

# 粒子線治療施設の 新規計画

放射線治療において効果を高め、かつ、副作用を低減するには、病巣に線量を集中し、可能な限り正常組織への線量や照射体積を少なくすることが極めて重要である。この点は、誰もが疑いを持たぬところであろう。粒子線治療として陽子線と炭素イオン線とが用いられているが、共通する利点はブラッグピークを形成し止まるという物理学的特性を持ちより高い線量集中性が得られるという点である。低線量域が拡がらないため副作用・二次発がんリスク低減にも寄与する。生物効果の面では、生物学的効果比が陽子線で1.1、炭素イオン線で2.0-3.0という違いがあり、特に炭素イオン線では腺癌系腫瘍、悪性黒色腫、肉腫などの放射線抵抗性腫瘍に対しても治療効果が期待できる。しかし一方で、近年、エックス線やガンマ線（光子線）を用いた高精度放射線治療が飛躍的進歩を遂げており、以前にも増して、粒子線治療にはより高いレベルの臨床的利益をもたらすことが求められているのも事実である。

世界的にみて粒子線治療施設は増加傾向にあり、現在35施設以上、既に延べ64000例以上が治療を受けている。国内では、現在、陽子線治療施設6施設、炭素イオン線治療施設2施設、陽子・炭素イオン線両用型治療施設1施設、計9施設が稼働しており、日本粒子線治療臨床研究会の統計では、治療患者数は2010年までに陽子線治療で約8400例、炭素イオン線治療で約6900例に達している。陽子線治療においては既に回転ガントリーが標準装備となり、炭素イオン線治療装置も含めて装置の小型化・低コスト化、スキャンニング照射など技術開発も着実に進んでいる。日本はこれまで世界の粒子線治療をリードしてきたと言っても過言ではなく、その施設数も世界一である。こうした中、陽子線治療では北海道大学病院（北海道札幌市）、名古屋陽子線治療センター（愛知県名古屋市）、相澤病院（長野県松本市）の3施設、炭素イオン線治療では神奈川県立がんセンター（神奈川県横浜市）、九州国際重粒子線がん治療センター（佐賀県鳥栖市）の2施設、計5施設が新たに建設中或いは建設が決定している。これまで以上に日本の粒子線治療の技術開発および臨床研究が活性化し多くのエビデンスが発信できる環境が整うのではないかとされる。今回の特集では、これら5施設の先生方をお願いして、各施設の特徴、進捗状況および今後の予定等ご執筆頂いた。

九州大学大学院医学研究院 重粒子線がん治療学講座 塩山 善之

## 北海道大学分子追跡陽子線治療装置の開発

●北海道大学大学院医学研究科 梅垣 菊男

2010年3月、内閣府に設置されている総合科学技術会議において、大型国家プロジェクトである「最先端研究開発支援プログラム（以下最先端プログラム）」の「中心研究者及び研究課題」が最終的に決定されました。このプログラムは、全国から応募があった中から日本の科学技術の将来を担う30件を決定したもので、北海道大学医学研究科白土博樹教授を中心研究者とし、京都大学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」が採択されました。放射線医療分野としては唯一の採択であり、今後の日本の放射線医療・がん治療技術の発展に貢献できるように、関係者が一丸となって開発を進めています。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「分子追跡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ます。

本報告では、北大と日立が2014年3月の治療開始を目指して開発を進めている「分子追跡陽子線治療装置」の概要と進捗状況を紹介します。

最先端プログラムでは、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「スポットスキャン型陽子線照射技術」を組み合わせ、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」を完成させることを目標としています。陽子線はX線よりも線量分布の集中性に優れるため、動体追跡技術を上記陽子線照射技術と組み合わせると、治療効果が最大限引き出され、正常組織への無駄な照射量は大幅に削減されて、治癒率と安全性が共に格段に向上すると予想しています。この「分子追跡陽子線治療装置」は、本プログラム終了後も継続的に最先端医療を提供するべく、薬事法を取得し、北海道における癌治療の中心を担うように維持していく予定です。

プロジェクトのスタートから約1年半余りが経過し、新しい陽子線治療へのチャレンジが着々と進んでいます。関係者の努力により、動体追跡とスポットスキャン照射という、世界最先端技術の融合を特徴とした高性能陽子線治療装置の基本設計が完了し、主要機器の製作が始まっています。また、同時に進め

ている装置の小型化、建屋の最適な遮蔽設計により、従来の敷地面積を大幅に縮小し、次世代の総合病院におけるがん陽子線治療普及を目指した設計を実現しました。現在、建屋の基礎工事が順調に進められ、来年の秋には最初の主要機器の搬入が予定されています。

