

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）、鉛筆削り、プラスチック消しゴム、時計に限ります。電卓機能・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）及び計算尺の使用はできません。
- ③ 試験中に携帯電話等の通信機器並びに通信機能のある時計等は使用できません。（電源を切ってください。）
- 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 試験中に気分が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、HB又はBの鉛筆を使用し、記入を訂正する場合にはプラスチック消しゴムできれいに消してください。また、消しく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受験番号・氏名・試験地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マークしてください。
- 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 次の放射性核種とその元素名のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{103}Ru ルテチウム
- B ^{113}Sn スズ
- C ^{201}Tl タンタル
- D ^{203}Hg 水銀

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問2 次のうち、 γ 線を放出しない核種のみ組合せはどれか。

- 1 ^{14}C , ^{38}Cl , ^{63}Ni
- 2 ^{32}P , ^{57}Ni , ^{90}Sr
- 3 ^3H , ^{33}P , ^{59}Fe
- 4 ^{36}Cl , ^{55}Fe , ^{90}Y
- 5 ^{35}S , ^{45}Ca , ^{85}Sr

問3 放射性壊変系列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 ネプツニウム系列はラドンを經由しないで壊変する。
- B アクチニウム系列は ^{235}U を親として ^{207}Pb で終わる。
- C ウラン系列は α 壊変6回、 β 壊変4回を経て ^{206}Pb で終わる。
- D トリウム系列は ^{204}Pb で終わる。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問4 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 植物に含まれる ^{14}C は土壌中の有機物から取り込まれている。
- B ウラン鉱石中の $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比は、今後上昇する。
- C ^{40}K は地球創成時から存在していた。
- D 宇宙線による核破砕反応で ^{32}P が大気中に発生する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問5 精製した ^{226}Ra (半減期1600年)1gを密封容器に入れて40日間放置した。娘核種 ^{222}Rn (半減期3.82日)の標準状態での体積(mL)として正しいものは、次のうちどれか。ただし、1molの気体の体積は標準状態で22.4Lとする。

- 1 2.9×10^{-8} 2 6.5×10^{-6} 3 6.5×10^{-4} 4 1.3×10^{-3} 5 2.6×10^{-3}

問6 風化を受けていない古い放射性鉱物中に ^{238}U (半減期 $T_1 = 4.5 \times 10^9 \text{y}$) と ^{226}Ra (半減期 $T_2 = 1600 \text{y}$) が存在している。次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 ^{226}Ra の原子数は ^{238}U の原子数に等しい。
- 2 ^{226}Ra の原子数は ^{238}U の原子数の T_1/T_2 である。
- 3 ^{226}Ra の放射能は ^{238}U の放射能に等しい。
- 4 ^{226}Ra の放射能は ^{238}U の放射能の T_1/T_2 である。
- 5 ^{226}Ra の放射能は ^{238}U の放射能の T_2/T_1 である。

問7 炭素試料 1kg 中に ^{14}C が 220Bq 含まれている。この場合の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比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 の同位体存在比は 98.9%、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ とする。

- 1 1.2×10^{-10} 2 1.2×10^{-12} 3 1.2×10^{-13} 4 1.2×10^{-15} 5 1.2×10^{-18}

問8 ^{252}Cf 1mg から 1 秒間に発生する中性子の数に最も近い値は、次のうちどれか。なお、半減期は 2.6 年 (8.2×10^7 秒)、自発核分裂する割合は 3.1%、核分裂当たり発生する中性子数は 3.8 個である。アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ とする。

- 1 2.4×10^9 2 5.4×10^9 3 8.3×10^9 4 2.0×10^{10} 5 4.3×10^{10}

問9 比放射能が $120 \text{kBq} \cdot \text{mg}^{-1}$ の ^{14}C ニトロベンゼン ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$ 、分子量 123) を還元して、 ^{14}C アニリン ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ 、分子量 93) を得た。この ^{14}C アニリンの比放射能 ($\text{kBq} \cdot \text{mg}^{-1}$) に最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 90 2 100 3 120 4 140 5 160

