練 習 問 題

用語

問 1

次の a ～ p の用語に最もよく合致するものを，下の 1 ～ 16 から選びなさい。

a　減数分裂
b　配偶子
c　核型
d　体細胞分裂
e　間期
f　多核体
g　対合
h　性染色体
i　細胞質分裂
j　分裂後期
k　染色分体
l　常染色体
m　セントロメア
n　中心体
o　極体
p　精細胞

1　X と Y
2　性が異なっても共通の染色体
3　複製を終えた染色体の同じ 2 本のうちの一方
4　分裂極にある微小管形成中心
5　精巣にある減数分裂を終えた細胞
6　細胞質の分裂
7　受精の際に融合する 1 倍体の生殖細胞
8　複数の核をもつ動物の細胞
9　相同染色体の対の形成
10　1 つの 2 倍体細胞が 2 つになること
11　細胞の染色体を整列させたもの
12　細胞周期のうち，染色体が観察できない時期
13　1 つの 2 倍体細胞が 4 つの 1 倍体細胞になること
14　減数分裂を終えても配偶子にならない細胞
15　体細胞分裂で姉妹染色分体が分離する時期
16　姉妹染色分体をつなぐもの

4.1

問 2

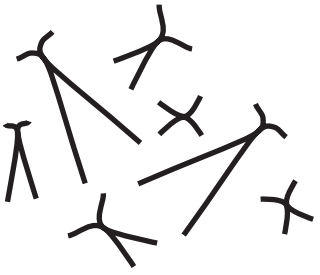
ヒトの体細胞は 46 本の染色体をもつ。

a　子どもは父親から何本の染色体を受けとるか？
b　体細胞の染色体のうち，常染色体は何本で性染色体は何本か？
c　ヒトの卵子の染色体は何本か？
d　ヒトの卵子の中の性染色体は何本か？

問 3

次の図はある生物の雄の分裂中期染色体像である。これは核型を見ようとするものであるが，まだ大きい順に整列していない。

a　セントロメアはいくつあるか？
b　染色体は何本あるか？
c　染色分体は何本あるか？
d　相同染色体の対はいくつあるか？
e　メタセントリック，アクロセントリックの染色体はそれぞれ何本か？
f　この生物種の性決定様式はどのように考えられるか？この種の雌の核型は何が違うと予想できるか？



