金沢大学

2018 年度　前期日程　生物

1 次の文を読んで，問 1〜7 に答えなさい。

生命の最小単位である細胞は，細胞膜に包まれている。①細胞膜は主にリン脂質とタンパク質からなり，厚さは約 (ア) である。細胞膜は細胞内部と外部とを隔てる境界となっている。しかし，細胞内の環境を維持したり，外部の環境変化に応答したりして生命活動を営むためには，細胞は細胞膜を通して隣接する細胞や外部と物質や情報をやりとりしなければならない。②酸素やステロイドホルモンのような物質は拡散により細胞膜を通過できるが，その他の多くの物質の場合，細胞膜を横切る物質の移動には細胞膜内のタンパク質が関与する。輸送にかかわるタンパク質（輸送タンパク質）には物質に対する特異性があるため，細胞膜は (イ) 性を示す。細胞膜内には様々な物質に対応して多種類の輸送タンパク質が存在する。このような輸送タンパク質を介した物質の輸送には，濃度の高い側から低い側に物質が自発的に移動する (ウ) と，エネルギーを使って濃度勾配に逆らう方向に物質を移動させる (エ) がある。グルコース輸送タンパク質には，グルコースの (ウ) に関与するものと，(エ) に関与するものがあり，どちらも細胞膜を横切ってグルコースを輸送する。③これらの輸送タンパク質によるグルコースの輸送において，グルコースの濃度と輸送速度の関係は，酵素反応における基質濃度と反応速度の関係に似ている。

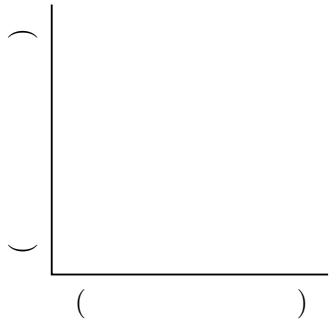
真核生物において，細胞膜は一度完成するとそのままの状態がずっと維持されるのではなく，内部に陥入して小胞となり，細胞質基質へと取り込まれたり，逆に細胞質基質にあった小胞が細胞膜と融合したりして，④絶えず膜成分が入れ替わっている。その際に，細胞外にあった物質が膜に囲まれて取り込まれたり，細胞内にあった物質が細胞外に放出されたりする。⑤比較的大きい物質であるタンパク質が輸送される際には，このようにして細胞膜を通過する。

問 1. (ア)〜(エ) にあてはまる適当な数字または語を入れなさい。(ア) には単位を含めなさい。

問 2. 下線部①において，細胞膜中でリン脂質やタンパク質はどのように配置しているか，リン脂質の構造的特徴を含めて説明しなさい。（解答欄　16×2 cm）

問 3. 下線部②のような物質の一般的な性質について説明しなさい。

問 4. 下線部③について，右図にグルコースの濃度と輸送速度の関係を示すグラフを描き，横軸と縦軸が何を表しているかを書き入れなさい。さらに，グラフの形がそのようになる理由について説明しなさい。



問 5. 下線部④について，細胞が 1 辺 10 μm の立方体であり，細胞膜が 1 分間に 12 μm^2 入れ替わるとすると，1

分間に入れ替わる細胞膜の表面積は何 % か，計算して答えなさい。さらに，この速度で入れ替わるとき，細胞膜全体が入れ替わるために必要とされる時間はどのくらいか，計算して答えなさい。ただし，細胞膜は全体が均一であり，かつ一度入れ替わった領域はそのまま維持されると仮定する。

問 6. 下線部⑤について，動物細胞において，細胞内に取り込まれたタンパク質の一部は，リソソームに送り込まれる。リソソームに送り込まれたタンパク質はどのような物質に変化するか，理由とともに答えなさい。（解答欄 16×2 cm）

問 7. 両生類の神経胚から将来表皮になる領域の細胞塊と神経板細胞塊を取り出し，それぞれ単一細胞に解離してから混合すると，2 種の細胞が入り混じって再集合した細胞塊が形成される。しかし，時間が経つと 2 種の細胞は空間的に分離する。このような現象から，神経板細胞の細胞膜上には 2 種類の因子が存在することが推測される。どのような因子が存在するか，それぞれについて「同種細胞」と「異種細胞」という 2 つの語を用いて答えなさい。（解答欄　16 cm 2 行）

