

Ⅲ BNCT実施施設からの報告—施設概要から治療の実際まで—

3. 京都大学複合原子力科学研究所
におけるBNCT生物照射研究の展望

鈴木 実 京都大学複合原子力科学研究所・粒子線腫瘍学研究センター

京都大学複合原子力科学研究所(以下、複合研)では、京都大学研究用原子炉(Kyoto University Research Reactor : KUR)から取り出される中性子線を使用してホウ素中性子捕捉療法(Boron Neutron Capture Therapy : BNCT)を実施してきた。

KURからの中性子を使用して実施したBNCTは580例以上で、次点であるフィンランドの研究炉での300例以上のBNCT実施数と比較しても、大きな差を持って世界最多である。悪性神経腫瘍、頭頸部腫瘍がその実施症例の多くを占めるが、複合研では、肺、肝臓の体幹部腫瘍に対しても、臨床研究を実施してきた。症例数の推移と対象腫瘍の内訳を図1に示す。

2020年6月の医療機関におけるサイクロトロン加速器中性子源を用いたBNCT照射装置による頭頸部腫瘍に対するBNCTの診療開始を受けて、複合研におけるKURを用いた臨床研究は、2019年度をもって終了となった。複合研は、研究用原子炉を所有することから、全国共同利用・共同研究拠点(複合原子力科学拠点)に認定され、国内の中性子を利用する多くの共同利用研究を実施してきた。KURを使用するBNCT臨床研究も、それら共同利用研究の一つとして医療機関と協力して実施してきた。KURは週3日運転しており、そのうちの1日を使用してBNCT臨床研究を実施してきたが、2020年度からのBNCT臨床研究の終了を受けて、これまで以上のBNCT基礎研究へのKUR中性子源の利用が期待される。

本稿は、筆者の専門が放射線腫瘍学、放射線生物学であることから、複合研における生物照射を必要とするBNCT基礎研究の展望について紹介する。

中性子照射設備
(重水照射設備)の紹介

BNCTの生物(マウス、ラット)、細胞照射は、重水照射設備で実施される。本設備の詳細は、複合研ホームページに掲載があるが、以下、その内容を抜粋して紹介する。本設備はKUR炉心に接して約2m³の重水タンクを有している。重水タンク内の炉心側から、厚さ65cmの熱中性子減速材、その外側に中性子エネルギースペクトルをコントロールするための中性子エネルギーシフター、重水シャッターが組み込まれている。重水シャッターの外側に、熱中性子成分をカットするカドミウムシャッターが2枚組み込まれている。

BNCTの細胞、マウスの生物照射実験では、熱中性子束が最大となる照射モードで実験を実施する。5 MW運転時の場合、最大の熱中性子束は 5×10^9 n/cm²/sとなる。重水照射設備のシェーマを図2に示す。

BNCT生物照射基礎研究

これまで上述の重水照射設備で実施されてきたBNCT生物照射基礎研究の紹介と、今後の展望を以下に列記する。

1. 新規ホウ素薬剤の開発研究

ホウ素薬剤であるボロノフェニルアラニン(boronophenylalanin : BPA)は、上述したKURでの多くの臨床研究で使用されてきた。BPAをベースとする薬剤は、加速器BNCT照射設備と合わせて企業治験が実施され、新規BNCT薬剤が「切除不能な局所進行又は局所再発の頭頸部癌」を効能・効果として、2020年5月20日付けで保険適用された。

これまで毎年、10以上の国内研究機関の研究室からの新規ホウ素薬剤の開発研究課題が採択され、細胞照射実験、担がんマウス、担がんラットへの照射実験が活発に実施されている。2020年に注目を集めた研究課題としては、液体のみの主成分であるポリビニルアルコールをBPAに加えることにより、担がんマウスを用いた照射実験でBNCT治療効果を大幅に向上した研究成果が報告され、マスコミにも広く取り上げられた¹⁾。

近年、急増している研究課題としては、ナノ粒子を使用したホウ素薬剤到達研究である。研究に使用されているナノデバイスとしては、リボソーム、ナノミセル、無機ナノ粒子など多岐にわたり、さらなる進展が期待される研究領域である。

2. BNCTの適応拡大研究

KURを使用しているBNCT臨床研究は、主として悪性脳腫瘍、頭頸部腫瘍を対象疾患として実施されてきた。しかし、ほかの部位に対するBNCTの適応