

令和2年度
医学科一般入試(前期日程)

問題冊子

理 科

物 理 1ページ～7ページ
化 学 9ページ～14ページ
生 物 15ページ～23ページ

(注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか23ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理、化学、生物のうち2科目を選択し、選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は、無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は、試験開始120分後に監督者が回収するので、大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の右上に出しておくこと。
9. 試験時間は150分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、解答用紙は持ち帰らないこと。

生 物 (4 問題)

I 次の文章を読み、問 1～7 に答えよ。 (配点 25)

ホルモンは内分泌腺から血液中に放出される化学物質であり、非常に低い濃度で作用を引き起こす。ホルモンの分泌は、からだの活動状態に応じて正確に調節されている。その調節方法には、自律神経系からの直接指令によるもの、ほかのホルモンの作用によるもの、血液中の物質濃度の変化によるものなどがある。インスリンは、血糖濃度を下げる作用をもつホルモンであり、食事などによって血糖濃度が上昇すると、脾臓(すいぞう)の ① の B 細胞から分泌される。一方、チロキシンは、ほぼ全身の細胞に作用してその代謝を高めたり成長を促進したりする甲状腺ホルモンであり、血液中の濃度が適正な値になるように調節されている。血液中のチロキシンが不足すると、② から甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンが分泌され、③ に作用して甲状腺刺激ホルモンを分泌させる。甲状腺刺激ホルモンは、甲状腺に作用してチロキシンの分泌を促進する。

ホルモンは、標的細胞に存在する受容体とよばれるタンパク質に結合することにより、情報を細胞に伝え、反応を引き起こす。インスリンなどの多くの水溶性ホルモンは、細胞膜上の受容体に結合することで情報を伝えるが、チロキシンの受容体は細胞膜上にはない。それぞれの受容体は特定のホルモンとだけ結合するが、ホルモンとよく似た構造をもつ物質は、ホルモンとの間で受容体の結合部位を奪い合うため、ホルモンの作用を阻害することがある。

問 1 文中の ①～③ に適切な語句を入れよ。

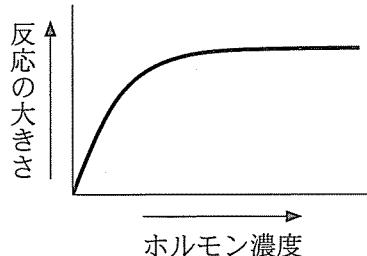
問 2 下線部(1)について、インスリンが血糖濃度を下げるしくみを説明せよ。

問 3 下線部(2)について、チロキシンはどのようにして情報を細胞に伝えるか説明せよ。

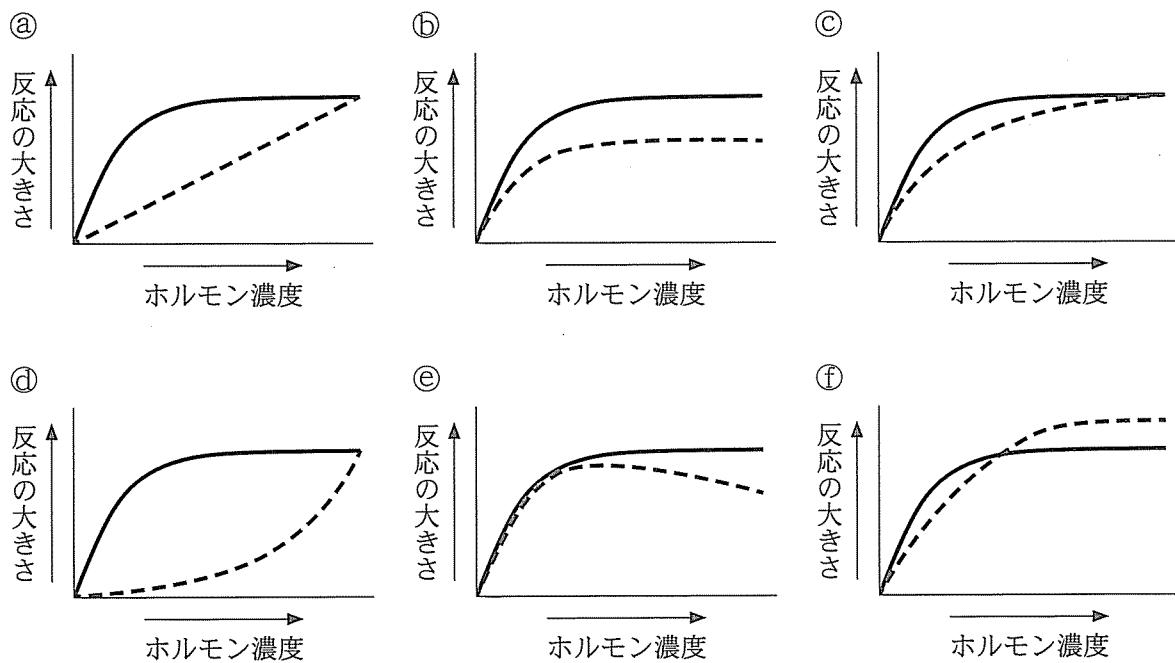
問 4 血液中のチロキシンの濃度が上昇すると、甲状腺からのチロキシン分泌は抑制される。どのようなしくみで抑制されるか説明せよ。また、このような調節を何とよぶか答えよ。

