

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）（17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 放射線の健康影響に関わる国際機関の役割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 UNSCEARは、科学的・中立な立場から放射線影響の調査・評価を行っている。
- B ICRPは、放射線防護の基本的な枠組みと防護基準を勧告している。
- C IAEAは、原子力の平和的利用の推進とともに、その安全に関わる業務を行っている。
- D WHOは、緊急時においては放射線健康リスクの評価を行う責務を有している。

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

問 2 タンパク質合成量を調べるために使われる標識化合物は、次のうちどれか。

- 1 [^3H]チミジン
- 2 [^{14}C]ウリジン
- 3 [^{32}P]デオキシシチジン三リン酸
- 4 [^{35}S]メチオニン
- 5 [^{18}F]フルオロデオキシグルコース

問 3 ^{14}C を利用した生物試料の年代測定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 縄文貝塚の年代を貝殻に含まれる ^{14}C の比放射能から推定できる。
- B 生物試料中に含まれる ^{14}C の測定に加速器質量分析法 (AMS) を利用できる。
- C 生物の死後経過年数を ^{14}C によって測定する場合、生物の死後に閉鎖系が成立していることが必要条件となる。
- D 大気圏内核実験前の 1950 年を基準年として、 ^{14}C 年代を算出することが多い。

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

問4 γ 線急性全身被ばくを受けた人の末梢^{しやう}血リンパ球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 好中球よりも早くから減少する。
- B 分裂後に細胞死を起こす。
- C 被ばく直後の二動原体染色体の頻度は、線量に対し直線的に増加する。
- D 相互転座は、被ばくから数十年経過後における線量推定に用いることができる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

問5 次のうち、 γ 線の急性全身被ばくによる組織反応（確定的影響）の潜伏期が最も長いものはどれか。

- 1 永久不妊（卵巣）
- 2 白内障（視力障害）
- 3 造血機能低下
- 4 皮膚発赤
- 5 一時的脱毛

問6 γ 線急性被ばくで起こる障害のしきい線量として、適切なものの組合せは次のうちどれか。

- A 造血機能低下 — 約0.5 Gy
- B 白内障（視力障害） — 約0.5 Gy
- C 一時的脱毛 — 約1 Gy
- D 腎不全 — 約15 Gy

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

問7 成人の生殖腺へのγ線急性被ばく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 1 Gyの被ばくで、男性は被ばく直後から一時的不妊となる。
- B ICRP2007年勧告では、男性の永久不妊のしきい線量は約6 Gyとしている。
- C ICRP2007年勧告では、女性の永久不妊のしきい線量は約3 Gyとしている。
- D 卵巣に被ばくした場合、年齢が低いほど少ない線量で永久不妊となる。

- 1 AとC 2 AとD 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 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。
- B 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。
- C 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。
- D 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。

- 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、有意な増加が認められているものの組合せはどれか。

- A 急性骨髄性白血病
- B 慢性骨髄性白血病
- C 急性リンパ性白血病
- D 成人T細胞白血病
- E 腎臓がん

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

問10 広島・長崎の原爆被爆者におけるがんの発生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 白血病の線量反応関係は、LQ（直線-2次曲線）モデルによく適合する。
- B LQ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。
- C 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年で発生のピークを迎えた後低下している。
- D 固形がんは、現在でも新たな発生が認められている。

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

問11 トリチウムの生体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 内部被ばくと外部被ばくのうち、影響が出るのは主に内部被ばくである。
- B 水分子として摂取されるトリチウムが、生体内で有機物と結合することはない。
- C 水分子として存在するトリチウムの日本における排液中または排水中の濃度限度は 60 Bq/cm^3 とされている。
- D 経口摂取した場合のトリチウムの実効線量係数はセシウム137の値よりも大きい。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問12 自然放射線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 世界全体における自然放射線被ばくの1人当たり、1年当たりの平均実効線量において、吸入摂取によるものと経口摂取によるものがほぼ同程度の数値を示す。
- B 日本における1人当たり、1年当たりのラドン²²²Rn及びその子孫核種の吸入による内部被ばくの平均実効線量は、トロン²²⁰Rn及びその子孫核種の吸入による内部被ばくの平均実効線量に比べて高い。
- C ラドン²²²Rn原子自身およびトロン²²⁰Rn原子自身が放出する放射線による被ばくの平均実効線量は、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の平均実効線量に比べて高い。
- D 日本における1人当たり、1年当たりのラドン²²²Rn、トロン²²⁰Rnおよびこれらの子孫核種の吸入による内部被ばくの平均実効線量は、世界全体における1人当たり、1年当たりのラドン²²²Rn、トロン²²⁰Rnおよびこれらの子孫核種の吸入による内部被ばくの平均実効線量よりも低い。

