

## 平成 23 年度入学者選抜個別(第 2 次)学力検査問題

# 理 科

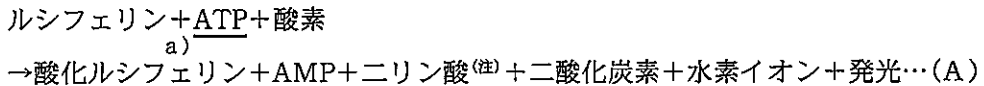
### 注 意 事 項

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. この冊子は、全部で 25 ページあり、第 1～3 ページは下書用紙です。下書用紙は切り離してはいけません。
3. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているので、誤らないように注意しなさい。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された欄内に記入しなさい。点線より右側には何も記入しないこと。
5. 入学志願票に選択を記載した 2 科目について解答しなさい。選択していない科目について解答しても無効です。
6. 各解答用紙には、受験番号欄が 2 か所ずつあります。それぞれ記入を忘れないこと。
7. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机の上に置き、持ち帰ってはいけません。この冊子は持ち帰りなさい。
8. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出なさい。

# 生 物

## 第 1 問

ゲンジボタルの腹部後端には発光器官が存在する。図は発光器官の構造を示したものであり、発光細胞では次の化学反応が起こる。



(注) ニリン酸はピロリン酸ともいい、化学式  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  で、2分子のリン酸が脱水縮合した化合物。

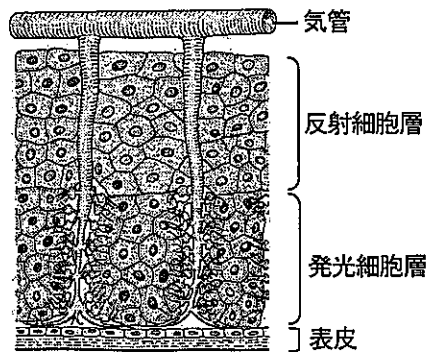


図 発光器官の構造(縦断面)

上記の反応(A)ではルシフェラーゼが**酵素**として働く。ルシフェラーゼはある種の脂肪酸代謝酵素(アシル CoA 合成酵素<sup>b)</sup>)と構造が類似し、アシル CoA 合成酵素としての活性をもつことが知られている。また、アシル CoA 合成酵素の 345 番目のアミノ酸をロイシンからセリンに置換すると、発光活性を示すことが明らかになっている。これらの事実などから、ルシフェラーゼ遺伝子は脂肪酸代謝酵素遺伝子が**突然変異したものであると推論されている**<sup>c)</sup>。

ゲンジボタルの発光は成虫の他に孵化する前の胚や幼虫でもみられ、雌雄ともに発光する。雄の成虫が発光するのは雌を誘引し、**有性生殖**を行うためであると考えられている<sup>d)</sup>。また、ゲンジボタルの成虫における発光は**気管**と神経の働きによる調節を受けている<sup>e)</sup>。

問 下線 a)～e)に関する各問いに答えよ。

a) ATP を合成する細胞小器官の名称を答えよ。また、その細胞小器官の断面の電子顕微鏡像を模式的に描き、ATP 合成酵素の存在部位を矢印で示せ。

b) 次の各問いに答えよ。

ア) 酵素は触媒として作用するが、触媒とは何か、答えよ。

イ) 酵素の本体であるタンパク質はアミノ酸がペプチド結合することによってできたものである。ペプチド結合の構造式を示せ。

ウ) 高温や極端な pH にすると、酵素は活性を失うが、それはタンパク質の変性による。タンパク質の変性では、タンパク質にどのような変化が生じているのか、答えよ。

c) 次の各問いに答えよ。

ア) 遺伝子の突然変異には子孫に伝わる場合と伝わらない場合がある。その理由を答えよ。

イ) 遺伝子の突然変異によって形態や行動等の表現型が変化することがある。一方、ある種のバッタでは遺伝子が同じであるにもかかわらず、個体群の密度によって異なる表現型を示す。その理由を遺伝子の観点から説明せよ。

