

令和2年度 入学試験問題

理 科

Ⅰ 物 理・Ⅱ 化 学・Ⅲ 生 物・Ⅳ 地 学

2月25日(火)(情—自然) 13:45—15:00

(情—コン・理・)
(医・工・農) 13:45—16:15

注 意 事 項

1. 試験開始の合図まで、この問題冊子と答案冊子を開いてはいけない。
2. 問題冊子のページ数は、68ページである。
3. 問題冊子とは別に、答案冊子中の答案紙が理学部志望者と情報学部自然情報学科とコンピュータ科学科志望者には18枚(物理3枚、化学5枚、生物4枚、地学6枚)、医学部志望者と農学部志望者には12枚(物理3枚、化学5枚、生物4枚)、工学部志望者には8枚(物理3枚、化学5枚)ある。
4. 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあつたら、ただちに申し出よ。
5. 情報学部自然情報学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち1科目を選択して解答せよ。
情報学部コンピュータ科学科志望者は、物理、化学、生物、地学のうち2科目を選択して解答せよ。ただし、物理を必ず含むこと。
理学部志望者は、物理、化学、生物、地学のうち2科目を選択して解答せよ。ただし、物理、化学のいずれかを必ず含むこと。
医学部志望者と農学部志望者は、物理、化学、生物のうち2科目を選択して解答せよ。
工学部志望者は、物理と化学の2科目を解答せよ。
6. 解答にかかる前に、答案冊子左端の折り目をていねいに切り離し、自分が選択する科目の答案紙の、それぞれの所定の2箇所に受験番号を記入せよ。選択しない科目の答案紙には、大きく斜線を引け。
7. 解答は答案紙の所定の欄に記入せよ。所定の欄以外に書いた解答は無効である。
8. 答案紙の右寄りに引かれた縦線より右の部分には、受験番号のほかは記入してはいけない。
9. 問題冊子の余白は草稿用として使用してもよい。
10. 試験終了後退室の許可があるまでは、退室してはいけない。
11. 答案冊子および答案紙は持ち帰ってはいけない。問題冊子は持ち帰ってもよい。

Ⅲ

生 物

- (1) 問題は、次のページから書かれていて、I, II, III, IVの4題ある。4題すべてに解答せよ。
- (2) 解答は、答案紙の所定の欄に書き入れよ。文字や記号は、まぎらわしくないようにはっきり記せ。

生物 問題 I

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文 1

生物は形態や発生などの共通性にもとづいて分類されてきた。古代ギリシャの哲学者アリストテレスは、生物を運動性の有無などの違いから植物と動物の2つに大別して分類し、その分類法はヨーロッパでは18世紀まで支持されていた。20世紀になると、生物の基本単位である細胞が、構造や機能の違いから原核細胞と真核細胞に分けられるようになり、生物の分類法においては、原核細胞からなる細菌類を原核生物として1つの生物界に、真核生物を4つの生物界に分類する五界説が提唱されるようになった。その後、生物の分類に分子系統学的な解析手法が取り入れられるようになると、生物が共通にもつ の塩基配列の比較を行った研究から、真核生物は1群にまとまるが、原核生物には細菌と古細菌の2つの異なる系統の生物群が存在することが見出された。これにもとづいて、生物の分類法において、生物を細菌、古細菌、真核生物の3つに分ける3 説が提唱されるようになり、今日では多くの裏付けによってそれが支持されている。また一部の古細菌がもつ 染色体の基本構造をつくるタンパク質や、DNAの複製や転写を担う酵素が、真核生物と類似している ^① ことが知られている。これらの類似点やDNAの塩基配列の比較から、真核生物は細菌より古細菌に近縁であると考えられている。

設問(1)：文中の に入る適切な用語を以下の中から1つ選んで記入せよ。

rRNA、プラスミド、イントロン、テロメア

設問(2)：以下の中から古細菌に分類される生物を1つ選んで記入せよ。

紅色硫黄細菌、メタン菌、乳酸菌、硝酸菌、根粒菌

設問(3)：文中の に適切な用語を記入せよ。

設問(4)：下線部①について、真核生物の染色体の基本構造であるヌクレオソームは、タンパク質にDNAが巻き付いた構造となっている。真核生物が共通にもつそのタンパク質の名称を答えよ。

文2

生物は細胞骨格と呼ばれる繊維状の構造を細胞内にもっている。真核生物では、微小管、アクチンフィラメント、中間径フィラメントの3つの細胞骨格がみられ、それらは細胞の構造の維持、運動、細胞内における物質の輸送など、細胞のさまざまな機能を担っている。微小管は、 α と β の2つの球状のタンパク質によって作られる管状の繊維である。アクチンフィラメントは、球状のタンパク質であるアクチンの単量体がつらなって形成される2本の鎖からできている。中間系フィラメントは細長い構造をもつタンパク質が束になって作られる。

微小管やアクチンフィラメントに結合し、 の分解エネルギーを利用してそれら繊維の上を移動するタンパク質を タンパク質と呼ぶ。 タンパク質は細胞内のさまざまな物質と結合することで、それらの輸送に役割を果たしている。微小管とアクチンフィラメントには極性があり、繊維の2つの末端はそれぞれマイナス(-)端、プラス(+)端と呼ばれる。 タンパク質は種類によってどちらの端に向かって移動するかが決まっている。微小管上を移動する タンパク質には と があるが、例えば動物のニューロンでは、 は軸索末端から細胞体(-端方向)への、 は細胞体から軸索末端(+端方向)への物質の輸送を担っている。アクチンフィラメント上を移動する タンパク質である は、真核生物が共通にもつタンパク質であり、動物では筋収縮にも役割を果たしている。

