

2026年度

慶應義塾大学入学試験問題

看護医療学部

生 物

- 注 意
1. 受験番号と氏名を解答用紙の所定の欄にそれぞれ記入してください。
 2. 解答用紙は1枚です。解答は、必ず所定の欄に記入してください。
解答欄外の余白、採点欄および裏面には一切記入してはいけません。
 3. 問題用紙の余白は計算および下書きに用いてもかまいません。
 4. この冊子の総ページ数は20ページです。問題文は3～19ページに書かれています。
試験開始直後、総ページ数および落丁などを確認し、不備がある場合はすぐに手を挙げて監督者に知らせてください。
 5. 不明瞭な文字・まぎらわしい数字は採点の対象としませんので注意してください。
 6. 問題冊子は終了後必ず持ち帰ってください。

《 指示があるまで開かないこと 》

〈このページは白紙です〉

〔 I 〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

ポリメラーゼ連鎖反応（PCR）法は、生物学の研究だけでなくDNA鑑定やウイルス感染を確認する検査など、幅広く用いられている。実験操作も簡単であり、「鋳型DNA」,「プライマー」,「4種類の①ヌクレオチド」, および「②DNAポリメラーゼ」を適切な量混合し、温度を変化させるだけで目的DNA断片を短時間で増幅させることができる。温度変化は、約95℃で塩基どうしの結合が切れてDNAが1本鎖になる「変性」, 約55℃でプライマーと1本鎖DNAが結合する「アニーリング」, そして約72℃でDNAポリメラーゼが働く「伸長」のステップがあり、この3ステップで③1サイクルと数える。PCR法では、通常25～40サイクル程度の反応を行う。

問1 ヒトの1個の細胞に含まれるおおよそのDNA量（グラム）を以下の選択肢（ア）～（エ）から1つ選びなさい。なお、ヒトの1細胞に含まれるDNAはおおよそ60億塩基対（二倍体）、1塩基対の平均分子量は650グラム/モル、アボガドロ数は 6.022×10^{23} /モル、とする。

〔選択肢〕

- （ア）約6フェムト（ 10^{-15} ）グラム （イ）約6ピコ（ 10^{-12} ）グラム
（ウ）約6ナノ（ 10^{-9} ）グラム （エ）約6マイクロ（ 10^{-6} ）グラム

問2 下線部①について、ヌクレオチドとヌクレオシドの違いを、「糖」,「塩基」,そして「リン酸」という単語を必ず使用して、1行で答えなさい。

問3 下線部②について、通常のDNAポリメラーゼは最適温度が37℃である。1サイクルごとにDNAを変性させるために95℃にすると、通常のDNAポリメラーゼは不可逆的に失活する。しかしPCR法では、30サイクル程度反応させるが、伸長反応は進行する。その理由としてもっとも適切なものを以下の選択肢（ア）～（オ）から1つ選びなさい。

〔選択肢〕

- （ア）DNAポリメラーゼを大過剰量、反応液に添加しているため
（イ）好熱菌から単離したDNAポリメラーゼを使用しているため
（ウ）反応液の温度を緩やかに高くするため
（エ）iPS細胞由来のDNAポリメラーゼを使用しているため
（オ）反応液中において、DNAポリメラーゼを無細胞系でサイクルごとに作るようにしているため

問4 下線部③について、PCR法で鋳型DNAを100倍に増幅したい時、少なくとも何サイクルの反応を行う必要があるか、もっとも小さい数を整数で答えなさい。

問5 1本のまつ毛からでもPCR法で個人を識別できる。その理由としてもっとも適切なものを以下の選択肢（ア）～（カ）から1つ選びなさい。

[選択肢]

- （ア）根元の毛根に付着している細胞にDNAが含まれているから
- （イ）まつ毛は膜で覆われており、その中の核にDNAが含まれるから
- （ウ）まつ毛の周りにDNAが付着しているから
- （エ）まつ毛はDNAで構成されているから
- （オ）まつ毛の先端はRNAを豊富に含んでいるから
- （カ）定量的PCR法が開発されたから

問6 図1－1はPCR法の1サイクル中の「アニーリング」が終了し、伸長が開始されようとしている様子を模式的に示したものである。以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

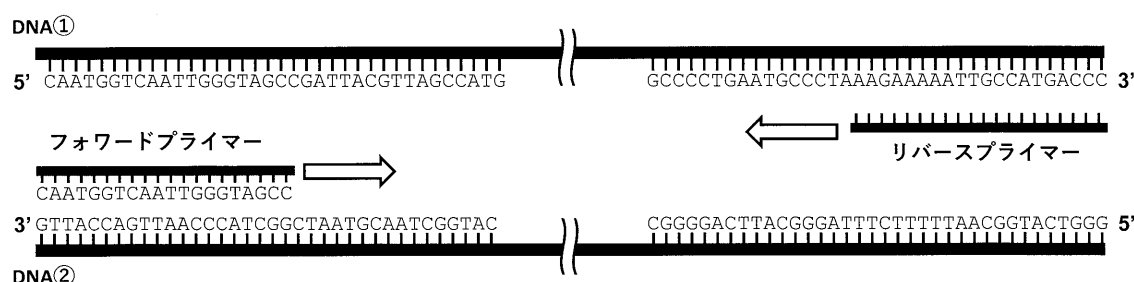


図1－1：PCR法での伸張反応開始の模式図

DNA ①と②は2本鎖（相補的）であったが、約95℃で変性し1本鎖になった。その後、約55℃まで温度を低下させて、フォワードプライマー（アンチセンス鎖の3'側に結合するもの）とリバースプライマー（センス鎖の3'側に結合するもの）をアニーリングさせた。

