

平成 31 年 度

理 科

物	理	1 ページ～11 ページ
化	学	12 ページ～22 ページ
生	物	23 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2), 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)を読み、問1から問5に答えよ。

(文1) 病原体からわれわれの体を守る免疫のはたらきは、大きく2つの段階に分けられ、両者は協調して病原体の排除をおこなう。

第1の段階は 免疫と呼ばれ、侵入した病原体を好中球や 、あるいは のような食細胞が取りこんで分解し、排除する反応である。これらの食細胞は、病原体を認識し応答するために、細菌やウイルスのさまざまな成分と結合する数十種類もの受容体をもっている。また、病原体を認識して活性化されたこれらの食細胞は、情報伝達物質として他の細胞にはたらきかける と総称されるタンパク質を分泌する。さまざまな の作用として、感染部位で炎症反応を引き起こしたり、免疫を担う細胞を活性化したりすることで、免疫反応を促すことが挙げられる。病原体を取りこんで活性化された はリンパ管に入り、近くのリンパ節に移動して次に述べる免疫の第2の段階を始動させる。

第2の段階は 免疫と呼ばれ、個々の病原体を特異的に認識し排除するための反応である。第2段階の免疫反応を担っているのは、リンパ球である と である。また、免疫反応において直接これらのリンパ球に認識される病原体成分を抗原と呼ぶ。 は、細胞内に取りこんで分解した病原体に由来する抗原を、MHC(主要組織適合遺伝子複合体)分子とともに細胞表面に提示する。それにより、 のうち、提示された抗原を特異的に認識するものが活性化される。抗原により活性化された のある細胞種は、同じ抗原を認識した を活性化して抗体の産生を誘導する。このしくみによって、感染した病原体の抗原に特異的に作用する抗体が産生される。また、 の別の細胞種は、病原体に感染した細胞がMHC分子とともに提示している抗原を認識することにより感染細胞を識別し、これを直接攻撃することで病原体を排除する。さらに、 免疫においては、免疫応答を引き起こ

した抗原の情報が記憶されるため、同じ病原体の2度目以降の侵入にすばやく、かつ強力に反応することができる。

問 1 文中の ~ に入る、最も適当な語を記せ。

問 2 下線部(1)について、食細胞において、取りこんだ病原体の分解をおこなう細胞小器官の名称を記せ。

問 3 下線部(2)について、これらの受容体が結合する成分として、細菌表層に存在するリポ多糖やリポタンパク質、べん毛を構成するタンパク質であるフラジェリン、二本鎖 RNA などがある。病原体を認識し応答する上で、これらの成分を標的とすることにはどのような理由があるか、説明せよ。

問 4 下線部(3)について、 が認識した抗原に特異的に作用する抗体のみが産生されるしくみを説明せよ。

問 5 下線部(4)の性質を利用して、病原体のもつ抗原を人為的に投与して免疫を誘導し、病原体の感染を防ぐ方法を何と呼ぶか、名称を記せ。また、このとき使用される抗原のことを特に何と呼ぶか、記せ。

2 次の(文2)を読み、問1から問6に答えよ。

(文2) 原核生物も真核生物も、遺伝情報はDNAの配列に書き込まれている。原核生物である大腸菌のゲノムDNAが約460万塩基対であるのに対し、真核生物であるヒトのゲノムDNAの塩基対数は650倍の約30億であり、ヒトの体細胞は2組のゲノムをもつ。

問1 大腸菌のDNAの複製の際に、1分子のDNAポリメラーゼが、1秒あたり800塩基を合成する場合、DNAの複製が完了するために何分かかかるか、計算式とともに小数点以下を四捨五入して答えよ。

