

実 務

第 2 種放射線取扱主任者としての実務に関する次に掲げる課目

- イ 放射性同位元素（密封されたものに限る。）の取扱い及び使用施設等（密封された放射性同位元素を取り扱うものに限る。）の安全管理に関する課目
- ロ 放射線の量の測定に関する課目
- ハ 放射性同位元素（密封されたものに限る。）又は放射性汚染物の取扱いに係る事故が発生した場合の対応に関する課目

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：13:00～14:15（1 時間 15 分）

2 問題数：

五肢択一式 10 問（20 点）、多肢択一式 2 問（40 点）（60 点満点）（9 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しまってください。
- 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結構です。
- ⑦ 不正行為を行った者は、受験資格を失ったものとみなし、試験室からの退出を命じます。また、試験終了後に不正行為を行ったことが発覚した場合、試験実施時にさかのぼり受験資格を失ったものとみなします。

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 解答用紙の所定の欄に氏名・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。

次の問 1 から問 10 について、5 つの選択肢のうち適切な答えを 1 つだけ 選び、また、問 11、問 12 の文章の の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを 1 つだけ 選び、注意事項に従って解答用紙に記入せよ。

問 1 ^{152}Eu の点線源 (100 kBq) が真空中にある。 ^{152}Eu は、72% の確率で EC 壊変し、28% の確率で β^- 壊変する。線源から 50 cm 離れた点における β^- 線のフルエンス率 [$\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$] として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、線源による自己吸収およびその他の吸収・散乱は無視できるものとする。

- 1 8.1×10^3 2 8.9×10^3 3 9.7×10^3 4 1.2×10^4 5 1.5×10^4

問 2 放射能が異なる 3 つの ^{137}Cs 点線源がある。各線源周辺の地点 A ~ C について、実効線量率が高い順に並んでいるものは、次のうちどれか。ただし、 ^{137}Cs 点線源の放射能 [MBq]、線源 - 評価地点間の距離 [m]、遮蔽材は下表のとおりとする。また、周囲の物質による散乱は無視する。

地点	放射能 [MBq]	距離 [m]	遮蔽材
A	100	2	なし
B	300	4	なし
C	1,000	2	厚さ 2 cm の鉄板

- 1 A > B > C
 2 A > C > B
 3 B > A > C
 4 B > C > A
 5 C > A > B

問3 遮蔽に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A α 線に対しては、特に遮蔽材は必要ない。
 - B 高エネルギー β 線を効率よく遮蔽するには、プラスチック製の衝立の線源側に金属板を取り付ける。
 - C 低エネルギー γ 線に対する眼の水晶体の防護に、鉛含有ガラスを用いた防護眼鏡は有効である。
 - D 中性子に対しては、 B_2O_3 含有ポリエチレンブロックは有効である。
- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

問4 組織加重係数（ICRP2007年勧告）に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 組織加重係数が最も大きい臓器・組織には、甲状腺が含まれる。
 - B 組織加重係数は、確定的影響の発生率の推定には適用されない。
 - C 内部被ばくには、外部被ばくよりも大きい組織加重係数が適用される。
 - D 組織加重係数の総和は1である。
- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問5 ICRP2007年勧告で示されている防護体系の3つの基本原則に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 正当化、防護の最適化、線量限度の適用の3つの基本原則は、計画被ばく、緊急時被ばく、現存被ばくのすべての被ばく状況に適用される。
 - B 放射性物質の故意の添加又は放射化により、食品、飲料、化粧品、玩具及び個人の宝石や装飾品などの製品の放射能を高めることは、例外的な事情がない限り、さらなる分析を行わずに正当と認めるべきではない。
 - C 防護の最適化は、あらゆる潜在被ばくを含む被ばく状況の評価などの作業を伴う継続的かつ反復的なプロセスを通じて、一般的な事情の下における最善の防護レベルを達成することを常に目的としている。
 - D 線量限度は患者の医療被ばくには適用されない。
- 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問6 次の線源に関する記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 銀箔により表面が被覆された ^{241}Am の線源は、 α 線検出器のエネルギー校正線源として用いることができる。
- B エネルギーの異なる γ 線を放出する混合線源は、 γ 線検出器のエネルギー校正線源として用いることができる。
- C ^{252}Cf は、中性子線源として用いることができる。
- D ^{63}Ni は、電子捕獲型検出器の線源として用いることができる。

