

前期

理系

平成 30 年度入学試験学力検査問題

理 科・地理歴史・数 学 ※数学は、数理科学科志望者のみ

〔理学部，都市環境学部：地理環境学科—150 分
都市環境学部(都市政策科学科 文系区分を除く)，
システムデザイン学部(インダストリアルアート学科を除く) 75 分〕

答案用紙

・物 理 3 枚 ・化 学 3 枚 ・生 物 3 枚
・地 学 2 枚 ・地 理 3 枚 ・数 学 3 枚

注 意

1. 監督員の合図があるまで，問題の内容を見てはいけません。
2. 数学は，筆記用具のほか定規，コンパスの使用を認めます。
ただし，分度器の使用は認めません。
3. 受験番号及び氏名は，答案用紙の所定欄に必ず記入してください。

(例) 受験番号 1234567X の場合

		1	2	3
4	5	6	7	X

4. 解答には黒鉛筆またはシャープペンシルを使用し，必ず配付された答案用紙に記入してください。なお，地学は裏面にも解答欄があるので注意してください。
答案用紙には，解答に関係のないことを記入してはいけません。
5. 字数指定の設問で解答欄にマス目が用意されている場合，アルファベット及び数字は，1 マスに 2 字記入しても構いません。
6. 問題は次に示したページにあります。
・物 理 1 ページ～ 8 ページ ・化 学 9 ページ～17 ページ
・生 物 18 ページ～34 ページ ・地 学 35 ページ～40 ページ
・地 理 41 ページ～49 ページ ・数 学 50 ページ～51 ページ
7. 試験中に不鮮明な印刷等に気付いた時は，手をあげて監督員に申し出てください。
8. 答案用紙を切り取ったり，持ち帰ったりしてはいけません。
9. 問題冊子の余白は利用可能ですが，どのページも切り離してはいけません。
10. 問題冊子は，持ち帰ってください。また，試験終了時刻まで退室できません。

生 物

すべての問いについて、解答は答案用紙の指定された枠内に収めること。

1 次の文章を読み、以下の問1～問3に答えなさい。

図1左に示すように、ショウジョウバエの口器の先には多くの種類の感覚毛があり、味覚の受容器となっている。これらの感覚毛の内部には、神経細胞が樹状突起を伸ばしており、その神経細胞には複数の味覚受容体が発現している。また、図1右に示すように、口器の先にある感覚毛の一つである感覚毛Sの中には、味覚受容体Rを発現する神経細胞Nが樹状突起を伸ばしている。味覚の受容の仕組みを調べるために、2種類の系統(系統1および系統2)のショウジョウバエと、2種類の溶液(溶液AおよびB)を用いて、以下の【実験1】～【実験3】を行った。なお、系統2は、系統1に突然変異が生じて味覚受容体Rの機能を失った系統である。

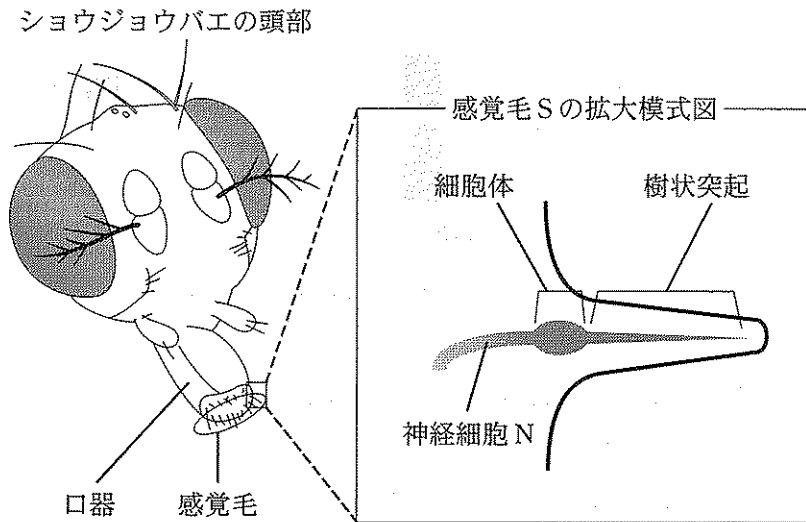


図1 ショウジョウバエの頭部(左)と口器先端にある感覚毛Sの構造(右)

