

東北大学 一般 前期

平成 23 年度前期日程入学試験学力検査問題

平成 23 年 2 月 25 日

理 科

物 理…… 4 ～19ページ, 化 学……20～33ページ

生 物……34～49ページ, 地 学……50～59ページ

志 望 学 部	試 験 科 目	試 験 時 間
理 学 部 農 学 部	物理, 化学, 生物, 地学のうちから 2 科目選択	13 : 30～16 : 00 (150 分)
医 学 部 歯 学 部	物理, 化学, 生物のうちから 2 科目選択	
薬 学 部 工 学 部	物理(指定), 化学(指定)	

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで, この問題冊子, 解答用紙を開いてはいけない。
2. この問題冊子は, 59 ページである。問題冊子の白紙のページや問題の余白は草案のために使用してよい。なお, ページの脱落, 印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 解答は, 必ず黒鉛筆(シャープペンシルも可)で記入し, ボールペン・万年筆などを使用してはいけない。
4. 解答用紙の受験記号番号欄(1 枚につき 2 か所)には, 忘れずに受験票と同じ受験記号番号をはっきりと判読できるように記入すること。
5. 解答は, 必ず選択した科目の解答用紙の指定された箇所に記入すること。
6. 解答用紙を持ち帰ってはいけない。
7. 試験終了後, この問題冊子は持ち帰ること。

平成 23 年度東北大学個別学力試験(前期)問題訂正及び補足説明

理科 13 : 30 ~

○問題訂正
理科【物理】

7 ページ

1 問(2)(f) 下から5行目

(誤) y 座標の極大値に . . .

(正) y 座標の最大値に . . .

○補足説明
理科【化学】

22 ページ

1 問5(2)

この設問において、初期濃度 $[A]_0$, $[B]_0$ はそれぞれ 0 mol/l とする。

○補足説明
理科【生物】

47 ページ

4 問(5) 上から3行目

「これらの過程を上手く調節 . . .」の
「上手く」は「うまく」と読む。

平成23年2月25日
東北大学入学試験実施本部

生 物

1 次の文章を読み、以下の問(1)～(4)に答えよ。

遺伝子の本体が DNA であることを証明した歴史的実験にグリフィスとアベリーらによる ア 菌の病原性の獲得の実験がある。この表現型の獲得の仕組みは後に イ とよばれるようになった。一方、ハーシーとチェイスら^(a)は、細菌に感染して増殖するウイルスである ウ を用いた実験で、菌体内に注入されるのは DNA だけであることを証明した。これらの現象は、現在では細菌への組換え遺伝子導入のための基盤技術となっている。

(b) 細菌は核膜が存在しないため、遺伝子発現は DNA から伝令 RNA への情報の エ，さらにタンパク質への オ が細胞質において同時に進行する。ジャコブとモノーは大腸菌においてラクトースの利用に関わる 3 つの酵素の遺伝子がまとまって一つの伝令 RNA として エ されるモデルである カ 説を提唱した。それによれば、ラクトース遺伝子群の発現は培地中に存在する糖によって一斉に制御される。^(c)このような遺伝子の制御機構は、大腸菌に組み込んだ別の生物の遺伝子によるタンパク質生産を制御するために応用されている。

問(1) ア ～ カ に適切な語句を入れよ。

問(2) 下線部(a)のハーシーとチェイスの実験について、次の(i)，(ii)の問いに答えよ。

彼らは DNA あるいはタンパク質を特別な方法で標識した ウ をそれぞれ作製した。それぞれの ウ を大腸菌に感染させ、数分後に ウ を大腸菌からはがすためにミキサーで図 1 に示した時間処理して、さらに遠心分離により上澄みと大腸菌の沈殿に分けた。図 1 はミキサーでの処理時間と上澄み中の標識された DNA および標識されたタンパク質の量との関係を示している。図の縦軸は反応系に加えた総量に対する DNA あるいはタンパク質の回収率を示している。

- (i) DNA とタンパク質はおのものが特異的に持っている構成元素が選ばれ、標識された。DNA(キ)およびタンパク質(ク)の標識された元素の名前をそれぞれ記せ。
- (ii) 図1中のAとBの線はDNAあるいはタンパク質のいずれの結果を表すかをそれぞれ示し、これらのデータから下線部(a)の結論が導かれた理由を、感染の仕組みを交えて枠内に簡潔に記せ。

