

物 化 生

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：10:00～11:45（1 時間 45 分）

2 問題数：6 題（13 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（HB 又は B）、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。
- 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 試験中に気分が悪くなった場合は、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、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。
- ⑦ 問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑧ 不正行為を行った者は、受験を中止させ、退場を命じます。

4 解答用紙（マークシート）の取扱いについて：

- ① 解答用紙の注意事項に従い丁寧に記入してください。
- ② 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、記入欄以外の余白及び裏面には、何も記入しないでください。
- ③ 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。
- ④ 解答用紙の所定欄に氏名・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。
- ⑤ 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。

問1 次のI～IIIの文章の()の部分に入る最も適切な語句、記号又は数字をそれぞれの解答群から選べ。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 β^- 壊変の際は、核電荷が1だけ(A)する。 β^+ 壊変の際は、核電荷が1だけ(B)すると同時に電荷をもつ(C)と電荷をもたない(D)が放出される。電子捕獲の際には、核電荷が1だけ(E)すると同時に(F)が1個放出される。このとき(G)軌道電子が最も捕獲されやすい。電子捕獲の後続過程として、(H)又は(I)電子が放出される。

< IのA～Iの解答群 >

- | | | | |
|---------|----------|-----------|----------|
| 1 増加 | 2 減少 | 3 陽子 | 4 重陽子 |
| 5 陽電子 | 6 ニュートリノ | 7 反ニュートリノ | 8 中性子 |
| 9 K | 10 L | 11 M | 12 制動放射線 |
| 13 特性X線 | 14 オージェ | 15 内部転換 | |

II 1 MeVの光子と軟組織との相互作用の大部分は(J)であり、その結果生ずる(K)が軟組織中の原子、分子を励起又は(L)して、エネルギーが付与される。その平均線エネルギー付与の大きさは、 α 線に比べて(M)。放射線防護の立場では、このような(K)に対する放射線荷重係数の値が(N)と定められている。

< IIのJ～Nの解答群 >

- | | | | |
|--------|-----------|----------|--------|
| 1 光電効果 | 2 コンプトン効果 | 3 電子対生成 | 4 陽子 |
| 5 中性子 | 6 二次電子 | 7 電離 | 8 分極 |
| 9 核壊変 | 10 小さい | 11 同じである | 12 大きい |
| 13 1 | 14 5 | 15 10 | |

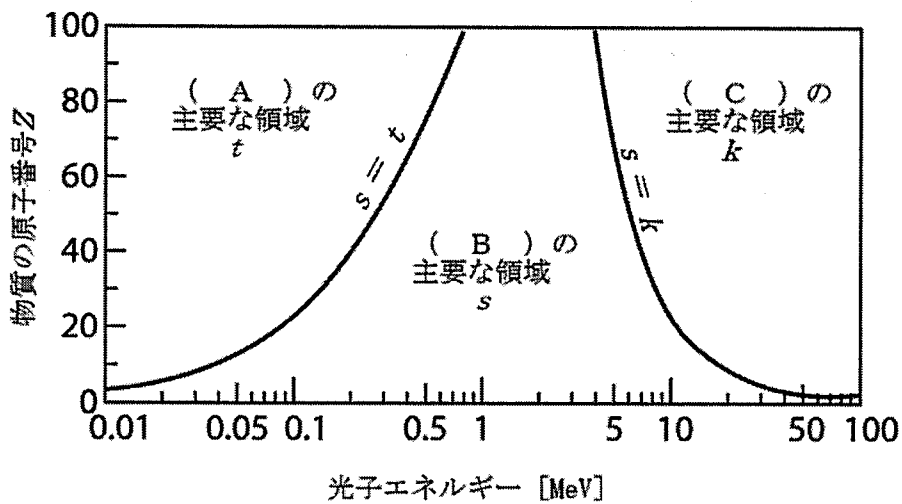
III その場所における1 MeVの光子に対する軟組織の吸収線量が240 mGyであるとき、その光子のエネルギーフルエンスは(O) $\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$ 、光子フルエンスは(P) cm^{-2} 、軟組織の単位体積 1 cm^3 中に生成するイオン対の平均数は(Q)個である。ただし、1 MeV光子に対する軟組織の質量エネルギー吸収係数を $0.03\text{ g}^{-1}\cdot\text{cm}^2$ 、軟組織の比重を1、軟組織中で1イオン対を生成するのに必要な平均エネルギーを25 eVとし、 $1\text{ eV}=1.6\times 10^{-19}\text{ J}$ とする。

