

2013年度

H_a 生 物 問 題

注 意

1. 試験開始の指示があるまでこの問題冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙はすべてHBの黒鉛筆またはHBの黒のシャープペンシルで記入することになっています。HBの黒鉛筆・消しゴムを忘れた人は監督に申し出てください。(万年筆・ボールペン・サインペンなどを使用してはいけません。)
3. この問題冊子は16ページまでとなっています。試験開始後、ただちにページ数を確認してください。なお、問題番号はI～IVとなっています。
4. 解答用紙にはすでに受験番号が記入されていますので、出席票の受験番号が、あなたの受験票の番号であるかどうかを確認し、出席票の氏名欄に氏名のみを記入してください。なお、出席票は切り離さないでください。
5. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入し、その他の部分には何も書いてはいけません。
6. 解答用紙を折り曲げたり、破ったり、傷つけたりしないように注意してください。
7. 計算には、この問題冊子の余白部分を使ってください。
8. この問題冊子は持ち帰ってください。

マーク・センス法についての注意

マーク・センス法とは、鉛筆でマークした部分を機械が直接よみとって採点する方法です。

1. マークは、下記の記入例のようにHBの黒鉛筆で枠の中をぬり残さず濃くぬりつぶしてください。
2. 1つのマーク欄には1つしかマークしてはいけません。
3. 訂正する場合は消しゴムでよく消し、消しきずはきれいに取り除いてください。

マーク記入例：

A	1	2	3	4	5
	○	○	●	○	○

 (3と解答する場合)

I. 次の文を読み、下記の設問1～8に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

ヒトの目は、直径が約2.4 cmの球状で、カメラに似た構造をもっている(図1)。カメラのレンズに相当するのが水晶体で、ひとみから入った光は水晶体で屈折し、フィルムに相当する網膜上に像を結ぶ。網膜上には2種の視細胞がある。薄暗いところではたらき、色の区別をしない(イ)と、明るいところではたらき、色の区別に関わる(ロ)の2種類が光刺激に反応する。

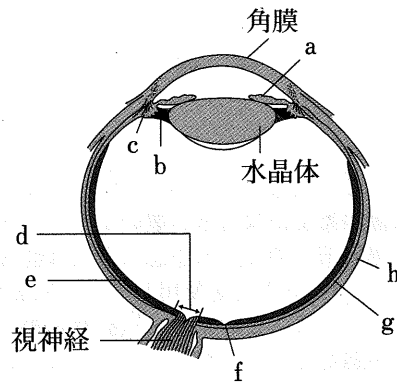


図1

初期発生において目が形成される過程をイモリについてまとめると以下のようになる。イモリの受精卵は(ハ)とよばれる細胞分裂を繰り返した後、胞胚、(ニ)を経て神経胚になる。(ニ)に形成された原口背唇部(形成体)のはたらきで神経胚の背側にある外胚葉の部分に変形し、神経管が誘導される。神経管はさらに分化して、前方部分は脳になり、脳の両側には(ホ)とよばれるふくらみができて、その先端部がくぼんで杯状の眼杯が形成される。眼杯ができると、眼杯に向かい合った外胚葉(表皮)の内側にはふくらみができ、やがてこれが離れて水晶体となる。水晶体ができると、こんどは水晶体の外側に位置する表皮が透明になり、角膜が形成される。

イモリは水晶体を再生することが知られている。イモリが水晶体をどのように再生するのかを調べるために、次の実験1～4を行った。

【実験1】

角膜に切れ目を入れて水晶体を除去すると、こう彩の水晶体に面していた内側の細胞の一部からメラニン色素が抜けはじめた。この細胞は盛んに分裂した後細胞分裂を停止し、繊維状に変形して透明な水晶体を形成した(図2)。

