

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）（12 ページ）

3 注意事項：

- ① 机の上に出してよいものは、受験票、本人確認書類（原本）、鉛筆又はシャープペンシル、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。また、アラーム機能の付いた時計は、設定を解除しておいてください。
- 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、すべての課目の解答を無効とし、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、すべての課目の解答を無効とします。

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 実効線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 ある吸収線量で全身均等被ばくした場合、吸収線量率が高いほど、値が高く評価される。
- B 組織反応（確定的影響）の発生を防止するための指標として用いられる。
- C 公衆被ばくの線量限度には適用されない。
- D 常用される単位は、シーベルト(Sv)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 2 ICRP2007年勧告の組織加重係数の値が0.12である臓器・組織として正しいものの組合せは、次のうちどれか。

- A 骨髄
- B 乳房
- C 結腸
- D 生殖腺

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

問 3 個人線量計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 読み取り値から自然放射線による影響を差し引く必要がある。
- B 鉛エプロン等防護衣を着用した時は、防護衣の外側の基本装着部位に装着する。
- C 鉛エプロン等防護衣を着用した時は、2個目を頭頸部に装着する。
- D 手指に装着する線量計では、70 μ m線量当量を測定する。

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

問4 光子エネルギー1 MeVの平行ビームの光子束が空気中で37%に減弱する距離[m]として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、空気の質量減弱係数を $6.4 \times 10^{-2} \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ 、空気の密度を常温常圧で $1.2 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ とする。また、周囲の物質による散乱は無視できるものとする。

- 1 17 2 33 3 65 4 130 5 250

問5 光子に対するビルドアップ係数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 全放射線量（直接線＋散乱線）と、散乱（衝突）することなくその点に到達する放射線量（直接線）との比で表される。
 B 光子エネルギーによって変わる。
 C 遮蔽体が厚くなるに従い大きくなる。
 D 遮蔽体の材質に依存しない。

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

問6 放射線検出器とその動作に関わる現象の関係として、正しいものの組合せは、次のうちどれか。

- | | | |
|----------------------|---|--------------|
| A GM計数管 | — | ガイガー放電 |
| B Ge検出器 | — | 電子-正孔対の生成 |
| C 電離箱 | — | 電子なだれ |
| D NaI(Tl)シンチレーション検出器 | — | ラジオフォトルミネセンス |
| E 比例計数管 | — | ガス増幅 |

- 1 ABDのみ 2 ABEのみ 3 ACDのみ 4 BCEのみ 5 CDEのみ

問7 イメージングプレート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 放射線強度の測定範囲（ダイナミックレンジ）がX線フィルムの 10^2 倍以上広い。
 B 放射線が当たった瞬間の発光を利用する。
 C β 線は測定できない。
 D 可視光照射で初期化することができる。
 E ガドリニウム金属箔をコンバータに用いた中性子ラジオグラフィ用がある。

- 1 ABEのみ 2 ACDのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 BCEのみ

問8 2分間の測定で3,600カウントの結果が得られたとき、計数率[cpm]の不確かさ（標準偏差）として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 18 2 30 3 36 4 48 5 70

問9 γ 線用サーベイメータを時定数3秒で使用しているとき、ほぼ0であった表示値が、 γ 線源を保管容器から取り出した瞬間から上昇し、3秒後に $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ と表示された。十分長い時間が経過し、定常状態に達したときの表示値として最も近い値[$\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$]は、次のうちどれか。ただし、 $e=2.7$ とする。

- 1 12 2 13 3 14 4 15 5 16

問10 ^{137}Cs 密封線源の破損により作業場所の汚染の可能性がある場合の対応として、正しいものの組合せは、次のうちどれか。

- A 最初に作業者の手や衣類、履物などの汚染を調べて、汚染がないことを確認してから、作業場所の汚染検査を行う。
B 作業者の皮膚の表面が汚染した場合は、有機溶媒で洗浄する。
C 作業者の皮膚の切創面に汚染があった場合には、臨時の健康診断を行う。
D 汚染検査には、検出部を薄いフィルム（ラップ）で覆ったサーベイメータを使用する。

- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問11 次のⅠ～Ⅳ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 種々の核種が密封線源として広く使用されている。一例として、透過型厚さ計に使用されている核種を下表に示す。

核種	壊変形式	半減期	利用する放射線
^{147}Pm	□ A □	2.6234年	□ D □線
^{137}Cs	□ A □	30.08年	γ線
^{241}Am	□ B □	□ C □	□ E □線

< A、B の解答群 >

- 1 α 2 β^- 3 β^+ 4 EC 5 IT

< C の解答群 >

- 1 73.83日 2 164.2日 3 1.91年 4 3.78年
5 432.6年 6 1600年

< D、E の解答群 >

- 1 α 2 β^- 3 β^+ 4 γ
5 特性 X 6 中性子

Ⅱ γ 線源を使用する場合、作業環境の線量率レベルに応じて適切な種類のサーベイメータを使用する。数十 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ までの線量率測定では、パルス計測による 式サーベイメータや 式サーベイメータを使用し、数 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ に達する線量率レベルでは、電流計測による 式サーベイメータを使用する。これらのサーベイメータのうち、 式サーベイメータの感度がもっとも 。
 式サーベイメータは、 式サーベイメータと比べ、エネルギー特性は 。

< F～Hの解答群>

- | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| 1 固体飛跡検出器 | 2 $\text{ZnS}(\text{Ag})$ シンチレーション | 3 チェレンコフ検出器 |
| 4 GM管 | 5 ガスシンチレーション | 6 ガスフロー比例計数管 |
| 7 $\text{NaI}(\text{TI})$ シンチレーション | 8 ^3He 比例計数管 | 9 電離箱 |

< I の解答群>

- | | |
|------|------|
| 1 高い | 2 低い |
|------|------|

< J の解答群>

- | | | |
|------|------|----------|
| 1 良い | 2 悪い | 3 同程度である |
|------|------|----------|

Ⅲ ある事業所は、透過型厚さ計 (^{137}Cs 74 GBq×1個) を1台使用している。線源は、耐火性の構造の容器に収納されており、厚さを測定する時は容器のシャッターが開いて放射線が照射される構造となっている。厚さ計の線源は固定された容器の所定の位置において使用及び貯蔵される。管理区域の境界は線源を中心として正方形 (4 m×4 m) の範囲で設定されている。

異常事象発生に備え、空間線量率の評価を行った。容器のシャッターが開いたままの状況を想定する。線源から1.0 m離れた位置での γ 線照射野内の1cm線量当量率は $\boxed{\text{ア}}$ mSv・h⁻¹と評価される。ただし、 ^{137}Cs は点線源と考え、1cm線量当量率定数を $0.093 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ とする。線源とサーベイメータの間に遮蔽物はなく、また散乱線の影響は無視できるものとする。

次に、同じ状況で線源から2.0 m離れた位置での γ 線照射野内で放射線業務従事者である作業員が30分間計画外の被ばくをした場合を考える。当該被ばくに係る実効線量は $\boxed{\text{イ}}$ mSvと算出される。ただし、実効線量率定数を $0.078 \mu\text{Sv} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ とする。線源と作業員の間に遮蔽物はなく、また散乱線の影響は無視できるものとする。この値は、直ちに原子力規制委員会へ報告しなければならない値 $\boxed{\text{ウ}}$ mSvよりは低い。当事業所では、空間線量率を正しく把握し、こうした計画外の被ばくを防止するため、厚さ計に接近する作業員は、 $\boxed{\text{K}}$ 式サーベイメータを携帯し、 $\boxed{\text{L}}$ を着用している。

<ア、イの解答群>

- | | | | |
|--------|--------|-------|-------|
| 1 0.73 | 2 0.86 | 3 1.5 | 4 1.7 |
| 5 2.9 | 6 3.4 | 7 5.8 | 8 6.9 |

<ウの解答群>

- | | | | | |
|------|------|------|-----|------|
| 1 1 | 2 2 | 3 3 | 4 5 | 5 10 |
| 6 15 | 7 20 | 8 25 | | |

<Kの解答群>

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1 プラスチックシンチレーション | 2 ZnS(Ag)シンチレーション |
| 3 端窓型GM管 | 4 ガスフロー比例計数管 |
| 5 Ge半導体 | 6 電離箱 |
| 7 NaI(Tl)シンチレーション | |

<Lの解答群>

- | | | | |
|-------|---------|------------|------------|
| 1 防護衣 | 2 半面マスク | 3 警報付個人線量計 | 4 放射線防護用眼鏡 |
|-------|---------|------------|------------|

IV ^{241}Am 密封線源を使用しているある事業所では、線源の破損による汚染の無いことを確認するため汚染検査を実施している。作業台には 式サーベイメータによる直接測定法を、線源保管容器内部には 法による間接測定法を適用している。これらの方法で測定される放射線は 線である。 法の試料を測定し5,400 cpmが得られたとする。ふき取り面積を 100 cm^2 、ふき取り効率、線源効率、機器効率をそれぞれ0.10、0.25、0.30として計算すると、表面汚染密度は $\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ と算定される。なお、 式サーベイメータのバックグラウンド計数率は、通常多くても cpm程度であり無視した。

<Mの解答群>

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 1 GM 管 | 2 ZnS(Ag) シンチレーション | 3 BF_3 比例計数管 |
| 4 NaI(Tl) シンチレーション | 5 Ge 半導体 | 6 電離箱 |

<Nの解答群>

- | | | | | |
|---------|---------|-------|--------|--------|
| 1 コンタクト | 2 ストリップ | 3 スミア | 4 プロット | 5 マウント |
|---------|---------|-------|--------|--------|

<Oの解答群>

- | | | | |
|------------|-----------|------------|--------|
| 1 α | 2 β | 3 γ | 4 特性 X |
|------------|-----------|------------|--------|

<エの解答群>

- | | | | | |
|-------|---------|---------|---------|----------|
| 1 30 | 2 60 | 3 120 | 4 240 | 5 480 |
| 6 960 | 7 1,200 | 8 2,400 | 9 4,800 | 10 9,600 |

<Pの解答群>

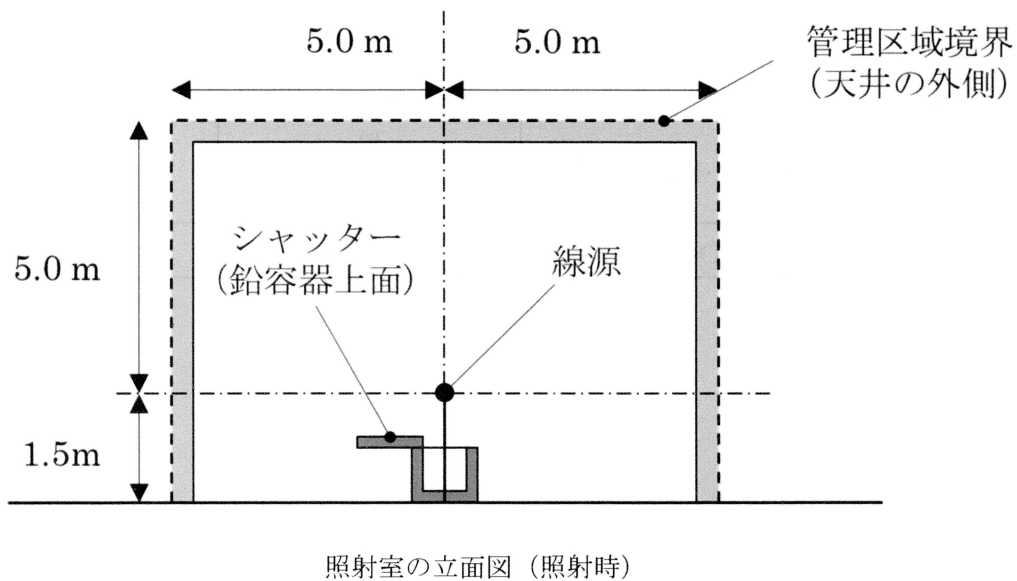
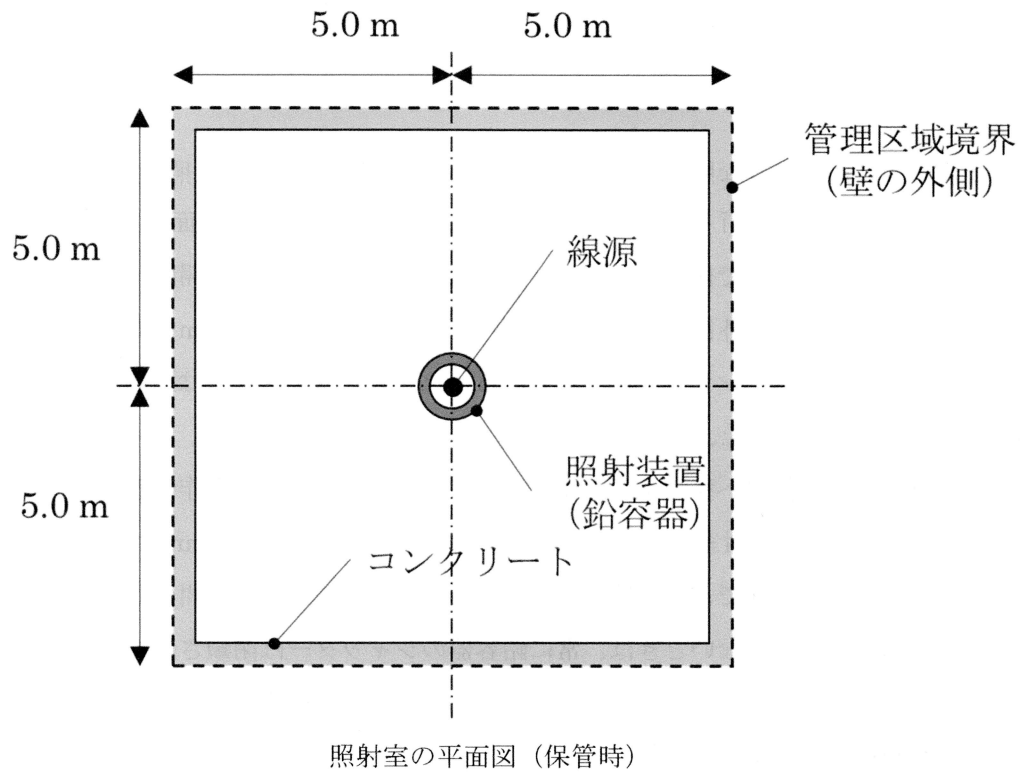
- | | | | |
|-----|------|------|-------|
| 1 数 | 2 十数 | 3 数十 | 4 100 |
|-----|------|------|-------|

