

本科 1 期 4 月度

解答

乙会東大進学教室

東大・難関大・医学部生物

東大生物



1章 分子生物・遺伝①

問題

■ 演習

【1】

解答

- A 問1 1-糖(五炭糖) 2-リン酸 3-デオキシリボース
4-リボース 5-チミン 6-ウラシル
7-リボソーム 8-伝令(m) 9-RNAポリメラーゼ
10-運搬(t)
- 問2 半保存的複製
問3 転写
問4 DNAは化学的に安定で遺伝情報の保持に適している。一方、RNAは合成・分解が速く反応性が高い。この違いによって、遺伝子の保持と発現制御ができる。(72字)
問5 …CAUAAUGAAGUGUGACGUGGAC…
- B 問6 4回目 $0:1:7$
 n 回目 $0:1:2^{n-1}-1$
問7 $2^n+1:2^n-1:0$

解説

- A
- 問1 DNAとRNAは、糖・リン酸・塩基で形成されるヌクレオチドを基本構造とする核酸である。RNAの糖はリボース、DNAの糖はデオキシリボースである。塩基のA(アデニン)、G(グアニン)、C(シトシン)は共通である。DNAにはT(チミン)がRNAにはU(ウラシル)が特異的に含まれている。
- RNAにはmRNA(伝令RNA)、tRNA(運搬RNA)、rRNA(リボソームRNA)の3種類がある。rRNAはリボソームタンパク質とともにリボソームを形成する。
- 問2 半保存的複製はメセルソンとスタールによって、実験的に証明された。
- 問3 RNAを鋳型とするDNA合成反応は逆転写という。
- 問4 RNAは、糖がデオキシリボースに比べて-OH基が1つ多いリボースである。この違いが安定性に大きく影響する。DNAは2本鎖でらせん構造をとっており、一方の鎖に突然変異が生じても修復することができ安定である。RNAは1本鎖であるため、そのような修復はできない。他にも様々な理由により、RNAはDNAに比べて不安定である。そのため分解が速く、速やかに反応を伝えることができる。
- 問5 DNAのAと相補的な塩基はRNAではUになる。

B

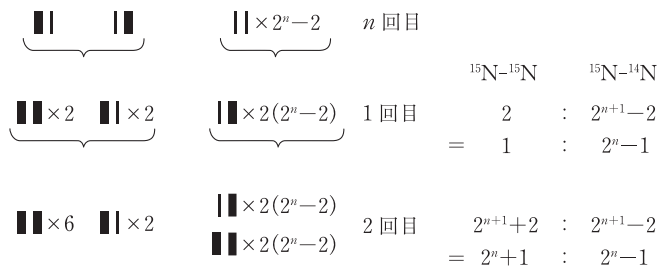
問6 4回目までのDNA鎖について、下の図に示す。



DNA鎖の本数は、1回分裂すると2本、2回分裂すると4本、 n 回分裂すると 2^n 本となる。そのうち2本は常に中間の重さであるので、軽いものは $2^n - 2$ 本である。よって、 n 回目の分裂直後では中間のDNA鎖：軽いDNA鎖 $=2 : 2^n - 2 = 1 : 2^{n-1} - 1$ となる。

問7 ^{15}N に再び移したので、中間のDNA鎖(2本)が複製されると重いDNA鎖が2本、中間のDNA鎖が2本となる。軽いDNA鎖($2^n - 2$ 本)が複製されると、中間のDNA鎖は $2 \times (2^n - 2)$ 本となる。よって、重いDNA鎖：中間のDNA鎖 $=2 : 2 + 2 \times (2^n - 2) = 2 : 2^{n+1} - 2 = 1 : 2^n - 1$ 。もう一度分裂すると、重いDNA鎖は2倍の2。中間のDNA鎖は重いDNA鎖：中間のDNA鎖 $=2^n - 1 : 2^n - 1$ となる。よって、重いDNA鎖：中間のDNA鎖 $=2^n - 1 + 2 : 2^n - 1 = 2^n + 1 : 2^n - 1$

下図のように具体的に数を求めてもよい。



【2】

解答

A 問1 a-プラスミド b-デオキシリボース c-ヒストン
d-霊長類 e-突然変異 f-XY

B 問2 Klenow ポリメラーゼはデオキシリボヌクレオチドを基質とする酵素である。よって、リボヌクレオチドには作用しないので、新しいRNA鎖は合成されず、放射線は測定されない。

問3 逆転写酵素

問4 レトロウイルス

解説

A

問1 c：原核生物のDNAも2重らせん構造であり、基本的なところでは真核生物と変わらない。しかし、DNAがヒストンに巻きついていない、線状ではなく環状である、というようにいくつかの違いがある。

d：いわゆるサルの仲間は、動物界脊椎動物門哺乳綱霊長目に分類される。類人猿はこのうち、ゴリラやチンパンジーなどヒトに近いサルを指す。

f：哺乳類はXY型が多い。

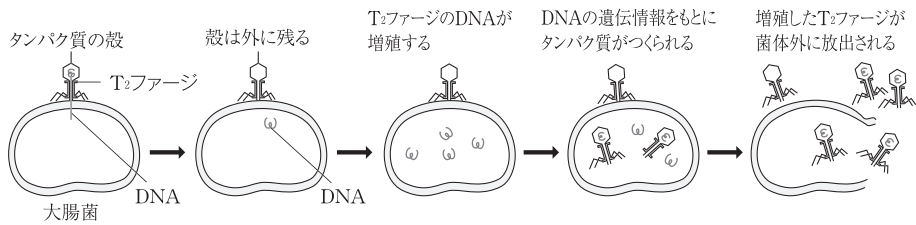
B

問2 デオキシリボヌクレオチドとは、ヌクレオチドの糖がデオキシリボースのものでDNAを構成する成分である。Klenow(クレノー)ポリメラーゼはDNA合成酵素で、DNAを鋳型に新しくDNAを合成する。構造が似ていても糖がリボースであるリボヌクレオチドは基質ではないので、RNA鎖は合成できない。

