

## 物 化 生

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：6 題（11 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 試験中に気分が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、消しき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 つの間につき 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～Ⅱの文章の( )、{ }、[ ]の部分に入る最も適切な語句、数値又は数式をそれぞれの解答群から1つだけ選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

Ⅰ 入射強度  $Q_0$  の X 線が、厚さ  $x$  cm の物質を通過して強度  $Q_1$  になったとする。  $R$  を次式で定義する。

$$R = \ln \left( B \cdot \frac{Q_0}{Q_1} \right) \quad (1)$$

このとき、  $R$  は  $x$  に ( A ) する。その ( A ) 定数を ( B ) といい、この逆数を ( C ) と呼ぶ。( B ) を物質の密度で除した ( D ) は、物質の状態に依存しない。(1)式の右辺における  $B$  は ( E ) と呼ばれ次式で与えられる。

$$B = 1 + \frac{(\text{F}) \text{光子数}}{\text{全X線光子数}} \quad (2)$$

$B$  は X 線のエネルギー、物質の材質、厚さ、幾何学的配置に依存し、物質に入射する X 線ビームが細い場合は、広い場合に比べて  $B$  の値が ( G ) 。

入射強度  $Q_0$  の X 線を強度  $Q_0/2$  に減らすために必要な物質の厚さを  $D_1$  とする。 $D_1$  は ( H ) と呼ばれる。X 線エネルギーが単一でなく分布を持つ場合、( H ) を通過した X 線は入射 X 線に比べて、その平均エネルギーが ( I ) 。

その通過 X 線の強度をさらに  $Q_0/2$  から  $Q_0/4$  に減らすのに必要な厚さを  $D_2$  とすると、 $D_1$  と  $D_2$  の関係は、[ イ ] である。

<ⅠのA～Eの解答群>

- |          |             |          |          |
|----------|-------------|----------|----------|
| 1 比例     | 2 反比例       | 3 散乱係数   | 4 線減弱係数  |
| 5 平均自由行程 | 6 質量散乱係数    | 7 後方散乱係数 | 8 質量減弱係数 |
| 9 内部転換係数 | 10 ビルドアップ係数 | 11 比放射能  |          |
| 12 比電離   |             |          |          |

<ⅠのF～Iの解答群>

- |          |          |          |         |
|----------|----------|----------|---------|
| 1 特性 X 線 | 2 連続 X 線 | 3 散乱 X 線 | 4 2 次電子 |
| 5 内部転換電子 | 6 オージェ電子 | 7 光電子    | 8 飛程    |
| 9 半価層    | 10 小さい   | 11 大きい   |         |

<Ⅰのイの解答群>

- |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| 1 $D_1 = D_2$ | 2 $D_1 < D_2$ | 3 $D_1 > D_2$ |
|---------------|---------------|---------------|

II  $\alpha$ 粒子などの重荷電粒子は、物質中を通過するとき主に電離作用と（ A ）によって徐々にエネルギーを失っていく。 $\beta$ 線の場合は、さらに（ B ）によるエネルギー損失が無視できない。エネルギー $E_0$ の荷電粒子が物質中を厚さ $dx$ だけ通過するとき失うエネルギーを $dE$ とすると、阻止能 $S$ は〔 イ 〕で表される。また、飛程は〔 ロ 〕の式で表される。 $\alpha$ 粒子はその質量が電子に比べて〔 F 〕倍であるため、軌道電子との衝突の過程でその進行は直線的である。 $\alpha$ 粒子の進行に沿う単位長さ当たりの生成イオン対数を表すグラフで、止まる前で急にイオン対数が増加する様子を示すのが（ C ）である。空気中における5 MeVの $\alpha$ 粒子の平均飛程は、ほぼ〔 G 〕cmである。

$\beta$ 線のエネルギー分布は、（ D ）である。 $\beta$ 線の透過率を縦軸に物質の厚さを横軸としてグラフに示すと、その関係は、ほぼ（ E ）で表される。最大エネルギーが2.3 MeVの $\beta$ 線は、水中での最大飛程が〔 H 〕 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ である。

