

生 物

(解答番号 ~)

第1問 次の文章を読み、後の問い(問1～4)に答えよ。(配点 15)

現在、多くの生物で絶滅のおそれが高まり、(a)生物多様性の低下が懸念されている。近年、植物種 X の生息地は分断され、(b)個体数が減少しつつある。植物種 X は多年生の草本で、地下茎により越冬し、翌年まで生存した個体は前年と同じ位置から地上部を出す。植物種 X には三つの生育段階(芽生え、幼个体、開花个体)があり、種子から発芽した芽生えは、成長すると翌年は幼个体になる。幼个体は数年をかけて成長して開花个体になり、一度だけ開花したのち、枯死する。

問 1 下線部(a)に関する記述として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① これまで、適応放散が様々な系統において生じ、種多様性の増加に寄与してきた。
- ② かく乱は生態系を破壊するため、かく乱の規模が小さいほど、生物群集の種多様性が高い。
- ③ 一部の生物が圧倒的に優占するのを捕食者が妨げることで、多くの種が共存でき、種多様性が高く保たれることがある。
- ④ 遺伝的多様性が高い個体群は、生息環境が変化しても、その環境に対応して生存できる個体がいる可能性が高く、絶滅を免れやすい。

問 2 植物種 X の大きな個体群の生息地に 1 m^2 の区画をつくり、個体の分布を翌年まで観察したところ、図 1 の結果が得られた。この結果から導かれる次の考察文中の **ア** ~ **ウ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。 **2**

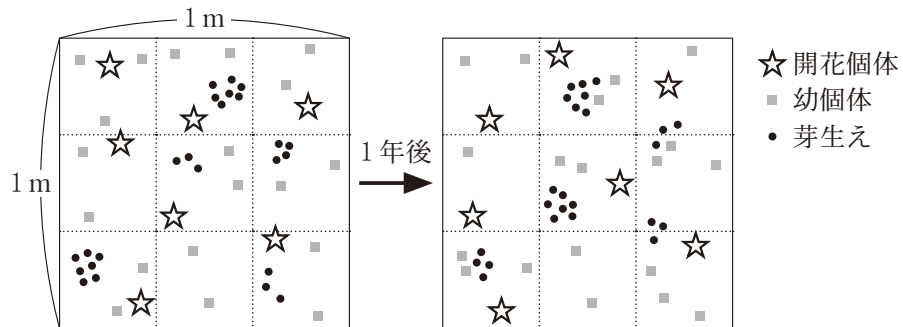


図 1

芽生えは **ア** 分布だが、開花個体へ成長する過程で分布様式が次第に変化している。区画全体で見ると、芽生えの年死亡率は、幼個体の年死亡率と比べて **イ** が、区画内のどの場所でも同じではなく、芽生えの密度が高い場所ほど年死亡率が **ウ**。成長する過程で分布様式が変化するのは、このためだと考えられる。

	ア	イ	ウ
①	集 中	高 い	高 い
②	集 中	高 い	低 い
③	集 中	変 わ ら な い	高 い
④	集 中	変 わ ら な い	低 い
⑤	ランダム	高 い	高 い
⑥	ランダム	高 い	低 い
⑦	ランダム	変 わ ら な い	高 い
⑧	ランダム	変 わ ら な い	低 い

生 物

問 3 動物の個体群における齢構成と同様に，植物の個体群における生育段階の構成から，個体数の増減の傾向を推測することができる。問 2 と同様の調査を生息地が分断されて小さくなった個体群でも行ったところ，大きな個体群では個体数が安定に維持されていたが，小さな個体群では開花個体当たりの種子数と発芽率が低下し，その状態が継続していると考えられた。また，小さな個体群は，大きな個体群とは生育段階の構成が異なり，個体数が減少しつつあることが読み取れた。分断された小さな個体群で観察されたと考えられる生育段階の構成として最も適当なものを，図 2 中の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

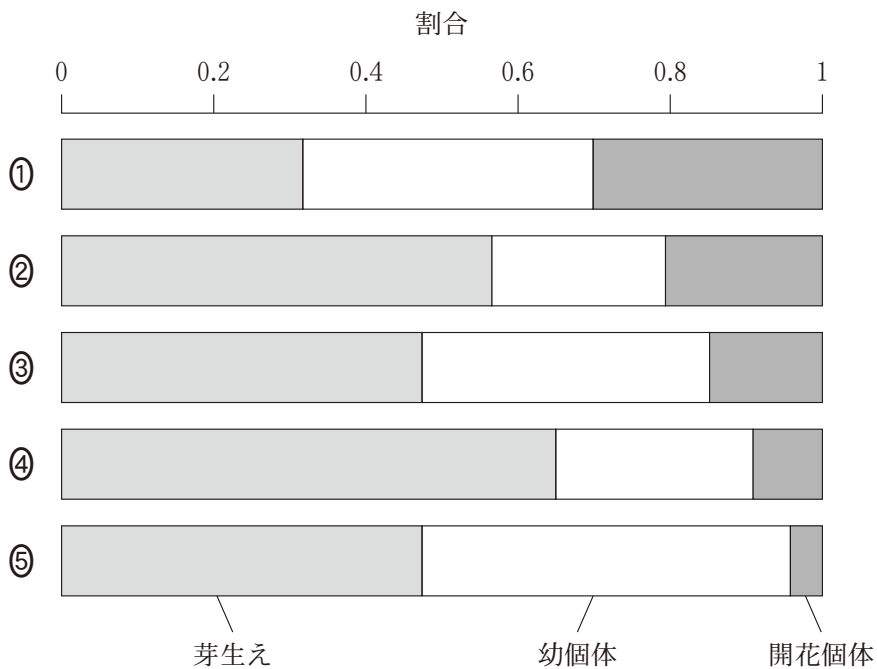


図 2

問 4 下線部(b)に関連して、個体数が減少すると近親交配の機会が増して、生まれてくる子の生存率や成長速度が低下することがある。これは、低頻度で存在する劣性の有害な対立遺伝子がホモ接合になることで起こる。近親交配が生じるとホモ接合体が増えることは、中立な対立遺伝子を用いて確かめることができる。自家受粉によるホモ接合体の頻度の変化に関する次の文章中の **工**・**才** に入る数値の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。 **4**

