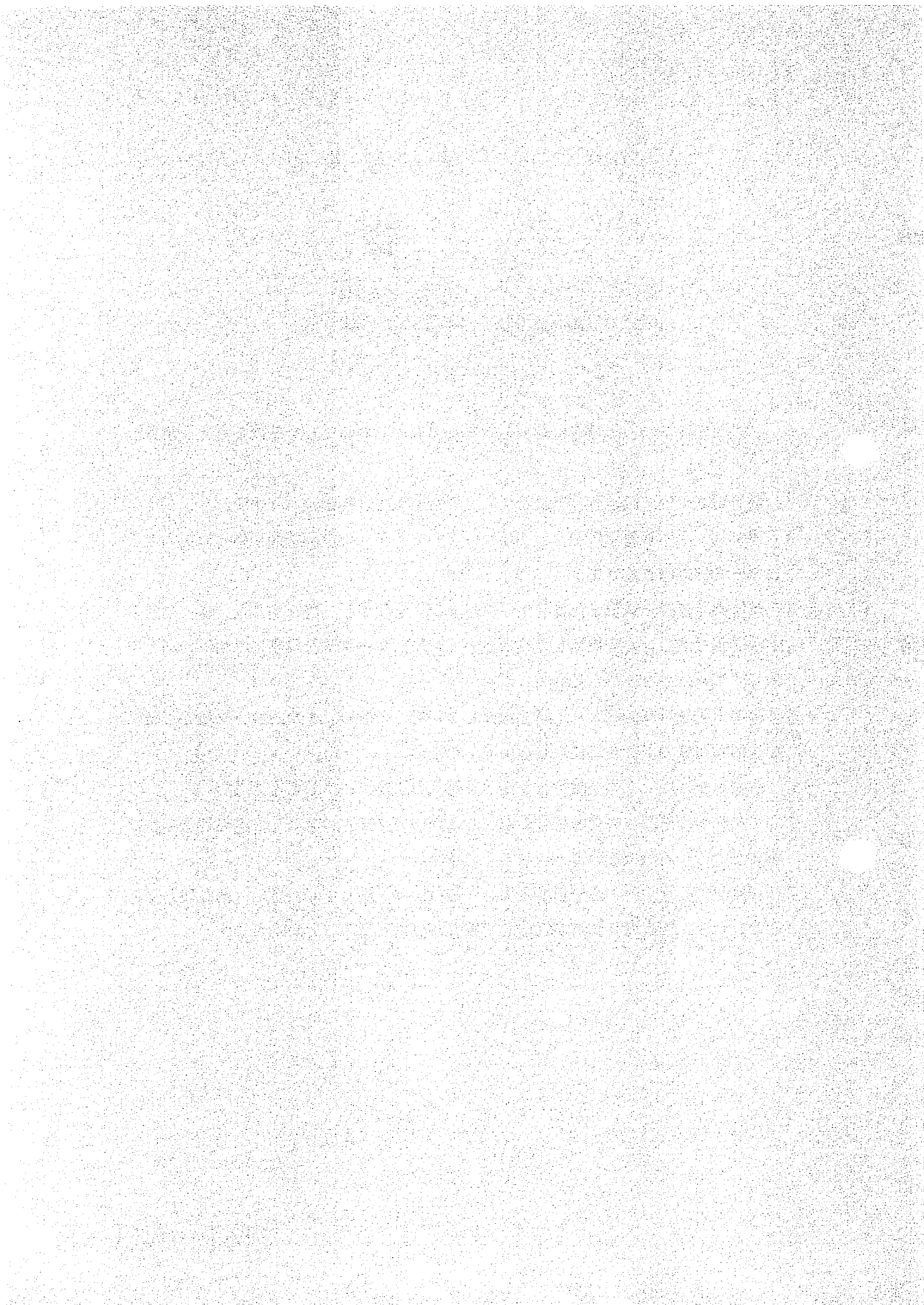


2019 年度 入学 試験 問題

生 物

(試験時間 13:15~14:45 90分)

