

(平 19 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～24
地 学	25～29

・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

生 物

I 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点18点)

下の図は、大腸菌の細胞の中で行われる転写と翻訳の過程を示したものである。図1は実際の電子顕微鏡写真、図2はそれを元にして描いた模式図である。図2には数珠状の構造物が5つ描いてあるが、左の4つは同一の遺伝子から由来したものである。また、DNA 2本鎖のうちどちら側の鎖が転写されるかによって、どちらの方向へも転写される可能性がある。

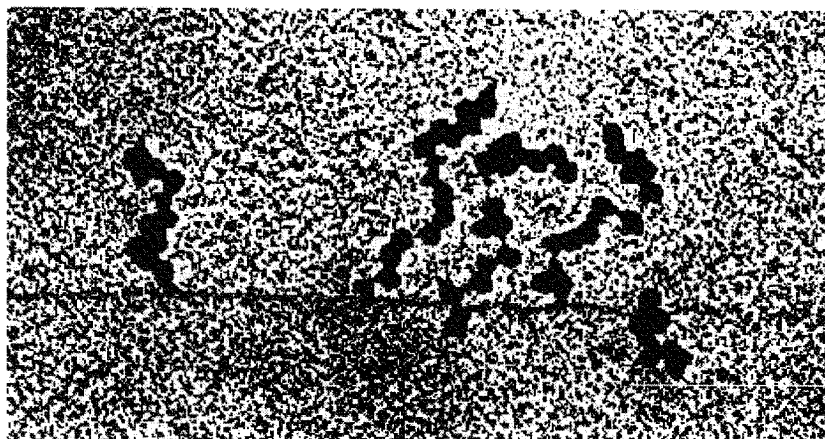


図1 出典：Miller, O.L.ほか(1970)

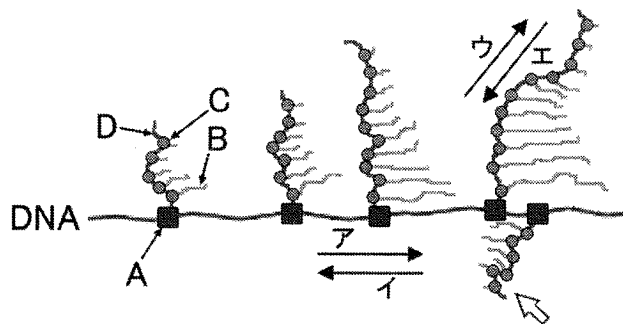


図2

問 1 A, B, C, D の名称はそれぞれ何か, 次の 1 ~ 9 の中から選び, 番号で答えなさい。

- | | | | |
|-------------|---------|-------------|----------|
| 1 伝令RNA | 2 動原体 | 3 転移RNA | 4 ポリペプチド |
| 5 ゲノム | 6 リソゾーム | 7 リボソーム | |
| 8 DNAポリメラーゼ | | 9 RNAポリメラーゼ | |

問 2 転写産物の始まりは, A~D のうち, どこに最も近いのか, 記号で答えなさい。

問 3 5 つある数珠状^{じゆず}の構造物のうち, 左の 4 つは長さが徐々に変化している。それらはどの方向で転写されたものか, ア~エの中から選び, 記号で答えなさい。

問 4 5 つある数珠状^{じゆず}の構造物のうち, 白矢印で示した右の 1 つだけは短い。その理由はどのように推察されるか, 60 字以内で答えなさい。

問 5 ヒトの細胞を使って同様な観察をすると, 上記の写真あるいは図とは違いが認められる。その違いはどのような理由によるか, 20 字以内で答えなさい。

Ⅱ 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点19点)

夏の暑い日に聴診器を木の根元に当てるとサーツという音がかすかに聞こえる。この音が、植物が土壌から水(土壌水)を吸い上げる音かどうかには結論は出ていないが、植物が陸上で生きていくためには、土壌から大量の水を吸い上げ、利用していかなければならない。植物における水のはたらきと、水の利用機構について考えてみたい。

