

受 験 番 号					

受験番号を書きなさい

東京大学大学院新領域創成科学研究科
先端生命科学専攻

令和 2(2020)年度修士課程入学試験問題
専門基礎生命科学及び小論文

実 施 日：令和元年 8 月 6 日（火）

時 間：9：30 ～ 11：30

注意事項：

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ません。
2. 解答には、必ず黒色鉛筆（または黒色シャープペンシル）を使用しなさい。
3. 問題には専門基礎生命科学「問 1」（12 題）と小論文「問 2」（2 題）があります。以上、すべての問題について解答しなさい。
4. 解答用紙は緑色のもの（問 1 用）1 枚、水色（マス目付き）のもの（問 2 用）2 枚の計 3 枚が配られます。確認しなさい。
5. 問 1、問 2-1、問 2-2 の解答には、解答用紙をそれぞれ 1 枚ずつ使用しなさい。（解答は英語で書いても構いません。）
6. 各解答用紙および問題冊子の所定欄に、受験番号を必ず記入しなさい。
7. 3 枚の解答用紙右上の問題番号欄に問 1、問 2-1、問 2-2 と記入しなさい。また、問 1 の解答欄には解答ごとに問の番号（例：問 1-1-(1)）をそれぞれ記入して解答を記しなさい。
8. 各問題において、行数、図や化学式などの使用についての指示がある場合には、それに従いなさい。
9. 解答用紙に、解答に関係のない文字、記号、図、式などを記入してはいけません。
10. 解答できない場合でも、解答用紙すべてに受験番号を記入して提出しなさい。
11. 解答用紙を、草稿用として使用してはいけません。草稿用には問題冊子中の余白を使用しなさい。
12. 問題冊子・解答用紙を持ち帰ってはいけません。
13. 試験時間は 2 時間です。ただし、試験開始後 1 時間を経過した後は、問題冊子・解答用紙を試験監督に提出したうえで、退室しても構いません。

「草稿用余白」

「草稿用余白」

問 1

以下の問 1-1～問 1-12 について、解答せよ。

問 1-1 次の文章を読んで、以下の (1) ～ (4) の問に答えよ。

中性脂質であるトリアシルグリセリド (TAG) は、脂肪酸と (あ) がエステル結合した分子である。TAG は、けん化と呼ばれる反応で脂肪酸と (あ) に化学的に分解することができる。分離した脂肪酸をガスクロマトグラフィーで分析する際、(ア) 脂肪酸のカルボキシル基をメチル化することにより誘導体化すると、分析の効率が良くなる。

(1) (あ) は化学式が $C_3H_8O_3$ の化合物である。(あ) にあてはまる適切な化合物名を答えよ。

(2) $C_{16}H_{32}O_2$ はパルミチン酸 (分子量 256 とする) である。脂肪酸としてパルミチン酸のみを構成成分とする TAG の分子量を答えよ。なお、炭素、水素、酸素、窒素、リン、硫黄の原子量はそれぞれ 12、1、16、14、31、32 とする。

(3) 生体内で「けん化」と同じ反応を触媒する酵素がある。その名前を答えよ。

(4) 下線部 (ア) について、なぜ脂肪酸をメチル化すると分析効率が上がるのか、その理由を 2 行以内で説明せよ。

問 1-2 次の文章を読んで、以下の (1) の問に答えよ。

あるタンパク質 X は、セリン残基のリン酸化により活性化される。そのセリン残基を、(い) 残基に置き換えると、タンパク質 X は恒常的に活性化された。これは、(い) の側鎖のカルボキシル基がリン酸化セリン残基と同様の陰性荷電をもつためと考えられる。

