

生 物

解答上の注意

1. 解答は、解答用紙の解答欄にマークすること。

例えば、 と表示のある問題に対して、「①～⑨のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。」の場合には、次の例に従う。

例：②と⑦と答えたい場合には

解答番号	解 答 欄									
4	①	●	③	④	⑤	⑥	●	⑧	⑨	⑩

例えば、 と表示のある問題に対して、計算等から得られた値をマークする場合には次の例に従う。

例：38 と答えたい場合には

解答番号	解 答 欄									
7	①	②	●	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
8	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	●	⑨	⑩

1 次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

精子と卵は減数分裂によって形成されるが、そのもとになる細胞は始原生殖細胞と呼ばれる。始原生殖細胞からは雄ならば精子が、雌ならば卵が分化する。精子が卵に進入し、これらの核が融合する現象を受精という。

受精卵から複雑なからだができる発生のしくみには動物の種を超えて共通性がみられる。脊椎動物でも無脊椎動物でもからだの基本的な方向性を示す体軸は、胚発生のごく初期に決められる。

受精後に卵割を繰り返してできた細胞群は、胞胚期の後、原口から陥入が起こり胚葉が区別されるようになる。カエルやイモリのような脊椎動物では、原腸胚は神経胚をへて尾芽胚になる。

問1 下線部アに関連して、次の(1)、(2)に答えよ。

(1) キアズマの形成が始まる減数分裂の時期として最も適切なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。

- ① 第一分裂前期 ② 第一分裂中期 ③ 第一分裂後期 ④ 第一分裂終期
⑤ 第二分裂前期 ⑥ 第二分裂中期 ⑦ 第二分裂後期 ⑧ 第二分裂終期

(2) ヒトの卵は排卵されるときには減数分裂が停止しており、精子が進入すると減数分裂が再開する。排卵された受精前の卵は減数分裂のどの段階で停止しているか。最も適切なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。

- ① 第一分裂前期 ② 第一分裂中期 ③ 第一分裂後期 ④ 第一分裂終期
⑤ 第二分裂前期 ⑥ 第二分裂中期 ⑦ 第二分裂後期 ⑧ 第二分裂終期

問 2 下線部イに関連して、始原生殖細胞の核相は $2n$ である。配偶子の形成過程でみられる細胞の核相の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑥のうちから1つ選べ。 3

	卵原細胞	一次卵母細胞	二次卵母細胞
①	$2n$	$2n$	$2n$
②	$2n$	$2n$	n
③	$2n$	n	n
④	n	n	n
⑤	n	n	$2n$
⑥	n	$2n$	$2n$

問 3 下線部ウに関連して、ウニの受精過程において起こる次の a～d の順序として最も適切なものを、下の①～⑨のうちから1つ選べ。 4

- a 精子が卵黄膜を通過する。
 b 精子の頭部に含まれていたタンパク質分解酵素がゼリー層に放出される。
 c 精子頭部の細胞質中でアクチンフィラメントの束ができ、先体突起が形成される。
 d 卵の細胞膜直下にある表層粒の内容物が細胞膜と卵黄膜との間に放出される。
- ① a→b→c→d ② a→b→d→c ③ a→c→b→d
 ④ b→a→c→d ⑤ b→c→d→a ⑥ b→c→a→d
 ⑦ c→a→b→d ⑧ c→b→a→d ⑨ c→b→d→a

問 4 下線部エに関連して、背側と腹側とで異なる構造が形成される過程に関わるものはどれか。適切なものを、次の①～⑤のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。 5

- ① カエル卵におけるディシェベルドタンパク質の移動
 ② ショウジョウバエ卵におけるピコイド mRNA とナノス mRNA の分布
 ③ カエル胚におけるノギンタンパク質とコーディンタンパク質の分布
 ④ 哺乳類胚におけるホックス (Hox) 遺伝子群の発現パターン
 ⑤ ショウジョウバエ胚におけるギャップ遺伝子群の発現パターン

