

問1 T君はシロイヌナズナの細胞の伸長を促進するある植物ホルモンの合成経路を明らかにする研究を行っている。ある時 T君は細胞伸長が抑制された表現形を示す変異体を遺伝子スクリーニングによって見つけようと考えた。変異原物質で処理した種子 (M1) から次世代の種子 (M2) を取得し、1)M2 種子を播種することで植物ホルモンの生合成変異体の取得を試みた。スクリーニングの結果、細胞伸長の抑制された 2)3 系統の個体から種子を取得することができた。

変異を起こした対立遺伝子は潜性(劣性)であるとし、以下の問いに答えなさい。

1) T君はなぜ M1 種子ではなく M2 種子を用いて変異体を取得しようと考えたのか? その理由を述べなさい。

2) 見出した 3 系統の変異が同一遺伝子の変異に由来するかどうかを交配により知るにはどのようにしたら良いか? どのような表現形になれば同一遺伝子として、または異なる遺伝子として判断できるのか、その理由についてそれぞれ記述しなさい。

問2 3 系統は全て同一の遺伝子 A の変異に由来していた。またこの遺伝子はアミノ酸配列から、N 末端に 1)膜貫通ドメインを、C 末端側に酵素活性ドメインを有していることがわかった。2)膜貫通ドメインを削除したタンパク質を大腸菌にて発現させ、酵素活性を検討したところ、前駆体から植物ホルモンを合成する酵素であることがわかった。

1) 膜貫通ドメインにはどのようなアミノ酸が多く含まれると考えられるか。具体的なアミノ酸名を 2 つ書きなさい。

2) 3 系統の変異体 (a1, a2, a3) は細胞伸長の抑制度合いがそれぞれ異なり、以下の 1-3 の変異のいずれかを有していることが判明した。また、細胞伸長の抑制度合いは a1 が最も強かった。この時 a1 はどの変異を有していたと予想されるか。最も可能性の高いものを選び、その理由を記述しなさい。

1. 膜貫通ドメインにナンセンス変異を有している。
2. 酵素活性ドメインにミスセンス変異を有している。
3. 膜貫通ドメインにサイレント変異を、酵素活性ドメインにミスセンス変異を有している。

問3 下の文章を読んで問いに答えなさい。

PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)は微量な DNA を大量に増幅する方法であり、A それまでの DNA を増幅する方法に比べてはるかに迅速で容易になった。現在の一般的な PCR 反応には増幅しようとする DNA と無機物質からなる反応バッファーや PCR 反応装置以外に B,C,D が主な基質や酵素として必要である。しかし PCR は DNA のみを増幅するため現在蔓延している新型コロナウイルスのような、RNA をゲノムとするウイルスを直接検出することはできない。このため、E ある酵素を使って間接的にウイルスの存在を検出している。

PCR の反応は例えば以下のような温度・時間・サイクルで行う。

- F. 95°C 30sec.
- G. 60°C 1min
- H. 72°C 30sec
- I. F~H までを繰り返す

3-1. A それまでに微量な DNA を増幅するのに用いていた方法とは何か。そのやり方を解答欄に簡潔に記述せよ。

3-2. PCR に必要な基質や酵素である B,C,D はそれぞれ何か。単語を記載せよ(順不同。ただし同じ種類のものは 1 つとみなす。酵素名は商品名でなく一般名を書くこと。

3-3. E ある酵素とは何か、記述しなさい。

3-4. F,G,H の反応時に起こっている分子生物学的現象をそれぞれ簡潔に記載せよ(例:DNA が分解する。脂肪がリン酸化される。)

問4 以下の文章で正しい文章には解答欄の左の()に○、間違っているものには左の()に間違いの箇所(複数あれば全部)を抜き出し、右の()に正しい記述を記せ。

あ ミトコンドリアと葉緑体は両方とも内部に固有の DNA を持っている。

い 真核細胞の核の 3 つの RNA ポリメラーゼのうち、rRNA の転写に関与するのはポリメラーゼ II である。

う 様々な DNA 結合ドメインのうち、タンパク二量体が DNA を認識するのはジンクフィンガーモチーフを持つドメインである。

え 植物の光合成の明反応では、光はまず光化学系 I に吸収され、ここで電子のエネルギーを高める。次いで電子が光化学系 II に受け渡されるが、この間に ATP と NADP が生産され、これらが炭酸固定反応のエネルギーとなる。

