

CONSTRUCTION STATUS OF THE SAGA-HIMAT

Mitsutaka Kanazawa^{A)}, Endou Masahiro^{A)}, Hiroshi Sato^{A)}, Hiroyuki Matsueda^{A)}, Yasunobu Ochiai^{A)}, Shinichiro Baba^{A)}, Toshimasa Mitsutake^{A)}, Harumi Hotta^{A)}, Kunisuke Okamura^{A)}, Yoshiyuki Shioyama^{A)}, Sho Kudo^{A)}, Makoto Kitamura^{A)}, and Tadahide Totoki^{A)}

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

Abstract

The SAGA Heavy Ion Medical Accelerator project 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 under construction in Tosu-shi near Shinn-Tosu Shinkansen station, which has easy access from the Kyushu island area and also south west Japan. In the facility, there are three treatment rooms, where the first one has been equipped with horizontal and 45 degree oblique beam lines, the second one has horizontal and vertical beam lines, and the third one is for future preparation with a spot scanning irradiation system. The design of the accelerator itself is almost the 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. The injection line to the synchrotron and transport lines to the three treatment rooms have been arranged to fit for the saga facility. Installations of the accelerator components have been almost finished, and the facility is planned to complete in 2013. In this paper, we present our project and current status of the facility construction.

SAGA-HIMAT 建設の現状

1. はじめに

1994年に放射線医学総合研究所で始められた癌の重粒子線治療は、今でも新しい部位の治療が先進医療として認められ、治療できる癌の種類が拡大している。治療施設の建設の方も、日本、中国、ヨーロッパで広がりを見せている。現在、日本では九州国際重粒子線がん治療センター（SAGA-HIMAT）が群馬大学に続いて、佐賀県鳥栖市において建築中である[1][2][3]。このプロジェクトのこれまでの重粒子線プロジェクトと異なる最も特徴的なところは、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。又、治療患者に関しても九州全域及び山口県から来ることを想定している。今年に入って福岡県からも補助金をもらい、ますます九州全体の計画という性格を強めている。建設場所は図1からわかるように、九州新幹線と長崎本線の新鳥栖駅のすぐ前で、さらにここは南北及び東西に延びる高速道路の交わる所であり、交通の便が非常に良いところである。建物の建設に関しては現状を図1に示すが、建物の建設工事はほぼ完成し、内装及び外構工事を残すのみとなっている。装置に関しては、搬入がすべて完了しており、8月末からの

個々の機器の運転を予定している。

本講演ではこのプロジェクトの現状について述べる。



図1：建設中の重粒子線治療施設と佐賀県鳥栖市新鳥栖駅。奥に見えるのは背振山系の東端。

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（補助金、出資金、寄付金、借入金）を受け入れられるようにする必要がある。そのために、治療装置を作り医療の

主体となる組織として公益財団法人・佐賀国際重粒子線がん治療財団を設立した。さらに、建物の建設及び管理する、九州重粒子線施設管理会社を設立した。

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、この点が重粒子線治療施設では初めての試みになる。そのため、想定したように治療患者数を増加させる事が重要である。この為に現在九州大学、佐賀大学、久留米大学に寄付口座を作り、さらに粒子線外来を作ってもらっている。又、すべて外来で治療を行う上で近隣の病院とスムーズな協力が出来る事は重要であり、近隣の病院と医療機能連携協定の締結を進めている。

3. 治療施設

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得て運営する必要があり、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(最初の段階では無し)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に、放医研で研究開発した普及型である。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。この 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。

最初はこの 2 室で治療をスタートさせ、年間 800 名の患者の治療を目標としている。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。

表 1：基本仕様

ビーム	炭素(¹² C)
イオン源	永久磁石 ECR, 10GHz ¹² C ⁴⁺ , 10keV/u
入射リニアック	rf : 200MHz (RFQ,IH) RFQ, 2.5m, 0.61MeV/u IH-APF, 3.4m, 4MeV/u ビーム強度 : 200eμA(C ⁶⁺)以上

シンクロトロン	周長 : 61.5m 最大運転周期 : 6 秒 出射エネルギー : 140 ~ 400MeV/u 最大ビーム強度 : 1.3×10 ⁹ pps
ビーム輸送系	コース・エネルギー切り替え時間 : 1 分程度以内
照射系	照射法 : 螺旋ワブラー法、 積層照射が可能。 最大照射野 : 15×15cm ² 照射線量率 : 5GyE/min 以上
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, スポットスキニング照射法)

3.2 施設レイアウト

施設の配置を決めるのに当たって、南側にある民家及び新鳥栖駅からの動線を考慮した。又、3 つある治療室へのアクセスのしやすさの点から、治療室への入り口はできるだけまとまっている必要がある。この様な要請を考慮して、図 2 に示すような、高い壁が出来る垂直ラインが民家とは反対側になるように配置した。

