

第2回全国生物学コンテスト

生物チャレンジ2009

第21回国際生物学オリンピック（韓国大会）

代表選抜試験 第1部（記述式理論問題）

2009年11月23日（月）9：30～11：30

注意

1. 各問題文を読んで、題意に沿った解答を、文章（指定された場合は図、表）によって解答しなさい。
2. 解答は、問題ごとに指定された解答用紙に記入しなさい。字数制限は特にありません。
3. 学術用語は、日本語又は英語で正しく用いなさい。
4. 解答時間は、2時間とします。
5. 解答用紙の各ページの上に、問題番号、受験番号、氏名を記入しなさい。
6. 問題は全部で6問あり、その中には小問がいくつかあります（小問がない問題もあります。）問題は、9ページです。

受験番号 _____ 氏名 _____

第1問 細胞生物学（代謝）に関する以下の文を読み，問1

～2に答えよ。

補酵素は酵素の働きを助ける物質として重要で、 NAD^+ （ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド）と NADP^+ （ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリッ酸）は酸化還元反応にかかわる補酵素としてとくに有名である。生物はこれらの補酵素をどのように使い分けているのであろうか？ NAD^+ と NADP^+ のちがい（リン酸基の有無）は、酸化還元反応にかかわる化学構造にはなく、補酵素を利用する酵素の特異性に関係してくる。

問1 おもしろいことに、通常の細胞では、同じ細胞質に存在する NAD^+ と NADP^+ の酸化還元の状態は正反対である。つまり、酸化型と還元型の比率は、 NAD^+ では約1000， NADP^+ では約0.01となっている。このようなちがいがあると、細胞がさまざまな代謝を行うとき都合がよい点を述べなさい。

問2 クエン酸回路のおもな反応では、コハク酸などの呼吸基質を脱水素して、 NAD^+ を還元し、その還元力は電子伝達系を介して酸素と結びつき、ATPを合成する。酵母菌はこのような酸素呼吸をできるが、酸素がなくなると、クエン酸回路を停止し、アルコール発酵を行うこともできる。このとき、 NAD^+ の状態がどのように変化するか、考えて述べなさい。（第1問終わり）

第3問 遺伝に関する以下の問に答えよ。

遺伝子型が AA で表現型が [A] の親 ([] はその遺伝子が表現型に現れる) と遺伝子型が aa で表現型が [a] の親から生まれる子 (F_1) は、通常メンデルの遺伝の法則 (優性の法則) に従い、両親がどちらであっても、その遺伝子型が Aa となり、表現型はすべて [A] になる。(この場合、A の遺伝子は a の遺伝子に対して優性である)。ところが、遺伝現象の中には、次のようなメンデルの遺伝の法則には従わない現象もみられる。

- (1) 父 (雄) 方の親の遺伝子型が A、母 (雌) 方の親の遺伝子型が a であるにもかかわらず、その F_1 の遺伝子型は a となり、表現型はすべて [a] になる。
この場合、逆に、父方の親の遺伝子型が a、母方の親の遺伝子型が A であれば、 F_1 の遺伝子型は A となり、その表現型はすべて [A] になる。
- (2) 父 (雄) 方の親の遺伝子型が aa、母 (雌) 方の親の遺伝子型が AA であり、 F_1 の遺伝子型は Aa であるにもかかわらず、その表現型はすべて [a] になる。
この場合、逆に、父方の親の遺伝子型が AA、母方の親の遺伝子型が aa であれば、 F_1 の表現型はすべて [A] になる。

メンデルの遺伝の法則が成立する前提条件を説明するとともに、それに従わない (1) と (2) の現象について、それぞれ考えられる機構を述べよ。

(第3問終わり)

第 4 問 生物の運動現象に関する以下の文を読み、問 1 ～ 4 に
答えよ。

生物には様々な動きがみられる。細胞レベルの運動現象としてすぐに思い浮かぶのは、^(A) 活発に動き回る単細胞生物であろう。しかし、一見動いていないように見える細胞でも、それが生存して増殖していくかぎり、^(B) 細胞内には動きをともなう現象がある。動物の個体レベルの運動現象の多くは筋肉の収縮によって起こる。例えば、人間の歩く、走るといった動きは^(C) 横紋筋の一種の骨格筋が担っている。また、体の中に目を向けると、血液の循環は心臓の筋肉（心筋）が、腸のぜん動運動などは平滑筋が担っている。