< IIIのO～Qの解答群 >

- | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 8×10^{-3} | 2 8×10^{-1} | 3 8×10 | 4 8×10^2 |
| 5 4×10^4 | 6 4×10^6 | 7 4×10^7 | 8 4×10^8 |
| 9 5×10^9 | 10 5×10^{10} | 11 5×10^{11} | 12 5×10^{12} |
| 13 6×10^{13} | 14 6×10^{14} | 15 6×10^{15} | |

問2 次のI～IIの文章の()の部分に入る最も適切な語句、記号、数値又は数式をそれぞれの解答群から選べ。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 光子と物質の相互作用において主要な反応は、下図に示す様に、(A)、(B)及び(C)であり、入射光子エネルギーや物質の原子番号 Z に関連して起こる確率が異なる。図中に示された t 、 s 、 k をそれぞれの相互作用の線減弱係数とすると、 t は (イ) に、 s は (ロ) に、 k は (ハ) に概ね比例する。これらの3つの相互作用のほかに、確率は小さくなるが、レイリー散乱や(D)がある。(D)は光子エネルギーが数 MeV 以上になったときに重要で、光子が物質の(E)に吸収され、中性子等を放出させる現象をいう。



< I の A～E の解答群 >

- | | | | |
|------------|-----------|----------|---------|
| 1 ラザフォード散乱 | 2 コンプトン効果 | 3 後方散乱 | 4 共鳴散乱 |
| 5 トムソン散乱 | 6 光電効果 | 7 オージェ効果 | 8 捕獲反応 |
| 9 電子対生成 | 10 核分裂反応 | 11 光核反応 | 12 軌道電子 |
| 13 原子核 | 14 陽子 | 15 中性子 | |

< I の イ～ハ の解答群 >

- | | | | |
|------------|------------|---------|---------|
| 1 Z^{-2} | 2 Z^{-1} | 3 Z | 4 Z^2 |
| 5 Z^3 | 6 Z^5 | 7 Z^7 | |

II 高速中性子と質量数 A の原子核との衝突が (F) である場合には、原子核内部のエネルギーに変化は起こらず、入射中性子と原子核の間にはエネルギー並びに (G) の保存則が成り立つ。衝突の前後における中性子のエネルギーをそれぞれ E_1 及び E_2 とすると、衝突後の中性子の取り得るエネルギーが最小となるのが (H)、最大となるのが (I) の場合であるから、その範囲は、 $\alpha = \left(\frac{A-1}{A+1}\right)^2$ とすると、

$$(\text{ニ}) \leq E_2 \leq (\text{ホ}) \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

となり、このエネルギー範囲で (J) な確率分布となる。

一方、原子核の反跳エネルギー E_R の取り得る値は、

$$(\text{へ}) \leq E_R \leq (\text{ト}) \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

となる。

特に標的となる原子核が水素の場合には、衝突後の中性子の取り得るエネルギー範囲は、

$$0 \leq E_2 \leq (\text{チ}) \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

