

令和7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 放射線に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 X線による眼の水晶体に対する等価線量の算定には、3 mm線量当量を用いる。
- 2 40 keV以上の γ 線及びX線の場合、70 μ m線量当量と1 cm線量当量の違いは10 %以内である。
- 3 カーマは、 γ 線やX線などの直接電離放射線によって単位質量中に生成された2次荷電粒子の運動エネルギーの総和である。
- 4 作業環境測定における1 cm線量当量は、均一で単一方向からの平行ビームでICRU球全体を照射したとき、照射軸上の深さ1 cmにおける線量当量である。
- 5 1 Gyの吸収線量は、放射線の種類、物質にかかわらず照射された物質1 kg当り1 Jのエネルギーを受け取る量である。

問 2 放射線に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 作業環境測定に用いる1 cm線量当量率を表す単位は、 $\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ である。
- 2 空気吸収線量は、放射線の照射によって空気の単位質量あたりに吸収されたエネルギーで、単位は $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ である。
- 3 照射線量率は、光子によって単位時間当たりの空気中に生成される正又は負の電荷量で、単位は $\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ である。
- 4 空気中放射能濃度を表す単位は、 $\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$ である。
- 5 中性子放出率は、中性子源から単位時間あたりに発生する中性子の数で、単位は s^{-1} である。

問 3 次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 原子番号は、原子核を構成する陽子の数と同じである。
 - 2 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 粒子が放出される現象で、崩壊後の原子は原子番号が 2 つ減少する。
 - 3 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、崩壊後の原子は、電子放出の場合は原子番号が 1 つ増加し、陽電子放出の場合は 1 つ減少する。
 - 4 γ 線は、励起状態に置かれた原子核がより安定な状態に遷移する際に放出される電磁波であり、原子番号は変化しない。
- 5 電子捕獲は、原子核が軌道電子を捕獲吸収する現象で、特性 X 線が放出され、原子番号が 1 つ増加する。

問 4 放射線に関する次の記述の ㉠ から ㉥ までの に入る核種、数値又は語句の組合せとして、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 (Tl) シンチレーション検出器を用いて γ 線エネルギー分析を行う場合、対象核種が ㉠ であると 662 keV の位置に光電ピークが観察される。そのエネルギー分解能は一般的に ㉡ % 程度である。また、おおよそ 185 keV 辺りに幅の広いピーク形状のものが観察される場合があるが、これは ㉢ に起因するものである。」

- | | ㉠ | ㉡ | ㉢ |
|-----|-------------------|-------|---------------|
| ○ 1 | ^{137}Cs | 2 ～ 3 | 消滅 γ 線 |
| 2 | ^{137}Cs | 6 ～ 8 | 後方散乱 |
| 3 | ^{60}Co | 2 ～ 3 | 消滅 γ 線 |
| 4 | ^{60}Co | 6 ～ 8 | 消滅 γ 線 |
| 5 | ^{60}Co | 6 ～ 8 | 後方散乱 |

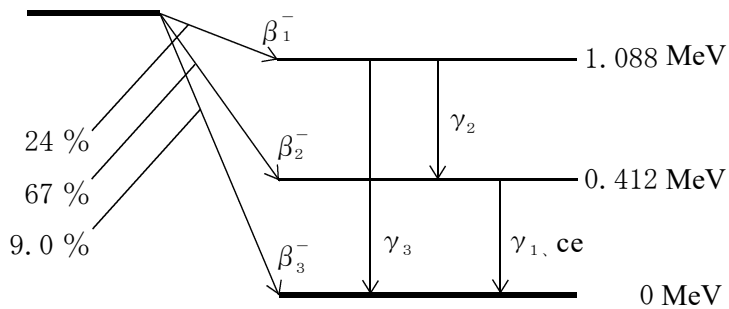
問 5 放射線に関する次の記述の①から⑤までの□に入る語句の組合せとして、正しいものは下のうちどれか。

「原子核から放出される□①と□②のうち、□②はそれ自身が電荷を持っており、比較的短い飛程でエネルギーが失われる。一方□①と□③は、電荷を持たないので物質を透過しやすい。□③の遮蔽には、水などの水素を含む物質が有効である。」

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

問 6 次の壊変様式をもつ放射性核種から放出される 0.412 MeV の γ 線 (γ_1) の数が毎秒 2.0×10^2 であるとき、その核種の放射能の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 1.088 MeV から放出される γ_2 、 γ_3 の数の比は $2 : 1$ とし、 0.412 MeV からの内部転換電子 (ce) の放出率は 20% であるとする。



- 1 $2.4 \times 10^2 \text{ Bq}$
 ○ 2 $3.0 \times 10^2 \text{ Bq}$
 3 $1.5 \times 10^3 \text{ Bq}$
 4 $2.4 \times 10^3 \text{ Bq}$
 5 $3.0 \times 10^3 \text{ Bq}$

問 7 検出器①とこれらを用いて測定する放射性核種②との次の組合せのうち、適切でないものはどれか。

	①	②
1	^3He 比例計数管	^{252}Cf
○ 2	Ge 半導体検出器	^{32}P
3	NaI (Tl) シンチレーション検出器	^{40}K
4	Si 半導体検出器	^{210}Po
5	CsI (Tl) シンチレーション検出器	^{241}Am

問 8 試料の放射能を測定する際、計測器の検出効率が 10 % 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 30 分間測定した。バックグラウンド計数率が 150 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 $1.6 \times 10^{-1} \text{ Bq}$
- 2 $8.6 \times 10^{-1} \text{ Bq}$
- 3 $1.6 \times 10^0 \text{ Bq}$
- 4 $8.6 \times 10^0 \text{ Bq}$
- 5 $1.6 \times 10^1 \text{ Bq}$

