

〔I〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

生物と無生物を区別する定義は、自己増殖能力があるか否かである。そして、生物は自己増殖するために必要な情報を遺伝子として持っている。遺伝子とは、親から子へ、単細胞の場合は母細胞から娘細胞へ形質を継承させるものである。〔ア〕らは肺炎双球菌を用いた形質転換に関する実験から、遺伝子の本体がタンパク質ではなく、DNAであることを証明した。さらに、〔イ〕らは大腸菌に感染するバクテリオファージを使用し、バクテリオファージがDNAだけを菌体内に注入し、そのDNAがもとになり多数のバクテリオファージが作られることを見出した。

その後、様々な生物に含まれるDNAの塩基が、アデニンとチミンで、そしてグアニンとシトシンでそれらの割合が等しいことが分かった。これは、〔ウ〕の規則と呼ばれている。その後、〔エ〕らによってDNAが二重らせん構造であることが判明し、DNAの一方の鎖の塩基配列が決まると他方の鎖の配列が決まる、いわゆる相補的な関係であることが分かった。

ヒト遺伝子の本体はDNAであるので、細胞分裂に伴い、DNAは複製される必要がある。細胞分裂は体細胞分裂と、主に生殖細胞で起こる〔オ〕分裂の2つに大別できる。図1には、体細胞分裂における細胞分裂と細胞あたりのDNA量の変化を示した。

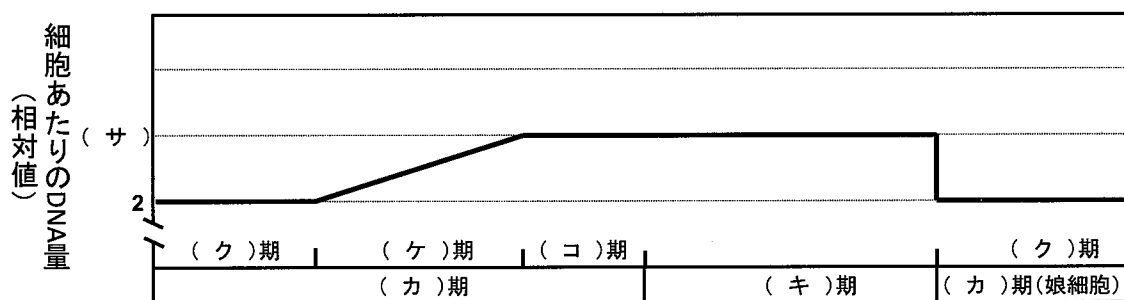


図1 細胞分裂とDNA量の変化

DNA複製は一对のDNA鎖を鋳型にして2本のDNA鎖をつくる過程であるのに対し、①DNA鎖を鋳型としてRNA鎖をつくる過程を転写という。そして、②転写を経て遺伝子本体から③タンパク質ができる。しかし、複雑なRNAの転写機構が明らかになる前に、④1遺伝子の欠損が1酵素の欠損につながることを示唆されていた。(アカパンカビを使用して、今から60年以上前にビードルとテイタムらにより一遺伝子一酵素説が提唱された。)

問1 空欄(ア)～(エ)に入る人物名をそれぞれ、次のa～hから1つ選び記号で答えなさい。

a: ハーシーとチェイス

b: メセルソンとスタール

c: シャルガフ

d: 利根川進

e: ワトソンとクリック

f: グリフィスとアベリー

g: スチュワード

h: ジャコブとモノー

問2 空欄(オ)および、図1中の空欄(カ)～(コ)に入る語句を答えなさい。

問3 図1中のたて軸空欄(サ)に入る数字を答えなさい。

問4 下線部①で、転写産物に関して、以下の文章から正しいものを1つ選んで記号で答えなさい。

- a: 転写では伝令 RNA (mRNA) のみができる
- b: 転写では運搬 RNA (tRNA) のみができる
- c: 転写ではリボソーム RNA (rRNA) のみができる
- d: 転写では mRNA, tRNA, rRNA ができる

問5 RNAに関して、以下の文章中の空欄(シ)～(セ)に入る語句を書きなさい。なお、空欄(ソ)は、「する」または「しない」のいずれかを答えなさい。

- ・ RNA が成熟するときにイントロンという余分な部分が取り除かれ、(シ) とよばれる必要な部分がつなぎ合わさる
- ・ RNA から DNA を合成する (ス) とよばれる酵素も存在する
- ・ RNA は塩基の中でチミンを持たず、かわりに (セ) を持つ
- ・ mRNA と tRNA は塩基対を形成 (ソ)

