

化 学

(解答番号 ～)

I 次の文章 1) ～ 3) の空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。

- 1) 電子殻は原子核の周囲にいくつかの層に分かれて存在し、内側から順に K 殻, L 殻, M 殻, N 殻・・・とよばれる。各電子殻が収容可能な電子の数は決まっており、内側から n 番目の電子殻には最大で 個の電子が収容される。電子殻にある電子のうち、原子がイオン化するときや他の原子と結びつくときに重要な働きをする最外殻の電子は とよばれる。 族元素は貴ガス（希ガス）とよばれ、この族の原子の の数は とみなされる。
- 2) 原子が電子 1 個を失って陽イオンに変わる際に必要なエネルギーは とよばれ、原子番号と原子を 1 価の陽イオンにするために必要な の関係はグラフ のようになる。塩化ナトリウムの結晶では、 Na^+ と Cl^- が互に によって規則正しく のように配列している。金属ナトリウムでは、多数の Na 原子が最外殻を重なり合わせた形でつながり、 を放出して陽イオンになっている。また、 は となってすべての Na 原子に共有されている。
- 3) 金属の単体の融点は、融点が最も高い のように 3410°C のものから、融点が最も低い のように -39°C のものまでと、多様である。アルカリ金属の融点は、金属の単体の中では比較的 low、原子番号の増加とともに する。遷移金属の密度は、一般に大きく、Cu の密度は 9.0 g/cm^3 である。一方、アルカリ金属の密度は小さく、これらの金属を灯油（密度 0.8 g/cm^3 ）中で保存した時に、 は灯油中に浮かんでいる。

1 に対する解答群

- | | | |
|----------|-------------|------------|
| ① $2n$ | ② $2n+2$ | ③ n^2+1 |
| ④ $2n^2$ | ⑤ 2^{n+1} | ⑥ $4n^2-2$ |

2 および **9** に対する解答群

- | | | |
|---------|--------|---------|
| ① 孤立電子対 | ② 価電子 | ③ 共有電子対 |
| ④ 不対電子 | ⑤ 自由電子 | |

3 に対する解答群

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① 1 | ② 2 | ③ 13 | ④ 14 |
| ⑤ 15 | ⑥ 16 | ⑦ 17 | ⑧ 18 |

4 に対する解答群

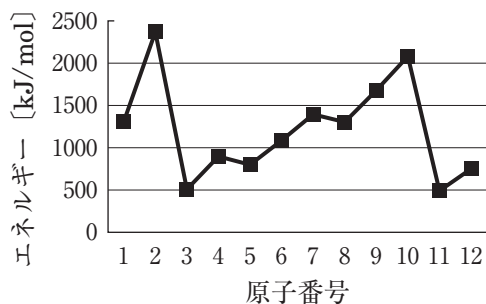
- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

5 および **7** に対する解答群

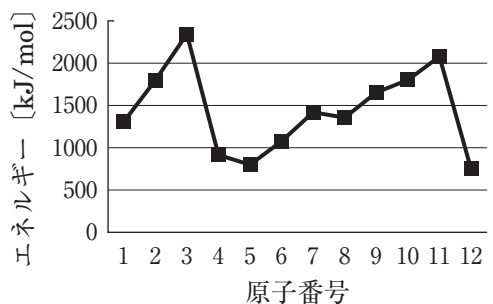
- | | | |
|-------------|------------|--------------|
| ① 電気陰性度 | ② 電子親和力 | ③ ファンデルワールス力 |
| ④ イオン化エネルギー | ⑤ 活性化エネルギー | ⑥ 結合エネルギー |
| ⑦ クーロン力 | | |

6 に対する解答群

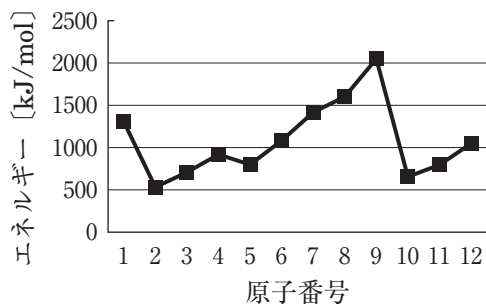
①



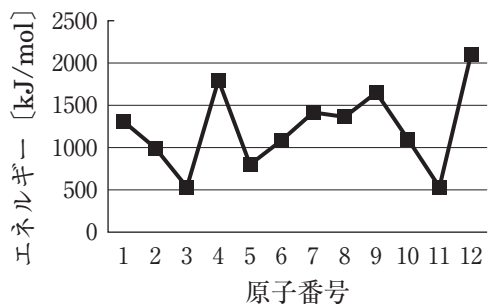
②



③

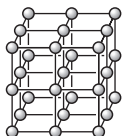


④

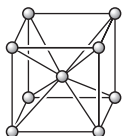


8 に対する解答群

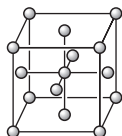
①



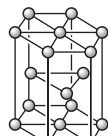
②



③



④



10 , 11 および 13 に対する解答群

① Ag

② Au

③ Cs

④ Cu

⑤ Fe

⑥ Hg

⑦ K

⑧ Li

⑨ Mn

⑩ Na

⑪ Pb

⑫ Rb

⑬ Ti

⑭ W

12 に対する解答群

① 上昇

② 低下

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 気体に関する次の文章中の空欄 14 ～ 27 にあてはまる最も適切なものをそれぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、原子量は $H=1.00$, $C=12.0$, $O=16.0$, $S=32.0$, $Fe=56.0$ とする。

操作A：炭酸ナトリウムに希塩酸を加えると、14 の気体 a が発生する。気体 a をナトリウムフェノキシドの水溶液に通じると、フェノールが生成する。下線部の反応と同じ原理の化学反応式は 15 である。

操作B：硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加えると、16 の気体 b が発生する。気体 b の水溶液は 17 を示し、この溶液に 18 の水溶液を加えると黄色の沈殿が生じる。

操作C：亜硫酸水素ナトリウムに希硫酸を加えると、19 の気体 c が発生する。気体 c の水溶液は 20 を示し、この溶液に操作Bで得た気体 b を通じると、水溶液が白濁する。下線部の反応と同じ原理の化学反応式は 21 である。

操作D：酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加えて加熱すると、22 の気体 d が発生する。気体 d の水溶液中には、酸化数が 23 の塩素原子をもつ化合物 X と酸化数が 24 の塩素原子をもつ化合物 Y が存在する。化合物 Y が酸化作用を示すため、気体 d の水溶液は殺菌剤として用いられる。

操作E：ギ酸に濃硫酸を加えて加熱すると、25 の気体 e が発生する。気体 e は鉄の精錬に用いられる。 Fe_2O_3 のみからなる鉄鉱石 $1.60 \times 10^5 \text{ kg}$ を完全に銑鉄に変化させる場合、少なくとも気体 e が 26 kg 必要であり、この操作で 27 kg の鉄原子を含む銑鉄が得られる。