まず、自由に交配が行われている個体群を考え、対立遺伝子 A と a (A は a に対して優性) を含む遺伝子座において、劣性のホモ接合体 aa の頻度が 1% であるとする。このとき、ヘテロ接合体 Aa の頻度は **工** % である。ここで、全ての個体が自家受粉によって等しい数の子を次世代に残すとする、aa の個体が次世代に残す子の遺伝子型は全て aa となるが、Aa の個体が残す子の 4 分の 1 も aa となる。したがって、次世代における aa の頻度は **才** % と求められ、自由に交配が行われていた親世代に比べて頻度が高まる。

	工	才
①	1.98	1.495
②	1.98	2.495
③	9	2.25
④	9	3.25
⑤	18	4.5
⑥	18	5.5
⑦	54	13.5
⑧	54	14.5

生 物

第 2 問 次の文章(A・B)を読み、後の問い(問 1～6)に答えよ。(配点 22)

A 植物の根は、周囲の水分環境や重力刺激の方向などを感知して、伸長方向を制御している。このような根の伸長方向を制御する仕組みを調べるため、図 1 に示す装置を組み立て、キュウリの芽生えを用いて、**実験 1・実験 2**を行った。用いた装置は、(a)内部に光が透過しない暗箱で、装置内の水分環境を不均一にするために、装置内側の壁には十分に水で湿らせたスポンジ(以下、スポンジ)を、スポンジから離れた床面には吸湿剤を、それぞれ設置した。これにより、スポンジ表面から吸湿剤に向かって湿度が低下する水分環境となった。

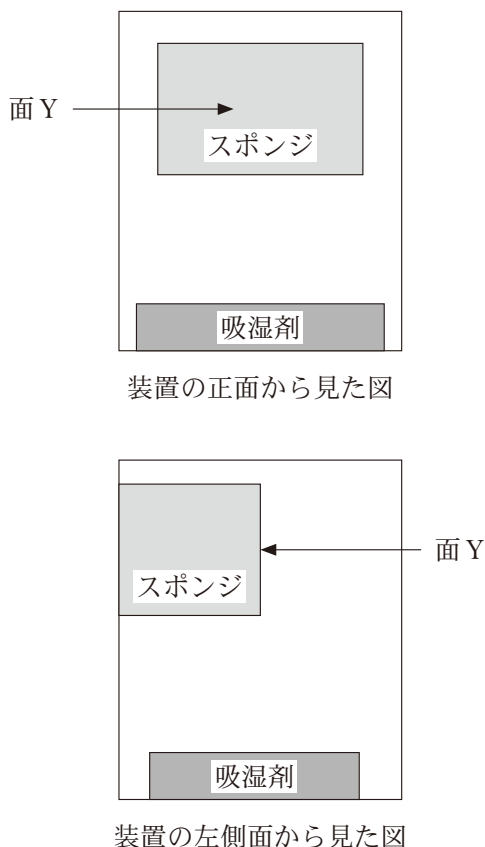


図 1

実験1 装置のスポンジの面Yに6個のキュウリ種子を固定し、発芽させた。

発芽後、根は鉛直下方向に伸びた。根が1 cm ほど伸びたとき半数の3個体の根冠部分を切除した。そして、0時間、4時間、および9時間後に、図2に示すように、根がスポンジ底面と接する点(以下、接点)と根の先端部を直線で結び、鉛直線となす角度(以下、屈曲角度)を計測した。図3は、根冠部分を切除しなかったときと切除したときの計測結果である。

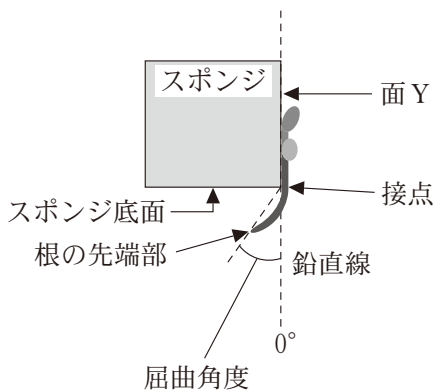


図 2

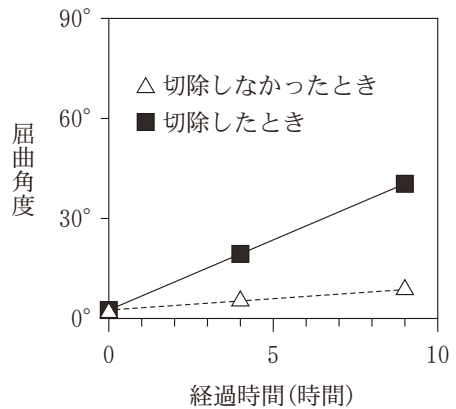


図 3

実験2 装置を宇宙ステーションに運び、微小な重力環境下でキュウリを用いて、根冠部分を切除せずに**実験1**と同様の実験を行った。その結果、9時間後の屈曲角度は、約50°であった。

生 物

問 1 下線部(a)に関連して、不均一な水分環境に応答した根の伸長方向の変化を観察するためには、暗箱で実験する必要があった。その理由として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 5

- ① 根におけるオーキシン合成を促進するため。
- ② 根における重力屈性の反応を抑制するため。
- ③ 根における光屈性の反応が起こらないようにするため。
- ④ 光合成による ATP 合成が起こらないようにするため。
- ⑤ 根の緑化による細胞壁の硬化が起こらないようにするため。

問 2 実験 1・実験 2 の結果から導かれる、根が水分環境と重力刺激の方向とを感知して伸長方向を制御する仕組みに関する次の考察文中の ア～ウに入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。 6