治療に利用する陽子線ビームについては、ビームを広げて削り取るといった従来の散乱体/コリメータ方式を用いず、スポットスキャン照射方式に特化しました。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%低減すると共に、加速器の蓄積電荷を大幅に低減することが可能となりました。スキャンによる陽子ビームの利用効率を100%近くまで向上することで、被曝につながる中性子等の漏洩放射線量を大幅に抑えると共に、シンクロトン加速器、ガントリーのサイズを従来に比べて約70%に小型化することに成功しました(図1、図2)。一方で、治療室内にコーンビームCTやロボットカウチを導入し、3次元の高度な位置決めを可能としました。現在、動体追跡とスポットスキャンを組み合わせ、移動するがんに照射する場合の陽子線照射線量の一様性、照射効率を向上するため、加速器のビーム制御方法、照射最適化方法等を検討中です。

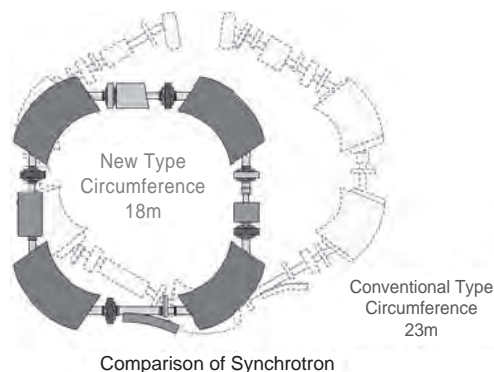


図1 シンクロトン加速器の小型化 (周長 23m → 18m)

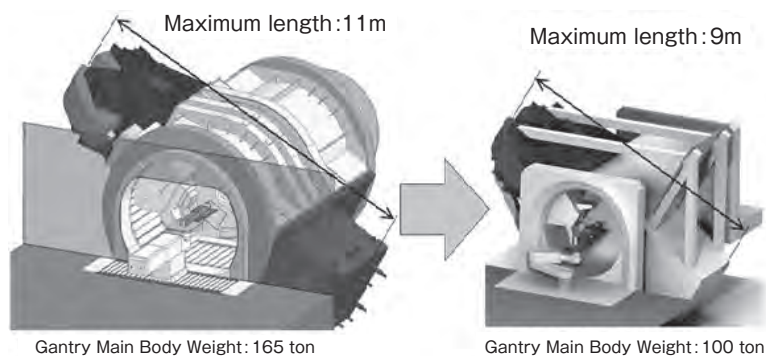


図2 回転ガントリーの小型化 (回転直径 / 重量 : 11m/165ton → 9m/100ton)

治療施設については、建屋全体を3次元でモデル化し、3Dモンテカルロ法計算に基づく最適遮蔽設計により、最もコンパクトでかつ十分な遮蔽能力を有する建屋構造を実現しました。その結果、敷地面積を1000㎡以下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りました。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面として設置し、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ます。分子追跡陽子線治療施設の建屋概観と内部の装置模型を図3、4

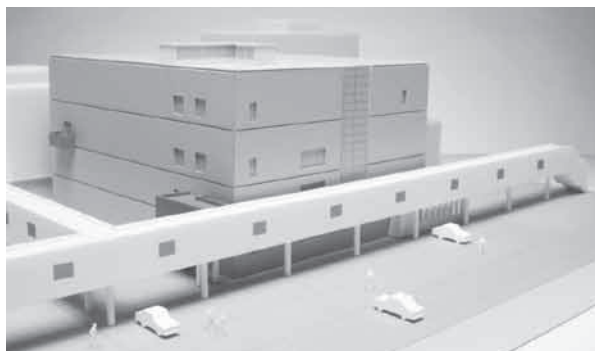


図3 分子追跡陽子線治療施設建屋概観 (模型)



図5 建屋建設状況 (2011年11月北海道大学病院敷地内)

に示します。また、11月時点の建屋工事の進捗状況を図5に示します。

本プロジェクトの目的やより詳細な進捗状況については、最先端研究開発支援プログラム「持続的発展を見据えた『分子追跡放射線治療装置』の開発」のホームページ\*にご紹介していますので、どうか一度ご覧になっていただけるようによろしく申し上げます。