元々、大腸菌のDNAポリメラーゼにはエキソヌクレアーゼ活性(核酸の末端から加水分解する酵素の活性)がある。Klenowポリメラーゼとは、元々のDNAポリメラーゼからエキソヌクレアーゼ活性のある部分を取り除いて、DNA合成の活性部位を残した酵素である。遺伝子工学の実験においては、このように本来のものに必要な部分だけを残したり、新しく必要なものを付け加えたりして、人工的な酵素やベクターなどを作製して利用している。

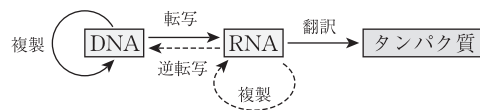
問3 鋳型となっているのが1本鎖RNAであるので、DNAとRNAでの2本鎖ができる。このように、RNAをもとにDNAができる過程を逆転写という。逆転写酵素は、RNA依存性のDNAポリメラーゼである。

問4 ふつう、ウイルスは自らの遺伝情報(DNA)を宿主細胞に送り込み、宿主のゲノム中に組み込ませる。そして、宿主細胞内で行われる複製を利用してDNAを増やす。さらに、転写・翻訳により宿主にはないはずのウイルス由来のタンパク質ができる。



T₂ファージの増殖

遺伝子としてDNAではなくRNAをもち、さらに逆転写酵素をもつウイルスをレトロウイルスという。レトロウイルスはRNAで遺伝情報をもつので、そのまま宿主に送り込んでもゲノム中には組み込まれない。そこで、逆転写酵素によってRNAからDNAを合成し、宿主のゲノムに組み込む。レトロウイルスの代表例には、エイズウイルス(HIV)がある。なお、インフルエンザウイルスも遺伝情報をRNAとしてもつが、逆転写酵素はもたないのでレトロウイルスには分類されない。



遺伝情報の流れ

【3】**解答**

- 問1 DNAポリメラーゼ
問2 40分
問3 左
問4 50個
問5 362時間
問6 (1) 2083個
(2) (a)

解説

- 問1 複製のときは、DNAポリメラーゼがヌクレオチド鎖をつなげていく。
- 問2 複製では2本鎖が同時に伸長していくが、ここで与えられているのは1本鎖あたりのヌクレオチド数と、1本鎖あたりの伸長スピードである。よって、2本鎖であることを考慮しなくても計算できる。
- 大腸菌では複製フォークが2つでき、それぞれ両側へと進んでいく。1つの複製フォークで1秒あたりDNA1本鎖に1000個のヌクレオチドを結合できるので、複製フォークが2つあれば1秒あたり2000個のヌクレオチドを結合できる。大腸菌のゲノムは1本鎖あたり 4.8×10^6 個なので
- $$4.8 \times 10^6 (\text{個}) \div 2000 (\text{個} / \text{秒}) = 2400 (\text{秒}) \quad 2400 \text{秒} = 40 \text{分}$$
- よって、すべての複製が終わるのに40分かかる。
- 問3 はじめに塩化デオキシウリジン(緑色)を含むところで培養したので、先に複製された方が緑色に見える。図1にもあるように、進行方向が右のとき新しいDNA鎖は右にあるものほど新しく合成されたものである。よって、図3は左方向に進行しているとわかる。
- 問4 図3より、(X)は 9×10^4 個のヌクレオチドで、この培養時間は30分である。よって、
- $$9 \times 10^4 (\text{個}) \div 30 (\text{分}) \div 60 = 50 (\text{個} / \text{秒})$$

問5 染色体46本が同じ長さであるので、染色体1本あたり1本鎖の塩基数は、

$$6 \times 10^9 (\text{個}) \div 46 (\text{本}) \approx 13.04 \times 10^7 (\text{個})$$

複製開始点が染色体の中央にあるので、左右両方向へと複製が進むと考える。問4より、ヒト細胞の複製フォークでは1秒間に50個のヌクレオチドが連結していくので、2つの複製フォークでは100個/秒で進むことがわかる。よって

$$13.04 \times 10^7 \div 100 = 13.04 \times 10^5 (\text{秒})$$

これを時間にするので $13.04 \times 10^5 \div 60 \div 60 \approx 362.2$ (時間)

問6 (1) 問5より、1つの細胞に46個の複製開始点があるときは、全ゲノムを複製し終わるのに362時間かかる。 $362.2 \div 8 \approx 45.28$ より、45.28倍の複製開始点があれば8時間で複製を終えられる。よって

$$46 \times 45.28 \approx 2082.8 (\text{個})$$

(2) 複製開始のタイミングがまちまちで、S期の初めに複製を開始したものと、終わりに近づいてから開始したものとは、8時間のうちに連結できるヌクレオチド数が異なる。S期の後半で複製を開始するものは連結できるヌクレオチド数が少ないので、それをカバーするためには、複製開始点の数を増やすしかない。