- 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問7 次の密封 β 線源のうち、制動放射線の発生率が高くその遮蔽について最も注意を払うべきものはどれか。ただし、すべての密封 β 線源の放射能は等しいものとする。

- 1 ^{63}Ni
- 2 ^{85}Kr
- 3 ^{90}Sr
- 4 ^{137}Cs
- 5 ^{204}Tl

問8 空気等価壁電離箱に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 照射線量の測定に用いられる。
- B プラトー領域の上限付近の電圧で用いられる。
- C 充填ガスにはクエンチガスが添加されている。
- D 電離箱の器壁から内部に放出された二次電子も測定に含まれる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問9 ある試料をGM計数装置（分解時間100 μ s）により100秒間測定したところ20,000カウントの計数値が得られた。形状・サイズが同じで放射能が2倍の試料を同じ時間測定したときに予想される計数について、正しいものは次のうちどれか。ただし、両測定において、計数効率と同じであり、また、バックグラウンド計数は無視し得るものとする。

- 1 いわゆる窒息現象をきたし、計数不能となる。
- 2 常に40,000カウントの計数値が得られる。
- 3 40,000カウントよりも高い計数値と低い計数値とが、同程度の確率で得られる。
- 4 40,000カウントよりも低い計数値が、高い確率で得られる。
- 5 40,000カウントよりも高い計数値が、高い確率で得られる。

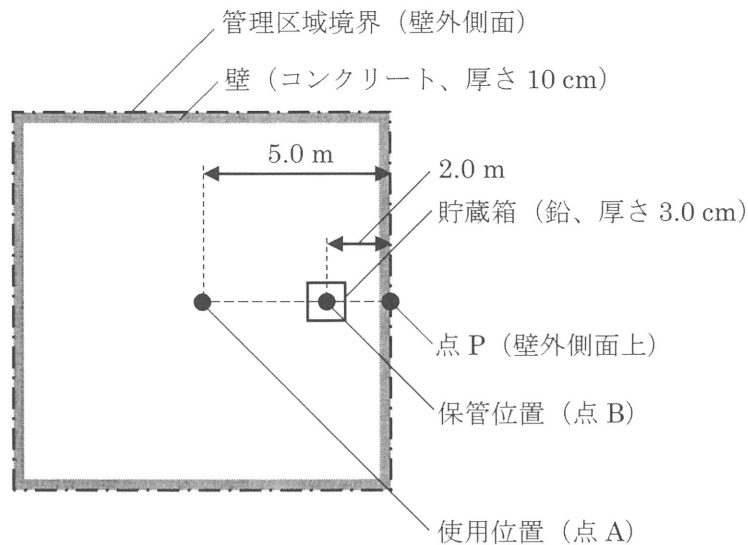
問10 次の個人線量計とその検出原理との関係のうち、正しいものの組合せはどれか。

- | | | |
|---------------|---|--------------|
| A OSL線量計 | — | 光刺激ルミネセンス |
| B 蛍光ガラス線量計 | — | ラジオフィトルミネセンス |
| C 熱ルミネセンス線量計 | — | エレクトロルミネセンス |
| D 半導体式ポケット線量計 | — | レーザー分光 |

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問11 次のⅠ～Ⅲの文章の□部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを1つだけ選べ。

Ⅰ ある研究所では、 ^{137}Cs の密封線源（150 MBq）を1個所有している。線源は、実験室の貯蔵箱（鉛の厚さ3.0 cm）に入れて保管されており、使用時は貯蔵箱から線源を取り出し、所定の場所に設置して使用する。実験室の壁はコンクリート（10 cm）でできており、管理区域の境界はコンクリートの壁の外側面となる。



