

生物の系統と進化

ウォーミングアップ

- (1) 生物をある共通性に基づいてグループ分けすることを()
という。
- (2) 分類の基本となる単位は()である。
- (3) 分類の階層(階級)は大きい方から,(^ア)・界・(^イ)・
綱・目・(^ウ)・属・種となっている。
- (4) 生物の学問上の正式な名称を(^ア)という。これはリン
ネが確立した(^イ)という方法によってつけられる。
- (5) 生物の進化の過程をもとに類縁関係を推定し、生物を分類することを
()という。
- (6) 生物の類縁関係を樹のような形で表したものを()という。
- (7) 生物の分類体系には、近年ではウーズらが提唱した()
が支持されている。
- (8) 3ドメイン説とは生物を(^ア), (^イ),
(^ウ)の3つのドメインに分けるという分類体系である。
- (9) 細胞の構造に着目すると、生物は(^ア)と(^イ)
に分けられる。
- (10) 原核生物はrRNAを用いた解析によってさらに(^ア)と
(^イ)に分けられることが明らかになった。
- (11) 真核生物には(^ア), (^イ), (^ウ),
(^エ)が含まれる。
- (12) 新生代に出現した霊長類は、樹上生活に適応した結果、親指が他の指と
向かい合う(^ア)や、両眼が顔の前につくことで(^イ)
ができる範囲が広いなどの特徴をもつ。
- (13) 類人猿と人類の違いは()歩行を行うことであり、その結
果、体の構造にもさまざまな変化が起きた。

基本問題

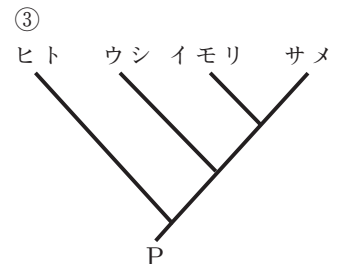
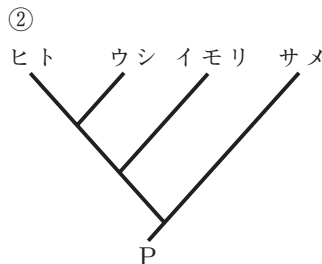
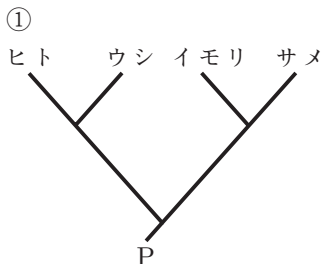
29. (分子時計－1) 文章を読み、以下の各問いに答えよ。

生物の進化が進むと、異なる種においては、共通のはたらきをするタンパク質でも、アミノ酸配列に違いが見られることがある。例えば、ヘモグロビンの α 鎖(およそ140個のアミノ酸からなる)のアミノ酸配列を比較してみると、ヒトとウシでは17個のアミノ酸の違いがみられる。一方、ヒトとゴリラを比較すると、アミノ酸の違いは1個しかみられない。このように、共通の祖先から分岐して長い時間が経っている種間ほど、アミノ酸の違いの数が大きい傾向にある。さらに、アミノ酸の置換はほぼ一定の速度で進むことから、アミノ酸の違いの数を比較すると、共通の祖先から分岐してからの時間を推定することができる。

次の表は、4種の脊椎動物(ヒト、ウシ、イモリ、サメ)の間でヘモグロビン α 鎖を比較し、それぞれの間のアミノ酸の違いの数を示したものである。

	ヒト	ウシ	イモリ	サメ
ヒト	0	17	62	79
ウシ	17	0	64	75
イモリ	62	64	0	84
サメ	79	75	84	0

- (1) 下線部のような考え方を何というか。()
- (2) ヒトとサメのヘモグロビンの α 鎖のアミノ酸配列を比較してみると、79個のアミノ酸の違いがみられるが、どちらもヘモグロビンとしてのはたらきを維持している。このように、生存に有利でも不利でもないアミノ酸の違いは自然選択の対象にはならず、分子の中に蓄積しやすいと考えられる。このような仮説を何と呼ぶか。()
- (3) (2)の仮説を提唱した人物を答えよ。()
- (4) アミノ酸の違いの数から推定した進化の道筋を樹形図で示したものを分子系統樹と呼ぶ。上の表から求められるヒト、ウシ、イモリ、サメの最も適切な分子系統樹を、下の①～③から1つ選べ。ただし、Pはヒト、ウシ、イモリ、サメの共通の祖先動物を表しているものとする。()



30. (系統と分類) 次の文中の () に語群から適語を選び、記入せよ。

生物は、約190万種確認されているが、まだ発見されていない種を含めると、数千万種になると推測されている。これらの全生物に名前を付け、いろいろな特徴でグループ分けをすることを⁽¹⁾ () という。

(1)の方法には人の便宜的な基準に基づく人為分類と、類縁関係に基づく⁽²⁾ () がある。また、(2)のグループの相互関係は⁽³⁾ () で示すことができる。現在はDNAの⁽⁴⁾ () やタンパク質のアミノ酸配列を比較して⁽⁵⁾ () が作成されている。

また、(1)の基本単位は⁽⁶⁾ () である。(6)とは、形態などの特徴が共通しており、他の生物群から生殖的に隔離された生物群のことを指す。さらに、近縁の(6)をまとめて⁽⁷⁾ ()、(7)をまとめて⁽⁸⁾ () というようにして、以下のように段階的に分類する。

(6) < (7) < (8) < 目 < 綱 < ⁽⁹⁾ () < 界 < ⁽¹⁰⁾ ()