(1) (い) にあてはまるアミノ酸を、下記の 4 種類のアミノ酸の中から選べ。

【アスパラギン酸、アラニン、フェニルアラニン、ヒスチジン】

問 1-3 三胚葉生物について、以下の (1) ～ (3) の問にあてはまるものを、下の a～iの中から選び記号で答えよ。複数ある場合はすべて記せ。

【a 表皮、b 消化管、c 骨格筋、d 肺、e 真皮、f 脳、g 水晶体、h 脊索、i 網膜】

- (1) 外胚葉から分化するもの
- (2) 中胚葉から分化するもの
- (3) 内胚葉から分化するもの

問 1-4 次の文章を読んで、以下の (1) と (2) の問に答えよ。

M 病は常染色体劣性（潜性）の遺伝様式をとる単一遺伝子疾患である。M 病は、幼少期に発症するが、その後の生存や生殖に影響を及ぼさない。ある地域 S では、10,000 人あたり 1 人が M 病を発症することが明らかになっている。

(1) 地域 S における M 病の原因となる対立遺伝子の遺伝子頻度を求めよ。ただし、ハーディー・ワインベルグの法則が成立しているものとする。

(2) とともに M 病を発症していない成人 A と B が結婚した。この夫婦の第 1 子は M 病を発症した。この後、A と B は離婚し、A は S 地域出身で M 病を発症していない成人 C と再婚した。A と C の間に第 1 子となる D が生まれた。D が M 病を発症する確率を求めよ。ただし、A と C との間に血縁関係はなく、新たな突然変異は起きないものとする。

問 1-5 次の文章を読んで、以下の (1) ～ (3) の問に答えよ。

生体膜は脂質二重層を基本構造とするが、脂質二重層では (イ) 一部の分子を除いて分子の自由な透過が制限される。脂質二重層に膜貫通タンパク質が組み込まれることによって、生命活動に必要な分子の透過が可能になる。(ウ) 膜貫通タンパク質は小胞体の表面に付着したリボソームにおいて合成される。合成中の膜貫通タンパク質内部に存在する小胞体シグナル配列は (う) と呼ばれる RNA とタンパク質からなる複合体により認識され、(う) の受容体を介して小胞体膜に結合した後、(え) と呼ばれるチャネルタンパク質を介して小胞体膜へと組み込まれる。膜貫通タンパク質は小胞体内腔側で (お) とよばれる翻訳後修飾を受けた後、(か) に積み込まれてゴルジ体へと輸送される。

(1) (う) ～ (か) に入るもっとも適切な語句を記せ。

(2) 下線部 (イ) に関して、下記の 5 種類の物質の中から、脂質二重層を透過しやすいものをすべて選べ。

【アミノ酸、酸素分子、エタノール、ナトリウムイオン、核酸】

(3) 下線部 (ウ) に関して、膜貫通タンパク質が細胞質に遊離しているリボソームにおいて合成されるとどのような問題が生じると考えられるか、「疎水性」という語句を用いて 2 行程度で説明せよ。

問 1-6 次の文章を読んで、以下の (1) と (2) の問に答えよ。

(き) から出発し、(く) へとつながるペントースリン酸経路は、核酸の生合成に不可欠なリボースなどのペントースと (け) の産生に関与する。解糖系で生じる NADH はミトコンドリアに運ばれて ATP 生産のためのプロトン駆動力を生じる段階で利用されるのに対して、ペントースリン酸経路で生じる (け) は細胞質内にとどまって、脂肪酸やコレステロールなどの生合成経路での還元反応の補酵素として利用される。

(1) 文中の (き) と (く) にあてはまるもっとも適切な語句を以下から選べ。

【グルコース-6-リン酸、グリセルアルデヒド-3-リン酸、オキサロ酢酸、
1,3-ビスホスホグリセリン酸、ホスホエノールピルビン酸、ピルビン酸】

(2) 文中の (け) にあてはまるもっとも適切な語句を答えよ。

問 1-7 次の文章を読んで、以下の (1) ～ (4) の問に答えよ。

哺乳類の発生過程では、受精後の卵割によって 1 細胞から 2 細胞、2 細胞から 4 細胞へと 2 倍に割球 (細胞) の数が増えて行き、それぞれの発生段階は割球の数によって 1 細胞期、2 細胞期などと呼ばれる。そして、16 細胞期頃に割球同士の接着が強化される (こ) という現象が起こる。その後、胚盤胞期と呼ばれる時期に (エ) 外側の細胞層と (オ) 内側の細胞層で発生運命が分かれる。

