

生 物

1 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点20)

遺伝子の転写は、調節タンパク質がDNAの特定の塩基配列(調節領域と呼ばれる)に結合することによって調節される。調節タンパク質はRNAポリメラーゼの ア への結合を促進、あるいは抑制することで転写を調節している。

細菌では機能的に関連する遺伝子が隣接して存在し、まとめて転写されることが多い。例えば、大腸菌にはラクトースを分解してグルコースをつくるために必要な酵素の遺伝子が3つ隣接している。
① この遺伝子群はラクトース イ ② と呼ばれる。この遺伝子群の転写は、培地にグルコースがありラクトースがないときは、調節タンパク質の一種であるリプレッサーが ウ と呼ばれる調節領域に結合し、RNAポリメラーゼの ア への結合を抑制している。一方、グルコースがなくラクトースがあるときは、ラクトースに由来する物質がリプレッサーの ウ 結合部位とは異なる部位に結合し、その立体構造を変化させる。その結果、リプレッサーの ウ ③ への結合が抑制される。④ そのために、3つの酵素遺伝子群が転写されるようになる。

真核細胞では、DNAがヒストンに巻きついて エ をつくり、これがさらに複雑に折りたたまれてクロマチンを形成している。調節タンパク質のなかにはヒストンなどを化学修飾する酵素群を呼びよせて、クロマチン構造を変化させ、遺伝子の転写を調節しているものがある。④

問 1 文中の ア ～ エ に適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部①に関して、真核細胞では機能的に関連する遺伝子がゲノムのさまざまな領域に存在するにもかかわらず、同時に転写されることが多い。例えば、ショウジョウバエのさなぎ化を促進するホルモンはエクジステロイドと呼ばれ、さなぎ化に必要な一群の遺伝子の転写を開始させる。そのしくみを、以下の4つの語句をすべて用いて120字以内で説明しなさい。

エクジステロイド，受容体，調節タンパク質，調節領域

問 3 下線部②の酵素の名称を1つ答えなさい。

問 4 下線部③に関して、酵素反応の調節においても、酵素の活性部位以外の部位に物質が結合することにより酵素活性が阻害される場合がある。この阻害作用を何と呼ぶか答えなさい。

問 5 下線部④に関して、クロマチン構造を調節するヒストンの化学修飾の名称を2つ答えなさい。

問 6 真核細胞において、遺伝子は体細胞分裂の中期にほとんど転写されない。そのしくみを60字以内で説明しなさい。

2 次の文章 A と B を読んで、問 1 ～ 6 に答えなさい。(配点 20)

A 骨格筋は と呼ばれる多核の筋細胞からなり、その細胞質には多数の が存在する。 を顕微鏡下でよく観察すると、明るく見える明帯と暗く見える暗帯が交互に連なったしま模様として見える。このようなしま模様のある筋肉を という。明帯の中央は で仕切られている。 と の間を という。 では太いフィラメントと細いフィラメントが重なり合って規則正しく配列している。太いフィラメントと細いフィラメントはそれぞれミオシンとアクチンからなっている。 と違い、しま模様のない筋肉を という。

骨格筋の収縮は、ATP のエネルギーによって太いフィラメントと細いフィラメントに滑りが生じる^②ことによって起こる。骨格筋の収縮におけるミオシン頭部とアクチンの相互作用のサイクルを図 1 に示す。

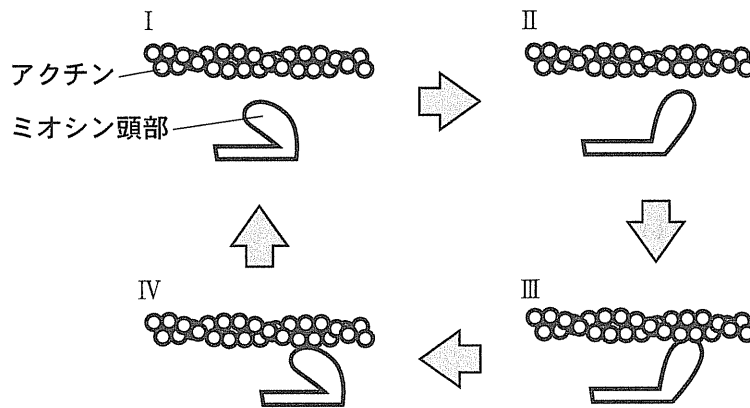


図 1

問 1 文中の ～ に適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部①で重なり合っているのは、明帯と暗帯のどちらか答えなさい。

