

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 17)

シアノバクテリアは、光合成に用いる光エネルギーを捕集する色素-タンパク質複合体(以下、集光装置)としてフィコシアノビリニン-タンパク質複合体を用いている。この複合体を構成する主なタンパク質は、 α サブユニットと β サブユニットとが結合した複合体(以下、 α/β 複合体)であり、それらの遺伝子は^(a)オペロンを形成している。

細菌は、必須元素の硫黄を硫酸イオンとして取り込み、硫黄を含むアミノ酸であるメチオニンやシステインの合成に利用している。ある種のシアノバクテリアは、硫酸イオンを十分取り込める培養条件(以下、硫酸十分条件)から硫酸イオンが欠乏する培養条件(以下、硫酸欠乏条件)に切り替わると、メチオニンやシステインをアミノ酸配列中に必要最小限しか持たない α/β 複合体を使うようになる。シアノバクテリアでは集光装置がタンパク質全体のおよそ半分を占めるため、このような応答によって、生育に必要な硫酸イオンの量を大幅に少なくすることができる。

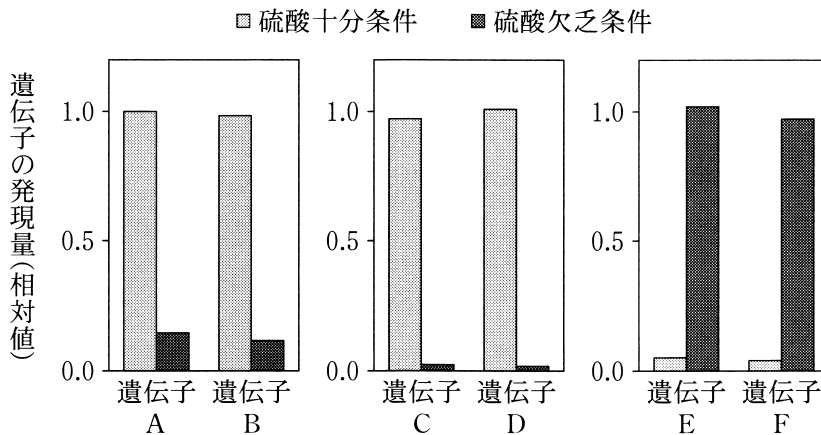
シアノバクテリアの硫酸欠乏条件への適応における α/β 複合体の発現調節の仕組みを調べるため、**実験1**を行った。

問 1 下線部(a)に関連して、原核生物における遺伝子発現の調節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。 1

- ① オペロンを構成する個々の遺伝子の転写は、それぞれ異なる調節タンパク質によって制御される。
- ② オペロンを構成する個々の遺伝子は、それぞれ異なる種類の RNA ポリメラーゼによって転写される。
- ③ リプレッサーは、RNA ポリメラーゼに結合して遺伝子の転写を抑制する。
- ④ 転写には、核内にある基本転写因子が必要である。
- ⑤ 調節タンパク質は、オペレーターに結合して遺伝子の転写を制御する。

生 物

実験1 硫酸十分条件および硫酸欠乏条件で培養したシアノバクテリアで、 α/β 複合体の α サブユニットのアミノ酸配列を指定する遺伝子A・C・Eおよび β サブユニットのアミノ酸配列を指定する遺伝子B・D・Fの発現量を調べたところ、図1の結果が得られた。なお、遺伝子Aと遺伝子B、遺伝子Cと遺伝子D、および遺伝子Eと遺伝子Fは、それぞれオペロンを形成している。



注：各グラフにおいて、縦軸は各遺伝子セットで発現量の最も多いものの値を1とする。

図 1

問 2 次の記述①～④のうち、実験 1 の結果から導かれる考察として適当な記述はどれか。そ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。 2

- ① 遺伝子 A と遺伝子 B は、硫酸イオン濃度による制御を受けない。
- ② 遺伝子 C と遺伝子 D は、主に硫酸十分条件で働く。
- ③ 遺伝子 E と遺伝子 F は、メチオニンやシステインの少ない α/β 複合体の各サブユニットのアミノ酸配列を指定する。
- ④ シアノバクテリアは、硫酸欠乏条件では光合成を行わない。

- ① a, b
- ② a, c
- ③ a, d
- ④ b, c
- ⑤ b, d
- ⑥ c, d

問 3 図 1 の遺伝子 E と遺伝子 F の転写には、調節タンパク質 R が関わっていると考えられた。この仮説を証明するための実験として適当でないものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 3

- ① 調節タンパク質 R の機能を失っている変異体で、遺伝子 E と遺伝子 F の発現を調べる。
- ② 調節タンパク質 R を過剰に発現している変異体で、遺伝子 E と遺伝子 F の発現を調べる。
- ③ 調節タンパク質 R が、遺伝子 E と遺伝子 F の転写調節領域に結合するかを調べる。
- ④ 調節タンパク質 R が、遺伝子 E と遺伝子 F からつくられるタンパク質と結合するかを調べる。
- ⑤ 調節タンパク質 R の発現が、硫酸イオン濃度の異なる条件によって変動するかを調べる。

生 物

問 4 光合成を行う真核生物どうしても、葉緑体内の集光装置は分類群によって異なる。表 1 は、光合成を行ういくつかの真核生物の分類群とその集光装置を示している。表 1 を踏まえて、図 2 に示す系統樹中の **ア** ~ **オ** に入る分類群の組合せとして最も適当なものを、後の①~⑨のうちから一つ選べ。ただし、それぞれの集光装置は、フィコシアノピリン-タンパク質複合体から 1 回の変化により生じたとする。 **4**

表 1

分類群	集光装置
紅 藻	フィコシアノピリン-タンパク質複合体
褐 藻	フコキサンチン-タンパク質複合体
ケイ藻	フコキサンチン-タンパク質複合体
緑 藻	クロロフィル-タンパク質複合体
植 物	クロロフィル-タンパク質複合体

