

<p style="font-size: 24px; margin: 0;">理 科 (生)</p> <p style="font-size: 20px; margin: 0;">(問 題)</p> <p style="font-size: 20px; margin: 0;">2023年度</p>
---

〈2023 R 05170015 (理科 (生))〉

### 注 意 事 項

1. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないこと。
2. 問題は2～15ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。
4. マーク解答用紙記入上の注意
  - (1) 印刷されている受験番号が、自分の受験番号と一致していることを確認したうえで、氏名欄に氏名を記入すること。
  - (2) マーク欄にははっきりとマークすること。また、訂正する場合は、消しゴムで丁寧に、消し残しがないようによく消すこと。

マークする時	<input checked="" type="radio"/> 良	<input type="radio"/> 悪	<input type="radio"/> 悪
マークを消す時	<input type="radio"/> 良	<input type="radio"/> 悪	<input type="radio"/> 悪

5. 記述解答用紙記入上の注意
  - (1) 記述解答用紙の所定欄（2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入すること。
  - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
  - (3) 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入すること。

数字見本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- (4) 受験番号は右詰めで記入し、余白が生じる場合でも受験番号の前に「0」を記入しないこと。

(例) 3825番⇒

万	千	百	十	一
	3	8	2	5

6. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
7. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにすること。
8. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。
9. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

I 以下の文章を読み、問1～問6に答えなさい。問1、問2、問4については解答を選び、マーク解答用紙の番号をマークしなさい。その他についてはそれぞれの解答を記述解答用紙に記入しなさい。

光は物質の中を通過すると吸収されて弱まる。例えば図1のように硫酸銅の水溶液は波長が800 nm 付近の光を吸収し、その吸収の度合いを示す吸光度は濃度に比例するので、この吸光度の大きさから溶液の濃度を求めることができる。では、この吸光度はどのように求めるのだろうか。図2 Aのように内側の幅が1 cmの透明な容器に入れた水溶液にある強さの光を通したとき、中の物質に吸収されて透過してきた光が1/10になったとしよう。この時、透過率は10%，吸収率は90%となる。図2 Bのように同じ容器をもう一つ置いておけば、光はさらに1/10になるので、全体では1/100となり、透過率は1%，吸収率は99%となる。これは、図2 Cのように、容器を2つ置く代わりに物質の濃度を2倍にしても同じになる。つまり、濃度を倍にすれば、確かに吸収率は大きくなるが、倍になるわけではない。しかし、ここで、透過率の対数をとって符号を逆にした数値を考えてみよう。透過率をTとすれば、この数値は、 $-\log(T)$ となる。<sup>(1)</sup>透過率が10%の時は、 $-\log(0.1)$ は1、透過率が1%の場合は、 $-\log(0.01)$ は2となって、この数値、すなわち吸光度は濃度に比例する。図1の縦軸の値は、まさにこのようにして求めた吸光度である。したがって吸光度と吸収率は異なるものである。図1のように波長を横軸にとったグラフをスペクトルという。吸光度のスペクトルが吸収スペクトル、吸収率のスペクトルが吸収率スペクトルである。濃度が異なっても物質が同じであれば、例えば極大値を1とした吸収スペクトルの相対的な形は変化しない。また、希薄な溶液では、吸収スペクトルと吸収率スペクトルの形の違いは大きくないが、物質の濃度がいくら高くなっても吸収率が100%を超えることはあり得ないから、濃度が高くなるにつれて吸収率スペクトルは吸収スペクトルとは異なる形に徐々に変化していくことになる。

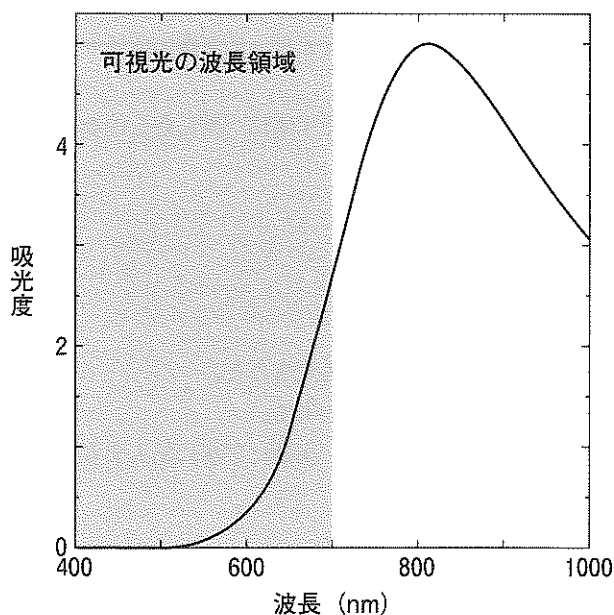


図1 硫酸銅水溶液の吸収スペクトル

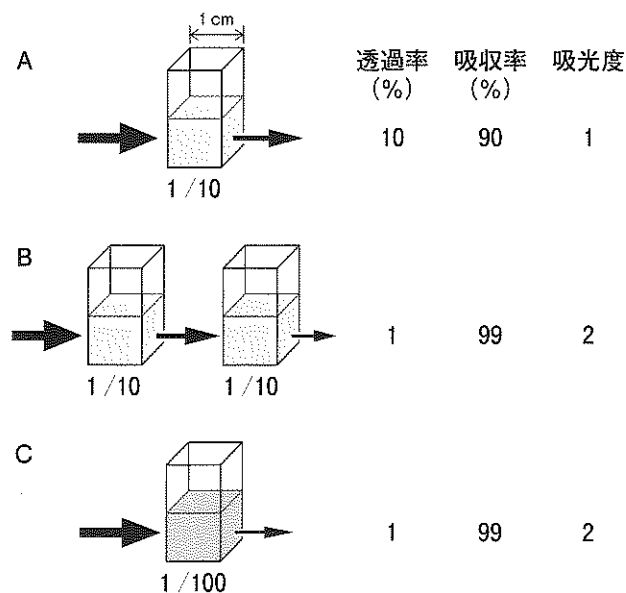


図2 試料を通る光の透過

吸収でなくても、光によって引き起こされる現象であれば、スペクトルとしてあらわすことができる。例えば、光合成によって発生する酸素の量を、照射した光あたりで縦軸にとってグラフ（光合成の作用スペクトルという）に示すことができる。図3 Aは、そのようにして作成した緑藻のアオサの仲間の光合成の作用スペクトルである。光が吸収されなければ光合成は起こらないので、光合成の作用スペクトルの中で、光合成色素による光の吸収が少ない波長領域では光合成も低いはずである。実際に、光合成の作用スペクトルの形は、光合成色素であるクロロフィル a およびβ-カロテンの吸収スペクトル（図3 B）と共通の特徴をもつ。<sup>(3)</sup> 光合成のスペクトルは、照射した光あたりではなく、吸収した光あたりで示すこともできる。図3 Cは、緑藻のクロレラについて、吸収した光子<sup>(注1)</sup> 1個あたりに何分子の酸素が発生するのかを示したスペクトルである。このような吸収光子あたりのスペクトルを、量子収率スペクトルと呼ぶ。

