

生 物 I

(全 問 必 答)

第1問 さまざまな生物材料を用いた観察や実験に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～6)に答えよ。[解答番号 ～] (配点 20)

A 生物の実験では、実験の目的にあった材料を選ぶことが重要である。また、季節によっては手に入りにくいものがあるので、入手しやすい材料を選ばなければならない。表1に観察実験とその材料や薬品を示した。

表 1

| 観察実験 | 材 料 | 使用する薬品 |
|----------|--------------------------------|---|
| 原形質分離の観察 | ユキノシタの葉の裏面表皮 | スクロース液 |
| 体細胞の観察 | タマネギの鱗片葉の内側表皮 | <input type="text" value="ア"/> |
| 体細胞分裂の観察 | タマネギの根端 | カルノア液 <input type="text" value="ア"/> |
| 減数分裂の観察 | <input type="text" value="イ"/> | <input type="text" value="ア"/> |
| 収縮胞の観察 | <input type="text" value="ウ"/> | <input type="text" value="エ"/> 食塩水 |

問1 表1の **ア** , **エ** に入る薬品として最も適当なものを, 次の①~⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。ア **1** エ **2**

- ① 炭酸水素ナトリウム ② 塩酸 ③ 塩化ニッケル
 ④ 二酸化マンガン ⑤ 酢酸オルセイン ⑥ 塩化カリウム

問2 表1の **イ** , **ウ** に入る材料として最も適当なものを, 次の①~⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。イ **3** ウ **4**

- ① オオカナダモの葉 ② テッポウユリの雄しべ
 ③ ムラサキツユクサの雄しべの毛 ④ メダカのうろこ
 ⑤ ゾウリムシ ⑥ ユスリカの幼虫

生物 I

B ヒトの赤血球とユキノシタの葉の裏面表皮細胞(以下、表皮細胞とする)を、さまざまな濃度の食塩水 a ~ c 液, スクロース液 d, e 液, 蒸留水に浸し, 細胞の形や大きさを観察した。各液に浸してから 10 分後に, 細胞が多少ふくらんだ以外に変化しなかったもののみを○で表した(表 2)。ただし, 細胞壁を除去した表皮細胞(「プロトプラスト」という)を各液に浸したところ, e 液に浸したときのみ変化が見られず, a 液や蒸留水中では破裂してしまった。

表 2

| | 食塩水 | | | スクロース液 | | 蒸留水 |
|------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|
| | a 液 | b 液 | c 液 | d 液 | e 液 | |
| 赤血球 | | ○ | | ○ | | |
| 表皮細胞 | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ |

問 3 a ~ e の溶液の中で, 赤血球または表皮細胞と等張な液はどれか。最も適当なものを, 次の①~⑨のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

赤血球 表皮細胞

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

問 4 蒸留水に浸された赤血球と関係の深い語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 溶血
- ② 食作用
- ③ 原形質復帰
- ④ 原形質流動
- ⑤ 原形質分離

問5 蒸留水中で赤血球やプロトプラストは変化したが，表皮細胞はあまり変化しなかった。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。

8

- ① 赤血球やプロトプラストの方が，表皮細胞より浸透圧が高かったから。
- ② 赤血球やプロトプラストの方が，表皮細胞より細胞膜を水が通りやすいから。
- ③ 赤血球やプロトプラストよりも，表皮細胞の方が細胞膜が柔軟だから。
- ④ 表皮細胞の細胞膜の外側には，水を通さない構造があるから。
- ⑤ 表皮細胞の細胞膜の外側には，セルロースでできた構造があるから。

問6 c液中の表皮細胞として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

9



①



②



③



④

第2問 発生に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 20)

A アフリカツメガエルの受精によって精子が卵に侵入すると、やがて卵割が始まる。卵割が進むと、図1(断面図)に示した胞胚期になる。胞胚各部の分化と予定運命を調べるために次の**実験1**、**2**を行った。

