三重大学

2023 年度　前期日程　生物

（2 科目　150 分）

1 次の文章を読み，**問 1**〜**問 7** に答えよ。

タンパク質は多数のアミノ酸が連結されてできており，アミノ酸の配列や数の違いにより，その構造が異なる(あ)。タンパク質の構造は，そのタンパク質の機能と密接に関連しており，遺伝子の突然変異によりその遺伝子が指定するタンパク質のアミノ酸配列が変化すると，構造も変化してタンパク質が本来持っている性質が変わることがある。突然変異によるタンパク質のアミノ酸配列の変化とその機能について調べるため，以下の実験を行った。

（実験 1）

ある特定のタンパク質を抗原とする抗体をアガロースなどの微粒子に化学的に結合させたものを抗体ビーズと呼ぶ。細胞をすりつぶして抽出した溶液に抗体ビーズを加えた後，遠心分離機にかけてビーズを沈殿させると細胞抽出液中に存在する抗原タンパク質とその抗原タンパク質に結合するタンパク質（結合タンパク質）を一緒に沈殿させることができる。このように，ある特定のタンパク質とその結合タンパク質を細胞抽出液中から分離・精製する実験手法を，免疫沈降法と呼ぶ（図 1）。ある酵素タンパク質 X（アミノ酸数 350）とその結合タンパク質 Y（アミノ酸数 500）の両方を発現する細胞をすりつぶして細胞抽出液を作製し，タンパク質 X を抗原とする抗体ビーズを加えて遠心分離を行った。遠心分離後の沈殿物を回収してタンパク質電気泳動を行ったところ，タンパク質 X と Y それぞれに相当する 2 本のバンドが検出された（図 2A）。また，この沈殿物に酵素タンパク質 X の基質を加えて酵素活性を測定したところ，タンパク質 X の酵素活性はみられなかった。

（実験 2）

実験 1 で用いた細胞に放射線を当てて DNA のランダムな箇所に突然変異を誘発させた細胞を作製した。その細胞からの抽出液を用いて実験 1 と同じ手法で免疫沈降法を行い，沈殿物に対する電気泳動を行ったところ，電気泳動で検出されたバンドは 1 本であった（図 2B）。また，酵素活性測定では基質に対する酵素タンパク質 X の活性がみられた。さらに，この細胞の遺伝子を調べたところ，タンパク質 Y をコードする遺伝子の 834 番目のチミンが欠失していることが分かった(い)。

（実験 3）

実験 2 とは別に放射線を当てた細胞を作製し，同様に免疫沈降法を行った。沈殿物に対する電気泳動では，バンドが 1 本検出された（図 2C）。また，酵素活性測定では基質に対する酵素タンパク質 X の活性はみられなかった。さらに，この細胞の遺伝子を調べたところ，タンパク質 X をコードする遺伝子の 147 番目のチミンがグアニンに変化していた(う)。

