

※一般は物理・化学・生物から2科目選択
 学士は化学・生物必須
 ※試験時間100分で2科目を受験する

試験時間 100分

物理 1～11 ページ

化学 12～20 ページ

生物 21～34 ページ

- 注意事項**
- 出願の際に選択した2科目について解答すること。
 - 解答用紙(マークカード)は各科目につき1枚である。
 - 選択しない科目の解答用紙(マークカード)は、全面に大きく×印をつけて、机の右端に置くこと。試験中に回収します。
 - 解答用紙(マークカード)に、氏名・フリガナ・受験番号の記入および受験番号のマークを忘れないこと。
 - マークはHBの鉛筆で、はっきりとマークすること。
 - マークを消す場合、消しゴムで完全に消し、消しきらずに残さないこと。
 - 解答用紙(マークカード)は折り曲げたり、メモやチェックなどで汚したりしないように注意すること。
 - 各問題の選択肢のうち質問に適した答えを1つだけ選びマークすること。1問に2つ以上解答した場合は誤りとする。
 - 問題用紙は解答用紙(マークカード)とともに机上に置いて退出すること。持ち帰ってはいけない。

I ヒトの呼吸代謝に関する次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

ヒトの骨格筋の収縮でATPが消費されると、細胞内では複数の方法によりATPが合成される。例えば、ジョギングのように長時間の持続が可能な運動を、休息状態から一定の強度で開始すると、直ちに **1** を用いたATP合成が増加する。それに少し遅れ、骨格筋への酸素分子の供給が増える前に、糖を分解する **2** によるATP合成が増加する。その後、骨格筋への酸素分子の供給が増えてくると **3** によるATP合成も増加する。**3** で、還元力を持つ分子アと分子イも生成され、これらが**酸化**的リン酸化によるATP合成に利用されて、さらにATPの合成が増加する。こうしてATPの消費と合成の速度が一致した状態が維持され、長時間の運動が行われる。

問1 文中の **1** ～ **3** に、最も適切な語をそれぞれ答えなさい。

- | | | |
|----------|------------|---------------|
| ① アドレナリン | ② オキサロ酢酸 | ③ オルニチン回路 |
| ④ 解糖系 | ⑤ 活性化エネルギー | ⑥ カルビン・ベンソン回路 |
| ⑦ クエン酸回路 | ⑧ クレアチニン | ⑨ クレアチンリン酸 |
| ⑩ 電子伝達系 | ⑪ 同化 | |

問2 文中の **2** と **3** の存在する場所を **2** — **3** の順に並べた組合せとして、最も適切なものを答えなさい。 **4**

- A. 細胞質基質 B. ミトコンドリアの外膜 C. ミトコンドリアの内膜
 D. ミトコンドリアの膜間腔 E. ミトコンドリアのマトリックス
- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① A—B | ② A—C | ③ A—D | ④ A—E | ⑤ C—A |
| ⑥ C—B | ⑦ C—D | ⑧ C—E | ⑨ E—A | ⑩ E—B |
| ⑪ E—C | ⑫ E—D | | | |

問3 分子アと分子イとして、最も適切な物質をそれぞれ答えなさい。なお、分子アは **3** に加え **2** によっても生成される。

- | | | | |
|---------------------|---------------------|--------------------|---------|
| 分子ア 5 | 分子イ 6 | | |
| ① FAD | ② FADH ₂ | ③ NAD ⁺ | ④ NADH |
| ⑤ NADP ⁺ | ⑥ NADPH | ⑦ O ₂ | ⑧ ビルビン酸 |

問4 文中の **2** について以下の問いに答えなさい。

1. 1モルのグルコースから、**2** によって生成される分子アの量(モル数)として、最も適切な値を答えなさい。 **7** モル

- | | | | | | | |
|--------|-------|--------|-----|--------|-------|--------|
| ① 0.25 | ② 0.5 | ③ 0.75 | ④ 1 | ⑤ 1.25 | ⑥ 1.5 | ⑦ 1.75 |
| ⑧ 2 | ⑨ 2.5 | ⑩ 3 | ⑪ 4 | ⑫ 6 | ⑬ 8 | |

