

## 新聞発表記事

掲載紙紹介 ([毎日新聞](#)、[日経産業新聞](#)、[日刊工業新聞](#)、[化学工業日報新聞](#)、[電気新聞](#))

### 高温超電導線材(YBCO)世界記録大幅更新、実用化に大きく前進

- $I_c$ (臨界電流) ×  $L$ (線材長)で従来の世界記録の約2.5倍を達成  
超電導機器への応用も視野へ

平成17年9月5日

(財)国際超電導産業技術研究センター  
超電導工学研究所

(財)国際超電導産業技術研究センター(理事長 荒木浩) 超電導工学研究所(所長 田中昭二)名古屋高温超電導線材開発センター<sup>\*1</sup>は、これまでの世界記録を大きく塗り替える長尺・高臨界電流のイットリウム系線材(YBCO線材<sup>\*2</sup>)の開発に成功し、超電導機器に応用する際の目安である線材開発指標(臨界電流( $I_c$ )と線材の長さ( $L$ )を掛け合わせた値)において、従来の世界記録を大幅に更新する、 $51,940A \cdot m$ (世界記録の約2.5倍)を達成しました(図1)。

#### 【参考】

今回の成果  $I_c \times L = 51,940 A \cdot m$   
( $245A \times 212m @77K$ , 自己磁場)

従来の世界記録  $I_c \times L = 22,055 A \cdot m$   
( $107A \times 207m$ (2005年8月)、米国Super Power社<sup>\*3</sup>)

$I_c \times L$ : 機器応用の目安になる線材開発指標。 $I_c$ : 臨界電流  $L$ : 線材長

今回の成果により、様々な超電導機器への応用を視野に入れた検討が可能になります。このため、今年度から超電導機器の開発につながる要素技術研究を開始するとともに、平成18年度からは、超電導機器開発に向けた先導的な研究開発の実施を検討しております。

YBCO線材の応用機器としては、SMES<sup>\*4</sup>、モーター、限流器、変圧器、電力ケーブルなどが考えられており、これらの機器の開発により効率向上や省エネ効果が期待されることから、2030年までには原油換算で100万kl/年のCO2削減が見込まれます。さらには、NMR<sup>\*5</sup>、MRI<sup>\*6</sup>、リニアモーター等への応用も大きく期待されます。

このように、高特性長尺線材の研究開発成果とこの成果に基づいた超電導機器への応用の検討開始は、これまで机上の検討に留まっていたYBCO線材の実用化にとって大きな進歩といえます。

今回の成果は、(財)国際超電導産業技術研究センターが、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)より受託している「超電導応用基盤技術研究開発プロジェクト」(プロジェクトリーダー:塩原 融 超電導工学研究所線材研究開発部長)において達成したものです。



図1  
超電導工学研究所が作製した  
長尺高臨界電流YBCO線材  
 $I_c \times L = 51,940 \text{ A} \cdot \text{m}$   
液体窒素での臨界電流  
 $I_c = 245 \text{ A}$   
長さ(L) = 212m

#### <世界的なYBCO線材開発競争の経緯>

超電導線材の応用に当たっては、線材をコイル状に巻いて磁場を発生させることが多いことから、臨界電流値( $I_c$ )と線材長(L)との積である、 $I_c \times L$ の特性向上が重要な指標となります。YBCO線材開発においても、現在、世界各国でこの機器応用の目安となる $I_c \times L$ を開発指標とし、長尺化、高臨界電流化が競われています。

我々は、日本独自技術の製法により本年5月に超電導工学研究所:  $19,026 \text{ A} \cdot \text{m}$  ( $210 \text{ A} \times 91 \text{ m}$ )及び(株)フジクラ<sup>\*7</sup>:  $19,100 \text{ A} \cdot \text{m}$  ( $88 \text{ A} \times 217 \text{ m}$ )がそれまでの世界記録を更新したばかりでしたが、その後、ほぼ同等ではあるものの8月初旬に米国<sup>\*8</sup>で報告されたSuper Power社の $22,055 \text{ A} \cdot \text{m}$  ( $107 \text{ A} \times 207 \text{ m}$ )に世界最高記録の座を譲ることになりました。

日本では、経済産業省—NEDOプロジェクト(「超電導応用基盤技術研究開発」プロジェクト)において、(株)フジクラが長尺化開発に注力し、超電導工学研究所は高 $I_c$ 化と共に高速成膜化を図る役割分担の下、5月の世界記録達成の後も継続して研究開発を進めて参りました。このたび、これらの研究開発の成果として、超電導工学研究所において212m長で245Aの非常に高い $I_c$ を有する長尺線材の作製に成功いたしました。この線材は $I_c \times L$ 値で $51,940 \text{ A} \cdot \text{m}$ となり、上記Super Power社の世界記録の約2.5倍に達しており、大幅な更新に成功いたしました。

