練 習 問 題

用語

問 1

次のa～iの用語に最もよく合致するものを，下の1～9から選びなさい。

a　相互転座
b　雌雄モザイク
c　ペリセントロメア
d　パラセントロメア
e　正倍数体
f　多倍数体
g　転移
h　異数体
i　多糸染色体

1　1本以上の染色体が足りないか，または多すぎる生物
2　短いDNA領域が移動すること
3　完全な1そろいの染色体を3組以上もつこと
4　相同でない2本の染色体の一部が正確に入れ替わること
5　セントロメアがない
6　セントロメアを含む
7　完全な1そろいの染色体をもつ生物
8　雄性の組織と雌性の組織がモザイク状に組合わさっている生物
9　キイロショウジョウバエの唾液腺にある巨大染色体

14.1

問 2

次の（ｉ）～（ｖ）に合致するものを，下のa～fの染色体異常から選びなさい。

（ｉ）この染色体異常をヘテロ接合にもつ生物では，減数第一分裂に際して染色体に何らかのループが形成されるかどうか？

（ii）この染色体異常をヘテロ接合にもつ生物では，減数第一分裂後期に染色体架橋が形成されることがあるか？ もしあるとすれば，どのような場合か？

（iii）この染色体異常をヘテロ接合にもつ生物では，減数第一分裂後期に無セントロメア染色体断片が形成されることがあるか？ もしあるとすれば，どのような場合か？

（iv）この染色体異常をヘテロ接合にもつ生物では，減数分裂時の組換えが抑圧されるかどうか？

（ｖ）この染色体異常を生じさせた染色体の2つの切断点は，1本の染色体でセントロメアに対して同じ側に生じたものか，1本の染色体でセントロメアに対して反対側に生じたものか，それとも切断は別々の染色体に生じたものか？

a　相互転座
b　ペリセントロメア逆位
c　小さなタンデム重複
d　ロバートソン型転座
e　パラセントロメア逆位
f　大きな欠失

問 3

欠失あるいは重複をヘテロ接合にもつハエの多糸染色体標本には，ループ状に突き出た部分が観察される。ループが欠失と重複のどちらによって生じたのかは，多糸染色体分析ではどのように区別されるか？

問 4

次のa～eのような染色体再編において，理論上，再編部分が完全にもと通りになったものが得られる可能性はあるか？ もしあるとすれば，その復帰変異体がみられるのはごく稀なことか，それとも比較的一般的なことか？

a　遺伝子5個を含む領域の欠失
b　遺伝子5個を含む領域のタンデム重複
c　ペリセントロメア逆位
d　ロバートソン型転座
e　転移因子がある遺伝子の内部のタンパクをコードしているエキソン部分に入り込むことによって生じた変異

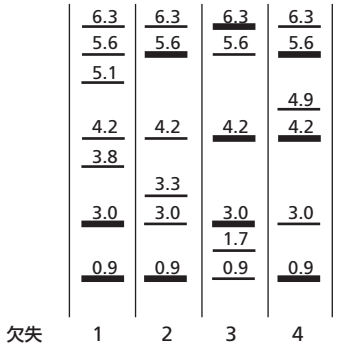
問 5

次に示すような遺伝子構成をもつ4系統のキイロショウジョウバエがいる。常染色体の1本に4個の劣性の変異型対立遺伝子 *rolled eye*（丸い眼），*thick leg*（太い脚），*straw bristle*（中空の剛毛），*apterous wing*（無翅）をもっており，その相同染色体にはそれぞれ異なる4種類の欠失（欠失1～欠失4）がある。この4系統のハエの表現型は下のとおりである。

欠失	表現型
1	rolled eyes, straw bristle
2	apterous wings, rolled eye
3	thick legs, straw bristle
4	apterous wing

これら4系統のハエから全ゲノムDNAを調製した。このDNAを制限酵素*Bam*HI で完全に消化し，アガロースゲル電気泳動にかけ，ニトロセルロース紙にブロットした。別にクローニングされていた20 kbの野生型のゲノムDNAを含むプラスミドを*Bam*HI で部分消化して得られたDNA断片（断片の末端は*Bam*HI 末端となっているが，*Bam*HI 部位

すべてが切断されているわけではない）をプローブとし，このニトロセルロース紙に対してハイブリッドを形成させた。この全ゲノムサザンハイブリッド形成法の結果は，下に示してある。濃いバンドは2倍体ゲノムに2つ分の量が存在することを意味する。薄いバンドはゲノム中に1つしか存在しないことを示している。



a　この20 kbの野生型キイロショウジョウバエゲノム領域内の*Bam*HI 制限酵素地図を作成しなさい。また，隣り合う*Bam*HI 部位との距離は kb 単位で表しなさい（ヒント：野生型ゲノムDNA断片の長さは6.3，5.6，4.2，3.0，0.9 kbである）。

b　aで描いた制限酵素地図に各遺伝子の位置を書き入れなさい。

問6

w^-，x^-，y^-，z^-の遺伝子型をもつ1倍体の酵母を，逆にこれら4つの遺伝子について野生型の遺伝子をもつ1倍体の酵母と交配して2倍体の酵母株をつくった。この2倍体の酵母の表現型は野生型だった。この2倍体酵母株からX線照射により，次のような表現型を示す4種類の異なる2倍体変異株がつくられた。ただし，X線照射によって誘導された新しい変異は1株につき1つずつとする。