注：フコキサンチンはカロテノイド(カロテン類)の一種。

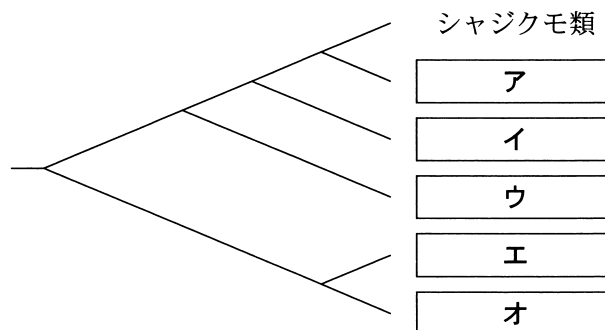


図 2

	ア	イ	ウ	エ	オ
①	紅 藻	褐 藻	ケイ藻	緑 藻	植 物
②	紅 藻	ケイ藻	褐 藻	緑 藻	植 物
③	紅 藻	緑 藻	植 物	褐 藻	ケイ藻
④	緑 藻	植 物	紅 藻	褐 藻	ケイ藻
⑤	緑 藻	植 物	褐 藻	紅 藻	ケイ藻
⑥	緑 藻	植 物	ケイ藻	紅 藻	褐 藻
⑦	植 物	緑 藻	紅 藻	褐 藻	ケイ藻
⑧	植 物	緑 藻	褐 藻	紅 藻	ケイ藻
⑨	植 物	緑 藻	ケイ藻	紅 藻	褐 藻

生 物

第2問 次の文章(A・B)を読み、後の問い(問1～4)に答えよ。(配点 18)

A ヒトでは、3種類の錐体細胞が色覚を担っている。各錐体細胞には光に反応する物質(視物質)が1種類ずつ存在し、3種類の視物質はそれぞれ異なる波長の光に反応する。これら3種類の視物質それぞれをつくる三つの遺伝子のうち、一つは常染色体に存在する。残りの二つはX染色体上に並んで存在し、(a)遺伝子重複によって生じたと考えられている。他方、多くの哺乳類では、この遺伝子重複が起こっていないため、視物質をつくる遺伝子がX染色体上には一つしかなく、2種類の視物質からなる二色型色覚になっている。(b)ノドジロオマキザルという霊長類の一種では、X染色体における遺伝子の重複は起こっていないにもかかわらず、二色型色覚の個体(以下、二色型)と三色型色覚の個体(以下、三色型)とが共存している。ノドジロオマキザルでは、X染色体上の一つの遺伝子座に複数の対立遺伝子があり、それぞれの対立遺伝子は互いに異なる色に対応するため、X染色体の遺伝子座がヘテロ接合になっている個体は、三色型になる。なお、ノドジロオマキザルは、ヒトと同じ性決定様式を持つ。

問1 下線部(a)について、次の記述①～③のうち、適当なものはどれか。それを過不足なく含むものを、後の④～⑦のうちから一つ選べ。

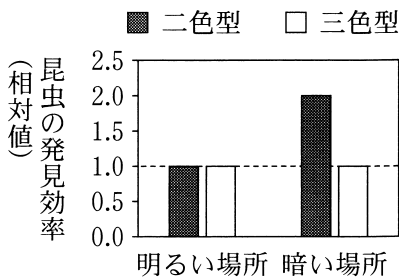
5

- ① 重複によって生じた遺伝子の片方に突然変異が起こることで、もう一方の遺伝子が合成するタンパク質とは異なるアミノ酸配列のタンパク質が合成されるようになることがある。
- ② 重複によって生じた遺伝子の片方の転写調節領域に突然変異が起こることで、その遺伝子はもう一方の遺伝子とは異なる組織で発現するようになることがある。
- ③ 重複によって生じた遺伝子の片方に突然変異が起こることでその遺伝子の働きが失われても、個体の生存にとって不利にならないことがある。

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

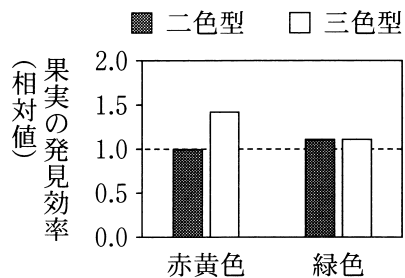
問 2 下線部(b)に関連して、動物の色覚にはその生態が関与している可能性がある。ノドジロオマキザルは森に棲み、視覚を使って食物となる昆虫や果実を見つける。図 1 は明るさの違う場所での昆虫の発見効率を、図 2 は果実の色の違いによる果実の発見効率を、二色型と三色型との間で比較した結果である。ここで、食物の発見効率が個体の生存に関連するとしたとき、X 染色体の遺伝子座における遺伝子型を踏まえて、図 1 と図 2 から導かれる推論として適当なものを、後の①～⑥のうちから二つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。なお、食物の発見効率は性によらないものとし、果実の発見効率は明るさによらないものとする。新たな突然変異や遺伝子重複は考えないこととする。

6 · 7



注：二色型が明るい場所で昆虫を発見する効率を 1 とする。

図 1



注：二色型が赤黄色の果実を発見する効率を 1 とする。

図 2

- ① 果実が存在し、昆虫は存在しない場合、三色型が生存に不利になるだろう。
- ② 昆虫が存在し、果実は存在しない場合、二色型が生存に有利になるだろう。
- ③ 暗い場所のみが存在し、果実は赤黄色のみが存在する場合、雌と雄のそれぞれに二色型と三色型が共存するだろう。
- ④ 明るい場所のみが存在し、果実は赤黄色のみが存在する場合、世代を経ると三色型が増え、最終的に全ての個体が三色型になるだろう。
- ⑤ 明るい場所のみが存在し、果実は赤黄色と緑色が混在する場合、世代を経ても二色型と三色型の共存が維持されるだろう。
- ⑥ 明るい場所のみが存在し、果実は緑色のみが存在する場合、世代を経ると三色型の頻度は増加し、二色型の頻度は減少するだろう。

生 物

B ヒトのゲノムには、重複によって生じた数百種類の^(c)匂いの受容体(嗅覚受容体)の遺伝子があり、ヒトの感覚受容に役立っている。ヒトでは、空気中の匂い物質が鼻腔の奥に到達し、^(d)嗅細胞の繊毛に存在する嗅覚受容体に結合すると、電位が発生する。嗅細胞が受容した匂い物質の情報は、^(d)脳の一次中枢(嗅球)で分類されたのち大脳へと伝わり、匂いの感覚が生じる。図3は、ヒトの嗅覚の仕組みを模式的に示したものである。通常、1個の嗅細胞では1種類の嗅覚受容体のみが発現しており、同じ種類の嗅覚受容体を発現する嗅細胞の情報は、嗅球の1か所のみを興奮させる。嗅覚受容体は、何種類もの匂い物質と結合できるが、それぞれの結合の強さは匂い物質ごとに異なる。