2. 細胞がグルコースを呼吸代謝で利用する時には、まず **2** の代謝経路の最初で、グルコース1モルあたりATP1モルを消費してグルコース6-リン酸を生成してから利用する。一方で、骨格筋の細胞に含まれるグリコーゲンからは、ATPを用いずにグルコース6-リン酸が生じ、**2** の代謝経路で利用される。後者の場合に、細胞が **2** の代謝経路から得るATPの量は、前者の何倍に相当すると考えられるか。両方で生成されるグルコース6-リン酸の量を同一として、最も適切な値を答えなさい。 **8** 倍

- | | | | | | | |
|--------|-------|--------|-----|--------|-------|--------|
| ① 0.25 | ② 0.5 | ③ 0.75 | ④ 1 | ⑤ 1.25 | ⑥ 1.5 | ⑦ 1.75 |
| ⑧ 2 | ⑨ 2.5 | ⑩ 3 | ⑪ 4 | ⑫ 6 | ⑬ 8 | |

問5 文中の下線部aの後しばらくすると、一定強度の運動を続ける骨格筋への酸素分子の供給速度は一定となり、骨格筋細胞内に乳酸は存在しなくなった。この時点の骨格筋細胞について、以下の問いに答えなさい。

1. この細胞において、1モルのグルコースから生成されている分子アの量(モル)として、最も適切な値を答えなさい。 **9** モル

- | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| ① 2 | ② 3 | ③ 4 | ④ 5 | ⑤ 6 | ⑥ 8 | ⑦ 10 |
| ⑧ 12 | ⑨ 14 | ⑩ 16 | ⑪ 20 | ⑫ 34 | ⑬ 38 | |

2. 文中の下線部bが **9** モルの分子アのみを利用すると、何モルの酸素分子を消費するか。最も適切な値を答えなさい。 **10** モル

- | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|
| ① 2 | ② 3 | ③ 4 | ④ 5 | ⑤ 6 | ⑥ 8 | ⑦ 10 |
| ⑧ 12 | ⑨ 14 | ⑩ 16 | ⑪ 20 | ⑫ 34 | ⑬ 38 | |

問 6 文中の下線部b)について以下の問いに答えなさい。

1. ミトコンドリアの内膜へ電子を供給する分子と、内膜からの電子を受け取る分子について、それぞれ適切な記述をすべて含む選択肢を答えなさい。

- (1) 内膜へ電子を供給する分子 11
- A. ADPが内膜のタンパク質に電子を供給する。
 B. 酸素分子が内膜のタンパク質に電子を供給する。
 C. 二酸化炭素分子が内膜のタンパク質に電子を供給する。
 D. 分子アが内膜のタンパク質に電子を供給する。
 E. 分子イが内膜のタンパク質に電子を供給する。
- ① Aのみ ② Bのみ ③ Cのみ ④ Dのみ ⑤ Eのみ
 ⑥ A, B ⑦ A, C ⑧ A, D ⑨ A, E ⑩ B, C
 ⑪ B, D ⑫ B, E ⑬ C, D ⑭ C, E ⑮ D, E

- (2) 内膜から電子を受け取る分子 12
- A. ADPが内膜のタンパク質から電子を受け取る。
 B. 酸素分子が内膜のタンパク質から電子を受け取る。
 C. 二酸化炭素分子が内膜のタンパク質から電子を受け取る。
 D. 分子アが内膜のタンパク質から電子を受け取る。
 E. 分子イが内膜のタンパク質から電子を受け取る。
- ① Aのみ ② Bのみ ③ Cのみ ④ Dのみ ⑤ Eのみ
 ⑥ A, B ⑦ A, C ⑧ A, D ⑨ A, E ⑩ B, C
 ⑪ B, D ⑫ B, E ⑬ C, D ⑭ C, E ⑮ D, E

2. 上記の 11 と 12 の結果、ミトコンドリア内では何が起こるか。適切な記述をすべて含む選択肢を答えなさい。 13

- A. マトリックスヘイオンが能動輸送され、その際にATPが消費される。
 B. マトリックスヘイオンが能動輸送されるが、その際にATPは消費されない。
 C. マトリックスヘイオンが受動輸送される。
 D. マトリックスからイオンが能動輸送され、その際にATPが消費される。
 E. マトリックスからイオンが能動輸送されるが、その際にATPは消費されない。
 F. マトリックスからイオンが受動輸送される。
- ① Aのみ ② Bのみ ③ Cのみ ④ Dのみ ⑤ Eのみ
 ⑥ Fのみ ⑦ A, D ⑧ A, E ⑨ A, F ⑩ B, D
 ⑪ B, E ⑫ B, F ⑬ C, D ⑭ C, E ⑮ C, F