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

問13 次の放射性核種のうち、体内で主に骨に集積する核種（骨親和性核種）として正しいものの組合せはどれか。

- A ³H
- B ³²P
- C ⁶⁰Co
- D ⁹⁰Sr

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

問14 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 ホールボディカウンタは内部被ばく線量の測定に用いられる。
- B 尿や糞などの生体試料を用いたバイオアッセイ法で内部被ばく線量が推定できる。
- C 線源から飛散した放射性物質は外部被ばくの原因となるが、内部被ばくの原因とはならない。
- D 実効線量係数は、内部被ばく線量の算定に用いられる。

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

問15 医療被ばくおよびそ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 診療行為による医療従事者の被ばくを含む。
- B 介助に伴う患者家族の被ばくを含む。
- C UNSCEAR2008年報告書では、世界人口における核医学診断による年間集団実効線量に比べて、X線診断による年間集団実効線量の方が大きい。
- D 過去には、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事例がある。

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

問16 X線を細胞に照射した場合に生じる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 DNA-タンパク質間架橋は電離放射線に特有な損傷である。
- B 単位吸収線量当たりのDNA-タンパク質間架橋の数はDNA二本鎖切断の数よりも多くなる。
- C 単位吸収線量当たりの塩基損傷の数は塩基遊離の数よりも多くなる。
- D 単位吸収線量当たりのDNA二本鎖切断の数はDNA一本鎖切断の数よりも多くなる。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問17 ヒト体細胞におけるDNA損傷と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 ピリミジンダイマーは光回復酵素によって修復される。
- B 塩基除去修復では、DNAグリコシラーゼによって損傷塩基と糖鎖との結合が切断される。
- C ヌクレオチド除去修復能の異常は、色素性乾皮症(XP)に関係している。
- D ヒドロキシルラジカルによって塩基の酸化損傷が生成される。

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問18 ヒト体細胞における放射線による DNA 二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 相同組換えによる修復は、主に相同染色体を鋳型として用いて行われる。
- B 細胞周期の中で相同組換えによる修復が活発な時期では、細胞の放射線致死感受性は低い。
- C 非相同末端結合による修復は、 G_2 期においては行われない。
- D 非相同末端結合による修復は、相同組換えによる修復に比べて誤りを起こしやすい。

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問19 放射線によって誘発され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 染色体型異常では一对の姉妹染色分体の同じ位置に異常が見られる。
- B 染色分体型異常では一对の姉妹染色分体の同じ位置に異常が見られる。
- C G_1 期の被ばくでは主に染色分体型異常が生じる。
- D G_2 期の被ばくでは主に染色分体型異常が生じる。

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問20 放射線誘発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 染色質（クロマチン）の凝縮が観察される。
- B 染色体DNAの断片化が観察される。
- C ミトコンドリアの膜電位が変化する。
- D 死細胞はマクロファージなどによって^{どん}貪食される。

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

問21 多標的1ヒットモデルおよびそれに基づいて片対数グラフ用紙上に描いた線量-生存率曲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。ただし、 D_0 は平均致死線量、 D_q は準しきい線量、 n は標的の数である。

- A 線量が高くなるにつれて直線に近づく。
- B D_q が大きいほど分割照射の影響が大きい。
- C X線は α 線に比べて D_0 が大きい。
- D $D_q = D_0/n$ の関係がある。

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

問22 直線-2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 比は次元を持たない無名数である。
- B α/β 比が小さいほど分割照射の影響が大きい。
- C α/β 比は早期反応組織において晩発性反応組織よりも小さい傾向がある。
- D 腫瘍組織の α/β 比は一般に晩発性反応組織よりも早期反応組織に近い傾向がある。

