

SAGA-HIMAT PROJECT FOR CARBON ION RADIOTHERAPY

Mitsutaka Kanazawa^{A)}, Endou Masahiro^{A)}, Hiroshi Sato^{A)}, Tadahide Tokito^{A)}, and Yuichi Nagasawa^{B)}

^{A)}Ion Beam Therapy Center, SAGA HIMAT Foundation,
1-802-3 Hondori-machi, Tosu, Saga 841-0033

^{B)}Mitsubishi Electric Corporation, 1-1-2,
Wadasaki-cho, Hyogo-ku, Kobe 652-8555

Abstract

Project of SAGA Heavy Ion Medical Accelerator in Tosu (SAGA HIMAT) is promoted by Saga prefecture with private financial supports, investments, and also personal donations. With this funding, facility construction is conducted by a collaboration of SAGA-HIMAT foundation and SAGA HIMAT company. The facility is constructing in Tosu-shi near Shinn-Tosu shinkansen station, which has easy access from Kyushu island area and also south west Japan. In the facility, there are three treatment rooms, where first one has been equipped with horizontal and 45 degree oblique beam lines, second one has horizontal and vertical beam lines, and third one is for future preparation of spot scanning irradiation system. Design of an accelerator itself is same as a therapy facility at Gunma University, i.e., acceleration ion is carbon, maximum beam energy is 400MeV/u, and maximum beam intensity is 1.3×10^9 pps. An injection line to a synchrotron and transport lines to three treatment rooms had been rearranged. Designs of the accelerator and an irradiation system have started at beginning of 2010, and the construction of a facility building has started at beginning of this year (2011). Installations of accelerator devices are expected to start at beginning of 2012, and the facility is planned to complete in 2013. In this paper, we present our project and current status of the facility construction.

佐賀重粒子線がん治療プロジェクト

1. はじめに

炭素イオンビームを使ったがん治療は、1994年に放射線医学総合研究所（放医研）のHIMACで始められ、最近では年間の治療患者数は約700名にのぼっている。しかも、この治療患者数はHIMACを夜間及び週末は一般的な実験に利用し、夏と春にメンテナンス期間をそれぞれ約一か月ずつ取ったうえでの実績である。又、延べ治療患者数は約6000名にのぼり、治療部位も胃、腸などの部位の一部のがん以外の多くで行われている。さらに2003年からは高度先進医療が始まり、患者から治療費を受け取って行う治療が始まり、現在では全体の2/3の治療にのぼっている。これらの実績をうけて、がんの重粒子線治療を多くの人ができるように、より小型、かつ低価格の小型治療施設に対する強い要請を受けて、放医研では2006年度から2年かけて普及型治療施設のための開発を行った。その成果に基づき、実証装置としての位置付けで、群馬大学に治療施設が作られ、現在実際に治療が行われている。これに続いて、佐賀県鳥栖市において、九州国際重粒子線がん治療センターの施設（SAGA-HIMAT）が現在建築中である[1][2]。この計画では入射器やシンクロトロン設計は群馬の場合と同じである。ただし、治療室に関しては45度ビームラインを利用する治療室を設けており、照射方向の自由度を増している。又、将来整備用に垂直と水平の照射コース（スポットスキヤニング照射）を持つ治療室を配置している。



図1：重粒子線治療施設を建設中の佐賀県鳥栖市新鳥栖駅の位置。

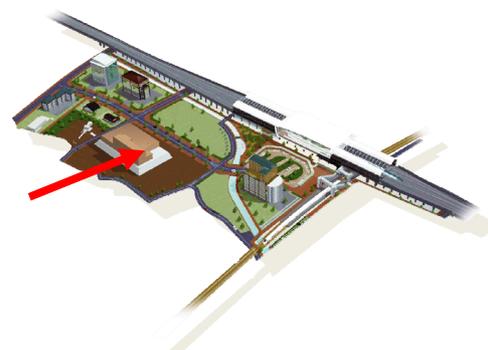


図2：建設中の重粒子線治療施設 SAGA-HIMAT の新幹線の新鳥栖駅付近での配置。

しかし、このプロジェクトの最もこれまでとは異なる特徴的なところは、佐賀県がこのプロジェクトに対してイニシアチブを持ちながらも、民間からの出資及び寄付、さらには個人の寄付も広く募って建設費を確保するところにある。この出資・寄付を募る範囲も佐賀県に限らず、九州全体で行っている。この意味で九州全体の計画という性格を持っている。このことは建設場所の鳥栖市が九州各地からアクセスするのに良好な所であり、しかも新しく建設された九州新幹線・新鳥栖駅の真ん前（駅から歩いて2分）という所にも表れている。現在建物の建設が2012年の10月の完成を目指して急ピッチで進められている。ビーム運転ができ、照射可能になるのは2013年を予定しており、これに向けて加速器、照射機器の設計・制作及び治療システムに関連するソフトウェアを含んだ詳細な詰めを行っている。

