

高等学校 理科（生物）

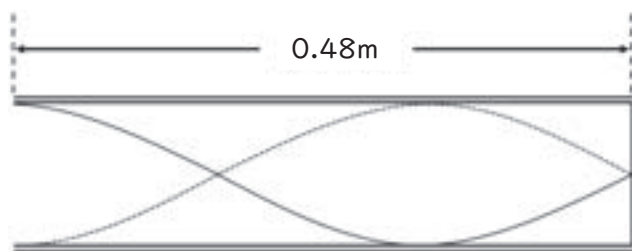
解答についての注意点

- 1 解答用紙は、マーク式解答用紙と記述式解答用紙の2種類があります。
- 2 大問 **1** ～大問 **4** については、マーク式解答用紙に、大問 **5** については、記述式解答用紙に記入してください。
- 3 解答用紙が配付されたら、まずマーク式解答用紙に受験番号等を記入し、受験番号に対応する数字を、鉛筆で黒くぬりつぶしてください。
記述式解答用紙は、全ての用紙の上部に受験番号のみを記入してください。
- 4 大問 **1** ～大問 **4** の解答は、選択肢のうちから、**問題で指示された解答番号**の欄にある数字のうち一つを黒くぬりつぶしてください。
例えば、「解答番号は 」と表示のある問題に対して、「**3**」と解答する場合は、解答番号 の欄に並んでいる ① ② ③ ④ ⑤ の中の ③ を黒くぬりつぶしてください。
- 5 間違ってぬりつぶしたときは、消しゴムできれいに消してください。二つ以上ぬりつぶされている場合は、その解答は無効となります。
- 6 その他、係員が注意したことをよく守ってください。

指示があるまで中をあけてはいけません。

1 次の(1)～(8)の問いに答えよ。

- (1) 長さ0.48 mの閉管の管口付近に音源を置いて音を発生させたところ、閉管の中に、腹及び節がそれぞれ2個ずつある3倍振動の定常波ができた。図はそのときの空気の変位の様子を模式的に表したものである。このとき、音源から発生させた音の波長は何mか。1～5から一つ選べ。ただし、開口端補正は無視できるものとする。解答番号は



図

1 0.16 m 2 0.24 m 3 0.32 m 4 0.64 m 5 0.96 m

- (2) 図1のように実験台上に直方体の透明なガラスを置き、そのうしろに円柱形の鉛筆を立てた。図2は、図1で示したようすを真上から見たときの位置関係を示している。図2の点Pの位置で実験台と同じ高さからガラスを通して鉛筆を観察すると、どのように見えると考えられるか。1～5のうち、最も適切なものを一つ選べ。解答番号は

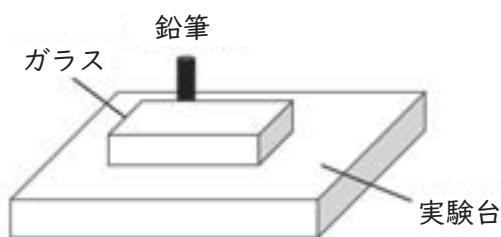
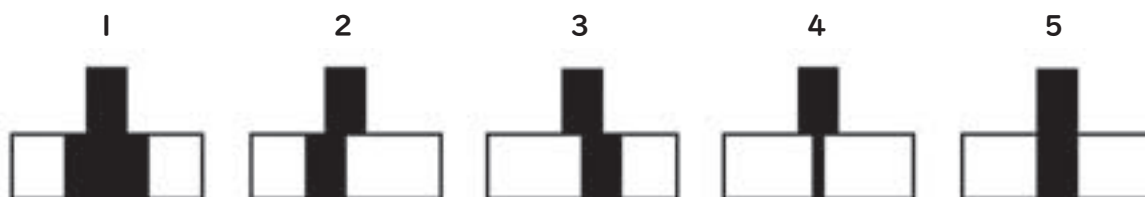


図1



図2



(3) 図1のように、光学台の上に電球、物体、凸レンズ、半透明のスクリーンを順に並べた。物体は、厚紙を矢印の形に切りぬいたものであり、凸レンズ側からは図2のように見えた。電球と物体を固定した状態で凸レンズとスクリーンを動かし、スクリーン上にはっきりとした像が映る

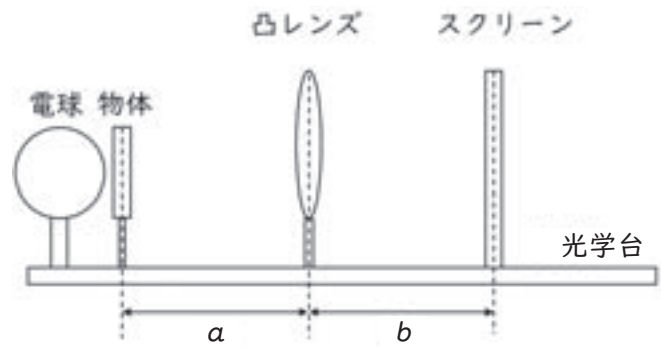


図1

位置を調べた。物体から凸レンズまでの距離を a 、凸レンズからスクリーンまでの距離を b とすると、 $a = b = 12 \text{ cm}$ の場合にスクリーンに像ができた。

次に $a = 10 \text{ cm}$ にして、スクリーン上にはっきりと像ができる位置にスクリーンを動かした。このときできる像の大きさと b の値について述べたものとして最も適切なものを 1 ~ 5 から一つ選べ。解答番号は

