

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、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。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 放射線の生物作用を利用した応用例として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A 害虫の不妊化による駆除
- B 輸血用血液の滅菌
- C 花の品種改良
- D ジャガイモの発芽防止

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、陽電子放射断層撮影 (PET) 診断に用いられるものの組合せはどれか。

- A $[^{13}\text{N}]\text{NH}_3$ (アンモニア)
- B $[^{18}\text{F}]\text{FDG}$ (フルオロデオキシグルコース)
- C $[^{123}\text{I}]\text{MIBG}$ (メタヨードベンジルグアニジン)
- D $[^{99\text{m}}\text{Tc}]\text{MDP}$ (メチレンジホスホン酸テクネチウム)

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 3 次の標識化合物のうち、DNAを標識できるものとして、正しいものの組合せはどれか。

- A $[^3\text{H}]\text{チミジン}$
- B $[^{14}\text{C}]\text{チミジン}$
- C $[^{125}\text{I}]\text{5-ヨード-2'-デオキシウリジン}$
- D $[\alpha\text{-}^{32}\text{P}]\text{デオキシシチジン三リン酸}$

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

問4 4 Gy の 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 被ばく後2日以内に顆粒球数の一過性の増加が見られることがある。
- B リンパ球数の減少は顆粒球数の減少より早期に見られる。
- C リンパ球数の回復は顆粒球数の回復より早期に見られる。
- D 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 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問5 生殖腺の急性 γ 線被ばくによる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 精巣に1 Gyを被ばくした場合、被ばく直後に血中テストステロン濃度の低下が認められる。
- B 精巣に1 Gyを被ばくした場合、被ばく直後から6週間程度不妊となる。
- C 男性の一時的な不妊は女性の一時的な不妊よりも低い線量で起こる。
- D 女性の永久不妊のしきい線量は年齢が高くなるとともに低くなる。

1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問6 放射線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。なお、初期紅斑とは被ばく後2～3日以内に見られる一過性の紅斑で、主紅斑とは被ばく後10日以降に見られる持続性の紅斑である。

- A 初期紅斑は主紅斑より低い線量で起こる。
- B 初期紅斑は主にメラニン色素の合成亢進によって起こる。
- C 主紅斑は主に血管の狭窄によって起こる。
- D 湿性落屑^{せつ}は乾性落屑より低い線量で起こる。

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問7 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 確率的影響では被ばく線量の増加とともに重篤度が増す。
- B 早期影響（急性障害）には確率的影響は無い。
- C 晩発影響（晩発障害）のうち白内障は組織反応（確定的影響）である。
- D しきい線量を超える被ばくではすべての被ばく者に組織反応（確定的影響）が起こる。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 8 広島・長崎の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 相対リスクは、到達年齢が同じであれば、被爆時年齢が低いほど大きい。
- B 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。
- C 30歳で被爆し、70歳に到達したときの相対リスクは1 Gyにおいて0.4～0.5である。
- D 過剰相対リスクは、被爆時年齢が同じであれば、到達年齢が高いほど小さい。

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

問 9 広島・長崎の原爆被爆者の調査において、有意ながん死亡リスクの増加が認められたものの組合せはどれか。

- A 肺がん
- B 乳がん
- C 胃がん
- D 直腸がん

1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問10 広島・長崎の原爆被爆者におけるがんの発生率および線量反応関係に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。ただし、線量反応関係を表す場合には横軸に線量、縦軸に発生率をとるものとする。

- A LQ (直線-2次曲線) モデルでは、低線量域における発生率はL (直線) モデルより小さいが、線量が大きくなると急激に発生率が大きくなるという特徴がある。
- B 白血病の線量反応関係は、3 Gy以下では、LモデルよりLQモデルに適合する。
- C 年齢、喫煙などの交絡因子の影響は考慮されていない。
- D 白血病については、被爆後約2年から増加し始め、被爆後約6～8年で発生のパークを迎えた。

