

# 炭化ホウ素 (B<sub>4</sub>C) 樹脂板を用いたコンクリートの放射化抑制に関する検討

Study on a Low-activation Method for Concrete with the Use of B<sub>4</sub>C-loaded Epoxy Resin Board



田中聖一郎 Seiichiro TANAKA \*1・奥野功一 Koichi OKUNO \*1

## 研究の目的

近年、中性子をプローブとした材料結晶構造解析や文化財の非破壊検査、放射線治療の一種であるBNCT（ホウ素中性子補足療法）など、様々な分野で中性子利用が拡大している。一方で、中性子が発生する加速器施設では、コンクリートの「放射化」による施設従事者の被曝や、施設廃止時における放射性廃棄物の処理費用の増大が問題となる。本研究では、BNCTを始めとする粒子線がん治療施設などの加速器施設における患者や施設従事者の被曝低減、施設廃止時の放射性廃棄物の減量を目的に、炭化ホウ素 (B<sub>4</sub>C) 樹脂板を用いた中性子遮蔽構造を考案し、その遮蔽性能やコンクリートに対する放射化抑制効果について、シミュレーション計算及び中性子照射実験により検証を行った。

## 研究の概要

放射化は、もともと放射能を持たない安定同位体が放射線を受けることで放射性同位体となる現象である。コンクリートの放射化に最も寄与する放射線が熱中性子であり、放射化を抑えるには、コンクリートに照射される熱中性子量を如何に低減できるかが鍵となる。炭化ホウ素 (B<sub>4</sub>C) 樹脂板は、熱中性子吸収材としてB<sub>4</sub>Cをエポキシ樹脂などの材質と混ぜて、硬化板として成形させたものである。本研究では、このB<sub>4</sub>C樹脂板をコンクリート壁から所定の距離を確保して設置する中性子遮蔽構造を考案した（図-1参照）。B<sub>4</sub>C樹脂板そのものの遮蔽効果に加えて、所定の距離を確保することで、中性子線量の距離による減衰効果が期待できる。B<sub>4</sub>C樹脂板を用いた本手法により、コンクリート壁に入射する中性子がどの程度低減されるかを、BNCT施設をモデルとしたシミュレーション計算により評価した。計算には、モンテカルロ法を用いた粒子・重イオン輸送計算コードであるPHITS 2.88 (Particle and Heavy Ion Transport code System) を用いた。また、加速器中性子源を用いて中性子多量照射条件での放射化特性試験を行い、生成した短半減期核種である<sup>24</sup>Na（半減期：14.96時間）と<sup>56</sup>Mn（半減期：2.579時間）の定量を行った。生成量の比較から、B<sub>4</sub>C樹脂板によるコンクリートの放射化抑制性能の実証及び本研究で考案した手法がコンクリートの放射化抑制に有用であるかの検証を行った。

## 結論

PHITSによる計算の結果、B<sub>4</sub>C樹脂板を中性子照射室内の壁及び天井から所定の距離を確保して設置した場合では、樹脂板を設置しない場合と比較してビームライン上のコンクリート表面における線量は、約1/8まで低下した。これは、B<sub>4</sub>C樹脂板による中性子の遮蔽効果（熱中性子の吸収）に加えて、樹脂板透過後の中性子の距離による減衰効果が寄与しているためである。B<sub>4</sub>C樹脂板の透過後において線量の減衰が大きくなることから、樹脂板とコンクリート壁間の距離を極力確保することで、中性子がコンクリートに与える影響をさらに低減させる効果が期待できる。また、中性子照射実験の結果、B<sub>4</sub>C樹脂板とコンクリート試料の間に30cmの隔離を設けた場合（B）では、樹脂板無しの場合（C）と比較して、<sup>24</sup>Naと<sup>56</sup>Mnの生成量はともに約97%が低減された。また、隔離30cmを設けた場合では設けない場合（A）と比較して、<sup>24</sup>Naの生成量で約18.8%、<sup>56</sup>Mnの生成量で約23.3%が低減された（図-2参照）。今後、長半減期核種の生成量に関しては、計算や実験等による検証が必要ではあるものの、B<sub>4</sub>C樹脂板による放射化抑制性能の実証と本研究で考案した手法がコンクリートの放射化の抑制に有用であることが示された。

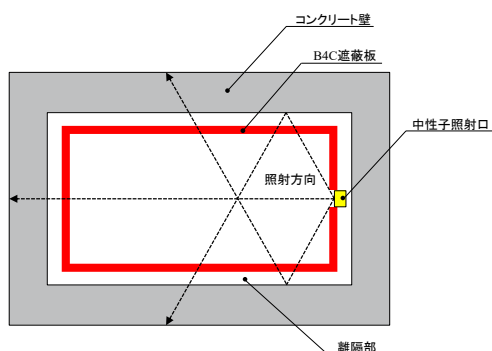


図-1 B<sub>4</sub>C樹脂板を用いた中性子遮蔽構造

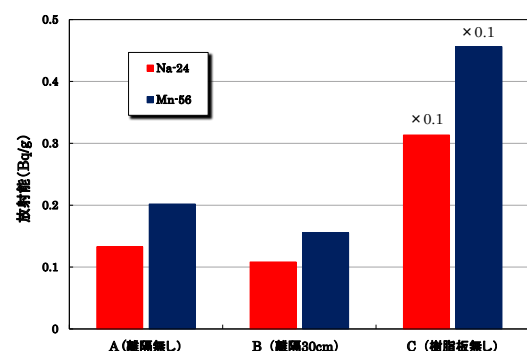


図-2 各ケースにおいて生成した<sup>24</sup>Naと<sup>56</sup>Mnの比較