

生 物 (問題用紙 1)

< 問題用紙は4枚ある >

< 漢字の生物用語は、原則として正しい漢字を用いて解答すること。 >

I. 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

遺伝形質を決定する因子である遺伝子の本体はDNAである。真核生物の核内の二本鎖DNAは、**ア**と呼ばれるタンパク質に巻きつき折りたたまれて **イ** を形成し、それが①「糸に通したビーズ状」に連なった構造である **ウ** を形成する。**ウ** はさらに折りたたまれ **エ** を形成している。

遺伝子本体であるDNAと遺伝子発現に関わるRNAを、あわせて核酸と呼ぶが、核酸は **オ** が多数鎖状に結合してできた生体高分子である。**オ** は糖と塩基が結合してできる **カ** に **キ** が結合したものである。DNAを構成する糖は **ク** で、RNAを構成する糖は **ケ** である。

二本の **オ** 鎖が、内側に突出した相補的な塩基間で **コ** を介して結合することにより、二本鎖DNAが形成される。この際、AとTの塩基対は **サ** か所で、GとCは **シ** か所で **コ** を形成する。DNAは物理的的刺激に対して比較的安定であるが、②二本鎖DNAを高温あるいはアルカリで処理すると、変性により一本鎖DNAとなる。

1個の受精卵から形作られる多細胞生物のほとんど全ての細胞は、同一のゲノムを保持しているにもかかわらず、それぞれ固有の構造と機能を有している。これは、主として細胞特異的な遺伝子発現パターンが巧妙に制御されていることによる。遺伝子発現は、それぞれの遺伝子が有する調節DNA領域とその **ス** を認識して結合する転写調節因子により制御されている。DNAを鋳型として、核内で合成された真核生物のmRNA前駆体には、タンパク質をコードする **セ** とタンパク質をコードしない **ソ** が混在しているが、その修飾過程で **ソ** が取り除かれ、**セ** がつなぎ合わされて、完成したmRNAができる。

問 1. 文章中の **ア** ~ **ソ** に入る最も適切な語句または数字を、解答欄に記入せよ。

問 2. 下線部①で、一つのビーズに相当する **イ** は直径 10 nm (ナノメートル) で、147 bp (塩基対) のDNAと **ア** から構成される。DNAを **ア** に巻きつけることにより、ビーズの直径に対するDNAの長さの比はいくつになるか。ただし、DNA二重らせんの長さは、0.34 nm/bpとする。

問 3. 下線部②の変性条件は、塩基配列により異なる。以下の a) ~ c) の塩基配列を持つ18塩基対の二本鎖DNAを含む溶液の温度を徐々に上昇させると、これらの二本鎖DNAはどの順番で変性するか。解答欄に、変性が早い順に左から記号を並べよ。

- a) 5'-AGAGTCTTCTTAGCAGTA-3'
3'-TCTCAGAAGAATCGTCAT-5'
- b) 5'-TTTAGTCTTAAACAGTAAT-3'
3'-AAATCAGAATTGTCATTA-5'
- c) 5'-CGAGTCGTACGGCAGCA-3'
3'-GCTCAGCAGTGCCGTCGT-5'

問 4. ヒトゲノムには約25,000個の遺伝子が存在しているが、ヒトの体内で実際に作られるタンパク質は10万種類以上である。その理由を、下線部③のmRNAの修飾過程を踏まえ、40字以内で説明せよ。

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 2)

II. ヒトの肝臓や腎臓に関する次の文章を読んで、下の問いに答えよ。

肝臓や腎臓は体内環境を調節し、体液の成分を維持するのに主要な役割を果たしている。① 肝臓へ供給される血液は、肝動脈から1/3、胃・腸管・脾臓や、不要な血球を処理する役割を有する [ア] からの血液が集まる [イ] から2/3の割合となっている。肝小葉の間の組織に、肝動脈と [イ] 及び [ウ] が並走している。肝臓は、多くの物質の生成・貯蔵・分解を担うことにより、体内ホメオスタシスに寄与する。肝機能が著しく障害される疾患では、糖代謝に異常がみられる。これは、肝臓がグリコーゲンの貯蔵や糖新生に関わることにより、 [エ] の調節に重要な働きをするためである。肝臓はまた、② 血管内に水分を引きつけることに寄与する [オ] や、③ 血液凝固に関連するフィブリンノーゲンなど、多くのタンパク質を合成する。さらに、④ 赤血球の主要成分であるヘモグロビンから生成される [カ] は肝臓に運ばれ、胆汁として排泄される。その他、肝臓は薬物や有害物質の代謝にも重要である。