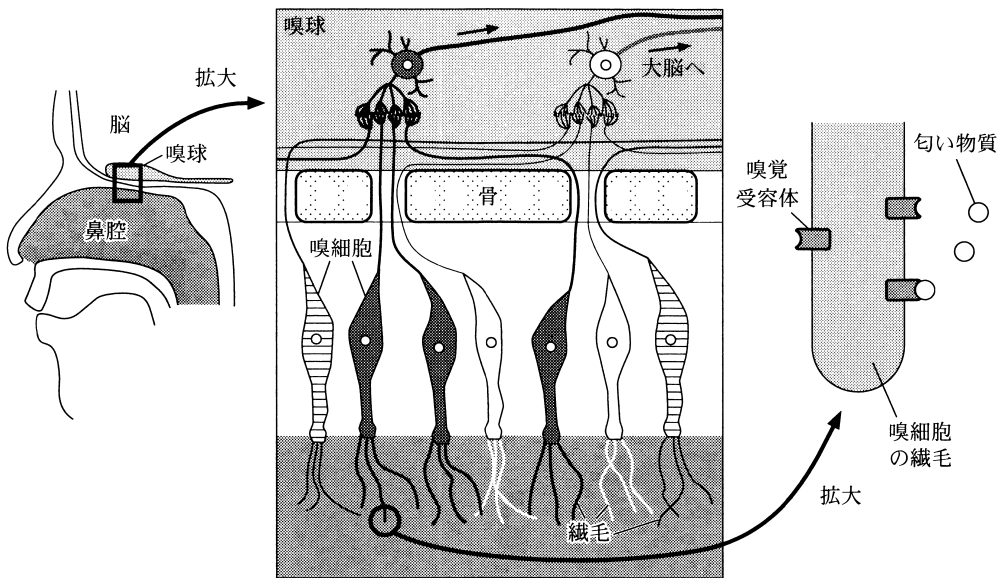


図 3

問 3 下線部(C)に関連して、ヒトは、ゲノムにある嗅覚受容体の遺伝子の数よりも、はるかに多くの種類の匂いを識別することができる。その仕組みを調べるため、嗅覚受容体 A を発現させた培養細胞 A と、嗅覚受容体 B を発現させた培養細胞 B とを用い、匂い物質 C~G の様々な濃度に対する興奮の大きさを調べたところ、表 1 および表 2 の結果が得られた。これらの結果から導かれる嗅細胞に関する推論として**適当でないもの**を、後の①~⑤のうちから一つ選べ。

8

表 1

培養細胞 A の興奮の大きさ

匂い物質 の種類	匂い物質の濃度 (mg/L)				
	3	10	30	100	300
C	0	25	50	75	100
D	0	15	45	75	100
E	0	0	30	65	100
F	10	40	70	100	100
G	0	35	65	100	100

表 2

培養細胞 B の興奮の大きさ

匂い物質 の種類	匂い物質の濃度 (mg/L)				
	3	10	30	100	300
C	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	0
F	0	0	30	65	100
G	0	25	50	75	100

注：表中の数値は、各細胞の興奮の大きさの最大値を 100 とした相対値を示す。
例えば 25 は、最大値の 25 % の大きさの興奮が起こったことを示す。

- ① 嗅細胞によっては、興奮しない匂い物質がある。
- ② 嗅細胞が興奮する匂い物質の最低濃度は、匂い物質の種類によって異なることがある。
- ③ 匂い物質の種類と濃度によっては、興奮する嗅細胞の組合せが異なる。
- ④ 匂い物質の濃度が高ければ高いほど、嗅細胞は、より多くの種類の匂い物質に対して異なる興奮の大きさを示す。
- ⑤ 匂い物質の種類が異なると、同じ濃度でも、嗅細胞の興奮の大きさが異なることがある。

生 物

問 4 下線部(d)に関連して、嗅球で匂いの情報が処理される仕組みに関する次の考察文中の に入る数値として最も適当なものを、後の①～⑧のうちから一つ選べ。

匂いの情報は、嗅球の興奮する位置と興奮の大きさの組合せとして表現されると考えられる。例えば、嗅細胞が10種類だけであるとする。このとき、それぞれの嗅細胞の情報は嗅球の異なる1か所ずつを興奮させるので、仮に嗅球の各箇所での興奮の大きさが最大値の0, 30, 65, 100%の4段階しかない場合でも、興奮する位置と興奮の大きさの組合せは約 通りとなる。このような仕組みが嗅球の数百か所で働くことで、ヒトは非常に多くの匂いを識別することができる。

- | | | | | | |
|---|-----------|---|------------|---|---------|
| ① | 40 | ② | 100 | ③ | 400 |
| ④ | 1,000 | ⑤ | 10,000 | ⑥ | 100,000 |
| ⑦ | 1,000,000 | ⑧ | 10,000,000 | | |

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。

生 物

第 3 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 3)に答えよ。(配点 12)

太陽からの直射光が到達する場所の光環境(以下、日なた)に対して、葉に覆われて陰になっている場所の光環境(以下、葉陰^{はかげ})は異なる。(a)植物は、このような周囲の光環境の違いを種々の光受容体により感知して、光環境に応答しながら生きている。

問 1 下線部(a)に関連して、次の文章中の **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。 **10**

日なたは葉陰と比較して、遠赤色光に対する赤色光の割合が **ア**。このことから、植物によっては、日なたで Pfr 型(遠赤色光吸収型)フィトクロムが **イ** することで、種子の発芽が促進される。この発芽の調節は、Pfr 型フィトクロムの **イ** により、ジベレリンの合成が誘導されアブシシン酸の働きが **ウ** されることによる。

	ア	イ	ウ
①	低 い	減 少	促 進
②	低 い	減 少	抑 制
③	低 い	増 加	促 進
④	低 い	増 加	抑 制
⑤	高 い	減 少	促 進
⑥	高 い	減 少	抑 制
⑦	高 い	増 加	促 進
⑧	高 い	増 加	抑 制

