

生 物

1 次の文章を読んで各問いに答えよ。(25点)

1952年、遺伝子の本体がDNAであることを証明する決定的な実験を行ったのは、コールド・スプリング・ハーバー研究所(米国)のアルフレッド・ハーシェイとマーサ・チェイスである。彼らは、細菌を宿主として菌体内でのみ自己複製するウイルスであるバクテリオファージ(以下、ファージ)を実験材料に用いた。ファージはDNAとタンパク質からできているのでそのどちらかが遺伝子の本体にちがいないと考えた彼らは、大腸菌に感染するT2ファージのDNAを同位元素 1 で、タンパク質を別の同位元素 2 でそれぞれ標識し、大腸菌に感染させた。ファージが感染する時には、まず細菌の外側に付着して、菌体内に「遺伝物質」を注入することは知られていた。そこでハーシェイとチェイスは感染後2、3分という短時間の後に大腸菌をミキサーで攪拌することにより、菌体表面に付着した「遺伝物質」放出後のファージを引きはがし、大腸菌のみを遠心分離によって回収した。この時大腸菌に注入されている物質こそ、遺伝子の本体に違いない。はたして菌体からは同位元素で標識されたタンパク質は検出されず、標識されたDNAが検出されたのであった。

この翌年の1953年、ケンブリッジ大学(英国)のジェームズ・ワトソンとフランシス・クリックはDNAの 3 モデルを提唱し、DNAの立体構造とその遺伝子としての機能をみごとに結びつけてみせた。このときから分子生物学者たちは、DNAに書かれているはずの「遺伝暗号」を解読するという新たな難事業にいどみ始めた。DNAの「遺伝暗号」を写し取った伝令RNA(mRNA)は、4種類の塩基で、タンパク質を構成する約20種類のアミノ酸を指定しなければならない。そのためには少なくとも3つの塩基が1組となって1種類のアミノ酸を指定する必要がある。この塩基の1組をコドンという。1961年国立衛生研究所(米国)のマーシャル・ニーレンバーグらは、塩基としてウラシル(U)だけを持つmRNA、ポリU(UUUUUU…)を人工合成し、これを大腸菌の細胞抽出液に加えることにより、試験管内でタンパク質を合成させた。その結果、フェニルアラニンだけが連なったポリペプチド(ポリフェニルアラニン)が合成されることを発見した。つまり、UUUはフェニルアラニンを指定するコドンであった。ニーレンバーグをはじめとする研究者たちはさまざまな種類の人工合成mRNAを用いて分析を続け、1つ目のコドンUUUの解読から5年経った1966年、ついに64種類あるコドンの完全解読を達成した。

問1 下線部(a)について、ファージのDNAとタンパク質とを区別できるように標識するためには、それぞれどのような同位元素で標識すべきか。空欄1、2に最も適切だと思われる同位元素を下記のア～カの中から選び、その記号を記入せよ。

ア. ^3H イ. ^{14}C ウ. ^{15}N エ. ^{18}O オ. ^{32}P カ. ^{35}S

問2 下線部(b)について、ハーシェイとチェイスはなぜ感染後、短い時間のうちに実験を先に進めたのか。2人は下線部(c)のような仮説をもっていたことを考えて、70字以内で説明せよ。

問3 空欄3に最も適切な語句を記入せよ。

問4 下線部(d)について、コドンGUGに対応するアミノ酸を同定する実験法に関して次の問いに答えよ。ただし、GUG、GGU、UGG、UGUに対応するアミノ酸(仮にw, x, y, zと表記する)が互いに異なることはわかっているものとする。

(1) 大腸菌の細胞抽出液にポリGU(GUGUGU…)を加えると、どのようなポリペプチドが生成するか。同様に、ポリGGU(GGUGGU…)を加えると、どのようなポリペプチドが生成するか。それぞれの場合についてw, x, y, zを用いて記入せよ。ただし、生成するポリペプチドはそれぞれ1種類とは限らないので、考えられる全種類を記入すること(解答記入例: wxywxy…とxyzxyz…)。

(2) コドンGUGに対応するアミノ酸は、(1)の2つの実験結果からどのように推論すればよいか。50字以内で説明せよ。

2 ヒトの腎臓に関する次の文章A, Bを読んで各問いに答えよ。(14点)

