

平成 28 年度入学者選抜学力検査問題

# 理 科

(医 学 部)

科 目	頁 数
物 理 基 礎・物 理	2 頁 ~ 5 頁
化 学 基 礎・化 学	7 頁 ~ 9 頁
生 物 基 礎・生 物	10 頁 ~ 16 頁

## 注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっている。そこから2科目を選択し、解答すること。

## 注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。  
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

## 生物基礎・生物

1 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

生物がさまざまな生命活動を営むためには、エネルギーが必要である。ヒトが主食として食べる米やパンなどの主成分は、でんぷんという多糖類で、消化・分解されるとグルコース(ブドウ糖)を生じる。グルコースは小腸の<sup>(a)</sup>  の毛細血管に入り、血液を介して各組織の細胞に運ばれる。また、余剰のグルコースは  や筋肉中で<sup>(b)</sup> グリコーゲンという多糖類として貯蔵される。

ヒトの細胞でグルコースは、解糖系・クエン酸回路・電子伝達系の3つの過程を経て、ATPとしてエネルギーに変換される。解糖系では、1分子のグルコースが2分子の  に分解される。解糖系で生じた  は、ミトコンドリアに運ばれクエン酸回路とよばれる経路に入る。ここでは、脱炭酸酵素のはたらきで、 の炭素のうちの1つが、<sup>(c)</sup> 二酸化炭素として放出され、脱水素酵素のはたらきで水素原子を失う。ここで、脱水素酵素の補酵素  は、その水素原子を受け取り  となる。最終的に、コエンザイムA(補酵素A)と結合してできたアセチルCoA(活性酢酸)は、 と結合して炭素数  のクエン酸となり、クエン酸回路に入る。解糖系とクエン酸回路で生じた  などによって運ばれた電子は、電子伝達系に渡されATPが生成される。これらの過程によって1分子のグルコースから最大38分子のATPが生成される。一方、激しい運動をしている筋肉では、酸素を使わずにグルコースやグリコーゲンが分解されて  から  ができる。この反応を  という。この際、グルコースを基質としたとき、1分子のグルコースより  分子のATPが生成される。また、グリコーゲンを基質としたときには、1分子のグルコースあたり  分子のATPが生成される。

脳のエネルギー源は主にグルコースであるため、血糖濃度が下がりすぎると脳の機能が低下し、けいれんしたり意識がなくなることがある。そのため、血糖濃度が下がり過ぎないようにホルモンによって調節されている。ヒトでは長期間にわたる栄養不足の時でも、血糖濃度を維持する代謝システムが備わっている。<sup>(d)</sup> 逆に、さまざまな原因で血糖濃度が高くなり過ぎると腎臓の  <sup>(e)</sup> での再吸収の限度を超え、余分の糖が腎臓から尿中に排出されるようになる。<sup>(f)</sup> この状態が持続するのが糖尿病である。

問1 文章中の空欄  から  にあてはまる適切な用語または数字を答えなさい。なお、同じ記号が付された空欄には同じ用語が入る。ただし、 には臓器名、 ,  および  には数字が入る。

問 2 下線部(a)について、でんぷんは主に2つの構成成分からなり、1つはアミロペクチンである。もう1つの構成成分の名称を答えなさい。

問 3 下線部(b)について、グリコーゲンの構造上の特徴をアミロペクチンと比較して説明しなさい。

問 4 下線部(c)について、脱炭酸酵素がはたらくには、ビタミンB<sub>1</sub>から合成される補酵素が必要である。それに関する以下の問いに答えなさい。

(i) ビタミンB<sub>1</sub>について、その性質と合成される補酵素の組み合わせとして適切なものを、次の①から④より1つ選び、番号で答えなさい。

性 質	合成される補酵素
① 水溶性 ……………	ピリドキサルリン酸
② 水溶性 ……………	チアミンニリン酸
③ 脂溶性 ……………	ピリドキサルリン酸
④ 脂溶性 ……………	チアミンニリン酸

(ii) ビタミンB<sub>1</sub>の欠乏症により、明治・大正期の日本では何万人もの死者が出ている。ビタミンB<sub>1</sub>の欠乏症を、次の①から⑥より1つ選び、番号で答えなさい。

① 壊血病	② 脚 気	③ くる病
④ ペラグラ	⑤ 夜盲症	⑥ 悪性貧血

問 5 下線部(d)について、血糖濃度を上げるために作用するホルモンを2つあげ、それを産生する内分泌腺とあわせて答えなさい。

問 6 下線部(e)について、ヒトでは血糖濃度を維持するため、グリコーゲン以外の基質からグルコースを産生する機能がある。その基質の名称を1つ答えなさい。

問 7 下線部(f)について、糖尿病には、I型糖尿病とII型糖尿病が存在する。I型糖尿病、II型糖尿病について、「インスリン」という用語を用いて、それぞれの原因を説明しなさい。

