

生 物 学

生物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：13:30～15:20（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）（16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しまってください。
- 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、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 次の標識化合物とそれを利用して標識される生体高分子として、正しいものの組合せはどれか。

- | 標識化合物 | 生体高分子 |
|--|-------|
| A $[^{14}\text{C}]$ チミジン | DNA |
| B $[^{125}\text{I}]$ 5-ヨード-2'-デオキシウリジン | DNA |
| C $[^{35}\text{S}]$ メチオニン | タンパク質 |
| D $[^3\text{H}]$ ロイシン | タンパク質 |
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 2 次の標識化合物のうち、一般的にガンマカメラによる核医学画像診断に用いられるものの組合せはどれか。

- A $[^{123}\text{I}]$ ヨウ化ナトリウム
B $[^{67}\text{Ga}]$ クエン酸ガリウム
C $[^{11}\text{C}]$ メチオニン
D $[^{99\text{m}}\text{Tc}]$ 過テクネチウム酸ナトリウム
- 1 ABDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問 3 γ 線急性全身被ばく後に見られる末梢血中の血球成分の変化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 Gy被ばく後2日以内にリンパ球数の一過性の増加が見られる。
B 4 Gy被ばく後2日以内に好中球数の一過性の増加が見られる。
C 1 Gy被ばく後のリンパ球数の減少は好中球数の減少より早期に見られる。
D 4 Gy被ばく後の血小板数の減少は赤血球数の減少より早期に見られる。
- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問4 5 Gy の γ 線急性全身被ばく後、2時間以内に50%以上の頻度で見られる症状として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A 嘔吐
- B 下痢
- C 発熱
- D 意識障害

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問5 放射線障害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 晩発性障害はすべて確率的影響である。
- B 急性障害はすべて確定的影響である。
- C 生殖腺に生じる障害はすべて確率的影響である。
- D 肺の線維化は晩発性障害である。

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問6 職業被ばく及び医療被ばくによる発がん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 ウラン鉱夫において、肺がんの増加が見られた。
- B ラジウム時計文字盤工において、骨がんの増加が見られた。
- C 胸部X線透視を行った結核患者において、乳がんの増加が見られた。
- D トリウムを含む造影剤を投与された患者において、肝がんの増加が見られた。

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

問7 ラドン (^{222}Rn)、トロン (^{220}Rn) 及びこれらの子孫核種の吸入による自然放射線被ばくに関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 ラドン、トロンはともに α 壊変を経て、ラジウムとなる。
- 2 日本における1人当たり、1年当たりのラドン及びその子孫核種の吸入による内部被ばく線量の平均は、トロン及びその子孫核種の吸入による内部被ばく線量の平均に比べて高い。
- 3 ラドン原子自身あるいはトロン原子自身が放出する放射線による被ばく線量は、それぞれのすべての子孫核種が放出する放射線による被ばく線量に比べて高い。
- 4 日本における1人当たり、1年当たりのラドン、トロン及びこれらの子孫核種の吸入による内部被ばく線量の平均は、約2ミリシーベルトである。
- 5 日本における1人当たり、1年当たりのラドン、トロン及びこれらの子孫核種の吸入による内部被ばく線量の平均は、世界全体における1人当たり、1年当たりのラドン、トロン及びこれらの子孫核種の吸入による内部被ばく線量の平均より高い。

問8 物理的半減期が300日の放射性核種が体内に取り込まれたとする。300日後に体内の放射能が16分の1に減少していたとき、生物学的半減期[日]として最も近い値は次のうちどれか。

- 1 43 2 60 3 75 4 100 5 225

問9 ヒドロキシルラジカル ($\cdot\text{OH}$) 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 求電子反応により還元される。
B 2分子が結合して過酸化水素を生成する。
C 間接作用によるDNA損傷への寄与は水素ラジカルよりも大きい。
D その寿命はスーパーオキシドラジカルの寿命より長い。
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 10 放射線の間接作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 全溶質分子に対する損傷を受ける溶質分子の割合は、溶質分子の濃度を上げると減少する。
- B 損傷を受ける溶質分子の数は、溶質分子の濃度を上げると増加する。
- C 照射後に酸素分圧を高めると作用が増強される。
- D 温度を下げると作用が軽減される。
- E グルタチオンにより作用が軽減される。

