

物 理 学	物理学のうち放射線に関する課目
化 学	化学のうち放射線に関する課目
生 物 学	生物学のうち放射線に関する課目

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：15:00～17:00（2 時間 00 分）

2 問題数：

物理学 五肢択一式 10 問（20 点）、多肢択一式 1 問（10 点）（30 点満点）（6 ページ）

化学 五肢択一式 10 問（20 点）、多肢択一式 1 問（10 点）（30 点満点）（6 ページ）

生物学 五肢択一式 10 問（20 点）、多肢択一式 1 問（10 点）（30 点満点）（6 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。
- ⑧ 試験の課目は物理学、化学、生物学の 3 課目です。3 課目について時間内に解答して下さい。

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。



第 2 種

令和 4 年度 放射線取扱主任者試験

# 物 理 学

物理学のうち放射線に関する課目

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 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 光子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 質量はゼロである。
- B 運動量はゼロである。
- C エネルギーはゼロである。
- D 電荷はゼロである。

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

問 2 次の粒子の質量を比べる関係式のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 電子 = 陽電子
- B 電子 > 電子ニュートリノ
- C 陽子 > 中性子
- D  $\alpha$  粒子 = ヘリウム原子

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

問 3 ある元素の軌道電子の結合エネルギーが下表に示した値のとき、K 殻に空席ができたことに伴い発生する  $KL_2L_3$  オージェ電子のエネルギー [eV] として、最も近い値は次のうちどれか。

表 K 殻と L 殻の軌道電子の結合エネルギー

電子殻	K	$L_1$	$L_2$	$L_3$
結合エネルギー [eV]	5,990	690	580	570

- 1 4,840          2 5,300          3 5,360          4 5,420          5 5,580

問4 核種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 陽子数が同一で中性子数の異なる核種を同位体という。
- B 中性子数が同一で陽子数の異なる核種を同中性子体という。
- C 中性子数から陽子数を引いた値が同一の異なる核種を核異性体という。
- D 中性子数と陽子数を足した値が同一の異なる核種を同重体という。

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

問5 内部転換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 核から放出された $\gamma$ 線の全エネルギーを、同じ原子の軌道電子が吸収して飛び出す現象である。
- B 内部転換電子は連続エネルギー分布をもつ。
- C 特性X線あるいはオージェ電子の放出を伴う。
- D  $\gamma$ 線の放出割合が0.5、内部転換電子の放出割合が0.5のとき、内部転換係数は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6 荷電粒子と物質との相互作用に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。ただし、核反応は起こらない場合を考える。

- A 荷電粒子は、物質中を直進する。
- B 荷電粒子がエネルギーを失う過程で働く力は、クーロン力である。
- C 荷電粒子がエネルギーを失う過程で、光子が放出される場合がある。
- D 電荷と質量が同じ荷電粒子では、一般的にエネルギーが高いほど、飛跡の単位長さあたりに失うエネルギーは大きい。

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

問7 中性子捕獲( $n, \gamma$ )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 高速中性子では起こらない。
- B 質量数が1増える。
- C 原子番号は変わらない。
- D 断面積は中性子のエネルギーに依存する。

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

問8 次の量と単位の関係のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 放射能             $- \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$
- B 散乱断面積         $- \text{m}^2$
- C 吸収線量率         $- \text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$
- D 質量減弱係数      $- \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$
- E 飛程                 $- \text{m} \cdot \text{kg}^{-1}$

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

問9 一様な放射線場に置いた電離箱から 16 pA の電流を得た。エネルギー吸収 34 eV 当りにイオン対が 1 対生成するとき、この電離箱内の気体が 1 秒間に吸収した放射線のエネルギー [ $\text{pJ} \cdot \text{s}^{-1}$ ] として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、生成電荷はすべて電極に収集されたとし、電気素量を  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、1 eV を  $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$  とする。

1 440            2 540            3 740            4 1,100            5 1,400

問10 コリメートされた単一エネルギーの  $\gamma$  線ビームがある。ビーム上のある位置での空気カーマ率は  $480 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  であった。この  $\gamma$  線に対する遮蔽板の半価層は、物質Aでは 5.0 mm、物質Bでは 10.0 mm である。ビームの上流側に、物質Aの遮蔽板(厚さ 2.5 mm)と物質Bの遮蔽板(厚さ 5.0 mm)を重ねて挿入したとき、同じ位置の空気カーマ率 [ $\mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ] として最も近い値は次のうちどれか。ただし、ビルドアップの効果は無視できるものとする。