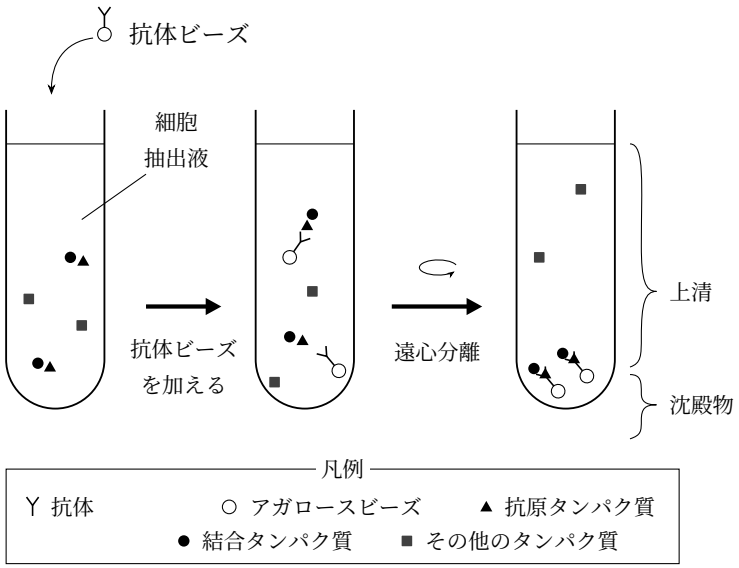


図 1　免疫沈降法

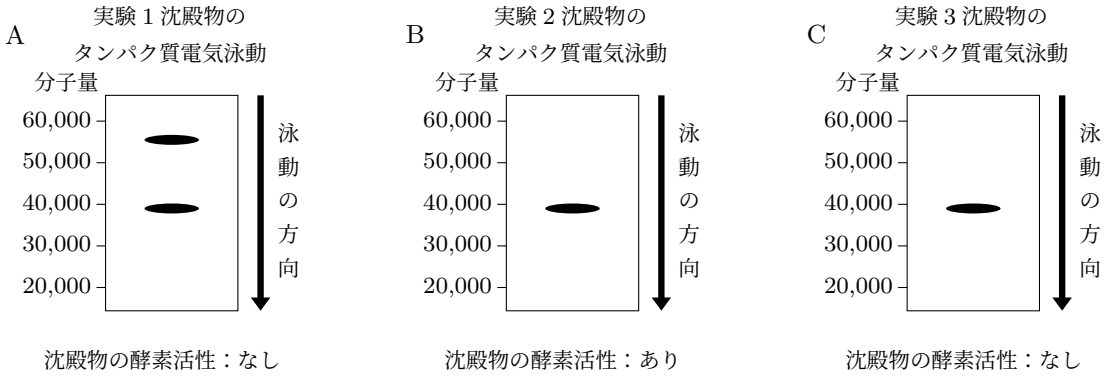


図 2　タンパク質電気泳動と酵素活性測定の結果

問 1　下線部 (あ) について，以下の①，②で説明されるタンパク質の構造の名称をそれぞれ答えよ。

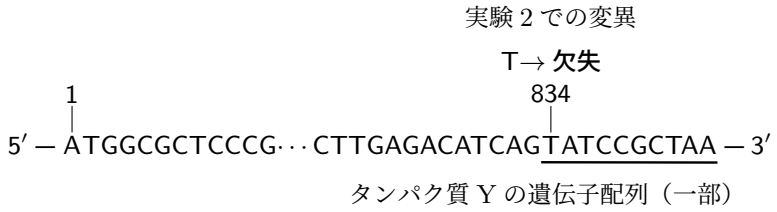
①　タンパク質を構成するアミノ酸の配列順序

②　一つのタンパク質分子が分子全体でとる複雑な構造

問2　下線部 (い) について，タンパク質 Y 遺伝子の塩基配列の一部と実験 2 の放射線照射により起きた突然変異の位置を以下に示す。次の (1)，(2) に答えよ。

(1) このようにタンパク質をコードする遺伝子の塩基配列の内の一塩基が欠失し，その箇所から 3′ 側のコドンが指定するアミノ酸配列が変わってしまう変異の名称を答えよ。