問10 放射平衡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 過渡平衡が成立すると、親核種の放射能は娘核種の半減期で減衰する。
- B 永続平衡が成立すると、親核種と娘核種の放射能は等しくなる。
- C 放射平衡が成立するには、親核種の半減期は娘核種の半減期に比べて長くなければならない。
- D 天然に存在する放射壊変系列では、永続平衡は成立しない。
- E 分岐壊変で生成する 2 つの娘核種の放射能の間には、過渡平衡が成立する。

- 1 ABのみ 2 AEのみ 3 BCのみ 4 CDのみ 5 DEのみ

問11 次の核反応のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A $^{24}\text{Mg}(\text{d}, \alpha)^{22}\text{Na}$ B $^{24}\text{Mg}(\alpha, \text{n})^{27}\text{Al}$ C $^{14}\text{N}(\text{n}, \text{p})^{14}\text{C}$ D $^{40}\text{Ca}(\text{n}, \alpha)^{36}\text{Cl}$

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問12 核反応式 $^{37}\text{Cl}(p, xpyn)^{28}\text{Mg}$ をみたとす x, y の組合せとして正しいものは、次のうちどれか。

- 1 2, 8 2 3, 7 3 4, 6 4 5, 5 5 6, 4

問13 中性子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 ^{235}U の熱中性子による核分裂では、核分裂収率曲線にピークが2つある。
B ^{235}U の熱中性子による核分裂では、1分裂当たり 500MeV 程度のエネルギーが放出される。
C ^{238}U で熱中性子による核分裂が起こりにくいのは、中性子捕獲で生成する ^{239}U の励起エネルギーが核分裂障壁より小さいためである。
D ^{235}U と ^{239}Pu から核分裂で生成する ^{90}Sr の核分裂収率は同程度である。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問14 原子炉を用いた中性子放射化分析において、カドミウムのカプセルに試料を入れて照射する場
合がある。その際のカドミウムの役割は、次のうちどれか。

- 1 熱中性子を吸収するため
2 速中性子を吸収するため
3 熱中性子束をモニターするため
4 速中性子束をモニターするため
5 γ 線を吸収するため

問15 半減期 20 分の核種を製造する場合、20 分間照射した場合の生成放射能に対して 60 分間照射
した場合の生成放射能は何倍となるか。次のうち、最も近い値はどれか。

- 1 1.25 2 1.50 3 1.75 4 2.25 5 3.00

問16 入手した ^{58}Co シアノコバラミン(ビタミン B_{12}) 試料を検定したところ、 ^{58}Co シアノコバラ
ミンの放射能は 485MBq で、 ^{60}Co シアノコバラミン 10MBq と他の化学形の ^{58}Co 5MBq が不純
物として共存することが分かった。この ^{58}Co シアノコバラミン試料の検定時の核種純度(%)は、
次のうちどれか。

- 1 95 2 96 3 97 4 98 5 99

問17 次の系のうち、同位体交換反応に注意すべきものの組合せはどれか。

- A 水溶液中の Fe^{2+} イオンと Fe^{3+} イオンの鉄同位体
B ナフタレンのベンゼン溶液における両化合物の水素同位体
C 炭酸バリウム BaCO_3 (固体) と水蒸気を含む空気中の二酸化炭素 CO_2 の炭素同位体
D エタノール水溶液における水とエタノールのエチル基の水素同位体

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問18 放射性核種を含む測定試料とその放射線を測定する検出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 井戸型 NaI(Tl) 検出器を用いて ^{125}I で標識された化合物を含む溶液試料の放射能を測定する。
- B Ge 検出器を用いて ^{55}Fe を含む溶液試料の ^{55}Fe 放射能を測定する。
- C BGO 検出器を用いて ^{22}Na 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 及び ^{152}Eu の混合溶液の核種濃度を分析する。
- D 表面障壁型 Si 半導体検出器を用いて金属に電着された未知の α 線放出核種を同定する。
- E 液体シンチレーション検出器を用いて ^3H を含む水溶液の ^3H 濃度を測定する。