【実験1】 系統1の個体について、感覚毛Sの先端に溶液Aおよび溶液Bをそれぞれ添加した直後に神経細胞Nの活動電位を記録したところ、図2のような結果が得られた。

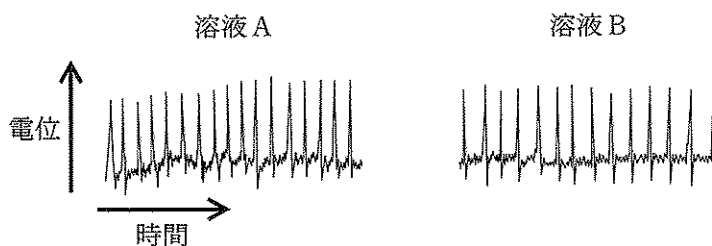


図2 【実験1】の結果

【実験2】 系統2の個体についても【実験1】と同様の実験を行い、神経細胞Nに発生した活動電位の頻度(単位時間あたりの発生回数)を系統ごとに求め、図3にまとめた。

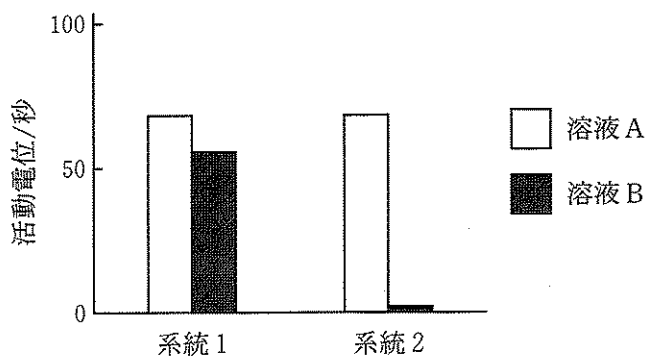


図3 【実験2】の結果

【実験3】 溶液Aまたは溶液Bをショ糖溶液に混ぜたのち、図4アのような細いガラス管に入れ、管の端からショウジョウバエに摂食させた。その後、それぞれの溶液について摂食した量を調べ、結果を図4イにまとめた。

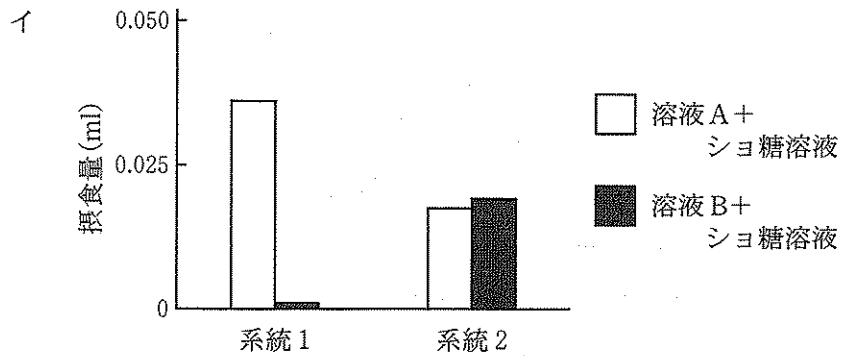
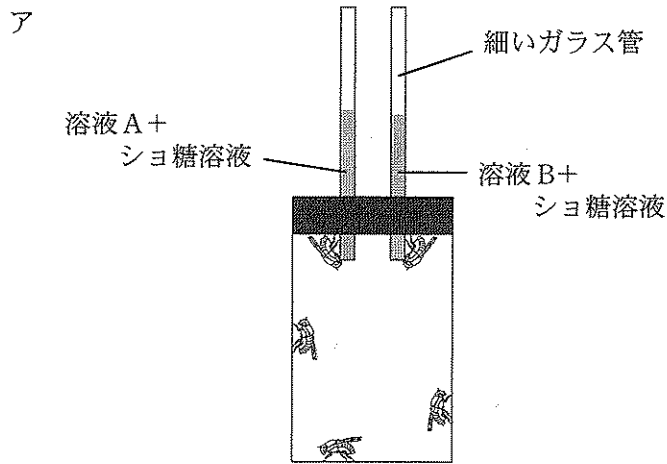


図 4 【実験 3】の方法および結果

ア：摂食した溶液の量を測定する実験装置。

イ：溶液 A および溶液 B の摂食量。摂食量は、1 個体が 1 時間あたりに摂食した量として表す。

問 1 【実験 1】～【実験 3】に関して、以下の(1)および(2)に答えなさい。

(1) 【実験 1】について、系統 1 の個体の感覚毛 S に添加する溶液 A の濃度を低くしていくと、活動電位の大きさと頻度は図 2 と比べてどのように変化すると考えられるか、答えなさい。

