

## 平成 21 年度第 2 回超伝導材料の応力・ひずみ効果に関する量子ビーム応用研究会報告

近年, Spring8 や J-PARC などの研究施設の充実により, 放射光や中性子を用いた, 材料内部の歪み計測が, 高精度で可能となってきました. このような状況で, 量子ビームを用いた複合超伝導材料の歪み研究の重要性を鑑み, 標記調査研究会が, 本年度より発足しました. 本調査研究会では, 超伝導材料における応力・ひずみに関連した理学的, 工学的な広範な研究テーマについて具体的にひとつひとつの事例研究により量子ビームの利用方法について理解を深め, 施設・装置関係者, 量子ビームを用いた材料研究者, 超電導装置・機器の設計・製作者が一体となり量子ビームの有効な利用方法について検討する場を, 年 2-3 回の研究会という形で提供し, 超伝導材料開発の発展に貢献をしていきたいと考えています. 以下に本年度第 2 回目の研究会の報告を致します.

テーマ : Spring-8 での歪測定の実際

日時 : 2009 年 11 月 20 日 (金) 13 時 30 分~16 時頃

会場 : 岡山大学 創立 50 周年記念会館 (秋季低温工学・C 会場)

### プログラム :

1. 開会の挨拶 . . . . . 淡路智 (東北大学)
2. 講演  
講演 (1) YBCO 線材の臨界電流における可逆ひずみ効果  
. . . . . 菅野未知央 (京都大学)  
講演 (2) Bi 系超電導線の物性評価および産業利用  
. . . . . 藤上純 (住友電工)
3. 委員会  
(議題 : Spring-8 での実験打合せ)
4. 閉会の挨拶 . . . . . 長村光造 (応用科研)

第 2 回研究会は, 2009 年度秋期低温工学・超電導学会終了後に, 学会会場の C 会場にて, 上記のプログラムのように開催した. 今回の研究会には, 超伝導材料の歪みに関連した研究者 14 名の参加者があった. 第 2 回目の研究会では, 大きな電磁力と熱歪みによる臨界電流の影響に関する日本における先端研究の第一人者である, 京都大学の菅野未知央氏と, Bi 系高温超電導テープの世界的トップメーカーである, 住友電工の藤上純氏に講演をお願いした.

菅野氏 (京大) は次の内容で講演を行った. YBCO 線材では金属基板上に種々の製造

プロセスにより二軸配向した超伝導層が形成されている。線材が基板、中間層、超伝導膜、安定化層など複数の材料からなる複合材料である点では、他の超伝導体と同様であるが、超伝導体の体積分率が典型的には基板の1%以下と非常に小さい。さらにヤング率や線膨張率など結晶方位に依存する物性値の報告が少ないことから、超伝導体の応力状態を複合則により推定することが困難である。さらに、成膜段階で膜に蓄積されるひずみの存在も考えると、内部ひずみ状態を直接測定できる量子ビームによるひずみ測定技術は YBCO 線材のような coated conductor には非常に重要である。これまでわれわれは、大型放射光施設 Spring-8 の放射光を用いて、線材中の YBCO 膜の内部ひずみの直接測定を行ってきた。線材からはく離れた超伝導膜を粉砕した粉末の格子定数をゼロひずみの基準( $d_0$ )として、室温で線材に引張ひずみを負荷した状態で、線材長さ方向に垂直な格子面間隔の変化を透過配置で直接測定することにより、物性値を介さずにひずみの絶対値評価を行うことに成功している。YBCO 線材においては、脆性破壊に起因する臨界電流 ( $I_c$ ) の不可逆な劣化以前にも、負荷ひずみとともに  $I_c$  が可逆的に変化する現象が報告されている。このような可逆的な  $I_c$  ひずみ効果は、その温度、磁場依存性を含めると他の超伝導線材とは大きく異なる複雑で特異な振る舞いが多く報告されている。本講演では、筆者らの過去の研究を中心に現在までに観察されている YBCO 線材の多様な可逆ひずみ効果について報告が行われた。YBCO 線材の臨界電流の可逆ひずみ効果は複雑で、他の超伝導線材と比較して特異な振る舞いが観察されているが、そのメカニズムに関してはほとんど明らかになっていないという現状である。今後、このような問題について量子ビームを応用した実験技術により、解明に向けた研究が進展することが期待される。

藤上氏（住電）は、次の内容で講演を行った。高温超伝導体が発見された 1980 年代から、Bi 系超伝導体を使った線材開発を行っている。2000 年代に入り、加圧焼成というブレークスルーを経て、この線材の臨界電流 ( $I_c$ ) および臨界電流密度 ( $J_c$ ) は飛躍的に向上し、現在は、短尺サンプルの最高値として、 $I_c=236A(548A/cm)$ 、 $J_c=66kA/m^2$  を得ている。Bi 系超伝導体の材料的なポテンシャルとしては、Bi 系超伝導線の超伝導フィラメント内部のローカルな  $J_c$  分布に関する研究として、局所的には  $J_c=300kA/cm^2$  レベルの部分が存在することが報告されている。この値は、先述の単尺サンプル最高値に対して約 5 倍、 $I_c$  に換算すれば 1000A 級となり、現在でもなお Bi 系超伝導線は、更なる特性向上のポテンシャルを持っていると考えられる。特性向上を目指す際の常套手段は、阻害要因を見つけて、それを改善して行くことである。Bi 系超伝導線について、我々が認識している  $J_c$  向上の阻害要因は、大別すると次の 3 つとなる。①非超伝導相の存在②Bi2223 結晶の配向の乱れ③ポイド等による Bi2223 結晶粒の接合度低下

科学的・論理的なアプローチを使って、効率よくかつスピーディーにこれらの阻害要因を改善して行くためには、阻害要因の定量化が必要不可欠である。実際に、それぞれの阻害要因について、定量化が為されており、今回は特に、Spring-8での測定によって進展した「Bi2223結晶の配向性乱れの定量化」について報告があった。Spring-8にて行ったBi系超電導線の配向性調査結果と、本線材を用いた産業応用分野および進行中プロジェクトの調査結果をまとめた。配向性調査の結果は、 $J_c$ の阻害要因の定量化に役立っており、今後の技術開発の進展(性能向上)が期待できる。

以上のような発表があり、それぞれに活発に議論が交わされ、第2回研究会は幕を閉じた。