

平成 31 年度入学試験問題

生 物

注 意 事 項

1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答はすべての解答用紙の指定されたところに記入しなさい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は7枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから10ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出なさい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰りなさい。

1 植生遷移に関する次の文章を読み、問1～4に答えなさい。

ある地域の植生が時間とともに変化していくことを遷移と呼ぶ。噴火で流出した溶岩によって生じた裸地には土壌がなく、植物の種子や根などもない。このような場所からはじまる遷移を一次遷移と呼ぶ。このうち陸上ではじまる乾性遷移では、地衣類やコケ植物などが最初に侵入してくる場合が多い。地衣類は、(ア)類が(イ)類やシアノバクテリアと密接なつながりをもちながら生活する生物である。これらの生物が定着することにより土壌が形成されると、乾燥に強く成長の速い草本植物が生育できるようになる。土壌の形成がさらに進むと木本植物が生育できるようになり、陽樹からなる林冠が形成される。これらの陽樹はやがて陰樹に置きかわり極相林となる。

問1 下線部①のような生物種を何と呼ぶか答えなさい。

問2 (ア)と(イ)に入る適切な語句を答えなさい。また、下線部②のような関係を何と呼ぶか答えなさい。

問3 下線部③のように生物が非生物的環境に影響をおよぼすことを何と呼ぶか答えなさい。

問4 下線部④に関して、以下の設問に答えなさい。

設問1 陽樹と陰樹に関して、想定される光-光合成曲線([光の強さ]と[二酸化炭素の吸収速度]の関係を示す曲線)を解答用紙の図中に描き入れ、それぞれの曲線について「光補償点」と「光飽和点」の位置を記しなさい。なお、陽樹は陽性植物の特徴を、陰樹は陰性植物の特徴をそれぞれ示すものとする。

設問2 陽樹が陰樹に置きかわっていく理由を設問1と関連させながら120字以内で説明しなさい。

設問3 極相林といっても実際には極相樹種だけでなく、さまざまな種類の樹木で構成されている。その理由を100字以内で説明しなさい。

(下書き用紙)

2 次の文章を読み、問1～5に答えなさい。

ヒトには、異物が体内に入った時に異物を非自己と認識して排除するしくみが備わっている。このしくみは、主に(ア)細胞がはたらく(イ)免疫と(ウ)細胞がはたらく(エ)免疫に分けられる。(ウ)細胞は、抗原を認識した後、(オ)細胞に分化し、抗体を多量に分泌することによって異物を無毒化する。

抗体は免疫グロブリンと呼ばれるタンパク質からなり、H鎖とL鎖と呼ばれる2種類のポリペプチド鎖から構成される。H鎖とL鎖には、立体構造の違いを生み出すアミノ酸配列の異なる部分があり、(カ)と呼ばれる。この立体構造の違いに基づいた抗原との特異的な反応を(キ)という。1つの成熟(ウ)細胞がつくる免疫グロブリンは、すべて同じ構造の(カ)をもっている。H鎖の(カ)を規定する遺伝子は、第14番染色体のV、D、Jと呼ばれる遺伝子領域に分かれて存在している。一方、L鎖の(カ)を規定する遺伝子は、第2番染色体と第22番染色体のV、Jと呼ばれる遺伝子領域に分かれて存在している。免疫グロブリンの(カ)以外の部分は(ク)と呼ばれ、アミノ酸配列がほとんど同じである。H鎖の(ク)を規定する遺伝子は第14番染色体のC領域に、L鎖の(ク)を規定する遺伝子は第2番染色体と第22番染色体のC領域に分かれて存在している。免疫グロブリンの多様性はこれらの遺伝子断片の再構成によって生みだされる。