注1 光子：光を一種の粒子として考えたときに、光の最小単位となる粒子を光子と呼ぶ。

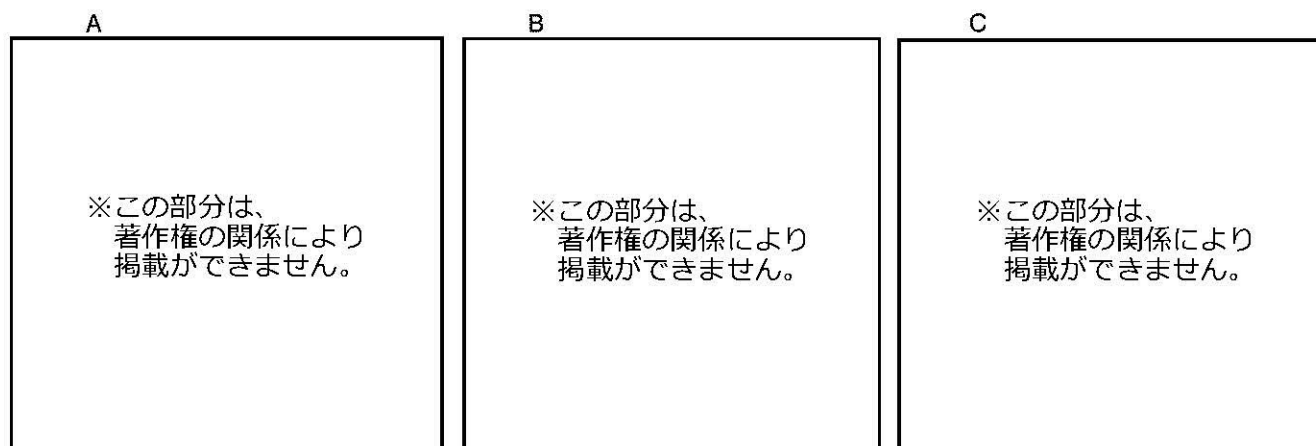


図3 3種類のスペクトル

A. 光合成の作用スペクトル, B. 光合成色素の吸収スペクトル（それぞれの色素の吸光度の最大値を1として示す）および C. 光合成の量子収率スペクトル（光子1個あたりに発生する酸素の分子数を示す）。

問1 図1の吸収スペクトルの次に挙げる特徴 a～c の内、硫酸銅の水溶液が肉眼で青く見えることに寄与しているものはどれか。その特徴を過不足なく含むものを下の①～⑦からひとつ選んで番号で答えなさい。 M 1

a 400 nm から 500 nm の間にはほとんど吸収がない。

b 600 nm から 700 nm の間に吸収が見られる。

c 800 nm 付近に非常に大きな吸収が見られる。

① a

② b

③ c

④ a, b

⑤ a, c

⑥ b, c

⑦ a, b, c

問2 図2のBとCにおける試料の吸光度は同一である。これは、BとCの2つの量的な特徴から算出した値がBとCの間で等しいことを反映している。この値の単位として最も適当なものを次の①～⑥からひとつ選んで番号で答えなさい。 M 2

①  $g/m^3$

②  $g/m^2$

③  $g/m$

④ g

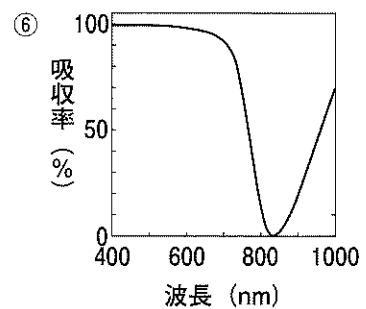
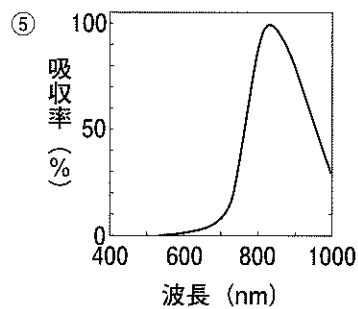
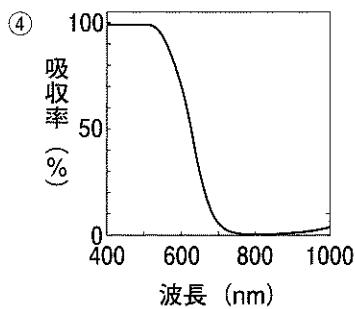
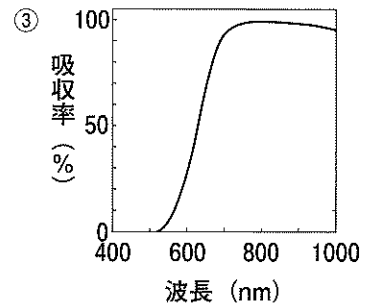
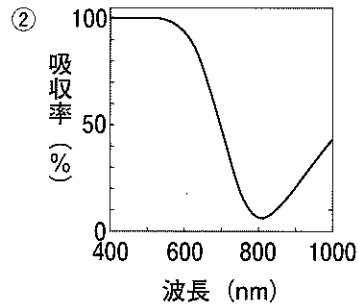
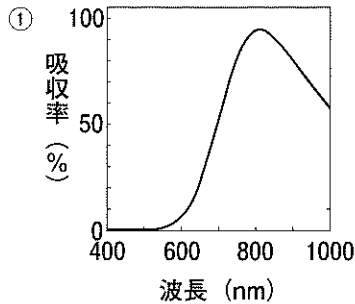
⑤ m

⑥  $g \cdot m$

問3 下線部(1)に関して、このように吸光度や吸収率の計算のもととなるのは透過率であり、ある波長で透過率を測定するためには、試料に照射される前の光の量と、試料を透過した後の光の量を測定する必要がある。試料を透過した後の光量を測定することは難しくないが、試料に照射される前の光の量を測定するためには光を遮る必要がある、その場合試料に光を照射することはできなくなってしまう。また、図2に書かれているような容器で試料を測定する場合、容器自体の透過率も100%ではない可能性がある。それらを考慮に入れた時、硫酸銅水溶液の透過率を正確に知るために、自分なら何をどのように測定するか、簡潔に答えなさい。

