

化 学

化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：10:00～11:50（1 時間 50 分）

2 問題数：

五肢択一式 30 問（30 点）、多肢択一式 2 問（30 点）（60 点満点）（17 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、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。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 30 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 31、問 32 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 ある放射性元素は長半減期の 2 つの同位体 U_1 と U_2 だけでできている。 U_1 は半減期が 7.0 億年で同位体存在度が 0.70%、 U_2 は半減期が 45 億年で同位体存在度が 99.3% であるとする。時間をさかのぼって 21 億年前の時点での U_1 の同位体存在度 (%) として最も近い値は、次のうちどれか。ただし U_1 と U_2 の放射壊変は独立であるとする。

- 1 1.0 2 1.5 3 2.0 4 4.0 5 8.3

問 2 1 TBq の ^{18}F が壊変して、 ^{18}F の原子数の期待値が 1 個となるのに要する時間 [h] として最も近い値は次のうちどれか。なお、 ^{18}F の半減期は 110 分とする。

- 1 12 2 23 3 46 4 74 5 98

問 3 化学式が X_2Y_3 である化合物がある。この化合物を X の放射性同位体 X^* (半減期 T_{X^*}) と、Y の放射性同位体 Y^* (半減期 T_{Y^*}) で二重標識した。 X^* の放射能が A_{X^*} 、 Y^* の放射能が A_{Y^*} のとき、 X^* と Y^* の核種の個数 (それぞれ N_{X^*} と N_{Y^*} とする) の比 $\left(\frac{N_{X^*}}{N_{Y^*}} \right)$ を表す式として正しいものは、次のうちどれか。

- 1 $\frac{A_{X^*}T_{X^*}}{A_{Y^*}T_{Y^*}}$ 2 $\frac{A_{X^*}T_{Y^*}}{A_{Y^*}T_{X^*}}$ 3 $\frac{A_{Y^*}T_{X^*}}{A_{X^*}T_{Y^*}}$ 4 $\frac{3A_{X^*}}{2A_{Y^*}}$ 5 $\frac{2A_{X^*}}{3A_{Y^*}}$

問4 比放射能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 ^{32}P の比放射能は無担体のとき最大である。
- B 無担体 ^{32}P は時間が経ると比放射能の値が変わる。
- C 比放射能既知の標識化合物の重量は逆希釈法によって求めることができる。
- D 1 MBqの ^{14}C アニリン1 mLをベンゼン100 mLに溶解したときの比放射能は0.01 MBq $\cdot\text{mL}^{-1}$ である。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問5 $0.2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の非放射性 KMnO_4 水溶液 5 mL と ^{54}Mn で標識した $0.02\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ KMnO_4 水溶液 10 mL (比放射能 960 kBq $\cdot\text{mol}^{-1}$) を混合した。得られた水溶液の KMnO_4 の比放射能[kBq $\cdot\text{mol}^{-1}$]として最も近い値は次のうちどれか。

- 1 80 2 160 3 480 4 720 5 960

問6 以下の核種とその壊変により生成する核種の関係として、放射平衡となりうるものの組合せは、次のうちどれか。

- A $^{68}\text{Ge} \rightarrow ^{68}\text{Ga}$
- B $^{85}\text{Sr} \rightarrow ^{85}\text{Rb}$
- C $^{125}\text{I} \rightarrow ^{125}\text{Te}$
- D $^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{137\text{m}}\text{Ba}$
- E $^{140}\text{Ba} \rightarrow ^{140}\text{La}$

