

# 記述問題（生物）

問1 以下の文章を読み、1～7に答えよ。

ヒトの生命維持においてグルコースは重要なエネルギー物質であることから、血液中のグルコース濃度は精緻に調節されている。グルコースの貯蔵部位である肝臓でのグルコースからのグリコーゲン合成やグリコーゲン分解によるグルコース生成は、内分泌系や神経系によって調節され、必要な血液中のグルコース濃度は維持されている。

血液中のグルコースは、細胞に取り込まれた後、図1のように代謝経路Ⅰによりピルビン酸に変換され、代謝経路Ⅱと代謝経路Ⅲの働きによって最終的に二酸化炭素にまで酸化される。酸素が少ない状況下では、ピルビン酸は酵素反応Ⅳによって乳酸に変換される。これら一連の代謝経路における代謝中間体の酸化反応において、細胞が利用可能なエネルギーが取り出される。

代謝経路の多くは多段階反応であり、各反応は酵素を触媒として進行する。代謝経路は最終生成物の量に応じて調節段階の酵素活性が調節され、代謝経路上の物質の流れが一定に維持される。

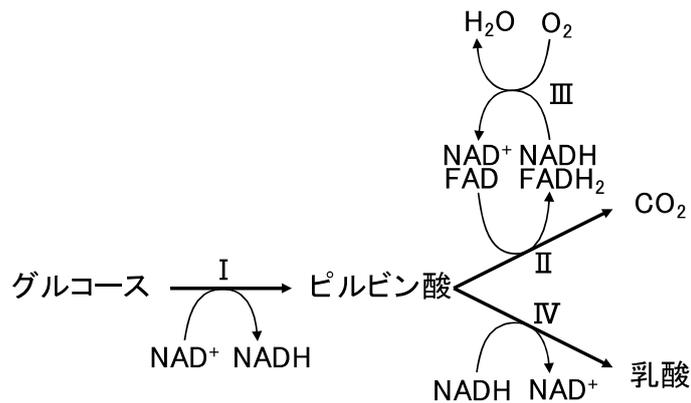
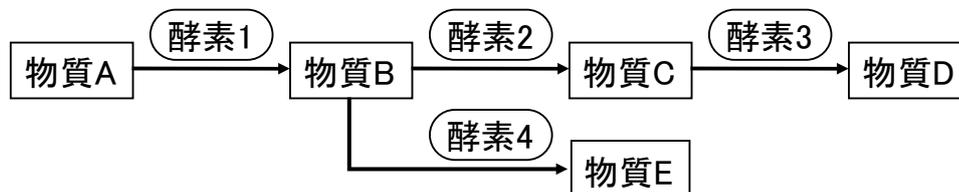


図1 グルコースの代謝過程

1. 図1の代謝経路Ⅰ～Ⅲの名称を記せ。
2. 代謝経路によって取り出される細胞がエネルギーとして利用可能な物質の名称を答えよ。
3. 図1の代謝経路Ⅰ～Ⅲ，および酵素反応Ⅳのうち，2の物質を生じるものをすべて選び，Ⅰ～Ⅳの記号で答えよ。
4. 酵素が少ない状況下で代謝経路Ⅰと酵素反応Ⅳが連続して起こる利点を述べよ。
5. 内分泌系による肝臓におけるグリコーゲン合成あるいはグリコーゲン分解の調節について説明せよ。
6. 代謝経路が多段階反応となっている利点について述べよ。
7. 図2の分岐した代謝経路Aおよび代謝経路Kのそれぞれの場合について，どの一つの酵素を調節すれば代謝経路全体を調節する上で都合が良いか答えよ。またその理由についても述べよ。

#### 代謝経路A



#### 代謝経路K

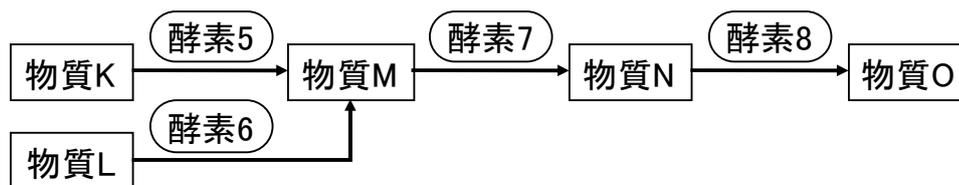


図2 分岐した代謝経路の例

問2 以下の文章を読み，1～6に答えよ。

免疫とは，体内に侵入した非自己成分を自己成分と区別して認識し，これを排除して体内環境を維持する仕組みである。非自己成分のみを攻撃し，自己成分を攻撃しない機構は，厳密に維持されており，これが破綻すると重篤な疾病を発症する。

