

本科 1 期 5 月度

解答

Z会東大進学教室

医学部生物

難関大生物 / 難関大生物 T



4章 分子生物・遺伝④

問題

■演習

【1】

■解答

問1 DNA リガーゼ

問2 RNA ポリメラーゼが結合する領域で、その下流にある遺伝子の転写を開始させる。

問3 制限酵素処理：制限酵素 B と制限酵素 C

DNA 断片：5200 塩基対，2600 塩基対

問4 23 個

問5 記号：(g)

理由：リン酸が負に帯電しているので，DNA 断片全体としても負に帯電しているから。

問6 ヒトの DNA にはアミノ酸配列を指定するエクソンと，指定しないイントロンという領域がある。ヒトではスプライシングによってエクソンのみ連結した mRNA を合成するが，大腸菌ではスプライシングは起こらないから。

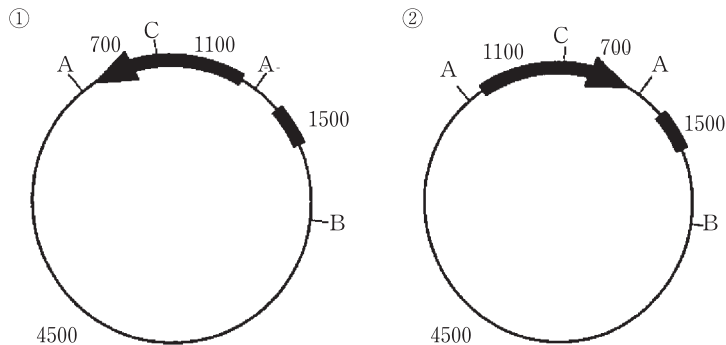
問7 インスリン；すい臓ランゲルハンス島

■解説

問1 DNA を用いた実験操作では，ヌクレオチド鎖の切断には制限酵素を，連結には DNA リガーゼを用いる。しばしば，制限酵素は「はさみ」，DNA リガーゼは「のり」に例えられる。

問2 プロモーターには特定の塩基配列があり，原核生物では RNA ポリメラーゼがその塩基配列を認識して結合する。それにより，遺伝子領域に RNA ポリメラーゼが移動して転写が起こる。真核生物の場合には，RNA ポリメラーゼ以外にも基本転写因子とよばれるタンパク質があり，それらが協働することで転写が起こる。

問3 [X]の矢の先端部分に停止コドン(終止コドン)があるので，転写される方向は図2の下から上へ，となる。[X]の両端は制限酵素 A で切断されるので，下図の位置に挿入される。そのとき，[X]の向きは2通りある。



遺伝子発現が起こるためには、遺伝子の上流側の近くにプロモーターが必要である。よって、図①の向きに[X]が入らなければならない。それを見分けるには、BとCで切断すればよい。①の向きときは、BC間の短い方が2600塩基対、長い方が5200塩基対となる。②の向きときは、2200塩基対と5600塩基対となる。

問4 塩基が4つ並ぶとき、1番目にAがくる確率は $1/4$ 、1番目にAがきて2番目にGがくる確率は $1/4 \times 1/4 \dots$ と考えていくと、塩基が4つ並んだときAGCTとなる確率は $(1/4)^4 = 1/256$ である。言い換えれば、256個塩基が並んでいれば、1カ所はAGCTの並びになるということである。よって、塩基が6000個あるので

$$6000 \div 256 \approx 23.4$$

およそ23カ所で切断できる。

なお、線状のDNAであれば1カ所の切断でDNA断片は2本得られる、つまりn箇所の切断でn+1本のDNA断片が得られる。

問5 発展的な知識ではあるが、DNA断片が+極に泳動していくことは知っておくとよい。

問6 原核生物では遺伝子領域はアミノ酸配列を指定する部分がほとんどであるが、真核生物ではアミノ酸配列を指定しないイントロンとよばれる部分もある。真核生物では、転写によって合成されたmRNA前駆体にはイントロンも含まれるが、その後、スプライシングというイントロンを切り出してエキソン(=アミノ酸配列を指定する部分)をつなげる過程を経て、mRNAとなる。

問7 他に、脳下垂体前葉で合成され分泌される、成長ホルモンがある。

【2】

解答

問1 (d), (g)