特定の感染症を予防するために、ワクチンと呼ばれる弱毒化させたウイルスや細菌タンパク質の一部を人工的に接種し、特定の抗体を産生させることを予防接種という。同じワクチンを2回接種することによって、より効果を高めることができる。抗体は感染症の予防に重要な役割を果たすが、一方でアレルギーと呼ばれる生体に不都合な免疫反応も引き起こす。アレルギーを引き起こす物質は(ケ)と呼ばれる。(ケ)が2回目に体内に入った時に激しい症状が現れることがある。この反応を(コ)という。特に、症状が全身的に現れて急激な血圧低下や意識低下を起こす場合は(コ)ショックと呼ばれ、死に至ることもある。

抗体や抗原には、生まれつき体内に存在するものもある。他人の血液を混ぜると、赤血球が集まって塊状になることがある。この反応は凝集と呼ばれる。ヒトの血しょう中には、凝集素( $\alpha$ と $\beta$ )と呼ばれる糖タンパク質があり、このタンパク質が赤血球の細胞膜表面にある凝集原(A型糖鎖とB型糖鎖)と反応することによって凝集が起こる。つまり、赤血球の凝集反応は、血しょう中の凝集素が抗体としてはたらくことによって起こる一種の(キ)で、ABO式血液型の判定に用いられている。

問1 (ア)～(コ)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 下線部①の免疫グロブリンの構造を図示しなさい(H鎖とL鎖を表記すること)。S-S結合は省略してよい。

問3 下線部②において、免疫グロブリンH鎖のV領域には40個、D領域には25個、J領域には6個の遺伝子断片があると仮定する。L鎖の遺伝子断片の組み合わせが300通りであった場合、理論上何種類の抗体が産生されるか求めなさい。なお、遺伝子再構成の過程で塩基の挿入や欠失は起きないものとする。

問4 下線部③に関して、同じワクチンを2回接種すると効果が高まる理由を80字以内で述べなさい。

問5 下線部④において、被験者6名の血しょうと赤血球をそれぞれ混合させたところ、表1のような凝集が生じた。ABO式血液型AB型の被験者はどれか答えなさい。

表1 血液型判定実験

		赤血球					
		被験者1	被験者2	被験者3	被験者4	被験者5	被験者6
血しょう	被験者1	-	+	+	+	-	+
	被験者2	-	-	+	+	-	+
	被験者3	-	+	-	-	-	+
	被験者4	-	+	-	-	-	+
	被験者5	-	+	+	+	-	+
	被験者6	-	-	-	-	-	-

凝集あり +, 凝集なし -

3 次の文章を読み、問1～5に答えなさい。

生物が細胞内で酸素を利用して有機物を分解し、エネルギーを取り出すはたらきを呼吸という。取り出されたエネルギーはアデノシン三リン酸(ATP)として蓄えられ、生体内で起こる様々な反応に利用される。真核生物がグルコースを呼吸基質に用いて行う呼吸は、大きく分けて解糖系、クエン酸回路、電子伝達系という連続する3つの過程からなる。これらの過程を経てグルコースは分解され、各過程で生じるエネルギーを用いてATPが合成される。この呼吸の全過程をまとめると、次の反応式で表される。



呼吸には、グルコースなどの炭水化物のほか、脂肪やタンパク質も利用される。これらの呼吸基質はそれぞれ異なる呼吸商を示し、炭水化物は約1.0、脂肪は約0.7、タンパク質は約0.8である。呼吸基質の種類と割合によって呼吸商は変化し、呼吸商を測定することによってどの呼吸基質が主に使われているか推定することもできる。表1は、ある動物Aが呼吸によって炭水化物、脂肪、タンパク質を分解した時の酸素消費量(呼吸基質1.0gあたりの消費量)と呼吸商を示している。動物Aがタンパク質を呼吸基質として利用すると、分解されるタンパク質の質量の16%にあたる窒素(N)が尿中に排出される。