語群	分類	系統分類	ドメイン	科	門	属	種
	系統樹	塩基配列	分子系統樹				

31. (生物の分類) 図は生物を3つのグループに分類し、互いの系統関係を示した図である。以下の各問いに答えよ。

- (1) 図のように生物を3つの領域に分類するという考え方を何説と呼ぶか。また、誰によって提唱されたか。
説 () 人名 ()

- (2) 図のA～Cに適するグループ名を答えよ。

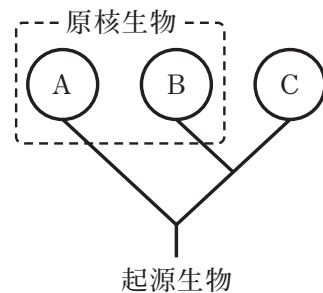
A () B ()
C ()

- (3) 下のア～ウの文章は、A～Cのグループについて説明したものである。A～Cにあてはまるものを選び、それぞれ記号で答えよ。

ア 真核細胞からなる生物で、原生生物、動物、植物、菌類が含まれる。
イ 高温・高塩濃度などの極限環境に生きているものが多く、原核細胞からなる生物の中でも真核生物により近縁である。
ウ 現在知られている原核生物の大半を含み、生活環境も多岐にわたる。
A () B () C ()

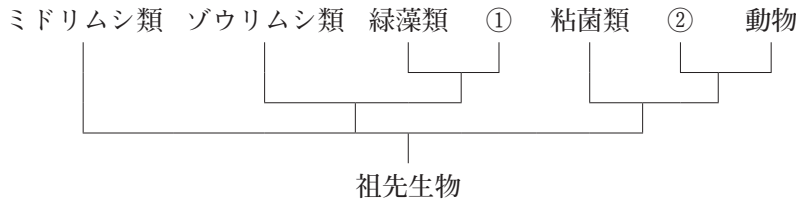
- (4) 次の①～⑩の生物は図のA～Cのどのグループに属するか、記号で答えよ。

①高度好塩菌 () ②ネンジュモ ()
③ゾウリムシ () ④酵母 ()



- ⑤乳酸菌 () ⑥超好熱菌 ()
 ⑦ウニ () ⑧メタン生成菌 ()
 ⑨大腸菌 () ⑩タンポポ ()
- (5) ミトコンドリアや葉緑体の起源となった生物はA～Cのどのグループの生物の特徴に類似しているか。記号で答えよ。 ()

32. (真核生物ドメイン) 下図は、真核生物ドメインに属する代表的な生物群の大まかな系統(進化の道筋)を示している。以下の各問いに答えよ。



- (1) 上図の①, ②にあてはまる生物群を次より選び, 記入せよ。

生物群 菌類 植物
 (①) (②)

- (2) 次の文にあてはまる適語を下の語群から選んで記入せよ。

・原生生物：かつてマーグリスらによる五界説で提唱された原生生物界には、単細胞生物や、つくりの単純な多細胞生物がひとつにまとめられた。現在の知見では、原生生物は単系統ではなく、多系統にわたるさまざまな生物が含まれることがわかっている。

原生生物には、アメーバやゾウリムシなど単細胞で運動性のある従属栄養の原生動物や、キイロタマホコリカビなどの(ア)類、運動性をもち光合成を行う独立栄養の(イ)類などが含まれる。また、褐藻類や紅藻類、緑藻類、シャジクモ類などの藻類も原生生物に含む。藻類は、(ウ)によって葉緑体を獲得した生物で、光合成を行う。

・植物：光合成を行い、陸上で生活する多細胞生物である。シャジクモ類から進化したと考えられている。このうち、胞子で繁殖し維管束をもたないものを(エ)植物、胞子で繁殖し、維管束をもつものを(オ)植物、(カ)でふえるものを(キ)植物という。

・菌類：体外で有機物を分解し、栄養分を細胞内へ(ク)生物である。酵母やカビ、きのこの仲間がこれにあたる。

・動物：他の生物やその生産物を(ケ)ことでエネルギーを獲得する多細胞生物である。からだの構造の複雑さや発生の過程などによって細かく分類されている。

語群 吸収する 細胞内共生 コケ シダ 種子
 摂食する 粘菌 ミドリムシ 接合

33. (命名法) 次の文中の () に語群から適語を選び、記入せよ。

生物の名前は国や言語によって異なるため、学問上では世界共通の名前を用いることになっている。これを (1) という。(1)は (2) 語または(2)語化した言語で付けられる。例えば、ヒトの(1)は*Homo sapiens*であるが、このうち*Homo*は (3) で *sapiens*は (4) である。この命名法はスウェーデンの学者 (5) が提唱したもので、(6) と呼ばれている。

また、日本においても地方によって生物名が異なる場合があるので共通の名前を付ける。これを (7) という。

語群	二名法	学名	和名	リンネ	ラテン	種小名
	属名					

34. (人類の進化) 次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。

5000万年以上前、哺乳類の中から樹上生活に適応したグループとして主にサルのなかまである (1) が出現した。その特徴の一つは、(2) と呼ばれる、a 親指が他の指と向き合うように動かせる性質である。また、指の爪がかぎ爪から平爪になり、5本の指が独立して動くことも特徴である。もう一つの特徴は視覚の発達で、b 両眼が顔の前面に並ぶことで (3) の範囲が広がったことである。

今から3000万年前ごろに、ヒトに近い(1)である (4) の共通祖先が登場したと考えられている。尾を持たず、長い腕を使って樹上生活に適応するだけでなく、地上を四足歩行するなど生活空間を拡大していった。

