

物 化 生

試験が始まる前にこのページに書いてあることをよく読んでください。裏面以降は試験問題になっているので、指示があるまで見てはいけません。

1 試験時間：10:00～11:45（1時間45分）

2 問題数：6題（10ページ）

3 注意事項：

- ① 机の上に出してよい物は、受験票、鉛筆（HB又はB）又はシャープペンシル、鉛筆削り、プラスチック消しゴム、時計に限ります。電卓機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計を机の上に出すことはできません。
- ② 電卓（電子式卓上計算機）の使用はできません。
- ③ 試験中に携帯電話等の通信機器は使用できません。（電源を切ってください。）
- ④ 問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び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。ただし、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験中に気分の悪くなった場合などは、手を挙げて試験監督員の指示に従ってください。
- ⑥ 試験終了の合図があったら、すぐ筆記用具を置いて、解答をやめてください。
試験監督員が解答用紙を集め終わるまでは、席を離れることはできません。
なお、問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑦ 不正行為をした場合は、受験資格を失います。

4 解答用紙の扱いについて

- ① 解答用紙は機械で読み取りを行いますので、解答用紙の注意事項に従い丁寧に記入してください。また折り曲げたり汚したりしないでください。
- ② 筆記用具は、鉛筆（HB又はB）又はシャープペンシルを使用し、記入を訂正する場合にはプラスチック消しゴムできれいに消してください。また、消しきずは残さないようにしてください。
- ③ 解答用紙の所定の欄に受験番号・氏名・試験地を必ず記入してください。特に受験番号は受験票と照合して正しくマークしてください。
- ④ 試験は択一方式で、解答は1つの問につき1つだけ選択してください。2つ以上選択（マーク）した場合は、零点になります。
- ⑤ 記入欄以外の余白には、何も記入しないでください。
- ⑥ 以上の記入方法の指示に従わない場合、必要とされる記入事項が正しく記入されていない場合には採点されません。

平成18年度 放射線取扱主任者試験

正 誤 票

試験日 試験区分	平成18年8月23日(水) 1時限目(10:00~11:45) 第1種
課 目	物化生
板書事項	8ページ 問5の<解答群>(I~J)の選択肢 (正)「6 <u>脳・脊髄</u> 」 (誤)「6 骨髄」

問1 次のI～IIの文章の()の部分に入る最も適切な語句、記号、数式又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

I ある壊変系列における親核種及び娘核種を1、2の記号で示す。任意の時間 t における親核種(原子数 N_1)の壊変速度は、 λ を壊変定数とすれば、 $dN_1/dt = (A)$ で与えられる。 $t = 0$ における原子数を N_1^0 とすれば、

$$N_1 = N_1^0 \exp(-\lambda_1 t) \text{ となる。}$$

娘核種の原子数 N_2 の時間変化は、親核種の壊変速度 (B) と娘核種の壊変速度 (C) の差であり、

$$dN_2/dt = (B) - (C) \text{ である。}$$

$t=0$ において $N_2=0$ の場合は、

$$N_2 = (D) N_1^0 (\exp(-\lambda_1 t) - \exp(-\lambda_2 t)) \text{ となる。}$$

放射能を A で示し、 $t = 0$ における親核種の放射能を A_1^0 とすると、娘核種の放射能 A_2 は、

$$A_2 = (E) A_1^0 (\exp(-\lambda_1 t) - \exp(-\lambda_2 t)) \text{ である。}$$

親核種の半減期が娘核種の半減期よりも長い場合、(F) であるから、充分時間が経過した後、

$$A_2 = (E) A_1^0 \exp(-\lambda_1 t) = (E) A_1 \text{ であり、}$$

$$A_2/A_1 = (E) \text{ となる。}$$

ここで、 A_1 は親核種の放射能である。すなわち、娘核種の放射能は親核種のそれよりも (G) なり、その比は一定となる。このような平衡状態は (H) といわれる。

