

2021年度

理 科

R C

【 生 物 】

3月12日(金) 理 学 部 (生物科学科, 創造理学コース)

【後期日程】 農 学 部 9 : 40 ~ 11 : 00

注 意 事 項

試験開始前

- 1 監督者の指示があるまで、問題冊子、解答用紙に手を触れてはいけません。
- 2 監督者の指示に従い、出願時に選択した科目の問題冊子、解答用紙であるかどうかを確かめ、全部の解答用紙(4枚)に受験番号を記入しなさい。
- 3 出願時に選択した科目と解答した科目が異なる場合は採点されません。

試験開始後

- 4 この問題冊子は、11ページあります。はじめに、問題冊子、解答用紙を確かめ、枚数の不足や、印刷の不鮮明なもの、ページの落丁・乱丁があった場合は、手をあげて監督者に申し出なさい。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 問題は、声を出して読んではいけません。
- 7 各問ごとの配点は、比率(%)で表示してあります。

試験終了後

- 8 問題冊子は、必ず持ち帰りなさい。

1 筋肉に関する次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。(配点25%)

筋肉には、縞模様が見られる ① と、縞模様が見られない ② がある。① は、骨格筋や ③ などに見られ、② は血管や ④ などの管壁に見られる。骨格筋は、⑤ と呼ばれる多核細胞が集まったものであり、その内部には ⑥ と呼ばれる繊維が多数束ねられている。⑥ は^aサルコメアという基本構造が繊維の軸方向に繰り返し配列することで形成されている。⑥ のまわりには、⑦ が取り囲んでおり、運動ニューロンの神経終末から神経伝達物質が放出されると、⑤ の興奮が引き起こされる。この興奮が ⑤ の細胞膜から ⑧ を通って細胞内の ⑦ に伝達され、⑦ から ⑨ イオンが放出されて、アクチンフィラメント上の ⑩ と結合する。⑨ イオンの結合した ⑩ は、繊維状構造をもつタンパク質である ⑪ の構造を変化させ、ミオシンのアクチンフィラメントへの結合を可能にする。

^b筋収縮は、アクチンフィラメントとミオシンの相互作用により進行する。ミオシンの頭部にはATPと結合する部位があり、ここでATPの加水分解が行われてADPとリン酸が生じる。ATP ア したミオシンは、アクチンフィラメント イ し、ATPが加水分解されると、ミオシンの頭部がATPのエネルギーによって構造変化を起こす。そして、ミオシンの頭部が再びアクチンフィラメント ウ すると、ADPとリン酸がミオシンの頭部 エ するとともに、ミオシンの頭部の構造が元にもどる。このときにアクチンフィラメントが動かされ、筋肉が収縮する。

骨格筋をそれと接続する神経とともに取り出して神経を1回刺激すると、筋肉の単一の収縮が見られる。これを ⑫ という。⑫ が重なって生じる強い収縮を ⑬ という。通常の骨格筋で起こる収縮は ⑬ である。

問1 文章中の ① ～ ⑬ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aについてサルコメアの構造を図示し、次の語を図中に記しなさい。ただし、明帯、暗帯、サルコメアの領域がわかるように図中に示しなさい。

(語群) 明帯、暗帯、サルコメア、Z膜、ミオシンフィラメント、アクチンフィラメント

問3 下線部bについて、文章中の ア ～ エ に入る語の組み合わせを、以下の選択肢A～Fから1つ選び、記号で答えなさい。

- | | | | | |
|----|--------|--------|--------|--------|
| A: | ア と結合 | イ と結合 | ウ と結合 | エ と結合 |
| B: | ア と結合 | イ から解離 | ウ と結合 | エ から解離 |
| C: | ア と結合 | イ から解離 | ウ から解離 | エ と結合 |
| D: | ア から解離 | イ と結合 | ウ と結合 | エ から解離 |
| E: | ア から解離 | イ と結合 | ウ から解離 | エ と結合 |
| F: | ア から解離 | イ から解離 | ウ から解離 | エ から解離 |

