

生	物
問題	
2022年度	

〈R04160017〉

## 注 意 事 項

1. この問題冊子は、解答パターンがBおよびCの受験生に配付されます。
2. この科目では、この問題冊子、および解答用紙（生物その1、生物その2）を配付します。
3. 試験開始の指示があるまで、問題冊子および解答用紙には手を触れないでください。
4. 問題は4～9ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚損等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせてください。
5. 解答はすべて、HBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入してください。
6. 解答用紙記入上の注意
  - (1) 解答用紙の所定欄（各用紙2カ所）に、氏名および受験番号を正確に丁寧に記入してください。
  - (2) 所定欄以外に受験番号・氏名を記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
  - (3) 受験番号の記入にあたっては、次の数字見本にしたがい、読みやすいように、正確に丁寧に記入してください。

数字見本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

- (4) 受験番号は右詰めで記入し、余白が生じる場合でも受験番号の前に「0」を記入しないでください。

(例) 3825番⇒	万	千	百	十	一
	3	8	2	5	

7. 解答はすべて所定の解答欄に記入してください。所定欄以外に何かを記入した解答用紙は採点の対象外となる場合があります。
8. 文字や数字は明瞭、かつ丁寧に記入してください。判別できない場合や読めない場合は、採点の対象外となる場合があります。
9. 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
10. 試験終了の指示が出たら、すぐに解答をやめ、筆記用具を置き解答用紙を裏返しにしてください。
11. 問題冊子は持ち帰ってください。
12. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出してください。

〔I〕 以下の問題文を読み、問いに答えなさい。

細胞内におけるタンパク質合成は、(あ)上で、mRNAのコドンと、アミノ酸を結合している(い)の一部がワトソン・クリック型の塩基対を形成することによって進行する。コドンとアミノ酸の対応関係を示す表を、遺伝暗号表と呼ぶ(表1)。タンパク質合成を開始するコドンをアルファベット3文字で記すと、通常は(う)である。

また、タンパク質やペプチドの合成は、(あ)や翻訳に必要なタンパク質などを含んだ試験管内でも行うことができる。ここで、ウラシルを持つヌクレオチド(ウリジン)のみが重合したRNA(UU…U)をポリ(U)と呼ぶ。これをmRNAとして与えると、ほとんどがフェニルアラニンからなるペプチドが合成された。同様に、シトシンを持つヌクレオチド(シチジン)のみが重合したポリ(C)からはプロリン、アデニンを持つヌクレオチド(アデノシン)のみが重合したポリ(A)からはリシンからなるペプチドが合成された。さらに、グアニンを持つヌクレオチド(グアノシン)とアデノシンが交互に並ぶポリ(GA)をmRNAとして与えると、(え)および(お)からなるペプチドが合成された。また、ウリジンとグアノシンが交互に並ぶポリ(UG)をmRNAとして与えると、システインおよびバリンからなるペプチドが合成された。さらに、ウリジン・ウリジン・シチジンが繰り返すポリ(UUC)をmRNAとして与えると、フェニルアラニン、セリン、ロイシンからなるペプチドが合成された。

遺伝暗号はほとんどの生物で共通であるため、ある生物内で、別の種の生物の遺伝子の塩基配列からタンパク質を生産させることも可能である(問3)。実際、ヒトのタンパク質を大腸菌に合成させ、医薬品とすることも可能である。また、ウイルスのゲノムを構成する遺伝子群のうちの一つの遺伝子のmRNAをヒトに投与し、ワクチンとすることもできる。

新型コロナウイルスに関して、種々の変異型ウイルスへの対応が課題となっている。それぞれの変異型ウイルスでは、遺伝子のヌクレオチド配列の変異によって(問4)、ヒト細胞への吸着に重要な役割を持つスパイクタンパク質にアミノ酸置換が生じている。例えば、N501Y置換(501番目のアミノ酸残基がアスパラギンからチロシンに置換)、E484K置換(484番目の残基がグルタミン酸からリシンに置換)、L452R置換(452番目の残基がロイシンからアルギニンに置換)と呼ばれる置換が、当初発見されたウイルス株に生じていた(問5)。