株1	w^-	x^+	y^-	z^+
株2	w^+	x^-	y^-	z^-
株3	w^-	x^+	y^-	z^-
株4	w^-	x^+	y^+	z^+

これらの酵母の2倍体の変異株が減数分裂を行うと，子嚢の中には生きている1倍体の胞子が2個ずつしか入っていなかった。

a　上の4株について，X線照射によって誘導された変異の種類を答えなさい。

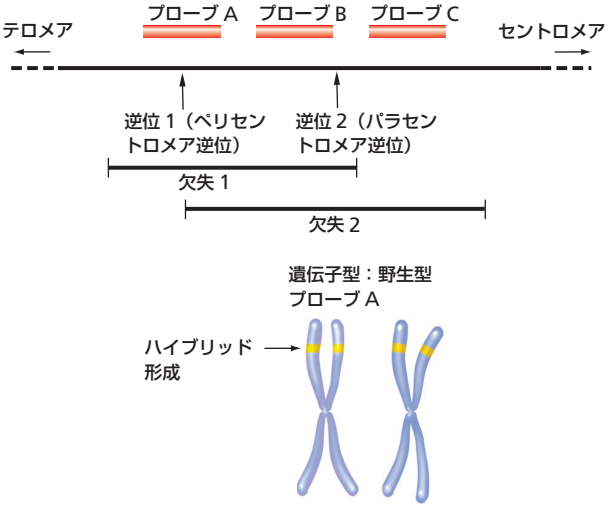
b　それぞれの子嚢の中の胞子2個が死んでしまったのはなぜか？

c　遺伝子*w*，*x*，*y*，*z*の中に同じ染色体上にあるものはあるか？

d　同じ染色体上にある遺伝子の並び順を答えなさい。

問7

ヒトの第1染色体は大きなメタセントリック染色体である。ヒトの第1染色体のテロメア近傍の染色体地図を次に示した。この領域にある3つのDNA部分（A，B，C）をプローブとして，さまざまな遺伝子型をもつヒトの体細胞を押しつぶして標本にした分裂中期染色体に対して，*in situ*ハイブリッド形成法を行った。染色体再編の切断点は地図上に示されている。黒色の横線で表された欠失（*Del*）の1と2はDNAの欠失を表している。逆位（*Inv*）の1と2の切断点のうち，図中に示されていないもの（もう1つの末端）はセントロメア内ではないが，セントロメア近くにある。下に示されている遺伝子型について，*in situ*ハイブリッド形成法を行ったあとの第1染色体の模式図を描きなさい。模式図の描き方は，図中に示されている例を参考にしなさい。なお，この例では，野生型の第1染色体2コピーにプローブAをハイブリッド形成させている。



a　遺伝子型：*Del1* / *Del2*，プローブ：B

b　遺伝子型：*Del1* / *Del2*，プローブ：C

c　遺伝子型：*Del1* / ＋，プローブ：A

d　遺伝子型：*Inv1* / ＋，プローブ：A

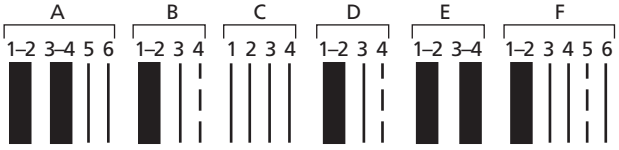
e　遺伝子型：*Inv2* / ＋，プローブ：B

f　遺伝子型：*Inv2* / *Inv2*，プローブ：C

問8

キイロショウジョウバエの一連の染色体変異を使って，*javelin*（「投げ槍」の意味）遺伝子と*henna*（「赤茶色」の意味）遺伝子の遺伝地図を作成した。*javelin*遺伝子は剛毛の形に影響し，*henna*遺伝子は眼の色素生産に影響する。

*javelin*変異も*henna*変異も劣性である。キイロショウジョウバエの多糸染色体の領域65の模式図を下に示す。



6つの染色体再編のための染色体の切断点は下の表に示されている（例えば，欠失Aの切断点の1つはバンドA2とA3の間にあり，もう1つの切断点はバンドD2とD3の間にある）。

	領域65の内部にある切断点	
欠失	A　A2–3; B　C2–3; C　D2–3; D　D4–E1;	D2–3 E4–F1 F4–5 F3–4
	切断点	
逆位	A　バンド65A6 B　バンド65B4	バンド82A1 バンド98A3

これら6つの染色体再編（欠失または逆位）のうちの1つを含む染色体をもつハエを，*javelin*と*henna*の両方をホモ接合にもつ個体と交配した。これらのヘテロ接合の子バエ（つまり，再編型 / *javelin*，*henna*）の表現型を下に示す。

