

# 生命科学 要点チェックシート

## 第1章 生命の多様性と一様性

### ◎生命の定義

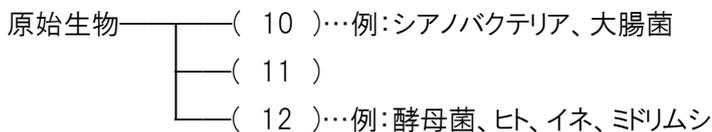
生物とは、以下の4つの条件を満たすものである。

- i 細胞という単位で出来ている
- ii ( 1 )によって自己を複製する
- iii 環境からの( 2 )に応答する
- iv 環境からエネルギー物質である( 3 )、または略称で( 4 )を合成して生活する

また、特に人間のように複雑な生命体ができるためには、これらの条件に加え( 5 )し、更に( 6 )を行う必要がある。これら(5)と(6)の仕組みを( 7 )という。

生命は自己を複製する途中で a DNA 変異を起こすことがある。こうして得られた形質が子孫に保存されることがあり、これを( 8 )という。生命に似たものとして、ウイルスや( 9 )があるが、b これらは生命と分類されない。

### ◎生命の分類



生命は上の様に 3 つに大別されるが、前二者は明確な( 13 )を持たないことから( 14 )とも呼ばれる。(14)はミトコンドリアなどの( 15 )(別称( 16 ))を持たない。

### ◎生命の構成物質

他の章とかぶるので省略

### ◎タンパク質の構造、機能

タンパク質を構成するアミノ酸の並び方を( 17 )構造とよび、これがより高次構造を決定する。( 18 )やβシートなどといった構造は二次構造と呼ばれ、そのタンパク質の鎖がとる三次元構造を三次構造、複数のタンパク質鎖が集まってとる構造を四次構造と言う。なおアミノ酸は自然界にL型とD型があるが、生命体を構成するのはほとんど( 19 )型である。

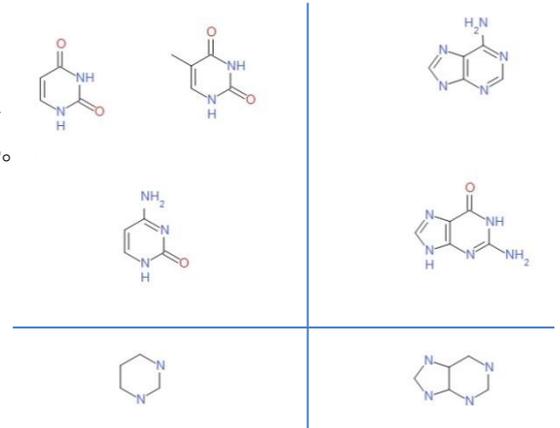
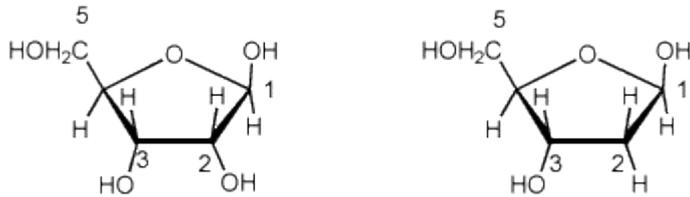
### 問

- ① a DNA 変異はなぜ起こるのか、変異が起きる条件も交えて以下の用語を用いて説明せよ。  
『ウラシルN-グリコシラーゼ、ウラシル、メチル化、脱アミノ化』
- ② b これらは生命と分類されない のはなぜか。説明せよ。
- ③ 20 種類のアミノ酸の化学式とその略記をすべて書き出せ。

## 第2章 遺伝情報の複製

### ◎DNAの分子構造

DNAは( 1 )と右図で示した塩基の2つの部分からなるヌクレオシドに、( 2 )が複数個くっついたヌクレオチドという単位が連なった高分子である。なお、(1)は下図で示した2種類があり、左から( 3,4 )という。



右上の図でまとめた塩基のうち、左側の3つは( 5 )、右側の2つは( 6 )という。(5)は左上から順に( 7,8,9 )、(6)は上から順に( 10,11 )という。

### ☆ヌクレオシド、ヌクレオチドの名前の付け方☆

5つの塩基のうち、( 12 )以外はすべて(3)と結合してヌクレオシドを形成する。(3)と塩基が合わさったヌクレオシドを( 13 )という。その名称は、たとえばアデニンが結合したものはアデノシンなどとなる。(3)のかわりに(4)が結合したヌクレオシドは( 14 )と呼ばれ、名称は(13)の頭に「2'-デオキシ」をつければよい(たとえば2'-デオキシアデノシンなど)。

一方ヌクレオチドは、ヌクレオシドにリン酸が複数個着いたものなので、ヌクレオシドの名称の後に、どこにいくつのリン酸が付いているかを明示する必要がある。たとえば、アデノシンの五位の炭素に1つくっついたヌクレオチドなら、アデノシン 5'-リン酸となる。

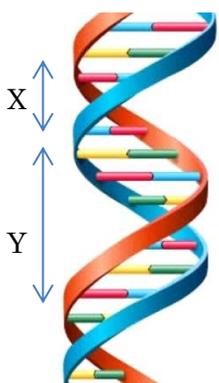
また、よくヌクレオチドはアルファベット3字で略される。3字の意味は左から塩基名(Adenosine, Guanosine ...)、リン酸の数(Mono, Di, Tri...)、リン酸の頭文字“P”である。(13)と(14)を区別するため、(14)にのみ、頭にdをつける。(例dTDPなど)塩基を特定しない場合は、1文字目はNを使う。

