

理科問題

[生物]

(平成24年度)

【注意事項】

1. この問題冊子は「09 生物」である。
2. 試験時間は2科目合計で180分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 理科問題は2科目選択である。受験生はあらかじめ届け出た科目について解答しなければならない。
5. 試験開始後、以下の6および7に記載されていることを確認すること。
6. この問題冊子の印刷は1ページから5ページまでである。
7. 解答用紙は問題冊子中央に3枚はさみこんである。問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は採点されない場合もあるので注意すること。
8. 3枚ある解答用紙に、受験番号と氏名を所定の欄に試験開始後、記入すること(1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所)。
9. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
10. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。
11. 問題冊子の中の白紙部分については下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。
13. 試験終了まで退室を認めない。試験中の気分不快や用便等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

〔 I 〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

生物の遺伝情報は DNA に記されている。通常、遺伝子の情報は RNA に転写され、タンパク質に翻訳される。転写では、a と呼ばれる酵素と b と呼ばれる DNA 領域が重要な役割を果たす。b は転写開始に必要な DNA 領域のことで、^(A)原核生物の a は b の中の特定の DNA 塩基配列を認識し、その領域に結合したのち、DNA 上を移動しながら転写を行う。

生物はおかれた環境に応じて、遺伝子の発現を調節する。たとえば、原核生物の大腸菌は、通常グルコース(ブドウ糖)を生命活動に利用するが、ラクトース(乳糖)などの他の糖類も利用できる。大腸菌は、グルコースは無いがラクトースが存在する環境におかれると、速やかにラクトースを分解する酵素(以後ラクターゼと表記)の発現を開始する。ラクターゼ遺伝子は、隣接する他の二つの酵素の遺伝子とともに転写される。遺伝子の発現を調節する遺伝子を^(B)調節遺伝子と呼び、そのタンパク質(調節タンパク質)は特定の DNA 塩基配列を認識し、その領域に結合して転写の調節に関わる。ここで述べたような遺伝子発現の調節系において、調節タンパク質が結合する DNA 領域を c と呼び、一つの c によって制御される遺伝子群のことは d と呼ぶ。このように、DNA の塩基配列にはタンパク質のアミノ酸配列の情報だけではなく、遺伝子発現の調節に関わる情報も記されている。

大腸菌に突然変異誘発剤を作用させ、4種類の突然変異体(突然変異体1～4)を見つけた。それぞれの突然変異体を、エネルギー源としてグルコースあるいはラクトースのみを含む培地で培養し、ラクターゼ遺伝子に由来する mRNA(伝令 RNA)とラクターゼの酵素活性を調べた。下の表に、それら大腸菌の野生型と突然変異体の特性を示す。なお、それぞれの突然変異体は、ラクターゼ遺伝子の中あるいは近くに一カ所の突然変異をもつ。

表 大腸菌の野生型と突然変異体の特性

大腸菌の種類	グルコース(エネルギー源)		ラクトース(エネルギー源)		調節タンパク質***
	ラクターゼ mRNA*	ラクターゼ活性**	ラクターゼ mRNA*	ラクターゼ活性**	
野生型	—	—	+	+	+
突然変異体 1	—	—	+	—	+
突然変異体 2	—	—	—	—	+
突然変異体 3	+	+	+	+	—
突然変異体 4	+	+	+	+	+

* ラクターゼ遺伝子に由来する mRNA が検出されたことを(+)で、検出されなかったことを(—)で示す。

** ラクターゼの酵素活性が検出されたことを(+)で、検出されなかったことを(—)で示す。

*** 正常な(野生型と同じ)機能を持つ調節タンパク質が発現することを(+)で、発現しないことを(—)で示す。

(1) 下線部 (A) について、原核生物と真核生物に関する以下の問いに答えよ。

(ア) 原核生物にはみられない、真核生物の細胞内構造の特徴を 50 字以内で述べよ。

(イ) 遺伝子の転写と翻訳の過程には、原核生物と真核生物の間で違いがみられる。その違いを 100 字以内で述べよ。

(2) 下線部 (B) のラクターゼの調節遺伝子は、ラクターゼ遺伝子のすぐ隣に位置する。ラクターゼの調節タンパク質の発現に関して最も適切なものを、次の①～④の中から一つ選びその記号を答えよ。

① グルコース存在下では発現していないが、ラクトース存在下で発現する。

② ラクトース存在下では発現していないが、グルコース存在下で発現する。

③ エネルギー源がグルコースかラクトースかに関係なく、発現している。

④ エネルギー源がグルコースかラクトースかに関係なく、発現していない。

(3) 突然変異体 1 と突然変異体 2 に関して、以下の問いに答えよ。

(ア) 文章中の空欄 と に適切な語句を入れよ。

(イ) 突然変異体のラクターゼのアミノ酸配列を指定する DNA 塩基配列を調べたところ、突然変異体 1 の塩基配列には突然変異が見つかったが、突然変異体 2 の塩基配列は正常(野生型と同じ)であった。突然変異体 2 が、ラクトース存在下にもかかわらずラクターゼの活性を示さないのはなぜか。 と のはたらきに着目して、突然変異体 2 で生じた突然変異とともにそのしくみを推測し、90 字以内で述べよ。なお、突然変異体 2 は、正常なラクターゼの調節タンパク質を発現しているとする。

