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　クリステ
b　グラナ
c　*petite*
d　*grande*
e　酸化的リン酸化
f　カルビン回路
g　キネトプラスト
h　ヘテロプラスミー
i　ホモプラスミー

1　この結果，ATPが生産される。
2　呼吸ができる酵母細胞
3　この結果，糖が生産される。
4　遺伝的に均一な細胞小器官を含む細胞
5　DNAのミニサークルやマキシサークルが連環状に連なった構造を含んでいる。
6　ミトコンドリアの内膜が内部に陥入したもの
7　呼吸ができない酵母細胞
8　葉緑体内部に存在するチラコイド膜が重なったもの
9　遺伝的に異なる細胞小器官を含む細胞

16.1

問 2

次のa～eに示した事項は葉緑体で起こることか，ミトコンドリアで起こることか，その両方で起こることか，あるいはどちらでも起こらないことか？

a　電子の輸送
b　ピルビン酸と脂肪酸の分解
c　糖の合成
d　酸素の生産
e　酸素の消費

問 3

次のa～dの説明は葉緑体ゲノム，ミトコンドリアゲノム，その両方のいずれに当てはまるか？ あるいはいずれにも当てはまらないか？

a　tRNAの遺伝子を含んでいる。
b　核様体と呼ばれる凝集した構造体として存在する。
c　その細胞小器官の機能に必要な遺伝子のすべてが存在している。
d　生物ごとに大きさが異なる。

問 4

葉緑体の機能に必要な遺伝子の一部は，核ゲノムにコードされており，残りは葉緑体ゲノムにコードされている。核DNAと葉緑体DNAは浮遊密度が異なるため，その違いを利用して密度勾配遠心によって分離することができる。ただし，この方法で分画した核DNAと葉緑体DNAには，互いに他方のDNAが少量混入している。さて，植物の葉緑体ゲノムに存在する，光合成に必要な遺伝子に対するプローブをもっているとしよう。このプローブが，ある紅藻の核DNAにハイブリッドを形成することがわかった。

a　この結果によって，問題の遺伝子はこの紅藻では核に存在することが明確に示されたといえるだろうか？ また，そう答えた理由を説明しなさい。
b　さらにどのようなDNAハイブリッド形成法の結果がわかれば，aの問題へはっきりと解答することができるか？
c　この紅藻では葉緑体の遺伝子は片親型で遺伝し，またこの紅藻では相互交配が行えると仮定して，aで論じた遺伝子がどのゲノムに存在しているかを確定する実験を計画しなさい。

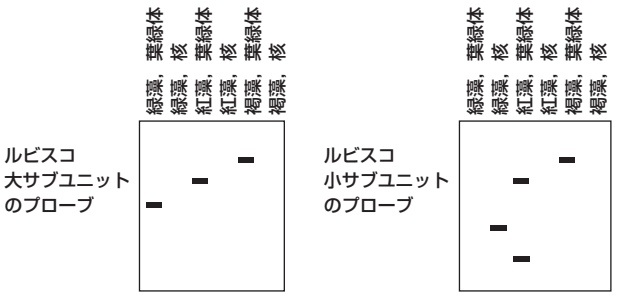
問 5

“逆翻訳”とは，特定のタンパクをコードするDNAの塩基配列を推測する手法のことである。Trp His Ile Metというアミノ酸配列があるとき，次の設問に答えなさい。

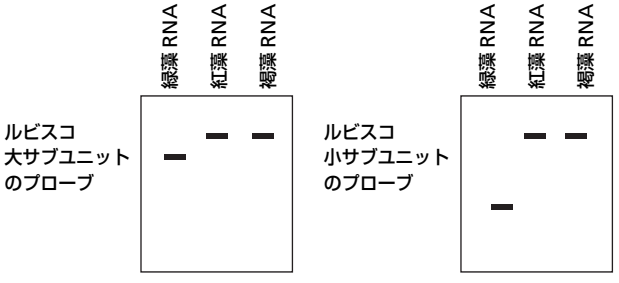
a　哺乳類の核DNAでは，どのような塩基配列がこれらのアミノ酸をコードしていると考えられるか？ 可能性があるものをすべて答えなさい。
b　哺乳類のミトコンドリアDNAでは，どのような塩基配列がこれらのアミノ酸をコードしていると考えられるか？ 可能性があるものをすべて答えなさい。

