東海大学

2025 年度　一般選抜　生物

1 以下の各問に答えなさい。

問 1. ほぼすべての生物が，生命維持や活動のために，生体内で一次的に蓄えることのできるエネルギーの種類はどれか。最も適切なものを以下の選択肢ア～カの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア．運動エネルギー　　イ．電気エネルギー　　ウ．光エネルギー
エ．化学エネルギー　　オ．熱エネルギー　　カ．位置エネルギー

問 2. 物質が変化するとき，反応前後の物質が持つエネルギーは変化する。生体内には，この変化をおこす際に必要となるエネルギー（物質の初期状態と中間状態とのエネルギーの差）を小さくするためにはたらく生体分子が存在している。この分子の主要部分は，その反応の前後で消失したり，その特性が大きく変化したりすることはない。この分子の主要部分は主にどのような構成成分でできているか。最も適切なものを以下の選択肢ア～カの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア．糖質　　イ．タンパク質　　ウ．脂質　　エ．核酸　　オ．ミネラル　　カ．ビタミン

問 3. 酵母は，生育環境に応じて異なる代謝機構によってエネルギーを獲得することができる。酸素が十分にある好気的な環境下で生育していると，(1) 大量の ATP を効率よく産生することのできる代謝がおこる。一方で，嫌気的な環境下で生育していると，異なる代謝がおこり，生存に必要な ATP を産生する。酵母の大多数の菌株において，このような生育環境に応じた代謝変化がおこる際，(2) 細胞小器官の構造や存在自体に変化が生じる。下線部 (1) の代謝と下線部 (2) の細胞小器官について，最も適切なものを以下のそれぞれの選択肢ア～オの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

【下線部 (1) 選択肢】
ア．基質レベルのリン酸化反応
イ．解糖
ウ．光リン酸化反応
エ．アルコール発酵
オ．酸化的リン酸化反応

【下線部 (2) 選択肢】
ア．ミトコンドリア
イ．ゴルジ体
ウ．核
エ．ペルオキシソーム
オ．リソソーム

問 4. 次の文章を読み，以下の各問に答えなさい。なお，文章中の各空欄，（気体分子 1～3）には (1) の選択肢語句，（代謝経路 1～6）には (2) の選択肢語句，（イオン・分子 1～6）には (3) の選択肢語句，（細胞小器官の構造領域部位 1～6）には (4) の選択肢語句，（代謝産物 1～5）には (5) の選択肢語句のいずれかが，当てはまる。各選択肢において，重複選択される語句はないものとする。

嫌気的な環境下で生育する微生物には，（　代謝産物 1　）を分解し，2 分子の（　代謝産物 2　）を生成して，2 分子の（　気体分子 1　）を排出する過程で，エネルギーを獲得するものがある。一方，人体では骨格筋で，酸素が不十分となる場合に似たような反応がおこる。このとき，（　代謝産物 1　）は分解されるが，2 分子の（　代謝産物 3　）を産生するため，これを再びエネルギー源として，体内で利用することができる。

植物では，（　気体分子 1　）と水を原料とする同化反応の光合成が葉緑体で起こる。（　細胞小器官の構造領

域部位１ ）では，光化学系の反応中心のクロロフィルにおいて生じた電子を利用して，（ 代謝経路１ ）を構築して，（ 細胞小器官の構造領域部位２ ）に（ イオン・分子１ ）濃度勾配を生み出している。（ 代謝経路２ ）では，水から電子を奪い（ 気体分子２ ）を生成し，この際に生じる（ イオン・分子１ ）によっても，（ 細胞小器官の構造領域部位２ ）での濃度勾配が助長されている。つづいて，（ 代謝経路３ ）へ電子が伝達されて，（ イオン・分子２ ）が生成されて，光合成の第一段階の光化学反応が終了する。

一方，動物においてもミトコンドリア内膜がひだ状に折れ曲がった状態の（ 細胞小器官の構造領域部位３ ）構造において，（ 代謝経路１ ）が存在する。ミトコンドリア内部の（ 細胞小器官の構造領域部位４ ）において，（ 代謝産物４ ）を（ 気体分子１ ）に分解する（ 代謝経路４ ）によって，（ イオン・分子３ ）または（ イオン・分子４ ）が生じる。これらを原料として（ 代謝経路１ ）は，（ 細胞小器官の構造領域部位５ ）に（ イオン・分子１ ）濃度勾配を構築している。

いずれにおいても，（ イオン・分子１ ）濃度勾配による拡散の力を利用して（ イオン・分子５ ）合成酵素がはたらき，エネルギー分子を量産している。

植物や動物において，物質の反応前後で生じている水素元素の結合エネルギーをもつ酸化還元分子は，水素元素以外の部分が再利用されている。植物では，光化学系において（ イオン・分子５ ）と共に合成された（ イオン・分子２ ）が，（ 細胞小器官の構造領域部位６ ）でのルビスコの酵素反応によって（ 気体分子１ ）を固定して開始される炭酸同化をおこなう（ 代謝経路５ ）で利用されて，再び光化学反応で利用可能な分子に変換されて，酸化還元分子の循環が成立している。

一方，動物では，嫌気的な（ イオン・分子５ ）合成反応で，（ 代謝産物３ ）を生成する過程で（ イオン・分子６ ）が生じており，これを再び（ 代謝経路６ ）で利用する酸化還元分子の循環がおきている。また，このときに生じた（ 代謝産物３ ）は，体内を循環したのち，再び合成時と同種の酵素によって反応前の（ 代謝産物５ ）へと変換されて，（ 代謝産物１ ）の炭素源として再利用されている。さらに，（ 代謝産物５ ）は，タンパク質が呼吸基質となった場合に，特定のアミノ酸から（ 気体分子３ ）を取り除く代謝を触媒する酵素のはたらきによっても生じる。

(1) 気体分子 2 の空欄に最も適切なものを，以下の選択肢ア～カの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア．アンモニア (NH_3)　イ．硫化水素 (H_2S)　ウ．酸素 (O_2)
エ．水素 (H_2)　オ．二酸化炭素 (CO_2)　カ．一酸化窒素 (NO)

