

(平 17 前)

理 科

	ページ
物 理	1～6
化 学	7～14
生 物	15～25
地 学	26～31

・ ページ番号のついていない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19点)

生物の進化の過程を明らかにするためには、化石を調べることに加えて、現存する生物がもつ形態や生理的機能を比較研究することが重要である。⁽¹⁾しかし、形態や生理的機能の進化は複雑であり、単純な機能だけでは比較できない。例えば、鳥の翼とトンボの羽は空を飛ぶための器官という点で同じであるが、その起源と進化の過程は異なる。このような器官は、器官と呼ばれる。

生物の進化は遺伝子の突然変異が原因であり、表現形質が環境に適応するかどうかの選択によって進むと⁽²⁾考えられている。多くの生物は集団内に有益な遺伝子を効率よく拡げるため、によって遺伝子の多様性を維持している。また、ハーディ・ワインベルグの法則に従う集団はにあり、対立遺伝子頻度が世代を経ても変化しない。しかし、何らかの理由によって集団の隔離が生じた場合には、集団間の遺伝的差異は環境や時間の経過によってもなまって拡大し、最終的には集団間でが行えなくなる。この状態をが生じたという。

生物の類縁関係を模式的に表した図を系統樹と呼び、樹木の枝のような図で表さ⁽³⁾れる。これまで進化や分類の研究は、考古学や形態学などによる生物の表現形質を対象として行われてきた。最近では生物がもつ核酸の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列を用いた分析も行われるようになり、これらを加えた総合的な研究手法⁽⁴⁾によって進化を解明しようとする方向に進んでいる。

問1 空欄～にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問 2 下線部(1)に関して以下の問いに答えなさい。

次の表は脊椎動物における分類とその特徴(器官・組織)を示したものである。(1)~(3)に当てはまる適切な語句をそれぞれ漢字2字以内で解答欄に記入しなさい。

分類	特徴								
	脊椎	内骨格	(1)	四肢	(2)	羽	体毛	(3)	胎盤
魚類	○	○	△ ¹						
両生類	○	○	○	○					
は虫類	○	○	○	○	○				
鳥類	○	○	○	○	○	○			
哺乳類	○	○	○	○	○		○	○	△ ²

○：その特徴を有する。△¹：一部の魚類で有する。

△²：一部卵生の哺乳類が存在する。

問 3 下線部(2)に関して以下の問いに答えなさい。

次の図は脊椎動物のあるタンパク質遺伝子の開始コドン(AUG)から始まる mRNA の塩基配列を示している。突然変異体(a)~(c)は、通常個体の塩基配列にそれぞれ異なる突然変異が起こったものである。また、・・・は、示した塩基配列以降も塩基配列が続いていることを表し、その部分の配列は通常個体および突然変異体ともに同じ配列である。

通常個体の塩基配列

AUGUCUACUCCGAG・・・・・・・・

突然変異体の塩基配列

(a) AUGUCUCCGAG・・・・・・・・

(b) AUGUCUACUCCGAG・・・・・・・・

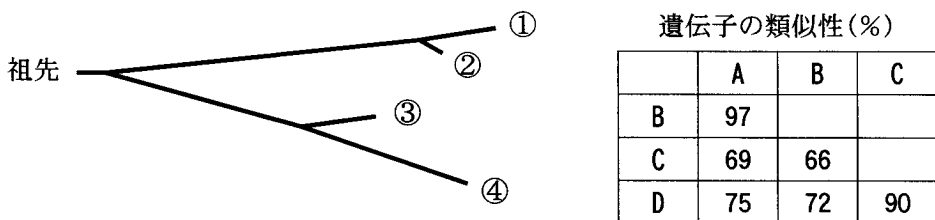
(c) AUGUCUACCUCCGAG・・・・・・・・

この場合、個体の形質に影響を及ぼす可能性が高い突然変異をもつものを、影響が大きい方から順に解答欄に記号(a)~(c)で記入しなさい。また、最も大きく影響を及ぼす突然変異について、なぜ影響が大きくなるのか、その理由を50字以内で説明しなさい。ただし、必要に応じて次の遺伝子暗号(コドン)表を参考にしてもよい。

セリン	UCU	プロリン	CCU	トレオニン	ACU	アスパラギン酸	GAU
	UCC		CCC		ACC		GAC
	UCA		CCA		ACG	グルタミン酸	GAA
	UCG		CCG				GAG

