

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を目的としています。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1～4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。
- ※ 解答用紙の指定のスペースからはみ出さないようにしてください。
- ※ 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。

#### 問1

三島博士は、2倍体の生物Aについて研究をしています(2倍体の生物は一对の相同染色体を持つので、同じ遺伝子を2つ持ちます。交配して子供が生まれる場合、片方の染色体はオス親由来でもう片方はメス親由来となります。)。生物Aは雌雄同体(各個体はオスおよびメス生殖器官の両方を持つ)で、1個体単独でも、また2個体の交配によっても次世代の個体が生まれます。また、生後1か月で次の世代が生まれるので遺伝学の研究に適しています。

生物Aは紫色をしており、その濃さは成長の過程でほぼ一定であり、またその個体差はほとんどありません。三島博士は、生物Aを維持している過程で、体色が青色の遺伝子突然変異体(青型)と赤色の遺伝子突然変異体(赤型)を得ました。青型からは何世代にもわたって青色の個体のみが、赤型からは何世代にもわたって赤色の個体のみが生まれました。これらの変異体では、それぞれ、ある遺伝子に変異が生じ、その遺伝子が機能しなくなっています。

青型と赤型を交配して生じた次世代の雑種( $F_1$ )は、再び野生型同様に紫色になりました。

野生型の体色(紫色)がどのように生じているのか、考えられる機構を一つ挙げ、その機構がどのように上記の結果と一致するのか説明してください。

**問2**

三島博士は、青型と赤型の雑種  $F_1$  同士を交配してみました。すると、得られた次世代 ( $F_2$ ) には、紫色、赤色、青色に加え、新たに黄色の個体が含まれていました。得られた  $F_2$  世代 64 個体の内訳は以下の通りでした。

紫色：35 個体

青色：12 個体

赤色：13 個体

黄色：4 個体

三島博士は、黄色の個体を黄型と名付けました。黄型の個体からは、何世代にもわたって黄色の個体のみが生まれました。そこで、体色の遺伝様式を解析しようと思い、問1で得た青型、赤型及び黄型を交配し、そこから生まれた雑種の体色を調べました。その結果を表1に示します。

表1

	青型	赤型	黄型
青型	青色		
赤型	紫色	赤色	
黄型	青色	赤色	黄色

(2-1) これらの結果に基づいて、体色の遺伝様式を説明してください。説明では、 $F_2$  における体色の分離比と表1の結果を考慮し、遺伝子型（変異した遺伝子）と体色の関係も述べてください。

(2-2) 野生型の体色（紫色）が生じる生化学的経路を模式図で示してください。さらに、青色、赤色及び黄色の個体がどのようにして生じたのか示してください。

**問3**

三島博士は、問2で得られた黄型集団を大規模に維持している過程で、体色が白色の遺伝子突然変異体（白型）を見つけました。白型からは何世代にもわたって白色の個体のみが生まれました。体色の遺伝の仕組みを解析するために、白型、青型、赤型及び黄型を交配し、次世代の雑種 ( $F_1$ ) の体色を調べました。