(2) 変異後のタンパク質 Y において，下線部に示す塩基配列がコードするアミノ酸配列を，下記の表 1 を参考にして答えよ。



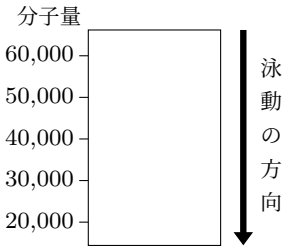
タンパク質 Y の遺伝子配列（一部）

1番目の塩基		2番目の塩基 U		2番目の塩基 C		2番目の塩基 A		2番目の塩基 G		3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
		UUC	フェニルアラニン	UCC	セリン	UAC	チロシン	UGC	システイン	C
		UUA	ロイシン	UCA	セリン	UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A
		UUG	ロイシン	UCG	セリン	UAG	終止コドン	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	ロイシン	CCC	プロリン	CAC	ヒスチジン	CGC	アルギニン	C
		CUA	ロイシン	CCA	プロリン	CAA	グルタミン	CGA	アルギニン	A
		CUG	ロイシン	CCG	プロリン	CAG	グルタミン	CGG	アルギニン	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	イソロイシン	ACC	トレオニン	AAC	アスパラギン	AGC	セリン	C
		AUA	イソロイシン	ACA	トレオニン	AAA	リシン	AGA	アルギニン	A
		AUG	メチオニン	ACG	トレオニン	AAG	リシン	AGG	アルギニン	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	バリン	GCC	アラニン	GAC	アスパラギン酸	GGC	グリシン	C
		GUA	バリン	GCA	アラニン	GAA	グルタミン酸	GGA	グリシン	A
		GUG	バリン	GCG	アラニン	GAG	グルタミン酸	GGG	グリシン	G

表 1　遺伝暗号表

問3　実験 2 で用いた細胞抽出液に対して，タンパク質 Y に対する抗体を用いた抗体ビーズで免疫沈降法を行った場合，その沈殿物の電気泳動ではどの位置にバンドが検出されるか。図 2 を参考にして，解答欄に検出されるバンドを記入せよ。ただし，タンパク質 Y を構成するアミノ酸はすべて分子量を 110 とする。また，この抗体は変異後のタンパク質 Y に対しても結合するものとする。

（注）解答欄には次の図が与えられている。



問4　下線部 (う) について，タンパク質 X の遺伝子の塩基配列の一部と実験 3 の放射線照射により起きた突然変異の位置および変異後の塩基を以下に示す。表 1 の遺伝暗号表を参考にして，変異した塩基を含むコドンが指定するアミノ酸または終止/開始コドンの変化前と変化後をそれぞれ記入せよ。

実験 3 での変異
T→G
1　147
5′ — ATGGACCGATCT · · · GCTCAGCGGGTCTTGTGTCCTT — 3′
タンパク質 X の遺伝子配列（一部）

問5　突然変異により塩基配列が変化しても，アミノ酸配列に影響を及ぼさない場合，その変異をサイレント変異と呼ぶ。タンパク質 X の 147 番目のチミンの突然変異がサイレント変異だった場合，表 1 を参考にして変異後の塩基の種類が何になるか答えよ。

問6　実験 3 の沈殿物に酵素活性がみられなかった理由について，［ジスルフィド結合］という単語を用いて 60 文字以内で説明せよ。

問7　実験 1〜3 の結果から予想されるタンパク質 X および Y の性質について，次の (A)〜(D) の記述のうち正しいものを記号で選べ。

(A) Y は X に結合し酵素活性を促進する。Y の X に対する結合部位はアミノ基側にある。

(B) Y は X に結合し酵素活性を抑制する。Y の X に対する結合部位はアミノ基側にある。

(C) Y は X に結合し酵素活性を促進する。Y の X に対する結合部位はカルボキシ基側にある。

(D) Y は X に結合し酵素活性を抑制する。Y の X に対する結合部位はカルボキシ基側にある。

2 次の文章を読み，**問 1**〜**問 5** に答えよ。

遺伝は，生命情報の世代間の継承と個体間の多様性の維持を特徴とする生物学的現象である。多くの生物の場合，遺伝情報は DNA 上の塩基配列という形で細胞内に保存されている。たとえば，ヒトの ABO 式血液型は，［（ア）］染色体上の特定の 1 つの遺伝子座の遺伝子により決定されている。ヒトの常染色体は一対ずつあり，この対の染色体は相同染色体と呼ばれ，二倍体であるヒトは各々の遺伝子座に，由来親の異なる 2 つの同じ遺伝子を持つ(あ)。ABO 式血液型では，A，B，O 遺伝子の 3 種類の対立遺伝子がある。O は A，B いずれに対しても劣性であり，A および B は O に対して優性である。一方，A，B のヘテロ接合体は，A，B 両方の形質を示す。

