

生 物

問 題

2013年度

< H25070017 >

注 意 事 項

1. この問題冊子は、解答パターンがBおよびCの受験生に配布されます。
2. この科目では、この問題冊子、および記述解答用紙（生物その1、生物その2）を配布します。
3. 問題冊子および解答用紙は、試験開始の合図があるまで開かないでください。
4. 問題は3～19ページに記載されています。試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁および解答用紙の汚れに気付いた場合は、手を挙げて監督員にお知らせください。
5. 記述解答用紙の所定欄（各2か所）に、氏名および受験票に記載されている受験番号を、正確に記入してください。受験番号は、右詰めで記入し、番号欄に余白が生じる場合でも、番号の前に「0」を記入しないでください。

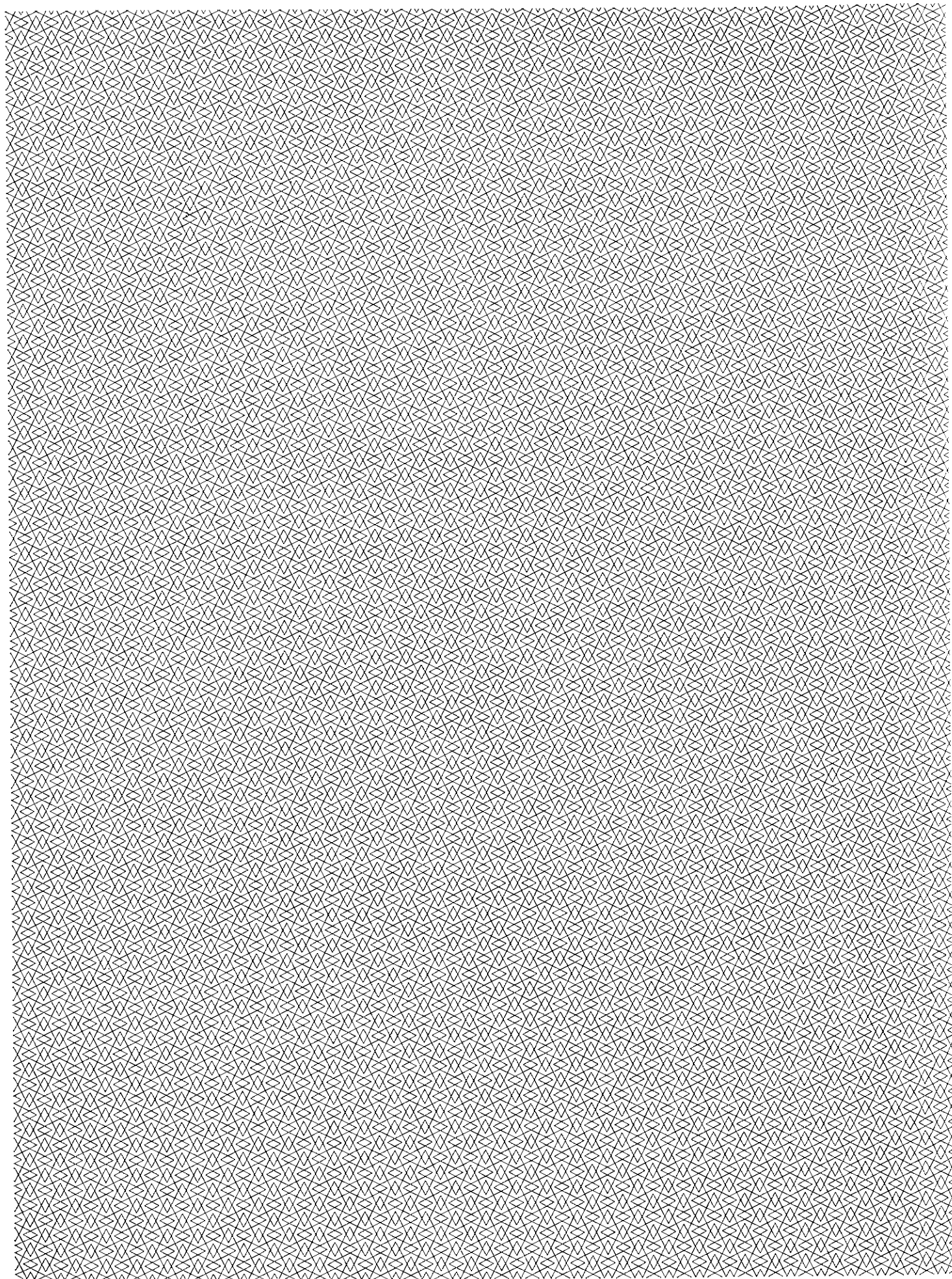
万	千	百	十	一
	3	8	2	5

(例) 3825番 ⇨ ※数字は読みやすいように、はっきり記入してください。

読みにくい数字は採点処理に支障をきたすことがあるので、注意してください。

数 字 見 本	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6. 解答は解答用紙の所定欄に、黒鉛筆（HB）またはシャープペンシル（HB）で記入し、所定欄外には何も記入しないでください。
7. 下書きは問題冊子の余白を使用してください。
8. 問題冊子は持ち帰ってください。
9. 解答用紙は必ず提出してください。