DNA 以外で機能するヌクレオチドも存在する。たとえば、アデノシン三リン酸(adenosine 5'-triphosphate)は酵素反応にエネルギーを供給する役割がある。他にも、cAMP は( 15 )で働く。(※cは環状という意味)

### ◎核酸

ヌクレオチドが a 無数に重合した核酸には、b RNA と DNA の二種類がある。

### ◎DNA の構造



DNA は左図のような右巻きらせん構造をしている。この構造を B 型という。片方の塩基配列を決めるともう一方も自動的に決まるが、この関係を互いに( 18 )であるという。また、DNA の長さは( 19 )という単位でよく表す。

二本の鎖の向きは互いに逆向きであり、この構造を( 20 )という。さらに、左図中の c X、Y をそれぞれ( 21,22 )とよぶ。

DNA は加熱や強いアルカリ性によって1本鎖に分けられ、これを元に戻すことを( 23 )という。また、異種のDNA どうしや、RNA とDNA を(23)することを( 24 )という。

また、同じDNA でも真核生物と原核生物は d DNA の構造が異なる。

## ◎遺伝子とDNA

細胞の中の DNA1セットを( 25 )という。また、DNA の中でも( 26 )または( 27 )を決定する情報をもったものを遺伝子という。ゲノム2セットを持った細胞を( 28 )という。たとえば人間の体細胞は( 29 )本の DNA セットを2つもった(28)である。一方で、原核生物のほとんどは( 30 )である。

ただし、必ずしも高等な生物ほど多量のDNAを持つとは限らない。また、DNA が多くても遺伝子の情報量が多いとも限らない。たとえばヒトの場合、DNA のうち遺伝子にかかわるものは全体の( 31 )%で、そのなかでもタンパク質のアミノ酸配列にかかわるものは( 32 )%しかない。それ以外のDNA は非遺伝子DNA で、全体のDNA の約半分は( 33 )である。

遺伝子のなかでも実際にアミノ酸の配列情報を持つ部分はとびとびにしか存在しない。この部分を( 34 )とよび、(34)の間にあるアミノ酸配列情報を持たない部分を( 35 )という。なお、(35)に関してはアミノ酸の情報を持たなくても遺伝子に含むのがふつう。

## ◎DNA の複製

単位となるデオキシリボヌクレオチドが重合して DNA となることを e\_DNA の複製 という。このときヌクレオチドをつなげる働きをする酵素を( 36 )という。(36)は、DNA の複製以外に、DNA の修復でもはたらく。この修復機構がうまく働かないと癌や早老症などの遺伝病になることもある。ただ、DNA の複製は非常に正確である。そもそもDNA を誤って複製する確率が1万から100万分の1なのに加え、正しいヌクレオチドに付け替える機構(proofreading)や複数のミスマッチ修復機構も備わっているため、最終的に誤りは100億分の1程度にまで減る。

DNA の複製では元となる鎖(( 37 )と呼ぶ)が( 38 )となって( 39 )ができていくため、DNA 配列は保存される。このような複製を( 40 )という。

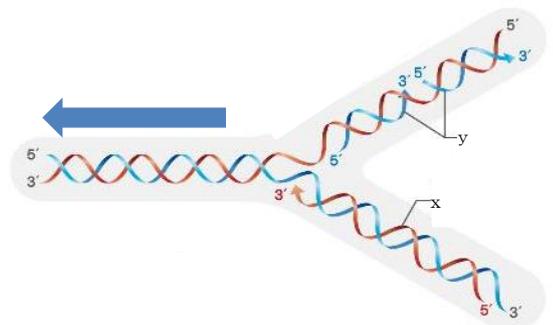
## ◎DNA の複製機構

DNA が合成されている( 41 )では左の様にDNA が3本に分かれて見えることから、この部分を( 42 )とよぶ。左図の矢印の方向に複製は進む。

DNA は方向性があるが、複製は3'端からしか進まない。そのため、複製の方向と同じ方向に(39)が合成される鎖xと、複製の向きと逆に進む鎖yの2種類ができる。xとyの鎖をそれぞれ( 43,44 )と呼ぶ。

( 36 )はもともとある程度DNA が合成されていないと働くことができない。

そこで、(36)に先立って( 45 )が短くRNA を合成しておき、後から(36)が複製していく。(45)が作る短いRNA の断片を( 46 )という。鎖yでは特に(46)が断片的に作られるため、DNA の合成が不連続になる。このような合成は( 47 )とよばれ、複製された鎖の断片を( 48 )という。なお、(48)同士の隙間を最終的に埋めるのは( 49 )という酵素である。



さらに詳しい機構は以下の通り。

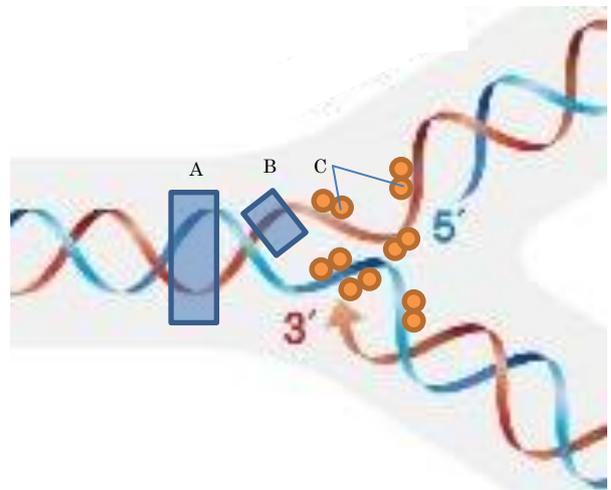
まず、右図のBにある( 50 )がDNA の二本鎖をほどく。

このときにできる一本鎖は不安定だが、( 51 )(右図 C)のおかげで安定できる。なお、(46)はB地点にある(52)が合成する。このとき、DNA にはひずみがたまるが、それは A 地点にある( 53 )によって直される。