(2) 代謝経路 5 の空欄に最も適切なものを，以下の選択肢ア～カの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア．解糖系　イ．クエン酸回路　ウ．電子伝達系
エ．カルビン (カルビン・ベンソン) 回路　オ．光化学系 I　カ．光化学系 II

(3) イオン・分子 2 の空欄に最も適切なものを，以下の選択肢ア～カの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア．H^+　イ．NADH　ウ．NAD^+　エ．$FADH_2$　オ．ATP　カ．NADPH

(4) 細胞小器官の構造領域部位 4 の空欄に最も適切なものを，以下の選択肢ア～カの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア．チラコイド膜　イ．チラコイド内腔　ウ．ストロマ
エ．マトリクス　オ．膜間腔　カ．クリステ

(5) 代謝産物 5 の空欄に最も適切なものを，以下の選択肢ア～カの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア．グルコース　イ．乳酸　ウ．ピルビン酸
エ．アセチル CoA　オ．エタノール　カ．クエン酸

(6) 気体分子 3 の空欄に最も適切なものを，(1) の選択肢ア～カの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

2 次の文章を読み，以下の各問に答えなさい。

地球上の生物は，主に有機物で構成され，生産者が無機物から光合成によって有機物を合成し，消費者がそれを捕食することで成り立っている。ある時点での，一定空間に存在する生物体の量を（1）と呼び，質量やエネルギー量で表す。

さらに，生産者が有機物を生産する過程を物質生産と呼び，その量は一定期間における単位面積内の生産者の量で決まる。単位面積内の生産者が一定期間に光合成で生産した有機物の全体の量を（2）と呼ぶ。一方で，生産者は有機物を生産するだけでなく，自ら呼吸によって消費する。（2）からこの量（呼吸量）を差し引いたものが（3）と呼ばれる。

生産者が合成した有機物は，生産者自身以外に消費者にも様々な目的で利用される。物質収支は，生態系内の物質がどのように利用されて移動するかを調べたものである。生産者の物質収支として，一次消費者に捕食された量（被食量），落葉・落枝などで失われる部分（枯死量）を（3）から除いたものが，生産者の（4）となる。

一方で，消費者は下位の栄養段階の生物を捕食することで，自分の体の構成に必要な有機物を吸収する（摂食量）。しかし，その一部は未消化のまま体外に排出される不消化排出量になるため，それを摂食量から引いたものが（5）となる。

問 1. 文章中の空欄 (1)〜(5) に当てはまる最も適切な語句を以下の選択肢ア〜キからそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。

〔選択肢〕

ア．成長量　　イ．純生産量　　ウ．置換量　　エ．現存量

オ．総生産量　　カ．同化量　　キ．物質量

問 2. 物質収支における食物連鎖の関係を示したものが図 1 であり，この図における物質収支の数値例を示したのが表 1 になる。図，表を参考にして，一次消費者および二次消費者の摂食量として最も近い数値を以下の選択肢ア～コの中からそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。ただし，図および表の空欄 (1)～(4) は前述の文章中の空欄 (1)～(4) と同じものである。

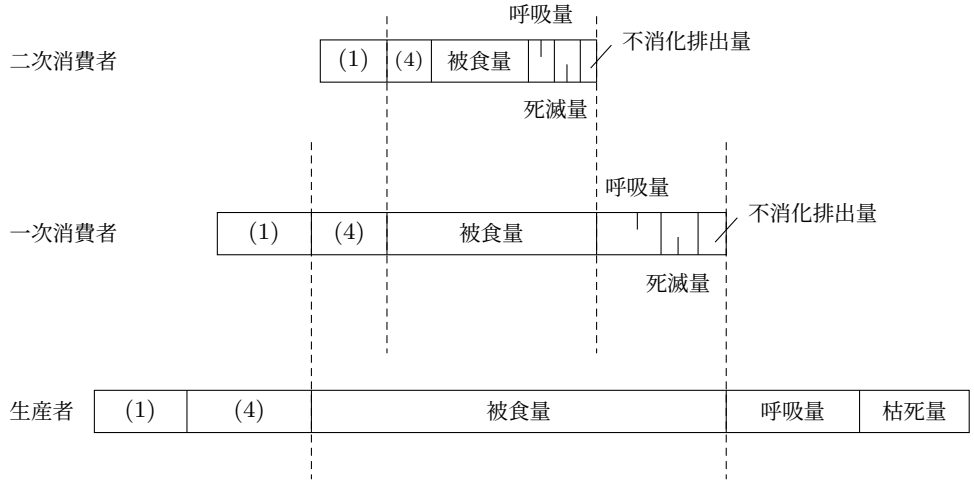


図 1　生態系における各栄養段階の有機物の物質収支
（ただし各枠の大きさは実際の数値を反映していない）

表 1　ある場所におけるエネルギー量の収支の例：単位 J/(cm^2・年)

生産者	(1)	(2)	(4)	呼吸量	枯死量	
	62.4	598.8	134.6	155.3	98.6	
一次消費者	(1)		(4)	呼吸量	死滅量	不消化排出量
	57.9		38.4	34.5	36.3	30.5
二次消費者	(1)		(4)	呼吸量	死滅量	不消化排出量
	35.9		19.5	20.5	16.3	8.4

〔選択肢：J/(cm^2・年)〕

ア．50　イ．70　ウ．90　エ．110　オ．130
カ．150　キ．170　ク．190　ケ．210　コ．230

問 3. 図 1，表 1 から一次消費者および二次消費者のエネルギー効率（%）を求め，最も近い値を以下の選択肢ア～コの中からそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。ただし，生態系への入射光のエネルギーは 398800 J/(cm^2・年) とする。

〔選択肢：%〕

ア．0.5　イ．1.0　ウ．2.0　エ．5.0　オ．10
カ．15　キ．20　ク．25　ケ．30　コ．35

問 4. 炭素とともに窒素も生態系を循環しており，タンパク質，核酸などに含まれる元素である。窒素の循環に関する次の文章について，最も適切なものを以下の選択肢ア～エの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア. 動植物の枯死体や排出物中の有機窒素化合物は，分解されたのちに硝化菌によって窒素固定され，亜硝酸イオンなどになる。

