

令和6年度第1回作業環境測定士試験 (放射性物質)

指示があるまで、試験問題を開かないでください。

〔注意事項〕

1 解答方法

- (1) 解答は、別の解答用紙に記入(マーク)してください。
- (2) 使用できる鉛筆(シャープペンシル可)は、「HB」又は「B」です。
ボールペン、サインペンなどは使用できません。
- (3) 解答用紙は、機械で採点しますので、折ったり、曲げたり、汚したりしないでください。
- (4) 解答を訂正するときは、消しゴムできれいに消してから書き直してください。
- (5) 問題は、五肢択一式で、正答は一問につき一つだけです。二つ以上に記入(マーク)したもの、判読が困難なものは、得点としません。
- (6) 計算、メモなどは、解答用紙に書かずに試験問題の余白を利用してください。

2 受験票には、何も記入しないでください。

3 試験時間は1時間で、試験問題は問1～問20です。

4 試験開始後、30分以内は退室できません。

試験時間終了前に退室するときは、着席のまま無言で手を上げてください。

試験監督員が席まで伺います。

なお、退室した後は、再び試験室に入ることはできません。

5 試験問題はお持ち帰りください。

問 1 次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 誘導空気中濃度 (DAC) は、対象とする放射性物質を年間を通して一定濃度で吸入し続けたときに、年摂取限度 (ALI) を超えないように誘導された空気中濃度を指す。
- 2 1 cm 線量当量は、均一な単一方向からの平行ビームで ICRU 球全体を照射したとき、深さ 1 cm における線量当量として定義される。
- 3 3 mm 線量当量は、水晶体被ばくのリスクを直接評価する指標として重要である。
- 4 70 μm 線量当量は、皮膚の線量当量とも呼ばれ、その組織が実際に受けた生物学的影響に換算した値であることから単位は Gy を用いる。
- 5 預託実効線量は、内部被ばくの影響を評価する基準として、摂取後 50 年間に受ける線量を最初の 1 年間で受けたものと見なして、その年の外部被ばくの実効線量と合計して管理される。

問 2 放射線に関連した量①とその単位②との次の組合せのうち、誤っているものはどれか。

- | ① | ② |
|-------------|----------------------------------|
| 1 放射線のエネルギー | eV |
| 2 計数率 | s^{-1} |
| 3 吸収線量 | Gy |
| 4 空気中放射能濃度 | $\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$ |
| ○ 5 照射線量 | $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ |

問 3 次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 α 崩壊は、原子核内部から陽子2個と中性子2個からなる α 粒子が飛び出して来る現象で、崩壊後の原子核は、原子番号が2つ減少する。
- 2 β 崩壊は、原子核内部から電子又は陽電子と、ニュートリノが放出される現象で、崩壊後の原子核は電子放出の場合は原子番号が1つ増え、陽電子放出の場合は1つ減少する。
- 3 電子捕獲は、原子核が軌道電子を捕獲する現象で、特性X線を放出し、原子番号が1つ増加する。
- 4 γ 線は、 α 崩壊や β 崩壊に伴い、励起状態に置かれた原子核が、より安定した状態に移行する際に放出される電磁波であり、 γ 線放出時に原子番号は変化しない。
- 5 半減期とは、放射性核種の原子数が、放射線を放出して元の数の半分に減少するまでに要する時間である。

問 4 放射線に関する次の記述の①から⑤までの に入る語句又は数値の組合せとして、正しいものは下のうちどれか。

「直径2インチ、高さ2インチのNaI (TI) シンチレーション検出器に ^{60}Co から1.33 MeVの光子が入射する場合、そのエネルギー分解能は一般的に ① %程度である。また、同様な光子エネルギーに対するGe半導体検出器のエネルギー分解能は、通常 ② %程度である。なお、計数効率は ③ とともに変化するため、種々の校正用標準線源を用いた効率曲線を作成することが必要である。」

- | | ① | ② | ③ |
|-----|-----|-----------|-------|
| 1 | 2～3 | 0.01～0.05 | 計数率 |
| 2 | 2～3 | 0.01～0.05 | エネルギー |
| 3 | 2～3 | 0.1～0.5 | 計数率 |
| 4 | 7～9 | 0.01～0.05 | エネルギー |
| ○ 5 | 7～9 | 0.1～0.5 | エネルギー |

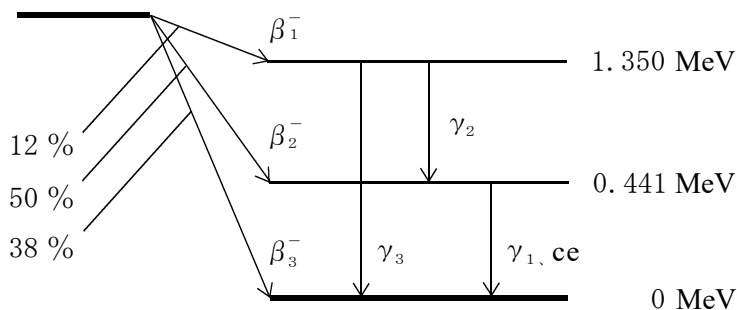
問 5 放射線に関する次の記述の①から④までの□に入る語句の組合せとして、正しいものは下のうちどれか。