- （1）リバースプライマーの配列を5'側からATGCATGCATのように10塩基分書きなさい。
- （2）図1－1のフォワードプライマーの塩基配列は5'-CAATGGTCAATTGGGTAGCC-3'であり、5'末端側から4番目の塩基は「T」である。これを「C」に置換したプライマーを用いた場合、PCR法の結果はどのようなになると予想できるか、増幅される場合はそのDNA断片の特徴を、増幅されない場合はその理由を、2行以内で答えなさい。なお、反応液には「鋳型DNA」として図1－1のDNA ①と②だけが存在し、フォワードプライマーとリバースプライマーどうしはアニーリングしないものとする。

(3) 図1-1のフォワードプライマーの塩基配列は5'-CAATGGTCAATTGGGTAGCC-3'であり、3'末端の3塩基は「GCC」である。これを「AAA」に置換したプライマーを用いた場合、PCR法の結果はどのようなになると予想できるか、増幅される場合はそのDNA断片の特徴を、増幅されない場合はその理由を、2行以内で答えなさい。なお、反応液には「鋳型DNA」として図1-1のDNA①と②だけが存在し、フォワードプライマーとリバースプライマーどうしはアニーリングしないものとする。

問7 図1-2は、図1-1のような線状のDNAではなく、環状のDNAを「鋳型DNA」としてDNAを増幅する場合の模式図である。以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

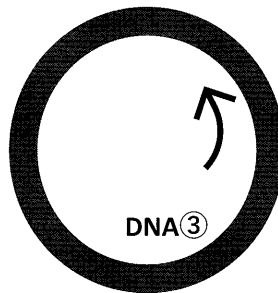


図1-2：DNA③は環状2本鎖である

黒い輪は環状2本鎖DNAを模式的に表している。矢印はプライマーを示す。

(1) 図1-2のようにプライマーを1本しか使用せず試行した場合、その結果、合成されたものはどのようなDNAであると予想できるか、もっとも適切なものを以下の選択肢(ア)～(エ)から1つ選びなさい。なお、反応後のDNA③は特殊な制限酵素によって消化され、「鋳型DNA」はなくなり、DNAポリメラーゼにより合成されたDNAだけが存在するものとする。

[選択肢]

- (ア) 線状1本鎖DNAが合成される。 (イ) 環状1本鎖DNAが合成される。
(ウ) 線状2本鎖DNAが合成される。 (エ) 環状2本鎖DNAが合成される。

(2) 環状DNAに関する説明で正しいものを、次の選択肢(ア)～(カ)からすべて選びなさい。

[選択肢]

(ア) 環状2本鎖DNAの場合、線状2本鎖DNAと同様に、2重らせん構造を形成する。

(イ) 2024年までに自然界では酵母でしか確認されていない。

(ウ) プラスミドと呼ばれるものもあり、遺伝子組換え実験などに用いられる。

(エ) 新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)の流行時、多くの日本人にワクチンとして使用された。

(オ) 大腸菌のゲノムDNAは環状であり、その複製にテロメア配列が重要な役割を担っている。

(カ) 生殖器官で減数分裂の際に、ヒトのゲノムは一過的に環状になる。

問8 図1-3は、図1-1と同じ鋳型DNAを用い、フォワードプライマーとリバースプライマーをそれぞれ10塩基分3'側から5'側へずらした時のPCR法を試みた模式図である。また、図1-4はPCR法を1サイクル終了(伸張まで終了)した時点の模式図である。以下の文章を読んで、設問に答えなさい。

