

平成29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28年8月23日（火曜日）実施

13:30～15:00

答案作成上の注意

- 1) 11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。但し、問題5を解答する場合は、問題5用の解答用紙を使用すること。
- 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) 解答用紙のみを3枚提出してください。

問題1

代謝, 細胞のエネルギー変換と酵素に関する以下の問に答えよ。

問1. 一部の酵素はその機能発現のために補酵素を必要とする。補酵素はその多くがビタミンあるいはその誘導体である。以下の補酵素の中から 2 つ選び, それらのもととなるビタミンの名称を答え, 補酵素の役割やそれらを必要とする酵素が触媒する反応について述べよ。

- a) ピリドキサルリン酸
- b) FAD
- c) チアミンピロリン酸
- d) リポアミド
- e) ビオチン

問2. 以下の語句を説明せよ。

- a) アロステリック酵素
- b) 二重逆数プロット(両逆数プロット, ラインウィーバー・バークプロット)
- c) 脂肪酸の酸化的分解経路(β 酸化)

問3. 基質レベルのリン酸化, 酸化的リン酸化と光リン酸化について三者を比較しながら述べよ。

問題 2

ゲノム、遺伝子構造に関する以下の問に答えよ。

問1. 原核生物と真核生物には細胞形態学的な違いに加えて分子生物学的な違いがある。ゲノムおよび遺伝子構造に関する原核生物・真核生物間の相違点の中から (A) DNA 複製に関わる例, (B) 転写・発現に関わる例を1つずつ挙げ, それぞれの生物の基本的な生存戦略の違いがわかるように説明しなさい。

問2. テロメラーゼについて, その機能的特色, 発現特性に留意して説明しなさい。

問題 3

動物細胞での遺伝子発現に関する以下の文章を読み、問に答えよ。ただし、下記の文章には不適切な表現が含まれている。

①動物細胞の mRNA は RNA ポリメラーゼ II によって合成される。②転写開始後に 5' 端に (a) 構造が付加されるため、5' 末端も 3' 末端も化学構造では 3' OH リボースである。③一部の mRNA を除き、3' 側には DNA を鋳型とせずに付加される poly(A) 鎖が存在する。(a) 構造と poly(A) 鎖は mRNA の (b) と (c) に重要なことが知られている。

リボソームの大小 2 つのサブユニットはどちらも rRNA とリボソームタンパク質から構成されている。

④大サブユニットには 28S、5.8S、5S rRNA が、小サブユニットには 18S rRNA が含まれている。このうち 28S、18S、5S rRNA は RNA ポリメラーゼ I によって 1 つの RNA 分子として転写された後にプロセッシングを受け、それぞれのサブユニットに組み込まれる。

⑤プロセッシングを受けた mRNA は細胞質に出ると、リボソームの大小サブユニットが会合して作る mRNA 結合部位に結合する。リボソームは結合した mRNA をスキャンし、翻訳開始位置に到達するとメチオニンを結合した開始 tRNA の結合が可能になり翻訳が開始される。⑥リボソームは mRNA 上を 5' から 3' 方向に移動し、対応してタンパク質は N 末端から C 末端へと合成されていく。タンパク質合成は連続的に開始されるので、1 つの mRNA に複数のリボソームが結合しているのが観察される。これが (d) である。⑦合成途中のポリペプチドと新たに取り込まれるアミノ酸との間にペプチド結合形成反応を行うペプチジル基転移酵素の触媒部位は、小サブユニットの 18S rRNA によって形成されている。つまり 18S rRNA はリボザイムの一種である。

4 種の塩基が作るコドンは 64 通りあり、その全てが意味を持っている。3 つのコドンは「ナンセンスコドン」と呼ばれているが、タンパク質合成の終結を指令する。その他のコドンは全て 20 種のいずれかのアミノ酸を指定している。つまり、ほとんどのアミノ酸で、1 種類のアミノ酸を指定するコドンは複数あり、このことを「遺伝暗号は (e) している」という。コドンは tRNA の (f) と相補的な塩基対を形成することで読み取られる。⑧20 種のアミノ酸に対応する 20 種の tRNA が (e) したコドンと塩基対を作るので、この結合には「あいまいさ」が許されている。これが「ゆらぎ」である。tRNA に特異的なアミノ酸を結合させるアミノアシル tRNA 合成酵素も 20 種存在する。

