

令和 7 年 度

理 科

物	理	1 ページ～ 9 ページ
化	学	10 ページ～21 ページ
生	物	22 ページ～32 ページ

注意事項

1. 監督者の許可があるまでは、中を見てはいけない。
2. 問題冊子に欠けている部分や印刷が不鮮明な箇所などがあれば申し出ること。
3. 解答用紙は、物理(その 1～その 3)、化学(その 1～その 4)、生物(その 1～その 4)の 3 科目分を綴ってある。

解答を始める前に、自分の選択する 2 科目に関係なく全科目の解答用紙に必ず受験番号を記入すること。なお、受験票の理科受験科目届の○で囲んだ科目以外を解答した場合は採点されないので注意すること。

4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。
5. 問題用紙の余白は、計算用紙として利用してもよい。

生 物

1 次の(文1)と(文2)を読み、問1から問7に答えよ。

(文1) 生物の遺伝情報は、原則としてDNA→RNA→タンパク質の順に一方
向に伝達される⁽¹⁾。一方で、この原則に反して、1本鎖RNAを鋳型としてDNA
を合成するウイルスも存在する。この現象は逆転写と呼ばれ、RNAを鋳型にし
てDNAを合成する逆転写酵素によって触媒される。

逆転写酵素の発見によって、生体内に発現するRNAを解析する技術が確立し
た。細胞や組織から抽出したRNA溶液に、逆転写酵素、逆転写用DNAプライ
マー⁽²⁾、4種類のデオキシリボヌクレオシド三リン酸、反応緩衝液を混ぜ、酵素の
最適温度で反応させると、RNAを鋳型としたcDNA(相補的DNA)⁽³⁾が反応液中で
合成される。

合成されたcDNAはPCR法で増幅することができる。先ほどのcDNAを含む
反応液に、DNAポリメラーゼ、DNAプライマー、4種類のデオキシリボヌクレ
オシド三リン酸、反応緩衝液を加えたのち、反応液の温度を変化させることで
DNAが複製される。典型的なPCR法では3つの異なる温度条件での反応を1サ
イクルとし、この温度変化のサイクルを繰り返すことでDNAが増幅される⁽⁴⁾。同
一の塩基配列を有する2本鎖DNAの分子数をコピー数といい、理論的にはPCR
法を1サイクル行うごとにDNAのコピー数は2倍に増幅される。

問1 下線部(1)について、すべての生物に共通するこの基本原則は何と呼ばれて
いるか、答えよ。

問2 下線部(2)について、PCR法の反応と同様に、逆転写反応でも合成起点と
なるDNAプライマーが必要である。真核生物のmRNAを逆転写するとき
には、塩基としてチミンをもつデオキシリボヌクレオチドが12～18個連
なったDNAプライマーを用いることが多い。その理由を説明せよ。

問 3 下線部(3)について、DNA は特定の波長の紫外線をよく吸収するため、その性質を利用して DNA 濃度を定量することができる。しかし、この方法で逆転写後の反応液を調べても、どれくらいの量の cDNA が得られたのかは分からない。その理由を説明せよ。

問 4 下線部(4)について、1 サイクル中の 3 つの温度条件の順序を答えよ。温度条件は以下から選べ。また、各々の温度条件で起こる反応について説明せよ。

[50～60 ℃, 72 ℃, 95 ℃]

問 5 増幅したい領域をはさみこむように DNA プライマーを設計した。理論的には、図 1 のように PCR 法を 1 サイクル行ったあとでは、最初の鋳型 DNA と増幅したい領域より長い DNA 断片からなる 2 本鎖 DNA ができる。2 サイクル後では、増幅したい領域の DNA 断片とそれより長い DNA 断片からなる 2 本鎖 DNA ができる。3 サイクル後には増幅したい領域だけからなる 2 本鎖 DNA が合成され、増幅したい領域だけからなる 2 本鎖 DNA のコピー数は全体の 25 % を占める。

