

管 理 技 術 I

試験が始まる前にこのページに書いてあることをよく読んでください。裏面以降は試験問題になっているので、指示があるまで見てはいけません。

1 試験時間：10:00～11:45（1時間45分）

2 問題数：5題（8ページ）

3 注意事項：

- ① 机の上に出してよい物は、受験票、鉛筆（HB又はB）又はシャープペンシル、鉛筆削り、消しゴム、時計に限ります。計算機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計を机の上に出すことはできません。
- ② 電卓（電子式卓上計算機）及び下敷きの使用はできません。
- ③ 携帯電話等の通信機器は使用できません。（電源を切ってカバン等にしまってください。）
- ④ 問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び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。ただし、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験中に気分の悪くなった場合などは、手を挙げ試験監督員の指示に従ってください。
- ⑥ 試験終了の合図があったら、すぐ筆記用具を置いて、解答をやめてください。
試験監督員が解答用紙を集め終わるまでは、席を離れることはできません。
なお、問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑦ 不正行為をした場合は、受験資格を失います。

4 解答用紙の扱いについて：

- ① 解答用紙は機械で読み取りを行いますので、解答用紙の注意事項に従い丁寧に記入してください。また折り曲げたり汚したりしないでください。
- ② 筆記用具は、鉛筆（HB又はB）又はシャープペンシルを使用し、記入を訂正する場合には消しゴムできれいに消してください。また、消しくずは残さないようにしてください。
- ③ 解答用紙の所定の欄に氏名・受験地・受験番号を必ず記入してください。特に受験番号は受験票と照合して正しく記入してください。
- ④ 試験は択一方式で、解答は1つの問につき1つだけ選択してください。2つ以上選択（マーク）した場合は、零点になります。
- ⑤ 記入欄以外の余白及び裏面には、何も記入しないでください。
- ⑥ 以上の記入方法の指示に従わない場合、必要とされる記入事項が正しく記入されていない場合には採点されません。

問1 次のⅠ～Ⅲの文章の()の部分に入る最も適切な語句又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

Ⅰ 放射線による人体影響は、臨床的症状が現れるまでの潜伏期間の長さによって、急性影響と(A)影響の2つに分けられる。急性影響は、被ばく後数週間以内に出現する影響で、その代表的なものには、(B)、急性放射線皮膚障害などがある。(B)は、全身あるいは身体のかなり広い範囲に急性被ばくを受けた場合に発症する一連の症候群のことである。一方、急性放射線皮膚障害は、身体の被ばく部位が局所に限られるような場合にも重要となる。(B)の症状は、放射線の種類や線量によって異なるが、一般的には、(C)や倦怠感がでる初期症状があり、次に、一時的に症状がなくなる時期を経て症状が現れてくる発症期に入る。その症状としては、1～数 Gy 程度の被ばくでは、(D)が主症状として現れ、5 Gy 以上では、下痢と脱水などの(E)が、更に高線量では、錯乱などの精神障害やショック状態になる(F)が出現する可能性がある。

<ⅠのA～Fの解答群>

- | | | | |
|----------|-----------|----------|-----------|
| 1 再発性 | 2 進行性 | 3 晩発性 | 4 突発性 |
| 5 急性放射線症 | 6 急性心機能不全 | 7 吐き気 | 8 視力障害 |
| 9 早期障害 | 10 後期障害 | 11 循環器障害 | 12 造血臓器障害 |
| 13 消化器障害 | 14 肝機能障害 | | |

Ⅱ 放射線の被ばく線量を人体影響から推定する方法、いわゆる、バイオドシメトリ(生物学的線量測定法)がある。急性被ばくの場合には、末梢血液の血球数の変化を指標とする方法がある。末梢血液中のリンパ球は、(イ) Gy 以上の急性全身被ばくで細胞死を起こして減少するので、非常に鋭敏な推測が可能となる。リンパ球はリンパ芽球→幼若リンパ球→リンパ球と(A)しても放射線感受性は大きく変化しない、すなわち、成熟したリンパ球も放射線感受性が高いことが特徴である。これに対して(B)は放射線感受性が低く、寿命も120日と長いため、供給の低下の影響が現れにくく、血球数の変化は他の血球に比べて顕著ではないので線量の推定にはあまり役立たない。

一方、皮膚の表皮の最下層は(C)といわれ、細胞分裂を盛んに行っており、放射線感受性の高い部分である。法令で個人被ばく線量の測定が定められている(D)線量当量は、この(C)の深さに対応している。急性被ばくによる紅斑のうち、一過性のもは(ロ) Gy 程度、持続性のもは(ハ) Gy 程度以上でみられる。皮膚の表皮だけでなく、深部の皮下組織にある小血管にまで障害が及ぶと、水泡や潰瘍が生ずる。潰瘍ができると、(ニ) Gy 程度以上といった線量の推定が可能となる。

