

生 物

注 意 事 項

〔Ⅰ〕, 〔Ⅱ〕, 〔Ⅲ〕は全員が解答すること。〔Ⅳ〕と〔Ⅴ〕は選択問題です。

〔Ⅰ〕, 〔Ⅱ〕, 〔Ⅲ〕, 〔Ⅳ〕または〔Ⅰ〕, 〔Ⅱ〕, 〔Ⅲ〕, 〔Ⅴ〕の組み合わせのいずれか一方を選択して合計4問解答しなさい。

この問題は生物受験者全員が解答すること。

〔Ⅰ〕 植物ホルモンに関する次の文章を読み、問1～問3に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

植物の芽生えに横方向から光を与えると、植物は光の方向に曲がる。このような性質を 性といい、イギリスの 父子によりはじめて研究された。この成長の変化を引き起こす原因物質はオランダの によってマカラスムギの幼葉鞘から寒天に集められ、のちにオーキシンのよばれるようになった。

また、暗所で植物の芽生えを横にすると、芽は上へ根は下へ曲がる。この性質を 性という。この成長の変化もオーキシンによって制御されると考えられている。芽が上へ曲がることを の 性、根が下へ曲がることを の 性という。

問1 文章中の ～ にもっとも適切な語句を記入せよ。

問2 若い成長中の植物の茎から10 mmの切片を切り出し、適切な濃度のオーキシンを含む水溶液中につけておくと、切片の長さが時間とともに増加する。切片の長さを1時間ごとに測り、グラフに示したのが図1である。オーキシンにより茎切片の伸長が増加する理由を述べた次の文章で、もっとも適切なものを次の①～⑤の中から一つ選び、記号で答えよ。

- ① オーキシンにより個々の細胞の長さが増加するため。
- ② オーキシンにより細胞板の形成が抑制されるため。
- ③ オーキシンにより細胞分裂が抑制されるため。
- ④ オーキシンによりジベレリンの量が減少するため。
- ⑤ オーキシンによりエチレンの量が増加するため。

問 3 問 2 と同じ濃度のオーキシンを含む、あるいは含まない溶液に、さらにスクロース(ショ糖)を加え、0%、4%、8%、12%、16%の濃度になるように水溶液を調整した。これらの水溶液それぞれに茎から新しく切り出した10 mmの切片をつけ、4時間後にその長さを測定すると図2のようになった。縦軸は4時間後の切片の長さ(mm)を、横軸はスクロースの濃度(%)を表している。スクロースの濃度が高くなるとオーキシンの切片の長さの増加が抑えられている。それはなぜか。理由を100字以内で述べよ。

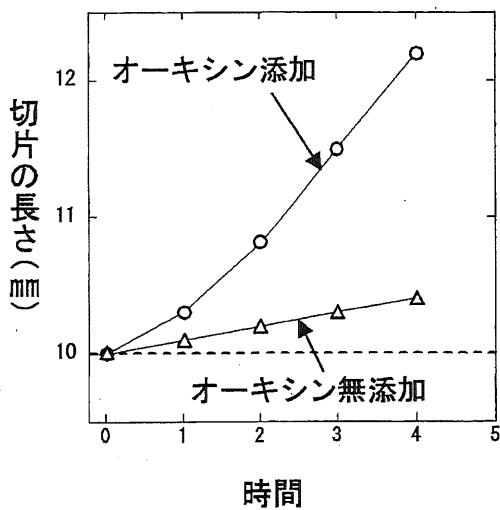


図 1 オーキシンの添加による切片の伸長促進 (破線は切片の元の長さを示す)

