

4 3 4 4 4 5 【理 学 部】

理 科 問 題

2020(令和2)年度

【注意事項】

1. 受験区分により解答する科目数および試験時間が異なるので注意すること。

受験区分	解答科目数	試験時間
A方式	2科目	180分
B方式	1科目	90分

2. 試験開始の合図まで, この問題冊子を開いてはいけない。ただし, 表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
3. この問題冊子の印刷は1ページから20ページまであり, 解答用紙は問題冊子中央に9枚はさみこんである。

科 目	問 題	解答用紙
物 理	1ページから7ページ	3枚 (43-1, 43-2, 43-3)
化 学	8ページから12ページ	3枚 (44-1, 44-2, 44-3)
生 物	13ページから20ページ	3枚 (45-1, 45-2, 45-3)

4. 問題冊子に落丁, 乱丁, 印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は, 手をあげて監督者に申し出ること。
5. 試験開始後, 解答する科目の解答用紙の所定欄に, 受験番号と氏名を記入すること (1枚につき受験番号は2箇所, 氏名は1箇所)。
6. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
7. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は, 採点されない場合もあるので注意すること。
8. 解答する字数に指定がある場合は, 句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は, 1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
9. 解答用紙を切り離したり, 持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること (提出方法については, 試験終了後の指示に従うこと)。
10. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
11. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等, やむを得ない場合には, 手をあげて監督者を呼び, 指示に従うこと。
12. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

45 生物

13 ページから 20 ページ



〔 I 〕 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

問題文 1

マウスの遺伝子 X が、発生過程のいつ、どの組織で発現するのかを調べるため、以下の実験を行った。まず、図 1 に示すように、マウスのゲノム DNA を用いて、遺伝子 X の転写開始部位を含む領域を (A) 試験管内で増幅した。得られた DNA 断片①には制限酵素 *EcoRI* や *HindIII* によって認識される塩基配列が存在していた。DNA 断片①を *EcoRI* で切断し、5,050 塩基対からなる DNA 断片②を得た。次に、DNA 断片②の後に GFP 遺伝子をつなげるために、あらかじめ GFP 遺伝子が組み込まれた 3,400 塩基対のプラスミド DNA (図 2) を *EcoRI* で切断し、(B) DNA 断片②を組み込んだ。このようにして作製したプラスミド DNA を大腸菌に導入し、(C) 抗生物質アンピシリンを加えた寒天培地で培養したところ、プラスミド DNA が取り込まれた大腸菌のみがコロニーを形成した。いくつかのコロニーから DNA を抽出し、(D) 制限酵素を用いた実験を行った結果、DNA 断片②が組み込まれる方向には 2 種類あることがわかった。このうち、DNA 断片②が GFP 遺伝子の転写方向と同じ向きに組み込まれたプラスミド DNA をマウスの受精卵に注入し、トランスジェニックマウスを作製した。(E) このマウスの各組織に特定波長の光を照射したところ、成体の精巣で GFP の蛍光が検出された。

- (1) 下線部 (A) の実験には、1983 年にマリスらにより開発された、目的の DNA 断片を短時間で多量に増幅する方法が用いられた。この方法の名称を答えなさい。また、この反応に使用される酵素の名称と特徴を答えなさい。
- (2) 下線部 (B) の実験に用いた酵素の名称を答えなさい。
- (3) 下線部 (C) について、寒天培地にアンピシリンを加えた理由を、プラスミド DNA の構造にも言及しながら 100 字以内で説明しなさい。
- (4) 下線部 (D) について、この実験の具体的な内容と得られた結果を述べなさい。
- (5) 下線部 (E) の実験結果から、DNA 断片②は遺伝子 X の生体内での発現においてどのような機能をもつと考えられるか、100 字以内で説明しなさい。

