

分野別攻略 I (生命の連続性)

北海道 manavee 生物科編

2013 年作成

©北海道 manavee 生物科



演習問題 1 細胞分裂 (2006 東北大)

(I) 細胞は、一定の順序で起こる一連の反応によってその中身を倍加し 2 つに分かれる。この倍加と分裂の繰り返しの単位は[ア]とよばれ、生物種や発生の時期を越え、あらゆる生物の増殖にみられる。その過程は以下の 2 つに分けられる。

第 1 は次世代の細胞に遺伝情報を伝えるために、[イ]上の遺伝子を正確に複製し 2 つの[イ]を作る過程である。真核生物の[イ]の基本成分は DNA と[ウ]であり、DNA はヌクレオチドが連なった 2 本の鎖が対をなす[エ]構造をとっている。

第 2 は複製された[イ]を[オ]細胞に分配し、遺伝的に等しい[オ]細胞が 2 つ生まれる過程である。

このような[カ]分裂とは異なり、[キ]分裂は個体の決った場所でしか起こらず、連続した 2 回の細胞分裂からなる。たとえば 1 個の精原細胞から[ク]個の精子ができる。第 1 回目の分裂において細胞 1 個あたりの DNA の量は[ケ]。

問 1 [ア]~[ク]に適切な文字または語句、数値を入れよ。

問 2 [ケ]にあてはまる語句を次の中から選び、記号で記せ。

- (a) 増加する (b) 変わらない (c) 減少する (d) 不均一となる

(II) 単細胞の真核生物である酵母は細胞増殖の研究によく用いられる。その理由のひとつは、ある温度 (たとえば 23°C) では機能するが、他の温度 (たとえば 37°C) では機能しないようなタンパク質を持つ温度感受性突然変異株が利用できるからである。酵母を用いて以下のような実験を行った。なお、実験の経過中いずれの株においても死亡した細胞は見られなかった。

酵母 (親株) に紫外線を照射して遺伝形質の異なる 4 種類の株 (A 株・B 株・C 株・D 株) を得た。これらの株は 23°C で培養するといずれも 2 時間で倍加した。増殖中のこれらの株の DNA 量を測定し図 1 のような結果を得た。横軸は酵母が持つ細胞 1 個あたりの DNA 量 (相対値) を、縦軸は細胞数 (相対値) を表す。

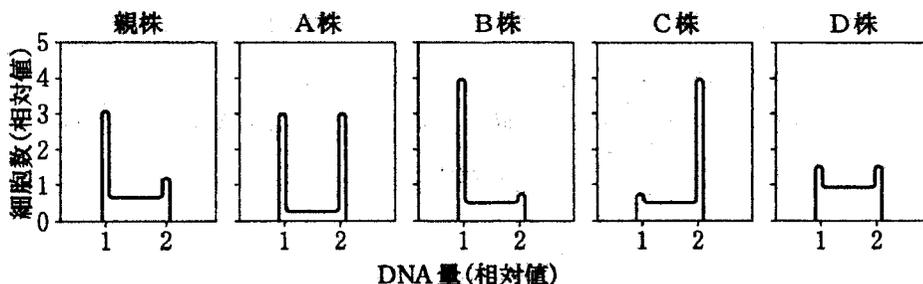


図 1 増殖中の DNA 量と細胞数

親株は 23°C でおよび 37°C の培養器で増殖の速度に変化は見られなかった。A 株は温度

感受性突然変異株であり、37℃では増殖を停止した。親株・A株を 23℃の培養器から 37℃の培養器へ移した後 DNA 含量を測定し、図 2 のような結果を得た。

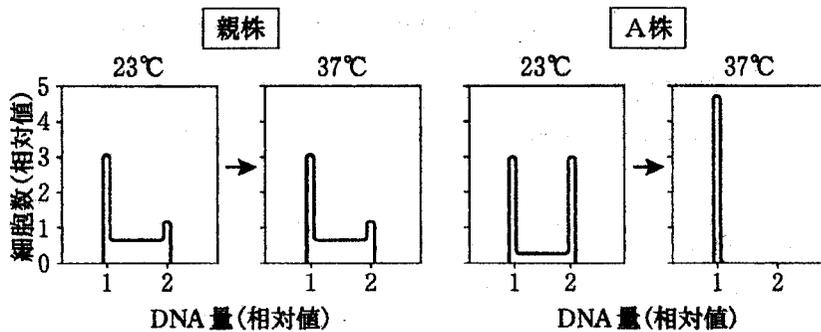


図 2 親株およびA株における温度変化の効果

問 3 23℃で培養したとき、DNA 複製終了から細胞質分裂までにかかる時間が最も長い株はいずれの株か。図 1 を参考に A~D からひとつ選び、記号で記せ。また、選んだ理由を簡潔に述べよ。

問 4 以下の説明はこの実験について書いたものである。誤ったものをすべて選び、記号で記せ。

- ① A 株は 37℃では DNA 複製に必要なタンパク質が正常に機能しない。
- ② A 株を 37℃で培養すると、紡錘糸を持つ細胞が多く観察された。
- ③ A 株を 23℃で培養すると、分裂期の細胞が約半数観察された。
- ④ A 株が親株と異なる性質を持ったのは、紫外線によって細胞膜が障害を受けたためと考えられる。
- ⑤ 親株は、23℃の場合と同じように 37℃の培養器内でも、細胞質分裂に必要なタンパク質は正常に働いていると考えられる。

(Ⅲ) カエル卵子は受精時には間期にある。カエル卵子を受精させ、下の表に示すような経過時間において細胞質だけを取り出し、カエル精子の DNA, ATP, 放射能を持つ水素を用いて合成されたチミジン (チミンとデオキシリボースが結合したもの) と混合し、10 分間 37℃においた。この反応液から DNA だけを取り出し、その放射線量率 (DNA 中にみられる放射能) を測定したところ以下のような結果を得た。

表 1 受精後の経過時間と DNA 中の放射線量率

受精後の経過時間(分)	0	30	60	90	120
放射線量率 (cpm)	100	10000	50000	5000	200

問5 60 分後から 10 分間培養した時にもっとも高い放射線量率が得られた。このときどのような反応が進行しているか。「複製」をキーワードとして用い、簡潔に説明せよ。

問6 この実験について誤ったものをすべて選び、記号で記せ。

- ⑥ チミジンのかわりに放射能を持つメチオニンを用いても、同様の結果が得られた。
- ⑦ カエル精子の DNA を反応に加えなくても、60 分後の放射線量率は 50000 であった。
- ⑧ DNA の複製に細胞膜は不要であると考えられた。
- ⑨ DNA 量を比較すると、受精後 30 分より受精後 120 分の方が増加していた。
- ⑩ 受精後 60 分では DNA の 2 本鎖がほどけている部分がある。

演習問題 ② 細胞分裂 (2007 東京理科大 改)

ほ乳動物の細胞増殖のしくみに関する問題(1)および(2)に答えよ。

- (1) ほ乳類などの多細胞生物では、1 個の受精卵が卵割・細胞分裂をくりかえすとともに、増殖した細胞がそれぞれのはたらきに応じた細胞へと変化して組織や器官を形成していく。この動物細胞の分裂には、からだをつくる体細胞の分裂と、卵や精子などの生殖細胞をつくる減数分裂があり、それぞれの分裂の仕方には特徴がある。

このうち、体細胞が分裂する過程では、細胞内で DNA の複製によって DNA 量を倍加させ、これを細胞分裂によって、新しく生じる 2 個の娘細胞に染色体を均等に分配させて、一定の遺伝情報を維持しつつ増殖を続ける。このような、体細胞の分裂は、核が複雑な過程をたどって分裂する核分裂と細胞質が分裂する細胞質分裂からなる。その様式は、動物と植物の核細胞で類似する部分もあるが異なる部分も認められる。

そして体細胞が増殖する過程は、細胞分裂が起こっている分裂期とそれ以外の間期に分けることができる。分裂期はさらに、細胞核の特徴に基づいて、前期、中期、後期、終期に分類することができる。

- (a) 下線部ア)の過程に直接関与している細胞内構造物として適切な記号を次の a~g のうちから 2 つ選べ。

a ゴルジ体 b 小胞体 c ミトコンドリア d 動原体 e 紡錘体 f 細胞板 g 染色分体

- (b) 下線部イ)の記述に関して次の現象 a~e のうち、動物細胞の体細胞分裂にのみ認められる現象として適切な記号を次の a~e のうちから選べ。

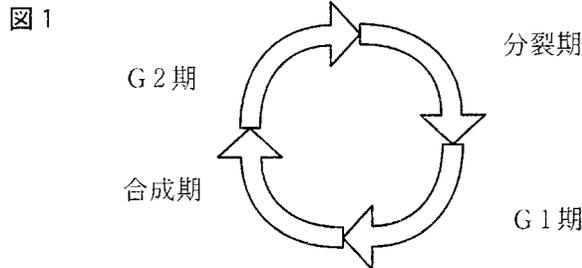
a 染色体が中央の赤道面に並ぶ。 b 赤道面に細胞板が生じ細胞板を中心に細胞が二分する。
c 紡錘糸が作られる。 d 細胞質分裂時期に赤道面で外側からくびれが生じる。
e 細胞壁ができあがる。

- (c) 下線部ウ)の記述に関して、次の表 1 は、さかんに分裂をくりかえしている細胞について、ある時期の細胞核の特徴に基づいて細胞を分類した結果である。表 1 に示した分類 1~5 の特徴を、間期・前期・中期・後期・終期の細胞の順に並べると、どの順番になるか。「1→2→3→4→5」のように記せ。

表 1

分類	特徴
1	糸状の染色体の 2 つの集団にそれぞれ核小体が見られる。
2	染色体が細くその数は前期の 2 倍で、核小体は見られない。
3	糸状の染色体が細胞中央に並んでおり、核小体は見られない。
4	細い糸状の染色体や凝縮した太く短い染色体が見られる。
5	明瞭な核小体が見られるが、凝縮した染色体は見られない。

(2) 動物の一部の体細胞は、DNA の複製と細胞の分裂をくりかえしながら増殖している。体細胞が増殖する過程は、分裂期と間期に分けることができる。そして、間期はさらに DNA の複製が行われる合成期、分裂期と合成期の間の G1 期、合成期と分裂期の間の G2 期に分けることができる。そして、このような分裂をくりかえす細胞の場合、分裂開始から次の分裂開始までの周期を「細胞周期」とよび、各期の長さ[時間]は細胞の種類や細胞のおかれた環境によって異なっている(図 1)。細胞周期に関する次の実験 1 および実験 2 を行った。



