

2019年度（春季）

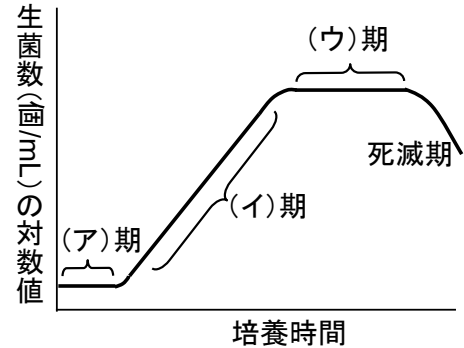
立教大学大学院理学研究科博士課程前期課程生命理学専攻入学試験問題
（生命理学）

〔注意〕 ＊合図があるまでこのページをめくらないこと。

1. 解答用紙が5枚配られていることを確認せよ。そうでない場合は挙手して試験監督者に伝えよ。
2. 配られたすべての解答用紙に受験番号を記入せよ。
3. 解答はすべて解答用紙に記入し、問題ごとに解答用紙1枚を使用せよ。解答用紙の裏面を使用してもよいが、その場合には表面の所定の欄に○印を記入すること。
4. 問1～10の中から5問を選び解答せよ。ただし、6問以上答えてはならない。
5. 解答用紙の左上に、選択した問題の番号を記入すること。たとえば問1を選択した場合には、「1」ではなく「問1」と記入すること。
6. 質問がある場合は挙手して試験監督者に伝えよ。

問1. 図は大腸菌を恒温振とう式培養装置で回分培養したときの生菌数(個/mL)と培養時間の関係を表したグラフである。大腸菌の生育に関する以下の設問(1)～(5)に答えよ。

- (1) 図の曲線を何と呼ぶか。
- (2) 図中の(ア)～(ウ)にあてはまるもっとも適当な語句を記せ。
- (3) (ア)期と(ウ)期のどちらの期でも大腸菌は増殖していないが、その理由は異なっている。それぞれの理由を記せ。
- (4) 通性嫌気性細菌に分類される大腸菌は、偏性嫌気性細菌にはない活性酸素除去に関与する2つの酵素をもっている。酵素名を記せ。
- (5) 大腸菌は酸素がなくても生育できる。その理由を記せ。



問2. アミノ酸とタンパク質に関する以下の設問(1)～(4)に答えよ。

- (1) グリシンの α -NH₂ 基と α -COOH 基の pKa 値はそれぞれ 9.8 と 2.4 である。グリシンの等電点を求めよ。
- (2) pH7 の水溶液において最も多く見られるグリシルアラニン (Gly-Ala) の構造を描け。
- (3) グリシン (分子量: 75) とアラニン (分子量: 89) とからなるペプチドを加水分解すると、水 (分子量: 18) 12.6 g が消費され、グリシン 45.0 g とアラニン 17.8 g とが生じた。このペプチドのグリシン:アラニンのモル比、および、このペプチドの分子量を求めよ。
- (4) 表の特性をもつタンパク質A、タンパク質B、およびタンパク質Cが混在している水溶液がある。この中からタンパク質Aだけを活性を保った状態で精製したい。クロマトグラフィーの種類を指定した上で、精製方法を記せ。

	分子量	等電点
タンパク質A	4万	6.0
タンパク質B	2万	6.0
タンパク質C	4万	9.0

問3. 生体膜を介した物質の輸送に関する以下の設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 生体膜を介した物質の輸送には能動輸送と受動輸送がある。それぞれの機構を簡潔に説明せよ。
- (2) ブドウ糖を輸送する単輸送体と共役輸送体の具体的な名称をそれぞれあげて、その輸送機構についてエネルギーの要求性も含めて説明せよ。
- (3) 神経細胞では刺激に応じて活動電位が検出される。活動電位の形成に関わる輸送体とチャネルをあげて、その過程を簡潔に説明せよ。

問4. 核輸送に関する次の文を読み、以下の設問(1)～(7)に答えよ。

核膜は核 DNA を包む同心状の二重膜で、a)タンパク質繊維でできた網目構造で内側を裏打ちして核膜の構造を支えている。すべての真核生物の核膜には(ア)があり、核に出入りするすべて分子が通過するゲートの役割を果たしている。(ア)は内部の網目状構造により**b)大型の分子**の通過を妨げるが、c)小型で水溶性の分子は自由に通過できる。核と細胞質を移動する必要がある大型のタンパク質分子は、適切なd)選別シグナルがないと(ア)を通過できない。

