

※一般は物理・化学・生物から2科目選択
 学士は化学・生物の2科目

試験時間 2科目 100分

物理 1～10 ページ

化学 11～21 ページ

生物 22～39 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・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、シャープペンシルで、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 免疫に関する以下の問いに答えなさい。

問1 ヒトの免疫系について、次の文を読み以下の問いに答えなさい。

ヒトのB細胞は、1 で分化する過程で 2 というタンパク質から構成される 3 B細胞受容体(BCR)を細胞表面に発現する。病原体などに由来する異物がBCRと結合すると、4 B細胞内に取込まれて断片化された後、その断片は 3 に結合し、5 B細胞表面に提示される。さまざまな組織に分布する樹状細胞は、病原体などの異物を取込むと体内に点在する 4 に移動して、異物の断片を 3 に結合させて抗原として細胞表面に提示する。6 その抗原を認識したT細胞は増殖するとともに、同じ抗原を提示している 7 B細胞と接触してB細胞を活性化する。活性化されたB細胞は増殖し、8 抗体産生細胞(形質細胞)に分化する。

1. 文中の 1 ～ 4 に、最も適切な語をそれぞれ答えなさい。

- | | | |
|-----------------|---------|-----------|
| ① エピトープ | ② 胸腺 | ③ 骨髄 |
| ④ サイトカイン | ⑤ 腎臓 | ⑥ 副腎 |
| ⑦ ファブリキウスのう | ⑧ 補体 | ⑨ 免疫グロブリン |
| ⑩ リンパ節 | ⑪ Fc受容体 | ⑫ MHC分子 |
| ⑬ TLR(Toll様受容体) | | |

2. 抗体分子はH鎖とL鎖からなり、図1のように、それぞれの遺伝子はV、D、J領域、あるいはV、J領域からなる可変部と、定常部から構成される。それぞれの領域にクラスター状に並んだ短い塩基配列は、各領域から1つずつ無作為に選ばれて連結され、B細胞ごとに異なる再構成が起こることで多様な抗体分子がつけられる。以下の問いに答えなさい。

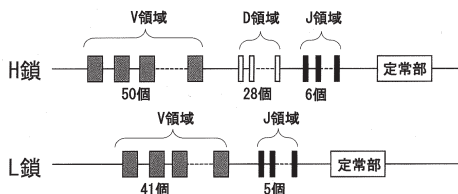


図1 H鎖とL鎖の遺伝子の構造：
 図中に示す個数は、各領域にクラスター状に並ぶ短い塩基配列の数をそれぞれ表す。

(1) 図1をもとに、これらの遺伝子の再構成によってできる抗体分子をコードする塩基配列の組合せは理論上何種類になるかを計算し、答えの数値の小数点以下第2位を四捨五入して最も適切な値を答えなさい。5 は1の位の数字、6 は小数点以下第1位の数字を表し、7 は指数を示す。5 には0以外の数字が入るものとする。同じ選択肢を複数回答してもよい。なお、再構成に伴う、1個から複数個の塩基の挿入や欠失によって生じる組合せの違いについては考慮しない。

$\frac{5}{6} \times 10^7$ 種類

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

(2) このような再構成がB細胞で起こるのは文中のどの段階か、最も適切なものを答えなさい。8

- | | |
|--------------|--------------|
| ① 下線部アが起こる前 | ② 下線部アが起きた直後 |
| ③ 下線部イが起きた直後 | ④ 下線部ウが起きた直後 |
| ⑤ 下線部エが起きた直後 | ⑥ 下線部オが起こる過程 |

(3) 正常に成熟できなかつたB細胞は、アポトーシスにより排除される。アポトーシスについての以下のそれぞれの記述について、正しければ「① 正しい」を答えなさい。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ものをそれぞれ答えなさい。同じ選択肢を複数回答してもよい。

- アポトーシスの特徴は、その早い段階でDNAの断片化が起こることである。9
- ヒトの手の発生において、将来指として残る部分は残らない部分に比べてアポトーシスが起りやすい。10
- センチキュウでは、成体になるまでに生じた全細胞のうち、約10%がアポトーシスを含むプログラム細胞死によって除かれる。11
- アポトーシスを起こした細胞は、赤血球によって貪食される。12

