

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（8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、記入欄以外の余白及び裏面には、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 ある放射性同位元素 10 TBq は 1 年後 1 TBq に減衰した。それから 10 年後の放射能として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 100 GBq 2 10 GBq 3 10 kBq 4 100 Bq 5 1 Bq 以下

問 2 次のうち、放射性核種を含まない組合せはどれか。

A ^{11}C 、 ^{12}C 、 ^{13}C

B ^{13}N 、 ^{14}N 、 ^{15}N

C ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O

D ^{19}F 、 ^{27}Al 、 ^{31}P

- 1 AとB 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 3 次の放射性核種の組合せのうち、寿命が長い核種の半減期が、寿命が短い核種の半減期の 2 倍以内であるものはどれか。

- 1 ^3H と ^{35}S 2 ^{15}O と ^{18}F 3 ^{60}Co と ^{63}Ni 4 ^{90}Sr と ^{137}Cs
5 ^{123}I と ^{125}I

問 4 炭素 120 g 中に ^{14}C が 3.9 Bq 含まれている。この場合の ^{14}C と ^{12}C の原子数比 $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ として最も近い値は、次のうちどれか。なお、 ^{14}C の半減期は 5730 年 (1.8×10^{11} 秒)、 ^{12}C の同位体存在度は 99 %、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

- 1 1.7×10^{-14} 2 1.7×10^{-13} 3 2.0×10^{-12} 4 1.7×10^{-11} 5 2.0×10^{-10}

問5 1 GBqの無担体³²Pの質量(g)として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、³²Pの半減期は14日(1.2×10⁶秒)、アボガドロ定数は6.0×10²³ mol⁻¹とする。

- 1 4.5×10⁻⁹ 2 9.2×10⁻⁸ 3 4.5×10⁻⁸ 4 9.2×10⁻⁷ 5 4.5×10⁻⁶

問6 次の逐次壊変において、放射平衡が成立することがないのはどれか。なお、()内は壊変様式と半減期を示す。

- | | | | | | | |
|---|-------------------|---------------------------|---|-------------------|------------------------------|---|
| 1 | ²⁸ Mg | (β ⁻ , 20.9 h) | → | ²⁸ Al | (β ⁻ , 2.24 m) | → |
| 2 | ⁶⁸ Ge | (EC, 271 d) | → | ⁶⁸ Ga | (EC+β ⁺ , 67.6 m) | → |
| 3 | ⁸⁷ Y | (EC, 79.8 h) | → | ^{87m} Sr | (IT, 2.80 h) | → |
| 4 | ¹³² Te | (β ⁻ , 3.20 d) | → | ¹³² I | (β ⁻ , 2.30 h) | → |
| 5 | ¹⁴³ Ce | (β ⁻ , 33.1 h) | → | ¹⁴³ Pr | (β ⁻ , 13.6 d) | → |

問7 次のウラン系列に関する記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ²³⁴Uが生成する。
 B ²³⁰Thがα壊変して²²⁶Raとなる。
 C ²¹⁰Poが生成する。
 D 最終の安定核種は²⁰⁸Pb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8 放射性核種の経時変化に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 ^{60m}Co(半減期 10.5 分)から生成する⁶⁰Co(半減期 5.27 年)の放射能は、十分に時間が経過すると、半減期 10.5 分で減衰する。
 2 ⁹⁹Mo(半減期 65.9 時間)から生成する^{99m}Tc(半減期 6.01 時間)の放射能は、十分に時間が経過すると、半減期 6.01 時間で減衰する。
 3 ²²⁶Ra(半減期 1600 年)から生成する²²²Rn(半減期 3.82 日)の放射能は、十分に時間が経過すると、²²⁶Raの放射能の2倍となる。
 4 ⁶⁸Ge(半減期 271 日)から生成する無担体の⁶⁸Ga(半減期 67.6 分)の比放射能は、常に一定である。
 5 ⁶⁴Cu(半減期 12.7 時間)から生成する⁶⁴Ni(安定)及び⁶⁴Zn(安定)の生成速度は、常に等しい。

問9 次の核反応において、標的核と生成核の原子番号が2以上異なるものの組合せはどれか。

A ($\alpha, p2n$) B (n, α) C ($p, 3p2n$) D (d, n)

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問10 サイクロトロンによる荷電粒子放射化分析で、炭素を分析するために利用できる核反応は、次のうちどれか。

