

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（7 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、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 ある核種の放射能が、5 時間後に 12,000 dpm、6 時間後に 3,000 dpm であった。はじめにあった放射能[Bq]として、最も近い値はいくらか。

- 1 1×10^5 2 2×10^5 3 1×10^7 4 2×10^8 5 7×10^8

問 2 放射能が等しい ^{54}Mn (半減期 312 日)と ^{60}Co (半減期 5.27 年)があるとき、5 年後の放射能の比($^{54}\text{Mn} / ^{60}\text{Co}$)に最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.001 2 0.005 3 0.03 4 0.08 5 0.2

問 3 1 g のトリチウムの放射壊変による発熱量[W]として最も近い値はいくらか。ただし、トリチウムの半減期は 3.9×10^8 秒、 β 線の平均エネルギーは 5.7 keV、1 eV は 1.6×10^{-19} J とする。

- 1 0.0003 2 0.003 3 0.03 4 0.3 5 3

問 4 半減期 14 日の放射性核種の製品が、検定時に不純物として半減期 28 日の核種を 4% 含むとき(核種純度 96%)、この製品の検定時から 56 日後の核種純度[%]として最も近い値は次のうちどれか。

- 1 82 2 86 3 90 4 94 5 98

問 5 1.0 MBq の ^{59}Fe (半減期 3.8×10^6 秒)を含む水溶液 10 mL がある。この水溶液中の非放射性鉄のモル濃度が $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ のとき、 ^{59}Fe の全鉄に対する原子数比($^{59}\text{Fe} / \text{Fe}$)として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 1×10^{-8} 2 4×10^{-8} 3 1×10^{-7} 4 4×10^{-7} 5 1×10^{-6}

問 6 1 TBq の ^7Be (半減期 4.6×10^6 秒)の質量[g]に最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 6.6×10^{-5} 2 7.7×10^{-5} 3 1.1×10^{-4} 4 3.7×10^{-3} 5 6.0×10^{-1}

問7 ^{14}C で標識されたエタノールの70%が酸化されて酢酸となった。エタノールの比放射能が $10 \text{ MBq}\cdot\text{g}^{-1}$ であったとき、生成した酢酸の比放射能 [$\text{MBq}\cdot\text{g}^{-1}$] として最も近い値は次のうちどれか。ただし、エタノールと酢酸の分子量はそれぞれ、46 及び 60 とする。

- 1 2.5 2 3.8 3 5.4 4 7.7 5 9.5

問8 ^{238}U を 234 g 含む試料中の ^{222}Rn の放射能 [Bq] として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、この試料中のウラン系列核種は永続平衡にあり、 ^{238}U 1 g の放射能は $1.2 \times 10^4 \text{ Bq}$ である。

- 1 1.2×10^4 2 2.8×10^5 3 1.2×10^6 4 2.8×10^6 5 1.2×10^7

問9 次の逐次壊変において放射平衡となり得るものの組合せはどれか。

A ^{42}Ar (32.9 年) \longrightarrow ^{42}K (12.4 時間) \longrightarrow

B ^{51}Mn (46.2 分) \longrightarrow ^{51}Cr (27.7 日) \longrightarrow

C ^{132}Te (3.20 日) \longrightarrow ^{132}I (2.30 時間) \longrightarrow

D ^{140}Ba (12.8 日) \longrightarrow ^{140}La (1.68 日) \longrightarrow

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

問10 次のうち、Aの核種を定量するときBの測定器が適切なのはどれか。

- | | A | B |
|---|------------------|---------------------|
| 1 | ^{14}C | 液体シンチレーション計数装置 |
| 2 | ^{33}P | NaI(Tl)シンチレーション検出器 |
| 3 | ^{55}Fe | BGOシンチレーション検出器 |
| 4 | ^{60}Co | ZnS(Ag)シンチレーション検出器 |
| 5 | ^{90}Y | BF_3 比例計数管 |

問11 熱中性子による ^{235}U の核分裂で生成する収率が大きい核種の組合せはどれか。

A ^{60}Co

B ^{90}Sr

C ^{99}Mo

D ^{111}Ag

E ^{133}Xe

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

問 12 アクチノイド元素とランタノイド元素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 すべてのアクチノイド元素は放射性である。
- B すべてのランタノイド元素は安定同位体をもつ。
- C すべてのアクチノイド元素は3価の状態が最も安定である。
- D すべてのランタノイド元素は遷移元素である。