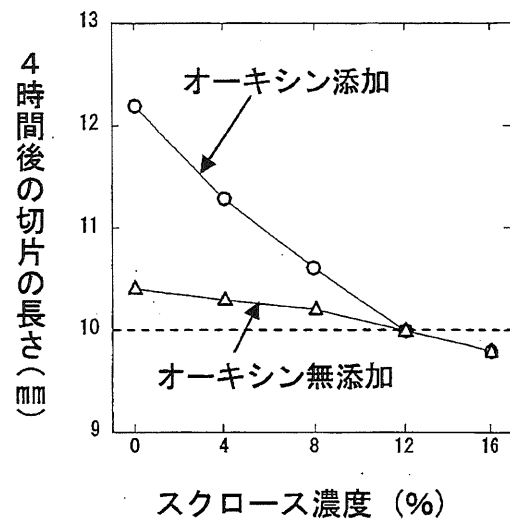


図 2 オーキシンの添加による切片の伸長促進に対するスクロースの影響 (破線は切片の元の長さを示す)

この問題は生物受験者全員が解答すること。

〔Ⅱ〕 細胞分画と代謝に関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

細胞小器官の機能を調べるために、マウスの肝臓を取り出し、生理的な体液濃度のナトリウムイオン(Na^+)とカリウムイオン(K^+)を含む緩衝液中で、ホモジナイザーを用いて細胞をすりつぶした。そして、すりつぶしたもの(ホモジネート)を材料として、遠心分離機を利用する細胞分画法によって細胞成分を分離した。最初、ホモジネートを弱い遠心力を用いて、沈殿1と上澄み1に分けた。次に、上澄み1を中程度の遠心力を用いて沈殿2と上澄み2に分けた。さらに、上澄み2をより強い遠心力を用いて沈殿3と上澄み3に分けた。沈殿1には、核や壊れなかった細胞が含まれており、沈殿2には、呼吸をつかさどる細胞小器官であるミトコンドリアが含まれていた。また、沈殿3には、細胞をすりつぶす過程で生じた細胞膜の断片からできた膜小胞が含まれていた。

グルコースが細胞内で代謝される場合、まず という代謝過程で という物質にまで代謝される。その後、好気呼吸では、 はミトコンドリア内部の に入り、 という代謝過程の一連の反応で水と反応しながら、二酸化炭素にまで分解される。そして、 と で生じた還元型のNADは、ミトコンドリアの 膜上にある一連の酵素によって酸化還元反応を受け、最終的に水が生成される。この反応系を 系とよぶ。この過程で多くのATPが合成される。

問1 上の文章中の ～ にもっとも適切な語句を記入せよ。

問2 の代謝過程に必要な一連の酵素は、主にどの画分に含まれているか。次の①～④の中からもっとも適切なものを一つ選び、記号で答えよ。

- ① 沈殿1 ② 沈殿2 ③ 沈殿3 ④ 上澄み3

問3 グルコースが代謝されて二酸化炭素と水が生じる反応式を記述せよ。

問 4 上記の細胞分画法で得られた下線部の膜小胞は、90%以上が細胞膜の断片がそのまま閉じた形の膜小胞であり、生理的な細胞膜の構造と同じである。すなわち、膜小胞の外側は元の細胞の外側、膜小胞の内側は元の細胞の細胞質側となっている。得られた膜小胞を生理的な体液濃度の Na^+ と K^+ を含む緩衝液中にしばらく放置したのち観察するとどのようなようになるか。次の (a)~(f) の中からもっとも適切な文章の組み合わせを下の①~⑧の解答群から一つ選び、記号で答えよ。ただし、緩衝液中の膜小胞の量は十分多く、膜小胞に流入あるいは膜小胞から流出したイオンの濃度変化が緩衝液中で測定できるものとする。

- (a) 膜小胞内外の K^+ 濃度は同じであるが、内側の Na^+ 濃度が高くなった。
- (b) 膜小胞内外の Na^+ 濃度は同じであるが、内側の K^+ 濃度が高くなった。
- (c) 膜小胞の外側では K^+ 濃度が高くなり、内側では Na^+ 濃度が高くなった。
- (d) 膜小胞の外側では Na^+ 濃度が高くなり、内側では K^+ 濃度が高くなった。
- (e) 膜小胞内外の Na^+ と K^+ の濃度バランスは、能動輸送によって保たれている。
- (f) 膜小胞内外の Na^+ と K^+ の濃度バランスは、受動輸送によって保たれている。

