

# 入試問題の傾向と対策

## 数 学

### ◆どのような問題ができるか◆

#### ▼出題の形式

枠内記入式問題と記述式問題の両方が出題されます。

#### ▼出題内容

出題範囲に含まれる単元全体から広く出題することを基本としていますので、苦手な分野がなくなるように学習しておきましょう。

### ◆出題の狙い◆

#### ▼枠内記入式問題

枠内記入式問題は、基礎事項の理解度を調べるのが目的であり、比較的簡単な計算問題が出題されず。ミスをすることなく、正確に解答しましょう。

#### ▼記述式問題

記述式問題は、高校で学習した事柄を十分に理解できているかどうかを調べるのが目的です。基本的な問題もありますが、いくつかの単元にまたがる総合的な問題も出題されます。結果に至る過程も含めて採点対象となりますから、正しく推論したり計算したりすることはもちろん、その内容を答案として正確に表現するための能力を養いましょう。

### ◆効果的な対策◆

表面的なことにとらわれず、「数学の力」そのものを伸ばすことを考えましょう。以下ではそのための指針を紹介します。

#### ▼定義を理解する

数学に登場する概念には「定義」があります。たとえば「絶対値の定義」「三角関数の定義」「対数の定義」などです。これらを正確に理解することが学習の第一歩となります。理解に曖昧さを感じたときは、必ず教科書で確認する習慣をつけましょう。

#### ▼計算力の養成

数学を学習する上で、正しく計算を行う能力は必須であり、入試でもっとも重視される部分の一つとも言えます。計算ミスが多発することに悩んでいる人も多いと思いますが、とにかく練習をたくさん行いましょう。経験を積むことにより、スピードと正確性は必ず向上します。

#### ▼推論を行う能力

計算力と同時に、「考える力」も大切で、これがもっとも差のつく部分と言えるかもしれません。実際、多くの受験生が「場合分けの必要な問題」を苦手とする傾向が見られます。場合分けを行うためには、どうしても筋道を立てて物事を考えることが必要になりますから、つますいてしまう人が多いでしょう。これを改善するためには、日頃から暗記に頼ることなく、納得できるまで考えて理解する姿勢を保つことが必要です。考えることを重視すると学習に時間がかかるように思えるかもしれませんが、最終的にはそれが一番の近道であることを忘れなてください。

#### ▼過去に出題された問題を解く

ある程度「数学の力」が備わってきたと思ったら、過去に出題された問題を解いてみましょう。実際の試験と同じように時間を計り、何も見ずに解きます。解答後は、解けたところも解けなかったところも解答例をよく読み、自分自身が納得するまで考えましょう。もしミスした箇所があれば、どのようにして間違えたのかを振り返ることが大切です。そうすることで、同じような箇所でのミスを大幅に減らすことができます。

#### ▼おすすめの参考書・問題集

数学を学習するうえで基本となるのは、なんといっても高校の教科書です。数学が得意な人は、教科書の内容を十分に理解しているものです。あれこれと参考書や問題集に手を出す前に、教科書をしっかり読むようにしましょう。また、多くの人は教科書傍用の問題集を持っていると思いますので、教科書を読むのと並行して、そちらで問題を解く練習を行うと良いでしょう。教科書と傍用の問題集を十分に消化できれば、もう入試に向けた基礎学力は十分です。あとはいろいろな出版社から出されている「入試問題集」を利用して、経験を増やしましょう。

なお、勉強を進める中で疑問が生じた場合に備えて、参考書を準備しておくのも悪いことではありません。ここではあえて特定のものを推薦したりはしませんが、評判の良い参考書はたくさんありますから、書店で実際に自分の目で見、気に入ったものを選ぶと良いでしょう。

## 英 語

### ◆どのような問題ができるか◆

#### ▼現代英語で書かれた小説・随筆・論文等に関する総合問題

英語で書かれた、まとまった内容の文章が提示され、(a) 英文の内容説明（日本語で）、(b) 主題の把握、(c) 詳細な内容理解、(d) 前置詞・イディオムなどの空所補充、などの問いが、記述式形式を含めて出題されます。

#### ▼現代英語で書かれた新聞・インターネットの記事等の単語・熟語の空所補充問題

英語で書かれた新聞記事やインターネットの記事等が提示され、文脈に合う内容の単語や熟語を空所に補充する問題が出題されます。

#### ▼文法・語法の空所補充問題

英語で書かれた文の空所に合う単語や熟語を補充する問題が出題されます。

#### ▼会話文の空所補充問題

英語で書かれた会話文の空所に合う文や表現を補充する問題が出題されます。

#### ▼英作文の問題

日本語で書かれた文（1～2文）を英語にする問題やグラフを見て、その内容を英語で説明する記述式の問題が出題されます。

### ◆出題の狙い◆

本学の英語の入試問題では、「英語の知識」だけではなく、「英語をコミュニケーションの中で使う力」を試す試験問題を出題しています。

#### ▼長文読解問題

英語の難易度は、高校の教科書レベルの内容がきちんと理解できていれば、十分に対処できるレベルで出題していますが、「つまり筆者は何を言いたいのか」「……と書いてあるが、これはどういうことか？」等、文脈を理解し、論理的に考えた上で答える問題などを多く出題しています。

#### ▼文法問題・会話文の問題・和文英訳問題

日常のコミュニケーションの中でよく使われる語彙や表現がマスターできているのかを問うています。また、文法問題や和文英訳問題では、基本的な構文、文法・語法、語彙を問う問題、会話文では応答表現などの基本的な会話表現を問う問題を出題しています。

### ◆効果的な対策◆

本学の英語の入試問題を攻略するポイントは2つです。

#### ▼英語長文の文脈を正確に、そして論理的に把握する力を養う

日頃から教科書の他にサイドリーダーやインターネットの新聞記事（簡単なもの）を読み、比較的簡単な長文の文脈把握を短時間でできるようにしておくの良い練習になります。

#### ▼基本的な構文、文法・語法、語彙および応答表現をマスターする

市販の「入試英語頻出問題集」などを繰り返し解くことを勧めます。基本的な構文、文法・語法、語彙および応答表現を暗記し、できれば、「使える」ようになっておくことが、大学入試だけでなく、それ以降も、きっと皆さんの「英語コミュニケーション能力向上」に結びつくでしょう。

# 物 理

## ◆どのような問題ができるか◆

例年、大問 4 題が出題されます。出題範囲は、「物理基礎」と「物理」の全体です。

### ▼基本的な問題

問 1 では全分野にわたる基本的な問題が出題されます。ここでは計算だけでなく、用語や法則名が問われる場合もありますので、これらを正確に覚えておく必要があります。

### ▼応用的な問題

問 2、問 3、問 4 では、それぞれ、力と運動、熱あるいは波動、電気と磁気に関する応用的な出題が行われます。通常はそれぞれの分野に分かれて出題されますが、原子分野も含めた融合的な問題となる場合もあります。

## ◆出題の狙い◆

### ▼暗記力よりも、思考力・分析力を問う問題

大学の勉強では、何よりも問題解決の能力を磨くことが重要となります。そのために必要なことは公式や断片的な知識の暗記ではなく、自分の頭で主体的にものを考えるということです。普段の勉強においても、ただ公式を暗記するのではなく、基本的、基礎的な考え方について、そのような物理的関係の成立する理由と意味を把握することが大切です（そのような勉強の方が面白いとは思いませんか。大学に入るともっと面白い勉強ができます）。

### ▼全問記述式

本学の問題では、必要な公式は既に問題文中に提示されている場合もあります。公式の暗記よりも、与えられた状況を分析する力、与えられた材料から解答を導き出す力が大切だと考えているからです。そういった力が試されていると考えてください。このような主旨から、たとえ採点に手間がかかっても、試験問題は記述式を採用しています。計算過程をチェックし、考え方と解答を見ることによって採点しています。ときにはグラフを描いたり、論述による解答を求めることもあります。

## ◆効果的な対策◆

### ▼「覚える」のではなく「理解」をする

出題範囲は「物理基礎」と「物理」の全体からとなります。出題範囲は教育課程に合わせて変わりますが、出題の意図は「問題解決の能力に繋がる考え方ができるか」を問うことにあります。したがって、単純に公式を暗記していくのではなく、式の表す意味を考えながら勉強を進めていくことが大切です。

物理は、この世界の自然現象を解き明かしていく学問です。教科書などで学んだ内容を、実際の身の回りの自然現象と照らし合わせて納得していくことで、一層理解が深まります。

このような学習に対して最も適した「参考書」は教科書と言えるでしょう。教科書をしっかりと読み込み、「覚える」のではなく、「理解」をしてください。基本的な知識の積み重ね、そしてその応用が結局は物理を勉強するための王道となります。

また物理に限らず、理科の各科目においては、数値に付随する単位の扱いにも十分に気を配る必要があります。特に、単位換算が迅速かつ正確に行えるよう、日頃から訓練しておいてください。

### ▼正確かつ迅速に解く訓練を

問題文は長いものが少なくありません。多少時間はかかりますが、落ち着いて読んでください。問題文の中に考え方のヒントが含まれている場合もあります。

各問題を順序通り解いていけば、あなたの知っている基本的な法則をもとに解答できるようになっています。有効数字が 2 ないし 3 桁の加減乗除の数値計算が求められる場合もあります。計算は手早くできるように練習をしてください。正確な解答を出すためには、日頃の訓練が重要となってきます。