問2 MyoDはタンパク質 P_1 と P_2 の転写にはたらくタンパク質であるので、翻訳されると核内に移動する。GFPタンパク質との融合タンパク質も、核内に移動したから。(77字)

問3 (a) 細胞質と核 (b) 核 (c) 細胞質と核 (d) 細胞質と核

問4 多核であり、横紋が観察される。(15字)

問5 (a) × (b) ○ (c) ○

理由：阻害剤aは複製を、bは転写を、cは翻訳を阻害する。骨格筋細胞への分化は、特定の遺伝子が転写・翻訳されて起こるので、bとcは分化が阻害される。しかし、aでは分化は阻害されない。(87字)

解説

問1 「遺伝子発現」とは、遺伝子が転写されて翻訳によりタンパク質が合成され、それが細胞で機能することをいう。MyoDは、タンパク質 P_1 と P_2 の遺伝子発現を引き起こし、かつ骨格筋細胞にだけ特異的に発現するタンパク質であることから、タンパク質 P_1 と P_2 の転写にはたらくタンパク質と考えられる。よって、転写とそのときにはたらく酵素であるRNAポリメラーゼを選ぶ。

問2 MyoDは転写にはたらくので、核内に局在する。翻訳は細胞質中で行われるが、その後はタンパク質がはたらく場所へと移動する。

問3 リシンのコドンはAAA, AAGなので、鋳型となったDNAではTTT, TTCである。メチオニンはAUGなので、DNAではTACである。GFP遺伝子の終わりはリシンなので、TTCである下の鎖が鋳型とわかる。また、GFPタンパク質単体では、核にも細胞質にも存在できることが、問題文の1段落目からわかる。

(a) GFP遺伝子とMyoD遺伝子の間に1対挿入されているので、MyoD遺伝子の読み枠がずれる。よって、GFPタンパク質は正常に合成されるがMyoDタンパク質は異常が生じている。したがって、GFPタンパク質単体と同様、融合タンパク質は核と細胞質に存在する。

(b) GFP遺伝子とMyoD遺伝子の間には3対挿入されているので、読み枠はずれない。また、挿入された3対が指定するのはアラニンなので、GFPタンパク質とMyoDタンパク質の間にアラニンが1つ多いことになる。ただし、MyoDタンパク質は正常なので、融合タンパク質は細胞質から核へと移動する。

(c) (b)と同じで読み枠はずれないが、挿入された部分は終止コドン(UAG)である。よって、GFPタンパク質は翻訳されるがMyoDタンパク質は翻訳されない。

(d) (a)同様に読み枠がずれ、GFPタンパク質部分だけが正常となる。

問4 骨格筋細胞は、多くの細胞とは明らかに異なる特徴として、多核であること・筋原繊維が細胞質中に並んでいることがあげられる。

問5 アフィディコリンは細胞周期をS期で止めることができる。多数の細胞の細胞周期を同調させたいときなどに用いられる。アマニチンは一部のキノコがもつ毒で、RNAポリメラーゼを阻害する。ピュロマイシン(ピューロマイシン)は抗生剤として用いられる物質で、伸長中のポリペプチド鎖に結合してタンパク質合成を阻害する。

添削課題

解答

問1 ①-RNAポリメラーゼ ②-基本転写因子 ③-リプレッサー
 ④-オペロン ⑤-受容体(レセプター) ⑥-チロキシン

問2 本来の大腸菌はアンピシリンを含んだ培地では生育できないので、コロニーを形成することはない。しかし、実験2のようにプラスミドを取り込ませたことで、大腸菌内で*Amp^r* 遺伝子からアンピシリンを分解する酵素が合成された。よってアンピシリンを分解できたので、大腸菌はコロニーを形成できた。(139字)

問3 白

問4 試薬Cによって*LacZα* 遺伝子の転写抑制が阻害されるので、大腸菌ではラクターゼが合成される。合成されたラクターゼが試薬Dを分解することで青色の物質が生じるので、青色のコロニーとなった。(92字)

問5 DNAリガーゼ

問6 プラスミドBの*LacZα* 遺伝子内には、短いDNA断片が含まれる。そのため、*LacZα* 遺伝子の転写が起こってもアミノ酸配列が正しくないため、ラクターゼは合成されない。よって試薬Dが分解されないので、白いコロニーを生じる。(109字)

