

滋賀医科大学

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、⁽¹⁾膵臓(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、⁽²⁾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、⁽³⁾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。

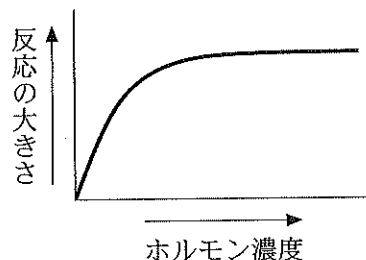
問 2 下線部(1)について、インスリンが血糖濃度を下げるしくみを説明せよ。

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。

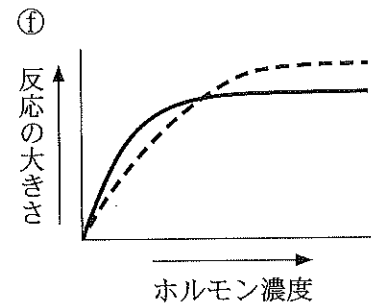
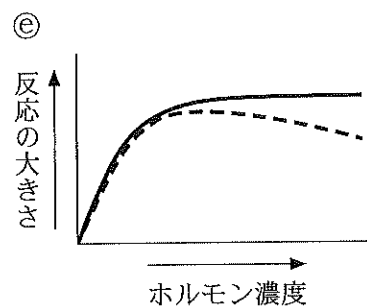
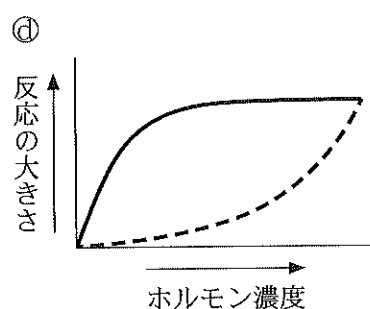
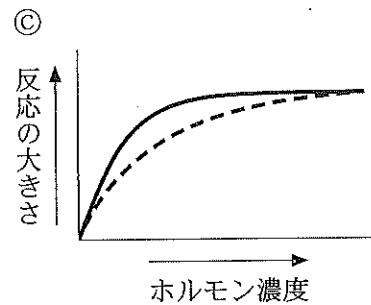
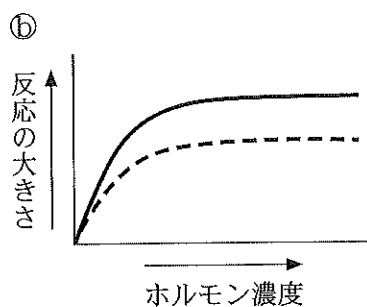
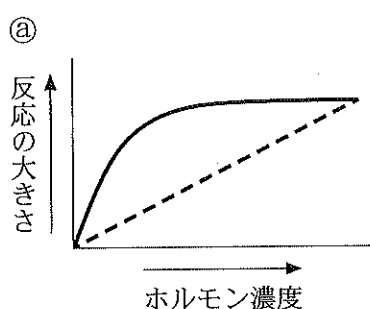
問 4 血液中のチロキシンの濃度が上昇すると、甲状腺からのチロキシン分泌は抑制される。どのようなしくみで抑制されるか説明せよ。また、このような調節を何とよぶか答えよ。

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①～⑥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⁽²⁾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(クプラ)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⁽³⁾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、感覚毛の屈曲を感知し、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知する受容器は、自己受容⁽⁴⁾器とよばれる。

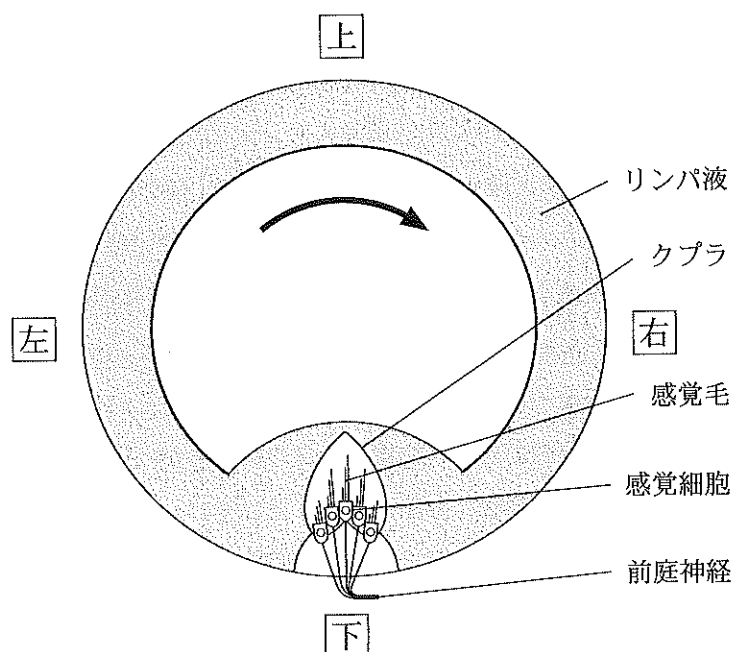
問 1 下線部(1)について、頭蓋骨の中にあることがこれらの感覚器のはたらきにおいて有利であると考えられる点を以下の④～⑦から2つ選び、記号で答えよ。