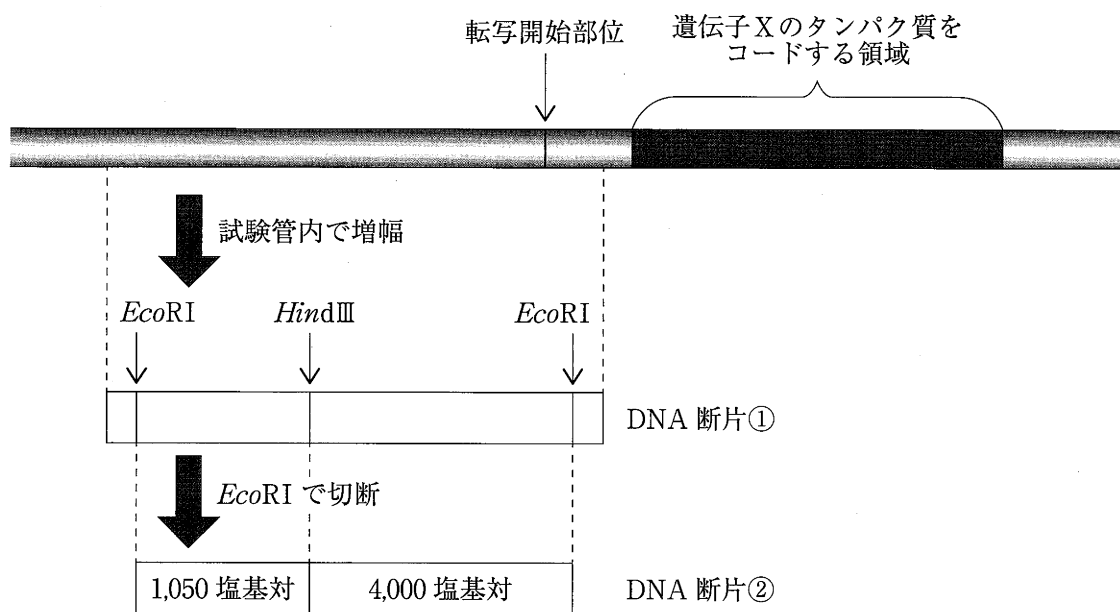


図 1

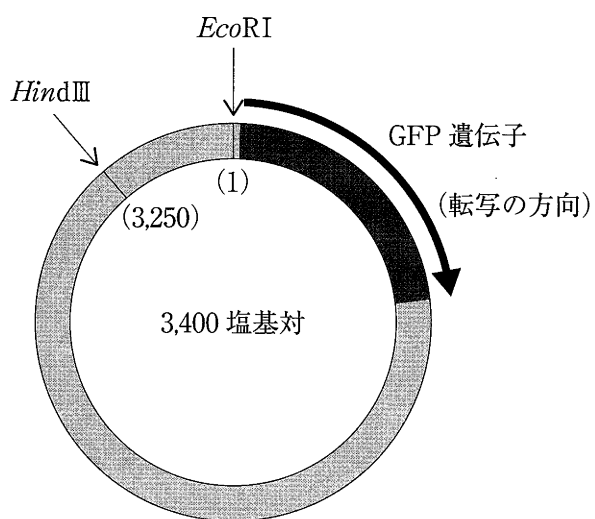


図 2

(括弧内の数字は *Eco*RI 認識配列からの塩基数を示す)

問題文 2

被子植物の花の器官形成には、遺伝子A、遺伝子B、遺伝子Cの3種類のホメオティック遺伝子が関与する。図3に示すように、花芽は一番外側の領域1から、内側に向かって領域2、領域3、領域4の4つに分けることができる。正常な花では、領域1にがく、領域2に花弁、領域3におしべ、領域4にめしべが形成される。領域1では遺伝子Aが、領域2では遺伝子Aと遺伝子Bが、領域3では遺伝子Bと遺伝子Cが、領域4では遺伝子Cがはたらく。遺伝子Aと遺伝子Cは互いのはたらきを抑制しあう。

これらのホメオティック遺伝子のはたらきを調べるため、シロイヌナズナの突然変異体を用いた実験を行った。3種類のホメオティック遺伝子のうち1つがはたらかない突然変異体では、(F)おしべとめしべができず、がくと花弁のみの花が生じた。しかし、DNA塩基配列を解析したところ、(G)このホメオティック遺伝子のタンパク質をコードする領域に突然変異は生じていなかった。次に、遺伝子Aのみがはたらかない突然変異体と遺伝子Bのみがはたらかない突然変異体をそれぞれ選び、これらを交雑させた。(H)この交雑により得られた個体からはすべて正常な花が生じた。これらの花を自家受精させたところ、(I)正常な花を生じる個体と正常な花を生じない個体が得られた。

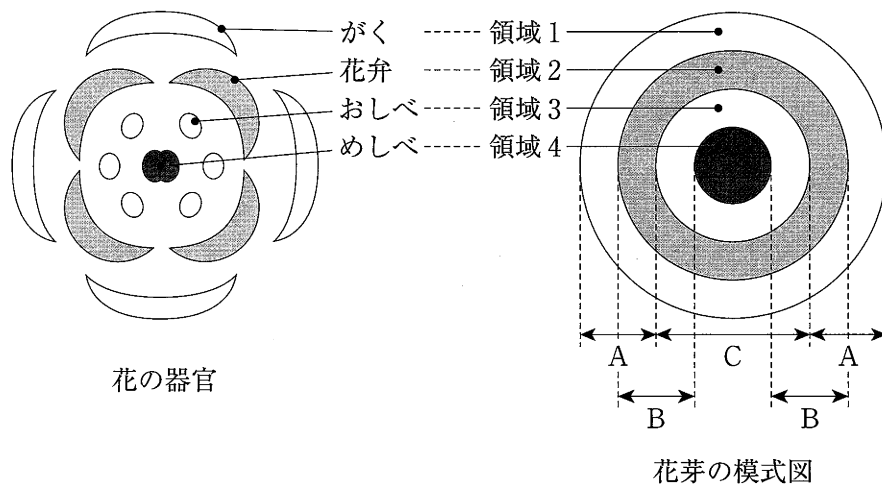


図3

- (6) 下線部 (F) について、このような花が生じた理由を 100 字以内で説明しなさい。
- (7) 下線部 (G) の結果から、このホメオティック遺伝子にどのような異常が生じていたと考えられるか、30 字以内で述べなさい。
- (8) 下線部 (H) について、この理由を説明しなさい。
- (9) 下線部 (I) について、以下の(ア)と(イ)のそれぞれの場合に正常な花が生じる確率を分数で答えなさい。ただし、遺伝子 A と遺伝子 B はそれぞれ単一の遺伝子であるとする。
- (ア) 遺伝子 A と遺伝子 B が異なる染色体上にある場合。
- (イ) 遺伝子 A と遺伝子 B が同じ染色体上にある場合。ただし、これらの遺伝子の間での組換えは起こらないものとする。

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

ヒトのからだは、自律神経系と内分泌系のはたらきによって、体内環境の状態を常に一定の範囲内に保とうとしている。間脳の一部である視床下部は、神経や血液によって体温などの体内環境の変動を感知し、その情報をもとに自律神経系と内分泌系をはたらかせる。

体内の神経系は、中枢神経系と末梢神経系に分けられ、末梢神経系は、自律神経系と体性神経系に分けられる。自律神経である と は、拮抗的に作用することで器官のはたらきを調節している。体性神経系には感覚神経と運動神経があり、受容器で音、光、重力、化学物質などのさまざまな刺激を受容すると、その情報を に変換して中枢へ伝える。神経細胞が刺激を受けて、正の方向に一定の大きさの が起こると、その影響により瞬間的に膜電位が変化する。このような膜電位の変化を(A)活動電位と呼び、活動電位が生じるのに必要な最小限の刺激の強さを という。中枢での情報処理により生じた指令は、運動神経終末からの によって筋肉や腺などの効果器に伝えられる。

内分泌系は、 でつくられて血液中に分泌されるホルモンによって調節されている。標的細胞は、特定のホルモンを受け取る をもっており、微量のホルモンを感知できる。視床下部にはホルモンを分泌する 細胞があり、この細胞から分泌されるホルモンには、脳下垂体前葉からの副腎皮質刺激ホルモンの分泌を調節する副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンなどがある。副腎皮質刺激ホルモンが副腎皮質に作用すると、 が分泌される。 は、標的器官に作用するとともに、(B)視床下部や脳下垂体前葉にも作用し、そのはたらきを抑制する。また、(C)視床下部には、脳下垂体後葉まで伸びている細胞もある。

- (1) 文章中の空欄 ～ に適当な語句を入れなさい。
- (2) 神経細胞を刺激したときの膜電位の変化をグラフに示したところ、図1のようになった。
- (ア) ①の過程におけるイオンの透過性の変化を50字以内で説明しなさい。
- (イ) ②の過程で再び刺激を与えると膜電位はどうか、答えなさい。また、その理由を述べなさい。
- (3) 下線部(A)について、刺激を強くしても活動電位の大きさは変化しないにもかかわらず、刺激の強さの違いは中枢に伝わる。この理由を100字以内で説明しなさい。
- (4) 下線部(B)のような調節のしくみの名称を答えなさい。
- (5) 下線部(C)の細胞が分泌するホルモンの名称を答え、その作用を説明しなさい。

(6) 体温が低下したときにはたらく自律神経系と内分泌系による体温調節のしくみについて、100字以内で説明しなさい。

(7) 血糖濃度も自律神経系と内分泌系による調節を受けており、さまざまな原因によってその調節のしくみが破綻することがある。健康なヒトと糖尿病患者A、Bの食事後の血糖濃度とインスリン濃度の変化を調べたところ、図2のようになった。