問 4 アクチンフィラメントとミオシンの相互作用を分析するために、図1のような装置を用いた。ガラスの基板に1分子のミオシンを固定し、それと結合できる位置にアクチンフィラメントを配置した。アクチンフィラメントの両端にばねを接続し、これをガラスの基板と結合してあるガラスの柱とつないだ。この装置は、筋収縮が観察できる適切な溶液の中に作成した。ばねの伸縮は、アクチンフィラメントとミオシンの相互作用には影響しないものとする。この図でアクチンフィラメントが左側に動いたときをプラス方向への移動、右側に動いたときをマイナス方向への移動とした。ここに適切な濃度のATPを加えたところ、図2のようなグラフが得られた。小問(1)～(3)に答えなさい。

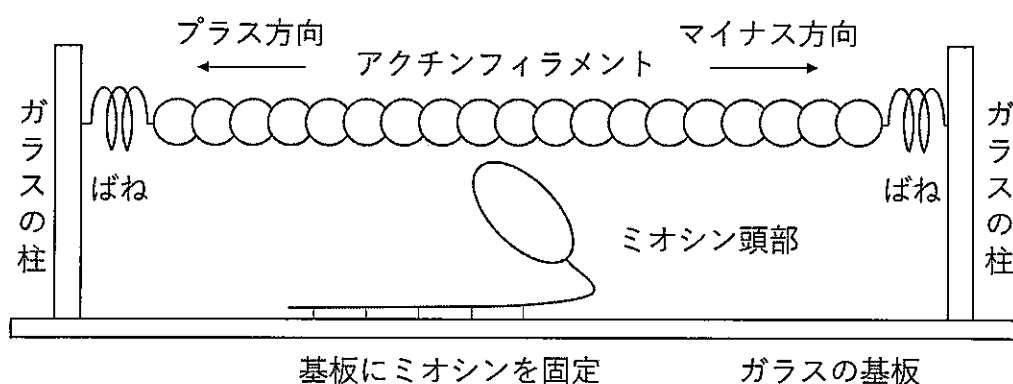


図1 アクチンフィラメントとミオシンの相互作用を分析するための装置

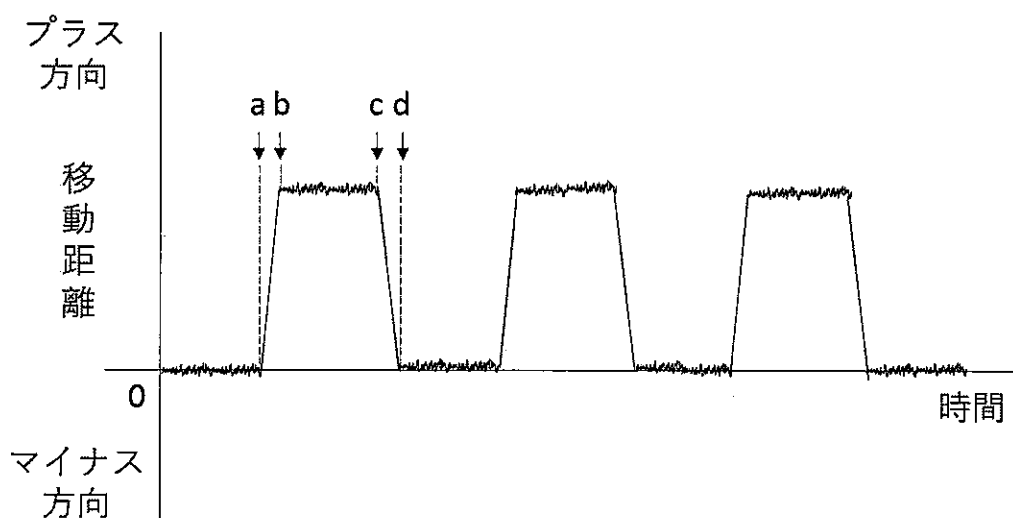


図2 ミオシンとの相互作用によるアクチンフィラメントの移動

- (1) 図2について、アクチンフィラメントが移動距離0の位置から見てマイナス方向に大きく移動しない理由について、ミオシンの性質を踏まえて答えなさい。
- (2) 図2の矢印a～dのうち、ミオシンがATPと結合したときを示しているものはどれと考えられるか、理由とともに答えなさい。
- (3) 図2の矢印a～dのうち、ミオシンからADPが解離したときを示しているものはどれと考えられるか、理由とともに答えなさい。