問1. (a)～(f)に適切な用語を記入せよ。

問2. 下線部(1)～(8)の記載が不適切な場合は番号を示し、間違いを指摘し正しく説明せよ。

問3. RNA ポリメラーゼ II の最大サブユニットの C 末端領域の構造的特徴と機能を述べよ。

問4. 「分子擬態」とは何か。翻訳反応を例に説明せよ。

問題 4

次の文章を読んで以下の間に答えよ。

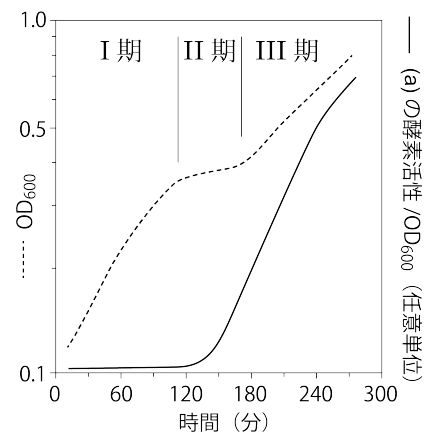
大腸菌のラクトースオペロンは、ラクトースの代謝に関わる3つの酵素遺伝子をコードしており、そのうち、*lacZ* 遺伝子は (a) をコードする。多くの場合、オペロンの転写はリプレッサーによって負の制御を受けており、リプレッサーはプロモーター近傍に位置する (b) 部位に結合することで RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合するのを妨げる。ラクトースオペロンのリプレッサーは、ラクトース（正確には、ラクトースの異性体のアロラクトース）と結合することで (b) への結合能力を失い、転写にゴーサインを出す。ここで、アロラクトースは (c) と呼ばれる。しかしながら、ラクトースがあっても、グルコースがあると転写は起らない。この現象を (d) と呼ぶ。細胞内のグルコース濃度が低いと (e) の濃度が高まり、これと (e) リセプタータンパク質(カタボライト活性化タンパク質とも呼ばれる) の複合体がプロモーター上流域の特定の部位に結合することで、ラクトースオペロンの転写が可能となる。

問 1. 問題文中の (a) から (e) に入れるべき適切な語を答えよ。

問 2. 大腸菌に炭素源としてグリセロールとラクトースを与えて培養したとき、ラクトースオペロンの転写はどうなるか。その理由とともに答えよ。

問 3. 右の図は、ラクトースを含む培地に少量のグルコースを加えて大腸菌を培養した実験結果である。この実験結果を考察せよ。

問 4. トリプトファンの生合成に関わる酵素遺伝子をコードするトリプトファンオペロンのリプレッサーについて知るところを述べよ。



問 5. RNA ポリメラーゼやリプレッサーが結合する DNA 領域を明らかにするための生化学的方法を1つ取り上げて簡単に説明せよ。

問題 5

植物の遺伝子発現と形態形成, 研究手法について次の文章を読み, 以下の問に答えよ。

解答用紙の写真はタバコ茎頂の縦断切片像である。茎頂分裂組織の中央部には各組織に分化する細胞を供給する幹細胞群がある。幹細胞群は L1 層, L2 層, L3 層に区別され, そこで発現する遺伝子が相互作用することによって幹細胞群の位置と大きさを決めている。