4.2

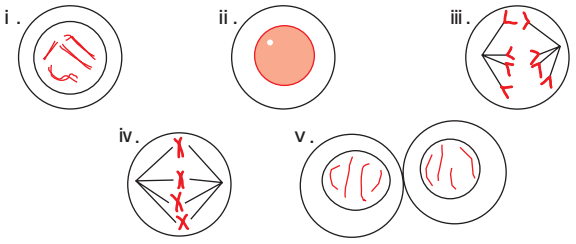
問 4

14 本の染色体をもつカシの木の 1 つの細胞が体細胞分裂をしようとしている。
娘細胞はいくつできるのか？ また，その細胞の染色体は何本か？

問 5

次の図に描かれたもののどれが，次の体細胞分裂の時期にあてはまるかを示しなさい。

a　分裂後期
b　分裂前期
c　分裂中期
d　G_2 期
e　終期 / 細胞質分裂期



問6

a　細胞周期の4つの主要な段階を何というか？

b　どの段階が間期に含まれるか？

c　G_1，S，G_2期を区別する出来事は何か？

問7

細胞周期の各段階（G_1，S，G_2，分裂前期，中期，後期，終期）について，次の質問に答えなさい。必要があれば矢印を用いて，その段階で起こる変化を示しなさい。

a　染色体は何本の染色分体から構成されるか？

b　核小体はあるか？

c　紡錘体装置はできているか？

d　核膜は存在しているか？

問8

ゲノムが1倍体であるような細胞で，体細胞分裂が起こらない理由はあるか？

4.3

問9

14本の染色体をもつカシの木の1つの細胞が減数分裂をしようとしている。この過程の終了後，いくつの細胞ができるか？ できた各細胞の染色体は何本か？

問10

染色体数が半減するのは，体細胞分裂，減数第一分裂，減数第二分裂のうちのどの様式の分裂か？ どの様式の分裂が還元的か？ どの様式の分裂が均等分裂か？

問11

下の文章に次の用語（体細胞分裂，減数第一分裂，減数第二分裂，いずれも該当しない場合もある）から当てはまるものを，すべて入れて文章を完成させなさい。

a　＿＿＿の際には細胞内に紡錘体装置ができる。

b　＿＿＿の前には染色体の複製が起こる。

c　＿＿＿を経た細胞は倍数性がnの1倍体である。

d　＿＿＿を経た細胞は倍数性がnの2倍体である。

e　相同染色体の対合は通常＿＿＿で起こる。

f　非相同染色体の対合は通常＿＿＿で起こる。

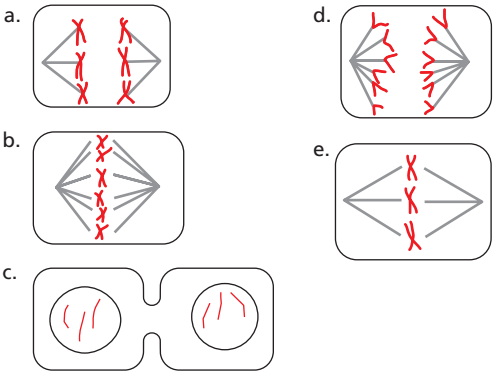
g　組換え型の子孫が誕生する物理的組換えは＿＿＿で起こる。

h　セントロメアの分裂は＿＿＿で起こる。

i　非姉妹染色分体は＿＿＿の同じ細胞内でみられる。

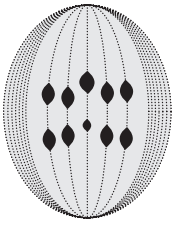
問12

図a～eは同じ個体の細胞分裂を示している。それぞれの図は体細胞分裂，減数第一分裂，減数第二分裂のいずれか？ また，分裂のどの段階か？ この生物のnはいくつか？



問13

細胞分裂時の染色体の顕微鏡観察の報告は，1905年にネッティー・スティーブンス（Nettie Stevens）により最初に行われた。その当時は写真にすることが困難だったため，彼女は特別の描画装置を用いて記録に残した。その図の1つがこれで，ゴミムシダマシの一種（*Tenebrio molitor*）の正常な細胞分裂像である。現代の標準的な技法からすれば当時はまだ初歩的で，彼女に染色体構造を明らかにできないのは無理からぬことであった。



a　図に描かれた細胞分裂の種類と段階をできる限り詳細に示しなさい。

b　図では染色体構造の何が不明瞭か？

c　この昆虫の正常な配偶子の染色体数は何本か？

問14

常染色体上の2つの遺伝形質についてどちらもヘテロ接合の人がいる。そのうちの1つは劣性形質である白皮症の遺伝子

（対立遺伝子は*A*と*a*）でアクロセントリック染色体の長腕のセントロメア近傍にある。もう1つは優性形質であるハンチントン病の遺伝子で（対立遺伝子は*HD*とHD^{+}）メタセントリック染色体のテロメア近傍にある。この人の上述の染色体が（a）体細胞分裂，（b）減数第一分裂，（c）減数第二分裂のそれぞれでどのように観察できるかを描きなさい。ただし，染色体では組換えが起こらないと仮定し，この2つの遺伝子の対立遺伝子をすべての染色分体に記入すること。

問15

（ i ）相同である2本の染色体のいくつかの遺伝子が異なる対立遺伝子をもち，（ ii ）組換えが起こらない，という2つの仮定のもとでは，1組の夫婦は何通りの遺伝的に異なる組合せをもつ子どもが生まれうるか？ また，仮定（ i ）と（ ii ）ではどちらがより現実的か？

