



南東北 BNCT 研究センター訪問記

二ツ川 章二
Futatsukawa Shoji

1. はじめに

世界初の病院併設加速器ベースの BNCT（ホウ素中性子捕捉療法）装置を導入した南東北 BNCT 研究センター（以下、BNCT センター）を訪問する機会を得た。東北新幹線郡山駅からタクシーに乗車、運転手が「ああ、絆ガーデンだね」と言っ、走り始めた。併設されている宿泊施設・レストランが地元民には馴染みになっているようである。約 10 分でセンターに到着した。南東北病院にはサイクロトロンセンター、陽子線治療センター等が併設されていると聞いていたため、広大な敷地の中に建つ BNCT センターを予想していたが、それぞれの建物が公道、民家に接して建っており、BNCT センターは南東北病院全体の北西側の位置に独立棟として建



写真 1 BNCT センター外観（施設提供）

設されていた（写真 1）。

最初に、南東北 BNCT 研究センター高井良尋センター長からパワーポイントを用いて丁寧に説明いただいた。BNCT は、1932 年にチャドウィックによって中性子が発見された 4 年後の 1936 年米国の物理学者によって、その概念が提唱された。1951 年に原子炉を用いたがん治療が開始されたが当時のホウ素薬剤の乏しい選択的集積性等により良い結果が得られず、10 年ほどで中断された。しかし、1968 年に日本国内において、畠中坦先生らによって新たに開発されたホウ素薬剤を用いた治療が原子炉を用いて開始され、2012 年には院内で治療ができるよう BNCT 用加速器が開発された。現在ではその有効性が認められており、日本が世界をリードしてきたがん治療であることが強調された。訪問日は治療、QA のための照射が行われていない日であり、その後の見学ではサイクロトロン室内まで案内いただいた。同センターの印象を紹介する。

2. 施設概要

2.1 周辺住民の理解とモニタリングポスト

タクシーを降り敷地の入り口に立つと、まずモニタリングポストが目に入る。ディスプレイには現在の γ 線と中性子線の放射線量が表示されていた（写真 2）。

BNCT センターを設置するにあたり、2014 年



写真2 線量表示付モニタリングポスト

γ線と中性子線の放射線量がリアルタイムで表示される

5月に住民説明会、同年9月に住民見学会を実施、近隣住民から十分な理解を得て建設を開始したとのことであった。モニタリングポストの設置は2011年の東電福島原発事故の影響調査かと思われたが、これら近隣住民の理解促進活動の中で施設に対する安心を得るための要望を受け入れて線量表示ディスプレイを設置したとご説明いただいた。

2.2 BNCTセンターの開設

BNCTセンターは、2014年9月に竣工、2015年11月に開設された。事業費総額約68億円。東日本災害復興事業の「福島県国際的先端医療機器開発事業補助金」として4年間で43億円の補助を受けたとのことである。福島県から世界へ発信する先端医療技術としてBNCTセンターへの期待の大きさがうかがえる。2016年から頭頸部癌及び脳腫瘍に対する加速器BNCT第Ⅱ相臨床試験（企業治験）を開始、2018年に再発性悪性神経膠腫24例、切除不能な局所再発頭頸部扁平上皮癌と切除不能な頭頸部非扁平上皮癌21例の治験を終了し、再発頭頸部癌に対して極めて有効で、安全な治療法であるという結果を得た。2019年10月に薬事申請し、革新的医療機器として早期承認制度が適用され、半年後の2020年3月に頭頸部癌に対して機器、薬剤の薬事認証を受けた。2020年6月から保険診療を開始しているとのことであった。

2.3 BNCTセンター施設及び設備

建屋は地上5階、地下2階建て、1階が受付となっており、2階に診察室、待機室等がある。3階以上

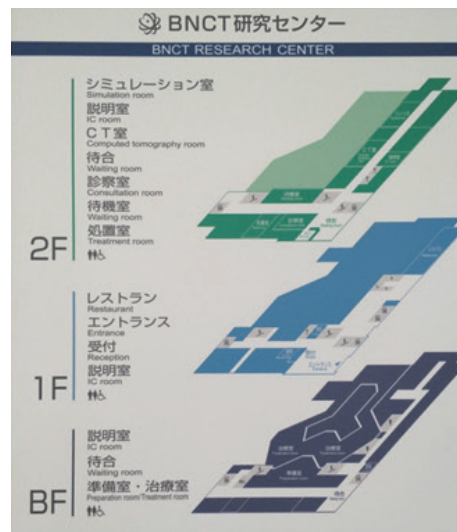


写真3 BNCT施設見取り図（施設提供）



写真4 BNCT用サイクロトロン（施設提供）

は遠方からの患者や付き添いの方の外来受診時等の宿泊施設となっている。BNCT治療は地下1階で行われる（写真3）。住友重機械工業(株)製のBNCT装置（NeuCure®）であり、サイクロトロンでプロトンを30 MeVに加速しベリリウムターゲットに当て、中性子を発生させる。発生した中性子はコリメータを使用して照射される。院内使用での加速器BNCT用サイクロトロンとして設計されており、30 MeVサイクロトロンとしては非常にコンパクトな装置となっている（写真4）。加速器装置の安定的稼働のため例年2週間程度の長期メンテナンスを実施しているとのことである。加速器施設であるため、中性子線、γ線に対する遮蔽が必要であり、治療室の壁厚は2.5 mとのことである。また、室内側は中性子を吸収するためボロンカーバイドを含むシリコン板でシールドされていた。見学当日は加速は



