

平成26年度 大学院理学系研究科博士前期課程（生物科学専攻）
秋募集 入学試験問題

専門科目

試験時間：13：00～16：30

配点（合計）：400点

問題は、問題Ⅰ～問題XXまで、全部で20題あります。その中から8題を選択して解答しなさい。

注意

- (1) A4解答用紙を8枚配付します。配られた解答用紙の枚数を確認しなさい。不足の場合は速やかに申し出なさい。
- (2) 各解答用紙の所定の欄に、受験番号、氏名を必ず記入しなさい。
- (3) 解答は、選択した問題ごとに、それぞれ別の解答用紙に記入しなさい。解答用紙の所定の欄に、選択した問題番号（ローマ数字）を必ず記入すること。
- (4) 解答用紙の表面に解答を書ききれない場合には、裏面を使用しなさい。計算や下書きは、問題用紙の余白を使いなさい。

問題I. タンパク質の構造に関する、問1～問5に答えなさい。

問1. 8アミノ酸からなるペプチドの一次構造を次の実験結果から決定しなさい。

- (1) このアミノ酸の組成は (Asp, Gln, Lys, Met, Thr, Tyr, Val×2) であった。
- (2) エドマン分解により最初に遊離されたアミノ酸は Gln であった。
- (3) エラスターゼを作用させると、アミノ酸組成 (Asp, Gln, Val) および (Lys, Met, Thr, Tyr, Val) の2つのペプチドに分解された。
- (4) キモトリプシンを作用させると、アミノ酸組成 (Asp, Gln, Lys, Met, Tyr, Val) および (Thr, Val) の2つのペプチドに分解された。
- (5) トリプシンを作用させると、アミノ酸組成 (Asp, Gln, Lys, Val) および (Met, Thr, Tyr, Val) の2つのペプチドに分解された。

問2. タンパク質は生理的条件下でランダム構造から自発的にフォールディングする。この現象が起きる要因について、ギブスの自由エネルギー、エンタルピーおよびエントロピーという語句を用いて説明しなさい。

問3. タンパク質の構造解析の手法として、X線結晶構造解析が広く用いられる。この方法で結晶を使用しなければならない理由を説明しなさい。

問4. X線結晶構造解析は実験で得られた電子密度を解釈し、タンパク質の化学構造に基づいてポリペプチド鎖を当てはめていくことから始める。図1の(1)および(2)は、あるタンパク質の一部に相当する電子密度を示す。それぞれに当てはまるアミノ酸の名称と化学構造式を答えなさい。ただし、当てはまるアミノ酸は1つとは限らない。

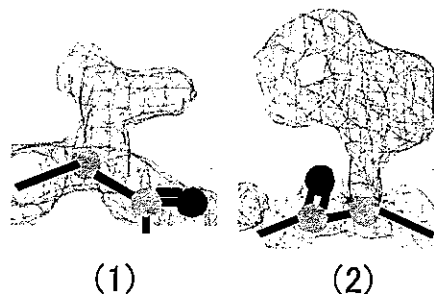


図1 あるタンパク質の1.5Å分解能の電子密度 (部分)
主鎖はすでに当てはめている。
(灰色:炭素, 黒色:酸素)

問5. X線結晶構造解析と比べたとき、中性子線結晶構造解析の長所と短所をそれぞれ説明しなさい。

問題 II. あるキナーゼ (10 nM) のリン酸転移反応の速度を, 阻害剤非存在下, 0.9×10^6 M の阻害剤 A あるいは阻害剤 B の存在下でそれぞれ測定し, 次の結果を得た. この実験について, 以下の問 1 ~ 問 5 に答えなさい.

ATP 濃度 (μ M)	速度 (μ mol/min)		
	阻害剤なし	阻害剤 A	阻害剤 B
0.10	1.000	0.182	0.200
0.25	1.429	0.400	0.285
2.00	1.905	1.333	0.381

問 1. このキナーゼの最大速度 V_{max} および ATP のミカエリス定数 K_M 値を求めなさい.

問 2. このキナーゼの触媒定数 k_{cat} を求めなさい.

問 3. 競合阻害するのは A, B のうち, どちらの阻害剤か答えなさい. また, その根拠を上の実験データに基づいて説明しなさい.

問 4. 問 3 の阻害剤の酵素-阻害剤複合体の解離定数 K_i の値を求めなさい.

問 5. A, B のうち, 競合阻害しないほうの阻害剤の阻害様式を答えなさい. また, その根拠を上の実験データに基づいて説明しなさい.

問題 III. 以下の問 1～問 3 に答えなさい.