1 60            2 120            3 240            4 360            5 480

問 11 X線や $\gamma$ 線と物質の相互作用に関する次の 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 光子のエネルギー  $E_\gamma$  は、主に光電効果、コンプトン散乱、および電子対生成により物質に与えられる。

光電効果では、光電子の放出に  $E_\gamma$  がすべて費やされ、光子は消失する。このとき、軌道電子の結合エネルギーを  $E_b$  とすると、光電子の運動エネルギー  $E_e$  は  $E_e = \text{ A}$  である。式の右辺が負ならば、この過程は起こらない。また、しきいエネルギー付近では、この過程の有無により断面積が顕著に変化する。例えば、 $E_b$  が K 殻の軌道電子の結合エネルギーのとき、光子エネルギーと断面積との関係を示すグラフの  $E_b$  付近に見られるエッジ状の構造は  B と呼ばれる。

次に、コンプトン散乱では、入射光子と電子の衝突により、 $E_\gamma$  よりも低いエネルギーを持つ散乱光子と、反跳電子を生じる。光子の散乱角を  $\theta$  とすると、反跳電子の運動エネルギー  $E_e(\theta)$  は、

$$E_e(\theta) = \frac{E_\gamma}{1 + \frac{mc^2}{E_\gamma(1 - \cos\theta)}}$$

と表される。ただし、 $m$  は電子の質量 ( $9.11 \times 10^{-31}$  kg) で、 $c$  は真空中の光速 ( ア  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) である。入射光子が  $E_\gamma = 1.00$  MeV のとき、 $E_e(\theta)$  の上限値は  イ MeV である。 $\gamma$  線スペクトルにおけるこの上限値に相当するチャンネルは  C と呼ばれる。

最後に、電子対生成では、光子が原子核の強い電場中で消失し、電子とその反粒子である陽電子が生み出される。この電子と陽電子の運動エネルギーをそれぞれ  $E_e$  と  $E_p$  とすると、 $E_e + E_p = \text{ D}$  である。右辺が負ならば、この過程は起こらないので、しきい値は  $E_\gamma = \text{ ウ}$  MeV である。

< A の解答群 >

- |                    |                    |                    |                              |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|
| 1 $E_\gamma + E_b$ | 2 $E_\gamma - E_b$ | 3 $E_b - E_\gamma$ | 4 $\frac{E_\gamma + E_b}{2}$ |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|

< B ~ D の解答群 >

- |                      |                     |                      |                      |                      |
|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 $E_\gamma + mc^2$  | 2 $E_\gamma - mc^2$ | 3 $E_\gamma + 2mc^2$ | 4 $E_\gamma - 2mc^2$ | 5 $E_\gamma + 3mc^2$ |
| 6 $E_\gamma - 3mc^2$ | 7 K 吸収端             | 8 コンプトン端             | 9 バンド端               | 10 ライマン端             |

< ア ~ ウ の解答群 >

- |                       |                       |                       |                      |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1 0.20                | 2 0.40                | 3 0.51                | 4 0.60               | 5 0.80                |
| 6 1.02                | 7 2.04                | 8 4.08                | 9 $1.00 \times 10^7$ | 10 $3.00 \times 10^7$ |
| 11 $1.00 \times 10^8$ | 12 $3.00 \times 10^8$ | 13 $1.00 \times 10^9$ |                      |                       |

II 次の図は、エネルギー  $E_\gamma$  の光子と原子番号  $Z$  の物質の相互作用において、最も優勢な過程が光電効果、コンプトン散乱、および電子対生成のいずれであるかを、領域として示している。

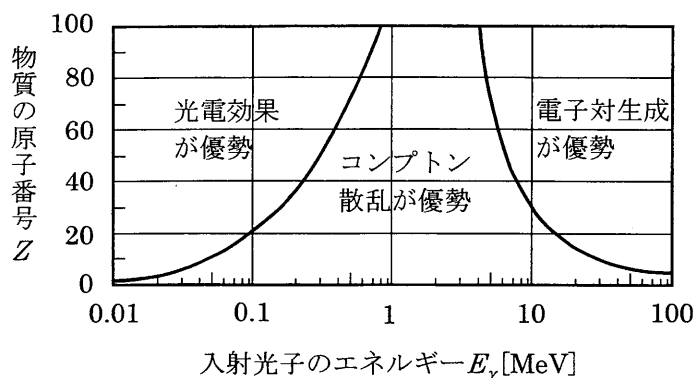


図 光子と物質の最も優勢な相互作用の領域 (2つの曲線は各領域の境界を示す)