(2) 【実験 2】と【実験 3】の両方の結果をふまえ、系統 2 のショウジョウバエの溶液 B を含むショ糖溶液に対する摂食行動について説明しなさい。

問 2 味覚受容体 R をコードする遺伝子 r を同定するため、以下の【実験 4】および【実験 5】を行った。ショウジョウバエの染色体は I ~ IV の 4 対あり、染色体 I は性染色体 (X または Y 染色体) である。

【実験 4】 系統 1 のメスと系統 2 のオスを交配させ、図 5 アのように、系統 1 由来の染色体と系統 2 由来の染色体をヘテロ接合体として持つ F_1 雑種のメスを得た。次に、この F_1 雑種の味覚を調べたところ、その表現型は系統 1 と同じであった。

【実験 5】 【実験 4】で得られた F_1 雑種同士で交配を行い、子孫 F_2 を得た。次に、 F_2 と系統 2 を掛け合わせ、生まれてきたメス (9 個体) について、それらの染色体が系統 1 と系統 2 のいずれに由来しているのか調べた。その結果、9 個体のうち 3 個体 (個体①~③) では、図 5 イに示すように、染色体内での組換えが起きていないことが分かった。また、残りの 6 個体 (個体④~⑨) については、系統 1 および系統 2 由来の染色体領域が、図 5 ウのように分布していた。さらに、上記 9 個体の味覚の表現型がどちらの系統と一致しているかについても調べ、その結果を図 5 イおよび図 5 ウの右端に記した。

