

超強力バルク超電導磁石の大型化に成功
-接合技術の開発により実現-

平成13年12月18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
岩手県工業技術センター
(財)いわて産業振興センター

超電導工学研究所盛岡研究所¹、[岩手県工業技術センター](#)（所長河野隆年）及び（財）いわて産業振興センター（理事長海妻矩彦）は、バルク高温超電導体同士の接合技術の開発に成功し、応用において重要な課題となっていた大型化に途を拓いた。

この開発により、MRI（磁気断層撮影装置）用のバルク磁石の開発や、将来の磁気浮上列車用磁石の開発、また、現在、岩手県が進めている地域結集型事業である「生活・地域への磁気活用技術」²で開発中の超電導バルク磁石を利用した磁気分離装置の開発にもはずみがつくと期待される。

現在、高温超電導材料開発は、その実用化に向けて活発な応用開発が進められている。最近、バルク高温超電導体の応用として、その強いピン止め力を利用し、大きな磁場を捕捉させて、永久磁石型の超強力超電導バルク磁石としての活用が脚光を浴びている。これは、永久磁石では、その磁場強度がせいぜい1テスラ（1万ガウス）程度であるのに対し、超電導バルクでは10テスラ以上の磁場発生が可能になるからである。ここで重要なのは、捕捉される磁場の大きさはバルク超電導体の臨界電流密度(J_c)の大きさと、臨界電流が流れるループの大きさに依存するという点である。よって、捕捉磁場を大きくするためには、バルク超電導体のピン止め効果³増大による J_c の改善と、大型バルク超電導体の作製が必要となる。また、比較的広い空間でバルク超電導磁石を利用しようとするれば、大型のバルク超電導体が必要になる。例えば、将来、磁気浮上列車用にバルク超電導磁石を利用するためには、直径が15cm以上のバルク体が必要と考えられている。

現在、プロセス技術の進展によりY-Ba-Cu-O系超電導体⁴で直径が10cmまでの大型のバルク超電導体が作製されている。それ以上の大きいバルク超電導体も作製された例はあるが、不純物の偏析による弱結合のためその特性は低いものであった。

大型化に向けて、世界中の研究所が、複数の超電導体を接合する技術の開発を行ってきており、数mm径の小さな試料での接合成功例は数多く報告されているが、4cm径の大きさのバルク体の接合に成功したのは、今回、超電導工学研究所盛岡研究所がはじめてである。

本成果では、従来の研究ではほとんど注目されていなかった、接合されるバルク超電導体の結晶の方位を制御⁵することにより、従来問題とされた接合部に発生する不純物の偏析を抑制することが可能となり、その結果良好な接合特性を得ることに成功した。これによりバルク超電導体の大型化に途が拓かれたことになる。

このことは、10テスラを超える大型の超強力磁石の実現も可能になることから、強磁場応用が促進されるものと期待される。強磁場応用としては、MRI、資源回収や水浄化等用の磁気分離装置、励磁装置、強力磁気浮上装置等への応用が考えられる。

