

令和元年度 放射線取扱主任者試験

正 誤 表

試験日 試験区分	令和元年8月22日(木)
	1時限目 (10:00~11:50)
	第1種
課 目	化 学
板書事項	<p>14ページ 問31</p> <p>問題文 1行目</p> <p>(誤) . . . 試料中<u>の</u>100 Bq<u>の</u><sup>131</sup>Baを . . .</p> <p>(正) . . . 試料中<u>に</u>100 Bq<u>あった</u><sup>131</sup>Baを . . .</p>

## 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：10:00～11:50（1時間50分）

2 問題数：

五肢択一式 30問（30点）、多肢択一式 2問（30点）（60点満点）（18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結構です。
- ⑦ 不正行為を行った者は、受験資格を失ったものとみなし、試験室からの退出を命じます。また、試験終了後に不正行為を行ったことが発覚した場合、試験実施時にさかのぼり受験資格を失ったものとみなします。

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 解答用紙の所定の欄に氏名・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。

次の問 1 から問 30 について、5 つの選択肢のうち適切な答えを 1 つだけ 選び、また、問 31、問 32 の文章の  の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを 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** 放射能が等しい  $^{60}\text{Co}$  (半減期 5.27 年) と  $^{57}\text{Co}$  (半減期 272 日) が存在するとき、それぞれの原子核の個数の比 ( $^{60}\text{Co}/^{57}\text{Co}$ ) として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.14                  2 0.71                  3 3.6                  4 7.1                  5 14

**問 2**  $^{211}\text{At}$  は半減期 7.2 時間で、42%は  $\alpha$  壊変し、58%は EC 壊変する。 $\alpha$  壊変の部分半減期[時間]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 10                  2 12                  3 14                  4 17                  5 26

**問 3**  $^{40}\text{K}$  (同位体存在度 0.0117%) の半減期は  $1.251 \times 10^9$  年である。745.5 g の塩化カリウム (式量 74.55) の放射能[Bq]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1  $1.0 \times 10^3$                   2  $1.2 \times 10^4$                   3  $3.7 \times 10^4$                   4  $1.0 \times 10^5$                   5  $3.7 \times 10^5$

問4 次のうち、放射能が等しいものの組合せはどれか。

- A 半減期  $T$ 、原子数  $N$  の核種Aの放射能
- B 半減期  $2T$ 、原子数  $N/2$  の核種Bの放射能
- C 半減期  $T/2$ 、原子数  $N/2$  の核種Cの放射能
- D 半減期  $T$ 、原子数  $N$  の核種Aと永続平衡にある核種Dの放射能

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

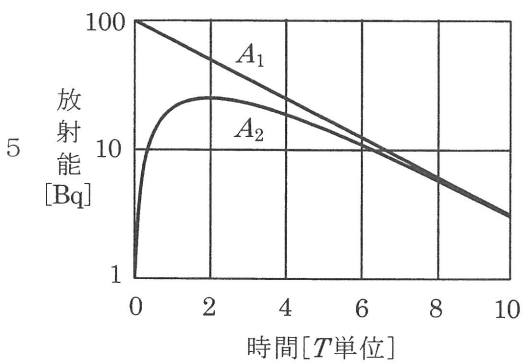
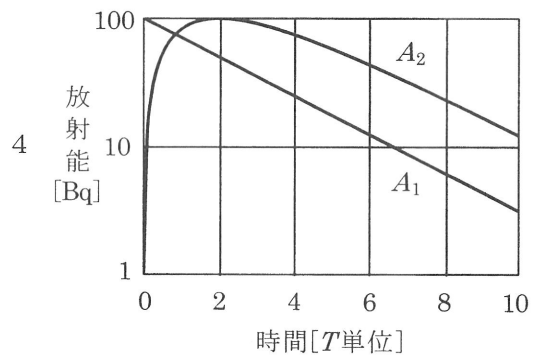
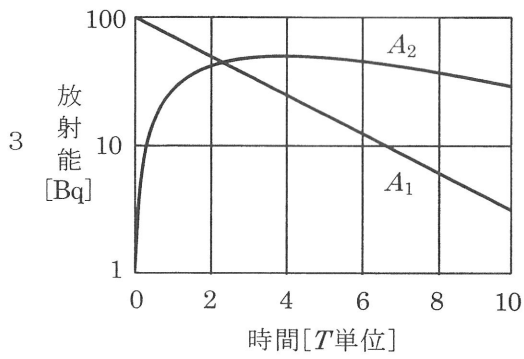
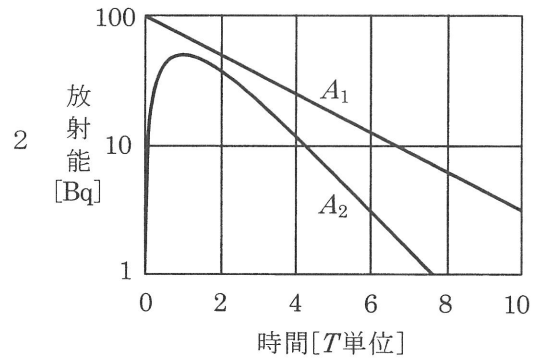
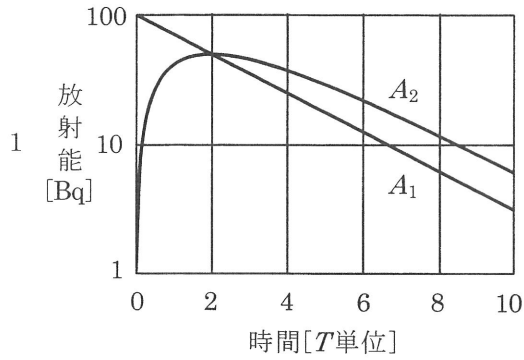
問5 比放射能  $200 \text{ Bq} \cdot \text{mg}^{-1}$  の  $^{14}\text{C}$  トルエン  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH}_3$  を酸化して得られる  $^{14}\text{C}$  安息香酸  $\text{C}_6\text{H}_5\text{-COOH}$  の比放射能  $[\text{Bq} \cdot \text{mg}^{-1}]$  として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、トルエン、安息香酸の分子量はそれぞれ 92、122 とする。

