

第61回 (平成21年) 診療放射線技師国家試験

午前

放射化学

- 1 質量数に変化するのどれか。
1. α 壊変
 2. β^- 壊変
 3. β^+ 壊変
 4. 軌道電子捕獲
 5. 核異性体転移

- 2 娘核種が β^+ 線を放出するミルキングはどれか。

親核種	娘核種
1. ^{68}Ge	^{68}Ga
2. ^{81}Rb	$^{81\text{m}}\text{Kr}$
3. ^{90}Sr	^{90}Y
4. ^{99}Mo	$^{99\text{m}}\text{Tc}$
5. ^{113}Sn	$^{113\text{m}}\text{In}$

- 3 ^{235}U の熱中性子照射で核分裂収率の高いのはどれか。

1. ^{65}Zn
2. ^{196}Ru
3. ^{144}Ce
4. ^{192}Ir
5. ^{210}Pb

- 4 放射性核種の分離で正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 電気化学的分離法は酸化還元反応を利用する。
2. クロラミンT法は反跳効果を利用する分離法である。
3. イオン交換クロマトグラフィは短時間処理が可能である。
4. 目的の放射性核種の沈殿を防ぐためにスカベンジャを加える。
5. 溶媒抽出法はトレーサ量からマクロ量までの利用が可能である。

② 親核	崩壊/半減期	娘核	崩壊/半減期	孫核	崩壊/半減期
1) ^{68}Ge	EC/288d	^{68}Ga	$^+ / 68\text{m}$	^{68}Zn	安定
2) ^{81}Rb	$^+ / 4.6\text{h}$	$^{81\text{m}}\text{Kr}$	IT/13S	^{81}Kr	EC/ $2.1 \times 10^5\text{Y}$
3) ^{90}Sr	$^- / 28\text{Y}$	^{90}Y	$^- / 64\text{h}$	^{90}Zr	安定
4) ^{99}Mo	$^- / 66\text{h}$	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	IT/6h	^{99}Tc	$^- / 2.1 \times 10^5\text{Y}$
5) ^{113}Sn	EC/115d	$^{113\text{m}}\text{In}$	IT/1.6h	^{113}In	安定

解説と解答例

① 質量数 = A, 原子番号 = Z とすると, 1) の α 壊変の娘核は A-4, Z-2, 2) の β^- 壊変の娘核は A-0, Z+1, 3) の β^+ 壊変の娘核は A-0, Z-1, 4) の軌道電子捕獲の娘核は A-0, Z-1, 5) の核異性体転移は A-0, Z-0 の変化を伴う。したがって, A が変化するものは α 壊変のみとなり, 答えは 1) となる。

② 本頁左下の表より, 娘核が β^+ を放出するものは放射平衡にある ^{68}Ge - ^{68}Ga であり, 答えは 1) となる。

③ ^{235}U の核分裂収率は質量数が 90 と 140 付近に核分裂片が生成されるので, 答えは 3) の ^{144}Ce となる。

④ 放射性核種の分離

1) 酸化還元反応は化学線量計にも利用され, 電気化学的分離においても酸化, 還元作用として電解法, イオン化傾向法が用いられるので正しい。

2) クロラミンT法はタンパク質に ^{131}I , ^{125}I を導入する方法であり, 分離法ではないので誤りである。

3) イオン交換法の特徴は 官能基 (交換基) が必要, 無担体分離が可能, pH が重要, 操作時間が長い, 高分子樹脂が必要なので, 誤りである。

4) 目的 RI の沈殿防止には保持担体が用いられるのでスカベンジャは誤りである。

5) 溶媒抽出法は混合しない有機相と水槽に目的 RI を溶解させる方法なので, 有機相の量, 水槽の量によってトレーサー量からマクロ量まで分離可能であるから正しい。正しいのは 1), 5) となる。