〔I〕 以下の問1～問8の問題文を読み、答えを解答欄に記入しなさい。

問1 真核生物の核内では、DNA から RNA が転写され、タンパク質の情報に寄与しない部分であるイントロンは削除されて伝令 RNA となる。次に伝令 RNA は核外の細胞質でリボソームによってタンパク質に翻訳される。

i：下線部のプロセスを何と呼ぶかを答えなさい。

ii：下記の中から正しいものをすべて選びなさい。

(あ) 核酸の構造は、塩基がリン酸を介して鎖状につながったものである。

(い) 二重らせん構造の DNA において、アデニンとシトシン、グアニンとチミンはそれぞれ相補的に結合している。

(う) 原核生物の遺伝子には一般的にイントロンはない。

(え) 伝令 RNA のコドンが指定するアミノ酸をリボソーム上に運んでくるのは、リボソーム RNA である。

(お) 20 種類のアミノ酸と終始コドンで指定するコドンの種類は 64 種である。

問2 五界説では、生物を原核生物界（モネラ界）、（あ）界、菌界、植物界、動物界に大別する。原核生物界に属するのは、細菌類と（い）類である。（あ）界には、菌界、植物界、動物界のいずれにも属さない真核生物がまとめられている。界を異にするさまざまな生物が光合成を行うが、光合成色素のなかでも代表的なクロロフィルを比較すると、（い）類と紅藻類はクロロフィル *a* を持つのに対し、褐藻類はクロロフィル *a* とクロロフィル（う）、緑藻類はクロロフィル *a* とクロロフィル（え）をもつという特徴がある。（あ）～（え）に当てはまる語句を記入しなさい。

問3 アユは条件の良い場所に1匹あたり約1平方メートルの縄張りをつくり、エサ場を確保する（縄張りアユ）。縄張りを持てなかったアユは、群れをつくって条件の悪い場所や縄張りのない場所を移動しながらエサをとる（群れアユ）。表1-1はある川でのアユのエサとなる藻の生産量を調査した結果を示したものである。

表1-1

	条件の良い場所	条件の悪い場所
川全体に占める割合（％）	55	45
1日当たりの藻の生産量（g/m ² ）	200	12

この川では、縄張りが1つもつくられなかったとしたら、川全体を見て、100平方メートル当たり、平均（i）匹のアユが発育できる。また、条件が良い場所すべてに縄張りがつくられたとしたら、群れのアユと合わせて、100平方メートル当たり平均（ii）匹のアユが、十分なエサをとって発育できると考えられる。なお、アユの1日当たりの摂食量は、群れアユ、縄張りアユともに、1匹あたり20gとする。また、縄張りは1匹でつくるものとする。

i：当てはまる数字を書きなさい。

ii：当てはまる数字を書きなさい。

問4 以下の図1-1の中の曲線は、ヒトの生体組織内の O_2 分圧と酸素ヘモグロビンの割合の関係を示したグラフである。組織内の CO_2 分圧の値の違いによって、いずれのグラフの曲線に従うかが決まる。安静時の肺胞内の O_2 分圧と CO_2 分圧がそれぞれ100 mmHgと40 mmHgであり、ある組織の O_2 分圧と CO_2 分圧がそれぞれ30 mmHgと70 mmHgだとする。このとき、この組織で酸素を解離する酸素ヘモグロビンの割合は、およそ(i)%である。また、高地において肺胞内の O_2 分圧のみが70 mmHgに低下したとすると、組織に供給される酸素の割合は(ii)。

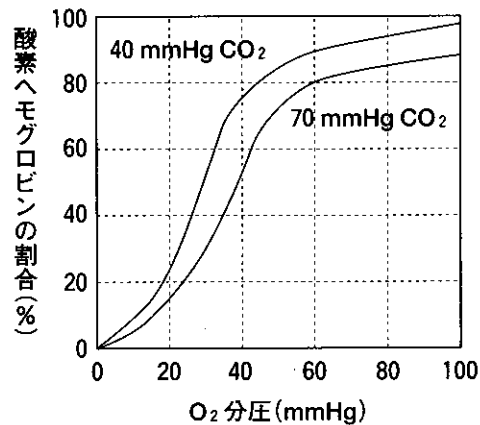


図1-1 ヒトの生体組織内の O_2 分圧と酸素ヘモグロビンの割合の関係

i：当てはまる数字を(あ)～(お)から選び記号で答えなさい。

- (あ) 95
- (い) 85
- (う) 75
- (え) 65
- (お) 55

ii：最も適当な語句を(ア)～(オ)から選び記号で答えなさい。

- (ア) 著しく増大する
- (イ) 著しく減少する
- (ウ) 10%程度の増大に留まる
- (エ) 10%程度の減少に留まる
- (オ) 変化しない

問5 骨格筋は (i) と呼ばれる多数の筋細胞の束であり、それぞれの (i) は収縮するための電気刺激の強さのしきい値が異なる。(i) に対する刺激の強さのしきい値が以下の図1-2 aと図1-2 bの間に存在するとき、これら (i) の束である骨格筋の電気刺激に対する収縮の強さは図1-3の中で (ii) となる。

