

管理測定技術

放射性同位元素及び放射線発生装置による放射線障害の防止に関する管理技術並びに放射線の測定技術に関する課目（法律別表第 1 に掲げる課目（2）、（3）及び（4）を含む）

試験が始まる前に、このページの記載事項をよく読んでください。裏面以降の試験問題は、指示があるまで見てはいけません。

1 試験時間：10:00～11:45（1 時間 45 分）

2 問題数：6 題（14 ページ）

3 注意事項：

- ① 机の上に出してよいものは、受験票、鉛筆又はシャープペンシル（HB 又は B）、鉛筆削り、消しゴム、時計（計算機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計は不可）に限ります。
- ② 計算機（電卓）、定規及び下敷きの使用は認めません。
- ③ 不正行為等を防止するため、携帯電話等の通信機器は、必ず、電源を切ってカバン等の中に入れてください。
- ④ 問題用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁又は解答用紙の汚れなどに気付いた場合は、手を挙げて試験監督員に知らせてください。なお、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験終了の合図があったら、ただちに筆記用具を置いてください。
なお、試験監督員が解答用紙を集め終わるまで、席を離れてはいけません。
- ⑥ 問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑦ 不正行為を行った者は、受験を中止させ、退場を命じます。

4 解答用紙（マークシート）の取扱いについて：

- ① 解答用紙を折り曲げたり汚したりしないでください。また、記入欄以外の余白には、何も記入しないでください。
- ② 筆記用具は、鉛筆又はシャープペンシル（HB 又は B）を使用してください。また、記入を訂正する場合は、消しゴムできれいに消してください。
- ③ 解答用紙の所定欄に氏名・受験地・受験番号を忘れずに記入してください。特に、受験番号は受験票と照合して間違えないよう記入してください。
- ④ 解答は、1 つの問いに対して、1 つだけ選択（マーク）してください。2 つ以上選択している場合は、採点されません。

問1 GM 計数管に関する次の I ～ III の文章の [] の部分に入る最も適切な語句、数値又は数式を解答群の中から 1 つだけ選べ。

I 気体放射線検出器の多くは、気体原子や分子の [A] に起因する電流変化を、必要に応じ増幅器などを用い電気信号の形で取り出して放射線を検出する。この形式の検出器では、計数ガス、印加電圧、電極構造などの違いにより、異なる動作モードが得られる。[B] は、放射線により生成された初期の電荷量に相当する出力が得られる検出器である。また、[C] では、[A] で発生した [D] が検出器内の電場で加速され、新たな [A] が引き起こされる。[C] は、この [E] 作用を利用して出力波高を高めるが、この際、入射放射線の [F] 情報は保持される。一方、GM 計数管はこれら 2 つの検出器と比較すると、入射放射線の [F] 情報が得られない反面、出力波高が十分に高く、放射線管理などで汎用的に用いられる。

< A ～ F の解答群 >

- | | | |
|------------|---------|---------|
| 1 霧箱 | 2 電離箱 | 3 比例計数管 |
| 4 スパークチェンバ | 5 陽イオン | 6 陰イオン |
| 7 電子 | 8 計数率 | 9 フルエンス |
| 10 エネルギー | 11 ガス増幅 | 12 励起 |
| 13 電離 | 14 飽和 | |

II GM 計数管の動作過程では、計数ガス中に生成された電子が陽極心線へと移動しながら運動エネルギーを増し、新たに [G] を起こすとともに、計数ガスの励起に起因した [H] の介在による [G] も加わり、[I] などが陽極心線全体に広がる。この結果、陽極心線周辺に生じた [J] の鞘により電界が弱まり、GM 放電が停止する。

GM 放電の停止後、[J] は次第に移動して陰極へ到達するが、この際に陰極から電子が放出されると再放電を招く。このため、計数ガス中に [K] ガスとして働く少量の [L] を混ぜ、このガスの [M] により電子の再放出を防止する。これと異なる方法として、電気回路により印加電圧を一時的に下げて再放電を防止することを [N] と呼ぶ。

