

福井大学

平成 29 年度入学者選抜学力検査問題

〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎・物 理	2 頁 ~ 5 頁
化 学 基 礎・化 学	7 頁 ~ 12 頁
生 物 基 礎・生 物	14 頁 ~ 23 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっている。そこから 2 科目を選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

問題訂正

科目名 (理科 (生物基礎・生物))

問題用紙

P.17 図2 B の

「マーカー分子量」を「DNA分子量マーカー」に訂正

生物基礎・生物

1 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

ヒトの体内における酸素の運搬は、酸素を運ぶ細胞として特殊化した血液成分 **ア** によって行われる。この血液成分に多量に含まれるヘモグロビンは、^(a) **イ** 本のポリペプチドで構成されるタンパク質である。それぞれのポリペプチドには、ポルフィリンに **ウ** 原子が結合した **エ** と呼ばれる色素成分が含まれ、各ポリペプチドには **オ** 分子の酸素が結合できる。ヘモグロビンの立体構造は、体内のさまざまな因子により変化し、それに伴って ^(b) 酸素との結びつきやすさ(親和性)が変化する。この性質により、ヘモグロビンは肺から組織まで効率的に酸素を運搬することができる。ヒトのヘモグロビンには非常に多くの変異体が存在し、^(c) 遺伝子突然変異によってヘモグロビンの構造や酸素に対する親和性などが変化すると疾患が引き起こされる場合がある。一方、細胞の呼吸により生じた二酸化炭素は、血しょう中に溶解し、**カ** に存在する酵素のはたらきによって **キ** イオンに変換されて **ク** に運ばれ、逆向きの反応により気体となって体外に放出される。

問 1 文章中の空欄 **ア** から **ク** にあてはまる適切な用語または数字を答えなさい。

問 2 下線部(a)について、

- (i) 血液成分 **ア** を破壊する器官を2つ答えなさい。
- (ii) 脊椎動物以外の動物の血液中にも、ヘモグロビンと同様に酸素の運搬にかかわる呼吸色素が存在する。呼吸色素と動物の組合せの例を1つ答えなさい。

問 3 下線部(b)について,

- (i) 図 1 の曲線①, ②は, 二酸化炭素分圧が 40 mmHg と 70 mmHg の時のヘモグロビンの酸素解離曲線を示したものである。①, ②のどちらが二酸化炭素分圧 40 mmHg の時の曲線か答えなさい。

