

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（9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 ある短寿命核種(半減期 T [秒]) を1半減期測定したところ、 C カウントであった。測定終了時におけるこの核種の放射能[Bq]はいくらか。ただしこのときの検出効率を ε とし、数え落としはないものとする。

- 1 $\frac{C}{\varepsilon T}$ 2 $2\frac{C}{\varepsilon T}$ 3 $\frac{1}{2} \cdot \frac{C}{\varepsilon T}$ 4 $\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{C}{\varepsilon T}$ 5 $(\ln 2) \frac{C}{\varepsilon T}$

問2 放射能で等量の ^{134}Cs (半減期 2.0年)と ^{137}Cs (半減期 30年)がある。10年後の ^{134}Cs と ^{137}Cs の原子数比として最も近い値は、次のうちどれか。ただし $\sqrt[3]{2} = 1.26$ とする。

- 1 0.0013 : 1 2 0.0026 : 1 3 0.039 : 1 4 0.067 : 1 5 0.13 : 1

問3 半減期が 12.5 億年 (3.9×10^{16} 秒)の放射性同位体 3.9 mg の放射能が 1,040 Bq であった。この同位体のモル質量 [$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$] に最も近い値はどれか。

- 1 40 2 60 3 80 4 120 5 140

問4 次の放射性核種を、比放射能 [$\text{Bq} \cdot \text{g}^{-1}$] の大きい順に並べたものはどれか。ただしそれぞれの核種の半減期を ^{14}C は 5,700年、 ^{60}Co は 5.3年、 ^{32}P は 0.04年とする。

- A ^{14}C
B ^{32}P
C ^{60}Co

- 1 $A > B > C$ 2 $B > A > C$ 3 $B > C > A$ 4 $C > B > A$ 5 $C > A > B$

問5 比放射能 $10 \text{ kBq} \cdot \text{mg}^{-1}$ の $^{14}\text{C}_3\text{COOH}$ に $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ と少量の濃硫酸を加えて加熱したときに生成する酢酸エチル $^{14}\text{C}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ の比放射能 [$\text{kBq} \cdot \text{mg}^{-1}$] に最も近いものはどれか。

- 1 3.4 2 6.8 3 8.2 4 14.7 5 18.1

問6 次の炭化水素の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比がすべて等しいとき、各化合物 1 グラム中の ^{14}C 放射能が最も大きいものと、各化合物 1 モル中の ^{14}C 放射能が最も大きいものとの正しい組合せはどれか。

- A メタン (CH_4)
B エタン (C_2H_6)
C エチレン (C_2H_4)
D アセチレン (C_2H_2)
E プロパン (C_3H_8)

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとE 5 DとE

問7 放射性親核種 1 は半減期 T_1 で壊変して娘核種 2 になり、生成した娘核種 2 はさらに半減期 T_2 で壊変して安定核種 3 になる。この逐次壊変で、 $T_1 > T_2$ であり、娘核種を分離除去した親核種 1 から生成する娘核種 2 の放射能が最大になるときを t_{max} とすると、次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A t_{max} では、娘核種 2 の生成速度と壊変速度は等しい。
B t_{max} では、親核種 1 の放射能と娘核種 2 の放射能は等しい。
C t_{max} の後は、娘核種 2 の放射能は親核種 1 の放射能を常に上回る。
D t_{max} の後は、娘核種 2 の放射能は次第に半減期 T_2 で減衰するようになる。

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

問8 精製した ^{140}Ba から生成した ^{140}La の放射能が、精製時より 25.6 日後に 5.0 kBq であった。精製時における ^{140}Ba の放射能 [kBq] として最も近いものはどれか。ただし、 ^{140}Ba の半減期を 12.8 日、 ^{140}La の半減期を 1.7 日とする。

- 1 2 2 7 3 12 4 17 5 22

問9 ある小型アイソトープ電池には、 α 壊変する ^{238}Pu (半減期 87.7 年、 2.8×10^9 秒)が 1.0 mg 用いられている。放出される α 粒子のエネルギーは1壊変当たり 9.0×10^{-13} Jで、このすべてが利用されるとすると、この電池の出力[mW]として最も近い値はどれか。

