

平成26年度北海道大学大学院生命科学院  
生命科学専攻 修士（博士前期）課程  
入学者選抜試験問題

専 門 科 目  
(生命システム科学コース)

平成25年8月26日（月曜日）実施

13:30～15:00

答案作成上の注意

- 1) 13問中より3問を選択して解答してください。
- 2) 解答は問題ごとに、受験番号と氏名を明記し、選択した問題番号を○で囲んでください。
- 3) 解答は解答用紙の表面のみを使用し、裏面は使わないでください。
- 4) 解答用紙3枚のみ提出してください。

## 問題 1

細胞内ではタンパク質や脂質が輸送小胞に載せられて様々な区画へ輸送される。新たに合成されたタンパク質は、まず小胞体膜を通過し、ゴルジ体を経て輸送小胞に載せられて選別輸送される。以下の設問に答えよ。

問 1. 小胞体上で形成される輸送小胞に積み荷タンパク質が詰め込められる機構について説明せよ。

問 2. 小胞体における輸送タンパク質の品質管理とはどのようなものか説明せよ。

問 3. ある種のタンパク質は小胞体に留まってそこで機能する。これらのタンパク質を小胞体へ滞留させる機構を説明せよ。

問 4. 輸送されるタンパク質はシスゴルジ網から中間のゴルジ網を経てトランスゴルジ網へと移行し、最終的に輸送小胞に載せられる。これらのゴルジ網がお互いにどのような関係のもとに維持、形成されて積み荷タンパク質を輸送しているのかについて、二つのメカニズムが考えられている。これらについて説明せよ。

## 問題 2

植物の有性生殖は自家生殖をおこなう場合と他家生殖をおこなう場合がある。

- 問 1. 植物がおこなう自家生殖と他家生殖について、実例を挙げながら繁殖戦略における有利な点と不利な点を比較しながら述べよ。
- 問 2. 植物がおこなう自家生殖と無性生殖について、実例を挙げながら繁殖戦略における有利な点と不利な点を比較しながら述べよ。
- 問 3. 被子植物が他家生殖をおこなう仕組みを 3 種類取り上げ、実例とそのメカニズムを説明せよ。
- 問 4. 受精直後の被子植物の生殖器官全体の模式図を描き、それぞれの器官名、組織名、細胞名を図に記せ。また、その植物名も記せ（和名、学名どちらでもよい）。

### 問題 3

問 1. 真核生物のクロマチンに見られる構造的特徴と、基本構造を構成する分子について説明せよ。また、クロマチンの基本構造が果たしていると考えられる機能を述べよ。

問 2. 線虫 (*C. elegans*), ショウジョウバエ (*D. melanogaster*), ヒト (*H. sapiens*) ではゲノムの全塩基配列が明らかになっており、それぞれの生物の推定遺伝子数は約 19,000, 14,000, 25,000 と見積もられている。

(A) 動物の体の構造や機能の複雑さと遺伝子数には直接的関係はないように見える。遺伝子数を増加させる代わりに、真核生物の複雑さを増加させることに作用したと考えられるゲノムや遺伝子構造上の特徴を 2 つ挙げ、複雑さを増加させることにどのように機能するか、説明せよ。

(B) 上記生物において、全塩基配列が決定されているにもかかわらず遺伝子数は確定していない。遺伝子数が確定できない理由を 2 つ以上挙げ、説明せよ。

問 3. 以下の、遺伝子発現制御とその研究法に関連した用語から 2 つ選び、解説せよ。

- a) ロイシンジッパー・モチーフ
- b) トリプトファン・リプレッサー
- c) インスレーター
- d) RNA 干渉
- e) クロマチン免疫沈降法 (ChIP)
- f) ゲルシフト法 (Electrophoretic Mobility Shift Assay)

## 問題 4

次の文章を読み、以下の問に答えよ。

突然変異は、通常的环境中では発生する頻度が低いために、「偶然」に発生するようにみえるが、実は「必然」的に発生していると言えよう。何となれば、a我々の取り巻く環境、あるいは我々の細胞中や、我々のゲノム中にも変異原が存在しているからである。一方で、我々のゲノムに突然変異が起こると、b 表現型に影響が生じる場合と、c 表現型に影響が生じない場合がある。