2 次の文章を読み、下の問い(問1～9)に答えよ。

生物はそれを取り巻く光、水、大気、土壌などの要素からなる非生物的環境とさまざまな関係をもっている。生物と非生物的環境とを一体としてとらえたものが(A)である。(A)の中で、生物が非生物的環境に影響を及ぼすことを(B)という。また、ある地域で生活する同種の個体の集まりを(C)といい、この中の^ア個体数を経時的に調べることにより、(C)の^イ安定性を知ることができる。

^ウ植物は環境から得た水と二酸化炭素とから光エネルギーを使って有機物を合成する。太陽光は幅広いスペクトルをもつが、光合成に有効な波長はおおよそ可視光に一致する400～700 nmである。植物の光合成色素は数種類あり、それぞれ特有の波長をよく吸収する。青色光と(D)を吸収する主な色素は(E)にある(F)である。^エ二酸化炭素は葉の表皮に存在する気孔を通して取り込まれ、炭素源として^オ有機物の合成に使われる。気孔は周囲の湿度が低下すると閉じるが、^カアブシシン酸を投与した場合にも閉じることが知られている。

^キ独立栄養生物は植物だけではなく、一部の細菌も光エネルギーや無機物の酸化によって得られる化学エネルギーなどを利用して有機物を合成している。

問1 (A)～(C)に入る語の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。 9

	A	B	C
①	食物網	作用	個体群
②	食物網	作用	生物群集
③	食物網	環境形成作用	個体群
④	食物網	環境形成作用	生物群集
⑤	生態系	作用	個体群
⑥	生態系	作用	生物群集
⑦	生態系	環境形成作用	個体群
⑧	生態系	環境形成作用	生物群集

問2 下線部アに関連して、ある草原の調査区域に生息する植物Xの個体数を推定するため、調査区域の10%を占める場所を面積の等しい25区画に区切り、そのうちの5区画について個体数を調査したところ、それぞれ41, 19, 32, 28, 26個体であった。この結果から、調査区域全体では 10 . 11 × 10¹² 個体が生息していると推定できる。ただし、調査区画はランダムに選び、植物Xは草原全体に一様分布しているものとする。10 には一の位の数字(0を除く)を、11 には小数第1位の数字を、12 には1桁の指数の数字をマークせよ。小数第2位以下がある場合には四捨五入せよ。

問 3 下線部イに関連して、ある草原にいる動物 Y の生命表を表 1 に示す。下の(1), (2)に答えよ。

表 1 動物 Y の生命表

年齢(歳)	はじめの生存個体数	期間内の死亡個体数	期間内の死亡率(%)
0 ~ 1	1000	199	19.9
1 ~ 2	801	12	1.5
2 ~ 3	789	13	1.6
3 ~ 4	776	12	1.5
4 ~ 5	764	30	3.9
5 ~ 6	734	46	6.3
6 ~ 7	688	48	7.0
7 ~ 8	640	69	10.8
8 ~ 9	571	132	23.1
9 ~ 10	439	187	42.6
10 ~ 11	252	156	61.9
11 ~ 12	96	90	93.8
12 ~ 13	6	3	50.0
13 ~ 14	3	3	100.0
14 ~ 15	0		

(1) 表 1 の動物 Y と類似した生存曲線の型をもつ動物として適切なものを、次の①~⑥の中から 2 つ選び、一緒にマークせよ。 13

- ① ゾウ ② トカゲ ③ ウニ
 ④ イワシ ⑤ シジュウカラ ⑥ ヒト

(2) 動物 Y は、5 歳になったすべての雌が 6 歳までの間に 1 度だけ出産あるいは産卵(産卵された卵は必ずふ化する)し、それ以外の年齢では出産あるいは産卵しないものとする。この草原の中で動物 Y の総個体数が維持されるためには 1 回の子出産あるいは産卵時の産子あるいは産卵数はどれだけである必要があるか。最も近い数値を次の①~⑩のうちから 1 つ選べ。ただし、この動物 Y は雌雄同数が存在するものとする。 14

