

# 第59回 (平成19年) 診療放射線技師国家試験 午前

**放射化学**

**問題 1** 親核種 P(半減期  $T_P$ 、壊変定数  $\lambda_P$ ) と娘核種 D(半減期  $T_D$ 、壊変定数  $\lambda_D$ ) との間が過渡平衡にあるとき、娘核種の放射能を示す式で正しいのはどれか。

ただし、親核種の放射能を  $A$  とする。

1.  $AT_D / (T_P - T_D)$
2.  $AT_P / (T_P - T_D)$
3.  $A\lambda_P / (\lambda_D - \lambda_P)$
4.  $A\lambda_P / (\lambda_P - \lambda_D)$
5.  $A\lambda_D / (\lambda_P - \lambda_D)$

**問題 2** 測定したい試料が放射性である場合に用いる分析法はどれか。

1. PIXE 法
2. 直接希釈法
3. 放射化分析法
4. 放射化学分析法
5. アイソトープ誘導体法

**問題 3** 生物学的半減期と物理的半減期とが等しいときに有効半減期が最も短いのはどれか。

1.  $^{18}\text{F}$
2.  $^{67}\text{Ga}$
3.  $^{99\text{m}}\text{Tc}$
4.  $^{131}\text{I}$
5.  $^{201}\text{Tl}$

**問題 4** 原子炉生成核種はどれか。2つ選べ。

1.  $^3\text{H}$
2.  $^{11}\text{C}$
3.  $^{18}\text{F}$
4.  $^{32}\text{P}$
5.  $^{137}\text{Cs}$

**問題 5** 正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 共沈法は溶解度積の法則を用いる。
2. 無担体の放射性同位体は比放射能が高い。
3. イオン交換法の陰イオン交換基にカルボン酸基がある。
4. スカベンジャは目的とする放射性同位体を沈殿させる。
5. 電気泳動法は電解質溶液中のイオンに磁場をかけて分離する。

**解説と解答例**

① 親核を P、娘核を D とすると、親核放射能  $A_p = A$  なら、過渡平衡の場合は放射能と半減期、崩壊定数の間には

$$A_D = \frac{A \cdot \lambda_D}{(\lambda_D - \lambda_P)} = \frac{A \cdot T_P}{(T_P - T_D)}$$

の関係が成り立つ。

② 測定試料が安定同位体と放射性同位体によって以下のように分類されるので、測定法には

A) 試料が放射性同位体

1. 放射化学分析(核実験, 原子炉事故)

B) 試料が安定同位体

1. 放射分析(放射滴定)
2. 同位体希釈法  
直接希釈法(不足当量希釈法)  
逆希釈法(アイソトープ誘導体法)  
二重希釈法
3. 放射化分析(核反応)

③ 各原子と物理学的半減期  $T_p$ 、崩壊、発生反応の関係は以下ようになる。

原子	物理学的半減期	崩壊形式	発生反応
$^{18}\text{F}$	109m	$^+$ (96.7%) EC (3.3%)	$^{18}\text{O}(\text{p}, \text{n})$ $^{18}\text{F}$ $^{20}\text{Ne}(\text{d}, \text{ )}$ $^{18}\text{F}$
$^{67}\text{Ga}$	78.3h	EC (100%)	$^{66}\text{Zn}(\text{dn})$ $^{67}\text{Ga}$ $^{65}\text{Cu}(\text{2n})$ $^{67}\text{Ga}$
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6h	IT (100%)	$^{99}\text{Mo}$ - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (放射平衡)
$^{131}\text{I}$	8.04d	$^-, \text{ }^+$	$^{130}\text{I}(\text{n}, \text{ )}$ $^{131}\text{I}$
$^{201}\text{Tl}$	73h (3.04d)	EC (100%)	$^{203}\text{Tl}(\text{p3n})$ $^{201}\text{Pb}$ $^{201}\text{Tl}$
$^{11}\text{C}$	20.3m	$^+$ (99.8%) EC (0.2%)	$^{11}\text{N}(\text{p}, \text{ )}$ $^{11}\text{C}$
$^{13}\text{N}$	9.96m	$^+$ (99.8%) EC (0.2%)	$^{16}\text{O}(\text{p}, \text{ )}$ $^{13}\text{N}$
$^{15}\text{O}$	2.03m	$^+$ (99.9%)	$^{14}\text{N}(\text{dn})$ $^{15}\text{O}$ $^{13}\text{N}(\text{pn})$ $^{15}\text{O}$