キュウリの根は周囲の湿度の違いを ア で感知することができ、湿度の イ 方に向かって屈曲する特性を示す。また、地上に設置したこの装置における水分環境と重力刺激の下では、ウ に対する屈性のほうが強く現れると考えられる。

	ア	イ	ウ
①	根 冠	低 い	重力刺激
②	根 冠	低 い	水分環境
③	根 冠	高 い	重力刺激
④	根 冠	高 い	水分環境
⑤	根冠以外	低 い	重力刺激
⑥	根冠以外	低 い	水分環境
⑦	根冠以外	高 い	重力刺激
⑧	根冠以外	高 い	水分環境

問 3 水分環境が均一な条件の暗箱で、キュウリ変異体の種子を土壤中に播^まいて発芽させたとこ、一部の個体の根が、屈曲反応の異常により土から飛び出して様々な方向に伸長した。次の変異体①~④のうち、このような表現型を示す変異体はどれか。その組合せとして最も適当なものを、後の①~⑩のうちから一つ選べ。 7

- ① 細胞壁の主成分であるセルロース繊維の方向性を制御する機能が欠失している変異体
- ② 根冠の細胞に存在するアミロプラストが欠失している変異体
- ③ 根のオーキシン輸送タンパク質の細胞膜での分布を制御する機能が欠失している変異体
- ④ 青色光受容体であるフォトトロピンが欠失している変異体

- ① a, b ② a, c ③ a, d ④ b, c
- ⑤ b, d ⑥ c, d ⑦ a, b, c ⑧ a, b, d
- ⑨ a, c, d ⑩ b, c, d

生 物

B 被子植物の花では、一般にがく片、花弁、おしべ、めしべの4種類の器官(花器官)が形成される。これらの花器官の分化には、(b)ホメオティック遺伝子であるA, B, およびCの三つのクラスの遺伝子が必要である。いずれのクラスの遺伝子も、花の発生に必要なほかの遺伝子群の転写を制御する(c)調節タンパク質をつくる。

問 4 下線部(b)に関する記述として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

8

- ① 全ての花器官の分化に共通して必要なクラスの遺伝子がある。
- ② 全てのクラスの遺伝子の働きを必要とする花器官がある。
- ③ 全てのクラスの遺伝子は、互いの働きを抑制し合う。
- ④ ホメオティック遺伝子に変異が生じてその働きが変化すると、花の一部の特徴が別の部分の特徴に転換する。
- ⑤ ホメオティック遺伝子がつくるタンパク質の濃度勾配が、花器官の種類を決定する。

問 5 下線部(C)に関連して、シロイヌナズナの本メオティック遺伝子の一つがつくる調節タンパク質 P が、別の遺伝子 Q の調節領域(転写調節領域)の中にある 16 塩基対の DNA (以下、配列 R)に結合することが分かった。この配列 R へのタンパク質 P の結合が、遺伝子 Q の転写の制御に重要であるかどうかを、複数の面から検証したい。そのための解析として**適当でないもの**を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

9

- ① 花芽において、タンパク質 P がつくられる細胞と遺伝子 Q の転写が起こる細胞の分布を調べる。
- ② 花器官の形成過程において、タンパク質 P の量と遺伝子 Q から転写される mRNA の量の変化を調べる。
- ③ タンパク質 P の機能が失われた変異体で、遺伝子 Q から転写される mRNA の量を調べる。
- ④ タンパク質 P をつくる遺伝子の調節領域中に、配列 R が存在するかどうかを調べる。
- ⑤ 配列 R がタンパク質 P と結合できない別の配列に変化した変異体で、遺伝子 Q から転写される mRNA の量を調べる。

生 物

問 6 問 5 の解析の結果から、タンパク質 P は遺伝子 Q の転写を促進することが分かった。また、別の実験から、遺伝子 Q の機能が失われた変異体は一見正常な花をつくるが、その花の内部では、花粉母細胞の形成と胚のう母細胞の形成が損なわれていることが分かった。これらの結果から導かれる次の考察文中の **エ** ・ **オ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 **10**

花芽において、タンパク質 P は **エ** クラスの遺伝子からつくられ、花器官の形成に必要なほかの遺伝子群の転写を調節する。その一つが花粉母細胞と胚のう母細胞の形成に必要な遺伝子 Q である。遺伝子 Q が働く細胞が、花粉母細胞と胚のう母細胞のどちらになるかは、 **オ** クラスのホメオティック遺伝子の働きによって決まると考えられる。

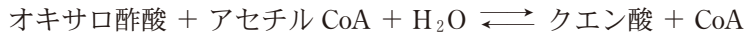
	エ	オ
①	A	B
②	A	C
③	B	A
④	B	C
⑤	C	A
⑥	C	B

生 物

第 3 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 18)

多くの動物の卵では、受精すると(a)小胞体に蓄えられている Ca^{2+} が放出され、卵の細胞質基質の Ca^{2+} 濃度が一時的に上昇する。これを Ca^{2+} 波と呼ぶ。 Ca^{2+} 波は、受精膜の形成や、卵が発生するために必要な様々な代謝系の活性化(以下、卵の活性化)に必要である。

(b)両生類のイモリや哺乳類のマウスは(c)体内受精を行い、受精の際に卵内に入る精子の細胞質基質のタンパク質によって、 Ca^{2+} 波が誘起される。イモリでは、(d)精子の細胞質基質に存在する酵素 X が、卵内で Ca^{2+} 波を誘起することが明らかとなっている。酵素 X は次に示す反応を触媒する酵素で、通常はミトコンドリアにおいてクエン酸を生成しているが、逆方向の反応の触媒も可能である。



問 1 下線部(a)の働きに関する記述として最も適当なものを、次の①~⑤のうちから一つ選べ。

11

- ① 内部にチラコイドを持ち、ATP を合成する。
- ② 内部に DNA を持ち、mRNA を合成する。
- ③ タンパク質を細胞外へ分泌(エキソサイトーシス)するための小胞をつくる。
- ④ 内部に分解酵素を含み、細胞内で生じた不要物を取り込んだ小胞と融合して、不要物を分解する。
- ⑤ リボソームで合成されたタンパク質を取り込み、ほかの細胞小器官への輸送に関わる。

