

2026年度名古屋大学大学院生命農学研究科博士前期課程入学試験

受験 専門科目名	細胞生物学	この科目について ( 3 )枚のうち( 1 )枚目
-------------	-------	------------------------------

【問題1】膜輸送に関する以下の問に答えよ。

問1. 不整脈や心不全の治療薬として使われるジギタリスやウアバインは、心筋の細胞膜に存在する① $\text{Na}^+\text{-K}^+$  ATPアーゼ ( $\text{Na}^+\text{-K}^+$ ポンプ) を標的としている。治療薬により、 $\text{Na}^+\text{-K}^+$  ATPアーゼの機能が阻害されると②最終的に細胞内 $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が上昇し、心筋収縮力が高められる。

- (1) 下線部① $\text{Na}^+\text{-K}^+$  ATPアーゼは能動輸送を行っている。輸送のエネルギー源となる分子を答えよ。また、その分子1つの消費に伴い輸送される $\text{Na}^+$ と $\text{K}^+$ の数およびその輸送方向についてそれぞれ答えよ。
- (2) 下線部②には、細胞膜に存在する $\text{Na}^+\text{-K}^+$  ATPアーゼに加えて、アンチポート系の $\text{Na}^+\text{-Ca}^{2+}$ ポンプ ( $\text{Na}^+\text{-Ca}^{2+}$ 交換体) が関与している。 $\text{Na}^+\text{-K}^+$  ATPアーゼの阻害による $\text{Ca}^{2+}$ 上昇が起こる仕組みについて細胞内外のイオンの変動をもとに説明せよ。

問2. 細胞膜の静止膜電位は約 $-70$  mVであり、細胞内部が外部に比べて負に帯電している。静止膜電位を作る主要なタンパク質は2つあり、そのうち1つは $\text{Na}^+\text{-K}^+$  ATPアーゼであるが、もう1つは何か答えよ。また、これらのタンパク質によって静止膜電位が形成される仕組みを説明せよ。

問3. 細胞質内の $\text{Ca}^{2+}$ 濃度は通常 $100$  nMに維持されているが、ある刺激を行ったところ1秒後に $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が $1.1$   $\mu\text{M}$ に上昇した。この細胞には、チャンネル1個あたり1秒間に $5,000$ 個の $\text{Ca}^{2+}$ を通過させる $\text{Ca}^{2+}$ チャンネルが発現している。測定の結果、この刺激に応答した $\text{Ca}^{2+}$ チャンネルの開閉確率は $20\%$ であった。発現している $\text{Ca}^{2+}$ チャンネルはこの1種類のみとして、1つの細胞に発現している $\text{Ca}^{2+}$ チャンネルの数を有効数字2桁で答えよ。  
ただし、この細胞の体積を $1,000$   $\mu\text{m}^3$ 、アボガドロ数を $6.0 \times 10^{23}$ として計算せよ。

問4. 膜輸送を担う輸送体の多くは細胞膜 (形質膜) に存在して機能する。輸送体などの複数回膜貫通タンパク質がどのようにして小胞体膜に組み込まれるかを下記の語句をすべて用いて説明せよ。(語句は繰り返し使用してよい)

【輸送開始配列 (start transfer sequence)、輸送停止配列 (stop transfer sequence)、シグナル識別粒子 (SRP)、タンパク質転送装置 (protein translocator)】

[注意事項] 各問題につき一枚の解答用紙 (裏面使用も可) を使用せよ。

2026年度名古屋大学大学院生命農学研究科博士前期課程入学試験

受 験 専門科目名	細胞生物学	この科目について ( 3 )枚のうち( 2 )枚目
--------------	-------	------------------------------

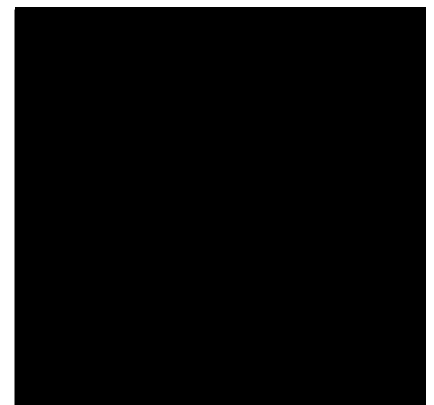
【問題2】 次の文章を読み、下記の問に答えよ。

百日咳は、百日咳菌 (*Bordetella pertussis*) によって起こる急性の呼吸器感染症である。百日咳菌は気道の①繊毛上皮細胞に付着する。百日咳菌の感染は重篤な咳発作を起こし、飛沫や接触により感染が拡大する。百日咳の予防には②ワクチン接種が有効であり、国内では予防接種法に基づいて、生後2ヶ月から合計4回の定期予防接種が実施されている。

