

情報科学部A方式I日程・デザイン工学部A方式I日程
 理工学部A方式I日程・生命科学部A方式I日程

3 限 理 科 (75分)

科 目	ページ
物 理	2～9
化 学	10～18
生 物	20～35

〈注意事項〉

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
3. 志望学部・学科によって選択できる科目が決まっているので注意すること。

志望学部(学科)	受験科目
情報科学部(デジタルメディア)	物理
デザイン工学部(都市環境デザイン工・システムデザイン)	物理または化学
理工学部(機械工〔機械工学専修〕・応用情報工)	
生命科学部(生命機能)	物理, 化学または生物

4. 科目の選択は、受験しようとする科目の解答用紙を選択した時点で決定となる。
一度選択した科目の変更は一切認めない。
5. 問題冊子のページを切り離さないこと。

(生 物)

注意：生命科学部生命機能学科を志望する受験生のみ選択できる。

解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入せよ。

〔 I 〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生体内では、生命活動に必要な物質の分解と合成が常におこっている。この化学反応はまとめて代謝とよばれる。代謝には、複雑な物質を単純な物質に分解する と、単純な物質から複雑な物質を合成する がある。 では分解に伴ってエネルギーの放出がおこるのに対し、 では合成に伴ってエネルギーの吸収がおこる。エネルギーのやりとりは一般に ATP を介して行われる。ATP は、糖である に塩基の と、 個のリン酸が結合した分子である。この結合は リン酸結合とよばれ、この結合が切れて ADP とリン酸になるときにエネルギーが放出される。

呼吸は の一例である。グルコースを基質とする場合、呼吸の過程は解糖系、⁽ⁱ⁾クエン酸回路、⁽ⁱⁱ⁾電子伝達系に分けられ、それぞれ細胞内の特定の場所で反応が進む。解糖系の反応は細胞内の でおこり、1分子のグルコースがいくつかの反応を経てピルビン酸にまで分解される過程で 分子の NADH と 分子の ATP を生じる。ピルビン酸はミトコンドリアで進行するクエン酸回路で分解される。このとき生じる NADH や FADH_2 は、やはりミトコンドリアでおこる電子伝達系に受け渡される。電子伝達系で進行する酸化還元反応によって膜を隔てた水素イオンの濃度勾配が生じ、ATP の合成がおこる。このように物質が酸化される過程で取り出されるエネルギーを使って ATP を合成する反応を とよぶ。呼吸の基質にはアミノ酸や脂肪も用いられる。⁽ⁱⁱⁱ⁾

光合成は の一例である。植物は光のエネルギーを使って有機物を合

成する。光合成色素が光エネルギーを受け取ると、光合成電子伝達系^(iv)のはたらきによって膜を隔てた水素イオンの濃度勾配が生じ、ATPが合成される。合成されたATPは有機物の合成に用いられる。このように、光エネルギーを使ってATPを合成する反応を とよぶ。

1. 空欄 ~ に入る最も適切な語句もしくは整数を記せ。
2. 下線部(i)について。1分子のピルビン酸がクエン酸回路に入って完全に分解されるまでに生じる、NADH, FADH_2 , ATPの分子数をそれぞれ整数で記せ。
3. 下線部(i)ではたらくコハク酸脱水素酵素について、つぎの文章を読んで、以下の問い1), 2)に答えよ。

ニワトリの胸筋をすりつぶして得た酵素液をツンベルク管の主室に入れ、副室にはメチレンブルーとコハク酸ナトリウムを含む水溶液Aを入れた。その後、ツンベルク管の空気を抜いてから、副室の溶液を主室に移してよく混合し、室温(25℃)に静置して溶液の色の変化を調べた。なお、ツンベルク管は十分に密閉されているものとする。

- 1) 混合後20分でメチレンブルーの退色が観察された。酵素液や水溶液Aの量や成分を変化させずに、メチレンブルーの退色をさらに早くするにはどのようにすればよいか、句読点を含め20字以内で述べよ。
- 2) 水溶液Aにマロン酸ナトリウムを加えて同じ実験操作をしたところ、反応が阻害されてメチレンブルーの退色が観察されなかった。しかし、水溶液Aのコハク酸ナトリウムの濃度を高くして、さきほどと同じ量のマロン酸ナトリウムを加えると、阻害の影響はほとんどなくなり、メチレンブルーの退色が観察された。このような阻害を とよぶ。 に入る最も適切な語句を記せ。また のしくみについて、句読点を含め50字以内で述べよ。

