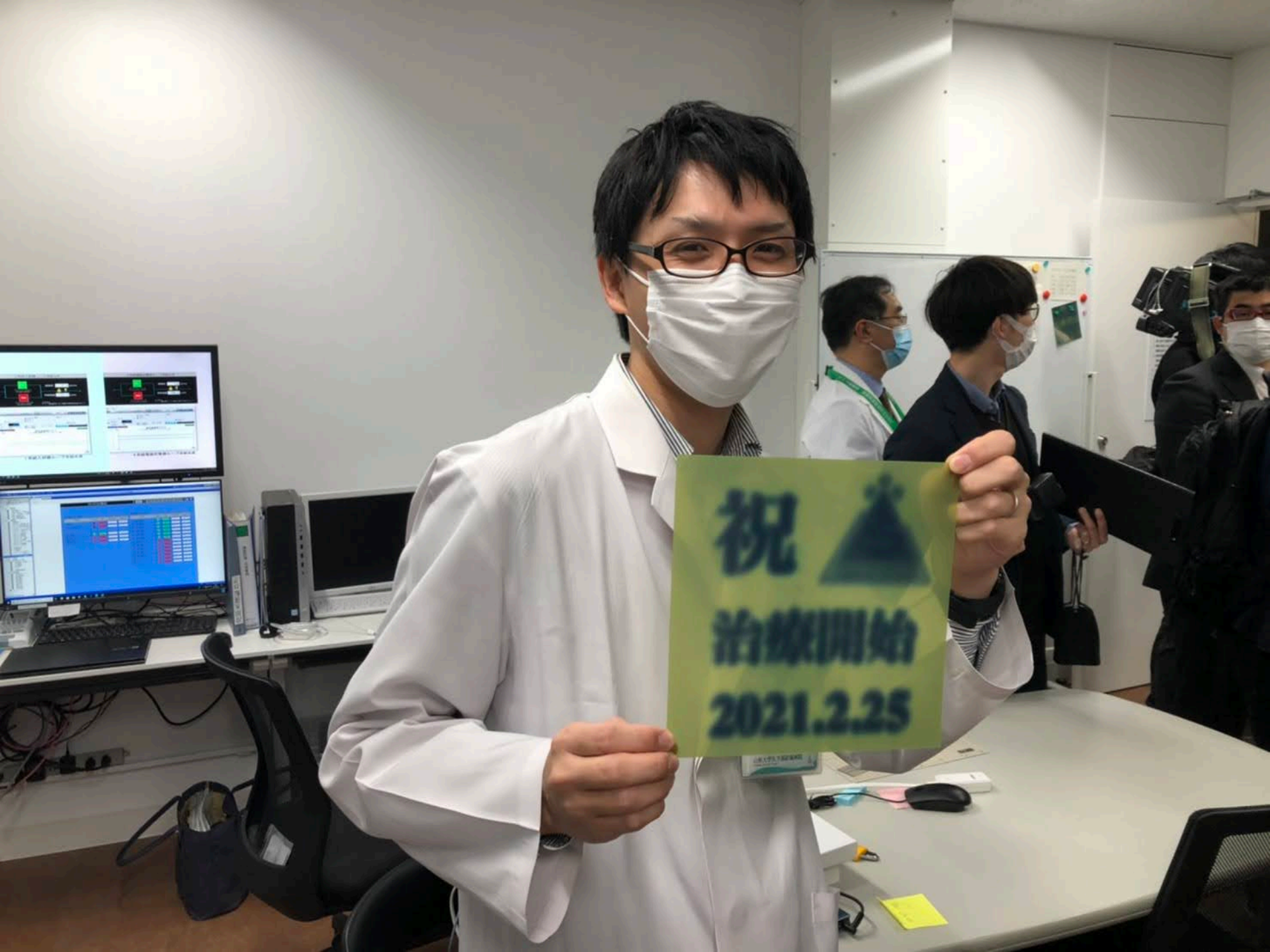



# 山形大学医学部 東日本重粒子センター建設の 現状 (3)

岩井岳夫, 想田 光, 金井貴幸, 宮坂友侑也,  
Lee Sung Hyun, 柴宏博、\*勝間田匡, 佐藤 啓,  
佐藤慎哉, 上野義之, 根本建二

山形大学医学部東日本重粒子センター  
\*加速器エンジニアリング株式会社



祝   
治療開始  
2021.2.25

# 山形大学医学部 東日本重粒子センター (EJHIC)

- 国内7番目の重粒子線治療施設
- 固定照射室（水平ビーム用）および360°回転ガントリー照射室
- 東芝エネルギーシステムズ製

- 2004年計画開始
- 2015年建設開始
- 2021年2月治療開始

# 治療装置の全体構成

healthcare providers