問2 ヒトの細胞の細胞周期においてDNAが複製されるのはいつか、答えよ。

問3 ヒトの体細胞のDNAの複製は約10時間かかる。1秒あたり何塩基が合成されるか、計算式とともに小数点以下を四捨五入して答えよ。

問4 DNAの複製の際に、ヒトの体細胞では大腸菌に比べ、単位時間あたりのDNAの合成量が多い。それはどのようなしくみによるのか、最も大きな要因を一つ答えよ。

問5 ヒトの体細胞のゲノムDNAは複製のたびに一部のDNA末端が短くなっていく。その理由を説明せよ。

問6 ヒトの生殖細胞は、DNAの複製によるDNA末端の短縮を、タンパク質とRNAから構成される という酵素のはたらきで回復させている。この酵素のように、RNAを鋳型にDNAを合成する酵素を と呼ぶ。 , に入る、最も適当な語を記せ。

3

次の(文3)を読み、問1から問6に答えよ。

(文3) ヒトは空気の振動である音波を耳で受容している。音波のうち振動数の大きいものは高音、振動数の小さいものは低音とされる。音波は耳殻で集められ外耳道を伝わり、鼓膜を振動させる。その振動は中耳の耳小骨を伝わっていく⁽¹⁾過程で大きく増幅される。耳小骨の最後はアブミ骨と呼ばれる骨であり、その底部に伝わった振動は卵円窓を経て、内耳のうずまき管においてリンパ液を介して基底膜を振動させる。ゲオルク・フォン・ベーケーシ(1961年のノーベル生理学・医学賞受賞者)によって発表された、アブミ骨の振動により生じた基底膜の振動の分布を簡略化して図1に示す。基底膜上にある聴細胞は、感覚毛をもつ有毛細胞の一種であり、基底膜の振動により、おおい膜に接触した感覚毛が曲げられると、聴細胞に興奮が生じる。聴細胞の興奮が聴神経を介し、⁽²⁾大脳の聴覚中枢に伝わると聴覚が生じる。その際、聴細胞で生じた興奮は、基底膜上での位置の違いに応じて、聴覚中枢内の異なる部位に伝えられる。

慢性的な騒音に暴露されることや加齢などにより音波が正しく受容されなくなると、聴力損失を引き起こす。その程度が顕著な場合、難聴と診断される。難聴が遺伝病として起こる場合もあり、これまでに原因となるいろいろな遺伝子変異が報告されている。その中で、日本で頻度が高いものとして *GJB2* 遺伝子変異がある。*GJB2* mRNA のタンパク質コード部の235番目の塩基であるシトシンが欠失したタイプの変異(235 delC)などが受け継がれることで、遺伝性の難聴が発症する。

また、*TMPRSS3* 遺伝子変異が原因となる遺伝性難聴も存在する。そのある家系の家系図を示す(図2左)。この家系では、変異型 a、変異型 b という2種類の異なる *TMPRSS3* 遺伝子変異が見つけた。いずれも異常 *TMPRSS3* タンパク質の産生につながる変異であり、遺伝性難聴の発症に関して同様な影響を示す。野生型(最も普遍的に見られるタイプ)の対立遺伝子を *T* とし、変異型 a、変異型 b の対立遺伝子をそれぞれ *a*、*b* とし、家系構成員の *TMPRSS3* 遺伝子型を表記した(図2右)。なお、I-1、I-2 の *TMPRSS3* 遺伝子型は不明のため記載されていない。

