

第54回(2009年)

問2 次の文章の()の部分に入る最も適切な語句、記号又は数値をそれぞれの解答群から選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

水中や組織等価物質中の吸収線量の測定は、放射線治療や放射線防護にとって基本となる事柄の一つといえる。吸収線量の測定法として(A4)法は定義に沿ったものであるが、測定感度が低い。通常は(B3)の(C11)をよりどころとした空洞電離箱法が用いられることが多い。この方法においては、物質中の小さい空洞の存在が二次電子の粒子束に大きく影響しない条件が必要であり、そのためには、空洞の体積は小さいほうがよい。

では、X、γ線による水中や組織等価物質中の吸収線量を空洞電離箱法により測定する場合を考えてみよう。まず、水中や組織等価物質中に小さい空洞電離箱を挿入する。この場合、空洞電離箱の空洞気体として空気が用いられることが多い。壁物質としてグラファイトやアルミニウムなど、原子番号の(D14)物質が用いられるが、内壁面にカーボンなどを薄く塗布して表面に(E9)を付与したプラスチックなどが用いられることもある。空洞の中心にはステムと呼ばれる細い電極を設け、この電極と壁との間に電圧をかけ、電離電荷もしくは電離電流を読み出す。X、γ線を照射して電離電荷 Q [C]を得たとすれば、空洞気体に生じた(F10)は、 $N = Q/e$ である。ここで、 e は電荷素量で、(イ6) [C]である。この N に1イオン対を生成するのに必要なエネルギー、すなわち W 値 W [eV]を乗ずれば、空洞気体中での吸収エネルギーが(ロ2)単位で求められる。二次電子の吸収エネルギーを(ハ1)単位の換算係数(ニ6) [$J \cdot eV^{-1}$]を乗じる。結局、空洞電離箱の内容積が V [m^3]、空洞気体の密度が ρ [$kg \cdot m^{-3}$]の場合、空洞気体における吸収線量 D_g [Gy]は次式で与えられることとなる。

$$D_g = (ニ6) \frac{Q \cdot W}{e \cdot V \cdot \rho}$$

なお、電子線に対する空気の W 値は約 34 [eV]である。

壁物質の吸収線量 D_w [Gy]は、

$$D_w = D_g \frac{a}{b}$$

として求める。ここで、 a は(G5)に対する、(H1)の(I10)であり、 b は(J2)の(I10)である。

例えば ^{60}Co γ線照射による吸収線量を空洞気体が空気、壁物質がグラファイトの空洞電離箱を用いて測定する場合、 $\frac{a}{b}$ の値は約 1.01、壁物質がアルミニウムの場合は約 0.88である。壁物質の厚さは二次電子の(K9)よりも厚く、(L15)が成り立つことが必要である。空洞の大きさは充分小さいことが望まれるが、壁物質と空洞気体の原子組成が類似であれば、空洞の大きさに対する制限が軽減される。

次に空洞電離箱の周辺の物質(水や組織等価物質など)の吸収線量について考えよう。X、 γ 線の照射野が充分広く、空洞電離箱周辺のエネルギーフルエンスが均一とみなすことができる場合には、この壁物質の吸収線量 D_w [Gy]の値を用いて、空洞電離箱の周辺の物質の吸収線量 D_m [Gy]を

$$D_m = D_w \frac{c}{d}$$

として間接的に求めることができる。ここで、 c は (M4) に対する、(N3) の (O6) であり、 d は (P1) の (O6) である。ただし、電離箱壁の材質の平均原子番号と周辺の物質の平均原子番号が大きく異なるときは、周囲物質と電離箱壁物質の境界近傍において、(L15) が成立しないので、注意が必要である。

<A~Fの解答群>

- | | | | |
|-----------|-----------|-------------|---------|
| 1 ベーテ | 2 ファノ | 3 ブラッグ・グレイ | 4 熱量計 |
| 5 自由空気電離箱 | 6 外挿電離箱 | 7 電流 | 8 電荷 |
| 9 導電性 | 10 イオン対の数 | 11 空洞原理 | 12 等価原理 |
| 13 高い | 14 低い | 15 二次電子放出特性 | |

<I~Nの解答群>

- | | | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| 1 J | 2 eV | 3 Gy | 4 $J \cdot C^{-1}$ |
| 5 $C \cdot kg^{-1}$ | 6 1.6×10^{-19} | 7 4.80×10^{-10} | 8 1×10^{-7} |
| 9 2.58×10^{-4} | 10 0.63×10^{19} | | |

<G~Pの解答群>

- | | | | |
|---------|---------------|---------------|-----------------|
| 1 壁物質 | 2 空洞気体 | 3 周辺の物質 | 4 X、 γ 線 |
| 5 二次電子 | 6 質量エネルギー吸収係数 | 7 質量エネルギー減弱係数 | |
| 8 線吸収係数 | 9 飛程 | 10 平均質量阻止能 | 11 線阻止能 |
| 12 LET | 13 照射線量 | 14 電荷平衡 | 15 電子平衡 |