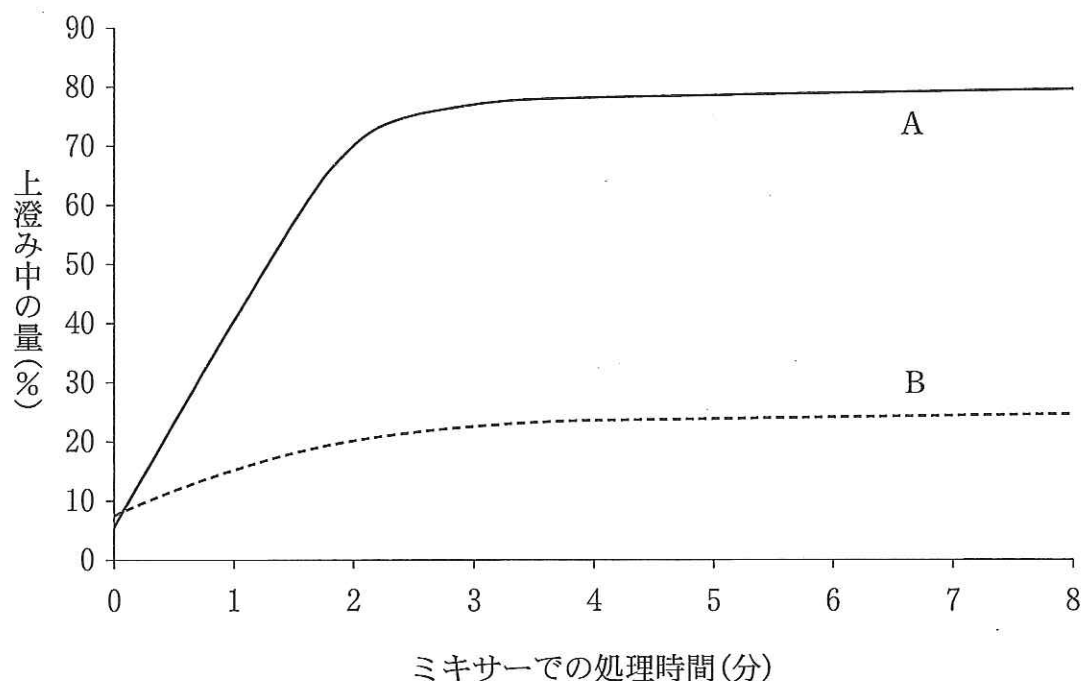


図1

問(3) 下線部(b)で細菌への遺伝子導入技術のうち、イの仕組みを用いてヒトのインスリン遺伝子が大腸菌に取り込ませ、ヒトインスリンを生産させることができる。大腸菌にインスリン遺伝子など、目的の遺伝子を導入するためにベクター(運び屋)として用いられる二本鎖環状DNAの名称を記せ。

問(4) 下線部(c)で記したような遺伝子の発現を制御する仕組みの例として、糖 X を培地に加えることにより発現が制御される大腸菌のある遺伝子 α について考える。遺伝子 α の糖 X による調節機構を調べるため、発現を制御する領域をベクターに組み込み、さらにその下流に緑色蛍光タンパク質 (GFP) の遺伝子 (gfp) を組み込んだ(図 2)。この組換え遺伝子を導入した大腸菌ではプロモーターの活性化を緑色の蛍光として検出することができる。



図 2

この遺伝子発現の検出系を用いた実験に関する以下の(i)~(iv)の問いに答えよ。

- (i) 大腸菌における遺伝子 α の上流の塩基配列を決定したところ、その発現を制御する領域の構成はラクトース遺伝子群の発現制御領域と同様の構成となっていることが予想された。図 2 の領域 A, B それぞれの名称を記せ。
- (ii) 遺伝子 α の発現が制御されるためには領域 A, B に加えもう一つ別のタンパク質が必要である。そのタンパク質の一般的な名称を記せ。
- (iii) 図 3 は糖を含まない培地で生育させたこの組換え大腸菌を、図中に示した 3 種類の新しい培地に移して保温し、時間を追って培養液の一部を採取し緑色蛍光の強度を調べたものである。グルコースのみ、および糖 X のみの結果から予想される遺伝子 α の発現制御機構を枠内に簡潔に記せ。なお、緑色蛍光の強度を測定する際には生育による菌の増加と液量の減少は無視できるものとする。