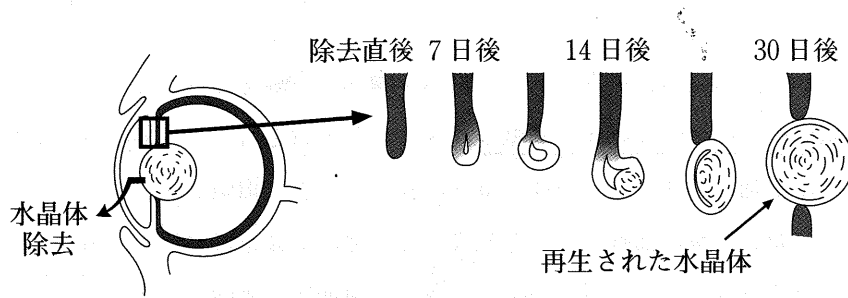


図 2

【実験 2】

蛍光色素を結合させた抗クリスタリン抗体を実験 1 の組織と反応させたところ、こう彩の内側に形成された透明な水晶体の領域のみに蛍光が検出された。

【実験 3】

実験 1 で形成された透明な水晶体は、こう彩の特定の場所から出現するように見えた。そこで、こう彩を 9ヶ所の部位に分けて (図 3)、どの部位から水晶体が再生されたかを 40 個体について調べ、部位ごとの水晶体の再生頻度を再生率とした (表 1)。また、再生された水晶体の直径の平均値を求め、正常なイモリの水晶体の大きさを 1 とした時の相対値を求めた (表 1)。

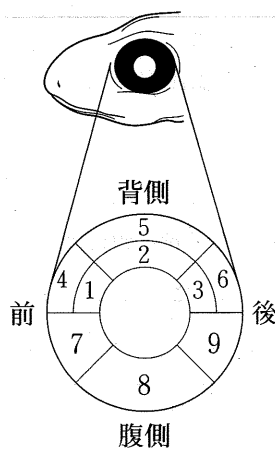


図 3

水晶体の再生 実験に用いた イモリの 総個体数 (T)	水晶体の再生部位		再生率 ($\frac{N}{T} \times 100$)	再生された 水晶体の 直径 (相対値)
	こう彩部位*	個体数 (N)		
40	1	8	20.0	0.56
	2	10	25.0	0.71
	3	6	15.0	0.40
	4	3	7.5	0.45
	5	5	12.5	0.59
	6	2	5.0	0.34
	7	0	0	0
	8	0	0	0
	9	0	0	0

*こう彩部位の番号は左の図 3 の番号と同じ

表 1

【実験4】

こう彩の一部から水晶体が再生される仕組みを調べる実験を行った。こう彩の組織を1つ1つの細胞がバラバラになるまで解離し、メラニン色素を持つこう彩の黒い細胞を1つ取り出し、他の細胞が混ざらない条件で単独培養を行った。細胞はメラニン色素を保持したまま盛んに分裂し、黒い細胞シートを形成した。更に培養を続けると、黒い細胞シートの一部から、色素を持たない透明な細胞が出現し、繊維状に変形して盛り上がり、水晶体に似た細胞塊を形成した。これを実験2の抗体と反応させたところ、この細胞塊のみに蛍光が検出された。

1. 文中の空所(イ)～(ホ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。
2. 図1はヒトの目を上(頭頂側)から見たときの断面図を示している。このとき、次の問 i・ii に答えよ。
 - i. この目は左右どちらの目の断面図か、①左目、②右目から1つ選び、その記号をマークせよ。
 - ii. 水晶体の厚みを変えるために使う部分はどこか、図1中の a～h から2つ選び、その記号を左欄に1つ、右欄に1つマークせよ。順序は問わない。
3. 4 m 離れた目の正面前方の壁に高さ 10 cm の木の絵をはり、この木を正視すると、目の網膜に写る木の高さは何 mm になるか、しるせ。ただし、水晶体の中心から網膜までの距離を 2 cm とする。
4. 文中の下線部 1) について、眼杯をとりだし同じ発生時期の別の胚の腹部皮下に移植した場合、移植先で起こる変化としてもっとも適当なものを、次の a～d から1つ選び、その記号をマークせよ。
 - a. 水晶体も角膜も形成されない。
 - b. 水晶体は形成されるが角膜は形成されない。
 - c. 水晶体は形成されないが角膜は形成される。
 - d. 水晶体も角膜も形成される。

