

- ※ この問題は、あなたの創造力、論理的な思考の能力、それを文章や模式図などで表現する能力、および、生物学の基礎的知識を知ることが目的としています。設定は基本的に架空であり、記載されている事項以外は、自由に状況を設定して答えてください。ただし、どのような設定をし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。

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。
- ※ 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。
- ※ 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。

三島さんは近くの池から赤色をした単細胞生物 X を採集し、液体培地で培養して増殖させました。培養液の一部を顕微鏡で観察した結果を図 1 に示します。X の細胞内には赤色の小胞が複数含まれていることがわかりました。さらに X とは形態が異なる単細胞生物 Y も観察されました。

問 1

Y が X とは別種であるかどうかを調べる実験を 2 つ挙げてください。できるだけ異なる観点からの解答を推奨します。実験で必ずしも明確な結果が得られなくてもかまいません。

実験の結果 Y は X とは別の単細胞生物であることがわかりました。

三島さんは X と Y それぞれを単離して、別々に液体培地で増殖させました。次に新しい培養液を使い、それぞれ 50 細胞ずつを単独培養、または X と Y それぞれ 50 細胞ずつを混合して培養（共培養）しました。このときの細胞数の変化を表 1 に示します。

問 2

三島さんは、X と Y それぞれ 50 細胞ずつを単独培養して 4 日目の液を等量混合し、さらに 6 日間培養しました。共培養での X と Y それぞれの増殖を予想し、混合してからの予想される細胞数の変化を表すグラフを書いてください。X と Y が区別できるように書いてください。細胞数がわかるように軸目盛も書いてください。また、あなたの予想の理由も記述してください。（与えられた情報以外に何か仮定した場合は、どのように仮定したかも書いてください。）

図 2 に示すのは、X と Y それぞれの単独培養を顕微鏡で観察した結果です。図 1 とは異なり X の細胞には、無色の小胞が複数観察されました。三島さんは Y が細胞外に分泌する物質によって X の小胞が赤色に変化すると考えました。

問 3-1

「Y が細胞外に分泌する物質が X の小胞を赤色に変化させている」以外に、Y との共培養によって X の小胞が赤色に変化する機構の可能性を一つ挙げてください。

問 3-2

この二種類の仮説を調べる実験を記述してください。実験手順および、その結果によって、それぞれの仮説がなぜ支持または反証されるのか述べてください。

実験の結果、Y が細胞外に分泌する物質が X の小胞を赤色に変化させるという仮説が支持されました。

三島さんは、単細胞生物 X を突然変異原物質で処理し、4 種類の変異体を得ました。解析の結果それぞれ、遺伝子 *a*, *b*, *c*, *d* に変異があり、その機能が失われていることがわかりました。*a*, *b*, *c* の変異体を Y と共培養した時、および *d* の変異体を単独培養した時の表現型を図 3 に示します。

問 4-1

遺伝子 a, b, c, d の予想される機能を変異体の表現型から推察し、それぞれの遺伝子について二種類（1 と 2）の可能性を書いてください。なお、これらの遺伝子の塩基配列はまだわかっていないものとします。

問 4-2

単細胞生物 Y の存在下で、単細胞生物 X の小胞が変化する機構を提案してください。解答には必ず遺伝子 a, b, c, d の役割を含んでください（問 4-1 で提案した可能性のひとつ（1 または 2）を選んでください）。