- 1 0.07 2 0.14 3 0.28 4 0.56 5 1.12

問10 ある物質を原子炉で40分間中性子照射すると、半減期20分の放射性核種が 3.0×10^5 Bq 生成する。その物質を同じ照射条件の下で10分間照射したときに生成する放射能[Bq]は、次のうちどれか。

- 1 7.5×10^4 2 1.2×10^5 3 1.5×10^5 4 2.0×10^5 5 2.8×10^5

問11 元素の周期表で4族のZrとHfの熱中性子吸収断面積は、それぞれ0.2 barnと100 barnである。それぞれ $100 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ のZr板又はHf板を熱中性子が透過したとき、Zr板での熱中性子束の吸収率 $A(\text{Zr})$ とHf板での熱中性子束の吸収率 $A(\text{Hf})$ の比、すなわち $A(\text{Zr}) / A(\text{Hf})$ に最も近い値は次のうちどれか。ただし、ZrとHfの原子量は、それぞれ91と178とする。

- 1 4×10^{-3} 2 2.0×10^{-2} 3 4×10^{-1} 4 2.5×10^2 5 3×10^3

問12 炭素の同位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 ^{11}C は陽電子放射断層撮影(PET)に用いられる。
- B ^{12}C は原子量の基準となっている。
- C ^{13}C は核磁気共鳴分光法で用いられる。
- D ^{14}C は大気中では $^{14}\text{CO}_2$ として存在する。

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

問 13 ^{125}I と ^{131}I 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 同一放射能の ^{125}I と ^{131}I を比較すると、原子数は ^{131}I の方が多い。
- B ^{131}I は ^{235}U の熱中性子核分裂により生成する。
- C ラジオイムノアッセイに最も多く用いられるのは ^{125}I である。
- D ^{125}I は EC 壊変して γ 線を放出する。

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

問 14 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) はマンガン (Mn) の同族元素である。
- B ラドン (Rn) はウラン (U) の同族元素である。
- C プロメチウム (Pm) はアクチノイド元素である。
- D トリウム (Th) はアクチノイド元素である。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 15 γ 線を放出しない核種のみ組合せは、次のうちどれか。

- 1 ^{32}P 、 ^{55}Fe 、 ^{63}Ni
- 2 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{134}Cs
- 3 ^{33}P 、 ^{35}S 、 ^{59}Fe
- 4 ^{24}Na 、 ^{36}Cl 、 ^{45}Ca
- 5 ^{54}Mn 、 ^{60}Co 、 ^{90}Sr

問 16 次のうち、アルカリ金属元素の同位体を生成する反応の組合せはどれか。

- A $^{10}\text{B}(n, \alpha)$
- B $^{24}\text{Mg}(d, \alpha)$
- C $^{40}\text{Ar}(\alpha, p)$
- D $^{81}\text{Br}(\alpha, 2n)$

