## 練 習 問 題

### 用語

**問 1**

次の 1 ～ 9 は突然変異による変化である。それぞれ特定の変異に対して，下の a ～ k のどの用語が変異の記述または考えられる原因として当てはまるか。ただし，1 ～ 9 に当てはまる用語は，1 つとは限らない。

**1**　野生型の A−T 塩基対が，G−C 塩基対に変わる。
**2**　野生型の A−T 塩基対が，T−A 塩基対に変わる。
**3**　AAGCTTATCG 配列が，AAGCTATCG 配列に変わる。
**4**　AAGCTTATCG 配列が，AAGCTTTATCG 配列に変わる。
**5**　AACGTTATCG 配列が，AATGTTATCG 配列に変わる。
**6**　AACGTCACACACACATCG 配列が，AACGTCACATCG 配列に変わる。
**7**　ある染色体腕の遺伝地図が，*bog-rad-fox1-fox2-try-duf*（*fox1* と *fox2* は高い相同性があり，最近になって分化した遺伝子）から *bog-rad-fox1-fox3-fox2-try-duf*（*fox3* は一方の端が *fox1* と同じで，もう一方が *fox2* と同じ端をもつ新しい遺伝子）に変化する。
**8**　ある染色体中の遺伝地図が，*bog-rad-fox1-fox2-try-duf* から *bog-rad-fox2-fox1-try-duf* に変化する。
**9**　ある染色体中の遺伝地図が，*bog-rad-fox1-fox2-try-duf* から *bog-rad-fox1-mel-qui-txu-sqm* に変化する。

**a**　トランジション
**b**　塩基置換
**c**　トランスバージョン
**d**　逆位
**e**　転座
**f**　欠失
**g**　挿入
**h**　脱アミノ
**i**　X 線照射
**j**　インターカレーター
**k**　不均等乗換え

### 7.1

**問 2**

次に 3 つの単独に単離された変異体の遺伝子の DNA 配列を示す。この情報からこの領域中の野生型遺伝子の配列は何か？

変異体 1　ACCGTAATCGACTGGTAAACTTTGCGCG
変異体 2　ACCGTAGTCGACCGGTAAACTTTGCGCG
変異体 3　ACCGTAGTCGACTGGTTAACTTTGCGCG

**問 3**

何年ものの間，ある大きな病院は軟骨発育不全症の症状を示す赤ちゃんが出生した数を記録していた。軟骨発育不全症は非常に稀な常染色体優性の病気で，体の部分の比率が異常となる小人症を引き起こす。12 万人の赤ちゃんのうち，27 人が軟骨発育不全症を患って出生した。1 人の内科医は，小人症の赤ちゃんのうち，何人が新しい変異に起因するか，そしてこの地域で見かけ上の変異率が標準より高いかどうかを判断することにした。彼は，27 人の小人症で生まれた家族を調べ，小人症の赤ちゃんのうちの 4 人の親は小人症であることをつかんだ。この集団の中で，軟骨発育不全症の遺伝子の見かけ上の変異率はいくらか？ この割合は異常に高いか低いか？

**問 4**

哺乳動物の間で，常染色体劣性変異が生じる割合の測定は，通常，マウスで行われる。一方，常染色体優性変異が生じる割合の測定の多くはマウスとヒトの両方で行われる。このような違いがあるのはなぜあるのか？

**問 5**

遺伝学の研究室で，キムとマリアは大腸菌培養液からの試料を特定の溶菌性のバクテリオファージに感染させた。彼らは，ほとんどの細菌細胞は溶菌するが，いくつかは生き延びることに気がついた。彼らの試料の生存率は，約 $1 \times 10^{-4}$ であった。キムは，バクテリオファージが細胞中で耐性を引き起こしたと確信した。一方，マリアはおそらく使った試料中にすでに耐性変異株が存在していたと考えた。先に，別の実験で彼らは大きな培養器中の固形培地上に希釈した大腸菌の懸濁液を広げた。約 $10^5$ 個のコロニーが成長しているのを確認したあと，その培地を 3 つの別の固形培地にレプリカを行っていた。キムとマリアは，自分たちの理論を確かめるために，これらの培地を使用することにした。3 つのレプリカそれぞれにバクテリオファージの懸濁液をピペットで移した。もし，キムの考えが正しいなら何を確かめるべきか？ もし，マリアが正しければ何を確かめるべきか？

**問 6**

あなたは，細菌の細胞表面の構造を調節する遺伝子を研究したいとしよう。細胞表面へ結合するバクテリオファージの感染に対して耐性をもつ細菌の変異体を分離することから始めることにする。手順は簡単である。感受性菌の培養から細胞を固形培地上に広げ，高濃度のファージをそれらに接触させ，生育している細菌のコロニーを取る。抽出するために多くの