- 1 AとB 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 13 次の核種の組合せのうち、 β^+ 壊変核種を含むものの組合せはどれか。

- A ^{11}C 、 ^{12}C 、 ^{13}C
- B ^{13}N 、 ^{14}N 、 ^{15}N
- C ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O
- D ^{18}F 、 ^{19}F 、 ^{20}F

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

問 14 リンの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 ^{31}P はリンで唯一の安定同位体である。
- B ^{32}P は β^- 壊変して ^{32}S になる。
- C ^{32}P は ^{33}P より半減期が長い。
- D ^{32}P は ^{33}P より β 線の最大エネルギーが大きい。

- 1 ABDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問 15 ヨウ素の同位体に関する次の記述のうち、誤っているのはどれか。

- 1 ^{123}I はシングルフォトン断層撮影法(SPECT)に用いられる。
- 2 ^{125}I はラジオイムノアッセイに用いられる。
- 3 ^{127}I はヨウ素で唯一の安定同位体である。
- 4 ^{129}I は陽電子放射断層撮影(PET)に用いられる。
- 5 ^{131}I は甲状腺疾患の内用療法に用いられる。

問 16 安定同位体が存在しない元素の組合せは、次のうちどれか。

- A テクネチウム Tc
- B セシウム Cs
- C ランタン La
- D プロメチウム Pm
- E ウラン U

- 1 ABCのみ 2 ABEのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 CDEのみ

問 17 放射性核種が元素の周期表で同族であるものの組合せは、次のうちどれか。

- A ^{15}O と ^{35}S
- B ^{32}P と ^{76}As
- C ^{86}Rb と ^{133}Ba
- D ^{24}Na と ^{67}Ga

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 18 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ラドン Rn はラジウム Ra と同族元素である。
- B テクネチウム Tc はモリブデン Mo と同族元素である。
- C ネプツニウム Np はアクチノイド元素である。
- D アメリシウム Am は超ウラン元素である。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

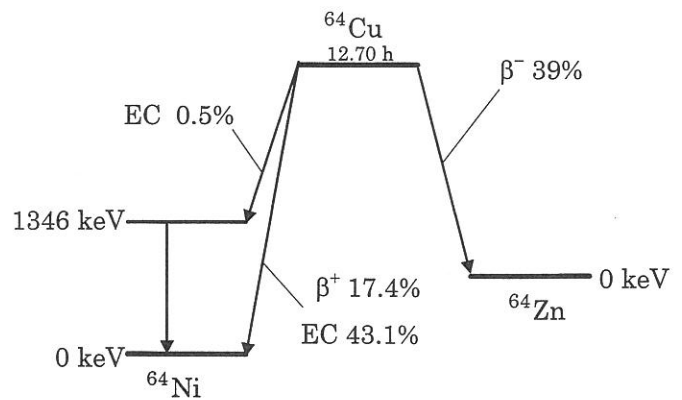
問 19 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{238}U と ^{234}U は同じ壊変系列の核種である。
- B ^{222}Rn は ^{220}Rn に比べて半減期が長い。
- C ^{210}Po の α 壊変により ^{206}Pb が生成する。
- D ^{238}U と ^{235}U の同位体存在度は地球誕生以来一定である。

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

問 20 ^{64}Cu の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 γ 線スペクトルに 511 keV のピークがみられる。
- B ^{64}Zn を生成する部分半減期は、 ^{64}Ni を生成する部分半減期より長い。
- C EC 壊変に伴い、Cu の特性 X 線が放出される。
- D β^- 壊変は γ 線放出を伴わない。



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

問 21 次のうち、NaI(Tl)シンチレーション検出器で測定することができる放射性核種の組合せはどれか。

- A ^{24}Na
- B ^{35}S
- C ^{60}Co
- D ^{63}Ni
- E ^{131}I

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

問 22 次の実験操作のうち、放射性気体を発生するものの組合せはどれか。

- A $^{64}\text{CuCl}_2$ 水溶液に亜鉛粉末を加える。
- B $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ に硝酸を加える。
- C Fe^{35}S に塩酸を加える。
- D トリチウム水を電気分解する。

