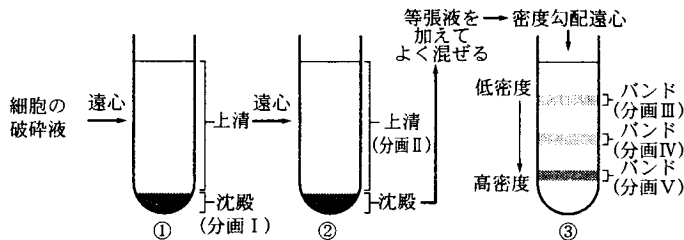


〔 1 〕 細胞小器官と細胞分画に関する次の文を読んで、問いに答えなさい。(26点)

動物細胞の中には細胞質基質の他に半透性の膜で覆われた細胞小器官が存在する。それぞれの細胞小器官は大きさや密度の違いによって分離・回収することができ、この操作を細胞分画とよぶ。細胞小器官を壊さないように細胞を破碎した後、2回の遠心分離で大きさの違う細胞小器官を分け、次に密度勾配遠心で密度の違いを分離する。密度勾配遠心では、細胞小器官は溶液の密度勾配の中をそれ自身と同じ密度の位置にまで沈降し、そこでバンドを形成して分離される。それぞれのバンドを回収するとき他のバンドの成分が混じらないように注意することが重要である。

ラットの肝臓片を等張液中で破碎し、その破碎液に短時間弱い遠心力をかけて細胞小器官〔X〕を沈殿させ分画Ⅰとした(図①)。次にこの上清をとり、さらに強い遠心力をかけることでやや大きめの細胞小器官の混合物を沈殿させ、その上清を分画Ⅱとした(図②)。分画Ⅱにはブドウ糖をピルビン酸にまで分解する解糖系^(ア)の酵素群など、種々のタンパク質が含まれる。沈殿に含まれる細胞小器官をさらに分離するため、等張液を加えてよく混ぜてから密度勾配遠心を行ったところ、3本のバンドに分離された(図③)。それぞれのバンドを密度の低い方から分画Ⅲ、Ⅳ、Ⅴとして回収した。分画Ⅲにはさまざまな加水分解酵素を含むリソソームが含まれていた。分画Ⅳには細胞小器官〔Y〕が含まれ、この細胞小器官は呼吸に関係する酵素群を含み、エネルギーの通貨にたとえられる〔 1 〕の生産を担っている。分画Ⅴには細胞小器官の一つであるペルオキシソームが含まれていた。細胞の中ではある特定の細胞小器官にだけ存在する酵素があり、例えば過酸化水素を水と酸素に分解する酵素である〔 2 〕はペルオキシソームにのみ存在する。



以上の手順で学生A, B, C, Dの4人が独立に細胞分画を行い, 分画IからVに存在する酵素の働きを調べた。表1は各分画に過酸化水素水を加え, それぞれに含まれる酵素によって分解された過酸化水素の量を測定した結果である。一方, 表2は各分画に酸素を通気させながらピルビン酸を加え, 二酸化炭素の発生量を測定した結果である。いずれの測定値も各分画に存在する酵素または酵素群の働きを相対値で表している。

学生	I	II	III	IV	V
A	4	12	3	26	55
B	5	45	9	12	29
C	4	12	7	10	67
D	4	11	5	10	70

学生	I	II	III	IV	V
A	5	1	5	84	5
B	5	4	9	78	4
C	3	1	7	84	5
D	4	2	27	65	2

問 1. 上の文中の〔 1 〕と〔 2 〕に適切な語を記入し, 細胞小器官〔X〕および〔Y〕の名称を答えなさい。

問 2. 各分画の内容物をメチルグリーン・ピロニン染色液で染色したとき, 最もよく染められたのはどの分画か。また, メチルグリーン, ピロニンのそれぞれで実際に染色される物質を次の中から一つずつ選び, 記号で答えなさい。

a) タンパク質 b) DNA c) RNA d) 脂肪 e) グリコーゲン

問 3. 下線(ア)について, 嫌気的な条件下ではさらにピルビン酸はどのように代謝されるか。筋肉細胞と酵母菌での違いを60字以内で説明しなさい。

問 4. 表1と表2の測定結果を考察し, 最も上手に細胞分画できていると思われる学生を選んで解答欄に○を書き込みなさい。また, それ以外の学生による細胞分画の問題点を次の中からそれぞれ一つずつ選び, 記号で答えなさい。