独立した変異を分離するには，次のどちらの方法が確実か。
(1) 感受性菌の単一の液体培養からさまざまな培地に細胞を広げて，すべての耐性コロニーを取る。
(2) 多くの異なる培養（各感受性菌の1つのコロニーから生育したそれぞれの菌）から始め，各培養を1枚の培地に広げて，各培地から1つの変異体を取る。

### 問7

野生型の雄のショウジョウバエに大量のX線照射を行い，次にその雄をX線を照射していない雌と交配した。この雌のX染色体の1つは，棒状の眼*Bar*に対して優性の変異といくつかの逆位の両方をもつ。この交配で回収された多くの$F_1$の雌は，母親からの棒状の眼，多数の逆位の染色体，父親からのX線に照射されたX染色体をもつ（第14章で説明するように，逆位のために生存能力のある$F_1$の雌の子に組換えX染色体は生じない）。正常な雄と交配したあと，ほとんどの$F_1$の雌は棒状の眼と野生型の子の雄を同じ割合で産出した。3つの例外的な$F_1$の雌がいた。雌Aは雌と同数の雄を産んだ。子の雄の半分は棒状の眼をもっており，残りの半分は白眼であった。雌Bは雌の半数の雄の子を産み，子の雄のすべては棒状の眼をもっていた。雌Cは雌に比べて75％の雄の子を産んだ。子の雄の2/3は棒状の眼をもち，1/3は野生型の眼をもっていた。それぞれの例外的な$F_1$の雌で得られた結果について説明しなさい。

### 問8

野生型のショウジョウバエの雌を，X線を照射した野生型の雄に交配させた。次に，$F_1$の雌のうちの1つを，X染色体上に次の劣性マーカー〔黄色の体（*y*），横脈のない翅（*cv*），切断した翅（*ct*），先端が焦げたような毛（*sn*）と小型の翅（*m*）〕をもつ雄と交配させた。これらのマーカーは，*y-cv-ct-sn-m*の順に位置することが知られている。この2回目の交配による子は，2つの点で異常であった。まず，雌は雄の2倍多く産まれた。次に，すべての雄の表現型は野生型であるが，雌の半分は野生型，他の半分は*ct*と*sn*の表現型を示した。

**a**　X線を照射された雄はどうなったのか？
**b**　表現型で*ct*と*sn*になった2回目の交配で産まれた子の雌ハエ中に存在するX染色体対を書きなさい。
**c**　bで答えた染色体をもつ*ct*と*sn*の雌ハエを，次に野生型の雄と交配させると，子の雄にみられると予想される表現型の種類は何であろうか？

### 問9

図7.9（p.191）に示した実験で，H.J.マラーは，まず対象のP世代の雄はX線に照射されないようにした。彼は，個々の$F_1$の棒状の眼の雌の99.7％は棒状の眼をもったいくらかの雄の子と，いくらかの野生型（棒でない）の雄を産み，0.3％はすべて野生型の雄の子を産むことを見つけた。

**a**　もし，ショウジョウバエの遺伝子に対する平均的な自然突然変異の割合は，配偶子で1遺伝子あたり$3.5 \times 10^{-6}$である場合，X染色体上のいくつの遺伝子が劣性で致死的な対立遺伝子をつくる変異を起こしうるか？
**b**　2005年現在，ショウジョウバエゲノムの分析から，X染色体上の2,279個の遺伝子が明らかになった。X染色体がゲノムを代表すると仮定すると，生存に必要なハエゲノム中の遺伝子の割合はいくらか？
**c**　マラーは，雄のハエにX線を大量照射したところ，$F_1$の棒状の眼の雌の12％はすべてが野生型の子の雄を産むことを発見した。この情報からどのようなことがいえるか？

### 問10

図7.10（p.194～195）は，5-ブロモウラシル，ヒドロキシルアミン，エチルメタンスルホン酸，亜硝酸の変異原によって引き起こされた塩基置換の例を示している。これらの変異原のどれがトランジションを起こし，どれがトランスバージョンを起こすか？

### 問11

いわゆる**二方向性変異原**は，ある特定の変異と（この変異をもつ染色体の細胞に連続的に加えたとき）もとのDNA配列を戻す復帰変異の両方を引き起こす場合がある。対照的に，**一方向性変異原**は，変異を引き起こした場合，これらの変異の正確な復帰はおこらない。図7.10（p.194～195）をもとに，次の変異原のうち，一方向性として分類されるもの，二方向性として分類されるものはどれか。

**a**　5-ブロモウラシル
**b**　ヒドロキシルアミン
**c**　エチルメタンスルホン酸
**d**　亜硝酸
**e**　プロフラビン

### 問12

1967年，J.B.ジェンキンスは，野生型の雄のショウジョウバエを変異原のエチルメタンスルホン酸（EMS）で処理し，短い翅の原因となる**ダンピー**と呼ばれる劣性変異に対してホモ接合の雌と交配させた。彼は，ある$F_1$は2枚の野生型の翅をもち，ある$F_1$は2枚の短い翅をもち，そしてある$F_1$は1枚の短い翅と1枚の野生型の翅をもつことを見つけた。また，1種類の$F_1$のハエを**ダンピー**のホモ接合体に対して2枚の短い翅をもつものと交配させたとき，驚いたことに交配の1/3