- ① 1 ② 3 ③ 5 ④ 20 ⑤ 50
 ⑥ 150 ⑦ 300 ⑧ 600 ⑨ 1000 ⑩ 1200

問 4 下線部ウに関連して、ある地域に生息している2種類の植物 Z1, Z2 を調べたところ、それぞれ次に示す特徴をもっていた。これらの植物の組合せとして最も適切なものを、下の①～⑥のうちから1つ選べ。 15

	Z1	Z2
特徴	仮道管がある。 卵と精子による受精が起こる。 胞子が発芽して前葉体になる。	維管束がない。 胞子が発芽して原糸体になる。

	Z1	Z2
①	シダ植物	コケ植物
②	シダ植物	裸子植物
③	裸子植物	コケ植物
④	裸子植物	シダ植物
⑤	コケ植物	シダ植物
⑥	コケ植物	裸子植物

問 5 (D)～(F)に入る語の組合せとして最も適切なものを、次の①～⑧のうちから1つ選べ。 16

	D	E	F
①	緑色光	ストロマ	クロロフィル
②	緑色光	ストロマ	フィトクロム
③	緑色光	チラコイド	クロロフィル
④	緑色光	チラコイド	フィトクロム
⑤	赤色光	ストロマ	クロロフィル
⑥	赤色光	ストロマ	フィトクロム
⑦	赤色光	チラコイド	クロロフィル
⑧	赤色光	チラコイド	フィトクロム

問 6 下線部工に関して、1分子の二酸化炭素がカルビン・ベンソン回路に取り込まれたときの反応として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから1つ選べ。なお、反応に関与する分子の1分子中の炭素原子の数をCの後ろに付けて示す。 17

- ① 1分子のC₃化合物と反応し、1分子のC₄化合物をつくる。
- ② 1分子のC₃化合物と反応し、2分子のC₂化合物をつくる。
- ③ 1分子のC₄化合物と反応し、1分子のC₅化合物をつくる。
- ④ 1分子のC₅化合物と反応し、1分子のC₆化合物をつくる。
- ⑤ 1分子のC₅化合物と反応し、2分子のC₃化合物をつくる。

問 7 下線部オに関連して、1.0gのグルコースを合成するのに15.7kJのエネルギー量が必要であるものとする。ある地域の純生産量は、光合成による純生産量をすべてグルコースに換算した場合5.0kg/(m²・年)である。太陽から地表に到達する光エネルギー量は3.0×10⁶kJ/(m²・年)であり、このうち400～700nmの光のエネルギーが占める割合は全体の45%であるものとする。光合成に有効な波長の光のエネルギー量のうちこの地域で純生産量となる割合は 18 19 20 %である。 18 には百の位の数字を、 19 には十の位の数字を、 20 には一の位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には、①をマークせよ。小数第1位以下がある場合には四捨五入せよ。

問 8 下線部カに関連して、植物ホルモンとその作用との組合せとして適切なものを、次の①～⑤のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。 21

	植物ホルモン	作用
①	オーキシシン	花芽の形成
②	ジベレリン	種子の発芽促進
③	サイトカイニン	落葉の促進
④	エチレン	茎の肥大成長の促進
⑤	アブシシン酸	茎の伸長成長の促進

問 9 下線部キに関連して、細菌による炭酸同化に関する記述として適切なものを、次の①～⑤のうちから2つ選び、一緒にマークせよ。 22

- ① 緑色硫黄細菌はクロロフィルaをもっている。
- ② シアノバクテリアはバクテリオクロロフィルをもっている。
- ③ 紅色硫黄細菌は水の代わりに硫化水素から電子を得ている。
- ④ 緑色硫黄細菌は炭酸同化に光エネルギーを必要としない。
- ⑤ 硝酸菌は亜硝酸を酸化することによって炭酸同化に必要なエネルギーを得ている。