問 6

a　ルビスコタンパクの小サブユニット遺伝子に対するプローブと大サブユニット遺伝子に対するプローブとを用い，緑藻，紅藻，褐藻の葉緑体と核のDNAに対してそれぞれハイブリッドを形成させた。これらの3種類の藻類それぞれについて，ルビスコの小サブユニット遺伝子と大サブユニット遺伝子の位置についてどのような結論が下せるか？



b　aと同じ3種類の藻類からRNAを抽出し，ルビスコの大サブユニットのプローブ，小サブユニットのプローブとそれぞれハイブリッドを形成させたところ，以下のような結果が得られた。紅藻と褐藻における大サブユニットと小サブユニット遺伝子の転写について，どのような結論が下せるか？ また，その結論はaの解答に一致するか？



問7

次のa～eに挙げた葉緑体やミトコンドリアの特徴のうち，どれが真核生物より細菌の細胞に似ていると考えられるか？

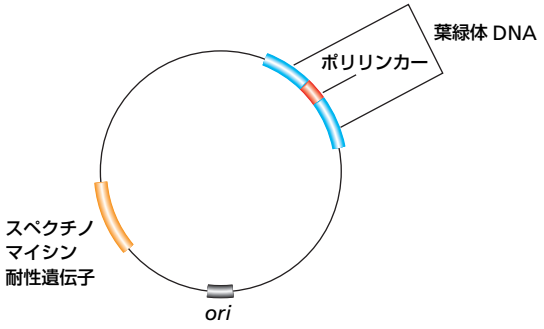
a　翻訳がクロラムフェニコールやエリスロマイシンに感受性である。
b　ミトコンドリア遺伝子で使われている遺伝暗号には核とは違うものがある。
c　葉緑体とミトコンドリアには内膜と外膜がある。
d　細胞小器官の遺伝子にはイントロンがある。
e　細胞小器官のDNAはヌクレオソーム構造をとっていない。

問8

葉緑体の翻訳伸長因子遺伝子（*tufA*）がコレオケート属（*Coleochaete*）の緑藻の核DNA断片とハイブリッドを形成した。この遺伝子のコード領域の塩基配列の全長がプローブとハイブリッドを形成した核DNA断片に含まれているかどうかを確かめるにはどうしたらよいか？

問9

遺伝子銃を用いた葉緑体の形質転換に使われるクローニングベクターの例が下の模式図に示されている。ベクターDNAは大腸菌（*Escherichia coli*）中で大量に増やすことができる。葉緑体中に“撃ち込まれる”と，このベクターはゲノム中に挿入される。ベクターの構成要素（a～d）と機能（1～4）を結びつけなさい。



a　スペクチノマイシン
b　葉緑体DNA
c　ポリリンカー（複数の制限酵素部位をもつ領域）
d　*ori*

1　葉緑体ゲノムへの挿入を仲介する相同なDNA
2　葉緑体が形質転換された細胞を選択するための遺伝子
3　大腸菌内での複製に必要な配列
4　DNAを挿入することのできる部位

問10

パン酵母（*Saccharomyces cervevisiae*）の核遺伝子*ARG8*は，アミノ酸であるアルギニンの生合成における重要な反応を触媒する酵素をコードしている。このタンパクは通常，細胞質のリボソームで合成されるが，その後ミトコンドリアに運び込まれてミトコンドリア内ではたらく。1996年，T. D.フォックス（T. D. Fox）とその同僚は，ある酵母株を作製した。その酵母株は，Arg8タンパクをコードしている遺伝子自体がミトコンドリア内に入っており，ミトコンドリアのリボソームによって機能のあるArg8タンパクが合成されるというものだった。

a　この研究者は，どのようにして*ARG8*遺伝子を核からミトコンドリアに移動させることができ，なおかつ活性のある酵素を合成させることができたのだろうか？ 核内でなくミトコンドリア内で機能させるために，*ARG8*遺伝子をどのように改変する必要があっただろうか？
b　そもそも，この研究者が*ARG8*遺伝子をミトコンドリア内に移動させたかったのはなぜなのだろうか？