問1 (あ)～(お)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 表1の遺伝暗号表中のアミノ酸(か)～(こ)を答えなさい。

問3 マイコプラズマでは、標準的な遺伝暗号と異なり、UGAコドンがトリプトファンを指定している。マイコプラズマの遺伝子を酵母内で発現させても多くの遺伝子は機能を持たない。それはなぜか、遺伝暗号の差異に注目して答えなさい。しかし、マイコプラズマの一部のタンパク質の遺伝子は酵母内で発現させると機能を持つ。その理由についても答えなさい。

問4 遺伝子の中でアミノ酸配列を指定する塩基配列の変異のうち、挿入と置換はそれぞれ遺伝子の機能にどのような影響を与えるか答えなさい。

問5 これらの置換に共通する性質を、遺伝暗号表を参照して答えなさい。

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

表1 遺伝暗号表

〔Ⅱ〕 以下の問題文を読み、問いに答えなさい。

真核細胞の核内では、ヒストンと呼ばれるタンパク質が8個集合して円盤状の8量体構造を作る。これはヒストン8量体とよばれ、その周りにDNAが巻き付くことで直径約10nmの(あ)を形成している(図1)。(あ)が連結すると折りたたまれ、(い)と呼ばれる構造を形成する。遺伝子の転写を促進するための塩基配列である(う)と呼ばれる領域が、密に折りたたまれた(い)構造の中に存在する場合、そこには転写の開始を補助するタンパク質である(え)やRNAポリメラーゼ(RNA合成酵素)が結合できないため、その遺伝子は転写されない。これに対して、ヒストンのDNAへの結合が弱まり染色体の構造がゆるむと、これらの因子が結合しやすくなり、転写が促進される。したがって、ヒストンのDNAへの結合状態は、遺伝子発現の度合いを調節するひとつの要因となる。ヒストンにはいくつかの種類があり、ある真核生物の細胞では、ヒストンAと名づけられたヒストンを含む8量体が染色体のほぼ全域に結合している。その結合の実態を調べるために、細胞から抽出した染色体を用いて、以下の**実験1**をおこなった。

**実験1**

野生型の細胞から抽出した染色体を含む溶液に、あるDNA切断酵素(ここではヌクレアーゼと呼ぶ)を添加した。このヌクレアーゼは図2に模式的に示したように、ヒストンが結合していない部分(リンカー部分)のDNAにのみ接近でき、その部位を切断する。ただし、このヌクレアーゼは制限酵素とは異なり、塩基配列を選ばずにDNAを切断する。ごく微量のヌクレアーゼを添加した時を0分として、その後2、4、8分と時間をかけて反応を徐々に進行させた。各時点でDNAを反応溶液から精製し、ゲル電気泳動にかけてDNAを検出したところ、多数のバンドが規則的に並ぶような泳動結果を得た(図3)。マーカーDNAを利用して、それぞれのバンドが示すDNAの長さ(塩基対の数)を推定したところ、そこには一定の規則性があることが分かった(問2)。

染色体を分配するための紡錘体(紡錘糸)が結合する染色体の領域はセントロメアと呼ばれる。セントロメア領域では、ヒストンAを含む8量体のみならず、ヒストンAのかわりにヒストンBを含む8量体もまた多く結合することが知られていた。そこで次の**実験2**をおこなった。

**実験2**

**実験1**と同様に、野生型の細胞から染色体を抽出してヌクレアーゼを添加した。精製したDNAを電気泳動した後、セントロメア領域のDNAだけが選択的に見えるように処理した。すると、図4(左)に示すように、セントロメア領域のDNAは、切断された後にバンドが規則的に並ぶことはなく、ゲルの上下方向にわたり幅広く散在する泳動結果(スミアという)を得た(問4、問5)。次に、ヒストンBのタンパク質の量を著しく低下させたヒストンB変異細胞を作製した。このヒストンB変異細胞から抽出した染色体を同様に処理して、泳動後にセントロメア領域のDNAだけを見る実験をおこなったところ、図4(右)に示すように、セントロメア領域のDNAのバンドが規則的に並ぶ様子が見られた(問6)。