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

問 11 DNA 及び DNA 損傷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 二本鎖DNAの向かい合う塩基は、水素結合により結合している。
- B 8-オキシグアニンはチミンと対合することにより突然変異の原因となる。
- C 放射線照射による塩基の損傷は、DNAから塩基が遊離する原因となる。
- D γ 線によって生じる単位吸収線量当たりのDNA一本鎖切断の数は、二本鎖切断の数の約3倍である。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 12 放射線照射によって誘発されるアポトーシス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 染色体DNAの断片化が観察される。
- B 細胞膜の凝縮が観察される。
- C ミトコンドリアの膜電位が変化する。
- D 正常p53タンパク質によって促進される。

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

問 13 γ 線緩照射したマウスの仔における 1 遺伝子座位当たりの平均放射線誘発変異頻度として、横軸が吸収線量[Gy]、縦軸が変異頻度のグラフを描いたとき、縦軸の切片が 1.0×10^{-5} 、傾きが $3.6 \times 10^{-6} \text{ Gy}^{-1}$ となるデータが得られたとする。ヒトの倍加線量[Gy]を、このデータを用いて間接法によって推定したとき、最も近い値は次のうちどれか。ただし、ヒトの自然変異頻度は 1 世代、1 遺伝子座位当たりの平均値として 3.0×10^{-6} と推定されている。

- 1 0.12 2 0.36 3 0.83 4 1.2 5 1.7

問 14 培養ヒト正常体細胞における染色体および染色体異常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 相同組換えによるDNA二本鎖切断修復は、相同染色体を必要とする。
- B 非相同末端結合によるDNA二本鎖切断修復は、相同染色体を必要としない。
- C 染色体型異常では相同染色体の同じ位置に異常が見られる。
- D 染色体型異常では姉妹染色分体の同じ位置に異常が見られる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 15 ある哺乳類培養細胞に対して、 ^3H -チミジン、 ^{125}I -コンカナバリンをそれぞれ X 線照射の場合と同じ生存率 50%になるように投与し、核、細胞質、細胞膜の 3 つの区分での吸収線量を比較することにより、放射線の重要な標的となる区分を調べる実験を行い、下の表の結果を得た。この実験結果から考えられる内容として、正しいものの組合せは次のうちどれか。ただし、コンカナバリンは糖鎖に結合するタンパク質である。

照射または投与	各区分の吸収線量[Gy]		
	核	細胞質	細胞膜
X線	3.3	3.3	3.3
^3H -チミジン	3.8	0.27	0.01
^{125}I -コンカナバリン	4.1	24.7	516.7

- A ^3H -チミジンは、核に多く集積する。
 B ^{125}I -コンカナバリンは、細胞膜に多く集積する。
 C 生存率を決める放射線の標的が核に存在する。
 D 細胞膜の吸収線量が生存率に最も大きく寄与する。
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 16 直線-二次曲線(LQ)モデルに関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 細胞生存率曲線を片対数グラフ上に描くと、 α/β 比が大きいほど、曲がり大きい。
- 2 α/β 比は次元を持たない無名数である。
- 3 α/β 比が大きいほど、亜致死損傷からの回復が大きい。
- 4 α/β 比は、早期反応組織よりも晩発性反応組織で小さい傾向がある。
- 5 腫瘍組織の α/β 比は、一般的に早期反応組織よりも晩発性反応組織に近い傾向がある。

問 17 培養ヒト体細胞について、細胞周期と放射線の影響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 S期前半に比べてS期後半からG₂期前半は放射線致死感受性が低い。
- B 非相同末端結合による修復に関わる遺伝子を欠損する細胞は、S期後半からG₂期前半にかけて最も高い放射線致死感受性を示す。
- C X線に比べて、100 keV・ μm^{-1} の炭素イオン線では致死感受性の細胞周期依存性が小さい。
- D G₂期に被ばくした場合、主に染色分体型異常が見られる。