5. 実験3の結果を説明する記述としてもっとも適当なものを、次のa～eから1つ選び、その記号をマークせよ。
- a. こう彩の部位が前方になるほど水晶体の再生率が高い。
 - b. こう彩の部位が背側になるほど水晶体の再生率が高い。
 - c. こう彩の背側では、こう彩の外側より内側（ひとみ側）の方が水晶体の再生率が高い。
 - d. 大きな水晶体を再生する時には、再生率が低下する傾向がみられる。
 - e. こう彩の腹側から水晶体が再生されるには時間がかかる。
6. 文中の下線部2)では、細胞表面にある細胞接着分子を壊すことにより細胞を解離させている。カルシウムイオンの存在下で同じ種類の細胞どうしを接着させる細胞接着分子の名称をしるせ。
7. 実験4の細胞培養によって得られる細胞集団は、単一細胞に由来するため、細胞間に遺伝的な差がない。このような細胞集団は何と呼ばれるか、その名称をしるせ。
8. 実験4の結果を説明する記述としてもっとも適当なものを、次のa～eから1つ選び、その記号をマークせよ。
- a. こう彩の組織内には、あらかじめ水晶体へ分化するように運命づけられた細胞が存在する。
 - b. 水晶体は目を構成する組織であれば、どの組織からでも再生できる。
 - c. こう彩由来の単一細胞をスタートにすると、水晶体に似た透明な組織塊をつくることはできるが、クリスタリンを合成できない。
 - d. 水晶体を除去しても、こう彩には水晶体の一部の細胞が残っており、この細胞が分裂して水晶体を再生する。
 - e. 水晶体はこう彩を構成する細胞から再生できる。

Ⅱ. 次の文を読み、下記の設問1～6に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

真核細胞の体細胞分裂では、核内の染色体が均等に娘細胞に分配される核分裂と、細胞質が二つに分かれる細胞質分裂¹⁾が起きる。核分裂が行われている時期は分裂期(M期)と呼ばれ、その過程は前期・中期・後期・終期に分けられる。核分裂が終わって次の核分裂が始まるまでの期間を(イ)という。(イ)は、染色体DNAの複製が行われるDNA合成期(S期)、核分裂が終わってS期が始まるまでのG1期、S期が終わって核分裂が始まるまでのG2期に分けられる。

活発に細胞分裂を繰り返している真核生物の培養細胞の集団がある。この細胞の細胞周期の各期の長さを求めるために、次の実験を行った。

【実験】

S期の細胞に水素の放射性同位体³Hを含むチミジン(チミンとデオキシリボースからなる)を与えると、³Hチミジンは複製中のDNAに取り込まれ、細胞は放射能を持つようになる。M期中期で細胞周期を止める薬剤と³Hチミジンを同時にこの培養細胞の集団⁴⁾に与え(この時間を0時間とする)、時間を追って、全細胞のうち放射能をもつ細胞の割合、および、M期の細胞のうち放射能を持つ細胞の割合を調べたところ、図1・2のような結果が得られた。なお、この集団では、細胞周期の各時期全体にわたって細胞が均一に分布しており、すべての細胞は細胞周期を同じ速度で回り続けているとする。また、与えた³Hチミジンは、すべてのS期の細胞において即座にDNAに取り込まれるとする。