### ▼丁寧な解答記入を心がける

解答を記入するときは、まず解答欄を間違えないこと、そして上手である必要はありませんが丁寧に記入することを心がけてください。誤解が生じるような書体、例えば「p」と「q」、「u」と「v」、「6」と「8」など曖昧または雑に書かれてしまうと、採点者が困ってしまうことがあります。判別できない場合は不正解となってしまうこともありますので、注意してください。

# 化 学

## ◆どのような問題ができるか◆

### ▼基礎から応用まで幅広く

各大問では、「化学基礎」・「化学」の各分野から、基礎・応用を絡めた幅広い難易度の問題が 4 題出題されます。個々の小問は教科書の基礎的な事項を問うものですが、暗記だけで答えられる問題はほとんどなく、理解と応用力が試される問題が多く出題されます。

大問全体としては複数の分野に関連する総合問題となる場合もあります。また、正答にたどり着くために基本的な計算力（加減乗除・指数・対数）が必要な問題も出題します。

### ▼解答形式は多様

問題の解答形式は、選択肢から正答を選ぶもの、語句を答えるもの、誤った語句を修正して正しい語句を答えるもの、計算過程を示すもの、構造式を書くもの、グラフや図を描くもの、など様々です。焦らず、問題文をよく読み、適切に解答しましょう。計算過程を示す問題では、受験生が「化学の考え方」を身につけているかどうかを確認しながら採点しています。

## ◆出題の狙い◆

### ▼基本原理から結果を予測する

化学を勉強する面白さは、化学の原理で身の回りの現象を説明できたり、未知の結果を予測できたりするところにあります。これは、高校で勉強する化学の範囲でも十分可能なことです。ですから、基礎的内容を総合的に組み合わせ、現象を説明したり結果を予測したりする問題も出題したいと考えています。暗記だけで答えられる問題はほとんどなく、暗記したことを正しく理解しているか、それをどのように応用できるかを試されると考えて下さい。

### ▼様々な切り口の出題も

化学は教科書の中で閉じた学問ではありません。新聞や小説など、様々な話題や文章を読む際にも、化学の知識があれば、その理解も深まります。出題の中心は基礎的な事項を確認する問題ですが、「化学は『暗記物』ではない」「化学は面白い」というメッセージを入試問題に込めたいと考えています。学校で学ぶ化学だけでなく、日頃から話題になっている内容、例えば環境問題やノーベル化学賞受賞や記事・詩・小説の内容などが、今まで習った化学とどう関連しているのかを考えるようにしてください。

## ◆効果的な対策◆

### ▼基礎的事項をおさえる

教科書の中から、分野が偏らないように出題しています。教科書の基礎的な事項を整理してしっかり理解し、さらに、応用できるようにしておきましょう。また、化学用語や化合物の化学式・構造式などの暗記すべき事項は確実に覚えましょう。特に、H~Ca と他の重要な元素の特徴や性質、化学の基本法則は必ず覚えましょう。有効数字の意味を理解し、正しい有効桁数で解答できるようにしておきましょう。

### ▼発展的項目にも目を通す

教科書に載っている発展的項目に関連した問題を出題することもあります。基礎的内容をおさえたあと、時間に余裕のある人は、発展的な項目にも目を通すと良いでしょう。

### ▼計算力を身につける

計算過程を示す問題がいくつか出題されます。解答導出の過程を簡潔に示すための訓練が必要です。計算問題では、必要な数値を整理して分数計算にすると、より簡単に計算できるよう配慮している場合が多いです。ただし、有効数字 3 桁程度の掛け算・割り算が必要な場合もありますので、計算にも慣れておきましょう。また、指数の計算や対数の性質についても、基礎的な部分を確認しておきましょう。

### ▼おすすめの問題集

まずは、手元の教科書をよく読み、例題や練習問題を確実に解けるようになります。そして、工学院大学の過去問題集を入手して、解いてみましょう。まずは実際の試験と同じように時間を計って、何も見ずに解いてください。解答後は、解けたところも解けなかったところも解答例をよく読み、自分自身が納得するまで考えましょう。

# 生 物

## ◆どのような問題ができるか◆

### ▼解答方式は多様

「生物基礎」・「生物」の各分野から、例年 4 題が出題されます。問題の解答形式は、適切な語句を答えるもの、選択肢から正答を選ぶもの、説明するもの、計算過程を示すものなど様々です。生物の教科書に出てくる化合物の化学式や化学反応式、細胞のスケッチ、あるいは DNA、タンパク質やペプチドなどの構造の模式図を書かせる問題、また、グラフを描かせたりする問題も出題されました。

問題文をよく読み、適切に解答しましょう。

## ◆出題の狙い◆

### ▼基礎力の定着度が試される

「生物学」の基礎を学習できているかを問うことが基本方針で、「生物基礎」および「生物」の全分野にわたる基礎的な問題が偏らないよう出題されます。多くの問題は教科書の基礎的な事項を問うものですが、複数の内容が併せて出題される場合や、発展的な内容を一部扱う場合があります。教科書をしっかりと理解しておくことは必須です。また、新聞などで取りあげられる生物関連の話題についても日頃から注意しておきましょう。

用語を指定して、100～200 字程度で説明する問題も出題されます。論理をきちっと追えるような文章を書く準備、心構えが必要です。

## ◆効果的な対策◆

### ▼広範かつ正確な知識を身につける

本学の試験科目「生物」は先進工学部の「生命化学科」「応用化学科」「環境化学科」「先進工学部大学院接続型」、建築学部各学科を受験する皆さんを対象に出題しています。入学後は化学にも重点を置いて学ぶことになりますから、生物の教科書に出ている化合物やその化学式について十分勉強しておいてください。関連する分子を意識することが重要です。また、解答に際しては、誤字・脱字のないように注意し、丁寧に字で記入してください。漢字で書くべきところは、漢字で正確に書きましょう。そして、採点者が理解できる文章を書くように、日頃から心がけてください。

# 国 語

## ◆どのような問題ができるか◆

### ▼評論文の読解問題が中心

古文・漢文を除き、現代文を出題します。主に評論文の読解問題が出され、文学作品に対する鑑賞力等は重視されません。漢字の書き取りと読み、空欄補充による接続詞や慣用的な語句の用法のチェック、正確な内容把握ができていのかどうかの選択式による確認、重要表現の抜き出しや論旨の要約等、様々な設問形式によって総合的な国語力が試されます。

建築、デザイン、環境、社会、文化など、様々なテーマの評論文が出題されます。

## ◆出題の狙い◆

### ▼文意や文脈の正しい理解が必要

本学の国語の問題では、文脈を丁寧にたどりながら、文章に書かれた事例や意見を正しく理解する能力を問うことを大きな目的としています。

### ▼大学の学びに必要な日本語能力を問う

忘れてはならないことですが、国語という教科の学習は大学入試で終わるとしても、大学（以降）の学習での知識獲得の手段になるのは、引き続き日本語なのです。したがって、国語の試験で試される能力も、単に受験勉強としての国語ができるかどうかということだけではなく、大学で勉強を進めていくために必要な日本語能力を身につけているかどうかになります。大学での勉強は単なる知識の詰めこみではありません。自分の意思で調べ、自分の頭で考え、自分の言葉や作品で表現できる学生に入学して欲しいと思っています。

## ◆効果的な対策◆

### ▼まず、読書に取り組む

読書は国語の学習の基盤となります。ぜひたくさん本を読んでください。建築学部への進学を考えている受験生の皆さんは、建築に関心を持っているわけですから、建築の中でも関心ある分野の本を読むことをおすすめします。

### ▼次に、新聞の評論も読む

本だけでなく、新聞等のように評論文が出ている活字媒体も、勉強になります。また、それらの文章を読むときは、漠然と読むのではなく、語句や表現、段落や構成に注意し、筆者の意図を考えながら読むことが大切です。

### ▼さらに、漢字学習も

漢字の書き取りでは、一画一画正確かつ丁寧に書くことが求められます。そのため、日頃から文字をきちんと書く習慣をつけてほしいと思います。また、出題されるのは基本的な漢字、間違えやすい漢字ばかりなので、基礎的な問題集に丁寧に取り組むことが確実な対策です。ドリルなどで学習し、楷書で正しく書けるようにしておいて下さい。

# 数 学

以下の通り解答すること。

受験票記載の試験科目	解答する問題
数学Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ	第1問、第2問、第3問、第4問
数学Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ・Ⅳ	第1問、第2問、第3問、第5問

1 次の  にあてはまる数または式を解答欄に記入せよ。ただし、あてはまる数または式が2つ以上となることもある。

(1) 関数  $f(x) = (\log_2 x)^2 + 2\log_2 x - 3$  は  $x =$   で最小値をとる。  
また、 $0 < x < 1$  において  $f(x) = 0$  を解くと  $x =$  .

(2)  $k$  を正の実数とする。関数  $f(x) = k \cos x - \sqrt{2k+1} \sin x + k^2$  ( $0 \leq x < 2\pi$ ) の最大値を  $k$  の式で表すと  である。また、 $f(x)$  の最大値が3であるとき、 $f(x)$  は  $x =$   で最大値をとる。

(3)  $a < 0$  かつ  $b > 0$  とする。座標平面上の3点  $O(0,0)$ ,  $A(a, 3a^2)$ ,  $B(b, 3b^2)$  は内積  $\vec{OA} \cdot \vec{OB} = 0$  を満たす。このとき、 $ab =$   であり、 $b - a$  がとりうる値の範囲は  $b - a \geq$  .