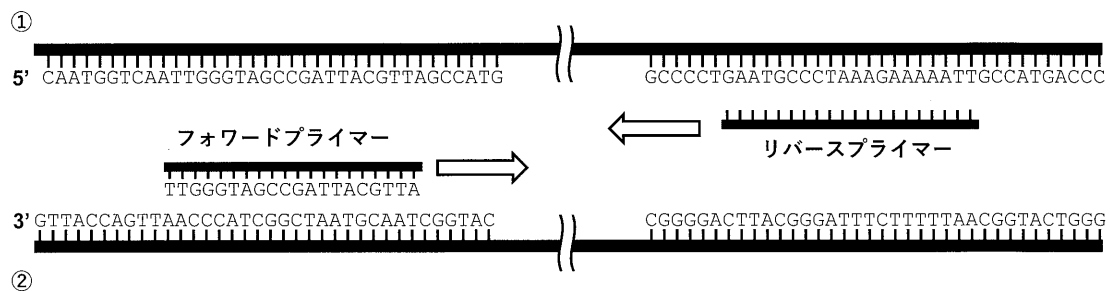


図1-3：図1-1からプライマーの位置をずらしたPCR法の模式図

フォワードプライマーとリバースプライマーは、図1-1と異なる塩基とアニーリングするため、得られるDNA断片は図1-1の時より短くなる。

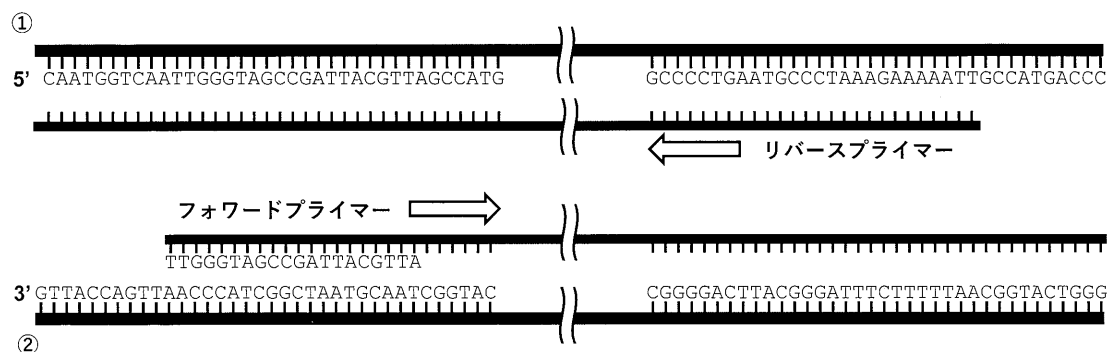


図1-4：図1-3の時点から伸張反応を終了した時点の模式図

伸張したDNAの塩基配列は記載していない。フォワードプライマーとリバースプライマーは図1-3と同じである。

- (1) 図1－3のPCR法を行った場合、図1－4のように、鋳型DNAの長さよりもPCR法によって得られるDNAの長さの方が短く、1サイクルでは目的のDNA断片は取得できない。ここでいう目的のDNA断片とは、伸長反応終了時にセンス鎖とアンチセンス鎖がそれぞれ5'側が10塩基短くなった2本鎖DNAのことをいう。それでは、目的のDNA断片が最初に一組以上できるのは、何サイクル目か整数で答えなさい。
- (2) 図1－3の方法でPCR法をnサイクル反応させた。増幅させたいDNAは何倍になったか答えなさい。なお、解答は整数ではなく、「 $5 \times n + 3$ 」のような数式、または「 $n^{10} + 5n$ 」のようなべき乗を含めた数式で表しなさい。また、反応効率100%とし、DNAポリメラーゼ活性、プライマーや4種類のヌクレオチドの量が原因となる反応停止はないものとする。
- (3) 目的の組換えタンパク質を生産したい時にも、PCR法はよく利用される。100個のアミノ酸からなる目的のタンパク質Xのアミノ酸配列がN末端側からメチオニン、セリン、トリプトファン、グルタミンであり、98番目から100番目のアミノ酸はシステイン、イソロイシン、アスパラギン酸である。フォワードプライマーとリバースプライマーの配列を、表1－1を参考にしてATGCATGCATのように10塩基分、解答用紙の配列を5'側から完成させなさい。

二番目の塩基										
		T		C		A		G		
一 番 目 の 塩 基	T	TTT	フェニルアラニン	TCT	セリン	TAT	チロシン	TGT	システイン	T
		TTC		TCC		TAC		TGC		C
		TTA	ロイシン	TCA		TAA	終止コドン	TGA	終止コドン	A
		TTG		TCG		TAG		TGG		トリプトファン
	C	CTT	ロイシン	CCT	プロリン	CAT	ヒスチジン	CGT	アルギニン	T
		CTC		CCC		CAC		CGC		C
		CTA		CCA		CAA	グルタミン	CGA		A
		CTG		CCG		CAG		CGG		G
	A	ATT	イソロイシン	ACT	トレオニン	AAT	アスパラギン	AGT	セリン	T
		ATC		ACC		AAC		AGC		C
		ATA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A
		ATG	メチオニン	ACG		AAG		AGG		G
	G	GTT	バリン	GCT	アラニン	GAT	アスパラギン酸	GGT	グリシン	T
		GTC		GCC		GAC		GGC		C
		GTA		GCA		GAA	グルタミン酸	GGA		A
		GTG		GCG		GAG		GGG		G
三 番 目 の 塩 基										

表1－1：一般的な遺伝暗号表

Tはチミン、Cはシトシン、Aはアデニン、そしてGはグアニンを示している。

〔Ⅱ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

現存する①バクテリアの鏡像生命（ミラーバクテリア）が合成されると、現在地球上に存在する生命（現存生命）の存在が脅かされるかもしれない。「人類は鏡像生命の脅威に直面している」と題する意見論文が2024年の12月に著名な科学誌に出版され、話題を集めた。鏡像生命とは、現存生命の部品が全て鏡写しになった分子によって構成されるもので、今はまだ存在しないが、生命科学技術の発展によって30年以内に創成されるのではないかと、言われている。

鏡像生命を理解するには、まず生命の部品が鏡写しとは何なのかを理解する必要がある。これは、酵素やDNA、そして生命の材料となる分子が全て鏡像異性体であることを意味する。鏡像異性体とは右手と左手のように鏡に映して初めて同じ形状になるもので、お互いを区別するためにラテン語でそれぞれ右と左を意味する *dextro* と *levo* をとってD型とL型といった分類がなされる（注）。不思議なことに、現存生命の酵素（すなわち②タンパク質）や③DNA, RNAといった高分子は、通常D型もしくはL型の片方のみが重合してできている。たとえば、現存生命の酵素はL型のアミノ酸のみが重合したものであり、DNAやRNAはD型の糖のみが重合したものである。

化学合成の技術により、D型のアミノ酸からなる酵素や、L型の糖からなるDNAやRNAが合成可能になってきている。興味深いことに、あ が同じであれば、L型のアミノ酸からなる酵素とD型のアミノ酸からなる酵素の立体構造も鏡写しの関係になるのである。通常、酵素は い があり、活性部位にぴったりとはまる化合物のみ反応を触媒する。D型のアミノ酸からなる酵素では、この い もL型のアミノ酸からなる酵素の鏡写しになる。たとえば、④L型のアミノ酸からなるグルコキナーゼがD型のグルコースをD型のグルコース6リン酸へと変換するのであれば、D型のアミノ酸からなるグルコキナーゼはL型のグルコースをL型のグルコース6リン酸へと変換する。

い は分解酵素や受容体にも存在することから、ミラーバクテリアの脅威が指摘されている。まず、血中に存在する分解酵素はL型アミノ酸からなる酵素を認識するため、D型アミノ酸からなる酵素を分解できない。また、⑤幅広い病原体に対して作用する自然免疫も、現存するバクテリアの成分に適応しているため、ミラーバクテリアには作用しない。一方、バクテリアは う やピルビン酸といった⑥「鏡像異性体が存在しない分子」を利用して増殖することができる。これらのことから、ミラーバクテリアは体内で分解されず、自然免疫も効かず、さらには生体内に存在する「鏡像異性体が存在しない分子」を利用して増える存在であることが示唆されている。すなわち、ミラーバクテリアは免疫で駆除できない非常に危険なバクテリアとなる可能性が指摘されている。