実験1 後期胞胚を図1のように切断し、**a**～**c**を単独で培養したところ動物極付近にある**a**からは外胚葉性の組織が、植物極側の**c**からは内胚葉性の組織が、また、**a**と**c**の間にある**b**からは中胚葉性組織が生じた。

実験2 初期胞胚を図1のように切断し、図2のように**a**と**c**を接触させて培養した。その後、**a**と**c**を単独で培養したところ、**a**から中胚葉性の組織が分化し、**c**から内胚葉性の組織が分化した。

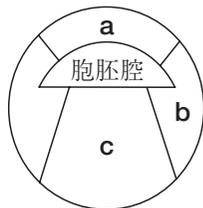


図 1

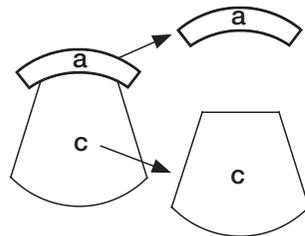


図 2

問1 上の文章中の下線部で示したように、精子が卵に侵入すると間もなく二つ目の極体が放出された。精子はどの段階の卵と受精したか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- | | | |
|----------|----------|----------|
| ① 卵原細胞 | ② 卵細胞 | ③ 一次卵母細胞 |
| ④ 二次卵母細胞 | ⑤ 始原生殖細胞 | |

問2 実験1, 2からわかることとして適当なものを, 次の①~⑥のうちから二つ選べ。ただし, 解答の順序は問わない。

- ① 初期胞胚の **a** では予定運命は決まっていない。
- ② 初期胞胚の **b** では予定運命は決まっていない。
- ③ 初期胞胚の **c** では予定運命は決まっていない。
- ④ 初期胞胚の **a** は他の胚域にはたらきかけ, その胚域を中胚葉性の組織に誘導する能力をもつ。
- ⑤ 初期胞胚の **b** は他の胚域にはたらきかけ, その胚域を中胚葉性の組織に誘導する能力をもつ。
- ⑥ 初期胞胚の **c** は他の胚域にはたらきかけ, その胚域を中胚葉性の組織に誘導する能力をもつ。

生物 I

B 実験 1, 2の結果からわかった胞胚における中胚葉の誘導作用は、形成体(オーガナイザー)から分泌されたタンパク質 **X** によって起こると考えられた。そこで、タンパク質 **X** を培養液 1ml 中に 10ng, 50ng, 100ng 溶かした 3 種類の培養液を用意し、**実験 2**の **a** をそれぞれの濃度で同じ時間培養した(図 3)。この結果、1 個の **a** に含まれる細胞群は骨格筋, 間充織, 血球などさまざまな組織の細胞に分化したので、それぞれの濃度で 100 個の **a** を処理し、各組織が 100 個中何個の **a** に出現したのか、その割合を調べた。図 4 は組織ごとにその個数をまとめたものである。図 4 では、タンパク質 **X** の濃度が 10ng/ml であるとき、100 個の **a** を培養した場合、骨格筋を分化させたものは 1 個、間充織を分化させたものは 79 個、血球を分化させたのは 31 個であり、全ての **a** で表皮が分化したことがわかる。



図 3

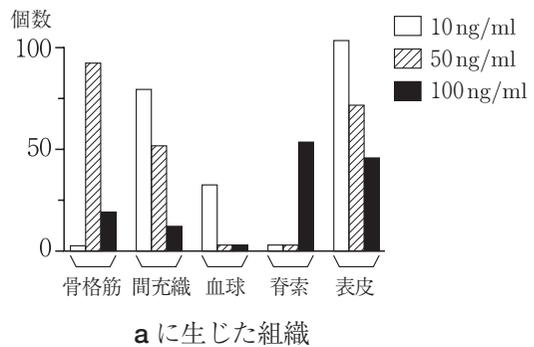


図 4

問 3 **a** の培養によって生じた各組織は、胞胚期には胚の表面に位置している。図 4 の **a** に生じた組織のうち、骨格筋, 血球, 脊索は図 5 の予定原基分布図のどの位置にあるか。最も適当なものを、次の①~⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。
骨格筋 血球 脊索