14 , 16 , 19 , 22 および 25 に対する解答群

- ① 無 色・無 臭 ② 無 色・刺激臭 ③ 無 色・腐卵臭
④ 黄緑色・無 臭 ⑤ 黄緑色・刺激臭 ⑥ 黄緑色・腐卵臭
⑦ 赤褐色・無 臭 ⑧ 赤褐色・刺激臭 ⑨ 赤褐色・腐卵臭

15 および 21 に対する解答群

- ① $\text{AgCl} + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \longrightarrow \text{Na}_3[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2] + \text{NaCl}$
② $\text{CH}_3\text{COONa} + \text{HCl} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaCl}$
③ $\text{AlCl}_3 + 3\text{NaOH} \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{NaCl}$
④ $\text{CuSO}_4 + 4\text{NH}_3 \longrightarrow \text{Cu}[(\text{NH}_3)_4]^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$
⑤ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaCl} \longrightarrow \text{PbCl}_2 + 2\text{NaNO}_3$
⑥ $2\text{KMnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}_2$

17 および 20 に対する解答群

- ① 強い酸性 ② 弱い酸性 ③ 中 性
④ 弱い塩基性 ⑤ 強い塩基性

18 に対する解答群

- ① $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$ ② $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ③ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
④ AgNO_3 ⑤ ZnCl_2 ⑥ MnSO_4

23 および 24 に対する解答群

- ① + 1 ② + 2 ③ + 3 ④ + 4 ⑤ + 5
⑥ - 1 ⑦ - 2 ⑧ - 3 ⑨ - 4 ⑩ - 5
a 0

26

 および

27

 に対する解答群

- | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ① 7.00×10^3 | ② 1.40×10^4 | ③ 2.80×10^4 | ④ 3.50×10^4 |
| ⑤ 4.20×10^4 | ⑥ 5.60×10^4 | ⑦ 6.30×10^4 | ⑧ 7.00×10^4 |
| ⑨ 7.20×10^4 | ⑩ 8.40×10^4 | ㉑ 1.12×10^5 | ㉒ 1.40×10^5 |
| ㉓ 1.68×10^5 | | | |

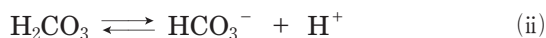
(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 次の問 1 ～ 3 の空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、 $\sqrt{2.7} = 1.6$, $\log_{10} 1.6 = 0.20$, $\log_{10} 2.7 = 0.43$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 4 = 0.60$, $\log_{10} 11 = 1.04$ とする。

問 1 酢酸水溶液では、式(i)の電離平衡が成り立つ。25℃における 0.10 mol/L 酢酸水溶液の水素イオン濃度は mol/L となる。したがって、この溶液は水素イオン指数 $\text{pH} =$. となる。ただし、25℃における酢酸の電離定数 $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$ mol/L とする。



問 2 炭酸水中では式(ii)および(iii)の電離平衡が成り立つ。



25℃における式(ii)の電離定数 K_1 および式(iii)の電離定数 K_2 は、それぞれ $K_1 = 4.5 \times 10^{-7}$ mol/L および $K_2 = 4.7 \times 10^{-11}$ mol/L である。炭酸水の濃度が 3.0×10^{-2} mol/L のときの水溶液中の炭酸イオンの濃度は mol/L となる。

問 3 弱酸とその塩の混合水溶液は、 作用を示す。500 mL の 0.20 mol/L 酢酸水溶液に 500 mL の 0.20 mol/L 酢酸ナトリウム水溶液を加えた混合液 A の pH は、以下のようにして求めることができる。

混合液 A では、問 1 で示した式(i)の電離平衡は ので、酢酸の濃度は mol/L と近似できる。また、酢酸ナトリウムは溶解するとすべて電離するとみなしてよく、加水分解は多量の酢酸分子によって抑えられる。したがって、混合液 A は $\text{pH} =$. となる。

混合液 A に 1.00 mol/L 塩酸を正確に 10 mL 加えた混合水溶液は

pH = . となる。また、混合液 A に 1.00 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を正確に 10 mL 加えた混合水溶液は pH = . となる。ただし、これらの操作による体積の変化は無視できるものとする。

に対する解答群

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 1.6×10^{-3} | ② 2.7×10^{-3} | ③ 4.0×10^{-3} |
| ④ 1.6×10^{-2} | ⑤ 2.7×10^{-2} | ⑥ 4.0×10^{-2} |

, および ~ に対する解答群

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

に対する解答群

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① 7.0×10^{-18} | ② 2.1×10^{-17} | ③ 1.6×10^{-11} |
| ④ 4.7×10^{-11} | ⑤ 1.4×10^{-10} | ⑥ 1.5×10^{-7} |
| ⑦ 4.5×10^{-7} | ⑧ 1.4×10^{-6} | ⑨ 1.0×10^{-4} |
| ⑩ 3.0×10^{-4} | | |

に対する解答群

- | | | |
|------|------|------|
| ① 酸化 | ② 還元 | ③ 中和 |
| ④ 緩衝 | ⑤ 脱水 | |

に対する解答群

- | | | |
|-----------|-----------|---------|
| ① 右辺に移動する | ② 左辺に移動する | ③ 変わらない |
|-----------|-----------|---------|

に対する解答群

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① 1.0×10^{-2} | ② 2.0×10^{-2} | ③ 4.0×10^{-2} |
| ④ 1.0×10^{-1} | ⑤ 2.0×10^{-1} | ⑥ 4.0×10^{-1} |
| ⑦ 1.0 | ⑧ 2.0 | ⑨ 4.0 |

Ⅳ 有機化合物に関する次の文章中の空欄 41 ～ 52 にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。ただし、同じものを何度選んでもよい。なお、シス-トランス異性体は考慮する必要はない。

化合物 A の分子式は $C_5H_{10}O$ で表される。化合物 A を臭素水に通じると、臭素水の赤褐色が消失した。このことから、化合物 A は 41 をもつことがわかる。また、化合物 A は塩基性の水溶液中でヨウ素と反応させると黄色沈殿を生じた。さらに、化合物 A を単体のナトリウムと反応させると 42 が発生した。一方、化合物 A に白金を触媒として水素を作用させると化合物 B が生じた。続いて、化合物 B に濃硫酸を加えて $170^\circ C$ に加熱すると化合物 C（主生成物）および化合物 D（副生成物）が生じた。

化合物 A をオゾン分解すると化合物 E および化合物 F が生成した。また、化合物 E は、無色の刺激臭をもつ液体であり、酢酸の原料や防腐剤として用いられる。次に、化合物 F にアンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると銀が析出した。この反応の液体部分を取り出し、酸性にすると化合物 G が生じた。次に、化合物 G に硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液を加えると化合物 H に変化した。