この図に基づき、 $E_\gamma = 100 \text{ keV}$  のときに光電効果が最も優勢になるのは、物質の原子番号が  $Z \geq \boxed{\text{E}}$  のときである。また、 $Z = 60$  のときに電子対生成が最も優勢になるのは、 $E_\gamma \geq \boxed{\text{F}}$  MeV のときである。さらに、 $^{60}\text{Co}$  線源から放出される  $\gamma$  線を鉛板で遮蔽するとき、 $\gamma$  線とこの遮蔽材の最も優勢な相互作用は  $\boxed{\text{G}}$  である。

< E ~ G の解答群 >

- |            |          |        |         |
|------------|----------|--------|---------|
| 1 0.37     | 2 0.56   | 3 1.5  | 4 3.7   |
| 5 5.6      | 6 8.8    | 7 15   | 8 21    |
| 9 28       | 10 40    | 11 120 | 12 光電効果 |
| 13 コンプトン散乱 | 14 電子対生成 |        |         |



第 2 種

令和 4 年度 放射線取扱主任者試験

# 化 学

化学のうち放射線に関する課目

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 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** 土壌試料に含まれる  $^{134}\text{Cs}$  と  $^{137}\text{Cs}$  の放射能が等しい場合、その試料の 1 年後の放射能の比 ( $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ ) として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、 $^{134}\text{Cs}$  の半減期は 2 年、 $^{137}\text{Cs}$  の半減期は 30 年とする。

- 1 0.1                  2 0.2                  3 0.4                  4 0.7                  5 0.9

**問 2** 放射性核種 A から放射性核種 B が生成する逐次壊変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 過渡平衡では核種 A の放射能は核種 B の半減期で減少する。
- B 核種 A の半減期が核種 B より数百倍以上長いとき、両核種は永続平衡になる。
- C 永続平衡では核種 A と核種 B の原子数はほぼ等しい。
- D 放射平衡にある核種 A と核種 B の混合物から核種 B を単離する操作をミルクキングという。

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

**問 3** 次のうち、安定同位体が存在しない元素のみの組合せはどれか。

- 1 Mo Ba Ra
- 2 Pm Sm Tl
- 3 Tc Pm Ra
- 4 Be Y Tc
- 5 Sc Ba Po

問4 中性子源に利用されるものとして、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A  $^{85}\text{Kr}$
- B  $^{99}\text{Mo}$
- C  $^{137}\text{Cs}$
- D  $^{241}\text{Am}-\text{Be}$
- E  $^{252}\text{Cf}$

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

問5 次の核種について、半減期が短い順に並んでいるものはどれか。

- 1  $^{85}\text{Kr} < ^{90}\text{Sr} < ^{63}\text{Ni} < ^{241}\text{Am}$
- 2  $^{192}\text{Ir} < ^{85}\text{Kr} < ^{241}\text{Am} < ^{90}\text{Sr}$
- 3  $^{63}\text{Ni} < ^{90}\text{Sr} < ^{85}\text{Kr} < ^{192}\text{Ir}$
- 4  $^{63}\text{Ni} < ^{85}\text{Kr} < ^{241}\text{Am} < ^{192}\text{Ir}$
- 5  $^{192}\text{Ir} < ^{63}\text{Ni} < ^{90}\text{Sr} < ^{241}\text{Am}$

問6 次の核種のうち、 $\alpha$ 線放出核種の組合せはどれか。

- A  $^{238}\text{U}$
- B  $^{235}\text{U}$
- C  $^{232}\text{Th}$
- D  $^{220}\text{Rn}$

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

問7 牛乳 1.0 kg には 1.5 g のカリウムが含まれているとすると、この牛乳 1.0 kg に含まれる  $^{40}\text{K}$  の放射能[Bq]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、カリウムの原子量を 39、 $^{40}\text{K}$  の同位体存在度を 0.012%、 $^{40}\text{K}$  の半減期を  $4.0 \times 10^{16}$  秒、アボガドロ定数を  $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  とする。

- 1 12            2 48            3 140            4 550            5 1,200

問8 次の壊変形式のうち、壊変により生成した原子核が運動エネルギーを得るものとして、正しいものの組合せはどれか。

- A  $\alpha$ 壊変
- B  $\beta^-$ 壊変
- C  $\beta^+$ 壊変
- D 自発核分裂

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

問9 放射性同位元素利用機器について、それぞれに用いられる放射線源及び検出器として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