イ. 大気中には酸素や炭素に比べて窒素の含まれる割合は少ないため，根粒菌やアゾトバクターなどは効率的に空気中の窒素をアンモニウムイオンに変換する機構を持っている。

ウ. 土壌内の硝酸イオンや亜硝酸イオンなどに含まれる窒素の一部は，細菌の作用により窒素分子として空気中に戻ることが知られ，脱窒と呼ぶ。

エ. 植物や脊椎動物は土壌や植物の中の硝酸イオンや亜硝酸イオンを体内に取り入れ，これを元に有機窒素化合物を作っている。このような働きを窒素同化と呼ぶ。

3 次の会話文を読み，以下の各問に答えなさい。

タロウ：ヒトと類人猿の違いは直立二足歩行だと授業で習ったけど，動物園でニホンザルやチンパンジーを見ていたら他にも違いがあることに気付いたよ。

ハナコ：なになに？

タロウ：口を開けたところを見たら人間に比べて犬歯が鋭くて驚いた。

ハナコ：なるほど。形質の特徴を集めれば，私たち人類の進化が明らかにできるね。化石の研究では，猿人（アウストラロピテクス）はヒトと類人猿の中間的な形態形質を持っていたそうだよ。そういえば，先生は形態などの形質よりも DNA の方が系統推定に向くって言っていたから，分子情報の系統樹も見てみようよ。この系統樹（図 1）は，ゲノムの一部分の塩基配列を使って描いた結果だそう。

タロウ：系統樹に出てくるボノボって初めて聞いたな。どんな生き物だろう。

ハナコ：チンパンジーの姉妹種で，両者の外見は似ているけど，行動様式が大きく異なるそう。

タロウ：なるほど。じゃあ実際に系統樹を読み解いてみよう。この図からは［X］ということが分かるね。

ハナコ：この系統樹では，ネアンデルタール人は，ヒトとは別系統に見えるけれど，のちにゲノム全体を調べたところ，化石から DNA が解読されたネアンデルタール人は，ヒトと交雑していた痕跡が残っていたそうだよ。

タロウ：もしその結果が本当ならば，ヒトとネアンデルタール人では生殖的隔離が［Y］，ヒトとネアンデルタール人を同種として考えることができるよね。そこでヒトとネアンデルタール人を同種として分類した場合，ヒトという種の遺伝的多様性は，ネアンデルタール人を含まない場合に比べて，［Z］なると考えられると思う。

ハナコ：ネアンデルタール人の研究のおかげで，私たち人類の進化の歴史に対する印象が大きく変わったね。

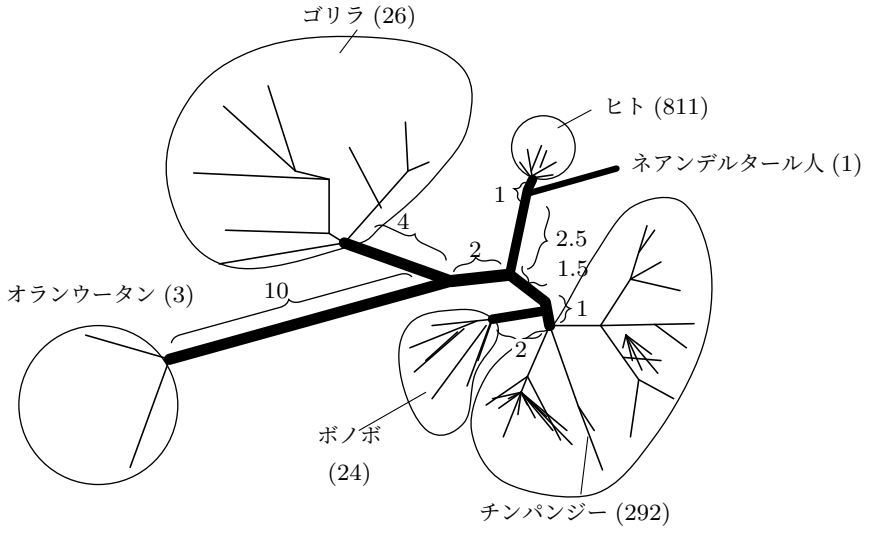


図 1　ヒトと類人猿の分子情報に基づく系統樹

問 1. 下線部について，図 2 の A〜C は，ヒト，猿人（アウストラロピテクス），チンパンジーのいずれかの上顎である。歯の解剖学的な特徴を考慮して，A〜C の最も適切な組み合わせを以下の選択肢ア〜カの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

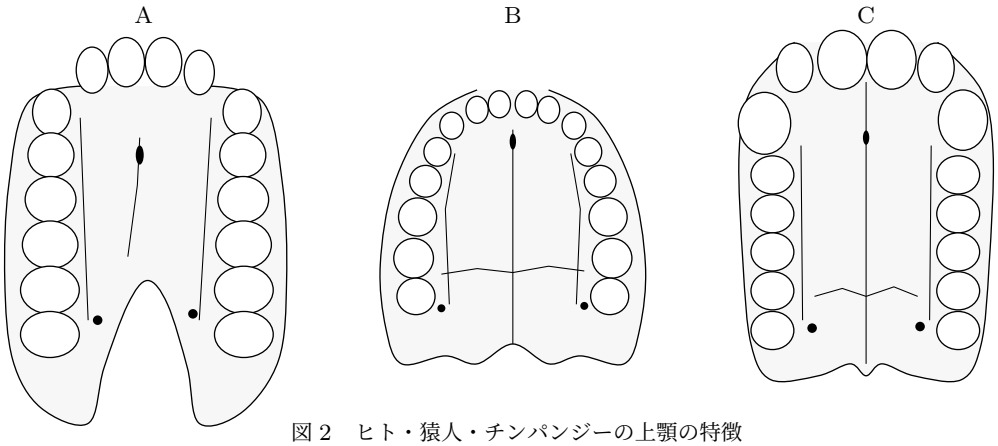


図 2　ヒト・猿人・チンパンジーの上顎の特徴

ア．A：ヒト　　B：猿人　　C：チンパンジー
イ．A：ヒト　　B：チンパンジー　C：猿人
ウ．A：猿人　　B：ヒト　　C：チンパンジー
エ．A：猿人　　B：チンパンジー　C：ヒト
オ．A：チンパンジー　B：ヒト　　C：猿人
カ．A：チンパンジー　B：猿人　　C：ヒト