だけが短い翅をもった子を産んだことを見つけた。

**a**　図7.10（p.194～195）で示したEMSの反応機構に照らして，これらの結果を説明しなさい。

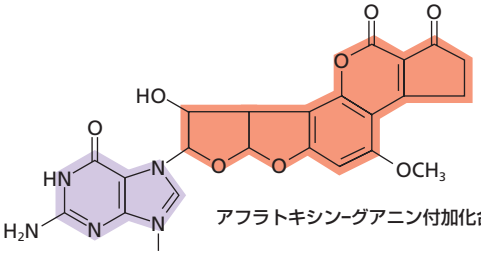
**b**　第二の交配で短い翅のある子孫は，1枚あるいは2枚の短い翅をもつだろうか。その理由を書きなさい。

### 問13

アフラトキシン$B_1$は，ピーナッツのような作物に感染する，ある菌類によってつくられた高い変異原性をもつ発がん性化合物である。アフラトキシンは，下のように，グアニンに化学的に結合しアフラトキシン–グアニン“付加化合物”を形成する，大きくかさばった分子である（図中ではアフラトキシンは赤色，グアニンは紫色）。この付加化合物は，DNA二重らせんを壊し，複製を阻害する。

**a**　DNA修復システムのどの種類がアフラトキシン$B_1$のDNAへの付加によって引き起こされた損傷を修復するのに関与すると考えられるか？

**b**　グアニン–アフラトキシン$B_1$の付加化合物は，デオキシリボースをつなげている結合を攻撃することができる。これはグアニンを遊離させ，脱プリン部位を形成することが最近の証拠から示唆されている。この情報は，aの答えをどのように変えるか？



アフラトキシン–グアニン付加化合物

### 問14

エイムス試験によって同定された個々の変異原化合物をマウスに注入すると，変異原は発がん性を示すものにみられる多くの腫瘍の出現を引き起こす。これらの腫瘍細胞を変異原にさらされていない他のマウスに注入すると，新しいマウスのほとんどすべては腫瘍を発症する。しかし，変異原による腫瘍をもつマウスを変異原にさらされていないマウスと交配させると，すべての子孫は腫瘍をもたない。なぜ，腫瘍は垂直方向（1つの世代から次の世代へ）にではなく，水平方向（細胞を注入することによって）に伝達することができるのか？

### 問15

エイムス試験において使用した*his*$^-$サルモネラ菌株が物質Xにさらされても，*his*$^+$復帰変異体はみられない。一方，マウスの肝臓の上澄みが物質Xといっしょに菌に加えられると，復帰変異体が生じる。物質Xはヒト細胞に対して潜在性発がん物質となるだろうか？ 説明しなさい。

## 7.2

### 問16

あなたは台所で雌のアルビノマウスを捕まえ，ペットとして飼うことに決めたとする。数ヵ月後に，グアムで休暇をとっている間，雄のアルビノマウスを捕まえ，いくつかの遺伝実験用にそれに家にもち帰ることにした。2匹のマウスが同じ遺伝子の変異によるアルビノかどうかと不思議に思った。この答えを見つけ出すために，どのようなことができるだろうか。ただし，どちらの変異も劣性であるとする。

### 問17

シロイヌナズナの葉の形に影響する遺伝子を研究している植物栽培家は，滑らかではなく，縁をもった異常な葉を作りだす6個の独立した劣性の変異を同定した。研究者はこれらの変異の相補性試験を行ったが，温室に事故があったためいくつかの試験は完了できなかった。完了した相補性試験の結果は，次の表に示してある。

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | − | + | − | | + | |
| 2 | | − | | | | − |
| 3 | | | − | − | | |
| 4 | | | | − | | |
| 5 | | | | | − | + |
| 6 | | | | | | − |

**a**　表中で，＋あるいは－で示したそれぞれの空欄を完成させるには，どんな実験が行われたか？

**b**　複雑なことがないとすると，実施されなかった相補性試験の結果はどんなものであったと考えられるか？ 空欄に＋あるいは－を記入することで上の表を完成させよ。

**c**　集まった変異の中にいくつの遺伝子があるか？ どの遺伝子にどの変異があったか？

### 問18

ヒトでは，白皮症は通常，常染色体劣性形式で受け継がれる。図3.19c（p.65）の家系図では，白皮症の両親には数人の子どもがいるが，誰も白皮症ではない。

**a**　相補性試験の観点から，この家系図を説明しなさい。

**b**　図3.19のような相補性試験で説明できる，ヒトの家系図の例をみつけるのはきわめて稀である。これは，ヒトではほとんどの遺伝子病が稀なので，同じ条件をもった人が結ばれることはほとんど起こらないからである。相補性試験がない場合で，特定のヒトの病気の表現型が1