理論上、PCR 法を何サイクル行えば、増幅したい領域だけからなる 2 本鎖 DNA のコピー数が全体の 80 % 以上を占めるか、答えよ。

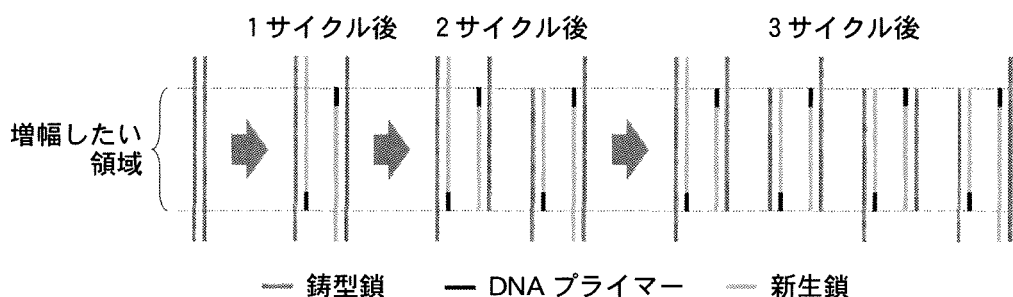


図 1 PCR 法による DNA の増幅

(文2) PCR法を行うときにサイクル数と増幅されたDNAのコピー数が分かれば、試料にもともと含まれていたPCR法を行う前のDNAのコピー数(初期コピー数)を計算することができる。そこで、2本鎖DNAに結合することで蛍光を発する試薬をPCRの反応液に加える。蛍光強度は2本鎖DNA量に比例するため、PCRの各サイクルごとに蛍光強度を計測することで、2本鎖DNAの増幅曲線を描くことができる。ある蛍光強度を閾値として設定すると、その閾値に達するまでに必要なサイクル数(Ct値)が少ないほど初期コピー数が多いことが分かる。このようにして試料に含まれるDNAを定量する方法をリアルタイムPCR法という。リアルタイムPCR法を使って、25ページの<実験>を行った。

<実験>

ある遺伝子Xの mRNA の発現量を脳と腎臓で比較したい。各々の組織から RNA を抽出し、逆転写によって cDNA を合成した。しかし、逆転写に用いた RNA 量にはどうしてもばらつきが生じてしまうため、どの臓器でも mRNA の発現量にほとんど差がないとされる遺伝子 *GAPDH* を用いて、遺伝子 X と *GAPDH* の mRNA の発現量の比を比較することにした。遺伝子 X を増幅する DNA プライマーと *GAPDH* を増幅する DNA プライマーを使ってリアルタイム PCR 法を行った測定結果(図 2：増幅曲線、表：Ct 値)を示す。

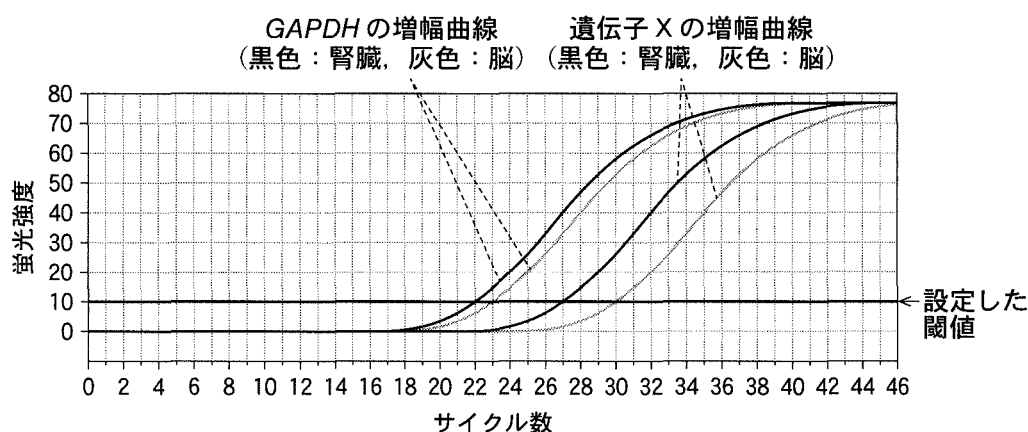


図 2 遺伝子 X と *GAPDH* のリアルタイム PCR 法の増幅曲線

	遺伝子 X の Ct 値	<i>GAPDH</i> の Ct 値
脳	30.0	23.0
腎臓	27.0	22.0

表 遺伝子 X と *GAPDH* のリアルタイム PCR 法の Ct 値

問 6 <実験>の結果を考察した以下の文中の A ~ C に入る適切な数字の組み合わせを選択肢(ア)~(ク)から一つ選べ。

PCR 法を 1 サイクル行うごとに DNA のコピー数が 2 倍に増幅されると仮定する。このとき、脳から抽出した試料と比較して腎臓から抽出した試料には *GAPDH* の mRNA は A 倍含まれており、遺伝子 X の mRNA は B 倍含まれている。したがって、脳と腎臓で *GAPDH* の発現量に差がないとすると、遺伝子 X の mRNA は脳と比較して腎臓の方が C 倍発現していると考えられる。

