

特集

イットリウム系高温超電導

世界に先駆けるイットリウム系高温超電導技術開発

電気抵抗ゼロを実現する超電導線は、既に医療用MRI (Magnetic Resonance Imaging) や分析用NMR (Nuclear Magnetic Resonance) などの工業製品で実用化されています。しかし、現在使用されている金属系超電導線は、ゼロ抵抗を実現する温度が高価な液体ヘリウムの沸点(4.2K(ケルビン) (-269℃)) 近傍の極低温に限られています。一方、イットリウム(Y)系に代表される高温超電導線は安価な液体窒素(沸点:77K(-196℃))中でもゼロ抵抗を実現できます。さらに、Y系超電導線は機械特性に優れ、磁場中においても流せる電流が非常に大きく、第2世代の高温超電導線として、さまざまな機器への応用が期待されています。

当社では2009年からY系超電導線材の市販を開始していますが、本号では当社が過去25年以上開発を行ってきたY系超電導線材の量産化状況、応用機器開発状況についてご紹介します。

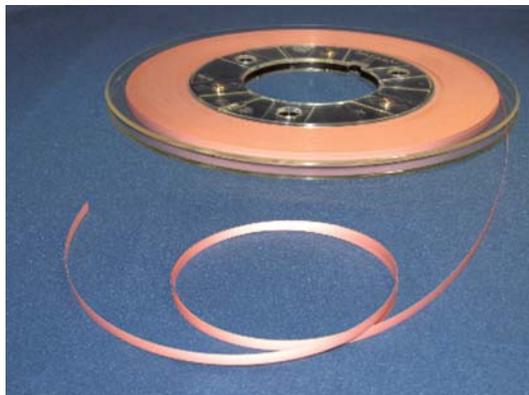
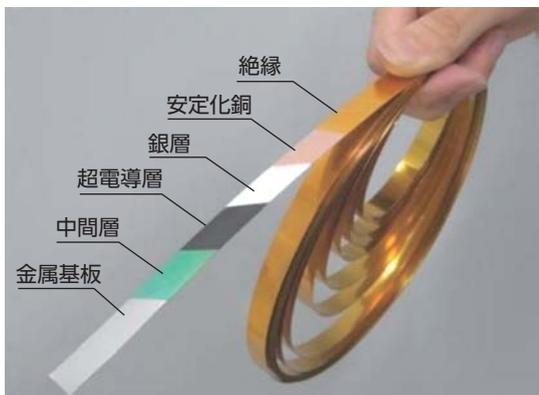
開発段階からいよいよ商用段階へ突入

Y系高温超電導線材は、テープ状の金属基板上に多層のセラミックス薄膜を蒸着する構造であり、その製作には高度な結晶配向技術が必要となります。当社では長年に渡り研究開発を重ね、ナノレベルで結晶方位を3次元的に制御するIBAD (Ion Beam Assisted Deposition) 法による中間層成膜技術、PLD (Pulsed Laser Deposition) 法を用いた高品質な超電導薄膜の成膜技術を確立し、世界トップレベルの性能を有する超電導線材を可能にしています。現在、単長で数百mレベルの量産が可能となっており、長尺量産技術でも世界トップレベルを走っています。

特に最近では、国立大学法人東北大学が開発を進める世界最先端の強磁場超電導磁石「25T(テスラ)無冷媒超電導磁石システム」への線材の採用が決まり、システムを製作する株式会社東芝殿より約20kmの超電導線材を受注しました。これはY系高温超電導では世界初の商用化となります。液体ヘリウムが不要で強磁場中でも高い特性を有するY系高温超電導線材は、分析用NMRや医療用MRIなどへの応用も期待され、国内では今年度より国家プロジェクト「高温超電導コイル基盤技術開発」なども計画されており、そのコイル用線材として高い評価を受けています。

これら国内のみならず海外からの需要拡大に応えるためにY系高温超電導線材の量産体制を加速させ、2017年には生産能力を現状対比10倍以上に増強したいと考えています。

■ イットリウム系高温超電導線材



世界最大級Y系高温超電導マグネットの開発

2012年に直径20cmの室温ボア（マグネット中心の室温空間）を有し、この中心に5T（テスラ）（50,000ガウス）という高い磁場を発生させ、426kJ（キロジュール）の蓄積エネルギーを持つ世界最大級のY系高温超電導マグネットの開発に成功しています。

