

日本生物学オリンピック
2018

第30回国際生物学オリンピック（ハンガリー大会）

代表選抜試験 第1部（記述式理論問題）

2019年3月21日（木、休日） 9:20-11:40

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、日本語または英語で正しく用いなさい。
4. 解答時間は、2時間20分とします。
5. すべての解答用紙に、問題番号、受験番号、氏名を記入しなさい。
6. 問題は全部で7問あり、その中には小問がいくつかあります。
7. 問題冊子は試験終了後持ち帰って下さい。

受験番号_____

氏名_____

分子遺伝学・発生生物学・免疫学

第1問 以下の文を読み、問1～3に答えなさい。

私たちヒトは成人になると数十兆個の細胞からできているといわれている。しかし、元をたどれば、一個の細胞である受精卵から出発している。現在の生物学は大きく発展し、色々な生命現象を分子などの言葉で説明出来るようになってきている。その中で、分子遺伝学、初期発生、免疫の分野に関して取り上げる。

下記の問1～問3は、それぞれ生物学的に重要なことがらである。各問のそれぞれについて、共通点と相違点について、簡潔に述べなさい。

問1 遺伝子とゲノム

- ・ 共通点
- ・ 遺伝子
- ・ ゲノム

問2 先体反応と表層反応

- ・ 共通点
- ・ 先体反応
- ・ 表層反応

問3 B細胞とT細胞

- ・ 共通点
- ・ B細胞
- ・ T細胞

(第1問終わり)

遺伝学

第2問 遺伝に関する以下の文を読み、問1~4に答えなさい。

ネコの体細胞の染色体は、18対の常染色体と性染色体(雌がXX, 雄がXY)からなる。被毛がべっ甲のような、オレンジ色と黒色のまだら模様の毛並みをした猫は「さび猫」と呼ばれるが、さび猫は雌であり、雄は稀にしかみられない。これは、オレンジ色の毛を支配する遺伝子(O)がX染色体上にあることによる。常染色体上には、この他に黒色毛を支配する遺伝子(B)や白斑に関与する遺伝子(S)がある。例えば白斑に関する遺伝子 S とその変異型の対立遺伝子 s について、遺伝子型 SS または Ss の場合は白斑が現れるが ss の場合は現れない。

問1 さび猫の現れ方が雌雄で異なることは、どのように説明できるか。さび猫の毛並みが生じるしくみを説明しなさい。

問2 さび猫の雄は通常、不妊である。このようなさび猫の雄が生じるしくみを説明せよ。また、生殖能力のある雄のさび猫が生じるとしたら、どのような原因が考えられるか述べなさい。

問3 遺伝子 S にはどのようなはたらきがあると考えられるか、答えなさい。

問4 オレンジ色、黒色、白色の三色の毛色をもつ猫は「三毛猫」と呼ばれる。本文中の表記に従って野生型対立遺伝子をアルファベット大文字、変異型対立遺伝子をアルファベット小文字で表し、三毛猫の遺伝子型を示せ。三毛猫を得るには、どのような毛色の親猫の交配を行えば良いか、例を述べなさい。

(第2問終わり)

植物生理学

第3問 以下の文を読み、問1～5に答えなさい。

カボチャの種子を土に播いて暗所または明所で発芽させ、生じた芽生えの形態を観察したところ、暗所と明所で生じた芽生えには大きな違いが見られた。

問1 暗所と明所で生じた芽生えを比べたとき、子葉の色や形状にはどのような違いがあったと考えられるか、そのように考えた理由も含めて答えなさい。また、それらの違いは、植物にとってどのような意味があるだろうか、利点として考えられることを推察しなさい。

問2 暗所と明所で生じた芽生えの胚軸の長さを比べると、暗所で生じた芽生えの胚軸の方が明所で生じた芽生えのものよりも長かった。これは、光によって胚軸の伸長が阻害されるためである。この光による胚軸の伸長阻害に有効な光の色と光受容体の名称を答えなさい。また、暗所で発芽させた場合には、胚軸の伸長が阻害されず、胚軸が長くなるのは植物にとってどのような意味があるだろうか、利点として考えられることを推察しなさい。