< I の A～H の解答群 >

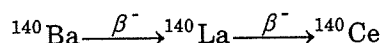
- | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| 1 λ_1/λ_2 | 2 λ_2/λ_1 | 3 $\lambda_1 N_1$ | 4 $-\lambda_1 N_1$ | 5 $\lambda_2 N_2$ |
| 6 $-\lambda_2 N_2$ | 7 $\lambda_1/(\lambda_2 - \lambda_1)$ | 8 $\lambda_2/(\lambda_2 - \lambda_1)$ | 9 大きく | 10 小さく |
| 11 過渡平衡 | 12 永続平衡 | 13 $\lambda_1 < \lambda_2$ | 14 $\lambda_2 < \lambda_1$ | |

II 親核種の半減期が娘核種の半減期より長いとき、試料中に成長してくる娘核種を化学分離して取り出せば、短半減期の核種の利用が可能である。この操作は (A) といわれる。(A) は、娘核種の放射能が最大になる時点 t_{\max} で行うと効率がよい。

t_{\max} は、 $dN_2/dt = 0$ として、これから

$$t_{\max} = \frac{1}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot \ln(B) \text{ が得られる。}$$

一例として、



の壊変系列を考える。 ^{140}Ba の半減期は (C) 日、 ^{140}La の半減期は (D) 日である。

$t = 0$ で ^{140}La と ^{140}Ce を分離して、純粋な ^{140}Ba の状態であったとすると (E) 日後に ^{140}La の放射能は最大に達する。なお、 $\ln(B) = 2.03$ とする。

^{140}La を無担体で分離するには、いくつかの方法があるが、 ^{140}Ba と ^{140}La を含む溶液に Ba^{2+} 及び

(F) を担体として加え、アンモニアアルカリ性にすることによって (G) を沈殿させ、沈殿をろ別したのち、塩酸に溶かし、メチルイソブチルケトン(MIBK)などを用いた (H) によって (F) を除くことができる。この場合、 Ba^{2+} は (I) であり、(F) は ^{140}La を無担体で取り出すための (J) である。

< II の A ~ E の解答群 >

- | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-----------|---------|----------|
| 1 λ_1/λ_2 | 2 λ_2/λ_1 | 3 ストリッピング | 4 ミルキング | 5 スクラビング |
| 6 1.68 | 7 3.36 | 8 5.66 | 9 11.3 | 10 12.8 |

< II の F ~ J の解答群 >

- | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------|
| 1 Fe^{3+} | 2 Fe^{2+} | 3 Sr^{2+} | 4 La^{3+} | 5 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ |
| 6 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ | 7 $\text{La}(\text{OH})_3$ | 8 イオン交換法 | 9 溶媒抽出法 | 10 保持担体 |
| 11 スカベンジャー | 12 同位体担体 | 13 非同位体担体 | | |

問2 次のⅠ～Ⅲの文章の()の部分に入る最も適切な語句又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

Ⅰ 放射性同位体を用いるトレーサー法は有用な技術であるが、利用に当たってはいくつかの留意すべき点がある。同位体の間では、質量が異なることに基づく化学的挙動の差があり、(A)効果と呼ばれる。この効果は、水素や(B)の場合、無視できないことがある。また、異なる化学種の間で同位体が入れ替わる同位体(C)反応はトレーサーの化学形を変えるので注意しなければならない。放射性同位体が無担体の場合、担体がある場合とは異なる挙動を示すことがある。ラジオコロイドの生成はその一例で、(D)や沈降を起こしやすくなる。

<ⅠのA～Dの解答群>

- | | | | | | |
|-------|------|-------|--------|---------|--------|
| 1 同位体 | 2 質量 | 3 質量比 | 4 リチウム | 5 ナトリウム | 6 カリウム |
| 7 置換 | 8 転位 | 9 交換 | 10 吸収 | 11 吸着 | 12 乳化 |

Ⅱ トレーサー実験に使用する放射性同位体を選ぶ場合、半減期などとならんで、放出される放射線の測定法を考慮する必要がある。 γ 線を放出する核種は測定が容易で、単一トレーサーの場合は試料をプラスチックの容器に採り、(A)で測定するのが一般的である。また、(B)を用いれば、数種類のトレーサーを同時に測定することもできる。

