

平成31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30年8月22日(水曜日)実施

13:00～15:00

答案作成上の注意

- 1) 8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、裏面は使わないてください。
- 4) 解答用紙のみを3枚提出してください

## 問題1

細胞のエネルギー代謝に関する以下の問い（問1～5）に答えよ。

問1. 以下の文章は、動物細胞の解糖について述べている。(1)~(4)のそれぞれの文章について、記述が正しいか、誤っているかを答えよ。また、もし、誤っていると判断した場合は、誤っている箇所を書き出し、正しく書き直せ。

(1)解糖の酵素反応の中には、分子状酸素を使う反応が含まれている。解糖の反応は全体として、酸化反応であるとみなすことができる。

(2)グルコースからフルクトース 1,6 ビスリン酸を生成する反応は、2分子の ATP を生成する。

(3)解糖の反応は主に真核生物と好気性細菌に見られる。

(4)動物細胞のほとんどの ATP は解糖とクエン酸回路によって合成される。

問2. 以下の文章は、解糖の反応のうち、グリセルアルデヒド 3-リン酸から 3-ホスホグリセリン酸を生成する2つの連続した酵素反応について述べている。(ア) から (オ) に当てはまる言葉を書け。ただし、(ア) にはアミノ酸の名称が入る。

グリセルアルデヒド 3-リン酸を 3-ホスホグリセリン酸に転換する反応において、まず、グリセルアルデヒド 3-リン酸と酵素の (ア) 側鎖の-SH 基が共有結合を形成する。酵素は、さらに (イ) と結合する。続いて、プロトン 1 個と電子 2 個が (イ) に移り、(イ) は (ウ) となる。アルデヒドの酸化に伴って放出されるエネルギーの一部は、酵素と基質の間の結合をチオエステル結合に変えるのに使われる。無機リン酸が基質に結合し、酵素が外れ、1,3-ビスホスホグリセリン酸が生成する。上記の反応は、アルデヒドの酸化を利用して、高エネルギーの糖-リン酸結合を生成したと言える。続いて、1,3-ビスホスホグリセリン酸は次の反応を担うキナーゼに結合する。反応性の高いリン酸基が (エ) に移り、ATP が生じる。上述の通り、グリセルアルデヒド 3-リン酸から 3-ホスホグリセリン酸を生成する反応では、酸化と高エネルギーをもつ活性運搬体の生成が (オ) していると言える。

問 3. 次の用語を 50 字から 100 字程度で説明せよ。

- (1) (酵素の) フィードバック阻害
- (2) (植物細胞中の) 色素体 (plastid)

問 4. ミトコンドリアにおける 3 つの呼吸酵素複合体の名称を答え、それぞれの複合体に結合している補酵素または色素を複合体ごとに 1 つずつ記載しなさい。さらに、各複合体の行う主要な反応を記載せよ。解答欄に以下のような表を書いて解答すること。

複合体名称	補酵素/色素	主要な反応

問 5. 葉緑体において光合成の電子伝達系を構成する 3 つの複合体の名称を答え、それぞれの複合体に結合している補酵素または色素を複合体ごとに 1 つずつ記載しなさい。さらに、各複合体の行う主要な反応を記載せよ。解答欄に以下のような表を書いて解答すること。

