

令和3年度入学者選抜学力検査問題

〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物理基礎・物理	2 頁 ～ 7 頁
化学基礎・化学	8 頁 ～ 19 頁
生物基礎・生物	20 頁 ～ 27 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっている。そこから2科目を選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

生物基礎・生物

1 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

細胞内を満たす液体を **ア** といい、細胞の機能を発揮するための様々な化学反応はここで行われる。一方、細胞の外にあって細胞の周囲を満たしたり、血管内を循環したりしている液体を **イ** といい、**イ** がつくる環境を **ウ** と呼ぶ。また、生物を取り巻く環境が変化しても **ウ** を一定に維持する仕組みを **エ** と呼ぶ。

脊椎動物の **イ** は3種類に分けられ、血管を流れる血液、組織内の細胞を取り巻く **オ**、**カ** からなり、血液は有形成分と液体成分である **キ** とからなる。血液の有形成分は赤血球、白血球および血液凝固に関する **ク** から構成されている。赤血球と白血球は骨髄に存在する **ケ** 細胞から分化してつくられる。赤血球は酸素を運ぶ細胞として特殊化した細胞である。赤血球は **コ** を含む色素とタンパク質の複合体であるヘモグロビンを大量に含み、肺から組織へ酸素を運搬する。ヒトの赤血球の寿命は約120日で、古くなった赤血球はひ臓や肝臓で壊される。

問1 **ア** ~ **コ** に当てはまる用語を答えなさい。

問2 下線部(a)で示す3種類の液体の末梢組織における関連性について60字以内で述べなさい。

問3 下線部(b)の仕組みは、外傷などにより血管が損傷を受けたとき、血管から血液の流出を防いでいる。もし、損傷のない血管内で血液が凝固するとどのような不都合が生じるのかを60字以内で述べなさい。

問4 下線部(c)について、哺乳類の赤血球の形状や成分が進化の過程でどのように特殊化したのか、また、それがどのように有利にはたらくのかを50字以内で述べなさい。

問5 下線部(d)について、以下の表1は酸素と結合しているヘモグロビンの割合(%)を示したものである。ヘモグロビンが酸素と結合する能力は周囲の二酸化炭素分圧によって変化する。表1のAおよびBは、肺胞と末梢組織のいずれかの毛細血管における酸素ヘモグロビンの割合(%)を示している。

まずAとBのどちらが肺胞に相当するのか答えなさい。次に、肺胞での酸素分圧が100 mmHg、末梢組織の毛細血管での酸素分圧が30 mmHgの時、血液1Lが末梢組織に供給する酸素は何 mL か式も含めて小数点第1位まで答えなさい。ただし血液中のヘモグロビン量は120 g/Lとし、肺胞において1gのヘモグロビンが酸素と結合する量を1.4 mL とする。

		酸素分圧(mmHg)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
酸素ヘモグロビンの割合(%)	A	0	11	40	60	72	84	91	95	96	97	97
	B	0	6	15	29	52	70	80	86	90	92	92

表1 異なる組織における酸素分圧と酸素ヘモグロビンの割合

問6 下線部(e)について、赤血球に含まれるヘモグロビンが分解されて体外に排出されるまでの過程を60字以内で述べなさい。

2 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

動物は、受け取った刺激から必要な情報を取り出すために、受容器と呼ばれる特別な器官を発達させている。^(a)例えばヒトの眼は、光の刺激を受け取る受容器である。眼は角膜と水晶体を使って光を屈折し、網膜上に像を投影する。網膜の周辺部には、光の明暗の認識にかかわる視細胞^(b)(桿体細胞)が多く存在している。一方、網膜上には黄斑と呼ばれる領域があり、ここに密集して存在する視細胞(錐体細胞)のはたらきによって、投影された像の色をはっきりと感じ取ることができる。

これらの視細胞は光を受容するために、オプシンと呼ばれるタンパク質とレチナールの複合体である感光物質(視物質)を含んでおり、桿体細胞の視物質はロドプシンと呼ばれている。一方、ヒトには3種類の錐体細胞が存在し、それぞれが異なるオプシンを発現している。すなわち、青錐体細胞は青オプシン、緑錐体細胞は緑オプシン、赤錐体細胞は赤オプシンを発現しており、発現するオプシンの違いによって、それぞれの錐体細胞が最もよく吸収する波長が異なる。光を吸収した視物質が分解されると錐体細胞は興奮し、視神経細胞によって情報が脳に伝えられる。

光の色は、3種類の錐体細胞の興奮により識別される。^(c)

