

[専門科目 (生化学)] (全2題)

[問題1] 次の文章を読み、以下の問 A ~ H に答えよ。

真核細胞の遺伝情報は染色体に収納されており、各染色体は1本の長いDNA鎖を含んでいる。DNA塩基配列は、遺伝子情報を理解する上で重要であり、遺伝子発現の制御にエピジェネティックな変化が重要な役割を担っている。

例えば、遺伝子発現に関連している 領域に存在するCG配列中のシトシン塩基がメチル化されると、そこからの転写量は する。生体内では様々な遺伝子の 領域上でメチル化や脱メチル化が起きており、遺伝子発現の on/off が調節されている。母細胞から 細胞への複製過程でも、DNA塩基のメチル化パターンは正確に次世代へと受け継がれている。①染色体末端に存在するテロメア領域はDNA複製毎に短縮が起きているが、テロメラーゼの働きによってその短縮を回避することができる。また真核生物の核内では、DNAが核内タンパク質との間でクロマチンと呼ばれる複合体を形成しており、その構成単位として②DNAとヒストンからなるヌクレオソームが知られている。クロマチン構造の凝縮度は、ヒストン尾部のアミノ酸修飾によって変化し、遺伝子発現の調節に関与する。③間期の細胞では凝集度の違いを観察することができる。例えば、ヒストン尾部の の側鎖にアセチル基が付加される共有結合修飾を受けると、遺伝子の発現や複製、修復に関わる④タンパク質がDNAの特定配列に接近しやすくなる。

また、生細胞内では常にDNA損傷が起きている。代表的な損傷として、グアニン塩基やアデニン塩基の脱プリン反応や、シトシン塩基の 反応が挙げられる。⑤これらの損傷に対して細胞は修復する仕組みをもっており、DNAの塩基配列の恒常性が維持されている。この修復系の過程で失敗が起きると、DNA配列に永続的な変化が生じ、生体に深刻な影響をおよぼすことがある。DNA配列の変異が発生する確率を下げるため、様々な修復機構が細胞内で働いており、⑥二本鎖切断の場合にも2種類の修復機構が対応している。

問 A 空欄 ~ に入る適切な語句を答えよ.

問 B 下線①に関して, その理由を次の四つの語句のうち, 二つを用いて 60 字程度で説明せよ.

「ラギング鎖, リーディング鎖, プライマー-DNA, プライマー-RNA」

問 C 下線②に関して, クロマチンをヌクレアーゼで短時間処理すると, ヌクレオソーム・コア粒子が単離できる. ヌクレオソーム・コア粒子の構造的特徴 (ヒストンタンパク質数, DNA 塩基対数を含む) を 80 字程度で説明せよ.

問 D 下線③に関して, 以下の (a)~(c) に答えよ.

(a) 間期に観察される 2 種のクロマチン構造の内, 高い凝集度をもつ構造の名称を述べよ.

(b) (a)で述べた構造が観察される染色体領域を二つ答えよ.

(c) (a)で述べた構造内に遺伝子配列が組み込まれた場合, どのようなことが起こるか, 20 字程度で説明せよ.

問 E 下線④に関して, その理由を 40 字程度で説明せよ.

問 F 下線⑤に関して, DNA 修復の基本機構は, 三つの段階から構成されている. 次の九つの語句のうち, 上記の段階として対応するものを三つ選べ.

「組換え, 除去, 校正, 連結, 輸送, 遷移, 再合成, 配向, 調節」

問 G 下線⑥に関して, 2 種類の修復機構の名称を答えよ.

問 H 三毛猫クローン (female) の毛並み (毛色や配色) は, オリジナルの三毛猫 (female) と異なる場合も多い. 三毛猫の毛色を決める遺伝子が X 染色体上にあることをふまえて, その理由を 40 字程度で説明せよ.

