聖マリアンナ医科大学

2025 年度　一般選抜　生物

（2 科目　150 分）

1 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

真核生物の細胞は膜で囲まれた細胞小器官をもつ。二重の膜から成る核はクロマチンを収容する。DNA の塩基配列に基づいた mRNA の合成は核内で進行し、完成した mRNA は核外へ移行してタンパク質合成に際してアミノ酸配列の情報を提供する。ミトコンドリアと葉緑体も二重の膜で囲まれた細胞小器官である。ミトコンドリアは事実上ほとんど全ての真核細胞に存在し、一方葉緑体は光合成を行う真核細胞にみられる。ミトコンドリアと葉緑体は DNA をもち、太古に真核細胞の祖先細胞に住み着いた好気性細菌とシアノバクテリアがそれぞれ起源だとされる。これを細胞内共生説という。

海産の珪藻（単細胞性の藻類）の一種 *Braarudosphaera bigelowii*（以下「宿主」）の細胞内には、シアノバクテリアに類似した構造物（以下「共生体」）が存在する。この共生体は DNA をもち、窒素固定機能を有することが知られている。ある研究者らは、この共生体を細胞小器官とみなし得るかについて、以下の 3 つの観点から研究を行った。

① 共生体のゲノムサイズや遺伝子数は、起源となったシアノバクテリアと比較してどのように変化しているか。
② 共生体は、必要とするタンパク質などの物質の供給を宿主から受けているか。
③ 共生体の増殖は、宿主の増殖と関連しているか。

[実験 1] 共生体がもつタンパク質のアミノ酸配列を分析した。次いで、共生体および宿主のゲノムを参照し、それらのタンパク質が共生体のゲノム上の遺伝子に由来するものか、宿主のゲノム上の遺伝子に由来するものかを調べた。その結果をシロイヌナズナ（植物）の葉緑体、ビンカムリ（単細胞生物の一種）に見出される葉緑体様の色素体（いずれもシアノバクテリア由来）、およびシアノバクテリアの一種と比較し、共生を開始してからの推定経過年数、ゲノムサイズと共にまとめたのが**表 1-1** である。

表 1-1

	a〜c が共生を開始してからの推定経過年数	a〜d のゲノムサイズ（塩基対数）	a〜d のゲノムにあるタンパク質の遺伝子数	a〜c に宿主が供給するタンパク質の遺伝子数
シロイヌナズナの葉緑体 [a]	20 億	10 万〜20 万	61〜139	3561
ビンカムリの色素体 [b]	9000 万〜1 億 4000 万	100 万	867	443
本問の共生体 [c]	9100 万	150 万	1186	900
シアノバクテリアの一種 [d]	—	480 万〜550 万	4444〜5304	—

[実験 2] この宿主を明期 12 時間、暗期 12 時間の周期で培養すると、明期には細胞分裂をせずに光合成を行い、暗期に入ると細胞分裂を行う。この培養条件下にある宿主を数時間ごとに回収し、固定（タンパク質などを架橋し、分解や変形を防ぐ薬品処理）した後、細いガラス管中で凍結した。次いで X 線によって核、共生体、葉緑体の形態と細胞内の配置を解析した（**図 1-1A**、核、共生体、葉緑体以外は省略）。細胞が分裂していない段階（明

期や、暗期に入ってすぐ）では、常に球形に近い核と共生体が細胞あたり 1 個ずつ、細長い葉緑体が 2 個存在した。また暗期に採取した試料の解析から、宿主の分裂に際して核、共生体、葉緑体は**図 1-1B**、左から右に示すような経過で倍加して娘細胞に均等に分配されることが確認された（各構造の表現法は**図 1-1A** と同じ）。分裂の経過は、様々なタイミングで複数回採取した試料全てにおいて**図 1-1B** と同様に観察された。