問 7 細胞からミトコンドリアを取り出し、緩衝液へ懸濁してから試験管XとYに分けた。それぞれの試験管で、ミトコンドリアのO₂消費速度(図の実線)と溶液中のATP濃度(図の点線)を連続的に測定しながら、いくつかの物質を順に添加する実験を行った。図に示した実験結果にもとづいて、以下の問いに答えなさい。なお、コハク酸を添加すると分子イが生じて下線部b)で利用され、オリゴマイシンは下線部b)で働くATP合成酵素に結合し、ATP合成酵素によるイオンの輸送を阻害する。

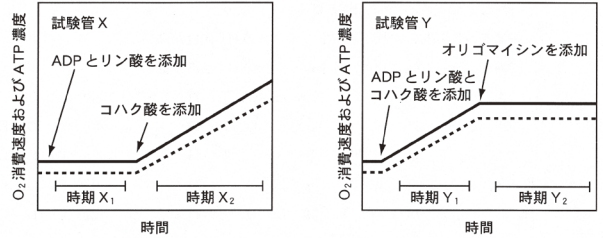


図 ミトコンドリア懸濁液のO₂消費速度とATP濃度の変化
 試験管XとYの縦軸のスケールは同一である。

1. 上記の図の各時期における、下線部b)で働くATP合成酵素の状態を表す記述として最も適切な文を選び、試験管Xの時期X₁—X₂および試験管Yの時期Y₁—Y₂の順に並べて、それぞれ答えなさい。

試験管Xの時期X₁—X₂ 14 試験管Yの時期Y₁—Y₂ 15

- A. ATP合成酵素の基質の不足のみによって、酵素反応が抑制されている。
 B. ATP合成酵素の基質の不足と他の理由の両者によって、酵素反応が抑制されている。
 C. ATP合成酵素の基質が十分にあり、ATP合成が行われている。
 D. ATP合成酵素の基質は十分にありますが、他の理由でATP合成が抑制されている。
- ① A—B ② A—C ③ A—D ④ B—A
 ⑤ B—C ⑥ B—D ⑦ C—A ⑧ C—B
 ⑨ C—D ⑩ D—A ⑪ D—B ⑫ D—C

2. 試験管Xのミトコンドリアの状態について、適切な記述をすべて含む選択肢を答えなさい。

16

- A. 時期X₁は、電子伝達系に電子を供与する分子が十分にある。
 B. 時期X₁は、電子伝達系に電子を供与する分子が不足している。
 C. 時期X₁は、電子伝達系から電子を受け取る分子が十分にある。
 D. 時期X₁は、電子伝達系から電子を受け取る分子が不足している。
 E. 時期X₁は、内膜で電子伝達系が働いている。
 F. 時期X₁は、内膜で電子伝達系は働いていない。
 G. 時期X₁は時期X₂に比べ、マトリックスのH⁺濃度が高い。
 H. 時期X₁は時期X₂に比べ、マトリックスのH⁺濃度が低い。
- ① A, C, E, G ② A, C, E, H ③ A, C, F, G
 ④ A, C, F, H ⑤ A, D, E, G ⑥ A, D, E, H
 ⑦ A, D, F, G ⑧ A, D, F, H ⑨ B, C, E, G
 ⑩ B, C, E, H ⑪ B, C, F, G ⑫ B, C, F, H
 ⑬ B, D, E, G ⑭ B, D, E, H ⑮ B, D, F, G
 ⑯ B, D, F, H

