

生 物

第1問

タンパク質の合成と輸送に関する次の文章を読み、下の問1～問4に答えよ。

真核細胞において、タンパク質は（ア）が（イ）の配列情報を読み取って作られる。細胞外へ分泌されるタンパク質や、細胞膜を貫通して存在するタンパク質は（ウ）に結合した（ア）によって合成される。受容体などの膜タンパク質は、合成後、（ウ）から、扁平な層が重なった構造をもつ（エ）へと輸送され、そこで糖鎖などの修飾を受ける。その後、細胞膜へと輸送小胞を介して輸送され細胞表面に移動する。細胞膜に移動したこれらのタンパク質は、細胞内へと取り込まれ、細胞内で分解される。

免疫応答において、(a) 病原体排除のために産生される抗体は分泌タンパク質である。 (b) 抗体は病原体のもつタンパク質などの抗原と特異的に結合する。 この結合の特異性は非常に高く、研究や検査においてもこの特異性を利用した解析方法が開発されている。

問1 文章中の（ア）～（エ）に最も適切な語句を答えよ。

問2 下線部(a)について、抗体は免疫応答の結果、ある免疫細胞またはその細胞から分化した抗体産生細胞（形質細胞）から産生される。このある免疫細胞の名称を答えよ。

問3 下線部(b)について、抗体はどのような構造をしており、どのように抗原に対して特異的に結合するのか。以下の用語をすべて用いて文章で答えよ。

用語：可変部、定常部、抗原、H鎖、L鎖、アミノ酸配列

問4 細胞表面の受容体Aの量が、細胞に対する刺激Bによって、経時的にどのように変化するかを検討する実験をおこないたい。電気泳動法を用いることで、タンパク質を分子量に従って分離することが可能である。図1は電気泳動法によって細胞のタンパク質を分離後、受容体Aを、抗体を用いて検出したものである。電気泳動によって、上側に高分子量、下側に低分子量のタンパク質が、バンドとして検出される。

また、バンドの太さは検出されたタンパク質の量に対応する。実験結果に関する以下の(1)～(2)の問いに答えよ。解答にあたっては、必要に応じて図4の常用対数表と方眼紙を用いよ。

- (1) このタンパク質の電気泳動法では、「タンパク質のバンドの移動距離」と、「タンパク質の分子量の対数」が反比例の関係にある。この実験における分子量マーカー(分子量が既知のタンパク質)の分子量と移動距離を図1の表に示す。受容体Aの移動距離が5.2であったとき、受容体Aの分子量として最も近いものを下の①～④から1つ選べ。