問6 下線部②で、転写の際に、アミノ酸を指定している部分の RNA 中の塩基が1ヵ所誤ったものが転写された場合、結果としてどのようなタンパク質ができると思われるか。本来できるはずのタンパク質と比べて、3通り答えなさい。

問7 下線部③のタンパク質ができる際にトリプレット説が提唱された理由は、アミノ酸の種類は20種類であるのに対して、DNA の塩基は4種類だからである。実際に、全てのアミノ酸はそれぞれ特異的な3つの塩基の組み合わせで指定されている。例えば、AUG という情報は翻訳の開始とメチオニンを、UUU という情報はフェニルアラニンというアミノ酸を指定する。また UAG という情報は対応する tRNA がなく翻訳が終了する。

もし仮に、2つの塩基の組み合わせでアミノ酸が指定される生物がいるならば(現在までには確認されていない)、タンパク質合成を行う際に指定可能なアミノ酸の数はいくつになるか、その最大数を答えなさい。ただし、この仮想の生物の転写や翻訳の基本的なシステムは現存する生物と一緒にあり、1種類の tRNA は特定の1つのアミノ酸だけしかリボソームに運搬できないものとする。

問8 下線部④に関する以下の実験を行った。

アカパンカビは最少培地とよばれる糖と無機塩類などの成長に必要な最少の養分を含む培地だけで培養できる。しかし、突然変異を起こさせると、最少培地では生育できないが、最少培地に特定の物質を与えると生育できるアカパンカビが得られる。このような変異体を栄養要求株という。

さて、アカパンカビをDNAに突然変異を起こさせる薬剤で処理し、5種類のZ要求株（最少培地では生育できず、栄養素Z添加で生育できるようになる）を得た（表1）。この5種類のZ要求株を系統1～系統5と名付け、それぞれはV, W, X, Y, Zのいずれかを合成する酵素が1つだけ欠損した変異体とする。なお、V, W, X, YはZを作るために必要な生体物質である。例えばZ要求株系統1は、「最少培地」および「最少培地にXを加えた培地」では生育できなかったが、「最少培地にVかWかYかZのいずれか1つを加えた培地」では生育できた。また、Z要求株系統4は、「最少培地にZを加えた培地」でのみ生育できた。

表1 野生株とZ要求株の生育の様子

(+は生育を示し、－は生育しなかったことを示す)

株		培地	最少培地	最少培地 + V	最少培地 + W	最少培地 + X	最少培地 + Y	最少培地 + Z
Z 要求株	系統1		—	+	+	—	+	+
	系統2		—	—	+	—	—	+
	系統3		—	—	+	+	—	+
	系統4		—	—	—	—	—	+
	系統5		—	—	+	—	+	+
野生株			+	+	+	+	+	+

表1の結果をふまえ、このアカパンカビがZの合成経路でV, W, X, Yをどのように利用しているか、解答用紙の の中にV, W, X, Y, Zをそれぞれ書きなさい。ただし、矢印1つは酵素反応1つに相当する。

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

細胞は生命活動の単位であり、その機能が正常に発揮されるためには細胞を取り巻く環境が一定の状態に維持されていなければならない。その時に、体液の浸透圧、体液量、そして pH の調節など、① 体液の恒常性維持が極めて重要である。

ヒトの場合、体液に存在する浸透圧物質は主に塩化ナトリウムであり、体液の浸透圧は体液中の塩化ナトリウムの濃度で決められていると言っても過言ではない。汗の塩化ナトリウム濃度は体液の塩化ナトリウム濃度よりも薄いので、大量の発汗で水を失うと、② 体液中の塩化ナトリウム濃度が変化する。すると、浸透圧受容器と呼ばれる一群の細胞がこれを感じ、その情報が中枢に伝えられ、どの渇きが生じる。そして飲水によって体液が〔ア〕されるのである。また、大量に汗をかいた場合、〔イ〕から ③ バソプレシンの分泌も促す。分泌されたバソプレシンは腎臓・集合管において、水の〔ウ〕を促進するのである。この様にして飲水と水の〔ウ〕で体液の塩化ナトリウム濃度は元に戻り、体液の浸透圧の恒常性が維持される。逆に、大量の水を飲んで体液の浸透圧が変化したときには、副腎皮質から〔エ〕が分泌され、腎細管にはたらいでナトリウムの〔ウ〕を促進するのである。このように、ヒトでは ④ 体液の浸透圧調節に腎臓は極めて重要な役割を担っている。