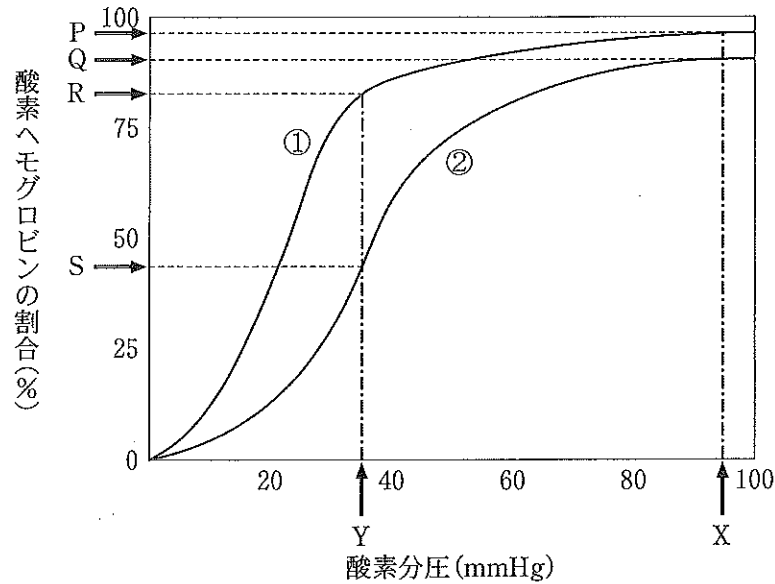


図 1

- (ii) 以下の条件の時, 肺胞においてヘモグロビンと結合した酸素のうち, 何%が組織に供給されるか。図中の記号を用いて表しなさい。

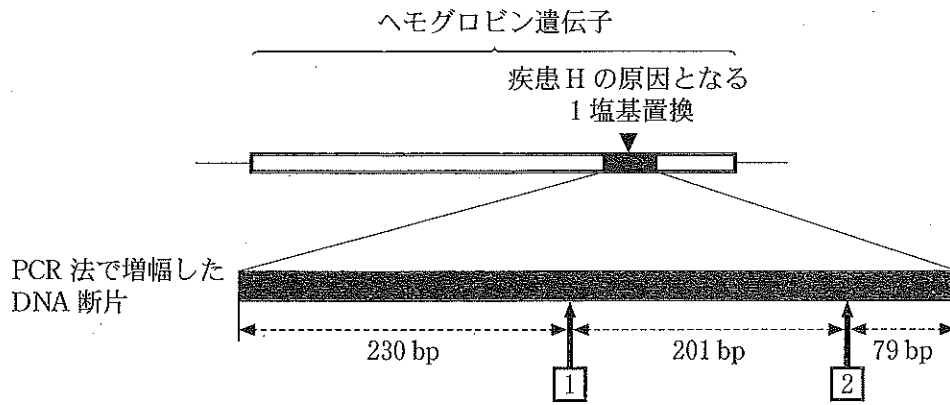
肺胞：酸素分圧 X mmHg, 二酸化炭素分圧 40 mmHg
 組織：酸素分圧 Y mmHg, 二酸化炭素分圧 70 mmHg

- (iii) ヘモグロビンと酸素との親和性は pH によっても変化する。pH が低くなると親和性はどのように変化するか。解答欄の正しいものを○で囲みなさい。また, この変化は, 細胞の呼吸が盛んになった時, 生体にとってどのように有利にはたらくか簡潔に述べなさい。
- (iv) 酸素解離曲線が S 字状になるのはヘモグロビンのどのような性質によるか簡潔に説明しなさい。

問 4 下線部(c)について、疾患 H はヘモグロビン遺伝子内の 1 塩基の突然変異に伴うアミノ酸置換によって発症する常染色体劣性遺伝病である。アフリカのある国では 16 人に 1 人の割合で疾患 H を発症する。

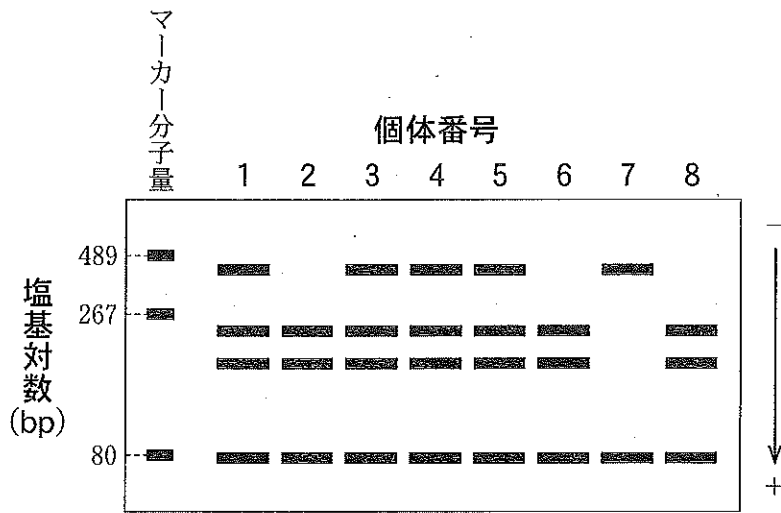
- (i) この国のいずれも発症していない夫婦の間に生まれる子が、疾患 H を発症する確率を、有効数字 2 桁で求めなさい。
- (ii) ある家族の構成員 8 名からそれぞれ DNA を採取し、目的の突然変異を含む DNA 領域を PCR 法で増幅した(図 2 A)。得られた DNA 断片を制限酵素 R で処理したのち、ゲル電気泳動法で分析すると、図 2 B の結果が得られた。患者からは検出されない DNA 断片すべてについて、その大きさ(塩基対数)を答えなさい。
- (iii) 図 2 C にこの家族の関係を示した。図中の凡例を参考に、この家族の疾患 H に関する家系図を完成させなさい。
- (iv) 3 と 4 および 5 と 6 の 2 組の夫婦に 2 人目の子供が生まれた場合、疾患 H を発症する確率をそれぞれ答えなさい。