2 次の文を読んで，問 1〜3 に答えなさい。

血液は，有形成分である (ア) と液体成分である (イ) からなり，ヒトでは，体重の約 13 分の 1 を占めている。多くの動物は，血液を循環させるための心臓や血管をもっている。脊椎動物では，動脈と静脈が毛細血管により連絡した (ウ) 血管系をもち，血液を効率よく一定の方向に循環できるようになっている。鳥類や哺乳類などのように (エ) 心房 (オ) 心室の心臓をもつ脊椎動物では，血液の循環は，肺を循環する肺循環と全身を循環する体循環からなる。全身的な血流量の調節は，心臓の拍動の頻度や収縮力の強弱を調節することで行われている。また，組織や器官ごとへの血流量の調節は，各臓器の毛細血管への入り口の大きさを変えることで行われている。

問 1. (ア)〜(オ) にあてはまる適当な語または数字を入れなさい。

問 2. 呼吸および循環に関し，(1)〜(5) に答えなさい。

(1) ジョギングなどの運動では，骨格筋が収縮と弛緩を繰り返している。そのような運動時の筋細胞の中で ATP を必要とする過程を 3 つあげなさい。（解答欄　15 cm 3 行）

(2) ジョギングなどの運動をすると，呼吸数および心拍数は増加する。このように変化することの生理的意義を「ATP」という語を含めて説明しなさい。（解答欄　15×2 cm）

(3) 呼吸および循環を調節している最も重要な脳部位はどこか，答えなさい。また，心拍数の増加をもたらす神経は何か，答えなさい。

(4) 図 1 は，ヒトの安静時と運動時の主要な臓器（脳，肺，腎臓，肝臓と消化管，骨格筋）の血流量を示している。グラフの A と B はどの臓器の血流量を示しているか，それぞれ選んで答えなさい。また，そのように考えた理由を説明しなさい。（理由の解答欄　13.5×2.5 cm）

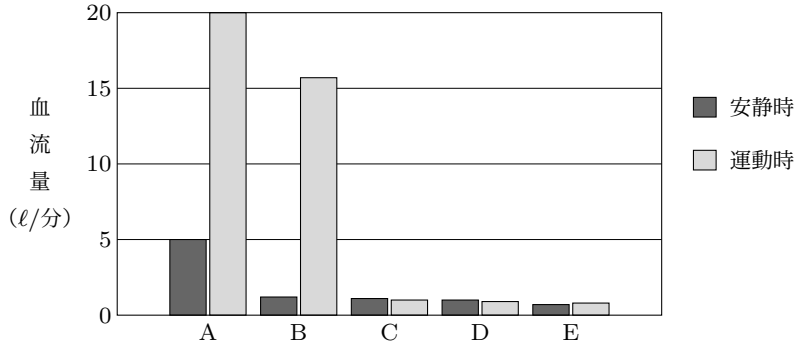


図 1

(5) 血液量と血流量から計算すると，左心室を出た血液が再び左心室に戻る時間はどのくらいになると推定されるか，計算式とともに答えなさい。ただし，体重は 65 kg，血液の比重は 1，血流量は図 1 の安静時の値とする

問 3. 図 2 は，ヒトの左心室から右心房までの体循環の血管系の模式図である。また，表は各血管部位の性質をまとめたものである。これらの図と表を参考にして，(1) と (2) に答えなさい。

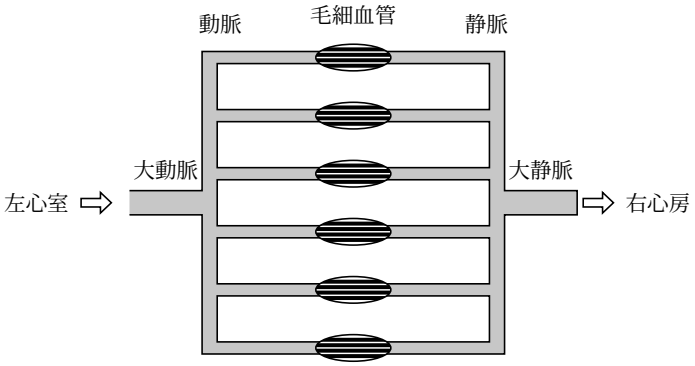


図 2

表

	内径 (mm)	総断面積 (cm^2)	血液量 (%)	血圧 (mmHg)
大動脈	25	5	8	100
動脈	0.03	40	7	50
毛細血管	0.008	2500	5	20
静脈	0.04	250	25	15
大静脈	30	7	35	5