\*プロジェクトホームページ：<http://rtpbt.med.hokudai.ac.jp>

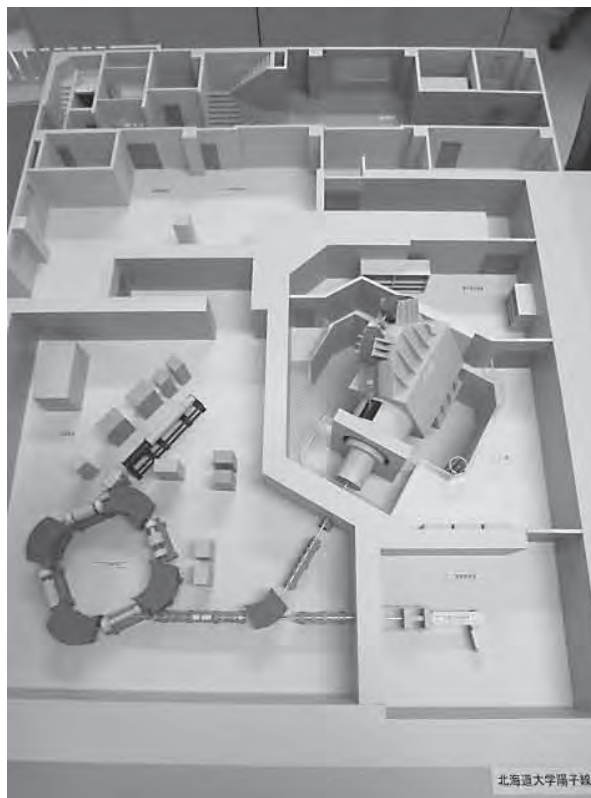


図4 分子追跡陽子線治療施設建屋内部 (模型)

## 神奈川県立がんセンターでの重粒子線治療開始に向けて

●神奈川県立がんセンター 放射線腫瘍科・重粒子線治療施設整備室 中山 優子

神奈川県立がんセンターでは、約4年後の平成27年12月に重粒子線治療を開始する予定である。まだスタートラインに立ったばかりであるが、今後の構想などについて述べたい。

### 1.これまでの経緯

神奈川県では、「がんにならない・負けない神奈川づくり」を目標に掲げ、がん克服のための総合対策と

して「がんへの挑戦・10か年戦略」を策定し、総合的ながん対策を推進してきた。その中で、神奈川県立がんセンターの機能充実を図るための総合的な整備の一つとして重粒子線治療装置の導入を掲げ、平成27年度の治療開始を目指し検討を進めてきた。その経緯を表1に示す。

現在(2011年11月末日)は、装置メーカー決定に向けて総合評価による入札を行っている段階である。

表1. 重粒子線治療装置導入までの経緯

平成 16 年 5 月	「神奈川県立がんセンター粒子線治療装置検討協議会」を設置。
平成 17 年 3 月	「がんへの挑戦・10 年戦略」の中で重粒子線治療装置の導入を位置付け。
6 月	「神奈川県重粒子線治療装置導入検討会」を設置。
平成 18 年 3 月	病院事業経営基本計画において「小型・普及型の重粒子線治療装置等の導入を推進」と位置付け。
平成 19 年 1 月	「がんへの挑戦・10 年戦略」第2ステージに向けたアピールの中で重粒子線治療装置を導入すると表明。
平成 20 年 8 月	「神奈川県立がんセンター整備運営事業 実施方針」において、新がんセンターの敷地内に重粒子線治療施設の建設予定地を明示。
9 月	「重粒子線治療装置整備基本構想策定委員会」を設置。
平成 21 年 3 月	「重粒子線治療装置整備基本構想」を策定。
平成 21 年 4 月	放医研との「研究・医療協力に関する協定」の締結。
6 月	「重粒子線治療装置ネットワーク会議」を設置。
6 月	「重粒子線治療施設整備検討委員会」を設置。
平成 23 年 2 月	群馬大学との重粒子線の医学利用に関し相互協力を推進することを目的とする協力協定を締結。
2 月	「重粒子線治療装置総合評価審査委員会」を設置。

## 2. 施設・装置仕様

神奈川県立がんセンター新病院のイメージ図を示す(図1)。総敷地面積は37,425m<sup>2</sup>であり、この敷地内に重粒子線治療施設の建設が予定されている。重粒子線治療施設の仕様案を表2に示す。放医研で開発され群馬大学へ実証機として設置された普及型治療装置で、線種は炭素のみ、治療室は4室で、1室は当初からスキニング法を用いた治療室を想定して

いる。他の3室も将来的にスキニング法を用いることができるように、当初から設計されることになっている。また、年間の治療患者数は、880人以上と大きな目標値を設定している。神奈川県立がんセンターでは、多くの患者に重粒子線治療が提供可能な臨床に特化した施設をめざしており、効率的な遮蔽設計や動線を重視した設計を現在検討しているところである。