生物

4. 下線部(ii)でおこる反応について、以下の(a)~(d)から最も適切なものを一つ選び、記号で記せ。
- (a) NADH や FADH_2 の酸化によって生じる電子は、電子伝達系を構成するタンパク質に伝達され、最終的に O_2 を還元して H_2O が生じる。
 - (b) NADH や FADH_2 の還元によって生じる電子は、電子伝達系を構成するタンパク質に伝達され、最終的に O_2 を酸化して H_2O が生じる。
 - (c) NADH や FADH_2 の酸化によって生じる電子は、電子伝達系を構成するタンパク質に伝達され、最終的に O_2 を還元して CO_2 が生じる。
 - (d) NADH や FADH_2 の還元によって生じる電子は、電子伝達系を構成するタンパク質に伝達され、最終的に O_2 を酸化して CO_2 が生じる。
5. 下線部(iii)について、以下の問い1)~3)に答えよ。
- 1) アミノ酸の1種であるグリシンが呼吸によって分解された場合、 CO_2 と H_2O の他に生じる物質について、以下の(a)~(f)から最も適切なものを一つ選び、記号で記せ。
 - (a) NH_3 (b) HNO_3 (c) H_3PO_4
 - (d) H_2SO_4 (e) CH_4 (f) HNO_2
 - 2) 脂肪の1種であるトリパルミチン $\text{C}_{51}\text{H}_{98}\text{O}_6$ が呼吸基質として用いられる場合の呼吸商を求めよ。必要であれば小数第2位を四捨五入して、小数第1位まで記せ。
 - 3) 脂肪酸は分解されてクエン酸回路に入る。この反応を β 酸化とよぶ。 β 酸化で脂肪酸から生じる物質の名称を記せ。
6. 下線部(ii)と下線部(iv)における ATP 合成のしくみには、ATP 合成酵素が膜を隔てた水素イオンの濃度差を利用するという類似性がある。以下の問い1), 2)に答えよ。
- 1) ミトコンドリアでおこる電子伝達系によって、水素イオン濃度が高くなる場所と低くなる場所の名称をそれぞれ記せ。
 - 2) 葉緑体でおこる光合成電子伝達系によって、水素イオン濃度が高くなる場所と低くなる場所の名称をそれぞれ記せ。

〔Ⅱ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

ほとんどの細胞は、グルコースを主要なエネルギー源として利用している。ヒトなどの哺乳動物では、⁽ⁱ⁾グルコースは血液を⁽ⁱ⁾通って体内の各細胞に運ばれる。血液中のグルコースは、ほぼ一定の濃度になるように調節されている。血糖濃度は食後に一時的に上昇するが、時間が経過すると元の濃度に戻る。⁽ⁱⁱ⁾インスリンは上昇した血糖濃度を元に戻すホルモンであり、すい臓の 島の B 細胞から分泌され、血液などの体液に放出されて体内環境を一定に保つはたらきがある。インスリンの分泌量が低下し、慢性的に血糖濃度が高くなる病気を という。

ヒトインスリン遺伝子は、第 11 染色体上の 1,430 塩基対からなる DNA 領域に位置している。この領域の転写・翻訳によってつくられたポリペプチドは、切断されて 3 つのポリペプチドに分かれる。これらのうち 21 個のアミノ酸で構成される A 鎖と 30 個のアミノ酸で構成される B 鎖がつながって成熟型のインスリンとなる。このような過程を経てつくられる成熟型インスリンの分子量は約 5,800 である。

1. 空欄 と に入る最も適切な語句を記せ。
2. 下線部(i)について、下記(a)～(f)から適切なものをすべて選び、記号で答えよ。
 - (a) 血液中のグルコースを血糖とよぶ。
 - (b) グルコースに限らず血液中のすべての糖を血糖とよぶ。
 - (c) 通常、空腹時の血糖濃度は血液 100 mL あたり 1 mg 程度に調節されている。
 - (d) 通常、空腹時の血糖濃度は血液 100 mL あたり 100 mg 程度に調節されている。
 - (e) 健常者の原尿に含まれる。
 - (f) 健常者の原尿に含まれない。