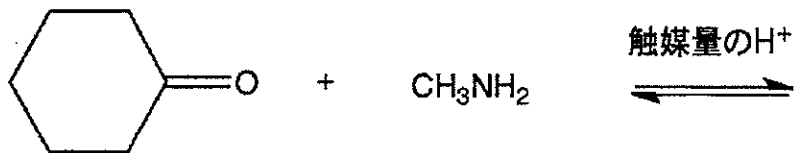
問 1. 誘起効果 (Inductive Effect) が有機化合物の反応性および性質 (酸性, 塩基性など) に与える影響について, それぞれ例をあげて説明しなさい.

問 2. 共鳴効果 (Resonance Effect) が有機化合物の反応性および性質 (酸性, 塩基性など) に与える影響について, それぞれ例をあげて説明しなさい.

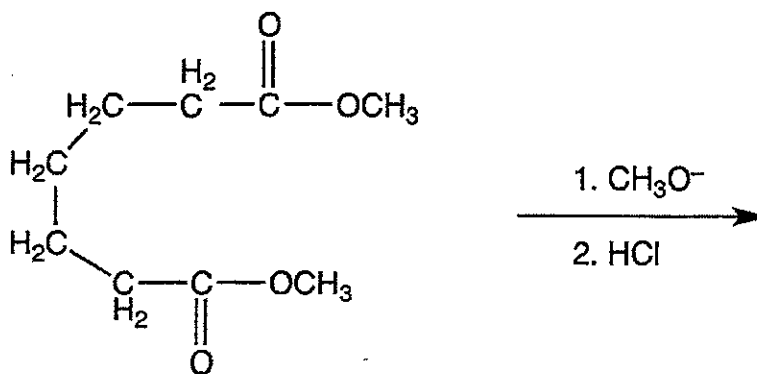
問 3. ハロゲン化アルキルの脱離反応は E1 反応および E2 反応に分類される. これらの反応機構について, それぞれ例をあげて説明しなさい.

問題 IV. 以下の (1) ~ (3) の反応について生成物の構造式を示し、反応機構を説明しなさい。

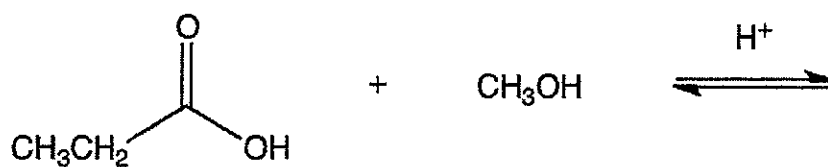
(1)



(2)



(3)



問題V. 生体膜に関する以下の文を読み、問1～問5に答えなさい。

生体膜の基本構造を作る脂質二分子膜の主要成分の一つであるリン脂質は、**ア**骨格の1位および2位の水酸基に脂肪酸が、3位の水酸基にはリン酸がそれぞれエステル結合している。前者は生体膜の疎水コアを形成し、後者は膜表面に並び水溶液と接している。リン脂質二分子膜の(a)脂肪酸側鎖同士はファンデルワールス力で相互作用して、(b)相転移温度以下では二分子膜は二次元の**イ**状態をとるが、相転移温度以上では脂肪酸側鎖の熱運動により側鎖間の相互作用が減少して**ウ**状態になる。この相転移温度は脂肪酸側鎖の組成に依存している。脂肪酸の融点は、飽和脂肪酸の場合には炭素鎖の長さが長くなるほど高くなるが、同じ長さの炭素鎖でも(c)不飽和脂肪酸の場合、二重結合の分子立体構造がシス型の場合には融点が下がる。さらにシス型の二重結合の数が増すと融点はもっと下がる。リン脂質は一般に1位に**エ**脂肪酸を、2位には1位の脂肪酸より長鎖の**オ**脂肪酸を結合している。

