

理 科

9 : 00～11 : 00

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は 33 ページある。このうち、「物理」は 2～7 ページ、「化学」は 8～17 ページ、「生物」は 18～28 ページ、「地学」は 29～33 ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た 2 科目について解答せよ。各学部・系・群・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・専攻 科目	理 学 部					医 学 部					歯 学 部	薬 学 部	工 学 部				農 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物・地学重点選抜群		医 学 系	保 健 学 系						応 用 理 工 学 系(注)	情 報 エ ン ジ ン ー ン 工 学 系	機 械 知 能 工 学 系	環 境 社 会 工 学 系(注)			
				生物重点	地学重点		看護学専攻	放射線技術専攻	検査学専攻	理学療法専攻									
物理	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
生物	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
地学	○	○	○	○	◎								○					○	

(注)：工学部(応用理工系、環境社会工学系)は、物理又は化学を含む 2 科目選択

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下 2 箇所)を、監督員の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

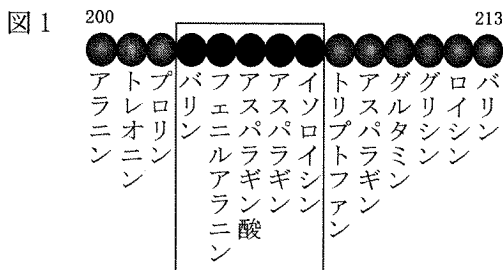
生 物

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。

1 I およびIIの間に答えよ。

I 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

ヒトの胃分泌液に含まれる消化酵素ペプシンを遺伝子組換え技術によって生産することにした。このためヒトペプシンの遺伝子配列を明らかにしようとしたが、図1のようなヒトペプシンのアミノ酸配列の一部だけが手に入った。200番目のアラニンから213番目のバリンまでの配列である。



このうち四角で囲った部分のアミノ酸配列を指定する塩基配列を、コドン表 (図2)をもとにして予想し遺伝子データベースの検索を行った。その結果、四つの候補遺伝子が得られたが、四角で囲った部分の周辺のアミノ酸配列を比較することで最終的に一つの遺伝子に絞ることができた。次に、得られたヒトペプシン遺伝子の酵素活性を持つ部分のアミノ酸を指定するDNA配列をPCR法によって増幅して、遺伝子発現用のプラスミドに挿入した。このプラスミドを大腸菌に導入することによって、その大腸菌にヒトペプシンを発現させて、その結果、活性を持つヒトペプシン酵素が得られた。

問 1 下線部 a の塩基配列の組み合わせは全部で何通りあるか答えよ。

問 2 下線部 b で得られた候補遺伝子の中の、四角で囲った部分にあたるアミノ酸と、その周辺のアミノ酸を指定する部分の DNA 配列は次のとおりであった。どれがヒトペプシン遺伝子のものであるか番号で答えよ。なお、示されているのは転写の際に鋳型とならない方の DNA 鎖の配列であり、いずれにおいても転写は左から右の方向へ進むものとする。

- (1) ACC ACT GTG TTC GAC AAC ATC TAA ATC AGG
- (2) GTC TTT GAT AAT ATC GCT ACT TCT AAT GCA
- (3) AAA GTT TTC GAC AAC ATT GAC CTA CAT TAA
- (4) ACA CCC GTC TTT GAC AAC ATC TGG AAC CAG

図 2

		第 2 番目の塩基					
		ウラシル(U)	シトシン(C)	アデニン(A)	グアニン(G)		
第 1 番目の塩基	U	UUU フェニルアラニン	UCU セリン	UAU チロシン	UGU システイン	第 3 番目の塩基	
		UUC	UCC	UAC	UGC		
		UUA ロイシン	UCA	UAA 終止	UGA 終止		
		UUG	UCG	UAG 終止	UGG トリプトファン		
	C	CUU	CCU	CAU ヒスチジン	CGU		U
		CUC	CCC	CAC	CGC		
		CUA	CCA	CAA	CGA		
		CUG	CCG	CAG	CGG		
	A	AUU	ACU	AAU アスパラギン	AGU セリン		U
		AUC	ACC	AAC	AGC		
		AUA	ACA	AAA	AGA		
		AUG	ACG	AAG	AGG		
G	GUU	GCU	GAU アスパラギン酸	GGU	U		
	GUC	GCC	GAC	GGC			
	GUA	GCA	GAA	GGA			
	GUG	GCG	GAG	GGG			