(1) (こ) に入るもっとも適切な語句を答えよ。

(2) 下線(エ)について、外側の細胞層からどのような器官が生じるか。器官の名称を記せ。

(3) 下線(オ)について、この細胞層から作出できる分化多能性をもつ細胞の名称を記せ。

(4) 以前は上記(3)の細胞を用いる再生医療が期待されていた。しかし、山中因子と呼ばれる4つの因子を体細胞に強制発現させることで多能性をもつiPS細胞が作製されたことにより、現在はiPS細胞を用いる再生医療に多くの期待が集まっている。再生医療においてiPS細胞の方が上記(3)の細胞よりも実用的に優れている点を2つ挙げよ。

問1-8 次の文章を読んで、以下の(1)～(3)の問に答えよ。

生物のもつ遺伝情報の総体をゲノムと呼ぶ。多くの真核生物はゲノムを2セットもつ二倍体である。しかしながら、一生のうち一倍体の体が優勢の生物種、一倍体と二倍体がそれぞれ形態の異なる体を生み出している生物種、また逆に、(カ) 一倍体と二倍体が形態的には区別できないような生物種もあり、その実態は多様である。近年、(キ) 1細胞内に存在するゲノムセット数の増加が、実際に生物進化の重要な駆動力となってきたことを示す実験的証拠が蓄積されつつある。例えば、酵母や植物の研究から、(ク) 四倍体は二倍体に比べてより早く環境に適応できることが示唆された。

(1) 下線部(カ)について、対象個体が一倍体なのか二倍体なのかを実験的に区別する方法を2行程度で述べよ。

(2) 下線部(キ)の現象を何と呼ぶか答えよ。

(3) 下線部(ク)について、その理由を以下の3つの語句を用いて、3行程度で述べよ。
(語句：遺伝子、非同義置換、適応度)

問 1-9 次の文章を読んで、以下の (1) ～ (3) の問に答えよ。

すべての生物はさまざまな外的環境に応答するが、植物が外的刺激に応答して一定方向に屈曲することを (さ) と呼ぶ。表 1 はその代表例をまとめたものである。

(さ) を引き起こす外的刺激としては、光、(し)、(す)、化学物質などが知られており、表 1 のように同一刺激の場合でも器官によっては (さ) を示さなかったり、(ケ) 器官によって刺激に対する屈曲の方向が異なるということが分かっている。また、これまでの研究から、(さ) は (コ) 植物ホルモンを介した器官の偏差成長 によって起こると考えられている。

表 1 植物の外的刺激応答の代表例

外的刺激	葉や茎の屈曲方向*	根の屈曲方向*	関与ホルモン
光	(せ)	(そ)	オーキシン
(し)	負	正	オーキシン
(す)	屈曲しない	正	アブシジン酸

*外的刺激に向かって屈曲する場合を正、外的刺激と反対方向に屈曲する場合を負とする。

(1) (さ) ～ (す) に入るもっとも適切な語句を記せ。

(2) 下線部 (ケ) について、表 1 の空欄 (せ) と (そ) にあてはまるものを「正」、「負」、「屈曲しない」の中から選んで答えよ。

(3) 下線部 (コ) の仕組みを 2 行以内で説明せよ。

問 1-10 次の文章を読んで、以下の (1) ～ (3) の問に答えよ。

プロモーターおよび翻訳開始コドンをもたないが終止コドンはもっている GFP 遺伝子を、図 1 に示す転移因子ベクター・コンストラクトを利用してショウジョウバエのゲノムに導入し、独立した二つの形質転換系統 A と B を得た。これらの系統のゲノムを解析したところ、両方の系統で GFP 遺伝子が図 2 に示す遺伝子 *q* に挿入されており、系統 A では図 2 の a の位置に、系統 B では図 2 の b の位置にそれぞれ挿入されていた。

