

令和 7 年度 放射線取扱主任者試験

正誤票

試験日 試験区分	令和 7 年 8 月 2 8 日 1 時限目 (10 : 00 ~ 11 : 50) 第 1 種 第 2 種
課目	化学
板書事項	ページ : 1 2 問題番号 : 問 3 1 I の 1 7 行目の (5) 式 (誤) $A_A = \underline{N}_A^0 \cdot \cdot \cdot$ (正) $A_A = \underline{A}_A^0 \cdot \cdot \cdot$

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）（19 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、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入れてください。また、アラーム機能の付いた時計は、設定を解除しておいてください。
- 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、すべての課目の解答を無効とし、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、すべての課目の解答を無効とします。

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 1 100 kBq の ^{133}Ba を含む $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 塩化バリウム BaCl_2 水溶液 100 mL に硫酸ナトリウム Na_2SO_4 水溶液を加えて硫酸バリウム BaSO_4 を沈殿させた。沈殿をろ過、乾燥させて得られる $[^{133}\text{Ba}]\text{BaSO}_4$ の比放射能 ($\text{kBq} \cdot \text{g}^{-1}$) として最も近い値は次のうちどれか。ただし、 BaSO_4 の式量を 233 とする。

- 1 4.3 2 23 3 43 4 230 5 430

問 2 10 MBq の ^{14}C で標識されたエタノール (0.1 mol) を酸化して、酢酸を合成した。その収率は 25% であった。酢酸とエタノールの 1 モル当たりの放射能 [$\text{MBq} \cdot \text{mol}^{-1}$] をそれぞれ X と Y とした時、X と Y の比 (X/Y) として最も近い値は次のうちどれか。エタノールと酢酸の示性式はそれぞれ、 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ と CH_3COOH であり、エタノールと酢酸の分子量はそれぞれ、46 と 60 とする。

- 1 0.25 2 0.77 3 1.0 4 1.3 5 4.0

問 3 10 $\mu\text{g/g}$ のウランを含む岩石が 4500 万年前に生成したとする時、その岩石 100 g から生成し得るヘリウムの原子数として最も近い値は次のうちどれか。ただし、 ^{238}U の半減期は 4.5×10^9 年とし、 ^{235}U や ^{232}Th の寄与は無視し得るものとする。

- 1 2.2×10^{15} 2 1.7×10^{16} 3 1.4×10^{17} 4 2.2×10^{18} 5 1.7×10^{19}

問4 $^{64}\text{Ni}(\text{p}, \text{n})$ 反応により ^{64}Cu (半減期12.7時間) を以下の照射条件で製造する。照射終了時の生成放射能(kBq)として最も近い値は次のうちどれか。ただし、 ^{64}Ni のモル質量は $64 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ とし、照射標的の中で陽子のエネルギーは減衰しないものとする。

照射条件

- ・ 照射標的： ^{64}Ni 金属の厚さ $6.4 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 、密度 $9.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
- ・ 標的に照射される陽子：エネルギー10 MeV、単位時間あたりの入射数 10^{11} s^{-1}
- ・ 反応断面積：陽子10 MeVのとき0.7 b (バーン)
- ・ 照射時間：12.7時間

- 1 2.3 2 2.3×10^1 3 1.9×10^2 4 2.1×10^3 5 2.3×10^4

問5 次の核反応のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A $^{24}\text{Mg}(\text{d}, \alpha)^{22}\text{Na}$
- B $^{24}\text{Mg}(\alpha, \text{n})^{27}\text{Al}$
- C $^{40}\text{Ca}(\text{n}, \alpha)^{36}\text{Cl}$
- D $^{56}\text{Fe}(\text{n}, \text{p})^{56}\text{Mn}$

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問6 ある標的核種から目的核種A、B、Cを製造するための核反応として正しい組合せは次のうちどれか。

