

CONSTRUCTION STATUS OF HEAVY-ION RADIOTHERAPY FACILITY AT GUNMA UNIVERSITY (III)

Ken Yusa¹, Mutsumi Tashiro, Kota Torikai, Hirofumi Shimada, Makoto Sakama, Tatsuya Ohno,
Tatsuaki Kanai, Satoru Yamada, Takashi Nakano
Gunma University Heavy-Ion Medical Centre
3-39-22 Showa, Maebashi, Gunma 371-8511

Abstract

A carbon-ion radiotherapy facility is currently being constructed at Gunma University. This facility has an accelerator complex and three treatment rooms with four irradiation ports. The accelerator complex consists of a compact ECR ion source, two types of linacs i.e., an RFQ and an APF-IH, a synchrotron having a circumference of 63 m and high-energy beam transport lines to deliver accelerated carbon-ion beams to each treatment room. The beam wobbling method is employed to irradiate patients for each irradiation port in these treatment rooms. Moreover an R&D room is also being constructed to develop new irradiation methods.

Carbon-ion beams having energies of up to 400 MeV/n can be generated in this facility. The maximum energy corresponds to residual range of 25 cm in water, which is sufficiently large to reach deep-seated tumors in the human body. A beam intensity of approximately 1×10^9 pps is required to provide a dose rate of 5 GyE/min. This facility is designed to treat more than 800 patients per year.

Construction of the building was completed in March 2008 and installation and assembly of the apparatus was finished in spring of 2009. After the machine has been commissioned, the first irradiation for patient treatment is scheduled to be performed in March 2010.

群馬大学重粒子線治療施設整備の現状 (III)

1. 始めに

群馬大学では重粒子線治療装置を導入すべく施設の整備をしているところである。群馬大学では医学部附属病院を基盤に、重粒子線治療を中心とする充実した総合がん医療を提供すること、他の治療法との比較臨床試験や併用治療法研究などの応用臨床研究を展開することを目的に重粒子線治療装置を設置すべく2001年より準備を進めてきた。本発表ではその概要と現状を報告する。

2. 施設概要

2.1 装置概要

治療装置については放射線医学総合研究所で研究・開発が進められてきた「小型・普及型炭素線治療装置」をベースにしている。この基本仕様を表1に示す。

入射器は ECR イオン源、RFQ 線形加速器、APF-IH 線形加速器からなる。入射器の終端にストリッパがあり、 C^{4+} から C^{6+} に荷電変換される。入射器の終端でのエネルギーは 4MeV/n である。シンクロトロン (FODO 型 lattice) は周長約 63m で放射線医学総合研究所 HIMAC のものの約半分となっている。最大加速エネルギーは 400MeV/n でありこれは表1に示した最大体内飛程の条件を満たす。シンクロトロンで加速されたビームは高エネルギービーム輸送系により各治療室に輸送される。各治療室にはビームを患者体内の標的に精緻に照射する為の機器が備えてある。

患者治療ビームを形成・制御するためのビーム加工機器が配列されている。まず照射装置上流にビームを横方向に広げる為のワブラー電磁石と散乱体が配置される。エネルギーを変調してブラッグピークの幅を広げるリッジフィルタ、ビームのレンジを微調整するレンジシフト、照射野をターゲットの形状に調整するマルチリーフコリメータやボラスが配置される。照射するビーム量を制御するために2個の線量モニタを備える。本施設では線量モニターとして二次電子モニターを採用する。

また患者治療台や X 線位置決め装置のように患者位置決めを精緻に且つ迅速にできる機器も具備される。ワブラー法 (単円、螺旋) は患者体内の呼吸性の移動に対応しやすい特徴を持つ。呼吸同期照射に加え、積層原体照射、ノンコプラナー照射、パッチ照射に対応できる。

群馬大学では年間 800 人以上の患者を治療することを目標としており、そのためには装置の効率的な運用が求められる。具体的にはビームエネルギー変更、ビーム導入コースの変更が短時間 (1分程度) で行えることや、治療ポートの互換性を有することにより、患者と治療ポートの関係をできるだけおさえるようにする。また少人数による運転・維持が可能であるような工夫が求められる。

治療室以外に、将来先進的な治療を行うための研究・開発用の照射室が1室用意されている。今回の整備には含まれないが、現在はポートの設計検討を行っている段階である。

¹E-mail: yusa@gunma-u.ac.jp

Table 1: 群馬大学重粒子線治療装置の基本諸元

イオン種	炭素
最大体内飛程	25 cm
照射野	最大 15 cm×15 cm
線量率	5 GyE/min (1×10^9 pps)
治療室・ポート	3室4ポート(水平治療室1、垂直治療室1、水平・垂直治療室1)

2.2 建屋概要

建物の構造は地下1階(半地下)、地上2階である。建屋の規模としては65m×45m、総床面積6300m²である。施設の設置位置に地表面下5mに施設を支持できる地盤がある。間に置換コンクリートを置かずこの地盤に建物を設置することによりコストダウンを図ることができる。また、半地下構造にすることによって外向きの遮蔽壁厚を薄くでき、建物の地表からの高さを20mに抑えることが可能となった。