① 正しい	② 50%	③ 75%
④ 90%	⑤ キラーT細胞	⑥ 細胞膜
⑦ 組織	⑧ ヘルパーT細胞	⑨ マクロファージ
⑩ 起りにくい		

3. 文中の下線部アの現象を担うT細胞受容体(TCR)についての記述の組合せとして、最も適切なものを答えなさい。13

- 1つのT細胞は多種類の抗原に反応するTCRを同時に発現する。
 - 1つのT細胞は1種類の抗原のみに反応するTCRを発現する。
 - 提示された抗原と3の複合体を認識する。
 - 提示された抗原のみを認識する。
 - 同じ抗原を認識するヘルパーT細胞とキラーT細胞であっても、それらのTCRの構造は異なる。
 - 同じ抗原を認識するヘルパーT細胞とキラーT細胞であれば、それらのTCRの構造は同じである。
- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① ACE | ② ACF | ③ ADE | ④ ADF |
| ⑤ BCE | ⑥ BCF | ⑦ BDE | ⑧ BDF |

4. 文中の 3 について、以下の問いに答えなさい。

(1) 3 には2種類のクラスが存在するが、以下の細胞について、適切なものだけをすべて含む選択肢をそれぞれ答えなさい。

- クラスII分子を発現し、それに抗原を結合させて提示する細胞 14
- クラスI分子によって提示された抗原を認識する細胞 15

- | | | | |
|-----------|------------|---------------|------------|
| A. B細胞 | B. NK細胞 | C. 樹状細胞 | D. マクロファージ |
| E. キラーT細胞 | F. ヘルパーT細胞 | G. ほほすべての有核細胞 | |
- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① A | ② B | ③ C | ④ D | ⑤ E |
| ⑥ F | ⑦ G | ⑧ AB | ⑨ CD | ⑩ EF |
| ⑪ ABC | ⑫ ABD | ⑬ ACD | ⑭ BCD | ⑮ CDF |

(2) 3 の遺伝子についての記述の組合せとして、最も適切なものを答えなさい。16

- この塩基配列が兄弟姉妹間で一致する確率は25%である。
 - この塩基配列が親子間で一致する確率は25%である。
 - この塩基配列は多様なため、人によりワクチン接種の効果に差が出る。
 - この塩基配列はさまざまな異物に対応するため、1人で数百万種類をもっている。
 - この遺伝子座は組換えが起きにくく、親子鑑定に用いられる。
 - この遺伝子座は組換えが起きやすく、親子鑑定に用いられない。
- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① ACE | ② ACF | ③ ADE | ④ ADF |
| ⑤ BCE | ⑥ BCF | ⑦ BDE | ⑧ BDF |

5. スギ花粉などのアレルゲンが体内に侵入した場合、それを認識する抗体が産生されるが、繰り返し侵入したときに過剰な炎症反応が起こることがある。このような炎症反応が起こるしくみとして、最も適切なものを答えなさい。 [17]

- ① 肥満細胞(マスト細胞)がアレルゲンを取込んで断片化し細胞表面に提示した抗原を、T細胞が認識すると、その肥満細胞が活性化されてヒスタミンを過剰に放出する。
- ② 肥満細胞がアレルゲンを取込んで断片化し細胞表面に提示した抗原を、T細胞が認識すると、そのT細胞が活性化されてヒスタミンを過剰に放出する。
- ③ 肥満細胞がアレルゲンを取込んで断片化し細胞表面に抗原として提示すると、それを指標に肥満細胞を貪食したマクロファージがヒスタミンを過剰に放出する。
- ④ 肥満細胞の表面に付着した抗体の可変部と樹状細胞が提示したアレルゲンが結合すると、その樹状細胞がヒスタミンを過剰に放出する。
- ⑤ 肥満細胞の表面に付着した抗体の可変部にアレルゲンが結合すると、それを指標に肥満細胞を貪食したマクロファージがヒスタミンを過剰に放出する。
- ⑥ 肥満細胞の表面に付着した抗体の可変部にアレルゲンが結合すると、その肥満細胞がヒスタミンを過剰に放出する。

