

見本

前期日程

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、問題冊子の1ページから25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場所に、志望学部(1カ所)と受験番号(2カ所)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. 字数制限のある解答文中で記号や数字を用いる場合には、元素記号は各元素で1字、その他の記号や数字は(上付き、下付きともに)それぞれ各1字と数えること。
例

D	N	A
---	---	---

C	O	2
---	---	---
8. 試験終了後、問題冊子と下書用紙は持ち帰ってください。

実施年月日
8. 2. 25
富山大学

1 代謝と免疫に関する次の文章〔A〕, 〔B〕を読み, 下の問い(問1～11)に答えなさい。

〔A〕 ヒトの肝臓はさまざまな物質の生成, 貯蔵, 分解を行う。特に重要なはたらきの一つが, 血糖濃度(血液中のグルコース濃度)の調節である。血糖濃度は, 自律神経系やホルモンにより調節され, 一定に維持されている。グルコースは小腸で吸収されてから [a] という血管を経て肝臓に入り, 肝臓で [b] として貯蔵される。食事などで血糖濃度が上昇すると, すい臓のランゲルハンス島の [c] 細胞が血糖濃度の上昇を感知し, インスリンの分泌が促進される。分泌されたインスリンは上昇したグルコースの細胞内取り込みを促進し, さらに細胞内では解糖系による糖の分解を促進する。また, 肝臓や筋肉にはたらいて, グルコースから [b] への合成を促進する。その結果, 血糖濃度は低下して, 食事前の濃度に戻る。

糖尿病は血糖濃度が高い状態が続く疾患で, 多量の尿排出^①や口の渇き, 疲労感などを特徴とし, さまざまな合併症を伴うことが知られている。自己免疫疾患やウイルス感染によって, すい臓のランゲルハンス島の [c] 細胞が破壊されると, インスリンの分泌が低下する。その結果, 高血糖状態が継続し, 尿にグルコースが排出される場合をⅠ型糖尿病という。この場合, インスリンを皮下注射することにより, 血糖濃度を正常範囲内に保つことができる。一方, 遺伝要因, 肥満, 運動不足やストレスなどによってもインスリンの分泌が低下する。さらに標的細胞のインスリン感受性が低下することで高血糖状態が継続し, 尿にグルコースが排出される場合をⅡ型糖尿病という。

高血糖の状態が続くと, 腎臓のろ過機能が低下し, さらに悪化すると腎不全となる。腎臓移植は腎不全を根本的に治療する唯一の手段であるが, 移植された腎臓に対する拒絶反応が生じることも多い。これは移植された腎臓が非自己と認識されて, B細胞を主体とした [d] 性免疫とT細胞を主体とした [e] 性免疫による拒絶反応がおこるためである。

問 1. 文中の [a] ～ [e] 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, 多量の尿排出がおこるしくみとして, 最も適切なものを次の(ア)～(カ)から1つ選び, その記号を記入しなさい。

- (ア) 細尿管内の浸透圧上昇に伴い, 水の再吸収が減少する。
- (イ) 細尿管内の浸透圧上昇に伴い, 水の再吸収が増加する。
- (ウ) 細尿管内の浸透圧上昇に伴い, イオンの再吸収が減少する。
- (エ) 細尿管内の浸透圧低下に伴い, イオンの再吸収が増加する。
- (オ) 細尿管内の浸透圧低下に伴い, 水の再吸収が減少する。
- (カ) 細尿管内の浸透圧低下に伴い, 水の再吸収が増加する。

問 3. 図 1 の(ア)~(ウ)は、糖尿病の診断のため、高濃度のグルコース液を経口投与したヒトの血糖濃度と血中インスリン濃度の経時変化を示している。健康なヒト，I 型糖尿病患者，II 型糖尿病患者の血糖濃度とインスリン濃度の変動を表している組み合わせとして、もっとも適切なものを次の(ア)~(ウ)から 1 つずつ選び、その記号を記入しなさい。

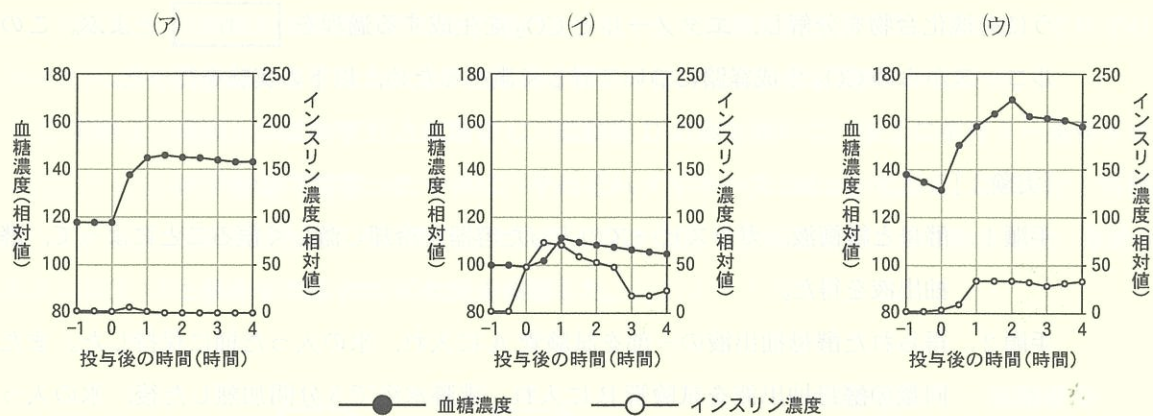


図 1

問 4. I 型糖尿病のように「免疫寛容」が破綻すると自己免疫疾患につながる。このような自己免疫疾患をおこさないための免疫寛容が形成されるしくみを、40 字以内で説明しなさい。

問 5. 適応免疫(獲得免疫)は自然免疫と異なり二次応答がおこる。この二次応答がおこるしくみを、60 字以内で説明しなさい。

〔B〕 酵母はグルコースからエネルギーを得る手段として、酸素に依存する経路と酸素に依存しない経路を有している。どちらの経路も解糖系によって、グルコース1分子から ATP を f 分子合成する。酸素に依存する経路では、解糖系で生じたピルビン酸を細胞小器官である g で酸化し、さらに多くの ATP を合成することができる。一方、酸素に依存しない経路は解糖系から生じたピルビン酸からエタノールと CO_2 を生成する。このように有機化合物を分解し、エタノールと CO_2 を生成する過程を h とよぶ。このグルコースからの CO_2 生成経路について詳しく調べるため、以下の実験を行った。

〔実験 1〕

- 手順 1. 酵母と緩衝液、ガラスビーズの入った容器を冷却し激しく振ることによって、酵母抽出液を得た。
- 手順 2. 得られた酵母抽出液の一部を試験管 A に入れ、氷の入った桶に保持した。また、同量の酵母抽出液を試験管 B に入れ、沸騰水浴で 5 分間加熱した後、氷の入った桶に保持した(図 2)。
- 手順 3. 試験管 A と試験管 B の液を用いて、表 1 の条件 1 と条件 2 に示す容量で調整したものに、それぞれグルコース 500 mg を加え、 25°C で 1 時間反応させたところ、条件 1 では CO_2 の生成を確認したが条件 2 では CO_2 の生成を確認できなかった。