1 $^{12}\text{C} (p, n)$

2 $^{12}\text{C} (d, n)$

3 $^{12}\text{C} (\alpha, p)$

4 $^{13}\text{C} (\alpha, n)$

5 $^{13}\text{C} (p, \alpha)$

問11 熱中性子による ^{235}U の核分裂において、収率1%以上で生成する核種の組合せは次のうちどれか。

A ^{77}As

B ^{99}Mo

C ^{111}Ag

D ^{131}I

E ^{156}Eu

1 AとC 2 AとE 3 BとD 4 BとE 5 CとD

問12 次の操作のうち、放射性気体が発生するのはどれか。

A ^3H で標識された NH_4Cl に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を混合して加熱する。

B ^{14}C で標識された CaCO_3 を塩酸に加える。

C ^{32}P で標識された $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ を硫酸に加える。

D ^{35}S で標識された FeS を硫酸に加える。

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

問 13 熱中性子によるラジオアイソトープの製造法について、以下のように照射ターゲットと核反応を選んだとき、下記のラジオアイソトープが得られる組合せはどれか。

	<照射ターゲット>	<核反応>	<ラジオアイソトープ>
A	酸化リチウム	(n, α)	^3H
B	窒化アルミニウム	(n, p)	^{14}C
C	硫黄	(n, p)	^{32}P
D	二酸化ウラン	核分裂	^{90}Sr

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

問 14 次の操作により、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 標識の AgNO_3 水溶液 ($0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$) から $^{110\text{m}}\text{Ag}$ が沈殿するのはどれか。ただし、加える溶液の濃度はいずれも $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ とする。

- A 希塩酸を加える。
 B 硝酸ナトリウム水溶液を加える。
 C 水酸化ナトリウム水溶液を加える。
 D 塩化アンモニウム水溶液を加える。

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

問 15 水溶液中の Cl^- の量を測定するのに、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ で標識された硝酸銀水溶液の過剰の一定量を加えて $^{110\text{m}}\text{AgCl}$ の沈殿を生成させる方法がある。 Cl^- の定量に関して述べた以下の記述のうち、正しい組合せはどれか。

- A 他に Br^- が共存していても影響しない。
 B 他に ClO_4^- が共存していても影響しない。
 C 生成した AgCl の一部分を分離して、その放射能を測定することにより Cl^- の量を求めることができる。
 D 生成した AgCl を除去した溶液中に残る放射能を測定することにより Cl^- の量を求めることができる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 16 次の核種のうち、水酸化鉄共沈法で共沈しないものはどれか。

- 1 ^{22}Na 2 ^{60}Co 3 ^{65}Zn 4 ^{90}Y 5 ^{140}La

問 17 ラジオコロイド(RC)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。

- A 無担体の ^{140}La の水溶液にアンモニア水を加えてアルカリ性とした後、ろ紙に通すと ^{140}La がろ紙に捕集される。
- B 直径が 1~100 nm 程度の分散粒子である。
- C 水溶液の pH が 7 よりも 2 のほうが、RC は生成しやすい。
- D 長期間静置した溶液中の RC は、均一に分布する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 18 500 kBq の $^{35}\text{SO}_4^{2-}$ を含む $0.1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫酸ナトリウム水溶液 200 mL から ^{35}S を除去する目的で、塩化バリウム水溶液を加えて硫酸イオンを硫酸バリウム (BaSO_4) として沈殿させた。これをろ過乾燥させて得られる [^{35}S]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、 BaSO_4 の式量を 233 とする。

- 1 5.4 2 22 3 110 4 220 5 540

問 19 水溶液中にイオンとして存在する放射性核種の有機相への溶媒抽出法に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 有機溶媒によってイオンの酸化数が変化することを利用する分離方法である。
- 2 イオンの抽出速度が遅いので、通常は 1 時間以上激しく攪拌する必要がある。
- 3 イオンとキレート化剤から生成する中性の錯体が抽出される。
- 4 アセトンやエタノールも抽出溶媒として利用できる。
- 5 比重が 1 より大きい有機溶媒は利用できない。

問 20 100 mL の水相中にあるラジオアイソトープ(RI)を 100 mL の有機相に溶媒抽出すると 90 % が抽出された。水相に残った RI をもう一度新たな 100 mL の有機相で溶媒抽出すると、2 回分を合わせて何%の RI が有機相に抽出されるか。最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 91 2 92 3 94 4 96 5 99