以上の比較から物理学的半減期  $T_p$  と生物学的半減期  $T_B$  が等しいと

$$\frac{1}{T_E} = \frac{1}{T_P} + \frac{1}{T_B} = \frac{2}{T_P}$$

より、有効半減期  $T_E = T_P / 2$  となり、 $T_P$  の短い核種が有効半減期  $T_E$  も短い。

- |   |         |   |      |   |   |
|---|---------|---|------|---|---|
| 1 | 2       | 2 | 4    | 3 | 1 |
| 4 | 1, 4, 5 | 5 | 1, 2 |   |   |

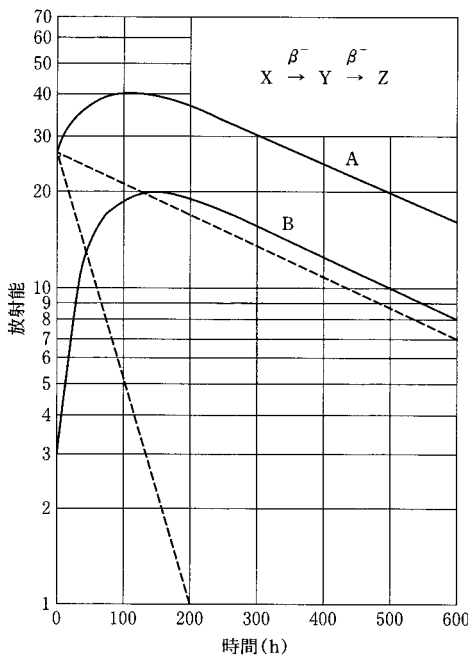
問題 6 関係ない組合せはどれか。

1. 分配係数 ————— 溶媒抽出法
2. 反跳効果 ————— ジラード・チャルマー法
3. <sup>14</sup>C 標識化合物の合成 ————— グルニヤール反応
4. 放射化学的純度の検定 ————— 薄層クロマトグラフィ
5. 蛋白質の放射性ヨウ素の標識法 ——— ウイルツバッハ法

問題 7 正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 放射性降下物 <sup>90</sup>Sr の分析は放射分析に分類される。
2. 同位体効果は原子番号が6より大きい元素で生じる。
3. 放射性炭素 <sup>14</sup>C を測定することで年代推定が可能である。
4. α線をを用いると高解像度のオートラジオグラムが得られる。
5. アクチバブルトレーサ法で用いるトレーサは非放射性的の元素である。

問題 8 親核種 X、娘核種 Y および孫核種 Z の間の放射平衡を示す図で正しいのはどれか。



- a. X と Y とは永続平衡の状態にある。
  - b. 親核種の半減期は約 40 時間である。
  - c. 娘核種の半減期は約 350 時間である。
  - d. 曲線 A は全体の放射能の推移を示す。
  - e. 曲線 B は生成する娘核種の生成と減衰とを示す。
1. a, b    2. a, e    3. b, c    4. c, d    5. d, e

④ 原子炉生成核は質量数が 90, 140 付近にあり、さらに中性子の照射が必要なので以下の各原子の比較を行うと、

原子	半減期	生成核反応
<sup>3</sup> H	12.3Y	<sup>6</sup> Li(n, <sup>3</sup> H)(加速器によるn反応)
<sup>11</sup> C	20.3m	<sup>11</sup> N(pd) <sup>11</sup> C(加速器によるp反応)
<sup>18</sup> F	109m	<sup>18</sup> (pn) <sup>18</sup> F, <sup>20</sup> Ne(d, <sup>18</sup> F)(加速器によるp,d反応)
<sup>32</sup> P	14.2d	<sup>31</sup> P(n, <sup>32</sup> P)(加速器によるn反応)
<sup>137</sup> Cs	30Y	<sup>235</sup> U(nf) <sup>137</sup> Cs(加速器によるn反応)

以上の結果から中性子による核反応で生成される核種は<sup>3</sup>H, <sup>32</sup>P, <sup>137</sup>Csの3核種となる。

- ⑤ 1) 共沈法には溶解度積の法則が用いられるので正しい。
- 2) 無担体は100%放射性同位体であるので比放射能は最大となり正しい。
- 3) 陰イオン交換基にはアンモニウム基が用いられるので誤り。
- 4) スカベンジャーは目的以外の放射性同位元素を除去するために加える担体なので誤り。
- 5) 電気泳動法は磁場でなく電場を加えるので誤り。