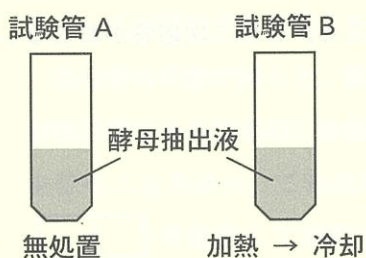


図 2 〔実験 1〕

表 1 〔実験 1〕の反応開始時の条件と結果

	試験管 A (mL)	試験管 B (mL)	水 (mL)	CO_2 生成の 有無
条件 1	2.5	0	2.5	有
条件 2	0	2.5	2.5	無

[実験 2]

手順 1. 酵母に含まれている成分を分離するために、微細な穴の開いたフィルターに[実験 1]と同様に[実験 1]の手順 1 で調製した酵母抽出液を入れ、遠心ろ過を行った。フィルターの微細孔は分子量 10000 以上の物質を通さないものを使用した。その結果、フィルター内に残った画分 C とフィルターを通過した画分 D を得た。このとき、画分 C と画分 D に含まれる物質はその分子量によって十分に分離されたとする。その後、それぞれに画分 C と画分 D の画分に水を加え、元の抽出液と同じ体積になるように調整した(図 3)。

手順 2. 実験 1 の試験管 B と試験管 C、試験管 D の液を用いて、表 2 の条件 3～条件 6 に示す容量で調整したものに、それぞれグルコース 500 mg を加え、25℃ で 1 時間反応させたところ、条件 3 と条件 4 では CO₂ の生成を確認できなかったが、条件 5 と条件 6 では CO₂ の生成を確認した。

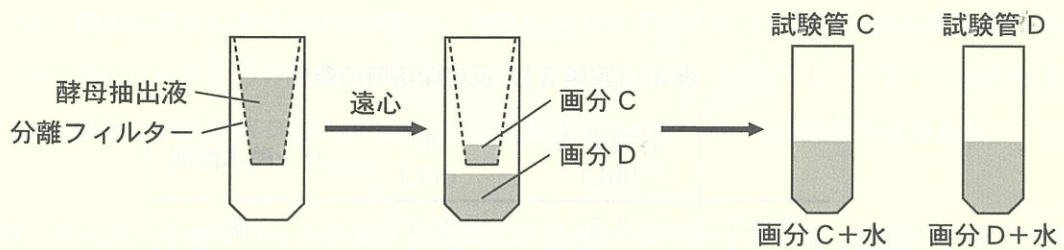


図 3 [実験 2]

表 2 [実験 2]の反応開始時の条件と結果

	試験管 B (mL)	試験管 C (mL)	試験管 D (mL)	水 (mL)	CO ₂ 生成の 有無
条件 3	0	2.5	0	2.5	無
条件 4	0	0	2.5	2.5	無
条件 5	0	2.5	2.5	0	有
条件 6	2.5	2.5	0	0	有

[実験 3]

手順 1. 解糖系の中間産物の多くは、その構造にリン酸を含んでいる。そこで、グルコースから CO_2 を生成する過程における無機リン酸の役割を検討した。無機リン酸として H_2PO_4^- と HPO_4^{2-} を含む中性のリン酸水溶液を用いた。実験 1 の試験管 A の液を用いて表 3 の条件 7 に示す容量で調整したものに、グルコース 500 mg を加え、 25°C で反応時間と CO_2 の生成量の関係を調べた。比較対照として、表 1 の条件 1 を用いた。条件 7 の反応液では条件 1 と比較して CO_2 が活発に生成された。

また、条件 7 の反応液では反応時間 40 分頃から CO_2 の生成速度が低下した(図 4)。

手順 2. 反応開始 60 分後に条件 7 の反応液に無機リン酸水溶液を 1 滴、スポイトを用いて加えたところ、再度 CO_2 の生成速度が上昇した。

ただし、条件 1～6 に対して無機リン酸水溶液を添加しても CO_2 生成の有無に変化はなかった。

表 3 [実験 3]の反応開始時の条件

	試験管 A (mL)	水 (mL)	リン酸水溶液
条件 7	2.5	2.5	1 滴

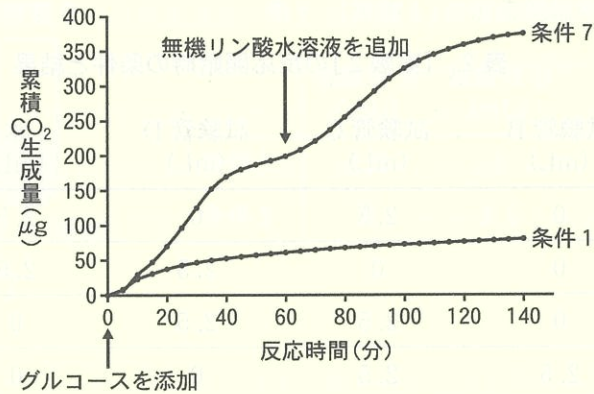


図 4 [実験 3]の結果

(Harden and Young (1906) Proc. R. Soc. Lond. B, 77, 405-420, 図 3 を改変)

問 6. 文中の f ~ h にあてはまる最も適切な語または数字を記入しなさい。

問 7. [実験 1] の条件 2 で反応が進行しなかった理由を、25 字以内で説明しなさい。

問 8. [実験 2] の画分 C に含まれる成分として最も適切なものはどれか、次の(ア)~(オ)から 1 つを選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) アセチル CoA (イ) ピルビン酸 (ウ) アルコール脱水素酵素
(エ) グルタミン酸 (オ) 乳酸

問 9. [実験 1] から [実験 3] の結果の考察として最も適切なものはどれか、次の(ア)~(エ)から 1 つを選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 無機リン酸は、グルコースから CO_2 を生成する過程で消費される。
(イ) 酵母に含まれる低分子化合物は、酵素に依存せずにグルコースから CO_2 を生成する。
(ウ) グルコースからの CO_2 生成に関わる低分子化合物は、加熱によってすべて失われる。
(エ) 条件 7 の反応液で CO_2 生成が 40 分頃に低下する原因は、ATP の不足である。

問10. グルコースから CO_2 を生成する過程には NAD^+ が関わっている。 NAD^+ のように酵素反応を補助する低分子有機化合物の総称を答えなさい。

問11. ヒトは細胞中の NAD^+ を還元する反応によってアルコールを分解している。ヒト細胞の解糖系とクエン酸回路は、アルコールによってどのような影響を受けると予想されるか、次の(ア)~(エ)から 1 つを選び、その記号を記入しなさい。

- (ア) 解糖系とクエン酸回路はどちらも活性化される。
(イ) 解糖系は活性化され、クエン酸回路は抑制される。
(ウ) 解糖系は抑制され、クエン酸回路は活性化される。
(エ) 解糖系とクエン酸回路はどちらも抑制される。

2

遺伝子を扱う技術に関する次の文章〔A〕、〔B〕を読み、下の問い(問1～9)に答えなさい。

〔A〕 環境中から新規に分離した細菌 X から、新規アミラーゼ遺伝子の塩基配列を明らかにする以下の実験を行った。

〔実験〕 さまざまな細菌がもつアミラーゼ遺伝子に共通してみられる塩基配列(保存された配列)を基に設計した と、4 種類のヌクレオチド、 , 細菌 X から抽出した DNA を混合した反応液を用いて PCR(ポリメラーゼ連鎖反応)を行うことで、アミラーゼ遺伝子の部分塩基配列を増幅した。この増幅産物を、アガロースゲルを用いた電気泳動で分離したところ、長さ異なる複数の DNA 断片は検出されず、1 本のバンドのみを確認した。その後、サンガー法を用いてこの塩基配列を明らかにした(図 1)。