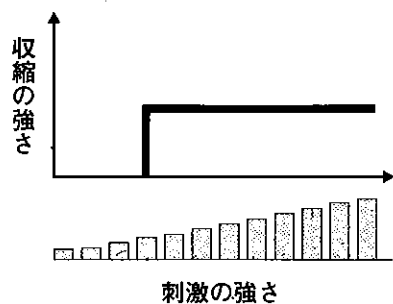


図1-2 a

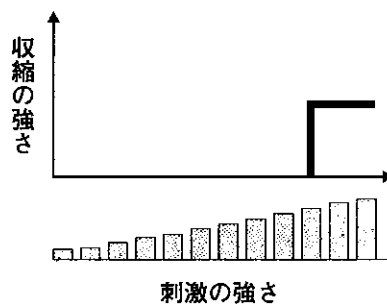


図1-2 b

i : 当てはまる語句を (あ) ~ (お) から選び記号で答えなさい。

- (あ) 筋繊維
- (い) 筋原繊維
- (う) 横紋筋
- (え) 平滑筋
- (お) サルコメア

ii : 最も適当なグラフを (ア) ~ (オ) から選び記号で答えなさい。

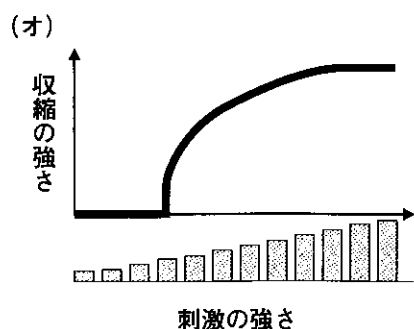
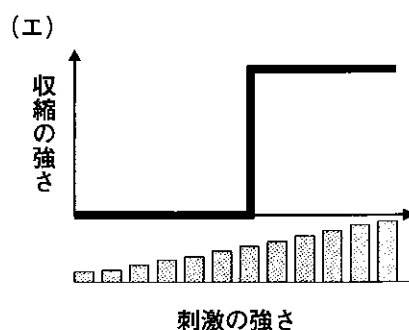
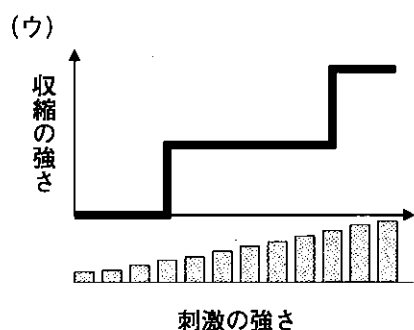
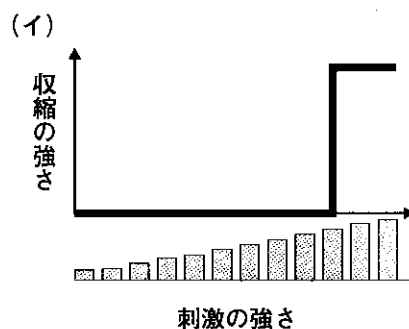
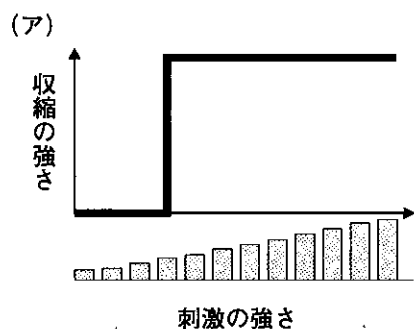


図1-3

問6 マウスの致死遺伝子として知られる lethal yellow 変異はヘテロ接合体で黄色の毛となり、ホモ接合体が胎性致死となる。そのため、ヘテロ接合体どうしを掛け合わせると、生まれてくる仔マウスの毛の色において、黄色とそれ以外の色の個体の比率は (a) : 1 となる。lethal yellow 変異をヘテロにもつマウス個体は毛の色だけでなく、肥満やがんが起こりやすいといった表現型を示すことが知られている。

1993 年、lethal yellow 変異は一つの遺伝子の変異ではなく、同一染色体上の二つの遺伝子 (*Raly* と *agouti*) にまたがる染色体 DNA の欠失によって生じるとする報告がなされた。この欠失の結果、*Raly* 遺伝子のタンパク質を指定する DNA は失われ、*Raly* 遺伝子の転写調節領域 (プロモーター) と *agouti* 遺伝子が結合することがわかった。野生型マウスでは *agouti* 遺伝子は皮膚や精巣などの限られた部位でしか発現が見られないが、ヘテロ接合体では野生型のマウスと異なり、さまざまな組織で *agouti* 遺伝子の発現が検出された。

i : (a) に当てはまる数字を答えなさい。

ii : 文中の下線部の表現型が生じるメカニズムを調べるために行う実験として、有効ではないものを次の (あ) ~ (か) からすべて選びなさい。ただし、実験が実際にできるかどうかや、成果が得られるかどうかについては考慮しなくてよい。