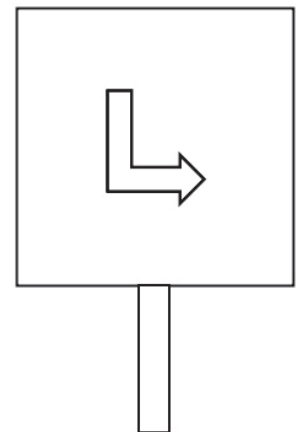


図2

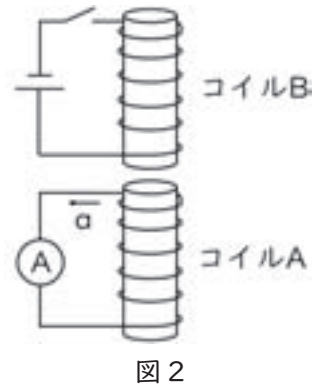
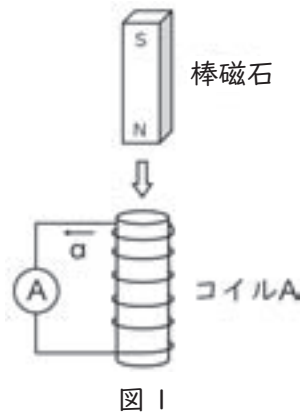
- 1 像は物体と同じ大きさとなり、 $b = 10 \text{ cm}$ になる。
- 2 像は物体より小さくなり、 $b < 12 \text{ cm}$ になる。
- 3 像は物体より小さくなり、 $b > 12 \text{ cm}$ になる。
- 4 像は物体より大きくなり、 $b < 12 \text{ cm}$ になる。
- 5 像は物体より大きくなり、 $b > 12 \text{ cm}$ になる。

(4) 図1のように鉄心に導線を巻き付けたコイルAに上から棒磁石を近づけると、図1のaの向きに電流が流れた。次に、図1の棒磁石のかわりに、図2のようにコイルAと同じつくりのコイルBに電池及びスイッチをつないだものを、コイルAの上に用意した。

図2でaの向きに電流が流れるのはどのようなときか。最も適切なものを1～5から一つ選べ。

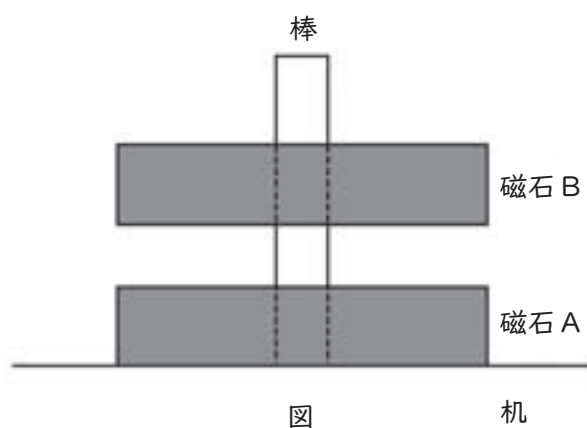
解答番号は

4



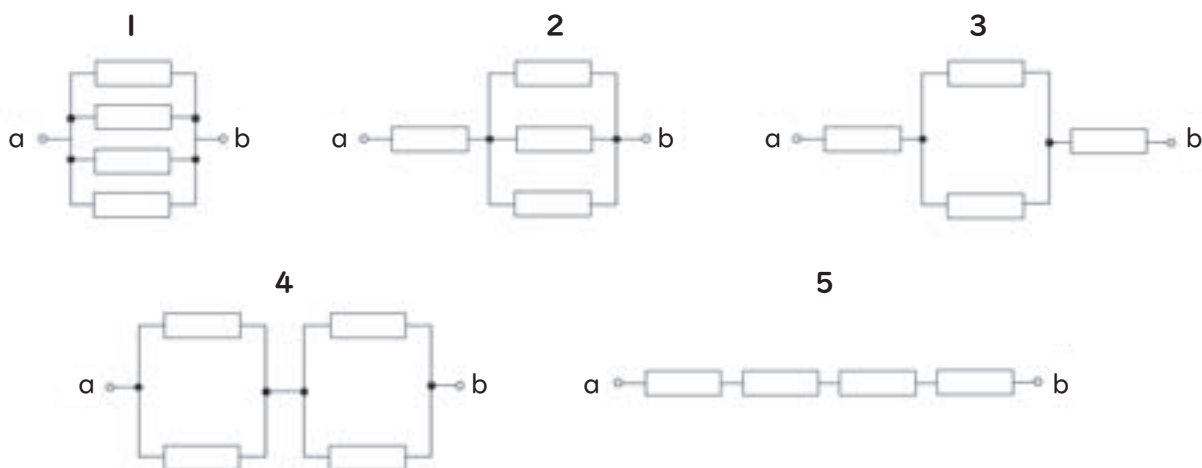
- 1 スイッチをオンにした瞬間。
- 2 スイッチをオンにしたあと、十分時間がたったとき。
- 3 スイッチをオンにした状態からオフにした瞬間。
- 4 スイッチをオンからオフにしたあと、十分時間がたったとき。
- 5 スイッチをオンにしたあと十分時間がたってから、コイルBをコイルAに近づけたとき。

- (5) 図のように水平な木の机の上に木の棒が固定されており、中心に穴のあいた重さ W の磁石Aを棒に差し込んだ。次に、Aの上に、Aと同じ形で重さ W の磁石Bを、Aと反発するようにのせると、Bは浮いた状態で静止した。このとき、Aが机から受ける垂直抗力の大きさはいくらか。1～5から一つ選べ。ただし、棒とA、棒とBの間の摩擦力は考えないものとし、またA、Bはそれぞれ上下方向に自由に動けるものとする。解答番号は

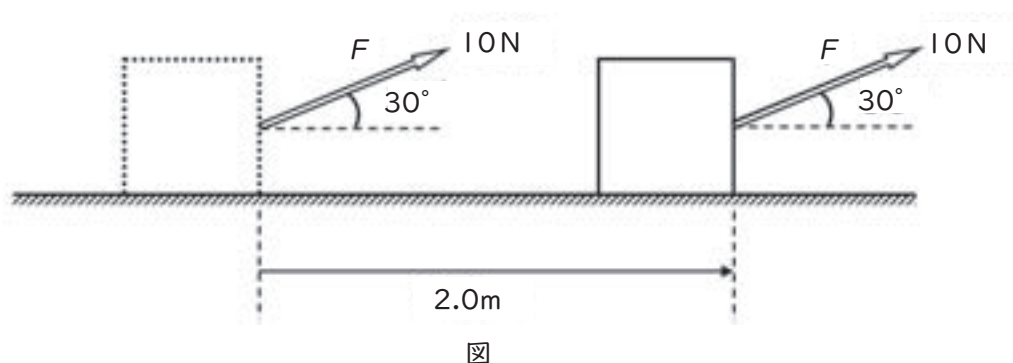


- 1 0 2 $0.5W$ 3 W 4 $2W$ 5 $4W$

- (6) 抵抗値がいずれも 3Ω の電熱線を4つ組み合わせ、導線で次の1～5のようにつないだ。1～5それぞれのa b間に24Vの電圧をかけたとき、点aを流れる電流が最も大きいのはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