問 9 放射能測定において、試料の 1000 秒間測定で 6400 カウント、バックグラウンドの 4000 秒間測定で 350 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 $8.0 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 2 $2.5 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$
 3 $8.0 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$
 4 $2.5 \times 10^0 \text{ s}^{-1}$
 5 $8.0 \times 10^0 \text{ s}^{-1}$

問 10 ^{239}Pu の空气中濃度モニタリングに関する次の記述の ㊦ から ㊨ 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。

「人工放射性物質の空气中濃度を計測する場合、自然放射能であるラドンやトリンの影響を取り除く必要がある。一般的な手法として ㊦ を用いた α 線スペクトル分析法がある。例えば ^{239}Pu からの α 線エネルギーは約 ㊧ MeV であることから、そのエネルギー領域に入る α 線ピークを ^{239}Pu として計数することで、ラドンやトリンの減衰を待つことなく空气中濃度測定ができる。この場合、 ^{239}Pu の α 線ピーク面積を正確に測定することが重要であるため、表面捕集率の ㊨ ろ紙を使用することが望ましい。」

- | | ㊦ | ㊧ | ㊨ |
|------------------------|---|----|---|
| ○ 1 Si 半導体検出器 | 5 | 高い | |
| 2 Si 半導体検出器 | 8 | 高い | |
| 3 NaI (Tl) シンチレーション検出器 | 8 | 低い | |
| 4 Ge 半導体検出器 | 5 | 高い | |
| 5 Ge 半導体検出器 | 8 | 低い | |

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、適切でないものは次のうちどれか。

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

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

- | | | | |
|-----|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | ^3H | ^{14}C | ^{147}Pm |
| ○ 2 | ^{22}Na | ^{109}Cd | ^{137}Cs |
| 3 | ^{18}F | ^{137}Cs | ^{241}Am |
| 4 | ^{109}Cd | ^{241}Am | ^{252}Cf |
| 5 | ^{32}P | ^{40}K | ^{60}Co |

問13 液体シンチレーション検出器による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 化学クエンチング及び色クエンチングは、それぞれ放射能の過少及び過大評価をもたらす。
- ② γ 線外部標準線源を用いて、 β 線核種測定の計数効率を求めることができる。
- ③ β 線のエネルギーは連続スペクトルを示すため、 ^3H と ^{14}C の同時測定はできない。
- ④ 測定時の雑音（ノイズ）を下げるため、光電子増倍管を2台用いて、2台から同時に信号があった場合だけ計数（同時計数）する。

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

問14 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 捕集用ガス容器に試料空気を直接採取する直接捕集法は、ガス状の放射性物質に対してのみ適用可能である。
- 2 ろ過式ダストサンプラに用いるろ紙は、 $0.5\ \mu\text{m}$ の粒子を90%以上捕集する能力が求められる。
- 3 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。
- 4 空気流通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ている。
- 5 1.5リットル程度のガス捕集用電離箱における電離効率は、 β 線のエネルギーにほぼ反比例し、 β 線エネルギーが高くなるほど、効率は低下する。

問 1 5 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
イ HT	シリカゲル
ロ $\text{H}^{131}\text{IO}_4$	活性炭含浸ろ紙
ハ $^{239}\text{PuO}_2$	コールドトラップ
ニ ^{133}Xe	捕集用電離箱

- 1 イ ロ
2 イ ハ
3 ロ ハ
○ 4 ロ ニ
5 ハ ニ

問 1 6 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、2日（48時間）後にその試料の全放射能を測定したところ 3 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 1.1 L、放射性物質の半減期は 8 時間とする。

- 1 $1.6 \times 10^{-2} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$
2 $1.9 \times 10^{-2} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$
3 $2.0 \times 10^{-2} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$
○ 4 $1.7 \times 10^{-1} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$
5 $2.1 \times 10^{-1} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$

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㊦から㊩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。

- ㊦ ガス状トリチウムは、酸化させることにより、トリチウム化水蒸気と同様な測定が可能である。
- ㊧ 空気流通型電離箱式モニターで測定する場合、他の放射性ガスとの分離測定は可能である。
- ㊨ 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。
- ㊩ トリチウム化水蒸気の冷却凝縮捕集法では、他の放射性ガスとの分離測定は困難である。

- 1 ㊦ ㊩
- 2 ㊦ ㊨
- 3 ㊩ ㊨
- 4 ㊩ ㊩
- 5 ㊨ ㊩

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 $5.0 \times 10^{-7} \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、測定装置の計数効率は 25 %、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 $100 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 、捕集終了直前に $92 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ とし、吸引流量は直線的に変化するものとする。

- 1 0.83 s^{-1}
- 2 0.91 s^{-1}
- 3 1.7 s^{-1}
- 4 6.9 s^{-1}
- 5 28 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、適切でないものはどれか。

- 1 表面汚染用サーベイメータは、測定対象物に直接触れないよう注意しつつ、出来るだけ表面直近を移動させて計数率を求めることが望ましい。
- 2 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を用いて周辺線量当量率を測定する場合は、保護キャップを外し、又はシャッターを開いた状態で測定する。
- 3 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場所を測定点とする。
- 4 γ 線用サーベイメータによる線量測定は、地上約 1 m 程度の高さで行う。
- 5 個人線量計は、放射線入射窓を外側にして、体幹部に着用する。

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 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。
- 2 ガス捕集用電離箱の動作電圧は、飽和電離電流をとるように設定する。
- 3 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しない。
- 4 ガス捕集用電離箱において、 β 線に対する電離効率は、 α 線に対する電離効率より低い。
- 5 取り扱う核種が明らかで、かつ、複数の場合は、濃度限度が最も低い核種が全放射能を占めるとして良い。

(終 り)