問 2 下線部(b)に関連して、イモリとマウスに共通する特徴として適当でないものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 12

- ① 胚の発生期に脊索を持つ時期がある。
- ② 胚の発生期に羊膜を生じる。
- ③ 有髄神経繊維を持つ。
- ④ 腎臓で体液の塩分濃度を調節する。
- ⑤ 顎を持つ。

問 3 下線部(c)について、表 1 は、脊索動物の生殖の様式のリストである。この表を参考に、脊索動物の体内受精に関する考察として最も適当なものを、後の①～⑥のうちから一つ選べ。 13

表 1 脊索動物の生殖の様式

体内受精を行う動物	体外受精を行う動物
哺乳類 マウスなど全ての種	両生類 カエル, サンショウウオ のなかまなど
鳥類 ニワトリなど全ての種	硬骨魚類 メダカなど多くの種
爬虫類 トカゲなど全ての種	無顎類 ヌタウナギなど全ての種
両生類 イモリのなかまなど	原索動物 ナメクジウオ, 多くのホヤなど
硬骨魚類 ウミタナゴなど一部の種	
軟骨魚類 サメなど全ての種	
原索動物 一部のホヤなど	

- ① 体内受精の獲得には、肺を持つ必要があった。
- ② 体内受精の獲得には、胎生である必要があった。
- ③ 体内受精は、淡水での生殖を行うために必要な条件であった。
- ④ 体内受精は、水のない環境での生殖を行うために必要な条件であった。
- ⑤ 体内受精は、脊椎動物で初めて獲得された。
- ⑥ 体内受精は、四足(四肢)動物で初めて獲得された。

生 物

問 4 下線部(d)について、 Ca^{2+} 波の誘起における酵素 X の働きを調べるため、イモリを用いて実験 1 ~ 5 を行った。実験 1 ~ 5 の結果から導かれる、 Ca^{2+} 波の誘起における酵素 X の働きに関する考察として最も適当なものを、後の①~④のうちから一つ選べ。 14

実験 1 酵素 X を未受精卵に注入したところ、 Ca^{2+} 波がみられた。

実験 2 酵素 X の阻害剤 A をあらかじめ未受精卵に添加してから酵素 X を注入したところ、 Ca^{2+} 波はみられなかった。

実験 3 精子の細胞質基質の成分を分析したところ、クエン酸が大量に含まれていた。

実験 4 未受精卵にクエン酸を注入したところ、 Ca^{2+} 波はみられなかった。

実験 5 未受精卵にアセチル CoA を注入したところ、 Ca^{2+} 波がみられた。

- ① ミトコンドリアにおける呼吸を活性化し、ATP の合成量を増加させることで Ca^{2+} 波を誘起する。
- ② 卵内でクエン酸の生成を活性化し、生成されたクエン酸が Ca^{2+} 波を誘起する。
- ③ 卵内でアセチル CoA の生成を活性化し、生成されたアセチル CoA が Ca^{2+} 波を誘起する。
- ④ 卵内でオキサロ酢酸の生成を活性化し、生成されたオキサロ酢酸が Ca^{2+} 波を誘起する。

問 5 下線部(d)に関連して、多くの動物では、1 個の卵に進入する精子は 1 個であるが、興味深いことに、イモリでは多くの場合、複数個の精子が進入する多精が起こる。この場合でも、最終的に卵核と融合する精子の核は 1 個である。イモリにおける卵の活性化と多精の関係を調べるため、問 4 の実験 1 を発展させ、多数の未受精卵を用いて、卵に注入する酵素 X の量と Ca^{2+} 波が誘起された卵の割合との関係を調べたところ、図 1 の結果が得られた。

図1から、相対値1の量の酵素XでCa²⁺波が誘起される確率は、2割であることが分かる。1回当たり相対値1の量の酵素Xを卵に複数回注入したとき、Ca²⁺波を誘起する確率は毎回同じであるとする、後の記述①～④のうち、図1から導かれる考察はどれか。それを過不足なく含むものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、8割以上の卵でCa²⁺波が誘起されたとき、卵の活性化に十分であるとみなす。 15

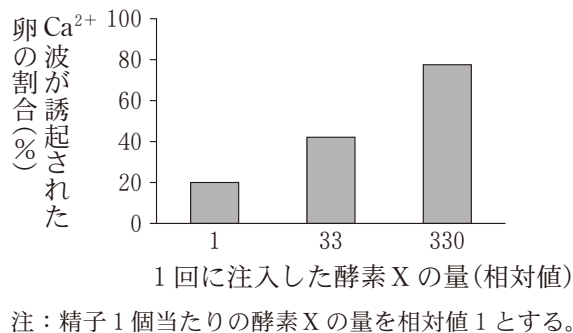


図 1

- ① 5個の精子の進入は、確率的に卵の活性化に十分である。
- ② 10個の精子の進入は、確率的に卵の活性化に十分である。
- ③ 精子5個分の酵素Xの1回の注入は、卵の活性化に十分である。
- ④ 精子10個分の酵素Xの1回の注入は、卵の活性化に十分である。

- ① ②
- ② ③
- ③ ④, ⑤
- ④ ③, ④
- ⑤ ④, ⑤
- ⑥ ③, ④, ⑤
- ⑦ ④, ⑤, ⑥
- ⑧ ③, ④, ⑤, ⑥

生 物

第 4 問 次の文章を読み、後の問い(問 1～5)に答えよ。(配点 17)

生物部のユウキさんとレイさんは、水族館で水槽を眺めていた。そのとき、
(a)魚のクマノミやエビがイソギンチャクと一緒にいる様子が目にとまった。二人は、これらの生物の系統と進化、生態について話をした。

ユウキ：そういえば、地球上での魚類の出現について、授業で習ったよね。たしか、原始的な魚類は、古生代に繁栄したんだよね。

レイ：エビと同じ門に分類される昆虫類が出現したのも古生代だね。この時代は、生物が陸上に進出した時代だったと思うけど、陸上の乾燥した環境に適応した生物が繁栄するのは、(x)アンモナイト類の化石がたくさん出てくる中生代だったよね。