d) 有性生殖の利点と欠点を種の保存の観点から考え、それぞれ1つあげよ。

e) 気管は反応(A)を促進するうえで、ある役割を果たしている。その役割を図を参考にして述べよ。

## 第2問

個体を構成している多数の細胞や器官を調節して、統制のとれた活動を可能にしているのは、神経系と内分泌系の働きによる。神経系では、神経伝達物質が神経終末(軸索末端)から放出され、シナプス後膜のレセプター(受容体)と結合し、電気的な情報を次の細胞に伝える。一方、内分泌系で情報を伝えるのはホルモンである。ホルモンは内分泌器官(内分泌腺)で作られ、血液中に放出されて全身を駆けめぐり、標的器官(標的細胞)にあるレセプターと結合して、その作用をあらわす。

脊椎動物では、精巣は生殖器官であるとともに、内分泌器官としても働いている。雄性ホルモン(男性ホルモン)は、精巣の間細胞(ライディッチ細胞)から分泌され、ヒトの場合は、筋肉を発達させて男性らしくし、声帯に作用して声変わりを起こさせ、脳に作用して、男性らしい行動を発現させる。他の脊椎動物も同様に、それぞれの種に特異的な雄らしい形態学的な変化や雄らしい行動を引き起こす。雄性ホルモンの代表格は、テストステロンである。テストステロンは、昆虫のエクジステロイドと同じ仲間であるステロイドホルモンに属し、脂質に溶けやすく、化学式  $C_{19}H_{28}O_2$ 、分子量 288.4 のホルモンである。テストステロン自体は雄性ホルモンとしての作用は弱く、末梢の標的細胞に存在する  $5\alpha$ -リダクターゼの作用により、活性型のジヒドロテストステロンに変換され、特異的なレセプターに結合して、標的遺伝子の活性化を介してその生理作用を示す。

問 1 下線 a)～f)に関する各問いに答えよ。

a) 次の各問いに答えよ。

ア) 神経系は動物の種類によって構造が異なる。ヒドラとプラナリアの神経系について比較して説明せよ。

イ) 神経の軸索の一部を刺激すると、興奮は両方向に伝導する。しかし、隣接する細胞への興奮の伝達は一方向で、決して逆方向にはいかない。その理由を説明せよ。

b) 神経終末から放出される神経伝達物質は短時間だけしか作用しない。作用時間が短いのは、シナプス間隙でどのようなことが起こっているからか、答えよ。

c) 副甲状腺から分泌されるホルモンの名称とその作用を答えよ。

d) 甲状腺を摘出すると、どの内分泌器官が活発になると考えられるか、その名称を答えよ。また、その器官の細胞において、発達する細胞小器官の名称を2つ答えよ。

e) ジヒドロテストステロンのレセプターは、細胞のどこに存在すると考えられるか、答えよ。

f) ジヒドロテストステロンとそのレセプターとの複合体は、どのようなメカニズムで標的遺伝子を活性化すると考えられるか、答えよ。

問 2 性成熟した雄ウズラの個体群を使って、どのような実験を計画すれば、精巣から分泌されるテストステロンの生理作用を証明できるのかを考え、その実験計画(手順)を説明し、予想される結果を述べよ。なお、実験は、ウズラの「個体」を使った実験であり、テストステロンと手術道具は用意されているものとする。また、ウズラの雄は、長日条件下で飼育すると、性成熟、すなわち精巣が発達する。

### 第3問

免疫系は細菌、ウイルス、その他の異物の侵入から私たちの身体を守ってくれるしくみである。免疫の機能は、病原体が体内に侵入したときに真っ先にはたらく自然免疫と、やや時間はかかるが特異性が高く強力な獲得免疫とに分類される。