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

問 18 ヒトの胎内被ばくによる放射線影響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 発がんリスクは、小児期被ばくと比較して統計学的に有意に高い。
- B 受精後0日から8日までの時期に被ばくして生き残った胚は、正常に発生すると考えられている。
- C 受精後9日から8週までが、奇形が生じる可能性が妊娠期間中で最も高い。
- D 受精後9日から8週までが、精神遅滞が生じる可能性が妊娠期間中で最も高い。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 19 胎児期に γ 線急性全身被ばくした場合に、精神遅滞発生のしきい線量[Gy]として最も適切なものは次のうちどれか。

- 1 0.008~0.012 2 0.02~0.06 3 0.08~0.12 4 0.2~0.6 5 0.8~1.2

問 20 成人の γ 線急性局所被ばくによる生殖腺の影響に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 精巣に1 Gy被ばくした場合、被ばく直後から不妊となる。
- 2 精巣に1 Gy被ばくした場合、永久不妊となる。
- 3 卵巣に1 Gy被ばくした場合、永久不妊となる。
- 4 卵巣に被ばくした場合、年齢が高いほど少ない線量で永久不妊となる。
- 5 卵巣に被ばくした場合、卵原細胞の死が不妊の原因となる。

問 21 急性 X 線局所被ばくによる皮膚障害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 5 Gyの被ばくにより3週間程度で一時的脱毛が起こる。
- B 乾性落屑^{せつ}のしきい線量は、湿性落屑のしきい線量より高い。
- C 7 Gyの被ばくにより約1年後以降に委縮が起こる。
- D 4 Gyの被ばくにより1日以内に紅斑が見られる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 22 次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 放射線により過剰に誘発された突然変異頻度を自然突然変異頻度の2倍にする吸収線量を倍加線量という。
- 2 ICRP2007年勧告では遺伝性(的)影響におけるヒトの倍加線量として100 mGyが用いられている。
- 3 遺伝性(的)影響は倍加線量が大きいくほど、起こりやすい。
- 4 一般に、遺伝性(的)影響には線量率効果が見られない。
- 5 一般に、遺伝性(的)影響の重篤度は線量に依存しない。

問 23 原爆被爆者における全固形がんによる死亡の相対リスクおよび過剰相対リスク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 被爆時年齢、到達年齢によらず、相対リスクと過剰相対リスクの差は常に一定である。
- B 相対リスクは、到達年齢が同じであれば、一般に被爆時年齢が低いほど大きい。
- C 過剰相対リスクは、被爆時年齢が同じであれば、一般に到達年齢が高いほど大きい。
- D 30歳で被爆し、70歳に到達したときの過剰相対リスクは1 Gyにおいて0.4~0.5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 24 低 LET 放射線 ($1 \text{ keV} \cdot \mu\text{m}^{-1}$) と比較した場合の高 LET 放射線 ($100 \text{ keV} \cdot \mu\text{m}^{-1}$) の正常ヒト線維芽細胞に対する作用の特徴として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A 細胞致死効果の線量率効果が小さい。
- B 生存率曲線の傾きが大きい。
- C 細胞致死効果の酸素増感比が小さい。
- D 照射24時間後に残存するDNA二本鎖切断の数が多い。

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

問 25 RBE 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 ICRPが勧告する放射線加重（荷重）係数の根拠となっている。
- B 細胞致死効果や突然変異など、着目する生物効果によって値が異なる。
- C 1つの生物効果に対しては、基準放射線の線量域にかかわらず同じ値となる。
- D 基準放射線として、 ^{60}Co 線源からの γ 線を用いることができる。
- E 線量率を変化させても値は変わらない。

