

# 令和5年度個別学力試験問題

## 生 物

### (理 工 学 部)

解答時間 90分

配 点 200点

#### 注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. 受験番号を解答用紙の所定の欄に記入してください。
3. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
4. 試験時間中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等がある場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
5. 問題冊子及び計算用紙は持ち帰ってください。

次の訂正については、採点中に判明したため、受験者全員を正答扱いとしました。

## 問題文の訂正

6 ページ 2 問 4 (2) . . . 下線部分の文字の削除

### 【誤】

. . . このホルモンを集合管上皮細胞のある細胞小器官が受け取ることによって起こる反応について、この細胞小器官の名称とアクアポリンという用語を用いて説明しなさい。

### 【正】

. . . このホルモンを集合管上皮細胞が受け取ることによって起こる反応について、アクアポリンという用語を用いて説明しなさい。

1 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

バイオテクノロジーは、生物のもつ機能を利用する技術のことで、遺伝子組換え技術の開発を機に急速に発展した。特定の遺伝子を研究・利用するためには、生物のゲノムから目的の DNA 断片を単離・増幅させる必要がある。制限酵素は、DNA の特定の配列を認識して切断する酵素で、目的の DNA 断片を切り出す際に用いられる。制限酵素にはさまざまな種類があり、種類によって切断する配列が異なる。目的の DNA 断片は、(ア)に組み込まれて導入されることが多い。(ア)は、自己増殖能を持つ小型の DNA で、代表的なものには、大腸菌がもつ環状のプラスミドやウイルスの DNA などがある。目的の遺伝子を組み込んだプラスミドを大腸菌などで増やし、組み込んだ遺伝子を大腸菌内で発現させれば、その遺伝子がコードするタンパク質を大量に生産することができる。ヒトの糖尿病の治療に用いられる(イ)は、以前はウシなどの(イ)を利用していたため問題が生じる場合があったが、この技術を用いることで、安価に大量に製造することが可能になった。

PCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)は、わずかな DNA をもとに、同じ DNA を多量に増幅させる方法である。PCR法では、増幅したい領域を含む鋳型 DNA、プライマー、DNA ポリメラーゼ、4種類のヌクレオチドが入った反応液を調製し、温度の異なる3段階の反応をくり返すことで、目的の DNA を多量に増幅できる。PCR法によって目的の DNA 断片が増幅できたかどうかは、電気泳動法により判別できる。PCR法は、遺伝子組換えだけでなく、医療や農業などさまざまな分野に欠かせない方法となっている。

問1 文章中の(ア)と(イ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部Aについて、次の問いに答えなさい。

- (1) 図1に示すような4.8 kbp\*の塩基対から構成された DNA 断片がある。この DNA 断片を、EcoRI, PstI, HindIII のいずれか1つの制限酵素で切断し、寒天ゲルを用いて電気泳動を行った。それぞれの制限酵素の認識配列を図2に、また、領域1および領域2の塩基配列を図3に記す。それぞれの制限酵素反応から得られる DNA 断片の長さ(kbp)を全て答えなさい。なお、領域1および領域2を除いた領域に、3つの制限酵素の認識配列はないものとする。

\*bp は塩基対数のことであり、kbp = 1000 bp である。

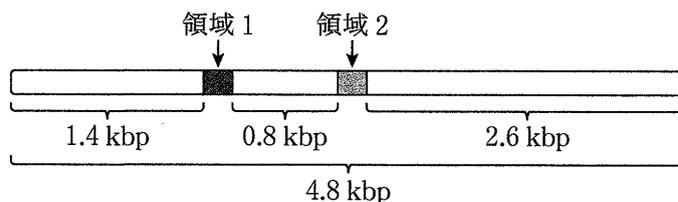


図1

制限酵素名	EcoRI	PstI	HindIII
認識する塩基配列	$\begin{array}{c} \text{G} \text{AATTC} \\ \text{CTTAA} \text{G} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CTGCA} \text{G} \\ \text{GACGC} \text{T} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{A} \text{AGCTT} \\ \text{TTCGA} \text{A} \end{array}$

図 2

領域 1 5'-AAGAATTGCGGAATTCGAGAAGCTTCGGGGCTAA-3'  
 領域 2 5'-GCTGCAGCGTCGAAGGAATTCCTTTAA-3'