3. 試験管Yのミトコンドリアの状態について、適切な記述をすべて含む選択肢を答えなさい。

17

- A. 時期Y₂は、電子伝達系に電子を供与する分子が十分にある。
 B. 時期Y₂は、電子伝達系に電子を供与する分子が不足している。
 C. 時期Y₂は、電子伝達系から電子を受け取る分子が十分にある。
 D. 時期Y₂は、電子伝達系から電子を受け取る分子が不足している。
 E. 時期Y₂は、マトリックスが膜間腔よりH⁺濃度が高い。
 F. 時期Y₂は、マトリックスが膜間腔よりH⁺濃度が低い。
 G. 時期Y₂は時期Y₁に比べ、マトリックスのH⁺濃度が高い。
 H. 時期Y₂は時期Y₁に比べ、マトリックスのH⁺濃度が低い。
- ① A, C, E, G ② A, C, E, H ③ A, C, F, G
 ④ A, C, F, H ⑤ A, D, E, G ⑥ A, D, E, H
 ⑦ A, D, F, G ⑧ A, D, F, H ⑨ B, C, E, G
 ⑩ B, C, E, H ⑪ B, C, F, G ⑫ B, C, F, H
 ⑬ B, D, E, G ⑭ B, D, E, H ⑮ B, D, F, G
 ⑯ B, D, F, H

II 免疫に関する以下の問いに答えなさい。

問 1 ヒトには、病原体などの侵入を防御する仕組みが備わっている。そのうち、以下の働きに関連するものとして、最も適切なものをそれぞれ答えなさい。

1. 病原体などの異物の侵入を皮膚において物理的に防ぐ。 18
2. 病原菌を破壊する。 19
3. 気管においてさまざまな異物を排除する。 20

- | | |
|----------------------|--------------------|
| ① 涙に含まれるマクロファージ | ② 涙に含まれるリゾチーム |
| ③ 汗に含まれる好中球 | ④ だ液に含まれるリゾソーム |
| ⑤ 角質層のアクチン | ⑥ 角質層のケラチン |
| ⑦ 真皮のアクチン | ⑧ 真皮のケラチン |
| ⑨ チューブリンやダイニンからなる繊維 | ⑩ アクチンやミオシンからなる繊維 |
| ⑪ チューブリンやダイニンからなるべん毛 | ⑫ アクチンやミオシンからなるべん毛 |

問 2 体内に病原体などが侵入した後に起こる自然免疫と適応(獲得)免疫について、それぞれ適切な記述をすべて含む選択肢を答えなさい。

自然免疫 21 適応(獲得)免疫 22

- A. B細胞が関与する。
 - B. キラーT細胞が関与する。
 - C. 好中球が関与する。
 - D. 食作用が関与する。
 - E. 異物が体内に初めて侵入したときに最初に起こる反応である。
 - F. 同じ異物が再び体内に侵入したときには、免疫反応がより効果的に起こる。
- | | | |
|--------------|--------------|-----------------|
| ① A, B, E | ② A, C, E | ③ B, D, F |
| ④ C, D, E | ⑤ A, B, C, D | ⑥ A, B, C, E |
| ⑦ A, B, D, F | ⑧ A, B, E, F | ⑨ A, C, D, E |
| ⑩ B, C, D, F | ⑪ B, D, E, F | ⑫ A, B, C, D, E |

問 3 ヒトが病原菌に感染した際の免疫反応についての次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

感染部位で病原菌を取り込んだ(ア)がリンパ節に移動し、(イ)に抗原提示を行うと、抗原提示を受けて活性化した(イ)が増殖し、同じ種類の病原菌を認識した(ウ)を活性化して増殖を促す。増殖した(ウ)は分化して4個のポリペプチドからなるタンパク質を分泌し、このタンパク質が結合した病原菌は排除される。また、活性化して増殖した(イ)は、(エ)による食作用も促進する。

1. 文中の(ア)~(エ)に当てはまる細胞として、最も適切な組合せを答えなさい。

23

- | | | | |
|-----------|-----------|----------|-----------|
| ① ア マスト細胞 | イ キラーT細胞 | ウ 抗体産生細胞 | エ 記憶細胞 |
| ② ア マスト細胞 | イ キラーT細胞 | ウ 抗体産生細胞 | エ マクロファージ |
| ③ ア マスト細胞 | イ ヘルパーT細胞 | ウ B細胞 | エ キラーT細胞 |
| ④ ア マスト細胞 | イ ヘルパーT細胞 | ウ B細胞 | エ マクロファージ |
| ⑤ ア 樹状細胞 | イ キラーT細胞 | ウ 抗体産生細胞 | エ 記憶細胞 |
| ⑥ ア 樹状細胞 | イ キラーT細胞 | ウ 抗体産生細胞 | エ マクロファージ |
| ⑦ ア 樹状細胞 | イ ヘルパーT細胞 | ウ B細胞 | エ キラーT細胞 |
| ⑧ ア 樹状細胞 | イ ヘルパーT細胞 | ウ B細胞 | エ マクロファージ |