- | | |
|----------------|-------------------|
| a) 分画ⅢとⅣの分離が悪い | e) 細胞小器官〔X〕が壊れている |
| b) 分画ⅣとⅤの分離が悪い | f) 細胞小器官〔Y〕が壊れている |
| c) 分画ⅡとⅣの分離が悪い | g) ペルオキシソームが壊れている |
| d) 分画ⅡとⅤの分離が悪い | |

〔2〕 アフリカツメガエルの発生に関する次の文を読んで、以下の問いに答えなさい。(26点)

受精卵は体細胞分裂をくりかえして細胞の数を増し、胚になる。発生の初期に見られる体細胞分裂を、特に〔 A 〕といい、分裂によって生じる細胞を〔 B 〕という。発生の初期は、〔 B 〕の数によってその発生の時期を2細胞期、4細胞期などという。さらに〔 A 〕が進み、細胞数が増加するにつれて、胚はクワの実状の〔 C 〕になる。この頃から胚の内部に空所を生じ、まもなく袋状の〔 D 〕になる。〔 D 〕内部の空所を〔 E 〕という。〔 D 〕までは細胞の分化はあまりみられない。端黄卵のアフリカツメガエルの〔 D 〕は、多層の細胞からできており、〔 E 〕は〔 F 〕極側にかたよっている。やがて〔 D 〕の表面の特定の部分にくぼみが生じ、そこから外側の細胞が内部に陥入して、内外二つの細胞層から構成される〔 G 〕になる。〔 G 〕の外側の細胞層を〔 H 〕、内層を〔 I 〕という。この時期には、細胞間に明らかな分化が生じる。陥入が進むにつれて生じる新たな空所を〔 J 〕といい、その入り口を〔 K 〕という。〔 J 〕形成にともなって〔 L 〕というもう一つの細胞群が、〔 H 〕と〔 I 〕との間に分化してくる。さまざまな組織、器官のすべてがこれら三つの細胞集団から発生する。

胚発生の細部は動物群によって異なる。例えば、ショウジョウバエとアフリカツメガエルを比較すると、前者では〔 K 〕の位置に成体の〔 M 〕ができるの^①に対して、後者では〔 K 〕の側に〔 N 〕が開き、〔 M 〕は〔 N 〕と反対側^②に開く。

実験1のように、アフリカツメガエルの〔 D 〕を破線の位置で切断して、a およびbの部位を取り出した。aのみを培養した場合、不整形の表皮に分化した。一方、aとbとを接着させて培養した場合、aから筋肉や脊索が分化した。このように、他の胚域の影響を受けて、ある胚域から〔 L 〕性の組織・器官が誘導されることを〔 L 〕誘導といい、これはすべての誘導現象のなかで最も初期に起こるもので、長年これを引き起こす物質の探索が続けられてきた。1990年に日本の浅島らの研究グループは、アクチビンというタンパク質がこの物質で

あることを発見した。1924年に発見された、形態形成において中心的役割を果たすオーガナイザーは、誘導された〔 L 〕の一領域であり、アクチピンはオーガナイザーの形成をも誘導していることから、「形づくりの最初の分子シグナル」ということができる。

問 1. 文中の〔 A 〕～〔 N 〕に適切な語句を記入しなさい。

問 2. 下線①および②の特徴をもつ動物をそれぞれ何とよぶか。また、下記の海洋生物のなかから①および②に属するものを選び、それぞれの組み合わせとして最も適切な記号をア～シの中から選んで記入しなさい。