16.2

問 11

細胞小器官が片親型遺伝なのか両親型遺伝なのかを見分けるために，さまざまな検出方法が採用された。次の a ～ c の実験系で使われた検出方法を 1 ～ 3 から選びなさい。

a　アフリカツメガエル（*Xenopus laevis*）とボレアリス（*Xenopus borealis*）のミトコンドリア DNA

b　タバコ（*Nicotiana*）のルビスコの大サブユニットと小サブユニット

c　ヒトの LHON 表現型

1　タンパクの解析

2　家系図

3　分別的ハイブリッド形成法

問 12

異なる種でみられる，雄の親由来のミトコンドリアゲノムが子の中でははたらかないようにするための方法を 2 種類述べなさい。

問 13

ヒトにおいて，ある形質が細胞質中の因子によって決定されるとすると，子は母親と父親のどちらにより似るだろうか？その理由も答えなさい。

問 14

どうして重篤なミトコンドリア性の変異や葉緑体性の変異はホモプラスミーではなくヘテロプラスミーである細胞で見つかるのだろうか。

問 15

ある生物がヘテロプラスミーであるかホモプラスミーであるかを決めるには，次の 2 種類の方法のどちらを選べばよいだろうか？その理由も述べなさい。

a　スライドグラス上に固定した細胞にプローブをハイブリッド形成させる。

b　その生物のある細胞集団から単離した DNA の中に PCR で増幅されるものがあるかどうかを調べる。

問 16

クラミドモナス（*C. reinhardtii*）の新しい C^r 変異株を分離したとしよう。この新しい C^r 変異株が核 DNA の変異によるものか，ミトコンドリア DNA の変異によるものかを決めるにはどうしたらよいだろうか？

問 17

クロラムフェニコールに対して耐性があり（C^r）エリスロマイシンに対して感受性（E^s）の接合型 a の 1 倍体の酵母株と，クロラムフェニコールに対して感受性（C^s）でエリスロマイシンに対して耐性のある（E^r）接合型 α の 1 倍体の酵母株を交配した。生じた 2 倍体細胞を数世代にわたって分裂させたあと，減数分裂を誘導した。生じた 100 個の 4 分子のうち，66 個は C^r E^s の胞子が 4 個入ったもの，29 個は C^s E^r の胞子が 4 個入ったもの，3 個は C^r E^r の胞子が 4 個入ったもの，2 個は C^s E^s の胞子が 4 個入ったものだった。

a　以上の結果を説明しなさい。どうして分離比が常に 4：0 になるのだろうか？ 4 種類の異なる型の 4 分子はどのようにして生じたのだろうか？

b　C^s E^s の胞子 4 個からなる 4 分子では，接合型 a の胞子と接合型 α の胞子はそれぞれいくつあるか？

問 18

ヒトの家系図にどのような特徴があれば，問題となる遺伝形質を現す変異がミトコンドリアにあることが疑われるだろうか？

問 19

クラミドモナスの mt^+ の株から新しいエリスロマイシン耐性株を分離した。

a　この変異が葉緑体遺伝子に起こったものだとすると，この変異株を mt^- er^s の株と交配して得られる 2 倍体の遺伝子型と表現型はどのようになると予想されるか？

b　この変異が核遺伝子に起こったものだとすると，この変異株を mt^- er^s の株と交配して得られる 2 倍体の遺伝子型と表現型はどのようになると予想されるか？

c　この変異が葉緑体 DNA に生じたものか，核 DNA に生じたものかを決定するには，さらに何を調べればよいか？

問 20

1900 年代の初め，カール・コレンスはオシロイバナ（*Mirabilus jalapa*）の葉の色の遺伝について行った観察結果を報告した。コレンスは同じ植物体でも枝ごとに，すべての葉が緑色のもの，すべての葉が白色のもの，緑色と白色の組織がまだらに入り混じった斑入りの葉をつけるものがあることに気づいたというのである。

