

PHITS による電子線トラック構造解析

Electron track-structure analysis by PHITS

日本原子力研究開発機構¹, 北海道大学²

甲斐健師¹, 松谷悠佑^{1,2}, 佐藤達彦¹

Japan Atomic Energy Agency¹, Hokkaido University²

Takeshi Kai¹, Yusuke Matsuya^{1,2}, Tatsuhiko Sato¹

E-mail: kai.takeshi@jaea.go.jp

放射線と物質の相互作用研究において、PHITS [1]のような汎用放射線輸送計算コードは、マクロな複雑体系における線量評価とともに、DNA 損傷のようなナノスケールの微視的空間領域で誘発される放射線作用研究への適用も期待されている。これは、放射線作用が物質のミクロな分解・反応現象であり、未だ不定要素を多く含む理由による。本研究では、PHITS でナノスケールの微視的空間領域における放射線作用の詳細な解析を可能とするため、飛跡構造解析モードを開発し、2017 年 6 月に公開した ver2.93 以降に実装されている。

本計算機能を利用した結果の一例として、細胞への電子線照射実験の解析結果を図 1 に示す[2]。本計算により得られた DNA 二本鎖切断収量は、電離や電子的励起による相互作用が 3.4 nm 以内(10 塩基対相当)に 2 点起こる頻度を確率的にカウントして得られた。そのため、当該機能はラジカル反応を直接計算していないものの、実験値や他の計算結果を良く再現する結果を得た。

PHITS はこれまで細胞サイズのエネルギー付与計算が限界であったが、飛跡構造解析モードを開発したことで、ナノスケールの放射線分解・反応が関与する DNA 損傷の推定が可能になってきた。現在、イオンの飛跡構造解析コード KURBUC[3,4]を活用して、陽子及び炭素イオンの当該機能を PHITS に実装し、近日中の一般公開を予定している。さらに、ラジカル反応のような化学過程への接続を目的とした計算結果出力機能の開発等を進め、より詳細な放射線分解・反応機構の解明を目指す予定である。

[1] T. Sato et al., JNST 55, 684 (2018).

[2] Y. Matsuya et al., submitted to Journal of Applied physics (2019).

[3] T. Liamsuwan et al., IJRB 87, 141 (2011). [4] T. Liamsuwan and H. Nikjoo, PMB 58, 673 (2013).

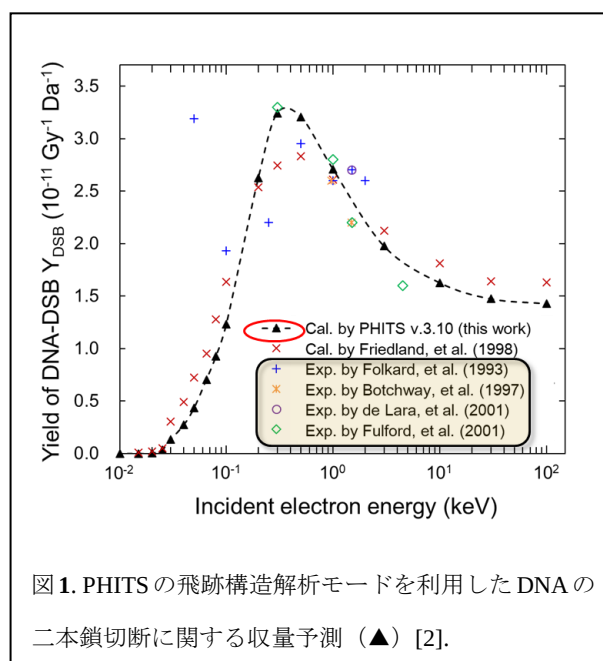


図 1. PHITS の飛跡構造解析モードを利用した DNA の二本鎖切断に関する収量予測 (▲) [2].