核へ運ばれるタンパク質は、細胞質に存在する e)核搬入受容体と呼ばれるタンパク質に認識され、受容体とともに核内に運び込まれる。積み荷を降ろした受容体は、(ア)をf)通過して再び細胞質に戻り再利用される。核内へのタンパク質の輸送は、g)他の細胞小器官への輸送と異なり、完全に折り畳まれたタンパク質が輸送される。核と細胞質間のタンパク質輸送には、(イ)と呼ばれる GTPase が必要となる。(イ)による h)GTP の加水分解のエネルギーは、適切な方向への輸送を駆動する。

- (1) 文中の空所(ア)と(イ)それぞれにあてはまるもっとも適切な語句を記せ。
- (2) 下線部 a)の名称を記せ。
- (3) 下線部 b) と下線部 c) それぞれの具体的な例を1つずつあげよ。
- (4) 下線部 d)の名称とその配列の特徴を記せ。
- (5) 下線部 e)の具体的な名称と核内への輸送における役割を簡潔に記せ。
- (6) 下線部 f)について、他の細胞小器官ではタンパク質をどのようにして輸送しているか、具体的な例を1つあげて簡潔に説明せよ。
- (7) 下線部 g)について、GTP のエネルギーが核と細胞質間の輸送にどのように使われているかを簡潔に説明せよ。

問5. 代謝に関する以下の設問(1)～(3)に答えよ。

(1) 糖新生の経路のほとんどは解糖系の逆反応で進むが、解糖系は不可逆反応を3箇所含むため、完全な逆反応ではない。解糖系の3つの不可逆反応のそれぞれについて、(a)基質名、(b)生成物名、(c)酵素名をあげて答えよ。

(2) ミトコンドリア呼吸鎖の電子伝達系においては、4つの複合体を介した電子のやりとりが進行する。複合体 I、複合体 II、複合体 III、複合体 IV のそれぞれにおいて、(a)酸化される基質、(b)還元される基質の名称を答えよ。

(3) アミノ酸は基本的に、解糖系やクエン酸回路などの糖代謝における代謝中間体を基質にして生合成される。以下のアミノ酸について、生合成の直接の基質となる糖代謝中間体の名称を答えよ。

- (a) グルタミン酸、(b) アラニン、(c) アスパラギン酸、(d) セリン

問6. グルカゴンに関する以下の設問(1)～(5)に答えよ。

- (1) グルカゴンの生理作用を述べよ。
- (2) グルカゴンと反対の生理作用をもつホルモンの名称を記せ。
- (3) グルカゴンを分泌する細胞の名称を記せ。
- (4) グルカゴンが主として作用する臓器の名称を記せ。
- (5) グルカゴンが細胞のリセプターに結合してから、(1)の効果が生じるまでの、分子メカニズムを説明せよ。

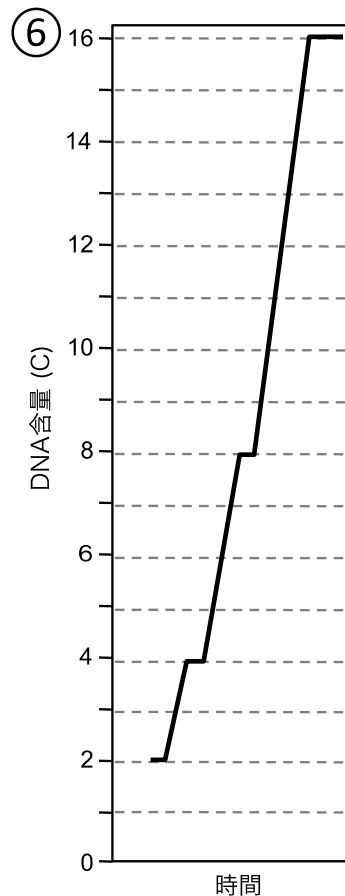
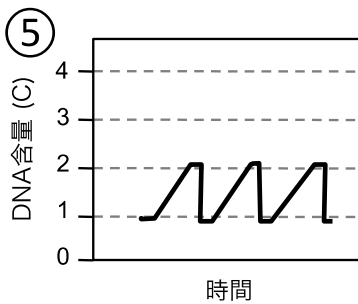
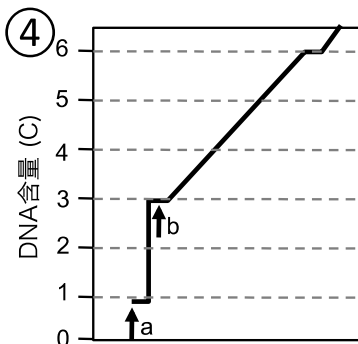
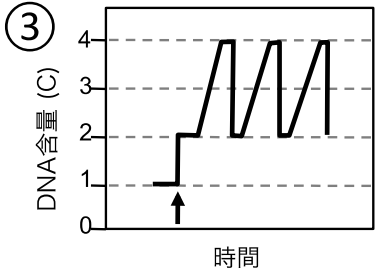
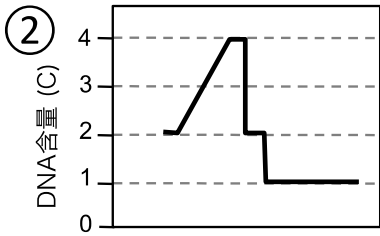
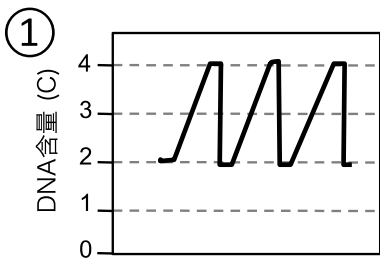
問7. 細胞生物学的プロセスに関する以下の設問(1)と(2)に答えよ

