令 和 6 年 度

入学者選抜学力試験問題

前 期 日 程

理　　科

注　　意

1. 解答は，科目ごとに別冊の解答用紙の所定の解答欄に書くこと。
2. 各学部志望者は，以下のとおり選択し，解答用紙の表紙の選択別欄に○印を記入すること。
   理学部志望者——理科 3 科目の中から 2 科目
   生活環境学部及び工学部志望者——理科 3 科目の中から 1 科目
3. 選択した科目の解答用紙の表紙の※印欄に，本学受験番号・氏名を記入すること。
   受験番号は，本学受験票の受験番号を記入すること。
   ※印欄以外の箇所には，受験番号・氏名を絶対に書かないこと。
4. 解答用紙の表紙の選択別欄に指定科目数をこえて○印をつけた場合は，すべての解答を無効とする。
5. 試験終了後，この問題冊子は持ち帰ること。
6. 問題冊子総ページ数———23
   物　理——1 ～ 8 ページ　　　化　学——9 ～15 ページ
   生　物——16～23 ページ
7. 解答用紙ページ数
   物　理——9 ページ　　　化　学——6 ページ
   生　物——3 ページ

生　　物

I　次の文章を読み，あとの問に答えよ。

脊椎動物において，光，におい，音といった外界からの様々な刺激は，眼，鼻，耳などの(　**ア**　)で感知され，電気信号に変換された後，感覚ニューロンを介して(　**イ**　)神経系へと伝えられて，情報が統合処理される。その結果生じた神経情報をもとに，動物は外界からの刺激に応じた個体の反応を引き起こす。一般に，個体の反応を引き起こすための器官を(　**ウ**　)とよぶ。

神経細胞と神経細胞の間や，運動ニューロンと筋繊維の間の情報伝達はシナプスにおいて行われる(これをシナプス伝達という)。シナプスでは，情報を伝える側の神経細胞の軸索末端部に活動電位が到達すると，軸索末端部の細胞膜と(　**エ**　)の膜が融合して(　**エ**　)から<u>神経伝達物質が開口放出される</u>①。そして，情報を受けとる側の神経細胞や筋繊維の細胞膜にある受容体に神経伝達物質が結合することで情報が伝達される。

シナプス伝達にはカルシウムイオン(Ca^{2+})が関与することが知られている。そこで，シナプス伝達と Ca^{2+} の関係を調べるために，図1に示すような，カエル脚部の運動ニューロンと筋繊維がつながった生体試料とガラスピペット，膜電位記録装置を配置した実験装置を作製し，下記の実験1～6を行った。

実験1　実験容器内を<u>生理的塩類溶液</u>②(以降，溶液Aとする)で満たし，運動ニューロンに電気刺激を加えて活動電位を1回発生させた。

実験2　実験容器内を溶液Aから Ca^{2+} を除いた溶液(以降，溶液Bとする)で満たし，運動ニューロンに電気刺激を加えて活動電位を1回発生させた。

実験3　実験容器内を溶液Bで満たし，運動ニューロンへの電気刺激は加えずに，ガラスピペットに入れた Ca^{2+} 溶液をシナプス部分へ短時間，微量投与した。

実験4　実験容器内を溶液Bで満たし，ガラスピペットに入れた Ca^{2+} 溶液をシナプス部分へ短時間，微量投与し，その直後に運動ニューロンに電気刺激を加えて活動電位を1回発生させた。

実験5　実験容器内を溶液Bで満たし，運動ニューロンに電気刺激を加えて活動電位を1回発生させ，運動ニューロンの膜電位が静止膜電位に戻った後に，ガラスピペットに入れた Ca^{2+} 溶液をシナプス部分へ短時間，微量投与した。

実験6　実験容器内を溶液Bで満たし，運動ニューロンへの電気刺激は加えずに，ガラスピペットに入れた神経伝達物質Xをシナプス部分へ短時間，微量投与した。

実験1～6で，シナプス部分の運動ニューロンと筋繊維における膜電位を記録したところ，図2に示す結果が得られた。なお，シナプス伝達のみを検討するために，筋繊維については，活動電位および筋収縮はおきないように処理している。