利用機器	線源	検出器
A 透過形厚さ計	$^{147}\text{Pm}$	電離箱
B 密度計	$^{60}\text{Co}$	NaI(Tl)シンチレーション検出器
C 水分計	$^{204}\text{Tl}$	$^3\text{He}$ 比例計数管
D 硫黄計	$^{241}\text{Am}$	ZnS(Ag)シンチレーション検出器

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

問10 放射線化学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 不対電子を持つ活性種はフリーラジカルと呼ばれる。
- B LETが高いほど隣接するスパー（スプール）間の距離は短くなる。
- C 水和電子は酸化剤として働く。
- D G値は荷電粒子線に対してのみ定義される。

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

問 11 放射性同位体を用いた年代測定法に関する次の文章の□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。

放射性同位体を利用して数値的な絶対年代を調べる代表的な方法の1つに放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 年代測定法がある。これは、 $^{14}\text{C}$ が□の半減期で壊変することを利用した年代測定法である。自然界には3つの炭素同位体が存在するが、その中で同位体存在度が最も大きいものは□であり、 $^{14}\text{C}$ は放射性同位体である。 $^{14}\text{C}$ は大気圏上層で、主に□と大気中の物質の原子核との相互作用によって生じた□と大気中の□の原子核とが核反応して生成される。 $^{14}\text{C}$ は□の半減期で□し、□になる。生成された $^{14}\text{C}$ は大気中で酸化され、□として地球圏の炭素サイクルに組み込まれる。

植物は光合成によって $^{14}\text{C}$ を含んだ□を取り込み、動物も食物連鎖によって $^{14}\text{C}$ を取り込む。それら生物に含まれる炭素の $^{14}\text{C}/\square$ 比は大気中の $^{14}\text{C}/\square$ 比と同じであるが、それら生物の生命が終わると、生物圏の炭素のやりとりも終了しそれらの個体中の $^{14}\text{C}$ だけが減衰していく。大気中の $^{14}\text{C}/\square$ 比が時代を遡っても変化しないとすれば、 $^{14}\text{C}$ を測定することでその生物が死んでから現在までの年数を算出することができる。

実際には地球に飛来する宇宙線強度や地球規模の炭素循環の変化に伴って $^{14}\text{C}/\square$ 比は時とともに刻々と変化している。人為的な要因としても、1950年から1960年代年初頭までに実施された□による人工で生成された $^{14}\text{C}$ 濃度の大气圏での上昇などによって、大気中の $^{14}\text{C}/\square$ 比の天然レベルが乱されたことがある。そこで、年輪年代等の暦年代がわかる試料を用いて較正するなどの工夫がなされている。

$^{14}\text{C}$ の放射能測定には気体比例計数装置による方法と□による方法が代表的であるが、これらの方法には試料の量が多く必要であり貴重な試料の場合は測定できなかった。しかし、近年 $^{14}\text{C}$ の□を測定する加速器質量分析法が用いられるようになり、微量な試料でも測定可能となっている。

< A、Bの解答群 >

- |                   |                   |                   |          |                   |
|-------------------|-------------------|-------------------|----------|-------------------|
| 1 12.3年           | 2 100年            | 3 250年            | 4 5,700年 | 5 $^{11}\text{C}$ |
| 6 $^{12}\text{C}$ | 7 $^{15}\text{C}$ | 8 $^{16}\text{C}$ |          |                   |

< C、Dの解答群 >

- |         |      |          |         |      |
|---------|------|----------|---------|------|
| 1 一次宇宙線 | 2 電子 | 3 非電離放射線 | 4 ミュー粒子 | 5 光子 |
| 6 中性子   |      |          |         |      |

< E、Fの解答群 >

- |                   |                   |                   |                   |               |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------|
| 1 $^{14}\text{N}$ | 2 $^{15}\text{N}$ | 3 $^{16}\text{O}$ | 4 $^{18}\text{O}$ | 5 $\alpha$ 壊変 |
| 6 $\beta^+$ 壊変    | 7 $\beta^-$ 壊変    | 8 EC壊変            |                   |               |

< Gの解答群 >

- |      |                 |                 |                          |                          |
|------|-----------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 CO | 2 $\text{CO}_2$ | 3 $\text{CH}_4$ | 4 $\text{C}_3\text{O}_2$ | 5 $\text{C}_5\text{O}_2$ |
|------|-----------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|

< Hの解答群 >

- |           |                |              |
|-----------|----------------|--------------|
| 1 大気圏内核実験 | 2 原子力発電所の新設と稼働 | 3 急激な石油系燃料消費 |
|-----------|----------------|--------------|