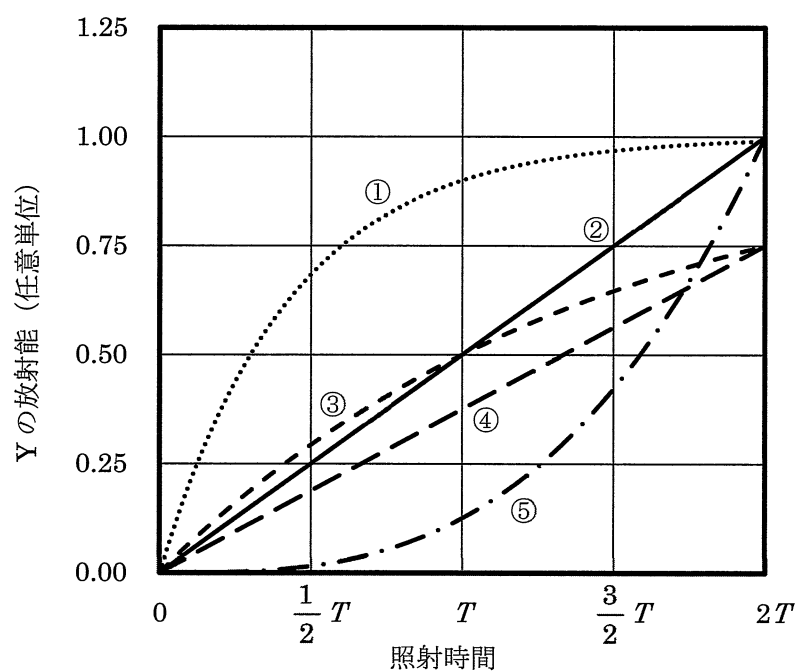
原子番号	$Z+1$		A	
	Z	B	標的核種	
	$Z-1$			C
		$N-1$	N	$N+1$
		中性子数		

	A	B	C
1	(p, n)	(n, 2n)	(n, γ)
2	(d, n)	(γ, n)	(n, p)
3	(α, p)	(d, n)	(γ, p)
4	(d, n)	(n, p)	(α, d)
5	(p, γ)	(p, d)	(n, α)

問7 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 自発核分裂は、量子力学的トンネル効果で起こる。
B ^{235}U は熱中性子照射により核分裂を起こす。
C ^{235}U の1回の核分裂によって発生するエネルギーは、化学結合1つの結合エネルギーに比べて $10^7\sim 10^8$ 倍大きい。
D ^{238}U は速中性子照射により核分裂を起こす。
- 1 ABCのみ
2 ABDのみ
3 ACDのみ
4 BCDのみ
5 ABCDすべて

問 8 一定のフルエンス率で核種Xに陽子を照射し、半減期が T の核種Yを製造した。下図でYの放射能の時間変化を表すものとして正しいものは次のうちどれか。



- 1 ① 2 ② 3 ③ 4 ④ 5 ⑤

問 9 次の元素群のうち、単核種元素のみからなる組合せはどれか。

- | | | | |
|---|----|----|----|
| A | Na | Al | Au |
| B | P | Ti | Ni |
| C | F | Mn | I |
| D | Si | Cl | Sc |

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問10 次の放射性核種の組合せのうち、元素として同族の関係にあるものはどれか。

- | | | | |
|---|------------------|-------------------|-------------------|
| 1 | ^{90}Y | ^{147}Pm | ^{237}Np |
| 2 | ^{40}K | ^{45}Ca | ^{226}Ra |
| 3 | ^3H | ^{85}Kr | ^{134}Cs |
| 4 | ^{51}Cr | ^{56}Mn | ^{59}Fe |
| 5 | ^{13}N | ^{35}S | ^{209}Bi |

問11 同位体効果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 1気圧における H_2O の融点は D_2O の融点よりも高い。
B 光合成に使われる二酸化炭素の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比と生成する有機物の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比に差が生じる。
C 同位体効果は分子間の化学反応の速さや化学平衡にも影響を及ぼす。
D ウランの $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ 比はガス拡散法や遠心分離法で変化させることができる。

- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問12 核医学の分野で利用されている ^{201}Tl 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 鉛を原子炉で中性子照射して製造される。
B 半減期は3日程度であるため、診断用として適している。
C 放射される γ 線のエネルギーが低く、シンチカメラで測定するのに適している。
D $^{201}\text{Tl}^+$ を体内に投与すると、 K^+ に似た生体挙動をとる。

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

問13 次の核種の並びのうち、 β^- 壊変核種を含むものの組合せはどれか。

- | | | | |
|---|------------------|------------------|------------------|
| A | ^{16}O | ^{17}O | ^{18}O |
| B | ^{25}Mg | ^{26}Mg | ^{27}Mg |
| C | ^{26}Al | ^{27}Al | ^{28}Al |
| D | ^{30}P | ^{31}P | ^{32}P |

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

問14 天然放射能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 食品に含まれる ^{14}C は空気中の二酸化炭素に由来する。
- B ウラン鉱物では $^{238}\text{U}/^{234}\text{U}$ （原子数比）は1である。
- C 人体中の ^{40}K は地球生成時に由来する。
- D 宇宙線による核破砕反応で ^{32}P が大気中に生成する。

- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問15 次の放射性核種と壊変系列の関係のうち、正しいものの組合せはどれか。

放射性核種	壊変系列
A ^{214}Po	トリウム系列
B ^{224}Ra	ウラン系列
C ^{208}Tl	トリウム系列
D ^{234}U	ウラン系列
E ^{235}U	アクチニウム系列