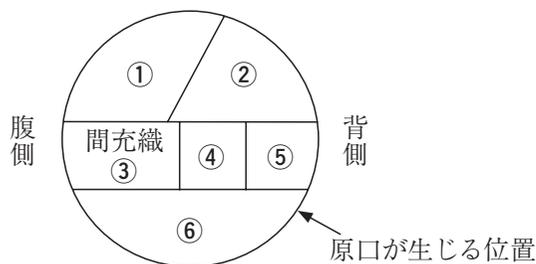


図 5

問4 図4の結果からタンパク質 X はどのようにして、中胚葉組織を誘導すると考えられるか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 7

- ① タンパク質 X を含む培養液で培養する時間が長いほど腹側中胚葉が分化し、短いほど背側中胚葉が分化する。
- ② タンパク質 X を含む培養液で培養する時間が長いほど背側中胚葉が分化し、短いほど腹側中胚葉が分化する。
- ③ 培養液中のタンパク質 X の濃度が高いほど腹側中胚葉が分化し、低いほど背側中胚葉が分化する。
- ④ 培養液中のタンパク質 X の濃度が高いほど背側中胚葉が分化し、低いほど腹側中胚葉が分化する。

問5 タンパク質 X が胞胚において中胚葉を誘導しているとするならば、タンパク質 X の胞胚における分布について最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 8

- ① タンパク質 X の濃度は動物極側の背側で高く、腹側に行くにつれて低くなっていく。
- ② タンパク質 X の濃度は動物極側の腹側で高く、背側に行くにつれて低くなっていく。
- ③ タンパク質 X の濃度は植物極側の背側で高く、腹側に行くにつれて低くなっていく。
- ④ タンパク質 X の濃度は植物極側の腹側で高く、背側に行くにつれて低くなっていく。

第3問 カイコガの遺伝に関する次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。

[解答番号 ～] (配点 20)

カイコガの雌は交尾後数時間のうちに楕円形をした淡黄色の卵を生む。この卵は2, 3日で着色し始め、正常卵であれば紫色となる。このカイコガの突然変異体には、時間が経っても卵の色が淡黄色のまま変わらない白色卵や、赤色に着色する赤色卵を生むものがある。それぞれの卵から生まれたカイコガは、眼の色が卵の色とほぼ同じになる特徴をもち、何色卵から生じた個体かを識別できる。

卵の色は2組の対立遺伝子 P, p と R, r で決まり、これらの遺伝子は ア性染色体上ではなく、イ常染色体上で連鎖している。遺伝子 P は色素原を赤の色素に変えるが、p は変えられない。また、R は赤の色素を紫の色素に変えるが、r は変えられず、R は色素原を着色することはできないので、赤色素がないと紫色は合成できない。さらに、P は p に対して、R は r に対して優性である。

このようなカイコガを用いて、次の**実験1～3**を行った。

実験1 遺伝子型が PPRR で紫色の眼をもつ雄と、遺伝子型が pprrr で白色の眼をもつ雌を親(P)として交配すると、生まれた卵(F₁)は全て紫色となった。

実験2 この F₁ の卵から生まれた紫色の眼をもつ雌を、劣性ホモの遺伝子型をもつ白色眼の雄と交配すると、生まれた卵は紫色と白色であった。

実験3 この F₁ の卵から生まれた紫色の眼をもつ雄を、劣性ホモの遺伝子型をもつ白色眼の雌と交配すると、生まれた卵は紫色と白色の他に赤色もあった。

問1 下線部**ア**の性染色体は生物によってその組合せが異なる。カイコガでは雌雄のもつ染色体数は同じで、雌では異なる形の性染色体をもつ。カイコガの性決定様式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

