

2024 年 2 月 19 日実施

2024 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。
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。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。
6. 質問がある場合は挙手して試験監督者に伝えよ。

問1. DNA複製に関する以下の設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 大腸菌の染色体複製に関与するタンパク質もしくはタンパク質複合体を5種以上挙げよ。
- (2) (1)で挙げたタンパク質を全て含めて、大腸菌染色体複製の機序について説明せよ。
- (3) 大腸菌において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

問2. 代謝に関する以下の設問(1)および(2)に答えよ。なおNADHのP/O比2.5、ユビキノールのP/O比1.5とする。

- (1) グルコース1分子あたりから嫌気的に取り出す事のできるエネルギーのATP当量はいくらか。次の語句を用いて説明しながら答えよ。
語句: ピルビン酸、NADH、乳酸、エタノール
- (2) ステアリン酸(C18)1分子の完全な酸化によって回収できるエネルギーのATP当量はいくらか。次の語句を用いて説明しながら答えよ。なおステアリン酸のCoA化には2分子のATPが消費されるものとする。
語句: β 酸化、ユビキノール、NADH、アセチルCoA、クエン酸回路

問3. DNAの損傷と修復に関する以下の設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 相同組換え修復について、その発動要因および分子機構について説明せよ。
- (2) チミンダイマーについて、その生成要因および修復機構について説明せよ。
- (3) CRISPR-Cas9によって遺伝子機能欠損が導かれる機構について説明せよ。

問4. 以下の設問(1)～(3)に答えよ。

- (1) 「マウスに病気を引き起こすS型肺炎球菌を熱処理して殺菌した後にマウスに投与するとマウスに病気を引き起こさない。元々病気を引き起こさないR型肺炎球菌と熱処理したS型肺炎球菌を混ぜた後にマウスに投与するとマウスに病気が引き起こされる。」これはグリフィスによる有名な実験であるが、この実験だけではDNAが遺伝物質であることは示すことができない。DNAが遺伝物質であることを示すには、グリフィスの実験に、どのような操作を加えて、どのような結果を得ると良いかを説明せよ。
- (2) ハーシーとチェイスは、 ^{35}S または ^{32}P で標識したウィルスと、バクテリアを用いてDNAが遺伝物質であることを示した。この実験の概要と結果を説明せよ。
- (3) メセルソンとスタールは、重元素同位体 ^{15}N と ^{14}N を用いた実験により、DNAが半保存的に複製されることを示した。この実験の概要と結果を説明せよ。

問 5. 生命科学分野で用いられる実験手法に関する以下の設問（１）～（４）に答えよ。

- (1) DNA の電気泳動に使われるパルスフィールド電気泳動は一般的にはどのような DNA を電気泳動するために使われるかを記せ。また、パルスフィールド電気泳動が、一般的なアガロースゲル電気泳動やアクリルアミドゲル電気泳動と比較して泳動方法の観点からどのように異なるのかも記せ。
- (2) RNA をゲル電気泳動する際に、DNA の場合と同じようにアガロース電気泳動を行ったところ、うまく RNA の長さで分離できなかった。原因と解決策を説明せよ。
- (3) プラスミドベクター pUC18 はアンピシリン耐性遺伝子と *lacZ* α (*LacZ* の N 末端のペプチド) をコードし、multiple cloning site (制限酵素 *EcoRI* と *HindIII* で認識される配列を含む) は *lacZ* α 遺伝子コード領域の内部に存在する。pUC18 を制限酵素 *EcoRI* と *HindIII* で切断した箇所に目的の遺伝子をクローニングする実験を行った。クローニングの際に用いる大腸菌は *LacZ* の N 末端を欠損した変異型 *LacZ* を発現する。プレートにはアンピシリンと X-gal を加えたものを使用した。その結果、プレート上には、青いコロニーと白いコロニーが出現した。どちらの色のコロニーが正しく目的の遺伝子をクローニングできている可能性が高いと考えられるか？その理由も述べよ。もう一方の色のコロニー（正しくクローニングされなかったプラスミドをもつコロニー）はなぜ出現したと考えられるかについても述べよ。
- (4) ゲノム DNA ライブラリーと cDNA ライブラリーはいずれも DNA 断片をプラスミドベクターに組み込んだライブラリーである。構成する DNA 断片やライブラリー構築方法に注目して、これら 2 つのライブラリーの違いを述べよ。