近年、次世代シクエンサーを用いた「1000人ゲノムプロジェクト」が進められ、ヒトの父、母、子の全ゲノム塩基配列を比較した結果、d 生殖細胞系列における自然発生の塩基置換率は1塩基1世代あたり、わずか $10^{-8}$ 程度であるが、各個人をみるとゲノム中に機能喪失を伴う突然変異は約250個から300個程度存在することが明らかとされた。ちなみに、ヒトゲノムの総塩基数は、約 $3 \times 10^9$ 塩基対であり、タンパク質をコードする遺伝子は約2万個と推定されている。

- 問1. 下線部 a に関して、変異原を物理的変異原、化学的変異原、生物学的変異原に分類して、それぞれの具体例を挙げて、その作用機序と生ずる突然変異の結果を簡潔に説明せよ。
- 問2. 下線部 b に関して、表現型に影響が生じる突然変異のタイプを3つ以上挙げて、簡潔に説明せよ。
- 問3. 下線部 c に関して、表現型に影響が生じない例を示せ。
- 問4. 下線部 d に関して、自然発生の塩基置換率を減少させる DNA 修復機構を2つ以上挙げて、それぞれの分子機構を簡潔に説明せよ。

## 問題 5

代謝と酵素に関する以下の問いに答えよ。

- 問 1. 解糖系における ATP 合成のしくみは何と呼ばれるか。また、そのしくみを説明せよ。  
さらに、原核細胞と真核細胞において解糖系で働く酵素が存在する場所をそれぞれ答えよ。
- 問 2. 好気性生物が脂質（脂肪）やタンパク質を分解してエネルギーを獲得（ATP を合成）するメカニズムについてそれぞれ説明せよ。
- 問 3. 酵素反応速度論におけるミカエリス・メンテンの式について説明せよ。
- 問 4. 化学修飾による酵素タンパク質の活性調節について具体例を示しながら説明せよ。

## 問題 6

ゲノムに書き込まれた遺伝情報は、転写されて RNA として、あるいはさらに翻訳されてタンパク質となって、その機能を発現する。このことについて次の各問に答えよ。

- 問 1. タンパク質に翻訳されずに機能発現する RNA (非コード RNA ; non-coding RNA) は、リボソーム RNA (rRNA), トランスファーRNA (tRNA) をはじめとしていくつか知られている。上記以外で、このような RNA を 3 つ以上あげよ。また、その内のひとつについてその機能 (役割) を簡単に説明せよ。なお、原核生物のものであっても、真核生物のものであっても構わない。
- 問 2. 真核生物では核内で転写された mRNA の前駆体が何段階かのプロセッシングを受けた後、核外へ輸送されてから翻訳される。真核生物において mRNA の前駆体を受けるプロセッシングを簡単に説明せよ。
- 問 3. リボソームで行われる翻訳反応は、原核生物と真核生物でよく似ているが、翻訳の開始段階ではいくつかの重要な違いがある。(3a) 原核生物と、(3b) 真核生物について、翻訳開始コドンの選択機構を簡単に説明せよ。
- 問 4. mRNA からタンパク質への翻訳は、リボソームが翻訳終止コドンに到達すると終結する。翻訳終止コドンの認識はどのようにおこなわれるか、原核生物もしくは真核生物について簡単に説明せよ。

## 問題 7

動物の組織形成における「幹細胞系」について以下の問に答えよ。

- 問 1. 幹細胞（体制幹細胞あるいは組織幹細胞）とはどのような細胞か，説明せよ。
- 問 2. 幹細胞系による細胞の更新様式について，具体的な組織の例をひとつ取り上げ，以下の語句を少なくとも一回用いて，説明せよ。

細胞死	細胞系譜	細胞分裂	細胞分化
-----	------	------	------

- 問 3. 幹細胞系において，ある集団の細胞は分裂・増殖を行っているが，このような細胞を他の分裂・増殖していない細胞から見分ける実験的方法について，原理も含めて説明せよ。
- 問 4. 幹細胞系が医療に応用されている例をあげ，説明せよ。