選択肢	A	B	C
(ア)	2	8	4
(イ)	2	8	6
(ウ)	2	8	$\frac{1}{4}$
(エ)	2	8	$\frac{1}{6}$
(オ)	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	4
(カ)	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	6
(キ)	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{4}$
(ク)	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$

問 7 図 2 について、途中までは指数関数的な増加を示していた増幅曲線が、次第に増加を示さなくなる。その理由を説明せよ。

2 次の(文3)を読み、問1から問8に答えよ。

(文3) 新千円札の肖像には「近代日本医学の父」とも呼ばれる細菌学者の北里柴三郎の肖像が採用されている。北里は19世紀末にドイツに留学し、病原細菌研究の第一人者ロベルト・コッホのもとで、当時不可能と言われた破傷風菌だけ⁽¹⁾を取り出して培養する純粋培養に世界で初めて成功した。また、破傷風菌が毒素を産生し、その毒素が破傷風の重篤な症状を引き起こすことを明らかにした。北里はさらに破傷風に対する血清療法を確立した。

血清療法とは、ウマなどの動物にあらかじめ毒素や病原体を少量注射して抗体⁽²⁾をつくらせておき、この抗体を含む血清を投与することで体内から毒素を排除し⁽³⁾たり、病気を治療したりする方法である。血清療法は、破傷風菌毒素やヘビ毒など、毒素を速やかに取り除くことが必要である場合に用いられる。開発当初は多くの患者の命を救ったが、感染症に対しては、その後、より有効で安全な他の治療法が開発されたため、現在ではあまり用いられていない⁽⁴⁾。それでも、破傷風菌感染後の治療においては、血清療法を改良した、破傷風菌毒素に対するヒト抗体の投与が現在でも中心である。また、新型コロナウイルス感染症に対しても、まだワクチンや抗ウイルス薬が開発されていない流行初期において、新型コロナウイルス感染症から回復したヒトの血清や血しょうを患者に投与する治療法が試み⁽⁵⁾られたこともあった。

問1 下線部(1)について、破傷風菌は細菌の一種である。破傷風菌は原核生物と真核生物のいずれに属するか、解答欄の正しい方を丸で囲め。

問2 下線部(2)について、抗体のタンパク質としての名称を答えよ。

問3 下線部(2)について、体内で抗体を分泌する細胞の名称を答えよ。

問4 下線部(2)について、抗体による免疫を何と呼ぶか、答えよ。

問 5 下線部(3)について，血清とは何か，血しょうとの違いが明らかになるように説明せよ。

問 6 下線部(4)について，血清療法の欠点の 1 つとして，同じ動物由来の血清を用いた血清療法を繰り返すのが望ましくないことが挙げられる。なぜ望ましくないか，理由を説明せよ。

問 7 血清療法は感染後の治療のためには用いられるが，血清を感染前に投与しておくことは感染を予防する手段としては不向きである。その理由を説明せよ。

問 8 下線部(5)について，重篤な新興感染症に対する治療法として，その感染症から回復したヒトの血清や血しょうを患者に投与することがある。この治療法の利点と，注意すべき点として考えられることをそれぞれ挙げよ。

3 筋収縮に関する次の(文4)を読み、問1から問7に答えよ。

(文4) 骨格筋の収縮は、運動ニューロンによって制御されている。運動ニューロンが刺激されると、シナプス小胞がシナプス前膜に融合して、神経伝達物質である が放出される。 が筋細胞の受容体に結合する⁽¹⁾と、筋収縮が開始される。筋細胞には、筋収縮とその制御を行うための フィラメント、 フィラメント、繊維状タンパク質である などが存在する。 フィラメントはATPを分解し、 フィラメントと滑り運動をおこなって筋肉は収縮する。
 は と結合しており、筋弛緩時には滑り運動を阻害しているが、筋収縮時には立体構造が変化してこの阻害が解除される。⁽²⁾
⁽³⁾筋収縮に用いられるATPを合成するために、骨格筋は酸素を必要としない経路と酸素を必要とする経路⁽⁴⁾を用いている。⁽⁵⁾

問1 ~ に入る最も適当な語句を記せ。

問2 下線部(1)について、筋細胞の受容体に が結合すると筋細胞の細胞膜でどのようなことが起こるか、説明せよ。

問3 下線部(2)について、 に入るフィラメントは、 フィラメントと フィラメントのいずれか、解答欄の正しい方を丸で囲め。

問4 下線部(3)について、 の立体構造を変化させるために必要なイオンを答えよ。

問5 下線部(4)および下線部(5)の経路の名称をそれぞれ答えよ。

問 6 下線部(4)および下線部(5)の経路のうち、マラソンなどの長時間の運動で骨格筋に ATP を供給する方法として適しているのはどちらか、解答欄の正しい方を丸で囲め。

