

令和2年度 千葉大学大学院 融合理工学府 博士前期課程

入学試験学力検査問題

先進理化学専攻 生物学コース

令和元年8月8日

[専門科目]

検査時間 120分

注意事項

- 1) 監督者から解答を始めるよう合図があるまではこの冊子を
開かないこと。
- 2) 解答用紙が4枚配られたことを確認すること。
- 3) 全10問中から4問を選択して解答すること。
問い毎に別々の解答用紙を使用すること。
- 4) 解答はじめの合図があったら、すべての解答用紙にコース名と
受験番号を必ず記入すること（氏名は記入しないでください）。
- 5) 各解答用紙の答案の最初に必ず問い番号を記入すること。
- 6) この冊子の本文は11ページあります。解答開始の合図後、
乱丁や落丁などを発見した場合はすぐに申し出てください。

1 以下の問1・2に答えなさい。

問1 細胞内で合成されるプレプロインスリン (preproinsulin) が、活性型のインスリンに成熟するまでにうける翻訳後修飾を、うける順番に3つ答えなさい。

問2 劣性 (潜性) 変異 a のホモ接合体のマウスは食欲の抑制がおこらないため、正常なマウスと比較して体重が10%増加する。一方、 a とは別の遺伝子を原因遺伝子とする劣性 (潜性) 変異 b のホモ接合体のマウスも同様に体重が10%増加する。なお、 a と b はともに完全機能欠失型 (null) の対立遺伝子である。

(1) a と b の原因遺伝子が同一の経路で機能する遺伝子なのか、それとも独立の経路で機能する遺伝子なのかを遺伝学的に解析する方法を答えなさい。

(2) (1)の解析により得られる結果について、同一の経路で機能する場合と独立の経路で機能する場合について、それぞれ答えなさい。

2 ヒトの性決定と性分化に関する以下の問1～3に答えなさい。

問1 精巣あるいは卵巣に分化していない未分化生殖腺の時期には、生殖器官の形成に重要な役割を持つ管が2つ存在する。それぞれの管の名称を答え、どちらの性の生殖器官の構成要素になるかについても答えなさい。

問2 精巣で特異的に存在する体細胞の名称を2つ答え、性分化におけるそれぞれのはたらきを説明しなさい。

問3 雄の性決定に関わる重要な転写因子の名称を1つ答え、特徴と機能を説明しなさい。

3 次の文章を読み、以下の問1～3に答えなさい。

二次元空間における生物の分布型は、ランダム分布と集中分布、一様分布の3つに大別できる。実際の生物の分布にもとづき分布型を判定する方法に、平均こみあい度 (m^*) と平均密度 (m) の関係を利用した方法がある。平均こみあい度とは「区画あたり個体あたりの平均他個体数」を示すパラメータであり、

$$m^* = \frac{\sum_{i=1}^n x_i(x_i-1)}{\sum_{i=1}^n x_i}$$

という式で定義される。ただし、 x_i が*i*番目の区画にいる個体の数、 n が区画の総数である。また、区画あたりの平均密度 m は、

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

と定義される。

問1 以下のデータは、ある生物種 X について3つの地点で各16個の区画（方形区）を設置し、区画ごとに個体数を測定したものである。3つそれぞれの地点に関して m^* と m を計算し、これらの関係について横軸を m 、縦軸を m^* としてグラフを描きなさい。

地点1	地点2	地点3																																																
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>4</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td></tr><tr><td>0</td><td>6</td><td>7</td><td>4</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>6</td><td>1</td></tr></table>	1	0	1	0	4	0	0	2	0	6	7	4	0	0	6	1	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td>0</td><td>2</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>3</td><td>2</td><td>0</td><td>2</td></tr><tr><td>0</td><td>5</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	2	0	0	3	2	0	2	0	5	0	1	1	0	0	0	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>4</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>6</td><td>0</td><td>2</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>5</td><td>0</td></tr></table>	0	0	1	1	0	4	2	3	6	0	2	0	0	0	5	0
1	0	1	0																																															
4	0	0	2																																															
0	6	7	4																																															
0	0	6	1																																															
0	2	0	0																																															
3	2	0	2																																															
0	5	0	1																																															
1	0	0	0																																															
0	0	1	1																																															
0	4	2	3																																															
6	0	2	0																																															
0	0	5	0																																															

