

## 5.5 重粒子線がん治療装置 (HIMAC)

### (1) 施設の概要

独立行政法人放射線医学総合研究所のHIMAC ( : Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba、重粒子線がん治療装置)は、臨床試験開始後、9年を経過し炭素ビームを使用して約1500人の患者を治療した。

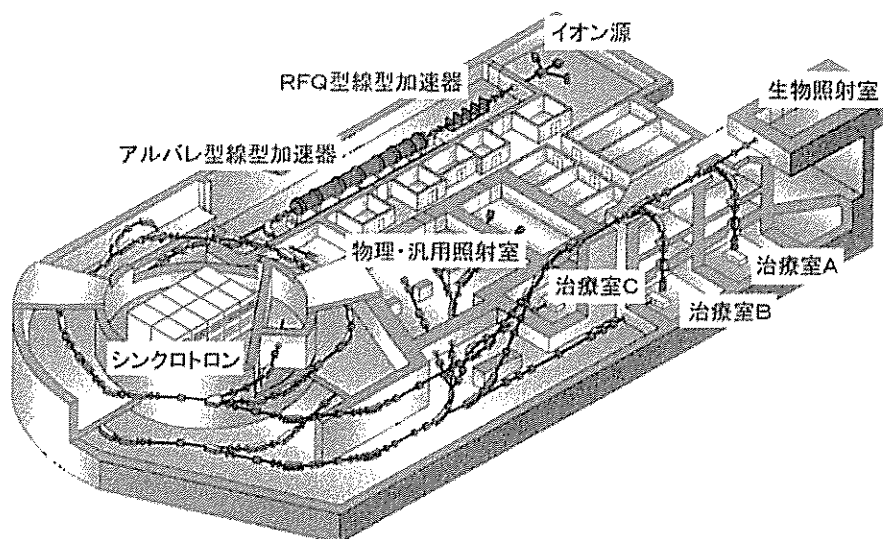


図 5.5-1 重粒子線がん治療装置 HIMAC

平成15年3月現在、総治療病巣数 1,511 (患者数 1,448 名)

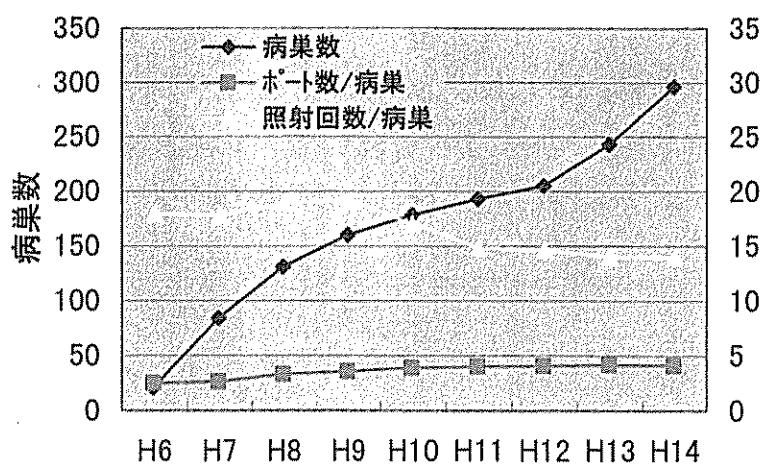


図 5.5-2 HIMAC での総治療病巣数

対象とした固形腫瘍部位は、頭頸部、肺、肝臓、子宮、前立腺など、ほぼ全身にわたる。治療成績は非常に良好で、最新鋭の放射線治療法としての実績を確立して、世界的にも非常に高く評価されている。肺や肝臓の短期間治療、骨軟部腫瘍のように他の適切な治療法がないような症例に対する優秀な成績などは、重粒子治療の他に抜きん出ている実績と言える。平成15年10月に高度先進医療の認定がなされ、今後さらに実績を積み普及が進めば、治療プロトコルが確立した対象は、一般保険適用に向かうことになる。

放医研は、設立の趣旨から、今後とも医療活動のかんりの部分を、臨床研究に置くことになるので、今までは炭素線治療に絞ってきたが、今後は、腫瘍対象部位の拡大、分割照射回数の減少による治療期間の短縮、さらには、浅在性の腫瘍に対する炭素以外の粒子、NeやSiビームによる治療等を実施することになる。