- ① 40000, ② 45000, ③ 50000, ④ 55000

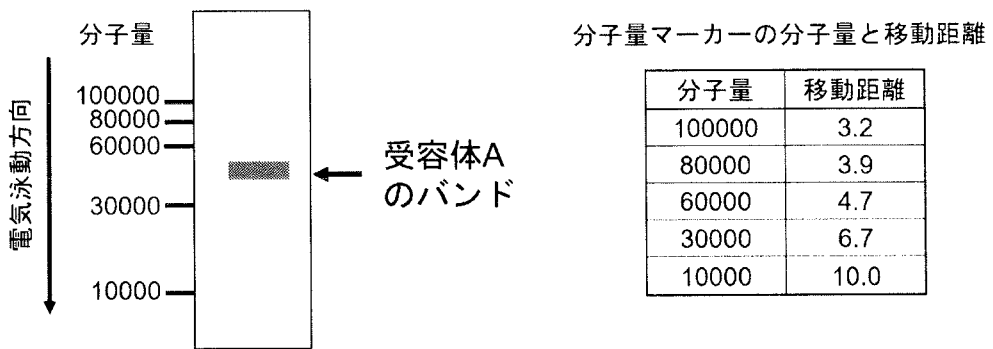


図1 電気泳動と抗体による受容体Aの検出

- (2) 細胞を刺激Bで処理した。刺激Bを与えた直後(0時間後)、2時間後、6時間後、9時間後、同じ数の細胞を用いて細胞表面のタンパク質を抽出し、細胞表面の受容体Aを解析すると、図2のように時間とともに受容体Aのバンドの太さに変化がみられた。一方で、同様に刺激Bで処理した細胞について、同じ数の細胞を用いて細胞の全タンパク質を抽出し、受容体Aを解析すると、図3のように、受容体Aのバンドの太さに変化はみられなかった。このように刺激Bによって細胞全体の受容体Aの量が変化していないにも関わらず、細胞表面の受容体Aの量が減少した理由として、刺激Bによって受容体Aの合成、分解および輸送にどのような変化がおきたと考えられるか、可能性を2つ簡潔に答えよ。

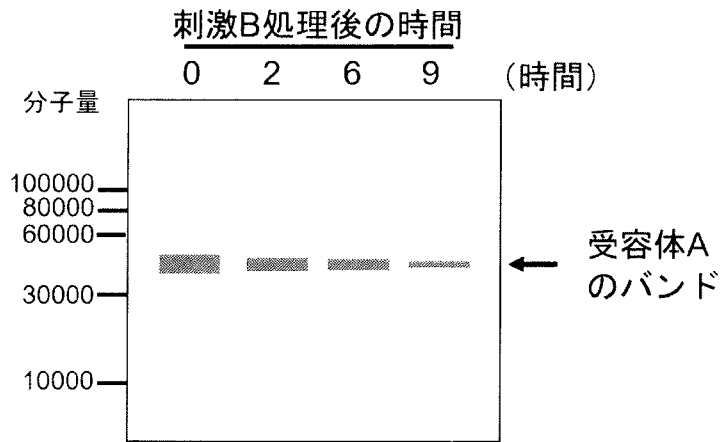


図2 刺激 B 処理後の細胞表面における受容体 A の量

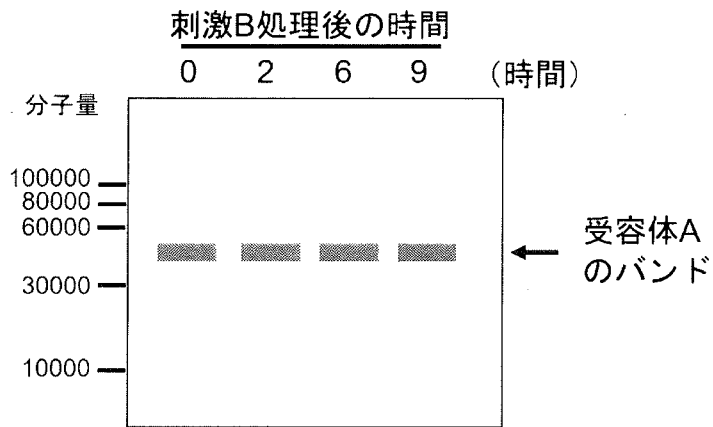


図3 刺激 B 処理後の細胞全体における受容体 A の量

常用対数表

a	$\log_{10} a$	a	$\log_{10} a$
5	0.699	65	1.813
10	1.000	70	1.845
15	1.176	75	1.875
20	1.301	80	1.903
25	1.398	85	1.929
30	1.477	90	1.954
35	1.544	95	1.978
40	1.602	100	2.000
45	1.653	105	2.021
50	1.699	110	2.041
55	1.740	115	2.061
60	1.778	120	2.079