解説

問1 原核生物はRNAポリメラーゼがプロモーターに結合することで、転写が開始される。一方、真核生物の場合はより複雑で、基本転写因子とよばれるタンパク質がまずDNAに結合する。そこにRNAポリメラーゼが結合することで転写が開始される。

問2 抗生物質とは、もともと細菌などの微生物が合成する物質で、他の生物に対して影響を与えるものである。世界で初めて薬品として用いられた抗生物質であるペニシリンが、アオカビから発見されたことは有名である。

アンピシリンは細胞壁の合成を阻害する作用がある。そのため、大腸菌は細胞分裂をしても細胞壁が合成されないので、生育できない。しかし、アンピシリンを分解する酵素があれば、分裂・増殖が可能となる。

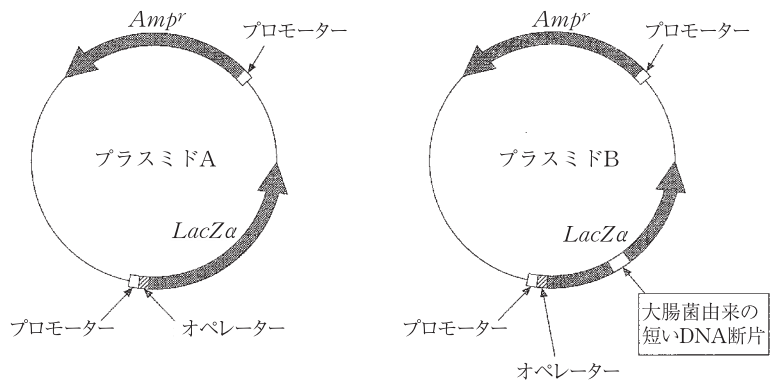
問3, 4 実験をまとめると、以下の表のようになる。

	プラスミド	培地に含まれる物質			コロニー
		アンピシリン	試薬C	試薬D	
実験1	なし	○	—	—	なし
実験2	A	○	—	—	白色
実験3	A	○	○	—	⑦
実験4	A	○	—	○	白色
実験5	A	○	○	○	青色

実験3では試薬Cによって *LacZα* 遺伝子の転写を抑制する調節タンパク質(リプレッサー)がオペレーターに結合できないので、ラクターゼが合成される。しかし、試薬Dがないのでコロニーは白色である。実験4では試薬Cがないのでラクターゼが合成されないため、試薬Dがあってもコロニーは白色となっている。実験5では試薬Cによってラクターゼが合成され、さらにラクターゼが試薬Dを分解するので青色のコロニーとなった。

問5 DNAの切れ目をつなぐのは、DNAリガーゼという酵素である。

問6 プラスミドAとBの違いに注目する。培地は実験5と実験6で同じであるが、ラクターゼが合成されているかどうか異なる。



5章 分子生物・遺伝⑤

問題

■ 演習

【1】

解答

A 問1 4種類

問2 50%

問3 A

問4 花色の形質：D 茎色の形質：E

B 問5 紫花・長形花粉

問6 (紫花・長形花粉)：(紫花・丸形花粉)：(赤花・長形花粉)：(赤花・丸形花粉)
=9：3：3：1

問7 メンデル

問8 (紫花・長形花粉)：(紫花・丸形花粉)：(赤花・長形花粉)：(赤花・丸形花粉)
=51：24：24：1

問9 赤花・長形花粉

問10 (紫花・長形花粉)：(紫花・丸形花粉)：(赤花・長形花粉)：(赤花・丸形花粉)
=0：0：3：1

解説

A

問1 P, q, R についてはホモ接合となっているので考慮しなくてよい。 $SsTt$ からつくられる配偶子の遺伝子型は、 ST, St, sT, st の4種類(2×2)である。

問2 赤緑色覚異常の遺伝子を a 、正常遺伝子を A とする。この場合の正常色覚の女性は、父親が色覚異常であることからヘテロ接合である。

$$X^aY \times X^AX^a \rightarrow X^AY : X^aY = 1 : 1$$

日本においては、男性のおよそ5%に赤緑色覚異常がある。よって、 A の遺伝子頻度(遺伝子の割合)は95%、 a の遺伝子頻度は5%である。女性の場合、 X^aX^a となる確率は $0.05 \times 0.05 = 0.0025$ なので男性に比べると少ない。