(4) 集合  $A, B$  を

$$A = \{x \mid x \text{ は } 1000 \text{ 未満の自然数で, } 7 \text{ で割ったときの余りが } 1\},$$

$$B = \{x \mid x \text{ は } 1000 \text{ 未満の自然数で, } 13 \text{ で割ったときの余りが } 11\}$$

とする。共通部分  $A \cap B$  の要素のうち最小のものは  である。

また、 $A \cap B$  のすべての要素の和は  である。

2 座標平面上に4点  $O(0,0)$ ,  $A(4,1)$ ,  $B(4,5)$ ,  $C(-2,1)$  がある。2点  $P, Q$  が

$$\vec{AP} \cdot \vec{BP} = 0, \quad \vec{OC} \cdot \vec{CQ} = 0$$

を満たしながら動くとき、以下の問いに答えよ。

- (1)  $|\vec{OP}|$  の最大値を求めよ。
- (2)  $|\vec{OP}|$  が最小となる  $P$  の座標を求めよ。
- (3)  $|\vec{AQ}|$  が最小となる  $Q$  の座標を求めよ。
- (4)  $|\vec{PQ}|$  の最小値を求めよ。

3 数列  $\{a_n\}$  を

$$a_1 = 4, \quad a_{n+1} = (-1)^n a_n + n \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

で定める。以下の問いに答えよ。

- (1)  $a_5$  の値を求めよ。
- (2) 自然数  $k$  に対し、 $b_k = a_{4k-3} + a_{4k-2} + a_{4k-1} + a_{4k}$  とする。  
 $b_k$  を  $k$  の式で表せ。
- (3) 自然数  $m$  に対し、 $S_m = \sum_{n=1}^m a_n$  とする。 $S_{100}$  の値を求めよ。
- (4)  $S_M = 2025$  となる自然数  $M$  の値を求めよ。

4 関数

$$f(x) = 2x + \frac{2}{\pi} \left\{ \int_{-\pi}^{\pi} (\sin 2t + \sin 3t)^2 dt \right\} \cos^2 x$$

について、以下の問いに答えよ。

- (1) 定積分  $I = \int_{-\pi}^{\pi} \sin^2 2t dt$  の値を求めよ。
- (2) 定積分  $J = \int_{-\pi}^{\pi} \sin 2t \sin 3t dt$  の値を求めよ。
- (3) 関数  $f(x)$  の  $-\frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{\pi}{2}$  における最大値  $M$  を求めよ。
- (4) 定積分  $K = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} f(x) dx$  の値を求めよ。

5 自然数  $m$  に対し、 $x$  についての  $(m+1)$  次式  $f_m(x)$  は次の条件を満たす。

$$0 \text{ 以上のすべての整数 } n \text{ について、} f_m(n) = \sum_{k=0}^n k^m = 0^m + 1^m + \cdots + n^m.$$

例えば、 $f_1(x) = \frac{1}{2}x(x+1) = \frac{1}{2}x^2 + \frac{1}{2}x$  である。

関数  $f_m(x)$  の導関数を  $f'_m(x)$  で表すとき、以下の問いに答えよ。

ただし、次の 2 つの性質は証明なしに用いてもよい。

- 整式  $g(x), h(x)$  に対し、0 以上のすべての整数  $n$  について  $g(n) = h(n)$  が成り立つならば  $g(x) = h(x)$ 。
- 整式  $g(x)$  に対し、関数  $g(x-1)$  の導関数は  $g'(x-1)$ 。

- (1) 不定積分  $\int 3f_2(x) dx$  を求めよ。
- (2)  $f'_m(x) - f'_m(x-1)$  を  $x$  についての整式で表せ。
- (3)  $f'_4(x) - f'_4(0)$  を  $x$  についての整式で表せ。ただし、降べきの順に整理せよ。
- (4)  $f_4(x)$  を  $x$  についての整式で表せ。ただし、降べきの順に整理せよ。

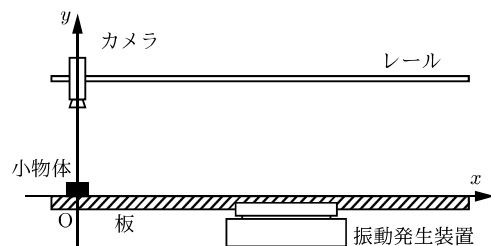
## 物 理

1 以下の 4 つの文章の空欄にあてはまる適切な式、数値、語句、記号などを解答欄に答えよ。なお、それぞれの文章は互いに独立である。

- (1) 質量  $m$  の小球を鉛直上方へ初速度  $v_0$  で投げ上げた。投げ上げてから元の高さに戻るまでの時間は  である。ただし、空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。
- (2) 音速を  $340 \text{ m/s}$  とする。同位相で振動数  $200 \text{ Hz}$  の音を様々な方向に出す 2 つのスピーカー A, B がある。スピーカーから出る音の波長は   $\text{m}$  である。水平な地面の上にスピーカー A を固定し、スピーカー B をその鉛直上方の高さ  $6.00 \text{ m}$  の位置に固定した。大きさの無視できるマイクロホンを地面の上でゆっくりと移動させながら、2 つのスピーカーから出る音を測定する。スピーカー A の位置から、向きを変えずにまっすぐにスピーカー A から  $8.00 \text{ m}$  離れた位置まで動かす間に、音が強め合う点の個数は  個である。ただし、空气中を伝わる間の音の振幅の変化は無視できるものとし、風は吹いていないものとする。
- (3) 自己インダクタンス  $L$  のコイルに交流電圧を加える。コイルの両端を a, b とし、時刻  $t$  における点 b に対する点 a の電位を  $V(t) = V_0 \sin(\omega t)$  とする。ただし、 $V_0$  と  $\omega$  は正の定数である。このとき、コイルを点 a から点 b の向きに流れる電流の最大値  $I_0$  は  $I_0 =$   であり、時刻  $t$  における電流は  $I(t) = I_0 \sin(\text{  })$  と表される。
- (4)  $^{90}\text{Sr}$  は放射性崩壊により、半減期  $28.8$  年で  $^{90}\text{Y}$  となる。ある時に  $^{90}\text{Sr}$  の原子核が  $N$  個あった場合、それから  $14.4$  年後に崩壊せずに残っている  $^{90}\text{Sr}$  の原子核の数は  個である。

2 図のように、変形しない表面の粗い板が振動発生装置に固定されている。振動発生装置は、板の上面を水平に保ったまま、鉛直方向に上下に板を振動させることができる。板の上面には大きさの無視できる質量  $m$  の小物体があり、その運動を、板の上に固定された水平なレール上にあるカメラを用いて記録する。カメラのレール上の動きは自在に制御できる。カメラと小物体は常に図に示された鉛直面内にあり、この面内で、時刻  $t = 0$  における小物体の位置を原点  $O$  とし、水平右向きに  $x$  軸、鉛直上向きに  $y$  軸をとる。カメラは真下を向いており、カメラに対する小物体の  $x$  軸方向の相対的な位置を記録できる。板の上面と小物体の間の動摩擦係数を  $\mu$ 、重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問に答えよ。運動の間、小物体が板の端に達して落下することはなかったとする。

- (I) 振動発生装置を動作させず、板が静止している場合を考える。小物体は、時刻  $t = 0$  に原点を水平方向の速度  $v_0$  で右向きに通過した。その後、小物体は板の上面を移動し静止した。
- (イ) 移動中の小物体の  $x$  軸方向の加速度  $a$  を  $v_0, m, g, \mu$  のうち必要なものを用いて表せ。  
 (ロ) 小物体が静止する時刻を  $v_0, m, g, \mu$  のうち必要なものを用いて表せ。
- (II) 振動発生装置を時刻  $t = 0$  に動かし始めた場合を考える。振動発生装置により、板は  $y$  軸方向の単振動をする。時刻  $t > 0$  における板の上面の  $y$  座標は  $y = b \sin(\omega t)$  である。ただし、 $b$  と  $\omega$  は正の定数である。小物体は、時刻  $t = 0$  に原点を水平方向に速度  $v_0$  で通過した。その後の小物体の板上の運動を、レール上のカメラで撮影した。カメラの動きは、時刻  $t = 0$  にレール上の  $x = 0$  の点を水平右向きにある速度で通過し、加速度が問 (イ) で求めた  $a$  と等しい等加速度運動になるように制御されている。このとき、小物体がカメラの真下の位置を中心として、 $x$  軸方向に何回も往復する様子(単振動)が動画として記録された。また、撮影中に小物体が板の上面から浮き上がることはなかった。
- (ハ) 時刻  $t > 0$  において小物体が板から受ける垂直抗力の最大値を  $m, g, b, \mu, \omega$  のうち必要なものを用いて表せ。  
 (ニ) 小物体が板から浮き上がらないための条件を  $m, g, b, \mu, \omega$  のうち必要なものを用いた不等式で表せ。  
 (ホ) 時刻  $t > 0$  において板の上面を移動中の小物体に対して板からはたらく動摩擦力の  $x$  成分を  $t, m, g, b, \mu, \omega$  を用いた式で表せ。  
 (ヘ) カメラから見たときに小物体に働いているように見える慣性力の  $x$  成分を  $m, g, b, \mu, \omega$  のうち必要なものを用いて表せ。  
 (ト) 時刻  $t = 0$  でのカメラの  $x$  軸方向の速度を  $v_0, g, b, \mu, \omega$  のうち必要なものを用いて表せ。



