

## 戦略活動プログラム課題実施報告書

実施課題番号 :2005B0959  
実施課題名 :高温超電導体の構造解析の検討  
実施責任者 :住友電気工業株式会社 山崎浩平  
使用ビームライン :BL19B2

### 高温超電導体の構造解析

(住友電気工業株式会社 電力・エネルギー研究所、解析技術センター)

山崎浩平、山口浩司

#### 【背景および目的】

(Bi,Pb)<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>x</sub> (Bi-2223)超電導線材は幅 4.0mm、厚み 0.2mmのテープ状の形状をしており、現在、電力ケーブルや船舶用もしくは車載用モータ等に応用が期待され、超電導線材を用いることにより、低損失化、軽量化、小型化、環境調和等が達成できる。特に毎年の電力消費量が増加し続けているため、超電導ケーブルは現在の電力ケーブルに変わる技術の一つと大きく注目され、実用レベルの試験が取り組まれている。Bi-2223超電導線材の実用化のためには、超電導状態で流せる電流(臨界電流)特性を向上させる必要があるが、線材の製造において超電導線材の特性が非常に向上する新しい製造プロセス条件を発見し、臨界電流特性が向上した要因を探索している。

6元素(Bi, Pb, Sr, Ca, Cu, O)で構成されているBi-2223の結晶構造は、製造工程のプロセスを変えることで、これらの構成元素間で置換が起こり、臨界電流特性を大きく変化することが知られている。すなわち Bi-2223 結晶構造の各元素位置および占有率を調査することで、新しい製造プロセスで臨界電流特性が向上する要因の解明できると考えられるが、測定条件が確立していない。そこで今回は、精密な結晶構造解析のためにX線回折を採用し、測定方法の検討を行なった。

#### 【実験手法】

##### ○試料準備

(Bi,Pb)<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>x</sub> (Bi-2223)超電導線材は、超電導フィラメントを銀で被覆している構造をしているため、線材内の超電導フィラメントより超電導粉末を取り出す必要がある。試料準備の基本作業として、まず線材の最外層にある銀を剥がし超電導フィラメントを露出させた後、金属ペレットを用いて超電導粉末を取り出し、粉末をキャピラリーに詰める。試料準備の際は、下記2点に考慮して超電導粉末をキャピラリーに詰めた。

- ①超電導粉末をメノウ乳鉢でわずかに粉砕するか否か
- ②キャピラリーの内径φが0.1mmもしくは0.2mm

##### ○測定条件

測定条件としては、入射X線のエネルギーを12.4keVとし、デバイシェラーカメラを用いて粉末X線回折を実施した。Bi-2223超電導線材を構成している超電導フィラメント内は、テープ面に沿ってab面が揃った幅数10μm、厚み数μmの板状結晶で構成されているために、測定の際には、下記2点を考慮して測定を実施した。

①試料を回転させる(結晶の配向性の影響を避けるため)

②露光時間を5分、25分そして100分

### 【実験結果および考察】

#### ○試料準備の検討

表1に試料準備の結果を示す。メノウ乳鉢で粉砕を行わなかった超電導粉末は、 $\phi 0.1\text{mm}$ のキャピラリーには詰まらないが、粉砕することで詰まることを確認できた。 $\phi 0.2\text{mm}$ のキャピラリーについては未粉砕の超電導粉末でも詰まることを確認した。

表1. 試料準備の検討結果

試料	キャピラリー内径	メノウ乳鉢粉砕	結果
1	$\phi 0.1\text{mm}$	あり	○
2	$\phi 0.1\text{mm}$	なし	×
3	$\phi 0.2\text{mm}$	あり	○
4	$\phi 0.2\text{mm}$	なし	○

#### ○測定条件の検討

キャピラリーの内径の検討については、 $\phi 0.2\text{mm}$ に比べて $\phi 0.1\text{mm}$ の方はピーク強度が強く、微小ピークについても明確に確認できた。また試料の回転については、 $\phi 0.1\text{mm}$ で比較した結果、回折ピーク強度に大きな違いはなかった。さらに、露光時間については、より長時間露光をした方が微小ピークまで明確に確認できた。

以上のことから考えると、Bi-2223 結晶構造解析における粉末X線回折の実験条件としては、①キャピラリー内径を $\phi 0.1\text{mm}$ 、②メノウ乳鉢による粉末の粉砕あり、③測定中の試料回転はなし、④露光時間100分以上が必要、であることが分かった。

今後は、様々なプロセスで製造された Bi-2223 超電導線材を用いて粉末X線回折を行い、実際に結晶構造に変化が出るかを調査する。

### 【謝辞】

今回の課題実施にあたっては、JASRI 産業利用推進室の古宮室長、広沢氏、梅咲氏、北野氏、松本氏には多大な協力をいただきました。特に北野氏と松本氏には計画の立案から、機材の手配、実験時の技術的指導まで、様々な協力を頂きました。この場をお借りしてお礼申し上げます。