ユウキ：そうだね、(y)完全には水辺から離れられない両生類が陸上に進出したのは古生代だし、この時代には植物の陸上進出も起こったよね。でも、植物のうち(z)受精時に外界の水を必要としない被子植物が陸上で繁栄したのは中生代だったよね。

レイ：ところで、クマノミはイソギンチャクのそばにずっといるね。この2種の種間関係は(b)相利共生だって、先生が話していたのを思い出したよ。

ユウキ：よく見ると、(c)同じイソギンチャクのそばで暮らしているクマノミの体長が違うみたいだけど、順位制があるのかな。

レイ：水族館の飼育員さんをお願いして、調べてみようよ。

問 1 下線部(a)について、これらの動物が分類される三つの門のうち二つの門だけに共通する形態や発生の記述として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 16

- ① 原口の反対側に口ができる。
- ② 脱皮により大きくなる。
- ③ 中胚葉を持つ。
- ④ 組織や器官を持つ。

問 2 下線部⑧～⑩のいずれかには、生物群の名称に誤りが1箇所ある。誤りの修正として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 17

- ① ⑧ アンモナイト類 → サング類
- ② ⑧ アンモナイト類 → フズリナ類
- ③ ⑨ 両生類 → 無顎類
- ④ ⑨ 両生類 → 爬虫類^{はちゆう}
- ⑤ ⑩ 被子植物 → 裸子植物
- ⑥ ⑩ 被子植物 → コケ植物

問 3 下線部(b)について、次の下線部の生物にみられる種間関係のなかで相利共生の例として適当でないものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 18

- ① マルカメムシの腸内細菌は、この昆虫の腸内でしか生きられない。マルカメムシは、この腸内細菌を失うと栄養不足になり成長できない。
- ② スズメガの一種は、長い口吻でランの一種の花蜜を吸う。ランは、特徴的な花の形によりスズメガに花粉を付け、花粉が運ばれることで受粉する。
- ③ ホトトギスは、抱卵しているウグイスの巣に卵を産む。ウグイスの親鳥は、自分の雛ではなく、ホトトギスの雛を巣立ちまで育てる。
- ④ 小型魚のベラの一種は、自分より大きな肉食魚の口内や体表につく小型の動物を餌とする。肉食魚は、ベラにからだを掃除してもらう。

生 物

問 4 下線部(c)に関連して、1 個体のイソギンチャクには、血縁関係のない複数のクマノミ個体がグループで生活する。クマノミは、まず雄として成熟し、その後、雄から雌へ性転換を行う。グループごとに体長の大きい個体から順にランク 1～4 とすると、ランク 1 は常に雌、ランク 2 は常に雄となり、ランク 1 とランク 2 が一夫一妻で繁殖する。ランク 3 以降の個体は、繁殖に参加しない。ユウキさんとレイさんが、クマノミのグループの大きさごとに各ランクの個体の体長を測定して平均したところ、表 1 の結果が得られた。後の記述①～④のうち、表 1 の結果の記述として適当なものはどれか。その組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

19

表 1 グループの大きさごとの各ランクの体長(平均値, mm)

グループの 大きさ	ランク			
	1	2	3	4
2 個体のグループ	47	36	—	—
3 個体のグループ	54	42	31	—
4 個体のグループ	57	46	36	25

- ㉑ グループの大きさに関係なく，グループ内の隣り合ったランクの個体間には，ほぼ一定の体長差がある。
- ㉒ どのグループにも，繁殖に参加できない個体がいる。
- ㉓ 繁殖に参加できるかどうかは，個体自身の体長だけでなく，グループ内のほかの個体の体長も関係する。
- ㉔ グループが大きくなると，ほかのグループと同じランクでも個体の体長が大きくなる。

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ① a, b | ② a, c | ③ a, d | ④ b, c |
| ⑤ b, d | ⑥ c, d | ⑦ a, b, c | ⑧ a, b, d |
| ⑨ a, c, d | ⑩ b, c, d | | |

生 物

問 5 飼育員さんから、ランク 2 の雄が何らかの原因でいなくなった場合は、ランク 3 がランク 2 の雄として繁殖に参加するようになるという興味深い話を聞いた。そこで、ユウキさんとレイさんは、図書館で関連する論文を探したところ、**実験 1** を行った論文を見つけた。二人は、この実験結果について話をした。後の会話文中の **ア** ~ **ウ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。 **20**

実験 1 ランク 2 をグループから除去した群(以下、除去群)と除去しなかった群(以下、対照群)について、ランク 3 の年間成長量を調べた。ランク 3 について、実験前に調べた実際の体長とグループの大きさごとの体長の平均値との差を横軸に、ランク 3 の年間成長量を縦軸に表したところ、図 1 の結果が得られた。

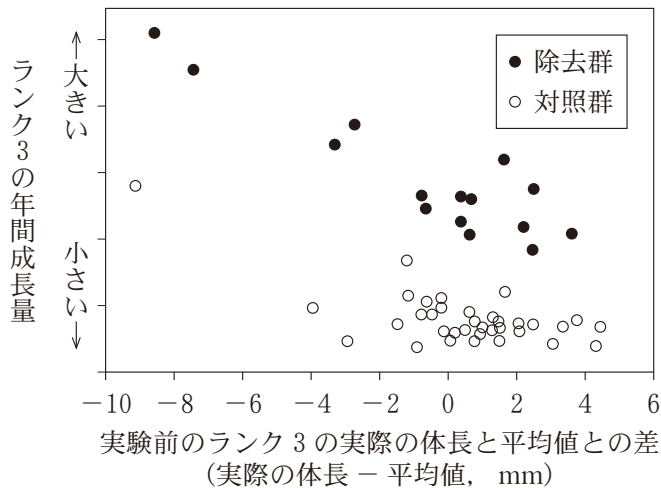


図 1

レイ：図1から二つのことが分かるね。まず，除去群では，対照群に比べて，ランク3の年間成長量が **ア** になっているね。

ユウキ：つまり，ランクが3から2に上がった個体は成長量を変化させたってことだよな。図1からは，除去群，対照群ともに，実験前の体長が平均値よりも小さかったランク3は，年間成長量が **イ** 傾向があることも読み取れると思うよ。

