

# 平成 30 年度広島大学理学部

## 生物科学科

### 第 3 年次編入学試験学力検査問題

#### 筆記試験（生物）（3 問）

平成 29 年 7 月 7 日

自 9 時 00 分

至 11 時 00 分

#### 答案作成上の注意

- 1 この問題冊子には、計 3 問、総ページは、表紙を入れて 8 ページある。
- 2 解答用紙は、3 枚（表面）ある。解答はすべて問題番号と同じ番号の解答用紙の所定の解答欄（表面）に記入すること。
- 3 下書き用紙は、各受験者に 1 枚ある。
- 4 受験番号は、すべての解答用紙（1 箇所）、下書き用紙（1 箇所）の所定の欄に必ず記入すること。
- 5 配布した解答用紙、下書き用紙は持ち出さないこと。

[問題 I] プラスミドベクターを用いた実験に関して、問1～問6に答えよ。

問1 プラスミドベクターに任意のDNA断片を挿入するためには、特定の塩基配列を切断する「はさみ」の役割をする酵素と、DNA どうしをつなげる「のり」の役割をする酵素を利用する。それぞれの一般名を答えよ。

問2 問1の「はさみ」の役割をする酵素の名称は、ファージなどの感染を防御するためにバクテリアがもつ生体防御の仕組みの一つに由来する。

問(1) この防御の仕組みの名称を答えよ。

問(2) どのような仕組みで防御するのか簡潔に説明せよ。

問3 今、あなたは $1\mu\text{g}$ のプラスミドベクターDNAを調製する必要があるとする。プラスミドベクターをもつ大腸菌を何mLの培地に培養すれば、 $1\mu\text{g}$ のプラスミドベクターDNAを得られるか。下記①から⑥の数値を用いて段階的に説明・計算しながら求めよ。

- ① プラスミドベクターDNAの長さ(塩基対)： $10^4$
- ② DNAの1ヌクレオチドあたりの平均分子量：300
- ③ アボガドロ定数： $6 \times 10^{23}$
- ④ 1mLの培地で増殖することのできる大腸菌の数： $10^8$
- ⑤ 大腸菌1個体あたりに含まれるプラスミドベクターの平均コピー数：10
- ⑥ 大腸菌の培養液からプラスミドベクターDNAを調製する際の収率：  
80%

問4 問3で調製したプラスミドベクターDNA 100 ng を使って酵母細胞を形質転換したところ、 $10^5$ 個の形質転換コロニーを得た。1個の形質転換コロニーを得るのに何コピーのプラスミドベクターが必要であったか、計算過程を含めて答えよ。

問5 問4のような形質転換実験には、遺伝子導入効率が高まるように処理を施した細胞を用いる。このような細胞を何とよぶか。

問6 一般に大腸菌への遺伝子導入では、ベクターが導入された形質転換体を選抜するために、抗生物質耐性の違いを利用する。一方、酵母細胞への遺伝子導入では、栄養要求性の違いによる選抜をおこなうことが多い。この栄養要求性の違いによる選抜の原理を説明せよ。

〔問題 II〕発生と遺伝子の発現調節に関する次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

問1 次の文章は、両生類の発生過程について述べたものである。空欄①～⑩にあてはまる最も適切な語句を答えよ。

卵の卵黄の少ない極を( ① ), 卵黄に富む極を( ② )とよぶ。( ② )の細胞膜直下には背側決定因子とよばれるタンパク質が存在する。受精すると、( ③ )に由来する中心体から( ④ )の伸長が起きる。この( ④ )が卵の細胞膜直下を沿うようにして( ② )へ向かい、それに押し上げられるようにして、背側決定因子が( ③ )の侵入点の反対側の( ① )側に移動する。この移動した背側決定因子の作用する部位が将来の背側になり、反対側が腹側になる。

卵割後の胞胚後期までに、発生運命の異なる3つの領域、すなわち( ⑤ ), ( ⑥ ), ( ⑦ )が決定される。発生が進むと、( ⑤ )は主に表皮や神経系を形成し、( ⑥ )は骨格や筋肉、腎臓、心臓、血液などを、( ⑦ )は消化管や肝臓、肺などを形成する。

胞胚期の終わりになると、背側の( ⑥ )と( ⑦ )の一部が( ⑤ )の下に潜り込み始める。発生学者のシュペーマンとマンゴルドは、この潜り込む組織を切り取って他の胚に移植すると、そこに二次軸(二次胚ともよぶ)が形成されることを発見し、この組織をその活性にちなんで( ⑧ )と名付けた。潜り込んだ( ⑧ )による誘導作用を受けた( ⑤ )は、神経板を形成する。その後、この神経板が胚の内側にくびれ込んで、( ⑨ )とよばれる脳・脊髄原基を形成する。一方、( ⑧ )は( ⑩ )を形成する。( ⑩ )は将来、脊椎骨に置き換えられる。

問2 ある種類のカエルのゲノムには、約22,000個の遺伝子が存在する。カエルの体は、神経細胞や筋肉細胞、脂肪細胞等、様々に分化した細胞から構成されているが、これらの細胞は、約22,000個の遺伝子の一部を選択的に発現することにより、形態や機能を特殊化させている。

問(1) 遺伝子発現の一般的な仕組みについて、次の語句をすべて用いて説明せよ (DNA, RNA, タンパク質, 転写, 翻訳, RNA ポリメラーゼ, リボソーム)。