## 問題 8

神経系と感覚系に関する次の問に答えよ。

- 問 1. 神経細胞（ニューロン）膜の内側は外側に対し負に帯電している。その理由を次のキーワードすべてを用いて簡潔に述べよ。

ナトリウム—カリウム交換ポンプ 漏洩チャネル 濃度勾配 電気勾配 静止電位

- 問 2. 活動電位は一度発生すると、減衰することなく軸索を伝導する。その理由を次のキーワードすべてを用いて簡潔に述べよ。

脱分極 閾値 電位依存性ナトリウムチャネル 電位依存性カリウムチャネル  
平衡電位

- 問 3. 一般に神経細胞は、他の多くの細胞からシナプスを介して信号を受け取る。これら信号の相互作用（シナプス統合）のしくみを次のキーワードすべてを用いて簡潔に説明せよ。

神経伝達物質 リガンド依存性チャネル 興奮性シナプス後電位 脱分極  
抑制性シナプス後電位 過分極 加重 樹状突起 細胞体 軸索

- 問 4. 感覚器ではそれぞれ特定の刺激のエネルギー（光、音など）が神経活動に変換される。このしくみを次のキーワードすべてを用いて簡潔に説明せよ。

イオンチャネル 受容器電位 活動電位 刺激強度 応答範囲

## 問題 9

問 1. 下記の行動生物学で用いられる語彙について、具体的な動物や実験例を挙げ説明せよ。

- (1) オペラント条件付け
- (2) 超正常刺激
- (3) Extra-pair copulation (EPC)
- (4) 真社会性

問 2. 動物種によっては、特定の連合の形成のされやすさにおいて偏りが生得的に観察される。これに関して、以下に例を示す。

- ・ラットに星型の形をした甘い餌を与える。その餌には吐き気を催す薬剤が練り込まれている。このとき、ラットは甘いものを忌避するようになるが、星型のものには忌避行動を示さない。
- ・ハトは「食べ物」と「色」を連合できるが、「食べ物」と「音」とは連合できない（もしくは、連合しにくい）。一方、「音」と「危険（たとえば電気ショック）」とは連合できるが、「色」と「危険」は連合できない（もしくは、連合しにくい）。なぜ、このような連合形成の偏りがみられるのか、生態的意義の観点から上記2つの例に関して論ぜよ。

## 問題 10

減数分裂と生殖細胞に関する次の問に答えよ。

問 1. 下記はヒトにおける減数分裂と生殖細胞に関する記述である。下線部のみを修正して正しい文章にせよ。修正の必要がない場合は「修正なし」と記せ。

- 1) 交叉(乗換え)がない場合、 $2^{46}$ 通りの遺伝的に異なる卵あるいは精子が生じうる。
- 2) 減数分裂で最も長いステージは第一分裂中期である。
- 3) 対合している相同染色体間の距離は約 1 nm である。
- 4) シナプトネマ構造(複合体)は減数第一分裂のディプロテン期で完成する。
- 5) 発生途中の生殖腺において **SRY** は生殖細胞で発現し、精巢の分化を誘起する。
- 6) 卵形成で顆粒膜細胞に相当する細胞は、精子形成ではライディッヒ細胞である。
- 7) 卵巣と精巣を比べると、生殖細胞が減数分裂に入る時期は精巣の方が早い。
- 8) 卵と精子を比べた場合、染色体の不分離で異数体が出現する率は精子の方が高い。
- 9) 1回の射精で放出される精子の数は約 300 万である。
- 10) 受精可能な卵母細胞の直径は約 1 mm である。
- 11) 成熟した卵母細胞は減数第一分裂中期で受精を待つ。
- 12) 卵と精子が受精する場所は子宮である。

問 2. 姉妹染色分体は減数分裂の第一分裂では分離しないが第二分裂では分離する。この仕組みをカッコ内の語をすべて用いて説明せよ (補足的に図を用いても良い)。

「コヒーシン、シュゴシン、セパラーゼ、セントロメア」

## 問題 1 1

問 1. 以下の文章は「哺乳類の生殖およびホルモン制御」について述べられている。A~J に当てはまる語彙を記せ。

視床下部ホルモンである (A) は (B) を刺激して FSH と LH を分泌させる。  
女性における二次性徴の発達に必要なステロイドホルモンは (C) であり、妊娠に向けて子宮の準備の完了をおこなうステロイドホルモンは (D) である。  
排卵された卵が受精すると、小さな胚によって (E) の退行とそれに続く (F) が回避される。これは LH 様のホルモンである (G) の分泌によるものである。  
哺乳類は生殖様式の違いによって (H), (I), (J) に分類される。

