

化 学

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 試験中に気分が悪くなった場合は、手を挙げて試験監督員の指示に従ってください。
- ⑥ 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。
- ⑦ 問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑧ 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 解答用紙の注意事項に従い丁寧に記入してください。
- ② 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。
- ③ 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。
- ④ 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。
- ⑤ 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 1年間で1000分の1に減衰する放射性核種の放射能が、2000分の1に減衰するのは何年後か。最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 1.1 2 1.3 3 1.5 4 1.7 5 2.0

問2 放射性核種が同族元素の組合せは、次のうちどれか。

A ${}^7\text{Be}$ と ${}^{28}\text{Al}$ B ${}^{15}\text{O}$ と ${}^{75}\text{Se}$ C ${}^{38}\text{Cl}$ と ${}^{82}\text{Br}$ D ${}^{41}\text{Ar}$ と ${}^{222}\text{Rn}$

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

問3 陽子の数が1つ異なる核種の組合せは、次のうちどれか。

A ${}^{18}\text{O}$ と ${}^{18}\text{F}$ B ${}^{40}\text{Ar}$ と ${}^{40}\text{Ca}$ C ${}^{99}\text{Mo}$ と ${}^{99}\text{Tc}$ D ${}^{133}\text{Xe}$ と ${}^{133}\text{Cs}$

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

問4 1.0 MBqのトリチウム水 180 ml全量を電気分解して水素ガスを得た。大気圧におけるこの気体中のトリチウム濃度($\text{Bq}\cdot\ell^{-1}$)として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、大気圧における気体1モルの体積は22.4 ℓ とする。

- 1 2.2×10^2 2 4.5×10^2 3 2.2×10^3 4 4.5×10^3 5 2.2×10^4

問5 100 kBqの ${}^{45}\text{Ca}$ を含む $0.1\text{ mol}\cdot\ell^{-1}$ 塩化カルシウム水溶液 100 ml から ${}^{45}\text{Ca}$ を除去する目的で、フッ化ナトリウム水溶液を加えてフッ化カルシウム(CaF_2)を沈殿させた。これをろ過乾燥させて得られる $[{}^{45}\text{Ca}]$ フッ化カルシウムの比放射能($\text{kBq}\cdot\text{g}^{-1}$)として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 CaF_2 の式量を78とする。

- 1 6.5 2 13 3 65 4 130 5 650

問6 地殻中には、おおよそ 4.0×10^{13} トンのウラン(^{238}U)が存在すると推定されている。その場合、1年間に地殻中で起きる ^{238}U の自発核分裂の数として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{238}U の自発核分裂の半減期は 8.2×10^{15} 年、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

- 1 8.5×10^{21} 2 8.5×10^{22} 3 8.5×10^{23} 4 8.5×10^{24} 5 8.5×10^{25}

問7 ^{129}I を含む水溶液(1.0 l)中の ^{129}I 放射能濃度を測定したところ $1.0 \times 10^{-2} \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-1}$ であった。この水溶液にヨウ素担体と AgNO_3 水溶液を加え、全ての ^{129}I を AgI の沈殿とした。この沈殿中に含まれる ^{129}I の重量(μg)に最も近い値はどれか。ただし、 ^{129}I の半減期は 1.6×10^7 年(5.0×10^{14} 秒)、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

- 1 1.0 2 1.5 3 10 4 15 5 100

問8 100 MBq の ^{82}Sr を購入したところ、1 MBq の ^{85}Sr が含まれていた。200 日後の ^{85}Sr と ^{82}Sr の放射能比($^{85}\text{Sr}/^{82}\text{Sr}$)として最も近い値は次のうちどれか。ただし、 ^{82}Sr の半減期は 25 日、 ^{85}Sr の半減期は 65 日とする。