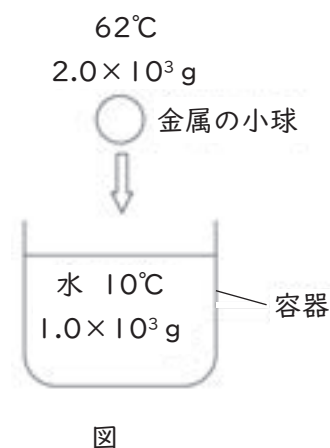


- (7) 水平面に置かれた物体に対して、水平面から 30° 斜め上向きに大きさ 10 N の力 F を加え続け、水平方向に 2.0 m 動かした。力 F が物体にした仕事は何 J か。1～5から一つ選べ。ただし、 $\sqrt{3}=1.7$ とする。解答番号は



- 1 8.5 J 2 10 J 3 17 J 4 20 J 5 34 J

- (8) 図のように、 10°C の水 $1.0 \times 10^3\text{ g}$ に、 62°C に熱した $2.0 \times 10^3\text{ g}$ の金属の小球を入れた。こののち、熱平衡に達したときの全体の温度は何 $^\circ\text{C}$ になると考えられるか。1～5から一つ選べ。ただし、水の比熱を $4.2\text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ 、金属の比熱を $0.50\text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ とし、水を入れた容器の熱容量は無視できるものとする。また、熱のやりとりは金属の小球と水の間でのみ行われるものとする。解答番号は



- 1 14°C 2 20°C 3 36°C 4 42°C 5 52°C

- 2 下の(1)～(8)の各問いに答えよ。また、原子量は次のとおりとする。H = 1.0、C = 12、N = 14、O = 16、S = 32、Cl = 35.5、Cu = 64

(1) 次の操作A～Dは、混合物から目的の物質を取り出す操作である。それぞれの操作の名称をあらわす正しい組み合わせはどれか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は 9

- A 少量の食塩が混ざったミョウバンを高温の水に溶かし、その後この水溶液を冷却してミョウバンを取り出した。
B 活性炭を混ぜた水から、活性炭を取り出した。
C コーヒー豆を砕いてお湯を注ぎ、豆の成分を湯に溶かし出した。
D 海水を加熱して生じる気体を冷却し、液体の水を取り出した。

	A	B	C	D
1	再結晶	抽出	ろ過	蒸留
2	再結晶	ろ過	抽出	分留
3	蒸留	抽出	ろ過	蒸留
4	再結晶	ろ過	抽出	蒸留
5	蒸留	抽出	ろ過	分留

(2) ある物質Xにおいて、次のAとBの実験結果が得られた。物質Xの化学式として考えられるものはどれか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は 10

- A 物質Xの水溶液に硝酸銀水溶液を加えると、白色沈殿が生じた。
B 物質Xの水溶液を白金線につけてバーナーの外炎に近づけると、炎の色は橙色に変化した。

1 KCl 2 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 3 CaCl_2 4 CuSO_4 5 KNO_3

(3) 一定の圧力下で、次のA～Dについて、正しいものに○、誤っているものに×をつけるとき、正しい組み合わせはどれか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は

- A ある純物質において、固体・液体・気体のうち、物質をつくる粒子の熱運動が最も激しいのは気体である。
- B 同じ質量におけるすべての物質の体積は、つねに固体<液体<気体である。
- C ある量の純物質の液体が沸騰しているとき、液体の温度は一定である。
- D 同じ純物質において、凝固点と融点は異なる。

	A	B	C	D
1	×	○	○	○
2	○	×	○	×
3	×	○	×	○
4	○	×	×	×
5	○	○	○	×

(4) 次のA～Cのすべての性質をもつ気体は何か。最も適しているものを1～5のうち一つ選べ。解答番号は

- A 無色透明で、刺激臭がある。
- B 空気より重い。
- C 水に非常に溶けやすく、水溶液は酸性を示す。

1 アンモニア 2 塩化水素 3 メタン 4 二酸化窒素 5 塩素

(5) 銅粉1.3 gを空気中で加熱した。その後、質量を測定すると1.5 gであった。このとき、酸素と反応せずに残った銅粉は何gか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は

1 0.20 g 2 0.30 g 3 0.40 g 4 0.50 g 5 0.60 g

(6) 質量パーセント濃度17%の硫酸アンモニウム水溶液120 gと質量パーセント濃度12%の硫酸アンモニウム水溶液80 gを混合したとき、質量パーセント濃度は何%になるか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は

1 13% 2 14% 3 15% 4 16% 5 17%

(7) 亜鉛の金属片を硫酸銅水溶液に入れたときの、金属片と水溶液の変化として最適な組み合わせはどれか。1～5の中から一つ選べ。解答番号は

- 1 金属片の表面に赤褐色の固体が付着した。水溶液の青色がうすくなった。
- 2 金属片に変化は見られず、水溶液にも変化は見られなかった。
- 3 金属片の表面に赤褐色の固体が付着した。水溶液に変化は見られなかった。
- 4 金属片に変化は見られず、水溶液の青色がうすくなった。
- 5 金属片の表面に赤褐色の固体が付着した。水溶液の青色が濃くなった。

(8) ある濃度の水酸化ナトリウム水溶液25 cm³に、BTB溶液を加えた後で少しずつある濃度の塩酸を加えた。このとき、塩酸を45 cm³加えたところでBTB溶液が緑色に変わった。その後、同じ水酸化ナトリウム水溶液35 cm³に、同じ塩酸を65 cm³加えたとき、水溶液中に含まれる数が最も多いイオンとして考えられるものはどれか。1～5の中から一つ選べ。ただし、水の電離は考えないものとする。解答番号は

- 1 ナトリウムイオン
- 2 水酸化物イオン
- 3 バナジウムイオン
- 4 水素イオン
- 5 塩化物イオン

3 次の(1)～(4)の問いに答えよ。

(1) 地質について述べた次の①～③の正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。 解答番号は

- ① 主に生物の遺骸などで作られた堆積岩の中で、塩酸と反応を示すのは、チャートである。
- ② 堆積岩には様々な種類があるが、かつて火山が噴火したことがわかるものとして、凝灰岩がある。
- ③ 石灰岩が接触変成作用を受けてできる変成岩は、ホルンフェルスである。