< IIのA～Eの解答群 >

- |           |            |            |         |
|-----------|------------|------------|---------|
| 1 核分裂     | 2 中性子捕獲反応  | 3 励起作用     | 4 制動放射  |
| 5 内部転換    | 6 チェレンコフ効果 | 7 エスケープピーク | 8 サムピーク |
| 9 ブラッグピーク | 10 連続分布    | 11 不連続分布   | 12 直線関数 |
| 13 双曲線関数  | 14 指数関数    | 15 ガウス関数   |         |

< IIのF～Hの解答群 >

- |         |         |         |       |        |
|---------|---------|---------|-------|--------|
| 1 0.11  | 2 0.35  | 3 1.1   | 4 3.5 | 5 11   |
| 6 35    | 7 73    | 8 110   | 9 350 | 10 730 |
| 11 1100 | 12 3500 | 13 7300 |       |        |

< IIのイ～ロの解答群 >

- |                                 |                             |                                 |                                 |
|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 1 $dE$                          | 2 $dx \cdot dE$             | 3 $\frac{dx}{dE}$               | 4 $\frac{dE}{dx}$               |
| 5 $\int_0^{E_0} \frac{1}{S} dE$ | 6 $\int_0^{E_0} S \cdot dE$ | 7 $\int_0^{E_0} \frac{E}{S} dE$ | 8 $\int_0^{E_0} \frac{S}{E} dE$ |

問2 次のI～IIの文章の( )の部分に入る最も適切な語句又は数式を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

I  $\beta$ 壊変には $\beta^-$ 壊変、 $\beta^+$ 壊変及び( A )があり、いずれも( B )相互作用によって起こる。

$\beta^-$ 壊変では原子核内の( C )が( D )にかわり、電子と( E )が放出される。その結果、生成核の原子番号は( F )が、質量数は変わらない。壊変エネルギー $Q$ は、生成核、電子及び( E )の運動エネルギーに分配される。一般に、 $\beta$ 線のエネルギーを表わす場合には、電子が持ち出す( G )のエネルギーが用いられる。

$\beta^+$ 壊変では( H )と( I )が放出される。( H )のエネルギー分布の形状は $\beta^-$ 線のエネルギー分布と( J )。

$\beta^+$ 壊変における親核の原子質量を $X$ 、生成核の原子質量を $Y$ とすると、壊変エネルギー $Q$ は、( K )と表わすことができる。ただし、 $c$ を光速、 $m$ を電子の静止質量とする。

( A )は、原子核の( L )が軌道電子と結合して( C )になり、( I )を放出する現象である。これにより、電子軌道に空孔が生じ、そこへ外側の軌道電子が遷移した場合には、特性X線または( M )電子が放出される。K軌道及びL軌道における電子の結合エネルギーを $E_K$ 及び $E_L$ とすると、特性X線のエネルギーは( N )、( M )電子のエネルギーは( O )となる。

< I の A～B の解答群 >

- |        |          |          |            |
|--------|----------|----------|------------|
| 1 内部転換 | 2 核異性体転移 | 3 軌道電子捕獲 | 4 オージェ電子放出 |
| 5 弱い   | 6 強い     | 7 電磁     | 8 電氣的      |

< I の C～G の解答群 >

- |          |           |          |          |
|----------|-----------|----------|----------|
| 1 陽子     | 2 中性子     | 3 電子     | 4 陽電子    |
| 5 ニュートリノ | 6 反ニュートリノ | 7 1つ増加する | 8 1つ減少する |
| 9 変わらない  | 10 最小     | 11 最大    | 12 平均    |

< I の H～K の解答群 >

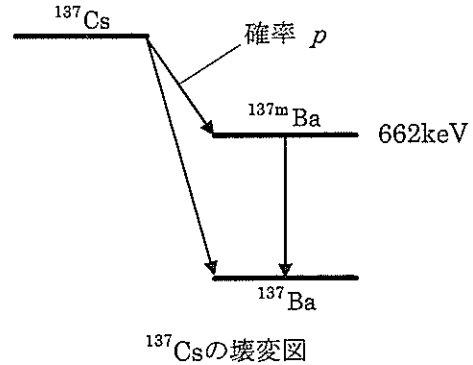
- |                       |                         |                      |                        |
|-----------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|
| 1 陽子                  | 2 中性子                   | 3 電子                 | 4 陽電子                  |
| 5 ニュートリノ              | 6 反ニュートリノ               | 7 変わらない              | 8 異なる                  |
| 9 $(X-Y) \cdot c$     | 10 $(X-Y) \cdot c^2$    | 11 $(X-Y-m) \cdot c$ | 12 $(X-Y-m) \cdot c^2$ |
| 13 $(X-Y-2m) \cdot c$ | 14 $(X-Y-2m) \cdot c^2$ |                      |                        |