「原子核から出る放射線のうち□①と□②は、それ自身が電離作用を持ち、比較的短い飛程でエネルギーが失われる。高エネルギーの□③は、物質から制動放射線を発生させる。一方、□④と□⑤は、電荷を持たないので物質中での透過力がある。□⑥は、相互作用で物質から電子を放出させ、それが主に電離作用を行う。」

- | | ① | ② | ③ | ④ |
|-----|----|----|------|------|
| 1 | α線 | β線 | γ線 | 中性子線 |
| 2 | α線 | γ線 | β線 | 中性子線 |
| 3 | β線 | α線 | 中性子線 | γ線 |
| ○ 4 | β線 | α線 | γ線 | 中性子線 |
| 5 | β線 | γ線 | 中性子線 | α線 |

問 6 次の崩壊様式をもつ放射性核種 500 Bq から放出される 0.441 MeV の γ 線 (γ₁) の数として、正しい値に最も近いものは下のうちどれか。

ただし、励起レベル 0.441 MeV からの内部転換電子 (ce) の放出率は 50 % であり、γ₂ と γ₃ の放出率は等しいものとする。



- 1 30
 2 95
 3 130
 ○ 4 140
 5 280

問 7 放射性物質の測定に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 ^{14}C の測定に、NaI (Tl) シンチレーションサーベイメータを用いる。
- 2 ^3H の測定に、液体シンチレーション検出器を用いる。
- 3 ^{137}Cs の測定に、GM 管サーベイメータを用いる。
- 4 ^{241}Am の測定に、ZnS (Ag) シンチレーションサーベイメータを用いる。
- 5 ^{57}Co の測定に、Ge 半導体検出器を用いる。

問 8 試料の放射能を測定する際、計測器の検出効率が 25 % の測定器を用いて試料及びバックグラウンドをそれぞれ 20 分間測定した。バックグラウンド計数率が 60 cpm だったとき、検出下限放射能として正しい値に最も近いものは次のうちどれか。

ただし、検出下限放射能は $3\sqrt{2}\sigma$ で与えられるものとし、 σ はバックグラウンド計数率の標準偏差である。

- 1 3.0×10^{-2} Bq
- 2 4.8×10^{-1} Bq
- 3 2.2×10^0 Bq
- 4 2.9×10^1 Bq
- 5 3.0×10^2 Bq

問 9 放射能測定において、試料の 1000 秒間測定で 4900 カウント、バックグラウンドの 3000 秒間測定で 250 カウントであるとき、試料の正味計数率の標準偏差の値に最も近いものは次のうちどれか。

ただし、これらの測定において測定時間以外の測定条件は同じとする。

- 1 $4.9 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$
 ○ 2 $7.0 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 3 $7.0 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$
 4 $2.2 \times 10^0 \text{ s}^{-1}$
 5 $4.8 \times 10^0 \text{ s}^{-1}$

問 10 次の記述の㊶から㊸までの に入る語句の組合せとして、正しいものは下のうちどれか。

「プルトニウムの空气中濃度測定には、ラドンとトロンの崩壊生成物による影響を抑えるために試料採取 3 日後以降に全 α 線計測を行う ㊶法と、濃度変化をリアルタイムに検出するための ㊷法がある。

㊸法では ㊹による全 α 線計測を行う。」

- | | ㊶ | ㊷ | ㊸ |
|-----|--------|--------------------|---------------------|
| 1 | モニタリング | 遠心分離 | Ge 半導体検出器 |
| 2 | モニタリング | 電気集塵 ^{じん} | ZnS(Ag) シンチレーション検出器 |
| 3 | サンプリング | モニタリング | プラスチックシンチレーション検出器 |
| ○ 4 | サンプリング | モニタリング | ZnS(Ag) シンチレーション検出器 |
| 5 | 電気集塵 | 遠心分離 | プラスチックシンチレーション検出器 |

問 1 1 β^+ 放射性核種の放射能測定に用いる検出器として、不適当なものは次のうちどれか。

- 1 液体シンチレーション検出器
- 2 プラスチックシンチレーション検出器
- 3 NaI (Tl) シンチレーション検出器
- 4 BF_3 比例計数管
- 5 ガスフロー比例計数管

問 1 2 γ 線エネルギー分析装置の校正用線源として、適当な核種のための組合せは次のうちどれか。

- | | | | |
|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <input type="radio"/> 1 | ^{109}Cd | ^{152}Eu | ^{241}Am |
| 2 | ^{11}C | ^{15}O | ^{18}F |
| 3 | ^{57}Co | ^{60}Co | ^{63}Ni |
| 4 | ^{133}Ba | ^{137}Cs | ^{252}Cf |
| 5 | ^{32}P | ^{35}S | ^{85}Kr |

問13 液体シンチレーション測定に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 試料の化学成分は、計数効率に影響する。
- 2 ^3H 、 ^{14}C 等の低エネルギー β 核種の測定に適している。
- 3 低エネルギー β 線よりも高エネルギー β 線に対して計数効率が高い。
- 4 化学発光は、放射能測定値の過小評価をもたらす。
- 5 不溶性試料は、放射能測定の精度を下げる。