問 6. 大腸菌および λ ファージの遺伝子発現制御に関わる以下の設問（１）～（３）に答えよ。

- (1) 大腸菌の *araBAD* オペロンのプロモーターはアラビノースが存在しグルコースが存在しないときに活性化し、アラビノースが存在しないときには、その活性は低く抑制されている。活性化因子 AraC の機能に注目し、*araBAD* オペロンの発現制御機構を、アラビノース存在下、非存在下のそれぞれの場合について述べよ。
- (2) 大腸菌に感染した λ ファージは、その増殖様式を溶原性増殖から溶菌性増殖に素早く切り替えることができる。溶原性増殖時および溶菌性増殖時の遺伝子発現制御と、溶原性増殖から溶菌性増殖に切り替わるための分子機構を以下の語句を全て用いて説明せよ。
語句： λ リプレッサー、オペレーター、Cro、自己切断
- (3) 大腸菌の σ^{70} が認識するプロモーターのコンセンサス配列、および遺伝子 X のプロモーターの配列は以下の通りである。また、このプロモーターの変異型プロモーターの配列も以下に示す。遺伝子 X の発現には通常は転写活性化因子が必要であるが、変異型プロモーターからの転写は転写活性化因子に非依存的に起こる。この理由を述べよ。

	-35 領域	-10 領域
コンセンサス配列	TTGACA	TATAAT
遺伝子 X のプロモーター	TTTACA	TATGTT
変異型プロモーター	TTTACA	TATAAT

問 7. 遺伝子の進化に関する次の文章を読み、以下の設問（１）～（３）に答えよ。

遺伝子の進化について調べるため、3 つの遺伝子（ヒストン H3、ヘモグロビン α 、インターフェロン γ ）の塩基配列についてラットとヒトで比較をしたところ、右の表のような結果となった。この表の非同義置換とはアミノ酸変化を起こす 1 塩基置換を、同義置換とはアミノ酸変化を起こさない 1 塩基置換を指している。

遺伝子	アミノ酸数	置換率（％）	
		非同義置換	同義置換
ヒストンH3	135	0.0	4.5
ヘモグロビン α	141	0.6	4.4
インターフェロン γ	136	3.1	5.5

- (1) 調べた全ての遺伝子において、非同義置換率より同義置換率の方が大きかった。これは何故だと考えられるか、簡潔に説明せよ。
- (2) 3つの遺伝子の同義置換率はあまり変わらないのに、ヒストンH3、ヘモグロビン α 遺伝子では非同義置換が起こりにくいのはなぜか、簡潔に説明せよ。
- (3) ゲノム中には、遺伝子変異率がきわめて低い領域が存在することが知られている。調べた3つの遺伝子のうち、このような特別な領域に存在すると考えられる遺伝子はあるか、その理由とともに説明せよ。

問 8. 被子植物の発生に関する以下の文章を読み、設問（１）～（５）に答えよ。

以下の文章は、被子植物のモデルとして研究されているシロイヌナズナを例にとった説明である。[ア]と茎は地上部に形成される器官であり、その元になる細胞は茎頂分裂組織によって生み出される。茎頂分裂組織の周辺部を占める[イ]の一部に、植物ホルモンのオーキシンが蓄積することによって[ア]の原基の形成が始まる。茎頂分裂組織を真上から見た時、その中央部は[ウ]と呼ばれ、この領域に幹細胞が含まれる。一方、根端分裂組織の幹細胞は[エ]の周囲に形成される。根は成長に伴い枝分かれを形成することで全体的な複雑性を増していく。根から形成される二次的な根を側根と呼ぶ。側根は[オ]に接した[カ]の細胞分裂を通じて形成される。茎もまた枝分かれを作るが、その元となる部分は、[ア]の付け根の[キ]側に形成される。この結果できる分裂組織を[ク]と呼ぶ。側根とは異なり、[ク]の元とな