問1. 上記の文章中の**ア**から**オ**に適切な語句を入れなさい。

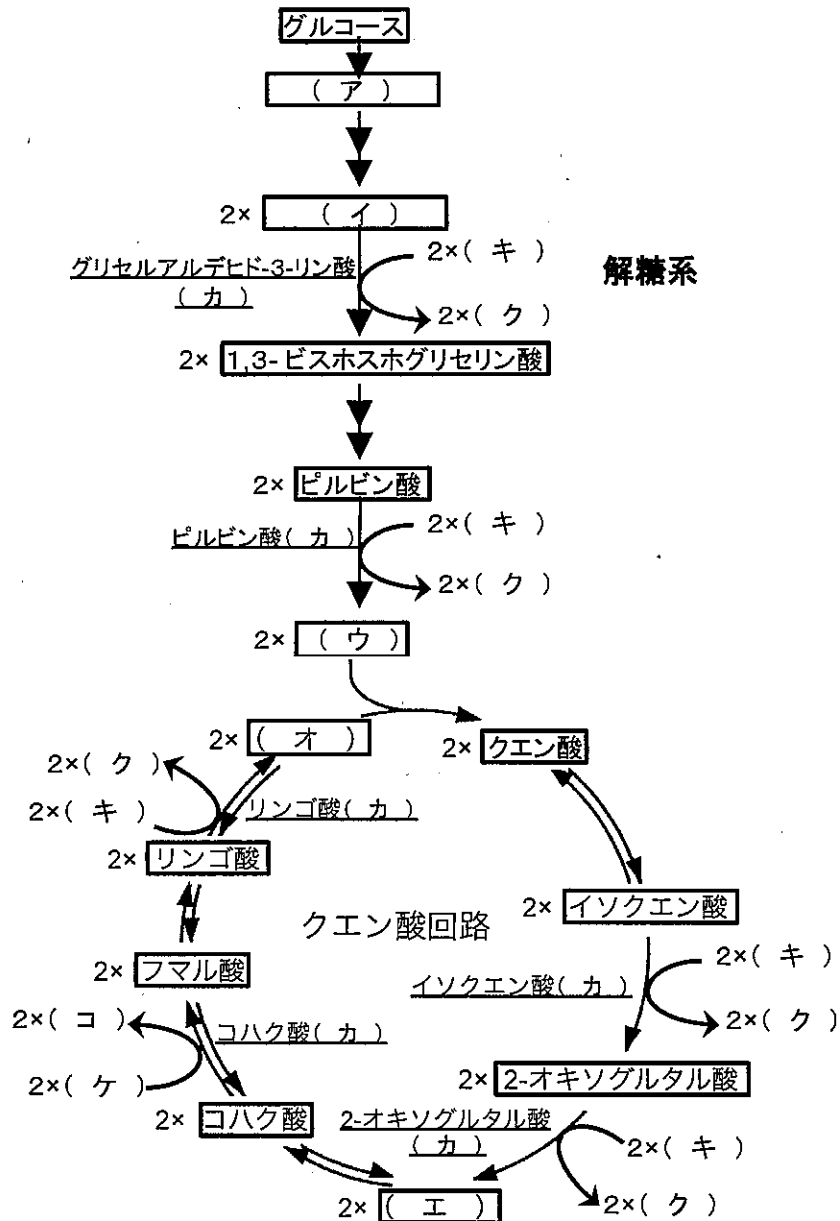
問2. 下線部(a)のファンデルワールス力と、生体高分子の構造保持に働いているクーロン力（静電的相互作用）では、力の強さの作用距離に対する依存性が大きく異なっている。どの様に異なっているかを説明し、ファンデルワールス力が重要な役割を担っている生体反応の例を一つ述べなさい。

問3. 下線部(b)について、**イ**と**ウ**のどちらの状態が、実際の生体膜の状態を反映しているか答えなさい。またその根拠となる現象を一つ述べなさい。

問4. 下線部(c)の理由を述べなさい。

問5. 生体膜リン脂質の脂肪酸組成の観点から、ある微生物をその至適生育温度より高温および低温で育てた場合、どのような温度適応機構が考えられるか述べなさい。

問題VI. 下の図はグルコースの主要な異化代謝系である解糖系およびクエン酸回路を、電子移動に注目してまとめている。これを見て問1～問4に答えなさい。

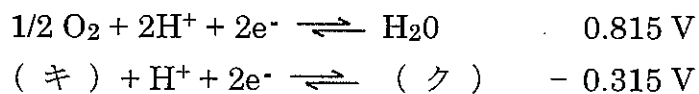


問1. 図中の (ア) から (オ) の化学物質の名称を書きなさい。

問2. 図中に下線で示されている電子移動に関わる酵素の (カ) の部分の名称を書きなさい。

問3. 図中に示されている、電子移動に関わる補因子である (キ) から (コ) の名称を書き、(キ) から (ク) への反応と (ケ) から (コ) の反応とで最も異なる点を説明しなさい。

問4. (キ) から (ク) への反応で解離される二つの電子は、電子伝達系により最終的に、プロトンの酸化による水分子の生成を引き起こす。この過程にともなう標準自由エネルギー変化 ΔG° を単位 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、有効数字 3 桁で計算しなさい。 ΔG° は、 $\Delta G^\circ = -nF\Delta E^\circ$ で表せる。ここで n は電荷数、 F はファラデー定数で $9.65 \times 10^4 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$ 、 ΔE° は反応の始まりと終わりの標準還元電位差である。以下の二つの反応の標準還元電位を参考にしなさい。



問題 VII. 次の文を読んで、問 1～問 7 に答えなさい。

ショウジョウバエの X 染色体劣性突然変異に、 w (白色眼, white), r (翅の形成不全, rudimentary), m (短い翅, miniature) がある。これらの 3 つの遺伝子について、ヘテロ接合体の雌 ($w r m / + + +$) を、突然変異形質を示す雄 ($w r m / Y$) と交配したところ、子供が雌から受け継いだ X 染色体の遺伝子型は以下の通りであった。 $+$ は野生型対立遺伝子を表す。