(あ) *Raly* 遺伝子の転写調節領域と *agouti* 遺伝子をつないだ DNA を染色体に組み込んだマウスを作製して、表現型を調べる。

(い) *agouti* 遺伝子の転写調節領域と *Raly* 遺伝子をつないだ DNA を染色体に組み込んだマウスを作製して、表現型を調べる。

(う) *Raly* 遺伝子をすべて欠失させたマウスを作製して、表現型を調べる。

(え) *agouti* 遺伝子をすべて欠失させたマウスを作製して、表現型を調べる。

(お) lethal yellow 変異をヘテロにもつマウスに *Raly* タンパク質の活性を抑制する薬剤を投与して、表現型の変化を調べる。

(か) lethal yellow 変異をヘテロにもつマウスに *agouti* タンパク質の活性を抑制する薬剤を投与して、表現型の変化を調べる。

問7 抗体は（A）と（B）がそれぞれふたつずつ、計4つのポリペプチドからできている。ポリペプチド中の可変部と呼ばれる部分は、抗体の種類によってアミノ酸配列が異なり、この可変部で特定の抗原と反応する。他の部分は定常部と呼ばれる。一種類の抗体は特定の抗原に対応し、強固に結合する。この性質を利用して、特定のタンパク質などの標的分子を抗原とする抗体を生物試料中の抗原に結合させることで、標的分子の存在を顕微鏡で観察することがよく行われている。動物に標的分子を注射し、この標的分子に対する抗体を作らせて研究に用いる。抗体自体は無色なので、観察するために抗体に蛍光色素などで目印をつける必要がある。この「目印をつける」ことを標識と呼ぶが、標的分子に結合する抗体を直接標識するよりも、この標的分子に結合する抗体の定常部を抗原とする第2の抗体を標識して、標的分子に結合させた抗体にさらに結合させる方法が一般的である。ある細胞にタンパク質1とタンパク質2が発現しているか否かを調べるために、抗体を用いてこのふたつのタンパク質を、赤と緑の別々の蛍光標識をすることによって同時に観察することにした。まずタンパク質1とタンパク質2に対する抗体（あ）を細胞標本に反応させた後洗浄し、抗体の定常部を抗原とする標識した抗体（い）を反応させた後洗浄して観察した結果、タンパク質1とタンパク質2がそれぞれ核と細胞膜に分かれて発現していることが明らかになった。

表1-2

	抗体ア	抗体イ	抗体ウ	抗体エ	抗体オ	抗体カ	抗体キ
抗原	タンパク質1	タンパク質1	タンパク質2	ウサギ抗体定常部	ウサギ抗体定常部	ヤギ抗体定常部	ヤギ抗体定常部
抗体を作製した動物種	ウサギ	ヤギ	ウサギ	ヤギ	ニワトリ	ニワトリ	ニワトリ
標識	なし	なし	なし	緑色蛍光	赤色蛍光	赤色蛍光	緑色蛍光

- i : 文中の（A）と（B）に当てはまる適切な語句を答えなさい。
- ii : 下線部について、この方法の利点を書きなさい。
- iii : （あ）に当てはまる2種類の抗体を表1-2の抗体ア～ウから選びなさい。
- （い）に当てはまる2種類の抗体を表1-2の抗体エ～キの中から選びなさい。

問8 ヒトの腎臓において、グルコースは通常では原尿からすべて再吸収されて尿には出てこないが、ある状況では尿にグルコースが排出されることがある。図1-4の(あ)はある人の血しょう中のグルコース濃度に対する腎臓でのグルコース排出量(原尿および尿への排出量)のグラフである。

- i : 腎臓への血流が減ると原尿ろ過量が減少する。もしこの人の原尿ろ過量が半分になったとしたら、原尿および尿へのグルコース排出量のグラフはどのようなだろう。(あ) ~ (か) から選びなさい。ただし、糸球体と細尿管の機能は変化しないものとする。
- ii : 細尿管でのグルコース再吸収が減少すると、血しょう中のグルコース濃度は正常でも尿にグルコースが排出されるようになる。これは腎性糖尿と呼ばれる状態である。もしこの人の細尿管でのグルコース再吸収が大きく減少した場合、原尿および尿へのグルコース排出量のグラフはどのようなだろう。(あ) ~ (か) から選びなさい。ただし、腎臓の他の機能は原尿ろ過量も含めて変化しないものとする。

