

〔1〕 タンパク質に関する次の文を読んで、以下の問いに答えなさい。(24点)

タンパク質は、20種類のアミノ酸からなる高分子化合物である。アミノ酸は、ふつう、1個の炭素原子にアミノ基とカルボキシル基が結合し、さらにそれぞれのアミノ酸に特有の性質を与える(1)が結合したものである。タンパク質を構成するアミノ酸の結合には一定の規則があり、一方のアミノ酸のアミノ基と他方のアミノ酸のカルボキシル基から1分子の水が除去されて(2)結合を生じる。生体内で機能しているタンパク質は、その分子内においては、アミノ酸残基の間で互いに引き合ったり、反発し合ったりすることで、複雑な立体構造をつくっている。タンパク質が、多様な機能を示すのは、それらが固有の立体構造をもっているからである。<sup>(a)</sup>周囲の条件が変わるとタンパク質の立体構造が変化し、本来の性質を失うことがある。<sup>(b)</sup>これをタンパク質の(3)という。

それ自身は、変化することなく、化学反応の速度を高める物質のことを触媒という。酵素は、生体内での化学反応を促進させるタンパク質触媒であり、無機触媒とは大きく異なる。<sup>(c)</sup>酵素は、限られた種類の分子を認識して複合体を形成する能力があり、他の物質には作用しない。この認識される分子を(4)と呼び、この性質を酵素の(5)という。酵素が(4)と結合し、酵素反応が起こる部分は酵素の(6)と呼ばれる。酵素によっては、透析などの処理で酵素から遊離する比較的低分子量の(7)と呼ばれる有機物が共存しないと機能しないものがある。

タンパク質は生体の構造成分でもあり、毛や爪などに多量に含まれる(8)、腱や軟骨の主要タンパク質であるコラーゲン、血管壁や靭帯のゴム状組織の主成分である(9)などがある。また、真核細胞の核内にある(10)と呼ばれるタンパク質は、DNAと結合して染色体の緻密な構造を形成する。

問 1. 上の文中の空欄(1)～(10)に最も適当な語を解答欄に記入しなさい。

問 2. 下線部(a)について、個々のタンパク質に特有な立体構造を決めているものは何か。

問 3. 下線部(b)について、本来の性質を失う周囲の条件としてどのようなものがあるか。二つあげなさい。

問 4. 下線部(c)について、酵素が無機触媒に比べて、生体内の化学反応を促進するうえで有利な点を 100 字以内で説明しなさい。

〔 2 〕 次の文を読んで、以下の問いに答えなさい。(23 点)

魚類の卵母細胞は2層の濾胞細胞に包まれており、卵母細胞と濾胞細胞層を合わせて卵胞という(図参照)。卵母細胞が受精可能となるためには卵成熟を起こす必要がある。卵成熟に先立ち、脳下垂体から生殖腺刺激ホルモン(GTH)が一時的に大量に分泌される。魚類のGTHには二つの働きがある。一つは濾胞細胞に卵成熟を促すホルモン(以下ホルモンAと呼ぶ)を合成させる働きであり、もう一つは、卵母細胞の細胞膜でホルモンAの受容体(以下A受容体と呼ぶ)を形成させる働きである。ホルモンAがA受容体と結合することにより卵内で新たなタンパク質(以下タンパクBと呼ぶ)が合成され、このタンパクBにより卵成熟が起こる。

魚類にはその産卵期に毎日産卵を行う魚種がいくつか知られている。ある魚種の産卵行動は時刻 22:00 を中心に行われ、1尾の雌は数千個の卵を毎日産卵する。このように規則的に毎日産卵を繰り返す魚種では、卵成熟の日周リズムが存在している。これらの卵胞を培養液がはいった試験管のなかに取り出し、各種のホルモンを加え、数時間培養することにより卵成熟を起こすことができる。

以下に、この魚種から1日の異なった時刻に卵胞を取り出して、卵成熟を起こす実験を行った結果を示す。培養液に加えるものは、GTH、ホルモンA、あるいは生理食塩水(GTHやホルモンAを希釈するために用いる)の3種類である。なお、未成熟卵は不透明であるが、卵成熟が完了すると透明になるので肉眼で容易に成熟の判定ができる。

〔実 験〕

1:00~6:00 に採取した卵胞

- ・GTHを加えた培養液で培養すると成熟した。
- ・ホルモンAを加えた培養液で培養すると成熟しなかった。
- ・生理食塩水のみを加えた培養液で培養する対照実験では成熟しなかった。

