

## 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）（13 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** 核種 A は、半減期 300 日で  $\beta$  壊変して安定核種 B となる。核種 A と核種 B の原子数をそれぞれ  $N_A$ 、 $N_B$  とする。はじめに核種 A のみが 100 MBq あったとき、600 日後の原子数比 ( $N_A/N_B$ ) として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.33                      2 0.50                      3 1.0                      4 2.0                      5 3.0

**問 2** 次の核種の組合せのうち、2 核種がともに  $\gamma$  線を放出する  $\beta^-$  壊変核種であるものはどれか。

- 1  $^{28}\text{Al}$                        $^{10}\text{B}$   
2  $^{76}\text{As}$                        $^7\text{Be}$   
3  $^{198}\text{Au}$                        $^{82}\text{Br}$   
4  $^{211}\text{At}$                        $^{214}\text{Bi}$   
5  $^{241}\text{Am}$                        $^{133}\text{Ba}$

**問 3** 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A  $^7\text{Be}$  原子の最外殻電子は 2s 軌道にある。  
B  $^{22}\text{Na}$  原子の最外殻電子は M 殻にある。  
C  $^{22}\text{Na}$  が壊変して生成した中性原子の基底状態の電子配置は、 $(1s)^2(2s)^2(2p)^6$  である。  
D  $^{32}\text{P}$  が壊変して生成した中性原子の基底状態の電子配置は、 $(1s)^2(2s)^2(2p)^6(3s)^2(3p)^4$  である。

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

**問 4** 白米 100 g 中のカリウム含有量が 90 mg であるとき、この白米中の  $^{40}\text{K}$  の放射能濃度 [ $\text{Bq} \cdot \text{g}^{-1}$ ] として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、 $^{40}\text{K}$  の同位体存在度は 0.0117%、半減期は  $1.248 \times 10^9$  年、壊変定数は  $1.760 \times 10^{-17} \text{ s}^{-1}$  とする。

- 1  $1 \times 10^{-2}$                       2  $3 \times 10^{-2}$                       3  $5 \times 10^{-2}$                       4  $7 \times 10^{-2}$                       5  $9 \times 10^{-2}$

問5 精製した $^{140}\text{Ba}$  (半減期 12.75 日) から $^{140}\text{La}$  (半減期 1.68 日) が生成し、 $^{140}\text{Ba}$  と $^{140}\text{La}$  が過渡平衡となっているとき、次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A  $^{140}\text{La}$ の放射能は $^{140}\text{Ba}$ の放射能より大きい。
- B  $^{140}\text{La}$ の比放射能は、時間とともに減少する。
- C 原子数の比 ( $^{140}\text{La}/^{140}\text{Ba}$ ) は約7.6である。
- D 水酸化鉄(III)共沈法で、水溶液中の $^{140}\text{La}$ を $^{140}\text{Ba}$ から分離することができる。

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

問6 半減期 10 分の放射性核種をサイクロトロンにより製造したところ、 $1\mu\text{A}$  の陽子線で 10 分間照射した直後の放射能が  $a\text{MBq}$  であった。 $4\mu\text{A}$  で 20 分間照射し、照射後、20 分経過した時点での放射能は、 $a\text{MBq}$  の何倍か。最も近い値は次のうちどれか。ただし、照射条件として、照射電流、照射時間以外は変えないものとする。

- 1 0.75          2 1.0          3 1.25          4 1.5          5 2.0

問7 次の核反応のうち、 $^{18}\text{F}$  が生成するものの組合せはどれか。

- A  $^{14}\text{N}(\alpha, n)$
- B  $^{16}\text{O}(^3\text{He}, p)$
- C  $^{18}\text{O}(p, n)$
- D  $^{19}\text{F}(d, t)$
- E  $^{22}\text{Ne}(\gamma, \alpha)$

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

問8 熱中性子による $^{235}\text{U}$ の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 核分裂の際、平均して2.5個の中性子が放出される。
- B 放出される中性子の平均運動エネルギーは約2 MeVである。
- C ほぼ同じ質量数の2つの原子核に分裂する。
- D 生成する核種は中性子不足核である。

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

問9 熱中性子照射による放射性核種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。

	照射対象	生成核種
A	空気	$^{41}\text{Ar}$
B	海水	$^{38}\text{Cl}$
C	ステンレス	$^{51}\text{Cr}$
D	コンクリート	$^{45}\text{Ca}$