<ⅡのA～Dの解答群>

- | | | | |
|-------------|----------|----------------|-------|
| 1 進行 | 2 分化 | 3 増殖 | 4 分裂 |
| 5 顆粒球 | 6 血小板 | 7 赤血球 | 8 角質層 |
| 9 基底細胞層 | 10 真皮細胞層 | 11 70 マイクロメートル | |
| 12 3 ミリメートル | | 13 1センチメートル | |

<Ⅱのイ～ニの解答群>

- | | | | | |
|--------|-------|--------|------|-------|
| 1 0.05 | 2 0.1 | 3 0.25 | 4 1 | 5 2 |
| 6 3 | 7 5 | 8 10 | 9 60 | 10 90 |

Ⅲ バイオドシメトリとしては、末梢血液中のリンパ球における染色体異常の誘発頻度を指標とする方法もある。細胞の核内のDNAは（A）などのタンパク質とともに（B）をつくっている。細胞が細胞周期の分裂期に入ると、（B）は凝縮して染色体という形になり、光学顕微鏡のもとでも観察できるようになる。末梢血液中のリンパ球は、細胞分裂を人為的に誘発させることができ、比較的容易に染色体を観察できる。染色体異常は、通常、（C）の異常と構造の異常の2つに分けられるが、放射線の被ばく直後では（C）の異常は起こらないとされている。放射線被ばくによる染色体異常誘発の主な原因としては、（D）があげられ、その大部分は修復されるが、誤って再結合した場合に構造異常が現れる。構造異常の型として、（E）、逆位、環状染色体、転座、（F）などがある。環状染色体や（F）は、細胞分裂に際して染色体が両極にうまく分配されずに比較的早期に消失するので、これらを不安定型の異常という。不安定型は、正常染色体との区別が容易で、放射線被ばくの優れた指標となっている。一方、（E）、逆位、転座などの異常は、細胞分裂によっても引き継がれ、長期にわたって存在するので、安定型の異常といわれる。安定型は不安定型に比べて判定時の困難はあるが、被ばく後の経過時間が長くても観察できるというメリットもある。

<ⅢのA～Fの解答群>

- | | | | |
|-------------|------------|----------|------------|
| 1 ヒストン | 2 ラミン | 3 セントロメア | 4 ヌクレオソーム |
| 5 クロマチン | 6 長さ | 7 数 | 8 太さ |
| 9 DNA 2重鎖切断 | 10 DNA塩基損傷 | 11 欠失 | 12 2動原体染色体 |
| 13 リング | 14 フレームシフト | 15 塩基置換 | |

問2 ^{54}Mn 密封線源の事業所外運搬に関する次のⅠ～Ⅲの文章の()の部分に入る最も適切な語句又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

Ⅰ 線源は160日前に購入したもので、購入時の数量は10 MBqであった。 ^{54}Mn の半減期は312日なので、この線源の現在の放射能は(A) MBqである。 ^{54}Mn から放出される主な光子は、(B) MeVの γ 線と数 keVの(C)である。このうち、運搬に際し評価しなければならないのは(D)の光子である。

<ⅠのA～Dの解答群>

- | | | | | |
|----------|----------|---------|--------|---------|
| 1 5.5 | 2 6.1 | 3 7.0 | 4 8.2 | 5 8.9 |
| 6 0.511 | 7 0.662 | 8 0.835 | 9 1.17 | 10 1.46 |
| 11 制動放射線 | 12 消滅放射線 | 13 特性X線 | 14 前者 | |
| 15 後者 | | | | |

Ⅱ この線源をL型輸送物として運搬するためには、輸送物の表面における1 cm線量当量率は(A) $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ を超えてはならず、また、輸送物の表面密度は(B) $\text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ を超えてはならない。1 cm線量当量率の測定には(C)を、表面密度の測定には(D)を用いるのが適切である。

<ⅡのA～Dの解答群>

- | | | | | |
|-----------------------|---------------|-----------------------|---------|-----|
| 1 0.4 | 2 0.5 | 3 1 | 4 4 | 5 5 |
| 6 10 | 7 40 | 8 50 | 9 ふき取り法 | |
| 10 γ 線用サーベイメータ | 11 浸せき法 | 12 蛍光ガラス線量計 | | |
| 13 目視 | 14 イメージングプレート | 15 α 線用サーベイメータ | | |