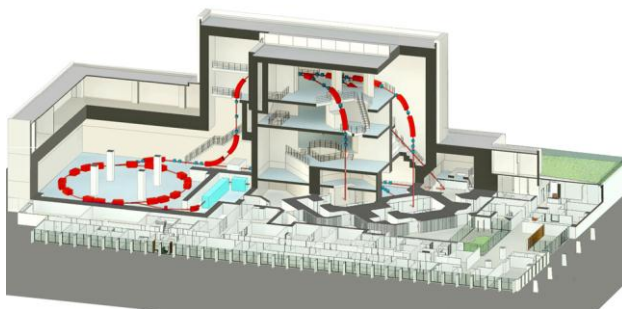


図 2: 治療施設の鳥瞰図で、右手奥に 45° ビームラインを持つ治療室 A が配置されている。



図 3：治療室 A の完成予想図



図 4：治療室 B の完成予想図。

3.3 治療照射室

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。このアイソセンターで交わる 2 つの照射コースに独立した多葉コリメータを設置する事はその大きさから不可能である。このため 2 つの照射コースで 1 つの共通の多葉コリメータを移動して利用するようにしている。移動のための時間は約 20 秒で、位置精度は±0.5mm である。治療室 B は水平及び垂直照射コースを備えており、もちろんこの水平コースは治療室 A のものと互換性を持っている。照射法に関しては単円ワブラー及び螺旋ワブラー法を使った照射ができ、又単円ワブラー法での積層照射ができるように設計されている。これらの治療室の完成予想図を図 3 及び図 4 に示す。

4. 装置建設の現状

イオン源に関しては工場にてビーム試験を実施して $^{12}\text{C}^{4+}$ のビーム強度が $380\mu\text{A}$ と、設計で要求している値の約 2 倍と、十分な値を確認出来ている(図 5)。又、RFQ と APF-IH リニアックに関してはタンク内の電場調整に続いて、それぞれの高周波アンプを接続して高出力試験を実施し、必要な加速電圧が出せる事を確認出来ている。現在、現地への搬入・

据え付けに続いて、精密アライメント、配線及び冷却水配管もほぼ終わっていて、8 月末には現地での高出力試験を予定している。

シンクロトロン現状を図 6 に示すが、精密アライメントの最中である。この作業が終わり次第、真空チャンバーの組み立てを行う予定である。偏向電磁石電源については、工場パターン運転での高出力試験を模擬負荷を使って実施し、その性能を確認している。現地では実負荷を接続し制御系の調整を行い、実際の電流パターンでの運転を 10 月に予定している。

高エネルギービームの輸送系に関しては、精密アライメント及び真空チャンバー組み立てが終了している(図 7)。現在は配線作業中で、配管作業及び通水試験が完了して、通電試験を始めるのは 11 月初めを予定している。

12 月には加速器の総合運転に引き続いてビーム試験を予定している。



図 5: 工場でのイオン源のビームテストの様子。



図 6: シンクロトロン及びシンクロトロンから取り出されたビームの輸送ラインの現状。



図 7: B 治療室へのビーム輸送ライン。

5. 医療情報システム

実際に多数の患者の治療を行おうとすれば、これまで述べてきた加速器及び照射装置だけでは不可能である。患者ごとに照射条件を決めるための治療計画装置とこの為に必要な診断機器が必要である。さらに、この決められた治療計画に基づいて一連の治療照射を行うための管理ソフトの RIS(Radiology Information System) 及び患者の管理全般を行う HIS(Hospital Information System)、診断画像の管理等を行う PACS(Picture Archiving and Communication Systems) が連携して動いて初めて実際の重粒子線治療をスムーズに行う事が可能になる。これらの医療情報システムの全体を図 8 に示す。現在、採用する診断機器及びソフトウェアシステムが決まり、機能分担やそれに伴うデータの授受及び操作画面等の詳細に関して議論を行っている。

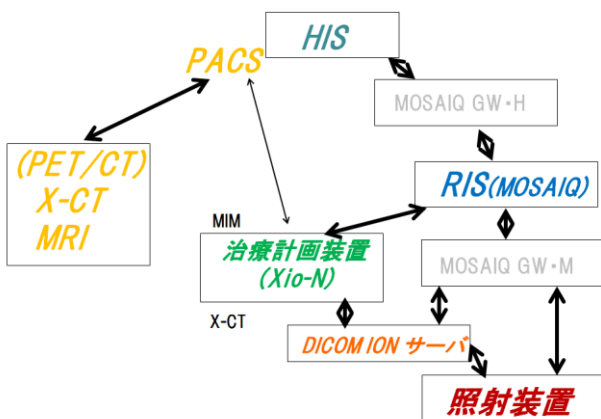


図 8: 医療情報システム。治療室 B は水平及び垂直

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。

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 in Tosu), PTCOG49, May 2010.
- [3] M.Kanazawa, et al., SAGA-HIMAT PROJECT FOR CARBON ION RADIOTHERAPY, 加速器学会 2011.