A



① および ② は制限酵素 R による切断箇所を示す。1 塩基が置換した DNA では、① の切断箇所が消失する。

B



個体番号は下の家系図の番号と対応している。

C

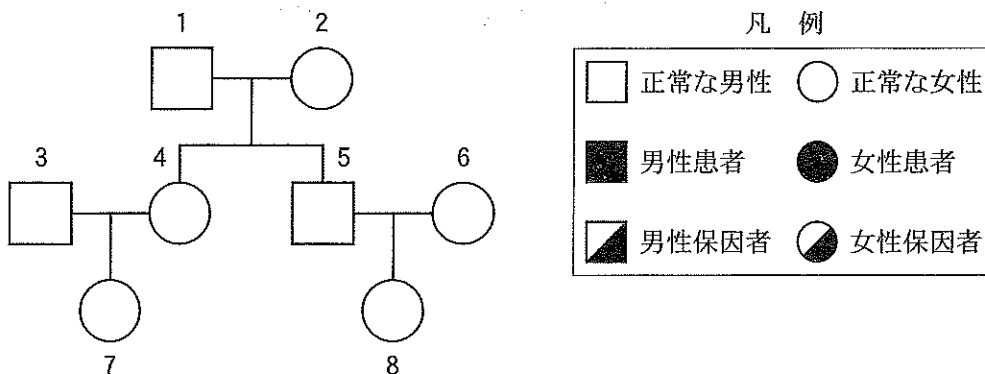


図 2

2

次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

(A) カエルのふくらはぎの筋肉に坐骨神経をつけた神経筋標本をつくり、図1のような装置を用いて筋肉の収縮をキモグラフに記録し、以下の実験を行った。

【実験Ⅰ】 筋肉A点から30mm離れたB点に電気刺激を1回ずつ与えた。電気刺激の強さを弱い刺激から徐々に強くしながら、筋肉の収縮を観察した。

【実験Ⅱ】 実験Ⅰで十分な収縮を起こした強さの刺激をある頻度で1～3秒間与えて、筋肉の収縮を観察した。刺激の頻度は、毎秒1回、15回、50回の3種類とし、それぞれ3回、15回、50回の刺激を与えた。