問 3 下線部 c の PCR 法について説明した次の文章の空欄に適切な語を入れよ。

生物が持つ DNA はワトソンとクリックが提唱したように (ア) 構造をとっていて、それぞれの DNA 鎖がアデニン— (イ) そしてグアニン— (ウ) という塩基対を形成して結合している。PCR 法はごくわずかな DNA から目的の塩基配列を増幅する方法である。まず、加熱することによって鋳型となる DNA の各塩基対をつないでいる (エ) 結合をはずして 1 本鎖にする。次に温度をやや下げることによって、増幅したい領域の両端に相補的な短い 1 本鎖の DNA (プライマー) を鋳型 DNA に結合させる。その後、プライマーが起点となって高温でも変性しにくい DNA (オ) が、ヌクレオチドを使って相補的な DNA 鎖を合成する。この一連の操作をくり返すことによって、プライマーによってはさまれた領域が多量に増幅される。この PCR 法は別名 (カ) 連鎖反応とも呼ばれる。

問 4 下線部 d について、このような方法でタンパク質を生産する際の利点を一つ述べよ。

II ペプシンと同様の方法でヒトの唾液に含まれるアミラーゼの遺伝子を単離し、この遺伝子をもとにして活性を持つヒトアミラーゼを得た。これらのアミラーゼとペプシンを用いて 37℃ で次のような実験を行った。なお、記されている以外の条件は実験 1 から実験 7 ですべて同じとする。

〈実験 1〉 pH 7 のデンプン溶液にアミラーゼを入れてしばらくおいた。

〈実験 2〉 pH 7 のタンパク質溶液にアミラーゼを入れてしばらくおいた。

〈実験 3〉 pH 7 のタンパク質溶液にペプシンを入れてしばらくおいた。

〈実験 4〉 pH 2 のデンプン溶液にアミラーゼを入れてしばらくおいた。

〈実験 5〉 pH 2 のデンプン溶液にペプシンを入れてしばらくおいた。

〈実験 6〉 pH 2 のデンプン溶液にアミラーゼを入れてしばらくおいた後、溶液を中和して pH 7 にした後さらにしばらくおいた。

〈実験 7〉 pH 2 のデンプン溶液にペプシンとアミラーゼを同時にに入れてしばらくおいた後、溶液を中和して pH 7 にした後さらにしばらくおいた。

問 1 この一連の実験で、デンプンが分解されたかどうかを簡便に調べるのに使用する試薬は何か。

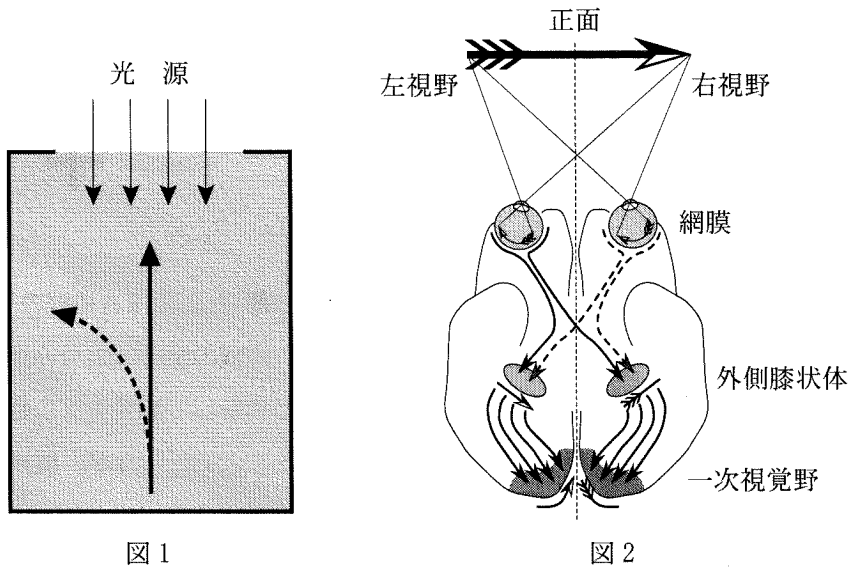
問 2 実験 1 でアミラーゼはデンプンを分解したが実験 2 ではタンパク質を分解しなかった。このように特定のものだけを分解するという酵素の性質を何と呼ぶか。