1 ABDのみ 2 ABEのみ 3 ACDのみ 4 BCEのみ 5 CDEのみ

問 26 放射線による外部被ばく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 一般的に α 線の外部被ばくでは、重篤な障害を生じることはほとんどない。
- B 一般的に β 線の外部被ばくでは、骨髄障害よりも皮膚障害を起こしやすい。
- C ^{60}Co 線源からの γ 線は身体の深部まで到達する。
- D がん治療で用いる陽子線は体内で停止するとき、ブラッグピークを形成する。

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

問 27 ICRP2007 年勧告における放射線加重係数に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

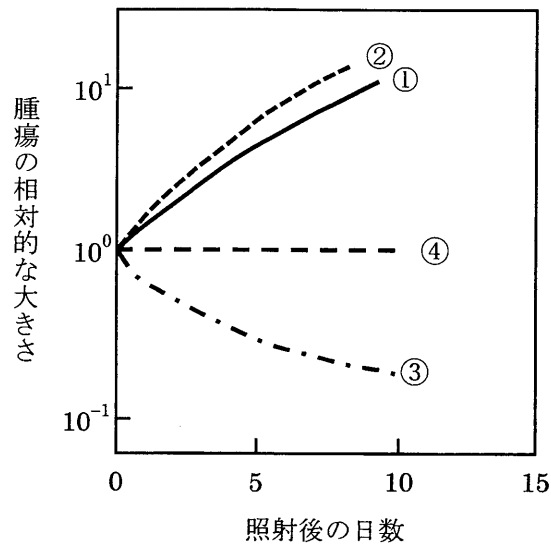
- A すべてのエネルギーの光子に対して1が与えられている。
- B すべてのエネルギーの電子に対して1が与えられている。
- C すべてのエネルギーの陽子に対して2が与えられている。
- D すべてのエネルギーの中性子に対して20が与えられている。

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

問 28 β 線により甲状腺が平均 1.0 mGy、 γ 線により脳が平均 0.5 mGy 被ばくした。このときの実効線量[mSv]として、最も近い値は次のうちどれか。甲状腺、脳の組織加重係数を、それぞれ 0.04、0.01 とし、他の放射線による被ばく、及び他の組織・臓器への被ばくは考えないものとする。

1 0.040 2 0.045 3 0.050 4 0.085 5 0.090

問 29 p53 タンパク質の遺伝子が正常又は欠損したヒトがん細胞をマウスに移植した。作製された腫瘍について、放射線照射後の大きさの変化をグラフに示す。



グラフの曲線は、それぞれ①p53正常細胞で作製した腫瘍の非照射時、②p53欠損細胞で作製した腫瘍の非照射時、③p53正常細胞で作製した腫瘍の15 Gy照射時、及び④p53欠損細胞で作製した腫瘍の15 Gy照射時の照射後の腫瘍の相対的な大きさの変化を示す。この実験結果から考えられる内容として、正しいものの組合せは次のうちどれか。ただし、照射後0日においてすべての腫瘍の大きさは同じであり、腫瘍の大きさの変化にはヒトがん細胞数のみが影響を与えると仮定する。

- A p53正常細胞は、p53欠損細胞と比べて増殖速度が速い。
 - B p53正常細胞では、照射後に細胞死が生じた。
 - C p53欠損細胞では、放射線による腫瘍の増大に対する抑制効果がない。
 - D p53欠損細胞は、p53正常細胞と比べて放射線抵抗性である。
- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問 30 陽電子断層撮影 (PET) 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 陽電子の対消滅で生じる 662 keV の光子を検出する。
 - B 同時計数が用いられる。
 - C [¹⁴C]コリンは脳腫瘍の診断に用いられる。
 - D [¹⁸F]フルオロデオキシグルコース (FDG) はがん診断に用いられる。
- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問31 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 ヒトの放射線高感受性遺伝病の1つにナイミーヘン染色体不安定性症候群(NBS)がある。この遺伝病は *NBN* 遺伝子の変異によって生じ、毛細血管拡張性運動失調症(AT)と同様に、□A□ 遺伝様式を示す。したがって、あるNBSの患者の両親が健康な場合、□B□ が一对の *NBN* 遺伝子の□C□ に変異を持つ。さらに、この患者の兄弟姉妹が健康な場合、その兄弟姉妹は□D□ の確率で一对の *NBN* 遺伝子の□C□ に変異を持つ。NBS患者において一对の *NBN* 遺伝子に異なる変異を持つ場合と、同一の変異を持つ場合がある。このうち、患者の両親がいとこの場合、患者では一对の *NBN* 遺伝子に□E□。