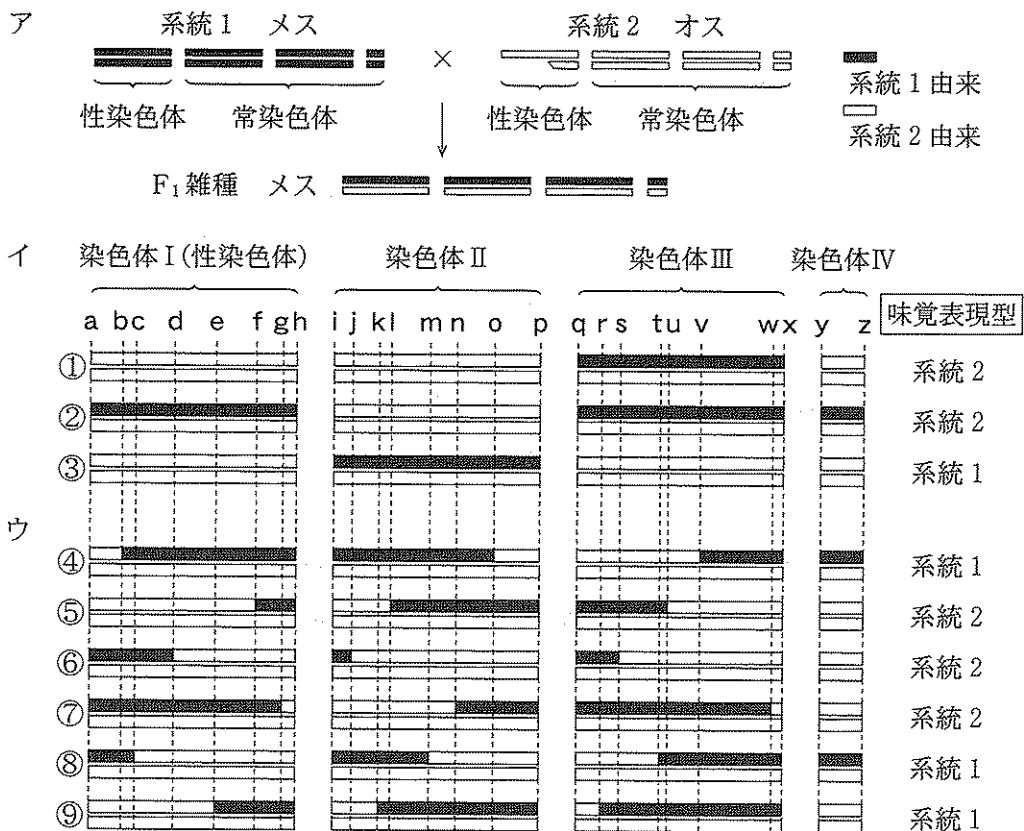


図5 【実験4】および【実験5】の結果

アは【実験4】の結果，イとウは【実験5】の結果を示す。

a~zは，染色体上の位置を示す。

【実験4】および【実験5】に関して，以下の(1)~(3)に答えなさい。

(1) 【実験4】の結果，および【実験5】の図5イに示された結果から，遺伝子rはどの染色体上にある遺伝子であると考えられるか，答えなさい。

(2) 【実験5】の結果から，遺伝子rが存在すると考えられる染色体の領域を，下の例のように答えなさい。その際，領域はできるだけ狭い範囲で解答しなさい。

例) aとbの間

(3) 【実験4】および【実験5】から、遺伝子 r が含まれる染色体の領域は5センチモルガンと考えられた。センチモルガンとは染色体上の距離を表す単位であり、1センチモルガンの領域では、減数分裂100回あたり組換えが1回起こる。ゆえに、1センチモルガンは組換え価1%と同義である。染色体上における遺伝子 r の位置をより厳密に決定するために、この5センチモルガンの領域の中で組換えが起こった個体を10個体得たい。そのためには、 F_2 と系統2と掛け合わせて生まれた個体をあと何個体用いて、【実験5】のように、染色体領域の由来および味覚の表現型を調べる必要があるか、計算式とともに答えなさい。

問3 【実験5】をさらに進めたことにより、味覚受容体 R をコードする遺伝子 r が同定され、そのDNA塩基配列が決定された。また、多くのショウジョウバエのなかまが遺伝子 r と類似した遺伝子(相同遺伝子)をゲノム中に持っていることが分かった。以下の(1)~(3)に答えなさい。

(1) 比較的近縁なショウジョウバエのなかま α 種と β 種の味覚受容体 R について、アミノ酸配列を並べて比較したところ、100%一致していた(一致度100%)。次に、アミノ酸配列をコードしているDNA塩基配列を比較したところ、2種の塩基配列間で一致していた塩基は94%であった(一致度94%)。なぜ、このようにアミノ酸配列と塩基配列の間で一致度の違いが生じたのか、その理由として考えられることを答えなさい。

(2) α 種と β 種の味覚受容体遺伝子 r のイントロンのDNA塩基配列を比較すると、一致度は80%であった。アミノ酸をコードしている領域に比べてイントロンの領域の塩基の一致度が低い理由について答えなさい。

(3) 味覚受容体遺伝子 r のヌクレオチド組成を調べたところ、グアニンが22%であった。この時、チミンは何%であるか答えなさい。

2

次の文章を読み、以下の問1～問4に答えなさい。

被子植物の花は生殖器官であり、がく片、花弁、おしべ、めしべからなる。おしべの葯から放出された花粉がめしべの柱頭へと運ばれて受粉し、花粉から胚珠に向かって花粉管が伸びる。花粉管が胚のう内に到達すると、重複受精が進行し、胚珠は種子へと発達する。

ある被子植物(P種)には花に二型性があり、図6に示したように、長いめしべと短いおしべをもった花をつける個体(L型)と、短いめしべと長いおしべをもった花をつける個体(S型)がみられる。また、それらは同一集団内で生育している。これら二型の花は、いずれも白色で長さ3 cmほどの細長い筒形の花筒をもち、夜に開花して甘い香りを放ち、花筒の基部に花蜜を蓄える。また、このような花の二型性は一つの遺伝子座によって決定され、L型は劣性のホモ接合体(aa)で、S型はL型に対して優性のヘテロ接合体(Aa)である。なお、 AA という遺伝子型の個体は存在しない。

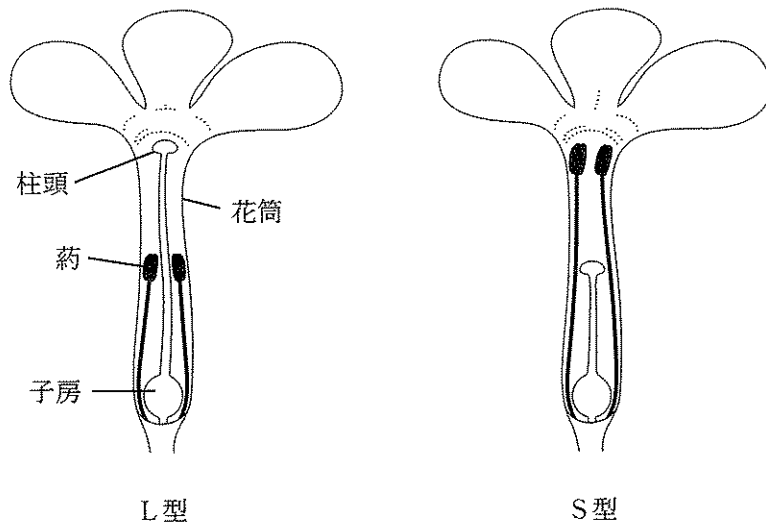


図6 P種の二型の花

問 1 下線部①について、花の各部位が形成される際には、花の原基(花芽分裂組織)の中でそれぞれの部位が決まった領域に形成される。このような領域の決定は、昆虫の胚発生期において体節の性質が決定される過程においても知られている。これらの体の部位の性質が決定される仕組みには共通している点がある。その共通した仕組みについて説明しなさい。