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

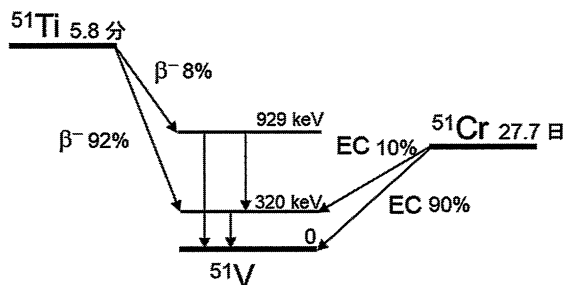
問16 放射壊変に伴い発生する特性X線に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{18}F から O の特性X線は発生しない。
- B ^{40}K から Ar の特性X線が発生する。
- C ^{57}Co から Ni の特性X線が発生する。
- D $^{99\text{m}}\text{Tc}$ から Mo の特性X線が発生する。
- E ^{241}Am から Np の特性X線が発生する。

- 1 AとD 2 AとE 3 BとC 4 BとE 5 CとD

問17 図に示す ^{51}Ti 、 ^{51}V 、 ^{51}Cr の壊変図式についての以下の記述のうち、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A ^{51}Ti 線源は、320 keVの γ 線を放出する。
- B ^{51}Cr 線源は、320 keVの γ 線を放出する。
- C ^{51}Ti 線源は、609 keVの γ 線を放出する。
- D ^{51}Cr 線源は、609 keVの γ 線を放出する。



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

問18 トリチウム水を含む希硫酸に、次の金属板を浸した。放射性気体が発生するものの正しい組み合わせはどれか。

- A 銅板
- B スズ板
- C 亜鉛板
- D 鉄板
- E 銀板

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

問19 ^{26}Al を含む $\text{Al}(\text{OH})_3$ の沈殿についての次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A この沈殿は $^{26}\text{Al}^{3+}$ を含む水溶液に薄いアンモニア水を加えると生成する。
- B この沈殿は過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると溶解する。
- C この沈殿は過剰量の塩酸を加えると溶解する。
- D この沈殿を取り出し加熱すると放射性の気体が発生する。

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

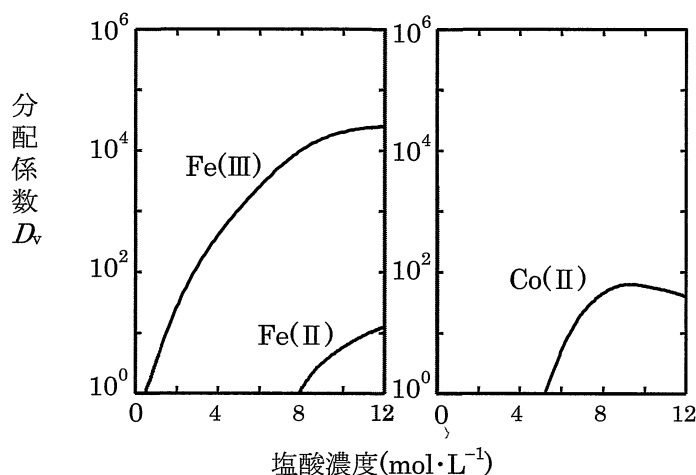
問20 水溶液中の次のイオンのうち、水酸化鉄と共沈するものの正しい組合せはどれか。

- A $^{22}\text{Na}^+$
 B $^{32}\text{PO}_4^{3-}$
 C $^{90}\text{Y}^{3+}$
 D $^{140}\text{La}^{3+}$

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

問21 図はFe(III)、Fe(II)、Co(II)の塩酸溶液からの陰イオン交換樹脂への分配係数 D_v を示している。

$^{59}\text{Fe(III)}$ 、 $^{59}\text{Fe(II)}$ 、 $^{60}\text{Co(II)}$ を含む塩酸溶液について次の表に示した操作A～Dをそれぞれ行った。 $^{59}\text{Fe(III)}$ 、 $^{59}\text{Fe(II)}$ 、 $^{60}\text{Co(II)}$ の陰イオン交換樹脂との吸着挙動のうち、正しいものの組合せはどれか。



	操 作	結 果		
		Fe(III)	Fe(II)	Co(II)
A	4 mol·L ⁻¹ 塩酸溶液を陰イオン交換樹脂カラムに流す。	○	×	×
B	10 mol·L ⁻¹ 塩酸溶液を陰イオン交換樹脂カラムに流す。	×	×	×
C	12 mol·L ⁻¹ 塩酸溶液を陰イオン交換樹脂カラムに流した後、8 mol·L ⁻¹ 塩酸を流す。	○	○	×
D	12 mol·L ⁻¹ 塩酸溶液を陰イオン交換樹脂カラムに流した後、3 mol·L ⁻¹ 塩酸を流す。	○	×	×