問4 下線部(2)に関して、図2の測定に用いた濃度の高い硫酸銅水溶液の吸収率スペクトルとして最も適当なグラフを、次の①～⑥からひとつ選んで番号で答えなさい。

M 3



問5 下線部(3)に関して、図3のアオサやクロレラの主要な光合成色素はクロロフィル a とβ-カロテンであってその他の色素は含まれていないと仮定し、これらの生物の基本的な光合成のメカニズムは同一であると考えた場合、図3の3つのスペクトルから、クロロフィル a とβ-カロテンの光合成における役割と効率について情報を得ることができる。

問5-1 波長の異なる光が光合成に利用される際の光の吸収の効率と吸収した光の利用の効率は、それぞれどのように違うと考えられるか。スペクトルAとCの550 nm付近と650 nm付近の値を比較して簡潔に答えなさい。

問5-2 β-カロテンが光合成においてはたらく際の光の吸収の効率と吸収した光の利用の効率は、クロロフィル a と比較してそれぞれどのようにあると考えられるか。スペクトルA、BおよびCの480 nm付近の値を比較して簡潔に答えなさい。

問6 図3Cに関する以下の考察文の空欄 **ア** ~ **エ** に入る最も適当な数値もしくは語句をそれぞれ答えなさい。

ただし、空欄 **ア** と **ウ** には整数を、空欄 **イ** には数値を有効数字2桁で、**エ** には語句を入れなさい。また、計算にあたっては、アボガドロ数（物質1モルを構成する粒子の数）は  $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$  とし、 $(6.6 \times 10^{-34}) \times (3.0 \times 10^8)$  を  $2.0 \times 10^{-25}$  としなさい。

1個の光子の持つエネルギー  $E$ （単位をJとする）は、その光の波長  $\lambda$  から、 $E = hc/\lambda$  として計算できる。ここで、 $h$  はプランク定数と呼ばれる定数で  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  であり、 $c$  は光速で  $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$  である。図3Cによれば、400 nm の光子を吸収した場合には、約 **ア** 個の光子を吸収すると1分子の酸素が発生することになるので、そのために必要な光エネルギーは、1 nm が  $10^{-9} \text{ m}$  であることを考えると **ア** × **イ** J となる。他方、 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{CH}_2\text{O}] + \text{O}_2$  という光合成の化学反応を進めるのに必要なエネルギーは、約  $480 \text{ kJ mol}^{-1}$  である。従って、光合成の反応における光エネルギーの有機物の化学エネルギー量への変換効率（エネルギー効率）は約 **ウ** % である。一方で、図3Cによれば、より波長の長い680 nm の光を吸収した場合にも、光合成により発生する酸素分子の数は、400 nm の光子の場合とそれほど大きく変わらない。この二つの波長の光子の持つエネルギーを比較すると、400 nm の光の方が約1.7倍大きいので、波長の長い光が吸収されたときの方が、光合成のエネルギー変換効率は **エ** なる。

Ⅱ 以下の文章を読み、問1～問4に答えなさい。問1、問2-1、問3-2、問3-4、問4-1については解答を選び、マーク解答用紙の番号をマークしなさい。その他についてはそれぞれの解答を記述解答用紙に記入しなさい。

自然界で観測される現象は、時間軸に沿った状態の変化としてとらえることができる。物質の状態が周期的に振動すると、リズムが形成される。物理的な世界によって生み出されたリズムは生命現象に影響を与え、地球の自転による明暗の24時間単位の周期は生物の活動に影響を及ぼし、公転による1年単位の周期（ここでは季節性周期とよぶ）は冬眠や渡りのタイミングなどを決めている。このように生物の活動は物理的な時間に依存しているが、同じ物理的時間を共有していても呼吸間隔や寿命など、異なる生理的時間をもつことも知られている。たとえば同じほ乳類でもヒトとハツカネズミでは妊娠期間の長さが大きく異なり、受精後ヒトは約270日、ハツカネズミは19日前後で誕生する。近年これらの生理的時間の違いを生み出すしくみが明らかになってきた。

問1 下線部(1)に関して、次の①～⑨のうち周期性を示すことがないものはどれか。最も適当なものをひとつ選んで答えなさい。 **M 4**

- |        |             |          |
|--------|-------------|----------|
| ① 二足歩行 | ② 心拍        | ③ 冥王星の動き |
| ④ 振り子  | ⑤ 昆虫の羽ばたき運動 | ⑥ 睡眠     |
| ⑦ 細胞分裂 | ⑧ サイコロの出目   | ⑨ 潮汐     |

問2 下線部(1)に関して、自律的に振動する化学反応の例として知られるペロウソフ・ジャボチンスキー反応（以下BZ反応とよぶ）では、鉄（Fe）などの金属塩を臭素酸イオンにより酸化、マロン酸により還元することで、溶液が赤い状態（鉄イオンが還元型）と青い状態（鉄イオンが酸化型）の間を振動する（図1）。高校生の小沼らは、赤色で振動が停止し、反応が終了したと考えられていたBZ反応の溶液を放置したまま下校したが、その後振動が再開しているのを発見した。そこで、マロン酸と臭素酸イオンの初濃度を様々に変えてBZ反応を行ったところ、濃度によって異なる3つの振動パターンが観測された（図2 A）。それぞれの振動パターンは、マロン酸と臭素酸イオンの初濃度の特定の組合せにおいて出現することがわかった（図2 B）。