(1) 安静時において，大動脈での平均血流速度が 20 cm/秒であるとすると，毛細血管での血流速度はどのよう

な値であると推定されるか，計算して答えなさい。

(2) (1) で得られた毛細血管での血流速度が大動脈と比べて大きく異なることの生理的意義を説明しなさい。（解答欄　15×2 cm）

3 問 1 と 2 に答えなさい。

問 1. 次の文を読んで，(1)〜(3) に答えなさい。

塩基置換を生じさせる化合物を雄マウスの腹腔に投与することにより，染色体の任意の座位に突然変異が生じた精子を得ることができる。この化合物を与えた雄マウスと野生型雌マウスを交配して，雄マウス（個体 2）を得た。この雄マウスに再度野生型雌マウス（個体 1）を交配して，雄（個体 4）と雌（個体 3）マウスがそれぞれ得られた。これらの雄と雌マウスを交配した結果，雄の行動異常変異体マウス（個体 6）が現れた。この一連の交配の家系図を次ページの図 1 に示す。♀は雌，♂は雄の個体を示し，丸が塗りつぶされた個体は行動異常を示した個体である。また記号の肩数字は個体番号を示す。

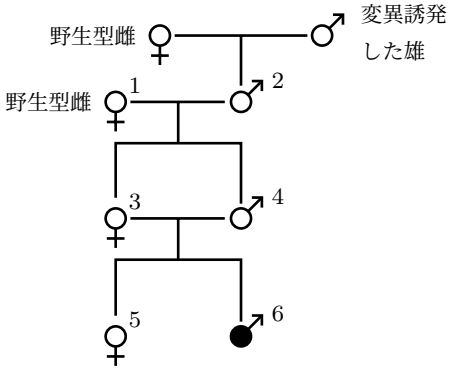


図 1

(1) この行動異常は，脳内で発現しているある遺伝子 a の変異が原因であることが予想された。個体 1 及び 2 のマウスの脳から，遺伝子 a がコードする転写調節タンパク質 A を抽出してタンパク質電気泳動をした結果を図 2 に示す。電気泳動により，移動度の小さい（分子量の大きい）タンパク質と，移動度の大きい（分子量の小さい）タンパク質を，分離したバンドとして検出することができる。個体 3〜6 の脳由来のタンパク質 A の電気泳動結果について，考えられるものをすべて，図 3 の (ア)〜(ウ) より選んで答えなさい。

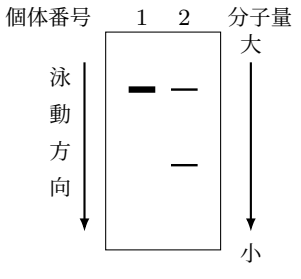


図 2

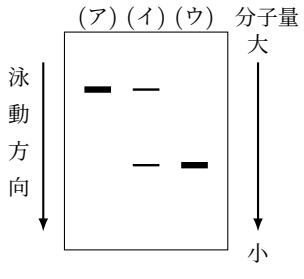


図 3

(2) 個体 6 のマウスのタンパク質 A をコードする遺伝子 a に生じた変異について考えられるものをすべて，下の (a)〜(f) より選んで答えなさい。

(a) タンパク質コード領域内の塩基置換により，1 アミノ酸置換が生じた。

(b) タンパク質コード領域内の塩基置換により，終止コドンが出現した。

(c) イントロン配列の塩基置換により，スプライシング異常が生じ，野生型より長いタンパク質コード領域となった。

(d) イントロン配列の塩基置換により，スプライシング異常が生じ，野生型より短いタンパク質コード領域となった。

(e) プロモーター領域に生じた塩基置換により，転写量が増加した。

(f) プロモーター領域に生じた塩基置換により，転写量が減少した。

(3) 自然界のマウスも遺伝子 a の対立遺伝子双方に変異を有するとやはり行動異常を示すことが知られている。ある地域に生息するマウス集団において，この行動異常を示す個体は，62,500 匹中 1 匹の割合で生まれた。この集団中の遺伝子 a について，野生型遺伝子と変異型遺伝子の頻度の比を求めなさい。また，ヘテロ接合体のマウスの出現率（%）を計算しなさい。出現率は小数点以下第 3 位を四捨五入しなさい。この集団中の遺伝子 a の対立遺伝子は野生型と変異型だけであると考えてよい。またこの集団においてはハーディー・ワインベルグの法則が成立すると仮定する。