図1. がんセンター新病院のイメージ図



【がんセンター新病院】  
2013年11月(2年後)  
オープン予定



【重粒子線治療施設】  
2015年12月(4年後)  
治療開始予定

表2. 重粒子線治療施設の仕様案

建築 / 延床面積	建築面積：3000 mm <sup>2</sup> 、 延床面積：6500 mm <sup>2</sup>
構造	地下2階、地上1階建て(HEBTは3階に相当)

線種	炭素
エネルギー	140 - 430 MeV/n
ビーム強度	1.2 x 10 <sup>9</sup> pps
最大飛程	約 250 mm
SOBP 幅	20 - 140 mm (合計 14 種類, ワブラー法用)
最大照射野	250 mm φ (MLC: 200 x 150 mm <sup>2</sup> )
照射法	ワブラー法 (通常, らせん, 積層原体), スキニング法
治療室数	全 4 室 (全治療室内に CT を設置) (1) 水平・垂直 治療室 [ワブラー法]: 2 室 (2) 水平 治療室 [ワブラー法]: 1 室 (3) 水平 治療室 [スキニング法]: 1 室
RIS	MOSA IQ (Elekta) ※ X 線・重粒子線共通
最大治療件数	880 人以上 (施設設計は 1000 人以上に対応)
治療日数	220 日以上 (年間)
その他	(1) 固定具室: 1 室 (2) 治療計画 CT-Sim 室: 2 室 (3) MRI 室: 1 室 (4) 診察室: 5 室 (5) 処置室: 3 室 (6) 個室待合室: 8 室

表 3. 重粒子線治療施設の特徴

<b>1</b>	<b>外来通院型の施設</b> 交通アクセスの良さを生かした通院治療
<b>2</b>	<b>がんセンター病院との併設型施設</b> がん専門医との提携による高度ながん診療
<b>3</b>	<b>放射線腫瘍センター化</b> プロトコールに沿った最適な放射線治療の選択

### 3. 施設の特徴

神奈川県立がんセンターの重粒子線治療施設の特徴を表3に示す。

まず第一に、神奈川県立がんセンターは、県庁所在地の横浜市にあり交通の便が大変よく、県内及び東京都南部・西部から通院可能な立地条件を有している。したがって、多くの患者が外来での通院治療が可能と想定されるため、外来通院を主体とした施設を目指している。

また、がんセンター病院との併設型施設になることで、各臓器別のがん専門医との連携により高度ながん診療を提供することができる。神奈川県内の重粒子線治療適応患者数は年間2500例と推定されている。対象の内訳を表4に示す。これは、神奈川県悪性新生物登録事業年報による平成15年の県内罹患患者数を基に放医研にて推計したものである。臓器別にみると、前立腺癌、肺癌、直腸癌、肝癌、頭頸部癌の順に多いと推定されている。現在、がんセンターは26の診療科を有しており、これらの癌腫を専門とする各診療科とプロトコールの作成や実際の診療など協力体制を築いていきたいと考えている。

もう一つの大きな特徴として、放射線腫瘍センター化がある。神奈川県立がんセンターは、平成25年(2013年)11月に新病院に移転する予定である。この新病院では、「高度で最新のがん医療の提供」を目標の一つに挙げており、放射線治療も照射室5室となり、まずは4台のリニアックで治療を開始する予定である。X線治療が充実し、重粒子線治療装置が併

表 4. 神奈川県内の重粒子線治療適応患者数の推定

部位	り患者数			適応患者数
	男	女	計	
<b>全部位</b>	<b>19,487</b>	<b>13,706</b>	<b>33,193</b>	<b>2,446</b>
前立腺	2,073		2,073	890
肺	2,881	1,210	4,091	581
直腸	1,217	663	1,880	268
肝	1,496	642	2,138	265
頭頸部	622	432	1,054	217
骨軟部	83	51	132	30
膵	746	553	1,299	11
婦人科		925	925	8

設されることにより、これらを合わせて放射線腫瘍センターとして機能させることができ、個々の患者に最適な放射線治療を提供することが可能となる。具体的には、放射線治療目的に紹介された患者は、放射線腫瘍センターを受診し、放射線腫瘍医のみならず、各臓器別専門診療科の医師も初診に対応するシステムを考えている。その後、臓器別がんセンターボードで治療方針が検討され、放射線治療の適応となった場合に、最適な放射線治療の方法を選択するという流れを考えている。