実験室の平面図

作業者の1週間当たりの最大となる実効線量及び管理区域境界における3月間当たりの最大となる実効線量を次の表に示す条件を用いて評価する。

線源	実効線量率定数 [$\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$]	実効線量透過率		距離[m]	
		鉛 (厚さ3.0 cm)	コンクリート (厚さ10 cm)	点Aから 点Pまで	点Bから 点Pまで
^{137}Cs	7.8×10^{-2}	5.0×10^{-2}	6.4×10^{-1}	5.0	2.0

なお、線源を使用しないとき、線源は常に貯蔵箱の中に保管されているものとする。また、評価時間については、人が常時立ち入る場所における実効線量の評価時間は、1週間につき40時間（1日につき8時間×5日）、管理区域境界における実効線量の評価時間は、3月間につき500時間とする。また、実効線量の評価時における作業者と線源の間の距離は、線源の使用時及び保管時ともに0.50 mとする。さらに、管理区域の境界で線量率が最も高くなる点は壁外側面上の点Pであり、線源の使用時の位置（点A）及び貯蔵箱の中の線源の位置（点B）から点Pまでの距離はそれぞれ5.0 m、2.0 mとする。なお、本評価において、散乱線の影響は無視できるものとする。また、線源の使用時

における評価においては、貯蔵箱による遮蔽効果は無視することとする。

線源の保管時と使用時それぞれの作業者の1時間当たりの実効線量を評価すると、使用時は $\boxed{\text{A}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 、保管時は $\boxed{\text{B}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ となる。よって、1週間の最大の実効線量は、線源の使用時間を10時間、保管時間を30時間として評価すると $\boxed{\text{C}}$ μSv となる。この値は、法令で定める人が常時立ち入る場所における実効線量の線量限度である1週間につき $\boxed{\text{ア}}$ mSv を超えない。

さらに、線源の保管時と使用時それぞれの管理区域境界における1時間当たりの実効線量を評価すると、使用時は $\boxed{\text{D}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 、保管時は $\boxed{\text{E}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ となる。よって、管理区域境界における3月間の最大の実効線量は、線源の使用時間を130時間、保管時間を370時間として評価すると $\boxed{\text{F}}$ μSv となる。この値は、法令で定める管理区域の設定に係る実効線量である3月間につき $\boxed{\text{イ}}$ mSv を超えない。

<A～Fの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|----|---------------------|----|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|----|------------------|
| 1 | 2.3×10^{-3} | 2 | 2.5×10^{-2} | 3 | 9.4×10^{-2} | 4 | 3.0×10^{-1} | 5 | 1.0×10^0 |
| 6 | 2.4×10^0 | 7 | 9.4×10^0 | 8 | 2.3×10^1 | 9 | 4.7×10^1 | 10 | 7.4×10^1 |
| 11 | 5.5×10^2 | 12 | 4.7×10^3 | | | | | | |

<ア、イの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|----|----|-----|
| 1 | 0.1 | 2 | 0.3 | 3 | 0.5 | 4 | 1 | 5 | 1.3 |
| 6 | 2.4 | 7 | 3.7 | 8 | 10 | 9 | 13 | 10 | 20 |

II 線源の使用計画の変更について、1週間当たりの使用時間の変更を検討することとなった。法令で定める人が常時立ち入る場所における実効線量の線量限度を超えないようにするには、最大 $\boxed{\text{ウ}}$ 時間まで線源の使用時間を伸ばして計画することができる。このように変更した場合の管理区域境界の点Pの3月間の最大の実効線量は $\boxed{\text{G}}$ μSv となる。ただし、3月間の評価時間500時間のうち、線源の使用時間を、 $\boxed{\text{ウ}}$ 時間の13倍として評価する。

<ウの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|
| 1 | 12 | 2 | 15 | 3 | 18 | 4 | 20 | 5 | 25 |
| 6 | 29 | | | | | | | | |

<Gの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|------------------|---|------------------|---|------------------|---|------------------|---|------------------|
| 1 | 1.0×10^2 | 2 | 1.5×10^2 | 3 | 5.6×10^2 | 4 | 1.0×10^3 | 5 | 1.4×10^3 |
| 6 | 6.5×10^3 | 7 | 1.3×10^4 | 8 | 2.9×10^4 | | | | |