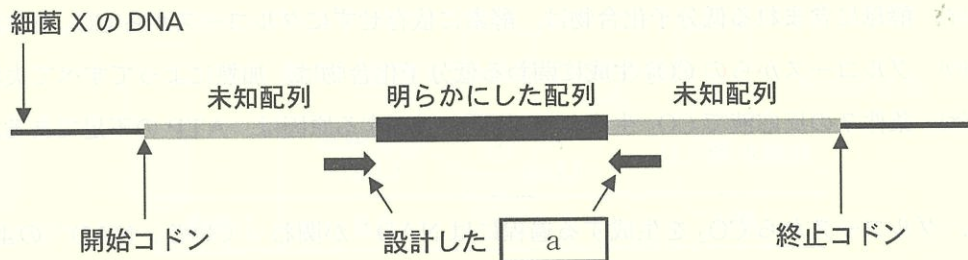


図 1 細菌 X のアミラーゼ遺伝子を含む DNA

アミラーゼ遺伝子の開始コドンから終止コドンまでの全塩基配列を明らかにするためには、図 1 の明らかにした部分塩基配列の開始コドン側と終止コドン側にある塩基配列(未知配列)を明らかにしなければならない。図 2 のように、明らかにした配列部分に を新たに設計しても、 は互いに向き合っていないため PCR をしても未知配列は増幅できない。

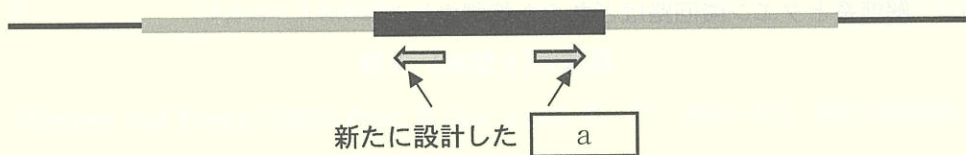


図 2 細菌 X のアミラーゼ遺伝子中の明らかにした配列に、新たに設計した

そこで、特定の塩基配列を認識して切断する酵素 Y1 あるいは Y2 を用いて処理後、DNA の末端同士をつなぐ酵素 Z で処理することで、自己環状化させた(図 3)。この処理により、新たに設計した a が互いに向かい合うようになり、PCR での増幅が可能になった。この増幅産物の塩基配列を、サンガー法を用いて決定し、先に明らかにした配列(既知配列)とつなぎ合わせることで新規アミラーゼ遺伝子の塩基配列を明らかにすることに成功した。なお、酵素 Y1 および Y2 は、どちらも既知配列中には認識する塩基配列はなかったものとする。

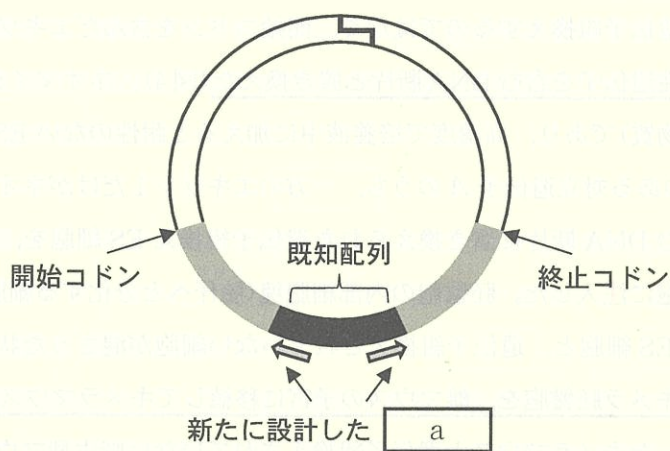


図 3 Y1 で処理後、自己環状化した DNA

- 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、アガロースゲル電気泳動で長さの違う DNA 断片が分離されるしくみを、80 字以内で説明しなさい。
- 問 3. 下線部②と下線部③に関して、それぞれの酵素の名称を答えなさい。
- 問 4. 細菌 X の DNA を酵素 Y1 で処理後、酵素 Z で自己環状化した試料では、アミラーゼの開始コドンから終止コドンまでの塩基配列を明らかにすることができた。一方で、細菌 X の DNA を酵素 Y2 で処理後、酵素 Z で自己環状化した試料では、開始コドンが見つからなかった。この理由を 40 字以内で説明しなさい。なお、反応の過程で突然変異や PCR の誤増幅はなかったものとする。

〔B〕 真核生物の細胞では、核内で DNA の遺伝情報が mRNA 前駆体に転写された後、mRNA 前駆体からイントロンの領域が除かれ、エキソンの領域が連結されて mRNA となる。mRNA は核を出て細胞質に運ばれ、タンパク質へ翻訳される。

④ 遺伝子を扱う技術の発展に伴い、遺伝子を人為的に操作することが可能となった。この技術を用いて、タンパク質 A の機能を調べるために、次の手順でタンパク質 A をコードする遺伝子 A のノックアウトマウスを作製した。

手順 1. ノックアウトマウスを作製するために、ES 細胞(胚性幹細胞)の遺伝子 A の全領域を遺伝子組換えするのではなく、開始コドンを含んだエキソン 1 を、ネオマイシン耐性遺伝子を含む DNA 断片と置き換えた(図 4)。ネオマイシンは細菌を殺す薬(抗生物質)であり、高濃度で培養液中に加えると耐性のない ES 細胞も死滅させる。

手順 2. 2 つある対立遺伝子 A のうち、一方のエキソン 1 だけがネオマイシン耐性遺伝子を含む DNA 断片に置き換えられた遺伝子組換え ES 細胞を、マウス受精卵由来の胚盤胞に注入した。胚盤胞の内部細胞塊(胎仔へと分化する細胞集団)は、遺伝子組換え ES 細胞と、遺伝子組換えされていない細胞が混ざった状態(キメラ)となる。このキメラ胚盤胞を、雌マウスの子宮に移植してキメラマウスを誕生させた(F0)。成長したキメラマウスと遺伝子組換えされていない野生型マウスを交配させ、一方の対立遺伝子だけが遺伝子組換えされたヘテロノックアウトマウス(F1)を誕生させた。次に、ヘテロノックアウトマウス同士を交配させ、対立遺伝子の両方において遺伝子組換えされたホモノックアウトマウス(F2)をつくりだした(図 5)。

