

平成 22 年度 第 2 回材料研究会/第 2 回（通算第 4 回）量子ビーム応用調査研究会 合同研究会報告

本年度第 2 回材料研究会は、8 月 20 日の午後に日本原子力研究開発機構において以下のプログラムで開催しました。今回は、量子ビーム（放射光や中性子など）を用いた超伝導材料の内部歪み研究に焦点をあて、装置見学も行う趣向のため、上記研究を精力的に推進している量子ビーム応用調査研究会と合同開催ということにしました。今回の研究会は、量子ビーム応用調査研究会としては通算 4 回目となります。

日時：2010 年（平成 22 年）8 月 20 日（金）12 時 10 分～17 時 05 分

会場：原子力科学研究機構 先端基礎研究交流棟 大会議室

プログラム：

- 13:00～13:05 挨拶 材料研究会委員長 前田 敏彦（高知工科大学）
- 13:05～13:45 「実用超伝導複合材料の歪とその特性」  
ハルヨ ステファヌス（JAEA）
- 13:45～14:25 「次世代加速器実験用超伝導磁石の高性能化と量子ビーム」  
中本 建志（KEK）
- 14:25～14:30 閉会 量子ビーム応用調査研究会委員長 長村光造  
(応用科学研究所)
- 14:30～15:20 JRR-3 RESA、J-PARC 概況説明
- 15:30～16:00 JRR-3 RESA 見学
- 16:05～16:40 J-PARC 物質・生命科学実験施設
- 16:45～16:55 J-PARC 原子核・素粒子実験施設

J-PARC と 3 号原子炉(JRR3)の中性子施設の見学会も合わせて実施したこともあり、外国人 2 名を含む合計 24 名の参加者があった。東海村での開催のため、スケジュールがかなりタイトであったが、内容の濃いものになったと思う。内容は、中性子に関連して、J-PARC 中性子回折装置の副責任者であるハルヨ氏と、加速器用マグネットの開発を担当しており、現在 LHC アップグレードに関連して Nb<sub>3</sub>Al のひずみ研究を行っている中本氏（KEK）のお二人に講師をお願いした。以下にその概要をまとめる。

ハルヨ氏(J-PARC)は、量子ビームを用いたひずみ測定の原理から、見学を予定している工学材料回折装置「匠」の説明、さらには中性子だけでなく SPring8 の高輝度 X 線を含めた量子ビームを用いた複合超伝導材料のひずみ研究の最近の進展について概

説した。量子ビームを用いたひずみ測定では、基本的に格子定数（回折面の  $d$  値）を測定し、応力なしの値と比較することでひずみの絶対値が得られる。匠では、飛行時間法を用いているために、 $0.5\text{--}2.7\text{\AA}$ （ワイドレンジモードでは  $4.7\text{\AA}$  まで）の広い  $d$  値のすべての回折面が一度に測定でき、引っ張り試験機との組み合わせにより、引っ張り応力下のひずみ状態を定量的かつ3次元的に測定できると説明した。回折ピークの半値幅で定義した装置分解能は最高で  $0.17\%$  であるが、ピークシフトによって測定するひずみ感度としては、さらに高感度に測定できる。Nb<sub>3</sub>Sn 素線、Bi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> テープ、YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>y</sub> テープなどに関しては、引っ張り応力下の内部ひずみ変化測定が進行中である。また ITER 導体についても、磁場中通電による電磁力試験（SULTAN）後のコンジット内部の残留ひずみ分布が存在していることが新たに分かり、電磁力による内部ひずみ変化が定量的に評価できた。さらに、高温測定により、内部ひずみが消滅する温度が明瞭に観測されている。この結果は、熱ひずみ解析において重要な知見と与えるとともに、内部ひずみの起源などの理解にも有用である。このように、中性子回折は、高い透過率を生かして素線だけでなく導体内部のひずみ状態を調べる強力なツールであり、複合超伝導線材のひずみ関連研究がプロジェクト研究として進行中であると述べた。現在は、低温引っ張り環境の測定にも挑戦していく予定であるとのことである。

中本氏（KEK）は欧州原子核研究機構（CERN）にある LHC(Large Hadron Collider) について紹介し、これのアップグレード計画に関連して Nb<sub>3</sub>Al のひずみ研究の重要性について述べた。現在 LHC は陽子—陽子衝突エネルギーで  $7\text{TeV}$  の実験が実施されているが、今後  $14\text{TeV}$  までエネルギーを増加させて 2018 年までの運転が計画されている。現在はその次を見据えたアップグレード計画が進行中であるが、そのためには、超伝導マグネットの耐放射線の向上と高磁場化が鍵となる。特に加速器マグネットで用いられるラザフォードケーブルでは、その特殊な形状から内部ひずみの評価と、ひずみ特性の理解が必要不可欠である。このため、耐ひずみ特性の優れている急熱急冷 Nb<sub>3</sub>Al 素線に対するひずみ評価を、J-PARC の工学材料回折装置「匠」をもちいて開始した。現在は、構造の異なる Nb<sub>3</sub>Al 素線の残留ひずみ評価を実施して、ひずみ評価が十分に可能であることを確認したところである。さらに、低温引っ張り・圧縮環境の整備が進行中であり、低温環境としては  $6.4\text{K}$  まで下がることを確認している。また、耐放射化については、中性子線・ $\gamma$ 線照射に対する超伝導特性や RRR の変化、樹脂の機械的強度の変化などの現状を解説した。

講演後、鈴木氏（J-PARC）と鈴木氏（RESA-JRR3）のお二人から、当日見学する装置の概要説明があり、引き続き残留応力解析用中性子回折装置 RESA（JRR3）、「匠」（J-PARC）、原子核・素粒子施設（J-PARC）の見学を実施した。JRR3 はまさに実験

中のところをお邪魔して、臨場感あふれる測定の様子を実感し、メンテナンス中の J-PARC では、普段は見ることのできない遮蔽体内部なども見る事ができた。

最後になりましたが、日本原子力研究開発機構の方々には、バスや弁当の手配、さらに見学のアレンジと大変お世話になりました。この場を借りて感謝申し上げます。



図，研究会参加者写真 (J-PARC MLF 研究施設前にて)