- 1 0.1 2 0.3 3 0.8 4 1.5 5 3.0

問9 ^{90}Sr 及び ^{137}Cs に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

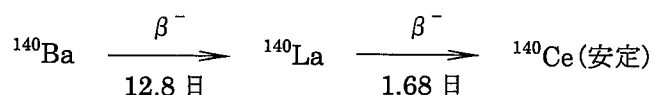
- A 両核種ともに ^{235}U の熱中性子核分裂反応により高い収率で生成する。
- B 両核種ともに β^- 壊変する。
- C 両核種ともに半減期は 30 年程度である。
- D 両核種の娘核種はともに β^- 壊変する。

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

問10 放射能が $1.6 \times 10^{10} \text{ Bq}$ の ^{238}U を含むウラン鉱石中で ^{238}U と永続平衡にある ^{226}Ra の質量(g)として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{226}Ra の半減期は 1600 年(5.0×10^{10} 秒)、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

- 1 0.04 2 0.09 3 0.30 4 0.44 5 0.76

問 11 ^{140}Ba は以下のように 2 回 β^- 壊変して ^{140}Ce になる。この逐次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 分離精製した ^{140}Ba を放置すると、 ^{140}La の放射能が最大となるまでに、 ^{140}La と ^{140}Ba の放射能の和に極大があらわれる。
- B 分離精製した ^{140}Ba を放置すると、 ^{140}La の放射能が最大となるとき、 ^{140}La と ^{140}Ba の放射能は等しくなる。
- C 分離精製した ^{140}Ba を放置すると、 ^{140}La の放射能は、最大になった後、次第に半減期 12.8 日で減衰するようになる。
- D ^{140}Ba 、 ^{140}La 、 ^{140}Ce の原子数の総和は一定である。

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

問 12 ^{87}Y (半減期 80 時間)を吸着させたイオン交換カラムから、娘核種の $^{87\text{m}}\text{Sr}$ (半減期 2.8 時間)を溶離するジェネレータがある。ミルク操作で $^{87\text{m}}\text{Sr}$ の全量を溶出した後、カラム中に生成する $^{87\text{m}}\text{Sr}$ の放射能が最大になる経過時間として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 $\ln 80=4.38$ 、 $\ln 2.8=1.03$ とする。

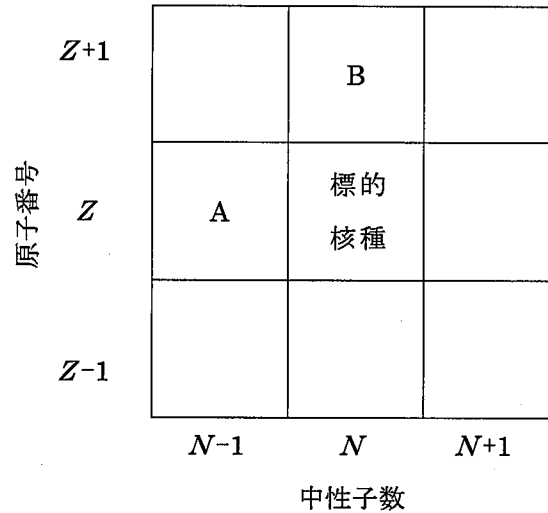
- 1 8 2 14 3 20 4 26 5 32

問 13 アルカリ金属元素を生成する核反応の組合せは、次のうちどれか。

- A $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha)$ B $^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})$ C $^{40}\text{Ar}(\alpha, \text{pn})$ D $^{27}\text{Al}(\text{n}, \alpha)$
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ
- 5 ABCDすべて

問 14 表に示した標的核種から目的核種 A と B それぞれを生成する核反応として、正しい組合せは、次のうちどれか。

	A	B
1	(γ, n)	(p, n)
2	(n, γ)	(p, γ)
3	(p, pn)	(n, p)
4	(n, 2n)	(d, n)
5	(γ, p)	(α, n)



問 15 ある試料を熱中性子 ($1.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) により 10 日間照射したところ、 $^{23}\text{Na}(n, \gamma)^{24}\text{Na}$ 反応で 1 MBq の ^{24}Na が生成した。照射試料中のナトリウムの重量 (g) として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、放射化断面積は 0.53 バーン、 ^{24}Na の半減期は 15 時間、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