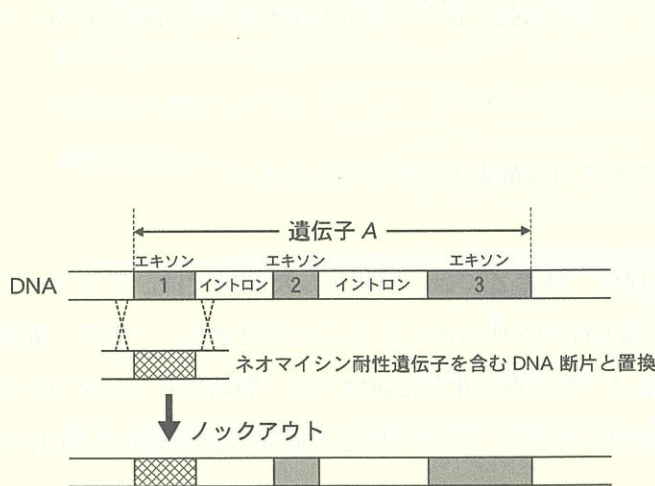


図 4

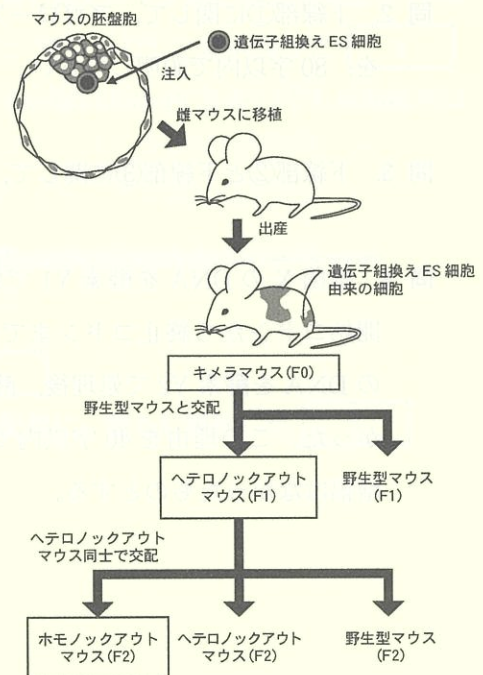


図 5

問 5. 下線部④に関して、タンパク質合成の場はリボソームである。リボソームについて書かれた次の文章(ア)~(オ)から正しいものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 真核生物だけでなく、原核生物にも存在する。
- (イ) リン脂質二重膜でできた膜構造をもつ。
- (ウ) tRNA が運んできたアミノ酸はリボソームでペプチド結合する。
- (エ) 粗面小胞体は小胞体にリボソームが付着したものである。
- (オ) リボソームの構造には DNA が含まれている。

問 6. 下線部⑤に関して、開始コドンを含むエキソン 1 を、単に遺伝子として機能しない DNA 断片と置き換えるのではなく、ネオマイシン耐性遺伝子を含む DNA 断片と置き換えた理由を 30 字以内で説明しなさい。

問 7. 下線部⑥に関して、キメラマウス (F0) から生まれたマウス (F1) には、ヘテロノックアウトマウスと野生型マウスがいた。野生型マウスが含まれた理由として適切なものを、次の(ア)~(カ)からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 遺伝子組換えをおこなっていない対立遺伝子をもつ精子や卵があったから。
- (イ) キメラマウス母体由来の遺伝子が、優先的に子に受け継がれたから。
- (ウ) キメラマウス (F0) の生殖細胞が、遺伝子組換え ES 細胞由来でない場合があったから。
- (エ) 遺伝子組換え ES 細胞由来の生殖細胞は、自然環境では受精能力がなかったから。
- (オ) キメラ胚盤胞内で、遺伝子組換え細胞が分化能を失ってしまったから。
- (カ) キメラマウス (F0) では、免疫担当細胞が遺伝子組換え ES 細胞を除去したから。

問 8. 遺伝子 A からつくられた mRNA は、開始コドンから終止コドンを含めて 1128 塩基であった。この mRNA が翻訳されたとき、翻訳直後のタンパク質 A に含まれるアミノ酸数はいくつか、数字で答えなさい。

問 9. ヘテロノックアウトマウス (F1) 同士の交配で得られた遺伝子 A のホモノックアウトマウス (F2) は、同じ親から生まれた遺伝子組換えがない野生型マウスと比較して、全身の骨格筋の重さが明らかに増加していた。ただし、遺伝子 A のホモノックアウトマウスと野生型マウスでは、食餌量や運動量、成長ホルモンなど、ほかの条件には差がなく、骨格筋細胞 (筋繊維) の大きさも同じであった。このことから、遺伝子 A は骨格筋細胞に対してどのようなはたらきをもつと考えられるか、20 字以内で説明しなさい。

3

動物の体液と神経組織に関する次の文章〔A〕,〔B〕を読み,下の問い(問1~9)に答えなさい。

〔A〕 哺乳類ではほとんどの細胞が体液に浸されており,体外の環境には直接接していない。そのため,細胞にとって体液は環境と考えることができ,このように体液がつくる環境を とよぶ。生命には を一定に保とうとする性質があり,この性質を とよぶ。哺乳類の体液は血液, , に分けられ, は細胞間を満たしており, は白血球の一種が含まれている液体で血液と同じく体内を循環している。血液は液体成分である血しょうと有形成分に分けられる。有形成分には大きく分けて3種の血球が存在し,白血球は主に免疫を担当し,血小板は主に血液凝固に関わっている。新鮮な血液を採取してしばらく放置すると,血液凝固により沈殿物である と,やや黄色みがかかった上澄みの液体である に分離する。赤血球は酸素と結合するタンパク質であるヘモグロビンをもっており,酸素運搬にはたらいている。

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,血しょう中に含まれるタンパク質の中で最も含有量が多いものを,次の(ア)~(オ)から1つ選び,記号で答えなさい。また,そのタンパク質がつくられる臓器の名称を答えなさい。

- (ア) グルカゴン (イ) 免疫グロブリン (ウ) ビリルビン
(エ) アルブミン (オ) 成長ホルモン

問 3. 下線部②に関して,ヒトの血球の説明として正しいものを,次の(ア)~(オ)からすべて選び,記号で答えなさい。

- (ア) 赤血球は成熟する過程で核を失う。
(イ) 血小板は赤血球よりも大きい。
(ウ) 3種の血球はすべて造血幹細胞が分化・増殖したものである。
(エ) 3種の血球のうち血液中で最も数が多いのは白血球である。
(オ) 血球は主に脊髄でつくられる。

問 4. 下線部③に関して,クエン酸ナトリウムなどのカルシウムイオンと結合する物質を血液に入れると凝固が抑制される。そのしくみについて,次の語群の語をすべて用いて100字以内で説明しなさい。

〔語群〕 フィブリノーゲン, トロンピン, フィブリン, プロトロンビン

問 5. 下線部④に関して、図 1 はある動物のヘモグロビンの酸素解離曲線を示している。酸素解離曲線は血液中のヘモグロビンの酸素飽和度(酸素ヘモグロビンの割合)と酸素分圧の関係を示している。次の問い(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 図 1 の曲線 A と表 1 の条件から計算に必要な項目の数値を参照して、次の(i)と(ii)について計算しなさい。その際、表 2 の条件については無視できるものとする。また、答えは括弧内の単位で記入し、割り切れない場合は小数点以下第 3 位を四捨五入すること。
- (i) 血液から肝臓に送られる 1 分間当たりのヘモグロビンの量(mg/分)を求めなさい。
- (ii) 血液から肝臓に放出される 1 分間当たりの酸素量(μ L/分)を求めなさい。

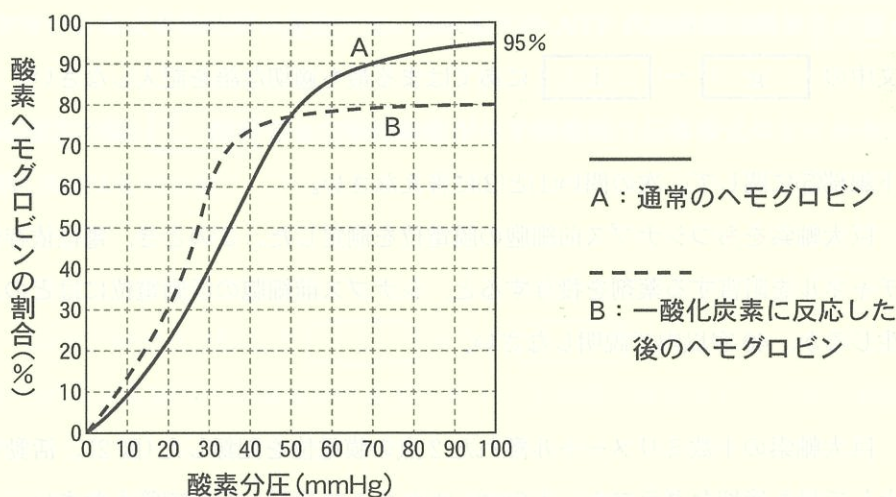


図 1

表 1 計算に用いる条件

肺胞の酸素分圧は 100 mmHg
肝臓の酸素分圧は 40 mmHg
心臓における 1 分間の血液の排出量は 5000 mL
ヘモグロビンは 1 g 当たり最大 1.34 mL の酸素と結合可能
血液 100 mL 中のヘモグロビン含有量は 15 mg
心臓から送り出された血液量の 24 % が肝臓に流れる