○ ほとんど吸着されている。

× ほとんど吸着されていない。

- 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問22 ラジオコロイド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 一般的なコロイド粒子の粒径は1 nmから数百nm程度である。
- B 無担体の ^{90}Y はラジオコロイドを形成しやすい。
- C ラジオコロイドの性質は溶液のpHにほとんど依存しない。
- D ラジオコロイドの生成は溶液の塩濃度には依存しない。

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問23 3.0 MBqの ^{59}Fe （半減期44.5日、壊変定数 $1.80 \times 10^{-7} \text{ s}^{-1}$ ）を含む水溶液が30 mLある。この水溶液中の鉄の濃度が $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ であるとき、この水溶液中における ^{59}Fe 原子数の全鉄原子数の比($^{59}\text{Fe}/\text{Fe}$)として最も近い値は次のうちどれか。

1 9.2×10^{-5} 2 3.1×10^{-6} 3 9.2×10^{-7} 4 3.1×10^{-8} 5 9.2×10^{-9}

問24 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 特定標識化合物とは、特定の位置の原子だけが放射性同位体で標識された化合物である。
- B 名目標識化合物とは、特定の位置の大部分の原子が放射性同位体で標識されているが、その他の位置の原子も標識されており、その分布比が明確でない化合物である。
- C 均一標識化合物とは、すべての位置の原子が均一に放射性同位体で標識された化合物である。
- D 全般標識化合物とは、すべての位置の原子が全般的に放射性同位体で標識されているが、分布は均一ではなく、その分布比が明確でない化合物である。

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

問25 ホットアトム化学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 ヨウ化エチルの中性子照射で生成した ^{128}I は水に抽出される。
- B クロム(VI)酸カリウムに中性子を照射すると3価の ^{51}Cr も生成する。
- C ^3HBr への紫外線照射でも数MeV程度のエネルギーを持つ ^3H 原子が生成する。
- D ^6Li と有機物を混合して中性子照射することで有機物に ^3H を標識できる。

1 ABDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問26 次の放射性同位体とその性質を利用した計測装置、および使用する放射線の関係のうち、正しいものの組合せはどれか。

	放射性同位体	計測装置	放射線
A	^{60}Co	レベル計	γ 線
B	^{63}Ni	硫黄計	β 線
C	^{137}Cs	透過型厚さ計	γ 線
D	^{241}Am	蛍光X線分析装置	α 線

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問27 放射線の利用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 電子線照射が滅菌処理に利用されている。
 B ^{60}Co による γ 線が悪性腫瘍の治療に利用されている。
 C ^{192}Ir による β 線が内用療法に利用されている。
 D イオンビーム照射が植物の突然変異の誘発に利用されている。
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問28 化学線量計とその測定量の関係として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

	線量計	測定量
A	フリッケ線量計	吸光度
B	PMMA線量計	電気伝導率
C	アラニン線量計	電子スピン共鳴信号強度
D	セリウム線量計	pH

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問29 次の放射線化学に関する記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A LETが大きいほどスパーク（スプール）の間隔は大きくなる。
- B スパーク（スプール）中にはイオンや励起分子が含まれる。
- C 水和電子は酸化力を示す。
- D ラジカルは不対電子を持つ。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

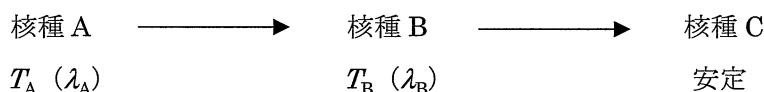
問30 放射線と高分子に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 高分子鎖に放射線を照射したときにおこる架橋反応生成物と分解反応生成物の生成比は、温度によらず一定である。
- B PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）は化学的に安定であり、放射線照射により強度などの力学的特性は変わらない。
- C 高分子基材に発生させたラジカルを開始点として別の高分子鎖を結合させる方法をグラフト共重合という。
- D 放射線重合は触媒が不要であり、常温・常圧の条件で行うことができる。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問31 次の放射平衡に関する 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。なお、解答群の選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

I 放射性核種 A (半減期 T_A 、壊変定数 λ_A) が壊変して放射性核種 B を生成し、さらに B が半減期 T_B (壊変定数 λ_B) で壊変して安定核種 C となるときの、



核種 A、B の原子数を N_A 、 N_B とすると、核種 A、B の壊変定数 λ_A 、 λ_B を用いて次の(1)、(2)式が成り立つ。

$$\frac{dN_A}{dt} = \boxed{\text{A}} \quad \dots (1)$$

$$\frac{dN_B}{dt} = \boxed{\text{B}} \quad \dots (2)$$

最初の時刻 ($t=0$) における核種 A、B の原子数をそれぞれ N_A^0 、 N_B^0 とすると、時間 t 経過後の各原子数は、

$$N_A = N_A^0 \cdot e^{-\lambda_A t} \quad \dots (3)$$

$$N_B = N_A^0 \cdot \boxed{\text{C}} \cdot (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}) + N_B^0 \cdot \boxed{\text{D}} \quad \dots (4)$$

