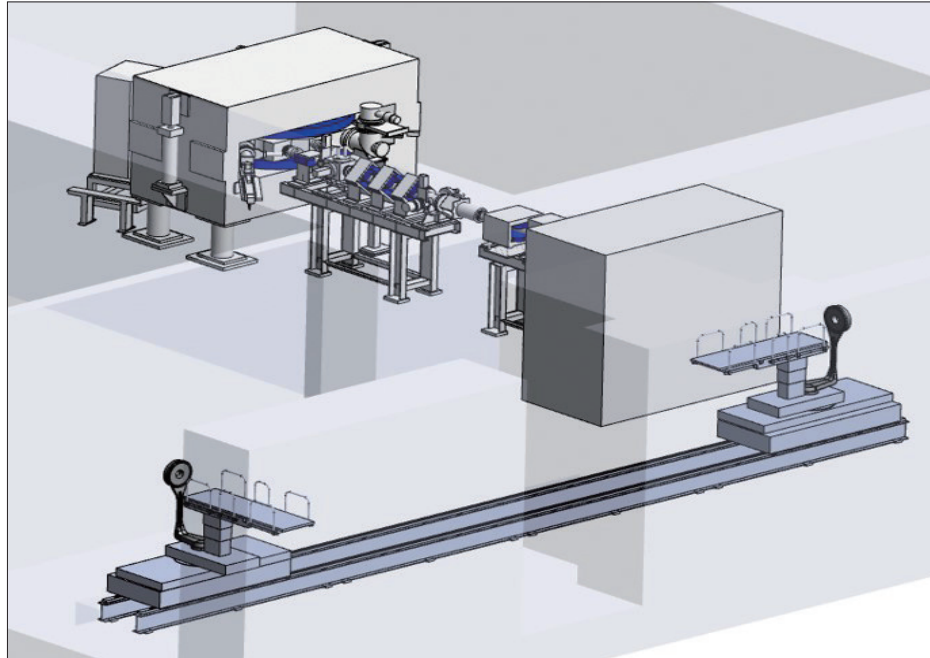


省スペース型 BNCT (ホウ素中性子捕捉療法) システム

Space-saving BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) System

● 楠 岡 新 也*
Shinya KUSUOKA



BNCT Comfort Modelの概観図
Overview of BNCT Comfort Model

1 はじめに

組織を切除することなく、臓器の形状や機能を保ちながらがんを治療できるのが放射線治療の利点であり、その治療法の一つにBNCT (Boron Neutron Capture Therapy: ホウ素中性子補足療法)がある。BNCTは、がん細胞にホウ素原子を含有する薬剤を取り込ませ、そこに中性子線を当てることで中性子とホウ素原子を反応させ、そこで生じた高エネルギーの α 粒子とLi原子核により、がん細胞を選択的に破壊する治療法である。

当社は2009年度に、世界初の病院に設置可能なBNCT用の中性子照射装置を国立大学法人京都大学原子炉実験所と共同で開発し、2014年度に一般財団法人脳神経疾患研究所付属南東北BNCT研究センター、2017年度には大阪医科薬科大学関西BNCT共同医療センターに納入した。そして2020年度に医療機器「BNCT治療システム NeuCure」として承認され販売を開始した。しかし、本装置は高額な医療機器であり、また、大型の装置であるため設置には敷地面積が広く専用の建屋も必要となることから採算性が低く、これがBNCTの普及を妨げる一因となっている。そこで当社は、治療現場から得られたさまざまな知見をもとにNeuCureを構成する機器の配置・機能・建築レイアウトの最適化を行い、省スペース・省コストのBNCT Comfort Modelを開発した。本報では、このBNCT Comfort Modelについて紹介する。