〔問題 2〕 次の文章を読み、以下の問 A ～ E に答えよ。

植物細胞は太陽光によって駆動される [a] という反応により、二酸化炭素から有機化合物を作り出す。その過程で光エネルギーは化学エネルギーに変換され、水分子が分解されて酸素が放出される。[a] は特殊な細胞小器官である葉緑体で行われる。葉緑体は内膜と外膜の二つの膜からなる包膜と、内膜に取り囲まれた空間である [b] から構成される。[b] には平たい円盤状の形をした [c] が存在し、[c] が層状に積み重なった構造は [d] と呼ばれる。

[a] は大きく二つの反応に分かれ、光を必要とする第 1 段階である [e] と、光に依存しない第 2 段階である [f] からなる。第 1 段階では、二つの光化学系が中心となり反応が進む。まず光化学系 [g] において、光エネルギーを補足する [h] に含まれる①クロロフィルが光エネルギーを吸収し、励起された高エネルギー電子が [c] 膜上の一連の [i] に受け渡され、②二つの活性運搬体である ATP と NADPH が合成される。

第 2 段階では、ATP のエネルギーと NADPH の還元力を用いて、CO₂ から糖が合成される炭素固定が行われる。この反応では、3 分子の CO₂ から③リブローースビスリン酸カルボキシラーゼによって三単糖が生成され、エネルギー源として使われるグルコースなどの糖の元となる④グリセルアルデヒド 3-リン酸が 1 分子放出される。この一連の反応は炭素固定回路、あるいは [j] 回路と呼ばれる。3 分子の CO₂ がこの回路に入り 1 周まわる間に、[k] 分子の ATP と [l] 分子の NADPH が消費され、1 分子のグリセルアルデヒド 3-リン酸とともに、[m] 分子の ADP、[n] 分子の NADP⁺および [o] 分子の無機リン酸 (Pi) が放出される。

問 A 空欄 [a] ～ [o] に入る適切な語句もしくは数字を答えよ。

問 B 下線①に関して、以下の (a) および (b) に答えよ。

(a) クロロフィルに含まれる、光を吸収するために必要な化合物の名称と、

それに結合する金属イオンをそれぞれ挙げよ。

- (b) 一般的な植物の葉が緑色なのはなぜか。クロロフィルの性質をふまえて 50 字程度で説明せよ。

問 C 下線②に関して、以下の (a) ~ (c) に答えよ。

- (a) 一つ目の光化学系の反応過程において、高エネルギー電子が反応中心から移動すると、クロロフィルスペシャルペアは正電荷を帯びた状態（電荷分離）となる。電荷分離の解消に関わる酵素名を挙げ、その解消機構を 60 字程度で説明せよ。
- (b) 電荷分離解消の過程では、細胞にとって有害なスーパーオキシドラジカルを発生しうる。植物細胞がこれを回避する機構を 40 字程度で説明せよ。
- (c) 一つ目の光化学系の反応中心から電子が移動した後、ATP が合成される経路について、次の語句をすべて用いて 130 字程度で説明せよ。
「ATP 合成酵素, シトクロム b_6-f 複合体, プラストキノン」

問 D 下線③に関する次の文章を読み、以下の (a) ~ (e) に答えよ。

多くの植物はこの酵素の働きにより CO_2 から三炭素化合物が生成されることから C_3 植物と呼ばれるが、サトウキビやトウモロコシなどの一部の植物は四炭素化合物を生成する経路をもつことから C_4 植物と呼ばれる。 C_4 植物では葉から取り込まれた CO_2 は 細胞でまず四炭素化合物である へと変換され、その後 細胞に運ばれる。そこで分解を受けて CO_2 を生成し、濃縮された CO_2 は 細胞の葉緑体で炭素固定回路により固定される。 C_4 植物は高温や乾燥状態に強いことが知られている。

- (a) 空欄 ~ に入る適切な語句を答えよ。
- (b) この酵素の別名を答えよ。
- (c) この酵素は葉緑体の全タンパク質の約 50%を占めるほど多量に存在

する。その理由をこの酵素の特徴に触れながら 30 字程度で説明せよ。

- (d) この酵素は CO_2 だけではなく O_2 を基質として用いることもできる。
この性質をふまえ、 C_3 植物が高温や乾燥状態に弱い理由を 60 字程度で説明せよ。
- (e) C_4 植物が高温や乾燥状態に強い理由を、エネルギー収支の観点から 70 字程度で説明せよ。

問 E 下線④に関して、以下の (a) および (b) に答えよ。

- (a) グリセルアルデヒド 3-リン酸の化学構造式を示せ。
- (b) グリセルアルデヒド 3-リン酸は主に二糖に変換されて植物全体に供給される。この二糖の名称を挙げよ。