このように、DNA の複製では多数のタンパク質や酵素が( 54 )を形成する。

なお DNA 鎖において複製が開始される点と終了する点は決まっている。この点を複製開始点、複製終了点という。両点とも

特異な塩基配列をもつ。複製開始から終了までの単位を( 55 )とよび、特に真核生物の場合はDNA 量が多いためこの単位が複数ある。これを( 56 )と呼ぶ。複製は一つの開始点から両側に進む。また、元となるDNA があればこの複製は人工的に行え、その技術は犯罪捜査にも応用されている。この技術のことを( 57 )という。



## ◎DNA の修飾

DNA の塩基は様々な修飾を受けることがある。その代表例がシトシン塩基の( 58 )である。なお、この(58)の修飾もDNA複製の際に残る。(58)は生物学的にf\_ さまざまな意義がある。

---

---

問

- ① DNA の単量体ヌクレオチドが a\_ 無数に重合するとき、各ヌクレオチドはどの様にとり隣のヌクレオチドと結合するのか説明せよ。
- ② b\_ RNA と DNA の違いを、塩基、五炭糖の 2 点から説明せよ。また、分子としてより安定なのはどちらか、理由とともに答えよ。
- ③ c\_ X、Y の存在意義は何か。
- ④ 「◎DNA の構造」にある図において、赤いリボンの上端、下端のどちらが5' 端か。
- ⑤ d\_ DNA の構造が異なる とあるが、どう違うか説明せよ。
- ⑥ e\_ DNA の複製 について、DNA のn量体にもう一つ単量体が結合する際の化学反応式をしめせ。また、右辺に出てくる副生成物の正式名称と構造式も示せ。
- ⑦ f\_ さまざまな意義 を 2 点あげよ。

### 第3章 遺伝子の発現

#### ◎発現までのながれ

DNA 中の遺伝情報はいったん RNA に( 1 )される。この RNA は実際に遺伝情報を持っていることから( 2 )とよばれる。こうしてできた RNA はタンパク質に( 3 )される。この一連のながれを( 4 )という。

(2)中の塩基配列は特定の 3 つの塩基配列につき一つのアミノ酸が対応する。この対応を( 5 )という。たとえば CUG や CUC はロイシン、GGG はグリシン、といった対応である。このような3つの塩基配列のセットを( 6 )という。

そのなかでも、アミノ酸( 7 )と対応する塩基配列( 8 )は、そこから(3)を開始せよという目印の役割もはたす。このような(6)を( 9 )という。逆に翻訳を終える目印となる(6)を( 10 )といい、3 種類ある。その 3 種類とは( 11 )である。(9)から(10)の間を( 12 )または( 13 )とよぶ。

DNA の二本鎖のうち、ある一本を鋳型にして RNA が(1)されたとき、もう一方の鎖を( 14 )とよぶ。つまり、このときできる RNA と(14)はチミンがウラシルに変わっている点以外は全く同じ塩基配列になる。一本の DNA のどちらが(14)になるかは決まっておらず、各遺伝子によって異なる。

#### ◎RNA の種類

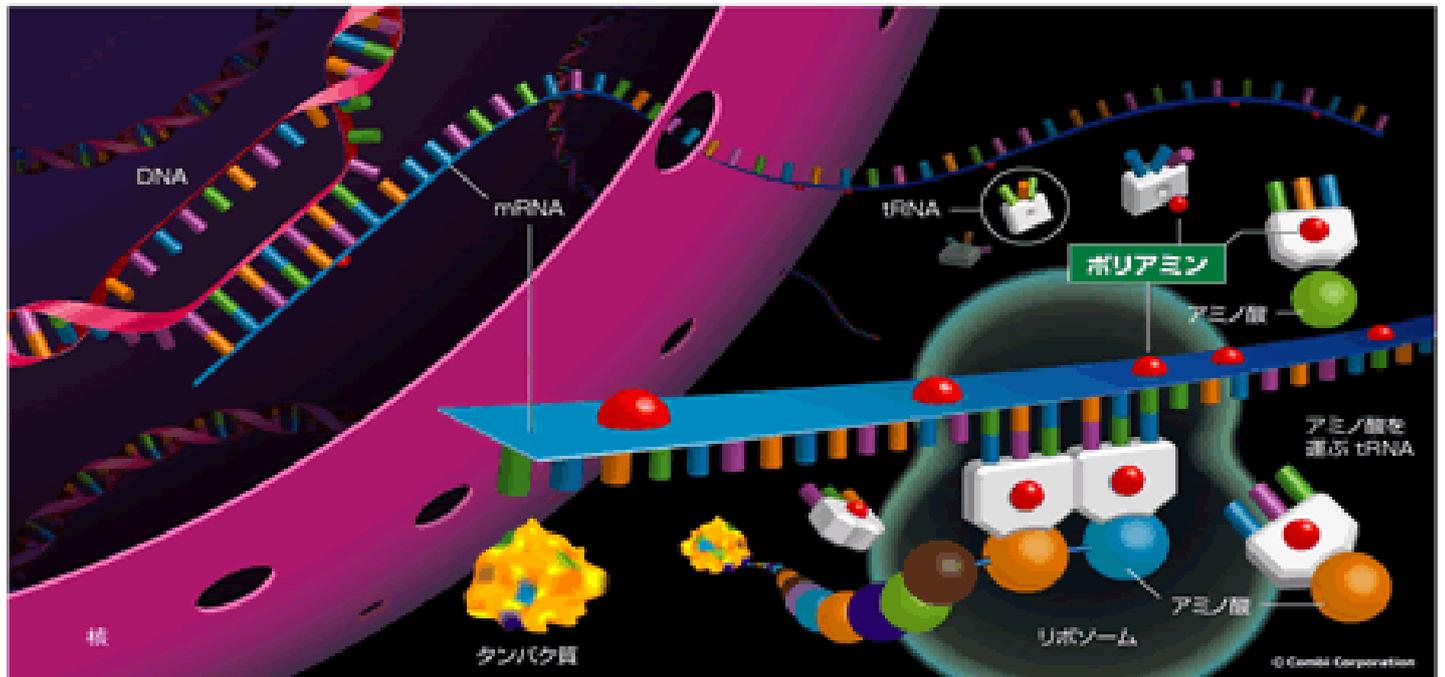
※ここで、分子量の大きさを表す単位として S を用いる。これは( 15 )とよばれ、遠心分離した際の沈降速度を表す値で、分子量が大きいほど大きい。ただし、比例関係にはない。