表 2 無視してよい条件

各臓器間の二酸化炭素分圧の差
血液が肺胞から標的臓器に到達するまでに放出される酸素
血しょうに溶解している酸素

- (2) 一酸化炭素はヘモグロビンと強く結合する性質をもつ。通常の状態(図 1 の曲線 A)において、すべてのヘモグロビンのうち腎臓に酸素を放出したヘモグロビンの割合を 100 とした場合、一酸化炭素に反応させた後(図 1 の曲線 B)のすべてのヘモグロビンのうち、腎臓に酸素を放出したヘモグロビンの割合を、計算しなさい。ただし、腎臓の酸素分圧は 30 mmHg とし、表 2 の条件については無視できるものとする。また、割り切れない場合は小数点以下第 3 位を四捨五入すること。

〔B〕 マッコウクジラは深海に潜って巨大なイカを捕食していることが知られている。イカをはじめとする無脊椎動物の大部分の神経は髄鞘^{ずいしょう}をもたない 神経繊維であり、その伝導速度は軸索の半径の平方根に比例する。したがって、^{がいとうまく}外套膜にあるイカの長い神経繊維(巨大軸索)は、軸索を太くすることにより伝導速度を速くし、イカが危険を察知した際にす^⑤ばやく逃れるための^⑥筋肉の収縮を可能にしている。しかしながら、ダイオウイカほどに巨大化すると、軸索を太くするだけでは不十分で動作が鈍くなるといわれている。一方、脊椎動物であるマッコウクジラの神経は髄鞘をもつ 神経繊維であり、 とよばれる特徴的な伝導様式を示すことにより伝導速度を上げている。実際、マッコウクジラは捕食時^⑦に急旋回するなど俊敏さを発揮する。

問 6. 文中の ~ にあてはまる最も適切な語を記入しなさい。

問 7. 下線部⑤に関して、次の問い(1)と(2)に答えなさい。

(1) 巨大軸索をもつシナプス前細胞の膜電位を測定した。このとき、電位依存性ナトリウムチャンネルを阻害する薬剤を投与すると、シナプス前細胞の活動電位にはどのような作用が生じるか、40字以内で説明しなさい。

(2) 巨大軸索の十数ミリメートル離れた2点の膜電位を記録した(図2)。活動電位の記録例として最も適切なグラフを、下の(ア)~(ウ)から1つ選び、記号で答えなさい。

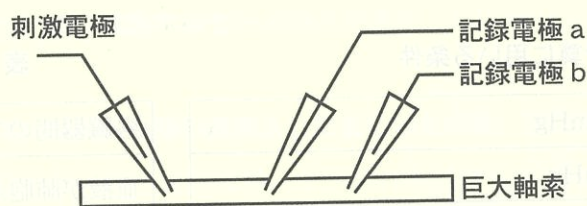
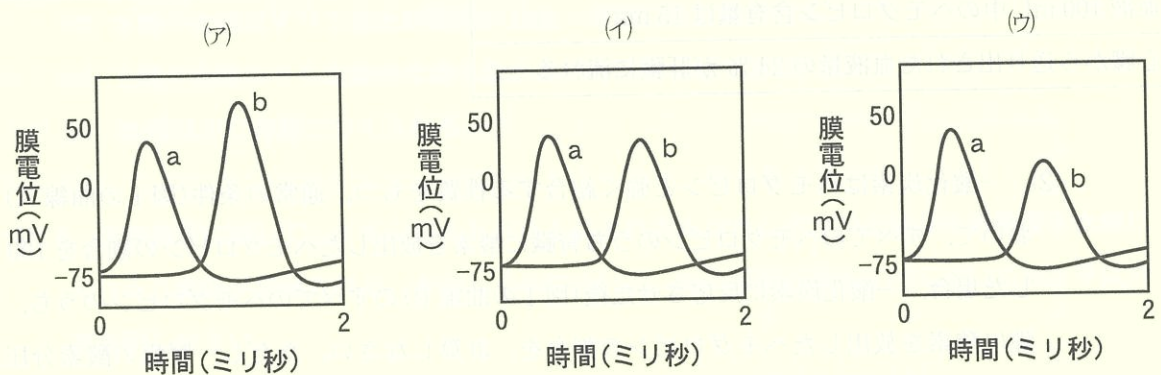


図 2



問 8. 下線部⑥に関して、ヒトの筋収縮についての記述として正しいものを、次の(ア)～(カ)からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 運動ニューロンの神経終末から放出されたアセチルコリンが筋繊維の受容体に結合すると、その情報に従った筋収縮がおこる。
- (イ) 筋小胞体への Ca^{2+} 取り込みにより筋収縮し、筋小胞体からの Ca^{2+} 放出により筋弛緩する。
- (ウ) アクチンに存在する ATP 分解酵素(ATP アーゼ)が筋収縮のエネルギーを供給する。
- (エ) トロポニン₁はアクチンフィラメントとミオシンフィラメントの相互作用を阻害する。
- (オ) 安静時の筋繊維中には数分間の筋収縮を維持できる量の ATP が含まれている。
- (カ) マラソンなどの長時間の運動では、筋収縮への ATP 供給経路は酸素を必要とする。

問 9. 下線部⑦に関して、髄鞘をもつ神経繊維が示す特徴的な伝導様式のしくみを、50 字以内で説明しなさい。

4

植物の生理に関する次の文章〔A〕、〔B〕を読み、下の問い(問1～8)に答えなさい。

〔A〕 植物は光を受けて水と二酸化炭素から糖をつくるはたらきである光合成を行う。光合成は、 という細胞小器官の中で進むいくつかの反応を組み合わせることによって成立している。

光化学系Ⅱでは、光で励起された色素 X が電子を中間電子伝達体に渡し、 から電子を奪い、酸素を発生させる。光化学系Ⅰでは、光で励起された色素 X が電子を NADP^+ に渡して NADPH に還元し、電子を中間電子伝達体から受け取る。この間に、 H^+ が 内腔へ運ばれる。この H^+ 濃度勾配に従って H^+ が 内腔から へ排出されるときに ATP 合成酵素がはたらいて ATP が合成される。

ATP のエネルギーと NADPH の還元力を使って炭素を固定する一連の反応はカルビン回路とよばれる。まず、二酸化炭素 1 分子が炭素原子を 個もつ化合物 1 分子と結びついて炭素を 3 個もつ化合物 2 分子ができる。よって、二酸化炭素 3 分子を固定すると炭素を 3 個もつ化合物 6 分子ができる。このうち炭素を 3 個もつ化合物 5 分子から炭素を 個もつ化合物 3 分子を再生し、炭素を 3 個もつ化合物 1 分子が糖生成経路へと受け渡される。この反応は のうち とよばれる空間で進む。