ヒトの青オプシン遺伝子座は第7染色体上にあり、赤オプシンと緑オプシン遺伝子座はX染色体上にある。赤オプシン遺伝子と緑オプシン遺伝子は相同性が非常に高く、隣接して存在する。そのため、減数分裂の過程で起こる相同染色体間の乗換えにより、オプシン遺伝子の欠損や重複^(d)が起きたり、赤オプシン遺伝子と緑オプシン遺伝子の融合遺伝子が形成される場合がある。

問1 下線部(a)について、受容器で生じた興奮は、ニューロンによって脳に伝えられる。有髄神経線維における興奮の伝導について、以下の用語をすべて使って簡潔に説明しなさい。

用語：刺激、興奮、伝導

問2 下線部(b)について、桿体細胞で生じた興奮が視神経細胞へ伝わる仕組みによって、ヒトが感じる光の明暗や像の鮮明さは変わると考えられる。

図1に示すAあるいはBのように、桿体細胞、連絡神経細胞および視神経細胞が連絡すると仮定した場合、ヒトが感じる光の明暗と像の鮮明さはどのように変わると考えられるか、簡潔に説明しなさい。ただし、AとBでは、網膜にある桿体細胞の数は同じとする。また、桿体細胞は光量に応じて興奮の強さが変わり、連絡神経細胞はある程度のまとまった刺激を受けないと視神経細胞に興奮を伝達できない。

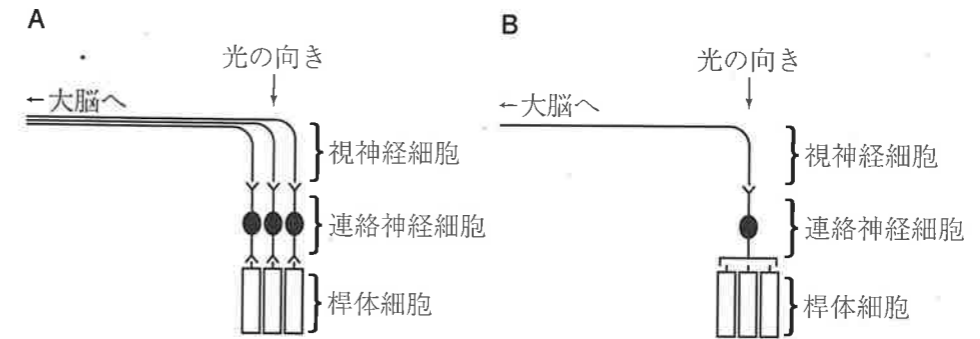


図1 桿体細胞で生じた興奮の伝達(模式図)

問3 下線部(c)について、ヒトの青錐体細胞、緑錐体細胞、赤錐体細胞が吸収する光の波長は、それぞれ430 nm、530 nm、560 nm付近にある(図2)。緑錐体細胞と赤錐体細胞の波長の違いは30 nmほどしかないが、このわずかな違いが緑から赤の波長域の光を識別する際に重要となる。

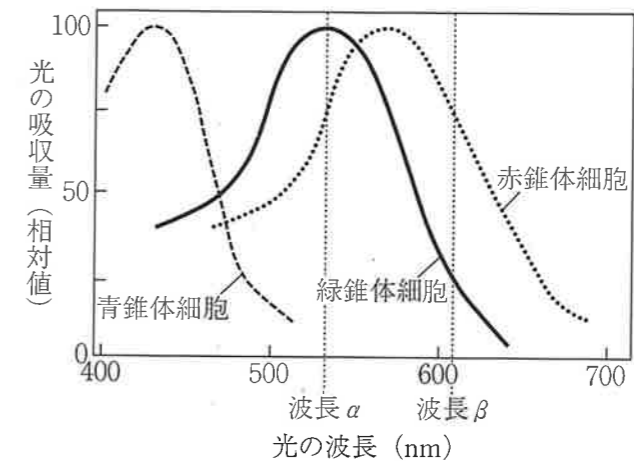


図2 ヒトの錐体細胞と光の吸収量の関係

ここでは、赤錐体細胞における波長 α あるいは波長 β の光の吸収量が同じであることに注目する。この2つの光の色の違いを識別するには、赤錐体細胞だけではなく緑錐体細胞も必要となる理由を簡潔に説明しなさい。なお、青錐体細胞はこの2つの波長の光をほとんど吸収できず、どちらの光によっても全く興奮しないと仮定する。

