

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 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 計画被ばく状況、緊急時被ばく状況、現存被ばく状況を区別している。
 - B 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、すべての被ばく状況に適用される。
 - C 線量限度は患者の医療被ばくにも適用される。
 - D ほとんどのラドン被ばくは現存被ばく状況である。
 - E 環境の放射線防護についてのアプローチを含む。
- 1 ABCのみ 2 ACEのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 BDEのみ

問2 防護量と実用量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 1cm線量当量は防護量である。
 - B 預託実効線量は実用量である。
 - C とともに単位はシーベルトである。
 - D 実用量は、防護量を安全側に評価することを目的とした測定可能な量である。
 - E とともにエリアモニタリングと個人モニタリングそれぞれを目的とした量が定義されている。
- 1 AとD 2 AとE 3 BとC 4 BとE 5 CとD

問3 作業管理あるいは作業環境管理のために設定される次のA～Cの参考レベルについて、通常設定される値の大きい順に並んでいるものはどれか。

- A 介入レベル
 - B 記録レベル
 - C 調査レベル
- 1 A > C > B
2 A > B > C
3 B > A > C
4 C > B > A
5 C > A > B

問4 分解時間 $200 \mu\text{s}$ の GM 管式サーベイメータの指示値が $30,000 \text{ cpm}$ であった。このとき、数え落とし補正後の計数率[cps]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 472 2 500 3 528 4 556 5 584

問5 GM 計数管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 空気の発光を利用した気体検出器の一種である。
- B 通常は、プラトーの開始電圧より低い電圧を印加して使用する。
- C 計数ガスが消耗して放射線に全く反応しなくなることを窒息現象という。
- D 電子なだれを伴う大きなガス増幅を利用している。

- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

問6 高純度 Ge 半導体検出器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 線スペクトルを測定することはできない。
- B 検出器が冷却されていない状態で高電圧をかけると、Ge結晶が損傷する。
- C 測定する γ 線のエネルギーが高いほど、相対エネルギー分解能が良くなる。
- D ^{137}Cs 線源を測定すると、 151 keV 付近にシングルエスケープピークが観測される。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

問7 ^{90}Sr から放出される β 線の検出に用いられる検出器として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A 端窓型GM計数管
- B Ge半導体検出器
- C ガスフロー比例計数管
- D Si半導体検出器

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 8 放射線業務従事者におけるパッシブ型個人線量計の取り扱い方法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 自身の放射線取扱作業の有無にかかわらず、管理区域に立ち入る際には装着する。
- B 線量計のどちらの面を線源側に向くようにして装着してもよい。
- C 鉛エプロン着用時は、その内側に装着する。
- D 自身の線量計が見当たらないときは、普段同種の作業を行っている別の業務従事者の線量計を装着する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 9 試料を 1.0 分間測定したときのカウント数が 900、バックグラウンドを 1.0 分間測定したときのカウント数が 100 のとき、正味計数率の統計誤差（標準偏差）[cpm]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 26 2 29 3 32 4 35 5 38

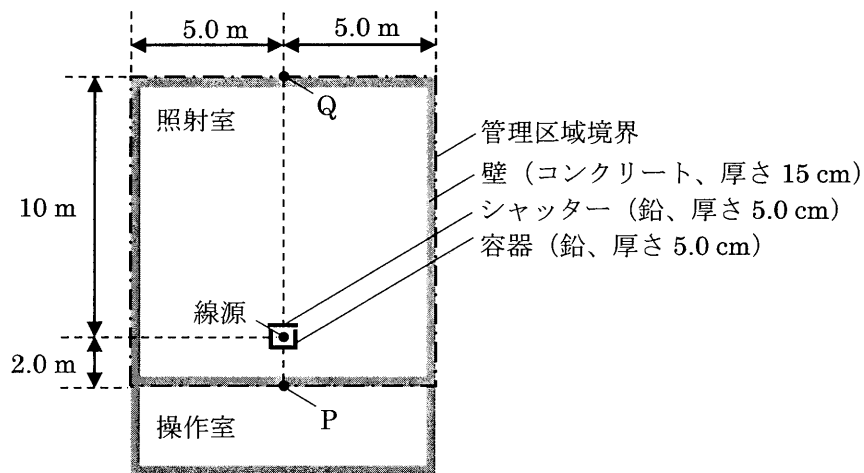
問 10 個人被ばく管理に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 実効線量として、外部被ばくの線量と内部被ばくの線量とを合算する。
- B 人体を体幹部と末端部に分けたとき、頭部は末端部に分類される。
- C 測定が著しく困難な場合は、被ばく線量を計算により算出することができる。
- D 妊娠を申告した女子の腹部表面の等価線量は、腹部に装着した個人線量計から得られた1 cm 線量当量の値とする。

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 11 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。

I ある事業所は、下図に示す γ 線照射施設において、10 GBq の ^{137}Cs 密封線源を使用することを計画している。この施設はコンクリートの壁（厚さ 15 cm）で囲われており、また、同じ厚さのコンクリート壁によって照射室と操作室の 2 部屋に分けられている。管理区域は照射室のみに設定されており、管理区域の境界は、照射室のコンクリート壁の外側面（図の一点鎖線）である。線源は、鉛製シャッターの付いた鉛容器（シャッター及び容器の鉛の厚さ 5.0 cm）の中に保管されており、シャッターの開閉は操作室から遠隔操作によって行われる。鉛容器の照射孔は Q 点の方向に向いており、 γ 線ビームは十分にコリメートされ、水平に照射される。照射室内に人がいるときに、照射が行われることはない。また、線源から 0.50 m まで人が近づくことのできる構造である（下図では省略）。



照射施設の平面図

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	
		鉛 (厚さ 5.0 cm)	コンクリート (厚さ 15 cm)
^{137}Cs	7.8×10^{-2}	5.6×10^{-3}	4.2×10^{-1}

評価時間は、人が常時立ち入る場所については1週間につき40時間、管理区域境界については3月間につき500時間とする。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。

照射室内の人が常時立ち入る場所における1時間当たりの最大実効線量（評価点は線源から 0.50 m 離れた場所で線源は保管された状態）を評価すると、 A $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ となる。この値から算

定した1週間当たりの実効線量は、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。次に、管理区域境界の実効線量について評価する。管理区域境界のP点（線源からの距離2.0 m）における1時間当たりの実効線量は、線源使用時、線源保管時ともに $\boxed{\text{B}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ となる。したがって、3月間の実効線量は $\boxed{\text{C}}$ mSvと算定され、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。一方、管理区域境界のQ点（線源からの距離10 m）における1時間当たりの実効線量は、線源使用時 $\boxed{\text{D}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 、線源保管時 $\boxed{\text{E}}$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ となる。このことにより、Q点における3月間の実効線量が $\boxed{\text{イ}}$ mSvを超えないようにするためには、線源の使用時間を3月間当たり $\boxed{\text{ウ}}$ 時間以下に制限する必要がある。なお、事業所の境界までは十分な距離があり、法令で定める事業所の境界に係る実効線量の線量限度である3月間につき $\boxed{\text{エ}}$ μSv を超えることはないものとする。

< A～Cの解答群 >

- | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|------------------|
| 1 | 2.7×10^{-2} | 2 | 6.3×10^{-2} | 3 | 2.3×10^{-1} | 4 | 4.6×10^{-1} | 5 | 1.2×10^0 |
| 6 | 7.3×10^0 | 7 | 1.8×10^1 | 8 | 5.4×10^1 | | | | |

< ア～エの解答群 >

- | | | | | | | | | | |
|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| 1 | 0.1 | 2 | 0.3 | 3 | 1 | 4 | 1.3 | 5 | 5 |
| 6 | 10 | 7 | 20 | 8 | 50 | 9 | 100 | 10 | 250 |
| 11 | 290 | 12 | 340 | 13 | 390 | 14 | 440 | 15 | 500 |

< D、Eの解答群 >

- | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|------------------|
| 1 | 1.9×10^{-2} | 2 | 3.0×10^{-2} | 3 | 4.2×10^{-1} | 4 | 8.3×10^{-1} | 5 | 3.3×10^0 |
| 6 | 9.5×10^0 | 7 | 2.6×10^1 | 8 | 5.1×10^1 | | | | |

II この事業所では、作業者の外部被ばく線量の測定に、OSL線量計を使用している。また、管理区域等における線量率の測定に電離箱式サーベイメータ及びNaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータを使用している。