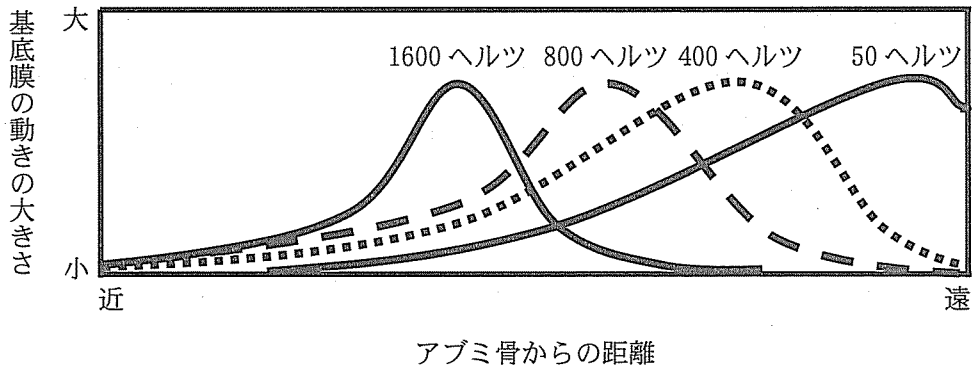


図1 異なる振動数の音に対する基底膜振動の分布

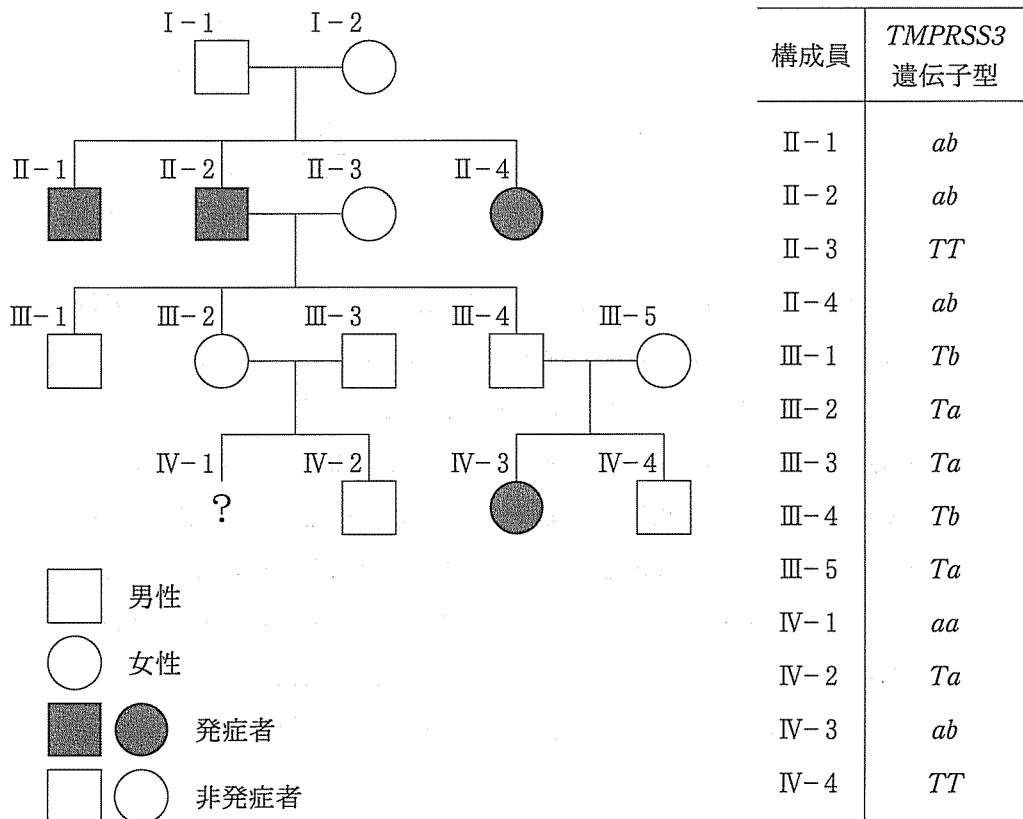


図2 遺伝性難聴家系の家系図(左)と家系構成員の *TMPRSS3* 遺伝子型(右)

問 1 ヒトの受容器にはいろいろなものがあるが、受容器はそれぞれ受け取ることのできる刺激の種類が決まっており、その刺激は適刺激と呼ばれる。表 1 に適刺激と受容器の組み合わせの一部をまとめた。この表中の(ア)～(オ)の名称を記せ。