植物は葉という平面的な器官をつくり、表皮や柔組織などの組織を分化させることにより、光合成を効率的に行うことができる。表皮は水分が蒸発しにくいようになっており、水および二酸化炭素の出入りを気孔の開閉によって調節する。孔辺細胞は、光の刺激を受けて^①膨圧を高め気孔を開く。植物の水分が不足している時は、植物ホルモン Y の濃度が上昇し、植物ホルモン Y に反応して気孔を閉じる。また、茎は暗いところでは速く伸長し、明るい^②ところでは伸長が抑制される。

問 1. 文中の ～ にあてはまる最も適切な語または数字を記入しなさい。

問 2. 色素 X の名称を答えなさい。

問 3. 植物ホルモン Y の名称を答えなさい。

問 4. 下線部①に関して、植物にはフィトクロムと2種類の青色光受容体があることが知られている。次の問い(1)と(2)に答えなさい。

(1) 気孔を開く反応を制御する光受容体がフィトクロムであるか青色光受容体であるかは、どのような実験によって区別できるか、60字以内で説明しなさい。

(2) 気孔を開く反応を制御する光受容体が2種類の青色光受容体のいずれであるかは、どのような実験によって区別できるか、60字以内で説明しなさい。

問 5. 下線部②に関して、茎が青色光で育てられた時の伸長成長の抑制にはたらく主要な光受容体は何か、名称を答えなさい。



- (2) 下線部⑤の現象に関して、光の当たる側にある特定の細胞内のオーキシン輸送タンパク質(細胞内から細胞外へ排出するタンパク質)の局在として想定されるものを、図2の(ア)~(エ)から1つ選び、記号で答えなさい。

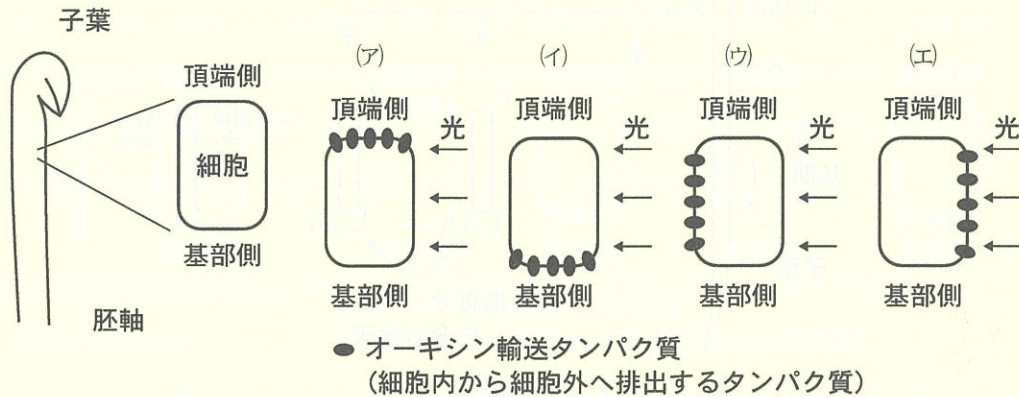


図2

- 問8. 下線部④に関して、茎でおこるオーキシンの移動の性質を調べるために次の実験を行った。この実験についての次の文章を読み、下の問い(1)~(3)に答えなさい。

[実験] 重力加速度が1Gの重力環境である地球上、または微小重力環境(μG と表す)である宇宙船内において、暗条件で育てたエンドウの芽生えの茎から30mm長の切片(図3, A-B)を切り出し、標識オーキシン^(注)を含ませた寒天に、切片の基部側(B)または頂端側(A)を差し込んで立てて静置した(図3)。切片の頂端側(A)を寒天に差し込んだ場合を処理(i)、基部側(B)を寒天に差し込んだ場合を処理(ii)とする。22時間後に切片を回収し、切片の寒天に差し込んだ側と反対側の端5mmの部分に含まれる標識オーキシンの量を測定し、グラフに表した(図4)。

(注) 「標識オーキシン」は、植物がつくるオーキシンと同じように移動し、標識によりその量を調べることができるものとする。

エンドウの芽生え

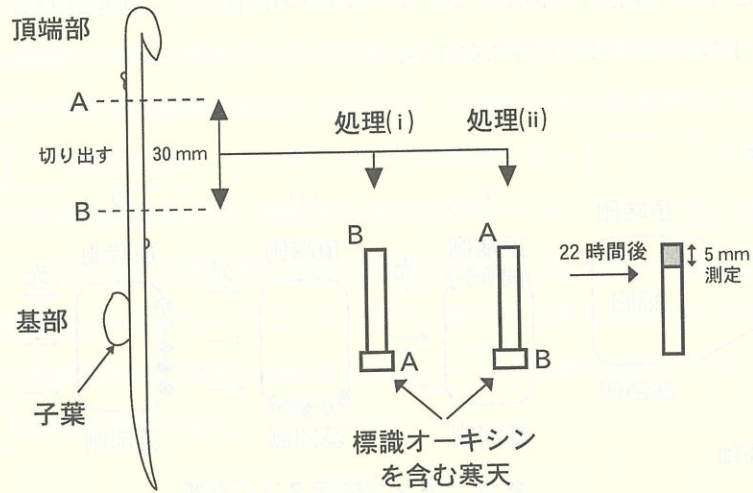


図 3

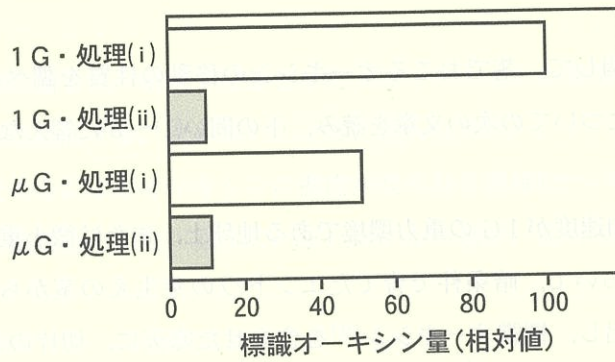


図 4

(図 3, 4 Ueda et al. (2000) Biol. Sci. Space, 14, 47-57, 図 2 および図 20 を改変)

- (1) 1 G 環境下での処理(i)および処理(ii)を比べた時、図 4 の結果になったのは、オーキシシンの移動が特徴的な性質を示すためである。この特徴的なオーキシシンの移動様式の名称を答えなさい。

- (2) (1)のような移動がおこるのは、1 G 環境下ではオーキシン輸送タンパク質(細胞内から細胞外へ排出するタンパク質)が特徴的な局在を示すためである。このタンパク質は細胞膜にどのように局在しているか、図5の(ア)~(エ)から1つ選び、記号で答えなさい。