実験 1 動物のある組織から細胞をとりだし、単一な集団の細胞 X を調製した後、培養を行い、各培養時間における細胞数および細胞核の特徴を解析した。

表 2 は、非常に増殖がさかんな時期における細胞 X の培養時間と細胞数の関係を解析した結果である。また、表 3 は、培養中のある時期の細胞を 1000 個観察し細胞核の特徴に基づいて分類した結果である。

培養時間[時間]	細胞数[個]
0	2.0×10^5
5	2.2×10^5
15	3.4×10^5
25	5.0×10^5
35	7.0×10^5
45	1.0×10^6

分類	細胞数[個]
間期	800
前期	160
中期	20
後期	10
終期	10

(a) 実験 1 で用いた細胞 X について、次の文の空欄 , に適当な数値を下の a~i のうちからそれぞれ選べ。

「細胞 X の細胞周期の長さは 時間、分裂期中期に要する時間は 時間である」

- a 0.2時間 b 0.4時間 c 0.8時間 d 2時間 e 4時間 f 5時間
g 10時間 h 20時間 i 30時間

実験2 チミジンは、チミンと糖の結合した物質で、DNAの一構成成分となる。そこでまず最初に、増殖が非常に活発な細胞 Y に、チミジンの水素(H)を放射性同位元素(^3H)で置き換えた ^3H -チミジンを加え続けて培養する実験を行った(実験2-1)。 ^3H -チミジンを添加した直後に、個々の細胞についてDNA中の ^3H -チミジン量を測定したところ、一部の細胞のDNA中から ^3H -チミジンが検出された。

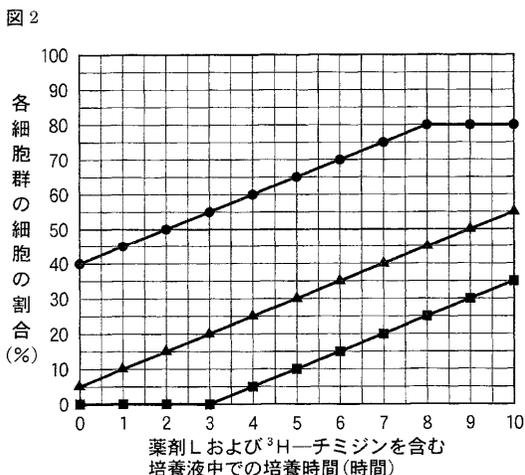
(b) 実験2-1に関する、次の文の空欄 3 および 4 について、最も適切な語句を次の a ~ j からそれぞれ選べ。なお、同じ選択肢を2回用いてもよい。

3 ^3H -チミジンを添加した直後から ^3H -チミジンを取り込む細胞は、その時に 3 にある細胞である。最終的に、すべての細胞から ^3H -チミジンが検出されるのは、4 に要する時間が経過した後である。

- a 分裂期 b 合成期 c G1期 d G2期 e 分裂期+G1期 f G2期+分裂期
g G1期+合成期+G2期 h 合成期+G2期+分裂期 i G2期+分裂期+G1期
j 分裂期+G1期+合成期

次に、増殖が非常に活発な細胞 Z に、細胞分裂を中期で完全に止めるコルセミド(コルヒチン誘導体)を加え続けて培養する実験を行った(実験2-2)。なお、コルセミドの添加後の培養は、 ^3H -チミジンを含む培養液中で行った(チミジンブロック)。図2は、この時の実験結果を示しており、コルセミド添加後の各時間における様々な細胞の割合を示している。具体的には、 ^3H -チミジンを取りこんだDNAを有する分裂期の細胞を(■)で、分裂期にあるすべての細胞を(▲)で、 ^3H -チミジンを取りこんだDNAを有するすべての細胞を(●)で示した。

この実験に関する以下の設問(c)~(e)に答えよ。なお、この設問を解くにあたっては、後期と終期に要する時間は非常に短いことから無視して考えるものとする。また、コルセミドは、細胞の分裂を中期で完全に止める以外の作用は全くないものとする。



- (c) 実験 2-2 に関する次の文の空欄 ～ について、数値については最も近いものを下の(1)～(18)から、語句については最も適切なものを a～h からそれぞれ選べ。なお、同じ選択肢を 2 回以上用いてもよい。

コルセミドを与えた直後に ^3H -チミジンを取りこんだ DNA を有する細胞の割合は 40% であり、これは の細胞の割合に相当する。一方、コルセミドを与えた直後に分裂期にある細胞の割合は全細胞数の 5% である。また、コルセミドを添加して 3 時間後に、 ^3H -チミジンを取りこんだ DNA を有する分裂期の細胞が出現している。この 3 時間は、 の時間に相当すると考えられる。

次に、 ^3H -チミジンを取りこんだ DNA を有するすべての細胞の割合を測定した結果から、8 時間以降は増加していなかったため、 % の細胞は、 ^3H -チミジンを加える直前には、 に属していた細胞と考えられる。従って G2 期の細胞の割合は % となる。

以上の結果から判断すると、この細胞 Z の細胞周期は 時間となる。また細胞 Z の分裂期は 時間、合成期は 時間、G1 期は 時間をそれぞれ要すると推定できる。

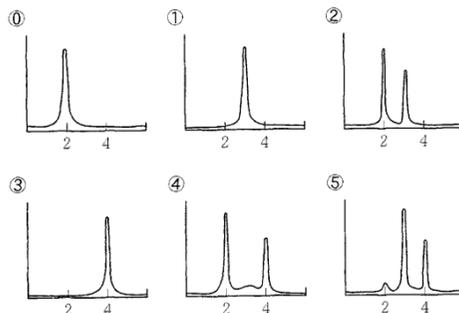
- (1)0.5 (2)1 (3)2 (4)25 (5)3 (6)4 (7)5 (8)6 (9)8 (10)10 (11)12 (12)14 (13)15
(14)16 (15)20 (16)25 (17)30 (18)35

- a 分裂期 b 合成期 c G1 期 d G2 期 e G1 期+合成期 f 合成期+G2 期
g G2 期+分裂期 h 分裂期+G1 期

- (d) 実験 2-2 で用いたのと同じ増殖中の細胞 Z に、細胞分裂を中期で完全に止めるコルセミドを加え続けて培養を行い、全ての細胞を中期で停止させた。その場合の、各細胞 1 個あたりの DNA 量を測定し、それぞれの DNA 量を有する細胞数を測定してグラフにした場合、最も適切と考えられるグラフを解答群から選べ。なお、全てのグラフは、縦軸はそれぞれの DNA 量をもつ細胞の相対数を、横軸は各細胞 1 個あたりの DNA の相対量を表し、ギャップ 1 期の細胞の DNA 量を 2 として表しているものとする。

- (e) 実験 2-2 で用いたのと同じ細胞 Z にコルセミドを加えないで培養を続け、細胞の増殖が最も盛んな時期に、各細胞 1 個あたりの DNA 量とそれぞれの DNA 量を有する細胞数を測定してグラフにした場合、最も適切と考えられるグラフを解答群から選べ。なお、全てのグラフは、縦軸はそれぞれの DNA 量をもつ細胞の相対数を、横軸は各細胞 1 個あたりの DNA の相対量を表し、ギャップ 1 期の細胞の DNA 量を 2 として表しているものとする。

解答群：



演習問題 ③ 生殖 (2009 センター 改)

次の文 A, B を読み, 以下の問いに答えよ。

<文 A> 有性生殖を行う哺乳類では, 生殖細胞が作られ, 受精によって自分の遺伝情報が次世代に引き継がれている。生殖細胞のもとになる[1]は発生した後, やがて生じる生殖巣に向かって移動する。生殖巣に達した[1]は生殖巣の細胞の影響を受けて, 卵原細胞あるいは精原細胞になり増殖する。マウスの卵巣では, 卵原細胞から生じた卵母細胞は成長し, 第 1 減数分裂期に入って途中で休止状態となっているが, 排卵が近づくと卵母細胞は減数分裂を再開して極体を放出する。その後, 卵母細胞は第 2 減数分裂を始めるが, 再び減数分裂を一旦休止して, やがて卵巣から_イ排卵される。排卵された卵母細胞に_ウ精子が進入して,精子頭部が雄性前核になり, 第 2 減数分裂の終了した卵の卵核と融合して受精が完了する。_エ受精卵は卵割を繰り返しながら輸卵管を下降し, [2]を経て胞胚(胚盤胞)になり子宮に達する。胞胚が子宮内膜に着床して妊娠が成立する。このように哺乳類は, 魚類や両生類とは異なり体内受精を行う。

問 1 文章中の[1]および[2]に最も適当な語句を答えよ。

問 2 下線部アのように 2 回目の減数分裂の途中までを経過した卵母細胞はどのような能力を持つようになるか。20 字以内で述べよ。

問 3 下線部イの卵母細胞を排卵させる脳下垂体ホルモンを次の(a)~(f)から 1 つ選び, 記号で答えよ。

- (a)成長ホルモン (b)プロラクチン (c)黄体形成ホルモン (d)副腎皮質刺激ホルモン
(e)ろ胞刺激ホルモン (f)甲状腺刺激ホルモン

問 4 精子が卵母細胞(あるいは卵)に進入する段階は動物の種類によって決まっている。図 1 に示す a~f は, 第 1 減数分裂の再開から第 2 減数分裂の終了までのマウス卵母細胞の成熟過程を順次模式的に表している。下線部ウのマウス精子が進入する段階はどれか。また, ウニでは, 精子が進入するのはマウスのどの段階に相当するか。最も適当と思われるものを次の a~f から選び, それぞれ記号で答えよ。