超電導マグネットは、少ない電力で大空間に強い磁場を発生させることが可能ですが、前述のとおり従来使われてきた金属系超電導線材は、ゼロ抵抗を実現する温度が高価な液体ヘリウム近傍の極低温に限られています。しかし、液体ヘリウムは世界の限られた地域でしか産出されない希少な天然資源のため、価格高騰や調達面での懸念が生じています。

開発した高温超電導マグネットは、液体ヘリウムを使用せずにスイッチ一つでON/OFF可能な極低温冷凍機を用いた簡易な冷却システムで構成され、約25K（-248℃）の高温運転を実現しています。

Y系高温超電導線材はこれまで大型マグネットに必要な長尺で均一な特性の線材量産技術や大型のコイル化技術が確立されていませんでしたが、本マグネットは当社の所有するY系超電導線材の製造技術および独自に取り組んできたコイル化技術により実現しました。本マグネットには450A超（液体窒素温度で流せる電流値）の世界最高性能を持ち、単長約300m、総長約7.2kmのY系超電導線材が使用されています。

今回のY系高温超電導マグネットの開発は、Y系超電導線材の実力と技術力が評価され2013年に一般社団法人未踏科学技術協会の第17回超伝導科学技術賞受賞の栄に輝きました。（第2回に続く2回目の受賞になります。）

■ 開発したY系高温超電導マグネット外観



■ 第17回超伝導科学技術賞記念楯



66kV 世界最大級大電流・低損失超電導電力ケーブルの開発

Y系に代表される高温超電導線は、安価な液体窒素（沸点：77K（-196℃））中でもゼロ抵抗を実現できます。この性質を利用することで送電損失が極めて少ない高温超電導ケーブルの実用化が期待されています。高温超電導ケーブルは、低温超電導に比べ冷却に必要な設備が軽減され、冷却にかかるコストを低減することが可能となります。

2012年度に公益財団法人国際超電導産業技術研究センターと共に独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「イットリウム系超電導電力機器技術開発」（プロジェクトリーダー：塩原融 公益財団法人国際超電導産業技術研究センター理事、超電導工学研究所所長）において66kV大電流・低損失超電導電力ケーブルの開発に成功しています。本ケーブルにはY系超電導線材が用いられ、世界最大級の5kAの通電が可能で、冷却効率を考慮した送電損失は現用の電力ケーブルと比較して1/4以下を実証しています。

これまでY系超電導線材は、性能の高い線材の量産が技術的に困難であるために、これまで5kAもの大電流を流すことのできる超電導ケーブルの検証試験は実施されていませんでした。

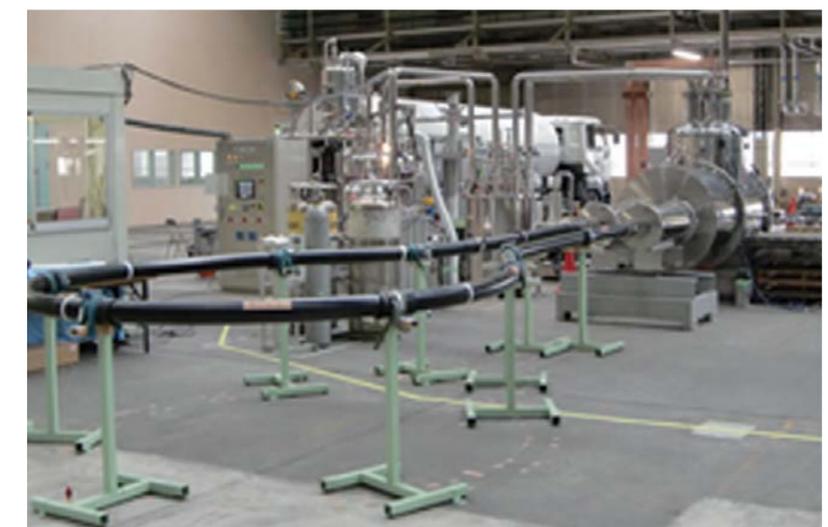
世界最大級の臨界電流（500A/cm以上）を有するY系超電導線材を用いて66kV級の超電導ケーブルによる全長約20mの試験線路を構築し、この試験線路に電力ケーブルとしては最大級である5kAの通電を行い、実環境に近い状態で交流損失を評価し、5kA通電時に1相あたり1W/m以下となることを検証いたしました。5kA通電時の1相あたり1W/m以下という交流損失は、現用の電力ケーブル（代表的な154kV 600MVA級）と比較して冷却効率を考慮した上での送電損失を1/4以下にできるものです。これは超電導電力ケーブルが、電力系統の高効率化の推進に極めて有効であることを実証したものです。

