

化 学

試験が始まる前にこのページに書いてあることをよく読んでください。裏面以降は試験問題になっているので、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物は、受験票、鉛筆（HB 又は B）又はシャープペンシル、鉛筆削り、消しゴム、時計に限ります。計算機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計を机の上に出すことはできません。
- ② 電卓（電子式卓上計算機）及び下敷きの使用はできません。
- ③ 携帯電話等の通信機器は使用できません。（電源を切ってカバン等にしまってください。）
- ④ 問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び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。ただし、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験中に気分の悪くなった場合などは、手を挙げ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、すぐ筆記用具を置いて、解答をやめてください。
試験監督員が解答用紙を集め終わるまでは、席を離れることはできません。
なお、問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑦ 不正行為をした場合は、受験資格を失います。

4 解答用紙の扱いについて：

- ① 解答用紙は機械で読み取りを行いますので、解答用紙の注意事項に従い丁寧に記入してください。また折り曲げたり汚したりしないでください。
- ② 筆記用具は、鉛筆（HB 又は B）又はシャープペンシルを使用し、記入を訂正する場合には消しゴムできれいに消してください。また、消しきずは残さないようにしてください。
- ③ 解答用紙の所定の欄に氏名・受験地・受験番号を必ず記入してください。特に受験番号は受験票と照合して正しく記入してください。
- ④ 試験は択一方式で、解答は 1 つの間につき 1 つだけ選択してください。2 つ以上選択（マーク）した場合は、零点になります。
- ⑤ 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。
- ⑥ 以上の記入方法の指示に従わない場合、必要とされる記入事項が正しく記入されていない場合には採点されません。

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 次のうち、単核種元素(安定同位体が 1 つの元素)のみの組合せはどれか。

A He, F, Na

B Al, P, Cl

C As, Y, Sn

D Sc, Mn, Co

E I, Cs, Au

1 AとB

2 BとC

3 CとD

4 DとE

5 AとE

問 2 次のうち、 β^- 壊変する核種のみの組合せはどれか。

A ^{18}F , ^{32}P , ^{33}P

B ^{45}Ca , ^{51}Cr , ^{60}Co

C ^{57}Co , ^{63}Ni , ^{82}Br

D ^{85}Kr , ^{99}Mo , ^{131}I

E ^{137}Cs , ^{147}Pm , ^{192}Ir

1 AとB

2 BとC

3 CとD

4 DとE

5 AとE

問 3 次のうち、 γ 線を放出しない核種のみの組合せはどれか。

1 ^3H , ^{36}Cl , ^{59}Fe

2 ^{14}C , ^{35}S , ^{38}Cl

3 ^{32}P , ^{33}P , ^{45}Ca

4 ^7Be , ^{33}P , ^{35}S

5 ^{38}Cl , ^{59}Fe , ^{63}Ni

問 4 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 アクチノイド元素は、全てが放射性である。

B ランタノイド元素は、全てが安定同位体を持つ。

C ランタノイド元素は、原子番号が増すと原子半径が小さくなる。

D アクチノイド元素は、3 価の状態が最も安定である。

1 AとB

2 AとC

3 BとC

4 BとD

5 CとD

問 5 放射性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 テクネチウム Tc は、レニウム Re の同族元素である。

B プロメチウム Pm は、アクチノイド元素である。

C ラドン Rn は、ヘリウム He の同族元素である。

D ラジウム Ra は、ナトリウム Na の同族元素である。

1 AとB

2 AとC

3 BとC

4 BとD

5 CとD

問 6 ^{11}C が 1 TBq、 ^{14}C が 1 MBq ある。100 分後の $^{11}\text{C}/^{14}\text{C}$ 原子数の比として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{11}C と ^{14}C の半減期は、それぞれ 20 分、 3.0×10^9 分とする。

1 2×10^{-13}

2 2×10^{-8}

3 2×10^{-4}

4 5×10^3

5 5×10^{12}

問7 ^{238}U を 40 g 含む岩石中の ^{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、この岩石中のウラン系列核種は永続平衡にあり、 ^{238}U の比放射能は $1.2 \times 10^4 \text{ Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ とする。

- 1 1.2×10^4 2 4.8×10^4 3 1.2×10^5 4 4.8×10^5 5 1.2×10^6

問8 半減期 T_1 の親核種の壊変により半減期 T_2 の娘核種が生成する。時間が十分に長く経過した後 ($> 10T_2$)、両核種の関係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 $T_1 \gg T_2$ では、親核種と娘核種の壊変率が等しくなる。
 B $T_1 > T_2$ では、親核種と娘核種の壊変率の比がほぼ一定となる。
 C $T_1 > T_2$ では、親核種の壊変率は娘核種の壊変率より常に大きくなる。
 D $T_1 < T_2$ では、親核種と娘核種の原子数の比がほぼ一定となる。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問9 次の核反応のうち、 ^{18}F を生じるものの組合せはどれか。

