

建築資材の熱中性子透過率測定

放射線利用振興協会 森井幸生

1. はじめに

建築業界では、BNCT（ホウ素中性子捕捉療法）施設や医療用ラジオアイソトープ製造施設の建設、原発事故関連の放射性物質処理施設の建設、等の建設計画の立案という現在の社会要請に対応して、比較的低価格で高い中性子遮蔽性能を持つ建築資材の開発・製造や調達が重要課題となっている。この課題に関して実験者たちは共同研究を行い、放射線管理区域やそれを含む建物全体について放射線レベルを管理する観点から、建築物の構成資材の放射線遮蔽能力を評価し、次いで建物全体を評価する技術を開発することが重要と考えている。この目的を達成するためにPHITSコードを使った放射線遮蔽計算技術の確立が重要であるが、建築資材では混合成分の一様性確保の困難が残るため、最終的な遮蔽性能評価はX線・γ線や中性子ビームを使った実測値を取得し、PHITSコードへ反映させることが必須のプロセスであると考えている。

中性子ビームを使った実測研究は高分子系建築資材についてはいくつか公表されているが、コンクリート系資材についてはほとんど公表されていないため⁽¹⁾、自前のデータベースを構築する以外にこの研究を進める方法はないのでBL20装置へ課題申請し、2022AM0016として採択された。

⁽¹⁾ 例えば 「(一財)日本建築総合試験所 建築材料技術性能証明 第19-02号 2019年6月4日 取得者：株式会社安藤・間」に概略的な報告が有る。

上記の研究目的に沿って、今回の実験では代表的な建築資材標準品である試料1（普通コンクリート板）及び試料2と3（ボロン化合物含有コンクリート板2種）、合計3試料について、BL20（iMATERIA）において中性子透過率を測定し、透過率 vs 試料厚みのプロットから夫々の試料の中性子線透過係数を導出する。この結果を検討し、他の建築資材の測定や別の波長帯域での測定の必要性と実験方法について検討する。

2. 実験

各試料について4つの厚みの測定試料を準備し、合計12個の試料についてJ-PARC/MLF施設のBL20（iMATERIA）装置において令和5年1月に実験した。普通コンクリートは40分、ボロン入りコンクリートは50分の測定時間を設定し、パルス中性子を真空中で照射し、透過してくる熱中性子を前方の3Heモニター検出器で測定した。バックグラウンド測定も同様に行った。

中性子の透過率は次の（1）式で求めた。

$$Tr(\lambda) = (I_{\text{sample}} - I_{\text{bg}}) / (I_{\text{empty}} - I_{\text{bg}}) \quad (1)$$

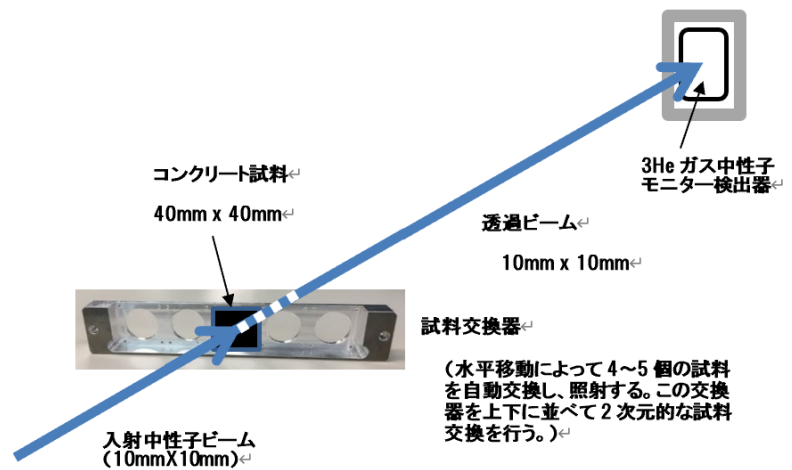


図1 中性子透過率測定装置設定模式図
(試料-中性子検出器間距離は4.5mある。)

3. 結果

3種類のコンクリートに対して、散乱断面積が既知である 25.3meV ($\lambda = 1.798 \text{ \AA}$) 中性子に対する透過率を求めるため、最も近い 25.4meV ($\lambda = 1.795 \text{ \AA}$) の中性子透過率を実験データファイルから読み取った。それをセミログプロットすると、図2となる。図の解析よりコンクリート試料3種の中性子透過率はそれぞれ

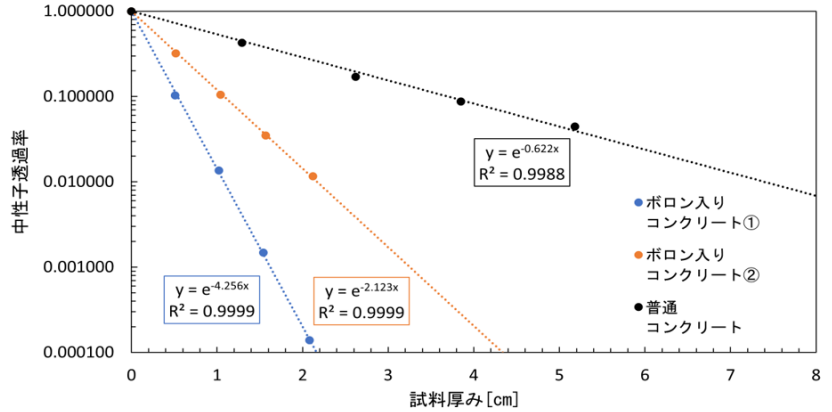


図2 コンクリート試料3種に対する 25.4meV(1.795 Å) 中性子透過率

$$Tr = e^{-0.622x} \quad x: \text{試料厚み [cm]} \quad (\text{普通コンクリート})$$

$$Tr = e^{-4.256x} \quad x: \text{試料厚み [cm]} \quad (\text{ボロン入りコンクリート①})$$

$$Tr = e^{-2.123x} \quad x: \text{試料厚み [cm]} \quad (\text{ボロン入りコンクリート②})$$

と求まった。近似曲線の決定係数 R^2 はいずれも 1 に極めて近く、良い近似を示している。

4. 結論

ボロン入りコンクリート板①、②の2種と通常のコンクリート板1種、合計3種類の建築資材について、熱中性子透過率を J-PARC MLF BL20 iMATERIA 装置で測定した。結果、波長 $\lambda = 1.795 \text{ \AA}$ (エネルギー $E = 25.4 \text{ meV}$) の中性子に対する線吸収係数 (線減衰係数) μ (1/cm) は表1のように求まった。PHITS 計算結果と実験値は試料②では良く一致するが、試料①では若干の差異が出た。この原因は現在検討中である。

表1 コンクリート試料3種に対する中性子透過率実験結果一覧表

	λ (Å) / E (meV)	B入コンク リート試料①	B入コンク リート試料②	普通コンク リート試料	コメント
中性子実験	1.795/25.4	4.256	2.123	0.622	
PHITS 計算	1.798/25.3	3.630	2.152	—	参考値