となり、その平均エネルギーは、

$$\bar{E}_2 = (\text{リ}) \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

となる。また、中性子が ^{12}C 原子核に衝突する場合の ^{12}C 原子核の最大反跳エネルギーは、(ヌ) となる。

< II の F ~ J の解答群 >

- | | | | |
|------------|---------|----------|---------|
| 1 ラザフォード散乱 | 2 共鳴散乱 | 3 弾性散乱 | 4 非弾性散乱 |
| 5 捕獲反応 | 6 力積 | 7 エントロピー | 8 運動量 |
| 9 正面衝突 | 10 接線衝突 | 11 発熱反応 | 12 吸熱反応 |
| 13 一様 | 14 単一 | 15 不連続 | |

< II のニ ~ ヌ の解答群 >

- | | | | |
|--------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| 1 $(1-2\alpha)E_1$ | 2 $(1-\alpha)E_1$ | 3 αE_1 | 4 $(1+\alpha)E_1$ |
| 5 $(1+2\alpha)E_1$ | 6 $\frac{48}{169}E_1$ | 7 $\frac{1}{3}E_1$ | 8 $\frac{24}{49}E_1$ |
| 9 $\frac{1}{2}E_1$ | 10 E_1 | 11 0 | 12 0.5 |
| 13 1 | 14 1.5 | 15 2 | |

問3 次のI～II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。なお、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

I ライフサイエンスの分野でよく用いられる ^{32}P (半減期 14 日(1.2×10^6 秒))は、 β^- 壊変して(A)になる。

^{32}P は、天然同位体存在度のリン(^{31}P : 100 %)をターゲットとして原子炉での中性子照射による ^{31}P (B) ^{32}P 反応でも得られる。この場合は担体の ^{31}P を含んでおり、生成する ^{32}P の比放射能は、核反応断面積にも照射中性子フルエンス率にも(イ)。また、照射時間にも冷却時間にも(ロ)。

一方、 ^{32}P の製造には天然同位体存在度の硫黄(^{32}S : 95 %)をターゲットとする原子炉での中性子照射で、 ^{32}S (C) ^{32}P のように、照射の前後で原子番号が変わる核反応が利用される。この場合、ターゲットから化学分離により無担体の ^{32}P が得られ、この ^{32}P の比放射能は、核反応断面積にも照射中性子フルエンス率にも(ハ)。また、照射時間にも冷却時間にも(ニ)。

無担体で1.0 kBqの ^{32}P では、その計数率は検出効率10%としても6000 cpmあり、容易に検出できるが、その質量は(D)グラムと超微量であり、トレーサーとして使用するとき、対象への化学的・生物的影響はほとんど無視できる。

なお、無担体の ^{32}P 製品中に、ターゲット硫黄中の ^{33}S (0.8%)由来の ^{33}P (半減期 25 日(2.2×10^6 秒))が不純物として放射能比で1%含まれていると、100日後における ^{32}P の放射性核種純度はおおよそ(E)%となる。

< I の A～C の解答群 >

- | | | | | |
|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1 ^{31}P | 2 ^{32}Si | 3 ^{32}S | 4 ^{33}P | 5 ^{33}S |
| 6 (n, γ) | 7 (n, p) | 8 (n, d) | 9 (n, α) | 10 (n, f) |

< I の D と E の解答群 >

- | | | | | |
|--------------|--------------|-------------|-------|-----|
| 1 10^{-13} | 2 10^{-10} | 3 10^{-7} | 4 1 | 5 2 |
| 6 9 | 7 92 | 8 99 | 9 100 | |