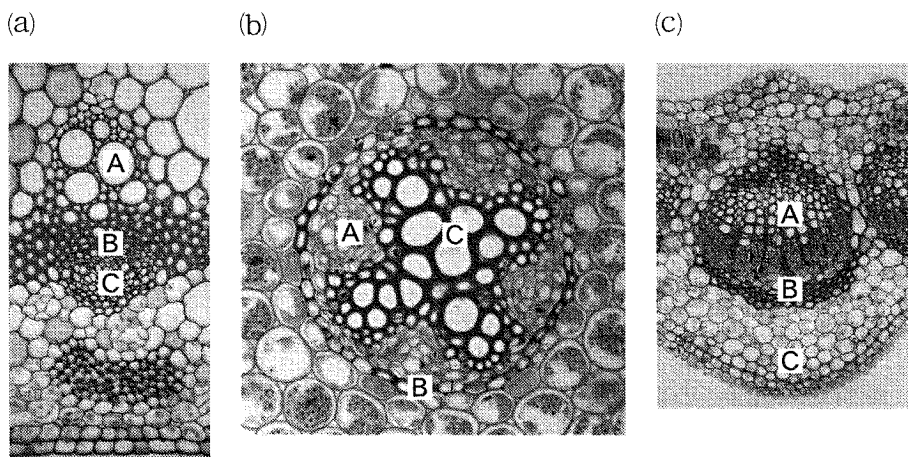
問1 植物の生体内で水が果たす役割についてまとめた以下の文章において、()に適当な言葉を入れて、文章を完成させなさい。

水は、生きている植物の体を構成する物質の中で最も大量に含まれている。水の次に多い物質は、(a)である。水は、生体内の化学反応を進めるために多くの物質を溶かす(b)として働いている。土壌から吸収された水は、維管束組織の中の(c)を通して、根から地上部へと運ばれ、葉の細胞で光合成の基質として(d)とともに、糖の合成に利用される。(c)を通して地上部に運ばれた水の大部分は(e)から、大気中へと蒸発していく。この最後の過程を(f)と呼ぶ。

問2 良く晴れた日が何日も続いたときに、庭で育てていた植物に水をやるのを忘れていたら葉がしおれてきた。この時、その植物の根の細胞に何が起こっているかを、以下の言葉を全て使用して60字以内で説明しなさい。

細胞膜、浸透圧、土壌水、半透性

問3 土壌中の根から、水を地上部に運ぶ役割を果たしているのは維管束である。次の3つの図(a)～(c)は、双子葉草本植物の根、茎、葉、いずれかの器官の維管束を含む組織の断面である。それぞれの図の器官名を答えなさい。また、それぞれの器官の維管束で根から水を運ぶ役割をしている組織はA、B、Cのいずれにあたるか、図中の記号A～Cで答えなさい。



問 4 植物の成長において、植物体が 1 g (乾燥重量) 増加する間に植物が土壌から吸い上げる水の量を、500 g とする。このとき、以下の問に答えなさい。

(A) ある草本植物が、一定の期間に草丈 1 m、新鮮重量(水を含んだ重量) 1 kg、乾燥重量 100 g だけ成長した。この重量増加は光合成で作られたブドウ糖によるものとする。ただし、水素、炭素、酸素の原子量は、それぞれ 1、12、16 とする。

- ① ブドウ糖の合成に利用された水の量は何 g か計算しなさい。
- ② その量は、植物体が土壌から吸い上げた水の総量の何%にあたるか計算しなさい。

(B) 輸入農産物の生産のために、外国において植物が栽培される際に使用された水をヴァーチャルウォーターと呼んでいる。日本が農産物として輸入するヴァーチャルウォーターの総量は、国内で実際に利用している水よりも多いと言われていて、石油などと同様、日本が大量の水輸入国であることを示している。

