

分野別攻略Ⅱ（恒常性・調節）

北海道 manavee 生物科編

2013 年作成

©北海道 manavee 生物科



演習問題① 血液免疫（2010 東北大）

血液中の酸素は、赤血球内のヘモグロビンと化学的に結合している結合酸素と、血液中に物理的に溶解している溶存酸素の 2 つの状態が存在している。溶存酸素の量はおもに血中酸素分圧に規定されるのに対し、結合酸素の量は生体内の種々の因子の影響を受ける。

成人のヘモグロビンの 95%は、 α 鎖と β 鎖とよばれる 2 種類のポリペプチドから構成される [あ] 量体構造で HbA とよばれる。1 本のポリペプチドに [ア] が [い] 分子結合し、これに酸素 [う] が結合する。[ア] は [イ] 原子を中央に配位したポルフィリン誘導体で、この [イ] 原子に酸素を結合させることによりヘモグロビンは血流を介して各組織へ酸素を運搬する。肺のように酸素分圧の高い環境ではヘモグロビンは酸素と結合して鮮やかな赤色を呈し、酸素分圧が低い末梢組織では酸素を放出して暗赤色を呈する。

(a) アフリカのマラリアが流行する地域にみられるかま状赤血球症は、遺伝子異常によって赤血球のかま状変形をきたす遺伝性貧血症で、ヘモグロビンの β 鎖の 6 番目のアミノ酸である [ウ] がバリンに置換していることがおもな原因ある。[ウ] を指定するコドンのうち 1 つの塩基が置換されたことが、このようなアミノ酸配列の変化をもたらし、タンパク質の高次構造にまで変化を起こすことが知られている。

澱グロビンは [エ] 中に含まれる、ヘモグロビンに類似した構造を有する色素タンパク質であるが、ヘモグロビンと異なり [え] 本のポリペプチドからなる。⑥ ミオグロビンは低酸素分圧で [オ]。

ヒト胎児は、母体の子宮内で胎盤を介して母体血液から酸素の供給を受けている。胎児のヘモグロビンのほとんどは α 鎖と γ 鎖によって作られ、HbF とよばれる。⑦ 血液中で HbF と HbA との間には酸素との結合のしやすさに差があり、この差は胎児環境にとって有利である。生後 HbF は次第に HbA に置き換わっていく。

問 1 [ア] ~ [エ] に適切な語句を、[あ] ~ [え] に適切な数字を、それぞれ入れよ。

問 2 下線部(a)について、次の(i)~(ii)に答えよ。

- (i) ヒトにとってかま状赤血球症の変異遺伝子が有害であるにもかかわらず下線部(a)の地域で消滅しない理由を枠内に記せ。
- (ii) (i)のように、生物に無目的に起きる遺伝的な変異を選別し、進化に方向性を与えるという説は何とよばれているか。枠内に記せ。
- (iii) 1858年に(ii)の説を体系化して発表した2名の学者の名を枠内に記せ。

問 3 下線部(b)について、次の(i), (ii)に答えよ。

- (i) [オ] に入る適切な語句を次の①~③から1つ選び、記号で答え。
 - ① ヘモグロビンと同程度に酸素と結合する。
 - ② ヘモグロビンより酸素と結合しやすい。

③ ヘモグロビンより酸素と結合しにくい。

(ii) 下線部(b)の性質はヘモグロビンとミオグロビンの役割を考える上で重要である。ミオグロビンの局在する組織の機能と関連づけてその役割を枠内に記せ。

問4 下線部(c)について、次の(i), (ii)に答えよ。

(i) 血液中での HbF と HbA の酸素との結合のしやすさについて、次の①, ②から正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

① HbF は HbA より酸素と結合しやすい。

② HbF は HbA より酸素と結合しにくい。

(ii) 生後 HbF が HbA に置き換わることで生体にもたらされる利点を枠内に記せ。

問6 血液中ヘモグロビン濃度が 15.0g/dL のヒトの混合静脈血*の酸素飽和度と酸素分圧を測定したところ、それぞれ 75.0%, 40.0mmHg であった。

このヒトの動脈血 100mL あたりから何 mL の酸素が消費されているかを計算せよ。

ただし、このヒトの動脈血の酸素飽和度は 100%, 酸素分圧は 100mmHg とする。また、溶存酸素は血液 100mL につき 0.00300mL/mmHg の割合で溶解しており、1.00g のヘモグロビンは 1.40mL の酸素と結合しうるものとする。

*混合静脈血とは、身体の各部位を流れる静脈血が完全に混合した肺動脈の血液をいう。

演習問題② 血液免疫（2004 京都大）

次の文(A)～(C)を読み、問1～問5に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) 脊椎動物では、抗原が体内に侵入すると、血液中にその抗原と特異的に結合する物質(抗体)が作られて抗原を排除する働きがある。抗体は、[ア]と呼ばれるリンパ球がつくる免疫グロブリンで、多くの種類があるが基本的には4本のポリペプチド鎖からなり、[イ]と[ウ]と呼ばれるポリペプチド鎖が対になったものが2組結合して、全体としてY字型の分子構造を持っている。[イ]と[ウ]の先端部分は抗体ごとにアミノ酸配列がきわめて異なっており、[エ]と呼ばれる。[エ]以外の部分は[オ]と呼ばれる。①1個の[ア]はそれぞれ1種類の抗体しか作らないために、多様な抗原に対応するには、きわめて多種類の[ア]が必要である。

問1 文中の[ア]～[オ]に適切な語句を記入せよ。

問2 下線部①の多種類の[ア]が形成される機構について100字程度で説明せよ。

問3 ある抗体(分子量15万)が結合する抗原の分子量を5万、抗体と結合できる抗原分子の部位は1カ所のみであるとする。この抗体0.45mgが結合できる抗原の最大量は何mgか計算せよ。

(B) 抗原と抗体が結合することを抗原抗体反応という。抗原と抗体はともに複数の結合部位をもつことが多いため、抗原と抗体がある濃度比のとき、多数の抗原と抗体がたがいに結びつき、大きな抗原抗体複合体となって凝集して、目でみえる沈降線を形成することがある。この沈降線の形成を利用して、抗原抗体反応を調べる方法に、ゲル内二重拡散法がある。具体的には、図1に示すように、スライドガラス上にうすい寒天ゲル層を作り、それに小孔(ウェル)をあけて、隣接するウェルにそれぞれ抗原および抗体を含む血清を入れる。時間経過とともに、抗原と抗体は濃度勾配を形成しながらそれぞれゲル内を拡散する。抗原と抗体が反応する場合、両者が最適な濃度比となったところで沈降線が形成される。そのことから抗原抗体反応が起こったことがわかる。

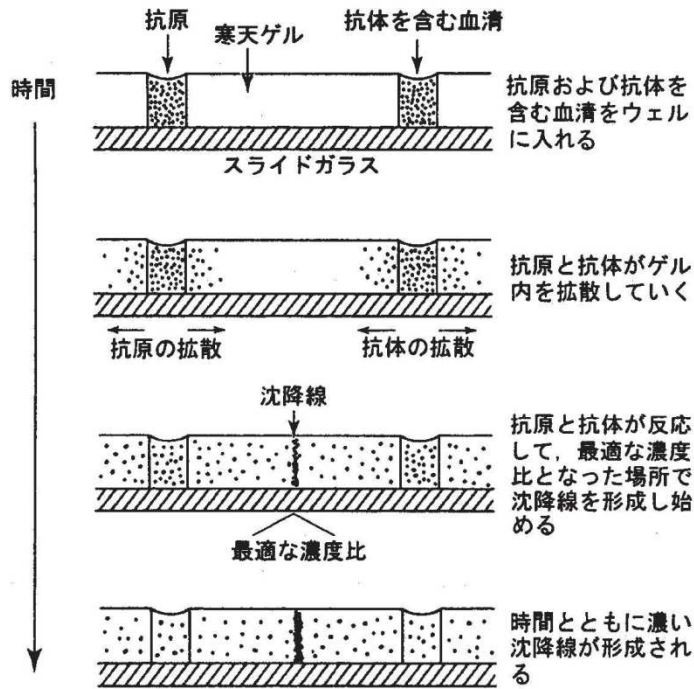


図 1

問 4 ゲル内二重拡散法では、抗原と抗体の濃度が沈降線の形成に影響することが知られている。図 2 は、この方法を用いて観察される沈降線をゲルの上方から見たパターンを示したものである。パターン(あ)はある抗原とそれに対する抗体の濃度が等しい場合に形成される沈降線を示しており、抗原と抗体のウェルのほぼ中間に沈降線が形成された。以下の条件のときには沈降線はどうか。パターン(あ)～(え)から 1 つ選び記号で答えよ。