添削課題

解答

問1 記号：(イ)

理由：先に物質 F を加えた培養液で培養したので、物質 F を含む領域が物質 G を含む領域よりも先に複製されているから。

問2 記号：(エ)

理由：物質 F を含む領域に続いて物質 G を含む領域という順になるには、(エ)から両方向に複製が進行すればよいから。

問3 1250 塩基分

計算過程：図(b)の物質 G を含む領域それぞれは、20 分間複製を行ったものなので、その部分を用いる。物質 G を含む領域は、およそラムダファージ DNA の半分の長さである。つまり、20 分間で 25000 塩基対進んだことになる。よって、1 分間では

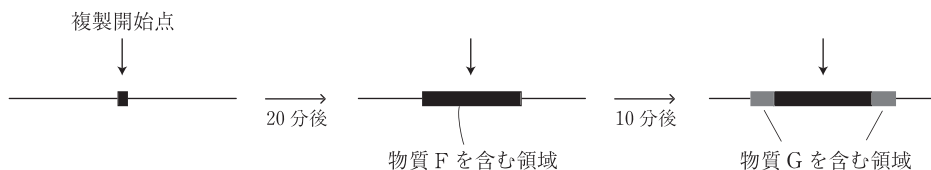
$$25000 \div 20 = 1250$$

問4 (c)に示された領域の両側に複製開始点があり、左右から物質 G を含む領域の中心に向かって複製が進んだから。

解説

問1 物質 F を先に取り込むので、物質 F を含む領域が早く複製された領域である。(a)では物質 F を含む領域が左、物質 G を含む領域が右にあるので、左→右へと複製が進んでいたとわかる。

問2 問1で考えたように、物質 F を含む領域→物質 G を含む領域という方向で複製は進行する。(a)では右方向へと一方に進んでいる例だったが、複製は開始点から両方向へと進む。



上の図のように、複製開始点から両方向へと進むと、物質 G を含む領域が物質 F を含む領域を挟むようなかたちとなる。

(ア)から開始したとすると、右方向へのみ進んだことになるが、物質 G →物質 F と加えた後に再び物質 G を加えない限り(b)のようにはならない。(イ)から開始したとすると、物質 G から先に取り込んだことになるので誤りである。(ウ)から開始したとすると、左右で取り込んだ物質が異なることになるので誤りである。

問3 (a)～(g)のうち、物質 F を含む領域あるいは物質 G を含む領域の長さが長いものが、20 分間フルで複製が行われていたと考えてよい。(d)や(g)は短いので、20 分フルでは複製をしていない。また、(e)の物質 F を含む領域も短いので適さない。解答では(b)の物質 G を含む領域を用いた。それは、物質 G の複製は物質 F の取り込み後からで、スタート時点

が明らかだからである。また、端の部分は 20 分後であることが明らかである。

(b)の物質 G を含む領域は、およそ(h)のラムダファージ DNA の長さの半分である。ラムダファージ DNA は 5 万塩基対なので、その半分 25000 塩基対を 20 分間で進んだことになる。なお、ここでは「およそ」であるので、(b)の物質 G を含む領域をラムダファージ DNA の半分(1/2)よりはやや短い 2/5 程度として、1 分間で 1000 塩基対としてもよい。

問 4 複製開始点は 1 カ所ではない。2 カ所の開始点からそれぞれ両側へと複製を進めると、そのぶつかる点で複製が終わる。

2章 分子生物・遺伝②

問題

■ 演習

【1】

解答

- 問1 アーバクテリオファージ(T_2 ファージ) イーDNAポリメラーゼ
ウーイントロン エースプライシング オー核膜孔
カー-tRNA キーアンチコドン クーペプチド
- 問2 DNAを構成するヌクレオチドの塩基は4種類あり、アデニンとチミン、グアニンとシトシンの塩基数の比が常に等しいこと。
- 問3 (1) 6種類
(2) リシン, 42.2%
(3) ヒスチジン, 4.7%
- 問4 (1) UCAAGGCGAUCACAGUUCGUA
(2) 21番目 変異前: リシン 変異後: トレオニン

解説

- 問1 ア: グリフィスの形質転換の発見, エイブリー(アベリー)らの形質転換の原因物質の究明は, 肺炎双球菌(肺炎球菌, 肺炎連鎖球菌ともいう)を用いたものである。ハーシーとチェイスは大腸菌に感染するウイルスであるバクテリオファージを用いた。
- イ: DNA複製はDNAポリメラーゼのはたらきによる。
- ウ~オ: 真核生物の遺伝子には, エキソンとイントロンがある。転写されたmRNA前駆体にはイントロンが含まれるが, スプライシングによってイントロンが切り取られエキソンのみが結合する。完成したmRNAは核膜孔を通して細胞質中へと移動する。
- カ~ク: tRNAはクローバーのような形をしており, その一部にはmRNAのコドンに対応したアンチコドンとよばれる3つの塩基の並びがある。tRNAはアンチコドンに対応したアミノ酸が結合しており, リボソームへとアミノ酸を運搬する。こうして運ばれてきたアミノ酸は, ペプチド結合によって次々につながっていく。
- 問2 シャルガフの規則は, DNAが二重らせんであることの証明に重要な事実である。
- 問3 (1) アデニンとシトシンの配列は, AAA, AAC, ACA, CAA, ACC, CCA, CAC, CCCの8通りが考えられる。それぞれ, リシン(AAA), トレオニン(ACA, ACC), アスパラギン(AAC), グルタミン(CAA), プロリン(CCA, CCC), ヒスチジン(CAC)に対応している。
- (2), (3) mRNAの3つの塩基の並びはA:C=3:1より,
AAAとなる確率は $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{3}{4} = \frac{27}{64}$
AAC, ACA, CAAとなる確率は $\frac{3}{4} \times \frac{3}{4} \times \frac{1}{4} = \frac{9}{64}$