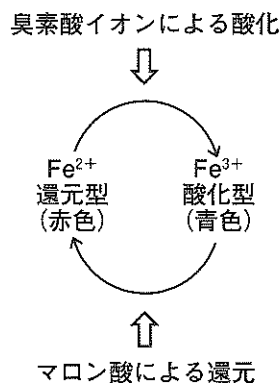


図1 BZ反応における酸化還元状態の変化

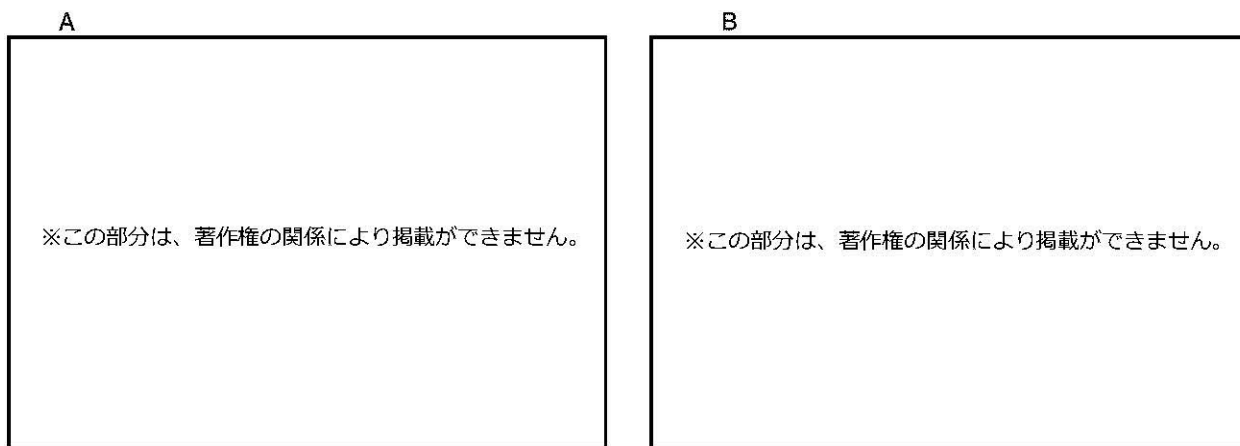


図2 BZ反応の振動パターンの長期変化

鉄イオンの酸化還元状態は、時間とともに酸化型と還元型の間を細かく振動し、やがて一定の状態に落ち着く。Aはその過程で観測された代表的な3つの振動パターン(△, ●および○)を表し、Bはそれらの3つの振動パターンがマロン酸の初濃度と臭素酸イオンの初濃度のどの組合せで出現したかを示したグラフである。

問2-1 図2の実験結果の説明として最も適当な記述を次の①~⑤からひとつ選んで答えなさい。 M5

- ① マロン酸の初濃度にかかわらず、反応停止時の溶液は赤色を呈する。
- ② 臭素酸イオンの初濃度にかかわらず、反応停止時の溶液は青色を呈する。
- ③ マロン酸の初濃度にかかわらず、臭素酸イオンの初濃度を調節すれば、反応停止時の溶液を赤色にすることができる。
- ④ 臭素酸イオンの初濃度にかかわらず、マロン酸の初濃度を調節すれば、反応停止時の溶液を赤色にすることができる。
- ⑤ マロン酸の初濃度にかかわらず、臭素酸イオンの初濃度を調節すれば、振動が再開される条件を作ることができる。

問2-2 振動にみられるような状態の時間変化を表すモデルとして、次の数式1を作成した。この数式をもとにX軸を時間t、Y軸を状態を表す量 $X_t$ とした曲線グラフを作成しなさい。ただし $X_0$ の値は0、 $X_1$ の値は1とする。

$$\text{数式1} \quad X_t = X_{t-1} - (X_{t-2} + 1)$$

問2-3 数式1において2つ前の状態( $X_{t-2}$ )を取り除くと、異なるパターンが得られる。このことから、 $X_{t-2}$ は振動においてどのような役割を果たすと考えられるか、答えなさい。

問3 下線部(2)に関して、生物における24時間周期のリズムと1年単位の周期が、生物の活動に与える影響を調べるために、北緯74度～81度に生息し、夏季に白夜、冬季に極夜の環境下におかれるスバルバルライチョウを用いて以下の実験を行った。

#### 実験1

光条件が遺伝子の発現<sup>(注1)</sup>に与える影響を調べるために、スバルバルライチョウを図3Aのように6時間明期、18時間暗期の周期で継続的に飼育したのちに、最後の24時間を異なる光条件下におき(対照群Aと実験群B)、5時間ごとに脳組織を取り出して、脳組織の中の発現が日周変動することが知られている遺伝子 *Cry1* (以下、遺伝子名は斜体で表す) の発現量を調べたところ、図3Bの結果が得られた。

注1 遺伝子の発現：遺伝子の配列情報にもとづいてRNA、タンパク質が順次合成され、機能を発揮すること。

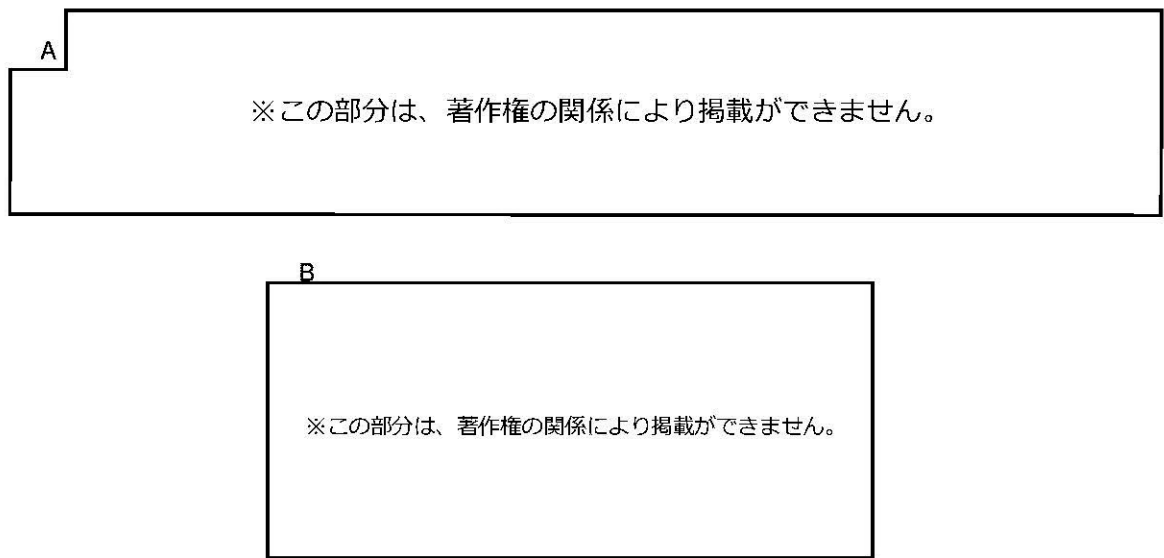


図3 異なる光条件下における *Cry1* 遺伝子の発現量の変化

#### 実験2

季節性遺伝子(発現が年周期で変動する遺伝子のこと) *Tshb* と *Dio3* はそれぞれ *Tshb* が冬に(暗期が長い条件で)発現が抑えられる遺伝子、*Dio3* は夏に(明期が長い条件で)発現が抑えられる遺伝子であることが知られている。そこで光条件が季節性遺伝子の発現に与える影響を調べるために、実験1と同じ実験条件において、*Tshb* と *Dio3* の発現変化を調べたところ、図4の結果が得られた。