問 2. 次の文を読んで，(1)〜(5) に答えなさい。

問 1 で得られた個体 6 の雄マウスは毛色をコードする既知の遺伝子 b にも変異を有していたため，野生型と違う毛色を示した。ただし，一連の交配に用いたあるいは得られたマウスで，毛色が野生型と違うのは個体 6 のみであった。また，遺伝子 a は遺伝子 b と同じ染色体上にあることがわかった。そこで，毛色遺伝子 b に対する遺伝子 a の染色体座位を決定するために，両遺伝子の組換え率を以下の実験により求めた。個体 6 と野生型の雌マウス（遺伝子型は a^+b^+/a^+b^+）を交配し，F_1 で複数の雄と雌の子を得た（遺伝子型は a^+b^+/a^-b^-）。これらの雄と雌を交配して得た F_2 の多数の子マウスの表現型を解析した。組換え率を r（$0 < r < 0.5$）で示すと，遺伝子型が a^+b^+/a^-b^- であるマウス由来の精子と卵子の遺伝子型の出現比は，$a^+b^+ : a^+b^- : a^-b^+ : a^-b^- = 1-r : r : r : 1-r$ と表すことができる。ただし，それぞれ $+$ は野生型遺伝子を，$-$ は変異型遺伝子を示す。

(1) 組換え率の決定のために得られたマウスの遺伝子型の出現率は，交配に用いたマウス由来の精子と卵子の遺伝子型にもとづいて，表 1 で示すように計算できる。表 1 の (ア)〜(ウ) について r を用いて表しなさい。

表 1

		精子			
		a^+b^+	a^+b^-	a^-b^+	a^-b^-
卵子	a^+b^+	(ア)	(イ)	(イ)	(ア)
	a^+b^-	(イ)	r^2	(ウ)	(イ)
	a^-b^+	(イ)	(ウ)	r^2	(イ)
	a^-b^-	(ア)	(イ)	(イ)	(ア)

(2) 表 1 にもとづき，得られたマウスの表現型の出現比 $[++] : [+-] : [-+] : [--]$ について，r を用いて

表しなさい。ただし，[＋＋] は両表現型が野生型，[＋－] は，行動は正常で毛色の表現型は変異型，[－＋] は行動異常を示して毛色の表現型は野生型，[－－] は行動異常を示しかつ毛色も変異型であることを示す。

(3) 4 種の表現型を用いて，K を次の式で定義する。(2) で求めた表現型の出現比の値を用いて，K を表しなさい。

$$\mathrm{K} = \frac{[+-]+[-+]}{[++]+[+-]+[-+]+[--]}$$

(4) 実際の実験では，表 2 で示した 4 種の表現型のマウスを得ることができた。表 2 の実測値を用いて，K を求めなさい。値は小数点以下第 3 位を四捨五入しなさい。

表 2

表現型	[＋＋]	[＋－]	[－＋]	[－－]
個体数	169	20	24	37

(5) (3) で得られた K に関する理論式，および (4) で得られた K に関する実験値を組み合わせると，r についての方程式が成立する。この方程式を解いて，遺伝子 a と遺伝子 b の組換え率 r を求めなさい。

4 問 1 と 2 に答えなさい。

問 1. 次の文を読み，(1) と (2) に答えなさい。

種は生物を分類するときの基本単位である。種の概念にはいくつかあり，その中の 1 つとして種は共通した形態的な特徴をもつ個体の集まりと定義される。種を表す学名にはリンネの（ ア ）が使用され，その学名は（ イ ）と（ ウ ）からなる。種によって染色体の（ エ ）が決まっている。多くの生物では体細胞の染色体数は（ エ ）の 2 倍である。近縁の種では染色体数が 3 倍や 4 倍の個体がありこれを（ オ ）という。

外部の形態だけでは同種か別種かを判断できない場合も多い。①交配で生まれた子に生殖能力があるかどうかを同種か別種の基準にして定義される種を生物学的種とよぶ。生物学的な種概念では，生殖能力がない場合，（ カ ）が成立し種が分化した状態であると判断する。（ カ ）のため交配集団の遺伝子頻度が世代とともに変化し，その結果さまざまな形質の変化が引き起こされる。

(1) （ ア ）〜（ カ ）にあてはまる適当な語を入れなさい。

(2) 下線部①の概念を適用できない場合がある。どのような場合か，1 つ答えなさい。

問 2. 次の文を読み，(1)〜(4) に答えなさい。

ある一年生草本植物の種は日本国内に広く分布しているが，地域ごとに形態的な変異があり複数の種に分けられることもある。そこで，この植物は生物学的種概念では何種になるかを調べるために，以下の実験や観察を行った。