地上生活をし、(5) 歩行をする人類は600～700万年前ごろ、(6) 大陸において(4)から分岐したと考えられている。その特徴として、脊髄が頭骨から出る穴(大後頭孔)が頭骨の (7) の位置にあることがあげられる。これによって (8) の容積の急増と発達がなされていった。人類の進化は化石の発見によって明らかにされてきた。最古の人類の化石はアフリカ中部のチャドで見つかった (9) である。その後、アウストラロピテクスやホモ・エレクトス、ホモ・ネアンデルタールensisなどが出現した。

現生人類すなわち (10) はアフリカでおよそ30万年前に出現したと考えられている。人類はかつて同じ時代にさまざまな種が共存していたが、現生するのは(10)のみである。

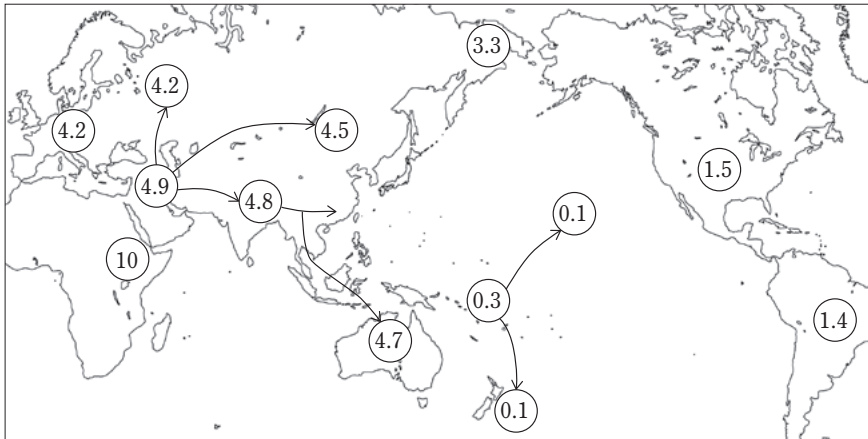
(1) 文中の () に語群から適語を選び、記入せよ。

語群	立体視	霊長類	直立二足	サヘラントロプス
	大脳	拇指対向性	類人猿	アフリカ
	アメリカ	真下	斜め下	ホモ・サピエンス

- (2) 下線部 a, bによって、樹上生活にどのような適応がなされたのか、簡潔に述べよ。

a ()
b ()

35. (ヒトの移動) 図中の数字は、世界各地で発見されたヒト (ホモ・サピエンス) の化石の場所と、生存していたと推定される時期 (単位は万年前) を示している。以下の各問いに答えよ。



- (1) ヒトはどの大陸で誕生したと考えられるか。 () 大陸
(2) 上図には発掘されたヒト化石から推定されるヒトの移動を示す矢印を実線で示している。上図にさらに6つの実線を書き加えよ。
(3) 次の文から、正しいものをすべて選べ。 ()
ア 現生人類には、複数の種が存在する。
イ 現在のヒトゲノムには、ホモ・ネアンデルターレンシスと交配した痕跡が残っている。
ウ ヒトの拡散は、すべて二足歩行によるものである。
エ ヒトの拡散は、氷期に海水面が上昇し、陸地が広がったことと関係している。
オ ヒトが出現したころは、ホモ・ネアンデルターレンシスも生息していた。

■グレートジャーニーと九州・沖縄

ホモ・サピエンスがアフリカ大陸を出発して世界中に拡散した道のりは「グレートジャーニー」と呼ばれ、多くの研究者によってその行程が明らかになりつつあります。

日本列島にやってきたのは約4万年前。様々な文化的背景を持つホモ・サピエンスが、北海道、対馬、沖縄の3つのルートを使い、複数回にわたって日本列島にやってきたのでしょう。熊本県では約3万8千～3万7千年前の遺跡が発見されているほか、沖縄県からは約2万年前の人骨(湊川人)が発掘されています (ただしDNA分析では、湊川人は日本人の直接の祖先ではない可能性が高いとされています)。私たちの祖先についてはいまだ多くが謎です。この問題集を解いている高校生から、新発見をする研究者が現れるのを期待しています。

36. (ヒトとゴリラの比較) ヒトは人類とよばれ、ゴリラなどの類人猿と近縁である。人類と類人猿は、第一指(親指)が他の指と向き合う拇指対向性や両眼が顔の正面に並び、立体視ができる範囲が広がるなどの共通点がある。その一方で、骨格や歩行様式などには大きな違いが見られる。ヒトとゴリラを比較した次の文について、以下の各問いに答えよ。

頭骨の底部には脊髄が出る穴である大後頭孔がある。ゴリラとヒトではこの大後頭孔の位置と開口の方向が異なっており、ゴリラが頭骨底部の⁽¹⁾)部に位置し⁽²⁾)に開口しているのに対して、ヒトは⁽³⁾)部に位置し⁽⁴⁾)に開口している。また、ゴリラの脊柱が弓状であるのに対し、ヒトの脊柱はS字状となっている。また骨盤の形状にも違いが見られ、ゴリラは⁽⁵⁾)であるのに対して、ヒトは⁽⁶⁾)である。このような形態上の違いは、ゴリラとヒトが異なる歩行様式をとっていることに起因すると考えられている。さらに、このような骨格の変化により、ヒトは重い脳を支えることができるようになり、脳容積も増加した。また、上肢(前肢)がヒトはゴリラに比べて⁽⁷⁾)くなっているが、歩行様式が変化することで、上肢(前肢)が自由となり、手や指を巧みに動かして様々な活動ができるようになった。