日本が毎年世界中から輸入する食糧の全てを植物体の乾燥重量に換算すると、1 億トン/年になるとする。この食糧を作り出すのに必要なヴァーチャルウォーターの総量を計算しなさい。

Ⅲ 次の文章(1), (2)を読んで, 問 1 ~ 6 に答えなさい。(配点 20 点)

- (1) 高等植物には有胚乳種子を作る植物種と無胚乳種子を作る植物種がある。有胚乳種子を作るイネ科の穀類では, 胚乳に蓄積されたデンプンが食用に利用される。種子の形成に先立って重複受精が行われ, その結果として胚と胚乳が分化するが, この胚と胚乳とでは異なる核相(胚は $2n$, 胚乳は $3n$)を示す。イネ科穀類の 1 つであるトウモロコシでは, 図 1 に示したように, 胚乳と同じ核相を示す糊粉層の色がそのまま種子の色として我々の目にとまる。

トウモロコシの種子色が濃い茶色になる純系 A と黄色になる純系 B がある。純系 A のめしべに純系 B の花粉を交配したとき, できた種子の色は濃い茶色であった。ところが純系 B のめしべに純系 A の花粉を交配したとき, できた種子の色は薄い茶色であった。純系 A と純系 B の種子の色の違いは一つの遺伝子によって決まっている。この遺伝子についてさらに詳しく調べるために, 以下の交配実験 1 ~ 3 を行った(概要を図 2 に示す)。ただし, この種子の色を決める優性の対立遺伝子を Y , 劣性の対立遺伝子を y とする。

<実験 1> 純系 A のめしべに純系 B の花粉を交配してできた種子から植物体を育て, そのめしべに純系 B の花粉を交配してできた種子の色は, 濃い茶色と黄色が 1 : 1 に分離した。

<実験 2> 純系 A のめしべに純系 B の花粉を交配してできた種子から植物体を育て, そのめしべに純系 A の花粉を交配してできた種子の色は, 濃い茶色と薄い茶色が 1 : 1 に分離した。

<実験 3> 純系 A のめしべに, 純系 A と純系 B の F_1 個体の花粉を交配すると, 全ての種子が濃い茶色であった。

問 1 純系 A と純系 B, それぞれの種子の胚と胚乳について, 遺伝子型を答えなさい。

問 2 薄い茶色を示す種子の胚と胚乳について, 遺伝子型を答えなさい。

問 3 純系 A のめしべに純系 B の花粉を交配してできた種子から育てた F₁ 個体を自家受精させたとき、できる種子の色はどのようなになるか。できる種子の色とそれらの分離比を答えなさい。

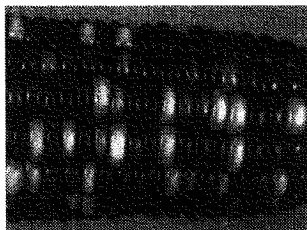
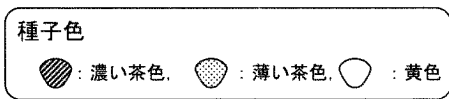
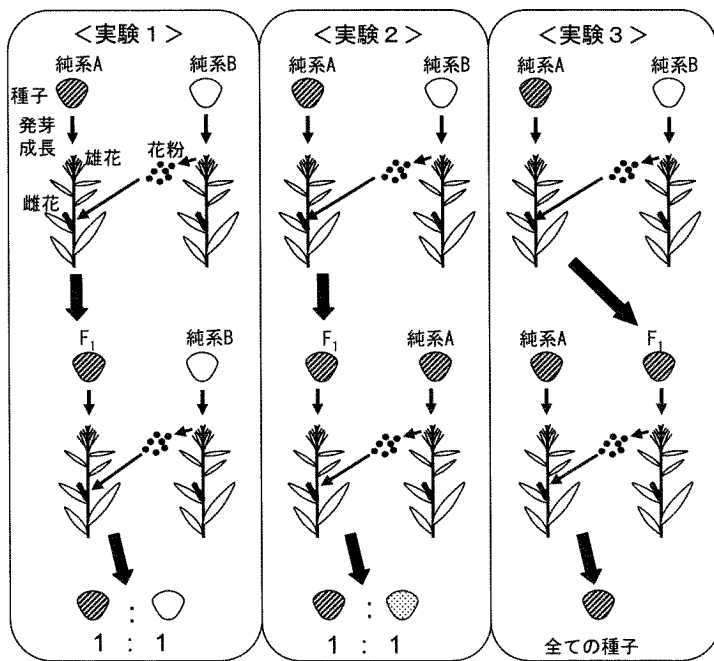