$w r m$	240
$w + m$	98
$w + +$	134
$w r +$	26
$+ r m$	126
$+ r +$	92
$+ + m$	34
$+ + +$	250
合計	1,000

問 1. 上記のデータから $w-r$ 間, $r-m$ 間, $w-m$ 間の組換え頻度を求めなさい。

問 2. w , r , m のうち、中央に位置する遺伝子はどれか答えなさい。

問 3. 中央に位置する遺伝子をはさんでその両側にある 2 つの遺伝子の間の組換え頻度は、中央の遺伝子とその両側の 2 つの遺伝子のどちらか一方との間の組換え頻度の和にならない。その理由を説明しなさい。

問 4. 中央に位置する遺伝子とその両側にある遺伝子の間で、同時に組換えが起こる確率を求めなさい。

問 5. 中央に位置する遺伝子とその両側にある遺伝子の間で、同時に組換えが起こって生じた染色体の出現頻度を上記データから求めなさい。

問 6. 問 5 で得られた実際の出現頻度 (観測値) は、問 4 で計算によって得た確率 (期待される出現頻度) より低い。その差は何によって生じたか説明しなさい。

問 7. 同一染色体上の 2 つの遺伝子が地図距離 (センチモーガン, cM) で 80 cM 離れている場合、その間の組換え頻度はいくらになると期待されるか答えなさい。

問題 VIII. 次の文を読んで、問1～問6に答えなさい。

免疫応答は大きく、ア 応答と イ 応答の2種類に分けられる。どちらの免疫応答も、体が、(a)そこにあるべきものとそこにあるはずのない異物とを区別できて初めて成立する。一方、病原体には2種類あって、(b)おもに宿主細胞の内部に現れるものと、(c)細胞外に現れるものとがある。(d)これら2種類の感染に対抗するように、別種の免疫機構が生じた。

ア 応答は、過去に微生物との接触がなくても即座に動員されるが、イ 応答は、免疫系が異物への攻撃を準備するのに時間がかかる。ア 応答は、特異性が比較的乏しいが、イ 応答は、特異性が極めて高い。例えば、はしかが治ったばかりの人は、はしかウイルス感染に抵抗性であるが、おたふくかぜウイルスには感染しうる。イ 応答の結果として、(e)はしかに罹った人は通常、二度はしかに罹ることはないが、ア 応答では、それが起こらない。

ア 応答と イ 応答は、別個に機能しているのではなく、密接に協同してはたらいっている。最も重要なことは、(f)迅速にはたらく ア 応答を活性化させる細胞が、後から活性化して特異的にはたらく イ 応答の開始にも関与していることである。

問1. ア と イ に適切な用語を入れなさい。

問2. 下線部(a)を免疫学ではどのように表現するか、書きなさい。

問3. 下線部(b)と下線部(c)に含まれる病原体のうち代表的なものの一般名称を、それぞれ1つ書きなさい。

問4. 下線部(d)の機構は ア 応答でも イ 応答でもそれぞれ複数発達している。これら2種類の免疫応答において、下線部(b)と下線部(c)に対応する別種の免疫機構を、それぞれ1つずつ合計4つ書きなさい。

問5. 下線部(e)を表す免疫学用語を書きなさい。

問6. 下線部(f)の細胞のうち、免疫系の「見張り番」に例えられる細胞の名称を書き、そのはたらきを簡単に説明しなさい。

問題 IX. 粗面小胞体におけるタンパク質の品質管理に関する次の文を読み、以下の問1～問4に答えなさい。

粗面小胞体で合成されるタンパク質は、リボソームでペプチド合成途中に(a)シグナル認識粒子 (SRP) と結合し、SRP-リボソーム-合成中ペプチドの複合体が(b)SRP受容体に結合する。合成途中のペプチドは (ア) と呼ばれる膜チャンネルタンパク質を通り小胞体内腔へと移動する。ペプチドは、内腔でシグナル配列の切断、糖鎖の付加などが行われ、(イ) や (ウ) などの働きにより正しい立体構造をとるよう折りたたまれる。

折りたたみの間違ったタンパク質は、ゴルジ体に輸送されないように小胞体内で品質管理が行われる。品質管理は、糖鎖末端にグルコース分子を3個持つ糖タンパク質から (エ)、(オ) によって末端グルコース残基のうち2つが除去されることから始まる。糖鎖部分のグルコースが1個となったものは、(カ) と結合し、タンパク質の折りたたみが行われる。残りのグルコースも (オ) によって取り除かれ、糖タンパク質は(カ) から離れる。この段階で折りたたみが不完全な糖タンパク質は、(キ) と呼ばれる監視酵素に見つかり、糖鎖末端にグルコースが付加され、再び (カ) と結合し、(c)再度適切な折りたたみをする機会が与えられる。