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

問11 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{59}Fe は骨髄に集積する。
- B ^{131}I は甲状腺に集積する。
- C ^{60}Co は骨に集積する。
- D ^{90}Sr は骨に集積する。

1 ABDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問12 放射性物質Xが1000 Bq体内に取り込まれたとき、30日後に体内に残っている放射性物質Xの放射能[Bq]に最も近い値は次のうちどれか。ただし、放射性物質Xの物理的半減期は12年、生物学的半減期は10日とする。

1 1 2 10 3 100 4 500 5 1000

問13 公衆の1人当たりの年間実効線量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 宇宙放射線による被ばくは、高度が同じであれば高緯度の地域に比べて低緯度の地域の方が低い。
- B 世界平均では、ラドンとその子孫核種による内部被ばくが自然放射線による被ばくの中で最も多い。
- C 日本平均では、医療診断による被ばくが自然放射線による被ばくよりも多い。
- D 日本平均では、食物からの内部被ばくが自然放射線による被ばくの中で最も多い。

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

問14 放射性核種による内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 放射性ヨウ素の主な体内侵入経路には、経口と経気道がある。
- B 主として組織反応（確定的影響）を誘発する。
- C α 線を放出する核種による生体への影響は、外部被ばくの場合と比べて内部被ばくの場合に大きい。
- D 体内にとりこまれた放射性物質は、尿のみによって体外へ排泄される。

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問15 放射線被ばく者と発生したがんとの関連性として正しいものの組合せは、次のうちどれか。

- A ウラン鉱山鉱夫 — 肺がん
- B ラジウム含有夜光塗料の時計文字盤塗装工 — 骨がん
- C チョルノービリ（チェルノブイリ）原子力発電所事故後の周辺住民 — 小児の甲状腺がん
- D トロトラスト投与患者 — 肝臓がん

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

問16 放射線による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 ラジカルスカベンジャーにより作用が軽減される。
- B 酸素分圧が高い条件下で照射すると低酸素状態での照射より大きな生物効果が得られる。
- C 凍結状態で照射すると作用が軽減される。
- D 溶質分子の濃度が変化しても不活性化される溶質分子の割合は変わらない。

1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問17 次のうち、DNA中で対合する塩基の対とその間の水素結合の数がいずれも正しいものはどれか。

	塩基の対	水素結合の数
1	アデニンとグアニン	1
2	グアニンとシトシン	2
3	シトシンとウラシル	3
4	ウラシルとチミン	1
5	チミンとアデニン	2

問18 ヒト体細胞においてγ線照射で生じる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 DNA2本鎖切断の数は、塩基損傷の数より少ない。
- B DNA2本鎖切断の数は、DNA1本鎖切断の数より多い。
- C DNA-タンパク質間架橋の数は、塩基損傷の数より少ない。
- D もっとも多く生じる塩基損傷は、ピリミジン2量体である。

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問19 次のうち、DNAポリメラーゼが関与するDNA修復の組合せはどれか。

- A 光回復
- B 塩基除去修復
- C スクレオチド除去修復
- D 相同組換え修復

1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問20 ヒト体細胞における放射線によるDNA 2本鎖切断の修復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 非相同末端結合修復はG₁期には行われない。
- B 非相同末端結合修復は相同組換え修復よりも正確である。
- C 相同組換え修復は、主に姉妹染色分体間の類似性を利用している。
- D 相同組換え修復は細胞周期のG₁期からS期前半にかけて行われる。
- E 2本鎖切断は1本鎖切断よりも修復されにくい。

1 AとB 2 AとE 3 BとD 4 CとD 5 CとE

問21 放射線誘発細胞死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 末梢^{しょう}リンパ球は1 Gyの γ 線被ばく後24時間以内に、主にネクロシスで死ぬ。
- B 培養ヒト線維芽細胞は5 Gyの γ 線被ばく後24時間以内に、主に間期死で死ぬ。
- C 正常p53タンパク質は放射線誘発アポトーシスを誘導する。
- D ネクロシスでは核の膨潤が起こる。