複合体名称	補酵素/色素	主要な反応

## 問題2

遺伝子発現制御に関する以下の問い（問1～3）に答えよ。

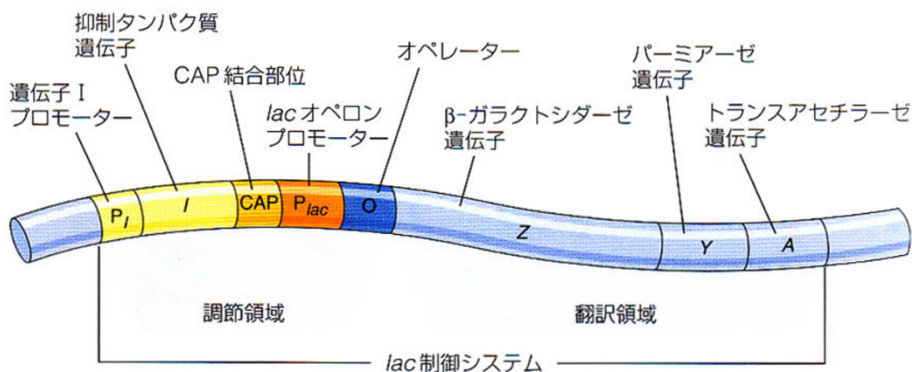
問1. 下記の文章を読み、下線部 (1)～(4)に関する各問いに答えよ。

ゲノム DNA はタンパク質合成自体には直接指示を出さず、(1) RNA を仲介役として使う。細胞に特定のタンパク質が必要となると、まず、(2) 染色体 DNA 分子から適切な部分の塩基配列が RNA 分子へと写し取られる。そして(3) DNA の一部を写し取った RNA 分子を鋳型としてタンパク質が合成される。(4) 細胞における遺伝情報の流れは、このように DNA から RNA を介してタンパク質へと流れる。

- (1) タンパク質合成に関わる RNA の名称 (略称可) およびそれぞれの機能を説明せよ。
- (2) この過程の名称を答えよ。
- (3) この過程の名称を答えよ。
- (4) あらゆる細胞で共通の遺伝情報の流れに関する原理を何と呼ぶか答えよ。

問2. 原核生物の遺伝子はしばしばオペロンを形成している。大腸菌のラクトースオペロンに関して、以下の問 (1), (2) に答えよ。

- (1) 大腸菌のラクトースオペロンではラクトースの代謝に関わる遺伝子群がひとつのプロモーターで制御されており、ラクトースとグルコースによる2つの制御が組み合わさることで精密な制御を保證している。その制御のしくみについて説明せよ。参考としてラクトースオペロン領域の概略を次に示す。



- (2) ラクトースオペロンが最大の転写活性を示す栄養条件を答えよ。

問3. X染色体の不活性化に関する下記の文章を読み、下記の間(1), (2)に答えよ。

哺乳類では雌の体細胞の2本のX染色体のうち1本を発現しないようにするX染色体不活性化がおこる。雌の胚の発生初期の数千個の細胞からなる時期に、各細胞のX染色体のどちらかが高度に凝縮して（ア）になる。この凝縮したX染色体を（イ）とよぶ。母親由来、父親由来のどちらのX染色体を不活性化するかを選択は（ウ）であり、その不活性化状態は（エ）と（オ）を繰り返しても忠実に保たれる。数千個の細胞が作られたのちに起こるため、雌は母親由来、父親由来のどちらかのX染色体が休止したクローン細胞集団からなる（カ）となる。発生が進んでも姉妹細胞どうしは近くに配置する傾向があるので、このクローン集団は生体では小さな塊となって分布することになる。茶色と黒の体毛をもつさび猫（雌）は、このX染色体の不活性化の一例である。X染色体の1本に毛色を（キ）にする遺伝子、もう1本に（ク）にする対立遺伝子があり、ランダムなX染色体の不活性化の結果2つの色のまだら模様となる。

(1) 空欄（ア）～（ク）に適切な語句を入れよ。

(2) X染色体が不活性化するしくみについて説明せよ。

### 問題3

植物ホルモンは植物の形態形成や環境応答に重要である。植物ホルモン，エチレンについて以下の問い（問1～5）に答えよ。

問1. エチレンの分子式を書け。

問2. エチレンは果実の成熟や葉の離層形成などの器官老化を促進する働きが知られているがこのような作用以外にもさまざまな生理作用が知られている。例えばエンドウなどの芽生えが土の中で発芽し成長し，小石などの障害物に当たった場合にトリプルレスポンス（三重応答）として知られているエチレン作用が誘導される。トリプルレスポンスとはどのような応答か，簡潔に述べよ。