	①	②	③
1	正	正	誤
2	正	誤	正
3	誤	誤	誤
4	誤	正	誤
5	誤	正	正

(2) 宇宙に関する次の問いに答えよ。

ア 太陽系について述べた次の①～③の正誤の組合せとして、最も適切なものはどれか。1～5から一つ選べ。解答番号は

- ① 太陽系の惑星は、内部構造の違いから、地球型惑星と木星型惑星に分類されており、火星は地球型惑星に分類される。
- ② 太陽から見て、海王星よりも外側の軌道を公転している天体を太陽系外縁天体とよび、発見されているものは100個程度である。
- ③ 木星の衛星のうち、イオでは火山活動が確認されている。

	①	②	③
1	正	正	誤
2	正	誤	正
3	誤	誤	誤
4	誤	正	誤
5	誤	正	正

イ 太陽について述べた次の文の空欄①～③にあてはまる語句として正しいものを1～5から一つ選べ。解答番号は

現在の太陽は、恒星が過ごす一生のうち最も長い期間となる（ ① ）という段階である。

この期間が過ぎると、太陽の水素の核融合反応がその中心部で起こらず、核（ヘリウムの核）の外側の球殻状の領域で起こるようになり、太陽が膨張して（ ② ）という段階になる。このあと、太陽は惑星状星雲という段階を経て、やがてその中心部に（ ③ ）と呼ばれている天体だけが残し、恒星としての最後を迎える。

	①	②	③
1	赤色巨星	白色矮星	主系列星
2	主系列星	白色矮星	赤色巨星
3	白色矮星	赤色巨星	主系列星
4	主系列星	赤色巨星	白色矮星
5	白色矮星	主系列星	赤色巨星

(3) 地震に関する次の問いに答えよ。

次の表は、ある震源の浅い地震によるA地点、B地点におけるゆれの始まった時刻を表している。

〔表〕

	初期微動の開始時刻	主要動の開始時刻
A 地点	13時45分53秒	13時46分01秒
B 地点	13時45分57秒	13時46分09秒

ア A地点の震源距離は64 kmであった。B地点の震源距離は何kmになると考えられるか。

最も適切なものを、次の1～5から一つ選べ。 解答番号は

1 48km 2 64km 3 96km 4 128km 5 192km

イ この地震におけるP波の速度は8 km/sで一定であった。震源距離が160kmであるC地点における主要動の開始時刻として、最も適切なものを、次の1～5から一つ選べ。 解答番号は

1 13時46分15秒
2 13時46分25秒
3 13時46分35秒
4 13時46分45秒
5 13時46分55秒

ウ この地震のA地点における震央距離は40kmであった。この地震の震源の深さは何kmか。

最も近い値のものを、次の1～5から一つ選べ。 解答番号は

1 20km
2 35km
3 50km
4 65km
5 80km

(4) 火山に関する次の問いに答えよ。

ア 火山は噴火により周囲へ多くの火山噴出物を放出する。つぎの火山噴出物に関する問いにおける正しい解答の組み合わせを、1～5から一つ選べ。解答番号は 23

- ① 火山噴出物に、火山ガスがある。火山ガス中に最も多く含まれるものは何か。
- ② 地表に噴出したマグマの粘性が低かったことを示す表面構造を何というか。
- ③ 粒子の直径が64mmより大きい火山砕屑物を何というか。
- ④ 表面にガスがぬける際にできた無数の穴があいている火山砕屑物のうち、黒っぽい色をしたものを何というか。

	①	②	③	④
1	水蒸気	塊状溶岩	火山礫 ^{れき}	軽石
2	水蒸気	縄状溶岩	火山岩塊	スコリア
3	水蒸気	縄状溶岩	火山礫 ^{れき}	軽石
4	二酸化炭素	塊状溶岩	火山礫 ^{れき}	スコリア
5	二酸化炭素	縄状溶岩	火山岩塊	軽石

イ マグマが冷え固まってできた岩石を火成岩という。つぎの火成岩に関する問いにおける正しい解答の組み合わせを、1～5から一つ選べ。解答番号は 24

- ① 火成岩のうち、マグマが地表付近で急に冷え固まってできたものを何というか。
- ② 石基の部分がなく、器具を用いなくても見分けられるくらい十分に成長した粗粒の鉱物からなる火成岩の組織を何というか。
- ③ マグマが地層面を切るように貫入した岩体を何というか。

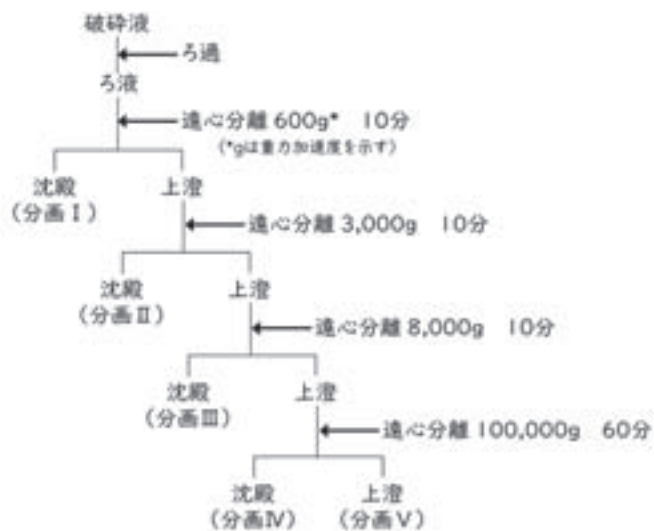
	①	②	③
1	火山岩	斑状組織	岩脈
2	深成岩	斑状組織	岩床
3	火山岩	等粒状組織	岩床
4	深成岩	等粒状組織	岩脈
5	火山岩	等粒状組織	岩脈

4 次の(1)～(8)の問いに答えよ。

(1) 以下は細胞小器官を細胞分画法で分ける方法について説明している。

ホウレンソウの新鮮な葉をきざみ、等張のスクロースを含む緩衝液に入れた。氷で冷やしながらかホモジェナイザーでつぶし、破碎液を作製した。次に、この液をろ過したろ液を遠心分離機を用いて異なる強さの遠心力で分離し、図のように分画をくり返した。

