

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（6ページ）

3 注意事項：

- ① 机の上に出してよい物は、受験票、鉛筆又はシャープペンシル（HB又はB）、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）、定規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。
なお、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。
- 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、鉛筆又はシャープペンシル（HB又はB）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。
- 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つの問につき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、又は必要とされる記入事項が正しく記入されていない場合は、採点がなされません。

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、 β^- 壊変する核種のみを組合せはどれか。

A ^{33}P , ^{35}S

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

C ^{90}Sr , ^{125}I

D ^{131}I , ^{147}Pm

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

問 2 次のうち、半減期が 1 万年以上の核種を組合せはどれか。

A ^{40}K

B ^{90}Sr

C ^{129}I

D ^{131}I

E ^{137}Cs

1 AとB

2 AとC

3 AとD

4 BとC

5 BとD

【注意】問 2 には出題ミスがありました。5 つの選択肢に E が含まれていませんので、記述「E ^{137}Cs 」を削除することとしました。

問 3 半減期が 24 時間と 6 時間の 2 つの放射性核種 X、Y の放射能が合わせて 70 MBq であった。

この放射能が 24 時間後には 17.5 MBq となった。両核種の娘核種はいずれも非放射性である。初めにあったそれぞれの核種の放射能 (MBq) として最も近い値の組合せは、次のうちどれか。

	核種 X	核種 Y
1	30	40
2	25	45
3	20	50
4	15	55
5	10	60

問 4 陽電子放射断層撮影法 (PET) で利用される次の放射性核種のうち、2 時間以内に放射能が 1/100 に減衰する核種を組合せは、次のうちどれか。

A ^{11}C

B ^{13}N

C ^{15}O

D ^{18}F

1 AとB

2 AとC

3 AとD

4 BとC

5 BとD

問 5 1.0 MBq の ^{14}C の原子数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 (1.8×10^{11} 秒) とする。

1 2.2×10^{14}

2 1.8×10^{15}

3 1.2×10^{16}

4 2.6×10^{17}

5 3.9×10^{18}

問 6 9.0 MBq の ^{14}C を含む 10 g の CaCO_3 を希塩酸で溶解したところ、放射性の気体が発生した。この気体の放射能濃度 ($\text{MBq} \cdot \ell^{-1}$) として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 CaCO_3 の式量は 100、気体 1 モルの体積は 22.4 ℓ とする。

1 2.0

2 4.0

3 6.0

4 9.0

5 20

問7 ^{32}P で標識したリン酸トリブチル(TBP)を合成したところ、10 MBqを含む1.0 gの製品を得た。この製品の化学純度は90重量%、放射化学純度は86%であった。

この ^{32}P TBPの比放射能($\text{MBq}\cdot\text{g}^{-1}$)として最も近い値は、次のうちどれか。

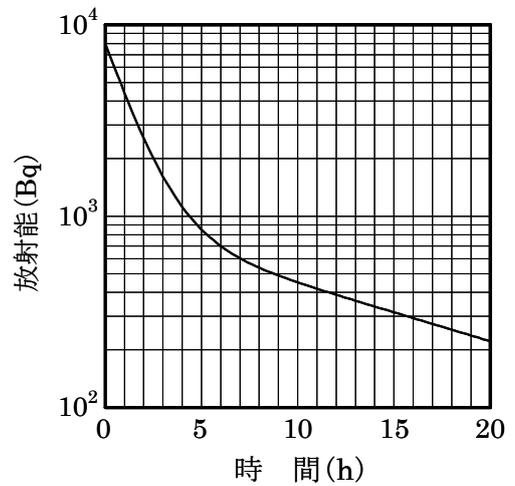
- 1 0.86 2 0.90 3 0.96 4 9.6 5 10

問8 比放射能が $7.0 \text{ MBq}\cdot\mu\text{g}^{-1}$ の $^{11}\text{CO}_2$ から20分かけて、 $^{11}\text{CH}_3\text{I}$ を合成した。得られた $^{11}\text{CH}_3\text{I}$ の比放射能($\text{MBq}\cdot\mu\text{g}^{-1}$)として最も近い値は、次のうちどれか。

ただし、 ^{11}C の半減期を20分、 CO_2 と CH_3I の分子量は、それぞれ44と142とする。

- 1 0.4 2 0.7 3 1.1 4 2.2 5 3.5

問9 親核種Xから生成する娘核種Yは、さらに放射壊変して安定核種に至る。初めに親核種Xのみであった。その後のXの放射能とYの放射能をあわせた値(Bq)の経時変化を右図に示す。次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。