(4) 突然変異体 3 と突然変異体 4 に関して、以下の問いに答えよ。

(ア) 文章中の空欄 と に適切な語句を入れよ。

(イ) 突然変異体 3 は、ラクターゼの調節タンパク質が機能を失った突然変異体であった。野生型と突然変異体 3 を比較し、ラクターゼの調節タンパク質の正常な機能に関し推測されることを 35 字以内で述べよ。

(ウ) 突然変異体 4 は正常なラクターゼの調節タンパク質を発現しているが、突然変異体 3 と同様に、ラクトース非存在下でラクターゼを発現する。突然変異体 4 で生じた突然変異を推測し述べよ。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

ヒトの生命活動の維持にはエネルギーが継続して供給される必要がある。呼吸とは有機物を分解してエネルギーを取り出す過程といえる。エネルギーはさまざまな生命活動に利用される ATP という形で取り出され利用される。筋肉においても運動を続けるために ATP が必須である。

骨格筋では、ATP は と , および から産生される。(ア)急に激しい運動を開始した時、エネルギー産生は および に依存する。 は筋肉内に含まれる高エネルギーリン酸結合をもつ基質分子であり、これが分解されることにより 1 分子の あたり 分子の ATP を産生する。また、 では筋肉内のグルコースが酸素の消費なしに分解され、結果として疲労物質 が産生される。 では、1 分子のグルコースあたり 分子の ATP が産生される。これらの代謝系は ATP の産生効率という点では に劣る。

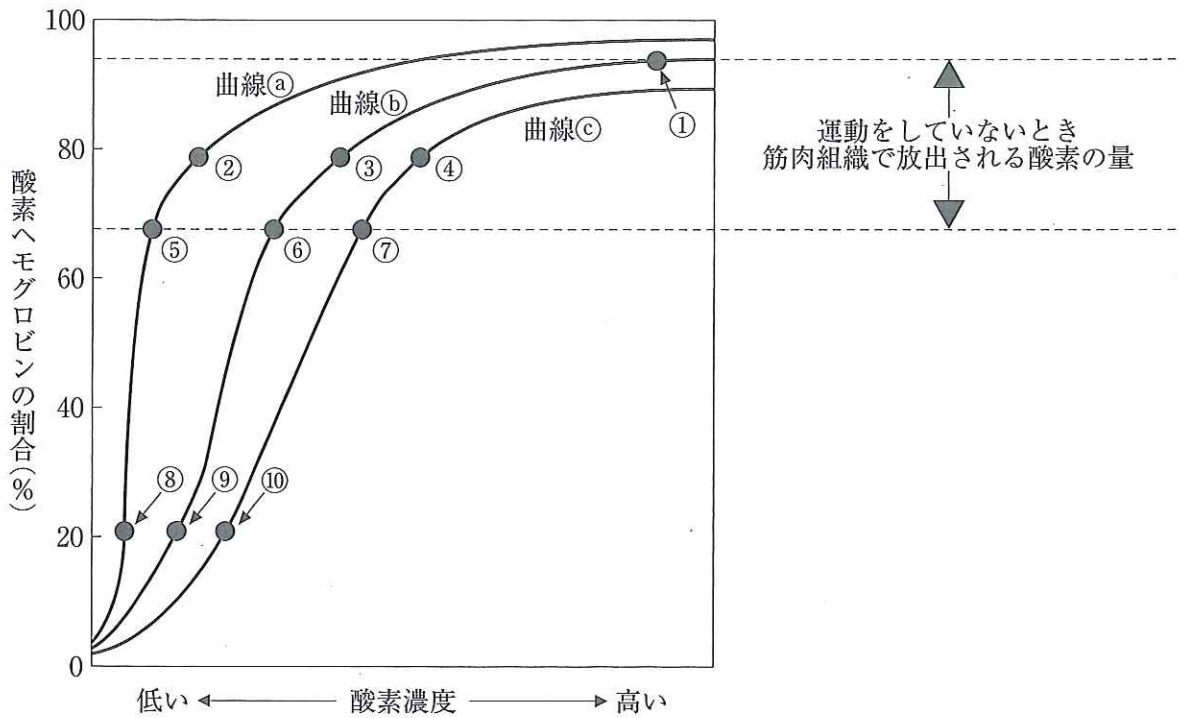
持続的な運動ではエネルギー産生は に依存する。 は、(イ) を含む 3 段階にわたって代謝基質を二酸化炭素と水に分解する。 は ATP の産生効率にすぐれた代謝経路であり、グルコース 1 分子あたり最大 分子の ATP を産生することができる。