問 5 インスリンの血糖濃度を下げる作用はすぐに現れるが、チロキシンの代謝を促進する作用はそれよりも遅く、数時間以上かかる。作用のしくみの違いから、その理由を説明せよ。

問 6 ホルモン濃度と反応の大きさの関係について調べたところ、下図のような結果になった。ホルモンがある濃度以上になると、反応の大きさが一定になるのはなぜか説明せよ。ただし、反応の大きさはホルモンと結合した受容体の数に比例するものとする。



問 7 下線部(3)について、このような阻害物質が、ホルモン濃度と反応の大きさの関係にどのような影響を与えるか調べた。阻害物質がない場合を実線で、ある場合を点線で表したとき、最も適切なグラフを下図のⒶ～Ⓕから選び、記号で答えよ。また、それを選んだ理由を説明せよ。ただし、阻害物質の濃度は一定である。



II 次の文章を読み、問1～6に答えよ。(配点25)

私たちは日常生活の中で特に意識することなく、からだの平衡を保っている。平衡感覚は物理的な刺激を受容するしくみであり、頭蓋骨の中にある内耳には、前庭と半規管とよばれる平衡感覚器₍₁₎がある。前庭と半規管は膜に包まれた器官で、内部はリンパ液で満たされている。前庭には、感覚毛をもった感覚細胞があり、その上に炭酸カルシウムでできた平衡石(耳石)がのっている。半規管は前庭とつながるリング状の管であり、その基部の膨らんだ部分に感覚細胞があり、その感覚毛はゼリー状の物質(ケプラ)の中に伸びている。半規管は左右の内耳にそれぞれ3つあり、3つが互いに直交する面に配置されている。前庭と半規管の感覚細胞は、感覚毛の屈曲を感じし、前庭神経を通じて、その情報を脳に伝える。このような、からだの姿勢や動きを感じする受容器は、自己受容器とよばれる。₍₄₎

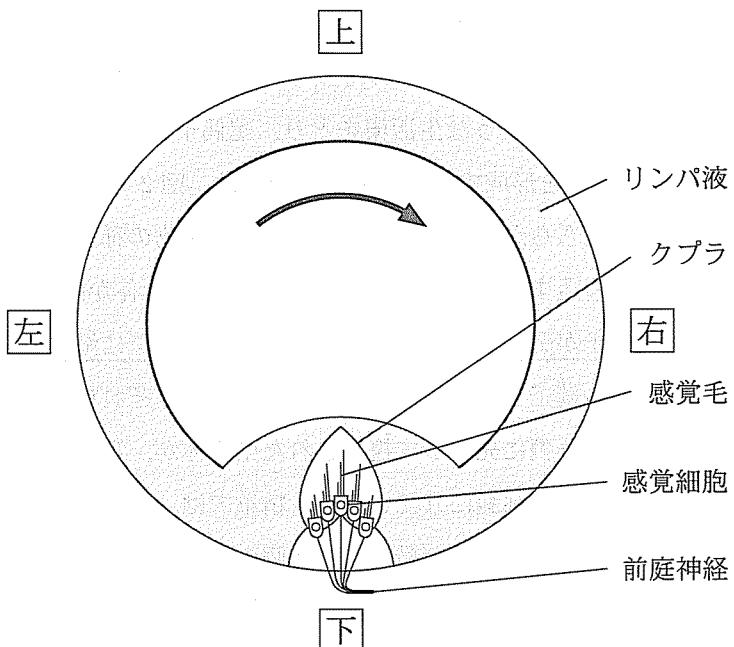
問1 下線部(1)について、頭蓋骨の中にあることがこれらの感覚器のはたらきにおいて有利であると考えられる点を以下の①～⑤から2つ選び、記号で答えよ。