< I、Jの解答群 >

- |               |                     |
|---------------|---------------------|
| 1 Ge 半導体検出器   | 2 プラスチックシンチレーション検出器 |
| 3 Si 表面障壁型検出器 | 4 液体シンチレーションカウンタ    |
| 5 放射能         | 6 中性子数              |
| 7 電子数         | 8 原子数               |

第 2 種

令和 4 年度 放射線取扱主任者試験

# 生 物 学

生物学のうち放射線に関する課目

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 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** 急性  $\gamma$  線被ばくによるヒトの骨髄死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 被ばくからおおよそ 60 日以内に現れる。
- B 30 Gy 程度の全身被ばくをした際の死亡の主な原因である。
- C 被ばく後の医療処置により回避することはできない。
- D 造血組織の障害が原因となって引き起こされる。

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

**問 2** 放射線感受性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 一般的に、未分化細胞の放射線感受性は低い。
- B 一般的に、細胞分裂頻度の高い細胞を含む組織や臓器の放射線感受性は高い。
- C ベルゴニー・トリボンドーの法則には例外が存在する。
- D 皮膚の基底細胞は放射線感受性が高い。

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

**問 3** 放射線誘発白内障（視力障害）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 水晶体が混濁して引き起こされる。
- B しきい線量は急性被ばくおよび慢性被ばくともに 0.5 Gy とされている。
- C 6 ヶ月から数十年の潜伏期間で発症する。
- D 吸収線量が同じ場合、中性子線よりも  $\gamma$  線の方が誘発しやすい。

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



問4 放射性物質の生物学的半減期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・臓器への親和性により異なる。
- B 放射性物質が放出する放射線の生物効果比(RBE)に依存する。
- C 有効半減期は生物学的半減期に依存する。
- D 放射性物質が体内から排出される速さを反映する。

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

問5 DNA損傷と修復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 放射線によって生ずるDNA損傷のうち、最も多い損傷はDNA二本鎖切断である。
- B DNA二本鎖切断は、主に、非相同末端結合と相同組換え修復によって修復される。
- C 非相同末端結合は切断部分の塩基配列の情報を失い、欠失変異を引き起こすことがある。
- D 相同組換え修復は、DNA損傷修復に関わる遺伝子の塩基配列を鋳型として修復する。

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

問6 放射線で誘発される染色体異常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 DNA二本鎖切断の生成は染色体異常の誘発につながる。
- B 環状染色体は安定型の異常である。
- C 逆位は不安定型の異常である。
- D 二動原体染色体頻度は被ばく直後の生物学的線量推定に利用できる。

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

問7 哺乳動物細胞への $\gamma$ 線照射による影響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 細胞周期のM期では放射線致死感受性が最も高くなる。
- B 一般的に、生存率は線量に対して指数関数的に減少する。
- C 間期死では、照射後数回分裂し、細胞死に至る。
- D 分割照射による生存率の回復効果は、照射間隔に依存する。

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

問8 急性 $\gamma$ 線全身被ばくによるヒトの胚・胎児への影響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 胎内被ばくの影響はすべて遺伝性影響である。
- B 着床前期に被ばくした場合、死亡のしきい線量は0.1 Gyである。
- C 器官形成期に被ばくした場合、奇形が現れるしきい線量は0.1 Gyである。
- D 胎児期に被ばくした場合、精神遅滞が現れるしきい線量は1 Gyである。

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

問9 遺伝性影響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 被ばくした本人に現れた放射線障害のうち、子孫に伝わるものを遺伝性影響という。
- B 放射線が体細胞に突然変異を誘発することによって発生する。
- C ICRP2007年勧告では、主に原爆被爆者のデータに基づき名目リスク係数が決定されている。
- D 子の代では現れずに、孫の代で初めて現れる可能性がある。
- E ICRP2007年勧告では、自然突然変異と等しい頻度で突然変異を誘発する放射線量を1 Gyと評価している。

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

問10 低LET放射線と比較した場合の高LET ( $100 \text{ keV} \cdot \mu\text{m}^{-1}$ 程度)放射線の細胞に対する生物効果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 線量率効果が小さくなる。
- B 直接作用と比べて間接作用の寄与が大きくなる。
- C 酸素増感比 (OER) が小さくなる。
- D 致死作用のRBEが大きくなる。

