

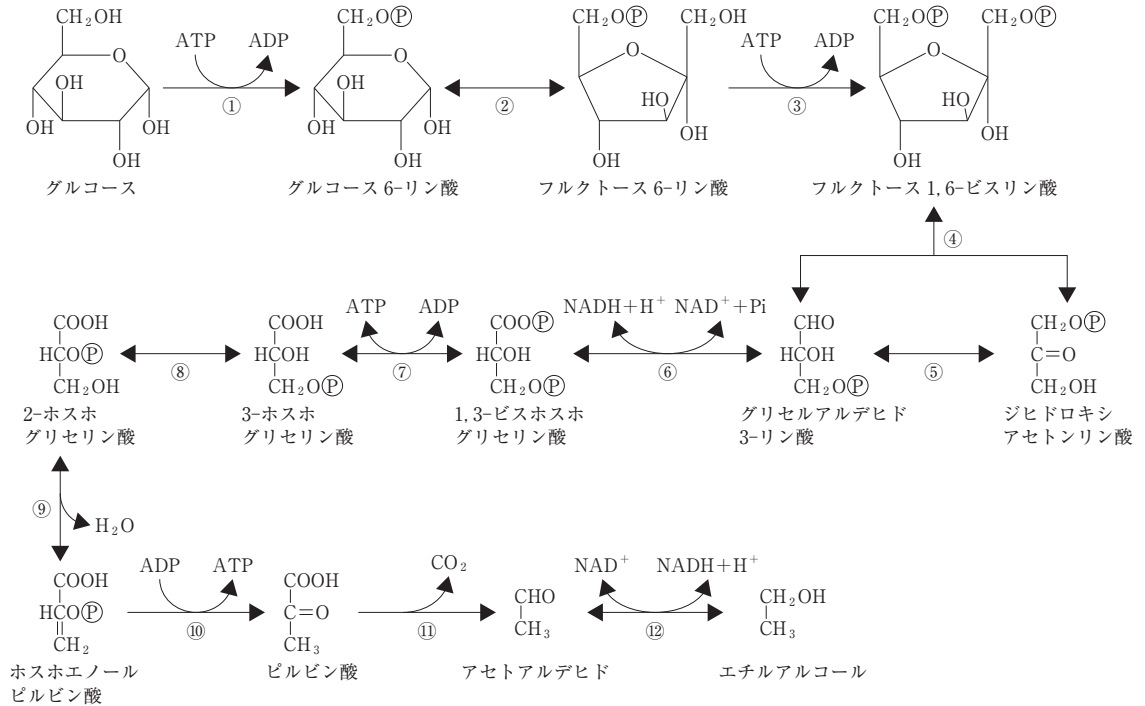
## 令和3年度入学試験問題(前期)

# 理 科(生 物)

### 【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いて見てはならない。
2. あらかじめ選択を届け出た科目について解答すること。それ以外の科目について解答しても無効である。
3. 本冊子には **1** から **4** までの4問題が印刷されていて、合計11ページである。  
落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所がある場合には、申し出ること。
4. 解答用紙を別に配付している。解答は、問題と同じ科目、同じ番号の解答用紙に記入すること。指定の箇所以外に記入しているものは無効である。
5. 解答用紙に指定された欄に、学部名および受験番号を記入すること。
6. **1** **2** **3** **4** の全ての問題に解答すること。
7. 配付された解答用紙は、持ち帰らないこと。
8. 配付された問題冊子は、持ち帰ること。

**1** アルコール(エチルアルコール)発酵を構成する代謝経路に関する問(1)~(4)に答えよ。



Ⓟはリン酸基、Piは無機リン酸を表し、また①~⑫の反応はそれぞれ以下のタンパク質に触媒されるものとする。  
 ①ヘキソキナーゼ、②グルコース 6-リン酸イソメラーゼ、③ホスホフルクトキナーゼ、④アルドラーゼ、⑤トリオースリン酸イソメラーゼ、⑥グリセルアルデヒド 3-リン酸デヒドロゲナーゼ、⑦ホスホグリセリン酸キナーゼ、⑧ホスホグリセリン酸ムターゼ、⑨ムターゼ、⑩ピルビン酸キナーゼ、⑪ピルビン酸デカルボキシラーゼ、⑫アルコールデヒドロゲナーゼ