ただし、話はそこまで簡単ではない。無敵に見えるミラーバクテリアも塩素やエタノールで消毒すれば死ぬ。体内で酵素が分解されないとしても、細胞膜は分解されうる。これらの脆弱性も踏まえつつ、⑦鏡像生命を創るための技術について、どこまで規制をかけるべきかが議論されつつある。

(注) 鏡像異性体が存在する最も簡単な例は、炭素から結合する4つの原子団が全て別の場合である。

図2-1のように、乳酸は1つの炭素原子にCOOH, OH, CH₃, Hと異なる分子が結合していることから鏡像異性体を持つ。一方、プロピオン酸は乳酸と構造が似ているが、真ん中の炭素原子に結合する分子はCOOH, OH, Hであり、このうちHが2つ結合しているため、鏡像異性体を持たない。また、アミノアジピン酸は、1つの炭素原子にCOOH, NH₂, H, (CH₂)₃-COOHという4つの異なる分子が結合しているものがあることから鏡像異性体を持つ。

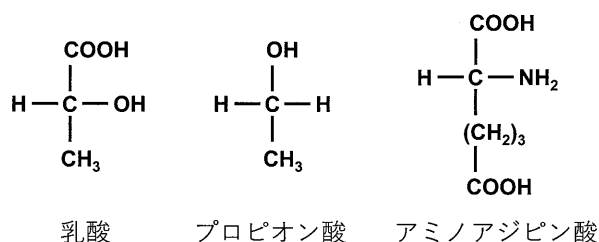


図2-1：乳酸，プロピオン酸，アミノアジピン酸の分子構造

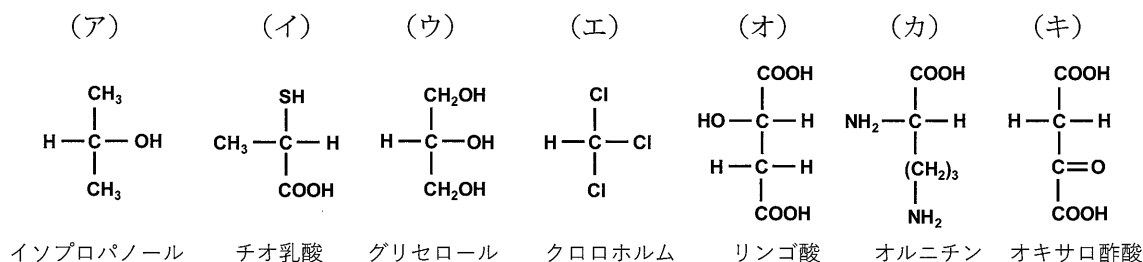
問1 あ に当てはまる最も適切な用語を次の選択肢から1つ選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- | | | |
|----------|---------|-------------|
| (ア) 分子量 | (イ) 等電点 | (ウ) 一次構造 |
| (エ) 四次構造 | (オ) 細胞質 | (カ) ミトコンドリア |

問2 い に当てはまる用語を漢字で答えなさい。

問3 (注)を参考に、下の図の中から鏡像異性体を持つ分子を、下の図の(ア)～(キ)の中からすべて選び、記号で答えなさい。



問4 う はタンパク質を構成する20種類のアミノ酸の中で、鏡像異性体が存在しないものである。そのアミノ酸は何か、答えなさい。

問5 下線部①に関し、バクテリアと真核生物の組み合わせとして正しいものを、下表の(ア)～(カ)の組み合わせから1つ選び、記号で答えなさい。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)	(カ)
バクテリア	アメーバ	メタン生成菌	ゾウリムシ	ミカヅキモ	ネンジュモ	大腸菌
真核生物	パン酵母	枯草菌	ミドリムシ	肺炎双球菌	卵菌	乳酸菌

問6 下線部②に関し、酵素Pのフォールディングを助けるシャペロンEが、酵素Pの鏡像異性体(鏡像酵素Q)のフォールディングも助けることができるかを検証する実験を行う。この検証実験の手順として最も適切な順序を選択肢の中から1つ選び、記号で答えなさい。ただし、シャペロンEやシャペロンEの鏡像異性体は尿素によって変性しないものとし、酵素Pも鏡像酵素Qもシャペロンが存在しない場合フォールディングできないとする。

[実験操作]

- (1) 鏡像酵素Qの活性を確認する。
- (2) 鏡像酵素Qを尿素によって変性させる。
- (3) シャペロンEを添加する。
- (4) シャペロンEの鏡像異性体を添加する。
- (5) 透析によって尿素を抜く。

[選択肢]

- (ア) 1→2→3→5 (イ) 1→2→4→5 (ウ) 2→1→4→5
 (エ) 2→5→4→1 (オ) 2→3→5→1 (カ) 3→4→2→1
 (キ) 3→2→4→1 (ク) 1→2→3→4→5 (ケ) 2→3→4→5→1

問7 下線部③に関し、DNAとRNAの説明において、正しいものを選択肢から1つ選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (ア) DNAの情報を転写してRNAにするためにはtRNAが必要である。
 (イ) RNAの情報を翻訳してタンパク質に変換する分子にはRNAが含まれている。
 (ウ) 真核生物において、DNAは核にのみ存在する。
 (エ) 真核生物において、RNAは細胞質にのみ存在する。
 (オ) バクテリアにおいては、RNAは逆転写されることで合成される。
 (カ) バクテリアのほとんどの遺伝子は、イントロンによって分割されている。

問8 下線部④に関し、グルコース6リン酸は解糖系の2番目の反応の基質である。また、グルコキナーゼは1分子のグルコースと1分子のATPから1分子のグルコース6リン酸を合成する。これらのことと、グルコースを解糖することで得られるATPと消費されるATPの数を踏まえると、嫌気呼吸においてグルコース6リン酸1分子から差し引き何分子のATPが合成されるか、数字で答えなさい。