問 2 下線部②をふまえて、最も有効な花粉媒介者と考えられる昆虫を次の a ~ e の中から 1 つ選びなさい。また、それを選んだ理由についても述べなさい。

- a チョウのなかま b ガのなかま c スズメバチのなかま
d ミツバチのなかま e スズムシのなかま

問 3 L型とS型の花の特性を調べるために、以下の【実験1】および【実験2】を行った。次の(1)~(3)について答えなさい。

【実験1】 二型の花を用いて、授粉実験を行った。授粉実験とは、葯からとりだした花粉を、受粉前の柱頭に人工的に付着させるという操作である。表1に示したように、6通りの組み合わせで授粉実験を行った。その後、種子の形成の有無を調べ、結実率((結実した花数/実験した花数)×100)(%)として表1に示した。なお、P種では一つの花に1個の種子が形成される。

表1 P種の二型花についての授粉実験の結果

授粉の組み合わせ	実験した花数	結実した花数	結実率 (%)
L型自花授粉(同じ花内での授粉)	30	0	0
L×L(L型の柱頭にL型別個体の花粉を授粉)	30	0	0
L×S(L型の柱頭にS型の花粉を授粉)	30	25	83.3
S型自花授粉(同じ花内での授粉)	30	0	0
S×S(S型の柱頭にS型別個体の花粉を授粉)	30	0	0
S×L(S型の柱頭にL型の花粉を授粉)	30	24	80.0

【実験 2】 二型の花がほぼ同数混在するある野外集団で、それぞれの型の花の結実率を調べ、結果を図 7 に示した。

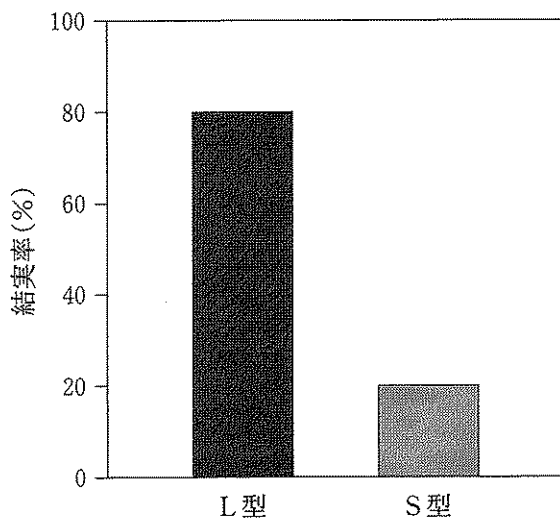


図 7 【実験 2】の結果

- (1) P種のS型個体だけを生育させた集団を人工的につくったとき、その人工集団における個体の結実率を、【実験 1】の結果をふまえて、理由と共に答えなさい。
- (2) L型の花の方がS型の花より結実率が高い理由について、【実験 1】と【実験 2】の結果およびP種の花の構造をふまえて考え、答えなさい。
- (3) 図 7 に示した野外集団のL型の花から得られた種子 100 粒を開花するまで育てた時、L型とS型の個体がどのような比で観察されると考えられるか、答えなさい。

問 4 P種のなかまは世界に広く分布するが、海底火山の噴火により生じたハワイ諸島の島々にも5種(Q, R, S, T, U)が分布し、これらは1種の祖先から進化してきたと考えられている。図8Aには、5種の地理的分布、L型の花と各島の地理的配置、およびおおよその形成年代が、図8Bには5種の系統関係がそれぞれ示されている。以下の(1)および(2)に答えなさい。

