

# 量子ビーム分析アライアンスでの冷中性子ラジオグラフィ

Cold Neutron Radiography by Quantum Beam Analysis Alliance

宮田 登<sup>1)</sup>

Noboru MIYATA

宮崎 司<sup>2)</sup>

Tsukasa MIYAZAKI

<sup>1)</sup>CROSS <sup>2)</sup>京都大学

## (概要)

冷中性子は熱中性子と比較して透過力では劣るがコントラストが大きくなるので、フィルム状の薄い試料では冷中性子を用いたラジオグラフィの方がよりコントラストが明確な透過像が期待できる。本課題ではそのような特徴を持つ冷中性子ラジオグラフィを用いて産業界の課題である試料内部の構造欠陥の評価等を行うことを目指し、装置特性評価用の試料や典型的なフィルム状試料の撮像を行い、撮影ノウハウの獲得や必要な試料特性の検討を行った。

**キーワード**：産業利用、冷中性子、ラジオグラフィ、

## 1. 目的

量子ビーム分析アライアンスは民間企業 15 社と施設、学术界で構成される産学施設連携組織である。中性子や X 線によるイメージング、小角散乱、反射率などの多数のプロブを相補的、相乗的に用いて企業間の共通課題や各企業の個別課題の解決を図ることで、施設発のイノベーション創出を目指している。2021 年度採択の連携重点研究課題では TNRF にて熱中性子ラジオグラフィを使用したフィージビリティスタディを実施し、中性子ラジオグラフィ法の有用性に関する理解が深まった。一方で、熱中性子と比較して冷中性子は透過力では劣るがコントラストが大きくなるので、フィルム状の薄い試料では冷中性子でのラジオグラフィの方がよりコントラストの明確な透過像が期待できる。本課題ではフィルム状試料の内部構造や大きさの評価等に向けて、装置の特性を評価するためのモデル試料の撮像を行った。

## 2. 方法

### 2. 1 測定試料

以下の 2 種類の試料を用意した。

#### ①特性評価用試料

装置全体としての分解能等の特性評価を行うために平均粒径 0.2mm のグラニュー糖および径の異なる (φ0.5mm、φ1.0mm、φ1.2mm) ナイロン製ワイヤーの撮像を行った。これらの試料は互いに重ならないように分散させて配置し、両面をアルミテープで挟み込んで固定した。

#### ②フィルム状ゴム試料

フィルム状の試料として、厚さ約 0.5mm 程度のスチレンブタジエンゴム (SBR) シート、およびそれにカーボンブラックを混練した試料を用意した。試料は柔らかく自重で折れ曲がりやすいので、それを防止するための紙製の枠に嵌めて保持した。

### 2. 2 冷中性子ラジオグラフィ測定

像の撮影は試料をイメージングプレート (IP) にアルミテープ等で固定し、30mm×30mm の冷中性子ビームを 10 秒程度照射することで行った。撮影後、IP を読み取り装置により現像して画像データとした。得られた画像データは画像処理ソフト ImageJ によりコントラスト調整を行った。

## 3. 結果及び考察

### 3. 1 特性評価用試料

図 1 にグラニュー糖について、図 2 にナイロンワイヤーについて得られた冷中性子ラジオグラフィ像をそれぞれ示す。各図にはもとの試料とラジオグラフィ撮影時の状況を合わせて示す。平均粒径 0.2mm のグラニ

ユース糖は明確に各粒を認識できることから、0.1mm程度の分解能が達成されていることを確認できた。また、径0.5mm、1.0mm、1ナイロンワイヤーも明確に認識できていることから、サブミリオーダーの構造物の撮影が十分に可能であることを確認できた。一方で像全体に見られる濃淡のムラはビーム強度の位置ムラに依存しており、また手動のシャッター操作のため撮像時間も±1秒程度の誤差が生じるので、透過率などの定量評価を進める手法の検討が今後の課題である。

### 3. 2 フィルム状ゴム試料

図3にSBRシートについて、図4にカーボンブラックを混練したSBRシートについて得られた冷中性子ラジオグラフィ像を示す。図にはそれぞれラジオグラフィ撮影時の状況を合わせて示す。上述の位置強度ムラのため、カーボンブラックの有無による違いは明確に認識することはできなかった。一方で、カーボンブラック混練試料では試料の型枠取付後に生じるたるみに起因すると想定される形状が見られた。今後は上述のような定量評価を進める手法の検討だけでなく、試料の固定法、カーボンブラックの配合量等の試料作製の最適化を合わせて進め、フィルム状試料の評価法の確立を目指す。