2

発生に関する次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。(配点25%)

ひとつの受精卵の分裂によって数を増やした細胞は、発生の過程でさまざまな組織や器官の細胞に分化する。カエルでは、胞胚期を過ぎると、赤道面よりやや **①** 極よりの細胞が胚の内部に入り込み、**②** が形成される。陥入する部分を **③** といい、**③** の上側を **④** という。この時期になると、外胚葉、中胚葉、内胚葉の区別ができるようになる。

どの胚葉からどのような組織・器官が分化するかは脊椎動物でおおむね共通している。このとき、細胞同士の相互作用が重要な役割を果たし、たとえば、カエルの初期 **②** 胚の **④** は、接している未分化な細胞を **⑤** に誘導する。このように組織の分化をうながす胚の領域を **⑥** という。誘導を受けて分化した組織が新たな **⑥** となり、次々に別の組織の誘導を引き起こす。a誘導の連鎖が見られることがある。また、**⑥** からは組織の分化をうながす物質や、逆に誘導を阻害する物質が分泌され、それらの物質の b濃度勾配によって分化する組織が異なることもある。

問1 文章中の **①** ～ **⑥** に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aについて、眼の構造ができる過程を、次の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) 眼胞、脳、表皮、網膜、角膜、水晶体、眼杯

問3 下線部bについて、ニワトリの指の形成には、肢芽の後部から前方に向かってソニックヘッジホッグタンパク質(Shh)を放出する極性化活性帯(ZPA)が重要な役割を果たすことが知られている。図1は、正常な胚の前肢芽(翼に分化する肢芽)と後肢芽(あしに分化する肢芽)におけるZPAの位置と形成される指を示している。ZPAから放出されるShhが濃度勾配を形成し、このShhの濃度に応じ、前肢には第1指～第3指が、後肢には第1指～第4指が形成される。図2に示すようにニワトリ胚または同じ発生段階のウズラ胚のZPAを切り出し、別のニワトリ胚の前肢芽または後肢芽の前方に移植する実験ア～エをおこない、図2に示すような結果を得た。図2には図1で示した指の部分のみを示している。また、図3は、図2の実験ウにおいて、肢芽内のShhの濃度勾配と形成された指との関係を示している。小問(1)～(3)に答えなさい。

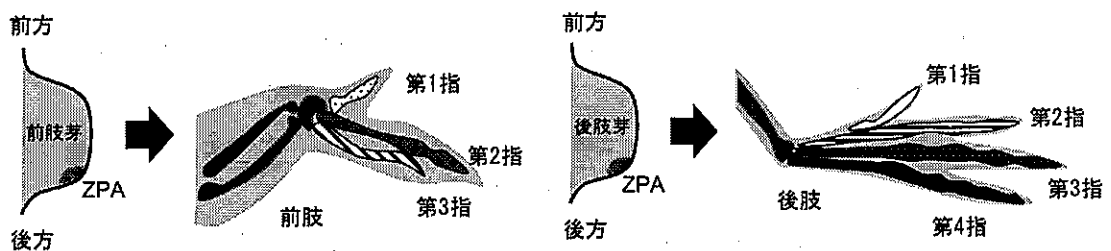
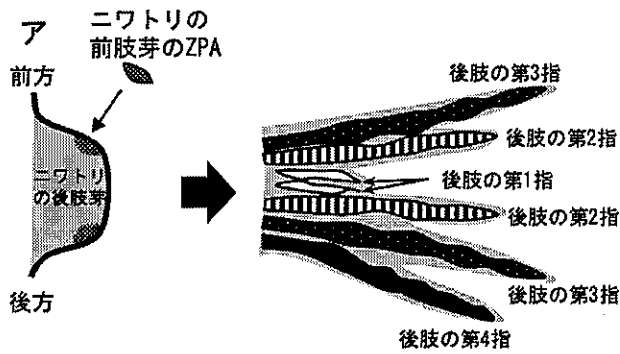
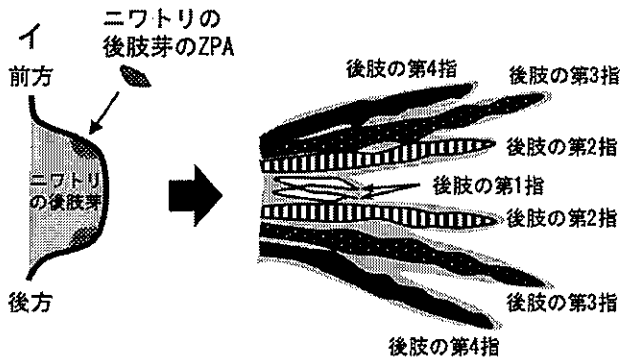