その結果を表2に示します。なお、白型は黄型の突然変異によって生じたことに留意してください。

表2

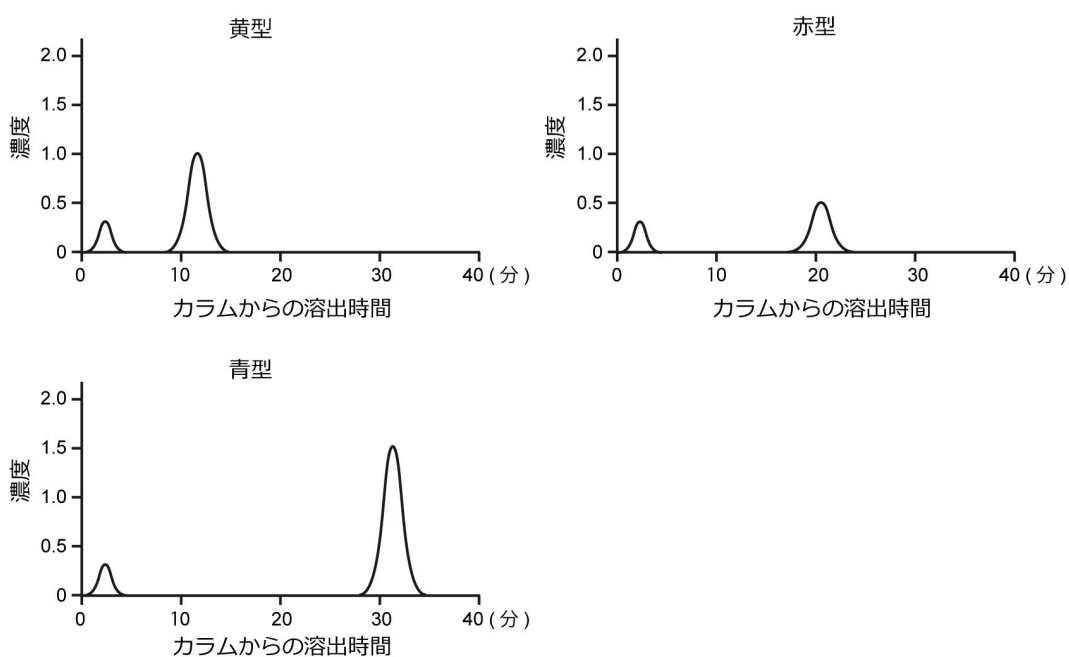
	青型	赤型	黄型	白型
青型	青色			
赤型	紫色	赤色		
黄型	青色	赤色	黄色	
白型	薄い青色	薄い赤色	薄い黄色	白色

(3-1) この結果から予想される体色が生じる生化学的経路を、(2-2)の解答に加えた形で書いてください。

(3-2) (3-1)で、表2の結果に基づいて経路を修正した理由を述べてください。

三島博士は、同重量の黄型個体、赤型個体及び青型個体から、それぞれ体色成分を抽出し、カラムクロマトグラフィーにより分離しました（本手法では、化学物質がその性質に応じて異なった時間にカラムから溶出されます。）。その結果を図1に示します。

図1



(3-3)以下の個体の体色成分を上記と同様に調べた場合の結果を予想し、図に書いてください。掛け合わせの親として使用するのは、何世代にもわたって同じ体色を示す変異体です。

①白型個体

②青型と赤型の掛け合わせによる  $F_1$  個体（紫色）

③青型と白型の掛け合わせによる  $F_1$  個体（薄い青色）

(3-4) (3-1) で予想した体色が生じる経路を検証するためには、どの様な実験をすれば良いでしょうか。検証可能な主に分子遺伝学的な手法を用いた方法と、それとは独立に検証可能な主に生化学的手法を用いた方法を、それぞれ記述してください。それぞれの方法による検証において、どの様な結果が仮説を支持するか、または支持しないかも簡潔に述べてください。

#### 問4

(4-1)生物 A 野生型の体色（紫色）は、生物 A の自然界における生存においてどのような生物学的意義を有しているのでしょうか。あなたが思いつく仮説を二つ述べてください。

(4-2)それらの仮説を検証するためにはどのような研究を行えばよいでしょうか。二つの仮説について、それぞれ研究方法を述べ、さらにどの様な結果が仮説を支持するか、または支持しないかを簡潔に述べてください。

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 4.**

\* 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.

\* You may use the provided scratch paper for your own notes but only material in the assigned spaces will be evaluated.

#### **Question 1**

Dr. Mishima is studying the diploid organism A (Note that diploid organisms have two sets of homologous chromosomes and thus two sets of genes. By biparental reproduction, one set of chromosomes originates from the father and the other originates from the mother.). Organism A is a hermaphrodite (individuals possess both male and female reproductive organs) and can produce offspring by both uniparental and biparental reproduction. Organism A produces a population of the next generation about one month after birth and thus is suitable for genetic studies.

Wild-type organism A exhibits a purple body color and the intensity of the color is almost constant during development and among individuals.

During cultivation of the wild type, Dr. Mishima found a mutant “blue-type” which exhibits blue body color, and a mutant “red-type” which exhibits red body color. Both strains are “true-breeding”, that is, all crosses among blue-type individuals yield 100% blue offspring and all crosses among red-type yield 100% red offspring. You can assume that the genetic changes underlying the red-type and blue-type phenotypes are loss of function mutations.