- (1) 上の文中の()に語群から適語を選び、記入せよ。
- 語群 中央 後方 真下 斜め
 横広 縦長 長 短
- (2) 下線部について、ゴリラはナックル歩行と呼ばれる四足歩行を行う。ヒトが行う歩行様式を答えよ。()
- (3) 文で示した骨格の違いのほかにもゴリラとヒトの頭骨には、大きな違いが見られる。

下の表のア～カについて、()内の適当な語句を丸で囲み、表を完成させよ。

	ゴリラ	ヒト
<small>がんか</small> 眼窩上隆起	ア (あり・なし)	イ (あり・なし)
犬歯	ウ (大きい・小さい)	エ (大きい・小さい)
おとがい*	オ (あり・なし)	カ (あり・なし)

※おとがいとは、あごの先端の突起のことを言う。

■人類の手はチンパンジーより原始的?!

チンパンジーと人類の共通祖先と考えられる類人猿のプロコンスルの手はヒトに近かったことが化石からわかっています。チンパンジーはヒトと分かれた後、森林で有利に生きられるように指が長くなっていった(親指以外の指が比較的長く頑丈になった)と考えられています。ヒトはつい、自分たちは特別な存在で、チンパンジーはたいして変わらずにいると考えがちです。もちろんそんなはずはなく、ヒトもチンパンジーも同じくらい進化しています。当然、ヒトの方が原始的な部分もあるのです。

發展問題

37. (分子時計－2) 文章を読み、以下の各問いに答えよ。

進化生物学の目的は、すべての生物間の系統関係を明らかにすることである。そのための有効なツールの一つが分子時計である。下表は、ヒト、イヌ、カモノハシ、イモリ、コイの間でヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列がどれほど異なっているかを示したものである。

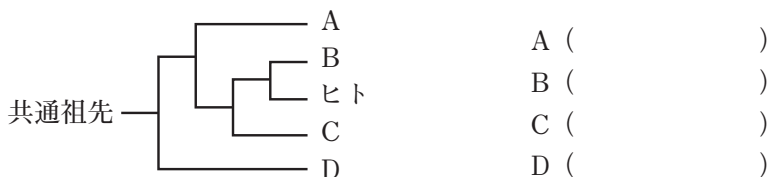
ヒト	0				
イヌ	23	0			
カモノハシ	37	42	0		
イモリ	62	65	71	0	
コイ	68	67	75	74	0
生物種	ヒト	イヌ	カモノハシ	イモリ	コイ

表 ヘモグロビン α 鎖のアミノ酸のうち生物種間で異なるアミノ酸の数(個)

- (1) 下線部の分子時計は、ある仮定が成り立つことを前提として用いられている。どのような仮定かを35字以内で簡潔に説明せよ。

[illegible]

- (2) ヒトとのアミノ酸配列の違いの数をもとに、下図のA～Dの生物名を表より選び、答えよ。ただし、各線分の長さは、それぞれが枝分かれした年代を正確に示しているわけではない。



- (3) ヒトの祖先とイモリの祖先が3億3000万年前に分かれたとすると、ヘモグロビン α 鎖のアミノ酸が1か所変化するのに何年必要であると考えられるか。表の数値を用いて計算せよ。()
- (4) ヒトの祖先とコイの祖先が分かれたのは、およそ何億何千万年前であると考えられるか。表の数値を用いて計算せよ。()
- (5) ヘモグロビン α 鎖のアミノ酸配列を比較してみると、どの動物でも特定の配列がほとんど変化しないで残っていた。その理由として最も適切なものを下のア～エから1つ選び、記号で答えよ。()
- ア すべての生物は共通の祖先をもつから。
- イ その配列がヘモグロビン α 鎖のはたらきにとって重要な部分だから。
- ウ その配列がヘモグロビン α 鎖のはたらきに関係のない部分だから。
- エ その配列では突然変異が起きないから。

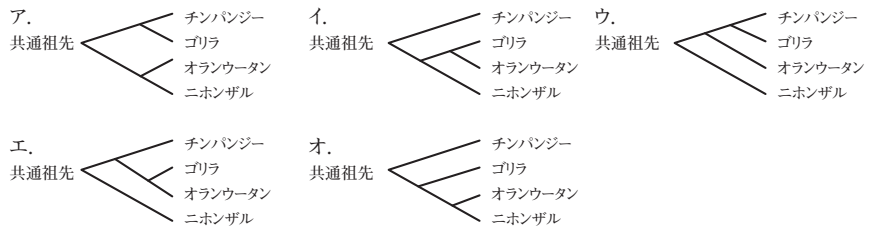
探 究 問 題

38. (霊長類の分子時計) ヒトに近い種の間係を調べるため、チンパンジー、ゴリラ、オランウータン、およびニホンザルのそれぞれに含まれるタンパク質Aのアミノ酸配列を調べたところ、互いに異なっているアミノ酸の割合は表1の通りであった。以下の各問いに答えよ。

表1

	チンパンジー	ゴリラ	オランウータン
ゴリラ	0.90%	—	—
オランウータン	1.93%	1.77%	—
ニホンザル	4.90%	4.83%	4.85%

(1) 表1の結果から得られる系統樹として最も適当なものを次の中から1つ選び、記号で答えよ。()



(2) チンパンジーの祖先とオランウータンの祖先が分岐した年代が1300万年前、ヒトの祖先とチンパンジーの祖先が分岐した年代が600万年前とすると、分子時計の考え方により、表1を用いて、ヒトーチンパンジー間のタンパク質Aにおけるアミノ酸配列の違いを予測できる。