一方、腎臓は血液から不要な物質を排泄し、血液の成分を調節することにより、体内環境の維持に必須の役割を果たしている。腎小体は、腎臓に特異的な毛細血管である [キ] とそれを包み込む [ク] から構成される。血液は、 [キ] でのろ過され、原尿ができる。 [キ] の機能が著しく低下する [ケ] と呼ばれる状態では、人工透析が必要となることがある。

⑤ 原尿は細尿管に送られ、再吸収と排出が行われて、血液中の水分量や、グルコース・アミノ酸・無機塩類の体液濃度が一定に保たれる。生成された尿は、ぼうこうに貯められ、排尿される。この時、 [コ] を神経伝達物質とする副交感神経が排尿を促進する。

問 1. 文章中の [ア] ~ [コ] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. 下線部①について、全身の血液配分に対する肝臓への血液供給量の割合は、運動時にはどうなるか。

問 3. グルコース利用に関わる解糖系の最終産物で、細胞質基質からミトコンドリアに運ばれる物質は何か。

問 4. 解糖系では、グルコース1分子に対して、正味何分子のATPが生成されるか。

問 5. 下線部②で、血管内に水分を引きつける駆動力になっている力は何か。

問 6. 細胞を低張液に入れた場合、細胞の体積はどうなるか。

問 7. 下線部③について、血液凝固反応に関連した右の流れの A ~ C に入る最も適切な物質名を、解答欄に記入せよ。

問 8. 血液凝固反応に必要なイオンは何か。

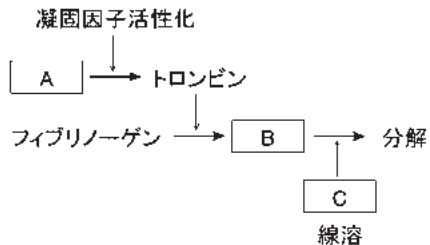
問 9. 線溶の目的は何か。40字以内で答えよ。

問 10. 下線部④について、ヘモグロビンでは、一つのポリペプチドから酸素が離れると、他のポリペプチドからも酸素が離れやすくなるが知られている。この要因は何か。

問 11. 下線部⑤について、次の物質のうち、細尿管での再吸収がほとんど起こらないもの一つを選び、記号で答えよ。

- a. 尿酸 b. ナトリウムイオン c. カリウムイオン d. カルシウムイオン e. クレアチニン

問 12. 集合管で水の再吸収を促進するホルモンで、脳内で産生されるものは何か。また、このホルモンが集合管で増加させる水チャネルは何か。



(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 3)

III.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

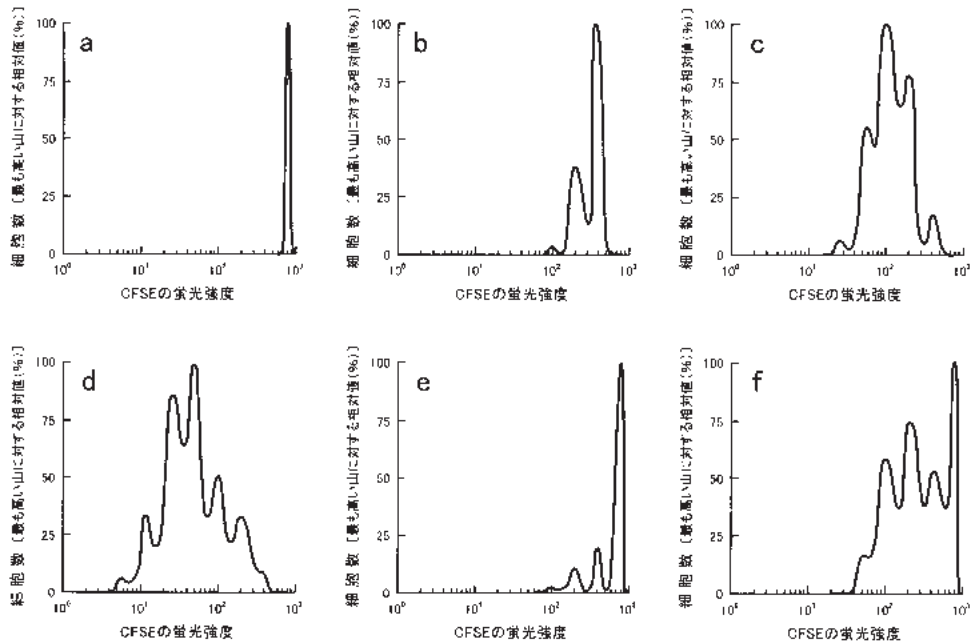
体内に侵入した異物の構造をこれに特異的な受容体によって認識し、その異物の排除後も同じ受容体を持った細胞が長く留まって、二度目の侵入に対してより速くより強い反応を起こすことにより、速やかに異物の排除を行うのが「ア」免疫反応である。ワクチンによって感染症の発症を予防できるのは、「ア」免疫反応が存在するからである。「ア」免疫反応を担うのは、「イ」と「ウ」と呼ばれる2種類の「コ」である。「ウ」の産生する抗体分子が、異物の表面に直接結合し、これを無毒化したり、マクロファージなどの「オ」細胞によって認識されやすくなりするのに対し、「イ」の持つ受容体である「カ」は、異物の構造を直接認識することはない。ウイルスに感染した細胞では、細胞内でウイルスの遺伝子産物である非自己のタンパク質が合成される。非自己タンパク質が分解されて生じた断片は、「キ」に結合して細胞表面に運ばれ、「カ」が「キ」と非自己タンパク質の断片の結合したものを認識することで、「イ」は活性化し、感染細胞を破壊する。一つの「イ」は、ただ一組の「キ」とタンパク質断片の結合物を認識する「カ」を細胞表面に出しており、体内に多数の「イ」が存在することにより、全体として侵入してくるような異物に対しても、どれかの「イ」が反応できるようになっている。ハツカネズミでは、自己の「キ」に結合したある特定の異物タンパク質断片を認識できる「イ」の割合は、およそ100万個に1個と見積もられている。このため、ある異物が初めて体内に侵入した時、これを認識した「イ」の反応を検出することは容易ではない。

