

## 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：15:30～16:45（1 時間 15 分）

2 問題数：30 題（10 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入れてください。
- 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いただいて結構です。
- ⑦ 不正行為を行った者は、受験を中止させ、退場を命じます。

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、所定の欄以外の余白には、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。

次の各問について、1から5までの5つの選択肢のうち、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** 次のうち、放射性元素（安定同位体のない元素）のみの組合せはどれか。

- A Ac, Am, Co
  - B Cs, Np, Pa
  - C Pm, Po, Pu
  - D Ra, Rn, Sr
  - E Tc, Th, U
- 1 AとB            2 AとC            3 BとD            4 CとE            5 DとE

**問2** 放射能で等量の $^{137}\text{Cs}$ (半減期30年)と $^{134}\text{Cs}$ (半減期2.0年)がある。15年後の $^{137}\text{Cs}$ と $^{134}\text{Cs}$ の放射能比として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 64 : 1            2 91 : 1            3 128 : 1            4 181 : 1            5 256 : 1

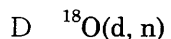
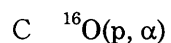
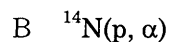
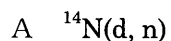
**問3** 熱中性子による $^{235}\text{U}$ の核分裂で、累積収率が1%以上で生成する核種の組合せは次のうちどれか。

- A  $^{77}\text{As}$
  - B  $^{90}\text{Sr}$
  - C  $^{111}\text{Ag}$
  - D  $^{133}\text{Xe}$
  - E  $^{153}\text{Eu}$
- 1 AとC            2 AとE            3 BとD            4 BとE            5 CとD

問4 次の放射性核種のうち、 $\beta^-$ 壊変しない核種はどれか。

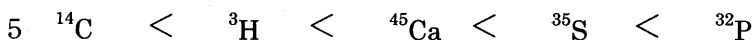
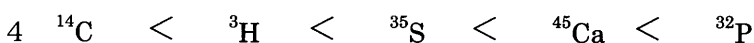
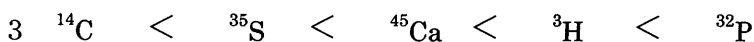
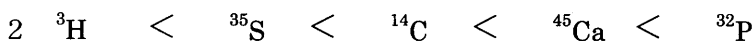
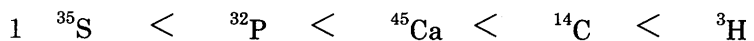
- 1  $^{22}\text{Na}$       2  $^{60}\text{Co}$       3  $^{99}\text{Mo}$       4  $^{137}\text{Cs}$       5  $^{192}\text{Ir}$

問5 以下の核反応のうち、PET（陽電子放射断層撮影）用核種の製造に用いられるものはどれか。



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

問6 無担体の  $^3\text{H}$ 、 $^{14}\text{C}$ 、 $^{32}\text{P}$ 、 $^{35}\text{S}$ 、 $^{45}\text{Ca}$  について1モル当たりの放射能 [ $\text{Bq} \cdot \text{mol}^{-1}$ ] の低い順に正しく並んでいるのはどれか。

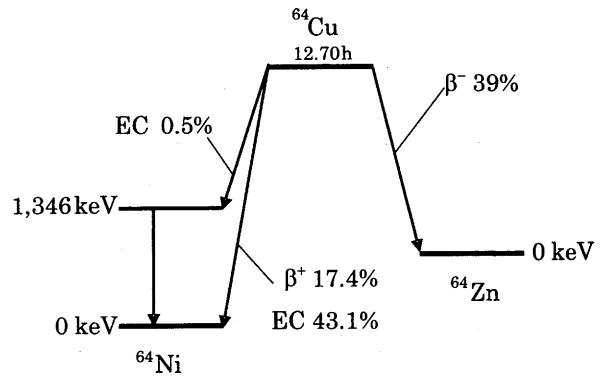


問7 1.0 Bq の  $^{90}\text{Sr}$ （半減期 28.8 年： $9.1 \times 10^8$  秒）を含むストロンチウム水溶液 100 mL（ストロンチウム濃度  $1.0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ）がある。全ストロンチウムに対する  $^{90}\text{Sr}$  の原子数比として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、ストロンチウムの原子量は 87.6 とする。