百日咳菌が分泌する③百日咳毒素はAサブユニットとBサブユニットからなる複合体であり、エンドサイトーシスによって標的細胞に取り込まれる。AサブユニットはADPリボシル基転移活性をもつ触媒サブユニットで、細胞質に送り込まれるとGタンパク質Giのαサブユニット(Giα)をADPリボシル化する。その結果、標的細胞のcAMPの産生量は増大する。

問1. 下線部①について、右図は繊毛 (cilia) の横断面の模式図を示している。以下の文章の(ア)から(キ)に入る最も適切な語句を答えよ。なお、(ア)と(オ)はそれぞれ図と同じ語句が入り、(ウ)と(エ)は数字が入る。

繊毛は、細胞膜で覆われた直径約0.25 μmの毛様構造である。その内部は安定な(ア)で構成される。(ア)は、細胞質の(イ)から伸長している。繊毛の基本構造は、(ア)の特徴的な配置から「(ウ)+(エ)構造」と呼ばれる。外側のリング上に配置された二連の(ア)は、(オ)によって連結されている。(オ)の頭部は、(カ)活性をもち、エネルギーを使って(ア)の(キ)端へ向かって移動することで、繊毛を屈曲させる。



(Essential Cell Biology 第6版を改変して引用)

問2. 下線部②について、ワクチン接種は一般的に特異的抗体の産生を誘導する。以下の問に答えよ。

- (1) 抗体産生に関わる細胞の名称を3つ答え、それぞれの役割を簡潔に記せ。
- (2) 免疫記憶について、(1)で答えた細胞と関連させて、説明せよ。

問3. 下線部③について、以下の問に答えよ。

- (1) 次の3つの実験結果から、百日咳毒素のBサブユニットの役割を考察せよ。  
 (実験1) 百日咳毒素を添加して培養すると、標的細胞のGiαはADPリボシル化された。  
 (実験2) 百日咳毒素のAサブユニットのみを添加して培養すると、標的細胞のGiαはADPリボシル化されなかった。  
 (実験3) 百日咳毒素のAサブユニットのみを標的細胞内に直接、顕微注入すると、GiαはADPリボシル化された。
- (2) リガンドが結合したGタンパク質共役型受容体から、Gタンパク質を介して、Gタンパク質の標的タンパク質にシグナルが伝達される仕組みを、以下の【語群】の語句をすべて用いて、説明せよ。  
 【GDP、GTP、αサブユニット、βサブユニット、γサブユニット】
- (3) cAMPを産生する酵素の名称を答えよ。
- (4) GiαがADPリボシル化されると、cAMPの産生量が増加する理由を説明せよ。
- (5) cAMPは、百日咳毒素の標的細胞に限らず、様々な細胞種でセカンドメッセンジャーとして機能する。cAMPによって活性が制御される酵素の代表例を挙げよ。また、その酵素の基質タンパク質を1つ挙げ、その基質タンパク質を介する細胞応答について記せ。

【注意事項】 各問題につき一枚の解答用紙(裏面使用も可)を使用せよ。

2026年度名古屋大学大学院生命農学研究科博士前期課程入学試験

受 験 専門科目名	細胞生物学	この科目について ( 3 )枚のうち( 3 )枚目
--------------	-------	------------------------------

【問題3】 次の文章を読み、下記の問題に答えよ。

(ア)は、自己増殖能と分化能(分化した細胞を供給する能力)をあわせもつ細胞である。(ア)はまた、際限なく分裂できるという特性や、それ自身は最終分化していないという性質をもつ。(ア)の分裂により生じる娘細胞は、親細胞と同じ(ア)としてはたらくか、もしくは分化した子孫細胞を産生する(イ)となる。(イ)は、分化の方向づけがなされるが、最終分化した細胞をつくるまで細胞分裂を重ねることから、一時的増殖細胞とも呼ばれる。これらの細胞は最終分化した細胞が失われたときに、同じ機能を持つ細胞を補う役割をもつ。

哺乳類の成体では、多くの組織が(ア)をもち、持続的に細胞が入れ替わることで、組織が更新される。(ア)を持たない組織は、一般に自己更新能力を欠く。例えば、耳の感覚有毛細胞や(ウ)の光受容体が、大音量やレーザー照射、もしくは(エ)によってその機能を失った場合には、もとには戻らない。これは、聴覚上皮や(ウ)上皮には(ア)がなく、これらの組織の感覚受容体細胞は入れ替わることがないからである。