(1)タンパク質は様々な修飾を受ける。以下の修飾を受けるタンパク質の例を挙げ、その修飾によって例に挙げたタンパク質の機能がどのように変化するか説明せよ。ただし、答えるタンパク質は括弧内に示した仕組みの中で働くものとする。

- (i)リン酸化(細胞周期のM期)
- (ii)ユビキチン化(DNA 損傷応答)
- (iii)アセチル化(転写活性の制御)

(2)以下の①～⑥のグラフはある真核生物について、細胞1個の核内 DNA 含量の変化を示したものである。なお、ゲノムを2セット持つ細胞核の DNA 量を2Cで表す。

- ①のグラフのような細胞分裂を何と呼ぶか答えよ。
- ②のグラフのような細胞分裂を何と呼ぶか答えよ。
- ③のグラフの矢印の時点で起きる現象を何と呼ぶか答えよ。
- ④のグラフは植物細胞の観察結果である。矢印 a, b で示した細胞の名称をそれぞれ答えよ。
- ⑤のような細胞分裂が可能な真核モデル生物を1種類答えよ。
- ⑥のような細胞周期を何と呼ぶか答えよ。



問8. 遺伝子発現に関する次の文を読み、以下の設問(1)～(6)に答えよ。

分子生物学のセントラルドグマとは、「DNA から RNA、そして、タンパク質」という流れを言う。セントラルドグマは全生物に共通であるが、その詳細は生物によって異なる。

DNA を鋳型に RNA を合成するプロセスは(ア)と呼ばれる。バクテリアは RNA ポリメラーゼを一種類しか持たないため、同じ RNA ポリメラーゼがすべての遺伝子の RNA 合成を行う。これに対し、真核生物は複数の RNA ポリメラーゼを持ち、タンパク質をコードする RNA の合成は(イ)が行う。バクテリアでは産物 RNA がそのままタンパク質合成に用いられるが、真核生物では産物 RNA にさまざまな変更が加えられる。RNA はその(ウ)末端から(エ)末端への方向に合成されるが、タンパク質合成に用いられる RNA には、RNA 合成の最中から(a) (ウ)末端に変更が加えられる。合成が終了すると、(エ)末端の近くで RNA は切断され、(b) 切断により生じた新たな(エ)末端に変更が加えられる。また、RNA には(c) タンパク質のアミノ酸配列には対応しない部分が含まれているため、これらの部分が除去されて、ようやく、タンパク質の合成に使うことのできる RNA が完成する。

RNA の塩基配列をもとにタンパク質を合成するプロセスは(オ)と呼ばれる。タンパク質合成は(カ)と呼ばれる巨大な酵素の上で行われ、使われるアミノ酸は(キ)に共有結合した形で供給される。タンパク質合成は、タンパク質の(ク)末端から(ケ)末端の方向に行われ、対応する RNA は(コ)末端から(サ)末端の方向に使われる。RNA は3塩基を1単位としてアミノ酸を指定し、この3塩基の単位は(シ)と呼ばれる。真核生物では、タンパク質合成が開始される(シ)の塩基配列は(ス)であり、この(シ)が指定するアミノ酸は(セ)である。バクテリアでは、(ス)以外の(シ)が開始に使われることもあるが、いずれの場合も、合成に用いられるアミノ酸は(ソ)であり、タンパク質の合成の後に(ソ)は(セ)へと変換され、多くの場合、この(セ)は除去される。RNA 分子には複数の(ス)が存在するので、何らかの仕組みで開始(シ)を指定する必要がある。真核生物では(コ)末端にもっとも近い(ス)が、開始(シ)として使われる。これに対して、バクテリアでは(d) SD (Shine-Dalgarno、シャイン・ダルガノ)配列と呼ばれる特徴的な塩基配列が、その数塩基下流にある(ス)を開始(シ)として指定する。タンパク質の合成の終止を指定する(シ)は3つあり、その塩基配列は、例えば、(タ)である。終止(シ)に対応する(キ)は存在せず、(e) 終結因子(遊離因子)の作用によってタンパク質の合成が終了する。