8:00～10:00 に採取した卵胞

- ・ G T Hを加えた培養液で培養すると成熟した。
- ・ ホルモン Aを加えた培養液で培養すると成熟した。
- ・ 対照実験の卵胞は成熟しなかった。

12:00～14:00 に採取した卵胞

- ・ G T Hを加えた培養液で培養すると成熟した。
- ・ ホルモン Aを加えた培養液で培養すると成熟した。
- ・ 対照実験の卵胞は成熟した。

16:00 に採取した卵胞

- ・ すでに成熟が完了した透明な卵であった。

問 1. 12:00～14:00 の卵胞は、G T Hの刺激による濾胞細胞でのホルモン Aの合成と、卵母細胞の細胞膜での A受容体の形成がすでに終わり、それに続く卵細胞内でのタンパク Bの合成も行われ、卵の成熟が進行している状態であると考えられる。では、以下の時間帯の卵胞は生体内ではどのような状態にあると考えられるか。G T H、ホルモン A、A受容体、タンパク Bの語句すべてを用いて、100 字以内で説明しなさい。

(1) 1:00～6:00

(2) 8:00～10:00

問 2. 下線部(ア)について、この魚種ではG T Hの分泌はどの時間帯に起こっていると考えられるか、下から選んで記号を記せ。ただし、G T H分泌後 2 時間以内に、ホルモン Aの合成と A受容体の形成は始まるものとする。

ア. 23:00～1:00

イ. 6:00～8:00

ウ. 10:00～12:00

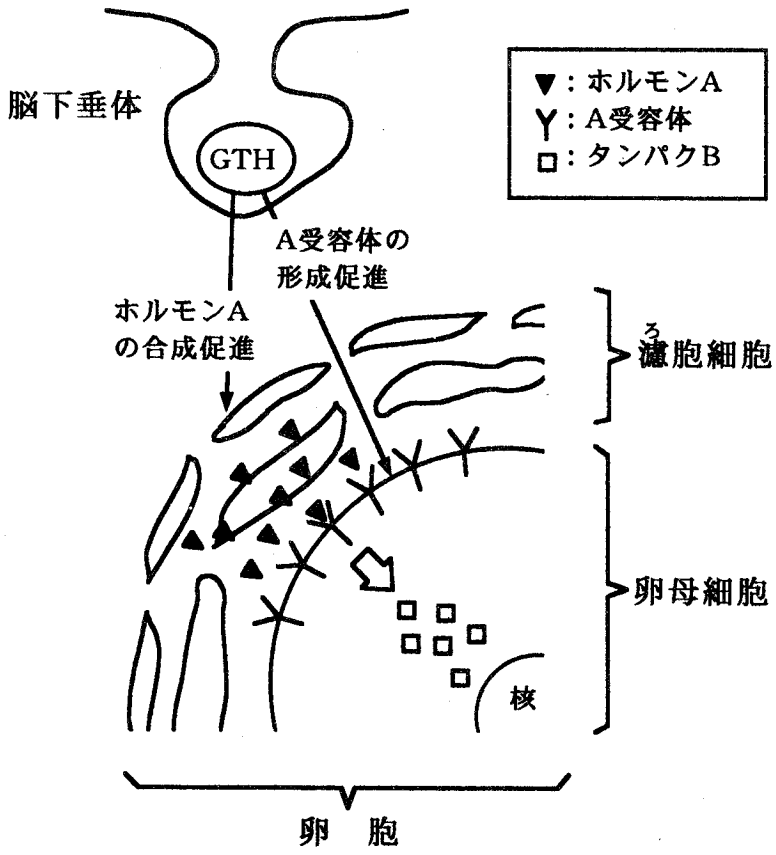
エ. 14:00～16:00

問 3. 次の文は、魚類の卵成熟における卵母細胞の細胞周期と、受精およびその後の発生について述べたものである。文中の( a )～( j )に適当な語句を記入しなさい。

卵成熟が起こる前の卵母細胞では、細胞周期は減数第 1 分裂前期で停止しており、この時期、( a )は対合し、( b )を形成している。ホルモン A の刺激により合成されたタンパク B の作用によって細胞周期は再開し、核は動物極へ移動して( c )が放出される。引き続き減数分裂は進行し、減数第 2 分裂の中期に至って細胞周期は停止して卵成熟は完了し、排卵される。