写真5 準備室における治療台車
左が座位、右が伏臥位

されていなかったが、残量放射能のためサイクロトロン周辺では放射線サーベイメータにより線量が測定され、安易に近づくことは憚れた。治療のための照射ポートは2か所設けられている。BNCTでは、中性子を捕獲し α 粒子とリチウム原子核を放出するためのホウ素薬剤が必要である。BNCTセンターでは薬事承認されたステラファーマ社のステボロニン（ボロノフェニルアラニン製剤）が使用されている。

BNCTセンター建設において苦労したこととしては、限られた空間でのビームアレンジメント、中性子の漏洩防止、放射化した加速器等周辺機器からの被ばく防護であったとのことである。スタッフ、患者の被ばくを防護するために、準備室と治療室には二重の扉が設けられ、準備室において治療準備が完全に整えられた後に治療台車が患者を固定したまま治療室に移動する仕組みとなっている（写真5）。

3. BNCTセンターにおける治療

3.1 治療を受けるまで

現在BNCTセンターで治療に従事しているスタッフは、医師3名、物理士3名、放射線技師2名、看護師2名、及び数名の事務員である。

治療までの一般的な流れは、まずホームページ等から治療を希望する者（もしくは担当主治医）が事前に診療情報提供書とデータを送付し、それらをもとに、症例がBNCTに適応するかを判断する。適応となり来院するまでは1週間前後を要するとのことである。来院後、ボロノフェニルアラニン（BPA）の集積度を確かめる ^{18}F -FBPA-PETを含む検査を実

施し、治療プランを確定、治療を行う。紹介受付から治療までの期間は2週間前後とのことである。筆者としては思ったより短期間で治療が受けられるように感じた。腫瘍選択的治療法であるBNCTにおいても正常組織における被ばくは避けられず、他の放射線治療とは様相が異なるとはいえ、患者には治療における副作用についても十分説明をして治療を開始するとのことであった。

3.2 治療の実際

準備室において、治療部位に応じて治療台車上で患者の治療体位を固定する。準備が終了すると、治療台車が患者を載せたまま治療室に移動し、照射口に治療部位を固定し、照射する（写真6）。ホウ素薬剤は2時間をかけて点滴静注し、照射中も半速度で点滴を継続するとのことであった。照射時間は40～70分であり、通常の放射線治療では複数回の照射が必要であるが、BNCTでは1回の照射で治療が可能である。しかし、約1時間もの間、患者が動かないでじっとしているのは大変だろうと感じた。また、放射線診療従事者の他看護師、薬剤師についても被ばくデータを取得し、通常の放射線管理以上の特別な対処は不要であることを確認しているとのことであった。

2020年6月～2022年3月までの治療件数は206件、患者の紹介元は、東京都が最も多く、地元福島県、茨城県、岩手県と続き、関東、東北、北海道の東日本が約80%を占めるが、中部、関西から治療に来られる患者もいるとのことである。治療に必要な十分な量の中性子が届くのは体表面から7～8cm程度



写真6 治療室
中央の円形の部分が中性子照射口

であり、対象部位が頭頸部に限られていることもあり、現在の施設がフルに稼働しているわけではないとのことである。

治療はすべて保険診療で行われており、技術料238万5,000円と、ホウ素薬剤1パック44万4,000円を3~5パック使用する薬剤費が治療費としてかかるが、公的保険で支払うことができるとのことであった。BNCTセンターとしては、技術料の診療保険点数が粒子線治療費の準用とされたため、手間のかかる治療にもかかわらず低く設定された感があり現在のところ黒字化することは難しいとのことであった。

4. BNCTセンターのこれから

BNCTセンターの今後についてお聞きした。現在1A程度であるサイクロトロン電流値を増加することにより照射時間を短縮する、固定方法を簡素化する等患者の治療における負担を軽減し、更により良い治療を提供するための治療計画装置の改善を挙げていただいた。また、現在頭頸部に限られている適応部位を拡大していきたいが、疾患ごとに臨床試験で有効性を検証しなければならず、部位によっては新たな生物実験が必要になる場合もあるとのことであった。

現在日本における加速器BNCT実施施設は、保険診療を実施しているのが当センターと関西BNCT共同医療センターの2か所、臨床試験中が1か所、



写真7 BNCTセンターの模型前にて

左から高井センター長、筆者、上叢アイソトープ協会常務理事

建設計画中が3か所とのことである。高井センター長は、南東北BNCT研究センターは全国で最も多くの症例を治療している施設であり、BNCT治療のパイオニアとして国内のBNCT発展のために寄与していきたいと今後の抱負を語ってくれた(写真7)。

謝辞

高井センター長をはじめご対応いただいたBNCTセンターの皆様と、施設訪問を快く受け入れてくださった南東北病院の関係者の皆様に感謝いたします。

(アルファ・タウ・メディカル株式会社)