日本の「超電導応用基盤技術研究開発」プロジェクトでは、YBCO等のY系(イットリウム系)線材の開発目標値として2005年度末までに $40,000 \text{ A} \cdot \text{m}$  ( $200 \text{ m} \times 200 \text{ A}$ )、2007年度末までに $150,000 \text{ A} \cdot \text{m}$  ( $500 \text{ m} \times 300 \text{ A}$ )を掲げ、米国の同様なプロジェクト<sup>\*9</sup>では2006年度末までに $30,000 \text{ A} \cdot \text{m}$  ( $100 \text{ m} \times 300 \text{ A}$ )を掲げております。今回の成果は、日本の2005年度末の目標値を前倒しで達成したことに加え、 $I_c \times L$ 値では、米国の2006年度末目標値さえも越えたこととなります。

#### <開発のポイント>

超電導のYBCO層成膜はパルスレーザー蒸着(PLD)<sup>\*10</sup>プロセスで開発を行っております。同プロセスに関しましては、(株)フジクラにおいて産業化を目指した長尺化プロセスの開発を実施する一方、超電導工学研究所では、高Ic厚膜化、高速成膜プロセス開発を実施してきております。今回の成果は、この開発により生まれたもので、超電導工学研究所においてかねてより開発を進めていましたマルチプルーム・マルチターン(MPMT)法PLD<sup>\*11</sup>プロセスにおいて、装置能力を最大限発揮させるべく成膜条件を適正化した結果、高速成膜が可能になり、安定成膜条件での多層成膜効果により特性の均一性が向上したことで、厚膜化に伴う成膜温度の精密制御等により200mを超える長尺線材で245Aという非常に高い臨界電流を実現しました。

### <YBCO線材の特徴>

高温超電導線材では、これまでに、Bi系(Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>x</sub>)とよばれる第一世代の線材について、線材各社による研究開発が進められ、数百m規模で100-150Aの臨界電流値の線材が超電導機器応用に使われようとしております。この種の線材開発も継続して行われており、臨界電流特性の向上も見られておりますが、その値は、最高値でも、8月12日付新聞で発表されている163A(100m級)であり、今回の成果は同等の断面積(～1mm<sup>2</sup>)で1.5倍の電流の輸送を可能にする成果であります。

加えて、Bi系超電導線材は、液体窒素温度(77K)では磁場の影響を受けやすく、1テスラ(T)程度の磁場で臨界電流がゼロになってしまうのに対し、YBCO線材は5T近傍の高磁場でも大きな臨界電流を流すことができるため、強磁場を発生する機器応用の面で大きな期待がもたれています(図2)。

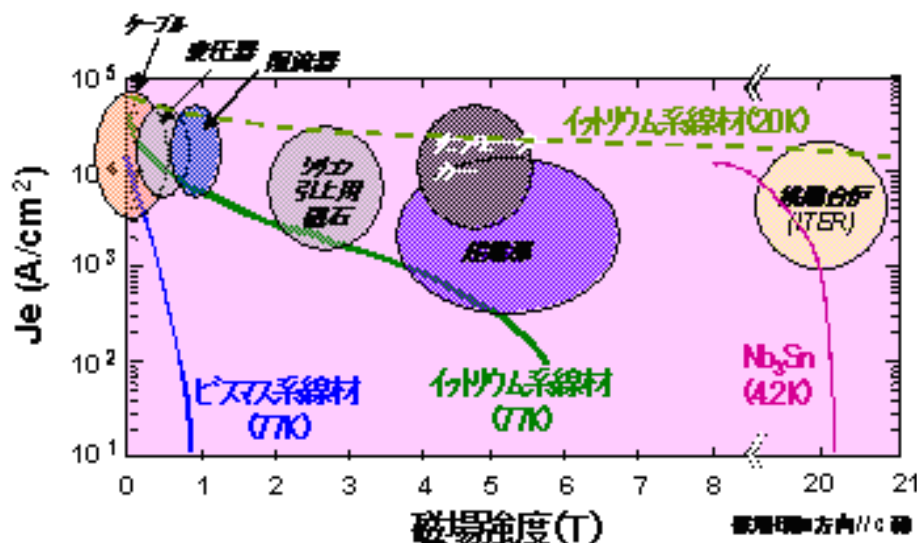


図2 機器応用に向けたYBCO線材とBi系線材の磁場特性の比較。YBCO線材の磁場特性が従来のBi系超電導線より格段に優れ、機器応用からY系線材が求められていることがわかります。

一方、YBCO線材の応用開発に関しては、上述の特性上のメリットに加えてコスト的にも将来コストでBi系線材に比べて安価になり得る(図3)として大きく期待されてきました。しかしながら、機器に繋がるコイルやケーブル導体の試作に必要な長尺線材の作製が困難であったことから、実際に検討されるまでには至っていませんでした。

