

科目

生 物

理学部・医学部・都市デザイン学部

注 意

1. 開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題は、1 ページから 21 ページにわたっています。
3. 解答用紙は 5 枚、下書用紙は 3 枚で、問題冊子とは別になっています。
4. 試験開始の合図があつてから直ちに問題冊子、解答用紙、下書用紙を確認し、不備がある場合は監督者に申し出てください。
5. すべての解答用紙の所定の欄に、志望学部(1 か所)と受験番号(2 か所)を記入してください。
6. 解答は指定された解答用紙の表面に記入してください。その際、解答用紙の番号を間違えないようにしてください。指定された解答用紙以外や解答用紙の裏面に記入した解答は、評価(採点)の対象としません。
7. 試験終了後、問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

1 免疫に関する次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えなさい。

哺乳動物には、病原体の侵入に対して、これを排除して体を防御するための免疫というしくみがある。免疫には、外から侵入してきた異物を見分けて、食作用などによって排除するしくみが生まれつき備わっている<sup>①</sup>。しかし、これだけでは、細胞に感染して爆発的に増殖して病気を引き起こす細菌やウイルスには対処することができないことがある。そこで、このような状況に対応するために、感染してから時間が経過すると、異物の一部を特異的に認識する免疫細胞が増殖して、抗体を放出して抗原を排除したり、感染した自身の細胞を見つけて排除するしくみが発動する<sup>②</sup>。さらに、同じ病原体に再感染したときには、さまざまな種類の免疫細胞が協力して、初回の感染よりすばやく効率的に病原体を排除する<sup>③</sup>。しかし、免疫のしくみが、時に病気を引き起こすことがある。抗原に過敏に反応して引き起こされる症状を  という。自己のタンパク質や細胞に対して抗体が産生されることや、免疫細胞による攻撃が起こるために引き起こされる病気を  という。

問 1. 文中の  と  にあてはまる最も適切な語を記入しなさい。

問 2. 下線部①のような免疫のしくみを何というか、答えなさい。

問 3. 下線部②に関して、次の問い(1)と(2)に答えなさい。

(1) この免疫のしくみを何というか、答えなさい。

(2) 次の(i)～(iii)の説明にあてはまる最も適切な細胞を、下の(ア)～(カ)から1つ選び、記号で答えなさい。

(i) 病原体を取り込んでリンパ節に移動して、細胞表面に病原体の一部を提示する。

(ii) 抗原である異物を無毒化する抗体を放出する。

(iii) 細菌やウイルスに感染した自分の細胞を見つけて攻撃して排除する。

(ア) 好中球                      (イ) B細胞              (ウ) 形質細胞              (エ) 樹状細胞

(オ) キラーT細胞              (カ) ヘルパーT細胞

問 4. 下線部③のしくみを利用した感染を防ぐ方法を何というか、答えなさい。

問 5. 下線部③に関して、食細胞に取り込まれた後も、食細胞内で増殖することができる細菌（細胞内寄生性細菌）に対する免疫のしくみを調べるために、図1に示すように次の実験1～4を行った。下の問い(1)～(3)に答えなさい。なお、実験に用いたマウスはこれまでに細胞内寄生性細菌 A (細菌 A) に感染したことがないものとする。また、これらのマウスは同じ系統であり、マウス間の移植では移植した細胞や血清は排除されない。解答文中に「X1」, 「X2」, 「X3」を用いる場合はそれぞれ1文字とカウントする。

[実験1] 細菌 A をマウス X1 に感染させた。その日(1日目)より4日目まで24時間ごとに、マウス X1 のひ臓内の生きた細菌 A の数を計測した。

[実験2] 細菌 A を感染させた後、細菌 A を排除して感染から回復したマウス X1 より取り出した T 細胞をマウス X2 に移入してから、マウス X2 を細菌 A に感染させた。その後、24 時間ごとにマウス X2 のひ臓内の生きた細菌 A の数を計測した。

[実験3] 細菌 A を感染させた後、細菌 A を排除して感染から回復したマウス X1 より取り出した血清をマウス X3 に移入してから、マウス X3 を細菌 A に感染させた。その後、24 時間ごとにマウス X3 のひ臓内の生きた細菌 A の数を計測した。

[実験4] 培養皿に細菌 A を入れた後、細菌 A を排除して感染から回復したマウス X1 および未感染のマウス Y より取り出したマクロファージをそれぞれ異なる細胞数で入れ、3 時間後に生きている細菌 A の数を計測した。

