

## 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：

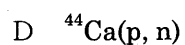
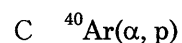
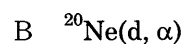
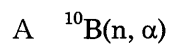
- ① 机の上に出してよいものは、受験票、鉛筆又はシャープペンシル（HB 又は B）、鉛筆削り、消しゴム、時計（計算機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計は不可）に限ります。
- ② 計算機（電卓）、定規及び下敷きの使用は認めません。
- ③ 不正行為等を防止するため、携帯電話等の通信機器は、必ず、電源を切ってカバン等の中にしまってください。
- ④ 問題用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁又は解答用紙の汚れなどに気付いた場合は、手を挙げて試験監督員に知らせてください。なお、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験終了の合図があったら、ただちに筆記用具を置いてください。  
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。

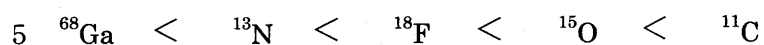
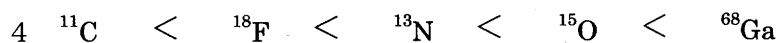
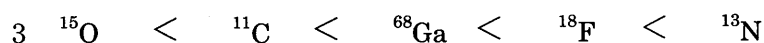
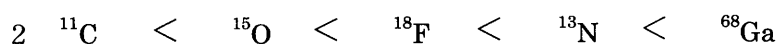
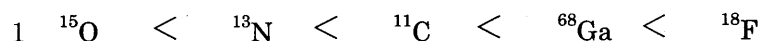
次の各問について、1から5までの5つの選択肢のうち、適切な答えを1つだけ選び、注意事項に従って解答用紙に記入せよ。

**問1** 次の核反応のうち、アルカリ金属元素が生成する反応の組合せとして、正しいものはどれか。



- 1 ABCのみ    2 ACEのみ    3 ADEのみ    4 BCDのみ    5 BDEのみ

**問2** 次の放射性同位体の組合せのうち、半減期が短いものから長いものの順に並んでいるものはどれか。

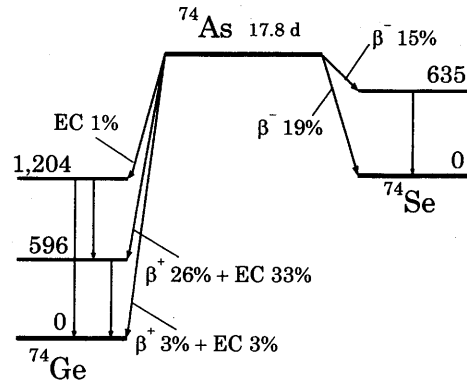


**問3** 半減期が1時間の核種Aから半減期10時間の核種Bが生成する。1 GBqの核種Aのみがあったとき、10時間後の核種Bの放射能[MBq]として、最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 25                      2 39                      3 56                      4 78                      5 111

問4  $^{74}\text{As}$ の壊変図式を図に示す。次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1  $^{74}\text{Se}$ の生成速度は $^{74}\text{Ge}$ の生成速度よりも大きい。
- 2  $\beta^-$ 壊変に伴ってGeの特性X線が放出される。
- 3  $\beta^+$ 壊変に伴って1,204 keVの $\gamma$ 線が放出される。
- 4 EC壊変に伴って635 keVの $\gamma$ 線が放出される。
- 5 596 keVの $\gamma$ 線の放出確率は635 keVの $\gamma$ 線の放出確率より高い。



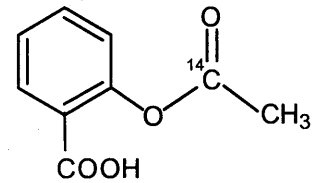
問5 1年間で放射能が1,000分の1に減衰する核種がある。4,000分の1に減衰するのは、おおよそ何年後か。

- |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| 1 | 1.1 | 2 | 1.2 | 3 | 1.5 | 4 | 2.0 | 5 | 3.0 |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|

問6  $^{232}\text{Th}$  900 gの放射能[MBq]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 $1.4 \times 10^{10}$ 年 ( $4.4 \times 10^{17}$ 秒) とする。