問2 マウスを用いた細胞および皮膚移植実験について、図2を参照して以下の問いに答えなさい。なお、実験にはすべての遺伝子座の遺伝子がホモ接合である系統(純系)のA系統のマウス(Aマウス)、Aマウスとは遺伝的に異なる別の純系としてB系統のマウス(Bマウス)、さらにAマウスとBマウスを交配し、得られたF₁雑種マウス(A/B F₁マウス)を用いた。また移植の際、組織や細胞の提供側(ドナー)のマウスとその移植を受ける側(レシピエント)のマウスは同じ性別のマウスを用いた。リンパ球を移植する際は、ドナーのマウスの主要なリンパ節から採取したリンパ球の懸濁液を十分量レシピエントに移植した。

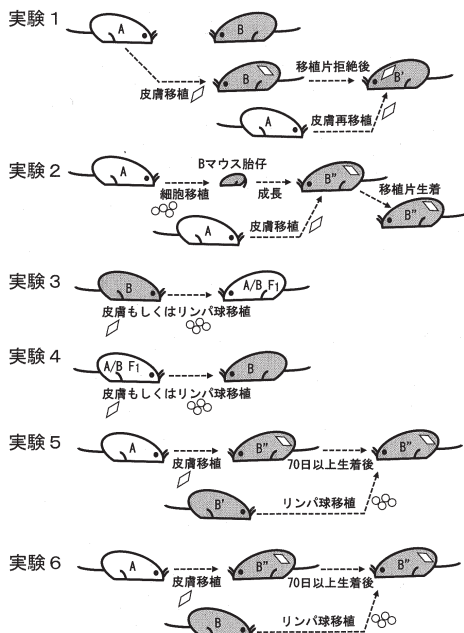


図2 マウスを用いた移植実験

実験1 細胞や組織の移植を一度も受けたことがないAマウスとBマウスを用意した。成体のAマウスの皮膚を別の成体のAマウスに移植するとその移植片は生着した。同様に、成体のBマウスの皮膚を別の成体のBマウスに移植するとその移植片は生着した。次に、成体のAマウスの皮膚を成体のBマウスに移植したところ、その移植片は約12日で拒絶された。その拒絶後のマウスをB'マウスとした。さらに別の成体のAマウスから皮膚をB'マウスに移植すると約6日でその移植片は拒絶された。

実験2 成体のAマウスの腎臓の組織をバラバラにして作製した細胞懸濁液を、出生前のBマウス胎仔の腹腔に移植した。それらが生まれて成長したマウスをB''マウスとした。成体のB''マウスに成体のAマウスの皮膚を移植すると、多くは70日以上生着していた。

実験3 成体のBマウスの皮膚、もしくはリンパ球の懸濁液を成体のA/B F₁マウスに移植した。

実験4 成体のA/B F₁マウスの皮膚、もしくはリンパ球の懸濁液を成体のBマウスに移植した。

実験5 成体のAマウスの皮膚を成体のB''マウスに移植した後、移植片が70日以上生着していた個体に、B'マウスのリンパ球の懸濁液を移植した。

実験6 成体のAマウスの皮膚を成体のB''マウスに移植した後、移植片が70日以上生着していた個体に、移植を受けたことのない成体のBマウスのリンパ球の懸濁液を移植した。

1. **実験2**において、皮膚の移植片が70日以上生着していたB''マウスの雄と、同様に移植片が70日以上生着していたB''マウスの雌を交配して生まれたマウスをB'''マウスとした。成体のB'''マウスに対し、成体のAマウスの皮膚を移植した場合に起こると予想される結果として、最も適切なものを答えなさい。 [18]

- ① 皮膚は約6日で拒絶される。
- ② 皮膚は約12日で拒絶される。
- ③ 皮膚は24日～60日で拒絶される。
- ④ 皮膚は70日以上生着する。

2. **実験3**と**実験4**について、以下の問いに答えなさい。同じ選択肢を複数回答してもよい。

(1) **実験3**において、皮膚もしくはリンパ球を移植した後にA/B F₁マウスにおいて起こると予想される結果として、最も適切なものをそれぞれの【選択肢】から答えなさい。

- 1) 皮膚移植後に起こる結果 [19]
- 2) リンパ球移植後に起こる結果 [20]

(2) **実験4**において、皮膚もしくはリンパ球を移植した後にBマウスにおいて起こると予想される結果として、最も適切なものをそれぞれの【選択肢】から答えなさい。