- 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。

放射線被ばくによってがんが発生することを放射線発がんと呼ぶ。発がん過程は、一般的には、腫瘍化の初期であるイニシエーション過程に始まり、その後、□A□などを通じて悪性化するまでには、プロモーション過程からプログレッション過程を経る。イニシエーション過程では、被ばく細胞に起こる□B□の異常ががん化の主な原因と考えられている。なお、プロモーション過程からプログレッション過程を経て悪性化するまでには、放射線を最初に受けた細胞が増殖する過程で生じた細胞に複数の□C□が生じる必要があるという説が有力である。被ばく後数世代にわたる細胞分裂の後においても□C□や染色体異常が続く現象、すなわち、ゲノム不安定性、さらには、細胞と宿主組織が相互作用する組織内微小環境などもがん化に関わる可能性が指摘されている。

□D□が白血球になるまでの分化過程で、細胞ががん化して異常増殖した疾患の総称が□E□である。一方、胃がんや肺がんのようにがん細胞が塊で増殖するがんを総称して固形がんという。放射線で誘発されたがんを、それ以外の原因で誘発されたがんと病理学的に区別することは難しい。したがって、ひとつひとつの発がん事例について放射線との因果関係を明らかにすることが難しいので、被ばくした集団の疫学的な解析が行われてきた。被ばく者集団とその対照集団を設定して、死亡率や臓器別の発がん頻度などの追跡調査を行う□F□がある。

広島・長崎の原爆被爆生存者を対象にして1950年に開始した追跡調査研究は、代表的な□F□の1つであり、Life Span Study (LSS) と呼ばれ、被爆者集団おおよそ9万4千人に対照集団おおよそ2万7千人を加えた大規模集団を対象としている。この調査によれば、血液系のがんである□E□は被ばく後□G□に達し、その後減少する。LSSでは、固形がんは被ばく後10年から数十年と潜伏期間が長いのが特徴である。また、放射線発がんのリスクを左右する生物学的因子としては、被ばく時の年齢や性だけでなく遺伝的背景なども関与すると考えられている。例えば、LSSにおいて、甲状腺がんの過剰相対リスクは、被爆者の到達年齢を70歳として被ばく時年齢を4つのグループに分けた場合、□H□の年代での被ばくグループが最も高くなると報告されている。

国際放射線防護委員会ICRPの2007年勧告では、疫学研究による各臓器・組織に対するがんの罹患率などのデータから、がんに対する損害で調整された名目リスク係数（代表的集団における性及び被ばく時の年齢で平均化された生涯リスク推定値）は、全集団で□ア□ $\times 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ と報告されている。なお、低線量域の固形がんリスクの推定にあたっては、高線量の被ばくデータからしきい値なしで線量に比例して減少するとする□I□に基づき、線量－線量率効果係数も考慮している。

< Aの解答群 >

- 1 アポトーシス      2 細胞融合      3 細胞増殖      4 逆転写

< Bの解答群 >

- 1 アミノ酸      2 タンパク質      3 ミトコンドリア      4 遺伝子

< C～Eの解答群 >

- |            |          |                         |
|------------|----------|-------------------------|
| 1 細胞分裂     | 2 突然変異   | 3 DNAの複製                |
| 4 遺伝子の転写   | 5 血小板    | 6 末梢 <sup>しよ</sup> 血球細胞 |
| 7 造血幹細胞    | 8 間葉系幹細胞 | 9 白血病                   |
| 10 再生不良性貧血 | 11 感染症   | 12 血友病                  |

< Fの解答群 >

- |        |          |        |          |
|--------|----------|--------|----------|
| 1 臨床研究 | 2 コホート研究 | 3 介入研究 | 4 症例対照研究 |
|--------|----------|--------|----------|

< Gの解答群 >

- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| 1 すぐに増加し始め 3～5年でピーク     | 2 2～3年で増加し始め 6～8年でピーク |
| 3 5～6年で増加し始め 10～12年でピーク |                       |

< Hの解答群 >

- |        |          |          |         |
|--------|----------|----------|---------|
| 1 0～9歳 | 2 10～19歳 | 3 20～39歳 | 4 40歳以上 |
|--------|----------|----------|---------|

< Aの解答群 >

- |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 1.5 | 2 3.0 | 3 5.5 | 4 8.0 |
|-------|-------|-------|-------|

< Iの解答群 >

- |          |         |           |           |
|----------|---------|-----------|-----------|
| 1 LNTモデル | 2 LQモデル | 3 1ヒットモデル | 4 2ヒットモデル |
|----------|---------|-----------|-----------|