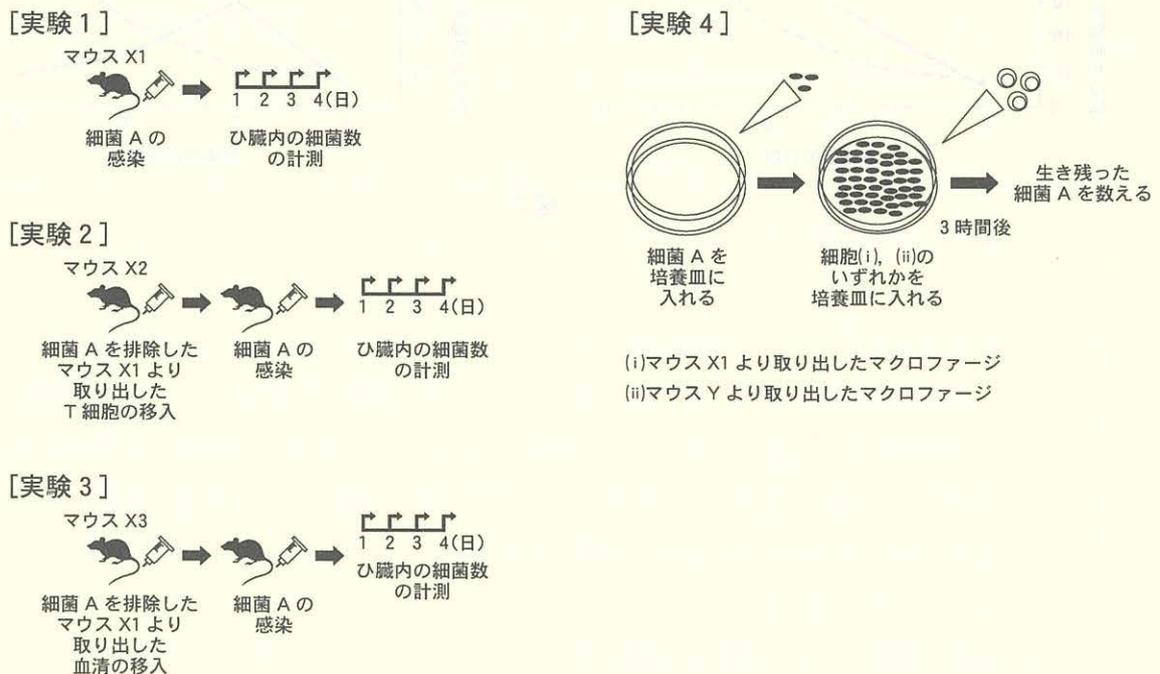


図 1

(1) 実験2より観察される生きて細菌Aの数を表すグラフを図2の(ア)~(エ)から1つ選び、記号で答えなさい。また選んだ理由を70字以内で説明しなさい。なお、破線が実験1の結果、実線が実験2の結果を示す。

(2) 実験3より観察される生きて細菌Aの数を表すグラフを図2の(ア)~(エ)から1つ選び、記号で答えなさい。また選んだ理由を50字以内で説明しなさい。なお、破線が実験1の結果、実線が実験3の結果を示す。

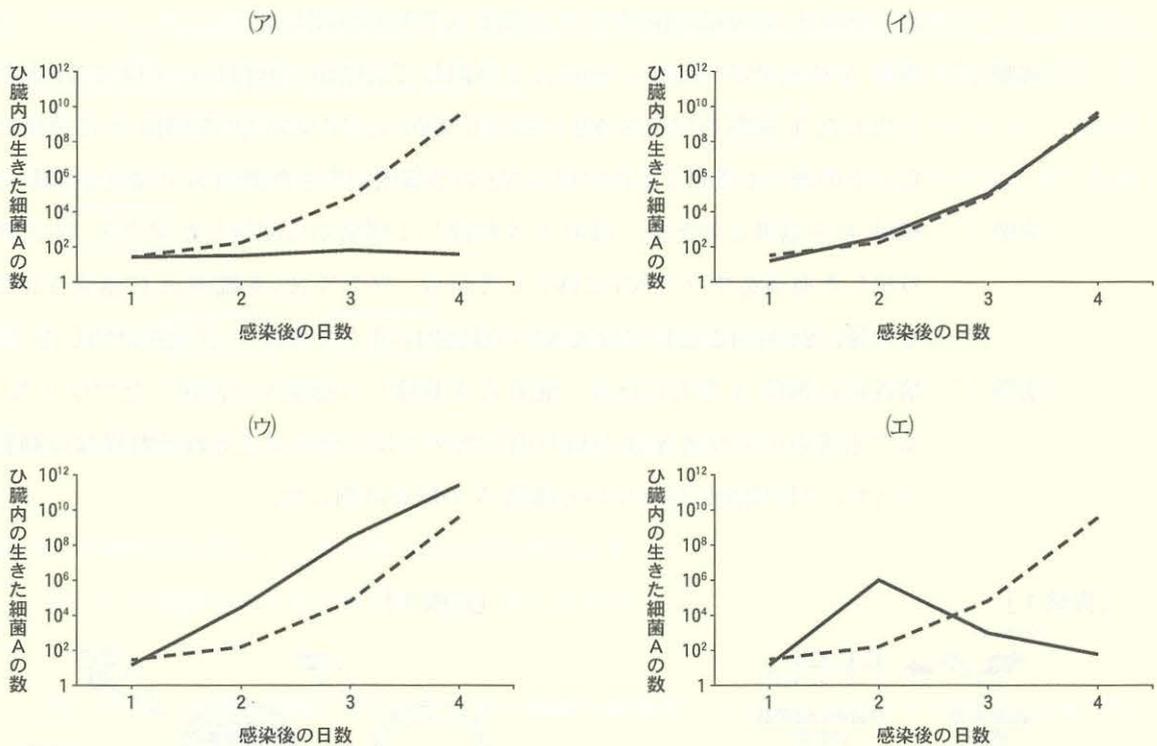


図2

(3) 実験4の結果を図3に示す。細菌Aを排除して感染から回復したマウスX1より取り出したマクロファージは、マウスYより取り出したマクロファージより強い殺菌効果を示した。その理由を60字以内で説明しなさい。