- A $^{16}\text{O} (^3\text{He}, n)$ B $^{18}\text{O} (p, n)$ C $^{14}\text{N} (\alpha, n)$ D $^{20}\text{Ne} (d, \alpha)$

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問10 コバルト 1 mg (原子数は 1.0×10^{19} 個) を原子炉で 24 時間照射した。照射終了直後の ^{60}Co の放射能は 3.7 MBq であった。熱中性子フルエンス率 ($\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{60}Co の半減期は 5.3 年 (1.9×10^3 日)、熱中性子放射化断面積は 37 バーンとする。

- 1 5.4×10^9 2 1.0×10^{10} 3 3.7×10^{11} 4 1.0×10^{13} 5 2.7×10^{13}

問11 地球上の ^{14}C は、主として宇宙線起源の中性子による $^{14}\text{N} (n, p) ^{14}\text{C}$ 反応により生成する。地球全体での生成量を年 8 kg ($1.3 \times 10^{15} \text{ Bq/年}$) とすると、地球上に存在する宇宙線起源の ^{14}C の質量 (kg) として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{14}C の半減期は 5730 年とする。

- 1 1.1×10^4 2 3.2×10^4 3 4.6×10^4 4 6.6×10^4 5 1.1×10^5

問12 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 ^3H B ^{11}C C ^{32}P D ^{35}S

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

問13 次のうち、中性子源として用いられる核種の組合せはどれか。

- A $^{60}\text{Co} - ^9\text{Be}$ B $^{90}\text{Sr} - ^9\text{Be}$ C $^{137}\text{Cs} - ^9\text{Be}$

- D $^{226}\text{Ra} - ^9\text{Be}$ E $^{241}\text{Am} - ^9\text{Be}$

- 1 AとB 2 AとE 3 BとC 4 CとD 5 DとE

問 14 ^{210}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 Po は S の同族元素である。
- B ウラン系列の核種である。
- C ^{210}Bi の娘核種である。
- D α 壊変して ^{206}Pb となる。

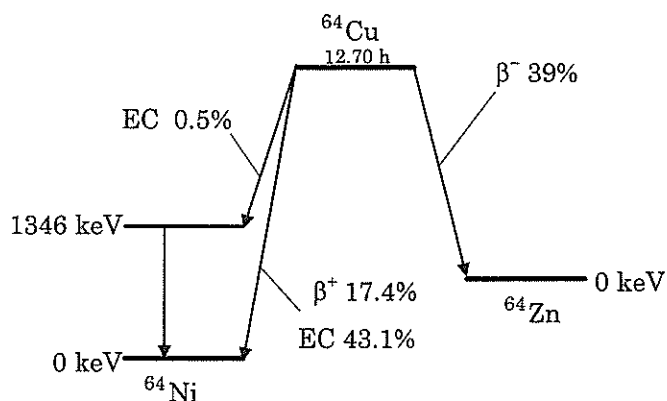
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 15 ^{232}Th 900g 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}Th の半減期は 1.4×10^{10} 年 (4.4×10^{17} 秒)、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

- 1 0.037 2 0.53 3 3.7 4 53 5 370

問 16 ^{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 発生する陽電子の運動エネルギーは単一である。
- E 1346 keV の γ 線は EC 壊変に続いて発生する。



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

問 17 次の放射性試料と検出器の組合せのうち、試料の測定に適したものはどれか。

- A ^{32}P が付着したろ紙 — GM 計数管
- B ^3H 標識化合物を含む水溶液 — 液体シンチレーション検出器
- C $^{99\text{m}}\text{Te}$ で標識された化合物を含む溶液 — 井戸型 NaI(Tl) シンチレーション検出器
- D ^{60}Co を含むステンレス板 — Ge 検出器

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

問 18 放射性気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 ウラン鉱石を酸に溶解すると放射性気体が発生する。
- B ^{14}C で標識された炭酸カルシウム粉末に水酸化カルシウム水溶液を滴下すると、放射性気体が発生する。
- C 熱中性子に照射された空気には、放射化されたアルゴンが含まれる。
- D $^{125}\text{I}^-$ のアルカリ性水溶液に酸を加えて行くと、放射性気体が発生する。

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

問 19 溶媒抽出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 $^{125}\text{I}^-$ を I_2 と同位体交換させて有機溶媒に抽出する。
- B $^{65}\text{Zn}^{2+}$ をジチゾン錯体として有機溶媒に抽出する。
- C $^{59}\text{Fe}^{3+}$ をクロロ錯体としてイソプロピルエーテルに抽出する。
- D $^{137}\text{Cs}^+$ をクエン酸錯体として有機溶媒に抽出する。