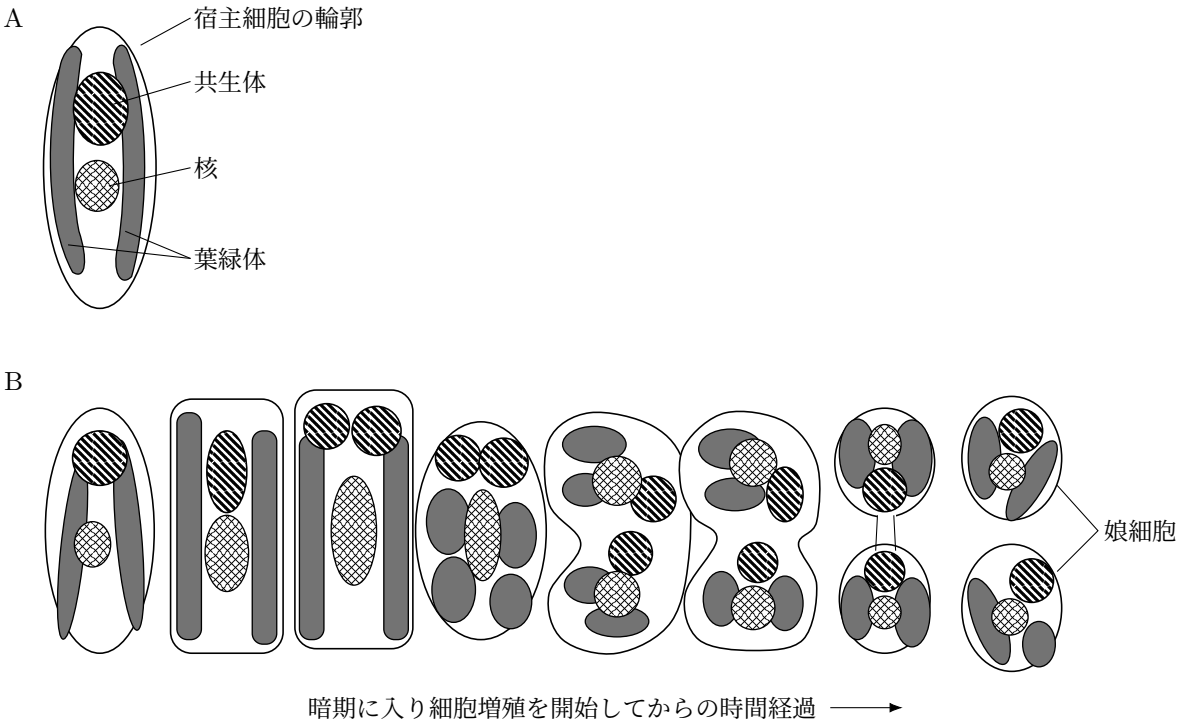

図 1-1

〔1〕 動物細胞と比較して植物細胞に特徴的な構造を葉緑体の他に 2 つ挙げなさい。

〔2〕 DNA の塩基配列に基づく RNA 合成、および mRNA の塩基配列に基づくタンパク質合成の過程をそれぞれ何と称するか。

〔3〕 核内で必要とされるタンパク質は細胞質で合成された後、核内へ移行する。核膜を介するタンパク質などの移行は、核以外の膜で囲まれた細胞小器官とは異なった形で行われる。

1） 細胞質で合成されたタンパク質が核内に移行する際に通り道になる構造を答えなさい。

2） 核内に移行するタンパク質を下の①～⑥から 2 つ選びなさい。

① アミラーゼ　② インスリン　③ コラーゲン
④ ヒストン　⑤ 免疫グロブリン　⑥ RNA ポリメラーゼ

3） 核以外の膜で囲まれた細胞小器官では、タンパク質の膜を介した移行は担体（輸送体、トランスポーターなどとも）と呼ばれる膜タンパク質によりなされる。担体が必要な理由を脂質二重層の性質を踏まえて 1 行で説明しなさい。
（注）解答欄の 1 行は約 18 cm。

