

小論文問題についての説明

この小論文試験は、あなたの生物学の基礎知識の理解、および、論理的な思考の能力とそれを文章や模式図などで表現する能力を知ることが目的としています。問題の設定は架空です。解答にあたっては、(問題文の設定の範囲内で)自分で状況を設定して考えても、実在する生物や生命現象に基づいて考えても、どちらでも構いません。いずれの場合も、どのように考えたかを明確に表現することに留意してください。

評価にあたっては、受験生一人一人の経歴や志望研究分野による問題の難易度の違いを考慮します。

なお、前の問題が解けなくても後の問題が解けることがあります。

以下の問題文を読み、問1～5に答えてください。

- ※ 必要に応じて、模式図や表などを効果的に用いることが推奨されます。
- ※ 複数解答が求められているときには、できるだけ異なった観点からの解答が望まれます。
- ※ 解答は解答用紙の指定のスペースからはみ出さないように鉛筆で記述してください。
- ※ 解答の準備のために、配布のメモ用紙を使用することが出来ますが、メモ用紙に記載の内容は評価に使用されません。解答は必ず解答用紙に記載してください。

ある海洋多細胞生物 A は、生まれたときの体色は無色ですがその後黒色に変化します。生物 A の個体は一度黒色になると二度と無色には戻りません。

三島さんは、生物 A の体色が変わる仕組みに興味を持ちました。そこで、生物 A について以下 3 つの実験を行いました。実験 1-3 には、すべて遺伝的に均一な個体群を用いました。

実験結果 1 生物 A を二つのグループに分けました。ふ化後、片方のグループを連続照明下で、もう片方のグループを暗黒下で飼育しました。その結果、照明下で飼育した全ての個体は黒色となりましたが、暗黒下で飼育した個体はすべて無色のままでした。

実験結果 2 生物 A の個体全体ではなく、個体の任意の一部のみに長時間光を当てるだけでも個体全体が黒色になることがわかりました。

実験結果 3 実験 1 で光を当てて黒色になったある個体の体液を、光を当てていない複数の個体に接種したところ、その後光照射してもしなくても全ての個体が黒色になりました。実験 1 の他の黒色個体の体液を使って実験を繰り返しましたが、同じ結果が得られました。

問1 これらの結果に基づいて、生物 A が黒色に変化する簡潔なメカニズムを、模式図を用いて提案して下さい。また、そのメカニズムが実験結果 1 から 3 の結果をどのように説明できるのか述べてください。

三島さんは生物 A において体色が変わる仕組みをさらに調べるために、生物 A を変異原処理し、光照射しても体色が無色のままになる変異体を 2 系統（変異体 W と変異体 X）得ました。

次に変異体 W と変異体 X に、光照射下で飼育した野生型(変異原処理していない個体)の体液、または暗黒下で飼育した野生型の体液を接種し、その後光照射下で飼育した後、その体色を調べました。その結果を表 1 に示します。