2 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

動物の複雑なからだも、一個の受精卵から発生の過程を経て形作られる。まずカエルを例に、発生の過程をみていこう。発生の出発点は受精であり、卵と精子が融合することから始まる。受精後に卵の表層部分全体がそれより内側の細胞質に対して約 30° 回転する。これにより、精子侵入点の反対側に  とよばれる領域ができる。 が生じた側は将来の背側となり、発生が進むと  のすぐ植物極側に原口ができる。

受精卵はその後、 とよばれる細胞分裂を繰り返し、桑実胚を経て内部に大きな空所をもつ  となる。ついで  の表面の一部が原口から胚内部へ陥入し、原腸が形成される。このとき陥入する原口背唇部は、その後の発生において重要な役割を果たす。その後、原腸胚から 、尾芽胚と発生が進み、からだの中の組織や器官が形作られていく。

一個の受精卵から複雑なからだができあがるまでには、さまざまな遺伝子が発現している。次に、その過程が分子レベルで詳細に調べられているショウジョウバエの発生についてみていこう。ショウジョウバエの未受精卵の細胞質には母親由来の mRNA が蓄積していて、受精後にタンパク質に翻訳されて胚の発生を制御している。このような母親由来の因子を母性因子(母性効果因子)とよぶ。胚の前後軸はこの母性因子によって形成され、その後に分節遺伝子をはたらいて 14 の  が形作られる。

この過程の後、特定の  に「はね」や「あし」など特定の器官が作られていく。このときに、各  にどのような構造を作るかを決定する遺伝子を  遺伝子という。この遺伝子に変異が起きると、からだの一部が別の部分に置き換わるような変異体が生じる。

問 1 文章中の空欄  から  にあてはまる適切な用語を答えなさい。なお、同じ記号が付された空欄には同じ用語が入る。

問 2 下線部(a)について、1 個の卵に 2 個以上の精子が受精することを多精という。動物種によっては、この多精を防ぐために多精拒否の機構が存在し、ウニ卵では 2 段階の多精拒否機構が知られている。このウニ卵の多精拒否機構について、以下の用語をすべて用いて説明しなさい。

用語：膜電位、卵膜、表層粒、受精膜、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$

問 3 下線部(b)について、卵と精子は減数分裂によって作られる。減数分裂で生じる配偶子が多様性を持つ仕組みを説明した以下の文章中の空欄  から  にあてはまる適切な用語を答えなさい。ただし、 には数字が入る。

分裂中期にすべての染色体が細胞の  に一列に並ぶ体細胞分裂と異なり、減数分裂の第一分裂中期では相同染色体の  が起き、各相同染色体が分離して娘細胞では染色体数が半減する。この際に、父方・母方由来の相同染色体がどちらの娘細胞に分配され

るかはランダムである。この相同染色体のランダムな分配が、配偶子に多様性が生じるメカニズムの一つである。このメカニズムによって、たとえば体細胞の染色体数が  $2n = 8$  の生物では、全体として **ウ** 種類の配偶子が生じる。

さらに相同染色体の **イ** の際、染色体の一部に **エ** が形成され交さが起こり、染色体の **オ** が起こる。その結果遺伝子に **カ** が生じることで、配偶子の遺伝子の組み合わせが多様になる。

問 4 下線部(c)について、

(i) 体色の異なる 2 種類のイモリの初期原腸胚における原口背唇部の移植実験により、同部の役割を明らかにした発生生物学者の名前を 1 人答えなさい。

(ii) 上の移植実験と、そこから導き出された結論の概要を、以下の用語をすべて用いて説明しなさい。

用語：脊索，神経管，二次胚

問 5 下線部(d)について、中胚葉に由来する組織・器官を次の①から⑩よりすべて選び、番号で答えなさい。

- |       |        |      |       |
|-------|--------|------|-------|
| ① 骨格筋 | ② すい臓  | ③ 角膜 | ④ 真皮  |
| ⑤ 血管  | ⑥ ぼうこう | ⑦ 肺  | ⑧ 脊椎骨 |
| ⑨ 腹膜  | ⑩ 腎臓   |      |       |

問 6 下線部(e)について、ショウジョウバエ胚の後部における腹部形成に関わる母性因子 A, B がある。この A, B について、以下の条件 1) から 4) が分かっている。

条件 1) 未受精卵の細胞質において、母性因子 A の mRNA は細胞質の後部に限局しているが、母性因子 B の mRNA は全体に均質に分布している。

条件 2) 発生初期にこれらの mRNA からタンパク質が作られ、胚内に拡散する。タンパク質 A の分布は mRNA の分布に沿い、胚の後部で高濃度に存在する。タンパク質 B は胚の前部では高濃度に存在するが、後部ではほとんど存在しない。

