

 茨城県 <small>IBARAKI Prefectural Government</small>	MLF Experimental Report	提出日(Date of Report)
課題番号(Project No.) 2019PM4002 実験課題名(Title of experiment) 中性子ビーム実習 実験責任者名(Name of principal investigator) 能田洋平 所属(Affiliation) 茨城大学		装置責任者(Name of responsible person) 石垣 徹 装置名(Name of Instrument : BL No.) BL-20 茨城県材料構造解析装置 (iMATERIA) 実施日(Date of Experiment) 2019/6/15

実験目的、試料、実験方法、利用の結果得られた主なデータ、考察、及び結論を記述して下さい。

実験結果などの内容をわかりやすくするため、適宜図表添付して下さい。

Please report experimental aim, samples, experimental method, results, discussion and conclusions. Please add figures and tables for better explanation.

<p>1. 実験目的(Objectives of experiment)</p> <p>茨城大学大学院理工学研究科において、平成 28 年 4 月に量子線科学専攻が新設された。その中で、放射線の基礎知識を基に中性子線の利用研究、基盤技術開発及び高度化に携わる人材育成を目標に掲げている。目標達成のため、茨城大学が茨城県と協力しながら J-PARC に設置した中性子ビームライン(茨城県材料構造解析装置 iMATERIA)を活用する実習が有効である。具体的な実習内容として、産業界で重要度の高い各種材料のキャラクタリゼーションに役立てられている小角散乱計測を行う。実習の狙いとして、他の量子線にはない中性子独自の特徴として、水素の同位体である重水素を活用することで散乱コントラストを制御できることを学ぶ。それと同時に、限られた実習時間において明確な結果が得られやすいものを試料として選択した(標準試料(グラッシーカーボン、ブロックポリマー)、燃料電池電解質膜ナフィオン、フィラー充填ゴム(タイヤ用ゴム材料)など)。なお、実験に参加する学生には、あらかじめ実験ガイダンスを行い、大学院教育の単位として認定できるよう環境を整えた。具体的な流れとして、放射線作業従事者登録、講義(①J-PARC 中性子源、②中性子の基礎科学、③回折の基礎と飛行時間法、④J-PARC ユーザーズオフィス安全教育、⑤レポートの書き方説明、⑥実習内容の説明)および iMATERIA での実習から構成される。</p>
<p>2. 試料及び実験方法</p> <p>Sample(s), chemical compositions and experimental procedure</p> <p>2.1 試料 (sample(s))</p> <ul style="list-style-type: none"> ・グラッシーカーボンおよびブロックポリマー(標準試料) ・燃料電池電解質膜ナフィオン(乾燥状態、軽水および重水で浸漬したもの) <p>2.2 実験方法(Experimental procedure)</p> <p>受講学生自身により、試料ホルダーへの試料の封入を行う。試料ホルダーを小角散乱用試料交換機へと取り付け、試料真空槽を真空引きの上で、小角散乱計測を行った。取得したイベントデータについては、その場で受講学生自身により解析処理を行い一次元プロファイルとした。取得した散乱プロファイルの解釈についてのレポート課題を課した。</p>

3. 実験結果及び考察（実験がうまくいかなかった場合、その理由を記述してください。）

Experimental results and discussion. If you failed to conduct experiment as planned, please describe reasons.

受講学生は量子線科学専攻修士1年生の6名で、そのうち2名は高分子科学、2名は素粒子物理、1名は物性物理、1名は金属材料の研究室所属であった。iMATERIA装置での実習の様子を図1に示す。写真下部の開口部はiMATERIAの試料真空槽のフランジであり、ここから、受講学生自らが封入した試料ホルダーを小角散乱用試料交換機へと取り付けた。小角散乱用試料交換機は上下移動可能なステージに取り付けられており、試料ホルダー取り付け後、下方向に移動させた。次に、上蓋を閉じて真空引きを行った上で、試料へとビームを入射させ小角散乱計測を行った。

得られた実験データの一例として、燃料電池電解質膜ナフィオンに由来する小角散乱プロファイルを示す(図2)。乾燥状態で計測すると赤丸のプロファイルとなり、一方で、軽水および重水で湿らせることで、プロファイル形状がそれぞれ青丸、緑丸へと顕著に変化した。 $q = 0.2 \text{ \AA}^{-1}$ 付近のピークは、燃料電池電解質膜ナフィオンにおける水の通り道であるイオンチャンネルに由来するものである。湿らせることで、ピーク位置が低 q 側へとシフトしていることから、水分を含ませることでイオンチャンネルの相関長が大きくなったことが分かる。また、散乱強度においても顕著な変化が得られた。特に、軽水で湿らせた場合と重水で湿らせた場合とで、散乱強度が大きく異なった。中性子の特徴として軽水素と重水素とで干渉性散乱長が大きく異なる。軽水と重水の散乱長密度の違いによって、散乱強度の違いが理解できる。この点について考察する課題を課した。このように中性子小角散乱法が産業で先端的に用いられている材料のキャラクタリゼーションに役立てられていることを学んだ。

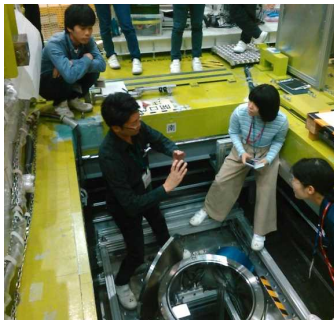


図1. iMATERIA 装置への試料取り付け作業

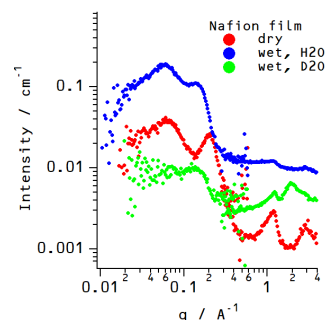


図2. ナフィオンフィルムに由来する中性子小角散乱プロファイル（水の浸透による効果）

4. 結論(Conclusions)

茨城大学大学院理工学研究科量子線科学専攻修士1年生を対象に、「J-PARC 中性子ビーム実習」と題した実習を開講した。実習内容として標準試料を対象とした小角散乱計測を行った。授業アンケートの結果、多くの受講学生から「世界有数の先端的な研究施設で自ら実験を経験できる貴重な機会になった」との回答を得た。本実習は茨城大学量子線科学専攻が、世界でも有数の高強度パルス中性子源であるJ-PARCに隣接しているという立地の良さを活かした特徴的なものである。その意義としては、第一に、学生に先端研究の一端を経験させ、多様な研究における中性子ビーム利用の有効性を実体験を通して理解してもらうという点にある。また、産業界での利用を推進している茨城県BLを活用することで、先端研究と社会との繋がりについても実体験を通じて理解してもらうという点に意義がある。また、受講学生が、近い将来、企業や大学・研究所の研究者となり、J-PARC の継続的なユーザーになってもらうこと、本実習で学んだことを広めてもらうことでJ-PARC ユーザーのさらなる広がりにつながると期待される。