⑤ 蛋白質の放射性ヨウ素標識

1) アマルガム交換法は, 水銀に金などの金属を溶かして後に水銀を蒸発させて目的の金属を得る方法であり, ヨウ素標識に用いない。

2) ラジオコロイド法は弱アルカリ性溶

1	1	2	1	3	3
4	1, 5				

5 蛋白質の放射性ヨウ素標識法はどれか。2つ選べ。

1. アマルガム交換法
2. ラジオコロイド法
3. ウィルツバッハ法
4. ボルトンハンター法
5. ラクトパーオキシダーゼ法

6 放射化分析で正しいのはどれか。2つ選べ。

1. 検出感度が高い。
2. 成分定量の精度が高い。
3. 自己遮へいの影響がない。
4. 使用する装置が安価である。
5. 多元素同時分析が可能である。

7 ある元素 M (原子量 m) は同位体 ^{60}M 8 % と ^{61}M 92 % から構成されている。

この元素 (質量数 w [g]) を原子炉 (中性子フルエンス率 f [$\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]) で生成核の半減期の 2 倍時間照射した。

(n, γ) 反応で生成する ^{61}M の照射終了時における放射能 [Bq] はどれか。

ただし、 ^{60}M (n, γ) ^{61}M の核反応断面積は σ [cm^2]、アボガドロ数を N_A とする。

1. $\frac{m \times N_A \times \sigma}{50 \times w \times f}$
2. $\frac{3 \times m \times N_A \times f}{50 \times w \times \sigma}$
3. $\frac{w \times N_A \times f \times \sigma}{50 \times m}$
4. $\frac{w \times N_A \times f \times \sigma}{m}$
5. $\frac{3 \times w \times N_A \times f \times \sigma}{50 \times m}$

液に極微量の放射性核種が混入するとラジocolloidが生成されることを利用した分離法なのでヨウ素分離に用いない。

3) ウィルツバッハ法は ^3H (トリチウム) ガスを用いて試料に ^3H を標識する方法であり、ヨウ素標識でない。

4) ボルトンハンター法は、ヨードゲン法と同様にタンパク質に放射性ヨウ素を標識する方法である。

5) ラクトパーオキシダーゼ法はクロロミンT法と同様に ^{131}I , ^{125}I を蛋白質に標識する方法である。ヨウ素の分離法は4), 5)となる。

⑥ 放射化分析の特徴は、核反応を利用する、極微量の原子を検出可能、娘核の放出放射線から親核を特定する、娘核の半減期の6倍照射すると飽和定数 $S = (1 - e^{-0.693t/T})$ は一定 ($= 1$) となる。熱中性子を照射する。照射中性子速度が小さいほど核反応はよく発生する (1/V法則)、目的以外の原子も放射化する。精度は放射化量によって決まる、放射化の式は $N =$ 原子数、 $=$ 断面積、 $f =$ 中性子束密度、 $t =$ 照射時間、 $T =$ 生成核半減期とすると、放射化数 $A = N \cdot f(1 - e^{-0.693t/T})$ で示される。

⑦ 質量数を m 、中性子束密度を f 、アボガドロ数を N_A 、試料重量を w 、存在比を P とすると、原子数 N は

$$N = P \cdot w \cdot N_A / m$$

で示される。放射化の式は生成核種量を

$$A \text{ とすると半減期が } T \text{ 照射時間が } t \text{ なら、} \\ A = N \cdot f(1 - e^{-0.693t/T})$$

で示される。

に $t = 2T$ を代入すると

$$A = N \cdot f(1 - e^{-0.693 \cdot 2T/T}) \\ = N \cdot f(1 - e^{-0.693 \cdot 2}) \\ = N \cdot f\{1 - (1/2)^2\} \\ = N \cdot f\{1 - (1/4)\} \\ = (3/4) N \cdot f \text{ となり、}$$

に $N = P \cdot w \cdot N_A / m$ を代入して $A = (P \cdot w \cdot N_A / m) \cdot f \cdot (3/4)$ となり、

$P = 8\% = 0.08$ を代入して

$$A = 0.08 \cdot w \cdot N_A \cdot f \cdot (3/4) \\ = 8 \cdot w \cdot N_A \cdot f \cdot (1/100) \cdot (3/4) \\ = 2 \cdot w \cdot N_A \cdot f \cdot 3 / (100 \cdot m) \\ = 3 \cdot w \cdot N_A \cdot f \cdot / (50 \cdot m)$$

5 4, 5 6 1, 5 7 5