

# 生物学(90分)

[注意事項]

1. 監督者の指示があるまで、この問題用紙と解答用紙を開いてはいけません。
2. 問題は、5ページからなっています。また、解答用紙は3枚、下書用紙は1枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、問題用紙、解答用紙、下書用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙(合計3枚)の受験番号欄(合計6箇所)に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この問題用紙の白紙と余白は、適宜下書きに使用してよろしい。
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された場所(問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中)に記入しなさい。なお、指定された場所以外や、裏面への解答は採点対象外です。また、解答や受験番号が判読不能の場合にも、採点対象外になります。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. この問題用紙と下書用紙は、持ち帰りなさい。

I ウイルス感染に対する免疫応答について、次の文章を読んで間に答えなさい。(配点率 35%)

体内に侵入したウイルスは、ヒトの細胞外にいる場合、食細胞と呼ばれる樹状細胞や好中球、さらに(ア)の食作用により消化・分解される。異物であるウイルスを取り込み消化した樹状細胞は、活性化して(イ)へ移動するとともに、ウイルスの分解物の一部を抗原として細胞表面に提示する。そのため、樹状細胞は抗原提示細胞としての役割を担っている。

(イ)では、MHC-クラスIIを介して樹状細胞が提示する抗原を認識した(ウ)が活性化され、増殖してその数を増やす。活性化した(ウ)の一部は、(イ)から末梢部位へと移行し、サイトカインと呼ばれる物質を放出し(ア)を活性化する。その結果、ウイルスに対する(ア)の食作用がさらに強化されることになる。

すでにウイルスに感染してしまった細胞に対しては、(エ)やナチュラルキラー細胞が重要な働きをする。(エ)は、樹状細胞がMHC-クラスIを介して提示するウイルス分解物由来の抗原を(イ)で認識すると、活性化され増殖する。ウイルスに感染した細胞も、ウイルス分解物由来の抗原をMHC-クラスIを介して細胞表面に提示しているため、活性化した(エ)は感染細胞を選択的に攻撃し、グランザイムやパーフォリンを用いて感染細胞の(オ)を引き起こす。(オ)を起こした感染細胞は細胞膜が壊れていないため、細胞の中身を漏出せず、ウイルスの感染を周囲に広げることはない。(オ)を起こした細胞も、(ア)などによって処理される。

一方、(イ)に残った活性化(ウ)は、ウイルスを抗原として認識する(カ)を活性化させ、増殖させる。活性化した(カ)はさらに抗体を産生する形質細胞へと変化し、ウイルスに対する抗体を産生・分泌する。

ウイルスは宿主の細胞に吸着して足場を作り、その後、細胞内へと侵入する。ウイルスに対する抗体は、ウイルスに結合することで細胞への吸着を妨害し、感染を防ぐ役割を果たす。この抗体の働きは(キ)と呼ばれる。また、抗体が結合したウイルスは(ク)化され、食細胞によって消化・分解されやすくなる。

ウイルスによる感染症の発症予防には、前もって抗体を作らせるワクチン接種が有効である。ワクチンには(ケ)した病原体を用いる以外に、病原体のタ

ンパク質の一部を利用することもできる。2020年から世界的に流行している新型コロナウイルス感染症COVID-19の原因ウイルスであるSARS-CoV-2は、スパイクタンパク質を使ってヒトの細胞に侵入する。SARS-CoV-2に対するワクチン的一种として、(a)mRNAワクチンが利用されている。mRNAワクチンは、従来のワクチンに比べて、製品化までの期間を短縮できることや、(b)ウイルスの突然変異に対応しやすいなどの利点を有している。

問1. (ア)～(ケ)にあてはまる語句を答えなさい。

問2. (a)mRNAワクチンとして、SARS-CoV-2のスパイクタンパク質のアミノ酸配列をコードするmRNAを合成し、脂質などで保護したものが利用されている。このmRNAワクチンを接種すると、なぜヒトの体内で抗体が産生されるのか説明しなさい。

問3. (b)ウイルスの突然変異により、既存の抗体がウイルスを抗原として認識できなくなる可能性がある。その場合、突然変異したウイルスに対応するmRNAワクチンを製造するために、既存のmRNAワクチンをどのように改良すればよいと考えられるか答えなさい。ただし、突然変異が生じた箇所は明らかにされているものとし、安全性への影響などは考慮しなくてよい。

問4. 細胞性免疫と液性免疫の概略をそれぞれ説明しなさい。

問5. IgG抗体を図示しなさい。ただし、下記の部位が該当する場所が分かるように、名称も記入して描くこと。

【重鎖(H鎖)、軽鎖(L鎖)、可変部、定常部、抗原結合部位、S-S結合】

II 植物と科学研究に関する次の2つの文章を読んで問に答えなさい。

(配点率 35%)

文章 1

緑藻類から進化し陸上に進出した<sup>(1)</sup>植物にはコケ植物、シダ植物、裸子植物、被子植物の4つの主要グループがある。これらのグループは、生殖における陸上環境への適応形質によって特徴づけることができる。<sup>(2)</sup>植物は二酸化炭素と水を使って光合成を行い、酸素を副産物として発生させることにより、地球の大気環境に大きな影響を与えている。