[解答群] ① (a), (e) ② (a), (f) ③ (b), (e) ④ (b), (f)
 ⑤ (c), (e) ⑥ (c), (f) ⑦ (d), (e) ⑧ (d), (f)

問 5 ミトコンドリアを特別な方法で処理することによって、ミトコンドリアの 膜の生理的な膜構造の表裏が逆転した膜小胞を得ることができる。このような膜小胞は、反転膜小胞とよばれている。試験管内に、緩衝液とこの反転膜小胞を入れ、還元型の NAD を加えると 系が水素イオン (H^+) を運ぶことによって、反転膜小胞内に H^+ が蓄積される。蓄積された H^+ は、濃度の高い反転膜小胞内から濃度の低い膜小胞外に流れ出る。この力を利用して ATP 合成酵素は ATP を合成することができる。反転膜小胞を利用して実際に ATP を合成するために、上記の試験管に新たに加えないければならない化合物名を二つ答えよ。

この問題は生物受験者全員が解答すること。

- 〔Ⅲ〕 遺伝情報の発現に関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。(塩基の記号は、アデニンをA、チミンをT、グアニンをG、シトシンをC、ウラシルをUで表記してある。)

核酸はヌクレオチドとよばれる単位のくり返しからなる。ヌクレオチドを構成するのは塩基・・である。核酸には、主として細胞核にあるDNAと、主として細胞質にあるRNAがある。DNAに含まれるがであるのに対し、RNAに含まれるはである。生物の遺伝情報は、DNA中に塩基配列として収められている。これをRNAの塩基配列として写しとる過程をといい、さらにRNAからポリペプチド鎖のアミノ酸配列として変換しタンパク質を合成する過程をという。この一方向の遺伝情報の流れは生物に共通しており、とよばれている。

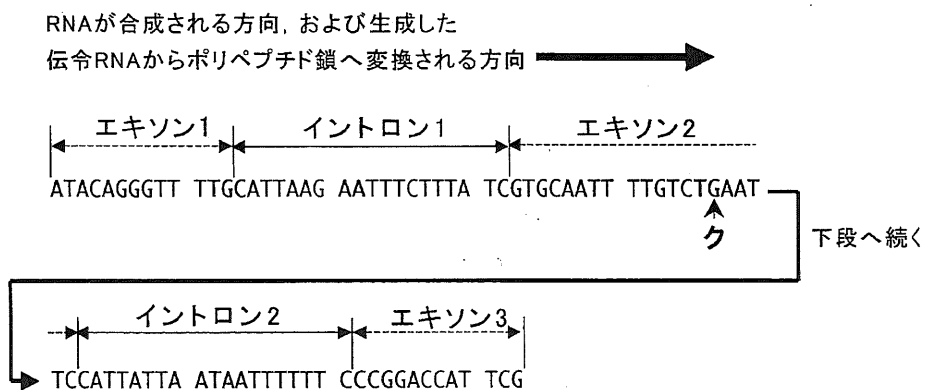
問1 上の文章中の～にもっとも適切な語句を記入せよ。

問2 図は真核生物のDNAの塩基配列を模式的に示したものである。配列は実際の生物で見出されたものではない。この塩基配列のDNA鎖を鋳型にしてが行われるものとする。によって生成するRNAから伝令RNAが生成されるまでに、RNAの一部が切断・再結合する現象が知られている。この現象名を答えよ。