- |   |     |   |     |   |     |   |     |   |    |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|----|
| 1 | 0.4 | 2 | 1.2 | 3 | 2.4 | 4 | 3.7 | 5 | 18 |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|----|

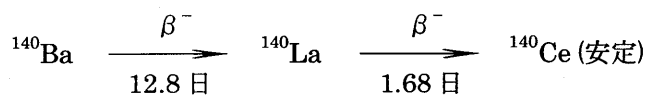
問7  $^{14}\text{C}$  で標識した比放射能  $100 \text{ kBq}\cdot\text{g}^{-1}$  の  $^{14}\text{C}$  アセチルサリチル酸がある。このエステルを希硫酸で加水分解してできる生成物のうち  $^{14}\text{C}$  を含むものの比放射能  $[\text{kBq}\cdot\text{g}^{-1}]$  として、最も近い値は次のうちどれか。必要であれば、分子量は以下の値を用いること。



メタノール: 34、二酸化炭素: 44、エタノール: 46、酢酸: 60、サリチル酸: 138、アセチルサリチル酸: 180。

- 1 19                      2 34                      3 100                      4 300                      5 530

問8  $^{140}\text{Ba}$  は以下のように2回  $\beta^-$  壊変して  $^{140}\text{Ce}$  になる。分離精製した  $^{140}\text{Ba}$  試料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  $^{140}\text{La}$  の放射能が最大となる前に、 $^{140}\text{La}$  と  $^{140}\text{Ba}$  の放射能の和に極大があらわれる。  
 B  $^{140}\text{La}$  の放射能が最大となるとき、 $^{140}\text{La}$  と  $^{140}\text{Ba}$  の放射能の和は、その時点における  $^{140}\text{Ba}$  の放射能の2倍に等しい。  
 C  $^{140}\text{La}$  の放射能が最大となった後、 $^{140}\text{La}$  の放射能と  $^{140}\text{Ba}$  の放射能の比は、次第に一定になる。  
 D  $^{140}\text{La}$  の放射能が最大となった後、 $^{140}\text{La}$  の原子数と  $^{140}\text{Ba}$  の原子数の比は、次第に一定になる。
- 1 ABCのみ      2 ABDのみ      3 ACDのみ      4 BCDのみ      5 ABCDすべて

問9 熱中性子による  $^{235}\text{U}$  の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 分裂に際して中性子が平均して2.5個放出される。  
 B 放出される中性子の運動エネルギーは平均で0.1 MeV程度である。  
 C 分裂片の質量分布は質量数95付近と140付近にピークを持つ。  
 D 生成する核種は中性子不足核である。
- 1 AとB                      2 AとC                      3 BとC                      4 BとD                      5 CとD

問10 次の材料1gを $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ の熱中性子で1時間照射した時、照射直後の $\gamma$ 線線量率が最も小さいものはどれか。ただし、不純物の寄与は無視できるものとする。

- 1 ポリエチレン樹脂
- 2 ポリ塩化ビニル樹脂
- 3 ホウケイ酸ガラス
- 4 アルミニウム
- 5 銅

問11 原子炉での中性子照射により、無担体の放射性同位元素として製造されるものの組合せは次のうちどれか。

- A  $^3\text{H}$
- B  $^{11}\text{C}$
- C  $^{32}\text{P}$
- D  $^{35}\text{S}$

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

問12 Tc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 放射性元素（安定同位体を持たない元素）である。
- B  $^{235}\text{U}$ の核分裂で生成する。
- C Mnと同族元素である。
- D 核医学診断用に $^{99}\text{Tc}$ が利用される。

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

問13 内容積 2.24 L の密封容器に 1.0 モルのトリチウムガス ( $^3\text{H}_2$ ) を入れると  $0^\circ\text{C}$  で 10 気圧となった。これを 12.3 年間保管した。(A) 12.3 年後の容器内圧は  $0^\circ\text{C}$  で何気圧になるか。また (B) 生成するヘリウム-3 ( $^3\text{He}$ ) は何モルか。適切な組合せを選べ。ただし、トリチウムは全てトリチウムガス ( $^3\text{H}_2$ ) の化学形にあるものとする。

	(A)	(B)
1	5 気圧	0.5 モル
2	10 気圧	0.5 モル
3	10 気圧	1.0 モル
4	10 気圧	1.5 モル
5	15 気圧	1.0 モル