< I の L～O の解答群 >

- |                 |                 |                |          |
|-----------------|-----------------|----------------|----------|
| 1 陽子            | 2 中性子           | 3 電子           | 4 陽電子    |
| 5 ニュートリノ        | 6 反ニュートリノ       | 7 オージェ         | 8 内部転換   |
| 9 反跳            | 10 $E_K - E_L$  | 11 $E_K + E_L$ | 12 $E_K$ |
| 13 $E_K - 2E_L$ | 14 $E_K + 2E_L$ |                |          |

II β壊変と同様に、電子を放出する過程に（ A ）があり、励起状態にある原子核がそのエネルギーを軌道電子に与えて、これを放出する現象をいう。ただし、この過程は、（ B ）相互作用として起こり、つねにγ遷移の（ C ）過程として存在する。

$^{137}\text{Cs}$  がβ壊変して  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  が生成するとき、その確率を  $p$ 、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$  の転移における全γ線放出光子数に対する（ A ）による全放出電子数の割合を  $\alpha_T$ 、K軌道電子に対して起こる割合を  $\alpha_K$ 、K特性X線の放出される割合(K殻蛍光収率)を  $\omega$  とする。このとき、1壊変当たりにK特性X線の放出される確率は（ D ）であり、662 keV のγ線の放出される割合は（ E ）となる。



< II の A～C の解答群 >

- |        |          |          |            |
|--------|----------|----------|------------|
| 1 内部転換 | 2 核異性体転移 | 3 軌道電子捕獲 | 4 オージェ電子放出 |
| 5 弱い   | 6 強い     | 7 電磁     | 8 遷移       |
| 9 競合   | 10 随伴    | 11 並行    |            |

< II の D～E の解答群 >

- |                                                    |                                                        |                                                 |                                                            |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1 $p \cdot \frac{\alpha_K}{\alpha_T} \cdot \omega$ | 2 $p \cdot \frac{\alpha_K}{1 + \alpha_T} \cdot \omega$ | 3 $p \cdot \frac{1}{1 + \alpha_T} \cdot \omega$ | 4 $p \cdot \frac{1 + \alpha_K}{1 + \alpha_T} \cdot \omega$ |
| 5 $p \cdot \frac{\alpha_K}{\alpha_T}$              | 6 $p \cdot \frac{\alpha_K}{1 + \alpha_K}$              | 7 $p \cdot \frac{1}{1 + \alpha_T}$              | 8 $p \cdot \frac{\alpha_K}{1 + \alpha_T}$                  |
| 9 $p \cdot \frac{1 + \alpha_K}{1 + \alpha_T}$      |                                                        |                                                 |                                                            |

問3 次のⅠ～Ⅲ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 天然に存在する放射性核種には、地球が形成された40数億年前から存在している一次放射性核種、これの壊変で生成した二次放射性核種、及び主に宇宙線による核反応で生成した誘導放射性核種がある。

一次放射性核種として現存するものは、( A )年以上の半減期を持っている。一次放射性核種のうち、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{235}\text{U}$ 、 $^{238}\text{U}$ はそれぞれ( B )系列、( C )系列、( D )系列と呼ばれる壊変系列を作り、多くの放射性核種を経て最後は( E )になる。

<ⅠのA～Eの解答群>

- |           |        |             |       |        |
|-----------|--------|-------------|-------|--------|
| 1 数10億    | 2 10数億 | 3 数億        | 4 鉛   | 5 ビスマス |
| 6 アクチニウム  | 7 トリウム | 8 プロトアクチニウム | 9 ウラン |        |
| 10 ネプツニウム |        |             |       |        |

Ⅱ 壊変系列を作らない一次放射性核種の代表的なものとして $^{40}\text{K}$ があり、カリウムに同位体存在度が0.0117%含まれている。半減期は $1.28 \times 10^9$ 年( $4.04 \times 10^{16}$ 秒)で、500gのヨウ化カリウム(KI)中の $^{40}\text{K}$ の放射能は( A )Bqとなる。ただし、ヨウ化カリウムの式量は166、アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

