

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。問題の設定には架空の部分と、実在する生物や生命現象をモデルとしている部分があります。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。

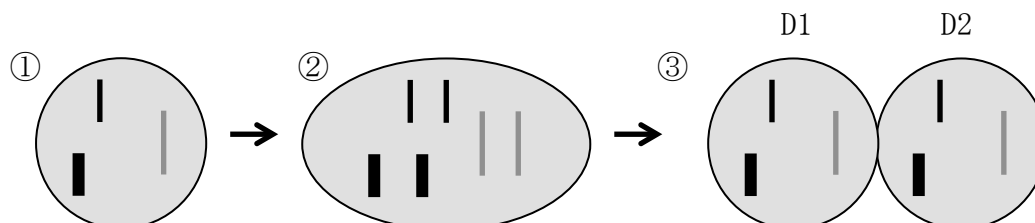
評価にあたっては、受験生一人一人の経歴や志望研究分野による問題の難易度の違いを考慮します。

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 1～6 に答えてください。

- ※ 解答では必要に応じて、模式図などを効果的に用いることが強く推奨されます。
- ※ 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期待されます。
- ※ 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。

生物 A は、3 本の染色体を持つ一倍体の単細胞生物です。この生物は、成長と分裂を繰り返しながら増殖していきます。下図のように、分裂のときには、それぞれの染色体を複製し、そのコピーを 1 本ずつ 2 つの娘細胞（D1 と D2）に分配します。



生物 A の分裂過程を示した模式図 灰色の円が細胞、内部の棒が 3 本の染色体を示す。

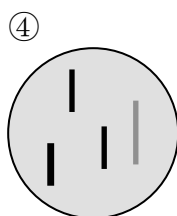
問 1-1) 生物 A は 37℃ の栄養培地中で、ある密度までは、ほぼ 2 時間に一回分裂します。三島さんは、最初 10 個の生物 A を培地中に入れ、培養をおこないました。24 時間後の生物 A の数を予想してください。

問 1-2) 最初の生物 A の個数を N_0 とした時、 t 時間後の生物 A の個数 N を計算する式（ t は正整数）を書いてください。

問2) 染色体が娘細胞 (D1 と D2) へ移動する過程において、もし、図②の6本の染色体それぞれが D1 または D2 に同じ確率で移動し、その移動は他の染色体の移動と無関係であると仮定した場合、図③のように、2つの娘細胞が正しい染色体の組を正確に1セットずつ持つ確率を計算し、計算の過程とその理由とともに回答してください。

問3-1) 複製された染色体を上図③のように2つの娘細胞に正確に分配するためには、どのような分子的な仕組みが必要でしょうか。考えられるメカニズム2種類 (I と II) を、それぞれ図を用いて説明してください。答えは、架空の仕組みでも、実際の生物が使う仕組みでもかまいません。

問3-2) 問3-1で答えたメカニズムが働いているため、生物Aの娘細胞の染色体は3本のはずですが、にもかかわらず、三島さんは、下図④のように、染色体を4本持つ細胞を少数見つけました。どうしてこのような細胞が時々生じるのか、それぞれのメカニズム (I と II) について、答えてください。



問4) 生物Aは、その遺伝情報を長い1本の染色体でなく、3本の染色体に分けて保持しています。複数の染色体を維持することにどのような利点と欠点があると考えられますか。議論してください。

三島さんは、生物Aの分裂を繰り返し観察しているうちに、細胞が必ずある大きさに達したときに分裂が起こることを見つけました。

問5) この現象がどのような仕組みで起こるのか、考えられる仮説を1つ挙げてください。(答えは、架空の仕組みでも、実際の生物が使う仕組みでもかまいません。)

問6) 問5で立てた仮説を検証するための実験をデザインしてください。また予想される実験結果によって仮説がなぜ証明または反証されるのかを説明してください。

This examination is aimed at measuring your abilities in logical thinking and writing (including drawing schematics) and your knowledge of biology. The setting of the questions contains both imaginary and existing organisms/ phenomena. You are free to choose imaginary or existing experimental settings unless they are described, but please describe your settings clearly in the answer sheet.