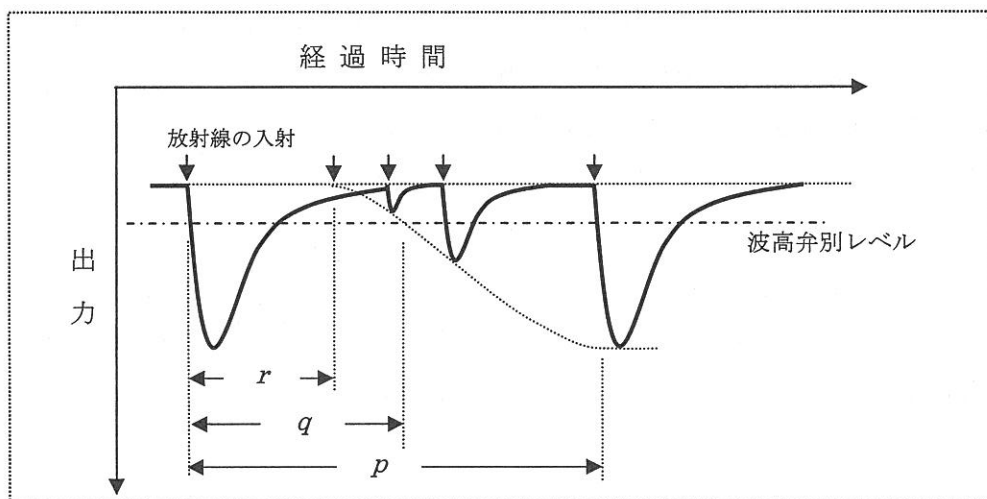
< G ～ N の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|--------|--------|
| 1 紫外線 | 2 電子 | 3 陽イオン | 4 陰イオン |
| 5 再結合 | 6 電離 | 7 陽電子 | 8 希ガス |
| 9 窒素ガス | 10 有機ガス | 11 分解 | 12 生成 |
| 13 内部消滅 | 14 外部消滅 | | |

III GM 計数管の出力と経過時間との関係をオシロスコープで観測すると、下図のようになる。ここで、もとのパルス波高にまで戻る時間 p は、○ と呼ばれる。また、パルス波高が波高弁別レベルまで戻る時間 q は P と呼ばれ、この間、新たな放射線を計数しない。この q の値は、通常 ア s 程度であり、これを求める方法には、Q、半減期法などがある。なお、 r は放射線の入射があってもパルスが形成されない時間である。

信号処理系を含めた GM 計数装置において、時間 t の間に得られた放射線の計数を N とすると、計数 N を得るために要した放射線に有感な時間は イ となる。この時間で N を除することにより、数え落としが補正された計数率を導くことができる。

計数率が極めて高くなりパルス波高が回復できない状態になると、補正の範囲を越えて極端に計数が低下する。これを R 現象と呼ぶ。このため、高線量率場での放射線管理測定などにおいては十分な注意が必要である。



<○～Rの解答群>

- | | | | |
|--------|---------|---------|---------|
| 1 飽和時間 | 2 回復時間 | 3 再生時間 | 4 分解時間 |
| 5 二線源法 | 6 フェザー法 | 7 同時計数法 | 8 逐次近似法 |
| 9 点線源法 | 10 飽和 | 11 窒息 | 12 しきい値 |
| 13 閉塞 | | | |

<ア、イの解答群>

- | | | | |
|------------------------|-------------|------------------------|------------------------|
| 1 10^{-6} | 2 10^{-5} | 3 10^{-4} | 4 10^{-3} |
| 5 $t - Np$ | 6 $t - Nq$ | 7 $t - Nr$ | 8 Np |
| 9 Nq | 10 Nr | 11 $\frac{tN}{1 - Np}$ | 12 $\frac{tN}{1 - Nq}$ |
| 13 $\frac{tN}{1 - Nr}$ | | | |

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、□A□電離放射線が□B□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□C□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□ア□ $\times 10^{-3}$ ℃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□D□が□E□するので、十分な電圧をかけて□F□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、□G□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。