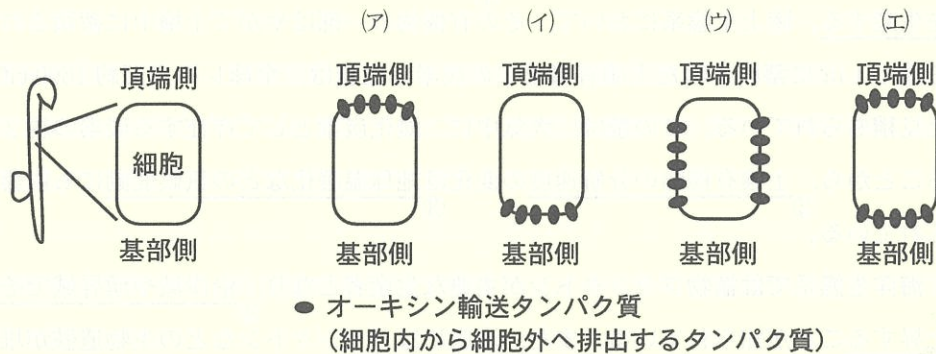


図5

- (3) オーキシンの移動に関して、[実験]の結果から考えられることを、以下の(ア)~(ク)からすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) オーキシンは、主に重力の方向に逆らって移動する。
- (イ) オーキシンは、主に重力の方向にしたがって移動する。
- (ウ) オーキシンは、主に茎の頂端部側から基部側に向かって移動する。
- (エ) オーキシンは、茎の頂端部側から基部側への方向と、基部側から頂端部側への方向の、両方向に同程度に移動する。
- (オ) オーキシンは、主に茎の基部側から頂端部側に向かって移動する。
- (カ) オーキシンの一定時間における移動量は、1 G 環境下と比べて μ G 環境下ではより多い。
- (キ) オーキシンの一定時間における移動量は、1 G 環境下と μ G 環境下では同程度である。
- (ク) オーキシンの一定時間における移動量は、1 G 環境下と比べて μ G 環境下ではより少ない。

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1～10)に答えなさい。

〔A〕 植物をはじめとした独立栄養生物は、光合成により二酸化炭素から組織を構成する有機物を生産する。陸上生態系において、その有機物の一部はやがて土壤中に蓄積される。地表から地下1mに蓄積された土壤有機物中の炭素の総量は、全球レベルで約1600 Gt(ギガトン)と見積もられている。この量は、大気中に二酸化炭素として存在する炭素の約2倍に相当することから、土壤有機物の分解速度の変化は地球温暖化などの気候変動にも影響すると考えられている。

海洋生態系では植物プランクトンが主要な生産者となり、沿岸域や湧昇域でその生産量は上昇することが知られている。また、海底にはプランクトンなどの生物遺骸が堆積し、それらは長い年月を経て石油や天然ガスなどの化石燃料になることがある。

問1. 下線部①に関して、植物の光合成や物質生産に関する文章として正しいものを、次の(ア)～(オ)から1つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 光合成による炭酸同化反応には、RubisCO(ルビスコ)とよばれる酵素が深く関係している。
- (イ) 単位面積あたりの純生産量は、森林よりも海洋の方が高い。
- (ウ) 水域生態系の補償深度は、窒素やリンなどの栄養塩濃度が高いと深くなる。
- (エ) 植物の光合成速度は、温度が高くなるほど直線的に増加するため、地球温暖化は光合成による二酸化炭素吸収量の増加につながる。
- (オ) 光飽和点は陰生植物と陽生植物間で異なるが、光補償点はほとんど差がない。

問2. 下線部②に関して、次の問い(1)と(2)に答えなさい。

- (1) 土壤有機物の分解に関する文章として正しいものを、次の(ア)～(オ)からすべて選び、記号で答えなさい。
- (ア) 土壤温度の上昇により微生物の活動が活発になると、土壤有機物の分解速度は増加する。
 - (イ) 土壤中に生息するトビムシやワラジムシのような無脊椎動物は、土壤有機物の分解速度に影響をおよぼさない。
 - (ウ) 土壤中の酸素濃度が低い嫌氣的条件下では、好氣的条件下と比較して土壤有機物の分解速度は一般的に遅くなる。
 - (エ) リグニンやセルロースなどの含有率が高い有機物は、分解に長い時間を要する。
 - (オ) 土壤有機物の分解は、主に物理的風化作用によって進行する。

問 2. (2) 森林では単位面積あたりの純生産量は熱帯多雨林で多く、温帯林(照葉樹林や夏緑樹林)、亜寒帯林(針葉樹林)の順に減少する。しかし、土壤中に堆積する有機物の量は熱帯多雨林よりも温帯林や亜寒帯林の方が多くなることがある。その理由を 60 字以内で説明しなさい。

問 3. 下線部③に関して、地球温暖化により土壌からの二酸化炭素放出が増加した場合、それに伴う大気組成の変化がどのようなフィードバック効果をもたらすか、解答用紙に記載された文章に書き出しの文章に続けて 30 字以内で説明しなさい。

問 4. 下線部④に関して、沿岸域や湧昇域で植物プランクトンの生産量が上昇する理由を 50 字以内で説明しなさい。

図 1 は、北緯 30 度の緯度帯に位置する 3 つの海域の 1980 年と 2000 年の植物プランクトン生産量の経年変化を示している。図 1 の 3 つの海域のうち、2000 年の植物プランクトン生産量が 1980 年よりも増加しているのは、図 1 のどの海域か。図 1 の 3 つの海域のうち、2000 年の植物プランクトン生産量が 1980 年よりも減少しているのは、図 1 のどの海域か。図 1 の 3 つの海域のうち、2000 年の植物プランクトン生産量が 1980 年よりも変化していないのは、図 1 のどの海域か。



図 2 は、北緯 30 度の緯度帯に位置する 3 つの海域の 1980 年と 2000 年の植物プランクトン生産量の経年変化を示している。図 2 の 3 つの海域のうち、2000 年の植物プランクトン生産量が 1980 年よりも増加しているのは、図 2 のどの海域か。図 2 の 3 つの海域のうち、2000 年の植物プランクトン生産量が 1980 年よりも減少しているのは、図 2 のどの海域か。図 2 の 3 つの海域のうち、2000 年の植物プランクトン生産量が 1980 年よりも変化していないのは、図 2 のどの海域か。

〔B〕 2倍体生物種の集団における対立遺伝子頻度の動態を理解するため、シミュレーションを行った。シミュレーションにおける仮定は以下のとおりである。

- ・繁殖は有性生殖によってのみ行われ、集団内の個体は混ざり合い、自由交配(ランダム交配)する。
- ・親世代の個体は一斉に繁殖を行い、子を生んだ後に死亡する。子世代の個体は、すべて同じタイミングで次の親世代へと成長する。
- ・親世代からは多数の子が生まれるが、環境の収容力に制限があるため、その多くは親世代に成長するまでに死亡し、生き残るのは前の親世代と同数(S個体)となる。
- ・子が親世代まで生存する確率は、ある対立遺伝子の遺伝子型によって決定される。ここでは、AA型、Aa型、aa型の相対生存確率をそれぞれ f_1 、 f_2 、 f_3 とする。たとえば $f_1 = 1$ 、 $f_2 = 0.5$ 、 $f_3 = 0.5$ の場合、AA型の個体はAa型およびaa型の個体に比べて、親世代まで生存する確率が2倍であることを意味する。ただし、 $f_1 = 1$ 、 $f_2 = 1$ 、 $f_3 = 1$ の場合は、生存確率がこの対立遺伝子の遺伝子型に依存していないことを意味する。
- ・初期集団(第0世代集団)の対立遺伝子頻度は $A : a = 1 : 1$ とする。
- ・突然変異率は無視できるほど小さい。
- ・他集団からの移入や、他集団への移出はない。

図1～3は、各図のパネル上に表記した数値の条件(パラメータセット)で、30世代にわたる親世代の対立遺伝子頻度(aの割合)の変化を20回シミュレートした結果を表している。