- 1 50                      2 100                      3 150                      4 220                      5 270

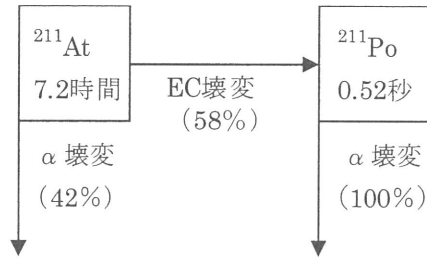
問6 放射平衡に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 親核種の壊変定数が娘核種の壊変定数より大きい場合は、放射平衡が成立する。
- 2 放射平衡が成立しているとき、親核種の放射能は娘核種の放射能より常に大きい。
- 3 放射平衡が成立すると、娘核種の放射能は親核種の半減期で減衰する。
- 4 永続平衡が成立すると、親核種と娘核種の原子数の比 ( $N_{\text{親}}/N_{\text{娘}}$ ) は、親核種と娘核種の壊変定数の比 ( $\lambda_{\text{親}}/\lambda_{\text{娘}}$ ) に等しい。
- 5 放射平衡が成立すると、親核種と娘核種の原子数の和は常に一定となる。

問7 半減期  $2T$ の核種 X が、半減期  $T$ の核種 Y に壊変するとする。はじめに X のみが存在していて、その放射能が  $100 \text{ Bq}$  だったとき、X の放射能 ( $A_1$ ) と Y の放射能 ( $A_2$ ) の時間変化を表すグラフとして、正しいものは次のうちどれか。

