

平成 28 年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
 - 2 問題冊子は「物理」1～7ページ、「化学」8～21ページ、「生物」22～33ページ、「地学」34～41ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」3枚、「生物」4枚、「地学」3枚である。脱落のあった場合には申し出ること。なお、解答用紙は上部で接着してあるので、はがさずに解答すること。
 - 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
 - 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
 - 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
 - 6 解答用紙の裏面は計算等に使用してもよいが、採点はしない。
 - 7 理学部の受験者は、次により解答すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうちから2科目を選択解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - 8 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
 - 9 医学部医学科の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。
 - 10 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」・「生物」のうちから1科目を選択解答すること。
 - 11 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
 - 12 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。
- ※ 本冊子の理科科目は以下を表す。
- | | |
|------------|------------|
| 物理：物理基礎・物理 | 化学：化学基礎・化学 |
| 生物：生物基礎・生物 | 地学：地学基礎・地学 |

生 物

第 1 問 (25点)

生物物質とエネルギーに関する次の文章を読み、問1～問9に答えよ。

生物のからだに含まれる元素には、水素、炭素、窒素、酸素、ナトリウム、リン、硫黄、塩素、カリウム、カルシウムなどがある^①。生体内には、これらの原子が結合したアミノ酸、単糖、ヌクレオチド、脂肪酸などのさまざまな分子が存在する。さらに、これらの分子が多数結合して作られる比較的大きな分子は生体高分子とよばれ、細胞の構造や機能に深くかかわっている。4つの代表的な生体高分子（ア）～（エ）に含まれる主な元素とそれぞれの生体高分子のはたらきを表に示す。

酸素を用いて有機物からエネルギーを取り出す過程においても、これらの生体高分子を^②含むさまざまな分子が密接にかかわりあってはたらいっている。エネルギー貯蔵物質の1つである（ア）が分解されて生じるグルコースは、3つの大きな反応過程を経て、二酸化炭素と水にまで分解される^③。この3つの過程で取り出されたエネルギーは、生命活動に利用できるATPとして蓄えられる^④。真核細胞では、この3つの反応過程のうち、2つは、ある細胞小器官の内部で進行する^⑤。また、ATPは、別のエネルギー貯蔵物質である（イ）からも生産される。

ATPは、（ウ）の構成材料であるヌクレオチドの1つである。細胞内のATPは、筋細胞の収縮をつかさどる“モーター”を動かしたり、細胞に物質を出入りさせる“ポンプ”^⑥にエネルギーを供給するのに使われる。これらの“モーター”や“ポンプ”は、（エ）からできている。たとえば、細胞ではナトリウムポンプが常にはたらいており、細胞内外でのナトリウムイオンと（オ）イオンの濃度勾配の維持にかかわっている。ニューロンで活動電位が発生したあともナトリウムポンプがはたらくため、脳は大量のATPを必要とする^⑦。

表 代表的な生体高分子に含まれる主な元素とはたらき

生体高分子	主な元素	はたらき
(ア)	水素, 炭素, 酸素	エネルギーの貯蔵, 植物の細胞壁の構築
(イ)	水素, 炭素, 酸素, リン	エネルギーの貯蔵, 生体膜の構築
(ウ)	水素, 炭素, 酸素, 窒素, (カ)	遺伝情報の維持・伝達
(エ)	水素, 炭素, 酸素, 窒素, (キ)	生体内の化学反応の制御

問1 文章中と表の空欄(ア)～(エ)に入る適切な生体高分子の名称を, 以下の(a)～(h)からそれぞれ1つ選び, 記号で答えよ.

- (a) タンパク質 (b) ホルモン (c) 補酵素 (d) 脂質
 (e) ビタミン (f) 核酸 (g) 炭水化物 (h) 遺伝子

問2 文章中の空欄(オ)および表の空欄(カ)と(キ)に入る適切な元素を, 下線部①からそれぞれ1つ選び, 答えよ.

問3 下線部②の過程を何とよぶか, 答えよ.

問4 下線部③に関して, グルコースが多数結合してつくられる(ア)の例を1つ答えよ.

問5 下線部④に関して, グルコースが完全に分解されて二酸化炭素と水を生じる反応を反応式で表せ.

問6 下線部⑤にあてはまる2つの反応過程と細胞小器官の名称を答えよ.

問7 下線部⑥に関して, 骨格筋の収縮の開始にかかわる元素として最も適切なものを, 下線部①から1つ選び, 答えよ.