問3. トリプルレスポンスにより一旦小石などの障害物を回避した後の芽生えは，その後どのような応答をしてどのように成長すると考えられるか。100字程度で説明せよ。

問4. シロイヌナズナを用いた研究によりエチレンの受容体 ETR1 は小胞体膜に存在することが明らかとなっている。また *ctr1* 突然変異体は，構成的なトリプルレスポンスを示す変異体である。これらの情報を参考に，エチレンの有無によりどのようにエチレン応答が制御されているのか，そのシグナル伝達経路（受容体からエチレン応答遺伝子の発現に到るまで）を図を用いて説明せよ。ただし，[ ]内の語句を全て1回以上用いること。

[ ETR1, CTR1, EIN3, キナーゼ, 転写, 不活性型, 負の調節因子 ]

問5. エチレンをはじめとした植物ホルモンのシグナル伝達経路や形態形成のしくみ，また植物の環境応答の分子制御機構などはシロイヌナズナをモデル生物として用いることにより大きく進展した。シロイヌナズナをモデル生物として用いることはどのような点がどのような理由で有利であったのか。3つ簡潔に説明せよ。

## 問題4

がんは遺伝子の変化が原因となって発症する遺伝子病と捉えることができる。がんに関連した以下の問い（問1～3）に答えよ。

問1. がんの発生においては、ジェネティックな変異だけでなくエピジェネティックな変化が重要であることが判明されてきた。エピジェネティックな変化とはどのようなことを指すのか、がんに関連することなく述べよ。

問2. がんの増殖には多様な要因・性質が関わっているが、がん細胞に見られる特徴的な挙動の一つにテロメラーゼの発現、あるいはテロメアの安定化がある。テロメラーゼ、テロメアについて、基本的情報と細胞のがん化・老化との関係性について述べよ。

問3. ヒトの体内では一生の間に約  $10^{16}$  回の細胞分裂が起こる。分裂ごとに自然に生じる変異の頻度を考えると、遺伝子の変異が原因となるがんの発症率は低い。ほとんどの種類のがんで年齢とともに発生率が上昇し、いわゆる「がん年齢」といわれる40代～50代で急上昇すること、喫煙などの生活習慣、生活環境などが発症率に影響することと考え合わせて、がんの発症と遺伝子変異の関係について述べよ。

## 問題5

神経生物学に関する次の文章を読んで以下の問い（問1～5）に答えよ。

網膜の神経節細胞は、網膜での細胞体の位置に応じて、視蓋の特定の領域に投射する。そうした規則正しい連絡が、個々の神経細胞のもつ内在的な特性によるものなのか、それとも、神経の活性に応じて形成されるものなのか、神経の回路形成のモデルとして研究されてきた。古くは、(1) Sperry のカエルを用いて行った実験によって、神経細胞には位置特異的な生化学特性があることが示唆された。その後の様々な動物を使った研究を通じて、(2) 網膜の神経節細胞、及び、視蓋の神経細胞に位置の標識となるようなタンパク質が発現し、それらの相互作用によって、神経節細胞の投射領域が決定されることが示された。

その一方で、(3) NMDA 型 ( A ) 受容体に対する拮抗薬や、(4) 電位依存 ( B ) チャンネルの阻害剤テトロドトキシンによって、網膜視蓋投射の精密性が失われることが報告され、神経の活性が網膜視蓋投射に関与することも明らかになっている。

問1. 問題文中の (A) と (B) に入れるべき最も適切な語を、下の[ ]内から選択して答えよ。なお、同じ語を何度選択しても良い。

[ ナトリウム、カリウム、ノルアドレナリン、アセチルコリン、グルタミン酸 ]