生　　物

Ⅰのつづき

問 1　本文中の(　**ア**　)～(　**エ**　)に最も適切な用語を入れよ。

問 2　下線部①のような神経伝達物質にはどのようなものがあるか。名称を 2 つあげよ。

問 3　下線部②の生理的塩類溶液は，動物の体液に類似したイオン組成や pH になるように作製された溶液である。リカさんは，実験で用いるカエルの生理的塩類溶液を作製するときに，間違えて通常よりも 10 倍多い量の塩化カリウムを加えてしまった。この間違えて作製した溶液を使用して筋繊維の静止膜電位を試しに測定すると，静止膜電位の値が通常とは異なっていた。以下の文章は，その理由について説明したものである。文章中の(　**オ**　)～(　**ク**　)にあてはまる語を選択肢から選び，解答欄の選択肢を丸で囲め。

細胞内のカリウムイオン(K^+)濃度は細胞外に比べて(**オ**　高い・低い)。間違えて作製した溶液は生理的塩類溶液よりも K^+ 濃度が高くなっているので，この溶液では，細胞内外の K^+ 濃度の差は(**カ**　大きく・小さく)なり，細胞外に移動しようとする K^+ が(**キ**　多く・少なく)なるので，筋繊維の静止膜電位は通常より(**ク**　プラス側・マイナス側)の値を示した。

