

理 科

9 : 00~11 : 00

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は、34 ページある。このうち、「物理」は2～7 ページ、「化学」は8～18 ページ、「生物」は19～27 ページ、「地学」は28～34 ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・専攻 科目	理学部				医学部						歯学部		工学部				農学部			獣医学部	水産学部		
	数 理 系	物 理 系	化 学 系	生 物 学 系	医 学 系	保 健 学 系					学 部	学 部	応 用 理 工 系	情 報 工 学 系	ロ ン グ レ ク ス 系	機 械 知 能 工 学 系	環 境 社 会 工 学 系	農 ・ 総 合 系	農 ・ 化 学 系	農 ・ 生 物 系	医 学 部	水 産 学 部	
						看 護 学 専 攻	放 射 線 技 術 攻	科 学 技 術 攻	検 査 技 術 攻	学 理 学 攻													理 療 法 学 攻
物理	◎	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	◎	◎	○	○	○	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	○	○	○
地学	○	○	○	○												○	○	○	○				○

注：工学部(応用理工系、環境社会工学系)は、物理又は化学を含む2科目選択

4. 受験する科目の解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督員の指示に従って、指定された箇所にならず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

生 物

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。

1 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

生物は生活に必要なエネルギーのほとんどをアデノシン三リン酸(ATP)がもつ(ア)の分解から得ている。一方、ATPは有機物(基質)の分解に伴って生じるエネルギーより生産される。このATP生産(合成)の過程が呼吸である。

基質としてブドウ糖を利用する酵母の呼吸を考えてみよう。酵母は酸素が存在するときは好気呼吸を、酸素がないときは嫌気呼吸を行う。嫌気呼吸は(イ)ともよばれる。嫌気呼吸において、ブドウ糖は(ウ)に存在する解糖系に入り、中間物質であるピルビン酸をへて2分子の(エ)と2分子の(オ)へと分解される。この過程で2分子のATPが合成される。嫌気呼吸を行いながら増殖している酵母の培養液に酸素を供給すると、呼吸の様式が好気呼吸へと変わる。^a

好気呼吸では、解糖系で生じたピルビン酸は(ウ)からミトコンドリアへ運ばれ、クエン酸回路と水素伝達系を経て、最終的に(オ)と水にまで分解される。ピルビン酸(C₃)は、まず(オ)と水素(H)がうばわれ、活性酢酸(C₂)となる。活性酢酸はC₄化合物と結合し、クエン酸(C₆)となる。クエン酸はその後、いくつかの化合物を経てC₄化合物へと変化するが、このあいだに(オ)や(H)が次々にうばわれる。クエン酸回路が一巡する過程でもATPが生じるが、クエン酸回路のもっとも重要なはたらきは(H)の生産である。^bクエン酸回路がはたらくことにより、ピルビン酸1分子から10(H)が生産される。解糖系でも(H)が生産されているので、ブドウ糖1分子から最終的に24(H)が生産される。

解糖系とクエン酸回路で生産された(H)は水素受容体と結合し、水素伝達系に運ばれる。水素伝達系では水素受容体から受け取った(H)を酸化反応と還元反応

をくり返しながら伝達していく。最終的に[H]は酸素を還元して水を生成する。
ふつう、この水素伝達反応はATPを合成する反応とともに^cはたらく。合成されたATPはミトコンドリア外に運ばれ、エネルギーを必要とするさまざまな反応に利用される。1分子のブドウ糖がもつエネルギーは最終的に38分子のATPへと変換される。

問 1 文章中の ～ に適語を入れよ。

問 2 下線部 a に関して、①酵母の増殖はどのように変化するか、記せ。また、
②酵母の増殖が①で答えたように変化する理由を記せ。

問 3 ミトコンドリア内の反応について、①クエン酸回路に関与する酵素、②水素伝達系に関与するタンパク質や酵素、および、③ATPを合成する酵素はそれぞれミトコンドリアのどの部分に存在するかを記せ。また、好気性細菌の酸素呼吸の様式はミトコンドリアの場合とほぼ同じであるが、④好気性細菌の水素伝達反応が細菌細胞のどの部分で行われるかを記せ。