光環境は、細胞内での葉緑体の分布にも影響を与える。そこで、光環境を変えたときに葉緑体の分布がどのように変化するかを調べるため、**実験 1** を行った。

実験 1 日なたで生育させたシロイヌナズナを、よく晴れた日の正午に葉陰に移した(処理 1)。そのシロイヌナズナを、翌日の正午に葉陰から日なたに再び移して 3 時間置いた(処理 2)。図 1 はこの処理を模式的に表したものである。図 2 は、葉緑体の分布を観察した細胞の模式図である。また図 3 は、処理 1 を施す前、処理 1 終了直後、および処理 2 終了直後のそれぞれについて、細胞内の葉緑体の分布を模式的に示したものである。

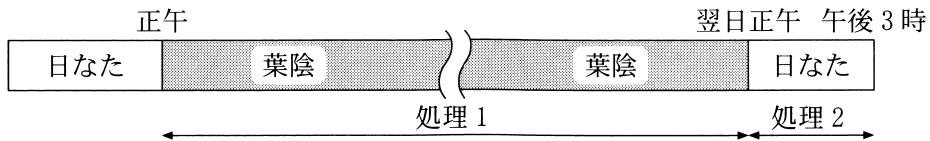


図 1

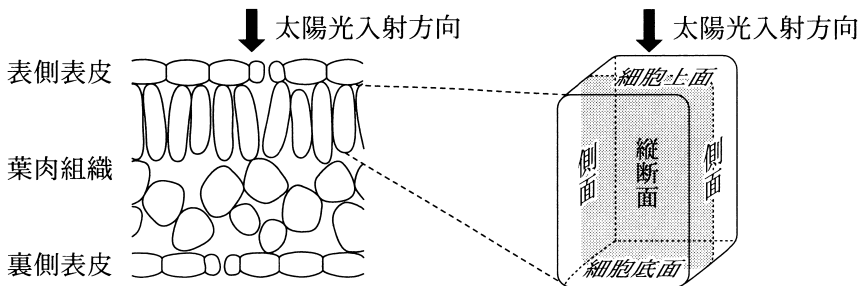


図 2

処理 1 を施す前		処理 1 終了直後		処理 2 終了直後	
細胞上面	縦断面	細胞上面	縦断面	細胞上面	縦断面

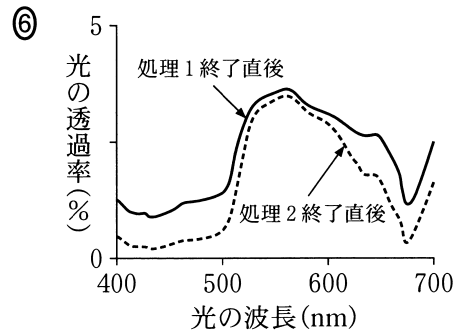
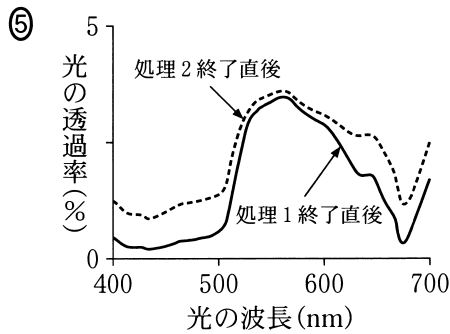
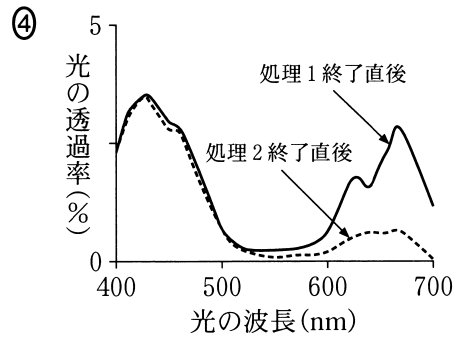
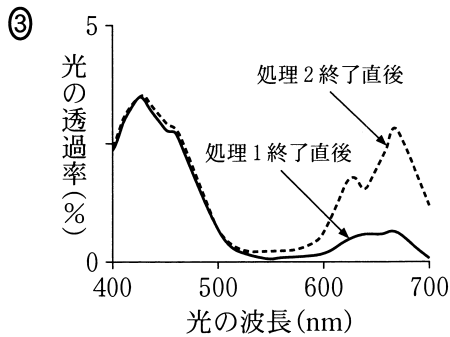
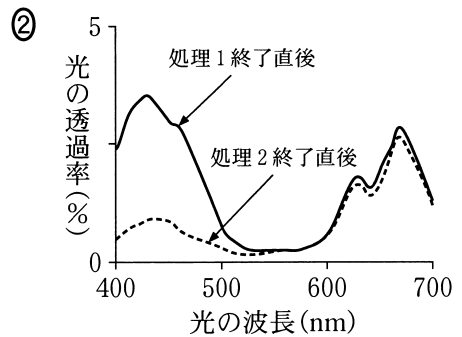
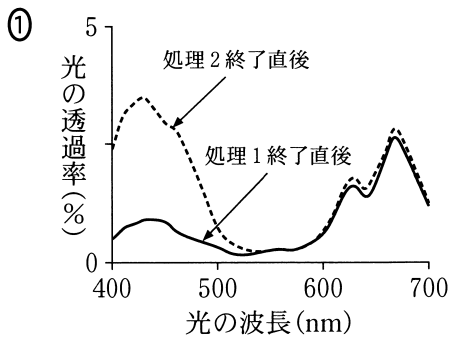
注：● は葉緑体を示す。

図 3

生物

問 2 葉緑体の分布の違いが、葉を通る光にどのような影響を及ぼすかを調べるため、処理1終了直後と処理2終了直後のシロイヌナズナの葉の表側表皮から波長400~700 nmの一定の強度の光(以下、入射光)を照射して、裏側表皮に透過する光(以下、透過光)の強度を波長ごとに測定し、波長400~700 nmの光の透過率(入射光に対する透過光の割合)を記録した。得られた各波長の光の透過率を示すグラフとして最も適当なものを、次の①~⑥のうちから一つ選べ。なお、図中の実線は処理1終了直後、破線は処理2終了直後の結果を示したものである。

