

Ⅲ BNCT実施施設からの報告—施設概要から治療の実際まで—

2. 国立がん研究センター中央病院のBNCT

井垣 浩^{*1, 2}/藤井 亮^{*4}/中村 哲志^{*2, 3}/柏原 大朗^{*1}
 中村 勝^{*4}/今堀 良夫^{*4}/伊丹 純^{*1, 2}

*1 国立がん研究センター中央病院放射線治療科 *2 国立がん研究センター先端医療開発センター BNCT医療開発分野

*3 国立がん研究センター中央病院放射線品質管理室 *4 (株)CICS

ホウ素中性子捕捉療法 (boron neutron capture therapy : BNCT) は、熱中性子に対する捕獲反応の断面積が大きいホウ素 (^{10}B) を含む薬剤 (主に「ボロファラン (^{10}B)」, 別名BPA : para-boronophenylalanine) を腫瘍細胞に集積させ、病巣部に中性子を照射することによって生じる原子核反応 $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ を利用して、約 $9\ \mu\text{m}$ というきわめて短飛程で生物学的効果の高い α 線によって腫瘍細胞を特異的に殺すものであり、腫瘍細胞選択的重粒子線治療という特徴を持つ革新的な放射線治療法として、近年注目を浴びている (図1)。

国立がん研究センター中央病院では、CICS社製の中性子照射装置とホウ素薬剤ボロファラン (^{10}B) (ステラファーマ社製「ステボロニン」) を用いて、皮膚悪性腫瘍 (悪性黒色腫および血管肉腫) を対

象としたBNCTの治験を2019年11月に開始した。この治験で使用している中性子照射装置は、国立がん研究センターとCICS社が2010年に締結した共同研究契約に基づいて開発された装置である。本稿では、装置開発の経緯や状況、中性子照射装置の特徴、治験におけるBNCTの運用などについて概説する。

中性子照射装置開発

中性子照射装置の開発開始に先立ち、まず中性子発生メカニズムを決定した。中性子照射装置の機器構成を決定するには、採用する中性子発生メカニズムを最初に決定する必要がある。中性子を発生させる原子核反応が決まれば、それに必要な入射粒子のエネルギーや電流、入射粒子の加速に必要な加速器の種類

は自ずと選択肢が絞られるからである。

中性子を発生させる主な原子核反応として、 $^7\text{Li}(p, n)^7\text{Be}$ と $^9\text{Be}(p, n)^9\text{B}$ の2つの反応が知られている。国立がん研究センターの中性子照射装置開発開始時点において、住友重機械工業社はすでに $^9\text{Be}(p, n)^9\text{B}$ の原子核反応を採用して中性子照射装置の開発を先行して開始しており、2020年に「NeuCure」として薬機法承認を取得し、進行再発頭頸部がんに対する保険適用も取得した。国立がん研究センターでは、原子核反応によって発生する中性子をより低エネルギーにすることで、装置の小型化と医療従事者の被ばく低減をめざした $^7\text{Li}(p, n)^7\text{Be}$ を用いた装置を開発することに決定した。 $^7\text{Li}(p, n)^7\text{Be}$ で発生する中性子の最大エネルギーは約 $800\ \text{keV}$ であり、減速体を通させることでこれを熱外中

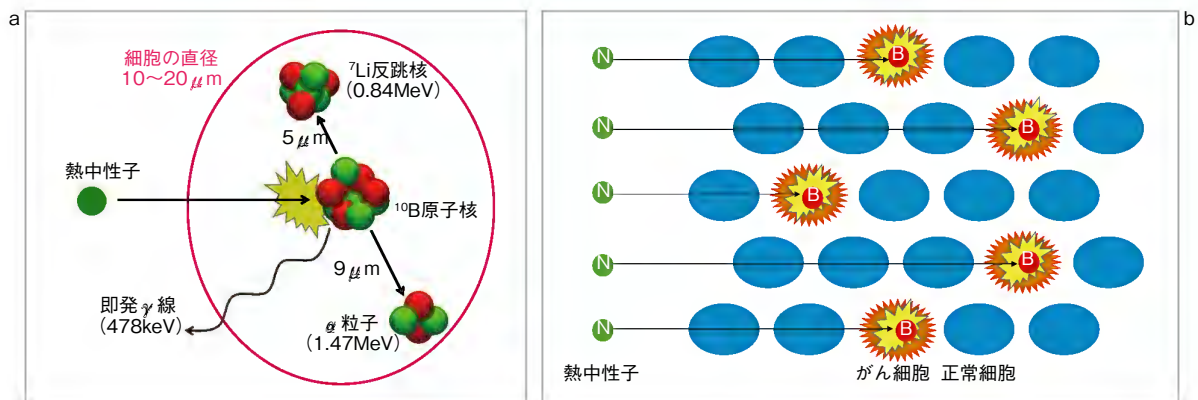


図1 ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) の原理

a : ホウ素原子核 (^{10}B) に熱中性子が照射されると、原子核反応が生じて α 粒子とリチウム (^7Li) 反跳核を生じる。これらは細胞の直径に満たないごく短い飛程で停止する重荷電粒子であるため、細胞特異的に重粒子線を照射することになる。

b : がん細胞に取り込まれるホウ素薬剤ボロファラン (^{10}B) を投与した後で中性子照射をすると、ホウ素薬剤を取り込んでいない正常細胞を熱中性子は通り抜け、がん細胞内の ^{10}B と特異的に反応する。これにより、がん細胞特異的にエネルギーが付与される。