自然免疫についてみると、健康な皮膚や粘膜の表面には酸や抗菌ペプチドなどが分泌されていて、病原体に対する防壁となっている。怪我をして傷ができると細菌が侵入してくるが、そのような場合には食作用を有する細胞が細菌を貪食して殺菌してくれる。これらの細胞は、病原体の糖、タンパク質、核酸などの分子構造を検知するレセプターをもっていて、有害物質が結合すると活性化して、殺菌に必要な分子を急いで合成したり、他の細胞の応援を求めためのタンパク質を分泌する。レセプターの例としては、細胞膜の表面に存在して細菌のリポ多糖を認識する TLR 分子、細胞質に存在して哺乳類の DNA には反応しないが細菌の DNA に反応する NLR 分子などが知られている。このように、自然免疫にも有害なものを識別するしくみが備わっている。

自然免疫だけでは病原体を除けない場合には、リンパ球も病原体の近くに集まってきた、獲得免疫の反応が始まる。リンパ球には B 細胞と T 細胞があり、いずれも抗原を認識するための抗原レセプターを細胞表面に出している。B 細胞の抗原レセプターを B 細胞レセプター、T 細胞の抗原レセプターを T 細胞レセプターとよぶ。いずれも、一つの細胞には一種類の抗原レセプターしか発現していないが、どんな抗原が侵入してきても対応できるように、あらかじめ体内には B 細胞レセプターや T 細胞レセプターをもった、非常に多くの種類の細胞のクローンが存在している。

T 細胞は胸腺で成熟するが、この過程で様々な種類の抗原レセプターをもった細胞が作られる。なかには体内の正常な抗原と強く結合してしまうレセプターを持つ細胞も作られるが、そのような自己反応性リンパ球は末梢血中に出て行く前にアポトーシスを起こして除かれてしまう。自己抗原と強く反応するリンパ球が除かれることは重要で、このしくみに不具合が生じると、自己と非自己の識別がうまくいかなくなって、自己免疫疾患と総称される様々な病気になる。

どのようにして自己反応性リンパ球がうまく除去できるのか、この謎に対する答

えの一部が最近わかってきた。T細胞は胸腺の中でいくつかの種類の細胞と接触しながら成熟してゆくが、成熟した胸腺髄質上皮細胞が、本来は肝臓、腎臓、すい臓など、胸腺以外の種々の臓器で発現するはずの自己抗原を発現させることによって、T細胞が正しく働けるように教育にあたっているというのである。

問 1 下線 a)～d)に関する各問いに答えよ。

a) 具体的な細胞名を1つ答えよ。

b) 免疫担当細胞から分泌される物質の名称(総称)を答えよ。

c) ヒト DNA と大腸菌 DNA の塩基組成を比較した場合に正しいのはどれか、次の中から1つ選べ。

ア) ヒトは大腸菌よりアデニンの含有率が高く、チミンの含有率が低い。

イ) ヒトは大腸菌よりアデニンとチミンの含有率が高い。

ウ) ヒトは大腸菌よりアデニンとグアニンの含有率が高い。

エ) ヒトは大腸菌よりグアニンの含有率が高く、シトシンの含有率が低い。

オ) ヒトは大腸菌よりグアニンとチミンの含有率が高い。

d) B細胞とT細胞は、それぞれどのような機能をもっているか、説明せよ。

問 2 遺伝子変異のために胸腺を欠損しているヌードマウスは、他個体の臓器を移植しても拒絶反応が起こりにくい。どうしてヌードマウスでは拒絶反応が起こりにくいのか、述べよ。

問 3 胸腺髄質上皮細胞が成熟しないような処置を施したマウスから胸腺を摘出し、主要組織適合抗原が一致しているヌードマウスに移植した。どのようなことが起こると予想されるか、またその理由を述べよ。