問 2. タロウとハナコが見ている図 1 の分子に基づく系統樹は無根系統樹と呼ばれ，祖先種を仮定せずに，生物間の差違を距離で表したものである。この系統樹は種間の系統と，種内の遺伝的多様性の両方を読み取ることができる。系統樹の枝のうち，太線は種間（ヒト，オランウータン，ゴリラ，チンパンジー，ボノボ）の系統を反映し，太線に対応する数字は塩基配列の差違を距離で表したものである。種名の後ろにカッコで示した（数字）は，塩基配列を調べた個体数を意味する。一方，種の中の細い枝は個体間での塩基配列の差の距離を表しており，種内の遺伝的多様性を反映する。例えば，細い枝同士の距離が短いほど，種内の遺伝的多様性が低いと考えることができる。ただし，塩基配列を調べた個体数と，種内の枝の数は一致しないことがある。例えば，オランウータンでは実際には 3 個体の塩基配列を比較しているものの，うち 2 個体は近縁で塩基配列が一致したため，枝は 3 本にならず 2 本となり，実際の個体数よりも枝の数が少ない結果となっている。この系統樹から読み取れることのうち，［X］に適さない説明を以下の選択肢ア〜オの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア. ゴリラはヒトよりも個体数が少ない上に塩基配列間の距離が短く，遺伝的多様性が低い。
イ. ヒト，オランウータン，ゴリラ，チンパンジー，ボノボの 5 種間の関係のうち，最も分岐から時間が経っていない二種の組み合わせは，チンパンジーとボノボである。
ウ. ヒトに比べてチンパンジーは長い枝が多く集まっているため，遺伝的多様性が高い。
エ. ゴリラとオランウータンが分岐した時期よりも後の時代に，ヒトとチンパンジーの分岐が生じた。
オ. ヒトから見て，オランウータンは進化的に最も古くに分かれた系統の生物である。

問 3. 文章中の空欄 Y と Z に入る語句の組み合わせとして，最も適切なものを以下の選択肢ア〜エの中からそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ。

ア．［Y．成立しており］—［Z．高く］

イ．［Y．成立しており］－［Z．低く］
ウ．［Y．成立しておらず］－［Z．高く］
エ．［Y．成立しておらず］－［Z．低く］

問 4. 塩基配列による系統樹を作る目的で，研究者らはヒトから採取された血液や，野生の類人猿が作った樹上の巣から採取した毛根などの生体試料から DNA を抽出し，それぞれのサンプルを用いてヒトと類人猿に共通する遺伝子 A の塩基配列を決定する実験を行った。DNA 抽出後の実験工程として，適さない手順を以下の選択肢ア～オの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア. 遺伝子 A の塩基配列を含むプライマー配列を設計する。
イ. ゲノム中の任意の塩基配列を切断する特殊な DNA 分解酵素を使って，DNA 抽出溶液から DNA を解離させる。
ウ. 高温耐性のある DNA ポリメラーゼを使用し，溶液中に含まれる遺伝子 A の塩基配列を増幅させる。
エ. 遺伝子 A の塩基配列を含む溶液に，ヌクレオチドと，蛍光色素をつけた少量の特殊なヌクレオチドを加えて，塩基配列を合成する。
オ. 得られた DNA に電圧をかけて，DNA 分子の長さを整列させて塩基配列を読み取る。

問 5. この遺伝子 A は脳で発現することが知られており，ヒトとチンパンジーの間でアミノ酸置換を伴うことが分かった。ヒトとチンパンジーにおける遺伝子 A の機能の違いを実験で検証したい。この目的に適さない実験を以下の選択肢ア～エの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア. チンパンジー型の遺伝子 A とヒト型の遺伝子 A をそれぞれ大腸菌に組み込んで大量にタンパク質として合成させ，そのタンパク質の機能の違いを調べる。
イ. ヒト iPS 細胞に対して，遺伝子 A の領域を認識する相補的な RNA とバクテリア由来の酵素を使ってチンパンジー型の遺伝子 A を導入するゲノム編集を行い，神経細胞に誘導後の変化を観察する。
ウ. 特殊な蛍光タンパク質を用いて，ヒトの培養細胞内で遺伝子 A が発現したときに光るようにして，チンパンジー型の遺伝子 A とヒト型の遺伝子 A の光り方の違いから遺伝子発現の違いを調べる。
エ. アグロバクテリウムを使ってマウスにヒト型とチンパンジー型の遺伝子 A を導入し，行動実験によってマウスの認知機能に違いが生じるかを調べる。

問 6. 以下の文章 A～E で記述された特徴に対して，最も適切な生物群の名称を以下の選択肢ア～クの中からそれぞれ 1 つ選び，記号で答えよ（重複選択不可）。

A. 細胞内小器官であるミトコンドリアや葉緑体の祖先と考えられている。
B. 藻類やシアノバクテリアと共生し地衣類を形成するものや，多くの陸上植物と共生し菌根を形成するものがいる。
C. 核を持つ多様な生物を含む分類群で，鞭毛を持つ単細胞や，比較的単純な多細胞生物が含まれる。
D. 細胞内に核を持たない生物としては，系統的に真核生物に近縁であることが知られる。
E. 古典的には発生様式を中心に分類が行われていた。現在の知見では，この発生様式は体節形成に関わる Hox 遺伝子群などの働きで説明できることが多い。

ア．ウイルス　イ．細菌　ウ．アーキア　エ．原生生物
オ．植物　カ．動物　キ．菌類　ク．藻類

4 次の文章を読み，以下の各問に答えなさい。

化学物質の人体への危険性や毒性を評価するために，様々なモデル生物を用いた毒性評価法が開発されてきた。化学物質の中には，DNA に突然変異を引き起こす性質（変異原性）があるため，発がんの可能性を評価することはヒトの健康への影響を考える上で非常に重要である。化学物質自体に変異原性がなくとも，生体内の物質と反応することで変異原性を示す場合がある。特に，工業製品の製造過程において，化学物質は単体で利用されるだけでなく，混合して使用されることも多いため，その毒性を注意深く評価する必要がある。