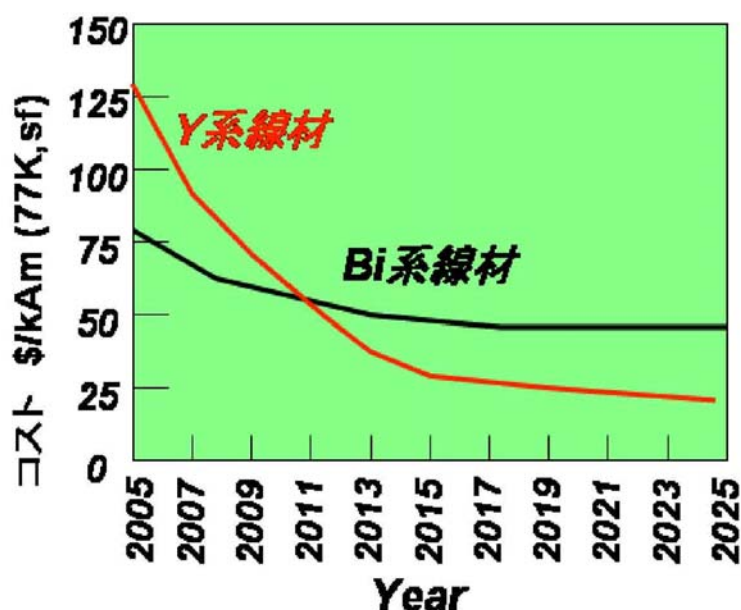


図3 米国エネルギー省の資料に基づくY系線材とBi系線材のコスト予測。  
2010年付近でコストが逆転し、Y系線材が安価になると予測されている。

### <今後の方針>

引き続き、「超電導応用基盤技術研究開発」プロジェクトの最終目標である150,000A・mを早期に達成すべく線材開発を進めてまいります。また、上述の機器開発へ繋がる研究開発とも積極的に連携を図り、高温超電導を用いた機器の開発・実用化を促進してまいりたいと考えております。

### 表 YBCO長尺線材における今回の成果

1. 超電導工学研究所において、線材実用の目安となる臨界電流値と長さの積 ( $I_c \times L$ ) の従来世界記録の2.5倍にあたる約**52,000A・m**となった。
2. 今回の進展により、今年度末の**YBCO線材開発国家プロジェクト目標 ( $I_c \times L=40000A \cdot m$ )**を前倒しで達成した。
3. 高特性長尺線材開発の進展に伴って、**YBCO超電導線材を用いた機器に繋がる要素技術研究開発が計画され、平成18年度からの先導研究も検討されており、実用化が視野に入ってきた。**

お問合せ先:

(財) 国際超電導産業技術研究センター

(財) 国際超電導産業技術研究センター

超電導工学研究所

名古屋高温超電導線材開発センター

名古屋市熱田区六ツ野2-4-1

電話：052-871-4002

名古屋高温超電導線材開発センター:長

山田 穰 (やまだ ゆたか)

超電導工学研究所

東京都江東区東雲1-10-13

電話：03-3536-5710

線材研究開発部長

塩原 融 (しおはら ゆう)

- \*1 超電導工学研究所 名古屋高温超電導線材開発センター: 超電導工学研究所の名古屋分室。長尺線材を中心に開発中。名古屋市熱田区六ツ野2-4-1。TEL: 052-871-4002
- \*2 YBCO線材: イットリウム(Y)・バリウム(Ba)・銅(Cu)・酸素(O)からなる酸化物超電導線材。
- \*3 SuperPower社: 米国のIGC社の100%子会社。事業内容は、HTS線材開発を始めHTS機器開発を行う。採用している線材構造は、IBAD中間層上にPLD法かMOCVD法で超電導層を形成するプロセス。米国ではAMSC(アメリカンスーパーコンダクター)社と並んでY系線材の長尺化、量産化の開発を積極的に行っている企業である。
- \*4 SMES: Superconducting Magnetic Energy Storageの略。超電導電力貯蔵装置。超電導線をコイル状に巻いて電気を貯蔵する装置で、超電導は電気抵抗がゼロであることから、発熱のロスがなく半永久的に電気を貯蔵して、必要なときに取り出すことができる。
- \*5 NMR: 核磁気共鳴(Nuclear Magnetic Resonanceの略)。
- \*6 MRI: Magnetic Resonance Imagingの略。核磁気共鳴現象を利用した医療用断層診断装置のこと。
- \*7 (株)フジクラ: 超電導工学研究所とともに国プロ 超電導応用基盤技術開発でIBAD-PLD法線材の開発を行なっている。江東区木場1-5-1。TEL:03-5606-1064
- \*8 米国エネルギー省のプロジェクトの評価会議(Peer Review)。毎年ワシントンで開催される。今年度の超電導に関する会議は、8月2-4日の3日間に亘って3会場で並行開催された。
- \*9 米国の同様のプロジェクト: 米国エネルギー省がサポートして進められているYBCO線材開発及び高温超電導機器開発のプロジェクト。オークリッジ国立研究所やSuperPower社など国立研究所、民間企業及び大学が参画。
- \*10 パルスレーザー蒸着(PLD): Pulsed Laser Deposition。エキシマレーザーによりYBCO膜を基板上に真空蒸着する技術。
- \*11 マルチプルーム・マルチターン法PLD: 高速成膜及び原料の収率向上を目的として成膜領域を大きくする方法。レーザー照射位置を移動させることと線材を巻き返すことにより成膜領域を増加させる手法。