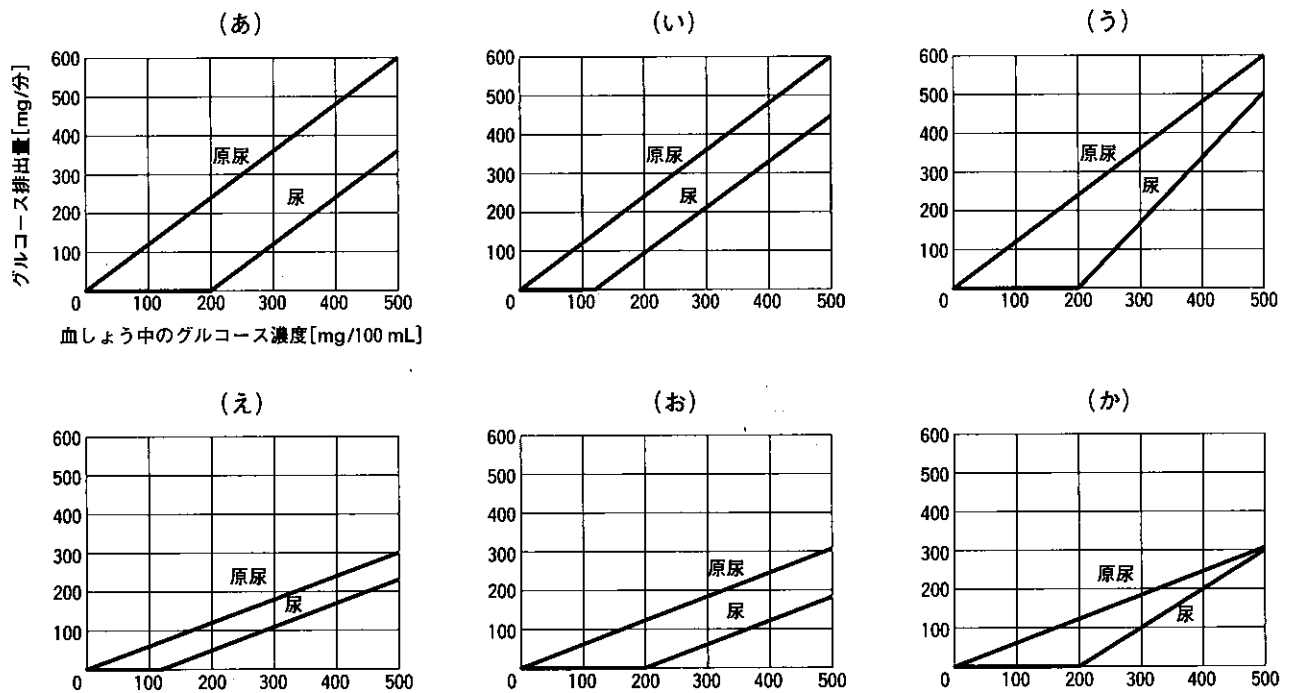


図1-4

〔Ⅱ〕 以下の文章を読んで、答えを解答欄に記入しなさい。

動物の細胞は細胞膜によって外部と隔てられている。細胞膜は、親水性の頭部と疎水性の尾部からなる脂質分子でも構成されている。各脂質分子は親水性頭部と疎水性尾部が互いに隣接するように同じ方向を向きながら多数連なって膜状に広がり、さらに、二つの膜の疎水性尾部側が向かい合って重なり、二重の膜となって細胞膜を構成する（脂質二重膜、図2-1）。各脂質分子は互いの位置を変えながら脂質二重膜の中を横方向へ動くことができる。また、細胞膜の所々ではタンパク質が埋め込まれていたり貫通したりしており、これらタンパク質も脂質分子の間を横方向に移動できる（問1）。貫通しているタンパク質の一例としてチャネル（問2）があげられる。チャネルは、イオンや小分子を細胞内外へ透過させる働きを担う。

多細胞生物では秩序だった構造や機能を実現するために、細胞同士が接着し合ったり情報を伝達し合ったりする仕組みが必要である。これら細胞間の接着や情報伝達には、細胞膜に埋め込まれたタンパク質が関わっている。そこで、細胞間の接着や情報伝達の仕組みについて調べるために、以下の実験を行った（図2-2）。

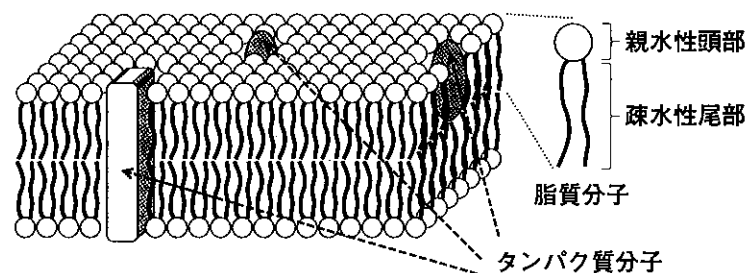


図2-1 脂質二重膜で構成される細胞膜の構造

準備実験

シャーレの中に栄養液を入れて、動物から取り出した細胞を加えて数日間培養した。すると、細胞はシャーレの底面に接着し、さらに分裂を繰り返して増えながら、細胞同士も接着し合ってシャーレの底に一面に広がった。続いて以下の実験1～実験4をそれぞれ行った。なお、ここで用いるトリプシンはタンパク質を分解する酵素であり、EDTAはカルシウムイオン (Ca^{2+}) を捕獲できる分子である。