問16

スギゴケの一種（*Polytrichum commune*）は1倍体の染色体数は7である。1倍体の雄性配偶子は同じく1倍体の雌性配偶子と融合し，分裂して多細胞の胞子体へと発生する。胞子体の細胞は後に減数分裂により胞子と呼ばれる1倍体細胞をつくる。個々の胞子がもとの雄性配偶子と同じ1そろいの染色体をもつ確率はどのくらいになるか？ ただし，組換えは起こらないものとする。

問17

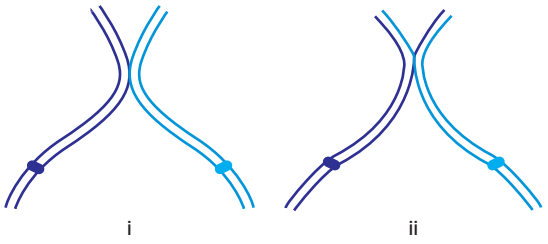
ゲノムが常に1倍体の生物では，減数分裂が起こらない理由は何か？

問18

体細胞分裂の中期で姉妹染色分体は，**コヒーシン**（cohesin）タンパク複合体が輪ゴムのような構造体を形成して，染色分体を束ねることにより挙動をともにする。コヒーシンの環状構造はセントロメアにも染色体にそった長軸方向にも多数存在し，分裂後期の初めにタンパク分解酵素により分解されることで両者の分離が可能になる。

a　コヒーシン複合体は減数第一分裂でも後期まで相同染色体をつなぎ止めておくことにも関与している。このことを踏まえて，次の図（ i と ii ）ではどちらが減数第一分裂の前期から中期までの染色分体の整列をより正しく示しているか，説明しなさい。

b　aの答えで，セントロメアと染色体の腕の部分でコヒーシン複合体の特性の違いをどのように推定したのか，それを説明できる分子機構の仮説を考えなさい。



4.4

問19

ヒトでは，

a　100個の第一次精母細胞からいくつの精子ができるか？

b　100個の第二次精母細胞からいくつの精子ができるか？

c　100個の精細胞からいくつの精子ができるか？

d　100個の第一次卵母細胞からいくつの卵子ができるか？

e　100個の第二次卵母細胞からいくつの卵子ができるか？

f　100個の極体からいくつの卵子ができるか？

問20

チンパンジーの体細胞には染色体が48本ある。

（a）体細胞分裂後期，（b）第一減数分裂後期，（c）第二減数分裂後期，（d）体細胞分裂する前のG_1期，（e）体細胞分裂する前のG_2期，（f）第一減数分裂前のG_1期，（g）第一減数分裂の前期のそれぞれでは，染色分体および染色体の数はいくつか？

（h）S期に入る前の卵原細胞，（i）精細胞，（j）排卵前に停止している第一次卵母細胞，（k）受精前に停止している第二次卵母細胞，（l）第二極体，（m）チンパンジーの精子のそれぞれでは，染色分体および染色体の数はいくつか？

問21

七面鳥のある系統では未受精卵が単為発生を行って2倍体の次世代を生み出す（雌はZW，雄はZZの性染色体をもち，WWは致死となる）。以下のような方法で単為発生が行われるとすると，次世代の個体の性別の割合はどのようになると考えられるか？

a　卵子が減数分裂を経ないで発生を始める。

b　卵子が一通り減数分裂を終了したあと，染色体が複製して2倍体になる。

c　卵子が減数第一分裂を行ったあと，染色分体が分離して2倍体化になる。

d　卵子が減数分裂を1通り終わったあと，3つの極体の任意の1つが卵細胞と融合する。ただし，第一極体も減数第二分裂を行うものとする。

問22

ヒトの女性も含めて哺乳類の雌では，ときに卵巣中に卵巣奇

形腫（ovarian teratoma）と呼ばれる良性の腫瘍が発生する。その腫瘍は通常であれば，減数第一分裂で停止しているはずの第一次卵母細胞が卵巣中で減数第一分裂を終了してしまうことから始まる（通常は減数第一分裂は排卵により卵巣から出てから終了する）。第二次卵母細胞はあたかも胚のように発生を始め，濾胞の中で着床して発生を始めてしまう。しかし，その発生は統制が取れているわけではなく，その結果腫瘍も含めた歯，毛髪，骨，神経などさまざまな種類の組織に分化していくのである。もし卵巣奇形腫となった女性の遺伝子型が*Aa*であったとすると，この嚢腫の遺伝子型にはどのような可能性があるか？