・(2)・・・前述のとおり。なお、この RNA は RNA 全体の1%以下。

・rRNA・・・たくさんのタンパク質とともに( 16 )という複合体を形成する RNA。この複合体でタンパク質が合成される。

・tRNA・・・4S 程度の RNA。アミノ酸を(16)に運ぶ働きがある。なお、運ぶアミノ酸は決まっていて、たとえばフェニルアラニンをはこぶものは tRNA<sup>phe</sup> などと表記される。

なお、(2)以外の RNA を総称して( 17 )という。



#### ◎転写のながれ

DNA の合成では端から端まですべて複製されるが、RNA の合成はほぼ DNA 中の遺伝子だけである。なお、RNA の合成にはプライマーは不要。RNA を合成するのは前章でふれたとおり RNA ポリメラーゼだが、真核生物のポリメラーゼはI,II,IIIの3種類ある。それぞれが r,m,tRNA の合成を担当している。DNA の塩基配列で、RNA の合成が始まる最初の塩基を 1 番として番号をふり、RNA の合成方向に続けて 2 番、3 番と番号をつける。この、RNA が合成される方向を遺伝子の( 18 )という。1 番の逆隣りは-1 番であって、0 番はない。また、RNA の転写は遺伝子の前後で余裕をもって行われるので、実際に遺伝子としての塩基配列が始まるのは1番からではなくさらに番号が大きい塩基からである。

DNA において、転写が開始される地点のことを( 19 )といい、この部分には転写を促進するタンパク質である( 20 )が認識する特殊な塩基配列がある。その一例が( 21 )や( 22 )である。これらの配列に(20)が反応すると、RNA ポリメラーゼが(19)に結合し、RNA の合成を開始する。

逆に、RNA の合成がストップする地点のことを( 23 )という。ここで、RNA は二本鎖構造を作ることによって DNA から離れる。その他の詳しい機構ははっきりわかっていない。

以上の機構はすべて DNA を遺伝子とする生命体の話であるが、一部のウイルスに関しては遺伝情報をすべて RNA で持っている。そのようなウイルスは( 24 )を持っており、RNA から RNA を複製できる。また、二本鎖 RNA をもつウイルスには( 25 )を持つものがあり、これをもっていると RNA から DNA を転写することができる。このウイルスが細胞に感染すると、ウイルスの RNA から合成された DNA が細胞の DNA に組み込まれ、細胞が癌化する。このようなウイルスを( 26 )という。

### ◎転写後の修飾

#### ☆切断

複数種類のrRNA やtRNA を一本一本作るのは非効率的なので、まず一本の長い( 27 )を作ってから切断して個々の RNA に分ける。このとき、RNA の切断にかかわる酵素に( 28 )などがある。

#### ☆塩基の修飾

前章でふれたメチル化が代表例である。メチル化では、生体内物質である( 29 )のメチル基が RNA の塩基に転移する。メチル化以外にも、特にtRNA では様々な修飾が起こる。すると、プソイドウリジンやチミジンといった、A・T・G・C・U 以外の塩基、いわゆる( 30 )ができる。また、真核生物のtRNA の 3' 端には( 31 )という塩基が酵素によってつけられる。原核生物については、3' 端はもともと(31)になっている。

#### ☆mRNA の転写後の修飾

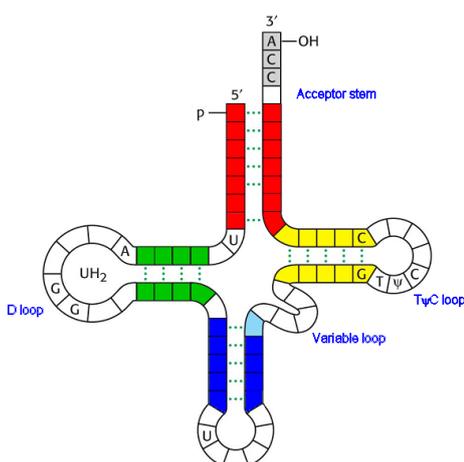
mRNA も他の RNA と同様に、まず( 32 )とよばれる(27)を作ってから加工される。(32)が受ける3つの過程をまとめて( 33 )という。以下その3つの過程をまとめる。