2. (ウ)が細胞表面に持ち、病原体の認識に使うタンパク質(タンパク質A)について、以下の問いに答えなさい。

(1) タンパク質Aは1つの個体の中に、特定部分の立体構造が異なる多様な分子が存在する。この多様性をもたらす仕組みとして、最も適切なものを答えなさい。 24

- ① ヒストンの多様なアセチル化
- ② ポリペプチド鎖のさまざまな折りたたまれ方
- ③ DNA鎖上での遺伝子断片の選択と再編
- ④ DNAの多様なメチル化
- ⑤ 多くの異なるプロモーター
- ⑥ さまざまなスプライシング
- ⑦ 前駆体タンパク質のさまざまな切断
- ⑧ 減数分裂での組換え

(2) 文中の下線部において、ある1つの(ウ)が持つタンパク質Aについての記述として、最も適切なものを答えなさい。 25

- ① 細胞表面には、多様な分子が存在し、結合に適した分子だけが働く。
- ② 細胞内には、多様な分子が存在し、結合に適した分子だけが表面に出る。
- ③ 細胞表面には、1種類の分子だけが存在する。
- ④ 細胞内には、1種類の分子だけが存在し、病原体が接近すると表面に出る。
- ⑤ 細胞表面には、定常部位の構造は同じで、その他の部位の構造が異なる数種類の分子が存在し、結合に適した分子だけが働く。
- ⑥ 細胞内には、定常部位の構造は同じで、その他の部位の構造が異なる数種類の分子が存在し、結合に適した分子だけが細胞表面に出る。

問 4 体内にウイルスが侵入すると、MHC分子を利用して免疫細胞Xの活性化と増殖が起こる。活性化したXはウイルス感染細胞に出会うと、ウイルス抗原を認識し、感染細胞を直接除去する。XとMHC分子についての以下の問いに答えなさい。

1. 文中のXが関与する免疫反応として適切な記述をすべて含む選択肢を答えなさい。

26

- A. ヘビ毒に対する血清療法
 - B. 移植皮膚に対する拒絶反応
 - C. 花粉に対するアレルギー反応
 - D. インフルエンザワクチン接種後の反応
 - E. がん細胞の除去反応
- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ① A, B | ② A, E | ③ B, E | ④ C, D |
| ⑤ C, E | ⑥ D, E | ⑦ A, B, D | ⑧ A, B, E |
| ⑨ B, C, E | ⑩ C, D, E | | |

2. 次の文は、ウイルス感染細胞を除去する免疫反応における、抗原提示の際のMHCの機能についてマウスを用いて調べた実験の概要である。この文を読んで以下の問いに答えなさい。

MHCの型が異なる2種類の純系マウス(A, B)の皮膚からそれぞれ細胞を採取して培養した。これらの細胞にウイルスPを感染させ、感染細胞をそれぞれa-P, b-Pとした。次にA系統のマウスにウイルスPを感染させて、1週間後にその脾臓からXを採取し、a-Pと混合するとa-Pは破壊されたが、b-Pと混合してもb-Pの破壊は見られなかった。また、同様にB系統のマウスにウイルスを感染させて、その脾臓から採取したXによつては、a-Pは破壊されなかったが、b-Pは破壊された。さらに、A系統とB系統のマウスを交配して得られた雑種第一代のF₁マウスにウイルスPを感染させて、その脾臓からも同様にXを採取して、ウイルス感染細胞と混合して細胞破壊の有無を調べた。なお、感染マウスの脾臓から採取したXとウイルス感染細胞を混合する試験を、以下では細胞混合試験と呼ぶことにする。

次にA系統の別のマウスとB系統の別のマウスにそれぞれ放射線照射を行った後に、上記F₁の未感染マウスから採取した骨髓細胞を注射した。この操作により、受容個体がかもとも持っていた骨髓細胞と骨髓細胞から分化したすべての細胞は、供与個体由来の細胞に置き換わり、他の組織は受容個体の細胞のままであるキメラマウスを作製した。