なお、本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受けて実施し

たものである。

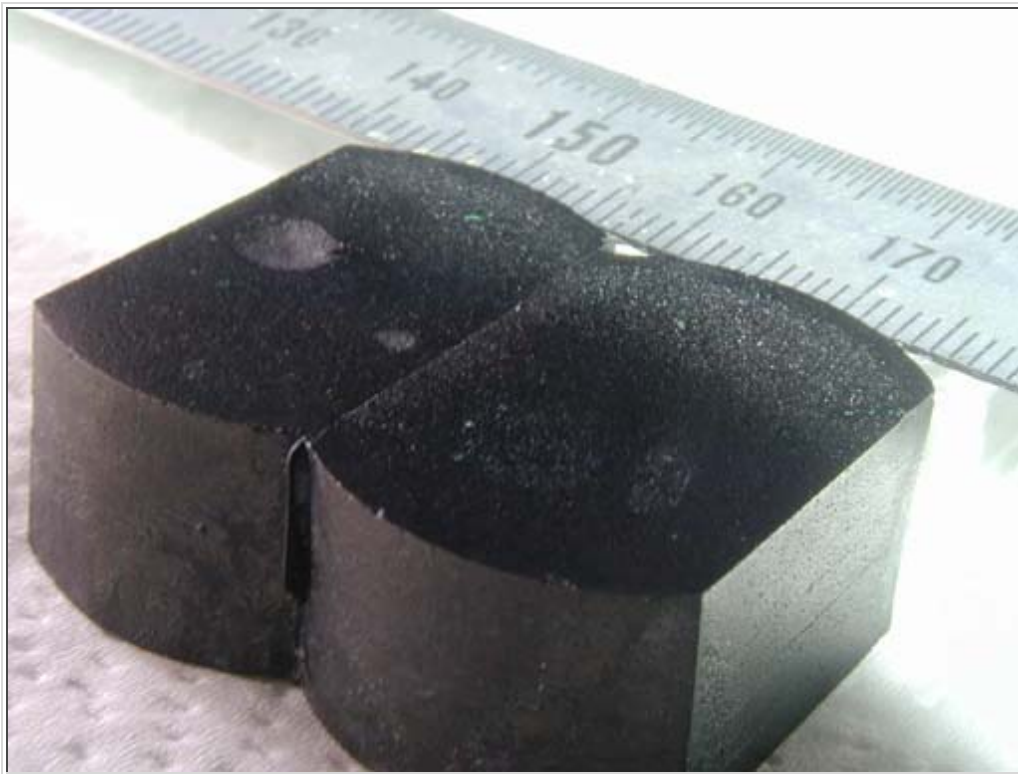


図1: 2つのY-Ba-Cu-O超電導体をEr-Ba-Cu-O超電導スペーサーで接合した外観写真。(注)Er:エルビウム(希土類元素)