問(1) グルコースからピルビン酸までの変換過程は多くの生物に共通している代謝経路である。その名称を答えよ。

問(2) (1)の変換過程では、リン酸の結合した中間生成物からリン酸がADPに転移することによってATPが生じる。このようにホスホエノールピルビン酸などの化合物の分解によって、ADPとリン酸からATPが合成される仕組みの名称を答えよ。

問(3) アルコール発酵は以下の化学反応式で表すことができる。



1分子のグルコースがアルコールに変換された結果、2分子のATPが生じる理由を説明せよ(文字数は制限しないが、解答は指定の枠内に収めること)。ただし、反応④により生成したジヒドロキシアセトンリン酸は、異性化酵素反応により、その異性体であるグリセルアルデヒド3-リン酸に変換されるものとする。

問(4) 強力粉、酵母(ドライイースト)、砂糖、塩、ぬるま湯を混ぜ合わせて作製したパン生地を、32～35℃で30分ほど置いておくと、パン生地は膨らんでいく。パン生地が膨らむ要因について、30字程度で説明せよ。

補足：砂糖の主成分は、グルコースとグルコースの異性体であるフルクトースが脱水縮合したショ糖である。ショ糖は酵母細胞内で加水分解され、グルコースとフルクトースに変換されたのち(1)の代謝経路を経て代謝される。

2 次の文章を読み、問(1)～(6)に答えよ。

生物学は全ての科学と同じように、事例を扱うのではなく、むしろ証拠を取り扱う。証拠には様々な種類があるが、もっとも弱い証拠は相関的な証拠である。相関する事象はただの偶然の一致で全く関係がないことさえある。相関的な証拠は多くの研究の開始点となりうるが、単に相関だけである事実が別の事象の原因となっているとまでは言えない。他の証拠としては機能的な証拠が挙げられ、その1つに機能を喪失させ、そこから得られた結果を証拠として扱う。これとは別に機能の獲得により、得られた結果もその証拠となる。このように生命現象の1つである発生機構の解明につながる核となるほとんどの研究は、機能の喪失や獲得といった証拠の連続性により見いだされてきた。

発生機構の1つである誘導とは、ある胚域に接した他の胚域からの影響によって分化の方向が決定されることである。両生類のある胚期の胚域 a と胚域 b を接着させると胚域 a から中胚葉性の組織が形成される。この中胚葉誘導には複数の母性因子や誘導物質が関わっていて、母性因子の( ① )は中胚葉誘導が起こる前の胚の植物極側に局在し、別の母性因子である( ② )とともに誘導物質の( ③ )タンパク質の遺伝子の転写を促進する。( ② )は、背側に高く、腹側に低い背腹軸に沿って濃度勾配を形成している。従って背側領域では誘導物質の( ③ )の濃度がもっとも高くなり、( ③ )の濃度の高い側では背側の中胚葉が、濃度が低い側では腹側の中胚葉が誘導される。またある胚期中胚葉域に裏打ちされた外胚葉からは神経管が誘導される。原口背唇から分泌されるタンパク質( ④ )や( ⑤ )が神経を誘導する。胞胚期の細胞では( ⑥ )は胚全体に均一に分布しているが、( ⑤ )が( ⑥ )と結合し、外胚葉の細胞膜に存在する受容体に結合することができず、神経の形成に関わる遺伝子が発現し、神経誘導が起こる。( ④ )と( ⑤ )は、直接神経を誘導するのではなく、表皮への誘導を阻害することで、神経の分化を起こす。

問(1) 下線部Aにもっとも当てはまるものを下記のア～オから選べ。

- ア. 超好熱菌の酵素反応速度と温度
- イ. ウニの卵割の進行速度と温度
- ウ. コウノトリ数と同じ期間に産まれたヒト新生児数
- エ. ダーウィンフィンチの親と子でのくちばしの厚み
- オ. 島の面積とそこに生息する生物の種数