文章 2

生物学とは、生命現象を科学的に研究することである。科学の研究方法には、観察・観測による測定結果を記述する過程で未知の事象や知見を見出す「発見型」と、現象を説明するために作られた仮説を検証し、その有効性を確認する「仮説検証型」とがある。実際の研究はこの2つの方法を組み合わせて進められることが多い。

問1. 植物細胞には見られるが動物細胞には見られない細胞小器官あるいは構造を、次の(ア)～(ク)のうちから2つ選んで記号で答えなさい。また、その細胞小器官あるいは構造が持つ働きについて説明しなさい。

- |             |           |          |
|-------------|-----------|----------|
| (ア) ミトコンドリア | (イ) 細胞壁   | (ウ) 細胞膜  |
| (エ) ギャップ結合  | (オ) リボソーム | (カ) ゴルジ体 |
| (キ) 原形質連絡   | (ク) 小胞体   |          |

問2. 植物にとって液体としての水は、生命活動を支える特別な働きを持っている。このことには、多くの物質を容易に溶かすことができるという、水の溶媒として優れた特性が関わっている。このような特性をもたらしている水の分子としての化学的な性質は何か、答えなさい。

問3. 下線部(1)の主要グループの中で、精子に鞭毛があるグループを答えな

さい。また、精子に鞭毛があるグループとないグループとでは、適応できる環境にどのような違いがあると考えられるか、2行以内で答えなさい。

問4. 下線部(1)の4つのグループの中で、現在もっとも種数が多いグループは被子植物である。被子植物が成功した理由として、生殖プロセスにおいて花粉の受粉効率が上がったことと、遺伝的多様性が高まったことが挙げられる。被子植物には、花粉を運ぶ昆虫を引きつけ受粉効率を上げるために、どのような花の構造を持っているものがあるか。また遺伝的多様性を高めるために、どのような生殖の仕組みを持っているものがあるか。それぞれ2行以内で説明しなさい。

問5. 下線部(2)に関連して、地球の誕生時には、大気にほとんど酸素はなかったが、その後植物の光合成の働きにより次第に酸素が蓄積されていったことが分かっている。現在、熱帯雨林は地球全体の光合成の20%以上を担っていることから、酸素の供給源になっていると誤解されることも多い。しかし実際は、現在の熱帯雨林は、地球の大気中の酸素増加にはほとんど寄与していないと考えられている。それはなぜか、植物を含む生物の呼吸と温度との関係に着目し、3行以内で説明しなさい。

問6. 文章2に関して、「発見型」、「仮説検証型」の科学的方法論や科学における理論について述べた次の(A)～(E)の文章が正しければ○、誤っていれば×をつけなさい。

- (A) 発見型の科学では、観察・観測による測定は検証できなければならない。
- (B) イネのゲノムの全塩基配列の決定は、発見型科学といえる。
- (C) 観察・観測を正確に行えば、仮説を支持する結果が得られる。
- (D) 検証手段がある仮説を作ることができれば、その仮説は検証によって支持される。
- (E) 科学における仮説とは一時的な推測であり、理論とは正しい答えである。

Ⅲ 次の文章を読んで問に答えなさい。

(配点率 30%)

進化に関する初めての科学的な説明は、1809年にラマルクによって発表された。(1) ラマルクは進化のメカニズムとして「用不用説」を提唱した。この説は後に否定されるものの、進化という考えに至った彼の功績は大きい。奇しくも同じ1809年にダーウィンが誕生した。ダーウィンは著書「種の起源」のなかで、(2) 自然選択による進化が、多種多様な種が生まれたメカニズムであると説明している。

問1. 種の定義のひとつである生物学的種概念では、生殖的隔離が重視される。

例えば、ウマとロバの雑種であるラバは基本的に不稔であることから、ウマとロバは同じ種でないとと言える。ラバが不稔雑種となるのはなぜか、説明しなさい。ウマの体細胞に含まれる染色体数は  $2n=64$ 、ロバの体細胞に含まれる染色体数は  $2n=62$  とする。

問2. 生物の集団において、ある遺伝子の遺伝子座に変化が起きているか検証するために、ハーディ・ワインベルグの法則がしばしば用いられる。ある集団は200個体で形成され、対立遺伝子Aと対立遺伝子aを持つとする。またこの集団における遺伝子Aの出現頻度は0.2であるとする。この遺伝子の遺伝子座に変化が起きている場合、体細胞にAA、Aa、aaを持つ個体の数は計算上それぞれいくつになるか。

問3. 下線部(1)について、ラマルクの提唱した「用不用説」の内容を説明しなさい。また、この説のどのような点が間違っているとされたのか説明しなさい。

問4. 下線部(2)の自然選択とは何か、次の語句をすべて用いて説明しなさい。

【適応、繁殖、環境の変化、集団、多様性】

(以上)