

# 福島における放射性物質分布調査

## (5) PHITS 及び GEANT4 コードを用いた高エネルギーβ線起因の制動放射光子による線量評価計算の比較

Investigation on distribution of radioactive substances in Fukushima

(5) Comparison of dose evaluation calculations for bremsstrahlung photons caused by high energy β rays using PHITS and GEANT4 codes

\*志風 義明<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 日本原子力研究開発機構

原子炉建屋内に飛散した放射性核種からの高エネルギーβ線は建屋内の物質中で制動放射線を生成する。その発生量は建屋内破損状況で変化するため、建屋内作業員の被ばく管理上、制動放射線による線量評価も必要である。今回制動放射線による線量の計算精度の調査のため、PHITS と GEANT4 で計算結果を比較した。

**キーワード**：制動放射線、線量評価、高エネルギーβ線、PHITS、GEANT4、付与エネルギースペクトル、吸収線量

### 1. 緒言

福島第一原子力発電所事故により原子炉建屋内に飛散した放射性核種のうち、<sup>90</sup>Sr (<sup>90</sup>Y) 等の高エネルギーβ線源は、建屋内部の壁や床や室内構造物の物質中で制動放射線を生成する。β線源の拡散・沈着の分布状況に加え、建屋内破損も含めた構造物の分布状況により、その発生量は変化するため、作業員の被ばく管理上、影響を評価しにくい制動放射線による線量評価も必要である。

γ線の線量は測定可能だが、<sup>137</sup>Cs 等のγ線源からの寄与と<sup>90</sup>Sr 等の高エネルギーβ線起因の制動放射線の寄与が合算した測定になる。一方、計算により分析的に評価を行うことは可能である。この中で制動放射線は低エネルギーほど発生量が急増するが、そこでは断面積精度等に依存する計算の不確かさは高エネルギー側より劣る。また、計算コードにより使用する基礎データ・計算式・モデル等が異なるので、計算コードの相互比較により信頼性の確認を行う必要がある。今回、シミュレーション計算を用いた制動放射線による線量の評価計算の精度を調査するため、PHITS[1]と GEANT4[2]を用いて計算結果を相互比較した。

### 2. 方法

計算では、直方体(20cm x 20cm x 30cm)の空気の体系を考え、正方形平行ビームの線源、遮蔽板、評価対象の水円柱を設定した(図1)。平行ビームで発生させたβ線(2.280MeV, 0.5459MeV)が遮蔽板(1~40mm厚の鉛、銅、アルミニウム、ガラス、ポリエチレン)との相互作用により発生させた制動放射線による水円柱での付与エネルギースペクトルと吸収線量を計算した。制動放射線の寄与を他と区別するため、PHITS では counter を用いて高エネルギーβ線により遮蔽板内で制動放射線を生成して水円柱に光子のまま入射するイベントを選択し、GEANT4 では inactivate による制動放射プロセス抑制の有無の差から制動放射線の寄与を抽出した。

### 3. 結果

付与エネルギースペクトルの比較では、スペクトル形状は全体を通して傾向が一致した。また、鉛の遮蔽板に対する PHITS のスペクトルには数十 keV 以下のエネルギー領域にピークが見られた。

吸収線量の比較では、制動放射線を発生させる遮蔽板の様々な条件下で、両計算コードの大部分の結果は、2.280MeV β線源の場合は約10%以内、0.5459MeV β線源の場合は鉛20mm厚の場合の約30%を除いて約20%以内で一致した。一部に差異はあるが、2つの計算コードの評価結果は上記の精度内でよく一致した。

### 参考文献

[1] Sato T, Niita K, Matsuda N, et al. J. Nucl. Sci. Technol. 50 (2013) 913–923.

[2] Agostinella S, Allison J, Amako K, et al. Nucl Instrum Methods Phys Res A. 506 (2003) 250–303.

\*Yoshiaki Shikaze<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency

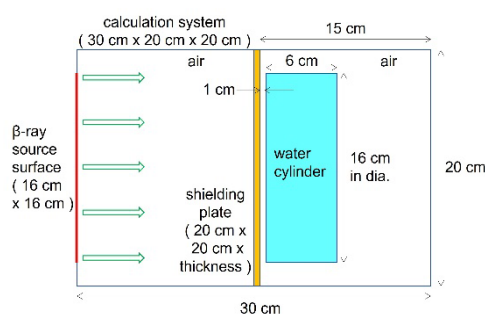


図1 計算体系（水円柱は人体模擬）