ところが、タンパク質Aにおけるヒトーチンパンジー間のアミノ酸の配列の違いを実際に調べた値は、分子時計の考え方による予測値よりも小さかった。その原因に関する考察として適当なものを次のア～ウから一つ選び、記入せよ。()

- ア. 遺伝的浮動により、ヒトの集団内で、突然変異によって遺伝子Aに生じた新たな対立遺伝子の頻度が上がったため。
- イ. ヒトにおいて生存のためのタンパク質Aの重要度が上がり、タンパク質Aの機能に重要なアミノ酸の数が増えたことで、突然変異によりタンパク質Aの機能を損ないやすくなったため。
- ウ. 医療の発達により、ヒトでは突然変異によってタンパク質Aの機能を損なっても、生存に影響しにくくなったため。

(共通テスト本試験を改題)

データの
読取

結果の処理

考 察

かったのに対し、石炭の燃焼で煤けた市街地では黒い個体の方がかえって目立たなくなり、生存率が向上した。これらに対し、耳あかの湿性と乾性に選択が働くことはまずもって考えにくい。

(2) X染色体を2本もつ雌の場合、 OO (茶)、 Oo (茶・黒)、 oo (黒)の頻度はそれぞれ $0.3 \times 0.3 = 0.09$ 、 $0.3 \times 0.7 \times 2 = 0.42$ 、 $0.7 \times 0.7 = 0.49$ となる。一方、X染色体が1本の雄の場合、 O (茶)と、 o (黒)の頻度は遺伝子頻度と一致する。それぞれに個体数の500を掛けてやればよい。

(3) 斑紋遺伝子をヘテロで持つ雌の三毛ネコの遺伝子型は SsX^oX^o と (X^o は、X染色体上に顕性遺伝子 O がある状態を示す)、雄の茶ネコの遺伝子型は ssX^oY となる。この交配であるから

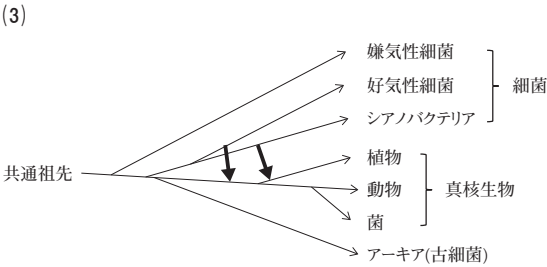
$\frac{\text{♂}}{\text{♀}}$	SX^o	SX^o	sX^o	sX^o	
sX^o	茶・白	三毛	茶	茶・黒	雌
sY	茶・白	黒・白	茶	黒	雌

となる。

(3) 雄であるためにはY染色体が必要で、三毛すなわち O と o 遺伝子が共存するにはX染色体が2本必要であるため解答のようになる。なお、雄の三毛が生じるしくみはほかにも存在する。

28. (共生説の根拠)

- (1) ① a, e ② b, d
(2) 1 シアノバクテリア 2 好気性細菌
3 2 4 3



<解説>

真核生物の細胞小器官のうち、ミトコンドリアと葉緑体はそれぞれ、好気性細菌とシアノバクテリアが細胞内に共生した結果と考えられている。

- (1) a ~ e はすべて根拠としては正しいものだが、
①については a, b が、②については、c, e が
適当である。②については、他にもミトコンドリアと葉緑体のDNAが真核生物のようにタンパク質(ヒストン)に巻き付いて折りたたまれている

いことなども挙げられる。dのリボソームについても重要な根拠であるが、①、②とは無関係である。

(2)(3) 好気性細菌の共生は真核生物の起点の部分で起こった出来事であり、シアノバクテリアの共生は植物に分岐した最初の部分に起きた出来事であると考えられている。

なお、この図では藻類などを含む原生生物について触れていないが、まだまだ不明な部分も多い。今後の研究が期待される分野である。

《生物の系統と進化》

ウォーミングアップ

- | | |
|---|--------------|
| (1) 分類 | (2) 種 |
| (3) ア ドメイン | イ 門 ウ 科 |
| (4) ア 学名 | イ 二名法 |
| (5) 系統分類 | (6) 系統樹 |
| (7) 3ドメイン説 | |
| (8) ア・イ・ウ 細菌(バクテリア)・
アーキア(古細菌)・真核生物(順不同) | |
| (9) ア・イ 原核生物・真核生物(順不同) | |
| (10) ア・イ アーキア(古細菌)・
細菌(バクテリア)(順不同) | |
| (11) ア・イ・ウ・エ
動物・植物・菌類・原生生物(順不同) | |
| (12) ア 拇指対向性 イ 両眼視 | |
| (13) 直立二足 | |

基本問題

29. (分子時計-1)

- (1) 分子時計 (2) 中立説
(3) 木村資生^{もとお} (4) ②

<解説>

分子系統樹とは2種間の塩基配列やアミノ酸配列の違いの数を線の長さに反映させ、その系統関係を表現した図である。表より、アミノ酸の違いの数を比べると、ヒトとウシの違いは17と最も小さく、ヒトとサメの違いは79と最も大きい。ここから、ヒトとウシが分岐した年代が最も新しく、ヒトとサメが分岐した年代が最も古いということが推定できる。よって、ヒトとウシとの距離とヒトとサメとの距離が等しく表示されている③は誤りである。また、表よりヒトとイモリの違いは62で、ヒトとサメの

