

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、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 放射線加重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 内部被ばくには、外部被ばくよりも大きい放射線加重係数が適用される。
- B 急性被ばくには、慢性被ばくよりも大きい放射線加重係数が適用される。
- C 幼児には、成人よりも大きい放射線加重係数が適用される。
- D 放射線加重係数は、確定的影響の発生率の推定には適用されない。

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

問 2 次の内部被ばくに関する文章の A ~ D に入る語句又は数値として、最も適切なものの組合せはどれか。

A は、特定の臓器または組織の B とその組織加重係数との積の和である。ここで、 B は、放射性物質を摂取後、等価線量率を時間積分して求められる。時間積分は、職業被ばく及び公衆の成人に対しては C 年、子供や乳幼児に対しては摂取から D 歳までの年数とする。

	A	B	C	D
1	預託実効線量	預託等価線量	30	50
2	実効線量	等価線量	50	70
3	実効線量	預託等価線量	30	60
4	実効線量	等価線量	50	60
5	預託実効線量	預託等価線量	50	70

問 3 放射線の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 線は、ゴム手袋（厚さ 0.3 mm）で遮蔽される。
- B 高エネルギー β 線の遮蔽では、制動放射線の発生を考慮する。
- C γ 線の遮蔽には、原子番号の大きい物質が効果的である。
- D 中性子の遮蔽には、水やパラフィンが用いられる。

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

問4 ^{60}Co 点線源周辺の3箇所の地点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、 ^{60}Co 点線源の放射能[MBq]、遮蔽材、線源－評価地点間の距離[m]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]	遮蔽材	距離[m]
A	100	なし	2
B	200	なし	3
C	400	厚さ10 cmの鉛板	2

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

問5 放射性同位元素の利用機器に用いられる次の密封線源のうち、構造上破損しやすい部位があるため、取扱いに注意を要するものの組合せはどれか。

- A ^{85}Kr
- B ^{147}Pm
- C ^{192}Ir
- D ^{252}Cf

- 1 AとB
- 2 AとC
- 3 BとC
- 4 BとD
- 5 CとD

問6 次の検出器のうち、 β 線の測定に用いられるものとして、正しいものの組合せはどれか。

- A 薄窓型電離箱
- B ZnS(Ag)シンチレーション検出器
- C プラスチックシンチレーション検出器
- D ^3He 比例計数管
- E 端窓型GM計数管

- 1 ABCのみ
- 2 ABDのみ
- 3 ACEのみ
- 4 BDEのみ
- 5 CDEのみ

問7 次の放射線検出器のうち、高エネルギーの中性を、減速材を用いずに測定するのに適した検出器の組合せはどれか。

- A メタンガスを充填した比例計数管
- B プラスチックシンチレータを搭載したシンチレーション検出器
- C $^{10}\text{BF}_3$ ガスを充填した比例計数管
- D $^6\text{LiI}(\text{Eu})$ シンチレータを搭載したシンチレーション検出器

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問8 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 蛍光ガラス線量計は、輝尽発光を利用している。
- B OSL線量計は、ラジオフォトルミネセンスを利用している。
- C 固体飛跡検出器は、コンバータと組み合わせて中性子の線量測定に用いられる。
- D 熱蛍光線量計では、グローカーブの面積から線量を求める。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

問9 照射装置の点検中に線源の脱落によって放射線業務従事者が実効線量限度を超えるおそれのある外部被ばくをした場合の措置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 照射室内の放射線業務従事者すべてを照射室外に退避させる。
- B 照射室への立入禁止の措置をとる。
- C 事故が発生したことを直ちに原子力規制委員会へ報告する。
- D 実効線量限度を超えるおそれのある被ばくをした放射線業務従事者に対し、健康診断を受けさせる。

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

問 10 密封線源の破損等に起因する放射性核種による皮膚の汚染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 皮膚汚染の除染には、主に、有機溶媒が用いられる。
- B $\beta \cdot \gamma$ 線放出核種による皮膚汚染を検出するためには、主に、汚染物から放出される γ 線の測定が行われる。
- C ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータは、 α 線放出核種による皮膚汚染の検出に用いることができる。
- D $\beta \cdot \gamma$ 線放出核種による皮膚汚染は、ホールボディカウンタによる体内放射能の測定に過大評価をもたらすおそれがある。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 11 GM 計数管及び GM 管式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。