図中の分画Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴの特徴の説明として正しいものを1～5から一つ選べ。解答番号は



図

- 1 分画Ⅰには、細胞壁の破片が多く含まれる。
- 2 分画Ⅱには、クエン酸回路に関与する酵素が多く存在する。
- 3 分画Ⅲには、光合成の場となる構造体が多く含まれる。
- 4 分画Ⅳには、解糖系の反応に関与する酵素が多く存在する。
- 5 分画Ⅴには、タンパク質合成の場となる構造体が多く含まれる。

(2) 図1は、ヒトの眼と視神経の模式図である。視神経のうち両眼の内側の網膜から出たものだけが眼球の後方で交差し、反対側の眼からきた視神経と合流して大脳に達する。視神経が図1のAまたはBの位置で切断された場合、左右の眼の見え方はそれぞれどうなると考えられるか。図2のア～カからそれぞれ選び、正しい組み合わせを1～5から一つ選べ。ただし、図2の白は正常な視野、黒は視野が欠損した部位を表す。また、視野とは、眼前の1点を凝視した状態で見えている範囲のことである。解答番号は 26

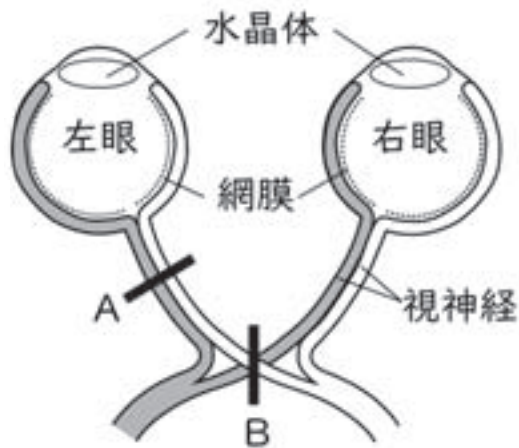


図1

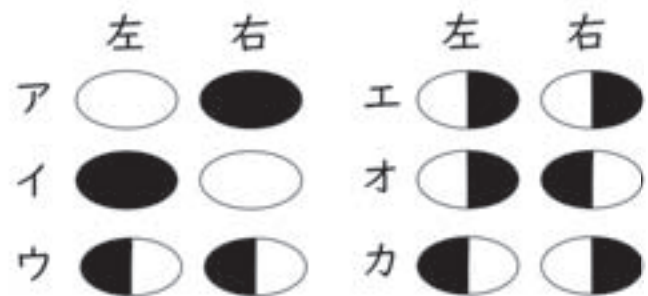
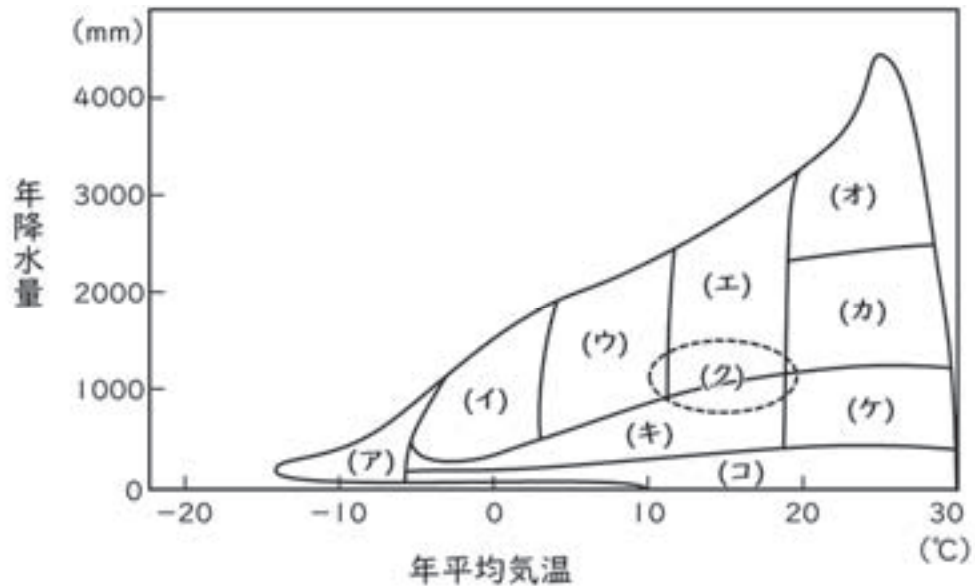


図2

	Aを切断	Bを切断
1	ア	ウ
2	イ	オ
3	イ	カ
4	ウ	エ
5	ウ	オ

(3) 植生は気温と降水量の違いによって分布域を決定される。図は年平均気温と年降水量をもとに分類した世界のバイオームを示したものである。図中の(ア)～(コ)のバイオームで、人為的に植生を破壊しなかった場合に見られる特徴的な植物の組み合わせとして、間違っているものを1～5から一つ選べ。解答番号は 27



図

- | | |
|--------------------|-------------|
| 1 (ア) = コケ類 | (イ) = トウヒ |
| 2 (ウ) = チーク | (エ) = ブナ |
| 3 (オ) = フタバガキ | (カ) = コクタン |
| 4 (キ) = イネ科草本 | (ク) = コルクガシ |
| 5 (ケ) = イネ科草本・アカシア | (コ) = 多肉植物 |

(4) 以下の文章は光合成の様式について述べたものである。

多くの植物は、カルビン・ベンソン回路で空気中の二酸化炭素を固定する。これらの植物では、二酸化炭素を（ア）によって有機化合物に固定し、 C_3 化合物であるホスホグリセリン酸を生成する。そのため、多くの植物は C_3 植物と呼ばれるが、一方で空気中の二酸化炭素を固定する際に一度 C_4 化合物を介する植物もあり、それらは C_4 植物やCAM植物と呼ばれる。 C_4 植物の例の一つとして、（イ）が挙げられる。

C_4 植物とCAM植物は空気中の二酸化炭素の固定をカルビン・ベンソン回路で直接行わず、その過程で C_4 化合物を生成するという点では似ているが、 C_4 植物では、空気中の二酸化炭素の固定とカルビン・ベンソン回路の反応は異なる（ウ）で行われる。それに対し、CAM植物では、空気中の二酸化炭素の固定とカルビン・ベンソン回路の反応は異なる（エ）で行われる。これらの光合成の様式は、日光が強く暑い地域に適応したものと考えられる。