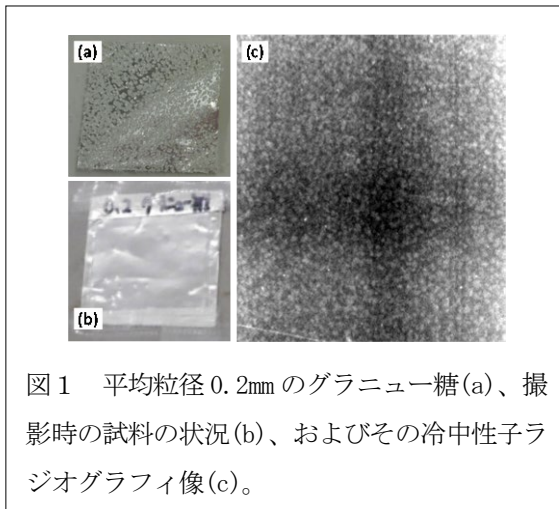


図1 平均粒径0.2mmのグラニュー糖(a)、撮影時の試料の状況(b)、およびその冷中性子ラジオグラフィ像(c)。

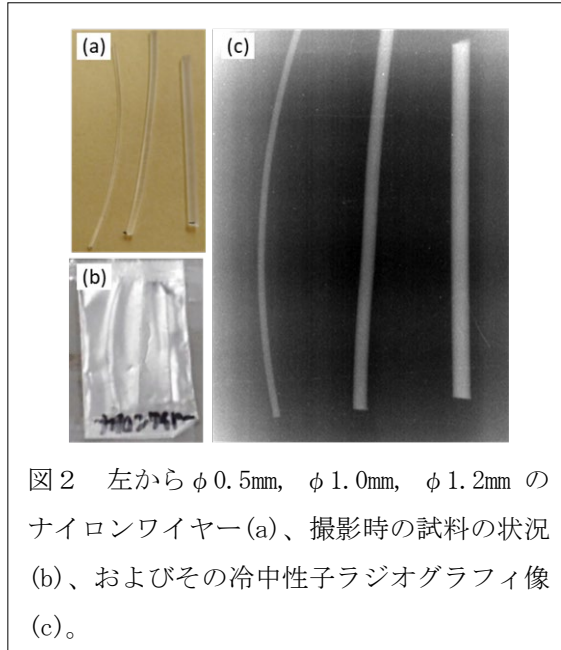


図2 左からφ0.5mm、φ1.0mm、φ1.2mmのナイロンワイヤー(a)、撮影時の試料の状況(b)、およびその冷中性子ラジオグラフィ像(c)。

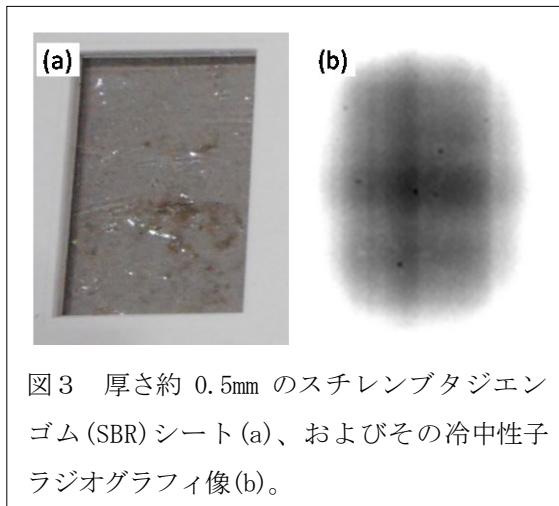


図3 厚さ約0.5mmのスチレンブタジエンゴム(SBR)シート(a)、およびその冷中性子ラジオグラフィ像(b)。

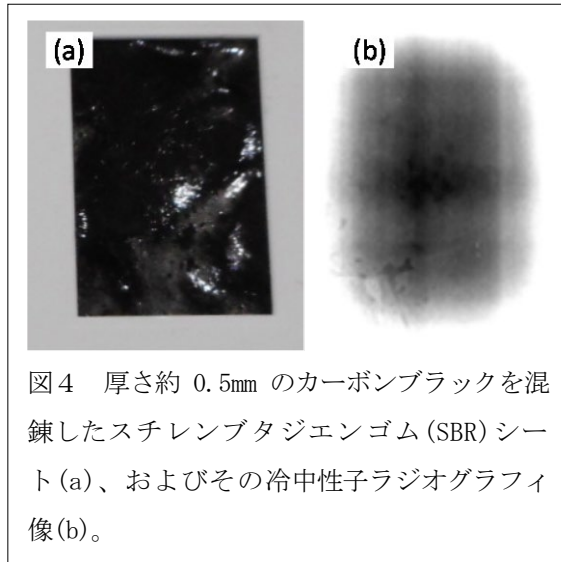


図4 厚さ約0.5mmのカーボンブラックを混練したスチレンブタジエンゴム(SBR)シート(a)、およびその冷中性子ラジオグラフィ像(b)。