		F_1のハエの表現型
欠失	A	javelin, henna
	B	henna
	C	野生型
	D	野生型
逆位	A	javelin
	B	野生型

このデータから，*javelin*遺伝子と*henna*遺伝子の細胞遺伝学的な位置について，どのような結論が導き出せるか？

問9

キイロショウジョウバエのX染色体に連鎖した*zeste*（*z*）遺伝子の部分劣性のz^1変異では，眼の色が黄色〔ゼスト（zeste），かんきつ類の皮の色〕になることがある。この眼の色が現れるのは，野生型の*white*（*w*）遺伝子を2コピー以上もつハエだけである。この性質を利用し，w^+遺伝子がタンデム重複になったw^{+R}と呼ばれるものが同定された。したがって，$z^1\ w^{+R}$ / Yの遺伝子型をもつ雄のハエは黄色（ゼスト）の眼をもつ。これらの雄のハエを$y\ z^1\ w^{+R}\ spl$ / $y^+\ z^1\ w^{+R}\ spl^+$の遺伝子型をもつ雌のハエと交配した（雌のもつこれら4個の遺伝子はX染色体上で密接に連鎖しており，その順序は遺伝子型に示されている通りである。また，セントロメアの位置はこれら4個の遺伝子の右の方向にある）。ここで，*y*＝黄色の体色（yellow body），y^+＝黄褐色の体色（tan body），*spl*＝枝分かれした剛毛（split bristle），spl^+＝正常な剛毛（normal bristle）の遺伝子である。この雌から産まれた雄の子バエ8万1,540匹のうち，例外的なハエは次のようなものだった。

A群	2,430匹	体色：yellow, 眼：zeste, 剛毛：野生型
B群	2,394匹	体色：tan, 眼：zeste, 剛毛：split
C群	23匹	体色：yellow, 眼：野生型, 剛毛：野生型
D群	22匹	体色：tan, 眼：野生型, 剛毛：split

a　最初の交配で生じた81,540匹の雄の子バエで上のA～D群に属さないものにはどのような表現型があるか？

b　A群とB群の子バエを生じるときに起こったことは何か？

c　C群とD群の子バエを生じるときに起こったことは何か？

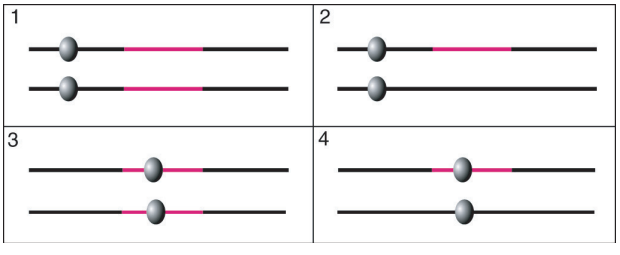
d　この実験にもとづくと，*y*遺伝子と*spl*遺伝子の間の遺伝地図上の距離はどれだけか？

問10

遺伝子*a*と遺伝子*b*の間の距離は，高度に同系交配されたトウモロコシの系統1の遺伝地図上では21地図単位であり，高度に同系交配された系統2の遺伝地図上でも21地図単位である。ところが，系統1と系統2を交配して得られたF_1の戻し交配によって求められる両遺伝子間の距離は1.5地図単位しかない。遺伝子*a*と遺伝子*b*の配置がどうなっていて，染色体の再編があるとすればその切断点がどうなっていれば，この結果を説明できるだろうか？

問11

図の1～4の中のピンク色の線は，遺伝子の配列順序が正常な（黒色の線の）染色体部分に対して逆位になった染色体の部分を示している。図の1～4は，個体1～4の2倍体の染色体構成を示している。下のa～dの記述に合う個体は1～4のうちのどれか？ 1つの記述に合う個体は1つとは限らない。また，1つの個体が複数の記述に当てはまる可能性もある。



a　減数第一分裂と多糸染色体において逆位ループが形成される。

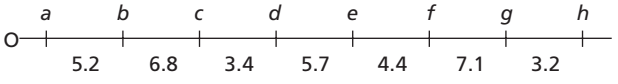
b　一方の染色体の逆位領域と，もう一方の染色体の相同な領域との間で乗換えが1回起こると，遺伝子量が不均衡な配偶子が生じる。

c　一方の染色体の逆位領域と，もう一方の染色体の相同な領域との間で乗換えが1回起こると，無セントロメア染色体断片が生じる。

d　染色体の逆位領域で乗換えが1回起こると，生存可能な配偶子が4個生じる。

問12

特定の1本の染色体にそれぞれ特定の変異をホモ接合にもつ3系統のキイロショウジョウバエ（Bravo，X-ray，Zorro）を手に入れた。唾液腺の多糸染色体を調べたところ，3系統とも，染色体すべてについて同じ数のバンドがみられた。Bravo系統について遺伝地図を作成したところ，次のようになった（距離は地図単位で示してある）。



ここで，BravoとX-rayとを交配し，Bravo / X-rayのF_1を得た。また，BravoとZorroとを交配し，Bravo / ZorroのF_1をつくった。その後の交配実験により，これらの雑種のさまざまな遺伝子間の距離は次の表のようになっていることがわかった。

	Bravo/X-ray	Bravo/Zorro
a–b	5.2	5.2
b–c	6.8	0.7
c–d	0.2	＜0.1
d–e	＜0.1	＜0.1
e–f	＜0.1	＜0.1
f–g	0.65	0.7
g–h	3.2	3.2

a　X-ray系統，Zorro系統それぞれについて，遺伝子*a*～*h*の相対的順序を示す遺伝地図を作成しなさい。ただし，遺伝子間の距離は書かないこと。

b　もとのX-rayホモ接合体では，遺伝子*c*と遺伝子*d*の間の実際の距離は，もとのBravoホモ接合体の同じ遺伝子間の距離と比べて大きかったか，小さかったか，それともほぼ同じであったか？

c　もとのX-rayホモ接合体では，遺伝子*d*と遺伝子*e*の間の実際の距離は，もとのBravoホモ接合体の同じ遺伝子間の距離と比べて大きかったか，小さかったか，それともほぼ同じであったか？

