

生物 A 1 模範解答

問 1 (イ)

局在する

問 1 (ロ)

散在する

問 2 (ニ)

DxD の核及び細胞質と、KxK の核及び細胞質の両方が検出されていることから、種 K 卵から核が抜けず、さらに、DxD の核の注入時に DxD の細胞質も混ざった場合。

問 2 (ホ)

KxK の細胞質しか観察されていないことから、核が抜かれた種 K の卵に、DxD 胚の核注入されなかった場合。

問 3

追加すべき実験：(例) 胞胚期の KxK の細胞から取り出した核を、核を抜いた DxD の未受精卵に移植する実験で、34 体節の稚魚が得られればよい。実験結果が核を抜いた KxK の未受精卵と DxD の核との間だけにおこる特別な現象ではないことを示すため。

必要な対照実験：KxK 由来の核を、核を取り除いた KxK の卵に移植する。体節の数が、核移植の作業に伴うダメージによるものでないことを確かめるため。

対照実験：DxD 由来の核を、核を取り除いた DxD の卵に移植する実験で 34 体節の稚魚が得られれば良い。この結果がもしも 29 体節の稚魚になれば、移植によるダメージによって 29 体節が NT 胚に生じたのかもしれないから（母性の影響ではなく）。

問 4

(例) 移植された核が脱分化し、細胞質の発生段階に対応した遺伝子発現を行うため。

問 5

NT は母性因子が KxK 由来のみであるので、DxD に移植した場合には局在し、KxK に移植した場合には散在すると考えられる。

生物 A 2 模範解答

問 1 (1)

フィトクロムは赤色光 (660 nm) を受けると活性型の Pfr に変換され発芽を促進する。一方、遠赤色光 (730 nm) は Pfr を非活性型の Pr に戻す。この知見から、①白色光に含まれる赤色光の影響で野生株は発芽：②遠赤色光で赤色光の影響がキャンセルされ発芽しない：③最後に浴びた赤色光の影響で発芽する。

(2)

フィトクロムが遠赤色光を受容してからの発芽抑制情報伝達経路に遺伝子 A と B が並列で入っていて (補完の関係で)、それぞれの変異体では抑制シグナルが半減して 4 日後に抑制閾値に達する個体と達しない個体が生じて発芽率がおおよそ 50%となる。AB 両方が欠失することで、抑制シグナルがほとんど伝わらず、ほとんどの種子が発芽する。

問 2

感知方法

他の植物の陰に入ると他の植物の葉によって赤色光が吸収され、残った遠赤色光の比率が高くなることで葉の影に入っていることを感知する。遠赤色光が増加すると、赤色光に変換される Pfr 型フィトクロムの比率が減少し、Pr 型フィトクロムの比率が増加する。この光情報を受けて、フィトクロムはジャスモン酸などの関連因子を介して情報を伝達し、茎の徒長などの生理反応を誘導する。

利点

茎が伸びることで、植物はより日当たりの良い場所へ移動し、十分な光エネルギーを得て光合成を行えるようになる。

問3 (1)

仮説

血縁個体と非血縁個体で根/葉から出す/存在する化学物質の組成が異なり，その違いが葉の成長方向を変えるホルモン輸送や局所成長速度を誘導する。

実験方法

血縁個体同士/非血縁個体同士で栽培し，根分泌液 or 葉からの揮発性物質を集めて，血縁個体単独の植物に投与し葉の向きが変わる&非血縁からの物質では葉の向きが変わらないのを確認する。

(もしくは，2個体の根 or 葉の間に化学物質を通さない/触れない膜等を挟んで血縁個体同士栽培し，葉の向きが変わらないのを確認する。もしくは，その化学物質の阻害剤を入れて血縁個体同士栽培し，葉の向きが変わらないのを確認する。)

(2)

葉が無作為に広がると，近くにいる個体同士でも光を奪い合い，光合成の効率が下がる。しかし，血縁個体を認識して葉を重ねない方向に伸ばすことができれば，お互いの光合成を妨げず，全体として資源を有効に利用できる。

このような性質を持つ集団は，血縁個体全体の種子生産量が増え，結果的に自分と同じ遺伝子をもつ個体がより多く次世代に残る。

このような自然選択の結果，血縁・非血縁を識別して異なる応答を示す形質をもつ個体が多い子孫を残し，その形質が集団内に広まったと考えられる。

生物B-1 解答例

問1

コア

疎水性アミノ酸は、極性を帯びている水分子との相互作用によって安定しなくなる。そこで、水分子と接触を避けるために、タンパク質の内部、つまりコアの部分に埋もれる傾向にある。

問2

酸性アミノ酸は酸性環境下では側鎖に水素が結合して電荷をもたなくなる。酸性環境下でタンパク質の立体構造を形成し機能することから、酸性アミノ酸が電荷をもたない場合にタンパク質立体構造が正しく形成される。このタンパク質を中性環境に移動させると、酸性アミノ酸側鎖から水素イオンが取れて負電荷をもつようになり、電荷のバランスが壊れる。その結果、タンパク質の構造が壊れてしまう。そのために酵素活性を失うと考えられる。