- (a) 抗原の濃度を変えずに、抗体の濃度を 2 倍にしたとき
- (b) 抗原と抗体の濃度をともに 2 倍にしたとき

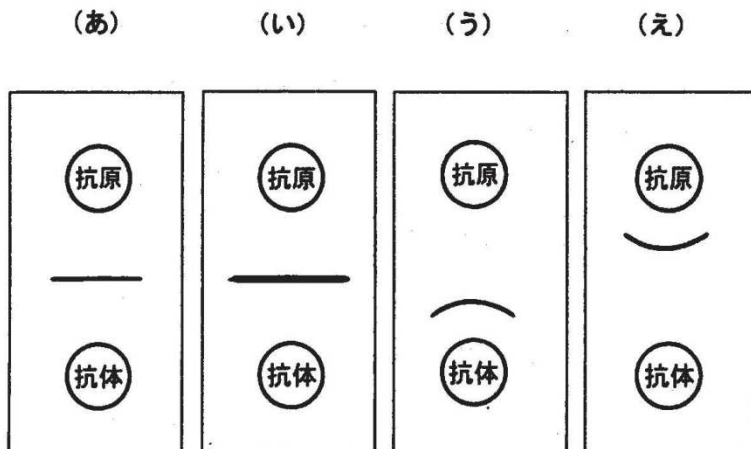


図 2

(C) ゲル内二重拡散法では、抗体を入れるウェルの周りに複数の抗原のウェルを配置して沈降線を観察することにより、複数の抗原抗体反応を同時に判定することが可能である。いま、ウサギ、ヤギおよびウマのアルブミン（血液に含まれるタンパク質で、分子量は約 7 万）の性質を比較するために、それぞれの動物から血液を採取後、アルブミンを精製して 3 本の試験管に入れ、保存しておいた。ところが、試験管のラベルがはがれて、どの試験管にどの動物のアルブミンを入れたのかが分からなくなった。そこで、抗原抗体反応を利用して試験管に入っているアルブミンがどの動物のものを決定するために抗体を作製することを考えた。利用できる動物は血液を採取したウサギ 1 羽とヤギ 1 頭だけである。注射の組合せを簡単にするために、3 本の試験管（仮に X, Y, Z とする）に含まれるアルブミンの一部を取り出して混合後、適量をウサギとヤギに注射して血清を得た。得られた血清と試験管 X, Y および Z のアルブミンとの反応を、ゲル内二重拡散法を用いて調べた。沈降線のパターンは図 3 のとおりであった。

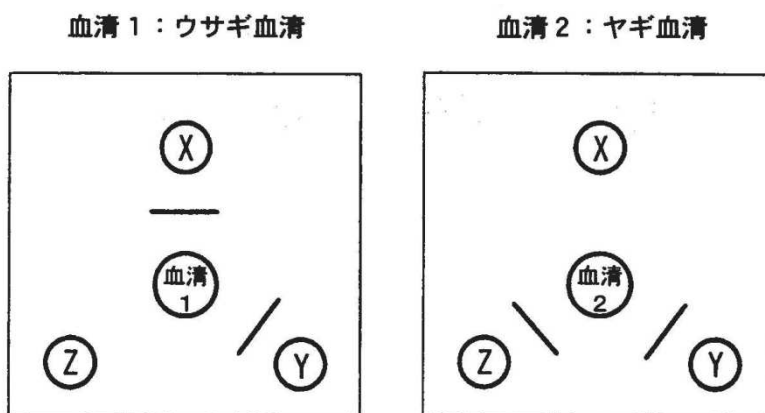


図 3

- 問 5 (a) 試験管 X, Y および Z に含まれるアルブミンはウサギ, ヤギおよびウマのどの動物に由来するか。解答欄 X, Y, Z に適切な動物名を記入せよ。
- (b) そのように判断した理由を 150 字程度で記せ。

演習問題 3 血液免疫（2005 東北大）

生体防御反応の一翼を担う獲得（適応）免疫は、抗体が主たる役割を果たす[ア]と、[イ]が主たる役割を果たす[ウ]に分けられる。後者は、結核菌やウイルスなどに感染した細胞を破壊することで感染防御に大きな役割を果たしているが、臓器や組織の移植という局面では、[エ]と言った医療上望ましくない問題にも関係してくる。

[エ]とは、移植のレシピエント（移植を受ける側の呼称）において、移植片の定着が妨げられる現象であるが、主として、レシピエントの[イ]が移植片を異物とみなすことによって起こると理解されている。この場合に[イ]が異物と認識するものは、移植片内の細胞表面に存在するタンパク質である。このタンパク質は組織適合抗原と呼ばれる。現在までに、多くの種類の組織適合抗原が発見されているが、その中で、特に強い[エ]を誘導する組織適合抗原を主要組織適合抗原（以下、MHC と呼ぶ）と呼ぶ。ヒトの MHC は、第 6 染色体上にある遺伝子座に由来し、ほぼすべての種類の細胞に発現している。これまでの研究から、個体ごとに MHC のアミノ酸配列は異なっており、[イ]が移植片を異物とみなす対象は、レシピエントと移植片の間にある MHC アミノ酸配列の違いにあると理解されている。

まず、ハツカネズミを使った皮膚移植の実験例で[エ]と MHC の関係を考えてみる。ハツカネズミの場合も、個体間で皮膚移植を行って[エ]が起こるか否かは、ヒトの場合と同様に MHC の一致性で決まることがわかっている。以下の実験では、MHC 遺伝子型が aa の A 系統と bb の B 系統のハツカネズミを用いており、a と b は対立遺伝子とする。A 系統の個体からの皮膚組織は B 系統の個体には定着せず、またその逆の場合も定着しないとする。

A 系統と B 系統を交配して F₁ を作出し、親から子（F₁）への皮膚移植を試みた。その結果、この皮膚移植はすべて成功することがわかった。F₁ の[イ]が親の皮膚組織を異物と認識しなかったと考えることができる。この理由について、移植片の供与側とレシピエント側の MHC の関係で考えてみる。移植片供与側となる親系統の MHC 遺伝子型は aa か bb、レシピエント側となる F₁ のそれは ab となり、親子間で MHC 遺伝子型は一致しない。しかし、F₁ では a と b の両方に由来する MHC が発現しているため、F₁ の[イ]は両親の MHC を異物と認識しなかったのである。

ヒトやハツカネズミの MHC は複数の遺伝子に由来しているが、それらは染色体上で極めて隣接して存在することがわかっている。したがって、MHC の遺伝は単一遺伝子産物の場合と同じとみなしてよい。本設問の解答に際しては、MHC 遺伝子は 1 つで、皮膚移植の成否は MHC の一致性のみに依存すると仮定する。

問1 [ア]～[エ]に適切な語句を入れよ。

問2 A 系統、B 系統、F₁ の任意の二個体間で皮膚移植を行った時、[エ]はどのような組み合わせの場合に起こると期待されるか。次の表に示したいいくつかの組み合わせの例にならない、[オ]～[ケ]の部分に、[エ]ありの場合は×、[エ]なしの場合は○を入