ACC, CCA, CAC となる確率は $3/4 \times 1/4 \times 1/4 = 3/64$

CCC となる確率は $1/4 \times 1/4 \times 1/4 = 1/64$

以上より, それぞれのアミノ酸は

リシン : $27/64$ トレオニン : $9/64 + 3/64 = 12/64$ アスパラギン : $9/64$

グルタミン : $9/64$ プロリン : $3/64 + 1/64 = 4/64$ ヒスチジン : $3/64$

なので, 最も多いのはリシンで $27 \div 64 \times 100 \approx 42.18(\%)$

最も少ないのはヒスチジンで $3 \div 64 \times 100 \approx 4.68(\%)$

問4 (1) A → U, T → A, C → G, G → C に置き換えればよい。

(2) 下線部の G は 62 番目の塩基である。よって, $62 \div 3 = 20$ 余り 2 なので 21 番目のアミノ酸の DNA は TTT → TGT と変化したとわかる。コドンでは, AAA → ACA と変化した。

【2】

解答

問1 (1) 転写

(2) AGAGUCAUCC

(3) 185 番目

問2 249 番目から 728 番目

問3 トリプレットが GGA から TGA と変化することで、コドンは UGA となり終止コドンとなる。よって、これ以上ペプチド鎖が伸長しなくなるため、9 個のアミノ酸でできた本来よりも小さなタンパク質となる。そのため、X タンパク質の機能は失われると考えられる。

問4 小胞体

問5 アミノ酸配列を指示するエキソンは、複数のイントロンによって分かれている。転写時にイントロンが取り除かれるスプライシングという現象が起こるが、このときにエキソンの組み合わせが変化することがある。この仕組みにより、1 つの遺伝子から複数のタンパク質を合成することができる。

解説

問1 (2) リード文中に「図1に示した DNA 鎖はアミノ酸配列の情報をもつ鎖(非鋳型鎖)である」とあるので、図1は転写される鎖と相補的な鎖ということになる。よって、T を U に変えれば mRNA の塩基配列となる。

(3) 開始コドンは AUG なので、非鋳型鎖が ATG になっている部分を探す。

問2 開始コドンからアミノ酸配列をとっていくと、21 番目の Val まではコドン通りのアミノ酸配列になっているが、22 番目のコドンである UGU は Cys である。図2より、22 番目のアミノ酸は Ser であることがわかる。よって、248 番目の T でエキソンが切れて、249、250 番目の GT からがイントロンとなる。248 番目の塩基 U から始まる塩基で次のコドンを Ser にするためには、UC__ のコドンになる必要がある。よって、イントロンの右端となる AG の後に C のくる「AGC」の並びを探すと、727、728、729 番目に存在する。ここまですべてをイントロンとすると、エキソンは TCTCAAGCT となり、これは Ser・Gln・Ala となり、図2のアミノ酸配列と合致する。

問3 非鋳型鎖が TGA であれば、mRNA は UGA でこれは終止コドンである。終止コドンが生じると、そこで翻訳が終了する。

問4 小胞体は網状構造をしており、リボソームの付いた粗面小胞体(rER)と付いていない滑面小胞体(sER)がある。粗面小胞体には膜表面にリボソームが付着しており、膜結合型や分泌型のタンパク質を合成している。消化酵素をつくる細胞や、ホルモンを合成・分泌する内分泌腺の細胞では、粗面小胞体がよく発達している。滑面小胞体は粗面小胞体とともに脂質の合成・代謝の場となっている。

問5 問題文中に「問2を参考にして」とあるから、スプライシングの多様性について書く必要がある。1つの遺伝子からエキソンの選ばれ方が異なることで、異なるタンパク質が合成される。これを選択的スプライシングという。たとえば、がん細胞では正常細胞ではみられない組み合わせの選択的スプライシングが起こることが知られており、これを目印としてがんの診断に利用することも考えられている。

【3】

解答

問1 エ)

問2 突然変異体2ではPs遺伝子のmRNAが検出されていないので、転写に異常が生じていると考えられる。よってプロモーター配列に突然変異が生じているか、転写因子の遺伝子に異常が生じていることが考えられる。(98字)

問3 ウ), エ)

問4 M型酵素とS型酵素は類似性が高いと考えられる。どちらか一方があれば、機能を補うことができ致死とはならない。(53字)

問5 各mRNAから逆転写酵素によりcDNAを合成する。各エクソンに対応する塩基配列を増幅させるプライマーを用いてPCRを行い、分子量の小さいmRNAのエクソン2が増幅されないことを電気泳動により確かめる。(100字)