〔4〕 実験 1 について、表 1-1 に記載された葉緑体、色素体、共生体、シアノバクテリアのゲノムサイズ、および

それらのゲノムにあるタンパク質の遺伝子数と、宿主に共生してからの推定経過年数との間にどのような関係を見出し得るか、3 行以内で説明しなさい。
（注）解答欄の 1 行は約 18 cm。

〔5〕 実験 2 について、図 1-1B から認められる、核、共生体、葉緑体の分裂について正しい説明はどれか。なお、「分裂を完了する」とは、その構造物が完全に 2 個に分かれることを意味する。

① 核と共生体および葉緑体は同じタイミングで分裂を完了する。
② まず共生体が分裂を完了し、続いて核と葉緑体の分裂が完了する。
③ まず核が分裂を完了し、続いて共生体と葉緑体の分裂が完了する。
④ まず葉緑体が分裂を完了し、続いて核と共生体の分裂が完了する。
⑤ 核と共生体および葉緑体の分裂完了のタイミングの間には、これといった規則性は認められない。

〔6〕 窒素を含む分子または構造体を全て選びなさい。選択肢に無い場合は、「なし」と答えなさい。

① DNA　② ヒストン　③ リボソーム
④ ATP　⑤ グルコース　⑥ ピルビン酸

〔7〕 図 1-2 に、生態系における窒素の循環を示す。窒素は生物に必須の元素であるが、窒素分子（N_2）を直接利用できる生物は極めて少ない。

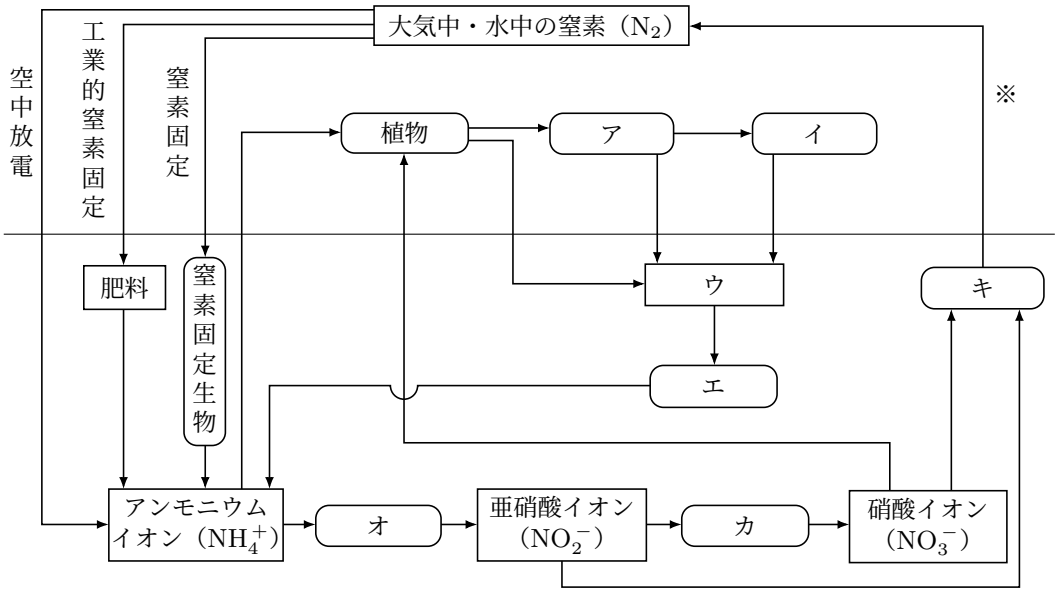

図 1-2

1） 図中の空欄ア～キに適する語を下の①～⑧から選び、記号で答えなさい。

① 枯死体・遺体・排出物　② 植食性動物　③ 肉食性動物　④ 菌類・細菌
⑤ 脱窒素細菌　⑥ 硝酸菌　⑦ 亜硝酸菌　⑧ 水

2） 図中※の経路は、空欄キに当てはまる生物による有機物を基質とする嫌気的な呼吸の過程であり、硝酸イオンや亜硝酸イオンが電子の受け取り手の役目を果して最終的に窒素（N_2）にまで還元されて環境中に放出されると考えられている。このことからこの過程は「硝酸呼吸」とも呼ばれる。これに対し、私たちが持つミトコンドリアの電子伝達系において最終的に電子を受け取る物質は何か、答えなさい。