Ⅲ 密封線源の取り扱いに係る放射線管理について検討する。

密封線源の取り扱いに係る外部被ばくを低減することは重要である。外部被ばくの低減において、外部被ばくの防護の3原則は、 $\boxed{\text{H}}$ ・ $\boxed{\text{I}}$ ・時間である。貯蔵箱から線源を取り出すなど作業者が線源を持ち運ぶ際は $\boxed{\text{J}}$ などを用い、線源からの $\boxed{\text{H}}$ を確保し外部被ばくを防護することが有効である。また、 $\boxed{\text{K}}$ を装着することは、 $\boxed{\text{エ}}$ のようなエネルギーの比較的低いX・ γ 線を放出する核種に対しては、作業者の被ばく線量を低減するために有効であるが、 ^{137}Cs 線源のようなエネルギーの比較的高い γ 線に対する効果は低い。

また、密封線源の落下等に伴い密封性が損なわれた可能性がある場合には、外観検査や汚染検査を行う必要がある。汚染検査では、表面にサーベイメータを近づけて測定する $\boxed{\text{L}}$ と、その表面をろ紙などでふき取り、そのろ紙を測定する $\boxed{\text{M}}$ の2種類がある。密封線源の検査では、線源から放射線が放出されているため、漏えいしている放射性同位元素からの放射線を測定するためには、 $\boxed{\text{M}}$ を用いることが適切である。

床などの汚染検査に $\boxed{\text{M}}$ を用いる場合には、直径2 cm程度のろ紙で汚染表面 100 cm^2 をふき取り、そのろ紙を測定する。遊離性表面汚染の場合、測定値から表面汚染密度 A を求めるには次式による (JIS Z 4504 2008)。

$$A = \frac{N - N_b}{\varepsilon_i F S \varepsilon_s}$$

ここで、 N は測定された計数率、 N_b はバックグラウンド計数率、 ε_i は β 粒子又は α 粒子に対する機器効率、 F はふき取りでふき取られた放射能とふき取る前に存在した遊離性表面汚染の放射能の比から求められる $\boxed{\text{N}}$ 、 S はふき取り面積、 ε_s はふき取り試料の線源効率である。 F は、実験的に求められている場合はその値を用い、実験的な評価がない場合には安全を考慮し $\boxed{\text{オ}}$ を用いる。

<H～Kの解答群>

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| 1 重量 | 2 濃度 | 3 冷却 |
| 4 効率 | 5 遮蔽 | 6 閉じ込め |
| 7 距離 | 8 ゴム手袋 | 9 安全靴 |
| 10 鉛含有エプロン型防護衣 | 11 ビニールシート | 12 トング |

<エの解答群>

- | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 1 ^{22}Na | 2 ^{54}Mn | 3 ^{60}Co | 4 ^{241}Am |
|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|

<L～Nの解答群>

- | | | | |
|------------|-----------|--------|--------|
| 1 バイオアッセイ法 | 2 イオン交換法 | 3 スミア法 | 4 希釈法 |
| 5 直接法 | 6 凝縮沈殿法 | 7 機器効率 | 8 放出効率 |
| 9 幾何学的効率 | 10 ふき取り効率 | | |

<オの解答群>

- | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 1 0.01 | 2 0.1 | 3 0.3 | 4 0.5 | 5 1.0 |
|--------|-------|-------|-------|-------|

問12 サーベイメータに関する次の I、II の文章の [] の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを 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 サーベイメータには用途に応じた様々な種類のものがある。

線量率測定用サーベイメータについては、例えば、[A] 式サーベイメータは自然放射線レベル程度の線量率の測定に適している。一方、非破壊検査のように比較的高いレベルの線量率を精度よく測定する用途に適した機器としては、[B] 式サーベイメータが挙げられる。また、中性子による線量率測定用の機器の 1 つに、[C] と減速材を組み合わせたサーベイメータがある。これらの線量率測定用サーベイメータは、[ア] に対して校正されている。