γ 線を放出しない β^- 線放出体は β^- 線のエネルギーが低い場合をのぞき、端窓型の(C)又は(D)で測定することができる。前者の場合は数え落としに注意しなければならない。また、液体シンチレーションカウンタは低エネルギーの β^- 線も測定することができ、広く用いられている。測定は、 β^- 線的作用で蛍光を発する(E)などの第1溶質(第1蛍光体)とその蛍光の波長をシフトする(F)などの第2溶質(第2蛍光体)を溶媒に溶解した溶液に試料を加えて行う。なお、第2溶質が不要のカウンタもある。溶媒としては、有機化合物試料には(G)などが、水溶液試料には(G)と(H)の混合溶液や(G)に乳化剤を加えたものなどが用いられる。いずれの場合も(I)の補正を行う必要がある。

β^+ 線放出体の場合は、通常、(J)を測定する。

<ⅡのA～Dの解答群>

- | | | | | |
|-----------------|---------|---------|--------------|---------|
| 1 電離箱 | 2 比例計数管 | 3 GM計数管 | 4 NaI(Tl)検出器 | 5 Ge検出器 |
| 6 表面障壁型Si半導体検出器 | | | | |

<ⅡのE～Jの解答群>

- | | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|-----------|--------|
| 1 POP | 2 PPO | 3 POPO | 4 POPOP | 5 トルエン | 6 ヘキサン |
| 7 シクロヘキサン | 8 エタノール | 9 水 | 10 数え落とし | 11 クエンチング | |
| 12 オーバーフロー | 13 対生成放射線 | 14 消滅放射線 | 15 制動放射線 | | |

Ⅲ トレーサー実験においては、あらかじめ、必要にして十分なトレーサーの量を見積る必要がある。総量 R Bq のトレーサーを使用する実験で、いくつかの分画された試料が得られ、各試料について標準偏差 1% 以下の計数を得たい場合を考える。バックグラウンドが無視できると仮定すると、各試料について必要な最小計数値は (A) カウントとなる。測定器の計数効率を 0.2cps/Bq とし、トレーサー量が最も少ない試料について、放射能の予想値を R の 200 分の 1、計数時間を 500s とすると、必要十分な R の見積値は (B) Bq となる。

<Ⅲの A～B の解答群>

- | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|---|---------|---|-------|---|--------|---|--------|---|--------|
| 1 | 800 | 2 | 2,000 | 3 | 8,000 | 4 | 10,000 | 5 | 12,500 | 6 | 20,000 |
| 7 | 100,000 | 8 | 125,000 | | | | | | | | |

問3 放射線と物質との相互作用に関する次の文章の ()、{ } の部分に入る最も適切な語句又は最も近い数値を、それぞれの解答群から 1 つだけ選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて 2 回以上使ってもよい。

数 MeV のエネルギーを持つ中性子が水中に入射する。このときに中性子が減速されるのは、主として水の (A) 原子の (B) との (C) 衝突による。この場合、 2.4MeV の中性子が 1 回の (C) 衝突により失う平均エネルギーは { イ } MeV である。

もし、同じ 2.4MeV の中性子がグラファイト(炭素)中に入射すると、1 回の (C) 衝突により失う平均エネルギーは { ロ } MeV である。中性子を減速させる効果が大いなのは、質量数の (D) 物質である。

陽電子が物質中でエネルギーを損失する原因は、主として物質中の (E) との (F) 損失による。最終的に (G) と結合して (H) し、その際 { ハ } MeV の (I) を 2 個放出する。この 2 個の (I) の飛び去る方向が互いになす角度は、ほぼ { ニ } ラジアンである。

α 粒子が物質中を通過するとき、様々な粒子と衝突する。運動エネルギーの和が衝突の前後で変化しない場合を (J) 衝突といい、運動エネルギーの和が衝突の前後で変化し、励起など粒子の内部エネルギーの変化を生じる場合を (K) 衝突という。 α 粒子に関する (J) 衝突の場合、原子核の (L) によるエネルギー変化は、軌道電子との衝突によるエネルギー変化に比べて (M)。空気中における 4MeV の α 粒子の平均飛程は、ほぼ { ホ } cm である。