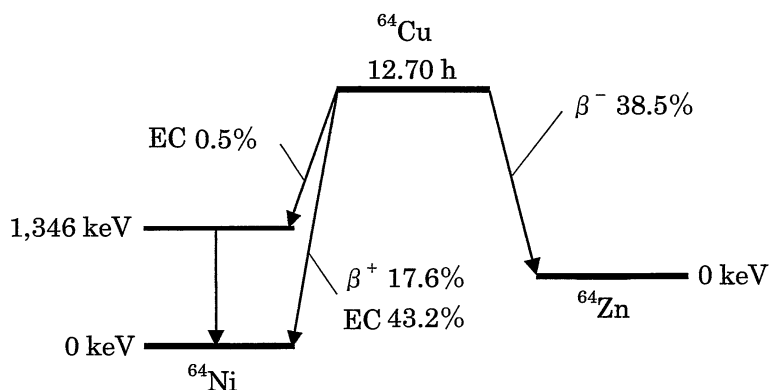
- 1 ABEのみ 2 ACDのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 BCEのみ

問7 サイクロトロンを利用して $^{58}\text{Ni}(\text{p}, \alpha)^{55}\text{Co}$ 反応により ^{55}Co （半減期18時間）を生成し、その壊変を利用して ^{55}Fe （半減期2.7年）を製造した。Niターゲットを溶解して化学分離を行い、Coを精製したところ ^{55}Co の放射能は100 MBqであった。 ^{55}Co の壊変で得られる ^{55}Fe の最大の放射能[Bq]として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 2.0×10^2 2 5.6×10^3 3 7.6×10^4 4 3.7×10^5 5 4.4×10^6

問8 図に示した ^{64}Cu の壊変に関する以下の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A β^+ 壊変は1,346 keVの光子の放出を伴う。
 B EC壊変に伴ってNiの特性X線が放出される。
 C γ 線スペクトルに511 keVのピークが現れる。
 D ^{64}Zn の生成速度は ^{64}Ni の生成速度より大きい。



- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問9 放射性核種が周期表で同族元素の関係にあるものとして正しいものの組合せは、次のうちどれか。

- A ^{24}Na と ^{134}Cs
 B ^{27}Mg と ^{87}Rb
 C ^{32}P と ^{76}As
 D ^{35}S と ^{125}I

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問10 次の核反応のうちハロゲンの同位体を生成する反応として正しいものの組合せはどれか。

- A $^{15}\text{N}(\text{d}, \text{p})$
- B $^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})$
- C $^{23}\text{Na}(\text{n}, \gamma)$
- D $^{75}\text{As}(\alpha, 2\text{n})$

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問11 ^{235}U の熱中性子による核分裂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 質量非対称核分裂が生じる。
- B 1回の核分裂で2～3個の中性子が発生する。
- C 中性子不足核種が生成する。
- D 反応断面積は、 ^{235}U の方が ^{238}U に比べて大きい。

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

問12 原子炉による中性子照射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 熱中性子束の測定には、Au箔を用いることができる。
- B 試料に照射される熱中性子束は周囲の物質の影響を受けることがある。
- C 熱中性子放射化分析ではNaを分析できない。
- D Li化合物を有機化合物と混合して照射すると、有機化合物をトリチウムで標識できる。

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

問13 次の3つの核種で構成される群のうち、安定核種のみで構成される群の組合せはどれか。

- A ^{15}O ^{16}O ^{18}O
- B ^{24}Mg ^{25}Mg ^{26}Mg
- C ^{32}S ^{33}S ^{34}S
- D ^{56}Fe ^{57}Fe ^{59}Fe
- E ^{58}Ni ^{60}Ni ^{62}Ni

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

問14 ベリリウム(Be)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 Beには、複数の安定同位体がある。
- B ^7Be は、100%EC壊変する。
- C ^{10}Be の半減期は、 ^7Be のそれより長い。
- D ^7Be と ^{10}Be は、上層大気中でともに宇宙線による核破砕反応で生成する。

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

問15 ^{252}Cf 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 約5.3年で原子数が半減する。
- B 煙感知器の線源として利用される。
- C 主に α 壊変をするが、一部は自発核分裂する。
- D 核壊変に伴い γ 線を放出する。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問16 ヨウ素の放射性同位体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 ^{123}I は、陽電子放射断層撮影法(PET)に用いられる。
- B ^{125}I は、ラジオイムノアッセイに用いられる。
- C ^{128}I は、シングルフォトン断層撮影法(SPECT)に用いられる。
- D ^{129}I は、宇宙線とキセノンの核反応で生成する。
- E ^{131}I は、甲状腺疾患の治療に用いられる。