【実験Ⅲ】 筋肉A点から100mm離れたC点に電気刺激を1回与えて筋肉の収縮を観察し、B点を刺激した場合の筋収縮と比較した。

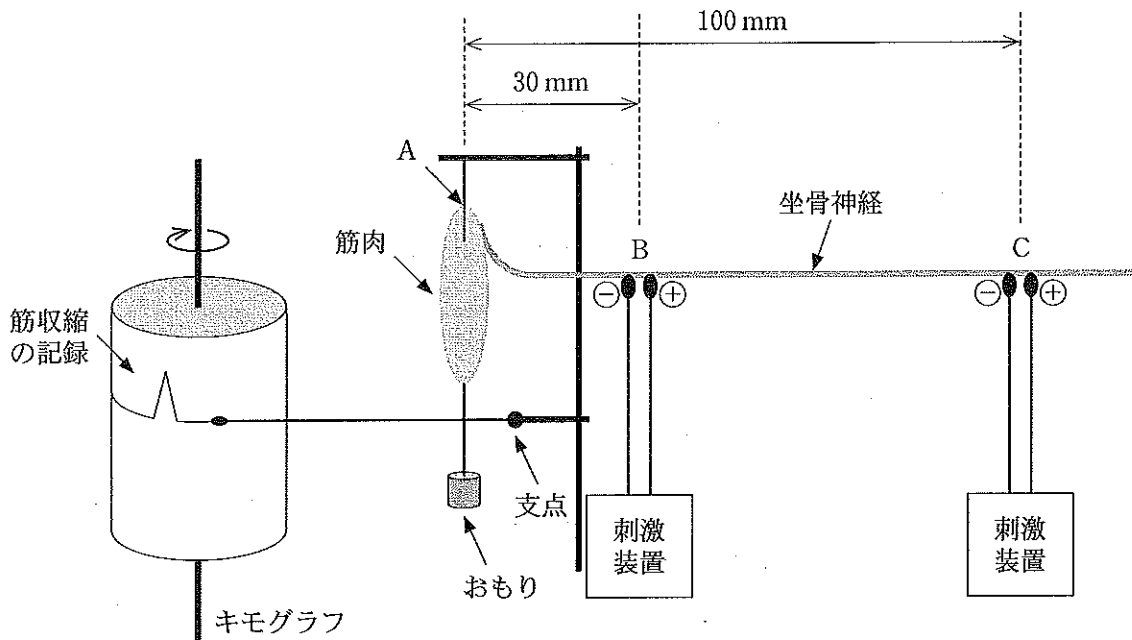


図1 筋収縮の記録装置

問 1 (i) 次の文章中の空欄 **ア** と **イ** にあてはまる適切な用語を答えなさい。なお、同じ記号が付された空欄には同じ用語が入る。

ニューロンは、加えられる刺激の強さがある一定以上でないと興奮しない。興奮が起こる最小の刺激の強さを **ア** といい、**ア** 以上に刺激を強くしても興奮の大きさは変わらない。つまり、ニューロンは、**ア** 以上の刺激で興奮するか、**ア** より小さい刺激では興奮しないかの 2 通りしかなく、これを **イ** の法則という。

(ii) 図 2 には、実験 I の刺激の強さと筋収縮の関係を示している。結果は、刺激の強さを徐々に大きくしていくと、最初は筋肉の収縮が見られなかったが、次第に収縮が大きくなり、ある刺激の強さ以上になると収縮の大きさは変わらなくなった。(i)の **イ** の法則の説明と一見異なるこのような反応がみられるのはなぜか、**イ** の法則と関連付けて、説明しなさい。

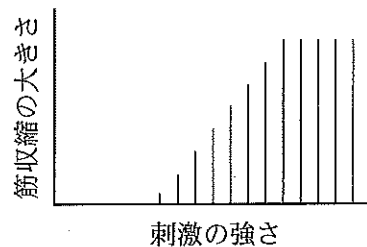


図 2 刺激の強さと筋収縮

問 2 図 3 は、実験 II で、毎秒 1 回の頻度で 3 回刺激が与えられた場合のキモグラフの結果を示している。毎秒 15 回と 50 回の頻度で 1 秒間刺激が与えられた場合、それぞれ異なったキモグラフの結果が得られた。それぞれの筋肉の収縮の特徴がわかるように、キモグラフの結果を解答欄に記入しなさい。また、毎秒 1 回、15 回、50 回の頻度で刺激が与えられた場合の収縮の名称を解答欄に記入しなさい。なお、解答欄の横線の幅は 1 秒を表している。

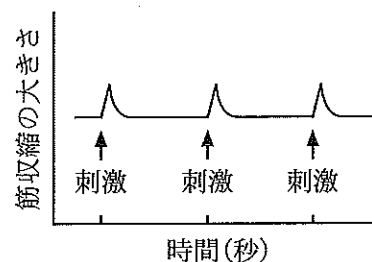


図 3 毎秒 1 回の刺激による筋収縮

問 3 実験 III で、B 点と C 点にそれぞれ同じ強さの電気刺激を与えると、B 点の刺激では 4.5 ミリ秒後、C 点の刺激では 6.5 ミリ秒後にそれぞれ筋肉が収縮した。この神経の興奮伝導速度を求めなさい。

(B) 筋電図は生体内の筋肉に発生する活動電位を電極によって記録したものである。図4のようにヒトの脛骨神経を電気刺激して、ふくらはぎの筋電図をオシロスコープで観察した。