< I の イ～ニの解答群 >

- | | |
|--------|---------|
| 1 依存する | 2 依存しない |
|--------|---------|

II 上空大気中で宇宙線により生じる中性子と空気中の ^{14}N との (F) 反応により ^{14}C (半減期 5730 年 (1.8×10^{11} 秒)) が生成する。宇宙線強度が変わらなければ常に同じ割合で生成し壊変するので、地球大気中の ^{14}C の量は一定に保たれる。その比放射能は炭素 1 グラム当たり約 0.23 Bq であり、その炭素同位体原子数比 ($^{14}\text{C}/(^{12}\text{C}+^{13}\text{C})$) の値は (G) である。(H) の化学形で存在する大気中の ^{14}C が、光合成により植物体内に取り込まれ、食物連鎖により動物体内にも入り、生物体中の ^{14}C 比放射能は、大気中とほぼ同じになる。しかし、生物が死ぬと、 ^{14}C の供給が途絶えるので、 ^{14}C 比放射能は時間とともに減衰する。従って、これら生物試料中の ^{14}C を測定すれば、その生物の死後の経過時間が求められる(年代測定)。 ^{14}C はこれまで、試料を気体にして (I) により、あるいは、炭素含有率の大きい有機液体にして (J) により、その放射能で測定されてきた。しかし、試料量が少量のとき、あるいは数万年前の試料では、含まれる ^{14}C 放射能が mBq 程度となり、その放射能測定は極めて困難あるいは不可能となるが、近年、(K) を用いて、1 ミリグラム程度の試料でも、あるいは数万年前の試料でも、高感度に炭素同位体原子数比を測定して ^{14}C の量を求め、その年代を決定することが可能になってきた。

例えば、1 ミリグラムの炭素を含む試料を測定して、 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 原子数比の値が 0.0108、 $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ 原子数比の値が 10^{-11} であったとすると、この試料の年代として最も近い値は (L) 年前である。

< II の F ~ H の解答群 >

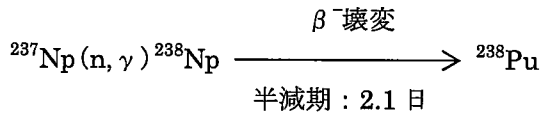
- | | | | |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 (n, γ) | 2 (n, p) | 3 (n, d) | 4 (n, α) |
| 5 (n, 2n) | 6 $^{14}\text{CH}_4$ | 7 ^{14}CO | 8 $^{14}\text{CO}_2$ |
| 9 1.2×10^{-6} | 10 1.2×10^{-8} | 11 1.2×10^{-10} | 12 1.2×10^{-12} |

< II の I ~ L の解答群 >

- | | | |
|-----------------|-------------|---------|
| 1 液体シンチレーション検出器 | 2 半導体検出器 | 3 比例計数管 |
| 4 加速器質量分析法 | 5 ガスクロマトグラフ | 6 5000 |
| 7 10000 | 8 15000 | 9 20000 |
| 10 25000 | | |

問4 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選べ。ただし、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

I ^{238}Pu は (A) 壊変核種であり、高い発熱量を示し、半減期は 88 年なので、長寿命のアイソトープ電池として宇宙開発等に利用されている。 ^{238}Pu の製造に利用される核反応の一つには次のものがある。



237 グラムの ^{237}Np ターゲットを熱中性子フルエンス率 $1.0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ で 50 時間照射した。上記(n, γ)反応の断面積を 180 バーンとすると、 ^{238}Np に変化した ^{237}Np の総数は約 (B) 個となる。このターゲットを 30 日間冷却した後、ターゲットから全ての Pu を化学分離により回収した。なお、生成した ^{238}Np が全て ^{238}Pu に変化したとすると、回収できる ^{238}Pu の重量は約 (C) グラムである。照射時間を更に長くすると、 ^{238}Pu が中性子を捕獲して生成する (D) や ^{240}Pu が増加し、 ^{238}Pu の (E) 純度が低下する。

< I の A～E の解答群 >

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| 1 α | 2 β^- | 3 β^+ | 4 EC |
| 5 1.9×10^{20} | 6 1.9×10^{21} | 7 1.9×10^{22} | 8 8 |
| 9 9 | 10 10 | 11 ^{239}Np | 12 ^{239}Pu |
| 13 ^{240}Am | 14 放射化学 | 15 核種 | |