免疫担当細胞の一つであるB細胞がつくる抗体は，免疫グロブリンと総称されるタンパク質であり，体内に侵入した異物を抗原として認識し，結合して不活性化したり排除したりする役割を持つ。免疫グロブリンは，図1のようにH鎖とL鎖の各々2種類のポリペプチド鎖が結合してY字型となっている。その先端部分は，抗体ごとにアミノ酸配列が異なる可変部と呼ばれ，可変部の構造と合致する抗原と特異的に結合する。可変部以外の部分は定常部と呼ばれる。

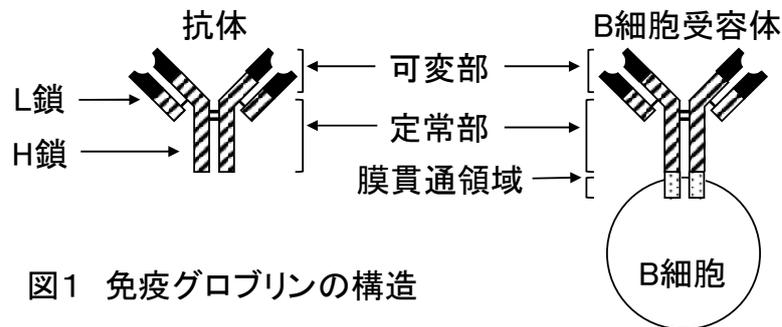


図1 免疫グロブリンの構造

免疫グロブリン遺伝子の可変部は，成熟したB細胞以外ではH鎖は三つ，L鎖は二つの部品に分割され，かつ各々の部品について塩基配列が多少異なる多数のDNA断片が並べられた状態で存在する。①B細胞が成熟していく過程で各部品群から一つずつDNA断片が選択されて連結され，再編成された可変部が完成する。このDNAの再編成の過程では，DNA断片の選択の組み合わせによる多様性だけでなく，DNA断片の連結部位への塩基の挿入や欠失によっても多様性がつくりだされる。②DNA断片の組み合わせや断片の連結部位への塩基の挿入や欠失はランダムであるため，免疫の仕組みにおいて正常に機能する免疫グロブリン遺伝子を獲得したB細胞のみ選択されて成熟を完了する。これら機構によって，抗原への結合性の異なる免疫グロブリンをつくるB細胞が数億種類，常に用意されている。

免疫グロブリンは，細胞外に分泌される抗体の他に，図1のように膜貫通領域が追加された形で免疫グロブリン遺伝子から作られ，B細胞表面において異物に結合してB細胞を活性化させるB細胞受容体として働く。

1. 免疫グロブリンは4本のポリペプチド鎖が、システイン残基の側鎖間の共有結合によって結合している。この結合の名称を答えよ。
2. 免疫グロブリンはB細胞のみからつくられるが、この仕組みについて以下の語句をすべて使って説明せよ。  
[基本転写因子, 調節タンパク質, 転写調節配列, プロモーター, RNAポリメラーゼ]
3. 下線部①について、この機構を用いて多様な免疫グロブリン遺伝子をつくる利点、そして、多様な免疫グロブリンがつくられることの利点を挙げよ。
4. 下線部②について、正常に機能しない免疫グロブリン遺伝子とはどのようなものか答えよ。
5. 抗体とB細胞受容体は、同一の免疫グロブリン遺伝子からつくられる。抗体とB細胞受容体のそれぞれのH鎖のmRNAが図2のような構造だと仮定した場合、鋳型となる免疫グロブリン遺伝子のエクソンとイントロンの予想される構造と、抗体とB細胞受容体のmRNAの生成過程を予想し、解答欄の図を完成させて各過程について説明せよ。

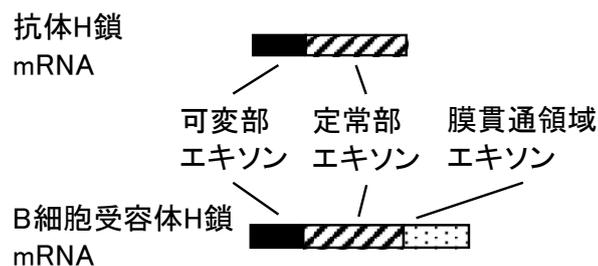


図2 免疫グロブリンmRNA

6. 免疫グロブリンは、H鎖とL鎖ともに小胞体で合成された後、小胞体内部でH鎖とL鎖が結合して、最終的に抗体は細胞外に分泌され、また、B細胞受容体は細胞膜上に輸送される。この抗体の細胞外への輸送の仕組みについて説明せよ。