2 主要仕様

表1に、BNCT Comfort Modelの主要仕様を示す。本装置の特筆すべき点は装置全体の延床面積である。NeuCureとの比較で23%削減を達成した。

3 NeuCureの配置と機能最適化

すでに納入した2台のNeuCureから得られた知見により、次の4項目について検討を行い、敷地面積を削減した。

- ① ビームトランスポートシステムの最適化
- ② ターゲット交換システムの変更
- ③ 建屋レイアウトの最適化
- ④ 治療台機能の最適化

3.1 ビームトランスポートシステムの最適化

中性子を発生させることを目的として陽子ビームをターゲットまで輸送するシステムをビームトランスポートシステムと呼ぶ。これまで当社が納入してきたNeuCureのビームトランスポートシステムは、図1に示すように偏向電磁石を用いてビーム軌道を曲げ、陽子ビームをターゲットまで輸送している。

本ビームトランスポートシステムは、偏向電磁石の磁場を切り替えることにより異なる部屋へビームを輸送できるという利点はあるが、病院が所有する土地が狭小で治療室が1室しか用意できない場合、この偏向電磁石が装置面積を大きく

表1 BNCT Comfort Modelの主要仕様
Main specifications of BNCT Comfort Model

項目	主仕様
ビーム電流値	1 mA
ターゲット交換	手動
ビームトランスポート	直線
治療室数	1部屋
治療準備室数	1部屋
治療台種類	臥位
コリメータ	延長コリメータ
シミュレーション室	なし(BNCT Comfort Model導入後に追設可能)
年間想定治療人数	200人
装置延床面積	23%削減(NeuCure比)

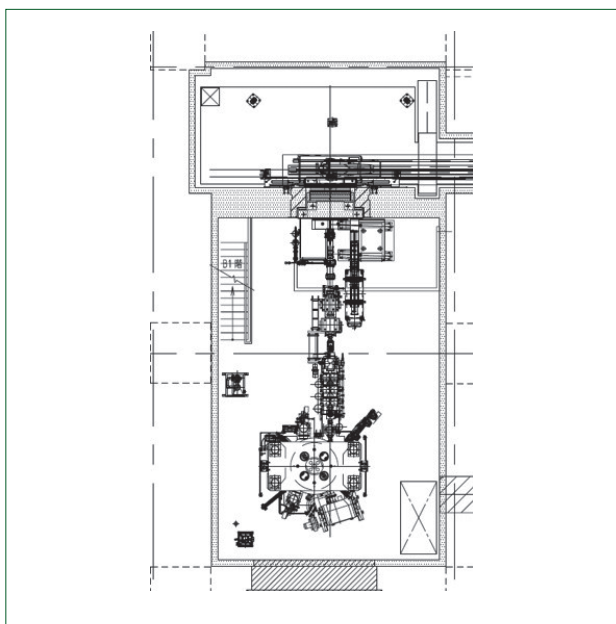


図2 BNCT Comfort Modelのビームトランスポートシステム
Beam transport system of BNCT Comfort Model

する要因となり客先の要望に応えることができない。

そこでBNCT Comfort Modelでは、図2に示すように偏向電磁石を廃止し、ターゲット位置でのビームサイズを変えることなくビームトランスポートシステムを直線型とした。この変更により、従来機(1治療室モデル)と比べ四極電磁石を2台、偏向電磁石を1台、ステアリング電磁石を2台削減でき、6%の床面積削減を達成した。

3.2 ターゲット交換システムの変更

BNCTでは中性子を発生させるターゲットを定期的に交換する必要がある。しかし、ターゲットは陽子ビームの照射により放射化していることから、ターゲット交換時の作業者の被ばくを低減する装置が必要である。NeuCureでは、地下からターゲット受けが上昇してきてターゲットダクトを保持し地下へと降ろすという半自動の装置を採用しており、これが作業者の被ばく低減の一翼を担っていた。しかし、ターゲットの交換は年に1~2回、作業時間は1~2時間であること