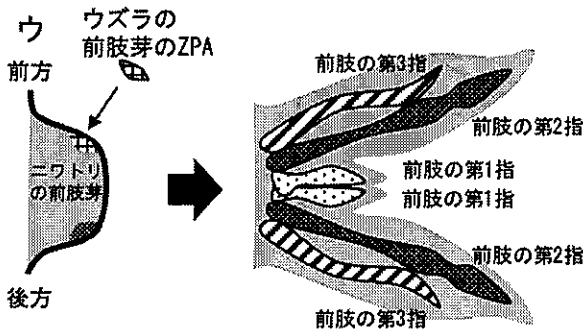
図1 正常な前肢および後肢の指の形成



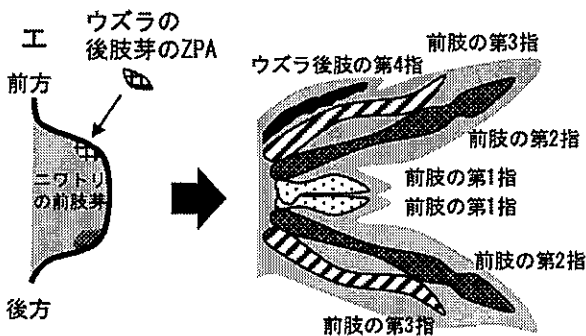
ニワトリ前肢芽のZPAを別のニワトリ胚の後肢芽に移植すると移植したZPA側に第4指を除く3本の後肢の指が形成された。また本来のZPA側に4本の後肢の指が形成された。



ニワトリ後肢芽のZPAを別のニワトリ胚の後肢芽に移植すると8本の後肢の指が形成された。



ウズラ前肢芽のZPAをニワトリの前肢芽に移植すると6本のニワトリ前肢の指が形成された。



ウズラ後肢芽のZPAをニワトリ胚の前肢芽に移植すると、移植したZPA側にウズラの後肢の第4指と3本のニワトリの前肢の指が形成された。また本来のZPA側に3本のニワトリ前肢の指が形成された。なお、形成されたウズラの後肢の指はウズラの細胞で形成されていた。

図2 ZPAの移植実験とその結果

- (1) 次の文章は、実験ウに関して述べたものである。図3について、 ~ には図中のA~Cから選んだアルファベットを、 ~ には数字を答えなさい。

正常な発生ではZPAから放出されたShhが濃度勾配を形成し、この濃度が位置情報となる。Shhの濃度が図3中の よりも高ければ第3指が、 と の間なら第2指が、 より低ければ第1指が形成される。移植実験をおこなうと、本来のZPAと前方に移植されたZPAの両方からShhが放出されるため、図3のような濃度勾配が形成され、前方から後方に向かって第 指、第 指、第 指、第 指、第 指、第 指が形成される。