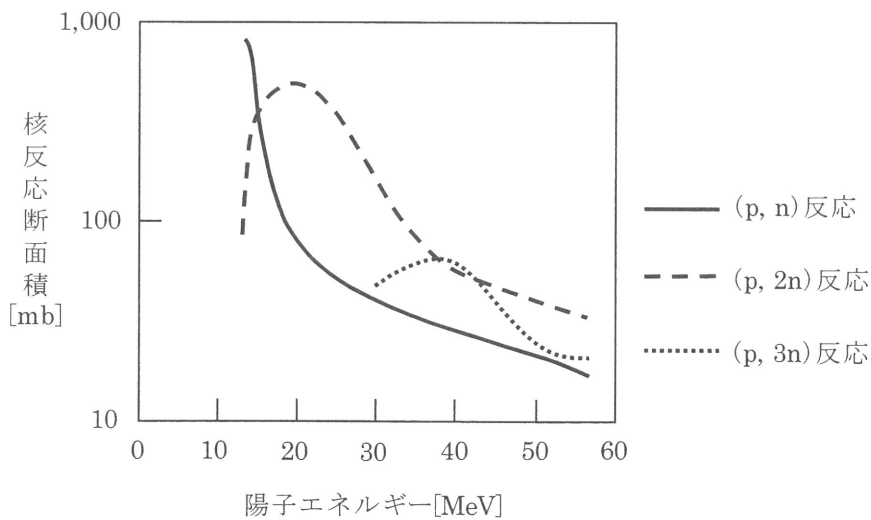


問8  $^{211}\text{At}$  は、42%が $\alpha$ 壊変して $^{207}\text{Bi}$ に、58%はEC壊変して $^{211}\text{Po}$ になる。 $^{211}\text{Po}$ は $\alpha$ 壊変する。 $^{211}\text{At}$ と $^{211}\text{Po}$ の半減期はそれぞれ7.2時間と0.52秒である。 $^{211}\text{At}$ と $^{211}\text{Po}$ が放射平衡にあるとき、 $^{211}\text{At}$ と $^{211}\text{Po}$ が単位時間に放出する $\alpha$ 線の数それぞれ $N_{\text{At}}$ 、 $N_{\text{Po}}$ とすると、これらの比( $N_{\text{At}}/N_{\text{Po}}$ )として最も近い値は、次のうちどれか。



- 1 0.3                      2 0.7                      3 1.4                      4 2.4                      5 3.6

問9  $^{69}\text{Ga}$  への陽子照射による RI の製造に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。  
図は  $^{69}\text{Ga}$  の (p, n)、(p, 2n)、(p, 3n) 反応の励起関数である。



- A (p, 3n) 反応の Q 値は 40 MeV である。  
 B いずれの核反応でも生成する核種は無担体となる。  
 C 十分に厚い Ga 標的に陽子を照射する場合、15 MeV 照射に比べて、25 MeV 照射の方が、 $^{68}\text{Ge}$  の生成放射能は大きくなる。  
 D 40 MeV の陽子照射では (p, 2n) 反応と (p, 3n) 反応の核反応断面積が同程度なので、それぞれの核反応で生成する核種の放射能はほぼ等しくなる。

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

問10 次の核反応のうち、標的核と生成核の原子番号が等しい核反応の組合せはどれか。

A  $(\gamma, n)$

B  $(n, \gamma)$

C  $(p, n)$

D  $(d, p)$

E  $(p, \alpha)$

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

問11  $^{24}\text{Na}$  を生成する反応として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

A  $^{22}\text{Ne}(\alpha, pn)$

B  $^{23}\text{Na}(n, \gamma)$

C  $^{24}\text{Mg}(p, n)$

D  $^{27}\text{Al}(n, \alpha)$

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

問12 天然の放射性壊変系列に属する放射性同位体がある元素として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

A Am

B At

C Fr

D Pm

E Tc

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

問 13 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  $^{30}\text{P}$ は $\beta^-$ 壊変する。
- B  $^{31}\text{P}$ は安定同位体である。
- C  $^{32}\text{P}$ から放射される $\beta$ 線の最大エネルギーは約0.8 MeVである。
- D  $^{33}\text{P}$ の半減期は約25日である。

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

問 14 陽電子放射断層撮影 (PET) で用いられる核種  $^{11}\text{C}$ 、 $^{13}\text{N}$ 、 $^{15}\text{O}$  及び  $^{18}\text{F}$  の 4 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 半減期は  $^{11}\text{C} < ^{13}\text{N} < ^{15}\text{O} < ^{18}\text{F}$  の順に長くなる。
- B  $^{13}\text{N}$  は  $^{16}\text{O}(\text{p}, \alpha)$  反応で製造できる。
- C  $^{15}\text{O}$  は  $^{14}\text{N}(\text{p}, \text{n})$  反応で製造できる。
- D  $^{18}\text{O}$  濃縮  $\text{H}_2\text{O}$  を標的として  $^{18}\text{F}$  を製造できる。

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

問 15 次の放射性同位体の組合せのうち、半減期が短いものから長いものの順に並んでいるものはどれか。

- 1  $^3\text{H} < ^{14}\text{C} < ^{35}\text{S} < ^{45}\text{Ca}$
- 2  $^{35}\text{S} < ^{45}\text{Ca} < ^{14}\text{C} < ^3\text{H}$
- 3  $^{35}\text{S} < ^{45}\text{Ca} < ^3\text{H} < ^{14}\text{C}$
- 4  $^{45}\text{Ca} < ^{35}\text{S} < ^{14}\text{C} < ^3\text{H}$
- 5  $^{35}\text{S} < ^3\text{H} < ^{45}\text{Ca} < ^{14}\text{C}$



問 16 壊変系列をもつ一次天然放射性核種とその最終壊変生成物として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- 1  $^{238}\text{U}$  —  $^{207}\text{Pb}$
- 2  $^{234}\text{U}$  —  $^{206}\text{Pb}$
- 3  $^{235}\text{U}$  —  $^{204}\text{Pb}$
- 4  $^{232}\text{Th}$  —  $^{208}\text{Pb}$
- 5  $^{237}\text{Np}$  —  $^{204}\text{Tl}$