When we evaluate the answers, we will take research backgrounds and future research interests of each examinee 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).

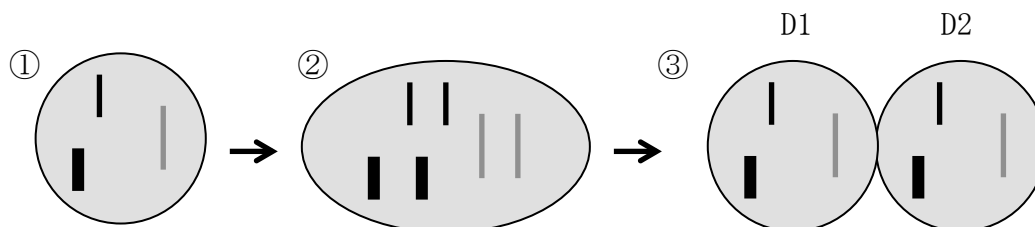
Read the following story and answer Questions 1 to 6.

** Effective use of schematics and/or tables is highly recommended in your answers.*

** 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.*

Organism A is a unicellular and haploid organism that has three chromosomes. This organism proliferates through cycles of growth and divisions. During cell division, replicated chromosomes segregate into the daughter cells (D1 and D2) as illustrated in the figure below



Schematic drawings describing a cell division of organism A. Grey circles represent cells and bars within the circles indicate chromosomes.

Question 1-1. In a culture medium with nutrients at 37°C, organism A divides approximately once in every 2 hours until it reaches to a certain concentration. Dr. Mishima started culturing 10 cells of organism A in the medium. Predict the number of A organisms after 24 hours.

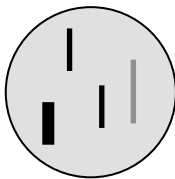
Question 1-2. Given an initial number of organisms, N_0 at the start of the culture, give a general mathematical formula to predict the number (N) of organisms after t hours (t is positive integer).

Question 2. Consider the movement of chromosomes to daughter cells (D1 and D2). Assume that each of the 6 chromosomes in the panel ②, move to either D1 or D2 with equal probability. This probability is independent of the movement of the other chromosomes. Calculate the probability that both daughter cells have the correct set of chromosomes as shown in panel ③ in the figure. Please be sure to describe your reasoning and assumptions behind your calculation.

Question 3-1. Please consider molecular mechanisms to accurately segregate replicated chromosomes into two daughter cells as shown above in panel ③. Propose two plausible mechanisms (I and II) using schematics. The proposed mechanisms may be imaginary or may be related to known processes.

Question 3-2. The mechanisms you described in Question 3-1 should give rise to organism A daughter cells with three chromosomes. Nonetheless, Dr. Mishima observed a small number of cells with 4 chromosomes as illustrated in panel ④ below. For your two proposed mechanisms (I and II), describe how such cells are occasionally produced.

④



Question 4. Organism A's genetic material is maintained on three chromosomes rather than on a single, longer chromosome. Please discuss possible advantage and disadvantage for maintaining multiple chromosomes.

While repeatedly observing divisions of organism A, Dr. Mishima found that cell divisions occur when cells reach to a certain size.

Question 5. Describe a possible mechanism for this phenomenon (again, the mechanism can be imaginary or may be related to known processes).

Question 6. Design experiments that test the hypothesis/mechanism you described for Question 5. Please explain how possible results of the experiments will support/disprove the hypothesis.

問 1 - 1

問 1 - 2

N=

問 2

問 3－1 メカニズムⅠ

メカニズムⅡ

問 3-2 メカニズム I

メカニズム II

問 4 利点

欠点

問5

問6 デザインした実験

仮説がなぜ証明または反証されるのか

Q 1 – 1

Q 1 – 2

N=

Q 2

Q 3 – 1 Mechanism I



Mechanism II

Q 3 – 2

Mechanism I

Mechanism II

Q 4 Advantage

Disadvantage

Q5

Q6 Designed experiments

How is the hypothesis supported/disproved?