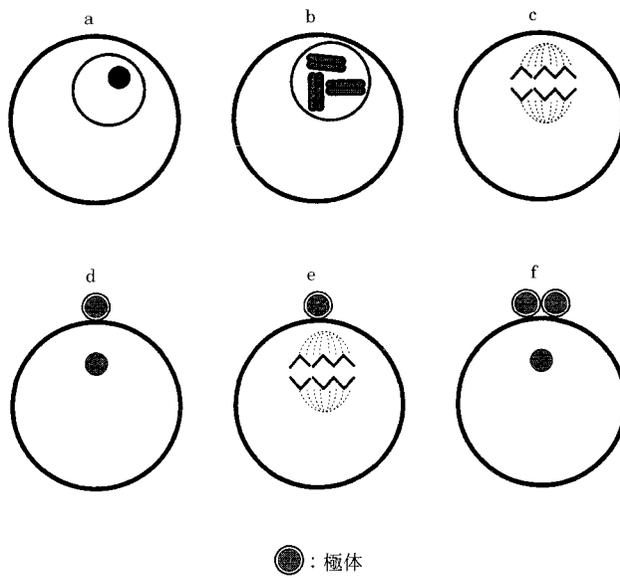
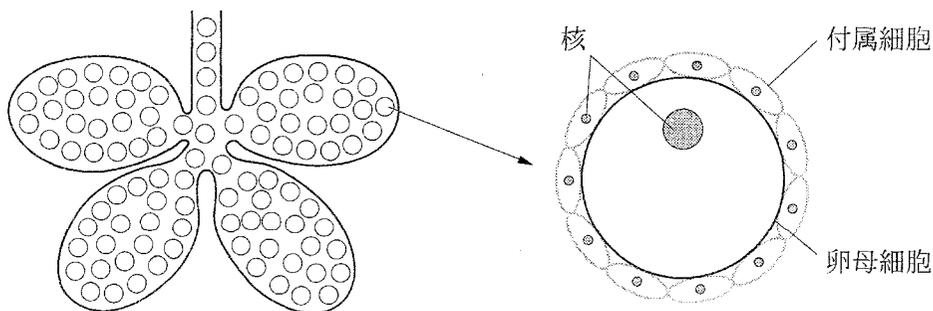


図 1

問 5 卵原細胞や精原細胞の分裂, および下線部エの受精卵の卵割は体細胞分裂である。しかし, 受精卵の卵割は通常の体細胞分裂にない特徴がある。その特徴を 15 字以内で述べよ。

<文 B> ヒトデはウニと同様に海産の無脊椎動物であり、発生の実験によく用いられる。卵巢内の卵母細胞(図 2)は、付属細胞に囲まれ、減数分裂の途中で停止しているため、精子を加えても受精しない。ヒトデの体内の別の組織から分泌される物質 X が卵巢に作用すると卵母細胞の減数分裂が再開する。これを卵成熟とよぶ。このとき、卵巢内では、メチルアデニンとよばれる物質が生成される。卵母細胞は卵成熟後に付属細胞が退化し、卵巢から放出される。その後、精子を加えると受精し、1~2 分後に受精膜が形成される。



卵巢の模式図

卵巢内の卵母細胞の模式図

図 2

ヒトデの発生における物質 X とメチルアデニンのはたらきを明らかにするために、ヒトデの卵巢から付属細胞がついた卵母細胞をペトリ皿に取り出し、以下の実験 1~4 を行った。

実験 1 付属細胞がついた卵母細胞にメチルアデニンを添加したところ付属細胞は退化し、減数分裂が再開した。その後精子を添加すると受精し、受精膜が形成された。

実験 2 付属細胞がついた卵母細胞に物質 X を添加したところ、付属細胞は退化し、減数分裂が再開した。その後精子を添加すると受精し、受精膜が形成された。物質 X の添加後、退化する前の付属細胞を取り出して分析したところ、メチルアデニンが検出された。

実験 3 付属細胞をピンセットで取り除いた卵母細胞にメチルアデニンを添加したところ、減数分裂が再開した。その後、精子を添加すると受精し、受精膜が形成された。

実験 4 付属細胞をピンセットで取り除いた卵母細胞に物質 X を添加したところ、減数分裂は再開しなかった。その後、精子を添加しても受精しなかった。

問 6 実験 1~4 の結果から考えられる記述として最も適当なものを、次の a~d のうちから一つ選べ。

- a メチルアデニンは付属細胞の層を通過することはできないが、物質 X は付属細胞の層を通過することができる。
- b メチルアデニンは付属細胞への作用を介して卵成熟を引き起こすが、物質 X は付属細胞とは関係なしに卵成熟を引き起こす。
- c 物質 X は、付属細胞の層を通過する際には変化しないが、その後、卵母細胞でメチルアデニンに変化することにより、卵成熟を引き起こす。

- d 物質 X は付属細胞に作用し、この細胞で生成されたメチルアデニンが卵母細胞に作用することにより、卵成熟を引き起こす。

問7 付属細胞を取り除いた卵母細胞の細胞質に、顕微鏡下でメチルアデニンを直接注入したところ、卵成熟は起こらなかった。しかし、実験2の物質 X を作用させた後の卵母細胞の細胞質を注入したところ、卵成熟が起こった。これらの結果および実験1~4の結果から、メチルアデニンの作用として考えられる記述として最も適当なものを、次の a~d のうちから一つ選べ。

- a 卵母細胞の細胞質内で作用し、卵成熟を引き起こす因子を細胞質内に生成させる。
b 卵母細胞の細胞質内で作用し、細胞質内のメチルアデニンを増加させ、卵成熟を引き起こす。
c 卵母細胞の表面で作用し、卵成熟を引き起こす因子を細胞質内に生成させる。
d 卵母細胞の表面で作用し、細胞質内のメチルアデニンを増加させ卵成熟を引き起こす。

問8 下線部オに関連してヒトデやウニの受精膜の形成およびその前後の過程に関する記述として誤っているものを、次の a~d のらちから一つ選べ。

- a 受精時に、精子の先体は突起状に変化しその部分で卵の細胞膜表面と接する。
b 受精膜は、精子の進入した部位から卵の細胞膜と細胞質が分離することにより形成される。
c 精子が卵の表面に到達すると、卵の表面が盛り上がりその部分から精子が卵に進入していく。
d 受精膜の形成により、最初に卵に入った精子以外の精子は卵に進入することができなくなる。

演習問題 4 発生 (2008 北海道大)

動物は非常に多数の細胞できている。これらの細胞は体の中でさまざまな役割をもつ組織や器官を構成するが、もとは一つの細胞である受精卵から派生したものである。両生類の発生では、受精後の胚は卵割を繰り返し、桑実胚、胞胚を経て原腸胚となる。原腸胚期には予定中胚葉および予定内胚葉細胞が胚の内部へと移動する。このとき、原口より陥入した背側の予定中胚葉領域が予定神経領域と接触しながら原腸陥入が進行する。原腸胚期の終わりには、外胚葉、中胚葉、内胚葉の 3 つの胚葉が、将来自身が分化する組織の位置へと正しく配置される。原腸胚は発生が進むにつれ、神経管をもつ神経胚となる。神経胚からそれに続く尾芽胚にかけて、眼、心臓、脊索、体節といったさまざまな組織や器官が形成される。どのようにして組織や器官が形づくられていくのかを知るために、これまでさまざまな実験が行われた。両生類を用いた神経管をつくる細胞の出現に関する実験を以下にあげる。

<実験 1> 胞胚期から原腸胚期にかけての胚の表面を複数の色素により染色し、どの領域が将来どのような組織になるかが調べられた。この結果、胚の a 表皮になる領域、b 神経管になる領域、c 脊索になる領域、体節になる領域、側板になる領域などがわかった。

<実験 2> 初期原腸胚の将来神経管となる領域(予定神経領域)と将来表皮となる領域(予定表皮領域)を交換移植した。その結果、予定表皮領域に移植された予定神経領域の細胞は表皮となり逆に予定神経領域に移植された予定表皮領域の細胞は神経管となった。

<実験 3> 予定表皮領域および予定神経領域の双方を含む、胞胚の予定外胚葉領域を切り出しその細胞塊を単独で培養した。その結果、細胞塊は表皮になった。

<実験 4> 初期原腸胚の原口背唇部の細胞塊を切り出し、これを二つの予定外胚葉領域で挟んだものを作成し、培養した。予定外胚葉領域は<実験 3>で用いたものと同様で、挟むときは原口背唇部の細胞塊が予定外胚葉領域の胞胚腔側と接触するようにする。この結果、予定外胚葉領域は神経管をつくる神経組織に分化した。

問 1 <実験 1>に関する以下の設問に答えよ。

- (1) <実験 1>の結果、胚の将来各組織へと分化する領域を図示することが可能となった。この方法を何とよぶか。
- (2) 図 1 は初期原腸胚の複式図である。<実験 1>の説明文にある下線部 a, b, c について、図 1 の(ア)~(カ)より選び、記号で答えよ。

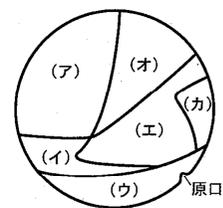


図 1

問 2 初期原腸胚を用いた<実験 2>の結果からわかったことを、下の()内の語を用い、60 字以内で記せ。

(予定神経領域, 予定表皮領域, 発生運命)

- 問3 <実験 3>および<実験 4>の結果より予想される、予定外胚葉が神経になるための条件を 40 字以内で記せ。
- 問4 胚を比較的高塩濃度の生理食塩水中で発生させることにより、中胚葉と内胚葉が胚の内部に陥入しない外原腸胚が形成される。この胚では、神経組織はほとんど見られない。この理由を 60 字以内で述べよ。
- 問5 実験の結果と正常発生の観察から、原口背唇部のような作用をもつ組織は形成体と呼ばれる。正常発生における組織の分化には、自律的に起こるものと、形成体の作用によって起こるものが知られている。表 1 の(ア)~(オ)は、目の発生においてみられる分化する前の組織と分化した後の組織の組み合わせを示す。この中で、眼杯および水晶体が形成体として作用した結果として起こるものをそれぞれ選び、記号で答えよ。

表 1

	分化する前の組織	分化した後の組織
(ア)	表皮	水晶体
(イ)	前脳	眼胞
(ウ)	眼杯	網膜
(エ)	神経管	前脳
(オ)	表皮	角膜

演習問題 5 発生 (2010 千葉大)

次の文章を読み、以下の問 1～4 に答えなさい。

ニワトリ肢芽の正しい発生には極性化活性域 zone of polarizing activity(ZPA)と呼ばれる肢芽の後部の領域が必要である。前肢芽における ZPA の位置と正常な前肢の骨構造を図 1 に示す。3 本の指骨は前方(頭部側)から 2 指, 3 指, 4 指と呼ばれる。これを[234]と表現することとする。3 本の指骨の他に上腕筋、^{とう}橈骨、尺骨などが発生する。