問 3 実験 3 でペプシンはタンパク質を分解しなかった。なぜか、その理由を答えよ。

問 4 実験 4 と実験 5 でデンプンは分解されずに、実験 6 では分解されたとすると、実験 7 ではデンプンは分解されるか。その理由も答えよ。

2 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

動物は刺激が来た方向を正しく知覚する機構を備えている。真っ暗な箱の中にハマトビムシを入れて一方から懐中電灯で照らしたところ、図1の実線で示すように光源へ直進した。これを走性と呼ぶ。次に、ハマトビムシの右眼全体に塗料を均一に塗って、右眼に入る光を約半分に弱めたところ、点線で示すように左側へ曲がるようになった。左眼に塗料を塗った場合には、逆に右側へ曲がるようになった。このことから、正常なハマトビムシは (ア) ように行動していると結論できる。



ヒトは片眼だけでも光源の方向を正確に知覚することができる。網膜に映った光学像^aが大脳の視覚野に送られて、脳内の地図に投射されているからである。図2に示すように、視覚信号は外側膝状体を介して大脳の一次視覚野に伝えられる。ここで注目すべき点は、網膜の出力細胞の軸索が、その視野に応じて左右の大脳半球に投射していることである。左眼も右眼も、右視野から受けた像を大脳の左半球だけに送る。その結果、左右の一次視覚野にはそれぞれ反対側の視野の地図が存在することになる。

眼をつぶっていても音の方向を感じ取ることができるのは、なぜだろうか。眼が光学像を網膜の上に結ぶのと異なり、耳は音の像を結ぶ装置を備えていない。

メンフクロウを用いた研究から、左右の耳に到達する音のちがいを検出して音源の方向を知覚する脳内の機構が明らかになってきた。感覚器は刺激を受け取るためには欠かせない器官だが、それ自身が知覚を作り出しているのではない。脳が感覚器の信号を解読してはじめて、われわれの知覚が生じるのである。

問 1 図 1 の実験から導かれる結論は何か。文中の (ア) に 25 字以内の語句を入れて文章を完成させよ。

問 2 下線部 a に関する次の設問に答えよ。

右眼を閉じ左眼だけで図 3 の十字(+)を注視したとき、眼と紙の距離を前後に調節すると丸(●)が見えなくなる場所が見つかる。丸(●)が見えなくなる理由を、25 字以内で説明せよ。



図 3

問 3 ある人が事故でけがを負った後、視野の一部(たとえば右視野の上方)に局限した視覚障害を示していると仮定しよう。障害の原因は眼球の損傷か、それとも大脳の損傷によるものか、すみやかに判断して治療をはじめめる必要がある。この判断の手がかりとして何を調べたらよいだらうか。機械を使わずに判別する簡単な方法を考え、50 字以内で説明せよ。

問 4 下線部 b に関する次の設問に答えよ。

メンフクロウは日没後の真っ暗な環境でネズミなど小動物を捕える。木の上からネズミの発した物音を聞きつけると、音が鳴り止んだ後であっても音源の位置に向って正確に飛びつくことができる。その誤差は小さく、角度にして 5 度以内である。実験室内で訓練したメンフクロウを用いて、次の実験結果を得た。

(A) 音の強さを 10 分の 1 以下に減衰させる耳栓を右耳に挿入した場合、メンフクロウは音源の位置から左に 10 度、下に 35 度ずれた方向に飛びつくようになった。

