

波長分析型中性子イメージングによる 強い多重散乱の断面積特性を持つ物質の定量

Quantification of a Substance with Nuclear Cross-section Property of Strong Neutron Multiple Scattering
Using Wavelength-resolved Neutron Imaging

*正木 杏実¹, 佐藤 博隆¹, 加美山 隆¹

¹北海道大学

水の中性子吸光度スペクトルの形状と水分量との関係を粒子輸送シミュレーション計算により明らかにし、中性子の多重散乱の補正を施すことで、中性子イメージングにおける水分量の新しい定量手法を開発した。

キーワード: 波長分析型中性子イメージング、中性子透過率スペクトル、水分定量、多重散乱、粒子輸送計算

1. 研究の背景と目的

中性子イメージングを利用して物質中の水分量の非破壊定量と可視化が行われている。その中で、中性子のエネルギー分析を行わない方法では、ビームハードニングに起因して実験条件固有の中性子吸光度と水分量の検量線を必要とする。それに対し、中性子エネルギー分析を行う波長分析型中性子イメージングでは、中性子吸光度スペクトルの形状解析によって検量線無しに水分量を定量できることが期待される。しかし、一般には中性子の水素による多重散乱の影響によって中性子吸光度スペクトルの形状が変化し、水分量の定量が困難になる。ただし、多重散乱は水分量に依存するため、そのスペクトルへの寄与は水分量に依存するはずである。そこで本研究では、多重散乱を含む中性子吸光度スペクトルから水分量を定量する手法の開発を目的とした。

2. 水の中性子吸光度スペクトルから水分量を定量する手法の開発

水の中性子吸光度スペクトルには、水素による多重散乱の影響が見かけの吸光度の減少として現れる。このとき多重散乱の影響は、水素が多く存在するほど、すなわち水分量が多いほど顕著に現れる。そこで、ビーム方向の水の厚さの変化に伴う中性子吸光度スペクトルの変化を粒子輸送シミュレーション計算コードPHITSによりシミュレーション計算した。そして薄い水の中性子吸光度スペクトルを基準とし、これに多重散乱の補正を施すことで、多重散乱による中性子吸光度の減少の波長依存性を水分量依存で関数化した。この関数によって補正されたスペクトルをシミュレーションスペクトルにフィッティングし、水分量の定量を行った。

図1に、水の厚さ10 mmの中性子吸光度スペクトルへのフィッティング結果を示す。シミュレーションスペクトルに対し、補正されたスペクトルを長波長領域までフィッティングできた。図2に、幾つかの厚さの水の中性子吸光度スペクトルについて定量した結果とその相対誤差を示す。水の厚さ0.1 ~ 12 mmの定量では相対誤差±1%以下で定量できることが確認できた。つまり、多重散乱の補正を施した中性子吸光度スペクトル解析により、水の厚さが12 mm程度まで中性子吸光度スペクトルからの水分量の定量が可能である。

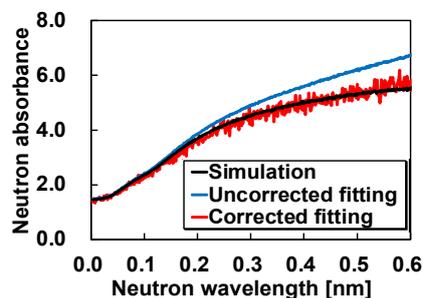


図1. 厚さ10 mmの水の中性子吸光度スペクトルへのフィッティング

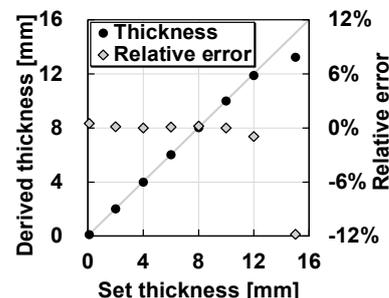


図2. 水の厚さが異なる中性子吸光度スペクトルを多重散乱補正解析した水の厚さとその相対誤差

3. まとめ

中性子吸光度スペクトルに中性子の多重散乱の補正を施すことで、水の中性子吸光度スペクトルから水分量を定量する手法を開発した。また、この手法を実験的に検証するために、北大電子加速器駆動パルス中性子源HUNSで水の中性子吸光度スペクトル測定を行った。その結果の詳細については当日報告する。

*Ami Masaki¹, Hiroataka Sato¹ and Takashi Kamiyama¹

¹Hokkaido Univ.