表 1

	光照射下での体色	
	変異体 W	変異体 X
光照射下で飼育した野生型の体液	黒	無色
暗黒下で飼育した野生型の体液	無色	無色

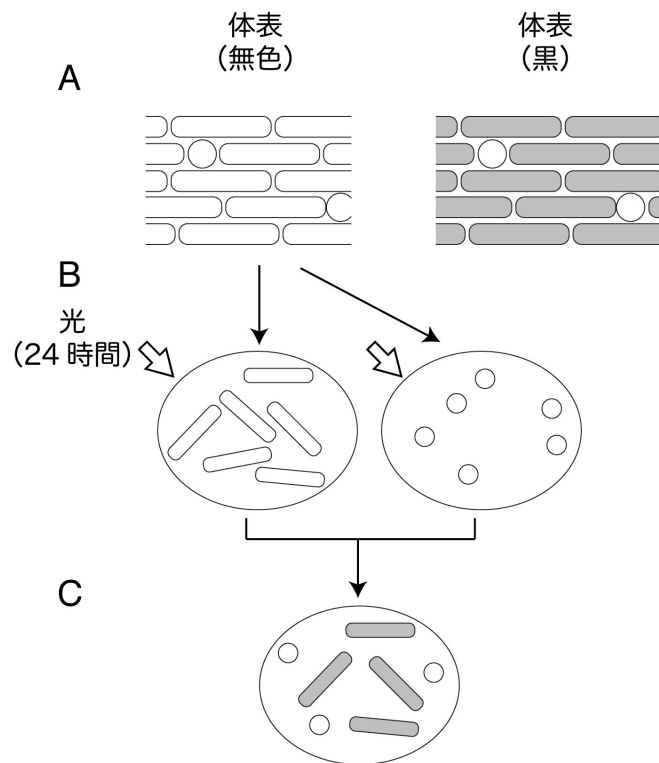
問2 変異体 W および X では、あなたの提案した体色変化メカニズム（問 1 の解答）のどの部分に異常が生じたと予想されますか。変異の影響を模式図を用いて説明して下さい。もしうまく説明できない場合には、表 1 の結果を説明できる体色変化メカニズムの修正版を提案してから解答して下さい。

生物 A の野生型の体表を顕微鏡で観察したところ、体表は丸い細胞と長方形の細胞からなっており、黒色個体では長方形の細胞のみが黒色になっていることがわかりました（図 1 A）。

丸い細胞と長方形の細胞の機能を調べるために、無色個体の体表細胞を丸い細胞のみの集団と長方形細胞のみの集団にわけ、それぞれ無色個体の体液中に入れて暗黒下で培養しました。

次に、それぞれの細胞培養に 24 時間光を照射しましたが、どちらの細胞も無色のままでした（図 1 B）。しかしながら、光照射後の両方の細胞を混ぜ合わせたところ、長方形細胞が黒色になりました（図 1 C）。

図 1



問3-1 図1に示す結果から予想される、丸い細胞と長方形細胞の体色変化における役割を、模式図を用いて説明して下さい。

三島さんは、さらに生物 A の変異体スクリーニングを進め、光を照射しなくても黒色になる変異体 Y と変異体 Z を得ました。それぞれ暗黒下で飼育した変異体から体液を採取し、無色の野生型に接種し暗黒下で飼育したところ、表 2 に示す結果が得られました。