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

問 16 熱中性子照射した U_3O_8 粉末を溶解した硝酸溶液から、陽イオン交換カラムに吸着させることのできる核分裂生成核種の組合せは、次のうちどれか。

- A ^{90}Sr B ^{99}Tc C ^{131}I D ^{144}Ce
- 1 A と B 2 A と C 3 A と D 4 B と C 5 B と D

問 17 ヨウ素の同位体に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- ^{123}I は EC 壊変する。
- ^{125}I は EC 壊変する。
- ^{127}I はヨウ素で唯一の安定同位体である。
- ^{128}I の半減期は 1000 万年以上である。
- ^{131}I は β^- 壊変する。

問 18 水溶液中の放射性同位体の化学分離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 $^{35}\text{S}^{2-}$ は、 H_2S として蒸留分離できる。
- B $^{60}\text{Co}^{2+}$ は、クロロ錯体としてイソプロピルエーテルに抽出できる。
- C $^{65}\text{Zn}^{2+}$ は、酸性溶液中で金属銅を加えると金属として析出する。
- D $^{110\text{m}}\text{Ag}^+$ は、硝酸塩として沈殿分離できる。
- E ^{222}Rn は、トルエンに抽出できる。

- 1 AとB 2 AとE 3 BとC 4 CとD 5 DとE

問 19 水相中の放射性同位元素 X (110 MBq) を有機相へ溶媒抽出する際に、X の分配比 (有機相中濃度/水相中濃度) が 10 のとき、次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 有機相の容積が水相の 10 倍の場合、X の水相の放射能は 100 MBq となる。
- B 有機相と水相の容積が等しい場合、X の有機相の放射能は 100 MBq となる。
- C 有機相の容積が水相の 1/10 の場合、X の抽出率は 50 % である。
- D 有機相の容積が水相の 1/2 の場合、X の抽出率は 25 % である。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 20 $6 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ 塩酸に溶けている $^{45}\text{Ca}^{2+}$ 、 $^{59}\text{Fe}^{3+}$ 及び $^{65}\text{Zn}^{2+}$ をジエチルエーテルで抽出すると、有機相に核種 A が抽出された。その後、水相を陰イオン交換樹脂カラムに通すと、核種 B がカラムに吸着し、核種 C は通過した。核種 A、B、C の組合せは、次のうちどれか。

	A	B	C
1	$^{59}\text{Fe}^{3+}$	$^{65}\text{Zn}^{2+}$	$^{45}\text{Ca}^{2+}$
2	$^{59}\text{Fe}^{3+}$	$^{45}\text{Ca}^{2+}$	$^{65}\text{Zn}^{2+}$
3	$^{45}\text{Ca}^{2+}$	$^{65}\text{Zn}^{2+}$	$^{59}\text{Fe}^{3+}$
4	$^{65}\text{Zn}^{2+}$	$^{45}\text{Ca}^{2+}$	$^{59}\text{Fe}^{3+}$
5	$^{45}\text{Ca}^{2+}$	$^{59}\text{Fe}^{3+}$	$^{65}\text{Zn}^{2+}$

問 21 次の化学操作により、ほとんどの放射性核種が沈殿するものの組合せはどれか。ただし、全ての溶液の濃度は $1 \text{ mol} \cdot \ell^{-1}$ とする。

- A $[^{22}\text{Na}]\text{NaCl}$ を含む水溶液 10 ml に AgNO_3 水溶液を 20 ml 加える。
- B $[^{45}\text{Ca}]\text{CaCl}_2$ を含む水溶液 10 ml に Na_2SO_4 水溶液を 40 ml 加える。
- C $[^{59}\text{Fe}]\text{FeCl}_3$ を含む水溶液 10 ml に NaOH 水溶液を 90 ml 加える。
- D $[^{64}\text{Cu}]\text{CuCl}_2$ を含む水溶液 10 ml に Na_2S 水溶液を 40 ml 加える。