- 1) 皮膚移植後に起こる結果 [21]
- 2) リンパ球移植後に起こる結果 [22]

[[19] と [21] の選択肢]

- ① ドナーの皮膚は約6日で拒絶される。
- ② ドナーの皮膚は約12日で拒絶される。
- ③ ドナーの皮膚は24日～60日で拒絶される。
- ④ ドナーの皮膚は70日以上生着する。

[[20] と [22] の選択肢]

- ① ドナーのリンパ球は拒絶され、排除される。
- ② ドナーのリンパ球は生着し、レシピエントのリンパ球と共存するが、レシピエントの体の状態は移植前とほぼ変化はない。
- ③ ドナーのリンパ球は生着し、レシピエントのリンパ球とすべて置き換わるが、レシピエントの体の状態は移植前とほぼ変化はない。
- ④ ドナーのリンパ球は生着し、さらにレシピエントの体細胞を攻撃し、レシピエントを死に至らしめる。

3. **実験5**と**実験6**について、以下の問いに答えなさい。

(1) **実験5**でB''マウスのリンパ球をB''マウスに移植した後、および**実験6**でBマウスのリンパ球をB''マウスに移植した後に、移植されたリンパ球に起こると予想されることとして、最も適切なものをそれぞれ答えなさい。同じ選択肢を複数回答してもよい。

- 1) **実験5**で移植されたリンパ球 [23]
- 2) **実験6**で移植されたリンパ球 [24]

- ① 拒絶され、排除される。
- ② 生着し、レシピエントのリンパ球と共存する。
- ③ 生着し、レシピエントのリンパ球とすべて置き換わる。
- ④ 生着し、さらにレシピエントの体細胞を攻撃し、レシピエントを死に至らしめる。

(2) **実験5**と**実験6**において、それぞれリンパ球を移植した後のB''マウスにおいて、すでに移植されていた皮膚の移植片について比較した記述として、最も適切なものを答えなさい。 [25]

- ① **実験5**と**実験6**のいずれもドナーの皮膚はそのまま生着する。
- ② **実験5**と**実験6**のいずれもドナーの皮膚はほぼ同じ日数で拒絶される。
- ③ **実験5**ではドナーの皮膚はそのまま生着するが、**実験6**では拒絶される。
- ④ **実験6**ではドナーの皮膚はそのまま生着するが、**実験5**では拒絶される。
- ⑤ **実験5**と**実験6**のいずれもドナーの皮膚は拒絶されるが、**実験5**に比べ**実験6**の方がより早く拒絶される。
- ⑥ **実験5**と**実験6**のいずれもドナーの皮膚は拒絶されるが、**実験6**に比べ**実験5**の方がより早く拒絶される。
- ⑦ **実験5**でレシピエントが死ぬため比較ができない。
- ⑧ **実験6**でレシピエントが死ぬため比較ができない。
- ⑨ **実験5**と**実験6**のいずれもレシピエントが死ぬため比較できない。

(3) **実験6**において、リンパ球の移植後にB''マウスに起こる反応を引き起こすと考えられる主要な細胞として、最も適切なものを答えなさい。 [26]

- ① Aマウス由来のT細胞のうち、Bマウス由来の抗原によって活性化されて生じた記憶T細胞
- ② Bマウス由来のT細胞のうち、Aマウス由来の抗原によって活性化されて生じた記憶T細胞
- ③ B''マウス由来のT細胞のうち、Aマウス由来の抗原によって活性化されて生じた記憶T細胞
- ④ Aマウス由来のT細胞のうち、Bマウス由来の抗原に出会ったことがないT細胞
- ⑤ Bマウス由来のT細胞のうち、Aマウス由来の抗原に出会ったことがないT細胞
- ⑥ B''マウス由来のT細胞のうち、Aマウス由来の抗原に反応しないT細胞

II 動物の感覚に関する以下の問に答えなさい。

問1 ヒトは、外界からの刺激を眼や耳などの受容器で受け取る。この情報は感覚ニューロンをはじめとする複雑な神経回路を介して中枢へと伝えられ、刺激に応じた反応や行動を起こす。光を受容する視細胞は網膜上に存在し、ヒトの視細胞は細胞アと細胞イの2種類に分類される。網膜に達する光の量は、27 にある2種類の筋が自律神経の活動によって収縮して調節される。また、遠近調節は、物体までの距離に応じた眼球内の反応が誘導されることによって行われる。以下の問に答えなさい。