表 2

体液を採取した個体*	体液を接種した後の野生型の体色**
変異体 Y	黒
変異体 Z	無色

*体液は暗黒下で飼育した変異体から採取した。

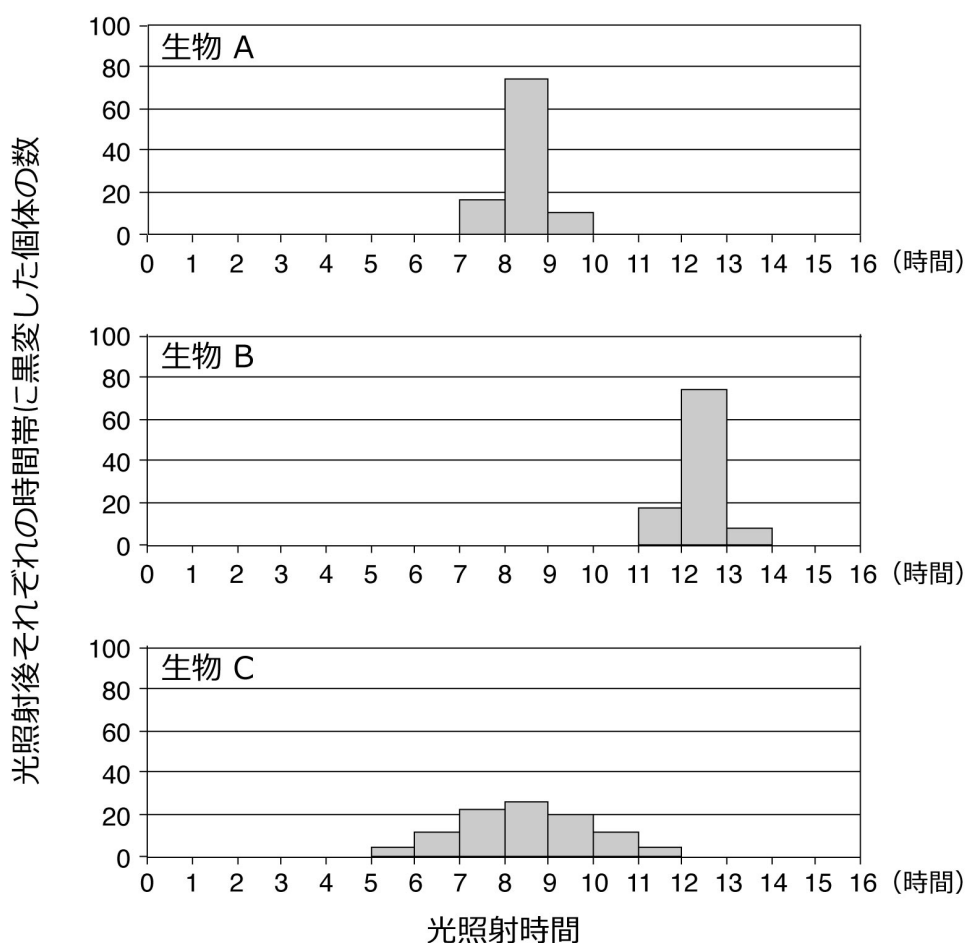
**暗黒下で飼育した野生型に体液を接種し、その後も暗黒下で飼育した。

問3-2 表2に示す結果から、変異体YおよびZでは、あなたの提案した体色変化メカニズムにどのような異常が生じていると予想されますか。問3-1の解答で述べた、丸い細胞と長方形細胞の役割に着目して解答してください。

問3-3 野生型と変異体の体液、それぞれの丸形細胞、長方形細胞を実験材料として用意しました。問3-2で解答した変異Yおよび変異Zが体色変化メカニズムに与える効果を確認するための実験方法を述べて下さい。またどのような結果が、あなたの仮説を支持するか、または支持しないかも述べて下さい。必ずしもすべての実験材料を用いる必要はありません。

海洋多細胞生物AにはB及びCという近縁種があります。三島さんは、それぞれ100個体をふ化直後から光照射し、体色変化（無色から黒色）に要する時間を調べました。その結果を図2に示します。

図2



問4-1 図2のグラフに示される結果の主な特徴（種間の類似点と相違点）を文章で説明してください。

問4-2 生物A、B及びCにおける体色変化に要する時間の違いは、それぞれの生物の生育環境における生存戦略とどのような関連があると考えられますか。仮説を述べて下さい。実験室内において体色変化に要した時間分布（図2）は、自然界における時間分布を反映していると考えて解答して下さい。

問5 海洋多細胞生物A、BおよびCにおける体色変化現象に関する研究を提案して下さい。上記のどのトピックや知見に基づいた研究でも構いません。また、生物A、BおよびCのうち複数に関する研究でも、どれか一種のみに関する研究でも構いません。研究のタイトル、目的、実験方法、得られる結果と考察について記述して下さい。

Instructions:

This examination is aimed at measuring your creativity, your abilities in logical thinking and writing (including drawing schematics), and your basic knowledge in biology. The setting of the question is basically imaginary. You are free to choose experimental settings unless they are described, but please describe your settings clearly in the answer sheet.

When we evaluate the answers, we will take your research background and future research interests into consideration.

Even if you cannot answer a given question (or a part of a question), you may be able to answer subsequent questions (or subsequent parts of a question).

Read the following story and answer Questions 1 to 5.