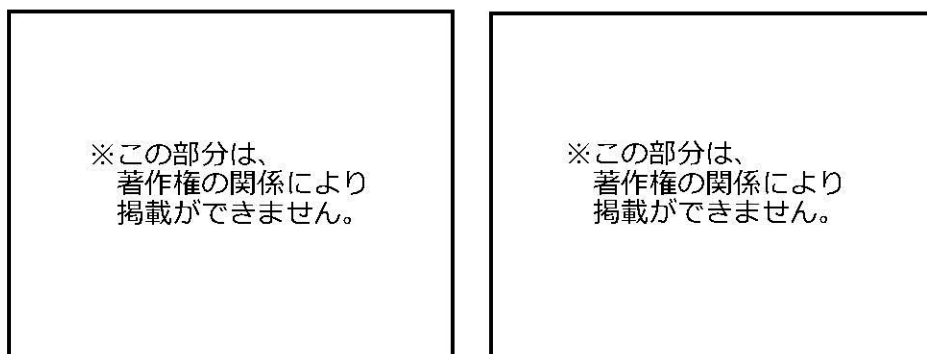
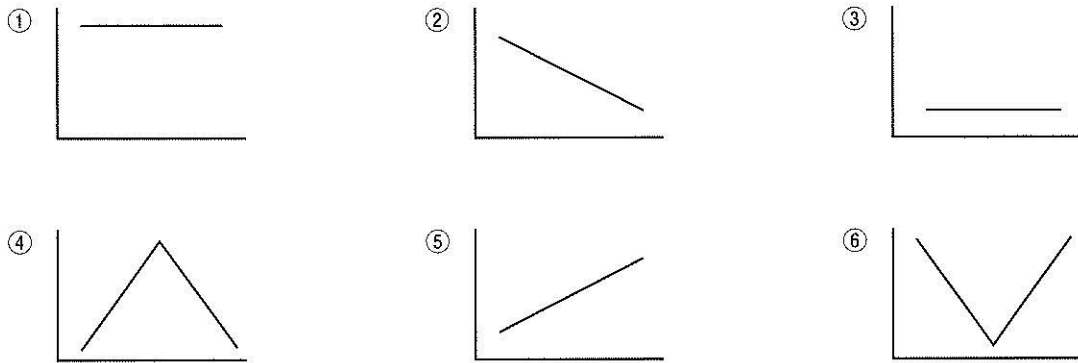


図4 異なる光条件下における季節性遺伝子の発現量の変化



問3-1 遺伝子の発現は、光環境の変化によって調節を受ける場合がある一方、生物が体内にもつ生物時計によっても調節を受ける場合がある。実験1の結果から考えると、*Cry1* の発現はどちらによって調節されていると考えられるか。その理由も含めて簡潔に答えなさい。

問3-2 実験2での実験群Bをそのまま明期を続けてさらに24時間遺伝子の発現を調べることを計画した。その際に予想される *Dio3* の発現量の変化を表すグラフは、次の6つのグラフのどれに近いと考えられるか。最も適当なものを①～⑥からひとつ選んで答えなさい。ただし描かれている X 軸および Y 軸の範囲は図4と同じとする。 M 6



実験3

次に、明暗の条件がスパールバルライチョウの活動量と季節性遺伝子の発現に与える影響を調べるために、8週間にわたり光周期をずらしていく実験を行い（図5 A）、スパールバルライチョウの活動量を調べた（図5 B）。さらに8週目の明期が始まって1時間後に季節性遺伝子の発現量を調べたところ、*Tshb* は変化がみられず、*Dio3* は発現量が減少した（図5 C）。

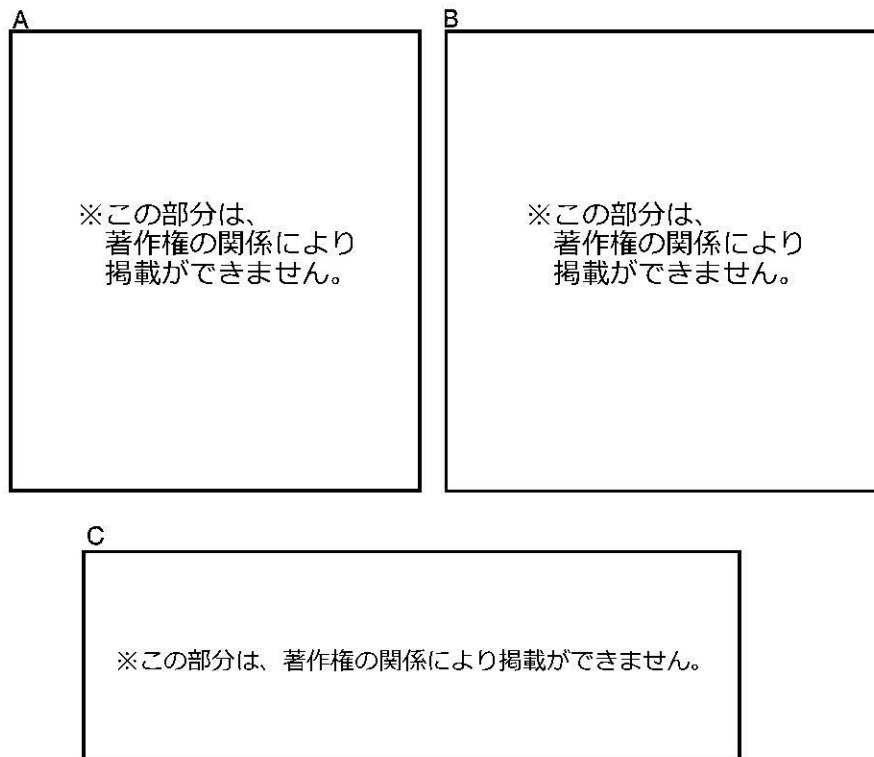


図5 光周期操作が個体の活動量と季節性遺伝子の発現に与える影響  
Bの個体の活動量のグラフでは、活動が高い時間帯を黒塗りで示している。



問4-1 Hes7 遺伝子の発現の振動に関して、図6の作用をそれぞれひとつだけ変えた場合に予想される変化として、最も適当な組み合わせを次の①～⑨からひとつ選んで答えなさい。 M8

- ① dの分解を遅くすると振動が早くなる。eの抑制を取り除くと振動が早くなる。
- ② dの分解を遅くすると振動が早くなる。eの抑制を取り除くと振動が遅くなる。
- ③ dの分解を遅くすると振動が早くなる。eの抑制を取り除くと振動が停止する。
- ④ dの分解を遅くすると振動が遅くなる。eの抑制を取り除くと振動が早くなる。
- ⑤ dの分解を遅くすると振動が遅くなる。eの抑制を取り除くと振動が遅くなる。
- ⑥ dの分解を遅くすると振動が遅くなる。eの抑制を取り除くと振動が停止する。
- ⑦ dの分解を遅くすると振動が停止する。eの抑制を取り除くと振動が早くなる。
- ⑧ dの分解を遅くすると振動が停止する。eの抑制を取り除くと振動が遅くなる。
- ⑨ dの分解を遅くすると振動が停止する。eの抑制を取り除くと振動が停止する。

