

受験番号					

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

平成 29(2017)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：平成28年8月2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「問題1及び問題2（専門基礎生命科学）」と「問題3（小論文）」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2枚（問題1及び2用）、水色（マス目付き）のもの1枚（問題3用）の計3枚が配られます。確認しなさい。
5. 問題1及び問題2の解答には、解答用紙1枚ずつを使用しなさい。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題1、問題2、問題3と記入し、また、問題1、問題2の解答欄には解答ごとに問の番号（例：問1-4-1）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。

[草稿用紙]

[草稿用紙]

[草稿用紙]

問題1 以下の問1-1～問1-7について、解答せよ。

問1-1 以下の文章を読んで、1)～3)の問に答えよ。

生体内で見られる高分子のうち、タンパク質は主に⁽¹⁾ 20種類のアミノ酸が連なり、タンパク質の種類により固有の配列を有する。これをアミノ酸配列あるいはタンパク質の一次構造という。アミノ酸にはそれぞれの化学的な特徴があるため、タンパク質の性質は複雑で多様性に富んだものとなる。さらに、タンパク質は特徴的なアミノ酸配列から⁽²⁾ 二次構造をとる。しばしばアミノ酸配列中の2つのシステイン残基が(あ)をすることにより、タンパク質の三次構造が安定化する。

- 1) (あ)に入るもっとも適切な共有結合の名称を記せ。
- 2) 下線部(1)に関して、アミノ酸のうち塩基性のアミノ酸を2つ答えよ。
- 3) 下線部(2)に関して、タンパク質の二次構造の代表的な例を2つ答えよ。

問1-2 以下の説明文について、(い)～(お)にあてはまるもっとも適切な語句を記せ。

糖質や脂質はエネルギー源として蓄積することができるが、アミノ酸は蓄えることができない。そのため、余分に摂取したアミノ酸の多くは分解されるが、分解によって生じる窒素を含む(い)は毒性が強いために、ヒトでは(う)へ変換され、また鳥類では(え)に変換されてそれぞれ排泄される。ヒトにおけるこの代謝経路はオルニチン回路と呼ばれ、最終的に(お)からオルニチンと(う)が生成する。

問1-3 以下の文章はヒトの脂質代謝に関する説明文である。(か)～(け)にもっとも適切な語句を記せ。

脂肪組織に貯蔵されているトリアシルグリセロールはリパーゼによって分解されて、脂肪酸とグリセロールになる。脂肪酸はアルブミンと結合して血液を介して肝臓や筋肉などに運ばれ細胞内に取り込まれて分解される。取り込まれた脂肪酸は分解に先だってミトコンドリア外膜にある酵素の働きを受けて(か)になり、活性型になる。(か)は炭素鎖が(き)個ずつ切断されて最終的にアセチル CoA を複数産生するが、この反応を(く)という。この過程で得られたアセチル CoA から、同じミトコンドリア内の反応系である(け)、及びそれに続く電子伝達系を経て最終的に多くの ATP が合成される。

問 1-4 高等動植物の細胞分裂について、以下の文章を読み、1)～ 3)の問に答えよ。

M 期（分裂期）は ⁽¹⁾ 5 段階からなる有糸分裂とそれに続く（こ）の過程に分けられる。この（こ）の機構は動物と植物で大きく異なり、ヒトなどの動物細胞では中央部に（さ）が生じて 2 つに分割されるのに対して、タバコなどの植物細胞では新たな（し）が作られて細胞を仕切る。

1) 下線部（1）について、有糸分裂の 3 段階目の名称を記し、そこでみられる主な現象を 1 行で述べよ。

2) （こ）～（し）にそれぞれもっとも適切な語句を記せ。

3) M 期の初めに薬剤で微小管を破壊した場合に有糸分裂にどのような影響が出ると考えられるか、「染色体」という語句を用いて 1～2 行で述べよ。

問 1-5 以下の文章を読み、1)～ 3)の問に答えよ。

植物の細胞で独自の DNA（細胞核以外の DNA）を含む ⁽¹⁾ 細胞小器官は 2 種類あるが、それぞれ 20 億年以上前に原始真核細胞内に取り込まれた原始（す）と原始（せ）が起源とされている。一方、ハテナ^注 という生物はある種の藻類ひとつを共生相手として取り込んで光合成を行うが、ハテナが 2 つに分裂した後、⁽²⁾ 片方にしか藻類を伝えられない。