問9 下線部⑤に関し、次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 自然免疫について、正しいものを選択肢の中から1つ選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (ア) 細胞性免疫とも呼ばれる。
- (イ) キラーT細胞や制御性T細胞の増殖が重要である。
- (ウ) マクロファージが好中球を食作用によって取り込むことで活性化する。
- (エ) フィブリンと呼ばれるタンパク質が形成されることで痛みが生じる。
- (オ) グルカゴンと呼ばれるホルモンが脳下垂体前葉に作用することではじまる。
- (カ) 間脳の視床下部に作用する物質を放出し、体温の設定値上昇に関わる。

(2) ヒトには生まれつき備わっている自然免疫だけでなく、抗原にさらされることで生じる適応免疫も存在する。次の選択肢の中から、適応免疫が存在する場合にのみ生じるものを、すべて選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (ア) リンパ節の形成 (イ) 花粉症 (ウ) リゾチームの合成
- (エ) 樹状細胞の食作用 (オ) 炎症 (カ) 子宮頸がんワクチンによる発症予防効果

(3) 自然免疫に関与する遺伝子TLR2が破壊されたマウスの成熟個体(TLR2欠損マウス)に、バクテリアを感染させる実験を行った結果が表2-1と図2-2である。表2-1は、各条件のマウスにおけるTLR2遺伝子の発現量を、ウエスタンブロットという手法により発現量をバンドの濃さに変換することで確認した結果をまとめたものである。また、図2-2は表2-1の各条件のマウスにバクテリアを感染させたときの生存曲線である。データから示唆されるものとしてもっとも適切なものを、選択肢の中から2つ選び、記号で答えなさい。

表 2－1：各条件のマウスにおける TLR2 遺伝子の発現確認結果

	条件 1	条件 2	条件 3
マウス	通常のマウス同士の子	TLR2 遺伝子欠損マウス同士の子	TLR2 遺伝子欠損マウスと、通常のマウスとの子
TLR2 のバンド	濃い	見えない	濃い

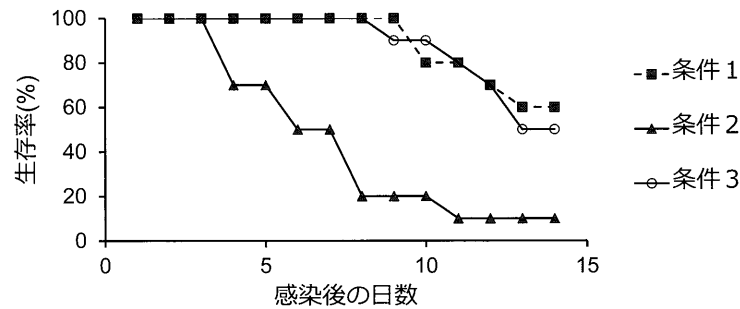


図 2－2：各条件のマウスにおけるバクテリア感染後の生存曲線

[選択肢]

- (ア) TLR2 遺伝子の欠損は胎生致死ではなく、マウスは性成熟個体になることができる。
- (イ) TLR2 遺伝子が発現するマウスはバクテリアの感染によって子孫が早く生まれる。
- (ウ) マウスは TLR2 遺伝子が発現している場合にはバクテリアに感染しやすい。
- (エ) マウスは TLR2 タンパク質が機能しない場合、バクテリア感染によって死にやすくなる。
- (オ) TLR2 欠損マウスはバクテリアの感染によって TLR2 遺伝子が発現する。
- (カ) TLR2 遺伝子の発現量が多いマウスはバクテリアの感染によって死にやすい。

問10 下線部 ⑥ に関し、光や音といった刺激や、二酸化炭素、酸素、水といった分子は鏡像異性体の存在しない基質と考えることができる。一方、鏡像生命の細胞内では DNA も酵素も補酵素も全て現存生命の鏡像異性体である。さらに、L 型の糖からなる DNA と D 型の糖からなる DNA は 2 本鎖を形成することができない。これらを踏まえると、鏡像生命の性質として最も適切と考えられる文章を、選択肢の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (ア) 植物の鏡像生命は地球環境では光合成できない。
- (イ) マウスの鏡像生命は酸素で呼吸ができるが、吐き出す分子は二酸化炭素ではない。
- (ウ) 人類の鏡像生命の視覚は現存生命と同じであるが聴覚は現存生命と異なる。
- (エ) 鏡像生命と現存生命は交配による子孫はできない。
- (オ) マウスの鏡像生命は水を飲むだけで太ることができる。

問11 下線部⑦に関し、ミラーバクテリアの規制が議論されはじめた背景には、遺伝子組換えの規制が最初にアシロマにおいて議論された1975年から2025年が50年目であることも関係している。遺伝子組換えは、様々な知見と議論を経て、日本を含む多くの国では「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」が施行されている。この法律は一般に何と呼ばれるか。選択肢の中から正しいものを1つ選び、記号で答えなさい。

[選択肢]

- (ア) 外来生物法 (イ) ABS指針 (ウ) 生物多様性基本法
(エ) ワシントン条約 (オ) カルタヘナ法 (カ) 環境アセスメント

問12 実際にミラーバクテリアが合成され、研究室で培養を続ける実験を行ったと仮定する。

実験は、ミラーバクテリアの細胞を培地（ミラーバクテリアが細胞分裂可能な溶液）に入れ、細胞分裂により一億匹を超えたら溶液の0.0001%を新しい培地に移すという作業とする。この作業を繰り返し1万回行った。この1万回のうち、1000回ごとに得られた溶液のミラーバクテリアの集団を、希釈後に寒天培地に広げて植え、細胞を単離した。希釈は十分であり、ミラーバクテリア1細胞ごとに1つのコロニーといわれる集団を形成した。コロニー100個からそれぞれDNAを抽出し、ミラーバクテリアのDNA配列を解析する機械でゲノム配列を決定した。

