

J-PARC における 0.4GeV - 3.0GeV 陽子を用いた核種生成断面積測定

Measurement of nuclide production cross sections with 0.4 GeV – 3.0 GeV proton beams at J-PARC

*松田 洋樹¹, 明午 伸一郎¹, 前川 藤夫¹, 岩元 大樹¹

¹J-PARC/原子力機構

加速器駆動核変換システム(ADS)における核設計の高度化のためには高精度な核種生成断面積が必要である。ADS で候補となる 1 GeV 付近のデータ取得のため 0.4 ~ 3.0 GeV 陽子を金箔に照射し、放射性核種をゲルマニウム検出器で同定し核種生成断面積を測定し、測定で得たデータを JENDL-HE/2007 及び PHITS コードと比較検討した。

キーワード：核種生成断面積, J-PARC, PHITS, JENDL-HE/2007, ADS, 陽子, GeV

1. 緒言

加速器駆動核変換システム(ADS)における核設計の高度化のためには高精度な核種生成断面積が必要である。これまで様々な核種に対する生成断面積が測定されてきたが、実験精度が不十分なものもある。さらに評価済み核データライブラリの特定用途向けライブラリが整備されているが、実験データとの乖離が大きいものがある。本研究では ADS で候補となる 0.4 GeV から 3.0 GeV までの陽子ビームを用いて核種生成断面積の測定を行った。

2. 実験

実験は 3 GeV シンクロトロン施設(RCS)から物質・生命科学実験施設(MLF)にビームを輸送する 3NBT 施設にあるビームダンプラインにて行った。そこに真空チェンバーを設置し、遠隔で試料を導入・回収できる装置を 4 つ設けた。これにより一度のマシントimeにより 4 つのサンプルに照射することができる。試料導入機に取り付けるサンプルは、厚み 0.1 mm (または 0.2 mm)、25 mm 辺に切り出した異なる種類の金属箔を重ねた。金属箔の間にはビームプロファイル計測と試料中での陽子束の減衰測定のため同サイズのアルミニウム箔を挟み込んだ。出射キッカの励磁タイミングを早め、加速途中のビームを取出した 0.8 GeV と加速の終わった 3 GeV 陽子を照射した。照射は 1 パルス当たり約 3.2×10^{12} 陽子のパルスビームを 0.4 Hz 間隔で 30 ショット行い、総照射陽子数は 9.6×10^{13} 陽子であった。約 5 時間の冷却時間を経てからサンプルを取り出しゲルマニウム検出器で測定を行った。いくつかの金属箔に同時に照射を行ったが、ADS 標的に適した重金属の内これまでの実験データが豊富でありモノアイソトープでもある金から解析を始めた。測定で得られたガンマ線スペクトルから核種を同定し、検出効率により生成断面積を求めた。

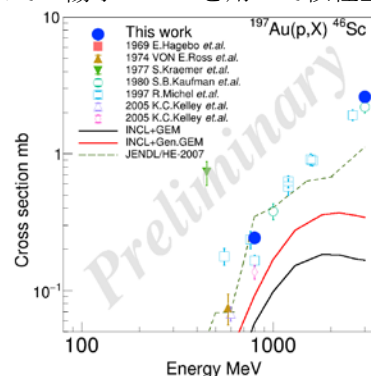


図 1 本実験で得た $^{197}\text{Au}(p,X)^{46}\text{Sc}$ 生成断面積

3. 結果

図 1 に本実験で得た $^{197}\text{Au}(p, X)^{46}\text{Sc}$ (半減期 83.8 日) の断面積、他の実験及び JENDL/HE-2007 の値を示す。JENDL/HE-2007 は 1.5 GeV 以下の実験値と一致を示すものの、1.5 GeV 以上では約 50%程度過小評価することが示された。図 1 に PHITS [1]、及び蒸発過程を記述する GEM を Furihata のモデル(Gen.GEM [2])を用いた計算結果も示す。PHITS の計算は実験値を大幅に過小評価することが判明し、カスケードモデルまたは蒸発モデルに変更が必要と思われる。本発表では他核種の生成断面積と計算及び評価済みデータとの比較検討を示す予定である。

参考文献

[1] T. Sato, et al., JNST 55 (2018) 684, doi:10.1080/00223131.2017.1419890

[2] S. Furihata, NIM B 171 (2000) 251, doi:10.1016/S0168-583X(00)00332-3

*Hiroki Matsuda¹, Shin-ichiro Meigo¹, Fujio Maekawa¹, Hiroki Iwamoto¹

¹J-PARC/JAEA