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

問19 ガラス器具に付着した放射性物質の洗浄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 [^{45}Ca]炭酸カルシウムにはアンモニア水を用いる。
- B [^{54}Mn]酸化マンガン(IV)には希硫酸と過酸化水素水の混合溶液を用いる。
- C [$^{110\text{m}}\text{Ag}$]臭化銀にはチオ硫酸ナトリウム水溶液を用いる。
- D [^{59}Fe]水酸化鉄(III)には過酸化水素水を用いる。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問20 次の実験操作のうち、放射性気体を発生するものの組合せはどれか。

- A 亜鉛に ^{35}S で標識された希硫酸を加える。
- B 酸化鉄(III)に ^3H で標識された過酸化水素水を加える。
- C ^{14}C で標識されたシュウ酸に水酸化ナトリウム水溶液を加える。
- D ^{14}C で標識された炭酸水素ナトリウムに硫酸を加える。
- E ^{35}S で標識された硫化鉄(II)に希塩酸を加える。

1 ABのみ 2 AEのみ 3 BCのみ 4 CDのみ 5 DEのみ

問21 担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 放射性核種の担体として、他の元素を用いることもある。
- B 担体には、放射性核種の製造時から存在するものと、使用あるいは保管する際に加えられるものがある。
- C 水溶液から水酸化鉄(III)の沈殿と共に $^{90}\text{Sr}^{2+}$ が共沈するのを防ぐために Sr^{2+} の担体を加える場合、 Sr^{2+} をスカベンジャーという。
- D 水溶液から水酸化鉄(III)の沈殿と共に多数の放射性核種を共沈させて除去する場合、水酸化鉄(III)を保持担体という。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 22 $^{22}\text{Na}^+$ 、 $^{26}\text{Al}^{3+}$ 、 $^{64}\text{Cu}^{2+}$ 、 $^{89}\text{Sr}^{2+}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}^+$ を含む微酸性硝酸溶液がある。この溶液にそれぞれの担体を加えて次のア～ウの操作を順に行った。沈殿A、B、Cに含まれる放射性核種の組合せとして正しいものはどれか。

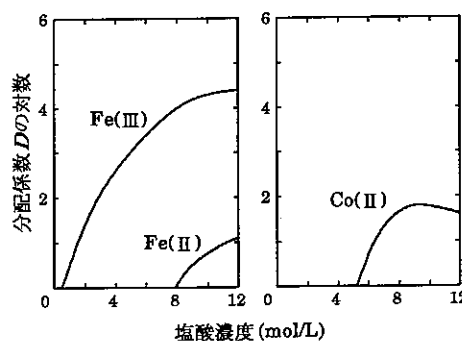
ア 希塩酸を加えたところ、白色の沈殿Aを生じた。これをろ別し、その一部をとりアンモニア水を加えると溶解した。

イ アで得られたろ液に硫化水素を吹き込んだところ黒色の沈殿Bを生じた。

ウ 沈殿Bをろ別し、ろ液を煮沸したのち、アンモニア水でアルカリ性にしたところ、白色沈殿Cを生じた。

	沈殿A	沈殿B	沈殿C
1	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{64}Cu	^{89}Sr
2	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{64}Cu	^{26}Al
3	^{89}Sr	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{26}Al
4	^{89}Sr	^{26}Al	$^{110\text{m}}\text{Ag}$
5	^{64}Cu	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{89}Sr

問 23 図はFe(II、III)及びCo(II)の塩酸溶液と陰イオン交換樹脂の間の分配係数 D (固相/液相)を示している。塩酸溶液中の ^{59}Fe 、 ^{60}Co の分布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 塩酸濃度を4mol/Lとして陰イオン交換樹脂カラムに流すと、 $^{60}\text{Co}(\text{II})$ はほとんど通過する。

