

令和 9 年度 編入学試験 学力検査

専門科目

総合問題

筑波大学 生命環境学群 生物資源学類

注意：

1. 問題冊子はこの表紙を含めて 5 枚、解答用紙は 5 枚です。各自確認してください。
2. 解答の方法等については問題文最初の指示に従ってください。
3. 解答が終わったら、すべての解答用紙を問題の番号順に重ね、裏返して机の上に置いてください。下書き用紙も回収します。
4. 問題冊子は持ち帰ってください。

【問題 1】

以下の文章を読み、設問 1～4 に答えなさい。

DNA や RNA を構成する核酸は、リン酸・糖・塩基からなる①ヌクレオチドが鎖状に結合した高分子化合物で、糖のヒドロキシ基とリン酸は、1 結合でつながっている。そして DNA 鎖は、隣り合うヌクレオチド同士が2 結合によって連結され、相補的な塩基同士の間に形成される3 結合によって二本鎖の DNA となる。DNA の②塩基配列にはタンパク質のアミノ酸配列情報が記録されており、その遺伝情報は核内で mRNA に4 された後、細胞質において 3 塩基からなる③コドン単位で5 されることでタンパク質が合成される。

設問 1

上の文章中の1 から5 にあてはまる用語を入れなさい。

設問 2

下線部①について、図 1 は DNA もしくは RNA を構成するヌクレオチドの構造を示したものである。ア～クから塩基にチミンをもつ構造を選び、記号で記しなさい。

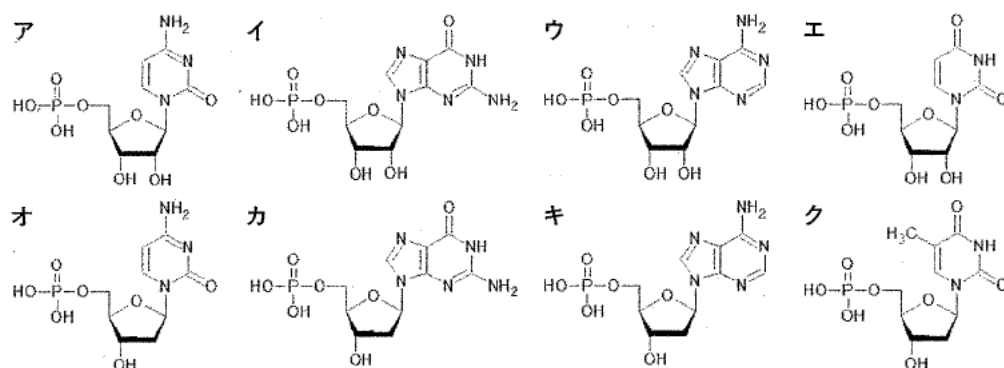


図 1. DNA もしくは RNA を構成するヌクレオチドの構造

設問 3

下線部②について、DNA の塩基配列を解読するためには、PCR などで増幅された十分な数の DNA 分子が必要である。そこで、ある遺伝子 A の 300 塩基対のみを PCR により増幅した。この増幅産物を精製した溶液中の DNA 濃度を測定したところ $0.2 \mu\text{g}/\mu\text{L}$ であった。この溶液 $1 \mu\text{L}$ 中に含まれる DNA 分子の個数を計算過程とともに記しなさい。

なお、DNA の 1 塩基対の分子量は 660 g/mol 、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とし、DNA 分子の個数は「 $\bigcirc.\bigcirc\bigcirc \times 10^{\bigcirc\bigcirc}$ 」の形式で記しなさい（回答では小数第 3 位を四捨五入し、小数第 2 位まで求めなさい）。

設問 4

下線部③について、表 1 の遺伝暗号表を参考に以下の 4-(1)～4-(3)の問いに答えなさい。

表 mRNA のコドンが指定するアミノ酸を示した遺伝暗号表

		2番目の塩基									
		U		C		A		G			
1番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U	3番目の塩基
		UUC		UCC		UAC		UGC		C	
		UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止	UGA	終止	A	
		UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン	G	
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U	
		CUC		CCC		CAC		CGC		C	
		CUA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A	
		CUG		CCG		CAG		CGG		G	
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U	
		AUC		ACC		AAC		AGC		C	
		AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A	
		AUG	メチオニン(開始)	ACG		AAG		AGG		G	
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U	
		GUC		GCC		GAC		GGC		C	
		GUA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A	
		GUG		GCG		GAG		GGG		G	

4-(1)

コドンの中には、対応する DNA に一塩基置換がおきた場合、その置換がコドンのどの位置であっても、別のアミノ酸を指定するコドンに必ず変化するものがある。そのようなコドンが指定するアミノ酸の名称をすべて記しなさい。