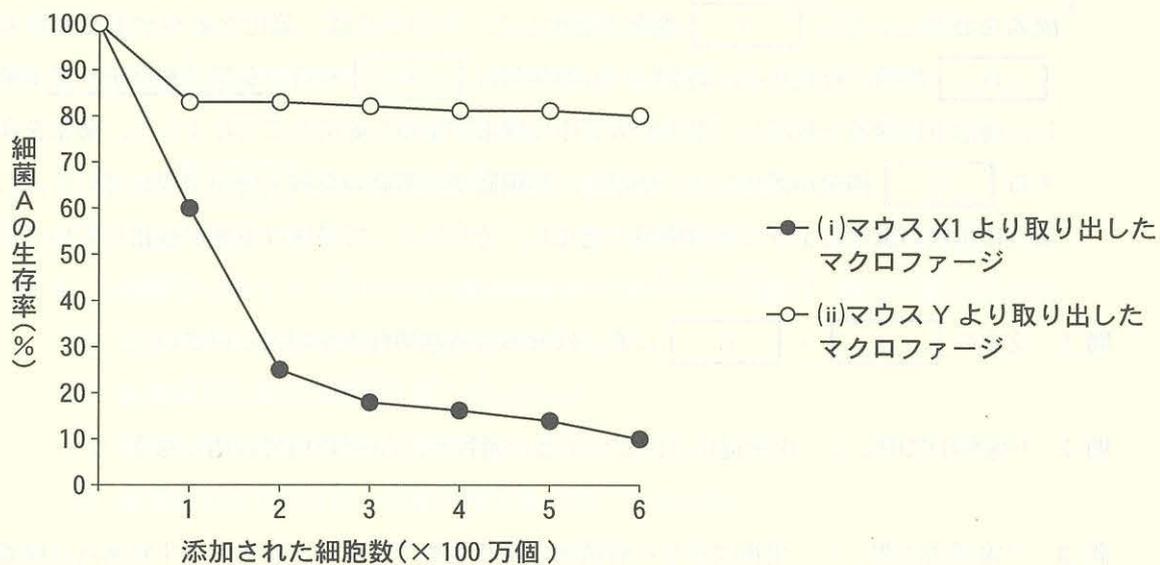


図3

2

生命の起源や遺伝子に関する次の文章〔A〕、〔B〕を読み、下の問い(問1～9)に答えなさい。

〔A〕 地球(原始地球)は今から約46億年前に誕生した。生命が誕生する以前の原始地球では、化学進化が起こり、原始的な生物が誕生したと考えられている。約40億年前に、生存に<sup>①</sup>酸素を必要としない<sup>②</sup>  細菌が誕生した。その中には、硫化水素や水素を利用する  細菌が存在する。約27～25億年前に  を行うシアノバクテリアが繁栄し、海水中に酸素を放出し、水中や大気中に酸素が蓄積し始めたこと<sup>③</sup>によって、酸素を利用する  細菌が誕生した。やがて、単細胞や多細胞の真核生物が出現していく。このように生物の誕生によって地球環境が変化し、それによって多様な生物が進化していった。

問1. 文中の  ～  にあてはまる最も適切な語を記入しなさい。

問2. 下線部①に関して、化学進化とはどのような過程か、40字以内で説明しなさい。

問3. 下線部②に関して、生物は単なる有機物の寄せ集めではない。すべての生物または原始的な生物がもつ特徴を説明した次の文章(ア)～(エ)の中で、間違っているものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) すべての生物は、細胞膜によって外界と隔てられた細胞からできている。
- (イ) すべての生物は、物質の合成や分解といった代謝を行う。
- (ウ) 原始的な生物では、DNAよりも安定な物質であるRNAが遺伝情報を担っていた。
- (エ) すべての生物は、遺伝情報を核に含んでいる。

問4. 下線部③に関して、世界各地の地層から発見されているシアノバクテリアによって形成された独特の層状構造をもつ岩石を何とよぶか、答えなさい。

問5. 下線部③に関して、ある細胞小器官は、シアノバクテリアが原始的な真核細胞に取り込まれて、共生するようになり、生じたと考えられている(細胞内共生説)。この細胞小器官は何か、その名称を答えなさい。また、この細胞小器官がもつどのような特徴から細胞内共生説が支持されているか、適切なものを次の(ア)～(オ)からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 核内のDNAとは異なる独自のDNAをもつ。
- (イ) タンパク質合成の場となる。
- (ウ) 物質の輸送や分泌に重要な役割をもつ。
- (エ) 細胞の分裂とは別に分裂して増殖する。
- (オ) 膜構造をもっていない。

〔B〕 DNA の遺伝情報は mRNA の配列に写し取られ、さらに mRNA の配列情報をもとにタンパク質が<sup>④</sup>つくられる。クリックは、このような遺伝情報の一方向の流れを提唱し、e とよんだ。時には、遺伝子である DNA の塩基配列が<sup>⑤</sup>変化し、つくられるタンパク質のアミノ酸配列が変化する場合がある。<sup>⑥</sup>

問 6. 下線部④および⑤を何とよぶか、それぞれ答えなさい。

問 7. 文中の e にあてはまる最も適切な語を記入しなさい。

問 8. 下線部⑥に関して、正しいものを次の(ア)～(エ)からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 塩基配列の変化は生物の系統に関係する。
- (イ) 塩基配列の変化は原核生物で生じない。
- (ウ) 塩基配列の変化は複製の誤りで生じない。
- (エ) 塩基配列の変化は同一個体の染色体の間でも生じる。

問 9. 3つの連続した塩基配列(コドン)が1つのアミノ酸を指定している。次の表1を参考に、下の問い(1)～(4)に答えなさい。

表1 遺伝暗号(5'から3'方向の mRNA 配列を示す)

1番目の塩基	2番目の塩基				3番目の塩基
	U	C	A	G	
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 }	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 }	CGA }	A
	CUG }	CCG }	CAG }	CGG }	G
A	AUU } イソロイシン	ACU }	AAU } アスパラギン	AGU } セリン	U
	AUC }	ACC }	AAC }	AGC }	C
	AUA }	ACA }	AAA }	AGA }	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 }	GCC }	GAC }	GGC }	C
	GUA }	GCA }	GAA }	GGA }	A
	GUG }	GCG }	GAG }	GGG }	G

(1) 1種類の塩基からなる mRNA を用いて試験管内で反応させ、合成されたタンパク質のアミノ酸配列を決定した。これによって明らかとなったコドンとアミノ酸の組み合わせを例のように矢印で結び対応させて、すべて答えなさい。(例 コドン→アミノ酸)

(2) ある遺伝子で、グルタミン酸を指定するコドンがバリンあるいは終止コドンに変化していた。一塩基置換によりグルタミン酸からバリンあるいは終止コドンへ変化する場合、変化する前と後のコドンを例のように矢印で結び対応させて、すべて答えなさい。(例 コドン→コドン)