① XY 型

② XO 型

③ XX 型

④ ZZ 型

⑤ ZW 型

⑥ ZO 型

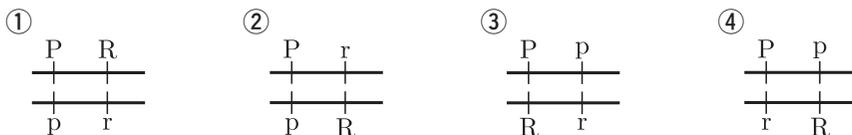
問2 下線部イの常染色体の説明として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 2

- ① 雌雄で形や数が異なる染色体
- ② 雌雄で形や数が同じ染色体
- ③ 普通の染色体よりも約 200 倍の大きさをもつ染色体
- ④ 4 本の染色体がひとまとまりになった染色体
- ⑤ 同型同大の染色体

問3 赤色卵の遺伝子型にはどのようなものがあるか。赤色卵の遺伝子型のみの組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 3

- ① PPRR PpRR ② PPRr PpRr ③ PPrr Pprr
- ④ Pprr pprr ⑤ ppRR ppRr ⑥ pprr PpRr

問4 実験1で得られた F_1 がもつ1本の染色体を ——— で表し、この染色体上にある遺伝子 R, r, P, p の位置を次に示した。 F_1 の染色体と遺伝子の関係を示したものとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4



生物 I

問5 実験2, 3の結果が異なっているのは, カイコの雌では組換えが起こらず, 雄のみで組換えが起こるからである。次の問い(1), (2)に答えよ。

(1) 実験2および実験3の交配で用いた, F_1 の卵から生まれたカイコがもつ配偶子の遺伝子型の組合せとして最も適当なものを, 次の①~⑨のうちからそれぞれ一つずつ選べ。実験2の F_1 実験3の F_1

- | | | |
|------------------|----------|----------|
| ① PR, pR, Pr, pr | ② PR, pr | ③ pR, Pr |
| ④ PR, Pr | ⑤ pR, pr | ⑥ PR |
| ⑦ pR | ⑧ Pr | ⑨ pr |

(2) 雄における組換え価を20%と仮定するとき, 実験3で得られた紫色, 赤色, 白色の卵はどのような比で得られると考えられるか。最も適当なものを, 次の①~⑥のうちから一つ選べ。紫色卵 : 赤色卵 : 白色卵 =

- | | | |
|-------------|-------------|---------------|
| ① 9 : 3 : 4 | ② 1 : 4 : 5 | ③ 1 : 5 : 6 |
| ④ 4 : 1 : 5 | ⑤ 5 : 1 : 6 | ⑥ 66 : 9 : 25 |

問6 このカイコガの雄における実際の組換え価は実験3の結果から求めることができる。実験3で得られた紫色卵, 赤色卵, 白色卵がそれぞれ160個, 69個, 231個であるとき, 組換え価(%)として最も適当な数値を, 次の①~⑤のうちから一つ選べ。 %

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① 10 | ② 15 | ③ 20 | ④ 25 | ⑤ 30 |
|------|------|------|------|------|

第4問 神経系の構造やはたらきに関する次の文章を読み、各問い(問1～6)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕(配点 20)

脊椎動物は体内や外界からさまざまな刺激を受容器で受け、これらの情報にすばやく適切に反応するため、神経系を介して情報の伝達と統合を行う。脊椎動物の神経は、ア 神経管として生じ、神経管の前端部分がふくらんで脳となり、後半が細長く伸びて脊髄となる。ワニ、フナ、イヌ、カエル、ハトには大脳、間脳、中脳、小脳、延髄が見られる。同じ脊椎動物でも、これらの脳に イ 大脳が占める大きさの割合や ウ 小脳の発達の度合いが異なっていることがわかっている。