問1. 上の説明文の (ア) ~ (キ) に入る最も適切な語を、それぞれ答えなさい。

問2. 下線部(a)および(b)は、GTP結合タンパク質 (Gタンパク質) の一種を含む。一般的なGTP結合タンパク質の機能について説明しなさい。

問3. 下線部(c)に関して、繰り返し折りたたみを試みても折りたたみが不完全なタンパク質はどうなるかを説明しなさい。

問4. 下線部(c)に関して、折りたたみが不完全なタンパク質が小胞体内に蓄積した場合、不完全タンパク質反応 (小胞体ストレス応答) が誘導される。不完全タンパク質反応について、下記の用語全てをそれぞれ1回以上用いて説明しなさい。(センサー、核移行、遺伝子発現、翻訳因子、タンパク質合成)

問題 X. 動物細胞の細胞骨格に関する次の文を読み、以下の問 1～問 4 に答えなさい。

細胞骨格は明確に定義された 3 つの繊維状構造により構成され、それらが精巧な相互作用網を形成している。3 種類の細胞骨格繊維は、直径が異なり、太い方から (ア)、(イ)、(ウ) と呼ばれている。(ア) と (ウ) は、それぞれ非共有結合でつながる(a)タンパク質サブユニットの重合体である。このような構造は、複雑な細胞制御に依存した重合・脱重合に適している。

問 1. 上の説明文の (ア)～(ウ) に入る最も適切な語を、それぞれ答えなさい。

問 2. 下線部(a)について、(ア)、(ウ) のサブユニットを、それぞれ答えなさい。

問 3. 細胞骨格の機能を 4 つ答えなさい。

問 4. 細胞骨格 (ア) は、神経細胞の軸索内に存在し、シナプス小胞の輸送に関与している。細胞骨格 (ア) 上をシナプス小胞が輸送される機構について説明しなさい。

問題 XI. 神経系と神経細胞のはたらきに関する以下の文を読み、問1と問2に答えなさい。

- (1) タンパク質であるボツリヌス毒素は、中毒を引き起こす致死性の神経毒として知られているが、細胞内から細胞外への物質の開口放出 (exocytosis) 時の引き金となる生体膜融合反応に関わる SNARE タンパク質の働きを阻害する。
- (2) 1995 年に東京で起きた地下鉄サリン事件は、凶悪な薬物テロ事件であった。この際に用いられたサリンは、有機リン系の低分子化合物で、コリンエステラーゼという酵素の阻害剤である。
- (3) 我が国の天然物有機化学者が構造決定を行った化合物のテトロドトキシンは、細菌が合成してフグの体内に蓄積するアルカロイドの一種で、電位依存性 Na^+ チャンネルの阻害剤である。
- (4) γ アミノ酪酸 (GABA) などの抑制性神経伝達物質は、興奮性シナプスにおける伝達を抑制するはたらきを持つ。

問1. 上の説明文(1)～(3)に述べられた3種類の毒物の作用機構を、伝導と伝達のどちらの過程に作用するかを、略図を付記して説明しなさい。

問2. 上の説明文(4)に述べられた抑制の分子機構には膜電位変化が関わっている。シナプス前抑制、シナプス後抑制のどちらか一方を選び、シナプスの略図を付記して抑制の分子機構を説明しなさい。

問題 XII. 発生生物学において用いられる以下の用語や概念の意味を説明しなさい。

- (1) 成虫原器 (imaginal disc).
- (2) ホメオティック転換 (homeotic transformation). 但し, 具体的な例を少なくとも1つ挙げて説明すること.
- (3) 胚性幹細胞 (embryonic stem cell). 但し, 作製方法, 性質, 用途, を含めて説明すること.
- (4) 体節 (somite). 但し, 由来する胚葉, 存在する場所と時期, 最終的に分化する細胞や組織の種類 (発生運命), を含めて説明すること.
- (5) モルフォゲン (morphogen).