であらわされる。(4)式の第2項は $t=0$ で存在する核種 B の減衰を示すので、最初に核種 A のみが存在して核種 B が生成していない場合は、この項は無視できる。

$t=0$ で核種 B が存在していない場合、核種 A と核種 B の放射能 A_A 、 A_B は、 $\lambda_A N_A^0 = A_A^0$ とすれば、

$$A_A = N_A^0 \cdot e^{-\lambda_A t} \quad \dots (5)$$

$$A_B = A_A^0 \cdot \boxed{\text{E}} \cdot (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}) \quad \dots (6)$$

で示されるので、核種 B と核種 A の放射能の比 $\frac{A_B}{A_A}$ は

$$\frac{A_B}{A_A} = \boxed{\text{F}} \cdot (1 - e^{\lambda_A t - \lambda_B t}) \quad \dots (7)$$

となる。

核種 A の半減期 T_A が核種 B の半減期 T_B に対して長く、十分に時間が経過した後の核種 B の原子数は、

$$N_B = \boxed{\text{G}} \cdot N_A \quad \dots (8)$$

となる。核種 A の原子数 N_A に対する核種 B の原子数 N_B の比 $\frac{N_B}{N_A}$ は、一定の値を示すこととなり、

核種 A と核種 B の放射能の比 $\frac{A_B}{A_A}$ は、

$$\frac{A_B}{A_A} = 1 + \boxed{\text{H}} \quad \dots \quad (9)$$

となる。このような関係が成り立つ放射平衡状態を過渡平衡という。過渡平衡において、核種 B の

放射能 A_B が最大になるまでの時間 $t_{\max}$ は、(6) 式で $\frac{dA_B}{dt} = 0$ から求められる。時間 $t_{\max}$ は、壊変

定数 λ_A 、 λ_B を用いてあらわすと

$$t_{\max} = \boxed{\text{I}} \cdot \ln \frac{\lambda_B}{\lambda_A} \quad \dots \quad (10)$$

となり、半減期 T_A 、 T_B を用いると

$$t_{\max} = \boxed{\text{J}} \cdot \ln \frac{T_A}{T_B} \quad \dots \quad (11)$$

となる。

< A、B の解答群 >

- | | | | |
|--|---|------------------------------------|---|
| 1 $-\lambda_A N_A$ | 2 $\lambda_A N_A$ | 3 $-\lambda_B N_A$ | 4 $\lambda_B N_A$ |
| 5 $-\frac{N_A}{\lambda_A}$ | 6 $\frac{N_A}{\lambda_A}$ | 7 $-(\lambda_A + \lambda_B) N_A$ | 8 $-\lambda_A N_A - \lambda_B N_B$ |
| 9 $-\lambda_A N_A + \lambda_B N_B$ | 10 $\lambda_A N_A - \lambda_B N_B$ | 11 $\lambda_A N_A + \lambda_B N_B$ | 12 $-\frac{N_A}{\lambda_A} + \frac{N_B}{\lambda_B}$ |
| 13 $\frac{N_A}{\lambda_A} - \frac{N_B}{\lambda_B}$ | 14 $-\frac{N_A}{\lambda_A} - \frac{N_B}{\lambda_B}$ | | |

< C、E、F の解答群 >

- | | | | | |
|---|--|--|--|---|
| 1 $\frac{\lambda_A}{\lambda_A + \lambda_B}$ | 2 $\frac{\lambda_B}{\lambda_A + \lambda_B}$ | 3 $\frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_B}$ | 4 $\frac{\lambda_B}{\lambda_A - \lambda_B}$ | 5 $\frac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_A + \lambda_B}$ |
| 6 $\frac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_A - \lambda_B}$ | 7 $\frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}$ | 8 $\frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A}$ | 9 $\frac{1}{\lambda_A + \lambda_B}$ | 10 $\frac{1}{\lambda_A - \lambda_B}$ |
| 11 $\frac{1}{\lambda_B - \lambda_A}$ | 12 $\frac{\lambda_A - \lambda_B}{\lambda_A + \lambda_B}$ | 13 $\frac{\lambda_A + \lambda_B}{\lambda_A - \lambda_B}$ | 14 $\frac{\lambda_A + \lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A}$ | |