寒天培地で単離する過程と、その後にゲノム配列を決定するまでの間にゲノム配列は変わらないとする。さらに、ミラーバクテリアは現存生命と同程度にDNA配列に変異が入り、実験操作において外部からバクテリアは混入しないものとする。この場合、この実験から得られるゲノム配列の結果としてもっともありそうにないものを選択肢の中から1つ選び、記号で答えなさい。また、どうしてその選択肢がありそうにないか、その理由を2行以内の文章で説明しなさい。ただし、語句群の中から1つの用語を選んで使用すること。

[選択肢]

- (ア) 1000回ごとに解析する100個のコロニーの間ではDNA配列は似ていない。
(イ) 8000回後に解析した集団のDNAは、2000回後より4000回後の解析結果に似ている。
(ウ) 使用した培地で増殖しやすい変異の入ったミラーバクテリアが優先的に増えていく。
(エ) 同じ実験をやり直した場合、最終的なミラーバクテリアのDNA配列は異なる。
(オ) 1万回後に単離するコロニーは全てミラーバクテリアである。
(カ) 培養を繰り返すうちに、一億匹に増えるまでの時間が短くなる傾向がみられる。

[語句群] 自然選択、中立進化、適応進化、びん首効果、分子時計、生殖的隔離

〔Ⅲ〕 次の文章を読んで設問に答えなさい。

麻（あさ）には多くの種類があり、人類は古代より様々な目的で利用している。まず①繊維材料として、イラクサ（苧麻；ちょま）、クワ科（大麻）、アマ科（亜麻）がよく用いられている。ただし麻の織物産業としての市場は、綿や人工繊維の台頭により大幅に衰退することとなった。日本では、神道における神事や祭事で用いる神祭具（しめ縄など）のほか、食品（七味唐辛子など）のような日用品で麻を用いてきた歴史がある。

また、大麻には100種類を超えるカンナビノイドが含まれるが、その中でも含有量の多いテトラヒドロカンナビノール（THC）やカンナビジオール（CBD）の生理活性が注目されている。これらの低分子化合物は抗真菌作用や殺虫作用があることから、カンナビノイドの産生は大麻が進化する過程で獲得した形質と考えられる。国内の野生種はTHCやCBDの含有量が少ない繊維型（THC含量は1％程度）に分類されるが、その取り扱いには第二次世界大戦後、法令で規制されている。近年、②品種改良によってさらにTHC含有が少ない種（0.3％以下）が開発された。神祭具などの限られた目的ではあるが、許可を受けた一部の農家で改良種が栽培され、国内での生産体制を維持している。

一方、薬用型大麻や中間型マリファナは③カンナビノイドが高濃度（数％～30％）含まれている。THCとCBDでその④薬理効果は異なるが、例えばTHCは学習能力を著しく低下させ、精神病に類似の作用を引き起こし、不安を増大させる一方、共存するCBDはこれらTHCの有害性を緩和するとされている。人類は大麻を宗教的儀礼のほか嗜（し）好品としても利用してきたものの、現代では嗜好目的での大麻の使用はほとんどの国と地域で禁止（または制限）されている。近年、内因性カンナビノイドやカンナビノイド受容体が発見され、サブタイプの違いで発現する神経系が異なることが明らかとなった。内因性カンナビノイドは記憶や痛みのほか、食欲、脳内報酬系における役割がある。カンナビノイドを活用し、うつ病などの精神病を対象とした治療の試みが続けられているが、その効果は人によって異なり、継続した研究が必要である。

問1 下線部①に関連する次の文章において、設問に答えなさい。

- （1）草木の繊維は、単糖が多数結合してできる多糖であるセルロースを主成分としている。セルロースを構成している単糖は何か、カタカナで答えなさい。
- （2）図3－1のうち、セルロースの構造としてもっとも適切な模式図を（A）～（D）から1つ選びなさい。また同様にグリコーゲンに該当する模式図を（A）～（D）から1つ選びなさい。

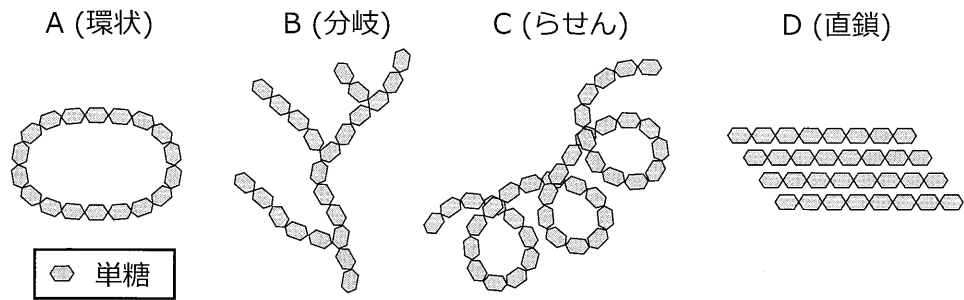


図3-1 単糖が連結した多糖構造を有する天然高分子の模式図

問2 下線部②に関連し、品種改良および遺伝子組換え技術に関する説明文のうち、正しいものを以下の選択肢（ア）～（オ）からすべて選びなさい。

[選択肢]

- （ア）形質の異なる品種同士を掛け合わせることを交配という。交配により、効率よく品種改良をすることが可能である。
- （イ）遺伝子の入れ替えを伴うことから、異なる品種の掛け合わせは遺伝子組換え技術の1つに分類される。
- （ウ）果実が大きい品種と病気に強い品種を交配し、この交配作業を何度も繰り返すことで、果実が大きくて病気に強い新品種を作り出すことができる。
- （エ）遺伝子組換え技術によって害虫抵抗性のある遺伝子を導入した作物は、遺伝子組換え食品として取り扱う必要がある。
- （オ）ゲノム編集技術によって目的の遺伝子を改変した場合、法律で必ず規制される。