Ⅲ 当初、運搬には一辺が50 cmの立方体の箱を用い、その中心に線源を収納することを計画した。まず、輸送物表面の1 cm線量当量率の最大値を次の手順で評価した。なお、対象となる光子の放出割合を100%とし、容器その他による光子の散乱・吸収を無視した。また、線源は点線源と仮定した。

- ① この線源から1時間当たりに放出される光子を(A) $\times 10^{10}$ 個と算出した。
- ② 次に、輸送物表面の1 cm線量当量率が最大となる点における光子フルエンス率を(B) $\times 10^{10} \text{ m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ と算出した。
- ③ この光子フルエンス率に(イ)係数と(ロ)とを乗じ、さらにMeVをJに換算することにより、輸送物表面のこの点の空気吸収線量率を $1.3 \times 10^{-5} \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ と算出した。
- ④ 最後に、この光子に対する空気吸収線量から1 cm線量当量への換算係数 $1.2 \text{ Sv}\cdot\text{Gy}^{-1}$ を用い、輸送物表面の1 cm線量当量率の最大値を(C) $\times 10^{-5} \text{ Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ と評価した。
この値は法令の要件を満たしていないので、より大きい立方体の箱を用いることとして計算し直した結果、箱の一辺は最低(D) cm以上必要であることが分かった。

<ⅢのA～Dの解答群>

1	1.1	2	1.6	3	2.0	4	2.3	5	2.5
6	2.7	7	2.9	8	3.2	9	3.5	10	4.0
11	65	12	72	13	90	14	103	15	121

<Ⅲのイ～ロの解答群>

1	線エネルギー吸収	2	質量エネルギー吸収	3	線減弱		
4	質量減弱	5	カーマ	6	光子エネルギー	7	W値
8	質量阻止能	9	LET	10	空気の密度		

問3 次のI～Ⅲの文章の()の部分に入る最も適切な数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

I β線源PをGM計数装置で10分間測定した結果、3600カウントであった。この線源の計数率は(A) cpmであり、計数率の標準偏差は(B) cpmである。一方、この計数装置のバックグラウンド計数を10分間測定した結果、400カウントであった。バックグラウンドの計数率は(C) cpmであり、その標準偏差は(D) cpmである。線源Pの正味の計数率は(E) cpmであり、正味の計数率の標準偏差は(F) cpmである。また、正味の計数率の相対標準偏差は(G) %である。次に、線源Pとバックグラウンドの測定時間とともに2倍にした結果、それぞれ2倍の計数が得られた。この場合、線源Pの正味の計数率は(H) cpmであり、その標準偏差は(I) cpmである。正味の計数率の相対標準偏差は(J) %である。ただし、計数装置の数え落としは無視できるものとする。

< I の解答群 >

(A)	1	6	2	36	3	60	4	360	5	600
(B)	1	0.6	2	6	3	19	4	25	5	60
(C)	1	0.7	2	4	3	7	4	20	5	40
(D)	1	0.2	2	0.6	3	2	4	6	5	20
(E)	1	5.3	2	32	3	40	4	320	5	400
(F)	1	0.45	2	5.7	3	6.3	4	10	5	17
(G)	1	1.4	2	2.0	3	3.1	4	4.3	5	7.5
(H)	1	10	2	64	3	320	4	640	5	800
(I)	1	0.35	2	1.6	3	4.0	4	4.5	5	10
(J)	1	1.4	2	2.0	3	3.1	4	4.3	5	6.5

II GM 計数装置で、 β 線源 Q 及びバックグラウンド計数をそれぞれ 10 分間測定した結果、それぞれ 36400 カウント、400 カウントであった。線源 Q の正味の計数率は (A) cpm で、その標準偏差は (B) cpm である。線源 Q の放射能が 600 ± 10 Bq で与えられているとすると、計数装置の計数効率 (C) % であり、計数効率の標準偏差は (D) % である。ただし、計数装置の数え落としは無視できるものとする。また、線源 Q は 1 壊変当たり 1 個の β 線を放出するものとする。

< II の解答群 >

(A)	1	600	2	620	3	3600	4	3680	5	4040
(B)	1	19	2	21	3	60	4	170	5	210
(C)	1	1.8	2	3.6	3	6.7	4	10	5	17
(D)	1	0.17	2	0.67	3	1.7	4	3.6	5	6.7

III β 線源 R を GM 計数装置で 5 分間測定した結果、12100 カウントであった。計数装置のバックグラウンド計数率が 20 ± 5 cpm とすると、線源 R の正味の計数率は (A) cpm であり、その標準偏差は (B) cpm である。計数装置の計数効率が 0.20 ± 0.02 であったとすると、線源 R の放射能は、(C) \pm (D) Bq である。ただし、計数装置の数え落としは無視できるものとする。また、線源 R は 1 壊変当たり 1 個の β 線を放出するものとする。

