

1 遺伝子の構造と働きに関する以下の問いに答えよ。

生物の大きな特徴の一つは、体つきや花の色など自己と同じ形質を持つ別の個体(子孫)を作り出すことである。この同じ形質が子孫に伝えられることを遺伝といい、個々の形質を現わすもととなって親から子へと伝えられるものを遺伝子という。遺伝という現象において、中心的な役割を果たしているものは核酸である。核酸はリン酸、糖、塩基からなる が多数重合してできた巨大な分子であり、含まれている糖が のものをDNA、 のものをRNAと呼ぶ。遺伝に関する情報はDNAの塩基配列として記録されているので、遺伝子の本体はDNAであるということが出来る。この分子はワトソンとクリックが提唱したように、 構造をとっている。細胞分裂に先立って、それぞれのDNA鎖が鋳型となって複製され、新たに形成された元と同じ 構造のDNAが、細胞分裂で生じる2つの娘細胞に伝えられる。一方、動物および植物の細胞質に含まれるRNAには3種類あるが、これらは DNAの遺伝情報を細胞内で発現するために働いている。したがってRNAに生じた変異は次代には伝わらないが、生殖細胞のDNAに突然変異が生じるとその 変異は次の世代に伝わり、次世代の形質に変化を生じる場合がある。

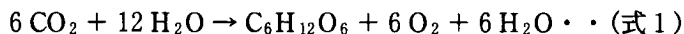
- (1) 文中の ~ に適当な語を入れよ。
- (2) 生殖細胞では下線部Aの説明が当てはまらない分裂過程が含まれる。その分裂過程の大きな特徴を2つあげよ。
- (3) 下線部Bにある3種類のうちで、発現される遺伝情報の直接の担い手であるのは何か、その名称を記せ。
- (4) 下線部Bで遺伝情報を細胞内で発現するとは具体的にどういうことか、簡潔に説明せよ。

- (5) 多細胞生物では、同じ遺伝子群を持っている細胞が異なった形や働きを持つように変化するが、この変化した細胞では何が違っていると考えられるか、遺伝子という言葉を用いて簡潔に説明せよ。
- (6) 下線部Cのような突然変異にいたる遺伝子上の変異にはどのようなものがあるか、3つあげよ。
- (7) ヒトの染色体 DNA は 3.0×10^9 塩基対で、この中には約 30,000 種類の遺伝子が存在すると言われている。これは染色体 DNA の約何パーセントを利用していることになるか。ただし、タンパク質は平均 450 個のアミノ酸からなっているとする。答えは小数点第 2 位を四捨五入して求め、計算式も示せ。

2

高等植物の光合成と遺伝に関する次の(1), (2)の問いに答えよ。

- (1) 光合成は植物の葉の細胞中に多く存在する葉緑体で行われる。葉緑体は長径 5~10 μm ほどの楕円体型の膜に囲まれた構造体で、内部にはクロロフィル a などの光合成色素を結合した A と呼ばれる扁平な袋状の膜系と、その間隙を占める B が存在する。光合成は光のエネルギーを用いて空気中の CO_2 を同化する反応で、全体の反応は、



などと表わされる。光合成の反応系をもう少し詳しく見ると、①光化学反応、②水素伝達反応、③ATP 生産反応、④ CO_2 固定反応の 4 つに分けられる。このうち光を直接的に必要とするのは①だけで、他は暗黒中でも起こる反応である。

- (イ) A, B の に適当な語句を挿入せよ。また文中の反応①~④はそれぞれ主に A, B どちらで起こるかを解答欄に記せ。
- (ロ) 種子植物は真核生物であるが、葉緑体は光合成をする原核生物が起源であるとする共生説がある。葉緑体の共生説を簡潔に説明せよ(50 字以内)。
- (ハ) 式 1 には両辺に H_2O に関する項がある。なぜ $6 \text{H}_2\text{O}$ を両辺から引いた形で書いていないのか説明せよ(40 字以内)。
- (ニ) 次にあげる生物のうち、真核生物には E, 原核生物には P と解答欄の左の欄に記入し、右の欄には光合成をするものに A, 光合成をしないものに N と記せ。

- | | | |
|-----------|------------|-----------|
| (a) ゾウリムシ | (b) 根粒菌 | (c) ミドリムシ |
| (d) 大腸菌 | (e) 緑色硫黄細菌 | |

- (2) 光が強すぎるときには、なるべく光を避けるように葉緑体が移動し配列する植物が知られている。そのような植物に葉緑体の移動能力が失われてしまった 3 系統の突然変異体 A, B, C が見つかった。それらを互いに交配したところ、A と B, あるいは A と C との交配の結果得られた雑種第 1 代(F_1) ではす

べて野生型の表現型に戻ったが、BとCとの交配の結果できた F_1 はすべて変異体の表現型のままだった。A、B、Cのそれぞれを野生型と交配してできた F_1 はすべて野生型の表現型を示し、それぞれの F_1 の自家受粉によって得られた雑種第2代(F_2)は、すべての場合野生型と突然変異体の表現型を示すものが、3：1だった。

- (イ) AとBとの F_1 の自家受粉によって得られる F_2 の表現型の分離比を予測せよ。ただし、AとBの原因遺伝子が連鎖していないものとする。
- (ロ) A、B、Cそれぞれの突然変異体の原因遺伝子についてどんなことが考えられるか、60字以内で述べよ。

3 両生類の発生に関する次の問いに答えよ。

シュペーマンはイモリの2細胞期の胚をしばる実験を行った。そして、しばられてできた2つの部分のそれぞれに原口ができたときには、2つの胚が生じることを見いだした。このことから、正常な胚ができるためには原口の部分が重要であると考えた。そこで、初期原腸胚の原口背唇部を切りとり別の初期原腸胚の胞胚腔へと移植すると、本来の胚のほかにもう一つの胚(二次胚)が形成された。