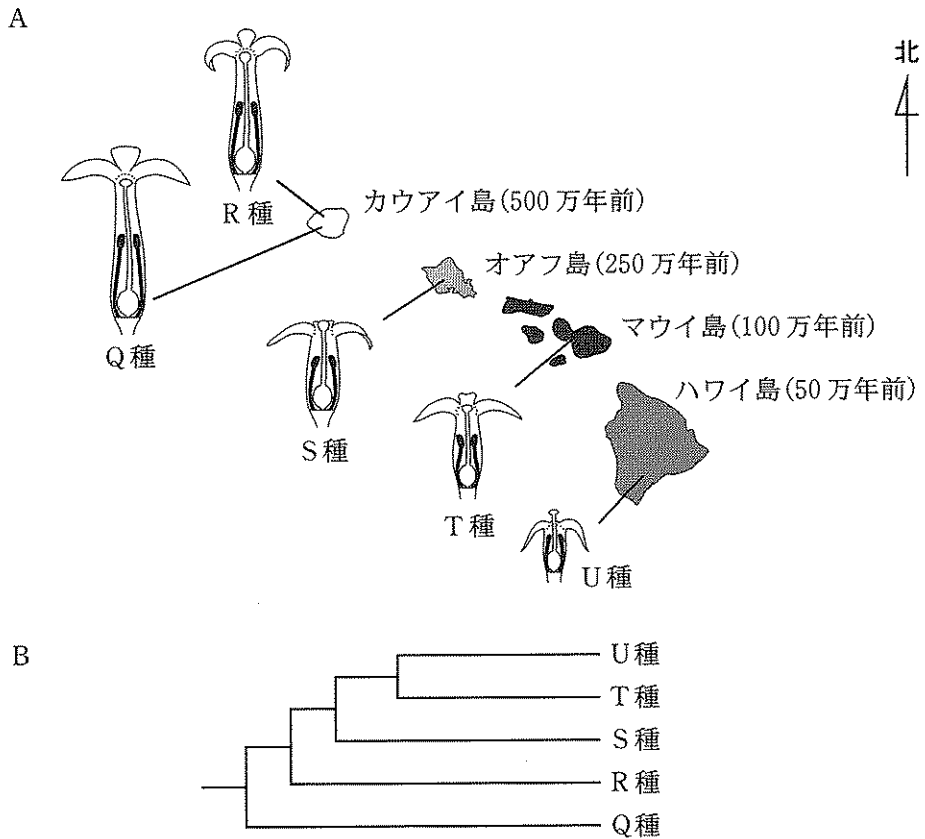


図8 ハワイ諸島の島々におけるP種のなかまの植物
 図中の5種にはS型の花も存在するが、ここでは省略した。それらS型の花の形は基本的にL型と同じであるが、おしべとめしべの長さが逆転している。

- (1) Q~Uの5種の系統と地理的分布との間にどのような関係がみられるか，述べなさい。

- (2) 5種への分化において，花の形がどのように変化したか述べなさい。またそのような変化を引き起こした要因として，どのようなことが考えられるか，述べなさい。

3 次の文章を読み、以下の問1および問2に答えなさい。

ヒトの体細胞の染色体数は $2n = 46$ 、配偶子の染色体数は $n = 23$ と表される。
① ヒトの性染色体はメスが同型、オスが異型であり、雌雄に共通して見られる性染色体を X 染色体、オスにしか見られない性染色体を Y 染色体という。こうした性決定様式を XY 型と呼ぶ。これに対して、オスが同型、メスが異型である性決定様式を ZW 型と呼び、雌雄に共通して見られる性染色体を Z 染色体、メスにしか見られない性染色体を W 染色体として区別する。さらに、Y 染色体がなければそれを XO 型、W 染色体がなければそれを ZO 型の性決定という。

下の図9は、有性生殖を行う A 種のヘビのメスの体細胞分裂の中期に見られる染色体像を示す。また、B 種のヘビは3倍体であり、無性生殖を行う。

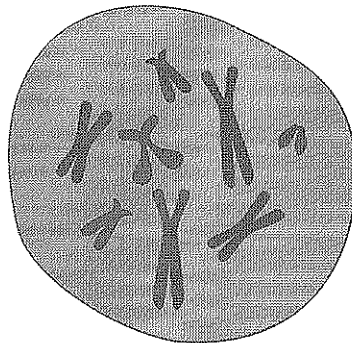
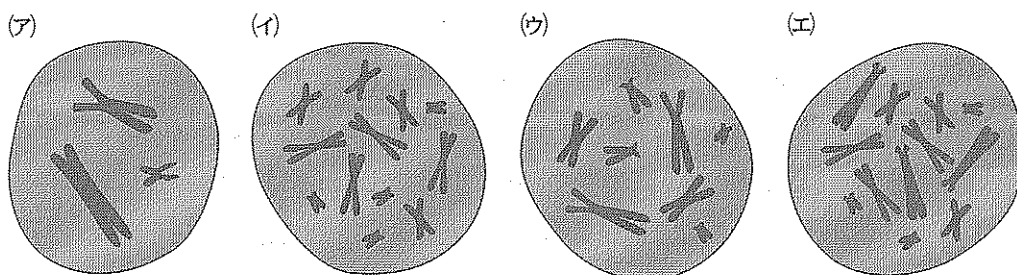