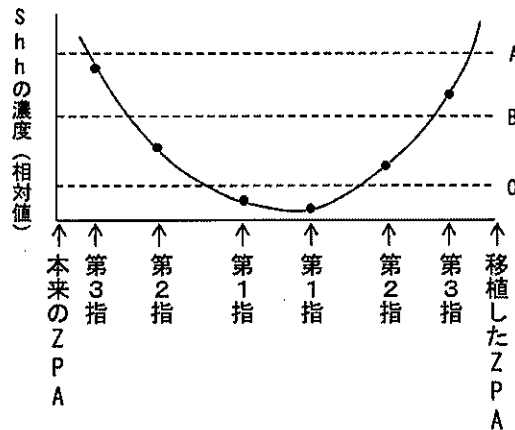


図3 肢芽内のShhの濃度勾配と形成された指

- (2) 後肢のZPAは前肢のZPAと同様にShhを放出するが、それに加えて別のはたらきをあわせもつ。図2の実験ア~エの結果から後肢のZPAにだけ備わるはたらきを答えなさい。

- (3) 図4に示すように、ウズラ後肢芽のZPAをニワトリ胚の後肢芽に移植した。どのような種類の指がどこに形成されると考えられるか、図2の実験ア～エの結果を踏まえて文章で答えなさい。

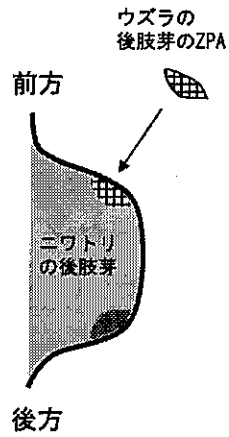


図4 ウズラ ZPA の移植実験

3 動物の行動に関する次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。(配点25%)

動物の行動には、遺伝的にプログラムされた定型的な a 生得的行動 がある。たとえば、b 繁殖期に入った雄イトヨの腹部は赤色になり、別の繁殖期の雄が近づくと攻撃する。この攻撃行動は、イトヨが腹部の赤い色を視覚器で受け取ることがきっかけとなっている。このような、ある特定の行動を引き起こす外界からの刺激を ① という。

動物は、外界から受けるさまざまな刺激を用いて、自分のからだを特定の方向に向ける ② をおこなう。例えば、日中に渡りをする鳥は、太陽の位置情報をもとにして行動の方向を定める。このしくみは ③ と呼ばれる。また、環境の光や重力、化学物質などの刺激により、動物が一定の方向に移動する行動を ④ という。

生得的行動に対して、経験を通して行動の変化を獲得することを ⑤ といい、変化した行動を ⑥ という。動物は、害のない刺激が繰り返されると、その刺激に対して反応しなくなる。これは、⑦ と呼ばれる単純な ⑤ のひとつである。失敗を繰り返しながら、成功する方法を記憶していく ⑤ を ⑧ という。その中で、自身の行動と報酬や罰を結びつけて ⑤ を ⑨ という。さらに、大脳の発達した動物では、未経験なことに対して、結果を予測して適切な行動をとることができる。これを ⑩ という。

問1 文章中の ① ～ ⑩ に入るもっとも適切な語を下記の語群から選びなさい。

(語群) 走性、学習、古典的条件づけ、オペラント条件づけ、試行錯誤、刷り込み、
知能行動、学習行動、太陽コンパス、かぎ刺激、慣れ、鋭敏化、定位

問2 下線部aについて、生得的行動に該当するものを、以下の選択肢(ア)～(カ)から3つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) カイコガの雄は、雌の発するフェロモンを感知しながら雌を探索する。
- (イ) イヌにエサを与える時にいつもベルを鳴らすようにすると、ベル音だけで唾液を出すようになる。
- (ウ) アメフラシの水管へ接触刺激を繰り返すと、えらを引っ込めなくなる。
- (エ) 伝書バトやサケなどは、地磁気を受容して帰巣行動をおこなう。
- (オ) ミツバチは、しり振りダンスにより蜜源の場所を仲間に伝える。
- (カ) チンパンジーは、木の枝を使ってシロアリ釣りをする。