図 3

(2) あるプラスミドを EcoRI, PstI, HindIII の 3 種類の制限酵素およびそれらの組合せで切断した後, 寒天ゲルを用いて電気泳動を行った。得られた電気泳動像を模式化したものが図 4 である。

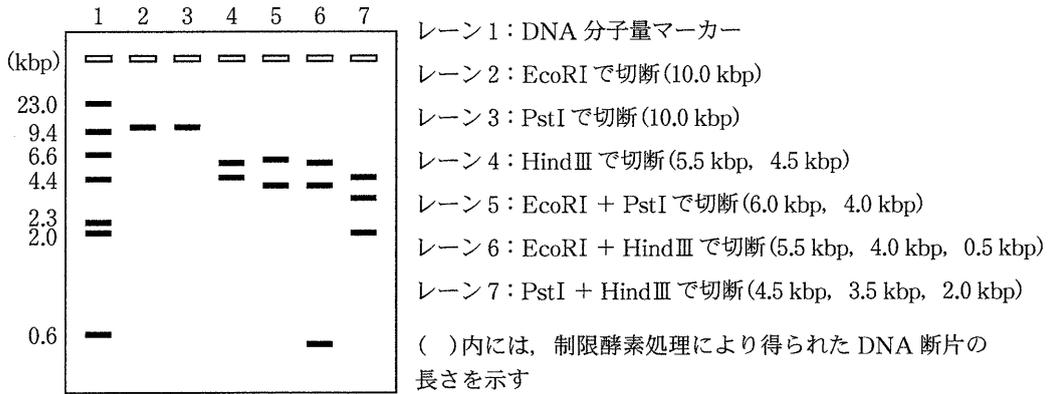
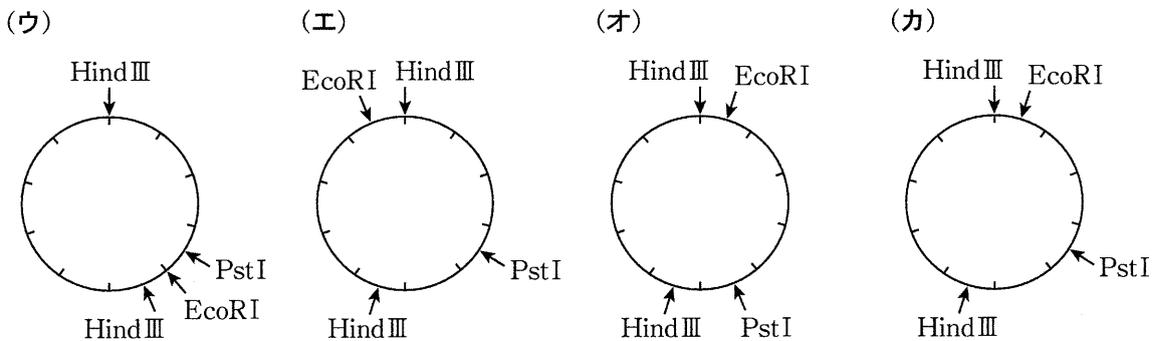


図 4

図 4 の電気泳動像をもとに, このプラスミドの制限酵素地図を作成した。最も適当なものを(ウ)~(カ)から 1 つ選び, 記号で答えなさい。なお, 制限酵素地図の一目盛は 1 kbp を表す。



問 3 下線部Bについて、どのような問題が生じる可能性があるのか答えなさい。

問 4 下線部Cについて、図5に示すDNA配列をPCR法にて増幅したい場合、プライマーの組合せとして正しいものを(キ)~(コ)から1つ選び、記号で答えなさい。

5'-CGATCGACAG·····TGTTGCATCG-3'

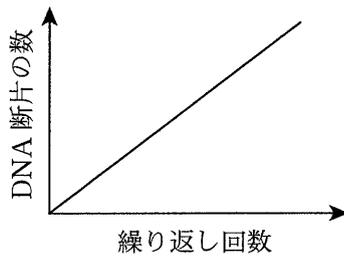
図5

- (キ) 5'-CTGTCGATCG-3', 5'-TGTTGCATCG-3'
- (ク) 5'-CTGTCGATCG-3', 5'-CGATCGACAGT-3'
- (ケ) 5'-CGATCGACAG-3', 5'-TGTTGCATCG-3'
- (コ) 5'-CGATCGACAG-3', 5'-CGATGCAACA-3'