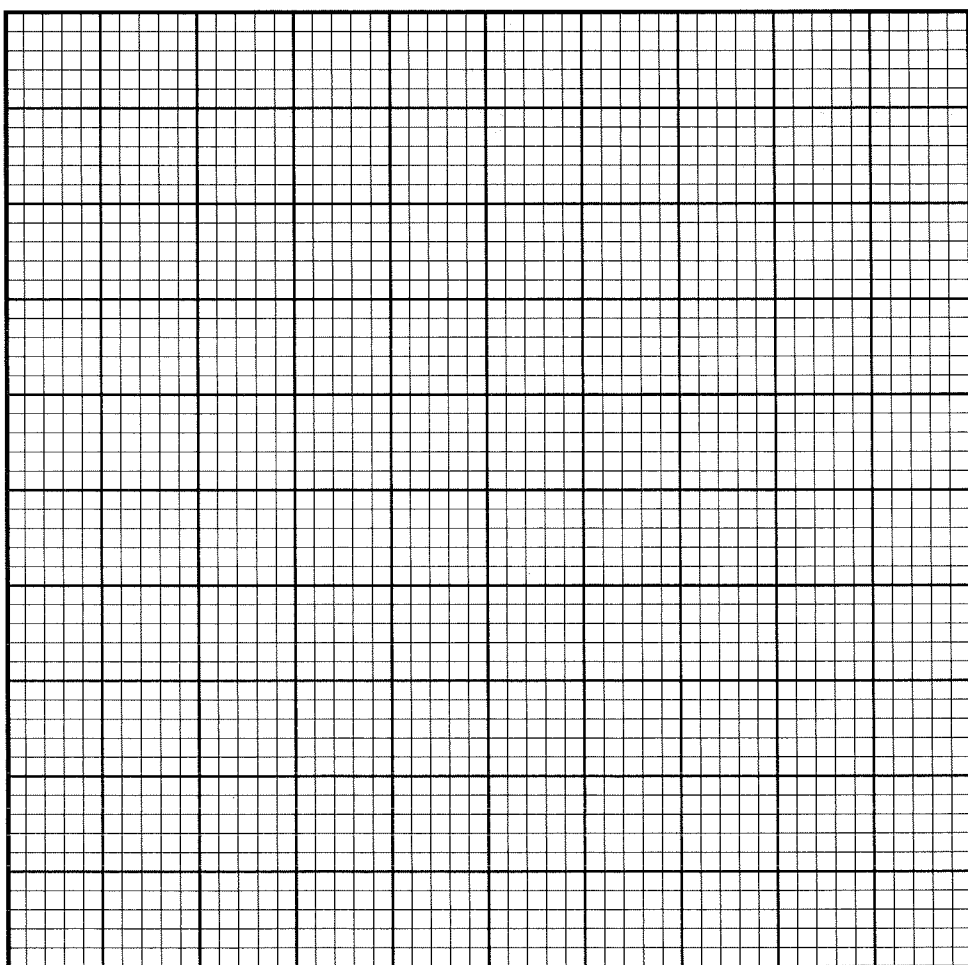


図4 常用対数表と方眼紙

第2問

PCR 法に関する次の文章を読み、下の問1～問6に答えよ。

近年の遺伝子解析には PCR 法（ポリメラーゼ連鎖反応法）が欠かせない。PCR 法は、解析したい生物の DNA、プライマーなどを準備して PCR 反応をおこなえば、2種類のプライマーにはさまれた領域の DNA を増幅させることができる。図5に PCR 反応の例を示す。Aには増幅させたい目的の DNA とそれを増幅させるためのプライマーの位置関係を示した。増幅させたい目的の DNA 部分がある場合、その両端にプライマーを設定する。Bには PCR 反応の最初の1サイクル目を示した。この PCR 反応では溶液の温度を 94℃、60℃、72℃と変化させている。この3つの温度変化を1サイクルとし、30 サイクルおこなうと2つのプライマーにはさまれた領域の DNA が増える。