1. この問題冊子が、出願時に選択した科目のものであることを確認のうえ、解答してください。
2. 解答用紙には、記述解答用紙とマーク解答用紙の2種類があります。
3. 解答は、必ず解答欄に記入およびマークしてください。解答欄以外への記入およびマークは無効となります。
4. 解答は、HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し、訂正する場合は、プラスチック製の消しゴムを使用してください。特に、マーク解答用紙には鉛筆のあとや消しくずを残さないでください。
5. 解答用紙を折り曲げたり、汚したりしないでください。また、マーク解答用紙を記述解答用紙の下敷きに使用しないでください。
6. 解答用紙には、必ず受験番号と氏名を記入およびマークしてください。
7. マーク解答用紙への受験番号の記入およびマークは、コンピュータ処理上非常に重要なので、誤記のないようにしてください。
8. 一度記入したマークを修正する場合、しっかりと消してください。消し残しがあると、マーク読み取り装置が反応して解答が無効となることがあります。



(設問は次ページより始まる)

問題Ⅰの解答は、マーク解答用紙の指定された欄にマークしなさい。問題Ⅱ，Ⅲ，Ⅳの解答は、記述解答用紙の解答欄に答えなさい。

Ⅰ 以下のA～Cの設問に答えなさい。(30点)

A 以下の(1)～(5)の記述について、正誤の組み合わせとして正しい選択肢を〔解答群〕の中から1つ選び、マークしなさい。

(1)

- (ア) DNA複製の際には、DNAの二重らせん構造の一部分がほどけて1本鎖になる。
- (イ) mRNA合成の際には、DNAの二重らせん構造の一部分がほどけて1本鎖になる。
- (ウ) 2本鎖DNAは、互いに相補的な配列をもつ1本鎖DNAどうしが結合したものである。

(2)

- (ア) 2本鎖DNAの一方の鎖の配列が5'-GCGCAATC-3'であるとき、もう一方の鎖の配列は、5'-CTAACGCG-3'である。
- (イ) 2本鎖DNAの一方の鎖の配列が5'-GCGATCGC-3'であるとき、もう一方の鎖の配列は、5'-GCGATCGC-3'である。
- (ウ) 5'-GCGCAATT-3'という配列のDNA鎖と相補的なRNA鎖の配列は、5'-CGCGUUA-3'である。

(3)

- (ア) DNAが複製する過程では、伸長するDNA鎖の末端にある糖にヌクレオチドが結合する。
- (イ) 岡崎フラグメントは、リーディング鎖を合成する過程でつくられる。
- (ウ) DNAの複製では、2本鎖DNAから同じ情報をもつ2本鎖DNAがもう1組つくられるが、その際には酵素は必要ない。

(4)

- (ア) 真核生物では、mRNA 前駆体は核内でスプライシングを受け、mRNA となる。
- (イ) mRNA 前駆体の、常に同じ位置でイントロン部分が切り出されることを、選択的スプライシングとよぶ。
- (ウ) mRNA の鋳型となる DNA 鎖をセンス鎖という。

(5)

- (ア) 真核生物では、基本転写因子と RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合することによって転写が開始される。
- (イ) 転写の際には、RNA ポリメラーゼが RNA のヌクレオチド鎖を 3'→5'の方向に合成する。
- (ウ) 遺伝子の発現を抑えるはたらきのある調節タンパク質をリプレッサーとよぶ。

[解答群]

選択肢	(ア)	(イ)	(ウ)
(a)	○	○	○
(b)	○	○	×
(c)	○	×	○
(d)	○	×	×
(e)	×	○	○
(f)	×	○	×
(g)	×	×	○
(h)	×	×	×

B バイオームと植生に関する以下の問い(1)～(5)に答えなさい。

(1) 日本のバイオームに関する以下の記述の中で正しいものを1つ選び、記号をマークしなさい。

- (a) 日本の暖温帯は東北から北海道西南部に広がり、夏緑樹林が発達する。
- (b) 本州中部では、森林限界より標高が高い場所では木本は育たない。
- (c) 本州中部の日本海側では、丘陵地帯に針葉樹林が見られる。
- (d) 日本の高山帯では、夏になるといわゆるお花畑とよばれる高山草原が広がる。
- (e) 北海道東部の森林では、落葉広葉樹が優占する。