問 17 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  $^7\text{Be}$  は宇宙線による核破砕反応で生成する。
- B  $^{14}\text{C}$  は宇宙線中の陽子と  $^{14}\text{N}$  の核反応により生成する。
- C  $^{40}\text{K}$  の壊変によって大気中の  $^{40}\text{Ar}$  が増加した。
- D  $^{235}\text{U}$  の同位体存在度は、10 億年前に比べて現在の方が小さい。

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

問 18 ガラスピーカーに固着した放射性物質の除去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 [ $^{45}\text{Ca}$ ]炭酸カルシウムにはアンモニア水を用いる。
- B [ $^{54}\text{Mn}$ ]酸化マンガン(IV)には希硫酸を用いる。
- C [ $^{59}\text{Fe}$ ]水酸化鉄(III)には過酸化水素水を用いる。
- D [ $^{65}\text{Zn}$ ]酸化亜鉛には希塩酸を用いる。
- E [ $^{110\text{m}}\text{Ag}$ ]塩化銀にはチオ硫酸ナトリウム水溶液を用いる。

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

問 19 環境中の放射性ストロンチウムの分析に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 発煙硝酸法は硝酸ストロンチウム沈殿の生成を利用した分離法である。
- 2 イオン交換樹脂法では陰イオン交換樹脂によるストロンチウム錯体の吸着を利用する。
- 3 シュウ酸塩沈殿法では $^{90}\text{Sr}$ から生成する $^{90}\text{Y}$ を沈殿分離する。
- 4 ジ (2-エチルヘキシル) リン酸による溶媒抽出でストロンチウムを選択的に濃縮することができる。
- 5 イットリウム担体をストロンチウムの分離操作の前に試料溶液に加える必要がある。

問 20 次の操作のうち、化学反応の結果として放射性気体が発生するものの組合せはどれか。ただし、

1 M = 1 mol · L<sup>-1</sup>である。

A 1.0 M K<sup>38</sup>Cl水溶液に、臭素水 (Br<sub>2</sub>の水溶液) を加える。

B 0.1 M <sup>59</sup>FeSO<sub>4</sub>水溶液に、8.0 M塩酸を加える。

C 固体Fe<sup>35</sup>Sに、1.0 M塩酸を加える。

D 1.0 M <sup>42</sup>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>水溶液に、2.0 M硝酸を加える。

E 1.0 M Na<sub>2</sub><sup>14</sup>CO<sub>3</sub>水溶液に、0.5 M硫酸を加える。

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

問 21 鉛イオンを含む 90 mL の溶液 A がある。 $^{51}\text{Cr}$  を  $100 \text{ kBq}\cdot\text{L}^{-1}$  含む  $^{51}\text{Cr}$  標識クロム酸カリウム ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ) 水溶液 10 mL を加えたところクロム酸鉛 ( $\text{PbCrO}_4$ ) が沈殿した。加えたクロム酸カリウム水溶液の濃度は  $0.10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  であった。沈殿分離後の上澄み液の  $^{51}\text{Cr}$  濃度が  $9.1 \text{ kBq}\cdot\text{L}^{-1}$  であったとき、はじめの溶液 A に含まれていた鉛イオンの濃度 [ $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ] として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.0001      2 0.001      3 0.009      4 0.03      5 0.09

問 22 イオン交換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 強酸性陽イオン交換樹脂カラムに  $^{137}\text{Cs}$  イオンを含む水溶液を流すと、娘核種の  $^{137\text{m}}\text{Ba}$  が  $^{137}\text{Cs}$  よりも先に溶離する。
- B 強酸性陽イオン交換樹脂カラムに  $^{22}\text{Na}$  イオンと  $^{86}\text{Rb}$  イオンを含む水溶液を流すと、 $^{22}\text{Na}$  が  $^{86}\text{Rb}$  よりも先に溶離する。
- C 強塩基性陰イオン交換樹脂カラムに  $^{57}\text{Ni}$  と  $^{65}\text{Zn}$  を含む 6 M 塩酸酸性溶液を流すと、 $^{65}\text{Zn}$  が  $^{57}\text{Ni}$  より先に溶離する。
- D 強塩基性陰イオン交換樹脂カラムに  $^{38}\text{Cl}^-$  イオンを含む水溶液を流すと、 $^{38}\text{Cl}^-$  イオンが吸着する。

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

問 23 放射性核種を水溶液から取り除く方法として、適切なものの組合せは次のうちどれか。

- A  $^{24}\text{Na}_2\text{SO}_4$  水溶液に塩化バリウム水溶液を加える。
- B  $^{42}\text{KBr}$  水溶液を陽イオン交換樹脂カラムに通す。
- C  $^{57}\text{NiCl}_2$  水溶液をジメチルグリオキシムのエーテル溶液と振り混ぜる。
- D  $^{65}\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  水溶液に銅板を入れる。