問 4 下線部 b に関して、[H]の生産以外のクエン酸回路の役割を一つ述べよ。

問 5 下線部 c の反応を触媒する酵素の名称を記せ。

問 6 次の①～⑥の反応で、ATPの分解エネルギーに直接依存するものをすべて選び、番号を記せ。

- ① ヒト細胞の細胞膜でのナトリウムイオンの汲み出し
- ② ゲンジボタルの発光
- ③ DNA の相補的な結合
- ④ シビレエイの発電
- ⑤ 根粒菌の窒素固定
- ⑥ マルトースとマルターゼによる酵素基質複合体の形成

2

＜説明1＞～＜説明4＞の文章を読み、以下の問に答えよ。

＜説明1＞ マウス(実験用ハツカネズミ)には、さまざまな毛色をもった系統が知られている。野生色を示す系統Aを近親交配により交配を繰り返しても(この操作を継代と呼ぶ)、通常、すべての子は野生色を示す。ところが、系統Aを継代していたところ、ごく一部の集団で黒色を示す個体が出現した。黒色を示す雌雄を交配して得られた子は、すべて黒色となった。このようにして、それ以降の世代で黒色の形質を固定した。この新たな系統を系統Bと命名した。

＜説明2＞ 系統Aを近親交配により継代していたところ、ごく一部の集団で黄色を示す個体が出現した。黄色を示す雌雄を交配して得られた子は、黄色と野生色を示す個体が2：1に分離した。それ以降の世代で、黄色を示す雌雄を交配し続けたものの、黄色と野生色を示す個体の分離比は2：1のままで、黄色の形質が固定されなかった。各世代で現れる黄色の形質を示す個体群を系統Cと命名した。系統Bと系統Cを交配したところ、得られた雑種第一代では黄色を示す個体と野生色を示す個体が1：1に分離した。この雑種第一代における黄色を示す個体どうしを交配したところ、得られた子の毛色は異なる2種類に分離した。

＜説明3＞ さらに、系統Aを近親交配により継代していたところ、また、ごく一部の集団で黒色を示す個体が出現した。黒色を示す雌雄どうしを交配して得られた子は、すべて黒色となり、それ以降の世代で黒色の形質が固定された。この新たな系統を、系統Dと命名した。なお、系統Bと系統Dを交配したところ、得られた雑種第一代はすべて野生色であった。

＜説明4＞ 系統Bと系統Dを交配し雑種第二代を得て、その中から野生色を示す系統Eおよび黒色を示す系統Fを作出した。なお、系統Eを系統A、系統B、系統Dと交配すると、得られたすべての子は野生色を示し、系統Fを系統A、系統B、系統Dと交配すると、得られたすべての子は、それぞれ、系統A、系統B、系統Dと同じ形質を示した。系統Eと系統Fを交配して得られた雑種第二代では、野生色と黒色を示す個体が分離した。

- 問 1 下線部 a の操作を行う目的を記せ。
- 問 2 下線部 b の理由を説明せよ。
- 問 3 下線部 c において、どのような毛色の子がどのような比で生まれてくるかが期待されるか、解答せよ。
- 問 4 下線部 d の理由を説明せよ。
- 問 5 系統 E および系統 F において、毛色を規定する遺伝子が同一の染色体上に位置し、両者のあいだで減数分裂時に 20 % の組換えが生じると仮定した場合、下線部 e で期待される分離比を求めよ。

3 次の文章を読み、以下の間に答えよ。

動物は強くかつ危険な刺激を受けると、そのあとから受ける同種の弱い刺激に対して、過敏な行動を示す場合がある。これは鋭敏化または感作と呼ばれ、学習の一つである。巻貝の体に弱い電気刺激を与えても、通常はほとんど無反応であるが、強い電気刺激を与えると、体を殻の中に引き込んで守る。ところが、巻貝の体に強い電気刺激を数回与えて、殻に引き込む行動を学習させると、そのあとに弱い電気刺激や弱い接触刺激を与えた場合にも、殻引き込み行動を行うようになる。この学習行動がどのくらいの期間保持されているのか、すなわち弱い刺激によって引き起こされる殻引き込み行動の記憶保持期間を調べた。その結果、図1のように記憶は短期記憶と長期記憶の2種類から成り立っていることがわかった。