1 つ目は、( 34 )である。このプロセスでは mRNA の 5' 端に3つのリン酸を挟んで 7 メチルグアノシンの 5' 端が結合する。5' 端同士が結合するのはここだけである。この特殊な構造にある種のたんぱく質が結合することで mRNA はリボソームと結合できる。

反対に3' 端では、数十～千以上の塩基 A が付加される。これを( 35 )という。(32)中の( 36 )と呼ばれる塩基配列を 20bp 過ぎたあたりで(32)が切断された後この過程が起こる。

3 つ目は、mRNA からエクソンだけを取り出す( 37 )である。もともとはなれた場所にあったエクソンをくっつける際には、( 38 )を含む( 39 )という複合体が必要。(37)では、イントロンが除去されずに残ったり、一部のエクソンがイントロンごと除去されることがある。すると完成品の mRNA が複数生まれる。このことを( 40 )という。この作用により、25000 程度のヒトの遺伝子が実際は 10 万程度の遺伝子と同等の価値をもつ。

### ◎tRNA の構造

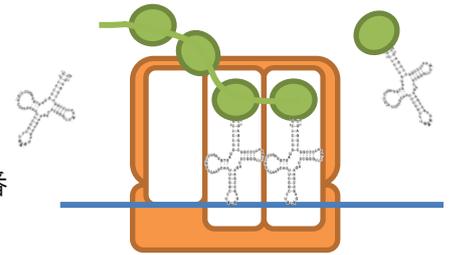


tRNA はよく左図の様にモデル化される。3つのループ部分と( 41 )(左図中の赤い部分)からなる。3つのループは3' 端側から順に( 42,43,44 )とよばれる。(42)と(43)の間にある( 45 )はある場合とない場合がある。(43)には mRNA 上のコドンと対をなす( 46 )を含み、これに対応するアミノ酸が3' 端に結合する。このアミノ酸が結合した状態の tRNA を( 47 )といい、tRNA とアミノ酸の種類を判別して正しい組み合わせで結合させる酵素が( 48 )である。ところで、翻訳開始のコドンはメチオニンに対応していたが、真正細菌やミトコンドリア、葉緑体といったオルガネラにおいては、このメチオニンが( 49 )化された(49)メチオニンである。tRNA の方も tRNA<sup>Met</sup> と tRNA<sup>fMet</sup> の二種類ある。メチオニンの(49)化は、メチオニンが tRNA と結合してから起こる。

## ◎リボソーム

リボソームは大小二つの( 50 )からなる細胞小器官。mRNA を結合し、tRNA とも相互作用しながら両者を運動させ、その他さまざまな酵素反応を進める。これら重要な働きのほとんどを( 51 )がになっている。リボソームは酵素活性をもったRNA からなる( 52 )だと考えられている。

リボソームは、開始因子となるタンパク質と出会うと大小二つの(50)に分離し、小さい方に開始因子(IF)が結合したmRNA と( 53 )が結合する。そこへ大きい方も結合して( 54 )が完成し、mRNA の翻訳が始まる。リボソームは下図のように5' 端から順に( 55,56,57 )という三つの部屋にわかれている。翻訳をはじめ一番始めは、(56)に(53)がある。ここへ、延長因子(EF)と呼ばれるたんぱく質を結合



した別のアミノアシルtRNA が(57)にはいり、アミノ酸同士が結合しペプチドができる。そこへさらに別の延長因子が(57)に入ると、二つのtRNA は一つずつ部屋を左へ移す。(55)に入った空のtRNA はリボソームからはずれる。これを繰り返して翻訳が進む。mRNA の終始コドンが(57)に入ると、そこへ( 58 ) (RF)が入り込み、翻訳はストップする。

1 本のmRNA に一つのリボソームが付くわけではなく、複数のリボソームがつく。この複数のリボソームとmRNA 全体を( 59 )という。

## ◎mRNA の構造

mRNA はその前後に翻訳されない余剰分がある。その部分を a\_ 5'非翻訳領域およびb\_ 3'非翻訳領域という。なお、合成されるたんぱく質の N 末端がmRNA の( 60 )' 端になる。

## ◎タンパク質の行方

合成されたタンパク質が 4 次構造をとるとき、( 61 )というたんぱく質に関わることもあるが、基本的にそのタンパク質がどのような 4 次構造をとるか、生体内のどこへ向かうかといった情報はすべて 1 次構造のシグナル配列に入っている。

また、タンパク質も様々な修飾を受ける。具体例は別の章で。

さらに、タンパク質によって寿命も数分から数年までさまざまである。なかでも、( 62 )という特殊な配列を持つたんぱく質は寿命が短い。

## 問

- ① a\_ 5'非翻訳領域にはどのような情報がコードされているか、原核生物について答えよ。
- ② 原核生物のmRNA を真核生物のタンパク質合成機構に与えてもタンパク質は合成されない。なぜか。
- ③ b\_ 3'非翻訳領域にはどのような情報がコードされているか、原核生物について答えよ。
- ④ 真核生物と原核生物の翻訳と転写の進行における違いを説明せよ。

