

## 平成 24 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 28 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

遺伝子の本体である DNA は、ヌクレオチドとよばれる単位が繰り返し重合した構造をもつ。DNA は半保存的<sup>a)</sup>に複製される。真核生物では、細胞が分化してもそれぞれ<sup>b)</sup>の体細胞の核にある遺伝子<sup>c)</sup>は基本的には変化しない。

真核生物では転写によって伝令 RNA (mRNA) 前駆体が合成され、その前駆体はさまざまな修飾を受ける。例えば、終末部に数百個のアデニル酸(アデニンを含むヌクレオチド)が付加される。さらに、イントロンが取り除かれ、エキソンどうしが連結される。この過程におけるイントロンの取り除かれ方には多様性があり、しばしば<sup>d)</sup>イントロンとともに複数のエキソンが取り除かれる。このような修飾を受けた後の成熟した mRNA は核膜孔<sup>e)</sup>を通して細胞質に運ばれ、リボソームに結合して翻訳される。翻訳の過程で重要な役割を果たしているのが運搬 RNA (tRNA) である。tRNA 分子には、この役割を果たすために必要な 2 つの部位<sup>e)</sup>が存在する。

遺伝子は次世代に伝えられる。これを担う細胞が配偶子である。配偶子は減数分裂<sup>f)</sup>によってある種の体細胞から形成され、受精後に発生<sup>g)</sup>を開始する。発生過程では細胞分裂によって細胞の数を増やしていくことに加えて、細胞の分化<sup>h)</sup>などが起こり、器官が形成されていく。

問 1 下線 a)～h)に関連する次の各問題に答えよ。

a) ヌクレオチドを構成する要素の正しい位置関係はどれか，番号で答えよ。

- ① 糖-リン酸-塩基      ② リン酸-塩基-糖      ③ リン酸-糖-塩基

b) 「半保存的」とよばれる理由を述べよ。

c) これを証明した実験とその結果を述べよ。

d) この仕組みは生物にとって利点となる可能性がある。その利点を述べよ。

e) この2つの部位の役割を答えよ。

f) 脊椎動物の減数分裂のメカニズムについて，次の問題に答えよ。

ア) 減数分裂第一分裂の前期から中期では，体細胞分裂の前期から中期にはみられない現象が観察される。その現象を答えよ。

イ) 減数分裂では2つの独立したメカニズムによって配偶子の遺伝子の組み合わせに多様性が生じる。その2つのメカニズムを答えよ。

g) ショウジョウバエの幼虫のだ腺染色体におけるパフの位置は発生の進行に伴って変化する。幼虫は，変態の時期になると前胸腺から分泌されるエクジステロイドの作用で蛹<sup>さなぎ</sup>になる。エクジステロイドはパフを形成させ，次に蛹への変化を引き起こすと考えられている。次の問題に答えよ。

ア) だ腺染色体におけるパフの位置が発生の進行に伴って変化することは，遺伝子発現においてどのようなことを意味していると考えられるか，述べよ。

イ) エクジステロイドは，どのようなしくみによってパフを形成させ，蛹への変化を引き起こすと考えられるか，述べよ。

h) 器官が形成する過程では，分化以外にどのようなことが細胞に起こるか，答えよ。

問 2 真核細胞から抽出したすべての RNA から mRNA だけを集めるための方法を問題文を参考にして考え、述べよ。

問 3 RNA に転写される DNA 領域において、塩基の置換が起きても、合成されるタンパク質のアミノ酸は変化しない場合がある。これはどのような場合であるか、2つ答えよ。

## 第2問

アルツハイマー病は、1907年に Alois Alzheimer により最初に報告された疾患であり、記銘力の低下に始まり、進行性の認知機能低下、人格の変化を主症状とする認知障害性疾患である。