問3 暗所で生じた芽生えに光を照射すると、子葉の細胞に存在する色素体は葉緑体へと分化する。葉緑体の形態について、模式図を描いて説明しなさい。

問4 葉緑体に存在するタンパク質は、数千種類あるといわれている。そのなかに、リブロース-1,5-ビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ（ルビスコ）とプラストシアニンというタンパク質がある。これらのタンパク質は、葉緑体のどこに局在し、どのような機能を発揮するか、それぞれのタンパク質が局在する場所と機能を答えなさい。

問5 ルビスコは、大サブユニット (L) と小サブユニット (S) から構成される酵素で、L をコードした遺伝子は葉緑体ゲノム、S をコードした遺伝子は核ゲノムに存在している。プラストシアニンをコードした遺伝子は、核ゲノムに存在する。これらの遺伝子が発現してタンパク質が合成され、葉緑体の特定の場所に輸送されて機能を発揮するまでの過程について、転写、翻訳、輸送に言及しながら説明しなさい。説明のために図を用いてもよい。

(第3問終わり)

第4問 動物の組織と組織間相互作用に関する以下の文を読み、問1～3に答えなさい。

動物の「組織」に関する知識と研究は、動物の構造や機能、発生のメカニズムの理解にとって重要である。

問1 動物組織学でいうところの「組織」はどのように定義されるか、「細胞」「器官」「個体」というキーワードを含めて解答しなさい。

問2 脊椎動物の組織のうち、上皮組織の体内における存在場所、種類、機能とその機能を果たすための細胞構造について述べなさい。

問3 動物の発生においては、組織間相互作用が重要な働きをする。ニワトリ胚について以下のような実験が行われた。

(実験) 比較的早い発生段階の胚から、成体では羽毛を生じる背中皮膚の上皮組織(表皮)を取り出して単独で培養したところ、表皮はほとんど分化しなかった。この上皮に背中皮膚の結合組織(真皮)を結合して培養したところ、上皮は羽毛をもつ上皮に分化した。同じ上皮に、成体ではうろこ(鱗)を生じる足皮膚の真皮を結合して培養したところ、表皮はうろこをもつ表皮に分化した。同じ発生段階の胚の背中から表皮を、発生段階のかなり進んだ胚から足皮膚の真皮を取り、結合して培養したところ表皮は羽毛をもつ表皮へと分化した。

(問) この実験から分かることを、発生における細胞分化と組織間相互作用、および上皮組織細胞と結合組織細胞における遺伝子発現に注目して説明しなさい。またこのような組織間相互作用に関わる分子の性質について、考えられることを述べなさい。

(第4問終わり)

第5問 動物細胞の間の情報伝達に関する以下の文を読み、問1～3に答えなさい。

多様な細胞からなる動物が発生し生きていくためには、体内における細胞間のコミュニケーションが必須である。コミュニケーションのための方法は、大きく

- 1) 細胞間の直接的な関わり合い
 - 2) イオンのような小分子の直接的なやり取り
 - 3) 伝達物質やホルモンといった情報分子の使用
- に分けられている。

問1 動物の体内で見られる細胞間の直接的な関わり合いにどのようなものがあるか？ 細胞表面に露出した膜タンパク質、あるいは接着性タンパク質や細胞外マトリックスを介するものがあることに留意し、一例を挙げて簡潔に述べなさい。

問2 細胞間の小分子の直接的なやり取りを許しているのは、細胞膜にあるどのような構造であろうか。その構造の名称とニューロンにおける働きを簡潔に述べなさい。

問3 情報分子は、多くの場合、特定の標的細胞群に作用してその機能を調節ないしは制御する。この現象についての以下の問に簡潔に答えなさい。

問3-1 なぜ情報分子は、体内の特定の標的細胞群を見つけ出せるのであろうか。

問3-2 神経伝達物質として働いている情報分子が、シナプス前膜から放出された時、シナプス後膜ではどのような電気的変化が起きて、活動電位が発生するのであろうか。

問3-3 情報分子がホルモンとして標的細胞に作用すると、標的細胞内には一連の変化（カスケードとよばれる）が起きる。その変化の中には、標的細胞からのその細胞に特有の情報分子の放出を促すものがある。どのようなカスケードが動いたのだろうか。