(2) 世界のバイオームに関する以下の記述の中で正しいものを1つ選び、記号をマークしなさい。

- (a) 夏に雨が少ない地中海沿岸の地域などでは、硬葉樹林が発達する。
- (b) 降水量が十分にある地域の植生は、年平均気温が高い方から低い方に向かって、熱帯・亜熱帯多雨林、夏緑樹林、針葉樹林、照葉樹林へと変化する。
- (c) 砂漠は降雨量が極端に少ないので、植物が生育できない。
- (d) ツンドラには地衣類やコケ類しか生えないため、大型動物は生息しない。
- (e) 熱帯や亜熱帯で、雨季と乾季がはっきりと区別される地域では、常緑広葉樹林が発達している。

(3) 世界のバイオームに関する以下の記述の中で正しいものを1つ選び、記号をマークしなさい。

- (a) 荒原は年間降水量が極端に少ない地域や、気温が極端に低い地域に見られ、ステップやサバンナがそれにあたる。
- (b) 熱帯多雨林を構成する植物種は非常に多く、つる植物や着生植物も見られる。
- (c) 年平均気温が高い地域においては、植生は年間降水量の高い方から順に、熱帯多雨林、亜熱帯多雨林、硬葉樹林、ステップ、砂漠へと変化する。
- (d) 北アメリカのステップにはイネの仲間の草本が優占するが、草本類のみではなく、バオバブの木も見られる場合がある。
- (e) 北半球高緯度地方には針葉樹林帯が発達し、これを構成する樹種は熱帯多雨林に次いで多く、多様性に富んでいる。

(4) 植生の遷移に関する以下の記述の中で間違っているものを1つ選び、記号をマークしなさい。

- (a) 陽樹林が成立すると、その後陰樹が生育するようになり、混交林へと移行する。
- (b) 火山灰が降り積もってできた裸地は、保水力はないが、植物に必要な栄養塩類は豊富にある。
- (c) 裸地には地衣類やコケ類が最初に侵入することが多く、このような種を先駆種という。
- (d) 溶岩流や大規模な山崩れなどによってできた裸地から始まる遷移を、乾性遷移という。
- (e) 草本の定着後に侵入してくる木本の多くは陽樹である。

(5) 光の強さと植物の光合成との関係について述べた以下の記述の中で正しいものを1つ選び、記号をマークしなさい。

- (a) 陽生植物は、日当たりの良い場所で勢いよく育つので、陰生植物に比べ、光補償点は低いのが一般的である。
- (b) 光補償点では、光合成も呼吸も止まっているため、二酸化炭素の吸収も放出も見られない。
- (c) 最大光合成速度を示すような強さの光を照射したときには、植物は呼吸を行っていないので、二酸化炭素の吸収速度が真の光合成速度となる。
- (d) 光補償点よりも弱い光のもとでは、植物は呼吸によりエネルギーを得て生育し続ける。
- (e) 陽樹は、陰樹に比べ光飽和点が高く、日当たりの良い場所でよく生育する。

C 地球上の生命誕生と進化に関する以下の問い(1)~(5)に答えなさい。

(1) ストロマトライトに関する以下の記述の中でもっとも適切なものを1つ選び、記号をマークしなさい。

- (a) 地球誕生時に形成された。
- (b) シアノバクテリアによってつくられた岩石である。
- (c) 中生代以降に初めて形成されるようになった。
- (d) 約 27 億年前に存在していた大陸上で形成された。
- (e) アーキア（古細菌）で構成された一種のバイオマットである。

(2) 地球の大気組成の変遷に関する以下の記述の中でもっとも適切なものを1つ選び、記号をマークしなさい。

- (a) 現在の二酸化炭素濃度は、地球誕生以来変わっていないと考えられている。
- (b) 大気中の酸素は、古生代石炭紀に生育していた植物の光合成によって、初めて蓄積されたと考えられている。
- (c) 成層圏のオゾン層は、最初に出現したシアノバクテリアが、光合成で酸素を放出し始めると同時に形成されたと考えられている。
- (d) 地球誕生時の大気は、おもに酸素と二酸化炭素で構成されていたと考えられている。
- (e) 初期光合成生物により放出された酸素は、まず海中の鉄イオンなどを酸化するのに使われたと考えられている。