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問22 直線-二次曲線 (LQ) モデルに関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A α/β 比は平均致死線量を示す。
- B α/β 比が大きいほど、亜致死損傷からの回復が小さい。
- C 骨髄は神経と比べて α/β 比が小さい。
- D 一般的な腫瘍組織の α/β 比は10 Gy前後である。

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問23 放射線による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 数の異常より構造の異常の発生頻度が高い。
- B 染色体異常はM期の細胞で観察することができる。
- C 転座染色体は2個の動原体をもつ。
- D 安定型異常は発がんの原因となりえる。

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

問24 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 着床前期において0.2 Gyの γ 線被ばくを受けた後に着床した胚では奇形は生じないと考えられる。
- B 小頭症は、受精後16週から25週までの間の時期に被ばくした場合と比べて、同じ線量を着床から受精後15週までの間の時期に被ばくした場合に起こりやすい。
- C 精神（発達）遅滞のしきい線量は発育遅延のしきい線量より低い。
- D 原爆被爆者の調査では、胎内被ばくの発がんの線量あたりの過剰絶対リスクは、小児期（0歳～5歳）の被ばくよりも大きい。

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

問25 放射線誘発白内障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 水晶体上皮細胞の脱核によって生じる。
- B 潜伏期は線量が高いほど短くなる。
- C 国際放射線防護委員会（ICRP）のPublication 118では、急性被ばくと慢性被ばくでのしきい線量の違いはないとしている。
- D 同じ吸収線量であれば、 γ 線を被ばくした場合より中性子線を被ばくした場合の方が起こりやすい。

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

問26 14 MeVの中性子線と比較した場合の1 MeVの電子線の細胞致死作用の特徴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 生存率曲線の傾きが大きい。
- B 細胞周期依存性が大きい。
- C ラジカルスカベンジャーによる防護効果が大きい。
- D 酸素効果が大きい。

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問27 次の照射条件のうち、細胞生存率を指標としたRBEに影響を与えるものの組合せはどれか。

- A 温度
- B 酸素分圧
- C 線量
- D 線量率

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

問28 RBE、LET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 RBEはLETが大きくなるとともに直線的に大きくなる。
- B RBE算定の基準放射線として一般的に β 線が用いられる。
- C 低LET放射線ではPLD回復が観察される。
- D 高LET放射線は、低LET放射線と比べて、SLD回復が小さい。

1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問29 放射線治療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 ホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) は、熱中性子とホウ素の核反応を利用している。
- B BNCTでは、主に中性子と α 粒子が細胞致死効果に寄与する。
- C 前立腺がんに対する小線源治療の際に、 ^{125}I が用いられる。
- D 陽子線治療では、ブラッグピークにより患部付近に線量を集中することができる。

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

問30 放射線による細胞致死効果を修飾する要因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 放射線防護剤の使用による線量減少率（DRF）は最大で3程度である。
- B 5-ブロモデオキシウリジンはタンパク質に取り込まれることで細胞致死効果を高める。
- C ミソニダゾールは、低酸素下で細胞致死効果を高める。
- D 分割照射により腫瘍細胞に対する酸素効果を高めることができる。

- 1 A C Dのみ 2 A Bのみ 3 A Cのみ 4 B Dのみ 5 B C Dのみ

問31 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 全身あるいは身体の広い範囲に対して、高線量・高線量率の被ばくをした場合に生じる一連の症状を急性放射線症という。被ばく後の時間経過によりいくつかの期間に分けられ、被ばく直後から48時間の初期症状が観察される期間を□A□期と呼ぶ。通常、初期症状は寛解して比較的無症状の□B□期となり、その後、多彩な症状が現れる発症期となり、回復期、もしくは死亡に至る。

IAEAの放射線障害に関するガイドラインでは、全身被ばく後の□A□期に現れる初期症状に基づく放射線障害の管理指針となる臨床的症状として□C□をあげている。□C□は1 Gyの被ばくにより10%程度の頻度で2時間以降に現れる症状であるが、症状が1時間以内に現れた場合には、少なくとも□D□ Gy以上の線量の被ばくと考えられ、急性放射線症の専門医療機関での医療処置が必要となる。