れよ。

供与側

		A系統	B系統	F ₁
レシピエント側	A系統	○	×	オ
	B系統	×	○	カ
	F ₁	キ	ク	ケ

問3 上記の F₁ の交配から得られる F₂ 世代において、任意の二個体間で皮膚移植を行った時、
[エ] が起こらない確率を答えよ。

問4 もし、私たちヒトにおいて親から子への皮膚移植を行えば、ほとんどの場合に [エ]
が起こると考えなければならない。なぜ、本設問にあるハツカネズミの実験の場合と違う
のか。その理由を記せ。

問5 ヒトの兄弟姉妹の二個体間（一卵性双生児間の場合を除く）で皮膚移植を行った時、
[エ] が起こらない確率を答えよ。

演習問題 4 神経行動（2009 九州大）

運動神経の末端は狭いすき間を介して筋肉と接しており（神経筋接合部）、この部分は神経と神経の接合部と同様に[1]と呼ばれる。運動神経が刺激され興奮が神経末端まで到達すると神経伝達物質であるアセチルコリンが[1]間隙に放出され、筋繊維膜上の受容体に結合し、陽イオンであるカリウムならびに[2]の透過性が増大する。その結果、筋繊維には終板電位と呼ばれる電位変化が生じ、運動神経の興奮が筋繊維に[3]される。この終板電位が閾値を越えると筋繊維に[4]が発生し、筋収縮が生じる。

1950年代、ロンドン大学のバーナード・カッツらは、カエルの神経筋標本の運動神経（坐骨神経）が接している部分の筋繊維に記録電極を刺してその膜電位を測る実験を行っていた（図1）。その際、運動神経を電気刺激していないのに筋繊維に終板電位の1/100程度（0.4mV）の小さい電位が自発的に不規則に発生していることに気づき、終板電位と同じ性質をもつことから微小終板電位と名づけた。彼らは当初、0.4mVの微小終板電位がアセチルコリン1分子に対する筋繊維の反応の大きさであると考えた。アセチルコリンは正の電荷を持っているので、アセチルコリンをつめた微小ガラス管の内から外に向かって電流を流すことによってアセチルコリンを流出させることができる（図1）。そこで、(a)アセチルコリンをつめた微小ガラス管を神経筋接合部の外表面に置き、電流を流すことによりアセチルコリン複数分子を与えたところ、0.4mVより小さな振幅に電位が得られた。さらにアセチルコリン1分子が筋繊維に引き起こす反応は0.3μV程度であることが最近になって判明した。

カッツの研究グループはさらにネコの神経筋標本を用いて運動神経の電気刺激によって生じる終板電位の測定を行った（図1）。通常の実験条件で運動神経を電気刺激すると終板電位は閾値を越えて[4]が発生し、終板電位の振幅の測定は困難になってしまう。(b)そこで外液のカルシウムイオン濃度を低くして実験を行った。このような処置をすると運動神経の電気刺激によって発生する終板電位の振幅は小さくなり、閾値に達しなくなった。しかし、微小ガラス管を使ってアセチルコリンを与えた場合は、筋繊維の反応に影響はなかった。このようにして終板電位を何度も発生させ、終板電位の振幅を横軸に、その振幅での出現回数を縦軸にとってヒストグラムを作った（図2）。カッツはこれらの実験結果より神経終末からの神経伝達物質の放出に関する仮説を立て、その後ノーベル賞を得るに至った。

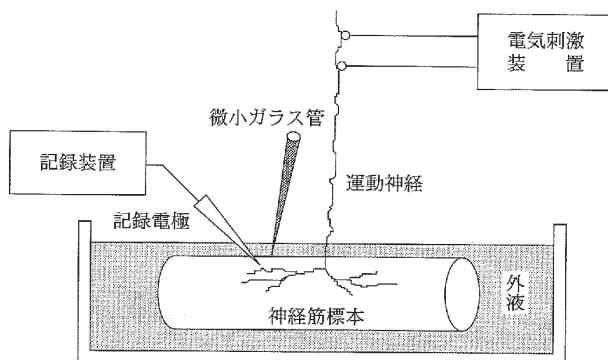


図1 実験装置の模式図

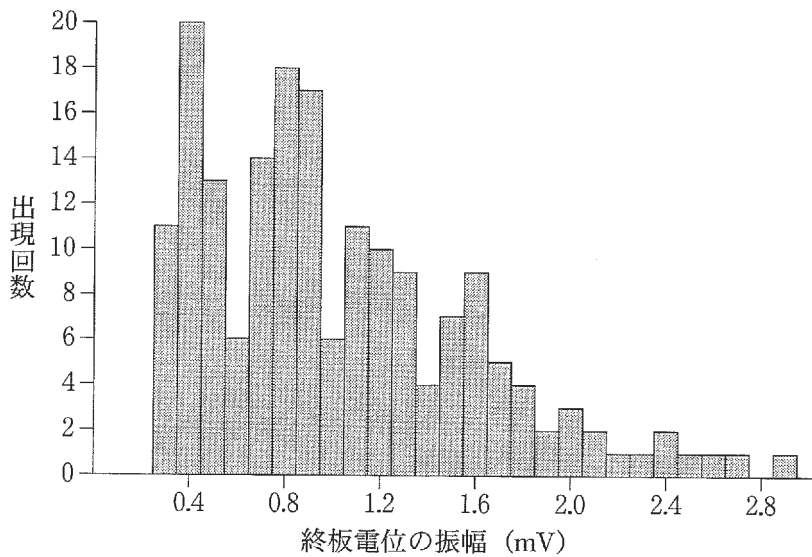


図2 実験結果

問1 文章中の[1]～[4]に当てはまる最も適当な語句を記入しなさい。

問2 下線部(a)より、0.4mVの微小終板電位はアセチルコリン何分子に対する筋繊維の反応と考えられるか。有効数字2桁で答えなさい。アセチルコリンの拡散による消失や分解酵素の影響はないものとする。

問3 アセチルコリンをつめた微小ガラス管を筋繊維に刺して、アセチルコリンを筋繊維の内部に注入した場合の予測される結果としてもっとも適切なものを(ア)～(エ)から1つ選び、記号を記入しなさい。

- (ア) 外表面に与えた場合よりも大きな電位変化が得られる。
- (イ) 外表面に与えた場合よりも小さな電位変化が得られる。
- (ウ) 外表面に与えた場合と同じ電位変化が得られる。
- (エ) 筋繊維に電位変化はほとんど生じない。

問4 下線部(b)のような条件で実験を行うとなぜ終板電位は閾値にまで達しにくくなると考えられるか。以下の(ア)～(エ)からもっとも適切なものを1つ選び、記号を記入しなさい。

- (ア) 興奮が神経末端にまで到達しなくなるため。
- (イ) 放出されるアセチルコリンの量が減少するため。
- (ウ) アセチルコリンの分解が抑制されるため。
- (エ) アセチルコリンの受容体への結合が阻害されるため。

問5 下線部(b)のような外液においても筋繊維を直接刺激すると収縮が生じた。この理由として(ア)～(エ)からもっとも適切なものを1つ選び、記号を記入しなさい。

(ア) 収縮にカルシウムイオンは必要でないため。

(イ) 直接刺激による収縮にカルシウムイオンは必要でないため。

(ウ) カルシウムイオンは必要だが、筋小胞体より供給されるため。

(エ) カルシウムイオンは必要だが、ミトコンドリアより供給されるため。

問5 図2より微小終板電位と終板電位の振幅の大きさにはどのような関係が認められるか。また、そのことからアセチルコリンの放出に関してどのようなことが推察できるか。100字以内で記述しなさい。

演習問題 5 神経行動 (2006 東北大)

(I) 動物の行動には、どのようなものがあるだろうか。動物の行動のなかで、生まれてからの経験を重ねることである条件に適応した行動をとるようになることを[ア]という。また、(a)生得的に決められている種に特有な行動を、[イ]行動といい、[イ]行動を起こすきっかけとなる刺激を[ウ]という。しかし、実際の動物の行動では、生得的に決められた要素と経験によって獲得した要素が巧みに組み合わせられていることが多い。たとえばカモのひなは、ふ化後間もない時期に、身近にある動くものを見つけると、それについて歩くようになる。この現象を[エ]とよぶ。この場合、動くものについて歩く行動は生得的であるが、何のあとについて歩くかは[ア]によって決められる。