## 第4章 遺伝子発現の調節

### ◎遺伝子の種類

たとえば(1)は、細胞が生存、増殖するのに必要なすべての生物が持つ遺伝子である。当然、植物のような自分で有機物を合成できる(2)とそれができない(3)では生存に必要な遺伝子が異なる。

また、同じ生物内でも、多細胞生物の場合は場所によって a\_発現する遺伝子が異なる。ただし、発現の仕方が異なるだけであって、持っている遺伝子そのものは b\_その個体の全体細胞で共通である。

エネルギー代謝やタンパク質合成にかかわる遺伝子のような、全細胞に共通して発現するような発現を(4)という。一方、特定の状況下でのみ発現することを(5)という。

分化機能にかかわる遺伝子が発現する仕組みはおもに2つある。一つは、細胞がある特定の組織を構成した時に発現する(6)、もう一つは、化学物質などの条件に応じた発現である。

### ◎大腸菌の発現調節の例

大腸菌はグルコースをエネルギー源に生活するが、(7)という糖も、(8)という酵素があればグルコースに変えられる。しかしこの酵素の遺伝子はラクトースがありなおかつグルコースがない状況下でしか発現しない。

グルコースが十分にある時は、(9)という遺伝子からうまれる(10)というたんぱく質が、酵素(8)の遺伝子のプロモーター部分にある(11)に結合している。そのためRNAポリメラーゼはプロモーターに結合できず、(8)は作られない。このように、ある遺伝子をおさえる調節のことを(12)の調節という。

ところが、(7)の代謝産物(13)が細胞内にあると、(13)が(10)に結合して(10)の機能を奪う。するとRNAポリメラーゼがプロモーターに結合できるようになり、(8)が合成され、(7)の代謝が起こる。

ただし、そもそもRNAポリメラーゼは細胞内で合成された(14)と転写調節因子の一種(15)が結合した複合体がプロモーターの特定の領域に結合していないとRNAポリメラーゼはそもそもプロモーターに結合できない。この機構を(16)の調節という。また、(7)があってもグルコースが十分あると(7)が細胞内に輸送されないためにやはり(8)は作られない。

なお、大腸菌のような原核生物では、ひとつの遺伝子発現調節領域、すなわち(11)で複数の遺伝子を一括管理した領域(17)がある。この仕組みにより、たとえば(8)にかかわる複数の遺伝子を同時に促進 or 抑制できる。(17)から作られる複数の遺伝情報を積んだmRNAを、(18)という。ただし、このような機構は真核生物にはない。

さらに、(17)以外にも、散在する複数の遺伝子を効率的に発現調節する仕組みがある。それが(19)である。その一例がいわゆるヒートショックタンパク質の遺伝子で、細胞に熱の刺激が与えられた時だけ特殊な転写開始因子が生まれることで発現調節している。(19)の他の例が、DNAが損傷した時だけ発現する(20)などである。

### ◎真核生物の発現調節

ここまでの機構は、RNA転写そのものを調節する転写調節で、もちろんこの機構も真核生物にとって重要だが、転写後調節という機構も真核生物には存在する。

また、真核生物は転写調節の仕組み自体が複雑である。まず真核生物の遺伝子には、プロモーターをふくめ転写にかかわる複数の塩基配列(総称は(21))がある。ここに特定の塩基配列に反応するタンパク質(22)が結合し、遺伝子の発現を強めたり弱めたりする。なお、(22)をふくめ、転写調節にかかわるタンパク質をまとめて(23)という。また、(21)のうち、遺伝子発現を促進するもの、抑制するものをそれぞれ(24,25)という。

(24,25)の他の働きを例示する。DNAは細胞内で(26)という塩基性タンパク質と強く結合した(27)構造をとっている(ちなみにこの構造がつづいた繊維を(28)繊維という)。当然この状態では遺伝子にRNAポリメラーゼは結合できない。そこで、(24)に転写因子が結合すると、(26)を(29)化する酵素ができる。(29)化された(26)は巻き付いたDNAと反発するためにDNAが緩まり、転写が促進される。抑制するものも脱(29)化酵素ができるだけで同様である。このような発現調整モデルを(30)という。

## ◎非翻訳 RNA

RNA に転写される遺伝子の半分以上が、実はタンパク質をコードしない非翻訳 RNA(ncRNA)であるが、その働きが最近分かってきた。たとえば、( 31,32 )はそれぞれ体細胞と生殖細胞の( 33 )(ゲノム上の位置を遺伝子が移動すること)を抑制する。また、( 34 )型前駆体 RNA が( 35 )などの複数のタンパク質の作用を受けてできる ncRNA、( 36 )は、( 37 )というたんぱく質複合体と作用して、ある特定の標的 RNA を切断したり、翻訳を阻害したりする働きがある。

## ◎その他の遺伝子制御

DNA の塩基配列そのものに変化を与えず、化学的な修飾だけで遺伝子が抑制されることを( 38 )な制御という。この例としてクロマチン構造による抑制がある。

前述のとおり、遺伝子を発現させるためにはまず DNA が格納されたクロマチン構造をほどこかねばならないが、その細胞が一生にわたって発現する必要のない遺伝子はそもそもクロマチン構造をほどこく必要がない。したがってこのような遺伝子の集まったクロマチンは強く凝縮している。このようなクロマチンを( 39 )といい、強く染色される。逆に発現される遺伝子の集まった比較的ほどこけやすいクロマチンを( 40 )という。また、(39)には、その細胞の一生にわたり(37)のままである構成的(39)と、場合によっては(40)にもなりうる可逆的(39)の二種類がある。