(3) 細胞小器官の成立に関する以下の記述の中でもっとも適切なものを1つ選び、記号をマークしなさい。

- (a) 葉緑体は、紅色硫黄細菌の細胞内共生によって成立したと考えられている。
- (b) ミトコンドリアは、外膜、内膜ともに真核生物の細胞膜が陥入することで形成されたと考えられている。
- (c) 葉緑体中に独自の DNA が存在することが、この細胞小器官が細胞内共生によって成立したという説を支持する証拠の1つとなっている。
- (d) 真核細胞内に共生していた嫌気性細菌が、この真核細胞が好氣的環境で生育するようになったため、酸素呼吸能を獲得してミトコンドリアになったと考えられている。
- (e) ミトコンドリアは、葉緑体が光合成能をなくしたことで、呼吸機能を担う細胞小器官に変わったものであると考えられている。

(4) 約7億年前に起きた全球凍結について述べた以下の記述の中でもっとも適切なものを1つ選び、記号をマークしなさい。

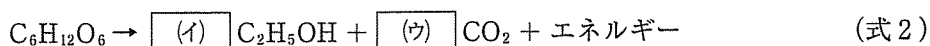
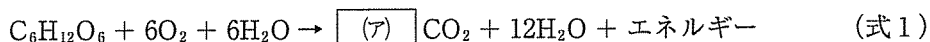
- (a) この全球凍結により、それまで進化してきた生物は絶滅し、その後新たに誕生した生物が現在の地球上の生物の祖先となったと考えられている。
- (b) この全球凍結は、古生代デボン紀の直前に起きたと考えられている。
- (c) エディアカラ生物群は、この全球凍結後に出現した多細胞生物群である。
- (d) この全球凍結後に、それまで生存していた真核生物からアーキア（古細菌）が進化したと考えられている。
- (e) この全球凍結は、地球上での最初の生物が出現する契機になったと考えられている。

(5) 生命の誕生と細胞の進化に関する以下の記述の中で不適切なものを1つ選び、記号をマークしなさい。

- (a) 生命が誕生する以前に、簡単な有機物がつくられ、それが複雑化して原始的な生命の誕生が可能になった過程を化学進化とよぶ。
- (b) RNA ワールドでは、RNA が遺伝情報の保持と触媒作用の両方を担っていたと考えられている。
- (c) 最初に出現した生物は、水中で生活する原核生物だったと考えられている。
- (d) 最初に出現した生物は、遺伝物質としてRNA をもっていたと考えられているが、現生の生物でもRNA が遺伝物質としてはたらいっている。
- (e) 熱水噴出孔は、原始地球上で有機物合成が起きた可能性がある場所の1つだと考えられている。

II 以下の問い(1)~(4)に答えなさい。(25点)

- (1) 酵母は呼吸によってグルコースを分解し、エネルギーを取り出すことができる(式1)。また、酸素が利用できない条件では、発酵によってグルコースを分解してエネルギーを取り出すこともできる(式2)。(ア) ~ (ウ) にもっとも適切な数字を答え、式1と式2を完成させなさい。



- (2) 図1に示す実験装置を2組準備し、密閉された小型フラスコ部分に酵母をリン酸緩衝液に懸濁した液(酵母細胞の懸濁液)を入れた。副室1にはグルコース溶液を入れ、副室2には、一方の実験装置(実験1)ではKOH溶液を、もう一方(実験2)では水を入れた。いずれの実験でも、酵母細胞の懸濁液に副室1からグルコース溶液を加えてよく混ぜ、32℃で一定時間保温した。その結果、実験1では気体の容積は12.5 mL 減少し、実験2では7.5 mL 増加した(表1)。これらの結果から、酵母は呼吸を行い、さらに酸素を必要としない発酵も行ったと考えられる。次の問い(i)および(ii)に答えなさい。