In addition, crosses between blue-type and red-type yield all offspring (in the F<sub>1</sub> generation) with a purple color similar to the wild type.

Describe a possible mechanism that produces purple color of the wild-type organism A. Please explain how your mechanism is consistent with the information given above.

**Question 2**

Two individuals of  $F_1$  offspring from the blue-type $\times$ red-type cross were crossed to each other to produce the next generation ( $F_2$ ). In the  $F_2$  population, Dr. Mishima found some yellow individuals as well as purple, blue, and red.

The phenotypes of 64  $F_2$  individuals were as follows.

Purple: 35

Blue: 12

Red: 13

Yellow: 4

Yellow-types from the  $F_2$  generation are also true-breeding; yellow-type $\times$ yellow-type crosses give 100% yellow offspring. In order to examine inheritance of color, Dr. Mishima performed a number of crosses among true-breeding blue-, red- (described in Question 1), and yellow-types and examined offspring body colors. The results are shown in Table 1.

**Table 1**

	blue-type	red-type	yellow-type
blue-type	blue		
red-type	purple	red	
yellow-type	blue	red	yellow

(Q2-1) Based on these results, please explain the patterns of inheritance of color types.

Your explanation should include the genotypes (mutated genes) underlying the color phenotypes and should address the data given in Q2 (the  $F_2$  phenotypic ratios and the data shown in Table 1).

(Q2-2) Please propose a biochemical pathway diagram that generates the wild-type body color of the organism A. Please indicate how your diagram explains the blue, red, and yellow mutant phenotypes from the questions above.

**Question 3**

During cultivation of a large population of yellow-type, Dr. Mishima found a white offspring, which will be referred to as white-type. This mutant is true-breeding; white-type $\times$ white-type crosses give all white offspring.

In order to examine inheritance among all color phenotypes, Dr. Mishima crossed true-breeding white-, blue-, red-, and yellow-types and examined body color of the next generation ( $F_1$ ). The results are shown in Table 2. Please keep in mind that the white type appeared by a genetic mutation among the offspring of true-breeding yellow-type.