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

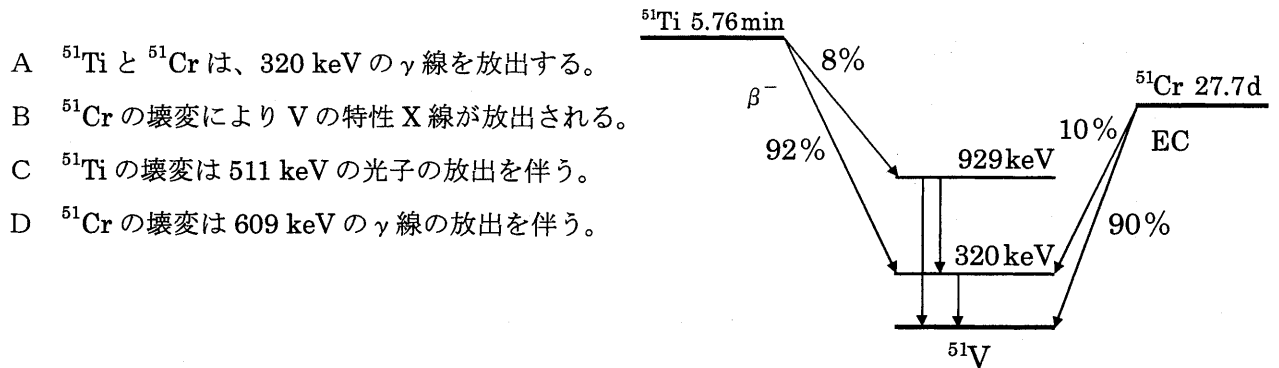
問 17 次の核種のうち、娘核種が放射性でないものはどれか。

- 1 ^{90}Sr
- 2 ^{68}Ge
- 3 ^{99}Mo
- 4 ^{210}Po
- 5 ^{226}Ra

問 18 環境中の放射性核種に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 トリチウム T は海水中では T_2O として存在する。
- 2 化石燃料の使用は大気中の二酸化炭素の ^{14}C 濃度を上昇させる。
- 3 ^{40}K は太陽宇宙線照射で生成したものである。
- 4 ^{99}Tc は大部分が ^{235}U の核分裂に由来する。
- 5 ネプツニウム系列のラドン同位体は ^{221}Rn である。

問 19 図は質量数 51 の壊変図を示している。次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。



- A ^{51}Ti と ^{51}Cr は、320 keV の γ 線を放出する。
- B ^{51}Cr の壊変により V の特性 X 線が放出される。
- C ^{51}Ti の壊変は 511 keV の光子の放出を伴う。
- D ^{51}Cr の壊変は 609 keV の γ 線の放出を伴う。

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

問 20 放射性核種を含む試料とその測定に適した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 ^{55}Fe で標識された化合物を含む溶液試料の放射能を BGO シンチレーション検出器を用いて測定する。
- B 溶液試料中の未知の γ 線放出核種を Ge 半導体検出器を用いて同定する。
- C ^{14}C と ^3H を含む水溶液の核種濃度を液体シンチレーションカウンタを用いて定量する。
- D 金属に電着された未知の α 線放出核種を GM 検出器を用いて同定する。
- E ^{210}Po の核種濃度を液体シンチレーションカウンタを用いて定量する。

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 BCEのみ 4 ADEのみ 5 CDEのみ

問 21 100 kBq の ^{140}Ba を含む硫酸バリウム (BaSO_4) 100 mg を 1 L の水とよく攪拌して混合したとき、水に溶解する ^{140}Ba の放射能 [kBq] に最も近い値はどれか。ただし、 BaSO_4 の式量は 233 とし、 BaSO_4 の溶解度積 $K_{\text{sp}} = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 1.0 \times 10^{-10} (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})^2$ とする。

- 1 0.2 2 2 3 10 4 20 5 30

問 22 担体を含む $^{65}\text{Zn}^{2+}$ の酸性溶液がある。この溶液に NaOH 水溶液又はアンモニア水を加えていくと、いずれもまず白い沈殿が生じる。次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A NaOH 水溶液を少量加えて沈殿するのは水酸化物である。
- B NaOH 水溶液をさらに過剰に加えると、この沈殿は再溶解する。
- C アンモニア水を少量加えて沈殿するのは水酸化物である。
- D アンモニア水をさらに過剰に加えると、この沈殿は再溶解する。

- 1 ABCのみ 2 ACのみ 3 BDのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

問 23 担体を含む水溶液からの放射性沈殿の生成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 $^{45}\text{Ca}^{2+}$ はシュウ酸イオンと沈殿を生成する。
- B $^{59}\text{Fe}^{2+}$ の方が $^{59}\text{Fe}^{3+}$ に比べて、より酸性側でも水酸化物を沈殿する。
- C $^{64}\text{Cu}^{2+}$ の酸性溶液に硫化水素を通じると沈殿を生成する。
- D $^{140}\text{Ba}^{2+}$ の水溶液に希硫酸を加えると沈殿を生成する。
- E $^{110\text{m}}\text{Ag}^+$ は過塩素酸イオンと沈殿を生成する。