- ④ 光が遮られる。
- ⑤ 刺激が増幅される。
- ⑥ 栄養が行き届きやすい。
- ⑦ 聴神経からの情報が速く伝わる。
- ⑧ 硬い骨によって物理的に保護されている。
- ⑨ 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④～⑦から2つ選び、記号で答えよ。

- ④ 頭の高さ
- ⑤ 頭の傾き
- ⑥ 音波の振幅
- ⑦ 音波の周波数
- ⑧ 動きの速度
- ⑨ 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、何を感知するか答えよ。

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 のように孢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] では配偶体が孢子体内に組み込まれているが、[②] では孢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ができるが、第二分裂 [④] で再び停止する。 (2) 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。(4) 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。

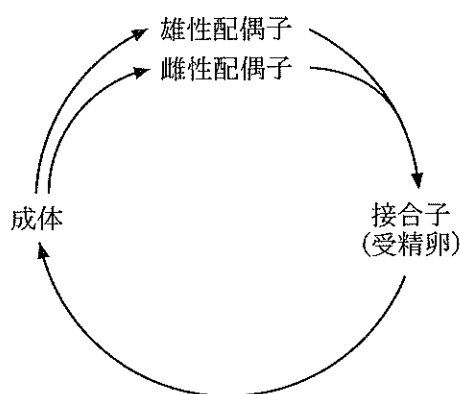


図 1

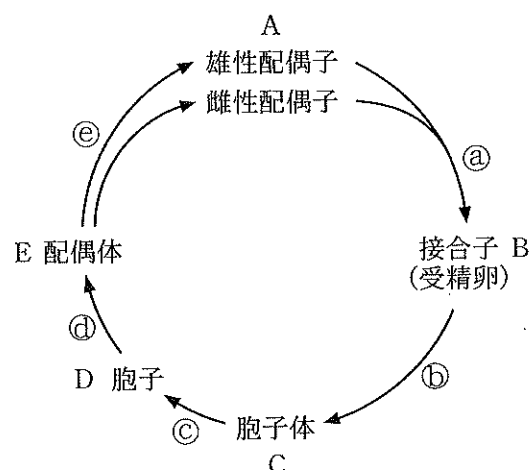


図 2

問 1 文中の①と②に当てはまる植物を以下の①～③からそれぞれ1つ選び、記号で答えよ。

- ① シダ植物 ② コケ植物 ③ 種子植物

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

- ① 前期 ② 中期 ③ 後期 ④ 終期

問 3 文中の②の植物には見られない特徴を以下の①～⑥から2つ選び、記号で答えよ。

- ① 維管束をもつ。
② 細胞壁をもつ。
③ 重複受精を行う。
④ 受精する際に水が必要である。
⑤ 細胞分裂の際に細胞板が形成される。
⑥ 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①～③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った。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 となっている。

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った。

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	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 ㉔～㉑ から選び、記号で答えよ。

- ㉔ 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
- ㉕ 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
- ㉖ 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
- ㉗ 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④～①から選び、記号で答えよ。

- ④ 加えた抗原に反応する B 細胞がある
- ⑤ 加えた抗原に反応するヘルパー T 細胞がある
- ⑥ 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
- ⑦ 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④～⑨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。

- ④ DNP-X を接種したマウス B
- ⑤ DNP-Y を接種したマウス A
- ⑥ Y を接種したマウス B
- ⑦ X を接種した (A × B)F₁ マウス
- ⑧ 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④～⑨から選び、記号で答えよ。

- ④ 加えた抗原が B 細胞に結合するため
- ⑤ T 細胞が認識する抗原が加えられたとき
- ⑥ B 細胞と T 細胞の MHC が一致しないとき
- ⑦ 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
- ⑧ B 細胞と T 細胞を分離したマウスの系統が異なっても 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。