問 5-1

Y によって X の小胞が変化する機構はこれらの生物にどのような恩恵をもたらしていると思いますか。あなたの仮説を記述してください。

問 5-2

問 5-1 で提唱した仮説について調べる実験を考えてください。また、その実験を考えた理由と、その結果によって、仮説がなぜ支持または反証されるのか述べてください。

図 1

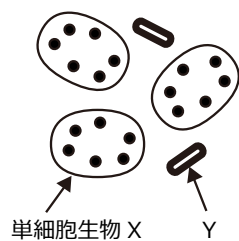


図 2

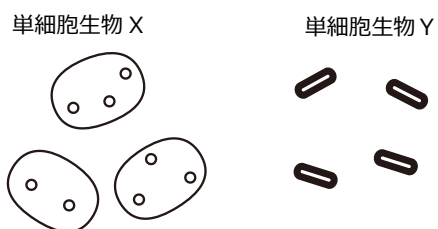


図 3

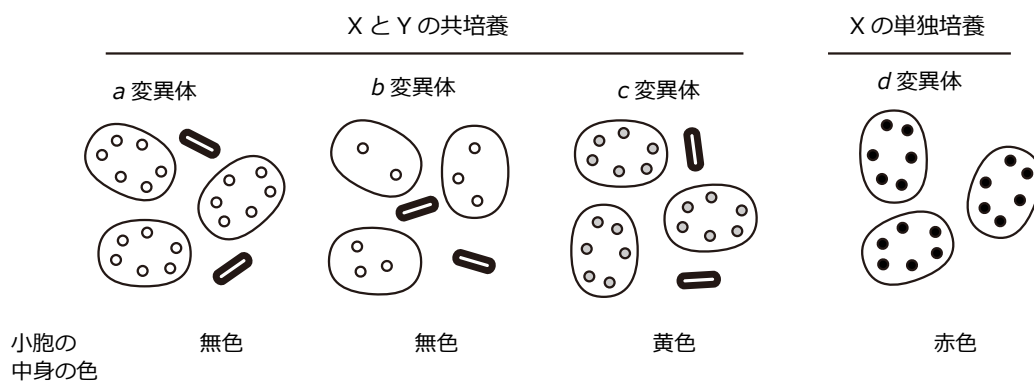


表 1

X単独培養

培養開始後の日数	0	2	4	6	8	10	12
Xの細胞数	50	60	90	135	200	300	350

Y単独培養

培養開始後の日数	0	2	4	6	8	10	12
Yの細胞数	50	70	140	280	560	1,120	1,200

XとY共培養

培養開始後の日数	0	2	4	6	8	10	12
Xの細胞数	50	80	240	720	800	800	800
Yの細胞数	50	80	240	720	800	800	800

This examination is aimed at measuring your creativity, your abilities in logical thinking and writing (including drawing schematics), as well as your basic knowledge in biology. The setting of the questions 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 backgrounds and future research interests into consideration.

The questions are not necessarily formulated in a step-by-step basis. Therefore, even if you cannot answer a given question (or 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.*

Mr. Mishima collected a unicellular organism X with red color from a nearby pond and propagated it in a liquid medium. Figure 1 shows an image of a part of the culture observed under a microscope. Mr. Mishima found that the X cells contain multiple red-colored vesicles. He also observed a unicellular organism Y whose shape is different from X.

Question 1

Please describe two different experiments that can test whether Y is a different species from X. Answers from different angles are preferable. Your experiments do not need to provide definitive results.

The results of the experiments showed that Y is a unicellular organism different from X.

Mr. Mishima isolated X and Y cells and propagated them separately in a liquid medium. Then, in a fresh medium, he cultured 50 cells of each organism separately, or 50 each of X and Y cells together (co-culture). Table 1 shows the change of cell numbers in each condition.

Question 2

Mr. Mishima first grew 50 each of X and Y cells separately for 4 days, and then mixed equal volumes of these cultures and allowed the combined culture to grow for additional 6 days. Make a prediction for the growth of X and Y in the co-culture and draw a graph showing your predicted changes of cell numbers after mixing the cultures. X and Y should be distinguished in the graph. The scale of the axis should also be indicated, so that cell numbers are recognized. Please also describe your reasoning for the prediction (including any additional assumptions beyond the information given).

Figure 2 shows images of the microscopic observations of X and Y cultured separately. In contrast to Figure 1, multiple colorless vesicles were observed in X cells. Mr. Mishima hypothesized that extracellular substance(s) secreted from Y convert vesicles in X to red.

Question 3-1

In addition to the hypothesis “extracellular substance(s) secreted from Y convert vesicles in X to red”, describe another possible mechanism for the conversion of vesicles in X to red when co-cultured with Y.

Question 3-2

Describe an experiment to test the two hypotheses above. Describe experimental procedures and how the results of the experiment support or refute each hypothesis.