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

問10 コバルト(Co) 箔（不純物は含まれていないとする）に対する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 59 keVの光子を照射すると、Coの特性X線が発生する。
  - B 5 MeVの陽子を照射すると、Niの特性X線が発生する。
  - C 14 MeVの中性を照射すると、 $^{59}\text{Fe}$ と $^{58}\text{Co}$ が生成する。
  - D 20 MeVの光子を照射すると、 $^{58}\text{Co}$ が生成する。
- 1 ABCのみ    2 ABDのみ    3 ACDのみ    4 BCDのみ    5 ABCDすべて

問11 ガリウム Ga 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 周期表でAlと同じ13族に属する。
  - B 50°Cでは液体である。
  - C  $^{67}\text{Ga}$ は、EC壊変して $\gamma$ 線を放出する。
  - D  $^{68}\text{Ga}$ は、 $^{68}\text{Ge}$ を親核種とするミルキングで得られる。
- 1 ABCのみ    2 ABDのみ    3 ACDのみ    4 BCDのみ    5 ABCDすべて

問12 放射性元素の化学的性質に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 7価のテクネチウム (Tc) は水酸化物として水溶液から沈澱する。
- 2 ポロニウム (Po) の単体は非金属としての性質を示す。
- 3 アスタチン (At) は貴ガスと同様に単原子分子の状態が安定である。
- 4 2価のラジウム (Ra) は硫酸イオンと反応して水溶液から沈澱する。
- 5 アクチニウム (Ac) は化合物中で4価の状態をとる。

問 13 最初に核種 A (半減期 6 h) の原子数が核種 B (半減期 18 h) の原子数の 4 倍あるとき、核種 A の原子数と核種 B の原子数が等しくなるまでの時間[h]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 12                      2 18                      3 24                      4 36                      5 48

問 14 次の核種の組合せのうち、安定核種のみ組合せはどれか。

- A  $^{16}\text{O}$      $^{17}\text{O}$      $^{18}\text{O}$   
B  $^{40}\text{Ca}$     $^{42}\text{Ca}$     $^{44}\text{Ca}$   
C  $^{45}\text{Ti}$      $^{48}\text{Ti}$      $^{50}\text{Ti}$   
D  $^{54}\text{Fe}$      $^{56}\text{Fe}$      $^{59}\text{Fe}$   
E  $^{74}\text{As}$      $^{75}\text{As}$      $^{76}\text{As}$

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

問 15 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 太陽系ができたときから存在している天然放射性核種がある。  
B 地中で常に生成されている天然放射性核種がある。  
C 最も短い天然放射性核種の半減期は20分である。  
D 常温常圧で気体の天然放射性核種が存在する。

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

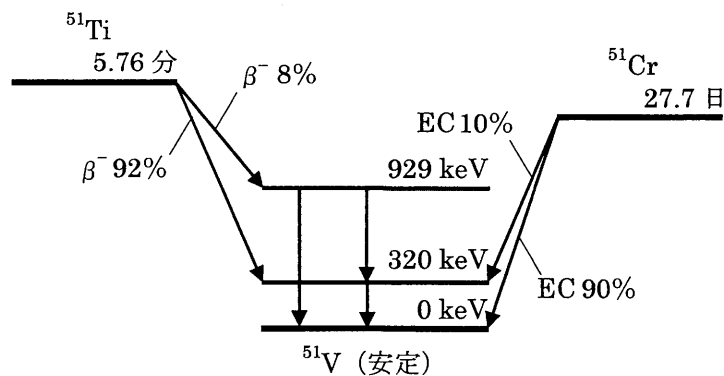
問 16 試料中の核種の原子数比が、数億年の地質年代を測定するために利用できるものの組合せは次のうちどれか。

- A  ${}^3\text{H}/{}^3\text{He}$
- B  ${}^{14}\text{C}/{}^{12}\text{C}$
- C  ${}^{40}\text{K}/{}^{40}\text{Ar}$
- D  ${}^{87}\text{Rb}/{}^{87}\text{Sr}$
- E  ${}^{235}\text{U}/{}^{207}\text{Pb}$

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

問 17 質量数が 51 の 3 つの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。壊変図式を参考にせよ。