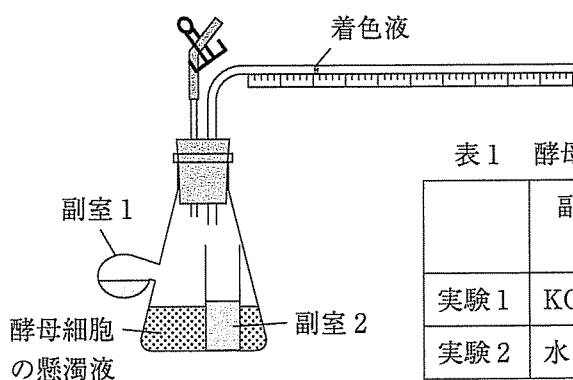


表1 酵母の呼吸と発酵を調べる実験の結果

	副室2の内容	32℃で一定時間保温した後の気体の容積の変化
実験1	KOH 溶液*	12.5 mL 減少した。
実験2	水	7.5 mL 増加した。

図1 実験装置の模式図
着色液の移動で気体の容積の変化を測定することができる。

*小型フラスコ内で発生したCO₂は、副室2のKOH溶液に完全に吸収される。また、副室2の溶液は外に出ず、副室2内に他の液体は入らないものとする。

- (i) 実験1では気体が12.5 mL減少した。これは何を測定したものか。もっとも適切なものを〔解答群〕の(a)~(d)から1つ選びなさい。

〔解答群〕

- (a) 呼吸による O_2 消費量
 (b) 呼吸と発酵による CO_2 生成量
 (c) 呼吸と発酵による CO_2 生成量から呼吸による O_2 消費量を差し引いた量
 (d) 呼吸による CO_2 生成量から呼吸による O_2 消費量を差し引いた量
- (ii) 実験2では気体が7.5 mL増加した。これは何を測定したものか。もっとも適切なものを(i)の〔解答群〕の(a)~(d)から1つ選びなさい。

- (3) 問い(1)で完成させた式1と式2, および表1の結果をもとにすると, ここでの酵母による CO_2 生成量を, 呼吸と発酵とに分けて求めることができる。次の問い(i)~(iv)に答え, 表2を完成させなさい。ただし, この実験条件での1 molの気体の体積は25 Lとし, 小数点以下第1位まで答えなさい。

表2 酵母の呼吸と発酵による CO_2 生成量

	CO_2 生成量	
	(mL)	(mmol*)
呼吸	(i)	(ii)
発酵	(iii)	(iv)

* mmol (ミリモル) は $1/1000$ mol である。

- (i) 呼吸による CO_2 生成量は何 mL と考えられるか, 答えなさい。
 (ii) 問い(i)で求めた呼吸による CO_2 生成量 (mL) は何 mmol にあたるか, 答えなさい。
 (iii) 発酵による CO_2 生成量は何 mL と考えられるか, 答えなさい。
 (iv) 問い(iii)で求めた発酵による CO_2 生成量 (mL) は何 mmol にあたるか, 答えなさい。

(4) 問い(1)で完成させた式 1 と式 2, および問い(3)で完成させた表 2 を参考にして, 次の問い(i)および(ii)に答えなさい。計算の結果は, 小数点以下第 2 位を四捨五入して, 小数点以下第 1 位まで答えなさい。原子量は, $H = 1$, $C = 12$, $O = 16$ である。

(i) 酵母の発酵で消費されたグルコースは何 mg か, 答えなさい。

(ii) 酵母の発酵で生産されたエタノールは何 mg か, 答えなさい。

(設問は次のページにつづく)

Ⅲ 以下の文章A, Bを読み, 問い(1)~(8)に答えなさい。(25点)

A 生物が自らと同じ種類の個体を次世代としてつくり出すことを生殖とよび, この様式として無性生殖と有性生殖がある。もっとも単純な無性生殖は (ア) であり, 大部分の原核生物はこの様式で次世代を生み出す。多細胞生物における無性生殖には (イ) や, 植物で広く見られる栄養生殖が知られている。無性生殖の特徴として, この様式で生み出される次世代はすべてクローンであることが挙げられる。 ① それに対し, 有性生殖では遺伝的多様性が生じる。これには減数分裂による染色体の分配と遺伝子の組換えが関与している。減数分裂の第一分裂前期には, 1対の相同染色体が対合した (ウ) が形成され, ここでは相同染色体が交差した (エ) が観察される。この後の2回の細胞分裂で, 種に固有な n 本の染色体が各生殖細胞に分配される。また, 染色体上で遺伝子の存在する場所を (オ) とよび, 相同染色体上の同じ (オ) にある遺伝子を互いに対立遺伝子とよぶ。動物の常染色体では対立遺伝子は基本的に1組存在するが, 性染色体では片方の染色体にしか存在しない場合がある。