（ア）～（エ）に入る語句の組合せとして最も適切なものを、1～5から一つ選べ。

解答番号は

28

	（ア）	（イ）	（ウ）	（エ）
1	シトクロム	パイナップル	細胞	時間帯
2	シトクロム	トウモロコシ	時間帯	細胞
3	ルビスコ	パイナップル	細胞	時間帯
4	ルビスコ	パイナップル	時間帯	細胞
5	ルビスコ	トウモロコシ	細胞	時間帯

(5) DNAは10塩基対ごとに1周する二重らせん構造をとっており、1周のらせんの長さは3.4 nmである。ある生物の核内の染色体を調べたところ、染色体数は $2n=8$ で、ゲノムサイズは 1.7×10^8 塩基対であることがわかった。また、雌雄で性染色体の長さに違いはなかった。この生物の体細胞1つに含まれる染色体のDNAをそれぞれ直線に引き延ばしたとき、染色体1本あたりのDNAの平均の長さは何mmになるか。最も近いものを1～5から一つ選べ。

解答番号は

29

- 1 0.29 mm 2 7.2 mm 3 14 mm 4 58 mm 5 72 mm

(6) 神経細胞の伝導と伝達を調べるために、以下の実験を行った。

まず、図1のように、シナプスでつながった2本の無髄神経繊維を取り出してリンガー液に浸し、その細胞外の表面に2本の電極PとQを離して置いた。図1中の“<○”はシナプスを表し、“<”はシナプス前細胞を、“○”はシナプス後細胞を表している。また、点Sから電極Pまでの距離と、点S'から電極Qまでの距離は等しいものとする。実験Iでは神経繊維上の点Sで十分な大きさの刺激を与え、実験IIでは刺激する位置を点S'に替えて実験Iと同じ大きさの刺激を与えた。電極Qを基準として2点間の電位差の変化をオシロスコープで記録したとき、実験IとIIではそれぞれどのような波形が観察されるか。図2から選択した波形の正しい組み合わせを以下の1～5から一つ選べ。解答番号は 30



図1

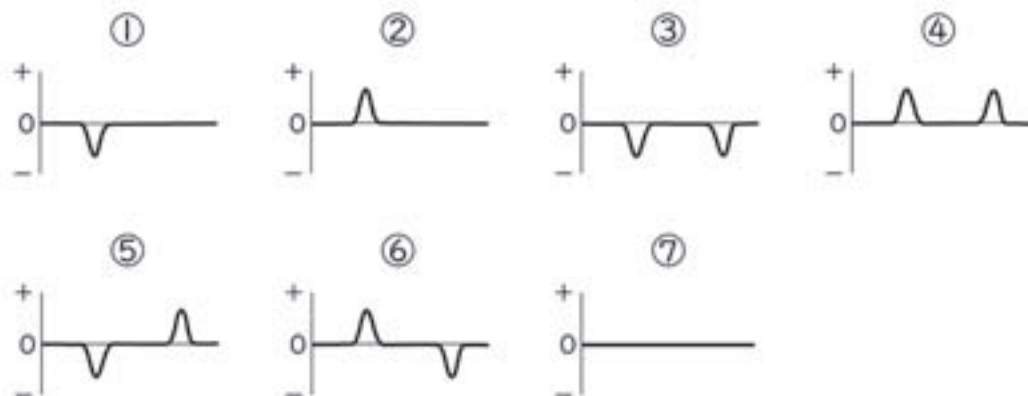


図2

	実験 I	実験 II
1	①	⑥
2	①	⑦
3	③	④
4	⑤	②
5	⑤	⑦

(7) 以下の表は生物分類の検索表で、対応する性質を、例えばAとA'、BとB'のような形で示している。この表に従って分類したとき、スギゴケは表中の1～5のどこに該当するか、一つ選んで番号で答えよ。解答番号は 31

- | | |
|--|---|
| A 核膜によって囲まれた核が存在しない | |
| B ヒストンをもたない | 1 |
| B' ヒストンをもつ | |
| A' 核膜によって囲まれた核が存在する | |
| C 単細胞である | |
| C' 多細胞である | |
| D 種子をつくらない | |
| E 従属栄養である | 2 |
| E' 独立栄養である | |
| F 全生活史を通じて鞭毛をもった細胞はできない | |
| G 体細胞と生殖細胞の区別がない | |
| G' 無性および有性の生殖細胞ができる | 3 |
| F' 生活史のある時期に鞭毛をもつ細胞ができる | |
| H 複相世代の生物体は単相世代より大形であり、両者は独立生活をする | |
| H' 複相世代の生物体は小形で、大形の単相世代に依存して生活する | 4 |
| D' 種子をつくる。 | |
| I 重複受精をしない | |
| I' 重複受精をする | 5 |

(8) 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、両者が最適な濃度比のとき、多数の抗原と抗体が相互に結び付き、大きな抗原抗体複合体となって凝集して、目で見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。図1のようにスライドガラス上に薄い寒天ゲル層を作り、そこに開けた小孔の一方に抗原、もう一方に抗体を含む抗血清を入れる。時間経過とともに抗原と抗体は小孔から寒天ゲル内に拡散し、両者が最適な濃度比となったところで抗原抗体反応が起こると沈降線が形成される。



図1



図2

ここにA、B、C、Dの4種類の抗原と、複数の種類の抗体を含む抗血清Xがある。図2のように3つの小孔を寒天ゲル層に配置し、これらの抗原と抗血清を入れて実験を行ったところ、図3のような結果を得た。この結果から導き出せる結論(ア)(イ)(ウ)の正誤の組み合わせとして、正しいものを1～5から一つ選べ。解答番号は



図3

(ア) 抗原Bは、抗原Aと共通する抗原決定基をもたない。

(イ) 抗原Cは、抗原Aと同じ抗原決定基をもつ。

(ウ) 抗血清X中の抗体のうち、抗原Aに特異的に結合する抗体はすべて抗原Dにも結合する。

(ア) (イ) (ウ)

- | | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | 正 | 正 | 正 |
| 2 | 正 | 正 | 誤 |
| 3 | 正 | 誤 | 正 |
| 4 | 誤 | 正 | 誤 |
| 5 | 誤 | 誤 | 正 |