このような動物の行動は、どのような機構でおこるのだろうか。動物は、目や耳などの[オ]を通して環境から情報を集め、筋肉などの[カ]を働かせて、適切な行動をとる。[オ]と[カ]を結びつけているのが[キ]である。一般に、発達した[キ]をもつ動物ほど複雑な行動をとる。

問1 [ア]～[キ]に適切な語句を入れよ。

問2 下線部(a)の種に特有な行動を起こすきっかけとなる刺激と、それが引き起こす行動について、トゲウオ (イトヨ) でみられる例を述べよ。

(II) 集団を形成して生活している動物の行動には、個体間のコミュニケーションが重要な役割を果たしている。たとえば、ミツバチの社会では、太陽の方向を基準に方角をさだめる機構、すなわち太陽コンパスにもとづいて情報の伝達が行われている。花の蜜や花粉を持ち帰った働きバチ (以下、ハチと呼ぶ) は、巣箱の中に垂直に立てられた巣板の上でダンスを踊り、仲間に花のあるえさ場までの方向や距離を伝える。ハチはえさ場までの距離が約 100m よりも短いときは[ク]ダンスを、遠いときは8の字ダンスを踊る。

問3 [ク]に適切な語句を入れよ。

問4 えさ台 A, B, C 巣箱 O のまわりに図 1 のように設置した。太陽は南東の方角にあった。えさ台からもどると、巣箱の中では、ハチが図 2 に示す(a)～(c)の3種類のダンスをするのが観察された。図では尻をふりながら直進する方向を矢印で表し、鉛直線(重カの方向が下)となす角度を表示している。(a), (b), (c)は、それぞれ A, B, C のどのえさ台から戻ったハチのダンスと考えられるかを記号で記せ。

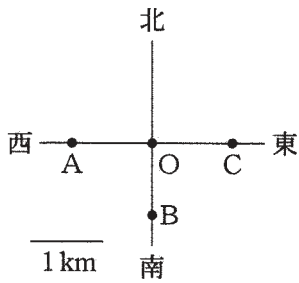


図 1

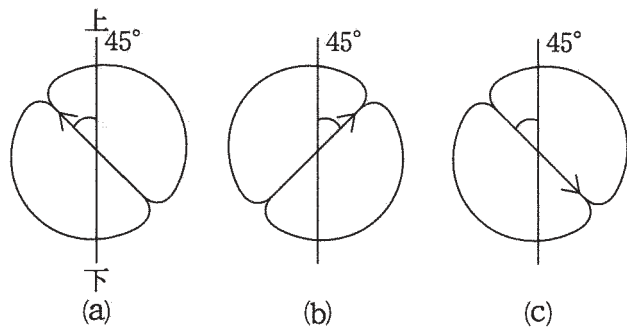


図 2

問 5 巣箱の中は通常は真っ暗であるが、懐中電灯のような点光源で巣箱の中を照らすと、ハチは光源の方向を太陽の方向に見立てたダンスを踊る。図 2 の観察をしているとき、巣箱に戻ってきたハチに右上 45 度 (真上から時計まわりに 45 度) の方向から光をあてると、図 3 のようなダンスを踊った。このハチは A, B, C のどのえさ台から戻ったハチと考えられるかを記号で記せ。また、選んだ理由を簡潔に述べよ。

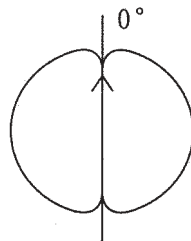


図 3

問 6 図 2 の観察のあと、しばらく時間が経ってから再び巣箱の中を観察すると、図 4 に示す(d)~(f)の 3 種類のダンスが観察された。このとき巣箱の中には光は当てていない。この観察は、図 2 の観察をした時刻から何時間後と考えられるかを数値で答えよ。またその理由を簡潔に記せ。ただし太陽の方角は 1 時間あたり 15° 変わるものとする。

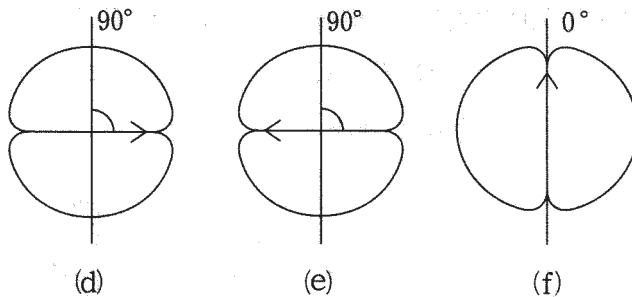


図 4

演習問題⑥ 排出（2009 金沢大改）

赤血球を（ア）液に浸すと脱水して収縮し、逆に（イ）液に浸すと水が入り膨張して（ウ）にいたることもある。このように赤血球自体には、浸透圧調節機構が備わっておらず、細胞は外液に直接影響される。一方、ゾウリムシは単細胞であるが、浸透圧調節をおこなっている。ゾウリムシは細胞内ですべての代謝をおこなうので、養分や老廃物などによって、細胞内の浸透圧が周囲の淡水に対して（ア）になる。そのため、細胞膜を通して細胞内に水が浸透してくる。その水を排出するために、ゾウリムシでは、（エ）という細胞小器官が発達している。その器官により、細胞内の浸透圧を調節している。

海産無脊椎動物の多くは、体液の浸透圧を調節する能力をもっておらず、体液の浸透圧は海水と等張である。しかし、(a)一部の海産無脊椎動物は、体液の浸透圧を調節する能力を持っている。

脊椎動物の硬骨魚類では、（オ）や腎臓という器官により浸透圧を調節している。例えば、海産硬骨魚類の（オ）では余分な塩分を排出し、淡水産硬骨魚類では（オ）から塩分を吸収する。一方、(b)海産軟骨魚類では、（カ）やトリメチルアミノオキシドを体液中に蓄積して分散硬骨魚類とは異なった浸透圧調節をおこない、海水に適応している。また、(c)ヒトでは、腎臓により尿の排出を制御して体液の浸透圧を調節している。

問1 文中の（ア）～（カ）に適切な語を入れなさい。

問2 下線部(a)のように海産無脊椎動物の中には、体液の浸透圧を調節する能力をもっている動物もいる。図1には河川に生息するが産卵は海でおこなうカニの体液の塩分濃度（相対値）と外液の塩分濃度（相対値）との関係を示している。このカニは、外液の塩分濃度に応じて異なった浸透圧調節をおこなっている。図中のaでは、どのような調節がおこなわれているか、答えなさい。

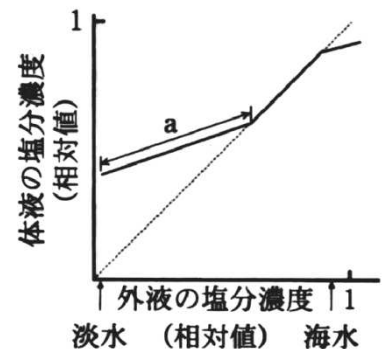


図1

問3 下線部(b)のように海産軟骨魚類では、海産硬骨魚類とは異なった浸透圧調節をおこなっている。海水の浸透圧を1とした場合、海産軟骨魚類および海産硬骨魚類の体液浸透圧の相対的な値をそれぞれ次の①～⑤のうちから選び、その番号を答えなさい。

- ① 1/3 ② 1/2 ③ 1 ④ 2 ⑤ 3

問4 下線部(c)のように、ヒトの浸透圧調節では腎臓が重要な役割を担っており、尿の排出を制御して体液の浸透圧を調節している。表1には、健康なヒトの血しょう、原尿、尿の成分が示してある。イヌリンという物質は、ヒトの体内では利用されないため、静脈に注射すると、糸球体からボーマンのうへ、すべてろ過され、細尿管（腎細管）で再吸収されず