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

問 20 蒸留による分離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 ^{35}S を H_2S として蒸留することができる。
- B ^{36}Cl を HCl として蒸留することができる。
- C ^{74}As を AsH_3 として蒸留することができる。
- D ^{82}Br を Br_2 として蒸留することができる。

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

問 21 トレーサーの沈殿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 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ を塩化物として分離できる。
- B ^{203}Hg を硫化物として分離できる。
- C ^{133}Ba を硫酸塩として分離できる。
- D ^{60}Co を炭酸塩として分離できる。

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

問 22 放射化学分離に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- A $^{64}\text{Cu}^{2+}$ と $^{65}\text{Zn}^{2+}$ を含む酸性溶液に鉄片を入れると ^{65}Zn が析出する。
- B ヨウ化エチルを中性子照射して生成する ^{128}I の一部は水相に抽出分離される。
- C 沈殿分離では、生成する塩の溶解度積が小さい反応が選ばれる。
- D ラジオコロイドは、イオン交換樹脂で分離する。
- E 水溶液中のリン酸イオン及び硫酸イオンは、水酸化鉄(Ⅲ)に共沈する。

- 1 AとB 2 BとC 3 CとD 4 DとE 5 AとE

問 23 ^{33}P で標識されたある化合物の試料を検定した。この化合物として標識されている ^{33}P は 772 kBq であり、その他に、 ^{32}P で標識された同じ化合物が 16 kBq、他の化学形の ^{33}P 12 kBq が含まれていた。この試料の検定時の核種純度(%)として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 96.5 2 97.0 3 97.5 4 98.0 5 98.5

問 24 比放射能 $80 \text{ Bq} \cdot \text{mg}^{-1}$ の ^{14}C ベンゼンをニトロ化して得られる ^{14}C ニトロベンゼンの比放射能 ($\text{Bq} \cdot \text{mg}^{-1}$) として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、ベンゼン及びニトロベンゼンの分子量をそれぞれ 78 及び 123 とする。

- 1 39 2 51 3 67 4 80 5 126

問 25 放射性同位元素の化学的挙動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 ^{90}Sr を含む水溶液が弱アルカリ性となった場合に、ろ紙でろ過するとろ紙には娘核種の ^{90}Y が吸着する。
- B ^{140}Ba を含む水溶液が弱アルカリ性となった場合に、ろ紙でろ過するとろ紙には娘核種の ^{140}La が吸着する。
- C 無担体の ^{58}Co (Ⅱ) を含む水溶液に塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えて、アルカリ性になると、ほとんどの ^{58}Co (Ⅱ) が水酸化鉄(Ⅲ)と共沈する。
- D 無担体の ^{24}Na を含む水溶液に塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を加えて、アルカリ性になると、ほとんどの ^{24}Na が水酸化鉄(Ⅲ)と共沈する。

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

問 26 ラジオイムノアッセイ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 同位体希釈分析法の一種である。
- B 抗原抗体反応を利用する定量法である。
- C 標識核種として ^{125}I が用いられる。
- D 簡単な分離操作と放射能測定によって定量できる。

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

問 27 化合物 $x\text{g}$ を定量するために同一の化学形の標識化合物 $y\text{g}$ (比放射能 S_1) を加えた。これから、同化合物 $z\text{g}$ を分離して比放射能を測定すると S_2 であった。 x を与える式として正しいものは、次のうちどれか。

- 1 $\left(\frac{S_1}{S_2}-1\right) \cdot y$
- 2 $\left(\frac{S_2}{S_1}-1\right) \cdot y$
- 3 $\left(\frac{S_1}{S_2}-1\right) \cdot z$
- 4 $\left(\frac{S_2}{S_1}-1\right) \cdot z$
- 5 $\left(\frac{S_1}{S_2}-1\right) \cdot (y-z)$

問 28 医療分野で利用される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 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の製造には、加速器が必要である。
- B ^{125}I は、ミルキングで製造される。
- C ^{123}I は、シングルフォトン放射断層撮影法 (SPECT) で用いられる。
- D ^{18}F は、陽電子放射断層撮影法 (PET) で用いられる。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 29 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 物質に吸収された放射線のエネルギー100 eV 当たりに変化する原子、分子またはイオンの数を G 値という。
- B 気体が放射線により電離されるとき、1組のイオン対を作るのに必要な平均エネルギーを W 値という。
- C 水の放射線分解で生成する水和電子は酸化力を示す。
- D 高分子に放射線を照射すると、架橋反応や分解反応が起きる。

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

問30 硫酸セリウム(IV)の硫酸酸性溶液 10 g に ^{60}Co からの γ 線を 1 時間照射したところ、 $1.0 \times 10^{-5} \text{ g}$ の Ce(III) が生成した。この反応の G 値を 2.5 としたときの吸収線量(Gy)として最も近い値は、次のうちどれか。

ただし、セリウムの原子量は 140、1 eV は $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ 、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

1 1

2 3

3 14

4 27

5 55