### 4. 今後の課題

今後、検討しなければいけない課題は数多くある。そのなかでも、高精度放射線治療と重粒子線治療ともに適応となる前立腺癌やI期非小細胞癌などの治療適応をどう決定するかは大きな課題である。今後4年間にX線治療・粒子線治療ともに技術の高精度化や分子生物学的知見の進歩、併用療法の工夫などますます発展していくと思われる。それらをふまえた上で、先行施設にノウハウを教えていただきながら、がんセンターのみならず神奈川県全体の放射線腫瘍センターとして機能できるような施設作りに、病院全体で取り組んでいきたいと考えている。

このニュースレターを読んでいる皆さんから、いろいろなお意見をいただけたら幸いです。アドレスは、nakayamy@kcch.jpです。

## 名古屋陽子線治療センター

●名古屋市健康福祉局 荻野 浩幸

名古屋市が整備を進めている陽子線治療センターは、名古屋城から約2km北にある住宅街の中に建設を進めています。この施設は、名古屋市が保健、医療、

福祉の総合エリアとして整備をしている「クオリティライフ21城北」の中にあり、このエリアの中核施設である西部医療センターの一部門として平成24年度中

に診療を開始する予定です。

西部医療センターは5つあった市民病院のうち、ふたつの病院を統廃合する形で新たに整備され、平成23年5月1日にオープンしたばかりの新しい病院です。診療科数は30、病床数は500床で、小児周産期医療とがん医療をふたつの柱として掲げています。放射線治療装置としてはノバルスTxがすでに5月から稼動しており、その他、主な放射線診断機器としては64列CTが2台、1.5T MRIが2台、PET-CTが1台、陽子線治療と兼用予定のCTシミュレーターが1台あります。治療計画装置はピナクル、iPlanと放射線治療計画支援ソフトのMIMを導入しており、将来的には陽子線治療計画装置とも接続してX線治療と陽子線治療の一体運用を目指しています。放射線治療科は現在1名の医師で対応しておりますが、平成24年度には1名増員予定で、平成24年度中のIMRTの開始を目指して準備を進めています。

陽子線治療センターは地上3階、地下1階の建物で、外観はほぼ完成し、装置の大型パーツの搬入もほぼ終わり、平成24年6月ごろからのビーム調整の開始を目指して準備を進めております。治療装置は日立製作所社製PROBEAT-IIIで、ガントリー2室と固定照射室1室の計3室の治療室を有し、ガントリー2室のうち1室はスポットスキニングによる治療を行う予定です。この装置は、MDアンダーソンがんセンターの陽子線センターで稼動しているPROBEAT-IIの後継機という位置づけの装置となります。

そもそも名古屋市が陽子線治療に取り組むことを決めたのは平成18年の市議会にさかのぼり、その後設置された「苦しめないがん治療委員会」により高齢化社会にむけて侵襲の低い医療施設として整備してゆくことを推進すべきである、との意見書が市長に提出され、順調に建設へむけて準備が進んでおりました。しかしながら、マスコミなどにより広く報じられましたのでご存知の方も多いかと思いますが、平成21年に行われた名古屋市長選挙で新市長が選ばれ、前市長の政策のうち大きなプロジェクトについては一旦立ち止まって考えた上で事業を継続するかどうかを決めたいとの方針が出されたため、本事業も同年9月に一旦凍結となりました。JASTRO会員の先生方にも名古屋までお越しいただき、市長立会いのもとで市民公開討論会が行われさまざまな意見をいただくことができ、討論会後に参加者に対して行ったアンケートでは8割を超える方々が事業継続を望むという結果となりました。さらにはがん関連のNPO法人などにより署名活動が行われ、名古屋市民をはじめ東海地方の方々を中心に7万人を越す事業継続を要望する署名が提出されるなどの動きをうけ、平成22年1月に市長により事業の再開が発表されました。一時は事業の行方が非常に不透明になりましたが、連日マスコミがこの問題を取り上げてくれたおかげで、地元での陽子線治療の知名度は凍結前に比べずいぶん上がったように思います。

現在陽子線治療センターの準備室のスタッフは、クオリティーライフ21城北の推進部署である名古屋市健康福祉局に所属し、市役所にて業務を行っています。メンバーは、医師1名、医学物理士2名、診療放射線技師4名、事務系職員3名で準備しておりますが、平成24年1月に医師が1名増員され、さらには平成24年度になればセンター長の就任をはじめさらなる医師、診療放射線技師、事務系職員の増員、看護師の配属などを予定しており、開院にむけてスタッフの確保をめざしながら、準備を進めてゆく予定です。医療スタッフの研修は医用原子力技術研究振興財団の「粒子線がん治療に係る人材育成プログラム」を利用させていただき、全国の先行施設で研修をしております。また、平成23年2月から1ヶ月程度の短期間ではありましたが、MDアンダーソンがんセンターにある陽子線センターで研修を行う機会を得ました。一日100名を越す患者の治療を朝6時から夜11時すぎまで行ったのち物理士によるQAが朝まで続き、まさに不夜城の様相でした。MDアンダーソンの治療患者の特徴としては、前立腺癌、肺癌、小児腫瘍などの占める割合が多く、特に印象的だったのは陽子線センター専属の小児麻酔科医がいて、手際よく小児例の入眠管理を行っていたことです。一日30人前後の小児例の治療をおこなっていましたが、医療スタッフの充実ぶりを改めて実感しました。