に尿中に排出される。また、クレアチニンという物質は、ヒトの体内では利用されないため、静脈に注射すると、糸球体からボーマンのうへ、一部ろ過され、細尿管で分泌されて尿中に排出される。そこでこの物質を用いて、原尿の生成量を計算する。尿は1分間に1mL排出されるものとし、尿も原尿も密度は1g/mLとして、①イヌリンの濃縮率(倍)、②1時間当たり生成された原尿の量(mL)、③1時間当たり再吸収された液体の量(mL)、④1時間当たり再吸収されたナトリウムの量(g)、⑤クレアチニンのクリアランスを答えなさい。なお、ナトリウムの量は小数点第二位まで答えなさい。

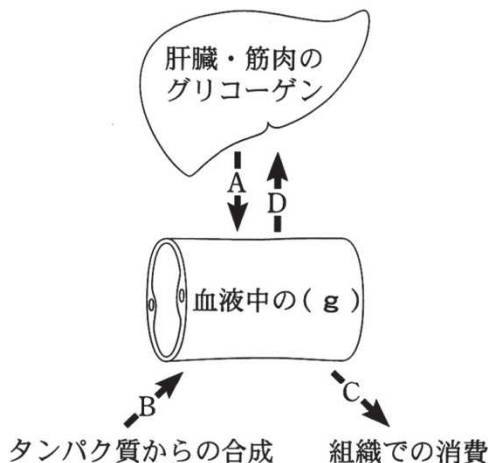
表 1

成分	血しょう(%)	原尿(%)	尿(%)
タンパク質	7.20	0	0
グルコース	0.10	0.10	0
ナトリウム	0.30	0.30	0.36
カリウム	0.02	0.20	0.15
イヌリン	0.10	0.10	12.00
クレアチニン	0.001	0.001	0.133

演習問題 7 ホルモン（2009 鹿児島大）

個体は絶えず変化する外部環境におかれながらも、①体内の状態を安定させ内部環境を一定に保つ働きをもち、この働きは脊椎動物では主に 2 つの仕組みによって調節される。ひとつは特定の内分泌腺で作られて血液中に放出され、きわめて微量で標的器官の働きを調節する物質であり、(a) とよばれる。もうひとつは中枢に生じた興奮を内臓や内分泌腺に伝える働きをする(b) で、これは緊張時に働く(c) と安静時に働く(d) からなる。これらの末端部から分泌される伝達物質は(c) では主に(e)、(d) では(f) である。

ヒトの血液中に含まれる血糖量すなわち(g) の量は(a) と(b) によって空腹時ほぼ一定に保たれている。運動などで血糖量が減少すると【図 1】の矢印 A と B の調節により血糖量が増加する。矢印 A を促進するのは②副腎髄質から分泌される(h) と③すい臓から分泌される(i) であり、矢印 B を促進するのは副腎皮質から分泌される(j) である。食後などに血糖量が増加すると【図 1】の矢印 C と D の調節により血糖量が減少する。この調節を促進するのはすい臓から分泌される(k) である。④(k) の分泌が不足して血糖量が生理的範囲を越えて増加した状態が続くと尿中に(g) が排出されるようになり身体にさまざまな障害をおよぼす。



【図 1】 血糖量の調節

血液中に含まれるカルシウムの量も(a) とビタミンによって一定に保たれている。血液中のカルシウム量が減少すると【図 2】の矢印 E, F, G の調節によりカルシウムの量が増加する。矢印 E と F を促進するのは(i) から分泌される(m) であり、矢印 G を促進するのはビタミン D である。反対に血液中のカルシウム量が増加すると【図 2】の矢印 H の調節により血液中のカルシウム量が減少する。矢印 H を促進したり、矢印 F を抑制したりするのは⑤甲状腺から分泌されるカルシトニンである。このように、骨はカルシウムの貯蔵庫としての働きをしているが、宇宙飛行士が宇宙飛行などの⑥微小重力環境下におかれると、十分な栄養を摂取していても、骨のカルシウム量が急速に減少することが知られている。

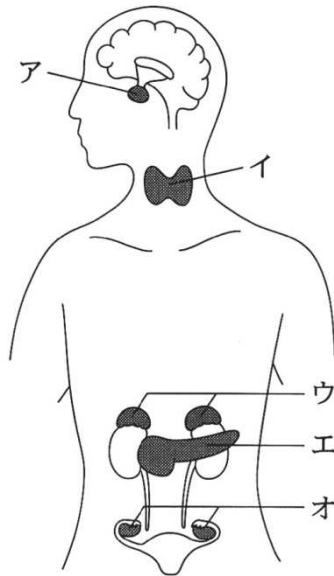
問 1 文中の(a)～(m)に当てはまる適切な語を答えなさい。

問2 矢印 A と D の組み合わせ，あるいは矢印 E と H の組み合わせのような関係を何というか。

問3 (1) 下線①の働きを何というか。

(2) ヒトの体で血糖量，カルシウム量の他に，この働きによって調節される例を2つ答えなさい。

問4 下線②，③，⑤の部位はどこか。【図3】ア～オより選び記号で答えなさい。



【図3】 内分泌腺の部位

問5 下線④の病気を何というか。

問6 (1) 下線⑥より，骨の性質としてどのようなことが考えられるか。50字以内で答えなさい。

(2) 宇宙ステーションでの長期間滞在中，骨のカルシウム量を保つためにどのような方法が考えられるか。50字以内で答えなさい。

演習問題 8 筋肉 (2003 高知大)

図を参照し、骨格筋の収縮に関する以下の問いに答えよ。

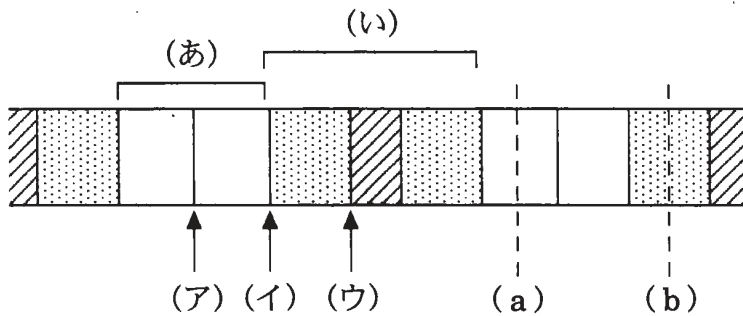


図 1

問1 図1は光学顕微鏡で観察した筋繊維の模式図である。(あ)、(い)の名称を記せ。また、筋繊維が収縮したとき、長さを変化しないのはどちらか記号で答えよ。

問2 Z膜は図1の(ア)~(ウ)のどれか記号で答えよ。

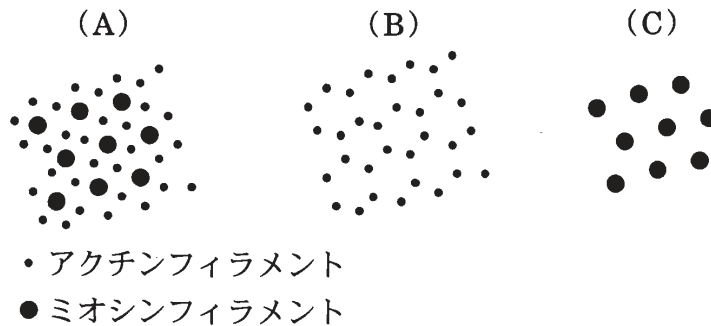


図 2

問3 筋繊維の横断面を電子顕微鏡で観察すると、図2に示す3つのパターンが存在することがわかる。図1の点線(a)、(b)の部分の横断像は、図2の(A)~(C)のどれか記号で答えよ。