設問(5)：文中の ~ に適切な用語を記入せよ。

設問(6)：以下の1～6の語に最も関連性が深い細胞骨格はどれか。アクチンフィラメントはa, 微小管はb, 中間径フィラメントはcを記入せよ。

1. 紡錘糸
2. 植物の細胞質にみられる原形質(細胞質)流動
3. デスモソーム
4. ウニの精子の先体突起
5. 精子のべん毛
6. 核の形の維持(核膜の裏打ち)

文3

細胞骨格の形成のしくみや細胞内ではたらきを調べるために、生物が作り出す代謝産物が利用されている。その1つである薬剤Xは、単量体のアクチンには結合しないが、繊維を形成しているアクチン(アクチンフィラメント)には結合する。薬剤Xは、1本のアクチンフィラメントにおおよそ1つ結合し、結合した場所で作用することがわかっている。薬剤Xがアクチンフィラメントの伸長にどのような作用をもつのかを調べるため、図1のような実験を行った。アクチンフィラメントの形成過程では、複数個の単量体のアクチンが集まって安定した形になると、その末端に単量体のアクチンがさらに付加されて繊維が伸長する。はじめに、単量体のアクチンを、塩類を含む溶液に適切な濃度で加えて短いアクチンフィラメントを形成させた(図1, ①)。この短いアクチンフィラメントに、アクチンに結合性をもつタンパク質を安定的に結合させ、それによって全体が修飾されたアクチンフィラメントを作製した(図1, ②)。図1のように、このタンパク質で全体が修飾されたアクチンフィラメントは、顕微鏡で観察すると一端と+端の判別ができるようになる。次に②に対して、片方には単量体のアクチンと薬剤Xを加え、もう片方には単量体のアクチンのみを加えた。その後、時間をおって、それぞれのアクチンフィラメントの伸長の様子を観察した(図1, ③)。

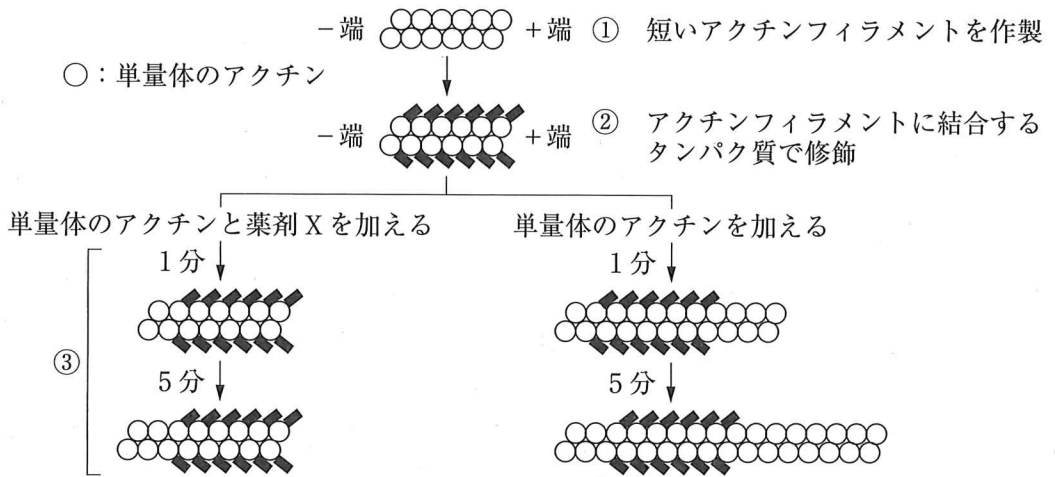


図1 アクチンフィラメントを伸長させる実験

設問(7)：図1の実験結果から、アクチンフィラメントの伸長は通常どのように進むと考えられるか。文中に「単量体のアクチン」、「-端」、「+端」の3つの用語を用いて解答欄の枠内で述べよ。

設問(8)：図1の実験結果から、薬剤Xは、アクチンフィラメントの「-端」、「+端」、それぞれの方向への伸長にどのような作用をもつか、解答欄の枠内で答えよ。また、薬剤Xがアクチンフィラメントに結合すると考えられる場所を答えよ。

設問(9)：分裂を行っている動物の細胞に対して、細胞周期のM期に薬剤Xを作用させたところ、M期の終期に起こる現象が阻害された。また、この現象が阻害された細胞は、その後、間期に進行して細胞内に核を形成したが、形成された核には通常の細胞のものとは異なる点があった。薬剤Xによって阻害された細胞の現象を答えよ。また、薬剤Xを作用させた細胞の核が通常と異なった点を考えて、解答欄の枠内で述べよ。

生物 問題II

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

動物は外界からの刺激を受け取り、対応する反応や行動を起こす。神経系は、刺激を受ける目や耳などの (ア) と刺激に応じた反応を起こす筋肉などの (イ) の間の連絡の機能を担う。

ヒトの神経系には脳と脊髄から構成される (ウ) 神経系と (ウ) 神経系と体の部分をつないでいる (エ) 神経系がある。神経の基本単位であるニューロンは多くの場合、細胞体から1本の軸索と多数の (オ) が突き出した形状となっている。

(エ) 神経系は運動や感覚などに関連した (カ) 神経系と内臓機能を代表とする体内環境を調節している (キ) 神経系に分けることができる。

(キ) 神経系は交感神経と (ク) 神経から構成される。また、そのはたらかは1つの器官に対して拮抗的であることが多い。

設問(1)：文中の (ア) ～ (ク) に適切な用語を記入せよ。

設問(2)：下線部①の神経系の大部分を構成するグリア細胞の役割について1つあげ、解答欄の枠内で述べよ。

設問(3)：下線部②の体内環境の調節について、体温の調節は (キ) 神経系の重要な機能の1つである。体内の深部の温度が高い場合、 (キ) 神経系の機能によって行われるいくつかの体温調節メカニズムが知られている。そのメカニズムのうち2つの例を解答欄の枠内で述べよ。

