

PHITS の微小領域エネルギー付与計算精度の検証

Verification of deposit energy calculation of the PHITS code in microscopic regions

*津田 修一¹, 小川 達彦¹, 佐藤 達彦¹

¹ 日本原子力研究開発機構

種々のビームに対する組織等価比例計数管 (Tissue-Equivalent Proportional Counter, TEPC) による微小領域のエネルギー付与分布測定データを用いて, PHITS のエネルギー付与計算の精度を検証した。

キーワード: エネルギー付与計算、 δ 線、核内カスケードモデル

1. はじめに

粒子・重イオン輸送計算コード PHITS は, 10^{-6} m 以上の空間分解能で種々の物質内の放射線挙動を解析できるが, より微小な領域内における飛跡構造計算に基づくエネルギー付与計算機能は水中での計算条件に限られている。本報告では, 水以外の材質中の微小な領域における核反応等で生成される二次粒子を含めた荷電粒子によるエネルギー付与分布を計算し, 文献で報告されている TEPC による測定値と比較した。

2. 計算

マイクロシメトリでは, 人体組織に等価な混合ガスを 10~20 kPa 封入した比例計数管を用いて 10^{-6} m 程度の領域内のエネルギー付与 (線エネルギー (y) 分布) を模擬的に測定する。PHITS ver.2.76 を用いて市販の TEPC を用いた実験体系を再現し, PHITS の核反応モデル, 核データ, 阻止能データ, および δ 線生成機能の設定を変えて, TEPC 本体を起源とする種々の荷電粒子および中性子に対する y 分布を計算した。

3. 結果および考察

市販の TEPC (F.W.T 社製 LET SW1/2) を用いた 290 MeV/u 炭素ビームに対する y 分布¹⁾を図 1 に示す。二次陽子および中性子による核反応モデルには INCL²⁾を用いた。入射炭素ビームによるピーク位置は 10 keV 以上の δ 線を生成させた結果は実験値とよく一致する。この結果は, δ 線生成において適切なカットオフエネルギーの設定が必要であることを示している。65 MeV 準単色中性子に対するアクリルファントム内深さ 5cm における y 分布³⁾を図 2 に示す。INCL($E > 20$ MeV)と ENDF/B-VI($E < 20$ MeV)を組み合わせた結果は実験値をおおむね再現するが, 300 keV/ μ m 近傍で過大評価する。ENDF/B-VI のみで計算した結果は 1~300 keV/ μ m で過大評価となった。いずれの条件においても ~300 keV/ μ m 以上において計算結果は実験値を再現するため, 核反応モデルまたは断面積データと実験データの違いは, ヘリウム等の軽核の取り扱いに起因すると考えられる。発表では詳細な検討結果とともに, 他のビーム照射条件の結果を示す。

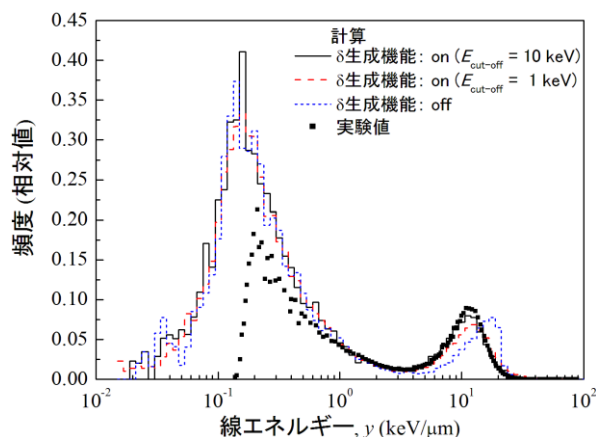


図 1 290 MeV/u 炭素ビームに対する y 分布

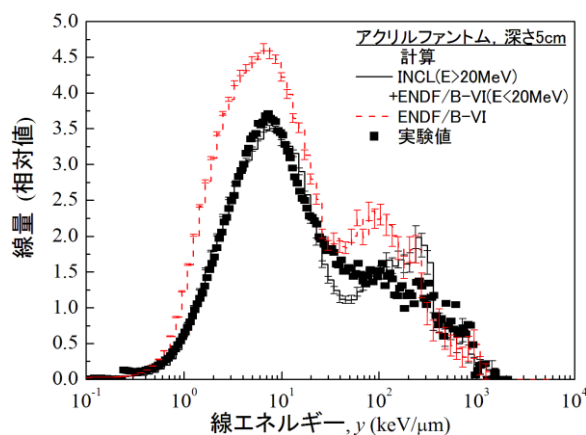


図 2 65 MeV 準単色中性子に対する y 分布

参考文献 [1]高田真志, 東北大学・学位論文 (2001). [2] J. Cugnon et al. J. Korean Phys. Soc. 59, 955 (2011). [3] Y. Nakane et al. NIMA459, 552- (2001).

*Shuichi Tsuda¹, Tatsuhiko Ogawa¹ and Tatsuhiko Sato¹ (¹Japan Atomic Energy Agency)