

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 ある放射性同位元素 3.7 GBq は5年後に 37 MBq に減衰した。この 37 MBq が 3.7 kBq に減衰するのは、おおよそ何年後か。最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 5 2 10 3 20 4 40 5 50

問2 純度 100% のトリチウムガス ($^3\text{H}_2$) が、アンプルの中に 1.00 気圧で封入されている。これが 24.6 年間経過すると、内部の圧力は何気圧になるか。ただし、トリチウムは半減期 12.3 年で β^- 壊変し、アンプル中のトリチウムの化学形は常に $^3\text{H}_2$ とする。

- 1 0.75 2 1.00 3 1.25 4 1.50 5 1.75

問3 70 MBq の ^{201}Tl (半減期 73 時間 = 2.6×10^5 秒) の質量 [g] に最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 4.4×10^{-9} 2 8.7×10^{-9} 3 1.3×10^{-8} 4 2.7×10^{-8} 5 5.2×10^{-8}

問4 比放射能が $50 \text{ kBq} \cdot \text{mg}^{-1}$ の ^{14}C フェノール ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 、分子量 94) を臭素化して、 ^{14}C トリプロモフェノール ($\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})\text{Br}_3$ 、分子量 331) を得た。この ^{14}C トリプロモフェノールの比放射能 [$\text{kBq} \cdot \text{mg}^{-1}$] に最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 14 2 23 3 50 4 120 5 170

問5 次の逐次壊変にある核種の組合せのうち、放射平衡となり得るのはどれか。なお、括弧内に半減期を示す。

	親核種	娘核種
A	^{57}Ni (1.5 日)	^{57}Co (272 日)
B	^{68}Ge (271 日)	^{68}Ga (68 分)
C	^{87}Y (79.8 時間)	$^{87\text{m}}\text{Sr}$ (2.8 時間)
D	^{140}Ba (12.8 日)	^{140}La (1.7 日)

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

問6 次の核反応のうち、アルカリ金属元素の同位体を生成するのはどれか。

- A $^{10}\text{B}(\text{n}, \alpha)$
 B $^{23}\text{Na}(\text{p}, \text{pn})$
 C $^{40}\text{Ar}(\alpha, \text{p})$
 D $^{84}\text{Kr}(\text{d}, 2\text{n})$

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

問7 ^{23}Na を 1.0×10^{-6} mol 含む試料を、原子炉で熱中性子フルエンス率 $1.0 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で照射したとき、生成する ^{24}Na の飽和放射能[Bq]に最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{23}Na の熱中性子捕獲断面積は 0.53 b(バーン)とする。

- 1 3.2×10^5 2 5.3×10^6 3 3.2×10^7 4 5.3×10^8 5 3.2×10^9

問8 ある短寿命核種(半減期 T 分)を加速器で製造するのに、 $2T$ 分間照射して $2T$ 分間冷却したときの放射能は、 T 分間照射して T 分間冷却したときの放射能の何倍か。

- 1 $\frac{3}{4}$ 2 1 3 $\frac{4}{3}$ 4 $\frac{3}{2}$ 5 $\frac{5}{3}$

問9 ある物質Aを40分間中性子照射したところ、半減期40分の放射性核種Bが5.0 MBq生成した。照射条件を変えずに同じ量のAを20分間又は120分間中性子照射したときに生成するBの放射能の値[MBq]として正しいものの組合せは、次のうちどれか。

	20分間	120分間
1	1.8	6.1
2	2.5	7.5
3	2.5	8.8
4	2.9	8.8
5	3.8	15

問10 ^{133}Ba の $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 水溶液がある。これに次の溶液を加えると放射性の沈殿が生成するのはどれか。

- A $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫酸
- B $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 炭酸ナトリウム水溶液
- C $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 硫化ナトリウム水溶液
- D $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 水酸化ナトリウム水溶液

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

問11 放射性ヨウ素に関する次の記述のうち、適切なものの組合せはどれか。

- A ^{123}I は核医学診断に用いられている。
- B ^{125}I の測定に NaI(Tl)シンチレーション検出器が用いられている。
- C ^{128}I はラジオイムノアッセイに用いられている。
- D ^{129}I の定量に加速器質量分析法(AMS)が用いられている。
- E ^{131}I はポジトロン線源に用いられている。