< A～M の解答群 >

- | | | | | | | | | | | | |
|----|------|----|-------|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 水素 | 2 | 酸素 | 3 | 電子 | 4 | 陽子 | 5 | 光子 | 6 | 弾性 |
| 7 | 非弾性 | 8 | 小さい | 9 | 大きい | 10 | 衝突 | 11 | 放射 | 12 | 消滅 |
| 13 | イオン化 | 14 | クーロン力 | 15 | 核力 | | | | | | |

< イ～ホの解答群 >

- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|----|------|----|------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|---|-----|
| 1 | 0.01 | 2 | 0.03 | 3 | 0.06 | 4 | 0.1 | 5 | 0.3 | 6 | 0.5 | 7 | 0.8 | 8 | 1.0 |
| 9 | 1.2 | 10 | 1.4 | 11 | 1.6 | 12 | 1.8 | 13 | 2.0 | 14 | 2.5 | 15 | 3.1 | | |

問4 次のI～IIの文章の()、{ }の部分に入る最も適切な語句又は最も近い数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

I 右図に示すように、 ^{40}K はEC壊変して(A)、あるいは β^- 壊変して(B)となる。これらの壊変に伴って、天然のカリウム3.91g中に含まれる ^{40}K からは、毎秒(C)個の γ 線及び毎秒(D)個の β 線が放出される。また、放射される β 線の最大エネルギーは(E)MeVである。

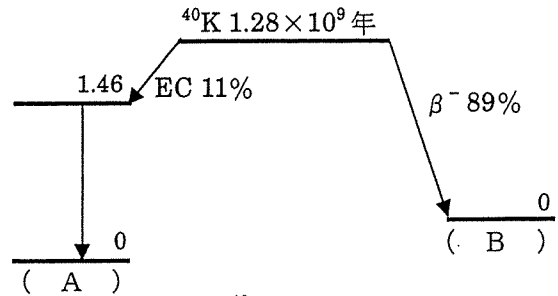


図 ^{40}K の壊変図

ただし、カリウムの原子量を39.1、 ^{40}K の存在比を0.0117%とする。また、同位体の原子質量については表を参照し、1原子質量は931.5MeVとする。

表 同位体質量

同位元素	原子質量	同位元素	原子質量	同位元素	原子質量
^{39}Ar	38.964315	^{39}K	38.963708	^{40}Ca	39.962591
^{40}Ar	39.962383	^{40}K	39.963999	^{41}Ca	40.962278
^{41}Ar	40.964501	^{41}K	40.961825	^{42}Ca	41.958622

< IのA～Bの解答群 >

- 1 ^{39}Ar 2 ^{40}Ar 3 ^{41}Ar 4 ^{39}K 5 ^{41}K 6 ^{40}Ca 7 ^{41}Ca
8 ^{42}Ca

< IのC～Eの解答群 >

- 1 1.1×10^2 2 1.3×10^2 3 1.5×10^2 4 1.7×10^2 5 1.9×10^2
6 11 7 13 8 15 9 17 10 19
11 1.1 12 1.3 13 1.5 14 1.7 15 1.9

II 電子と物質の相互作用には、電離、励起、(A)及び弾性散乱の4つがある。これらの相互作用のうち、電子がクーロン力によって物質を構成する原子の軌道電子を原子外へ放出させることを電離、軌道電子にエネルギーの一部を与え、より外側の軌道に移させる場合を励起とよぶ。このときの単位長さ当たりのエネルギー損失 S_1 、すなわち(B)は、物質の原子番号 Z の{ イ }乗、物質の単位体積中の原子数 N の1乗及び入射電子速度の{ ロ }乗に比例する。

また、電子が原子核の近傍を通過するとき、原子核の電場により減速され、失った運動エネルギーを(C)として放出する。これを(A)といい、このときのエネルギー損失 S_2 を(D)とよぶ。(D)は入射電子エネルギー E [MeV]の{ ハ }乗、 Z の{ ニ }乗、 N の{ ホ }乗にほぼ比例する。

弾性散乱は、原子核とのクーロン力によって起こり、その断面積は Z の2乗にほぼ比例する。これによる単位長さ当たりのエネルギー損失 S_3 は極めて小さく、物質内で多数回の弾性散乱を繰り返