問4 下線部(d)について、女性はX染色体を2本持っており、発生の初期段階でどちらか一方の染色体がランダムに不活性化される。

ここでは、正常なX染色体を1本持ち、もう一方のX染色体で緑オプシン遺伝子が赤オプシン遺伝子に置き換わった女性について考察する(図3)。この女性の錐体細胞では、正常なX染色体が不活性化された場合、変異を持つX染色体の遺伝子が発現する。その結果、本来ならば緑オプシンを発現する錐体細胞も、赤オプシンを発現する。

この女性において、錐体細胞の50%で正常なX染色体が不活性化されるとし、青、緑、赤の錐体細胞として機能する細胞の割合を算出根拠を含めて答えなさい。ただし、正常なX染色体を2本持つ女性における青、緑、赤錐体細胞の割合は10:30:60とする。

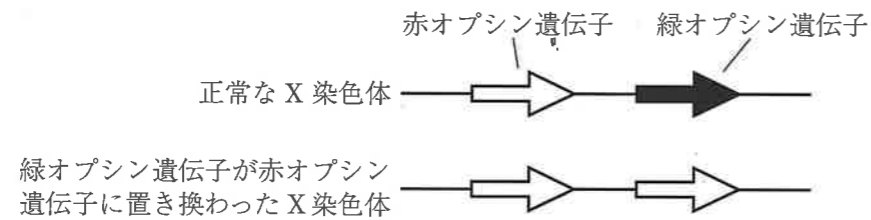


図3 X染色体上のオプシン遺伝子座(模式図)

問5 脊椎動物は多くのオプシン遺伝子を保有しているが、ネズミなどの哺乳類は進化の過程でいくつかのオプシン遺伝子を失ったと考えられている。その理由を自由に推察し、簡潔に説明しなさい。

3 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

2020年、の世界的な大流行により、人類は未だかつてない経験をした。それ以外にも近年は、地球温暖化に起因すると考えられる「砂漠化」、「気温上昇」、「豪雨」などの異常気象が頻繁に発生している。生物は、このような環境の変化やストレスに適応し、外敵・病原体などに抗するための様々な機能を備えている。ここでは、動物のように自由に動いて逃避できない植物が、以下の4つのストレスに対し、どのような応答をするかについて考えてみる。

1 乾燥

植物体内の水分量は、根の吸水速度、水が植物体内を通過する速度、葉からの蒸散速度、の3つが釣り合って維持される。植物の葉には気孔が存在し、^(a)葉に光が当たると気孔が開口し、光合成に必要な二酸化炭素が取り込まれると共に、蒸散によって水が水蒸気として出ていく。一方、乾燥状態になると、根や葉の細胞でが合成されて葉での濃度が高まり、孔辺細胞に作用することで気孔が閉口し、蒸散が抑えられる。

2 温度

体温を調節する仕組みがなく、外界の温度がほぼそのまま細胞内の温度に反映される植物には、動物とは異なる温度変化への応答の仕組みが備わっている。例えば^(b)低温になると、生体膜の流動性が低下して、生命維持活動の維持が困難になるため、生体膜の流動性を高める脂質の割合を高めて対応する。一方、高温になると、熱によるタンパク質の変性を防ぐために、植物はと呼ばれる一群のタンパク質を活発に合成し、タンパク質の立体構造を機能的な状態に保つ。

3 食害

昆虫などに葉を食べられた場合、植物にはそれ以上の食害を抑制する仕組みが備わっている。葉が食害を受けると、直ちに食害部位でと呼ばれる植物ホルモンができ、これが近傍の細胞に働きかけて脂肪酸の一種のリノレン酸からという植物ホルモンが合成される。は、繊維束や葉肉細胞に働きかけて^(c)タンパク質分解酵素を阻害する物質の合成を促進し、食害の拡大を抑制する。このような食害応答の仕組みは、食害を受けた葉だけではなく、周囲の健全な葉でも30分以内に起こる。これは、が師部を伝わって同じ植物個体内を移動することに加え、食害部位で合成される揮発性の^(d)誘導物質(メチル)が空気中を伝わって周囲の植物に対して食害の情報を伝達しているためだと考えられる。

4 病原体

植物は病原性の細菌・菌類・ウイルスなどの病原体に感染すると、病原体成分に由来する物質を感知して、様々な応答を示す。その一つは **カ** と呼ばれ、病原体の侵入を受けると、短時間のうちに活性酸素の生成と感染部位の細胞を自発的な細胞死に追いやる反応が起こる。これにより、病原体を感染部位に閉じ込め、病気が全身に広がるのを防いでいる。このほかの応答として、**キ** や **ク** などの合成促進が知られている。**キ** は感染部位の周辺に広く蓄積して細胞壁を硬化し、病原体に対する物理的な障壁を築く。一方 **ク** は、感染部位でファイトアレキシン(phytoalexin：植物(phyto)+補体(alexin)の意)と共に合成され、抗菌効果を示すと共に、感染特異的タンパク質の合成を誘導して、病原体抵抗性を高める。更に、**ク** は **ク** メチルに変換され、植物体内全体に広がって全身獲得抵抗性^(e)を得るのみならず、揮発して空气中を伝播し他の植物個体にも感染情報を伝え、集団として病原体に対する抵抗性を高めるはたらきも持っている。

