

第58回

(平成18年)

診療放射線技師国家試験

< 午 前 >

放射化学

問題 1 有効半減期( $T_e$ )、生物学的半減期( $T_b$ )、物理的半減期( $T_p$ )の正しい関係はどれか。

1.  $T_e = T_b - T_p$
2.  $T_e = T_b + T_p$
3.  $1/T_e = 1/T_b + 1/T_p$
4.  $1/T_e = 1/T_b - 1/T_p$
5.  $1/T_e = 1/(T_b + T_p)$

問題 2  $^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ において、 $^{99}\text{Mo}$ の放射能が100 MBq、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の放射能が0のとき、48時間後の $^{99\text{m}}\text{Tc}$ の放射能(MBq)に最も近いのはどれか。

ただし、 $^{99}\text{Mo}$ の物理的半減期は66時間、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ は6時間とし、 $^{99}\text{Mo}$ から $^{99\text{m}}\text{Tc}$ への変換率は87.7%とする。また、指数関数については、以下の近似が成立するものとする。

$$e^{-x} = 1 - x + \frac{x^2}{2}$$

1. 100
2. 80
3. 60
4. 40
5. 20

問題 3 物理的半減期の最も短いのはどれか。

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

解説と解答例

① 有効半減期( $T_e$ )、生物学的半減期( $T_b$ )、物理的半減期( $T_p$ )の間には

$$\frac{1}{T_e} = \frac{1}{T_b} + \frac{1}{T_p}$$

の関係があるので、答えは3)となる。

② 親核の減衰は変換率が $K = 87.7\%$ なら、 $I = I_0 \cdot K \cdot e^{-0.693t/T}$ で示される。題意より、変換率 $K = 0.877$ 、もとの親核量 $I_0 = 100\text{MBq}$ 、経過時間 $t = 48\text{hr}$ 、半減期 $T = 66\text{hr}$ を代入すると、48時間後の親核量 $I$ は、

$$\begin{aligned} I &= 100\text{MBq} \cdot 0.877 e^{-0.693(48/66)} \\ &= 87.7\text{MBq} e^{-0.504} \text{ となり,} \\ e^{-0.504} &= 1 - 0.504 + \frac{0.504^2}{2} \\ &= 1 - 0.504 + 0.127 \\ &= 0.623 \end{aligned}$$

なので、48時間後の親核は $I = 87.7 \times 0.623 = 54.63\text{MBq}$ となる。このときの娘核は放射平衡にあるので、娘核放射能 $= A$ 、親核放射能 $= A_0$ 、親核半減期 $= T_1$ 、娘核半減期 $= T_2$ 、とすると、

$$\begin{aligned} A &= A_0 \frac{T_1}{T_1 - T_2} = 54.63\text{MBq} \times \frac{66}{66 - 60} \\ &= 54.63 \times 1.1\text{MBq} = 60.0\text{MBq} \text{ となり,} \end{aligned}$$

答えは3)となる。

③ 問題の核種は

番号	核種	半減期	利用放射線
1	$^{11}\text{C}$	20.4min	+, -, EC
2	$^{13}\text{N}$	9.96min	+, -, EC
3	$^{15}\text{O}$	2.03min	+, -, EC
4	$^{18}\text{F}$	109.8min	+, -, EC
5	$^{68}\text{Ga}$	78.2hr	EC

なので、最も半減期が短いのは $^{15}\text{O}$ なので、答えは3)となる。

問題 4 イオン交換法で用いる陽イオン交換基はどれか。

- a. スルホン酸基
  - b. カルボン酸基
  - c. 第四級アンモニウム基
  - d. 第一級アミン基
  - e. イミノ基
1. a, b    2. a, e    3. b, c    4. c, d    5. d, e

問題 5 放射性核種の分離法と核種の組合せで誤っているのはどれか。

- 1. 内部電解法 —————  $^{64}\text{Cu}$
- 2. ジラード・チャルマー法 —————  $^{99}\text{Mo}$
- 3. イオン交換クロマトグラフィ —————  $^{67}\text{Ga}$
- 4. ガス拡散法 —————  $^{235}\text{U}$
- 5. ラジオコロイド法 —————  $^{90}\text{Y}$

問題 6 関係ない組合せはどれか。

- 1. ペーパークロマトグラフィ ————— Rf 値
- 2. 薄層クロマトグラフィ ————— 吸着剤
- 3. 電気泳動法 ————— 電解質溶液
- 4. ガスクロマトグラフィ ————— 展開溶媒
- 5. 内部電解法 ————— イオン化傾向

問題 7 標識化合物の放射線分解の低減化と関係ないのはどれか。

- 1. 比放射能を低くする。
- 2. 放射能濃度を低くする。
- 3. 少量ずつ保管する。
- 4. 他の強い放射線源から離して置く。
- 5. 室温で保管する。

問題 8 関係ない組合せはどれか。

- 1. ボルトンハンター法 ————— タンパク質の放射性ヨウ素標識
- 2. PIXE 法 ————— 陽子線
- 3. 不足当量法 ————— 同位体希釈分析
- 4. アクチバブルトレーサ法 ————— ユーロピウム (Eu)
- 5. オートラジオグラフィ ————— 放射性同位元素の標識法

④ 陽イオンはカチオン、正イオンと呼ばれ、スルホン酸基 (-SO<sub>3</sub>H)、カルボキシル基 (-COOH) があり、陰イオンには第4級アンモニウム基 (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)、アミノ基 (-NH<sub>2</sub>) が用いられる。アミノ基は有機化合物中の-NH-の名称で、交換基ではない。したがって、陽イオン交換基はa), b) なので、答えは1)となる。