問 5 文章中の () 内に文字または数字を記入せよ。

- ・染色体の末端では、DNA の 2 本の鎖のうち (1) 鎖の合成に用いた RNA が除去されるため、複製する度に長さが短くなる。これを修復するために細胞は (2) という酵素で染色体 DNA を伸長させている。
- ・動物細胞ではホルモン以外にもタンパク質の活性を調節する分子がある。例えば神経末端から放出された (3) が内皮細胞を刺激して (4) を合成させる。(4) は気体なので素早く拡散して平滑細胞を弛緩させることにより血管を拡張する。
- ・テトラサイクリンやクロラムフェニコール等の抗生物質は細菌の (5) の反応を阻害するのに対して、ペニシリン系の抗生物質は細菌の (6) の生合成を阻害する。

以下の問に答えなさい。

問 1 細胞内のシグナル伝達の多くには分子スイッチとして機能するタンパク質が存在する。このようなタンパク質は大きく 2 つのグループに分類することができるが、一つは a) リン酸化 などによる化学修飾によってシグナルの ON/OFF を決定するグループであり、もう一つは b) GTP 結合タンパク質 である。GTP 結合タンパク質には 2 種類存在することが知られており、そのうち三量体 GTP 結合タンパク質は c) G タンパク共役型受容体 からの情報を下流に伝える機能を有している。

- a) 細胞内シグナル伝達においてどのアミノ酸がリン酸化されるか？ 3 つ書きなさい。
- b) GTP 結合タンパク質はどのようにして分子スイッチとして機能しているのか？
- c) この受容体は細胞のどこに存在しているか？ また構造的な特徴を書きなさい。

問 2 同一表現型を生じる 2 つの変異が同じ遺伝子に由来するかを判定するための相補性試験とはどのようなものか。説明しなさい。

問 3 特定タンパク質の生体細胞内での局在を解析する手法を 1 つ挙げ、その原理を説明しなさい。

問 4 以下の語句について説明しなさい。

- a) 逆遺伝学
- b) ミスセンス変異とナンセンス変異
- c) 遺伝子の水平伝播
- d) 偽遺伝子

問 5 植物は光合成によって糖を作り出すことができるが、動物は糖を食物として取り込んで、糖を分解する過程で生命活動に必要なエネルギーを得る。食物は A 消化酵素 によって細かく分解され、糖は単糖類、例えばグルコースにまで分解される。続いて解糖反応が細胞質で起こり、B 10 個の酵素が順番に化学反応を行い、糖が分解していく過程でエネルギーを得ることができる。解糖系では 6 単糖であるグルコースが 3 単糖に分裂し、酸素が充分な場合は C() になる。ここまでの過程でグルコース 1 分子あたり 2 分子の補酵素

D()と、差し引き 2 分子のエネルギー貯蔵体である E()が生じる。C は次に細胞器官の内の D()にとりこまれてアセチルコエンザイム A (CoA) に換わり、さらに大量の E が生じ、生命を維持するエネルギー源となる。

5-1. A. 消化酵素の具体的な名前を 2 つ挙げよ (商品名でなく一般名で)。

5-2. B. 生体内で解糖系のたくさんの酵素によって行われるエネルギー生成反応が、通常のエネルギー生成である燃焼よりすぐれている点はどこか。2 点記載せよ。

5-3. C,D,E に当てはまる物質名を記述せよ。

5-4. 解糖系の酵素の中には基質とは違う小分子によって活性制御をうけるものがある。これはアロステリックな制御と呼ばれる。タンパク質の立体構造の観点から、反応の基質でない物質が酵素の活性を調節することが可能な理由を考察せよ。

問 6 以下の文章で正しい記述のものに○、間違っているものに×をつけよ。

あ ヒトゲノムは 3.0×10^{10} bp の長さであるが、タンパク質のアミノ酸をコードするエクソン部分は少なく、約 10%である。

い DNA の 4 つの塩基のうち、A と T,G と C が相補的であり、DNA の 2 重らせん中で水素結合している。このうち G-C ペアのほうが A-T ペアよりほどけにくい、これは G-C のほうが水素結合の数が多いからである。

う 動物と植物の細胞分裂終期の核膜のでき方は異なる。植物が収縮環が形成して細胞質を分割するのに対し、動物は細胞の中央に新しい隔壁が形成される。

問 7 次のタンパク合成後の反応の文章の () 内に単語を記入せよ。

・役割を終えたタンパク質のうち一部はユビキチンが付加され、次いで (1) によってペプチドに分解される。一方タンパク質に正しい 3 次元構造をとる効率を上げるタンパクも存在し、これらを総称して (2) という。

・細胞質で合成されたタンパク質が目的の細胞内器官に誘導されるのは、主にタンパク質の末端部に (3) と呼ばれるアミノ酸配列が存在するからである。

(問題終わり)