11



問 3 光環境の違いにより葉緑体の分布が変化する仕組みと生理的な意味を調べるため、実験 2・実験 3 を行った。実験 1～3 の結果から導かれる考察として適当でないものを、後の①～④のうちから一つ選べ。 12

実験 2 光受容体のどれか 1 種類を欠失した種々のシロイヌナズナ変異体に、
実験 1 と同様の処理 1・処理 2 を施し、葉肉細胞内の葉緑体の分布を観察した。その結果、青色光受容体であるフォトトロピンを欠失した変異体のみが、光環境の違いによる葉緑体の分布の変化を示さなかった。

実験 3 シロイヌナズナの野生型と、葉緑体が細胞上面と細胞底面に分布して動かない変異体 Q、および細胞の側面に分布して動かない変異体 R を、あらかじめ葉陰に一日置いてから、よく晴れた日の正午に日なたに移し、3 時間にわたって、光合成速度を測定した。その結果、野生型、変異体 Q、および変異体 R の光合成速度は徐々に低下し、低下の程度は変異体 R が最も小さかった。

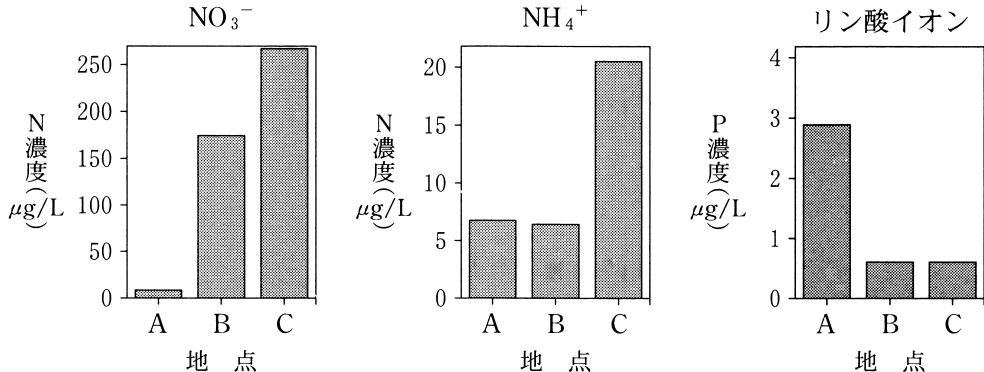
- ① 葉緑体の位置の違いに関係なく野生型・変異体ともに光合成速度が低下したことから、強い太陽光は、葉緑体に傷害を与える可能性がある。
- ② よく晴れた日が続くときに日なたで変異体 Q と変異体 R を生育させると、変異体 Q の方が変異体 R よりも成長速度が大きい。
- ③ 野生型は、日なたでは葉緑体を細胞の側面に分布させることで、強い太陽光による葉緑体の傷害を避けている。
- ④ 葉陰以外の場所でも青色の光が弱い環境では、野生型の葉緑体は細胞上面と細胞底面に移動する。

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 20)

植物は、窒素を硝酸イオン(NO_3^-)やアンモニウムイオン(NH_4^+)として、リンをリン酸イオンとして根から吸収し、(a)有機物の合成に用いている。窒素とリンはどちらも植物の成長に不可欠であり、どちらか一方でも不足すると、植物の成長が妨げられる。窒素やリンは自然界においても不足しやすく、(b)生態系の純生産量が制限される要因になる。植物 M が優占する 3 か所の地点 A ~ C において、土壤水分中の窒素とリンの濃度を調べたところ、図 1 のように、場所によって濃度が異なっていた。

マメ科の植物など根粒菌と共生する一部の植物は、(c)根粒菌の窒素固定を通じて窒素を補うことで、窒素が不足する土壤でも成長することができる。しかし、多くの場所において土壤中の窒素が不足しているにもかかわらず、(d)根粒菌などの細菌との共生を通じて窒素を得る植物が常に有利であるわけではない。



注：N 濃度はイオンとして存在する窒素(N)の濃度を、P 濃度はイオンとして存在するリン(P)の濃度を表す。

図 1

問 1 下線部(a)についての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。 13

- ① 核酸の合成と ATP の合成のどちらにも、窒素とリンの両方が必要である。
- ② アミノ酸は、タンパク質以外の有機窒素化合物の合成にも利用される。
- ③ タンパク質の合成過程では、アミノ酸の側鎖どうしがペプチド結合でつながることで、立体構造がつけられる。
- ④ カルビン・ベンソン回路によって CO_2 が固定される反応には、窒素を成分とする有機物の働きが必要である。

問 2 下線部(b)に関連して、生態系の純生産量は、その一部が生産者の成長量となったり、消費者の摂食量となったりするほか、落葉や落枝のように枯死量として生態系内に蓄積される。一定期間のうちに生態系内に蓄積された有機物の量を求める方法として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

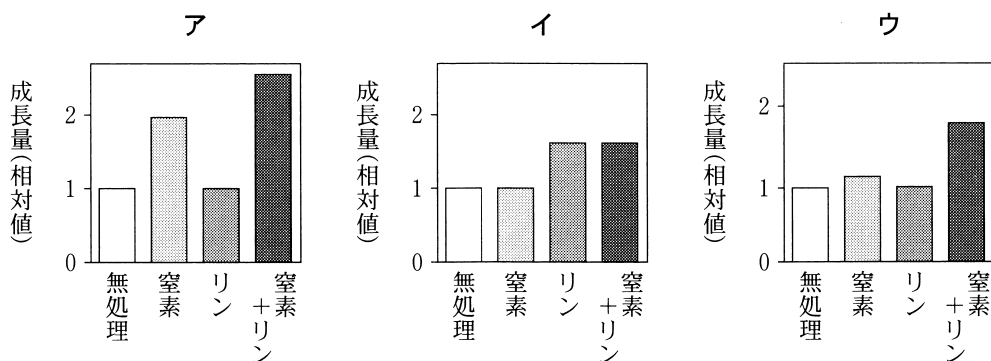
14

- ① 純生産量から、生産者の呼吸量を差し引く。
- ② 純生産量から、分解者を除く消費者の呼吸量を差し引く。
- ③ 純生産量から、分解者を含む消費者の呼吸量を差し引く。
- ④ 純生産量から、生産者の呼吸量と、分解者を除く消費者の呼吸量を差し引く。
- ⑤ 純生産量から、生産者の呼吸量と、分解者を含む消費者の呼吸量を差し引く。

