練 習 問 題

用語

問題 1

次のa～gの用語に最もよく合致するものを，下の1～7から選びなさい

a　リボザイム
b　レトロトランスポゾン
c　SINE
d　断続平衡
e　分子時計
f　系統樹
g　エキソンの入れ換え

1　一定速度のアミノ酸配列の変化
2　突然に起こる爆発的な進化の変化
3　遺伝子の一部の交換
4　特定の化学反応を触媒するRNA分子
5　ヒトゲノム中の短い反復配列
6　遺伝物質の重複におけるRNA中間体
7　進化的な関係の表示

22.1

問2

すべての生物形態が共通の祖先から進化したとする一元的な生命の考え方は，どんな観察から支持されるか？

問3

次の文のうち，最初に複製した分子がRNAであることを支持するものはどれか？

a　RNA分子は酵素として機能することができる。
b　DNAはRNAよりずっと安定している。
c　情報はRNAにも貯蔵できる。

問4

a　どういう理由で，RNAは情報貯蔵分子としてふさわしくないか？
b　どんな点で，RNAは分子機械としてタンパクほど優れていないか？

問5

a　2つのタンパク間で起こる特定の化学反応は*in vitro*のRNase処理に感受性であるが（すなわち，反応液をRNaseで前処理をすると反応が起こらなくなる），タンパク分解酵素処理には耐性がある。この反応を行っている酵素の性質について，どんなことが示唆できるか？
b　別の化学反応は，タンパク分解酵素とRNaseの両方に感受性を示す。この反応を行う酵素の性質について示唆しなさい。

問6

ヒトとチンパンジーは，ゲノム配列の差は1％であるが，2人のヒトの配列の差は0.1％である。どうして1％という小さなDNA配列の差がヒトとチンパンジーの間にみられるような大きな変化を引き起こすか？ また，1％の差がどんな種類の差を表しているか考えなさい。

22.2

問7

3つの遺伝子の非同義的アミノ酸と同義的アミノ酸の置換率を，ヒトとマウスあるいはラットで比較したものを示した（割合は1年間に塩基あたりの平均置換数とその標準偏差で表してある。それぞれの場合，示された数値はヒトとマウスの配列が同義的あるいは非同義的な置換によって互いに分岐した割合である）。

a　これらの遺伝子の間で，非同義的置換の割合が異なるのはなぜか？
b　同義的な置換率が類似しているのはなぜか？

タンパク	非同義的置換	同義的置換
ヒストン3	$0.0 \pm 0.0 \times 10^{-9}$	$6.38 \pm 1.10 \times 10^{-9}$
成長ホルモン	$1.23 \pm 0.15 \times 10^{-9}$	$4.95 \pm 0.77 \times 10^{-9}$
βグロビン	$0.8 \pm 0.133 \times 10^{-9}$	$3.05 \pm 0.56 \times 10^{-9}$

問8

同義的変異は，多くの遺伝子で非同義的変異よりもはるかに多い。抗体のサブユニットをコードする免疫グロブリン（Ig）遺伝子は例外で，非同義的変異が同義的変異の数よりはるかに多い。Ig遺伝子の機能をもとにして，このようなことが正しい理由を示しなさい。

問9

嚢胞性線維症の原因である*CF*遺伝子の変異は，コーカサス人種を祖先とする20人のうちの1人がもっている。病気は明らかに不利益であるが，この対立遺伝子は集団中に比較的高いレベルで維持されている。こういう矛盾は，この変異の作用について，どのようなことが示唆されるか？

問10

遺伝子の2つのコピー間の不均等乗換えは，2つの同じ遺伝

子の間で，重複か欠失になる。どのようにして単一な遺伝子が重複するか？

問 11

ヒトは 3 色の色覚をもっているが，他の多くの動物は，2 色あるいは 1 色（すなわち黒色と白色）しかもっていない。3 色の色覚は，異なる領域の色スペクトル（赤色，緑色，青色）に反応する光感受性の色素をコードする，互いにハイブリッドを形成する遺伝子ファミリーの産物によってつくられている。ヒトの祖先に 3 色の色覚が進化したことについて，分子レベルで説明しなさい。

