

## 第V章 エネルギー分野 Chapter 5 Energy

世界的なエネルギー需給逼迫や地球温暖化問題への懸念が高まる中、環境と経済の両立を図るため、エネルギーの安定供給確保や環境への負荷低減に貢献する省エネ技術、再生可能エネルギー技術、原子力技術などの研究開発などの分野における技術移転。

Technology transfer in such fields as R&D in areas of energy conservation technology, renewable energy technology and nuclear power technology that contribute to a stable supply of energy and reduction of environmental loads, for the purpose of keeping a good balance between the environment and the economy under the circumstances where concerns have been growing globally over tight energy supply-demand relations and global warming issues.

# Development of HTS Motors Cooled by Liquid Nitrogen

**Keyword:** Conception of a new construction of HTS motors, Existence of an active corporation for practical application, Concentration of corporations with high techniques

## Organizations Involved

- Hidehiko Sugimoto, Professor, Graduate School of Engineering, University of Fukui
- Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.
- Taiyo Nippon Sanso Co.
- Hitachi, Ltd.
- Sumitomo Electric Industries, Ltd.
- Niigata Power Systems Co., Ltd.
- Nakashima Propeller Co., Ltd.
- Fuji Electric Systems Co., Ltd.



Prof. Sugimoto

**【Abstract】** Over 20 years are passed from the discovery of the high temperature superconductors (HTS), and the applications are greatly expected to make the electric machine smaller, lighter and more efficient. Under such situation, we devised the liquid nitrogen cooling HTS motor of new structure. And the trial motor was developed by collaborative research. Afterwards, the techniques were transferred to corporations. For practical use, the liquid nitrogen cooling HTS motor with 400kW output at 250rpm for ship propulsion is being developed at present. The motor has been developed in the cooperation since the initial stage, so patent applications are carried out in the same way.

### 【Summary of the technology transfer】

#### ●Technological Impact

The current and the loss of HTS wire are strongly influenced by wire temperature and penetrating flux density. Compared to copper wire, HTS wire is inferior in respect of mechanical strength and workability. After this fact was sufficiently understood, a new structure of HTS motors were devised, designed, assembled and tested. The main innovations in techniques of the developed trial machine are summarized as follow: ·Liquid nitrogen coolant, ·HTS armature AC coils, ·High magnetic permeability material to reduce perpendicular penetrating magnetic flux on HTS wires, ·Axial gap structure to simplify the structure of the armature winding cryostat. These techniques are already transferred to the corporation. Besides, the developed techniques for large capacity practical machines such as parallel connection method, current equalization method and AC loss reduction method of HTS wires were transferred too. These techniques are also suitable for rotating machines such as wind power generators.

#### ●Market Impact

This kind of HTS motor will be on the market soon. By 2015, there will be a total of 518 machines worth 34.5 billion yen on sale. By 2020, there will be a total of 1310 machines worth 74.3 billion yen on the market. (According to the market research report of HTS machines that issued by ISTEAC at February, 2007).

#### ●Social Impact

Carbon dioxide can be decreased by 170.1 ton/ year from 2015 and 388.5 ton/year from 2020.

### Project Background

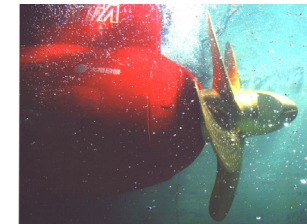
By a chance, the research of HTS motor was started and a new construction of liquid nitrogen cooled HTS motor was considered. IHI had the interest for this new idea, and is active for its practical application.

### Funding History

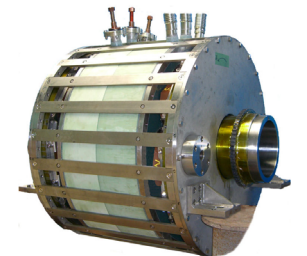
- 1.From 2004 to 2006, the collaborative research contract.
- 2.From 2004 to 2006, the enterprise development funds.

### Intellectual property protection

The number of patent applications : JP 19. PCT 3  
 “Axial gap high temperature superconducting motor” Japanese Patent Application No.2006-204085, etc.