1900 年にランドシュタイナーによって ABO 式血液型が発見された当初は，この形質は 2 つの互いに独立な遺伝子座(い)によって決定されると仮定された。しかしながら，この仮説では，親のいずれかが AB 型の場合に［（イ）］型の子どもは生まれないこと，および，親のいずれかが O 型の場合に［（ウ）］型の子どもは生まれないという事実をうまく説明できない。このため，1 つの遺伝子座の 3 つの対立遺伝子により形質が決定されるという仮説が検証された。

また，ABO 式血液型を決定する遺伝子を含む，細胞内の遺伝情報の大部分は，核内の染色体中の DNA に保存されているが，一部は核外の細胞質中に保存されている(う)。このような，細胞質に存在する遺伝因子による遺伝を細胞質遺伝と呼ぶことがあり，ヒトでは細胞質遺伝は常に卵子由来であり，したがってその遺伝形式はメンデルの法則に従わない。

問 1　［（ア）］〜［（ウ）］に入る最も適切な語句を，次の語群から選べ。

〔語群〕

X　　Y　　9 番　　A　　B　　AB　　O

問 2　下線部 (あ) について，2 つの遺伝子がともに変異を有する場合にのみ発症する常染色体潜性遺伝（劣性遺伝）形式の遺伝病がある。変異のある遺伝子と変異のない遺伝子をヘテロ接合で持つ個体を保因者と呼ぶ。この遺伝病が 1 万人に 1 人の割合で発症を示す場合，同じ集団内において保因者は何人に 1 人と推定されるか答えよ。ただし集団には，ハーディワインベルグの法則が成り立ち，遺伝子平衡の状態にあるものとする。

問 3　下線部 (い) について，「独立な」とはどのような意味か，40 字以内で説明せよ。ただし，「染色体」および「連鎖」という語句を使用しなさい。

問 4　ある集団の ABO 式血液型を測定したところ，25 % の人が O 型であり，39 % の人が A 型であった。この集団には，ハーディワインベルグの法則が成り立ち，遺伝子平衡の状態にあるとして，以下の設問に答えよ。

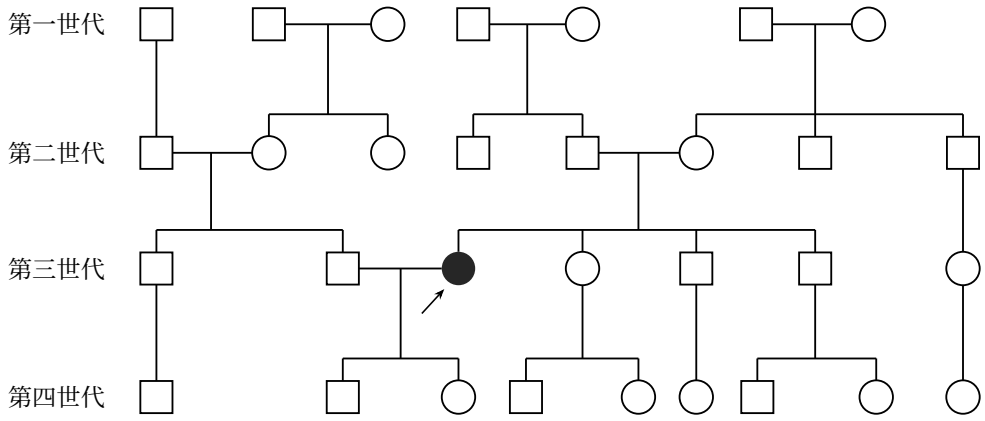
(1)　この集団の遺伝子プール内の O 遺伝子の頻度（%）を求めよ。

(2)　この集団の遺伝子プール内の A 遺伝子の頻度（%）を求めよ。

(3)　遺伝子型 BO を持つ人の，この集団内の割合（%）を求めよ。

(4)　この集団内の B 型の人の割合（%）を求めよ。

問5　下線部 (う) について，次の家系図中の矢印の個人には，細胞質に存在する遺伝因子の変異が認められた。解答用紙の家系図中に，同じ変異を持つ個人をすべて黒く塗りつぶせ。ただし，□を男性，○を女性とし，新生突然変異はないものとする。なお，家系図中において，個人が縦の線のみでつながっている部分は，片方の親を省略している。