問(2) 下線部Bに該当する実験操作を下記のア～オから選べ。

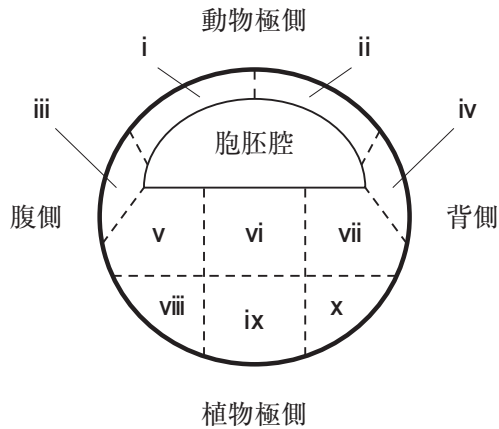
- ア. シーケンス
- イ. クローニング
- ウ. ノックアウト
- エ. PCR
- オ. トランスジェニック

問(3) 下線部Cならびに下線部Dは発生過程中的いかなる胚期に相当するか、それぞれ答えよ。

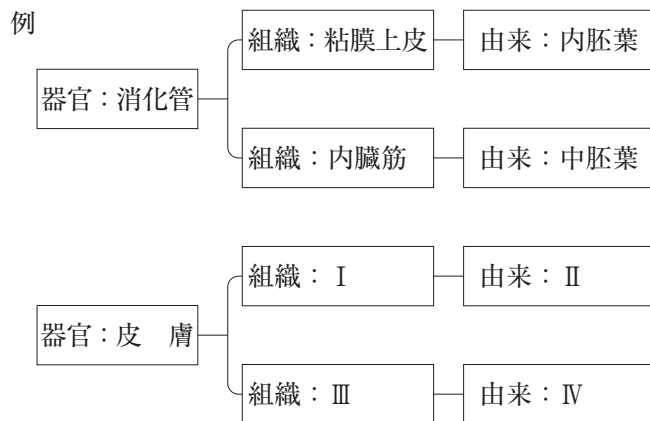
問(4) 文章中の空欄( ① )～( ⑥ )に当てはまる語句を語群から選び、文章を完成させよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

語群 Antp, BMP, Dfd, Dpp, Hox, VegT, Wnt,  $\beta$ カテニン,  
カドヘリン, ダイニン, キネシン, コーディン, ナノス, ミオシン,  
ノギン, ノーダル, ビコイド

問(5) 下の図は両生類の下線部Cの胚期を模式的に示したものである。文章中のa域の名称とそれに対応する図中の胚域(i～x), 並びにb域の名称とそれに対応する図中の胚域(i～x)をすべて記せ。



問(6) 発生が進むと胚の各部が分化し, 複雑な器官が形成される。以下に示す脊椎動物の消化管を構成する組織とそれに由来する胚葉を例に, 皮膚を構成する組織とそれに由来する胚葉を記せ。



3 次の文章を読み、問(1)～(5)に答えよ。

一般的に、動物は外界からの刺激を、目や耳などの( ① )で受け取り、感知された情報は脳などの中枢神経系で統合されたのち、( ② )へと伝えられることで、刺激に応じた反応が生じる。これらの情報の伝達は、ニューロンを介して行われる。ニューロンは、次の4つの部位に分けられる。[ i ]他のニューロンからの情報を受け取る( ③ )、[ ii ]核と核周囲部からなる細胞体、[ iii ]細胞体から他の細胞へと伸びる軸索、[ iv ]シナプス前部としてはたらき、他の細胞へと神経情報を伝達する役割を持つ神経終末部からなる。情報の伝わり方は、ニューロン内と、神経終末部とは異なる。

ニューロン内における神経情報は、細胞膜内外の電位の変化として伝えられる。ニューロン内に微小な記録電極を挿入し、細胞外に基準電極を設置して細胞膜内外の電位差を測定すると、刺激を受けていない場合は、およそ  $-70$  mV 程度の値を示す。これを( ④ )という。一方、ニューロンが刺激を受けると、膜電位が一過的にプラスへと変化し、その後元に戻る。これを活動電位という。軸索部分の1カ所で活動電位が生じると、脱分極が起こり、隣接した部位との間の電位差にしたがって軸索内に電流が流れる。その結果、隣接部にも脱分極が生じる。このように、軸索に沿って隣接部に次々と活動電位が伝導されることによって、情報がニューロンの末端まで伝わる。

