

# 理科問題紙

平成 29 年 2 月 25 日

自 14:00

至 16:00

## 答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は 1 から 22 までの 22 ページである。
2. 解答用紙は、生物 ⑦, ⑧, ⑨, 化学 ⑩, ⑪, ⑫, ⑬, 物理 ⑭, ⑮, ⑯ の 10 枚である。
3. 生物, 化学, 物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

## 生 物

1

(1) 植物は特定の季節に花芽を分化させるが、多くの植物は季節の変化を日長の変化としてとらえて花芽をつくっている。このような、日長に対して生物が反応する性質を [ 1 ] という。たとえばシソは、日長14時間を境に、それよりも15分だけ日長が長くなるとまったく花芽をつくらず、それ以下だと100%花芽をつくる。つまりシソは、わずか15分間の日長の違いを敏感に感じ取って花芽をつくるかどうかを決めているのである。 [ 1 ] のある植物のうち、日長が短くなると花芽をつくる植物を短日植物といい、逆に、日長が長くなると花芽をつくる植物を長日植物という。また、日長と関係なく、成長すると花芽をつくる植物を中性植物という。

短日植物や長日植物の花芽形成で、日長の情報を受容する光受容体は、葉に存在する [ 2 ] という色素タンパク質である。たとえばオナモミは、1枚の葉だけを短日処理しても花芽をつくる。また、短日処理したオナモミの個体に、短日処理していないオナモミの個体を接ぎ木すると、接ぎ木した個体も花芽をつくるが、その際に輪状除皮により師管を取り除くと、その部分より先端側は花芽をつくらない。以上の研究から、植物の花芽形成では、 [ 3 ] という仮想の物質が特定の光条件下で葉で合成され、それが師管を通過して茎頂分裂組織に移動して花芽形成を促進すると考えられるようになった。 [ 3 ] の実体は長らく不明であったが、最近のシロイヌナズナの研究で、日長の変化に応じて [ 4 ] というタンパク質が葉で合成され、これが師管を通過して茎頂分裂組織に移動して、花芽形成に働く遺伝子の発現を促し、花芽を分化させることが明らかになった。こうした [ 4 ] の性質は、仮想の [ 3 ] の性質と一致することから、これがその実体であることが明らかになった。

問 1  ~  に適当な語を入れなさい。

問 2 シソは長日植物と短日植物のどちらか答えなさい。

問 3 以下に示す植物はそれぞれ、長日植物、短日植物、中性植物のどれにあたるか答えなさい。

(イネ, コムギ, トウモロコシ, アサガオ, アブラナ, トマト)

(2) レタス種子は赤色光を感知して発芽するが、これには赤色光を吸収して一定の作用を引き起こす光受容体が働いている。この光受容体は、赤色光を吸収すると生理活性のある遠赤色光吸収型へ、<sup>①</sup>遠赤色光を吸収すると生理活性のない赤色光吸収型へと可逆的に分子構造が変化する。赤色光を吸収して遠赤色光吸収型に変化した光受容体は、核内に移動してジベレリン合成酵素などを発現させる。<sup>②</sup>逆に遠赤色光を吸収すると、赤色光吸収型になって細胞質に戻るため、ジベレリン合成酵素遺伝子などの転写が停止する。

問 1 レタス種子のように発芽に光を必要とする種子を何というか答えなさい。

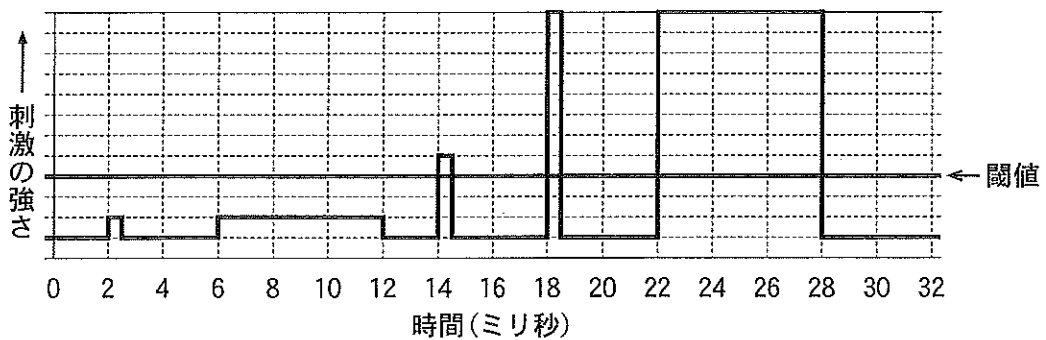
問 2 葉の茂った森林の林床では、多くの植物種子の発芽が抑制されている。その理由を、森林林床の光環境の特徴と、下線部①の光受容体の作用を含めて150~200字で説明しなさい。