- A  ${}^{51}\text{Cr}$ 線源はVの特性X線を放出する。
- B  ${}^{51}\text{Ti}$ の  $\beta^-$ 壊変は必ず ${}^{51}\text{V}$ の励起状態を生成する。
- C  ${}^{51}\text{Cr}$ は最大エネルギーが異なる2本の  $\beta^-$ 線を放出する。
- D  ${}^{51}\text{Cr}$ 線源は609 keVの  $\gamma$ 線を放出する。
- E 1個の ${}^{51}\text{Ti}$ 原子核が壊変すると、2本の  $\gamma$ 線が放出されることがある。



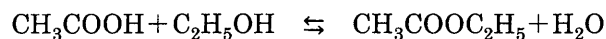
- 1 ABDのみ    2 ABEのみ    3 ACDのみ    4 BCEのみ    5 CDEのみ

問 18 次の放射性核種を含む試料 I ~IVとその放射線を測定する検出器ア~エとの組合せのうち最も適切なものはどれか。

試料	検出器
I $^{99m}\text{Tc}$ で標識された化合物を含む溶液	ア 端窓型 GM 検出器
II $^{32}\text{P}$ を捕集したろ紙	イ Ge 検出器
III 多元素同時定量のために中性子放射化した岩石試料	ウ 井戸型 NaI(Tl) 検出器
IV $\alpha$ 線放出核種を電着したアルミニウム板	エ 表面障壁型 Si 検出器

- 1 I-ア、II-イ、III-エ、IV-ウ
- 2 I-イ、II-ア、III-エ、IV-ウ
- 3 I-ア、II-エ、III-ウ、IV-イ
- 4 I-ウ、II-ア、III-イ、IV-エ
- 5 I-エ、II-ウ、III-イ、IV-ア

問 19 酢酸とエタノールから酢酸エチルが生成する反応は、以下の反応式で表される平衡反応である。



$^{14}\text{C}$ で標識した酢酸をエタノールと混合し、平衡に達したとき、放射能を持つ化合物として正しいものは次のうちどれか。

- 1 酢酸とエタノールと酢酸エチルのみ
- 2 酢酸のみ
- 3 エタノールと酢酸エチルのみ
- 4 酢酸と酢酸エチルのみ
- 5 酢酸とエタノールのみ

問 20 次の操作のうち、放射性気体が発生するものの組合せはどれか。

- A  $^{14}\text{C}$ で標識した炭酸カルシウムに塩酸を加える。
- B  $^{32}\text{P}$ で標識したリン酸カルシウムに硫酸を加える。
- C  $^{35}\text{S}$ で標識した硫化鉄に塩酸を加える。
- D  $^{36}\text{Cl}$ で標識した塩化銅(II)にアンモニア水を加える。

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

問 21 次の記述のうち、放射性核種が沈殿するものの組合せはどれか。

- A  $^{14}\text{C}$  で標識した炭酸ナトリウムに塩化カルシウム水溶液を加える。
- B  $^{110\text{m}}\text{Ag}^+$  を含む硝酸酸性溶液に硫化水素を通じる。
- C  $^{76}\text{As}^{3+}$  を含む硝酸酸性溶液に塩酸を加える。
- D  $^{86}\text{Rb}^+$  を含むアルカリ性アンモニア水溶液に炭酸アンモニウム水溶液を加える。
- E  $^{140}\text{Ba}^{2+}$  を含む水溶液に硝酸を加える。

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

問 22 1 mL の  $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  塩酸溶液にそれぞれ 10 kBq 含まれる  $^{59}\text{Fe}(\text{III})$  と  $^{140}\text{La}(\text{III})$  を分離できる方法は次のうちどれか。ただし、塩酸溶液には  $^{59}\text{Fe}(\text{III})$  と  $^{140}\text{La}(\text{III})$  の各担体 0.1 mg がそれぞれ含まれるものとする。

- 1 陰イオン交換樹脂カラムに通す。
- 2 9 mL の水で希釈した後、陰イオン交換樹脂カラムに通す。
- 3 アンモニア水を添加してアルカリ性にした後、ろ過する。
- 4 還元剤を十分添加した後、ジイソプロピルエーテルで溶媒抽出を行う。
- 5 蒸留を行う。