I GM 計数管内で最初の電離過程により生成した電子は、気体分子と衝突しながら陽極に向かって移動し、陽極近傍の、電場の強い領域に達すると、次の衝突までの間に十分な [A] エネルギーを得て他の気体分子を電離するようになり、さらに、この二次電離過程で生成した電子もまた他の気体分子を電離し、電子数は増大してゆく。こうした電離過程は、[B] と呼ばれる。

この過程では、電子-イオン対とともに多数の [C] が作られる。[C] は、短時間で可視光あるいは [D] 線領域の光子を放出して基底状態に戻る。これらの光子は、ある確率で、管壁内表面等で [E] され、電子が放出される。この新しく生じた電子も陽極に向かって移動し、最初に [B] が生じた場所とは別の場所で [B] を引き起こす。光子が [E] される確率 p と 1 つの [B] で作られる [C] の数 n との積が、GM 計数管では [F] であり、[B] は急速に陽極全体に広がる。こうした現象は、[G] 放電と呼ばれる。

以上の過程は電子の移動によるものであり、ごく短時間のうちに起こる。一方、[H] の移動は電子に比べて遅く、陽極全体を鞘のように覆うので一時的に電場が弱まり、放電は停止する。[H] は次第に陰極に向かって移動してゆき、電場は回復してゆく。[H] は最終的に陰極の表面に達して中性分子となるが、このとき、その表面から [I] が引き出されると、その [I] が引き金となって第二の [G] 放電が引き起こされる。この過程が繰り返されることにより、多重パルスからなる連続出力が発生し、計数管として動作しなくなる。この現象を防止するために、通常の内
部消滅型 GM 計数管には、消滅ガスと呼ばれる [J] ガスやハロゲンガスが少量混ぜられている。

< A、B の解答群 >

- | | | | |
|-----------|---------|--------|--------|
| 1 自由 | 2 反跳 | 3 運動 | 4 束縛 |
| 5 電磁カスケード | 6 電子なだれ | 7 電離飽和 | 8 電子平衡 |

< C～G の解答群 >

- | | | | |
|--------|----------------|----------------|------------------|
| 1 ラジカル | 2 反跳原子 | 3 励起分子 | 4 γ |
| 5 紫外 | 6 赤外 | 7 ラマン散乱 | 8 レイリー散乱 |
| 9 光電吸収 | 10 $np \leq 1$ | 11 $np \geq 1$ | 12 $np = e^{-1}$ |
| 13 コロナ | 14 ガイガー | 15 グロー | |

< H～J の解答群 >

- | | | | |
|-------|--------|--------|--------|
| 1 ホール | 2 ラジカル | 3 陰イオン | 4 陽イオン |
| 5 中性子 | 6 電子 | 7 陽子 | 8 陽電子 |
| 9 窒素 | 10 炭酸 | 11 不活性 | 12 有機 |

II 密封 γ 線源を使用している施設において、エリアモニタリングに対する実用量の1つである **K** 率（以下、単に線量率）の測定に、GM管式サーベイメータを用いる際には、次の（1）～（4）に述べるような、GM管式サーベイメータの特性を理解して使用する必要がある。

（1）Iで述べたように、GM計数管では、**G**放電が停止した後、電場が回復して次の計数が開始されるまでに一定の時間がかかり、この間は放射線を検出せず、放射線の**L**が生ずる。初めの**G**放電が生じたときから、次の計測が可能になるまでの間の時間は**M**と呼ばれる。ここで、観測された計数率を $M[s^{-1}]$ 、**M**を $\tau[s]$ とすると、単位時間（1s）の計数で実際に有感であった時間は**N** [s]であるので、観測された計数率 M をこの時間で除すことにより、**L**を補正した計数率が求められる。

例えば、線量率 $1.0 \mu Sv \cdot h^{-1}$ を示すときに、計数率が $3.0 s^{-1}$ であるGM管式サーベイメータを使用したとする。このサーベイメータで指示値 $200 \mu Sv \cdot h^{-1}$ が得られたとき、補正後の線量率は、約**O** $\mu Sv \cdot h^{-1}$ と算出される。なお、このサーベイメータの**M**は $200 \mu s$ であったとする。

（2）**P**線の測定も主用途の1つとする機種 of GM管式サーベイメータにより**P**線の影響を避けて線量率を測定する場合には、検出部の先端のキャップを**Q**状態を使用する。なお、機器はこの状態で校正されている。

