

**第57回**  
**(平成17年)**

**診療放射線技師国家試験**

午前

**放射化学**

問題 1 壊変定数だけで求められるのはどれか。

- a. 物理的半減期
  - b. 生物学的半減期
  - c. 有効半減期
  - d. 壊変原子数
  - e. 平均寿命
1. a、b    2. a、e    3. b、c    4. c、d    5. d、e

問題 2 永続平衡が成立する親核種の半減期( $T_1$ ) と娘核種の半減期( $T_2$ ) との関係はどれか。

- 1.  $T_1 \ll T_2$
- 2.  $T_1 < T_2$
- 3.  $T_1 = T_2$
- 4.  $T_1 > T_2$
- 5.  $T_1 \gg T_2$

問題 3 (n,  $\gamma$ )反応の標的核(左)と生成核(右)との組合せはどれか。

- 1.  $^{10}\text{B}$  —————  $^{10}\text{Be}$
- 2.  $^6\text{Li}$  —————  $^3\text{H}$
- 3.  $^{238}\text{U}$  —————  $^{237}\text{U}$
- 4.  $^{23}\text{Na}$  —————  $^{24}\text{Na}$
- 5.  $^{112}\text{Cd}$  —————  $^{111}\text{In}$

**解説と解答例**

① 壊変定数 =  $\lambda$  , 半減期 =  $T$  ,  $p$  = 物理学的 ,  $b$  = 生物学的 ,  $E$  = 有効とすると ,  $a$  の物理学的半減期  $T_p$  は  $T_p = 0.693/\lambda$  より ,  $\lambda$  のみで求まる .  $b$  の生物学的半減期は  $T_b$  では求まらない .  $c$  の有効半減期は  $T$  以外に生物学的半減期が必要 .  $d$  の壊変原子数は  $N$  以外に原子数  $N$  が必要 .  $E$  の平均寿命  $\tau$  は  $\tau = 1/\lambda$  のみで求まる .

$T_1$  のみで求まるのは  $a$  ) と  $e$  ) なので , 答えは 2 ) となる .

② 原子数を  $N$  , 壊変定数を  $\lambda$  , 半減期を  $T$  , 放射能を  $A$  とすると , 過渡平衡の条件は  $T_1 < T_2$  で示され , 以下の関係が成り立つ .

$$N_2 = \left\{ \frac{\lambda_1}{(\lambda_2 - \lambda_1)} \right\} N_1 = \left\{ \frac{T_2}{(T_1 - T_2)} \right\} N_1$$

$$A_2 = \left\{ \frac{\lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)} \right\} A_1 = \left\{ \frac{T_1}{(T_1 - T_2)} \right\} A_1$$

永続平衡の条件は  $T_1 = T_2$  で示され , 以下の関係が成り立つ .

$$N_2 = \left( \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \right) N_1 = \left( \frac{T_2}{T_1} \right) N_1 , \quad A_2 = A_1$$

したがって , 永続平衡の条件は  $T_1 = T_2$  なので答えは 5 ) となる .

③ 1)  $^5_3\text{B} + ^1_0\text{n} = ^{10}_4\text{Be} + ^0_0\gamma$  で質量数 , 原子番号とも不一致 .

2)  $^6_3\text{Li} + ^1_0\text{n} = ^3_1\text{H} + ^3_2\text{He}$  で質量数 , 原子番号とも不一致 .

3) ウランは質量数が 90 と 140 付近に分裂するので誤り .

4)  $^{23}_{11}\text{Na} + ^1_0\text{n} = ^{24}_{11}\text{Na} + ^0_0\gamma$  で質量数 , 原子番号とも一致 .

5)  $^{112}_{48}\text{Cd} + ^1_0\text{n} = ^{111}_{49}\text{In} + ^0_0\gamma$  で質量数 , 原子番号とも不一致 .

よって質量数 , 原子番号とも一致するのは 4 ) となる .