3） 生態系において、窒素の大気への還流は図中※の経路でのみなされる。これは炭素循環とは非常に異なる点である。炭素循環における二酸化炭素の大気（または環境水）への還流の特徴を、窒素循環の場合との違いが明確になるように 2 行以内で説明しなさい。
（注）解答欄の 1 行は約 18 cm。

2 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

ヒトの ABO 式血液型は、赤血球表面の糖鎖抗原の違いにより決まる。赤血球表面に A 型抗原を持つ場合を A 型、B 型抗原を持つ場合を B 型、A 型抗原と B 型抗原の両方を持つ場合を AB 型、A 型抗原、B 型抗原のいずれも持たず、H 型抗原（糖鎖）をもつ場合を O 型とする（**図 2-1**）。ABO 式血液型を決定する遺伝子の遺伝子座は 9 番染色体にあり、その遺伝子座を 3 つのアレル（対立遺伝子）（*A*、*B*、*O*）のいずれかが占める（実際は *A*、*B*、*O* 以外にも稀な対立遺伝子が知られている）。*A* 遺伝子が作る酵素は、N –アセチルガラクトサミンという糖を赤血球表面の H 型抗原に転移して A 型抗原を形成する反応を触媒する（**図 2-1**）。一方 *B* 遺伝子は、*A* 遺伝子と比較すると塩基置換が起こっている箇所があり、そのため合成されるポリペプチドの数ヶ所でアミノ酸置換がある。その結果、この酵素は a*N* –アセチルガラクトサミンではなくガラクトースという糖を H 型抗原に転移して B 型抗原を形成する活性を有する。また b*O* 遺伝子では、*A* 遺伝子と比較すると 1 ヶ所で塩基の欠失があり、そのため *O* 遺伝子から作られるタンパク質はアミノ酸の数が少なく、酵素としての機能を持たない。よって *O* 遺伝子が作るタンパク質は H 型抗原に対して影響を及ぼさない。*A* 遺伝子と *B* 遺伝子に顕性（優性）・潜性（劣性）の関係はなく、両者が共存するヘテロ接合の場合いずれもが表現型として現れる。また *O* 遺伝子は、その遺伝子産物が酵素活性をもたないことからも分かる通り、*A* 遺伝子、*B* 遺伝子どちらに対しても潜性（劣性）である。

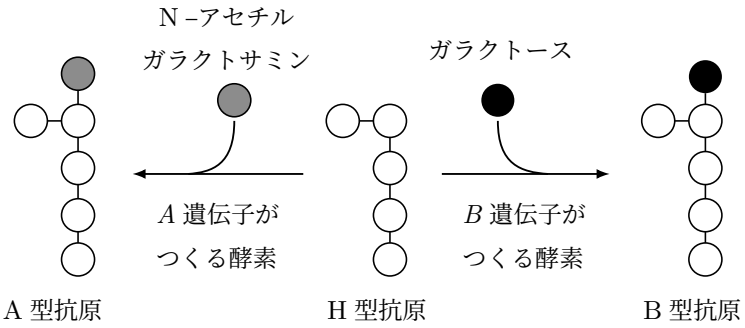

図 2-1

A 型抗原、B 型抗原に対する抗体（抗 A 抗体、抗 B 抗体）は出生直後の新生児には存在しないが、数ヶ月もすると c 自分が持たない ABO 式血液型の糖鎖抗原に反応する抗体を血しょう中に持つようになる。これは私たちの周りに存在する種々の細菌のためであると考えられている。即ち細菌の表面には、ヒト ABO 式抗原と類似の糖鎖構造を有するものがあり、このような糖鎖抗原の中で自分が持たない抗原に対する抗体が作られるようになると考えられている。そのため、血しょうと赤血球の組み合わせによっては、赤血球の凝集が観察される。例えば抗 A 抗体は A 型抗原をもつ赤血球を凝集させる。なお H 型抗原は A 型、B 型抗原の前駆体なので（**図 2-1**）、自己の H 型抗原に対する抗体をもつことはない。

