

## 中性子線遮蔽に使用するセラミックスについて

### 1. はじめに

中性子線は、非常に透過性が高いこと、電荷を持たないこと、磁気モーメントを持つことなどの特徴があります。この特徴を利用して、透過イメージング解析、磁気構造解析、がん治療（ホウ素中性子補足療法）など、産業界での利用が進んでいます。中性子線を安全に利用するには、中性子線を遮蔽する技術がとても重要です。ここでは、中性子線遮蔽に使用するセラミックスの現状と最近の開発状況を紹介します。

### 2. 中性子について

図1にヘリウム原子(He)の模式図を示します。原子は原子核と電子からなり、原子核は正の電荷を持つ陽子（プロトン：p）と電荷を持たない中性子（ニュートロン：n）からできています。中性子の質量は、陽子の質量とほぼ同じです。ヘリウム（原子番号2）は、陽子2個と中性子2個の原子核であるため、質量数は4となります。陽子の数は原子番号と同じで、質量数は陽子の数と中性子の数の和で、元素記号の左肩に記載します。

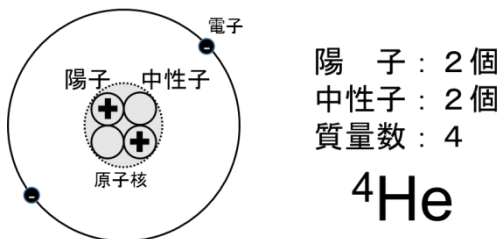


図1 ヘリウム原子(He)の模式図

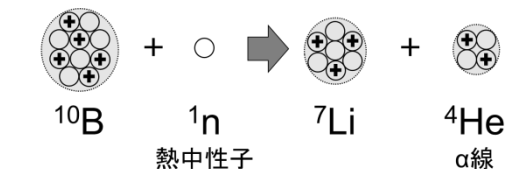
### 3. 中性子線遮蔽

中性子線は、中性子の粒子線（粒子の束が進んでいるもの）のことです。中性子は、そのエネルギー（速度）により分類され、高速中性子はエネルギーが大きく（速度が速い）、熱中性子は速度が遅く、熱振動と同程度の小さいエネルギーとなっています。

中性子線を利用する場合、エネルギーの大きい高速中性子の状態となっています。したがって、中性子線を遮蔽するには、この高速中性子をほぼ等しい質量を持つ陽子、つまり水素原子

と衝突させて、速度が遅い熱中性子とします。この遮蔽には、水素原子を多く含む水やコンクリートが用いられています。コンクリートは初期の中性子線遮蔽力が高いが、経年劣化により（脱水・炭酸化）遮蔽力が低下するという問題があります。最近の研究では、経年劣化の少ないジオポリマーというセラミックスが注目されています<sup>1)</sup>。ジオポリマーは非晶質アルミノ珪酸塩で、フライアッシュなどを原料とし、水酸化ナトリウムや水ガラスなどのアルカリを加えて、80℃程度で1週間養生・固化します。

また、中性子線遮蔽には熱中性子を吸収することも重要で、ホウ素(B)、ハフニウム(Hf)、カドミウム(Cd)、ガドリニウム(Gd)などが用いられています。多用されているのはホウ素<sup>10</sup>Bで、天然のホウ素には<sup>10</sup>Bが20%含まれています（残りは<sup>11</sup>B）。ホウ素<sup>10</sup>Bは、熱中性子nを吸収して、リチウム<sup>7</sup>Liとヘリウム<sup>4</sup>He（α線）に変化します（図2）。ホウ素を含むセラミックス（ホウ化物）としては、炭化ホウ素(B<sub>4</sub>C)が多用されていますが、よりホウ素量の多いα-AlB<sub>12</sub>、AlC<sub>4</sub>B<sub>24</sub>、Al<sub>3</sub>C<sub>2</sub>B<sub>48</sub>も注目されています<sup>2)</sup>。



陽子：5個	0個	3個	2個
中性子：5個	1個	4個	2個

図2 ホウ素<sup>10</sup>Bによる熱中性子吸収反応

### 4. おわりに

中性子線を利用する施設・機器は、今後増えることが予想されています。また、宇宙空間で使用する機器は、宇宙線に起因する中性子線やγ線に晒されます。中性子線、γ線などの放射線遮蔽に使用するセラミックス技術に興味がある方は、お気軽にご相談ください。

#### 参考文献

- 1) 特開2015-81872
- 2) 岡田ら：日本セラミックス協会学術論文誌, 98, 1330-1336(1990)



産業技術センター 金属材料室 福原徹 (0566-24-1841)  
 研究テーマ：溶融金属向けコーティング材を施した部材の実用化試験  
 担当分野：セラミックス