- 1 ABEのみ 2 ACDのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 BCEのみ

問 24 次の金属が、室温で、トリチウムを含む水または水溶液と反応して、トリチウムを含む水素ガスを発生するものの組合せはどれか。

- A 金属ナトリウム + トリチウム水
- B 金属アルミニウム + トリチウム水
- C 金属アルミニウム + トリチウムを含む $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 塩酸
- D 金属アルミニウム + トリチウムを含む $2\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 水酸化ナトリウム水溶液

- 1 ABのみ 2 ACのみ 3 BDのみ 4 ACDのみ 5 BCDのみ

問 25 水相からある有機相への I_2 の抽出の分配比が 100 であった。50 MBq の ^{125}I を I_2 として含む水相 100 mL から、この I_2 を有機相 50 mL に抽出した場合、水相に残る ^{125}I の放射能 [MBq] に最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.5 2 1.0 3 1.5 4 2.0 5 2.5

問 26 $^{59}\text{Fe}^{3+}$ 、 $^{85}\text{Sr}^{2+}$ 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}^+$ 、 $^{137}\text{Cs}^+$ とそれぞれの担体を含む希硝酸溶液がある。この溶液に、次のイ～ハの操作を行った。

イ 少量の塩酸を入れたところ、沈殿Aが生じた。

ロ 沈殿Aをろ別した後、溶液をアンモニア水でアルカリ性にしたところ、沈殿Bが生じた。

ハ 沈殿Bをろ別した後、溶液に炭酸アンモニウム溶液を加えたところ、沈殿Cが生じた。

沈殿A～C中の主な放射性核種の組合せとして正しいものは、次のうちどれか。

	A	B	C
1	^{85}Sr	^{59}Fe	$^{110\text{m}}\text{Ag}$
2	^{59}Fe	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{137}Cs
3	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{59}Fe	^{85}Sr
4	^{137}Cs	^{85}Sr	^{59}Fe
5	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{85}Sr	^{137}Cs

問 27 次の記述のうち、ホットアトムの生成と関係がないものはどれか。

- 1 中性子照射した臭素酸カリウムを水に溶かすと、放射性の Br^- イオンも得られる。
- 2 中性子照射したヨウ化エチルに水を加えて振り混ぜると、水中に高比放射能の ^{128}I が得られる。
- 3 地下水中の $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (放射能比) が 1 より大きいことがある。
- 4 トリチウムを含む水を電気分解すると、水中のトリチウム濃度は高くなる。
- 5 ホウ素化合物をがん組織に濃縮させた後、熱中性子照射で腫瘍しゅようを治療する。

問 28 アクチバブルトレーサーについての次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 安定同位体をトレーサーとして用いる。
- B 測定の対象に主成分として含まれている元素を利用する。
- C 放射化分析で感度の高い元素をトレーサーとして加える。
- D 放射能汚染を引き起こす可能性があるので、自然環境では使用できない。

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

問 29 次の放射線源と放射性同位元素利用機器の関係のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{55}Fe — 透過型厚さ計
- B ^{63}Ni — ECD ガスクロマトグラフ
- C ^{85}Kr — 煙感知器
- D ^{137}Cs — 水分計
- E ^{147}Pm — 散乱型厚さ計

- 1 AとD 2 AとE 3 BとC 4 BとE 5 CとD

問 30 次の γ 線の線量計(ア)と利用されている現象(イ)の組合せが正しいものはどれか。

- | | (ア) | (イ) |
|---|------------|----------------------|
| 1 | フリック線量計 | Fe^{3+} の還元 |
| 2 | セリウム線量計 | Ce^{3+} の酸化 |
| 3 | アラニン線量計 | ラジカル生成 |
| 4 | 蛍光ガラス線量計 | 発熱 |
| 5 | 熱ルミネセンス線量計 | イオン対生成 |

