

## II 粒子線治療の現状と展望

## ● 開設予定施設からの報告

3. 北海道大学分子追跡陽子線  
治療施設

白土 博樹 / 梅垣 菊男 北海道大学大学院医学研究科病態情報学講座放射線医学分野  
http://rtptb.med.hokudai.ac.jp

2010年3月、北海道大学大学院医学研究科・白土博樹を中心研究者とし、京都大学大学院医学研究科・平岡真寛教授を共同提案者とした「持続的発展を見据えた分子追跡放射線治療装置の開発」が、大型国家プロジェクト「最先端研究開発支援プログラム（以下、最先端プログラム）」として採択された。最先端プログラムでは、北海道大学（以下、北大）が（株）日立製作所（以下、日立）と共同で「分子追跡陽子線治療装置」を開発し、京都大学が三菱重工（株）と共同で「分子追尾X線治療装置」を開発して、連携して次世代の放射線治療システムの構築を進めている。

本稿では、北大と日立が2014年3月の治療開始をめざして進めている「分子追跡陽子線治療装置」の開発プロジェクトの概要と進捗状況を紹介します。

プロジェクトの概要と  
進捗状況

最先端プログラムでは、がんの放射線感受性の把握に分子イメージングを活用する研究と並行して、北大がX線治療で培った「動体追跡技術」と、日立が初めて臨床に応用した「スポットスキヤニング型陽子線照射技術」（米国MD Anderson病院にて稼働中）を融合し<sup>1)</sup>、動きのある体内深部臓器の大型腫瘍でも正確に照射できる、世界初の「分子追跡陽子線治療装置」を開発している。プロジェクトのスタートから3年余りが経過し、新しい陽子線治療装置開発が着々と進んでいる。施設建屋の建設が完了し、加速器等の主要機器、動体追跡とスポットスキヤニング照射の融合を特長とした陽子線照射系の搬入、据え付けが終了し、現在ビーム試験が始まっている。

## 陽子線治療装置の概要

治療に利用する陽子線ビームには、ビームを広げて削り取るといった従来の散乱体/コリメータ利用方式を用いず、スポットスキヤニング照射方式に特化した。その結果、体内飛程（陽子線到達深さ）確保に必要な最大加速エネルギーを約10%低減するとともに、加速器の蓄積電荷を大幅に低減することが可能になった。スキヤニング方式によって陽子線ビームの利用効率を大幅に向上す

ることで、被ばくにつながる中性子等の漏洩放射線量を大幅に抑えるとともに、シンクロトロン加速器、ガントリのサイズを従来に比べて小型化することに成功した<sup>2)</sup>。また、治療施設については、建屋全体を三次元でモデル化し、三次元モンテカルロ法による計算に基づく最適遮蔽設計により、設置面積を従来の7割程度に縮小した建屋構造を実現した（図1）。その結果、敷地面積を1000m<sup>2</sup>程度として、北大病院既存敷地内（旧駐車場）に建設することが可能になった。このような設計により、小型化した陽子線治療施設を総合病院の一画に設置し、総合的がん治療の一翼を担う環境にすることに道が開けたと考えている。

動体追跡技術とスポット  
スキヤニング照射技術の  
融合

動体追跡装置を小型ガントリ内に搭載し、陽子線スポットスキヤニングと動体追跡の融合を実現した（図2）。動体追跡技術との相補的な臨床価値の向上を目的に、ガントリ搭載のX線撮影系によるコーンビームCT撮影機能、および高精度六軸ロボット寝台を中心とする高精度画像誘導位置決めシステムを開発した。装置開発と並行して、過去の動体追跡治療で得られた体動データに基づき、最適なシンクロトロン制御方法や、動体追跡時のスポットスキヤニング照射における線量分布の一様性、照射効率の向上の研究を進めている<sup>3)</sup>。