問14  $^{210}\text{Po}$ 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 酸素や硫黄と同じく16族元素である。
  - B ウラン系列に属する。
  - C  $^{210}\text{Bi}$ の娘核種である。
  - D  $\alpha$ 壊変して $^{206}\text{Pb}$ になる。
- 1 ABCのみ    2 ABDのみ    3 ACDのみ    4 BCDのみ    5 ABCDすべて

問15 天然放射性元素（安定同位体を持たない元素）又は天然放射性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 最も原子番号の小さい天然放射性元素はウランである。
  - B 天然放射性核種の半減期は100万年以上である。
  - C 大気圏上層で常に生成している天然放射性核種がある。
  - D 常温常圧で気体の天然放射性元素が存在する。
- 1 AとB    2 AとC    3 BとC    4 BとD    5 CとD

問16 環境中の $^{14}\text{C}$ に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1  $^{14}\text{C}$ は主に $^{40}\text{Ar}$ の核破砕反応で生成する。
- 2 大気中の二酸化炭素に含まれる $^{14}\text{C}$ の濃度は19世紀末から上昇を続けている。
- 3 天然繊維に比べて合成繊維中の $^{14}\text{C}$ は低濃度である。
- 4  $^{14}\text{C}$ の加速器質量分析では半導体検出器により $\beta$ 線を計数する。
- 5  $^{14}\text{C}$ を含む考古遺物が埋蔵されてからの年代を求めることができる。

問17 ある放射性核種Xは2種類の壊変形式( $\beta^-$ 壊変と $\beta^+$ 壊変)をもつ。 $\beta^-$ 壊変と $\beta^+$ 壊変の部分半減期がそれぞれ10分と40分のとき、全半減期[分]として正しい値は次のうちどれか。

- 1 4                      2 8                      3 16                      4 30                      5 50

問18 放出される放射線をパラフィンやポリエチレンで遮蔽して保管することが適当な核種はどれか。

- 1  $^{226}\text{Ra}$                       2  $^{234}\text{U}$                       3  $^{239}\text{Pu}$                       4  $^{241}\text{Am}$                       5  $^{252}\text{Cf}$

問19 液体シンチレーションカウンタによる測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  $^3\text{H}$ と $^{32}\text{P}$ の計数効率は、ほぼ等しい。  
B  $\alpha$ 線放出核種の定量には適さない。  
C 着色試料ではクエンチングが起こる。  
D 幾何学的計数効率は100%である。  
E 同時計数法によりS/N比を向上させている。
- 1 ABCのみ      2 ABDのみ      3 ACEのみ      4 BDEのみ      5 CDEのみ

問 20  $^{14}\text{C}$  で標識された  $\text{NaHCO}_3$  の固体を試験管に入れ、これに以下のような操作をした時に、放射性の  $[^{14}\text{C}]\text{CO}_2$  が発生するのはどれか。

- A 300℃に加熱する。
- B 希塩酸を加える。
- C 酢酸を加える。
- D 水酸化ナトリ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 21 イオン交換樹脂の性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 Na型の陽イオン交換樹脂に  $^{45}\text{Ca}^{2+}$  を含む水溶液を流すと、 $^{45}\text{Ca}^{2+}$  が吸着する。
- B H型の陽イオン交換樹脂に  $^{40}\text{K}^+$  を含む水溶液を流すと、 $^{40}\text{K}^+$  は吸着しない。
- C OH型の陰イオン交換樹脂に  $^{57}\text{Ni}^{2+}$  を含む9M塩酸酸性溶液を流すと、 $^{57}\text{Ni}^{2+}$  は吸着しない。
- D OH型の陰イオン交換樹脂に  $^{14}\text{CO}_3^{2-}$  を含む水溶液を流すと、 $^{14}\text{CO}_3^{2-}$  は吸着しない。

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

問 22 放射性鉛を含む  $1\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  硝酸鉛水溶液が4本の試験管に入っている。これら試験管に以下の試薬を滴下すると放射性鉛の沈殿が生成するものはどれか。