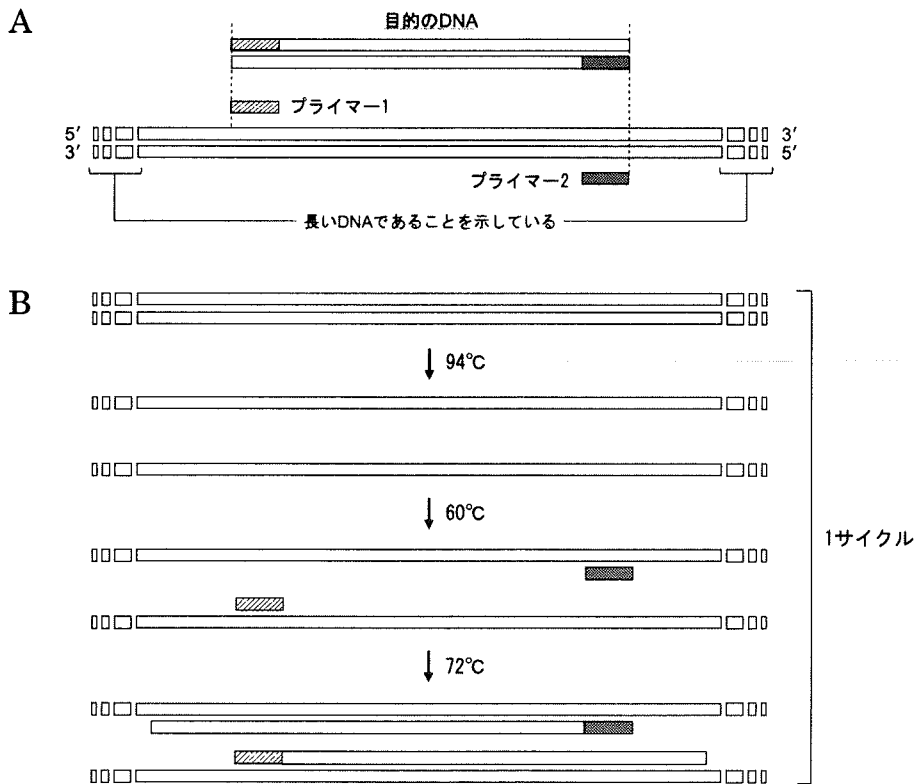


図5 PCR 反応の例

問 1 PCR をおこなうために、反応溶液に増幅させるもとの DNA と 2 種類のプライマーを加えた。さらに加えるべきものを 2 つ答えよ。

問 2 プライマー 2, およびそれが結合する DNA の塩基配列を図 6 に示す。この塩基配列からプライマー 2 の塩基配列を 5' 側から答えよ。なお、プライマーが結合している部分の DNA 塩基配列に下線を引いた。

5'-TTCGTATTGGGCGCTGGTCATTCCAGGGCTCTTTAACTCGG-3'



プライマー 2

図 6 プライマー 2, およびそれが結合する DNA の塩基配列

問 3 塩基同士の結合は水素結合であり相手が決まっている。アデニンとチミンの結合は水素結合が 2 本, シトシンとグアニンの水素結合は 3 本である。このことから考えて, 下の a ~ e のプライマー候補の中から最も結合力が強いものを 1 つ選べ。

- a. CTCATGTCGGTGCCATCGGT
- b. ATTCGCGTGCCATGTACAGT
- c. CGTATCATGTACATTCGAGT
- d. CACACTCCACTCCTATAATA
- e. AGGGGATGTAGTGGAGTAGT

問 4 PCR 反応を 5 サイクルおこなったとき, 増幅した DNA の数は理論上もとの DNA の何倍に増えるか答えよ。

問 5 PCR 反応をおこなったとき, 2 つのプライマーではさまれた目的の DNA (図 5 A で示した目的の DNA) が最初にできるのは何サイクル目か答えよ。

問 6 増幅した DNA 量を特定のサイクル終了ごとに測定し、サイクル数との関係を調べた。測定した点を結ぶと図 7 のようになった。20 サイクル目以降は DNA が増えなくなっているが、その理由を 1 つ答えよ。