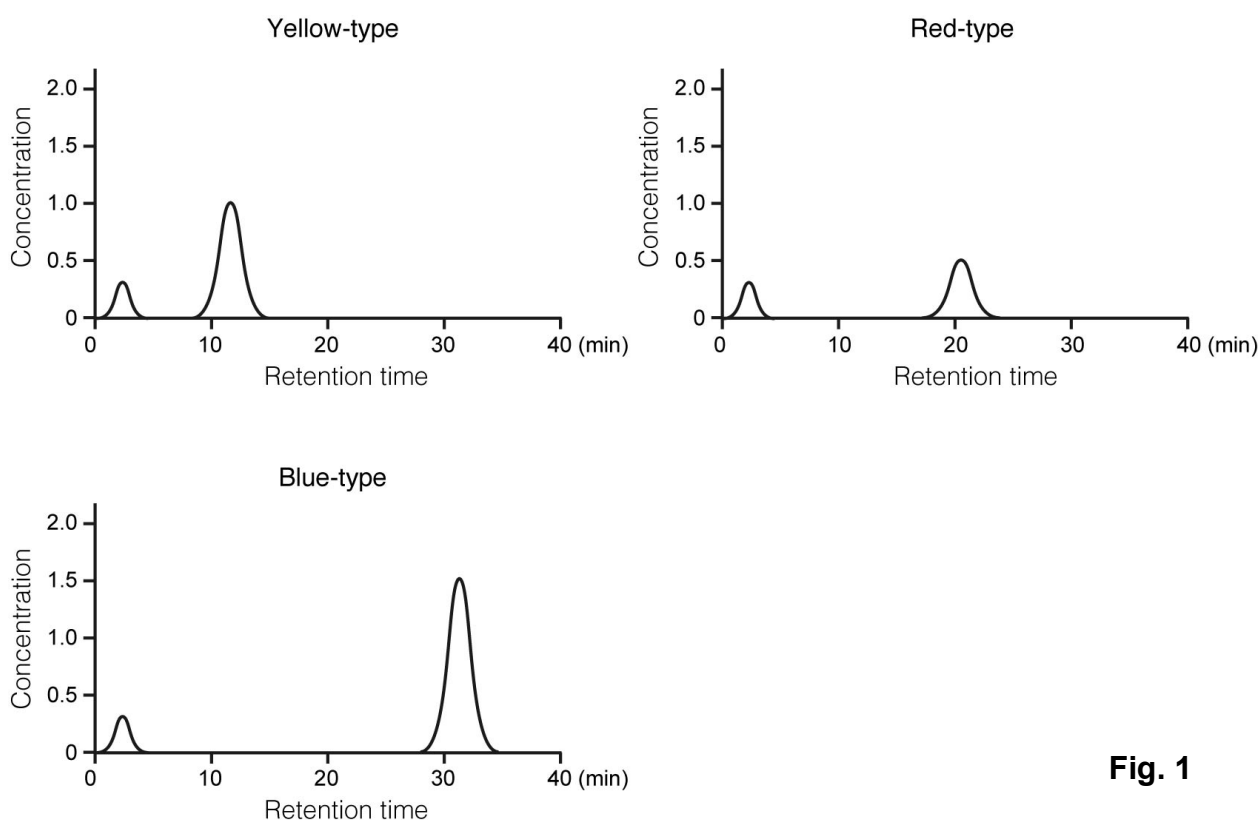
**Table 2**

	blue-type	red-type	yellow-type	white-type
blue-type	blue			
red-type	purple	red		
yellow-type	blue	red	yellow	
white-type	pale blue	pale red	pale yellow	white

(Q3-1) Based on the results, please propose a revised schematic diagram (your answer to Question 2-2) with additional pathway(s).

(Q3-2) Describe how your revision relates to the Table 2 data.

Dr. Mishima extracted pigments from the same weight of yellow-, red-, and blue-type individuals, respectively and then separated the pigments by column chromatography (different chemicals differ in “retention time” in this separation method). The results are shown in Fig. 1.

**Fig. 1**

(Q3-3)

Predict the chromatography results for:

- a) a white-type individual
- b) an offspring of blue-type×red-type
- c) an offspring of blue-type×white-type

You can assume that all parental types are true-breeding.

Please show your answers in the graphs on the answer sheet.

(Q3-4) Please propose two experiments to test the hypothesis that you have described in Q3-1. Describe one experimental plan using a mainly molecular genetic approach and an independent plan that employs a mainly biochemical approach. Also, please briefly indicate how your proposed experiments will support/refute your hypothesis.

Question 4

(Q4-1) Please consider how the wild-type (purple) body color provides potential advantages for survival of the organism A in nature. Describe two different hypotheses.

(Q4-2) In order to test your hypotheses, what kind of study should be conducted? Briefly describe study plans for your two hypotheses from Q4-1. Please clearly explain what results would support/refute the hypotheses.