X と Y という新たに合成された化学物質の溶液があり，この化学物質における変異原性は全く調べられていない。化学物質の変異原性を調べるため，簡便で安価な方法として，大腸菌をもちいた変異原性評価法が開発されており，以下の実験 1〜実験 5 を行った。

［実験 1］ トリプトファンを含む培養液で大腸菌を 16 時間培養後，さらにトリプトファンを含む寒天培地で均一に広げて培養したところ，多数のコロニー（1 つの大腸菌が増殖した小さな塊）を形成した（図 1A）。次に，そのコロニーの 1 つを採取して，トリプトファンを含む培養液で 16 時間培養後，トリプトファンを含まない寒天培地（トリプトファン欠乏培地）で均一に広げて培養したところ，やはり多数のコロニーを形成した（図 1B）。なお，図 1A と図 1B を比べたところ，コロニー数に大きな差はなかった。

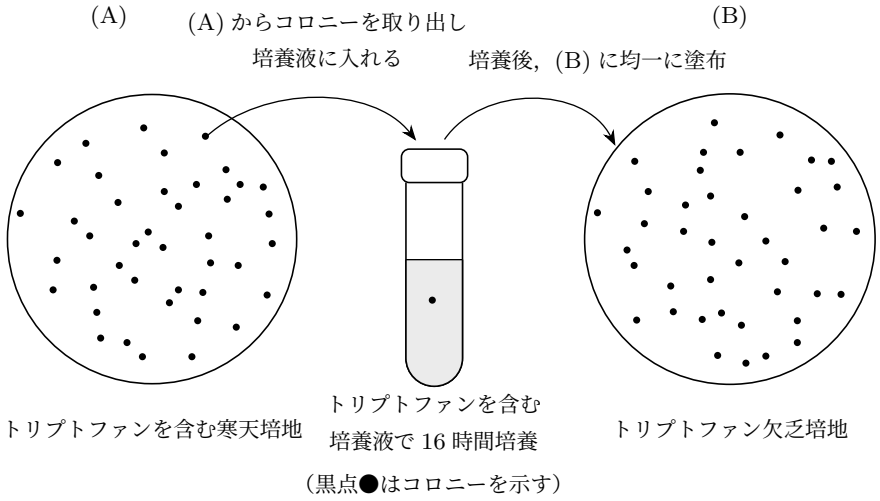


図 1

［実験 2］ 実験 1 とは別に，化学物質 X が加えられたトリプトファンを含む培養液で大腸菌を 16 時間培養した。その後，大腸菌のみを採集して，トリプトファンを含む寒天培地の上に均一に広げて培養し，コロニーを形成させた（図 2A）。大腸菌が形成したそれぞれのコロニーを，トリプトファン欠乏培地に位置関係を保ったまま移して培養したところ，① 1 つのコロニーに由来する大腸菌（変異体 A）だけ増殖しなかった（図 2B）。なお，もちいた大腸菌の菌種は実験 1 と同じものである。

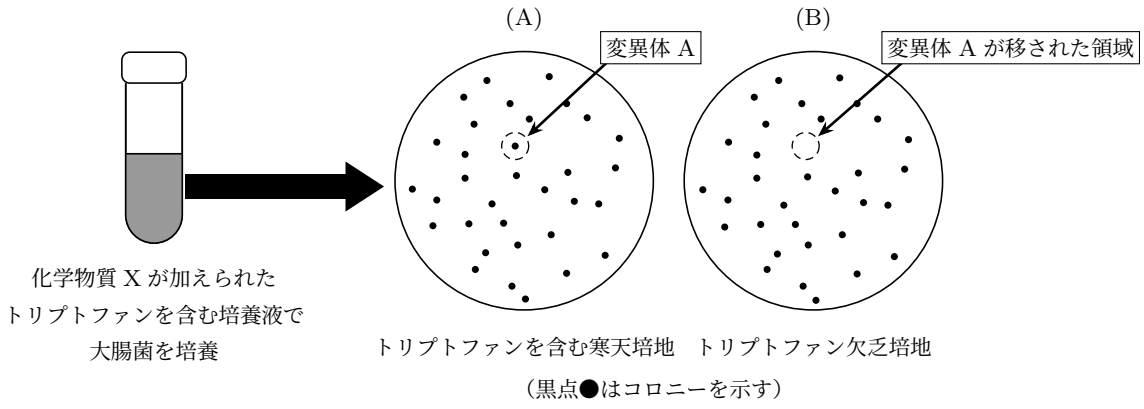


図 2

［実験 3］ 実験 2 で得られた変異体 A を再度化学物質 X を加えたトリプトファンを含む培養液で 16 時間培養後，変異体 A のみを採集し，トリプトファン欠乏培地の上に均一に広げて培養した。その結果，②ごくわずかのコロニーが形成された。一方，同様に変異体 A を化学物質 Y を加えたトリプトファンを含む培養液で 16 時間培養後，大腸菌のみを採集して，トリプトファン欠乏培地の上に均一に広げて培養したところ，コロニーの形成は全くみられなかった。

［実験 4］ 生理活性が保たれる条件でラットの肝臓を生理食塩水中で破砕し，その抽出液（③肝臓抽出液）を得た。肝臓抽出液にはトリプトファンは含まれていないものとする。異なる量の肝臓抽出液をそれぞれ用意し，化学物質 X と混合して 37 ℃で 1 時間反応させたのち，それらをそれぞれの培養液に加え，変異体 A を 16 時間培養した。その後，変異体 A のみを分離し，トリプトファン欠乏培地の上に均一に広げて培養した。その結果，肝臓抽出液の量を変えたとしても，形成されたコロニー数に変化は見られなかった。一方，化学物質 X の代わりに化学物質 Y を混合した培養液をもちいて同様の実験をおこなった結果，コロニーの形成は全く見られなかった。