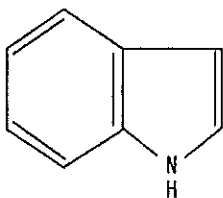
問題 XIII. 植物の屈性現象とオーキシンに関する次の文を読み、以下の問1～問4に答えなさい。

植物の茎や根は、光、重力などの刺激に反応して屈曲する性質、すなわち(a)屈性を有している。光屈性の研究は、ア 父子の研究に端を発する。彼らはイネ科植物の幼葉鞘を用いた実験結果から、先端から伸長領域に運ばれる何らかの「Influence」が偏差成長を引き起こすと考えた。この「Influence」が後の(b)オーキシンである。天然の主要なオーキシンはインドール-3-酢酸で、その合成は特にシュート(shoot: 茎葉)の活発に分裂・成長している組織でおこる。茎が垂直方向に成長しているときは、オーキシンは伸長領域に(c)極性輸送される。

問1. 空欄 ア に当てはまる人名と下線部 (a)～(c) の語を、すべて英語 表記しなさい。

問2. 植物の運動として、屈性のほかに傾性 (nasty) が古くから認められている。傾性反応の例を挙げ、両者の違いを説明しなさい。

問3. インドール-3-酢酸は構造的にあるアミノ酸に類似しており、そのアミノ酸を前駆体としたインドール酢酸生合成経路が提唱されている。インドール-3-酢酸の化学構造を記すとともに、その生合成経路について説明しなさい。なお、インドールの構造は下図のとおりである。



問4. オーキシンの極性輸送のメカニズムについて説明しなさい。

問題 XIV. 根に関する次の文を読み、以下の問1～問4に答えなさい。

根の根端の基本構造は、細胞・組織の発達段階によって、分裂細胞域、根冠、伸長領域、成熟領域に分けられる。根における正の重力屈性の制御において、根冠にあるコルメラ細胞が重力を感知する役を担っている。

また、根の内部構造（解剖学的形態）は植物種を超えてよく保存されており、茎では中心柱における維管束の配列様式が多様であるのに対して、根では 中心柱と呼ばれる共通の形態をとっている。

問1. 空欄 に当てはまる語を答えなさい。

問2. 若い植物の一次根の外部基本構造を模式的に表し、下線部に示す根の領域（分裂細胞域、根冠、伸長領域、成熟領域）を図中に示すとともに、各領域の主たる役割について説明しなさい。

また、根の横断面を模式的に表すとともに、発生形態がわかるように根毛および側根を書き加えなさい。

問3. 根冠におけるコルメラ細胞の存在様式を図示し、コルメラ細胞が重力を感知する機構について説明しなさい。

問4. 植物体を横たえると、茎は重力に対して反対方向に、根は重力方向に屈曲する。茎と根では重力屈性の方向が異なっている。この制御にオーキシンが主たる要因としてかかわるとして、その制御機構について説明しなさい。

問題 XV. 生態学者である Pianka は、指数を用いて北アメリカ、アフリカ、オーストラリアの半砂漠性トカゲ群集を解析し、群集内の種数が多くなるにつれて、2種間をペアで見たときのニッチ重複は小さくなることを見出した (図1)。この結果について、以下の問1～問3に答えなさい。

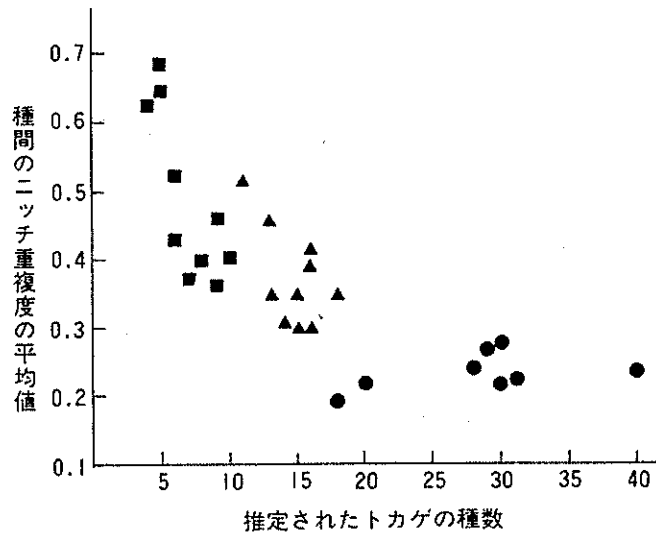


図1. 28の調査地におけるトカゲの種数と種間のニッチ重複度の平均値との関係. ■は北アメリカの3つの砂漠(グレートベイスン, モハベ, ソノーラ), ▲は南アメリカのカラハリ砂漠, ●はオーストラリアのグレートビクトリア砂漠での各調査地を示す。

問1. Hutchinson は 1957 年に、ニッチを基本ニッチと実現ニッチに区別して定義したが、基本ニッチと実現ニッチの違いについて説明しなさい。

問2. 図1の結果を、基本ニッチと実現ニッチの2語を用いて説明しなさい。

問3. 野外で2種の生物が競争関係にあることを確かめるには、どのような実験を行う必要があるか、またその実験でどのような結果が得られれば、2種の間競争関係があると結論できるか、それぞれ説明しなさい。

問題 XVI. 生物の進化は、誤って理解されていることが多い。その誤りについて、以下の問 1～問 2 に答えなさい。

問 1. 「生物の進化は、適者（最適者）生存（Survival of the fittest）にもとづいて起こる」とよく耳にする。この表現は現代の進化学においては部分的には正しいが、誤解を招きやすい。この表現のどこに問題があるのかを説明しなさい。