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

問17 ラドン(Rn)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 Rnの溶解度は、トルエンに比べて水の方が大きい。
- B ^{222}Rn の子孫核種は降雨時に地表面に降下する。
- C 水に溶けているRnは煮沸により除去できる。
- D 室内のRn濃度は換気が止まると上昇する。

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

問18 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 消滅放射線のエネルギーは、消滅直前の陽電子と電子の運動量を反映した広がりを持つ。
- B 陽電子消滅法は高分子材料中の空孔（ボイド）のサイズを知る手法として利用される。
- C ポジトロニウムには、陽電子と電子のスピンが平行のものと反平行のものの2種類がある。
- D ポジトロニウムの寿命は約1秒である。

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

問19 以下の実験操作で、放射性気体が発生するものの正しい組合せは、次のうちどれか。

- A 金属銅に ^{35}S で標識した濃硫酸を加えて加熱した。
- B ^{32}P で標識したリン酸カルシウムに塩酸を加えた。
- C ^{22}Na で標識した塩化ナトリウム水溶液を硫酸酸性にした。
- D 熱中性子照射した硝酸ウラニルを希硝酸に溶かした。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問20 空気中の ^3H と ^{14}C の濃度をモニタリングする際の捕集方法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 水蒸気状トリチウムは冷却して捕集する。
- B 水蒸気状トリチウムはシリカゲル乾燥剤で捕集する。
- C 炭酸ガスは酸性溶液で捕集する。
- D ^3H と ^{14}C の化合物が混在している場合は、完全燃焼したのちに捕集する。

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

問21 それぞれ担体を含む ^{47}Ca 、 ^{59}Fe 、 ^{67}Cu および $^{110\text{m}}\text{Ag}$ の混合溶液を(1)～(3)の手順で化学分離を行った。

- (1) $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 塩酸を十分に加え、生じた沈殿Aをろ過した。
- (2) (1)のろ液に硫化水素を十分に吹き込み、生じた沈殿Bをろ過した。
- (3) (2)のろ液を煮沸後、一旦硝酸酸性にしたのち、 $6\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ のアンモニア水溶液を十分に加えて沈殿Cを得た。

沈殿A、B、Cに含まれる核種の組合せとして正しいものは、次のうちどれか。

	沈殿A	沈殿B	沈殿C
1	^{59}Fe	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{67}Cu
2	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{59}Fe	^{47}Ca
3	^{67}Cu	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{59}Fe
4	^{59}Fe	^{47}Ca	$^{110\text{m}}\text{Ag}$
5	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{67}Cu	^{59}Fe

問22 水溶液における放射性同位体の化学分離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 共沈分離において目的の放射性同位体を溶液に留めるために加える担体をスカベンジャーという。
- B 放射性同位体の担体として、目的の放射性同位体とは異なる元素を用いることもある。
- C 同位体担体を加える場合は、目的の放射性同位体と化学形を一致させる。
- D 水酸化鉄(Ⅲ)の沈殿と共に目的としない放射性同位体を共沈させて除去する場合、水酸化鉄(Ⅲ)を保持担体という。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問23 $[^{64}\text{Cu}]\text{CuSO}_4$ と $[^{65}\text{Zn}]\text{ZnSO}_4$ の混合水溶液に、よく磨いた鉄板、銅板、亜鉛板、銀板を入れたときの反応として正しいものの組合せはどれか。

- A 鉄板に ^{64}Cu が析出する。
- B 銅板に ^{65}Zn が析出する。
- C 亜鉛板に ^{64}Cu が析出する。
- D 銀板に ^{65}Zn が析出する。

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問24 ^3H がカルボキシ基に結合した安息香酸①と、ベンゼン環の水素を1個 ^3H に置換した安息香酸②の特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。