以上の結果より、化合物 A は 43、化合物 C は 44、化合物 D は 45、化合物 F は 46、化合物 G は 47、化合物 H は 48 であることがわかる。

- 1) 下線部と同様の反応に分類されるものは 49 である。
- 2) 化合物 E は 50 を塩化パラジウム(Ⅱ)と塩化銅(Ⅱ)水溶液を触媒にして、酸化することによっても得られる。
- 3) 化合物 F や G には、原子または原子団の配置が立体的に異なる 2 種の異性体（鏡像異性体）が存在する。鏡像異性体の性質の中で、異なるものは 51 である。
- 4) 化合物 F、化合物 G、化合物 H を沸点の高い順に並べると 52 である。

41 に対する解答群

- | | | |
|----------|----------|--------|
| ① カルボキシ基 | ② ホルミル基 | ③ ケトン基 |
| ④ 水酸基 | ⑤ エステル結合 | ⑥ 飽和結合 |
| ⑦ 不飽和結合 | ⑧ エーテル結合 | |

42 に対する解答群

- | | | |
|-------|-------|---------|
| ① 酸 素 | ② オゾン | ③ 塩 素 |
| ④ 水 素 | ⑤ 窒 素 | ⑥ 過酸化水素 |

43 に対する解答群

- | | |
|--|--|
| ① $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ | ② $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ |
| ③ $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$ | ④ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{OH}$ |
| ⑤ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}=\text{CH}_2$ | ⑥ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ |
| ⑦ $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ | ⑧ $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$ |
| ⑨ $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{O} \end{array}$ | |

44

および

45

に対する解答群

①



②



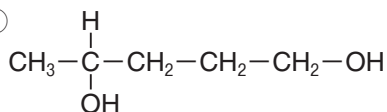
③



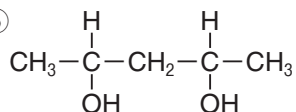
④



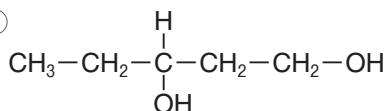
⑤



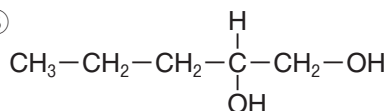
⑥



⑦



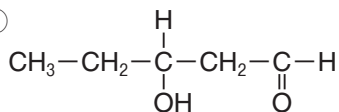
⑧



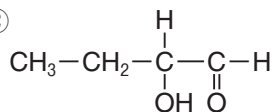
46

に対する解答群

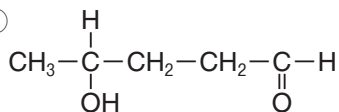
①



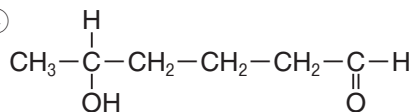
②



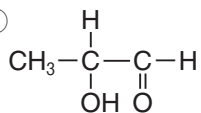
③



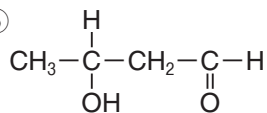
④



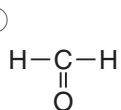
⑤



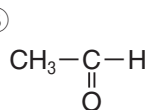
⑥



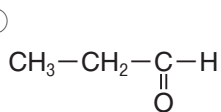
⑦



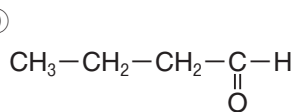
⑧



⑨



⑩



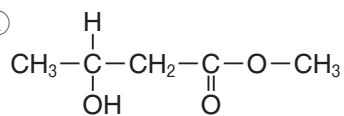
47

および

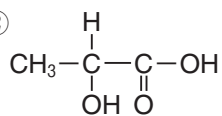
48

に対する解答群

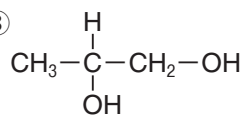
①



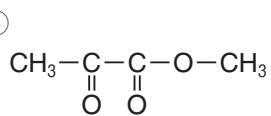
②



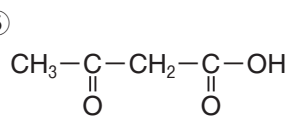
③



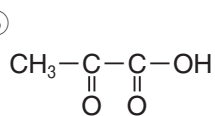
④



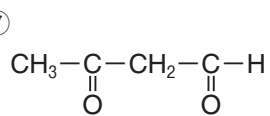
⑤



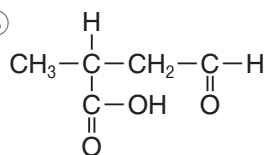
⑥



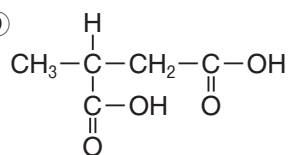
⑦



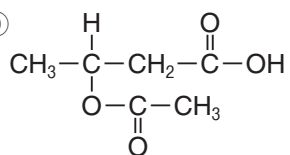
⑧



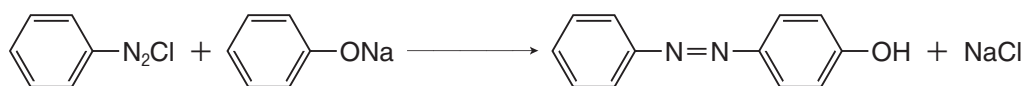
⑨



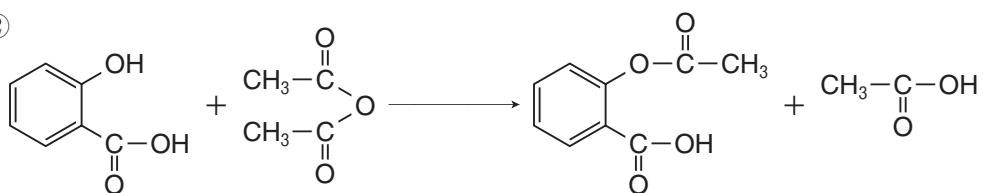
⑩



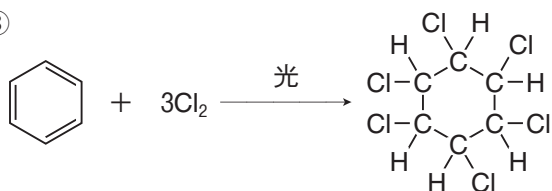
①



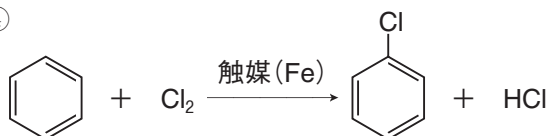
②



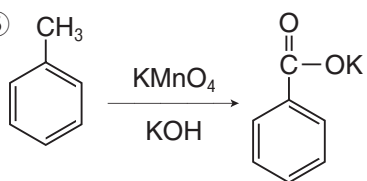
③



④



⑤



⑥



50 に対する解答群

- | | | |
|---|--|--|
| ①
CH_3-CH_3 | ②
$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ | ③
$\text{CH}\equiv\text{CH}$ |
| ④
CH_3-OH | ⑤
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ | ⑥
$\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$ |
| ⑦
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | ⑧
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$ | ⑨
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{OH}$ |
| ⑩
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | | |

51 に対する解答群

- | | |
|-------|-----------|
| ① 密 度 | ② 光に対する性質 |
| ③ 融 点 | ④ 沸 点 |

52 に対する解答群

- ① (高) 化合物 F > 化合物 G > 化合物 H (低)
- ② (高) 化合物 F > 化合物 H > 化合物 G (低)
- ③ (高) 化合物 G > 化合物 F > 化合物 H (低)
- ④ (高) 化合物 G > 化合物 H > 化合物 F (低)
- ⑤ (高) 化合物 H > 化合物 F > 化合物 G (低)
- ⑥ (高) 化合物 H > 化合物 G > 化合物 F (低)

生 物

(解答番号 ～)

I ヒトのタンパク質の構造と機能に関する以下の文章中の ～ に最も適切なものを解答群から選び、その番号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返して選んでもよい。

- 1) ヒトのタンパク質は20種類のアミノ酸から構成され、アミノ酸どうしが鎖状につながった構造をしている。アミノ酸は、中心の炭素にカルボキシ基、窒素を含むアミノ基、水素、および側鎖が結合した構造を持つ。側鎖を構成する原子の数や元素の種類はアミノ酸ごとに異なる。タンパク質を構成する20種類のアミノ酸のうち、酸性の側鎖をもつアミノ酸は 種類ある。それ以外のアミノ酸のうち、 は側鎖が水素のみからなり、 と は側鎖に硫黄を含む。 はヒトには体内で合成することができない必須アミノ酸であり、 どうしはジスルフィド結合を形成する。アミノ酸どうしはペプチド結合によりつながり、1つのペプチド結合が形成される過程で、1分子の が取り除かれる。

アミノ酸が多数つながったものをポリペプチドといい、ポリペプチドのアミノ酸の配列順序をタンパク質の一次構造とよぶ。ポリペプチドの一部が水素結合などにより折りたたまれると、らせん状の構造である（ア）や、平行に並んだジグザグ状の構造である（イ）が形成される。これらの部分的な立体構造をタンパク質の（ウ）構造という。（ウ）構造が立体的に配置されて、タンパク質の構造が形成される。複数のポリペプチドが組み合わさってできる立体構造をタンパク質の（エ）構造といい、（エ）構造をもつタンパク質の例として がある。 はポリペプチドが正しい立体構造に折りたたまれるのを補助したり、誤って折りたたまれたタンパク質を正常な立体構造に戻すはたらきをもつ。ここで、（ア）～（エ）の正しい組み合わせは である。

1 に対する解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4
⑤ 5 ⑥ 9 ⑦ 12 ⑧ 20

2 ～ **4** に対する解答群

- ① アラニン ② アルギニン ③ グリシン
④ グルタミン ⑤ システイン ⑥ プロリン
⑦ チロシン ⑧ メチオニン ⑨ セリン

5 に対する解答群

- ① アンモニア ② 酸 素 ③ 水 素
④ 二酸化炭素 ⑤ 水 ⑥ 硫化水素

6 に対する解答群

- ① ヘモグロビン ② ミオグロビン ③ チロキシン
④ ビリルビン ⑤ リゾチーム

7 に対する解答群

- ① アクアポリン ② サイトカイン ③ シャペロン
④ ヒストン ⑤ インターフェロン ⑥ カドヘリン

8 に対する解答群

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	α ヘリックス	β シート	二 次	三 次
②	α ヘリックス	β シート	二 次	四 次
③	α ヘリックス	β シート	三 次	四 次
④	β シート	α ヘリックス	二 次	三 次
⑤	β シート	α ヘリックス	二 次	四 次
⑥	β シート	α ヘリックス	三 次	四 次

2) 酵素が作用する物質を基質といい、酵素の活性部位に基質が結合することで反応が進む。たとえば、ヒトの唾液に含まれる 9 はデンプンのマルトースへの分解を触媒する。また、胃液に含まれるペプシンはタンパク質のポリペプチドへの分解を触媒する。

pH 2、温度37℃の条件下で、ペプシンの濃度が一定のとき、基質タンパク質（タンパク質 Y）がポリペプチドに分解される反応速度とタンパク質 Y の濃度の関係を表すグラフは図 I の（a）になった。グラフ（a）では、タンパク質 Y の濃度が図 I の A が指す値より低いときは、タンパク質 Y の濃度が高くなるとともに反応速度も増加した。一方、タンパク質 Y の濃度が図 I の A が指す値より高い場合には、タンパク質 Y の濃度を増加させても、反応速度はほぼ一定になった。このとき、反応速度がほぼ一定になる理由は、10 ためだと考えられる。

図 I の（b）～（f）のグラフはそれぞれ、グラフ（a）の反応条件の一部を変更したときに得られると予想されるグラフである。ペプシンの濃度のみを 2 倍に変更した場合に、反応速度とタンパク質 Y の濃度の関係は図 I の 11 のグラフになると考えられる。一方、タンパク質 Y とよく似た構造を持ち、ペプシンの活性部位に可逆的に結合できるが分解されない物質を加えた場合には、反応速度とタンパク質 Y の濃度の関係は図 I の 12 のグラフになると考えられる。12 のグラフのようになるのは、13 が原因と考えられる。

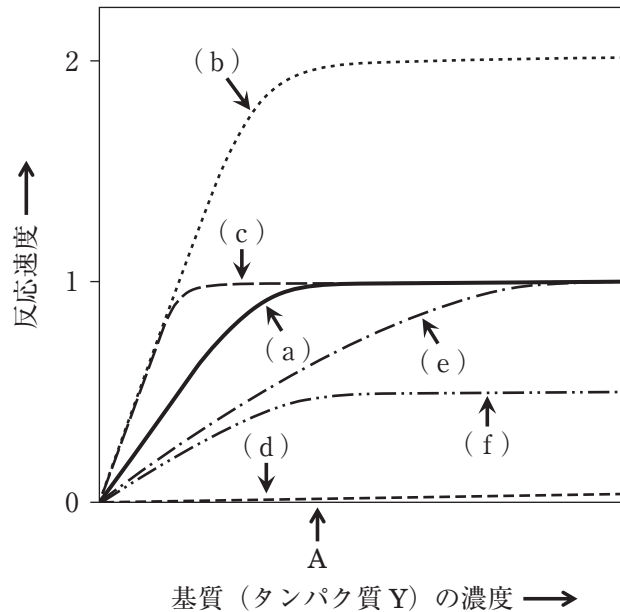


図 I

9 に対する解答群

- | | | |
|---------|---------|--------|
| ① マルターゼ | ② カタラーゼ | ③ リパーゼ |
| ④ アミラーゼ | ⑤ トリプシン | |

