

セラミックス系超電導体の臨界電流密度の改善

フローティングゾーン法の適用

Improvement of Critical Current Density Carried by Ceramic Superconductors

Application of the floating zone melting method

1 課題は臨界電流密度の向上

セラミックス系超電導体を電力の発電送変電へ応用するには、いずれの場合も線材とする必要がある。そのためには超電導特性である臨界温度(T_c)、臨界磁場(H_c)および臨界電流密度(J_c)はいずれも高いことが実用上要求される。ところが、 T_c 、 H_c は物質固有の性質で決まるともいわれるのに対し、電気を流す能力の J_c は素材の材料改質技術により向上を図ることが可能である。また、電力分野への応用に当たっては、多くの電流を流すことが基本条件でもあることから、線材化を目指すためには、 J_c をいかに向上させるかが重要であり、そのための課題として次の三つがある。

(1) ち密化

電流に対して抵抗となる気孔が無いち密な材料とする。

(2) 結晶の配向化

結晶の一粒一粒を電流が流れやすい方向に選択的に配向させる。

(3) ピンニングセンターの導入

外部から磁場がかかっても、磁束の侵入に対しての影響を受けにくくする。

2 有望なフローティングゾーン法

原料粉末を焼き固める焼結法で作製した超電導体の材料改質について、 J_c 向上の課題のうち、今回はち密化と結晶の配向化による J_c 改善を目的に実験を行う

セラミックス系超電導体の電力分野への応用には線材化と臨界電流密度(J_c)の向上が不可欠である。今回、ビスマス系超電導体を対象に J_c 改善を目的とする材料改質にフローティングゾーン法を適用した実験を行った。その結果、 J_c 改善につながる、ち密で、結晶の配向した超電導体を作製することができ、今後への発展に期待がもてた。超電導特性は、臨界温度=86K、臨界電流密度=430A/cm²を得た。

Application of ceramic superconductors to the electric power field depends on the production of wires from the superconductor material and on the improvement of the critical current density (J_c) carried by the wire. We conducted an experiment to improve the characteristics of the BiSrCaCuO superconductors by using the floating zone melting method to obtain a higher value of J_c . A superconductor of dense microstructure and well-aligned crystal orientation was obtained which indicated the possibility of attaining a higher J_c . Critical temperature and critical current density of the superconductor were 86K and 430A/cm², respectively.

こととした。材料改質には単結晶をつくるフローティングゾーン (Floating Zone) 法がその原理ならびに特徴から考え有効ではないかと適用を試みた。

FZ法の原理は、焼結法で作製した試料の原料棒を上側に、種晶棒を下側にし、互いに逆回転させながら接近させて接近部を集光加熱すると、局部的に熔融帯が得られる。この試料全体を下方に移動させることにより、種晶棒側に熔融体が下降して結晶化する。(第1図)

この方法の特徴は次のとおりである。

- (1) 連続的に結晶化ができる。
- (2) 不純物の混入がない。
- (3) 作製条件の制御が容易である。

3 臨界電流密度向上に期待

今回の実験は、セラミックス系超電導体のうち素材特性と取扱性の面からビスマス系を対象に実施した。

材料の改質は、FZ処理に加え J_c 改善方法として一般的な後熱処理をFZ処理体に行った。

その結果、次のように J_c 向上につながる要素の改善がみられ、今後の研究への発展が期待できるものであった。

(1) ち密化

かさ比重(大きいほどち密)およびみかけ気孔率(小さいほどち密)を、焼結法で作製した試料とそれをFZ法で処理した試料について比較したところ、FZ法で得られた試料は極めてち密なことが

分かった。(第1表)

(2) 結晶の配向性

FZ処理前後の試料について、走査電子顕微鏡を用いて結晶の配向を観察したところ、FZ処理後の試料にはきれいに結晶の配向性が観察された。(第2図)

(3) 後熱処理と J_c の関係

FZ処理体に種々の条件による後熱処理を行った。その結果、後熱処理により J_c が大きく改善できるとともに、その処理には最適な条件があることが分かった。

(第3図)