問 12

重複した配列の最終的な位置について，転移と不均等乗換えはどのように異なるか？

問 13

ヒトの脳の発達にかかわると考えられる新しい遺伝子を同定した。ヒトゲノム内にこの遺伝子と互いにハイブリッドを形成するコピー（*A*，*B*，*C*）が見つかった。マウスゲノムでは，この遺伝子のたった 1 つのコピー（*M*）があり，アフリカツメガエルでもたった 1 つのコピー（*X*）があった。それぞれの遺伝子の同じオープンリーディングフレームの 1 万 bp の配列を決定し，それぞれの遺伝子間にみられる塩基対の異なる数を計算したところ，次の結果となった。

比較	異なる塩基対の数
A 対 *B*	300
B 対 *C*	10
A 対 *C*	300
A 対 *M*	600
A 対 *X*	3,000

この遺伝子ファミリーのすべてのメンバーに一定の速度で進化が起こり，マウスとヒトは，6,000 万年前に分岐したとする。

a　マウスにいたる道から，カエルは何年前に分岐したか？

b　これらのデータから何回の遺伝子の重複が起こったと考えられるか？ また，過去のどの時期にこれらの遺伝子の重複それぞれが起こったか？

c　*A*，*B*，*C* 遺伝子の地図を作成したところ，*A* と *C* は非常に近接していたが，*B* はこれらの遺伝子のどちらとも独立に存在していた。この連鎖の情報から，ヒトにいたる進化の過程で起こった遺伝子の重複の分子レベルの性質について，どんなことがいえるか？

問 14

染色体の変異（欠失，挿入，逆位など）を使ってつくった霊長類の系統樹では，遺伝子内の塩基置換を使ってつくった系統樹と同じ種間の関連が示される。共通の祖先からチンパンジーとヒトが進化するには，どんな種類の遺伝的な変化がより重要な影響を与えたと考えられるか？ また，その理由は何か？

問 15

動物，植物，細菌を含む広範な生物種で，グルコース-6-リン酸イソメラーゼのアミノ酸配列を比較して系統樹をつくったところ，大腸菌はある花と同じ 1 つの枝に位置した。この 1 つのタンパクをコードしている配列にみられる異常な関係はどのように説明できるか（いくつかの遺伝子配列，形態，生理学にもとづいた進化系統樹では，細菌と植物は非常に異なる場所になることを思い出してほしい）？

22.3

問 16

生物のゲノムは，それぞれに応じた GC 塩基の割合を示している。2 種類の不可欠なプラスミドと 1 つの染色体をもつ好塩菌の種では，プラスミドの GC 含量は染色体とは異なっている。プラスミドの起源はどのように仮定することができるか？

問 17

重複を起こし，次のようなものに変化しうる単位は何か？

a　新しい遺伝子

b　多重遺伝子ファミリー

問 18

脊椎動物の進化では，2 回連続してゲノムが倍になって（テトラプロイドの生成），脊椎動物のゲノムがつくり出された。

a　*Hox* スーパーファミリーはこの仮説と，どの点で合っているか？

b　脊椎動物では，*Hox* 遺伝子ファミリーのクラスターにある遺伝子の数に差がある。このような差はどうして生じたか？

問 19

LINE と SINE は，利己的な DNA と考えられているが，しかしある場合には生物にとって有利に選択される可能性をもっている。LINE や SINE がゲノムを変える 2 つの方法は何か？