問6 選択的スプライシング

解説

問1 図2をみると、突然変異体1ではPm遺伝子のmRNAは野生型と同様の分子量をもつことがわかる。もし、スプライシングで選ばれたエクソンの数が違ったり、塩基の挿入があったりすると、野生型とは異なる分子量になるはずである。これより、ア)とイ)は誤りと考えられる。また、転写は正常に起こっていることから、ウ)のようにプロモーター配列が欠損しているとは考えられない。さらに、オ)ではS型酵素が活性をもたないとあるが、突然変異体1は[M-, S+]であるのでS型酵素の活性はある。

問2 突然変異体2ではPs遺伝子のmRNAが検出されていない。これより、転写に異常があることがわかる。転写異常の原因としてはさまざまなことが考えられるが、まずはPs遺伝子のプロモーター配列に異常があるパターンがある。真核生物のプロモーター配列には特定の塩基配列があり、転写因子はそれを目印として結合する。転写因子がDNAに結合することでRNAポリメラーゼも結合し、転写が起こる。この特定の塩基配列に異常が生じていれば、転写因子が結合できないので転写が起こらない。

あるいは、転写因子の遺伝子自体に異常がある可能性もある。問題では転写因子の存在については触れられていないが、これは知識としてもっておくべきことである。よって、指定字数も多いことから、その点に触れておいた方がよいだろう。

問3 問題の2段落目に「両遺伝子はひとつの常染色体上に近接して存在し」とある。2つの遺伝子は連鎖しており、さらに「近接して」とあることから、組換えが生じる可能性は低いと考えられる。Pm遺伝子の正常遺伝子をM、突然変異を起こした遺伝子をmとし、Ps遺伝子の正常遺伝子をS、突然変異を起こした遺伝子をsとする。すると、突然変異体1はmmSS、突然変異体2はMMssと表せる。

ア) mmSS×MMss → MmSs である。正常遺伝子を1つでももっていれば酵素がつくれるので、この交配からはmmss[M-, S-]は生まれないと考えられる。また、[M-, S-]個体が生じたとしても、その個体が致死かを調べる必要があるので誤りである。

イ) F₁個体はMmSs[M+, S+]であるので、選択枝のような分離比にはならないので誤

りである。

オ) [M-, S-] 個体について調べているのではないので、誤りである。

問4 Pm 遺伝子と Ps 遺伝子の塩基配列の類似性が高いということは、M 型酵素と S 型酵素のアミノ酸配列も類似していると考えられる。酵素の場合、濃度が半分になれば反応速度も半分になるが、まったくゼロではない。酵素の作用する反応にもよるが、ヘテロでも優性ホモと同じ表現型になることが多い。

問5 mRNA に逆転写酵素を働かせ cDNA を合成するというのがポイントである。そこから分子量の小さい mRNA でエクソン 2 のみが欠けていることを確かめるには次のような方法も考えられる。エクソン 1～5 と同じ配列の 1 本鎖 DNA をそれぞれ作成し cDNA と結合させて 2 本鎖としたとき、エクソン 2 と同じ配列の DNA が 2 本鎖を形成しなければ、mRNA にエクソン 2 が含まれていないことがわかる。

問6 真核生物では、1つの遺伝子からでも細胞によってスプライシングが起こる位置が異なることがある。ヒトでは、およそ 9 割もの遺伝子で選択的スプライシングが起こるとされる。

添削課題

解答

問1 アーRNA ポリメラーゼ イーウラシル ウースプライシング
 エーリボソーム オーアンチコドン

問2 ヒト成長ホルモンの成熟した伝令RNAを細胞から取り出し、逆転写酵素を用いて1本鎖cDNAをつくる。このcDNAにDNAポリメラーゼを用いて2本鎖DNAをつくる。

問3 21個

問4 ポリペプチドX：アルギニンーロイシン

 ポリペプチドY：イソロイシンートレオニン

理由：5番目のアミノ酸の4塩基コドンに対して改変型運搬RNAが結合した場合は、コドンの読み枠はずれないので改変前の伝令RNAを加えたときと同じ分子量のポリペプチドXになる。しかし、4塩基コドンに改変型ではない運搬RNAが結合した場合は、読み枠が1つずつずれることで13番目が終止コドンとなり、ポリペプチドYになる。

問5 プロリン，アルギニン，アラニン，グリシン

問6 アルギニン，アラニン

理由：C：G=3：1の割合のとき、合成RNA中にコドンはCCC：CCG：CGC：GCC：CGG：GGC：GCG：GGG=27：9：9：9：3：3：3：1である。アミノ酸はプロリン：アルギニン：アラニン：グリシン=9：3：3：1の割合となる。

解説

問1 mRNAのコドンに相補的なアンチコドンをもつtRNAは、特定のアミノ酸と結合しており、リボソーム上へとアミノ酸を運ぶ。

問2 cDNA(相補的DNA)を得るための方法を、簡潔に示せばよい。多くのmRNAの3'末端側には、Aがくり返し連結した領域(ポリA尾部という)がある。Tのくり返し(TTTTT)の短いDNA断片をプライマーとして使い、逆転写酵素(=RNA依存性DNAポリメラーゼ)をはたらかせるとプライマーに続いてmRNAに相補的なDNAができる。これをcDNAという。このままでは1本鎖なので、さらにDNAポリメラーゼ(=DNA依存性DNAポリメラーゼ)を用いて2本鎖DNAとする。実際には、もっといろいろな操作が必要であるが、逆転写酵素を用いcDNAをつくること書けていればよいだろう。