- 1  $1.1 \times 10^{-11}$       2  $2.1 \times 10^{-11}$       3  $2.0 \times 10^{-10}$       4  $1.1 \times 10^{-9}$       5  $1.9 \times 10^{-9}$

問8  $^{64}\text{Cu}$  の壊変図式を示す。次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A  $\beta^-$ 壊変に伴って1,346 keVの $\gamma$ 線が放出される。
- B EC壊変に伴ってNiの特性X線が放出される。
- C 単位時間に生成する原子核の数は、 $^{64}\text{Ni}$ に比べて $^{64}\text{Zn}$ のほうが少ない。
- D  $\gamma$ 線スペクトルに511 keVのピークは現れない。



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

問9  $\gamma$ 線の校正用線源として用いられる次の放射性同位元素のうち、放出される $\gamma$ 線のエネルギーの低い順に正しく並んでいるものはどれか。

- 1  $^{51}\text{Cr} < ^{54}\text{Mn} < ^{137}\text{Cs} < ^{241}\text{Am}$
- 2  $^{54}\text{Mn} < ^{137}\text{Cs} < ^{241}\text{Am} < ^{51}\text{Cr}$
- 3  $^{137}\text{Cs} < ^{51}\text{Cr} < ^{54}\text{Mn} < ^{241}\text{Am}$
- 4  $^{51}\text{Cr} < ^{241}\text{Am} < ^{54}\text{Mn} < ^{137}\text{Cs}$
- 5  $^{241}\text{Am} < ^{51}\text{Cr} < ^{137}\text{Cs} < ^{54}\text{Mn}$

問10 NaI(Tl)シンチレーション検出器で測定することが適切な核種の組合せはどれか。

- A  $^{24}\text{Na}$
  - B  $^{45}\text{Ca}$
  - C  $^{65}\text{Zn}$
  - D  $^{133}\text{Ba}$
- 1 ABCのみ      2 ABDのみ      3 ACDのみ      4 BCDのみ      5 ABCDすべて

問 11 ある短寿命核種（半減期  $T$  分）を加速器で製造するのに、 $3T$  分間照射して  $2T$  分間冷却したときの放射能は、 $2T$  分間照射して  $T$  分間冷却したときの放射能の何倍か。

- 1 0.44            2 0.50            3 0.58            4 0.85            5 1.17

問 12  $^{252}\text{Cf}$  は  $\alpha$  壊変と自発核分裂する。自発核分裂の部分半減期は 86 年 ( $2.7 \times 10^9$  秒) であり、1 核分裂当たり平均 3.8 個の中性子が放出される。1.0 g の  $^{252}\text{Cf}$  から毎秒放出される中性子数として、最も近い値はどれか。

- 1  $1.2 \times 10^{11}$       2  $2.3 \times 10^{12}$       3  $1.2 \times 10^{13}$       4  $3.6 \times 10^{13}$       5  $3.6 \times 10^{14}$

問 13 以下の放射性同位体とその同位体担体  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  を含む硝酸酸性水溶液 A ~ E がある。アンモニア水を加えると沈殿が生じ、さらにアンモニア水を加えるとその沈殿が溶解するものはどれか。

- A  $[^{26}\text{Al}]$  硝酸アルミニウム水溶液  
B  $[^{59}\text{Fe}]$  硝酸鉄(III)水溶液  
C  $[^{64}\text{Cu}]$  硝酸銅(II)水溶液  
D  $[^{65}\text{Zn}]$  硝酸亜鉛水溶液  
E  $[^{110\text{m}}\text{Ag}]$  硝酸銀水溶液

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

問 14 200 kBq の  $^{133}\text{Ba}$  を含む  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  塩化バリウム水溶液 100 mL から  $^{133}\text{Ba}$  を除去するために、希硫酸を加えてバリウムイオンを硫酸バリウム( $\text{BaSO}_4$ )として沈殿させた。これをろ別乾燥して得られる [ $^{133}\text{Ba}$ ]硫酸バリウムの比放射能 [ $\text{kBq} \cdot \text{g}^{-1}$ ] に最も近い値は、次のうちどれか。ただし  $\text{BaSO}_4$  の式量を 233 とする。