問 3 明帯と暗帯をもつ筋肉を、以下の(a)～(c)の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

(a) 心臓の筋肉

(b) 血管の筋肉

(c) 消化管壁の筋肉

問 4 下線部②に関して、骨格筋が収縮するとき、明帯と暗帯の長さはそれぞれどのように変化するかを説明した文として正しいものを、以下の(a)～(e)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 明帯の長さは短くなり、暗帯の長さも短くなる。
- (b) 明帯の長さは短くなるが、暗帯の長さは変わらない。
- (c) 明帯の長さは短くなるが、暗帯の長さは長くなる。
- (d) 明帯の長さは変わらないが、暗帯の長さは短くなる。
- (e) 明帯の長さは長くなるが、暗帯の長さは短くなる。

問 5 図1のサイクルを説明した文として間違っているものを、以下の(a)～(d)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (a) I から II の間に ATP がミオシン頭部に加水分解され、ミオシン頭部の立体構造が変化する。
- (b) II から III の間に ADP がミオシン頭部から解離し、ミオシン頭部がアクチンに結合する。
- (c) III から IV の間にミオシン頭部の立体構造が変化する、アクチンがたぐり寄せられる。
- (d) IV から I の間に ATP がミオシン頭部に結合し、ミオシン頭部がアクチンから解離する。

B 骨格筋は運動神経の支配を受けており、通常の骨格筋の収縮は、運動神経から毎秒数十回の刺激を受けて起こる。カエルのふくらはぎの骨格筋を取りだし、接続する神経を一定の強さで刺激し、収縮の大きさを測定する実験を行った。まず、神経を1回だけ刺激すると、骨格筋に0.1秒間ほど小さい収縮(単収縮)が起きた。次に、毎秒30回、神経を連続的に刺激すると、前よりも大きな収縮(強収縮)が起きた。^③

問 6 下線部③の理由を、「単収縮」と「弛緩」という語句を用いて80字以内で説明しなさい。

3 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点20)

腎臓は血液から老廃物や毒素を取り除くはたらきだけでなく、尿の生成により体内の塩分濃度を一定に保つはたらきがある。ヒトの腎臓1個には ア という構造がおおよそ100万個ある。^①
ア は腎臓の基本的な構造単位であり、腎小体と イ からなる。腎小体は イ が膨大した ウ と毛細血管が複雑に絡まった構造をした エ からなる。
血液は腎動脈を通して腎臓に入り、個々の ア に配分され、血液成分の大部分は エ を通過する間に ウ へろ過される。ろ過された液体は オ と呼ばれる。オ に含まれる多くの物質は イ で再吸収される。また、水やナトリウムイオンの一部は カ でも再吸収され、再吸収されなかった成分が尿となり体外に排出される。^②

問1 文中の ア ～ カ に適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①に関して、ヒトが汗をかくと体内の水分量が低下すると、体液中の塩分濃度が増加する。これを正常に戻すために脳下垂体のある部分からホルモンが分泌される。この塩分濃度の調節のしくみを60字以内で説明しなさい。

問3 下線部②に関して、健康なヒトの尿中にはタンパク質とグルコースはほとんど含まれない。そのしくみをそれぞれ40字以内で説明しなさい。

問4 ヒトと同じせき椎動物門に属する硬骨魚類の海水魚と淡水魚では、体内の塩分濃度を調節する機構が大きく異なる。塩分濃度調節のために、より多くの水を口から摂取しなければならないのは、海水魚と淡水魚のどちらか答えなさい。また、その理由を70字以内で説明しなさい。

4 次の文章 A と B を読んで、問 1 ～ 6 に答えなさい。(配点 20)

A ある生物の特定の遺伝子を含む DNA 断片(領域)を取り出し、他の生物の細胞に導入する技術を用いて、人為的に外来の遺伝子を導入し、その遺伝子を体内で発現するようにした生物のことを ア 生物と呼ぶ。