< Aの解答群 >

- | | | |
|---------------|---------------|---------------|
| 1 常染色体顕性 (優性) | 2 常染色体潜性 (劣性) | 3 X染色体顕性 (優性) |
| 4 X染色体潜性 (劣性) | | |

< Bの解答群 >

- | | |
|------------------|------------|
| 1 父親のみ | 2 母親のみ |
| 3 父親と母親のいずれか一方のみ | 4 父親と母親の両方 |

< Cの解答群 >

- | | |
|------|------|
| 1 一方 | 2 両方 |
|------|------|

< Dの解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 1/4 | 2 1/3 | 3 1/2 | 4 2/3 | 5 3/4 |
|-------|-------|-------|-------|-------|

< Eの解答群 >

- 異なる変異を持つ場合が多い
- 同一の変異を持つ場合が多い
- 異なる変異を持つ場合と同一の変異を持つ場合がほぼ同数見られる

II *NBN* 遺伝子から作られる Nbs1 タンパク質は、Mre11 および Rad50 タンパク質と複合体を形成し、DNA 二本鎖切断の修復において重要な役割を担う。NBS と似た症状を示す遺伝病 (NBSLD) 患者で Mre11、Rad50 タンパク質の遺伝子の変異が報告されている。

以下において、タンパク質のアミノ酸の数は、タンパク質合成が開始されるコドンに対応するアミノ酸を1個目とし、タンパク質合成が進行する方向に向かって増えるように数えることとする。また、メッセンジャーRNA (mRNA) の塩基の番号は、タンパク質合成が開始されるコドンの1番目の塩基を1番とし、タンパク質合成が進行する方向に向かって増えるように付けることとする。下の表はコドンとアミノ酸の対応を示したもので、遺伝暗号表あるいはコドン表などと呼ばれる。

表 コドン表

1番目の塩基	3番目の塩基	2番目の塩基							
		U		C		A		G	
U	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン
	C	UUC		UCC		UAC		UGC	
	A	UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン
	G	UUG		UCG		UAG		UGG	
C	U	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン
	C	CUC		CCC		CAC		CGC	
	A	CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA	
	G	CUG		CCG		CAG		CGG	
A	U	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン
	C	AUC		ACC		AAC		AGC	
	A	AUA	ACA	AAA		リシン	AGA	アルギニン	
	G	AUG	ACG	AAG			AGG		
G	U	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン
	C	GUC		GCC		GAC		GGC	
	A	GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA	
	G	GUG		GCG		GAG		GGG	

以下に Mre11、Rad50 の遺伝子に見られる変異の例を 3 つ示す。

変異 1 Mre11 mRNA の 338 番目の A(下線)が G に置換

333番から343番まで UCAAGAUGGCA

変異 2 Rad50 mRNA の 3,277 番目の C(下線)が U に置換

3,272番から3,282番まで AACUCGAGAA

変異 3 Rad50 mRNA の 3,939 番目の A(下線)が U に置換

3,934番から3,944番まで CAUUAAAAAUA

変異 1 から変異 3 の中で、アミノ酸のうち 1 個が別のアミノ酸に変化するものは であり、 が に変化する。このような変異を 変異という。

また、変異 1 から変異 3 の中で、アミノ酸に対応するコドンが終止コドンに変化するものは であり、開始されるコドンに対応するアミノ酸から数えて、 個のアミノ酸からなるタンパク質が作られる。このような変異を 変異という。