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

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[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、次元は異なるとはいっても、数値的には□H□e[C]と一致する。 S_m は壁物質の空洞気体に対する□I□比と呼ばれるもので、式で表すと、

$$S_m = \frac{\text{J の二次電子に対する I}}{\text{K の二次電子に対する I}}$$

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 L に比較して空洞が小さく、空洞の存在が二次電子の M 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 N が成立するように留意する。

壁物質として O 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 P 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 I 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 | | | |

問3 次の I、II の文章の [] の部分に入る最も適切な語句、記号又は数値を、それぞれの解答群の中から 1 つだけ選べ。

非密封の ^3H 、 ^{22}Na 、 ^{32}P 、 ^{137}Cs を使う施設がある。この施設は複数の実験グループが共同で利用している。

I グループ A がフード No.1 を利用するため、実験開始前に GM 管式サーベイメータで汚染検査を行ったところ、フードの前面ガラス位置でバックグラウンドより高い計数率を認めたため、ただちに管理者に報告した。管理者は γ 線用の [A] サーベイメータでも高い計数率を確認したので、核種同定のためにポータブル [B] 半導体検出器での測定を行った。バックグラウンド以外に [C] keV の γ 線ピークが 1 本だけ明瞭に観測されたため、原因核種は [ア] と判断された。さらに詳細に調べると、フード前面より奥の方が線量率が高く、フード No.1 と背中合わせに設置されているフード No.2 からの放射線が疑われた。

そこでフード No.2 を使用しているグループ B の責任者に連絡をとった。グループ B は、10.0 MBq の [ア] をフード内に置いていた。鉛ブロックで三方を囲んでいたが、フード背面方向にはしゃへい体を置いていなかった。しゃへいがまったくないとすると、この線源から 50 cm 離れたところでの線量当量率は、[D] $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ となる。ただし、この核種の 1 cm 線量当量率定数を $0.0927 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ とする。またこの核種からの γ 線を、5 cm 厚の鉛ブロックのみでしゃへいすると、 γ 線は [E] 分の 1 に減衰する。ただし、この核種からの γ 線に対する鉛の質量減弱係数を $0.11 \text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ 、鉛の密度を $12 \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ とする。グループ B の責任者に適切なしゃへいを構築するよう指示し、周囲の線量率が十分小さな値になっていることを確認した。

なお、この施設で使う [イ] は、 γ 線を放出しないが [F] による光子に対するしゃへいが必要になる。そのしゃへいのためには、[G] 元素からできているしゃへい体を線源のそばに配置して、その外側に [H] 元素からできているしゃへい体を設置する。

< A、B の解答群 >

- | | | |
|------------|-----------|-----------|
| 1 薄窓型ガスフロー | 2 NaI(Tl) | 3 ZnS(Ag) |
| 4 表面障壁型 | 5 Ge | 6 Si |
| 7 液体 | | |

< C の解答群 >

- | | | | |
|-------|-------|---------|---------|
| 1 511 | 2 662 | 3 1,173 | 4 1,275 |
|-------|-------|---------|---------|

< D、E の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|-------|---------|
| 1 0.09 | 2 0.37 | 3 0.9 | 4 3.7 |
| 5 130 | 6 510 | 7 730 | 8 1,200 |

< F～H の解答群 >

- | | | |
|-----------------|-------|-----------------|
| 1 制動放射 | 2 対消滅 | 3 核異性体転移 |
| 4 原子番号の小さな | | 5 原子番号の大きな |
| 6 イオン化エネルギーの小さな | | 7 イオン化エネルギーの大きな |

<ア、イの解答群>

- 1 ^3H 2 ^{22}Na 3 ^{32}P 4 ^{137}Cs

II 表面汚染の測定においては、汚染の様態と汚染核種に応じて適切な測定法と測定器を選ぶ必要がある。測定法には大きく分けて、測定法と測定法がある。測定法では、汚染と汚染が合わせて測定されるのに対して測定法では、汚染のみが測定される。測定法では広い範囲を連続的に検査することができるが、測定器のに留意して検出部を移動し、サーベイしなければならない。測定法による β 線核種検出のためには、通常式サーベイメータが用いられるが、低エネルギー β 線のみを放出するによる表面汚染は式サーベイメータでは測定できず、スミア法による測定を行うことが多い。スミア法では試料採取と測定を別々に行うので、周囲の放射線レベルが高い場所の汚染測定が可能であり、測定器のバックグラウンド計数を小さくしたり測定時間を長くすれば、低レベルの汚染も検出できる。しかし、汚染が局所的であったときに見落とす可能性もある。