問3 下線部③に関連する次の文章において、設問に答えなさい。

- （1）植物などの生産者が光合成によって有機物を生産することを物質生産という。太陽光の受け方は葉の大きさや形態、つき方に依存して異なる。植物群集の高さに対し、光合成器官および非光合成器官の分布を、相対照度とともに図示したものを何というか、漢字で答えなさい。
- （2）上記の光合成器官の分布の違いにより、植物の中でも草本植物は2つの型に分類できる。光合成器官が植物群集の比較的下層に偏っている型は何か、答えなさい。
- （3）欧州において医療で用いるカンナビノイドの生産のため、ある薬用型大麻を温室（自然光）で種子から栽培した。4ヶ月後、収穫した大麻を乾燥し、すべての花と葉を茎から剥がし、花と葉の重量を測定した（図3-2左）。ガスクロマトグラフィー法を用い、花と葉に含まれるTHCおよびCBDの量（g）を測定し、収穫月の栽培面積1m²あたりの量で示した（図3-2右）。一方、温室で栽培した大麻を切除して挿し木とし、屋内の生育室で同じく4ヶ月育てて

収穫した。この生育室では太陽光の代わりに水銀ランプもしくはナトリウムランプを用いて、毎日12時間照射した。水銀ランプとナトリウムランプの照射強度は、それぞれ20 W/m²および60 W/m²であった。同じ照射時間の場合でも、ナトリウムランプで栽培した条件では、栽培した単位面積あたりのカンナビノイドの収量が夏では1.2倍程度、冬では3倍程度に増えた。これらの結果と図3－2から読み取れる内容を記した文章として、もっとも適切なものを選択肢（ア）～（オ）から1つ選びなさい。

[選択肢]

- （ア）THCと比較し、CBDの収量は月ごとの変動が少なく、年間を通じて一定量の生産が見込める。
- （イ）差し木から育てた場合と種子から育てた場合で、THCとCBDの収量が異なる。
- （ウ）冬に収穫した大麻から得られるカンナビノイドの収量は夏よりも少ないが、これは日照量の違いが原因の1つと考えられる。
- （エ）どの収穫時期でもTHCの収量はCBDより多かったが、これは太陽光で栽培したからであり、光源スペクトルが異なる水銀ランプ下ではCBDの収量はTHCより多くなる。
- （オ）花と葉の収穫量は冬の方が少ないため、温室全体から得られるカンナビノイド収量は夏と冬で変わらない。

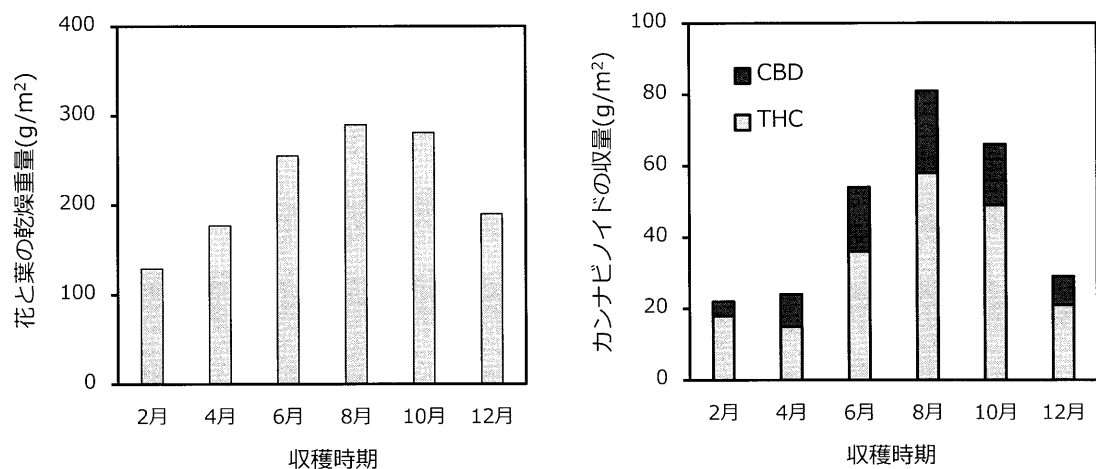


図3－2 温室で育てた大麻から採取された花と葉の乾燥重量（左）および各カンナビノイドの収量（右）。縦軸は栽培した単位面積（m²）あたりの重さで示した。

- (4) 生産者が無機物から合成した有機物が、生態系で利用され移動する物質収支をまとめたものが図3-3である。生産者が合成した総生産量は、純生産量と **あ** に分けることができる。また純生産量のうち、生産者が一次消費者に被食された量（被食量）と枯死量を除いたものが **い** である。図3-3が示すように、同様のことは一次消費者と二次消費者の間でも生じている。**あ** と **い** にあてはまる語句は何か、答えなさい。また生産者の被食量に相当する一次もしくは二次消費者の **う** は何か、答えなさい。