レイ：ランク3は成長量を調節しているってことかな。どうして，ランク3はどんどん餌を食べて成長しないのかな。

ユウキ：それは，クマノミの住みかとなるイソギンチャクが限られた資源であることが，関係しているみたいだよ。自然界では，ランク3は大きくなりすぎると，繁殖個体によってイソギンチャクから追い出されることがあるんだって。繁殖をめぐる争うことになるからね。でも，ランク3が成長を調節することで，結果的に自身の **ウ** ことにつながっているんだよ。

レイ：ランク3は追い出されないようにして，ランクが上がる機会を待つということかな。クマノミの世界も案外厳しいんだね。

	ア	イ	ウ
①	大きく	大きい	競争的排除(競争排除)を避ける
②	大きく	大きい	死亡のリスクを下げる
③	大きく	小さい	競争的排除(競争排除)を避ける
④	大きく	小さい	死亡のリスクを下げる
⑤	小さく	大きい	競争的排除(競争排除)を避ける
⑥	小さく	大きい	死亡のリスクを下げる
⑦	小さく	小さい	競争的排除(競争排除)を避ける
⑧	小さく	小さい	死亡のリスクを下げる

生 物

第 5 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 5)に答えよ。(配点 18)

生命の誕生について、物質とエネルギーの両面から考えよう。生物は有機物から構成される。生物は有機物をつくることができるが、地球に誕生した最初の生命体を構成していた有機物は、生物によらずに化学的に生成したに違いない。そのような考え方に基づき、生命に必要な物質が生命の出現以前に生成されていたであろう過程が研究されている。この過程を^(a)化学進化という。

他方、生命活動にはエネルギーが必要である。生物におけるエネルギーの獲得は、かつては光合成が全ての基盤になっていると考えられていた。しかし、1977年に、深海底から熱水が噴出する場所で、光合成に依存しない生物群集が発見された。この生物群集の生命活動のエネルギーを支えているのは、^(b)化学合成細菌であった。この発見をもとに、一部の研究者は、^(c)地球上に誕生した初期の生命体は、化学合成によってエネルギーを得ていた、という仮説を提唱した。この仮説のとおり、初期の生命体が化学合成によって栄養を得ていた独立栄養生物であったにしろ、あるいはそうではなく、体外から栄養を取り入れる従属栄養生物であったにしろ、初期生命体が生まれた後、^(d)酸素を発生する光合成生物が現れ、更に^(e)酸素を用いて呼吸をする生物が出現することで、地球上の生命は急速に多様化し、繁栄の道をたどっていった。

問 1 下線部(a)について、次の記述①~⑦のうち、現在考えられている化学進化の過程として適当な記述はどれか。それを過不足なく含むものを、後の①~⑦のうちから一つ選べ。

21

- ① 無機物から段階的に複雑な有機物が生成された。
- ② ATPがエネルギー物質として使われるようになって初めて、ほかの有機物がつくられた。
- ③ 紫外線や放電などの物理的な現象が供給するエネルギーにより、化学反応が進行した。

- | | | | |
|--------|--------|-----------|--------|
| ① a | ② b | ③ c | ④ a, b |
| ⑤ a, c | ⑥ b, c | ⑦ a, b, c | |

問 2 下線部(b)について、化学合成細菌のエネルギー獲得方法の例として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 22

- ① 水を分解して酸素を発生する。
- ② 亜硝酸イオンを硝酸イオンにする。
- ③ 二酸化炭素から糖を合成する。
- ④ 糖を分解して二酸化炭素を発生する。
- ⑤ 糖を分解して乳酸にする。

問 3 下線部(c)に関連して、地球上の初期の生命体が、ほかの生物の有機物に依存しない独立栄養生物であった場合にも、従属栄養生物であった場合と同様に、その誕生の前には化学進化の過程が必要であったと考えられる。その理由として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 23

- ① 無機物からエネルギーを取り出す代謝には、光のエネルギーは必ずしも必要ではないため。
- ② 有機物を合成する代謝には、エネルギーが必要であるため。
- ③ 有機物を合成する代謝の仕組み自体に、有機物が必要であるため。
- ④ 有機物から代謝で取り出せるエネルギーの大きさが、有機物の種類によって異なるため。
- ⑤ 有機物を分解する代謝には、無機物が生じる反応があるため。

生物

問 4 下線部(d)に関連して、図 1 は、地球の大気中の酸素濃度が歴史的にどのように変化してきたかを、地球上で起きた出来事のおおよその時期とともに示している。この図の時系列の情報を踏まえた、地球と生物の歴史についての考察として **適当でないものを**、後の①～⑤のうちから一つ選べ。 24