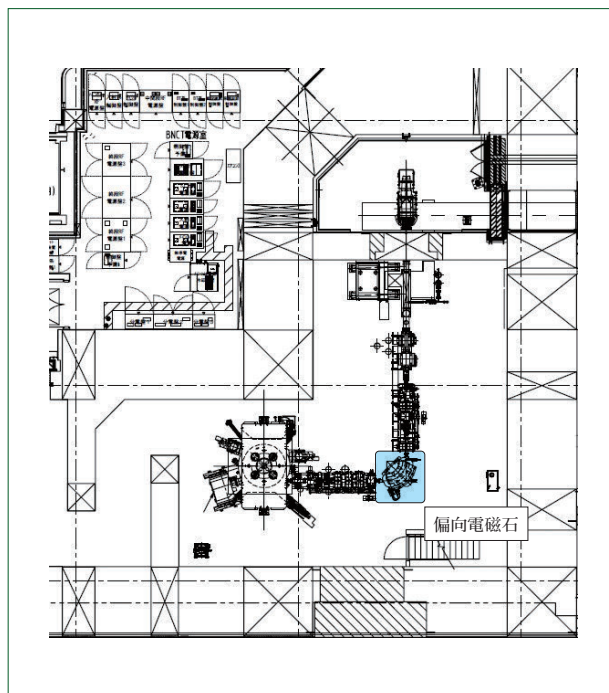


図3 NeuCure (1-port type)のビームトランスポートシステム
Beam transport system of NeuCure (1-port type)

から、すべての作業を手動で実施した場合でも放射化したターゲットから十分に距離を取り、視認性が良い鉛ガラスで局所的に遮蔽していれば、作業者の被ばくをNeuCureと同等レベルに抑えることができる。そこでBNCT Comfort Modelでは、地上でターゲットから十分な距離を確保してターゲットを交換することが可能な交換台車を開発した。この交換台車を採用することによって、作業者の被ばく量をNeuCureと同等レベルに抑え、加えて地下のターゲット交換装置駆動部のスペースを不要とした。こうして空いたスペースに冷却システムを配置することによりNeuCure(1治療室モデル)との比較で、地下室の面積を17%削減した。

3.3 建屋レイアウトの最適化

施設の採算性を改善するには、敷地面積の低減による建屋コストの削減とともに、治療患者数を増やすことが有効である。そこでNeuCureで蓄積されたノウハウを生かし、治療フローに基づいて建屋レイアウトを最適化することで、建屋コストの低減と効率的な治療フローの両立を実現した。この治療フローでは、準備室と治療室をそれぞれ1室設けて医師、技師、患者の動線を考慮し、準備室と治療室を含め医療行為に関係する部屋を最適位置に配置することで4人/週、200人/年の治療が可能となった。また装置導入後にシミュレーション室を追設し、治療前準備作業の効率を上げることで400人/年の治療が可能になった。

なお、建屋レイアウトを最適化するに当たり、株式会社フジタと協業しStandard Planを作成した。図3に、そのレイアウトを示す。本レイアウトでは治療行為に必要な最小限のサイズ(27.5×34m)の部屋を確保しており、従来機の27.5×44.2mと比較してコンパクトに仕上がっている。また、本モデルの加速器室には株式会社フジタの特殊技術を用いた低放