フードNo.3でを使用していたグループCが、実験終了時に作業面に液滴を発見したため、ろ紙で吸い取り処理した。その後周辺を含めてスミアし、検出器で測定したところ、の放射線による計数率は1,200 cpmであった。スミアろ紙によるふき取り効率を0.5、ふき取り面積を 100 cm^2 、検出効率を30%とすると、の表面密度は $\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ となる。

<I～Lの解答群>

- 1 破壊 2 非破壊 3 直接 4 間接
5 接触 6 非接触 7 揮発性 8 遊離性
9 昇華性 10 固着性 11 減衰性 12 粉末性

<Mの解答群>

- 1 不感時間 2 回復時間 3 時定数 4 エネルギー分解能

<N、Oの解答群>

- 1 端窓 GM 管 2 NaI(Tl)シンチレーション
3 ZnS(Ag)シンチレーション 4 液体シンチレーション

<Pの解答群>

- 1 0.47 2 1.3 3 3.7 4 130

<ウの解答群>

- 1 ^3H 2 ^{22}Na 3 ^{32}P 4 ^{137}Cs

問4 次のI、IIの文章の□の部分に入る最も適切な語句、記号、数値又は数式を、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 陽電子断層撮影用放射性同位元素(RI)として、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F を小型サイクロトロンを用いて製造する事業所がある。以下の表は、この事業所における各RIの製造についてまとめたものである。表中の ^{11}C と ^{15}O の半減期はそれぞれ□A分及び□B分である。サイクロトロンで製造したRIのホットラボへの移送を容易にするため、ターゲットには液体や気体が利用されている。以下の表の中で、 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O の製造に使用されるターゲット物質はそれぞれ□C、□D及び□Eである。 ^{11}C は、□Cに O_2 を添加して陽子線を照射すると $^{11}\text{CO}_2$ として生成し、 ^{15}O は、□Eに H_2 を添加して重陽子線を照射すると H_2^{15}O として生成する。また、 ^{13}N は、□Dに陽子線を照射すると $^{13}\text{NO}_3^-$ となる。このように、ターゲット物質中でRI製造と同時に、標識された化合物が得られる。

製造核種	半減期[分]	照射粒子	核反応	ターゲット物質
^{11}C	□A	p	(p, α)	□C
^{13}N	10	p	(p, α)	□D
^{15}O	□B	d	(d, n)	□E
^{18}F	110	p	(p, n)	H_2^{18}O

照射終了直後の生成放射能は、照射粒子のエネルギー、ビーム強度、照射時間などに依存している。他の照射条件を同一にして、製造核種の半減期と同じ時間照射したときに比べて、その倍の時間照射すると生成放射能は□F倍になる。また、ビーム強度を2.0倍にすると、生成放射能は□G倍になる。一般に、ターゲット物質は照射粒子のターゲット中での飛程よりも厚くする。例えば、10 MeV 陽子の水中での飛程(R)は約0.1 cmであるが、同一のエネルギーのアルファ粒子、陽子及び重陽子の飛程をそれぞれ $R(\alpha)$ 、 $R(p)$ 及び $R(d)$ とすると、その大きさには□Hの関係がある。いま、 H_2^{18}O に10 MeV 陽子を平均電流10 μA で60分間照射した場合、 H_2^{18}O に与えられるエネルギーは□I J (ジュール)となる。これは、 H_2^{18}O の温度上昇につながることから、容器は冷却を十分に行い、密閉性を保つ構造にする必要がある。照射後にサイクロトロン室に入室する際は、まず、エリアモニタで室内の空間線量率を確認する。さらに、サイクロトロン室内の空気は、運転中に発生した□Jによって放射化し、半減期1.8時間の□Kが生成している可能性があることから、室内空気の放射能濃度が空气中濃度限度を超えていないことも確認する。