図1

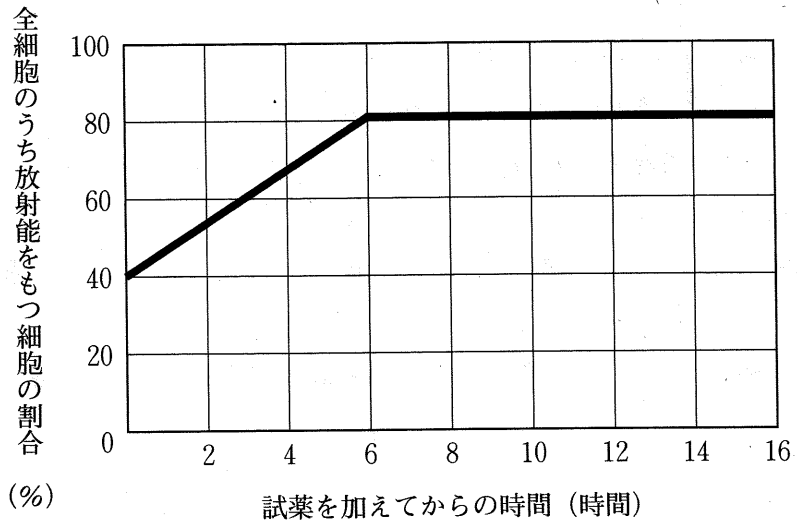
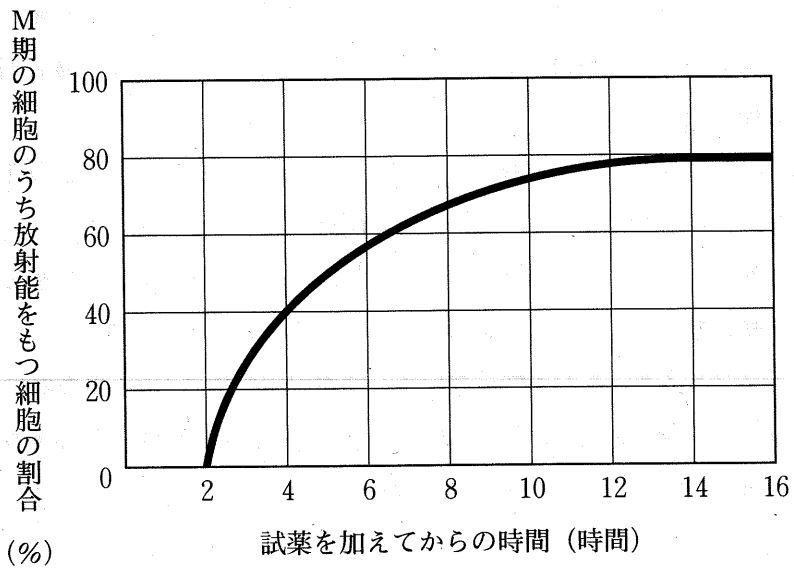


図2



1. 文中の空所(イ)にあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。

2. 文中の下線部1)に関する次の問 i・ii に答えよ。

i. イネにおいて、体細胞分裂が盛んな組織はどこか、その名称をしるせ。

ii. ヒトにおける体細胞分裂が盛んな場所としてふさわしくないものを、次の a～e から1つ選び、その記号をマークせよ。

a. 腸管上皮 b. 骨髄 c. 心筋 d. 毛根 e. 表皮

3. 文中の下線部2)について、動物細胞と植物細胞の細胞質分裂の様式の違いを2行で説明せよ。

4. 文中の下線部3)に関する次の文を読み、下記の問 i～iii に答えよ。

DNAの複製は半保存的に行われ、それは真核生物だけでなく原核生物にもあてはまる。メセルソンとスタールは、窒素の同位体を含む塩化アンモニウムを唯一の窒素源とした培地で増殖させた大腸菌のDNAを調べる実験により、DNAが半保存的に複製されることを証明した。