固定照射室

- 水平ビーム
- 前立腺癌治療

回転ガントリー

- 超伝導電磁石採用

シンクロトロン

- 55-430 MeV/u  $C^{6+}$
- 地下1階に設置

IH-DTL

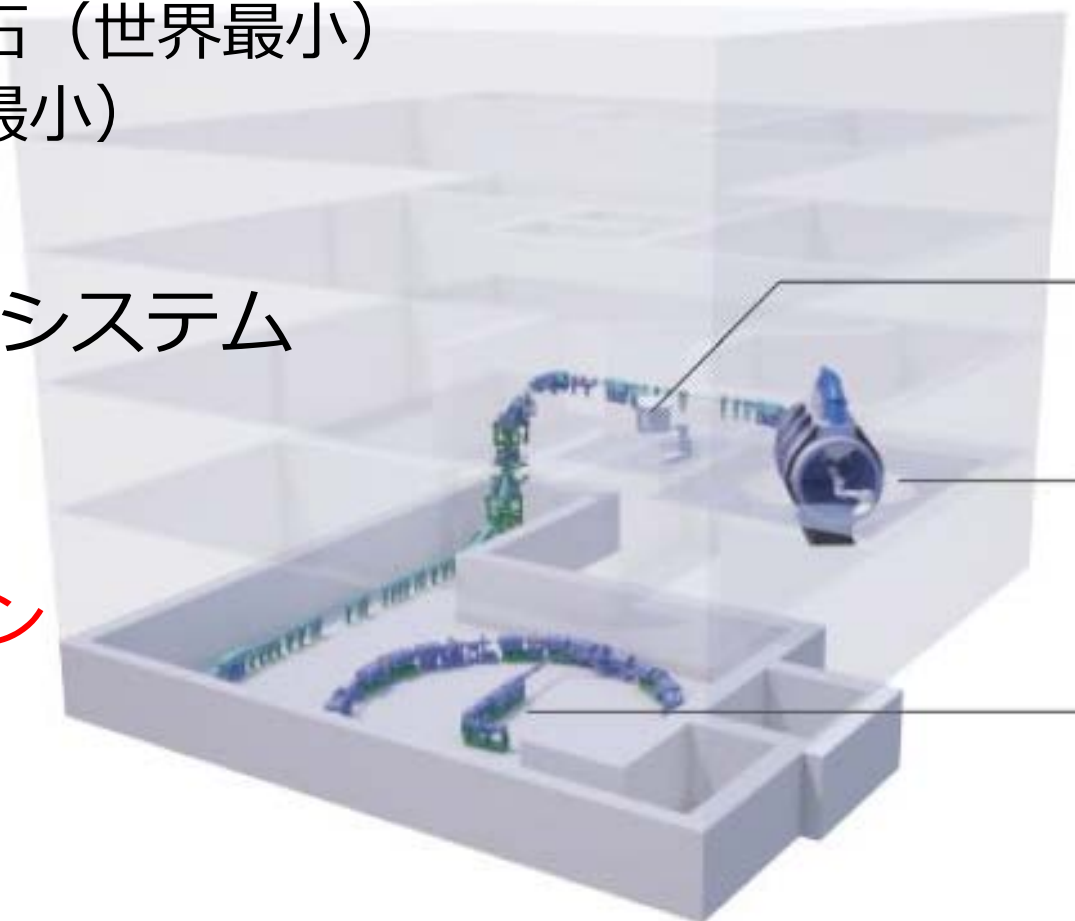
RFQ

ECRイオン源

# 山形大学医学部東日本重粒子センターの特徴

## 施設のコンセプト

- 既設総合病院と直接接続可能な**コンパクト建屋設計**
  - ✓ 立体配置 (加速器 B1, 治療室 2F, 重粒子初)
  - ✓ 小型スキャニング電磁石 (世界最小)
  - ✓ 小型ガントリー (世界最小)
- **省エネルギー**
- 遠隔TVカンファレンスシステムによる**広域連携**
- **廃棄物減量**
- **イージーオペレーション**



