

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。

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 ウラン系列は ^{238}U (原子番号 92) で始まり ^{206}Pb (原子番号 82) で終わる。この間の α 壊変と β^- 壊変の回数として、正しい組合せは次のうちどれか。

	α 壊変	β^- 壊変
1	6回	8回
2	6回	10回
3	8回	6回
4	8回	8回
5	8回	10回

問2 同じ強さの放射能の ^{24}Na (半減期: 15.0 時間) と ^{43}K (半減期: 22.3 時間) がある。それらの原子核の個数の比 ($^{24}\text{Na}/^{43}\text{K}$) として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.15 2 0.56 3 0.67 4 1.00 5 1.49

問3 環境水中のトリチウム濃度はトリチウム単位 (TU) で表すことがある。 ^3H 原子数の水素原子数に対する比 ($^3\text{H}/\text{H}$) が 10^{-18} のとき、トリチウム濃度を 1 TU とする。1 TU の水 1 L 当りに含まれる ^3H の放射能 [Bq] として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^3H の半減期は 12.3 年 (3.88×10^8 秒) とする。

- 1 6.0×10^{-3} 2 1.2×10^{-2} 3 1.2×10^{-1} 4 6.0×10^0 5 1.2×10^1

問4 比放射能 $100 \text{ kBq} \cdot \text{g}^{-1}$ の $\text{Ca}^{14}\text{CO}_3$ 1 g を塩酸ですべて溶かした時に発生する気体の標準状態での放射能濃度 $[\text{Bq} \cdot \text{L}^{-1}]$ として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、 CaCO_3 の式量は 100 とする。

- 1 1.0×10^5 2 2.2×10^5 3 3.4×10^5 4 4.0×10^5 5 4.5×10^5

問5 次の壊変系列と核種のうち、正しいものの組合せはどれか。

- | | | | |
|---|----------|---|-------------------|
| 1 | ウラン系列 | — | ^{222}Ra |
| 2 | ウラン系列 | — | ^{226}Ra |
| 3 | アクチニウム系列 | — | ^{224}Ra |
| 4 | トリウム系列 | — | ^{225}Ra |
| 5 | トリウム系列 | — | ^{220}Ra |

問6 ある親核種を単離してから1日後の時点で、その親核種と娘核種との間に永続平衡が成立している。この記述について、正しいものの組合せは次のうちどれか。

	親核種	娘核種
A	^{42}Ar	^{42}K
B	^{68}Ge	^{68}Ga
C	^{137}Cs	$^{137\text{m}}\text{Ba}$
D	^{140}Ba	^{140}La
E	^{238}U	^{234}U

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとE 5 DとE

問7 次のうち、 ^{11}C を直接生成する核反応として、正しいものの組合せはどれか。

A $^{10}\text{B}(\text{d}, \text{p})$

B $^{11}\text{B}(\text{p}, \text{n})$

C $^{12}\text{C}(\gamma, \text{n})$

D $^{14}\text{N}(\text{p}, \alpha)$

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

問8 ハロゲン元素の同位体を生成する核反応として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

A $^{16}\text{O}(\text{}^3\text{He}, \text{p})$

B $^{20}\text{Ne}(\text{p}, \text{n})$

C $^{40}\text{Ar}(\text{d}, \alpha)$

D $^{32}\text{S}(\text{n}, \text{p})$

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問9 以下の材料を熱中性子照射した。材料と生成する放射性核種との関係として、正しいものの組合せは次のうちどれか。ただし、中性子フルエンス率は $1.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、照射時間は1時間とする。

	材料	放射性核種
A	フッ化リチウム	^3H
B	ステンレス鋼	^{51}Cr
C	しんちゅう(黄銅)	^{64}Cu
D	アルミナ	^{26}Al
E	アクリル樹脂	^{11}C

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

問10 無担体の放射性同位体が得られる核反応として、正しいものの組合せは次のうちどれか。ただし、ホットアトム効果は考慮しない。

- A (n, p)
- B (n, γ)
- C (d, α)
- D (d, p)
- E (γ , n)