問 23 担体を加えた 140 kBq の  $^{64}\text{Cu}$  (半減期 760 分) を含む水溶液に、チオアセトアミド水溶液を加えて加熱し、 $^{64}\text{Cu}$  を硫化銅として沈殿分離した。この分離操作には 380 分かかった。得られた沈殿 4.0 g のうち、0.10 g 中の  $^{64}\text{Cu}$  の分離操作終了時の放射能は 2.4 kBq だった。この沈殿分離操作での  $^{64}\text{Cu}$  の収率[%]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 45            2 57            3 69            4 81            5 97



問 24 イオン交換樹脂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 H 型の陽イオン交換樹脂カラムに  $^{22}\text{Na}^+$  を含む水溶液を流すと、 $^{22}\text{Na}^+$  は樹脂に吸着しない。
- B 強酸性陽イオン交換樹脂カラムでは、 $^{45}\text{Ca}^{2+}$  が  $^{42}\text{K}^+$  より先に溶離する。
- C 強酸性陽イオン交換樹脂カラムを使用して  $^{137}\text{Cs}^+$  と  $^{86}\text{Rb}^+$  が分離できる。
- D 強塩基性陰イオン交換樹脂カラムでは、 $^{36}\text{Cl}^-$  が  $^{32}\text{PO}_4^{3-}$  より先に溶離する。
- E OH 型の陰イオン交換樹脂カラムに  $^{57}\text{Ni}^{2+}$  を含む  $9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  塩酸酸性溶液を流すと、 $^{57}\text{Ni}^{2+}$  は樹脂に吸着しない。

- 1 ABDのみ    2 ABEのみ    3 ACDのみ    4 BCEのみ    5 CDEのみ

問 25 ある放射性標識化合物は、水から有機溶媒への分配比（有機溶媒中濃度/水中濃度）が 10 である。その放射性標識化合物 100 MBq を含む水から同じ体積の有機溶媒に抽出したのち、有機溶媒を分けた。再度、残った水に同じ体積の有機溶媒を加えて抽出すると、抽出されなかった放射性標識化合物の放射能[MBq]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.8                      2 9                      3 20                      4 50                      5 90

問 26 次の標識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 酢酸のメチル基に標識されたトリチウムは水分子の水素と容易に同位体交換する。
- B 保存するときにはできるだけ放射能濃度の高い状態とする。
- C 放射化学的純度は非放射性不純物の量とは無関係である。
- D 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。
- E 有機化合物中の特定位置にトリチウムを標識するにはウイルトツバッハ法を用いる。

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

問 27 全放射能 2.0 MBq の $^{14}\text{C}$ アニリン ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$ ) 10 mg を検定したところ、化学純度が 90%、放射性核種純度が 90%、放射化学的純度が 80%であった。この $^{14}\text{C}$ アニリンの比放射能 [ $\text{kBq}\cdot\text{mg}^{-1}$ ]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 95                      2 120                      3 130                      4 140                      5 160

問 28  $^{65}\text{Zn}^{2+}$ を含む溶液試料 100 mL がある。この溶液試料を 40 mL ずつ分取して試料 A、B とした。試料 A に、非放射性的  $\text{Zn}^{2+}$  を  $7.0 \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$  で含む水溶液 1.0 mL を加えて十分に混合した後の  $^{65}\text{Zn}$  の比放射能は  $700 \text{ kBq}\cdot\text{mg}^{-1}$  であった。試料 B には、同じ非放射性的  $\text{Zn}^{2+}$  水溶液 3.0 mL を加えて同様の処理をしたところ、 $^{65}\text{Zn}$  の比放射能は  $500 \text{ kBq}\cdot\text{mg}^{-1}$  であった。元の溶液試料 100 mL 中に含まれる  $\text{Zn}^{2+}$  の質量 [mg] として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 28                      2 35                      3 56                      4 70                      5 110

問 29 放射線照射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 照射により単位長さ当たり生成するスパーク (スプール) の数は LET に依存しない。
- B 水に照射すると  $10^{-8}$  秒以上経過してからイオン化が起こる。
- C 水への照射での二次過程で過酸化水素が生成する。
- D  $\text{Fe}^{2+}$  水溶液への  $\gamma$  線照射により  $\text{Fe}^{2+}$  は酸化される。