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

問 23 $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ 、 $^{45}\text{Ca}^{2+}$ 、 $^{55}\text{Fe}^{3+}$ 、 $^{82}\text{Br}^-$ のうち1種類とその同位体担体を含む水溶液がある。各水溶液に適切な操作を加えて放射性核種を沈殿させたい。放射性核種とその化学形 I ~ IV と、化学操作 A ~ D の組合せで正しいのはどれか。

<核種・化学形>

<化学操作>

- | | | | |
|-----|-------------------------|---|------------------------|
| I | $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ | A | 硝酸銀水溶液を加える。 |
| II | $^{45}\text{Ca}^{2+}$ | B | 塩化カルシウム水溶液を加える。 |
| III | $^{55}\text{Fe}^{3+}$ | C | シュウ酸アンモニウム水溶液を加える。 |
| IV | $^{82}\text{Br}^-$ | D | アンモニア水溶液を加えて弱アルカリ性にする。 |
- 1 I - A、II - B、III - C、IV - D
 - 2 I - B、II - C、III - D、IV - A
 - 3 I - D、II - B、III - A、IV - C
 - 4 I - B、II - D、III - C、IV - A
 - 5 I - C、II - A、III - D、IV - B

問 24 水溶液中の化合物 X を、ある有機溶媒で抽出すると、X の分配比(有機相中濃度/水相中濃度)は 80 である。50 kBq の放射性同位体で標識した X の水溶液から、水相の 1/2 の体積の有機溶媒で X を抽出したとき、水相に残る X の放射能[kBq]に最も近い値は、次のうちどれか。

- | | | | | | | | | | |
|---|------|---|------|---|-----|---|-----|---|-----|
| 1 | 0.61 | 2 | 0.94 | 3 | 1.2 | 4 | 1.8 | 5 | 2.4 |
|---|------|---|------|---|-----|---|-----|---|-----|

問 25 水溶液中の放射性同位体(RI)の分離法についての次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 キレート抽出では RI は正の電荷を帯びた分子イオンとして抽出される。
- 2 イオン会合体抽出では RI 原子どうしが凝集して抽出される。
- 3 イオン交換クロマトグラフィーでは RI は中性分子として捕集される。
- 4 沈殿法では RI は溶解度積が大きい塩を形成して沈殿する。
- 5 蒸留法では RI は蒸気圧が高い中性分子として蒸留される。

問 26 混合物試料に含まれるある成分 X を、同位体希釈法(直接法)で定量した。試料に放射性同位体で標識した X(比放射能は $500 \text{ dpm} \cdot \text{mg}^{-1}$)を 10 mg 加えて完全に混合したのち、一部を純粋に化学分離したところ、その比放射能が $100 \text{ dpm} \cdot \text{mg}^{-1}$ となった。試料中に含まれた成分 X の量 [mg]として正しい値は、次のうちどれか。

- | | | | | | | | | | |
|---|----|---|----|---|----|---|-----|---|-----|
| 1 | 10 | 2 | 40 | 3 | 50 | 4 | 100 | 5 | 150 |
|---|----|---|----|---|----|---|-----|---|-----|

問 27 次の放射性同位体とその性質を利用した分析・計測装置の関係のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{57}Co — メスバウアー分光装置
- B ^{63}Ni — ECD ガスクロマトグラフ
- C ^{241}Am — 蛍光 X 線分析装置
- D ^{252}Cf — 中性子水分計

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

問 28 放射線化学に関連する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 気体の W 値はその気体のイオン化エネルギーに等しい。
- 2 5 MeV の陽子の水中での LET は同じエネルギーの α 粒子のそれに比べて大きい。
- 3 G 値は LET には依存しない。
- 4 化学線量計では G 値の線量依存性を利用する。
- 5 フリック線量計では酸素を水溶液中に飽和させることでより高線量での測定が可能となる。

問 29 β^- 壊変に続いて γ 線を放出する核種の正しい組合せは、次のうちどれか。

- A ^{32}P
- B ^{60}Co
- C ^{90}Sr
- D ^{131}I
- E ^{192}Ir

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

問 30 放射性核種を生成する次の核反応で、無担体の核種が得られるのはどれか。

- 1 $^{27}\text{Al}(d, p)$
- 2 $^{31}\text{P}(p, pn)$
- 3 $^{34}\text{S}(n, \gamma)$
- 4 $^{48}\text{Ti}(p, n)$
- 5 $^{65}\text{Cu}(\alpha, 2p3n)$