- 1 AとB 2 AとC 3 BとD 4 CとE 5 DとE

問11 放射性元素とその同族元素として正しいものの組合せは、次のうちどれか。

	放射性元素	同族元素
A	Pm	Pb
B	At	I
C	Rn	Xe
D	Ra	Cs
E	Pa	U

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

問12 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は、2価の陽イオンになりやすい。
- B ${}^7\text{Be}$ は、 β^+ 壊変して ${}^7\text{Li}$ になる。
- C ${}^7\text{Be}$ と ${}^{10}\text{Be}$ は、ともに宇宙線の核破砕反応により大気中で生成する。
- D ${}^9\text{Be}$ は、ベリリウムで唯一の安定同位体である。

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

問13 安定同位体の利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。

- A ${}^7\text{Li}$ は、トリチウム製造の原料に使われる。
- B ${}^{11}\text{B}$ は、ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) に利用される。
- C ${}^{151}\text{Eu}$ は、アクチバブルトレーサとして利用される。
- D ${}^{206}\text{Pb}$ は、ウラン-鉛年代測定法に利用される。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問14 同位体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 物理的性質ではなく、化学的性質に差異が見られる。
- B 同位体濃縮に利用できる。
- C 表層海水の酸素同位体比が温度によって変動する。
- D 古代木製遺物の年代測定に利用される。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問15 単核種元素のみの組合せとして、正しいものは次のうちどれか。

- | | | | |
|---|----|----|----|
| 1 | B | F | P |
| 2 | Be | Na | Cl |
| 3 | H | C | O |
| 4 | Mn | Co | I |
| 5 | S | Sc | Au |

問16 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 質量数が異なり陽子の数が互いに等しい核種を同位体と呼ぶ。
- B 陽子の数と中性子の数の和が互いに等しい核種を同重体と呼ぶ。
- C 中性子の数を原子番号と呼ぶ。
- D 陽子と中性子の数が互いに入れ替わった核種を核異性体と呼ぶ。

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

問17 次のうち、生成核種が同じものの組合せはどれか。

- A ^{59}Fe の β^- 壊変による生成核種
- B ^{59}Ni のEC壊変による生成核種
- C ^{60}Ni の (γ, p) 反応による生成核種
- D ^{58}Fe の (n, γ) 反応による生成核種

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

問18 次の操作を行う際に、化学反応生成物として放射性の気体が発生するものはどれか。ただし、溶液や酸の濃度は $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ とする。

- 1 $[^3\text{H}]\text{CH}_3\text{COONa}$ 水溶液に NaOH 水溶液を加える。
- 2 $[^{35}\text{S}]\text{FeS}$ に HCl を加える。
- 3 $[^{45}\text{Ca}]\text{CaCl}_2$ 水溶液に HCl を加える。
- 4 $[^{60}\text{Co}]\text{CoCl}_2$ 水溶液に NaOH 水溶液を加える。
- 5 $[^{110\text{m}}\text{Ag}]\text{AgNO}_3$ 水溶液に HCl を加える。

問19 同位体のトレーサー利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。

- A 低エネルギー β^- 線のみを放出する放射性同位体も利用できる。
- B 比放射能が高い標識化合物を利用する時には、放射線分解に注意する。
- C 同じ元素の安定同位体と放射性同位体の挙動の違いを利用する。
- D アクチバブルトレーサーは天然同位体存在度が最も大きい安定同位体を放射化して、利用する。

- 1 AとB 2 BとC 3 CとD 4 AとC 5 BとD

問20 300 kBqの ^{125}I で標識された0.5 gのヨウ化カリウムを用いて、 ^{125}I ヨードベンゼンを合成した。得られた ^{125}I ヨードベンゼンの1 g当たりの ^{125}I の放射能[kBq]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、ヨウ化カリウムの式量を166、ヨードベンゼンの分子量を204とする。

- 1 240 2 370 3 490 4 600 5 740

問21 ^{201}Tl で標識された塩化タリウム TlCl を検定したところ、 $^{201}\text{TlCl}$ の放射能は270 MBq、他の化学形の ^{201}Tl が20 MBq及び $^{202}\text{TlCl}$ が10 MBq存在していた。この検定時より6日後の ^{201}Tl の放射化学純度と核種純度として、最も近い値の組合せは次のうちどれか。ただし、 ^{201}Tl と ^{202}Tl の半減期は、それぞれ73時間、12日とする。