a　どうして枝によって緑色の葉をつけるもの，白色の葉をつけるもの，斑入りの葉をつけるものができたかを説明しなさい。また，どうして斑入りの葉の中で白色の組織と緑色の組織がまだらになったのかを説明しなさい。

b　コレンスは，緑色の葉をつける枝の花の卵細胞をどの種

類の枝の花粉で受粉させても，生じた子植物ではすべての葉が緑色になることを発見した。斑入りの葉をつける枝の卵細胞をどの種類の枝の花粉で受粉させても，子植物の90％は緑色の葉をつける枝，白色の葉をつける枝，斑入りの葉をつける枝のすべてをもつものになった。また，子植物の5％は緑色の葉のみであり，残りの5％は白色の葉をもっていてまったく元気がなく，発芽後まもなく枯れてしまった。以上の結果を説明しなさい。どのようにして斑入りの枝の卵からすべて緑色の葉やすべて白色の葉をもつ子植物が生じたのだろうか？ また，すべての葉が白色の植物がすぐ枯れてしまったのはなぜだろうか？

c　bの問題への答えにもとづくと，どうして斑入りの植物がもつ白色の枝の葉は見たところ，元気なのだろうか。

問21

トウモロコシの雄性不稔の一形態は母系遺伝する。この細胞質遺伝する雄性不稔について最初に発表したのはマーカス・ローズ（Marcus Rhoades）だった。彼が雄性不稔を示す植物体の雌性配偶子を生殖能力のある植物体の花粉で受精させたところ，生じた子植物は雄性不稔だったのである。

a　交配の様子を図示しなさい。雄性不稔の系統と雄性配偶子に生殖能力のある系統それぞれの核ゲノムと細胞質ゲノムを区別するため，線の色を変えること。

b　雄性不稔の子植物の雌性配偶子を，最初の交配に用いられたのと同じ雄性配偶子に生殖能力のある系統の花粉を用いて受精させる戻し交配を行った。この操作を何回も繰り返した。起こりうる乗換えも考慮に入れて，次の2世代の交配の様子を図示しなさい。

c　戻し交配を何度も繰り返し行ったのはなぜか（ヒント：bの問題の答えから核ゲノムに何が起こっているかを考えてみよう）。

問22

植物育種に携わる人々は，**雑種強勢**（hybrid vigor）あるいは**ヘテローシス**（heterosis）と呼ばれる現象を長らく利用してきた。雑種強勢（ヘテローシス）とは，近縁種間の交配によって生じた雑種で，2種類の親植物より生長がよく，作物の収量も多くなる現象である。1930年代以来，種子会社はトウモロコシの細胞質雄性不稔（CMS）を利用して雑種のトウモロコシ種子を安く生産し，農家に販売した。この植物種のCMSはミトコンドリアゲノムに存在する変異のために花粉が形成されないものである。

a　種子会社が雑種のトウモロコシ種子をつくるためにCMSはどのように役立ったか？

*Restorer*と呼ばれる核遺伝子の優性の対立遺伝子*Rf*はCMSの表現型を抑圧する。したがって，変異型ミトコンドリアゲノムをもつ植物でも*Rf*をもっていれば雄性配偶子にも稔性がある。

b　稔性のある（自家受精で種子ができる）植物に育つ雑種トウモロコシ種子をつくるにはどのような交配をすればよいか（雑種の種子をまいている農家は稔性のある植物を望んでいる。なぜなら，トウモロコシの粒は胚珠が受精して生じるからである）？

c　CMSを利用してつくられる雑種トウモロコシ種子の商品化のために当時解決しなければならなかった問題として，CMSのミトコンドリアをもつ品種の維持があった。種子会社は花粉をつくらないはずの雄性不稔の植物をどのようにして維持することができたのだろうか？ 栽培期間のたびに雄性不稔の植物を得ることのできる方法を示しなさい。

d　雑種のトウモロコシの利用に短所はあるか？

問23

酵母の1倍体の変異株で*cox*Ⅱ*-1*と呼ばれる株は，グリセロールを唯一の炭素源およびエネルギー源とする培地では生育できない（酵母ではグリセロールは発酵には利用できない物質である）。しかし，この酵母株は発酵に利用できる物質であるグルコースを含む培地でなら生育できる。この*cox*Ⅱ*-1*株にはシトクロム*c*酸化酵素と呼ばれるミトコンドリアのタンパクがないことがわかった。