す。この現象を (E) といい、最終的に入射方向に電子が戻されることがあり、これを (F) とよぶ。 S_3 は小さいので、電子のエネルギー損失は S_1 と S_2 が大部分となる。その比は、

$$S_2/S_1 \approx \{ \text{ヘ} \} / 800$$

と表され、エネルギーの高い電子ほど (A) の影響は大きくなる。ただし、放射性核種からの β 線ではこの影響はあまり問題とならない。例えば、アルミニウム中において、 ^{40}K からの β 線のエネルギーのうち (A) によって失われる割合をその平均エネルギー (最大エネルギーの $1/3$ とする。) を用いて計算すると、約 { ト } % となる。

β 線の最大エネルギー E_0 [MeV] とアルミニウム中の最大飛程 R [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$] との関係は次の式で表される。

$$R = 0.407E_0^{1.4} \quad (0.15 < E_0 < 0.8 \text{ MeV})$$

$$R = 0.542E_0 - 0.133 \quad (E_0 > 0.8 \text{ MeV})$$

この式は、媒質が異なっても近似的に成り立つ。これを用いて ^{40}K からの β 線の空気における R を求めると約 { チ } m となる。ただし、空気の密度を 0.00129 [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$] とする。

< II の A ~ F の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|------------------|-----------|
| 1 光電効果 | 2 制動放射 | 3 ラザフォード散乱 | 4 コンプトン散乱 |
| 5 衝突阻止能 | 6 比電離 | 7 線エネルギー付与 (LET) | 8 放射阻止能 |
| 9 電子 | 10 中性子 | 11 電磁波 | 12 前方散乱 |
| 13 後方散乱 | 14 多重散乱 | 15 陽電子消滅 | |

< II の イ ~ チ の解答群 >

- | | | | | | | | | |
|------|--------|-------|-----------|-----------|-------------|-------|-----|-----|
| 1 -5 | 2 -2 | 3 -1 | 4 0.3 | 5 0.7 | 6 1 | 7 1.5 | 8 2 | 9 3 |
| 10 4 | 11 4.5 | 12 EZ | 13 E^2Z | 14 EZ^2 | 15 $(EZ)^2$ | | | |

問5 放射線被ばくによるヒトの発がんの影響に関する次の文章の（ ）の部分に入る最も適切な語句又は記号を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。

放射線被ばくによるヒトのがんリスクを評価するために疫学調査が行われている。代表的なものに以下のようなものがある。

1. 原爆被ばく者：原爆被ばく者の疫学調査のために、総数 12 万人の固定集団（コホート）が設定された。原爆放射線の線量計算は当初、暫定的方法が用いられたが、その後の改定を経て 2002 年に不確定性を減らすための改正が行われ（ A ）として承認された。原爆による（ B ）は被ばくの数年後から発生し始め、7～8 年後にピークに達している。その他の悪性腫瘍はがん年齢になって発生している。被ばく者のデータは、国連の下に設置されている（ C ）や国際的非政府機関である（ D ）、アメリカの（ E ）の報告書・勧告などの基礎資料として最も重要なデータである。
2. 医療被ばく者：放射線治療を受けた患者では特定の腫瘍のリスク増加が見られる。
 - a) 肺結核患者 X 線透視：人工気胸術を施された結核患者の効果確認のため反復して胸部透視が行われたアメリカやカナダの結核患者に（ F ）が発生した。
 - b) 強直性脊椎炎患者：強直性脊椎炎の治療のために X 線治療を受けた患者に（ G ）が発生した。
 - c) トロトラスト被投与患者：トロトラストは血管造影剤として用いられた。二酸化トリウムを含み、Th やその娘核種の（ H ）は、主として（ I ）や（ J ）に蓄積して（ K ）を放出し、（ I ）がんと白血病のリスクの増加がみられた。
3. 職業被ばく
 - a) ウラン鉱夫：カナダやアメリカのウラン鉱山の鉱夫での調査で（ L ）及びその壊変生成物による（ M ）がんの発生リスクが調べられている。しかし、1) 高濃度の吸入被ばく、2) 粉塵、3)（ N ）などの（ O ）による影響などが問題点として指摘された。
 - b) 時計文字盤塗装工：時計文字盤に（ P ）を含む夜光塗料を塗る作業に従事していた人たちが、塗料をつけた小筆を口で舐めて体内に取り込まれた（ P ）が（ Q ）に沈着し、放射される（ R ）によって（ Q ）に腫瘍が発生した。
4. 高自然放射能（高バックグラウンド）地域住民：インドのケララ地方や中国広東省の陽江地区では自然放射能が高い。これらの地区では、（ S ）の発生頻度は高いことが報告されているが、がん死亡率は低自然放射能地域と有意差がない。
5. チェルノブイリ事故被ばく者：チェルノブイリ事故時に高レベル汚染地域にいた小児では、（ T ）が増加した。