アルツハイマー型認知症の患者では、神経伝達物質の一つであるアセチルコリン<sup>a)</sup>の脳内含量の減少が報告されている。これまでの実験動物を用いた研究から、アセチルコリンは、認知・学習機能に重要な役割を果たしていることが知られている。また、アルツハイマー型認知症の患者では、アセチルコリンを合成する酵素<sup>b)</sup>であるコリンアセチルトランスフェラーゼが著明に低下し、アセチルコリン作動性ニューロンの変性脱落が生じる。このことから、アルツハイマー型認知症の主原因として「コリン仮説」が生まれ、アセチルコリンの分解酵素であるコリンエステラーゼ阻害薬が、治療薬として開発された。しかし、アルツハイマー型認知症の患者の大脳皮質では、神経毒性をもつ $\beta$ アミロイドの沈着が顕著であることから、現在では「コリン仮説」に代わり、 $\beta$ アミロイドの蓄積が主原因であるという「アミロイド仮説」が支持されている。

アルツハイマー病をはじめとする認知機能障害の治療薬を開発するうえで重要なのが、モデル実験動物である。 $\beta$ アミロイドの前駆体タンパク質の過剰発現マウス(トランスジェニックマウス)<sup>c)</sup>は、対照群と比較して早期に認知機能の障害が認められ、現在アルツハイマー病のモデル動物として頻用されている。

一方、どのような評価系を用いて、認知機能(学習・記憶機能)に対する障害を判断するのかという点も重要である。これまで、学習・記憶機能に対する薬物の影響を評価する数多くの実験系が構築されている。その多くは、報酬(餌)<sup>d)</sup>や罰(嫌悪刺激)といった要素を学習の強化因子として用いている。それゆえ、少なくとも形成される学習・記憶の一部には情動変化に伴う記憶が反映していると考えられている。一方、一般にヒトの生活の中で生じる記憶や学習には、必ずしも動物実験で用いられているような強化因子を必要としないものが多い。薬物の開発にとって、強化因子を用いない試験系で薬物を評価することは重要である。げっ歯類を用いた「位置認識試験」は、目新しいものを好むというげっ歯類の特性(新奇探索行動)を生かした学習・記憶機能の試験であり、強化因子を用いない評価系の一つである。以下にその実験の手順と結果の一例を示した。

●用意するもの

- 1) 若いマウス(ハツカネズミ)
- 2) 縦約 30 cm × 横約 30 cm × 高さ約 30 cm の透明な箱
- 3) 小型の同形のブロック 2 個
- 4) ストップウォッチ(時間計測用)

●測定方法

- 1) マウスを透明の箱の中に 1 時間程入れ環境に慣れさせる。その時、観察者の位置や実験する部屋の周りの風景(空間情報)は、変えないようにする。
- 2) 「トレーニング」として、同形のブロック 2 つ(A と B)を箱の両隅に入れ、5 分間観察をする。それぞれのブロックに興味を持って接触している時間(新奇探索行動の指標)を計測する。
- 3) 1 時間後に「テスト」を行う。方法は、ブロック B の位置だけを変えて、同様に 5 分間観察し、それぞれのブロックに興味を持って接触している時間を計測する。

●結果

<表>ブロック A・B に対する接触時間(秒)

マウスの 個体番号	トレーニング		テ ス ト	
	ブロック A	ブロック B	ブロック A	ブロック B
I	10	12	5	15
II	16	16	10	20
III	4	4	2	10
IV	6	5	3	9

問 1 下線 a)～d)に関連する次の各問題に答えよ。

- a) アセチルコリンを伝達物質とする自律神経系の名称と胃のぜん動に対する作用を答えよ。
- b) 温度や pH などの条件がこの酵素にとって適当なとき、酵素濃度を一定にして基質濃度を増やしていった場合の「酵素反応速度」の変化を解答欄の図に記入せよ。ただし、図には基質と化学構造が類似している阻害物質を一定量加えたときの「酵素反応速度」の変化のグラフを点線で書き入れてある。このグラフを基に解答せよ。
- c) 遺伝子導入技術は、その応用として遺伝病の治療にも使われている。現在行われている遺伝子治療は、患者の体細胞(リンパ球など)を取り出して、正常な遺伝子等を導入した後、再び患者の体内に戻すというものである。取り出した体細胞に遺伝子を導入する方法としてウィルスを用いることが多い。その理由を述べよ。
- d) ストレスに反応して、副腎皮質からは糖質コルチコイドが分泌される。また、糖質コルチコイドは血糖値の調節にも関わっている。このホルモンは、どこに作用して、どのようなことを引き起こすことによって、血糖値を上昇させるのか、その作用機序を説明せよ。