- 問 1. 解答用紙上のタバコ茎頂縦断切片像に, 下記に当てはまる部位を指示に従い示せ。
互いの線が交差してもかまわないが, わかりやすいレイアウトを考えよ。
1. すべての葉の原基を線で取り囲み, 矢印で「葉原基」と指示せよ。
 2. 茎頂分裂組織の L1 層を線で取り囲み, 矢印で「L1 層」と指示せよ。
 3. 茎頂分裂組織の L2 層を線で取り囲み, 矢印で「L2 層」と指示せよ。
 4. 茎頂分裂組織の L3 層を線で取り囲み, 矢印で「L3 層」と指示せよ。
- 問 2. 茎頂分裂組織の L1 層, L2 層, L3 層細胞はどの方向に分裂するか, それぞれの層について分裂方向を答えよ。ただし, 頂端方向を上, 基部方向を下と記載してもかまわない。
- 問 3. 茎頂分裂組織の幹細胞群を維持するために必要な 3 種類の遺伝子名を記載し, その発現部位, タンパク質の特徴, 遺伝子の機能を記述した表を完成させよ。ただし遺伝子の機能については他の遺伝子に与える影響を記すこと。表の中で解答できない個所, 例えば遺伝子名が不明な場合は仮に「遺伝子 A」等と記入せよ。
- 問 4. 問 3 で解答した 3 種類の遺伝子のうち, 1 つが欠損したタバコ植物はどのような表現型になると考えられるか, 各遺伝子欠損の場合について簡潔に記述せよ。ただし, 問 3 で仮名を使用した場合は仮名のままで記述に用いよ。
- 問 5. 解答用紙の写真のようなタバコ茎頂の縦断切片像を得るための標本作製法と観察法を記述せよ。

問題 6

生体膜の構造や性質に関わる以下の問に答えよ。

- 問 1. 細胞膜には様々なタンパク質が存在している。これら膜タンパク質の存在様式について、5種類をあげて、それぞれ説明せよ。
- 問 2. 界面活性剤 (detergent) は膜タンパク質の可溶化に用いられる。界面活性剤の構造的な特徴について書き、界面活性剤が膜タンパク質を可溶化するメカニズムを説明せよ。
- 問 3. 真核細胞の細胞膜脂質二重層では、細胞の外側層と細胞質側層で、存在する脂質分子種に違いが見られることが知られている。細胞膜を構成する主たる脂質分子種 4 種類の名前をあげて、それぞれ細胞の外側層と細胞質側層のどちらに多く存在するかについて書け。
- 問 4. 動物細胞では、問 3 で述べた細胞膜脂質非対称性の崩壊が細胞死のシグナルとなり、貪食細胞による死細胞の除去を誘引することが知られている。これはどのような脂質非対称性の崩壊か、またこの崩壊はどのようなメカニズムによって引き起こされるか、説明せよ。

問題 7

感覚系のしくみに関する以下の問に答えよ。

- 問1. ヒトの(a)視覚, (b)嗅覚, (c)聴覚について, 感覚器の構造と感覚受容細胞の配置を簡単に図示し, また文章で簡潔に説明せよ。
- 問2. それぞれの感覚における下記の感覚識別のしくみについて, 知るところを述べよ。
- (a) 視覚: 色の識別
 - (b) 嗅覚: 匂いの種類の識別
 - (c) 聴覚: 音の高さの識別

問題 8

性淘汰(性選択)に関する以下の問に答えよ。

- 問1. 性淘汰(性選択)は、動物の行動や生態の進化を考える上で重要な概念である。
- (1) 性淘汰とは何か、自然淘汰との違いを明らかにしながら説明せよ。
 - (2) 性淘汰は同性内性淘汰と異性間性淘汰の2つに分けられる。両者の特徴を対比し、説明せよ。
 - (3) 同性内性淘汰の具体例を挙げよ。
- 問2. 鳥の歌(さえずり)は、同性内性淘汰と異性間性淘汰の双方と密接に関わっている。このうち、異性間性淘汰と鳥の歌の進化の関連について、次の語句を用いて説明せよ。
[配偶者選択, 歌学習, メスの間接的利益]
- 問3. 配偶様式と性淘汰の関連について、次の語句を用いて説明せよ。
[一夫一妻, 一夫多妻, 一妻多夫, つがい外婚, 淘汰圧の強さ]

問題 9

多くの動物胚では、発生初期に一部の細胞が配偶子の元になる細胞へと誘導され、始原生殖細胞 (primordial germ cell, PGC) となる。PGC は分裂して数を増やすとともに、生殖細胞特有の性質を付与する遺伝子を発現させる。