	放射化学純度	核種純度
1	93%	97%
2	91%	85%
3	88%	93%
4	85%	91%
5	82%	87%

問22 ラジオイムノアッセイ (RIA) とアイソトープ誘導体法 (IDM) 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 RIA は、同位体希釈法を応用した分析法である。
 B RIA は、抗原と標識抗原が抗体に対する競合反応を利用した分析法である。
 C IDM は、直接希釈法に分類される。
 D IDM は、アミノ酸混合物中の特定アミノ酸の分析などに有効である。

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

問23 比放射能が不明の ^{60}Co 化合物Xがある。Xを2等分して、同じ化学形の非放射性Co化合物を一方に25 mg、他方に50 mgを加え、それぞれを十分に混合し均一にして、試料A、試料Bとした。その後、それらの試料A、B各々から同化合物の一部を取り出し、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 ^{60}Co 化合物Xの量[mg]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 25 2 50 3 75 4 100 5 125

問24 ^{14}C 年代測定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 ^{14}C は大気中で主として(n, p)反応で生成する。
B 加速器質量分析計では、 ^{14}C 原子核の質量を精密測定する。
C フッ素樹脂中の ^{14}C の比放射能は天然ゴム中の ^{14}C の比放射能より小さい。
D 約1万年が測定限界である。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問25 次の放射化分析に関する記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A Ge検出器でガンマ線を測定すると多元素同時分析が可能である。
B 照射時間に比例して元素の検出感度が向上する。
C 目的元素の化学形に依存せず、その全量を定量できる。
D 異なる元素から同じ核種が生成することにより、定量値が過小評価されることがある。

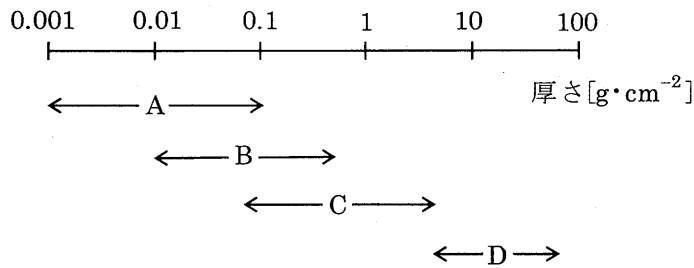
- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問26 放射性核種とその利用の関係として正しいものの組合せは、次のうちどれか。

	放射性核種	利用
A	^{241}Am	煙感知器
B	^{238}U	水分計
C	^{57}Co	メスバウアー分光
D	^{63}Ni	ガスクロマトグラフ
E	^{90}Sr	Rb-Sr 年代測定法

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

問27 透過型厚さ計で用いる線源と下図に示した測定範囲の関係として、正しいものの組合せは次のうちどれか。



	A	B	C	D
1	^{90}Sr	^{241}Am	^{137}Cs	^{85}Kr
2	^{241}Am	^{85}Kr	^{90}Sr	^{137}Cs
3	^{90}Sr	^{85}Kr	^{137}Cs	^{241}Am
4	^{85}Kr	^{90}Sr	^{241}Am	^{137}Cs
5	^{85}Kr	^{90}Sr	^{137}Cs	^{241}Am

問28 高強度のガンマ線または電子線照射の工業的利用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 グラフト重合反応によるイオン交換膜の製造
- B 架橋反応によるラジアルタイヤ用ゴムの改質
- C 包装した医療器具の滅菌
- D 分解反応によるポリテトラフルオロエチレン (PTFE) の粒子化

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

問29 化学線量計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 鉄線量計は、 Fe^{2+} の酸化反応を利用する。
- B 鉄線量計は、空気飽和よりも酸素飽和で測定する方が測定可能な線量の範囲が拡大する。
- C セリウム線量計は、 Ce^{4+} の還元反応を利用する。
- D セリウム線量計は、空気飽和よりも酸素飽和で測定する方が測定可能な線量の範囲が拡大する。
- E 大線量の測定には、セリウム線量計よりも鉄線量計の方が適している。

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

問30 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 物質が放射線のエネルギーを100 eV吸収したときに変化を受ける分子または原子の質量をG値と呼ぶ。
- B 放射線の種類が同じ場合、G値は物質の種類に依存する。
- C 気体中で1組の電子-陽イオン対をつくるのに必要な平均エネルギーをW値と呼ぶ。
- D 同じ気体の場合、W値は放射線の種類やエネルギーにあまり依存しない。

1 ABDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