設問(4)：下線部③について，以下の a)～e)の中で交感神経の作用が優位にはたらい
ている場合の状況を示すものとして不適切なものをすべて選び，記入せよ。

- a) 胃腸(ぜん動) - 促進
- b) 立毛筋 - 収縮
- c) 瞳孔(ひとみ) - 拡大
- d) ぼうこう - 収縮
- e) 気管支 - 拡張

設問(5)：軸索に活動電位が生じると，活動電位が発生した興奮部と隣接した静止部の
間に微弱な電位差が発生する。それが新しい刺激となって興奮部の両隣にお
いて新たな活動電位が発生し，興奮が伝導する。一方で興奮を終えた部分に
は興奮が逆戻りしないことが知られている。その理由を解答欄の枠内で述べ
よ。

設問(6)：興奮の伝導において，有髄神経では同じ太さの無髄神経と比較すると速く伝
導する。そのメカニズムを解答欄の枠内で述べよ。

文2

神経細胞の興奮の伝達を計測する以下の実験を行った。図1のように神経細胞をその体内環境に近い組成をもつ細胞外液にひたして細胞外に基準電極を設置し、さまざまな条件でシナプスにつながる軸索を刺激し、細胞内の電位変化を測定した。図1中の2つの矢印はシナプスにつながる神経細胞①、②の軸索への電気刺激を模式的に表している。①と②の神経細胞を条件Ⅰ～Ⅲで刺激し、図2のような電位変化をそれぞれ観察した。なお、同一の神経細胞に対して同一の刺激を与えたときには、同じシナプス後電位が発生するものとする。また、これらのシナプスでは神経伝達物質を介してのみ情報の伝達が行われ、グルタミン酸もしくはγ-アミノ酪酸(GABA)のどちらか一方のみが神経伝達物質としてはたらくものとする。