問1 (あ)～(え)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 (i) 下線部について、図3ではDNAの各断片の長さに関して具体的にどのような規則性が見られたか説明しなさい。また、そのような規則性が生じた理由を考察しなさい。

(ii) 図2および図3から判断して、ヒストンAを含む8量体の1個分に巻き付いているDNAの長さはどのくらいだと推定されるか。ただし、ヒストンに巻き付く部分のDNAに対してリンカー部分のDNAは短いため、泳動図のバンドにおいてはリンカー部分のDNAの長さを無視できるものとする。下記ア～エの中からもっとも適切なものを選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

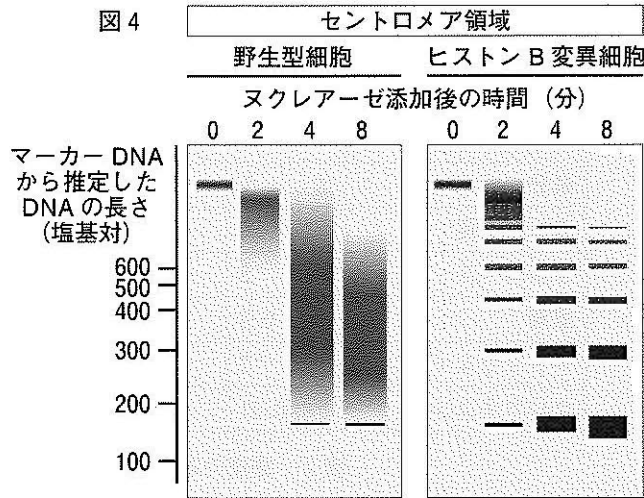
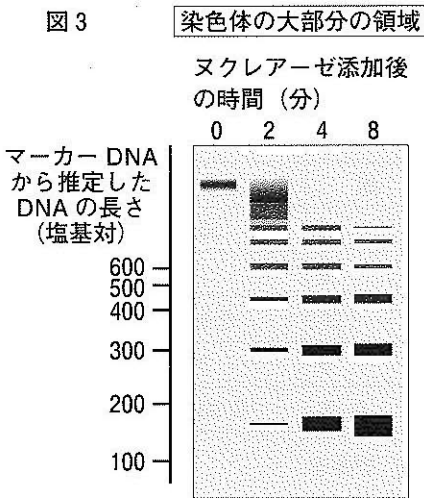
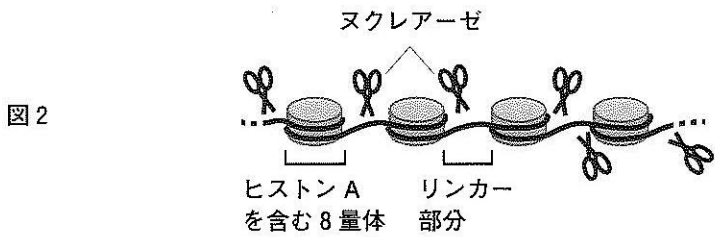
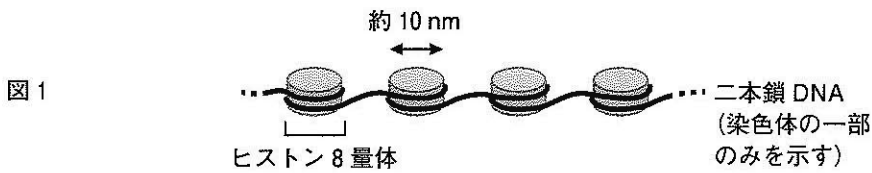
ア 約100塩基対    イ 約150塩基対    ウ 約200塩基対    エ 約300塩基対

問3 図3において微量のヌクレアーゼを添加した後、反応時間が経過するにつれて、短いDNAに相当するバンドが濃く太くなる様子が見られた。そのような変化が生じた理由を説明しなさい。