$^{40}\text{K}$ の10.7%は( B )壊変して $^{40}\text{Ar}$ になり、89.3%は( C )壊変して $^{40}\text{Ca}$ になる。ある鉱物の生成時にアルゴンが含まれておらず、その後 $^{40}\text{K}$ の壊変で生成した $^{40}\text{Ar}$ がすべて鉱物中に保持されているとすると、 $^{40}\text{K}$ の半減期のX倍経過後の $^{40}\text{K}$ の原子数は鉱物生成時の( D )倍、 $^{40}\text{Ar}$ の原子数は鉱物生成時の $^{40}\text{K}$ の( E )倍となる。

<ⅡのA～Eの解答群>

- |                                              |                                                               |                                 |        |             |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------|--------|-------------|
| 1 1800                                       | 2 2500                                                        | 3 3600                          | 4 5300 | 5 $\beta^-$ |
| 6 $\beta^+$                                  | 7 $\gamma$                                                    | 8 EC                            | 9 IT   |             |
| 10 $1 - \left(\frac{1}{2}\right)^X$          | 11 $0.107 \times \left(1 - \left(\frac{1}{2}\right)^X\right)$ | 12 $\left(\frac{1}{2}\right)^X$ |        |             |
| 13 $0.107 \times \left(\frac{1}{2}\right)^X$ |                                                               |                                 |        |             |

Ⅲ  $^{14}\text{C}$  は大気中の  $^{14}\text{N}$  と二次宇宙線の中性子との ( A ) 反応で生成する誘導放射性核種で、半減期は ( B ) 年である。この  $^{14}\text{C}$  は考古学試料などの年代決定に利用されており、例えば、 $^{14}\text{C}$  の半減期の 1/2 を経過したコメ試料中の  $^{14}\text{C}$  は、イネ枯死時の ( C ) 倍になっている。年代決定のための  $^{14}\text{C}$  の測定には比例計数管や ( D ) などの放射能測定器が用いられてきたが、最近 ( E ) の利用により、数万年前までの年代測定が可能になっている。

宇宙線による誘導放射性核種としては、 $^{14}\text{C}$  のほかに、窒素、酸素及び ( F ) の核破砕反応で生成する  $^3\text{H}$ 、 $^7\text{Be}$ 、 $^{36}\text{Cl}$  などの多数の核種がある。

<ⅢのA～Fの解答群>

- |                       |           |                   |         |        |
|-----------------------|-----------|-------------------|---------|--------|
| 1 (n, p)              | 2 (n, 2n) | 3 5730            | 4 57300 | 5 0.25 |
| 6 0.50                | 7 0.71    | 8 端窓型 GM カウンタ     |         |        |
| 9 NaI(Tl)シンチレーションカウンタ |           | 10 液体シンチレーションカウンタ |         |        |
| 11 表面障壁型 Si 半導体検出器    |           | 12 加速器質量分析計       |         |        |
| 13 ヘリウム               | 14 ネオン    | 15 アルゴン           |         |        |

問4 水溶液系の放射性核種分離法に関する次のI～IIIの文章の( )の部分に入る最も適切な語句、記号又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

I イオン交換樹脂を用いる分離系では、吸着の強さを表す指標として分配係数が用いられる。U(VI)イオンを例にとると、吸着平衡の時にイオン交換樹脂に吸着したU量が $1.0 \times 10^4 \text{ Bq} \cdot \text{g}^{-1}$  (乾燥樹脂重量)、水溶液中に残ったUの濃度が $5 \text{ Bq} \cdot \text{ml}^{-1}$ の時、分配係数は $2.0 \times 10^3$ である。

それぞれ $1.0 \times 10^4 \text{ Bq}$ の $^{137}\text{Cs}$ (I)、 $^{51}\text{Cr}$ (III)、 $^{95}\text{Zr}$ (IV)の各イオンのトレーサーを含む $0.2 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ 水溶液 $10 \text{ ml}$ がある。その溶液に、陰イオン交換樹脂 $1 \text{ g}$ (乾燥重量)を加えてから、良く攪拌して吸着平衡にした。この系におけるそれぞれのイオンの分配係数を求めたところ、次表に示す値が得られた。

