近畿大学

2023 年度　一般選抜　生物

（2 科目　120 分）

I 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ヒトのタンパク質 X を発現する遺伝子組換え大腸菌を作製するため、タンパク質 X をコードする遺伝子 x の mRNA から cDNA を合成し、その断片を組み込んだプラスミドを大腸菌に導入する、以下の実験を行った。

実験に使用したプラスミド（図 1）には、抗生物質であるアンピシリンを無毒化する酵素をコードする amp^r 遺伝子と、β-ガラクトシダーゼをコードする *lacZ* 遺伝子が含まれる。それぞれの遺伝子は、発現を誘導するプロモーターに連結され、矢印の方向に転写される。*lacZ* 遺伝子の塩基配列の中には、図 1 のとおり酵素 A〜C によって特異的に認識され切断される部位が存在する。また、amp^r 遺伝子の塩基配列の中には、酵素 D の認識・切断部位が存在する。一方、遺伝子 x の塩基配列の両端には酵素 E の認識・切断部位が付加される（図 3)。酵素 A〜E の認識配列および切断部位は、図 2 のとおりである。

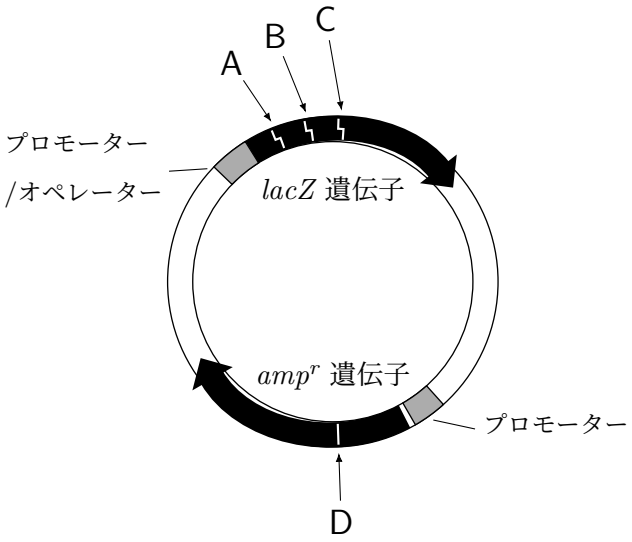


図 1. プラスミドの構造

A〜D はそれぞれ酵素 A〜D の切断部位を示す

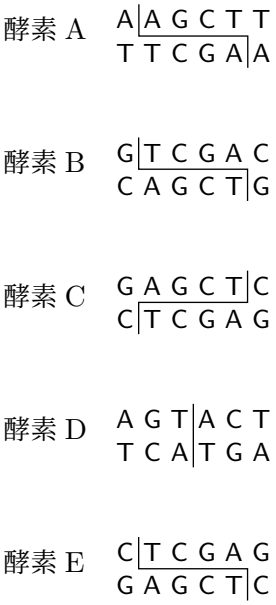


図 2. 酵素 A〜E の認識配列と切断部位

【実験】

操作 1　ヒトの細胞から RNA を取り出した。

操作 2　取り出した RNA を鋳型として、プライマー P と酵素 F を用いて、mRNA に相補的な 1 本鎖 DNA（cDNA）を合成した。プライマー P は、mRNA のポリ A 鎖に相補的な配列に、酵素 E が認識する配列を付加したものである（図 3）。

操作 3　操作 2 で得られた cDNA を鋳型として、プライマー Q とプライマー R、および、酵素 G を用いて DNA を合成・増幅し、多量の 2 本鎖 DNA を得た。プライマー Q は、アンチセンス鎖の 3′ 末端と結合する配列に、酵素 E が認識する配列を付加したものである。また、プライマー R は、センス鎖の 3′ 末端と結合する配列をもつ（図 3）。

