

PET用サイクロトロンとベリリウムターゲットを用いた BNCT 基礎研究用熱中性子照射場の開発

Development of thermal neutron irradiation field for basic research of BNCT using PET cyclotron and beryllium target

○ 田中 浩基¹、高田 卓志¹、櫻井 良憲¹、宇根崎 博信¹、伊藤 秀彦²、廣瀬 勝己³、
高井 良尋³、増永 慎一郎¹、鈴木 実¹

(1. 京大複合研、2. 住友重機械、3. 南東北 BNCT)

○ Hiroki Tanaka¹, Takushi Takata¹, Yoshinori Sakurai¹, Hironobu Unesaki¹, Hidehiko Ito²,
Katsumi Hirose³, Yoshihiro Takai³, Shin-ichiro Masunaga¹, Minoru Suzuki¹

(1. Kyoto Univ. Radiation and Nuclear Science, 2. Sumitomo Heavy Industries, Ltd,
Sothern-Tohoku BNCT center)

E-mail: h-tanaka@rri.kyoto-u.ac.jp

概要：ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) は熱中性子とホウ素-10 との反応で発生する α 粒子及び Li 原子核を用いてがん細胞を死滅させる治療である。現在臨床に用いられているホウ素薬剤は 2 種類のみで、新規ホウ素薬剤の開発が活発に行われている。ホウ素薬剤の効果を確認するためには、熱中性子照射による細胞に対する殺細胞効果や、小動物に移植した腫瘍に対する抗腫瘍効果を確認する必要があり、臨床で用いられている中性子強度とほぼ同等の照射場が必要となる。青森県量子科学センターでは 100uA、20MeV 陽子サイクロトロンを用いた、中性子ラジオグラフィー、粒子線による微量元素分析の照射ポートが整備された。100uA、20MeV 陽子がベリリウムターゲット入射することによる中性子生成量は 10^{13} (n/s) であり、高速中性子を最適に減速することができれば、BNCT の基礎研究用の照射場を形成できる可能性がある。本研究においては、減速材の最適化を行い、BNCT の基礎研究に適応可能なシステムを設計した。本システムの概要について紹介したい。

方法:BNCT の基礎研究において、細胞・小動物を照射する際には、熱中性子束が十分であり、かつ、高速中性子、ガンマ線の混入率をできるだけ少ないことが望ましい。本研究においては、目標とする熱中性子束および、高速中性子、ガンマ線混入率は、すでに実績がある 30MeV 陽子サイクロトロンを用いた熱外中性子源 (Cyclotron-Based Epithermal Neutron Source:C-BENS) の非臨床試験時の条件とした。C-BENS は臨床用に熱外中性子しか照射できないため、小動物に照射する際には、熱中性子化する必要がある。C-BENS のコリメータ内にアクリル減速材を設置し、熱中性子へと減速した。この体系から決定された照射条件は 5×10^8 (n/cm²/s) 以上、熱中性子束辺りの高速中性子混入率 6×10^{-13} (Gy cm²)、ガンマ線混入率を 1×10^{-12} (Gy cm²) 以下となった。

結果:20MeV 陽子とベリリウムターゲットからはおよそ 18MeV の高速中性子が発生するため、熱中性子エネルギーまで減速する必要がある。高速中性子を熱中性子まで減速するには、軽水、重水、黒鉛などが選択されるが、ガンマ線の発生を抑えながら、減速するには重水が優れている。出来るだけ、照射場所における中性子を増加させるために、重水減速材の周りには黒鉛を反射材として設置した。ガンマ線の線量を下げつつ、熱中性子の吸収を少なくするため、ビスマス遮蔽体を設置した。100uA の条件で、 6.7×10^8 (n/cm²/s)、高速中性子及びガンマ線の混入率は 5.7×10^{-13} (Gy cm²)、 5.8×10^{-13} (Gy cm²) となり、条件を満たす体系を設計することができた。

結論:20MeV、100uA 陽子サイクロトロンとベリリウムターゲットの組み合わせを用いて、BNCT の基礎研究用の照射場を設計し、細胞・小動物の照射が可能であることを確認した。