問 1 生物A野生型の体色（紫色）の生成機構

問 2 - 1 生物 A の体色の遺伝様式

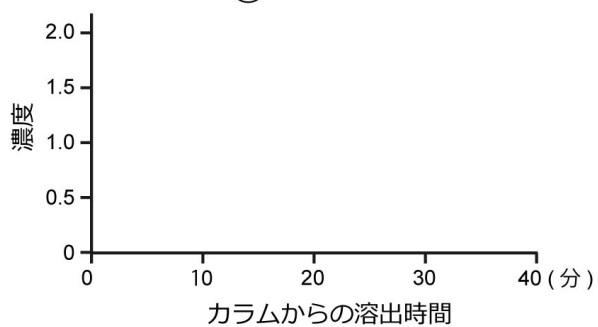
問 2 - 2 生物 A の体色が生じる生化学的経路の模式図

問 3-1 生物Aの体色が生じる経路の模式図の修正版

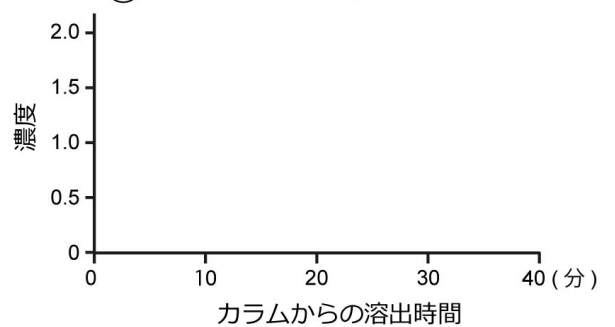
問 3-2 表 2 の結果に基づいて模式図を修正した理由

問 3-3

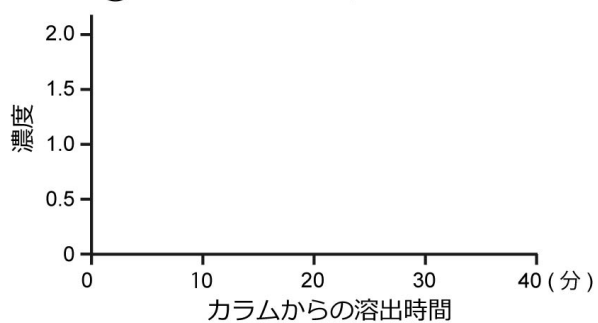
① 白型



② 青型 x 赤型 (F<sub>1</sub>、紫色)



③ 青型 x 白型 (F<sub>1</sub>、薄い青色)



解答用紙： 受験番号

氏名

問 3 - 4

分子遺伝学的な検証法

生化学的な検証法

問 4 - 1 生物 A 野生型の体色（紫色）の生物学的意義（2つの異なる仮説）

問 4 - 2 検証方法

**Answer sheet : Number**

**Name**

Q1 A possible mechanism that produces purple color of the wild-type organism A

Q2-1 The patterns of inheritance of color types

Q2-2 A schematic diagram of the biochemical pathway(s) that generates the wild-type body color in the organism A

Answer sheet : Number

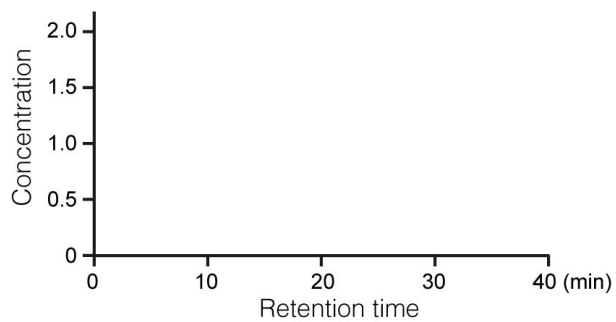
Name

Q3-1 A revised schematic diagram of the biochemical pathway(s) that generates the wild-type body color in the organism A

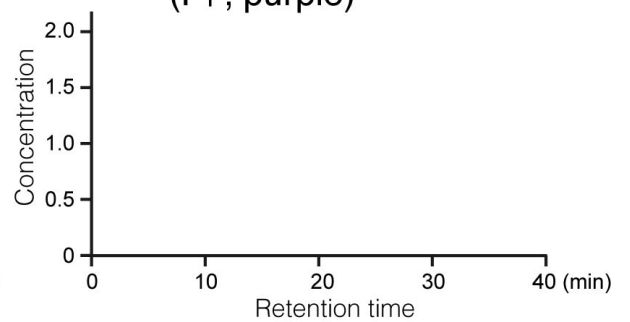
Q3-2 How your revision relates to the Table 2 data

Q3-3

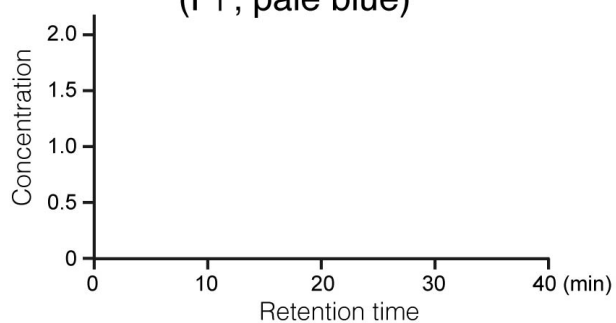
(a) White-type



(b) Blue-type x red-type  
(F<sub>1</sub> ; purple)



(c) Blue-type x white-type  
(F<sub>1</sub> ; pale blue)



**Answer sheet : Number**

**Name**

Q3-4

A mainly molecular genetic approach

A mainly biochemical approach

Q4-1 Biological significance of the purple body color in organism A  
(Two different hypotheses)

Q4-2 How to test the two hypotheses