排卵とは成熟卵が濾胞細胞から離脱することで、排卵された卵は体外に産卵され、初めて受精可能となる。成熟卵は精子が進入すると、減数第 2 分裂中期で停止していた細胞周期を再開し、( d )を放出したのち、( e )を形成する。一方、卵内に進入した精子は( f )となり、( e )と( f )が融合することにより受精は完了し、受精卵は( g )と呼ばれる早いサイクルの細胞分裂を開始する。

魚類の卵は、きわめて多くの卵黄が植物極側にかたよって分布している端黄卵である。卵黄は( g )を妨げるため、魚類の( g )は( h )となる。しかし、同じ水棲生物でも、棘皮動物のウニの卵は卵黄が少なく卵内に均等に分布している( i )卵で、( g )は( j )となる。



〔3〕 ある昆虫の遺伝に関する次の文を読んで、以下の問いに答えなさい。(28点)

ある昆虫(成虫)の眼色は、 $V$ と $v$ 、 $Y$ と $y$ のそれぞれ優劣関係にある2対の対立遺伝子によって、また体色は、優劣関係にある $B$ と $b$ の1対の対立遺伝子によって決定される。これらの遺伝子は同一の染色体に存在している。

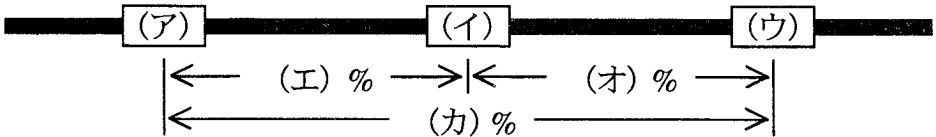
野生型の眼色は赤褐色であるが、 $v$ 遺伝子と $y$ 遺伝子が共にホモ接合の個体は黄色となる。 $v$ 遺伝子だけがホモ接合の個体は朱色に、 $y$ 遺伝子だけがホモ接合の個体は黄褐色になる。また、野生型の体色は褐色であるが、 $b$ 遺伝子のホモ接合個体は黒色になる。

3対の遺伝子の遺伝子型がヘテロ接合である $F_1(VvYyBb)$ の雌個体と劣性ホモ接合( $vvyybb$ )の雄個体間で交配を行ったところ、その子では8種類の表現型が出現し、各表現型の個体数は下表のとおりであった。

表 現 型		出現個体数
眼 色	体 色	
朱 色	褐 色	329
黄 褐 色	黒 色	313
朱 色	黒 色	82
黄 褐 色	褐 色	77
黄 色	黒 色	14
赤 褐 色	褐 色	8
黄 色	褐 色	5
赤 褐 色	黒 色	4
計		832

問 1. これらの遺伝子は、染色体(下図)にどのような順番で配列しているか。

(ア), (イ), (ウ)の遺伝子を解答欄に記号(B, V, Y)で答えなさい。ただし、配列の方向はどちらでもよい。また、遺伝子間の組換え価(エ), (オ), (カ)を小数点以下第1位まで求め、解答欄に記入しなさい。



問 2. 組換え価(カ)は、組換え価(エ)と(オ)の和と一致していない。その理由を20字以内で解答欄に記入しなさい。

問 3. 交配に用いた  $F_1$  個体は、どのような表現型(眼色および体色)をもつ両親(親1, 親2)から生まれたかを解答欄に記入しなさい。ただし、親1, 親2の3対の遺伝子の遺伝子型はホモ接合とする。

問 4. 次の文中の(キ)~(コ)に適切な語もしくは数字を解答欄に記入しなさい。

1本の染色体には多数の遺伝子が存在している。同じ染色体にある遺伝子のまとまりを(キ)という。体細胞の染色体数( $2n$ )が8であるこの昆虫の(キ)の数は、(ク)である。同一染色体で近傍に位置している三つの遺伝子を選び、相互の組換え価をもとに遺伝子の配列順序を決定する方法を(ケ)という。この方法をくり返して、同一染色体に存在する遺伝子の配列順序と遺伝子間の相対的な距離を求め、図示したものを(コ)と呼ぶ。

〔 4 〕 自律神経系の神経伝達に関する次の文を読んで、以下の問いに答えなさい。

(26点)