4.5

問23

ミツバチには半倍数性と呼ばれる性決定様式があり，雌は2倍体で雄は1倍体である。雄は未受精卵からの発生によって生まれ，雄の精子は体細胞分裂によってつくられて雌の卵と受精する。象牙色の眼はミツバチでは劣性形質で，野生型の眼は茶色である。

a　象牙色の眼の女王バチと茶色の眼の雄バチとの交配ではどのような子が現れるか？ 受精卵と未受精卵の両方について遺伝子型と表現型を示しなさい。

b　aで生まれた雌と茶色の眼の雄が交配すると，その次世代はどうなるか？

問24

2種類の純系のカナリアがいるとする。片方は黄色の羽，もう片方は茶色の羽である。両系統を交配したところ，黄色の雌と茶色の雄との交配では生まれた子どもは雄も雌もすべて茶色であったが，茶色の雌と黄色の雄の交配では雄は茶色のみ，雌は黄色のみが生まれた。この結果を説明できる仮説を述べなさい。

問25

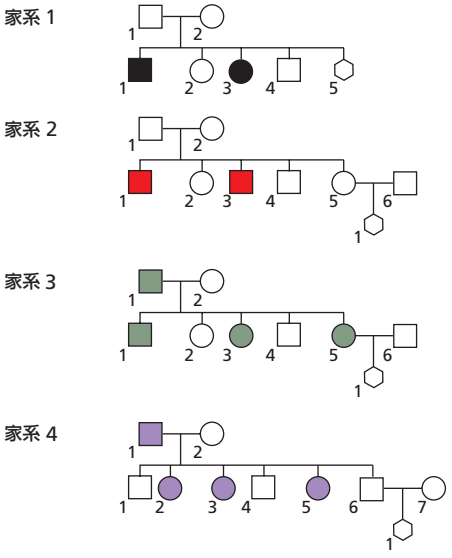
ニワトリの横斑羽毛の紋様はZ染色体連鎖の優性形質である。(a) 横斑羽毛の雌と非横斑羽毛の雄の交配ではどのような次世代が現れると期待されるか？ (b) (a) の交配で得られた雄と雌の交配ではどのような結果になると期待されるか？

問26

次の4つの家系図は，ヒトのある遺伝病の家族内での遺伝様式を示している。病気を示す個人は塗りつぶした印で示してある。病気は常染色体劣性，X連鎖の劣性，常染色体優性，X連鎖の優性の4つである。4つの形質とも稀な病気であると仮定する。

a　どの遺伝様式がどの家系であるのか？ 理由も示しなさい。

b　各家系で，子ども（六角形で示してある）に病気が現れる確率を，どのようにその両親に伝えたらよいか？



問27

ある学生がショウジョウバエの飼育瓶の中に，通常ならば刃のように薄い構造の翅が袋状の構造で中に液体の詰まった水泡のような翅をもつ雌（雄には見つからなかった）を何匹か見つけた。袋状の翅をもつ雌と野生型の雄を交配したところ，次世代の1/3は袋状の翅の雌，1/3は正常な翅の雌，残り1/3は正常な翅の雄であった。この結果を説明しなさい。