3 次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

ヒトの腎臓は主にろ過と再吸収によって、からだから排出する物質の量をコントロールしている。ある健康な人について、さまざまな物質の血しょう、原尿および尿に含まれる濃度を測定し、その結果を表1に示した。尿の生成は1分間あたり1 mLであった。血しょう、原尿、尿および水の密度は1 g/mLとする。表中のイヌリンは静脈に注射して測定した。イヌリンは、ヒトの体内にはなく、利用もされない物質であり、原尿中にろ過され、再吸収されずに尿中に排出される。

グルコースはヒトにとって大切な栄養素であり、通常は尿中に排出されることはないが、場合によっては尿中にあらわれることがある。このしくみについて、あるグルコース輸送体(輸送体Gとする)の遺伝子を破壊して発現しないようにしたマウスを製作して調べた。図1は、正常マウス(m)と輸送体Gを発現しないマウス(n)とについて、血液中にさまざまな濃度のグルコース溶液を投与して、体重1 gあたりのグルコース再吸収速度を調べた結果である。この輸送体Gは尿中へのグルコース排出を防いでいると考えられた。

輸送体Gの遺伝子はヒトにも同様に存在し、その遺伝子が突然変異を起こすと尿中にグルコースが排出されるようになることが知られている。そこで、輸送体Gの阻害薬の効果を検討した。その結果を図2に示す。輸送体Gの遺伝子に異常がない健康なサルを被験体として、輸送体Gの阻害薬を投与した条件(o)と投与しない条件(p)とで、血液中にさまざまな濃度のグルコース溶液を投与して、原尿中へのグルコース移動速度(横軸)に対する、尿中へのグルコース排出速度(縦軸)の関係を調べた。

表1 血しょう・原尿・尿中の物質濃度

成分	質量パーセント濃度(%)		
	血しょう	原尿	尿
a	7.2	0	0
b	0.1	0.1	0
c	0.32	0.32	0.34
d	0.03	0.03	2
e	0.001	0.001	0.075
イヌリン	0.01	0.01	1.2

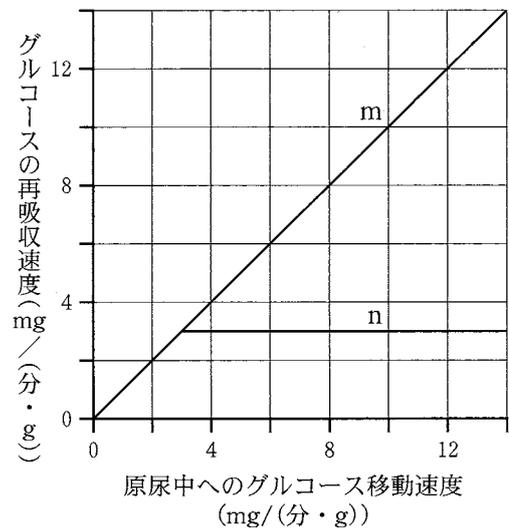


図1 遺伝子を破壊したマウスのグルコース再吸収

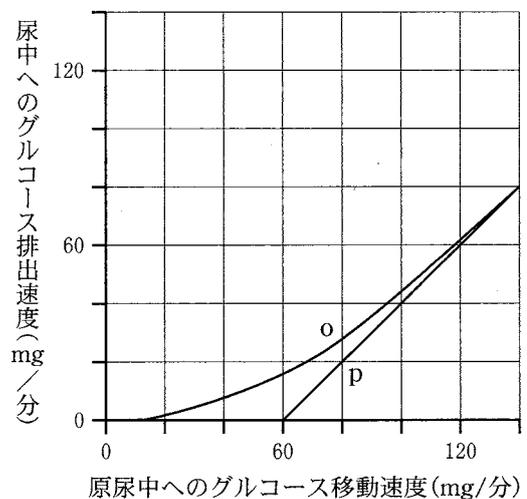


図2 阻害薬の効果

問 1 表 1 の成分 a~e のうちタンパク質はどれか。最も適切なものを、次の①~⑤のうちから 1 つ選べ。

- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ e

問 2 表 1 の結果から、原尿中にろ過された水の再吸収量は 1 分間あたり

mL であった。 には百の位の数字を、 には十の位の数字を、 には一の位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には、①をマークせよ。小数第 1 位以下がある場合には四捨五入せよ。

