

本格化する Boron Neutron Capture Therapy

BNCTの最前線

研究開発から臨床応用までの
最新動向と将来展望

企画協力：伊丹 純

国立がん研究センター中央病院放射線治療科長

ホウ素中性子捕捉療法 (boron neutron capture therapy : BNCT) が、注目されています。2020年には、民間施設初の南東北 BNCT 研究センターが開設され、「切除不能な局所進行又は局所再発の頭頸部癌」が保険適用となり、さらなる適用拡大も期待されます。そこで、本特集では、原理などを整理した上で、実施施設や計画中の施設からの報告、技術動向を取り上げ、将来を展望します。

本格化する

BNCTの最前線

研究開発から臨床応用までの
最新動向と将来展望

I 総論

わが国における BNCT の現状と 今後の展望

伊丹 純 国立がん研究センター中央病院放射線治療科

ホウ素中性子捕捉療法 (boron neutron capture therapy : BNCT) の基礎的概念は、1936年、Locherにより提唱された¹⁾。中性子の存在がChadwickにより提唱されたわずか4年後のことである。1930年当時は、まだラジウム線源による組織内照射や腔内照射、そして200kVp程度の深部X線治療の全盛期であり、深部X線治療は皮膚がんにも効果が認められたが、それでも正常皮膚の放射線障害の発生も多く見られた。さらに、子宮がんや食道がんなどの深部腫瘍に対する深部X線治療の効果は、介在する正常組織の耐容線量に規定され、治療線量を深部腫瘍に投与することはきわめて困難であった。そのような中で、腫瘍に選択的に集積するホウ素 (¹⁰B) 薬剤を投与して腫瘍に熱中性子を照射すると、ホウ素と熱中性子の核反応が発生し、¹⁰Bを集積した腫瘍細胞のみが選択的に破壊されるという選択的放射線治療の概

念は、当時の放射線治療が腫瘍にも正常組織にも非選択的に線量が照射されるという状況の中では革新的なものであった。しかし、BNCTの実現には2つの大きな困難があった。1つは、十分量の熱中性子の供給の確立、そして、腫瘍に選択的に集積する¹⁰B薬剤の開発である。

世界で最初のBNCTの臨床応用においては、米国・ニューヨーク州ブルックヘブン国立研究所の研究用黒鉛炉からの熱中性子が用いられ、多形膠芽腫 (glioblastoma multiforme) を対象とした²⁾。しかし、用いられたホウ酸 (boric acid) の腫瘍集中性が少なく、皮膚や脳の放射線壊死が発生し、臨床試験は中止となった。それからは、BNCTに対する多くの否定的な意見の中にあって、数少ないBNCTの先駆者の苦闘が、近年のBNCTのルネサンスに結びついたと言える。その苦闘のうちでも、わが国の研究者が果たしてきた貢献は非常に

大きいものがあり、現在のBNCTルネサンスはわが国発の革新であるとも言える。

BNCTの中性子源が原子炉であるということは、2011年の東日本大震災での福島第一原子力発電所の炉心溶融事故以来、まったくBNCTの展開に不利に働き、原子炉の安全性への疑義から、それまで北欧やベネルクス (ベルギー・オランダ・ルクセンブルク3国の総称) で行われてきた研究炉におけるBNCTも次々と閉鎖されていった。そもそも、BNCTに用いられる研究用原子炉はBNCT臨床用に開発されたものではなく、患者治療に至るまでの機器の消毒などの操作が煩雑であること、さらに、核物質を用いるためのセキュリティが厳しいことなど、BNCTに原子炉を用いるかぎりは、一般のがん治療の一環としての患者集積は非常に困難であった。したがって、原子炉に代わる核物質を使わない中性子源として、中性子加速器の開発が肝要であった。し