生物

3. 下線部(ii)の血糖濃度の調節にはたらくホルモンであるインスリン，アドレナリン，糖質コルチコイドのそれぞれのはたらきとして適切なものを下記の(a)～(d)からすべて選び，記号で答えよ。
- (a) 肝臓などの細胞に作用し，グリコーゲンをグルコースに分解する反応を促進する。
- (b) タンパク質などからグルコースを合成する反応を促進する。
- (c) 体液から細胞内へのグルコースの取り込みと細胞内での消費を高める。
- (d) 筋肉や肝臓で，グルコースからグリコーゲンを合成する反応を促進する。
4. イ の患者の多くはインスリンを投与することで高い血糖濃度を適切な濃度へと改善できる。一般に，インスリンの投与は，経口よりも皮下に注射する方が有効である。その理由を，句読点を含め 40 字以内で述べよ。
5. インスリンの mRNA について，以下の問い 1)，2) に答えよ。
- 1) 成熟型インスリンの A 鎖および B 鎖の全アミノ酸配列をコード(指定)する mRNA 領域の塩基数をそれぞれ答えよ。
- 2) アミノ酸配列をコードする塩基数は，インスリン遺伝子の全長 DNA の塩基対数(1,430 塩基対)よりはるかに少ない。ポリペプチドが切断されて一部が除去されることのほかに考えられる理由を一行で述べよ。
6. 一般に，真核生物の mRNA の 5' 末端と 3' 末端は化学的修飾を受けている。それぞれの末端に付加される構造の名称を答えよ。
7. インスリンの B 鎖の 10 番目から 14 番目のアミノ酸配列を図 1 に記す。表 1 の遺伝暗号表を参考に，以下の問い 1)～4) に答えよ。なお，アミノ酸は英字 3 文字の略号で記している。

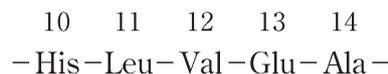


図 1. インスリン B 鎖のアミノ酸配列の一部

表1. 遺伝暗号表

UUU	フェニルアラニン (Phe)	UCU	セリン (Ser)	UAU	チロシン (Tyr)	UGU	システイン (Cys)
UUC		UCC		UAC		UGC	
UUA	ロイシン (Leu)	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン
UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン (Trp)
CUU		CCU	プロリン (Pro)	CAU	ヒスチジン (His)	CGU	アルギニン (Arg)
CUC		CCC		CAC		CGC	
CUA	CCA	CAA		グルタミン (Gln)	CGA		
CUG	CCG	CAG			CGG		
AUU	イソロイシン (Ile)	ACU	トレオニン (Thr)	AAU	アスパラギン (Asn)	AGU	セリン (Ser)
AUC		ACC		AAC		AGC	
AUA		ACA		AAA	リシン (Lys)	AGA	アルギニン (Arg)
AUG	メチオニン (Met) (開始)	ACG	AAG	AGG			
GUU	バリン (Val)	GCU	アラニン (Ala)	GAU	アスパラギン酸 (Asp)	GGU	グリシン (Gly)
GUC		GCC		GAC		GGC	
GUA		GCA		GAA	グルタミン酸 (Glu)	GGA	
GUG		GCG		GAG		GGG	

- 1) 図1のアミノ酸配列の情報を指定する mRNA の塩基配列は何通りあるか、答えよ。
- 2) 突然変異によって DNA の塩基が変化しても、指定されるアミノ酸が変化しない場合がある。このようにアミノ酸配列に影響を与えない塩基置換を何とよぶか、適切な語句を記せ。

生物

- 3) DNAに突然変異が生じた結果、図2のように mRNA の塩基配列の13番目のグルタミン酸を指定するコドンと14番目のアラニン指定するコドンの間にアデニン(A)が一つ挿入された。その場合にできる14番目のアミノ酸の名称を記せ。