自律神経系は意志とは無関係に体内の状態を調節しており、交感神経と副交感神経とからなる。交感神経ならびに副交感神経は、一方が器官の働きを抑制すれば、他方がそれを促進するというように( 1 )的に作用する。これらの働きには神経末端から放出される化学物質が関係している。この化学物質は( 2 )と呼ばれ、神経末端に分布する( 3 )に蓄えられている。興奮がニューロンの( 4 )を伝わって神経末端に達すると、( 3 )から( 2 )がシナプス間隙<sup>げき</sup>へ放出され、これを受け取る受容体に結合して反応を起こすとともにシナプス間隙から取り除かれることにより神経伝達は終了する。ところが交感神経と副交感神経とでは、( 2 )をシナプス間隙から取り除く機構は異なっている。すなわち、副交感神経末端からシナプス間隙に放出されたアセチルコリンはこれを受け取る受容体に結合して反応を起こした後、受容体の近傍に存在する酵素アセチルコリンエステラーゼによって速やかに分解される。一方、交感神経末端からシナプス間隙に放出されたノルアドレナリンは受容体に結合して反応を起こした後、一部分は2種類の酵素モノアミノオキシダーゼならびにカテコールメチルトランスフェラーゼによって不活性化され生理活性を失うが、大部分は生理活性を保ったまま別の機構によりシナプス間隙から速やかに取り除かれる。

このノルアドレナリンをシナプス間隙から速やかに取り除く機構を明らかにするうえでの重要なヒントは、水素の放射性同位体であるトリチウム(<sup>3</sup>H)を分子に取り込ませて“目印”をつけたノルアドレナリン(<sup>3</sup>Hノルアドレナリン)を動物(ネコ)に静脈注射し、体内での分布ならびに代謝を追跡した実験により得られた。すなわち、<sup>3</sup>Hノルアドレナリンを動物に注射すると表に示すように血漿により運ばれ、心臓のような交感神経末端が多く分布する器官にのみ急速に高濃度蓄積することが発見された。注射してから2時間後の測定では、心臓以外の<sup>3</sup>Hノルアドレナリン濃度は顕著に減少していた。次に、交感神経節を破壊して各器官を支配している交感神経末端を完全に破壊した動物に<sup>3</sup>Hノルアド

レナリンを注射した場合、心臓への(<sup>3</sup>H)ノルアドレナリンの急速な高濃度の蓄積はみられなくなった。これらの実験結果より、交感神経末端にノルアドレナリンを急速に取り込む機構が備わっていることが示された。さらに、その後の実験により、交感神経末端から放出された大部分のノルアドレナリンはシナプス間隙から再び交感神経末端に取り込まれ、再使用されることが明らかとなった。

(表)

		[ <sup>3</sup> H]ノルアドレナリン濃度[10 <sup>-9</sup> g/組織重量(g)]	
		2分後	2時間後
血	漿	35	3
心	臓	156	158
肝	臓	48	13
小	腸	36	10

問 1. 文中の( 1 )～( 4 )に当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(A)について次の二つの問いに答えなさい。

- (1) アセチルコリンは心臓の拍動に対してどのような作用を示すか。10字以内で解答欄に記述しなさい。
- (2) 心臓の拍動に対するアセチルコリンの作用時間はアセチルコリンエステラーゼの働きを阻害する物質によりどのような影響を受けると考えられるか。10字以内で解答欄に記述しなさい。

問 3. モノアミンオキシダーゼおよびカテコールメチルトランスフェラーゼはそれぞれ次の(a)～(d)の性質をもっている。この中から、下線部(B)の根拠となるものを一つ選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (a) これらの酵素の働きを阻害する物質は交感神経の心臓に対する作用にはほとんど影響を与えない。

- (b) これらの酵素はノルアドレナリン以外の物質に対する不活性化作用も有する。
- (c) カテコールメチルトランスフェラーゼは各組織に広く分布しており、特に肝臓に多く存在する。
- (d) モノアミノキシダーゼにはA型ならびにB型の二つのタイプがある。

問 4. 下線部(C)について次の三つの問いに答えなさい。

- (1) 血漿、肝臓ならびに小腸における2時間後の $^3\text{H}$ ノルアドレナリン濃度は2分後の濃度と比べて減少しているが、これは何によるものだと考えられるか。30字以内で解答欄に記述しなさい。
- (2) 一方、心臓に蓄積した $^3\text{H}$ ノルアドレナリン濃度は2時間後においても減少していないが、その理由を30字以内で解答欄に記述しなさい。
- (3) ある薬物の処置により交感神経末端へのノルアドレナリンの取り込みを完全に阻害した動物(ネコ)に(表)と同量の $^3\text{H}$ ノルアドレナリンを静脈注射した。この場合、2分後における心臓の $^3\text{H}$ ノルアドレナリン濃度 $[10^{-9}\text{ g}/\text{組織重量}(\text{g})]$ は(ア)~(イ)のうちのどの値に最も近くなると考えられるか。記号を解答欄に記入しなさい。