表面汚染測定用サーベイメータについては、例えば、 α 線放出核種の表面汚染測定用として [D] 式、Si 半導体検出器式、[E] 式サーベイメータなどがある。[E] を検出器とするサーベイメータの中には、[イ] など低エネルギー β 線放出核種による表面汚染測定用に開発された機器もある。一般的な β 線放出核種の表面汚染測定を主用途とする機器には、[F] 式や [G] 式サーベイメータがある。このうち [F] 式サーベイメータでは、[ウ] が長いので、計数の数え落としに注意する必要がある。また、表面汚染測定用サーベイメータには、[エ] keV 前後の X・ γ 線を放出する ^{125}I の測定に適した [H] 式サーベイメータもある。

< A ~ H の解答群 >

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1 放電箱 | 2 ^3He 比例計数管 |
| 3 NaI(Tl) シンチレーション | 4 ガスフロー比例計数管 |
| 5 端窓型 GM 管 | 6 ZnS(Ag) シンチレーション |
| 7 チェレンコフ検出器 | 8 電離箱 |
| 9 プラスチックシンチレーション | |

< ア ~ ウ の解答群 >

- | | | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 実効線量率 | 2 計数効率 | 3 1 cm 線量当量率 | 4 照射線量率 |
| 5 ^3H や ^{14}C | 6 ^{32}P や ^{35}S | 7 ^{36}Cl や ^{45}Ca | 8 ^{89}Sr や ^{90}Sr |
| 9 減衰時間 | 10 遅延時間 | 11 分解時間 | 12 電荷収集時間 |

< エ の解答群 >

- | | | | |
|------|------|------|-------|
| 1 10 | 2 30 | 3 60 | 4 100 |
|------|------|------|-------|

II 次に、線量率測定用サーベイメータの使用に際し留意すべき点について述べる。

サーベイメータを、 \boxed{I} へのトレーサビリティのとれた校正場で定期的に校正することは、測定信頼性を保つ上で重要である。校正定数が R と報告されたサーベイメータで読み値 M が得られたとき、読み値は、式 \boxed{J} で計算し補正される。

測定範囲を設定するスイッチ（レンジスイッチ）が手動切り替え方式の機種では、レンジスイッチを \boxed{K} に設定し測定を開始する。その後、レンジスイッチを順に切り替えてゆき、指示値が読み取りやすい値に設定する。

線量率が大きく変化した場合、しばらく待ってから指示値を読み取る必要がある。その時間は、アナログ表示の機器の場合、出力回路の \boxed{L} に関係している。 \boxed{L} とは、出力回路の静電容量 (C) と抵抗値 (R) とから、 $\boxed{L} = \boxed{M}$ で求められる値である。サーベイメータを \boxed{L} T[s] で使用しているとき、線量率が変化してから t [s] 後の指示値は、飽和指示値の \boxed{N} 倍を示す。例えば、 $T=3$ s のサーベイメータで、初めの指示値が 0 であるとき、飽和指示値の 90% に達するのに約 \boxed{O} s を要する。ただし、 $\ln 10=2.3$ とする。一般的に、 \boxed{P} 線量率を測定するときほど大きい \boxed{L} で使用する。

< I ~ K の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|----------------|--------------|
| 1 ICRP | 2 ICRU | 3 UNSCEAR | 4 国家標準 |
| 5 $M+R$ | 6 $M-R$ | 7 $M \times R$ | 8 $M \div R$ |
| 9 最小値 | 10 任意の値 | 11 中央値 | 12 最大値 |

< L ~ N の解答群 >

- | | | |
|---------------------|-----------------|--------------------|
| 1 ライブタイム | 2 ライズタイム | 3 回復時間 |
| 4 時定数 | 5 $R^2 \cdot C$ | 6 $R \cdot C^{-1}$ |
| 7 $R \cdot C$ | 8 $R \cdot C^2$ | 9 $\exp(-t/T)$ |
| 10 $1 - \exp(-t/T)$ | 11 $\exp(t/T)$ | 12 $1 - \exp(t/T)$ |

< O、P の解答群 >

- | | | | | |
|-----|------|------|-----|-----|
| 1 4 | 2 5 | 3 6 | 4 7 | 5 8 |
| 6 9 | 7 低い | 8 高い | | |