- A Xの半減期は2時間を超えない。
 B Yの半減期は、10時間以上経過した後の放射能の変化から求めることができる。
 C 10時間経過した時点ではXよりもYの放射能(Bq)の方が大きい。
 D 10時間以上経過するとXとYは放射平衡になる。

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

問10 1.0 MBqの ^{140}Ba と過渡平衡にある ^{140}La の放射能(MBq)として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{140}Ba の半減期は12.7日、 ^{140}La の半減期は1.68日とする。

- 1 0.80 2 1.0 3 1.2 4 1.5 5 1.8

問11 ハロゲン元素の同位体を生成する核反応として、正しいものの組合せはどれか。

- A $^{16}\text{O}(^3\text{He}, \text{p})$ B $^{40}\text{Ar}(\text{d}, \alpha)$ C $^{75}\text{As}(\alpha, \text{pn})$ D $^{20}\text{Ne}(\text{p}, \text{pn})$

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問12 ^{24}Na を生成する核反応として、正しいものの組合せはどれか。

- A $^{23}\text{Na}(\text{n}, \gamma)$ B $^{24}\text{Mg}(\text{n}, \text{p})$ C $^{27}\text{Al}(\text{n}, \alpha)$ D $^{28}\text{Si}(\text{n}, \alpha \text{n})$

- 1 A B Cのみ 2 A B Dのみ 3 A C Dのみ 4 B C Dのみ 5 A B C Dすべて

問 13 サイクロトロンを用いて半減期 20 分の放射性核種を製造する時、ターゲットを荷電粒子で 20 分間照射する場合に比較して、照射電流を 2 倍、照射時間を 40 分間とすると、何倍の放射性核種が製造されるか。次の値のうち最も近いものはどれか。

- 1 2.3 2 2.5 3 3.0 4 3.5 5 4.0

問 14 リン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 ^{30}P は β^+ 壊変して安定な ^{30}Si になる。
 B ^{31}P はリンで唯一の安定同位体である。
 C ^{32}P は β^- 壊変して安定な ^{32}S になる。
 D ^{32}P の半減期は ^{33}P の半減期より長い。
 E ^{33}P は β^- 壊変して放射性の ^{33}S になる。

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

問 15 環境中の放射能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 ^{14}C は、大気中の ^{14}N と宇宙線の (p, n) 反応で生成する。
 B 大気中の ^3H は、主として $^1\text{H}^3\text{HO}$ として存在している。
 C 大理石の方が花崗岩より表面線量率が高い。
 D 海岸での大気中ラドン濃度は、海風より陸風の時に高くなる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 16 希ガス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 ^3He がトリチウムの β^- 壊変で生成する。
 B ^{40}Ar が ^{40}K の β^- 壊変で生成する。
 C ^{85}Kr が ^{235}U の熱中性子による核分裂で生成する。
 D ^{220}Rn が ^{224}Ra の α 壊変で生成する。

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

問 17 ウラン系列は $^{238}_{92}\text{U}$ で始まり $^{206}_{82}\text{Pb}$ で終わる。この間の α 壊変と β^- 壊変の回数として、正しい組合せは次のうちどれか。

	α 壊変	β^- 壊変
1	6 回	8 回
2	6 回	10 回
3	8 回	6 回
4	8 回	8 回
5	8 回	10 回

問 18 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。ただし、原子番号を Z 、中性子数を N とする。

- A Z と N の和が 5 である安定同位体は存在しない。
 - B 水素、リチウム、ホウ素、窒素では、 Z と N がともに奇数の安定同位体が存在する。
 - C 安定同位体では、 Z と N がともに偶数のものが最も多い。
 - D Z が偶数で N が奇数の同位体が β^- 壊変すると、 Z も N もともに偶数の同位体になる。
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 19 放射性同位元素の測定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 ^{51}Cr は Ge 検出器で測定できる。
 - B ^3H は液体シンチレーション検出器で測定できる。
 - C ^{14}C は BF_3 ガスカウンタで測定できる。
 - D ^{18}F は BGO 検出器で測定できる。
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 20 次の操作により、放射性核種が沈殿する反応の組合せはどれか。