問12 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 ある事業所で、図のような照射室において、 ^{60}Co (1 GBq)が装備された照射装置を使用するため、次に示す条件で線量評価を行った。照射装置は、鉛製の円筒容器（壁、上面及び底面の厚さ20 cm。以下「鉛容器」という。）で構成されており、上面はシャッターにより開閉する。線源は鉛容器に収納されている。鉛容器の外径は1.0 m、床面から上面までの高さは1.0 mである。耐火性の構造とするため、鉛の表面はステンレスで覆われている。ただし、ステンレスは遮蔽計算に含めない。保管時、線源は円筒の中心軸上、高さ0.5 mの位置に収納される。使用時は、シャッターが開き、駆動装置により線源が照射位置へ移動する。作業者は、遠隔で駆動装置を操作するため、使用時に照射室内には立ち入らない。照射室の壁及び天井はコンクリート製（厚さ30 cm）であり、管理区域の境界は壁及び天井の外側表面である。地下に人が立ち入ることのできる空間はないため、地下方向は検討しない。線源を使用しないときは、常に鉛容器のシャッターは閉鎖されている。

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、管理区域の境界については3月間につき500時間、事業所の境界については3月間につき2,184時間とする。散乱線及びスカイシャインの影響は無視できるものとする。次の表に示す条件を用いて評価する。

核種	実効線量率定数	実効線量透過率	
	$[\mu\text{Sv}\cdot\text{m}^2\cdot\text{MBq}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}]$	鉛 (厚さ20 cm)	コンクリート (厚さ30 cm)
^{60}Co	3.1×10^{-1}	1.3×10^{-5}	1.5×10^{-1}



(1) はじめに、人が常時立ち入る場所における実効線量を評価する。線源の使用時、作業者が最も接近するのは、壁外側表面又は天井外側表面である。どちらも線源からの距離及びコンクリート壁の厚さは等しいから、壁外側表面を代表して計算すると、使用時の1時間当たりの実効線量は ア μSv となる。保管時、作業者が最も接近するのは、照射装置表面である。線源から照射装置上面及び側面までの距離並びに鉛の厚さは等しいから、側面を代表して計算すると、保管時の1時間当たりの実効線量は イ μSv となる。したがって、人が常時立ち入る場所における1時間当たりの実効線量が大きいのは、線源を A したときである。線源を1週間当たり40時間 A したときの実効線

量は ウ μSv となる。人が常時立ち入る場所における実効線量の線量限度は1週間につき1 mSvであるから、施設の遮蔽能力は適切である。

(2) 次に、管理区域の境界における実効線量を評価する。線源の使用時と保管時それぞれの1時間当たりの実効線量を計算すると、使用時は ア μSv 、保管時は エ μSv となる。したがって、管理区域の境界における3月間の最大の実効線量は、線源の使用時間を500時間として評価すると オ μSv となる。原子力規制委員会が定める管理区域に係る外部放射線に係る線量については、実効線量が3月間につき1.3 mSvであるから、施設の遮蔽能力は適切である。

(3) 最後に、事業所の境界における実効線量を評価する。線源から事業所の境界までの最短距離は30 mである。照射室と事業所の境界との間に、照射室の壁以外の遮蔽物は無いものとする。安全側の評価となるよう、照射室の壁の厚さは、放射線の透過距離が最小となる30 cmとして計算する。線源の使用時と保管時それぞれの1時間当たりの実効線量を計算すると、使用時は カ μSv 、保管時は キ μSv となる。したがって、事業所の境界における3月間の最大の実効線量は、線源の使用時間を500時間として評価すると ク μSv となる。原子力規制委員会が定める事業所の境界における実効線量の線量限度は、3月間につき250 μSv であるから、施設の遮蔽能力、及び線源から事業所の境界までの距離は適切である。

この照射室で取り扱う密封線源は、法令で定める ケ GBq以上の数量ではないため、自動表示装置を設置する必要はない。

<ア～ウの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|----|----------------------|
| 1 | 2.1×10^{-4} | 2 | 3.4×10^{-3} | 3 | 1.7×10^{-2} | 4 | 2.6×10^{-2} | 5 | 1.5×10^{-1} |
| 6 | 4.2×10^{-1} | 7 | 1.9×10^0 | 8 | 5.1×10^0 | 9 | 7.6×10^1 | 10 | 9.5×10^1 |