ヒトは発達した大脳をもち、エ テスト問題を黙読して設問の答えを解答用紙に記入するといった複雑な行動を行うことができる。一方、オ 夜に明かりをつけるとすぐに瞳孔を縮小し、目に入る光の量を減少させたり、カ 熱せられた鍋に触れた手を引っ込め、ひどいやけどになるのを防ぐこともできる。このように簡単な興奮の伝達経路を用いた単純な行動がすばやく起こることで、危険から身を守ったり、環境に適応することができる。

問1 下線部アにある神経管から生じる器官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 網膜 | ② 水晶体 | ③ 心臓 |
| ④ 気管 | ⑤ 甲状腺 | |

問2 下線部イに関して、ワニ、カエル、ハトの脳に占める大脳の割合を比較した関係として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- | | |
|-----------------|-----------------|
| ① ワニ > カエル > ハト | ② ワニ > ハト > カエル |
| ③ カエル > ワニ > ハト | ④ カエル > ハト > ワニ |
| ⑤ ハト > ワニ > カエル | ⑥ ハト > カエル > ワニ |

問3 下線部ウに示された小脳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。 3

- ① 小脳は筋肉の運動を調節する中枢なので，速く走ることのできるイヌで発達している。
- ② 小脳は体の平衡を保つ中枢なので，空中で姿勢を保持するハトで発達している。
- ③ 小脳は消化液分泌の中枢なので，肉などを消化できるイヌで発達している。
- ④ 小脳は体温調節の中枢なので，恒温動物であるイヌやハトで発達している。
- ⑤ 小脳は本能行動と関係が深いので，行動の中で本能行動が占める割合の高いハトで発達している。

問4 下線部エの行動を行うとき，大脳の各部が深く関与している。図1は大脳左半球を表したもので，図の左が前(前頭部)，右が後ろ(後頭部)である。図1の大脳左半球表面には，中枢として働く部分を①～⑤で示してある。次の(1)，(2)に関係の深い部分として最も適当なものを，図1の①～⑤のうちからそれぞれ一つずつ選べ。

(1) 文字の形などを認識する視覚中枢 4

(2) 答えを書くために腕や指を動かすための運動中枢 5

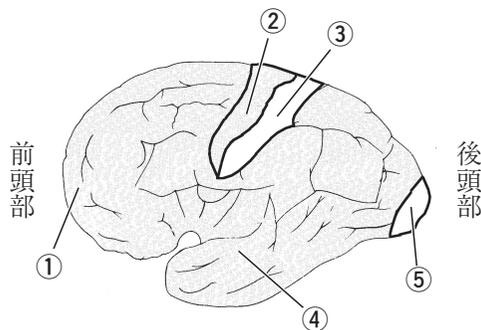


図 1

生物 I

問 5 下線部オは瞳孔反射とよばれている。

(1) この反射と関係の深い中枢として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 6

- | | | |
|------|------|------|
| ① 大脳 | ② 中脳 | ③ 小脳 |
| ④ 間脳 | ⑤ 延髄 | ⑥ 脊髄 |

(2) (1)で答えた中枢から出て、瞳孔を縮小させる神経と、この神経につながる効果器の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

7

- | 神 経 | 効果器 |
|---------|-----|
| ① 交感神経 | 毛様体 |
| ② 副交感神経 | 毛様体 |
| ③ 運動神経 | 毛様体 |
| ④ 交感神経 | 虹 彩 |
| ⑤ 副交感神経 | 虹 彩 |
| ⑥ 運動神経 | 虹 彩 |

問6 下線部力で示された屈筋反射は脊髓反射の一つである。図2は脊髓の断面図を示したものである。

(1) 屈筋反射のシナプスは脊髓断面図の a～e のどの部分に存在するか。組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 8