<解答群>

- (A) 1 DS02 2 DS86 3 TCD50 4 TD50 5 T65D
- (B) 1 リンパ腫 2 白血病 3 骨肉腫 4 皮膚がん 5 胃がん
6 乳がん 7 甲状腺がん
- (C～E) 1 電離放射線の影響に関する委員会 (BEIR 委員会)
2 国際がん研究機関 (IARC) 3 国際放射線防護委員会 (ICRP)
4 国際放射線単位測定委員会 (ICRU) 5 国際放射線防護学会 (IRPA)
6 国際科学技術センター (ISTC)
7 原子放射線の影響に関する国連科学委員会 (UNSCEAR)
- (F～G) 1 リンパ腫 2 白血病 3 骨肉腫 4 皮膚がん 5 胃がん
6 乳がん 7 甲状腺がん
- (H) 1 ^{212}Pb 2 ^{222}Rn 3 ^{224}Ra 4 ^{226}Ra 5 ^{230}Th 6 ^{238}U
- (I～J) 1 甲状腺 2 肺 3 胃 4 肝臓 5 骨 6 骨髄 7 乳腺
- (K) 1 α 線 2 β 線 3 γ 線 4 X線 5 中性子線
- (L) 1 I 2 Cs 3 Ir 4 Rn 5 Ra
- (M) 1 甲状腺 2 肺 3 胃 4 肝臓 5 骨 6 骨髄 7 乳腺
- (N) 1 感染症 2 食事 3 喫煙 4 社会的地位 5 経済力
- (O) 1 増殖因子 2 増殖抑制因子 3 生理活性物質 4 交絡因子
5 環境ホルモン
- (P) 1 I 2 Cs 3 Ir 4 Rn 5 Ra
- (Q) 1 甲状腺 2 肺 3 胃 4 肝臓 5 骨 6 骨髄 7 乳腺
- (R) 1 α 線 2 β 線 3 γ 線 4 X線 5 中性子線
- (S) 1 先天性代謝異常 2 死産 3 奇形 4 精神発達遅滞
5 染色体異常 6 白血病
- (T) 1 リンパ腫 2 白血病 3 骨肉腫 4 皮膚がん 5 胃がん
6 乳がん 7 甲状腺がん

問6 次のI～IIIの文章の()の部分に入る最も適切な語句、記号又は数値を、それぞれの解答群から1つだけ選べ。ただし、各選択肢は必要に応じて2回以上使ってもよい。

放射線の生物作用の線量効果関係を説明するために様々なモデルが提唱されてきた。

I 放射線のエネルギー吸収過程の量子性を踏まえ、物理学の方法論を用いて放射線の生物に対する致死作用を説明しようとしたのが「標的理論(ヒット理論)」である。

これらの理論では、「細胞内には細胞の生存に重要な標的があり、この標的を放射線がヒットする。」と仮定する。また、ヒットはお互いに(A)して起こり、(B)分布に従うと仮定する。

ヒット理論において、ある線量 D の放射線によって標的に平均 m 個のヒットが生じたとすると、実際に標的に r 個のヒットが生じる確率 $P(r)$ は、

$$P(r) = e^{-m} m^r / r! \quad (1)$$

で表される。この理論では、標的数とヒット数の組合せにより、「1標的1ヒットモデル」、「多重標的1ヒットモデル」、「1標的多重ヒットモデル」及び「多重標的多重ヒットモデル」がある。