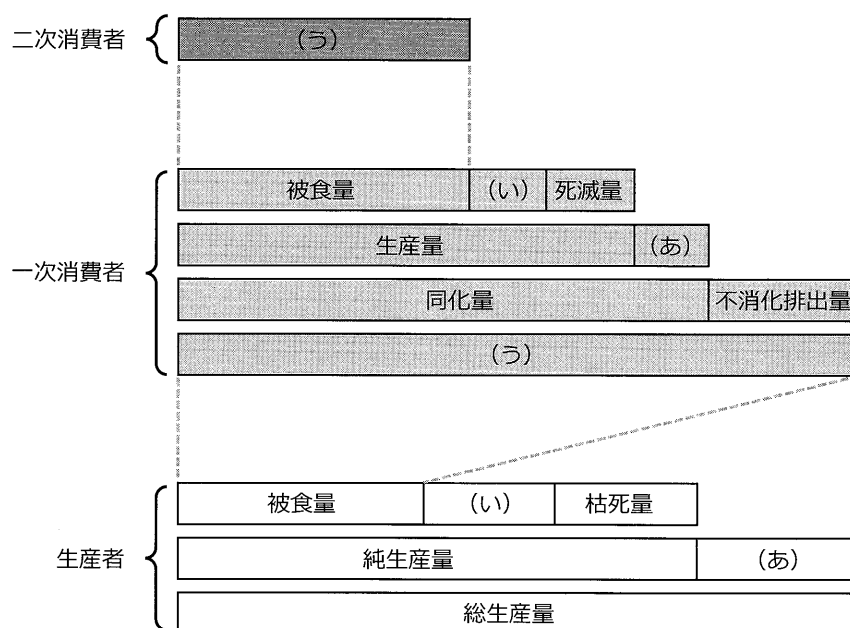


図3-3 生態系における生産者と消費者との間の物質収支

問4 下線部④に関連する次の文章において、設問に答えなさい。

- (1) 神経系は神経細胞（ニューロン）とニューロンを取り囲む細胞で構成される。脊椎動物のニューロンの軸索には複数の細胞が巻き付き、髄鞘（ずいしょう）が形成されている。軸索を取り囲んで筒状の構造となり、髄鞘を形成する細胞名を答えなさい。
- (2) ニューロンの興奮が神経終末に伝達された際、カルシウムイオン（ Ca^{2+} ）の流入が生じる。 Ca^{2+} の濃度上昇の後、どのような仕組みで情報がシナプス後細胞に一方向に伝わるのか、2行以内で説明しなさい。
- (3) 大麻への急性または慢性曝露（常用者を想定）による報酬系（多幸感などに関与）および認知関連回路への影響を調べるため、マウスやヒトなどで行った研究に基づき、CB1受容体の脳組織における発現量と神経伝達物質の放出量を表3-1にまとめた。カンナビノイド受容体のうち、THCの主な受容体であり、神経細胞に発現してTHCに関連した神経伝達を制御するCB1に着目した。カンナビノイド急性曝露時には、中脳辺縁系の側坐核（NAc）

においてドーパミン（DA）放出の増加や、物質A放出および抑制性シナプスで使われる神経伝達物質であるγ-アミノ酪酸（GABA）放出の低下などが観察され、これは他の依存性麻薬によって引き起こされる変化と同様であった。NAcにおけるオピオイドペプチド（Opep）放出の増加も、報酬系を引き起こしていると考えられる。また認知機能障害は、海馬（HIPP）および前頭前野（PFC）におけるアセチルコリン（ACh）放出の減少、PFCにおけるGABA放出の減少と物質A放出の増加、およびHIPPにおけるノルアドレナリン（NA）放出の増加が原因と考えられる。一方、慢性曝露時には、大部分の脳領域におけるCB1受容体の発現および機能の低下をもたらし、NAcにおけるDA放出を減少させ、中脳辺縁系の報酬関連シグナル伝達機構を阻害する。DAは多幸感などを引き起こす報酬系の神経伝達物質であるため、NAcにおけるストレス関連シグナル伝達の増加は、線条体のDA機能の欠損と連携してTHCの禁断症状に関連する否定的な感情の誘因に寄与している可能性がある。以上の説明をもとに、表3－1における脳の部位（A）～（D）においてHIPPに該当するものを1つ選びなさい。ただし、表3－1に示した脳の部位はHIPP、NAc、PFC、腹側被蓋野（VTA）の4つである。

表3－1 脳の各部位におけるカンナビノイド曝露にともない放出される神経伝達物質の増減とCB1受容体の発現量の変化

脳の部位	神経伝達物質の放出*		CB1受容体の発現量	
	急性曝露	慢性曝露	急性曝露	慢性曝露
(A)	ACh↓ GABA↓ 物質A↑	GABA↓	高い	中程度
(B)	ACh↓ NA↑	ACh↓ NA↑	高い	中程度
(C)	DA↑ GABA↓ Opep↑ 物質A↓	DA↓ GABA↓ 物質A↓	中程度	低い
(D)	－	－	中程度	中程度

*曝露前と比較して、「↑」と「↓」はそれぞれ増加もしくは減少したことを示す

- (4) 物質Aは何か、以下の選択肢(ア)～(カ)から1つ選びなさい。ただし、物質Aはタンパク質の合成にも用いられる神経伝達物質である。

[選択肢]

- (ア) オルニチン (イ) トリプトファン (ウ) エピネフリン
(エ) チロシン (オ) グルタミン酸 (カ) セロトニン

- (5) 表3-1および(3)の説明文から読み取れる結果として、もっとも適切な文章を選択肢(ア)～(カ)から2つ選びなさい。

[選択肢]

- (ア) 大麻を常用するとNAcでのDA放出が増加するため、急性時と同じ報酬効果を求めて、より大量の大麻を欲すると考えられる。
- (イ) 急性曝露の認知機能障害の原因の一端は、HIPPにおける神経伝達物質放出の変化にあると考えられるが、慢性的な大麻使用時においても同様の機構が動いていると考えられる。
- (ウ) 慢性時に起きる禁断症状は、THCの投与で緩和されるが、これはTHCがCB1受容体の発現を回復させるからである。
- (エ) 使用する大麻のTHC濃度が高いほど、中毒になる確率が高まると考えられる。
- (オ) PFCにおけるGABA放出量の低下はニューロンの活動電位を生じにくくさせることになるため、認知機能が低下すると考えられる。
- (カ) CB1受容体の発現量は脳の広い領域で急性曝露時と比べて慢性曝露時に低くなる傾向にあり、それとともに、急性曝露時と慢性曝露時の神経伝達物質の放出が変化すると考えられる。

〈このページは白紙です〉