表1 動物Aが呼吸によって各呼吸基質を分解した時の酸素消費量と呼吸商

	炭水化物	脂肪	タンパク質
酸素消費量 (L/呼吸基質1.0g)	0.8	2.0	1.0
呼吸商	1.0	0.7	0.8

問1 次の(a)～(h)の中から、下線部①の各過程に当てはまるものをそれぞれすべて答えなさい(同じ選択肢を複数回選択してもよい)。

- |                                   |                         |
|-----------------------------------|-------------------------|
| (a) ミトコンドリアで行われる                  | (b) 細胞質基質で行われる          |
| (c) 二酸化炭素が発生する                    | (d) 酸素が直接反応に使われる        |
| (e) ピルビン酸が生じる                     | (f) 酸化的リン酸化によりATPが合成される |
| (g) 還元型補酵素のFADH <sub>2</sub> が生じる | (h) アルコール発酵と共通の過程である    |

問2 下線部②に関する以下の設問に答えなさい。

設問1 解糖系において合成される ATP と消費される ATP は、グルコース 1 分子あたりそれぞれ何分子か答えなさい。

設問2 呼吸全体でグルコース 1 分子あたり最大量の ATP が合成された場合、電子伝達系で合成された ATP の分子数は、クエン酸回路で合成された ATP の分子数の何倍か答えなさい。

問3 下線部③について、各物質を分子式に書き直した反応式で表しなさい。

問4 草(植物)を十分に与えて飼育しているある草食動物の呼吸商を測定すると、0.96 であった。次に、この動物をしばらく絶食させてから呼吸商を測定すると、0.75 であった。呼吸商に変化が生じた理由を呼吸基質に着目して 100 字以内で述べなさい。

問5 動物 A のある一定時間の呼吸について調べたところ、炭水化物、脂肪、タンパク質を同時に分解し、酸素が 112 L 消費された。そして、炭水化物の分解量は 55 g、尿中への N の排出量は 640 mg であった。表 1 と下線部④を参考にして、以下の設問に答えなさい(計算の過程も示すこと)。

設問1 この呼吸においてタンパク質の分解によって生じた二酸化炭素は何 L か答えなさい。

設問2 この呼吸において分解された脂肪は何 g か答えなさい。

4 次の文章を読み、問1～7に答えなさい。

DNAのもつさまざまな遺伝情報は、その発現が調節されているため、いつもすべての遺伝子が発現しているわけではない。生物は、必要な遺伝子を適切な量だけ発現することにより、環境の変化に应答している。このような遺伝子発現の調節は、mRNAが転写される段階で行われることが多い。

タンパク質をコードしている遺伝子の近傍には、その遺伝子の発現を調節するために必要なDNA領域が存在する。大腸菌のトリプトファン合成に必要な酵素遺伝子群は、ひとつながりのmRNAとして<sup>③</sup>転写され、その転写は調節タンパク質により制御されている。この調節タンパク質は、トリプトファンと結合すると特定のDNA配列に結合できるようになる。トリプトファン合成酵素遺伝子群の上流にはプロモーターとオペレーター領域が存在し、さらに離れたところに調節遺伝子が存在する。細胞内のトリプトファン濃度が高い時には、トリプトファン合成酵素遺伝子群の転写は抑制される。一方、細胞内のトリプトファン濃度が低い時には、トリプトファン合成酵素遺伝子群の転写は抑制されない。このように大腸菌では、細胞内のトリプトファン濃度に依存した遺伝子発現調節が行われている。

問1 下線部①に関して、原核生物の遺伝子発現について真核生物と異なる特徴を2つ挙げ、それぞれ60字以内で説明しなさい。ただし、真核生物の特徴については説明しなくてもよい。

問2 下線部②のmRNAの転写を行う酵素名を答えなさい。

問3 下線部③に関して、このような遺伝子群のまとまりを何と呼ぶか答えなさい。

問4 下線部④の調節タンパク質を何と呼ぶか答えなさい。

問5 下線部⑤はどのような機能をもつ領域か説明しなさい。

問6 下線部⑥の調節機構を80字以内で説明しなさい。

問7 大腸菌のトリプトファン合成酵素遺伝子群と、ラクトース代謝酵素遺伝子群の発現調節機構を比べた場合、どのような違いがあるか調節タンパク質の特性に着目して120字以内で説明しなさい。