

神奈川県立がんセンターi-ROCKにおける重粒子線治療の現状

PROGRESS REPORT OF CARBON THERAPY IN I-ROCK

竹下 英里^{#,A)}, 藁原 伸一^{A)}, 草野 陽介^{A)}, 松崎 有華^{A)}, 山田 聡^{A)},
古川 卓司^{B)}, 水島 康太^{B)}, 原 洋介^{B)}, 早乙女 直也^{B)}, 丹正 亮平^{B)}, 皿谷 有一^{B)}, 野田 耕司^{B)}
Eri Takeshita^{#,A)}, Shinichi Minohara^{A)}, Yohsuke Kusano^{A)}, Yuka Matsuzaki^{A)}, Satoru Yamada^{A)},
Takuji Furukawa^{B)}, Kota Mizushima^{B)}, Yousuke Hara^{B)}, Naoya Saotome^{B)},
Ryohei Tansho^{B)}, Yuichi Saraya^{B)}, Koji Noda^{B)}

^{A)} Kanagawa Cancer Center

^{B)} National Institute of Radiological Sciences

Abstract

As part of the Kanagawa “Challenge-10-year strategy to cancer” it was decided in March 2005 to establish a carbon-ion therapy system at the Kanagawa Cancer Center (KCC). After about 10 years of this decision, construction of the main building for the acceleration and treatment devices has been started and completed in October 2014. Various treatments for cancer, which include the present photon LINAC for the radiation therapy, will be provided to patients in cooperation with our cancer center hospital. In addition, we will combine a compact dissemination treatment system of carbon-ion therapy to the pencil beam 3D scanning technique designed by the National Institute of Radiological Sciences (NIRS). From December 2015, the treatments were started as a clinical trial. The real treatments have been performed from February 2016 as advanced medical care. In the next step, we plan to treat the lung and the liver cancer using the respiratory gated irradiation technique. In this paper, we report the status of our facility at KCC.

1. はじめに

神奈川県立がんセンター(KCC)では 2005 年に重粒子線治療装置の導入が決定し、約 10 年後の 2014 年 10 月に重粒子線治療施設(i-ROCK)が竣工を迎えた。i-ROCK は KCC 病院棟に隣接しており、光子線治療を含め外科的切除や化学療法を交えた、患者毎に最適かつ総合的ながん治療を提供する場として県内外から注目を集めている。2015 年 12 月には臨床試験としての治療を開始し、翌 2016 年 2 月からは先進医療での治療照射を始めた。現在は、治療室 2(水平・垂直コース)および治療室 1(水平コース)を用いて治療を行っているが、内部呼吸同期システムの導入にあたり、今秋より治療室 1 に代わり治療室 3(水平・垂直コース)を用いた治療運用を予定している。肺や肝臓などの呼吸性移動をともなう部位については、既に体表センサーを用いたいわゆる外部呼吸同期照射を行っている。一方、斜め X 線透視システムを用いた内部呼吸同期については、今秋より当センター側のコミッショニングを開始し、来年度中の運用開始を目指す。以下、施設全体の現状報告について記す。

2. 2016 年度運転実績

2.1 日常の運転体制

装置全体(入射器・MEBT・シンクロトン・HEBT・照射室内機器)は朝6時半に一括操作により立ち上げが開始され、本体室や各部屋の見回り点検を実施したあとシンクロトンの運転パラメータやビーム強度の再現性などを順に確認する。室内機器も同様に目視点検を実施し、照射室へのビーム導入が可能となった段階でデイリー

[#] takeshita.e@kcch.jp

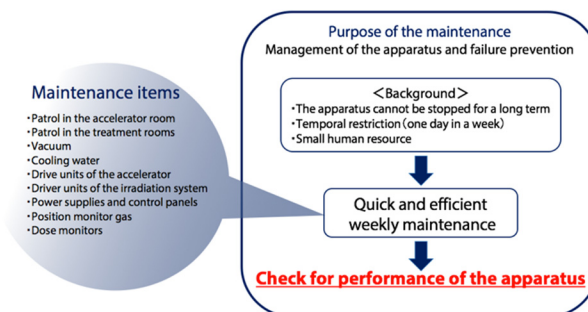


Figure 1: Maintenance rule; To keep the performance of the apparatus, the maintenance for the beam delivery system is performed efficiently in one day of a week.

QA を実施する。また、装置の不具合をいち早く発見するために、週毎に簡易メンテナンスを行っている。不具合が見つかった場合には、Figure 1 に示した規則に準じてメーカー側へ速やかに連絡を行い、復旧および改修に尽力する。

2.2 各種 QA について

装置性能を担保するため、Daily・Monthly・Semiyearly・Yearly と期間毎に区分した QA を実施している(Figure 2 参照)。比較的短期スパンではペンシルビーム自体の基本性能を主体としてチェックを行い、二次元および三次元照射の線量分布確認は半年ないしは年ごとに行っている。以下、Daily QA に関する項目を列挙する。