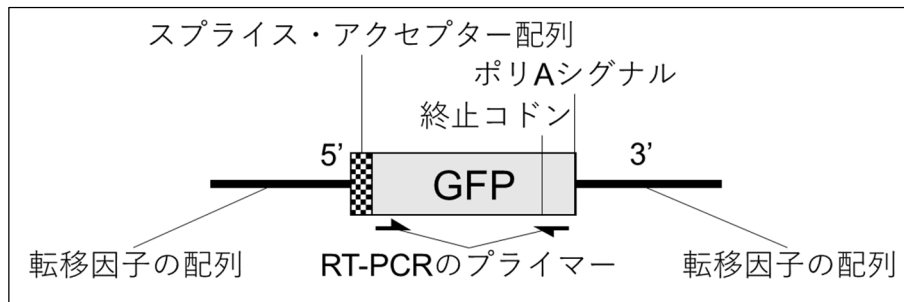


図1 形質転換に用いた転移因子ベクター・コンストラクト

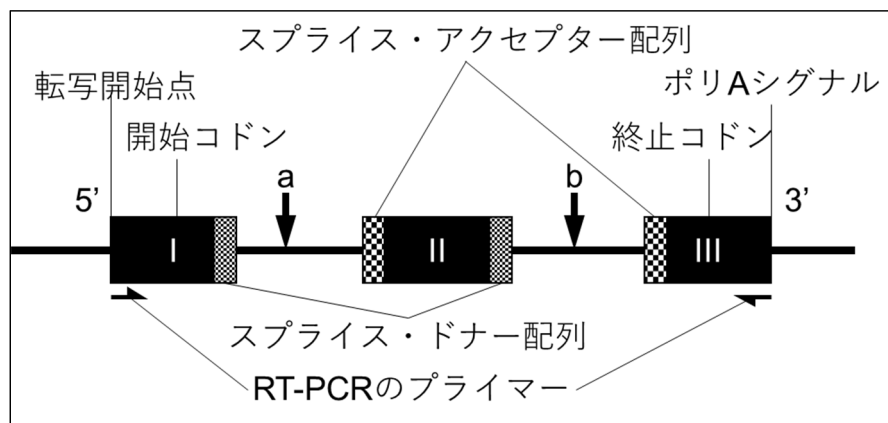


図2 遺伝子 q の構造

矢印 a、b は図1 に示す転移因子の挿入箇所、
I～III の黒い四角はエクソンを示す。

(1) 野生型のショウジョウバエの組織 X と組織 Y から別々に RNA を抽出し、それぞれについて図2 に示すプライマーを用いた逆転写 PCR (RT-PCR) を行い、遺伝子 q の mRNA について調べた。その結果、組織 X と組織 Y では PCR 産物の長さが異なっていた。このことについて考えられる理由を 1 つ、1 行程度で記せ。ただし、ポリ A の長さは同じであるとする。

(2) 系統 A において GFP タンパク質の発現を解析したところ、発現が確認された。GFP タンパク質が発現した理由について、考えられることを 1 つ、2 行程度で記せ。

(3) 系統 B について、図1 に示すプライマーを用いた RT-PCR を行ったところ、期待されるサイズのバンドが確認された。しかし系統 A とは異なり、系統 B では GFP タンパク質の発現が確認されなかった。この理由について考えられることを 1 つ、1 行程度で記せ。

問 1-11 次の文章を読んで、以下の (1) ～ (4) の間に答えよ。

Jさんはタンパク質溶液の入った 2 つの試料 [1 つはウシ血清アルブミン(分子量 67,000)、もう 1 つはタンパク質 X に対するモノクローナル抗体 (分子量 150,000)] を冷蔵庫に保管していましたが、いつの間にかラベルがはがれてしまい、どちらがどちらかわからなくなってしまいました。そこで、この 2 つを試料 A、試料 B と名付け、それぞれから少量を取り、2-メルカプトエタノール (2ME : $\text{HS}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$) を加えた条件および加えない条件でサンプルを調製し、そのサンプルをラウリル硫酸ナトリウム (SDS) - ポリアクリルアミドゲル電気泳動 (PAGE) で分離し、^(サ) タンパク質を染色したところ、図 3 のようなパターンを示しました。