血液型には ABO 式以外にも様々なものがあり、Rh 式もその一つである。Rh 式血液型を決定する因子には D、E、C、c、e など幾つかあり、このうち D 因子（D 抗原）を赤血球表面に持つ場合を Rh^+、持たない場合を Rh^- とする。ABO 式血液型の場合とは異なり、Rh^- の人の血しょう中に D 因子に対する抗体（抗 D 抗体）は元々存在しない。

Rh^- の女性が Rh^+ の子供を妊娠することを Rh 式血液型不適合妊娠という。Rh 式血液型不適合妊娠では、

第一子の分娩時などに子供の赤血球が母体内へ侵入した場合、何の対処もしなければこれによって母親に D 因子に対する免疫が成立する（**図 2-2**）。そのため、第一子の妊娠・出産では大きな問題は生じないが、第二子以降 Rh^+ の子供を妊娠したとき、母親の免疫系のはたらきによって子供に重篤な貧血状態となる新生児溶血症が引き起こされることがある。

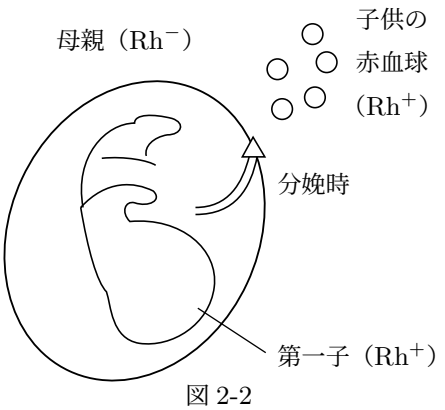

図 2-2

〔1〕 それぞれの ABO 式血液型に該当する遺伝子型（ア～ウ）、およびそれぞれの血しょうに含まれる抗体（抗 A、抗 B）（エ～キ）について本文を参考に答えなさい。なお、該当する遺伝子型、抗体が複数ある場合は全て答え、該当するものが無い場合は「なし」と答えなさい。ただし、ABO 式血液型を決定しているのは、本文で述べた 3 つの対立遺伝子（*A*、*B*、*O*）であり、例えば *A* 遺伝子と *B* 遺伝子をもつ場合の遺伝子型を AB と表記することとする。

血液型	遺伝子型	抗体
A 型	（ア）	（エ）
B 型	（イ）	（オ）
AB 型	AB	（カ）
O 型	（ウ）	（キ）

〔2〕 下線部 a について、酵素が特定の物質にしか作用しない性質を何と称するか。

〔3〕 下線部 b について答えなさい。

1） 欠失が起こった場合、コドンの読み枠にどのような影響が及ぼされ得るか、1 行で説明しなさい。
（注）解答欄の 1 行は約 18 cm。

2） *O* 遺伝子からつくられるタンパク質を構成するアミノ酸の数が、*A* 遺伝子からつくられるタンパク質より少ないのは何故だと考えられるか、2 行以内で説明しなさい。
（注）解答欄の 1 行は約 18 cm。

〔4〕 次頁の図 2-3 は、ある家系における ABO 式血液型を示している。図中 1〜5 の人について、それぞれ血液型を答えなさい。ただし、ABO 式血液型を決定しているのは、本文で述べた 3 つの対立遺伝子（*A*、*B*、*O*）とする。