なお、安息香酸の化学式は $\text{C}_6\text{H}_5(\text{COOH})$ である。

- A ①と②の分子量は同じである。
- B 弱アルカリ性水溶液では、①の ^3H と水分子のHとは交換しない。
- C ②は水からの再結晶を繰り返すたびに比放射能が低下する。
- D ②は安息香酸のトレーサー実験に用いられる。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問25 放射性試薬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 $^{60}\text{CoCl}_2$ 水溶液は、塩基性にして保存する。
- B 分解し易い標識化合物は、使用前に精製して実験に用いる。
- C ^3H 標識化合物の水溶液は 2°C で保存する。
- D $[\text{U}-^3\text{H}]$ トリプトファンにおいて、Uはトリプトファン分子中の水素がほぼ均一に ^3H 標識されていることを意味する。

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

問26 試料中の成分Xを定量するために、60 mgの標識した成分X（比放射能 $150 \text{ Bq} \cdot \text{mg}^{-1}$ ）を試料に添加し、よく混合して均一にした。その後、成分Xの一部を純粋に分離したところ、比放射能は $40 \text{ Bq} \cdot \text{mg}^{-1}$ であった。試料中の成分Xの量[mg]として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 80 2 110 3 140 4 170 5 200

問27 As(V)の化合物1.0 gを中性子照射したところ、放射能 $1.0 \times 10^7 \text{ Bq}$ の $^{76}\text{As}(\text{III})$ の化合物0.50 mgが得られた。 $^{76}\text{As}(\text{III})$ 化合物の比放射能 $[\text{Bq} \cdot \text{g}^{-1}]$ として最も近い値は次のうちどれか。

- 1 1.0×10^7 2 1.0×10^9 3 2.0×10^{10} 4 2.0×10^{11} 5 2.0×10^{12}

問28 次の放射性同位体と用いられる分析・計測装置、および利用される放射線の関係として、正しいものは、次のうちどれか。

	放射性同位体	分析・計測装置	放射線
1	^{35}S	レベル計	X線
2	^{55}Fe	メスバウアー分光装置	γ 線
3	^{63}Ni	ECDガスクロマトグラフ	β 線
4	^{137}Cs	水分計	中性子線
5	^{252}Cf	蛍光X線分析装置	α 線

問29 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 トリチウムには感度がない。
 B α 線には感度がない。
 C 時間経過とともにフェーディングが進行する。
 D 画像から放射能を定量するには、放射能既知の同種同形の試料を同時に露光すると良い。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

問30 放射線を照射した物質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 水和電子では、電子が数個の水分子に緩く束縛されている。
- B スパー(スプール)は放射線の進行方向に対して直角方向に形成される。
- C 金属中では100 eVの照射あたり15個程度のラジカルが生成する。
- D 放射線照射によって重合反応を開始させ、高分子を生成することができる。

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問31 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 放射性核種の分離・精製では、イオン交換樹脂を用いた化学分離法がよく用いられる。イオン交換樹脂は、水に難溶性の基本骨格とそれに結合したイオン交換基から成る物質である。イオン交換樹脂の基本骨格には、スチレンージビニルベンゼン共重合体が一般的に用いられている。陽イオン交換樹脂には、□A□をイオン交換基としてもつ強酸性イオン交換樹脂と、□B□をイオン交換基としてもつ弱酸性イオン交換樹脂がある。強酸性イオン交換樹脂は、広い pH 領域で陽イオンを捕捉する。弱酸性陽イオン交換樹脂において、□B□基は、強酸性溶液では□C□しないので、イオン交換性は示さない。