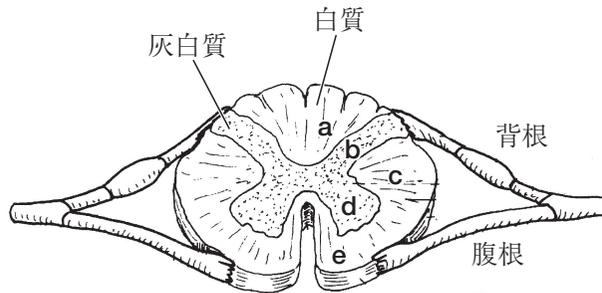


図 2

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

(2) この反射に関する神経のうち、背根を通る神経として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 9

- | | | |
|--------|---------|--------|
| ① 交感神経 | ② 副交感神経 | ③ 運動神経 |
| ④ 感覚神経 | ⑤ 介在神経 | |

第5問 植物の反応と調節に関する次の文章(A・B)を読み、各問い(問1～7)に答えよ。〔解答番号 ～ 〕(配点 20)

A 植物は光エネルギーを用いて、生存や成長に必要な有機物を合成できる。この光合成では二酸化炭素をもとにグルコースやデンプンなどの有機物を合成するので、植物にとって二酸化炭素の取り込みは重要な意味をもち、十分な光を確保することも必要になる。

一般に、植物は光が当たると^A気孔を開き、光合成に必要な二酸化炭素を取り入れられるようになる。また、気孔が開くと、^I気孔から水分が失われるが、これによって^ウ根から水を吸収して体の各部に運ぶことができる。また、植物は^エ光源方向に曲がることによって、多くの光を利用できるようになる。

問1 下線部Aで示された、気孔の開閉と同じ仕組みで起こるものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 夜になるとチューリップの花が閉じる。
- ② 冬になると葉が木から落ちる。
- ③ オジギソウでは夜になると、葉が折りたたまれて下垂する。
- ④ 朝になるとクロッカスの花が開く。

問2 下線部Iに関して、気孔以外の表皮細胞からは水が失われにくい構造が発達している。この構造に関する説明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 コラーゲンを細胞表面に分泌している。
- ② クチクラを細胞表面に分泌している。
- ③ カルシウムを細胞外に沈着している。
- ④ 細胞壁が木化している。
- ⑤ フィブリンが細胞を包み込んでいる。

問3 下線部ウは、水の吸収以外にも重要な役割がある。この役割として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3

- ① 植物体に含まれる水分量が増えることで、葉の温度が上昇するのを防ぐ。
- ② 水を吸収することで蒸散が盛んになり、その結果、気孔が開く。
- ③ 水と一緒に土壌中から無機塩類を吸収できる。
- ④ 根から吸水することで、植物体内の浸透圧を上げ、さらに吸水できる。

生物 I

問 4 下線部エの現象は、マカラスムギの幼葉鞘でも見られる。これは植物ホルモンのオーキシンが、幼葉鞘の先端部よりやや下の部分(伸長帯)で細胞の成長を促進するからである。次のような処理 1～処理 3を行った幼葉鞘では、屈曲が起こらなかった(図 1)。その理由として最も適当なものを、下の①～⑥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。

処理 1 4 処理 2 5 処理 3 6

処理 1 光を通さないキャップを幼葉鞘の先端にかぶせ、一方から光を当てる。
処理 2 幼葉鞘の光の当たらない側に雲母片を差し込み、一方から光を当てる。
処理 3 幼葉鞘の先端部を切り出して、暗黒下で寒天にのせる。その後、この寒天片を先端を切り落とした幼葉鞘に暗黒下でのせる。