ニューロンの末端と他の細胞の間には、 $20$  nm ほどの隙間が空いている。この細胞間隙を挟んだ細胞間の接合部をシナプスという。シナプス前細胞の神経終末部に興奮が伝導すると、電位依存性の( ⑤ )が開き、シナプス小胞から神経伝達物質の放出を促す。シナプス間隙に放出された神経伝達物質は、シナプス後細胞の細胞膜表面上にある( ⑥ )と結合する。その結果、神経伝達物質依存的にイオンチャネルが開くことで、シナプス後細胞の膜電位が変化し情報が伝えられる。このように、軸索を伝わってきた電気信号は、一般に、シナプスにおいて化学物質へと変換されることで、次の細胞へと情報を伝える。

問(1) 文章中の空欄( ① )～( ⑥ )に当てはまる語句を答えよ。

問(2) 活動電位の伝導速度を測定するために以下の実験を行った。

無髄神経繊維であるゴキブリの巨大神経繊維を1本取り出し、矢印の位置で刺激を与えることで活動電位を生じさせ、2点間の細胞膜表面の電位差を測定した。㉗の位置に測定電極を、㉘に基準電極をそれぞれ細胞外表面に設置した結果、グラフのような電位の変化が観察された。㉗-㉘の距離は、40 mm である。設問(a)と(b)に答えよ。

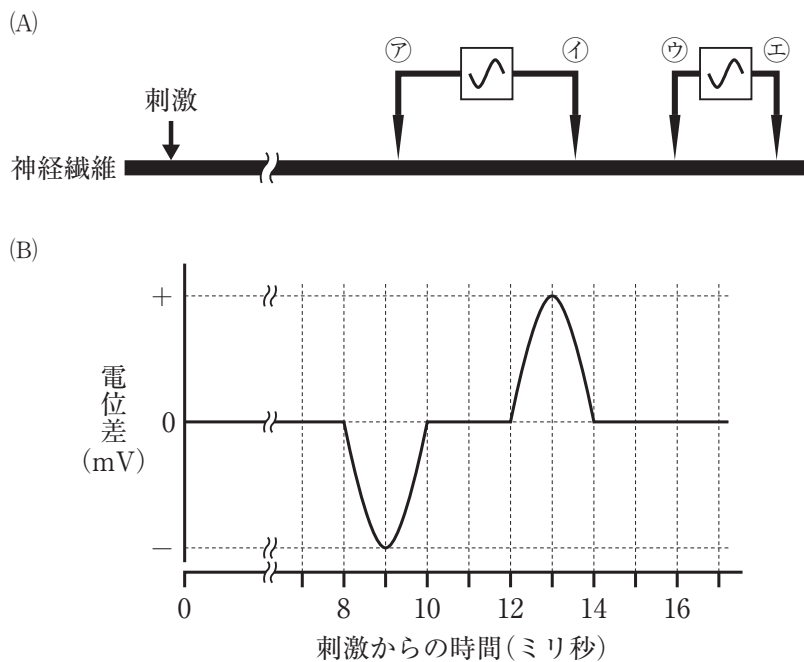


図1 神経繊維における活動電位の伝導

(A) 刺激を与える位置と電位差を測定する位置の模式図

(B) ㉗-㉘間における電位差の変化のグラフ

(a) この神経繊維における活動電位の伝導速度(m/秒)を求めよ。

(b) 矢印の位置で刺激した際に観測される㉙-㉚間の電位差の変化のグラフを、解答欄に描け。基準電極は㉙とする。また㉘-㉙の距離は、20 mm、㉙-㉚の距離は、30 mm である。



問(3) 興奮の伝導速度は、無髄神経繊維に比べて有髄神経繊維では飛躍的に高まる。有髄神経繊維において活動電位が生じる場所を何というか。また有髄神経繊維における興奮の伝わり方を何というか答えよ。

問(4) ニューロンを取り出し培養したところ、図2に示すように、1つのニューロンに対して2つのニューロンがシナプスを形成した。そこで㉗または㉘の位置で刺激して、細胞Zの細胞膜電位を測定した。その際、記録電極は細胞Z内に挿入し、基準電極は細胞外に設置した。その結果、それぞれ図2のグラフで示すような結果が得られた。設問(a)と(b)に答えよ。