問 4　次の(1)～(3)に答えよ。

(1)　実験 1 のグラフから読みとれることを簡潔に記せ。

(2)　実験 1 の結果と比較して，実験 2 と実験 3 のグラフから読みとれることをそれぞれ記せ。

(3)　実験 1 ～ 6 のグラフから読みとれることをもとに，脊椎動物のシナプス伝達において，筋繊維の膜電位変化がおきるしくみについて考察せよ。

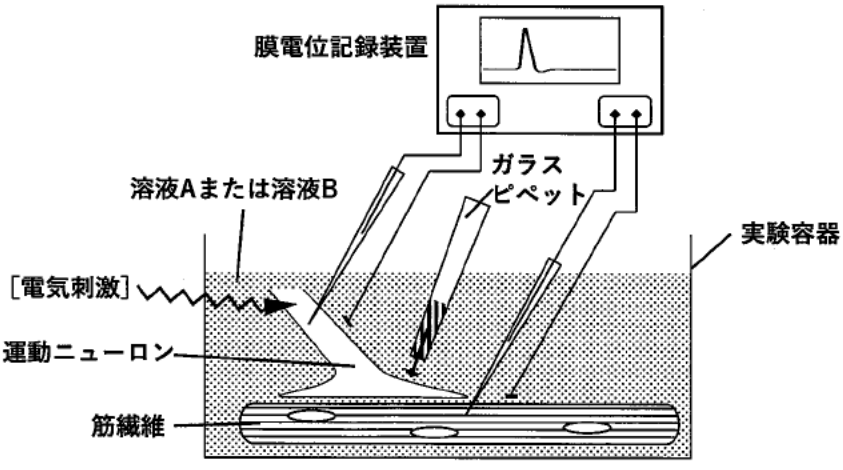

図 1　実験装置の模式図

I のつづき

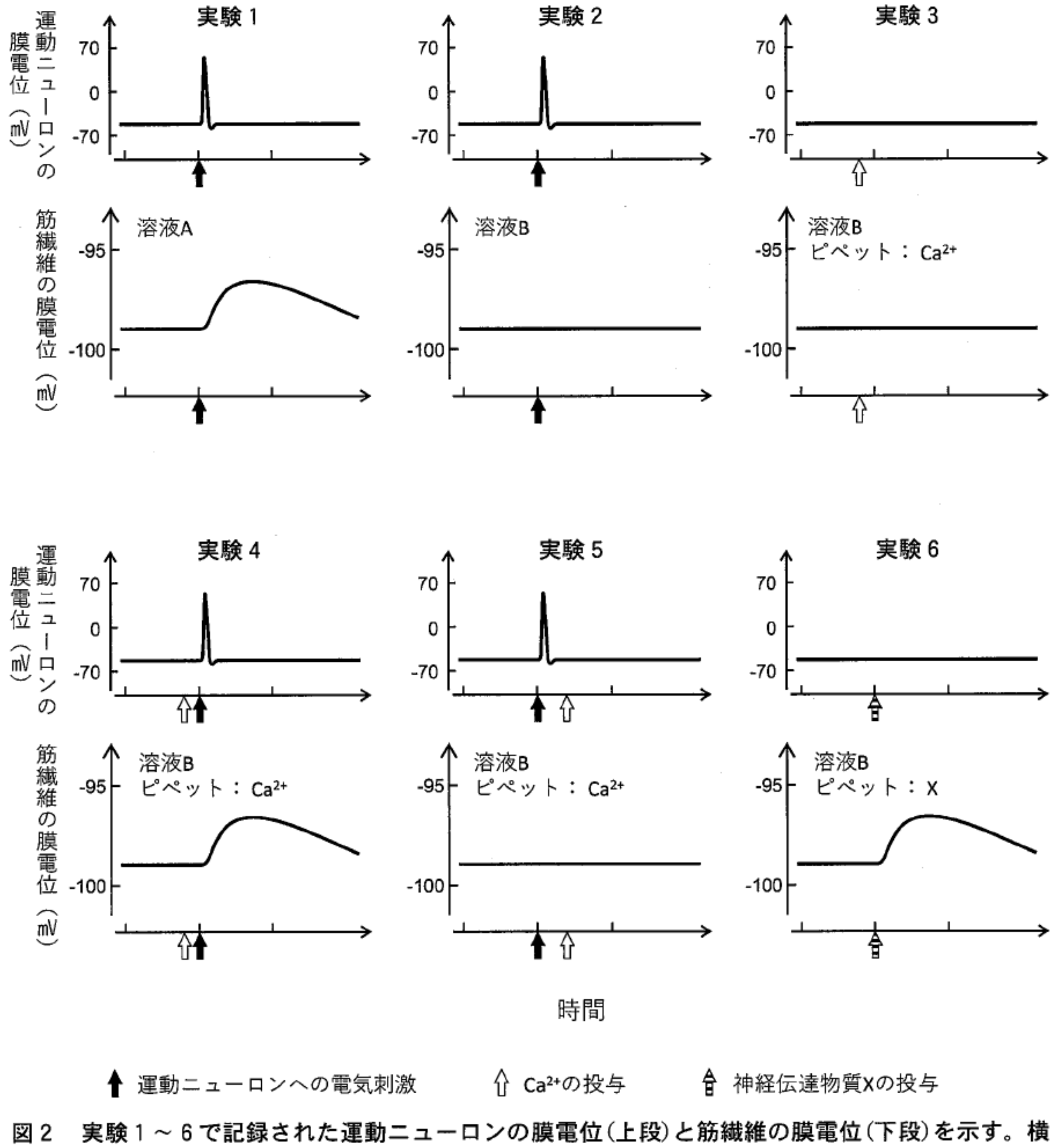

図 2　実験 1 ～ 6 で記録された運動ニューロンの膜電位(上段)と筋繊維の膜電位(下段)を示す。横軸の時間の 1 目盛りは 50 ミリ秒である。矢印は各処理を行った時点を示す。

生　　物

II　次の文章を読み，あとの問に答えよ。

近年，気候変動の影響で，河川の大洪水による災害が頻発している。災害は防がなければならないが，河川生態系は洪水という（　**ア**　）が適度におこることで保たれている生態系でもある。例えば，大きな洪水がたびたびおこる河川では，環境は不安定になり，生物は除去されて減少し，新しい場所にすばやく移入できる生物，すなわち分散力の高い生物が優占する群集となる。逆に，洪水がめったにおこらない河川では，環境は安定し，餌やすみかをめぐる競争に勝てる生物，すなわち競争力の高い生物が優占する群集となる。

ニュースで目にするような災害規模の大きな洪水がおきた河川について考えてみよう。表1は，ある地域の5km四方に位置する複数の小さな河川を，大洪水（土石流）からの経過年数でAとBの2グループに分け，各グループの河川で採集された主要な水生無脊椎動物の個体群密度の平均値を表している。表1から，水生無脊椎動物の種数はグループ間で等しいものの，両グループの群集構造は大きく異なっていることがわかる。例えば，グループAはグループBと比べ，採集された種の個体群密度の合計値は（　**イ**　高く・低く　），個体群密度が突出した値を示す種はいない。一方，グループBはグループAと比べ，採集された種の個体群密度の合計値は（　**ウ**　高く・低く　），個体群密度が突出した値を示す種がいる。このことから，種多様性はグループ間で異なり，グループ（　**エ**　A・B　）の方で高いことが推測される。また<u>種によって回復までの年数が異なっていることもわかる</u>①。