注) 筑波大の井上らにより発見された真核単細胞生物（鞭毛虫）で、ハテナ (*Hatena arenicola*) と名づけられた。

1) 下線部（1）について、該当する細胞小器官の名称を 2 種類とも記せ。

2) （す）、（せ）にもっとも適切な語句 2 つを下記の語句より選択して記せ。

嫌気性細菌、好気性細菌、光合成細菌、子嚢菌、担子菌、ウイルス、マイコプラズマ、ファイトプラズマ

3) 下線部（2）について、ハテナが細胞分裂後に片方にしか藻類を伝えられない理由はどのように考えられるか、「細胞核」という語句を用いて 1～2 行で述べよ。

問 1-6 以下の 1)～ 2)の間に答えよ。

1) 脊椎動物において、次の生理機能を有するホルモンの名称としてもっとも適切なもの下記の語句より選択して記せ。

- (ア) オタマジャクシの変態を促進させる。
- (イ) 血糖量を減少させる。
- (ウ) 生殖器系の成長・発達を誘発・促進する。
- (エ) 血管収縮・瞳孔散大を誘発し、ストレス状態を誘起する。
- (オ) 酸素消費とエネルギー発生を促進し、基礎代謝量を維持する。

アドレナリン、インスリン、甲状腺ホルモン、テストステロン、グルカゴン

2) アドレナリン、インスリン、甲状腺ホルモン、テストステロン、グルカゴンのうち、ペプチドホルモンと呼ばれるものをすべて答えよ。

問 1-7 以下の説明文について、(そ) ～ (て) に当てはまるもっとも適切なものを下記の語句より選択して記せ。

分子レベルで見られる遺伝子の変化の多くは、(そ) に対して有利でもなく不利でもない中立的なものであり、生存に不利な形質は淘汰されるが、中立的な変異と (た) が主な要因となって進化が起こるといふ、(ち) が 1968 年に唱えた進化説を中立説といふ。

DNA の塩基配列に変化が生じてアミノ酸置換が生じない場合、またはアミノ酸が置換しても生じるタンパク質の機能にほとんど影響がない場合などは、突然変異が生じて (そ) を受けることはない。これらの突然変異が残るかどうかは (つ) に左右される。個体群がもつ遺伝子全体を遺伝子プールとよび、(つ) による遺伝子プール内の遺伝子頻度の変化を (た) という。特に集団が (て) になると、(た) の影響を受けやすくなる。

**環境要因、小さく、木村資生、自然選択、病気、天変地異、遺伝的浮動、
グレゴール・メンデル、偶然、大きく、根井正利**

問題2 以下の問2-1～問2-4について、解答せよ。

問2-1 以下の文章を読んで、1)～4)の間に答えよ。

転写開始点の上流に位置し、転写調節因子と結合するDNAの領域を(と)と呼ぶ。この(と)の塩基配列を含むDNA断片を放射性同位体で標識したDNAプローブPを作製し、以下の実験に用いた。まず、プローブPと細胞の核抽出物を混合して、ポリアクリルアミドゲル電気泳動にて分析した。電気泳動後のゲル中に認められた放射線を検出したところ、図1の(1) レーン2で見られるように、移動度の異なる2本のバンドが観察された。移動度の大きいバンドは、核の抽出物を加えなかった場合(レーン1)と同じ移動度であった。次に、(2) 核抽出物にさらにあるタンパク質Xを加えたところ、移動度のさらに小さなバンドが認められた(レーン3)。ただし、核抽出物を加えずにタンパク質Xだけと混合した場合には、移動度の一番大きなバンドしか認められなかった(レーン4)。