問4-2 図7の結果は、ハツカネズミのHes7遺伝子をヒトのHes7遺伝子に入れ替えただけでは、ヒトのHes7遺伝子の振動を再現することができないことを示している。ハツカネズミの組織にヒトのHes7遺伝子の振動速度を再現するためには、図6のa～eの作用の一部を操作する必要がある。その作用をa～eの中からひとつ選んで記号を記入し、変更内容（どのように変えるか）を答えなさい。

Ⅲ 以下の文章を読み、問1～問5に答えなさい。問1、問2-1、問4-1、問5-1、問5-2については解答を選び、マーク解答用紙の番号をマークしなさい。その他についてはそれぞれの解答を記述解答用紙に記入しなさい。

生物のエネルギー代謝は、主に細胞内で合成されるATP（アデノシン三リン酸）という物質を仲立ちとして行われている。ATPは、アデニンとリボースが結合したアデノシンに、3分子のリン酸が結合した化学物質である（図1）。リン酸同士の結合は高エネルギーリン酸結合とよばれ、ATPがアデノシン二リン酸（ADP）とリン酸に分解される際に大きなエネルギーが放出される。また、ADPに再びリン酸が結合することによって、ATPは再合成される。ATPの分解エネルギーはさまざまな生命活動に利用されている。

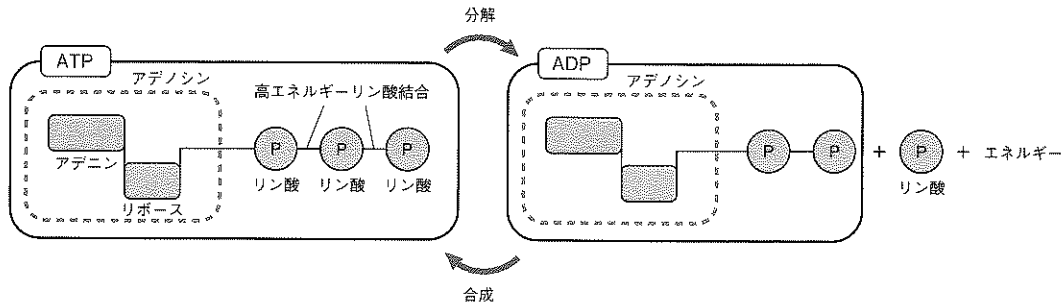


図1 ATPの分解と合成

(2) 筋肉の収縮にもATPの分解エネルギーが使われている。筋細胞に刺激が伝わると、細胞膜<sup>(注1)</sup>に一過性の電位の変化が生じる。すると、筋細胞内にある小胞体膜<sup>(注1)</sup>で囲まれた筋小胞体の内部から、カルシウムイオン ( $\text{Ca}^{2+}$ ) がカルシウムチャネルとよばれるタンパク質を通して放出される。カルシウムイオンの作用によって、ミオシンフィラメントとアクチンフィラメントの結合を阻害しているタンパク質の位置がずれ、両者が相互作用できるようになる。そうして、<sup>(3)</sup>ミオシンフィラメントがATPの分解エネルギーを使い、アクチンフィラメントをたぐり寄せることで、筋肉が収縮する。その後、カルシウムイオンは再び筋小胞体に取り込まれ、結合を阻害していたタンパク質が再びはたらき筋肉は弛緩する（図2）。

注1 細胞膜、小胞体膜：主にリン脂質やタンパク質からなる厚さ5～6 nmの膜で、通常イオンやATPはほとんど通さない。

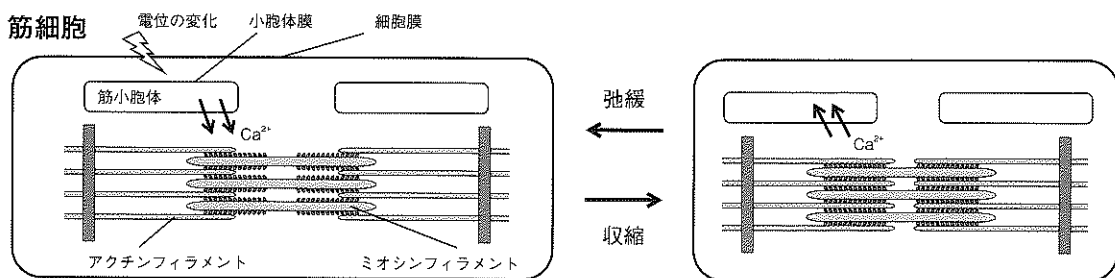


図2 筋細胞の収縮

問1 下線部(1)に関して、体重 50 kg の A さんが、ある日 1,680 kcal の食事を摂取した。そのエネルギーの 50 % が A さんの体内での ATP 合成に使われた。この日、A さんの体内では、ADP から ATP の再合成は 1 分子あたり平均しておよそ何回行われたことになるか、次の①～⑥から 1 つ選んで答えなさい。なお、A さんは  $4 \times 10^{13}$  個の細胞を持ち、1 つの細胞には 0.001 ng ( $1 \text{ ng} = 1 \times 10^{-9} \text{ g}$ ) の ATP が存在するものとする。また、ADP から ATP を合成するために  $30 \text{ kJ/mol}$  のエネルギーが使われるものとし、 $1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}$  とする。また、ATP の分子量は 500 とする。

M9

- ① 30 回                                      ② 150 回                                      ③ 300 回  
④ 1,500 回                                    ⑤ 3,000 回                                    ⑥ 15,000 回

問2 ホタルの発光にも ATP が関わっている。ホタルの発光器では、発光物質であるルシフェリンが酵素であるルシフェラーゼの作用で ATP を消費して光を発する（ルシフェリン-ルシフェラーゼ反応）。現在、この反応による発光を利用し、カビや細菌の ATP を検出する衛生検査キットが発売されている。この検査キットでは、採取したサンプルをあらかじめ抽出試薬（細胞内から ATP を抽出するための細胞膜を溶かす成分が含まれる）で処理した後、ルシフェリンとルシフェラーゼを含む溶液を加え、光測定器（ルミノメーター）で発光を測定する。

問2-1 この検査キットで、前日に開封したペットボトルの麦茶の中に細菌が繁殖しているかどうかを調べた。次の a～f のうち検査の手順として誤っているものはどれか。最も適当なものを下の①～⑨からひとつ選びなさい。

M10

- a 抽出処理する前に、大きなゴミを取り除くために細菌のサイズより荒い目のフィルターでろ過した。  
b 結果が再現できるかどうかを確認するため、同じ検査を同じ条件で 3 回行った。  
c ATP と十分に反応させるために、ルシフェリンとルシフェラーゼを含む溶液を加えた後に 3 時間おいて測定した。  
d 対照として、開封直後の麦茶を検査した。  
e 対照として、ADP を加えた麦茶を検査した。  
f ATP の混入が無いかどうかを確認するために、抽出試薬のみを検査した。