問4 下線部の泳動結果は、切断されたDNAが特定の長さに定まらなかったことを示している。この結果から、セントロメア領域のDNAにヒストンBやヒストンAを含む8量体が巻き付く様子は、図2のようにセントロメア領域以外のDNAにヒストンAを含む8量体のみが巻き付く様子と比べて異なるといえる。両者において、ヒストンのDNAへの結合状態がどのように異なるのかを具体的に説明しなさい。図3と図4（左）の泳動結果を比べて、ヌクレアーゼが基質（DNA）に接近しやすいか否かを考慮に入れて解答すること。

問5 これまでの実験結果をもとに推測すると、野生型の細胞において、セントロメア領域のDNAから生じる転写の度合いは、その他のDNA領域からの転写の度合いと比べてどのような状態にあると考察できるか。根拠も含めて具体的に説明しなさい。

問6 下線部について、図4（左）が示す野生型のセントロメアを切断した結果と、図4（右）が示すヒストンB変異細胞のセントロメアを切断した結果の違いに注目する。ヒストンB変異細胞のセントロメア領域では、DNAはヒストンとともにどのような構造を作っていると考えられるか。この変異細胞ではヒストンBの量が著しく低下していることを考慮に入れたうえで、具体的に説明しなさい。



〔Ⅲ〕 以下の問題文を読み、問いに答えなさい。

尿は生体で起こった変化を簡便に調べるのに良い試料であり、尿中の成分の変化は指標として疾病の診断などにも使われている。腎臓の構造は（あ）と呼ばれる単位で成り立っており、ヒトの場合は片側の腎臓に（あ）が約100万個ある。（あ）には、尿をろ過する腎小体があり、腎小体は（い）と（う）に分割できる。ろ過された尿は原尿と呼ばれ、尿細管で再吸収され、（え）管で尿となり、ぼうこうに送られる。腎臓の働きを調べるために、健康な人の血液中にインスリンを投与し、血しょう、原尿、尿における各成分とインスリンの濃度を測定すると、表1のようになった（問2）。インスリンは多糖類の一種で動物の体内に存在せず、投与されたインスリンは血液から原尿中に完全にろ過され、まったく再吸収されず、すべて尿に排出される物質である。

普通は尿中にグルコース（ブドウ糖）は見いだせないが、尿中にグルコースが出てくることから呼ばれる病気に糖尿病がある。この疾病はすい臓からのインスリンの分泌不足やインスリンの働きが十分でないときに起こる。

朝は食事をする前から血糖値（血液中のグルコース濃度）が少し上昇してくる（問3）。デンプンを含む朝食を摂ると、デンプンが分解され、血糖値が上昇し、この高血糖に反応してすい臓からインスリンが分泌され、血糖値は食事前の状態に戻る（問4）。

成分	血しょう	原尿	尿
タンパク質	7.2	0	0
グルコース	0.1	0.1	0
尿素	0.03	0.03	2
ナトリウムイオン	0.3	0.3	0.34
クレアチニン	0.001	0.001	0.075
インスリン	0.01	0.01	1.2

表1 濃度の単位はすべて質量パーセント濃度（%）である

次に、腎臓の働きをより詳しく解析するために、ヒトの疾患に類似させたマウス（モデルマウスと呼ぶ）を3種類用意した。インスリンの働きを止めた糖尿病モデルマウス、腎臓のろ過機能を低下させた腎臓病モデルマウス、高食塩食を与えた高血圧モデルマウスである。これらのモデルマウスの血しょうと尿における各成分の濃度を測定した。表2のモデルマウス1、2、3は、これらのモデルマウスのいずれかの結果を示す（問5）。

次に、糖尿病モデルマウスや高血圧モデルマウスの症状は、尿細管の再吸収に作用するそれぞれに適した薬を使用すると緩和できることがわかった（問6）。

成分	モデルマウス1		モデルマウス2		モデルマウス3	
	血しょう	尿	血しょう	尿	血しょう	尿
タンパク質	50	0	50	0	50	0
グルコース	3	1	1	0	1	0
尿素	0.3	20	0.3	20	0.6	10
ナトリウムイオン	3	3.5	6	6	3	3.5
クレアチニン	0.01	0.75	0.01	0.75	0.02	0.4

