

チェレンコフ光を用いた陽子スペクトロメータの開発 (1)

Development of proton spectrometer using Cherenkov photons (1)

*明午 伸一郎¹, 中野 敬太¹, 山口 雄司¹, 大辻 賢一²

¹J-PARC 原子力機構、²情報通信研究機構

核内カスケードモデルの(p,xn)反応断面積の比較検討や宇宙開発事業の推進のため、チェレンコフ光に基づくカロリメータの試験を数 GeV 陽子に対して行った。

キーワード： GeV 領域、核内カスケードモデル、(p,xp)反応、チェレンコフ放射、宇宙利用

1. 緒言

加速器駆動システム(ADS)や大強度陽子加速器において、中性子工学の精度向上のためには、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(p,xp)反応などの放出粒子の二重微分断面積(DDX)測定が重要となるが、数 GeV 領域の実験値が殆どないため新たなデータの取得が望まれる。また、宇宙開発事業において、太陽フレア予測などのため衛星搭載可能な小型で GeV 領域の陽子測定が必要となる。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。

当グループでは、J-PARC の 3NBT ビームダンプにおいて、数 GeV 陽子のプラスチックシンチレータ(PS)を用いたカロリメトリック測定によるスペクトル測定を実施した。この結果、400 MeV までの(p,xp)反応の陽子スペクトルは、PS を用いた測定は可能なことが判明した。しかしながら、数 GeV 領域の測定は、入射陽子を停止させるために厚いシンチレータが必要となり、シンチレーション光の検出器内部での減衰が著しくなるため、必ずしも最適な手法とならない。そこで、新たな手法としてチェレンコフ光に基づくカロリメトリックな測定手法の開発を行った。チェレンコフで発生する光子数は、陽子の光速比(β)に比例する応答を持つため、J-PARC の加速器施設のダンプにおける散乱陽子を用いて応答特性を測定した。

2. 実験

測定は、J-PARC 3GeV シンクロトロン(RCS)で加速された陽子ビームを 3NBT ダンプに入射して行った。RCS で加速された 0.4, 1.0, および 3 GeV 陽子ビームをダンプに入射し、ダンプ入口の厚さ 0.3 mm の Al 製の窓で散乱した陽子を用いた。本測定では、光電子増倍管に接続した合成石英($\Phi 50$ mm x 50 mm)をチェレンコフ検出器として用いた。ビーム入射方向に対し、約 13 度方向の角度に 3 台の PS 検出器 (EJ200、形状：□50 mm、厚さ：0.05, 0.1, 0.2 m)検出器とチェレンコフ検出器をカウンターテレスコープ状に配置した。検出器は、窓から 14 m 離れた大気中に検出器を設置した。入射ビームは、1 ショットあたり $\sim 10^{14}$ 個となる通常の利用運転より 7 桁強度 (10^7 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。

3. 結果

チェレンコフ検出器の応答関数を、デジタイザで測定された波高分布として図 1 に示す。1 GeV および 3 GeV 陽子では、Al ビーム窓の弾性散乱等による鋭いピークを有するエネルギー分布による、著しいピークを観測し、そのエネルギー分解能は 17% となった。0.4 GeV 陽子では、チェレンコフ光の閾値以下となったため、波高分布は観測されなかった。また、宇宙線ミュオンおよび Co の γ 線の測定を行い、高い β を有する粒子のみ観測されることがわかり、高いエネルギー閾値を有するビームロスモニタとして適用できることが判明した。今後は、薄い PS を検出器遠方となる位置に設置し、PS とチェレンコフ検出器との飛行時間法によるエネルギー分解能の向上を行う予定である。

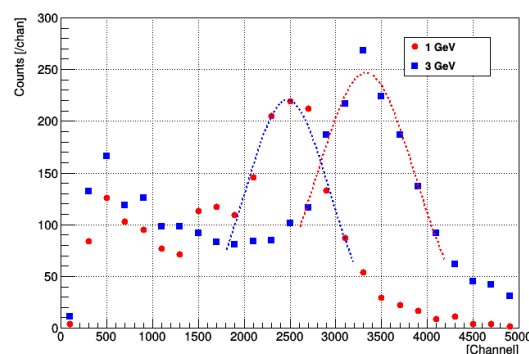


図 1 チェレンコフ検出器の応答関数の比較

*Shin-ichiro Meigo¹, Keita Nakano¹, Yuji Yamaguchi¹, Kenichi Otsuji²

¹J-PARC/JAEA, ²National Institute of Information and Communications Technology (NICT)