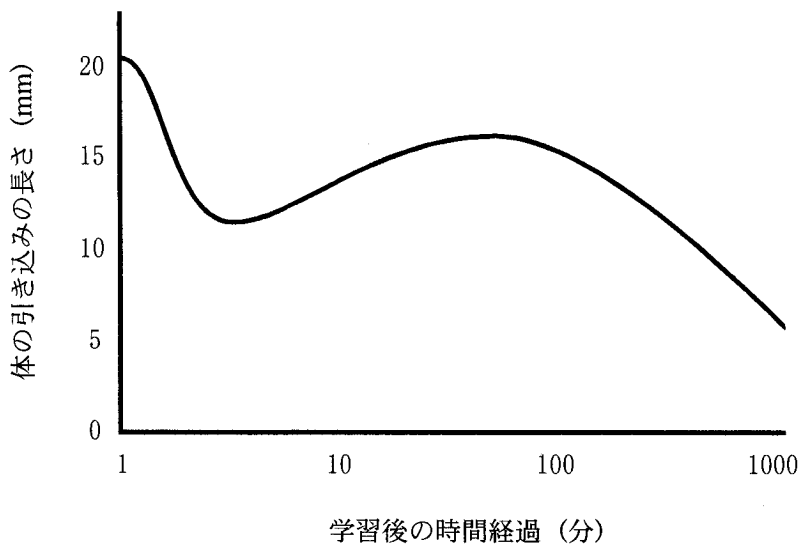


図 1. 記憶の保持。横軸は対数表示されていることに注意。

一定時間ごとに弱い電気刺激を与えた。

さてこの学習や記憶のメカニズムを調べるために、脳内に存在して、体を与えた電気刺激に対して反応するあるニューロン(ニューロンA)の性質を調べたところ、学習後数分間の短期記憶では、ニューロンAの活動電位の持続時間が長く(横幅が広く)なっていた(図2)^a。またこのニューロンAが伝達物質を放出し、それを受け取って興奮する別のニューロン(ニューロンB)は、体を殻に引き込む筋を直接支配していることもわかった。

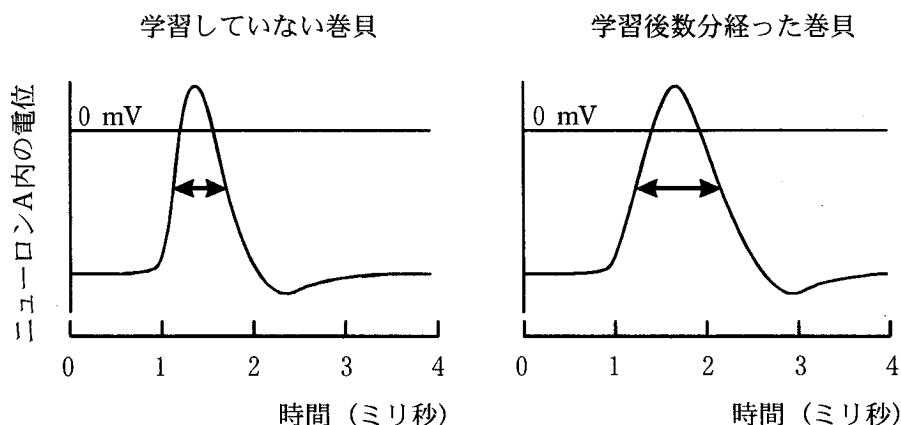


図 2. ニューロンAの活動電位の形の変化

一方、数時間にわたる長期記憶が形成された場合は、ニューロンAがニューロンBにつくるシナプスの数が増えていた。また、学習実験を行う約1時間前に転写や翻訳を阻害する薬を体内に注入しておくと、短期記憶としての行動またはニューロンAの活動電位の持続時間には影響が出ないものの、長期記憶としての行動またはシナプスの数の増加は観察されなかった。さらには、別の巻貝を用いた実験で、短期記憶形成を確認したあと、その巻貝をすぐに4℃の冷蔵庫に入れて冷やし、1時間後に室温に出して実験した場合、やはり長期記憶は観察されなかった^c。

- 問 1 学習とはなにか。その定義を簡潔に述べよ。
- 問 2 下線部 a にあるように、ニューロン A の活動電位の持続時間が長くなることは、ニューロン B にどのような影響を与え、その結果、殻引き込み行動にどのように関与するのか、そのメカニズムを簡潔に説明せよ。
- 問 3 伝達物質として知られている物質の名前を二つあげよ。これらは巻貝に含まれていないものでも良い。
- 問 4 下線部 b にあるように、巻貝の長期記憶の形成には、特定の の発現による の新規合成が必要である。またその は、シナプスの数を増やすなどニューロンの形態まで変化させる可能性がある。
 と にあてはまる語を答えよ。
- 問 5 下線部 c で示したとおり、4℃で巻貝を冷やすと長期記憶は観察されないという。この温度依存性と長期記憶形成との関連について、長期記憶形成に関わる一連の酵素のはたらきという観点から簡潔に説明せよ。