死亡に至る場合、その被ばく線量における主たる症状となる臓器によって区別して、骨髓死、腸死（腸管死）、中枢神経死と呼ばれる。このうち、幹細胞の障害が原因となるものは、□E□である。また腸死（腸管死）では、治療が行われない場合、腸死（腸管死）が主たる死因となる線量域において線量が上がったとき、死に至るまでの期間が□F□。

< A、Bの解答群 >

- | | | | |
|------|------|------|-----|
| 1 顕性 | 2 先駆 | 3 前駆 | 4 早 |
| 5 潜性 | 6 潜伏 | 7 晩発 | |

< Cの解答群 >

- | | | | |
|--------|------|------|--------|
| 1 意識消失 | 2 嘔吐 | 3 下痢 | 4 初期紅斑 |
| 5 頭痛 | 6 発熱 | | |

< Dの解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|------|
| 1 2～4 | 2 4～6 | 3 6～8 | 4 8～10 | 5 10 |
|-------|-------|-------|--------|------|

< Eの解答群 >

- | | | |
|-------------------------|-------------|-----------------|
| 1 骨髓死のみ | 2 腸死（腸管死）のみ | 3 中枢神経死のみ |
| 4 骨髓死と腸死（腸管死） | 5 骨髓死と中枢神経死 | 6 腸死（腸管死）と中枢神経死 |
| 7 骨髓死と腸死（腸管死）と中枢神経死のすべて | | |

< Fの解答群 >

- | | | |
|--------|-----------|--------|
| 1 長くなる | 2 ほぼ一定となる | 3 短くなる |
|--------|-----------|--------|

II 確率的影響には発がん和遺伝性（的）影響がある。

このうち、ヒトの発がんのリスクは主に疫学データに基づいて推定されている。ここで、ある集団に対する疫学調査を行い、1 万人当たりのがん死亡の頻度として、自然放射線以外の被ばくがなかったグループで R_c 、追加の被ばくがあったグループで R_r という結果が観察されたとする。このとき、過剰絶対リスクは $\boxed{G}$ 、過剰相対リスクは $\boxed{H}$ で表される。

遺伝性（的）影響は、生殖細胞に生じた変異が子孫に引き継がれて生じるものである。雄性の生殖細胞における放射線誘発変異に関する感受性は、 $\boxed{I}$ が最も低い。一方、精巣の組織反応としての不妊の原因となる生殖細胞の致死では、 $\boxed{J}$ が最も感受性が高い。遺伝性（的）影響の線量率効果も生殖細胞の段階によって大きく異なり、例えば精原細胞と精子を比較すると、精子の方が線量率効果が $\boxed{K}$ 。

動物実験では個体レベルでの遺伝性（的）影響が観察されている一方で、ヒトでの有意な遺伝性（的）影響を示す一貫した結果が存在しない。そのため、ヒトで観察される変異の自然発生率（自然変異率）と、動物実験から得られる倍加線量（ $\boxed{L}$ 頻度の変異を誘発する線量）を用いてそのリスクが推定されている。自然変異率を S 、単位線量当たりの放射線誘発変異率を $M[\text{Gy}^{-1}]$ とすると、倍加線量は $\boxed{M}$ で表される。この値が大きいほど、影響が $\boxed{ア}$ と考えられる。国際放射線防護委員会（ICRP）の 2007 年勧告では、ヒトにおける倍加線量として $\boxed{イ}$ Gy を用いている。

< G、H の解答群 >

- | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 $R_c - R_r$ | 2 $R_c + R_r$ | 3 $R_r - R_c$ | 4 $\frac{R_c}{R_r}$ |
| 5 $\frac{R_r}{R_c}$ | 6 $\frac{R_c}{R_r} - 1$ | 7 $\frac{R_r}{R_c} - 1$ | 8 $1 - \frac{R_c}{R_r}$ |
| 9 $1 - \frac{R_r}{R_c}$ | | | |