<ア～エの解答群>

- | | | | |
|---------|---------|-----------|---------|
| 1 変異 1 | 2 変異 2 | 3 変異 3 | 4 サイレント |
| 5 ミスセンス | 6 ナンセンス | 7 フレームシフト | |

< F、Gの解答群 >

- | | | |
|----------|------------|----------|
| 1 アスパラギン | 2 アスパラギン酸 | 3 アルギニン |
| 4 イソロイシン | 5 グリシン | 6 グルタミン |
| 7 グルタミン酸 | 8 システイン | 9 セリン |
| 10 チロシン | 11 トリプトファン | 12 トレオニン |
| 13 プロリン | 14 メチオニン | 15 リシン |

< Hの解答群 >

- | | | | | |
|-----------|-----------|---------|---------|----------|
| 1 112 | 2 113 | 3 1,011 | 4 1,012 | 5 1,092 |
| 6 1,093 | 7 1,312 | 8 1,313 | 9 9,828 | 10 9,829 |
| 11 11,814 | 12 11,815 | | | |

Ⅲ 正常ヒト二倍体線維芽細胞に 1 Gy の γ 線を照射した場合、細胞 1 個当たり約 個の DNA 二本鎖切断が生成する。Nbs1、Mre11、Rad50 の複合体 (MRN 複合体) は、 による DNA 二本鎖切断修復の初期段階において重要な役割を担うと考えられている。MRN 複合体とさらにいくつかのタンパク質によって、DNA 二本鎖切断で生じた末端付近で 2 本の鎖のうち 1 本の分解が行われ、一本鎖 DNA が形成される。この一本鎖 DNA と相補性を有するかどうかで の鋳型となる鎖の検索が行われる。

また、MRN 複合体は、AT の原因遺伝子から作られる ATM タンパク質を、放射線によって生じた DNA 二本鎖切断部位に結合させる上でも重要な役割を担うと考えられている。ATM タンパク質は p53 タンパク質やヒストン H2AX タンパク質を 化する機能を持っている。このように Nbs1 タンパク質は、Mre11、Rad50、ATM と協働しながら DNA 二本鎖切断に対する多様な細胞応答に重要な役割を担っており、このことが NBS 患者の細胞の放射線高感受性の原因と考えられる。

< I の解答群 >

- | | | | |
|-----|------|-------|---------|
| 1 4 | 2 40 | 3 400 | 4 4,000 |
|-----|------|-------|---------|

< J、Kの解答群 >

- | | | | |
|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 1 BER | 2 NER | 3 V(D)J 組換え | 4 相同組換え |
| 5 非相同末端結合 | 6 アセチル | 7 グリコシル | 8 メチル |
| 9 ユビキチン | 10 リン酸 | 11 脱アセチル | 12 脱グリコシル |
| 13 脱メチル | 14 脱ユビキチン | 15 脱リン酸 | |

問 32 次の 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 放射線が生体に及ぼす影響は、放射線の強度や線質だけでなく、被ばくする生体側の様々な要因によって変化する。ここでは、培養細胞を⁶⁰Co線源からのγ線により照射する場合を考えてみよう。細胞の構成成分の中で水の割合が最も大きい。したがって、細胞へのγ線の作用では、γ線が水分子に作用した時に起こる現象が重要である。γ線が水分子に作用すると、マイクロ秒以下の非常に速い物理的・化学的過程を経て、数種類のラジカルが生じる。γ線のエネルギーを吸収して水分子が励起されると、水素ラジカルと A が生じる。一方、水分子が電離されると、電子と非常に不安定なH₂O⁺ラジカルを生じる。前者は水分子が配位することにより B を生じ、後者は分解すると、水素イオンと C を生じる。 B は強い D であり、溶存酸素と反応すると E を生じ、水分子や水素イオンと反応すると水素ラジカルを生じる。このようにして生じた短寿命のラジカルは、DNA、タンパク質、脂質といった細胞構成成分と反応し、様々な影響を与える。このように、放射線が水分子に作用して、その結果生じたラジカルが生体成分に作用することを間接作用と呼び、培養細胞を⁶⁰Co線源からのγ線により大気圧、室温で照射する場合は、DNA損傷における間接作用の寄与は F %と考えられている。