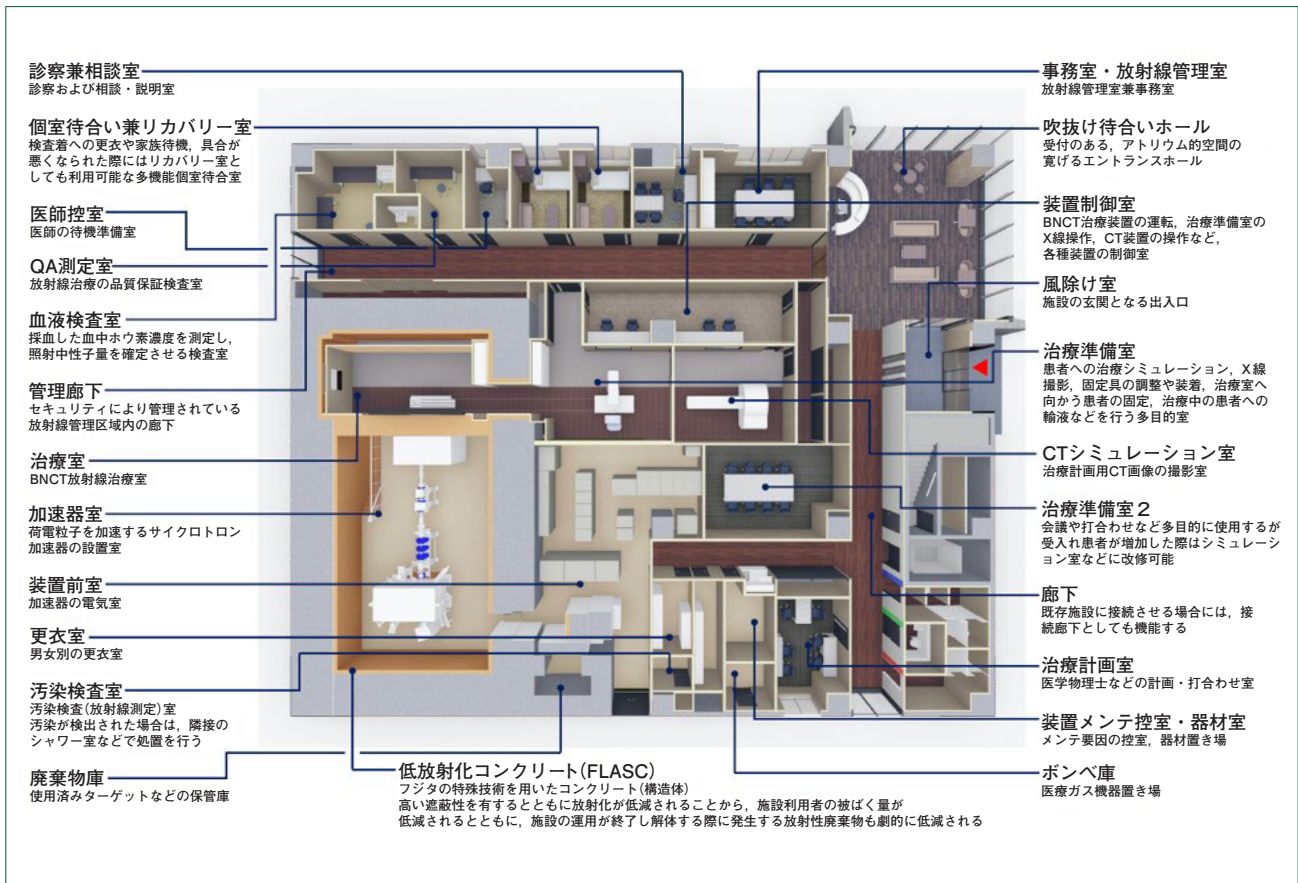


図3 BNCT Comfort Model の標準レイアウト
BNCT Comfort Model Standard Plan

射化コンクリート(FLASC)を採用しており、施設の運用が終了し解体する際に発生する放射性廃棄物の低減も図っている。

3.4 治療台機能の最適化

初期導入費用の削減を目的とし、NeuCureが展開している治療台機能の最適化を行った。NeuCureでは頭頸部照射時に治療に必要な患者体位を得るために、ほとんどの場合で座位・立位治療台を使用し、臥位治療台は使用していなかった。しかし、2022年2月に延長コリメータが薬事承認された後では患者体位決定時の自由度が上がり、臥位での治療実績が急増した。これは、座位や立位と比べて臥位の方が患者の負担が軽減されることによる。また、位置決めが容易になることで、医療スタッフの負担が軽減されることも臥位治療台が優先的に使用される一因となっている。そこで本モデルでは、臥位治療台と延長コリメータの組み合わせを標準とし、座位・立位治療台はオプションとしたことで装置導入初期費用の低減を実現した。

4 おわりに

- (1) BNCTの普及促進を目的とし、採算性を向上させたBNCT Comfort Modelの開発を行った。
- (2) BNCT Comfort Modelは、NeuCureで得た治療現場のノウハウを生かして装置、建屋レイアウトの最適化を行った結果、従来比23%の延床面積削減を実現し、省コス

ト・省スペースの要望に対応できる製品となった。
(3) BNCT Comfort Modelの上市によってBNCTの普及促進が期待されるとともに、がん治療分野におけるウェルビーイングの実現にも貢献できる。

※ 「NeuCure」は、住友重機械工業株式会社の登録商標です。
「FLASC」は、株式会社フジタの登録商標です。