- 問1. 線虫などでは、未受精卵の細胞質に生殖細胞決定因子が局在しており、受精後、細胞が分裂し初期胚になる際に、生殖細胞決定因子を受け継いだ細胞が PGC となる。現在までに知られている生殖細胞決定因子の名称および構造上の特徴を答えよ。
- 問2. 哺乳類には、線虫にみられるような生殖細胞決定因子がないとされている。哺乳類の初期胚において、PGC が誘導される仕組みを説明せよ。
- 問3. 哺乳類の初期胚において、分裂により数を増やした PGC は、生殖隆起とよばれる将来生殖腺へと発生する領域へと移動する。この移動が成立するために必要な分子メカニズムを説明せよ。
- 問4. 哺乳類では、PGC が移動した後に性決定がなされ、生殖腺が精巣あるいは卵巣へと分化する。この性決定に働くのは Y 染色体上の *SRY* (sex-determining region on Y) 遺伝子である。*SRY* タンパク質は HMG-box とよばれる DNA 結合ドメインをもつ。性決定時における *SRY* タンパク質の転写因子としての機能を説明せよ。
- 問5. 正常な精巣の分化、発生には *SRY* 遺伝子以外の遺伝子も必要である。ここで、遺伝子 A が精巣分化に働いていることが予想されたとする。遺伝子 A が精巣分化に働くことを証明するためには、どのような検証実験が必要か説明せよ。

問題 10

アフリカツメガエルは飼育が容易で、ホルモン投与によって一度に多数の比較的大型の卵が得られることから、脊椎動物における卵母細胞の成熟、受精、発生研究のモデルとしてよく用いられる。アフリカツメガエルに関する以下の問に答えよ。問 1～3 は必答とし、問 4, 5 はどちらかを選んで解答せよ。

問1. 以下はモデル生物として知られる生物種の学名である。アフリカツメガエルの学名はどれか、記号で答えよ。また、アフリカツメガエル以外の学名を 3 つ選び、それらの和名(一般名でも良い)を記せ。

A) *Arabidopsis thaliana*, B) *Caenorhabditis elegans*, C) *Danio rerio*, D) *Dictyostelium discoideum*, E) *Drosophila melanogaster*, F) *Escherichia coli*, G) *Mus musculus*,
H) *Physcomitrella patens*, I) *Rattus norvegicus*, J) *Saccharomyces cerevisiae*,
K) *Schizosaccharomyces pombe*, L) *Taeniopygia guttata*, M) *Xenopus laevis*

問2. アフリカツメガエルの卵母細胞は受精するまで減数分裂の特定の時期に留まる。卵黄形成期の卵母細胞と成熟した卵母細胞が留まる時期をそれぞれ答えよ。

問3. 相同染色体間で交差がないと仮定して、雌雄一組のアフリカツメガエルから生じる受精卵の染色体の組み合わせは何通りになるか。計算式を示せ(計算をして実数を示す必要はない)。なお、本種の染色体数は $2n=36$ である。

問4. アフリカツメガエル胚の体軸(背腹軸)は受精時に決定される。その仕組みを説明せよ。

問5. アフリカツメガエルの初期卵割(第 12 分裂まで)では通常とは異なる細胞分裂が起こる。「細胞周期のチェックポイント」の観点から、その特異性を説明せよ。

問題 11

動物の成体には、常に新旧の細胞が入れ替わっている組織が存在し、そのような組織では下図に示すように幹細胞(体性幹細胞あるいは組織幹細胞)が細胞を生み出している。このような組織について以下の問に答えよ。

- 問1. 幹細胞の定義となる3つの性質を記述しなさい。
- 問2. Wnt は幹細胞の性質の維持に寄与する重要なシグナルタンパク質のひとつである。Wnt シグナル経路が不活化した場合、および過剰に活性化した場合、その組織にどのような変化が生じると予想されるか、記述しなさい。
- 問3. 幹細胞と一時的増幅細胞はいずれも細胞分裂を行うが、その頻度は前者に比べて後者で著しく高い。そのことが個体の生存にとって有利にはたらくと解釈できること 2点について記述しなさい。
- 問4. 骨髄の造血組織は下図のような組織の典型例である。骨髄から分離した細胞に多能性造血幹細胞が含まれることを証明するには、どのような実験が考えられるか、記述しなさい。ただし、造血幹細胞のマーカー(遺伝子およびタンパク質)は明らかにされていないことを前提とする。
- 問5. 小腸粘膜上皮は下図のような組織の典型例であり、新旧の細胞(とりわけ吸収上皮細胞)が入れ替わる速度は動物の組織の中で最も速い。この速度を推定するには、どのような実験が考えられるか、記述しなさい。