問3 図2はmRNAであるが、1番目の塩基から翻訳が始まるわけではない。よって、まずは開始コドン「AUG」を探す。すると、21～23番目がAUGとなるので、ここから3つずつ塩基を区切っていく。すると、84～86番目に終止コドンが出てくる。

—————→ 開始コドン

1 CAAUUAAAACGAUUAAAAGAAUGUACAAAAGAGAAGCCGA

41 CGCUGCAGCAUCACCUAGCCAACCAUUGUACAAAGCCCGA

終止コドン

81 CUGUAAUAACAAAGUCGACUUUGUUCCCACUGUAGUUUA

問4 改変した mRNA の前半部分は下図のようになる。

CGGG

1 CAAUUAAAACGAUUAAAAGAAUGUACAAAAGAGAAGCCGA

41 CGCUGCAGCAUCACCUAGCCAACCAUUGUACAAAGCCCGA

このように、13番目のアミノ酸を指定する部分がUAGとなるので、そこまでで翻訳は終わる。よってポリペプチドYの終わりのアミノ酸は、AUC：イソロイシン、ACC：トレオニン となる。

実験では、通常の tRNA だけでなく改変型 tRNA を十分に含んでいるので、CGGG に対して GCCC のアンチコドンをもつ改変型 tRNA が結合する割合は高い。しかし、GCC のアンチコドンをもつ通常の tRNA が結合することもあるので、そのときはフレームシフトが起こりポリペプチドYが合成される。

問5 CとGからできるコドンは、CCC, CCG, CGC, GCC, CGG, GGC, GCG, GGG の8通りである。

問6 C：G=3：1のとき

CCC となる確率は $3/4 \times 3/4 \times 3/4 = 27/64$

CCG, CGC, GCC となる確率は $3/4 \times 3/4 \times 1/4 = 9/64$

CGG, GGC, GCG となる確率は $3/4 \times 1/4 \times 1/4 = 3/64$

GGG となる確率は $1/4 \times 1/4 \times 1/4 = 1/64$

アルギニン(CGC, CGG)とアラニン(GCC, GCG)は同じ割合となる。

3章 分子生物・遺伝③

問題

■ 演習

【1】

解答

問1 (ウ), (オ)

問2 補酵素

問3 (イ)

問4 トリプトファン, メチオニン, バリン, システイン

などから3つ

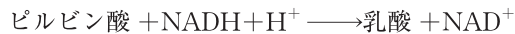
問5 (エ)

理由: 融合細胞では, 細胞Aの持つ正常な遺伝子Hと細胞Bのもつ正常な遺伝子Pが働く。よって, それぞれの代謝系を働かせる酵素が正常に合成されるから。

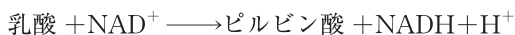
(69字)

解説

問1 (ア) 高校生物では, 酵素について $E+S \rightarrow E+P$ のように一方方向の触媒反応が示されているので, 逆反応は起こらないように見える。しかし, 実際には逆反応にもはたらく酵素は多い。たとえば, 乳酸脱水素酵素は



の反応を触媒する。この反応ではピルビン酸が還元されているが, 酵素名は反対の名称(乳酸を脱水素する = 乳酸は酸化される)となっている。乳酸脱水素酵素は,



の反応にもはたらくため, 名称はこちらの反応をもとにつけられている。

(イ) 基質特異性と基質濃度は無関係である。

(エ) フィードバック調節では(ウ)に出てきたアロステリック酵素が働く。最終生産物がアロステリック部位に結合することで酵素の活性が低下する, という調節である。

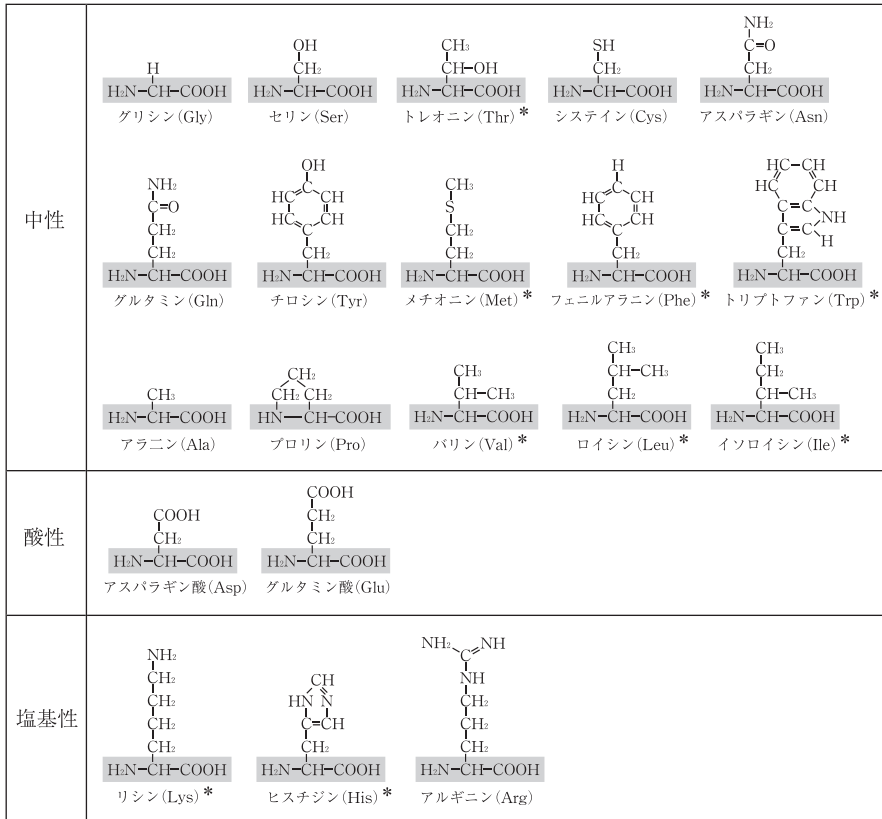
問2 酵素では, タンパク質からなる部分(アポ酵素)以外に, タンパク質以外の低分子の有機化合物である補酵素がないと活性を示さないものもある。呼吸ではたらく脱水素酵素では, NAD^+ や FAD といった補酵素を必要とする。