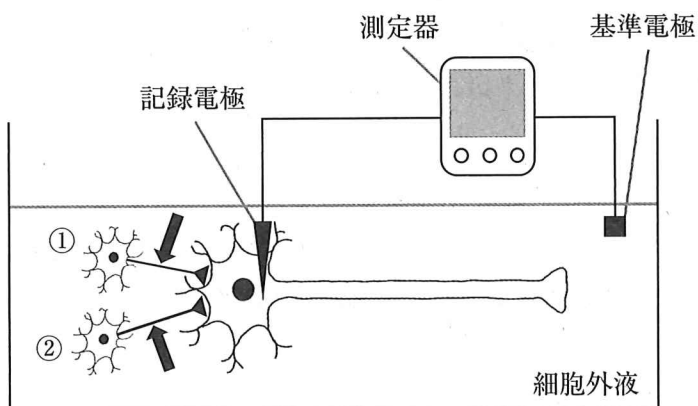


図1 電位測定環境1

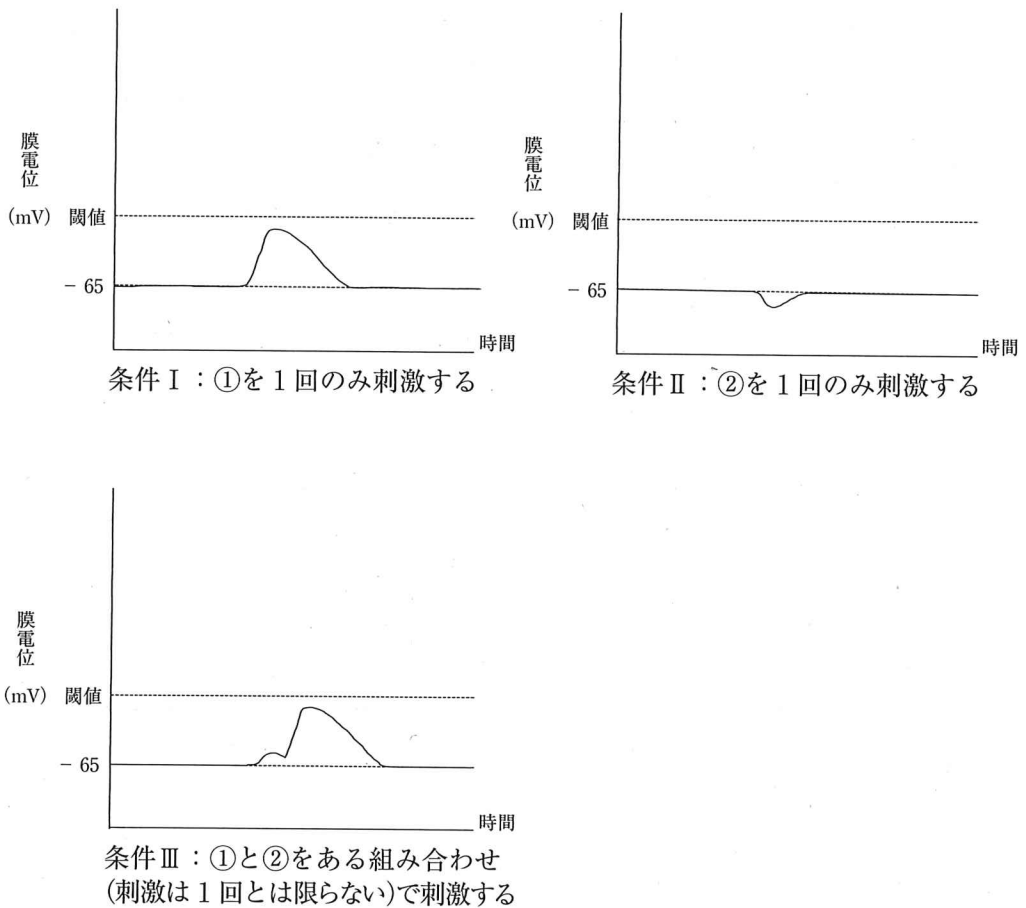


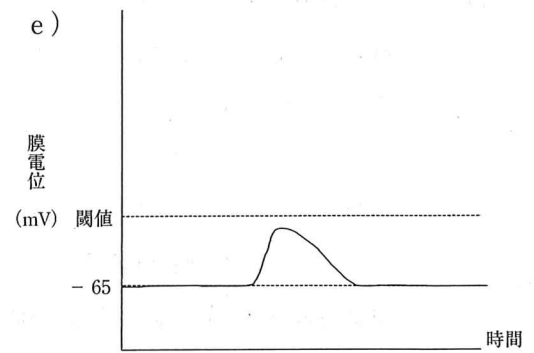
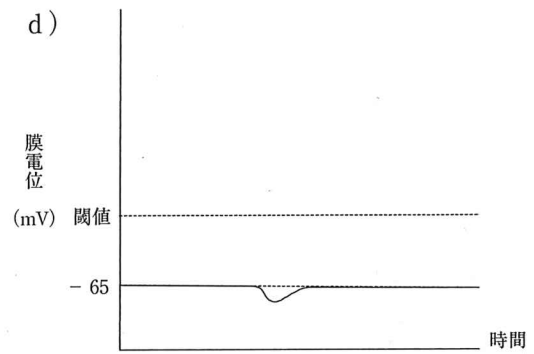
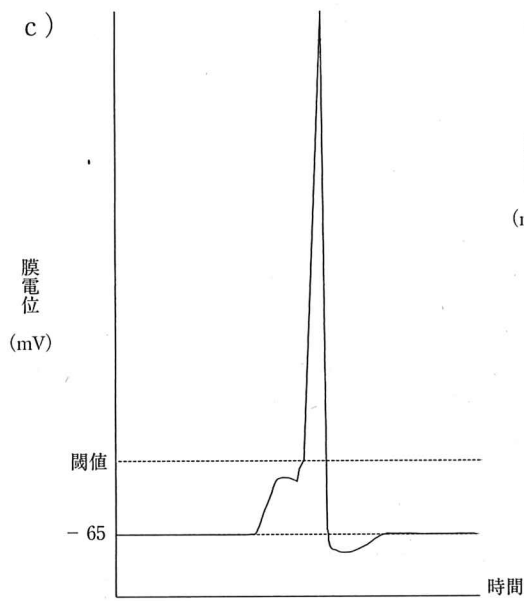
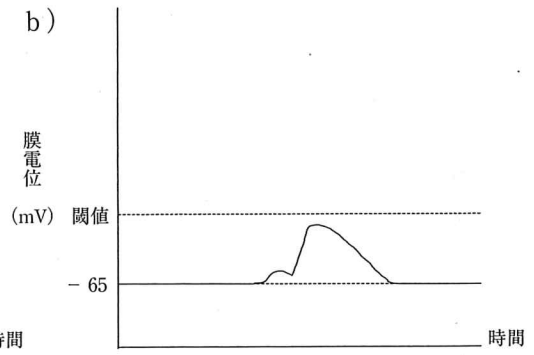
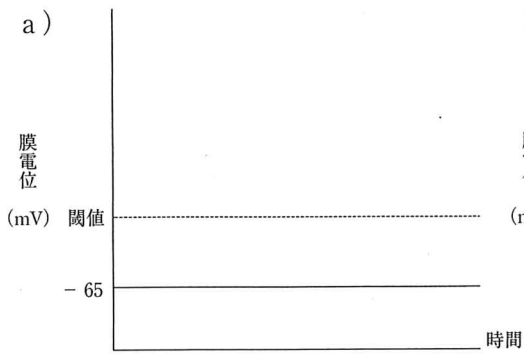
図2 各条件の下での電位変化

設問(7)：次に細胞外液を以下1～3に交換し、条件Ⅲと同じ刺激を行った時に得られると予想される電位変化に最も近いものを以下のa)～e)の図からそれぞれ選べ。

細胞外液1：グルタミン酸受容体のはたらきを完全に抑制する薬剤を添加した細胞外液

細胞外液2： Ca^{2+} を含まない細胞外液

細胞外液3：GABA受容体のはたらきを完全に抑制する薬剤を添加した細胞外液



設問(8)：図1の最初に用意した電位測定環境1と全く同じ環境を用意し，記録電極および基準電極を，共に細胞内に設置する電位測定環境2(図3)に変更した。この環境下で，①の軸索を数回刺激し，1回のみ活動電位が発生した。その場合に測定器の示す電位の変化の記述として最も適切なものを以下のa)～d)の中から選べ。

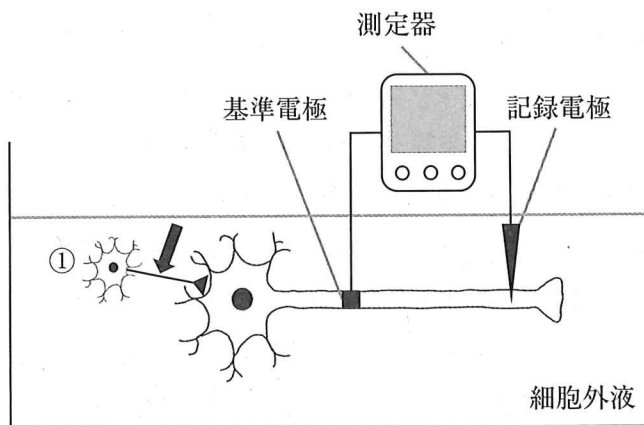


図3 電位測定環境2

- a) 刺激前 0 mV を示した電位は，刺激により上昇し，その後降下して，一旦 0 mV に戻ったのち，さらに降下し，その後再度上昇して 0 mV に収束する。
- b) 刺激前 0 mV を示した電位は，刺激により降下し，その後上昇して，一旦 0 mV に戻ったのち，さらに上昇し，その後再度降下して 0 mV に収束する。
- c) 刺激前 -65 mV を示した電位は，刺激により上昇し，その後降下して -65 mV に収束する。
- d) 刺激前 -65 mV を示した電位は，刺激により降下し，その後上昇して -65 mV に収束する。