る細胞は[ケ]組織の細胞分裂により形成される。iii) 分裂組織から押し出された細胞は分化を行い、細胞種ごとに特徴的な形態や機能を獲得する。

- (1) 文中の空所[ア]～[ケ]に入る最も適切な語句を記せ。
- (2) 下線部 i)に示すようなオーキシンの蓄積はオーキシンを極性輸送するタンパク質の働きによる。その名称を1つ記し、そのタンパク質がオーキシンを細胞内外のどちら側からどちら側へ輸送するものなのかを説明せよ。
- (3) 下線部 ii)の幹細胞のなかには、transit amplifying cell を生み出さないものが1種類存在する。その幹細胞が元になってできる根の組織の名称を記せ。
- (4) 同じく下線部 ii)の幹細胞の中には2種類の組織を生み出すものが存在する。その2種類の組織の名称を記せ。
- (5) 下線部 iii)に示すように、細胞分裂を行わなくなった細胞は分化を進める。しかし、必ずしも細胞周期そのものが止まるわけではない。このような特殊な細胞周期の名称を記し、その特徴を説明せよ。

問 9. 脊椎動物の背腹軸決定に関する次の文章を読み、以下の設問（１）～（３）に答えよ。

以下の図は、アフリカツメガエルの受精後の背腹軸決定過程を模式的に示したものである。卵の動物極側から精子が侵入すると、卵の表層と細胞質の結合が弱まり、表層が約 30° 回転する。この回転により、植物極側に局在していた背側決定因子 Dishevelled が精子侵入点のほぼ反対側に配置する。すると、将来の背側領域で Wnt 経路が活性化し、 β -catenin が局所的に安定化することにより背側が形成される。

図版省略

- (1) 表層回転が起きる時期に卵に紫外線を照射すると、ある細胞骨格が破壊され表層回転が阻害された。
 - (a) この細胞骨格は何か、その名称を記せ。
 - (b) 表層回転が阻害された胚はどのように発生するか、簡潔に説明せよ。
- (2) 背側決定因子 Dishevelled の下流で β -catenin が安定化する機構について簡潔に説明せよ。
- (3) 発生が進むと、安定化した β -catenin と他の母性因子との協同作用により、ニューコープセンターと呼ばれるシグナルセンターが背側植物極領域に形成される。ニューコープセンターの機能を調べるために行われた以下の実験の結果について簡潔に説明せよ。

- (a) 4 細胞期の胚を背側と腹側の 2 つに分離すると、それぞれどのように発生するか。
- (b) 32 細胞期の背側植物極側の細胞を、別の胚の腹側領域に移植するとどうなるか。

問 10. 細胞周期に関する次の文章を読み、以下の設問（１）～（３）に答えよ。

細胞は、細胞周期を繰り返すことで増殖する。このとき、新しく生み出された細胞が元の細胞と同一の遺伝情報を受け継ぐことが、種の保存や個体形成において非常に重要である。真核細胞においては、細胞が正しく細胞周期を進行させているかどうかを監視し、異常や不具合がある場合には細胞周期の進行を停止させる制御機構が存在しており、「細胞周期のチェックポイント」と呼ばれている。

- (1) S 期が開始する機構について、以下の語句を使って説明せよ。
語句：Rb、E2F、サイクリン D-CDK4、サイクリン E
- (2) M 期の開始には MPF が重要な役割を果たしている。
 - (a) MPF とは何か、簡潔に説明せよ。
 - (b) MPF の分子の実体は何か、分子の名称を 2 つ答えよ。
- (3) 紡錘体チェックポイントの機構について簡潔に説明せよ。

以上