

PHITS コードを用いた加速器中性子場の微視的生物学的影響評価

The biological evaluation of the neutron field generated by an accelerator in a microscopic matter with PHITS code

*中村 吏一朗¹, 前畑 京介¹, 執行 信寛¹, 田中 浩基²
¹九州大学大学院, ²京都大学原子炉研

本研究では先行研究で提案された Fixed Field Alternating Gradient 加速器を利用した中性子場生成体系におけるホウ素中性子捕捉療法の運用を想定し、PHITS コードによるシミュレーション計算で Microdosimetric Kinetic Model を用いて細胞の生存率を推定した。

キーワード：ホウ素中性子捕捉療法, 加速器中性子場

1. 緒言

非侵襲性の癌治療法であるホウ素中性子捕捉療法（BNCT）では中性子を利用するが、複雑な放射場が人体内外で形成される。このような中性子場の生物学的影響を評価することは、治療効果を向上するとともに患者への負担を軽減する上で必要である。先行研究で、九州大学の Fixed Field Alternating Gradient (FFAG) 加速器による BNCT 中性子場が提案された。本研究では提案された中性子場生成体系において、ホウ素が一様に分布した細胞に中性子を照射しその生存率を推定した。

2. 原理・方法

PHITS コードによるシミュレーション計算での細胞生存率曲線の推定には、次の二つの式で与えられる Microdosimetric Kinetic Model を用いた。

$$S = \exp(-\alpha D - \beta D^2), \alpha = \alpha_0 + \beta z^*_{1D}$$

S：細胞生存率, α_0 ：LET≒0 時の α 値, z^*_{1D} ：単一イベントの線量平均比エネルギー

先行研究では、FFAG 加速器で 150 MeV のエネルギーに加速した電流 10 μ A の陽子ビームを Fig. 1 に示す体系に入射して生成する中性子場が提案された。本研究では、この体系で生成する中性子場を PHITS コード上で再現し、Fig.1 に示すように細胞を入れたファントムを配置した。シミュレーションでは添加するホウ素は細胞内で一様に分布すると仮定している。Table 1 に示す BNCT 治療時に人体に対して影響がある 4 つの主な放射線について細胞生存率曲線を推定した。本講演では、4 つの主な放射線について線量を分別した生存率曲線の推定の詳細について報告する。

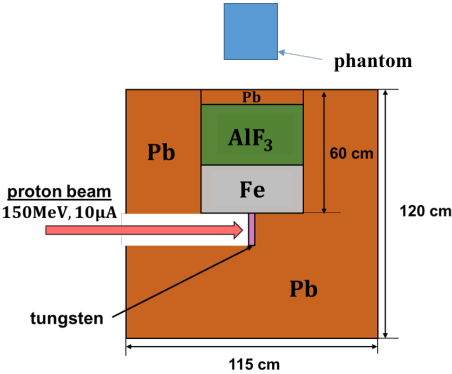


Fig. 1 The proposed setting in the PHITS code

Table 1. Each dose component in BNCT

Boron	$^{10}\text{B} + n \rightarrow ^7\text{Li} + \alpha + \gamma$ $\rightarrow ^7\text{Li} + \alpha$	$^7\text{Li}, \alpha$
Nitrogen	$^{14}\text{N} + n \rightarrow ^{14}\text{C} + p$	proton
Hydrogen	$^1\text{H} + n \rightarrow n + ^1\text{H}$	recoiled proton
Gamma	$^1\text{H} + n \rightarrow ^2\text{H} + \gamma$	photon

*Riichiro Nakamura¹, Keisuke Maehata¹, Nobuhiro Shigyo¹ and Hiroki Tanaka²
¹Kyushu Univ., ²KUR.