(3) mRNA のコドンは tRNA のアンチコドンと結合する。セリンのコドンに対するアンチコドンの配列を 5' から 3' の方向ですべて答えなさい。

(4) 1つの塩基あるいは2つの連続した塩基配列ではなく、3つの連続した塩基配列がアミノ酸を指定している。この理由を80字以内で説明しなさい。

アミノ酸	コドン	アンチコドン
アラニン	UAC	GUU
バリン	UUA	AUU
セリン	UCC	ACG
グルタミン酸	UAC	GUU
グルタミン	UAC	GUU
アスパラギン酸	UAC	GUU
アスパラギン	UAC	GUU
プロリン	UAC	GUU
チロシン	UAC	GUU
フェニルアラニン	UAC	GUU
トリプトファン	UAC	GUU
メチオニン	UAC	GUU
イソロイシン	UAC	GUU
ヒスチジン	UAC	GUU
グルタミン	UAC	GUU
アミノ酸	コドン	アンチコドン



**3** は次のページから始まります。

この図は、システム全体の構成やデータの流れを示しています。各ボックスは、特定の機能やデータを表しています。矢印は、情報の流れや処理の順序を示しています。この図を詳しく見ると、システムがどのように動作しているかがわかります。また、この図は、システムの設計や開発に役立つ重要な情報を含んでいます。したがって、この図をしっかりと理解し、その内容を正確に把握することが、システムの運用や改善に不可欠です。

この図は、システムの構成やデータの流れを示しています。各ボックスは、特定の機能やデータを表しています。矢印は、情報の流れや処理の順序を示しています。この図を詳しく見ると、システムがどのように動作しているかがわかります。また、この図は、システムの設計や開発に役立つ重要な情報を含んでいます。したがって、この図をしっかりと理解し、その内容を正確に把握することが、システムの運用や改善に不可欠です。

この図は、システムの構成やデータの流れを示しています。各ボックスは、特定の機能やデータを表しています。矢印は、情報の流れや処理の順序を示しています。この図を詳しく見ると、システムがどのように動作しているかがわかります。また、この図は、システムの設計や開発に役立つ重要な情報を含んでいます。したがって、この図をしっかりと理解し、その内容を正確に把握することが、システムの運用や改善に不可欠です。

この図は、システムの構成やデータの流れを示しています。各ボックスは、特定の機能やデータを表しています。矢印は、情報の流れや処理の順序を示しています。この図を詳しく見ると、システムがどのように動作しているかがわかります。また、この図は、システムの設計や開発に役立つ重要な情報を含んでいます。したがって、この図をしっかりと理解し、その内容を正確に把握することが、システムの運用や改善に不可欠です。

この図は、システムの構成やデータの流れを示しています。各ボックスは、特定の機能やデータを表しています。矢印は、情報の流れや処理の順序を示しています。この図を詳しく見ると、システムがどのように動作しているかがわかります。また、この図は、システムの設計や開発に役立つ重要な情報を含んでいます。したがって、この図をしっかりと理解し、その内容を正確に把握することが、システムの運用や改善に不可欠です。

3

動物の体内環境の調節と行動に関する次の文章〔A〕、〔B〕を読み、下の問い(問1～9)に答えなさい。

〔A〕 ヒトの体内には肺や心臓、小腸などの多くの器官があり、器官は同じ機能をもつ細胞が集まった組織により構成されている。上皮の組織である皮膚や消化管などの表面には、特定の物質を体外に分泌する腺が含まれており、汗や消化液を分泌する腺を  という。また、<sup>①</sup>甲状腺やすい臓のランゲルハンス島のように物質を  中に分泌する腺を  <sup>②</sup>  から分泌される物質をホルモンといい、ホルモンが作用を及ぼす細胞を  という。

問 1. 文中の  ～  にあてはまる最も適切な語を記入しなさい。

問 2. 下線部①に関して、消化液に含まれる酵素とその基質の正しい組み合わせを、次の(ア)～(ク)からすべて選び、記号で答えなさい。

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| (ア) トリプシンとアミノ酸  | (イ) トリプシンとデンプン  |
| (ウ) ペプシンとタンパク質  | (エ) ペプシンとグルコース  |
| (オ) リパーゼと脂質     | (カ) リパーゼとタンパク質  |
| (キ) アミラーゼとラクトース | (ク) アミラーゼとグルコース |

問 3. 下線部②に関して、次の問い(1)と(2)に答えなさい。

(1) 寒冷地に生息するサンショウウオの1種は、変態をとまなわずに繁殖(幼形成熟)を行う。しかし、幼形成熟個体に甲状腺から分泌されるホルモンを一定量注射すると、他の両生類と同様に、変態してえらが退化するなどの形態変化が起こる。このサンショウウオが生息する環境下で、変態しない原因と考えられる事柄として間違っているものを、次の(ア)～(カ)から1つ選び、記号で答えなさい。ただし、甲状腺から分泌されるホルモンの分泌調節と作用のしくみは哺乳動物と同じであるとする。

- (ア) 甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンが分泌されない。
- (イ) 甲状腺刺激ホルモンが分泌されない。
- (ウ) 甲状腺から分泌されるホルモンが分泌されない。
- (エ) 甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンの受容体が機能を失っている。
- (オ) 甲状腺刺激ホルモンの受容体が機能を失っている。
- (カ) 甲状腺から分泌されるホルモンの受容体が機能を失っている。

(2) 上述の現象に関わる甲状腺から分泌されるホルモンの名称を答えなさい。

問 4. 下線部③に関して、次の表1は自律神経系によってすい臓のランゲルハンス島にある2種類の細胞からそれぞれ分泌されるホルモンと、血糖値に対する作用を示している。表1の  ～  にあてはまる語を、下の(ア)～(ケ)からそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。

表1 自律神経系によるホルモン分泌の調節とホルモン作用

	ランゲルハンス島の細胞	分泌されるホルモン	血糖値
交感神経	<input type="text" value="e"/>	<input type="text" value="f"/>	<input type="text" value="g"/>
副交感神経	<input type="text" value="h"/>	<input type="text" value="i"/>	<input type="text" value="j"/>