「1標的1ヒットモデル」では、細胞内に標的が1個あり、これがヒットされると細胞は死に至ると仮定する。この場合に細胞が生き残るためには、標的が受けるヒット数は(C)個でなければならない。従って、生存する確率(生存率) S は $S = (D)$ となる。標的に平均1個のヒットを生じるのに必要な線量を D_0 とした場合、ある線量 D を照射すると平均(E)個ヒットすることになる。この値は(F)であることから、生存率 S は

$$S = (G) \quad (2)$$

となる。

横軸に線量 D をとり、縦軸を生存率 S として自然対数で表すと直線となる。また、式(2)において、線量 D が D_0 の時を考えると、標的の受けるヒット数は平均して1個であるので、生存率 S は約(H)となる。 D_0 は(I)線量とよばれ、放射線感受性を評価する際に用いられる。 D_0 が小さければ感受性は(J)ことになる。

< I の解答群 >

- | | | | | | | | | | | |
|-------|----|----------------|----|------|----|-------|----|----------------|----|-----------------------|
| (A～B) | 1 | ガウス | 2 | ポアソン | 3 | 直接作用 | 4 | 間接作用 | 5 | 独立 |
| | 6 | 依存 | 7 | 生存 | 8 | 死 | 9 | 低い | 10 | 高い |
| (C～J) | 1 | 0 | 2 | 0.37 | 3 | 0.5 | 4 | 1.0 | 5 | 平均致死 |
| | 6 | 半数致死 | 7 | 低い | 8 | 高い | 9 | $\exp(-m)$ | 10 | $\exp(-D \times D_0)$ |
| | 11 | $\exp(-D/D_0)$ | 12 | m | 13 | D_0 | 14 | $D \times D_0$ | 15 | D/D_0 |

II 標的理論とは別に次のようなモデルも提唱されている。放射線によって生じる染色体異常のうち(A)異常は細胞死の原因になる。(A)異常には二動原体染色体や(B)が含まれる。いずれも2カ所でDNA2本鎖切断が起こり、これらが誤って再結合したものである。2カ所の2本鎖切断が放射線の1本の飛跡によって一挙に生ずる場合と、独立した2本の放射線の飛跡によって

生ずる場合を想定すると、前者の起こる確率は線量の (C) 乗に比例し、後者の起こる確率は線量の (D) 乗に比例すると考えられる。従って、これらの染色体異常の生ずる頻度は両者の (E) となる。このような式で表されるモデルを (F) モデルという。

< II の解答群 >

- (A~B) 1 安定型 2 不安定型 3 相互転座 4 環状染色体 5 逆位
6 断片
- (C~D) 1 1 2 2 3 3 4 0
- (E) 1 和 2 差 3 積 4 商
- (F) 1 直線(L) 2 直線2次(LQ) 3 2次(Q) 4 相乗予測
5 相加予測 6 絶対リスク 7 相対リスク

III 放射線を組織に分割照射した場合、1回照射に比べて放射線障害は低減するが、その度合いは組織により異なる。組織には、照射後約1ヵ月以内に (A) のような障害が現れる早期反応組織と、照射後半年から1年後に (B) のような障害が現れる晩期反応組織とがあり、分割照射の影響は早期反応組織と晩期反応組織では異なっている。総線量を同じにして分割回数を増やした場合、早期反応組織では晩期反応組織に比べ放射線障害の低減の度合いは小さい。組織の障害は組織を構成する細胞の死を反映すると考えられる。

線量と細胞の生存率の関係は一般に、 $S = \exp(-(\alpha D + \beta D^2))$ で表される。ここで S は生存率、 D は線量、 α 、 β は定数である。下図はこの線量効果関係を図示したもので、縦軸に生存率 S を対数目盛で、横軸に線量 D を線形目盛で表している。線量効果関係は、早期反応組織では (C) に近くなり、晩期反応組織では (D) に近くなる。

< III の解答群 >

- (A~B) 1 変形性関節症 2 肺気腫 3 脊髄麻痺 4 痛風 5 粘膜炎
6 関節リウマチ
- (C~D) 1 下図の曲線(a) 2 下図の曲線(b) 3 下図の曲線(c)