- * *Effective use of schematics and/or tables is highly recommended.*
- * *When multiple answers are requested, answers from different angles are preferable.*
- * *Please write and draw your answers within the assigned spaces in the answer sheet by pencil.*
- * *You may use the provided scratch paper for your own notes but only material in the assigned spaces will be evaluated.*

Marine multicellular organism A is colorless at birth but its exterior turns black during development and remains so through adulthood.

Dr. Mishima became interested in the mechanism of body color change of organism A. She performed three experiments described below. All individuals used in the experiments were genetically identical.

Experimental result 1 Organism A individuals were split into two groups. One group was kept under continuous light and the other group was kept in complete darkness after hatching. All individuals kept in the light turned black but all individuals kept in the dark remained colorless.

Experimental result 2 When only a portion of the body, rather than the whole body, was illuminated for a long time, the whole body of organism A individuals turned black.

Experimental result 3 The body fluid was collected from a black individual from Experiment 1. This body fluid was injected into a large number of newly hatched individuals. All injected individuals became black in both the light and the dark conditions. Then, this experiment was repeated for the body fluids of all black individuals from Experiment 1. The results were same as above.

Q1 Based on the results, propose a simple mechanism of the body color change from colorless to black in organism A. Please use schematics (diagrams) to indicate how your mechanism explains the results of experiments 1, 2, and 3 above.

To further examine the mechanism of body color change in organism A, Dr. Mishima mutagenized organism A and obtained two mutant lines (mutants W and X) in which the body remains colorless even when illuminated.

The body fluid of wild type (unmutated) organism A (either illuminated or kept in the dark) was injected into mutants W and X, respectively. The injected individuals were illuminated and then their body color was observed. The results are shown in Table 1.

Table 1

	Body color of mutants after illumination	
	Mutant W	Mutant X
Body fluid of the illuminated wild type	black	colorless
Body fluid of the wild type kept in the dark	colorless	colorless

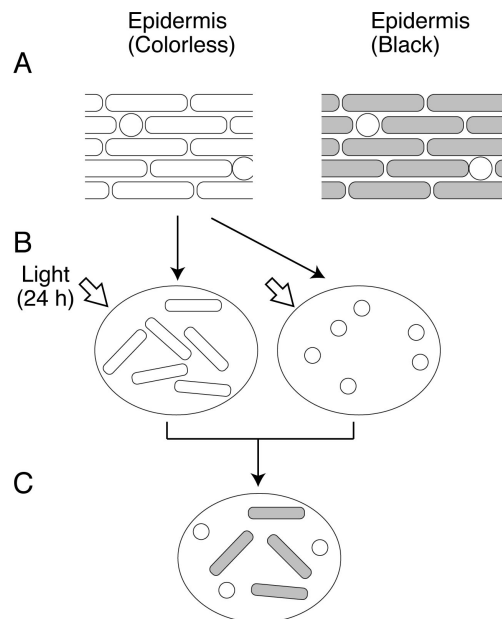
Q2 Please explain which parts of the mechanism you described above (your answer to Q1) are impaired by mutation W and mutation X. Please use schematics to explain the effects of the mutations. If you can not explain the effects of mutations based on the mechanism (your answer to Q1), please propose a modification of your model so that it can account for the findings in Table 1 and then describe your answer.

Microscopy of the epidermis (outer skin cells) of the wild type revealed a mixture of round and rectangular cells. In black individuals, only rectangular cells are pigmented (Fig. 1A).

In order to examine the functions of the round and rectangular cells, individual cells of colorless individuals of the wild type were separated. Then, the separated round and rectangular cells were incubated, respectively, in the body liquid of the colorless wild type in the dark.

When the respective cell cultures were illuminated for 24 hours, the cells stayed colorless (Fig. 1B). However, when the illuminated round and rectangular cell cultures were mixed, the rectangular cells turned black (Fig. 1C).