- (iv) 同じ組換え大腸菌をグルコースと糖 X がともに存在する条件で保温した場合、糖 X が存在するにもかかわらず緑色蛍光は観察されなかった。その理由として考えられる機構を枠内に簡単に記せ。

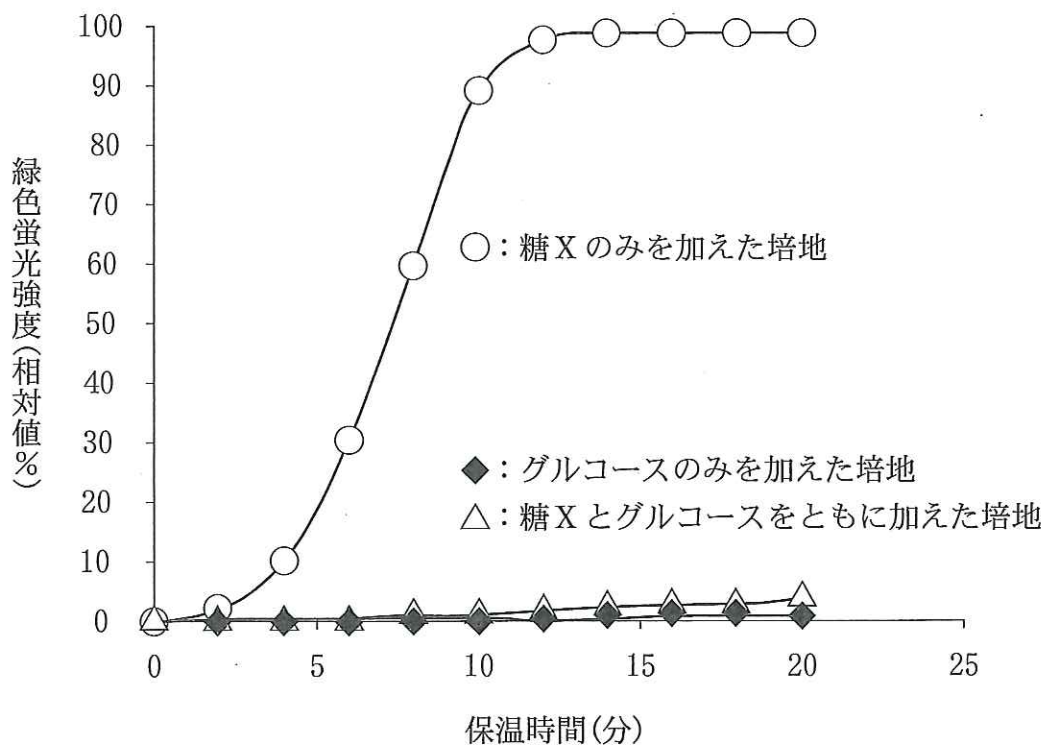


図 3

2 次の文章を読み、以下の問(1)～(5)に答えよ。

脊椎動物の中樞神経系は、脳と脊髄から構成される。このなかで脳は、主に脳幹(・中脳・間脳)、 および大脳に分かれていて、それぞれ違った役割をもっている。

脳幹は生命維持に不可欠な役割をもっている。 には心臓の拍動、血流、呼吸の強弱などを自動的に調整する中枢がある。中脳には、眼球の動きや瞳孔の開閉などの中枢がある。間脳は視床と とに分けられる。視床には、感覚器からの信号を大脳へ伝える中継点としての働きがある。 は自律神経系の中樞として、さまざまな器官の働きや体温の調整を行っている。また、脳下垂体ホルモンの分泌を調整している。

(a) には運動に関する中枢があり、筋肉や、内耳の平衡器官から送られてくる信号を受け取って、からだの姿勢や運動を制御するのに必要な命令を筋肉に向けて送り出している。

大脳は、左右の半球に分かれている。大脳は外側の皮質と内側の髄質から成り立っていて、皮質は部位ごとにさまざまな働きを受け持っている。皮質はその色調から (b) と呼ばれ、神経の細胞体が集合している。髄質はその色調から と呼ばれ、神経の軸索が集合している。ほ乳類の大脳皮質には古い皮質と新皮質があり、古い皮質には本能行動や感情を支配する領域があり、新皮質には運動・感覚の働きや知的な精神作用を支配する領域がある。

大脳の中心溝に接して運動野があり、身体の各部位の筋肉を動かすための中枢 (c) となっている。運動野から四肢への指令は、 において左右で交差したのちに、脊髄と末梢神経を経て筋肉に運動の指令を伝える。

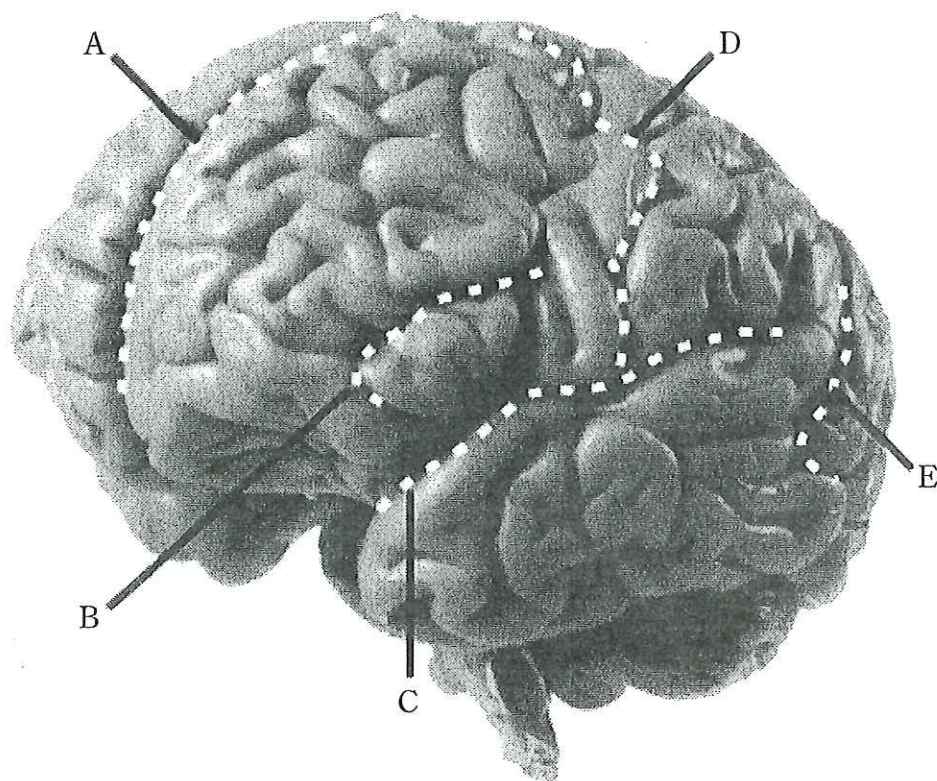
問(1) ～ に適切な語句を入れよ。

問(2) 下線部(a)脳下垂体ホルモンのうち、脳下垂体前葉から分泌されるホルモンの中で、分泌量における男女差が少ないものを、3つ記せ。

問(3) 下線部(b)に関する以下の記載で、正しいものの記号をA～Eの中から2つ選び、記号で記せ。

- A) 言語の中枢は、通常、左右の大腦半球に等しく存在する。
- B) 左半身の皮膚の感覚は、大腦半球の主に左側に伝えられる。
- C) 視覚の中枢は、大腦の後方にある。
- D) 聴覚の中枢は、大腦の前方にある。
- E) 意思や創造の中枢は、大腦の前方にある。

問(4) ヒト脳を左前方からみた下図において、下線部(c)の中心溝と呼ばれる脳溝は、記号A～Eのうちどれか、記号で記せ。



問(5) 脊椎動物の脳に関する以下の記載で、誤っているものの記号をA～Eの中から1つ選び記号で記せ。

- A) 魚類・両生類・は虫類に比べると、ほ乳類や鳥類では大脳の発達が著しい。
- B) ほ乳類の大脳は、脳溝とよばれる表面のしわで表面積が大きい。
- C) 魚類や鳥類に比べると、は虫類と両生類では小脳が発達している。
- D) ヒトでは新皮質が発達して、古い皮質が深部に押しやられている。
- E) サルと比べてヒトでは、前頭葉とよばれる前半部の大脳の発達が著しい。

——このページは白紙——

3 次の文章を読み、以下の問(1)～(3)に答えよ。

脊椎動物の血液は、液体成分である血しょうと有形成分である血球に分かれる。血球は、赤血球、白血球、 から成り、ヒトでは主に骨髄で幹細胞から分化する。

赤血球はヘモグロビンを多く含み、肺胞から体の各部へ酸素を運搬する役割を担っている。一方、組織で作られた二酸化炭素は赤血球に取り込まれて、血しょうにとけ込みやすい形に変えられる。また赤血球膜には、ABO 式血液型抗原など赤血球に特徴的な膜タンパク質が多種存在している。