問2 一般に、 m と m^* との間には直線関係があり、それらの間の回帰式は、

$$m^* = \alpha + \beta m$$

で表される。このとき、 α は m^* 軸における切片で、 β は傾きである。また、単独性の生物種の場合（コロニー単位での移動はない場合）、上述の回帰式に関して、ランダム分布であれば $\alpha = 0, \beta = 1$ 、集中分布であれば $\alpha = 0, \beta > 1$ 、一様分布であれば $\alpha = -1, \beta \approx 1$ となることが知られている。上で示したデータでは、生物種 X の分布型は3つの分布型のうちどれであると判定されるか答えな

さい。また、 α と β の値はそれぞれいくつになるかも答えなさい。なお、生物種 X は単独性の種であると仮定する。

問3 ランダム分布と集中分布，一様分布は，個体間の相互作用や環境との相互作用の結果として生じる。それぞれの分布はどのような相互作用の結果として成立するか答えなさい。

4 次の文章を読み，以下の問1・2に答えなさい。

ホルモンや神経伝達物質など様々な細胞外シグナル分子（リガンド）は，受容体に結合して，細胞内のシグナル伝達を引き起こす。細胞内において受容体からのシグナル伝達を仲介するタンパク質はしばしば，翻訳後修飾により機能が制御される。また，シグナル伝達の時間や強度はフィードバック制御により調節されている。

問1 受容体はそれらの局在に基づいて，「細胞表層受容体」と「細胞内受容体」に大別できる。さらに，細胞表層受容体はその酵素活性に基づいて，次の3つに分類できる。

- (A) Tyr キナーゼ活性をもつ受容体
- (B) Ser/Thr キナーゼ活性をもつ受容体
- (C) 酵素活性をもたない受容体

(A)～(C) の受容体を起点とする代表的な細胞内シグナル伝達経路について，その経路を構成するタンパク質およびその経路が関与する細胞機能を含めて，それぞれ説明しなさい。

問2 シグナル伝達における代表的なフィードバック制御について，その経路を構成するタンパク質を含めて説明しなさい。

5 以下の問1・2に答えなさい。

問1 次の文の空欄1～7に適切な語句を記入しなさい。また空欄アに最も適切な数を選択肢(a)～(c)の中から選びなさい。

ゲノムを構成するDNAは化学的に安定な物質であるが、内的要因あるいは外的要因によって絶えず損傷を受けている。哺乳類の細胞では、1細胞1日あたりの内的要因による主なDNA損傷形成数はおよそ(ア)と言われている。外的要因で生じる損傷には、紫外線による(1)や、(2)によるDNA鎖切断などがあげられる。(1)を修復するのは哺乳類では(3)除去修復機構である。DNA二本鎖切断を修復するのは、酵母では主に(4)修復機構であり、哺乳類では主に(5)修復機構である。(1)のようなDNA損傷を修復できないまま、細胞がDNA複製を開始した場合、複製を止めずに細胞死を逃れる仕組みとして(6)DNA合成がある。(6)DNAポリメラーゼは、複製に必須のDNAポリメラーゼと異なって(7)機能を持たず、誤ったヌクレオチドを取り込む頻度が高い。