< D の解答群 >

- | | | | |
|--|--|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 $e^{-\frac{\lambda_B}{t}}$ | 2 $e^{\frac{\lambda_B}{t}}$ | 3 $e^{-\lambda_B t}$ | 4 $e^{\lambda_B t}$ |
| 5 $e^{-\frac{t}{\lambda_B}}$ | 6 $e^{\frac{t}{\lambda_B}}$ | 7 $e^{-\frac{\lambda_B t}{T_B}}$ | 8 $e^{\frac{\lambda_B t}{T_B}}$ |
| 9 $(1 - e^{-\frac{\lambda_B t}{T_B}})$ | 10 $(1 - e^{\frac{\lambda_B t}{T_B}})$ | | |

< G、I の解答群 >

1	$\frac{\lambda_A}{\lambda_A + \lambda_B}$	2	$\frac{\lambda_B}{\lambda_A + \lambda_B}$	3	$\frac{\lambda_A}{\lambda_A - \lambda_B}$	4	$\frac{\lambda_B}{\lambda_A - \lambda_B}$
5	$\frac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_A + \lambda_B}$	6	$\frac{\lambda_A \lambda_B}{\lambda_A - \lambda_B}$	7	$\frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A}$	8	$\frac{\lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A}$
9	$\frac{1}{\lambda_A + \lambda_B}$	1 0	$\frac{1}{\lambda_A - \lambda_B}$	1 1	$\frac{1}{\lambda_B - \lambda_A}$	1 2	$\frac{\lambda_A - \lambda_B}{\lambda_A + \lambda_B}$
1 3	$\frac{\lambda_A + \lambda_B}{\lambda_A - \lambda_B}$	1 4	$\frac{\lambda_A + \lambda_B}{\lambda_B - \lambda_A}$				

< H の解答群 >

1	$\frac{N_A}{N_A + N_B}$	2	$\frac{N_B}{N_A + N_B}$	3	$\frac{N_A}{N_A - N_B}$	4	$\frac{N_B}{N_A - N_B}$
5	$\frac{N_A}{N_B - N_A}$	6	$\frac{N_B}{N_B - N_A}$	7	$\frac{N_A}{N_B}$	8	$\frac{N_B}{N_A}$
9	$\frac{1}{N_A + N_B}$	1 0	$\frac{1}{N_A - N_B}$	1 1	$\frac{1}{N_B - N_A}$	1 2	$\frac{N_A N_B}{N_A + N_B}$
1 3	$\frac{N_A N_B}{N_A - N_B}$	1 4	$\frac{N_A N_B}{N_B - N_A}$				

< J の解答群 >

1	$\frac{T_B}{T_A}$	2	$\frac{T_A}{T_B}$	3	$\frac{T_A}{T_A + T_B}$	4	$\frac{T_B}{T_A + T_B}$
5	$\frac{T_A}{T_A - T_B}$	6	$\frac{T_B}{T_A - T_B}$	7	$\frac{T_A T_B}{T_A + T_B}$	8	$\frac{T_A T_B}{T_A - T_B}$
9	$\frac{1}{\ln 2} \cdot \frac{T_A T_B}{T_A + T_B}$	1 0	$\frac{1}{\ln 2} \cdot \frac{T_A T_B}{T_A - T_B}$	1 1	$\ln 2 \cdot \frac{T_A T_B}{T_A + T_B}$	1 2	$\ln 2 \cdot \frac{T_A T_B}{T_A - T_B}$

II 放射性核種 (半減期 271 日) は、 壊変して ^{68}Ga (半減期 68 分) になる。 の半減期は ^{68}Ga の半減期に比べて極めて長いので、二つの核種は放射平衡状態に達する。無機酸化物イオン交換体のカラムに を吸着させた後、酸性の溶離液を流すと ^{68}Ga だけを繰り返し溶出することができる。このように放射平衡にある親核種と娘核種の混合物から娘核種を化学的に単離する操作を という。

最初にカラムに保持されている の放射能が 800 MBq であるとき、カラムに含まれる ^{68}Ga を溶離した後 14 時間 (840 分) 経過するとカラム中の ^{68}Ga の放射能はおおよそ MBq となる。 ^{68}Ga は β^+ 壊変する核種で、 による前立腺がんの核医学診断用の薬剤開発が進んでいる。

<アの解答群>

- | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 ^{69}Zn | 2 ^{67}Ga | 3 ^{68}Ga | 4 ^{67}Ge |
| 5 ^{68}Ge | 6 ^{69}Ge | 7 ^{68}As | 8 ^{69}As |

<イの解答群>

- | | | | |
|------------|-------------|-------------|------|
| 1 α | 2 β^- | 3 β^+ | 4 EC |
| 5 γ | 6 IT | | |

<ウの解答群>

- | | | |
|----------|----------|-----------|
| 1 アニーリング | 2 クエンチング | 3 ストラグリング |
| 4 ドーピング | 5 ミルキング | |