1. 図1にヒト眼球の水平断面を模式的に示す。以下の問に答えなさい。

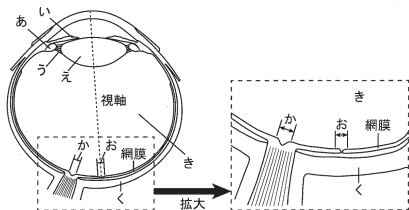


図1 ヒト眼球の断面図：右眼球の水平断面を示す。

(1) 文中の下線部 a についての以下の問に答えなさい。

1) 文中の 27 に、最も適切なものを図1中のあ～くから答えなさい。

- ① あ ② い ③ う ④ え
- ⑤ お ⑥ か ⑦ き ⑧ く

2) 下線部 a についての記述として、適切なものだけをすべて含む選択肢を答えなさい。

28

- A. 網膜に達する光の量が低下すると、27 の内部に放射状に分布する筋が収縮する。
- B. 27 の内部に環状に分布する筋の収縮を調節する中枢は脊髄にある。
- C. 瞳孔の縮小は、副交感神経の活性化により誘導される。
- D. この調節過程では、網膜で受容した光刺激の情報が 27 の内部に分布する筋へ伝えられるまでの間に大脳を経由する。

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ AB
- ⑥ AC ⑦ AD ⑧ BC ⑨ BD ⑩ CD
- ⑪ ABC ⑫ ABD ⑬ ACD ⑭ BCD ⑮ ABCD

(2) 文中の下線部 b について、遠くを眺めていた人が手元の物体に視線を移したとき、その人の眼球では、29 にある筋、30、そして31 が順に反応する。以下の問に答えなさい。

1) 29、30、31 に、最も適切なものを図1中のあ～くからそれぞれ答えなさい。

- ① あ ② い ③ う ④ え
- ⑤ お ⑥ か ⑦ き ⑧ く

2) 29、30、31 のそれぞれで起こる反応を順に並べたときの組合せとして、最も適切なものを答えなさい。32

- ① 収縮する、緊張する、厚くなる ② 収縮する、緊張する、薄くなる
- ③ 収縮する、ゆるむ、厚くなる ④ 収縮する、ゆるむ、薄くなる
- ⑤ 弛緩する、緊張する、厚くなる ⑥ 弛緩する、緊張する、薄くなる
- ⑦ 弛緩する、ゆるむ、厚くなる ⑧ 弛緩する、ゆるむ、薄くなる

(3) 図1中のおの領域には、細胞アが細胞イよりも多く存在する。これらの細胞についての以下の問に答えなさい。

1) 細胞アおよび細胞イの網膜での分布についての記述の組合せとして、最も適切なものを答えなさい。33

- A. かには細胞アのみが存在する。
 - B. かには細胞アも細胞イも存在しない。
 - C. 細胞アや細胞イは網膜のきに近い側に存在する。
 - D. 細胞アや細胞イは網膜のくに近い側に存在する。
- ① AC ② AD ③ BC ④ BD

2) 細胞アおよび細胞イの機能についての記述として、適切なものだけをすべて含む選択肢を答えなさい。34

- A. 細胞アは、1つの細胞に吸収波長域の異なる3種類の視物質をもつ。
- B. 細胞イは、1つの細胞に吸収波長域の異なる3種類の視物質をもつ。
- C. 細胞アは、細胞イに比べて光に対する感度が高く、より弱い光にも反応できる。
- D. 明るい場所から暗い場所に入ったときには、まず細胞アの感度が上昇し、その後細胞イの感度が上昇する。

- ① A ② B ③ C ④ D ⑤ AB
- ⑥ AC ⑦ AD ⑧ BC ⑨ BD ⑩ CD
- ⑪ ABC ⑫ ABD ⑬ ACD ⑭ BCD ⑮ ABCD

2. あなたが図2に示す物体を見ているとき、あなたの網膜上に結ばれている像を後頭部側から見たものとして、最も適切なものを以下の①～④から答えなさい。なお、①～④の上方・下方は、それぞれ網膜の上方・下方を示す。35