アの選択肢：(a) 100 (b) 5000 (c) 30000

問2 下の図に示す実験1～3のマウス受精卵の核移植実験を行ない、それぞれの再構成胚の個体発生能力を調べた。実験結果について、(1)～(3)の問に答えなさい。

実験1：受精直後の受精卵から、雄性前核を除去して、他の受精卵由来の雌性前核を入れて卵(雌)由来のゲノムのみをもつ雌性発生胚を作成した。

実験2：受精直後の受精卵から、雌性前核を除去して、他の受精卵由来の雄性前核を入れて精子(雄)由来のゲノムのみをもつ雄性発生胚を作成した。

実験3：受精直後の受精卵からどちらか一方の前核を除去して、他の受精卵由来の前核を入れて雄と雌由来のゲノムを一組ずつ持つ再構成胚を作成した。

- (1) これらの実験から見出されたエピジェネティックな現象の名称を答えなさい。
- (2) 実験 3 の雌雄のゲノムを持つ 2 倍体は正常に発生したが、実験 1 の雌性発生胚および実験 2 の雄性発生胚は発生 10 日の初期胚で致死性を示した。実験 1・2 の再構成胚が致死に至った理由を説明しなさい。
- (3) このエピジェネティックな現象は配偶子形成及び受精後の発生・分化過程でいかなる分子機構によって引き起こされるのか、説明しなさい。

6 次の文章を読み、以下の問1・2に答えなさい

同種個体間において、ある行動がその行動を実行する個体（行為者）とその行動を受ける別の個体（受け手）の両方に適応度の変化もたらず場合、その行動は社会行動とよばれる。社会行動は、行為者と受け手の直接的な利益とコストによって表1の（ア）、（イ）、（ウ）、「意地悪」の4つに分類することができる。表1の社会行動は行為者の（エ）適応度だけで説明できる（ア）（イ）と、行為者の（エ）適応度が期待できないため、他個体を介した（オ）適応度を考慮しなければならない（ウ）、「意地悪」の2つにさらに分類できる。集団内では表1に示した2個体間の社会行動は複数同時に発生する場合もある。例えば集団レベルで（ア）が既実現されている状況では、個体レベルで（イ）が有利になり他個体の利益に便乗する（カ）が進化しやすい。そのため（カ）の発生を防ぐメカニズムが集団利益の維持に不可欠となる。その一つは（カ）に何らかのコストを課す（キ）であり様々な分類群で報告されている。

問1 文章中の空欄（ア）～（キ）に当てはまる言葉を書きなさい。

問2 アリやハチなどの社会性昆虫は半数倍数性の性決定機構（雌が $2n$ 、雄が n ）をもち、単女王性、一回交尾の場合、血縁度は姉妹間で 0.75 、母と娘間で 0.5 、父親からみた娘で 1 となる（図1参照、白丸は雌、灰色丸は雄）。コロニー内には図1のように由来の異なる3種類の雄（A, B, C）が存在しえる。娘1と母親からみた各雄の血縁度の大小関係から娘1と母親間で生じる雄生産をめぐるコンフリクトについて説明せよ。