一般的に酸性溶液中の金属イオン $^{22}\text{Na}^+$ 、 $^{45}\text{Ca}^{2+}$ 、 $^{26}\text{Al}^{3+}$ 、 $^{232}\text{Th}^{4+}$ の強酸性陽イオン交換樹脂への吸着強度は、□ア□の順である。また、同じ価数の金属イオンの強酸性陽イオン交換樹脂への吸着強度は□D□に依存する。そのため、水溶液に溶解した $^7\text{Be}^{2+}$ 、 $^{45}\text{Ca}^{2+}$ 、 $^{90}\text{Sr}^{2+}$ 、 $^{133}\text{Ba}^{2+}$ の強酸性陽イオン交換樹脂への吸着強度は、□イ□の順になる。

イオン交換クロマトグラフィーでは、細長い管にイオン交換樹脂を詰めたカラムをつくり、多種のイオンからなる試料を樹脂層の上部に吸着させる。その後、溶離液を流すことで各イオンを相互分離する。この他に、試料溶液とイオン交換樹脂とを混合し、振り混ぜることでイオン交換する□E□も知られている。

< A、B の解答群 >

- | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1 $-\text{COOH}$ | 2 $-\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{OH}$ | 3 $-\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| 4 $-\text{NH}_2(\text{CH}_3)\text{OH}$ | 5 $-\text{SO}_3\text{H}$ | |

< C、D の解答群 >

- | | | | |
|---------|------------|-------------|----------|
| 1 マスキング | 2 還元 | 3 イオン化エネルギー | 4 脱水縮合 |
| 5 電子親和力 | 6 水和イオン半径 | 7 酸解離 | 8 イオン化傾向 |
| 9 酸化 | 10 格子エネルギー | | |

< E の解答群 >

- | | | |
|-----------|--------|------------|
| 1 フォルハルト法 | 2 バッチ法 | 3 ウイルツバッハ法 |
| 4 ファヤンス法 | 5 モール法 | |

<アの解答群>

- 1 $^{22}\text{Na}^+$ > $^{232}\text{Th}^{4+}$ > $^{26}\text{Al}^{3+}$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$
- 2 $^{22}\text{Na}^+$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^{26}\text{Al}^{3+}$ > $^{232}\text{Th}^{4+}$
- 3 $^{26}\text{Al}^{3+}$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^{22}\text{Na}^+$ > $^{232}\text{Th}^{4+}$
- 4 $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^{22}\text{Na}^+$ > $^{26}\text{Al}^{3+}$ > $^{232}\text{Th}^{4+}$
- 5 $^{232}\text{Th}^{4+}$ > $^{26}\text{Al}^{3+}$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^{22}\text{Na}^+$
- 6 $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^{232}\text{Th}^{4+}$ > $^{26}\text{Al}^{3+}$ > $^{22}\text{Na}^+$
- 7 $^{232}\text{Th}^{4+}$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^{26}\text{Al}^{3+}$ > $^{22}\text{Na}^+$

<イの解答群>

- 1 $^{90}\text{Sr}^{2+}$ > $^{133}\text{Ba}^{2+}$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^7\text{Be}^{2+}$
- 2 $^{90}\text{Sr}^{2+}$ > $^{133}\text{Ba}^{2+}$ > $^7\text{Be}^{2+}$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$
- 3 $^7\text{Be}^{2+}$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^{90}\text{Sr}^{2+}$ > $^{133}\text{Ba}^{2+}$
- 4 $^7\text{Be}^{2+}$ > $^{90}\text{Sr}^{2+}$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^{133}\text{Ba}^{2+}$
- 5 $^{133}\text{Ba}^{2+}$ > $^{90}\text{Sr}^{2+}$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^7\text{Be}^{2+}$
- 6 $^{45}\text{Ca}^{2+}$ > $^{133}\text{Ba}^{2+}$ > $^7\text{Be}^{2+}$ > $^{90}\text{Sr}^{2+}$
- 7 $^{133}\text{Ba}^{2+}$ > $^7\text{Be}^{2+}$ > $^{90}\text{Sr}^{2+}$ > $^{45}\text{Ca}^{2+}$