i. メセルソンとスタールの実験において、窒素の同位体はDNAのどの部分に取り込まれたか。次の a～g から1つ選び、その記号をマークせよ。

a. リン酸 b. 塩基 c. 糖 d. リン酸と塩基
e. リン酸と糖 f. 塩基と糖 g. リン酸と塩基と糖

ii. メセルソンとスタールの実験において、窒素の同位体はDNA以外の分子にも取り込まれる。次の物質 a～d それぞれについて、窒素の同位体を取り込まれるなら①、取り込まれないなら②、その物質が大腸菌には存在しないなら③、をマークせよ。

a. コラーゲン b. ロイシン c. ピルビン酸 d. アブシシン酸

iii. DNAの複製にはATPの加水分解によるエネルギーが必要である。嫌氣的に増殖している酵母において、ATPはどこでつくられているか、次の a～f から1つ選び、その記号をマークせよ。

a. ミトコンドリア b. 核 c. ゴルジ体
d. 細胞質基質 e. 細胞膜 f. リボソーム

5. 実験結果より、この培養細胞の G1 期, S 期, G2 期, M 期の各時期を通過するのに要する時間をそれぞれ求めよ。ただし, M 期のうち, 後期と終期に要する時間は無視できるほど短いとする。

6. 文中の下線部 4) について, M 期中期の細胞では, 染色体はどのように分布しているか, 10 字以内でしるせ。

Ⅲ. 次の文を読み、下記の設問1～7に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。

骨格筋の筋繊維にはゆるやかに収縮する遅筋繊維とすばやく収縮する速筋繊維がある。遅筋繊維の色は赤く、速筋繊維の色は白い。遅筋繊維が赤く見えるのは、(イ)を含むタンパク質ミオグロビンをたくさん含んでいるからである。また、遅筋繊維はミトコンドリアもたくさん含んでいる。一方、速筋繊維はミオグロビンをあまり含んでいないので白い。

遅筋繊維はゆるやかに収縮するので瞬発的な運動には劣るが、持久力に優れている。速筋繊維はすばやく収縮するので瞬発的な運動には優れているが、持久力に劣っている。速筋繊維が瞬発的な運動を行うときのエネルギーは(ロ)リン酸と解糖系から供給される。(ロ)リン酸はATPを生成するのに用いられるが、貯蔵量が少ないので、すぐに枯渇してしまう。解糖系で用いられるグルコースは骨格筋に蓄えられた(ハ)から供給されるが、解糖系でのATPの生成量はミトコンドリアにおけるATPの生成量に比べてはるかに少ないので、短時間で消費される。このとき、グルコースはピルビン酸を経て乳酸になる。遅筋繊維ではピルビン酸は脱水素反応と脱(ニ)反応により活性酢酸になり、ATPの生成に利用される。活性酢酸は血液を介して運ばれてくる脂肪酸の分解によって供給され続けるので、マラソンのような持久力を要する運動では(ホ)とそれに続く電子伝達系がエネルギー生成系となる。

運動神経を介した伝令は軸索末端から分泌される神経伝達物質(ヘ)によって最終的に骨格筋に伝えられる。その結果生じた活動電位によって筋繊維の細胞膜が興奮すると、その興奮が細胞膜から(ト)に伝えられ、(チ)イオンが細胞質中に放出されると、ATPのエネルギーを用いて筋収縮が起こる。

1. 文中の空所(イ)～(チ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句をしるせ。
2. 遅筋繊維におけるミオグロビンの役割を1行でしるせ。
3. ATPのもつ化学エネルギーが利用される時、ATPは何と何に分解されるか、その名称をそれぞれしるせ。順序は問わない。

4. 1モルのグルコースが細胞内で完全に酸化されて水と二酸化炭素になる過程で38モルのATPが生成される。このATPのうち、無酸素条件下で生成されるATP量は何%か。有効数字2桁でしるせ。
5. 無酸素状態でピルビン酸が乳酸になるときATPは生成しないが、この反応が行われないと解糖系でのATP合成は抑制される。その理由を「補酵素」と「還元型補酵素」の2つの語句を用いて1行で説明せよ。
6. 筋収縮のためにATPを利用するタンパク質の名称をしるせ。
7. 運動神経の細胞体はどこに存在するか、10字以内でしるせ。