表2 濃度の単位はすべて（mg/ml）である

問1 (あ)～(え)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 表1に関連した以下の質問に答えなさい。

- (1) イヌリンの血しょうに対する尿の濃縮率を求めなさい。
- (2) 1日当たり1.5Lの尿が排出されたとき、原尿量はいくらか答えなさい。このとき水の再吸収率は何パーセントであるか答えなさい(小数点第2位を四捨五入)。
- (3) タンパク質とグルコースについて、ろ過・再吸収の過程の相違を表1から説明しなさい。
- (4) 尿素、ナトリウムイオン、クレアチニンの濃縮率を比べると、明らかに異なる。その意味について答えなさい。
- (5) 腎臓のろ過機能を調べるためにイヌリンを静脈内に投与する方法を述べたが、一方で、今回のようにクレアチニンの濃度変化を調べる方法も医療現場では有用であると言われている。クレアチニンをイヌリンの代わりに、ろ過機能の指標としたときの長所と短所について説明しなさい。
- (6) 尿素はタンパク質を大量に摂取したとき、また極度の飢餓状態のときに血しょう中や尿中で増大する場合がある。その理由を答えなさい。

問3 この反応に関連する副腎由来のホルモン2つの名称を答え、それぞれについて血糖値を上昇させる仕組みを記述しなさい。

問4 血糖値が元に戻るのには、細胞にグルコースが取り込まれ、エネルギーとして消費されたり、長時間貯蔵されるエネルギー源に変換されたりした結果である。長時間貯蔵されるエネルギー源としての物質を2つあげ、エネルギー源としての特徴についてそれぞれ記述しなさい。

問5 表2のモデルマウス1, 2, 3はそれぞれ糖尿病, 腎臓病, 高血圧のいずれのモデルマウスに該当するかを答え、またその理由も記述しなさい。

問6 これらの薬はヒトの疾病治療にも使われている。これらの薬が表1のいずれの成分の再吸収に関与するかを考え、どのような仕組みで治療に役立っているかを答えなさい。

- (1) 糖尿病の治療薬
- (2) 高血圧の治療薬

[以下余白]

受験番号	万	千	百	十	一
	8	8	8	8	8
氏名					

①

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

[ I ]

8	8
---	---

[ II ]

8	8
---	---

<2022 R04160017>

受験番号	万	千	百	十	一
	8	8	8	8	8
氏名					

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

[ I ]

問1 (あ)	(い)	(う)
(え)	(お)	

問2 (か)	(き)	(く)
(け)	(こ)	

問3 多くの遺伝子が機能を持たない理由：

一部の遺伝子が機能を持つ理由：

問4

問5

[ II ]

問1 (あ)	(い)
(う)	(え)

問2 (i) 規則性：  
理由：

(ii) 記号：

問3

問4

問5

問6

生 物

(記述解答用紙)

(その1)

下書きは問題冊子の余白を使用してください。

①



受験番号	万	千	百	十	一
	8	8	8	8	8
氏名					

2

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

[Ⅲ]

8	8
---	---

受験番号	万	千	百	十	一
	8	8	8	8	8
氏名					

(注意) 受験番号は右詰で記入すること。所定欄以外に受験番号・氏名を記入してはならない。記入した解答用紙は採点の対象外となる場合がある。

[Ⅲ]

問1 (あ) (い) (う) (え)

問2-(1) 式: 答:

問2-(2)

問2-(3)

問2-(4)

問2-(5)

問2-(6)

問3

問4

問5 モデルマウス1:

モデルマウス2:

モデルマウス3:

問6 (1) 糖尿病:

(2) 高血圧:

生 物

(記述解答用紙)

(その2)

下書きは問題冊子の余白を使用してください。

2