問 2. 個体が他個体の世話をすることを利他行動とよぶ。利他行動は、親による子の世話のような行動から、ミツバチやアリのワーカーに見られるように、「自らは子を残さずに兄弟姉妹のために働く」という行動まで含む。このような利他行動は、「その種全体の繁栄のために進化した」という種族繁栄論で説明されることがある。この説明は現代の進化学では誤りとされている。現代の進化学では、動物の利他行動をどのように説明しているかを答えなさい。また、種族繁栄論が誤りである根拠についても、具体的な動物の行動などを例にあげて説明しなさい。

問題 XVII. 捕食者と被食者の相互作用および、捕食－被食関係を通じて生じる間接効果について、以下の問 1～問 3 に答えなさい。

問 1. Lotka と Volterra は、被食者と捕食者の個体数変動を記述する微分方程式モデルとして、

$$\frac{dN}{dt} = rN - aNP$$

$$\frac{dP}{dt} = -dP + eaNP$$

を考えた。ここで、 N は被食者の個体群密度、 P は捕食者の個体群密度、 t は時間、 a, d, e, r はパラメータで定数である。

(1) このモデルはどのような仮定の下に導かれるかを答えなさい。

(2) 図 1 (a), (b) はそれぞれ、 N - P 平面での軌道と N と P の時間変化を表わしている。図 1 (a) の軌道の向きは時計回りか反時計回りかをその理由とともに答えなさい。また、図 1 (b) で曲線アとイのどちらが N で、どちらが P の時間変化を表わしているかを、その理由とともに答えなさい。

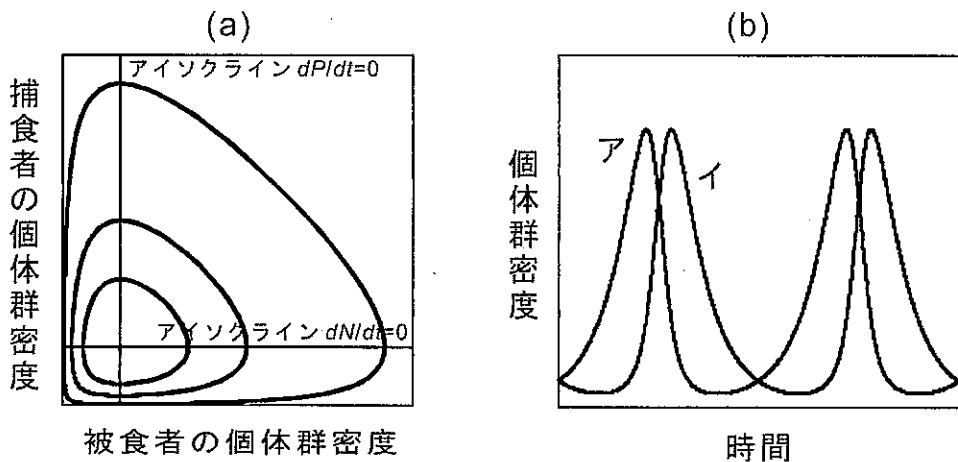


図 1. Lotka-Volterra の捕食者－被食者モデルにしたがって変化する個体群密度。(a) 横軸を被食者の個体群密度、縦軸を捕食者の個体群密度とする相平面での軌道。(b) 捕食者と被食者の個体群密度の時間変化。