名古屋市の施設は東海3県初の粒子線治療施設ということで、4年前から愛知県と共同開催という形で粒子線治療医療連携専門家会議を年2回のペースで行ってまいりました。この会議は愛知県内の大学、がんセンターの先生方と先行施設などの先生方にお集まりいただき、講演会や粒子線施設整備にあたってのご意見をいただく会議ですが、本年からは岐阜大学や三重大学の先生方にもメンバーに加わっていただき、本施設の広域的有機的な利用を目指して会を発展させ、継続して行きたいと考えています。また、プロトコルにつきましても今後順次臓器ごとのプロトコル委員会を立ち上げてゆく予定です。

現在、開院まで1年半を切り、開院にむけての準備に奔走しています。これまでも全国の多くの先生方のご協力をいただくことでこの事業を進めてくることができましたが、今後も更なるご指導をいただければと思っております。



左側の8階建ての建物が西部医療センター、左手前の建物が陽子線治療センター（平成23年5月2日撮影）

## 相澤病院の陽子線治療施設計画

●社会医療法人財団慈泉会相澤病院 院長補佐 陽子線治療センター開設準備室長 星野 淳一

### ■はじめに

相澤病院は南北に長い長野県の中央(中信地区)に位置し、地域がん診療連携拠点病院・救命救急センター・地域医療支援病院の指定を受けている、診療科:37・病床数:502の、急性期医療を担う地域の中核病院である。

長野県唯一の医育機関である信州大学とは3km(車で10分)、隣県の山梨大学とは100km(車で1時間30分)ほどの位置関係である。

### ■相澤病院のがん診療への取り組み

当院では平成12年4月に頭蓋内定位放射線治療装置である「ガンマナイフ」を導入し、診断面においては平成13年4月に「PETセンター」を開設し、地域のがん診療に貢献してきた。また平成19年10月に「がん集学治療センター」を開設し、20床の外来化学療法室と強度変調放射線治療(IMRT)が可能なTomotherapyを設置して、がん診療にあたっている。これらのガンマナイフ治療、PET検査、IMRTの導入はいずれも長野県初であったように、当院はがん診療に関して先進的に取り組むことを基本姿勢としてきた。

### ■陽子線治療システムの導入経緯

長野県および隣県の山梨県には「がんセンター」が無く、がん治療において大きな効果が期待できる「粒子線治療施設」が開設される事は、今般の経済状況を鑑みると公共施設においては両県いずれにおいてもまず期待できないと考えられてきた。東隣りの群馬県には「重粒子線治療施設」が設置されているが、長野県の東・北信はともかく、中・南信および山梨県から治療を受けに行くには物理的に難しい。

そこで当院の相澤理事長の頭の中には、平成19年にTomotherapyを導入した際に「次は陽子線」との確固たる想いが既にあった。しかし30×50m程度を要する敷地は市街地にある当院にとってとうてい確保できるものではなかった。また100億円という事業費も一民間病院にとっては荷が重すぎるものであった。そんな折Still River Systems社で開発している小型陽子線治療システムの話聞き、本格的な情報収集に着手した。また、住友重機械工業より「住友でも小型の陽子線治療システムを開発している」との話聞き、かねてからお話を頂いていた三菱電機とともにブレゼンを依頼し、検討を重ねていった。

一方地方の民間病院である当院にとって、治療スタッフの確保も重要な課題であった。医師・医学物理士・診療放射線技師のいずれも手当しなげにできなかったが、山梨大学・信州大学・国立がん研究センター東病院より協力を頂き、充足できる見込みが立った。

そして平成22年6月、住友重機械工業より提案された、設置面積が最小(20×20m)である、世界初となる加速器一回転ガントリー垂直配置による小型陽子線治療システムの導入を決定するに至った。