問 21 ラジオアイソトープ (RI) 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 ^3H を水素のトレーサーとして用いると同位体効果はない。
- B 用いる RI の同位体交換反応速度が大きいことが必要である。
- C 用いる RI の原子価を、対象とするイオンの原子価にそろえる。
- D 比放射能の高い標識化合物を用いる時は、自己放射線分解に注意する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 22 同位体希釈法 (逆希釈法) で混合物試料中の化合物 A を定量した。A の比放射能は $700 \text{ dpm} \cdot \text{mg}^{-1}$ である。この試料に非放射性的の化合物 A を 25 mg 加えて完全に混合した後、一部を純粋に分離したところ、その比放射能は $70 \text{ dpm} \cdot \text{mg}^{-1}$ となった。混合物試料中の化合物 A の量 (mg) として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.1 以下 2 0.6 3 1.7 4 2.8 5 3.0 以上

問 23 ^{14}C と ^3H で標識された少量の有機物質を完全燃焼させて発生した気体を、まず①十分に長い塩化カルシウム管に通し、次いで②ソーダ石灰管 ($\text{NaOH} + \text{Ca}(\text{OH})_2$) に通した。①と②に捕集されるラジオアイソトープ (RI) の組合せは、次のうちどれか。

- | | <①で捕集される RI> | <②で捕集される RI> |
|---|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | ^{14}C と ^3H | なし |
| 2 | ^{14}C | ^3H |
| 3 | ^3H | ^{14}C |
| 4 | なし | ^{14}C と ^3H |
| 5 | なし | なし |

問 24 次の放射性核種について、放出される主要な放射線として正しいものはどれか。

	<核種>	<放射線>
1	^{60}Co	Co の特性 X 線
2	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	β 線
3	^{192}Ir	消滅放射線
4	^{201}Tl	Hg の特性 X 線
5	^{241}Am	中性子線

問 25 放射性同位体の利用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 ^{147}Pm を用いた厚さ計では、 β 線の試料による吸収や散乱を利用する。
- B ^{192}Ir を用いた非破壊検査装置では、 γ 線の透過作用を利用する。
- C ^{210}Po を用いた静電除去装置では、 α 線の試料表面からの散乱を利用する。
- D ^{252}Cf を用いた水分計では、中性子の水素原子核による吸収を利用する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 26 次の試料中の放射性核種を定量するとき、用いる検出器として正しい組合せはどれか。

	<試料>	<核種>	<検出器>
A	ろ紙	^{14}C	Si(Li) 検出器
B	水溶液	^{55}Fe	井戸型 NaI(Tl) シンチレーション検出器
C	有機溶液	^3H	液体シンチレーション検出器
D	水溶液	^{60}Co	Ge 検出器
E	ろ紙	^{32}P	GM 計数管

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

問27 ホットアトムに関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- A ヨウ化エチルを熱中性子照射した後、水で抽出すると、 ^{128}I が水相に検出される。
 - B As(V)のヒ酸塩を熱中性子照射すると、 $^{76}\text{As(III)}$ が生成する。
 - C 安息香酸と炭酸リチウムを混合し、熱中性子照射すると、安息香酸がトリチウムで標識される。
 - D ブタノールと ^3He を混合し、熱中性子照射すると、ブタノールがトリチウムで標識される。
- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

問28 ^{226}Ra は4.8 MeVの α 線を放出して ^{222}Rn になる。このとき、 ^{222}Rn の持つ反跳エネルギー(keV)として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 22 2 34 3 86 4 220 5 340

問29 水和電子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 水溶液を γ 線で照射すると水和電子が生成する。
 - B 水和電子はスパー(スプール)内に生成する。
 - C 水和電子には酸化能力がある。
 - D 水和電子は水素ラジカルを生成する。
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問30 フリッケ線量計に ^{60}Co からの γ 線を線量率 $960 \text{ Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ で1時間照射すると、溶液1 g当たりどれだけの物質質量(mol)の Fe^{3+} が生成するか。ただし、 Fe^{3+} 生成のG値を16、アボガドロ定数を $6.0\times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、1 eVを $1.6\times 10^{-19} \text{ J}$ とする。

- 1 1.0×10^{-7} 以下 2 1.6×10^{-6} 3 6.0×10^{-6} 4 1.7×10^{-5}
5 1.0×10^{-4} 以上