図2

3. 図3Aは視細胞で生じた興奮が大脳の視覚野へ伝えられる経路を模式的に示したものである。図3A中の★の位置で視神経が完全に切断された場合、それぞれの眼の視野は、視野の欠損した部分を黒色で、正常な部分を白色で表すと、図3Bのようになる。図3A中のけ、こ、さで示す位置において視神経が完全に切断された場合の視野として、最も適切なものを以下の①～⑮からそれぞれ答えなさい。同じ選択肢を複数回答してもよい。

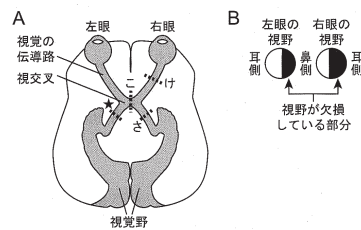
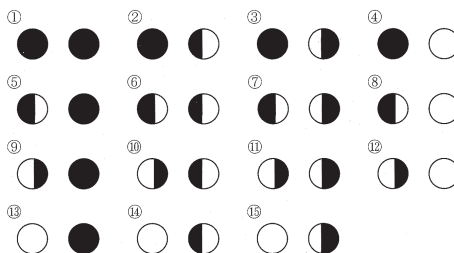


図3

- (1) けにおいて完全に切断された場合 36
- (2) こにおいて完全に切断された場合 37
- (3) さにおいて完全に切断された場合 38



問2 哺乳類における、味覚の基本となる基本味のうち、甘味と苦味の刺激は、図4に示すように、まず甘味物質と苦味物質が、舌などに存在する味蕾(味覚芽)にある味細胞上に存在するそれぞれの受容体と結合して受容される。この情報は、感覚ニューロンによって、延髄の特定の領域に細胞体をもつ甘味ニューロン(延髄Sw)あるいは苦味ニューロン(延髄Bt)に伝えられた後、大脳皮質に存在する味覚野に細胞体をもつ甘味ニューロン(味覚野Sw)や苦味ニューロン(味覚野Bt)へと伝えられる。以下の問いに答えなさい。

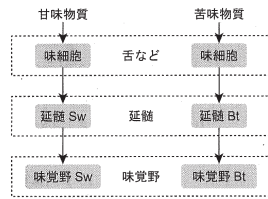


図4 味覚の神経回路：矢印は味覚情報の伝達経路を示す。ただし、1本の矢印が1つのニューロンを示すとは限らず、また、伝達経路はここに示した経路以外にも存在する。

1. 文中の下線部cについて、ヒトが識別できる基本味(基本的な味)ではないものだけをすべて含むものとして、最も適切な選択肢を答えなさい。 [39]

- A. 旨味 B. 塩味 C. 辛味 D. 酸味
 ① A ② B ③ C ④ D ⑤ AB
 ⑥ AC ⑦ AD ⑧ BC ⑨ BD ⑩ CD
 ⑪ ABC ⑫ ABD ⑬ ACD ⑭ BCD ⑮ ABCD

2. 文中の下線部dについて、味蕾と味細胞についての記述として、適切なものだけをすべて含む選択肢を答えなさい。 [40]

- A. 味細胞は、それ自身が感覚ニューロンとして機能する。
 B. 1個の味蕾には1個の味細胞が存在する。
 C. 味物質の濃度が高いと、感覚ニューロンにおける活動電位の発生頻度が上昇する。
 D. 味物質の濃度が高いと、感覚ニューロンにおける活動電位の振幅が大きくなる。
 ① A ② B ③ C ④ D ⑤ AB
 ⑥ AC ⑦ AD ⑧ BC ⑨ BD ⑩ CD
 ⑪ ABC ⑫ ABD ⑬ ACD ⑭ BCD ⑮ ABCD

3. 文中の下線部eについて、延髄にはさまざまな機能の調節を行う中枢が存在する。以下のうち、延髄が中枢となって調節する機能の組合せとして、最も適切なものを答えなさい。 [41]

- A. 記憶 B. 嗅覚 C. 心拍 D. 呼吸 E. 視覚
 ① AB ② AC ③ AD ④ AE ⑤ BC
 ⑥ BD ⑦ BE ⑧ CD ⑨ CE ⑩ DE

4. 文中の下線部fについて、大脳に含まれる構造あるいは領域として、最も適切なものを答えなさい。 [42]

