

生物学 (90分)

[注意事項]

1. 監督者の指示があるまで、この問題用紙と解答用紙を開いてはいけません。
2. 問題は6ページからなっています。また、解答用紙は3枚、下書き用紙は1枚あります。監督者から解答開始の合図があったら、問題用紙、解答用紙、下書き用紙を確認し、落丁・乱丁および印刷の不鮮明な箇所などがあれば、手をあげて監督者に知らせなさい。
3. 解答用紙には、受験番号を記入する欄がそれぞれ2箇所ずつあります。監督者の指示に従って、すべての解答用紙（合計3枚）の受験番号欄（合計6箇所）に受験番号を必ず記入しなさい。
4. この問題用紙の白紙と余白は、適宜下書きに使用してよろしい。
5. 解答は、必ず解答用紙の指定された場所（問題番号や設問の番号・記号などが対応する解答欄の中）に記入しなさい。なお、指定された場所以外や裏面への解答は採点対象外です。また、解答や受験番号が判読不能の場合にも、採点対象外になります。
6. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
7. この問題用紙と下書き用紙は持ち帰りなさい。

I

次の文章を読み、以下の問に答えなさい。

(配点率35%)

生体内ではタンパク質や核酸などのさまざまな分子が働いている。このような分子は、細胞内に保存されている遺伝情報に基づいて作られる。生物体の遺伝的な組成のことを遺伝子型とよぶ。これに対し、表現型は身長や髪の毛の色などのような個体(個人)の観察可能な形質や行動様式などを表す。表現型は、遺伝子と環境との相互作用によって生み出される。双生児の研究は、表現型に対する遺伝子型の影響と環境の影響とを区別するのに役立つ。

問1. ヒトゲノムサイズ(総塩基対数)として適切なものを次の(A)～(D)の中から1つ選び、記号で答えなさい。

- (A) 約12 Mb (B) 約100 Mb (C) 約3,000 Mb (D) 約149,000 Mb

問2. 一卵性双生児と二卵性双生児の遺伝的特徴の違いを答えなさい。

問3. DNAの配列変化をとまなわず、染色体の変化によって安定的に受け継がれる遺伝子発現制御をエピジェネティック制御と呼ぶ。次の(A)～(E)の説明文の中から、エピジェネティック制御について適切に述べているものを全て選び、記号で答えなさい。

- (A) 動物細胞にのみ起こり、植物細胞では起こらない。
(B) 例として、ゲノムインプリンティングや体細胞リプログラミングが知られている。
(C) 同じ細胞系列の遺伝子発現プロファイルは、細胞分裂を経ても維持される。
(D) DNAはメチル化修飾を受けるが、ヒストンはメチル化修飾を受けない。
(E) 細胞周囲の環境因子の影響を受けない。

多くの生物では、性別による不均等な遺伝子の発現量を等しくする機構が進化している。哺乳動物は XX-XY 型の性決定様式をもち、多くの場合、雌は初期胚において X 染色体の片方がランダムに不活性化される。体細胞では、X 染色体の不活性化状態は、親細胞から娘細胞に継承される。

問4. ヒト体細胞の染色体数を次の (A) ~ (E) から1つ選び、記号で答えなさい。

(A) 20 (B) 23 (C) 32 (D) 40 (E) 46

問5. 雌雄間で遺伝子の発現量を等しくするための機構の名称を答えなさい。

問6. X 染色体の不活性化に必要な長鎖ノンコーディング RNA の名称を答えなさい。

問7. X 染色体の不活性化の例として、雌ネコの毛色のパターン「三毛 (橙、黒、白のパッチ)」がよく知られている。ネコの X 染色体には、毛色に影響を与える 2 つのアレル (O と o) が存在し、それぞれ橙と黒の毛色を生じる。橙のアレルをもつ X 染色体が不活性化された毛根細胞から生じる毛色は黒である。また、黒のアレルをもつ X 染色体が不活性化された毛根細胞から生じる毛色は橙である。通常、雄は X 染色体を 1 本しか持たないため、橙あるいは黒のアレルのどちらか 1 つをもつ。一方、白いパッチは常染色体の顕性変異 (S) によってもたらされる。三毛猫の雌 ($Oo Ss$) と黒猫の雄 ($o ss$) を交配した時、生まれてくる子猫に現れる可能性のある毛色を、雌雄のそれぞれについて、次の (A) ~ (G) からすべて選び、記号で答えなさい。なお、生まれてくる子猫の雄の性染色体構成は XY、雌の性染色体構成は XX とする。

(A) 橙 (B) 黒 (C) 白 (D) 橙黒
(E) 橙白 (F) 黒白 (G) 橙黒白

問8. 三毛猫の雌 (母猫とする) から採取した体細胞の核を、別個体から採取した除核卵子に移植してクローン猫を作出した。この時、クローン猫は母猫と比較してどのような毛色のパターンになるか、理由を含めて答えなさい。