ZPA の肢芽発生に対する働きを検討する目的で以下の実験を行った。

実験 1 図 2 に示すように前肢芽の前方に、他の個体から ZPA を移植したら、過剰な指骨が発生し、[432234]となった。

実験 2 図 3 に示すように ZPA を前方に移植し、宿主の ZPA を除去すると、指骨の発生は正常とは逆で、[432]となった。

実験 3 図 4 に示すように宿主 ZPA はそのままとし、移植する ZPA の位置を A から I まで変化させた場合の 2 つの ZPA 間の指骨発生パターンを観察した。1 つの移植位置について 8 匹ずつのニワトリを観察した。その結果を表 1 に示す。

実験 4 ZPA を前方に移植する代わりに、レチノイン酸 retinoic acid(RA)を徐々に放出する樹脂(RA 樹脂)を移植した結果、図 5a に示す骨の発生が見られた。RA 樹脂を一定の時間が経過した後に除去しても、同じ結果となった。RA の効果がどこまで達しているかは、RA 受容体の発現量を組織染色すると分かる。その結果を図 5b に示す。発現量の多い部分ほど濃い色で示している。

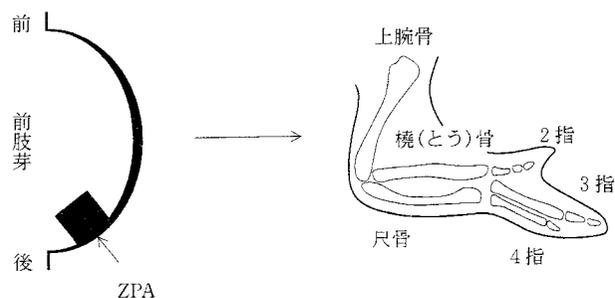


図 1 正常な肢芽の発達

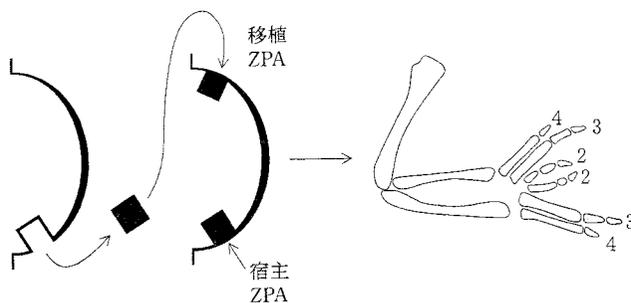


図 2 実験 1 の方法と結果

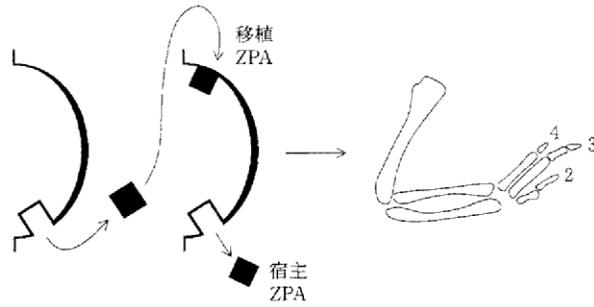


図3 実験2の方法と結果



図4 実験3 A~Iの位置にZPAを移植

表1 実験3の結果

指の発生パターン	移植したZPAの位置								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
[234]	6								
[2234]	1								
[32234]	1	3							
[432234]		5	3						
[43234]			5						
[4334]				8	7	2	1		
[434]					1	6	6	1	
[4]							1	3	
発生無し								4	8

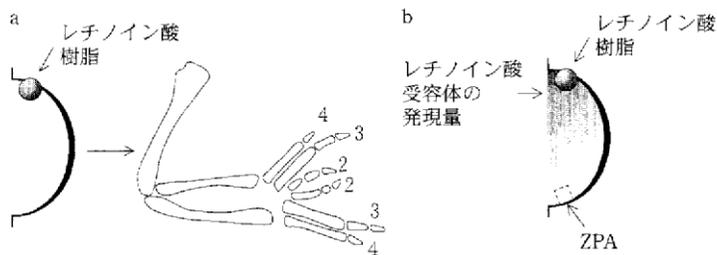


図5 実験4の方法と結果

問1 実験1と実験2から、前肢芽発生に対するZPAの働きはどのようなものと言えるか。30字以内で述べよ。

問2 以下の文は実験3の結果について述べたものである。結果の解釈として正しいものをすべて選べ。

- (a) 移植ZPAの指骨発生への影響は、位置Bに移植した場合より位置Aに移植した場合の方が大きい。
- (b) 2つのZPAは干渉することなく、ZPAに近い方から4指、3指、2指の順に発生を促す。
- (c) 2つのZPAの距離が短くなるに従って、ZPAに近い方から4指、3指、2指の順に発生していた指が2指、3指、4指の順に変化する。
- (d) 2つのZPAの距離が短くなるに従って、2指、3指、4指の順に発生が認められなくなる。それぞれのZPAに影響を受けて発生する指の順番には影響がない。
- (e) 2つのZPAの距離が短くなりすぎると全く指の発生が認められなくなる。

問3 以上の実験から、ZPAはある物質Mを分泌し、その濃度はZPAから離れるに従って低下し、適切な濃度の物質Mに刺激された肢芽の組織が4指、3指、2指となる仕組みがあると仮説を立てた(図6)。グラフ中の3本の水平線は上から、4指、3指、2指を誘導する物質Mの最適濃度を示している。この仮説によると、実験3の結果をうまく説明することが可能である。

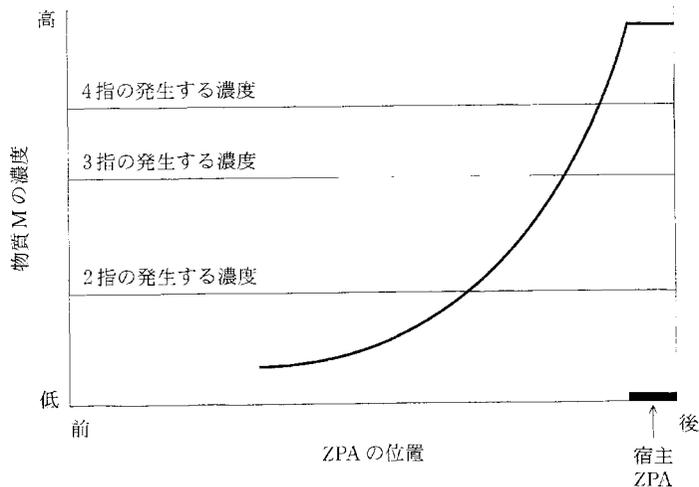


図6 ZPAによる肢芽発生制御の仕組み

- (1) 実験3における物質Mの濃度が図7aのように想定される場合、指の発生はどうなるか。表記例に従って記せ。
- (2) 物質Mの濃度が図7bのようになるのは、ZPAをどの位置に移植した場合か。A~Iの中から1つ選んで記せ。

- (3) 図 7c に示すように ZPA を移植した場合、指の発生パターンは[434]となった。この場合、2つの ZPA の間の物質 M の濃度はどうだったと推定されるか。次のグラフに記入せよ。

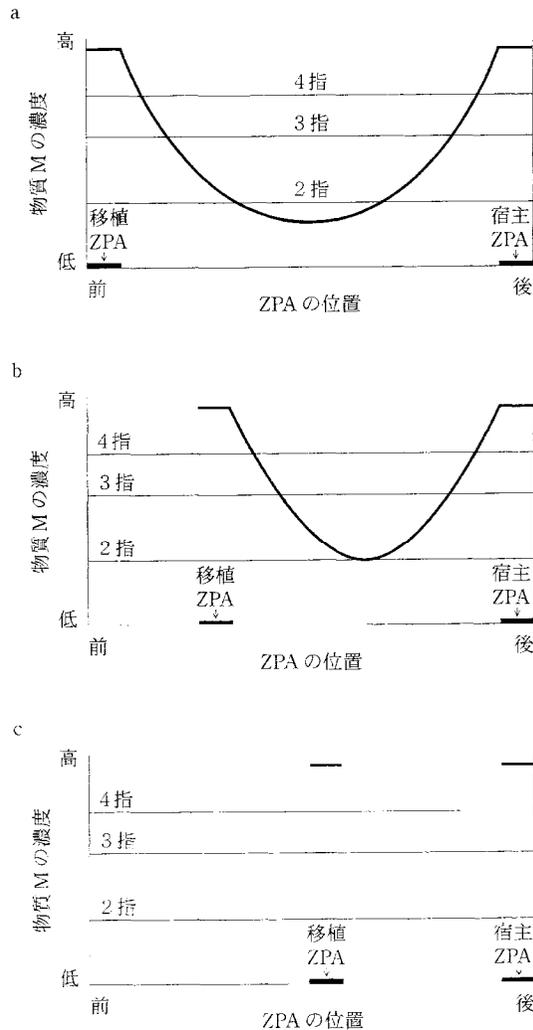


図7 2つの ZPA 間の物質 M の濃度

問4 実験4までの結果から、レチノイン酸(RA)と ZPA は移植実験が行われた時期以降の前肢芽発生に対し、どのような影響を与えていると見られるか。以下の記述のうちで適切なものをすべて選べ。

- (a) RA は ZPA の細胞が分泌する物質 M である。
- (b) RA は ZPA の働きを阻害する。
- (c) RA は前肢芽の組織を ZPA と同じ機能を持つ細胞に変化させる働きを持つ。
- (d) RA がないと正常な前肢芽の発生が起こらない。
- (e) RA と ZPA は橈骨と尺骨の発生には大きな影響を与えない。

演習問題 6 発生・遺伝 (2011 京都大)

次の文(A)~(C)を読み、問1~問6に答えよ。解答はすべて所定の解答欄に記入せよ。

(A) マウスの卵細胞減数分裂の[ア]で停止したまま排卵され、精子の進入により減数分裂を再開する。その後、卵母細胞は不等分裂をおこし、大量の細胞質を含んだ卵と、細胞質の極めて少加[イ]を生じる。卵細胞質内に進入した精子の核と卵核が融合することにより、受精が完了する。受精した卵は卵割を繰り返し、桑実胚などを経て子宮内に[ウ]する。卵割期のマウスの卵は、割球が分離してもそれぞれから完全な胚が生じる。このような能力をもつ卵を[エ]という。[ウ]した後、胚のまわりには胚膜がつくられる。胚膜は[オ], 尿のう, 卵黄のう, [カ]からなり、胚を乾燥や衝撃から守る役割をもつ。[カ]の一部と尿のうは母体とのガス交換, 栄養分:老廃物の交換を行う[キ]を形成する。