- (1) 文中の下線部a)において、a-Pとb-P、さらに、別のウイルスQをA系統のマウスの皮膚の細胞に感染させたa-Qのそれぞれを用いて細胞混合試験を行った場合に予想される結果として、最も適切なものを答えなさい。 27
- ① a-P、b-P、a-Qのいずれも破壊される。
 - ② a-Pとb-Pはいずれも破壊されないが、a-Qは破壊される。
 - ③ a-Pとa-Qはいずれも破壊されないが、b-Pは破壊される。
 - ④ b-Pとa-Qはいずれも破壊されないが、a-Pは破壊される。
 - ⑤ a-Pは破壊されないが、b-Pとa-Qはいずれも破壊される。
 - ⑥ b-Pは破壊されないが、a-Pとa-Qはいずれも破壊される。
 - ⑦ a-Qは破壊されないが、a-Pとb-Pはいずれも破壊される。
 - ⑧ a-P、b-P、a-Qのいずれも半数の細胞が破壊されずに残る。
 - ⑨ a-Pとb-Pはいずれも半数の細胞が破壊されずに残るが、a-Qはすべての細胞が破壊される。

- (2) 文中の下線部b)のキメラマウスにウイルスPを感染させて1週間後に、その脾臓からXを採取して細胞混合試験を行った。表は、受容体の系統が異なるキメラマウスを用いた実験1と実験2の結果を示す。以下の問いに答えなさい。なお、Xの成熟が起こる器官では、それぞれ認識できるMHCの型が異なる多様なXを生じるが、その後選別される。

表

	キメラマウス		感染キメラマウス脾臓のXを使った細胞混合試験の結果	
	供与細胞	受容体	a-Pの破壊	b-Pの破壊
実験1	F ₁ の骨髄	放射線照射A	有	無
実験2	F ₁ の骨髄	放射線照射B	無	有

- 1) 実験1と実験2の結果についての記述として、適切なものをすべて含む選択肢を答えなさい。 28
- A. Xの成熟過程では、受容体のMHCを認識する受容体を持つXが選別されて残った。
 - B. Xの成熟過程では、受容体のMHCを認識する受容体を持つXがすべて排除された。
 - C. Xの成熟過程では、異物のみを認識する受容体を持つXが選別されて残った。
 - D. Xの成熟過程では、異物のみを認識する受容体を持つXがすべて排除された。
 - E. 供与個体が遺伝的に持つMHCは、受容体ですべて自己のMHCと見なされた。
 - F. 供与個体が遺伝的に持つMHCは、受容体では自己のMHCと見なされないものがあつた。
- ① A、E ② B、E ③ C、E ④ D、E
⑤ A、F ⑥ B、F ⑦ C、F ⑧ D、F
- 2) 上記の 28 におけるXの成熟過程での細胞の選別が起こる部位として、最も適切なものを答えなさい。 29
- ① 肝臓 ② 胸腺 ③ 骨髄 ④ 脾臓 ⑤ 皮膚 ⑥ リンパ節
- 3) 上記の 29 では、ある特徴を持つ受容体を発現するXは排除されることが知られている。この機構が正常に機能しなかった場合に起こることとして、最も適切なものを答えなさい。 30
- ① アレルギー ② がん ③ 後天性免疫不全症候群
④ 自己免疫疾患 ⑤ 日和見感染 ⑥ 免疫記憶の欠如

III 神経系と学習行動に関する以下の問いに答えなさい。

問1 神経系についての以下の文が正しい場合は「○正しい」をマークしなさい。また誤っている場合は、正しい文になるように下線部と入れ替える最も適切な語を答えなさい。なお、同じ選択肢を複数回答してもよい。

1. 神経細胞内のNa⁺が絶えず細胞外へ流出することによって、静止電位が生じる。
31
 2. 神経終末に興奮が到達すると細胞内へCa²⁺が流入し、神経伝達物質が放出される。
32
 3. Cl⁻は細胞外に多いので、シナプス後膜のクロライド(Cl)チャネルが開くと、前膜性の抑制性シナプス後電位が生じる。
33
 4. γ-アミノ酪酸(GABA)は抑制性神経伝達物質である。
34
 5. 細胞体に生じた活動電位は遠心期を持つため、神経終末の方向にのみ伝導する。
35
- ① Ca²⁺ ② K⁺ ③ Cl⁻ ④ アセチルコリン ⑤ 閾値
⑥ 加重 ⑦ 過分極 ⑧ 求心 ⑨ 再分極 ⑩ セロトニン
⑪ 脱分極 ⑫ ノルアドレナリン ⑬ 不応 ⑭ 正しい