生物 問題Ⅲ

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

単細胞生物が約38億年前に地球上に誕生してから、生物は競合的あるいは共生的な関係を介して進化してきた。最も成功した生物間の共生の1つとして、植物と根に感染する菌根菌の関係が知られている。菌根菌(アーバスキュラー菌根菌)は、土壌中に生育する菌類(カビ)であり、地球上の約8割の植物の根に感染する。根の表面から伸びた菌根菌により、植物はより広い範囲の土壌から栄養を得ることができる一方で、菌根菌は植物から①光合成産物を受け取ることで②お互いに利益のある関係を築いている(図1)。菌根菌は、植物の根の細胞内部まで侵入し、樹枝状体と呼ばれる構造を形成して、③植物との栄養のやり取りを行う。菌根菌は約5億年前に現れた菌であり、根の発達していなかった植物が陸に進出する際に重要な役割を担ったと考えられている。

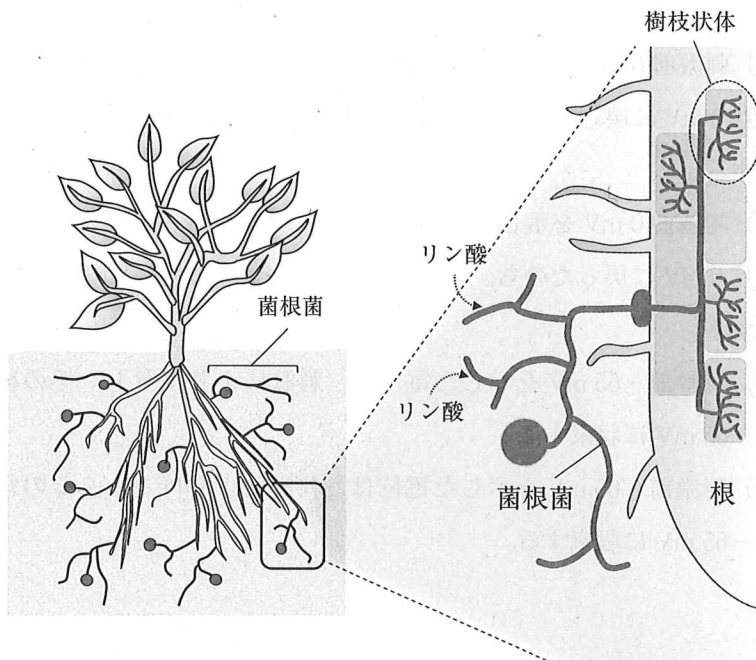


図1 植物根への菌根菌の感染

設問(1)：下線部①について、光合成の過程について記した以下の文章の空欄
□(ア) □(イ) □(ウ) □(エ) □(ア) に適切な用語を記入せよ。

植物の光合成では、葉緑体のチラコイド膜で起こる反応と □(ア) □(イ) □(ウ) □(エ) □(ア) で起こる反応を連携させることで、光エネルギーを利用して有機物が合成される。チラコイド膜では、2つの光化学系が光エネルギーによって活性化され、□(イ) □(ウ) が合成される。□(ア) □(イ) □(ウ) □(エ) □(ア) における炭酸同化反応では、エネルギー源として □(イ) □(ウ) □(エ) □(ア) が使われ、還元力として □(ウ) □(エ) □(ア) を消費する。この炭酸同化の反応経路は発見者にちなんで □(エ) □(ア) 回路と呼ばれる。

設問(2)：下線部②について、このような関係をなんと呼ぶか答えよ。また、以下の生物は、いずれも他の生物とお互いに利益のある関係をもつことが知られている。この中から1つを選択してその相手の生物を記し、それぞれにどのような利益があるかについて簡潔に説明せよ。

・マメ科植物 ・ヒマワリ ・アブラムシ ・腸内細菌 ・光合成細菌

設問(3)：下線部③について，菌根菌と植物の物質のやり取りには樹枝状体と接している植物の細胞膜が重要な役割を担っている。植物は細胞膜上に，糖や脂質を菌に供給する，あるいはリン酸(Pi)やアンモニウムイオン(NH₄⁺)などの無機養分を菌から受け取るための輸送タンパク質をもっている(図2)。