問 4 下線部(3)に関して以下の問いに答えなさい。

下図は4つの生物種間の系統樹を表している。系統樹における2つの生物種間の類縁関係は両者の分岐点までの枝の長さで表されている。また下表は、生物種A~D間におけるある遺伝子の類似性をパーセントで表したもので、この系統樹を作成する基になったものである。生物種A~Dはそれぞれ系統樹における①~④のどれと対応しているか、最も適切な番号を解答欄に記入しなさい。



問 5 下線部(4)に関して以下の問いに答えなさい。

生物種の進化や分類を研究する場合、核酸の塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列を用いる長所は何であると考えられるか。以下の文に続けて50字以内で説明しなさい。

形態を用いた比較では起源が同じであっても比較が困難なほど形態が大きく異なる場合があるが、核酸やタンパク質は・・・

Ⅱ 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点18点)

植物の根の成長について調べるため、温度を一定に保った暗室の中で芽ばえを成長させる実験を行った。図1に示すように、根の先端から1 mm 間隔で根の表面に印を付け、0 時間から8 時間まで、根の成長に伴って変化する印の位置を連続的に記録した。根の成長速度は一定であったが、各印間の成長速度は異なっていた。根の成長は細胞分裂による細胞数の増加と、個々の細胞の伸長に依存していると考えられる。そこで、0 時間の根と8 時間後の根の縦断切片を顕微鏡で観察しながら、表皮細胞の長さを測定し、根の先端からの距離に対してプロットした。その結果、図2に示すように、個々の表皮細胞の長さは根の先端からの距離によって異なっていた。また、測定した根の先端から1.0～12 mm の部分では、0 時間の根と8 時間後の根で得られた結果はほぼ同じであった。

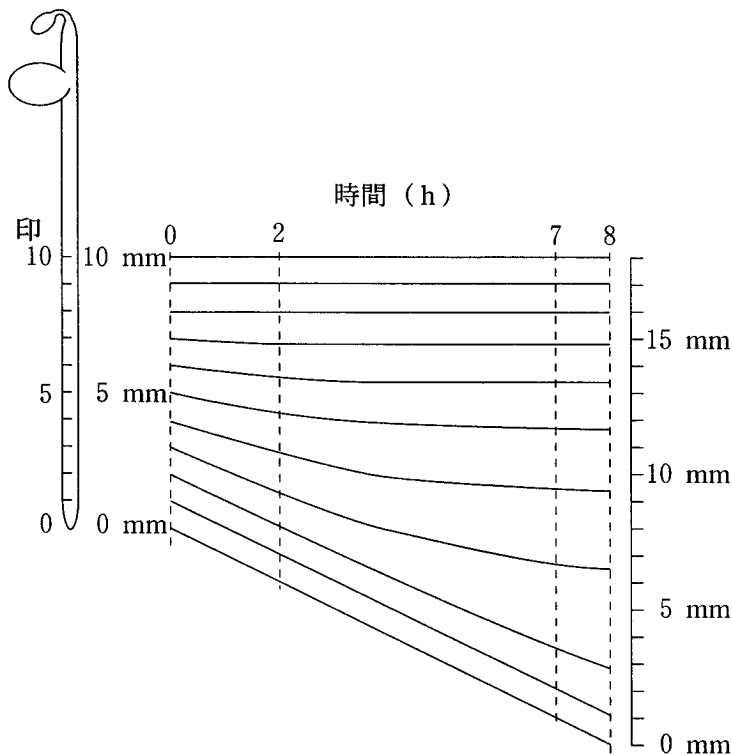


図1

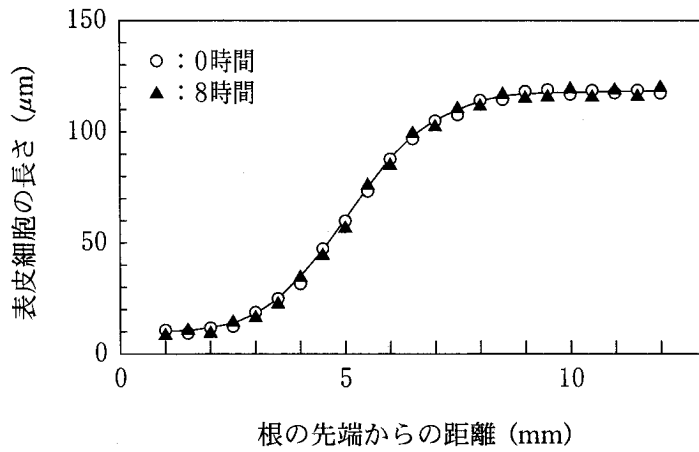


図 2

問 1 下線部(1)の実験を始めてから、2時間後と7時間後における、各印間の成長速度の分布を示す図として最も適切なものを、図3 (A, B, C, D)の中からそれぞれ一つ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