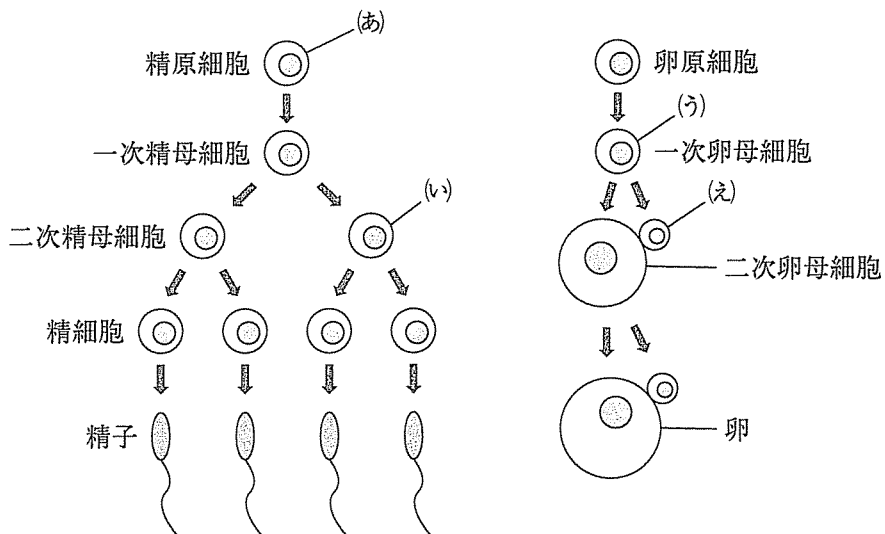


図1 動物の配偶子形成の模式図

- (1) ～ にあてはまる適切な語句を答えなさい。
- (2) 下線部①のクローンとはどのようなものか，20字以内で答えなさい。
- (3) 図1は動物の配偶子形成の模式図である。図中の細胞(あ)～(う)の核相を答えなさい。
- (4) 図1に示す細胞(え)の名称を答えなさい。

B 哺乳類の雌雄はX染色体とY染色体の2種類の性染色体によって決定され、Y染色体をもつ個体は雄となる。たとえば、ネコは18対の常染色体と2本の性染色体をもつので、その染色体の組み合わせは、雄では $36 + XY$ 、雌では $36 + XX$ となり、合計38本の染色体が各細胞に存在する。ごくまれに、減数分裂の途中で染色体が正常に分配されず、正常とは異なる染色体数をもつ配偶子が生じることがある。これを染色体不分離という。常染色体で染色体不分離が起きた場合、ほとんどが胎仔の段階で死んでしまう。しかし、性染色体の染色体不分離では、成体まで生存する確率は比較的高い。その理由の1つに、X染色体の不活性化がある。雌はX染色体を2本もつが、そのどちらかのX染色体は、発生の初期にクロマチンが折りたたまれて遺伝子発現が停止し、不活性化される。不活性化された状態は、細胞分裂を経た後の子孫細胞でも維持される。そのため、1つの細胞に複数のX染色体があってもその影響は少ない。また、X染色体の不活性化により、X染色体上の遺伝子によって引き起こされる表現型が1つの個体の中でモザイク的に現れることがある。

この例として、ネコの毛色が挙げられる。ネコの毛色をつかさどる遺伝子は複数あるが、三毛猫に見られる茶黒白の3色のまだら模様の毛色にかかわる対立遺伝子は、おもに A と a 、 B と b 、 H と h の3組であり、 B と b はX染色体にある。遺伝子 A をもつ個体は、他の遺伝子にかかわらず全身が白色となる。 a は他の遺伝子による毛色に影響を与えない。遺伝子 B が発現している細胞は茶毛となり、遺伝子 b が発現している細胞は黒毛となる。 HH 、 Hh の遺伝子型をもつ個体は共に白斑を生じ、 hh は他の遺伝子による毛色に影響を与えない。