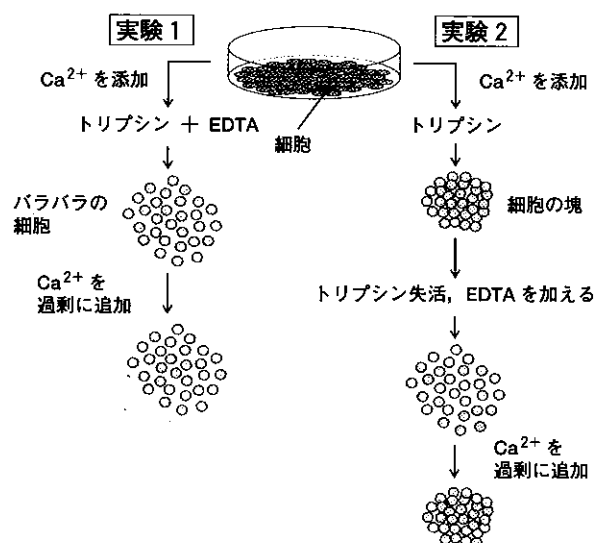


図 2 - 2

実験 1

栄養液を取り除き、 Ca^{2+} を含む緩衝液を加えた。さらに、トリプシンと同時に EDTA を加えたところ、細胞はシャーレの底面からはがれて個々の細胞にバラバラに分離した。ここに EDTA が捕獲できる以上に Ca^{2+} を加えても、細胞はバラバラに分離したままであった。

実験 2

栄養液を取り除き、 Ca^{2+} を含む緩衝液を加えた。まずトリプシンを加えると、細胞は互いに接着し合った塊の状態でシャーレの底面からはがれた。続いて、トリプシンの働きを失わせて（失活させて）から EDTA を加えると、細胞の塊は個々の細胞にバラバラに分離した。さらに EDTA が捕獲できる以上に Ca^{2+} を加えると、細胞は再度集まって塊を形成した。

実験 3

2 種類の細胞を別々のシャーレで培養し、実験 2 と同様の方法にてトリプシンで処理し、続いてトリプシンを失活させた後に EDTA を加え、それぞれの細胞をバラバラにした。続いて、これら細胞を含む 2 種類の液をひとつに混ぜ合わせ、ここに EDTA が捕獲できる以上に Ca^{2+} を加えると、同じ種類の細胞同士が再度集まってそれぞれ塊を形成した。

実験 4

シャーレの底に一面に広がって接着している細胞のひとつに、極細の針で蛍光を発する親水性の小分子を注入したところ、隣接する細胞へと順々に蛍光が広がっていった。大きさの異なる蛍光分子で同様の実験を行ったところ、ある一定の大きさ以上の蛍光分子では隣の細胞への蛍光の広がりには観察されなくなった。これら一連の実験において、栄養液中には蛍光分子は検出されなかった（問 6）。

問1 この細胞膜の構造モデルの名称を答えなさい。

問2 チャネルのひとつに、ナトリウムイオン (Na^+) を透過させるアセチルコリン受容体がある。

i : アセチルコリン受容体を持つ細胞種を一つあげなさい。

ii : アセチルコリン受容体が Na^+ を透過させる際に、アセチルコリンが受容体に結合した時のみチャネルとして機能する機構について、チャネルの構造上の特徴に言及しながら説明をなさい。

問3 Ca^{2+} およびトリプシンはそれぞれ、「細胞同士の接着において実際につなぎとめている分子」にどのように作用しているかについて、**実験1**と**実験2**から分かることを説明しなさい。

問4 「細胞同士の接着において実際につなぎとめている分子」について、**実験3**から分かることを説明しなさい。

問5 **実験4**より、蛍光分子が隣接する細胞へどのようなメカニズムで移動したと考えられるかを述べなさい。

問6 親水性の蛍光分子が栄養液中に検出されなかった理由を説明しなさい。

このページは下書きに使用してよい。

〔Ⅲ〕 以下の文章を読んで、答えを解答欄に記入しなさい。

がん細胞は遺伝子の質的、量的な異常によって生じると考えられている。しかし、どのような細胞に遺伝子の異常が起きるとがん細胞ができるのかという問題については不明な点が多く、最近になって研究が進んできた。その背景には、細胞の種類や状態を判別する分子（マーカー）の発見とマーカーの量を測定する機器の開発がある。マーカーとなる分子は細胞表面に存在するタンパク質であることが多い。マーカーの量を比較することで細胞の特徴を調べることもできるし、あるマーカーの量が多い細胞を多種類の細胞の混合物の中から取り出すことも可能である。

実験に用いたマーカーAとマーカーBは、以下に述べるがん遺伝子Xとがん遺伝子Yが指定するタンパク質とは直接関係のないものであるとする。

実験1

成熟マウスの（ア）から造血幹細胞を含む細胞を取り出し、細胞を一つ一つばらばらにしたのち、半固形（寒天のようなもの）の培養液中で浮遊させた状態で培養した。一定時間後に観察すると、複数の細胞の塊（コロニー）ができていた（図3-1）。できたコロニーの形状はすべて同じではなく、細胞の密度や形態が異なるものが観察された（問2）。