問2. 下線部(1)について、どのような実験が行われたか。また、その実験の結果、カエルの行動にどのような影響が生じたか説明せよ。

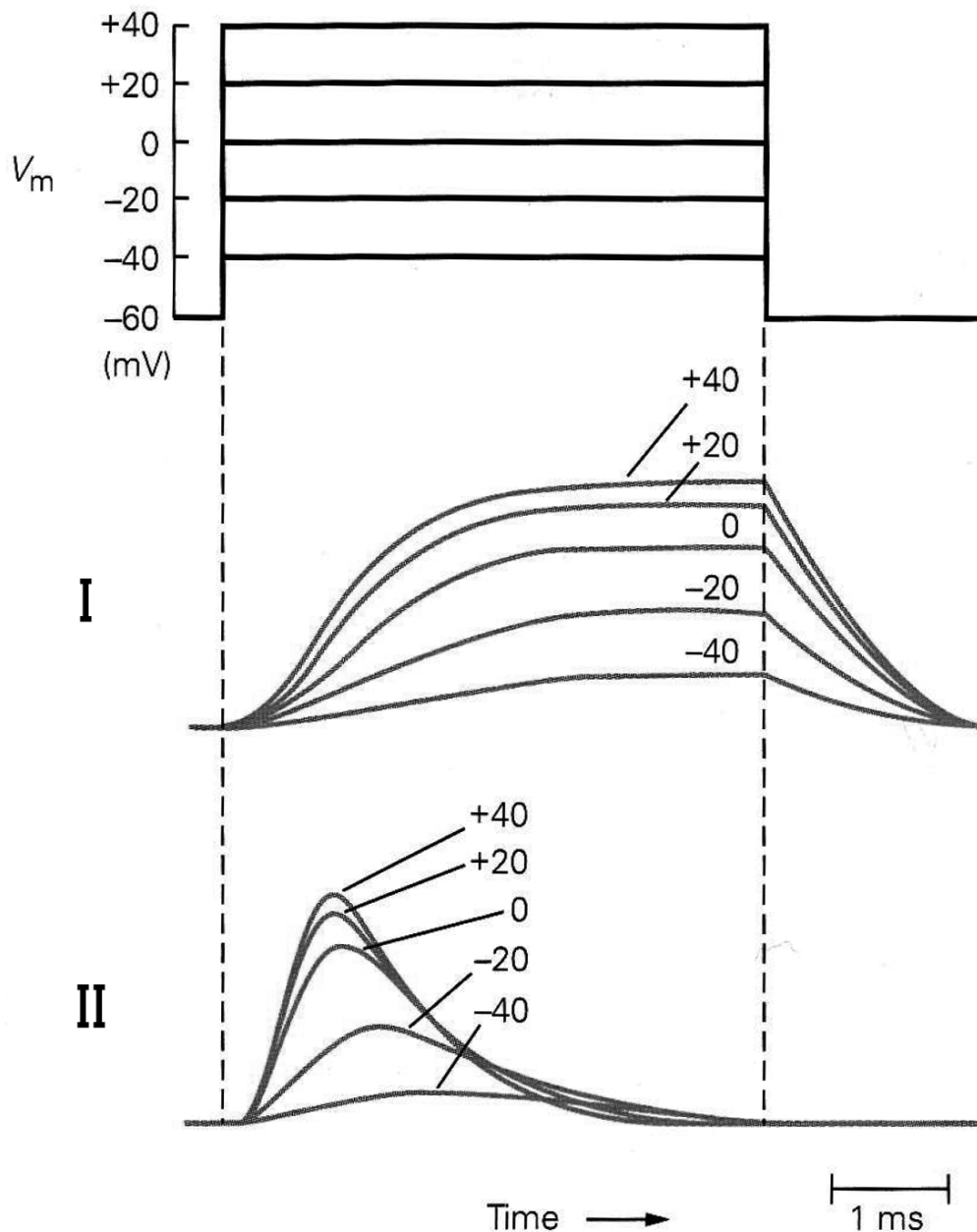
問3. 下線部(2)について、エフリンの発現を例にして、神経節細胞が視蓋の特定の領域に投射する分子機構について説明せよ。