問3 以下の文章を読み、1～7に答えよ。

真核生物のDNAはヒストンなどと結合して、ヌクレオソームを形成している。ヌクレオソームのつながりは折りたたまれ、クロマチン構造を形づくっている。クロマチン構造をとったDNAは、ふだんは核内に広がっているが、ある特定の時期に①染色体として観察できる。DNAは2本の鎖からなる構造をしており、それぞれの鎖はヌクレオチドと呼ばれる単位が繰り返してできている。ヌクレオチドは糖、リン酸、塩基から構成され、塩基にはアデニン (A)、グアニン (G)、チミン (T)、シトシン (C) の4種類がある。遺伝子の遺伝情報は、②4種類の塩基の並び方 (塩基配列)によって決められている。生体機能を営むためには、遺伝情報をもとにたくさんのタンパク質が合成されなければいけない。この場合、まずDNAの配列情報がmRNAの配列に写し取られ、さらにその情報をもとにタンパク質がつくられる。前者の過程を転写、後者を③翻訳と呼ぶ。

遺伝子のなかには、細胞の種類や生体内の状況によって選択されて発現するものがある。これは、選択的遺伝子発現とよばれ、細胞の分化に深く関与している。未分化間葉系細胞は、骨や筋肉をつくる細胞に分化する能力をもつ細胞である。このとき、未分化な状態では発現していなかった④Xという調節遺伝子の転写が誘導されて前駆細胞へとなり、さらにその後、骨をつくる細胞や筋肉をつくる細胞へと分化する。未分化間葉系細胞の分化に関わる遺伝子を解析した結果、骨をつくる細胞へ分化する際には調節遺伝子Yが働くこと、筋肉をつくる細胞へ分化する際には調節遺伝子Zが働くことを示す実験結果が得られた。

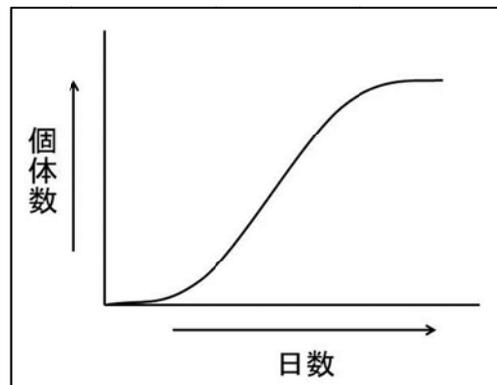
1. 下線部①は細胞がどのような状態の場合か。
2. 下線部②に関して開始コドンとはどのような塩基配列か。また対応するアミノ酸はなにか。
3. 下線部③の機構について説明せよ。その際、以下の語句を全て用いること。  
[リボソーム tRNA コドン アミノ酸 ポリペプチド]
4. 下線部④が誘導される要因としてどのようなものが考えられるか。
5. 実験的に、調節遺伝子 Y あるいは Z がそれぞれ骨や筋肉をつくる細胞の分化に重要であることを示すには、どのようなバイオテクノロジーの実験手法が用いられたと考えられるか。
6. 調節遺伝子 Y あるいは Z を制御する可能性をもつ新たな調節遺伝子 S が発見されたとする。調節遺伝子 S の働きを調べるために S を前駆細胞内に導入し発現を増加させた。このとき、Y あるいは Z の発現の増減と細胞の分化の方向性に着目して、考えられるあらゆる結果と考察について述べよ。
7. 調節遺伝子 S に緑色蛍光タンパク質 (GFP) 遺伝子を融合させた DNA を作製した。この DNA の利用法を考えよ。

問4 以下の文章を読み，1～3に答えよ。

ある地域に生息する同種の個体のまとまりを個体群という。さらに，相互作用をもちながらある場所に生活している異種の個体群の集まりを生物群集という。生物群集と非生物的環境を合わせたものが生態系である。個体群の特徴を考えるうえで重要な尺度として，個体群の大きさと個体群密度がある。個体数および個体群密度を調べる方法として区画法と標識再捕法が用いられる。

同じ個体群の個体どうしでは，交配だけでなく，食物をめぐる争いや子育ての協力など，相互の関係性（相互作用）がみられる。ある個体群は同地域の別の個体群と様々に関係しあいながら生活している。食物や生息場所をめぐる競争やほかの生物を捕えて食べる捕食などである。このような関係を種間相互作用といい，個体群内での同種の個体間での相互作用と分けて考えられる。

1. ある養殖プールのマグロの個体数を標識再捕法により測定した。そのため，100 個体捕獲し，それぞれに標識をつけて放流した。3 日後，200 個体のマグロを捕獲したところ，20 個体に標識が認められた。この養殖プールの総個体数を推定せよ。
2. 細菌を培養したところ，個体数は図のような S 字型の曲線を描いた。このような曲線を描く理由として考えられることを述べよ。



3. 地球上のあらゆる生態系の中で「日本列島に住むヒト」も生物群集のなかに存在する個体群と考えられる。「日本列島に住むヒト」という個体群がさまざまな環境（生態系）の中で，どのように変化してきたか，今後どのように変化していくのか，生物学的な観点を中心に自身の考えを述べよ。