久留米大学

医　　学　　科

（一　般　入　試）

久留米大学

生　　　物　(全3の1)

1 動物は一般に肺や鰓において酸素を吸収し，二酸化炭素を排出する。取り入れた酸素は，体内の細胞に運ばれ有機物の分解に使われる。分解によって有機物に蓄えられていた化学エネルギーが取り出される過程を細胞呼吸という。細胞呼吸によって分解される有機物は(　1　)とよばれ，取り出された化学エネルギーを用いてATPが合成される。細胞呼吸にはこのように酸素を利用する(　2　)と，酸素を利用しない(　3　)がある。

(　1　)として代表的な物質はグルコースである。グルコースが(　2　)で分解される過程は(　4　)系，(　5　)，(　6　)系の三つに大別される。(　4　)系ではグルコースが(　7　)に存在する酵素によって段階的に分解され，その際にグルコースから放出された水素によってNADとよばれる補酵素が還元されてNADH(還元型のNAD)が生じる。1分子のグルコースから2分子のピルビン酸が生じ，この過程でグルコース1分子当たり2分子のATPが生成される。(　4　)系の各反応では酸素は必要ではない。

(　4　)系で作られたピルビン酸は(　8　)に取り込まれた後，二酸化炭素を放出して(　5　)という一連の酵素反応系に入る。この反応系において脱水素酵素のはたらきによって基質から放出された水素がNADとFADとよばれる補酵素に受け渡され，それぞれNADH，$FADH_2$(還元型のFAD)が生じる。(　5　)では1分子のピルビン酸から3分子の二酸化炭素が生じる際に，3分子の水を取り込み1分子のATPが生成される。

(　4　)系と(　5　)では1分子のグルコースから合計10分子のNADHと2分子の$FADH_2$が生じる。この補酵素が持つ水素は(　8　)の(　9　)において酸素によって酸化されて水になり，NADとFADに戻る。この過程は(　6　)系においておこる。この過程で得られるエネルギーを使ってATP合成酵素のはたらきにより，1分子のNADHから3分子のATPが，1分子の$FADH_2$から2分子のATPがそれぞれ生成される。従って酸素が十分利用できる環境では1分子のグルコースから(　4　)系，(　5　)，(　6　)系を合計して38分子のATPが生成されることになる。

骨格筋細胞では活発な運動などによって急激にエネルギーを消費して酸素が一時的に不足したときに(　3　)を行う。1分子のグルコースから2分子のATPと2分子のピルビン酸が生じるが，細胞内のNADの量は限られており，酸素が不足している条件ではグルコースから水素を受け渡されるNADがNADHとなったままになり枯渇してしまう。そこでピルビン酸がNADHから水素を受け取って(　10　)になり，NADHはNADに戻る。この過程を(　4　)という。ヒトでは生成した(　10　)は細胞外へ出た後，血液によって肝臓へ運ばれて大部分はグリコーゲンに再合成される。

<u>(　8　)における細胞呼吸において鉄イオンを含むタンパク質が重要な役割を果たしている</u>。シアン化合物(青酸化合物)は鉄イオンと強く結合するため，一定量以上のシアン化合物がヒトの体内に入ると細胞呼吸が正常にはたらかなくなり中毒症状を起こす。

問1　上の文中の(　1　)～(　10　)内に適切な語句を入れなさい。

問2　下線部にあてはまるタンパク質の名称を1つ答えなさい。

問3　シアン化合物による中毒が起こると恒常性が保てなくなり，血液のpHが急低下する症状がみられる。なぜ血液のpHが低下するのか，その理由を100字以内で答えなさい。

2 DNAやRNAは（　1　）とよばれる構成単位が鎖状に結合してできている。（　1　）はリン酸と糖と塩基が共有結合してできている化合物である。RNAを構成する（　1　）は，糖として（　2　）をもち，塩基にはアデニン，ウラシル，グアニン，シトシンの4種類があってそのいずれかを含んでいるため，RNAをつくる（　1　）は4種類存在する。同様にDNAを構成する（　1　）も4種類存在する。DNAやRNAの鎖状構造は，隣り合った（　1　）中の糖の特定の水酸基との間でリン酸基が共有結合することによってできていて方向性を有しており，鎖の一方の端を5'端側，もう一方を3'端側と表記する。

タンパク質合成の過程ではRNAが重要なはたらきをしている。DNAからRNAへの遺伝情報の（　3　）は，DNAの塩基配列を鋳型としてRNA合成酵素によっておこなわれる。RNA合成酵素はDNAに結合して部分的に二重らせんをほどき，2本の鎖のうちの一方(鋳型鎖)の領域を移動していく。このときRNA合成酵素は鋳型の塩基配列と相補的な塩基を持つ（　1　）を並べてつないでいくことでRNAを合成する。mRNA，tRNA，rRNAはそれぞれ異なる種類のRNA合成酵素によって合成されることが知られている。

タンパク質合成の際にmRNAのコドンに対応するアミノ酸を運んでくるのがtRNAである。tRNAには多くの種類があって，その3'端側の末端にtRNAの種類ごとに決まったアミノ酸を結合する部分があり，酵素のはたらきによってアミノ酸-tRNA複合体が形成される。また(a)tRNAにはmRNAのコドンと相補的に結合する部分があって，この部分でmRNAと結合する。

rRNAは核内では（　4　）に蓄積しており，核外では特定のタンパク質と結合してリボソームを形成する。(b)真核生物ではリボソームは小胞体の表面に付着しているものといないものが存在している。