IV. 次の文を読み、下記の設問1～5に答えよ。解答は解答用紙の所定欄にしるせ。なお、必要に応じて、遺伝暗号表を参考にせよ。

ヒトのABO式血液型は赤血球の膜の表面にある抗原（凝集原）と血清中に存在する抗体（凝集素）との凝集反応によって判定される。抗原はA型抗原とB型抗原の2種類が存在しており、その構造は図1のようにたった1つの糖が違うだけである。なお、血液型がO型の赤血球膜の表面にはそれらの糖はない。抗体は抗A抗体と抗B抗体の2種類が存在しており、A型抗原と抗A抗体、B型抗原と抗B抗体が反応すると凝集が起こる。抗A抗体を含むB型標準血清にある人の血液を加えて凝集が起こった場合、この人の血液型はA型かAB型と判定できる。また、抗B抗体を含むA型標準血清と混ぜて凝集が起こった血液はB型かAB型と判定できる。

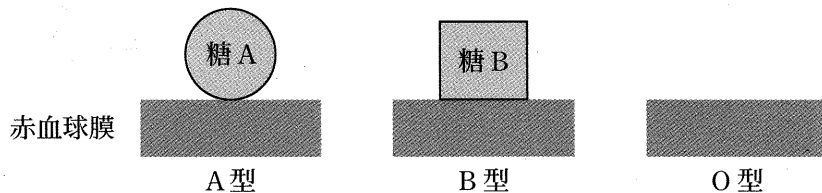


図1

今、150人の集団の血液型を調べたところ、A型標準血清に凝集反応を示したもの47人、B型標準血清に凝集反応を示したもの61人、いずれの標準血清とも凝集反応を示さなかったO型はAB型の4倍であった。この場合、各血液型の人数は、A型は（イ）人、B型（ロ）人、AB型（ハ）人、O型は（ニ）人となる。

ABO式血液型では、A、B、Oの3つの遺伝子が関係している。このように1つの形質に3つ以上の遺伝子が関与しているとき、これらの遺伝子を（ホ）という。AとBはOに対して優性で、AとBの間には優劣はない。

ABO式血液型に関与する遺伝子のmRNA（伝令RNA）のヌクレオチド配列の概要を図2に示す。A型遺伝子は354個のアミノ酸からなるタンパク質を指定する遺伝子である。B型遺伝子はA型遺伝子と複数のヌクレオチドが異なっているが、指定しているタンパク質は同じ個数のアミノ酸からなっている。A型遺伝子の開始コドンAUGのAを1番目のヌクレオチドとすると、O型遺伝子ではA型遺伝子の261番目のヌクレオチドGが欠失している（図2において△で表示）のが特徴である。