< III の解答群 >

(A)	1	1250	2	2000	3	2400	4	2500	5	2600
(B)	1	23	2	47	3	50	4	495	5	505
(C)	1	8	2	10	3	80	4	100	5	200
(D)	1	0.25	2	2.5	3	15	4	20	5	25

問 4 次の I ~ II の文章の () の部分に入る最も適切な語句、記号、数値又は数式を、それぞれの解答群から 1 つだけ選べ。

I 透過型厚さ計に用いられている線源は、測定対象物の種類や厚さによって異なっている。一般的に、紙・プラスチックフィルム等の厚さ測定には β 線源、鋼板等の厚さ測定には γ 線源が用いられている。 β 線源としては、(A)、(B)、(C) が、 γ 線源としては (D)、(E) が主に用いられている。これらの線源の特徴として、(A) は希ガスであること、(B) 及び (D) は、親核種の半減期 T_1 と娘核種の半減期 T_2 との間に (F) の関係があり、(G) 平衡が成立していること等が挙げられる。

< I の A～E の解答群 >

- | | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 ^{22}Na | 2 ^{55}Fe | 3 ^{57}Co | 4 ^{68}Ge | 5 ^{85}Kr |
| 6 ^{90}Sr | 7 ^{99}Tc | 8 ^{125}I | 9 ^{133}Xe | 10 ^{137}Cs |
| 11 ^{147}Pm | 12 ^{192}Ir | 13 ^{198}Au | 14 ^{241}Am | 15 ^{252}Cf |

< I の F～G の解答群 >

- | | | | | |
|-----------------|---------------|-----------------|------|------|
| 1 $T_1 \gg T_2$ | 2 $T_1 = T_2$ | 3 $T_1 \ll T_2$ | 4 過渡 | 5 永続 |
|-----------------|---------------|-----------------|------|------|

II I に挙げた各 β 線源から放出される主な β 線の最大エネルギーは、エネルギーの低い順に、(A) MeV、0.546 MeV、(B) MeV、(C) MeV である。このうち、最大エネルギーが 0.546 MeV と (C) MeV の β 線は、同一線源から放出される。

ここで、 β 線の飛程及び遮へいを考えてみる。 β 線の最大飛程を求める式は、アルミニウム中の最大飛程を $R[\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}]$ 、 β 線の最大エネルギーを $E[\text{MeV}]$ とすると、次の式で表される。

$$(\text{イ}) \quad (0.15 \text{ MeV} < E < 0.8 \text{ MeV}) \quad (1)$$

$$(\text{ロ}) \quad (0.8 \text{ MeV} < E) \quad (2)$$

上式を用いて、 β 線の最大エネルギーが (C) MeV の場合について計算すると、(ハ) $[\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}]$ となる。アルミニウムの密度は、(D) $[\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}]$ であるから、遮へい材として使用した場合には、(ニ) $[\text{cm}]$ の厚さが必要となる。また、高エネルギー β 線を遮へいする場合には、制動放射線の発生を少なくするために、アルミニウムより低原子番号の物質で遮へいする機会が多い。アクリルを使用した場合、密度は (E) $[\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}]$ であるから、約 (ホ) $[\text{cm}]$ の厚さで遮へいする必要があるが生じる。

< II の A～C の解答群 >

- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 0.156 | 2 0.224 | 3 0.687 | 4 1.711 | 5 2.280 |
| 6 2.749 | | | | |

< II の D～E の解答群 >

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 1.2 | 2 2.1 | 3 2.7 | 4 7.9 |
|-------|-------|-------|-------|

< II の イ～ホ の解答群 >

- | | | | | |
|----------------|-------------------|----------------------|---------|------|
| 1 $R=542E-133$ | 2 $R=407E^{1.38}$ | 3 $R=0.017E^{-1.43}$ | 4 0.14 | |
| 5 0.41 | 6 0.53 | 7 0.92 | 8 41 | 9 53 |
| 10 92 | 11 794.4 | 12 1103 | 13 1357 | |

問5 次のⅠ～Ⅲの文章の()の部分に入る最も適切な語句、記号又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

ある事業所において、測定機器等の校正用として、密封された ^{60}Co (3.7 GBq×1個)及び ^{137}Cs (111 GBq×1個)線源を使用している。使用施設内の線源使用場所から管理区域境界及び事業所境界までの最短距離はそれぞれ2 m、10 mである。なお、管理区域は天井も含めコンクリート壁(厚さ40 cm)により囲まれており、その外壁を管理区域境界としている。