また、この塩基配列が図に示すエキソン領域とイントロン領域を持つ遺伝子である場合、生成する伝令RNAの塩基配列を次の①～⑧の中から一つ選び、記号で答えよ。

- ① AUACAGGGUU UUGGUGCAAU UUUGUCUGAA UCCCCGGACC AUUCG
- ② CAUUAAGAAU UUCUUUAUCC AUUAUUAAUA AUUUUUUUC
- ③ GUAAUUCUUA AAGAAAUAGG UAAUAAUUUA UAAAAAAG
- ④ CUUUUUUAAU AAUUUUUACC UAUUUCUUUA AGAAUUAC
- ⑤ UAUGUCCCAA AACCACGUUA AACAGACUU AAGGGCCUGG UAAGC
- ⑥ GCUUACCAGG CCCUUAAGUC UGUUUUAACG UGGUUUUGGG ACAUA
- ⑦ TATGTCCCAA AACCACGTTA AACAGACTT AAGGGCCTGG TAAGC
- ⑧ GTAATTCTTA AAGAAATAGG TAATAATTAT TAAAAAAG

(注：それぞれの塩基配列は連続したものであるが，数えやすいように10塩基ごとに余白を設けてある。)



図

(注：図中の塩基配列は連続したものであるが，数えやすいように10塩基ごとに余白を設けてある。)

問 3 カ は伝令 RNA の最初のメチオニンコドンから終止コドンまでを認識しておこなわれる。問 2 の伝令 RNA の最初のメチオニンコドンからタンパク質に カ された場合のアミノ酸配列を、表に示したコドンとアミノ酸の対応を参照して記せ。開始メチオニンから終止コドンの一つ前までのアミノ酸配列を、表中のカッコ内に示したアルファベットを用いて記入すること。

問 4 図中の矢印クで示した塩基 G が遺伝子突然変異により A に塩基置換した場合と G が欠失した場合では、どちらの突然変異の影響が大きいと考えられるか。具体的な理由を 150 字以内で述べよ。ただし生成される伝令 RNA の塩基配列には、上記の置換・欠失による塩基の違い以外の変化は生じないものとする。

表

1 番 目 ↓	2 番目				3 番 目 ↓
	U	C	A	G	
U	UUU } フェニルアラニン (F)	UCU } セリン (S)	UAU } チロシン (Y)	UGU } システイン (C)	U
	UUC }	UCC }	UAC }	UGC }	C
	UUA } ロイシン (L)	UCA }	UAA } 終止	UGA } 終止	A
	UUG }	UCG }	UAG }	UGG } トリプトファン (W)	G
C	CUU } ロイシン (L)	CCU } プロリン (P)	CAU } ヒスチジン (H)	CGU } アルギニン (R)	U
	CUC }	CCC }	CAC }	CGC }	C
	CUA }	CCA }	CAA } グルタミン (Q)	CGA }	A
	CUG }	CCG }	CAG }	CGG }	G
A	AUU } イソロイシン (I)	ACU } トレオニン (T)	AAU } アスパラギン (N)	AGU } セリン (S)	U
	AUC }	ACC }	AAC }	AGC }	C
	AUA }	ACA }	AAA } リシン (K)	AGA } アルギニン (R)	A
	AUG } メチオニン (開始) (M)	ACG }	AAG }	AGG }	G
G	GUU } バリン (V)	GCU } アラニン (A)	GAU } アスパラギン酸 (D)	GGU } グリシン (G)	U
	GUC }	GCC }	GAC }	GGC }	C
	GUA }	GCA }	GAA } グルタミン酸 (E)	GGA }	A
	GUG }	GCG }	GAG }	GGG }	G