II 有用な中性子源である ^{252}Cf (半減期 2.6 年) の製造に利用される主な核反応プロセスの概略を下図に示す。原子番号、質量数とも非常に大きい ^{252}Cf の製造には、i) 連続した中性子捕獲による (F) の増加と、ii) β^- 壊変による (G) の増加が利用される。Pu ターゲットを原子炉で照射した時に中性子捕獲で生成する ^{243}Pu は、半減期が約 5 時間と短く、その多くは β^- 壊変して (イ) になる。一定期間の照射後、生成した Am を残存の Pu と核分裂生成物から分離回収する。回収した Am で調製した Am ターゲットを高い中性子フルエンス率で照射すると、より重い Am 核種が生成するが、半減期の短い ^{244}Am の多くは、(ロ) 反応で ^{245}Am になる前に β^- 壊変して (ハ) になる。同様のプロセスが繰り返され、最終的に ^{252}Cf を含む重い核種群が得られる。 ^{239}Pu を最初の核種として ^{252}Cf に到達するには、(ニ) 個の中性子捕獲と (ホ) 回の β^- 壊変を経る。 ^{252}Cf の製造工程では、多種類の化学分離法が利用されている。例えば、処理量が多い Pu ターゲットの化学分離処理を行う時には溶媒抽出法が、Am、Cm、Bk、Cf の相互分離を行う時には主に (H) 法が利用されている。

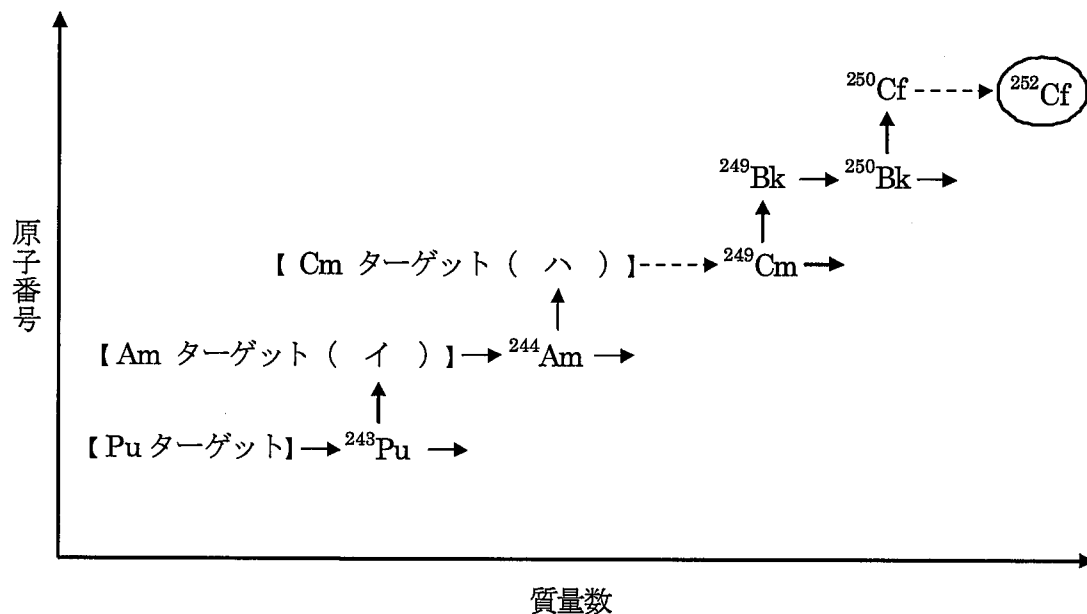


図 ^{252}Cf の製造に利用される原子炉における主な核反応プロセスの概略

< II の F ~ H の解答群 >

- | | | | |
|----------------|--------|------|--------|
| 1 質量数 | 2 原子番号 | 3 沈殿 | 4 遠心分離 |
| 5 イオン交換クロマトグラフ | | | |