問4. 下線部(3)について、NMDA 型受容体をもつ、他のイオンチャンネル型の ( A ) 受容体とは異なるチャンネル特性を2点あげて説明せよ。



問 5. 下線部(4)について、Hodgkin と Huxley によって、活動電位の発生には、2 種類の電位依存チャンネルが重要であることが示されている。図 1 は、膜電位を  $-60\text{ mV}$  から  $40\text{ mV}$  まで  $20\text{ mV}$  おきに変化させた時の、それぞれのチャンネルのコンダクタンス（イオン透過性）を示している。I と II のどちらが、電位依存（ B ）チャンネルか。また、図 1 からよみとれる電位依存（ B ）チャンネルの特性、並びにその特性によって生じる活動電位発生の性質を述べよ。

図 1 (Principles of Neural Science より改変)



## 問題6

動物の行動は、さまざまな環境に対する適応進化の結果としてみることができる。たとえば、種間相互作用や種内コミュニケーションにおいて、行動はしばしば重要な役割を担っている。このことをふまえ、以下の問い（問1～3）に答えよ。

問1. 捕食に対抗する動物の防御行動の例を挙げ、適応の観点から説明せよ。

問2. 学習とは何かを簡潔に説明した上で、鳥類の歌（さえずり）学習がどのような特徴を持つか述べよ。さらに、歌は繁殖成功にどう関わっているか説明せよ。

問3. 現代社会においては、人間活動によって予期せぬ環境変化が生じている場合がある。都市騒音は、動物のコミュニケーション行動にどのような影響を与える可能性があるか、考察せよ。

## 問題7

配偶子形成に関する以下の問い（問1～3）に答えよ。

問1. (a)～(c)は哺乳類の配偶子形成に関わる細胞である。これらの細胞はそれぞれどのような性質や特徴を持っているか述べよ。

- (a) 顆粒膜細胞
- (b) 卵丘細胞
- (c) ライディッヒ細胞

問2. マウスの卵形成と精子形成について、減数分裂の段階と発生の進行を関連づけながら説明し、共通点と相違点を明確にせよ。

問3. 精子形成の鍵となる因子の1つに *Daz* (*Deleted in Azoospermia*) 遺伝子がある。*Daz* 遺伝子はさまざまな種で広く保存されており、いずれの種でも RNA 結合タンパク質をコードしている。*Daz* タンパク質が精子形成において具体的にどのような機能を持つかについて仮説をたて、それを検証する実験を1つ提案せよ。

## 問題8

細胞間接着，細胞移動と発生に関する以下の問い（問1～4）に答えよ。

問1. 細胞と細胞の結合にはカドヘリンタンパク質が重要な役割を果たす。カドヘリンとはどのようなタンパク質か，また，細胞の内外でどのように働くのか，[ ]内の語句を用い，説明せよ。

[ 細胞外領域， $\text{Ca}^{2+}$ イオン，細胞内領域，カテニン，アクチンフィラメント ]

問2. 動物の組織では，細胞どうしがシート状に結合した上皮細胞が形成される。これら上皮細胞は共通の特徴を持つ。上皮細胞の特徴を3つ述べよ。

問3. 脊椎動物の発生において，神経冠細胞は背側の神経管から派生し，胚の腹側に移動する。この神経冠細胞の派生と移動は，上皮-間充織遷移（上皮-間充織転換）の典型的な例である。このように，シート状の上皮細胞が自由に移動する間充織細胞へ転換するとき，細胞で起こる現象について説明せよ。

問4. モルフォゲンによる濃度勾配の形成は，胚の形態形成に重要である。動物の手足では，Sonic hedgehog による濃度勾配が指のパターンを決定する。すなわち，Sonic hedgehog 濃度が最も濃い部分が小指となり，濃度勾配にしたがって親指に至る指のパターンを形成する。マウス胚において，指が形成される以前の肢芽の前方部（本来，親指が形成される部位）に Sonic hedgehog を強制的に発現させると指の形成はどうか，理由とともに述べよ。