一方で，異なる量の肝臓抽出液と X と Y を等量混ぜたもの（化学物質溶液 Z）を混合して 37 ℃で 1 時間反応させたのち，それらをそれぞれの培養液に加え，変異体 A を 16 時間培養した。その後，大腸菌のみを採集して，トリプトファン欠乏培地の上に均一に広げて培養した。すると，④化学物質溶液 Z と混合した肝臓抽出液の量が多いほど形成されたコロニー数は多くなった。なお，変異体 A を化学物質溶液 Z と肝臓抽出液を含まない培養液で 16 時間培養後，大腸菌のみを採集してトリプトファン欠乏培地の上に均一に広げて培養したところ，形成されたコロニー数に変化は見られなかった。

［実験 5］ 肝臓抽出液を 95 ℃で 10 分間加熱したあと，化学物質溶液 Z と混合して 37 ℃で 1 時間反応させたのち，それを培養液に加え，変異体 A を 16 時間培養した。その後，大腸菌のみを採集してトリプトファン欠乏培地の上に均一に広げて培養したところ，コロニーの形成は全くみられなかった。

問 1. 実験でもちいた大腸菌の性質について，実験 1 から判断できるものを以下の選択肢ア～オの中からすべて選び，記号で答えなさい。

ア. 培地のトリプトファン濃度に依存して増殖している

イ. トリプトファンを取り込む能力に依存し増殖している
ウ. トリプトファンを合成する能力を持っている
エ. トリプトファンを排出する能力を持っている
オ. ア～エのいずれも判断できない

問 2. 実験 2 で下線部①が生じた理由について，適切なものを以下の選択肢ア～オの中からすべて選び，記号で答えなさい。
ア. 培地中のトリプトファンが欠乏しているため
イ. トリプトファンの取り込みに関わる遺伝子に変異が起きたため
ウ. トリプトファンの合成に関わる遺伝子に変異が起きたため
エ. トリプトファンの排出に関わる遺伝子に変異が起きたため
オ. ア～エのいずれも判断できない

問 3. 実験 3 の下線部②の説明について，正しいものを以下の選択肢ア～オの中からすべて選び，記号で答えなさい。
ア. 変異体 A に突然変異が生じた
イ. 変異体 A への突然変異は判断できない
ウ. 化学物質 X に変異原性がある
エ. 化学物質 X の変異原性は判断できない
オ. ある一定の確率で生じる自然突然変異

問 4. 実験 4 の下線部③「肝臓抽出液」の性質について，最も適切なものを以下の選択肢ア～オの中から 1 つ選び，記号で答えなさい。
ア. 化学物質 X 単独の変異原性を増大させる物質が含まれている
イ. 化学物質 X 単独の変異原性を減少させる物質が含まれている
ウ. 化学物質 X 単独の変異原性を無効にする物質が含まれている
エ. 化学物質 X 単独の変異原性を変化させる物質は含まれていない
オ. ア～エのいずれも判断できない

問 5. 実験 4 の下線部④が生じた直接の原因について，正しいものを以下の選択肢ア～キの中からすべて選び，記号で答えなさい。
ア. 化学物質 X の変異原性
イ. 化学物質 Y の変異原性
ウ. 化学物質溶液 Z の変異原性
エ. 化学物質 X と肝臓抽出液との反応物に含まれる変異原性
オ. 化学物質 Y と肝臓抽出液との反応物に含まれる変異原性
カ. 化学物質溶液 Z と肝臓抽出液との反応物に含まれる変異原性
キ. ア～カのいずれも判断できない

問 6. 実験 1～5 の結果から判断できるものを以下の選択肢ア～クの中からすべて選び，記号で答えなさい。
ア. 肝臓抽出液には単独で化学物質を解毒（毒性の低い物質へと分解）する性質があると推測される
イ. 肝臓抽出液には化学物質を貯蔵する性質があると推測される
ウ. 肝臓抽出液には化学物質の代謝に関わる化学反応を触媒する酵素が含まれていると推測される
エ. 肝臓抽出液には化学物質を細胞外に排泄する酵素が含まれていると推測される
オ. すべての化学物質は変異原性をもっていることが推測される
カ. 化学物質の変異原性の獲得には異なる化学物質の混合が不可欠であることが推測される

キ. 化学物質は体内で代謝されることで変異原性を持つものがあることが推測される

ク. ア〜キのいずれも判断できない

5 次の文章を読み，以下の各問に答えなさい。

肉食有袋類であるタスマニアデビル（以下，デビル）は，現在オーストラリアのタスマニア島にのみ生息している。古くはオーストラリア大陸にも生息していたが，数千年前には絶滅したと考えられている。デビルはタスマニア島において，最大 20 万頭前後生息していたが，過去 150 年間に外的要因により個体数が激減し，絶滅の危機が少なくとも 2 回発生している。さらに近年，デビル顔面腫瘍病（DFTD: devil facial tumor disease）と呼ばれるがん疾患が出現した。DFTD は，口やその周囲を潰瘍化させて，発症後 3-6 か月以内に死亡する。出現当初は原因不明であったが，デビルは気性が荒く，互いに咬みあう習性を介して，このがんが広がることが明らかになり，25-35 年後には絶滅すると予測された。Siddle らはこの現象について，「咬みあう習性によって，がん細胞が他の個体に伝達され，DFTD を発症する個体が増加する」との仮説を立てた。しかし，非血縁の個体間であれば，その外来の組織や細胞は宿主側の免疫応答によって拒絶され，そのようなことは起きないはずである。そこでこの矛盾している仮説を検証するため，Siddle らは以下の実験を行った（*Proc Natl Acad Sci USA*. 2007 Oct 9; 104(41): 16221-6.）。