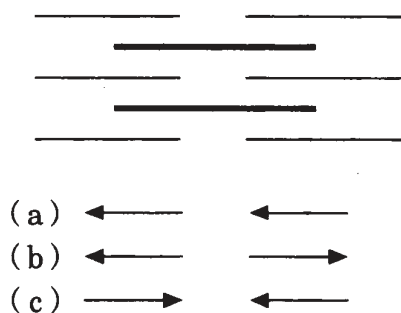


図 3

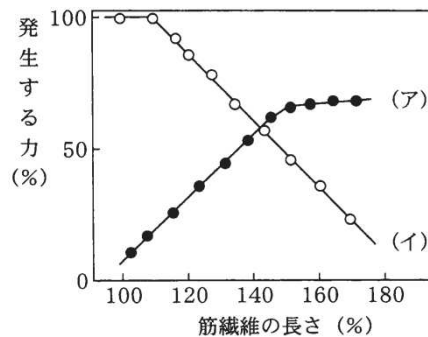


図 4

- 問4 図3の矢印(a)~(c)は、収縮時におけるアクチンフィラメント（細線）の移動方向をミオシンフィラメント（太線）を基準にして示したものである。正しいものを1つ選んで記号で答えよ。
- 問5 図4は筋繊維をさまざまな長さに引き伸ばして固定し、刺激を加えて収縮時に発生する力を測定した結果を示している。予想される結果は(ア)、(イ)のどちらか記号で答えよ。ただし、実験開始時の筋繊維の長さを100%とする。
- 問6 電子顕微鏡による観察の結果、筋繊維を引き伸ばしてもアクチンフィラメントとミオシンフィラメントの長さは変化しなかった。このことと、図4の実験結果から導かれる筋収縮の機構について、その根拠も含めて200字以内で述べよ。
- 問7 筋繊維を界面活性剤（トリトン X-100 など）で処理した後、適濃度の ATP と Mg^{2+} を含む溶液に浸したが収縮は起きなかった。この溶液にどのような陽イオンを加えると収縮が起きるか。また、この陽イオンが蓄えられている筋繊維内の構造体の名称を記せ。
- 問8 運動神経と骨格筋の接続部において情報伝達にかかわる物質の名称を記せ。
- 問9 筋収縮は ATP を必要とするが、筋肉内には ATP は十分に貯蔵されていない。筋肉内には別の高エネルギー物質があり、ADPはこの物質からリン酸を受け取って ATP にもどる。ADPにリン酸を渡す高エネルギー物質の名称を答えよ。
- 問10 カエルの神経筋標本（ひ腹筋に座骨神経がついたもの）の神経を電気刺激した。刺激の強さが小さいときはわずかな収縮がみられ、刺激の強さを増していくにつれて収縮高も徐々に大きくなっていった。しかし、ある程度の刺激強度以上では、収縮高はそれ以上大きくならなかった。この理由を200字以内で説明せよ。

演習問題 9 植物生理 (2007 大阪大)

植物ホルモンに関する以下の文章を読み、問1～問5に答えよ。

植物ホルモンであるオーキシンは、細胞の伸長や増殖・分化など植物の成長において様々な働きをしている。インドール酢酸は植物の主要なオーキシンである。オーキシンによる植物伸長のしくみを調べる目的で以下の実験を行った。

【実験 1】

オートムギの種子を暗所で発芽させ、生育した幼葉鞘と根が水平になるように芽生えを横にして1時間放置した(図1)。その後、先端部分を図に示すように切り取り、それぞれを横にした時の上側と下側に切り分けた。得られた切片のインドール酢酸の濃度を測定したところ、下側の濃度が上側に比べて数倍高くなっていた。

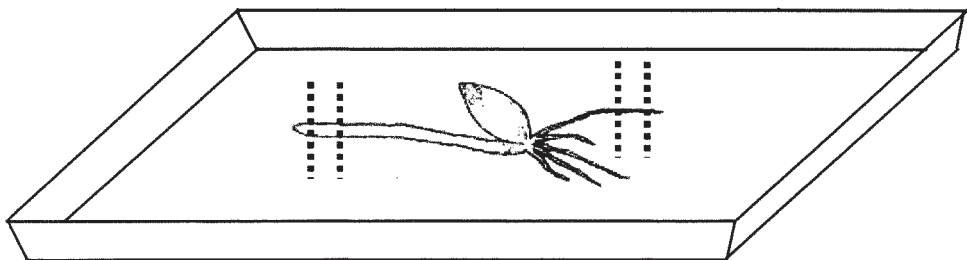


図 1

【実験 2】

オートムギの幼葉鞘切片を用意して、放射性同位元素 ^{14}C で標識されたインドール酢酸(以下「 ^{14}C インドール酢酸」と表す)を含む寒天片と含まない寒天片を図2のように先端部と基部に4通りの方法で置き、蒸散の影響のない状態で暗所に一定時間放置した。はじめインドール酢酸を含まなかった寒天片を調べたところ、IとIVの場合のみ、 ^{14}C インドール酢酸が寒天片に検出された。

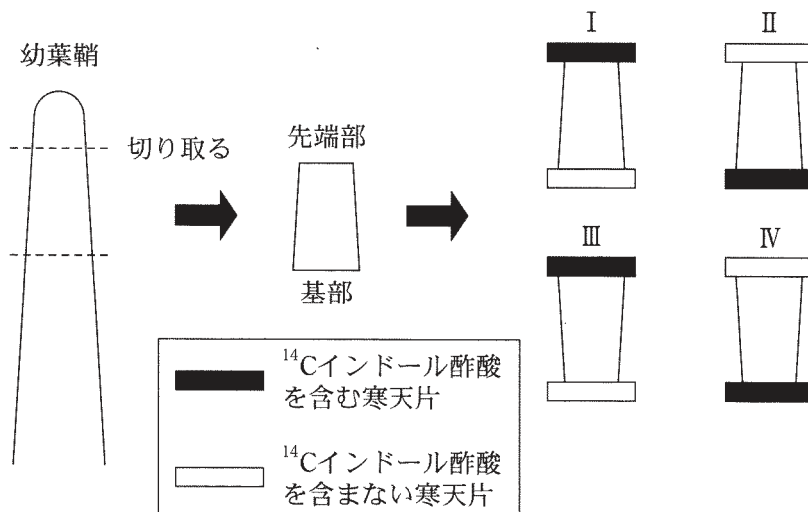


図 2

【実験 3】

野生型シロイヌナズナと A 遺伝子に突然変異を起こした変異体シロイヌナズナの茎の一部を同じ長さに切り取り、先端部側の端を ^{14}C インドール酢酸を含む溶液に浸した。一定時間後に溶液に浸されていない基部側の端に含まれる ^{14}C インドール酢酸の量を測定したところ、変異体では野生型で検出された量の 10% 以下の ^{14}C インドール酢酸しか検出できなかった。

【実験 4】

シロイヌナズナの A 遺伝子によって作られる A タンパク質の働きを調べるために、ある植物の培養細胞に A 遺伝子を導入して、A タンパク質を過剰に作っている細胞を得た。細胞を壊して細胞質と細胞膜に分けたところ、A タンパク質は細胞膜にあることがわかった。次に A 遺伝子を導入した細胞と、導入していない対照の細胞を含む懸濁液に ^{14}C インドール酢酸を加え、細胞内に一定量の ^{14}C インドール酢酸を取り込ませた。その後、インドール酢酸を含まない溶液に細胞を移し、一定時間経過後に細胞内の ^{14}C インドール酢酸量を調べた。インドール酢酸を含まない溶液に移した直後の細胞に含まれる ^{14}C インドール酢酸の量を 100% とすると、対照の細胞では約 80% の ^{14}C インドール酢酸が残っていたが、A 遺伝子を導入した細胞では約 20% しか残っていなかった。