この植物が生育している 8 地域（地域 A から H）を選んだ。それぞれの地域は互いにじゅうぶんに離れている。この植物の生育地は，地域 C を除く 7 地域は山地であるが，地域 C は海岸近くである。このことから，地域集団 C は過去に山地の生育地の種子が水流で運ばれてできたと考えられている。A から H の地域集団それぞれから複数の個体を選び種子を採取した。それらを植木鉢にまき温室内で栽培したところ，いずれの集団から採取された種子もよく発芽し，成長・開花した。

地域集団内および集団間の個体の交配で正常な子孫が生まれるかどうかを調べるために，開花した個体を用い

て交配実験を行った。花粉親の花粉を胚珠親（雄しべは実験前に除いてある）の柱頭にふりかけ，これを複数の個体間で相互に行った。この交配結果を表に示す。＋は交配でできた種子は発芽・成長し正常な花粉と胚珠をつくったことを示し，－は交配しても正常な種子ができなかったことを示している。±は交配でできた種子は発芽・成長したが正常な花粉と胚珠をつくることができなかったことを示している。

表

胚珠親＼花粉親	A	B	C	D	E	F	G	H
A	＋	－	－	±	＋	－	－	＋
B	－	＋	－	－	±	－	＋	－
C	－	－	＋	－	－	－	－	±
D	±	－	－	＋	±	＋	－	－
E	＋	±	－	±	＋	－	－	＋
F	－	－	－	＋	－	＋	±	－
G	－	＋	－	－	－	±	＋	－
H	＋	－	±	－	＋	－	－	＋

栽培した植物の根の先端を切り取り酢酸オルセイン液で染色し染色体数の観察を行った。その結果，地域集団A，B，C，E，G，Hの染色体数は14本，DとFは28本であった。

(1) 同じ集団内の個体間の交配はいずれの地域集団でも＋であった。この結果からどのようなことがわかるか，(ア)〜(ウ)から選びなさい。

(ア) いずれの地域集団においても集団内の個体は自由に交配する1つの繁殖集団からなる。

(イ) 1つの繁殖集団からなる集団と2つ以上の繁殖集団からなる地域集団がある。

(ウ) いずれの地域集団においてもいくつの繁殖集団からなるかはわからない。

(2) 地域集団AとDの個体間での交配は±であった。(a)と(b)に答えなさい。

(a) 交配でできた個体の染色体数を答えなさい。

(b) この交配でできた子孫は正常な花粉と胚珠ができなかった。その原因を答えなさい。（解答欄　14×2 cm）

(3) 実験結果に基づくと，地域集団Cは独立した種である。A〜Hの8集団は生物学的種概念では何種になるか，答えなさい。また，同種と考えられる地域集団を1つの（　）に入れて示しなさい。例：(C)。

(4) 地域集団Cが種分化した要因として，遺伝的浮動あるいは自然選択が考えられる。(a)と(b)に答えなさい。

(a) 遺伝的浮動による種分化の場合，どのようなことが起こったと考えられるか，「集団サイズ」，「対立遺伝子の頻度」，「遺伝子プール」という3つの語を用いて説明しなさい。（解答欄　14×4 cm）

(b) 自然選択による種分化の場合，どのようなことが起こったと考えられるか，「環境」，「生存・繁殖」，「遺伝子プール」という3つの語を用いて説明しなさい。（解答欄　14×4 cm）

5 問 1 と 2 に答えなさい。

問 1. 次の文を読み，(1)〜(4) に答えなさい。

自然界には多くの生物が生活しており，ある一定の地域に生息する同種の個体の集まりを個体群という。個体群を構成する個体は群れをつくったり，個体同士で反発し，単独で生活する場合もある。そのため個体が分布する様式は環境的要因だけでなく，その種の生活様式や行動，種間関係などの生物的要因も反映している。主な生物の分布様式には (ア)，(イ)，集中分布の 3 つがある。もっとも多くみられるのは集中分布である。①(ア) はいくつかの動物種で繁殖を行う時期に多くみられる。図 1 は一定の地域で，ある生物種が (イ) を示す個体の空間分布図であり，黒点は各個体を表している。②図 2 はその分布様式における単位面積あたりの個体数の度数分布を示したグラフである。