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問23 分割照射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 細胞に分割照射する場合、同じ線量を1回で照射する場合に比べて、DNA損傷の修復が起こりにくい。
- B 細胞に分割照射する場合、一般的に、間隔を長くするほど細胞生存率が低くなる。
- C 細胞に分割照射する場合、一般的に、総線量が同じであれば、1回あたりの線量が小さいほど、細胞生存率は高くなる。
- D がん治療において分割照射を行う理由の一つとして、正常組織障害をできるだけ小さくすることがあげられる。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

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 発がんリスクは、小児期被ばくと比較して有意に高い。
- B 着床から受精後8週までは、奇形が生じる可能性が妊娠期間中で最も高い。
- C 受精後8週から15週までは、精神遅滞が生じる可能性が妊娠期間中で最も高い。
- D 精神遅滞の発症にはしきい値が存在する。

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

問25 放射線による遺伝性（的）影響に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 特定座位法を用いたマウス実験において、線量率効果が認められている。
- 2 特定座位法を用いたマウス実験で見られた変異は、主に顕性（優性）である。
- 3 遺伝性（的）影響のリスク推定に用いられる間接法は、倍加線量法とも呼ばれる。
- 4 倍加線量が大きいことは、遺伝性（的）影響が起こりにくいことを意味する。
- 5 ICRP2007年勧告では、ヒトの倍加線量として1 Gyを採用している。

問26 X線と比較した場合の炭素イオン線 ($70 \text{ keV} \cdot \mu\text{m}^{-1}$) 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 同じ程度の致死作用をもたらすのに必要な吸収線量が大きい。
- B 線量率効果が小さい。
- C ラジカルスカベンジャーによる防護効果が大きい。
- D 酸素効果が小さい。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

問27 原子力災害時の住民の安定ヨウ素剤の服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 近隣のかかりつけ医の指示に従って服用する。
- B 呼吸や飲食によって摂取された放射性ヨウ素が甲状腺に集積することを防ぐ。
- C 放射性ヨウ素にさらされる 24 時間前から 2 時間後までに服用することが望ましい。
- D 40 歳以上の者には服用効果はほとんど期待できない。

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問28 散布すると植物の土壌中からの放射性セシウムの取り込みを軽減する効果の高い元素は次のうちどれか。

1 N 2 C 3 P 4 K 5 Na

問29 ホウ素中性子捕捉療法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 熱中性子と水の核反応を利用している。
- B 核反応で発生する α 粒子とリチウム核を利用している。
- C X線治療に比べて治療期間が短い。
- D 主に白血病の治療に利用されている。
- E 中性子を照射した後にホウ素薬剤を投与する。

1 AとD 2 AとE 3 BとC 4 BとE 5 CとD

問30 陽電子放射断層撮影(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 がんなどの病変を検査する画像診断に利用される。
- B 使用される代表的核種は、 ^{18}F 、 ^{14}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O である。
- C 標識したブドウ糖類似化合物を使用することがある。
- D 薬剤からの α 線を検出して画像化する。

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問31 次の文章の□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。

細胞の構成成分の中で最も割合の大きいのは水であり、細胞への γ 線的作用では γ 線が水分子に作用した時に起こる現象が重要となる。常温での $1\text{ Gy}\cdot\text{min}^{-1}$ 程度の γ 線照射の場合に生じるDNA損傷は、その□A%が水分子の励起や電離の結果生じるラジカルなどを介する□Bによって引き起こされると考えられている。 γ 線により水分子が励起されると、□Cとヒドロキシルラジカルが生じる。一方、水分子が電離されると、電子と非常に不安定な H_2O^+ ラジカルが生じる。電子は水分子が配位することにより□Dを生じ、 H_2O^+ ラジカルは分解すると、水素イオンと□Eを生じる。□Dは強い□Fであり、水分子や水素イオンと反応すると□Gを生じる。

放射線と水分子との相互作用において酸素が存在すると、□Gは酸素を1電子還元して□Hを生じる。□Hは□Dと酸素との反応でも生じる。この□Hは活性酸素の一種であり、通常の酸素よりも酸化活性が高い。これらの反応は酸素濃度に依存する。このように酸素存在下では放射線による□Hなどの有毒物質の産生が増加する。生体には、生じたラジカルを還元して元に戻す物質が存在する。□Iは□Hを消去する最も重要な酵素である。