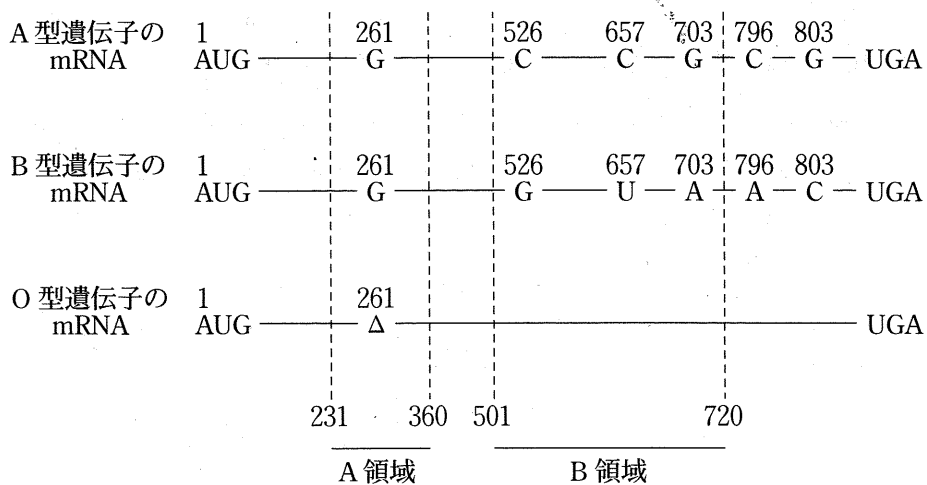


図 2

1. 文中の空所(イ)～(ホ)それぞれにあてはまるもっとも適当な語句または数字をしるせ。
2. A型遺伝子の開始コドン AUG の A を 1 番目のヌクレオチドとすると、終止コドン UGA の A は何番目のヌクレオチドになるか、その数字をしるせ。
3. 下の配列は図 2 に示した A 型遺伝子の mRNA の A 領域のヌクレオチド配列である。261 番目のヌクレオチドの欠失は O 型遺伝子の発現にどのような影響を与えているのか、1 行で説明せよ。

231
 GACACCGUGU AGGAAGGAUG UCCUCGUGGU GACCCCUUGG CUGGCUCCCA
 ↳ O 型遺伝子で欠失

281
 UUGUCUGGGA GGGCACAUC AACAU CGACA UCCUCAACGA GCAGUUCAGG

331 360
 CUCCAGAACA CCACCAUUGG GUUAACUGUG

4. 下の配列は図2に示したA型遺伝子の mRNA の B 領域のヌクレオチド配列である。
 A型遺伝子における526番目、657番目、および703番目のヌクレオチドが、B型遺伝子では図のように変わっている。A型遺伝子とB型遺伝子において、526番目、657番目、および703番目のヌクレオチドを含むコドンが指定するアミノ酸はそれぞれ何か、その名称をしるせ。

501
 UCGGCAGCUG UCAGUGCUGG AGGUGCGCGC CUACAAGCGC UGGCAGGACG
└─ G

551
 UGUCCAUGCG CCGCAUGGAG AUGAUCAGUG ACUUCUGCGA GCGGCGCUUC

601
 CUCAGCGAGG UGGAUUACCU GGUGUGCGUG GACGUGGACA UGGAGUUCGG

651
 CGACCACGUG GCGGUGGAGA UCCUGACUCC GCUGUUCGGC ACCCUGCACC
└─ U

701 720
 CCGGCUUCUA CGGAAGCAGC
└─ A

5. A型遺伝子、B型遺伝子、および、O型遺伝子から作られるタンパク質は血液型物質である赤血球膜の表面にある抗原の合成に関わっているが、どのように関わっているのか、2行で説明せよ。ただし、これらの遺伝子は糖Aと糖Bの合成には関わっていないものとする。

[参考] 遺伝暗号表

		2番目の塩基				
		U	C	A	G	
1番目の塩基	U	UUU } フェニル UUC } アラニン UUA } UUG } ロイシン	UCU } UCC } セリン UCA } UCG }	UAU } チロシン UAC } UAA (終止) UAG (終止)	UGU } システイン UGC } UGA (終止) UGG } トリプトファン	U C A G
	C	CUU } CUC } ロイシン CUA } CUG }	CCU } CCC } プロリン CCA } CCG }	CAU } ヒスチジン CAC } CAA } グルタミン CAG }	CGU } CGC } アルギニン CGA } CGG }	U C A G
	A	AUU } イソロイシン AUC } AUA } AUG } メチオニン (開始)	ACU } ACC } ACA } ACG } トレオニン	AAU } アスパラギン AAC } AAA } リジン AAG }	AGU } セリン AGC } AGA } アルギニン AGG }	U C A G
	G	GUU } GUC } バリン GUA } GUG }	GCU } GCC } アラニン GCA } GCG }	GAU } アスパラギン酸 GAC } GAA } グルタミン酸 GAG }	GGU } GGC } GGA } グリシン GGG }	U C A G

【以下余白】