- ① 光が遮られる。
- ⑤ 刺激が増幅される。
- ③ 栄養が行き届きやすい。
- ④ 聴神経からの情報が速く伝わる。
- ② 硬い骨によって物理的に保護されている。
- ⑥ 相対的に目と同じ位置関係を保つことができる。

問2 下線部(2)について、前庭が受容できる情報を以下の①～⑤から2つ選び、記号で答えよ。

- ④ 頭の高さ
- ⑥ 頭の傾き
- ② 音波の振幅
- ③ 音波の周波数
- ⑤ 動きの速度
- ⑦ 動きの加速度

問 3 下図は半規管を模式的に示したものである。これを用いて、以下のア、イに答えよ。



ア. この半規管が図の矢印の方向に回転する場合、半規管はどのようにはたらくか。以下の

(i)～(iii) のときについて、リンパ液と感覚毛の動きを含めて説明せよ。

(i) 回転を始めたとき

(ii) 一定の速度で回転を続けているとき

(iii) 回転を止めたとき

イ. この半規管が図のような配置方向にあり、右から温められるとき、どのようなことが起こると予測されるか説明せよ。

問 4 下線部(3)について、3つのうち1つの半規管しかない場合と比べて、どのような利点があるか説明せよ。

問 5 宇宙ステーション内では、前庭と半規管のはたらきは地上とどのように異なるか。考えられることを述べよ。

問 6 下線部(4)について、平衡感覚器以外の自己受容器の名称を1つあげ、何を感じるか答えよ。

III 次の文章を読み、問1～9に答えよ。(配点25)

生活環は、生物の一生を生殖細胞を仲立ちとして環状に表したものであり、減数分裂と受精が交互に起こる。この2つの現象が生活環のどの時点で起こるかは生物種によってさまざまである。ヒトや大部分の動物では、図1のような生活環をとり、配偶子の融合過程により生じた接合子(受精卵)が分裂を繰り返して成体を形成する。一方、植物では、図2のように胞子体および配偶体とよばれるステージがあり、どちらが生活環の中心となるかは植物の種類により異なる。①では配偶体が胞子体内に組み込まれているが、②では胞子体が配偶体に寄生する。また、図1や図2とは異なり、配偶子が融合して接合子を形成した後、すぐに減数分裂が起こる生物もある。

(1) 図1の雄性配偶子である精子と雌性配偶子である卵は、それぞれ精巣と卵巣で減数分裂によりつくられる。減数分裂では、分裂に先立って複製された染色体が、第一分裂と第二分裂とよばれる2回の細胞分裂を経て、4個の娘細胞に分配される。精巣では、減数分裂の過程に入った細胞を一次精母細胞といい、1個の一次精母細胞が最終的に4個の精子となる。一方、卵巣では、1個の一次卵母細胞から1個の卵しかできない。ヒトでは、胎生期に減数分裂を開始した一次卵母細胞は、第一分裂③の状態で休止している。減数分裂が再開すると、第一分裂が完了し二次卵母細胞③ができるが、第二分裂④で再び停止する。第二分裂が完了するのは、受精の後である。減数分裂では、ときどき染色体が正常に分配されずに一方の細胞に入ることがあり、染色体不分離とよばれる。第一分裂または第二分裂で、ある染色体の不分離が起こると、その染色体が1本多い配偶子が生じる。このような配偶子が正常な配偶子と受精すると、その相同染色体が3本ある個体ができる。

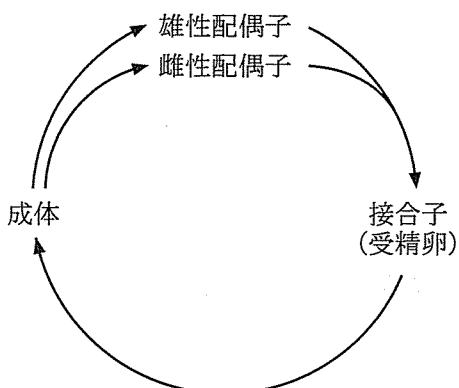


図1

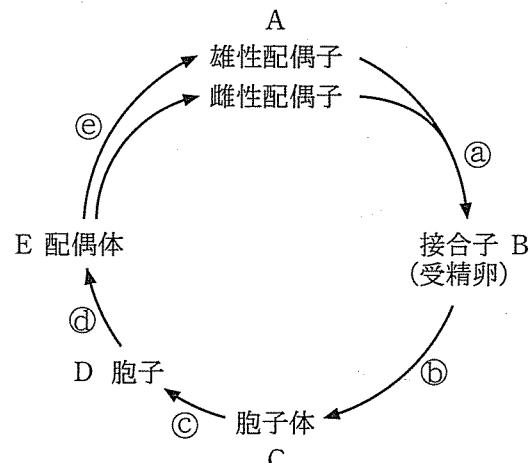


図2

問 1 文中の①と②に当てはまる植物を以下のⒶ～Ⓑからそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