つ以上の遺伝子で変異によって引き起こされる場合があるかどうか判断するために，どんな実験をすることができるだろうか？

**c**　相補性試験は，試験される2つの変異がどちらも野生型に対して劣性である必要がある。2つの優性の変異が同様の表現型を引き起こすとすると，これらの変異が同じ遺伝子または異なる遺伝子によっているかどうかをどのように証明することができるだろうか？

### 問19

**a**　シーモア・ベンザーによるバクテリオファージT4の*rII*領域の微細構造解析は，図7.21（p.207）に示されるように大部分が欠失解析によるものであった。しかし，そのような欠失解析を行うために，ベンザーはどの*rII*$^-$バクテリオファージ株が欠失変異し，どの*rII*$^-$バクテリオファージ株が点突然変異かを知らなくてはならなかった。彼はどのように*rII*$^-$欠失と点突然変異を区別することができたと考えるか？

**b**　ベンザーは，組換えが隣接するヌクレオチド対間で，さらにいえば同じ遺伝子内でも生じる場合があると結論を下した。彼はどのようにして証明することができたか？なお，ベンザーは，次の2つの適切な情報をもっていた。（ｉ）バクテリオファージT4染色体の全長の長さ$\mu$m（電子顕微鏡で測定）と（ii）*rIIA*と*rIIB*を含む多数のバクテリオファージT4遺伝子中の多くの変異

**c**　図7.21c（p.207）には，ベンザーの*rII*領域における点突然変異の微細構造地図を示している。この地図の重要な特徴は“ホットスポット”の存在である。ここをベンザーは，特に変異が影響を受けやすいヌクレオチド対と解釈した。ベンザーは，ホットスポット中にある個別の変異がすべて同じヌクレオチド対の変異に起因するということをどのように決めることができたか？

### 問20

**a**　バクテリオファージの溶液5 mlを含む試験管がある。試験管中のバクテリオファージの数を測りたい。チューブには，実際に合計150億個のバクテリオファージが入っていると仮定して，この数を決めることができる連続希釈実験を設計しなさい。理想的には，プラークを数えるための最終的な固形培地に10以上1,000未満のプラークを含むべきである。

**b**　aのように連続希釈法によってバクテリオファージを数える場合，100％の**プラーク形成率**を仮定している。すなわち，培地上のプラーク数は，培養する細菌と混合したバクテリオファージ数を正確に表す。そこで，ある割合のバクテリオファージ粒子だけがプラークを形成することができる可能性を確かめるのにどんな方法があるか（そのため，プラーク形成率は100％より低いだろう）？逆に，どんなプラークでも多数ではなく1個のバクテリオファージ粒子から始まったと仮定することがなぜ正しいのか，説明しなさい。

### 問21

大腸菌K12（λ）株上で成長しないと予想される5つのT4 *rII*$^-$変異株を見つけた。2つの変異株をあらゆる組合せ（図中に示すように）で混合し，それを大腸菌K12（λ）株に加えた。そして，増殖してプラークを形成する混合物の可能性（図中に＋で示した）を数えた。

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | − | ＋ | ＋ | − | ＋ |
| 2 | | − | − | ＋ | − |
| 3 | | | − | ＋ | − |
| 4 | | | | − | ＋ |
| 5 | | | | | − |

**a**　この分析でいくつの遺伝子が識別されたか？

**b**　どの変異株が同じ相補群に属するか？

### 問22

ショウジョウバエの*rosy*（*ry*）遺伝子は，キサンチン脱水素酵素と呼ばれる酵素をコードする。*ry*変異に対して，ハエのホモ接合体は淡紅色の眼を示す。ある相同染色体上に*ry*$^{41}$*Sb*と別の相同染色体上に*Lry*$^{564}$をもったヘテロ接合体の雌がつくられた。ここで，*ry*$^{41}$と*ry*$^{564}$は2つの独立して分離された*ry*の対立遺伝子である。*Ly*（*Lyra*「細い」翅）と*Sb*（*Stubble*「短い」剛毛）はそれぞれ*ry*の左側および右側につけた優性遺伝子のマーカーである。これらの雌を*r*$^{41}$についてホモ接合体の雄と交配させた。10万の子のうちから，8つは野生型の眼，*Lyra*翅と*Stubble*毛をもち，一方，残りは淡紅色の眼をもっていた。