# 治療装置性能

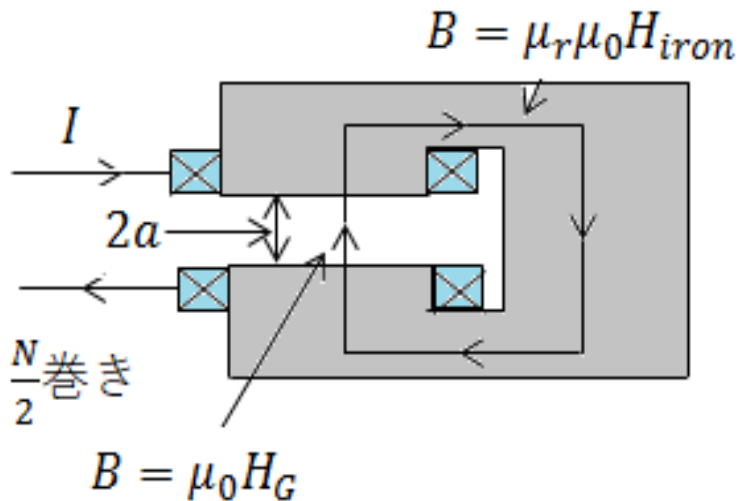
Terms	Specifications
加速イオン	C <sup>6+</sup>
加速エネルギー	55.6 to 430 MeV/u (可変)
シンクロトロン直径	approx. 20 m
ビーム強度	3x10 <sup>7</sup> to 1x10 <sup>9</sup> pps (可変)
線量率	>2Gy/min for 1L
最大照射野	approx. 200 x 200 mm <sup>2</sup>
繰返し	<6s, フラットトップ延長運転可能
深さ制御	エネルギースキヤニング (レンジシフト無し, 600 steps)
照射装置	呼吸同期スキヤニング照射装置
位置決め	斜め2方向X線 & ロボットアーム寝台
治療室	1 ガントリー, 1 水平固定 (垂直も追加可能な建屋設計)
治療計画装置	RayStation (RaySearch Laboratories)
治療計画 CT	Aquilion ONE (キヤノンメディカルシステムズ)