< II の イ ~ ホ の解答群 >

- | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 ^{242}Am | 2 ^{243}Am | 3 ^{244}Cm | 4 ^{245}Cm |
| 5 ^{249}Cm | 6 (n, p) | 7 (n, γ) | 8 (n, 2n) |
| 9 3 | 10 4 | 11 5 | 12 6 |
| 13 9 | 14 11 | 15 13 | |

Ⅲ ^{252}Cf は主に α 壊変するが、分岐比 3.1 % で自発核分裂し、それに伴って中性子を放出する。自発核分裂の部分半減期は (I) 年となる。1.0 グラムの ^{252}Cf の原子数は (J) 個、その核分裂速度は $6.3 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ である。1 回の自発核分裂で放出する中性子数は平均 3.8 個であるので、1.0 グラムの ^{252}Cf が放出する中性子数は毎秒 (K) 個となる。 ^{252}Cf 中性子源は、即発 γ 線分析、中性子ラジオグラフィ、(L) 等に用いられている。

<Ⅲの I ~ L の解答群>

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 0.08 | 2 8.1 | 3 84 | 4 2.4×10^{12} |
| 5 2.4×10^{15} | 6 2.4×10^{18} | 7 2.4×10^{21} | 8 2.4×10^{24} |
| 9 水分計 | 10 煙感知器 | | |

問5 次のI～III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 細胞増殖の過程において、細胞が分裂してから次に分裂するまでの1周期は、細胞周期という概念でとらえられている。細胞周期はG₁期、S期、G₂期及びM期の4つの時期に分けられ、この順に進行する。S期は(A)で、M期は(B)である。放射線照射により細胞はDNA損傷を感知して、3つの時期で細胞周期は停止する。それら3つの時期はG₁チェックポイント、(C)チェックポイント及びS期チェックポイントと呼ばれている。放射線照射によるDNA損傷が生じると、放射線高感受性遺伝病(D)の原因遺伝子産物(E)が活性化し、最終的にCdk1やCdk2を抑制すること等により細胞周期を停止させる。(D)の患者由来細胞では、放射線照射による上記3つのチェックポイントでの細胞周期停止は3つとも(F)である。

< IのA～Fの解答群 >

- | | | | |
|------------------|------------------|-----------------|----------|
| 1 静止期 | 2 細胞分裂期 | 3 DNA合成期 | 4 細胞増殖期 |
| 5 G ₀ | 6 G ₂ | 7 ATR | 8 DNA-PK |
| 9 ATM | 10 網膜芽細胞腫 | 11 毛細血管拡張性運動失調症 | |
| 12 色素性乾皮症 | 13 正常 | 14 異常 | |

II 細胞の放射線致死感受性は、細胞が細胞周期のどの時期にあるかによって異なる。一般に細胞周期の(G)から(H)にかけて放射線感受性は最も高く、(I)後半で放射線感受性は最も低い。この細胞周期依存的な放射線感受性の違いは、放射線致死感受性を決定する最も重要なDNA損傷である(J)の修復能の違いによると考えられている。(J)は、非相同末端結合と相同組換え修復の主に2つの方法により修復されるが、(K)はより正確で間違いが少ない。(I)後半では、(J)が(L)により修復されるため放射線感受性が低いとされている。

< IIのG～Lの解答群 >

- | | | | |
|--------------------|--------------------|-------------|-----------|
| 1 G ₀ 期 | 2 G ₁ 期 | 3 S期 | 4 M期 |
| 5 G ₂ 期 | 6 DNA 1本鎖切断 | 7 DNA 2本鎖切断 | 8 塩基損傷 |
| 9 DNA鎖間架橋 | 10 非相同末端結合 | 11 相同組換え修復 | 12 塩基除去修復 |
| 13 ヌクレオチド除去修復 | | | |

Ⅲ 胚(胎芽)及び胎児に対する放射線の影響は、動物実験の結果並びに原爆胎内被ばく者の疫学調査の結果により評価されている。一般に受精から出産までの期間は受精の時から順に(M)、(N)及び(O)の3つの時期に分類される。動物実験の結果では、これら3つの時期により放射線の影響は異なっている。(M)では(P)が、(N)では(Q)が、(O)では(R)が最も特徴的な障害である。