### ■陽子線治療システムの概要

現在国内で稼働中の陽子線治療施設の多くが2回転ガントリー+1固定ポートの3照射室体制を取っている。

長野県全県の人口は215万人であるが、PETおよびTomotherapyの紹介状況を見ると、東・北信からの紹介は多くない。また、中信3次医療圏の人口は53万人に過ぎず、山梨県の人口も86万人と決して多くはない。このような状況下では、治療患者数は



全体イメージ図



治療室イメージ図

250～300人/年程度とみるのが妥当であり、当院の計画は1回転ガントリー照射室のみである。

一方で、既存施設に比べて更なる高精度化を求めた。

国立がん研究センター東病院と山梨大学からご指導を頂き、高精度治療を行うためのスキャニング照射ノズル、正確な位置決めを行うための6軸ロボット制御寝台・2方向DR (CBCT機能)・自走式In Room CTおよび照射部位を確認するためのOnline PETを当初より装備し、定位的陽子線治療と強度変調陽子線治療を可能にする機器構成となる予定である。

### ■進捗状況

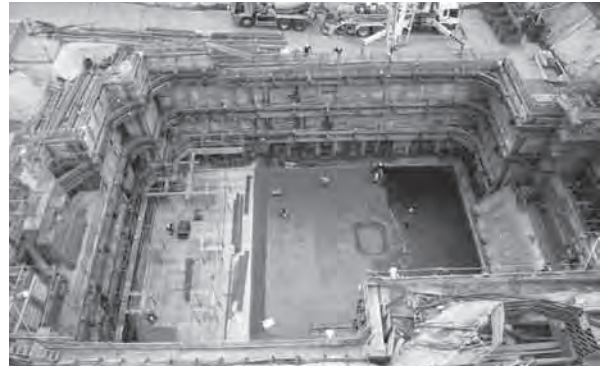
平成23年6月に建屋建設に着工し、11月末現在本体工事に入っており、平成24年7月に竣工予定である。装置本体部分の組み立てはすでに始まっており、サイクロトロンは平成24年2月、回転ガントリーは5月に搬入予定となっている。

スタッフの研修は平成22年10月より開始し、現在は国立がん研究センター東病院・静岡県立がんセン

ター・兵庫県立粒子線医療センターでトレーニングを積んでいる。

治療開始時期は薬事法医療機器一部変更申請の関係で平成25年春頃を予定している。

今回陽子線治療装置を相澤病院に設置するが、山梨大学・信州大学との共同利用施設として位置づけしており、両県のがん患者さんの治療成績の向上とがん治療研究の発展に寄与できればと願っている。



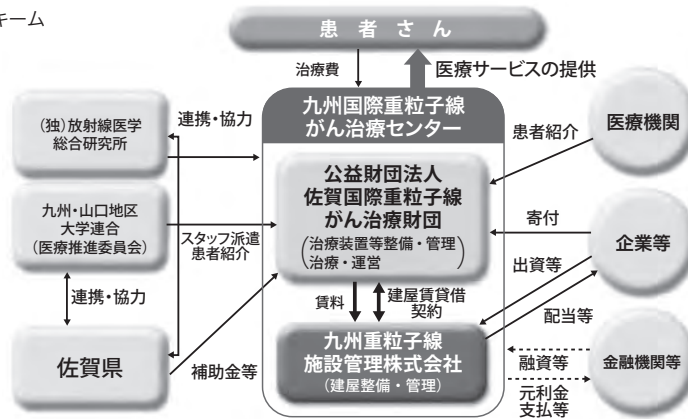
現地工事進行状況 (平成23年11月24日)

## 九州国際重粒子線がん治療センター (SAGA HIMAT) プロジェクトの現状

遠藤 真広<sup>1)</sup>、工藤 祥<sup>1)</sup>、塩山 善之<sup>1) 2)</sup>、十時 忠秀<sup>1)</sup>

● 1) 公益財団法人佐賀国際重粒子線がん治療財団 2) 九州大学大学院医学研究院重粒子線がん治療学講座

図1. SAGA HIMAT の事業スキーム



重粒子線は、その物理学的及び生物学的特徴により、がん治療に対する効果が古くから期待されていたが、放射線医学総合研究所 (放医研) のHIMAC (Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba) での臨床試験によりその期待が実証された。HIMACでの成果にもとづき世界中で施設建設が計画され、既にいくつかの施設で治療が開始されている。日本では、兵庫県立粒子線医療センターで2002年より治療が行われ、2010年3月からは群馬大学で治療が開始さ