- 1 51                      2 86                      3 170                      4 200                      5 420

問 15 [ $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ]硝酸銀水溶液がある。これに次の溶液を加えると放射性の沈殿が生成するのはどれか。ただし、溶液の濃度はすべて  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  とする。

- A 塩酸  
B 塩化ナトリウム水溶液  
C 硫化ナトリウム水溶液  
D 水酸化ナトリウム水溶液

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

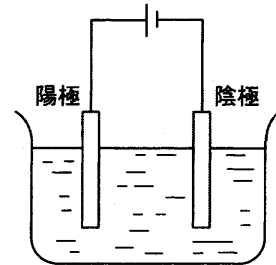
問 16 次の物質に希硫酸を加えたときに放射性の気体が発生するのはどれか。

- A  $\text{K}_2^{35}\text{SO}_4$   
B  $\text{Ca}^{14}\text{CO}_3$   
C  $\text{K}^{36}\text{Cl}$   
D  $\text{Fe}^{35}\text{S}$

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

問 17  $^{36}\text{Cl}$  で標識された塩化ナトリウムを、 $^3\text{H}$  (トリチウム) を含む蒸留水に溶解し、図のような装置で、白金電極を用いて電気分解を行った。各電極で主に起こる現象として、正しいものの組合せはどれか。

- A 陽極で  $^{36}\text{Cl}$  を含む塩化水素が発生した。
- B 陽極で  $^{36}\text{Cl}$  を含む塩素が発生した。
- C 陰極付近の液が強い酸性になった。
- D 陰極で  $^3\text{H}$  を含む水素が発生した。



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

問 18 イオン交換樹脂の利用に関する正しい記述は次のうちどれか。

- A 強塩基性陰イオン交換樹脂では、 $^{36}\text{Cl}^-$  が  $^{32}\text{PO}_4^{3-}$  より先に溶離する。
- B 弱酸性陽イオン交換樹脂では、樹脂の  $-\text{SO}_3^-$  基に陽イオンが吸着する。
- C 強塩基性陰イオン交換樹脂により、塩酸濃度を  $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  から  $0.005 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  まで変化させながら  $^{59}\text{Fe}(\text{III})$  と  $^{65}\text{Zn}(\text{II})$  のクロロ錯体を分離する場合、 $^{59}\text{Fe}(\text{III})$  の方が  $^{65}\text{Zn}(\text{II})$  より先に溶離する。
- D 強酸性陽イオン交換樹脂では、 $^{45}\text{Ca}^{2+}$  が  $^{42}\text{K}^+$  より先に溶離する。

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

問 19 ある有機化合物を溶媒抽出する場合、放射性化合物の有機相中の濃度が水相の濃度の 10 倍であった。この化合物の放射能が  $100 \text{ MBq}$  であるとき、その  $95 \text{ MBq}$  が有機相に抽出された。このとき、有機相(o)と水相(w)の容積比 ( $V_o/V_w$ ) として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.5      2 0.8      3 1.5      4 1.9      5 2.5

問 20  $[^{35}\text{S}]$ 標識メチオニンを含むアミノ酸混合溶液試料がある。この溶液を二等分して、それぞれ試料A、Bとする。

非標識メチオニンを試料Aに 25 mg、試料Bに 50 mg をそれぞれ加え、十分に混合した。その後、それらからメチオニンの一部を取り出し、比放射能を測定したところ、試料Aでは  $120 \text{ Bq}\cdot\text{mg}^{-1}$ 、試料Bでは  $80 \text{ Bq}\cdot\text{mg}^{-1}$  であった。最初のアミノ酸混合溶液試料中に含まれていた $[^{35}\text{S}]$ 標識メチオニンの量[mg]として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 10                      2 20                      3 30                      4 40                      5 50

問 21 中性子放射化分析法に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 アクチバブルトレーサーの検出にも用いられる。
- 2 試料をポリ塩化ビニル製容器に入れて中性子照射する。
- 3 熱中性子による放射化では、試料をカドミウム箔に包んで照射する。
- 4 機器中性子放射化分析 INAA では、中性子フルエンス率を一定に保つ必要がある。
- 5 放射化学的中性子放射化分析 RNAA では、照射後の化学分離における回収率は 100%である必要がある。