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

問 24 トリチウムの標識化合物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 安息香酸と炭酸リチウムの混合物を熱中性子照射すると、安息香酸はトリチウムで標識される。
  - B グリニャール試薬 ( $\text{R-MgBr}$ ) とトリチウム水 ( $\text{HTO}$ ) を反応させると、トリチウムで標識された  $\text{R-T}$  が生成される。
  - C トルエンとトリチウムガスを密封容器に入れて数日間放置すると、トルエンはトリチウムで標識される。
  - D ウイルツバッハ法は、特定の位置の水素を標識した化合物を作ることができる。
- 1 ABCのみ      2 ABのみ      3 ADのみ      4 CDのみ      5 BCDのみ

問 25 試料中の成分 X を定量するために、 $40 \text{ mg}$  の標識した成分 X (比放射能  $270 \text{ Bq}\cdot\text{mg}^{-1}$ ) を試料に添加し、よく混合して均一にした。その後、成分 X の一部を純粋に分離したところ、比放射能は  $90 \text{ Bq}\cdot\text{mg}^{-1}$  であった。試料中の成分 X の量 [ $\text{mg}$ ] として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 50                  2 60                  3 70                  4 80                  5 90

問 26 ホットアトム効果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 熱中性子照射したヘキサアンミンコバルト(Ⅲ)硝酸塩 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_3)_3$ を水に溶かすと、 $^{60}\text{Co}^{2+}$ が得られた。
- B 熱中性子照射したヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム三水和物 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ を塩酸に溶かしてエーテルを加えると、 $^{59}\text{Fe}$ が有機相に抽出された。
- C  $^{56}\text{Fe}^{2+}$ を含む水溶液に $^{60}\text{Co}$ の $\gamma$ 線照射をすると、 $^{55}\text{Fe}^{3+}$ が生成した。
- D 熱中性子照射したクロム酸カリウム $\text{K}_2\text{CrO}_4$ を水に溶かした後、その水溶液を陽イオン交換樹脂に通すと $^{51}\text{Cr}^{3+}$ が樹脂に吸着した。

- 1 ABDのみ      2 ABのみ      3 ACのみ      4 CDのみ      5 BCDのみ

問 27 次のうち $\alpha$ 線源を利用している機器はどれか。

- 1 レベル計
- 2 ECDガスクロマトグラフ
- 3 メスバウアー分光装置
- 4 散乱型厚さ計
- 5 煙感知器

問 28 放射線によって分子性の物質中に生ずる変化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 放射線が物質に及ぼす効果は、放射線との直接相互作用と、これにより生成したイオンなどとの相互作用により現れる。
- B スパー(スプール)は、放射線の飛跡にそって微小領域に生成するイオンやラジカルなどの集合体である。
- C 線エネルギー付与(LET)が大きいほど、単位距離あたりに生成するスパー(スプール)の数は少ない。
- D  $\gamma$ 線の場合、物質との相互作用により生成した二次電子がスパー(スプール)を生成する。

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

問 29 放射線照射した水溶液中に生成する活性化学種の性質に関する次の記述のうち、正しい組合せはどれか。

- A 水和電子は1分程度の寿命をもつ。
- B 水和電子は水素原子より強力な還元性をもつ。
- C 水素ラジカルは強い酸化力をもつ。
- D ヒドロキシルラジカルは電子スピン共鳴吸収装置（ESR）で測定できる。

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

問 30  $^{51}\text{Cr}$  は EC 壊変して  $^{51}\text{V}$  になるときに、320 keV の  $\gamma$  線を放出する。 $^{51}\text{Cr}$  線源からの放射線を鉛で遮蔽するとき、次の記述のうち正しいものの組合せはどれか。ただし、鉛の密度は  $11 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、320 keV の  $\gamma$  線に対する質量減弱係数は  $0.35 \text{ cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$  とする。

- A 厚さ3.2 cmの鉛で320 keVの  $\gamma$  線は約1/1000に減弱する。
- B 厚さ1.8 mmの鉛で320 keVの  $\gamma$  線は約1/2に減弱する。
- C  $^{51}\text{V}$ から放出される特性X線は320 keVの  $\gamma$  線より遮蔽が難しい。
- D 制動放射線の遮蔽は考慮する必要がない。