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACEのみ 4 BDEのみ 5 CDEのみ

問 12 次の放射性核種のうち、半減期が 3 倍以上異なるものはどれか。

- A ^{11}C と ^{13}N B ^{99}Mo と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ C ^{60}Co と ^{137}Cs D ^{125}I と ^{131}I
- 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、放射性核種のみのはどれか。

- 1 ^{11}C 、 ^{12}C 、 ^{14}C
2 ^{13}N 、 ^{14}N 、 ^{15}N
3 ^{30}P 、 ^{32}P 、 ^{33}P
4 ^{35}Cl 、 ^{36}Cl 、 ^{37}Cl
5 ^{40}Ca 、 ^{42}Ca 、 ^{45}Ca

問 14 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{45}Ca について半減期の短い順に正しく並んでいるものは、次のうちどれか。

- 1 ^{35}S < ^{32}P < ^{14}C < ^3H < ^{45}Ca
2 ^{35}S < ^{32}P < ^{45}Ca < ^3H < ^{14}C
3 ^{32}P < ^{35}S < ^{14}C < ^{45}Ca < ^3H
4 ^{45}Ca < ^{32}P < ^{35}S < ^3H < ^{14}C
5 ^{32}P < ^{35}S < ^{45}Ca < ^3H < ^{14}C

問 15 それぞれの放射性核種と壊変系列の組合せのうち、誤っているものはどれか。

- 1 ^{232}Th — トリウム系列
2 ^{224}Ra — ウラン系列
3 ^{208}Tl — トリウム系列
4 ^{234}U — ウラン系列
5 ^{235}U — アクチニウム系列

問 16 次のうち、宇宙線により生成し、地上でも観測される放射性核種のみのはどれか。

- | | | | |
|---|---------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | ^3H 、 | ^7Be 、 | ^{14}C |
| 2 | ^{11}C 、 | ^{13}N 、 | ^{15}O |
| 3 | ^{19}F 、 | ^{23}Na 、 | ^{59}Co |
| 4 | ^{40}K 、 | ^{87}Rb 、 | ^{137}Cs |
| 5 | ^{222}Rn 、 | ^{226}Ra 、 | ^{238}U |

問 17 次の放射性核種の壊変形式と壊変で放出される γ 線の有無について、正しいものの組合せはどれか。

	核種	壊変形式	γ 線放出の有無
A	^{13}N	β^+	無
B	^{32}P	β^-	有
C	^{63}Ni	EC	無
D	$^{137\text{m}}\text{Ba}$	IT	有

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 18 次の操作のうち、放射性気体が発生するのはどれか。

- A $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ に塩酸を加える。
 B Fe^{35}S に塩酸を加える。
 C $\text{Na}_2^{35}\text{SO}_4$ に水酸化カリウム水溶液を加える。
 D $\text{Cu}^{36}\text{Cl}_2$ にアンモニア水を加える。
- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 19 ビーカーに入った各 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 水溶液に、よく磨いた金属板を浸して静置したときに、金属板に放射性物質が析出するのはどれか。

- A $[^{65}\text{Zn}] \text{ZnSO}_4$ + Cu 板
 B $[^{64}\text{Cu}] \text{CuSO}_4$ + Fe 板
 C $[^{110\text{m}}\text{Ag}] \text{AgNO}_3$ + Cu 板
 D $[^{210}\text{Pb}] \text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ + Zn 板

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

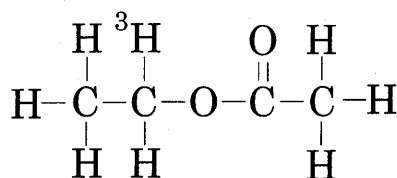
問 20 次の実験操作のうち、空気中の放射能濃度の上昇を招くおそれがあるものの組合せはどれか。