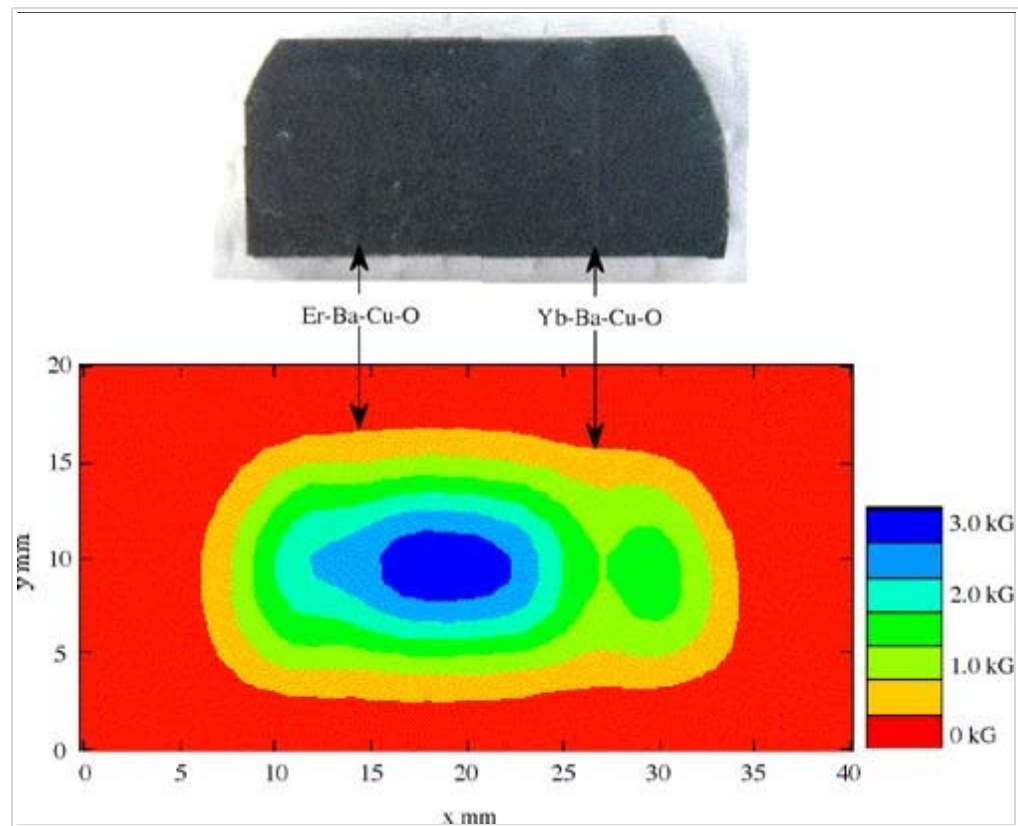


図2: 3つのY-Ba-Cu-Oバルク超電導体がYb-Ba-Cu-OとEr-Ba-Cu-O超電導スペーサーで接合されている時の捕捉磁場の分布図。Er-Ba-Cu-O超電導スペーサーで接合された場合には、きれいな一つの山となっていることから良好な接合が得られたことを意味する。一方、Yb-Ba-Cu-O超電導スペーサーで接合された場合

には、山が不連続となっている事から良好な接合特性が得られなかった事を意味する。

(注) 1) 2) は希土類元素で 1) Yb: イッテルビウム 2) Er: エルビウム

1 超電導工学研究所は国際超電導産業技術センター(理事長荒木浩)の研究所で所長は田中昭二東大名誉教授。

超電導工学研究所盛岡研究所において、第三研究部(部長村上雅人(東京商船大学客員教授))所属の飯田和昌、吉岡順子研究員が超電導バルク体の大型化に関する研究に従事している。

2 岩手県は岩手県地域結集型共同研究事業として、科学技術振興事業団と共同して、地域における研究ポテンシャルである大学、公設試験研究機関等の研究セクター間の有機的な協力体制を構築し、これを推進するものである。主な研究計画のうちの一つに、酸化物高温超電導体の磁化システム磁場環境形成技術の開発があり、岩手県工業技術センター及び(財)いわて産業振興センターと超電導工学研究所との共同で研究を推進している。

3 ピン止め効果について

純粋な超電導体内部では、磁束が動いてもエネルギー変化がないため、力が働けば磁束は自由に動く事ができる。しかし常電導部分(超電導でない部分)が存在すると、その部分とはもともと超電導でないために磁束がきてもエネルギーの上昇がない。逆に、磁束がこの部分から外れる際には、超電導を壊す必要があるため、余分なエネルギーが必要となる。このために磁束は常電導部分に存在する方がエネルギー的に安定となり、結果として磁束が捕らえられる。これがピン止め効果である。

4 Y-Ba-Cu-O超電導体は、 $YBa_2Cu_3O_x$ (Y123)超電導体と Y_2BaCuO_5 (Y211)相からなる混合体で、現在、液体窒素温度における実用化にもっとも注目を集めている超電導体である。Y211相は絶縁体で、ピン止めセンターとして作用することが知られている。

5 結晶方位の制御について

従来の接合方法は、接合されるY-Ba-Cu-O超電導体の結晶方位が $\langle 100 \rangle$ あるいは $\langle 001 \rangle$ 方向に対してのみ行われてきた。この方法では、加熱後の徐冷中に接合面からスペーサー中央部に向かって超電導相がエピタキシャル的に成長するため、スペーサーの未凝固部に存在する第2相がスペーサー中央部に押し出されるように移動するプッシング現象生じる。この結果、スペーサー中央部には不純物などが偏析し、良好な接合特性が得られにくかった。

しかし、接合されるY-Ba-Cu-O超電導体の結晶方位を $\langle 110 \rangle$ とすることにより、上記で述べたプッシング現象が見られず、スペーサー中央部には不純物などが偏析しなかった。その結果、良好な接合特性が得られた。

本件に関する問い合わせ先:

(財)国際超電導産業技術研究センター

超電導工学研究所 第三研究部長 村上 雅人

電話: 03-3454-9284

電話: 019-635-9015(超電導工学研究所 盛岡研究所)