問 3 下線部 b について、雄イトヨの行動に関する次の文章を読み、小問 (1) ~ (5) に答えなさい。

雄イトヨは、繁殖期に入ると、ホルモンのはたらきにより、喉から腹部にかけて赤色の婚姻色を帯び、縄張りを形成し、巣をつくる。この時、縄張りに腹部が赤い雄が近づくと攻撃行動を起こす。視細胞に存在し、赤色光の吸収にはたらくオプシン遺伝子 (*lws*) が、この攻撃行動を起こすために重要なはたらきをしている。繁殖期の雄イトヨは、下部を赤く塗った模型に対しても攻撃行動を起こすことが知られている。

雄イトヨの攻撃行動を調べるため、次の (ア) ~ (ケ) の処理をした繁殖期の雄イトヨを準備した。水槽に (ア) ~ (ケ) のイトヨをそれぞれ 1 匹と下部を赤く塗った模型を 1 つ入れ、攻撃行動を観察した (図 1)。表 1 は雄イトヨの攻撃行動の有無を示したものである。

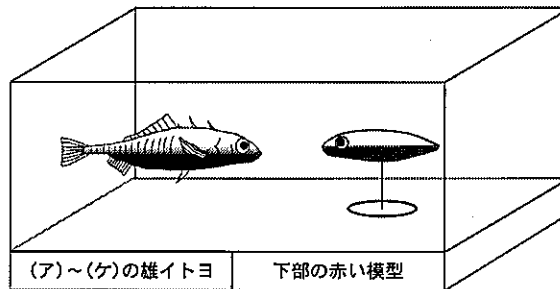


図 1 雄イトヨの行動実験

- (ア) 腹部を切開して精巣を除去する手術をした。
- (イ) 腹部を切開する手術のみをして、精巣を除去しなかった。
- (ウ) 腹部を切開して精巣をとりだし、適切な溶液の中ですりつぶした。すりつぶした液をろ紙を使ってろ過した後、ろ液を (ア) のイトヨに注射した。
- (エ) 精巣をすりつぶすために用いた溶液を (ア) のイトヨに注射した。
- (オ) (ウ) のろ液を適切な半透膜の袋に入れ、精巣をすりつぶすために用いた溶液の入ったビーカーの中で十分に透析し、内液を (ア) のイトヨに注射した。
- (カ) (オ) で透析した外液を濃縮して、(ア) のイトヨに注射した。
- (キ) (ウ) のろ液を沸騰水中で十分に煮沸した後、(ア) のイトヨに注射した。
- (ク) *lws* を破壊した。
- (ケ) (ク) のイトヨの腹部を切開して精巣をとりだし、適切な溶液の中ですりつぶした。すりつぶした液をろ紙を使ってろ過した後、ろ液を (ア) のイトヨに注射した。

表1 雄イトヨの攻撃行動の有無

魚	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)	(ケ)
攻撃	×	○	○	×	×	○	○	×	○

(注) ○は攻撃行動があったこと、×は攻撃行動がなかったことを示す。

(1) 下線部cについて、ホルモンが標的細胞にはたらくしくみについて、次の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) 内分泌腺, 標的器官, 受容体, 血液

(2) (イ)のイトヨは(ア)のイトヨに対する対照実験のために準備した。(イ)のイトヨを使った対照実験をおこなう理由を説明しなさい。

(3) (ア)～(エ)のイトヨを用いた実験結果から、精巣にはホルモンが含まれると考えられる。このホルモンには、どのようなはたらきがあると考えられるか、答えなさい。

(4) (オ)～(キ)のイトヨを用いた実験結果から、このホルモンの物質としての性質を答えなさい。

(5) (ク)のイトヨが攻撃行動を起こさなかったのはなぜか、(ケ)のイトヨを用いた実験結果を踏まえて、その理由を説明しなさい。

4 水田のイネと雑草に関する次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。(配点25%)

水田で栽培されるイネはC₃植物である。C₃植物は葉の裏に存在する_a気孔から取り込んだCO₂をカルビン・ベンソン回路で固定する。C₃植物のカルビン・ベンソン回路は、葉肉細胞の葉緑体内の ① にある反応系である。回路が進むために必要なATPと ② は葉緑体内の ③ で、光化学系における ④ 伝達系および光リン酸化により供給される。