植物へ遺伝子を導入する方法として、土壌細菌の一種である イ を用いる方法が一般的である。この方法では、ある生物の DNA から制限酵素を用いて目的の遺伝子を含む DNA 断片を切り出し、それを イ から単離された^①プラスミドに挿入する。その DNA 断片をプラスミドにつなぐ酵素は ウ と呼ばれる。このプラスミドを^② イ に戻したのち、植物細胞に感染させると、一部の植物細胞で目的の遺伝子がゲノム DNA に組み込まれる。

問 1 文中の ア ～ ウ に適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部①に関して、以下の(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 制限酵素の DNA に対する作用を説明しなさい。
- (2) 制限酵素の 1 つに大腸菌由来の *EcoR* I がある。この制限酵素は大腸菌の生存において、どのような役割をもつか説明しなさい。

問 3 下線部②に関して、プラスミドの特徴を説明しなさい。

B 微量な試料から、ある目的の DNA 断片を人工的に大量に増やす方法として、 エ 法が開発されている。この方法で用いられる酵素は、大腸菌と同じドメインに属する細菌の一種から単離された。^③この酵素はヒトの生体内ではたらくアミラーゼなどの酵素とは異なり、高い温度でも失活しにくい^④という性質をもつ。 エ 法で増幅された DNA 断片のおおよその長さを推定するために、その DNA 断片を電流が流れる寒天ゲル中で移動させる方法は オ 法と呼ばれる。これらの方法は、DNA 型鑑別などさまざまな分野で活用されている。

問 4 文中の エ と オ に適切な語句を答えなさい。

問 5 下線部③に関して、大腸菌と同じドメインに属する生物を、以下の(a)～(e)の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|--------------|-----------|----------|
| (a) 高度好塩菌 | (b) メタン菌 | (c) 真性粘菌 |
| (d) シアノバクテリア | (e) 好熱好酸菌 | |

問 6 下線部④に関して、 エ 法において、この性質が必要とされる理由を説明しなさい。

5 次の文章 A と B を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。(配点 20)

A 植物による炭酸同化は、光エネルギーを利用して大気中の二酸化炭素から有機物を合成する光合成で行われる。光合成速度は、光の強さだけでなく、温度や二酸化炭素濃度などのさまざまな外部環境の影響を受ける。

光合成と外部環境との関係を調べるために、以下の実験 1 と 2 を行った。

実験 1 生育の最適温度が 25℃の植物体の茎葉のみを透明な容器に入れて密閉し、容器の上方から植物全体に向けて光を照射した(図 1)。容器内の二酸化炭素濃度は下限値 0.04 %で制御した。すなわち、容器内の二酸化炭素濃度が 0.04 %より低くなったときは二酸化炭素を供給し 0.04 %まで高め、容器内の二酸化炭素濃度が 0.04 %以上になったときはその供給を止めた。容器内の温度は 10℃または 25℃で一定に維持し、植物に照射する光の強さを変え、時間あたりの二酸化炭素供給量を計測した。その結果を図 2 に示す。なお、実験には、全て同じ植物個体を用い、光の強さ、温度および二酸化炭素濃度以外の環境条件は全て同じ条件とした。