Ⓐ シダ植物

Ⓑ コケ植物

Ⓒ 種子植物

問 2 文中の③と④に当てはまる時期を以下のⒶ～Ⓓからそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

Ⓐ 前期

Ⓑ 中期

Ⓒ 後期

Ⓓ 終期

問 3 文中の②の植物には見られない特徴を以下のⒶ～Ⓕから2つ選び、記号で答えよ。

Ⓐ 維管束をもつ。

Ⓑ 細胞壁をもつ。

Ⓒ 重複受精を行う。

Ⓓ 受精する際に水が必要である。

Ⓔ 細胞分裂の際に細胞板が形成される。

Ⓕ クロロフィルaとクロロフィルbをもつ。

問 4 図2について、遺伝的多様性をつくり出す過程を図中のⒶ～Ⓓから2つ選び、記号で答えよ。

問 5 図2について、以下のア、イに当てはまるステージを図中のA～Eからすべて選び、記号で答えよ。

ア. 複相($2n$)の細胞でできている。

イ. ヒトの生活環には相当するものがない。

問 6 下線部(1)のような生活環を示す生物にはどのようなものがあるか。生物名を1つ記せ。

問 7 下線部(2)について、この過程を説明せよ。

問 8 下線部(3)について、いつどのように再開するか説明せよ。

問 9 下線部(4)について、不分離が起きた染色体が常染色体で、その染色体上のある遺伝子座について、対立遺伝子がA, B, Cの3つあるとする。母親の遺伝子型がAB、父親の遺伝子型がBC、子の遺伝子型がABBであった場合、染色体の不分離は、両親のどちら側(母側か父側)のどの分裂(第一分裂か第二分裂)で起こったと考えられるか。考えられる可能性をすべて説明せよ。ただし、遺伝的組換えは起きていらないものとする。

IV 次の文章を読み、問1～7に答えよ。(配点25)

ヒトのほとんどの細胞の表面には、主要組織適合遺伝子複合体(MHC)のつくるタンパク質(MHC分子)が、細胞内のタンパク質の断片をのせて発現している。MHCには多くの型があり、
(1)
ほかの人と一致する確率は非常に低い。通常、MHC分子には自己の成分がのせられているが、ウイルスなどに感染した細胞は、ウイルス抗原の断片をMHC分子に結合させて細胞表面に運ぶ。また、樹状細胞やマクロファージ、B細胞は、取り込んだ病原体の断片をMHC分子に結合させて細胞表面に運ぶ。この過程を ① とよび、MHC分子に結合したタンパク質の断片は、ヘルパーT細胞の細胞表面にある ② で認識される。活性化したヘルパーT細胞は、キラーT細胞やB細胞の増殖やはたらきを促進する。

ベナセラフらは、ヘルパーT細胞がB細胞のはたらきを促進するしくみに関する実験を行った。ジニトロフェノール(DNP)のような分子量の小さい物質を単独でマウスに接種しても、DNPに対する抗体は検出されないが、あるタンパク質Xに結合させたDNP(DNP-X)を接種した場合、DNPに対する抗体が血液中に検出された。

この現象は次のように説明された。DNPはMHC分子に結合しないため、ヘルパーT細胞を活性化しない。そのため、DNPに対する抗体を産生するB細胞を活性化できず、抗体は産生されなかつた。一方、DNP-Xを接種したときは、DNP-Xのタンパク質Xが分解されてできた断片がMHC分子に結合する。ヘルパーT細胞がそれを認識して活性化し、B細胞のDNPに対する抗体産生を促進したと考えられた。このとき、DNP-Xの中で、DNPは抗体が認識する ③ となつている。