< A、Bの解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|-----|---|-----|---|----|---|----|
| 1 | 1.0 | 2 | 2.0 | 3 | 10 | 4 | 20 |
| 5 | 60 | | | | | | |

< C～Eの解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|------------------|---|----|---|----------------|---|-----------------|
| 1 | H ₂ O | 2 | Ne | 3 | N ₂ | 4 | CH ₄ |
| 5 | HF | | | | | | |

< F、Gの解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|-----|---|------|---|-----|---|------|
| 1 | 1.0 | 2 | 1.25 | 3 | 1.5 | 4 | 1.75 |
| 5 | 2.0 | | | | | | |

< Hの解答群 >

- | | | | |
|---|--------------------------------|---|--------------------------------|
| 1 | $R(p) > R(d) > R(\alpha)$ | 2 | $R(\alpha) > R(d) > R(p)$ |
| 3 | $R(\alpha) \doteq R(d) > R(p)$ | 4 | $R(p) \doteq R(d) > R(\alpha)$ |

< Iの解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|
| 1 | 1.0×10^2 | 2 | 6.0×10^3 | 3 | 1.6×10^5 | 4 | 3.6×10^5 |
|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|

< Jの解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|------------|---|----|---|-----|---|------------|
| 1 | γ 線 | 2 | 陽子 | 3 | 中性子 | 4 | α 線 |
|---|------------|---|----|---|-----|---|------------|

< Kの解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|-----------------|---|-----------------|---|------------------|---|-------------------|
| 1 | ¹⁴ C | 2 | ¹⁶ N | 3 | ⁴¹ Ar | 4 | ²²² Rn |
|---|-----------------|---|-----------------|---|------------------|---|-------------------|

問5 次のⅠ～Ⅲの文章の□の部分に入る最も適切な語句又は記号を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

Ⅰ 空気中の放射能測定のための試料採取では、放射性物質の化学形、性状、濃度に応じて、様々な捕集方法が適用されている。例えば、□A□のような放射性希ガスの直接捕集では□B□がしばしば用いられる。水蒸気として存在する ^3H の捕集では、直接捕集の他に、□C□による固体捕集、□D□による液体捕集、□E□による冷却凝縮捕集も利用される。また、同様に気体として存在する ^{131}I の固体捕集では□F□がより有効である。これに対して、□G□などのラジオアイソトープ(RI)が浮遊粒子として存在する場合にはダストサンプラを用いて試料を採取することができる。ただし、浮遊粉じんへの吸着により、気体として存在していたRIがろ紙に捕集される場合もある。

このように捕集されたRIを定量した上で、一般に捕集装置への吸引平均流量、□H□効率、及び□I□の値からRIの空气中濃度を算出する。

< A～Fの解答群 >

- | | | |
|-----------------|--------------------|---------------------|
| 1 ^4He | 2 ^{40}Ar | 3 ^{133}Xe |
| 4 ガス捕集用電離箱 | 5 シンチレーションカクテル | 6 活性炭カートリッジ |
| 7 シリカゲル | 8 ろ紙 | 9 水バブラー |
| 10 ベンゼン | 11 リービッチ冷却管 | 12 コールドトラップ |

< Gの解答群 >

- | | | |
|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1 ^{60}Co | 2 ^{85}Kr | 3 ^{133}Xe |
|--------------------|--------------------|---------------------|

< H、Iの解答群 >

- | | | |
|--------|-----------|------|
| 1 吸入 | 2 作業 | 3 捕集 |
| 4 捕集時間 | 5 捕集装置の容積 | |

II 空気中に放射性物質が存在する場合には、吸入による内部被ばくが問題となる。内部被ばくの影
響を考える場合には、壊変様式や線質などの物理的性質を知っておく必要がある。 ^{133}Xe 、 ^{131}I 、 ^3H 、
 ^{60}Co はすべて するが、 以外は γ 線も放出する。また、化学的性質も重要である。特に
 ^{131}I は実験環境中で多様な化学形をとりえるので、取扱いに注意を要する。 は特に揮発しや
すい化学形である。飛散を防ぐために、水溶液系では となることを避けるなどの工夫が行わ
れる。なお、壊変によって約 1%の ^{131}I は放射性的 となるので、これの挙動にも注意を要す
る場合がある。