【実験Ⅰ】 脛骨神経をA点である刺激の強さで電気刺激すると、図5(A)のように2つの波形の筋電図が観察された。

【実験Ⅱ】 刺激を与える位置をふくらはぎに数cm近づけたB点で刺激した場合、A点を刺激した場合と同様に2つの波形が観察されたが、最初に現れる波形が図5(B)のように早く出現した。

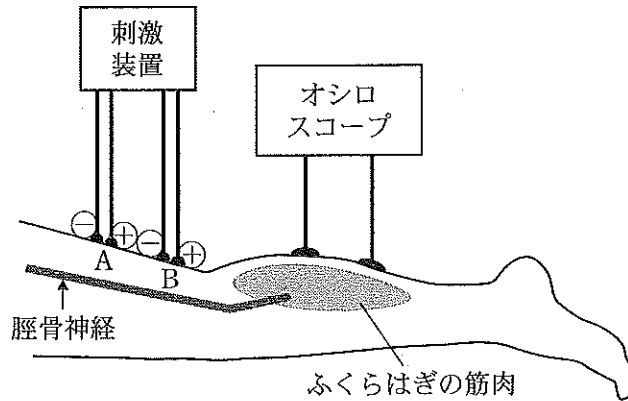


図4 筋電図の記録方法

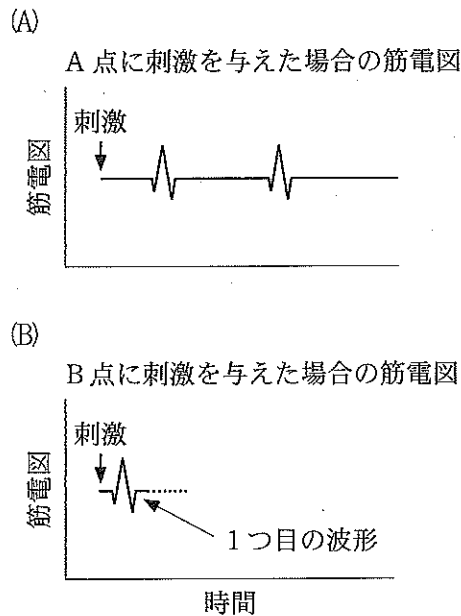


図5 A点およびB点を刺激した場合の筋電図

問 4 文章中の空欄 **ア** から **ケ** にあてはまる適切な語句を答えなさい。なお、同じ記号が付された空欄には同じ語句が入る。

反射は、意思とは関係なく起こる反応で、反射の **ア** はおもに脊髄や延髄・中脳などにある。反射における興奮伝達の経路は、受容器→**イ**→反射**ア**→**ウ**→効果器の順であり、この経路を **エ** という。**オ** 反射は、ひざの関節のすぐ下を軽くたたかれると思わず足がはねあがる反射である。この **オ** 反射の受容器は、**カ** であり、反射 **ア** は、**キ** であり、効果器は、ひざの関節を伸ばす筋肉である伸筋である。一方、関節を曲げる筋肉である屈筋は、反射的にし緩している。これは、**キ** にある **ク** のはたらきにより、屈筋に接続している **ウ** が **ケ** されることで起こる。

脛骨神経を電気刺激すると、同時に **イ** と **ウ** を刺激し興奮を生じる場合がある。刺激され興奮した **イ** と **ウ** は、ふくらはぎの筋肉の収縮を引き起こし、その結果、実験Ⅰのように2つの波形の筋電図が観察される。