- |           |             |              |
|-----------|-------------|--------------|
| (ア) A細胞   | (イ) B細胞     | (ウ) ノルアドレナリン |
| (エ) インスリン | (オ) アセチルコリン | (カ) グルカゴン    |
| (キ) 上昇する  | (ク) 低下する    | (ケ) 変化しない    |

〔B〕 軟体動物腹足類のアメフラシは、水管から海水を出し入れしてえら呼吸をする。この水管に接触刺激を与えると、水管やえらを守るためにそれらを縮めて体の中に引っ込める(えら<sup>④</sup>引っ込め反射)。しかし、同じ接触刺激を繰り返し与え続けると、徐々にえらを引っ込めなくなる。<sup>⑤</sup>この単純な学習の一種は  とよばれる。一方、 を起こしたアメフラシの尾部に電気刺激を与えると、えら引っ込め反射が復活する。これを  とよぶ。さらに電気刺激を与えると、通常よりも弱い刺激に対してもえら引っ込め反射が生じるようになる  も起こる。 や  には、尾部の感覚ニューロンと水管の感覚ニューロンとの間の介在ニューロンにおける<sup>⑥</sup>シナプス可塑性が関与している。

問 5. 文中の  ~  にあてはまる最も適切な語を記入しなさい。

問 6. 下線部④のような反射は動物の生得的行動のひとつである。生得的行動とはどのような行動か、30字以内で説明しなさい。

問 7. 下線部④に関して、水管の感覚ニューロンに生じた興奮が伝達された、えらの運動ニューロンでは、興奮性シナプス後電位(EPSP)が生じる。EPSPから活動電位が発生するしくみについて説明した次の文中の  ~  にあてはまる最も適切な語を記入しなさい。

シナプス後細胞が  を受容してイオンチャンネルが開くと、細胞内にナトリウムイオンなどが流入して、シナプス後細胞の  が上昇し、EPSPが生じる。EPSPが  を超えると活動電位が発生する。

問 8. 下線部⑤に関して、接触刺激を繰り返し与えられた水管の感覚ニューロンにおいて生じる学習のしくみの記述として正しいものを、次の(ア)~(エ)からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 水管に刺激を与え続けると、電位依存性カルシウムチャンネルが活性化する。
- (イ) 水管に刺激を与え続けると、電位依存性カルシウムチャンネルが不活性化する。
- (ウ) 水管に刺激を与え続けると、シナプス小胞が増加する。
- (エ) 水管に刺激を与え続けると、シナプス小胞が減少する。

問 9. 下線部⑥に関して、シナプス可塑性とはどのような現象か、40字以内で説明しなさい。

この図は、ある製品の生産工程を示している。工程は1から10まであり、それぞれが特定の作業を担っている。工程1は材料の準備、工程2は加工、工程3は組立、工程4は検査、工程5は包装、工程6は出荷準備、工程7は出荷、工程8は配送、工程9は販売、工程10は顧客への提供である。各工程は時間とコストを要する。また、工程間の関係も示されている。例えば、工程1は工程2の前提条件であり、工程2は工程3の前提条件である。このように、工程間の依存関係は生産計画に重要な影響を与える。

**4** は次のページから始まります。

この図は、ある製品の生産工程を示している。工程は1から10まであり、それぞれが特定の作業を担っている。工程1は材料の準備、工程2は加工、工程3は組立、工程4は検査、工程5は包装、工程6は出荷準備、工程7は出荷、工程8は配送、工程9は販売、工程10は顧客への提供である。各工程は時間とコストを要する。また、工程間の関係も示されている。例えば、工程1は工程2の前提条件であり、工程2は工程3の前提条件である。このように、工程間の依存関係は生産計画に重要な影響を与える。



4 植物の成長の調節に関する次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えなさい。

植物の成長には、縦方向に伸びる a 成長や横方向に太くなる b 成長などがある。これらは細胞分裂の調節に加えて、個々の細胞の成長方向が制御されることにより起こる。

いくつかの植物ホルモンは細胞の成長を調節する。また、植物ホルモンの1つであるオーキシンの①は重力刺激に対する反応である重力屈性に関わっている。②

被子植物では、茎の先端の芽が活発に成長しているときは、側芽の成長が抑制されていることが多く、この現象にもオーキシンが関わる。側芽の成長調節にはオーキシンとは異なる植物ホルモン④も関わる⑤ことが知られている。

問1. 文中の a と b にあてはまる最も適切な語を記入しなさい。

問2. 下線部①に関して、植物ホルモンが茎の細胞の成長方向に与える影響について図1に示す。下の問い(1)と(2)に答えなさい。

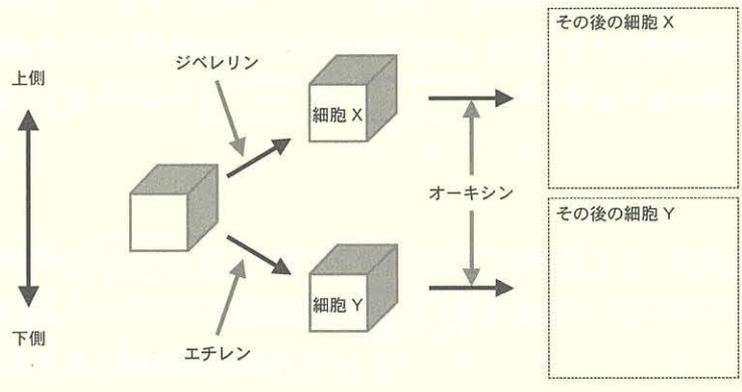
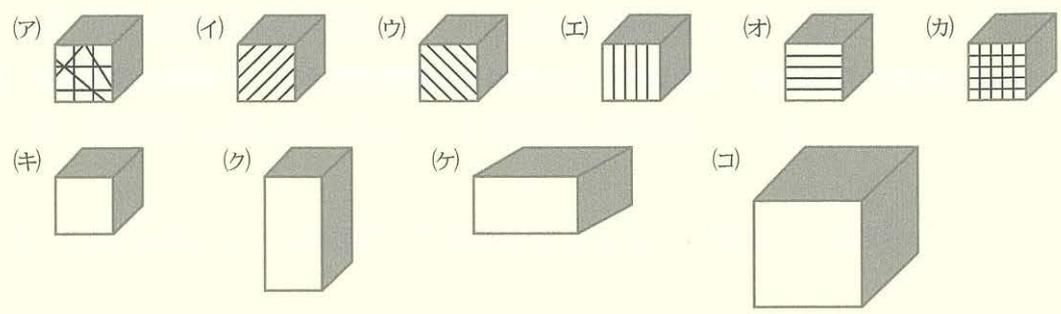