問3

ウレアーゼは胃の中に存在する尿素と水から、アンモニアを合成する。合成されたアンモニアは、胃の中の水素イオンを吸収し、胃の中の pH を高めることができる。その結果、ヘリコバクター・ピロリが生存する酸性環境は中性環境に近くなる。そのため、バクテリアが利用する酵素は中性環境ではたらくことになるので、他の好酸性菌の酵素とは異なる性質をもつことになる。

問4

ATP 合成酵素は一般的には水素イオン濃度の勾配を利用して ATP を合成する。しかし塩基性環境になると、環境の水素イオンが少なくなるため水素イオンの濃度勾配を作り出すのが難しくなる。そこで、他の陽イオンを利用して ATP を合成するように変化したと考えられる。

問5

高温環境下では分子が激しく動くため、ファンデルワールス力などで形成されている分子の集合体は壊れやすい。細胞膜においても2つの分子が脂質部分を向き合わせて二重層膜を形成する場合、熱による激しい運動によって疎水部が分かれてしまい膜が壊れる可能性がある。そこでひとつの分子にふたつのリンを配置することで、疎水部が分かれないようにして膜を安定化させている。

問6

他種の生物が生息できないことから、競争が生じず環境を独占して生存することができる。

生物B 2 模範解答

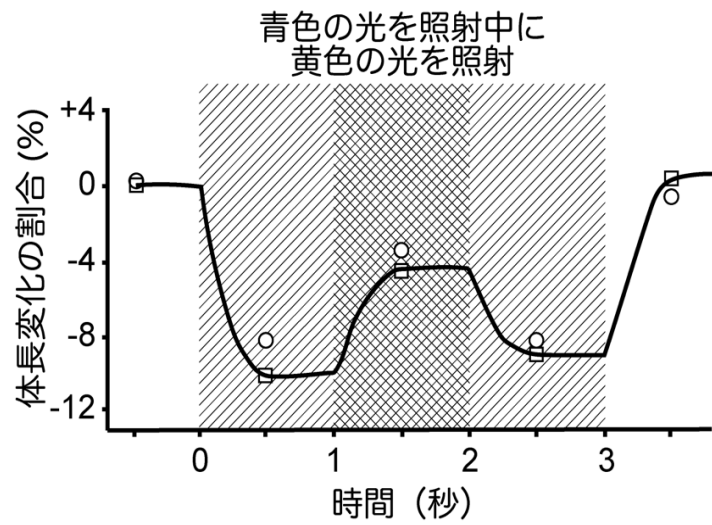
問 1

ChR は青色光によって活性化される陽イオンチャネルであり、 Na^+ や H^+ などの陽イオンを細胞内に流入させることで膜電位を脱分極させる。一方、HR は黄色光によって活性化される Cl^- ポンプであり、 Cl^- を細胞内に取り込むことで膜電位を過分極させる。したがって、ChR と HR を同じ細胞に導入すれば、光の波長を使い分けることで、その細胞を脱分極方向にも過分極方向にも制御できる。これにより、対象となる細胞を興奮させた場合と抑制した場合の両方を比較でき、その細胞が神経回路や行動にどのように関与しているかを調べやすくなる。

問 2

HR が黄色光によって作動すると、HR を発現している興奮性運動ニューロン内に Cl^- が取り込まれ、その膜電位は過分極する。過分極した興奮性運動ニューロンは活動しにくくなり、筋細胞へアセチルコリンを十分に放出できなくなる。その結果、筋細胞は収縮のための興奮性入力を受けにくくなり、収縮できなくなる。センチュウは通常、筋活動によって体をやや収縮させながら運動しているため、筋収縮が抑えられると体長が伸び、遊泳運動が停止する。

問 3



(根拠)

図 4 では、HR を発現させたセンチウで光照射に応じた体長変化が速やかに起こり、照射終了後も速やかに回復している。したがって、ChR と HR を同時に発現させた場合も、膜電位変化は光の ON/OFF に比較的速く追従すると考えられる。ChR は筋細胞を脱分極させて収縮を促し、HR は過分極させて収縮を抑えるため、青色光と黄色光を同時に照射すると効果が相殺されて中間的な体長になると考えられる。そこから黄色光を断つとすみやかに体調が縮み、さらに青色光も断つとすみやかに体長が戻ると考えられる。

問4 (A)

興奮性運動ニューロンに ChR を発現させて青色光を照射すると、ChR が開いて興奮性運動ニューロンが脱分極し、その結果アセチルコリンの放出が増え、筋細胞の収縮が強まる。したがって、センチュウは体長が短くなる、または強く収縮した状態になり、正常な遊泳運動は妨げられると考えられる。

(B)

抑制性運動ニューロンに ChR を発現させて青色光を照射すると、ChR によって抑制性運動ニューロンが脱分極し、その結果 GABA の放出が増え、筋細胞は興奮しにくくなり弛緩しやすくなる。したがって、センチュウは体長が伸びる方向に変化し、遊泳運動は弱まる、または停止すると考えられる。

(C)

抑制性運動ニューロンに HR を発現させて黄色光を照射すると、HR が作動して Cl^- が細胞内に取り込まれ、抑制性運動ニューロンは過分極する。これにより抑制性運動ニューロンの活動が低下し、GABA の放出が減少する。その結果、筋細胞への抑制が弱まり、筋は弛緩しにくくなる。したがって、興奮性入力が相対的に優位となり、センチュウは体長が短くなる、または筋緊張が高まって正常な遊泳運動が乱れると考えられる。