問13

2株の酵母を交配させて胞子を形成させた（減数分裂を行わせた）。2株のうちの1株は正常な染色体をもつ1倍体で，遺伝マーカーとして*ura3*（増殖にウラシルを必要とする）と*arg9*（増殖にアルギニンを必要とする）を1本の染色体のセントロメアの両側にもっている。もう1つの株は，この2つの遺伝マーカーについては野生型（*URA3*と*ARG9*）だが，染色体のこの領域に下の図にピンク色で示されているような逆位がある。



減数分裂では，いくつかの異なる種類の乗換えが起こりうる。次のa，b，cのようなことが起こった場合に生じる4個の1倍体の胞子の遺伝子型と表現型を示しなさい。ただし，1倍体の酵母の染色体に欠陥がある場合はすべて致死になるとする。また，姉妹染色分体間の乗換えはないものとする。

a　逆位領域の外で乗換えが1回起こった場合

b　*URA3*とセントロメアの間で乗換えが1回起こった場合

c　同じ染色分体間で，*URA3*とセントロメアの間で1回，*ARG9*とセントロメアの間で1回の計2回の乗換えが起こった場合

問14

連鎖した2個の遺伝マーカー*his4*と*leu2*をもつ1倍体酵母株と，*HIS4*と*LEU2*については野生型だが，染色体のこの領域に下の図の青色で示したような逆位をもつ酵母株とを交配した。



生じる2倍体の酵母では，減数分裂のときに起こりうる乗換えに数種類の異なるものがある。次のa～cの乗換えについて，生じる4個の1倍体の胞子の遺伝子型と表現型を答えなさい。ただし，同じセントロメアに結合した染色分体間の乗換えは考えないものとする。

a　遺伝マーカー*HIS4*と*LEU2*の間で乗換えが起こった場合

b　同じ染色分体間で，*HIS4*と*LEU2*の間で2回の乗換えが起こった場合

c　セントロメアと逆位領域の始めとの間で1回の乗換えが起こった場合

問15

問14の2種類の1倍体酵母株が交配したとき，4個の胞子を含む子嚢が生じ，その中の4個の胞子すべてが生存可能となる筋書きを考えなさい。

問16

アカパンカビ（*Neurospora*）の子嚢形成では，染色体に欠失のある子嚢胞子はすべて死に，白色になる。野生型株と，次のa～fのような条件で交配型の異なる株とが交配したとき，子嚢中の8個の子嚢胞子のうち，何個が白色になるか？

a　パラセントロメア逆位があり，正常な染色体と逆位のある染色体との間で乗換えが起こらなかった場合。

b　ペリセントロメア逆位があり，逆位ループ内で1回の乗換えが起こった場合

c　パラセントロメア逆位があり，逆位ループの外で1回の乗換えが起こった場合

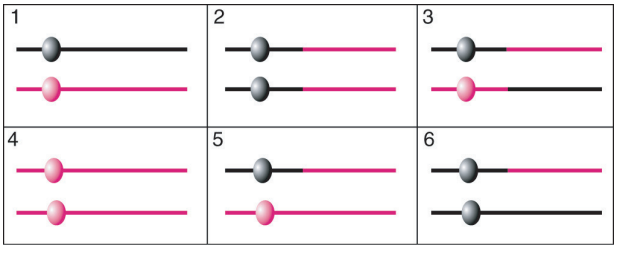
d　相互転座があり，転座のある染色体間の乗換えなしで隣接Ⅰ型分離が起こった場合

e　相互転座があり，転座のある染色体間の乗換えなしで交互分離が起こった場合

f　相互転座があり，転座のある染色体間で1回の乗換えをともなう交互分離が起こった場合（ただし，乗換えは転座の切断点とセントロメアの間では起こっていないとする）

問17

次の図の黒色の線とピンク色の線は非相同染色体を表している。下のa～dの記述に合う図は，1～6のうちのどれか？ただし，1つの記述に当てはまる図は1つとは限らない。



a　転座ヘテロ接合体から生じる配偶子

b　転座ヘテロ接合体からは生じることのない配偶子

c　転座ヘテロ接合体から生じる配偶子のうち，遺伝子量の均衡がとれているもの

d　転座ヘテロ接合体から生じる（どのような頻度でもよい）配偶子のうち，遺伝子量が不均衡なもの

問18

キイロショウジョウバエでは，朱色の眼（cinnabar）の遺伝子は第2染色体にあり，深紅色の眼（scarlet）の遺伝子は第3染色体にある。これらの両方の遺伝子について劣性対立遺伝子*cinnabar*，*scarlet*をホモ接合（*cn* / *cn* , *st* / *st*）にもつと，眼の色は白色になる。

a　*cn*と*st*の各対立遺伝子をヘテロ接合にもつ雄のハエ（遺伝子配列が正常な染色体をもつ）と，*cn*と*st*の各対立遺伝子をホモ接合にもち，したがって白色の眼をもつ雌のハエとを交配した場合，その子世代にはどのような表現型のものがどのような割合でみられると予想されるか？

b　*cn*と*st*遺伝子座についてヘテロ接合になっている少し変わった雄のハエと，白色の眼の雌のハエとを交配したところ，その子バエには野生型のものと白色の眼のものとしかいなかった。この雄の染色体の構成はどうなっていると考えられるか，説明しなさい。

c　bの少し変わった雄のハエとの交配で得られた，野生型の表現型を示しているF_1の雌のハエと，正常な*cn* / *cn*と*st* / *st*の雄のハエとを戻し交配したところ，次のような結果が得られた。