Figure 1



Q3-1 Based on the results shown in Fig. 1, explain the functions of the round and rectangular cells, respectively, in the body color change of organism A. Please use schematics in your explanation.

Dr. Mishima further screened body color mutants of organism A and found two mutants (mutants Y and Z), in which the epidermis turns black without illumination. The mutants Y and Z were grown in the dark. Their body fluid was collected and injected into colorless wild-type individuals. The injected individuals were kept in the dark and their eventual colors are shown in Table 2.

Table 2

Mutant from which body fluid was collected*	Body color of injected wild type**
Mutant Y	Black
Mutant Z	Colorless

*Mutant individuals were kept in the dark prior to body fluid collection.

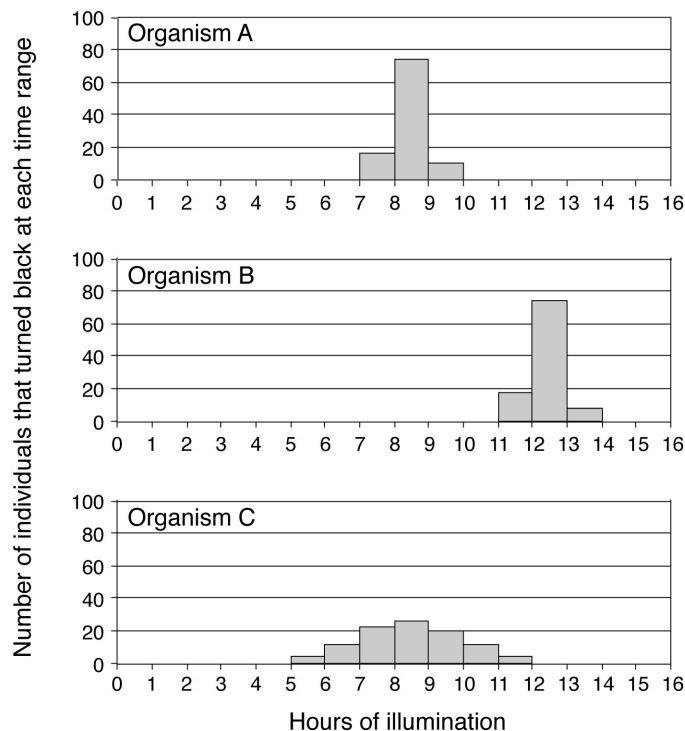
**Wild-type individuals were kept in the dark prior to, and following, injection.

Q3-2 Based on the results shown in Table 2, explain how the mutations Y and Z impaired the mechanism of body color change you proposed above. In your explanation, please focus on the functions of the round and rectangular cells described in your answer to Q3-1.

Q3-3 Body fluid, round cells and rectangular cells were collected from wild-type individuals as well as from mutant Y and Z individuals. Using this material, propose an experiment(s) to test your explanation in Q3-2 for the effects of the mutations. Please briefly indicate how the results of your proposed experiment(s) will support/refute your hypothesis. [Note that you do not have to use all of the collected material in your experiments.]

Organisms B and C are marine species closely related to organism A. Dr. Mishima collected individuals of these species and conducted light exposure experiments to test for differences in pigmentation timing. 100 individuals of each species were exposed to light upon hatching and the time till onset of pigmentation was measured. The result is shown in Fig. 2.

Figure 2



Q4-1 Please briefly describe in words the main findings of this experiment (similarities and differences among species) shown in Fig. 2.

Q4-2 Please provide hypotheses for how the pigmentation timing patterns of organisms A, B, and C are related to the survival of each species in its respective natural environment. You can assume that the timing patterns in the laboratory (shown in Fig. 2) are identical to timing patterns in the natural environments of the organisms.

Q5 You are asked to conduct research related to the body color changes of organisms A, B, and/or C. You can focus on any topic or finding described above. Please construct a proposal that includes the following parts: “title of research”, “research aims”, “outline of experiments/analyses” and “expected results and conclusions”. Note that the proposed research may focus on any of the organisms, or combination of organisms, described above (A, B, and/or C).