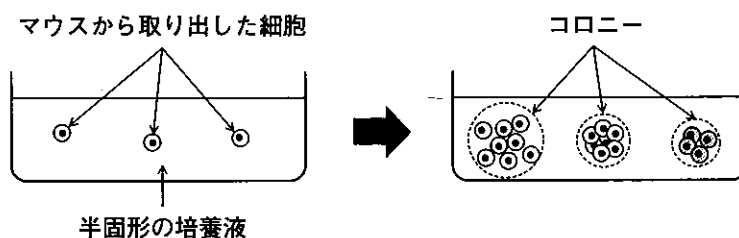


図3-1

実験2

成熟マウスの（ア）から造血幹細胞を含む細胞を取り出し、一つ一つの細胞について、細胞表面に存在するマーカーAとマーカーBの量を測定した。横軸をマーカーAの量とし、縦軸をマーカーBの量として細胞ごとに点を打つと、図3-2のように複数の細胞集団（細胞群）が見られた。このうち、細胞群Pに属する細胞は造血幹細胞から分化したものであり、細胞群Qに属する細胞は細胞群Pに属する細胞から分化したものであった。

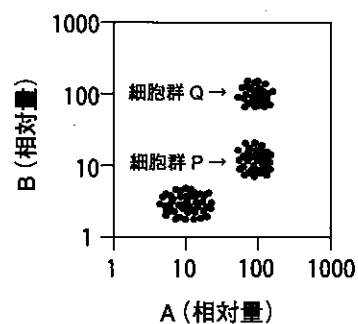


図 3-2

実験 3

実験 2 の細胞群 P と細胞群 Q を別々に取り出し、それぞれの細胞にヒト白血病の原因として知られるがん遺伝子 X または Y を導入し、発現させた。がん遺伝子 X は、ある染色体の一部が別の染色体に移動してつながる (イ) によってふたつの遺伝子が融合してできたものである。一方、がん遺伝子 Y は、一つの染色体の一部が逆転した (ウ) によってふたつの遺伝子が融合してできたものである。遺伝子導入後、細胞を半固形の培養液中で浮遊させた状態で培養し、一定時間後にコロニーの数を数えた (プレート 1)。次に、できたコロニーをすべて回収して、細胞をばらばらにしたのちに、新たな培養皿の半固形の培養液中での培養を行い、一定時間後にコロニーの数を数えた (プレート 2)。この操作を継代とよぶ。継代をもう 2 回繰り返したところ (プレート 3, プレート 4)、得られたコロニーの数は図 3-3 のようになった。

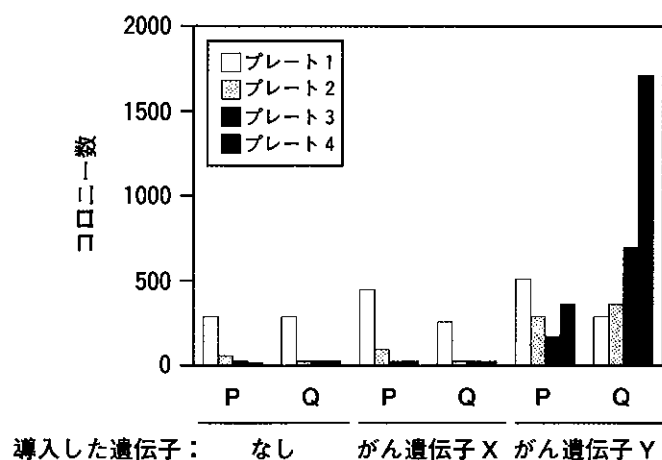


図 3-3

実験 4

実験 2 の細胞群 P と細胞群 Q を別々に取り出し、それぞれの細胞にがん遺伝子 Y を導入したのちにマウスに移植したところ、いずれの細胞を移植されたマウスも白血病を発症した。白血病を発症したマウスの (ア) から細胞を取り出し、別のマウスに移植したところ、元のマウスと同じ白血病を発症した。白血病細胞は遺伝子 Y を持っていた。一方、がん遺伝子 Y を導入していない P と Q の細胞群を移植されたマウスは白血病を発症しなかった。白血病を発症したマウスの (ア) から細胞を取り出し、マーカー A と B の量を調べたところ、図 3-4 のようになった。なお、白血病を発症するということは、異常な白血球 (がん細胞) がマウスの体内で増えることを意味している。