レーン番号	1	2	3	4
プローブP	+	+	+	+
核抽出物	-	+	+	-
タンパク質X	-	-	+	+

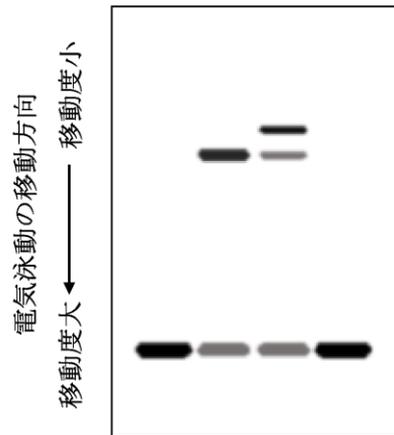


図1 ポリアクリルアミドゲル電気泳動後に放射線を検出した図

1) (と)に当てはまるもっとも適切なものを、下記の語句より選択して記せ。

ヒンジ領域、トランス領域、シス領域、トランスポゾン

2) 下線部(1)のような結果が得られたのはなぜか、2行以内で答えよ。

3) 下線部(2)のような結果が得られたのはなぜか、2行以内で答えよ。

4) 図1のレーン3に相当する実験に用いたDNAプローブPと核抽出物とタンパク質Xの混合液に、さらにタンパク質Xに対する抗体を加えた後、ポリアクリルアミドゲル電気泳動を行い、放射線を検出した。この実験の結果として予想されることを1つ、その理由とともに3行以内で答えよ。

問 2-2 次の文章を読んで、1)～ 4)の間に答えよ。

(1) 遺伝子の情報をもとにしてタンパク質が合成されることを、遺伝子の発現と表現する。遺伝子の発現は転写によって始まる。(2) 真核生物の遺伝子の転写は、エンハンサーやプロモーターと呼ばれる特定の塩基配列と、それらに結合する特有のタンパク質により制御される。真核生物の遺伝子は、エキソン部分とイントロン部分からなり、pre-mRNA は両方を含んだ形でまず転写される。(3) 転写された pre-mRNA からイントロン部分のみを切り取って除去し、エキソン部分のみをつなげて mRNA にするのがスプライシングである。同じ遺伝子であっても発生の段階や組織、器官の種類に応じてスプライシングのされ方が異なり、(4) その結果生ずる mRNA の長さや翻訳されるポリペプチド鎖の長さが異なる場合がある。

1) 下線部 (1) について、以下の説明文のうち間違っているものをすべて選べ。

- (ア) 原核生物では、1本の mRNA 分子が完成する前に、その mRNA を使ったタンパク質合成が進行する。
- (イ) DNA の二本鎖のうち、RNA 合成の鋳型になる鎖のことをセンス鎖という。
- (ウ) RNA 合成は DNA 合成と同様に、5′ から 3′ 方向へ進行する反応で、合成された RNA 鎖と鋳型 DNA は逆向きの関係にある。
- (エ) 分化した細胞はそれぞれ特有の遺伝子を発現するが、1人のヒトを構成するすべての体細胞は同じ遺伝子セットをもつ。

2) 下線部 (2) について、以下の説明文を読んで答えよ。

遺伝子 A のタンパク質をコードする塩基配列と緑色蛍光タンパク質 (GFP) をコードする塩基配列を融合した融合遺伝子を作製した。ある細胞における遺伝子の発現を可能にするため、下図 (a) に示したようにエンハンサーとプロモーター配列を連結したところ、GFP の発現を観察することができた。下図のうち、(a) 以外に GFP の発現がみられると予想されるものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) — [エンハンサー] — [プロモーター] — [GFP 遺伝子A] —
- (b) — [—A—T—G—C—] — [プロモーター] — [GFP 遺伝子A] —
- (c) — [エンハンサー] — [—A—T—G—C—] — [GFP 遺伝子A] —
- (d) — [プロモーター] — [GFP 遺伝子A] — [エンハンサー] —
- (e) — [エンハンサー] — [GFP 遺伝子A] — [—A—T—G—C—] —

注) 図中で、四角はそれぞれの塩基配列を含む領域を示す。四角の中の文字が反転しているものについては、塩基配列が逆向きに挿入されている。

3) 下線部 (3) について、ゲノムの総塩基対を 4.0×10^8 、遺伝子の数を 2.0×10^4 、隣り合う遺伝子間に存在する塩基対数の平均を 1.0×10^4 、成熟した RNA の平均塩基数を 3.0×10^3 とした場合、pre-mRNA 中におけるイントロン由来の配列の割合を計算し、%で答えよ。ただし、ここでは転写される領域を遺伝子とする。