<Kの解答群>

- | | | | |
|--------|---------|-------|-------|
| 1 8 | 2 40 | 3 80 | 4 120 |
| 5 200 | 6 400 | 7 600 | 8 800 |
| 9 1200 | 10 1600 | | |

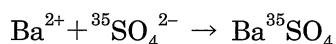
<エの解答群>

- | | | |
|-------------------|--------------|-------------|
| 1 ラジオフォトルミネセンス | 2 ラジオイムノアッセイ | 3 DNA シーケンス |
| 4 陽電子放射断層撮影 (PET) | 5 SPECT | |

問32 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 放射性同位体や放射線の性質を利用した様々な核的手法が多岐に渡る学術分野、産業分野で利用されている。

放射滴定は放射性同位体を指示薬あるいは試薬として用い、非放射性の元素や化合物を分析する放射分析の手法である。例えば、



の沈殿反応を利用する放射滴定では、 Ba^{2+} 水溶液に $\text{H}_2{}^{35}\text{SO}_4$ を滴下すると沈殿が生成する。溶液中の ${}^{35}\text{S}$ 濃度を $\text{H}_2{}^{35}\text{SO}_4$ の滴下量に対して図示すると、□ A □ のようになる。プロットが折れ曲がった箇所が滴定の終点(当量点)であり、 Ba^{2+} あるいは SO_4^{2-} を定量することが出来る。

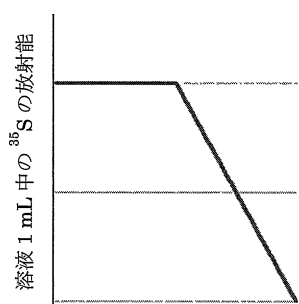


図 1

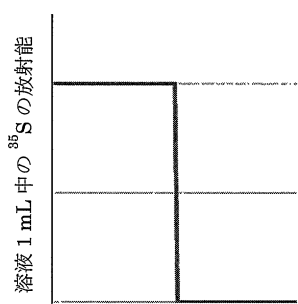


図 2

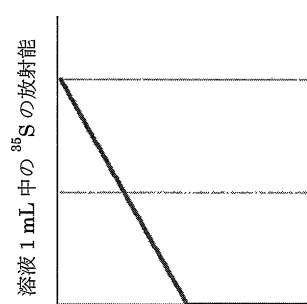


図 3

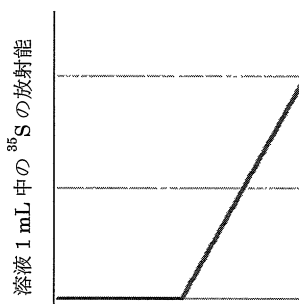


図 4

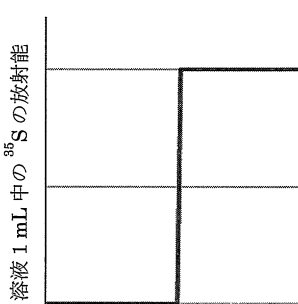


図 5

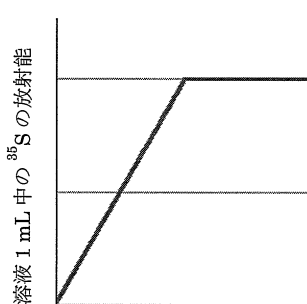


図 6

放射分析に対して放射化学分析では放射性の元素や化合物が分析の対象となる。例えば、海水中の ${}^{137}\text{Cs}$ の放射化学分析では□ B □ による γ 線スペクトロメトリが用いられる。 γ 線を放出する天然放射性核種□ C □ は海水中では原子数として最大の天然放射性核種である。□ B □ で ${}^{137}\text{Cs}$ と□ C □ の γ 線ピークの信号分離が可能のため、 ${}^{137}\text{Cs}$ の放射化学分離は必須ではない。 ${}^{137}\text{Cs}$ の放射能が著しく低い場合には、濃縮が必要となり、その方法の一例としてリンモリブデン酸塩への共沈が知られている。このような沈殿物試料の放射能測定の定量性を確保するために標準線源が用いられる。沈殿物試料は標準線源と□ D □ が等しくなるようにする。

中の空欄を順次算出して行くことで、求める $W_x = \boxed{\text{E}}$ が得られる。

	重量	比放射能	全放射能
定量対象の物質A	W_x	0	
添加した標識物質A [*]	W_1	S_1	
定量物質と添加標識物質の混合物 (A+A [*])		S_2	