図1

(1) ジベレリンとエチレンは細胞壁のセルロース繊維の並び方を調節する。図1において、ジベレリンまたはエチレンをそれぞれ処理した細胞 X と細胞 Y におけるセルロース繊維の並び方向を示した図として最も適切なものを、次の(ア)～(カ)からそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。また、細胞 X と細胞 Y にオーキシンを処理した後の細胞の形を示した図として最も適切なものを、次の(キ)～(コ)からそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。



(2) 図中で、オーキシンが作用すると茎の細胞の成長は促進する。このとき、オーキシンが細胞壁の構造に与える作用について、「細胞壁」の語を用い、20字以内で説明しなさい。

問 3. 下線部②に関して、植物体を横倒しにすると、茎では負の重力屈性がみられるのに対し、根では正の重力屈性がみられる。このとき、茎でも根でも器官の下側のオーキシン濃度が高くなるが、成長方向が茎と根で異なる理由を60字以内で説明しなさい。

問 4. 下線部③に関して、この現象を何とよぶか答えなさい。

問 5. 下線部④に関して、この現象を示す植物に次のⅠとⅡの処理を行った。処理後の植物の側芽はどうなるか、下の(ア)と(イ)から適切なものをそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。

Ⅰ. 茎頂の芽を切断した。

Ⅱ. 茎頂の芽を切断した後、切り口にオーキシンを与えた。

(ア) 側芽は成長する。 (イ) 側芽は成長しない。

問 6. 下線部⑤に関して、シロイヌナズナでは、Zの合成ができなくなった突然変異体(Z合成変異体)やZの情報伝達に異常が生じた突然変異体(Z情報伝達変異体)が見出されている。これらの変異体では野生型個体に比べて側芽の成長が活発に起こり、枝分かれが多くなる(図2)。

Z合成変異体、Z情報伝達変異体および野生型個体のシロイヌナズナを用いて、組織を切断面で接着して1つの個体とする接ぎ木実験を行った。十分に成長していない(枝分かれする個体でも側芽の成長が見られない時期の)植物体の地上部と根を接ぎ木した後、接ぎ木した個体を十分に成長させて地上部に生じた枝分かれを調べたところ、図3に示すような結果を得た。下の問い(1)~(4)に答えなさい。なお、Zは他の植物ホルモンと同様に組織間を移動して作用すること、地上部と根のどちらでも合成されることがわかっている。また、Z合成変異体では地上部でも根でもZは合成されず、Z情報伝達変異体では地上部でも根でもZの情報伝達が起こらないものとする。

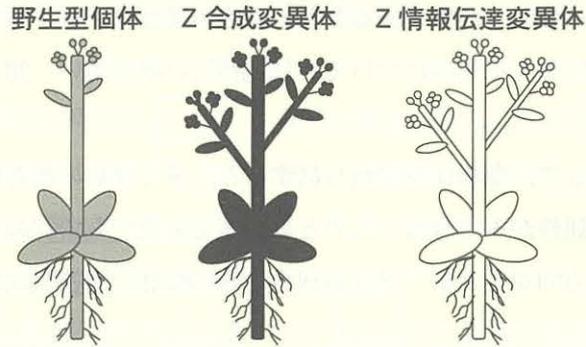


図2 実験に用いた植物

実験

- [実験1] 野生型個体の地上部とZ合成変異体の根を接ぎ木した。
- [実験2] Z合成変異体の地上部と野生型個体の根を接ぎ木した。
- [実験3] 野生型個体の地上部とZ情報伝達変異体の根を接ぎ木した。
- [実験4] Z情報伝達変異体の地上部と野生型個体の根を接ぎ木した。

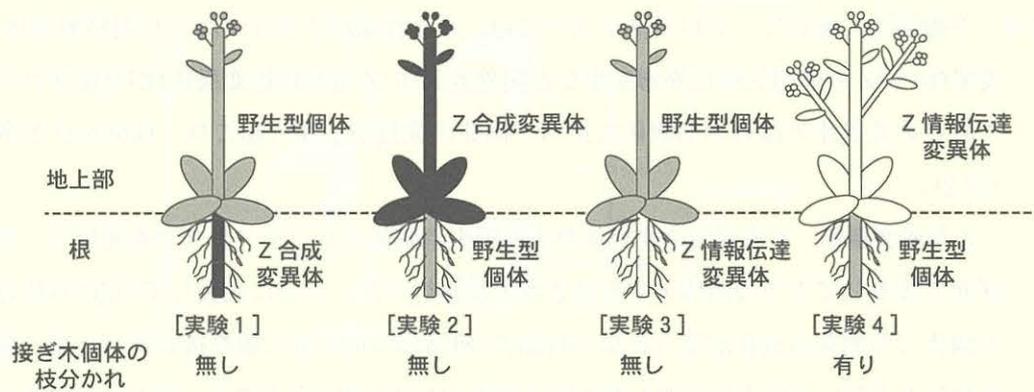


図3 実験の結果

- (1) 実験1と2より推測される記述として間違っているものを次の(ア)~(エ)からすべて選び、記号で答えなさい。
- (ア) 地上部で合成されたZは側芽の成長を抑制する能力がある。
  - (イ) 地上部で合成されたZは側芽の成長を抑制する能力がない。
  - (ウ) 根で合成されたZは地上部へ移動し側芽の成長を抑制する能力がある。
  - (エ) 根で合成されたZは地上部へ移動し側芽の成長を抑制する能力がない。