図1 トウモロコシの種子色の分離の様子



(2) 純系 C も純系 B と同じく、種子の色が黄色である。しかし、純系 A と純系 C を交配するとき、一方のめしべにもう一方の花粉を交配すると、できる種子の色はいずれの組み合わせでも濃い茶色になる。これらの F_1 個体を自家受精したときにできた種子の色は、濃い茶色と黄色が 3 : 1 に分離した。純系 A と純系 C の種子の色の違いは 1 つの遺伝子によって決まっており、優性の対立遺伝子を P 、劣性の対立遺伝子を p とする。また、 P 遺伝子は、純系 A と純系 B の種子の色の違いを決める Y 遺伝子とは異なる染色体上にある。そして、 Y 遺伝子と P 遺伝子の両方について劣性ホモの純系 D (種子の色は黄色) を育成し、以下の実験 4 と実験 5 を行った(概要を図 3 に示す)。

トウモロコシの種子の色は、アントシアニンという色素の生合成経路によって決まる。この生合成経路には、複数の酵素タンパク質の遺伝子と、その遺伝子の転写を調節する遺伝子とが関わっている。酵素タンパク質は、基質に作用し、アントシアニンやその前駆体を合成する。酵素タンパク質の遺伝子の糊粉層での転写は、転写を調節する遺伝子の遺伝子型によって決まる。

<実験 4> 純系 A のめしべに純系 D の花粉を交配し、できた種子(全てが濃い茶色になる)から育てた F_1 個体のめしべに、純系 D の花粉を交配した。できた種子の色を調べたところ、濃い茶色と黄色が 1 : 3 に分離した。

<実験 5> 純系 D のめしべに、実験 4 の F_1 個体の花粉を交配したところ、薄い茶色と黄色の種子が 1 : 3 に分離した。

問 4 純系 B と純系 C を交配する。

- ① 純系 C のめしべに純系 B の花粉を交配したときにできる種子の色を答えなさい。
- ② 純系 B のめしべに純系 C の花粉を交配したときにできる種子の色を答えなさい。

問 5 純系 B のめしべに純系 C の花粉を交配してできた種子から F_1 個体を育てた。この F_1 個体を自家受精させたとき、できる種子の色はどのようなになるか。できる種子の色とそれらの分離比を答えなさい。