問題 4  $^{99m}\text{Tc}$  カウのミルクで誤っているのはどれか。

- a. 過渡平衡を利用する。
  - b. 親核種は  $^{99}\text{Mo}$  である。
  - c. ミルクは乳剤を混入する操作である。
  - d. ブドウ糖溶液で  $^{99m}\text{Tc}$  を抽出する。
  - e. 親核種をアルミナカラムに吸着させる。
1. a、b    2. a、e    3. b、c    4. c、d    5. d、e

問題 5  $^{140}\text{Ba} - ^{140}\text{La}$  から  $^{140}\text{La}$  の分離で誤っているのはどれか。

- 1. 保持担体の  $\text{Ba}^{2+}$  を添加する。
- 2. 共沈剤の  $\text{Fe}^{3+}$  を添加する。
- 3.  $^{140}\text{Ba}$  は  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  と共沈する。
- 4.  $^{140}\text{La}$  を無担体分離することができる。
- 5.  $\text{Fe}^{3+}$  は溶媒抽出法で分離する。

問題 6 関係のない組合せはどれか。

- 1. ウィルツバッハ法 ----- 同位体交換反応
- 2. クロラミンT法 ----- 還元作用
- 3. アクチバブルトレーサ法 ----- 放射化断面積
- 4. PIXE法 ----- 陽子線
- 5. ペーパークロマトグラフィ法 ----- Rf値

問題 7 試料中の炭素原子を含む有機物  $\text{RCOOH}$  の重量を求めるため、試料 800 mg に  $^{14}\text{C}$  で標識した  $\text{R}^{14}\text{COOH}$  (比放射能  $3.9 \times 10^5 \text{ Bq/mg}$ ) を 50 mg 添加した後よく混合した。混合物から一部の  $\text{RCOOH}$  を純粋に分離した後、その比放射能を測定したところ  $6 \times 10^4 \text{ Bq/mg}$  であった。

試料中の  $\text{RCOOH}$  の重量 (mg) で正しいのはどれか。

- 1. 275
- 2. 325
- 3. 375
- 4. 425
- 5. 475

④  $^{99m}\text{Tc}$  カウは親核が  $^{99}\text{Mo}$  ( $T = 66\text{h}$ ) で娘核が  $^{99m}\text{Tc}$  ( $T = 6\text{h}$ ) の過渡行衡の関係にあり、親核をアルミナカラムに吸着させ、カラムに生理食塩水を流して、短半減期の娘核を取り出す (ミルク)。したがって、ミルクには乳剤は不要で、ブドウ糖は用いないので c), d) が誤りとなり、答えは 4) となる。

⑤  $^{140}\text{Ba} - ^{140}\text{La}$  から  $^{140}\text{La}$  を分離するには、 $^{140}\text{Ba} - ^{140}\text{La}$  混合液に  $^{140}\text{Ba}$  を液に留めるための保持担体として  $\text{Ba}^{2+}$  を添加し、さらに  $^{140}\text{La}$  を沈殿させるための捕集剤 (担体) として  $\text{Fe}^{3+}$  を加え、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沈殿と  $^{140}\text{La}$  を共沈させ、濾紙で  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  と  $^{140}\text{La}$  を分離収集する。次に  $\text{Fe}^{3+}$  と  $^{140}\text{La}$  を溶媒抽出法によってジイソプロピルエーテル (有機相) に  $\text{Fe}^{3+}$  を抽出し、水槽に無担体の  $^{140}\text{La}$  を抽出する。したがって、 $^{140}\text{Ba}$  は  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  とは共沈しないので誤りであり、答えは 3) となる。

⑥ ウィルツバッハ法は、有機化合物にトリチウム ( $\text{H}^3$ ) を同位体交換によって標識する方法である。クロラミンT法は、置換反応を利用してヨウ素を蛋白質に標識する方法であるので関係が薄い。アクチバブルトレーサ法は、トレーサとして試料に存在しない微量の元素を加えた後に放射化分析によってトレーサ量を分析する方法である。放射化には放射化断面積が重要である。PIXE法は陽子線を照射し、誘発するX線を分析する方法である。ペーパークロマトグラフィ法は、試料が移動する距離 (Rf値) によって分子量を解析する方法である。したがって、関係のない組み合わせは 2) となる。