(ア) 30                      (イ) 90                      (ウ) 160                      (エ) 250

〔 5 〕 次の文を読んで、以下の問いに答えなさい。(24点)

図1の1～3の線は、ある時期に出生した個体が出生後に次第に死亡して、生存率が時間の経過とともに減少していくようすをあらわしたもので、生存曲線と呼ばれる。生存率は、ある時点で生存している個体数を出生した個体数で割ったものである。出生の時点での生存率は1であり、その後、次第に低下していく。生存曲線の形は、動物の種類によっても違いがあることが知られている。また地球環境などの変化に伴って生物をとりまく条件が変わり絶滅のおそれがあるような場合には、生存曲線の形が変化することがある。

図2と図3はある昆虫の生存曲線である。この昆虫では、成虫になったメスはすべて交尾して、平均して1個体あたり40個の卵を産み、産卵後に自身はすぐ死亡するものとする。性比は1:1とする。

問 1. 生存曲線から、ある時点での生存個体のうちその後の一定期間で死亡するものの割合を知ることができる。図1の1のような型の生存曲線をもつ動物では、年齢を経るにしたがって死亡する割合はどのように変化するか、30字以内で述べなさい。

問 2. 図1の3のような型の生存曲線をもつ動物の例を一つあげ、生存曲線がそのような型である理由を40字以内で述べなさい。

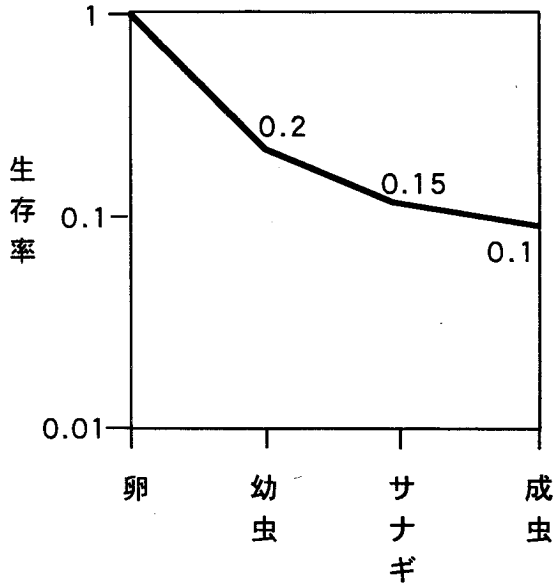
問 3. ある昆虫の生存曲線を異なる環境条件で調べたところ、図2と図3が得られた。以下の二つの問いに答えなさい。ただし、横軸は発育段階で示してある。

(1) 生存曲線が図2の場合、ある世代が1,000個の卵から出発したとすると、次の世代の卵の数はどれだけか。

(2) 図2の場合とは異なる環境条件では、この昆虫の生存曲線は図3であった。ある世代が1,000個の卵から出発したとすると、次の世代の卵の数はどれだけか。

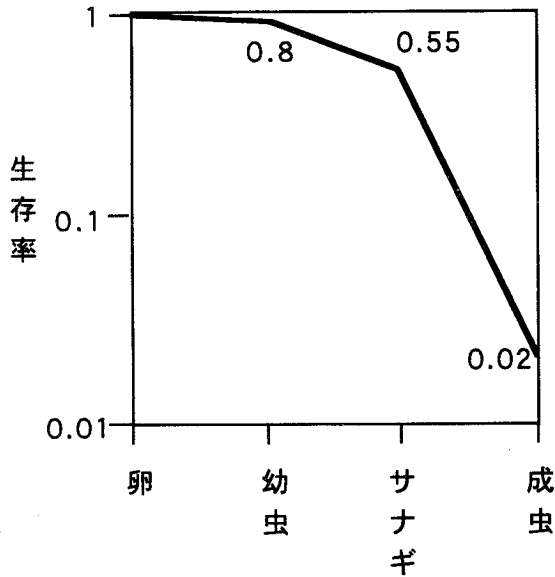


図 2



図中の数字は生存率を示す。

図 3



図中の数字は生存率を示す。