図

3 熱機関は、気体が高温の熱源から熱を受け取り、外部に仕事をした後、低温の熱源に熱を捨てて、もとの状態に戻るサイクルを繰り返す装置である。ヒートポンプは、熱機関を逆に作動させたもので、外部からの仕事により低温の熱源から熱を汲み上げ、高温の熱源に熱を与える装置である。ヒートポンプは、給湯のために水を温めるためなどの用途で使われる。以下では、電気エネルギーを使って水の温度を  $50.0 \text{ K}$  だけ上昇させることを例に、ヒートポンプによるエネルギー利用について考えてみよう。以下の文章の空欄に当てはまる数値、語句または式を答えよ。数値を答える場合は、有効数字3桁で答えること。水の比熱を  $4.20 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$  とし、気体定数を  $R$  とする。必要であれば、絶対温度が  $T$  で物質量が  $n$  の単原子分子理想気体の体積を等温変化によって2倍に膨張させたとき、気体が外部にする仕事が  $anRT$  となることを用いよ。ここで、 $a$  は初期の体積によらない定数である。

$400 \text{ V}$  の電圧で  $50.0 \text{ A}$  の電流を  $5.25$  時間流すことに相当する電気エネルギーの利用を考える。このエネルギーの値は  $\square$  イ  $\text{ J}$  である。電熱線などを用い、この電気エネルギーを全て熱エネルギーに変換して水の温度を  $50.0 \text{ K}$  上昇させる場合、 $\square$  ロ  $\text{ kg}$  の水を温めることができる。次に、同じだけの電気エネルギーを使い、ヒートポンプを作動させることで水の温度を上昇させることを考える。ここでは単純なモデルとして、単原子分子理想気体の等温変化と断熱変化を組み合わせたヒートポンプを考えてみよう。低温の熱源の絶対温度を  $T_0$  とし、高温の熱源の絶対温度を  $T_1$  とする。

初期に低温の熱源に接触して絶対温度が  $T_0$  であった物質量  $n$  の単原子分子理想気体を、温度を一定に保ったまま体積を2倍に膨張させる。この時に気体がする仕事は、 $\square$  ハ  $\text{ J}$  である。その後、断熱  $\square$  ニ によって、気体の絶対温度を  $T_1$  まで上昇させる。ここで、空欄  $\square$  ニ は「膨張」か「圧縮」のいずれかで答えること。その後、気体を高温熱源に接触させ、温度を  $T_1$  に保ったまま体積が  $\frac{1}{2}$  倍になるまで気体を圧縮する。このとき、気体は  $\square$  ホ  $\text{ J}$  だけの熱を高温の熱源に放出するので、この熱を用いて水を温める。このようにすると、その後断熱膨張をさせれば気体を初期状態に戻せることが知られており、一連の変化を繰り返し行うことができる。気体が初期状態に戻るまでの一連の過程において、気体が高温熱源に放出する熱は、気体が低温熱源から吸収する熱よりも  $\square$  ヘ  $\text{ J}$  だけ大きく、これが、ヒートポンプを作動させる際に気体に与えられる仕事(電気エネルギー)に相当する。つまり、ヒートポンプを用いることで、使用する電気エネルギーの  $\square$  ト 倍の熱を、温めたい水に与えることができる。このことから、電熱線の場合と同じ  $\square$  イ  $\text{ J}$  の電気エネルギーを用いて、 $T_0 = 300 \text{ K}$ 、 $T_1 = 360 \text{ K}$  であるようなヒートポンプを作動させると、 $\square$  チ  $\text{ kg}$  の水の温度を  $50.0 \text{ K}$  だけ上昇させることができるといえる。

昨今の地球温暖化を抑制するためには、化石資源への依存から脱却し、二酸化炭素の排出を大幅に削減させなければならない。そのために、太陽光発電などの再生可能エネルギーの導入が進んでいるが、その発電量の制御が難しく、電力が余る事例も出てきている。ヒートポンプを用いて余った電気エネルギーを熱として溜めておき、電力が不足した際にヒートポンプを逆に動かして熱機関として作動させると、発電した電気エネルギーを有効に仕事として利用することができる。なお、本問ではエネルギーを熱として水に溜めることを考えたが、実際には効率の高い熱機関を使えるよう、より高温でエネルギーを溜められる材料を用いたシステムが研究されている。

# 化学

4 計算機などに使われる、電気信号を記憶するための回路の単純なモデルを考察する。以下の問において、示された操作が行なわれた後に、じゅうぶん時間が経った後の豆電球の状態を「点灯」または「消灯」のいずれかで答えよ。スイッチの接続部分の電気抵抗は無視できるものとする。

まず、図1のように、直列につなげた抵抗と直流電源、直列につなげた豆電球とコイル、およびスイッチのこれら3つを並列につなげた回路Pを考える。

(イ) 回路Pのスイッチを開いた。豆電球の状態を答えよ。

(ロ) 回路Pのスイッチを閉じた。豆電球の状態を答えよ。

図2のように、回路Pにスイッチをもう一つ並列に接続した回路Qを考える。回路Qの一つのスイッチを $S_1$ 、もう一つのスイッチを $S_2$ とする。回路Pと回路Qを、図3のように組み合わせた装置を作製する。この装置において、回路Qのスイッチ $S_2$ と回路Pのコイルは隣接して置かれ、回路Pのスイッチと回路Qのコイルも隣接して置かれている。

隣接したスイッチとコイルにおいては、コイルに電流が流れることで生じた磁界（磁場）に鉄でできたスイッチが反応し、その状態が切り替わるように調整されている。隣接したコイルに電流が流れているときにはスイッチが閉じた状態にあり、隣接したコイルに電流が流れていないときにはスイッチが開いた状態にある。

はじめに、図3の装置の全ての電源を外し、全てのスイッチを開いた状態にする。その後、以下の(ハ)から(ヘ)の操作を順番に行い、豆電球の状態を観察する。

(ハ) 回路Qの直流電源を取り付けた。回路Pと回路Qの豆電球の状態をそれぞれ答えよ。

(ニ) 問(ハ)の操作の後、回路Pの直流電源を取り付けた。回路Pと回路Qの豆電球の状態をそれぞれ答えよ。

(ホ) 問(ニ)の操作の後、回路Qのスイッチ $S_1$ を閉じた。回路Pと回路Qの豆電球の状態をそれぞれ答えよ。

(ヘ) 問(ホ)の操作の後、回路Qのスイッチ $S_1$ を開いた。回路Pと回路Qの豆電球の状態をそれぞれ答えよ。

このモデルでは、スイッチ $S_1$ の開閉の状態を外部からの信号の有無を示す「入力」に、豆電球の状態をそれに対する「出力」に対応させることができる。問(ハ)と問(ニ)は、装置全体に電源を入れる手順を表しており、問(ホ)と問(ヘ)の結果は、ある時に入力された信号に対して装置がどのような振る舞いを示すかを表している。

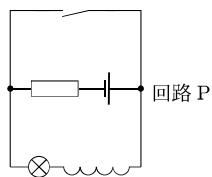


図1

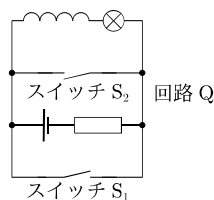


図2

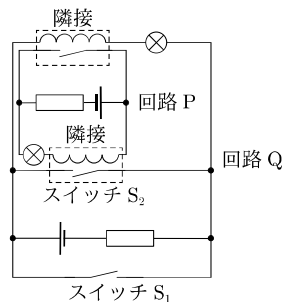


図3

すべての問題において、必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H	1.00	C	12.0	N	14.0	O	16.0	S	32.0
Fe	56.0	Ni	59.0	Cu	64.0	Zn	65.0	Ag	108.0
Au	197.0								

アボガドロ定数  $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

水のイオン積  $K_W = 1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  (25.0 °C)

各問題で特に指定のない場合、大気の大気圧力は  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、温度は 25.0 °C とする。

① 次の文を読み、下の問1と問2に答えよ。

金属イオンの水溶液に特定の試薬を加えると、沈殿を生じたり、特有の色を示したりする。また、イオン化傾向が小さい金属のイオンは、電気分解によって、陰極上で還元され金属として析出する。

問1  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Ag}^{+}$ を含む混合水溶液に対して、以下の手順で金属イオンの系統分離を行った。次の(1)と(2)の問いに答えよ。

実験A 混合水溶液に希塩酸を加え、生じた沈殿をろ過した。

実験B 実験Aで得られたろ液に硫化水素を通じて、生じた沈殿をろ過した。

実験C 実験Bで得られたろ液を煮沸したあと、希硝酸を加えた。続いて、アンモニア水を過剰に加え、生じた沈殿をろ過した。

実験D 実験Cで得られたろ液に硫化水素を通じて、生じた沈殿をろ過した。

実験E 実験Dで得られたろ液に炭酸アンモニウム水溶液を加え、生じた沈殿をろ過した。

(1) 実験A、D、Eそれぞれにおいて生じた沈殿の化学式を書け。

(2) 実験Cにおいて、実験Bで得られたろ液を煮沸した理由を説明せよ。

問2 純度の異なる銅板を電極として用いて、硫酸酸性にした硫酸銅(Ⅱ)水溶液中で電気分解を行った。一方の銅板(電極X)には鉄、亜鉛、金、銀、ニッケルを含む粗銅、もう一方の銅板(電極Y)には純度99.99%以上の銅を用いた。電極Xを陽極として直流電流で100分間0.2~0.5Vの電圧をかけて電気分解を行った。この間、電流計の値は常に9.65Aを示していた。溶液の温度は変化しないものとして、次の(1)~(5)の問いに答えよ。(3)と(4)は計算過程を示し、有効数字2桁で答えよ。

(1) 電極Xで起こる銅に関する反応を電子 $e^{-}$ を含むイオン反応式で示せ。

(2) 電気分解を利用して、不純物を含んだ金属から純粋な金属を得る手法を何というか。最もよく当てはまる語句を次の(ア)~(エ)から1つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 再結晶                      (イ) 電解精錬  
(ウ) 溶融塩電解                (エ) 電気透析