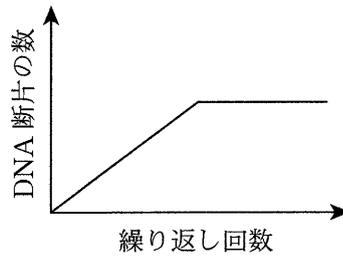
問 5 下線部Dについて、PCR法で用いられるDNAポリメラーゼは、大腸菌やヒトなどのDNAポリメラーゼはもっていない特徴が求められる。どのような特徴か答えなさい。

問 6 下線部Eについて、PCR法によって増幅するDNA断片の数と繰り返し回数との関係として最も適切なものを(サ)～(セ)から1つ選び、記号で答えなさい。なお、図示する範囲においては、PCR反応液中の酵素やヌクレオチド、プライマーの枯渇は生じないものとする。また、グラフの軸の目盛りは対数ではないものとする。

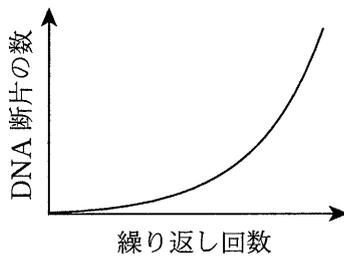
(サ)



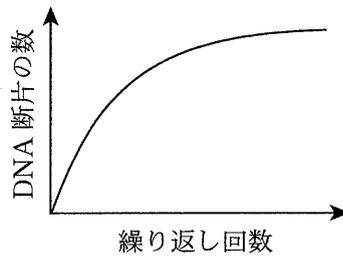
(シ)



(ス)



(セ)



問 7 下線部Fについて、寒天ゲル中で長さの異なるDNA断片を分離できるしくみを、DNAの電荷と寒天ゲルの構造に着目して80字以内(句読点を含む)で答えなさい。

2 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

水中で生活する生物は、体表面が直接、海水や淡水などと接しているので塩類濃度の影響をより受けやすく、さまざまな方法で体液の塩類調節を行っている。淡水にすむゾウリムシでは、(ア)で(イ)を体外に排出することにより、細胞内の塩類濃度を一定に保っている。無脊椎動物のカニ類は、海水生、淡水生、海水と淡水両方で生活する種によって体液の塩類濃度の調節能力に違いがあり、海水生カニ類では体液の塩類濃度の調節機能が発達していない。<sup>A</sup>硬骨魚類<sup>B</sup>では、主にえらと腎臓によって体液の塩類濃度を調整している。

陸上生活する哺乳類は、腎臓などのはたらきにより、体液の塩類濃度はある一定の範囲に調節している。ヒトの腎臓は、腹部の背側に左右1つずつあって、内部には(ウ)とよばれる構造がそれぞれ100万個ほどある。(ウ)は(エ)と細尿管からなり、さらに(エ)は、多数の毛細血管が集まった糸球体をボーマンのうが包みこむような構造となっている。ヒトの腎臓は、体液の浸透圧調節<sup>C</sup>だけでなく、尿の生成と老廃物の濃縮の機能<sup>D</sup>も担っている。

問1 文章中の(ア)～(エ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部Aについて、図1の点線は、河口付近に生息するチチュウカイミドリガニの塩類濃度と外界の塩類濃度の関係を示したものである。海水生のケアシガニ、および淡水と海水を行き来して生活するモクズガニの体液の塩類濃度と外界の塩類濃度の関係を示している実線を図中のa～fの中から1つずつ選びなさい。なお、グラフの塩類濃度は、海水の塩類濃度を1としたときの相対値で示している。