< I、J の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|-------|------|
| 1 精原細胞 | 2 精母細胞 | 3 精細胞 | 4 精子 |
|--------|--------|-------|------|

< K の解答群 >

- | | |
|-------|-------|
| 1 大きい | 2 小さい |
|-------|-------|

< L の解答群 >

- 1 ヒトにおける自然変異率の半分の
- 2 ヒトにおける自然変異率と同じ
- 3 ヒトにおける自然変異率の 2 倍の
- 4 実験動物における自然変異率の半分の
- 5 実験動物における自然変異率と同じ
- 6 実験動物における自然変異率の 2 倍の

<Mの解答群>

1 $M - S$

2 $M + S$

3 $S - M$

4 $\frac{M}{S}$

5 $\frac{S}{M}$

6 $\frac{M}{S} - 1$

7 $\frac{S}{M} - 1$

<アの解答群>

1 大きい

2 小さい

<イの解答群>

1 0.1

2 0.5

3 1

4 2

5 3

6 5

7 10

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。

Ⅰ 放射線の生物作用を理解する上で、遺伝情報を担う DNA の構造を理解することが重要である。

DNA はデオキシリボース、リン酸基、塩基から構成される。一方、RNA はリボース、リン酸基、塩基から構成される。図は RNA を構成するリボースの構造を示したものである。ただし、炭素原子に直接結合している水素原子は省略してある。リボースを構成する炭素原子は図のように 1' から 5' の番号を付けて区別する。DNA を構成するデオキシリボースでは□ア□の炭素原子に結合したヒドロキシ基(-OH)が水素原子に置き換わっている。□イ□と□ウ□の炭素原子に結合したヒドロキシ基はリン酸基とエステル結合を形成する。DNA 複製や転写などにおける DNA 鎖および RNA 鎖の合成(伸長)は□イ□から□ウ□の方向に進行する。

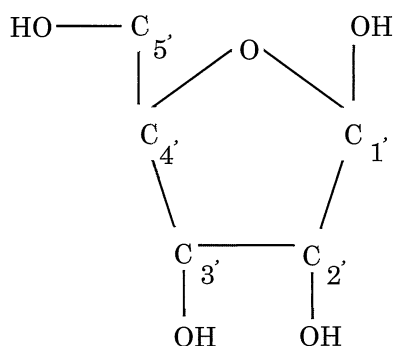


図 RNA を構成するリボースの構造

DNA1本鎖切断、2本鎖切断の修復において、DNA 末端は最終的に DNA リガーゼによって結合される。DNA リガーゼによる結合の際に、リン酸基が□A□。末端の形状がこれと異なる場合には、ポリヌクレオチドキナーゼ・ホスファターゼなどによる整形が行われる。

ヒトやマウスでは数種類の DNA リガーゼが知られている。このうち、DNA2本鎖切断の□B□による修復に関わる DNA リガーゼⅣの遺伝子に変異を有する遺伝病患者では、□C□機能の異常がしばしば認められる。これは、V(D)J 組換えとよばれる□D□遺伝子の再編成過程に□B□が関わるためである。

<ア～ウの解答群>

1 1' 2 2' 3 3' 4 4' 5 5'

<Aの解答群>

- 1 □イ□側の末端と□ウ□側の末端のどちらにもなくてはならない
- 2 □イ□側の末端にはなくてはならず、□ウ□側の末端にはあってはならない
- 3 □イ□側の末端にはあってはならず、□ウ□側の末端にはなくてはならない
- 4 □イ□側の末端と□ウ□側の末端のどちらにもあってはならない

< Bの解答群 >

- | | | |
|-----------|-----------|--------------|
| 1 塩基除去修復 | 2 相同組換え | 3 ヌクレオチド除去修復 |
| 4 非相同末端結合 | 5 ミスマッチ修復 | |

< Cの解答群 >

- | | | | |
|------|------|-----|-----|
| 1 肝 | 2 心 | 3 腎 | 4 肺 |
| 5 生殖 | 6 免疫 | | |