表1. 社会行動の分類

		受け手	
		利益	コスト
行為者	利益	(ア)	(イ)
	コスト	(ウ)	意地悪

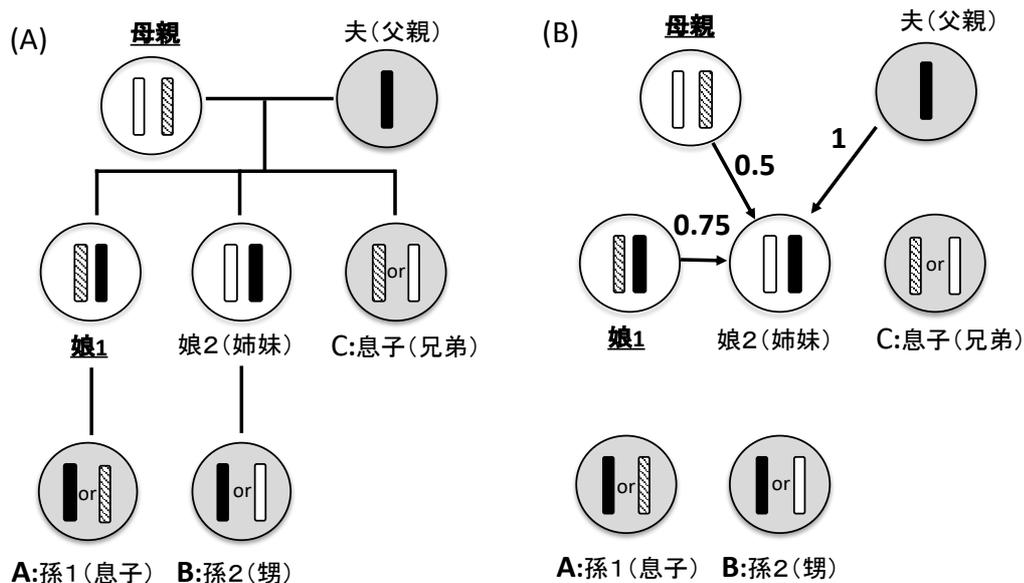


図1 単女王性、1回交尾のコロニーメンバー間の家系図(A)と血縁度(B).
血縁関係は母親からみた場合と娘1からみた場合(括弧内)を表している

7 次の文章を読み、以下の問 1~4 に答えなさい。

ヒトの上皮系のがん細胞で正常細胞に比べて、(A)mRNA の発現量が低い遺伝子を調べたところ、機能が未知のタンパク質 X を同定した。タンパク質 X の機能を明らかにするために、(B)タンパク質 X と結合する別のタンパク質を探索した。また、(C)タンパク質 X の正常細胞における局在を調べたところ、(D)細胞と細胞基質間の接着部位に局在していた。

- 問1 下線部 A に関して、mRNA の発現量の違いを解析する実験方法を 1 つあげて、その原理を説明しなさい。
- 問2 下線部 B に関して、タンパク質 X に結合する別のタンパク質を見つける実験方法を 1 つあげて、その原理を説明しなさい。
- 問3 下線部 C に関して、タンパク質 X の細胞における局在を明らかにする方法を説明しなさい。
- 問4 タンパク質 X が下線部 D の局在を示し、がん細胞において発現量が減少していることを考慮すると、タンパク質 X は正常細胞においてどのような機能をもつと考えられるか。考えられる仮説と、仮説を検証する実験を説明しなさい。