家系図

3　次の文章を読み，**問 1**〜**問 5** に答えよ。

1902 年，イギリスのベイリスとスターリングは，十二指腸の粘膜から分泌され，すい臓(あ)に作用する物質を発見し，［ (ア) ］と名付けた。のちに，スターリングは，［ (ア) ］のように，組織・器官に作用してその働きを調節する物質を，ホルモンと名付けた。ベイリスらの発見よりも前の 1901 年，日本の高峰譲吉らは，ウシの［ (イ) ］の［ (ウ) ］から，血圧を上昇させるはたらきをもつ物質を取り出すことに成功し，これを［ (エ) ］と名付けた。

ホルモン分泌を調節する上で中心的な働きをしているのは，間脳にある［ (オ) ］と，その下にあり前葉と後葉からなる［ (カ) ］である。［ (オ) ］内の［ (キ) ］細胞から分泌されたホルモンが毛細血管を介して［ (カ) ］前葉まで運ばれて前葉の細胞を刺激することで，別のホルモンの分泌を調整している。一方で，［ (オ) ］と［ (カ) ］後葉の間の経路では，［ (キ) ］細胞でつくられたホルモンが直接，後葉まで運ばれて毛細血管中に分泌される(い)。

ヒトの性周期も，ホルモンによって制御されている。［ (カ) ］前葉からろ胞刺激ホルモンが分泌されると，卵巣内のろ胞が発達し，ろ胞ホルモンが分泌される。このホルモンが［ (カ) ］前葉に作用し，黄体形成ホルモンの分泌を促進する。このホルモンの働きによって排卵が起こり，ろ胞は黄体に変化する。黄体から分泌される黄体ホルモンによって子宮内膜が発達する。卵が受精し，子宮内膜に着床した場合には，黄体が発育し，黄体形成ホルモンの分泌が継続する。このホルモンの作用によって次の排卵は抑制され(う)，妊娠は維持される。

問1　文中の［ (ア) ］〜［ (キ) ］に当てはまる最も適切な語句を答えよ。

問2　下線部 (あ) には，内分泌腺と外分泌腺の両方が存在する。次の (1)〜(3) に答えよ。

(1)　下線部 (あ) から分泌されるホルモンの名称を 2 つ答えよ。

(2)　下線部 (あ) の外分泌腺から分泌される液体の名称を答えよ。

(3) 内分泌腺と外分泌腺の構造に着目して，分泌の仕組みの違いを説明せよ。

問3 下線部 (い) の仕組みで分泌されるホルモンの名称を 1 つ挙げ，その働きを説明せよ。

問4 下線部 (う) について，このような調節を負のフィードバック調節という。負のフィードバック調節とはどのような調節か，説明せよ。

問5 ホルモンに関する次の記述のうち，正しいものを 2 つ選び，記号で答えよ。

a 鉱質コルチコイドは細尿管でのナトリウムイオンの再吸収を促進する。

b パラトルモンの分泌は血液中のカルシウム濃度の上昇により増加する。

c チロキシンは生体内の物質代謝の促進および爬虫類の変態を促進する。

d チロキシンはペプチドホルモンであるため，細胞膜上にある受容体に結合して作用する。

e 血液中に糖質コルチコイドを投与すると，脳下垂体からの副腎皮質刺激ホルモンの分泌は抑制される。

4 次の文章を読み，**問 1**〜**問 8** に答えよ。

［A］

動物では，複数の個体が集まって相互に影響を及ぼしあい行動することがある。この集まりのことを一般的に群れとよぶ。アブラムシはしばしば夏季に植物上に群れを作る昆虫で，ストロー状の口を通じて植物の師管液を吸っている。師管液は師管を流れるので，アブラムシは群れを形成したまま吸汁できる。師管液は［（ア）］に富む一方［（イ）］は相対的に乏しい。このため，アブラムシは十分な［（イ）］を摂取するために大量の師管液を吸汁し，余分な［（ア）］を尿として排出する。これを求めてアリがアブラムシの群れに随伴し，天敵から守る(あ)ことがある。