タスマニアデビル



オーストラリア

［実験 1］ (a)MHC 抗原タンパクを発現する遺伝子はほぼ個体ごとに対立遺伝子が異なり，さらに集団中で対立遺伝子数が極めて多い。(b) ヒトにおける臓器移植の際，問題となる拒絶反応はこの MHC 抗原の各対立遺伝子の不一致が主な原因となる。DFTD を発症した 19 個体のデビルの血液（がん細胞は含まれない）から DNA を抽出して塩基配列を解読し，MHC のアミノ酸配列の一部を予測した。そしてデビルとヒトの MHC のアミノ酸配列の置換数を比較し，図 1 に示した。図 1 では横軸は MHC タンパク質の開始コドンを「1」としたアミノ酸の順番を位置として示し，縦軸はそのアミノ酸の位置で見出された，アミノ酸の種類の数（対立遺伝子数）を示している。参考データとして解析に含まれたインドライオンは歴史的に深刻な個体数減少を経験している（1913 年に 20 頭まで減少）。

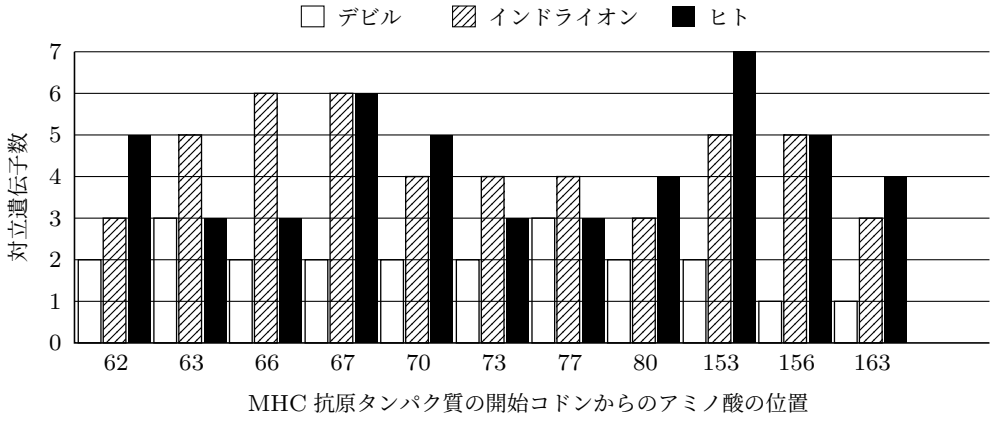


図 1　3 種類の動物の MHC 多型情報

［実験 2］ DFTD を発症した 19 個体のデビルの血液ではなく，がん細胞から DNA を抽出して，［実験 1］と同様に MHC のアミノ酸配列を予測した。その結果，19 個体すべてのがん細胞のアミノ酸配列は全く同一でありアミノ酸の置換は認められなかった。また，このがん細胞の MHC のアミノ酸配列と［実験 1］で予測された 19 個体のアミノ酸配列を比較すると，極めて高い類似性を示したが，完全に一致する個体は認められなかった。

次にこの MHC の結果を検証するために，同じがん細胞で MHC 以外の複数のマイクロサテライト遺伝子座（塩基の反復配列で，MHC 抗原と同様に通常対立遺伝子数が多い）における対立遺伝子を調査したところ，19 個体すべて同じ対立遺伝子であった。

［実験 3］ 非血縁個体の異なるデビルのリンパ球が，それぞれ非自己と認識するか否かを検出できるリンパ球混合反応法により検討した。この方法は，非血縁個体のリンパ球を混合し，至適な条件で細胞培養すると，リンパ球がお互いに非血縁個体のリンパ球を非自己と認識し，分裂増殖の過程を経て，キラー T 細胞などに分化し，非自己のリンパ球を排除するため，この際の分裂増殖を測定するものである。培養液中に，放射性同位元素で標識したトリチウムチミジンを添加し，細胞分裂（DNA 複製）時の細胞内にそのチミジンを取り込ませ，細胞の放射線量を測定することで細胞の分裂増殖能を測定する。

そこで，以下の 3 つのサンプルを培養した。

サンプル 1（レクチン－デビル）：DFTD 発症デビル個体と同一地域に生息する DFTD 未発症の非血縁デビル 30 個体のリンパ球を混合し，外来抗原としてリンパ球に必ず認識されるレクチンを添加して培養

サンプル 2（混合反応－デビル）：サンプル 1 をレクチン無しで培養

サンプル 3（混合反応－フクロネコ）：デビルと同じく有袋類でタスマニア島にのみ生息する非血縁個体のフクロネコ 2 個体のリンパ球を混合して培養

各サンプルを各設定時間で培養後，1 分当たりの放射線のカウント数を計測し，棒グラフで表記した（図 2)。ただし，棒グラフで示された各サンプルの値は，リンパ球をプールせず 1 個体での実験を別途行い，この 1 分当たりの放射線のカウント数を割ったものである（バックグラウンドの補正)。縦軸のカウント数は細胞増殖能と比例することが知られていて，このトリチウムチミジンは細胞増殖に全く影響を与えないものとする。また，フクロネコの実験はその試料に制限があり 96 時間の培養による実験のみであった。

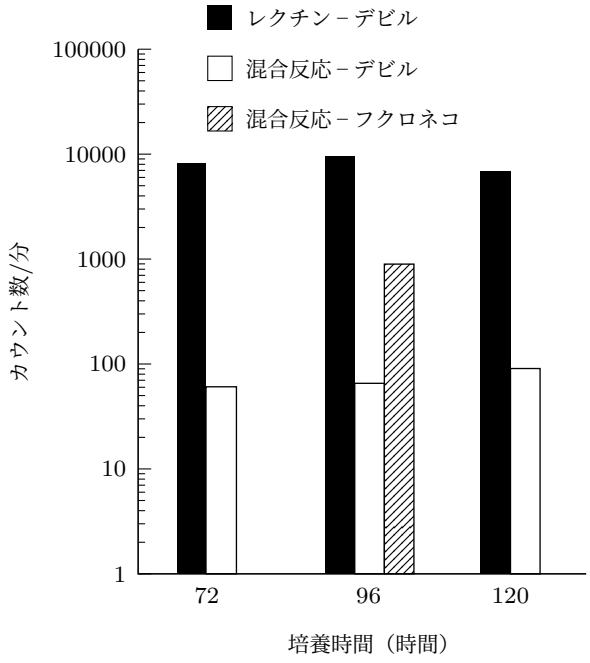


図 2　デビルのリンパ球混合反応

問 1. 下線部 (a) の MHC 抗原は T 細胞受容体を介して抗原提示されるが，その提示はどのような細胞に対して行われるものか，最も適切なものを以下の選択肢ア～ソの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