1 图 1 2 图 2 3 图 3 4 图 4 5 图 5 6 图 6

1	GM 検出器	2	電離箱
3	Ge 検出器	4	液体シンチレータ
5	ZnS(Ag)シンチレーション検出器	6	Si(Li)検出器

1	^3H	2	^{14}C	3	^{24}Na	4	^{40}K
5	^{210}Po	6	粒徑	7	幾何学的形状	8	質量
9	溶解度						

$$\begin{array}{lll} 1 & \left(\frac{S_2}{S_1}-1\right)W_1 & 2 \quad \left(\frac{S_1}{S_2}-1\right)W_1 \quad 3 \quad \left(1-\frac{S_1}{S_2}\right)W_1 \\ 4 & \left(1-\frac{S_2}{S_1}\right)W_1 & 5 \quad \left(\frac{S_2}{S_1}-\frac{S_1}{S_2}\right)W_1 \end{array}$$

II 放射線を励起源あるいは検出対象とすることで、物質の化学組成や化学状態を分析する手法が知られている。

放射化分析では核反応として熱中性子照射による F 反応が多用されている。測定する放射線は生成した放射性同位体から放出されるので、照射終了後に γ 線を測定する。また、照射試料を G 箔で包んで熱中性子を吸収させることにより、熱外中性子による放射化分析の感度を相対的に上げることも可能である。

放射化分析に対して、中性子照射に伴い発生する即発 γ 線を分析に用いる PGA (即発 γ 線分析) は非破壊多元素同時分析法の一つである。(n, α) 反応を利用する H の高感度分析の手法としても知られている。

γ 線による原子核の共鳴吸収を利用して固体中の対象核の存在状態を知る手法がメスバウアー分光法である。大部分の応用は鉄の安定同位体の共鳴吸収に依る。このため、放射壊変で鉄の同位体の励起状態に至る放射性同位体 I を γ 線源として利用する。メスバウアー共鳴吸収の測定には γ 線や J を計測する。

K などから放出された β^+ 線が物質に入射すると、L が起こる。高分子材料中の空隙の密度などの材料物性に関わる情報を得る手法として利用されている。

< F ~ H の解答群 >

- | | | | | |
|-----------|----------|------------------|------------------|----------|
| 1 (n, n') | 2 (n, p) | 3 (n, γ) | 4 (n, α) | 5 (n, f) |
| 6 Al | 7 Fe | 8 Cu | 9 Cd | 10 Sn |
| 11 H | 12 He | 13 Be | 14 B | 15 C |

< I、J の解答群 >

- | | | | | |
|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| 1 ^{55}Fe | 2 ^{56}Fe | 3 ^{57}Fe | 4 ^{57}Co | 5 ^{60}Co |
| 6 β^- 線 | 7 β^+ 線 | 8 X 線 (Co K α) | 9 内部転換電子 | 10 δ 線 |

< K、L の解答群 >

- | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 ^{22}Na | 2 ^{24}Na | 3 ^{51}Cr | 4 ^{56}Mn |
| 5 ^{59}Fe | 6 光電効果 | 7 コンプトン散乱 | 8 対消滅 |
| 9 内部転換 | 10 電子対生成 | | |

Ⅲ トレーサーとしての放射性同位体はその元素や化合物の動態を知る目的で様々な分野で利用されている。

一般的なトレーサー利用とは異なり、アクチバブルトレーサーは天然存在度が小さい元素または安定同位体をトレーサーとして用い、その検出に中性子放射化分析を利用する。放射性トレーサーの適用が困難な環境での物質の動態解析に利用されてきた。例えば、M はアクチバブルトレーサーとして利用し易い元素の一つである。

安定同位体や長半減期の天然放射性同位体、例えば ^{14}C については、地球環境規模での C の動態を知るために、天然の放射性トレーサーとして詳しく調べられてきた。そこから発展したのが、 ^{14}C の放射能分析(または質量分析)に基づく放射性炭素年代法(^{14}C 法)である。考古遺物の年代の推定などに盛んに利用されている。

例えば、1 mg の炭素を含む木質の考古遺物試料を加速器質量分析で炭素の同位体比を測定して、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}=0.0108$ (原子数比)、 $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}=1.87\times 10^{-11}$ (原子数比)の分析値を得たとする。大気中の ^{14}C 同位体存在度(原子数比)が 1.2×10^{-12} で過去も現在も一定であったとする。 ^{14}C の半減期を 5700 年とすると、この試料の年代は N 年となる。ただし、 $\ln 2=0.693$ 、 $\ln 3=1.099$ 、 $\ln 5=1.609$ とする。

<M、Nの解答群>

1	H	2	P	3	K	4	Al	5	Eu
6	1.0×10^3	7	2.0×10^3	8	5.0×10^3	9	1.0×10^4	10	1.5×10^4
11	2.0×10^4	12	2.5×10^4	13	3.0×10^4	14	4.0×10^4	15	5.0×10^4