- ① a, b                      ② a, c                      ③ a, d                      ④ b, d                      ⑤ b, e  
⑥ b, f                      ⑦ c, d                      ⑧ c, e                      ⑨ c, f

問2-2 この検査キットでは、ニンジンやトマトをすりつぶした直後の自家製野菜ジュースに細菌がいるかどうかを調べることができない。その理由を簡潔に説明しなさい。

問3 ガソリン車はエンジンにおいてガソリンの燃焼エネルギーを運動エネルギーに変換して走行する。一般的なガソリン車のエネルギー変換効率は 30～40 % 程度であり、残りの大半は熱として廃棄されている。これを筋肉のエネルギー変換効率と比べてみよう。下線部(2)に関して、ある人が腕の筋肉を 1 回収縮させて 126 J の仕事を行った。この時、 $6.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  の ATP が ADP に分解された。筋肉が 1 回収縮するときのエネルギー変換効率は何%になるか。ただし、ATP が ADP に分解される際に、 $30 \text{ kJ/mol}$  のエネルギーが得られるものとする。

問4 下線部(2)および図2に関して、生体から取り出した直後の生きている筋肉は生筋とよばれる。生筋を50%グリセリン溶液に長時間浸すと、筋収縮に必要なタンパク質の構造（アクチンフィラメントやミオシンフィラメント）だけが残し、細胞膜や小胞体膜およびその他のタンパク質は失われる。これはグリセリン筋と呼ばれ、筋肉の収縮機構を調べるための実験モデルとして用いられる。

問4-1 次のa～fのうち、弛緩した状態の生筋とグリセリン筋に次の操作を行った場合に収縮がみられるものはどれか。最も適当なものを下の①～⑨からひとつ選びなさい。 M11

操作	生筋	グリセリン筋
電気刺激を与える	a	b
ATPを含む溶液に浸す	c	d
カルシウムイオンを含む溶液に浸す	e	f

- ① a, b      ② a, c      ③ a, d      ④ a, e      ⑤ a, f  
 ⑥ b, c      ⑦ b, e      ⑧ c, d      ⑨ c, f

問4-2 生筋は収縮した後に弛緩するが、グリセリン筋は収縮した後に弛緩しない。その理由を簡潔に答えなさい。

問5 下線部(3)に関して、ミオシンフィラメントは、モータータンパク質とよばれるミオシンが多数より合わさって繊維状に束ねられた構造をとっている。筋肉の収縮にはミオシンフィラメントの側面より突き出ている部分（頭部と呼ばれる）が重要なはたらきをしている（図3A）。ミオシン頭部でATPが分解されることにより、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントの間で運動が発生する。この運動発生の詳細なメカニズムを図3Bに示す。ADPの解離と共にミオシン頭部に連結している棒状の可動腕がスイングする。その結果、アクチンフィラメントは約5nm左方向へ滑る（図3B ステップ①～②）。ADPが解離したあとのミオシン頭部にATPが結合すると、ミオシン頭部はアクチンフィラメントより離れる（図3B ステップ③～④）。ATPの分解と同時にスイングした可動腕が元の状態に回復する（図3B ステップ⑤）。ミオシンはステップ①～⑤のサイクルを繰り返すことでアクチンフィラメントを5nmずつ手繰り寄せ、筋収縮が発生していると考えられている。

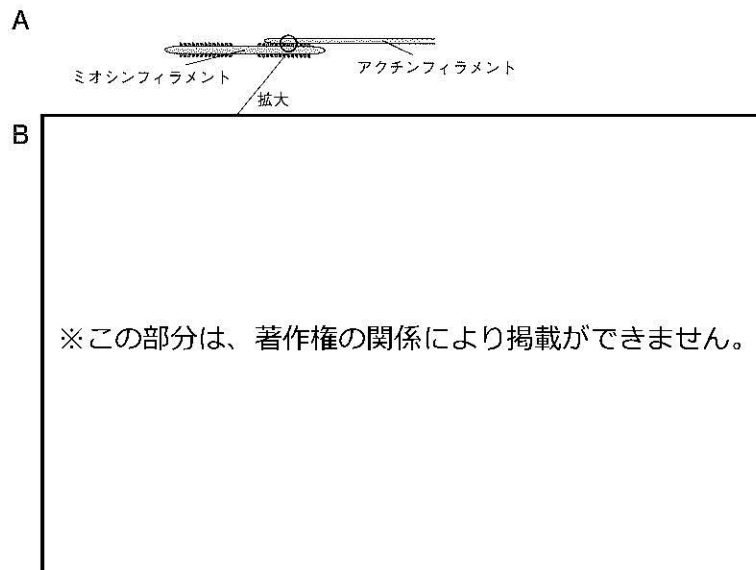


図3 アクチンフィラメントに沿って動くミオシンの運動モデル

図3 Bにおけるミオシンの運動メカニズムは、ATPを含む生理的溶液中において、筋肉から抽出した1個のミオシンの動きを測定する実験から明らかになってきた(図4 A)。まず、1個のミオシンをガラス基板に固定する。次に、1本のアクチンフィラメントの端にビーズを付け、そのアクチンフィラメントをミオシンの上に置く。この状態で、ミオシン可動腕のスイングによってアクチンフィラメントが引っ張られると、ビーズの位置がずれる。図4 Aのように1個のミオシンで実験した場合、図3のステップ⑤の状態になるとアクチンは元の位置に戻る。このビーズの位置変化を位置検出器で検出すると、図4 Bのような軌跡が得られる。ここでは、5秒の間に2回ミオシンがアクチンを手繰り寄せている。