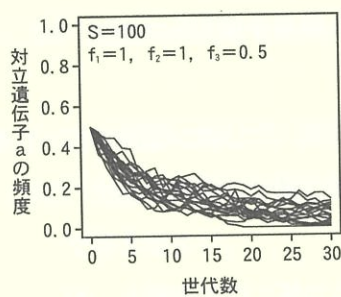


図 1

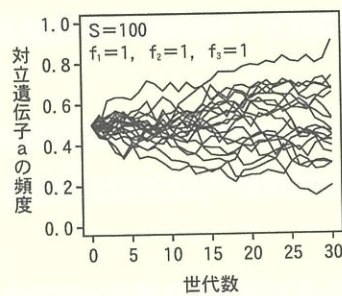


図 2

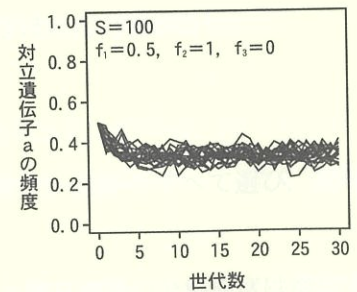


図 3

問 5. 図1では、対立遺伝子の頻度が、ばらつきながらも世代を通じて方向性をもって変化している。自然界におけるこのようなはたらきを何とよぶか、その名称を答えなさい。

問 6. 図2では、生存率が遺伝子型に依存していないにもかかわらず、集団の対立遺伝子頻度が世代を通じて変化している。次の問い(1)と(2)に答えなさい。

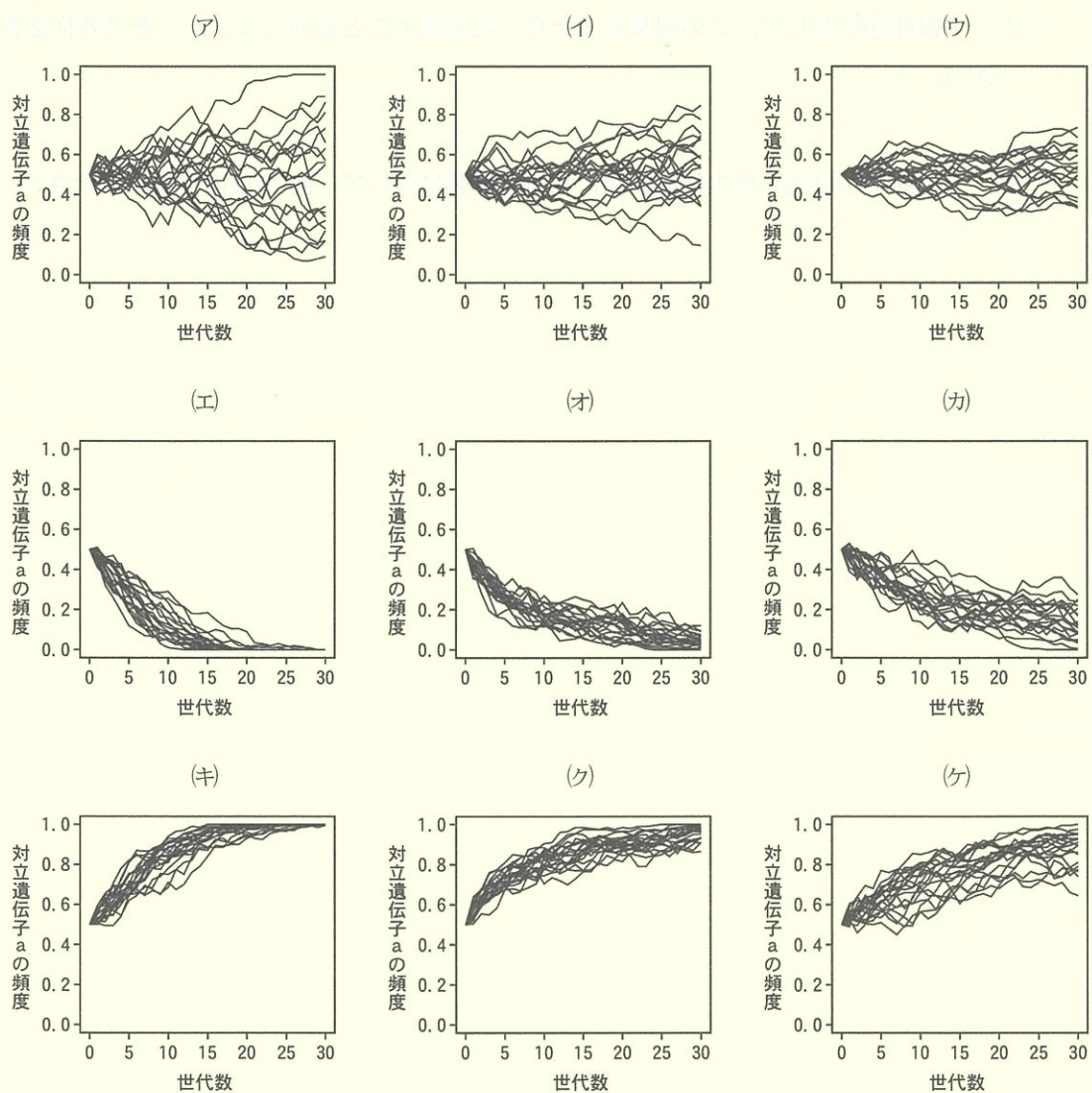
(1) 自然界におけるこのような変化を何とよぶか、その名称を答えなさい。

(2) このようなはたらきによっても進化がおきるとする説を何とよぶか、その名称を答えなさい。

問 7. 図 3 では、遺伝子型によって生存率に差があるにもかかわらず、2 種類の対立遺伝子が世代を通じて安定的に共存している。ここでシミュレートされた現象と同様の理由で蔓延し続けてきたと考えられている、アフリカのマラリア感染地域で多くみられるヒトの遺伝疾患の名前を答えなさい。

問 8. $S = 200$, $f_1 = 1$, $f_2 = 1$, $f_3 = 1$ の条件で 20 回シミュレートした結果として得られた可能性が最も高い図を、図 1 ~ 3 を参照して、下の(ア)~(ケ)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

問 9. $S = 100$, $f_1 = 1$, $f_2 = 0.75$, $f_3 = 0.75$ の条件で 20 回シミュレートした結果として得られた可能性が最も高い図を、図 1 ~ 3 を参照して、下の(ア)~(ケ)から 1 つ選び、記号で答えなさい。



問10. 図4は、 $S = 100$, $f_1 = 1$, $f_2 = 1$, $f_3 = 1$ という条件に、5世代目、15世代目、25世代目は親世代まで生き残ることができたのが5個体だけだったという条件を追加して、30世代にわたる親世代の対立遺伝子頻度(aの割合)の変化を20回シミュレートした結果である。
 ここでは20回の試行中7回で対立遺伝子の固定がおきていた。
 ⑤

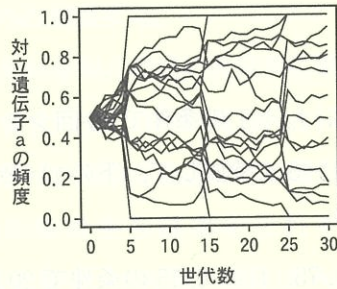


図4

(1) 下線部⑤に関して、この現象をもたらした効果のことを何とよぶか、その名称を答えなさい。

(2) この効果が自然界の生物種集団に与える影響について、90字以内で説明しなさい。

下書用紙

見本

下書用紙

見本

下書用紙

見本