⑤ ジラード・チャルマーズ法は反跳原子法とも呼ばれ、放出放射線の反跳エネルギーによって結合が解けて分離されるもので、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>I に中性子を照射し、C<sub>2</sub>H<sub>5</sub><sup>125</sup>I から<sup>125</sup>I を分離する方法なので誤りである。したがって、答えは2)となる。

⑥ ガスクロマトグラフィにはキャリアーガスと線源が必要であり、展開溶媒は不要である。したがって、答えは4)となる。

⑦ 室温は放射能濃度や放射線線量と関係がないので、答えは5)となる。

⑧ オートラジオグラフィは非密封低エネルギー線源をトレーサーとして用い、フィルムを密着させて、感光度からRI分布を調べる方法であり、RI標識法ではない。したがって、関係ない組み合わせの答えは5)となる。

参考・ボルトンハンターは、タンパクに放射性ヨウ素を標識する方法である。

・PIXE法は陽子線を試料に照射し、誘発するX線から資料を分析する方法。

・不足当量法は同位体希釈法の一種で重量測定が不要である。

・アクチバブルトレーサ法は安定同位体のEuを土壌に散布し、Eu分布をサンプルの放射化分析で調べる方法。

・オートラジオグラフィ法は非密封線源を用い、フィルムを密着させて、線源の取り込み、分布などを調べる。

4	1	5	2	6	4
7	5	8	5		

医用画像機器学

問題 9 無負荷時において1次電圧 200 V で管電圧 150 kV を発生する単相 2 ピーク形 X 線高電圧装置がある。

この装置で管電流 200 mA 通電したときの 1 次電流は約何 A か。  
ただし、励磁電流は無視する。

1. 106
2. 118
3. 150
4. 166
5. 212

問題 10 管電圧 150 kV、管電流 300 mA、撮影時間 1 s 通電したとき、単相全波整流装置の高電圧変圧器の最大出力は何 kVA か。

1. 35
2. 40
3. 45
4. 50
5. 55

問題 11 X 線管装置の用語で誤っているのはどれか。

1. 実効焦点とは基準面への垂直投影したものをいう。
2. X 線管入力とは陽極に加えられる電力をいう。
3. ヒートユニットとは X 線管の入力を表す特別な単位をいう。
4. 固有ろ過とは取り外しできない物質による線質等価ろ過をいう。
5. フィラメント特性とは管電流とフィラメント電流との関係をいう。

問題 12 誤っているのはどれか。2 つ選べ。

1. ターゲット角度はヒール効果に影響する。
2. X 線管焦点の大きさは陰極の電極構造で決定される。
3. X 線用可動絞りの奥羽根は焦点外 X 線の低減に有効である。
4. X 線用可動絞りのミラーの X 線吸収は 0.05 mmAl 当量以下である。
5. マンモグラフィ用 X 線管の電極間距離は一般用よりも長い。

問題 13 インバータ式 X 線装置の特徴で誤っているのはどれか。

1. 最大定格は電源容量で制限される。
2. 高周波化は高電圧変圧器の効率を高める。
3. X 線の遮断は電源位相と無関係に行える。
4. 管電圧のリプルは高電圧ケーブルの長さに影響する。
5. X 線の線質は単相電源でも 12 ピーク装置と同等のものが得られる。

④ 管電圧（波高値）および管電流（平均値）をそれぞれ“実効値”に換算し、一次電流  $I_1$ （実効値）を求める。

2 ピーク形の場合、波高率は 2、波形率は  $(\sqrt{2}) \div 2 \approx 1.11$ 、巻線比  $= \{ (150 \times 10^3 / 2) / 200$

$$I_1 = \left[ \frac{150 \times 10^3 / 2}{200} \right] \cdot (1.11) \cdot (200 \times 10^{-3})$$

$$150 \times (1.11) / 2 = 118.09 \text{ [A]}$$

⑤ 単相全波整流形 高電圧変圧器の出力  $P$  は X 線負荷の管電圧、管電流をそれぞれ実効値換算し、それらの積で求まる。

$$P = \left\{ \frac{150 \times 10^3}{2} \right\} \cdot \left\{ (1.11) \cdot (300 \times 10^{-3}) \right\}$$

$$150 \times (1.11) \cdot (300) / 2 = 35.4 \text{ [kVA]}$$

⑥ JIS Z4704「医用 X 線管装置」の用語の定義から、

1)「実効焦点とは基準面への実焦点の垂直投影」設問に不備があるが、1) ~ 4) は正しいと見なせる。

ただし、「フィラメント特性とはフィラメントに加える電圧とフィラメント電流との関係」であるから、5) は誤り。

⑦ 「X 線可動絞り」内に組み込まれたミラーの X 線吸収について Al 当量の規定はない。

乳房撮影用 X 線管は管電圧 50 kV 以下の低管電圧領域で使用されるので、陰極と陽極間の距離は一般用 X 線管（50 ~ 150 kV 領域用）より短い。

したがって 4) と 5) は誤りであり、1), 2), 3) は正しい。

⑧ 2) 高周波化は高電圧変圧器の効率を高めるとは限らない。高周波化で高磁束密度用鉄心材を利用するため鉄心断面積は小さくできるが、変圧器コイル制作における耐電圧設計上の配慮等で漏洩リアクタンス分および浮遊容量分の割合により変圧器効率は低下する傾向がある。

4) 設問は「管電圧波形のリプルは X 線高電圧ケーブルの長さに影響される」と受身形で表現すべきである。