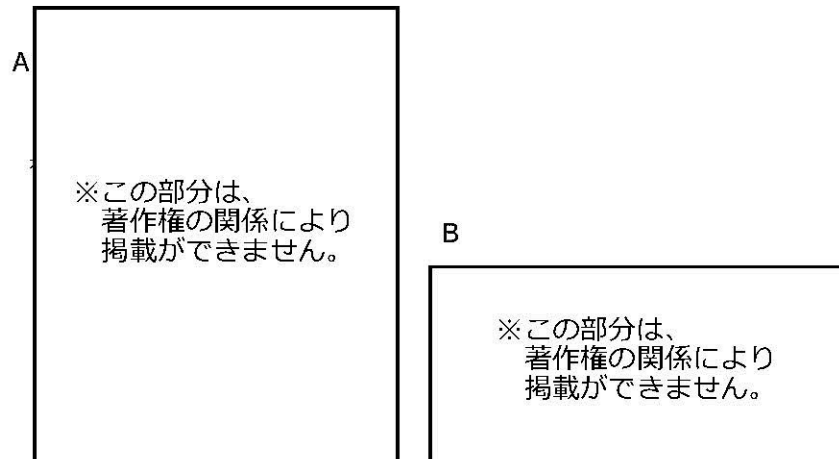


図4 アクチンフィラメントに沿って動くミオシン1分子の運動計測

A. 実験の模式図。B. 実験から得られたビーズの軌跡。

問5-1 この実験において、溶液中のATP濃度を下げていったところ図4 Bのビーズの軌跡に変化が見られた。

この変化とはどのようなものか。図3 Bを踏まえ、次の①~④からひとつ選んで答えなさい。

M12

- ① aが高くなり、bは変化しない
- ② aが低くなり、bは変化しない
- ③ aは変化せず、bが長くなる
- ④ aは変化せず、bが短くなる

問5-2 可動腕の長さを人工的に2倍にしたミオシンを用いて、同様の実験を行った。この場合、図4 Bで示されるビーズの軌跡にどのような変化がみられるか。図3 Bを踏まえ、次の①~⑤から1つ選んで答えなさい。

ただし、可動腕の長さの変化はミオシン頭部の機能には影響しないものとする。

M13

- ① aが高くなり、bは変化しない
- ② aが低くなり、bは変化しない
- ③ aは変化せず、bが長くなる
- ④ aは変化せず、bが短くなる
- ⑤ a, b共に変化しない

問5-3 動物が死んで代謝が完全に停止し、アクチンとミオシンの結合を阻害するタンパク質の機能が失われた後、数時間経過すると死後硬直という現象がおきる。この現象にはアクチンフィラメントとミオシンの結合状態が関わっている。図3 Bから死後硬直が起こっているときの状態を推測し、死後硬直がおこる理由を簡潔に説明しなさい。

[以下余白]

<2023 R05170015 (理科(生))>

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

問 採点欄	I						II						III					
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-

<2023 R05170015 (理科(生))>

受験番号	万	千	百	十	一
氏名					

(注意) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

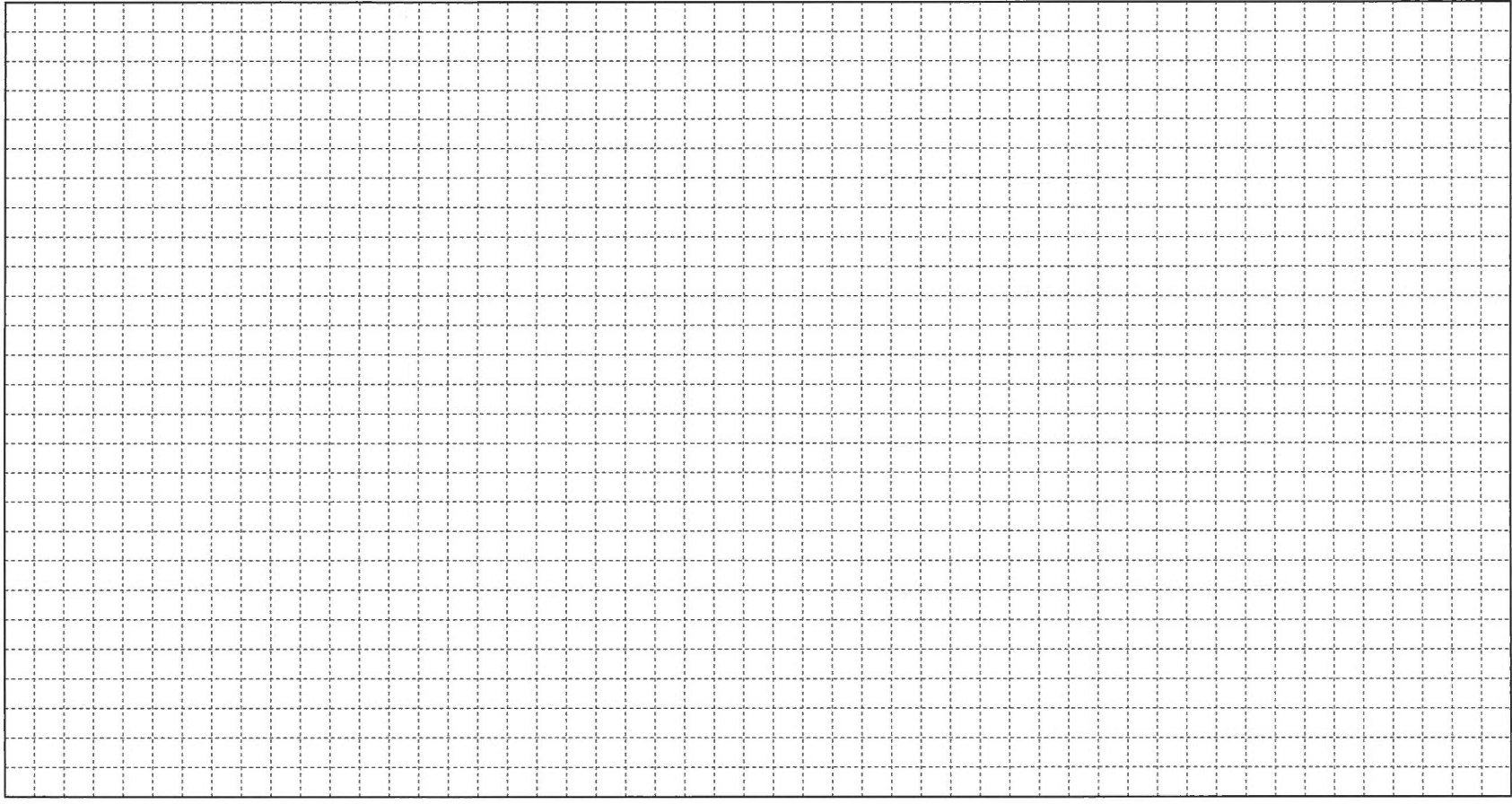
## 理 科 ( 生 )

( 解 答 用 紙 )

### 注 意

1. 受験番号(算用数字)・氏名は指示に従ってただちに所定欄に記入し、それ以外に記入してはならない。
2. 解答はすべて所定の解答欄に記入すること。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。
3. 解答はHBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで書くこと。
4. 試験終了時にこの解答用紙を裏返して机の上に置き、指示を待つこと。

<b>I</b>	問 3												
	問 5-1												
	問 5-2												
	問 6	ア		イ		ウ		エ					


<b>II</b>	問 2-2	<p>グラフ</p> 											
	問 2-3												
	問 3-1												
	問 3-3												
	問 3-5												
	問 3-6												
	問 4-2	記号		変更内容									


<b>III</b>	問 2-2												
	問 3		%										
	問 4-2												
	問 5-3												