PHITS における低エネルギー電子の飛跡構造計算機能の開発

Development of track-structure simulation mode of low energy electrons in PHITS

日本原子力研究開発機構 [1], 甲斐健師 [1], 小川達彦 [1], 安部晋一郎 [1], 佐藤達彦 [1]
Japan Atomic Energy Agency [1], Takeshi Kai[1], Tatsuhiko Ogawa[1], Shin-ichiro Abe[1], Tatsuhiko Sato[1]
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共に、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、放射線作用自体が物質のミクロな物理的現象であるにも関わらず、その主体となる低エネルギー電子の放射線作用が未解明要素を多く含むためである。本研究では、PHITS における低エネルギー電子の飛跡構造計算機能を開発し、ナノスケールの微視的空間領域における放射線作用を計算可能にすることを研究目的としている。

PHITS ver.2.92 までは、計算可能な電子のエネルギー下限値は1 keV であったため、空間分解能も 1μm 程度であった。そこで、飛跡構造計算コード[2-6]を PHITS に実装することで空間分解能を向上させた。電子衝突断面積は液体水に対し、1 meV—100 keV のエネルギー領域で整備されており、液体水以外の断面積については、液体水の電子衝突断面積を簡易的に電子密度スケーリングすることで算出する。本計算機能と従来機能を比較した一例として、水中の電子線トラックエンドにおけるエネルギー付与の計算結果を図 1 に示す。本計算のカットオフエネルギーは 1 eV とした。本計算機能を利用することにより、ナノスケールにおける低エネルギー電子の局所的なエネルギー付与が計算可能になったことから、DNA 損傷のような分子レベルのミクロなエネルギー付与を対象とした研究等への様々な応用が期待される。

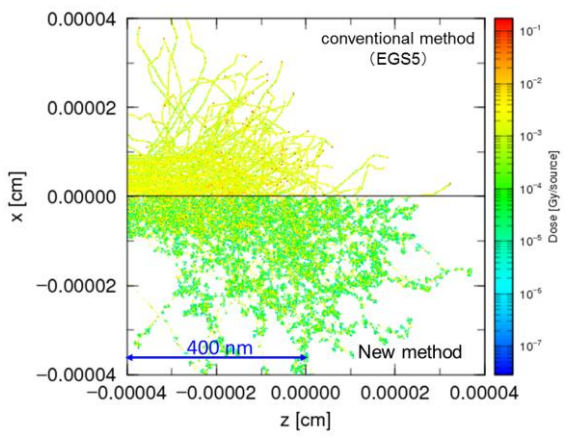

図 **1**. PHITS を利用した 4 keV 電子線による水へのエネルギー付与の従来機能と新機能の比較.

低エネルギー電子の飛跡構造計算機能は、本年 6 月に公開した PHITS ver.2.93 以降に実装されている。更に、液体水以外の電子衝突断面積データを完備することで本計算機能の精度向上を目指していく予定である。

[1] T. Sato et al., JNST, 53, 451-458 (2013). [2] T. Kai et al., RPC, 102, 16 (2014), [3] T. Kai et al., RPC, 108, 13 (2015), [4] T. Kai et al., RPC, 115 , 1 (2015), [5] T. Kai et al., JPCA, 120, 8228 (2016) [6] T. Kai et al., JPCA, 120, 8228 (2016)

© 2017年 応用物理学会