(3) この電気分解により流れた電気量の大きさ(絶対値)は何Jか。

(4) 電極Yでは銅以外の金属が析出しなかったとして、電極Yで増加した質量[g]を答えよ。

(5) 長時間の電解後、電極Xの下には沈殿が生じた。この沈殿に含まれる金属を具体的に挙げ、なぜそのような沈殿が生じるのかを説明せよ。

② 次の文を読み、下の問1~問7に答えよ。

2.00 molの酢酸エチルと少量の濃硫酸を加えた2.00 molの水を混合して加熱し、温度を一定に保って十分な時間をおいたところ、やがて平衡に達した。なお、混合液の体積は反応の前後で変わらないものとする。

問1 酢酸エチルの構造式を書け。

問2 下線部で起こっている正反応の名称と、その逆反応の名称を答えよ。

問3 下線部で起こっている反応で、水由来の酸素原子を含む生成物の名称をすべて答えよ。

問4 酢酸エチルの性質として正しいものを次の(ア)~(オ)からすべて選べ。

- (ア) 揮発性の液体である。  
(イ) 水に溶けやすい。  
(ウ) 芳香をもつ液体である。  
(エ) 純粋なものは0°Cで凝固する。  
(オ) 接着剤や塗料の溶媒に用いられる。

問5 下線部の反応の平衡定数 $K$ を反応物および生成物のモル濃度[mol/L]を用いて式で表せ。ただし、反応物および生成物それぞれのモル濃度は、例えば水のモル濃度[mol/L]は $[\text{H}_2\text{O}]$ のように、[化学式]で表すものとする。

問6 平衡定数 $K=0.25$ であるとき、平衡に到達するまでに酢酸エチルは何mol反応するか、計算過程を示して有効数字2桁で答えよ。

問7 下線部の混合液にさらに2.00 molの酢酸を混合して加熱し、下線部の実験と同じ温度と条件で平衡に達したとき、酢酸エチルは何mol残っているか。計算過程を示して有効数字2桁で答えよ。平衡定数は問6の値を用いること。必要ならば、 $\sqrt{3}=1.73$ を用いて良い。

3 分子式  $C_6H_{12}O$  で表される化合物 A~D について、次の文を読み、下の問 1~問 5 に答えよ。ただし、3 員環や 4 員環のような不安定な環状構造は考えない。

- (a) A と D は不斉炭素原子をもっているが、B と C は不斉炭素原子をもっていない。
- (b) A, B, C, D それぞれにナトリウムを加えると、いずれも激しく反応して気体が発生した。
- (c) 臭素水に A と D を加えると臭素水が脱色されたが、臭素水に B と C を加えても脱色は起こらなかった。
- (d) これらの化合物に硫酸酸性の二クロム酸ナトリウム水溶液を作用させると、A からは E が生成し、B からは F が生成した。一方で C と D は反応しなかった。
- (e) E と F はいずれも不斉炭素原子をもたない。
- (f) F にアンモニア性硝酸銀溶液を加えて加熱すると、銀が析出した。
- (g) 白金を触媒として D に水素を付加すると、不斉炭素原子をもたない G が生成した。また、同様の条件で E に水素を付加すると、不斉炭素原子をもつ H が生成した。
- (h) H にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を作用させると、特有の臭気をもつ黄色沈殿が生じた。

問 1 不斉炭素原子とは何か。30 字以内で説明せよ。

問 2 (b)において、どのような官能基の有無を判別できるか答えよ。

問 3 (c)において、どのような結合の有無を判別できるか答えよ。

問 4 化合物 C, D, F, H の構造式を書け。

問 5 (f)において硝酸銀はどのような試薬として作用しているか、次の(ア)~(エ)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 酸                      (イ) 塩基                      (ウ) 酸化剤                      (エ) 還元剤

4 次の文を読み、下の問 1~問 4 に答えよ。

ゴムの木から [ A ] と呼ばれる白い乳液が得られる。これに酢酸を加えて凝固、乾燥させたものを天然ゴムという。天然ゴム自体は小さいながらも弾性を示すが、①空気中に放置しておくとゴム弾性は失われる。工業的には、[ B ] を加えて加熱しながら混合処理を行い、天然ゴム分子の②ところどころに [ C ] 構造を生じさせたものを用いる。なお、[ B ] の添加量によって、弾性の向上した弾性ゴムや [ D ] と呼ばれる黒色の硬いプラスチック状の物質となる。

一方、天然ゴムの主成分となる高分子に類似した構造を持つ合成ゴムも身の回りでは多く用いられている。ブタジエンゴムはタイヤやホースに用いられており、1,3-ブタジエンの [ E ] 重合により得られる。また、③アクリロニトリル-ブタジエンゴム (NBR) は石油ホースなどに用いられ、アクリロニトリルと 1,3-ブタジエンを共重合することで得られる。

問 1 文中の空欄 [ A ] ~ [ E ] に最もよく当てはまる語句を書け。

問 2 下線部①に関して、天然ゴムは熱分解するとイソプレンとなる。イソプレンの構造を示すとともに、天然ゴムの主成分となる高分子の構造を示せ。重合度は  $n$  で示すこと。

問 3 下線部②に関して、ゴムの劣化は空気中の微量なオゾンが関与していると考えられている。劣化の原因をゴムの構造を踏まえて簡潔に述べよ。

問 4 下線部③に関して、アクリロニトリルと 1,3-ブタジエンを 2:3 の物質質量比で共重合することで NBR を合成した。次の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) アクリロニトリルの重合度を  $2x$ 、1,3-ブタジエンの重合度を  $3x$  としてこの NBR の構造式を書け。

(2) この NBR 中の窒素原子をすべて気体の窒素に変換したとき、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $0^\circ \text{C}$  で  $56.0 \text{ mL}$  の窒素が発生した。このときに用いた NBR は何 g か。計算過程を示して有効数字 2 桁で答えよ。

# 生物

1 つぎの文を読み、問1～問5に答えよ。

有性生殖では、配偶子とよばれる細胞の融合により、染色体の新たな組合せをもつ個体<sup>A</sup>が作られる。配偶子の融合は一般に(イ)とよばれる。多くの動物では、大型で運動性のない雌性配偶子と、小型で運動性のある雄性配偶子が融合するが、この場合の(イ)は特に受精とよばれる。ヒトの雌性配偶子である卵の形成過程では、体細胞分裂によって多数の(ロ)が卵巣内に形成される。(ロ)は栄養分を蓄積して大型化した(ハ)となり、胎児期のうちに減数分裂<sup>B</sup>に入るが、第一分裂前期の段階でいったん停止する。出生後、性的成熟期になると、排卵の直前に第一分裂を再開し、(ニ)が生じて、第二分裂中期の状態ですり停止する。この状態で排卵が起こり、輸卵管内の(二)に精子が進入すると第二分裂が再開され、第二極体の放出が起こる。

配偶子形成過程では、染色体の分離にくわえて、減数分裂の第(ホ)分裂(ヘ)期に、染色体の乗換えという現象が起こる。これは遺伝子の組換えという現象<sup>C</sup>につながり、結果、形成される配偶子の多様性を生み出している。

問1 上の文中の(イ)～(ヘ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部Aに関連して、マイクロサテライト(反復配列)は塩基の配列の反復からなり、染色体上の特定の位置において個体ごとに固有の反復回数もち、DNA型鑑定に利用される場合がある。ある遺跡から発見された夫婦と思われる男女(それぞれM、Fとする)の遺体と、近くから発見された遺体P、Qの常染色体上のマイクロサテライトx、yにおいて、反復回数を解析したところ、表1のようになっていた。P、Qはこの夫婦2人の間の子だと考えて矛盾はないか、それとも矛盾はあるか。それぞれ理由とともに簡潔に答えよ。

表1 マイクロサテライトx、yにおける反復回数

マイクロサテライト	男性(M)	女性(F)	P	Q
x	10, 15	12, 14	10, 15	10, 12
y	7, 11	8, 8	7, 8	8, 11

問3 下線部Bに関連して、体細胞の染色体数が $2n=6$ の生物の場合、一個体から形成される配偶子の染色体の組合せは何通りあるか答えよ。ただし、乗換えは考慮しないものとする。

問4 ヒトの卵における、減数分裂から受精卵までの過程での細胞1個あたりのDNA量の変化をグラフにすると、どのようになるか解答欄の図2に示せ。ただし、1個の精子に含まれるDNA量を1(相対値)とし、横軸上の3つの矢印はそれぞれ左から排卵、精子の進入、第二極体の放出を示すものとする。

問5 下線部Cに関連して、ある昆虫の精子形成過程では遺伝子の組換えは起こらないが、卵形成過程では組換えが起こることが知られている。この昆虫の遺伝子A、B、Dは同一の常染色体上に位置し、遺伝子a、b、dがそれぞれ遺伝子A、B、Dの対立遺伝子であるものとする。遺伝子型AABBDDのメスと遺伝子型aabbddのオスを交配してF<sub>1</sub>を得たところ、すべてのF<sub>1</sub>の表現型は[ABD]であった。このF<sub>1</sub>のメスを用いて検定交雑したところ、生じた合計1000個体の子の表現型の分離比は表2のようになった。下の設問①～④に答えよ。