4 次の文章を読み、以下の問に答えよ。

植物の特徴は細胞内に葉緑体をもち、その中で光合成という過程を行う点にあり、その特徴により、動物や菌類とは区別される。私たちヒトを含めて地球上の多くの生物の生存にとって植物の存在は不可欠である。

b 光合成の速度はさまざまな環境要因に影響される。光の強さと光合成速度の関係を表したグラフを光—光合成曲線という。薄葉状の海藻の一種を材料に光—光合成曲線を得るための実験を行った。用いた海藻の断片の表面積は 4 cm^2 で、光合成量は酸素発生量 (μl) として測定した。表1はその結果を表したもので、それぞれの光の強さで光合成を行わせた際の5分ごとの酸素発生量 (μl) の累計を示してある。また、暗黒中の酸素吸収量も同様に示している。

光合成は温度の影響も受ける。図1は二酸化炭素が十分に存在する条件下で、水温と光合成速度の関係を調べたものである。横軸に水温 ($^{\circ}\text{C}$)、縦軸に十分な強さの光のもとでの光合成速度を示してある。A、Bはいずれも海藻であるが一方はタイドプール(潮だまり)に生育する海藻、もう一方は*潮間帯よりやや深いところに生育する海藻である。なお、両者の間で呼吸量には、それほど差が無かった。

注 *潮間帯：海岸線における最満潮線と最干潮線間の部分。

問1 ここでは「植物」の定義を下線部 a としよう。以下の①～⑨の中からこの定義に合致する生物名を番号ですべて答えよ。

- | | | |
|---------|----------|---------|
| ① ウミシダ | ② ゴウリムシ | ③ コケムシ |
| ④ ミドリムシ | ⑤ ゼニゴケ | ⑥ ネンジュモ |
| ⑦ アナアオサ | ⑧ ハネケイソウ | ⑨ ユレモ |

問2 下線部 b の理由を2点挙げよ。

問3 下線部 c で行った実験について、表1の結果を用いて、光の強さ(キロルクス)を横軸に、光合成速度(1時間当たり 1 cm^2 当たりの酸素発生量 (μl))を縦軸にとり、光—光合成曲線を解答欄の図中に描け。実験から得られた数値を点で表し、それを線でつないで解答とせよ。点の位置は目盛りに対しておおよそその位置で良い。なお軸上の目盛りにはカッコ内に適当な数値を記入せよ。

問 4 下線部dでこの実験を強い光のもとで行った理由を述べよ。

問 5 A, Bのどちらがタイドプールに生育する海藻と考えられるか, 記号を解答欄に記せ。また, そう考える理由を解答欄に記せ。

表 1. さまざまな光の強さにおける5分ごとの
光合成量(酸素発生量 μ l)の累計

時間 (分)	光の強さ(キロルクス)						
	0	1	3	5	10	20	40
5	-1.5	1.6	7.0	10.0	12.6	16.0	16.1
10	-3.0	3.2	14.0	20.0	25.2	32.0	32.2
15	-4.5	4.8	21.0	30.0	37.8	48.0	48.3
20	-6.0	6.4	28.0	40.0	50.4	64.0	64.4
25	-7.5	8.0	35.0	50.0	63.0	80.0	80.5
30	-9.0	9.6	42.0	60.0	75.6	96.0	96.6

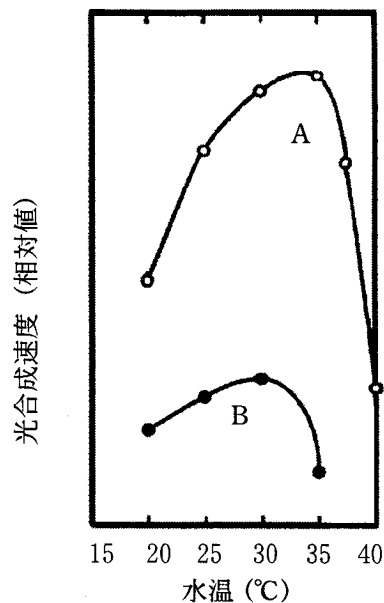


図 1. 2種類の海藻 A, B の水温に対する光合成速度の比較