生 物

問 3 図 1 の地点 A～C において、重量が同じ植物 M を複数個体用意し、それぞれの個体に窒素とリンのいずれか、またはその両方(以下、窒素+リン)を肥料として与え、何も与えなかった個体(以下、無処理)と成長量を比較する実験を行ったところ、図 2 の結果が得られた。この結果から、植物 M の成長量は、窒素とリンのうち、土壌から得られる量が必要量に比べて不足している栄養分によって制限されていると考えられた。図 2 のア～ウの結果が得られた場所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。なお、与えた窒素およびリンの量は、いずれの処理でも、それぞれ等しいものとする。

15



注：無処理の成長量を 1 とする。窒素肥料は、 NO_3^- と NH_4^+ を半量ずつ含む。

図 2

	ア	イ	ウ
①	地点 A	地点 B	地点 C
②	地点 A	地点 C	地点 B
③	地点 B	地点 A	地点 C
④	地点 B	地点 C	地点 A
⑤	地点 C	地点 A	地点 B
⑥	地点 C	地点 B	地点 A

問 4 下線部(c)に関連して、窒素固定はATPと電子(e⁻)を必要とする反応である。根粒菌では、植物から供給された有機物を利用してATPとe⁻を得て、窒素固定を行っている。図3は、ある条件において、グルコースから呼吸を通じてATPが合成される反応、ATPの合成とは別の反応によりグルコースからe⁻が供給される反応、および窒素固定反応について調べた結果を示した模式図である。図3を踏まえて、窒素が固定され、植物で利用される過程に関する後の文章中の **エ** ・ **オ** に入る数値または語句として最も適当なものを、後の①～⑧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。

エ ・ **オ**

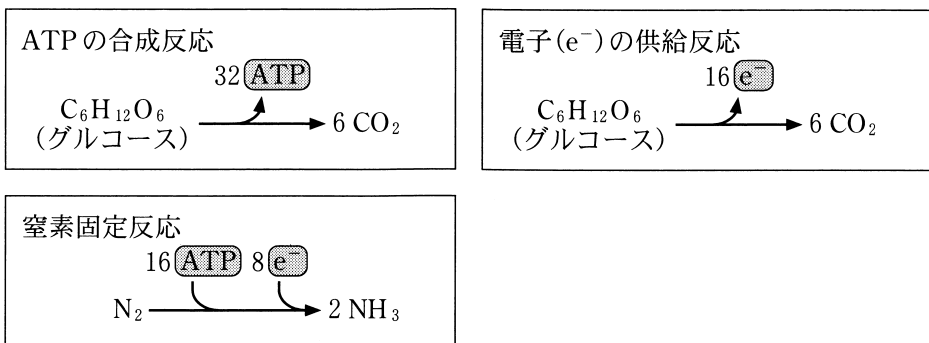


図 3

1分子の窒素をアンモニアに還元するためには、**エ** 分子のグルコースが必要である。生成したアンモニアはNH₄⁺に変換され、植物細胞内で数段階の反応を経て **オ** となる。**オ** のアミノ基は有機酸に転移され、様々なアミノ酸の合成に利用される。

- ① $\frac{1}{4}$ ② $\frac{1}{2}$ ③ 1 ④ 2
- ⑤ オキサロ酢酸
- ⑥ ケトグルタル酸(α-ケトグルタル酸)
- ⑦ グルタミン酸
- ⑧ ピルビン酸

生 物

問 5 下線部(d)について、根粒菌などの細菌を通じて窒素を得る植物が、そうではない植物に比べ必ずしも有利ではない理由に関する次の文章中の **カ** ~ **ケ** 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。 **18**

無機窒素化合物の還元には、エネルギーが必要である。そのため、植物が土壌から吸収した無機窒素化合物を用いて有機窒素化合物を合成するのに必要なエネルギー量は、**カ** よりも **キ** を用いる経路の方が大きい。植物が根粒菌と共生すると、窒素が不足した環境でも成長できるが、問 4 で考えたとおり、根粒菌の窒素固定にはエネルギーが必要である。根粒菌は **ク** であるため、植物が根粒菌と共生して N_2 から有機窒素化合物を得る際、植物は窒素固定のエネルギーに加え、根粒を形成し、維持するためのエネルギーも負担している。したがって、根粒菌と共生する植物は、**ケ** 環境では共生によって大きな利益を得ることができないと考えられる。

	カ	キ	ク	ケ
①	NO_3^-	NH_4^+	従属栄養	明るい
②	NO_3^-	NH_4^+	従属栄養	暗い
③	NO_3^-	NH_4^+	独立栄養	明るい
④	NO_3^-	NH_4^+	独立栄養	暗い
⑤	NH_4^+	NO_3^-	従属栄養	明るい
⑥	NH_4^+	NO_3^-	従属栄養	暗い
⑦	NH_4^+	NO_3^-	独立栄養	明るい
⑧	NH_4^+	NO_3^-	独立栄養	暗い

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。

生 物

第 5 問 次の文章を読み、後の問い(問 1 ~ 4)に答えよ。(配点 19)

ショウジョウバエでは、タンパク質 X の mRNA は、(a)母性因子の遺伝子(母性効果遺伝子)(以下、母性遺伝子)から転写され、卵の後端の細胞質に蓄えられる。卵が産みだされると、この mRNA からタンパク質 X が翻訳され、発生を開始した卵(以下、胚)の後端から前方の領域にかけて(b)タンパク質 X の濃度勾配が生じ、タンパク質 X の濃度が一定以上になった領域に腹部が形成される。

問 1 下線部(a)に関連して、ショウジョウバエの胚の生存に必要な母性因子を合成する母性遺伝子 M に関する次の文章中の ・ に入る数値として最も適当なものを、後の①~⑤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。なお、遺伝子 M は、常染色体上にあり、母性遺伝子としてのみ働くものとする。