(ア) 健康なヒトでは、血糖濃度が上昇するとインスリンが分泌される。この分泌のしくみを75字以内で説明しなさい。

(イ) 患者Aと患者Bの糖尿病の原因の違いについて、グラフからわかることをもとに150字以内で述べなさい。

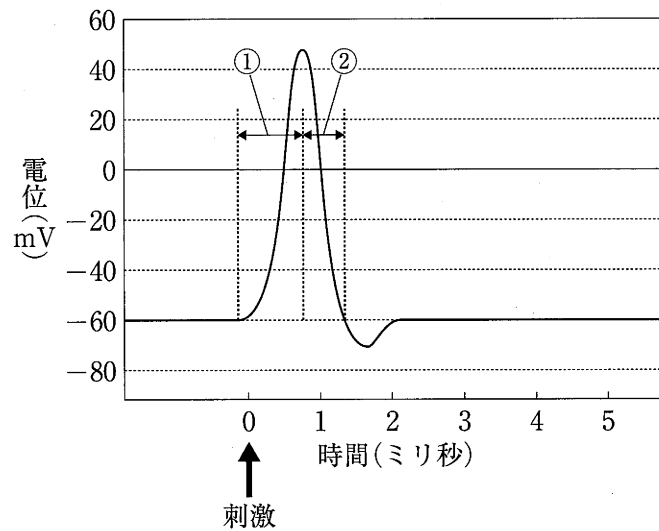


図1

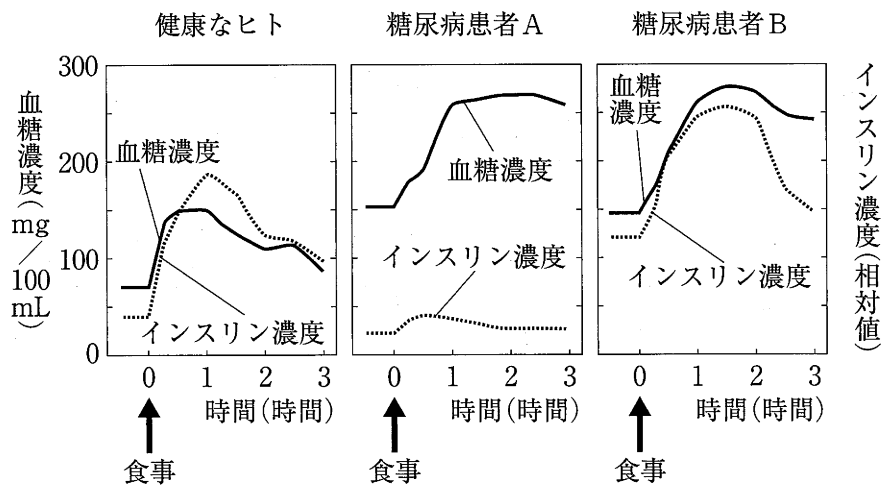


図2

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

タンパク質の成分であるアミノ酸や、核酸の成分であるヌクレオチドは、(A)いくつかの元素で構成される。このうちの1つ(以下 x とする)は、大気中にも豊富に存在するが、生物の大部分は大気中の x を直接利用することはできない。しかし、(B)特殊な酵素をもつ一部の細菌は、大気中の x を取りこみ に変換することができる。 が植物の体内に取りこまれると、(C)数段階の反応を経て x を含む有機化合物が合成され、タンパク質や核酸がつくられる。

また、一部の(D)化学合成細菌は、 を に酸化、もしくは を に酸化することでエネルギーを獲得する。 は、植物の体内に取りこまれると、酵素のはたらきによって を経て に還元され、x を含む有機化合物の合成に利用される。

従属栄養生物である動物は、植物や他の動物に由来する有機化合物を摂取することで x を獲得する。こうして生物体に取りこまれた x は、やがて生物の遺骸や排出物から として再び土壌などに供給される。また、一部の細菌は特定の環境において を利用し、(E)数段階の還元反応を行う。この反応によって、再び大気中に x が放散される。

- (1) 下線部 (A) に関して、アミノ酸およびヌクレオチドを構成する共通の元素を4つあげ、それぞれ元素記号で答えなさい。
- (2) 下線部 (B) で示された、大気中の x を直接利用する能力をもつ細菌の総称を答えなさい。
- (3) 文章中の空欄 ～ に適当なイオンの名称を入れなさい。
- (4) 下線部 (C) に関して、以下の文章中の空欄 ～ に適当な物質名を入れなさい。ただし、空欄 には上記の文章中の空欄 と同じ語句が入る。

植物の体内に取りこまれた は、ATP のエネルギーを用いて と結合し、これにより が合成される。 は、さらに と反応して2分子の となり、これが有機酸と反応することでさまざまなアミノ酸がつくられる。

(5) 下線部 (D) に関して、以下の問いに答えなさい。

(ア) 生物による化学合成とは何か、50 字以内で説明しなさい。

(イ) 文章中で説明されている細菌以外の化学合成細菌を 2 つ答えなさい。また、それらの細菌が電子供与体として利用する物質をそれぞれ答えなさい。

(6) 下線部 (E) に関して、細菌が c を還元する反応は、土壌内部や水中の堆積物中などにおいて活発に進行する。その理由を、電子伝達系という語句を用いて 70 字以内で説明しなさい。