10 に対する解答群

- ① 酵素の活性部位が変性した
- ② 全ての基質が酵素の活性部位に結合した
- ③ 全ての酵素の活性部位に基質が結合した
- ④ 反応生成物が酵素活性を増加させた

11 および 12 に対する解答群

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① (b) | ② (c) | ③ (d) | ④ (e) | ⑤ (f) |
|-------|-------|-------|-------|-------|

13

に対する解答群

- ① 非競争的阻害
- ② アロステリック効果
- ③ 競争的阻害
- ④ フィードバック調節
- ⑤ ホメオスタシス

(第Ⅱ問は次ページから始まる)

Ⅱ 真核生物の遺伝情報の複製，転写，翻訳に関する以下の文章中の 14 ～ 24 に最も適切なものを解答群から選び，その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし，異なる番号の 15 に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) DNA は，糖骨格に塩基およびリン酸が結合した（ア）が多数つながった鎖状の構造をしており，二本の鎖が互いに向かい合って結合している。細胞周期の 14 でみられる DNA の複製の際には，二本鎖 DNA を開裂させるために 15 がはたらき，それぞれの鎖が鋳型となって（イ）な一本鎖 DNA が新たに合成される。このような DNA の半保存的複製のしくみは（ウ）らによって実験的に証明された。ここで，（ア）～（ウ）の正しい組み合わせは 16 である。

14 に対する解答群

- ① G_0 期 ② G_1 期 ③ G_2 期 ④ S 期 ⑤ M 期

15 に対する解答群

- ① DNA ポリメラーゼ ② DNA リガーゼ ③ DNA ヘリカーゼ
④ DNA プライマーゼ ⑤ 制限酵素 ⑥ テロメラーゼ

	(ア)	(イ)	(ウ)
①	ヌクレオシド	相補的	ハーシーとチェイス
②	ヌクレオシド	相補的	メセルソンとスタール
③	ヌクレオシド	相補的	ワトソンとクリック
④	ヌクレオシド	競合的	ハーシーとチェイス
⑤	ヌクレオシド	競合的	メセルソンとスタール
⑥	ヌクレオシド	競合的	ワトソンとクリック
⑦	ヌクレオソーム	相補的	ハーシーとチェイス
⑧	ヌクレオソーム	相補的	メセルソンとスタール
⑨	ヌクレオソーム	相補的	ワトソンとクリック
⑩	ヌクレオソーム	競合的	ハーシーとチェイス
a	ヌクレオソーム	競合的	メセルソンとスタール
b	ヌクレオソーム	競合的	ワトソンとクリック
c	ヌクレオチド	相補的	ハーシーとチェイス
d	ヌクレオチド	相補的	メセルソンとスタール
e	ヌクレオチド	相補的	ワトソンとクリック
f	ヌクレオチド	競合的	ハーシーとチェイス
g	ヌクレオチド	競合的	メセルソンとスタール
h	ヌクレオチド	競合的	ワトソンとクリック

2) RNA は 17 によって DNA から転写される。17 は、DNA の塩基配列をランダムに認識し転写を開始するのではなく、DNA の塩基配列中の 18 の近傍から開始し RNA 鎖を伸長させる。RNA には、タンパク質のアミノ酸配列を指定する (エ), アミノ酸の運搬にかかわる (オ), タンパク質と複合体を形成しリボソームの構成 RNA として機能する (カ) がある。

リボソームにおいて、(エ) の塩基配列が、アミノ酸配列へ翻訳される。表Ⅱは遺伝暗号表を示している。ここで、以下のような塩基配列の (エ) が存在した場合、

[5'-GACACCAUGGAGCCUCAGGUGUCAAAAC - [500塩基] - UGACCUAGCCUAAGCUAG - 3']

19 個のアミノ酸からなるタンパク質が合成される。このとき、翻訳は最も5'末端側に存在する AUG から始まり、塩基配列中の [500塩基] 内では翻訳が止まらないものと仮定する。

突然変異による遺伝子の塩基配列の変化が原因となる病気が知られている。かま状赤血球貧血症は、その一例であり、一塩基が変化することで本来グルタミン酸である部分がバリンに変化している。これは、コドンの (キ) 番目の塩基が (ク) から (ケ) に変化するために起こる。ここで、(エ) ~ (カ) の正しい組み合わせは 20 であり、(キ) ~ (ケ) の正しい組み合わせは 21 である。

表Ⅱ

		2 番目の塩基									
		G		A		C		U			
G	グリシン	GGG	グルタミン酸	GAG	アラニン	GCG	バリン	GUG		G	
		GGA		GAA		GUA		A			
		GGC	アスパラギン酸	GAC		GCC		GUC		C	
		GGU		GAU		GCU		GUU		U	
A	アルギニン	AGG	リシン	AAG	トレオニン	ACG	メチオニン	AUG		G	
	AGA	AAA		ACA		AUA		A			
	セリン	AGC	アスパラギン	AAC		ACC	イソロイシン	AUC		C	
		AGU		AAU		ACU		AUU		U	
C	アルギニン	CGG	グルタミン	CAG	プロリン	CCG	ロイシン	CUG		G	
		CGA		CAA		CCA		CUA		A	
		CGC	ヒスチジン	CAC		CCC		CUC		C	
		CGU		CAU		CCU		CUU		U	
U	トリプトファン	UGG	終止	UAG	セリン	UCG	ロイシン	UUG		G	
	終止	UGA		UAA		UCA		UUA		A	
	システイン	UGC	チロシン	UAC		UCC	フェニルアラニン	UUC		C	
		UGU		UAU		UCU		UUU		U	

1 番目の塩基

3 番目の塩基

17 に対する解答群

- ① RNA ポリメラーゼ ② RNA ヘリカーゼ ③ 基本転写因子
④ 逆転写酵素 ⑤ リボザイム

18 に対する解答群

- ① リプレッサー ② プロモーター ③ オペロン
④ サイレンサー ⑤ クロマチン

19 に対する解答群

- ① 175 ② 177 ③ 179 ④ 181 ⑤ 183 ⑥ 185

20 に対する解答群

	(エ)	(オ)	(カ)
①	rRNA	mRNA	tRNA
②	rRNA	tRNA	mRNA
③	mRNA	rRNA	tRNA
④	mRNA	tRNA	rRNA
⑤	tRNA	rRNA	mRNA
⑥	tRNA	mRNA	rRNA