問1 文中の[ア]~[キ]に適切な語句を記入せよ。

(B) マウスの染色体数は40本であり、19対の常染色体と1対の性染色体からなる。雌雄は性染色体により決められ、XとY染色体を1本ずつもつものは雄、2本のX染色体をもつものは雌となる。雄のX染色体は母親に由来するが、雌は母親に由来するX染色体(X_m)と父親に由来するX染色体(X_p)をもつ。雌の体細胞では、X染色体上の遺伝子の発現量を雄と等しくするために、X_mまたはX_pいずれかの染色体が不活性化されている。どちらの染色体が不活性化されるかは、あらかじめ決められていない。一方、雌の生殖細胞では、発生の早い時期には片方のX染色体が不活性化されているが、①受精後12日目には両方のX染色体が活性化される。これにより、減数分裂後に生じたいずれの卵も活性化されているX染色体をもつようになる。X染色体上の遺伝子は活性化されているX染色体から転写され、不活性化されているX染色体からは転写されない。

問2 ある疾患はX染色体上の遺伝子の変異により引き起こされる。この遺伝子は酵素Eをコードする。この遺伝子のある変異は酵素Eの活性を消失させる。酵素Eの活性が低下したマウスは、この疾患を発症する。ただし、この疾患は生殖機能には影響しない。図1はこの変異をもつマウスの交配により得られた個体と、各世代の症状の程度を示している。発症した個体のうち、雄のすべてが重症個体である理由と、雌で軽症個体と重症個体の両方があらわれる理由を解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

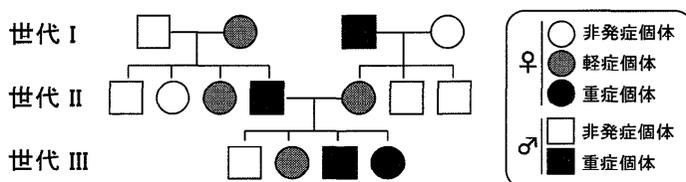


図1

問3 図1の軽症の雌の皮膚から細胞を1つずつ分離して培養し、単一の細胞に由来する細胞集団を6集団得た。また、非発症の雌および重症の雌についても同様の培養を行った。それぞれの細胞集団の酵素Eの活性を調べると、非発症の雌由来の集団は図2の(あ)、重症の雌由来の集団は図2の(い)のようになった。軽症の雌由来の細胞集団における酵素Eの活性はどのようになるか。適切なものを図2の(う)~(き)の中から選び、解答欄に記入せよ。グラフ内の0は酵素活性がないことを表す。縦軸は酵素Eの活性を、横軸の数字は各細胞集団を示す。

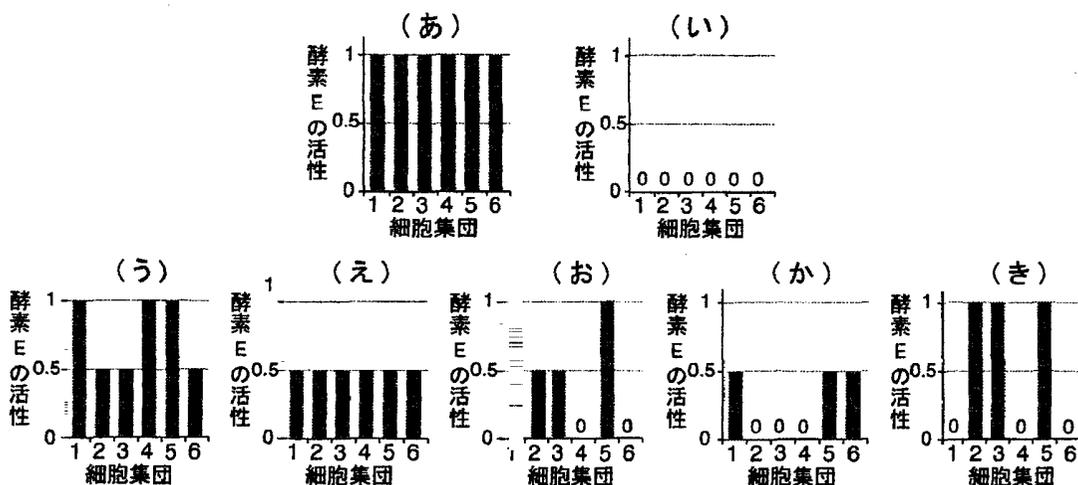


図2

問4 下線部①について、蛍光タンパク質をコードする遺伝子 F を X 染色体上にもつマウスを用いて、生殖細胞における X 染色体の活性化の状態を調べた。遺伝子 F をもつ雄 (X^{FY}) と片方の X 染色体に遺伝子 F をもつ雌 (X^{FX}) との交配により、 X^{FXF} 、 X^{FX} 、 X^{FY} の遺伝子型をもつ胚を得た。それぞれの胚の受精後 10~13 日目の生殖細胞 1000 個を破砕し、蛍光タンパク質の量を測定した。その結果を示すと考えられる組み合わせを図 3 の(く)~(す)の中から選び、解答欄に記入せよ。縦軸は蛍光タンパク質の量、横軸は受精後の日数を表す。

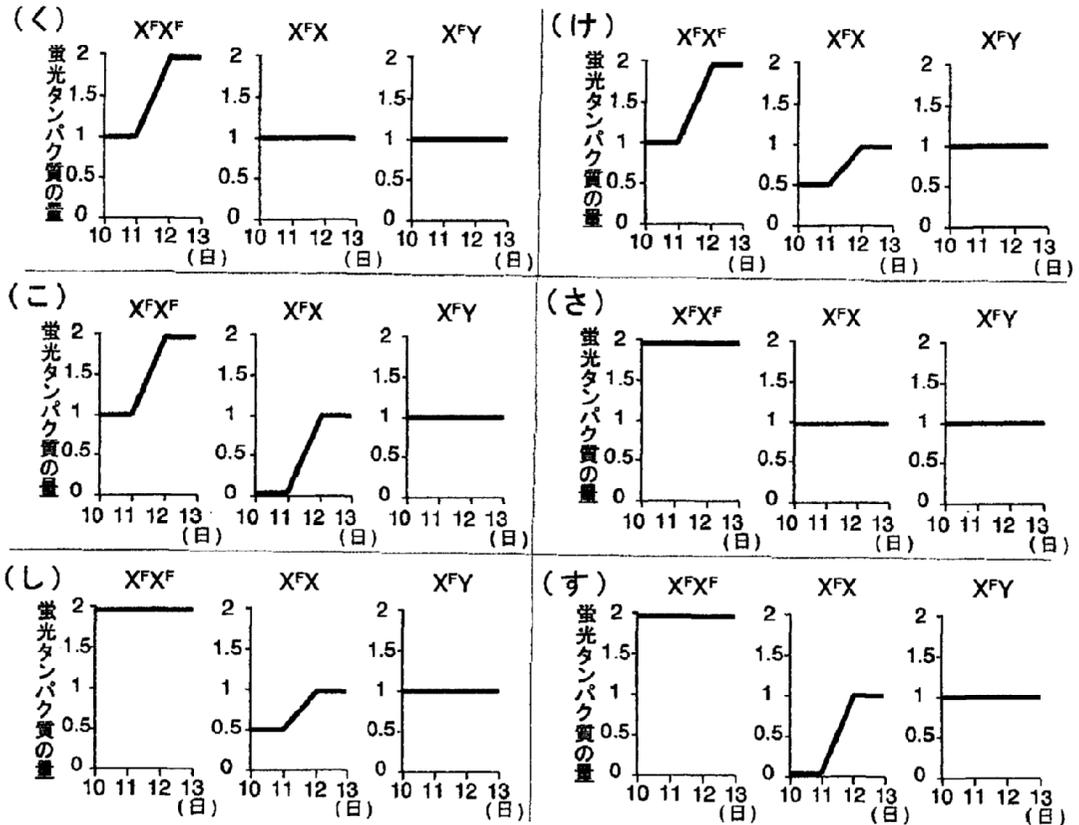


図 3

(C) 発生における雌雄の違いは、受精後 12 日目前後の生殖腺の体細胞に現れる。雄では Y 染色体上の遺伝子 Z の働きにより、生殖腺が精巣へ分化する。一方、Y 染色体のない雌の生殖腺は卵巣に分化する。受精後 12 日目には生殖細胞の発生にも雌雄差があらわれ、雌の生殖細胞は減数分裂をおこすが、雄の生殖細胞は体細胞分裂の G1 期で停止する。生殖細胞の発生の雌雄差にあたる生殖腺の影響を調べるために、図 4 に示す実験 1~6 を行った。実験 1 と実験 2 では、雌または雄の受精後 11 日目の生殖腺から取り出した生殖細胞を単独で培養した。実験 3 と実験 4 では、雌または雄の受精後 11 日目の生殖腺から取り出した生殖細胞を異性の生殖腺に移植した。実験 5 と実験 6 では、雌または雄の受精後 12 日目の生殖腺から取り出した生殖細胞を異性の生殖腺に移植した。2 日後に観察した結果、生殖細胞