図9 A種のヘビのメスの体細胞分裂中期における染色体像(模式図)

問1 以下の(1)~(4)について答えなさい。

- (1) A種のヘビの体細胞の染色体数を、下線部①を参考に、 n を用いて表しなさい。
- (2) A種のヘビの性決定様式はXY型、ZW型、XO型、ZO型のいずれであるか、答えなさい。

(3) B種のヘビの体細胞分裂中期に見られる染色体像の模式図として最も適切なものを、次の(ア)~(エ)の中から1つ選び記号で答えなさい。また、それを選んだ理由についても述べなさい。



(4) 繁殖の方法には、A種のような有性生殖によるものとB種のような無性生殖によるものがある。下の表は、一般的な無性生殖種と有性生殖種の間で「個体数の増加速度」および「ある個体が産んだ子の間での遺伝的な違い」を比較したものである。表中の欄a~dの中に入る語句の組み合わせとして最も適切なものを、次の(ア)~(エ)の中から1つ選びなさい。

繁殖方法	個体数の増加速度	ある個体が産んだ子の間での遺伝的な違い
有性生殖	a	c
無性生殖	b	d

- (ア) a : 速い b : 遅い c : あり d : なし
 (イ) a : 速い b : 遅い c : なし d : あり
 (ウ) a : 遅い b : 速い c : あり d : なし
 (エ) a : 遅い b : 速い c : なし d : あり

問 2 A 種のヘビについて、下の【野外調査 1】～【野外調査 3】を行った。以下の(1)～(3)について答えなさい。

【野外調査 1】 熱帯地域の太平洋に浮かぶ小さな島に生息する A 種について、4 月 1 日に第 1 回目の野外調査を行った。この時、全島をくまなく探索し、24 個体を捕獲した。捕獲個体について、体長(口先から尾端までの長さ)を測定した後、個体ごとに異なる部位の鱗を 1 枚だけはぎ取り、それを各個体の標識とした(鱗は再生されない)。各個体は、これらの作業が終了した後すぐに捕獲地点に放した。

【野外調査 2】 【野外調査 1】の 5 日後に、再び島を訪れ、全島から 32 個体を捕獲し、それらの捕獲個体について標識の有無を調べた。

【野外調査 3】 【野外調査 1】を行った 4 月 1 日の調査を第 1 回目の調査とし、この調査と同じ内容の調査を 30 日ごとに第 2 回目から第 4 回目まで計 4 回行った。この 4 回の調査で、同一個体の体長を少なくとも 2 回連続して測定できたものについて、その結果を表 2 にまとめた。次に、表 2 のデータから、30 日間にどれだけ体長が長くなったか、17 例について算出し、表 3 としてまとめた。さらに、表 3 のデータを図 10 のように図示した。この際、横軸に各捕獲時の体長を、縦軸に捕獲後 30 日間の体長の増分(成長速度)を示した。

表2 A種の各個体の捕獲時の体長(cm)

個体	第1回目	第2回目	第3回目	第4回目
A	75	89	97	—
B	115	117	118	—
C	35	60	—	—
D	90	100	—	—
E	—	45	65	—
F	—	105	110	—
G	—	75	87	97
H	—	100	105	108
I	—	—	50	70
J	—	—	60	80
K	—	—	45	67
L	—	—	75	90
M	—	—	120	120

表中の—は、その調査時に捕獲されなかったことを示す。

表3 捕獲時の体長(cm)と成長速度(cm/30日)の関係

個体	捕獲時の体長(cm)	成長速度(cm/30日)
A	75	14
A	89	8
B	115	2
B	117	1
C	35	25
D	90	10
E	45	20
F	105	5
G	75	12
G	87	10
H	100	5
H	105	3
I	50	20
J	60	20
K	45	22
L	75	15
M	120	0