骨格筋の代謝状態は供給される酸素の量によって影響を受ける。ヒトの体内で酸素の運搬を担うタンパク質は 中に存在するヘモグロビンである。 で酸素と結合したヘモグロビンは末梢組織で酸素を放出するが、(ウ)運動中にはヘモグロビンから筋肉組織で放出される酸素の割合が増大する。ヘモグロビンは で再び酸素と結合し末梢組織へ送られる。結果として、末梢組織には一定強度の運動まで十分な酸素が供給されることになる。

筋運動が必要とするエネルギーは、呼吸基質のなかでも の酸化作用に依存しており、 の酸化も一部関与している。代謝される と の割合は、(エ)呼吸商を測定すればわかる。すなわち、 のみを基質とした場合の呼吸商は 1.0 であり、 のみを基質とした場合の呼吸商は 0.7 である。一方、タンパク質も呼吸基質であるが通常エネルギー源としては使われない。

激しい運動という体の変化に対し、生体は諸器官の活動を調節し内部環境を維持しようとする。この時、自律神経が重要な役割をはたす。自律神経はさまざまな器官に分布し、活動の調節を行う。そのため、(オ)筋組織のエネルギー産生にも影響を与えることになる。

- (1) 文章中の A ~ K に適当な語句または数字を入れよ。
- (2) 下線 (ア) に関して、その理由を2つあげ、それぞれ25字以内で述べよ。
- (3) 下線 (イ) に関して、B の反応が起きる細胞内の部位、また B 以外の反応過程の名称および細胞内での反応の部位を解答欄の表に記入せよ。
- (4) 下線 (ウ) に関して、その理由を下のヘモグロビンの酸素解離曲線に示された適当な番号、アルファベットを用いて120字以内で説明せよ。



- (5) 下線 (エ) とは何か80字以内で説明せよ。
- (6) 下線 (オ) に関し、運動時に自律神経活動が、どのようにエネルギー産生に影響を与えるか150字以内で述べよ。

〔Ⅲ〕 進化・遺伝に関する以下の問いに答えよ。

(1) 進化に関する以下の問いに答えよ。

- (ア) キリンの首の伸長を例にしてラマルクの用不用説とダーウィンの自然選択説の違いを 150 字以内で説明せよ。
- (イ) ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ条件が崩れると進化の要因になると考えられている。このような遺伝子頻度の変化を引き起こす要因の 1 つとして遺伝的浮動がある。遺伝的浮動とはどのような現象か、箱の中に入った白球と黒球をとりだす実験を例にして 100 字以内で説明せよ。
- (ウ) 木村資生が提唱した分子進化の中立説について、「塩基配列」と「自然選択」の 2 語を用いて 100 字以内で説明せよ。

(2) 遺伝に関する以下の問いに答えよ。

スイートピーの花色の紫色(B)は赤色(b)に対して優性で、花粉の形の長形(L)は丸形(l)に対して優性である。この 2 対の遺伝子について独立している場合、完全連鎖している場合、不完全連鎖している場合が考えられる。 $BbLl$ と $bbll$ の遺伝子型をもつ個体を両親として交雑し得られた F_1 を自家受精させる実験を考えると、完全連鎖している場合は下図のような結果が期待される。同様の交雑実験で (ア) 独立している場合と (イ) 不完全連鎖している場合について、下図を参考にそれぞれの F_1 の配偶子の組み合わせ表を作成せよ。さらに、それぞれの場合の F_2 の表現型の分離比がどうなるかを示せ。ただし、不完全連鎖している場合について、 F_1 を検定交雑して生じた子の表現型の分離比から求めた組換え価は 12.5 % であるとする。

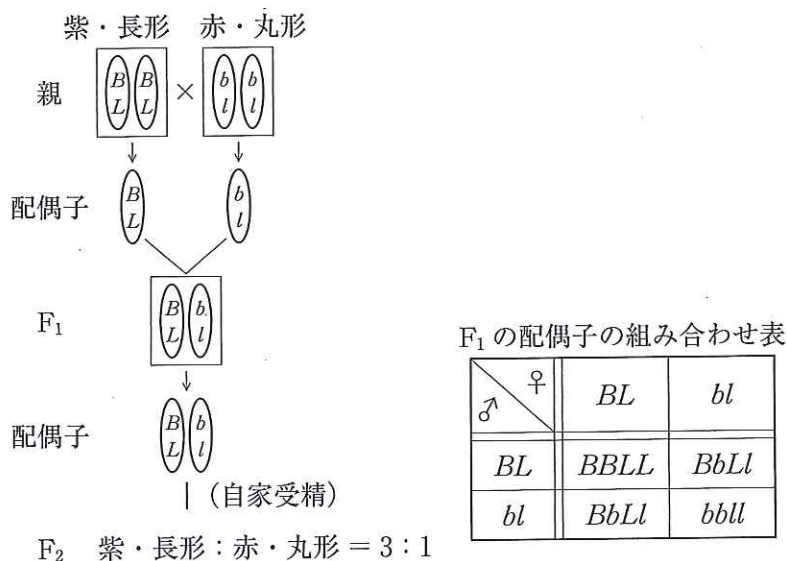


図 スイートピーの遺伝(完全連鎖している場合)