問8 下線部⑦に関して，活動電位が発生したあとのナトリウムポンプのはたらきについて，説明せよ。

問9 生体膜に含まれる（イ）の多くはリン酸を含む。そのことが生体膜の構築にとって重要である理由を答えよ。

生 物

第 2 問 (25点)

DNAの構造と複製に関する次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

真核生物のDNAはヒストンに巻きついて、(ア)を形成している。(ア)のつ
①なかりはさらに折りたたまれ、クロマチン構造を形作っている。クロマチン構造をとったDNAは、間期には核内に広がっているが、細胞分裂の際には凝集し、(イ)として観察することができる。

DNAは、2本の鎖からなる構造をしており、それぞれの鎖はヌクレオチドがつながって
②できている。DNAのヌクレオチドを構成する塩基には、A、T、G、Cの4種類があり、
③AとT、GとCが互いに結合し、塩基対を形成している。細胞分裂の際には、DNAのも
④つ遺伝情報は分裂した2個の細胞に正確に伝えられる必要がある。DNAが複製されるときには2本鎖が1本ずつに分離し、それぞれを鋳型にして新しい鎖が合成され、2組の2本鎖ができる。このような複製のしくみを(ウ)という。DNAの複製過程では、
⑤DNAポリメラーゼをはじめ、多くの酵素がはたらく。

問1 文章中の空欄(ア)～(ウ)に入る適切な語句を答えよ。

問2 下線部①に関して、ヒトのゲノムサイズとして最も適切なものを以下より選び、記号で答えよ。

- (a) 30万塩基対 (b) 3,000万塩基対 (c) 30億塩基対 (d) 3,000億塩基対

問3 下線部②に関して、DNAの構造について最も適切なものを以下より選び、記号で答えよ。

- (a) 右巻きのらせん構造をしており、2本の鎖が同じ向きに並んでいる。
- (b) 右巻きのらせん構造をしており、2本の鎖が逆向きに並んでいる。
- (c) 左巻きのらせん構造をしており、2本の鎖が同じ向きに並んでいる。
- (d) 左巻きのらせん構造をしており、2本の鎖が逆向きに並んでいる。

問4 下線部③に関して、ある生物のゲノムDNAにおいて、塩基Aの割合が20%であったとすると、残り3つの塩基の割合はそれぞれ何%になると考えられるか、整数で答えよ。

問5 下線部④に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) この塩基対を形成するときにはたらく結合の名称を答えよ。
- (2) A-T対の結合と、G-C対の結合はどちらが強いのか、その理由とともに答えよ。

問6 下線部⑤に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

- (1) DNAポリメラーゼ以外にDNA複製に関与する酵素名を1つ答えよ。
- (2) 複製時には、鋳型鎖の塩基配列に相補的でない間違っただ塩基が1万から10万塩基に1個の割合で結合することがあるが、DNAポリメラーゼに備わっているあるしくみのため、間違いの頻度は最終的には大幅に低下する。そのしくみを述べよ。

生 物

第 3 問 (25点)

シロイヌナズナに関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

シロイヌナズナは、(ア)科に属する小さな植物で、世界各地に広く分布している。生育に必要な光はあまり強くなくてもよく、室内で蛍光灯などを用いて栽培することが可能である。植物としては世代交代が早く、発芽から、成長、開^②花、結実までが約2ヶ月で完了する。また、多くの突然変異体^①が得られており、遺伝学的な解析も容易である。ゲノムのサイズが小さく、2000年には、植物として初めて、全ゲノムの塩基配列が解読された。さらに、土^③壌細菌である(イ)を感染させる方法で、外来の遺伝子を導入した(ウ)植物を比較的容易につくることができる。このような理由から、シロイヌナズナは広く研究材料として利用されている。

問1 文章中の空欄(ア)～(ウ)に入る適切な語句を答えよ。

問2 以下はシロイヌナズナの学名である。学名は、(a)、(b)、(c)の3つの部分から構成されており、(c)は省略することも可能である。学名を構成する(a)、(b)、(c)は何とよばれるか、答えよ。

Arabidopsis thaliana (L.) Heynh.
(a) (b) (c)

問3 下線部①に関して、光の波長は植物の形態に大きな影響を与える。白色の蛍光灯、ならびに、発光強度が、660nm、555nm、460nmでそれぞれ最大となる赤色、緑色、青色の発光ダイオードの下でシロイヌナズナを生育させた。また、対照として暗所で生育させたシロイヌナズナを準備した。白色の蛍光灯、ならびに、赤色、緑色、青色の発光ダイオードの下で生育させた芽生えの形態の違いを、対照と比較して説明せよ。

問4 下線部②に関して、(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) シロイヌナズナなどの被子植物の花は、外側から、がく片、花弁、おしべ、めしべの4種類の部分から構成されている。シロイヌナズナの花を構成する4つの部分のそれぞれの個数を答えよ。

(2) 花の形成に関するABCモデルによると、Aクラスの遺伝子が単独ではたらくとがく片が、AとBクラスがはたらくと花弁が、BとCクラスがはたらくとおしべが、そしてCクラス単独ではめしべが分化する。シロイヌナズナにおいて、A、B、Cの3つのクラスの遺伝子のどれもがはたらかないとどのような分化が起こるか、その理由とともに答えよ。

問5 下線部③に関して、土壌細菌である(イ)を植物に感染させると、こぶが形成された。感染していない植物の細胞と感染した植物のこぶの細胞を、植物ホルモンを含まない培地と特定の植物ホルモンを含む培地を用いて組織培養した。感染していない植物の細胞は、特定の植物ホルモンを含む培地でのみ増殖した。ところが、感染した植物のこぶの細胞は、植物ホルモンを含まない培地でも増殖した。