Results of the experiment supported that extracellular substance(s) secreted from Y convert vesicles in X to red.

Mr. Mishima isolated 4 mutants of the unicellular organism X by treating it with a mutagen. Some analyses showed that each mutant has a mutation in a gene (*a*, *b*, *c* or *d*) that eliminates the gene function. Figure 3 shows phenotypes of *a*, *b*, *c* mutants co-cultured with Y and that of *d* mutant cultured alone.

Question 4-1

Based on the phenotypes of the mutants, describe two possible functions (1 and 2) each for genes *a*, *b*, *c* and *d*. Note that nucleotide sequences of these genes are unknown yet.

Question 4-2

Propose a mechanism that explains changes in the vesicles in X in the presence of Y. Your answer should include a role for each of genes, *a*, *b*, *c*, and *d* (please choose one of the two functions (1 or 2) you proposed in Q4-1).

Question 5-1

Propose how the vesicle conversion in X in the presence of Y might benefit these organisms.

Question 5-2

Design experiments to test the hypothesis you proposed in Q5-1. Please describe your reasoning clearly and explain what results would support or refute your hypothesis.

Fig. 1

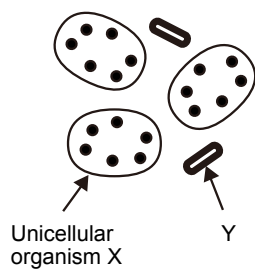


Fig. 2

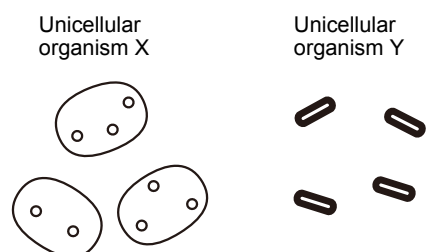


Fig. 3

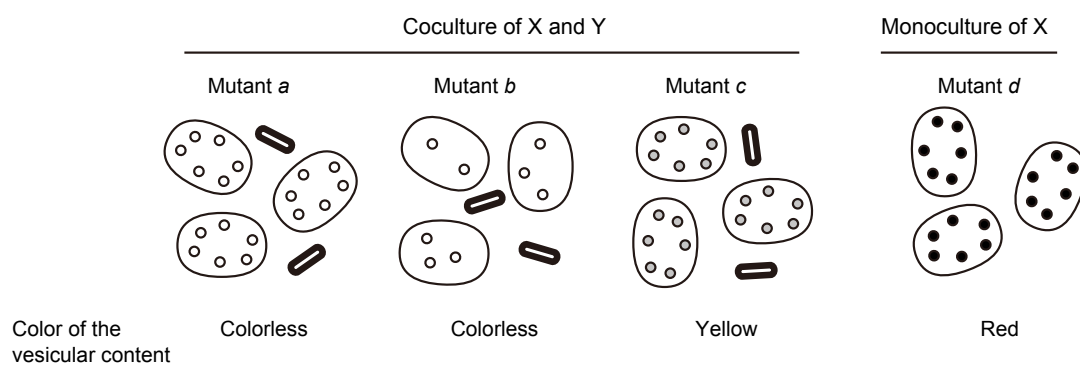


Table 1

Monoculture of X

Days after inoculation	0	2	4	6	8	10	12
Cell number of X	50	60	90	135	200	300	350

Monoculture of Y

Days after inoculation	0	2	4	6	8	10	12
Cell number of Y	50	70	140	280	560	1,120	1,200