胞は図 4 に示すように G1 期で停止するか、減数分裂した。

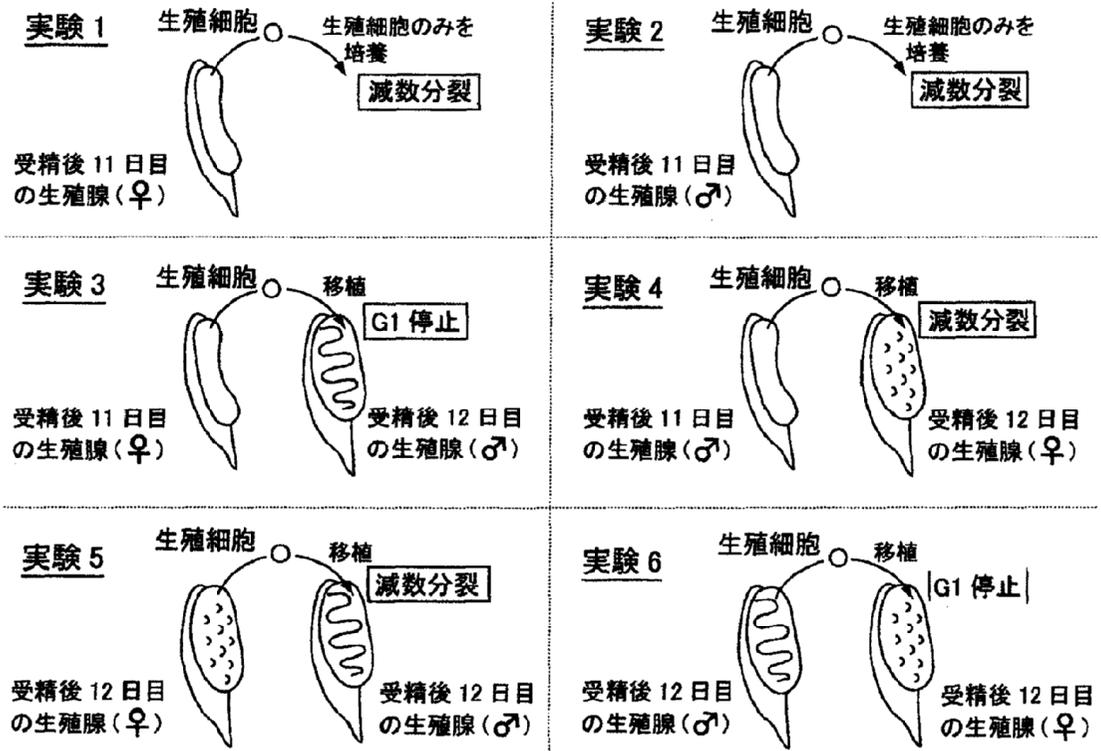


図 4

問 5 受精後 13 日目の雌の生殖細胞を受精後 12 日目の雄の生殖腺に移植すると、その生殖細胞はどのようになるか。予想される結果と、その結果が得られる理由を解答欄の枠の範囲内で記述せよ。

問 6 遺伝子 Z の働きを受精後 12 日目の胚 (XY 個体) の生殖細胞のみでなくした。この生殖細胞を、受精後 12 日目の雌の生殖腺に移植した。この実験において予想される結果と、その結果が得られる理由を解答欄の枠の範囲内で記述せよ。

演習問題 7 遺伝 (2009 北海道大)

被子植物の花粉は、花粉母細胞が[ア]を行ってできた配偶体 (n) である。花粉は、柱頭に運ばれて発芽するが、花粉管内の 2 個の[イ]のうち 1 つは胚のう内の卵細胞核と合体して胚 (2n) を、もう 1 つは胚のう中央部にある 2 個の[ウ]と合体融合して胚乳 (3n) をつくる。この型の受精は[エ]と呼ばれる。種子の主要部分は、基本的には種皮の型の受精はおおよび胚乳であるが、[エ]により胚乳と胚は両親に由来する遺伝情報をもつことになる。

トウモロコシのモチ性とウルチ性に着目して、遺伝の実験を行った。トウモロコシのモチ性とウルチ性は、単一の遺伝子座に支配され、ウルチ性 (遺伝子記号 A) がモチ性 (遺伝子記号 a) に対して完全優性である。遺伝子 A はアミロースというデンプンの一種の合成に関わっている。アミロースは、ウルチ性トウモロコシの胚乳に通常 25% 程度含まれるが、モチ性トウモロコシの胚乳には含まれていない。モチ性とウルチ性は、胚乳をヨード染色することで容易に判別できる。

<実験 1> 自家受粉をくり返し、モチ性のみを生ずるようになったトウモロコシ W 系統 (W) と、ウルチ性のみを生ずるようになったトウモロコシ X 系統 (X) を用意した。W の 1 個体の雌花に X の花粉を受粉させ、得られた種子の胚乳を観察したところ、すべてウルチ性であった。

<実験 2> W や X とは由来の異なる系統の中から、胚乳に 70% 近いアミロースが含まれる突然変異個体が見つかった。この個体の自家受粉をくり返して、常に胚乳のアミロース含量が 70% 近くになる (以下、この形質を高アミロースという) トウモロコシ Y 系統 (Y) を得た。

続いて、高アミロースと、遺伝子 A または a が関わるアミロース合成との関係を調べることにした。X の雌花に Y の花粉を受粉させたところ、実った種子はすべてウルチ性と同程度のアミロースを含んでいた。この F₁ を育て、自家受粉させて実った種子の胚乳を調べたところ、高アミロース種子と、ウルチ性と同程度のアミロースを含む種子がおおよそ 1 : 3 の割合で出現した。

これと並行して、W の雌花に Y の花粉を受粉させたところ、実った種子はすべてウルチ性と同程度のアミロースを含んでいた。この F₁ を育て、自家受粉させて実った種子の胚乳を調べたところ、高アミロース種子、ウルチ性と同程度のアミロースを含む種子、およびアミロースを含まない種子がおおよそ 3 : 9 : 4 の割合で出現した。

問 1 文中の[ア]~[エ]に適切な語句を入れよ。

問 2 <実験 1> で得られた結果について、その理由を、遺伝子記号 A および a を用いて胚乳や胚乳形成に関わる細胞核の遺伝子型を示しながら、70 字以内で記せ。アルファベットは 1 文字とかぞえる。

問3 あらたに得た由来のわからないトウモロコシ個体 Z について、以下の問に答えよ。

- (1) Z のウルチ性とモチ性の遺伝子型を調べることにしたが、誤って開花前に Z の雄花を切除してしまった。雌花は残っている。どのような交雑を行って、何をどのように調べれば Z のモチ性とウルチ性の遺伝子型が推定できるか、具体的に 60 字以内で記せ。アルファベットは 1 文字とかぞえる。
- (2) (1) で解答した交雑実験を行った場合、得られる結果と、それに基づく Z の遺伝子型をすべて記せ。

問4 <実験 2>に関する以下の問に答えよ。

- (1) 遺伝子 A や a 以外に、独立な単一遺伝子座に存在する遺伝子 B や b を仮定する (B が b に対して完全優性) と、得られた結果が説明できそうである。このように仮定した場合、高アミロースが発現する胚乳の遺伝子型を遺伝子記号 A , a, B, あるいは b を用いてすべて記せ。
- (2) 得られた実験結果から考えられる記述として、次の①～⑤のなかから適切なものすべてを選び、それらの番号を記せ。適切な記述がない場合は、「なし」と記せ。
 - ① 高アミロース発現には、遺伝子 A と遺伝子 B の両方が必要である。
 - ② 遺伝子 a のみが胚乳にある場合、アミロース含量は遺伝子 B や b に関わらず一定である。
 - ③ 遺伝子 b は条件遺伝子といえる。
 - ④ 遺伝子 A と遺伝子 B は補足遺伝子といえる。
 - ⑤ 遺伝子 A や B がコードするタンパク質の働きを手がかりとして、デンプンの合成の機構について調べることができる。

演習問題 8 分子生物 (2008 神戸大)

ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) 法は、生命科学の研究分野のみならず、医療、犯罪捜査、血縁調査等の様々な社会的な分野で重要な役割を果たしている科学技術である。PCR 法を用いれば、多様な DNA 配列の中から、特定の DNA 領域を選択的に増幅させることができる。この技術の原理について考えてみたい。

DNA は、半保存的複製によって増幅される。DNA の合成を担う DNA 複製酵素 (ポリメラーゼ) は、鋳型の配列に相補的なヌクレオチドを既存の DNA 鎖に次々と付加していく重合反応の触媒活性しかもたないため、DNA の複製開始にはプライマーと呼ばれる 1 本鎖の短いヌクレオチド鎖が必要とされる。プライマーは鋳型となる DNA 鎖の特異的な部位と相補的な塩基配列をもち、鋳型と水素結合することで、DNA 複製の起点となるが (図 1)、PCR 法ではこのプライマーの配列特異性を利用して目的とする DNA 領域の増幅を行う。

DNA の増幅は次のような過程で行われる (図 1)。第 1 ステップでは、例えば 94°C で熱変性することにより、2 本鎖 DNA を半保存的複製の鋳型として利用可能な 1 本鎖とする。第 2 ステップでは、 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ に冷却することにより、各プライマーと鋳型となる 1 本鎖 DNA との相補性に基ついた結合 (アニーリング) を可能とする。第 3 ステップでは、特殊な DNA ポリメラーゼの反応至適温度である 72°C に保つことにより、プライマーを起点として新しい DNA 鎖が伸長し合成される。この第 1~3 ステップを 1 サイクルとして 30~40 回反復して行うことにより、変性、アニーリング、伸長のサイクルが次々と繰り返され、DNA が大量に増幅される。

問 1 ある任意の 16 塩基のプライマーと同一配列がヒトゲノム中に何個存在するか、期待値 (小数点以下 1 桁) を求めなさい。ただし、ヒトゲノムは、30 億塩基対 (60 億塩基) とする。また、A (アデニン)、C (シトシン)、G (グアニン)、T (チミン) の各塩基はゲノム中に同じ確率で存在するとし、 $4^5 \approx 10^3$ の近似値を用いて計算して良い。

問 2 図 1 のように、PCR 反応を 10 サイクル行った後に、どのような長さの DNA 分子が何分子存在することになるか答えなさい。ただし、PCR 反応は理想的な条件で完全に行われるとし、DNA 分子は 1 本鎖 DNA を単位として解答するものとする。例えば、1 サイクル後の状態は、1,000 塩基の DNA が 2 分子、900 塩基の DNA が 1 分子、700 塩基の DNA が 1 分子と表記する。