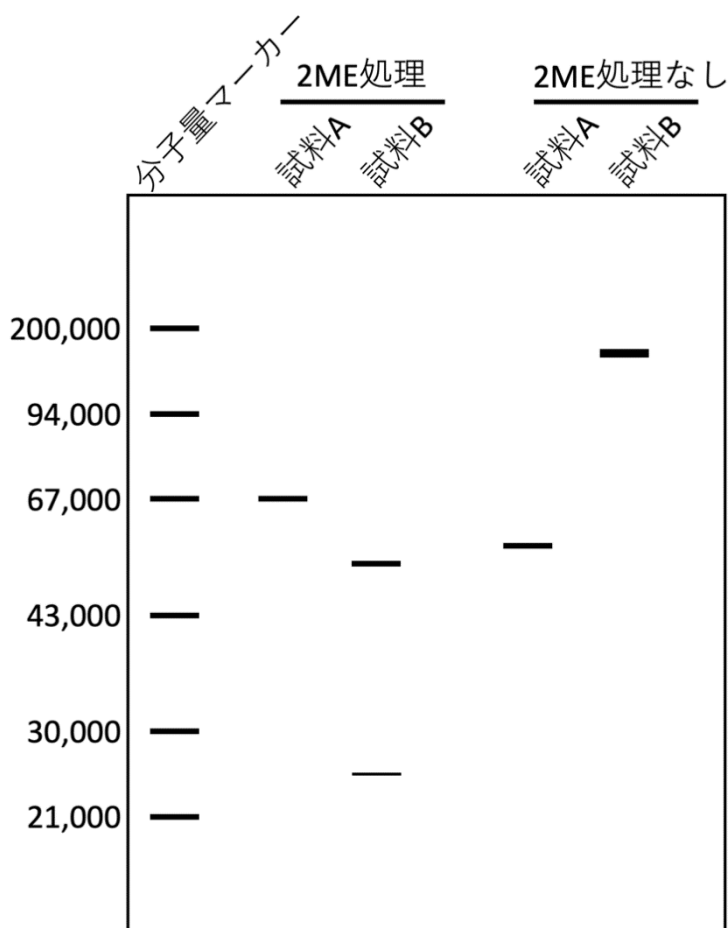


図 3 試料 A、B の SDS-PAGE 分離結果
左側の数字は分子量マーカーの分子量を示す。

(1) 下線部 (サ) において、ポリアクリルアミドゲル中のタンパク質を染色する方法を 1 つ記せ。

(2) タンパク質 X に対する抗体が入っているのは、A、B どちらの試料かを答えよ。

(3) 試料 A の SDS-PAGE でのバンドの移動度は、2ME を加えない条件では、2ME を加えた条件と比べて増加していた (図 3)。これはどのような理由によるか。3 行程度で説明せよ。

(4) 試料 B について分析したところ、2ME を加えた条件では、分子量 50,000 のバンドと分子量 25,000 のバンドが検出され、バンドの濃さを比較すると、2:1 の比率であった (図 3)。試料 B 中のタンパク質 1 分子を構成するポリペプチドの分子量とその個数を答えよ。

問 1-12 次の文章を読んで、以下の (1) ～ (3) の間に答えよ。

ある生物集団にとって好適な環境がしばらく続くと、個体数 (N) は時間 (t) とともに指数関数的に増大する。それを微分方程式で表すと式 1 になる。

$$\frac{dN}{dt} = mN \quad (\text{式 1})$$

ここで、 m は 1 個体当たりの増加率である (単位は時間当たり)。

式 1 を積分すると式 2 が得られる。

$$N_t = N_0 e^{mt} \quad (\text{式 2})$$

ただし、 N_0 は初期個体数、 N_t は時間 t における個体数、 e は自然対数の底である。

しかし現実の生物集団がいつまでも増加し続けることはなく、個体数があるレベルに達するとその増加率は低下する。このことを表すのに用いられるのが次の微分方程式である。ただし、 K と r は定数。

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right) \quad (\text{式 3})$$

式 3 に従う個体数の増加曲線の例を図 4 に示す。個体数の増加率は、 N が K に近くなると次第に減少し、 N が K と等しくなった時に、個体数の増加が停止する。