線源貯蔵時は、球形鉛容器(厚さ8 cm)に収納されており、使用時(照射時)には管理区域外からの遠隔操作により容器から線源を取出し、使用(照射)できる構造となっている。なお、各線源については同時に使用(照射)することはできない。また、線源は使用時(照射時)も貯蔵時も、同じ位置にあるものと仮定して評価する。

Ⅰ ここで管理区域境界及び事業所境界の3月間における実効線量を評価する。それぞれ実効線量が最大となる評価点は、線源使用場所から最短距離となる点であり、散乱線及びスカイシャインによる影響は考慮しないものとする。なお、各核種の実効線量率定数、実効線量透過率及び3月間における最大使用時間は以下の通りとする。

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 [コンクリート40 cm厚]	実効線量透過率 [鉛8 cm厚]	3月間における 最大使用時間(h)
^{60}Co	0.305	6.19×10^{-2}	1.52×10^{-2}	15
^{137}Cs	0.0779	2.48×10^{-2}	1.88×10^{-4}	10

(1) 管理区域境界の3月間における実効線量

3月間における最大となる実効線量を線源ごとに評価すると、 ^{60}Co 線源については、(A) mSv/3月、 ^{137}Cs 線源については(B) mSv/3月となる。これらの合算による値は、法令に定める3月間における実効線量(C) mSvを超えない。なお、管理区域境界の評価時間は、3月間において500時間とする。

(2) 事業所境界の3月間における実効線量

3月間における最大となる実効線量を線源ごとに評価すると、 ^{60}Co 線源については、(D) μSv /3月、 ^{137}Cs 線源については(E) μSv /3月となる。これらの合算による値は、法令に定める3月間における実効線量(F) μSv を超えない。なお、事業所境界の評価時間は、3月間において2184時間とする。

<ⅠのA～Fの解答群>

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 0.10 | 2 0.25 | 3 0.40 | 4 0.55 | 5 0.70 |
| 6 1.0 | 7 1.3 | 8 11 | 9 22 | 10 33 |
| 11 44 | 12 66 | 13 250 | 14 300 | |

II 本事業所において測定機器等の校正頻度が増加したため、 ^{60}Co 線源の使用時間のみを増やすことを計画している。 ^{60}Co 線源の3月間における使用時間は、管理区域境界及び事業所境界における実効線量を踏まえ、最大で(A)時間となる。

<IIのAの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|----|---|-----|---|----|---|----|---|----|
| 1 | 20 | 2 | 25 | 3 | 35 | 4 | 55 | 5 | 70 |
| 6 | 95 | 7 | 120 | | | | | | |

III 本事業所における使用施設等の放射線管理として、管理区域や事業所境界における線量率の測定や密封された線源の破損が無いことを確認するための汚染検査を実施している。線量率の測定については(A)を使用し、汚染検査についてはGM管式サーベイメータを使用している。これらの放射線管理は、使用している線源の性質を十分に理解し、測定器の選定や測定方法を考慮し実施する必要がある。

本事業所で取扱っている ^{60}Co 線源は、半減期(B)年で、最大エネルギー0.32 MeVの β^- 線及び(C) MeV、1.33 MeVの2本の γ 線を放出して(イ)となる。また、 ^{137}Cs は半減期(D)年で β^- 壊変し、そのうちの94%は(ロ)となる。(ロ)はエネルギー(E) MeVの γ 線を放出し(ハ)となる。

<IIIのAの解答群>

- | | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------------|
| 1 | レムカウンタ | 2 | ZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータ |
| 3 | NaI(Tl)シンチレーション式サーベイメータ | 4 | 表面障壁型Si半導体検出器 |
| 5 | 液体シンチレーションカウンタ | | |

<IIIのB～Eの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|
| 1 | 0.32 | 2 | 0.52 | 3 | 0.66 | 4 | 0.84 | 5 | 1.17 |
| 6 | 1.25 | 7 | 5.27 | 8 | 30.0 | 9 | 430 | | |

<IIIのイ～ハの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|---|-------------------|---|---------------------------|---|-------------------|---|-------------------|
| 1 | ^{56}Fe | 2 | ^{59}Fe | 3 | ^{59}Ni | 4 | ^{60}Ni | 5 | ^{135}Cs |
| 6 | $^{133\text{m}}\text{Ba}$ | 7 | ^{137}Ba | 8 | $^{137\text{m}}\text{Ba}$ | 9 | ^{139}Ba | | |