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

問 30 放射線と物質との相互作用の利用に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 セリウム線量計では、 $\text{Ce}^{3+}$  が  $\text{Ce}^{4+}$  に酸化されることを利用する。
- 2 グラフト共重合では、線エネルギー付与の大きい  $\alpha$  線が主に利用される。
- 3 熱ルミネセンス法による吸収線量測定では、熱ルミネセンスの強度が吸収線量に比例することを利用する。
- 4 ESR (電子スピン共鳴) 法による文化財の年代測定では、放射線の電離作用によるイオン対を検出する。
- 5 フィッショントラック法によるウランの定量では、 $^{238}\text{U}$  の核分裂片の飛跡を霧箱で検出する。

問 31 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  $^{127}\text{I}$  の熱中性子捕獲反応で生成する  $^{128}\text{I}$  の化学効果について考える。ヨウ化エチル ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$  ; 水に不溶) を熱中性子照射し、その後還元剤を含む水と振とうすると、生成した  $^{128}\text{I}$  の約 50% が水相に [ A ] の化学形で抽出された。 $^{127}\text{I}$  の中性子捕獲反応で生成する高励起状態の  $^{128}\text{I}$  原子核から放出される [ B ] により  $^{128}\text{I}$  が [ ア ] する。この放出される [ B ] の最大エネルギー  $E$  [MeV] は、捕獲反応の  $Q$  値 (6.8 MeV) に等しくなる。 $^{128}\text{I}$  原子の質量 (原子質量単位) を  $M$  で表すと、最大 [ ア ] エネルギー  $E_{\text{R}}$  [eV] は、 $537E^2/M$  で与えられる。したがって、その値は [ C ] eV となる。一方、ヨウ化エチル分子の C-I の [ イ ] エネルギーは数 eV であり、これに比べて [ ア ] エネルギーの方が大きいことから、C-I の結合が切断され  $^{128}\text{I}$  のみが水相に移行した。これは、1934年に Szilard と Chalmers により行われた実験である。一般に (n,  $\gamma$ ) 反応で生成する核種の [ D ] は標的核種と同じであるため、[ E ] の状態で得ることは難しい。しかし、水相から  $^{128}\text{I}$  を得るこの実験は (n,  $\gamma$ ) 反応による [ E ] RI 製造の礎となっている。

< A の解答群 >

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

< B の解答群 >

- |              |             |              |              |       |
|--------------|-------------|--------------|--------------|-------|
| 1 $\alpha$ 線 | 2 $\beta$ 線 | 3 $\gamma$ 線 | 4 $\delta$ 線 | 5 X 線 |
|--------------|-------------|--------------|--------------|-------|

< ア、イの解答群 >

- |      |       |      |        |      |
|------|-------|------|--------|------|
| 1 反跳 | 2 活性化 | 3 結合 | 4 イオン化 | 5 振動 |
| 6 回転 |       |      |        |      |

< C の解答群 >

- |      |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 1 84 | 2 194 | 3 288 | 4 342 | 5 540 |
|------|-------|-------|-------|-------|

< D、E の解答群 >

- |       |        |        |       |          |
|-------|--------|--------|-------|----------|
| 1 質量数 | 2 中性子数 | 3 原子番号 | 4 同位体 | 5 非同位体担体 |
| 6 無担体 | 7 保持担体 |        |       |          |

II ヨウ素の放射性核種のうち医療の分野で利用されている<sup>123</sup>I、<sup>125</sup>I、<sup>131</sup>Iの半減期、製造法、壊変様式、適用例などについて以下に示す。

放射性核種を被験者に投与して体外から画像診断を行うインビボ (*in vivo*) 検査には、比較的低エネルギーの $\gamma$ 線を放出し、 $\alpha$ 線や $\beta$ 線の放出がなく体内被ばくの少ない短半減期の核種が適している。<sup>123</sup>Iは半減期13.2時間でEC壊変し、 keVの $\gamma$ 線を放出する核種であり、やSPECTで甲状腺機能の診断に用いられる。<sup>123</sup>Iの製造には、<sup>124</sup>Te<sup>123</sup>I反応や<sup>124</sup>Xe(p, 2n)<sup>123</sup>Cs反応などが利用される。なお、後者の反応で生成する<sup>123</sup>Csは、2回のEC壊変を経て<sup>123</sup>Iになる。