しかし、原爆胎内被ばく者の疫学調査の結果は、動物実験により得られた結果と必ずしも一致しない。動物実験では多様な奇形が生じることが報告されているが、原爆胎内被ばく者で認められた主な奇形は(S)である。また、原爆胎内被ばく者では被ばくの影響として(T)も観察されている。

<ⅢのM～Rの解答群>

- | | | | |
|--------|---------|--------|-------|
| 1 胎児期 | 2 器官形成期 | 3 着床前期 | 4 発育期 |
| 5 発育遅延 | 6 呼吸不全 | 7 致死 | 8 奇形 |

<ⅢのSとTの解答群>

- | | | | |
|----------|-------|----------|--------|
| 1 小頭症 | 2 多指症 | 3 口蓋形成不全 | 4 精神遅滞 |
| 5 脾臓形成不全 | | | |

問6 次のI～IV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 培養細胞の放射線照射後の生存率曲線は、一般に図1に示す通り吸収線量を横軸に(A)で表記し、生存率を縦軸に(B)で表記して描く。生存率曲線の型は、低LET放射線では(C)となり、高LET放射線では(D)となる。細胞生存率曲線の型を説明するためにいくつかのモデルが提案され、それらのモデルにより生物学的な意味を検討しようとする試みがなされてきた。今日では、細胞の吸収線量がDの場合の生存率Sを定数 α 、 β を用いて $S = \exp(-(\alpha D + \beta D^2))$ と表す(E)モデルがよく用いられている。(E)モデルでは、放射線による細胞死は2つの要素からなり、その1つは吸収線量に比例するもので、もう1つは吸収線量の2乗に比例するものであると仮定する。ただし、(E)モデルは(F)線量域では実験により得られる細胞生存率曲線に一致しないので、このモデルを利用する際には注意を要する。

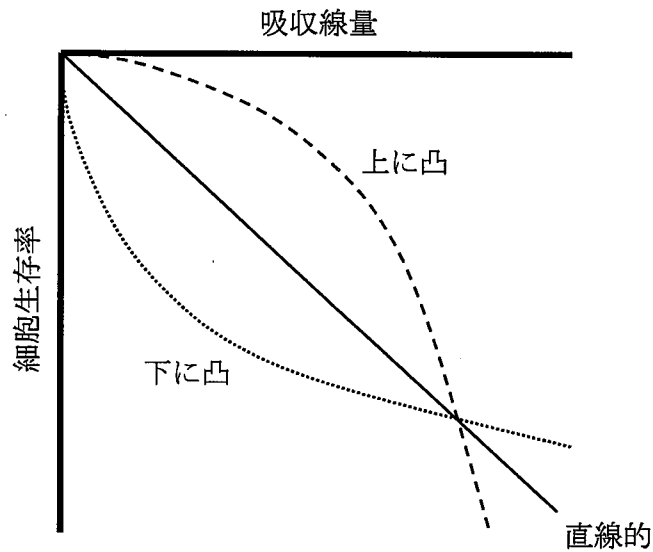


図1

< IのA～Fの解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|-------|-------|
| 1 線形目盛 | 2 対数目盛 | 3 上に凸 | 4 下に凸 |
| 5 直線的 | 6 低 | 7 中 | 8 高 |
| 9 L | 10 LQ | 11 Q | |

II Iで述べたモデルは、低 LET 放射線照射後の吸収線量と染色体異常の発生頻度との関係にも当てはまる。一般的に、吸収線量と二動原体染色体や環状染色体の発生頻度との関係は、図 2 に示す通り吸収線量を横軸に線形目盛で表記し、細胞当たりの染色体異常の数を縦軸に線形目盛で表記すると、その型は (G) となる。この場合の生物学的意味として、吸収線量に比例する要素は (H) 個の二次電子により 1 つの (I) が生じる場合で、吸収線量の 2 乗に比例する要素は (J) 個の二次電子により 1 つの (I) が生じる場合と想定されている。