II

次の文章を読み、以下の問に答えなさい。

(配点率 30%)

酵母のアルコール発酵によって、ぶどう果汁中の糖分がエタノールと(ア)に分解されることでワインが作られる。ビール製造の場合も、麦のデンプンを糖化した麦汁に酵母を加えてアルコール発酵を開始する。一方、日本酒の製造は、(イ)による米デンプンの糖化と酵母によるアルコール発酵が並行して行われる。そのため、日本酒の発酵様式は(ウ)と呼ばれる。

アルコール発酵の最初のステップは、解糖系によって生じたピルビン酸をピルビン酸脱炭酸酵素の働きによって(ア)と(エ)を得る反応である。この際生じる(ア)は、パン生地を膨らますことにも利用される。次に、(エ)がアルコール脱水素酵素の働きによってエタノールへと変わるが、その際に補酵素である(オ)が酸化され(カ)になる。(カ)は解糖系で(キ)を1,3-ビスホスホグリセリン酸へと変換する際に使われるため、解糖系で消費した(カ)を供給するという役割もアルコール発酵は担っている。一方、乳酸菌による乳酸発酵や筋肉中では、乳酸脱水素酵素の働きによってピルビン酸を乳酸へと変換する際に、(オ)が(カ)へと酸化される。

フランスのルイ・パスツールは、酸素によるアルコール発酵の阻害効果(パスツール効果)を見出した。これは、好氣的条件下でピルビン酸がアセチル CoA へと変換され、(ク)回路や(ケ)系を経て多くの ATP を産生する細胞呼吸を行うためだと考えられている。パスツールはワインの品質保持や劣化防止についても研究を行い、低温殺菌法のパスチャライゼーションを提唱した。一方、日本ではパスチャライゼーションの提唱よりも 300 年以上前に、日本酒をお湯で加熱・殺菌処理する(コ)という手法がすでに実用化されていた。

問 1. (ア)～(コ)にあてはまる語句を答えなさい。

問 2. ピルビン酸とエタノールの構造式をそれぞれ書きなさい。

問 3. 酵母が持つリボソームの小サブユニット、大サブユニット、および小サブユニットと大サブユニットが会合してできるモノソームのサイズを沈降係数(S)で答えなさい。

問 4. mRNA、tRNA、rRNA の中で、酵母細胞内にもっとも多く存在するものはどれか答えなさい。

III

次の文章を読み、以下の問に答えなさい。

(配点率35%)

生殖には、大きく分けて無性生殖と有性生殖がある。有性生殖は、多くの動物で見られる生殖方法であり、両親に由来する生殖細胞(卵と精子、配偶子)が特異的な細胞間認識を介して合体(接合)することで、それぞれの遺伝物質を1つの核に含む1個の細胞(受精卵、接合子)を作る。受精卵は卵割と呼ばれる体細胞分裂を繰り返すことで初期の発生が進む。

問1. 無性生殖によって新たに生じた2細胞または2個体間の遺伝情報を比較したとき、有性生殖の場合とはどのような違いが見られるか説明しなさい。

問2. 遺伝子型 Aa の個体が、卵を形成する過程で生じた第一極体の遺伝子型は A であった。次にあげる細胞の遺伝子型を答えなさい。

- (ア) 始原生殖細胞 (イ) 一次卵母細胞 (ウ) 二次卵母細胞
(エ) 第二極体 (オ) 卵

問3. 脊椎動物において精原細胞からの精子形成過程で生じる細胞分裂の特徴について説明しなさい。

問4. ある生物は、常染色体が3対6本、性染色体は XO 型で構成されている。減数分裂時にすべての常染色体において乗換えが、(1) 起こらなかった場合、(2) 1回ずつ起きた場合、それぞれの場合において生じる精子の遺伝情報の組合せが何通りか答えなさい。なお、解答欄には計算式とその理由も記入すること。

問5. 次の文中(ア)～(カ)にあてはまる語句を答えなさい。

卵黄の量と分布の違いは卵割に対して影響する。ウニでは卵黄が少なく一様に分布している等黄卵なので、8細胞期まで(ア)割が行なわれる。カエルでは、(イ)極側に卵黄が多く分布している端黄卵なので、8細胞期以降、(ウ)割が行なわれる。ニワトリは卵黄が極めて多く(エ)極側周辺以外に分布しているので、(オ)割を行なう。ショウジョウバエは、中心部に多くの卵黄が分布している心黄卵であり、(カ)割を行なう。

問 6. 卵割が通常の体細胞分裂と異なっている点を1つ答えなさい。

問 7. カエルやキイロショウジョウバエでは、卵割の早い時期に各細胞の発生運命は決定されるが、細胞ごとの固有の遺伝子発現（分化）はそれよりも遅れて開始される。このように、分化の前に発生運命が決定されるのは、どのようなメカニズムによるものか説明しなさい。