問28

デュシェンヌ型筋ジストロフィ（DMD）はX染色体連鎖の稀な劣性疾患で，筋力の低下が進行的に起こり，普通は20歳ごろまでに死にいたる。

a　兄弟に病気のある女性では，その1人目の息子に病気の現れる確率はどれほどか？

b　その女性の1人目の息子に病気が現れているとすると，2人目の息子に病気の現れる確率はどれくらいか？

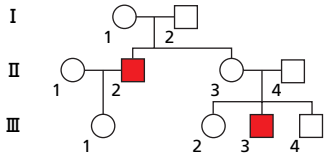
c　病気をもつ兄弟がいるが本人は正常である場合，その子どもに病気が現れる確率はどれくらいか？

d　病気をもつ男性が病気のない，いとこの子（その家族にはDMDの家族歴はない）との間で子どもが生まれると仮定する。その男性の母親といとこの女性が姉妹であった場合，2人の間に生まれる第一子が病気をもつ男子になる確率はどれくらいか？ 病気のある女子の確率，子どもに病気が現れない確率はどうなるか？

e　dの夫婦の両親の2人が兄弟姉妹であった場合，その夫婦の第一子の男子に病気が現れる確率はどれほどか？ また，病気のある女子の確率，子どもに病気が出ない確率はどうなるか？

問29

次の図は稀に見つかる色覚異常（赤色で示している）の家系図である。この家系の可能な限りの人たちの遺伝子型を示しなさい。



問30

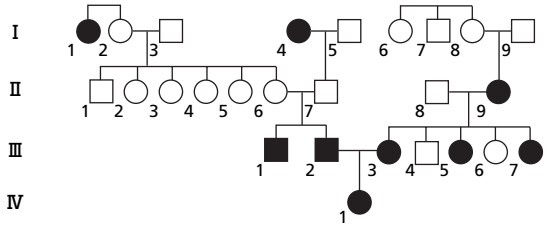
1995年，中国人の家族に見つかった，男性だけに病気が現れる色素性網膜炎（網膜の進行性退行により失明にいたる病気）が報告された。病気のある男性の6人の息子にはすべて病気が現れたが，5人の娘には（そして彼女たちの子どもにも）病気は現れなかった。

a　この型の色素性網膜炎が常染色体性の完全な優性の病気であることはどのくらいありそうか？

b　この家族の色素性網膜炎の遺伝を説明できる他の可能性はあるか？ どの遺伝様式の可能性が最もありそうか？

問31

下の家系図はアメリカの原住民のホピ族でみられた数少ない白皮症（アルビニズム）の遺伝を示している。この形質の浸透性は高いものとする（白皮症の遺伝子型をもつヒトは必ず病気の表現型を示す意味）。



a　この集団中での白皮症は劣性形質であるか，それとも優性形質であるか？

b　遺伝子はX染色体連鎖であるか，それとも常染色体性であるか？

c　次のヒトの遺伝子型はどのようであるか？

i　Ⅰ-1のヒト

ii　Ⅰ-8のヒト

iii　Ⅰ-9のヒト

iv　Ⅱ-6のヒト

v　Ⅱ-8のヒト

vi　Ⅲ-4のヒト

問32

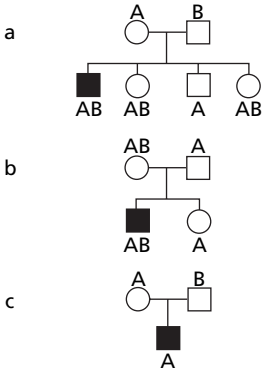
ブリジェスが白色の眼の雌と赤色の眼の雄の交配を行って多数の次世代を調べたとき，わずかではあったが白色の眼の雌や赤色の眼の雄がみられた。彼はこれらの例外的な個体が染色体の不分離，すなわち白色の眼の雌は卵からは2つのX染色体を，精子からは1つのY染色体を受けとり，一方の赤色の眼の雄は卵からはX染色体を受けとらず，精子から1本のX染色体を受けとることで説明できることを明らかにした。では，このような不分離が雌ではなく雄で起こっていたら，次世代はどのようになったか？ また，それらの眼の色はどうだったか？