表 1 適刺激と受容器の組み合わせ

適刺激	受容器		感 覚
高い温度	皮 膚	温 点	温 覚
光(可視光)	眼	(ア)	視 覚
音 波	耳	(イ)	聴 覚
体の傾き		(ウ)	平衡覚
体の回転		(エ)	平衡覚
液体中の化学物質	舌	(オ)	味 覚

問 2 下線部(1)の理由として耳小骨のてこの作用による振動の増幅が挙げられるが、それに加え中耳では他の理由でも振動が増幅される。その理由として最も適切なものを(カ)～(サ)の中から選び、記号を記せ。

- (カ) 鼓膜に比べて卵円窓の面積が大きいことに起因する振動の増幅
- (キ) 鼓膜に比べて正円窓の面積が大きいことに起因する振動の増幅
- (ク) 鼓膜に比べて卵円窓の面積が小さいことに起因する振動の増幅
- (ケ) 鼓膜に比べて正円窓の面積が小さいことに起因する振動の増幅
- (コ) 前庭階のリンパ液の作用に起因する振動の増幅
- (サ) 鼓室階のリンパ液の作用に起因する振動の増幅

問 3 図 1 はアブミ骨の 1600, 800, 400, 50 ヘルツ(ヘルツ：1 秒間の振動数)の各振動により引き起こされた基底膜の動きを示している。その各曲線は基底膜の動きの最大振幅をつなげたものに相当する。この図を参考にして、ヒトが音の高低をどのようにして聴き分けているのか、説明せよ。

問 4 下線部(2)の聴神経は有髄神経繊維である。有髄神経繊維では興奮の跳躍伝導が起こるので、無髄神経繊維と比べて同じ直径の軸索であってもより速い速度で興奮が伝導される。この有髄神経繊維で見られる「興奮の跳躍伝導」とはどのようなしくみなのか、60字以内で説明せよ。

問 5 *GJB2* 遺伝子の 235 delC 変異に着目して、シトシンの欠失が起きていない野生型 (235 C 型) か 235 delC 型かのいずれかのみで対立遺伝子を分類すると、東アジアの一般集団では、235 delC 型の対立遺伝子頻度は 0.8% である。この時、ハーディ・ワインベルグの法則が成立する条件下であるとする。東アジアの一般集団 1000 人において、235 C 型と 235 delC 型の対立遺伝子をそれぞれ一つずつもつ遺伝子型のヒトは何人になると期待されるか、小数点以下を四捨五入して答えよ。

問 6 図 2 の家系の IV-1 (女性) は遺伝性難聴を発症するかしらないか、どちらと考えられるか。解答欄でその文字に丸を付けて示せ。また、その理由を記せ。

4 次の(文4)を読み、問1から問5に答えよ。

(文4) 生物集団には変異によって異なる形質をもつ多様な個体が生まれ、自然選択によって、より環境に適した集団になる。自然選択を考える際、弱肉強食といった生存競争を連想する人も多いかもしれないが、実際の生物界ではお互いに共存できるような仕組みをもっていたり、相互に協力したりする例が多く見られる。

ニホンザルの群れでは、個体間に安定した優劣関係ができ、個体群内の秩序が保たれるという **A** 制がみられる。また、イワナとヤマメが同じ溪流に生息する場合、イワナは上流に、ヤマメは下流にすむことが多い。しかし、それぞれの種が単独で生息している場合は、イワナはより下流にも、ヤマメはより上流にも生息する。このように、複数の種が共に生息する場合には、お互いに生活空間を分割する **B** が行われる場合がある。一般に、ある種が単独で生息する場合のニッチを **C** ニッチと呼び、他種と共存した場合に種間競争などによって変化したニッチを **D** ニッチと呼ぶ。

定住する個体や群れが日常的に行動する範囲である **E** のうち、主に同種の他個体を排除する空間を縄張りと呼ぶ。最適な縄張りの大きさは、「そこから得られる利益」と「維持に必要な労力」の差が最大になる大きさであると考えられている(図3)。