選択問題〔Ⅳ〕または〔Ⅴ〕のいずれか一方を選択して解答すること。

〔Ⅳ〕 生物の集団に関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

春のある日、里山の生物を観察した。冬場はスズメが十数羽集まり集団となつて行動を共にしていたが、当日スズメはあちこちに点在していた。カエルをくわえたモズが木の枝にとまっていた。すぐ近くの池にはトノサマガエルがいた。よく目につくモンシロチョウの行動を注意してみると、畑に育っていたキャベツやコマツナの花にとまり蜜を吸っているものもいた。これらの花にはモンシロチョウの他にミツバチが花粉と蜜を集めにきていた。キャベツやコマツナの葉にはアオムシ(モンシロチョウの幼虫)がいて、葉を食べていた。さらに葉の裏にはたくさんのアブラムシが集まっていた。そのアブラムシのまわりにはアリが集まっていて、アブラムシからでる甘い液体を餌としていた。一方、アリはアブラムシを捕食するテントウムシを追い払っていた。

そこで、モンシロチョウに注目して、この地域における生物の相互関係を調べてみたところ、次のことがわかった。

- ・ 幼虫の食草は、アブラナ科のアブラナ・キャベツ・コマツナ・ナズナなどである。
- ・ 幼虫の捕食者はアリ・クモ・アシナガバチ・カエル・鳥類などである。
- ・ 幼虫にアオムシコマユバチが寄生すると幼虫や蛹は発育の途中で死んでしまう。自然状態では約半数以上の幼虫がアオムシコマユバチに寄生されている。
- ・ 成虫の捕食者はカマキリ・トンボ・クモ・鳥類などである。
- ・ 一個体の雌の産卵数は約400個である。
- ・ ある一個体の雌が春に産卵した卵の発育段階、生存数、経過日数を調べると次ページの表のようになった。この表では生存数と経過日数は、例えば、一齢幼虫が産卵後4日目に344個体ふ化したことを意味する。経過日数はそれぞれ産卵後の日数である。

表

発育段階	卵	一齢 幼虫	二齢 幼虫	三齢 幼虫	四齢 幼虫	五齢 幼虫	蛹	成虫
生存数	400	344	188	160	148	120	20	8
経過日数	0	4	7	9	12	17	23	30

問 1 1) 下線部(a)の行動を共にしている集団を何とよぶか。適切な語句を記入せよ。

2) 下線部(a)のように動物が集団で行動する利点を一つあげ、20字以内で述べよ。

問 2 1) 生産者を出発点として、アオムシとカエルが含まれる四栄養段階の食物連鎖の例を一つ完成させたい。解答欄の2か所の()に、それぞれ適切な語句を一つずつ記入せよ。ただし、本文中に記載されている具体的な植物名や動物名を用いること。

2) 実際の生物群集では直線的な食物連鎖は少なく、連鎖が複雑にからみあっている。このことを何とよぶか。適切な語句を記入せよ。

問 3 1) 下線部(b)で示したアリとアブラムシの相互作用を何とよぶか。適切な語句を記入せよ。

2) 下線部(b)で示したアリとアブラムシと同じ相互作用の関係にある生物を本文中から一組とりあげ、その関係を50字以内で説明せよ。

問 4 モンシロチョウの卵から羽化までの間で、もっとも一日あたりの死亡率が高い発育段階はどれか。次の①～⑦の中から一つ選び、記号で答えよ。

- ① 卵 ② 一齢幼虫 ③ 二齢幼虫 ④ 三齢幼虫
⑤ 四齢幼虫 ⑥ 五齢幼虫 ⑦ 蛹

問 5 この地域のモンシロチョウの個体数を激減させる可能性がある人為的な行為の例として、適切なものを次の①～⑦の中から三つ選び、記号で答えよ。

- ① 畑のキャベツ・コマツナに換えて、アブラナを植える。
- ② アブラナ科の植物を一掃する。
- ③ アシナガバチを駆除する。
- ④ アリ・クモ・カエルなどを駆除する。
- ⑤ アオムシコマユバチを多数放つ。
- ⑥ ミツバチを多数放つ。
- ⑦ モンシロチョウの成体を多数捕獲する。