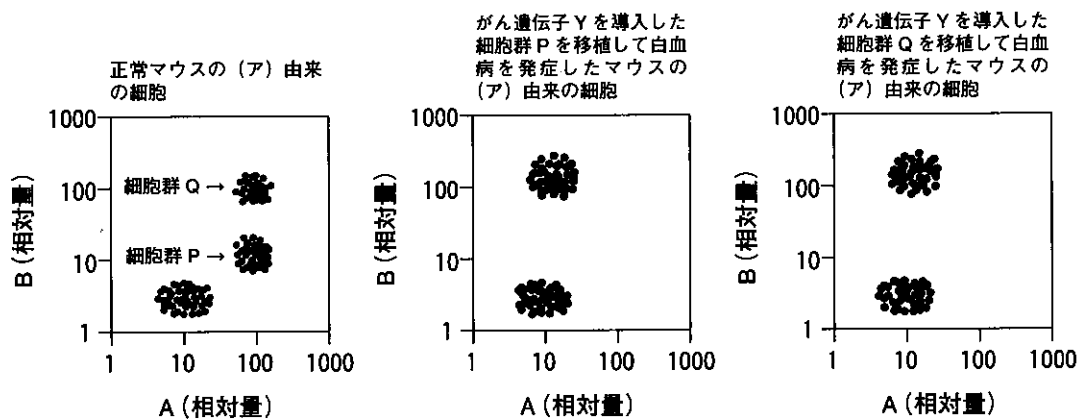


図 3-4

問1 (ア)は造血幹細胞を含む代表的な組織である。適切な用語を記入しなさい。

問2 下線部について、複数の異なる形態のコロニーが出現した理由を説明しなさい。なお、一つのコロニーを構成する細胞は、一つの細胞に由来すると考えてよい。

問3 図3-2について、細胞群Pと細胞群Qを比較して、量が異なるのはマーカーAとマーカーBのいずれか。また、そのマーカーの量が多い方の細胞群はPとQのいずれか。答えは、A、Qのように記入しなさい。

問4 (イ)、(ウ)にあてはまる染色体突然変異の名称を答えなさい。

問5 図3-3について、1)がん遺伝子XもYも導入しなかった場合、2)がん遺伝子Xを導入した場合、3)がん遺伝子Yを導入した場合のそれぞれについて、細胞群Pと細胞群Qに属する細胞は半固形培養液の中でどうなったかを答え、その理由を説明しなさい。

問6 がん遺伝子Yによって白血病を発症する過程について、実験3と実験4の結果から考えられることを書きなさい。

[以下の設問に続く]

以下はある国のある研究所での話である。

X博士：Y君，最近人工多能性幹細胞（iPS細胞）というものが開発されたそうじゃないか。ひとつ我々もやってみよう。

Y助手：先生，iPS細胞って何ですか？

X博士：なんでも，体細胞を胚性幹細胞（ES細胞）のようなものに転換する技術らしいぞ。

Y助手：どうやって転換するのですか？

X博士：山中因子と呼ばれる *Oct3/4*，*Sox2*，*Klf4*，*c-Myc* の4つの遺伝子を体細胞に入れるのだ。

Y助手：どうやってその遺伝子を体細胞に入れるのですか？

X博士：レトロウイルスをベクター（運び屋）として使うのだ。

実験5

Y助手は，山中因子の4つの遺伝子をそれぞれもつ4種類のレトロウイルスベクターを作製した。Y助手は自分の血液を使うことにして，赤血球を取り出し，それら4種類のレトロウイルスベクターをかけたが，iPS細胞にはならなかった。

実験6

次に，Y助手は自分の血液からリンパ球を取り出し，上記4種類のウイルスをかけたところ，iPS細胞に形質転換した細胞を得ることができた。

Y助手：先生，iPS細胞ができました。これを何に使いましょうか？

X博士：使い道を考えてごらん。

Y助手：ES細胞のように，iPS細胞から個体をつくることができます。

X博士：確かにマウスではiPS細胞から個体の作製に成功しているが，ヒトのiPS細胞から個体をつくるのは倫理的にも技術的にも問題が多い。まず，このiPS細胞から個体をつくる手順はどうなるだろうか？

Y助手：マウスの場合だと，マウスの胚にマウス由来のiPS細胞を注入してマウスの母体に戻し，生まれて来たキメラ個体のオスとメス同士を掛け合わせる（問8）方法が行われていますね。

X博士：その方法がヒトに適用できるか考えてごらん。方法はどれであれ，クローン人間をつくることは，日本をはじめ多くの国で禁止されているのだ。また，実験6でつくったiPS細胞に全細胞が由来するヒトができたとして，免疫系は正常に働くだろうか（問9）？

Y助手：そうですね...

Y助手：培養条件を工夫することによって，ES細胞と同じように，iPS細胞からいろいろな細胞に分化させて人工臓器として使うことができます（問10）。

X博士：やっとな議論がまとまらなかったな。iPS細胞から人工臓器をつくる試みは各国がしのぎを削っているようだが，まだ時間はかかりそうだ（問11）。

問7 実験5で赤血球からiPS細胞をつくることがなぜできなかったか。考えられる理由を述べなさい。

問8 なぜ生まれて来たキメラ個体のオスとメス同士を掛け合わせなければクローン動物を作製できないか、説明しなさい。

問9 下線部について、X博士は免疫系が正常に働かないと考えている。その根拠を書きなさい。

問10 iPS細胞から人工臓器を作製してヒトの体内に戻す治療方法は、ES細胞を元にする場合に比べてどのような利点があるか述べなさい。

問11 iPS細胞から人工臓器を作製する技術の実用化における現在の問題点を述べなさい。

〔以 下 余 白〕