問 22  $[^{110\text{m}}\text{Ag}]$ 硝酸銀水溶液を用いた水溶液中の塩化物イオンの放射滴定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 無担体 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ が必要である。
- B 塩化銀沈殿の生成反応を利用する。
- C 滴定の終点以降は、滴定液の滴下に伴って、溶液中の放射能濃度が上昇する。
- D  $\text{ClO}_4^-$ として存在している塩素は、化学形を変えない限り、定量できない。
- E  $\text{Br}^-$ が含まれていても塩素の分析値にはまったく影響しない。

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



問 23 放射性同位元素 (RI) と担体に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 (n,  $\gamma$ )反応は無担体 RI の製造に適した核反応である。
- 2 ラジオコロイドは無担体 RI の溶液中には生成しない。
- 3 同位体担体を加えることで比放射能を上げることができる。
- 4 放射性核種を担体として利用することは不可能である。
- 5 スカベンジャーは目的としない RI を沈殿として除去するために加える。

問 24 次の記述のうち、 $^3\text{H}$  と  $^{14}\text{C}$  の両方に正しいものの組合せはどれか。

- A 高層大気中で宇宙線によって生成している。
  - B 化石燃料の年代測定に用いられる。
  - C 熱中性子を利用して製造される。
  - D 有機化合物の標識に用いられる。
- 1 ABCのみ    2 ABDのみ    3 ACDのみ    4 BCDのみ    5 ABCDすべて

問 25 140 万年前に生成したトリウム鉱物 (トリウムとして 1.00 mol) 中のヘリウム の総量 [mol] として最も近い値は次のうちどれか。ただし、 $^{232}\text{Th}$  の半減期は  $1.40 \times 10^{10}$  年であり、系列核種については永続平衡が成立し、生成したヘリウムはすべて鉱物中に捕捉されているものとする。

- 1  $6.9 \times 10^{-7}$     2  $2.5 \times 10^{-6}$     3  $6.9 \times 10^{-5}$     4  $4.2 \times 10^{-4}$     5  $2.5 \times 10^{-3}$

問26 環境中の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 トリチウム (T) の雨水中での主な存在形態は $T_2O$ である。
- B  $^{14}C$ は宇宙線が地表に到達することで生成する。
- C  $^{85}Kr$ の主な発生源はウランの核分裂である。
- D  $^{99}Tc$ は環境水中では主に $TcO_4^-$ として存在する。

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

問27  $^{237}Np$  に始まる壊変系列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 Np は、アクチノイドに属する。
- B 壊変系列に属する核種は、質量数を4で除した際には余りが1となる。
- C 壊変系列には、 $^{233}U$ が含まれる。
- D 最終壊変生成物は、鉛の同位体である。

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

問28 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 水和電子は還元力を持つ。
- B ヒドロキシルラジカルは、陰イオンである。
- C 放射線によって金属中にラジカルが生成する。
- D シクロヘキサンに比べてベンゼンの方が $\gamma$ 線に対して安定である。
- E LETが大きいほどスパー間隔は短い。

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

問 29 化学線量計による放射線量測定に関する記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A フリッケ線量計のG値は約34 eVである。
- B フリッケ線量計は $\text{Fe}^{2+}$ イオンの酸化反応を利用する。
- C セリウム線量計は $\text{Ce}^{4+}$ イオンの還元反応を利用する。
- D アラニン線量計は放射線重合反応を利用する。

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

問30 次の放射性同位元素と用いられる分析・計測装置、及び利用される放射線の組合せが正しいものはどれか。

	放射性同位元素	分析・計測装置	放射線
1	$^{55}\text{Fe}$	— 硫黄計	— $\beta$ 線
2	$^{57}\text{Co}$	— メスバウアー分光装置	— $\gamma$ 線
3	$^{63}\text{Ni}$	— ECDガスクロマトグラフ	— X線
4	$^{137}\text{Cs}$	— レベル計	— $\alpha$ 線
5	$^{241}\text{Am}$	— 蛍光X線分析装置	— 中性子線