動物名

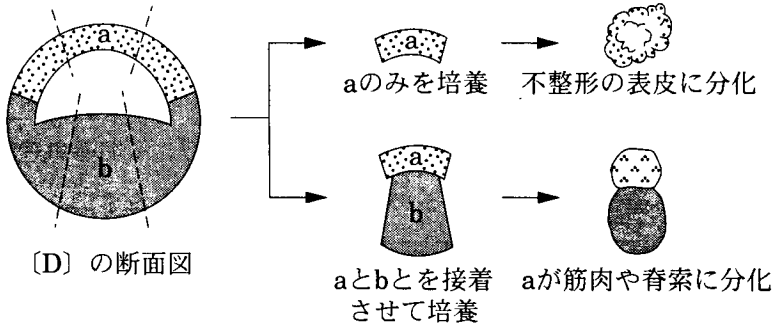
- A. ヒトデ B. アサリ C. オキアミ D. サンゴ E. ホヤ
F. ゴカイ G. カイメン H. イワシ I. イカ J. ウニ
K. ヒラムシ L. イソギンチャク M. ナメクジウオ

(注 ヒラムシ：プラナリアの仲間)

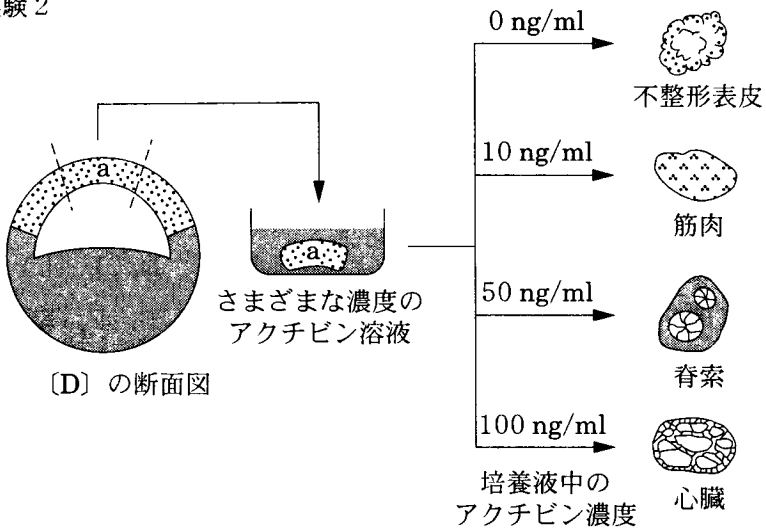
- | | |
|----------------------|----------------------|
| ア (A, C, E, F, H, J) | イ (A, C, H, I, J, M) |
| ウ (A, C, E, H, I, M) | エ (A, D, H, J, K) |
| オ (A, E, F, H, J) | カ (A, E, H, J, M) |
| キ (B, C, E, F, I, M) | ク (B, C, D, I, L) |
| ケ (B, C, F, I, K) | コ (B, D, E, F, K) |
| サ (B, D, F, G, M) | シ (B, D, I, K, L) |

問 3. 実験 2 において、アフリカツメガエルの〔 D 〕の a 域のみをさまざまな濃度のアクチピン溶液で培養を行った場合、100 ng/ml の溶液では心臓が、50 ng/ml の溶液では脊索が、また 10 ng/ml の溶液では筋肉がそれぞれ分化した。実験 1 および実験 2 の結果から、アフリカツメガエルの胚発生において、実際にはどのようなことが起こっていると考えられるか。アクチピン、誘導の二つの語句を必ず用いて、80 字以内で答えなさい。(注 $\text{ng} = 10^{-9}\text{g}$)

