

## GeV 領域の陽子入射による Si の核種生成断面積測定

Measurement of nuclide-production cross sections by a few GeV proton bombardment on Si

\*杉原 健太<sup>1</sup>、明午 伸一郎<sup>1</sup>、岩元 大樹<sup>1</sup>、中野 敬太<sup>1</sup>、前川 藤夫<sup>1</sup>

<sup>1</sup>原子力機構

大強度陽子加速器施設(J-PARC)において、シリコンに対する GeV 領域陽子入射核種生成断面積を測定した。この実験値を、過去の実験値、放射線挙動解析コード PHITS による計算値及び評価済み核データライブラリ JENDL/HE-2007 の評価値と比較した。加えて原子番号が近いアルミニウムに対する結果とも比較した。

**キーワード:** 核変換システム、核種生成断面積、シリコン、陽子、放射化法

### 1. 緒言

加速器駆動核変換システム(ADS)の設計における誘導放射能の評価では、高エネルギー陽子による核反応で生成される放射性核種の生成断面積が必要である。本研究では、ADS 施設におけるビーム窓候補材の SUS316 及び陽子ビームモニタに含まれるシリコン(Si)に対する核種生成断面積データを高精度で取得することを目的として、大強度陽子加速器施設(J-PARC)において、GeV 領域の陽子入射核種生成断面積を放射化法で測定した。さらにベンチマーク取得のために、得られた実験結果を、過去の実験値、放射線挙動解析コード PHITS の核反応モデルによる計算値及び評価済み核データライブラリ JENDL-HE/2007 の評価値と比較した。加えて、原子番号が近いアルミニウム(Al)に対しても J-PARC における実験結果が報告されており、その結果とも比較した。

### 2. 実験

実験は J-PARC の陽子ビームラインに備え付けられた真空チェンバ内に厚さ 0.5 mm の Si 標的を計 4 枚設置し、各標的に 0.4、1.3、2.2 及び 3.0 GeV の陽子を 100 秒間で約  $10^{14}$  個照射した。陽子数の誤差は  $1\sigma$  で 2% 程度であった。冷却後、高純度ゲルマニウム半導体検出器で生成された放射性核種からの崩壊ガンマ線を測定し、Si に対する核種生成断面積を導出した。

### 3. 結果

本測定により、 ${}^7\text{Be}$  ( $T_{1/2}=53$  d)、 ${}^{22}\text{Na}$  ( $T_{1/2}=2.6$  y)、 ${}^{24}\text{Na}$  ( $T_{1/2}=15$  h)、 ${}^{28}\text{Mg}$  ( $T_{1/2}=21$  h) の 4 つの核種生成断面積を得た。図 1 に測定により現時点で得られた 0.4、1.3 及び 3.0 GeV 陽子入射に対する  ${}^{22}\text{Na}$  生成断面積を、過去の実験値、PHITS 内の核反応モデル(INCL/GEM、JQMD/GEM)の計算結果及び JENDL/HE-2007 の評価値とともに示す。我々の実験値は誤差が  $1\sigma$  で 3.6%未満と、過去の実験値よりも高い精度で測定できた。実験値と核反応モデルによる計算値との比較で、INCL/GEMは我々の実験値を 0.4、1.3 及び 3.0 GeV でそれぞれ 13%、40%及び 25%程度過小評価し、JQMD/GEM は 1.3 と 3.0 GeV では 20%程度過小評価しているが、0.4 GeV において 10%程度で実験値と一致することが分かった。また実験値と JENDL/HE-2007 の比較では、0.4 GeV では誤差の範囲で一致したが、1.3 と 3.0 GeV に対しては 40%程度過小評価することが分かった。加えて松田らの Al に対する結果と比較すると、0.4 GeV からエネルギーが増えるにつれて断面積が減少していく同様の傾向がみられた。

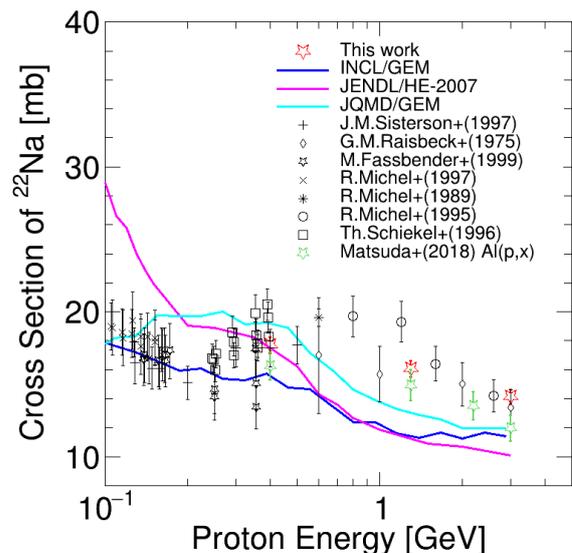


図 1.  ${}^{22}\text{Na}$  の生成断面積

\*Kenta Sugihara<sup>1</sup>, Shin-ichiro Meigo<sup>1</sup>, Hiroki Iwamoto<sup>1</sup>, Keita Nakano<sup>1</sup> and Fujio Maekawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>JAEA