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

問 31 次の文章の□の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを1つだけ選べ。

放射線を利用した元素分析法の1つに放射化分析法がある。この方法では、核反応を利用して放射性核種を生成し、この核種からの放射線を測定することによって元素を定量する。最もよく利用される核反応は(n, γ)反応で、標的核と生成核の□ A □は等しい。生成する放射性核種の多くはγ線を放出するので、エネルギー分解能の良い□ B □でγ線スペクトルを得ることにより、多種類の元素を同時に定量することができる。

(n, γ)反応により生成する放射性核種の放射能Aは、次式により計算できる。

$$A = N\phi\sigma \square C \dots\dots (1)$$

ここで、Nは標的核の数、φは中性子フルエンス率、σは核反応断面積、λは生成核種の壊変定数、tは照射時間である。□ C □は□ D □と呼ばれ、例えば、tが生成核種の半減期と等しいとき、□ ア □となる。

また、Nは次の式で表される。

$$N = \square E \dots\dots (2)$$

ここで、wは元素の質量、Mは原子量、N<sub>A</sub>はアボガドロ定数、θは同位体存在度である。

分析試料と標準試料(既知量の目的元素を含む試料)を同時に中性子照射したとき、それぞれの試料で同じ目的元素から生成する放射性核種の放射能をそれぞれAとA' とすると、(1)式から

$$\frac{A}{A'} = \frac{N}{N'} \dots\dots (3)$$

が成り立つ。ただし、NとN' をそれぞれ分析試料と標準試料に含まれる標的核の数とする。また、wとw' をそれぞれ分析試料と標準試料に含まれる目的元素の質量とすると、(2)式を用いて、次の関係が成り立ち、分析試料と標準試料の放射能から質量を求めることができる。

$$\frac{A}{A'} = \frac{N}{N'} = \frac{w}{w'} \dots\dots (4)$$

これが放射化分析法の定量原理である。

分析試料に含まれる目的元素が極微量で、その誘導放射能が小さいときは、照射後に目的元素を化学分離することにより、定量下限値を下げるができる。その際、既知量の□ F □を加えて分離すると、目的元素の回収率を求めることができるので、必ずしも定量的な分離の必要はない。短半減期核種を対象とするときは、回収率を上げるよりも、分離操作時間を短くすることを優先する場合がある。例えば、操作時間が半減期の3倍で回収率が100%である時よりも、操作時間は半減期と同じで回収率は50%の方が、得られる放射能は□ イ □倍になる。

化学分離には、沈殿法、溶媒抽出法、イオン交換法などが利用される。沈殿法は、種々のイオンが溶解している溶液から、目的イオンだけを□ G □の小さい化合物に変え、沈殿させて分離する方法である。この際、本来は沈殿しない目的外の微量なイオンが沈殿に取込まれることがある。この現象を□ H □という。□ H □を防ぐには、前もって□ I □を添加しておくといよい。

例えば、照射後、試料中の100 Bqの $^{131}\text{Ba}$ を分離するために、Fとして $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol}$  (10 mg)の塩化バリウム ( $\text{BaCl}_2$ ) を添加したのち、適切な方法で溶解し、100 mLの溶液とする。この溶液に $5.0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ の希硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) を1.0 mL加えると、硫酸バリウム ( $\text{BaSO}_4$ ) が沈殿する。 $\text{BaSO}_4$ の溶解度積を $1.6 \times 10^{-9} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$ とすると、ウ Bqの $^{131}\text{Ba}$ が沈殿に含まれる。(なお、 $^{131}\text{Ba}$ の減衰、溶液の体積の変化、並びに試料中のBa以外の元素との化学反応は無視してよい。)

一方、溶媒抽出法とイオン交換法は、2つの異なる相の間で元素がJされる現象を利用した分離法で、トレーサー量の元素に対しても適用可能である。

< Aの解答群 >

- |        |        |        |         |
|--------|--------|--------|---------|
| 1 質量数  | 2 中性子数 | 3 原子番号 | 4 エネルギー |
| 5 壊変様式 |        |        |         |

< Bの解答群 >

- |                       |             |
|-----------------------|-------------|
| 1 GM 計数管              | 2 比例計数管     |
| 3 NaI(Tl) シンチレーション検出器 | 4 Ge 半導体検出器 |
| 5 Si 半導体検出器           |             |

< Cの解答群 >

- |                         |                          |                          |                         |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 $e^{-\lambda t}$      | 2 $(1 - e^{-\lambda t})$ | 3 $(1 + e^{-\lambda t})$ | 4 $(1 - e^{\lambda t})$ |
| 5 $(1 + e^{\lambda t})$ |                          |                          |                         |

< Dの解答群 >

- |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|
| 1 壊変係数 | 2 飽和係数 | 3 成長係数 | 4 減衰係数 |
| 5 積分係数 |        |        |        |