(第5問終わり)

植物生態学

第6問 生態ピラミッドに関する以下の文を読み、問1～3に答えなさい。

図1は、仮想的な森林の生産速度および生物量のピラミッドである。生産者の被食量は一次消費者の捕食量に相当し、食物連鎖を通じてエネルギーが移動していくが、一次消費者の被食量は生産者の純生産量の一部であるため、生産者から一次消費者へと移動するエネルギー量は少なくなる。同様に、一次消費者の被食量は二次消費者の捕食量に相当し、栄養段階が一段階進むにつれて移動するエネルギー量はさらに少なくなる。このことから、生産速度のピラミッドは、必ず上位の栄養段階が下位の栄養段階より小さいピラミッド型になる。一方、生物量のピラミッドは、一次消費者の生物量が生産者の生物量を上回る逆転したかたちになることがある。このような生物間の被食・捕食関係を起点とする食物連鎖により、各生態系におけるエネルギーの流れが特徴づけられる。

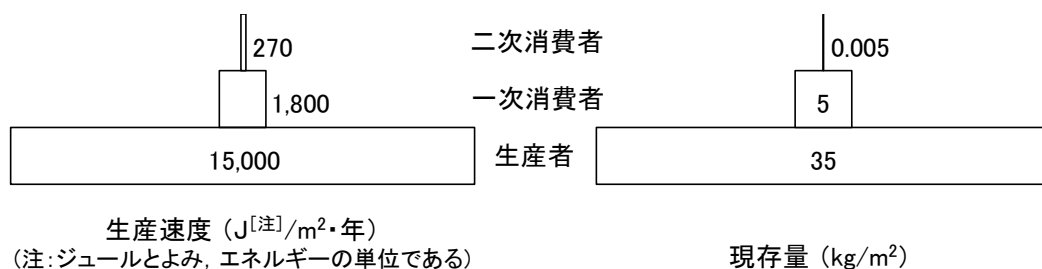


図1 仮想的な森林の生産速度および生物量のピラミッド

問1 下線部アについて、その理由を40字以内で説明しなさい。

問2 下線部イに関連して、逆転した生物量のピラミッドになる生態系の特徴について60字以内で述べなさい。

問3 図1の森林の二次消費者のエネルギー効率(%)を求めなさい。

問4 下線部ウに関連して、図2は森林と海洋におけるエネルギーの流れを模式的に描いたものである。図中の黒色の矢印は、移動するエネルギー量を示し、灰色の矢印は、一次消費者の呼吸として排出されるエネルギー量を示す。移動するエネルギー量の違いを矢印の太さで示している。森林のエネルギーの流れを模式的に描いているのはア、イのどちらか、記号で記しなさい。また、そのように考えた理由を100字以内で記しなさい。

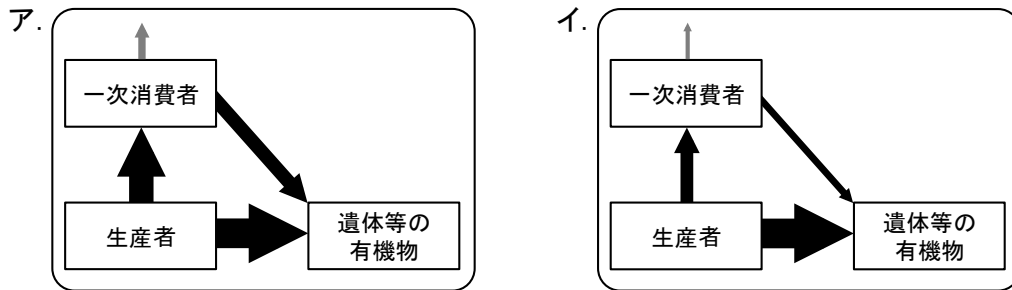


図2 森林と海洋におけるエネルギーの流れの模式図

(第6問終わり)