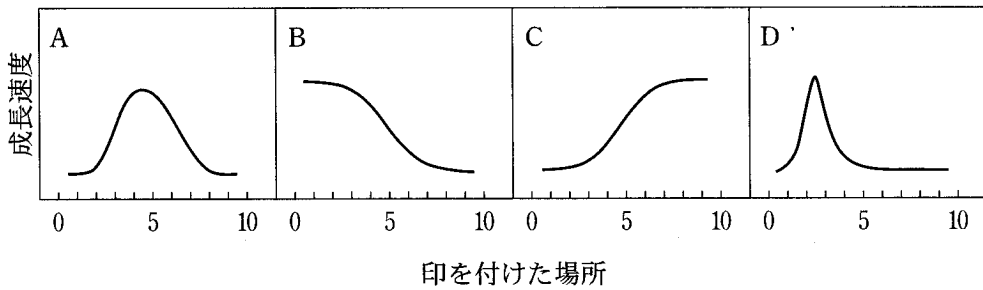


図 3

問 2 下線部(2)について、根の成長速度が一定である理由を説明するために、最も適切な記述を(ア)～(オ)の中から二つ選び、それらの記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) 最終的に到達する細胞の長さが一定であるから。
- (イ) 細胞が伸長する根の領域が一定であるから。
- (ウ) 伸長している細胞の数が一定であるから。
- (エ) すべての細胞の伸長速度が一定であるから。
- (オ) 根の成長速度は、最も伸長速度の遅い細胞によって決定されるから。

問 3 下線部(3)に関し、図 2 の結果は何を表しているか、図 2 の説明として最も適切なものを(ア)～(ウ)の中から一つ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) 根の先端から離れるに従って細胞の伸長速度が速くなり、最大速度に達すると一定になることを表している。
- (イ) 表皮細胞は細胞の長さの順番に並ぶ性質があることを表している。
- (ウ) 根の先端付近で細胞分裂によって生じた細胞が先端から離れるに従って伸長し、一定の長さに達すると伸長が停止する様子を表している。

問 4 下線部(4)のように、根の先端から 1.0 ～ 12 mm までの間では表皮細胞の長さの分布は一定であることが分かる。0 時間に根の先端から 3.0 mm と 5.0 mm の位置にあった表皮細胞は、8 時間後にはそれぞれ先端から何 mm の位置にあるか、(ア)～(エ)の中から最も適切なものを一つ選びなさい。また、細胞の長さはそれぞれ何倍になるか、(オ)～(ク)の中から最も適切なものを一つ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (ア) 2.8 mm (イ) 6.5 mm (ウ) 9.2 mm (エ) 11.8 mm
(オ) 1.2 倍 (カ) 2 倍 (キ) 3 倍 (ク) 5 倍

問 5 植物の生育に対する根の役割について 30 字以内で説明しなさい。

Ⅲ 先生と二人の学生の会話からなる次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。

(配点 19 点)

先生：「私は以前から酵素 N の機能をもっと高めたいと思っている。君たち、基質結合部位のアミノ酸を置換した変異体を作ってみないかね？」 学生 A, B：「ぜひやらせて下さい。コンピューターグラフィクスで基質の立体構造が活性部位に適合するようにアミノ酸を選んでみます。」 (3ヶ月後) 学生 A：「先生、僕の作った変異体 A では基質分解反応速度が天然型 N より高くなりました！」 先生：「それはすごい。最初の試みでうまくいくとは！」 学生 B：「僕の作った変異体 B では N より低くなりました。」 先生：「まあ、普通はそんなものだ。落胆するな。」 (翌日) 学生 A：「すみません。実は基質 S の濃度([S], mg/ml)を一けた間違っ
て、0.05と0.1にしていました。[S]=0.5と1.0でやりなおしたら変異体 A の
反応速度は N より低くなりました。」 先生：「うーん、そうか…」 学生 B：「先
生、変異体 B では[S]=1.0で N より高い値がでました。」 先生：「え！一体どう
いうことだ？ ああそうか、ミカエリス先生の昔の教えを思い出したぞ。酵素の性
質を知るには基質の濃度をいろいろ変えて得られる反応速度曲線が大事なんだよ。
君たち、得られたデータを今すぐにプロットしてみてください。」

問 1 酵素反応の特性の一つで、「それぞれの酵素について、その基質結合部位に適合する特定の分子だけが基質となること」は何とよばれるか。漢字 5 文字で答えなさい。

問 2 右の表は、いろいろな基質濃度での変異体 A と B による基質分解反応速度を示している。また、解答欄に示してあるグラフには天然型 N についての詳しいデータが丸印(○)でプロットしてある。そのグラフに変異体 A のデータを上向き三角印