1. キラー T 細胞
2. ヘルパー T 細胞
3. 好中球
4. 樹状細胞

ア．1	イ．2	ウ．3	エ．4	オ．1 と 2
カ．1 と 3	キ．1 と 4	ク．2 と 3	ケ．2 と 4	コ．3 と 4
サ．1 以外すべて	シ．2 以外すべて	ス．3 以外すべて	セ．4 以外すべて	ソ．すべて

問 2. 下線部 (b) の臓器移植では，非血縁者間において，すべての MHC 抗原の対立遺伝子が完全に一致した者同士での移植は，極めて困難であるため，血縁者をドナーとする場合も多い。常染色体上のある遺伝子座において，ヒトのいとこ同士で，それぞれの個体から任意に 1 つずつ取り出した 2 つの対立遺伝子が共通の祖先に由来する確率として，最も適切なものを以下の選択肢ア～コの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア．1/2　イ．1/3　ウ．1/4　エ．1/8　オ．1/9
カ．1/16　キ．1/18　ク．1/24　ケ．1/27　コ．1/32

問 3. 実験 1 で示された結果から，デビルの MHC 抗原の対立遺伝子数が少ないことが分かった。これはなぜ生じ

たのか，最も適切な理由を以下の選択肢ア～キの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア. 集団のびん首効果が生じ，その後，遺伝的浮動により，MHC の対立遺伝子数が減少した中立進化と考えられる。

イ. 集団の地理的隔離が生じ，その後，遺伝的浮動により，MHC の対立遺伝子数が減少した中立進化と考えられる。

ウ. 集団のびん首効果が生じ，その後，自然選択により，MHC の対立遺伝子数が減少した中立進化と考えられる。

エ. 集団のびん首効果が生じ，その後，遺伝的浮動により，MHC の対立遺伝子数が減少した適応進化と考えられる。

オ. 集団の地理的隔離が生じ，その後，自然選択により，MHC の対立遺伝子数が減少した中立進化と考えられる。

カ. 集団の地理的隔離が生じ，その後，遺伝的浮動により，MHC の対立遺伝子数が減少した適応進化と考えられる。

キ. 集団の地理的隔離が生じ，その後，自然選択により，MHC の対立遺伝子数が減少した適応進化と考えられる。

問 4. 実験 2 で示された結果から分かったことは何か，最も適切な説明を以下の選択肢ア～クの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア. がん細胞はクローンであり，調査した個体の体細胞変異であった。

イ. がん細胞はクローンであり，調査した個体とは異なる個体の細胞であった。

ウ. がん細胞は多様性を有し，調査した個体の体細胞変異であった。

エ. がん細胞は多様性を有し，調査した個体とは異なる個体の細胞であった。

オ. がん細胞は自然選択を受け，調査した個体の体細胞変異であった。

カ. がん細胞は自然選択を受け，調査した個体とは異なる個体の細胞であった。

キ. がん細胞はびん首効果を受け，調査した個体の体細胞変異であった。

ク. がん細胞はびん首効果を受け，調査した個体とは異なる個体の細胞であった。

問 5. 実験 3 で示された結果から分かったことは何か，最も適切な説明を以下の選択肢ア～クの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア. リンパ球の増殖能力はあるが，活性化に問題があり，この集団の MHC 抗原はそれぞれ異なる機能を有している。

イ. リンパ球の増殖能力と活性化に問題があり，この集団の MHC 抗原はそれぞれ異なる機能を有している。

ウ. リンパ球の増殖能力に問題があるが，活性化は正常であり，この集団の MHC 抗原はそれぞれ異なる機能を有している。

エ. リンパ球の増殖能力と活性化には問題が無いが，この集団の MHC 抗原はそれぞれ異なる機能を有している。

オ. リンパ球の増殖能力はあるが，活性化に問題があり，この集団の MHC 抗原はそれぞれ同一の機能を有している。

カ. リンパ球の増殖能力と活性化に問題があり，この集団の MHC 抗原はそれぞれ同一の機能を有している。

キ. リンパ球の増殖能力に問題があるが，活性化は正常であり，この集団の MHC 抗原はそれぞれ同一の機能を有している。

ク. リンパ球の増殖能力と活性化には問題が無いが，この集団の MHC 抗原はそれぞれ同一の機能を有している。

問 6. DFTD の原因となるがん細胞は，なぜデビルの個体間で伝達されてしまうのか，最も適切な説明を以下の

選択肢ア〜シの中から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア. この集団では遺伝的多様性が欠如しており，個体が外来のがん細胞を非自己として認識できないため。

イ. この集団では種の多様性が欠如しており，個体が外来のがん細胞を非自己として認識できないため。

ウ. この集団では生態系の多様性が欠如しており，個体が外来のがん細胞を非自己として認識できないため。

エ. この集団の DFTD 発症個体では遺伝的多様性が欠如しており，これらの個体は外来のがん細胞を非自己として認識できないため。

オ. この集団の DFTD 発症個体では種の多様性が欠如しており，これらの個体は外来のがん細胞を非自己として認識できないため。

カ. この集団の DFTD 発症個体では生態系の多様性が欠如しており，これらの個体は外来のがん細胞を非自己として認識できないため。

キ. この集団では遺伝的多様性の欠如により，個体が免疫寛容となり，外来のがん細胞を拒絶できないため。

ク. この集団では種の多様性の欠如により，個体が免疫寛容となり，外来のがん細胞を拒絶できないため。

ケ. この集団では生態系の多様性の欠如により，個体が免疫寛容となり，外来のがん細胞を拒絶できないため。

コ. この集団の DFTD 発症個体では遺伝的多様性により，これらの個体は免疫寛容となり，外来のがん細胞を拒絶できないため。

サ. この集団の DFTD 発症個体では種の多様性の欠如により，これらの個体は免疫寛容となり，外来のがん細胞を拒絶できないため。

シ. この集団の DFTD 発症個体では生態系の多様性の欠如により，これらの個体は免疫寛容となり，外来のがん細胞を拒絶できないため。