操作 4　酵素 E を用いて、操作 3 で得られた 2 本鎖 DNA を切断した。

操作 5　酵素 A〜D のそれぞれを用いて図 1 のプラスミドを切断した。

操作 6　操作 4 で切断した DNA 断片を、操作 5 で切断したプラスミドと混合し、酵素 H を加えて反応させた。

操作 7　操作 6 で処理した溶液を大腸菌と混合し、42 ℃で 1 分間の熱処理を施した後、氷冷した。

操作 8　アンピシリン、IPTG（イソプロピル-β-チオガラクトピラノシド）と X-gal（β-ガラクトシダーゼの基質のひとつで、分解されると青色を呈する化合物）を加えた LB 寒天培地上で、操作 7 を加えた大腸菌を培養し、形成されたコロニーの状態を調べた。

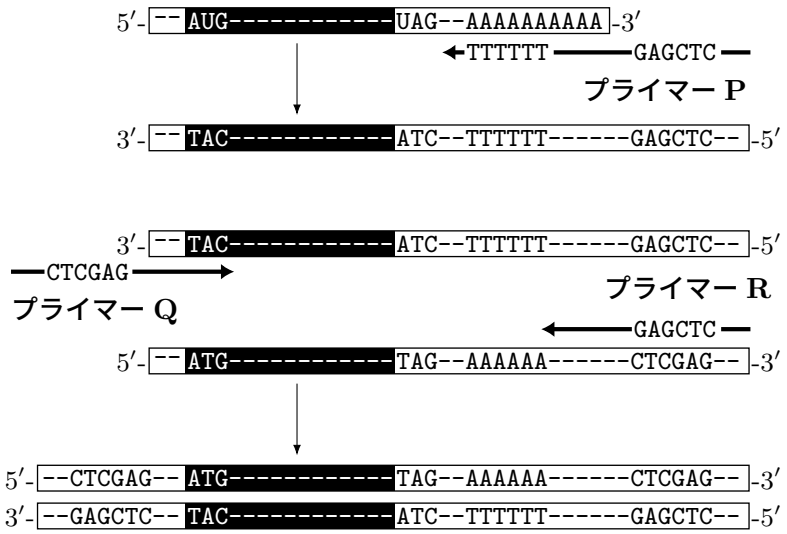


図 3. 操作 2 と操作 3 の概要

黒背景に白抜き文字の四角は遺伝子 x の翻訳領域を示す

問 1　この実験のように、プラスミドベクターを用いて細胞に外来の遺伝子を入れ、その遺伝子を発現させて細胞の機能や形態を変化させることを何と呼ぶか。

問 2　酵素 A〜E のように DNA の特定の塩基配列を認識して切断する酵素を何と呼ぶか。

問 3　酵素 E が認識する塩基配列が生物のゲノム DNA 中に存在する頻度は理論上何塩基対に 1 つか。ただし、ゲノム DNA に存在する各塩基の割合は等しいものとする。

問 4　文章中に下線で示した酵素 F〜H にあてはまる酵素の名称を答えよ。

問 5　操作 5 で図 1 のプラスミドを酵素 A〜D それぞれで処理した場合、操作 8 で形成されるコロニーの色はどうなるか。次の a〜d から最も適切なものを選び、記号で答えよ。

a.　すべて青いコロニーが形成される。

b.　すべて白いコロニーが形成される。

c.　青いコロニーと白いコロニーの両方が形成される。

d.　コロニーが形成されない。

問 6　目的とする遺伝子組換え大腸菌を得るためには、操作 5 において、酵素 A〜D のどれを用いるのがよいか。A〜D の記号を解答欄に記入せよ。適切な酵素が複数あれば、それらすべての記号を答えよ。

また、操作 8 で得られた大腸菌のコロニーのうち、選択すべきコロニーの色は何か。

問 7　問 6 で選択されたコロニーの中には、タンパク質 X を発現しないものがあった。その理由を 50 字以内で答えよ。

問 8　この実験で、タンパク質 X を発現させるために、ヒトのゲノムから切り出した遺伝子 x の DNA ではなく、mRNA をもとに合成した cDNA が用いられたのはなぜか。50 字以内で答えよ。