また、ヒストンを構成するタンパク質のどのアミノ酸がどんな修飾(メチル化、アセチル化など)を受けるか、という情報は、遺伝子の(38)な発現調整を示す情報となるので、この情報を( 41 )という。

したがって、近年、遺伝情報を担うものとして DNA は自明として、(41)も含めるべきだとする考えも出てきている。

---

## 問

- ① a. 発現する遺伝子とあるが、ヒトの遺伝子について(i)血清アルブミンタンパク質の遺伝子と(ii)インスリン遺伝子が働く細胞は何か、「(臓器)の(細胞名)」という形で答えよ。
- ② b. その個体の全体細胞とあるが、ヒトの体で例外となる細胞名と、なぜその細胞が同一遺伝子を持たないか答えよ。
- ③ (21)に関して、プロモーターと(24,25)の違いを 2 点あげよ。
- ④ 構成的(37)構造ができるメカニズムを、シトシンという言葉を用いて説明せよ。
- ⑤ ヒトゲノムプロジェクトで網羅的解析が可能になると期待されるものを2つカタカナであげ、その言葉の意味を答えよ。
- ⑥ ショウジョウバエの眼の色は本来赤である。ところが、遺伝子に変異が見られないにもかかわらず赤と白の二色の細胞が目に見混した salt and pepper とよばれる個体もある。これはどの様に生まれたのか、エピジェネティックな視点から答えよ。
- ⑦ 女性の性染色体は XX、男性は XY である。しかし、X 染色体上の遺伝子が女性は男性の二倍発現するという事はない。なぜか。

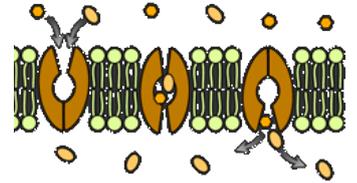
## 第5章 細胞の膜構造と細胞内小器官

### ◎生体膜

生体膜はリン脂質と少量の( 1 )((1)は、( 2 )という構造を持つ化合物)を含んだ脂質二重層である。膜の機能の多くは( 3 )がになっている。

### ◎膜輸送

膜を透過しにくい物質を輸送するために、輸送タンパク質が使われる。膜輸送のうち、細胞内外の濃度勾配に従って起こる輸送を( 4 )という。(4)をになう輸送タンパク質には、チャネルや( 5 )(右図)などがある。反対に、濃度勾配に逆らう( 6 )輸送を担うのが( 7 )である。



#### ☆チャネルについて

チャネルの中で、無機イオンを通過させるものをイオンチャネルという。一個のイオンチャネルを通過するイオンの量は、( 8 )法という電気的な方法で記録できる。

イオンチャネルの中でも $K^+$ イオンのチャネルの中には、通常のイオンチャネルと異なり、通常状態でも開いているものがあり、これは( 9 )の発生にかかわる。

$K^+$ イオンは細胞内に多いため、細胞外に流出しようとする。ところが、細胞内のマイナスイオンは流出できないため、 $K^+$ イオンが出ていくと電氣的に細胞内が負になる。すると $K^+$ イオンの流出が止まる。つまり、平衡状態で細胞内外に電位差があるのだ。この電位差を計算する式を( 10 )の式という。

なお、神経細胞においてはこの電位差を急激に変化させて刺激を伝える。このような急激な変化を( 11 )という。

#### ☆(7)について

低濃度側で高親和性、高濃度側で低親和性となる構造変化を( 12 )のエネルギーによって起こすことで輸送する。この方法でイオン濃度に勾配をつければ、グルコースなど他の分子もイオンとカップルさせることで輸送できる。これを( 13 )という。

### ◎細胞小器官

核の中で転写されたmRNAは、( 14 )を通して細胞質へ出ていき、リボソームで翻訳される。タンパク質の合成や折り畳みを行う場所が核膜と連続した器官( 15 )で、リボソームと一体となったものを特に( 16 )という。そうして生成したタンパク質の選別、修飾、輸送を行うのが( 17 )である。また、これらの機関の間の輸送を担うのが( 18 )である。他にも、細胞膜が細胞内に入り込んでできた( 19 )という器官もある。

これらの真核細胞に見られる器官は原核細胞から様々な過程を経て進化したものである。

たとえば、角膜が二重であることは、もともと細胞膜であった膜が細胞内にはいりこんで核膜が形成されたことを示唆する。また、ミトコンドリアの起源に関しては( 20 )説が有力である。原核生物は細胞膜で、ミトコンドリアは内膜で( 21 )勾配を作ることで( 22 )を産生していることを考えるとこの説の妥当性が分かる。

### ◎タンパク質の流れ

生成したタンパク質に含まれる( 23 )によってタンパク質の行方が決まる。

たとえばインスリンの元となるタンパク質には、小胞体へ運ぶ(23)が付いている。ただし、(23)は小胞体内の切断酵素によって切断される。このとき同時に折り畳みやS-S結合といった修飾をうけインスリン前駆体となる。その後プロインスリンの( 24 )は切断されて成熟インスリンになって分泌される。

分泌とは逆に細胞外から中への輸送は( 25 )という。取り込まれた小胞の総称を(19)というが、その後(19)は細胞膜へ向かい再利用されたり、( 26 )というたんぱく質分解酵素を含む器官に運ばれたりする。