問 20

ジヌクレオチドの反復配列による多型はどのように起こると考えられるか？

問21

a　反復した非コードDNAで，生理学的な機能をもっていると考えられる例を挙げなさい。

b　反復した非コードDNAで，細胞の機能がわかっている例を挙げなさい。

問22

次の表の右欄に示す観察結果と，進化中に起こったと思われる出来事を結びつけなさい。

出来事		ゲノム中の証拠	
a	協調進化	1	同じ種の異なる個体の遺伝子が，免疫グロブリン遺伝子ファミリーのメンバー中に，6，8あるいは10の相同単位をもっている
b	遺伝子のエキソンとイントロン	2	ゲノム中に同じ遺伝子のいくつかのコピーが存在する
c	不均等乗換え	3	ゲノムDNAのコード領域の末端にpoly-A配列がある
d	レトロトランスポゾンの転移	4	種間で保存されたDNA配列の区画が，保存されていない区画で区切られている

22.4

問23

この問題の図はIgG抗体分子を示している（詳細は図22.13参照）。

a　このIgG分子をコードするには，いくつの遺伝子が必要か？ また，どんな遺伝子が必要か？

b　免疫グロブリンをコードしているすべての遺伝子は常染色体にあり，どの個体もそれぞれの免疫グロブリン遺伝子には2つの対立遺伝子がある。この図に示した分子をつくるために細胞はいくつの異なる種類のIgGを発現させるか？ 説明しなさい。

c　どの種類の細胞が，このIgG分子をつくり出すか（Bリンパ球，ヘルパーT細胞，細胞傷害性T細胞，調節性T細胞）？

d　この図で，次の部分が存在すれば，それらをすべて示しなさい。
（i）L鎖　（ii）H鎖　（iii）抗原結合部位
（iv）V，C，H免疫グロブリン相同単位
（v）ジスルフィド（−S−S−）結合
（vi）L鎖遺伝子プロモーター

e　パパインと呼ばれるタンパク分解酵素（ペプチド結合を切断する酵素）は，IgG分子を正確に3つの部分に分解する。この3つの部分のうちの2つは，互いにまったく同一で，抗原とよく結合する。残りの1つの部分は抗原とはまったく結合しない。パパインは，非常に特異的なアミノ酸配列のところだけで，ポリペプチドを分解する。この図で，パパインによって分解されるIgG分子の部分を示しなさい。

f　A型の血液の個体の赤血球の表面にある特定の糖鎖をもった抗原に結合するIgGは，この赤血球を沈澱（凝集）させる。この凝集反応により血液の型を決めることができる。この凝集反応は，パパインで処理したあとの同じIgGでは起こらないのはなぜか？

g　図に示した分子がIgGではなく，IgM（図22.21b参照）だとすると，dの答えはどのように異なるか？

h　B細胞によっては，IgM分子からまったく同じ抗原結合部位をもったIgG分子へと切り換わる。この切り換えを説明できる仮説は何か？

i　最初に抗原にさらされてから，血中の抗体の抗原に対する親和性は平均的には低いが，時間が立つにつれて，同じ抗原に対する血中の抗体の平均的な親和性は増大してくる。この現象を説明できる仮説を考えなさい。

j　次のうち，抗体の多様性（異なる抗原特異性をもった多くの抗体をつくり出す）に通ずる仕組みではないものはどれか？
（i）異なるV，D，J領域の組合せによる結合
（ii）結合部位の多様性（H鎖におけるVとD，あるいはDとJと不正確な結合）
（iii）異なるC領域の可能性（$C\mu$，$C\delta$ など）
（iv）V領域の高頻度変異
（v）個々のH鎖とL鎖の結合の可能性

k　B細胞ではどうしてDNAの組換えが起こるか。また，異なる特異性をもった免疫グロブリンを発現するのに，選択的スプライシングだけを使わないのか。

l　1972年にロドニー・ポーター（Rodney Porter）とジェラルド・エデルマン（Gerald Edelman）は，図に示したような抗体分子の構造の研究により，ノーベル医学・生理学賞を授与された。彼らが直面した1つの問題は，血中には何百万という異なるIgG分子が存在していることであった。1種類のIgG分子をほとんど99％の純度で精製せずに抗体の構造を決めることは，ほとんどできなかった。ポーターとエデルマンがこの問題を回避するためにとった方法について示しなさい。