(4) 超電導特性

今回の実験では、熱処理後の超電導特性として、次の値が得られた。

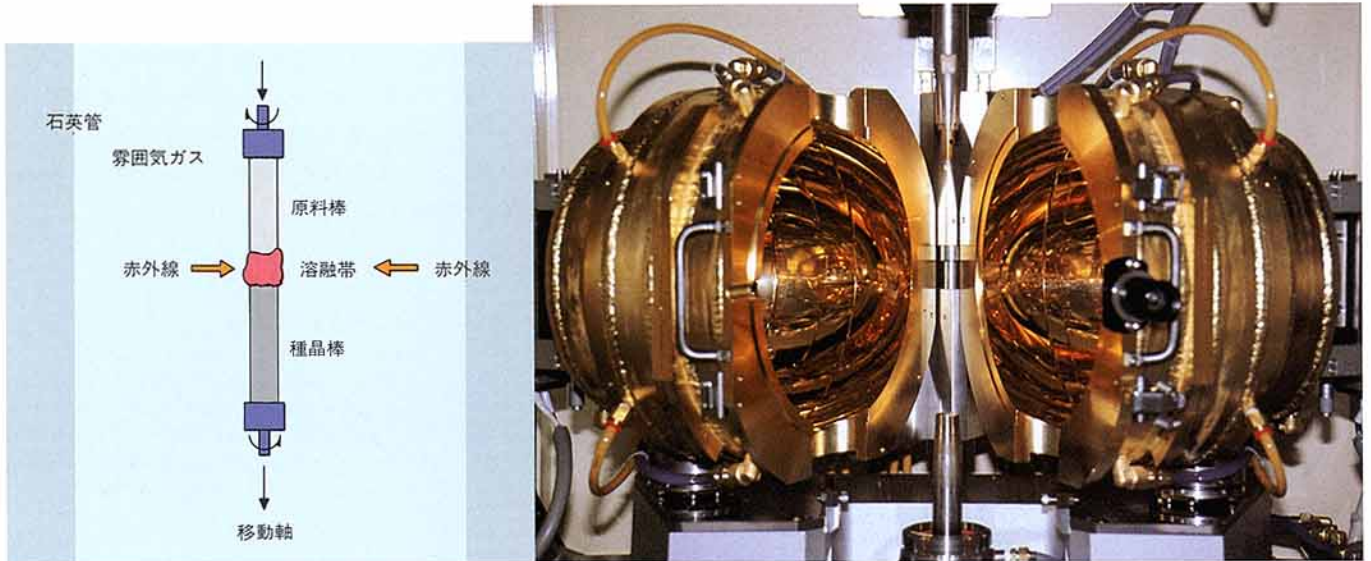
T_c (電気抵抗ゼロ)=86K

J_c (77K、外部磁場ゼロ)=430A/cm²

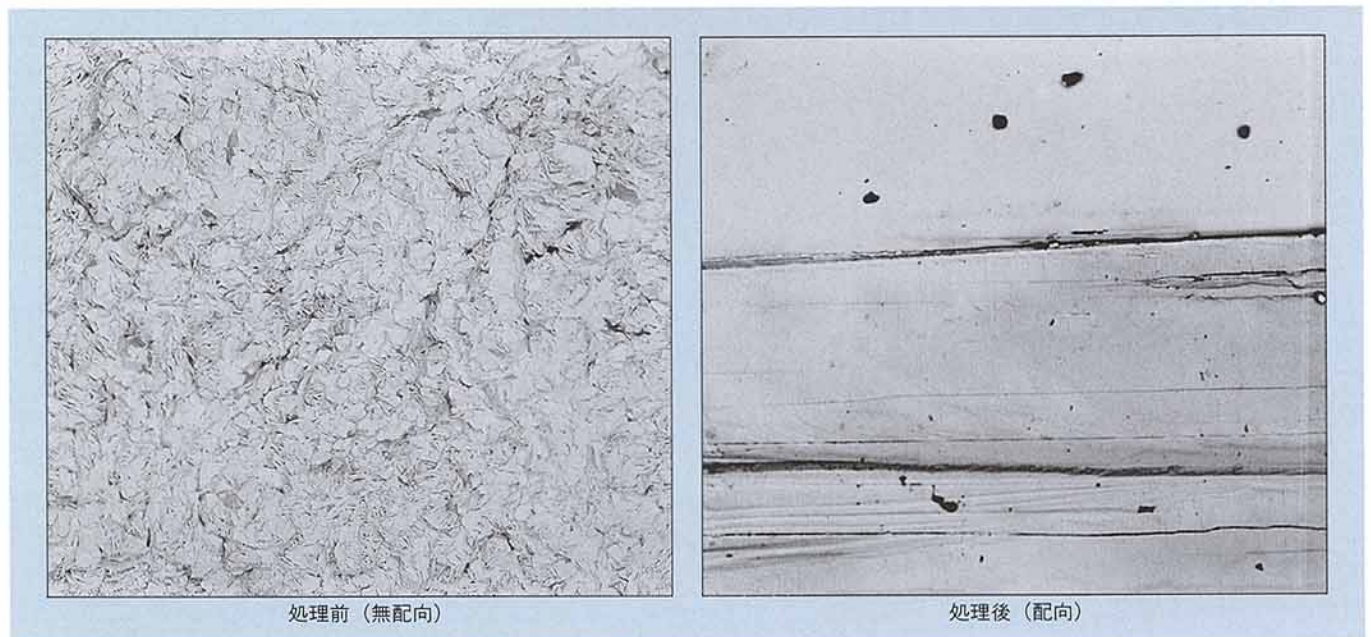
4 最適条件の探索

今回の実験から得られた超電導特性値はまだ満足できるものではない。しかしながら、FZ法は J_c の改善に有力な方法であると考えられたため、今後は線材化に結び付くような高い J_c とすることを目指して、FZ法の材料改質条件ならびに後熱処理条件等の最適化について研究を進めていく。