問33

ショウジョウバエを用いて，黄色の体色で痕跡翅の雄と野生型（体色は茶色）の交配を行った。雑種第一代は雄と雌はともに野生型であった。雑種第一代の雄と雌の交配では，雑種第二代は黄色の体色で痕跡翅の雄が16，黄色の体色で正常な翅の雄が48，茶色の体色で痕跡翅の雄が15，野生型の雄が49，茶色の体色で痕跡翅の雌が31，そして野生型の雌が97であった。この結果から，今問題にしている2つの遺伝子について遺伝様式を説明しなさい。

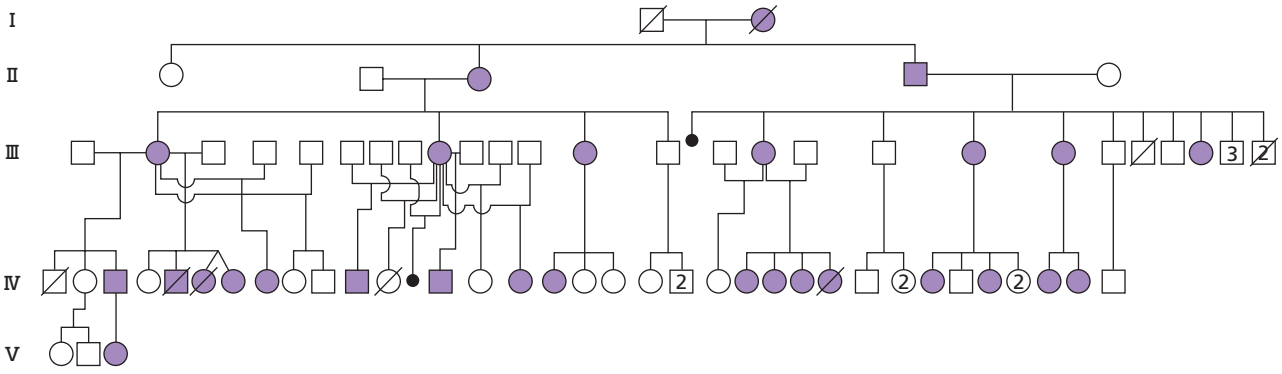
問34

クラインフェルター症候群の男性（黒い四角で示している）を含む，次のような家族の家系があるとする。クラインフェルター症候群は，性染色体がXXYとなる染色体異常にもとづくさまざまな疾患である。*A*および*B*は，X染色体連鎖の*G6PD*遺伝子の共優性の対立遺伝子である。個々の家族の表現型がA，B，ABで示してある。以下の3つの例でクラインフェルター症候群の男性の親のいずれで不分離が起こったのかを示しなさい。また，その不分離は減数第一分裂で起こったのか，それとも第二分裂だったのか？



問35

先天性多毛症は，顔面や上半身にきわめて多量の体毛が生え



た状態で生まれてくる稀な病気である。上の図は，この病気の遺伝について，5世代にわたる家系図を示したものである。なお，家系図の中に2つある小さな黒い小さな丸は，流産を示している。

a　遺伝子型が必ず表現型に反映するとして，この家族における病気の遺伝様式についてどんな結論ができるか？

b　この遺伝様式以外の様式を排除できる理由は何か？

c　Ⅲ-2とⅢ-9の女性には夫が何人いたか？

問36

ショウジョウバエにおいて，常染色体上の劣性形質である茶色の眼は，X染色体連鎖の劣性形質の朱色の眼および常染色体劣性の緋色の眼の形質と相互作用する。茶色の眼のホモ接合で同時に朱色の眼のヘミ接合およびホモ接合では眼の色は白色になる。茶色の眼と緋色の眼が同時に劣性ホモ接合となるとやはり白色の眼となる。以下の個体を親として交配したとき，雑種第一代および雑種第二代を予想しなさい。

a　朱色の眼の雌 × 茶色の眼の雄

b　茶色の眼の雌 × 朱色の眼の雄

c　緋色の眼の雌 × 茶色の眼の雄

d　茶色の眼の雌 × 緋色の眼の雄

問37

血液を検査することで数種類の血液型がわかり，次の4種類の形質が検査できる。

ABO型	（I^AとI^Bが共優性でiが劣性）
Rh型	（Rh^+がRh^-に対して優性）
MN型	（MとNが共優性）
Xg$^{(a)}$型	（$Xg^{(a+)}$が$Xg^{(a-)}$に対して優性）