表2 子の表現型の分離比

[ABD]	[ABd]	[AbD]	[Abd]	[aBD]	[aBd]	[abD]	[abd]
375	85	35	5	5	35	85	375

- ① 検定交雑に用いたオスの個体の遺伝子型を答えよ。
- ② F<sub>1</sub>のメスではなくF<sub>1</sub>のオスを用いて検定交雑を行った場合、子の表現型はどのようなものが生じるか。すべて答えよ。
- ③ 表の値をもとに、図1の染色体地図の(Ⅰ)～(Ⅲ)に入る遺伝子記号(A、B、D)と、(L<sub>1</sub>)と(L<sub>2</sub>)に入る組換え価(%)を答えよ。ただし、(L<sub>1</sub>) < (L<sub>2</sub>)とする。

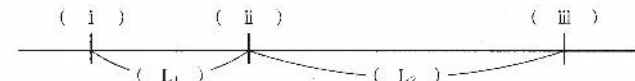


図1 染色体地図

- ④ ③の(L<sub>1</sub>)と(L<sub>2</sub>)の値の合計は、(Ⅰ)・(Ⅲ)間の組換え価と一致していない。この原因となる現象を一つ、簡潔に述べよ。

2 つぎの文を読み、問1～問7に答えよ。

脊椎動物の受精時は、卵割とよばれる体細胞分裂をさかんにくり返し、桑実胚、胞胚を経て原腸胚とよばれる胚になる。原腸胚では胚葉の分化が起こるとともに、表層の細胞が原口とよばれる部分から胚の内部へと移動し、将来の消化管となる構造が形成される。その後、神経胚とよばれる段階になると、背側に神経板とよばれる構造が形成され、それが中央の神経溝という部分から胚内部に入り込み、神経管になる。発生過程での細胞の分化において、周囲の細胞からのはたらきかけが重要な役割を果たしていることは、20世紀にニューコープが行った実験やシュベーマンらが行った実験からも知ることができる。彼らが行った実験の概要を以下に示す。

〔ニューコープの実験〕

サンショウウオの胞胚を、図3に示すように、動物極側の領域(領域A)と植物極側の領域(領域B)に分割し、領域Aと領域Bをそれぞれ単独で、もしくは、領域Aと領域Bを接触させて培養した。

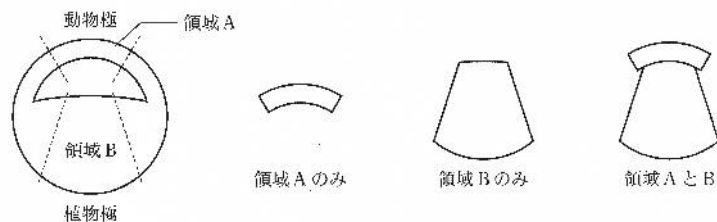


図3 ニューコープの実験の概略

〔シュベーマンらの実験〕

クシイモリの初期原腸胚の原口背唇部を切り取り、これを体色の異なるスジイモリの初期原腸胚の腹側の予定表皮域に移植した。その結果、移植を受けたスジイモリの胚が尾芽胚まで成長したとき、腹側に移植片を中心としてもう一つの胚が形成された。

- 問1 下線部に関連して、卵割が通常の体細胞分裂と異なる点を2つ、簡潔に述べよ。
- 問2 ニューコープの実験において、領域Aと領域Bを単独で培養した場合、領域Aと領域Bは、外胚葉、内胚葉、中胚葉のいずれの組織に分化したか答えよ。
- 問3 ニューコープの実験において、領域Aと領域Bを接触させて培養した場合、領域Aの下側の面(領域Bと接触していた面)は、外胚葉、内胚葉、中胚葉のいずれの組織に分化したか答えよ。
- 問4 ニューコープの実験から明らかになったことを50字以内で述べよ。

問5 シュベーマンらの実験の結果は、原口背唇部が周囲の未分化な細胞にはたらきかけ、神経管などに分化させていることを示している。この実験の原口背唇部のように、周囲の細胞を分化させる作用をもつ胚の領域を何とよぶか答えよ。

問6 シュベーマンらの実験で起こった現象について説明する下の文中の(イ)～(ニ)に適切な語句を入れよ。ただし、(ハ)と(ニ)には「表皮」か「神経」のいずれかが入るものとする。

胞胚期には、胚全体で(イ)というタンパク質が発現している。外胚葉の細胞は(イ)と結合する(ロ)を細胞膜上にもっており、(イ)が(ロ)に結合した外胚葉の細胞は、(ハ)に分化する。移植した原口背唇部からはノギンやコーディンというタンパク質が分泌されるが、これらのタンパク質は(イ)と結合することで、(イ)と(ロ)の結合を阻害する作用を示す。(イ)が(ロ)に結合しなかった外胚葉の細胞は(ニ)に分化するため、移植した原口背唇部の近くに存在する外胚葉の細胞は、(ニ)に分化することになる。

問7 シュベーマンらの実験では、なぜ異なる種のイモリの胚の間で交換移植を行ったのか、その理由を40字以内で述べよ。

3 つぎの文を読み、問1～問5に答えよ。

多様な生物と非生物的環境を一つのまとまりとしてとらえたものを生態系という。生態系では、たとえばカエルはクモを食べる(イ)であると同時に、ヘビに食べられる被食者でもある。このような(イ)と被食者の関係は一連の鎖のようにつながっており、(ロ)とよばれる。実際の生態系では、(イ)が一種類の生物だけを食べているのはまれであり、(イ)と被食者の関係は複雑になっている。それらの関係全体は(ハ)とよばれる。生態系では、生産者が光合成によって太陽の光エネルギーを変換して有機物中の化学エネルギーとして蓄積する。このエネルギーの一部は有機物とともに消費者に移動し、(ロ)の過程で消費者に利用されていく。このような生産者を出発点とする(ロ)の各段階は、栄養段階とよばれる。

1980年代、世界各地において、(ロ)の頂点に位置するワシなどの猛禽類がDDTなどの農薬の毒性の影響を受け、個体数を激減させた。これは、生物の体内で分解されにくく、いったん体内に入ると排出されにくい性質をもった物質が、環境中の濃度よりも生物の体内で高濃度になる(ニ)という現象が原因であった。上位の栄養段階の生物の減少は、生態系全体に大きな影響を及ぼす場合がある。特に生物多様性の低い生態系では生態系の復元力がうまくはたらかず、大きな変容をもたらす場合も少なくない。

問1 上の文中の(イ)～(ニ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部Aに関連して、植生の生産構造を表した生産構造図について、その型が広葉型になる植物を次の①～④のうちからすべて選び、記号で答えよ。

- ① アカザ ② ダイズ ③ チカラシバ ④ ススキ

問3 下線部Bに関連して、ある湖沼におけるエネルギー量[J/(cm<sup>2</sup>・年)]を表3に示した。下の設問①と②に答えよ。なお、老廃物排出量は無視できるほど小さいものとして、ここでは考慮しない。

表3 生産者と消費者が利用するエネルギー量

	総生産量 (同化量)	呼吸量	純生産量	被食量	枯死・ 死滅量	成長量
太陽光	499000	/	/	/	/	/
生産者	468	98.3	P	62.2	11.8	295.7
一次消費者	52.2	18.5	33.7	13.0	1.3	Q
二次消費者	10.0	5.5	4.5	0.0	R	3.4

① 表中のP～Rに入る数値を答えよ。

② 一次消費者では生産者の総生産量に占める一次消費者の同化量の割合(%)を、二次消費者では一次消費者の同化量に対する二次消費者の同化量の割合(%)をエネルギー効率という。それぞれの消費者についてエネルギー効率の値を求めよ。ただし、小数点以下第3位を四捨五入せよ。

問4 下線部Cに関連して、下の設問①と②に答えよ。

① 栄養段階ごとに生物の現存量を調べ、棒グラフを横にして積み上げると、一般的には図4のようになることが多い。この図の名称を答えよ。

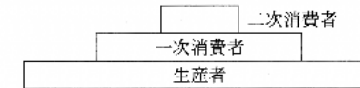


図4 一般的な環境下での、生物の現存量を栄養段階ごとに積み上げた図

② 栄養塩類が豊富な浅海域において、図5のように、生産者(植物プランクトン)と一次消費者(動物プランクトン)の現存量の逆転がしばしば観測された。また、このような現存量の逆転が起こっても、一次消費者や二次消費者(魚類)の現存量は大きく減少することはなかった。この生態系ではなぜ生産者の現存量が少なくなっても、一次消費者や二次消費者の現存量が減少しなかったのか、「食物不足」、「光合成器官」、「非光合成器官」、「増殖速度」という語句をすべて用いて説明せよ。

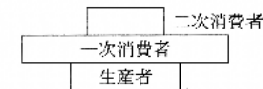


図5 栄養塩類が豊富な浅海域での、生物の現存量を栄養段階ごとに積み上げた図

問5 下線部Dに関連して、ある生物群集における種多様性を数値化するため、多様性指数を用いる。ここでは、多様性指数はその生物群集の単純度の逆数とする。単純度とは、生物群集において、ある種の生物が占める割合をその種の相対優占度(P)とし、すべての種の相対優占度を二乗した値(P<sup>2</sup>)の合計で示されるものである。たとえば、生物種A～Dが表4のような個体数で存在する場合、生物群集Ⅰの単純度は0.25×0.25×4=0.25であり、多様性指数は4ということになる。生物群集Ⅱの多様性指数の値を、計算式を示して、整数で答えよ。