---

---

問

- ① 生体膜を透過しやすい物質の特徴を 2 点あげよ。
- ② 人の体温を  $37^{\circ}\text{C}$ 、気体定数を  $8.31(\text{Pa}\cdot\text{L}/\text{K}\cdot\text{mol})$ 、ファラデー定数を  $9.65 \times 10^4(\text{C}/\text{mol})$ 、細胞内外の  $\text{K}^+$ イオン濃度を各  $140\text{mM}$ 、 $5\text{mM}$ として静止膜電位を計算せよ。 $\ln(28) = 3.33$ とする。
- ③ 神経細胞の刺激伝播のメカニズムを以下の用語を用いて説明せよ。「 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、脱分極」
- ④ 輸送小胞による輸送のメカニズムをコートタンパク質という用語を用いて説明せよ。標的小器官がどのように輸送小胞の特異性を確認しているかについても言及せよ。
- ⑤ 細胞の分泌経路を明らかにした酵母菌に関する研究を簡単に説明せよ。

## 第6章 細胞骨格

### ◎細胞骨格の種類

細胞骨格はアクチンタンパク質によって形成されるアクチン繊維と、(1)タンパク質でできた微小管、(2)の3種類がある。これらの繊維は頻りに重合と脱重合を繰り返して動的な役割を果たしたり、(3)と呼ばれるタンパク質でものを輸送する際のレールとしても働く。

### ◎アクチン繊維について

アクチン繊維は直径約(4)nm程度の繊維で、筋細胞に特に多く存在している。アクチン単量体は(5)に結合したものと(6)と結合したものがあり、前者の方が安定的に重合し、後者は脱重合しやすい。このとき、重合して繊維が伸びていく方向をプラス端とよぶ。また、細胞内では(5)の方が(6)の十倍以上存在するため、マイナス端で外れた(6)結合型アクチン単量体はすぐに(5)と結合し、再利用される。このようなモデルを(7)のモデルといい、繊維がプラス端では伸長、マイナス端では短縮するようなちょうど良い範囲の単量体アクチンの量を(7)範囲という。なお、以上のサイクルは試験管内でのアクチン繊維やアクチン単量体に比べ細胞内では格段に早い。これは(8)が調節をかけているためである。

アクチン繊維は筋細胞において重要な役割を果たす。右図 a は筋細胞における(9)という基本単位の模式図である。(10)の一種である(11)繊維はアクチン繊維をレールとして以下の要領で筋収縮をおこす。

通常アクチン繊維は(11)と結合した状態だが、(11)の頭部に(12)が結合すると両者は離れる。しかし(11)には(12)を分解する活性があるために、すぐに(12)は(13)に分解され、この時のエネルギーをもちいて頭部はまっすぐに回転する。回転した頭部はまたアクチン繊維と結合し頭部をもとに戻す。この際に筋肉は収縮する。ちなみに、図 a の両端の実線を(14)、中央の破線を(15)という。

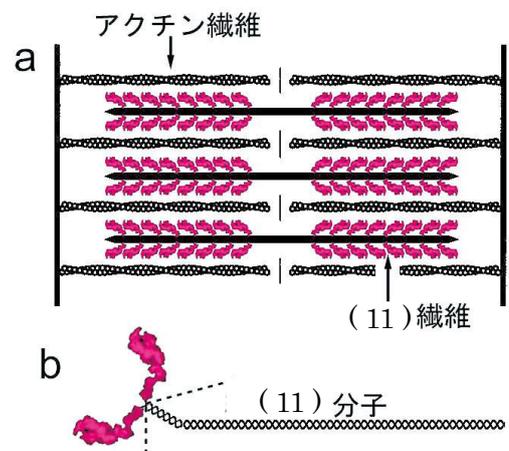
### ◎微小管について

微小管は、 $\alpha$ 分子と $\beta$ 分子の二つをセットにした単位が結合した繊維で、アクチン繊維とほぼ同じ機構でプラス端から重合、マイナス端から脱重合する。ただし、重合する単量体と結合しているのが(16)で、脱重合しやすい単量体と結合しているのが(17)である点がアクチン繊維と異なる。また、微小管の場合もアクチン繊維と同様、(18)というタンパク質と結合して様々な働きをする。微小管は、そのマイナス端は(19)に集まっているため、放射状に分布する。また、プラス端が他の器官と結合すると繊維が安定する。たとえば、プラス端が分裂する姉妹(20)と結合すると安定し、(21)を形成する。

また、アクチン繊維の筋繊維の働きと同様、微小管にもレールとしての役割がある。微小管のレールの上を(22)と呼ばれる“運び屋”が荷物を運搬する。その代表例が(23)である。(23)の二つの頭部には(24)加水分解酵素活性があり、(24)が分解される際に後ろの頭部が前に動き、二足歩行するように進む。

第5章でふれた輸送小胞やエンドサイトーシス経路での運搬物を輸送するのもこれら(22)である。

以上のように、これら細胞骨格は細胞にとって重要で、細胞骨格の働きが阻害されることは細胞にとって致命的である。それを利用して、たとえば微小管の形成を阻害する薬剤は細胞の分裂を妨げることができ、抗がん剤として使える。ただし、正常な細胞にも作用するので副作用は免れない。



---

問

- ① 筋繊維が神経から刺激を受けることで収縮が始まるプロセスをカルシウムイオンという語を用いて説明せよ。
- ② (23)は微小管上をどの向きに動くか。また、それと逆向きに動く(22)を一つ上げよ。
- ③ 中間径繊維について、
  - (i) これが多く分布する細胞はどのような特徴があるか。
  - (ii) 構造に関して他の二つと異なる点を二つ挙げよ。