**a**　隣接した*Ly*遺伝子と*Sb*遺伝子に関する，これらの2つの*ry*変異の順序はどうなっているか。

**b**　離れている*ry*$^{41}$と*ry*$^{564}$の遺伝距離はいくらか。

### 問23

バクテリオファージT4の9つの*rII*$^-$変異株を2つずつ組にして大腸菌K12（λ）株を宿主とした感染に使用した。これらのファージの変異のうち，6つは点突然変異であり，他の3つは欠失である。二重感染した細胞で大量の子ファージを生産する可能性を次の表に示した。

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | − | − | + | + | − | − | − | + | + |
| 2 | | − | + | + | − | − | − | + | + |
| 3 | | | − | − | + | − | + | − | − |
| 4 | | | | − | + | − | + | − | − |
| 5 | | | | | − | − | − | + | + |
| 6 | | | | | | − | − | − | − |
| 7 | | | | | | | − | + | + |
| 8 | | | | | | | | − | − |
| 9 | | | | | | | | | − |

次に，同じ9つの変異株を2つずつ組にして宿主大腸菌B株の感染に使用した。続いて，宿主大腸菌K12（λ）株を溶菌することができる子ファージの産出を測定した。表中で，0は大腸菌K12（λ）株上にはいかなるプラークも出現しない，−はほんのわずかな子ファージだけがプラークをつくる，＋は多くの子ファージ（−の場合の10倍以上）がプラークをつくることを示している。

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | − | + | + | + | + | − | − | + | + |
| 2 | | − | + | + | + | + | − | + | + |
| 3 | | | 0 | − | + | 0 | + | + | − |
| 4 | | | | − | + | − | + | + | + |
| 5 | | | | | − | + | − | + | + |
| 6 | | | | | | 0 | 0 | − | + |
| 7 | | | | | | | 0 | + | + |
| 8 | | | | | | | | − | + |
| 9 | | | | | | | | | − |

**a**　どの変異体が3つの欠失をもつか？ 結論を下すために，どんな判断基準を使用したか？

**b**　変異9は*rIIB*遺伝子中にあることがわかっているとして，すべての点突然変異の位置および3つの欠失の範囲を含めて，データを説明できる遺伝地図を描きなさい。

**c**　bの答えには，1つ確実でない点が残っているだろう。この確実性のない点をどのように解決することができるだろうか？

### 問24

1倍体酵母株中で，アミノ酸のリシンを要求にする8つの劣性変異が見つかった。すべての変異は，変異5と6は復帰しなかったが，それ以外は約$1 \times 10^{-6}$の頻度で復帰することが明らかになった。これらの変異をもつ*a*とαの細胞間で交配を行った。次の表は，リシンを含まない最少培地上で増殖できる2倍体株を示したものである。ただし，＋は増殖すること，−は増殖しないことを意味する。

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | − | + | + | + | + | − | + | − |
| 2 | + | − | + | + | + | + | + | + |
| 3 | + | + | − | − | − | − | − | + |
| 4 | + | + | − | − | − | − | − | + |
| 5 | + | + | − | − | − | − | − | + |
| 6 | − | + | − | − | − | − | − | − |
| 7 | + | + | − | − | − | − | − | + |
| 8 | − | + | + | + | + | − | + | − |

**a**　このデータよりいくつの相補群が明らかになったか？ どの相補群内でどの点突然変異が見つかったか？

同じ2倍体株に次に，胞子形成を行わせる。結果として生じた胞子の大半は，栄養要求性である。つまり，リシンを除いた最少培地上にまいたとき，コロニーを形成することができない。しかし，特定の2倍体は，リシンを除いた最少培地上にまいても，コロニーを形成する胞子を稀に生産する（独立栄養胞子）。次の表は，さまざまな独立栄養株で2倍体細胞の胞子形成をするか（＋），しないか（−）を示したものである。

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | − | + | + | + | + | − | + | + |
| 2 | + | − | + | + | + | + | + | + |
| 3 | + | + | − | + | − | + | + | + |
| 4 | + | + | + | − | − | − | + | + |
| 5 | + | + | − | − | − | − | + | + |
| 6 | − | + | + | − | − | − | + | + |
| 7 | + | + | + | + | + | + | − | + |
| 8 | + | + | + | + | + | + | + | − |