	(キ)	(ク)	(ケ)
①	1	ウラシル	アデニン
②	1	アデニン	ウラシル
③	1	グアニン	シトシン
④	1	シトシン	グアニン
⑤	2	ウラシル	アデニン
⑥	2	アデニン	ウラシル
⑦	2	グアニン	シトシン
⑧	2	シトシン	グアニン
⑨	3	ウラシル	アデニン
⑩	3	アデニン	ウラシル
a	3	グアニン	シトシン
b	3	シトシン	グアニン

3) スプライシングは、転写直後の RNA から (コ) を除去し (サ) のみをつなぎ合わせる過程である。また、(サ) は、(シ) スプライシングによってさまざまな組み合わせでつなぎ合わされる。これにより、1つの遺伝子から多種類のタンパク質合成が可能であり、ヒトの場合、遺伝子数は約 22 個であるのに対し、翻訳されるタンパク質の種類はその数を上回っている。

突然変異による塩基配列の変化によって、スプライシングに異常が起こることがある。異常スプライシングによって、RNA の翻訳される塩基配列に 2 塩基の欠失が起こった場合、23 によって異常なタンパク質が産生されてしまう。ここで、(コ) ~ (シ) の正しい組み合わせは 24 である。

22 に対する解答群

- | | | |
|-----------|-------------|----------|
| ① 200 | ② 2,000 | ③ 20,000 |
| ④ 200,000 | ⑤ 2,000,000 | |

23 に対する解答群

- | | | |
|----------|---------------|-------------|
| ① RNA 干渉 | ② フレームシフト | ③ マイクロサテライト |
| ④ アンチセンス | ⑤ 一塩基多型 (SNP) | |

	(コ)	(サ)	(シ)
①	イントロン	エキソン	非選択的
②	イントロン	エキソン	選択的
③	イントロン	キャップ	非選択的
④	イントロン	キャップ	選択的
⑤	エキソン	イントロン	非選択的
⑥	エキソン	イントロン	選択的
⑦	エキソン	キャップ	非選択的
⑧	エキソン	キャップ	選択的
⑨	キャップ	イントロン	非選択的
⑩	キャップ	イントロン	選択的
a	キャップ	エキソン	非選択的
b	キャップ	エキソン	選択的

(第Ⅲ問は次ページから始まる)

Ⅲ 光合成に関する以下の文章中の ～ に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) 植物や藻類の光合成の場合は葉緑体である。光合成の反応は、葉緑体の、 における 光が直接関係する反応 と、 における 光が直接関係しない反応 の 2 つの段階に大きく分けられる。

および に対する解答群

- ① 外包膜 ② 内包膜 ③ チラコイド膜 ④ ストロマ
⑤ サイトゾル ⑥ マトリックス ⑦ クリステ

下線部 a の段階では、クロロフィルに集まった光エネルギーによって の (ア) へ (イ) が輸送され、(イ) の濃度勾配を形成する。この過程で水から電子が引き抜かれて酸素を生じる。このとき生じた電子は最終的に (ウ) に渡されて (エ) が生じる。また、(イ) の濃度勾配に従って の (オ) に (イ) が移動することで生じたエネルギーを用いて、ATP が合成される。ここで (ア)、(イ)、(オ) の正しい組み合わせは であり、(ウ) と (エ) の正しい組み合わせは である。

27

に対する解答群

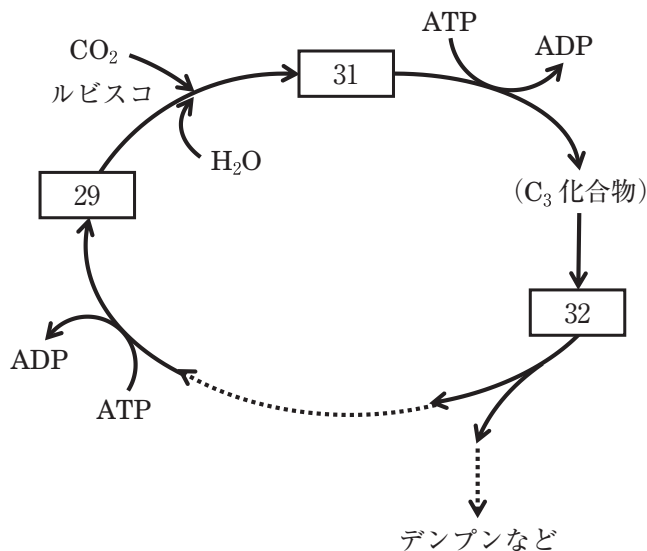
	(ア)	(イ)	(オ)
①	外側から内側	H^+	外側から内側
②	外側から内側	H^+	内側から外側
③	外側から内側	Na^+	外側から内側
④	外側から内側	Na^+	内側から外側
⑤	外側から内側	Cl^-	外側から内側
⑥	外側から内側	Cl^-	内側から外側
⑦	外側から内側	OH^-	外側から内側
⑧	外側から内側	OH^-	内側から外側
⑨	内側から外側	H^+	外側から内側
⑩	内側から外側	H^+	内側から外側
㉑	内側から外側	Na^+	外側から内側
㉒	内側から外側	Na^+	内側から外側
㉓	内側から外側	Cl^-	外側から内側
㉔	内側から外側	Cl^-	内側から外側
㉕	内側から外側	OH^-	外側から内側
㉖	内側から外側	OH^-	内側から外側

28

に対する解答群

	(ウ)	(エ)
①	NAD^+	NADH
②	NADH	NAD^+
③	NADP^+	NADPH
④	NADPH	NADP^+
⑤	FAD	FADH_2
⑥	FADH_2	FAD

下線部bの段階は図Ⅲ－1に示すようなカルビン回路（カルビン・ベンソン回路）で行われる。（エ）とATPのエネルギーにより、 C_5 化合物である図Ⅲ－1の 29 を出発物質として、ルビスコによる炭酸固定反応ののち、 30 反応によって図Ⅲ－1の 31 が2分子つくられる。31 から C_3 化合物を経て、直接の生産物として図Ⅲ－1の 32 が生成する。ルビスコにより6分子の二酸化炭素が固定されたとき、33 分子の 32 が生成する。このうち 34 分子は 29 の再生産に用いられ、35 分子はデンプンなどの炭水化物として植物に蓄積される。なお、図Ⅲ－1の $\cdots\rightarrow$ は複数の反応を省略していることを示す。