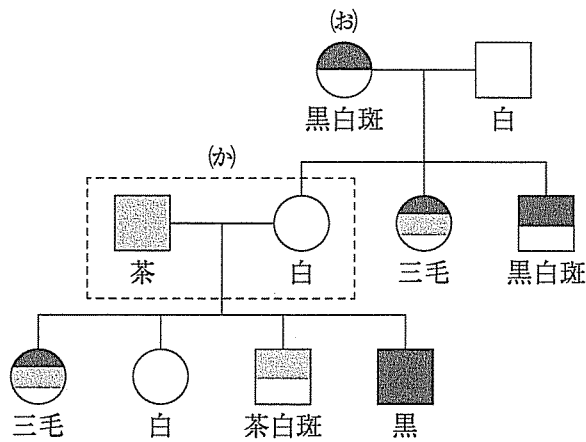


図3 三毛猫

図2 ネコの系図。○は雌を，□は雄を，模様は毛色を示す。

- (5) 毛色を決める遺伝子が，文章B中の3組の対立遺伝子のみとしたときの，三毛猫の遺伝子型をすべて答えなさい。
- (6) 図2の雌親(お)の遺伝子型を答えなさい。ただし，この親から生じる仔は雄の遺伝子型にかかわらず，すべて白斑を生じる。
- (7) 図2の(か)で示されている両親の仔について，すでに示されている個体以外で，生じる可能性のあるすべての毛色を答えなさい。ただし，配偶子形成時に組換えや突然変異は起きていないものとする。
- (8) ごくまれに雄の三毛猫が生じることがある。このときの染色体の組み合わせを， $36 + XY$ 等の形式で答えなさい。また，その組み合わせが生じる過程を75字以内で説明しなさい。

IV 以下の文章A, Bを読み, 問い(1)~(5)に答えなさい。(20点)

A DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列を比較することにより, 生物が進化してきた経路と系統を推定することができる。この系統から示される類縁関係にもとづいて生物を分類できる。表1は, 4種の生物(タラ, コイ, ウサギ, ネズミ)のヘモグロビン α 鎖タンパク質をコードする遺伝子DNA配列の一部を示したものである。このデータをもとに4種の生物の類縁関係を求めてみよう。生物種間に見られる塩基配列の違いを数で表したものをここでは「距離」とよぶことにする。たとえば, タラとコイを比較すると, 網掛部分で示す5か所が異なっている。この場合「距離」は5である。同様にして, タラ, コイ, ウサギの3種間で「距離」を求めることができる。表2はその結果をまとめたものである。

表1 4種類の生物のヘモグロビン遺伝子DNA配列の一部の領域

タラ	A T G	A G T	C T C	T C A	T C T	A A G	C A A	A A G
コイ	A T G	A G T	C T C	T C T	G A T	A A G	G A C	A A G
ウサギ	A T G	G T G	C T G	T C T	C C C	G C T	G A C	A A G
ネズミ	A T G	G T G	C T C	T C T	G G G	G A A	G A C	A A A

表2 塩基配列の比較による3種の生物間の「距離」

	タラ	コイ	ウサギ
タラ			
コイ	5		
ウサギ	12	10	

- (1) タラ, コイ, ウサギ, ネズミの4種間の「距離」を求めたい。ネズミに対するタラ, コイ, ウサギの「距離」を求め, 表3の(ア)~(ウ)にあてはまる数字を解答欄に記入しなさい。

表3 塩基配列の比較による4種の生物間の「距離」

	タラ	コイ	ウサギ	ネズミ
タラ				
コイ	5			
ウサギ	12	10		
ネズミ	(ア)	(イ)	(ウ)	

B このようにして求めた生物種間の「距離」をもとに、生物どうしの類縁関係を、たとえば次の規則（ルール1，ルール2）に従って系統樹として表すことができる。

ルール1

生物種のなかからもっとも「距離」の小さい生物種どうしを見つけ出す。表2の3つの生物種の中では、タラとコイの間がもっとも「距離」が小さく5なので、これらをグループとして1つにまとめる。これを図で