< ア、イの解答群 >

- |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 0.1 | 2 0.5 | 3 1.0 | 4 1.5 | 5 2.0 |
| 6 2.5 | 7 4.0 | 8 5   | 9 10  |       |

< Eの解答群 >

- |  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| 1 $\frac{M}{w} \times N_A \times \theta$ | 2 $\frac{w}{M \times N_A} \times \theta$ | 3 $\frac{w}{M} \times N_A \times \theta$ | 4 $\frac{w}{M} \times \frac{N_A}{\theta}$ |
| 5 $\frac{w}{M \times N_A \times \theta}$ |  |  |   |

< Fの解答群 >

- |          |       |      |      |
|----------|-------|------|------|
| 1 マスキング剤 | 2 同重体 | 3 担体 | 4 単体 |
| 5 沈殿剤    |       |      |      |

< Gの解答群 >

- |        |      |       |       |
|--------|------|-------|-------|
| 1 生成定数 | 2 純度 | 3 凝固点 | 4 溶解度 |
| 5 電離度  |      |       |       |



< Hの解答群 >

- |           |      |      |        |
|-----------|------|------|--------|
| 1 共通イオン効果 | 2 共沈 | 3 塩析 | 4 分別沈殿 |
| 5 緩衝      | 6 分配 | 7 溶解 | 8 吸着   |

< Iの解答群 >

- |       |           |        |       |
|-------|-----------|--------|-------|
| 1 単体  | 2 スカベンジャー | 3 保持担体 | 4 沈殿剤 |
| 5 酸化剤 | 6 異性体     |        |       |

< ウの解答群 >

- |       |       |      |      |       |
|-------|-------|------|------|-------|
| 1 4.6 | 2 9.2 | 3 46 | 4 92 | 5 100 |
|-------|-------|------|------|-------|

< Jの解答群 >

- |           |      |      |        |
|-----------|------|------|--------|
| 1 共通イオン効果 | 2 共沈 | 3 塩析 | 4 分別沈殿 |
| 5 緩衝      | 6 分配 | 7 溶解 | 8 吸着   |

問 32 次の I、II の文章の [ ] の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを 1 つだけ選べ。

I 放射性ヨウ素の同位体はトレーサー実験及び核医学診断や放射線治療に用いられており、加速器や原子炉で製造されている。核医学で用いる放射性ヨウ素は無担体で高い比放射能であることが必要である。

下表に、代表的な放射性ヨウ素の核種と半減期、製造方法、壊変様式と主な放射線、適用例をまとめた。 $^{123}\text{I}$  は加速器を使って  $^{124}\text{Xe}$  を標的とした [ア] 反応で生成した短寿命の  $^{123}\text{Cs}$  が  $^{123}\text{Xe}$  に壊変し、さらに  $^{123}\text{Xe}$  の壊変によって得られる。 $^{123}\text{I}$  は半減期 13.2 時間で EC 壊変して、主に [A] keV の  $\gamma$  線を放出し、[B] に利用される。 $\beta$  線を放出しないので体内に投与した時の被ばく線量は少ない。 $^{125}\text{I}$  は、原子炉で  $^{124}\text{Xe}(n, \gamma)^{125}\text{Xe}$  反応により生成する  $^{125}\text{Xe}$  の EC 又は  $\beta^+$  壊変により得られ、半減期 59.4 日で [イ] 壊変して [C] keV の  $\gamma$  線を放出する。クロラミン T を用いて [D] 残基を  $^{125}\text{I}$  で標識したタンパク質は、[E] に利用される。 $^{131}\text{I}$  は、主に [ウ] により製造され、半減期 8.02 日で [エ] 壊変して主に [F] keV の  $\gamma$  線を放出する。ヨウ素は加熱などの操作により気体となりやすいために、吸入などしないように取り扱いには注意する必要がある。また、 $^{131}\text{I}$  の約 1% は半減期 11.8 日の放射性気体の [G] に壊変することも考慮すべき点である。

核種 (半減期)	製造方法	壊変様式と 主な放射線	適用例
$^{123}\text{I}$ (13.2 時間)	$^{124}\text{Xe}$ [ア] $^{123}\text{Cs}$ $\rightarrow ^{123}\text{Xe} \rightarrow ^{123}\text{I}$	EC 壊変 $\gamma$ 線 [A] keV	[B]
$^{125}\text{I}$ (59.4 日)	$^{124}\text{Xe}(n, \gamma)^{125}\text{Xe}$ $\rightarrow ^{125}\text{I}$	[イ] 壊変 $\gamma$ 線 [C] keV	[D] 残基を標識した [E]
$^{131}\text{I}$ (8.02 日)	[ウ]	[エ] 壊変 $\gamma$ 線 [F] keV	甲状腺機能亢進症の 治療