<Aの解答群>

- | | | | |
|---|----|---|----|
| 1 | 使用 | 2 | 保管 |
|---|----|---|----|

<エ～クの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|---|----------------------|----|----------------------|
| 1 | 6.8×10^{-7} | 2 | 5.2×10^{-6} | 3 | 2.5×10^{-5} | 4 | 1.7×10^{-4} | 5 | 5.2×10^{-2} |
| 6 | 5.1×10^{-1} | 7 | 6.2×10^0 | 8 | 7.3×10^0 | 9 | 2.6×10^1 | 10 | 9.5×10^2 |

<ケの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|-------|---|-------|
| 1 | 250 | 2 | 370 | 3 | 400 | 4 | 1,000 | 5 | 1,300 |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|-------|---|-------|

II ^{60}Co は半減期5.27年で 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、 ^{60}Ni の励起状態から C MeVの2本の γ 線が、壊変当たり D の割合で放出される。

密封線源の管理にあたっては、適切な放射線測定器を選定しなければならない。本事業所は、管理区域の境界及び事業所の境界において、 C MeVの γ 線による空間線量の測定に、 E 式サーベイメータを使用している。仮に線源の脱落・落下等不測の事態により線源の破損が疑われたときは、汚染の有無の確認に、 B 線に対する感度が高い F 式サーベイメータを使用する。このような不測の事態に対応するときも、外部被ばくの防護の三原則である、 G が、不必要な被ばくをしないための基本的な指針となる。

本事業所では、放射線業務従事者の個人被ばく管理に蛍光ガラス線量計を使用している。蛍光ガラス線量計は、放射線照射された H ガラスを I で刺激することにより蛍光を発する現象を利用した線量計である。 J に対するエネルギー特性が10 keVから1.3 MeVの γ 線のエネルギーの範囲で $\pm 10\%$ 以内とされている。前述したような不測の事態の対応では、蛍光ガラス線量計に加え、リアルタイムに J を確認できる K 線量計の装着も検討する。

< Bの解答群 >

- | | | | | |
|------------|-------------|-------------|------------|-------|
| 1 α | 2 β^+ | 3 β^- | 4 γ | 5 中性子 |
|------------|-------------|-------------|------------|-------|

< Cの解答群 >

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| 1 1.03及び1.27 | 2 1.13及び1.77 | 3 1.17及び1.33 |
| 4 1.22及び1.44 | 5 1.37及び2.34 | |

< Dの解答群 >

- | | | |
|------------------|------------------|------------|
| 1 どちらも約50% | 2 それぞれ約15%及び約85% | 3 どちらも約85% |
| 4 それぞれ約85%及び約15% | 5 どちらも約100% | |

< E、Fの解答群 >

- | | | |
|-----------------------|-------------------|-------|
| 1 ZnS(Ag)シンチレーション | 2 NaI(Tl)シンチレーション | 3 GM管 |
| 4 BF_3 比例計数管 | 5 光電子増倍管 | |

< Gの解答群 >

- | | | |
|----------------|--------------|--------------|
| 1 正当化・最適化・線量限度 | 2 時間・距離・遮蔽 | 3 退避・摂取制限・除染 |
| 4 分散・閉じ込め・集中 | 5 マスク・手袋・防護服 | |

< H、Iの解答群 >

- | | | |
|--------|-----------|----------|
| 1 アクリル | 2 銀活性リン酸塩 | 3 コバルト |
| 4 石英 | 5 ソーダ石灰 | 6 ホウケイ酸 |
| 7 可視光 | 8 紫外線 | 9 静磁場 |
| 10 赤外線 | 11 熱 | 12 マイクロ波 |

< J、Kの解答群 >

1 1cm線量当量

4 照射線量

7 アラニン

10 電子式

2 空気カーマ

5 実効線量

8 泡箱

11 フリッケ

3 空気吸収線量

6 OSL

9 セリウム

12 リング