違い79より小さいが、①ではヒトとイモリの線の長さヒトとサメの線の長さが等しく表示されていることからこれも誤りである。したがって、この推定に合う分子系統樹は②である。

なお、共通の祖先から分岐してからの時間は、アミノ酸配列の違いだけではなく、DNAの塩基配列の違いからも推定することができる。

30. (系統と分類)

- 1 分類
- 2 系統分類
- 3 系統樹
- 4 塩基配列
- 5 分子系統樹
- 6 種
- 7 属
- 8 科
- 9 門
- 10 ドメイン

<解説>

たとえば、魚分類という分類の仕方があるが、これは水産生物の総称なので人為分類の例といえる。それに対し、魚類や甲殻類という分け方は、それらの類縁関係を考慮して分類されているため系統分類といえる。他にも人為分類の例として、草本や木本という分け方がある。これらは植物の形態をもとにした分類であるため一見系統分類のようだが、植物の類縁関係を反映したものではないため人為分類といえる。たとえば、草本のヘビイチゴと、木本のサクラは、系統分類ではどちらも同じバラ科に分類されている。

系統分類に関しては、近年のDNAを用いた研究成果から類縁関係についての新たな知見がもたらされることで、過去の分類が大きく変わることも起きている。

31. (生物の分類)

- (1) 説 3ドメイン説 人名 ウーズ
- (2) A 細菌 (バクテリア) B アーキア (古細菌)
C 真核生物 (ユーカリア)
- (3) A ウ B イ C ア
- (4) ① B ② A ③ C ④ C
⑤ A ⑥ B ⑦ C ⑧ B
⑨ A ⑩ C
- (5) A

<解説>

生物の分類の考え方はホイットカーやマーグリスの五界説(原核生物界、原生生物界、植物界、菌界、動物界)が広く支持されてきた。しかし、原生生物界がかけ離れた系統を含むなど多くの問題点が指摘されてきた。そのため、最近ではrRNAの塩基配列を基に生

物を3つの領域(ドメイン)に分類したウーズの3ドメイン説(細菌ドメイン、アーキアドメイン、真核生物ドメイン)が支持されている。アーキアは、高温や高塩濃度など、原始地球の環境に近いとされるところで多く見つかっているため、より原始的な原核生物であると考えられていたが、rRNAの塩基配列を比較した結果、アーキア(図中B)は細菌(図中A)よりも真核生物(図中C)に近い系統であると分かってきた。この他に下表に示す通り細胞構造やDNA、RNA、タンパク質の性質を比較しても同様の傾向が見られる。

3ドメインの比較

	細菌	アーキア	真核生物
核膜	なし	なし	あり
細胞壁のペプチドグリカン	あり	なし	なし
膜の脂質	エステル脂質	エーテル脂質	エステル脂質
ヒストン	なし	いくつかの種にあり	あり
イントロン	きわめてまれ	いくつかの種にあり	多くの遺伝子にあり
RNAポリメラーゼ	1種	数種	数種
抗生物質(ストレプトマイシンとクロラムフェニコール)感受性	あり	なし	なし
翻訳開始アミノ酸	フォルミルメチオニン	メチオニン	メチオニン
DNA	環状	環状	線状

また、真核生物のミトコンドリアや葉緑体は独自のリボソームを持つが、そのRNAは細菌のものに近縁であることも分かっており、マーグリスの提唱した共生説を裏付けるものでもある。

32. (真核生物ドメイン)

- (1) ① 植物 ② 菌類
- (2) ア 粘菌 イ ミドリムシ ウ 細胞内共生
エ コケ オ シダ カ 種子
キ 吸収する ク 摂食する

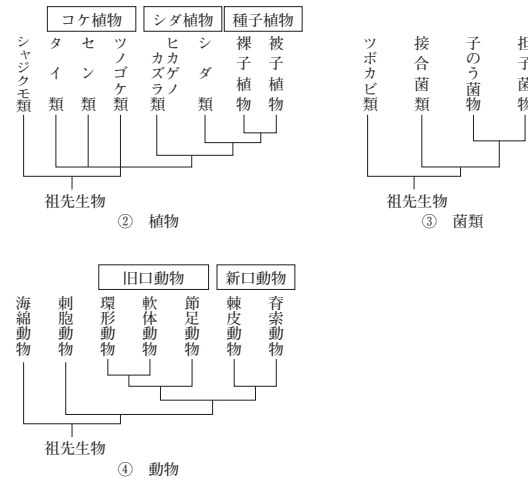
<解説>

真核生物は、大きくは原生生物、植物、菌類、動物に分けられる。

- ① 原生生物 真核生物のうち、単細胞生物やからだの構造が簡単な多細胞生物をまとめたグループであり、原生動物、粘菌類、藻類などの多系統にわたるさまざまな生物が含まれている。
- ② 植物 光合成を行い、主に陸上で生活する多細胞の独立栄養生物である。
- ③ 菌類 体外で有機物を分解し、それを栄養

分として吸収する従属栄養生物である。菌類の多くは、からだが細い菌糸からできている。

④ 動物 他生物やその生産物を食べる多細胞の従属栄養生物である。



33. (命名法)

- 1 学名 2 ラテン 3 属名
4 種小名 5 リンネ 6 二名法 7 和名
＜解説＞

生物の国際的な正式種名を学名という。和名は生物の日本名で、多くは外観や生息環境・地名・古くからの俗称などをもとに名付けられている。

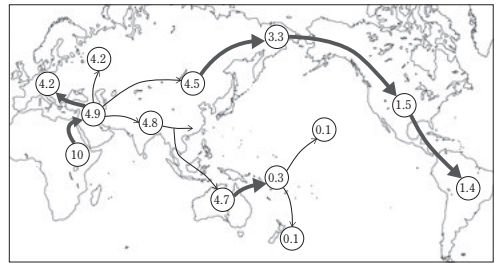
34. (人類の進化)