問 5 図 5(A)で最初に現れる波形は、**イ** と **ウ** のどちらを刺激したことによる波形と考えられるか。記号で答え、その理由を説明しなさい。

問 6 実験Ⅱで、B点で刺激した場合に現れる2つ目の波形の位置として正しいものを図6の①～⑤から選び、番号で答えなさい。

A 点に刺激を与えた場合の筋電図



B 点に刺激を与えた場合の筋電図

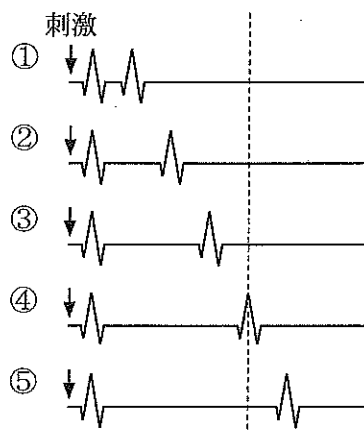


図 6

3 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

ある病原体に1度感染すると2度目は感染しないことを免疫と呼んでいたことから、古典的な概念における免疫とは、現代免疫学でいう **ア** という現象を指す(**イ** による免疫反応の特徴)。**ア** とは、**ウ**、**エ** と呼ばれるリンパ球の働きによる免疫反応の一部であり、これらの細胞による反応は、生まれながらにして備わっている自然免疫とは区別され **イ** と呼ばれる。**エ** は抗体を産生する細胞に分化するが、**ウ** はそれを補助する機能を持つ。個々の **エ** はそれぞれ、違った抗原を認識する特異的な抗体を産生することが知られている。言い換えると、それぞれの **エ** は抗原認識部位を決定するDNA塩基配列の異なった抗体遺伝子を持っている。

抗原認識部位のDNA塩基配列が均一である単一クローン **エ** から産生される抗体を大量に調製するために、ハイブリドーマと呼ばれる細胞を作成する方法が広く用いられている。この細胞を作成して、ある抗原(ここでは抗原Xとする)に結合する抗体遺伝子を単離することを試みた。まず、抗原Xをマウスに繰り返し投与し、抗原Xに対する抗体を分泌する抗体産生細胞をマウスの生体内で誘導する。この抗体産生細胞を取り出して1つの細胞になるまでバラバラにした後、腫瘍細胞と融合させる。その結果、抗体産生細胞と腫瘍細胞の性質を持つハイブリドーマが作成される。ハイブリドーマを1細胞ずつ分離して培養し、それぞれの培養上清に分泌される抗体が、抗原Xに結合するかどうかを調べる。抗原Xに結合する抗体を分泌するハイブリドーマの1つを用いて、その抗体H鎖遺伝子のタンパク質をコードする領域を単離することにした。^(a)
^(b)

抗体遺伝子の発現においても、遺伝情報が **オ** されることによってRNAが合成され、それが成熟してmRNAとなる。さらにmRNAを **カ** することによってタンパク質が合成される。実際の実験では、mRNAは **オ** と逆のはたらきをする酵素によって、mRNAに相補的なDNA鎖(cDNA)を作成してから解析されることが多い。

問1 文章中の空欄 **ア** から **カ** にあてはまる適切な用語を答えなさい。なお、同じ記号が付された空欄には同じ用語が入る。

問2 特定の抗原に結合する抗体遺伝子を単離するのに、ハイブリドーマを作成する理由を簡潔に答えなさい。

問3 ハイブリドーマが発現している抗体遺伝子のmRNAの塩基配列を決定したところ、5'-GAGGTGTAGCTTGTGCGAGTC-----AGTTGAAGCGATGCATCGTA-3'であった。この配列を増幅することができる正しいPCRプライマーの組合せを、以下の①~④の中から選びなさい。

- | | |
|---|---|
| ① 5'-GAGGTGTAGCTTGTGCGAGTC-3'
5'-AGTTGAAGCGATGCATCGTA-3' | ③ 5'-GAGGTGTAGCTTGTGCGAGTC-3'
5'-TACGATGCATCGCTTCAACT-3' |
| ② 5'-GACTCGACAAGCTACACCTC-3'
5'-AGTTGAAGCGATGCATCGTA-3' | ④ 5'-GACTCGACAAGCTACACCTC-3'
5'-TACGATGCATCGCTTCAACT-3' |