B 塩酸濃度を10mol/Lとして陰イオン交換樹脂カラムに流すと、 $^{59}\text{Fe}(\text{III})$ はほとんど通過する。

C Fe(III)をすべてFe(II)に還元すると、 ^{59}Fe は陰イオン交換樹脂により強く吸着する。

D $^{59}\text{Fe}(\text{III})$ と $^{60}\text{Co}(\text{II})$ を吸着した陰イオン交換樹脂に8mol/Lの塩酸を流すと、 ^{59}Fe を分取することができる。

E $^{59}\text{Fe}(\text{II})$ と $^{60}\text{Co}(\text{II})$ を吸着した陰イオン交換樹脂に3mol/Lの塩酸を流すと、 ^{59}Fe と ^{60}Co の両方を溶離することができる。

- 1 ABのみ 2 AEのみ 3 BCのみ 4 CDのみ 5 DEのみ

問 24 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 ラザフォード散乱法は、荷電粒子を試料に照射し、その散乱角を測定することで試料に含まれる元素を分析する方法である。
- B PIXE 法は荷電粒子を試料に照射し、その際発生する特性X線を検出することで試料に含まれる元素を分析する方法である。
- C ^{252}Cf の核分裂を利用する飛行時間分析法は、核分裂片の一方を試料に照射して生成するイオンの飛行時間を測定して、試料分子の質量を求める方法である。
- D メスバウアー分光法は γ 線の共鳴吸収を利用する方法で、線源として ^{57}Co がよく用いられている。

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

問 25 次の標識化合物の種類とその表記例のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 特定位置標識化合物 $[\text{9,10-}^3\text{H(N)}]$ オレイン酸
- B 名目標識化合物 $[\text{6-}^3\text{H}]$ ウラシル
- C 均一標識化合物 $[\text{14C(U)}]$ ロイシン
- D 全般標識化合物 $[\text{3H(G)}]$ ウリジン

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 26 有機標識化合物の保管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 ^3H で標識された化合物の水溶液については冷凍庫で徐々に凍結させる。
- B 水溶液の場合、ラジカルスカベンジャーとしてベンゼンを加える。
- C 比放射能は出来るだけ高くする。
- D 強い γ 線放出体の近くに置かない。

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

問 27 放射性同位元素の性質を利用した分析手法に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{238}U は中性子放射化分析では定量できない。
- B Cl^- の放射分析では $^{110\text{m}}\text{Ag}$ で標識した硝酸銀水溶液を用いる。
- C ^{151}Eu をアクチバブルトレーサーとして用いた野外調査では、放射性物質による汚染は発生しない。
- D 温泉水中の ^{222}Rn の放射化学分析には電解濃縮が用いられる。
- E ^{252}Cf を用いた水分計では、非密封の状態でも ^{252}Cf を使用する。

- 1 ABのみ 2 AEのみ 3 BCのみ 4 CDのみ 5 DEのみ

問28 ホットアトム化学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 ^{12}C の光核反応で生じる ^{11}C の反跳エネルギーは数 MeV 程度である。
- B $^{129}\text{I}\text{Cl}_4^-$ の ^{129}I が固体中で β^- 壊変すると XeCl_4 が生成することがある。
- C ^{85}Kr の β^- 壊変で生成した ^{85}Rb の電荷は大部分+1 を超す。
- D $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$ で生成する ^3H はリチウム化合物中の ^{16}O を放射化するのに十分な反跳エネルギーを持っている。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問29 フリッケ線量計を ^{60}Co の γ 線で1時間照射したところ、 Fe^{3+} が溶液1g当たり $5.6 \times 10^{-5}\text{g}$ 生じた。 γ 線の線量率 ($\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$) は、次のうちどれか。ただし、Feの原子量を56、 Fe^{3+} 生成のG値を16、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 、1eVを $1.6 \times 10^{-19}\text{J}$ とする。

- 1 6 2 36 3 100 4 600 5 9600

問30 水の放射線分解で生成する次の化学種のうち、水溶液中で酸化力を示すものの組合せはどれか。

- A 水和電子 B H ラジカル C H_2 D OH ラジカル E H_2O_2

- 1 ABのみ 2 AEのみ 3 BCのみ 4 CDのみ 5 DEのみ