

生物Ⅰ・生物Ⅱ

第1問

細胞の構造と機能に関する以下の文章を読み、問1～問5に答えよ。

生物は原核生物と真核生物に分類され、原核生物には（ア）や（イ）が属し、真核生物にはそれら以外の生物が属する。多細胞生物では、細胞が分裂増殖する過程で形や機能の違うさまざまな細胞が形成されていく。このような変化を細胞の（ウ）という。同じような形や働きをもった細胞の集団を組織（a）という。

どのような細胞も細胞膜によって細胞内外を仕切られている。また、細胞の内部に存在する細胞小器官（b）の多くも膜構造を有している。細胞内には水を溶媒としていろいろな物質が溶けているが、細胞膜は半透膜の性質をもっており、生きている細胞では細胞内物質の多くは細胞外へ自由に流出することはない。物質が半透膜を通して浸透するとき、浸透を受ける側の溶液に加わる圧力を浸透圧（c）という。物質の細胞への出入りはすべて細胞膜を通して行われ、その輸送方法には2種類（d）ある。

問1 文章中の（ア）～（ウ）に適切な語句を入れよ。

問2 下線部（a）に関連して、次の問に答えよ。

- （1）ヒトのからだを構成している組織を4つ書け。
- （2）植物の葉を構成している柔組織を2つ書け。

問3 下線部(b)に関連して、次の問に答えよ。

- (1) タンパク質の分泌にかかわる細胞小器官を1つ書け。
- (2) おもに動物細胞で細胞分裂とべん毛形成の両方にかかわる細胞小器官を1つ書け。

問4 下線部(c)に関連して、次の問に答えよ。

- (1) ヒトの赤血球を蒸留水に浸したときにどのようなことがおこるか、理由も合わせて30字以内で書け。
- (2) 等張液で生育させておいたアオミドロの細胞を20% (質量/容積) スクロース溶液中においたところ、アオミドロ細胞は原形質分離をおこし、最終的に細胞質の容積は最初の容積から25%減少した。この状態でアオミドロ細胞内外の浸透圧が同じになったと考えられる。この実験に用いたアオミドロ細胞の等張液濃度はスクロース溶液の濃度で示すといくらになるか答えよ。計算式も示せ。

問5 下線部(d)に関連して、2種類の輸送方法をあげ、それぞれ40字以内で説明せよ。

第2問

タンパク質，代謝，酵素に関する次の文章を読み，問1～問5に答えよ。

タンパク質はアミノ酸が多数結合した分子で，アミノ酸の数や配列順序の違いによって多くの種類がある。アミノ酸は，中心の炭素原子に，水素，アミノ基，（ア）基および（イ）が結合した構造をもつ。タンパク質を構成するアミノ酸の（イ）は20種類存在し，その違いによってアミノ酸の種類と性質が決まる。タンパク質の合成において，1つのアミノ酸のアミノ基と，もう1つのアミノ酸の（ア）基から1分子の水が除かれて形成される結合を（ウ）という。多数のアミノ酸が結合した長い鎖状の分子は折りたたまれて，タンパク質の種類ごとに独特の（エ）構造を形成する。これは，それぞれのタンパク質がもつ特有の機能と密接に関係する。酵素の本体はタンパク質であり，酵素には活性部位が存在する。触媒反応において，酵素の活性部位に適合する基質は酵素と複合体を作り，反応産物へ変換される。

生物の活動は，一連の酵素反応から構成されるエネルギー代謝により支えられている。エネルギー代謝において，植物は光エネルギーを利用して，水と二酸化炭素から有機物を合成する光合成を葉緑体で行う。光合成色素に吸収された光エネルギーは，光化学系（a）で化学エネルギーへ変換される。この光化学反応により電子伝達反応が進み，還元型補酵素Xが生成され，また，ATP合成酵素の働きによってATPが生成される（b）。このようにして生成された還元型補酵素XとATPを利用して，二酸化炭素の固定反応（c）が進み，デンプンなどの有機物が生成される。

