

管理測定技術

第56回(2011年)

問2 次のI, IIの文章の[]の部分に入る最も適切な語句又は数値を, それぞれの解答群の中から1つだけ選べ。なお, 解答群の選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

I 吸収線量とは, [A3]電離放射線が[B3]物質に当たったとき, その物質の単位質量当たりに吸収されたエネルギーとして定義されている。本来のSI単位は $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ であるが, この単位に対してグレイ[Gy]という特別単位名称と記号とが与えられている。

吸収線量の測定法として最も定義に忠実な方法は[C12]法であるが, 例えば断熱状態の水に1.0 Gyの吸収線量が与えられたときでも, 温度上昇は約[A2] $\times 10^{-3}$ °Cにとどまり, これを正確に測定することは容易ではない。そのため, 実用的な吸収線量測定は, ブラッグ・グレイの原理に準拠した空洞電離箱法によることが多い。空洞電離箱とは固体壁(グラファイトなど)の中に空洞を設け, その空洞中に空気などの気体を充填したものである。空洞の中心には細い導電性の棒状電極を配置し, これと固体壁の間に電圧を印加して電離電流を測定する。固体壁が絶縁体である場合には, 内壁面に炭素などを薄く塗布し, 導電性を確保する。印加電圧が低いと, 電離によって生じた[D5]が[E15]するので, 十分な電圧をかけて[F9]電流が得られるようにする。

<A~Fの解答群>

- 1 直接 2 間接 3 任意の 4 組織等価 5 イオン対 6 電子速度
7 荷電 8 非荷電 9 飽和 10 エスケープ 11 減速 12 熱量計
13 自由空気電離箱 14 増倍 15 再結合

<アの解答群>

- 1 0.20 2 0.24 3 0.38 4 0.56 5 0.81 6 1.0 7 1.5 8 3.5
9 9.8

II 例えば、空洞体積 $V[\text{m}^3]$ 、空洞気体密度 $\rho[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$ の空洞電離箱に X 線（又は γ 線）を照射して、電離電流 $I[\text{A}]$ を得た場合、**G2**中の吸収線量率 $\dot{D}_m[\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}]$ は次式により求めることができる。

$$\dot{D}_m = 1.6 \times 10^{-19} \frac{WI}{V\rho e} S_m$$

ここで、 W は空洞気体中で 1 イオン対を作るのに要する平均のエネルギー $[\text{eV}]$ 、すなわち W 値であって、空気の場合 34 eV である。この eV 単位を J 単位に換算する係数が $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}\cdot\text{eV}^{-1}$ であるが、次元は異なるというものの、数値的には **H10** $e[\text{C}]$ と一致する。 S_m は壁物質の空洞気体に対する **I8** 比と呼ばれるもので、式で表すと、

$$S_m = \frac{\text{J2の二次電子に対するI8}}{\text{K1の二次電子に対するI}}$$

となる。ここで二次電子とは、コンプトン効果や光電効果によって生じた電子をいう。空洞気体が空気であり、壁物質がグラファイトのような原子番号の低い材料を使う場合、 S_m はほとんど 1 に近い。

こうした空洞電離箱法の適用にあたっては、二次電子の **L5** に比較して空洞が小さく、空洞の存在が二次電子の **M4** に大きく影響しないことが前提となっているが、空洞を小さくすると、電

離電流が少なくなってしまう。また、壁厚は壁物質中で二次電子の **N7** が成立するように留意する。

壁物質として **O3** を用いれば生体組織における吸収線量（率）が決定できるが、測定対象物質と壁物質とが異なる場合には、測定対象物質（例えば、水ファントムなど）に小さな空洞電離箱を挿入して測定を行い、得られた結果に測定対象物質と壁物質の **P6** 比を用いて、測定対象物質の吸収線量（率）を間接的に求める。

体積 $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ の空洞に空気（密度 $1.3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ）を充填したグラファイト空洞電離箱に γ 線を照射して、 $1.0 \text{ mGy}\cdot\text{s}^{-1}$ の吸収線量率を与えた場合、流れる電流は **I3** nA である。このような微少な電流を高い精度で測定するためには MOSFET を用いた高感度電位計や振動容量電位計などが用いられる。

<G~Pの解答群>

- | | | | | |
|----------------|---------|-----------|-----------|------|
| 1 空洞気体 | 2 壁物質 | 3 組織等価物質 | 4 粒子束 | 5 飛程 |
| 6 質量エネルギー吸収係数 | 7 電子平衡 | 8 平均質量阻止能 | 9 平均自由行程 | |
| 10 電気素量 | 11 原子番号 | 12 定常状態 | 13 イオン密度比 | |
| 14 質量エネルギー転移係数 | | | | |

<Iの解答群>

- | | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 1 0.20 | 2 0.24 | 3 0.38 | 4 0.56 | 5 0.81 | 6 1.0 | 7 1.5 | 8 3.5 |
| 9 9.8 | | | | | | | |