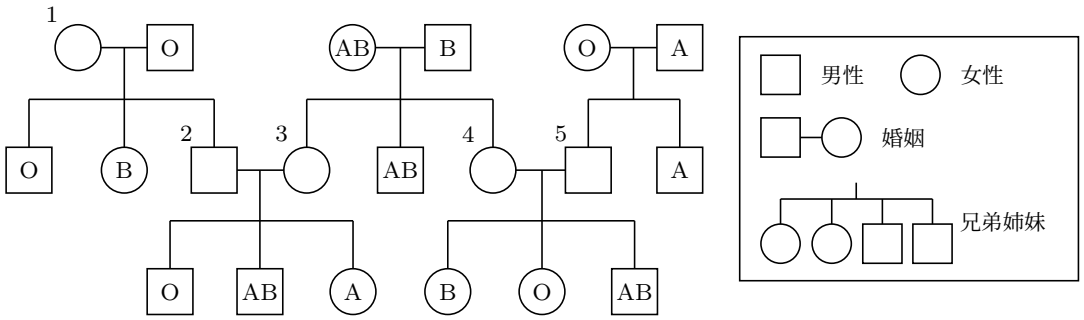

図 2-3

〔5〕 下線部 c について、自己がもつ抗原に対して免疫反応がみられない状態を何と称するか。

〔6〕 ある大学の学生 703 名について血液型を調べた。あらかじめ血液型が A 型、B 型と分かっている教員の血しょうを準備して凝集反応を観察したところ、A 型血液の教員から得た血しょうに対して 247 人の赤血球が凝集し、B 型血液の教員から得た血しょうに対しては 362 人の赤血球が凝集した。両方の血しょうに反応した学生とどちらにも反応しなかった学生の合計は 230 人であった。703 名の血液型の内訳を答えなさい。

〔7〕 Rh^- の女性が第二子を妊娠した場合の新生児溶血症を防ぐために、主に第一子（Rh^+）の分娩直後（72 時間以内）の母親に対して抗 D 抗体の投与が行われる。この治療法の主要な目的を 1 行で説明しなさい。
（注）解答欄の 1 行は約 18 cm。

3 次の文章を読んで下の質問に答えなさい。

種子植物は、種子の発芽から成長、花芽の形成、果実の成長と成熟、そして老化に至るまで、一生を通して様々な環境の変化を感知し、それに対応する仕組みを備えている。環境変化のうち、特に重要なのは光であり、光は光受容体と総称されるタンパク質で感知される。環境変化の情報は、感知した細胞から応答する細胞へ伝達されるが、この伝達システムの一つは、植物ホルモンによる伝達である。植物ホルモンは応答する細胞の受容体に結合し、遺伝子発現を調節して様々な反応を引き起こす。植物ホルモンには a オーキシン、b ジベレリン、サイトカイニン、エチレン、アブシシン酸などが知られているが、いずれも低分子の有機化合物である。

多くの植物は 1 年のうちの決まった時期に花をつける。被子植物にとって花になる部分の形成、すなわち c 花芽形成を適切に行うことは繁殖のために極めて重要である。花芽は茎の先端の（ ア ）の性質が変化することで出来るが、その過程に関与する物質をフロリゲンと称する。シロイヌナズナとイネを用いた研究により、フロリゲンは日長を感じた（ イ ）で合成され、（ ウ ）を通って（ ア ）に移動すること、フロリゲンには FT タンパク質（シロイヌナズナ）、Hd3a タンパク質（イネ）など幾つかの種類がある事が判っている。

〔1〕 上の文中の空欄（ ア ）〜（ ウ ）に入る適切な語を答えなさい。

〔2〕 下線部 a について以下の設問に答えなさい。

1） オーキシンは、その作用を応用し、農業分野でも利用されている。利用目的として正しいものはどれか、全て選びなさい。

① 種なし果実の生産 ② 果実の成熟の促進 ③ 果実の肥大成長の促進
④ 落葉・落果の促進 ⑤ 落葉・落果の抑制

2) オーキシンは、極性移動と称される方法で細胞間を移動する。この移動には 2 種類のタンパク質が関与している。茎において、それぞれがどのように働いてオーキシンを輸送しているのか、2 行以内で説明しなさい。
（注）解答欄の 1 行は約 18 cm。