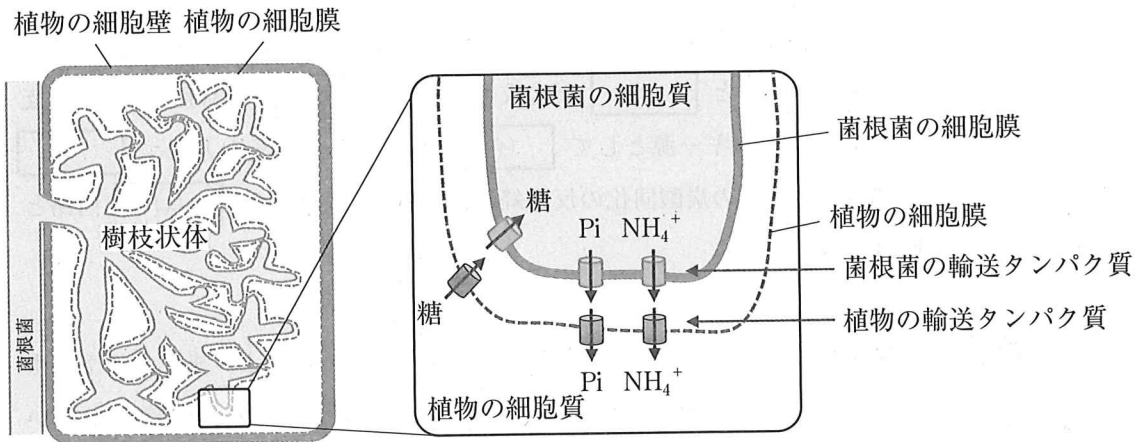


図2 菌根菌の樹枝状体における輸送タンパク質を介した物質輸送

ある植物 A は，菌根菌からリン酸を受け取ることが知られている。そこで，その際にはたらく輸送タンパク質の遺伝子を明らかにするための実験を計画した。これまでに，次の a)～d) の実験結果が得られた。

- 植物 A をリン酸が豊富な土壌に植えて，菌根菌を土に加えない実験区と加えた実験区を比較した。その結果，菌根菌の有無で植物の生育に影響はなかった。
- 植物 A をリン酸が不足した土壌に植えて，菌根菌を加えない実験区と加えた実験区を比較した。その結果，菌根菌を加えなかった区と比較して菌根菌を加えた区で植物の生育がよかった。
- 植物 A のゲノムの塩基配列を解析したところ，リン酸の吸収に関与すると推定される 6 種の輸送タンパク質遺伝子 (PT1 から PT6) が見出された。

d) リン酸が豊富な土に、植物 A および「各リン酸輸送タンパク質の遺伝子が欠失した 6 種の植物 A 変異体」を植え、生育を比較した。その結果、植物 A と比較して *PT1* 遺伝子を欠失した変異体の生育が抑制された。この結果から、根の細胞がリン酸を土から直接吸収する際にはたらく輸送タンパク質の遺伝子は、*PT1* であることが示された。

これらの結果を参考にさらに実験を行ったところ、*PT3* 遺伝子が菌根菌との共生時においてリン酸輸送を行うタンパク質の遺伝子であることが明らかとなった。以下の材料の中から適切なものを用いて、この結果を導いた実験を設定せよ。また、どのような結果が得られたかについて解答欄の枠内で説明せよ。

- ・植物 A
- ・菌根菌
- ・リン酸が不足した土
- ・リン酸が豊富な土
- ・各リン酸輸送タンパク質の遺伝子が欠失した植物 A の 6 種の変異体

文2

植物が地上へ進出したのは、今から約5億年前であると考えられている。現在知られている約30万種の植物のほとんどは陸上で生育しており、陸上環境への進出は植物の繁栄の重要な段階であったと推定される。陸上では が水やプランクトンにさえぎられることもなく、また炭酸同化に用いられる に富んでおり、光合成に好適な環境である。水際にいた原始的な植物の一部は、やがて陸上植物に進化した。地上の空気にさらされる環境では、表皮がロウなどの重合体からなる で覆われることで、地上部組織からの水分の喪失が防がれる。また、陸上植物は、外気と植物のガス交換や水の蒸散を制御するための気孔をもつ。さらに、植物体全体に水や栄養を運ぶシステムである が^④が発達した。 は、植物体が地上で重力に耐えうる物理的な強度を増すことで体を支えるという役割も担っている。 組織は根の発達にも貢献した。根は土壌中から水や栄養分を吸収するだけでなく、植物体を地面に固定し、背が高く成長するために必須の器官である。

設問(4)：文章の空欄 ～ に当てはまる適切な用語を記入せよ。

設問(5)：下線部④について、気孔の開閉の制御に関する以下の文章について、正しいものには○を、誤っているものには×を記入せよ。

- a) 通常、気孔は明るい場所では水分の蒸散を防ぐために閉じ、暗い場所では開く。
- b) 孔辺細胞の気孔に面する側の細胞壁は、反対側の細胞壁より厚くなっている。
- c) 青色光を受容した孔辺細胞では水の流入が促され、膨圧が増すことで気孔が開く。
- d) 乾燥状態や細菌の感染を受けた植物は、ジャスモン酸を介して気孔を閉じる。

草稿用紙

(切りはなしてはならない)

生物 問題IV

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。

文1

多くの動物のからだは、前後・背腹・左右が区別できる。前後軸・背腹軸・左右軸といった体軸は胚発生の過程で決まる。これまで、カエルやイモリなどの両生類の胚を用いた研究から、これら脊椎動物の背腹軸・前後軸は、胚発生初期に決まることがわかっている。

カエルの未受精卵は、植物極側に卵黄を多く含むが、動物極—植物極を結ぶ軸に沿って回転相称である。精子は動物半球から進入する。これを引き金として、卵細胞の表面に近い部分が、その内側の細胞質に対して約 30° 回転する(図1)。これを表層回転という。これにより、精子進入点の反対側では、色素が少ない植物半球表層が、黒い色素を多く含む動物半球に動き、動物半球の細胞質が (ア) として見えるようになる。 (ア) が見られる側が、将来のからだの (イ) 側となり、初期原腸胚において細胞が陥入して (ウ) が形成される。胞胚期には、表層回転に依存して、精子進入点の反対側の細胞の核に β カテニンというタンパク質が蓄積することが知られている。

