

細胞領域におけるエネルギー付与分布シミュレーション

Simulation of microscopic energy deposition in a cell region

九州大学大学院¹, 京都大学複合原子力科学研究所² [○](D)中村 吏一朗¹, 辰本 隆太¹, 川原 秀斗¹,
前畑 京介¹, 執行 信寛¹, 伊豫本 直子¹, 田中 浩基²

Kyushu Univ.¹, KURNS², [○]Riichiro Nakamura¹, Ryuta Tatsumoto¹, Shuto Kawahara¹

Keisuke Maehata¹, Nobuhiro Shigyo¹, Naoko Iyomoto¹, Hiroki Tanaka²

E-mail: r.nakamura@kune2a.nucl.kyushu-u.ac.jp

1. 緒言

ホウ素中性子捕捉療法(BNCT)はホウ素の中性子捕獲反応を応用した治療法で、その殺細胞効果は細胞核に与える線量に依存する DNA の二重鎖切断に関係している。したがって、細胞内のどの位置にホウ素が分布するかを特定できれば、殺細胞効果をより正確に予測できると考えられる。我々の研究グループでは細胞内ホウ素分布に依存して変化する生物学的影響効果を精密に推定することを目的として、現在、優れた空間・エネルギー分解能(それぞれ数 10 nm・半値全幅 20 eV 未満)を有するマイクロカロリメーターEDS 搭載走査型電子顕微鏡(TES-SEM)を用いて、ホウ素薬剤を添加した細胞試料のホウ素元素マッピングに挑戦している。細胞内のマッピング情報を取得後、ホウ素薬剤に含まれる ¹⁰B の腫瘍細胞内部における集積状況を反映できるシミュレーション計算手法を発展させる必要がある。今回はその計算手法について述べる。

2. 原理・方法

2-1. GEANT4 (GEometry AND Tracking)

物質中における粒子の飛跡をシミュレーションするためのモンテカルロツールキットである。本ツールキットは主に放射線検出器開発に使われてきているが、近年は電離放射線によって引き起こされる生物学的影響をモデリングするため、微小領域でのエネルギー付与シミュレーションに特化した Geant4-DNA プロジェクトが進められている。プロジェクトで追加された物理モデルでは放射線治療で用いられている電離放射線種を広範囲にカバーしており、モデルが使用できるエネルギーは数 eV 以上からとなっている。

2-2. 細胞モデル

今回のシミュレーションでは、細胞を細胞質と細胞核で構成し、細胞ひとつは直径 10 μm で細胞核の直径は 5 μm としている。また、エネルギー付与分布計算で着目されるべき電離放射線は、ホウ素の中性子捕獲反応で放出される $\alpha \cdot \text{Li}$ 線、窒素の中性子捕獲反応で放出される陽子線、高速中性子による反跳陽子、中性子との反応で発生する γ 線である。本講演ではシミュレーションの詳細とその結果について報告する。