- A 希塩酸
- B 希硫酸
- C アンモニア水
- 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 23 次の記述のうち、有機標識化合物の分解を低減するための保管方法として正しいものの組合せはどれか。

- A 低温で保管する。
- B 比放射能を低くして保管する。
- C 放射能濃度を高くして保管する。
- D ラジカルスカベンジャーを添加して保管する。

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

問 24 有機化合物の標識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 化学的な精製を繰り返すことにより比放射能が一定になる。
- B ウィルツバッハ (Wilzbach) 法では、有機化合物をトリチウムガス( $^3\text{H}_2$ )と密封しておき、 $^3\text{H}$ 標識化合物を得る。
- C  $[6-^3\text{H}]$ ウラシルは、ウラシル分子中の特定の位置の水素原子だけが標識されている。
- D  $[G-^3\text{H}]$ トリプトファンは、トリプトファン分子中の全ての位置の水素原子が均一に $^3\text{H}$ 標識されている。

1 ABCのみ    2 ABのみ    3 ADのみ    4 CDのみ    5 BCDのみ

問 25 試料中の成分 A を定量するために、標識した成分 A (比放射能  $480 \text{ Bq}\cdot\text{mg}^{-1}$ ) 20 mg を試料に添加し、よく混合し均一にした。その後、成分 A の一部を純粋に分離したところ、比放射能は  $120 \text{ Bq}\cdot\text{mg}^{-1}$  となった。試料中の成分 A の量 [mg] として正しい値は、次のうちどれか。

1 40                      2 50                      3 60                      4 70                      5 80

問 26 荷電粒子とその性質を利用した分析手法に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 PIXE 法では生成した放射性核種の EC 壊変による特性 X 線を検出する。
- 2 荷電粒子放射化分析による酸素の定量は放射化による中性子過剰核の生成を利用している。
- 3 ラザフォード散乱分析は材料深部の損傷を外部から非破壊的に知る手法である。
- 4 陽電子消滅法は高分子材料中の空孔（ポイド）のサイズを知る手法として利用される。
- 5 フィッシュントラック法により核分裂片が静止するまでの時間を測定できる。

問 27  $^{110m}\text{Ag}$  硝酸銀(I)水溶液を用いた放射分析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 化学形を問わず水道水中の塩素を簡便に定量できる。
- B 溶存ハロゲン化炭素の総量（物質質量）測定に利用される。
- C  $\text{Cl}^-$ と  $\text{Br}^-$ の総量（物質質量）を放射滴定で測定することができる。
- D  $^{110m}\text{Ag}$  硝酸銀(I)水溶液を加えて生じた  $\text{AgCl}$  沈殿の放射能から  $\text{Cl}^-$ を定量できる。

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

問 28 次の放射線利用機器、利用している核種及び放射線の組合せのうち、正しいものはどれか。

- |                 |                     |               |
|-----------------|---------------------|---------------|
| 1 厚さ計           | - $^{90}\text{Sr}$  | - X線          |
| 2 イオウ計          | - $^{11}\text{C}$   | - $\beta^+$ 線 |
| 3 ECD ガスクロマトグラフ | - $^{63}\text{Ni}$  | - $\beta^-$ 線 |
| 4 レベル計          | - $^{35}\text{S}$   | - $\gamma$ 線  |
| 5 水分計           | - $^{252}\text{Cf}$ | - $\alpha$ 線  |

問 29 LET（線エネルギー付与）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 放射線が物質に入射すると、そのLETが大きいほどスプール（スパール）がより密に生成する。
- B 電子は  $\alpha$ 線よりもはるかに質量が小さいが、LETは  $\alpha$ 線よりもはるかに大きい。
- C 同一荷電粒子では、エネルギーが小さいほどLETは大きい。
- D LETは中性子と物質の一次相互作用に対しても用いられる。

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

問30 放射線照射によって水溶液中で生じる化学変化や生成する化学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 酸素を飽和した硫酸酸性水溶液中で $\text{Fe}^{3+}$ イオンが還元される。

B 硫酸セリウム水溶液中で $\text{Ce}^{4+}$ イオンが還元される。

C 水和電子は強い還元力を持つ。

D ヒドロキシルラジカルは強い還元力を持つ。

1 AとB

2 AとC

3 BとC

4 BとD

5 CとD