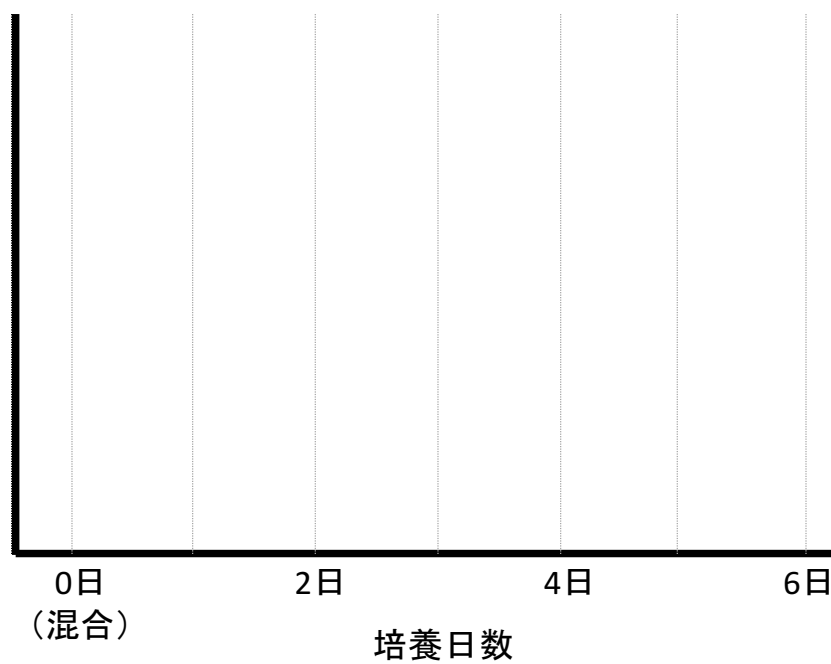
Coculture of X and Y

Days after inoculation	0	2	4	6	8	10	12
Cell number of X	50	80	240	720	800	800	800
Cell number of Y	50	80	240	720	800	800	800

問 1

問 2

細胞
数



予想の理由

問 3－1

問 3－2

問 4 -1

a の可能性 #1

a の可能性 #2

b の可能性 #1

b の可能性 #2

c の可能性 #1

c の可能性 #2

d の可能性 #1

d の可能性 #2

問 4-2 (選んだ可能性の番号に○をしてください。例 a (① 2))
 a (1 2) b (1 2) c (1 2) d (1 2)

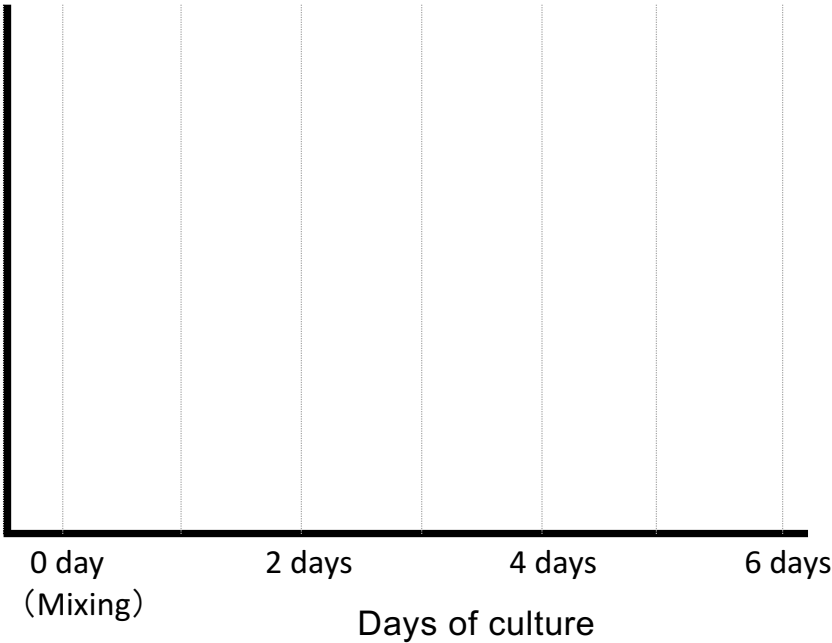
問 5－1

問 5－2

Q 1

Q 2

Cell numbers



Reasons for your prediction

Q3-1

Q3-2

Q 4-1

Possibility for a #1

Possibility for a #2

Possibility for b #1

Possibility for b #2

Possibility for c #1

Possibility for c #2

Possibility for d #1

Possibility for d #2

Answer sheet : Number

Name

Q 4 – 2 (Please circle the numbers of your choices. For example, a (① 2)) .

a (1 2) b (1 2) c (1 2) d (1 2)

Q5-1

Q5-2