タンパク質合成は，リボソームにmRNAと(c)最初のコドンに対応するアミノ酸-tRNA複合体が付着することからはじまる。次に2番目のコドンに対応するアミノ酸-tRNA複合体が付着すると，1番目のアミノ酸がtRNAからはずれて2番目のアミノ酸にペプチド結合でつながる。最初のtRNAはmRNAからはなれてリボソームは次のコドンまで移動する。この過程を順次繰り返すことによって，mRNAの遺伝情報に対応するアミノ酸がならんだポリペプチドが形成されてタンパク質が合成されていく。この過程を遺伝情報の（　5　）という。

(d)これらのタンパク質合成に関与するRNA以外にも，細胞内にはタンパク質をコードしていないRNAが多数存在することが知られている。近年，これらのRNAのうちの一部のものが相補的な塩基配列をもつmRNAと2本鎖のRNAを形成すると，mRNAの分解が促進されたりタンパク質合成が阻害されたりすることがわかってきた。

問1　上の文中の（　1　）～（　5　）内に適切な語句を入れなさい。

問2　下線部(a)について，この部分は何とよばれるか答えなさい。

問3　下線部(b)について，この構造は何とよばれるか答えなさい。

問4　下線部(c)について，このアミノ酸-tRNA複合体に結合しているアミノ酸の種類を答えなさい。

問5　下線部(d)について，あるタンパク質をコードするmRNAの塩基配列の一部が以下のようになっている。このmRNAの下線部と相補的な塩基配列を持つRNAは，このmRNAからのタンパク質の合成を阻害する。このRNAの塩基配列を下の空欄に入れて答えなさい。

mRNAの塩基配列　5'-a u g g a <u>a g a c g c c a a a a c a u a a a g a a</u> a g g c c c-3'

相補的な塩基配列をもつRNA　3'-□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□-5'

3 進化の総合説では，集団内における遺伝子構成の変化を，（　1　）という数学的な理論をもとに説明する。集団内の遺伝子頻度の変化を，自然界の集団について自然のままで考えることはむずかしい。そのため，遺伝子頻度を変える要因がはたらいていない単純な条件の仮想集団を基に考える場合がある。この仮想集団では遺伝子頻度は何世代を経ても変化しない。このように集団内の遺伝子頻度が世代を経ても安定に保たれている状態を（　2　）にあるという。

20 世紀後半になると，生物の外部形態に加え，タンパク質や核酸などの分子レベルの比較も行われるようになった。木村資生は，タンパク質や DNA の変異の多くは，ほとんどの生物にとって有利でも不利でもないとする説（　3　）を提唱した。

いま，二倍体生物の，ある 1 遺伝子座を考える。この遺伝子座に 2 つの対立遺伝子 A と a が存在するとする。ある実験集団内の，AA，Aa，aa の個体数をそれぞれ ℓ，m，n としたとき，以下の問いに答えなさい。

問 1　上の文中の（　1　），（　2　），（　3　）に適切な語句を入れなさい。

問 2　文中の下線部の要因を 3 つ書きなさい。

問 3　この遺伝子座において，集団中に存在する全遺伝子数を求めなさい。

問 4　AA，Aa，aa の遺伝子型頻度をそれぞれ，P，Q，R としたとき（$P+Q+R=1$），これらの遺伝子型頻度をそれぞれ，ℓ，m，n をつかって表しなさい。

問 5　遺伝子 A の遺伝子頻度を，ℓ，m，n をつかって表しなさい。

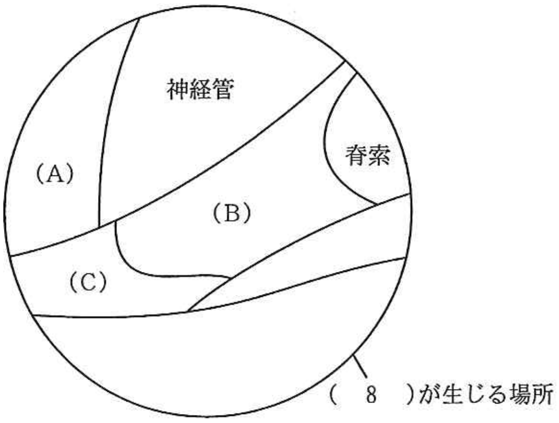
問 6　遺伝子 A の遺伝子頻度を，P，Q をつかって表しなさい。

4 発生のしくみについて，17 世紀から 18 世紀にかけては，卵や精子の中に成体のひな形が入っており，これが単に成長，展開していくだけであると考えられていた。この説は（　1　）とよばれる。これに対して，発生が進むにつれて成体の構造は形成されていくという考えがあった。これは（　2　）とよばれる。

ドイツの科学者（　3　）は，イモリの胞胚のさまざまな領域を，生体に無害な色素で部分的に染色する（　4　）を用いて，染められた各領域の細胞群が，原腸胚の形成とともにどのように移動し，神経胚や尾芽胚の各器官をつくっていくかを追跡した。

発生において，ある組織・器官に分化を始めたが，分化があまり進んでいない細胞の集まりを（　5　）という。胞胚の各部分が何の器官を形成するかを示したのが（　6　）である。図は，イモリの初期原腸胚における（　6　）を示したものである。

イモリやカエルの卵では，精子が入った場所の反対側に，（　7　）とよばれる模様があらわれる。発生が進むとこの部分の近くに（　8　）が生じ，また，この部分の細胞質を含む細胞群が（　9　）になる。ドイツの科学者（　10　）は，イモリの 2 細胞期の胚をつかって，（　7　）が 2 等分されるように髪の毛で強くしばって 2 つに分けた。すると，2 つの胚は正常なオタマジャクシに発生した。



側面図

問 1　上の文中の（　1　）～（　10　）に適切な語句を入れなさい。

問 2　文中の下線部のような細胞群の動きは何と呼ばれるか。

問 3　図の(A)，(B)，(C)の部分の名称を書きなさい。