表4 生物群集ⅠとⅡにおける生物種A、B、C、Dの個体数

	生物種A	生物種B	生物種C	生物種D
生物群集Ⅰ	25個体	25個体	25個体	25個体
生物群集Ⅱ	50個体	50個体	0個体	0個体

4 つぎの文を読み、問1～問7に答えよ。

ヒトの血液は心臓の拍動によって全身を循環し、組織に酸素や栄養分を届ける。血液の重さの35%は血しょうとよばれる液体で、45%は血球とよばれる有形成分である。血しょうは水にタンパク質やグルコース、脂質、無機塩類などが溶けたものであり、その一部は毛細血管から外へ染み出して(イ)となる。(イ)は細胞の間を満たし、細胞との間で物質のやり取りを行う。(イ)の大部分は再び毛細血管に戻るが、一部は(ロ)に流入して(ハ)の成分となる。(ハ)は周囲の筋肉の動きによって押されて移動し、やがて左右の鎖骨の下にある静脈へと流入する。血液の有形成分は骨髄中の(ニ)から作られ、赤血球、白血球、血小板に大別される。最も数が多いのは赤血球で、核をもたず、細胞質中に多量のヘモグロビンを含み、組織に酸素を運搬している。白血球は、体内に侵入してくる病原体などの異物に対する免疫作用にかかわる。血小板は血液凝固にかかわる。

問1 上の文中の(イ)～(ニ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部Aに関連して、心臓の拍動を促進する自律神経の末端から放出される神経伝達物質の名称を答えよ。

問3 下線部Bに関連して、血しょう中のタンパク質が減少すると浮腫(むくみ)が生じやすくなる。浮腫について説明する下の文が成立するように[ ]内の語句を選び、解答欄の該当する選択肢を○で囲め。

血しょう中に最も多く含まれるタンパク質であるアルブミンは肝臓で合成される。肝臓の機能が低下するなどしてアルブミンの量が減少すると、血しょうの浸透圧が[ ]上がり・下がり]、相対的に(イ)の浸透圧が[ 高く・低く ]なる。その結果、血しょうと(イ)の間における水の移動のバランスが崩れ、(イ)中の水が[ 増加・減少 ]し、浮腫が生じる。

問4 下線部Cの静脈についての記述として適当なものを、次の①～④のうちからすべて選び、記号で答えよ。

- ① 動脈と比べ、筋肉の層が厚い。
- ② 組織から心臓へ戻る血液が流れている。
- ③ 逆流を防ぐための弁がある。
- ④ 動脈と比べ、血圧が高い。

問5 下線部Dに関連して、あるヒトの血液の総量が4.8L( $4.8 \times 10^6 \text{ mm}^3$ )であるとする、このヒトの骨髄で1分間につくられる赤血球の個数は平均でおよそ何個か。四捨五入し、有効数字2桁で[ ]、[ ] $\times 10^6$ 個]という形で答えよ。ただし、ヒトの赤血球数は血液1mm<sup>3</sup>あたり500万個とし、赤血球の寿命は120日で、赤血球の破壊と生成は常に一定の速度で行われているものとする。

問6 下線部Eに関連して、下の設問①と②に答えよ。

① 表5は、酸素濃度と二酸化炭素濃度に変化した場合の、酸素ヘモグロビン(赤血球中のヘモグロビンのうち、酸素と結合しているもの)の割合を示している。あるヒトの肺では酸素濃度(相対値)が100で、二酸化炭素濃度(相対値)が40であり、組織では酸素濃度(相対値)が40で、二酸化炭素濃度が60であったとすると、動脈血中の酸素ヘモグロビンのうち何%が組織に酸素を放出したことになるか、答えよ。ただし小数点以下第2位を四捨五入せよ。

表5 様々な酸素濃度および二酸化炭素濃度条件下での酸素ヘモグロビンの割合

	酸素濃度(相対値)	二酸化炭素濃度(相対値)	
		40	60
	100	95%	90%
	40	55%	45%

② ヒトの胎児は、成人と異なる性質をもったヘモグロビンをもつため、周囲の酸素濃度と酸素ヘモグロビンの関係は、図6のようになっている。このような性質のヘモグロビンをもつことは、胎児によってどのように都合がよいのか、「胎盤」、「酸素濃度」という語句を用いて簡潔に述べよ。

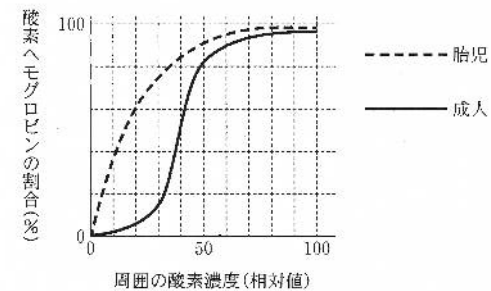


図6 ヒトの胎児と成人での酸素解離曲線

問7 下線部Fに関連して、実験に用いるマウスの血液を採取した後、血液凝固を防ぐためには低温に保つとよい。これはどのような理由によるのか、簡潔に述べよ。

## 略解

## 数 学

1 ア  $\frac{1}{2}$  イ  $\frac{1}{8}$  ウ  $k^2 + k + 1$  エ  $\frac{5}{3}\pi$  オ  $-\frac{1}{9}$  カ  $\frac{2}{3}$  キ 50  
ク 5555

2 (1) P は中心 M (4, 3), 半径 2 の円周上を動くので,  $|\vec{OP}|$  の最大値は  $|\vec{OP}| = |\vec{OM}| + 2 = 7$ .

(2)  $|\vec{OP}|$  の最小値は 3 であり, このとき,  $\vec{OP} = \frac{3}{5}\vec{OM}$ . よって, P の座標は  $\left(\frac{12}{5}, \frac{9}{5}\right)$ .

(3)  $\vec{d} = (1, 2)$  とおくと,  $\vec{OQ}$  は実数  $t$  を用いて  $\vec{OQ} = \vec{OC} + t\vec{d} = (t-2, 2t+1)$  と書ける.  $\vec{AQ} \cdot \vec{d} = 0$  が成り立つとき  $|\vec{AQ}|$  は最小となるため, これを解いて  $t = \frac{6}{5}$ . よって, Q の座標は  $\left(-\frac{4}{5}, \frac{17}{5}\right)$ .

(4)  $|\vec{PQ}|$  が最小となるのは, 点 P が線分 MQ 上にあるときである. また,  $\vec{MQ} \cdot \vec{d} = 0$  が成り立つとき  $|\vec{MQ}|$  は最小となるので, これを解くと  $\vec{MQ} = (-4, 2)$ . よって, 最小値は  $|\vec{PQ}| = |\vec{MQ}| - 2 = 2\sqrt{5} - 2$ .

3 (1)  $a_1 = 4, a_2 = -3, a_3 = -1, a_4 = 4, a_5 = 8$ .

(2)  $a_{4k+1} = a_{4k-3} + 4$  より  $a_{4k-3} = 4k$ . よって,  $a_{4k-2} = -3, a_{4k-1} = 4k - 5, a_{4k} = 4$  を得る.  
従って,  $b_k = 8k - 4$ .

(3) 自然数  $L$  に対し,  $S_{4L} = \sum_{k=1}^L b_k = 4L^2$  より,  $S_{100} = 4 \cdot 25^2 = 2500$ .

(4)  $S_{4L} = 4L^2, S_{4L-1} = 4L^2 - 4, S_{4L-2} = 4L(L-1) + 1, S_{4L-3} = 4L(L-1) + 4$  である.  
2025 は奇数なので,  $S_{4L-2} = 2025$  を解いて  $L = 23$ . よって,  $M = 4L - 2 = 90$ .

4 (1)  $I = \int_{-\pi}^{\pi} \frac{1 - \cos 4t}{2} dt = \pi$ .

(2)  $J = \int_{-\pi}^{\pi} \frac{\cos t - \cos 5t}{2} dt = 0$ .

(3)  $f(x) = 2(\cos 2x + x + 1)$  より,  $0 = f'(x) = 2(-2\sin 2x + 1)$  のとき  $x = \frac{\pi}{12}, \frac{5}{12}\pi$ .

増減を調べ,  $f\left(\frac{\pi}{2}\right) < f\left(\frac{\pi}{12}\right)$  であることから,  $x = \frac{\pi}{12}$  のとき, 最大値  $M = 2 + \sqrt{3} + \frac{\pi}{6}$ .

(4)  $K = \left[\sin 2x + x^2 + 2x\right]_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} = 2\pi$ .

5 (1)  $\int 3f_2(x) dx = \int \left(x^3 + \frac{3}{2}x^2 + \frac{1}{2}x\right) dx = \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{2}x^3 + \frac{1}{4}x^2 + C$  ( $C$  は積分定数).

(2) 非負整数  $n$  に対し,  $f_m(n+1) - f_m(n) = (n+1)^m$  であるので,  $f_m(x+1) - f_m(x) = (x+1)^m$ .  
よって,  $f_m(x) - f_m(x-1) = x^m$  となり,  $f'_m(x) - f'_m(x-1) = mx^{m-1}$ .

(3) (2) から, 自然数  $n$  に対し,  $f'_4(n) - f'_4(0) = 4f_3(n) = n^4 + 2n^3 + n^2$ . これは  $n=0$  でも成立する.  
よって,  $f'_4(x) - f'_4(0) = x^4 + 2x^3 + x^2$ .

(4) (3) より,  $f_4(x) = \frac{1}{5}x^5 + \frac{1}{2}x^4 + \frac{1}{3}x^3 + f'_4(0)x$  となる. また,  $f_4(1) = 1$  から  $f'_4(0) = -\frac{1}{30}$  であるので,  $f_4(x) = \frac{1}{5}x^5 + \frac{1}{2}x^4 + \frac{1}{3}x^3 - \frac{1}{30}x$ .