- (1) 空欄(ア)～(タ)に最も適切な語または塩基配列を記せ。
- (2) 下線部(a)により出来る構造の名称を記し、その役割を2つ記せ。
- (3) 下線部(b)により出来る構造の名称を記し、その役割を記せ。
- (4) 下線部(c)について、次の(i)～(iii)のそれぞれの名称を記せ。
 - (i) 除去される部分
 - (ii) 除去するプロセス
 - (iii) 除去が不完全なまま細胞質に移送された RNA が分解されるプロセス
- (5) 下線部(d)の仕組みを説明せよ。
- (6) 下線部(e)の仕組みを説明せよ。

問9. 大腸菌染色体複製におけるラギング鎖合成は岡崎フラグメントと呼ばれる断片ごとに DNA 合成が進行する。これに関して、以下の設問(1)～(3)に答えよ。

(1)リーディング鎖と異なりラギング鎖では断片ごとに DNA 合成が進行する。この理由について、具体的に複製に機能する酵素の名称とその機能を挙げて説明せよ。

(2)1つの岡崎フラグメントを合成するのに必要な時間について、以下の条件を用いて求めよ。なお、途中の計算式も記述し、有効数字2桁で解答すること。

- ・染色体サイズ : 4.6 Mbp
- ・染色体全長の複製に必要な時間 : 1時間
- ・岡崎フラグメントの長さ : 0.5 kb

(3)岡崎フラグメント同士は最終的にリガーゼによって連結される。

- (i)大腸菌リガーゼの反応に必要な補酵素の名称を答えよ。
- (ii)大腸菌リガーゼによる DNA 連結反応機序について説明せよ。

問10. 以下の設問(1)～(9)に答えよ。

(1)10 x TBE を用いて 0.5 x TBE を 50 mL 作製する。10 x TBE は何 mL 必要か。

(2)5M NaCl を 100 mL 作成する時必要な NaCl は何 g か。NaCl のモル質量は 58.44 とする。

(3)100 mg/mL の抗生物質 A のストック溶液がある。これを用いて A を 300 μ g/mL の濃度で含む培地を 500 mL 作製する。必要なストック溶液は何 mL か。

(4)0.8 μ g/ μ L の RNA 溶液を用いて 2 μ g の RNA を鋳型にして逆転写反応を行うとき、必要な RNA 溶液は何 μ L か。

(5)1000 bp の DNA 1 μ g は何 mol か。1 塩基対あたりの平均分子量を 660 とする。有効数字 2 桁で答えよ。

(6)1 pg/ μ L のプラスミド溶液 1 μ L と大腸菌コンピテントセルを用いて形質転換を行ったところ、450 個のコロニーが形成された。この時用いた大腸菌コンピテントセルの形質転換効率を有効数字 2 桁でしるせ。ただし、形質転換効率はプラスミド 1 μ g 当たりのコロニー形成数とする。

(7)ベクターと cDNA のライゲーション反応を行う。この時、ベクターと cDNA の長さの比は 2:1、反応液中のベクターと cDNA のモル比は 1:2、使用するベクターの量は 100 ng とする。必要な cDNA は何 ng か。

(8)常染色体を 5 組、性染色体を 1 組持つ哺乳類が卵細胞を形成する際、遺伝的に異なる卵細胞は何種類できうるか。ただし、父型、母型の染色体が区別でき、減数分裂時に組換えは起きないものとする。

(9)植物の雌性配偶子致死変異株のヘテロ接合体を用いて、野生株と交配する実験を行った。野生型、変異型の対立遺伝子をそれぞれ M, m で表し、i) 変異株を雌株、ii)野生株を雌株とする時、F1 世代が示す遺伝子型 (MM:Mm:mm) の分離比を示せ。分離しない遺伝子型の分離比は 0 で表すものとする。