問3 (ア) 置換変異により終止コドンとなった場合, 本来よりもアミノ酸数が少ないポリペプチド鎖となる。その場合, 活性部位を形成するのに重要なアミノ酸配列が欠ければ, 活性をもたない酵素となる可能性がある。

(ウ) 基質との結合にはファンデルワールス力や水素結合などが関わっている。

(エ) 酵素の立体構造が変化し活性部位が変形する場合は, 活性が低下することがある。

問4 アミノ酸は20種類あるので、そのうちのフェニルアラニンとチロシンを除く3種類を記せばよい。



*…ヒト（成人）の必須アミノ酸。

問5 細胞を融合させると、それぞれの細胞のもっている遺伝子が含まれることになる。よって、融合相手が正常な遺伝子をもっている場合にはその遺伝子が働いて、正常なタンパク質を合成することが可能になる。

Xトリソミー	XXX。X染色体を3本もつ。
クラインフェルター症候群	XXY。X染色体を2本、Y染色体を1本もつ。外見的には男性だが、睾丸の発育不全、乳房の肥大などの症状を示す。
ターナー症候群	XO。X染色体を1本しかもたない。発育不全などの症状を示す。

- 問3 ロバは $2n=62$ 、ウマは $2n=64$ であるので、それぞれ配偶子は $n=31$ 、 $n=32$ である。よってラバは $2n=63$ となる。染色体数が奇数ということは、減数分裂時に二価染色体を形成できない染色体が1本できる。また、ウマとロバの染色体が完全に相同でもないため、正常な減数分裂が行われにくいので、ラバは不妊である。
- 問4 アジア型にはCタイプ、Rタイプがあるが、オセアニア型とセイロン型にはCタイプしかない。よって、アジア型のCタイプ(A/C)から、オセアニア型(O/C)とセイロン型(S/C)が分かれていったとわかる。染色体の数はAアジア型→Sセイロン型→Oオセアニア型と変化したとあるので、セイロン型(S/C)が先に分かれたと考えられる。
- 問5 B：DNAの1本鎖とRNAの塩基どうしでの結合は、転写のときに一般的にみられる。また、DNAのデオキシリボヌクレオチドとRNAのリボヌクレオチドも、複製のときに結合して新しいヌクレオチド鎖が伸びていく。
- C：リボソームRNAもtRNAも、遺伝子は染色体上にある。
- F：インフルエンザウイルスやエイズウイルスは、RNAを遺伝子としている。

【3】

解答

- 問1 (1) 真核生物のDNAはヒストンに巻き付いており染色体は核膜に包まれている。膜からなる細胞小器官をもつ。(49字)
- (2) 原核生物は転写されたmRNAがそのまま翻訳されるので、転写と翻訳が同時に細胞質中で起こる。一方、真核生物は核内で転写され、スプライシングを受けたmRNAが核外へ移動し、細胞質中で翻訳が起こる。(96字)
- 問2 ③
- 問3 (1) a- RNAポリメラーゼ b- プロモーター
- (2) ラクターゼ mRNA が検出されないことから、プロモーターに突然変異が生じて RNA ポリメラーゼが結合できなくなった。よってラクトースの有無によらず転写が起こらなくなったと考えられる。(89字)
- 問4 (1) c- オペレーター d- オペロン
- (2) ラクトースが無い環境で、ラクターゼ遺伝子の転写を制御する。(29字)
- (3) オペレーターに突然変異が起こり、調節タンパク質がオペレーターに結合できなくなった。

解説

- 問1 (1) 原核生物と真核生物の細胞には、解答の他にもリボソームの大きさが異なるなどいろいろある。ここでは、最も基本的な違いについて述べればよい。
- (2) スプライシングの有無、転写・翻訳の行われる場所について比較する。
- 問2 調節遺伝子から合成される調節タンパク質は、常に発現している。常に発現しているからこそ、周囲の状況に対応して転写調節を行うことができる。
- 問3 (1) DNAにはプロモーターとよばれる特定の塩基配列があり、RNAポリメラーゼはその配列を認識してプロモーターに結合する。
- (2) 突然変異体2と野生型の違いは、エネルギー源がラクトースのときラクターゼ mRNA が検出されるかされないか、である。ラクターゼ mRNA が検出されないということは、転写が起こっていないということである。「それぞれの変異体は、ラクターゼ遺伝子の中あるいは近くに一か所の突然変異をもつ」とあり、また、「a, bのはたらきに着目」とあるので、ラクターゼ合成に関するプロモーター領域の突然変異と考えればよい。
- 問4 (1) オペロンという単位は構造遺伝子だけを指すこともあれば、プロモーターやオペレーター領域までを含めてオペロンということもある。
- (2) 表の下にある説明文がヒントとなっている。調節タンパク質は「野生型と同じ機能をもつ調節タンパク質が発現することを(+)」とある。突然変異体3では調節タンパク質が(-)となっており、野生型との違いはグルコースをエネルギー源としている場合でもラクターゼ mRNA が検出されていることである。グルコースがあるときでもラクターゼ mRNA が検出されていることから、転写の抑制に異常が生じたとわかる。なお、ここでは「突然変異体3の異常の原因」について述べるのではなく、「調節タ