洪水がめったにおこらない河川についても考えてみよう。図1は，表1とは別の地域の複数河川に生息する水生生物の栄養段階を表しており，一部の生物については河川間での相対的な個体群密度の違いも示している。この地域の河川には，河床の石表面に生える生産者である「付着藻類」，これを食べる一次（　**オ**　）である<u>小型の「カゲロウ類」および砂粒で作った巣で身を包んでいる大型の「携巣トビケラ類」</u>②，さらにカゲロウ類を食べる二次（　**オ**　）である「カワゲラ類」が生息している。これら水生生物の群集構造を調べるため，この地域の洪水がおこらない河川（上流にダムがあるため，長期間にわたり小規模な洪水もおきていない）と洪水がおこる河川（上流にダムがないため，小規模な洪水が時々おきている）とで比較調査を行ったところ，<u>洪水がおこる河川とおこらない河川とでは，水生生物の群集構造が大きく異なっていた</u>。なお，両河川とも災害規模の大洪水はおきておらず，両河川の違いは洪水の有無のみであり，また，付着藻類は洪水による直接的な影響を受けていないものとする。

生　　物

Ⅱのつづき

表１　ある地域の複数河川に生息する主要な水生無脊椎動物の個体群密度と生態的な特徴。数値は個体群密度の平均値を表す。カワゲラとカゲロウの仲間の個体群密度は幼虫のものである。また，これらの幼虫は水中に生息している。

種	個体群密度（個体数/m^2） 最後の大洪水から 16年以下の河川（グループA）	個体群密度（個体数/m^2） 最後の大洪水から 57年以上の河川（グループB）	生態的な特徴 生息する場所	生態的な特徴 飛翔能力
トビイロカゲロウ	88.7	18.7	水中・陸上	成虫にはあり
サワガニ	53.0	22.3	水中・陸上	なし
トウゴウカワゲラ	264.0	91.3	水中・陸上	成虫にはあり
コカゲロウ	120.0	0.0	水中・陸上	成虫にはあり
ニホンヨコエビ	0.0	1895.3	水中のみ	なし
ヒラタカゲロウ	149.3	10.0	水中・陸上	成虫にはあり

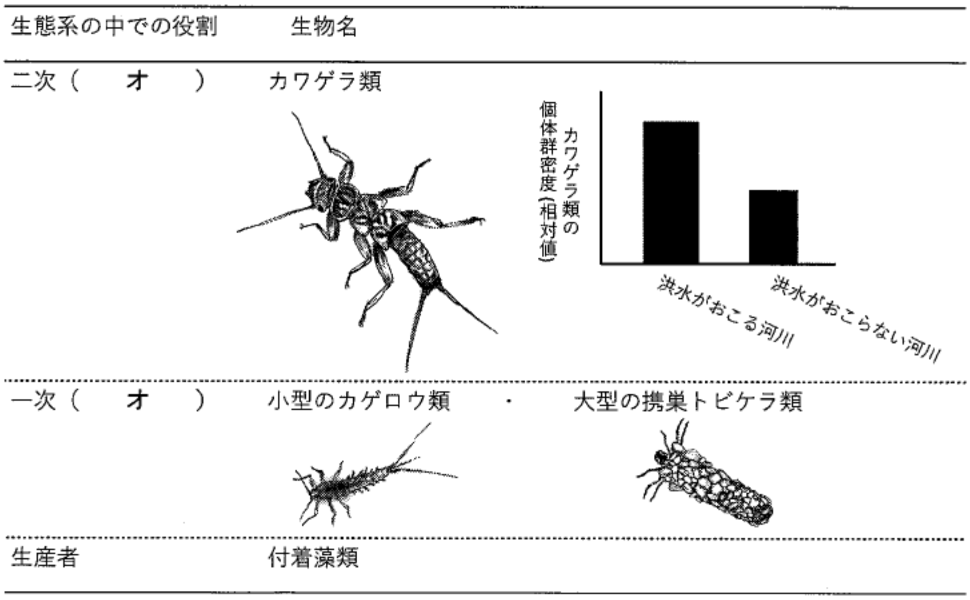

図１　上の表１とは別の地域の複数河川における水生生物の生態系の中での役割，および洪水がおこる河川とおこらない河川におけるカワゲラ類の相対的な個体群密度。カワゲラ類，小型のカゲロウ類，大型の携巣トビケラ類は幼虫であり，線画の尺度は一致していない。