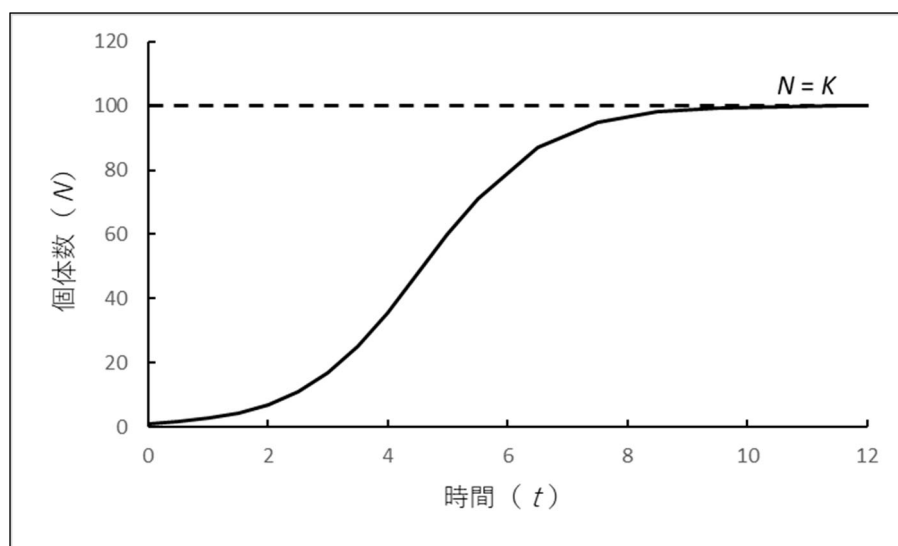


図 4 式 3 に従う個体数の増加曲線の例 ($K = 100$ の場合)

(1) 無菌培地に少量の大腸菌を接種し、 37°C で振とう培養した。培地中の大腸菌の細胞数は、培養開始時には 1000 細胞/mL だったが、 3 時間後には 100 万細胞/mL に増加していた。 3 時間後までの細胞数の増加が、式 1 および式 2 で示した指数関数モデルに従うと仮定して、増加率 (m) と、倍加時間 (細胞数が 2 倍になるのに要する時間) を求めよ (ただし、 $\ln 2 = 0.69$, $\ln 1000 = 6.9$ として計算せよ)。

(2) 定数 K のことを何と呼ぶか答えよ。

(3) N が K に近づくと個体数の増加率が次第に減少する生態学的な理由を、式 3 のモデルに基づいて、 3 行以内で簡潔に述べよ。

問 2-1 次の文章を読んで、問に答えよ。

【著作権保護のため問題文は掲載してありません】

問

この文章は15年前に出版された本の抜粋である。この当時に比べ、現在では人工知能（artificial intelligence, AI）というこれまでの論理・推論・探索系とは異なる機械学習系が一つのブームになっている。これに対する危惧として、考えて判断をすることを人が止めてしまい、機械任せになり機械に従属するのではないかという問題が指摘されている。

上記の問題を克服するために、MAGEモデルのそれぞれの立場からどのような方策が考えられるかについて、500字（20行）程度で記せ。

問 2-2 次の文章を読んで、以下の (1) と (2) の問に答えよ。

【著作権保護のため問題文は掲載してありません】

(1) 下線部(シ)に関して、SETI 懐疑派はいくつかの見解に基づいて地球外文明の探索は時間の無駄であると主張している。ここで、あなたが SETI 推進派の一人であると仮定する。SETI 懐疑派の主張に対しあなたならどのように反論するか。本文中に述べられている SETI 懐疑派の見解を批判し、彼らの主張に対する反対意見を 200 字(8 行)程度で記せ。

(2) たとえ空想であったとしても地球外に知的生命が存在するとしたら、どのような外見とそれにちなんだ知性をもつと考えられるか。筆者の意見を参考にしつつ、あなたの独創的な考えを、論理的に 400 字(16 行)程度で記せ。

「草稿用余白」

「草稿用余白」