⑦ 直接希釈法によって求めると、求める試料を  $W_x$ 、添加標識化合物の比放射能を  $S_1$ 、混合後に分離した化合物の比放射能を  $S_2$ 、添加した標識化合物重量を  $W_1$  とすると、これらの間には  $W_x = \{(S_1/S_2) - 1\}W_1$  の関係が成り立つ。題意より  $S_1 = 3.9 \times 10^5 \text{ Bq/mg}$ 、 $S_2 = 6 \times 10^4 \text{ Bq/mg}$ 、 $W_1 = 50\text{mg}$  を上式に代入すると 275mg となり、答えは 1) となる。

問題 8 誤っているのはどれか。

1. 放射分析はある物質が放射性同位体と結合する性質を利用する。
2. 放射化分析は非放射性元素を核反応によって放射性核種にする。
3. 陽イオン交換樹脂は核分裂生成物の分離に用いる。
4. 錯体を形成する金属イオンは陰イオン交換樹脂に吸着する。
5. 電気化学的分離法は放射性核種の蒸気圧の違いを利用する。

**医用画像機器学**

問題 9 X線管について正しいのはどれか。2つ選べ。

1. X線管電流は電極間距離の $\sqrt{2}$ 乗に反比例する。
2. X線放射強度分布はターゲットの角度によって異なる。
3. 焦点外X線の線質は焦点近傍ほど硬質となる。
4. 短時間許容負荷は管電圧リプル百分率によって異なる。
5. 実効焦点の変化はX線管電圧が高くX線管電流が小さいほど大きい。

問題 10 X線管の短時間許容負荷を大きくする方法はどれか。

- a. 焦点外X線の面積を大きくする。
  - b. ターゲット角度を大きくする。
  - c. 管電圧波形のリプル百分率を小さくする。
  - d. 焦点面積を大きくする。
  - e. 焦点軌道直径を大きくする。
1. a、b、c                      2. a、b、e                      3. a、d、e  
4. b、c、d                      5. c、d、e

問題 11 X線装置で正しいのはどれか。2つ選べ。

1. X線管フィラメント加熱回路には、インバータ方式は使用されない。
2. 自己整流形X線装置は他のX線装置に比べ短時間撮影ができる。
3. インバータ式X線装置では、管電圧波形の脈動率が17%になる。
4. インバータ式X線装置は入力電源をAC-DCコンバータで整流する。
5. 空間電荷補償回路が必要である。

⑧ 放射分析は、非RI試料に定量的に結合するRI標識化合物で分析する。放射化分析は非RI試料の親核に放射線を照射して核反応によって生成した娘核から放出する放射線から親核を分析する。核分裂生成物は陽イオンに吸着するので、陽イオン交換樹脂によって分離可能である。錯体をつくる金属イオンは陰イオンに吸着するので、陰イオン交換樹脂で分離可能である。電気化学的方法は静電気、イオン化傾向、電気分解を利用しており蒸気圧は関係ないので、答えは5)となる。

⑨ 1) 管電流は電極間距離(d)の“2乗に反比例”する、が正しい。  
X線管を二極真空管とみなすと、空間電流領域の管(陽極)電流Iは「Child-Langmuirの式;  $I = k \cdot V^{3/2} d^2$ 」で表される [ k: 定数, V: 管(陽極)電圧, d: 陰極 - 陽極間距離 ]。

3) 焦点外X線の線質は実焦点面の近傍から発生するものほど“軟質”が正しい。実焦点面からの2次電子はそのエネルギーが高い電子ほど遠くの陽極面へ再衝突し、高いエネルギーに見合う硬質の焦点外X線を発生する。

⑩ a) 焦点外X線は短時間許容負荷量とは関係ないので誤り。

b) ターゲット角度を“小さく”する必要があるので誤り。実効焦点を同一として見るとターゲット角度が小さいほどターゲット面上の“実焦点面積は大きくなる”ので、0.1s以下の短時間許容負荷は増える。

⑪ 1) 最近の装置では、X線管フィラメント加熱回路にもインバータ方式が採用されている。

2) 自己整流形の装置は、入力交流電源の負半波を利用できず、X線管への逆電圧抑制への配慮からも(2ピーク形によるX線管負荷の50%程度に抑える必要があり)、必要なX線出力を得るには効率が悪く、撮影時間の短縮を図りにくい。

3) 最近のインバータ式装置の管電圧波形の脈動率は4~10%程度であり、17%は大き過ぎるので誤り。