

放射線科学

医療における放射能の精度

宮原 洋

私はこの4月に名古屋大学の工学研究科原子核工学専攻より、医学部保健学科放射線技術科学専攻へ転属したばかりで、医学分野における経験はほとんど皆無に等しい状態である。しかし、これまでの仕事が全く無関係かと考えると、かならずしもそうとは言えない気もする。これまでの私の専門を簡単に表現すれば、放射線の種類、エネルギー、強度、分布などを精度良く測定することであり、さらにそれらの放射線を放出する放射性同位元素の応用についてである。すなわち放射性同位元素の基礎から応用に関するものである。少し唐突ではあるが、日本原子力研究所で製造・頒布している放射性同位元素に関するデータをみると、件数で見た場合かなりの部分を占めるのが医療用である。この原子力研究所と協力して研究を行っていることを考えると全く無縁ということでもないような気がする。ただし、金額や放射能(Bq)では圧倒的に工業用が多い。これは工業用の場合、大強度の線源が大部分であり、当然金額的には高額な放射性同位元素であるのに対し、医療用の場合は比較的短半減期の ^{192}Ir (半減期:74日)と ^{198}Au (2.7日)を頻繁に供給していることによる。

ところで、医療用として最も使用量の多い $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (6.0時間)は全て外国からの輸入に頼っている。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の開発段階では、日本原子力研究所が核分裂生成物から分離することにより ^{99}Mo (66時間)ジェネレータを製作・供給していたが、需要の増大と年間を通しての安定供給の問題により撤退した。さらに最近では ^{99}Mo ジェネレータからミルキングにより取り出すよりも、減衰は早いそのまま使用できる $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 溶液の需要が増えている。これら医療用に用いる放射性同位元素の供給の際に、その線源の放射能(崩壊率)を、高精度で決定して供給して欲しいという希望が世界的に高まっていると聞く。しかもその希望が1%程度と放射能測定の実験家からみてもかなり高精度である。

話はかわるが、世界各国には各国1箇所の標準機関がある。標準機関とは種々の単位の絶対値を決める手段と技術を持っている研究所である。例えば、日本における長さや重さに関する標準機関は計量研究所で、放射能関係は電子技術総合研究所である。このような各国機関の元締めが国際度量衡局(BIPM)でパリ

郊外の閑静な場所にあり、長さも重さも放射能も扱われていて、有名なメートル原器などが保存されている。このBIPMのメンバー、各国標準機関のメンバーおよび学識経験者から構成される国際放射能計測専門委員会(ICRM)がある。このBIPMおよびICRMが中心になって、各国標準機関の放射能測定精度の向上を計っている。

最初は同一の線源を順次各国の研究機関で測定して比較を行ったが、非常に時間がかかることおよび溶液の重量測定も重要な要素であることにより、直ちに方法が変更された。新しい方法では同一の放射性同位元素溶液を各国に送り、受け取った機関ではその溶液から測定用線源を作製し、測定により単位溶液重量当たりの放射能 (Bq/mg solution)を決め国際的に比較していて、この方法が現在も続けられている。1960年代の ^{60}Co (5.3年)の固体線源に始まって溶液線源へと移り、最近では ^{192}Ir の国際比較も行われている。さらに、 ^{192}Ir の場合、医療関係の測定精度向上の要望に答えるために、針状(シングルピン)線源の国際比較も実施された。溶液線源の場合2%程度で一致しているが、針状線源の場合10%以上低く評価されていることが判明した。

このような差が生ずる原因はどこにあるのだろうか。 ^{60}Co の場合、非常に単純な崩壊を行うので、現在の測定技術でもってすれば1%以下の不確かさで一致して当然であり、容易である。一方、 ^{192}Ir の場合、電子捕獲により崩壊し、 γ 線以外に放出される放射線のエネルギーが低いため検出効率が低く、各国研究機関の測定技術の良し悪しで結果がかなり異なってきた大きな差となる。他の核種の比較の際に、大きな違いを示した旧共産圏の研究者が、担当を外されたなどという話もうわさにのぼるのである。少々専門的になるが溶液線源の場合、体育館などで滞空時間を競う飛行機の翼に張る非常に薄い膜を金属リングに張り、その上に放射性同位元素溶液を滴下する。滴下した溶液の重量を測定した後、乾燥しその線源の崩壊率を $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 同時計測法により測定する。

この $4\pi\beta\text{-}\gamma$ 同時計測法では β -崩壊に伴う β 線や電子捕獲崩壊に伴うオージェ電子およびX線を $4\pi\beta$ 比例計数管で検出する。一方、放出される γ 線をNaI(Tl)シンチレーション検出器で検出し、それらの間の同時関係も判定する。こうして得られた各々の計数を用いて放射能を計算し、滴下した溶液の重量より比放射能(Bq/mg solution)を求める方法である。一方、針状線源のような固体線源は井戸型の電離箱で測定を行うが、この方法では絶対値が得られないので値付けした溶液線源で校正を行うのが通常である。ところが、いくら ^{192}Ir 線源の直径が1~2mm程度で γ 線エネルギーが数百keVあるとはいえ、それ自身の吸収量(自己吸収量)はかなりになる。そのためこの井戸型電離箱による測定結