問 6 一連の実験から *P* 遺伝子と *Y* 遺伝子の間にはどのような関係があると考えられるか。70 字以内で答えなさい。

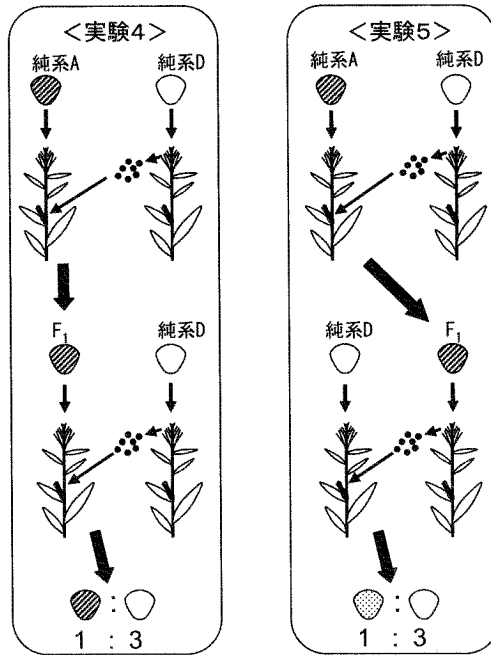


図3 実験4, 5の概要

種子色

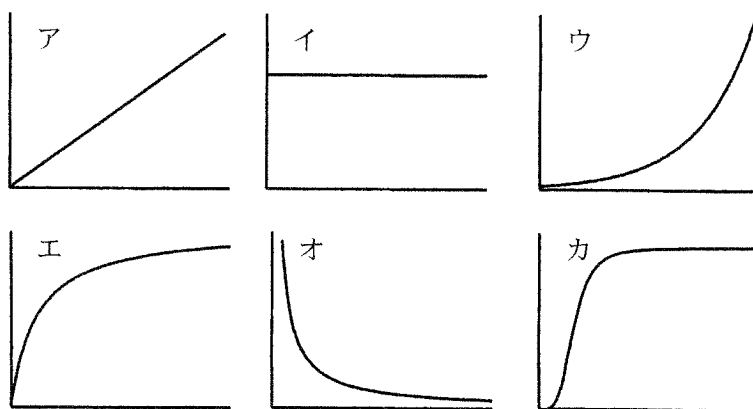
● : 濃い茶色, ●● : 薄い茶色, ○ : 黄色

IV 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点18点)

タンパク質は古くから「生命を担う重要な物質」といわれている。このタンパク質は、生体内でさまざまな機能を発揮しているが、最も重要なのは生体触媒としての酵素であろう。酵素は化学触媒とは異なり、最適 pH や最適温度があり、条件が整わないと十分な活性を発揮しない。一方、^(A)補酵素を必要とするものや、最終生成物などでフィードバック制御を受けるものがあり、生体内での酵素の活性は^(B)厳密にコントロールされている。酵素のほかにも、生体防御、物質の輸送、生体の構成要素など、^(C)タンパク質の機能は多岐にわたっているが、これらの機能も他の物質によってコントロールされている。このようにタンパク質は単独で作用することは少なく、その働きは種々の物質によって巧妙に制御され、生命活動が維持されている。

問1 下線部(A)に示したような反応の最適条件下において、横軸と縦軸に下の表のようなパラメーターを用いた場合、通常どのようなグラフが得られるか。下のア～カから選んで、記号で答えなさい。ただし、調節因子の影響はないものとする。

横 軸	縦 軸	得られるグラフ
酵素濃度	生成物量	(a)
反応時間	反応速度	(b)
基質濃度	反応速度	(c)



問 2 下線部(B)のような制御を受ける酵素では、活性部位以外の場所に低分子の物質が可逆的に結合して、その活性を制御している。このような酵素を一般に何と呼ぶか答えなさい。

問 3 下線部(C)の物質の輸送を行うタンパク質にナトリウムポンプがある。このナトリウムポンプによる輸送が単純拡散と異なる点を2つ挙げなさい。

問 4 下線部(C)に示したように、タンパク質の機能は多様である。下に示した(1)~(4)の機能を有するタンパク質を(ア)~(ク)から最適なものを1つ選び、記号で答えなさい。

(1) 血液凝固 (2) 筋収縮 (3) 細胞間情報伝達 (4) 皮膚の構成成分

(ア) インスリン	(イ) グロブリン	(ウ) コラーゲン
(エ) トリプシン	(オ) ヒストン	(カ) フィブリン
(キ) ペプシン	(ク) ミオシン	

問 5 上の血液凝固と筋収縮においては、ともにカルシウムイオンが重要な働きをしている。それぞれの反応において、カルシウムイオンはどのような働きをしているか述べなさい。