- (1) 1 霊長類 2 拇指対向性 3 立体視
4 類人猿 5 直立二足 6 アフリカ
7 真下 8 大脳
9 サヘラントロプス
10 ホモ・サピエンス
(2) a 枝をつかみやすくなった (枝や幹をしっかりと握れるようになった)
b 枝から枝へ移動するときに距離を正確に把握できるようになった。

＜解説＞
(2) 樹上生活にどのような影響があったかを述べること。

35. (ヒトの移動)

- (1) アフリカ大陸 (2) 太線の通り (3) イ・オ



＜解説＞

唯一の現生人類であるヒト (ホモ・サピエンス) は、30万年ほど前にアフリカで出現したと考えられている。10万年ほど前にアフリカを出たヒトは、アラビア半島に分布を広げ、海水面が下がっていた氷期に急速に世界中に拡散し、人類としては初めてアフリカ大陸とユーラシア大陸以外の大陸へ進出した。

日本列島には、海水面が下がって大陸とつながった樺太から北海道へ移動したルートと、朝鮮半島から九州へ移動したルートと、現在の中国南部や台湾・沖縄へ黒潮に乗って船で移動してきたルートが考えられている。

36. (ヒトとゴリラの比較)

- (1) 1 後方 2 斜め 3 中央 4 真下
5 縦長 6 横広 7 短
(2) 直立二足歩行
(3) ア あり イ なし ウ 大きい
エ 小さい オ なし カ あり

＜解説＞

ゴリラとヒトを比較すると下の表ようになる。

	ゴリラ	ヒト
脳容積	小さい(約500mL)	大きい(約1500mL)
^{がんか} 眼窩上隆起	あり	なし
上下のあご骨	突出	平ら
犬歯	大きい	小さい
おとがい	なし	あり
大後頭孔	斜めに開口	真下に開口
前肢	長い	短い
骨盤の形	縦長	横広
後肢	短い	長い

※おとがいとは、あごの先端の突起のことを言う。

発展問題

37. (分子時計－2)

- (1) 塩基やアミノ酸の配列の変化が、系統によらず一定の速度で起こる。(31文字)
- (2) A イモリ B イヌ
C カモノハシ D コイ
- (3) 1000 万年
- (4) 3億6千万年前
- (5) イ

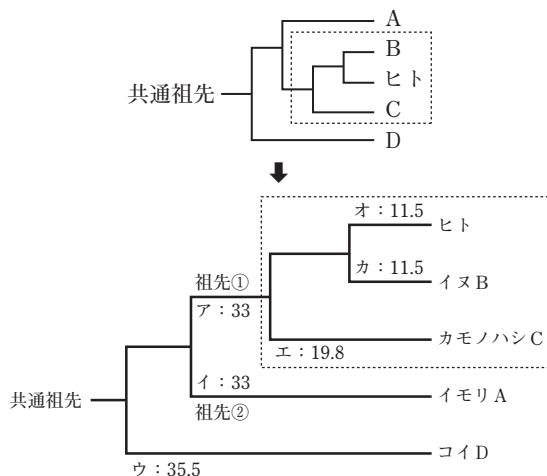
<解説>

- (1) 分子時計は、1965年ズッカーカンドルとポーリングによって初めて提唱され、今は分子系統樹を作成するために利用されている。また、分子における進化速度が一定の速度で起こることを説明する理論として木村資生氏の分子進化の中立説がある。しかし、実際には、どの遺伝子でも、どの生物でも、どの時代にも進化の速度が一定と考えることには問題がある。分子時計の考え方が有効であることは認められているが、詳しい点については、まだ研究が続けられている。

- (2) 右表を見て、数字の小さいものから順に B, C, A, D となる。

ヒト	0
イヌ	23
カモノハシ	37
イモリ	62
コイ	68
生物種	ヒト

- (3) 分かりやすくするには(2)の系統樹の A と の部分を入れ替えるとよい。



ヒトとイモリは共通祖先からイモリの祖先②とヒト・イヌ・カモノハシのグループの祖先①

に大きく分かれ、その後、一定の期間を経てそれぞれの種に分化したことが分かる(図)。それぞれの種におけるアミノ酸配列の違いを整理すると、イモリとヒト・イヌ・カモノハシでは平均 66 か所 $\{(62 + 65 + 71) \div 3 = 66\}$ 違っており、ヒトとイモリは両者の共通祖先からそれぞれ同数ずつ変異して分化したと仮定できるので、33 か所 $(66 \div 2 = 33)$ ずつ変異したと考えられる(図中ア、イ)。

以上より、ヒトの祖先とイモリの祖先が 3 億 3000 万年前に分かれたとすると、ヘモグロビン α 鎖のアミノ酸が 33 か所変異するのに 3 億 3000 万年かかったと考えられる。したがって、アミノ酸が 1 か所変異するのに $3 \text{ 億 } 3000 \text{ 万年} \div 33 = 1000 \text{ 万年}$ かかる計算になる。

同様に、ヒト・イヌとカモノハシではアミノ酸配列が平均して 39.5 か所 $\{(37 + 42) \div 2 = 39.5\}$ 違っているため、ヒトとカモノハシはそれらの共通祖先より 19.8 か所 $(39.5 \div 2 \div 19.8)$ ずつ変異して分化したと考えられる(図中エ)。また、ヒトとイヌではアミノ酸配列が 23 か所違っているため、共通祖先より 11.5 か所 $(23 \div 2 = 11.5)$ ずつ変異していると考えられる(図中オ、カ)。