問 3 表 1 に関して、この人が水道水を大量に飲んだ後、2 時間で 240 mL の尿が排出され、尿に含まれるイヌリンの質量パーセント濃度は 0.6 % であった。なお、この間もイヌリンの投与を続けており、血しょう中の質量パーセント濃度は 0.01 % に維持されていた。次の (1)、(2) に答えよ。

(1) 原尿中にろ過された水の再吸収率は . % であった。
 には十の位の数字を、 には一の位の数字を、 には小数第 1 位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には、①をマークせよ。小数第 2 位以下がある場合には四捨五入せよ。

(2) 腎臓に作用して尿量を減少させるホルモンを分泌する部位はどれか。最も適切なものを、次の①~⑤のうちから 1 つ選べ。

- ① 視床下部 ② 脳下垂体前葉 ③ 脳下垂体後葉
④ 甲状腺 ⑤ 副腎髄質

問 4 図 1 のグラフから推定できることの記述として適切なものを、次の①~⑤のうちから 2 つ選び、一緒にマークせよ。

- ① 腎臓でグルコースの再吸収をおこなうタンパク質をコードする遺伝子は複数種類ある。
② 輸送体 G はグルコースのろ過をおこなっている。
③ 輸送体 G による最大グルコース輸送速度は体重 1 g あたり約 3 mg/分である。
④ 輸送体 G は集合管に発現している。
⑤ このマウス (n) では体重 1 g あたり 1 分間あたり約 3 mg 以上のグルコースが原尿中に移動した場合、過剰分が尿中に排出される。

4 生物の進化に関する次の問い(問1, 2)に答えよ。

問1 次の文章を読み、下の(1)~(3)に答えよ。

ヒトのヘモグロビンβ鎖をコードする遺伝子の塩基配列に変化が起こり赤血球が鎌状に変化する鎌状赤血球貧血症という病気がある。正常なヘモグロビンβ鎖の遺伝子をA、塩基配列が変化した遺伝子をSとする。遺伝子型SSの人は赤血球が壊れて貧血になったり、赤血球の断片が血管につまって血行障害を起こしたりして死亡率が高くなる。遺伝子型がASの人は遺伝子型SSの人よりも貧血が軽度であるとともに、遺伝子型AAの人よりもマラリアにかかりにくい。このためアフリカでマラリアが流行する地域では遺伝子Sの頻度が他の地域と比べて高くなっている。

アフリカのある地域では生まれた直後の子の遺伝子型の比はAA : AS : SS = 81 : 18 : 1である。この地域では子をつくれる年齢に達するまでに遺伝子型AAの人の10%はマラリアで亡くなり、遺伝子型SSの人の90%は鎌状赤血球貧血症で亡くなる。遺伝子型AAおよびSSの人でこれらの原因以外で亡くなる人はおらず、遺伝子型ASの人はすべて子をつくれる年齢に達するものとする。

(1) 下線部アの地域で生まれた直後の子の集団では遺伝子Sの頻度は

0. である。 には小数第1位の数字を、 には小数第2位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には、①をマークせよ。小数第3位以下がある場合には四捨五入せよ。

(2) 下線部アの地域で子をつくれる年齢に達した人の集団では遺伝子Sの頻度は

0. である。 には小数第1位の数字を、 には小数第2位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には、①をマークせよ。小数第3位以下がある場合には四捨五入せよ。