問 7 骨格筋 1.0 g を 1 回収縮させる実験を行ったところ、 6.1×10^{-7} mol の ATP が ADP に分解され、骨格筋は 1.3×10^{-2} J の仕事を行うことが測定された。骨格筋 1.0 g が 1 回収縮したとき、ATP の分解で得られるエネルギーのうち、仕事に用いられたエネルギーの割合(%)を小数点以下 1 桁まで求めよ。ただし、1.0 mol の ATP が ADP に分解されると、30.5 kJ のエネルギーが放出される。J はエネルギーの単位である。

4 次の(文5)を読み、問1から問4に答えよ。

(文5) ショウジョウバエの胚発生では、ピコイドなどの 遺伝子によって前後軸が決定された後、3つのグループの分節遺伝子が順番に働くことによって前後軸に沿った体節が形成される。最初に、前後軸に沿って特定の領域で幅広く発現する 遺伝子により胚は大まかな領域に分けられる。続いて、 遺伝子が7本の縞状に発現する。次に、 遺伝子がそれぞれの体節の特定の位置で14本の縞状に発現する。このように分節遺伝子が時間的・空間的に厳密に制御されて発現することにより体節構造が作られる。

どの体節がどのような構造になるかは、複数の 遺伝子という調節遺伝子が関わっている。 遺伝子が体の形づくりに関わることは、 遺伝子に属する個々の遺伝子の突然変異体をみるとわかる。例えば、 遺伝子の突然変異体では、はねを持たない胸部の第3体節が大きなはねを持つ第2体節に置き換わることにより4枚のはねを持つようになる。また、 遺伝子の突然変異体では触角があしに変化する。

問1 ～ に入る最も適当な語句を下記から選び、記せ。

[アンテナペディア、ウルトラバイソラックス、ギャップ、
セグメントバウンダリー、セグメントポラリティー、ナノス、
ハンチバック、父性効果、ペアルール、母性効果、ホメオティック]

問2 図3に示す突然変異体(a)～(d)は、(文5)の 遺伝子～ 遺伝子のいずれかに属する遺伝子の突然変異体である。図の左側にはそれぞれの突然変異体にみられる体節形成異常の特徴を説明している。突然変異体(a)～(d)の原因となる遺伝子は、 遺伝子～ 遺伝子のどれに属するか、解答欄の対応するもの同士を線で結べ。

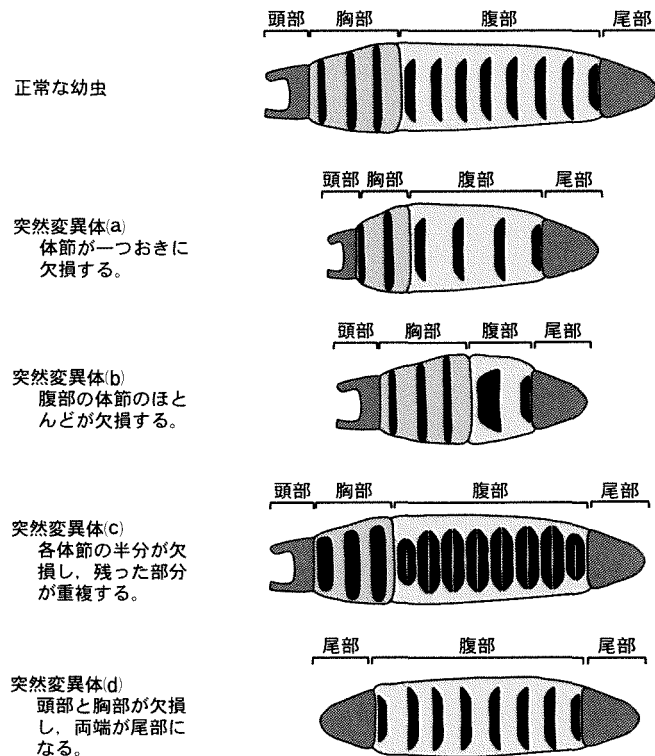


図 3 ショウジョウバエの正常な幼虫と突然変異体の体節構造

問 3 ピコイド遺伝子の mRNA は卵の前方に局限して存在するが、その突然変異体では頭部と胸部を含む前方領域が広範に欠損する。その理由について説明せよ。

問 4 ショウジョウバエとマウスにおける体節形成の仕組みについて共通点と相違点をそれぞれ説明せよ。ただし、以下の語句を用いること。

[多核性胞胚期、ホックス遺伝子]