図Ⅲ－1

29 , 31 および 32 に対する解答群

- | | | |
|---------------------|-------------------|----------|
| ① クエン酸 | ② グリセリン | ③ 脂肪酸 |
| ④ グルタミン酸 | ⑤ ピルビン酸 | ⑥ オキサロ酢酸 |
| ⑦ ホスホグリセリン酸 | ⑧ リブローズ 1,5-ビスリン酸 | |
| ⑨ α -ケトグルタル酸 | ⑩ エタノール | |
| ⑪ アセチル CoA | ⑫ グリセルアルデヒド 3-リン酸 | |

30 に対する解答群

- ① 酸 化 ② 還 元 ③ 脱 水 ④ 加水分解 ⑤ 転 移

33 ~ **35** に対する解答群

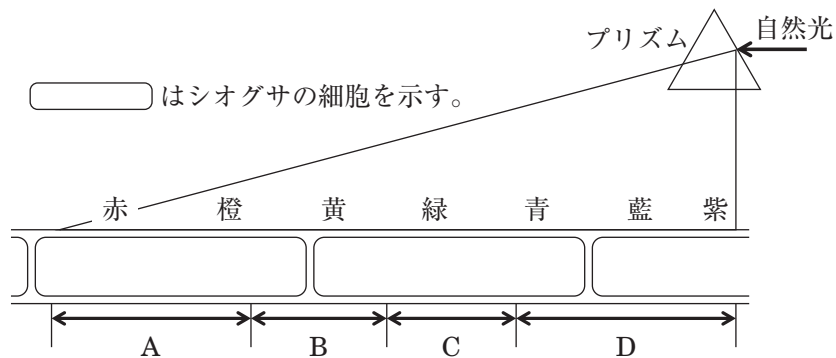
- ① 1 ② 2 ③ 6 ④ 10
⑤ 12 ⑥ 15 ⑦ 20 ⑧ 24

光合成の一連の反応によって、大気中の二酸化炭素が固定され、酸素が放出される。
図Ⅲ－１の反応経路において、大気中の二酸化炭素 220 kg が葉緑体による光合成で
固定された場合、理論上、酸素は最大 **36** kg 放出される。ただし、原子量は、
C=12, O=16 とする。

36 に対する解答群

- ① 32 ② 44 ③ 80 ④ 160
⑤ 180 ⑥ 220 ⑦ 320

- 2) エンゲルマンは、図Ⅲ－2に示すような実験を行った。プリズムで分光した自然光を緑藻類のシオグサに当て、ここに酸素に集まる性質をもつ細菌（好気性細菌）を添加した。このとき、好気性細菌は図Ⅲ－2で示した範囲A～Dのうち、37に多く集まった。



図Ⅲ－2

37 に対する解答群

- ① Aのみ ② Bのみ ③ Cのみ ④ Dのみ ⑤ AとB
 ⑥ AとC ⑦ AとD ⑧ BとC ⑨ BとD ⑩ CとD
- 3) 原核生物にも光合成を行うものがある。原核生物の緑色硫黄細菌、紅色硫黄細菌、シアノバクテリアのうち、葉緑体の光化学系Ⅰに相当する光化学系をもつのは 38 であり、光化学系Ⅱに相当する光化学系をもつのは 39 である。

38 および 39 に対する解答群

- ① 緑色硫黄細菌のみ ② 紅色硫黄細菌のみ ③ シアノバクテリアのみ
 ④ 緑色硫黄細菌と紅色硫黄細菌のみ
 ⑤ 緑色硫黄細菌とシアノバクテリアのみ
 ⑥ 紅色硫黄細菌とシアノバクテリアのみ
 ⑦ 緑色硫黄細菌と紅色硫黄細菌とシアノバクテリア

Ⅳ 動物の反応と行動に関する以下の文章中の 40 ～ 50 に最も適切なものを解答群から選び、その番号または記号を解答欄にマークせよ。ただし、異なる番号の に同じものを繰り返し選んでもよい。

- 1) ヒトの眼に入った光は、40 と 41 で屈折し、42 を通過して網膜上に像を結ぶ。このとき、41 の厚さを変えることによって網膜上に鮮明な像ができるように調節している。たとえば、近くのものを見るときは、まず毛様筋が（ア）し、チン小帯がゆるむ。すると、41 が（イ）くなって、焦点距離が（ウ）くなる。ここで、（ア）～（ウ）の正しい組み合わせは 43 である。

40 ～ 42 に対する解答群

- | | | | |
|-------|--------|-------|-------|
| ① 角 膜 | ② 強 膜 | ③ 結 膜 | ④ 脈絡膜 |
| ⑤ 虹 彩 | ⑥ ガラス体 | ⑦ 水晶体 | ⑧ 色素体 |

43 に対する解答群

	（ア）	（イ）	（ウ）
①	弛 緩	厚	長
②	弛 緩	厚	短
③	弛 緩	薄	長
④	弛 緩	薄	短
⑤	収 縮	厚	長
⑥	収 縮	厚	短
⑦	収 縮	薄	長
⑧	収 縮	薄	短

ヒトの網膜の視細胞には、桿体細胞と錐体細胞がある。桿体細胞は主に（エ）場所
 でよくはたらき、桿体細胞の外節部には（オ）が集積している。（オ）は、ビタミン
 （カ）からつくられる（キ）とよばれる分子と、（ク）とよばれるタンパク質からなる。
 （オ）が光を吸収すると（キ）の構造が変化し、（ク）から（キ）が解離する。その結
 果、（オ）の量が減少して、桿体細胞の感度が（ケ）する。錐体細胞は主に（コ）場
 所でよくはたらき、錐体細胞の外節部には（サ）が集積している。錐体細胞は3種類
 の細胞から構成され、それぞれ 44 付近の波長の光をよく吸収する。ここで、
 （エ）、（オ）、（コ）、（サ）の正しい組み合わせは 45 であり、（カ）～（ケ）の
 正しい組み合わせは 46 である。

44 に対する解答群

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| ① 430 nm, 500 nm, 530 nm | ② 430 nm, 500 nm, 560 nm |
| ③ 430 nm, 530 nm, 560 nm | ④ 500 nm, 530 nm, 560 nm |

45 に対する解答群

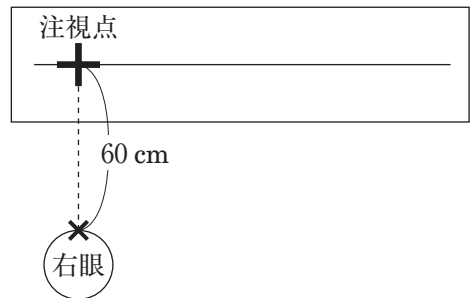
	（エ）	（オ）	（コ）	（サ）
①	明るい	オーキシン	うす暗い	フォトプシン
②	明るい	オーキシン	うす暗い	ロドプシン
③	明るい	フォトプシン	うす暗い	オーキシン
④	明るい	フォトプシン	うす暗い	ロドプシン
⑤	明るい	ロドプシン	うす暗い	オーキシン
⑥	明るい	ロドプシン	うす暗い	フォトプシン
⑦	うす暗い	オーキシン	明るい	フォトプシン
⑧	うす暗い	オーキシン	明るい	ロドプシン
⑨	うす暗い	フォトプシン	明るい	オーキシン
⑩	うす暗い	フォトプシン	明るい	ロドプシン
a	うす暗い	ロドプシン	明るい	オーキシン
b	うす暗い	ロドプシン	明るい	フォトプシン