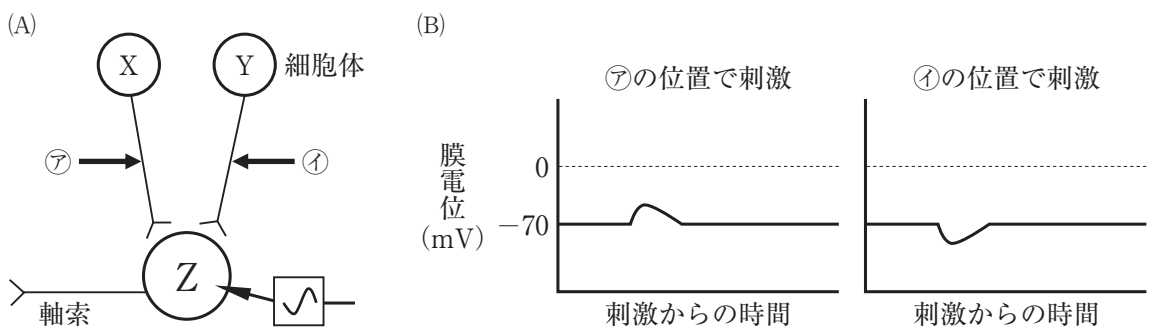


図2 シナプスからの情報によるニューロンの細胞膜電位の変化

- (A) 刺激を与える位置と膜電位を測定する位置の模式図  
 (B) 各位置での刺激による膜電位の変化のグラフ

- (a) ニューロンXとZの間のシナプスは何と呼ばれるか答えよ。  
 (b) ニューロンYから分泌される神経伝達物質によって、ニューロンZの細胞体への流入が促される主なイオンは何か、代表的なものを1つ答えよ。

問(5) 痛みを抑えるために局所麻酔を行う際、ナトリウムチャネルの開口を抑制する薬剤が使用される。なぜナトリウムチャネルの抑制が麻酔薬となるのか、その理由を100字以内で述べよ。

4 次の文章を読み、問(1)~(3)に答えよ。

ある地域に生息する同種の個体のまとまりを個体群と呼び、単位空間あたりの個体数を( ① )という。個体群内の個体数が増加することを個体群の成長というが、その成長は無限に続くわけではない。ショウジョウバエの雄雌1対を飼育びんの中で飼育すると、個体数は図1のように増加したのちに、やがて上限値に近づいてゆく。この現象は、( ① )が増大するにつれて栄養分や( ② )が不足したり、排出物が蓄積することによって、個体群の成長が抑えられるために生じる。また、この状態では、( ① )が増大するにつれて、1個体あたりの産卵数の( ③ )や、死亡率の( ④ )などが起こる。このように、( ① )の変化に伴って個体群の性質が変化することを( ⑤ )という。

植物でも個体群内で( ⑤ )がはたらくことはよく知られている。たとえば( ① )を変えてダイズをいくつかの区画にまくと、図2のように芽生えてからの時間経過が短いうちは、高い( ① )の区画で単位面積あたりの重量(収量)は大きい。しかし、時間経過とともにその差は減少し、十分に時間が経過すると初期の( ① )とは関わりなく、収量はほぼ一定の値に近づいてゆく。この現象は、( ① )が高い条件下では、光や養分をめぐる競争が早い段階から激しくなって個体の成長が抑制されるために生じた現象である。このような競争は( ⑥ )と呼ばれ、( ⑤ )が生じるおもな要因である。

1つの個体群は同じ場所で生活する別の種の個体群とともに生物群集を形成している。生物群集内では( ⑥ )と同様に食物などをめぐる競争が生じるだけでなく、他の生物を捕えて食べる捕食なども起こり、これらの作用をまとめて( ⑦ )という。生物群集内において、ある種が食物連鎖、( ② )、活動時間などで占める地位は( ⑧ )と呼ばれ、似たような地位の生物どうしでは激しい競争が生じやすく、競争によって一方の種が他方の種を駆逐する場合もある。その一方で、( ⑧ )<sup>B</sup>を分割させることに加えて、捕食者や攪乱がもたらす効果によって、生物群集内では多種の共存が保たれている場合が多い。