# 加速器の省エネルギー化

## 電力使用量の大きさ

シンクロトロン偏向電磁石で  
1MW程度の電力を要する

シンクロトロン偏向電  
磁石の**磁極間隙の短縮**



電磁石内部磁場

コイル  
巻き数

$$B \approx \frac{\mu_0 NI}{2a}$$

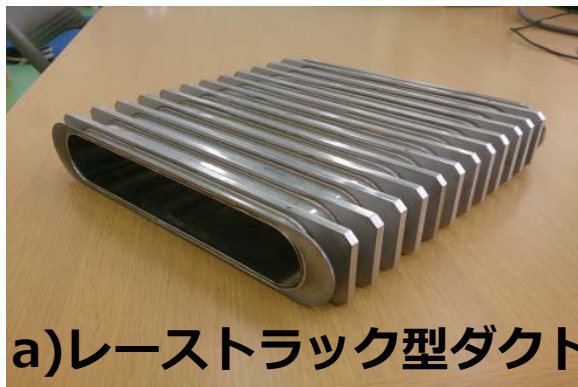
電磁石磁極間隙

コイルに流れる  
電流値

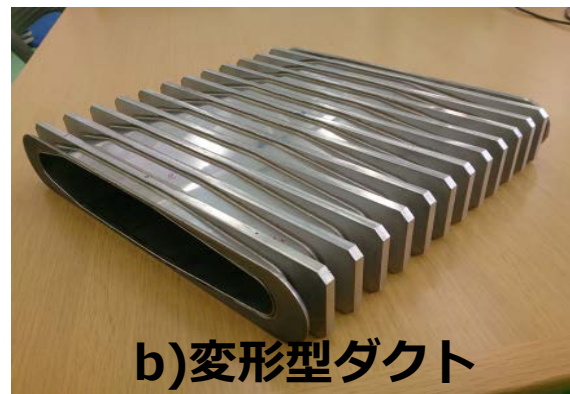
**磁極間隙20%短縮⇒電力36%減**

# 磁極間隙低減のためのリブ付真空ダクト開発 (大学の独自開発で、実際の治療装置とは異なる)

想定されるビーム通過領域を確保しつつ、  
リブの高さを抑えた2種類のSUS-316L製の真空ダクトを試作

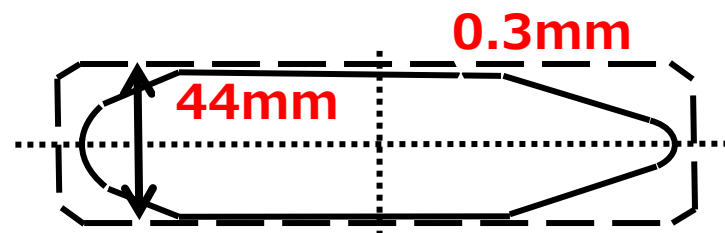
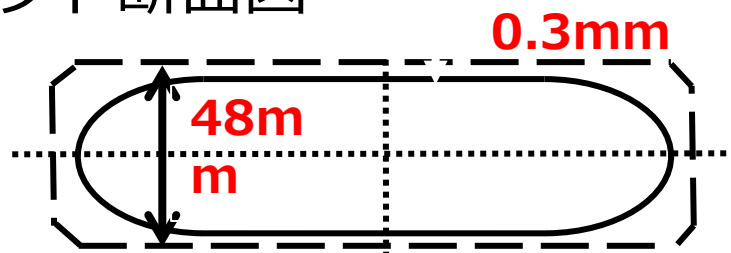


a) レーストラック型ダクト



b) 変形型ダクト

ダクト断面図





# 電力コストの低減

- シンクロトロン偏向電磁石の磁極間隙短縮
- オンデマンド運転（未実施）
- 延長フラットトップ運転
- シンクロBM電源の容量減・単極性化・小型化



- 自然換気による空調コストの低減（未実施）

# 月別電力使用量

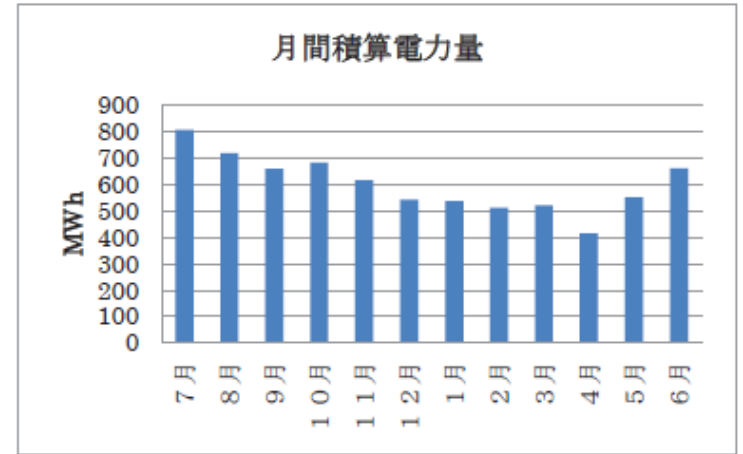
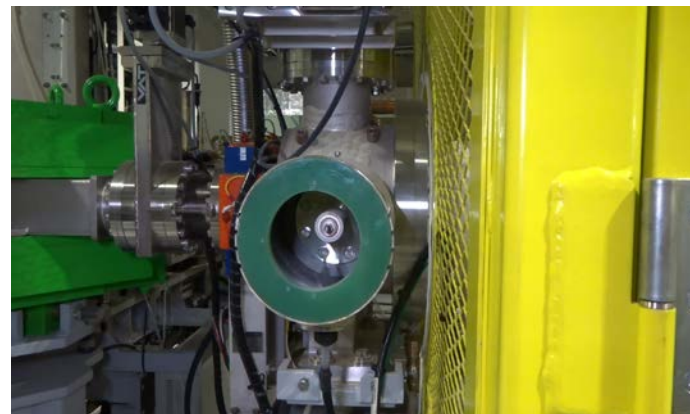


Figure 3: Monthly consumed electric power in the SAGA-HIMAT facility.