どのようなときにヘルパーT細胞がB細胞のはたらきを促進するか調べるため、抗原を接種したマウスのB細胞とT細胞を試験管内で混合して抗体産生の有無を確認する実験を行った。表1のように、タンパク質XまたはDNP-Xを接種した系統Aのマウス(マウスA)と別の系統Bのマウス(マウスB)の脾臓(ひぞう)から分離したB細胞とT細胞を試験管内で混合し、抗原としてDNP-Xを加え、培養した。培養後、DNPに対する抗体産生を調べた。この結果から、④ とき、B細胞の抗体産生が促進されることがわかつた。

表1

	B細胞	T細胞	加えた抗原	抗体産生
培養1	DNP-Xを接種したマウスA	Xを接種したマウスA	DNP-X	あり
培養2	DNP-Xを接種したマウスA	Xを接種したマウスB	DNP-X	なし

次に、タンパク質X, DNP-Xに加えて、タンパク質Y, タンパク質Yに結合させたDNP(DNP-Y)を用いて、表2の組み合わせで実験を行った。この結果から、⑤とき、B細胞の抗体産生が促進されることがわかった。

表2

	B細胞	T細胞	加えた抗原	抗体産生
培養3	DNP-Xを接種したマウスA	Yを接種したマウスA (2)	DNP-Y	あり
培養4	DNP-Xを接種したマウスA	Xを接種したマウスA	DNP-Y	なし

マウスAとマウスBおよびその子孫の交配を繰り返し、MHC遺伝子座のみを入れ換えたマウスを作製した。MHCがマウスB由来に置き換わったマウスAをA.B-MHCとする。また、MHCがマウスA由来に置き換わったマウスBをB.A-MHCとする。これらのマウスを用いて、表3の組み合わせで実験を行った。この結果から、⑥、T細胞はB細胞の抗体産生を促進したことがわかる。これらの研究により、MHCは免疫応答を制御する遺伝子として認識されるようになった。

表3

	B細胞	T細胞	加えた抗原	抗体産生
培養5	DNP-Xを接種したマウスA	Yを接種したA.B-MHC	DNP-Y	なし
培養6	DNP-Xを接種したマウスA	Yを接種したB.A-MHC	DNP-Y	あり
培養7	DNP-Xを接種したA.B-MHC	Yを接種したマウスA	DNP-Y	なし
培養8	DNP-Xを接種したB.A-MHC	Yを接種したマウスA	DNP-Y	あり

問1 文中の①～③に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(1)について、同じ両親をもつ兄弟姉妹間で、MHCの型が完全に一致する確率は何%か示せ。

問3 文中の④に入る最も適切な文を以下の④～⑦から選び、記号で答えよ。

- Ⓐ B細胞を分離したマウスに接種された抗原と培養液に加えた抗原が同じである
- Ⓑ T細胞を分離したマウスに接種された抗原と培養液に加えた抗原が同じである
- Ⓒ B細胞を分離したマウスとT細胞を分離したマウスに同じ抗原が接種された
- Ⓓ B細胞とT細胞を同系統のマウスから分離した

問 4 文中の⑤に入る最も適切な文を以下の⑥～⑩から選び、記号で答えよ。

- Ⓐ 加えた抗原に反応するB細胞がある
- Ⓑ 加えた抗原に反応するヘルパーT細胞がある
- Ⓒ T細胞を分離したマウスに接種された抗原と培養液に加えた抗原が異なる
- Ⓓ B細胞を分離したマウスに接種された抗原と培養液に加えた抗原が異なる

問 5 表2の下線部(2)について、同じはたらきのあるT細胞をもつマウスはどれか。以下のⒶ～⑩から2つ選び、記号で答えよ。ただし、マウスAとマウスBの雑種第一代を(A×B)F1マウスとする。

- Ⓐ DNP-Xを接種したマウスB
- Ⓑ DNP-Yを接種したマウスA
- Ⓒ Yを接種したマウスB
- Ⓓ Xを接種した(A×B)F1マウス
- Ⓔ Yを接種した(A×B)F1マウス

問 6 文中の⑥に入る最も適切な文を以下のⒶ～⑩から選び、記号で答えよ。

- Ⓐ 加えた抗原がB細胞に結合するため
- Ⓑ T細胞が認識する抗原が加えられたとき
- Ⓒ B細胞とT細胞のMHCが一致しないとき
- Ⓓ B細胞とT細胞を分離したマウスの系統が異なっていることで凝集反応が起き
- Ⓔ B細胞とT細胞を分離したマウスの系統が異なっていてもMHCが一致しているとき

問 7 これらの実験から、ヘルパーT細胞がB細胞のはたらきを促進するとき、MHCはどのような役割をすると考えられるか述べよ。