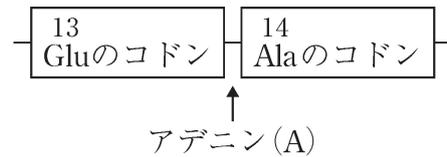


図2. 塩基の挿入位置

- 4) 突然変異により、図3のように mRNA の塩基配列の12番目のバリンを指定するコドンと13番目のグルタミン酸を指定するコドンの間の↑の位置に、ある塩基が一つ挿入された。その結果、12個のアミノ酸からなる短いペプチドが翻訳された。↑の位置に入る RNA 塩基[]の名称をカタカナで記せ。また、その塩基を選んだ理由を、句読点を含め40字以内で述べよ。

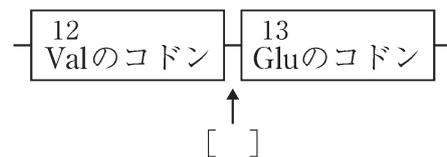


図3. 塩基の挿入位置

8. インスリンの構造について、以下の問い1), 2)に答えよ。

1) インスリンにはシステインが含まれ、その側鎖はSH基をもつ。立体構造上、この近くにもうひとつのシステインがある場合に、酸化条件下で形成される結合を何とよぶか、適切な語句を記せ。

2) インスリンには、A鎖に4個、B鎖に2個のシステインが含まれている。A鎖とB鎖がこれらのシステインの間で結合する場合、結合位置の異なる組み合わせが生じる。すべてのシステインが別のシステインと結合するとした場合、計算上可能となる結合の組み合わせは何通りあるか、答えよ。なお、A鎖分子の内部でシステイン間の結合が一つだけ形成され、残りのシステイン間の結合はすべてA鎖とB鎖の間で生じるものとする。

生物

〔Ⅲ〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

江橋節郎(1922-2006)は、1960年代初頭までに、骨格筋の収縮には イオンが必須であることを見出した。しかし、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントのみを用いた実験では イオンがなくても ATP を与えれば収縮することに気づいていた。江橋はこれを掘り下げて追究し、1965年には イオンによる筋収縮の制御にはたらくタンパク質の発見に至ったのである。現在の知識にもとづいて神経の興奮が骨格筋に伝わるのところから筋収縮に至るまでのしくみについてまとめると、おおよそ以下のA)~G)のようになる。

- A) 神経と筋細胞の間で形成されたシナプス(神経筋接合部とよぶ)において、神経の軸索末端(シナプス前膜)からアセチルコリンが分泌される。
- B) 神経筋接合部の筋細胞側の細胞膜にはアセチルコリン受容体がある。この受容体はイオンチャネルとしてもはたらく。受容体がアセチルコリンを受け取ると、チャネルが開き、その数に比例して筋細胞内に イオンが流入する。これにより、膜電位が、マイナスの値の静止電位から0に近づく方向へ変化する。これを興奮性シナプス後電位とよぶ。
- C) 興奮性シナプス後電位が一定値を超えて0に近づくと活動電位が発生する。
- D) 活動電位は を介して筋細胞の奥まで伝わる。
- E) 活動電位の刺激によって、細胞小器官である に存在するチャネルから イオンが細胞質に流出する。
- F) 細胞質の イオン濃度が上昇すると、江橋の発見したタンパク質のはたらきにより、アクチンフィラメントとミオシン頭部が結合できるようになる。
- G) ミオシン頭部の立体構造が変化してアクチンフィラメントとの間で滑り運動がおこる。これにより筋肉が収縮する。

1. 空欄 ~ に入る最も適切な語句を記せ。

2. A), B)で言及されているアセチルコリンに関する以下の問い1)～3)に答えよ。

1) アセチルコリンなどのような, シナプスではたらく物質の一般名称を記せ。

2) 神経細胞が興奮していないときにアセチルコリンが貯蔵されている細胞区画の名称を記せ。

3) 神経筋標本を入れた溶液中の ア イオンを取り除くと, 活動電位が発生してもアセチルコリンの放出はおこらない。一方, そのイオンを軸索末端の内部に直接注入すると, 活動電位が発生しなくてもアセチルコリンの放出がおこる。この実験結果は, 活動電位の発生からアセチルコリンの放出に至る過程で, 細胞膜に存在するあるタンパク質(Pとする)がはたらいて ア イオンが輸送されることを示している。このタンパク質Pの性質について, 以下の(a)～(g)から適切なものを二つ選び, 記号で答えよ。