光合成により合成された有機物は，呼吸により分解され，そのときに放出されるエネルギーはATP合成に使われる。好気呼吸では，解糖系（d），クエン酸回路（e），電子伝達系（f）という反応過程を経て，グルコースは水と二酸化炭素にまで分解される。解糖系ではグルコースからピルビン酸が生成され，激しく運動する動物の筋肉では，ピルビン酸から乳酸が生成される。この反応は，還元型補酵素Xの存在下で乳酸脱水素酵素が触媒する。

ピルビン酸の濃度を変化させたときの乳酸脱水素酵素による乳酸生成速度を調べた

実験の結果を図1に示す。このときの酵素量は一定で、十分量の還元型補酵素Xが存在し、その他の反応条件も一定にした (g)。ピルビン酸濃度が低いときは、ピルビン酸濃度が高くなるにつれて乳酸生成速度は増加した。ピルビン酸濃度がある一定の値を超えると、乳酸生成速度は最大に達した (h)。同様の測定をある濃度のオキサミド酸存在下で行ったところ、ピルビン酸濃度に依存した乳酸生成速度の増加の割合が低下した (i)。しかし、ピルビン酸濃度を十分に高くすると、乳酸生成の最大速度はオキサミド酸を加えないときと同じになった。

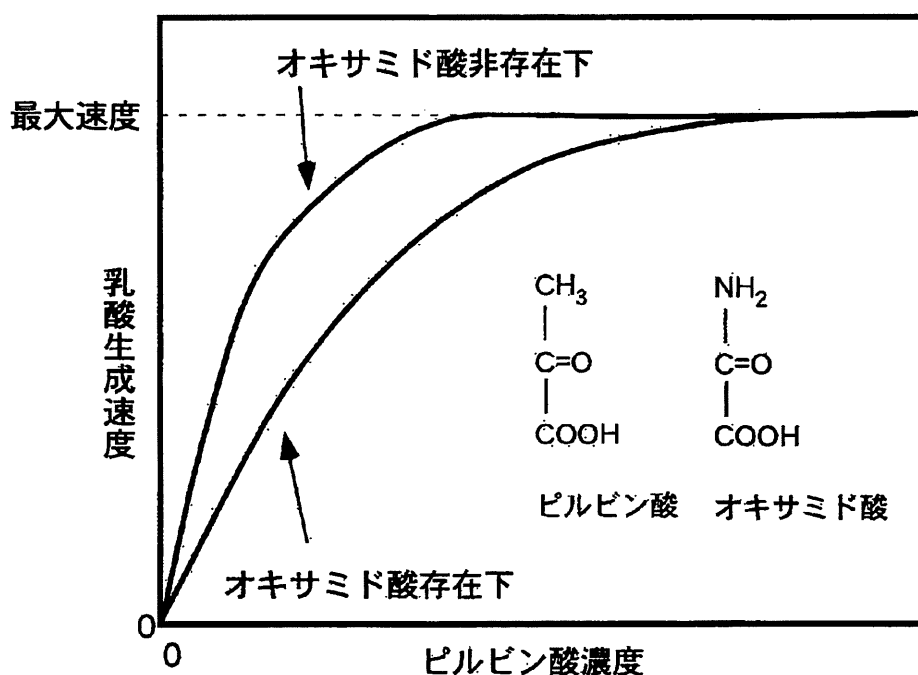


図1

問1 文章中の（ア）～（エ）に適切な語句を入れよ。

問2 真核生物の細胞において、下線部（a）～（f）の反応に関与する酵素やタンパク質が存在する部位を次の中から選び、記号で答えよ。ただし、同じ記号を複数回使用してもよい。

- A. 葉緑体包膜の外膜； B. 葉緑体包膜の内膜； C. ストロマ；
- D. チラコイド； E. ミトコンドリア外膜； F. ミトコンドリア内膜
- G. ミトコンドリアマトリックス； H. 細胞質基質； I. 細胞膜