a　どうして*cox*Ⅱ*-1*株はグルコースを含む培地で生育できるのにグリセロールしか含まない培地では生育できないのか？

野生型の酵母株と*cox*Ⅱ*-1*株とを交配し，生じた2倍体の細胞を体細胞分裂で生育させたところ，2倍体細胞の約半数はグリセロールのみの培地で生育できたが，残りの約半数はできなかった。グリセロールのみの培地で生育する2倍体のクローン細胞に胞子形成を誘導し，4個の胞子を含む4分子をつくらせたところ，そのすべての胞子がグリセロール培地で成育することができた。これらの4分子のすべてについて，1倍体の子細胞のうちの2個の接合型はa，残りの2個の接合型はαだった。グリセロール培地で生育しなかった2倍体細胞では胞子形成が行われなかった。

b　この交配の結果から，*cox*Ⅱ*-1*変異が存在する場所について何がわかるか？ そう答えた理由も説明しなさい。

酵母のまた別の1倍体の変異株に*pet111-1*と呼ばれる株があり，*cox*Ⅱ*-1*株と同様にグリセロール培地では生育できないがグルコース培地でなら生育できる。この変異株も*cox*Ⅱ*-1*株と同様にシトクロム*c*酸化酵素を欠損している。この*pet111-1*株を接合型が逆の野生型の1倍体細胞と交配したところ，生じた2倍体細胞はすべてグリセロール培地で

成育でき，胞子形成を誘導すると子嚢を形成した。そのすべての子嚢について，4個の1倍体細胞の分離比はグリセロール培地で成育できるものとできないものが2：2となった。

c　bの問題の答えに照らして，最後の結果を説明しなさい。

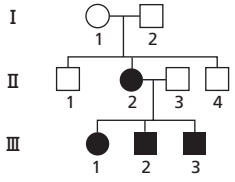
問24

ヒトでは，年齢にともなってミトコンドリアゲノムにさまざまな大きさの欠失が生じ，またその数が増加していくことがわかった。ヒトのミトコンドリアゲノム標本について欠失の解析を行うとき，PCRとゲル電気泳動のどちらの手法を用いるべきか？ また，それはなぜか？

16.3

問25

ここに示した家系図の家族で，MERFFというミトコンドリア病の症状を示した最初の人物はⅡ-2である。



a　母親のⅠ-1に症状がないのに娘のⅡ-2に症状が現れた理由として考えられる説明を2つ示しなさい。

b　可能性のある2つの説明のどちらであるかを見分けるにはどうすればよいか？

問26

1988年，オーストラリアの神経科医が10代でミオクローヌスてんかんを発症した一卵生双生児について報告した。双子の1人には軽いミオクローヌスてんかんの症状が現れただけだったが，もう1人には徐々に聴覚障害，赤色ぼろ繊維，運動失調（筋肉の動きを制御できない）などのMERRF（赤色ぼろ繊維をともなうミオクローヌスてんかん）のあらゆる症状が現れた。この一卵性双生児の2人の表現型の相違がどうして生じたのかを説明しなさい。

問27

カーンズ・セイヤー症候群はミトコンドリアゲノムに最大7.6 kbに及ぶ欠失があるために生じるミトコンドリア病である。カーンズ・セイヤー症候群はミトコンドリアDNAの欠陥が原因であるが，母系遺伝するわけではなく，個々の人に新たな変異として生じる。症状の重さは軽いものから重いものまであり，また個々の患者についてみると，症状が現れる組織もあれば現れない組織もある。症状が現れる組織がいろいろであること，また症状の重症度がいろいろであることをどう説明すればよいか？ ただし，欠失の大きさは表現型の差としては現れないものとする。

問28

あなたが遺伝病の相談員で，子どもをほしがっているMERRFの患者がいるとしよう。子どもが同じ病気をもつ可能性について，あなたから患者にどのような助言ができるだろうか？ 患者が受けることのできる，胎児がMERRFをもっているかどうかを調べられる出生前検査はあるだろうか。