(電力技術研究所 化学研究室)



第1図 FZ法の原理

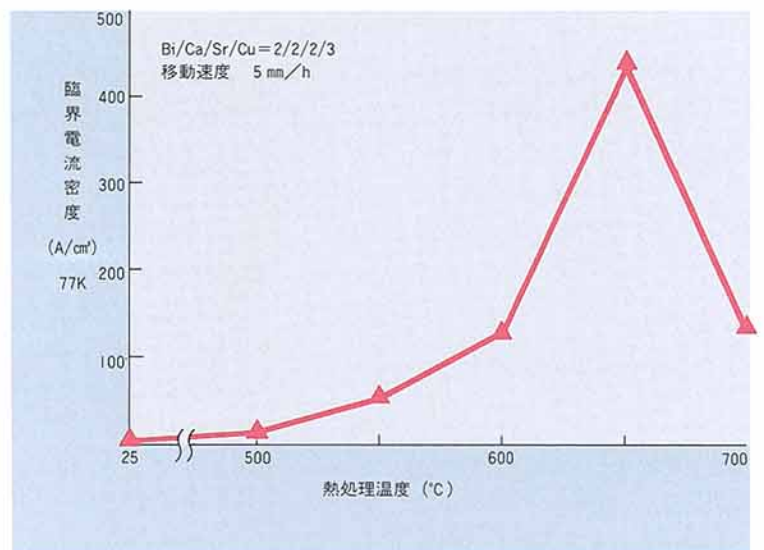


第2図 結晶配向の状況 (250倍)

第1表 ち密さの比較

作製方法	条件	かさ比重	みかけ気孔率(%)
焼結法	845℃、168h焼成	3.42	42.7
F Z 法	移動速度: 3mm/h	5.95	0
	" : 5	5.75	0
	" : 10	5.87	1.5
	" : 40	5.83	0.5
	" : 70	5.74	1.3

試料組成 Bi/Pb/Sr/Ca/Cu=0.7/0.3/1/1/1.8



第3図 熱処理温度と臨界電流密度との関係