# 400 MeV - 3 GeV 陽子における Al(p,xp)反応の二重微分断面積 (DDX) の測定 — (1) 400 MeV 陽子を用いた試験 —

Measurements of double-differential cross sections of the Al(p,xp) reaction for 400 MeV - 3 GeV protons

- (1) Test experiment using 400 MeV protons -

\*明午 伸一郎<sup>1</sup>, 中野 敬太<sup>1</sup>, 山口 雄司<sup>1</sup>

1J-PARC 原子力機構

宇宙開発事業の推進や核内カスケードモデルの比較検討のため、J-PARCのビームダンプ入口のアルミニウム製の窓で散乱により大気中に放出される陽子のエネルギースペクトルの測定を実施し、PHITS コードとの比較検討を行った。

# キーワード: Al(p,xp)反応、二重微分断面積、PHITS、数 GeV 領域、準弾性散乱、弾性散乱

### 1. 緒言

宇宙開発事業において、衛星搭載用の荷電粒子検出器の応答測定のため数百 MeV から GeV 領域の陽子 の利用が必要となるが、400 MeV 以上のエネルギー領域で供給が可能な加速器施設は世界的に少なく、国 内には J-PARC が唯一となる。J-PARC の加速器施設ではユーザー運転を安定に継続するために、利用者 の実験装置を陽子ビームダクト内への設置は困難となる。また、シンクロトロン加速器の特性により検出 器の動作確認ができる程度の微弱なビーム供給はできない。また、加速器駆動核変換システム(ADS)等の 大強度陽子加速器施設では核内カスケードモデル(INCL)の高度化が重要となる。INCL の改良のためには、 最前方方向の放出粒子の DDX が重要となるが、実験値が殆どないため新たなデータの取得が望まれる。 宇宙開発事業における陽子ビーム利用推進および INCL の高精度化のため、ビームダンプ入口のビーム窓 (Al) における散乱陽子のエネルギースペクトルを測定し、速報として報告する。

#### 2. 実験

J-PARC の 3NBT のビームダンプ入口には、厚さ 0.3 mm の Al 製の窓が設置されており、この窓で散乱 した陽子を 5 台のプラスティクシンチレータ(EJ200)検出器により測定した。ビーム進行方向に対し 13° の方向となる窓から 14 m 離れた大気中に検出器を設置した。形状口50 mm の厚さが 0.05, 0.1, 0.2, 0.4, お よび 0.7 m のプラスティクシンチレータを用い、590 MeV までの陽子を停止できるカロリメトリックな測 定を行った。入射ビームは、1 ショットあたり~10<sup>14</sup> 個となる通常の利用運転より 7 桁強度 (10<sup>7</sup> 個/ショッ ト)を減少させ、測定信号のパイルアップを防止した。検出器の信号はデジタイザ(SIS3316)に入力し、各 検出器の同時計測(コインシデンス)を行った。加速器出射トリガ信号も入力し飛行時間の測定も行った。

# 3. 結果

厚さ 0.4 m の検出器の波高分布を電子相当の発光量(MeVee)の応答関数として図1に示す。図の縦軸は窓 に入射する陽子の数で規格化し、横軸は PHITS の計算結果の弾性散乱のピーク位置に一致するように規格

化した。窓の散乱陽子の最大運動エネルギーは、弾性散 乱により~400 MeV となるが、真空容器のビームダクト (5.5 mm-t)の脱出において浅い角度で横切るため、大気中 での最大運動エネルギーは 350 MeV となり、厚さ 0.4 m の検出器で停止した。

INCL4.6/GEM を用いた PHITS による、窓に入射する陽 子あたりの厚さ 0.4 m の検出器の応答関数を図 1 に示す。 計算は、弾性散乱による実験のピーク強度を再現するも の、140 MeVee 付近の準弾性散乱による寄与を約 4 倍過 大評価した。同様な傾向は、Chiren らの LANL における 0.8 GeV 陽子入射による測定結果[1]にも見られた。 参考文献

[1] R.E. Chiren, et al, Phy. Rev. C, 21, 1014 (1980)

\*Shin-ichiro Meigo<sup>1</sup>, Keita Nakano<sup>1</sup>, Yuji Yamaguchi<sup>1</sup> <sup>1</sup>J-PARC/JAEA,



図 1 実験及び PHITS コードの計算の応 答関数の比較。弾性散乱のピーク幅 が一致するように計算値を検出器の エネルギー分解能 (2%)でスメアし た。