白血球は、主に生体防御の役割をもつ。特に、 は取り込んだ病原体の情報を抗原として に提示し、活性化された は を放出する。

は、その抗原に対応した受容体を持つ を刺激して、抗体の産生を促す。このような抗体が関与する免疫を という。それに対して、他人の組織を移植したときに起こる拒絶反応は、移植された細胞膜表面に存在する主要組織適合性抗原を非自己と認識した が直接攻撃して排除しようとする反応である。このような免疫を という。免疫力が低下すると、健康な人では通常感染しない病原性の弱い病原体によって発病する 感染症を起こしやすくなる。

問(1) ～ に適切な語句を入れよ。

問(2) 図1は、肺胞および組織での酸素解離曲線を示す。

(i) 正しい記述を次の①～④から選び、記号で記せ。

- ① 点線は、肺胞でのヘモグロビンの酸素解離曲線を示し、組織のヘモグロビンよりも酸素を離しやすいことを表している。
- ② 実線は、肺胞でのヘモグロビンの酸素解離曲線を示し、組織のヘモグロビンよりも酸素を離しやすいことを表している。
- ③ 点線は、組織でのヘモグロビンの酸素解離曲線を示し、肺胞のヘモグロビンよりも酸素を離しやすいことを表している。
- ④ 実線は、組織でのヘモグロビンの酸素解離曲線を示し、肺胞のヘモグロビンよりも酸素を離しやすいことを表している。

(ii) 肺胞で酸素と結合したヘモグロビンの何％が組織で酸素を解離するか。
小数第二位を四捨五入して小数第一位まで求め、枠内にその数値を記せ。
ただし、肺胞での酸素分圧は 100 mmHg、二酸化炭素分圧は 40 mmHg、
組織での酸素分圧は 30 mmHg、二酸化炭素分圧は 60 mmHg とする。

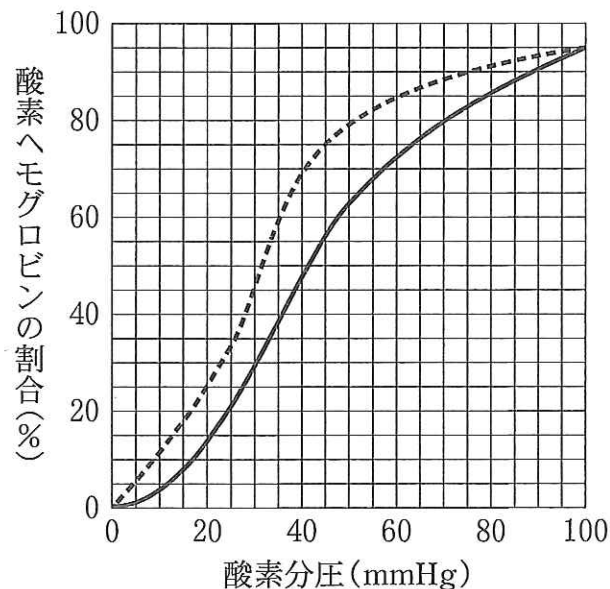


図1

問(3) ABO 式血液型について、以下の(i)~(iv)の問いに答えよ。

- (i) AB 型の赤血球と B 型の血しょうを混合したときと AB 型の血しょうと
(a) B 型の赤血球を混合したときにどのようなことが起こるか。(b) (a), (b)について、理由を付記して枠内に記せ。
- (ii) ABO 式血液型は、3 種類の対立遺伝子により形質が決まる。このような遺伝子を何と呼ぶか、その名称を記せ。
- (iii) ABO 式血液型遺伝子は、赤血球の血液型物質を合成する働きを持つ酵素を規定している。3 種類の対立遺伝子の塩基配列の違いから、A 型遺伝子と B 型遺伝子からは、それぞれ、異なった血液型物質を合成する A 型酵素と B 型酵素が産生される。また、O 型遺伝子からは、1 塩基が欠失しているために、酵素活性を失ったタンパク質が翻訳される。A 型遺伝子、B 型遺伝子、O 型遺伝子の塩基配列を調べたところ、遺伝子内のある 2 カ所の塩基配列が図 2 のように I から IV の制限酵素に認識され、切断される配列になっていた。そこで、①から④の 4 人の被検者の血液型を調べるために、周辺を含む DNA 断片をそれぞれの制限酵素で切断し、電気泳動して断片の長さを調べたところ、図 3 のようになった。被検者④の ABO 式血液型は何型か。その遺伝子型を枠内に記せ。
- (iv) (iii)の下線について、O 型ではなぜ酵素活性を失ったタンパク質が産生されるのか、その理由を枠内に記せ。

