

PRESENT STATUS OF HIMAC

A) National Institute of Radiological Sciences
 4-9-1 Anagawa, Inage-ku, Chiba 263-8555, Japan
 B) Accelerator Engineering Corporation, Ltd.
 3-8-5 Konakadai, Inage, Chiba 263-0043, Japan

Abstract (英語)

Heavy-ion cancer treatment is being carried out at the Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba (HIMAC) with 140-400 MeV/n carbon ions at National Institute of Radiological Sciences (NIRS). Over 5200 patients have been treated since 1994. About 690 patients were treated in 2009. Present status of HIMAC is described in this paper.

HIMAC 加速器の現状

1. はじめに

放射線医学総合研究所（放医研）の重粒子線がん治療装置（HIMAC）では、140 から 400 MeV/n の炭素イオンを使用したがん治療が行われている。現在までの登録患者数は 5200 名を超えている。患者数は年々増加しており、2009 年度では 690 名余りの治療を行なった。また、治療以外にも、生物・物理実験のために様々なイオン種のビーム供給を行なっている。

一方、装置は治療開始から 17 年目を迎え、装置の老朽化も無視できない状況にある。HIMAC ではイオン源やシンクロトロンは複数台設置してあるため、故障が発生したときのバックアップ体制が整っているが、唯一線形加速器部分だけはバックアップ体制が整っていない。そこで放医研では、16 年度より 2 ヶ年計画で重粒子線がん治療装置の小型化に

関する研究として開発した高効率小型入射器を HIMAC へ移設し、装置の二重化と、より安定した治療ビーム供給を見込む事を目的とし、第 2 入射器として利用するために整備を行なっている。

また、HIMAC では治療照射精度を向上させるために、呼吸性移動を伴う臓器に対応可能な 3 次元スキャン照射装置の開発・研究を行っている。この照射システムを実現するための新治療研究棟を建設しており、完成後、各試験を経て 2010 年度中の治療開始を目指している。

2. 重粒子線がん治療装置運転関連業務

重粒子線がん治療装置を用い、重粒子線治療と共同利用研究のために、ビーム供給・治療照射のサポート・治療計画および患者コリメータ・ボラスの作成を行なった。以下に、今年度の実績に関するデータを示す。

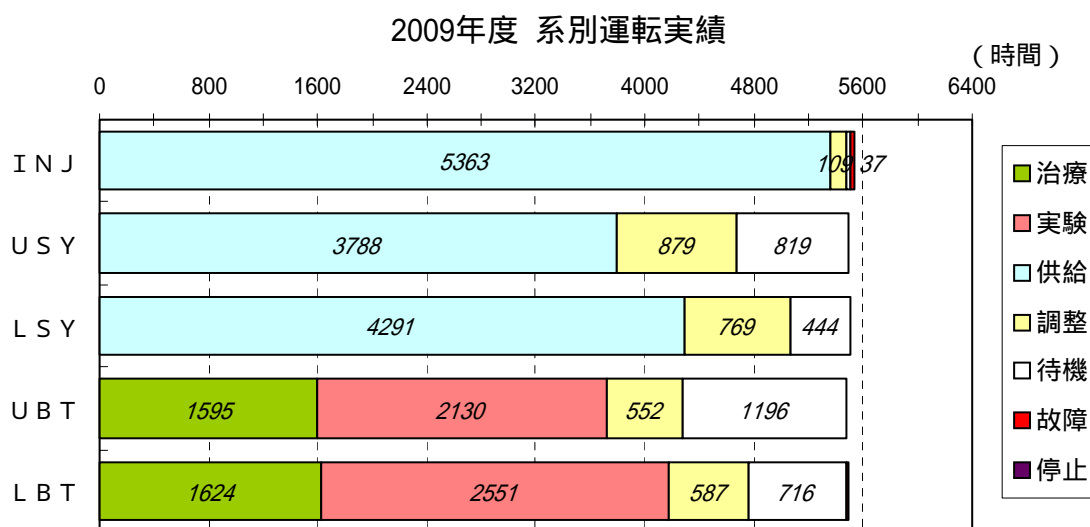
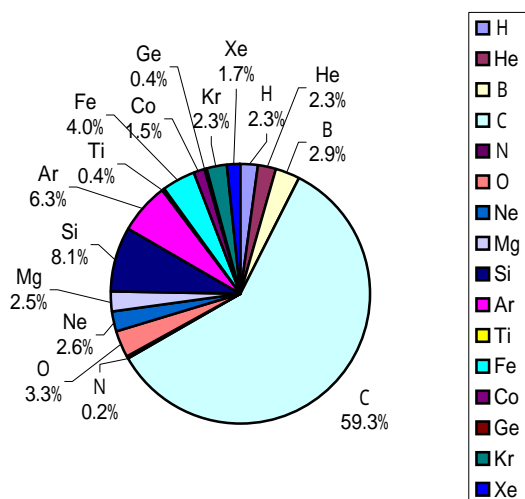