- A ^{14}C 炭酸ナトリウム溶液に塩化カルシウム溶液を加える。
 - B ^{35}S 硫酸ナトリウム溶液に塩化バリウム溶液を加える。
 - C ^{90}Sr 塩化ストロンチウム溶液に炭酸ナトリウム溶液を加える。
 - D ^{131}I ヨウ化ナトリウム溶液に硝酸銀溶液を加える。
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 21 ^{64}Cu 、 ^{65}Zn 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ を含む金属イオンの硝酸酸性溶液に HCl を加え、生成した沈殿 A をろ別する。残った溶液に硫化水素ガスを通し、生成した沈殿 B をろ別し、ろ液 C とする。A、B、C それぞれに主として含まれる核種の組合せとして、正しいものは次のうちどれか。

	沈殿 A	沈殿 B	ろ液 C
1	^{65}Zn	^{64}Cu	$^{110\text{m}}\text{Ag}$
2	^{64}Cu	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{65}Zn
3	^{64}Cu	^{65}Zn	$^{110\text{m}}\text{Ag}$
4	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{64}Cu	^{65}Zn
5	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{65}Zn	^{64}Cu

問 22 次の操作のうち、放射性の気体が発生するものの組合せはどれか。

- A $[^{14}\text{C}]\text{NaHCO}_3$ に硫酸を加える。
- B $[^{32}\text{P}]\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ に硫酸を加える。
- C $[^{35}\text{S}]\text{FeS}$ に硫酸を加える。
- D $[^{36}\text{Cl}]\text{NaCl}$ に濃硫酸を加える。

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

問 23 半減期 14 日の放射性核種のある製品について、検定時の核種純度が 98.5 % であり、不純物として半減期 25 日の核種だけを含むとき、この製品の検定時から 63 日後の核種純度 (%) として最も近い値は次のうちどれか。

- 1 82 2 86 3 90 4 94 5 98

問 24 有機標識化合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 有機化合物にトリチウム化合物を混合して熱中性子照射することにより、トリチウム標識化合物を合成することができる。
- B トリチウム化合物の水溶液は、冷凍して保存する。
- C 非放射性の不純物の混入は、放射性核種純度を低下させる。
- D 化学純度を上げていくと、比放射能は一定の値に近づく。
- E 放射化学純度は、逆希釈法で求めることができる。

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

問 25 試料中の成分 A を定量するため、放射性同位元素で標識した同じ化学形の化合物 A (比放射能 $100 \text{ kBq} \cdot \text{mg}^{-1}$) を 10 mg 加え均一にした。その後、A を分離して精製したところ、比放射能は $25 \text{ kBq} \cdot \text{mg}^{-1}$ になった。試料中の成分 A の量 (mg) は次のうちどれか。

- 1 20 2 30 3 40 4 60 5 80

問 26 熱中性子放射化分析で照射試料を入れる容器の材料として適しているものの組合せは、次のうちどれか。ただし、照射終了 2 時間後に容器ごと Ge 検出器で測定するものとする。

- A アルミニウム
- B ポリエチレン
- C ホウケイ酸ガラス
- D ポリ塩化ビニル
- E 石英ガラス

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

問 27 アクチバブルトレーサー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 トレーサーの検出に放射化分析が用いられる。
- B 放射化断面積の大きい元素が適している。
- C 自然界における存在量の少ない元素が適している。
- D 魚類の回遊調査に利用された例がある。

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

問 28 放射性同位元素の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 ガスクロマトグラフ用電子・キャプチャ・ディテクタ(ECD)で、 ^{63}Ni の EC 壊変が利用される。
- B 透過型厚さ計で、 ^{137}Cs からの γ 線が利用される。
- C フィルムの厚さ計で、 ^{147}Pm からの β 線が利用される。
- D 蛍光 X 線分析装置で、 ^{241}Am からの γ 線が利用される。

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

問 29 液体シンチレーションカウンタによる測定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 液体シンチレータでは、蛍光物質を有機溶媒に溶かしてある。
- B 水溶液の測定には、乳化シンチレータが用いられる。
- C α 壊変核種の測定には適さない。
- D 4π 測定で計数効率が大きい。

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

問 30 放射線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 LET が大きいほど、単位長さ当たりのスプール数は少なくなる。
- B スプール内のラジカルは、不対電子を持つ。
- C ラジカル捕捉剤としてメタノールが用いられる。
- D 水溶液中では、水和電子が生成する。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD