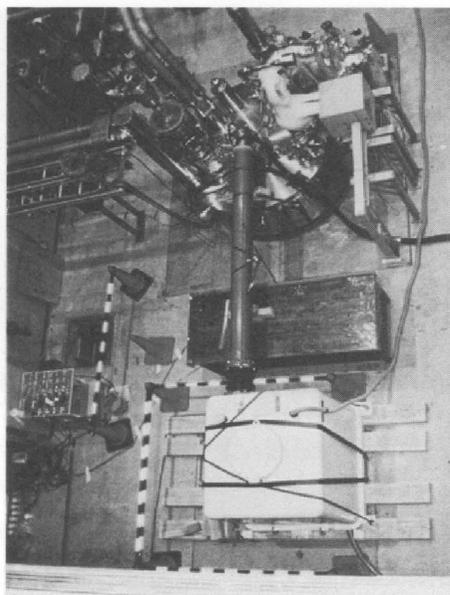


図6 ヘリカル型推進実験の写真



図7 ヘリカル型海流 MHD 発電実験の写真

ンプを繋ぎました。現在、発電機の形状の最適化、大型化および実用化の研究、海流 MHD 発電用超伝導磁石の研究、電気・水素エネルギー貯蔵の研究などを進めています。

4. 超伝導電気推進船の研究

比較的高い温度で超伝導性を示す線材を用いた、高温超伝導モータの開発研究が進んでいます。このモータは、大容量化、小型・軽量化および高効率化が容易で、運転可能範囲が広いという特徴を持っていますので、大型船舶の電気推進への応用が期待されています。スクリュウプロペラの超伝導モータの利点は、低速・大トルク、長い駆動シャフトが不要、発電機からモータまで各

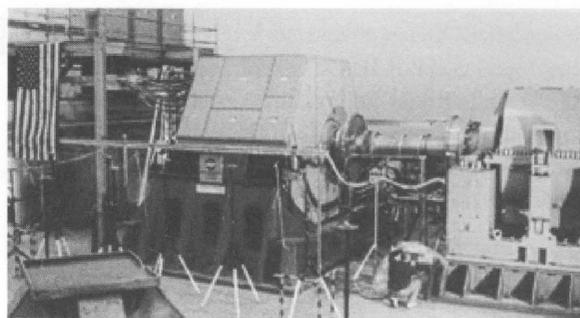


図8 36MW 高温超伝導モータの写真

種機器を分散配置可能、船形の最適設計可能、振動・騒音が少ない、高効率で操船性能に優れるなどです。米国では、既に36MW 高温超伝導モータ(図8参照)の開発が進んでおり、日本でも1MW 級高温超伝導モータの開発がスタートしています。また、高温超伝導モータをポッドへ内蔵した電気推進システムの開発も注目されています。

5. まとめ

超伝導技術を応用した近未来船として、本研究室で研究を行っている超伝導電磁推進船、および最近注目されている超伝導電気推進船を紹介しました。さらに、超伝導電磁推進船の研究から派生した、海流 MHD 発電・水素発生の研究について述べました。超伝導技術の更なる発展とともに、海事科学分野への新たな研究展開を進めていきたいと考えています。