図 1. 入射系 (INJ)、上リングシンクロトロン (USY)、下リングシンクロトロン (LSY)、上リングビーム輸送系 (UBT)、下リングビーム輸送系 (LBT) の運転実績

加速器系では、重粒子線がん治療に 3219 時間、共同利用研究に 4681 時間のビーム供給を行った。加速器系の運転時間実績を図 1 に示す。治療照射において炭素 (C)、共同利用研究において水素 (H) からキセノン (Xe) までの様々な核種を加速し供給した。図 2 に今年度シンクロトロンで加速した粒子の時間割合を示す。また、今年度の主な故障

を表 1 に示す。故障によって供給が止まった時間は、運転時間の 0.9% 程度であり、今年度も概ね順調な運転であった。

2009年度 核種別加速実績 (LSY)



2009年度 核種別加速実績 (USY)

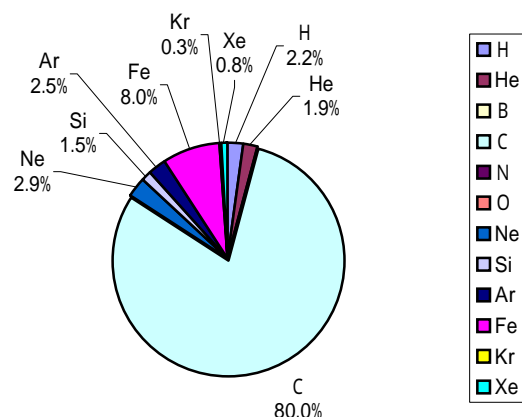


図 2 . 今年度シンクロトロンで加速した粒子の時間割合

表 1 . 今年度の主な故障

	第 期			第 期		
	日付	時間数	故障内容	日付	時間数	故障内容
入射器	4月8日	0:22	瞬停	9月2日	2:03	DTL3_HPA真空管交換
	6月9日	0:44	MEBT-SLTH701水漏れ	9月26日	4:53	DTL3_HPA水漏れ
	7月2日	1:20	ECR-MRR絶縁不良	11月10日	0:46	RFQ 放電多発
	7月18日	0:45	PIG-FIL-PW入らず	11月26日	1:26	DTL1_HPA 真空管交換
主加速器 (上)	4月8日	0:22	瞬停	11月30日	15:12	DTL1_HCG OVER_I
	4月9日	0:53	USY-SM-D03キューズ断	12月9日	2:36	RFQ_HPA 真空管交換
	7月1日	3:05	SYN-RF真空管交換	12月16日	3:33	DTL1_HPA 真空管交換
				12月17日	3:15	DTL1_HPA 真空管水漏れ
主加速器 (下)	4月8日	0:22	瞬停	2月3日	1:52	Vc掛からず
	5月12日	1:56	D点真空リーク			
HEBT (上)			特になし			特になし
HEBT (下)			特になし	10月8日	1:33	HEBT 計算機不具合
				11月12日	1:27	PH2-GV111 通信異常
				1月21日	2:01	LCP1 真制御盤故障

照射系では、年間 692 人の新規登録患者の治療照射と、生物系・物理系の共同利用研究課題で、各 60 件余りについてビーム供給を行った。また、照射実験の実施のための、機器の保守・運用改善、照射・開発サポート等を行なった。治療照射は、年間で 10200 回余り、照射門毎に行なう「新患測定」が 3000 回余りであった。これは、概ね一人の

患者さん当り 4 門程度で、計 13 回弱の治療照射ということになる。

治療計画系では、年間約 1600 の治療計画を行ってきた。又、今年度には、2600 余のポータスと約 1000 の患者コリメータを製作した。この内、放医研内の工作室で製作した内作分は、ポータスで約 64%、コリメータで約 56%であった。