(ア)をもつが、(ア)に依存せずに更新ができる組織としては、①膵臓の(オ)分泌細胞や肝臓の(カ)がある。これらの細胞は、倍加することで同じ細胞を継続的につくり出す。(カ)は、一生の間、分裂能を保ち続け、また肝臓を部分的に切除した場合にはその分裂速度が上がる。膵臓と肝臓の(ア)は、組織の更新や修復のシステムのバックアップ機構としてはたらく。

哺乳類の成体にはさまざまな専門化された(ア)があり、それらが限定された種類の分化した細胞をつくる。こうした分化能の制限は、(キ)時からおこなわれる。全ての分化した細胞種を生み出すことができる細胞は『(ク)をもつ』という。これに対して、全てではないが、ほとんどの細胞種を生み出すことができる細胞は『(ケ)をもつ』という。例えば、②胚性(ア)は、胎盤などの胚外組織をつくることができないため、(ケ)の(ア)に分類される。また、胚を使わないで、分化した細胞にOCT4、SOX2、KLF4の3つ、もしくはMYCを加えた4つの(コ)を発現させることによりつくられた(ケ)の(ア)は、③人工(ケ)(ア)と呼ばれる。

問1. (ア)～(コ)に入る最も適切な語句を、次の【語群】より1つずつ選べ。

【肝細胞、幹細胞、前駆細胞、網膜、初期化、老化、生存因子、転写因子、増殖因子、多能性、全能性(または万能性)、胚発生、インスリン、エストロゲン、成長ホルモン】

問2. 下線①～③、(ク)および(ケ)の語句を言い換えたとき、それぞれに適するものを、次の【語群】より1つずつ選べ。

【iPS細胞、ES細胞、β細胞、totipotency、pluripotency】

問3. (ア)の特性をもつ細胞ともたない細胞を実験的に見分ける方法を1つ述べよ。

問4. 下線②および③の細胞を、後期の胚あるいは成体の組織に移植したとき、多くの場合で、どうなるか。理由を含め、簡潔に答えよ。ただし、免疫的な適合性はあるものとする。

問5. マウスに大量のX線を照射すると、造血細胞が壊れ、新たな血液細胞がつかれなくなるが、免疫的に適合性をもつマウスの骨髓細胞を注入すると、血液細胞をつくれるようになる。その理由を(ア)および(イ)の語句を含めて述べよ。(語句は繰り返し使用してよい)

【注意事項】各問題につき一枚の解答用紙(裏面使用も可)を使用せよ。

2026年度名古屋大学大学院生命農学研究科博士前期課程入学試験  
解答例及び出題意図

専門科目名	細胞生物学
-------	-------

○解答例

【問題1】

問1

(1) エネルギー源：ATP,  $\text{Na}^+$ ：3個細胞外に排出、 $\text{K}^+$ ：2個細胞内に流入

(2)  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  ATPアーゼの阻害により細胞内 $\text{Na}^+$ が上昇する。それにより細胞内外の $\text{Na}^+$ 濃度差が減少し、 $\text{Na}^+$ - $\text{Ca}^{2+}$ 交換体の駆動力が低下する。そのため $\text{Ca}^{2+}$ 排出が抑制され、細胞内 $\text{Ca}^{2+}$ 濃度が上昇する。

問2

$\text{K}^+$ 漏洩チャネル

$\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$  ATPアーゼはATPを用いて $\text{Na}^+$ を細胞外へ3個、 $\text{K}^+$ を細胞内へ2個輸送するため、細胞内を相対的に負に保つ。このポンプによって生じるイオン勾配により、特に $\text{K}^+$ が $\text{K}^+$ 漏洩チャネルを通して細胞外へ拡散する。このとき、 $\text{K}^+$ の正電荷が流出することで細胞内はさらに負に帯電し、やがて電位勾配による駆動力と濃度勾配による駆動力が釣り合ったときに静止膜電位が形成される。

問3

$6.0 \times 10^2$  個

問4

複数回膜貫通タンパク質では、輸送開始配列と輸送停止配列を持っている。リボソームで翻訳が始まり、輸送開始配列が合成されると、それがシグナル識別粒子 (SRP)に認識され、翻訳が一時停止し、SRPと結合したリボソームが小胞体膜上のSRP受容体に結合することで小胞体膜上に移動する。その後、SRPが外れ翻訳が再開されると、合成されたポリペプチド鎖がタンパク質転送装置を通して膜内へ進入する。続いて輸送停止配列が翻訳されてタンパク質転送装置内に達すると、輸送開始配列および輸送停止配列の双方が脂質二重層内に放出され、 $\alpha$ ヘリックスからなる膜貫通領域となる。複数回膜貫通タンパク質では、輸送開始配列と輸送停止配列が交互に複数存在し、それぞれの対において同様の機構により脂質二重層内へ組み込まれる。