ア ・ イ

遺伝子 M と、その働きを失った対立遺伝子 m とをヘテロ接合で持つ個体どうしを交配して得られた受精卵のうち、理論上は %が成虫まで発生する。このとき成虫まで発生した全ての雌と野生型の雄とを交配して得られる受精卵のうち、 %が成虫まで発生する。

- ① 0 ② 25 ③ 50 ④ 75 ⑤ 100

問 2 下線部(b)に関連して、ショウジョウバエの前後軸の形成に関わる母性因子のなかには、濃度勾配を形成するものがある。次の記述①~③のうち、濃度勾配を形成する母性因子の特徴として適当なものはどれか。それを過不足なく含むものを、後の④~⑦のうちから一つ選べ。 21

- ① タンパク質の濃度の違いによって、細胞に異なる応答を引き起こす。
- ② タンパク質が胚の全域に均一に分布した後、濃度勾配が生じる。
- ③ 胚において、核分裂だけを起こしている時期に、タンパク質の濃度勾配が生じる。

- ④ a
- ⑤ b
- ⑥ c
- ⑦ a, b
- ⑧ a, c
- ⑨ b, c
- ⑩ a, b, c

生 物

母性遺伝子の働きを明らかにするため、ショウジョウバエを用いて**実験 1 ~ 3**を行った。

実験 1 卵形成に先立って、タンパク質 X をつくる母性遺伝子 X の働きを失わせた雌から産みだされた卵を発生させたところ、腹部は形成されず、^ふ孵化しなかった。

実験 2 腹部形成の制御には、母性遺伝子 X とは別の母性遺伝子 Y も関わるということが分かっている。卵形成に先立って、母性遺伝子 X の働きと母性遺伝子 Y の働きをともに失わせた雌から産みだされた卵を発生させたところ、腹部が形成された。

実験 3 母性遺伝子 Y から転写される mRNA の分布と、タンパク質 Y の分布とを調べた。正常な発生の過程では、タンパク質 Y の mRNA は、卵の全域に分布するが、タンパク質 Y は、腹部が形成される領域に分布しないことが分かった。そこで、この領域でタンパク質 Y を強制的に合成させたのち卵を発生させたところ、腹部が形成されなかった。

問 3 次の記述①～⑩のうち、実験 1～3 の結果から導かれるタンパク質 X の働きに関する考察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①～⑥のうちから一つ選べ。また、その考察に矛盾しないタンパク質 X の性質に関する推論として最も適当なものを、後の⑦～⑩のうちから一つ選べ。

タンパク質 X の働きに関する考察の組合せ

22

タンパク質 X の性質に関する推論

23

- ① 正常な胚において、タンパク質 X は、腹部形成に必要なタンパク質 Y の合成を促進するので、腹部が形成される。
- ② 正常な胚において、タンパク質 X は、タンパク質 Y と結合するので、腹部が形成される。
- ③ 正常な胚において、タンパク質 X は、腹部形成を阻害するタンパク質 Y の合成を抑制するので、腹部が形成される。
- ④ タンパク質 X の働きを失わせても、腹部が形成されることがある。
- ⑤ タンパク質 X の働きを失わせると、腹部が形成されることはない。

① ①, ②

② ③, ④

③ ⑤, ⑥

④ ⑦, ⑧

⑤ ⑨, ⑩

⑥ ⑪, ⑫

- ⑦ タンパク質 X は、タンパク質 Y をつくる遺伝子 Y の DNA に結合する。
- ⑧ タンパク質 X は、タンパク質 Y の mRNA に結合する。
- ⑨ タンパク質 X は、タンパク質 Y に結合する。
- ⑩ タンパク質 X は、タンパク質 Y を細胞外に分泌させる。

生 物

問 4 母性遺伝子 X は、始原生殖細胞が成虫において配偶子に分化する過程にも必要である。始原生殖細胞の分化における母性遺伝子 X の働きについて調べるため、遺伝子 X の働きを失った変異体(以下、変異体)を用いて**実験 4**を行った。**実験 1**～**3**の結果を踏まえて、**実験 4**の文章中の **ウ** ～ **カ** に入る語句の組合せとして最も適当なものを、後の①～⑦のうちから一つ選べ。

24

実験 4 **ウ** の雌から産みだされた卵を発生させ、胚の後端に形成された始原生殖細胞を、**エ** の雌から産みだされた卵を発生させた胚の後端に移植したところ、移植した始原生殖細胞は配偶子に分化した。他方、**オ** の雌から産みだされた卵を発生させ、胚の後端に形成された始原生殖細胞を、**カ** の雌から産みだされた卵を発生させた胚の後端に移植したところ、移植した始原生殖細胞は配偶子に分化しなかった。

	ウ	エ	オ	カ
①	野生型	野生型	野生型	変異体
②	野生型	野生型	変異体	野生型
③	野生型	変異体	変異体	野生型
④	野生型	変異体	変異体	変異体
⑤	変異体	野生型	野生型	野生型
⑥	変異体	野生型	野生型	変異体
⑦	変異体	野生型	変異体	変異体

(下書き用紙)

生物の試験問題は次に続く。

生 物

第6問 次の文章を読み、後の問い(問1～3)に答えよ。(配点 14)

ヒカルさんとユウさんは、アユの縄張り と群れについて話をした。

ヒカル：この前、アユの縄張りのことが授業に出てきたよね。教科書には、縄張りを持つアユと群れるアユがいるって書いてあったけど、そうなのは個体どうしが(a) 資源をめぐる争った結果 だよ。縄張り個体と群れ個体との間には何か違いがあるのかな。

ユウ：そうだね。縄張りを維持することで食物の藻類を確保できるのだったら、縄張り個体と群れ個体の成長も違うかもしれないね。アユの縄張りに関する論文があるかインターネットで調べてみようよ。

問1 下線部(a)に関する次の記述①～④のうち、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①～⑥のうちから一つ選べ。

25

- ① 群れの大きさは、種内競争の影響を受けないが、捕食者の数の影響を受ける。
- ② 種内競争によって縄張りを形成した個体の分布は、集中分布になりやすい。
- ③ 同じ種類の食物を利用する2種でも、異なる大きさの食物を食べることで、同じ大きさの食物を食べるときと比べ、種間競争が緩和される。
- ④ 種間競争は、広範囲を移動できる生物間でも、ほとんど移動できない生物間でも起こる。