問 3 下線部②にあるように、レタス種子の発芽誘導にはジベレリンが関与している。ジベレリンによる発芽誘導は、穀類種子で研究が進んでいる。ジベレリンが穀類種子の発芽を誘導するしくみについて、発芽誘導に働く酵素を1つ挙げたうえで、以下に示す用語を用いて100~150字で説明しなさい。

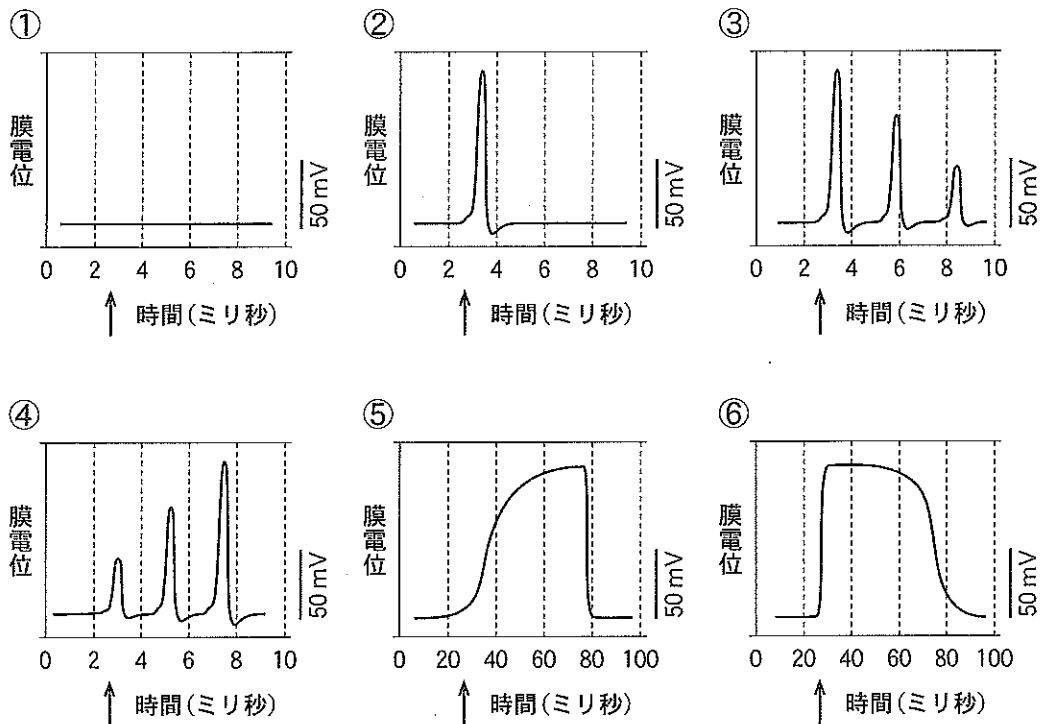
(用語：ジベレリン, 遺伝子, 糊粉層, 胚乳)

問 1 神経細胞は、受容器(感覚器)で受け取った刺激情報を電気的な信号に変換して伝達する。静止状態の神経細胞では細胞膜の内外で電位差が生じており、この電位は細胞の外側を基準にするとマイナスの値になる。この理由を、細胞内外での陽イオンの種類の違いと濃度の差に言及したうえで、細胞膜を介した陽イオンの選択的透過性の観点から 150~200 字で説明しなさい。ただし、陽イオンの表記にあたっては、例えば「マグネシウムイオン」を  $[Mg^{2+}]$  と表記して一文字分にしても構わない。