(a) ATPのエネルギーを用いて能動輸送する。

(b) 酸化還元エネルギーを用いて能動輸送する。

(c) 受動輸送する。

(d) 細胞外のアセチルコリンを感知して輸送を制御する。

(e) 細胞内のアセチルコリンを感知して輸送を制御する。

(f) 膜電位の変化を感知して輸送を制御する。

(g) 細胞内外の環境が変化しても輸送を制御しない。

3. B)～E)で言及されている膜電位に関する以下の問い1), 2)に答えよ。

1) 静止電位の維持には, イオンの能動輸送体および常に開いているイオンチャネルが必要である。

①前者(能動輸送体)が輸送する2種類のイオンの名称を記せ。また, それぞれのイオンが輸送される向きは以下の(a), (b)のいずれか, 適切なものを選び, 記号で答えよ。

(a) 細胞内から細胞外へ

(b) 細胞外から細胞内へ

②後者(チャネル)が輸送するイオンの名称を記せ。

生物

2) 活動電位と興奮性シナプス後電位が「全か無かの法則」に従うかどうかについて、以下の記述(a)~(d)から適切なものを一つ選び、記号で答えよ。

- (a) 活動電位も興奮性シナプス後電位も従う。
- (b) 活動電位は従うが、興奮性シナプス後電位は従わない。
- (c) 活動電位は従わないが、興奮性シナプス後電位は従う。
- (d) 活動電位も興奮性シナプス後電位も従わない。

4. 下線部(i)の「アクチンフィラメントとミオシンフィラメントのみを用いた実験」では ATP を与えると両フィラメントの間で滑り運動がおこる。このとき分子レベルでおこっていることに関する以下の記述(a)~(f)から適切なものを二つ選び、記号で答えよ。

- (a) ATP がミオシン頭部に結合すると、ミオシン頭部はアクチンフィラメントと結合する。
- (b) ATP がミオシン頭部に結合すると、ミオシン頭部はアクチンフィラメントから離れる。
- (c) ATP がミオシン頭部に結合しても、ミオシン頭部とアクチンフィラメントの結合・解離には影響しない。
- (d) ミオシン頭部と結合した ATP が分解されると、ミオシン頭部はアクチンフィラメントと結合する。
- (e) ミオシン頭部と結合した ATP が分解されると、ミオシン頭部はアクチンフィラメントから離れる。
- (f) ミオシン頭部と結合した ATP が分解されても、ミオシン頭部とアクチンフィラメントの結合・解離には影響しない。

5. F)の過程における イオンによる収縮制御には、アクチンとミオシン以外に2種類のタンパク質が関わっている。それらに関する以下の問い1)～3)に答えよ。

1) 細胞質の イオン濃度が低いときには、アクチンフィラメントとミオシン頭部が相互作用できない。この現象で中心的な役割を果たすタンパク質の名称を記せ。また、その性質について、以下の(a)～(h)から適切なものを二つ選び、記号で答えよ。

- (a) アクチンフィラメントに沿って巻きつくように結合する。
- (b) ミオシンフィラメントに沿って巻きつくように結合する。
- (c) 細胞膜に存在する イオンチャネルに結合する。
- (d) の膜に存在する イオンチャネルに結合する。
- (e) アクチンフィラメントのミオシン結合部位をふさぐ。
- (f) ミオシン頭部のアクチン結合部位をふさぐ。
- (g) 細胞膜に存在する イオンチャネルをふさぐ。
- (h) の膜に存在する イオンチャネルをふさぐ。

2) イオンによる収縮制御に関わるもう一つのタンパク質(江橋の発見したタンパク質)の名称を記せ。また、その性質について、以下の(a)～(h)から適切なものを二つ選び、記号で答えよ。

- (a) アクチンフィラメントに沿って巻きつくように結合する。
- (b) ミオシンフィラメントに沿って巻きつくように結合する。
- (c) アクチンフィラメントとミオシンフィラメントを橋渡しするように結合する。
- (d) 問い1)で答えたタンパク質に結合する。
- (e) イオンと結合する。
- (f) アクチンフィラメントの イオンとの結合を促進する。
- (g) ミオシンフィラメントの イオンとの結合を促進する。
- (h) 問い1)で答えたタンパク質の イオンとの結合を促進する。