- 全エネルギー11種について、照射室アイソセンタにおけるビーム位置のズレを測定。2mm 以上のズレがあった場合には、上流に設置してあるステアリ

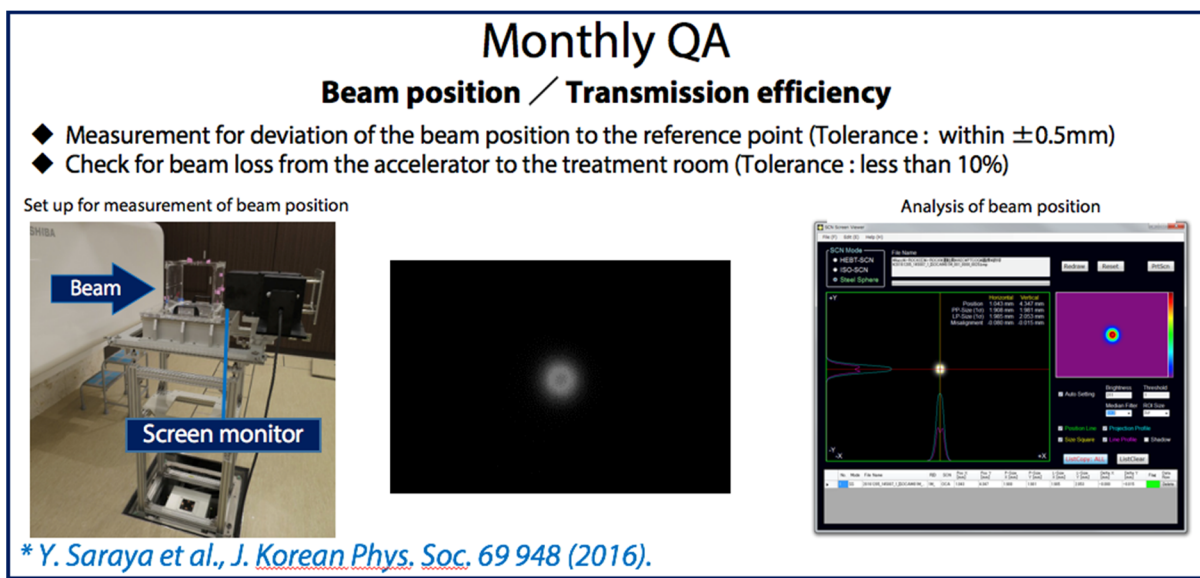
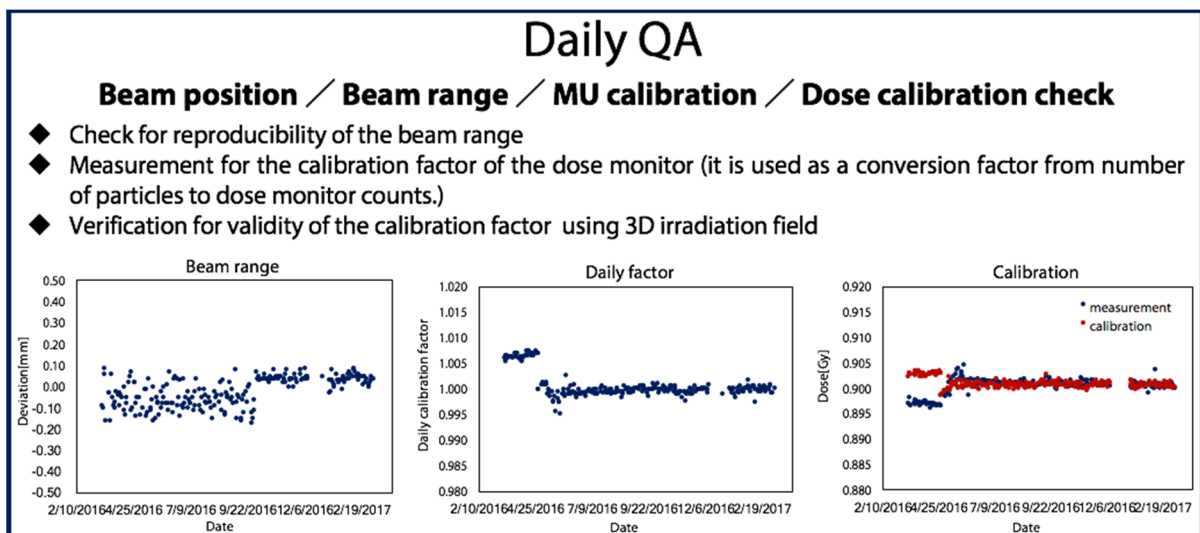


Figure 2: Quality assurance procedure (Daily and Monthly part); In a scanning irradiation, the quality of the beam directly affects the dose distribution. It is so important to confirm the reproducibility and the stability of the beam position and size.