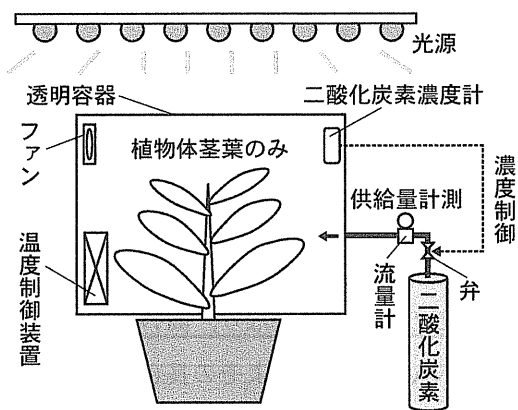


図 1

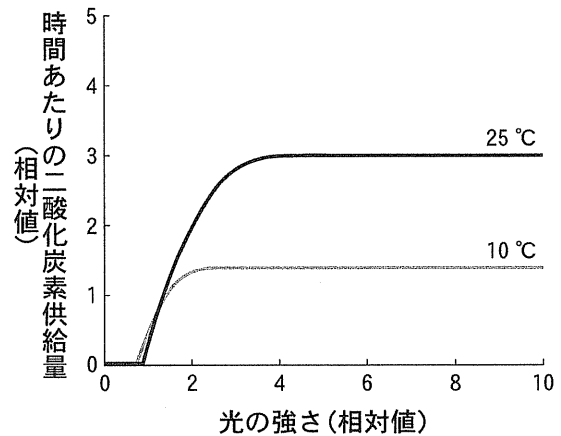


図 2

問 1 実験 1 において、光の強さ(相対値)が 0 のとき、容器内の二酸化炭素濃度は、どのように変化すると考えられるか、その理由も含めて説明しなさい。

問 2 実験 1 で計測される時間あたりの二酸化炭素供給量から何がわかるか、最も適切なものを、以下の(a)~(d)の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- (a) 光合成速度
- (b) 呼吸速度
- (c) 光合成速度 + 呼吸速度
- (d) 光合成速度 - 呼吸速度

実験 2 実験 1 と同じ植物個体を用い、二酸化炭素濃度の下限値を 0.04 % から 0.10 % に変更し、実験 1 と同様の実験を行った。その結果を図 3 に示す。なお、図 3 中の破線は実験 2 の結果を示し、実線は図 2 の実験 1 の結果を示している。

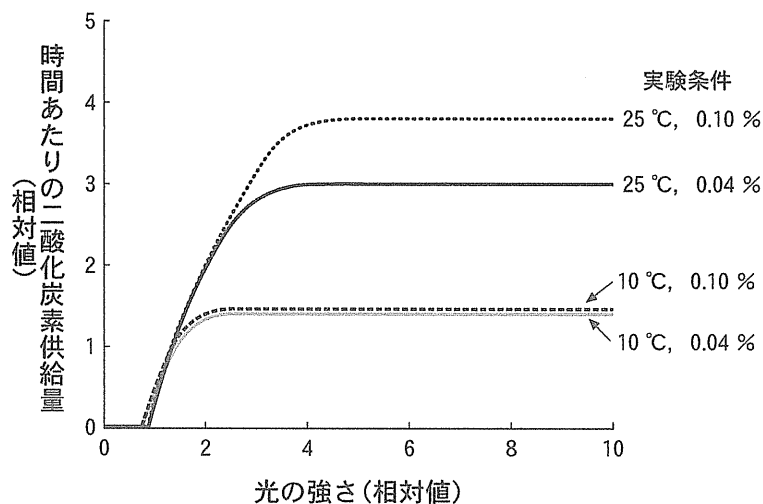


図 3

問 3 図 3 に示された 2 つの実験結果から、二酸化炭素濃度の下限値が 0.04 %、光の強さ(相対値)が 8 のとき、10 °C と 25 °C における植物体の茎葉の光合成速度を最も制限している環境要因をそれぞれ答えなさい。なお、呼吸速度は二酸化炭素濃度の影響を受けないものとする。

B 植物が行う同化には、二酸化炭素から糖などの有機物をつくる炭酸同化と、無機体窒素からアミノ酸やタンパク質などの有機物をつくる窒素同化がある。植物の他にも炭酸同化を行う生物がいる。化学合成細菌は、化学エネルギーを用いて ATP を合成し、 回路により二酸化炭素を還元して有機物を合成する。化学合成細菌のうち、土壌に生息する亜硝酸菌や硝酸菌をあわせて と呼ぶ。亜硝酸菌は、生物の遺骸や排出物などが分解されて生じるアンモニウムイオンを酸化して亜硝酸イオンに変える。さらに、硝酸菌は亜硝酸イオンを酸化して硝酸イオンに変える。 はこれらの過程で、有機物を合成するのに必要なエネルギーを得てさまざまな生命活動を行っている。また、深海の 付近に生息する硫黄細菌は、 を酸化する際に取り出される化学エネルギーを用いて炭酸同化を行っている。

などが生成した硝酸イオンは、植物の窒素同化に利用される。土壌中の硝酸イオンは、植物の根から吸収され、これをもとにさまざまなアミノ酸がつくられる。これらアミノ酸をもとに生命活動に必要な有機物が合成される。

問 4 文中の ～ に適切な語句を答えなさい。

問 5 動物の窒素同化について、植物との違いがわかるように 80 字以内で説明しなさい。