生物

- 3) 細胞質の ア イオン濃度の上昇によりアクチンフィラメントとミオシン頭部が相互作用できるようになるしくみについて、句読点を含め 100 字以内で述べよ。
6. 脊椎動物の骨格筋を取り出し、それに接続する神経を 1 回刺激すると図 4 A のグラフのような収縮がおこる。同じ試料を 20 ミリ秒間隔でくりかえし刺激し続けた結果として最も適切な収縮のグラフを図 4 B(a)~(d)から一つ選び、記号で答えよ。また、そのような現象の名称を記せ。なお、図 4 B(a)~(d)のグラフにおいて、縦軸(収縮の強さ)と横軸(時間)のスケールはすべて共通であり、(a)の収縮曲線は図 4 A のものと同等であるとする。

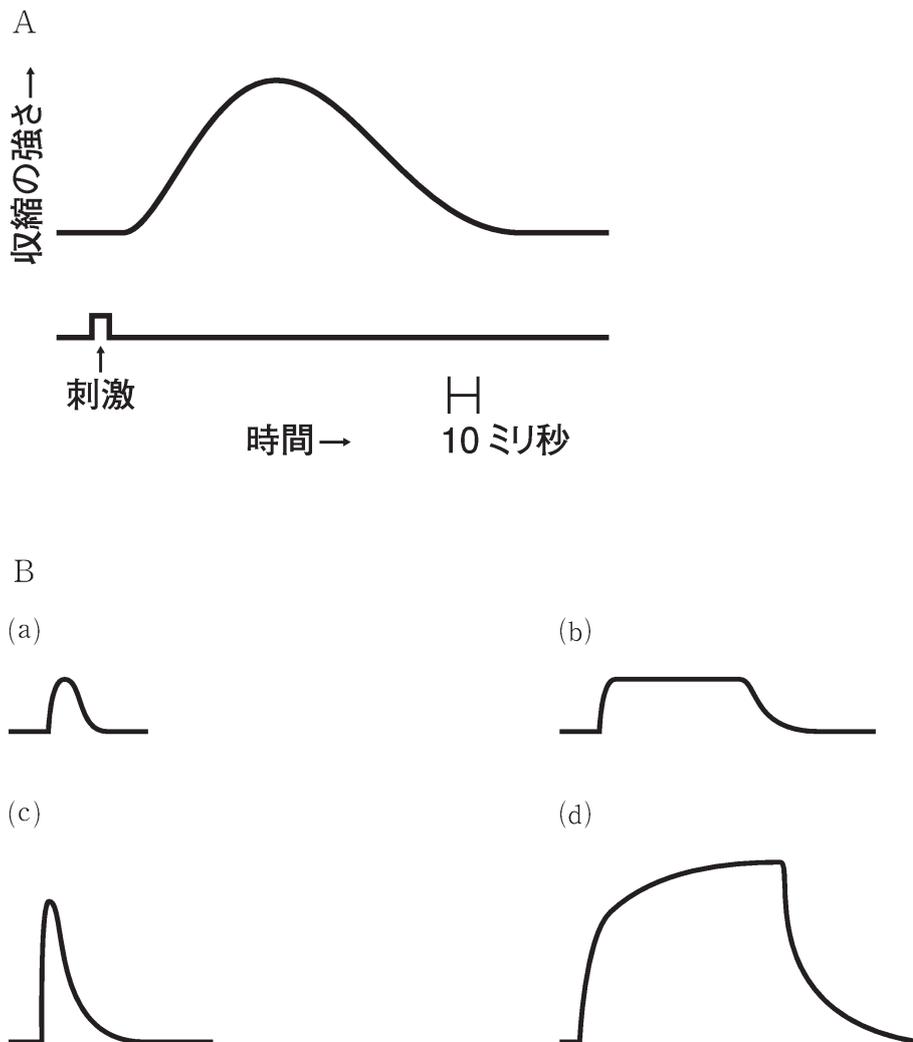


図 4. 骨格筋の収縮曲線

〔IV〕 つぎの文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生命が誕生する以前の原始地球では、後に生物を構成するのに必要な有機物が無機物から生み出されて蓄積されていったと⁽ⁱ⁾考えられている。この過程を という。 により生成・蓄積した有機物が、代謝と自己複製のしくみや、外界と自己をわける膜をもつことにより生命が誕生したと考えられる。初期の生命は、現在の生命とは異なって、基本的な生命活動に RNA が中心的作用を果たしていたという説が提唱されており、これを RNA ワールド仮説⁽ⁱⁱ⁾ という。