OSL線量計では、 $\boxed{\text{F}}$ が検出素子として用いられている。放射線照射により生じた一部の $\boxed{\text{G}}$ は結晶の格子欠陥に捕捉され、準安定状態となる。この状態で $\boxed{\text{H}}$ を受けると、捕捉された $\boxed{\text{G}}$ は再励起されて $\boxed{\text{I}}$ と再結合し $\boxed{\text{J}}$ を発する。OSL線量計では、この現象を利用して積算線量が読み出される。OSL線量計の特徴の1つとして、フィルムバッジやTLDと比べ、 $\boxed{\text{K}}$ が小さいことが挙げられる。

電離箱式サーベイメータでは、電離箱の有感領域で生成される $\boxed{\text{L}}$ による電流を測定することにより、線量率が測定される。この $\boxed{\text{L}}$ は、主として、入射 γ (X)線と $\boxed{\text{M}}$ との相互作用で発生する二次電子により生成されたものである。

NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータでは、シンチレータ内で、個々の入射 γ (X)線によっ

て作られるすべての二次電子のエネルギーにほぼ比例する強度の **N** が発生する。その **N** は **O** などにより電気信号に変換され出力される。NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータは、その動作原理から、電離箱式サーベイメータに比べ、**P** の面で劣っているが、近年、こうした短所を改善する様々な技術開発が行われている。

< F、Gの解答群 >

- | | | | | |
|-------------------------|----------|---|-------------------------------------|--|
| 1 CaSO ₄ :Tm | 2 LiF:Mg | 3 Bi ₄ Ge ₃ O ₁₂ | 4 Al ₂ O ₃ :C | 5 C ₁₂ H ₁₈ O ₇ |
| 6 陰イオン | 7 陽イオン | 8 電子 | 9 ホール | |

< H～Jの解答群 >

- | | | | | |
|--------|--------|-------|---------|--------|
| 1 加熱昇温 | 2 電圧印加 | 3 光刺激 | 4 紫外線照射 | 5 陰イオン |
| 6 陽イオン | 7 電子 | 8 ホール | 9 フォノン | 10 電波 |
| 11 赤外線 | 12 蛍光 | | | |

< Kの解答群 >

- | | | | |
|-------|-----------|----------|-------------|
| 1 ノイズ | 2 フェーディング | 3 ビルドアップ | 4 ダイナミックレンジ |
|-------|-----------|----------|-------------|

< L～Nの解答群 >

- | | | |
|------------|----------|------------|
| 1 電子-陽電子対 | 2 電子-正孔対 | 3 共有電子対 |
| 4 電子-イオン対 | 5 電離箱の壁 | 6 電離箱内部の気体 |
| 7 電離箱周囲の空気 | 8 作業者の身体 | 9 制動放射線 |
| 10 特性X線 | 11 マイクロ波 | 12 蛍光 |

< O、Pの解答群 >

- | | | |
|------------|--------|--------------|
| 1 発光ダイオード | 2 FET | 3 光電子増倍管 |
| 4 エサキダイオード | 5 圧電素子 | 6 エネルギー特性と感度 |
| 7 エネルギー特性 | 8 感度 | |

問 12 ^{60}Co 密封線源の取扱いに関する次の 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。

I ^{60}Co は、半減期 [A] で [B] 壊変する放射性核種である。 ^{60}Co からは、[B] 線の放出に引き続き、[C] の励起状態から [D] MeV の 2 本の γ 線が、壊変当たりそれぞれおおよそ 100% の割合で放出される。以降の検討では、これら 2 本の γ 線の平均エネルギーに等しいエネルギーの 1 本の γ 線が、壊変当たり 200% の割合で放出されると仮定する。

^{60}Co 密封線源の放射能が 1.0 GBq のとき、この線源から 1.0 m 離れた位置の単位時間 (h) 当たりの γ 線フルエンス率は、約 [ア] $\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ と算出される。ただし、線源周囲に空気以外の物質は無く、また、線源自身及び空気による γ 線の吸収・散乱は無視し得るものとする。次に、この γ 線フルエンス率に、 γ 線の [E] と空気の [F] とを乗ずることにより、この位置の微小領域における空気衝突カーマ率を求めることができる。空気の [F] を $2.7\times 10^{-3}\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$ 、1 MeV を $1.6\times 10^{-13}\text{J}$ とすると、空気衝突カーマ率は約 [イ] $\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ と算出される。