問3 優性個体どうしの親から劣性個体が生まれることはあるが、その逆はない。2世代目にある形質が発現している人どうしから、3世代目に形質が発現していない子が生まれている。これより、遺伝子は優性とわかる。また、X染色体上にある遺伝子であれば、2世代目の■と○から生まれる子の女兒は、父親から必ず1本のX染色体をもらうので●になるはずである。図では○が生まれているので、常染色体上の遺伝子だと考えられる。

問4 (赤色花・緑色茎) × (白色花・緑色茎) → (紫色花・赤色茎)

花の色に関する遺伝子を $R(r)$ と $S(s)$, 茎の色に関する遺伝子を $T(t)$ と $U(u)$ とおく。

【花の色】 赤色花 $RRss$ × 白色花 $rrSS$ → 紫色花 $RrSs$

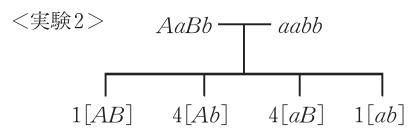
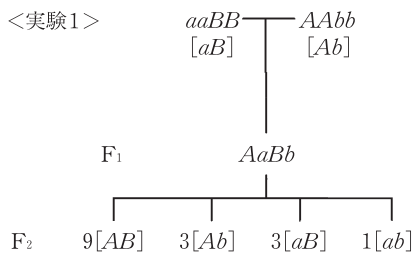
紫色花 $RrSs$ × 紫色花 $RrSs$ → 紫(422+140) : 赤(141+47) : 白(250)
 $= 562 : 188 : 250 \div 9 : 3 : 4$

【茎の色】 緑色茎 $TTuu$ × 緑色茎 $ttUU$ → 赤色茎 $TtUu$

赤色茎 $TtUu$ × 赤色茎 $TtUu$ → 赤(422+141) : 緑(140+47+250)
 $= 563 : 437 \div 9 : 7$

B

紫 : A , 赤 : a , 長 : B , 丸 : b とおく。



F₁の配偶子の分離比は
 $AB:Ab:aB:ab=1:4:4:1$

問5, 6 上図の左のように考える。

問8 F₂は下表のように求められる。

	AB	$4Ab$	$4aB$	ab
AB	1[AB]	4[AB]	4[AB]	1[AB]
$4Ab$	4[AB]	16[Ab]	16[AB]	4[Ab]
$4aB$	4[AB]	16[AB]	16[aB]	4[aB]
ab	1[AB]	4[Ab]	4[aB]	1[ab]

問9 $aaBB \times aabb \rightarrow aaBb$

問10 $aaBb \times aaBb \rightarrow [aB] : [ab] = 3 : 1$

【2】

解答

問1 ①-液胞 ②-クロロフィル ③-チラコイド

問2 白色花

問3 メンデルは交配実験によって多くの種子や個体を得て、統計的な手法で遺伝のしくみを考えたので、得られる種子が少ないと計算上で誤差が大きくなってしまうから。(75字)

問4 (1) 赤色花：黄色花：白色花 = 0 : 3 : 1

(2) 赤色花：黄色花：白色花 = 9 : 3 : 4

(3) 赤色花：黄色花：白色花 = 3 : 3 : 2

(4) 赤色花：黄色花：白色花 = 1 : 1 : 2

(5) 赤色花：黄色花：白色花 = 1 : 0 : 1

解説

問1 植物は色素として、クロロフィル、カロテノイド、アントシアニンなどをもつ種が多い。カロテノイドには非常に多くの種類があり、カロテンやキサントフィルの他、トマトに含まれるリコピンや、動物の体内ではビタミンAとして働くβ-カロテンなどがある。アントシアニンとは、色素本体である「アントシアニジン」に糖が結合した「アントシアニン」の総称である。厳密には使い分けられるが、受験ではアントシアニン = アントシアニンと考えて問題ない。

問2 カロテノイドが合成されても、分解酵素が合成されれば表現型は白色花になる。

問3 メンデルは形質の違いを確認しやすい7つの形質に着目し、交配実験によって数百～数千もの個体を得た。その表現型の分離比にもとづいて、遺伝の法則を見出した。現在では統計学によって、どのくらいの母数であればどのくらいの信頼度なのか、どのくらいの個体数が必要かなど、計算で求めることができる。しかし、メンデルの時代には統計学自体が現在ほど完成していなかったこともあり、確率を求めるときに分母を大きくする(多くの個体を得る)ことで、できる限り誤差を小さくする必要があった。