一方で、ヒトの体液の浸透圧調節機構と海水や淡水に住む動物の体液の浸透圧調節機構は異なっている。海水や淡水に住む硬骨魚類の場合、〔オ〕が体液の浸透圧調節に重要な役割を担っている。淡水に住む硬骨魚類の体液の浸透圧は外液の浸透圧よりも高いために、水分が体内に浸透してくる。そこで、体液の浸透圧を上げるためにほとんど水は飲まずに塩類濃度の薄い〔カ〕を大量に排出する。さらに不足する塩類を〔オ〕にある塩類細胞から〔キ〕輸送により吸収することで体液の浸透圧を保っている。反対に、海水に住む硬骨魚類の体液の浸透圧は外液の浸透圧よりも低いので、体液の水分が減少する。そこで、海水を飲んで〔ク〕から水分を積極的に吸収する。同時に、塩類も吸収してしまうので、余分な塩類は〔オ〕にある塩類細胞から〔キ〕輸送によって排出するのである。

問1 空欄（ア）～（ク）に入る最も適切な語句をそれぞれ、以下の語群から選び、語句で答えなさい。

【語群】

希釈	濃縮	再吸収	アセチルコリン	受動
脳下垂体後葉	副腎髄質	腎臓	唾液腺	パラトルモン
能動	鉱質コルチコイド	チロキシン	甲状腺	排出
ノルアドレナリン	膀胱	視床下部	尿	汗
えら	腸			

問2 下線部①について、以下の問に答えなさい。

- (1) 脊椎動物の場合、体液は3つに分けられる。血液と組織液ともう一つは何か、答えなさい。
- (2) 血液中のグルコース濃度（血糖量）の恒常性維持も生命活動にとって重要である。ヒトの血糖量調節に関して、以下（あ）～（え）の説明文がある。この中から、間違っている説明文すべてを記号で答えなさい。
 - （あ）高血糖の血液は視床下部を刺激する。すると、その興奮は副交感神経を経て膵臓のランゲルハンス B 細胞（ β 細胞ともいう）に伝えられ、そこからインスリンが分泌される。
 - （い）低血糖になると膵臓のランゲルハンス A 細胞（ α 細胞ともいう）からグルカゴンが分泌され、分泌されたグルカゴンは肝臓でグリコーゲンの分解を促す。
 - （う）低血糖になると脳下垂体前葉からアドレナリンが分泌され、分泌されたアドレナリンは肝臓でグリコーゲンの分解を促す。
 - （え）副腎皮質から分泌される糖質コルチコイドは、タンパク質からグルコースへの変化を促す。その結果、血糖量が増加する。

問3 下線部②について、大量に汗をかいた場合、体液の浸透圧は上昇するのかそれとも減少するのか、答えなさい。

問4 下線部③について、以下の問に答えなさい。

- (1) バソプレシンのような、からだの特定の部分で作られ、血液（体液）とともに他の部分に運ばれ、特定の組織や器官のはたらきを調節する物質を何というか、答えなさい。
- (2) バソプレシンは血液によって全身くまなく運ばれるはずなのに、なぜ集合管など特定の器官の細胞のみに働くのか、1行以内で説明しなさい。

問5 下線部④について以下の問に答えなさい。

図2は腎臓の構造を示している。また表2は、ある成人男性の腎機能を調べるためにイヌリンを静脈に注射し、その後、血しょう・測定点ア・測定点イ・そして尿における各成分を測定した結果である。この検査の結果、この成人男性の腎機能は健康であることが判明した。イヌリンとは様々な植物によって作られる多糖類の一群で、腎小体で濾過され、再吸収されずに直ちに尿中に排出されることが知られている。