Ⅱのつづき

問 1　（　ア　）と（　オ　）に最も適切な用語を入れよ。また，（　イ　）～（　エ　）では適切な選択肢を選び，解答欄の選択肢を丸で囲め。

問 2　下線部①について，次の(1)，(2)に答えよ。

(1)　表 1 に示す種のうち，分散力が最も低いと考えられる種を答えよ。

(2)　(1)で選んだ種の分散力が低い理由を，表 1 に示す生態的な特徴から考えて説明せよ。

問 3　以下の文は下線部②の生物についての説明である。これをふまえ，二重下線部に記した水生生物の群集構造について，あとの(1)，(2)に答えよ。

小型のカゲロウ類と大型の携巣トビケラ類は餌をめぐる競争関係にあり，実験的に水槽で飼育すると携巣トビケラ類が競争に勝つ。しかし，実際の河川における両者の個体群密度は，競争関係だけではなく，洪水や捕食者など様々な要因の影響を受けて決まる。つまり，河川では必ずしも携巣トビケラ類が多くなるとは限らず，カゲロウ類が多くなる場合もあり，ほとんどの場合，どちらかが高い個体群密度を示す。また，両者は洪水への抵抗性と，カワゲラ類への抵抗性において大きく異なっている。洪水がおきたとき，カゲロウ類は河床の小さな隙間に逃げ込んで洪水をやりすごせるが，携巣トビケラ類はこの隙間に逃げ込むことができず，容易に下流へ流されて少なくなってしまう。一方，カワゲラ類が襲ってきたとき，カゲロウ類はカワゲラ類に容易に食べられてしまうが，携巣トビケラ類は巣の中に隠れることができるので食べられることはほとんどない。

(1)　図 1 に示したカゲロウ類と携巣トビケラ類について，両者の競争関係と洪水への抵抗性だけを考えたとき，洪水がおこる河川とおこらない河川における携巣トビケラ類の相対的な個体群密度はどうなると予想されるか。解答欄の**あ**～**う**，**え**～**か**の選択肢からそれぞれ一つ選んで丸で囲め。また，その選択肢を選んだ理由を説明せよ。

(2)　実際の河川ではカワゲラ類も生息しており，その個体群密度は図 1 の中のグラフに示されている。カワゲラ類への抵抗性も考えに入れたとき，(1)で示したカゲロウ類と携巣トビケラ類の相対的な個体群密度はどう変化すると予想されるか。(1)のグラフを基準とし，解答欄の**あ**～**う**，**え**～**か**の選択肢からそれぞれ一つ選んで丸で囲み，その選択肢を選んだ理由を説明せよ。また，この結果を受け，付着藻類の量は洪水がおこる河川とおこらない河川で比較するとどうなると考えられるか。解答欄の選択肢を丸で囲め。

生　　物

III　次の文章を読み，あとの問に答えよ。

遺伝情報は遺伝子の本体である<u>DNA の塩基配列</u>①に記録されている。真核細胞では核の中で遺伝子のプロモーターに基本転写因子が結合することで RNA ポリメラーゼがはたらき，DNA の塩基配列が mRNA の塩基配列に写し取られる(転写)。mRNA は核膜孔を通って細胞質に移動し，<u>リボソームなどのはたらきによって mRNA の塩基配列に対応したアミノ酸配列をもつタンパク質がつくられる(翻訳)</u>②。このように遺伝情報をもとにしてタンパク質がつくられることを遺伝子の発現という。

遺伝子の発現は生育条件や成長の段階によって調節されていて，ゲノムに含まれるすべての遺伝子が常に発現しているわけではない。たとえば，<u>単細胞の真核生物である酵母は，炭素栄養源としてグルコースを利用して生育するが，炭素栄養源としてガラクトースだけしか利用できない条件ではガラクトースを利用して生育するようになる</u>③。これは酵母内でガラクトースを利用するために必要な遺伝子が発現し，ガラクトキナーゼなどの酵素がつくられるからである。ガラクトースがなければこれらの遺伝子は発現せず，タンパク質の不必要な合成が抑えられている。

問 1　下線部①について，次の(1)，(2)に答えよ。

(1)　DNA と RNA の構成単位であるヌクレオチドの 3 つの構成要素のうち，塩基以外の 2 つの名称を答えよ。

(2)　ヌクレオチドの塩基の中で DNA にしか含まれないものと RNA にしか含まれないものをそれぞれあげよ。

問 2　下線部②について，次の(1)，(2)に答えよ。

(1)　翻訳時にリボソームにアミノ酸を運んでくる RNA の名称を答えよ。

(2)　大腸菌では酵母とは違って，転写途中の mRNA に複数のリボソームが付着している様子が観察される。このことから大腸菌における遺伝子の発現にはどのような特徴があると考えられるか。