II 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

血液は、成人の体重のおよそ［ ア ］を占めており、酸素や栄養素などの物質の運搬や生体防御などのはたらきを担っている。また、血液には、①少量の酸やアルカリが加わっても pH をほとんど変化させない作用もある。血液は、血球などの有形成分と、液体成分である血しょうからなる。血球には、赤血球と白血球、および血小板があり、これらすべては骨髄に存在する［ イ ］細胞から分化して形成される。

血球のなかで、②最も数が多いのが赤血球である。その寿命は約 120 日で、古くなった赤血球は、主に［ ウ ］で破壊される。赤血球は、内包するヘモグロビンに酸素を結合させて、それを全身に運搬する。③ヘモグロビンは酸素と結合することで色が変化する。酸素濃度が高く二酸化炭素濃度が低い肺では、酸素とヘモグロビンの結合は増加するが、酸素濃度が低い末梢の組織では、多くの酸素ヘモグロビンは酸素と解離してヘモグロビンになる。④酸素濃度と、全ヘモグロビンに対する酸素ヘモグロビンの割合との関係を示すグラフを、［ エ ］という。また、末梢の細胞によって産生された二酸化炭素は、血しょう中に溶解し、その多くは［ オ ］イオンの形で肺へと運搬される。肺では、呼吸によって二酸化炭素が体外に排出される。

血小板は巨核球からつくられる無核の血球で、血球の中で最も小さく、血液凝固に重要な役割を果たしている。組織の損傷によって血管が破れ、出血が起こると、血小板が出血部位に集まって塊をつくる。さらに、血小板は血小板因子を放出することで血液凝固反応を促す。また、出血部位では血しょう中の凝固因子や血小板から放出された因子などによって、酵素活性をもたない前駆体である［ カ ］が、活性型酵素である［ キ ］へと変換される。この反応には［ ク ］イオンが必要である。［ キ ］は血しょう中に溶解している［ ケ ］の一部を分解して繊維状の［ コ ］に変え、析出させる。析出した［ コ ］に赤血球などの血球がからまることで［ サ ］が形成され、止血が起こる。血管の修復が終了すると、やがて［ サ ］は血液線溶系の酵素である［ シ ］のはたらきによって溶解される。

問 1　文章中の［ ア ］に入る最も適切な数値は、次の a〜f のどれか。記号で答えよ。

a. 1/3　b. 1/5　c. 1/8　d. 1/10　e. 1/13　f. 1/18

問 2　文章中の［ イ ］〜［ シ ］に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 3　健常人における血液の pH は、次の a〜e のどれに近いか。記号で答えよ。

a. 6.8　b. 7.0　c. 7.2　d. 7.4　e. 7.6

問 4　下線部①の作用を何というか。

問 5　下線部②について、健康な成人の血液 1 mm^3 中に含まれる赤血球数はおよそいくらか。

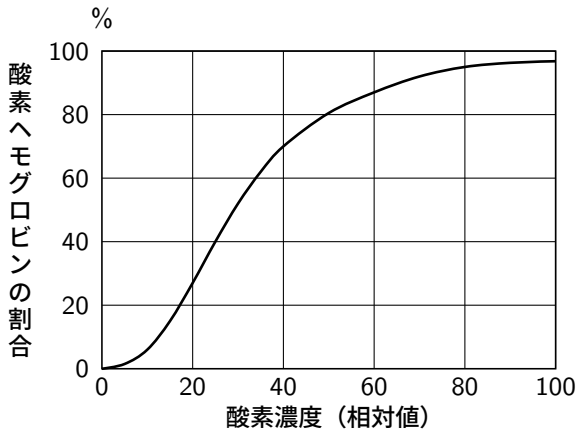
問 6　赤血球が破壊された後、ヘモグロビンの構成成分であるヘムが分解されて生じる色素は何か。

問 7　下線部③について、酸素が結合する前後でヘモグロビンは何色から何色に変化するか。

（注）解答欄は「＿＿＿色から＿＿＿色に変わる」の形。

問 8　下線部④について、二酸化炭素濃度が低い時の［　エ　］を解答欄の図に実線で示した。二酸化炭素濃度が高くなった場合、［　エ　］はどのように変化するか。既に描かれてある実線との違いが明瞭となるように、解答欄に線で示せ。