条件 3) 母性因子 A をコードする遺伝子 A が欠失した母親から生まれた胚は、腹部を欠く。この変異体でのタンパク質 B の分布を調べたところ、野生型とは異なり胚の後部でも高濃度に存在していた。

条件 4) 遺伝子 A, B をともに欠失した母親から生まれた胚では、腹部形成に異常はない。

次の問いに答えなさい。

(i) 母性因子 B の mRNA は未受精卵の細胞質に均質に分布するが、発生初期におけるタンパク質 B の分布にはかたよりが生じる。このかたよりはタンパク質 A のどのような働きによって生じると考えられるか、説明しなさい。

(ii) ショウジョウバエの腹部形成におけるタンパク質 A, B の役割を推察し、説明しなさい。



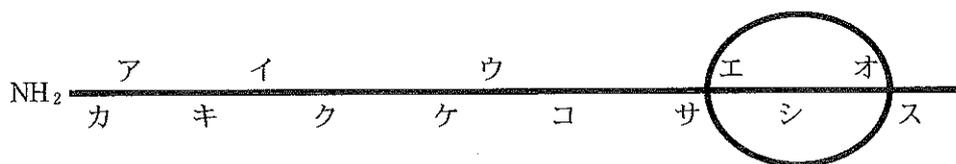
【実験結果】

挿入した塩基	変異受容体	調べた能力		
		ホルモンとの結合	転写調節配列との結合	転写の促進
①	ア	—	—	—
	イ	—	—	—
	ウ	—	—	—
	エ	—	+	+
	オ	+	+	+
②	カ	+	+	+
	キ	+	+	—
	ク	+	+	—
	ケ	+	—	—
	コ	+	—	—
	サ	—	+	+
	シ	—	+	+
	ス	+	+	+

「+」は能力が認められたこと、「—」は能力が認められなかったことを示す。

- 問 4 この受容体遺伝子に、(i)①、または(ii)②を挿入すると、受容体タンパク質の一次構造がどのように変化し、さらに機能にどのような影響を与えると考えられるか、答えなさい。
- 問 5 この実験結果から、受容体タンパク質について、転写調節配列との結合と標的遺伝子の転写促進との間にどのような関係があると考えられるか、答えなさい。
- 問 6 この実験結果から、受容体タンパク質上のどこに標的遺伝子の転写調節配列と結合する領域が位置すると考えられるか、答えなさい。以下の解答例のように、領域を図示しなさい。

(解答例)



問 7 ヒトでは、この受容体によって標的遺伝子 I および II の転写が促進される。

(i) 遺伝子 I の翻訳開始点を含む一部の塩基配列 (鋳型鎖) を以下に示す。

TACCACGTGGACCAT

転写された mRNA からタンパク質が翻訳される際、3 番目のアミノ酸を運ぶ tRNA のアンチコドンの塩基配列を答えなさい。なお、上記の塩基配列から転写された領域は全て翻訳される。

(ii) 遺伝子 I および II は、200 個および 100 個のアミノ酸から構成されるタンパク質 I および II のアミノ酸配列をそれぞれ決定している。ヒトの細胞から抽出した DNA を鋳型として、PCR 法によってそれぞれのタンパク質の N 末端から C 末端までをコードする DNA 断片を増幅した。遺伝子 I からは 600 塩基対の DNA 断片が、遺伝子 II からも 600 塩基対の DNA 断片が得られた。この結果から考えられる、遺伝子 I と II の構造の違いを答えなさい。なお、それぞれのタンパク質は翻訳されたのち、酵素による切断を受けない。

(iii) PCR 法に用いられる DNA ポリメラーゼについて、ヒトの DNA ポリメラーゼには見られない特殊な性質は何か、答えなさい。

問 8 この受容体遺伝子と同様に X 染色体上にあり、その突然変異がある劣性遺伝病の原因となる遺伝子が知られている。ある健常な両親に、この劣性遺伝病を発症した息子 2 人と健常な娘 1 人がいる。

(i) この両親に 4 人目の子供が生まれた場合、この疾患を発症する確率を分数で答えなさい。

(ii) 健常な男性とこの両親の健常な娘との間に息子が生まれた場合、この疾患を発症する確率を分数で答えなさい。

(iii) この両親から、性染色体異常を起こし、この疾患を発症した子供が生まれた。両親とも染色体構成は正常であり、この子供は XXY であった。減数分裂の第一分裂または第二分裂において、性染色体が二つの娘細胞に適切に分配されないことがまれに起こる。

(ア) この症例では、以下の①から④のうちいずれで、このようなことが起こったと考えられるか、番号で答えなさい。(イ) また、なぜそう考えたのか、正常な遺伝子を持つ X 染色体を X、変異遺伝子を持つものを X' として答えなさい。

- ① 卵形成における減数分裂の第一分裂
- ② 精子形成における減数分裂の第一分裂
- ③ 卵形成における減数分裂の第二分裂
- ④ 精子形成における減数分裂の第二分裂