問 2 実験の結果を見ると、確かに移動させた方のブロック B に興味を持って長くいることが示されているが、新奇探索行動に積極的な個体とそれほどでもない個体がいる、接触時間に個体差が大きく、単純に比較することができない。そこで、なるべく個体差が出ないようにデータを変換して、その結果を解答欄の表にまとめよ。また、データの変換方法を説明せよ。

問 3 アセチルコリン受容体に作用して、アセチルコリンの作用をブロックする薬物である抗コリン薬を「トレーニング」と「テスト」の間に作用させた。その時の「テスト」の結果を推測し、述べよ。

問 4 「位置認識試験」では、マウスが部屋の周りの風景(空間情報)をもとに、物体(ブロック)が移動したことを認識していることがわかっている。どのような実験を組めばそのことを明らかにすることができるか考え、述べよ。ただし、できるだけ単純な実験ほどよい。



### 第3問

植物では細胞内の葉緑体において光合成が行われる。葉緑体は、進化の過程で  
光合成を行う原核生物の一種であるシアノバクテリア(ラン藻類)が嫌気性細菌に共  
生して生じたと考えられている。

葉緑体は光の状況によって細胞内を移動することがわかっている。光が弱いと表面に横並びになってなるべく光に当たるように分布し、光が強すぎると葉緑体は細胞の横壁に沿って並び、あたかも強い光の害を避けようとするような挙動を示す。このように葉緑体は光に敏感に反応しているのである。

葉緑体ではどのようにして太陽の光エネルギーを使ってデンプンを作っているのだろうか。光合成の過程は大きく次の2つに分けられる。1)光化学系Ⅰ、光化学系Ⅱ、電子伝達系、ATP合成酵素などを使って光エネルギーを捕捉し、ATPとNADPHを産生する。2)カルビン・ベンソン回路の酵素群の働きにより1)で生成したATPとNADPHを使って、二酸化炭素を還元して糖を産生する。NADPはNADと同じように水素と高エネルギー電子の受け渡しをする補酵素である。

葉緑体中の光化学系Ⅱに存在するクロロフィル(葉緑素)によって光エネルギーは吸収され、このエネルギーを使って水分子を酸素分子と水素イオンに分解し、同時に高エネルギー電子を発生させる。光化学系Ⅱで発生した高エネルギー電子は、電子伝達系を駆け抜ける間にエネルギーを遊離し、このエネルギーを使って、ATP合成酵素によりATPが合成される。また、エネルギーを失った電子は、隣の光化学系Ⅰのクロロフィルが吸収した光エネルギーで再び活性化され、今度はNADPに水素イオンと高エネルギー電子を付与する。以上の過程では光が不可欠である。

次に起こるのは、カルビン・ベンソン回路で、これは必ずしも光を必要としない。カルビン・ベンソン回路では、まず二酸化炭素が炭素数が5のリブローズ1,5-ビスリン酸と結合して、炭素数が3の3-ホスホグリセリン酸が2分子できる。その後、ATPのエネルギーとNADPHの還元力で3-ホスホグリセリン酸はグリセルアルデヒド-3-リン酸になる。葉緑体ではグリセルアルデヒド-3-リン酸を出発物質としてデンプンがつくられ、一時的に蓄えられる。これを同化デンプンと呼んでいる。同化デンプンの一部はショ糖に変えられ、師管を通してエネルギーが必要な場所に送られる。種子などでは、これを再びデンプンとして貯蔵する。

ほとんどの植物は、これまで述べてきたようにカルビン・ベンソン回路で炭素数が3の分子を作って糖を生産している。そのため、これらの植物をC<sub>3</sub>植物と呼んでいる。