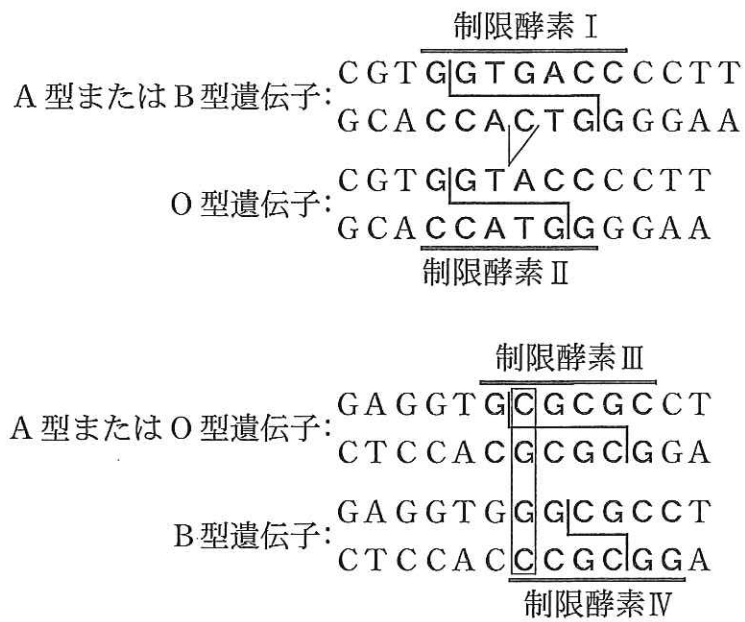


図 2

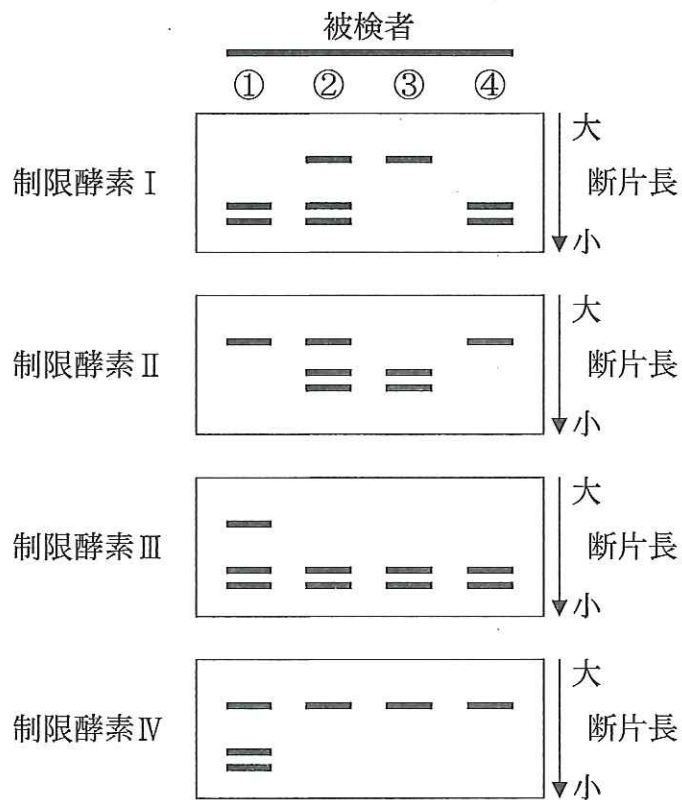


図 3

(I) 脊椎動物と被子植物の成長のしくみには、共通する部分と異なる部分がある。

脊椎動物の細胞は、細胞質分裂時に原形質膜の裏側に環状の構造が現れ、^(a)この環状構造が収縮し、細胞がくびれることにより二つの娘細胞に分裂する。それに対して、被子植物では、母細胞の中央域に細胞板が形成され、それにより母細胞が ることにより娘細胞ができる。細胞板は、細胞質分裂後に、それぞれの娘細胞の細胞壁の一部となり、細胞を る働きや、細胞の形を決める働きを担うようになる。