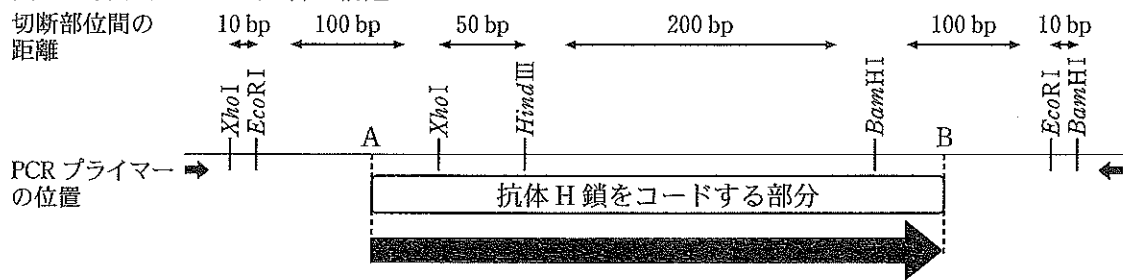
問 4 下線部(a)のハイブリドーマによる抗体産生に適した、腫瘍細胞の持つ性質とは何か簡潔に答えなさい。

問 5 下線部(b)を目的とした PCR を行うには、ゲノム DNA を鋳型にすることは適していない。その理由を簡潔に答えなさい。

問 6 問 3 で増幅した PCR 産物の抗体遺伝子をコードする領域をプラスミドに組み込む実験を計画した(図 1)。PCR 産物を制限酵素 *EcoR* I で切断して得られた DNA 断片を、*EcoR* I で切断したプラスミドに DNA リガーゼでつなぎ、組換えプラスミドを作成した。PCR 産物の向きによって、図 1 中の「組換えプラスミド 1」と「組換えプラスミド 2」が得られる。この 2 つを区別するために、得られたプラスミドを制限酵素で処理し、電気泳動にて解析した。解析した結果を以下の①～④に示すが、「組換えプラスミド 1」に関して正しい記述を選択しなさい。なお、図には、それぞれの制限酵素の切断部位がすべて示されている。

- ① *Xho* I で切断した場合、370 bp と 3080 bp の DNA 断片に分かれる。
- ② *Xho* I で切断した場合、120 bp と 3330 bp の DNA 断片に分かれる。
- ③ *Bam*HI で切断した場合、360 bp と 3090 bp の DNA 断片に分かれる。
- ④ *Hind*III で切断した場合、310 bp と 3140 bp の DNA 断片に分かれる。

問 3 で得られた PCR 産物の構造



PCR 産物を組み込むプラスミドの構造

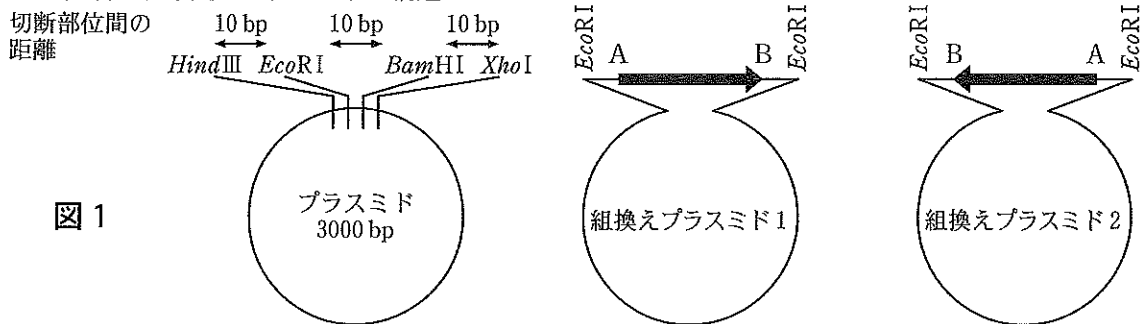


図 1

問 7 問 6 で作成したプラスミドには、「組換えプラスミド 1」, 「組換えプラスミド 2」以外にも、2 本の DNA 断片が挿入されたプラスミドもあった。この組換えプラスミドの構造を調べるため、制限酵素 *Xho* I で切断した DNA 断片を電気泳動で調べた結果、120 bp, 700 bp, 3080 bp の DNA 断片が認められた。この組換えプラスミドの構造を図で示しなさい。なお、組換えプラスミド 1, 組換えプラスミド 2 の図を参考に図示すること。