① a, b

② a, c

③ a, d

④ b, c

⑤ b, d

⑥ c, d

ヒカルさんとユウさんは、**実験 1・実験 2** を行った論文を見つけた。

実験 1 集団で飼育していたアユの体重を測定し、標識を付けて個体を識別できるようにした。その後、大きさや環境条件が等しい人工水路 A～E のそれぞれに、異なる数のアユを放した。1 か月後に、縄張り個体の数、群れ個体の数、および縄張りの大きさを調べたところ、表 1 の結果が得られた。また、実験前の体重が重かった個体が縄張り個体に、軽かった個体が群れ個体になっていた。さらに、実験期間中の体重増加量は、どの水路でも、縄張り個体になったアユが、群れ個体になったアユよりも大きかった。なお、アユの食物は水路の底面に生える藻類のみであり、同じ水路内において、縄張り個体間で縄張りの大きさにほとんど違いはなかった。

表 1

	水路 A	水路 B	水路 C	水路 D	水路 E
放したアユの個体数	3	6	10	15	50
縄張り個体の数	1	2	3	5	10
群れの個体の数	2	4	7	10	40
縄張りの大きさ(平均値, m ²)	7.2	3.6	2.4	1.3	0.5

実験 2 **実験 1** の後、水路 D から全ての縄張り個体を、水路 E から全ての群れ個体を、それぞれ取り除いた。1 か月後に調べたところ、どちらの水路でも、縄張り個体と群れ個体が観察された。

問 2 **実験 1・実験 2** の結果から導かれる考察や推論として**適当でないもの**を、次の①～④のうちから一つ選べ。 26

- ① どの水路でも、**実験 1** の後は、**実験** の前に比べて、体重の個体差がより大きくなった。
- ② **実験 1** 終了時の水路内における縄張りの総面積は、どの水路でも変わらなかった。
- ③ **実験 2** の結果、水路 D では、より体重の重い個体が縄張り個体になった。
- ④ **実験 2** の結果、水路 E では、各縄張り個体の縄張りは、より大きくなった。

生 物

ヒカル：この実験の結果から二人の疑問は解決したけど、他の種の魚でも、アユのように縄張りの大きさは変化するのかな。

ユウ：(b)湖底の藻類を食べるアフリカの魚で、水深と個体群密度によって縄張りの大きさが変化する種がいるって書いてある論文を見つけたよ。

ヒカル：たしかに、縄張りを維持する労力(コスト)は個体群密度の違いで変わるよね。でも、どうして水深が縄張りの大きさに関係するのかね。

ユウ：藻類の成長には太陽の光が関係しているからだと思うよ。

ヒカル：そうだね。水の中では深くなるにつれて暗くなっていくからね。

問 3 下線部(b)に関連して、論文の中では、湖の地点 X～Z で、藻類食の魚 T の縄張り行動が観察され、縄張り個体の数と群れ個体の数の合計から個体群密度が算出されている。さらに、各地点の水深と藻類の量が調べられている。表 2 は、各地点の水深と個体群密度を表したものである。また図 1 は、地点 X において、藻類の量と縄張り行動から推定された、縄張りの大きさと利益・労力の関係(以下、モデル)を示したものである。地点 Y と地点 Z のモデルが後の①～④のいずれかとする、地点 Y のモデルとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選び、地点 Z の最適な縄張りの大きさとして最も適当な数値を、後の⑤～⑩のうちから一つ選べ。

地点 Y のモデル

27

地点 Z の最適な縄張りの大きさ

28

m²

表 2

	地点 X	地点 Y	地点 Z
水深(m)	2	2	10
個体群密度 (個体/m ²)	1.0	1.5	0.3

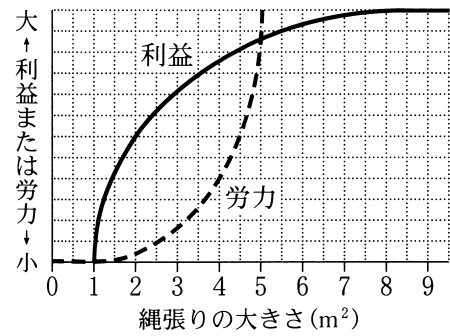
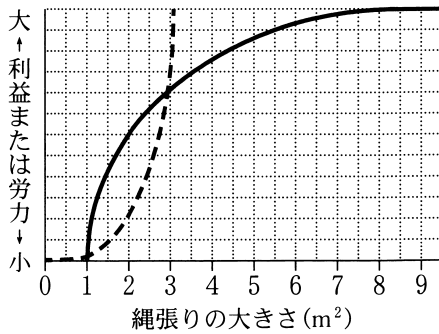
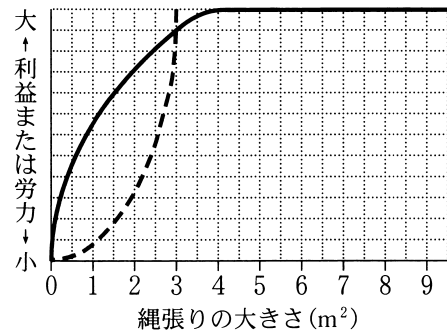


図 1

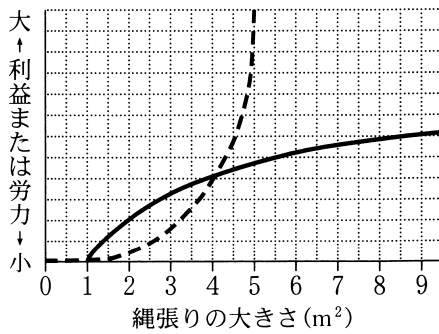
①



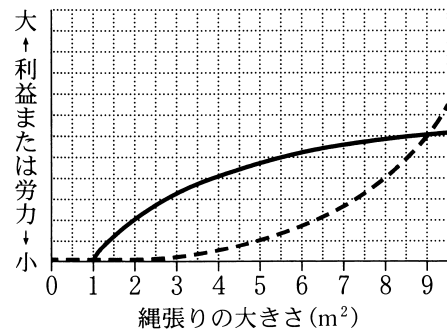
②



③



④



⑤

1.5

⑥

2

⑦

2.5

⑧

3

⑨

5

⑩

9