## 解答例

## 物 理

1

解答欄

イ	$\frac{2v_0}{g}$	
ロ	1.70	m
ハ	2	個
ニ	$\frac{V_0}{\omega L}$	
ホ	$\omega t - \frac{\pi}{2}$	
ヘ	$\frac{N}{\sqrt{2}}$	個

3

解答欄

イ	$3.78 \times 10^8$	J
ロ	$1.80 \times 10^3$	kg
ハ	$anRT_0$	
ニ	圧縮	
ホ	$anRT_1$	
ヘ	$anR(T_1 - T_0)$	
ト	$\frac{T_1}{T_1 - T_0}$	
チ	$1.08 \times 10^4$	kg

2

解答欄

イ	$-\mu g$
ロ	$\frac{v_0}{\mu g}$
ハ	$m(g + b\omega^2)$
ニ	$b\omega^2 \leq g$
ホ	$\mu m[-g + b\omega^2 \sin(\omega t)]$
ヘ	$\mu mg$
ト	$v_0 + \mu b\omega$

4

解答欄

イ	点灯
ロ	消灯
ハ	P 消灯
	Q 点灯
ニ	P 消灯
	Q 点灯
ホ	P 点灯
	Q 消灯
ヘ	P 点灯
	Q 消灯

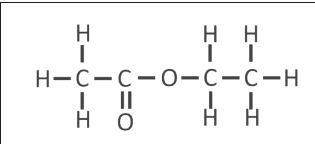
## 解答例

## 化学

## ① 解答欄

問1		A	D	E	
	1	AgCl	ZnS	CaCO <sub>3</sub>	
2	ろ液に溶けている硫化水素 H <sub>2</sub> S を取り除くため				
問2	1	Cu → Cu <sup>2+</sup> + 2e <sup>-</sup>			
	2	イ			
	3	計算過程 9.65 × 100 × 60 = 57900	答 5.8 × 10 <sup>4</sup>	C	
	4	計算過程 2Fの電気で1 mol (64.0 g)に相当する銅の溶解/析出が生じる。電気量から求められる銅の溶解量, つまり電極 Y で析出する質量を x g とすると $x = \frac{9.65 \times 100 \times 60 \times 64.0}{2 \times 9.65 \times 10^4} = 19.2 \text{ g}$	答 19	g	
	5	沈殿に含まれる金属 金, 銀	沈殿が生じる理由 銅よりもイオン化傾向が大きい鉄, 亜鉛, ニッケルは陽イオンとして溶け出すが, イオン化傾向の小さい金属である金と銀は, イオンにならず単体のまま陽極の下に沈殿する。		

## ② 解答欄

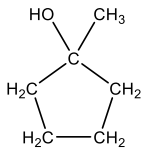
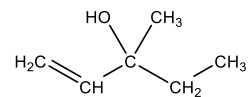
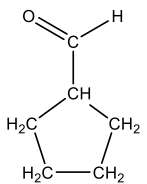
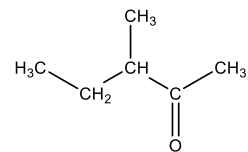
問1			
問2	正反応 加水分解	逆反応 エステル化	
問3	酢酸	問4 3点	ア, ウ, オ
問5	$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]}{[\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5][\text{H}_2\text{O}]}$		
問6	計算過程 反応した酢酸エチルの物質量を x mol とおくと $K = \frac{x^2}{(2.00-x)(2.00-x)} = 0.25, \left(\frac{x}{2.00-x}\right)^2 = \frac{1}{4}$ $\frac{x}{2.00-x} = \frac{1}{2}, 3x = 2.00$ $x = 0.667 \text{ よって, } 0.67 \text{ mol}$	答 0.67	mol
問7	計算過程 反応した酢酸エチルの物質量を x mol とおくと $K = \frac{x(2.00+x)}{(2.00-x)(2.00-x)} = 0.25, 4(2x+x^2) = (2.00-x)^2$ $3x^2 + 12.0x - 4.00 = 0, x = \frac{-12.0 \pm \sqrt{12.0^2 - 4 \times 3 \times (-4.00)}}{2 \times 3}$ $x = \frac{-12.0 \pm \sqrt{12 \times 16}}{2 \times 3} = \frac{-12.0 \pm 8\sqrt{3}}{2 \times 3} \approx \frac{-6.0 \pm 4 \times 1.73}{3}$ $x = 0.306, -4.30, x \geq 0 \text{ より } x = 0.306 \text{ よって残っているのは } 2.00 - 0.306 = 1.694 \text{ mol}$	答 1.7	mol

3 解答欄

問1	4	種	の	異	な	る	原	子	ま	た	は	原	子	団	が
	結	合	し	て	い	る	炭	素	原	子					

問2	ヒドロキシ基
----	--------

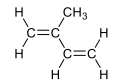
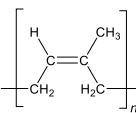
問3	炭素間二重結合
----	---------

問4	<p><b>C</b></p> 	<p><b>D</b></p> 
	<p><b>F</b></p> 	<p><b>H</b></p> 

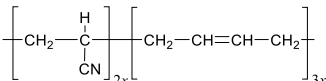
問5	ウ
----	---

4 解答欄

問1	A	B	C	D	E
	ラテックス	硫黄	架橋	エポナイト	付加

問2	イソプレン	天然ゴムの主成分となる高分子
		

問3	天然ゴムの主構造に存在する炭素-炭素二重結合がオゾンによって酸化開裂するため。
----	-----------------------------------------

問4	<p>1</p> 	<p>計算過程</p> <p>窒素ガスが 56.0 mL 発生したことから、N<sub>2</sub> の物質量は 56.0 / (22.4×10<sup>-3</sup>) = 2.5×10<sup>-3</sup> mol となる。NBR のアクリロニトリルの部分とブタジエンの部分それぞれの繰り返し分子量は 53 および 54 となる。NBR が A g であったとすると、NBR の物質量は A / (53×2x+54×3x) mol となり、N 原子の物質量は 2x×A / (53×2x+54×3x) mol となる。従って、{2x×A / (53×2x+54×3x)}×1/2 = 2.5×10<sup>-3</sup> となることから、A = 0.670 g</p>	<p>答</p> <p>0.67</p> <p>g</p>
----	----------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------

# 解答例

# 生物

## 1 解答欄

問1	イ	接合	ロ	卵原細胞	ハ	一次卵母細胞
	ニ	二次卵母細胞	ホ	—	ヘ	前

問2	P: 矛盾はある。マイクロサテライトxについて、 F由来のものがいないから。
	Q: 矛盾はないといえる。マイクロサテライトx・yともに、 M由来とF由来のものをもっているから。

問3 8 通り

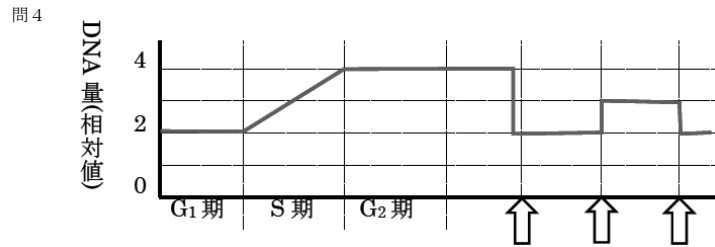


図2 減数分裂および受精によるDNA量の変化

- 問5
- (1) a a b b d d
- (2) [ABD], [a b d]
- (3)
- |   |   |    |   |     |   |
|---|---|----|---|-----|---|
| i | B | ii | A | iii | D |
|---|---|----|---|-----|---|
- |    |   |   |    |    |   |
|----|---|---|----|----|---|
| L1 | 8 | % | L2 | 18 | % |
|----|---|---|----|----|---|
- (4) 二重乗換えが起こった

二重交差が起こった、個体数がAB間とAD間で同時に乗り換えが起こったでも可

## 2 解答欄

問1 細胞周期が短い(分裂の速度が速い)  
分裂後の細胞の成長がない(分裂するごとに細胞の大きさが小さくなる)  
すべての細胞が同調的に分裂するでも可

問2	領域A	外胚葉
	領域B	内胚葉

問3 中胚葉

問4 中胚葉の分化は、植物極側の細胞が動物極側の細胞に作用して中胚葉への分化を促すことで起こる

問5 形成体 オーガナイザーでも可

問6	イ	B M P	ロ	受容体	ハ	表皮
	ニ	神経	イは骨形成因子でも可			

問7 移植片から分化した組織を、細胞の色の違いによって周囲の組織と区別するため

3 解答欄

問1

イ	捕食者	ロ	食物連鎖	ハ	食物網
ニ	生物濃縮				

問2

①, ②

問3

(1)

P	369.7	Q	19.4	R	1.1
---	-------	---	------	---	-----

(2)

一次消費者	11.15	%
二次消費者	19.16	%

問4

(1)

現存量ピラミッド 生物量ピラミッドでも可

(2)

植物プランクトンは光合成器官の割合が大きく、非光合成器官の割合が小さいので、  
 増殖速度が大きく、一次消費者に摂食されて生物量が減少しても、  
 すぐに生物量が回復し、消費者が食物不足にならないから

問5

式:  $0.25 + 0.25 = 0.5$ ,  $1 / 0.5 = 2$

答: 2

4 解答欄

問1

イ	組織液	ロ	リンパ管	ハ	リンパ液
ニ	造血幹細胞				

問2

ノルアドレナリン

問3

上がり・下がり

高く・低く

増加・減少

問4

②, ③

問5

$1.4 \times 10^8$  個

問6

(1)

52.6 %

(2)

酸素濃度の低い胎盤において、母体の血液から酸素を受け取りやすい

問7

血液凝固にはたらく酵素の活性を低下させるため