酸素の存在により放射線の影響が増強されることは、酸素効果と呼ばれている。酸素効果の強さを示す指標を酸素増感比(OER)といい、(酸素が存在□J条件で、ある効果を起こす吸収線量)÷(酸素が存在□K条件で同じ効果を起こす吸収線量)としてあらわされる。 γ 線の細胞致死効果におけるOERは、最大□L程度となる。酸素効果は酸素分圧の上昇により増大するが、20～30 mmHg付近ではほぼ最大値に近くなる。大気中の酸素分圧は□M mmHg程度であるが、成人の動脈血の酸素分圧は□N mmHg程度であり、通常の人体中の細胞では放射線の効果が低減するような低酸素状態にはならない。しかし固形腫瘍の一部には低酸素状態の細胞が存在し、がんの放射線治療における放射線抵抗性の一因と考えられている。この放射線抵抗性を克服するためにミソニダゾールなどの低酸素細胞□Oが開発された。

< Aの解答群 >

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

< B～Hの解答群 >

- | | | |
|----------------|----------|--------------|
| 1 直接作用 | 2 間接作用 | 3 水素ラジカル |
| 4 スーパーオキシドラジカル | 5 窒素ラジカル | 6 ヒドロキシルラジカル |
| 7 水酸化物イオン | 8 水素イオン | 9 水和電子 |
| 10 窒素イオン | 11 還元剤 | 12 酸化剤 |
| 13 中和剤 | | |

< I ～Kの解答群>

- | | | |
|------------------|----------|------------------|
| 1 アミラーゼ | 2 カタラーゼ | 3 グルタチオンペルオキシダーゼ |
| 4 スーパーオキシドジスムターゼ | 5 プロテアーゼ | 6 ホスホリパーゼ |
| 7 する | 8 しない | |

< Lの解答群>

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

< M～Oの解答群>

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1 20～30 | 2 40～50 | 3 60～70 | 4 90～100 |
| 5 110～130 | 6 140～160 | 7 170～190 | 8 抗酸化剤 |
| 9 阻害剤 | 10 防護剤 | 11 増感剤 | |

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一つだけ選べ。

Ⅰ ヒトの放射線高感受性遺伝病の一つに毛細血管拡張性運動失調症(AT)がある。AT は ATM 遺伝子の変異によって生じ、□ A □ 遺伝様式を示す。したがって、ある AT 患者の両親がともに健常者である場合、□ B □。さらに、この患者の兄弟姉妹の一人が健常者である場合、この健常者が一对の ATM 遺伝子のいずれにも患者と同じ変異を持たない確率は □ C □である。AT 患者において、一对の ATM 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。このうち両親がいとこの場合、患者では一对の ATM 遺伝子に □ D □。

< 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 父親のみが、一对の ATM 遺伝子の一方に変異を持つ
- 2 父親のみが、一对の ATM 遺伝子の両方に変異を持つ
- 3 母親のみが、一对の ATM 遺伝子の一方に変異を持つ
- 4 母親のみが、一对の ATM 遺伝子の両方に変異を持つ
- 5 父親と母親のいずれか一方のみが、一对の ATM 遺伝子の一方に変異を持つ
- 6 父親と母親のいずれか一方のみが、一对の ATM 遺伝子の両方に変異を持つ
- 7 父親と母親の両方が、一对の ATM 遺伝子の一方に変異を持つ
- 8 父親と母親の両方が、一对の ATM 遺伝子の両方に変異を持つ

< C の解答群 >

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

< D の解答群 >

- 1 異なる変異を持つ場合が多い
- 2 同一の変異を持つ場合が多い
- 3 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 培養細胞に放射線を照射すると、細胞周期の進行が一時停止する。これを細胞周期チェックポイント機構という。細胞周期チェックポイント機構は細胞の放射線感受性に深く関わっている。ATM 遺伝子から作られるタンパク質（以下、ATM タンパク質）は細胞周期チェックポイント機構において重要な役割を担っている。