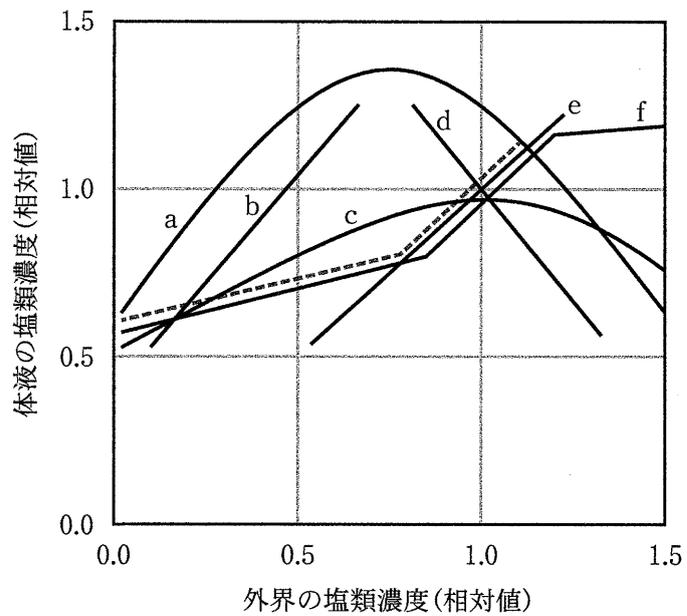


図1

問 3 下線部Bについて、淡水生硬骨魚類におけるえらと腎臓のはたらきを説明しなさい。

問 4 下線部Cについて、以下の問いに答えなさい。

(1) 発汗などによる体液の減少に伴い、副腎皮質から分泌されるホルモンの名称とそのホルモンのはたらきを説明しなさい。

(2) 体液の塩類濃度が上昇したとき、脳下垂体後葉から分泌されるホルモンにバソプレシンがある。このホルモンを集合管上皮細胞のある細胞小器官が受け取ることによって起こる反応について、この細胞小器官の名称とアクアポリンという用語を用いて説明しなさい。

問 5 下線部Dに関して、下の表は、健康なヒトの血しょう、原尿、尿の成分を比較したものである。このヒトは1時間に90 mLの尿を生成し、血しょうと原尿、尿の密度が1 g/mLであるとき、次の問いに答えなさい。なお、イヌリンは糸球体ですべてろ過されるが、まったく再吸収されない物質で、実験的にヒトの血中に投与したものである。

表1 血しょう、原尿、尿の成分(質量パーセント濃度(%))

	タンパク質	グルコース	ナトリウムイオン	尿素	イヌリン
血しょう	7	0.1	0.3	0.03	0.01
原尿	0	0.1	0.3	0.03	0.01
尿	0	0	0.35	2	1.2

(1) 1時間で生成される原尿の量(mL)を求めなさい。解答は、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで記入しなさい。

(2) タンパク質とナトリウムイオンの濃縮率を求めなさい。解答は、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで記入しなさい。

(3) グルコースと尿素の1時間における再吸収量(g)を求めなさい。解答は、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで記入しなさい。

(4) タンパク質とグルコースに関する以下の記述の中から正しいものをすべて選び、その番号を記入しなさい。

- ① タンパク質はボーマンのうにこし出され、細尿管で再吸収されない。
- ② タンパク質はボーマンのうにこし出され、細尿管で再吸収される。
- ③ タンパク質はボーマンのうにこし出されない。
- ④ グルコースはボーマンのうにこし出され、細尿管で再吸収されない。
- ⑤ グルコースはボーマンのうにこし出され、細尿管で再吸収される。
- ⑥ グルコースはボーマンのうにこし出されない。

次のページにも問題があります。

3 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

さまざまな細胞小器官をもつ真核生物は、かつては、原核生物が細胞内の構造を発達させて進化してきたと考えられていた。しかし、現在では真核生物の細胞小器官のうち、(ア)は好気性細菌が、葉緑体は(イ)が、それぞれ細胞内に共生した結果できたという細胞内共生説(共生説)が有力となっている。このようにして葉緑体を獲得した生物には、紅藻類や緑藻類などが知られている。一方、褐藻類の葉緑体は4枚の生体膜で包まれており、紅藻類が従属栄養の真核生物の細胞内に共生してできたと考えられている。<sup>A</sup>細胞内共生は現生の生物でも見られ、ミドリゾウリムシの細胞内には多数のクロレラが共生している。<sup>B</sup>

陸上植物はコケ植物、シダ植物、種子植物に分けられる。コケ植物は胞子で繁殖し、(ウ)は配偶体に依存した状態で生活する。コケ植物の配偶体は、根、茎、葉の区別がなく、根に似た形態のものは単細胞または1列の細胞からなり、(エ)と呼ばれている。現生のコケ植物は、セン類、タイ類、(オ)類の3群に分類されている。シダ植物の配偶体は小形であるが独立した生活をし、(カ)と呼ばれる。現生のシダ植物は、(キ)類とシダ類の2つの異なる系統からなる。以前は独立した植物群とされていた(ク)類とマツバラン類は、シダ類と同じ系統であることがわかっている。種子により繁殖する植物群を種子植物といい、種子植物には裸子植物<sup>C</sup>と被子植物<sup>D</sup>がある。