ング電磁石を用いて補正。

- ビームエネルギーに変化がないことを確認するため、基準とするエネルギーについて飛程を測定。前日に比べて大きなズレがないことを確認。
- 線量の日毎による変化を補正するため「日替わりの校正定数」を測定。前日に比べて大きなズレがないことを確認。
- 校正定数を更新した上で三次元照射を実施し、絶対線量に大きな変化がないことを確認。合わせて、ビーム遮断やエネルギー変更含め、照射機器全体としての動作に問題がないかを確認。

全ての患者について治療照射前に線量分布測定を実施しており、測定結果と治療計画の結果を比較・確認し、当センター物理士の承認を経たのちに治療照射を開始する、といったルールで運用を行っている。Figure 3 に測定結果の例を示す。

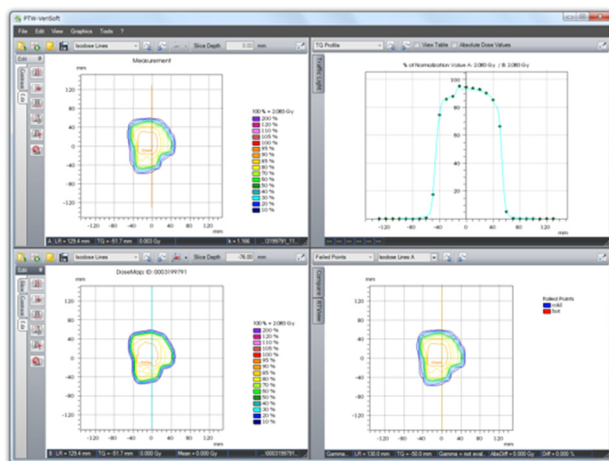


Figure 3: Patient QA; Simulated treatment irradiation using the beam checked by QA.

2.3 各治療室の稼働状況

当センターは Figure 1 に示すように治療室1, 4(水平ポート)、治療室2, 3(水平・垂直ポート)の4治療室から構成されている。実際の治療時間は患者の固定=位置決めで 8 割強が費やされるため、加速器 1 台に対して複数の治療室を配置するのは昨今の粒子線施設においては一般的であるが、全ての治療室に水平ポートが配備されている施設は少々珍しい。これは、治療する部位や重粒子線治療プロトコルを鑑みた場合に水平ポートの利用率が多くなる、といった統計的推測に基づいている。当センターの治療装置がフル稼働した暁には、年間 880 人の患者を受け入れることが可能となる。

治療ビームのエネルギー変更は、放医研にて開発された可変エネルギー運転方式[1,2]を採用しており、照射システムからの要求に応じて治療照射中に数秒の速さでエネルギー変更が完了する。また、各治療室へのコース切替時間は約 20 秒程度で、臨床側からの要求に応じて自由度の高いスケジュール調整が可能となっている。さらに、フラットトップを延長する事で長時間ビームを周回状態で保ち、任意のタイミングで出射可能とするフラットトップ延長運転方式[1,2]を採用し、出射デューティが向上しているため、呼吸同期照射についても高効率化された治療が実現可能である。

Table 1: Operating Time in i-ROCK

Treatment Room No.	2016FY
TR1	320 hr
TR2	343hr
Acc.	1751hr

Table 2: Patient Number from 2016/04 to 2017/03

Tumor type	Patient number
Prostate	109
Bone and Soft Tissue	17
Head and Neck	4
Liver	8
Lung	4
Total	142

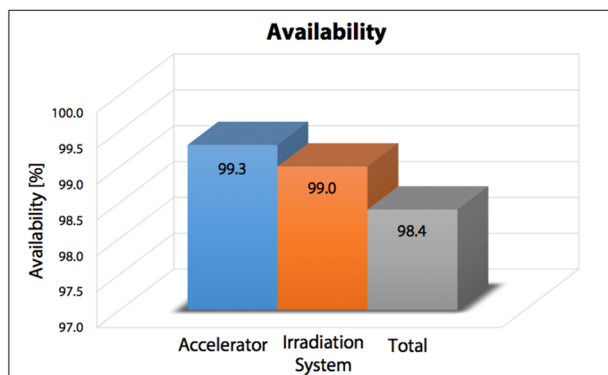


Figure 4: Occupancy Rate in 2016FY.

Table 1 に、2016 年度における各治療室の稼働時間を示す。治療室への供給時間に比べ、加速器の運転時間が大幅に長くなっているのは、治療後の患者 QA や、他治療室におけるコミショニング時間の割合が多いためである。また、治療システム全体の稼働率は Figure 4 に示す通り概ね 98%を保っており、立ち上げ当初からの滑り出しを引き続きキープしている。

昨年度からは肝臓への適応も始まり、総治療患者数は約 140 名に及ぶ (Table 2)。

3. 今後

当センターでは 2015 年 12 月の治療開始以来、大きなトラブルにも見舞われず順調なスタートを切っている。今後、前立腺がんのみならず、保険適応のある骨軟部腫瘍や、難治性の高い頭頸部がん、さらには呼吸性移動のある臓器(肺、肝臓、膵臓)も含めて適応部位の拡大を図っていく。症例拡大につれ治療件数も増加する見通しであり、治療システム全体のさらなる安定性や高効率化が望まれる。よって、残る2つの治療室も今年度中には整備を完了し、来年度以降の患者受け入れ体制の強化を図る。

参考文献

- [1] T. Furukawa *et al.*, Med. Phys. 34 (2007) 1085.
- [2] Y. Iwata *et al.*, Nucl. Instr. and Meth. A 572 (2007) 1007.