地下1階レベルには加速器や各治療室が設置されている。また同一フロアにCTシミュレーションや各診断機器等、診察・処置室、治療計画室が配置されている。1階の一部はカンファレンス室やスタッフ居室に割り当ててあるが、それ以外の領域や2階は電源・機械室に割り当てている。

3. これまでの流れと今後の予定

2006年4月に建屋・設備に関する設計を開始した。その後施工会社を総合評価方式で選定し、2008年10月に仕上げ工事が完了した。

一方治療装置については、2006年12月に総合評価方式で製造請負業者を選定した。それ以降、装置の製作設計に関すること、建屋・設備と取合いに関することについて製造請負業者と打合わせを重ねている。2008年8月より機器の搬入・据付けが行われ、2009年4月よりビーム無の調整が開始された。

2009年8月よりビーム有試験を開始して、治療パラメータの設定を行う。2010年3月に臨床使用開始を予定している。

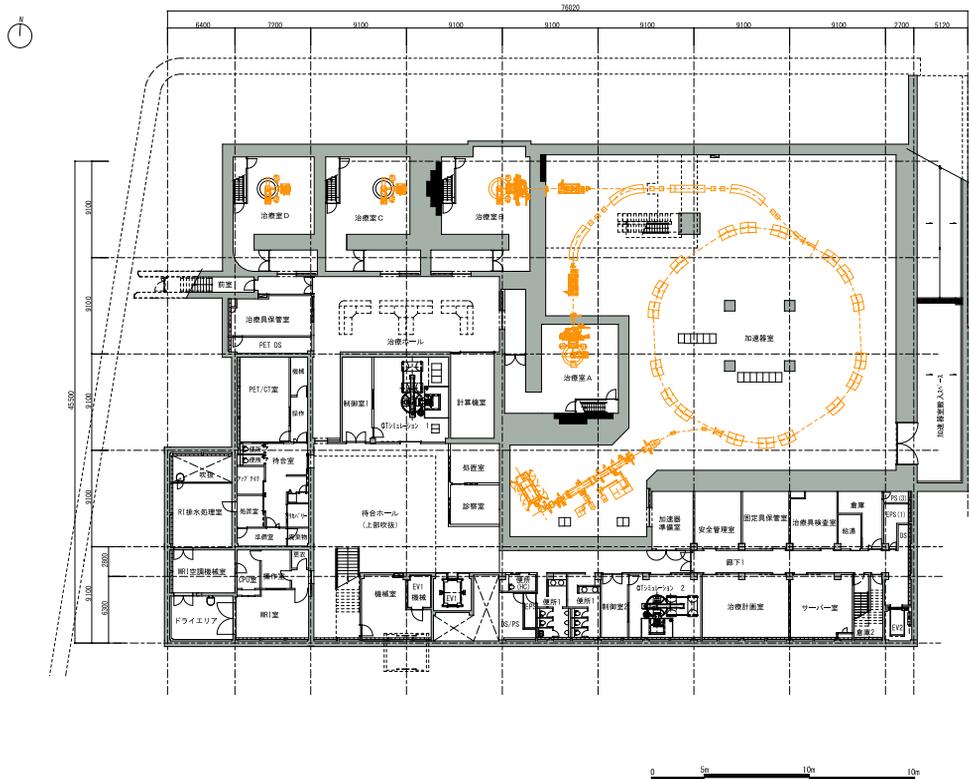


Figure 1: 施設平面図(地下1階)

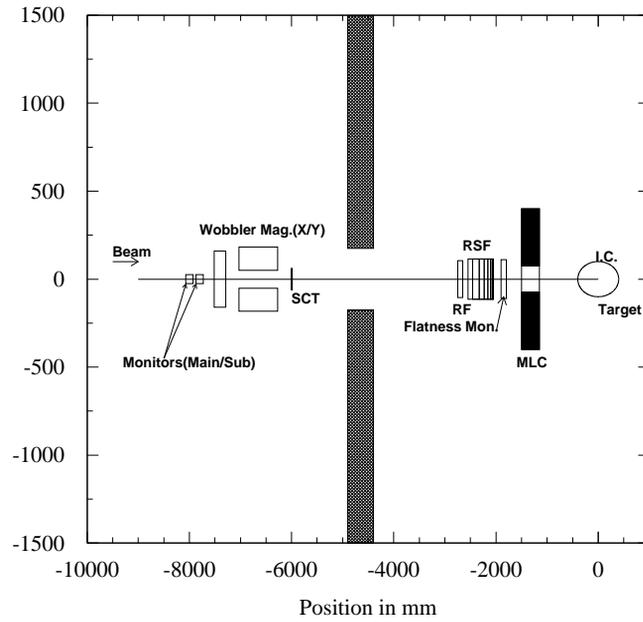


Figure 2: 照射ポートの概略図。水平コース、垂直コースとも同じジオメトリにしてある。(SCT : 散乱体、RF : リッジフィルタ、RSF : レンジシフタ、MLC : マルチリーフコリメータ、I.C. : アイソセンタ)



Figure 3: 整備中の加速器の様子