**b**　独立栄養株の胞子が上述の2倍体の胞子形成中に発生すると，このような独立栄養株の胞子を含む四分子中に栄養要求性胞子と独立栄養胞子が，どのような比率で一般に予想されるだろうか？ 期待する比率について説明しなさい。

**c**　この問題のすべてのデータを使用して，検討中の8つのリシン変異の地図を描きなさい。また，関与した欠失の範囲を示し，さまざまな相補群の境界を示しなさい。

## 7.3

### 問25

アカパンカビのアルギニン生合成系には，一連の中間体を合成するいくつかの酵素を含む。

*argE*　　*argF*　　*argG*　　*argH*

*N*-アセチルオルニチン → オルニチン → シトルリン → アルギノコハク酸 → アルギニン

**a**　もしアカパンカビ株の$argE^-$と$argH^-$との間で交配すると，両親型および組換え型の子嚢内の$Arg^+$と$Arg^-$の

胞子の分布はどうなるだろうか？ それらが子嚢に現れる順に胞子の型を示しなさい。

**b** aの答えに関するそれぞれの胞子に対して，胞子の増殖のために培地にどの栄養素を供給することが可能だろうか？

### 問26

アカダイショウの野生型の色は褐色である。1つの常染色体の劣性変異はヘビをオレンジ色にし，また別の変異はヘビを黒色にする。オレンジ色のヘビを黒色のヘビと交配すると，$F_1$の結果はすべて褐色であった。ただし，すべての関連のある遺伝子は連鎖していないと仮定しなさい。

**a** もし，褐色になる途中で異なる中間体であるオレンジ色と黒色を含む1つの色素合成経路があるならば，この交配の$F_2$世代のヘビはどんな表現型でどんな比率になるか？

**b** オレンジ色の色素が1つの経路の生成物，黒色の色素は別の経路の生成物，そして褐色はヘビの皮膚に2つの色素を混合した結果である場合，$F_2$世代のヘビはどんな表現型でどんな比率になるか？

### 問27

2倍体ゲノムをもつある種の顕花植物では，4つの酵素が花の色の生成に関係する。これらの4つの酵素をコードする遺伝子は，異なる染色体上にある。関連する生化学的経路は，以下のとおりである。図は，2つの異なる酵素のどちらでも，青色色素を紫色色素に変換するのに十分であることを示す。

$$\text{白色} \rightarrow \text{緑色} \rightarrow \text{青色} \begin{matrix}\rightarrow \\ \rightarrow\end{matrix} \text{紫色}$$

純系の品種で緑色の花を咲かせる植物を，純系の品種で青色の花を咲かせる植物と交配させる。結果として生じる$F_1$世代の植物は，すべて紫色の花になる。$F_1$植物は，自家受精し，$F_2$世代を産出する。P，$F_1$，$F_2$植物の遺伝子型を示し，どの遺伝子がどの生化学的経路を特定するかを示しなさい。また，表現型（白色の花，緑色の花，青色の花，紫色の花）をもつ$F_2$植物の割合を示しなさい。ただし，緑色の花をつけた親は，経路のある1段階でのみ変異株であると仮定しなさい。

### 問28

中間体A，B，C，D，E，Fはすべて同じ生化学的経路で発生する。Gはその経路の最終生成物である。また，変異株1～7の生成物はすべて$G^-$，つまりGを生産できないことを意味する。次の表は，どの中間体がそれぞれの変異株の増殖を助長するか示している。経路中で合成の順に中間体を並べ，それぞれの変異株が阻害される経路の段階を示しなさい。表中の＋はその物質を与えられれば，変異株は増殖するだろうということを示し，0は増殖の欠如を意味する。

| | 補充 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 変異株 | A | B | C | D | E | F | G |
| 1 | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ | 0 | ＋ |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ＋ |
| 3 | 0 | ＋ | ＋ | 0 | ＋ | 0 | ＋ |
| 4 | 0 | ＋ | 0 | 0 | ＋ | 0 | ＋ |
| 5 | ＋ | ＋ | ＋ | 0 | ＋ | 0 | ＋ |
| 6 | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | ＋ | 0 | ＋ |

### 問29

次の各交配について，2つの純系品種の植物株がすべてに紫色の花をもつ$F_1$植物になるように交配させる。次に，$F_1$植物はここに示されるような$F_2$をつくるために自家受粉させた。

| 交配 | 親 | $F_1$ | $F_2$ |
|---|---|---|---|
| 1 | 青色×白色 | すべて紫色 | 9紫色：4白色：3青色 |
| 2 | 白色×白色 | すべて紫色 | 9紫色：7白色 |
| 3 | 赤色×青色 | すべて紫色 | 9紫色：3赤色：3青色：1白色 |
| 4 | 紫色×紫色 | すべて紫色 | 15紫色：1白色 |

**a** それぞれの交配について，花の色の遺伝形質を説明しなさい。

**b** それぞれの交配について，データを説明できる生化学的経路を示しなさい。

**c** これらの交配のどれが2つの異なるサブユニット（ともに酵素活性に必要である）をもつ酵素によって触媒される，ある1段階だけに関与する基本的な生化学的経路と対応するか。

**d** 4つの交配のそれぞれについて，もしすべての関連する遺伝子がしっかりと連鎖しているならば，$F_1$と$F_2$世代はどのようになるだろうか。

### 問30

アミノ酸のグルタミン（gln）およびプロリン（pro）の生合成経路には，1つ以上の共通の中間体が含まれている。次の表に示すように，増殖にグルタミン，プロリン，または両方のアミノ酸のいずれかを必要とする番号1～7の栄養要求性の酵母変異株が分離されている（＋は増殖する，－は増殖しない）。これらの変異株は，また中間体A～Eのもとで増殖する能力が確かめられた。グルタミンとプロリンの経路において，これらの中間体の順序はどうなるか。そして，それぞれの変異株が阻害されるのは経路のどの位置か？