<アの解答群>

- 1 ( $\alpha, n$ )      2 ( $p, \alpha$ )      3 ( $\alpha, p$ )      4 ( $p, 2n$ )      5 ( $d, p$ )

<Aの解答群>

- 1 35.5      2 143      3 159      4 365      5 514  
6 662      7 835      8 1,038      9 1,238

< B の解答群 >

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1 陽電子放射断層撮影 (PET) | 2 悪性リンパ腫治療      |
| 3 ラジオイムノアッセイ      | 4 甲状腺シンチグラフィ    |
| 5 甲状腺がん内用療法       | 6 骨密度診断         |
| 7 アクチバブルトレーサー     | 8 ミクロオートラジオグラフィ |

< イ～エの解答群 >

- |                              |                                     |                              |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 1 $\alpha$                   | 2 $\beta^+$                         | 3 $\beta^-$                  |
| 4 $\gamma$                   | 5 EC                                | 6 IT                         |
| 7 $^{238}\text{U}$ の自発核分裂    | 8 $^{235}\text{U}$ の熱中性子照射          | 9 $^{131}\text{Te}$ からのミルキング |
| 10 $^{131}\text{Te}$ の熱中性子照射 | 11 $^{127}\text{I}$ の $\alpha$ 粒子照射 |                              |

< C の解答群 >

- |        |       |         |         |       |
|--------|-------|---------|---------|-------|
| 1 35.5 | 2 143 | 3 159   | 4 365   | 5 514 |
| 6 662  | 7 835 | 8 1,038 | 9 1,238 |       |

< D の解答群 >

- |        |         |        |         |
|--------|---------|--------|---------|
| 1 グリシン | 2 メチオニン | 3 チロシン | 4 システイン |
| 5 ロイシン |         |        |         |

< E の解答群 >

- |                   |                 |
|-------------------|-----------------|
| 1 陽電子放射断層撮影 (PET) | 2 悪性リンパ腫治療      |
| 3 ラジオイムノアッセイ      | 4 甲状腺シンチグラフィ    |
| 5 甲状腺がん内用療法       | 6 骨密度診断         |
| 7 アクチバブルトレーサー     | 8 ミクロオートラジオグラフィ |

< F の解答群 >

- |        |       |         |         |       |
|--------|-------|---------|---------|-------|
| 1 35.5 | 2 143 | 3 159   | 4 365   | 5 514 |
| 6 662  | 7 835 | 8 1,038 | 9 1,238 |       |

< G の解答群 >

- |                     |                     |                             |                     |                             |
|---------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| 1 $^{130}\text{Xe}$ | 2 $^{131}\text{Xe}$ | 3 $^{131\text{m}}\text{Xe}$ | 4 $^{132}\text{Xe}$ | 5 $^{132\text{m}}\text{Xe}$ |
|---------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|

II 熱中性子を吸収した原子核は、 $\gamma$ 線を放出すると同時に  を得る。このエネルギーが化学結合エネルギー以上となると結合を切断して、中性子を捕獲した分子とは異なる化学形となる。1934年に Szilard と Chalmers は、この核反応による化学効果を初めて発見した。

$^{127}\text{I}$  の熱中性子捕獲反応で生成する  $^{128}\text{I}$  (半減期 25.0 分) を考える。水に不溶な液体であるヨウ化エチル  $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$  (分子量 156) 3.12 g を 50 分間熱中性子照射した場合、照射終了時の  $^{128}\text{I}$  の放射能は  Bq となる。ただし、熱中性子の反応断面積は  $6.2 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$ 、中性子フルエンス率は  $2.0 \times 10^6 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  とする。照射終了後、還元剤を含む水と振とうすると、生成した  $^{128}\text{I}$  の大部分は  の化学形で水相に抽出されるので、高い比放射能の  $^{128}\text{I}$  を得ることができる。

< H の解答群 >

- |             |           |           |
|-------------|-----------|-----------|
| 1 イオン化エネルギー | 2 生成エネルギー | 3 反跳エネルギー |
| 4 格子振動エネルギー | 5 反応エネルギー |           |

< I の解答群 >

- |                     |                     |                     |                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 $1.1 \times 10^4$ | 2 $5.6 \times 10^4$ | 3 $1.1 \times 10^5$ | 4 $1.1 \times 10^6$ |
| 5 $5.6 \times 10^6$ |                     |                     |                     |

< オ の解答群 >

- |                |                |                |                   |                   |
|----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 1 $\text{I}_2$ | 2 $\text{I}^-$ | 3 $\text{I}^+$ | 4 $\text{IO}_3^-$ | 5 $\text{IO}_4^-$ |
|----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|