4-(2)

バリンを指定するコドンは、コドンの 1 番目もしくは 2 番目の塩基に対応する DNA の一塩基置換で、別のアミノ酸を指定するコドンに必ず変化する。しかし、コドンの 3 番目の塩基に対応する DNA の一塩基置換では、そのような変化はおこらない。指定するすべてのコドンがこのような特徴をもつアミノ酸の名称をすべて記しなさい。

4-(3)

アミノ酸を指定するすべてのコドンについて考える。DNA の一塩基置換が対応するコドンの 1 番目あるいは 2 番目の塩基におきた場合、別のアミノ酸を指定する。コドンが指定するアミノ酸が変化しにくい位置はどちらか、その位置を数字で記せ。また、それを選んだ理由を 100 字以内で記しなさい。

【問題2】

以下の文章を読み、設問1～3に答えなさい。

Poly(ethylene terephthalate)はPETと呼ばれ、飲料ボトルや繊維などに広く用いられている。近年、微生物由来の酵素がPETを低分子化できることが報告されており、このような酵素をPET分解酵素と呼ぶ。PET分解酵素によるPETの分解では、中間産物としてBHET(分子量254.24)やMHET(分子量210.18)が生じ、最終的にTPA(分子量166.13)とEG(分子量62.07)が得られる。

設問1

PETそのものが細胞に取り込まれることは難しい一方で、その分解物は微生物に取り込まれ、代謝される場合がある。地球上の有機物は、光合成により生成したグルコースに由来すると仮定すれば、グルコースが複数の化学的・生物学的過程を経て、最終的にTPAとEGに変換されると考えることができる。^(a)TPAおよびEGの分子式または構造式に基づいて、この^(b)全体的な変換を水を含めた反応式で考えることにより、グルコースと比較して、PETの分解物であるTPAとEGは微生物の好気的なエネルギー代謝の観点においてどのように評価できるか。下線部に対して明示的に触れた上で、以下に示す298 Kにおける標準生成エンタルピーと標準モルエントロピーの値を用いて、必要に応じて図、構造式、反応式および計算式などを示しながら論述せよ。

表 標準状態(298 K)における熱力学データ

物質	$\Delta_f H^\ominus / \text{kJ mol}^{-1}$	$S_m^\ominus / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
C(graphite)	0	5.74
H ₂ (g)	0	130
O ₂ (g)	0	205
CO ₂ (g)	-394	214
H ₂ O(l)	-286	69.9
グルコース(s)	-1274	212
TPA(s)	-816	180
EG(l)	-392	167

設問2

自然界から、PETを分解し、その分解物をエネルギー代謝に利用できる微生物を取得するため、PETのみを炭素源として含む寒天培地に、土壌を水に懸濁して得られた上清を塗布し、培養した。一定の細胞数に達するまでは、各微生物は一つの細胞から二つの細胞への分裂を

続けると仮定した場合、細胞数を $N(t)$ 、培養時間を t 、増殖速度定数を μ とすると、(c)細胞数の増加速度は、その時点における細胞数に比例するものとして細胞数との関係を微分方程式で表すことができる。また、(d)コロニーの面積が細胞数に比例すると仮定した場合、コロニーの直径から増殖速度の違いを見積もることができる。実際にコロニーが形成されるまでには、PET 分解酵素による PET の分解以外にも複数の過程が関与する。そこで、下線部について、数式を用いて説明した上で、コロニーの直径が大きい微生物株ほど高い PET 分解酵素活性をもつと結論づけるためには、どのような条件が満たされる必要があるか説明せよ。

設問 3

取得した PET 代謝細菌の分類学的位置を調べるため、16S rRNA 遺伝子の塩基配列を決定した。データベース検索で取得した相同性の高い細胞株 A、B、C、D、E との配列を比較した。各株間の相同率を表に示す。(e)16S rRNA の生物学的役割とその遺伝子配列が微生物の分類や系統関係の推定に利用される理由に触れた上で、表に示す相同率から、取得株 X と既知株との系統関係を表す系統樹を作成し、取得株 X がどの既存株と最も近縁であるかを推定せよ。さらに、X を含めて、これらの株はどのような分類学的関係（同種や同属など）にあると推定できるかを、系統樹および相同率を根拠として論述せよ。ただし、相同率が 98.5 % 以上の場合は同種、95 % 以上であれば同属であるとする。

表 株間の 16S rRNA の相同率 (%)

	X	A	B	C	D	E
X	100	98.3	94.2	94.3	91.0	91.1
A	—	100	94.4	94.5	91.2	91.2
B	—	—	100	98.8	91.5	91.6
C	—	—	—	100	91.4	91.3
D	—	—	—	—	100	93.1
E	—	—	—	—	—	100