ンパク質の正常な機能」を述べることに注意したい。

- (3) 突然変異体3と4の違いは、調節タンパク質にある。突然変異体4では調節タンパク質が正常であるにもかかわらず転写の抑制がされていない。転写の抑制は「調節タンパク質とオペレーター的结合」によって起こり、調節タンパク質に異常がないのであるから、異常があるのはオペレーターとなる。

添削課題

解答

問1 1 - ペプチド 2 - 水 3 - トリプシン

問2 (3)

問3 Tb

理由：・転写因子は核内ではたらくが、核内にあるのは Tb だけだから。

・Ta や Ta-S が転写因子であれば、P 遺伝子欠損株でも L 遺伝子が発現するはずだから。

問4 Ta-S

問5 ・酵素 E は Ta と分子 S が共有結合する反応を触媒する。

・分子 S は Ta と結合して Ta-S となり、プロテアーゼ P の基質となる。

問6 (2), (3)

解説

問1 プロテアーゼとは、タンパク質を加水分解する酵素の総称である。ペプチダーゼも同じように用いられるが、ペプチダーゼは比較的低分子のタンパク質(ポリペプチド)を分解する酵素を指す。

問2 メタン生成菌、乳酸菌、大腸菌は原核生物である。ネンジュモも原核生物のシアノバクテリアである。なお、メタン生成菌とは、無酸素の環境下でメタンを生成し、分類ではアーキア(古細菌)に属する原核生物の総称である。海洋熱水湧出孔や、海洋底泥、土壌、湿地などに生息している。また、なかにはウシなどの反芻動物やシロアリの消化管に生息するものもいる。メタンは二酸化炭素以上に温室効果があるため、ウシのゲップが温暖化の原因になる、と言われることがあるのは腸内にメタン生成菌がいるからである。

問3 問題文をていねいに読んでいきたい。以下に、要点をまとめる。

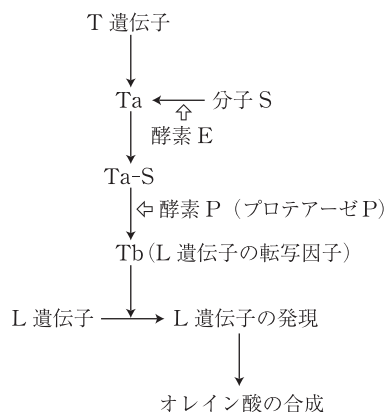
- ・プロテアーゼは、活性をもたないタンパク質の一部分を切り離し、活性をもつタンパク質へと変換させるはたらきもある。
- ・プロテアーゼ P の遺伝子の欠損株では L 遺伝子の発現がほとんど見られない。
- ・細胞質に存在する別の酵素 E の遺伝子の欠損株でも L 遺伝子の発現がほとんど見られない。
- ・T 遺伝子は L 遺伝子の発現を促進する転写因子をコードする。
- ・T 遺伝子に由来する細胞内のタンパク質は、Ta, Ta-S, Tb がある。
- ・P 遺伝子欠損株では Tb が検出されない。
- ・E 遺伝子欠損株では Ta-S, Tb が検出されない。
- ・Ta と Ta-S は小胞体の膜上に存在。Tb は核内に存在。

転写因子は核内に存在するはずである(転写因子のなかには活性化していない状態では細胞質中に存在するものもあるが活性化状態では核内にある)。

L 遺伝子の発現にはたらく転写因子なので、転写因子が存在すれば L 遺伝子が発現して

いると考えられる。P 遺伝子欠損株で L 遺伝子が発現していないのは Tb がないから、と考えられる。

問4 表より、プロテアーゼ P を加えたときに Ta は変化しなかったが、Ta-S は Tb に変化している。これより、Tb が P の基質とわかる。このことは、問3の解説で挙げた要点の1つ目がヒントとなっている。それぞれの物質のかかわりを図にすると、右のよう



問5 表より、酵素 E と分子 S を加えたときに Ta-S ができたことがわかる。Ta に分子 S が共有結合したものが Ta-S なので、酵素 E はこの反応を触媒することになる。Ta-S がなければプロテアーゼ P がはたらけないので、P の基質をつくるために分子 S が必要と言える。

問6 (1) オレイン酸が過剰なときは、L 遺伝子が発現する必要はない。よってプロテアーゼ P の活性が高まる必要もない。

(4) Tb の量が増加すると L 遺伝子の発現量も増加することになる。

(5) T 遺伝子の転写量が増えると、オレイン酸の合成量も増える。

B3/B3J

東大・難関大・医学部生物

東大生物



Z-KAI

会員番号	
------	--

氏名	
----	--

不許複製