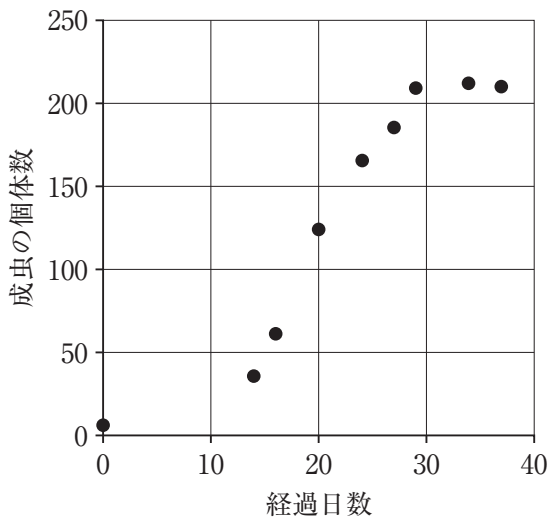


図1 びんの中でのショウジョウバエの個体数の時間的変化。Pearl(1927)の実験結果を簡略化した。

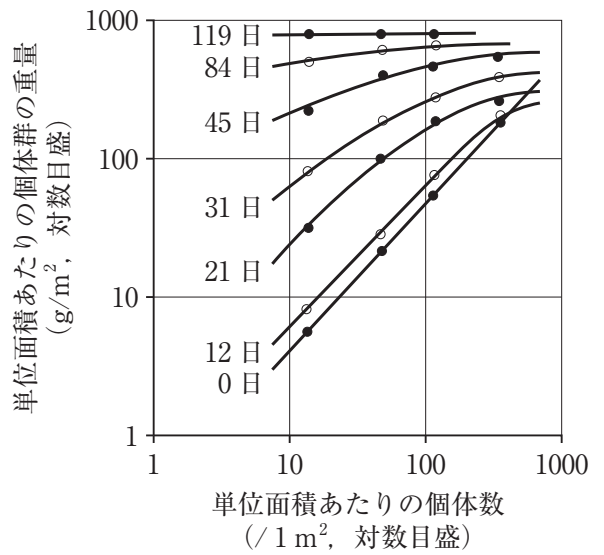


図2 単位面積あたりの数を変えてまいたダイズの収量の時間的変化。図中の数字はまいてからの日数を示す。Kiraら(1953)の実験結果を簡略化した。

問(1) 文章中の空欄( ① )～( ⑧ )に当てはまる語句を答えよ。なお、同じ番号は繰り返し使用されていることを示す。

問(2) 下線部Aに述べたような上限値は何と呼ばれるか答えよ。

問(3) 下線部Bについて，以下の設問(a)と(b)に答えよ。

(a) 下線部Bの現象は何と呼ばれるか答えよ。

(b) 以下のア～エにあげた2種の間で下線部Bの現象が起こると考えられる関係には○，起こらないと考えられる関係には×を，解答欄に記入せよ。

ア．ヒトデとフジツボ

イ．ゾウリムシとヒメゾウリムシ

ウ．カタクリとブナ

エ．ダイズと根粒菌

問題訂正・補足説明

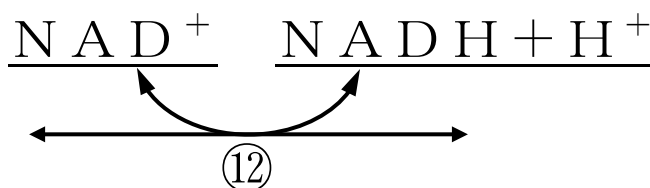
問題訂正・補足説明の教科・科目名

理科（生物）

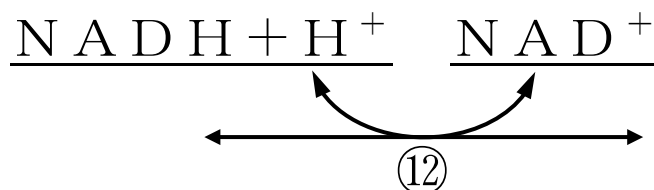
1 ページ

1 図

誤)



正)



図下の脚注

誤) ⑨ ムターゼ

正) ⑨ エノラーゼ

10 ページ

4 図 2

横軸の単位

誤) (1m<sup>2</sup>, 対数目盛)

正) (m<sup>2</sup>, 対数目盛)