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

問 22 ある溶液中に含まれる化合物 X の比放射能が S_0 であるとき、これと同じ化合物で非放射性的の X を $W \text{ } \mu\text{g}$ 含む溶液を加えてよく混合した結果、X の比放射能が S_1 になった。はじめの溶液中に含まれていた X の量 (μg) を求める式は、次のうちどれか。

- 1 $\frac{S_0}{S_1} \cdot W$ 2 $\left(\frac{S_0}{S_1} - 1\right) \cdot W$ 3 $\frac{S_1}{S_0} \cdot W$
- 4 $\left(\frac{S_1}{S_0} - 1\right) \cdot W$ 5 $\frac{1}{\frac{S_0}{S_1} - 1} \cdot W$

問 23 ラジオイムノアッセイ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 抗原の定量に不足当量法の原理を応用した分析手法である。
- B 抗原の標識には ^{125}I が用いられる。
- C 抗原タンパク質を放射性ヨウ素で標識する場合、チロシン残基が標識されることが多い。
- D 検体中の抗原が多くなると、抗体と結合していない標識抗原も多くなる。

- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

問24 原子炉での中性子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 試料に熱中性子を照射し、生成する放射能を測定することにより、元素分析が行われる。
- B 即発γ線分析法では、試料に中性子を照射し、発生するγ線を測定することにより、元素分析が行われる。
- C 熱中性子を試料に照射し、中性子の透過率を測定することにより、試料中の水分の分布が観測される。
- D 中性子回折法は、物質中の水素原子の位置決定に利用される。

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

問25 ホットアトム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 地下水中の $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 放射能比は 1 より大きいことがある。
- B 室温で熱中性子照射した液体の $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$ を水と混合すると、放射能の一部が水相に移動する。
- C 有機化合物に Li_2CO_3 を混合し、原子炉で熱中性子を照射すると、トリチウム標識化合物が得られる。
- D 原子炉で熱中性子照射した $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ を水に溶解すると $^{60}\text{Co}^{2+}$ が得られる。

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

問26 放射性同位元素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。

	放射性同位元素	利用
A	^{14}C	オートラジオグラフィ
B	^{32}P	DNA 塩基配列の決定
C	^{60}Co	メスバウアー線源
D	^{24}Na	PET(陽電子放射断層撮影)
E	^{201}Tl	SPECT(単一光子放射断層撮影)

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

問 27 ある有機溶液の体積を推定するため、2.0 MBq の ^{132}I で標識したヨードベンゼンを添加してよく攪拌の後、液の一部を採取して ^{132}I 放射能濃度を測定した。 ^{132}I 添加の 70 分経過後における濃度は $10 \text{ Bq}\cdot\text{ml}^{-1}$ であった。その溶液の体積 (l) を求めよ。ただし、 ^{132}I の半減期は 140 分とする。

- 1 100 2 120 3 140 4 160 5 200

問 28 放射性同位元素を利用した測定機器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 ^{192}Ir を線源とする非破壊検査装置では、 β 線の物質との相互作用を利用している。
B ^{55}Fe を線源とする硫黄計では、X 線の物質との相互作用を利用している。
C ^{63}Ni を線源とするガスクロマトグラフ用 ECD では、EC 壊変に伴う γ 線の物質との相互作用を利用している。
D $^{241}\text{Am-Be}$ を線源とする水分計では、中性子の物質との相互作用を利用している。

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

問 29 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 フリック線量計では、 $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$ の反応が利用される。
B フリック線量計は、使用前に空気を吹き込む。
C セリウム線量計では、 $\text{Ce}^{4+} \rightarrow \text{Ce}^{3+}$ の反応が利用される。
D アラニン線量計では、重合反応が利用される。

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

問 30 次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 速中性子線が入射したポリエチレン中に正イオンは生成しない。
2 γ 線が入射したヘキサン中に正イオンは生成しない。
3 α 線が入射した水中に負イオンは生成しない。
4 β 線が入射したアルミニウム中に負イオンは生成しない。
5 陽子線が入射したアルゴン中に水素は生成しない。