野生型	45%
朱色の眼	5%
深紅色の眼	5%
白色の眼	45%

野生型を示しているF_1の雌のハエの子の中に，朱色の眼や深紅色の眼をもつハエを低頻度で生じさせる，減数第一分裂中期で起こった遺伝的な出来事を表す模式図を描きなさい。

問19

およそ半数の胚珠で発育が停止することによって雌穂に隙間ができてしまうトウモロコシの半不稔は，その系統が転座ヘテロ接合体であることを示す。転座のある染色体を見つけるには，その転座ヘテロ接合体と，調べたい染色体上に適当な劣性対立遺伝子をホモ接合にもつ系統とを交配する。生じた半不稔のF_1と劣性対立遺伝子をホモ接合にもつ系統との間で戻し交配を行い，その表現型分布を調べれば，その遺伝子が転座のある染色体上にあるのかどうかがわかる。例えば，半不稔の系統と第9染色体に*yg*変異をホモ接合にもつ系統とを交配する（*yg*変異は葉が野生型の緑色ではなく，黄緑色になる変異である）。得られた半不稔のF_1植物と*yg*変異のホモ接合体とで戻し交配を行う。

a　ホモ接合の劣性対立遺伝子（*yg*）が転座に関係ない染色体上にあった場合，上のような半不稔のF_1と*yg*変異のホモ接合体との戻し交配で，どのような（稔性があるか半不稔か，葉の色は緑色か黄緑色か）子植物が得られる

と予想されるか？

b　ホモ接合の劣性対立遺伝子（*yg*）が転座に関係する2本の染色体のうちの1本にあった場合，上のような半不稔のF_1と*yg*変異のホモ接合体との戻し交配で，どのような（稔性があるか半不稔か，葉の色は緑色か黄緑色か）子植物が得られると予想されるか？

c　ホモ接合の劣性対立遺伝子（*yg*）が転座に関係する2本の染色体のうちの1本にあった場合，稔性があって緑色の葉をもつ子植物と，半不稔で黄緑色の葉をもつ子植物が，それぞれ少数生じる。この比較的珍しい子植物の分類群はどのようにして生じたのだろうか？ また，この珍しい子植物の頻度から決定される遺伝地図上の距離は何を表すものか？

問20

害虫駆除の方法に，野外にいる正常な虫の生殖能力に障害を与えるような虫を野外に放すというものがある。その1つが不妊の雄を大量に放して，雌との交配を生殖能力のある雄と競合させる方法である。この方法の短所は，放射線照射によって生殖能力を失わせた雄はあまり活発でなく，生殖能力のある雄と十分に競合できない可能性があることだ。別の方法として試されているのが，実験室で飼養された，いくつかの転座をホモ接合にもつ虫を放飼するものだ。この方法がどのように作用するかを説明しなさい。説明に際しては，どの虫が不妊になるかを述べること。

問21

あるキイロショウジョウバエの雄が，優性の変異である*Lyra*（短くなった翅）をもともともっている常染色体と，Y染色体との間の相互転座についてヘテロ接合になっている。同じ常染色体にあるもう1つのコピーは$Lyra^+$である。この雄を純系の野生型の雌と交配させた。どのような種類の子バエがどのような割合で生じるか？

問22

本章の冒頭の写真（p.429）は，非常に大きな複合トランスポゾンが挿入された染色体とその野生型の相同染色体をもつショウジョウバエの多糸染色体標本を示している。このトランスポゾンが挿入された部位の両側の領域にまたがる，野生型DNA配列からつくったプローブがあるとしよう。p.429の多糸染色体標本について，このプローブで*in situ*ハイブリッド形成法を行うと，どのようになると予想されるか？ 模式図で表しなさい。

問23

a　相互転座についてヘテロ接合で半不稔のトウモロコシが自家受粉して生じた子植物の中で，正常な稔性のものと半不稔のものとの割合はどうなると予想されるか？ この問題では，隣接Ⅱ型分離で稀に生じる配偶子は無視すること。

b　相互転座についてヘテロ接合で半不稔のある特別なトウモロコシが自家受粉して生じた子植物では，正常な稔性のものと半不稔のものとの割合は1：4であった。aで出した答えとの違いを説明しなさい。

