

3.4 医療への展開

(1) 加速器の医学利用

上坪委員

サイクロトロンを発明したローレンス(E. O. Lawrence)は、放射性同位元素(RI)の製造と医学への応用が、加速器の普及に重要であると考えていた。わが国でも初めてサイクロトロンを建設した理研仁科研究室には戦後我が国の放射線医学の中心となる人々が集っていて、トレーサーの製造と利用や中性子の生物照射が行なわれていた。

1950年代に加速器技術が急速に進歩すると、がん治療に使われていたコバルトのガンマ線照射に代わって電子線型加速器が用いられるようになった。また、サイクロトロンで作られた短寿命 RI がトレーサーとして使われ始め、1952年に完成した理研の第3号サイクロトロンは、 ^{24}Na など短寿命 RI を製造してユーザーに提供していた。

現在、医療における加速器の利用は多岐に亘っている。日本人の死亡率の第1位を占めている悪性新生物による病気、いわゆる癌の死亡率は全体の約3分の1を占め、これに対する療法としての一つである放射線療法においては、その殆どの装置が加速器を利用している。

上坪委員

X線やガンマ線など電磁放射線においては、外照射装置のコバルトや小線源治療としてのイリジウムなどを除いて、殆どの放射線治療はX線を用いており、その発生装置は電子リニアックである。現在日本では、公共病院、個人病院を合わせて700台以上の電子加速器がX線治療に使用されている。エネルギー範囲は、6~20MeVに亘るが、近年はより高いエネルギーの加速器が増えてきている。

診断においては、SPECT (Single Photon Emission Computer Tomography) 用あるいは PET (Positron Emission Tomography) 用の放射性同位元素を作る為に、医療専用の小型サイクロトロン (主に 10~20MeV の陽子及び重陽子加速) が製作され商用化されて久しく、その数は既に 70 台近くになっている。特に PET 施設は今ブームともいえる様相を呈しており、その数は急速に増加している。

(2) 粒子線治療

これらにも増して、近年の医療に対する加速器の使用で特筆すべきことは、粒子線治療法の開発とその普及への動きである。これには、陽子線及び重粒子線(今のところ炭素線)の2種類がある用いられている。両者とも、治療法の研究開

上坪委員

発において日本の果たした歴史的役割は非常に大きく、また現状における進展状況も、世界的に断然他をリードしている。これらの加速器は粒子ががん腫瘍部分に到達する為に、陽子の場合約 200MeV、炭素の場合核子あたり 300~400MeV という医療用としては相当高いビームのエネルギーが要求され、大型の装置になっている。

上坪委員

1973 年に放射線医学総合研究所(当時、放医研)に大型サイクロトロンが設置され、短寿命 RI の利用とともに高速中性子線を用いたガン治療の研究が始まり、やがて次に述べる重粒子線治療法の研究へと発展していった。陽子線治療は、筑波大学では高エネルギー研究所のブースターシンクロトロンからのビームを使用することで、に医療照射装置を付置し、1983 年から国内で初の本格的陽子線治療を開始した。以来、世界初の試みとして肝臓、食道などを中心とした深部がんを対象にして、2000 年までに計 700 人を治療した。また、患者の呼吸同期法呼吸と同期して照射する治療法を開発している。これらの実績をもとに、専用の陽子線治療施設を新たに建設し、この施設の運用が 2002 年の秋から始まっている。一方、千葉県柏市にある国立ガンセンター東病院は、厚生労働省の国立病院としては最初の陽子線治療施設で、ベルギーと日本が共同で開発した 250MeV の陽子サイクロトロンの設計を導入し、日本側で政策、据付、調整を担当した。を用いている。回転ガントリー 2 台で 1998 年より治療を開始している。一方、福井県は若狭湾エネルギー研究センターを設立して地域の産業振興を目的とした静電加速器を建設していたが、それを入射器にして新たにシンクロトロンを建設して、2003 年より陽子線による患者治療研究を開始した。また、静岡県は県立静岡がんセンターの開設に伴い、陽子線治療施設を建設し、2003 年秋から患者治療を開始した。

高橋委員

(3) 重粒子線治療

重粒子線治療は、放医研が世界初の医学専用重粒子加速器施設(HIMAC)を建設して始まった。1994 年から炭素線による本格的臨床試験治療を開始して、現在まで 9 年間に身体の各部位に亘って約 1500 人の治療を実施している。なお、HIMAC については、3.2 (4)でも詳しく述べている。

放医研の治療開始後、兵庫県が県立粒子線医療センターを建設した。これは重粒子線と陽子線が利用可能で、両者の比較検討を目的としている。加速器の構成

は重イオン線型加速器を入射し、シンクロトロン一台で加速する殆ど HIMAC と同じ構成であるが、炭素の最高エネルギーが 320 MeV/核子で全体の規模は約 2/3 である。陽子線用に回転ガントリーが 2 台用意され、2001 年陽子線、2002 年炭素線による治療を開始した。

以上のように、現在、日本では医療専用として建設された本格的粒子線治療施設（陽子線および炭素線）は 5 カ所にのぼり、併用施設 1 カ所を含めると計 6 カ所が稼働していて、世界的にみても他国より数段進んだ体制となっている。

（４）海外の粒子線治療

外国の陽子線治療施設には既存の原子核物理研究用陽子加速器を使った施設が多いが、大部分は陽子エネルギーが低いので、大半は欧米人に多い眼球メラノーマ専用の施設である。一方、治療専用施設としてはロサンゼルス大学（カリフォルニア）と北東陽子線治療施設（ボストン）の 2 施設がある。前者は 1990 年より稼働しているが、患者の半数が前立腺患者である。後者は建設・調整が大幅に遅れ、2002 年より稼働した。このほか、放医研の実績を参考にして、1997 年からドイツ重イオン研究所（GSI）が既存の加速器施設の一部で照射治療を開始した。その後、炭素線治療の実績（頭頸部症例、年間 20～30 人）を基礎として、本年よりハイデルベルグに欧米初の炭素線治療施設の建設が認められた。また、アメリカでは最近、テキサス州のアンダーソン病院で陽子線治療施設の建設が決まった。

（５）粒子線治療の普及に向けて

以上から分かるように、重粒子線治療の分野では日本は少なくとも 10 年以上に亘って世界を大きくリードしている。陽子線を含めた治療実績は世界でも突出していて、粒子線治療が治療効果に極めて優れた、また、患者の「生活の質」(QOL)の高い治療法であることが明らかになっている。がん患者の発生数や死亡率の高さを考えると、この治療法を今後できるだけ広く普及させ、がんの恐怖から逃れたいと言う国民の望みに応えていくことが必要である。国立ガンセンター及び兵庫県立粒子線医療センターの陽子線治療が国より「高度先進医療」の認定を受けて、新しいシステムでの治療体制で進められている。放医研の重粒子線治療施設も 2003 年 11 月に国から高度先進医療の適用施設と認定された。

放医研や他の陽子線治療施設の経験から見ると、粒子線治療法を標準的ながん治療法として全国に普及させることが望ましい。しかし、そのための最大の難点は、施設が大規模になり必然的に高コストになることである。HIMACは重粒子線治療の基礎的研究開発を目的として建設されたので、アルゴンまでのイオン種を広いエネルギー範囲に亘って加速できるように設計されて大型になっている。粒子線治療を普及させる為にはハードウェアとソフトウェアの両面での更なる技術開発が必要である。