実験 1



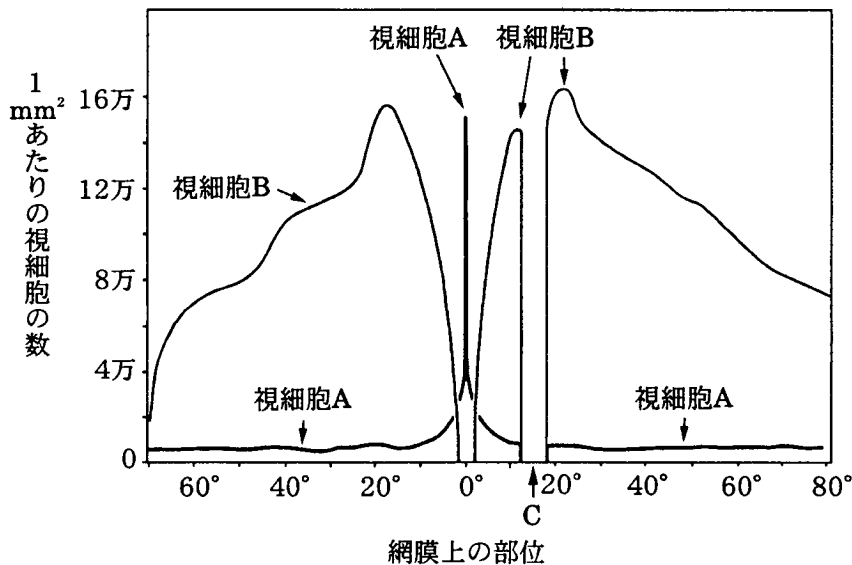
実験 2



[3] 網膜に関する次の文を読んで、以下の問いに答えなさい。(24点)

ヒトの網膜は、眼球の底にはられた厚さが約0.2 mmのうすい膜状の構造物である。網膜の縦断面を顕微鏡で観察すると、光を受容する視細胞と、視細胞が受容した光の情報を処理する神経細胞が区別される。

視細胞には形態の異なる2種類の細胞があるが、その分布密度は網膜の部位によって大きく異なる。図はヒトの眼球をある特定の面で切断した時の、切断面付近の視細胞の密度分布を示したものである。視細胞Aは網膜の中心部(この部位を0°とする)に密集し、その数は中心部から離れるにしたがって急激に減少する。一方、視細胞Bは中心部にはなく、約20°離れた部位に最も多く分布している。また、網膜の中心部から一方向へ約12~18°離れたところには視細胞のない部位Cがある。



問 1. 視細胞AとBはそれぞれ何とよばれるか。名称を解答欄に記入しなさい。
また、視細胞AとBの視覚における働きについて、それぞれ30字以内で解答欄に記述しなさい。

問 2. 視細胞の分布密度は、異なる2点を見分ける能力(視力)に関係する一つの要因である。いま、 0° 付近にある視細胞Aは一層で均一に分布していると仮定すると、この部位で隣り合った二つの視細胞の中心と中心との距離はおよそどれくらいか。最も適当な値を、次の中から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。ただし、 $1\mu\text{m}$ は $1/1000\text{mm}$ である。

(ア) $1\mu\text{m}$ (イ) $3\mu\text{m}$ (ウ) $5\mu\text{m}$ (エ) $7\mu\text{m}$ (オ) $9\mu\text{m}$

問 3. 部位Cの名称は何か。また、この部位の構造と機能について、50字以内で解答欄に記述しなさい。

問 4. 図の部位Cは、網膜の中心部のどちら側にあるか。次の中から最も適当なものを選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

(ア) 耳側 (イ) 鼻側 (ウ) ^{ひたい}額側 (エ) ^{ほお}頬側

〔4〕 エンドウ種子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。(23点)

エンドウ種子の形が丸く色が黄色い純系と、種子の形がしわで色が緑色の純系とを交雑したところ、雑種第1代(F_1)ではすべて丸くて黄色のものになった。雑種第2代(F_2)では丸・黄、丸・緑、しわ・黄、しわ・緑が9:3:3:1の割合で現れた。種子を丸くする遺伝子を R 、種子をしわにする遺伝子を r 、種子を黄色にする遺伝子を Y 、種子を緑色にする遺伝子を y とする。

種子を丸くする R 遺伝子はエンドウ種子におけるデンプン合成酵素の一つ(以下S酵素とする)の合成を支配していた。 R 遺伝子の塩基配列と種子をしわにする r 遺伝子との塩基配列を比較したところ、 r 遺伝子では R 遺伝子の内部に約800塩基の配列が取りこまれていた。取りこまれた塩基配列は R 遺伝子とは無関係の配列であった。 rr 遺伝子型の個体では、S酵素が合成されなくなったことによりデンプンの特性が変化した結果、しわ型の形質を示すことがわかった。

問 1. 以下のような形質を示す個体を交雑した場合、予想される F_1 種子の表現型とその遺伝子型をすべて書きなさい。表現型の場合は丸・黄等と、遺伝子型の場合は $RrYy$ 等と解答しなさい。交雑した個体は対立遺伝子に関してホモ接合体とは限らない。