A ヒトの腎臓は、血液中の水や塩類の排出量を調節することにより血液の浸透圧をほぼ一定に維持する。腎小体の に流れ込んだ血液のうち、タンパク質以外の血しょう成分は血圧によりボーマン囊^{のう}に押し出され、原尿になる。原尿が を通るときに、水、糖、無機塩類などは再吸収されて血液にもどり、残りが尿になる。血液の浸透圧の調節は、原尿中の水や塩類などを再吸収する量の増減によって行われる。

体液中の水分が減少すると、間脳の視床下部にある中枢(浸透圧受容体の機能をもつ)が働き、 からの の分泌を促進する。このホルモンは、 の上皮細胞の水の透過性を増し、周囲の毛細血管への水の再吸収を促進する。その結果、濃い尿を少量排出するようになり、体内の水の減少を防ぐ。

一方水分をとりすぎると、 の分泌が抑制され、水の排出量が増す。同時に から鉱質コルチコイドというホルモンが分泌され、 での イオンの吸収を促進し、血液の浸透圧を高める。このように浸透圧もフィードバックにより調節されている。

ホルモンはこのように特定の細胞に作用するが、この特定の細胞は と呼ばれ、細胞表面あるいは細胞内にこのホルモンに対する をもっている。

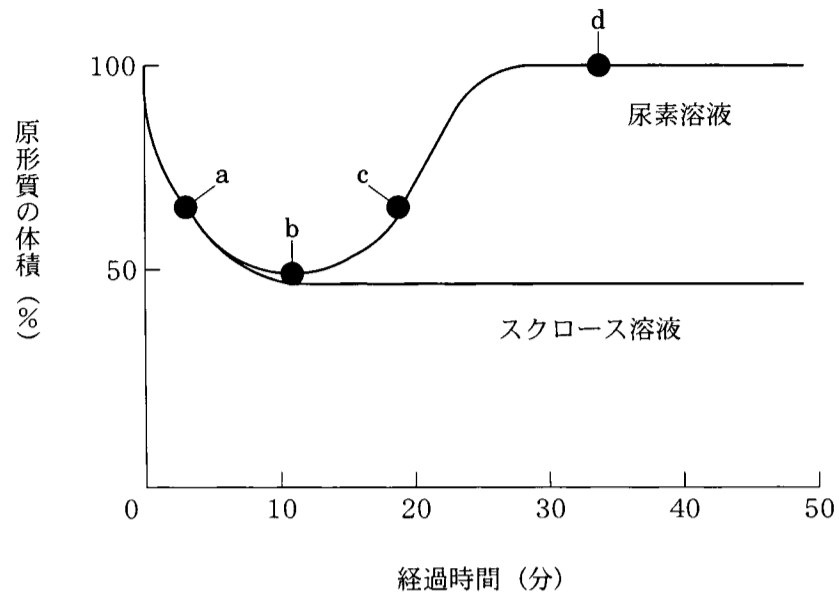
B 多糖類の1種イヌリンはヒトの体内では利用されない。イヌリンを静脈注射すると、血液中のイヌリンはボーマン囊^{のう}へろ過され、再吸収されずに直ちに尿中に排出される。このとき原尿中のイヌリン濃度は1,000 mg/lであったが、尿中のイヌリン濃度は120,000 mg/lと濃縮されていた。一方ナトリウムイオン濃度は原尿中および尿中でともに3,400 mg/lであり差がなかった。

問1 上の文章A中の空欄1～8に最も適切だと思われる語句を記入せよ。

問2 上の文章Bで、尿が作られる過程で原尿中の水のうち何%が再吸収されたと考えられるか、四捨五入して小数点以下第1位まで求めよ。

問3 上の文章Bで、原尿中と尿中とでナトリウムイオン濃度が変わらないのはなぜか、考えられる理由を記せ。

- 3 スクロース(ショ糖)溶液と尿素溶液を用意し、それぞれの溶液にアオミドロを入れたところ、原形質の体積が図のように変化した。次の問いに答えよ。(11点)



図

- 問 1 スクロース溶液中と尿素溶液中とでアオミドロの原形質の体積変化のしかたが異なるのは、スクロースと尿素のどのような性質の違いによると考えられるか。
- 問 2 尿素溶液に入れたアオミドロにおいて、細胞内外の尿素濃度がほぼ等しくなるのは a～d のどの時点か、記号で答えよ。
- 問 3 尿素溶液に入れたアオミドロでは、a 点および c 点において細胞膜を透過する物質の出入りはどうなっているか。原形質と外液との浸透圧の差を考慮して、それぞれ 50 字以内で説明せよ。