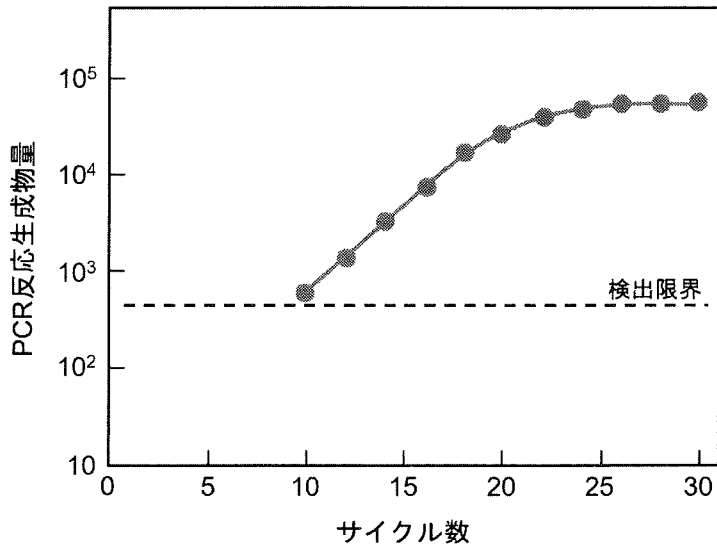


図 7 サイクル数と PCR 反応生成物量の関係

第3問

眼の発生と機能に関する次の文章を読み、下の問1～問4に答えよ。

眼は誘導の連鎖で形成される。まず、神経管の前方部が(ア)となり、(ア)の一部が左右にふくらんで(イ)となる。(イ)は一部がくぼんで(ウ)となり、また(イ)は表皮から(エ)を誘導する。さらに、(エ)は表皮から(オ)を誘導する。(ウ)は(カ)へと分化していく。

(a) ヒトの眼に入る光は(オ)と(エ)で屈折しながらガラス体を通し、(カ)にある視細胞に受容される。(b) ヒトの視細胞は桿体細胞と錐体細胞に大別され、錐体細胞は異なる波長の光に反応する視物質(色素)を含む青錐体細胞、緑錐体細胞、赤錐体細胞の3種類が存在する。視物質は、タンパク質と、ビタミンAの一種であるレチナールが結合したものである。

哺乳類の祖先は中生代に出現し、夜行性で嗅覚が発達した小型の動物であったと考えられている。哺乳類は新生代に多様化し、樹上生活に適した昼行性の霊長類(サルの仲間)からヒトも出現した。(c) ほとんどの哺乳類は青錐体細胞と赤錐体細胞の2種類の錐体細胞しかもっていないが、ヒトを含む霊長類は3種類の錐体細胞をもつ。

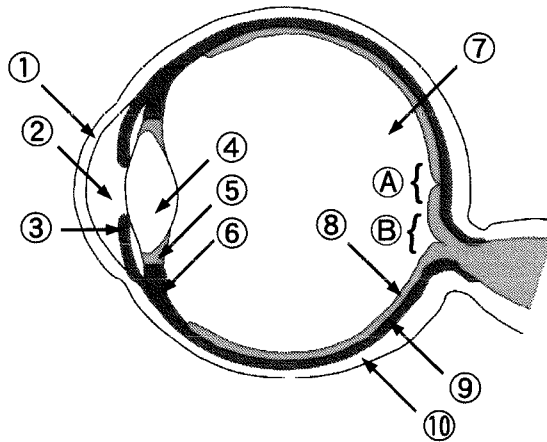


図8 ヒトの眼の構造

問1 眼の発生と構造について、次の(1)～(3)の問いに答えよ。

- (1) 文章中の(ア)～(ウ)に最も適切な語句を答えよ。
- (2) 文章中の(エ)～(カ)として適切なものを、図8に示す①～⑩から選び番号で答えよ。
- (3) 文章中の(エ)～(カ)のうち、外胚葉に由来するものをすべて選びエ～カの記号で答えよ。

問2 下線部(a)に関連して、明るい場所から暗い場所へ移動したときに起こる変化について、次の(1)～(2)の問いに答えよ。

- (1) 暗い場所では、眼に入る光の量を増やすために瞳孔が拡大する。瞳孔の大きさを調節する組織の名称を答え、その組織として適切なものを図8に示す①～⑩から選び番号で答えよ。
- (2) 暗い場所にしばらく居ると、徐々に周りが見えるようになる。この現象の名称を答えよ。また、その現象の原理を説明せよ。