## 第4問

ヘモグロビンと酸素との結合は、周囲の酸素の量(生体内では体液中あるいは血液中の溶存酸素量を指し、図では肺胞での酸素濃度を100としたときの相対値で表示した)を横軸にとり、縦軸に酸素と結合しているヘモグロビン(酸素ヘモグロビン)のパーセントをとったグラフで表示することができる。これをヘモグロビンの酸素解離曲線といい、図のようにS字型となる。この酸素解離曲線は、アロステリック酵素が正の制御を受ける場合と同じ形をしている。そのため、ヘモグロビンはアロステリック効果を調べる研究に利用されている。

ヘモグロビンの酸素解離曲線は血液中の溶存二酸化炭素の増加、pHの低下、温度の上昇によって右方へ偏移する。一方、血液の温度が下がると曲線は左へ偏移する。このことは寒冷地に適応しているホッキョクグマやキタキツネの末梢の組織では、酸素が供給されにくくなることを意味するので、支障をきたすことが予測される。しかし、一般に寒冷地に適応している動物は、体毛が発達して足先まで毛におおわれているので、四肢の先端部のような末梢でも体温はそれほど低下せず、低温が酸素運搬に影響を及ぼさなくなっていると考えられる。

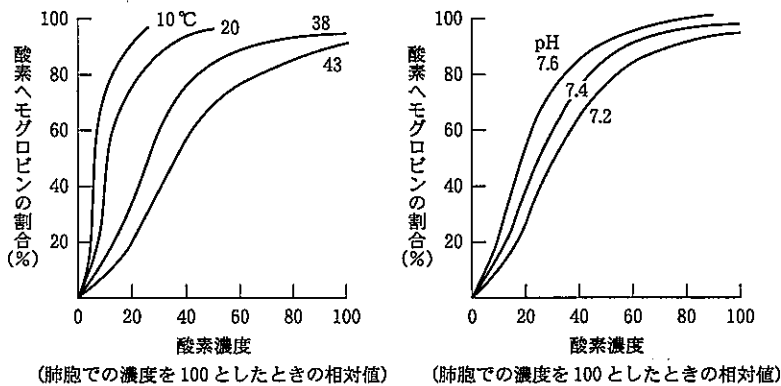


図 ヘモグロビン酸素解離曲線に対する温度(左)とpH(右)の影響

ヘモグロビンは4本のポリペプチド鎖から構成され、成人ではそれぞれ2本の $\alpha$ 鎖と $\beta$ 鎖から成る。一方、胎児のヘモグロビンは $\beta$ 鎖の代わりに、 $\gamma$ 鎖という別のポリペプチド鎖が使われている。胎児ヘモグロビンの酸素親和性は成人ヘモグロビンの酸素親和性よりも高く、成人ヘモグロビンと比較すると酸素解離曲線は左へ偏



移する。その理由として、<sup>d)</sup>解糖の中間代謝産物である2,3-ジホスホグリセリン酸(2,3-DPG)の関与が示されている。成人ヘモグロビンでは2,3-DPGが2本の $\beta$ 鎖の間に結合することにより、ヘモグロビンの酸素との親和性が低下するが、胎児では2,3-DPGの $\gamma$ 鎖への結合が弱いので、結果として成人ヘモグロビンよりも酸素解離曲線が左へ寄るといっているのである。

問 1 下線 a)～d)に関する各問いに答えよ。

- a) アロステリック酵素のなかには負のフィードバック制御を受ける酵素もある。図を用いてその制御の仕方について説明せよ。
- b) 体毛や皮下脂肪の発達以外に、寒冷地に適応した哺乳類ではどのような形態をとるか、2つあげよ。またそのような形態をとる理由を答えよ。
- c) 胎児ヘモグロビンのこの性質にはどのような利点があると考えられるか、答えよ。
- d) 解糖の過程で、グルコース(ブドウ糖)1分子につき何分子のATPを使って何分子のATPを作り出しているか、答えよ。

問 2 ヘモグロビンの酸素解離曲線は温度や pH の影響を受ける。この性質は運動時に筋肉に酸素を渡すために重要な意味を持っている。図のデータをもとに運動前と比較して運動時の筋肉におけるヘモグロビンと酸素の状態を説明せよ。