(B) 音の強さを半分程度に減衰させる耳栓を右耳に挿入した場合、メンフクロウは音源の位置から左に10度、下に8度ずれた方向に飛びつくようになった。

(1) 実験結果(A)と(B)から直接導かれる結論を記述する文章として適切なものを一つ、(ア)~(エ)の中から選んでその記号を記せ。

(ア) 左右の耳に届く時間のずれを利用して、音源が左右のどちらにあるかを判別している。

(イ) 左右の耳が受け取る音の強さのちがいを利用して、音源が左右のどちらにあるかを判別している。

(ウ) 左右の耳に届く時間のずれを利用して、音源が上下のどちらにあるかを判別している。

(エ) 左右の耳が受け取る音の強さのちがいを利用して、音源が上下のどちらにあるかを判別している。

(2) 正面から右側に30度ずれた音源から発した音が、左右の耳に到達する時間のずれを計算せよ。計算式と根拠を示し、結果はミリ秒(1000分の1秒)単位で記せ。ここでメンフクロウの両耳の間隔を5 cm とし、音速を340 m/秒とする。なお、音源は十分に遠くに置かれており、図4のように音は平行な波として耳に届くものとして考えよ。

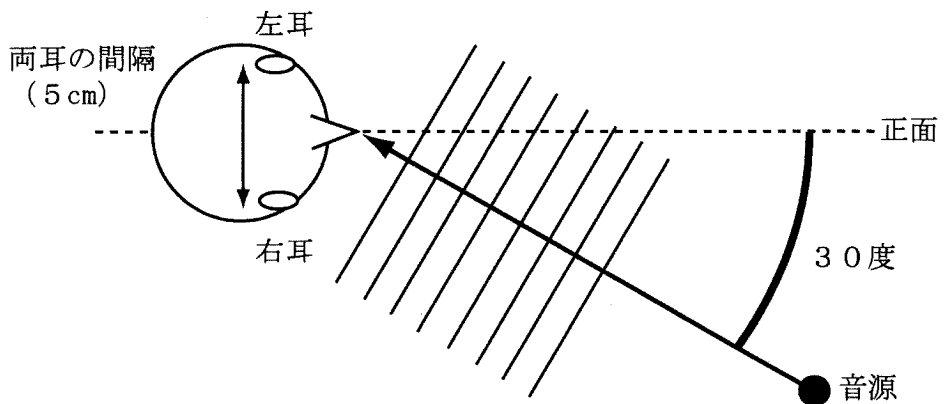


図4

3 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

陸上植物はコケ植物、シダ植物、および裸子植物と被子植物を合わせた種子植物に分類することができる。シダ植物と種子植物の生活環は基本的には似ており、これらに対して、コケ植物では孢子体が配偶体に依存している点で大きく異なっている。

シダ植物では (ア) が発芽して前葉体と呼ばれる配偶体となる。前葉体は成熟すると造卵器と造精器を作り、卵と精子の受精が行われる。裸子植物ではこの植物群の名前の由来にもなっているように (イ) が子房で覆われておらず、被子植物のように重複受精は行われない。スギなどの針葉樹では球果上の雌花にできた (イ) に花粉が受粉する。発芽した花粉管中には精細胞が形成され、卵細胞と受精する。一方、イチヨウやソテツ類では花粉管中に (ウ) が形成され、卵細胞と受精する。被子植物は花卉やがくが発達した複雑な花を持つものが多く、重複受精により、核相 $2n$ の受精卵と核相 $3n$ の (エ) が形成される。

被子植物の例としてナズナの胚発生過程と種子形成過程を見てみよう。重複受精が終わると受精卵は細胞分裂をくり返し、幼芽、(オ)、胚軸、幼根からなる胚を完成する。胚のうを包む珠皮は種皮となり、種子が形成されると胚は発生の進行を止め、休眠に入る。

種子は水分、温度、酸素などの適当な条件がそろえば発芽する。種子の種類によっては発芽に光を必要とするものや光によって発芽が抑制されるものがある。

問 1 文中の (ア) ~ (オ) に適切な語を入れよ。

問 2 コケ植物、シダ植物の名前を2種類ずつあげよ。

問 3 次の中で、コケ植物とシダ植物のちがいを最も正しく表す形質を選び番号で答えよ。

- ① 孢子のうの有無 ② 花器官の有無 ③ 維管束の有無
④ 仮根の有無 ⑤ 造卵器の有無

問 4 下線部 a に関する次の設問に答えよ。

近年、被子植物の正常な胚発生の進行に、ある種の植物ホルモンの極性移動の制御が重要であることがわかってきた。このホルモンは発芽後の幼葉鞘や茎の内部を先端から基部方向へ極性移動することが知られている。