- ① 海馬 ② 橋 ③ 視床 ④ 視床下部

5. 特定の神経細胞を人為的に活性化させる手法を用いて、マウスの甘味と苦味に対する神経回路による行動の制御を調べる実験を行った。緑藻類の一種がもつチャンネルドブシン2(以下ChR2とする)は、波長470nmの光(以下、光とする)が照射されることで活性化されるチャンネルである。この分子をマウスのあるニューロンに発現させると、光を照射したときにこのニューロンに活動電位を誘発することができる。そこで、味覚野BtにChR2を発現させたマウスを準備して、図5に示す装置を用いて実験を行った。このマウスの頭部に固定した光ファイバーからは、ChR2を発現したニューロンを興奮させるために十分な強度の光が十分な時間照射される。ただし、マウス自身はこの光がいつ照射されているか知ることはできない。実験開始とともに給水装置の栓が5秒間開けられ、その間、マウスは給水口をなめるごとに特定の種類の水を飲むことができる。マウスが給水口をなめた回数を飲水行動の回数とした。実験開始から給水装置の栓が閉じられるまでを1回の実験として、与える水の種類や光照射の有無などの異なる条件下で1匹のマウスあたりそれぞれ複数回の実験を行い、このマウスの飲水行動の回数などを条件ごとに調べた。以下の問いに答えなさい。

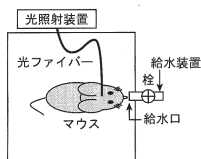


図5 実験装置

(1) 文中の下線部gについて、ChR2を発現させたニューロンに光を照射することで活動電位が誘発された理由として、最も適切なものを答えなさい。 [43]

- ① ChR2に神経伝達物質が結合し、このニューロンにNa⁺が流入した。
 ② ChR2に神経伝達物質が結合し、このニューロンにK⁺が流入した。
 ③ ChR2が構造変化し、このニューロンにNa⁺が流入した。
 ④ ChR2が構造変化し、このニューロンにK⁺が流入した。
 ⑤ このニューロンの膜電位が過分極して閾値に到達した。
 ⑥ このニューロンと、このニューロンとシナプスを形成する細胞との間に局所電流が流れた。

(2) このマウスにおいて、マウスの飲水行動を調べる実験1-1と実験1-2を行った。以下の問いに答えなさい。

実験1-1: このマウスに、甘味物質のみを溶かした水(以下「甘水」とする)、苦味物質のみを溶かした水(以下「苦水」とする)、および甘味物質も苦味物質も溶かしていない水(以下「無味の水」とする)の3種類の水のいずれかを実験開始とともに与えた。そして、このマウスの飲水行動の回数をそれぞれの水ごとに調べたところ、図6Aのようになった。

実験1-2: このマウスに、実験開始とともに無味の水を与えて、1回の実験ごとに光照射の有無を変化させた。そして、このマウスの飲水行動の回数を、光を照射したときと照射しなかったときを比べて調べたところ、図6Bのようになった。

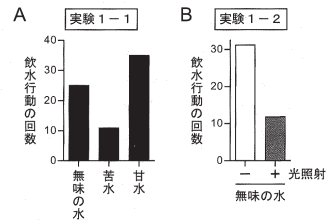


図6 実験1-1(A)および実験1-2(B)の結果: Bにおいて、-および+は、それぞれ光を照射しなかったときおよび照射したときを示す。

1) 実験1-1からわかる、このマウスでの甘水と苦水に対する飲水行動についての記述として、最も適切なものを答えなさい。 [44]

- ① 甘水も苦水も飲水行動を促進する。
 ② 甘水は飲水行動を促進するが、苦水は飲水行動を抑制する。
 ③ 甘水は飲水行動を抑制するが、苦水は飲水行動を促進する。
 ④ 甘水も苦水も飲水行動を抑制する。

2) 実験1-2において、給水口から無味の水が与えられたにもかかわらず、図6Bに示す結果となった理由として、最も適切なものを答えなさい。 [45]