問3 下線部(b)について、視細胞の説明として正しいものを次の1) ~ 6)からすべて選び、番号で答えよ。

- 1) 錐体細胞は図8の(A)に多く分布し、強い光で興奮する。
- 2) 青錐体細胞，緑錐体細胞，赤錐体細胞のすべてが興奮すると黒と感じる。
- 3) 桿体細胞は図8の(B)の周辺に多く分布し、色の識別に関与する。
- 4) 桿体細胞や錐体細胞は，ガラス体に面して整列している。
- 5) 桿体細胞や錐体細胞は，チン小体を通して毛様体へと光の情報を伝える。
- 6) 光刺激により視細胞で生じた興奮は，視神経によって大脳へと伝えられる。

問4 下線部(c)について、ハツカネズミとヒトの錐体視物質遺伝子の染色体上の位置を図9に示す。ほとんどの哺乳類は2種類の錐体細胞しかもっていないが、ヒトを含む霊長類は3種類の錐体細胞をもっている理由を、以下の用語をすべて使用して説明せよ。

用語：自然選択，昼行性，突然変異，夜行性

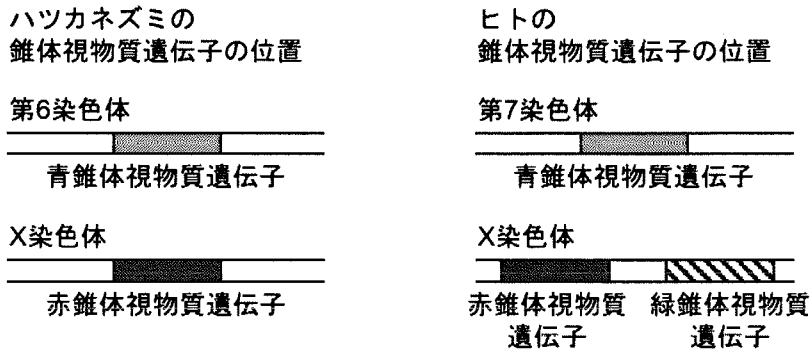


図9 ハツカネズミとヒトの錐体視物質遺伝子の染色体上の位置

第4問

生物の生態に関する次の文章を読み、下の問1～問5に答えよ。

ある地域に生息する同種の集まりを個体群とよぶ。同じ個体群で、(a) 個体どうしが協力し集団を形成する、(b) 個体間の競争が起こるなど、数々の個体間の相互作用がみられる。個体群内において、個体間の相互作用や生息地の環境に応じて、(c) 個体の分布様式は異なる。また、個体群の特徴を考える上で重要な尺度の1つが個体群密度である。個体群密度の変化によって、個体の形態や行動が変化する。これを密度効果という。密度効果によって、バッタのなかには幼虫時の内分泌系が変化し、成虫の形態や行動に大きな影響を及ぼすことがある。この現象を（ア）といい、低密度時に出現する成虫を（イ）、そして高密度時に出現する成虫を（ウ）という。

問1 下線部(a)に関して、社会性昆虫はコロニーとよばれる集団を形成し、生活をしている。集団を維持する上で、他の昆虫ではあまりみられない社会性昆虫の特徴を簡潔に説明せよ。

問2 下線部(b)に関して、森林にすむ鳥類や河川にすむ魚類などで、雄は縄張り（テリトリー）をもつことがある。雄が縄張りをもつ利点はいくつかあるが、そのうち2つを簡潔に答えよ。

問3 下線部(c)について、主な分布様式を3つ答えよ。

問4 文章中の（ア）～（ウ）に最も適切な語句を入れよ。

問5 同種の個体間だけでなく、異種の個体間にも様々な相互作用がみられる。このような相互作用のうち、相利共生と寄生の違いを簡潔に答えよ。