問24

どのようにして転移因子が転移因子の一部ではない遺伝子の移動を引き起こすことができるのか，説明しなさい。

問25

1950年代に，バーバラ・マクリントックはトウモロコシの転移因子を発見し，*Ds*（*Dissociator*，「解離因子」の意味）と名づけた。特定の場所に挿入されると，この因子はその部位で染色体の切断を引き起こし，この切断はマクリントックが*Ac*（*Activator*，「活性化因子」の意味）と呼んだ，同じ染色体上にない別の遺伝因子が存在するときのみ起こった。さらに，マクリントックは*Ac*の存在下では*Ds*が染色体の別の場所に飛び移れることを発見した。*Ds*はこれらの移転先で（*Ac*の存在下で）新たに染色体の切断を引き起こす。また，*Ds*は新たに突然変異を引き起こすこともあるが，これらの突然変異がばらばらと斑入り状にトウモロコシ粒に現れる不安定なものであることもわかった。面白いことに，さまざまなトウモロコシの系統を調べると*Ac*因子がある場所は実にさまざまだった。これらの観察結果を現在のトランスポゾンについての知見にもとづいて説明しなさい。

問26

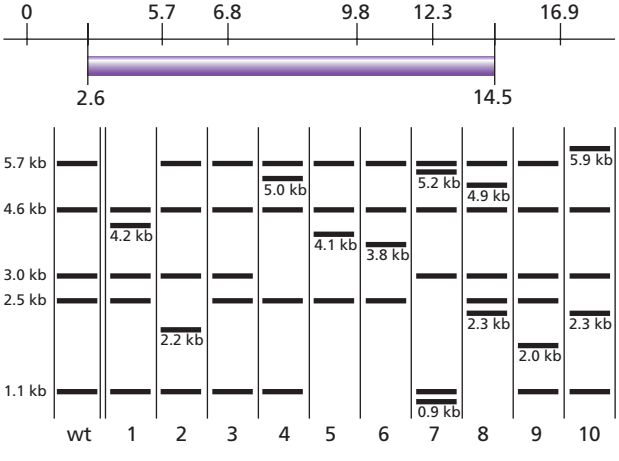
旧ソビエト連邦のGerasimovaと共同研究者らは，キイロショウジョウバエのcut wing（切り詰めたような翅）の*ct*遺伝子の変異であるct^{MR2}を研究した。変異ct^{MR2}は*gypsy*と呼ばれる転移因子と結びついている。この対立遺伝子は非常に不安定で，ct^{MR2}をもつハエの子のおよそ100匹に1匹は*ct*の新しい変種である。新たに生じてくる変種の一部はct^+の復帰変異体であり，別の変種は翅の形にさらに強い影響の出る変異体である。復帰変異体のct^+どうしを交配すると，ct^+対立遺伝子が安定に現れる（新たな*ct*変異体は出現しない）ものと，ct^+対立遺伝子が不安定な（多くの新しい変異が出現する）ものがある。何が起こっていると考えれば，*ct*の復帰変異体ct^+に安定なものと不安定なものがあること，またより強い*ct*の変異型対立遺伝子が現れるようにみえることを説明できるだろうか？

問27

ヒトゲノムのある領域のDNAの塩基配列を解読しているときに，A残基約200個からなる領域にいきついた。このA残基に先立つDNA配列は，逆転写を介した転移によってその場所に移動してきたのではないかと考えられた。もし，この隣接した配列が実際にレトロポゾンだった場合，問題の配列のコピーがゲノム中の別の場所に複数存在していると予想される。このDNA配列のコピーが別の場所にも存在しているかどうかを確かめるにはどうしたらよいか？

問28

マウスの被毛の色を決める遺伝子が存在する領域の*Eco*RI制限酵素地図を下に示した。1番左の*Eco*RI 部位を0とし，その他の距離はこの0の部位を原点とする座標軸上の距離としてkb（キロベース）単位で示してある。ゲノムDNAは野生型マウス1匹と，変異をホモ接合にもついろいろなマウス10匹から調製した。このゲノムDNAを*Eco*RI で消化し，アガロースゲルで分画したあと，ニトロセルロース紙にブロットした。このニトロセルロース紙は，紫色の横線で示した座標軸上で2.6～14.5 kbのDNA断片を放射性同位元素で標識してプローブとし，これをハイブリッド形成させて調べた。下図は，そのオートラジオグラフィーの結果が模式的に示されている。



1～10の変異のそれぞれは，次のa ～jのいずれか1つだけの出来事によって生じたものと仮定する。それぞれどの出来事がどの変異に対応するか？

a　正確に座標6.8に生じた点突然変異
b　正確に座標6.9に生じた点突然変異
c　座標10.1と10.4の間の欠失
d　座標6.7と7.0の間の欠失
e　座標6.2への転移因子の挿入
f　座標2.2と9.9を切断点とする逆位
g　座標軸10.1を切断点とする，別の染色体との相互転座
h　座標軸2.4を切断点とする，別の染色体との相互転座
i　座標軸7.2と9.2の間の配列のタンデム重複
j　座標軸11.3と14.3の間の配列のタンデム重複

14.2

問29

数種のカラスムギ属（*Avena*）の植物の体細胞の染色体数は，次のようになっている。
ハダカエンバク（*Avena strigosa*）：14
ミナトカラスムギ（*Avena barata*）：28
マカラスムギ（エンバク，*Avena sativa*）：42

a　カラスムギ属の染色体基本数（*x*）はいくつか？
b　上に挙げた種はそれぞれ何倍体か？
c　これらのカラスムギの種によってつくられる配偶子の染色体数はそれぞれ何本か？
d　これらの種の染色体の*n*数はそれぞれいくつか？