問3 下線部（g）に関して、基質濃度以外に酵素反応速度に影響を与える反応条件を2つ書け。

問4 下線部（h）の現象がおこる理由を40字以内で述べよ。

問5 下線部（i）のオキサミド酸により反応速度が低下した理由について、次の（1）～（5）の中から正しいものを1つ選び、番号で答えよ。参考として、ピルビン酸とオキサミド酸の構造を図1に示した。

- (1) オキサミド酸は酵素タンパク質を変性させたから。
- (2) オキサミド酸は酵素の活性部位に不可逆的に結合したから。
- (3) オキサミド酸は酵素の活性部位に可逆的に結合したから。
- (4) オキサミド酸は酵素-基質複合体を安定化させ乳酸の生成を抑制したから。
- (5) オキサミド酸は酵素の活性部位以外の部位に不可逆的に結合し酵素活性を低下させたから。

第3問

次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

ヒトやマウスでは、形成直後の精巣や卵巣に存在する始原生殖細胞は、体細胞分裂をくり返し、それぞれ精原細胞や卵原細胞になる。その後、精子や卵がつくられる過程で染色体の本数が半減する(a)。減数分裂の第二分裂中期の段階で二次卵母細胞は、卵巣から排卵(b)され、精子が侵入すると分裂を再開して卵になる。その後、卵の核と精子由来の核が合体して受精が完了し、接合子となり、細胞分裂をくり返して新たな個体が発生する。

一方、増殖性の体細胞は、細胞分裂を周期的にくり返している。最近、ヒツジやウシ、マウスなどで、染色体を除去した未受精卵(第二分裂中期にある二次卵母細胞)に増殖性体細胞の核を移植することで、個体発生に成功(c)した例が報告されている。このようにして誕生した個体は、核を提供した個体と同じ遺伝情報をもつことから、クローン動物とみなすことができる。

問1 下線部(a)に関連して、一次精母細胞から精子が形成される過程のそれぞれの段階における染色体数と染色体に含まれるDNA量を解答用紙の空欄に記入して表を完成せよ。ただし、精子内に含まれる染色体数とDNA量をそれぞれ $1n$ および $1C$ とし、ミトコンドリアに含まれるDNAは考慮しないものとする。

	染色体数	DNA量
第一分裂前期の一次精母細胞		
第一分裂中期の一次精母細胞		
第二分裂中期の二次精母細胞		
精子	$1n$	$1C$

問2 下線部(b)の排卵は、脳下垂体から分泌される生殖腺刺激ホルモンの刺激が引き金となっておこる。また、脳下垂体は視床下部から分泌される放出ホルモンや抑制ホルモンの制御を受けている。これらに関する以下の問に答えよ。

(1) 視床下部が存在する脳の部位を答えよ。

(2) 視床下部は個体の恒常性の維持に中心的な役割をはたしている。視床下部が制御にかかわっている恒常性の具体例を2つあげよ。

(3) ヒトに存在する脳下垂体および視床下部以外の内分泌腺を4つ答えよ。

問3 下線部(c)に関して、細胞分裂直前の核を移植する場合と、細胞分裂直後の核を移植する場合とでは、どちらが個体発生する確率が高くなるかを考察することにする。以下の問に答えよ。

- (1) 細胞周期は、細胞質内の因子によって調節されており、核移植卵の場合、移植した核は卵細胞質の細胞周期に同調する。間期にある体細胞核を染色体除去した未受精卵（第二分裂中期の二次卵母細胞）に移植した場合、核にどのような変化がおこると考えられるか、20字以内で答えよ。ただし、移植した体細胞核は、細胞分裂の直前および直後のいずれでもよい。また、核移植によって卵細胞質の性質は変化しないものとする。
- (2) 実際に核移植したところ、核移植卵は第二極体に相当するものを放出せずに間期へと進み、その後、通常の体細胞分裂と同じ過程をへて第一卵割をおこした。第一卵割直後のそれぞれの細胞に含まれるDNA量は、細胞分裂直前または細胞分裂直後の体細胞核を移植した場合、それぞれどれくらいあると予想できるか。ただし、精子に含まれるDNA量を1Cとし、ミトコンドリアに含まれるDNAは考慮しないものとする。
- (3) 異常なDNA量を有する個体の生存は哺乳類では極めて難しいとすると、上記(2)の考察から導き出される答えとして適切なものは次のどれか。番号で答えよ。
 - ① 細胞分裂直前の体細胞核を移植した場合に個体発生する確率が高い。
 - ② 細胞分裂直後の体細胞核を移植した場合に個体発生する確率が高い。
 - ③ 細胞分裂直前の体細胞核を移植した場合と、細胞分裂直後の体細胞核を移植した場合の個体発生する確率に差はない。

第4問

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。なお、アカパンカビを用いた実際の実験では交配型や雌雄性と呼ばれる性質を考慮する必要があるが、本問題ではそれらを見捨てて考えよ。

アカパンカビには、核相が単相の菌糸や無性胞子によって増殖する無性生殖と、単相の株間で受精が行われ、^{しのう}子嚢胞子と呼ばれる胞子を形成する有性生殖の2つの生殖様式がある。有性生殖では、袋状の細胞である子嚢が多数形成され、各子嚢中では図2に模式的に示すように両親由来の単相核が融合してできた複相核が減数分裂をおこして4個の核ができる。次いで、それぞれの核が分裂して合計で8個の核となった後、細胞質が仕切られて、8個の子嚢胞子ができる。成熟した子嚢胞子は発芽して菌糸体となり、無性生殖の増殖サイクルにもどる。

いま、アカパンカビの野生株の無性胞子に紫外線を照射し、最少培地の上では生育しないが、最少培地にメチオニンを加えた培地で生育できる栄養要求性株を多数作り出し、問1～問5の実験を行った。

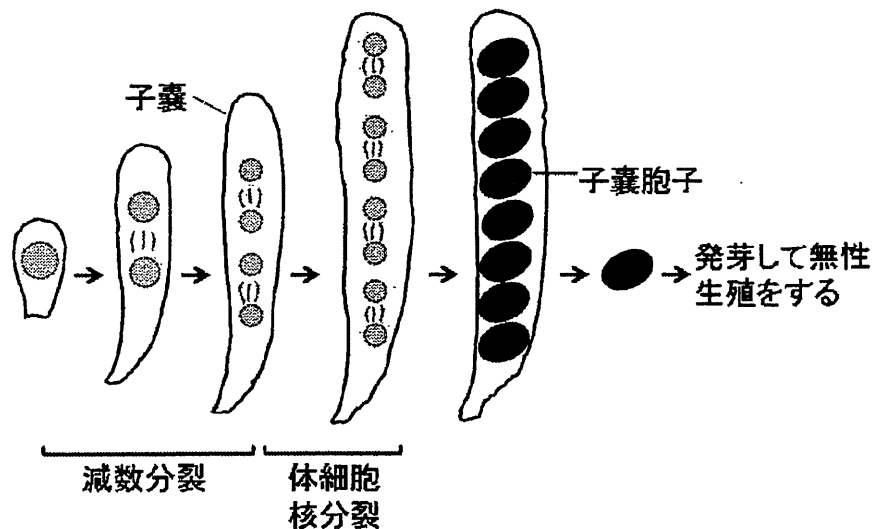


図2 アカパンカビの子嚢胞子形成過程 (模式図)

問1 メチオニンの合成に関係すると考えられる化合物を最少培地に添加し、メチオニン要求性株の生育を調べたところ、表1に示すように4群にグループ分けできた。この結果からメチオニンはどのような経路で合成されると推定されるか。下記のア～ウの空欄に入る化合物名を答えよ。

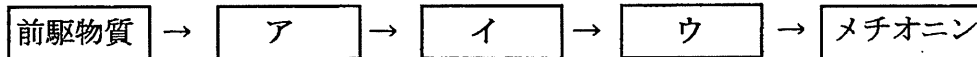


表1

		検定に用いた培地と生育の有無					
		最少培地	最少培地に下記化合物を添加				完全培地
			システイン	ホモシステイン	シスタチオン	メチオニン	
野生型株		+	+	+	+	+	
メチオニン 要求性株	A群	-	+	+	+	+	
	B群	-	-	+	+	+	
	C群	-	-	+	-	+	
	D群	-	-	-	-	+	

＋は生育，－は生育しないことを示す。

問2 表1の各群のメチオニン要求性株を個々に野生株と交配し、交配ごとにいくつかの子嚢を取り出した。次に、それぞれの子嚢に入っている8個の子嚢胞子を生育させて栄養要求性を調べた。

各株のメチオニン要求性が1つの遺伝子の変化によって生じた性質であるとすれば、それぞれの子嚢においてメチオニン要求性と非要求性（野生型）の子嚢胞子はどのような比で出現するか。解答欄に記入せよ。

問3 問2の交配実験から、表1の各群のそれぞれの株のメチオニン要求性が1遺伝子による支配であると考えられた。そこで、C群とD群について群内の株同士を総当たりで交配し、交配ごとに多数の子嚢から無作為に子嚢胞子を取り出して生育させた。次に、表1で示した各培地を用いて栄養要求性を調べたところ、すべての交配において、子嚢胞子は親株と同じタイプの栄養要求性を示した。このことから、それぞれの群においてメチオニン要求性を支配する遺伝子に関してどのようなことが推定されるか。次の(1)～(4)の中から最も適切なものを1つ選べ。

- (1) 各株のメチオニン要求性遺伝子は相同染色体上に存在する可能性が高いが、それ以上のことはわからない。
- (2) 各株のメチオニン要求性遺伝子は相同ではない染色体上に存在する可能性が高いが、それ以上のことはわからない。
- (3) 各株のメチオニン要求性遺伝子は相同染色体上の同じ位置に存在する可能性が高い。
- (4) 各株のメチオニン要求性遺伝子は相同染色体上の異なる位置に存在する可能性が高い。

問4 表1のC群とD群から1株ずつ選んでそれらを交配し、問3と同様の方法で多数の子嚢胞子を取り出して栄養要求性を調べた。その結果、全体の約2分の1の子嚢胞子がD群のタイプの栄養要求性を示したが、それらは遺伝子型が異なる2つのグループを含んでいると思われる。このことを確かめるためにはどのような交配実験をすればよいか。また、そこでどのような結果が期待されるか。簡潔に述べよ。

問5 D群のうちから1株を選び、1つの遺伝子の変化によりコロニーの形態に異常をおこした株と交配した。次に、問3と同様にして子嚢胞子を取り出して培養し、コロニーの形態とメチオニン要求性を調べて表2に示す結果を得た。

この結果をもとに、メチオニン要求性を支配する遺伝子とコロニーの形態を支配する遺伝子の組換え価を $(12+10) \times 100/200 = 11\%$ と計算した。このように求めた組換え価は核相が複相で生活しているエンドウやショウジョウバエなどの生物で計算される組換え価と同じものとみなしてよいか。よい場合は○、わるい場合は×を解答欄に記入し、その理由も簡潔に述べよ。

表2

型	メチオニン要求性	コロニーの形態	子嚢胞子数
1	—	+	91
2	+	—	87
3	—	—	12
4	+	+	10

表中の + は野生型, — は変異型を示す。 (合計 200 個)

問6 アカパンカビの栄養要求性株の研究にもとづき、ビードルとテータムは1つの遺伝子が1つの酵素の生産を支配しているという一遺伝子一酵素説を提唱した。しかし、現在では遺伝子は酵素以外のタンパク質の生産も支配していることがわかっている。酵素以外のタンパク質の例を2つあげ、それらの機能を記せ。