

名古屋大学における加速器 BNCT 用システム開発 (1)全体計画とその進捗について

Development of Accelerator-based BNCT System in Nagoya University

*瓜谷 章, 土田 一輝, 鬼柳 善明, 佐藤 和也, 渡辺 賢一, 吉橋幸子, 山崎 淳,
広田 克也, 清水 裕彦, 北口 雅暁, 市川 豪
名古屋大学

名古屋大学ではダイナミトロン加速器とリチウムターゲットを用いた BNCT 用中性子源の開発を行っている。本計画の概要、加速器の状況、シミュレーション計算による減速体の最適化等について報告する。

キーワード：BNCT、ダイナミトロン、加速器、リチウム、熱外中性子、陽子、BSA

1. 緒言 ホウ素中性子捕捉療法（以下 BNCT）は、京大原子炉実験所等で治療症例が重ねられ、その有効性が認められ、近年は世界各地で治療施設が要望されるに至っている。病院に併設するために、核反応により中性子を発生させる加速器 BNCT システムの開発研究が世界各国で進められている。名古屋大学では、2013 年に BNCT 用中性子源の開発を開始した。本報告では加速器の調整運転状況と、核反応生成中性子を熱外中性子に減速させる減速体（BSA : Beam Shaping Assembly）の最適設計について述べる。

2. 加速器 本システムでは、低い加速エネルギーで中性子を発生させられる ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ 反応を採用する。 ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ 反応は、発生中性子エネルギーが比較的低いために、BSA をコンパクトにできること等の利点がある。採用した IBA 社製のダイナミトロン静電加速器は、加速電圧は 2.8 MV とそれほど高くはないが、15 mA という大電流の陽子ビームを得られるのが最大の特長である。

3. 中性子減速体 PHITS コード(V. 2.82)を用いて BSA に関する検討を行っている。BSA の工学モデルの一例を図 1 に示す。2.8 MeV の陽子入射により Li ターゲットで発生する中性子エネルギー・角度分布は LIYIELD コード^[1]により計算し、これを中性子線源として用いた。図に示した例に対して得られた評価値を IAEA の推奨値^[2]とともに表 1 に示す。使用する核データにより若干の差が生じる。物理モデルでは ENDF ですべての基準を満たしていたものが、工学モデルでは γ 線混入率が IAEA 基準を満たさなくなった。

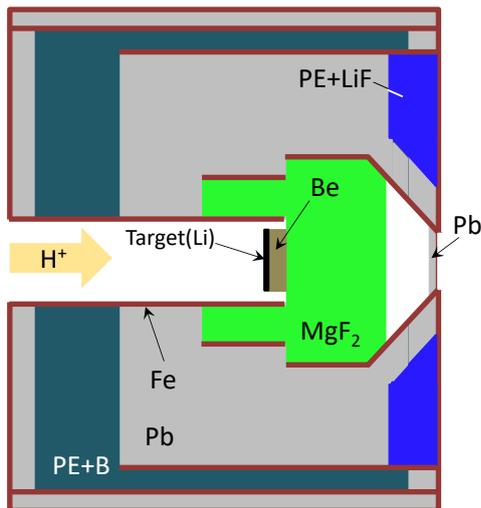


図 1 BSA の工学モデルの一例

表 1 計算による評価値と IAEA による推奨値^[2]

評価項目	評価値		推奨値
	JENDL 4.0	ENDF B-7.1	
熱外中性子束 $N_{epi} [\times 10^9 \text{ n/cm}^2/\text{s}]$	1.50 ± 0.01	1.48 ± 0.01	≥ 1
高速中性子混入率 $D_f [\times 10^{-13} \text{ Gy} \cdot \text{cm}^2]$	1.5 ± 0.1	2.0 ± 0.1	≤ 2
γ 線混入率 $D_g [\times 10^{-13} \text{ Gy} \cdot \text{cm}^2]$	7.0 ± 0.3	3.4 ± 0.2	≤ 2
熱中性子比 $N_{t/e}$	0.022 ± 0.001	0.021 ± 0.001	≤ 0.05
Current/Flux 比 C/F	0.69 ± 0.01	0.69 ± 0.01	≥ 0.7

参考文献 [1] C. L. Lee, X.-L. Zhou, AIP Conf. Proc., **475**, (1999) 227-230.

[2] IAEA-TECDOC-1223 “Current states of neutron capture therapy,” IAEA (2001).

* Akira Uritani, Kazuki Tsuchida, Yoshiaki Kiyonagi, Kazuya Sato, Kenichi Watanabe, Sachiko Yoshihashi, Atsushi Yamazaki, Katsuya Hirota, Hirohiko Shimizu, Masaaki Kitaguchi and Go Ichikawa / Nagoya Univ.