佐賀の初年度

# 初期トラブル

- アイソセンターへの瞬間的な誤照射事例発覚（患者照射時ではなかった）
  - case 1: プレヒートシステムが早期に解除されてBeam ON
  - case 2: スキャニング電源が落ちている状態でBeam ON
  - どちらもインターロックにより 50 ms以下で遮断されたが、最大で1Gy程度の誤照射になった可能性
  - どちらも1日治療停止
- 溶接ベローズからの真空漏れ
- アインツェルレンズ高圧電源故障



独自のトラブルデータベースシステム稼働中

## トラブル事象詳細検索

## 検索条件

事象ID:  題名: 瞬低  内容:  原因や状況: デバイスID:  エラーメッセージ: 日付  指定しない /  現在から  日以内 /   の前後  日 /   から  まで故障時間  分以上  分以下 治療遅延時間  分以上  分以下

検索

## 検索結果

並び順: 発生日時が新しい順  1ページの件数: 10 

ID	発生日時	題名	デバイスID	故障時間	トラブル類型		
143	2021/02/17 10:42	建屋瞬低(MLP:FLT_AC_FAIL)	BLD_PS	6	建屋瞬低	詳細	再発
105	2021/02/05 03:59	建屋瞬低(実害なし)	BLD_PS	0	建屋瞬低(実害なし)	詳細	再発
21	2021/01/09 14:03	建屋瞬低(実害なし)	BLD_PS	0	建屋瞬低(実害なし)	詳細	再発
3	2021/01/09 12:30	建屋瞬低	BLD_PS	1	建屋瞬低	詳細	再発
17	2021/01/02 04:20	建屋瞬低(実害なし)	BLD_PS	0	建屋瞬低(実害なし)	詳細	再発
20	2020/12/18 20:48	建屋瞬低(実害なし)	BLD_PS	0	建屋瞬低(実害なし)	詳細	再発
19	2020/12/18 10:06	建屋瞬低	BLD_PS	80	建屋瞬低	詳細	再発
18	2020/12/18 09:15	建屋瞬低	BLD_PS	51	建屋瞬低	詳細	再発

戻る

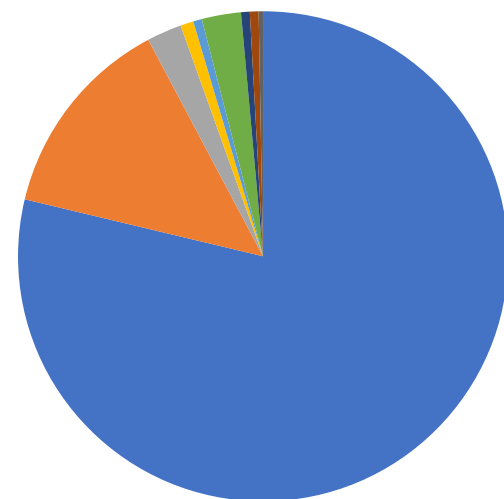
# 施設の運用状況

## 固定照射室

- 2021年2月25日治療開始
- 前立腺癌の治療実施中
- 左右対向2門、12回照射
- 毎週10名前後の新患予約
- 7月末現在
  - 治療完了 ~50名
  - 予約 ~350名
- 入室~退室まで平均12分程度
- 8月から1日27名の照射実施予定



前立腺癌予約患者の地域分布



# 施設の運用状況

## 回転ガントリー照射室

- メーカーのビーム調整延長中
- $600\text{段} \times \pm 180^\circ = 216\text{k}$
- 代表段・代表角度で調整し、間は補間する方針
- 最初の補間法があまり機能せず、治療開始を延期した。
- 修正した補間法でこれから調整し、治療開始は2022年初頭を見込んでいる。



# まとめ

- 山形大学医学部東日本重粒子センターは国内7番目の重粒子線治療施設として2021年2月に治療を開始した。
- 加速器などは省エネルギー仕様になっており、省エネルギー性能を確認中である。
- 固定照射室は前立腺癌の治療に使用しており、県内患者を中心に順調に予約が伸びている状況である。
- 回転ガントリー照射室の方はビーム調整に時間を要しており、治療開始は2022年初頭を見込んでいる。
- 治療装置の初期トラブルが多く発生しているが、独自のデータベースシステムにより効率的に対応できている。