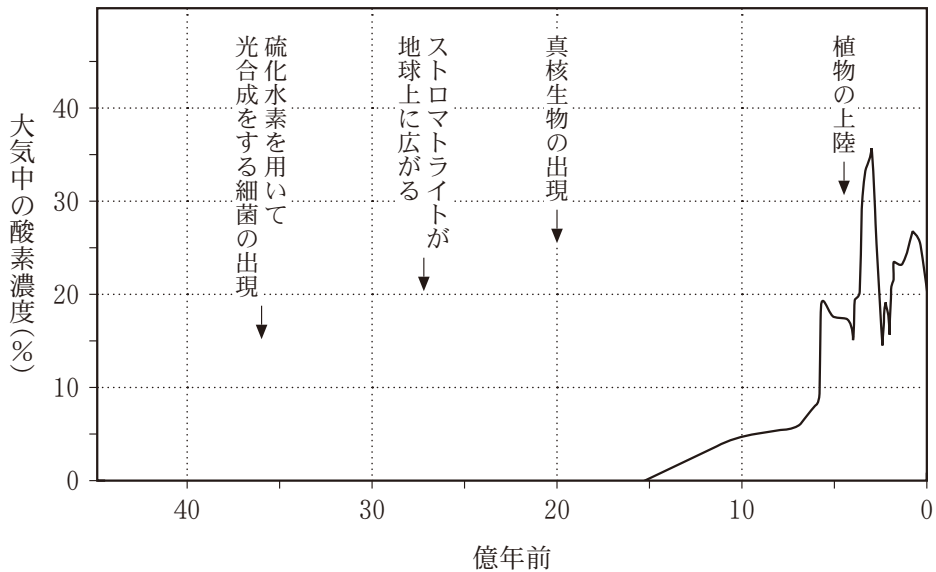


図 1

- ① 酸素発生をする光合成生物で最初に出現したものは、原核生物であった。
- ② 酸素発生をする光合成生物が繁栄し始めてから、大気中の酸素濃度が現在の3割に達するまでには、約20億年かかった。
- ③ 大気中の酸素濃度が現在の半分程度まで上昇した後に、生物は陸上に進出した。
- ④ 光合成をする細菌が出現してから、光合成生物が酸素を発生する能力を獲得するまでには、約20億年が必要であった。
- ⑤ ミトコンドリアが獲得された時期の大気中の酸素濃度は、現在の1割にも満たなかった。

問 5 下線部(e)に関連して、酵母のなかまの多くはアルコール発酵(以下、発酵)によってエネルギーを得ることができる一方、酸素を用いた呼吸によりエネルギーを得ることもできる。そのうちの多くの種では、グルコースが十分に存在すると、酸素の存在下でも発酵によってエネルギーを得る。その理由に関する次の考察文中の **ア** ~ **ウ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑧のうちから一つ選べ。 **25**

グルコース 1 分子当たり合成される ATP 量(ATP 合成の効率)は発酵のほうが呼吸よりも **ア**。また、グルコースが十分に存在する条件での ATP 合成の最大速度(単位時間当たりに合成可能な ATP 量)は、発酵のほうが呼吸よりも速い。このため、細胞分裂の頻度が **イ** ときなど、単位時間当たりに獲得できるエネルギー量が重要となる条件では、たとえ酸素が存在する条件であっても、呼吸よりも発酵でエネルギーを得るほうが有利になると考えられる。ただし、発酵により解糖系の産物が **ウ** されてできたエタノールは、多くの微生物の生育を阻害するため、ほかの微生物との競争関係において発酵を行うことが利点になっている可能性も考えられる。

	ア	イ	ウ
①	多 い	高 い	酸 化
②	多 い	高 い	還 元
③	多 い	低 い	酸 化
④	多 い	低 い	還 元
⑤	少 ない	高 い	酸 化
⑥	少 ない	高 い	還 元
⑦	少 ない	低 い	酸 化
⑧	少 ない	低 い	還 元

生 物

第 6 問 次の文章を読み、後の問い(問 1・問 2)に答えよ。(配点 10)

ヒトの明るさの感じ方は、周囲の情報に影響されることがある。例えば、図 1 の矢印の位置の帯状の領域の濃さは均一であるが、左側はより明るく、右側はより暗く感じられる。これは、その上下の領域との濃さの違いに影響されたためであり、光が光受容細胞で受容されて生じた信号が、そのまま脳に伝えられるのではなく、網膜の中にある神経回路で処理されてから、脳に伝えられることに起因する。



図 1

ほかの動物でも、外界の刺激は受容器で受け取られて、電気信号に変換され、神経回路で処理されることで感覚が生じる。例えば、小さな個眼が集めた複眼を持つカブトガニでは、個眼内の光受容細胞が受容した光刺激は、電気信号に変換される。そして、個眼どうしを結んだ神経回路によって処理された後に、視神経を介して脳に伝えられる。(a) 個眼どうしを結んだ神経回路の働きを調べるため、実験 1を行った。

実験 1 カブトガニの複眼を取り出して、個眼 a への光照射に対する視神経 A の興奮(活動電位が生じること)を調べた。それぞれの個眼から伸びる視神経は、中枢に向かって興奮を伝えると同時に、隣接する個眼を興奮しにくくするように抑制する(図 2)。個眼 a のみに様々な強さの光を照射したとき、視神経 A の興奮の頻度を計測したところ、図 3 の結果が得られた。なお、個眼 a 以外の個眼を用いても、同様の結果が得られた。

