

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(2)

The biological evaluation of the neutron field generated by an accelerator in a microscopic matter with PHITS code (2)

九州大学大学院<sup>1</sup>, 京都大学複合原子力科学研究所<sup>2</sup> ○(D) 中村 吏一朗<sup>1</sup>, 前畑 京介<sup>1</sup>,

執行 信寛<sup>1</sup>, 伊豫本 直子, 田中 浩基<sup>2</sup>

Kyushu Univ.<sup>1</sup>, KURNS<sup>2</sup>, °Riichiro Nakamura<sup>1</sup>, Keisuke Maehata<sup>1</sup>, Nobuhiro Shigyo<sup>1</sup>,

Naoko Iyomoto, Hiroki Tanaka<sup>2</sup>

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

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) に関する研究は原子炉の使用を中心として行われてきていたが、治療用中性子源が加速器にシフトしてきている。BNCT 治療では、中性子場の生物学的影響評価を行うことは治療効果の増大と患者への負担軽減の点から重要である。本研究では、先行研究で提案された Fixed Field Alternating Gradient (FFAG) 加速器の中性子場生成体系において BNCT を運用することを想定し、PHITS シミュレーションと Microdosimetric Kinetic (MK) Model を組み合わせ、生物学的効果比(RBE)の推定と光子等価線量の算出を行った。

2. 原理・方法

$$S = \exp(-\alpha D - \beta D^2) \quad (\because \alpha = \alpha_0 + \beta z_{1D}^*) \tag{1}$$

S: 細胞生存率,  $\alpha_0$ : LET  $\cong 0$  時の  $\alpha$  値,  $z_{1D}^*$ : 単一イベントの線量平均比エネルギー

本研究では、放射線が微視的な領域(10  $\mu$ m以下)に付与するエネルギーの情報から細胞生存率の推定を目指すマイクロドジメトリの概念を導入した。式(1)はMicrodosimetric Kinetic Modelから導出される細胞生存率推定式である。比エネルギーとはマイクロドジメトリ物理量であり、吸収線量[Gy]に対応する。PHITS内で組まれた計算体系をFig 1に示す。細胞等価物質を内包する水ファントムを中性子ビームの取り出し口付近に配置し、中性子場は核破碎反応を利用して生成されている。シミュレーションでは中性子の照射時間を30分間とし、ホウ素を細胞等価物質に一様に分布させている。生物学的効果比の推定と光子等価線量の算出は、BNCT治療時に人体に対して影響がある 4 つの主要要素 (Table 1) について行なった。本講演では、4 つの主要要素のそれぞれに対して推定されたRBEと光子等価線量算出の詳細について報告する。

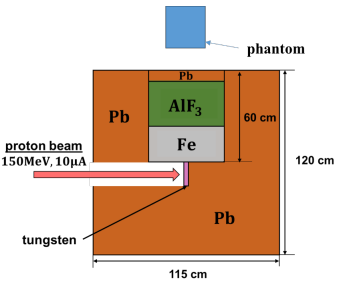


Fig 1. The proposed setting in the PHITS code

| Name     | Reaction                                                                                            | Particle              |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Boron    | $^{10}\text{B} + n \rightarrow ^7\text{Li} + \alpha + \gamma$<br>$\rightarrow ^7\text{Li} + \alpha$ | $^7\text{Li}, \alpha$ |
| 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                |

Table 1. Each dose component in BNCT