問4 化合物Cを合成する遺伝子をC、その劣性遺伝子(化合物Cを合成しない)をc、化合物Rを合成する遺伝子をR、その劣性遺伝子をrとする。すると、黄色花の遺伝子型はCCrr、W1はccrr、W2はccRRと表すことができる。

(1) W1(ccrr) × 黄色花(CCrr) → Ccrr Ccrr × Ccrr → [Cr] : [cr] = 3 : 1

(2) W2(ccRR) × 黄色花(CCrr) → CcRr
CcRr × CcRr → [CR] : [Cr] : [cR] : [cr] = 9 : 3 : 3 : 1

(3) Ccrr × CcRr → [CR] : [Cr] : [cR] : [cr] = 3 : 3 : 1 : 1

(4) CcRr × ccrr → [CR] : [Cr] : [cR] : [cr] = 1 : 1 : 1 : 1

(5) CcRr × ccRR → [CR] : [Cr] : [cR] : [cr] = 2 : 0 : 2 : 0

添削課題

解答

問1 (ア) V (イ) Y (ウ) B (エ) 3.7
 (オ) 20.2 (カ) 21.8

* (ア)と(ウ)の解答は逆も可。その場合、(エ)と(オ)の解答も逆となる。

問2 染色体が VB 間で二重乗換えを起こした。(19字)

問3 親1：眼色－黄褐色 体色－黒色
 親2：眼色－朱色 体色－褐色

(親1と親2の解答は逆でもよい)

問4 (キ) 連鎖群 (ク) 4 (ケ) 三点交雑 (三点検定交雑, 三点試験)
 (コ) 染色体地図 (連鎖地図, 遺伝子地図)

解説

問1 リード文より、眼色については、 $[VY]$ は赤褐色、 $[Vy]$ は黄褐色、 $[vY]$ は朱色、 $[vy]$ は黄色、体色については、 $[B]$ は褐色、 $[b]$ は黒色である。また $VvYyBb$ の検定交雑が問題文中の表である。

表をまとめると、

329 $[vYB]$	313 $[Vy b]$	82 $[vY b]$	77 $[Vy B]$
14 $[vy b]$	8 $[VY B]$	5 $[vy B]$	4 $[VY b]$

これを2遺伝子ずつにまとめると、

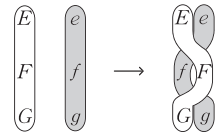
	VY 間	VB 間	YB 間
$[VY]$	$8+4=12$	$[VB]$ $77+8=85$	$[YB]$ $329+8$
$[Vy]$	$313+77$	$[Vb]$ $313+4$	$[Yb]$ $82+4=86$
$[vY]$	$329+82$	$[vB]$ $329+5$	$[yB]$ $77+5=82$
$[vy]$	$14+5=19$	$[vb]$ $82+14=96$	$[yb]$ $313+14$

$$Vy / vY \quad \frac{12+19}{832} \times 100 = 3.72 \approx 3.7 (\%)$$

$$Vb / vB \quad \frac{85+96}{832} \times 100 = 21.75 \approx 21.8 (\%)$$

$$YB / yb \quad \frac{86+82}{832} \times 100 = 20.19 \approx 20.2 (\%)$$

問2 二重乗換えが起こると、もともどってしまうので、組換えが起こっていないように見える。右図では、二重乗換えが起こったことによって、EG間では組換えが起こっていないように見える。すると、組換え価を求める計算で分子が実際よりも小さくカウントされる。



問3 Vy / vY , Vb / vB , YB / yb よりヘテロは Vyb / vYB 。

問4 連鎖群とは染色体をさすと思えばよい。3つの遺伝子座について染色体地図を作るときには、三点交雑を使用する。こうして得られた染色体地図は遺伝学的染色体地図という。

一方、染色体を染色液を用いて染色することで現れるバンドに基づいて、遺伝子間の配列と距離を求めた染色体地図を細胞学的染色体地図という。両者の遺伝子の並び順は同じであるが、遺伝子間の距離は違いがあることも多い。