問2 アメフラシを用いた神経系と学習行動実験(実験1～実験4)についての次の文を読み、以下の問いに答えなさい。

図1はアメフラシ神経系の模式図を示し、r1およびr2はそれぞれニューロン1、2に挿入された細胞内電位記録用電極を示す。r1で測定された電位変化はニューロン1に生じたシナプス後電位、ニューロン2の神経終末にあるr2で測定された電位変化は活動電位である。ニューロン1はエラの筋肉を支配している運動神経であり、ニューロン2は水管の感覚神経である。両神経は興奮性介在神経であるニューロン3とともにアメフラシのエラの引っ込み反射経路を形成している。

実験1 アメフラシの水管に、筆を用いてある強さの接触刺激を与えると、エラの引っ込み反射によりエラの収縮が起きた。この時、r1およびr2で記録されたそれぞれの電位変化を示すグラフを図1のR1とR2に示す。

実験2 接触刺激を繰り返すと、しだいにエラの収縮強度が低下した。さらに、接触刺激を続けると、エラの引っ込み反射が消失した。このような学習行動を 36 という。
36 の状態のとき、r2では活動電位が検出され、r1を利用して直接ニューロン1を刺激すると実験1の場合と同程度のエラの引っ込みが生じた。

実験3 36 の状態になっているアメフラシの尾部に電気刺激を与えるとエラの引っ込み反射が起きた。その直後、通常ではエラの引っ込み反射が起きない程度の弱い接触刺激を水管に与えると、エラの収縮強度が実験1の時よりも増加した。このような学習行動を 37 という。

実験4 接触刺激と電気刺激を組合せた実験を行った。すなわち、通常ではエラの引っ込み反射が起きない程度の弱い接触刺激を水管に与えたと同時に尾部に電気刺激を与えることを対にして、何回もこの組合せの訓練を行った(図2の組合せあり)。さらに対照実験として、訓練中に両刺激の時間間隔をあけて、組合せなしで刺激を与えた(図2の組合せなし)。その結果、図2に示すように組合せありの場合には訓練期間後、弱い接触刺激のみでエラの引っ込み反射が起こるようになり、さらに、この反射は何日も長期間持続した。このような学習行動を [38] という。この場合、電気刺激を [39] 刺激、接触刺激を [40] 刺激と呼ぶ。

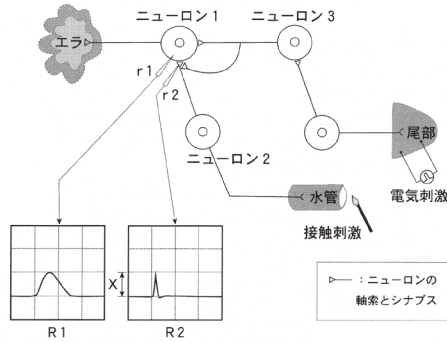


図1 実験の模式図と実験1の結果

R1とR2は実験1の結果生じた電位変化を表す。横軸(時間)のスケールはR1とR2で同じ。縦軸(電圧)のスケールはR1とR2で異なる。

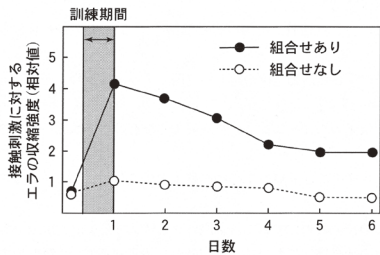


図2 実験4の結果

● : 訓練期間中に接触刺激と電気刺激を組合せて刺激を与えた。
○ : 訓練期間中に接触刺激と電気刺激を組合せずに刺激を与えた。

1. 文中の [36] ~ [40] に最も適切な語をそれぞれ答えなさい。

- ① 鋭敏化 ② オバラント(道具的)条件づけ ③ 活性化
- ④ 古典的条件づけ ⑤ 条件 ⑥ 刷り込み(インプリンティング)
- ⑦ 走性 ⑧ 短期 ⑨ 知能行動 ⑩ 長期
- ⑪ 慣れ ⑫ 不活性化 ⑬ 無条件