問30

ムラサキツメクサ（*Trifolium pratense*）は体細胞に14本の染色体をもつ2倍体の植物である。次のa～dのムラサキツメクサの体細胞の染色体数はいくつだろうか？

a　トリソミーになった変種
b　モノソミックになった変種
c　3倍体になった変種
d　同質4倍体になった変種

問31

ある2倍体植物種の体細胞の染色体数は通常14本である。その配偶子の染色体には第1から第7までの番号がついている。稀に，染色体数が14本より多かったり少なかったりする接合子が形成されることがある。次のa～dの接合子それぞれについて，（ i ）全染色体が正倍数体か，異数体かを答え，（ ii ）その個体の染色体の構成をできるだけ正確に遺伝学用語で表し，（ iii ）その個体が正常に胚発生して成体になるかどうか，また成体になる場合は生殖能力があるかどうかを答えなさい。

a　11 22 33 44 5 66 77
b　111 22 33 44 555 66 77
c　111 222 333 444 555 666 777
d　1111 2222 3333 4444 5555 6666 7777

問32

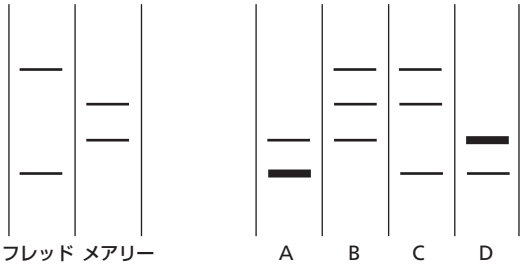
ゲノムA，B，Cの染色体基本数（*x*）はいずれも9である。これらのゲノムの起源は進化的に十分に遠い過去に分かれた植物種にあり，いずれかのゲノムに属する染色体は他のゲノ

ムのどの染色体とも対合することができない。次のa～fのような1そろいの正倍数体の染色体をもつ植物について，（i）その生物の染色体の総数を答え，（ii）その個体の染色体の構成をできるだけ正確に遺伝学用語で表し，（iii）その植物に生殖能力があるかどうかを答え，ある場合は配偶子中の染色体数（*n*）を答えなさい。

a　AABBC
b　BBBB
c　CCC
d　BBCC
e　ABC
f　AABBCC

問33

フレッドとメアリーの夫婦にはダウン症候群をもつ子どもがいる。第21染色体由来のプローブを用いてフレッド，メアリー，ダウン症候群をもつ子どもの3人のRFLP解析を行った（濃いバンドは検出されるシグナルの強さが2倍であることを示す）。子どものRFLP解析のバンドの状態が次の図のレーンA，B，C，Dであった場合について，どのような染色体の不分離が起こったのかをそれぞれ説明しなさい。



問34

片親性ダイソミー（uniparental disomy）は稀にしか起こらない現象で，劣性の遺伝病をもつ子の片親だけがその遺伝病の保因者という例である。もう一方の親は，正常な対立遺伝子のホモ接合体である。DNAの多型解析を行うと，片親性ダイソミーの子は両方の変異型対立遺伝子を保因者である親から受けとり，もう一方の親からはその遺伝子の対立遺伝子を1個も受けとっていないことがはっきりする。

a　片親性ダイソミーが生じる機構を少なくとも2種類示しなさい（ヒント：片親性ダイソミーが生じるには細胞分裂において少なくとも2つの間違いが起こる必要があるため，この現象がめったに起こらない理由となっている）。特定の片親性ダイソミーの症例について，その原因となった機構を他の機構と区別する方法はあるだろうか？

b　片親性ダイソミーの現象によって，次のような稀な例を説明できるだろうか？
女子がX染色体に連鎖した稀な劣性の遺伝病をもっているのに，父親は正常な例
X染色体に連鎖した劣性の遺伝病が父親から息子へと受け継がれた例

c　あなたがヒトの遺伝を研究している医師だとして，自分の患者が示している症候群が片親性ダイソミーによって生じた遺伝病であると考えられる場合，どうすればその病気の原因が接合子（受精卵）からの発生初期に生じた体細胞組換えにあるのではないと確認できるだろうか？

問35

ヒトの染色体数異常の影響に興味をもつ遺伝の研究者は，自然流産から得た組織片の核型分析を行うことがしばしばある。このような標本の約35%は常染色体トリソミーであるが，常染色体モノソミーは約3%しかない。異数体を生じる間違いの種類にもとづくと，常染色体トリソミーと常染色体モノソミーは同じくらいの頻度で生じるはずだと考えるか？ また，そう考える理由は何か？ 両者の頻度が同じ程度になるはずだと考える場合は，モノソミーに対してトリソミーが圧倒的に多い理由をどのように説明するか？

問36

ターナー症候群の成人には，遺伝的にモザイクがみられる頻度が非常に高い。その型には2種類ある。その1つは大多数の細胞は45，XOであるが，一部の細胞が46，XXとなっている型である。もう1つは大多数の細胞は45，XOであるが，一部の細胞は46，XYとなっている型である。どのようにして，このような体細胞モザイクが生じたのかを説明しなさい。