特定の異物タンパク質断片を認識する「カ」の遺伝子を受精卵に導入することにより、体内の全ての「イ」が同一の異物構造に反応するようにしたハツカネズミがある。このハツカネズミの「イ」を集め、CFSEと呼ばれる色素分子を取り込ませた。無色のCFSEは細胞膜を通過して細胞内に取り込まれるが、細胞質の酵素によって分解され、強い緑色の蛍光を発するようになる。また、CFSEは安定な物質で、しかも細胞質のタンパク質と強く結合するため、いったん細胞内に取り込まれて蛍光を発するようになると、細胞分裂が起こっても細胞質分裂に際し娘細胞に均等に分配されていく。

問1. 文章中の「ア」～「キ」に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問2. 下線部の細胞は何と呼ばれるか。

問3. ニワトリの卵白アルブミンタンパク質に特異的な「カ」の遺伝子を導入したハツカネズミから、「イ」だけを集めてCFSEを取り込ませ、取り込まれなかったCFSEを洗い流した後、直ちに蛍光セルソーターで解析したところ、下の図aのような結果が得られた。横軸はCFSEの蛍光強度、縦軸は特定の蛍光強度を示す細胞の数を表す。こうしてCFSEを取り込ませた卵白アルブミン特異的「イ」集団に、卵白アルブミンタンパク質を加えて3日間培養した。培養後の蛍光セルソーター解析結果はどのようになるか。図a～dより一つ選べ。



(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 4)

(Ⅲ. の続き)

問 4. 問3のようにCFSEを取り込ませた、卵白アルブミン特異的 を持つ に、同じハツカネズミの脾臓から集めた樹状細胞やマクロファージを加え、卵白アルブミンを入れて3日間培養した。培養後の蛍光セルソーター解析結果は、c のようであった。培養2日目と4日目の蛍光セルソーター解析結果はどのようであると考えられるか。図の a ~ d より一つずつ選べ。

問 5. 卵白アルブミン特異的な を持つ を卵白アルブミンと共に培養した時の反応に、問3と問4の間で違いが見られるのはなぜか。25字以内で答えよ。

問 6. 卵白アルブミンに特異的な を導入したハツカネズミの を集めて、CFSEを取り込ませた。一方で、同じハツカネズミから脾臓の樹状細胞を集め、一定濃度の卵白アルブミンを加えて1時間培養した後、よく洗って細胞の外にある卵白アルブミンを取り除いた。CFSEを取り込ませた卵白アルブミン特異的 10万個と、卵白アルブミンと培養した樹状細胞3万個を混ぜ合わせて3日間培養し、蛍光セルソーターで解析した。樹状細胞の培養時に加える卵白アルブミンの濃度が1 mlあたり0.01 μg (1 μg は、100万分の1グラム)の場合と、0.1 μg の場合で、解析結果はそれぞれ図の e と f のようであった。

e でも f でも、a と同じ蛍光強度の山が最も高いことから何が言えるか。50字以内で答えよ。

問 7. e と f とで、CFSEの蛍光強度が 8×10^3 よりも小さい山の数や高さが異なることから何が言えるか。60字以内で答えよ。

(以上)