5 次の〔Ⅰ〕、〔Ⅱ〕の問いに答えよ。

〔Ⅰ〕集団における遺伝子についての以下の文章を読み、(1)～(5)の各問いに答えよ。

生物は集団で生活や生殖を行うことも多く、その中での個体数や遺伝子構成の変化を考えることは、生態系保全などの観点からも重要な事柄である。特に、以下の5つの条件を満たす同種の集団では、世代を経ても遺伝子頻度は変わらないことが知られている。これを①ハーディ・ワインベルグの法則と呼び、この状態をハーディ・ワインベルグ平衡と呼ぶ。

※ハーディ・ワインベルグの法則が成立する5つの条件

条件1 集団内で自由に交配が行われる

②条件2 極めて多数の同種の個体からなる

③条件3 形質の違いによって、生存上の有利不利が生まれない

条件4 個体の流入や流出が起こらない

条件5 突然変異が起こらない

一方、これらの条件から外れたときには様々な理由で遺伝子頻度や個体数などが変化する。これらは、(X) の原動力となり、逆にハーディ・ワインベルグの法則が成り立つ場合は (X) が起こらないことを意味している。

(1) 文章中の空欄 (X) に当てはまる適切な語句を答えよ。

(2) 下線部①に関して、対立遺伝子Aとaの遺伝子頻度がそれぞれpとq ($p + q = 1$) の上述の5つの条件を備えている集団において、ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つことを、表を用いて説明せよ。

(3) 5つの条件のうち、下線部②にあるような条件2のみが初めから満たされないような集団を考える。

a) このような場合に、ハーディ・ワインベルグの法則が成り立たない理由を20字程度で説明せよ。

b) この条件でハーディ・ワインベルグの法則が成り立たないことを示すために、以下のようなモデル実験を行った。

操作1 中が見えない箱にAと書かれた球が4個とaと書かれた球が4個入っている。ここから無作為に1個、球を取り出しそこに書かれた文字を記録する。なお、取り出す球の種類は同様に確からしいものとする。

操作2 操作1で取り出した球を元の箱に戻し、操作1と同様の操作を行う。

操作3 8回記録したところで、操作をやめる。

操作4 8回の記録を子に残した遺伝子とし、子の代の遺伝子頻度を計算する。

この時、**操作 4** 終了後の遺伝子頻度の計算において、子の代における A の遺伝子頻度 p が $0.30 < p < 0.70$ にならない確率を分数で求めよ。記録と遺伝子頻度の計算は例に示す以下の表を参考にすること。

表

1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	6 回目	7 回目	8 回目
A	a	a	A	a	a	a	a

この時、子の代の A の遺伝子頻度 p は $p = 2 / 8 = 0.25$ と計算できる。

(4) 5つの条件のうち、下線部③にあるような条件3のみが初めから満たされないような集団を考える。

a) 形質の違いによって発生する生存上の有利不利により、次世代に残すことのできる個体数に差が出ることを何というか。

b) 以下のような生物 S を用いて、形質の違いによって個体数が変動する場合の実験を行った。

- ・ある生物 S は対立遺伝子 B と b を持ち、 B の形質が顕性（優性）、 b の形質が潜性（劣性）である。
- ・生物 S の集団は一斉に産卵し、一斉に生まれる。
- ・死産数や成長途中での死亡数は、集団全体に比べると無視できるほど小さい

【実験】

操作 1 多数の生物 S からなる、遺伝子頻度の比が $B : b = 1 : 1$ の集団を用意する。この集団を第 0 世代として飼育すると、多くの個体が産卵し子が生まれた。

操作 2 第 0 世代が産卵した卵から生まれた集団を第 1 世代とした。第 1 世代が産卵する前に、第 1 世代における b の形質の個体のうちの $Y\%$ を取り除いた。その後、残った第 1 世代を飼育すると、多くの個体が産卵した。

操作 3 第 1 世代が産卵した卵から生まれた集団を第 2 世代とした。第 2 世代は個体を取り除くことはしなかった。第 2 世代を飼育すると、多くの個体が産卵した。

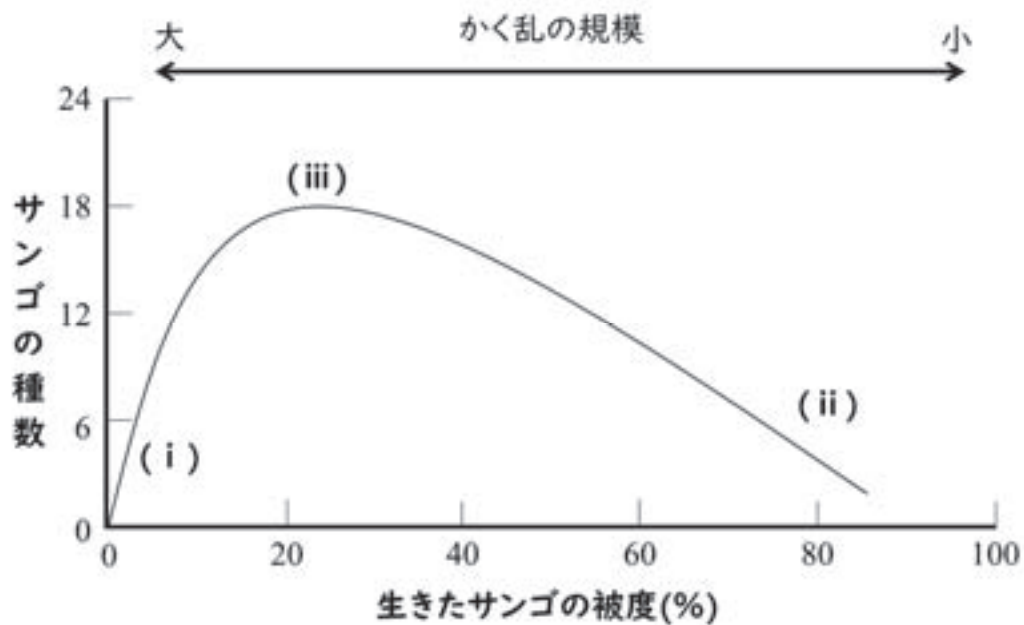
操作 4 第 2 世代が産卵した卵から生まれた集団を第 3 世代とした。第 3 世代が生まれてからすぐに個体の形質を確認したところ、 B の形質を持つ個体と b の形質を持つ個体の比は $40 : 9$ となっていた。