(2) 実験3と4より推測される記述として間違っているものを次の(ア)と(イ)から1つ選び, 記号で答えなさい。

(ア) Zが正常に合成されていても根におけるZの情報伝達が正常にはたらかないと側芽の成長が抑制されない。

(イ) Zが正常に合成されていても地上部におけるZの情報伝達が正常にはたらかないと側芽の成長が抑制されない。

(3) 実験1～4より推測される記述として間違っているものを次の(ア)～(ウ)からすべて選び, 記号で答えなさい。

(ア) 地上部で合成されたZが存在すれば, 必ず側芽の成長は抑制される。

(イ) 根で合成されたZが存在すれば, 必ず側芽の成長は抑制される。

(ウ) 根で合成されたZと地上部で合成されたZの両方が存在すれば, 必ず側芽の成長は抑制される。

(4) Z合成変異体の地上部とZ情報伝達変異体の根を接ぎ木した個体では枝分かれがほとんど生じなかった。その理由について60字以内で説明しなさい。

5 生物の生態および進化に関する次の文章〔A〕、〔B〕を読み、下の問い(問1～9)に答えなさい。

〔A〕 森林生態系において樹木や草本といった植物の組織中に含まれる炭素は、大気中の二酸化炭素を同化したものである。このように、みずから無機物から有機物を合成する独立栄養生物を  という。同化産物の一部は、一次消費者によって利用される。

窒素はアミノ酸や核酸の構成成分であり、炭素と同様に生物にとって必須の元素である。

ほとんどの植物は、大気中の窒素を直接吸収することはできないが、根粒菌をはじめとした  は、大気中の窒素をアンモニア態窒素( $\text{NH}_4^+$ )に還元することができる。そして、その  $\text{NH}_4^+$  は  によって硝酸態窒素( $\text{NO}_3^-$ )に酸化される。植物は、そのようにしてできた  $\text{NH}_4^+$  や  $\text{NO}_3^-$  を吸収することで、さまざまな生体物質を合成している。

近年、人間活動の影響により、大量の窒素化合物が大気由来で森林に大量に降下することで生じる窒素飽和が問題となっている。森林の生物が利用しきれなかった窒素は土壌から溶出し、③ 渓流水の水質を変化させるおそれがある。

問 1. 文中の  ～  にあてはまる最も適切な語を、次の(ア)～(カ)からそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 分解者      (イ) 生産者      (ウ) 脱窒素細菌      (エ) 硝化菌      (オ) 菌根菌  
(カ) 窒素固定細菌

問 2. 下線部①に関して、植物などの独立栄養生物と一次消費者に関する次の問い(1)～(3)に答えなさい。

(1) 植物と一次消費者に関する記述として間違っているものを、次の(ア)～(オ)から2つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 植物の成長量とは、純生産量から被食量と枯死量とを差し引いたものである。  
(イ) 一次消費者のエネルギー効率を森林生態系と海洋生態系の間で比較すると、ほぼ等しいことがわかっている。  
(ウ) 一次消費者によって同化された有機物の一部は、食物連鎖を通じてさらに上位の栄養段階の生物に利用される。  
(エ) 1つの樹木には多種多様な植物食性昆虫が共存している。  
(オ) 海洋や湖は水深が深くなるほど植物プランクトンの生産性が高くなり、それらを摂食している動物プランクトンの生物量も増加する。

(2) 河川に生息し、河床の付着藻類を摂食するアユは、縄張りをつくることがある。しかし、縄張りをつくるためには、侵入者を排除する、見回りを行う、などの縄張り維持のためのエネルギーが必要となる。そのため、1個体の縄張りの大きさと、縄張りから得られる餌資源由来のエネルギーおよび縄張り維持に要するエネルギーの間には図1のような関係がみられる。1個体の縄張りの大きさが、図1の横軸に示した点A～Cの場合に、縄張りから得られるエネルギーが最大になる縄張りの大きさはどれか。A～Cの記号で答えなさい。

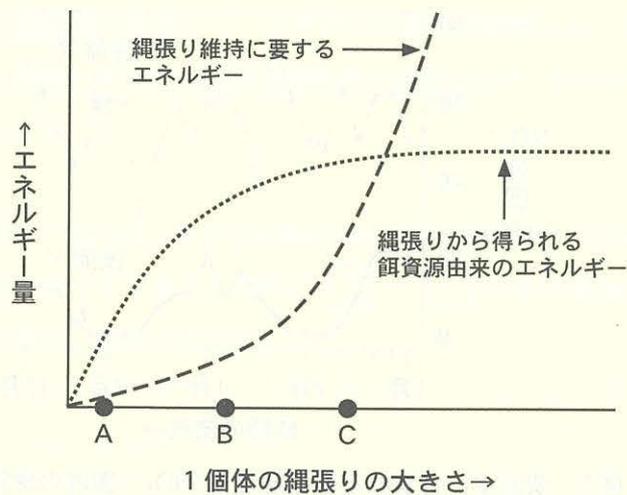


図1

(3) 河川には、アユと同様に付着藻類を摂食するカゲロウ幼虫などの底生無脊椎動物が生息している。これらの底生無脊椎動物を捕食する魚(ウグイやカマツカ)がアユと同じ河川に生息した場合、アユの成長速度が速くなる傾向があった。その理由を60字以内で説明しなさい。

問3. 下線部②に関して、炭素や窒素と同様に生物にとって重要な栄養塩であり、核酸や骨の主要な構成成分でもあり、湖沼や海洋に流出することで赤潮やアオコの大量発生の原因となる元素は何か、元素名または元素記号で答えなさい。