Ⅱ 溶媒抽出も放射性核種を分離する代表的な分離法の一つである。溶媒抽出では、多くの場合、ある核種を含む水溶液と、この水溶液に溶解しない有機溶媒とを振り混ぜて平衡にしたとき、ある核種を含む物質を水溶液から有機溶媒へ移動することで分離が行われる。

溶媒抽出平衡に達したときの注目する核種の水相中の全濃度を C_{aq} 、有機相中の全濃度を C_{org} とすると、分配比 D は $\boxed{\text{F}}$ で表される。注目する核種がどの程度（何パーセント）抽出されたかを表す抽出率 $E(\%)$ は、水相の体積を V_{aq} 、有機相の体積を V_{org} とすると、次式で表わされる。

$$E(\%) = \boxed{\text{G}} \times 100$$

$E(\%)$ は分配比 D を用いて表すと、 $\boxed{\text{H}} \times 100$ と表される。

注目する核種(X)の分配比 $D=8$ 、使用する有機相及び水相がともに 100 mL の場合、 $E(\%)$ は $\boxed{\text{I}}$ になる。

一方、使用する水相の量を 100 mL、有機相の量を 50 mL にすると $E(\%)$ は $\boxed{\text{J}}$ になる（抽出 1）。さらに抽出 1 の水相のみを取り出し、新たに 50 mL の有機溶媒を使って抽出した（抽出 2）。抽出 1 と抽出 2 の 2 回の溶媒抽出をすることで、抽出 1 の操作を行う前に水相に存在した X のうち、 $\boxed{\text{K}}$ % が抽出されたこととなる。

担体を含む $^{60}\text{Co}^{2+}$ 、 $^{63}\text{Ni}^{2+}$ 、及び $^{65}\text{Zn}^{2+}$ を塩酸溶液から溶媒抽出する。有機相には、5%のトリイソオクチルアミン $(\text{C}_8\text{H}_{17})_3\text{N}$ を含むキシレン溶液を用いた。塩酸溶液中におけるクロリド錯体（クロロ錯体）の形成のしやすさを考慮すると、 $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の塩酸酸性溶液を用いた場合に $D > 1$ を示す金属イオンは $\boxed{\text{L}}$ である。一方、 $1 \sim 12\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の塩酸酸性溶液で $D < 1$ を示す金属イオンは $\boxed{\text{M}}$ である。

< F、G の解答群 >

1 $\frac{C_{\text{org}}}{C_{\text{aq}}}$	2 $\frac{C_{\text{org}}}{C_{\text{aq}} + C_{\text{org}}}$	3 $\frac{C_{\text{aq}}}{C_{\text{org}}}$	4 $\frac{C_{\text{aq}} V_{\text{aq}}}{C_{\text{aq}} V_{\text{aq}} + C_{\text{org}} V_{\text{org}}}$
5 $\frac{C_{\text{org}} V_{\text{org}}}{C_{\text{aq}} V_{\text{aq}} + C_{\text{org}} V_{\text{org}}}$	6 $\frac{C_{\text{org}} V_{\text{org}}}{C_{\text{aq}} V_{\text{aq}}}$	7 $\frac{C_{\text{aq}}}{C_{\text{aq}} + C_{\text{org}}}$	8 $\frac{C_{\text{aq}} V_{\text{aq}}}{C_{\text{org}} V_{\text{org}}}$

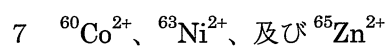
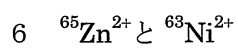
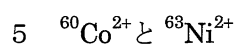
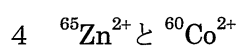
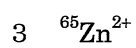
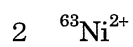
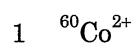
< H の解答群 >

1 $\frac{D-1}{D + \frac{V_{\text{org}}}{V_{\text{aq}}}}$	2 $\frac{D}{D + \frac{V_{\text{org}}}{V_{\text{aq}}}}$	3 $\frac{D}{D + \frac{V_{\text{aq}}}{V_{\text{org}}}}$	4 $\frac{D-1}{D + \frac{V_{\text{aq}}}{V_{\text{org}}}}$
--	--	--	--