4) 下線部 (4) について、ある細胞におけるある遺伝子由来の成熟した mRNA について調べたところ、他の細胞の成熟 mRNA に比べて塩基配列が短くなっているにもかかわらず、翻訳によって生じたポリペプチド鎖の長さは長くなっていた。この理由として考えられることを、3行程度で説明せよ。

問 2-3 以下の文章を読んで 1) ~ 3) の間に答えよ。

未受精卵の細胞質の中で不均一に分布する mRNA が発見され、これをコードする遺伝子 A が同定された。その後、この遺伝子の開始コドンにナンセンス変異を導入した変異遺伝子 a をもつ変異体を作成した。ヘテロ接合体 (Aa) 同士を交配して得られた変異遺伝子 a のホモ接合体 (aa) はメスとオスのいずれもが性成熟するまで正常に成長した。

1) ナンセンス変異について 1 行で説明せよ。

2) mRNA とその翻訳産物のそれぞれについて、組織内における分布や細胞内の局在を可視化する方法を答えよ。

3) 変異遺伝子 a のホモ接合体 (aa) のメスを野生型 (AA) オスと交配したところ、すべての胚で体軸の形成に異常が見られた。一方、ホモ接合体 (aa) のオスと野生型 (AA) メスとの交配ではすべての胚が正常に発生した。このような結果が得られた理由について 3 行以内で答えよ。

問2-4 以下の文章を読んで1)～4)の問に答えよ。

あるネズミの種では、体毛の色と体毛の長さが、それぞれ1遺伝子座に支配されており、これらは異なる染色体上に位置している。色の遺伝子座では白型対立遺伝子が劣性、黒型対立遺伝子が優性とする。長さの遺伝子座では短型対立遺伝子が劣性、長型対立遺伝子が優性とする。その他の対立遺伝子はないとする。ある野生集団から無作為にこのネズミ種を100個体採集したところ、体毛が白で短い個体が40、白で長いものが41、黒で短いものが9、黒で長いものが10個体得られた。

1) 白の表現型になる遺伝子型の頻度を求めよ。

2) ハーディ・ワインベルグの法則が成り立っていると仮定して、長型対立遺伝子の頻度を推定せよ。

3) 黒型対立遺伝子のホモ接合体は寄生虫 I に対する抵抗性が低く、長型対立遺伝子のホモ接合体は寄生虫 II に対する抵抗性が低いとする。白あるいは短い体毛の個体はヘビに捕食されやすいとする。寄生による死亡率と捕食による死亡率は同程度とする。また、その他の要因は生存・繁殖に影響しないとする。

この環境条件下で多くの集団が互いに隔離されたまま世代を重ねた場合、個々の集団はどのように進化すると予測できるか。どの集団も集団サイズは無限大とみなせるほどに大きくなったとき、正しい番号を以下から選び、その理由を3行以内で述べよ。

- (1) どの集団でも白型対立遺伝子と短型対立遺伝子をもつ個体がいなくなる。
- (2) どの集団でも黒型対立遺伝子と長型対立遺伝子をもつ個体がいなくなる。
- (3) どの集団でも遺伝的変異がなくなるが、4種類の表現型のどれが100%になるかは、集団ごとに偶然に決まる。
- (4) どの集団でもすべての対立遺伝子が維持され、共存し続ける。
- (5) どの集団でも、ホモ接合体が減り続け、ヘテロ接合体ばかりになる。
- (6) 白で短い体毛の個体だけの集団と黒で短い体毛だけの集団になる。

4) この地域で農薬が散布され、寄生虫 I が絶滅し、ヘビも絶滅したとする。ネズミも著しく減少し、長期間にわたり小さな集団が互いに隔離されたままで世代を重ねたとする。この場合、ネズミの体毛の色と長さはどのようにになると予測されるか。上記3)の6つの選択肢の中から正しい番号を選び、その理由を3行以内で述べよ。

問題3 次の文章を読み、以下の問に解答せよ。

「次の文章」として、ミミズの働きによって石が沈下することについての考察を行った約 1,000 字の文章がここに示される。

[問] 以下の 1)～ 3)の間に、合わせて 20 行～40 行程度で答えよ。

- 1) (略)
- 2) (中略)、環形動物であるミミズの食性を想像しながら説明せよ。
- 3) 下線部について、(中略)、筆者がどのようにしてこの結論を導き出したのかを推測し、それを計算式とともに示せ。