陰イオン交換樹脂- $0.2 \text{ M H}_2\text{SO}_4$	分配係数		
	$^{137}\text{Cs}$ (I)	$^{51}\text{Cr}$ (III)	$^{95}\text{Zr}$ (IV)
	$1.0 \times 10^{-3}$	( E )	$1.0 \times 10^3$

$^{95}\text{Zr}$ (IV)は、そのほとんどが( A )。溶液中の $^{95}\text{Zr}$ 濃度は約( B ) $\text{Bq} \cdot \text{ml}^{-1}$ となった。 $^{137}\text{Cs}$ (I)はほとんどが( C )。 $^{137}\text{Cs}$ (I)は溶液中で( D )として存在していると考えられる。 $^{51}\text{Cr}$ (III)では、95%が水溶液中に見出され、その分配係数はおよそ( E )であった。

< I のA～Eの解答群 >

- 1 0.01            2 0.05            3 0.1            4 0.5            5 1.0  
 6 5.0            7 10            8 100            9 樹脂に吸着した  
 10 溶液中に残った            11 陽イオン            12 陰イオン  
 13 ラジオコロイド

II 溶媒抽出法では、溶質の抽出特性を表す指標として分配比が用いられる。有機相中の溶質の全濃度を $C_0$ 、水相中のそれを $C_A$ とすると、分配比は( A )で表される。通常は有機相への抽出を増すために( B )等の抽出剤を有機相に加える。有機相を30%リン酸トリブチル/n-ドデカン、水相を硝酸溶液とした時の、いくつかの金属元素について分配比を表に示す。

有機相：30%リン酸トリブチル/n-ドデカン 水相：3 M 硝酸溶液	分配比		
	U(VI)	Eu(III)	Tc(VII)
	20	0.1	0.1

等容積の有機相と3 M 硝酸溶液を用いた1回の抽出では、U(VI)は( C )%が有機相に抽出され、Eu(III)とTc(VII)は( D )%が水相に残ることがわかる。この水相に対して、新たに等容積の有機相を用いて2回目の抽出を行うと、水相中に残るU(VI)量は、最初に存在した量の( E )%となる。



< II の A ~ E の解答群 >

- |    |                         |    |                         |    |                   |    |       |    |       |
|----|-------------------------|----|-------------------------|----|-------------------|----|-------|----|-------|
| 1  | $\frac{C_O}{C_O + C_A}$ | 2  | $\frac{C_A}{C_O + C_A}$ | 3  | $\frac{C_O}{C_A}$ | 4  | ブタノール | 5  | HDEHP |
| 6  | EDTA                    | 7  | 85                      | 8  | 90                | 9  | 95    | 10 | 99    |
| 11 | 0.15                    | 12 | 0.25                    | 13 | 0.50              | 14 | 1.0   |    |       |

III 約 100 年前、キュリー夫妻はウラン鉱石に含まれるラジウムを発見した。

ウラン鉱石中に存在するラジウム ( $^{226}\text{Ra}$ ) は  $^{238}\text{U}$  と永続平衡にあるので、この鉱石中に含まれる  $^{226}\text{Ra}$  と  $^{238}\text{U}$  の重量を  $W_{\text{Ra}}$  と  $W_{\text{U}}$ 、それぞれの半減期を  $T_{\text{Ra}}$  と  $T_{\text{U}}$  ( $T_{\text{Ra}} = 1.6 \times 10^3$  年、 $T_{\text{U}} = 4.5 \times 10^9$  年) とすると、次式の関係が成立する。

$$\frac{W_{\text{Ra}}}{226} = \frac{W_{\text{U}}}{238} \cdot (A)$$

従って、その鉱石に含まれている  $W_{\text{U}}$  が  $5.0 \times 10^3$  g の場合には、約 ( B ) mg の  $^{226}\text{Ra}$  が含まれていることになる。