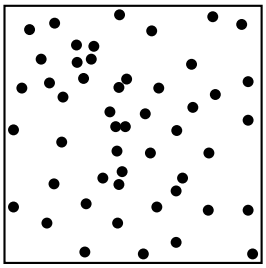


図 1

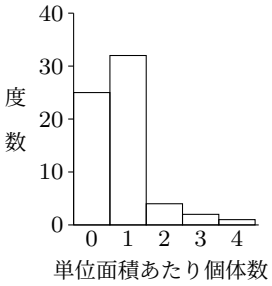


図 2

(1) (ア) と (イ) にあてはまる適当な語を入れなさい。

(2) 下線部①について，(a)〜(e) の動物種のうち繁殖期に (ア) に近い分布様式を示す種をすべて選び，アルファベットで答えなさい。また，なぜその分布様式を示すのか，その理由を説明しなさい。(理由の解答欄 13.5×2 cm)

(a) ドジョウ　(b) トノサマガエル　(c) ニホンヤモリ　(d) ウグイス　(e) ニホンカモシカ

(3) 下線部②の種が図 1 の空間内で集中分布を示した場合，単位面積あたりの個体数の度数分布グラフはどのようになると予想されるか，図 3 の (a)〜(c) の中から選び，アルファベットで答えなさい。また，その理由を説明しなさい。(理由の解答欄　13.5×2 cm)

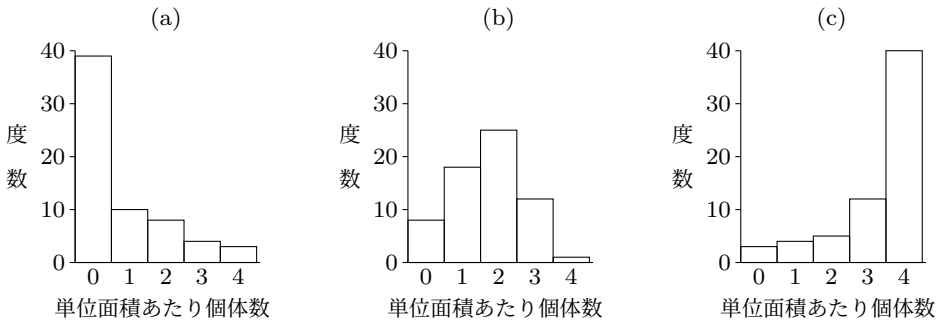


図 3

(4) セイヨウタンポポでは，一定の空間内で発芽した直後の実生個体と，その後同じ空間内で成長した開花個体の分布様式は異なる。それぞれの生育段階の分布に近い様式の名称を記し，そのような分布様式を示す理由を説明しなさい。（理由の解答欄　各 12×2 cm）

問 2. 次の文を読み，(1)〜(3) に答えなさい。

種子食性の小型の甲虫（体長 3〜4 mm，体幅 2〜3 mm）の，A 種と B 種を用いて以下の 3 つの飼育実験を行った。これらの実験をそれぞれ 3 回ずつ行い，3 ヶ月後，各種の平均個体数を調べた。表はその実験結果を示している。すべての飼育実験で餌として小麦を十分に与え，また飼育スペース，温度，湿度は同じ条件で行った。

[実験 1] A 種と B 種それぞれ雄 20 個体，雌 20 個体を同じケースに入れ，飼育した。

[実験 2] A 種と B 種それぞれ雄 20 個体，雌 20 個体と，さらに直径 5 mm，長さ 10 mm の竹製の筒 50 個を 1 つのケースに入れて実験 1 と同様に飼育を行った。また，この飼育期間中，特に B 種で筒の中に入って隠れる行動がみられた。

[実験 3] A 種と B 種それぞれ雄 20 個体，雌 20 個体と，この 2 種に捕食寄生するダニの 1 種を 20 個体，1 つのケースに入れて実験 1 と同様に飼育を行った。A 種と B 種はこのダニに同じ頻度で捕食されることがわかっている。

表

	平均個体数	
	A 種	B 種
実験 1	128.6	9.3
実験 2	99	83.3
実験 3	60.6	56

(1) 実験 1 でみられた A 種と B 種の間にあると考えられる相互関係の名称を記しなさい。

(2) 実験 1 の結果と比較して，実験 2 の B 種の平均個体数が増加した理由を以下の 3 つの語をすべて用いて説明しなさい。（解答欄　15×3 cm）

空間，住みわけ，生態的地位

(3) 実験 1 の結果と比較して，実験 3 の A 種と B 種の平均個体数が近い値となった理由を説明しなさい。（解答欄　15×3 cm）