選択問題〔Ⅳ〕または〔Ⅴ〕のいずれか一方を選択して解答すること。

〔Ⅴ〕 生命の進化に関する次の文章を読み、問1～問5に答えよ。答えは解答欄に記入せよ。

約40億年前に単元的に誕生した原核生物は、その進化の過程において、どのようなルートを歩んで、現在の約1500万種を越えるとされる多様な生物を生まだしたのか。米国のカール・ウーズは、核酸の配列からこの疑問に答えようとした最初の一人である。

従来、生物を系統的に分類する方法としては、1960年にコーネル大学のR. H. ホイッタカーによって提唱された「五界説」が主流であった。彼によれば、生物は五界(グループ)にまとめられるという。すなわち、細菌類を一群にまとめた「界」、ゾウリムシやアメーバなどの単細胞生物をまとめた「界」、から摂取によって栄養を獲得するという方向に進化した「界」、吸収によって栄養をとる方法を発達させた「界」、そして光合成により栄養をとる方法を発達させた「界」である。こうした従来の説に新しい息吹を吹き込んだのが、タンパク質やDNA、RNAに残されている分子進化の痕跡を調べる分子系統学である。分子系統学では、はじめはタンパク質であるチトクロームcのアミノ酸配列を比較して、生物間の分岐年代を推定していた。それがやがて、16SリボソームRNAや5SリボソームRNAの遺伝子など、核酸の塩基配列を比較するようになった。

こうした分子系統学の最大の成果といわれるのが、1970年の中頃、前述のような、ウーズが提唱した、生物界を三つの領域(ドメイン)に分類する三ドメイン説である。本書も基本的にはこの分類法に従っている。ウーズは、原核生物や真核生物がどのように多様化したかについて、リボソームの小サブユニットを形成するrRNAの遺伝子、すなわち原核生物では16Sリボソーム遺伝子^(a)^{注1)}、真核生物では18Sリボソーム遺伝子^{注2)}の塩基のカタログ(塩基配列)を比較して、原核生物から真核生物にいたる生物の系統関係を調べた。その結果、古細菌であるメタン細菌と真正細菌では、同じ原核生物の仲間でありながら、真核生物との差に

匹敵するほど異なっていることに気がついた。そしてさらに多くの生物で詳しく調べ、ほとんどすべての生物は真正細菌、古細菌、真核生物という、大きくは三つの生物群に分類されることを明らかにした。真正細菌ドメインには一般的に知られている枯草菌、大腸菌や藍色細菌^{注3)}が含まれ、古細菌ドメインには超好熱細菌、好塩細菌、メタン細菌などが含まれる。