進化の初期段階の生物は、周囲の有機物を分解してエネルギーを得る 栄養生物か、硫化水素や水素などを用いて有機物を合成する 栄養生物であったと考えられる。その後、光エネルギーを利用する生物が出現した。それらの中でも、 は水を分解して大量に を発生させ、地球の環境を大きく変えた。

これらの生物は核をもたない原核生物で、核をもつ真核生物は、原核生物より遅れて出現した。⁽ⁱⁱⁱ⁾真核生物は複雑な細胞小器官をもつが、それらのうち、ミトコンドリアは細胞内に取り込まれた が、葉緑体は同じく取り込まれた が起源だという細胞内共生説^(iv)が有力である。

1. 空欄 ～ に入る最も適切な語句を記せ。

生物

2. 下線部(i)について, 1953年にミラーは原始地球の大気を想定した混合気体として水, 水素, , をガラス容器に封入し, ^(v)ある操作をおこなうとアミノ酸などの有機物が生成されることを示した。以下の問い1), 2)に答えよ。

1) 空欄 と に入る最も適切な化学物質を以下の(あ)~(け)から選び, 記号で答えよ。なお, , の解答は順不同とする。

- | | | |
|----------|-----------|-----------|
| (あ) アラニン | (い) アルデヒド | (う) アンモニア |
| (え) グリシン | (お) メタン | (か) 一酸化炭素 |
| (き) 窒素 | (く) 二酸化炭素 | (け) 硫化水素 |

2) 下線部(v)の「ある操作」とはどのようなものか。簡潔に記せ。

3. 下線部(ii)の根拠となる, RNAがもつ特徴を二つ記せ。

4. 下線部(iii)について, 以下の文章の空欄 ~ に入る最も適切な語句を記せ。

細胞の構造に着目すると, 生物は原核生物と真核生物に分けられる。このうち原核生物は と の2群に分けられ, 生物界全体では3群に分かれることが, ウーズがおこなった分子系統解析により明らかになった。このときウーズが解析に用いたのは の塩基配列である。さらに詳細な解析の結果, 真核生物は系統的には と近縁であることが明らかとなっている。

5. 下線部(iv)の根拠となる, ミトコンドリアと葉緑体に共通する特徴を二つ記せ。

6. 下線部(iv)について, ミトコンドリアと葉緑体のどちらが先に細胞内の構造として獲得されたと考えられるか。理由とともに, 句読点を含めて60字以内で述べよ。

7. 問い4のように、塩基配列情報を用いて分子系統樹を作成することにより、生物群の系統関係を明らかにすることができる。表2と図5は、生物a～eにおける相同なDNA領域の塩基配列の一部と、これをもとに塩基の変化の数が最小となるように作成した分子系統樹である。以下の問い1), 2)に答えよ。なお、生物aは、生物b～eと、系統的に最も離れていることがわかっているものとする。

1) 図5の と に入る生物の組み合わせとして最も適切なものを以下の(あ)～(か)から選び、記号で答えよ。

- (あ) : b : c (い) : b : d
 (う) : c : b (え) : c : d
 (お) : d : b (か) : d : c

2) この分子系統樹の作成に用いた塩基配列におこったと考えられる突然変異の回数を整数で記せ。

表2. 相同なDNA領域の塩基配列の一部

生物種	塩基配列					
生物a	T	A	C	A	A	G
生物b	C	T	C	G	A	C
生物c	T	T	T	A	A	C
生物d	C	T	C	A	A	C
生物e	C	T	T	G	A	C

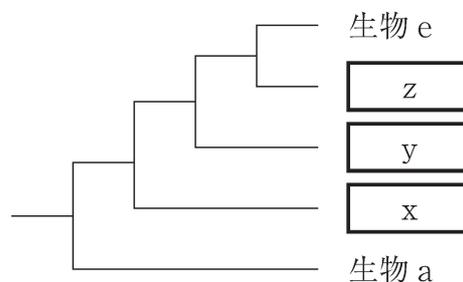


図5. 表2から作成した分子系統樹