	(カ)	(キ)	(ク)	(ケ)
①	A	オプシン	レチナール	上 昇
②	A	オプシン	レチナール	低 下
③	A	レチナール	オプシン	上 昇
④	A	レチナール	オプシン	低 下
⑤	E	オプシン	レチナール	上 昇
⑥	E	オプシン	レチナール	低 下
⑦	E	レチナール	オプシン	上 昇
⑧	E	レチナール	オプシン	低 下

網膜上の盲斑を，以下のような実験で調べた。

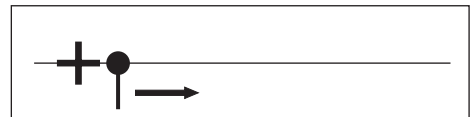
[実験]

1. 十分明るい場所の壁に，被験者の眼の高さと同じになるように，盲斑検査用紙を固定した。被験者の右眼の視野の中央に盲斑検査用紙の注視点（+印）がくるように顔の位置を固定し，さらに，注視点から 60 cm の距離になるように合わせ，盲斑検査用紙の正面に被験者を正確に直立させた（図Ⅳ－1）。



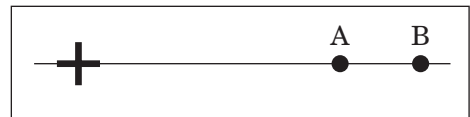
図Ⅳ－1

2. 被験者の左眼をガーゼで覆い，右眼だけで注視点を見続けさせた。
3. 被験者に注視点を見続けさせた状態で，試験者が黒点のついた棒を注視点から矢印の方向へ水平に移動させた（図Ⅳ－2）。



図Ⅳ－2

4. 黒点が見えなくなる点 A と，再び黒点が見え始める点 B を正確に測定し，記録した（図Ⅳ－3）。



図Ⅳ－3

このとき，注視点から点 A までの距離は 13.0 cm，点 B までの距離は 16.5 cm であった。ここで，被験者の眼球が直径 24 mm の完全な球形で，眼に入った光はすべて図Ⅳ－1 の × 印を通過して網膜上に像を結ぶものと仮定した場合，盲斑の直径は mm と算出できる。また，黄斑の中心から盲斑の中心までの距離は mm と算出できる。

および に対する解答群

- | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 0.7 | ② 1.4 | ③ 2.0 | ④ 2.6 | ⑤ 3.0 | ⑥ 3.3 |
| ⑦ 4.2 | ⑧ 5.2 | ⑨ 5.9 | ⑩ 6.6 | ㉐ 7.0 | |

- 2) モンシロチョウが雌雄を判別する行動を解析するため、配偶行動が盛んに認められる、よく晴れた日中のキャベツ畑において、下記の実験を行った。

[実験1]

モンシロチョウの雄と雌、それぞれ生きた状態でキャベツの葉に固定したところ、モンシロチョウの雌にモンシロチョウの雄が集まってきた。

[実験2]

モンシロチョウの雄と雌、それぞれの標本をキャベツの葉に固定したところ、モンシロチョウの雌の標本にモンシロチョウの雄が集まってきた。

[実験3]

モンシロチョウの雄と雌、それぞれ左右の翅だけの標本をキャベツの葉に固定したところ、モンシロチョウの雌の翅にモンシロチョウの雄が集まってきた。

[実験4]

モンシロチョウの雄と雌、それぞれ胴体だけの標本をキャベツの葉に固定したところ、モンシロチョウは集まってこなかった。

以下の記述 a～d について，[実験 1] ～ [実験 4] の結果の考察として除外されるのは

49

 である。

- a 雄が，雌の胴体を見ることで雌雄を判別している。
- b 雄が，雌のフェロモンを感知することで雌雄を判別している。
- c 雄が，雌の翅の動く音を感知することで雌雄を判別している。
- d 雄が，雌の翅を見ることで雌雄を判別している。

49

 に対する解答群

- | | | |
|--------------|--------------|--------------|
| ① a のみ | ② b のみ | ③ c のみ |
| ④ d のみ | ⑤ a, b のみ | ⑥ a, c のみ |
| ⑦ a, d のみ | ⑧ b, c のみ | ⑨ b, d のみ |
| ⑩ c, d のみ | Ⓐ a, b, c のみ | Ⓑ a, b, d のみ |
| Ⓒ a, c, d のみ | Ⓓ b, c, d のみ | Ⓔ a, b, c, d |

さらに、以下の実験を行った。

[実験5]

モンシロチョウの雄と雌を、それぞれ透明な容器に入れて密封し、キャベツの葉に固定したところ、雌が入った容器にモンシロチョウの雄が集まってきた。なお、この実験に用いた容器は、波長 180 nm から 2500 nm の光をほぼ100%透過する合成石英ガラスを用いて作られていた。

[実験6]

モンシロチョウの雌の標本に波長 400 nm 以下の光を吸収する塗料を塗ってキャベツの葉に固定したところ、モンシロチョウは集まってこなかった。

[実験7]

モンシロチョウの雄の標本に波長 400 nm 以下の光を反射する塗料を塗ってキャベツの葉に固定したところ、モンシロチョウの雄が集まってきた。

[実験8]

モンシロチョウの雄の標本に波長 700 nm 以上の光を反射する塗料を塗ってキャベツの葉に固定したところ、モンシロチョウは集まってこなかった。

〔実験1〕～〔実験8〕のすべての実験結果を考察したとき、モンシロチョウによる雌雄の判別に関する以下の記述e～hについて、考えられるのは 50 である。

e 雌の翅と胴体がつながった状態であることが必要である。

f 雌の翅が赤外線を反射することが必要である。

g 雌の翅が紫外線を反射することが必要である。

h 雌のフェロモンを感知することが必要である。

50 に対する解答群

- | | | |
|-------------|-------------|--------------|
| ① eのみ | ② fのみ | ③ gのみ |
| ④ hのみ | ⑤ e, fのみ | ⑥ e, gのみ |
| ⑦ e, hのみ | ⑧ f, gのみ | ⑨ f, hのみ |
| ⑩ g, hのみ | Ⓐ e, f, gのみ | Ⓑ e, f, hのみ |
| Ⓒ e, g, hのみ | Ⓓ f, g, hのみ | Ⓔ e, f, g, h |