問1 文章中の(ア)～(ク)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部Aについて、次の問いに答えなさい。

- (1) 図1は、紅藻類、褐藻類の祖先生物および褐藻類の細胞を模式的に示したものである(紅藻類と褐藻類の細胞の細胞壁は省略している)。図1を参考にして、紅藻類が褐藻類の祖先生物の細胞内に共生している状態の模式図を書きなさい。

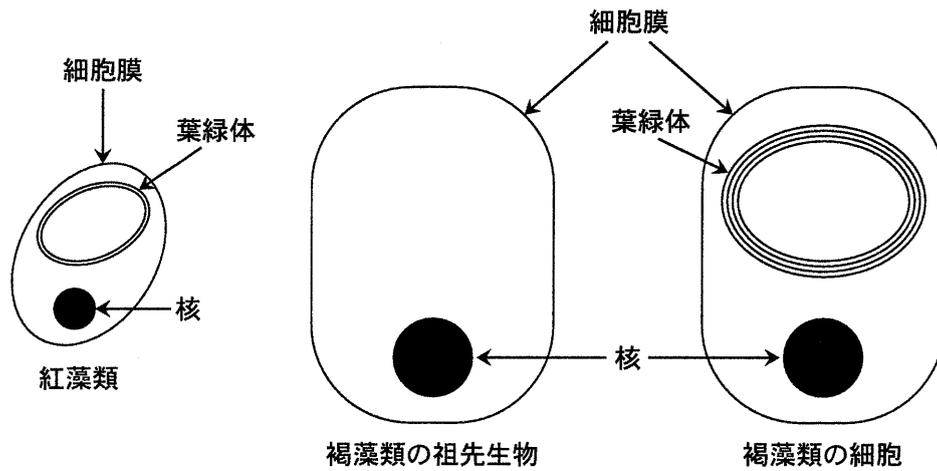


図 1

(2) 褐藻類の祖先生物の細胞内に共生していた共生体(紅藻類)が葉緑体になる過程で、共生体にどのような変化が起こったと考えられるか、説明しなさい。

(3) 褐藻類の葉緑体の膜のうち、最も外側の膜と外側から 2 番目の膜はそれぞれ何に由来するか、答えなさい。

問 3 下線部 B について、「ハテナ」と呼ばれる生物は特殊な細胞内共生を行っている。共生体をもつ「ハテナ」の細胞が分裂した際にどのような娘細胞が生じるか、答えなさい。

問 4 下線部 C と下線部 D の受精卵の染色体数をいずれも 8 とした場合、両者の胚乳の細胞の染色体数を答えなさい。

問 5 下線部 D の配偶体形成に関する次の問いに答えなさい。

(1) ヒトの一次精母細胞に相当する細胞の名称を答え、その細胞から成熟した雄性配偶体が形成されるまでの過程を説明しなさい。

(2) ヒトの一次卵母細胞に相当する細胞の名称を答え、その細胞から成熟した雌性配偶体が形成されるまでの過程を説明しなさい。

4 カエルの発生に関する次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

卵形成の過程で、卵にはさまざまな mRNA やタンパク質が貯えられるが、これらのうち発生過程に影響を及ぼすものを母性因子という。産卵された卵は、受精により発生が進行する。精子進入点の反対側に(ア)<sup>A</sup>が現れる。背腹軸は、精子の進入位置によって決まり、精子進入点の反対側が背側となる。卵割が進み桑実胚を経て胞胚となる。胞胚には内部に空所があり、これを(イ)という。胞胚の植物極側にある予定内胚葉は、隣接する動物極側の胚域にはたらきかけて中胚葉を誘導する。これを中胚葉誘導という。次に、(ア)のやや植物極側に原口が生じ、内部には原腸が形成されて原腸胚となる。この時期には外胚葉・中胚葉・内胚葉の3つの胚葉ができる。原口の上部にある(ウ)などの中胚葉域は、原腸形成とともに胚の内部へ移動して外胚葉の内側に位置するようになる。この中胚葉域から誘導物質が分泌され、神経組織が誘導される。これを神経誘導という。さらに発生が進むと神経胚となる。神経胚の初期には背部の外胚葉がしだいに厚く平らになり、この領域を(エ)という。やがて、(エ)の中央部はくぼんで(オ)が生じ、両側の縁が隆起してつながり、神経管を形成する。神経管と表皮の間には神経堤(冠)と呼ばれる部位があり、この部位から遊離した細胞群を神経堤細胞<sup>E</sup>という。神経堤細胞は、外胚葉由来の細胞であるが、胚内を広範囲に遊走し、さまざまな種類の細胞に分化することから、「第四の胚葉」と呼ばれることもある。