（3）円筒型GM管式サーベイメータにおいて、線量率の校正は、軸方向前方からの入射条件で行われる。計数管の周方向からの入射が多い環境では、見かけ上、**R**線量率を示す。この理由は、軸方向からに比べてGM計数管への入射断面積が大きくなるため、 $X \cdot \gamma$ 線と計数管の**S**との相互作用により発生した電子が増加するからである。

（4）GM管式サーベイメータは、電離箱式やエネルギー補償型NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータと比べ、エネルギー特性がよくない。例えば、 ^{137}Cs 線源で校正された機器を、**T** keV前後の $X \cdot \gamma$ 線の多い環境で使用すると、一般的に、見かけ上、高い線量率を示す。

< Kの解答群 >

- | | | | |
|-------------|----------|--------|--------|
| 1 1 cm 線量当量 | 2 空気吸収線量 | 3 照射線量 | 4 実効線量 |
|-------------|----------|--------|--------|

< L～Nの解答群 >

- | | | | |
|--------------|-------------|-----------------|----------|
| 1 遅延時間 | 2 減衰時間 | 3 時定数 | 4 分解時間 |
| 5 パイルアップ | 6 二重計数 | 7 数え落し | 8 τ |
| 9 $1 - \tau$ | 10 $M \tau$ | 11 $1 - M \tau$ | |

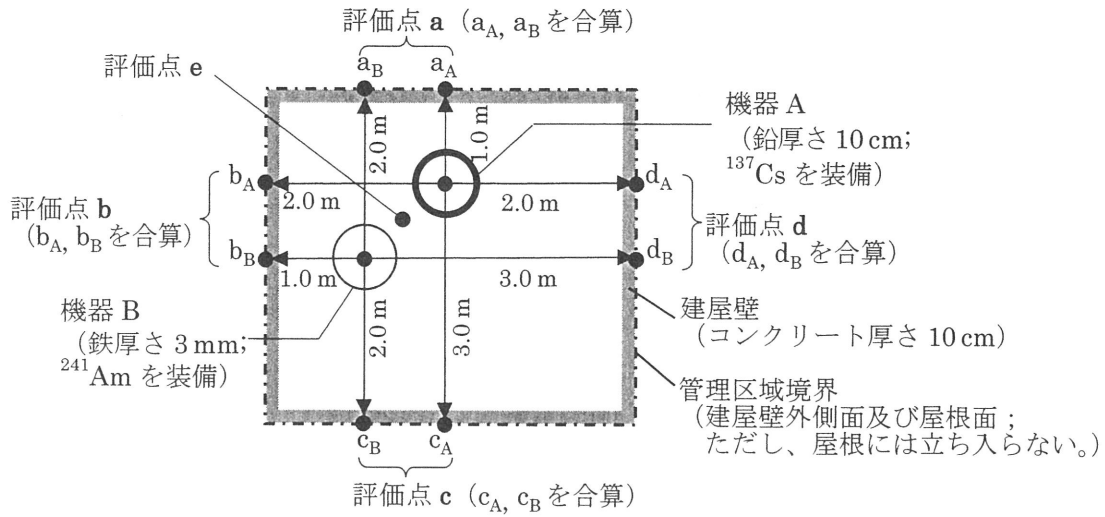
< Oの解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 210 | 2 220 | 3 230 | 4 240 | 5 250 |
| 6 260 | | | | |

< P～Tの解答群 >

- | | | | |
|------------|------------|----------|-----------|
| 1 α | 2 β | 3 中性子 | 4 はずした |
| 5 かぶせた | 6 低い | 7 高い | 8 先端のキャップ |
| 9 管壁 | 10 計数ガス | 11 周囲の空気 | 12 20～30 |
| 13 80～100 | 14 600～700 | | |

問 12 次の I～III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 上図で示すように、この事業所では、コンクリート平屋建ての建屋で、試料照射に用いる線源装備機器2台を設置している。機器A (シャッタ及び容器の遮蔽: 鉛厚さ10 cm) には、 ^{137}Cs 密封線源 (100 GBq) 1個を装備し、機器B (シャッタ及び容器の遮蔽: 鉄厚さ3 mm) には、 ^{241}Am 密封線源 (20 GBq) 1個を装備している。線源は耐火性の構造の線源容器に収納されており、試料照射時 (線源使用時) は試料を線源容器内に挿入する構造であり、放射線が直接外部に照射されることはない。各機器は線源から0.50 mまで人が近づける構造である。なお、事業所の境界までは十分な距離を有している。