**Pod which stored produced liquid nitrogen cooling HTS motor.**



**400kW, 250rpm liquid nitrogen cooling HTS motor under development.**

### Turning point in the Project

The key point to make a HTS motor cooled by liquid nitrogen practical is to fully understand the features cooled HTS wire then to find the best structure. Another important thing is to catch the rapidly developing HTS wires characteristics and to apply to the practical application.

# 液体窒素冷却高温超電導モータの開発

キーワード：新構造の高温超電導モータの着想・実用化に意欲的な企業の存在・高い技術力をもつ企業の結集

## 連携 機関

- 福井大学大学院工学研究科教授 杉本 英彦
- 石川島播磨重工業(株)
- ナカシマプロペラ(株)
- 住友電気工業(株)
- 新潟原動機(株)
- 大陽日酸(株)
- (株)日立製作所
- 富士電機システムズ(株)



杉本教授

## 【要 約】

高温超電導体が発見されてから20年、電気機器の小形軽量化、高効率化を実現できるものとして高温超電導体の応用が大いに期待されている。そんな状況下、新構造の液体窒素冷却高温超電導モータを着想し、共同研究によって試作機を開発後、企業に技術移転し、実用機としての出力400kW、毎分回転数250rpmの船舶推進用液体窒素冷却高温超電導モータを開発している。特許は試作機開発段階から共同研究しているため、共同で出願している。

## 【技術移転の概要】

### ●技術への貢献

高温超電導線材に流すことができる電流および損失は、線材温度及び線材貫通磁束密度の影響を大きく受ける。また、銅線に比べて機械的強度や加工性の点で劣る。これらのことを十分理解して新構造の高温超電導モータを着想し、試作機的设计、組立、試験を実施した。この試作機の開発において、開発された技術内容の革新性の主なものは、・液体窒素冷却であること、・電機子巻線（交流コイル）を超電導線としていること、・線材貫通磁束密度を下げるために高透磁率材を配置したこと、・アキシアルギャップ型構造を採用して電機子巻線のクライオスタットの構造を簡単化したこと、などである。試作機の開発に培ったこれらの技術を移転した。さらに、大容量の実用機開発に際して必要になった電機子巻線における超電導線材並列接続技術及び偏流防止技術、交流損失低減技術を開発して技術移転した。開発した技術は超電導風力発電機等回転機器に対しても波及効果がある。

### ●市場への貢献

市場投入はこれからであるが、これから市場投入され、船舶用及び産業用高温超電導モータの市場規模は累積で2015年に518台、345億円、2020年に1310台、743億円が予想されている。（平成19年2月ISTEC発行の高温超電導電力応用機器の市場調査研究報告書より）

### ●社会への貢献

CO<sub>2</sub>が2015年に170.1千トン/年、2020年に388.5千トン/年削減される。

## 産学官連携のきっかけ

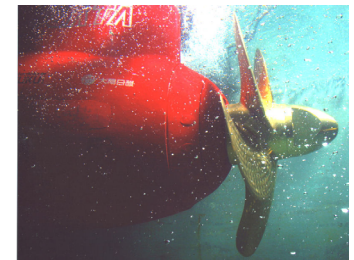
あることがきっかけで高温超電導モータを研究開発することになり、新構造の液体窒素冷却高温超電導モータを着想した。その着想に、実用化に意欲的な石川島播磨重工業(株)が興味をもたれたこと。

## ファンディングの推移

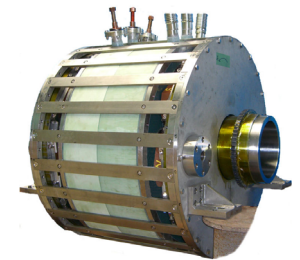
1. 平成16年～18年  
共同研究契約(石川島播磨重工業(株))
2. 平成16年～18年  
企業開発資金(石川島播磨重工業(株))

## 知的財産保護の経緯

特許出願：国内19件、PCT3件  
「アキシアルギャップ型超電導モータ  
特開2006-204085」他



試作した液体窒素冷却高温超電導モータを収納したポッド



開発中の400kW、250rpm液体窒素冷却高温超電導モータ

## 成功・失敗の分かれ道

液体窒素冷却高温超電導モータの実用化成功の鍵は、実際に供給される高温超電導線材の特性を十分理解し、それに最適な構造を着想したことである。高温超電導線材そのものが研究開発段階にあり、日々特性が向上しているため、その特性向上を見逃すことなく対応して進化していくことが重要である。