動物は、細胞分裂により細胞の数を殖やし成長する。動物細胞の中には、骨格筋細胞のように、細胞が して巨大な多核細胞になるものや、神経細胞のように樹状突起や軸索を伸ばして長くなるものもあるが、多くの組織では、細胞の体積自体は成長の過程でそれほど大きくならない。それに対して、植物は細胞体積を著しく増加させながら成長するのが特徴である。組織^(b)によっては、細胞体積が分裂時の何千倍にも増加するものがある。この点で動物と植物の体のつくりかたは大きく異なる。

しかし、組織や器官を作る過程が遺伝子の働きにより制御されている点では、動物も植物も同じである。被子植物であるキンギョソウでは、一つの遺伝子^(c)の変異により、花ができるべき所に、葉が生じることが知られている。また別の遺伝子の変異体では、通常なら、おしべとめしべができる所に、花弁とがく片が生じる。これらの事実より、体のどこに、どの器官を作るかを指令する働きを持つ遺伝子が存在することがわかる。このような働きを持つ遺伝子は、動物、植物を問わず、それぞれの器官ごとに複数種類存在することが知られている。

問(1) 下線部(a)の環状構造の中の成分として適切なものを下の語群より2つ選んで記せ。

語群：DNA, DNA リガーゼ, RNA ポリメラーゼ, アクチン, 伝令 RNA, トロンビン, ヒストン, フィブリノーゲン, フィブリン, プロトロンビン, ミオシン

問(2) ア, イ, ウ に適切な語句を入れよ。

問(3) 下線部(b)について, 細胞体積の増加はいつまでも続かず, いずれ停止する。細胞体積の増加が停止する時の細胞の状態について枠内に記せ。

問(4) 下線部(c)について, このような遺伝子の一般名を記せ。

問(5) 一つの器官を作るには, いろいろな種類の細胞の分化やその中で働く酵素類の働きを調節しなくてはならない。下線部(c)の遺伝子の情報により作られるタンパク質は, これらの過程を上手く調節していることになる。下線部(c)のような遺伝子の働きにより, 多数の遺伝子の働きが調節されるしくみを枠内に記せ。

(II) 生物は, 変化する環境状況に応じて, 遺伝子の働きを調節し, 環境に適した成長を行うしくみを進化させてきた。このしくみは特に植物でよく発達している。植物ホルモンによる成長の調節はその代表例である。たとえば, 種子の発芽は環境要因により影響を受けるが, その過程は植物ホルモンの働きを介して調節されている。

小さい種子をつけるある植物について, 発芽の調節における, 光と植物ホルモンの関係を調べるために, 野生型と変異体 A の種子を, それぞれ, 栄養培地のみ, 植物ホルモン α または植物ホルモン β を含む栄養培地に, 100 粒ずつまき, 20℃ の一定温度の暗所または明所に置き, 一定期間生育させた後, 発芽率を調べた。表 1 は各実験区での発芽率を示したものである。

問(6) 表1の実験区1～6の結果より、この植物の種子の発芽の調節における植物ホルモン α 、 β それぞれの働きとして結論できることは何か。根拠となる実験結果を示しながら枠内に記せ。

問(7) 変異体Aを調べたところ、劣性の変異体で、ある種のタンパク質を欠損していることがわかった。このことと、表1の結果を考え合わせて、野生型の植物体内でのこのタンパク質の働きについてわかることは何か。根拠となる実験結果を示しながら枠内に記せ。

問(8) この実験で見られるような、小さい種子が示す光に対する応答は、生存に有利になることが多い。それはなぜか。理由を枠内に記せ。

表1

実験区	種子の遺伝型	培地に加えた植物ホルモン	光条件	発芽率(%)
1	野生型	なし	明所	98
2	野生型	植物ホルモン α	明所	0
3	野生型	植物ホルモン β	明所	97
4	野生型	なし	暗所	0
5	野生型	植物ホルモン α	暗所	0
6	野生型	植物ホルモン β	暗所	99
7	変異体A	なし	明所	0
8	変異体A	植物ホルモン α	明所	0
9	変異体A	植物ホルモン β	明所	97
10	変異体A	なし	暗所	0
11	変異体A	植物ホルモン α	暗所	0
12	変異体A	植物ホルモン β	暗所	97