この施設における人が常時立ち入る場所における1週間当たりの実効線量及び管理区域の境界における3月間当たりの実効線量を次の表の値を用いて評価する。

核種	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 10 cm	鉄 3 mm	コンクリート 10 cm
^{137}Cs	7.8×10^{-2}	2.0×10^{-5}	—	6.4×10^{-1}
^{241}Am	5.8×10^{-3}	—	4.9×10^{-2}	1.3×10^{-2}

評価時間は、人が常時立ち入る場所においては1週間につき40時間、管理区域の境界においては3月間につき500時間とする。また、線源の使用は最大1週間当たり40時間とする。なお、散乱線及びスカイシャインの影響は考えないものとする。

管理区域の境界における線量評価にあたっては、2台の線源装備機器からの線量寄与を合算して評価する。また、実効線量が最大になり得る4方向の地点 (評価点a～d) について2台の装置からの線量寄与を合算して評価することを考える。保守的な (安全側に) 評価をするため、各方向におけ

る線量は、それぞれの機器について管理区域境界までのそれぞれの最短距離で独立に求めた線量を単純に合算した値とする。この場合、管理区域の境界における実効線量が最大となる地点は、評価点 **A** であり、3月間につき **ア** 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 **イ** μSv を超えない。

また、人が常時立ち入る場所における線量評価点 **e** は、保守的な評価をするため、機器Aの線源からも機器Bの線源からも0.50 mの距離であると仮定する。その地点における線量は、線源使用時においても保管時においても変わらない。この場合、人が常時立ち入る場所における作業者の実効線量は1週間につき **ウ** 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線量限度である1週間につき **エ** μSv を超えない。

このことから本施設は、法令に定める線量限度以下とするために必要な遮蔽を有していることが分かる。

< Aの解答群 >

1	a	2	b	3	c	4	d
---	----------	---	----------	---	----------	---	----------

< ア、イの解答群 >

1	5.6×10^0	2	9.3×10^0	3	5.0×10^1	4	6.0×10^1
5	2.5×10^2	6	7.9×10^2	7	1.0×10^3	8	1.3×10^3
9	1.5×10^3	10	2.0×10^3				

< ウ、エの解答群 >

1	1.2×10^1	2	2.5×10^1	3	6.8×10^1	4	9.2×10^1
5	2.4×10^2	6	9.1×10^2	7	9.4×10^2	8	1.0×10^3
9	2.5×10^3	10	4.0×10^3				

II 本施設の放射線管理を行うため、1 cm 線量当量率を測定するサーベイメータを準備することを考える。本目的に用いるサーベイメータの検出器には、、などがよく用いられている。一般に広いエネルギー範囲にわたってエネルギー依存性が小さく、高い線量率まで測定できるに比べて、は自然バックグラウンドレベルの線量率から測定できるが、上限は数 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 程度のものが多い。本施設の管理区域境界の線量率を正確に測定する場合には、を用いることが望ましい。しかし、 ^{137}Cs 密封線源からは keV、 ^{241}Am 密封線源からは主に keV の γ 線が放出されている点に留意すべきである。なぜならば、エネルギー補償された製品を選択しないと、一般に校正に用いられている ^{137}Cs γ 線に比べて ^{241}Am γ 線の場合程度高い指示値を示すからである。また、装置周辺の線量率の測定にも使用する場合には、機器 B の線源から 0.50 m の地点で実効線量率が $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ であるため、測定上限値にも注意が必要である。

< B、C の解答群 >

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1 BF_3 比例計数管 | 2 Ge 半導体検出器 |
| 3 NaI(Tl) シンチレーション検出器 | 4 ZnS(Ag) シンチレーション検出器 |
| 5 電離箱 | 6 フッ化リチウム検出器 |
| 7 表面障壁型 Si 半導体検出器 | 8 ガラスシンチレーション検出器 |

< オ、カの解答群 >

- | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|----------|
| 1 30.6 | 2 40.6 | 3 59.5 | 4 122 | 5 186 |
| 6 356 | 7 662 | 8 796 | 9 1,170 | 10 1,330 |