【出題意図】膜輸送に関する基礎知識および関連した知識を問う。

2026年度名古屋大学大学院生命農学研究科博士前期課程入学試験  
解答例及び出題意図

専門科目名	細胞生物学
-------	-------

○解答例

【問題 2】

問1. (ア) 微小管、(イ) 基底小体、(ウ) 9、(エ) 2、(オ) (軸糸) ダイニン、  
(カ) ATPase、(キ) マイナス

問2. (1)

樹状細胞

異物を食食し、異物の分解断片を抗原として細胞表面に提示する。

ヘルパーT細胞

樹状細胞の細胞表面に提示された抗原を、細胞膜の受容体を介して認識し、その抗原を認識する受容体をもつB細胞に抗体産生を指令する。

B細胞

ヘルパーT細胞の指令を受容し形質細胞へと分化し、抗原に特異的な抗体を産生する。

(2) 免疫記憶は、一次免疫反応の抗原情報が長時間記憶され、同じ抗原に対する二次免疫応答がより迅速かつ強力になる免疫の特性である。免疫記憶は、一次免疫反応に応答したT細胞やB細胞の一部が生存、増殖し、それらが記憶細胞へと分化することで達成される。

問3. (1) BサブユニットはAサブユニットが細胞内に取り込まれ、細胞質に輸送させるために必要である。一方、Aサブユニットの触媒活性にはBサブユニットは必要とされない。

(2) Gタンパク質は、 $\alpha$ サブユニット、 $\beta$ サブユニット、 $\gamma$ サブユニットがそれぞれ1分子ずつ会合した三量体で存在し、静止期の細胞では、 $\alpha$ サブユニットにGDPが結合している。リガンドが結合したGPCRは三量体Gタンパク質に作用し、 $\alpha$ サブユニットからGDPが解離する。その後、 $\alpha$ サブユニットにGTPが結合し、構造変化が起こる。構造変化の結果、 $\alpha$ サブユニット、あるいは $\beta\gamma$ サブユニットに特異的な標的タンパク質が結合できるようになり、シグナルが伝達される。

(3) アデニル酸シクラーゼ

(4) ADP-リボシル化された $G_i\alpha$ は、GPCRに結合できないため、 $G_i\alpha$ のGTP結合型への変換が起こらない。 $G_i$ は活性化されると、アデニル酸シクラーゼを阻害するが、その反応が起こらないため、アデニル酸シクラーゼが活性をもち続けるため、cAMPの産生量が増加する。

(5) (酵素の名称) cyclic-AMP-dependent protein kinase (protein kinase A, PKA) (基質タンパク質の例) cAMP response element-binding protein (CREB) PKAによってリン酸化されると細胞質から核へ移行し転写因子としてCRE配列に結合し、特異的な遺伝子の発現を上昇させる。

○出題意図

百日咳を題材に、細胞骨格、免疫、細胞内シグナル伝達などに関する基礎知識を問う。

2026年度名古屋大学大学院生命農学研究科博士前期課程入学試験  
解答例及び出題意図

専門科目名	細胞生物学
-------	-------

○解答例

【問題3】

問1.

(ア) 幹細胞 (イ) 前駆細胞 (ウ) 網膜 (エ) 老化 (オ) インスリン  
(カ) 肝細胞 (キ) 胚発生 (ク) 全能性 (または万能性) (ケ) 多能性  
(コ) 転写因子

問2.

①  $\beta$  細胞 ② ES細胞 ③ iPS細胞  
(ク) totipotency (ケ) pluripotency

問3.

RNA発現プロファイルを比較し、幹細胞で特異的に発現する遺伝子が、対象とする細胞で発現しているか否かを調べる。

問4.

分化が正しい段階を追って進行できないため（分化が正しく制御されないため）、多くの場合、正常な組織をつくることができず、奇形腫（腫瘍）を生じる。

問5.

骨髓細胞に造血幹細胞があるからである。造血幹細胞は増殖して、造血組織をつくり、新たな血液細胞を供給できるようになる。造血幹細胞は多能であり、自身と同じ幹細胞をつくるとともに、骨髓細胞系およびリンパ球系の全種類の血液細胞の前駆細胞をつくる。

○出題意図

【問題3】 幹細胞に関する基礎知識を問う。