今後も、さらなる高性能線材の開発を推進し、今後進展が期待される産業機器、医療応用等を目指した実用的な高温超電導コイル、マグネット開発、送電効率の向上に加え、電力流通設備の建設においても大幅なコストダウンを実現すると期待されているケーブル基礎技術開発を進め、低炭素社会に貢献していきます。

■ 66kV Y系高温超電導ケーブル



■ ケーブルシステム検証試験設備（非課電）





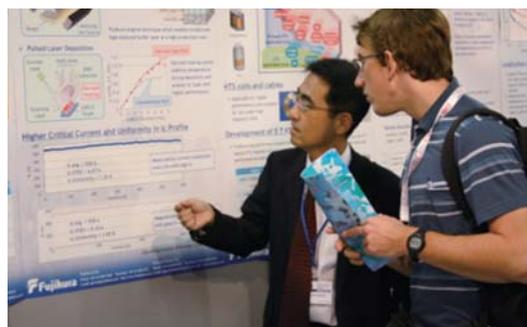
国際会議

European Conference on Applied Superconductivity に併設展示

2013年9月15日～19日にイタリアのジェノバで開催された国際会議11th European Conference on Applied Superconductivity(EUCAS)の併設展示に出展しました。国際的なY系高温超電導線材のビジネス拡大に併せ出展した本会議では、ユーザから絶え間のない様々な問い合わせがあり、当社のY系高温超電導線材への関心の高さを感じました。



学会ポスターセッション会場

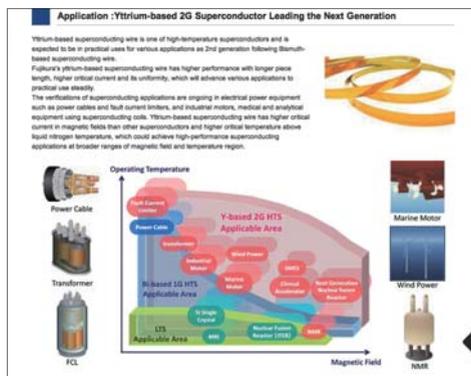
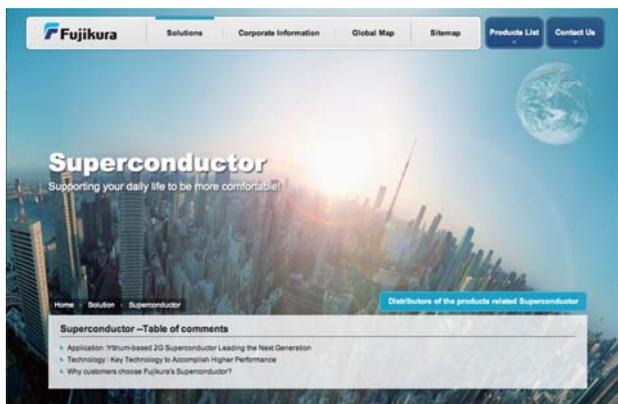


当社展示説明状況

Y系高温超電導関連のグローバルサイトを開設

皆様に当社のY系高温超電導関連の最新情報をお届けするためにグローバルサイトを開設しました。引き続き、Y系高温超電導線材のビジネス拡大に向けた超電導線材の量産体制拡大、関連ビジネスの拡大を図ってまいります。

<http://www.fujikura.com/solutions/superconductingwire/>



超電導推進室 E-mail : ask-sc@jp.fujikura.com

株式会社フジクラ 〒135-8512 東京都江東区木場1-5-1 TEL:03-5606-1112 FAX:03-5606-1501

●発行:2013年11月 No.388 ●編集兼発行責任者:和田 朗

URL <http://www.fujikura.co.jp>

関西支店 TEL.06-6364-0373 中部支店 TEL.052-212-1880 九州支店 TEL.092-291-6126

中国支店 TEL.082-211-3600 東北支店 TEL.022-266-3344

UD FONT ユニバーサルデザイン(UD)の考え方にに基づき、より多くの人に見やすく読みまちがえにくいデザインの文字を採用しています。