黒岩常祥「細胞はどのように生まれたか」1999年

^{注1)} 16SリボソームRNA 遺伝子のこと。

^{注2)} 18SリボソームRNA 遺伝子のこと。

^{注3)} ラン細菌、ラン藻類ともよぶ。

問 1 本文の ~ の空欄に適切な語句を記入せよ。

問 2 下線部(a)は細胞の中でどのような役割を果たしているか。20字以内で記入せよ。

問 3 図の系統樹に示した①は問1の 界、②は 界に相当する。図中の③~⑤、⑥は五界のうちいずれに相当するか。適切な語句を記入せよ。

問 4 図の系統樹に示した①～⑥は三ドメインのいずれに相当するか。適切な語句を記入せよ。

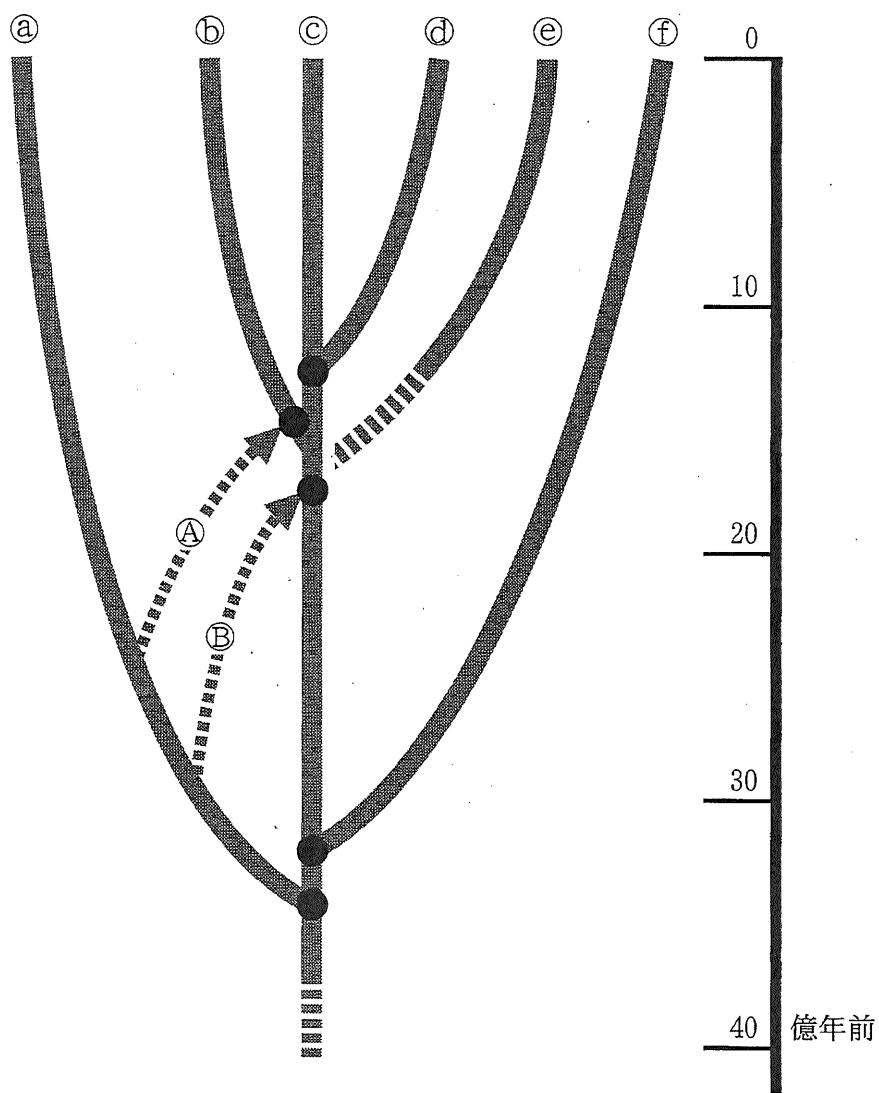


図 生物進化の道筋

①と②の破線は共生説に基づく由来を示す。③の破線は複数の系統に由来することを示す。

問 5 図の⑥, ⑦, ⑧, ⑨の各界の生物は④または⑤がそれぞれの時期に共生することにより進化してきたと考えられている。図の系統樹を参考に次の問に答えよ。

- 1) 葉緑体とミトコンドリアの起源に相当するのはそれぞれ図中の④と⑤のいずれか。記号で答えよ。
- 2) ⑤の方が古い時代に共生して新しい生物群が生じたと考えられ、図に示すような系統樹が描かれた。⑤の方が古い根拠について 80 字以内で記せ。
- 3) ⑥, ⑦, ⑧の各界の生物がもつ細胞小器官の有無について、それぞれ次の①～⑧に示す組み合わせの中からもっとも適切なものを一つ選び、記号で答えよ。①～⑧は、細胞核、ミトコンドリア、葉緑体の順に、それぞれの有無を表している。

	細胞核	ミトコン ドリア	葉緑体		細胞核	ミトコン ドリア	葉緑体
①	有	有	有	⑤	無	有	有
②	有	有	無	⑥	無	有	無
③	有	無	有	⑦	無	無	有
④	有	無	無	⑧	無	無	無