ところで、キュリー夫妻は原子量を確定できるだけのラジウム量を得るために、ウラン回収後の残渣である鉱さい数トンを用いてラジウムの分離作業を行った。原料である鉱さいを溶解し、その中に含まれるラジウムなどの微量金属を硫酸塩の沈殿として回収した。分離した硫酸塩の沈殿は、さらに様々な沈殿分離法を経て、バリウム成分が精製された。その結果、 $\text{BaCl}_2$  に微量の ( C ) が含まれる結晶が得られた。最終段階では、同じ ( D ) 金属の塩である  $\text{BaCl}_2$  と ( C ) とを分離するために、両者の水への溶解度の差を利用する分別結晶法を用いた。試料を溶かした水溶液を蒸発濃縮して新たな結晶を得るごとに、結晶中の  $^{226}\text{Ra}$  の放射能濃度は増大した。この操作を何回も繰り返し、約 100 mg の ( C ) 結晶を得た。

なお、純粋な  $^{226}\text{Ra}$  100 mg の放射能は ( E ) Bq である。

< III の A ~ E の解答群 >

- |    |                                      |    |                                      |    |                       |    |                       |
|----|--------------------------------------|----|--------------------------------------|----|-----------------------|----|-----------------------|
| 1  | $\frac{T_{\text{Ra}}}{T_{\text{U}}}$ | 2  | $\frac{T_{\text{U}}}{T_{\text{Ra}}}$ | 3  | 0.20                  | 4  | 1.7                   |
| 5  | 2.0                                  | 6  | 17                                   | 7  | $^{226}\text{RaSO}_4$ | 8  | $^{226}\text{RaCO}_3$ |
| 9  | $^{226}\text{RaCl}_2$                | 10 | アルカリ土類                               | 11 | アルカリ                  | 12 | $3.7 \times 10^8$     |
| 13 | $3.7 \times 10^9$                    | 14 | $3.7 \times 10^{10}$                 | 15 | $3.7 \times 10^{11}$  |    |                       |

問5 次のⅠ～Ⅱの文章の( )の部分に入る最も適切な語句を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

Ⅰ 造血は胎児期では主に( A )で行われるが、出生後は主に骨髄で行われ、( B )、( C )、( D )等の血液細胞を生産している。( B )が減少すると免疫機能が低下する。( C )の減少は、貧血をおこし、( D )が減少すると血液が凝固しにくくなる。骨髄では造血( E )から種々の血液細胞が生産される。幼児期には造血が( F )、骨髄は( G )を呈することから( H )骨髄と呼ばれ、放射線による障害のリスクは( I )。しかし、高齢者では加齢によりその機能は低下し、( J )が増えていく。このような骨髄はその外観から( K )骨髄と呼ばれる。

<Ⅰの解答群>

- |       |        |        |        |         |       |
|-------|--------|--------|--------|---------|-------|
| (A)   | 1 腎臓   | 2 肝臓   | 3 膵臓   | 4 卵巣    | 5 腸間膜 |
|       | 6 脊髄   | 7 骨髄   |        |         |       |
| (B～E) | 1 血小板  | 2 半月板  | 3 上皮細胞 | 4 線維芽細胞 |       |
|       | 5 脂肪細胞 | 6 ES細胞 | 7 幹細胞  | 8 娘細胞   |       |
|       | 9 赤血球  | 10 白血球 |        |         |       |
| (F)   | 1 多く   | 2 少なく  | 3 無く   |         |       |
| (G～H) | 1 異形成  | 2 変性   | 3 増多症  | 4 再生不良性 |       |
|       | 5 黒色   | 6 赤色   | 7 黄色   | 8 緑色    |       |
| (I)   | 1 大きい  | 2 小さい  | 3 無い   |         |       |
| (J)   | 1 血小板  | 2 半月板  | 3 上皮細胞 | 4 線維芽細胞 |       |
|       | 5 脂肪細胞 | 6 ES細胞 | 7 幹細胞  | 8 娘細胞   |       |
|       | 9 赤血球  | 10 白血球 |        |         |       |
| (K)   | 1 異形成  | 2 変性   | 3 増多症  | 4 再生不良性 |       |
|       | 5 黒色   | 6 赤色   | 7 黄色   | 8 緑色    |       |

II 造血細胞由来の腫瘍は広義では ( A ) と呼ばれ、原爆被爆者では発生の潜伏期は ( B )、ピークは被爆後 ( C ) である。被爆時年齢が若いほど初期の死亡リスクは ( D )、リスクの減少は ( E )。

一方、被爆時年齢の高い者は初期の死亡リスクは ( F )、その減少傾向は ( G )。線量反応関係は 2 Gy 以下では ( H ) が最も良い適合を示す。病型別では ( I ) ( A ) 発生のリスクの増加は認められていない。