ウイルツバッハ法はトリチウム(<sup>3</sup>H)を照射し<sup>3</sup>Hを標識する方法なので誤り。

- 1) 原爆実験や原子炉事故により<sup>90</sup>Srが生成飛散するので放射化学分析が必要である。放射分析は誤りとなる。
- 2) 同位体効果は原子番号6以下の<sup>1</sup>H<sup>1</sup>, <sup>1</sup>H<sup>2</sup>, <sup>1</sup>H<sup>3</sup>でも発生するので誤りとなる。
- 3) 放射性炭素<sup>14</sup>Cは半減期が5730年のため年代測定に用いられるので正しい。
- 4) オートラジオグラフィには線を用いずに低エネルギー非密封線源が用いられるので誤りとなる。
- 5) アクチバブルトレーサは測定試料に存在しない安定同位体をトレーサとして用いて後に放射化分析によってトレーサ量を調べるので正しい。

図は過度平衡であるのでaは誤りである。親核の半減期は図から約300時間であるからbは誤りである。娘核の半減期は図から約40時間であるのでcは誤りである。図のAは全体の放射能を示すのでdは正しい。図のBは生成娘核を示すのでeは正しい。

診療画像機器学

問題 9 6ピーク形 X 線高電圧装置を用いて 100 kV、400 mA、0.1 s で撮影した。X 線管の陽極に加えられる電力(陽極入力[kW])はどれか。

1. 3.8
2. 4.0
3. 5.4
4. 38
5. 40

問題 10 X 線装置の用語で誤っているのはどれか。

1. X 線放射角度は最大利用ビームの頂角をいう。
2. 公称最短時間は自動露出制御装置が濃度を均一にする最短撮影時間をいう。
3. 漏れ線量は放射口を除く X 線管装置および X 線管容器を透過する空気カメラをいう。
4. I. I. の公称入射面視野寸法は平行な電離放射ビームで得られる入射面視野寸法をいう。
5. 公称最大管電流時間積は変圧器形インバータ式 X 線高電圧装置で使用できる最大管電流をいう。

問題 11 記号の意味はどれか。

1. 緊急停止
2. 電源 ON
3. 高電圧危険
4. 携帯電話使用可
5. 注意・付属文書参照



問題 12 X 線管装置で誤っているのはどれか。

1. 管電流は電極間距離の 2 乗に反比例する。
2. 放射強度分布はターゲット角度で変化する。
3. 焦点外 X 線の発生は電界で集束されない電子による。
4. 実効焦点サイズは低管電圧・大管電流ほど大きくなる。
5. 管電圧波形のリプル百分率は短時間許容負荷に影響する。

問題 13 X 線高電圧装置で正しいのはどれか。2 つ選べ。

1. 単巻変圧器は管電圧の調整に使用される。
2. 空間電荷補償回路は管電圧を一定に保つ。
3. 12 ピーク形 X 線高電圧装置の二次側結線は Δ・Δ に結線される。
4. 三相 X 線発生装置の線質は単相 X 線発生装置に比べ軟線が少ない。
5. 管電圧前示機構は無負荷時の一次電圧と管電圧との関係から管電圧を表示する。

X 線管の陽極に加えられる電力 P[kW] は JIS 4704:2005「医用 X 線管装置」の 3.-x) 項, 定義式により, P: 陽極入力 [kW], U: 管電圧 [kV], I: 管電流 [mA], f: 管電圧の波形因子 (6 ピーク形では 0.95)。

$$P = U \times I \times f \times 10^{-3} [\text{kW}] = (100) \cdot (400) \cdot (0.95) \cdot 10^{-3} = 38 [\text{kW}]$$

JIS Z 4702:1999「医用 X 線高電圧装置通則」の 3.-aa) & z) 項, 定義から, 2) “公称最短撮影時間は” と正式用語を使うべきであるが, 2) の説明は正しい。5) 「公称最大管電流時間積は エネルギー蓄積形インバータ式 X 線高電圧装置の使用できる最大管電流時間積の公称値」が正しい定義である。

1) JIS Z4004:1989, 「医用放射線機器図記号」2-03 項 (安全関係) 01-11 定義で “緊急停止” を示す。

3) 焦点外 X 線は, 陰極フィラメントからの熱電子が陽極ターゲット実焦点部へ衝突し, そのターゲット金属から放出された二次電子が実焦点部から離れた陽極各部分へ飛散再衝突して発生するものであり, 3) は誤り。

本問は, “誤っている” もの, 2) と 3) を選ばせる意図の設問であったと推測される (設問ミス?)。

5) の表現は説明不足で, 「...無負荷時の一次電圧と各管電流負荷時の管電圧値との関係から...」ときちんと記述されるべきであった。解答は 1), 4) [1), 5) または 4), 5) でも “正しい” 組み合わせと認められた。