本講演ではこのプロジェクトの建設の現状について述べる。

2. 計画の概要

本計画では、事業費として150億円を見込んでおり、これをどのように可能にするかはこの計画のもっとも重要な点の一つである。これをできるだけ容易にするために、多様な形の資金を受け入れられるようにする事が必要とされる。医療行為を行う組織は財団法人である必要があり、このために公益財団法人・佐賀国際重粒子線がん治療財団が設立された。この財団が、佐賀県からの補助金を受け、個人も含む民間からの寄付を受けている。さらに企業からの出資金を受けることは財団ではできないので、これを受けるために、九州重粒子線施設管理会社を設立している。これらの多様な資金を利用して、重粒子線の治療施設を建設し、これを使ったがん治療を立ち上げてゆく予定である。

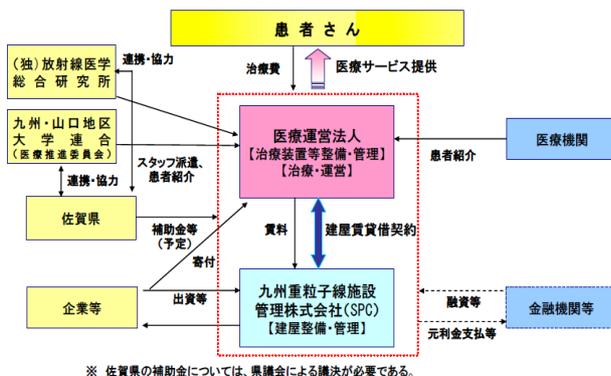


図3: 今回の事業計画に関連する組織間の関係の説明図

そのうえで、患者さんからの治療費によって、この施設で働くすべての人の人件費も含めて運営してい

く必要があり、重粒子線治療施設では初めての試みになる。そのために重要な事は、スムーズな施設の立ち上げ、その後できるだけ早く計画された治療患者数をこなせるようにする事である。このためには放射線医学総合研究所との協力関係が重要であるとともに、群馬大学の重粒子線治療施設での経験もできるだけフィードバックして、この施設での治療の立ち上げをスムーズにする必要がある。そのためにこの二つの施設と協力協定を結んで、できるだけ短期間での立ち上げが実現するようにしている。もちろん順調な施設の運営には、近くの医療機関との連携は非常に重要である。これらの関係の全体を示したのが図3である。

3. 施設計画

今回の施設自体には患者入院のための病院機能はない。したがって、本計画では、近隣の病院の協力を受けて運営する必要がある、治療はすべて通院で行はれる。もちろん、重粒子線によるがん治療に密接に関係する、X-CT、MRI、PET を使った検査はこの施設内で行えるように計画している。

3.1 基本仕様

HIMAT の基本仕様を表1に示すが、加速器自体は基本的に群馬大学のものと同様である。ただし、治療室は水平と45°の照射コースを持つ治療室Aと、水平と垂直照射コースを持つ治療室Bの2室である。最初はこの2室で治療をスタートさせ、年間800名の患者の治療を行う計画である。その次の段階として、水平と垂直照射コースを持つ治療室Cを整備する予定である。この治療室へのビーム輸送ラインでは、後で設置が困難な偏向磁石は当初に設置しておき、それ以外はC治療室整備の時に設置する予定である。この治療室Cではスポットスキニング照射を利用する事を考えている。

表1: 基本仕様

ビーム	炭素(¹² C)
イオン源	永久磁石 ECR, 10keV/u
入射リニアック	RFQ, 0.61MeV/u IH-APF, 4MeV/u
シンクロトロン	周長 61.5m
エネルギー	140 ~ 400MeV/u
ビーム強度	1.3 × 10 ⁹ pps
治療室	治療室 A(H/45°) 治療室 B(H/V) 治療室 C(H/V: 将来増設)

3.2 施設レイアウト

上記の3治療室をできるだけコンパクトな床面積で実現するために、入射器、シンクロトロン、高エネルギービーム輸送ラインの配置を、それに合わせて設計しなおした。その際、ビーム輸送ラインの偏向電磁石が少なくなることも考慮した。又、治療室へのアクセスのしやすさも重要で、治療室の入り口はできるだけまとまっている必要がある。このような要請を考慮して、図4に示すような配置を採用した。又、図5にはこの施設の模型の写真を示す。



図4：施設全体の平面図、平面図はそのエリアの用途ごとに色分けして示している。加速器エリア（灰色）、照射室及び治療ホール（ライトサーモン）、画像診断エリア（オレンジ）、診察及び待合エリア（ライトピンク）、受付及び事務（黄緑）、治療具制作等（空色）。