（注）解答欄には次の図が与えられている。



問 9　母体から胎児への酸素供給は、胎盤を介して血液が交じり合うことなく行われる。このような酸素供給のしくみを支える胎児の血液の性質を、50 字以内で説明せよ。

問 10　凝固因子の多くを産生する器官の名称を答えよ。

問 11　採取した血液をガラス試験管内で凝固させたのち、遠心分離によって得られる上層の液体を何と呼ぶか。

III 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

「細胞の初期化」に関する研究によりノーベル賞を受賞したジョン・B・ガードン博士は、アフリカツメガエルの①おたまじゃくしの腸の上皮細胞や成体の水かきの表皮細胞、あるいは原腸胚の内胚葉上皮細胞から核を取り出して、紫外線を照射した未受精卵に移植することで、胚を発生させる実験を行った。紫外線は核の DNA に作用して、②隣接する［ ア ］塩基どうしを架橋させるなど重大な損傷を与え、核のはたらきを失わせる。次頁の表に示すガードンの実験結果によれば、③おたまじゃくしの腸上皮細胞由来の核を移植した卵の多くは、胚発生が途中で停止し、正常におたまじゃくしにならなかった。それでも確かに、④白い体色の個体の腸上皮細胞から取り出した核を移植した、黒い体色の個体由来の卵から、白い体色の正常なおたまじゃくしが発生した。

同一の個体に由来する細胞核の移植によりつくられた個体は、互いに同じゲノムをもつ。このように同一のゲノムをもつ動物を［ イ ］動物という。一方、一卵性双生児にみられるとおり、ゲノムの塩基配列が同一でも、全く同一の形質をもつわけではなく、個体ごとに表現型の違いを生じる。

ゲノム DNA の塩基配列の変化を伴わずに個体や細胞ごとに異なる形質を生じるしくみを研究する学問を［ ウ ］という。真核生物のゲノム DNA は、それを核に収めるために［ エ ］とよばれる単位構造を形成する。［ エ ］は、［ オ ］とよばれるタンパク質に、およそ 200 塩基対の DNA が巻きついた構造をしている。この［ オ ］が化学的に修飾されることで遺伝子の発現量が変化する。一般には、［ オ ］の特定のアミノ酸に［ カ ］基が付加されるとクロマチン繊維が緩んで転写が起こりやすくなり、［ キ ］基が付加されるとクロマチン繊維が密に折りたたまれて転写が起こりにくくなることが知られている。また、こうした発現変化をもたらす修飾の一部は、細胞分裂後の娘細胞に引き継がれ、さらには、減数分裂により生じた配偶子および次世代の個体にも引き継がれることがある。

表．ガードン（1962）の実験結果（一部抜粋）

移植核の由来	移植数	正常におたまじゃくしまで発生した数
おたまじゃくしの腸上皮細胞	726	10
原腸胚期頃の内胚葉上皮細胞	279	100

問 1　文章中の［ ア ］～［ キ ］に入る最も適切な語句または数値を、解答欄に記入せよ。

問 2　下線部①について、腸の上皮細胞や水かきの表皮細胞がこの実験に用いられた理由となった、これらの細胞が共通にもつ特徴は何か。15 字以内で答えよ。

問 3　下線部①に関して、のちに哺乳類で行われた「細胞の初期化」の実験では、材料としてリンパ球の T 細胞が用いられた。T 細胞が利用されたのは、T 細胞が有するある特徴が「細胞の初期化」の証明に便利だったためである。その特徴とは何か、60 字以内で説明せよ。

問 4　下線部②のような DNA 損傷を修復する際に、主要な役割を果たす修復系は何か。

問 5　下線部③において、多くの核移植卵が正常に発生しなかったのはなぜか。表の結果をもとに得られた自分の考えを、根拠を含めて 150 字以内で述べよ。

問 6　下線部④の実験結果から導かれる考えを、50 字以内で述べよ。