なお、この男性の尿は10分間に10 ml 生成されるものとし、濃縮率は次の式で定義される。

$$\text{ある成分 X の濃縮率} = \frac{(\text{成分 X の尿中の濃度})}{(\text{成分 X の血しょう中の濃度})}$$

- (1) 表2の(a)～(d)に入る正しい数値を答えなさい。
- (2) 尿素は、タンパク質の分解によって生じるアンモニアから変換されている。この変換はどの臓器で行われているのか、答えなさい。
- (3) この男性のボーマン嚢にこし出された原尿量は、1日に何リットルになるか、答えなさい。
- (4) この男性の矢印(い)で体内に再吸収される成分のうち、再吸収される物質量が1時間あたり2番目に多い成分は何か、成分名で答えなさい。
- (5) この男性が尿として排出したナトリウムは1日あたり何グラムか、答えなさい。
- (6) この男性にバソプレシンを注射し、60分後に血しょうと尿を採取した。そしてそれぞれのグルコース、尿素、タンパク質、そしてイヌリンの濃度を測定した。表A～Dの中で、バソプレシンを注射した後の血しょう及び尿における状態を示している表はどれか、記号で答えなさい。

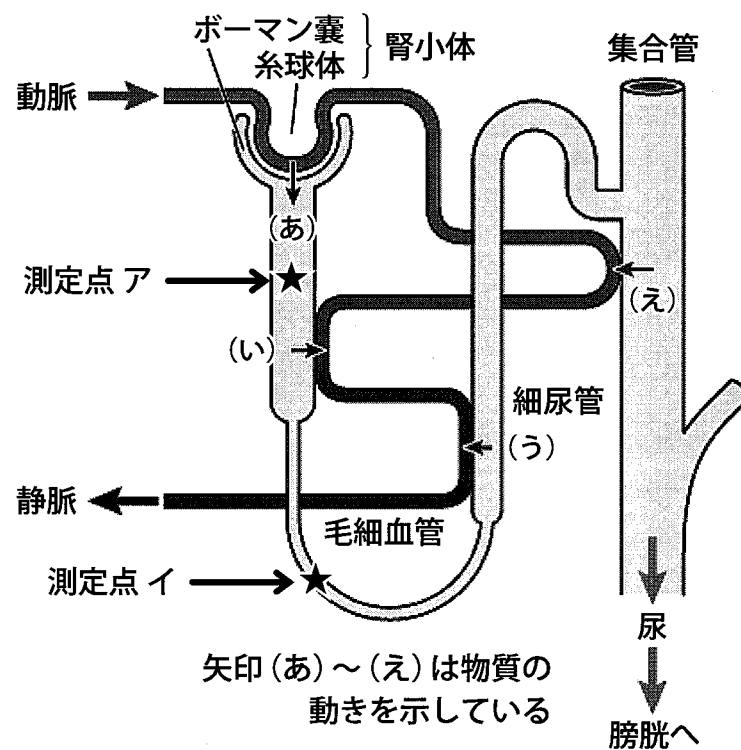


図2 ヒトの腎臓の構造と働き

表2 血しょう，測定点ア，測定点イ，尿における各成分の比較

成分名	血しょう [mg/ml]	測定点ア [mg/ml]	測定点イ [mg/ml]	尿 [mg/ml]	濃縮率
グルコース	1	1	0	0	0
ナトリウム	(a)	3.3	3.3	3.3	1
カリウム	0.18	0.18	0.2	1.53	(b)
尿 素	0.3	0.3	0.45	20	67
リン酸塩	(c)	9.375	5.4	150	16
タンパク質	80	(d)	0	0	0
イヌリン	5	5	15	600	120

表 A

成分名	血しょう [mg/ml]	尿 [mg/ml]	濃縮率
グルコース	1	1	1
尿 素	0.3	20	67
タンパク質	80	40	0.5
イヌリン	5	600	120

表 B

成分名	血しょう [mg/ml]	尿 [mg/ml]	濃縮率
グルコース	1	0	0
尿 素	0.3	24.12	80.4
タンパク質	80	0	0
イヌリン	5	720	144

表 C

成分名	血しょう [mg/ml]	尿 [mg/ml]	濃縮率
グルコース	1	0	0
尿 素	0.3	12	40
タンパク質	80	0	0
イヌリン	5	150	30

表 D

成分名	血しょう [mg/ml]	尿 [mg/ml]	濃縮率
グルコース	1	0	0
尿 素	0.3	5.1	17
タンパク質	80	0	0
イヌリン	5	720	144