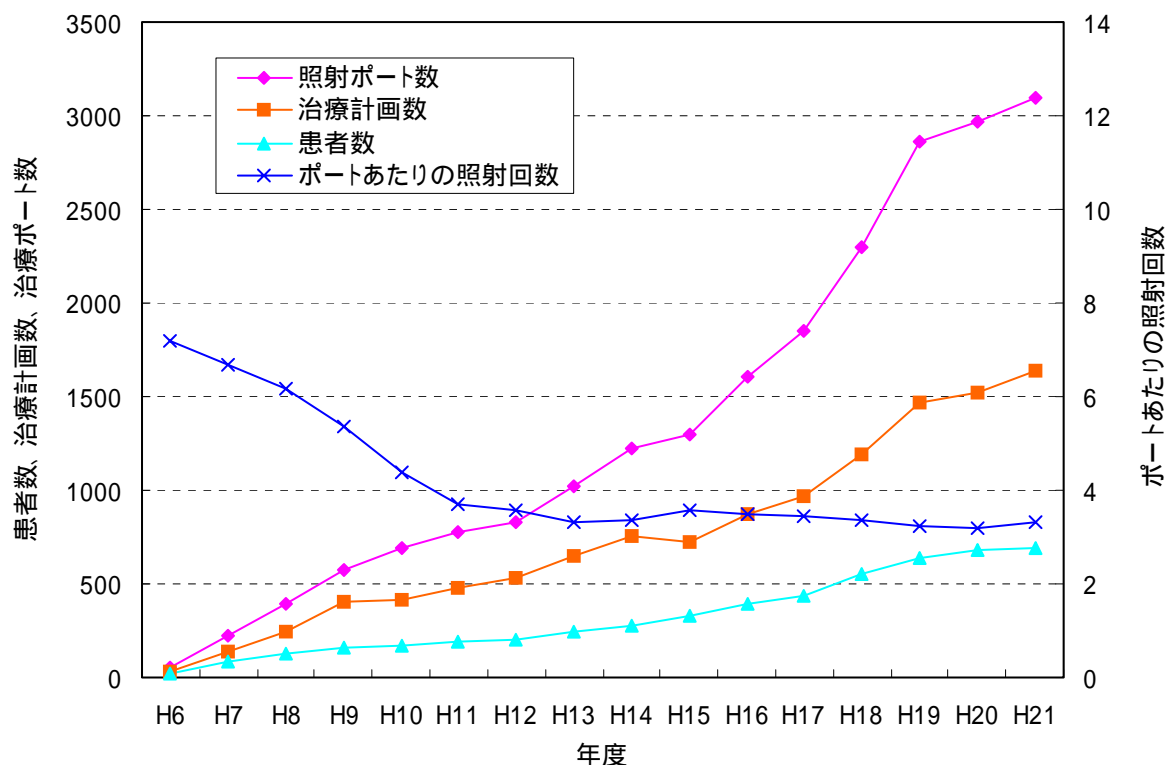


図3 . 年度毎の照射ポート数、治療計画数、患者数、ポートあたりの照射回数の推移

3. 新治療研究棟の建設

現在、HIMAC 棟に隣接した場所に、治療エリア（仮称）が建設されている[1]。図4のようにシンクロトロン上リングより、水平・垂直の固定ポートを有する治療室2室と回転ガントリーに供給される。新しい技術として、3次元スキャンニング法の開発が進んでおり、コリメータレスの高精度照射、変動標的に対応した照射が実現する。既存の治療室にはない回転ガントリーも建設を予定しており、多門最適化による線量集中性の向上とそれによる治療成績の向上、患者位置決め、治療照射時の患者負担の軽減が見込まれる。建屋は完成しており（図5）、今後の予定は、2010年秋に1ビームライン完成、2011年に1ビームライン治療開始予定となっている。



図4 . HIMAC 棟と新治療研究棟

4. 高効率小型入射器

HIMAC は治療開始から16年目を迎え、装置の老朽化も無視できない状況にある。3台のイオン源や二重シンクロトロンリングを有するなどバックアップ体制も整っているが、唯一線形加速器部分だけは二重化されていない。そこで放医研が2004年度より2ヶ年計画で重粒子線がん治療装置の小型化に関する研究として開発した高効率小型入射器をHIMACへ移設し、第2入射器として利用すべく整備を進めている[2]。高効率小型入射器をHIMACへ組み込む事で装置の二重化が更に進み、



図5 . 新治療研究棟の外観



図6 . 既存の線型加速器（右）と
小型入射器（左）



図7 . プラットホーム上に高周波
増幅器一式を据え付けた

より安定した治療ビーム供給が見込まれる。高効率小型入射器の HIMAC への移設は 2007 年度より検討を開始した。設置場所は線形加速器室としたが、限られた空間に設置するため写真 4 に示すように 2 階建プラットフォームを設置し 2 階には高周波増幅器一式を据え付けた。イオン源も縦型として 2 階に設置。2009 年 3 月までにイオン源から IH 型 DTL までの設置が完了している。今後の予定として、2009 年 8 月にイオン源、低エネラインの電源・制御装置の接続を終えると IH 型 DTL 出口までのビーム出し試験が出来る状態になる。2010 年度には移設が完了し、治療コースへ供給可能となる。

- [1] T. Shirai, et al., 第 7 回日本加速器学会年会プロシーディングス, 2010
- [2] Y. Kageyama, et al., 第 7 回日本加速器学会年会プロシーディングス, 2010