問 5 下線部 b に関する次の設問に答えよ。

削除 (1) 休眠状態の維持や種子発芽の抑制にはたらく植物ホルモン名を答えよ。

(2) このホルモンの合成量が少ない突然変異体植物の種子は、休眠することなくすぐに発芽することが知られている。一般に種子が休眠する意義について 30 字以内で答えよ。

問 6 下線部 c に関する次の設問に答えよ。

このような光発芽種子の場合には特定の光の波長が有効である。

(1) どのような色または波長の光が最も効果的か。

(2) このような波長特性がみられる理由を簡潔に述べよ。

4 次の文章を読み、以下の問に答えよ。数値を求める設問において端数が出た場合には、四捨五入して小数点以下第一位まで求めよ。

生物個体群に新しく生まれた個体は、さまざまな要因によって死亡していく。個体群において同時期に出生した個体の集団をコホートと呼び、そのコホートの個体数減少の過程を表にまとめたものを生命表という。下表はその二つの例である。

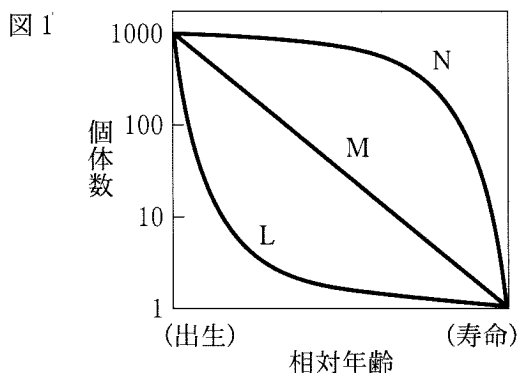
種A

齢	生存個体数	死亡数
0	1000	950
1	50	<input type="text"/>
2	20	(ア)
3	10	<input type="text"/>
4	6	6

種B

齢	生存個体数	死亡数
0	1000	<input type="text"/>
1	300	<input type="text"/>
2	90	(イ)
3	27	<input type="text"/>
4	8	8

各齢での生存個体数をグラフにしたものを生存曲線という。生存曲線はいろいろな生物の調査の結果、図1のようにL、M、Nの三つの型に大別される。



Lは発育初期の死亡数が (ウ) ために、生まれる子供の数が (エ) と個体群を維持できない。それに対して、発育初期に親による (オ) を受ける

種は N の型に当てはまり、生まれる子供の数は (カ) 傾向がある。生命表や生存曲線のデータは、生物種の保全に役立てるために用いられることがある。

問 1 空欄 (ア) ~ (カ) に適切な語句や数値を答えよ。

問 2 齢 i において個体が死亡する確率を齢 i の死亡率 (d_i) という。種 A, 種 B の d_i をそれぞれ求めよ。

問 3 (1) 種 A, 種 B は、それぞれ生存曲線の図の L, M, N のうち、どの型に最もよく対応しているか?

(2) それら二つの型の生存曲線の重要なちがいについて 40 字以内で説明せよ。

問 4 齢 i において個体が生き残る確率を齢 i の生存率 (s_i) という。齢 i における生存個体数(たとえば、種 A の齢 1 では 50)を 1000 で割ったものを l_i とすると、 l_i は生存率 $s_i (i = 0 \sim 3)$ によって表すことができる。その式を求めよ。

問 5 種 A の s_i のデータにはある傾向が見いだされる。

(1) その傾向について 20 字以内で説明せよ。

(2) 種 A がサケであった場合、その傾向が生じる理由について 50 字以内で説明せよ。

問 6 1 繁殖個体あたりの平均の出生個体数は繁殖率と呼ばれる。種 A は齢 4 になってはじめて繁殖を行い、その後死亡すると仮定する。

(1) 種 A の個体群の個体数が増減なく維持されているときの繁殖率(以後臨界繁殖率と呼ぶ)を求めよ。

(2) 種 A のある特定の齢の生存率を一定の値 (c) 増加させたときの臨界繁殖率を考える。どの齢の生存率を c 増加させると臨界繁殖率が最小になるかを記せ。また、その根拠について説明せよ。数式を用いて説明してもよい。