れている。しかし、HIMACを始めとする日本の3施設は、いずれも公的機関により建設・運営されている。これは重粒子線治療施設の建設には、多大な予算が必要であり、民間施設では対応が困難なためである。この困難を打破し、より多くのがん患者が重粒子線治療を受けることができるようにするため、九州国際重粒子線がん治療センター (SAGA HIMAT) プロジェクトでは、産学官連携のもと民間主体で施設建設・運営を行う事業計画を策定した。(図1)



この事業計画にもとづき建屋整備・管理等を行う特別目的会社 (SPC) である九州重粒子線施設管理株式会社が2009年4月に設立され、また治療装置等を整備・管理し、治療運営を行う公益財団法人である佐賀国際重粒子線がん治療財団が2010年2月に設立された。本プロジェクトに必要な建屋・装置の整備費および運営が軌道に乗るまでの初期費用の合計は150億円と見込まれている。それらはSPCに対する民間企業等からの出資、財団に対する寄付、および両者に対する金融機関からの融資によりまかなわれるが、佐賀県もその一部の20億円を補助している。また、鳥栖市は土地の提供や固定資産税の減免によりプロジェクトを支援している。

治療施設が建設される鳥栖市は、九州最大の都市である福岡市の近郊にあり、JRや高速道路が交差する交通の要衝である。また、施設は九州新幹線の新鳥栖駅に隣接して建設され、施設へのアクセスは、九州だけではなく西日本各地からも大変に便利である。

重粒子線治療の装置整備・管理や治療運営には多くのノウハウを必要とするが、先行して重粒子線治療を行っている放医研および群馬大学と協力協定を締結して支援を受けている。また、必要な人材についてもこれらの施設において研修を行うとともに、九州大学、久留米大学および佐賀大学に重粒子線がん治療学講座を寄付講座として開設し、その養成をはかっている。

治療装置は、群馬大学に導入された普及型装置 (炭素線、最大加速エネルギー400MeV/u、螺旋ワブラー使用のブロードビーム照射) を基本とするが、照射室の構成を変更している。すなわち、図2に示すようにA照射室 (水平/45度ポート)、B照射室 (水平/垂直ポート)、C照射室 (水平/垂直ポート) の3室6

ポートで構成される。ここで、C照射室は将来、スキヤニング照射を導入するための部屋であり、建設当初は、大型の偏向電磁石のみが設置される。

治療装置の製作は三菱電機と、また建屋の建設は大成建設を中心とする共同企業体と、いずれも2010年中に契約した。建屋については2011年2月に着工し、現在、コンクリート打設を行っているが、12月には終了する運びとなっていて、打設終了後の2012年1月より装置の搬入据付を開始する。装置は搬入据付を控えて、工場において次々と製作・試験されている。図3に工場で作成中の高エネルギービーム輸送系の45°偏向電磁石を示す。これは、治療装置の構成部品としては最大のものである。建屋は2012年10月に完成し、ビーム試験等を経て2013年春の開設を予定している。

重粒子線治療装置を円滑に運営していくためには、一般の放射線治療装置と同様に周辺の装置・システムとの連携が重要である。SAGA HIMATにおいては、Record & Verify機能を持つ治療RISを中心に置き、これと治療装置、治療計画装置、HIS等をネットワーク接続し、ワークフロー管理やデータベース管理を行うことを予定している。また、本施設は病床を持たない施設であるので、周辺の病院との連携が特に重要であり、九州大学、久留米大学、佐賀大学等とのVPN (Virtual Private Network) を通じたネットワーク構築を検討していく。

専任の医療・技術スタッフとしては、工藤 (センター長)、遠藤 (技術統括監) の他、加速器専門家の金澤物理室長と将来、診療放射線技師を管轄することになる佐藤副技師長が、放医研より着任している。今後、これらのスタッフを核として寄付講座などで養成した人材等を採用していく予定となっている。

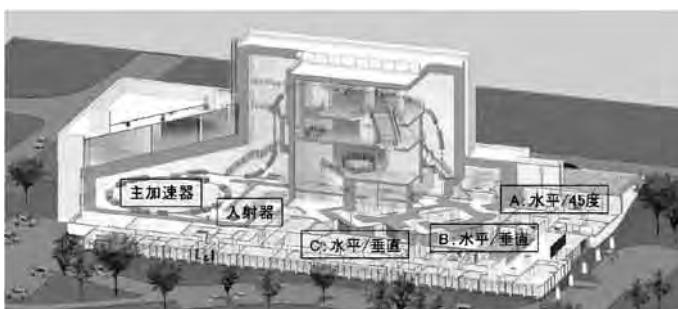


図2. SAGA HIMAT の治療装置配置



図3. 工場で作成中の45°偏向電磁石 (高エネルギービーム輸送系)