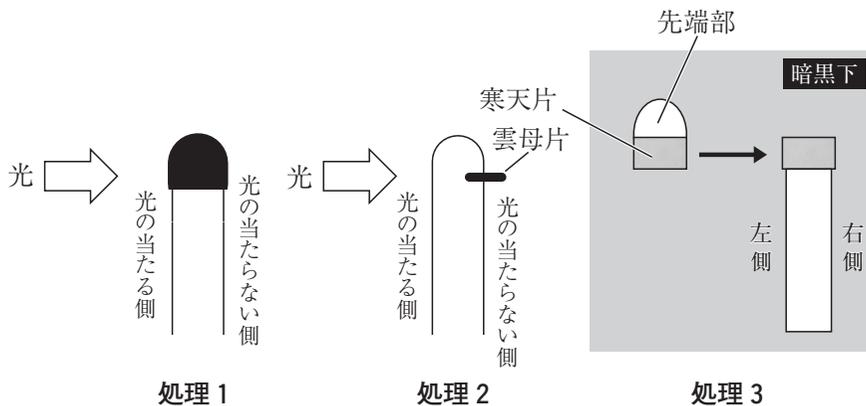


図 1

- ① 先端部でオーキシンが合成されないから。
- ② 伸長帯に移動するオーキシン濃度が高く、幼葉鞘の成長を阻害するから。
- ③ 伸長帯にオーキシンが移動するが、その濃度が光の当たる側(左側)の方が当たらない側(右側)より高いから。
- ④ 伸長帯にオーキシンが移動するが、その濃度が光の当たる側(左側)の方が当たらない側(右側)より低いから。
- ⑤ 伸長帯にオーキシンが移動するが、その濃度が光の当たる側(左側)と当たらない側(右側)で差がないから。
- ⑥ 伸長帯に移動できるオーキシンがほとんどないから。

B 野外の光には赤色光(波長 660 nm 付近の光)や遠赤色光(波長 730 nm 付近の光)が含まれており, これらの光は緑色植物に含まれる色素タンパク質 P によって受容される。タンパク質 P には赤色光を吸収する Pr 型と, 遠赤色光を吸収する Pfr 型の二つの型がある。Pr 型は赤色光を吸収すると Pfr 型となり, Pfr 型が遠赤色光を吸収すると Pr 型に変化する。

多くの種類の植物が繁茂している場所では, 上部を占める葉によって, 下部の植物に光が届きにくくなる。特に, 植物の葉に含まれるクロロフィルは **ア** する。このため, 葉を透過した光のあたった下部の植物は, 体内にある資源を草丈を延ばすために用いて, 茎の伸長速度を増加させるようになる。その結果, 他の植物の陰から抜け出し, 光合成に必要な光を得ることができるのである。これらのしくみをタンパク質 P のはたらきとして説明することができる。

表 1 は様々な光に含まれる赤色光(R)と遠赤色光(FR)の比である,

$$R / FR = \frac{\text{赤色光の照度}}{\text{遠赤色光の照度}}$$

を示したものである。

また, 図 2 はクロロフィルの波長ごとの吸収率を示したものである。

表 1

| | 光の強さ | R/FR |
|--------|------|------|
| 日中の太陽光 | 1900 | 1.19 |
| 夕 日 | 26.5 | 0.96 |
| ツタの木陰 | 17.7 | 0.13 |

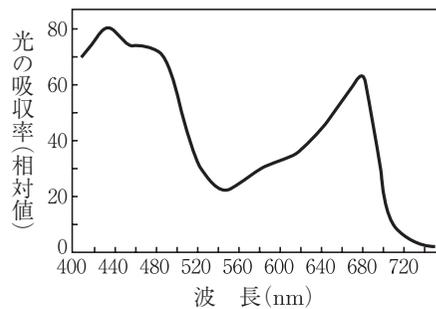


図 2

問 5 上の文章中の **ア** に入る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。 **7**

- ① 赤色光をよく吸収し, 遠赤色光をほとんど吸収せず透過
- ② 遠赤色光をよく吸収し, 赤色光をほとんど吸収せず透過
- ③ 赤色光と遠赤色光をよく吸収
- ④ 赤色光と遠赤色光をほとんど吸収せず透過