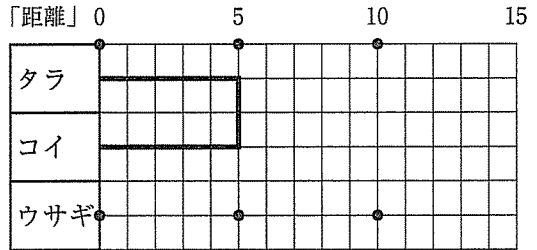


図1

示す場合、それぞれの生物の横軸に長さ5の線を伸ばし、次にその先端どうしを結び、これを {タラ，コイ} のグループとする（図1）。グループにまとまったものを優先的に上に配置する。ただし、このルールは、比較対象が生物種-グループ間についても、グループ-グループ間についても適用する。

ルール2

生物種-グループ間またはグループ-グループ間の「距離」を求めるときは、グループ内のそれぞれとの「距離」のうち、もっとも小さいものを選ぶ。ここでは、タラとウサギ間の「距離」が12，コイとウサギ間の

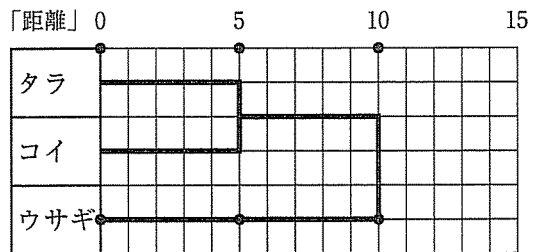


図2

「距離」が10であるが、小さい方の10を選ぶ。これを作図するにはウサギから長さ10まで線を伸ばし、同様に {タラ，コイ} のグループからも合計10になるまで中央に残りの線を伸ばし、その先端どうしを結ぶ（図2）。

(2) 表3と文章Bで説明した規則に従って、タラ、コイ、ウサギ、ネズミの系統樹を解答欄に描きなさい。

(3) 表1に示したDNA配列とそれに続く12塩基分の配列を、対応するアミノ酸配列に翻訳したものを表4に示す。これらのアミノ酸配列にもとづいて「距離」を求め、表5の(エ)~(ケ)にあてはまる数字を解答欄に記入しなさい。

表4 4種類の生物のヘモグロビン α 鎖タンパク質のアミノ酸配列の一部

タラ	M	S	L	S	S	K	Q	K	A	T	I	K
コイ	M	S	L	S	D	K	D	K	A	A	I	K
ウサギ	M	V	L	S	P	A	D	K	T	N	I	K
ネズミ	M	V	L	S	G	E	D	K	S	N	I	K

ただし、Aはアラニン、Dはアスパラギン酸、Eはグルタミン酸、Gはグリシン、Iはイソロイシン、Kはリシン、Lはロイシン、Mはメチオニン、Nはアスパラギン、Pはプロリン、Qはグルタミン、Sはセリン、Tはトレオニン、Vはバリンをそれぞれ表す。

表5 アミノ酸配列にもとづく4種の生物間の「距離」

	タラ	コイ	ウサギ	ネズミ
タラ				
コイ	(エ)			
ウサギ	(オ)	(カ)		
ネズミ	(キ)	(ク)	(ケ)	

(4) 問い(3)で完成させた表5と、文章Bで説明した規則に従って、系統樹を解答欄に描きなさい。

(5) 以下の記述(a)~(d)の中で正しいものをすべて選び、記号を解答欄に書きなさい。
ただし、正しい記述がない場合は「なし」と解答欄に書きなさい。

(a) 塩基は4種類、アミノ酸は20種類ある。そのため、ある遺伝子について、塩基配列を用いて「距離」を求めた場合と、アミノ酸配列を用いて「距離」を求めた場合、後者がより大きくなる傾向にある。

(b) 1つのコドンで、複数種類のアミノ酸をコードすることがある。

(c) 複数種類のコドンで、1種類のアミノ酸をコードすることがある。

(d) コドンの1文字目と2文字目が同じで3文字目のみ異なっても常に同じアミノ酸をコードする。



0

0