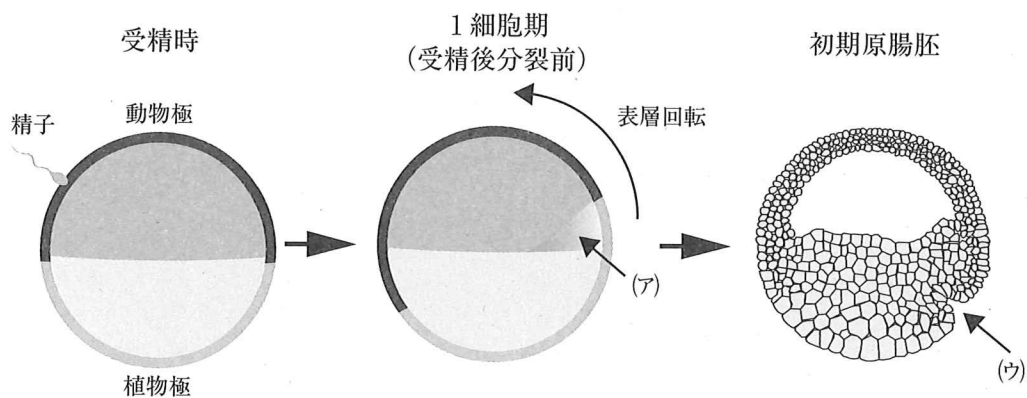


図1 カエルの初期背腹軸形成

約 100 年前、ドイツの生物学者であるハンス・シュペーマンとその学生であったヒルデ・マンゴールドは、体色の異なる 2 種類のイモリの胚を用いて、以下の実験を行った(図 2)。クシイモリの (ウ) の動物極側の領域(A)を、スジイモリの(A)と反対側の赤道部に移植した場合、移植片は陥入を始め、宿主胚に前後軸を備えたもう一つの胚(二次胚)を生じた。色素の違いから、二次胚がどちらの細胞に由来するかを調べると、図 2 に示すように、脊索のすべてと神経管・体節の一部は移植した細胞に由来したが、^② 神経管・体節の一部と腎節・腸管のすべては宿主胚の細胞に由来することから、(A)はこれらの組織を作る能力をもつことが明らかとなった。シュペーマンとマンゴールドは、このような能力をもつ胚の領域を「形成体(オーガナイザー)」と名づけた。

クシイモリの初期原腸胚

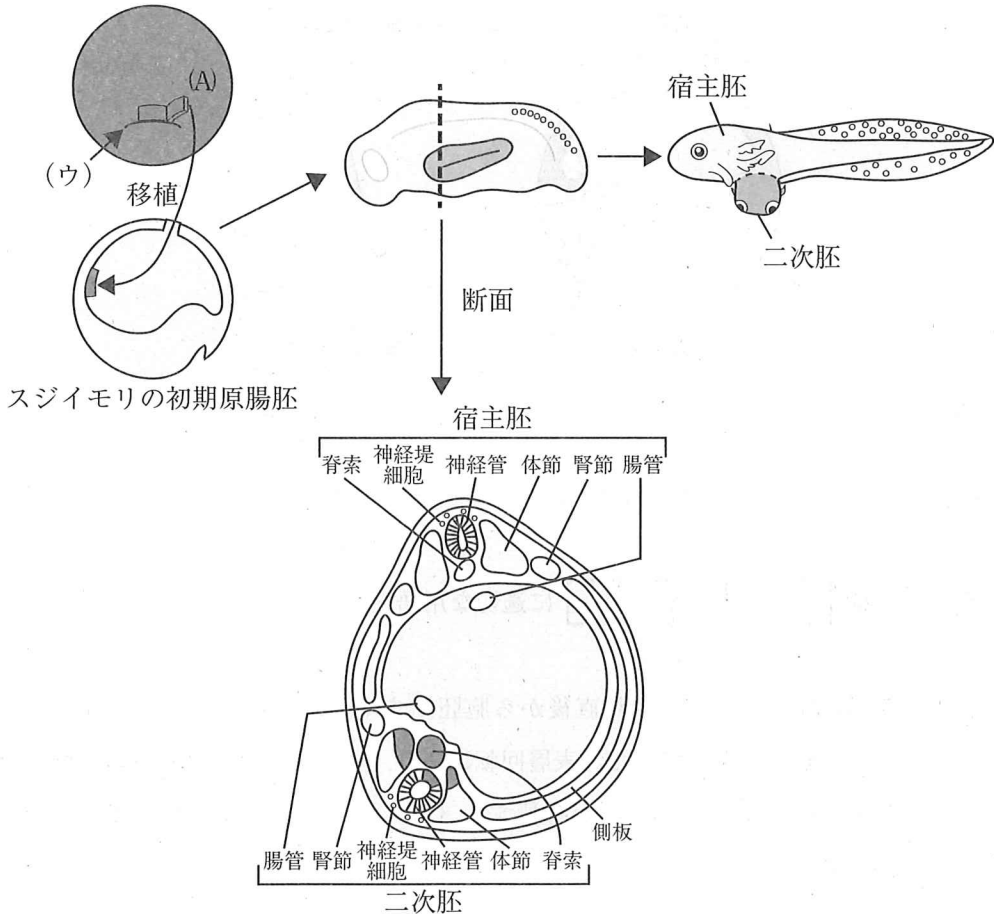


図 2 シュペーマンとマンゴールドの移植実験

その後 1960 年代 - 1970 年代に、オランダの生物学者ピーター・ニューコープは、アフリカツメガエルの胚を用いて、形成体の誘導に、胞胚期の細胞間のシグナルの受け渡しが関与することを示した(図 3)。初期胞胚の動物極側(B)を切り取り、培養すると外胚葉に由来する (エ) に分化した。植物極側(C)を切り取り培養すると (オ) 胚葉に分化した。(B)と(C)を組み合わせて培養すると、本来 (エ) に分化すべき(B)が (カ) 胚葉組織に分化した。さらに、精子進入点とは反対側の植物極側の組織(D)を(B)と組み合わせて培養すると、(B)が形成体を含む (イ) 側 (カ) 胚葉に分化した。これらのことから、形成体の誘導には、植物極側の組織から産生される分泌タンパク質が関与すると考えられた。