(1) 土壌細菌に感染していない植物の細胞を組織培養する際に必要な植物ホルモンの名称をすべて答えよ。

(2) 土壌細菌を感染させると、植物に外来の遺伝子を導入できることに着目して、植物ホルモンを含まない培地で、こぶの細胞が増殖できた理由を説明せよ。

生 物

第 4 問 (25点)

水域生態系の無機塩類に関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

近年、生活排水や産業排水の流入により、河川や湖沼の水中に含まれる硝酸塩などの無機塩類の濃度が上昇することが問題になっている。河川や湖沼の底に固着して光合成を行う藻類は、生産者であると同時に、水中の硝酸イオンを吸収することで、無機塩類の濃度を減らす水質浄化機能も果たしている。しかし、藻類や水生植物が吸収しきれないほど大量の無機塩類が湖沼に流入すると、水中の無機塩類濃度が異常に高くなり、アオコの発生につながることもある。

問1 下線部①に関して、このような現象は何とよばれるか、答えよ。

問2 下線部②に関して、藻類と同じ原生生物に分類される生物を下からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) テングサ (b) ゼニゴケ (c) ゾウリムシ (d) アメーバ
(e) 大腸菌 (f) 超好熱菌 (g) シャジクモ (h) ネンジュモ

問3 藻類の水質浄化機能を調べるため、以下の実験1を行った。(1)と(2)の問いに答えよ。

実験1

図に示すように、河川環境に似せた水槽を9つ用意し、水槽内の流速を均一にして、水槽の底面で藻類を培養した。8つの水槽には、種A～種Hの8種の藻類を別々に入れ、残り1つの水槽には、8種すべてを一緒に入れて培養した。すべての種の個体数が安定するまで培養したところ、8種一緒に入れた水槽では、1種のみが底面全体を優占して、他の種の個体はほとんどいなくなってしまう。その後、藻類による硝酸イオンの吸収速度を水槽ごとに測定したところ、表1の結果が得られた。

- (1) 下線部③に関して、この結果はどのような生物間相互作用によって生じたと考えられるか、相互作用の名称を答えよ。
- (2) 1種ずつ増殖させた水槽の吸収速度の最大値と8種一緒に増殖させた水槽の吸収速度が同じだった理由を答えよ。

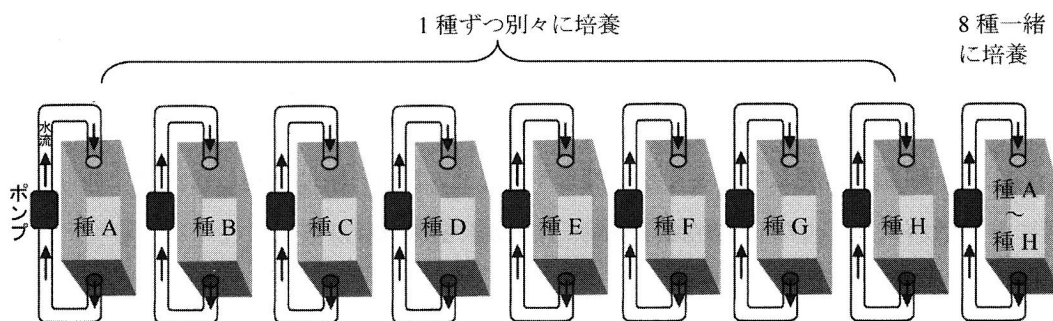


図 実験用水槽の模式図

表1 硝酸イオン吸収速度 [$\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{時})$]

1種ずつ別々に培養した水槽		8種一緒に培養した水槽の値
全水槽の平均値	吸収速度が最も大きかった水槽の値	
0.3	0.6	0.6

問4 実験1と同じ水槽を用いて、以下の実験2を行った。(1)と(2)の問いに答えよ。

実験2

実験に用いた藻類は、種によって生育に適した流速とかく乱後の回復速度が異なっていることがわかっている。そこで、水槽の底面に起伏をつくり、水槽内に流速の速い場所と遅い場所をつくった。また、毎週1回、水槽の底面から無作為に複数^④の範囲を選び、その範囲にある藻類をすべてはぎ取るかく乱処理を行った。

実験1と同様に、8つの水槽では1種ずつ別々に、残り1つの水槽では8種一緒に培養した。すべての種の個体数が安定するまで培養したところ、8種一緒に入れた水槽では、8種すべてが共存していた。その後、藻類による硝酸イオンの吸収速度を測定したところ、表2の結果が得られた。

- (1) 下線部④に関して、かく乱処理をやめると、8種一緒に培養した水槽で共存する種数が減った。なぜ共存種数が減ったのか、答えよ。
- (2) 1種ずつ培養した水槽の硝酸イオン吸収速度の最大値よりも8種一緒に培養した水槽の吸収速度の方が大きかった理由を答えよ。なお、単位生物量あたりの吸収速度は、種によって決まっていて、条件が変わっても変化しないものとする。

表2 硝酸イオン吸収速度 [$\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{時})$]

1種ずつ別々に培養した水槽		8種一緒に培養した水槽の値
全水槽の平均値	吸収速度が最も大きかった水槽の値	
0.1	0.3	0.5