血液や尿中に含まれるホルモンやビタミンなどの生理活性物質を測定するインビトロ (*in vitro*) 検査であるには、半減期が比較的長い $\gamma$ 線放出核種が利用される。<sup>125</sup>Iは半減期日でEC壊変して、35.5 keVの $\gamma$ 線を放出する。また壊変に伴い、の特性X線が放出される。<sup>125</sup>Iは原子炉を使い<sup>124</sup>Xe(n,  $\gamma$ )<sup>125</sup>Xe反応により生成する<sup>125</sup>Xe(半減期16.9時間)のEC、 $\beta^+$ 壊変により得られる。

<sup>131</sup>Iは $\beta^-$ 線を放出する核種で、甲状腺疾患の治療などに利用される。<sup>131</sup>Iは半減期日で $\beta^-$ 壊変( $E_{\beta\text{max}}=606$  keV (89.5%))して、<sup>131</sup>Xeの励起準位から $\gamma$ 線(主に365 keV)を放出する。<sup>131</sup>Iは原子炉での熱中性子による核分裂、あるいは<sup>130</sup>Te(n,  $\gamma$ )反応で生成する<sup>131</sup>Te(半減期25分)の $\beta^-$ 壊変により得られる。

< Fの解答群 >

- |   |     |   |     |   |     |   |     |   |     |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|
| 1 | 122 | 2 | 141 | 3 | 159 | 4 | 320 | 5 | 514 |
| 6 | 744 |   |     |   |     |   |     |   |     |

< ウ、エの解答群 >

- |   |                |   |                |
|---|----------------|---|----------------|
| 1 | 陽電子放射断層撮影(PET) | 2 | シンチグラフィ        |
| 3 | ラジオイムノアッセイ     | 4 | エンザイムイムノアッセイ   |
| 5 | 蛍光イムノアッセイ      | 6 | マイクロオートラジオグラフィ |

< Gの解答群 >

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

< オ、カの解答群 >

- |   |      |   |      |   |      |   |      |   |      |
|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|
| 1 | 3.26 | 2 | 8.03 | 3 | 14.3 | 4 | 27.7 | 5 | 59.4 |
| 6 | 77.2 | 7 | 272  |   |      |   |      |   |      |

< Hの解答群 >

- |   |    |   |    |   |   |   |    |   |    |
|---|----|---|----|---|---|---|----|---|----|
| 1 | Sb | 2 | Te | 3 | I | 4 | Xe | 5 | Cs |
|---|----|---|----|---|---|---|----|---|----|

< Iの解答群 >

- |   |                   |   |                   |   |                   |   |                  |   |                  |
|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|------------------|---|------------------|
| 1 | <sup>226</sup> Ra | 2 | <sup>231</sup> Pa | 3 | <sup>232</sup> Th | 4 | <sup>235</sup> U | 5 | <sup>238</sup> U |
|---|-------------------|---|-------------------|---|-------------------|---|------------------|---|------------------|

問 32 放射線の性質を利用した様々な分析化学的手法が開発されてきた。これに関する次のⅠ～Ⅲ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  $\gamma$ 線スペクトロメトリの□Aの向上は、核種の同定を大幅に容易なものとした。例えば、中性子放射化分析は、□Aに優れる□Bの普及により、非破壊多元素同時分析を可能とする機器分析の手法として広く知られるに至った。□Bの普及以前の中性子放射化分析では□Cが $\gamma$ 線スペクトルの測定に利用されてきたが、微量元素の分析に際しては化学分離をしばしば併用する必要があった。現在でも、分析検体の量や分析対象の元素の含有量によっては、分析感度の向上などのために化学分離が併用される。この場合、分析対象核種以外の生成核によるバックグラウンド $\gamma$ 線の低減もしくは対象元素自体の単離が求められる。前者の例としては中性子放射化で生成しやすい□Dを選択的に除去するHAP（水和五酸化アンチモン）、後者の例としては $^{152}\text{Eu}$ などのランタノイドの沈殿剤である□Eなどが知られている。

< Aの解答群 >

- |            |              |        |
|------------|--------------|--------|
| 1 エネルギー分解能 | 2 S/N比       | 3 不感時間 |
| 4 繰り返し再現性  | 5 バックグラウンド強度 |        |