| 変異株 | A | B | C | D | E | gln | pro | gln＋pro |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ＋ | － | － | － | ＋ | － | ＋ | ＋ |
| 2 | － | － | － | － | － | － | ＋ | ＋ |
| 3 | － | － | ＋ | － | － | － | － | ＋ |
| 4 | － | － | － | － | － | ＋ | － | ＋ |
| 5 | － | － | ＋ | ＋ | － | － | － | ＋ |
| 6 | ＋ | － | － | － | － | － | ＋ | ＋ |
| 7 | － | ＋ | － | － | － | ＋ | － | ＋ |

## 問31

次の相補しない大腸菌変異株について，既知の4つのチミン前駆物質A～Dによる成長について調べた。

| | 前駆物質・生産物 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 変異株 | A | B | C | D | チミン |
| 9 | ＋ | － | ＋ | － | ＋ |
| 10 | － | － | ＋ | － | ＋ |
| 14 | ＋ | ＋ | ＋ | － | ＋ |
| 18 | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ |
| 21 | － | － | － | － | ＋ |

**a**　4つの前駆物質と最終生産物であるチミンの簡単な直線的な生合成経路を示しなさい。また，5つの変異それぞれによって阻害されるのはどの段階か？

**b**　次の二重変異株（9と10あるいは10と14）によって，どの前駆物質が蓄積するだろうか？

## 問32

1952年，英国医学雑誌のある記事が，X連鎖劣性血友病に苦しむ数人から得られた血漿の作用に，興味深い相違点が得られたことを報じた。一定の組合せの個体からの無細胞の血漿は混合したとき，試験管中にかたまりを形成することができた。例えば，次の表は血友病の4個体からさまざまな組合せで，血漿にかたまりが生じる（＋）か，生じない（－）かを示している。

| | |
|---|---|
| 1と1　－ | 2と3　＋ |
| 1と2　－ | 2と4　＋ |
| 1と3　＋ | 3と3　－ |
| 1と4　＋ | 3と4　－ |
| 2と2　－ | 4と4　－ |

これらのデータから，個人の中の血友病の遺伝に関して何がわかるか？ これらのデータは，血液凝固を支配する生化学的経路で，どんなモデルを除外することができるか？

## 問33

ヒトの常染色体遺伝子中の変異は，フォン・ウィルブランド病（vWD）と呼ばれる種類の血友病を引き起こす。この遺伝子は，フォン・ウィルブランド因子（vWF）と呼ばれる血漿タンパクをコードする。vWFは，野生型の血友病A遺伝子によってコードされた血漿タンパクである第8因子を安定化させる。これは血栓を形成するために必要とされる。したがって，vWFがない状態で第8因子は急速に破壊される。次のa～hのうちのどれが，血友病の患者の出血する症状の治療に使われるだろうか？ その治療は，速やかに効果があるのだろうか，それともタンパク合成に必要とされるある時間のあとに効果があるのだろうか？ また，その治療は短期間のみ効果があるのか，持続効果があるだろうか？ ただし，すべて変異がナル変異で（つまり，変異は遺伝子によってコードされるタンパクの完全な欠如を招く），血漿は無細胞であると仮定しなさい。

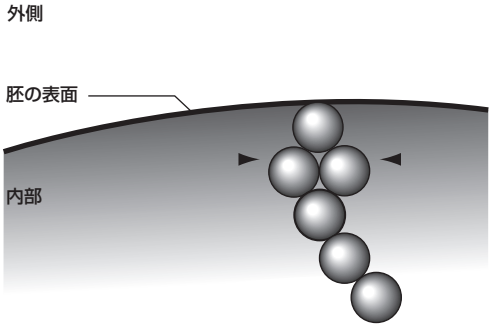
**a**　正常な血液からvWD患者への血漿の輸血。
**b**　vWD患者の血液から別のvWD患者への血漿の輸血。
**c**　血友病A患者の血液からvWD患者への血漿の輸血。
**d**　正常な血液から血友病A患者への血漿の輸血。
**e**　vWD患者の血液から血友病A患者への血漿の輸血。
**f**　血友病A患者の血液から別の血友病A患者への血漿の輸血。
**g**　精製されたvWFをvWD患者に注入。
**h**　精製されたvWFを血友病A患者に注入。
**i**　精製された第8因子をvWD患者に注入。
**j**　精製された第8因子を血友病A患者に注入。