アブラムシの群れが天敵の接近などで刺激を受けると，刺激を感知した個体が信号となる化学物質を放出することで分散が引き起こされる(い)。これにより群れは速やかに崩壊する。

他個体に危険を知らせるために自らが逃げ遅れて死ぬと，自身の適応度は低下する。従って，このような行動は一見進化しにくいと考えられる。しかし，夏季のアブラムシのメスは遺伝的に自らと同じ娘を産むので，信号を放出した個体がそのために逃げ遅れたとしても，ほかの 2 個体以上が助かるならばそのような行動は進化する(う)と考えられる。なお，この群れは齢の同じ姉妹からなることとする。

問1 文中の［（ア）］および［（イ）］に当てはまる最も適切な単語を下記の語群から選び，番号で答えよ。

〔語群〕

1 デンプン	2 ジベレリン	3 ショ糖	4 脂 質
5 アブシシン酸	6 アミノ酸	7 キチン質	8 カテキン

問2 下線部 (あ) のような，お互いにとって益のある 2 種の関係を一般に何とよぶか。漢字 4 文字で答えよ。

問3 下線部 (い) のような，同種個体間で働き危険に対応した機能を持つ物質を何とよぶか答えよ。

問4 下線部 (う) に関して，自らの子だけでなく，特定の遺伝子を共有する個体の数まで考慮した場合の適応度のことを何とよぶか答えよ。

［B］

日本近辺に生息する海鳥であるウミネコは群れを作る。この群れの大きさがどのように決まっているのかを考える。まず，群れを大きくする要因として天敵の発見がある。群れの中で 1 個体が天敵を発見すれば全個体がその恩恵を被れ

るので，1 個体あたり警戒に必要な時間は群れが大きいほど短いと考えられるためである。他方，もう一つの要因として，餌探索がある。これについては群れが極端に小さいと餌を見つけにくいが，大きすぎても餌をめぐる［ (ウ) ］が強くなるとする。つまり，1 個体あたり餌探索に必要な時間は群れが小さすぎても大きすぎても長くなる。ここで，簡単な数式によりこれら 2 つの要因を表現しよう。群れの大きさ（個体数）を x（ただし，x は 200 以下の自然数）として，すべての時間に対するこれらの要因に費やす時間の割合（%）を y とする。警戒に関しては，$y = (x - 200)^2/800 + 10$ とし，餌探索に関しては $y = (x - 50)^2/400 + 10$ とする。

問 5　文中の［ (ウ) ］に入る，資源をめぐる個体間の相互作用を示す最も適切な言葉を答えよ。

問 6　すべての時間に対する警戒に費やされる時間の割合（%）が最大値と最小値をとるときの個体数をそれぞれ答えよ。

問 7　すべての時間に対する餌探索に費やされる時間の割合（%）の最大値と最小値を，小数第 2 位を四捨五入して答えよ。

問 8　ここではウミネコの群れの大きさ（個体数）に影響する要因は天敵の発見と餌の探索のみとし，これらにかかる時間の合計をもっとも短くするように大きさが決まっているとする。このとき，上記の数式に従えば群れの大きさはどのような値をとるか答えよ。また，その時にすべての時間に対する天敵の警戒と餌の探索にかかる時間の割合（%）はそれぞれどのような値をとるか。時間の割合はいずれも小数第 2 位を四捨五入して答えよ。