< B、Cの解答群 >

- |           |              |          |               |
|-----------|--------------|----------|---------------|
| 1 GM 計数管  | 2 Si(Li) 検出器 | 3 Ge 検出器 | 4 NaI(Tl) 検出器 |
| 5 BGO 検出器 |              |          |               |

< Dの解答群 >

- |                   |                   |                    |                   |                    |
|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| 1 $^{14}\text{C}$ | 2 $^{18}\text{F}$ | 3 $^{24}\text{Na}$ | 4 $^{32}\text{P}$ | 5 $^{55}\text{Fe}$ |
|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|

< Eの解答群 >

- |           |              |             |
|-----------|--------------|-------------|
| 1 EDTA    | 2 シュウ酸アンモニウム | 3 過塩素酸ナトリウム |
| 4 塩化カルシウム | 5 硫化水素       |             |

Ⅱ 低エネルギー $\gamma$ 線やX線を放出する核種には放射線の性質を利用した様々な応用が知られている。□Fは蛍光X線分析の線源として利用されているが、これは $\gamma$ 線照射に伴う□Gを利用した多元素同時分析法である。

メスバウアー分光法では、例えば□Hが14.4 keVの低エネルギー $\gamma$ 線の線源として利用されている。この $\gamma$ 線はメスバウアー効果として知られている無反跳条件下での $\gamma$ 線共鳴吸収現象を利用して、鉄を含む化合物の電子構造や材料の物性に関する情報を得るために用いられている。

放射性核種からの低エネルギー $\gamma$ 線やX線に替えてシンクロトロン放射光もよく利用される。この方法では、加速器中で加速された電子の□Iにより放出される光子を利用する。X線吸収端付近でのX線吸収スペクトルに基づくキャラクタリゼーションの手法である□Jなどで活発な応用

研究が展開されている。

< F の解答群 >

- 1  $^{33}\text{P}$                       2  $^{55}\text{Fe}$                       3  $^{147}\text{Pm}$                       4  $^{210}\text{Po}$                       5  $^{241}\text{Am}$

< G の解答群 >

- 1 一電子還元                      2 二電子還元                      3 核異性体転移                      4 内部転換                      5 内殻電離

< H の解答群 >

- 1  $^{55}\text{Fe}$                       2  $^{56}\text{Fe}$                       3  $^{57}\text{Fe}$                       4  $^{57}\text{Co}$                       5  $^{60}\text{Co}$

< I の解答群 >

- 1 スプール形成                      2 反跳                      3 核破砕                      4 コンプトン効果  
5 制動放射

< J の解答群 >

- 1 XAFS                      2 PIXE                      3 XPS                      4 XRD                      5 XRF

III 消滅放射線の応用では、陽電子放射断層撮影 (PET) での標識医薬品の使用がよく知られている。標識に用いられる核種の中には  があり、標識にはグルコースの水酸基を  で置換できることが利用されている。

などの比較的半減期の長い放射性核種から放出される陽電子を試料に照射し、 の寿命測定などから材料物性に関する情報を得る分析手法も活発に利用されている。

天然放射性核種からの放射線として 2 MeV 以上の  $\gamma$  線を放出する核種は  などに限られる。しかし、中性子や荷電粒子の照射により励起された核の脱励起で生成する光子を照射中に計測する  では、このような高エネルギー領域の光子を元素分析などにしばしば利用している。

< K の解答群 >

- 1  $^{11}\text{C}$                       2  $^{13}\text{N}$                       3  $^{15}\text{O}$                       4  $^{18}\text{F}$                       5  $^{68}\text{Ga}$

< L の解答群 >

- 1  $^{22}\text{Na}$                       2  $^{24}\text{Na}$                       3  $^{28}\text{Al}$                       4  $^{45}\text{Ca}$                       5  $^{57}\text{Co}$

< M の解答群 >

- 1 電子                      2 陽電子                      3 ニュートリノ                      4 反ニュートリノ  
5 陽子

< N の解答群 >

- 1  $^{60}\text{Co}$                       2  $^{128}\text{I}$                       3  $^{134}\text{Cs}$                       4  $^{137}\text{Cs}$                       5  $^{208}\text{Tl}$

< O の解答群 >

- 1 ラザフォード散乱                      2 放射化分析                      3 即発  $\gamma$  線分析  
4 粒子励起 X 線分析                      5 アクチバブルトレーサー