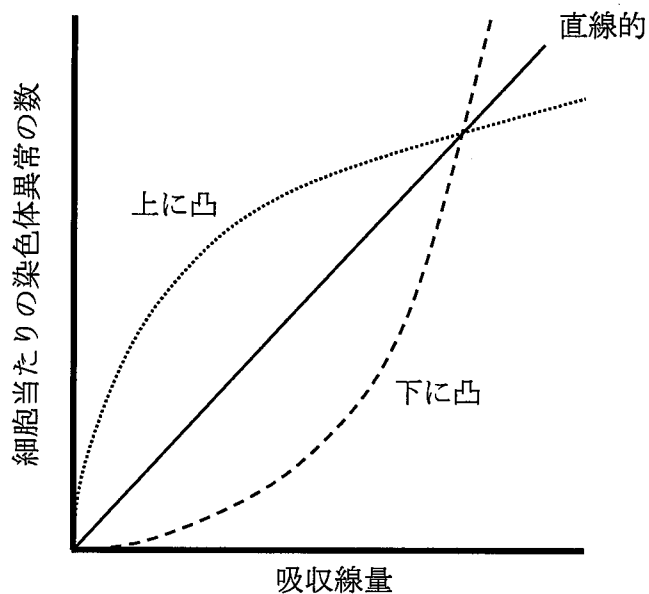


図 2

< II の G ~ J の解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|------|----|----------|----|------------|---|------------|
| 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 5 | 塩基損傷 | 6 | DNA 鎖間架橋 | 7 | DNA 1 本鎖切断 | 8 | DNA 2 本鎖切断 |
| 9 | 上に凸 | 10 | 下に凸 | 11 | 直線的 | | |

III Iで述べたモデル及び図の表記法は、正常組織の障害やがん組織に対する放射線の効果の評価にも応用されている。 $S = \exp(-(\alpha D + \beta D^2))$ で示されるこのモデルでは、吸収線量 D が (K) の時に、細胞死全体に占める“線量に比例する細胞死”と“線量の2乗に比例する細胞死”の割合が等しくなる。臨床経験や動物実験の結果から、一般に正常組織のうち晩期反応組織では早期反応組織に比べ (K) の値は (L)、がん組織の (K) の値は (M) 反応組織の値に近い。(K) の値が大きいときは、小さい場合に比べ曲線の型がより (N) であることを意味する。このため、放射線治療においては、治療期間を変えずに分割回数と総線量を増やすことにより、がん組織に対する効果を同じかやや良くし、(O) 反応組織の障害を低減させることができる。

<IIIのK～Oの解答群>

- | | | | |
|------------------------|-----------|------------------|------------------|
| 1 α | 2 β | 3 α/β | 4 β/α |
| 5 $\alpha \cdot \beta$ | 6 大きく | 7 小さく | 8 早期 |
| 9 中期 | 10 晩期 | 11 上に凸 | 12 下に凸 |
| 13 直線的 | | | |

IV 職業被ばくのような低線量放射線のリスクを推定するためにも、同様なモデルが用いられている。(P) の結果から 3 Gy 程度までの線量域での線量-効果関係の型を推定し、そのモデルに従って低線量域でのリスクを観察値から外挿して推定する。原爆被ばく者における 3 Gy 程度までの線量域での白血病の増加の観察値は (Q) モデルに適合し、白血病以外のがんの増加の観察値では (R) モデルに最もよく適合する。

<IVのP～Rの解答群>

- | | | | |
|--------|--------|--------|-----|
| 1 動物実験 | 2 臨床試験 | 3 疫学調査 | 4 L |
| 5 LQ | 6 Q | | |