問 2 単離した神経細胞の細胞体的人為的に刺激を与え、興奮が変化する様子を観察したい。電気的な刺激の強さと刺激時間の長さを下図のように変化させたとき、オシロスコープに観察される膜電位の変化を、解答用紙の図に示した静止電位の黒線に続けて描きなさい。ただし、静止電位から測った活動電位の最大値を 100 mV とし、不応期を 2 ミリ秒としなさい。また、グラフの縦軸には適切な数値を記入しなさい。



問 3 スプリング・エフェラルとして知られるニリンソウは山菜としても人気があるが、その若葉の形は有毒植物のトリカブトに酷似しており注意が必要である。トリカブトはさまざまな毒性分を含んでいるが、そのひとつにアコニチン(aconitine)がある。この化合物は電位依存性ナトリウムチャンネルが閉じることを阻害する。一方、道産ホタテ貝は、全国の水揚げ量の8割以上を占める重要な水産物の1つであるが、この人気の食材には、餌となるプランクトンの種類によってサキシトキシン(saxitoxin)という毒成分がごくまれに含まれることがある。この化合物は電位依存性ナトリウムチャンネルが開くことを阻害する。これらの化合物の存在下で、単離した神経細胞の活動電位を測定するとどうなるか。もっとも適切なものを次の①～⑥からそれぞれ選び番号で答えなさい。また、その理由を簡潔に説明しなさい。ただし、矢印は刺激を与えた時点を示す。



3

ショウジョウバエやユスリカの幼虫の唾液腺<sup>だえきせん</sup>の細胞には、唾腺染色体と呼ばれる大きな染色体が存在する。この染色体を顕微鏡で観察すると、色素によく染まる横じまがみられ、その数や場所は染色体によってほぼ一定である。また、染色体の特定の部位に、パフと呼ばれる構造がみられる。

問 1 押しつぶし法を用いて、唾腺染色体を顕微鏡で観察する。このときに使う染色液を1つあげなさい。

問 2 パフについて、次の問に答えなさい。

- (ア) パフで盛んに合成されている物質を答えなさい。
- (イ) パフの部分の染色体の構造的特徴を簡潔に述べなさい。
- (ウ) パフが生じる染色体上の位置は、幼虫から蛹<sup>さなぎ</sup>にいたる発生の段階に応じて変化する。パフの位置の変化が何を意味しているか、簡潔に述べなさい。

問 3 エクジステロイドは幼虫の脱皮<sup>ようか</sup>や蛹化<sup>さなぎ</sup>を促すステロイドホルモンである。このホルモンは幼虫期の唾液腺の細胞に作用して、遺伝子の転写を活性化する。

- (ア) エクジステロイドはどのようにして細胞内に入るか、簡潔に述べなさい。
- (イ) 細胞内に入ったエクジステロイドはどのようにして遺伝子の転写を活性化するか、72字以内で述べなさい。

4 ミトコンドリアは真核生物の細胞質中に存在する細胞小器官であり，細胞の呼吸に重要な役割を担う。その構造は二重の生体膜でできており，外膜と内膜に挟まれた空間を膜間腔という。

動物の精子では，中片部にミトコンドリアが存在する。興味深いことにヒトの場合，受精の際にこのミトコンドリアは分解されてしまい，受精卵内に残らない。

ミトコンドリアは，生物の進化の過程において，別の生き物であったものが細胞内に取り込まれて細胞内に共生したと考えられており，これを細胞内共生説と呼ぶ。

問 1 真核生物における細胞の呼吸は解糖系，クエン酸回路，電子伝達系の3つの過程からなる。このうち解糖系とクエン酸回路は細胞内のどの部分でおこなわれるか解答例にならって答えなさい。

(解答例 電子伝達系：ミトコンドリア内膜)

問 2 膜間腔は呼吸においてどのように役立っているか，100～150字で説明しなさい。

問 3 下線部①のミトコンドリアは，どのような働きをしているか簡潔に説明しなさい。

問 4 下線部②の記述をふまえ，ヒトの細胞内のミトコンドリアは，先祖からどのように伝わってきたかを簡潔に説明しなさい。

問 5 細胞内共生説の根拠になるミトコンドリアの特徴を2つあげなさい。