問 4. 下線部③に関して、次の問いに答えなさい。

図2は、北半球の落葉広葉樹林を流れる渓流水を2年にわたり月ごとに採水し、そこに含まれる $\text{NO}_3^-$ 濃度を分析した結果である。窒素飽和が生じていた森林を流れる渓流Xの $\text{NO}_3^-$ 濃度は月間で値が変化していたが、明確な季節変化はみられなかった。一方、渓流Yの $\text{NO}_3^-$ 濃度には明確な季節変化がみられた。その理由を60字以内で説明しなさい。なお、採水時、大規模な出水や渇水は生じていなかったものとする。また、文字数をカウントする際、解答文中に「 $\text{NO}_3^-$ 」を用いる場合は1文字とする。

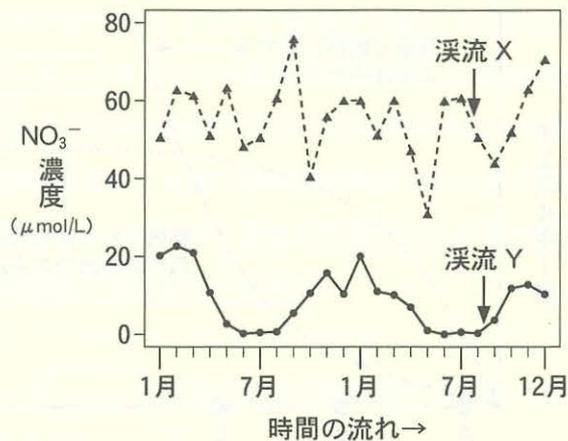


図2 渓流水に含まれる硝酸態窒素( $\text{NO}_3^-$ )濃度の季節変化

- 〔B〕 北米に分布するエディタヒョウモンモドキというチョウ<sup>④</sup>は、オオバコの仲間であるコリンシアを幼虫の食草として利用する。このチョウのネバダ州の孤立した集団で、食草と個体数の変化が調べられた。その結果、この地域でウシの大規模放牧が行われたことにより、個体数が急増した外来生物のヘラオオバコを利用するチョウが、1980年代から徐々に増加していた。一方、コリンシアを利用するチョウは徐々に減少していた。観察の結果、コリンシアで育ったチョウはコリンシアに、ヘラオオバコで育ったチョウはヘラオオバコに産卵する性質を示した。やがて2007年には、調べたすべての個体がヘラオオバコしか利用しなくなっていた。しかし、2005年にウシの大規模放牧が終了したことで、この地域の環境が大きく変化し、チョウの個体数は激減<sup>⑤</sup>して、2008年には集団が絶滅した。2014年に、同じ地域で再びエディタヒョウモンモドキが観察されるようになったが、すべての個体がコリンシアを食草として利用していた。<sup>⑥</sup><sup>⑦</sup><sup>⑧</sup>

問 5. 下線部④に関して、図3は、チョウを含むいくつかの動物の、分子系統学的な解析に基づいた系統関係を示したものである。図中の 1 ~ 7 にあてはまる動物を、次の(ア)~(キ)からそれぞれ1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) クラゲ      (イ) ザリガニ      (ウ) バッタ      (エ) センチュウ      (オ) ヒト  
(カ) カイメン      (キ) ミミズ

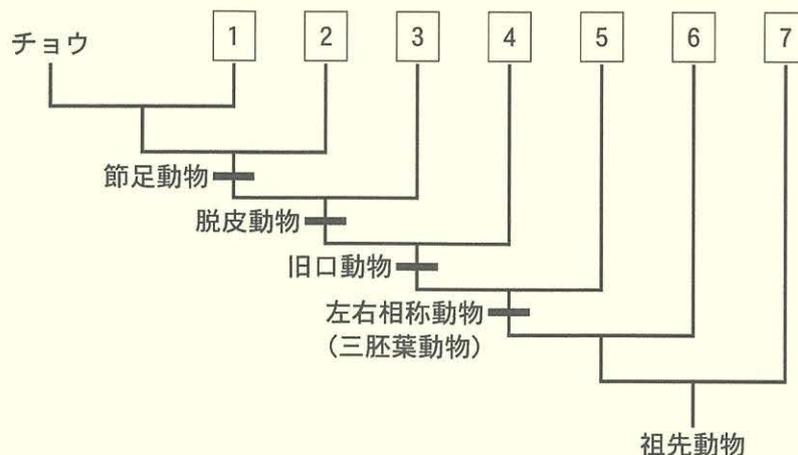


図 3

問 6. 下線部⑤に関して、外来生物が生態系のバランスを崩す可能性が高い状況の説明として正しいものを、次の(ア)~(エ)からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 持ち込まれた外来生物の繁殖力が、在来生物よりも強い。  
(イ) 分布が確認されていない地域に、特定外来生物が持ち込まれる。  
(ウ) 外来生物が持ち込まれた先に、その生物の捕食者や病原菌がいる。  
(エ) 在来生物が、外来生物の攻撃や捕食をさける性質を発達させていない。

問 7. 下線部⑥に関して、コリンシアを利用するチョウが減少した理由として最も適切なものを、次の(ア)~(カ)から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) ヘラオオバコを利用する個体が、この地域に盛んに移動してきた。
- (イ) コリンシアを利用する個体が、別の地域に盛んに移動していった。
- (ウ) ヘラオオバコを利用する個体には、遺伝的浮動が強くはたらいた。
- (エ) コリンシアを利用する個体には、自然選択が強くはたらいた。
- (オ) ヘラオオバコを利用する個体は、捕食者から無視される傾向があった。
- (カ) コリンシアを利用する個体は、捕食者によって選択的に捕食された。

問 8. 下線部⑦に関して、チョウの個体数が激減した理由を「ヘラオオバコ」の語を用いて30字以内で説明しなさい。

問 9. 下線部⑧に関して、チョウが再び観察されるようになった理由を「コリンシア」の語を用いて30字以内で説明しなさい。