この実験の**操作 2**における、 Y の値を整数で求めよ。ただし、個体を取り除く操作以外は本文中の 5 つの条件を満たしているものとする。

(5) 下線部③にあるような条件3の成立を崩す現象の1つとして、異種・同種の個体間の相互作用や、かく乱が挙げられる。

a) 異種の個体間の相互作用の例の1つとして競争が挙げられる。競争はどのような生物間で起こりえるか、ニッチという言葉を用いて20字程度で説明せよ。

b) かく乱とは、既存の生態系全体または一部を破壊するような外部から加わる要因のことである。かく乱の大きさと生物の種数の関係を表す例として、サンゴの種数の調査がある。以下の図は、その調査結果を示したグラフである。このグラフにおいて、かく乱の大きさが(iii)のところではサンゴの種数がピークになるような説を何というか答えよ。また、グラフのように(i)や(ii)では(iii)に比べてサンゴの種数が少なくなる理由をそれぞれ説明せよ。



図

〔Ⅱ〕生物の発生についての以下の文章を読み、(6)～(12)の各問いに答えよ。

自身の子を作り殖えることは生物の持つ大きな特徴の1つである。ゾウリムシなどの単細胞生物では分裂によって殖えることがある。この時、子の持つ全ての遺伝情報である(ア)は、親とほぼ同一のものである。一方、脊椎動物や被子植物では雌雄のそれぞれの生殖細胞が受精することとて、新たな子が生まれ殖えていく。この生殖細胞は①体細胞の染色体数の半分であり、減数分裂で作られる。減数分裂時には、同じ大きさ・形の染色体が対合した(イ)染色体が見られる。

受精後、受精卵は細胞分裂を繰り返して胚になっていく。この過程を発生といい、この時の細胞分裂を特に卵割という。一般的に初期の卵割の位置は(ウ)の分布により決まる。(ウ)が多く分布しているところは卵割が起きにくく、アフリカツメガエルでは卵割は、(エ)極に偏って起こる。一方、②バフンウニでは均等に卵割が進行する。

発生過程では胚を作るための調整や予定運命の決定がなされるが、その③調整のタイミングは様々である。その調整の例の1つに、④プログラムされた細胞死が挙げられる。プログラムされた細胞死のうち、特に染色体の凝集や細胞の萎縮及び断片化が起こるものは(オ)と呼ばれる。このようなプログラムされた細胞死の研究には⑤C.elegansと呼ばれる生物がよく用いられていた。この生物の遺伝子である*ced-1*が失われた個体では、プログラムされた細胞死(以下、細胞死)を起こした死細胞が周囲の細胞に除去されず、細胞死を観察しやすいという利点がある。この変異体(以下*ced-1*変異体)を用いて、以下の実験結果が得られた。

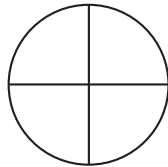
- 実験結果 i** *ced-1*変異体に新たな突然変異を引き起こし、細胞死を起こした細胞が観察できなくなる変異体を探した。この方法により、*ced-3*、もしくは*ced-9*遺伝子に変異があると、細胞死が起こらなくなる場合があると分かった。
- 実験結果 ii** *ced-3*遺伝子に欠損(欠失)変異があると、その欠損変異がホモ接合になった時だけ細胞死が全く起きないことから、*ced-3*の欠損変異は潜性(劣性)形質であると分かった。
- 実験結果 iii** *ced-9*遺伝子にミスセンス変異(※)と呼ばれる変異が見られた場合、(*ced-3*遺伝子は野生型の)*ced-1*変異体では細胞死が全く起こらなかった。この*ced-9*遺伝子のミスセンス変異は顕性(優性)形質であった。
- 実験結果 iv** *ced-9*遺伝子に欠損(欠失)変異があった場合、(*ced-3*遺伝子と*ced-9*遺伝子は野生型の)*ced-1*変異体では細胞死が起きなかった細胞においても、発生途中に細胞死が見られた。
- 実験結果 v** *ced-3*遺伝子と*ced-9*遺伝子の両方の遺伝子の機能が失われた*ced-1*変異体では、**実験結果 ii**で見られたケースと同様に細胞死が起きなかった。

(※) ミスセンス変異とはある遺伝子がコードしているタンパク質中のアミノ酸が、別のアミノ酸に置換するような突然変異である。

(6) 文中の空欄(ア)～(オ)に当てはまる適切な語句を答えよ。

(7) 下線部①について、ヒトの体細胞における常染色体の本数を答えよ。

(8) 下線部②について、バフンウニの4細胞期を植物極側から見た模式図を解答欄に合わせて描け。
以下に解答方法の例として8細胞期を植物極側から見た模式図を示している。



例 8細胞期を植物極側から見た模式図

(9) 下線部③について、以下の文a)と文b)の正誤を解答欄に丸を付けて答えよ。

a) 有性生殖をおこなう生物の発生の調整は、その全てが受精卵の核によりコントロールされる。

b) 有性生殖における性の決定は、性染色体の組み合わせ以外の要因で決定されることもある。

(10) 下線部④に関して、以下に挙げる事項のうち、プログラムされた細胞死が関わっているものを以下からすべて選び記号で答えよ。

A マウスの指の形成

B がん細胞の増殖の抑制

C やけどにより損傷した細胞の死

D カエルの変態における尾の縮退

(11) 下線部⑤に関して、過去にプログラムされた細胞死の研究に用いられた生物である *C.elegans* をスケッチしたものとして正しいのはどれか、1つ選び記号で答えよ。



A



B



C



D

(12) 文中の**実験結果 i ～ v**に関して、以下の各問いに答えよ。

a) 文章の内容と**実験結果 i ～ v**を元に、*ced-1*、*ced-3*、*ced-9*遺伝子のはたらきを推察しそれぞれ説明せよ。

b) **実験結果 iii**より、ミスセンス変異は*ced-9*遺伝子の機能にどのような変化をもたらしたと考えることができるか、30～40字程度で説明せよ。ただし、以下の語句をすべて使うこと。

*ced-3*遺伝子 はたらき