X染色体連鎖のXg$^{(a)}$以外は常染色体性である。

母親	AB	Rh^-	MN	Xg$^{(a+)}$
娘	A	Rh^+	MN	Xg$^{(a-)}$
疑わしい父親1	AB	Rh^+	M	Xg$^{(a+)}$
疑わしい父親2	A	Rh^-	N	Xg$^{(a-)}$
疑わしい父親3	B	Rh^+	N	Xg$^{(a-)}$
疑わしい父親4	O	Rh^-	MN	Xg$^{(a-)}$

a　もしこの中に父親がいるとしたら4人の疑わしい男性のうちのどれが本物の父親か？

b　aの答えは，もしその娘がターナー症候群の染色体異常であったとしたら変わるか？ もしそうであれば，それはなぜか？ ただし，ターナー症候群はXOの性染色体をもつ。

問38

1919年，ブリジェスはショウジョウバエのX染色体連鎖の劣性変異であるエオシン色の眼についての研究を始めた。彼は交配がエオシン色の純系の交配でない限り，稀にエオシン色よりもっと明るいクリーム色の眼の変異株が現れることに気づいた。これらの変異株の交配によりクリーム色の純系を手に入れた彼は，今度はこのクリーム色の眼の雄と野生型の雌を交配した。雑種第一代F_1はすべて赤色の眼（野生型）であった。F_1どうしを交配して得られたF_2は，赤色の眼の雌104個体，赤色の眼の雄52個体，エオシン色の眼の雄44個体，そしてクリーム色の眼の雄14個体であった。この出現比を8：4：3：1とする。

a　遺伝子型も含めてF_1とF_2の出現比を説明できるような仮説を立てなさい。

b　もし純系のエオシン色の眼の雄と，純系のクリーム色の眼の雌を交配させたら，そのF_1とF_2はどのような結果になると予想できるか？

c　もし純系のエオシン色の眼の雌と，純系のクリーム色の眼の雄を交配させたら，そのF_1とF_2はどのような結果になると予想できるか？

問39

本章で学んだように，モルガンが研究を行ったショウジョウバエの*white*変異はX染色体連鎖であり，野生型に対して劣性であった。この変異をもつ白色の眼の純系の雄と紫色の眼をもつ純系の雌を交配したところ，F_1はすべて野生型の赤色の眼であった。このF_1どうしを交配すると，F_2は野生型の雌3/8：白色の眼の雄1/4：野生型の雄3/16：紫色の眼の

雌 1/8：紫色の眼の雄 1/16 の比で現れた。

a　これらの眼の色の遺伝様式を説明できる仮説を立てなさい。

b　もし親の交配の雄と雌が逆，つまり純系の白色の眼の雌と純系の紫色の雄の交配であった場合，その F_1 および F_2 はどうなるかを予測しなさい。

問40

動物園で生まれた雌の白色のトラの系統は，次の家系図のとおりである。白色のトラは白抜きの記号で示している（見てわかる通り，この系統はかなりの近親交配した系統で，例えばMohanはその娘と子をもうけている）。白色という形質は対立遺伝子の違いであり，その形質はその対立遺伝子を受けとれば，必ず白色のトラになるものとする。家系図をもとに答えなさい。

a　白色の体色はY染色体連鎖の形質の可能性があるか？

b　白色の体色はX染色体連鎖の劣性形質の可能性があるか？

c　白色の体色は常染色体の優性形質の可能性があるか？

d　白色の体色はX染色体連鎖の劣性形質の可能性があるか？

e　白色の体色は常染色体の劣性形質の可能性があるか？