問(2) 選択的な遺伝子発現を担う主要な仕組みについて、次の語句をすべて用いて説明せよ (RNA ポリメラーゼ, 転写調節因子, エンハンサー, プロモーター)。

問3 仮想遺伝子 X の発現調節について考える。遺伝子 X の mRNA は網膜だけで発現する。遺伝子 X の転写調節領域は、転写活性化因子 A と B, 及び転写抑制因子 C の結合配列から構成されており、これら3種類の転写調節因子の組み合わせにより、遺伝子 X の発現部位が決まる。また、転写活性化因子 A は網膜と脳、脊髄でのみ、転写活性化因子 B は網膜と脳、膵臓でのみ発現する一方、転写抑制因子 C は脳だけで発現する。

問(1) 遺伝子操作によって A の結合配列を欠失させると、遺伝子 X の発現はどのように変化すると考えられるか。理由と共に述べよ。

問(2) A, B, C の結合配列を変化させずに、遺伝子操作によって、転写抑制因子 C の発現部位を脳から網膜に変化させると、遺伝子 X の発現はどのように変化すると考えられるか。理由と共に述べよ。

問4 タンパク質は細胞内で様々な機能制御を受ける場合がある。転写調節因子が受けるそのような制御の例を一つ挙げ、そのメカニズムについて簡潔に説明せよ。

〔問題 III〕生物のエネルギーの獲得および消化に関する次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

生物はその生命活動を維持するために、エネルギーを消費する。また、からだづくりの材料も必要とする。これらを得るために、ヒトのような従属栄養生物は主として他の生物が合成した有機物や他の生物そのものを摂食し消化・吸収する。ヒトのように口と肛門をもつ動物は、消化管のなかで消化を行うが、動物の中には口や肛門をもたないものもある。

ヒトの口から入った食物は胃に送られ、胃酸と胃壁から分泌された消化酵素によってある程度分解される。消化中の食物は、十二指腸に送られ、膵臓から分泌された消化酵素によってさらに分解される。

問1 次の(1)～(3)にあてはまる動物または原生生物の例を一つずつあげよ。種名もしくは一般名で答えること。

- (1) 細胞内消化で栄養を得るもの
- (2) 細胞外消化で栄養を得るが肛門をもたないもの
- (3) 細胞内に共生する微生物から栄養を得るもの

問2 ヒトの胃酸および胃壁細胞の細胞質の pH は、それぞれ約2と約7である。胃酸のプロトン濃度は、胃壁細胞の細胞質のそれと比べて約何倍か、答えよ。

問3 胃や膵臓は、自分自身が分泌する消化酵素によって分解されないような仕組みをもつ。それぞれ主にどのような仕組みで自分自身を守っているか、答えよ。

問4 肉食動物と草食動物では、摂食と消化・吸収に関して解剖学的にどのような違いがあるか、答えよ。

問5 消化酵素トリプシンは、タンパク質の特定のアミノ酸を認識してペプチド結合を切断する活性をもつ。これを応用することで、トリプシンで分解したペプチドの情報をもとに、元のタンパク質のアミノ酸配列を明らかにすることができる。これに関する次の問(1)と(2)に答えよ。

問(1) 次のアミノ酸配列は、あるタンパク質の一部のアミノ酸配列を示す。このポリペプチドにトリプシンを作用させた時に生じるペプチド断片のアミノ酸配列をすべて答えよ。このアミノ酸配列は一文字表記で、左側がアミノ末端側、右側がカルボキシル末端側である。トリプシンは塩基性アミノ酸のカルボキシル基側のペプチド結合のみを切断するが、必ずしも100%の効率で切断できるとは限らないことに注意して答えよ。

MSVVSYGEEKPMDLSRTDDGFA

問(2) 小さいタンパク質は、問(1)のように得られたペプチド断片のアミノ酸配列をプロテインシーケンサを用いて調べ、つなげることで全アミノ酸配列を明らかにすることができる。しかし、巨大なタンパク質の場合は困難である。そのような場合に、切断で生じたペプチド断片の一部の情報を使って、元のタンパク質の全アミノ酸配列を明らかにするには、他にどのような情報があればよいか、一つ答えよ。

問6 ヒトにおける呼吸基質の代謝経路について、次の問(1)と(2)に答えよ。

問(1) 1分子のグルコースが呼吸基質として用いられるときの代謝経路について、次の文章の空欄①～⑩にあてはまる最も適切な語句または数字を答えよ。

解糖系の前半で ATP が ( ① ) 分子消費されて1分子のフルクトース 1,6-ビスリン酸が生成される。何段階かの反応を経て、最終的に ( ② ) 分子のピルビン酸を生じる。解糖系では差し引き ( ③ ) 分子の ATP が得られる。

つぎにピルビン酸は、脱水素酵素の働きで ( ④ ) と反応し、( ⑤ ) と ( ⑥ ) および  $\text{CO}_2$  が生じる。これらの生成物のうち ( ⑤ ) が、クエン酸回路に組み込まれる。

つづいて電子伝達系では、ここまでの経路で生じた ( ⑥ ) と ( ⑦ ) に由来する電子と水素が ( ⑧ ) に渡され、水が生成する。その一連の過程で膜内外に生じたプロトンの ( ⑨ ) を利用して最大 ( ⑩ ) 分子の ATP が合成される。

問(2) 脂肪酸やタンパク質もまた呼吸基質として利用される。それぞれ、どのような過程を経て利用されるか答えよ。