問37

キイロショウジョウバエの第4染色体は非常に小さく，この染色体上の遺伝子間では事実上，組換えは起こらないといってよい。さて，第4染色体にそれぞれ異なる遺伝マーカーをもつ3種類のハエが手に入った。1種類目は*eyeless*（*ey*，「眼がない」の意味）遺伝子の劣性対立遺伝子をもち，眼が非常に小さい。2種類目は*cubitus interruptus*（*ci*，「中断した肘」の意味）遺伝子の劣性対立遺伝子をもち，翅脈が途切れている。3種類目は，前の2つの遺伝子の両方の劣性対立遺伝子をもつ。キイロショウジョウバエの成虫は，第4染色体が2コピーまたは3コピーの場合は生存可能だが，1コピーまたは4コピーだと生存できない。

a　この3種類の第4染色体を用いて，欠陥のある減数分裂によって染色体の不分離の確率が高くなっているという変異のあるキイロショウジョウバエの突然変異体を見つけるにはどうすればよいか？

b　減数第一分裂で起こった染色体の不分離と減数第二分裂で起こった染色体の不分離を区別する手段があるか？

c　染色体の不分離の結果つくられた配偶子から生じたハエと，第4染色体に*ey*と*ci*の両方をホモ接合にもつハエを戻し交配した場合，どのような子バエが生じると予想されるか？

d　同じセントロメアに2本の第4染色体全体が結合している，いわゆる**複合第4染色体**（compound 4th chromosome）をもつショウジョウバエが分離された。このような染色体を使って減数分裂における染色体の不分離の頻度が高まった変異を同定するにはどうしたらよいだろうか？ aで答えた方法と比較して，この方法のほうが有利な点はあるか？

問38

アカパンカビでは，*his2*変異体は増殖するためにヒスチジンを必要とする。また，*lys4*変異体は増殖するためにアミノ酸のリシンを必要とする。これらの2つの遺伝子は同じ染色体の同じ腕に次のような順序で並んでいる。

セントロメア–*his2*–*lys4*

*his2*変異体と*lys4*変異体を交配する。次のa～fの出来事が起こった場合の減数分裂の結果生じる子嚢として，可能性のあるものすべてを図に表しなさい。ただし，中に並んでいる子嚢胞子それぞれの栄養要求性がわかるようにすること。なお，コピーが1本もない染色体があると子嚢胞子は成長を停止して死に，子嚢形成の過程で白色になる。

a　セントロメアと*his2*の間で1回の乗換えが起こった場合

b　*his2*と*lys4*の間で1回の乗換えが起こった場合

c　減数第一分裂の際に染色体の不分離が起こった場合

d　減数第二分裂の際に染色体の不分離が起こった場合

e　セントロメアと*his2*の間で1回の乗換えが起こり，続いて減数第一分裂で染色体の不分離が起こった場合

f　*his2*と*lys4*の間で1回の乗換えが起こり，続いて減数第一分裂で染色体の不分離が起こった場合

問39

1倍体のタバコの培養細胞を用いて除草剤に耐性のある形質転換細胞をつくった。生殖能力のある除草剤耐性植物の作製に使える2倍体の細胞株をつくるにはどうしたらよいか？

問40

2つの祖先のゲノムAとBから構成されたゲノムをもつ異質4倍体がある。ゲノムAもゲノムBも染色体基本数（x）は7である。この生物種では，祖先のゲノムそれぞれから受け継いだ各2コピーずつの染色体は，減数分裂のときに相同染色体どうしでのみ対合する。この植物の葉を攻撃する病原体への抵抗性は，F遺伝子座の優性対立遺伝子によって制御されている。劣性対立遺伝子のF^aとF^bによってこの病原体に対して感受性となるが，2つのゲノムに存在する，抵抗性を付与する優性の対立遺伝子は少し違った効果をもつ。少なくとも1個のF^A対立遺伝子をもつ植物は，ゲノムBの遺伝子型にかかわりなく，病原体1と病原体2に対して抵抗性がある。また，少なくとも1個のF^B対立遺伝子をもつ植物は，ゲノムAの遺伝子型にかかわりなく，病原体1と病原体3に対して抵抗性がある。遺伝子型$F^AF^aF^BF^b$の植物が自家受粉して生じた子植物のどれだけが3種の病原体すべてに対して抵抗性をもつだろうか？

問41

核型分析によって同質倍数体と異質倍数体を見分ける方法を説明しなさい。

問42

染色体は，正常では減数第一分裂で対合して二価染色体（相同染色体どうしが結合したもの）となる。このとき，染色体は2本の相同染色体の対応する領域どうしで結合をつくっている。ところが，図14.21b（p.447）では，相互転座のヘテロ接合体で，染色体が四価染色体として対合している（すなわち，4本の染色体が互いに結合している）。四価染色体は別の場合にも形成される。例えば，同質4倍体の生物種では，染色体が対合するときに二価染色体ではなく，四価染色体となることがある。

a　対合のときに染色体の相同な領域の間で結合がつくられることを考えると，同質4倍体では実際にどのようにして四価染色体が形成されるのだろうか？ 四価染色体の模式図を描いて答えなさい。

b　同質4倍体の生物種で二価染色体ではなく，四価染色体が形成されるとすれば，どのようにして正倍数体の配偶子が形成されるのだろうか？

c　四価染色体が複2倍体の生物種で形成されることはあるだろうか？ 考察しなさい。