< キの解答群 >

- | | | |
|-------|------|-------|
| 1 数十% | 2 数倍 | 3 数十倍 |
|-------|------|-------|

< クの解答群 >

- | | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| 1 7.4×10^{-2} | 2 3.0×10^{-1} | 3 2.3×10^1 | 4 1.2×10^2 |
| 5 4.6×10^2 | | | |

Ⅲ 密封線源であっても、不適切な取扱いがあった場合や、災害時に線源装備機器自体が損壊した場合等においては、その密封性が担保されない可能性がある。線源の密封性が損なわれた場合には、直ちに立ち入り禁止等の安全措置を講じるとともに、早急に原子力規制委員会への通報を要する。一方、平時においても密封線源の状態については定期的に点検を行うことが望ましい。点検は目視観察が主体となるが、汚染検査も有効である。

汚染検査に用いるサーベイメータの検出器には、、などがよく用いられている。¹³⁷Cs 密封線源の検査には、²⁴¹Am密封線源の検査にはを用いる。

汚染検査の方法としては、とがある。密封線源の検査の場合は、測定対象（線源）から放射線が放出されており、漏洩している放射性同位元素からの放射線のみを測定するため、を用いることが適切である。

この検査方法では、スミアろ紙などで測定対象表面をふき取り、バックグラウンド線量率の低いところでふき取り試料を測定する。そのとき、測定器の検出下限値を超える計数があるかどうかで、汚染の有無を判定する。なお、機器に装備された線源の場合の汚染検査は、線源を直接ふき取るとは構造的に難しいことが多く、無用な外部被ばくが生じるおそれもあることから、線源容器周辺を検査対象とする方法もある。

有意な汚染が認められた場合、遊離性の表面（汚染）密度 A は、JIS Z 4504(2008)「放射性表面汚染の測定方法」に定める以下の式から評価する。

$$A = \frac{n - n_B}{\epsilon_i \times F \times S \times \epsilon_s}$$

ここで、 n は測定時の総計数率[s⁻¹]、 n_B はバックグラウンド計数率[s⁻¹]、 ϵ_i は線源に対して決められた幾何学的条件で測定したときの測定器の正味計数率と線源の表面放出率との比から求められる、 F は1回の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との比から求められる、 S はふき取り面積、 ϵ_s は線源からの表面放出率と線源の中で放出される単位時間当たりの放射線粒子数との比である線源効率である。 ϵ_i は β 線測定の場合、 β 線エネルギーに依存するため、測定対象から放出される β 線エネルギーに対応した核種の線源を用いて決定（校正）し、著しく高いエネルギーの核種を校正に用いるべきではない。 F は実験的に求められている場合はその値を用い、実験的評価がない場合には安全を考慮して0.1を用いる。 ϵ_s は、 β 線最大エネルギーが0.4 MeV以上である¹³⁷Csの場合はを、 α 線を放出する²⁴¹Amの場合はを用いる。

²⁴¹Am密封線源のによる汚染検査において、有意な汚染として、測定時の総計数率が490 min⁻¹、バックグラウンド計数率が10 min⁻¹であった。 ϵ_i が0.4、 F は実験的評価値がなく、 S は100 cm²としたとき、表面密度 A は Bq・cm⁻²と評価される。

<D、Eの解答群>

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1 ^3He 比例計数管 | 2 CZT 半導体検出器 |
| 3 CsI(Tl)シンチレーション検出器 | 4 ZnS(Ag)シンチレーション検出器 |
| 5 電離箱 | 6 GM 計数管 |
| 7 Ge 半導体検出器 | 8 液体シンチレーション検出器 |

<F～Iの解答群>

- | | | |
|-----------|----------|---------|
| 1 直接測定法 | 2 間接測定法 | 3 フェザー法 |
| 4 固有効率 | 5 幾何学的効率 | 6 機器効率 |
| 7 放出効率 | 8 線源効率 | 9 除去効率 |
| 10 ふき取り効率 | 11 捕集効率 | 12 採取効率 |

<ケ、コの解答群>

- | | | | |
|--------|-------|--------|-------|
| 1 0.25 | 2 0.5 | 3 0.75 | 4 1.0 |
|--------|-------|--------|-------|

<サの解答群>

- | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|------|
| 1 0.80 | 2 1.6 | 3 4.0 | 4 8.0 | 5 16 |
|--------|-------|-------|-------|------|