解答用紙： 受験番号

氏名

以下に各問を簡単に記載してありますが、必ず問題用紙の情報に基づいて解答して下さい。

問1 生物Aが黒色に変化する簡潔なメカニズムを、模式図を用いて提案して下さい。また、そのメカニズムが実験結果1から3の結果をどのように説明できるのか述べてください。

解答用紙： 受験番号

氏名

問2 変異体 W および X では、あなたの提案した体色変化メカニズム（問1の解答）のどの部分に異常が生じたと予想されますか。変異の影響を模式図を用いて説明して下さい。もしうまく説明できない場合には、表1の結果を説明できる体色変化メカニズムの修正版を提案してから解答して下さい。

解答用紙： 受験番号

氏名

問3-1 図1に示す結果から予想される、丸い細胞と長方形細胞の体色変化における役割を、模式図を用いて説明して下さい。

問3-2 表2に示す結果から、変異体YおよびZでは、あなたの提案した体色変化メカニズムにどのような異常が生じていると予想されますか。問3-1の解答で述べた、丸い細胞と長方形細胞の役割に着目して解答して下さい。

解答用紙： 受験番号

氏名

問3-3 問3-2で解答した変異Yおよび変異Zが体色変化メカニズムに与える効果を確認するための実験方法を述べて下さい。またどのような結果が、あなたの仮説を支持するか、または支持しないかも述べて下さい。

解答用紙： 受験番号

氏名

問 4-1 図 2 のグラフに示される結果の主な特徴（種間の類似点と相違点）を文章で説明してください。

問 4-2 生物 A、B 及び C における体色変化に要する時間の違いは、それぞれの生物の生育環境における生存戦略とどのような関連があると考えられますか。仮説を述べて下さい。実験室内において体色変化に要した時間分布（図 2）は、自然界における時間分布を反映していると考えて解答して下さい。

問5 研究提案

タイトル：

目的：

実験方法：

得られる結果と考察：

Answer sheet : Number

Name

Note that the exam questions are only briefly summarized in the answer sheet. Please be sure to read the exam for the full information and questions.

Q1 Simple mechanism of the body color change from colorless to black in organism A. Please use schematics (diagrams) to indicate how your mechanism explains the results of experiments 1, 2, and 3 in the text.

Answer sheet : Number

Name

Q2-1 Please explain which parts of the mechanism you described above (your answer to Q1) are impaired by mutation W and mutation X. Please use schematics to explain the effects of the mutations. If you can not explain the effects of mutations based on the mechanism (your answer to Q1), please propose a modification of your model so that it can account for the findings in Table 1 and then describe your answer.

Answer sheet : Number

Name

Q3-1 Based on the results shown in Fig. 1, explain the functions of the round and rectangular cells, respectively, in the body color change of organism A. Please use schematics in your explanation.

Q3-2 Based on the results shown in Table 2, explain how the mutations Y and Z impaired the mechanism of body color change you proposed above. In your explanation, please focus on the functions of the round and rectangular cells described in your answer to Q3-1.

Answer sheet : Number

Name

Q3-3 An experiment(s) to test your explanation in Q3-2. Please briefly indicate how the results of your proposed experiment(s) will support/refute your hypothesis.

Answer sheet : Number

Name

Q4-1 Briefly describe in words the main findings of this experiment (similarities and differences among species) shown in Fig. 2.

Q4-2 Provide hypotheses for how the pigmentation timing patterns of organisms A, B, and C are related to the survival of each species in its respective natural environment. You can assume that the timing patterns in the laboratory (shown in Fig. 2) are identical to timing patterns in the natural environments of the organisms.

Answer sheet : Number

Name

Q5 Research Proposal

Title:

Specific aims:

Outline of experiments/analyses:

Expected results and conclusions: