

問題 1

以下の問いに答えよ。

問1 細胞内外ではたらく多様なタンパク質のなかには、複数のサブユニットから構成されているもの（オリゴマータンパク質）も存在する。このようにタンパク質が四次構造をもつことの利点を、可能であれば具体的な例を示しながら三つ以上あげよ。

問2 タンパク質の分子量を決定するためのさまざまな実験方法から二つを選び、その原理や特徴などについて述べよ。

問3 金属などの無機触媒と比べて、酵素の触媒作用が異なる点（特徴）について説明せよ。

問4 以下の語句を説明せよ。

- a) ミカエリス定数 (Michaelis constant; K_m)
- b) フィードバック阻害 (feedback inhibition)
- c) α らせん (α ヘリックス ; α helix)

問題 2

DNA 複製に関する次の問いに答えよ。

問1 DNA の複製フォークを図示し、それに関連する分子・タンパク質群とそれらの働きも含めて DNA 複製機構について説明せよ。

問2 真核生物には、細胞周期 1 回ごとに全 DNA を 1 回だけコピーする機構が働いている。それにはどのような調節がなされているか説明せよ。

問3 染色体の『末端複製問題』について説明せよ。また無限増殖する細胞などではこれに対する恒常性維持機構が備わっている。これについても言及せよ。

問題 3

次の文章を読み、下記の問題に解答しなさい。

製薬会社の新薬開発において、新薬の候補化合物に対する最も初期の安全性試験は、急性毒性と①変異原性に関するものである。後者を検出する試験として、エイムス試験が挙げられる。この試験では、*Salmonella typhimurium* の②塩基置換やフレームシフトによるヒスチジン要求性 (His⁻) の突然変異株を用いる。この菌株に被験物質を肝臓抽出物とともに作用させた後、③ヒスチジンを含まない固形培地で培養する。もし被験物質が変異原性を持っていれば、His⁻から His⁺へ復帰突然変異が生じ、可視的なコロニーが生ずるので、簡便に変異原性を検出できる。

問1. 下線部①について、突然変異原を物理的変異原、化学的変異原、生物学的変異原に分類し、それぞれについての複数の具体例を挙げた上で、おのおの的作用機序と誘発される突然変異の特徴を簡潔に説明しなさい。

問2. 下線部②について、下記の物質の中から、塩基置換によるヒスチジン要求性変異株を復帰突然変異させるものをすべて挙げなさい。また同様に、フレームシフトによるヒスチジン要求性変異株を復帰突然変異させるものをすべて挙げなさい。

亜硝酸、5-ブロモウラシル、エチルメタンサルホン酸、プロフラビン

問3. 下線部③について、実際には数回の細胞分裂に十分ではあるが、可視的なコロニーを生じさせるには不十分なヒスチジンが固形培地に添加されている。これは化学的変異原が作用するステップを考慮してのものであるが、その細胞側の生物学的ステップを指摘した上で、少量のヒスチジンを固形培地に添加する理由を説明しなさい。

問題 4

エンドサイトーシス (endocytosis) は、真核細胞が細胞膜上で小胞を形成し、細胞外環境から細胞内に物質を取り込む過程のことである。エンドサイトーシスに関して以下の設問に答えよ (必要な場合は図を用いて説明してもよい)。

問1 エンドサイトーシスは、物質を取り込む際にできるエンドサイトーシス小胞の大きさにより、大きく2種類に分けられる。より大きなエンドサイトーシス小胞を形成する過程を食作用 (phagocytosis) と呼ぶが、食作用として知られる例を挙げ、その役割を簡単に説明せよ。

問2 より小さなエンドサイトーシス小胞を形成する過程である飲作用 (pinocytosis) は、主にクラスリン被覆ピットとそこから出るクラスリン被覆小胞が行っている。クラスリン被覆小胞の形成メカニズムについて説明せよ。

問3 飲作用により細胞内に取り込まれた物質は、いったんエンドソーム (endosome) に運ばれ、そこで次の行き先により選別される。細胞膜のものの領域、あるいは細胞膜の前とは違う領域へと運ばれるものは回収され、それ以外は、最終的にリソソーム (lysosome) (植物や菌類ではリソソームに相当する液胞 (vacuole)) に送られる。リソソームの役割と特徴を説明せよ。

問題5

問1 真核生物細胞のミトコンドリア、および、植物細胞の葉緑体におけるエネルギー変換について、以下の(あ)から(つ)にあてはまる言葉をかけ。解答に際しては、一般的に高校、大学の教科書などで用いられている略称を用いても構わない。(さ)および(し)には、葉緑体内の区画の名称を記載すること。

ミトコンドリアと葉緑体の電子伝達系には、主要な酵素複合体が3つずつ存在する。ミトコンドリアの場合は、これらは、(あ)、(い)、(う)とよばれる。(あ)と(い)の間の電子伝達は(え)が媒介しており、(い)と(う)の間は、(お)が電子を運んでいる。(お)はおよそ100個のアミノ酸からなる小さなタンパク質で、補欠分子として(か)を結合している。

一方、葉緑体のチラコイド膜においては、(き)、(く)、(け)、という3つの複合体が電子伝達において主要な役割を担っている。(き)から(く)の間の電子伝達を担うのは、(こ)という分子である。(え)とよく似た機能、構造を持つ。(こ)が(き)から電子を受け取り、(く)に電子を渡すのに伴って、(さ)から(し)にプロトンが移動する。また、(く)もプロトンポンプとして機能している。

ミトコンドリアにおいても、葉緑体においても、電子伝達にともなって、膜を挟んで、プロトンの濃度勾配が形成される。この濃度勾配を利用して、膜に結合した(す)合成酵素が(せ)と(そ)から(す)を合成する。

ミトコンドリアの電子伝達系においては、もともと、電子は(た)などから供与され、最終的には、大部分は(ち)に渡される。一方、葉緑体の光合成においては、電子は(つ)から供与され、最終的には、大部分は(た)に供与される。どちらの電子伝達系においても、複数の電子伝達経路が存在することが明らかになっており、真核生物は、環境などの条件に応じて、このような複数の電子伝達系路を利用し、効率的にエネルギー変換を行っている。

問2 真核生物細胞の祖先は「細胞内共生」によって、問1で述べたような効率的なエネルギー変換を獲得したと考えられる。細胞内共生説、および、この説を支持する証拠について150から250字程度で述べよ。

問3 一般的に、植物は、高温乾燥下では、気孔を閉じて、水分の蒸発を防ぐことが大切である。このような条件では、 C_4 植物の方が C_3 植物より有利であることが多い。その理由を、次の用語を用いて、150から250字程度で述べよ。

光呼吸、リブローズ 1,5-ビスリン酸カルボキシラーゼ(略して、ルビスコと称する)、 CO_2 、四炭素化合物、葉肉細胞、維管束鞘細胞

問題 6

生物学的イベント（仮想）に関する以下の文を読み、内容を的確に示す図を描け。図中には、登場する分子等の名称および説明を、適宜、加えること。

生物学的イベント（仮想）：

「内分泌細胞 A で産生されたホルモン X は、標的細胞 B にはたらいてその細胞の形状を変化させる。ホルモン作用は 7 回膜貫通型の受容体を介して発揮される。その際、最初に標的細胞 B にもたらされる変化は、細胞内の cAMP 濃度の著しい上昇である。この cAMP 濃度の上昇が数種の因子のリン酸化をもたらし、細胞骨格タンパク質のネットワークの変化をひき起こして細胞の形を変えると予想される。」

問題 7

細胞周期制御に関する以下の設問に答えよ（補足的に図を用いて説明しても良い）。

問 1. 脊椎動物と出芽酵母の主要な cyclin と Cdk について①～⑯の括弧内に当てはまる名前を書きなさい（なお括弧内に記入すべき語句は 1 つとは限らない）。

cyclin-Cdk 複合体	脊椎動物		出芽酵母	
	cyclin	相手の Cdk	cyclin	相手の Cdk
G1-Cdk	(①)	(⑤)	(⑨)	(⑬)
G1/S-Cdk	(②)	(⑥)	(⑩)	(⑭)
S-Cdk	(③)	(⑦)	(⑪)	(⑮)
M-Cdk	(④)	(⑧)	(⑫)	(⑯)

問 2. M-Cdk の機能の一つは、M 期の途中で cyclin 濃度を急激に低下させる事である。この濃度低下により細胞内で何が起こるのか、そしてそれを起こす機構を説明しなさい。

問 3. 動物細胞における細胞周期開始と S 期開始の制御機構について、以下の語句を全て用いて説明しなさい。

Rb, Myc, G1-Cdk, G1/S-Cdk, S-Cdk, E2F, 分裂促進因子, MAP キナーゼ, DNA 合成, Ras, 正のフィードバック

問題 8

多細胞生物である動物と植物は、今から 10 億年以上も前に単細胞真核生物を共通祖先として分岐し、独自の進化を遂げることにより、それぞれに特有の機能を獲得してきたと考えられている。たとえば器官や個体の統制に必要な細胞間相互連絡の方法は、動植物で独自に進化し、大きく異なると考えられている。

(1) 細胞間相互連絡の手段として植物独自に進化してきたと考えられるものを 1 例あげよ。またその手段が植物の形態形成にどのように利用されているのかを具体的に図を用いて説明せよ。

(2) 近年いくつかの動植物において全ゲノム塩基配列が決定され、それぞれの生物がもつ遺伝子の数や種類について推測できるようになってきた。このようにゲノム配列に基づき推測されている動植物の形態形成のしくみの共通点や相違点について、下記の用語をすべて用いて説明せよ。用いる用語の順は問わない、また何度用いてもよい。

「真核生物」「遺伝子の数」「タンパク（質）ファミリー」「転写因子」「受容体」

問題 9

次の文章を読んで、設問に答えなさい。

すべての細胞には細胞膜を介した膜電位があり一定の膜電位を維持するが、この電位を（ A ）と呼ぶ。他方、神経細胞や筋細胞の場合、細胞膜が興奮すると（ B ）性の電位変化が生じて、（ C ）と呼ばれる電位が細胞に沿って伝導する。

これらの電位について、哺乳類の坐骨神経（下肢の筋肉を支配する神経）の運動性線維の軸索、圧受容器からの信号を伝える感覚性線維の軸索、およびヤリイカの巨大軸索を比べた。軸索の直径と（ C ）の伝導速度を計測したところ、次の表のようになった。

	軸索の直径 (μm)	伝導速度 (m/s)
坐骨神経の運動性線維の軸索	20	120
圧受容器の感覚性線維の軸索	10	50
ヤリイカの巨大軸索	500	25

問1 A・B・Cの空欄を適切な語句で埋めなさい。

問2 伝導速度は様々な要素によって決まる。温度や軸索直径のほかの重要な要素として、ヤリイカにはないが哺乳類の軸索にはあって、速度を高めている機構について説明しなさい。{ミエリン・跳躍伝導・ランヴィエ絞輪}の3つの語句をすべて用い、模式図を描いてわかりやすく簡潔に説明すること。

問3 ヤリイカの巨大軸索の細胞内のイオン濃度を調べると次の表のようであった。この軸索を通常的人工海水(1)に浸したところ、膜電位はおよそマイナス60mVであった。次に人工海水(2)と(3)に入れ替えると、(A)と(C)の膜電位はそれぞれどうなるか、述べなさい。定性的な記述で構わない。

イオンの種類	細胞内	人工海水(1)	人工海水(2)	人工海水(3)
K^+	400mM	20mM	40mM	20mM
Na^+	50mM	440mM	420mM	0mM
Choline^+	0mM	0mM	0mM	440mM
Cl^-	120mM	560mM	560mM	560mM

(人工海水中の二価陽イオンはどれも同一濃度とする。)

問題 10

動物の行動を理解するうえで重要な下記の概念を、それぞれ 3 行以内（およそ 100 字以内）で簡潔に説明しなさい。

- (1) 鍵刺激
- (2) 古典的条件付け
- (3) 刻印付け（刷り込み）
- (4) 感受性期（臨界期）
- (5) 走性
- (6) 渡り（回遊）
- (7) 精子競争
- (8) 血縁選択

問題 1 1

動物の組織形成の基盤となる「幹細胞系」に関する以下の問に答えなさい。

問1 幹細胞（体制幹細胞あるいは組織幹細胞）とはどのような細胞か、説明しなさい。

問2 図1および2はそれぞれラットの小腸粘膜組織の走査型電子顕微鏡像および光学顕微鏡像（ヘマトキシリン・エオシン染色）である。これらの図に示すように、小腸粘膜には管腔側に突出した絨毛およびその周囲で漿膜側に陥入した陰窩が存在し、これらの構造を覆う一層の上皮細胞が存在する。以下の語句を少なくとも一回用いて小腸粘膜における上皮細胞再生系について説明しなさい。

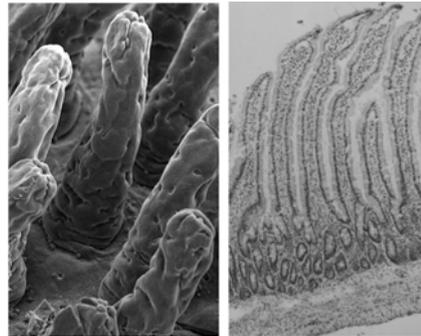


図1

図2

吸収上皮細胞

アポトーシス

前駆細胞

パネート細胞

ホルモン

杯細胞

腸内分泌細胞

栄養素

幹細胞

粘膜バリア

細胞系譜

抗菌ペプチド

問3 マウスを2群に分け、A群には12グレイのガンマ線を照射し、B群は無処置とした。ガンマ線照射の6時間後、各群の半数の個体にチミジンのアナログであるブロモデオキシウリジン(BrdU)を腹腔注射し、その2時間後に安楽死させて小腸を摘出し、薄切片を作成して抗BrdU抗体を用いて免疫染色を行った。その結果、B群の個体にはいずれも陰窩上皮細胞の核に陽性染色が認められたが、A群の個体にはみられなかった。A群およびB群でBrdU投与実験に用いなかった残りの半数の個体は、どのような転帰をたどるだろうか。問2の上皮細胞再生系と関連づけながら述べなさい。

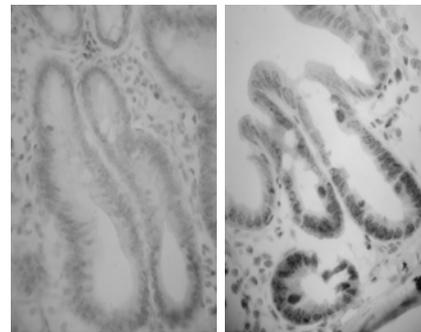


図1 (A群)

図2 (B群)

問題 1 2

生命融合科学コースの問題「物理学 I」

問題 1 3

生命融合科学コースの問題「有機化学 I」