〔3〕 下線部 b について、オオムギの種子に下の①～⑤の処理を行った場合、グルコースが増加するのはどれか、全て選びなさい。
① 種子を半分に切り、胚を含んだ側の種子に水を与える。
② 種子を半分に切り、胚を含まない側の種子に水とジベレリンを与える。
③ 糊粉層を取り出し、これに水とジベレリンを与える。
④ 胚乳を取り出し、これに水とジベレリンを与える。
⑤ 胚を取り出し、これに水を与える。

〔4〕 植物によっては、光が発芽を調節する環境要因になっているものがある。

1) 発芽が光によって促進される種子（i)、および発芽に光の作用を必要としない種子（ii）をそれぞれ何と称するか。

2) 光によって発芽が促進されるレタスの種子を暗所に置き、給水後、波長の異なる光 A または B を単独で照射、あるいは A を照射後に B を、B を照射後に A を照射し、発芽の有無を調べた（表 3-1)。

表 3-1

照射した光	発芽の有無
なし	無
A	有
B	無
A → B	無
B → A	有

i) 光 A および B のおおよその波長はそれぞれどれか、下の①～⑥より選びなさい。
① 470 nm（青色光)② 525 nm（緑色光)③ 590 nm（黄色光）
④ 605 nm（橙色光)⑤ 660 nm（赤色光)⑥ 730 nm（遠赤色光）

ii） 光による発芽の促進にはフィトクロムが関わっている。この事について説明した以下の文中の空欄（ ア ）～（ エ ）に入る適切な語の組み合わせは下の選択肢①～⑧のどれか。

フィトクロムは、光 A が照射されると（ ア ）型から（ イ ）型へと分子構造が変化し、胚の細胞における休眠の打破に関与する遺伝子の発現を調節する。光 B が照射されるとフィトクロムは（ ウ ）型、光 A の直後に光 B が照射されるとフィトクロムは（ エ ）型になる。

	ア	イ	ウ	エ
①	Pr	Pr	Pr	Pfr
②	Pfr	Pfr	Pfr	Pr
③	Pr	Pfr	Pfr	Pr
④	Pfr	Pr	Pr	Pfr
⑤	Pr	Pr	Pfr	Pfr
⑥	Pfr	Pfr	Pr	Pr
⑦	Pr	Pfr	Pr	Pr
⑧	Pfr	Pr	Pfr	Pfr

〔5〕 下線部 c について、花芽形成の開始には温度や日照量、日長などの環境要因が関わっている。特に日長は重要な要因であり、これにどう反応するかによって、植物は長日植物、短日植物、中性植物に分けられる。実際に植物が感知している日長は、光の当たる明期の長さではなく、光の当たらない暗期の連続した長さであることが分かっている。長日植物または短日植物が花芽形成に必要な最長または最短の暗期の長さを限界暗期と呼ぶ。

1） 長日、短日、および中性植物について、それぞれに該当する植物の正しい組み合わせは右の選択肢①～⑤のどれか。

	長日	短日	中性
①	ダイズ	アブラナ	トマト
②	ダイズ	トマト	アブラナ
③	アブラナ	ダイズ	トマト
④	アブラナ	トマト	ダイズ
⑤	トマト	ダイズ	アブラナ

2） 生物が日長に対して反応する性質を何と称するか。

3） アオウキクサは日本全国の水田や沼などに生息するサトイモ科アオウキクサ属の小さな植物である。春、田に水が張られると種子から発芽して分裂し、やがて水面全体を覆う程に増殖する。短日植物であるアオウキクサは、適切な明暗の長さになると小さな花をつけ、自家受粉により結実する。図 3-1A に示した 3 つの地点 a～c から採取したアオウキクサを用い、花芽形成と明・暗期の関係について調べた。明期 15 時間、