- 問 1 芽生えを横にして暗所に数時間放置していると、幼葉鞘と根は異なる方向に伸長する。実験 1 で得られた結果をもとに、オーキシンによる幼葉鞘と根の重力屈性のしくみを 70 字以内で説明せよ。
- 問 2 最適濃度では、オーキシンの働きによって幼葉鞘の細胞は伸長する。「吸水力」、「細胞壁」、「浸透圧」、「膨圧」の 4 つの言葉を用いてこの現象を 70 字以内で説明せよ。なお、幼葉鞘の細胞の浸透圧は変化しないものとする。
- 問 3 実験 2 より、オーキシンは植物の幼葉鞘内を移動することがわかる。この移動にはどのような特徴があり、重力はどのような影響を与えているのか、実験結果に基づき 80 字以内で述べよ。
- 問 4 実験 4 の結果から、シロイヌナズナの A タンパク質はどのような働きをしていると考えられるか、40 字以内で述べよ。
- 問 5 実験 3 と 4 で示された A タンパク質の役割から、A タンパク質は細胞のどの部分に存在していると推測できるか。茎内での細胞の配置を考慮して、理由とともに 90 字以内で述べよ。なお、オーキシンは細胞壁を通過して細胞から細胞に移動する。

演習問題 10 植物生理（2008 東京理科大改）

種子には、散布によって分布域を広げる役割と、休眠状態になることにより生育に不適切な季節を乗り切るといふ二つの役割がある。植物の生育に適切な環境、すなわち、光合成可能な環境が与えられると、休眠が打破され発芽が起こる。発芽に必要な環境として、栽培作物の種子では適当な温度・水分・酸素の供給が挙げられるが、野生の多くの植物種では光も種子発芽誘導に必要な条件の一つとなっている。

グランドラビッド稲のレタス種子を 25℃で培養した場合、暗所ではほとんど発芽しないが、光を短時間照射するとほとんどの種子が発芽するようになる。

どの波長の光が発芽に効果をおよぼすか明らかにする目的で、十分吸水した種子に、あらかじめ光を当てて約 50%の種子が発芽できる状態にした後、異なる波長の光を同じ量照射して発芽率を調べ、図 1 のような結果を得た。この結果から、光には発芽を誘導する効果と抑制する効果のあることが判る。

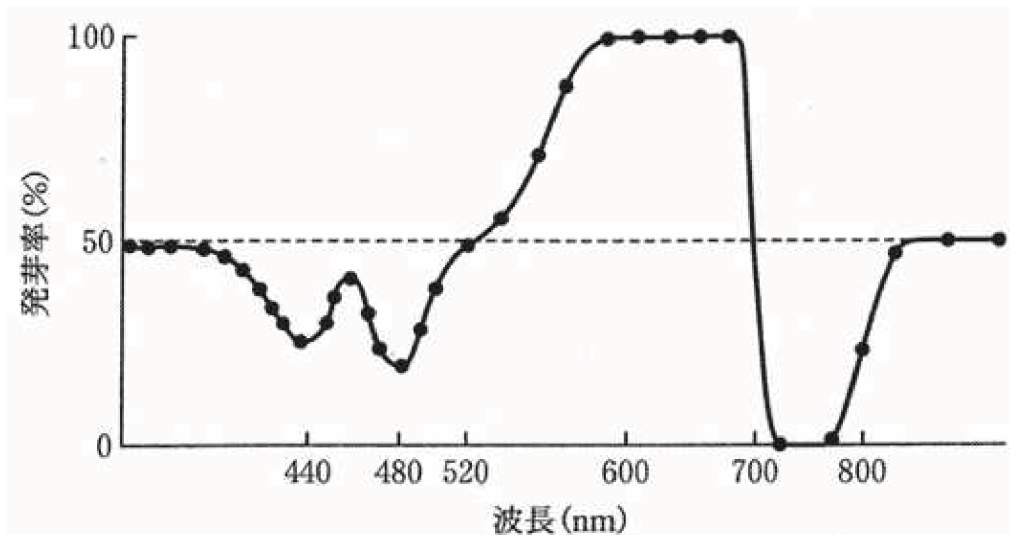


図 1. レタス種子発芽に対する光の波長効果

最も誘導効果の高い波長域の光を光 A、最も抑制効果の高い波長域の光を光 B と以降呼ぶことにする。

問 1 レタス種子の光発芽反応において、光を感受する物質としてフィトクロムと呼ばれる色素タンパク質が発見された。フィトクロムは、図 3 に示す様に、光を吸収すると吸収しやすい光の波長を変える性質を持っている。この物質は、最初暗黒下では光 A の波長域に最も高い吸収を示す P_R型で存在する。P_R型が光 A を吸収すると①、光 B の波長域に最大吸収を持つ P_{FR}型に変換する②。この P_{FR}型が光 B を吸収すると③、元の P_R型に戻る④。これらの変換反応は繰り返し可能である。

種子は暗所では発芽しないこと、図 1 の結果と、図 3 の光を吸収したときのフィトクロ

ムの挙動から、どちらの型のフィトクロムがどの様にレタス種子の発芽を制御しているのか推論できる。下記の推論のうち、論理的に間違いでない推論を次の①～④から全て選び記号で答えなさい。

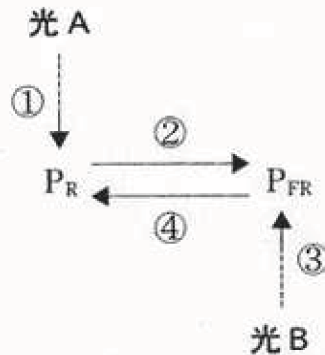


図3. 光照射時のフィトクロムの挙動

- ① P_R 型が発芽を誘導するかたちで発芽を制御している
- ② P_R 型が発芽を阻害するかたちで発芽を制御している
- ③ P_{FR} 型が発芽を誘導するかたちで発芽を制御している
- ④ P_{FR} 型が発芽を阻害するかたちで発芽を制御している

問2 種子を暗所でまき、暗黒下で1, 3, 6あるいは9時間培養後、光Aを180秒間照射し、その後暗黒下で培養を続けて発芽率を調べたところ、図4の結果が得られた。

この結果から、光Aが照射されなければ先に進めない発芽過程が、種子をまいた後何時間目に存在するか推定できる。この時間として最も適切な整数値を答えよ。

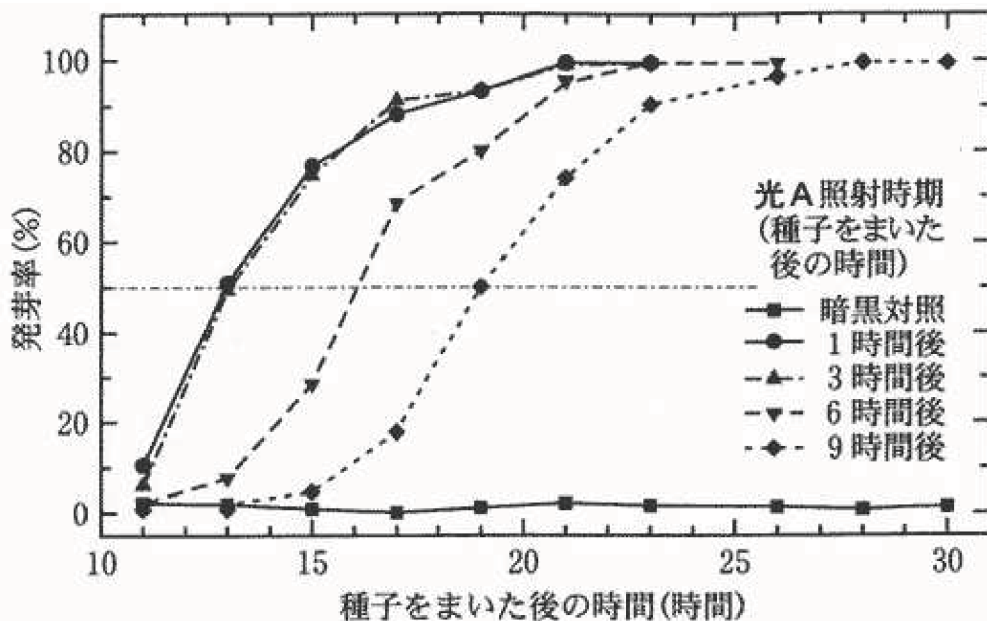


図4. レタス種子の発芽に対する光Aを照射する時期の影響

問3 光 A や B が種子に当たったことは、何を意味しているのでしょうか。太陽光と、植物の葉を透過した後の太陽光の波長ごとの光強度を調べてみると、図 5 のようになる（この図では、強度が最も高い波長の値を 1 として表示してある）。この結果から、レタス種子は、光照射の有無、光が当たった場合は、十分な光 A を含んでいるか、またほとんどが光 B であることから、種子の地中での位置、種子の上部における他の植物の状態を感知していると考えられる。レタス種子がそれぞれの光環境から得ていると考えられる最も適切な環境情報を、(1)暗所の場合、(2)十分な光 A を受けた場合、(3)ほとんど光 B のみを受けた場合について、以下の①～⑤から選び記号で答えなさい。