< J、Kの解答群 >

- | | | |
|----------------|---------------------|--------------------|
| 1 α 壊変 | 2 β^- 壊変 | 3 β^+ 壊変 |
| 4 電子捕獲(EC壊変) | 5 ^{133}Xe | 6 ^{131}I |
| 7 ^3H | 8 ^{60}Co | |

< L～Nの解答群 >

- | | | | |
|-----------------------------|----------------------|------------------|---------------------|
| 1 I^- | 2 I_2 | 3 I_3^- | 4 IO_4^- |
| 5 酸性 | 6 中性 | 7 アルカリ性 | 8 ^{129}Sb |
| 9 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ | 10 ^{131}Se | | |

III 空気中に存在する放射性物質を吸入してそれらによる被ばくが問題となる場合には、吸入した放
射性物質を除去するための処置を速やかに行うことを考慮する。 ^{133}Xe の体内からの除去には清浄
なでのが有効である。 ^{131}I を吸入した場合の体内汚染の除去には吸入後速やかに
を投与することが有効である。水蒸気として存在する ^3H を吸入した場合の体内汚染の除去
にはを行い、を投与することが有効である。粒子として浮遊している ^{60}Co を吸入し
た場合の体内汚染の除去にはを投与することが有効である。

< O～Tの解答群 >

- | | | | |
|---------|-------------|-----------|-------|
| 1 呼吸 | 2 飲水 | 3 脱毛 | 4 運動 |
| 5 胃洗浄 | 6 腸内洗浄 | 7 ヨウ化カリウム | 8 利尿剤 |
| 9 血管拡張剤 | 10 D-ペニシラミン | 11 空気 | 12 窒素 |

問6 次のⅠ～Ⅲの文章の□の部分に入る最も適切な語句、数値又は数式を、それぞれの解答群の中から1つだけ選べ。

Ⅰ 放射性物質が体内に侵入する経路には経口摂取、吸入摂取、経皮侵入(創傷からの侵入を含む)の3つがある。経口摂取された放射性物質の消化管吸収率は、ヨウ素のように高いものや□Aのよう非常に低いものがあり、吸収率は放射性物質の種類により異なる。血液中に入った放射性核種は、その化学的性質に従って特有の分布をする。トリチウムや□Bは全身にほぼ均等に分布し、カルシウムや□Cは骨に、ヨウ素は甲状腺に集積する。組織に集積した放射性物質はやがて、主に□Dにより体外に排出される。排出速度は生物学的半減期により表され、被ばく線量率は物理的半減期と生物学的半減期から計算される有効半減期に従って減少する。有効半減期は、式□Eにより計算される。

< A～Eの解答群 >

- | | | | |
|---|--------|---|-----|
| 1 プルトニウム | 2 セシウム | 3 ストロンチウム | 4 鉄 |
| 5 マンガン | 6 呼気 | 7 尿、糞 | 8 汗 |
| 9 毛髪 | 10 たん痰 | 11 脳脊髄液 | |
| 12 $\sqrt{\text{生物学的半減期} \times \text{物理的半減期}}$ | | 13 $\frac{\text{生物学的半減期} + \text{物理的半減期}}{\text{生物学的半減期} \times \text{物理的半減期}}$ | |
| 14 $\frac{\text{生物学的半減期} \times \text{物理的半減期}}{\text{生物学的半減期} + \text{物理的半減期}}$ | | | |

II 体内に取り込まれた放射性物質は、減衰するとともに排泄される。この過程で長期間にわたって周囲の組織の被ばくが続く。組織の吸収線量に放射線の線質を考慮した \boxed{F} を乗じて摂取時から \boxed{G} 年間(成人の場合)にわたって積分した線量を \boxed{H} と呼ぶ。これに、組織ごとに定められている \boxed{I} を乗じた上で、これらすべてを足し合わせて \boxed{J} が定義される。内部被ばくに伴う実効線量とはこれを指す。放射線管理上、放射性物質を摂取した時点でこの線量を受けたものとして取り扱う。なお、乳幼児や子供については摂取時から \boxed{K} 歳までの期間を積分の対象とする。