トウモロコシやサトウキビでは、カルビン・ベンソン回路に加えて、二酸化炭素を供給するために別の反応経路をもっている。この経路の初期産物であるオキサロ酢酸の炭素数が4であるので、これらの植物をC<sub>4</sub>植物と呼んでいる。C<sub>4</sub>植物では葉肉細胞に葉緑体があるばかりでなく、維管束の周りを取り囲んでいる維管束鞘細胞にも葉緑体が存在し、この2つの細胞間で役割分担が行われている。二酸化炭素は、葉肉細胞の細胞質基質でホスホエノールピルビン酸カルボキシラーゼという酵素のはたらきでホスホエノールピルビン酸と結合してオキサロ酢酸になる。オキサロ酢酸は葉緑体に取り込まれ、NADPHとリンゴ酸デヒドロゲナーゼの作用によって、リンゴ酸(炭素数4)に還元される。リンゴ酸は葉緑体から細胞質基質へ放出され、濃度勾配に従って、葉肉細胞から維管束鞘細胞へ移動する。維管束鞘細胞でリンゴ酸は葉緑体に取り込まれ、NADPと反応してピルビン酸(炭素数3)となり、同時にNADPHと二酸化炭素が生成する。ここで生成された二酸化炭素はカルビン・ベンソン回路に入る。また、ピルビン酸は維管束鞘細胞の細胞質基質へ放出され、濃度勾配に従って葉肉細胞へ戻って葉緑体に取り込まれ、リン酸化されてホスホエノールピルビン酸となり、再び細胞質基質へ戻される。

一方、CAM植物と呼ばれる一群の植物がある。CAM植物は昼間に気孔を閉じていて、夜になると気孔を開いて二酸化炭素を取り込む。夜間に取り込んだ二酸化炭素をリンゴ酸に保持させるところまではC<sub>4</sub>植物と同じだが、リンゴ酸を液胞の中に蓄えておき、昼間にリンゴ酸から二酸化炭素を取り出してカルビン・ベンソン回路に供給している。

光環境における生育の違いから、木本類は陽樹と陰樹の二つに分けられる。陽樹からなる森林(陽樹林)は長い年月の間に陰樹からなる森林(陰樹林)へ移行し、陰樹林が何世代も続く。この安定した群落の状態を極相という。

注) NAD : ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド

NADP : ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリニン酸

問 1 下線 a)～e)に関連する次の各問題に答えよ。

- a) 単離した葉緑体に低張液を加えて、葉緑体を破壊した。次に、溶液を遠心分離機にかけた後、上澄みを除き、沈殿物を得た。この沈殿物を用いて実験を行ったところ、光を必要とする反応の活性は検出されたが、光を必要としない反応の活性は検出されなかった。その理由を述べよ。
- b) この考えの根拠を2つあげよ。
- c) 光合成で放出される酸素は水に由来する。このことは放射性同位元素を用いた簡単な実験で証明することができる。どのような実験を行い、どのような結果が得られれば証明することができるか、述べよ。
- d) グルコースあるいはショ糖ではなく、同化デンプンの状態で蓄えている理由を考え、述べよ。
- e) 極相林内に陽樹がモザイク状に混じっていることがある。なぜそうなったか、理由を述べよ。

問 2 本文をよく読んで、 $C_4$ 植物の葉肉細胞に取り込まれる二酸化炭素( $CO_2$ )から、維管束鞘細胞でデンプンが作られ、ショ糖に変えられるまでの過程を、葉緑体で行われている反応とそれ以外で行われている反応に分けて図示せよ。ただし、次の用語をすべて用いること。また、同じ用語を繰り返し記入してもよい。

[用語] リブロース 1,5-ビスリン酸, 3-ホスホグリセリン酸,  
グリセルアルデヒド-3-リン酸, デンプン, ピルビン酸,  
ホスホエノールピルビン酸, オキサロ酢酸, リンゴ酸,  $CO_2$ ,  
NADP, NADPH

問 3 CAM植物における光合成のしくみは、どのような環境に適していると考えられるか、答えよ。また、その理由を述べよ。