上記のように間接作用の過程で E が生じるが、その量は酸素濃度に依存する。 E は活性酸素種の1つであり、生体に毒性を示す。生体内で生じた E を消去する酵素として最も重要なものは G である。一方、 A などによる水素引き抜き反応で生じた有機ラジカルと酸素分子が反応すると、有毒な過酸化物を生じる。このように、間接作用は酸素濃度の影響を受け、酸素濃度が高いと放射線の生体有害作用が強くなる。これを酸素効果と呼び、酸素効果の指標として H がある。数Gyのγ線を大気中で細胞に照射したときの細胞致死の H は一般に I の値をとる。

< A～E の解答群 >

- | | | |
|----------------|----------|--------------|
| 1 水素ラジカル | 2 窒素ラジカル | 3 ヒドロキシルラジカル |
| 4 スーパーオキシドラジカル | 5 水素イオン | 6 窒素イオン |
| 7 水酸化物イオン | 8 水和電子 | 9 還元剤 |
| 10 酸化剤 | 11 中和剤 | |

< F の解答群 >

- | | | | |
|--------|---------|---------|----------|
| 1 0～20 | 2 20～50 | 3 50～80 | 4 80～100 |
|--------|---------|---------|----------|

<G、Hの解答群>

- | | |
|------------------|------------------|
| 1 カタラーゼ | 2 スーパーオキシドジスムターゼ |
| 3 グルタチオンペルオキシダーゼ | 4 ホスホリパーゼ |
| 5 プロテアーゼ | 6 ATPアーゼ |
| 7 チロシンヒドロキシラーゼ | 8 DNAポリメラーゼ |
| 9 LET | 10 PCR |
| 11 CSF | 12 OER |
| 13 RBE | 14 DRF |
| 15 PLD | |

<Iの解答群>

- | | | | | |
|-----------|-------|---------|---------|---------|
| 1 0.2~0.4 | 2 1~2 | 3 2.5~3 | 4 3.5~4 | 5 4.5~5 |
|-----------|-------|---------|---------|---------|

II 培養ヒト正常線維芽細胞を γ 線で照射すると、吸収線量に応じて細胞は死ぬ。数 Gy 程度の照射では、培養細胞は通常 死に至る。このような細胞死を と呼ぶ。生体の組織では一般に細胞増殖が盛んで細胞の入れ替わりの激しい腸上皮のような組織に比べて、筋肉のように分裂頻度の低い組織は放射線に対する感受性が 。同じ組織の中でも分裂している幹細胞に比べて、分裂を終了した機能細胞は、放射線致死感受性が ことが多い。これには例外があり、末梢血リンパ球は、分裂を終了した機能細胞であるにもかかわらず放射線致死感受性が高い。これは、照射をきっかけとして短時間に秩序立って起こる と呼ばれる細胞死が起こるためである。一方、数十 Gy などの大線量を照射した場合は、細胞の分裂能や代謝機能が失われ、細胞が壊れてそのまま死に至る。このような細胞死を と呼ぶ。

<Jの解答群>

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1 分裂することなく | 2 1回から数回の分裂を経たのちに |
| 3 5回から8回の分裂を経たのちに | 4 10回以上の分裂を経たのちに |

<Kの解答群>

- | | |
|-------|-------|
| 1 分裂死 | 2 間期死 |
|-------|-------|

<ア、イの解答群>

- | | |
|------|------|
| 1 高い | 2 低い |
|------|------|

<L、Mの解答群>

- | | | |
|----------|-------------|----------|
| 1 アポトーシス | 2 エンドサイトーシス | 3 オートリシス |
| 4 ネクローシス | 5 ファゴサイトーシス | |