暗期 9 時間の周期で栽培していたアオウキクサを、図 3-1B 横軸に示すような明・暗周期の条件下に移し、1 週間後の花芽形成率（全個体のうちで花芽形成を誘導された個体の占める割合）をプロットした。なお、明・暗周期以外の栽培条件は同一とする。

i） 実験結果から、アオウキクサの生息地の緯度と限界暗期にはどのような関係が成り立つと考えられるか。1 行で説明しなさい。限界暗期は最大花芽形成率の 50% となる暗期とする。
（注）解答欄の 1 行は約 18 cm。

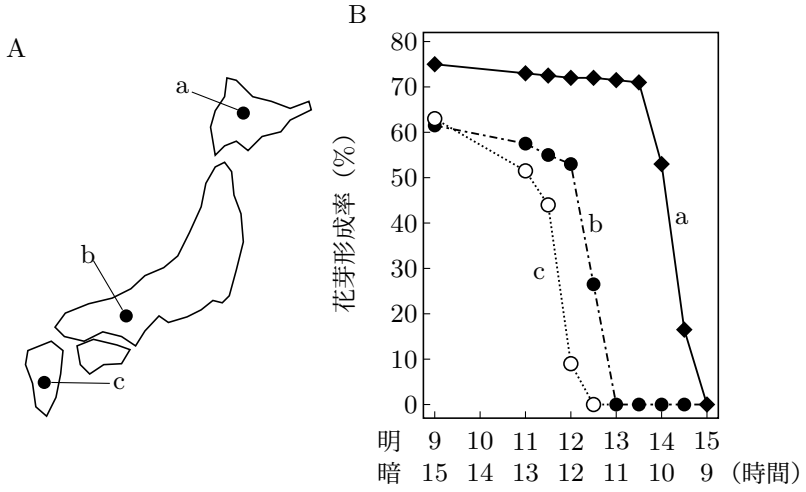

図 3-1

ii） i）の性質は短日植物であるアオウキクサの生存にどのように有利に働くと考えられるか。図 3-2 に示した、地点 a、c における、ある年の日長および平均気温の変化を踏まえ、地点 a のアオウキクサについて 3 行以内で説明しなさい。
（注）解答欄の 1 行は約 18 cm。

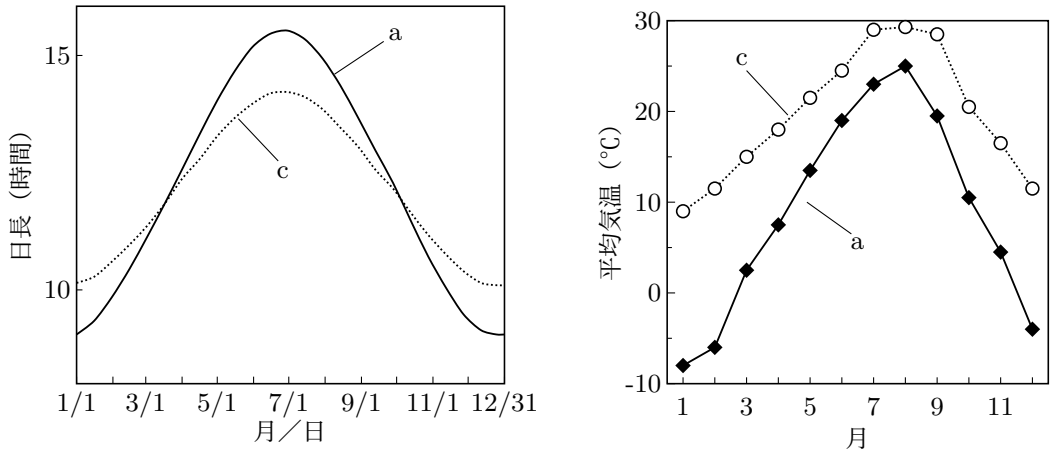

図 3-2