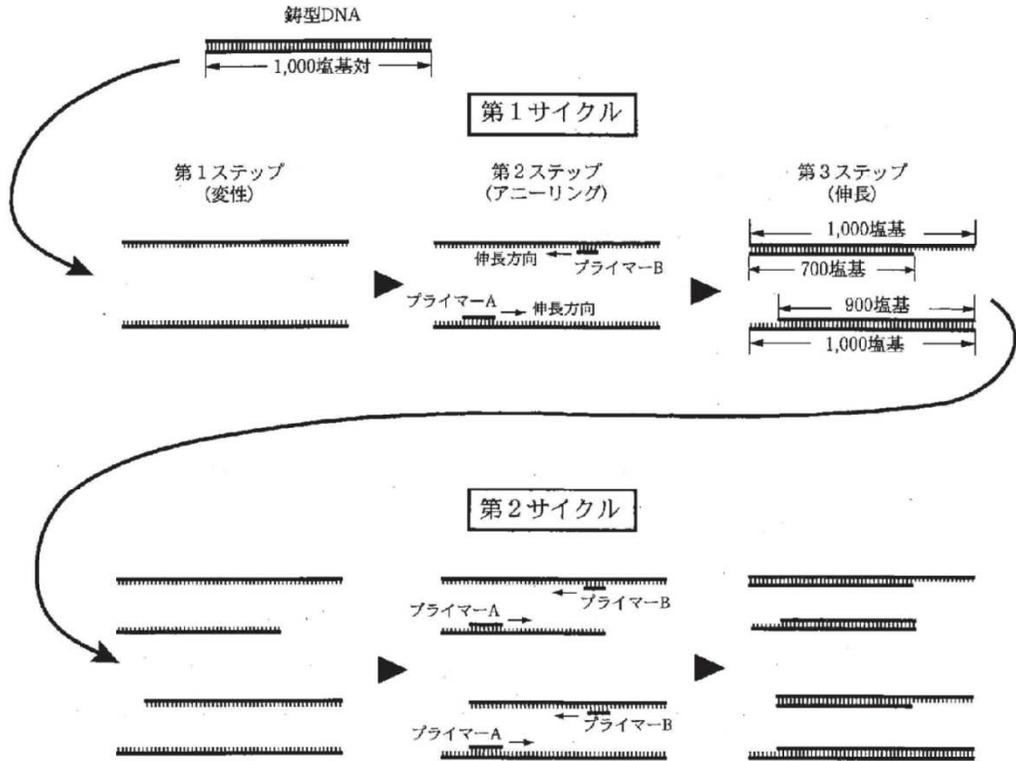


図1 1,000塩基対の2本鎖DNA1分子を鋳型としてPCR反応を2サイクル行った例を模式的に示す。プライマーAおよびBは、図に示された2カ所の位置でのみ鋳型DNAと水素結合するものとする。

問3 PCRの原理に照らし、次の実験からテスト株では遺伝子Aにどのような変異が生じていると推測されるか答えなさい。

【実験】ある遺伝子Aの野生株DNA配列に基づいて図2に示すような3種のプライマーX, Y, Zを作製した。野生株およびテスト株のゲノムDNAを鋳型としてX, YおよびX, Zの組み合わせのプライマーを用いPCRを行った。X, Yのプライマーセットを用いた際には、野生株とテスト株で完全に同じ長さのDNA断片が増幅して検出された。しかし、X, Zのセットを用いた際には、野生株では増幅断片が検出されたが、テスト株では検出されなかった。

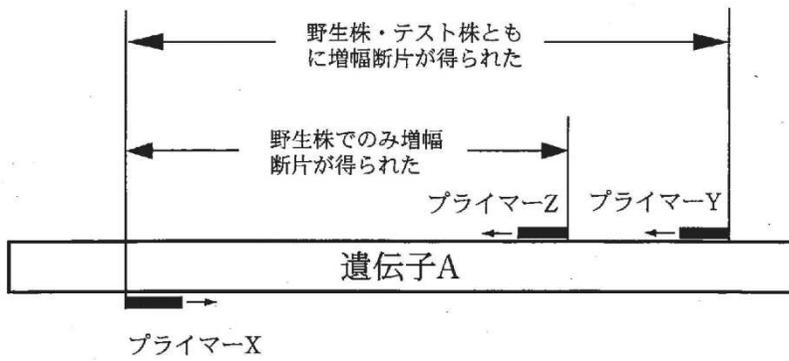


図 2

問 4 問 3 で生じた遺伝子変異の結果、テスト株では野生株と比べてどのような翻訳産物（タンパク質）が生じている可能性があるか。三つ答えなさい。

演習問題 9 分子生物 (2012 京都大)

ある種のウイルスは、感染すると宿主細胞のゲノム DNA に自分のゲノム由来 DNA を挿入させることができる。いったん挿入されたウイルス DNA (プロウイルス) は、宿主細胞ゲノム DNA の一部として複製される。そのため、この性質をもつウイルスをもとにして作製されたベクターは、宿主細胞に遺伝子を安定して導入する手段として生物学の研究に広く用いられてきた。

宿主細胞ゲノム DNA におけるプロウイルスの挿入場所は前もってわからない。そこで、プロウイルスの挿入場所を調べるため以下の実験を行った。図 1 は実験過程を示し、図中の直線状、環状の二重線は、DNA 二本鎖を表す。二重線間の細い線は相補結合 (一部) を示す。プロウイルスの塩基配列は、すでにわかっているものとする。

実験: ウイルスベクターをヒトから得た細胞に感染させ、プロウイルスをもつ細胞か DNA を抽出した。抽出した DNA に、プロウイルスを一か所で切断する制限酵素 X (DNA 鎖を 2 本とも同じところで切断するタイプの酵素) を加え 37°C で 2 時間反応させると、宿主 DNA も切断され、DNA 断片(ア)

が得られた。p, q, r, s はプロウイルス内の塩基を表している。s はプロウイルスの末端にあり、p は切断末端にある。また、

p-q, r-s はそれぞれ 20 塩基長である。①次に DNA

断片(ア)を含む溶液から制限酵素 X を除去し、②

リガーゼを加え、断片の末端どうしを連結させ、

環状 DNA(イ)を得た。さらに、環状 DNA(イ)を含む溶液に、プロウイルス

の q-r 間をある一か所のみで切断する制限酵素 Y

を加え、37°C で 2 時間反応させ、図 1 に示すよう

な DNA 断片(ウ)を得た。その DNA 断片(ウ)を鋳型

とし、p-q, r-s の配列をもとに作製したこれらと同じ塩基長のプライマーを用いて PCR 法による増幅を行った。③その結果、280 塩基対長の DNA 断片 q-r が増幅された。

- 問 1 下線部①に関して、制限酵素を除去しなければ、以降の実験にどのような影響があるか。解答欄の枠の範囲内で記せ。
- 問 2 下線部②について、なぜリガーゼにより DNA 断片(ア)をいったん環状 DNA(イ)にしたのか。その理由を解答欄の枠の範囲内で記せ。
- 問 3 下線部③について、増幅産物にふくまれる宿主由来部分の塩基対長を答えよ。
- 問 4 下線部③で得られた増幅産物を使って、プロウイルスの宿主 DNA への挿入場所を調べたい。その方法を解答欄の枠の範囲内で記せ。

演習問題 10 進化分類 (2009 北海道大)

I ダーウィンはビーグル号に乗って世界各地を旅し、その途中に立ち寄ったガラパゴス諸島で、フィンチ類のくちばしの形態が島ごとに異なることに気づいた。これが、のちに a 自然選択説を思いつくきっかけの1つであったといわれる。b 南アメリカ大陸からわたってきた祖先が、環境の異なる島々にすみつき、自然選択によってそれぞれの島の食物に適したくちばしの形態をもったフィンチ類に分化したと考えられている。c その後、別々の島のフィンチ類が出会っても交雑することがなければ、それぞれは別の種として存続する。これが、多様な環境に適した形態や生態をもった多数の種に分化する過程の1つである。この過程を[ア] いう。

ガラパゴス諸島のフィンチ類の寿命は3年から4年で、おもに年1回繁殖し、2羽から3羽の子を残す。くちばしの大きさは遺伝し、くちばしが大きいと大きい種子を、小さいと小さい種子を効率よく食べることができる。

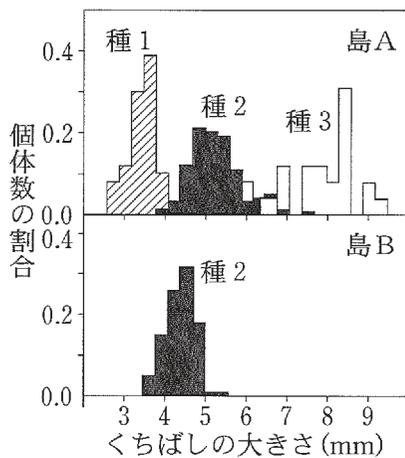


図1

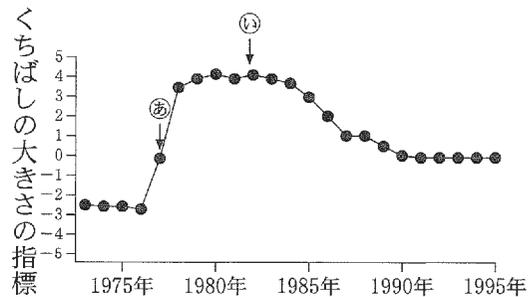


図2

図1は、くちばしの大きさの異なる種1~3の3種類が繁殖している島Aと、種子の大きさや密度の条件は似ているが、これら3種のうちでは種2しか繁殖していなかった島Bとの間で、それぞれの種のくちばしの大きさを1973年以前に採取された博物館の標本などを用いて比べた結果を示している。その後の、島Bにおける種2のくちばしの大きさの指標（その値はくちばしの長さや太さに比例する）の平均値の年変化が、図2に示されている。島Bでは1977年（矢印⑥）に干ばつが起きて種子の量が極度に減少したが、翌年には回復した。また、1982年（矢印⑦）には、種3が島Bでも繁殖し始めた。

II DNAの塩基配列やタンパク質のアミノ酸配列の変化は、表現型の変化に反映しないことが多い。そのため、これらの変化は多くの場合、自然選択の上で有利でも不利でもないとする[イ]説が、木村資生によって提唱された。このように、表現型の変化にあらわれないDNAの塩基配列の違いや、自然選択を強く受けない遺伝子がある。これらの頻度は偶然によって集団中で変動することがある。これが[ウ]と呼ばれるもう1つの進化メカニズムである。このメカニズムは集団の大きさが[エ]場合に強く働く。

問1 文中の[ア]～[エ]に適切な語句を入れよ。なお[ア], [イ], [ウ]は漢字で記せ。

問2 下線部 a の自然選択説は複数の要素から成り立っている。その1つは、「生物はたくさんの子を産むが、子の形質にはばらつきがある」ことで、もう1つは、「形質は次の世代に伝えられる」ことである。その他の要素を35字以内で記せ。

問3 下線部 b と下線部 c にあてはまる、種分化を起こす隔離機構をそれぞれ漢字で記せ。

問4 図2をみると、1977年(矢印あ)の前後でくちばしの大きさに変化が起きている。1976年から1981年の出来事に関する以下の①～⑤の記述のなかで不適切なものを、すべて選び番号で答えよ。