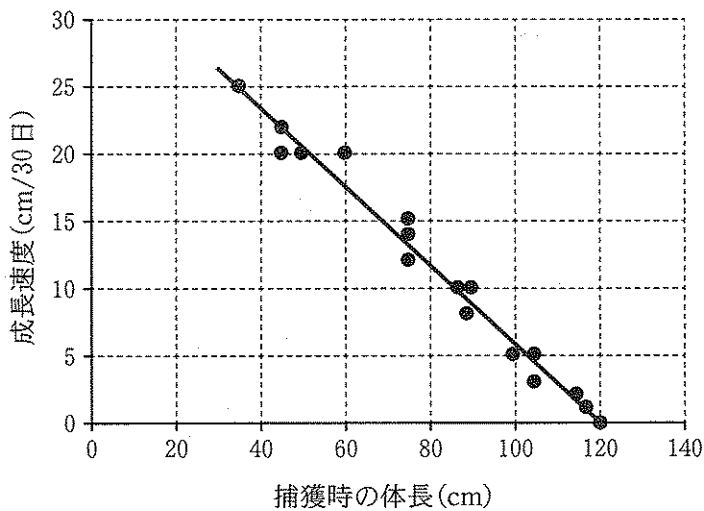
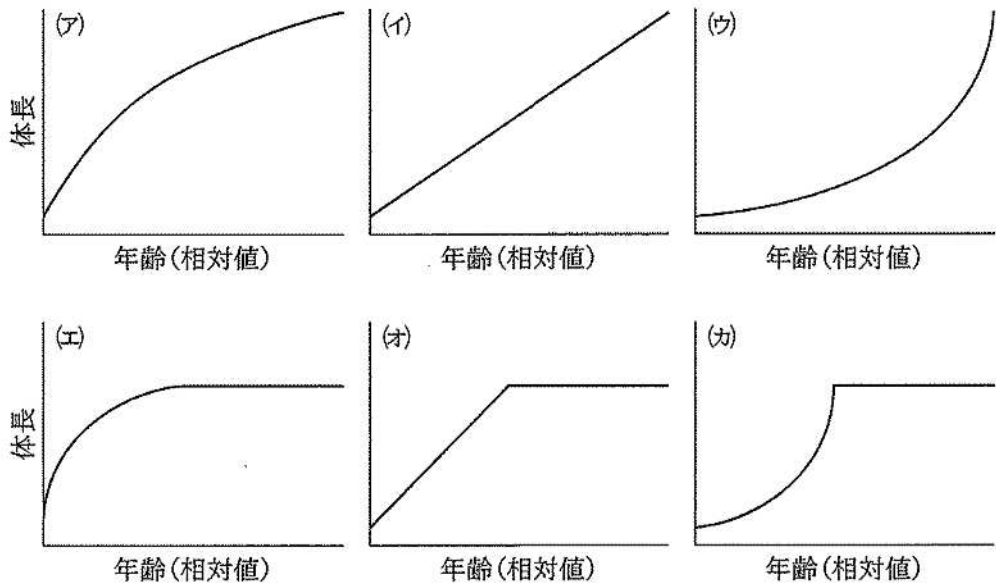


図10 捕獲時の体長(cm)と成長速度(cm/30日)の関係

表3に示す17例について、各捕獲時の体長とその後30日間の体長の増分(成長速度)をプロットし、近似直線を描いた。

- (1) 【野外調査1】および【野外調査2】を行った時、別の方法によってこの島には全部で192個体のA種のヘビが生息していることがわかっていた。【野外調査2】の際に捕獲された32個体のうち、標識が認められたヘビの数は何個体と期待されるか、計算方法と共に答えなさい。この際、捕獲や標識による悪影響はなく、ヘビはこの島の中を自由に移動し、5日間の出生率および死亡率は0%であり、他島との移出入もないものとする。
- (2) 【野外調査3】の結果から推定されるこのヘビの成長パターンとして最も適切であるものを、以下の(ア)~(カ)の中から1つ選んで記号で答えなさい。



(3) この調査を行ってから10年後に再びこの島を訪れたが、その時には、A種と同様の環境を利用する別種のヘビが外来生物として人為的に持ち込まれ、多数生息するようになっていた。そこで、A種のヘビについて、【野外調査3】と同じように、30日ごとに4回、標識・再捕獲調査を新たに行ったところ、表4のような個体ごとの体長変化の結果が得られた。

A種のヘビの成長が10年前に比べてどのように変化したか、答案用紙の「結果」の欄に答えなさい。また、そのような変化が引き起こされた理由について、別種の外来ヘビとA種の関係から考察し、答案用紙の「考察」の欄に答えなさい。

表4 10年後に調べたA種の各個体の捕獲時の体長(cm)

個体	第1回目	第2回目	第3回目	第4回目
N	35	47	—	—
O	85	90	—	—
P	120	120	—	—
Q	—	50	60	—
R	—	55	63	—
S	—	62	70	77
T	—	—	115	116
U	—	—	95	98

表中の—は、その調査時に捕獲されなかったことを示す。