問 1 下線部 (A) について。どのような生物がどのような動きをするか。具体例を 2 つあげて説明しなさい。

問 2 下線部 (B) について。何がどのように動くのか。具体例を 2 つあげて説明しなさい。

問 3 下線部 (C) について。骨格筋の筋節（サルコメア）の簡単な模式図を書いて、以下の語がそれぞれ筋節内のどこを指すのかを示しなさい。また、筋肉が収縮するとき、筋節内のどの部分が力を出すのかも図中に示しなさい。

語： 太い繊維、細い繊維、Z 線（Z バンド）、明帯、暗帯

問 4 下線部 (C) について。2 つの異なる筋繊維 A、B がある。太い繊維、細い繊維、筋節の長さをそれぞれ比較すると、筋繊維 A のものは筋繊維 B の 2 倍ある。しかしこれ以外の性質（筋繊維全体の太さと全長、筋原繊維の密度、タンパク質成分など）はまったく同一であるとする。筋繊維 A、B が収縮して (1) 筋繊維の全長が短くなる速度、および (2) 発生する力は、それぞれどのようにになると考えられるか。以下の中から選び、なぜそのように考えたかを説明しなさい。

(1) 筋繊維 A が収縮して全長が短くなる速度は

- ア. 筋繊維 B よりも速い。
- イ. 筋繊維 B と同じ。
- ウ. 筋繊維 B よりも遅い。

(2) 筋繊維 A が収縮して発生する力は

- ア. 筋繊維 B よりも大きい。
- イ. 筋繊維 B と同じ。
- ウ. 筋繊維 B よりも小さい。

(第 4 問終わり)

第5問 眼の形成に関する以下の文を読んで問1～3に答えよ。

眼は多くの動物に見られるが、その形態は様々である。その形成機構を探るために以下の実験が行われた。

(1) ショウジョウバエの複眼ができない変異体について、その原因遺伝子が同定され、eyeless と名付けられた。

(2) 哺乳類の眼ができないまたは小さい眼しかできない変異体について、その原因遺伝子が同定され、small eye と名付けられた。

(3) eyeless 遺伝子をショウジョウバエの触覚や脚のような、本来眼にならない器官の原基で働かせる（発現させる）と、それぞれの器官に複眼が生じた。

(4) ヒトの small eye 遺伝子を、同様にショウジョウバエの触覚や脚の原基で働かせると、やはり複眼が生じた。

(5) eyeless 遺伝子と small eye 遺伝子はともに転写因子をコードする遺伝子であり、きわめてよく似た遺伝子であることが分かった。

問1 眼の形成にはきわめて多くの遺伝子が関与すると考えられている。ヒトの small eye 遺伝子をショウジョウバエの触覚や脚で働かせたときに、哺乳類のようなカメラ眼ではなく、複眼が形成されたことはどのように説明されるか、簡単に述べよ。

問2 上の実験(3)や(4)では、eyeless 遺伝子や small eye 遺伝子を発生途中の原基で働かせて（発現させて）いる。これはどのような理由によるか簡単に述べよ。

問3 哺乳類の small eye 遺伝子の機能を調べるために、以下の実験を行った。

(1) 正常ラットの眼杯と予定レンズ表皮を組み合わせて培養したところ、表皮はレンズに分化した。

(2) small eye 遺伝子を働かせなくしたラットの眼杯と正常ラットの予定レンズ表皮を組み合わせて培養したところ、表皮はレンズを形成した。

(3) small eye 遺伝子を働かせなくしたラットの予定レンズ表皮と正常ラットの眼杯を組み合わせて培養したところ、表皮はレンズに分化しなかった。

これらの実験から哺乳類の眼の形成における small eye 遺伝子の機能について考えられることを述べよ。
(第5問終わり)