- ① 1977年には、種子の量が減ったため、大きな種子しか利用できず、かなりの個体が死亡したので、個体数が減少した。
- ② 1977年には、大きな種子を食べざるをえなかったので、おのおのの個体のくちばしが発達して大きくなった。
- ③ 1977年の前後で、くちばしの大きさを決める遺伝子の頻度に変化があり、この間に小進化が起こった。
- ④ 1978年から1981年までくちばしが大きいままであった。これはくちばしの大きな親がより多くの子を残したためである。
- ⑤ 1981年にはくちばしは平均的に大きかったが、その個体間のばらつきは、環境変異のために、1976年のくちばしの大きさのばらつきと同程度であった。

問5 図2に示した、1977年(矢印あ)の前後、および1982年(矢印い)以降の種2のくちばしの大きさの変化から類推し、図1のように、島Aにおいて種2のくちばしの大きさが島Bより大きかった理由として最も適切なものを、次の①～④から1つ選び、番号で答えよ。

- ① 種3との食物をめぐる競争に勝つため。
- ② 種1との食物をめぐる競争をさけるため。
- ③ 種3との交雑が頻繁であったから。
- ④ 島Aでは大きな種子がたくさんあったから。

演習問題 11 進化分類 (2009 東北大改)

ソトモノアラガイという巻貝には右巻きと左巻きがあり、右巻き(R)は左巻き(r)に対して優性である。また貝が右巻きになるか、左巻きになるかは、母体の遺伝子型によって決定される。たとえば図 1 のように右巻きの純系の雄(RR)と、左巻きの純系の雌(rr)を交配して得られた F₁ はすべて左巻きになるが、この F₁ どうしを交配して得られた子供は、すべて右巻きになる。水生昆虫のガムシの仲間には、幼虫が巻貝を餌としているものがある。その大あごの形 (図 2 の矢印の部分) を調べたところ、右側が左側より極端に長く鋭いことがわかった。

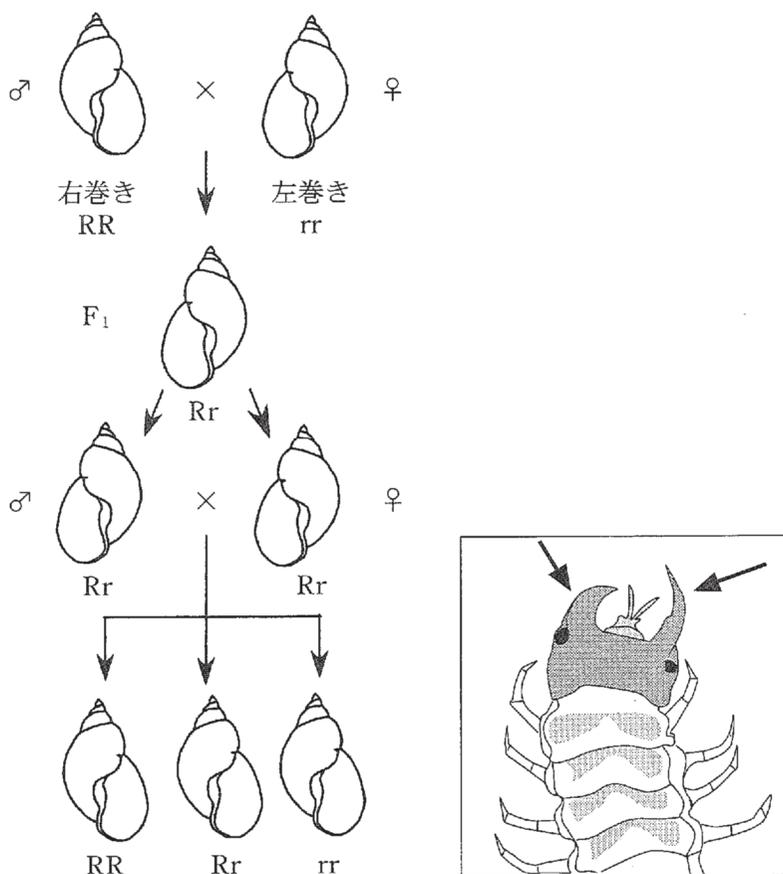


図 1

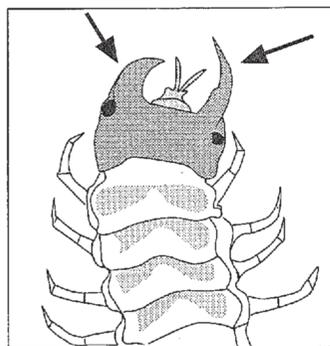


図 2

そこでこのガムシの幼虫の大あごの形は、(a)左巻きよりも右巻きの貝を捕食するのに有利な形なのではないか、という仮説を考え、それを検証するため次のような実験を行った。

まず 1 つの池からソトモノアラガイの稚貝を採集し、水槽でどの個体もほぼ同じ体の大きさになるまで育てた。次に実験 1 として、その中から右巻きの貝と左巻きの貝をそれぞれ 100 匹ずつ選び、同じ水槽に入れた。次にこの水槽にガムシの幼虫を入れ、十分な時間の後に貝を調べたところ、ガムシに襲われた貝は、殻が壊れて食われてしまったものと、殻が壊れず食われもしなかったが殻に傷が残ったものがあった。一方、ガムシに襲われなかった貝は殻にまったく傷がなかった。そこでこれらの貝の数をそれぞれ数えた。次に実験 2 として、ソトモノアラガイの右巻きの貝と左巻きの貝をともに殻を壊して中身だけにしたものを、それぞれ 100 匹ず

つ同じ水槽に入れた。そしてこの水槽にガムシの幼虫を入れ、十分な時間の後に、ガムシが食った貝の数を右巻きの貝と左巻きの貝に区別して調べた。なお、貝の巻き方は、貝の中身だけからも判断できる。これらの実験の結果、表 1 のような結果が得られた。なお、この池ではソトモノアラガイは自由交配を行い、ハーディ・ワインベルグの平衡が成り立っているものとする。また雄と雌の比率は右巻きの貝も左巻きの貝も 1 : 1 とする。

表 1

実験 1 殻を壊さずに水槽に入れたもの			
	水槽に入れた貝の数	殻が壊れて食われてしまった貝の数	殻が壊れず食われなかったが、殻に傷が残った貝の数
右巻き	100	64	6
左巻き	100	36	34

実験 2 殻を壊して中身を水槽に入れたもの		
	水槽に入れた貝の数	食われた貝の数
右巻き	100	72
左巻き	100	72

問 1 これらの実験結果から判断して、ガムシの幼虫は左巻きの貝よりも右巻きの貝を襲う傾向が強いといえるか。その理由とともに枠内に記せ。

問 2 これらの実験結果から判断して、下線部(a)の仮説は正しいといえるか。その理由とともに枠内に記せ。

問 3 実験 1 の結果、ガムシに食われず生き残った貝のうち、左巻きの貝だけを使って自由交配させたところ、それらの子供の 20% が右巻きになった。実験 1 の後、生き残った左巻きの貝はどのような遺伝子型を、どのような比でもつか枠内に記せ。ただし、比はもっとも小さな整数比で記すこと。

問 4 実験 1 の結果、ガムシに食われず生き残った貝のなかで遺伝子型 rr をもつ貝が占める割合は、実験 1 に使われた合計 200 匹の貝のなかで遺伝子型 rr をもつ貝が占めていた割合の何倍であるか、答えを記せ。ただし、答えは小数点以下第 3 位を四捨五入すること。

問 5 問 3 の結果から考えて、池では左巻きの貝がソトモノアラガイの全個体数の何% を占めていたと考えられるか。その理由とともに枠内に記せ。ただし、答えは小数点以下第 1 位を四捨五入すること。

manavee 生物演習シリーズ LINE UP

■7月までに受けてほしい講座

●分野別対策講座

分野別攻略 I (生命の連続性)

(by tomson)

▶ 生命の連続性の重要問題をチェック

分野別攻略 II (恒常性・調節)

(by tomson)

▶ 恒常性・調節の重要問題をチェック

分野別攻略 III (細胞・代謝・生態)

(by tomson)

▶ 細胞・代謝・生態の重要問題をチェック

■7～8月にかけて受けてほしい講座

●総合対策講座

総合実践攻略【夏の陣】

(by tomson)

▶ 2次力の強化を図る

パッと見えてくる計算問題

(by かりん先生)

▶ 生物の計算問題を総チェック

●分野別対策講座

遺伝の完全攻略 PART I・PART II

(by tomson)

▶ 遺伝の問題の解き方を学ぶ

●大学別対策講座

実験考察問題の解法ナビゲーション

(by とらますく先生)

▶ 東京大の過去問から実験考察問題へのアプローチを学ぶ

■9月～11月に受けてほしい講座

生物難問攻略

(by tomson)

▶ 難問演習で難問にめげない心を育てる
(生物が得意な人のみ受講推奨)

■11月下旬～12月上旬に受けてほしい講座

●総合対策講座

総合実践攻略【冬の陣】 PART I・PART II

(by tomson)

▶ 2次力の完成を目指す

■12月中旬～12月末に受けてほしい講座

●センター演習

マッハで演習するセンター生物第3問
(by あべちゃん先生)

▶ センター過去問を利用した遺伝の演習

■1月上旬～1月中旬に受けてほしい講座

●センター演習

センター生物基礎 FINAL CHECK
(by ヒゲ先生・かりん先生・tomson)

▶ インプット+アウトプットで
センターの準備を行う

センター生物 FINAL CHECK
(by ヒゲ先生・かりん先生・tomson)

▶ インプット+アウトプットで
センターの準備を行う

■1月下旬ごろに受けてほしい講座

●分野別対策講座

遺伝の究極攻略【二次への架け橋】
(by tomson)

▶ センターボケをぶっ飛ばして2次の脳に
切り替える

■1月下旬～2月にかけて受けてほしい講座

●大学別対策講座

攻略!!北大生物シリーズ
(by tomson)

▶ 北海道大の過去問を利用して制限時間以内に
解答を導けるように鍛える

I Can 生物
(by ヒゲ先生)

▶ 九州大の過去問を利用して記述問題の
解き方を学ぶ

はんなり稼ごう京大生物
(by かりん先生)

▶ 京都大の過去問を利用して問題および
その周辺知識を総チェック

●二次試験直前講座

難関大生物プレテスト
(by tomson)

▶ テスト演習形式で実践的な問題演習を
行う

(注意事項)

※国公立受験を軸にこの予定表は作られています。

※詳しくは各講座の授業の概要、イントロダクションをご覧ください。

※一部作成中・作成予定のカリキュラムを含みます。



manavee 生物陣のベストメンバーが、多彩な講座と充実した教材を用意して、

皆さんの受験突破のお手伝いをします!!!