8

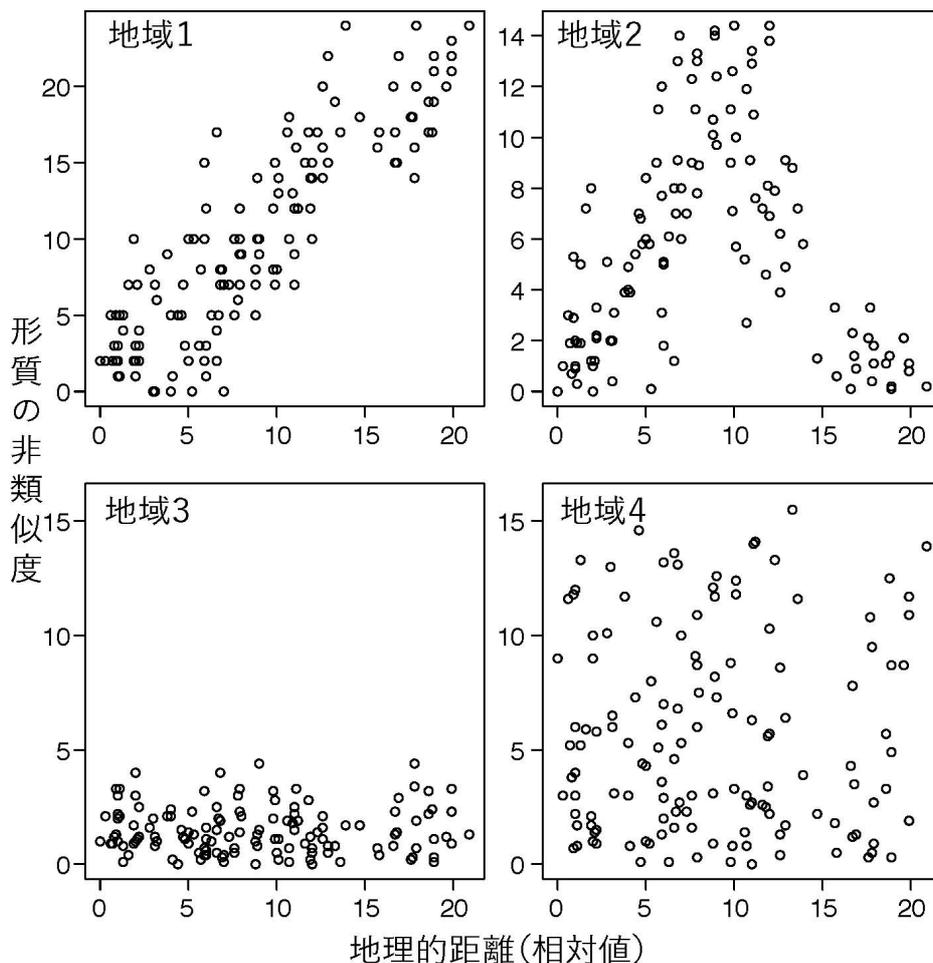
以下の問1・2に答えなさい。

問1 次に示す群集生態学の用語についてそれぞれ150字以内で説明しなさい。

- ・中規模攪乱仮説
- ・島の生物地理学の理論（島の大きさのみに注目すること）
- ・実現ニッチ

問2 地球上の4つの地域で複数の調査地点を選び、ある分類群の生物群集を調査した。記録されたすべての生物種について、共通な多数の形質を測定して種間の機能的な違いをもとめ、群集間の総当たりで形質の非類似度を算出した。調査地点間の距離とその地点間での形質の非類似度の関係を下に示す。なお、各地域の調査面積は一定である。

- (1) それぞれの地域にみられる環境の空間的な配置の特徴としてどのようなことが推測されるか、地域1と2の結果を比較して書きなさい。
- (2) それぞれの地域にみられる環境の空間的な配置の特徴としてどのとが推測されるか、地域3と4の結果を比較して書きなさい。



9 次の文章を読み、以下の問1・2に答えなさい。

Mottenohoka という属の種間の系統関係を明らかにしたい。近縁な別属のある種で、核内の遺伝子 X の配列が塩基配列データベースに登録されているのに気づいた。遺伝子 X は系統解析によく使われているので、この遺伝子を用いて解析を進めることにした。

問1 *Mottenohoka* 属の系統解析に用いるために遺伝子 X の一部を PCR 法で増幅したい。図1にデータベースから得た遺伝子 X の配列のエクソンとイントロンの構造の一部を示す。どの位置に PCR プライマーを設計すべきであろうか。A と B, C と D, E と F の3種類のプライマーペアのうち、最も適したものを選び、他のペアと比べてより適している理由と共に答えなさい。

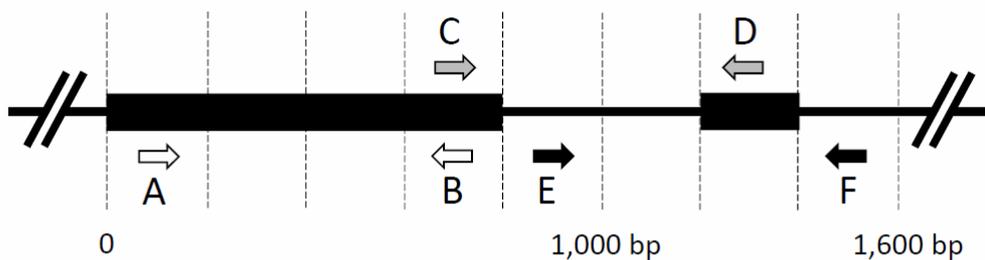


図1 遺伝子Xの一部のイントロン・エクソン構造とPCRプライマーの位置。ボックスはタンパク質をコードしたエクソンで、実線はイントロン。プライマーを意味する矢印は5'から3'の方向を向いている。