- A OH 基が ^3H で標識されたエタノールに米粒大のナトリウムを入れた。
 B ^{14}C で標識された炭酸カルシウム粒に濃水酸化ナトリウム水溶液を滴下した。
 C 放射性粉末試料を実験用容器に分取した。
 D $^{144}\text{Ce}^{4+}$ の水溶液に ^{60}Co 密封線源からの γ 線を照射した。
 E ^{125}I の弱アルカリ性水溶液に塩酸を加えて酸性とした。

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

問 21 図のトリチウム標識酢酸エチルの希硫酸による加水分解での生成物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 放射性的酢酸が生成する。
 B 放射性的エタノールが生成する。
 C 非放射性的酢酸が生成する。
 D 非放射性的エタノールが生成する。
 E 放射性的水が生成する。



- 1 AとB 2 AとD 3 BとC 4 CとE 5 DとE

問 22 放射性核種とその利用に関する次の組合せのうち、正しいものはどれか。

- 1 ^{14}C — 石炭の生成年代の測定
- 2 ^{18}F — 人体の陽電子放射断層撮影(PET)
- 3 ^{57}Co — 岩石中のコバルトの中性子放射化分析
- 4 ^{90}Sr — ジャガイモの発芽防止
- 5 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ — 人体のシングルフォトン断層撮影(SPECT)

問 23 次のような $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ の比がすべて等しい炭化水素があるとき、各化合物 1 グラム中の ^{14}C 放射能も、各化合物 1 モル中の ^{14}C 放射能も、ともに最大である化合物はどれか。

- 1 エタン(C_2H_6)
- 2 エチレン(C_2H_4)
- 3 アセチレン(C_2H_2)
- 4 ベンゼン(C_6H_6)
- 5 シクロヘキサン(C_6H_{12})

問 24 次のトリチウム標識有機化合物に関する記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 有機化合物中の特定位置の標識にはウィルツバッハ法が用いられる。
- B 化学純度を上げるために精製を繰り返すと比放射能は一定となる。
- C 放射化学純度は非放射性の不純物の量とは無関係である。
- D 保管時にはできるだけ放射能濃度の高い状態とする。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 25 中性子放射化分析の特徴として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A 多元素同時分析ができる。
- B 非破壊分析ができる。
- C 中性子捕獲断面積の大きい元素が共存すると、定量誤差の原因となる。
- D 照射後の化学分離の際の目的元素の混入は、定量に影響しない。

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

問 26 荷電粒子励起 X線(PIXE)分析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 生体試料中の重金属元素分析に適している。
- B 多元素同時分析ができる。
- C 微小領域の分析が可能である。
- D 分析試料が放射化される。

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

問 27 ^{210}Po は 5.304 MeV の α 線を放出し、安定な ^{206}Pb になる。 α 線による ^{206}Pb の反跳エネルギー [keV] に最も近いものはどれか。

1 83 2 96 3 103 4 110 5 122

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 中性子照射したヨウ化エチル $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$ を水と振り混ぜると放射性の ^{129}I が水に溶け出す。
- B 有機化合物を炭酸リチウムと混合して中性子照射すると、 ^{14}C の標識化合物が得られる。
- C 中性子照射したクロム酸カリウム K_2CrO_4 を水に溶かすと陽イオンの ^{51}Cr も観測される。
- D $^{37}\text{Cl}(n, \gamma)^{38}\text{Cl}$ で ^{38}Cl が得る反跳エネルギーは 1 eV 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 29 次の放射性同位元素と用いられる分析・計測装置で、利用される放射線が正しいものはどれか。

- | | | | |
|---|-------------------|-----------------|--------------|
| 1 | ^{55}Fe | — 硫黄計 | — β 線 |
| 2 | ^{63}Ni | — ECD ガスクロマトグラフ | — X 線 |
| 3 | ^{90}Sr | — 透過型厚さ計 | — γ 線 |
| 4 | ^{147}Pm | — 散乱型厚さ計 | — α 線 |
| 5 | ^{252}Cf | — 水分計 | — 中性子線 |

問 30 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 フリッケ線量計は、 Fe^{2+} の酸化反応を利用する。
 - B フリッケ線量計のG値は、 ^{60}Co の γ 線に対して約15.5である。
 - C セリウム線量計は、感度は低いが大線量の測定に適している。
 - D アラニン線量計はラジカル生成を利用する。
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