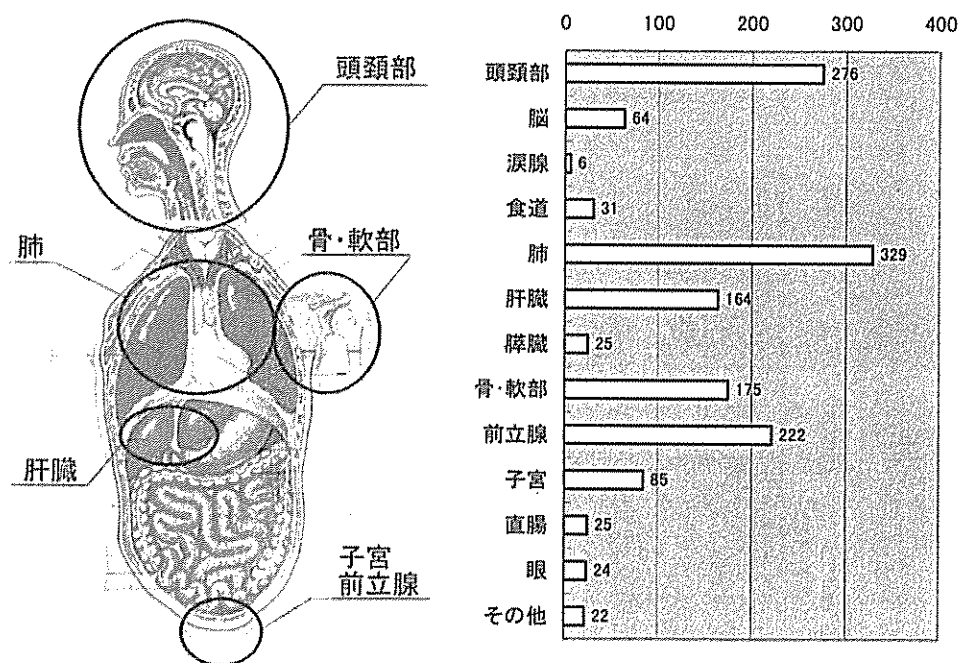


図 5.5-3 HIMAC での治療部位

照射技術の面では、現在行われているワブラー法を改良した積層原体照射法、三次元のスポット・スキヤニング、また  $^{11}\text{C}$  の RI ビームの利用、照射治療計画における粒子線特有の最適化プログラムを開発している。

HIMAC施設自体は、個々の装置の経年変化に対する更新、維持、改良を重ねつ

つ、順調に運転されている。医療用加速器の信頼性、安定性を重視した設計、関係者の非常な努力により、過去に治療スケジュールに影響のあった事象は、9年間でわずか4件にとどまっており、世界の加速器群の中で最高の安定性を維持している。

特に、この間、施設建設、装置の保守維持、改良、前臨床試験、臨床試験、を通じて、物理学、工学、生物学および医学という異分野の研究者、技術者、が相互に協力して、上記のような優れた成果を得てきたという点が、高く評価されるべきであろう。

また、その実績と平行して、まだ少ないながらも医学物理関係の人材を育て他の施設へ送り込んでその建設、運営に寄与して来たという点でも、その貢献は著しい。

さらにHIMACは核子あたり800 MeVの重イオンビームを加速できるという日本では他にない特徴を活用するため、当初より分野を問わずその研究への利用を所内外に開放してきた。平日の昼間は2台のシンクロトロンからの炭素のビームで患者の治療用専用に使われているが、平日の夜間と週末は、これらの医学、生物、物理工学の基礎研究の実験に使用されている。

これらの種々の実験のためには目的に応じて多様なイオン種を加速することが要求されてきたことから、現在HIMACでは、3台のイオン源を駆使して陽子からXeに至るまでのイオンが供給されている。時間分割方式で2台のシンクロトロンは同時に異なるイオン種を異なるエネルギーで加速できるため、利用効率が非常に高く、供給されている実験時間数はのべ年間5000時間に達している。研究課題数は年間で約130であり、利用者は所内が約150人、所外が約600人（そのうち海外からの利用者が約10%）で、発表される原著論文数も年間約80編を数え、基本的に24時間運転でHIMACは非常に有効に使用されてきたといえる。

## （2）今後の展開と課題

重粒子線治療では日本は世界に対して少なくとも10年以上リードしており、陽子線を含めた実績は突出している。治療効果が極めて優秀であるということと、がん患者の発生数、死亡数を考えると、この治療法を今後できるだけ広く普及すべきである。

その普及に向けては、HIMACは研究用の色彩が強く、大きな装置で、コストも高いが、粒子線治療を普及させるためには、ハード的には装置の小型化、コストダウン、普及に際してのソフト体制の整備が必要である。

#### (a) 小型化への技術開発

経験を積んだ現在、実践的な最適化設計を目指している。例えば、①加速粒子とし炭素線に特化することにより、最大加速エネルギーをHIMACの1/2あるいはそれ以下にする。②イオン源に永久磁石を採用する。③照射装置、治療室を合理化、簡素化する、等。

#### (b) 人材の養成

粒子線治療施設はまだ少なく、今後そのような施設を全国に展開していくためには、粒子線施設に必要な人材を養成してゆかねばならない。具体的には、①粒子線の特殊性を十分理解している医師、放射線技師を養成する。②加速器装置を運転、保守するエンジニア、テクニシャンを養成して増員する。③大学教育及び既存施設の中で、医学物理士を養成する。

#### (c) 体制の確立

粒子線治療装置を全国各地に設置してその施設を有効に活用するためには種々の課題を解決しなければならない。例えば、①設備を運転、維持、管理する体制の確立。②故障の際に迅速な対応のできる組織をつくる。③治療の質の保持、改善をはかる。④装置製作会社と発展、共存できる体制をつくる。

#### (3) まとめ

HIMAC は、重イオンによる治療用加速器として特に安定性を重視した設計がなされ、故障が殆どなく、評価の高い加速器であり、すでに 1500 人を越える患者を治療し、高い利用効率を堅持している。このことは国際的にも評価されており、HIMAC の第一の波及効果として高く評価されるべき点である。

また、今後、重粒子線治療を医療技術として確立し、全国に普及するためには、小型化への技術開発、人材の育成、加速器の運転や運営に関する体制の確立等が必要である。