< I ~ K の解答群 >

1 12	2 20	3 24	4 40	5 78
6 80	7 82	8 86	9 89	10 94
11 96	12 99	13 100		

< L、Mの解答群 >



問32 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 放射性同位体(RI)を得るには種々の方法がある。かつては天然に存在する RI を分離精製していたが、現在では多くの RI は人工的に製造されている。

粒子照射による原子核で生成する RI の放射能 A については、以下の式が成立する。

$$A = N \times f \times \sigma \times g(t)$$

ここで N は標的核の数、 f は照射粒子フルエンス率、 σ は核反応断面積であり、 $g(t)$ は生成放射能 A の照射時間 t への依存性を表す項である。 σ は面積の単位を持ち、 f の次元は□ A □である。

RI 製造では、生成した RI は照射中も半減期にしたがって壊変していくために、生成放射能 A の時間依存性 $g(t)$ は、生成する RI の壊変定数 λ を用いて□ B □と表され、これを□ C □係数とよぶ。半減期 10 分の RI を製造する場合に照射時間 t が 20 分であれば、 $g(t)$ は□ D □となる。一方、生成 RI の半減期が照射時間に比べて非常に長い場合には、 $g(t)$ が照射時間に比例すると近似できる。たとえば半減期 2000 分の RI を製造する場合に、照射時間 t が 20 分であれば、 $g(t)$ は□ E □である。

< A の解答群 >

- | | |
|---|---|
| 1 質量 ⁻¹ ・長さ ² ・時間 ⁻¹ | 2 質量 ⁻¹ ・長さ ² ・時間 |
| 3 質量 ⁻¹ ・長さ ⁻² | 4 質量・長さ ² ・時間 ⁻¹ |
| 5 長さ ² ・時間 ⁻¹ | 6 長さ ⁻² ・時間 ⁻¹ |
| 7 質量 ⁻¹ ・時間 ⁻¹ | 8 長さ・時間 ⁻¹ |

< B の解答群 >

- | | | | | |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 $e^{-\lambda t}$ | 2 $e^{\lambda t}$ | 3 $1 - e^{-\lambda t}$ | 4 $1 + e^{-\lambda t}$ | 5 $1 - e^{\lambda t}$ |
| 6 $1 + e^{\lambda t}$ | 7 $\frac{1}{1 - e^{-\lambda t}}$ | 8 $\frac{1}{1 + e^{-\lambda t}}$ | 9 $\frac{1}{1 - e^{\lambda t}}$ | 10 $\frac{1}{1 + e^{\lambda t}}$ |

< C の解答群 >

- | | | | |
|------|------|------|------|
| 1 活量 | 2 変動 | 3 分配 | 4 減衰 |
| 5 散乱 | 6 衝突 | 7 損失 | 8 飽和 |

< D の解答群 >

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 0.10 | 2 0.20 | 3 0.25 | 4 0.40 | 5 0.50 |
| 6 0.75 | 7 0.80 | 8 1.0 | 9 1.2 | 10 1.5 |
| 11 2.0 | 12 5.0 | 13 10 | 14 20 | 15 50 |

< E の解答群 >

- | | | | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 1.0×10^{-3} | 2 1.4×10^{-3} | 3 5.0×10^{-3} | 4 6.9×10^{-3} |
| 5 1.0×10^{-2} | 6 1.4×10^{-2} | 7 5.0×10^{-2} | 8 6.9×10^{-2} |
| 9 1.0×10^{-1} | 10 1.4×10^{-1} | 11 5.0×10^{-1} | 12 6.9×10^{-1} |

II 多くの核反応では照射粒子のエネルギーによって核反応断面積 σ が異なる。 σ の照射粒子エネルギー依存性を F 関数とよぶ。照射粒子のエネルギーが核反応の G エネルギー以下では反応は起こらず、また荷電粒子照射では H 障壁のエネルギーよりも高い照射エネルギーであることも必要である。陽子を照射するときに、核子放出を伴い最も低いエネルギーで起こる反応のひとつは (p, n) 反応であり、例えば $^{63}_{29}\text{Cu}$ が標的核の場合には I が生成する反応である。