図5：SAGA-HIMAT 治療施設の模型

3.3 照射機器配置

治療室Bは水平及び垂直照射コースを備えており、螺旋ワブラー法を使った照射ができるように設計されている。最上流のワブラー電磁石の中心からアイ

ソセンターまでは7.4mで、水平と垂直照射コースで共通である。他の照射機器の配置も水平と垂直で共通にされて、照射ビームの特性が共通になるように設計されている。最大線量率は10cm×10cm×10cmのターゲット体積に対して5GyE/min以上で、最大照射野は15cm×15cmとなっている。又、治療室Aは水平と45度ラインの照射コースを備えているが、この二つの照射コースも照射機器の配置が治療室Bと共通になるようにしている。このため、もし治療室Aの水平照射コースの照射機器が故障して、利用できなくなった場合でも、治療室Bの水平照射コースが同じビーム条件で利用できるようになっている。この治療室Aでは水平と45度ラインの照射コースの両方を備えていて、大きなマルチリーフコリメータをそれぞれ備えるのは不可能である。このため、図6に示すように、このマルチリーフコリメータを移動できるようにして、それぞれ水平と45度照射コースで同じマルチリーフコリメータを利用できるようにしている。このような45度照射コースの利用により、患者への照射角度の自由度が増し、皮膚線量や腫瘍の傍にある重要臓器に入る線量の低減がしやすくなると考えられる。これはガントリーを採用しない場合の選択肢として重要であると考えている。

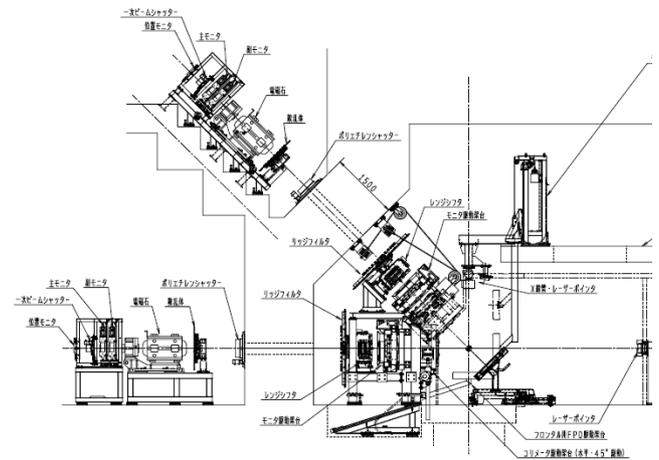


図6：A治療室の治療台を中心にした（45°・水平）コースの照射機器配置図。

4. 建設の現状及びスケジュール

建物の建設は2011年1月27日の起工式でスタートした。これに先だって、鳥栖の建設現場での地盤調査を行った。この結果、地下5~8m付近にN値が30程度の地層があり、ここを支持層とする深層混合処理工法による地盤改良を行って、建物の基礎としている（図7）。建設の現状は図8のようになっているが、年内に躯体工事がほぼ終わる予定である。

2012年初めには機器の搬入を開始し、機器の組み合わせ試験を10月頃に予定している。2013年初めには加速器のビームテストを開始して、その同じ年に治療開始の予定である。

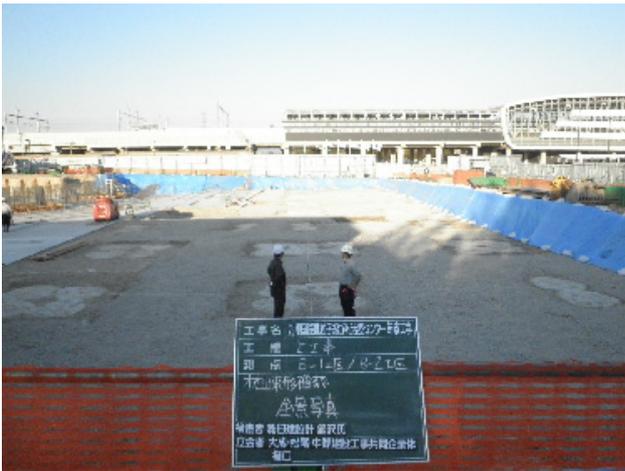


図7: 地盤改良法の写真。深層混合処理工法による地盤改良を行ったところが円形状に白っぽくなっている。



図8: 建築現場での現状の写真。建設現場の右奥に見えているのは新鳥栖の新幹線駅。

参考文献

- [1] 九州国際重粒子線がん治療センター、事業計画 Ver.2.0, Jan, 29, 2010
- [2] M.Endo, et al., SAGA-HIMAT (Heavy Ion Medical Accelerator in Tosu), May 2010, PTCOG49

5. 謝辞

加速器及び照射系の設計にあたっては放医研・物理工学部の方々に議論に加わっていただいた事を感謝いたします。又、本計画の施設の建設は九州重粒子線施設管理株式会社が担当しており、建設の資料等については甲斐慎一郎、嶋田昭彦の両氏及び大成建設の山田隆則氏にお世話になりました。又、公益財団法人・佐賀国際重粒子がん治療財団の光武亨剛氏を始めとする財団の各位及び佐賀県健康福祉本部・粒子線治療普及グループの各位のその熱心なサポートに感謝いたします。