動物生態学

第7問 昆虫類の生態に関する以下の文を読み、問1～4に答えなさい。

昆虫類には不完全変態を行うグループと完全変態を行うグループが知られている。チョウやガの仲間は完全変態を行う。あるチョウについて、卵から孵化した幼虫を一定温度で飼育し、蛹になるまでの日数（つまり幼虫期間）を調べた。その結果を表1に示す。孵化した幼虫は2mg、蛹になる直前の幼虫は502mgであった。蛹から羽化したこのチョウの成虫はよく目立つ色（全体が赤く、前翅の先端に黒い帯模様がある）をしており、体内に有毒物質を含む。昆虫類を好んで捕食する鳥がこのチョウの成虫を食べると吐き出してしまう（苦痛を伴う）。そのため、その鳥は学習によってこのチョウの成虫を二度と食べなくなる。

表1. あるチョウの幼虫の一定温度での飼育結果.

| 飼育温度 (°C) | 幼虫期間 (日) | 幼虫の成長速度 |
|-----------|----------|---------|
| 15 | 100 | (ア) |
| 20 | 50 | (イ) |
| 25 | 33 | (ウ) |
| 30 | 25 | (エ) |

問1 同じ生息地に、このチョウにベイツ型擬態をするA種とミュラー型擬態をするB種が棲んでいる。A種とB種それぞれについて、成虫の翅の特徴（色や模様）と鳥に対する毒性について説明しなさい。

問2 表1における各飼育温度での幼虫の成長速度(ア)～(エ)を計算し、単位とともに答えなさい。

問3 表1(ア～エの値も含む)から読み取れる(あるいは推測される)このチョウの幼虫の発育に関する法則性を3つ書きなさい。

問4 このチョウの孵化幼虫を、図1のように温度を変動させて飼育したとき、
 蛹になるのは (a) ~ (h) のどの時期が最も近いと予測されるか、記号で答
 えなさい。

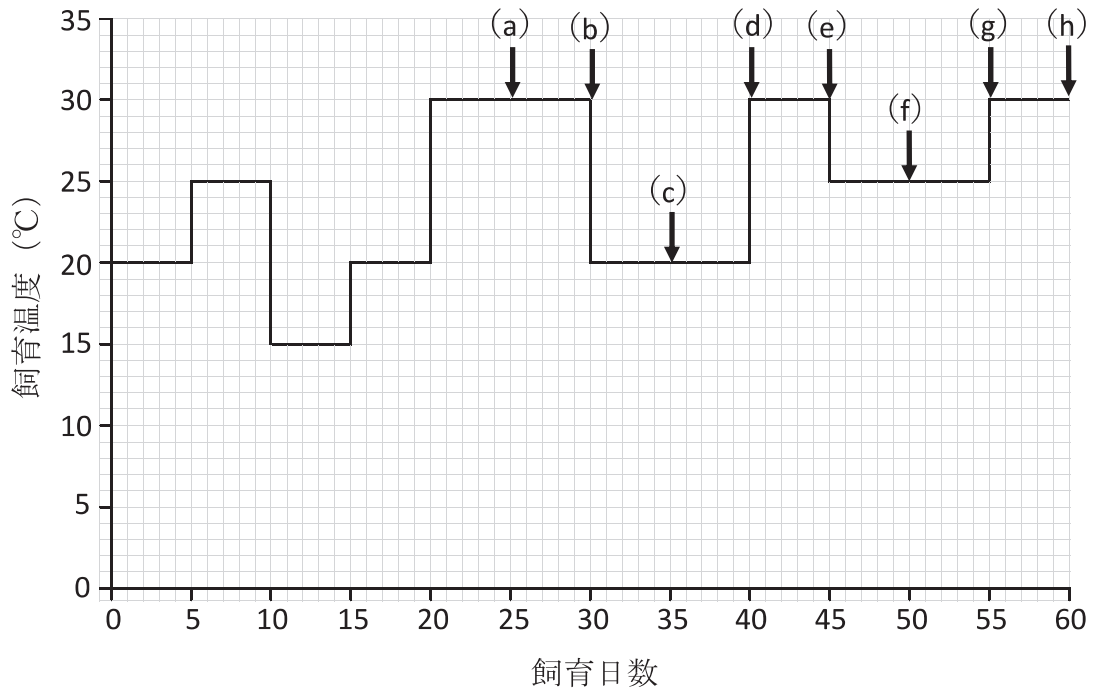


図1. 孵化幼虫の飼育を始めてからの温度の変化

(第7問終わり)