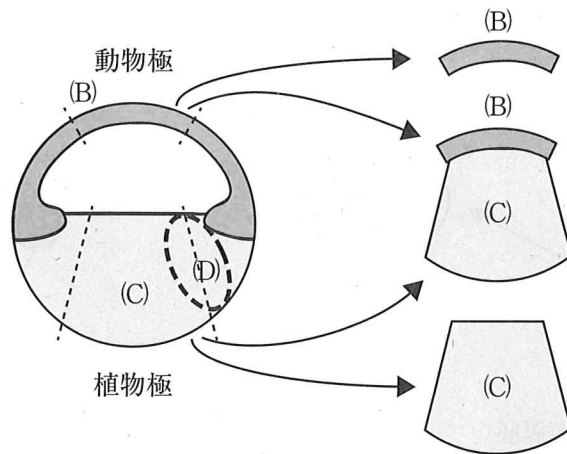


図 3 ニューコープの実験

設問(1): 空欄 (ア) ~ (カ) に適切な用語を記入せよ。

設問(2): 下線部①について、受精直後から胞胚期まで、 β カテニンの mRNA は胚の中で一様に分布していた。表層回転により、精子進入点の反対側の細胞の核に β カテニンタンパク質が蓄積するメカニズムを考えて、解答欄の枠内で述べよ。

設問(3)：下線部②および図2の脊索，神経管，体節，腎節，腸管，神経堤細胞，側板は，さまざまな細胞に分化する。これらのうち，血管，脊椎，四肢の筋肉，色素細胞に分化するのはそれぞれどれか，解答欄に記入せよ。

設問(4)： β カテニンの発現を阻害したアフリカツメガエル胚においては，形成体は誘導されない。その胚を用いて，下線部③の実験を行ったところ，(B)から形成体は誘導されなかった。植物極側の組織(D)から産生される分泌タンパク質Yが形成体の誘導に関わることがわかっている。分泌タンパク質Yは受精卵には存在していないと仮定した場合， β カテニンとタンパク質Yの関係を考えて，解答欄の枠内で述べよ。

文2

小型魚類のゼブラフィッシュは，両生類と同様の体軸形成機構をもつ。これまでの解析から，ゼブラフィッシュの形成体の誘導に関わる分泌タンパク質Yの候補として，互いに構造が似たノーダルN1，ノーダルN2とアクチビンがあげられた。また，これら分泌タンパク質の受容体は複数のタンパク質から構成されるが，受容体に含まれるタンパク質Oの存在が明らかとなった。2つのノーダルの遺伝子が欠失した変異体(N1；N2二重変異体)，およびOの遺伝子が欠失した変異体(O変異体)の胚では，内胚葉および背側中胚葉が欠損していた。なお，これらの遺伝子に変異をもたないゼブラフィッシュを野生型と呼ぶ。

さらに，原腸胚における背腹軸形成には，胚の腹側で産生される分泌タンパク質BMPと，形成体で産生される分泌タンパク質コーディンが，重要な役割を果たしていることが明らかとなった。ゼブラフィッシュは複数のBMPタンパク質をもつが，あるBMPタンパク質の遺伝子の欠失変異体では，腹側組織が縮小し背側組織が増大した。^⑤一方，コーディン遺伝子の欠失変異体では，背側組織が縮小し腹側組織が増大した。

N1；N2二重変異体およびO変異体では，アクチビンの発現量に変化はなかった。

設問(5)：下線部④の N1；N2 二重変異体，O 変異体，および野生型ゼブラフィッシュの受精卵に，ノーダル(N1，N2)およびアクチビンの mRNA を注入し，これらタンパク質を過剰に作らせた。1 日間発生させた胚の形態観察の結果を表 1 に示す。注入した mRNA は，原腸胚初期まで，胚のすべての細胞に受け継がれるものとする。比較のために水を注入した胚も観察した。ゼブラフィッシュの体軸形成と胚葉形成は 1 日以内に完了する。

表 1 ゼブラフィッシュ胚への mRNA 注入実験

ゼブラフィッシュ \ 注入物	水	ノーダル N1 の mRNA	ノーダル N2 の mRNA	アクチビンの mRNA
野生型	正常に発生した	背側組織が増大した	背側組織が増大した	背側組織が増大した
N1；N2 二重変異体	内胚葉および背側中胚葉が欠損した	背側組織が増大した	背側組織が増大した	背側組織が増大した
O 変異体	内胚葉および背側中胚葉が欠損した	内胚葉および背側中胚葉が欠損した	内胚葉および背側中胚葉が欠損した	背側組織が増大した

次の文章のうち，これらの実験結果から，正しいと推測されるものには○を，誤っていると推測されるものには×を記入せよ。

- ノーダルは，形成体の誘導には必要だが，内胚葉の誘導には必要ない。
- ノーダル N1 と N2 は，複合体を作らなければ機能しない。
- ノーダル N1 と N2 の両方とも，形成体誘導に O を必要とする。
- O は，ノーダルとアクチビン両方の機能に必要である。
- 胚にもともと含まれるアクチビンは，ノーダル非存在下では，形成体を誘導できない。

設問(6)：下線部⑤のコーディン遺伝子と BMP 遺伝子の両方が欠失した二重変異体の胚では，コーディン変異体か BMP 変異体のどちらかの胚と同じ形態を示した。二重変異体は，どちらの変異体の胚と同じ形態を示したか，名称を答えよ。また，そう考えた理由を，解答欄の枠内で述べよ。

草稿用紙
(切りはなしてはならない)

草 稿 用 紙
(切りはなしてはならない)