(3) 下線部アの地域である時期にマラリア原虫が駆除され、生まれた子がマラリアで一人も

亡くならなかったとすると、その時期に生まれた人が子をつくれる年齢に達したとき、その集団における遺伝子Sの頻度は0. である。 には小数第1位の数字を、 には小数第2位の数字をマークせよ。該当する位がない場合には、①をマークせよ。小数第3位以下がある場合には四捨五入せよ。

問 2 次の文章を読み、下の(1)に答えよ。

ハチの集団(コロニー)では生殖を行う雌の個体は女王バチに限られることが知られている。雌は体細胞の染色体数が $2n$ である二倍体で、卵は減数分裂をへてつくられる。一方、雄は体細胞の染色体数が n であり半数体と呼ばれる。精子形成の過程で減数分裂は行われないので、精子は由来する体細胞と同じ組合せの染色体をもつことになる。女王バチは交尾した雄の精子を体内の受精のうに蓄えており、受精卵と未受精卵を産み分けることができる。受精卵は雌になり、未受精卵は雄になる。働きバチはみな雌であるが自らは子をつくらず、自分の妹の世話をする。働きバチのこのような行動がどのようにして進化したのかを説明する概念が包括適応度で、血縁度という確率が用いられる。血縁度とは、個体間で共通の祖先に由来する特定の遺伝子をともにもつ確率である。

血縁度の計算では、ある個体が特定の遺伝子を1つだけもつと考える。雄も雌も二倍体の生物では、その特定の遺伝子が子に伝わる確率は $\frac{1}{2}$ であり、自分と子との間の血縁度は $\frac{1}{2}$ と計算する。兄弟姉妹間の血縁度を計算する場合には、特定の遺伝子を父由来で共有する確率と母由来で共有する確率とを合計する。ある個体もつ特定の遺伝子が父由来である確率は $\frac{1}{2}$ で、父が特定の遺伝子をもっていた場合に、それが兄弟姉妹に受け継がれる確率は $\frac{40}{100}$ なので、父由来で特定の遺伝子を共有する確率は $\frac{41}{100}$ となる。同じように考えて母由来で特定の遺伝子を共有する確率を計算して、それらを合計すると兄弟姉妹間の血縁度は $\frac{42}{100}$ となる。

一方、ハチの雌が雄と交尾して自分の子をつくったとき、雌の特定の遺伝子が娘に伝わる確率は $\frac{43}{100}$ で、それが母と娘との間の血縁度となる。自分と姉妹との間の血縁度を計算する場合には、特定の遺伝子を父由来で共有する確率と母由来で共有する確率とを合計する。ハチでは、姉妹間の血縁度は $\frac{44}{100}$ となる。

ミツバチでは女王バチが複数の雄と交尾することが知られており、巣の中には母は同じだが父が異なる姉妹(異父姉妹)が存在する。異父姉妹である働きバチ間の血縁度は $\frac{45}{100}$ となる。

(1) $\frac{40}{100}$ ~ $\frac{45}{100}$ に入る数値はどれか。最も近い数値を、次の①~⑩のうちからそれぞれ1つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- | | | | | |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| ① $\frac{1}{10}$ | ② $\frac{1}{8}$ | ③ $\frac{1}{5}$ | ④ $\frac{1}{4}$ | ⑤ $\frac{3}{8}$ |
| ⑥ $\frac{2}{5}$ | ⑦ $\frac{1}{2}$ | ⑧ $\frac{3}{4}$ | ⑨ $\frac{4}{5}$ | ⑩ 1 |

問 9 生物の進化と系統に関する記述として適切なものを，次の①～⑤のうちから2つ選び，一緒にマークせよ。 54

- ① 当時の生息環境を推測できる化石を示相化石という。
- ② チョウの翅はねとイヌの前肢とは相同器官である。
- ③ 約7億年前に全球凍結があり，このとき地球上のすべての生物が死滅した。
- ④ 3ドメイン説によると，生物は細菌，古細菌および原生生物に分けられる。
- ⑤ オゾン層は光合成生物の出現後に形成された。