〔Ⅲ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

およそ46億年前に誕生した地球には宇宙からは放射線が降り注ぎ、また無数の隕石が衝突していたため、大地は煮えたぎるマグマだった。やがて岩石成分の中に含まれる水分と〔ア〕が大気中に放出され、大気が形成された。その後、気温が徐々に低下してくると大気中の水蒸気は雨となって降りはじめ、約38億年前に次第に海が形成された。そして化学進化によって生体高分子が生成された。このようにして生成した生体高分子は膜に包まれた①液滴に蓄積し、次に遺伝を可能にする自己複製分子が合成され、最初の生命は核膜を持たない〔イ〕として誕生した。

このような最初の生命は、地表では有害な紫外線などが降りそそぎ生命が住める環境ではなかったことから、光の当たらない深海の熱水噴出孔などに生息し、水素や硫黄を酸化して化学エネルギーを獲得していた。このような化学合成細菌の一種である硫黄細菌は、硫化水素を酸化して〔ウ〕をすることで化学エネルギーを獲得するとともに、生成した〔ウ〕を使って〔ア〕と〔エ〕から炭水化物を合成していた。やがて、化学合成細菌が合成した有機物からエネルギーを得る〔オ〕細菌が出現した。

しかし、今から約32億年前に、光を使用することによってエネルギーを作り出す生物が出現した。最初に現れた〔カ〕細菌は長波長の光を利用できる緑色硫黄細菌であった。この細菌では光が当たると〔ウ〕と〔キ〕が合成され、次に生成した〔ウ〕と〔キ〕を用いて〔ア〕から炭水化物が合成される。さらに短波長の光を利用できる紅色硫黄細菌が誕生した。やがて②緑色硫黄細菌と紅色硫黄細菌の機能をあわせ持つようなラン藻細菌が発生した。ラン藻細菌は硫化水素の代わりに〔エ〕を使い、副産物として酸素を発生させ、彼らが作り出した酸素は海水中を飽和し、大気中に広がり、地球を現在のような酸素に被われた環境へと一変させた。この結果、多くの〔ク〕細菌は死滅したが、生き残った〔ク〕細菌の中から酸素を利用してエネルギーを作り出す好気性細菌が誕生した。この好気性細菌の中で α プロテオ細菌は、やがて誕生した原始〔ケ〕に取り込まれて共生し、ミトコンドリアになったと考えられている。ミトコンドリアが独自のDNAとリボソームを持ち、活発に細胞内で分裂・増殖していることがこの細胞内共生説の根拠の一つとなっている。このようにして約20億年前に本格的な〔ケ〕が誕生した。また、このような〔ケ〕のなかに〔カ〕細菌が共生することで植物細胞が発生した。最初は小さな単細胞として誕生した生命は、利用できるエネルギーの増大に伴い細胞を大型化していき、10億年前頃に複数の細胞で一つの生命を構成する〔コ〕が誕生したといわれている。

問1 文章中の空欄（ア）～（コ）に入るもっとも適切な語句を用語欄から選んで番号で答えなさい。

用語欄

1 光合成	2 水	3 真核生物
4 二酸化炭素	5 多細胞生物	6 原核生物
7 嫌気性	8 ATP	9 還元型補酵素
10 従属栄養	11 窒素	12 独立栄養

問2 ミラーはフラスコ内に入れたアンモニア、メタン、水素、水蒸気の混合ガスに放電実験を行った。この実験はどのような仮説を証明しようとしておこなわれた実験であったのか、2行以内で説明しなさい。

問3 下線部①について、このような液滴が生命の誕生に果たした役割について2行以内で説明しなさい。

問4 チェックらはある種の原生生物からリボソーム RNA (rRNA) を抽出し、イントロンが除去されて成熟 rRNA になる仕組みを研究していた。この実験では「未成熟 rRNA とこれを成熟させると想定されるタンパク質酵素溶液が含まれている反応溶液」と、「未成熟 rRNA だけを含む反応溶液」が準備された。しかし、予想に反して成熟 rRNA はいずれの反応溶液からも検出された。この実験結果の意味していることを1行以内で述べなさい。また、この発見は生命の起源について考える時、それまでのどのような疑問にどのような決着をつけたことになるか、4行以内で説明しなさい。

問5 下線部②について、ラン藻細菌が緑色硫黄細菌と紅色硫黄細菌の機能をあわせ持つという意味を光化学系の観点から4行以内で説明しなさい。