

粒子線治療最前線

—進化する粒子線治療の現況と展望—

企画協力：辻井博彦

放射線医学総合研究所フェロー

I 総論

粒子線治療大国としてのわが国の現状

古今東西、がんに対する放射線治療の原則は、放射線をできるだけ選択的にがん病巣に集中させ、同時に周辺正常組織への影響を軽く抑えることである。X線が発見されたのは1895年暮れのことであるが、その翌年にはヒトへの治療応用（このときは単に痛み止め）が始まった。それ以来、われわれの先達は、線量集中性の改善をめざして、加速器や照射技術の開発を精力的に行ってきた。その結果、20世紀後半から21世紀初頭にかけて、定位照射法や強度変調照射法など、革命的とも言える三次元放射線治療の開発を成し遂げた。一方、1950年代に開始された荷電粒子線治療は、粒子線そのものががん治療に適した性質を有していることから急速に注目を集め、世界で着実に支持者と施設数を増やしてきた。

一口に荷電粒子線と言っても、種類はいろいろある。幾種類もの粒子がこれまで臨床に供されてきたが、現在、もっぱら陽子線と炭素線が用いられている。いわば勝者として生き残ったところである。両者に共通している特徴は、体内で高線量域（ブラッグピークと言う）を形成し、病巣への選択的照射を可能にしてくれることである。これに加えて、質量12の炭素核を加速した炭素線は、

X線よりも2～3倍高い生物効果（細胞致死作用）を有し、さらに、がん病巣内の酸素濃度や細胞周期による放射線感受性の違いにあまり影響を受けにくいという性質を有している。

荷電粒子線の中で陽子線治療の歴史は、1950年代に始まった近代光子線治療とほぼ時期を同じくしており、米国バークレー国立研究所（LBNL）で1954年に開始された。その後、スウェーデンとロシアがこれに続き、さらにわが国や欧米で盛んになり、現在に至っている。

一方、炭素線治療は陽子線治療と同様にLBNLで臨床応用が始まったが、当時はネオンイオンがもっぱらで、炭素線はわずか数例にしか適応されなかった。炭素線を本格的に用いるようになったのはわが国の放射線医学総合研究所であり、1994年のことである。

わが国は現在、世界一の粒子線治療大国である。2012年末時点で、世界で稼働中の施設は合計39施設あるが、内訳は陽子線が33施設、炭素線が3施設、陽子線・炭素線が3施設で、そのうちわが国にはそれぞれ7、2、1施設あり、人口あたりでは最大の施設数を誇っている。この数は、筆者が筑波大学で陽子線治療に従事した1988年当時、世界で陽子線治療施設がわずか6施設（うち日本に

2施設）しかなかったことを考えると隔世の感がある。施設数の増加に伴って患者数も急増している。陽子線で10万人以上、炭素線で1万人以上が世界で治療されているが、今の施設数を考えると、この数は今後も飛躍的に伸びるはずである。注目すべきは、いろいろな疾患の中でも深部臓器腫瘍に対する粒子線治療は、いずれも主にわが国が先輩格で、今では海外でも広く行われるようになってきていることである。さらに付け加えると、わが国で粒子線治療の製造・販売にあたる企業数も世界一である。今後とも、国内はもとより、世界でさらに普及することが期待されている。

こういった背景のもとで企画されたのが今回の特集である。わが国で稼働中および建設中の施設を網羅するとともに、わが国で製造・販売されている装置の情報もれなく掲載することに務めた。本企画が、世界でも群を抜いて実績のあるわが国の粒子線治療の現状を把握するのに、お役に立てると信じている。

辻井 博彦

放射線医学総合研究所 フェロー