問1 文章中の(ア)～(オ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部Aにはβカテニン(卵には mRNA として存在)とディシェベルドが含まれる。これらの物質は背側の決定に関与している。βカテニンの mRNA は卵全体に分布しているが、ディシェベルドは植物極の近くに存在する。受精後、βカテニンの濃度は背側で高く、腹側で低いという濃度勾配ができる。βカテニンの濃度勾配形成にディシェベルドがどのようにはたらくかを説明しなさい。

問3 下線部Bについて、次の問いに答えなさい。

- (1) 中胚葉誘導にノーダルと呼ばれるタンパク質が重要な役割を担っている。ノーダルの濃度は背側で高く、腹側で低いという濃度勾配ができ、ノーダルの濃度の高い側で背側の中胚葉が、濃度の低い側では腹側の中胚葉が形成される。ノーダルの発現にはβカテニンやVegTなどの物質が関与している。ノーダルの濃度勾配形成にβカテニンとVegTがどのようにはたらくかを説明しなさい。

- (2) 誘導された中胚葉は，発生の進行とともに形が変化してくる。図1は尾芽胚になったときの胚のほぼ中央部の横断面の模式図である。図中に中胚葉を書きなさい。また，見出し線を使って中胚葉の各部の名称も書きなさい。

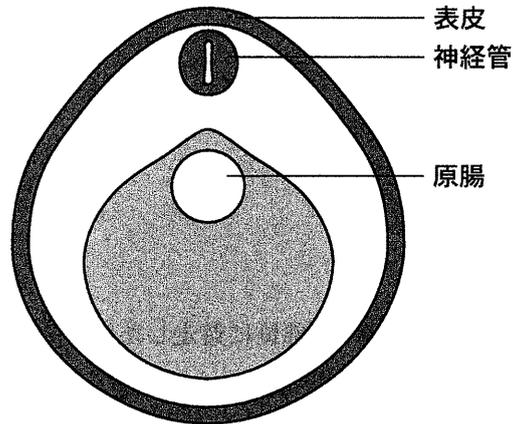


図1

問4 下線部Cにはノギン，コーディンとBMPと呼ばれるタンパク質が関与している。これらの物質が神経誘導にどのようにはたらくかを説明しなさい。

問5 下線部Dについて，次の問いに答えなさい。

- (1) 神経管の形成に細胞接着に関わる分子であるカドヘリンが重要な役割を担っている。表皮と神経管で発現されるカドヘリンの種類は異なり，表皮でE型，神経管でN型が発現する。神経管の形成にカドヘリンがどのような役割を担うかを説明しなさい。
- (2) 神経管の前部は脳に分化し，その一部が左右に膨らんで眼胞を経て眼杯となる。眼杯と接している表皮が眼杯に誘導されて生じる構造の名称と，その構造を構成する細胞で主に発現するタンパク質の名称を答えなさい。

問 6 下線部Eについて、次の問いに答えなさい。

(1) 神経堤細胞におけるカドヘリンの発現について、次の①～④の中から正しいものを1つ選び、番号で答えなさい。

- ① E型とN型の両方とも発現している。
- ② E型とN型の両方とも発現していない。
- ③ E型が発現している。
- ④ N型が発現している。

(2) 神経堤細胞が次の(カ)～(ケ)の部位に遊走した後、そこで分化する細胞の種類を下の①～④の中からそれぞれ1つ選び、番号で答えなさい。

- (カ) 頭部
- (キ) 副腎
- (ク) 血管
- (ケ) 皮膚

- ① 平滑筋細胞    ② 色素細胞    ③ アドレナリン産生細胞    ④ 骨細胞

(3) 神経堤細胞の他に胚内を遊走し、移動先で分化する細胞の名称を答えなさい。