- ① 種子は地中深くに埋まっており、地上に他の植物があるかは不明である
- ② 種子は地中深くに埋まっており、地上には他の植物は繁茂していない
- ③ 種子は地中深くに埋まっており、地上には他の植物が繁茂している
- ④ 種子は地表近くにあり、地上に他の植物があるかは不明である
- ⑤ 種子は地表近くにあり、地上には他の植物は繁茂していない
- ⑥ 種子は地表近くにあり、地上には他の植物が繁茂している

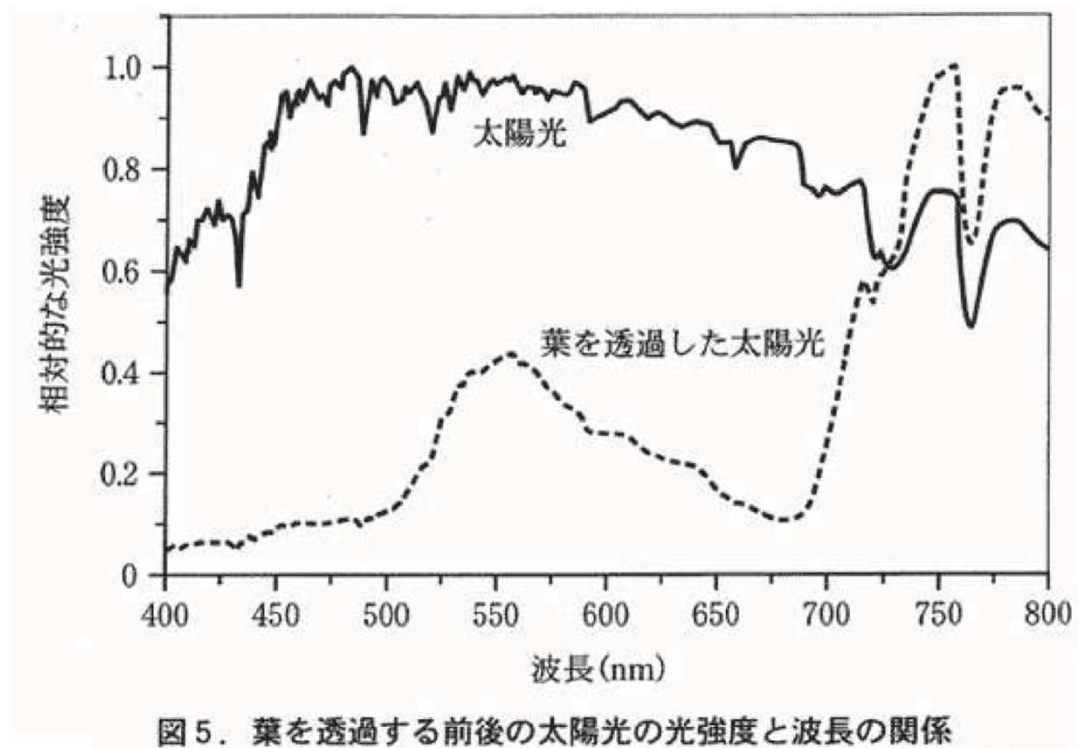


図 5. 葉を透過する前後の太陽光の光強度と波長の関係

問4 レタス種子において光 A が照射されると、種子内で植物ホルモンであるジベレリン（以降 GA と表記）の代謝に関わる 1 種類の酵素遺伝子の発現が活性化され、その結果、種子発芽誘導能を持つ活性型の GA 量が増えることによって発芽が誘導されることが明らかとなった。GA は発見順に番号が付けられ、GA₁、GA₂ のように呼ばれる。レタス種子中には GA₁、GA₈、GA₂₀ の 3 種類が見いだされた。これら 3 種類の GA 中で活性型は 1 つのみで、

他は代謝されて活性型に変化する GA 前駆体と、活性型が代謝されて不活性型に変化した GA であった。レタス種子をあらかじめ GA 合成を抑制する薬剤で処理し、種子中の GA 濃度を種子発芽を誘導できないレベルまで下げた状態で、3 種類の GA を与えて、暗黒下と光 A 照射下で発芽に対する効果を調べたところ、表 1 の結果を得た。

表 1. レタス種子発芽に対する異なる GA の影響

光条件	発 芽		
	投与した GA の種類		
	GA ₁	GA ₈	GA ₂₀
暗 黒	+	-	-
光 A 照射	+	-	+

+ : 種子は発芽した, - : 種子は発芽しなかった

(1) 表 1 の結果から判断して、GA の代謝経路として正しいものはどれか。次の選択肢①～⑤から最も適切なものを選びなさい。

- ① GA₁→GA₈→GA₂₀ ① GA₁→GA₂₀→GA₈ ② GA₈→GA₁→GA₂₀
 ③ GA₈→GA₂₀→GA₁ ④ GA₂₀→GA₁→GA₈ ⑤ GA₂₀→GA₈→GA₁

(2) 表 1 の結果から判断して、光 A により制御されるのはどの反応段階にはたらく酵素の遺伝子と考えられるか。次の選択肢①～⑤から最も適切なものを選びなさい。

- ①GA₁→GA₈ ①GA₁→GA₂₀ ②GA₈→GA₁
 ③GA₈→GA₂₀ ④GA₂₀→GA₁ ⑤ GA₂₀→GA₈

manavee 生物演習シリーズ LINE UP

■7～8月にかけて受けてほしい講座

●総合対策講座

総合実践攻略【夏の陣】

(by tomson)

パッと見えてくる計算問題

(by かりん先生)

▶ 2次力の強化を図る

▶ 生物の計算問題を総チェック

●分野別対策講座

分野別攻略Ⅰ（生命の連続性）

(by tomson)

分野別攻略Ⅱ（恒常性・調節）

(by tomson)

分野別攻略Ⅲ（細胞・代謝・生態）

(by tomson)

▶ 生命の連続性の重要問題をチェック

▶ 恒常性・調節の重要問題をチェック

▶ 細胞・代謝・生態の重要問題をチェック

●大学別対策講座

実験考察問題の解法ナビゲーション

(by とらますく先生)

▶ 東京大の過去問から実験考察問題へのアプローチを学ぶ

■12月上旬ごろに受けてほしい講座

●総合対策講座

総合実践攻略【冬の陣】

(by tomson)

▶ 2次力の完成を目指す

■1月下旬ごろに受けてほしい講座

●分野別対策講座

遺伝の究極攻略【二次への架け橋】

(by tomson)

▶ センターボケをぶっ飛ばして2次の脳に切り替える

■1月下旬～2月にかけて受けてほしい講座

●大学別対策講座

攻略！！北大生物シリーズ

(by tomson)

▶ 北海道大の過去問を利用して制限時間以内に解答を導けるように鍛える

I Can 生物

(by ヒゲ先生)

はんなり稼ごう京大生物

(by かりん先生)

- ▶ 九州大の過去問を利用して記述問題の解き方を学ぶ
- ▶ 京都大の過去問を利用して問題およびその周辺知識を総チェック

(注意事項)

※詳しくは各講座の授業の概要，イントロダクションをご覧ください。

※一部作成中・作成予定のカリキュラムを含みます。



manavee 生物陣のベストメンバーが，多彩な講座と充実した教材を用意して，皆さんの受験突破のお手伝いをします！！