< II の解答群 >

- (A) 1 骨肉腫 2 骨髄腫 3 黒色腫 4 白内障 5 白血病  
6 悪性貧血
- (B~C) 1 2~3年 2 6~7年 3 10~15年 4 20~30年
- (D~G) 1 急激である 2 緩やかである 3 見られない 4 高く  
5 低く
- (H) 1 直線(L)モデル 2 直線2次(LQ)モデル 3 2次(Q)モデル
- (I) 1 急性骨髄性 2 急性リンパ性 3 慢性骨髄性 4 慢性リンパ性

問6 次の I~II の文章の ( ) の部分に入る最も適切な語句を、それぞれの解答群から 1 つだけ選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて 2 回以上使ってもよい。

I 細胞は、DNA の複製と細胞分裂を繰り返しながら増殖する。これを細胞周期と呼び、DNA 複製の時期を ( A ) 期、細胞分裂の時期を ( B ) 期と呼ぶ。細胞分裂の時期には、DNA が ( イ ) という特徴的な構造をとるので、形態的に区別することができる。( C ) 期の細胞は、形態的に区別することは困難であるが、DNA の前駆体である ( ロ ) の取り込みによって知ることができる。また、( A ) 期の後、( B ) 期の前の時期を ( D ) 期、( B ) 期の後、( A ) 期の前を ( E ) 期と呼ぶ。細胞周期の進行が停止し、増殖していない細胞は ( F ) 期の特定の時期にとどまっていると考えられており、これを特に ( G ) 期と呼ぶことがある。

細胞周期をそろえた培養細胞の各時期に放射線を照射し、その後の生存率を解析することにより、放射線感受性の細胞周期依存性を調べることができる。一般的に細胞は ( H ) 期で照射した場合に最も高い感受性を示す。また、( I ) 期の後半から ( J ) 期への移行期も高い感受性を示す。これに対し、( K ) 期後半の細胞が最も高い抵抗性を示す。

< I の解答群 >

- (A~K) 1 G<sub>0</sub> 2 G<sub>1</sub> 3 G<sub>2</sub> 4 M 5 S
- (イ) 1 紡錘体 2 ゴルジ体 3 染色体
- (ロ) 1 アラニン 2 ウリジン 3 チミジン 4 メチオニン  
5 ロイシン

II 増殖している細胞に放射線照射をすると、細胞周期の進行が一時的に停滞する。この細胞周期の停滞には、( A ) 損傷を基点とする細胞内情報伝達系の関与が知られており、がん抑制タンパク質としても知られる ( B ) や、ヒトの放射線高感受性遺伝病である ( C ) の原因タンパク質として知られる ( D ) などが重要な役割を果たしている。( C ) の細胞では放射線感受性と照射後の細胞周期の停滞の両方に異常が認められることから、放射線感受性と細胞周期の進行が深く関わっていることが示唆される。照射後細胞を一時的に、増殖を抑制するような環境におくことによって致死効果が ( E ) される ( F ) と呼ばれる現象もこのことを示している。

< II の解答群 >

- |     |   |           |   |              |   |        |   |       |
|-----|---|-----------|---|--------------|---|--------|---|-------|
| (A) | 1 | ミトコンドリア   | 2 | 細胞膜          | 3 | DNA    | 4 | タンパク質 |
|     | 5 | 核膜        |   |              |   |        |   |       |
| (B) | 1 | ATM       | 2 | HSP70        | 3 | HSP90  | 4 | JNK   |
|     | 5 | MEK       | 6 | p38          | 7 | p53    | 8 | SRK   |
| (C) | 1 | ナイミーヘン症候群 | 2 | 日光過敏症        | 3 | 色素性乾皮症 |   |       |
|     | 4 | ワーナー症候群   | 5 | 毛細血管拡張性運動失調症 |   |        |   |       |
| (D) | 1 | ATM       | 2 | HSP70        | 3 | HSP90  | 4 | JNK   |
|     | 5 | MEK       | 6 | p38          | 7 | p53    | 8 | SRK   |
| (E) | 1 | 軽減        | 2 | 増強           |   |        |   |       |
| (F) | 1 | LET 効果    | 2 | PLD 回復       | 3 | SLD 回復 | 4 | 温熱増感  |