問2. 図2は間接相互作用の模式図で、矢印とそれについて符号は、食うものと食われるものの関係において、一方の種が他方の種の成長率に及ぼす効果を表している。

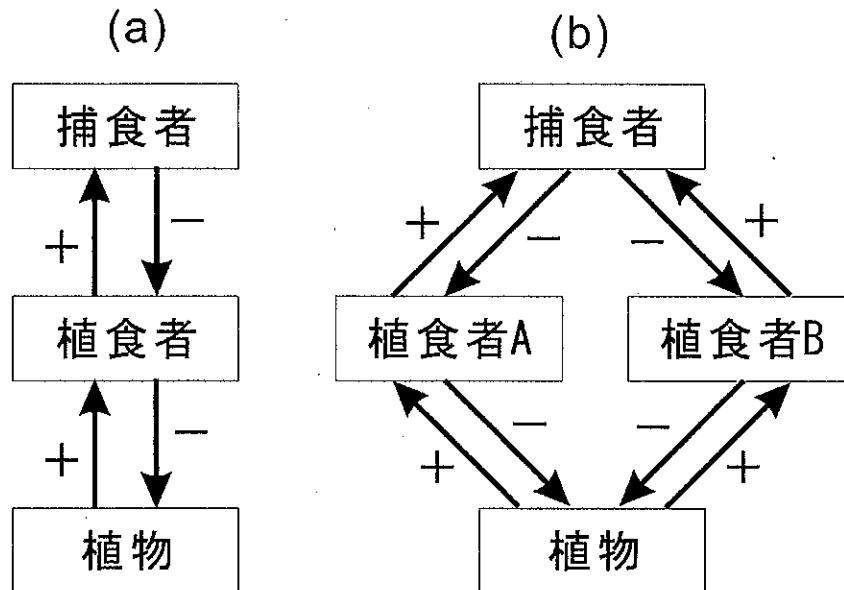


図2. 間接相互作用の例. 矢印につく符号は、矢印の基点の種から矢印の先端の種の成長率への影響の符号を表わしている。

- (1) 図2(a)において、捕食者と植物は植食者を通じて互いにどのような効果を及ぼすか、そしてこのような関係は何とよばれるかを答えなさい。
- (2) 図2(a)の食物連鎖で、それぞれの栄養段階における競争の強弱について、Hairston と Smith と Slobodkin が 1960 年に発表した考えを説明しなさい。
- (3) 図2(b)において、植食者 A と植食者 B は、植物を通じて互いにどんな影響を及ぼすか、そしてこのような関係は何とよばれるかを答えなさい。
- (4) 図2(b)において、植食者 A と植食者 B は捕食者を通じて互いにどんな影響を及ぼすか、そしてこのような関係は何とよばれるかを答えなさい。

問題 XVIII. 生物個体群に関する以下の問 1 と問 2 に答えなさい。

問 1. 下の表は、ある哺乳類の同時出生集団 (cohort) の雌の生命表である。この表を見て、以下の問に答えなさい。

年齢 (年)	齢別個体数 (n_x)	齢別相対個 体数 (l_x)	齢別出産数 (F_x)	齢別出産率 (m_x)	$l_x m_x$
0	680	1.000	0	0.00	0.00
1	544	(ア)	0	0.00	0.00
2	289	0.425	0	0.00	0.00
3	68	(イ)	425	(オ)	(キ)
4	34	(ウ)	221	(カ)	(ク)
5	17	(エ)	0	0.00	0.00
合計					(ケ)

(1) 上の表の空欄 (ア) ~ (ケ) を、数値で埋めなさい。

(2) 上の表の空欄 (ケ) に入る最後の列の合計値をどのようによび、その値からこの個体群の成長について何がわかるかを答えなさい。

問 2. 以下の生態学の用語を簡潔に説明しなさい。

(1) ロジスティック成長

(2) 相変異

(3) 自己間引き

(4) 自殖と栄養繁殖

(5) メタ個体群

問題 XIX. 以下の問1と問2に答えなさい.

問1. 実数列 $\{x_n\}$ および実関数列 $\{f_n(x)\}$ ($n=1,2,\dots$)に関する以下の命題は正しいかどうかを答えなさい. 正しい場合は証明し, 正しくない場合は反例を示しなさい.

(1) $\{x_n\}$ が収束するならば, $\{x_n^2\}$ は収束する.

(2) $\{x_n^2\}$ が収束するならば, $\{x_n\}$ は収束する.

(3) $\left\{\frac{1}{x_n}\right\}$ が0でない値に収束するならば, $\{x_n\}$ は収束する.

(4) 任意の自然数 n に対して $f_n(x)$ が連続であり, かつ任意の実数 a に対して $\{f_n(a)\}$ の値が収束するならば, $f(x) = \lim_{n \rightarrow \infty} f_n(x)$ で定義される関数 $f(x)$ は連続である.

問2. $x^2 + y^2 \leq 1$, $x \geq 0$, $y \geq 0$ で表される (x,y) 平面上の領域 D における次の積分の値を求めなさい.

(1) $\iint_D (x+y)^2 dx dy$

(2) $\iint_D (x^3 + y^3) dx dy$

問題 XX. 以下の問 1 と問 2 に答えなさい.

問 1. ベクトルについて以下の問に答えなさい.

(1) 2つのベクトル

$$\mathbf{a}_1 = \begin{pmatrix} 2/3 \\ 1/3 \\ 2/3 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{a}_2 = \begin{pmatrix} -2/3 \\ 2/3 \\ 1/3 \end{pmatrix}$$

と直交する単位ベクトル \mathbf{a}_3 を求めなさい.

(2) ベクトル \mathbf{b} をベクトル $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3$ の一次結合で表しなさい.

$$\mathbf{b} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

問 2. 次の行列 \mathbf{A} と自然数 n について, 行列のべき乗 \mathbf{A}^n を求めなさい.

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} -2 & 2 & -3 \\ 2 & 1 & -6 \\ -1 & -2 & 0 \end{pmatrix}$$