< F の解答群 >

- 1 組織加重(荷重)係数 2 放射線加重(荷重)係数 3 実効線量係数
4 線量・線量率効果係数

< G の解答群 >

- 1 1 2 5 3 10 4 20
5 50 6 70

< H の解答群 >

- 1 照射線量 2 吸収線量 3 預託等価線量 4 預託実効線量

< I の解答群 >

- 1 組織加重(荷重)係数 2 放射線加重(荷重)係数 3 実効線量係数
4 線量・線量率効果係数

< J の解答群 >

- 1 照射線量 2 吸収線量 3 預託等価線量 4 預託実効線量

< K の解答群 >

- 1 20 2 30 3 40 4 50
5 60 6 70

III 実効線量の算出は、核種と化学形ごとに告示(放射線を放出する同位元素の数量等を定める件)別表第2により与えられた \boxed{L} を用いる。その例を次表に示す。

核種と化学形	吸入摂取した場合の \boxed{L} [$\text{mSv}\cdot\text{Bq}^{-1}$]
^3H メタン	1.8×10^{-10}
^3H 水	1.8×10^{-8}
^3H 有機物(メタンを除く)	4.1×10^{-8}

(放射線を放出する同位元素の数量等を定める件 告示別表第2より抜粋)

これをもとに算定するとトリチウム水蒸気を吸入摂取し、摂取された量が $7.2 \times 10^6 \text{ Bq}$ の場合の実効線量は \boxed{M} mSv と評価できる。

また、 ^{137}Cs の、吸入摂取した場合の と経口摂取した場合の は次のとおりである。

核種と化学形	吸入摂取した場合の <input type="text" value="L"/> [mSv·Bq ⁻¹]	経口摂取した場合の <input type="text" value="L"/> [mSv·Bq ⁻¹]
^{137}Cs (すべての化合物)	6.7×10^{-6}	1.3×10^{-5}

(放射線を放出する同位元素の数量等を定める件 告示別表第 2 より抜粋)

吸入摂取 2 日後に残留している ^{137}Cs が全身で 4.7×10^6 Bq であったとした場合、摂取された ^{137}Cs は Bq と見積もられ、この摂取による実効線量は mSv と評価できる。

なお、 ^{137}Cs 摂取後の体内残留率は次の表で与えられるものとする。

経過日数[日]	1	2	3	4	5
吸入摂取後の体内残留率[%]	60	50	46	44	43
経口摂取後の体内残留率[%]	98	95	93	91	89

また、経口摂取した場合に実効線量 10 mSv を与える ^{137}Cs の摂取された量は Bq で、経口摂取 5 日後に残留している ^{137}Cs は全身で Bq となる。

< L の解答群 >

- | | |
|--------------|---------------|
| 1 組織加重(荷重)係数 | 2 放射線加重(荷重)係数 |
| 3 実効線量係数 | 4 線量・線量率効果係数 |

< M の解答群 >

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 1.3×10^{-4} | 2 3.0×10^{-4} | 3 1.3×10^{-3} | 4 3.0×10^{-3} |
| 5 1.3×10^{-2} | 6 3.0×10^{-2} | 7 1.3×10^{-1} | 8 3.0×10^{-1} |

< N の解答群 >

- | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 4.9×10^6 | 2 5.1×10^6 | 3 8.0×10^6 | 4 9.4×10^6 |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|

< O の解答群 >

- | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 3.4×10^1 | 2 6.3×10^1 | 3 6.6×10^1 | 4 1.2×10^2 |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|

< P の解答群 >

- | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 1.5×10^5 | 2 7.7×10^5 | 3 7.7×10^6 | 4 1.5×10^6 |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|

< Q の解答群 >

- | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 3.3×10^5 | 2 6.9×10^5 | 3 3.3×10^6 | 4 6.9×10^6 |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|