問 2. 女性における「オキシトシン」と「プロラクチン」の役割を述べよ。

問 3. ヒトの性腺機能低下症として「LH 受容体機能喪失」と「FSH 受容体機能喪失」が知られている。「LH 受容体機能喪失」では、男性ではアンドロゲン産生が障害され、その結果、胎児期・思春期における男性方向への発達に問題が生じ、女性では思春期に卵巣機能不全が起こる。それでは「FSH 受容体機能喪失」ではどのような異常が認められるか？男性と女性それぞれについて記述せよ。

## 問題 1 2

問 1. 気体の圧力変化におけるエンタルピー変化に関する以下の問いに答えよ。ただし、エントロピーを  $S$ 、エンタルピーを  $H$ 、体積を  $V$ 、温度を  $T$ 、圧力を  $p$ 、物質量を  $n$ 、気体定数を  $R$ 、ファンデルワールス係数を  $a$  および  $b$  と表す。

$$(1) \left( \frac{\partial S}{\partial p} \right)_T = - \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p \text{ が成り立つことが知られている。}$$

これを利用して式  $\left( \frac{\partial H}{\partial p} \right)_T = V - T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$  を導け。

(2) 一定温度下で、完全気体の圧力を変化させたとき、エンタルピーが変化しないことを(1)で導いた式を使って示せ。ただし、気体は完全気体の状態方程式  $pV = nRT$  に従うものとする。

(3) 300 (K) の一定温度下で、1.00 (mol) のアルゴンガスの圧力を  $1.00 \times 10^6$  (Pa) から  $2.00 \times 10^6$  (Pa) まで増加させたとき、アルゴンガスのエンタルピーはどれだけ変化するか。ただし、アルゴンガスは、ファンデルワールスの式を近似的に  $V$  について解いた式  $V = \frac{RT}{p} + b - \frac{a}{RT}$  に従うものとし、気体定数は、 $R = 8.314$  (J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>)、ファンデルワールス係数は、 $a = 1.355 \times 10^{-1}$  (m<sup>6</sup> Pa mol<sup>-2</sup>)、 $b = 3.20 \times 10^{-5}$  (m<sup>3</sup> mol<sup>-1</sup>) とせよ。答えは有効数字 2 桁で表し、単位も示せ。

問 2. 非自発反応でも自発的な反応と組み合わせることで駆動される場合がある。このとき、2 つの反応は共役しているという。物質 X が必要な原料 Y から生成するときの反応の 37 (°C) でのエンタルピー変化は +40 (kJ mol<sup>-1</sup>) で、エントロピー変化は +10 (J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>) である。この Y から X への 1 分子の反応が、X 合成酵素の存在下で アデノシン三リン酸 (ATP) 1 分子が加水分解される反応との共役によって駆動されうるかを、その根拠とともに示せ。ただし、ATP の加水分解反応のギブスエネルギー変化は -31 (kJ mol<sup>-1</sup>) とする。

### 問題 13

問 1. ペプチドの 1 次配列決定法について 200 字程度で簡潔に説明せよ。必要に応じて化学構造式を使用してよい。

問 2. 核酸に関する以下の問いに答えよ。

- (1) ヌクレオチドの中から一つを選択し、その化学構造を示し、一般名を示せ。
- (2) RNA は DNA と比較すると遺伝情報の長期保存に向かない。化学構造の違いに焦点を絞り、その理由を説明せよ。必要に応じて化学構造式を使用してよい。

問 3. 糖に関する以下の問いに答えよ。

- (1) D-グルコースを純水に溶かし 1 日室温で静置したところ、NMR により 2 種の異性体の生成が観察された。この 2 種の異性体の化学構造を安定配座で示せ。
- (2) (1) の溶液に水酸化ナトリウムを加えたところ、ケトースである D-フルクトースが生成した。その生成機構を示せ。
- (3) (2) の溶液では D-フルクトースと共にもう 1 種のアルドースが生成した。生成したアルドースの化学構造を示し、一般名を示せ。