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。ATM タンパク質は、DNA 二本鎖切断に応答して、p53 タンパク質をはじめ多くのタンパク質を する活性を持っており、 を通じて、これらのタンパク質の機能を調節すると考えられている。p53 タンパク質は特定の DNA 配列に結合し、その近傍にある遺伝子の を調節する。p53 タンパク質によって 調節を受ける遺伝子群の一つに、細胞周期チェックポイント機構に関わる p21 タンパク質の遺伝子がある。p21 タンパク質は細胞周期進行を促進するサイクリン依存性キナーゼ(CDK)に結合し、そのタンパク質 機能を調節する。表 1 の a~d のうち、p53 タンパク質、p21 タンパク質、CDK の関係を正しく示したものは である。この他にも、ATM タンパク質がさまざまなタンパク質を介して CDK の機能を調節することで、細胞周期進行を制御する経路が明らかにされている。

表 1 p53 タンパク質、p21 タンパク質、CDK の関係

	p53 タンパク質は p21 タンパク質の遺伝子の G を	p21 タンパク質は CDK のタンパク質 F 機能を
a	促進する	促進する
b	促進する	抑制する
c	抑制する	促進する
d	抑制する	抑制する

DNA の合成量は を用いて調べることができる。表 2 の e~h のうち、健常者由来と AT 患者由来の培養線維芽細胞での DNA 合成量への放射線照射の影響を正しく示したものは である。

これらのことが、AT 患者由来の培養線維芽細胞が健常者由来の培養線維芽細胞に比べて高い放射線感受性を示すことの一因であると考えられている。

表2 健常者由来と AT 患者由来の培養線維芽細胞での DNA 合成量への放射線照射の影響

	健常者由来の培養線維芽細胞では、放射線照射により DNA 合成量が	AT 患者由来の培養線維芽細胞では、健常者由来の培養線維芽細胞と比較して、放射線照射による DNA 合成量の
e	増加する	増加の程度が大きい
f	増加する	増加の程度が小さい
g	減少する	減少の程度が大きい
h	減少する	減少の程度が小さい

< E の解答群 >

- 1 4 2 40 3 400 4 4000

< F の解答群 >

- 1 アセチル化 2 グリコシル化 3 メチル化 4 ユビキチン化
5 リン酸化 6 脱アセチル化 7 脱グリコシル化 8 脱メチル化
9 脱ユビキチン化 10 脱リン酸化

< G の解答群 >

- 1 組換え 2 修復 3 転写 4 複製 5 翻訳

< A の解答群 >

- 1 a 2 b 3 c 4 d

< H の解答群 >

- 1 [³H]チミジン 2 [¹⁴C]ロイシン 3 [¹⁸F]フルオロデオキシグルコース
4 [γ -³²P]アデノシン三リン酸 5 [³⁵S]メチオニン

< I の解答群 >

- 1 e 2 f 3 g 4 h

Ⅲ 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3 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	

下に正常な ATM の mRNA の 1351 番から 1450 番までの塩基の配列を示す。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。

1351 番から 1380 番 CGUACCACAU AUGUGUUACG AUGCCUUACG

1381 番から 1410 番 GAAGUUGCAU UGUGUCAAGA CAAGAGGUCA

1411 番から 1440 番 AACCUAGAAA GCUCACAAAA GUCAGAUUUA

1441 番から 1450 番 UUAAAACUCU

AT 患者でみられる変異の一つに、下線を付した 1355 番目の C が欠失した変異がある。この変異は 変異である。この変異を持つ mRNA から作られるタンパク質は、X 個目のアミノ酸である までは正常な ATM タンパク質と同じアミノ酸配列を持つが、X+1 個目以降のアミノ酸配列が全く異なり、正常な ATM タンパク質より短い Y 個のアミノ酸からなるタンパク質が作られる。ここで、 $X = \text{ウ} \times 100 + \text{エ}$ 、 $Y = \text{ウ} \times 100 + \text{オ}$ である。

< I 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 ミスセンス | 6 フレームシフト |

< J の解答群 >

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

< U の解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 1 | 2 2 | 3 3 | 4 4 | 5 5 |
| 6 11 | 7 12 | 8 13 | 9 14 | 10 15 |
| 11 40 | 12 41 | 13 42 | 14 43 | 15 44 |

< E、O の解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 51 | 2 52 | 3 53 | 4 54 | 5 55 |
| 6 61 | 7 62 | 8 63 | 9 64 | 10 65 |
| 11 71 | 12 72 | 13 73 | 14 74 | 15 75 |