5 次の文章を読み，**問 1**〜**問 7** に答えよ。

〔A〕

炭素は生物体を構成する重要な物質であり，(あ)大気中では主に二酸化炭素として存在している。植物は，水と二酸化炭素から光合成によって有機物を合成する。この過程を［ (ア) ］という。(い)緑色硫黄細菌や紅色硫黄細菌などの光合成細菌は，水の代わりに［ (イ) ］などを用いて光合成を行っている。また，光合成が光エネルギーを用いて［ (ア) ］を行うのに対して，無機物を［ (ウ) ］して得た化学エネルギーを利用して［ (ア) ］を行う細菌も存在する。例えば，(う)亜硝酸菌は［ (エ) ］イオンを［ (ウ) ］して［ (オ) ］イオンにすることで，また(え)硝酸菌は［ (オ) ］イオンを［ (ウ) ］して［ (カ) ］イオンにすることで化学エネルギーを得て，［ (ア) ］を行っている。亜硝酸菌や硝酸菌のこれらの働きを［ (キ) ］という。生産された有機物は，生産者自身と，消費者や分解者の呼吸によって再び二酸化炭素となり大気中に戻される。このようにして(お)炭素は生態系を循環している。

問 1　文章中の［ (ア) ］〜［ (キ) ］に入る最も適切な語句を下記の語群から選び，記号で答えよ。

〔語群〕

a　窒素固定	b　窒素同化	c　炭酸同化	d　化学合成
e　硝酸還元	f　脱 窒	g　異 化	h　還 元
i　酸 化	j　分 解	k　メタン	l　酸 素
m　硫化鉄	n　硫化水素	o　二酸化硫黄	p　硫 酸
q　亜硫酸	r　塩 酸	s　硝 酸	t　亜硝酸
u　炭 酸	v　アンモニア	w　アンモニウム	

問2　下線部 (あ) で述べられている大気中の二酸化炭素の濃度は年々増加傾向にある。現在，二酸化炭素が大気中に占めている体積の割合（%）として最も近い値を下記の選択肢から選べ。

〔選択肢〕

0.01 %	0.1 %	1 %	10 %
0.02 %	0.2 %	2 %	20 %
0.03 %	0.3 %	3 %	30 %
0.04 %	0.4 %	4 %	40 %

問3　rRNA の塩基配列に基づいて分類した場合，下線部 (い) の細菌とは別のドメインに属する原核生物を下記の選択肢の中から 2 つ選び，記号で答えよ。

〔選択肢〕

a　大腸菌	b　メタン生成菌	c　根粒菌	d　乳酸菌
e　コレラ菌	f　ブドウ球菌	g　高度好塩菌	h　枯草菌

問4　下線部 (う) の亜硝酸菌と下線部 (え) の硝酸菌は，あわせて何とよばれる細菌か答えよ。

問5　生態系におけるエネルギーの流れについて，下線部 (お) の炭素の循環との違いを明確にして説明せよ。

〔B〕

森林の炭素収支を調べるために，湿潤な熱帯地方のある森林において X 年とその翌年に植物群落の生産量に関する調査を行った。その結果，植物群落の現存量が X 年は 94〔トン炭素/ha〕であったのに対し，その 1 年後には 104〔トン炭素/ha〕に増加していた。また，この群落の 1 年間の被食量と枯死量，呼吸量は，それぞれ 5〔トン炭素/ha〕，4〔トン炭素/ha〕，12〔トン炭素/ha〕であった。

問6　この森林の植物群落における純生産量〔トン炭素/ha・年〕と総生産量〔トン炭素/ha・年〕をそれぞれ求めよ。

問7　この森林の植物群落は 1 年間にどれだけの二酸化炭素を大気から吸収し，固定したと考えられるか。炭素と酸素の原子量をそれぞれ 12 と 16 としてその量〔トン二酸化炭素/ha・年〕を計算し，小数第 2 位を四捨五入して答えよ。ただし，枯死および被食された植物体は分解され再び二酸化炭素になると考えて，それらをこの植物群落の二酸化炭素固定量には考慮しないこととする。