## 問34

線虫1細胞胚の内部にある複合体の一部である6つのタンパクを認識する抗体がつくられた。母親は，胚の内表面から始まり卵中のある構造へ段階的に集まると考えられるタンパクをつくり出す。変異体の母親によってつくられた胚中のタンパクの位置を検出するために抗体を使用した（母親は各タンパクをコードする遺伝子に対して劣性なホモ接合体である）。線虫の母親は自家受精する雌雄同体である。したがって，遺伝子の野生型のコピーは受精中には導入されないだろう。表中で，＊はタンパクがあり，胚の表面に位置することを示す。－はタンパクがない，＋はタンパクはあるが胚の表面にはないことを示す。ただし，すべての変異は対応するタンパクの合成を阻害すると仮定しなさい。

| タンパクをコードする遺伝子の変異 | タンパクの産生と局在 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | E | F |
| A | － | ＋ | ＊ | ＋ | ＊ | ＋ |
| B | ＊ | － | ＊ | ＊ | ＊ | ＊ |
| C | ＊ | ＋ | － | ＋ | ＊ | ＋ |
| D | ＊ | ＋ | ＊ | － | ＊ | ＋ |
| E | ＋ | ＋ | ＋ | ＋ | － | ＋ |
| F | ＊ | ＋ | ＊ | ＊ | ＊ | － |

各円中に適切なタンパクを描き込んで，次の図（仮想的なタンパク複合体の構築を示している）を完成させなさい。矢印で示された2つのタンパクは，互いに独立した複合体として集まることができる。しかし，どちらのタンパクも複合体にタンパクの追加が必要とされる。




### 問35

成体のヘモグロビンは，4個のポリペプチドをもった多量体タンパクである。それらのうちの2個はαグロビン，もう2個はβグロビンである。

**a**　ヘモグロビンタンパクの構造をコードするためにいくつの遺伝子が必要とされるか。

**b**　野生型対立遺伝子と，αとβグロビン双方のアミノ酸置換変異体をつくり出す対立遺伝子に対してヘテロ接合ならば，ヒトの赤血球中でいくつの異なる種類のヘモグロビンタンパクが見つかるだろうか？ その割合も書きなさい。ただし，すべての対立遺伝子は同じレベルに発現されると仮定しなさい。

### 問36

この問題では，コラム「もう少しくわしく」（p.216～217）の図Aを参照する。次の部分について，もし制限条件下で，図示されたバクテリオファージT4の温度感受性変異株を感染し，大腸菌細胞の抽出物を調べた。ロバート・エドガーは電子顕微鏡でどんな構造を見ていただろうか？ 図で示しなさい。

**a**　遺伝子19に変異をもつ株。

**b**　遺伝子16に変異をもつ株。

**c**　遺伝子13と遺伝子14の2つの変異株を同時感染。遺伝子13と14によって生成されたポリペプチドは，ファージの頭部の集合1段階を支配する多量体タンパクを形成するために互いに会合する（p.217，図A参照）。

**d**　遺伝子15と遺伝子35に変異があるゲノムをもつ株。

## 7.4

### 問37

大部分を占めている成人のヘモグロビンHbAには2つのαグロビン鎖と2つのβグロビン鎖（$\alpha_2\beta_2$）が含まれているが，少数の$HbA_2$では2つのα鎖と2つのδ鎖（$\alpha_2\delta_2$）からなっている。βグロビンとδグロビンの遺伝子はタンデムに並んでおり，非常に高い相同性がある。β遺伝子とδ遺伝子の間で不均等乗換えが起こったことによる染色体を図示しなさい。

### 問38

“新世界”霊長類，例えばマーモセット（猿の1種）を含む大部分の哺乳類では2色型色覚であり，2種類のロドプシンが関連する色受容体しかもっていない。ヒトやゴリラなどの“旧世界”の霊長類は3種類の色受容体をもった3色型色覚である。霊長類は他の哺乳類からおよそ6,500万年前に分岐しており，新世界と旧世界の霊長類は，およそ3,500万年前に互いに分岐した。

**a**　この情報をもとに，図7.28d（p.218）の年代を決めることができる時間経過を示しなさい。

**b**　新世界猿によっては常染色体に色の受容体遺伝子と，X染色体に連鎖した単一の色の受容体遺伝子をもっているものがある。X染色体に連鎖した遺伝子には3つの対立遺伝子があり，それぞれは異なる波長（3つの波長すべては常染色体にある色の受容体で識別される波長とは異なっている）の光に応答する光受容体をコードしている。これらの猿ではどのように色覚が遺伝しているか？

**c**　ヒトや他の哺乳類の光を受容する神経細胞のおよそ95％は，多数の波長の低いレベルの光に応答する色素であるロドプシンをもっている桿体細胞である。残りの5％の光受容神経細胞は強度の高い特異的な波長の光に応答する色素をもった錐体細胞である。このことから，最も初期の哺乳類の生活様式はどのように考えることができるか？