2. 図1のR2における縦軸スケールの1目盛り X mV に当てはまる最も適切な数値を答えなさい。 [41] mV

- ① 1 ② 5 ③ 10 ④ 50 ⑤ 100 ⑥ 500 ⑦ 1000

3. 文中の下線部aの状態になった原因として最も適切なものを答えなさい。ただし、介在神経は関与していない。 [42]

- ① ニューロン1の神経終末に存在する Ca^{2+} の減少
- ② ニューロン1の神経終末に存在する神経伝達物質の減少
- ③ ニューロン1の神経終末に存在するシナプス小胞の減少
- ④ ニューロン2の神経終末に存在する Ca^{2+} の増加
- ⑤ ニューロン2の神経終末に存在する神経伝達物質の増加
- ⑥ ニューロン2の神経終末に存在するシナプス小胞の増加
- ⑦ ニューロン2の神経終末に存在するシナプス小胞の減少

4. 文中の [36] の状態から [37] の状態になると、ニューロン2とニューロン1の間のシナプスの性質が変化した。この変化が生じた過程についての記述として適切なものを4つ選び、それらを正しい順に並べた時の2番目および4番目の記述として最も適切なものをそれぞれ答えなさい。なお、 [37] の状態ではニューロン2の神経終末において、より多くのシナプス小胞が開閉し、神経伝達物質の放出量が増加していた。

- 2番目の記述 [43] 4番目の記述 [44]
- ① ニューロン2に生じた活動電位の再分極に関与するナトリウムチャンネルが不活性化し、 Na^+ の流出が減少する。
- ② ニューロン2に生じた活動電位の再分極に関与するカリウムチャンネルが不活性化し、 K^+ の流出が減少する。
- ③ ニューロン2に生じた活動電位の再分極に関与するカルシウムチャンネルが不活性化し、 Ca^{2+} の流出が減少する。
- ④ [36] の状態のニューロン2の神経終末の受容体に、ニューロン3の神経伝達物質が結合する。
- ⑤ [36] の状態のニューロン1の神経終末の受容体に、ニューロン3の神経伝達物質が結合する。
- ⑥ ニューロン2の神経終末において、細胞外から流入する Ca^{2+} が減少する。
- ⑦ ニューロン2の神経終末において、細胞外から流入する Ca^{2+} が増加する。
- ⑧ ニューロン2に生じた活動電位の大きさが増大する。
- ⑨ ニューロン2に生じた活動電位の持続時間が長くなる。
- ⑩ ニューロン2に生じた活動電位の持続時間が短くなる。

5. 上記の4. で選んだ記述にもとづき、以下の状態のアメフラシのr1とr2において記録された電位変化のグラフを図3より選び、適切なものをすべて含む選択肢をそれぞれ答えなさい。

下線部aの状態 [45] 下線部bの状態 [46]

- ① (A), (ア) ② (A), (イ) ③ (A), (ウ) ④ (A), (エ)
- ⑤ (B), (ア) ⑥ (B), (イ) ⑦ (B), (ウ) ⑧ (B), (エ)
- ⑨ (C), (ア) ⑩ (C), (イ) ⑪ (C), (ウ) ⑫ (C), (エ)
- ⑬ (D), (ア) ⑭ (D), (イ) ⑮ (D), (ウ) ⑯ (D), (エ)

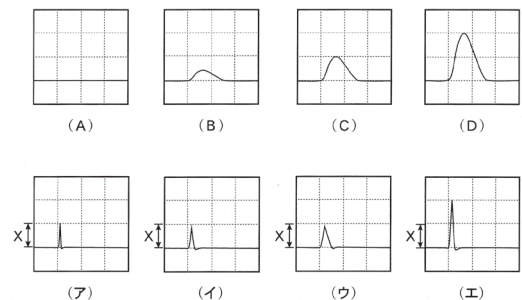


図3 上段のグラフ:r1で記録された電位変化(A)~(D)
下段のグラフ:r2で記録された電位変化(ア)~(エ)

上段と下段のすべてのグラフの横軸(時間)のスケールは図1のR1、R2と等しい。また縦軸の1目盛りは上段のグラフの場合は図1のR1と共通であり、下段のグラフの場合は図1のR2と共通である。