問1 文中の **ア** ～ **ク** に当てはまる適当な用語を、下記の用語群から選んで答えなさい。なお、同じ記号が付された空欄には同じ用語が入る。

用語群：アブシシン酸、アポトーシス、安息香酸、エチレン、オーキシシン、過酸化水素、過剰反応、過敏反応、グルコース、コルク、サイトカイニン、サリチル酸、セルロース、システイン、システミン、ジベレリン、ジャスモン酸、シャベロン、リジン、リグニン、COVID-19、HIV、MARS、SARS

問2 下線部(a)について、葉が光を受容して気孔が開くまでの過程を、(i)「孔辺細胞の細胞質基質の浸透圧が上昇するまで」と、(ii)「その後、気孔が開くまで」に分けて、それぞれについて以下の用語を全て用いて説明しなさい。

用語(i)：浸透圧、チャンネル、フォトトロピン、ポンプ、膜電位

用語(ii)：細胞壁、浸透圧、膨圧、水、湾曲

問3 植物ホルモンの一種である **イ** の、気孔の閉鎖以外の作用について以下の選択肢から誤っているものを全て選びなさい。

- ① ストレス抵抗性に関わる様々な遺伝子の発現を誘導する。
- ② エチレンの合成を誘導する。
- ③ 葉や果実の離脱を促進する。
- ④ 細胞の伸長を促進する。
- ⑤ 種子や頂芽の発芽を抑制して休眠させる。

問4 図1は、日射・湿度によって気孔の開閉度が増減する様子を示したものである。

「晴れ(高湿度)の日」には、気孔もいっぱい開き、午後は段々閉じる。

「晴れ(乾燥)の日」には、空気が乾燥して蒸散量も大きいので、水分の欠乏が早く起こり、気孔が閉じ始めるのも早く、正午過ぎには完全に閉じる。

「曇り～雨の日」には、湿度が高く、光も弱く光合成の速度が遅いので、葉の中のCO₂量の減少につれて気孔が徐々に開く。そして夕方になって暗くなると、気孔も閉じる。

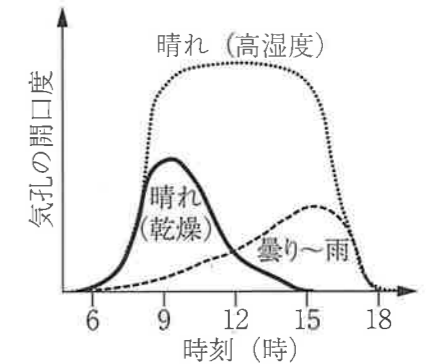


図1 気孔の開閉度と日射・湿度の関係

それでは、「晴れ(低湿度)の日」には、気孔の開閉度はどのような挙動を示すか、解答欄のグラフに実線で書き込み、経過を説明しなさい。

問5 下線部(b)に関連し、更に低温の氷点下になると、細胞が凍結して生体機能の維持が困難になる。それを防ぐために植物がとる応答を考え、「凝固点」という語を用いて50字程度で答えなさい。ちなみにこの応答は、冬場の寒さによって野菜の甘味や旨味が増す原因でもある。

問6 下線部(c)に関して、合成促進された「タンパク質分解酵素阻害物質」がどのように食害の拡大を抑制するかについて50字程度で説明しなさい。

問7 下線部(d)について、最近の研究から、揮発性物質は食害の情報を植物だけでなく、他の動物にも伝達することが分かって来た。植物はどのような動物に食害の情報を伝達し、昆虫からの食害を免れているのかについて予想し、50字程度で答えなさい。

問8 下線部(e)の全身獲得抵抗性とは、植物が一度病原体に感染すると、**ク** の合成などを介して誘導されるもので、感染していない葉にもそのシグナルが伝達され、ひとつの植物体全部が病原体に抵抗力を持つだけでなく、次の新たな感染に備えて全身で病害耐性機構を発動することをいう。これは、ある意味でヒトが持つ獲得免疫(適応免疫)に似ているとも言える。ヒトの獲得免疫について、知るところを50字程度で説明しなさい。