問 3　下線部③について，次の(1)～(4)に答えよ。

(1)　ガラクトースはグルコースと同様に細胞質に存在する酵素群によってピルビン酸にまで分解され，その際に ATP がつくられる。この一連の反応過程を何と呼ぶか。

(2)　(1)の過程に関係する酵素群のひとつホスホフルクトキナーゼの活性は細胞内の ATP 量により調節される。ATP はこの酵素の活性を促進するか，阻害するか，理由とともに答えよ。

(3)　(1)の過程で生じたピルビン酸は呼吸や発酵に使われる。酵母では生育環境により呼吸と発酵のどちらかが優勢となる。それぞれ，どのような生育環境のときに優勢となりうるか，答えよ。

(4)　呼吸ではピルビン酸に含まれる炭素原子は最終的にどのような分子として放出されるか。

生　　物

Ⅲ のつづき

問 4　酵母における遺伝子の発現のしくみを調べるために，下記の酵母株と培地を用いて，実験 1 から実験 4 を行った。これらの実験の結果について，あとの(1)，(2)に答えよ。

［酵母株］　野生株(W)，変異株 1 (M 1)，変異株 2 (M 2)

［培地］　炭素栄養源としてグルコースだけを含む培地(GLU 培地)，炭素栄養源としてガラクトースだけを含む培地(GAL 培地)

実験 1　W，M 1，M 2 をそれぞれ GLU 培地が入ったシャーレで生育させたところ，すべて生育した。

実験 2　W，M 1，M 2 をそれぞれ GAL 培地が入ったシャーレで生育させたところ，W は生育したが，M 1，M 2 は生育しなかった。

実験 3　W，M 1，M 2 から DNA を抽出し，ガラクトキナーゼの遺伝子の開始コドンから終止コドンまでの塩基配列(開始コドンと終止コドンを含んだ塩基数は 1587)を調べた。その結果，W と M 2 については，塩基配列は同じであったが，M 1 は 63 番目の塩基が変異し，その塩基を含むトリプレットが終止コドンになることがわかった。

実験 4　ガラクトキナーゼの遺伝子とその前後の DNA を含む断片を W から取り出し，その DNA 断片を組み込んだプラスミドを作製した。このプラスミドを M 2 に導入し，その酵母株を M 2 P とした。M 2 P を GAL 培地が入ったシャーレで生育させたところ，W と同様に生育した。

(1)　実験 3 の結果から，W でつくられるガラクトキナーゼのアミノ酸の数はいくつになると推定できるか。また，M 1 でガラクトキナーゼの遺伝子からつくられるタンパク質は，W でつくられるものよりも構成するアミノ酸の数が少ないために，酵素としてはたらけなかったと考えられる。M 1 でガラクトキナーゼの遺伝子からつくられるタンパク質のアミノ酸の数はいくつになると推定できるか。それぞれ，計算過程とともに示せ。ただし，ガラクトキナーゼの遺伝子にイントロンは含まれないことがわかっている。

(2)　M 2 は実験 1 で GLU 培地が入ったシャーレで生育できたが，実験 2 で GAL 培地が入ったシャーレで生育できなかった。実験 3 と実験 4 の結果から，原因として考えられることを根拠とともに記せ。

問題作成上参照した資料

科目	大問番号	著者名	作品名	出版社名	掲載ページ	出版年等
前期日程 理科（生物）	I	B Katz, R Miledi	（神経筋伝達におけるカルシウム作用のタイミング） The timing of calcium action during neuromuscular transmission	J. Physiol. Vol. 189	535−544	1967
	II	Kobayashi, S., Gomi, T., Sidle, R. C., & Takemon, Y.	（急峻な源流渓流における大型無脊椎動物群集を形成する攪乱：森林皆伐と土石流発生の相対的重要性） Disturbances structuring macroinvertebrate communities in steep headwater streams: relative importance of forest clearcutting and debris flow occurrence	Can. J. Fish. Aquat. Sci. Vol. 67	427−444	2010
		Wootton, J. T., Parker, M. S., & Power, M. E.	（攪乱が河川の食物網に及ぼす影響） Effects of disturbance on river food webs	Science Vol. 273	1559−1561	1996