- (1) イモリの初期原腸胚の予定運命図(図1)のa～gにあてはまる部位の名称をA群から選んで記号で答えよ。
- (2) 原口背唇部の予定運命は何か。A群から2つ選んで記号で答えよ。
- (3) シュペーマンが名づけた形成体(オーガナイザー)という言葉はどのような意味か。150字以内で述べよ。
- (4) アフリカツメガエルの32細胞期の胚を用いて実験を行った(図2)。まず動物極側の8つの割球を他から分けて培養したところ、表皮が分化した。次に、この8つの割球と、植物極側の1つの割球とを接触させて培養すると、動物極側の割球がさまざまな組織や器官に分化した(表)。一方、植物極側割球(D1～D4)のそれぞれを単独で培養しても、卵黄を多く含んだ内胚葉性の細胞のままで目立った組織の分化は見られなかった。以上の結果から、中胚葉の分化、および内胚葉の部域差についてわかることを、200字以内で述べよ。

A 群

| | | | |
|-------|---------|-------|-------|
| ア. 肛門 | イ. 口 | ウ. 側板 | エ. 表皮 |
| オ. 脊索 | カ. 内胚葉 | キ. 神経 | ク. 体節 |
| ケ. 骨片 | コ. 脊索前板 | サ. 眼 | シ. 上皮 |

図1

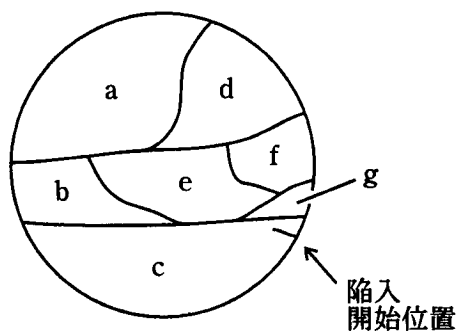
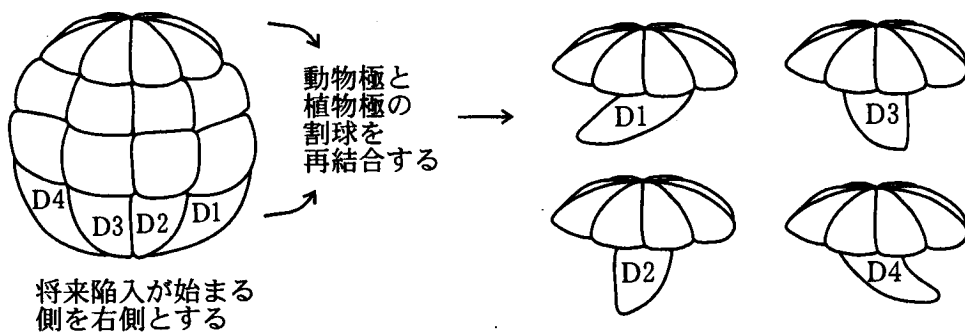


図2



表

| 割球の組み合わせ | 動物極側割球から分化した組織の出現頻度(%) | | | | | |
|-----------------|------------------------|-----|-----|----|-----|----|
| | 神経 | 筋肉 | 表皮 | 脊索 | 内胚葉 | 血球 |
| 動物極側割球のみ | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 |
| 動物極側割球 + D 1 割球 | 73 | 100 | 100 | 77 | 0 | 9 |
| + D 2 割球 | 22 | 83 | 100 | 22 | 11 | 33 |
| + D 3 割球 | 14 | 77 | 100 | 5 | 14 | 50 |
| + D 4 割球 | 16 | 74 | 100 | 16 | 5 | 58 |

4

植物の成長に関する下記の文を読み、問いに答えよ。

植物の成長は、細胞分裂によって細胞の数が増えることと、その個々の細胞の容積が増えることの両方でおこるが、前者による成長はあまり目立たず、後者による成長が顕著である。細胞が大きくなるのは、細胞が水を吸収して容積を増やす吸水成長を行うためであり、吸水する力(吸水圧)によっている。細胞は細胞溶液の浸透圧で常に水を吸おうとしているが、細胞壁がこれを抑えている。そして成長に際しては、細胞溶液の浸透圧が大きくなるのではなく、細胞壁がゆるみ(細胞壁の力学的性質が変化し)、水が細胞内に流入し、細胞壁が細胞内側から押し広げられて細胞の容積が大きくなる。また成長している細胞の細胞壁は薄くならず、成長前の細胞壁と同じ厚さを保っている。このように細胞壁は、生理機能をもたないただの箱などではなく、植物の成長を制御している。

- (1) 植物体において、細胞の数が増える部位はどこか、その名称を2つ記せ。
- (2) a. マカラスムギ(アベナ)の暗所での芽生えを図示し、幼葉鞘で最もよく成長する部位を示せ。
b. 幼葉鞘の成長部位を知るにはどのような実験をしたらよいか、説明せよ。
- (3) a. 吸水圧、浸透圧、膨圧の関係を式で示せ。
b. 細胞が成長するとき、吸水圧、浸透圧、膨圧にはどんな変化がおきるのか、説明せよ。
c. 細胞の標準の浸透圧(単位：気圧)を測定するにはどうしたらよいか、その方法について説明せよ。
- (4) ゴム風船を膨らませるとゴムの厚さは薄くなる。しかし、植物の細胞は容積が大きくなっても、細胞壁の厚さは薄くならない。それはどうしてか、説明せよ。
- (5) 細胞壁は、植物体を支えたり、細胞成長の制御をする他にどんな働きをしているか、例を1つあげよ。