果が過小評価されることになる。このことは全く別の原理に基づく測定法であるカロリメトリ法による測定結果によっても証明された。カロリメトリ法とは全ての放射線のエネルギーを熱に換え、その全熱量と1崩壊当たり放出される熱エネルギー量から放射能を求める方法で、この結果が溶液線源の場合と良く一致することからも過小評価との判断が妥当と考えられる。

このことは、即医療分野にも大きな影響を与えるはずである。針状線源を埋め込むのであれ、RALSによって送り込むのであれ、線源の放射能が与えられていても、そこから放出される放射線(γ 線)の量が放射能から計算されるものではないことになる。その上、医療関係者はその実態を知ることなく、というよりも誰も知らなかったと言った方がよいだろうが、どのように扱うべきか示されていないのが実状である。照射治療に用いることを考えた場合、放射能だけではなく、 γ 線放出量からみた見かけの放射能を知ることが重要なのではないだろうか。見かけの放射能が分れば線源周囲の細胞における吸収線量を容易に計算でき、ガン細胞に対する効果、正常細胞に対する影響をより正しく評価可能と考えられる。

ガン細胞に取り込まれやすい化学物質を放射性同位元素で標識し体内に注入し、放射性同位元素から放出される β 線でガン細胞の死滅をはかる方法も、これから発展するのではないかと思われる。この際に放射性同位元素として γ 線を放出しない核種を使用し、ガン細胞以外に取り込まれない化合物に合成できれば、 β 線の飛程は短いのでガン細胞に対して大きな効果を示す一方で、離れた位置にある正常細胞に対してはほとんど影響を与えないことになる。この場合には、照射線量の計算においても自己吸収の問題を考えなくても良いと考えられる。なぜなら放射性同位元素がガン細胞にかなり均一に分布すると考えてよいからである。しかし、放射能の値付けでは大きな問題が生じる。すなわち、純 β 放出体でありその上半減期の短い核種の使用が望ましいため、現在の放射能計測技術では、医薬品供給段階で10%の精度が得られるかどうか疑問である。

ガンと言えば、私などは「この年齢になれば、ガンにかかってもすぐに死ぬことはないだろう」と勝手に考えている。事実年齢と共に新陳代謝が遅くなりガンの進行も遅いらしく、発見後治療により治る確率も高いらしい。しかし、どこかで聞いた医者のお話ではそれはきちんと検査をしている人の場合で、転移した状態で見つかればあと何カ月と宣告されるだけだと言われる。実際、工学部の先生は忙しさをよいことに、検診にゆく人は少ないように思われる。そのせいかどうかは知らないが、体の調子が悪いと病院に行きガンと判って、しば

らくして亡くなるケースも身近に体験した。ミシガン大学で留学していた日本人の医者と話有机会があったとき、アメリカでは通常に検査を受けていて発見されたガンであればそれは治るものである。それゆえ、現在の研究ではエイズの治療と予防に人員が割かれていて、その解決も間近であろうとのことであった。この話を聞いた時、なぜか第2次世界大戦におけるアメリカの国を挙げての原子爆弾の開発が頭に浮かんだ。しかし、日本においてガンによる死亡者も多く、その治療法も種々の新しい方法が試みられているように思われる。その一端を担うのが放射性同位元素による方法であろう。

しかし、医療分野に限ったことではないが、放射性同位元素を利用して行われてきた検査や治療がX線装置や加速器、それに超音波装置、光ファイバーを用いる装置へと移行してゆく場合が多い。これは放射性同位元素の場合、使用時以外にも放射線を出すことおよび日本における放射性同位元素に対する規制が厳しく、管理が大変なためであろう。例えば、骨粗鬆症の診断のために ^{153}Gd (242日)を用いる装置は画期的なものとして開発されたが、最近ではX線装置に置き換わっていると聞く。それにもかかわらず一方では、放射性同位元素の利用の拡大も目覚ましく、PETにおける陽電子放出核種、各種検査における $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、ガン治療における ^{192}Ir 、 ^{198}Au などその量は増大傾向にある。

何はともあれ、これからも当分の間は放射性同位元素の使用が減ることはいだらうし、その吸収線量を厳しくコントロールしてゆく傾向もこれまで以上に強まると思われる。このことはトレーサビリティの重要性の増大を意味しているが、使用形態によっては単に放射能そのものよりも見かけの放射能が重要な場合もある。これらの問題を解決してゆくためには、使用者である医療関係者、放射能を値付けして販売する供給者および放射能測定の専門家の3者による話し合いが重要であろう。

(名古屋大学医学部教授・保健学科放射線技術科学専攻)