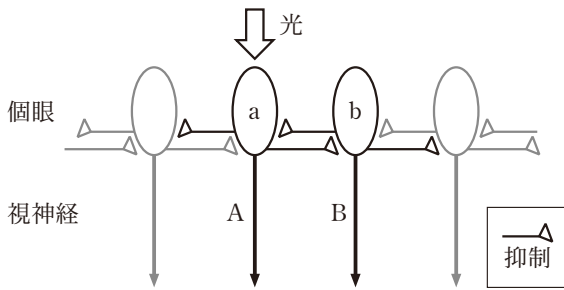


図 2

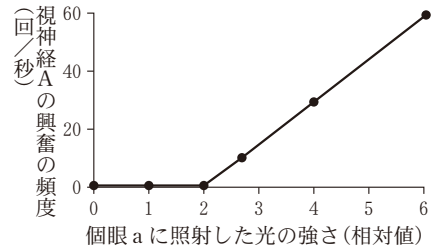
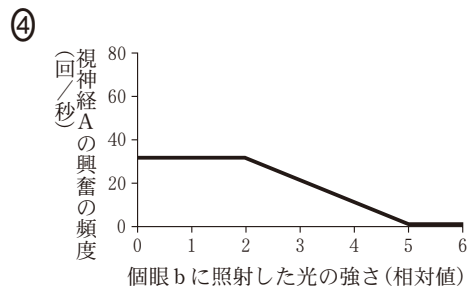
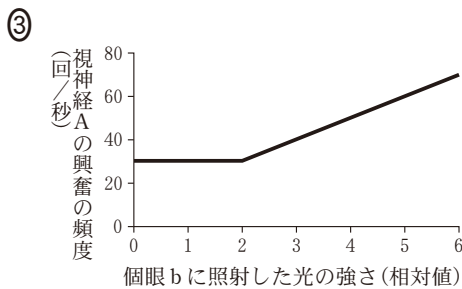
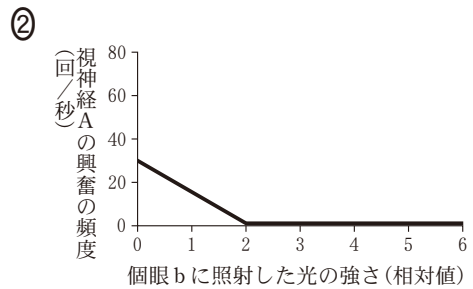
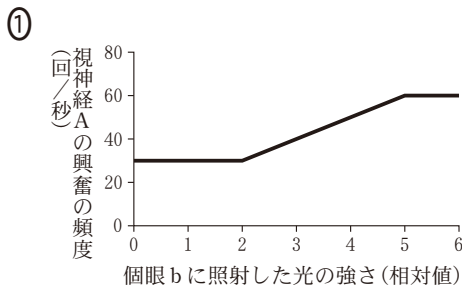


図 3

問 1 実験 1 を踏まえて、個眼 a には一定の強さの光(相対値 4)を照射しつつ、さらに隣接する個眼 b にも光を照射する実験を行った。個眼 b に照射する光の強さを変化させたとき、視神経 A の興奮の頻度はどのように変化すると予測されるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 26



生 物

問 2 下線部(a)に関連して、図 4 は、カブトガニの個眼を結ぶ神経回路の働きを単純化した模式回路である。この模式回路において、次の条件 1・条件 2 を設定した。なお、この模式回路では、一列に並んだ個眼に照射した光の強さ(入力)や視神経の興奮の頻度(出力)を数値として表している。

条件 1 全ての個眼は、直下の視神経を入力と同じ大きさで興奮させる。

条件 2 個眼から左右に伸びる神経は、両隣の個眼を興奮しにくくするように抑制する。この抑制の大きさは、個眼への入力の 2 割の大きさである。

これらの条件下では、図 4 左のように、一つの個眼のみに 100 が入力されると、直下の視神経が 100 を出力する。他方、図 4 右のように、全ての個眼に 100 が入力されると、隣接する個眼によって抑制され、直下に伸びる視神経の全てが、入力の 4 割減である 60 を出力する。

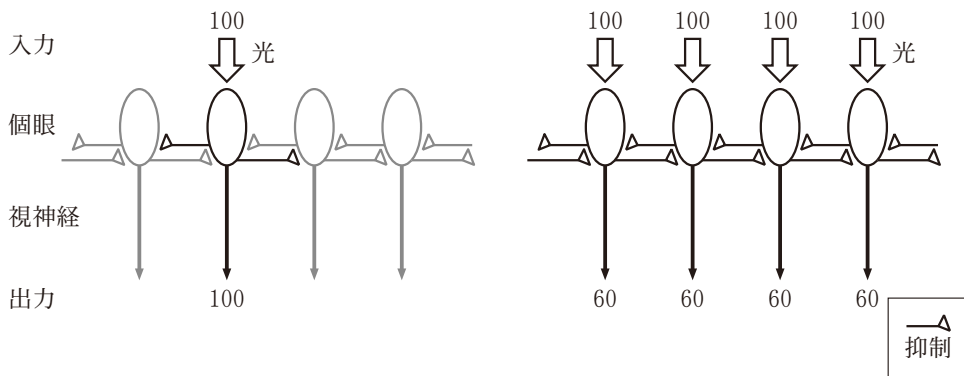


図 4

図4の模式回路の働きに関する次の文章中の **ア** ~ **ウ** に入る数値または文として最も適当なものを、後の①~⑩のうちからそれぞれ一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。

ア **27** ・ イ **28** ・ ウ **29**

図5のように、個眼c~hのそれぞれに対して100, 100, 100, 50, 50, 50を同時入力すると、視神経D~Gの出力はそれぞれ、60, **ア**, **イ**, 30となる。そのため、この神経回路は個眼eと個眼fの間で隣接する個眼への入力の違いを **ウ** ように働く。

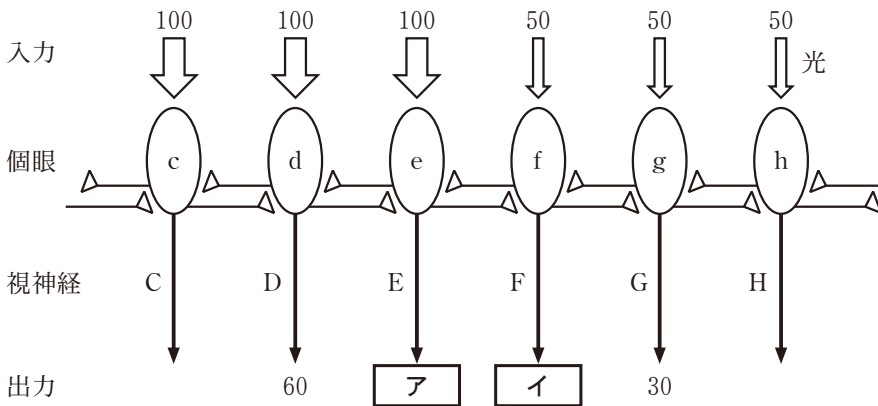


図 5

- ① 20
- ② 30
- ③ 40
- ④ 60
- ⑤ 70
- ⑥ 80
- ⑦ 相対的に強め、明暗の境界をはっきりさせる
- ⑧ 相対的に強め、明暗の境界を滑らかにする
- ⑨ 相対的に弱め、明暗の境界をはっきりさせる
- ⑩ 相対的に弱め、明暗の境界を滑らかにする