問2 一種あたり 10 個体のサンプリングを行い、問1で選んだプライマーペアで PCR を行った。PCR 産物をクローニングし、一個体あたりクローンを一個だけランダムに選んで塩基配列を決定し、系統解析を行った。その結果、種内で得られた配列が単系統にならない場合があった。なぜこのような結果になったと考えられるか。以下の3つの条件をすべて満たしていると考えた上で、その原因を3つ述べなさい。

- ・この属内での遺伝子 X の進化は中立である。
- ・実験は正しく行われている。
- ・データセットは十分な系統的情報を含んでおり配列間の系統関係は正しく推定されている。

10 次の文章を読み，以下の問 1～3 に答えなさい。

花器官形成の ABC モデルとは，花器官が形成される 4 つの領域に，どの花器官が作られるかを決定する仕組みを，単純かつ明快に示した仮説である．図 1 は，被子植物に一般的な構成を示すシロイヌナズナの花を例に，ABC モデルの概念明するための模式図である。

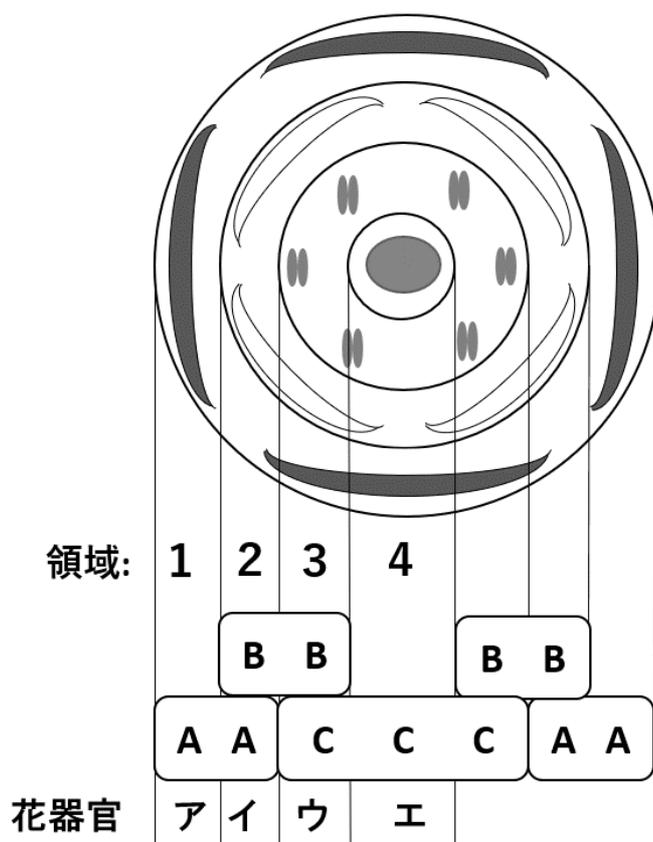


図 1. ABC モデルの概念を説明する模式図

問 1 図 1 を引用しながら ABC モデルを説明しなさい。ただし，花器官のア～エは，適切な用語を使用しなさい。

問 2 園芸植物によくみられる八重咲は，ABC モデルを用いてどのように説明することができるか，シロイヌナズナの八重咲を例に図 1 と同様の図を示し，文章で説明しなさい。

問3 被子植物の花には、図1のような一般的な構成だけではなく、様々な構成の多様な花が存在する。多様な花の一部は、各領域に発現する遺伝子の組み合わせの変化や、領域の消失によって説明されている。以下の特徴をもつ花について、どのような遺伝子の組み合わせの変化や領域の消失があったと考えられるか、それぞれ簡潔に説明しなさい

- (1) ユリ科の花は同花被花とよばれ、花器官アと花器官イの代わりに外花被と内花被を持つ。
- (2) ドクダミ科やコショウ科の花は無花被花と呼ばれ、花器官ウと花器官エしか花器官が存在しない。