問14 次の放射性物質の測定に関する記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 通気型の電離箱の測定値には、天然のラドンとその子孫核種の影響が含まれる。
- 2 1.5リットル程度のガス捕集用電離箱では、電離効率は、 β 線のエネルギーに比例して高くなる。
- 3 捕集用ガス容器に試料空気を直接採取する方式は、 ^{41}Ar や ^{85}Kr などの測定に用いられる。
- 4 揮発性放射性ヨウ素の捕集には、活性炭含浸ろ紙、活性炭繊維ろ紙などが用いられる。
- 5 ラドン・トロンは、放射性アルゴンよりも電離箱内壁の放射能汚染を生じやすい。

問15 作業環境空気中の放射性物質①と、その捕集材又は捕集器具②との次の組合せのうち、適切なもののみの組合せはどれか。

①	②
① HT	水バブラー
② $^{60}\text{Co}_2\text{O}_3$	セルローズ・ガラス系ろ紙
③ $\text{CH}_3^{131}\text{I}$	活性炭カートリッジ
④ $^{239}\text{PuO}_2$	ユールドトラップ

- 1 ① ②
 2 ① ③
 ○ 3 ② ④
 4 ② ④
 5 ③ ④

問16 作業環境空気中の放射性物質濃度を測定するため、直接捕集法により試料を採取し、3日(72時間)後にその試料の全放射能を測定したところ4 Bqであった。作業環境空気中の放射性物質の放射能濃度として、正しい値に最も近いものは次のうちどれか。

ただし、採取試料は0.9 L、放射性物質の半減期は18時間とする。

- 1 $4.4 \times 10^{-3} \text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$
 2 $8.8 \times 10^{-3} \text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$
 3 $1.8 \times 10^{-2} \text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$
 4 $3.6 \times 10^{-2} \text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$
 ○ 5 $7.1 \times 10^{-2} \text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-3}$

問17 作業環境空気中のトリチウムの放射能測定に関する次の①から⑤までの記述のうち、正しいもののみの組合せは下のうちどれか。

- ① 捕集用電離箱では、濃度限度程度の濃度を、適時チェックするのに簡便である。
- ② ガス状トリチウムは、トリチウム化水蒸気よりも電離箱内壁の放射能汚染を生じやすい。
- ③ トリチウム化水蒸気のコールドトラップによる捕集は、他の放射性ガスとの分離測定は困難である。
- ④ トリチウム化水蒸気のシリカゲルによる捕集は、1か月程度の長期の連続サンプリングが可能である。

- 1 ① ②
- 2 ① ④
- 3 ② ④
- 4 ② ③
- 5 ③ ④

問18 放射性物質を取り扱う作業場において、作業環境空気中の放射能濃度が、取扱い核種の濃度限度の1/10を超えないよう管理するために必要な測定装置の検出下限計数率(s^{-1})の値として、正しい値に最も近いものは次のうちどれか。

ただし、取扱い核種の濃度限度は $4.0 \times 10^{-7} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、測定装置の計数効率は22%、使用する捕集材の捕集効率は100%、捕集時間は24時間、試料空気の吸引流量は、捕集開始直後に $98 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 、捕集終了直前に $83 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ とし、吸引流量は直線的に変化するものとする。

- 1 0.62 s^{-1}
- 2 1.2 s^{-1}
- 3 2.3 s^{-1}
- 4 11 s^{-1}
- 5 24 s^{-1}

問19 作業環境中の放射線又は放射性物質の測定に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1 個人線量計は、放射線入射窓を外側にして、男性は胸部に着用する。
 - 2 γ 線用サーベイメータは、センサ部分を地上約1m程度の高さに保ち、モニタ対象区域を移動して測定する。
 - 3 表面汚染用サーベイメータは、測定対象物の表面直近から1cm程度以内の距離を保ちながら移動させ、計数率の変化を調べる。
 - 4 定期的にスミア試験やサーベイメータなどで測定を行う場合、できるだけ前回と同じ測定点を選ぶ。
- 5 GM管式サーベイメータで保護キャップやシャッターが付属している測定器で周辺線量当量率を測定する際は、保護キャップを外し、あるいはシャッターが開いた状態で測定する。

問20 作業環境空気中の放射能濃度に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 取り扱う核種が明らかで、かつ、複数の場合は、濃度限度が最も高い核種が全放射能を占めるとして良い。
- 2 ろ過捕集法に用いるろ紙は、 $0.3\ \mu\text{m}$ の粒子を95%以上捕集する性能が求められる。
 - 3 低エネルギー β 線を放出する核種を捕集対象とするときには、表面捕集率の高いろ紙の使用が望ましい。
 - 4 吸引する試料空気量は、計測器の検出感度、捕集効率を考慮して、検出下限濃度が濃度限度の1/10を超えないように決める。
 - 5 ガス捕集用電離箱を用いた直接捕集法における検出下限濃度は、捕集容器の容積に依存する。

(終り)