< Dの解答群 >

- | | | |
|-----------|-------------|----------------|
| 1 イオンチャネル | 2 サイトカイン | 3 ステロイドホルモン受容体 |
| 4 抗体 | 5 神経伝達物質受容体 | 6 増殖因子 |

II 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	メチオニン	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	

XRCC4タンパク質は、DNA リガーゼIVと複合体を形成し、ともに B による DNA2本鎖切断の修復において必須の役割を担う。小頭症、発育不全などを示す遺伝病患者において XRCC4タンパク質の遺伝子の変異が報告されている。例として以下のものがある。

一つ目の例では、XRCC4 mRNA の 127 番の U (下線) が C に置き換わっている。以下に、XRCC4 mRNA の 121 番から 130 番の塩基配列を示す。

121～130 番 UCAGCAUGGA

正常なタンパク質では、X 個目のアミノ酸は E であるが、この変異を持つ mRNA から作られるタンパク質では、X 個目のアミノ酸が F に置き換わっている。

ここで、 $X = \text{エ} \times 10 + \text{オ}$ である。

二つ目の例では、XRCC4 mRNA の 760 番の G (下線) が欠失している。以下に、XRCC4 mRNA の 751 番から 1000 番の塩基配列を示す。なお、塩基を数えやすいように 10 塩基ごとに空白を挿入してある。

751～790番	GUAAGUAAAG	AUGAUUCCAU	UAUUUCAAGU	CUUGAUGUCA
791～830番	CUGAUUAUUGC	ACCAAGUAGA	AAAAGGAGAC	AGCGAAUGCA
831～870番	AAGAAAUCUU	GGGACAGAAC	CUAAAAUGGC	UCCUCAGGAG
871～910番	AAUCAGCUUC	AAGAAAAGGA	AAAUUCUAGG	CCUGAUUCUU
911～950番	CACUACCUGA	GACGUCUAAA	AAGGAGCACA	UCUCAGCUGA
951～990番	AAACAUGUCU	UUAGAAACUC	UGAGAAACAG	CAGCCCAGAA
991～1000番	GACCUCUUUG			

このような変異を G 変異という。この変異を持つ mRNA から作られるタンパク質は、Y 個目までは正常なタンパク質と同じアミノ酸配列を持つが、そこからアミノ酸配列が大きく異なり、Z 個のアミノ酸からなるタンパク質が作られる。

ここで、 $Y = \text{カ} \times 100 + \text{キ}$ 、 $Z = Y + \text{ク}$ である。

< E、F の解答群 >

- | | | | |
|-----------|----------|---------|-------------|
| 1 アスパラギン酸 | 2 アラニン | 3 アルギニン | 4 イソロイシン |
| 5 グルタミン酸 | 6 システイン | 7 セリン | 8 チロシン |
| 9 トリプトファン | 10 ヒスチジン | 11 バリン | 12 フェニルアラニン |
| 13 プロリン | 14 ロイシン | 15 リシン | |

< エ、オの解答群 >

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|------|
| 1 1 | 2 2 | 3 3 | 4 4 | 5 5 |
| 6 6 | 7 7 | 8 8 | 9 9 | 10 0 |

< G の解答群 >

- | | | |
|---------|-----------|-------------|
| 1 サイレント | 2 トランジション | 3 トランスバージョン |
| 4 ナンセンス | 5 フレームシフト | 6 ミスセンス |

< カの解答群 >

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 1 | 2 2 | 3 3 | 4 4 | 5 5 |
| 6 6 | 7 7 | | | |

< キの解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 13 | 2 14 | 3 23 | 4 24 | 5 33 |
| 6 34 | 7 43 | 8 44 | 9 53 | 10 54 |
| 11 63 | 12 64 | 13 73 | 14 74 | |

< クの解答群 >

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 1 61 | 2 62 | 3 63 | 4 64 | 5 65 |
| 6 66 | 7 67 | 8 68 | 9 69 | |