なお、ある点における空気衝突カーマ率は、[G] 平衡が成立する場合には、その点の [H] 率に等しい。

< A～D の解答群 >

- | | | | |
|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| 1 73.8 日 | 2 5.27 年 | 3 30.1 年 | 4 432 年 |
| 5 α | 6 β^- | 7 β^+ | 8 ^{60}Cu |
| 9 ^{60}Fe | 10 ^{60}Ni | 11 ^{60}Zn | 12 0.12 及び 0.18 |
| 13 0.61 及び 0.79 | 14 1.17 及び 1.33 | 15 1.37 及び 1.63 | |

< ア、イの解答群 >

- | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 2.0×10^{-5} | 2 3.1×10^{-4} | 3 4.2×10^{-3} | 4 5.3×10^{-2} | 5 6.4×10^{-1} |
| 6 2.4×10^8 | 7 3.5×10^9 | 8 4.6×10^{10} | 9 5.7×10^{11} | 10 6.8×10^{12} |

< E、F の解答群 >

- | | | |
|----------|---------------|---------|
| 1 エネルギー | 2 運動量 | 3 波長 |
| 4 質量減弱係数 | 5 質量エネルギー吸収係数 | 6 質量阻止能 |
| 7 線減弱係数 | 8 線エネルギー吸収係数 | 9 線阻止能 |

< G、H の解答群 >

- | | | | |
|-------------|--------|----------|--------|
| 1 放射 | 2 荷電粒子 | 3 電離 | 4 局所 |
| 5 1 cm 線量当量 | 6 実効線量 | 7 空気吸収線量 | 8 照射線量 |

II 20 GBq の ^{60}Co 密封線源を用いた γ 線照射装置を所持している事業所がある。この装置では、遠隔操作により線源の収納容器からの出し入れが行われる。

本事業所で、起こり得るトラブルへの備えとして、線源が収納容器に収納できなくなるという事態を想定し、作業員自身により線源を容器に収納する対処法について検討した。検討に際しては、外部被ばくの防護の 3 原則「、遮蔽」を考慮した。具体的な作業手順については、事前に、線源部分を模擬したもの等によるを行い、確実に作業できることを確認することとした。なお、被ばく線量をモニタリングするため、作業員（男子）は、蛍光ガラス線量計を基本装着部位であるに装着するとともに、警報機能付き電子式個人線量計を装着することとした。また、空間の線量率をモニタリングするため、式サーベイメータを携帯することとした。ある作業について行った被ばく線量の評価の手順を、下記の（1）から（3）に示す。

（1）収納作業では、線源と体幹部との最短距離が 0.60 m、線源と手指との最短距離が 0.30 m となり、作業時間は最長で 3.0 分になると想定した。

（2）作業員の実効線量は、線源に最も近くなる体幹部の位置について、実効線量の実用量である線量当量で評価した。 ^{60}Co の線量当量率定数の値を $0.36 \mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ として計算し、線量当量は、最大 mSv になると評価した。この値は、法令に定める放射線業務従事者の線量限度である 4 月 1 日を始期とする 1 年間につき mSv よりも低く、また、計画外の被ばくがあったときに原子力規制委員会に報告する必要がある線量 mSv よりも低い。

（3）手指の皮膚の等価線量は、線源に最も近くなる手指の位置について、皮膚の等価線量の実用量である線量当量で評価し、法令に定める皮膚の等価線量限度を下回る値であることを確認した。なお、線量当量については、線量当量率定数のような実用的な定数がないので、 ^{60}Co の γ 線に対して、同じ場所における線量当量率は、線量当量率のおおよそ倍であることを利用した。

< I の解答群 >

- 1 距離、分散 2 隔離、集中 3 時間、距離 4 除去、隔離 5 集中、時間

< J、K の解答群 >

- 1 コールドラン 2 ヒアリング 3 ホットラン 4 モニタリング 5 胸部か腹部
6 手指 7 腹部 8 胸部

< L の解答群 >

- 1 NaI(Tl)シンチレーション 2 GM計数管 3 電離箱
4 ZnS(Ag)シンチレーション 5 ^3He 比例計数管 6 Si半導体検出器

< M、N の解答群 >

- 1 70 μm 2 1 mm 3 3 mm 4 1 cm 5 5 cm

<ウ～オの解答群>

1 0.5

2 1

3 2

4 3

5 5

6 7

7 10

8 20

9 30

10 50

<カの解答群>

1 0.1

2 0.3

3 1.0

4 3.0

5 10