基質濃度 (mg/ml)	反応速度	
	変異体 A	変異体 B
0	0	0
0.05	45	15
0.1	55	25
0.5	70	80
1.0	70	110

(△)、変異体 B のデータを四角印(□)で書き込みなさい。そして天然型の場合を参考にして、それぞれのデータ点をなめらかな実線で結びなさい。

問 3 以下は先生と二人の学生の会話の続きである。空欄 **ア** ~ **ケ** のそれぞれにあてはまる最も適切な語句を下の語群 a ~ n からひとつずつ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。なお重複して選択してもよい。

先生：「データのプロットはできたかな？ さて、酵素反応が2つの過程からなることは知ってるね。まず酵素と基質が **ア** する過程、そしてその **イ** 中で基質が **ウ** に変化する過程だ。変異体 A は基質濃度が **エ** ところで反応速度が天然型より高い。これは変異体 A の基質との **オ** 力が天然型より **カ** ことを意味する。しかし…」 学生 A：「基質濃度が高いところ、つまり飽和状態では反応速度が天然型より **キ** んですね」 先生：「そうだ。酵素を料理人に、基質を生け簀すの魚にたとえれば、魚を捕まえるのは **ク** だが、まな板の上での料理が **ケ** ということになる。」 学生 B：「僕の方の変異体 B は、その2つの点でちょうど逆になっているんですね。」 先生：「その通り。長い進化の過程ででき上がった酵素を我々人間がそんなにたやすくは改変できないということだ。しかし二人ともよくやってくれたね。」 学生 A, B：「こちらこそ、ありがとうございました。たいへんよい経験になりました。」

選択語群

- | | | | |
|--------|---------|-------|---------|
| a. 解離 | b. 活性化 | c. 結合 | d. 変性 |
| e. 補酵素 | f. 最適条件 | g. 単体 | h. 阻害物質 |
| i. 複合体 | j. 産物 | k. 高い | l. 低い |
| m. 上手 | n. 下手 | | |

問 4 基質濃度を高めていった場合、酵素反応速度は飽和する。その理由を 50 字以内で述べなさい。

Ⅳ 次の文章を読んで、問1～4に答えなさい。(配点19点)

植物のバイオテクノロジーは、、、などの技術により成り立っている。

は、組織や細胞を適当な養分の入った人工培地で培養する技術である。タバコやニンジンなどの組織片を、植物ホルモンであるとを適当量含む寒天培地で無菌培養すると、細胞がし、未分化の細胞塊からなるが得られる。をの濃度を高くした培地に移すと茎葉が分化し、の濃度を高くした培地に移すと根が分化する。また、から完全な植物体を再生することもできる。植物のこのような潜在的な能力をという。

とは、2つの異なる細胞を合体させて1つの細胞にすることである。
⁽¹⁾植物細胞の場合、細胞壁を有するのでまず細胞壁を取り除いた裸の細胞であるを作る必要がある。そのため、植物の組織をで処理することによって単細胞にし、次にセルラーゼで処理して細胞壁を分解する。得られた2種類の⁽²⁾を化学的方法あるいは電気的方法により1つにする。

とは、生物の遺伝子を入れ換えることをいう。この技術の発達により、遺伝子的人為的操作が可能となった。植物のによく用いられる方法は、アグロバクテリウム ツメファシエンス(*Agrobacterium tumefaciens*)という細菌を利用する方法である。この細菌は植物に感染すると、自身の持つ環状のDNAであるのT-DNAといわれる部分を植物のゲノムDNAに組み込み、植物にクラウンゴールとよばれる未分化の腫瘍^{しゅよう}を形成させる。⁽³⁾これはT-DNA上に存在するとの合成酵素遺伝子の働きによる。このT-DNAの部分からこれらのホルモンの合成に関与する領域を取り除き、目的とする遺伝子を組み込み、アグロバクテリウムを目的植物に感染させることにより、植物のを行うことができる。

問 1 空欄 ~ にあてはまる最も適切な語句を解答欄に記入しなさい。

問 2 下線部(1)のように、2つの細胞が合体して1つの細胞になることは自然界でも起こっている。それは何とよばれているか、代表的なものを一つ答えなさい。

問 3 下線部(2)の処理を行う際に、マンニトールのような細胞が吸収できない糖類を 0.5 mol/l 程度の濃度になるように酵素液に入れておく必要がある。その理由を 20 字以内で述べなさい。

問 4 下線部(3)のゲノムとは何か。15 字以内で答えなさい。