カルビン・ベンソン回路では、CO₂は ⑤ という酵素のはたらきによってC₅化合物の ⑥ と結合して、2分子の ⑦ となる反応が最初に起こる。⑦ がC₃化合物であることから、このような炭酸同化をおこなう植物をC₃植物という。乾燥や高温、強い光などによって気孔が閉じて葉内のCO₂濃度が減少した環境下では、⑤ はO₂と反応し、その結果、別の反応系が動いてCO₂を放出する。これを光呼吸とよび、この反応により光合成効率は低下する。

水田雑草であるヒメタイヌビエは、イネとは異なる方法でCO₂を段階的に固定するC₄植物である。C₄植物の葉では、葉肉細胞に取り込まれたCO₂は ⑤ とは違う酵素により固定され、その結果、オキサロ酢酸などのC₄化合物が作られる。C₄化合物は維管束鞘細胞に輸送され、CO₂を放出する。このCO₂が次の段階であるカルビン・ベンソン回路に供給されて ⑤ のはたらきによって固定される。C₄植物は気孔が閉じた条件下であっても、このしくみによってCO₂濃度が高く保たれ、⑤ がO₂と反応することを防ぐため、光呼吸が起こりにくい。

問1 文章中の ① ～ ⑦ に入るもっとも適切な語を答えなさい。

問2 下線部aについて、気孔の開閉に関する小問(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 気孔を閉じるときにはたらく植物ホルモンの名称を答えなさい。
- (2) 気孔が開くときにはたらく青色光受容体の名称を答えなさい。
- (3) 気孔が開く過程について、以下の語をすべて用いて説明しなさい。

(語群) 細胞壁、孔辺細胞、膨圧

問 3 光の強さと光合成速度との関係をイネとヒメタイヌビエを用いて調べた結果、図1のよう
 になった。ただし、図中では植物名は植物X、植物Yとして表している。小問(1)～
 (5)に答えなさい。

- (1) 矢印Aが示す点は、植物Xの「CO₂の吸収速度が0となる光の強さ」である。このとき
 の光の強さを何とよぶか、答えなさい。
- (2) 矢印Aが示す光の強さでは、植物Xは光合成をおこなっている。それにもかかわら
 ず、測定されるCO₂の吸収速度が0となる理由を説明しなさい。
- (3) 矢印Bが示す点は、植物Yの「それ以上に光が強くなってもCO₂の吸収速度が大き
 ならない光の強さ」である。このときの光の強さを何とよぶか、答えなさい。
- (4) ヒメタイヌビエは植物Xと植物Yのどちらであると考えられるか、理由とともに答え
 なさい。
- (5) C₄植物は光の弱い条件下ではあまりみられない。その理由として考えられることを、
 図1から読み取ることのできるC₄植物の特徴を踏まえて答えなさい。

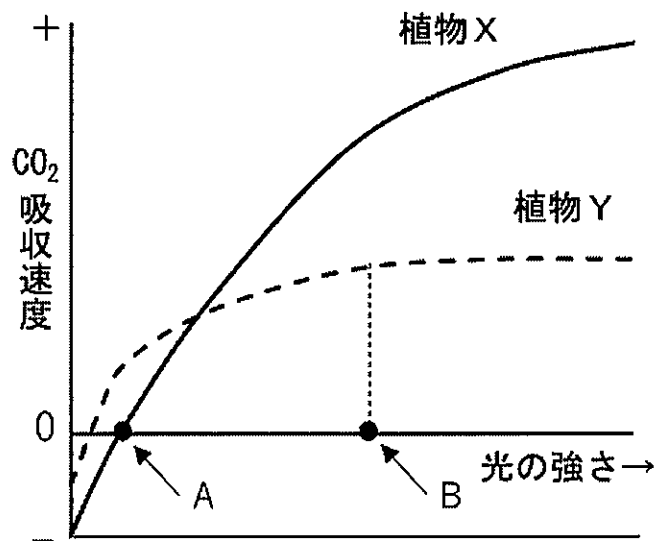


図1 光の強さと光合成速度との関係