北米のプレーリーに生息しているベルディングジリスは、群れをつくって暮らしている。その群れは、通常数個体から数十個体で構成されている。群れの中で生まれた雌個体は一生その群れに所属するが、雄は成長すると群れを離れ、繁殖は自分の生まれたのとは異なる群れの雌と行い、さらに子が産まれるたびに子を産んだ雌のもとを離れる。⁽¹⁾ベルディングジリスの群れに捕食者が近づくと、それに気づいた個体が警戒音を発し、近くの仲間に危険を知らせることが知られている。捕食者に気づいたときに、すぐに逃げずに警戒音を発している個体は、それだけ逃げるのが遅くなるうえ、目立ってしまい、捕食者の注意を引きつけてしまう。このような、自己の不利益にもかかわらず他個体へ利益をもたらす行動を利他行動と呼ぶ。単純に自然選択を当てはめると、利他行動を行う遺伝子は適応度

を低下させるので、次第にこのような遺伝子をもつ個体はいなくなるように思えるが、実際にはさまざまな生物で利他行動がみられる。実は利他行動は、自分と、血縁関係にある他個体によって、自分と同じ特定の遺伝子をどれだけ増やせるかを示す尺度である F 適応度を高め、その遺伝子をもつ個体を増やすと考えられている。

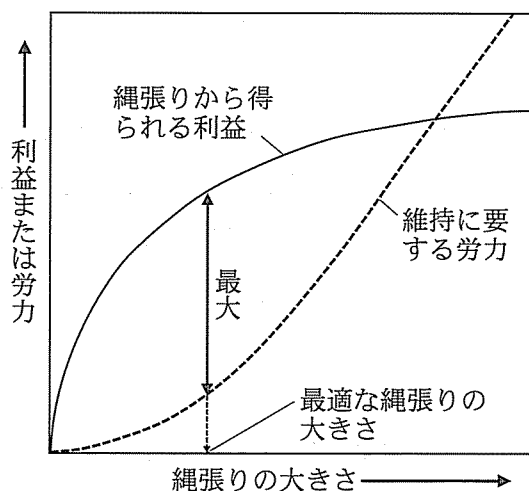


図3 最適な縄張りの大きさ

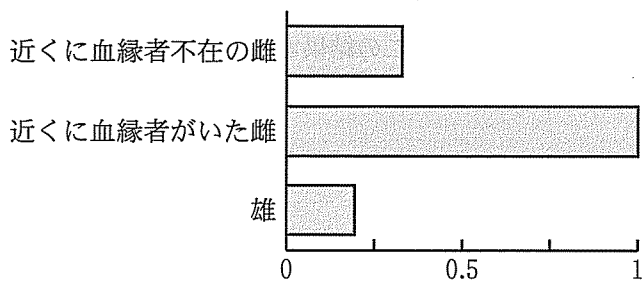


図4 バルディングジリスが警戒音を発する相対頻度

問 1 ~ に入る，最も適当な語を記せ。

問 2 縄張りの大きさは，図 3 のように，縄張りから得られる利益と縄張りを維持するのに要する労力で決まるとされる。縄張りから得られる利益は，図 3 の実線のように，縄張りが大きくなってもある程度で頭打ちになると考えられている。ある動物が自分の縄張りから餌を確保していると仮定して，なぜ利益が頭打ちになると考えられるか説明せよ。

問 3 問 2 で仮定した動物の縄張りが，ある環境変化によって小さくなったとする。このとき，どのような変化が起こったと考えられるか。2つの可能性を述べよ。また，その変化がどのように縄張りの大きさに影響したと考えられるか，それぞれの場合について述べよ。

問 4 下線部(1)のような行動が起こらず，雌雄共に群れに残って繁殖した場合，遺伝的にどのような問題が生じるか説明せよ。

問 5 ベルディングジリスの利他行動を詳しく調べるため，成熟した個体に関して，警戒音を発する個体とその周辺にいる個体の関係を調べたところ図 4 に示した結果が得られた。この結果と 適応度の関係を説明せよ。