- ① 光照射により苦味受容体が活性化され、苦味受容体以降の神経回路が働いた。
 ② 光照射により甘味受容体が活性化され、甘味受容体以降の神経回路が働いた。
 ③ 光照射により延髄Btが活性化され、延髄Bt以降の神経回路が働いた。
 ④ 光照射により延髄Swが活性化され、延髄Sw以降の神経回路が働いた。
 ⑤ 光照射により味覚野Btが活性化され、味覚野Bt以降の神経回路が働いた。
 ⑥ 光照射により味覚野Swが活性化され、味覚野Sw以降の神経回路が働いた。

3) 食物には、甘味と苦味が混ざっていることも珍しくない。そこで次に、マウスが甘味と苦味の混ざった水を飲んだときに示す飲水行動とその神経回路について調べるために、このマウスの延髄 Sw や延髄 Bt における細胞内 Ca^{2+} 濃度について、それぞれ水を飲む前を 0 としたときの変化量を調べる実験 2-1 および実験 2-2 を行った。なお、延髄 Sw および延髄 Bt における細胞内 Ca^{2+} 濃度変化量は、これらのニューロンの活動の変化と正の相関を示す。以下の問いに答えなさい。

実験 2-1：このマウスに、実験開始とともに甘水、苦水、あるいは甘味物質と苦味物質の両方を溶かした水(以下「甘苦水」とする)の3種類の水のいずれかを与えた。そして、このマウスの飲水行動の回数をそれぞれの水ごとに調べたところ、図 7 A のようになった。また、このときの延髄 Sw あるいは延髄 Bt における細胞内 Ca^{2+} 濃度変化量を測定したところ、それぞれ図 7 B および図 7 C のようになった。なお、甘苦水に溶かした甘味物質と苦味物質の濃度は、それぞれ甘水に溶かした甘味物質および苦水に溶かした苦味物質の濃度と等しい。

実験 2-2：このマウスに、実験開始とともに甘水あるいは苦水を与える条件下で、延髄 Sw あるいは延髄 Bt における細胞内 Ca^{2+} 濃度変化量を、光を照射したときと照射しなかったときをわけて測定したところ、それぞれ図 7 D および図 7 E のようになった。

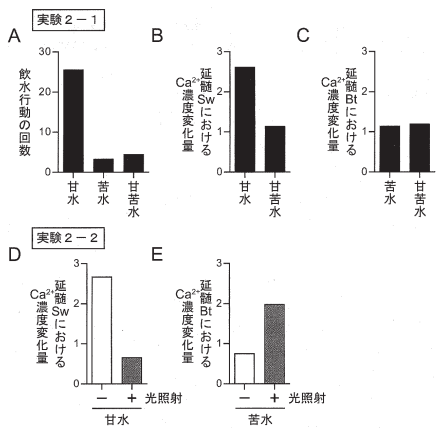


図 7 実験 2-1 (A~C) および実験 2-2 (D および E) の結果：D および E において - および + は、それぞれ光を照射しなかったときおよび照射したときを示す。

1) 実験 2-1 の結果を説明した記述として、最も適切なものを答えなさい。 46

- ① 苦味物質は、甘水に対して起こる飲水行動と延髄 Sw における神経応答の両方を顕著に増強する。
- ② 苦味物質は、甘水に対して起こる飲水行動と延髄 Sw における神経応答の両方を顕著に抑制する。
- ③ 甘味物質は、苦水に対して起こる飲水行動と延髄 Bt における神経応答の両方を顕著に増強する。
- ④ 甘味物質は、苦水に対して起こる飲水行動と延髄 Bt における神経応答の両方を顕著に抑制する。

2) これらの実験より、延髄 Bt を経由して味覚野 Bt へと伝えられた苦味の情報は、その後、図 8 に示すように延髄 Sw や延髄 Bt のいずれか一方または両方の活動を正または負に調節している可能性が示唆される。(+)と(-)はそれぞれ正あるいは負に調節していることを、(なし)はその活動の調節が行われないことを表す場合、図 8 中のしおよびすに当てはまる活動の調節を順に並べたものとして、最も適切なものを答えなさい。

47

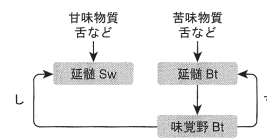


図 8 味覚野 Bt による味覚の神経回路の調節

- ① (+) (なし) ② (-) (なし) ③ (なし) (+) ④ (なし) (-)
- ⑤ (+) (+) ⑥ (+) (-) ⑦ (-) (+) ⑧ (-) (-)