(1) 丸・黄 と しわ・黄

(2) 丸・黄 と 丸・緑

問 2. 異なる形質を有する個体(P)どうしを交雑し、その F_1 を自家受精させたところ、 F_2 で丸・黄と丸・緑が 3 : 1 の割合で分離した。P の遺伝子型の考えられる組み合わせを書きなさい。P は対立遺伝子に関してホモ接合体であるとする。

問 3. 下線に示すような、遺伝子はそれぞれ特定の酵素の合成を支配するという仮説を何というか。

問 4. R 遺伝子, S 酵素, デンプンの語句を用いて、メンデルの優性の法則を 80 字以内で説明しなさい。

〔5〕 遺伝子の構造とヒトのゲノムに関する次の文を読んで、以下の問いに答えなさい。(26点)

親がもつ色々な形質を子に伝える遺伝子の本体は、核酸の一種であるDNAという物質である。核酸には、主に核内にあるDNAと核および細胞質の両方にあるRNAがあり、どちらも〔1〕、炭素原子を5個もつ〔2〕、アデニンやグアニン等の塩基とよばれる物質から成る〔3〕を構成単位としている。

DNAはA(アデニン)、G(グアニン)、C(シトシン)、T(チミン)という四つの塩基の文字列からできている。1953年にワトソン・クリックらにより、DNA分子は2本の鎖が互いに相補的な塩基の部分で結合して、直径2.0 nmの細いはしご状となり、3.4 nmで1回転し、その中に10個の塩基対が含まれる〔4〕構造を形成しているというモデルが提出された。このモデルは同時に、遺伝子がどのように複製されるのかという疑問に対して明確な予見を与えており、その後の分子生物学の発展に大きく貢献してきた。

生物をつくるのに必要な最小限の遺伝情報セットをゲノムとよぶ。ヒトの染色体は22対の〔5〕と2本の性染色体からなり、性染色体にはXとYの2種類がある。1990年に「ヒトゲノム解析計画」がスタートし、国際協力によって染色体ごとに解読を行う作業が進められた。英米日の研究グループによって最初に解読が終了した22番染色体は、半数体あたり全長5,000万塩基対におよんでいた。そこには少なくとも545個の遺伝子の存在が推定され、また、20数種類の疾患の原因と考えられる遺伝子が確認された。さらに、複数のヒトに由来する22番染色体の塩基配列情報を比較すると、全長にわたって、1塩基が置き換わるタイプの塩基配列の多型が合計11,118ヶ所あることがわかった。ヒトゲノムの塩基配列については、その概要版が2001年の2月になって論文発表されたが、その結果、それまで約10万個と推定されていたヒトの遺伝子数が、ショウジョウバエの遺伝子数の2倍強でしかないことが明らかとなった。ヒトゲノム解析計画は、2003年までの全塩基配列の解明を目指して研究が進められている。

(注 nm = 10^{-9} m)

問 1. 上の文章中の空欄〔 1 〕～〔 5 〕に最も適当な語句を解答欄に記入しなさい。

問 2. DNA と RNA の構成成分を比較すると、異なるものが二つある。それぞれに特徴的に含まれる物質名を対応させて解答欄に記入しなさい。

問 3. 下線部分に関連して、1 塩基多型を解析することは、今後の医療にとって極めて有用であると考えられている。どのような理由で医療などに役に立つと考えられるか、100 字以内で記述しなさい。

問 4. ヒトの体細胞(2 倍体)の DNA がおよそ 7.0×10^9 個の塩基対をもつとすると、1 染色体あたりの平均の長さはほぼ何 cm となるか。小数第 1 位まで求めなさい。

問 5. 第 22 番染色体の遺伝子数に関する記述をもとに、すべての染色体がほぼ同様な遺伝子分布をしていると仮定して、ヒトのゲノム中に含まれる遺伝子数を算定した。下記の中からもっとも近い遺伝子数を選んで、解答欄に該当するものの記号を記入しなさい。

(ア) 1 万 (イ) 2 万 (ウ) 4 万 (エ) 6 万 (オ) 8 万