- (4) (3)と同様に、ヒト・イヌ・カモノハシ・イモリとコイでは、平均 71 か所 $\{(68 + 67 + 75 + 74) \div 4 = 71\}$ 違っているため、ヒトとコイは共通祖先から 35.5 か所ずつ変異し、分化したと考えられる(図中ウ)。アミノ酸が 1 か所変異するのに 1000 万年かかるので、35.5 か所変異するのに $35.5 \times 1000 \text{ 万年} \div 3 \text{ 億 } 6 \text{ 千万年}$ かかることになる。

- (5) すべての塩基配列で突然変異はランダムに生じるが、タンパク質の機能に影響を及ぼす部分に変異が生じた場合、自然選択の対象となることが多いため、排除されやすい。そのため、タンパク質の機能に影響を及ぼす部分には変異が蓄積しにくく、保存されやすい。

探究問題

38. (霊長類の分子時計)

- (1) ウ (2) イ

<解説>

- (1) 表の数値はアミノ酸の異なる割合である。ニホンザルは他の動物と同じ割合で異なることから、

ウとエに絞り込める。また、チンパンジーゴリラ間は最も小さい値であることから、ウが最も適当であると結論付けられる。

- (2) チンパンジーの祖先とオランウータンの祖先が1300 万年前に分岐した結果、タンパク質Aのアミノ酸配列の違いが1.93%であれば、600 万年前に分岐したヒトとチンパンジーのタンパク質Aのアミノ酸配列の違いをX (%)とすると、次のような式が成り立つ。

$$1300 \text{ 万} : 1.93 = 600 \text{ 万} : X$$

よって、 $X = 0.89$ (%)となる。

しかし実際はその値より小さいとリード文に記述されている。タンパク質Aが生存にとって重要であるほど、アミノ酸配列の変化によって機能が損なわれたタンパク質Aを持つ個体は生存に不利になり、子孫を残しにくくなる。結果、タンパク質Aのアミノ酸配列が変化しなかった個体の方が子孫を残しやすく、チンパンジーとヒトのタンパク質Aのアミノ酸の違いが予測値より小さくなっていると考えられる。

第2章 生命現象と物質 《細胞と分子》

ウォーミングアップ

- | | |
|-------------|------------|
| (1) ア 生体膜 | イ リン脂質 |
| ウ タンパク質 | |
| (2) ア セルロース | イ 炭水化物 |
| (3) 呼吸 | |
| (4) ア アミノ酸 | イ ペプチド |
| (5) ア タンパク質 | イ 補酵素 |
| (6) フィードバック | (7) 競争的 |
| (8) ア 受動輸送 | イ 能動輸送 |
| (9) ア チャネル | イ イオンチャネル |
| ウ アクアポリン | |
| (10) ア ポンプ | イ ナトリウムポンプ |
| (11) チューブリン | |

基本問題

39. (細胞の構造とはたらき)

- | | | |
|-----------|---------|-------|
| (1) ア 小胞体 | イ 液胞 | ウ 核小体 |
| エ 染色体 | オ 葉緑体 | カ 細胞壁 |
| キ 細胞膜 | ク リボソーム | |

ケ ミトコンドリア

コ 中心体

サ ゴルジ体

- (2) アとク

- (3) a ア b イ c エ d ク
e オ f ケ g サ h コ
i ウ j キ k カ

- (4) 酢酸オルセイン液 (酢酸カーミン液)

- (5) ① オ ② エ ③ カ ④ イ

<解説>

小胞体は表面にリボソームが付着した粗面小胞体と、リボソームが付着していない滑面小胞体がある。ゴルジ体で作られた小胞内に加水分解酵素が含まれている場合、リソソームと呼ばれ、細胞内消化を行う。中心体は、2個の中心粒と不定形の周辺物質からなり、紡錘糸の起点となるほか、鞭毛や繊毛の形成に関係している。

- (2) 光学顕微鏡では、ミトコンドリアや葉緑体などを観察することができるが、内部構造までは観察できない。

- (4) 酢酸ダーリア液もある。さらに、細胞壁を染色するサフラニンやミトコンドリアを染色するヤヌスグリーン、脂肪を染色するスダンⅢなどがあり、観察する対象に応じて使い分ける。

- (5) ① 葉緑体は、クロロフィル以外にもカロテンやキサントフィルなどの光合成色素を含む。クロロフィルは赤や青紫色の光をよく吸収し、緑色の光を吸収しないため、一般に植物の葉は緑色に見える。

- ② DNAは主に染色体中に含まれるが、ミトコンドリア、葉緑体にも、独自のDNAがある。

40. (化学組成)

- | | | |
|----------|---------|---------|
| (1) 1 溶媒 | 2 アミノ酸 | 3 グルコース |
| 4 DNA | 5 RNA | 6 イオン |
| (2) A 水 | B タンパク質 | C 脂質 |
| D 炭水化物 | E 核酸 | F 無機塩類 |

<解説>

生体を構成する物質には、水、タンパク質、脂質、炭水化物(糖質)、核酸、無機塩類などがある。このうち、水が最も多く含まれている。水に次いで多いのは、動物細胞ではタンパク質であり、植物細胞では炭水化物である。

水：溶媒として化学反応の仲立ちとなる。比熱が大きく、生体の急激な温度変化を防ぐ。光合