標的核と照射粒子、照射エネルギーを適切に選択することで、特定の RI を効率よくかつ純度よく作ることができる。例えば $^{209}_{83}\text{Bi}$ から $^{211}_{85}\text{At}$ を作る場合には、28 MeV の照射粒子による J 反応が用いられる。

中性子照射による (n, γ) 反応には G エネルギーが無く、中性子エネルギー (E_n) が 1 eV 以下の中性子照射では σ が K に比例する。一般に (n, γ) 反応では生成核の L である標的核が共存するため、比放射能の大きな RI の製造には向いていない。一方、中性子照射による RI 製造には核分裂反応も利用されており、ジェネレータとしてさかんに用いられる M の製造がその一例である。

光核反応は、10～20 N のエネルギーの光子に対して巨大共鳴とよばれる大きな核反応断面積をもち、(γ , n) 反応では原子番号が大きいほど反応断面積が大きいという特徴があり、放射化分析に利用されている。

< F の解答群 >

- | | | | |
|------|------|------|------|
| 1 励起 | 2 相関 | 3 分配 | 4 階段 |
| 5 母 | 6 緩和 | 7 仕事 | 8 伝達 |

< G, H の解答群 >

- | | | | | |
|--------|------|------|--------|-------|
| 1 イオン化 | 2 位置 | 3 運動 | 4 解離 | 5 活性化 |
| 6 しきい | 7 軌道 | 8 零点 | 9 クーロン | |

< I の解答群 >

- | | | | |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 $^{62}_{28}\text{Ni}$ | 2 $^{63}_{28}\text{Ni}$ | 3 $^{64}_{28}\text{Ni}$ | 4 $^{62}_{29}\text{Cu}$ |
| 5 $^{63}_{29}\text{Cu}$ | 6 $^{64}_{29}\text{Cu}$ | 7 $^{62}_{30}\text{Zn}$ | 8 $^{63}_{30}\text{Zn}$ |
| 9 $^{64}_{30}\text{Zn}$ | 10 $^{62}_{31}\text{Ga}$ | 11 $^{63}_{31}\text{Ga}$ | 12 $^{64}_{31}\text{Ga}$ |

< J の解答群 >

- | | | | |
|---------------------------|--------------------|---------------------|-----------|
| 1 (γ , α) | 2 (n, α) | 3 (n, p) | 4 (d, p) |
| 5 (p, n) | 6 (p, 2n) | 7 (p, α) | 8 (p, pn) |
| 9 (α , n) | 10 (α , p) | 11 (α , 2n) | |

< K の解答群 >

- | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|
| 1 E_n^2 | 2 E_n | 3 $\sqrt{E_n}$ | 4 $\sqrt[3]{E_n}$ |
| 5 $\frac{1}{\sqrt[3]{E_n}}$ | 6 $\frac{1}{\sqrt{E_n}}$ | 7 $\frac{1}{E_n}$ | 8 $\frac{1}{E_n^2}$ |

< L の解答群 >

- | | | | |
|-----------|--------|-------|-------|
| 1 スカベンジャー | 2 同位体 | 3 同素体 | 4 同重体 |
| 5 同中性子体 | 6 等電子体 | 7 親核種 | 8 イオン |

< M の解答群 >

- | | | | |
|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 1 ^{18}F | 2 ^{45}Ca | 3 ^{60}Co | 4 ^{67}Cu |
| 5 ^{99}Mo | 6 ^{125}I | 7 ^{192}Ir | 8 ^{241}Am |

< N の解答群 >

- | | | | |
|-------|-------|------------------|-------|
| 1 peV | 2 neV | 3 μeV | 4 meV |
| 5 eV | 6 keV | 7 MeV | 8 GeV |