山形大学

2026 年度　前期日程　生物

（2 科目　120 分）

注　意　事　項

1　**医学部受験者**は，**第 1 問，第 2 問の 2 問**を解答してください。

2　字数制限のある設問では，指示がない限り**句読点，英数字，記号も 1 字につき解答欄 1 マスを使い**解答してください。

第1問　つぎの A〜C の文を読んで，問 1〜9 に答えよ。

A　カエルの胚の形成は，精子が卵の［　あ　］極側に進入して受精卵ができることからはじまる。受精卵は卵割をくりかえし，胞胚，原腸胚，［　い　］，尾芽胚を経て幼生になる。発生過程で生じた各胚葉からはさまざまな器官が分化するが，なかでも骨や筋肉は中胚葉から分化する。カエルの中胚葉は，予定内胚葉域が隣接する予定外胚葉域の細胞にはたらきかけることによって誘導される。この現象を中胚葉誘導といい，誘導する作用をもつ領域を［　う　］とよぶ。とくに原腸胚にみられる［　え　］部は中胚葉誘導によって生じた中胚葉の細胞群で構成されており，隣接する予定外胚葉の誘導に関わる重要な［　う　］である。胚の内部へ陥入（かんにゅう）した［　え　］部の細胞群は背側の外胚葉を裏打ちし，ノギンや［　お　］とよばれる分泌性のタンパク質を合成する。分泌されたノギンや［　お　］は BMP（骨形成タンパク質）を介して外胚葉の誘導を調節している。幼生になると，変態の過程で四肢が後肢，前肢の順に生じ，尾は①アポトーシスを経て次第に吸収され，消失する。

問 1　［　あ　］〜［　お　］に入る適切な用語を，解答欄 あ）〜 お）にそれぞれ記せ。

問 2　カエルの胚において，外胚葉から分化するものはどれか。以下の ア）〜 キ）から適切なものをすべて選び，記号で答えよ。

ア）胃　イ）角膜　ウ）血球　エ）腎臓　オ）真皮　カ）脊髄　キ）肺

問 3　下線部①に関して，細胞死としてのアポトーシスの特徴を 2 つ記せ。

B　骨は体を支える支柱であるとともに，体内のカルシウムを貯蔵する役割ももつ重要な器官である。②ヒトの骨は骨芽（こつが）細胞，骨細胞，破骨（はこつ）細胞という 3 種類の細胞で構成されている。骨芽細胞は骨の成分である膠原繊維（こうげんせんい）の産生やカルシウムの沈着をおこなう。そのとき，骨芽細胞自身が骨に埋もれると骨細胞へと変化する。この一連の過程を骨形成という。破骨細胞は膠原繊維の分解やカルシウムの溶出を引き起

こし，この過程を骨吸収という。骨形成と骨吸収が絶えずバランスをとりながらおこなわれることで骨は作り替えられており，これを骨の再構築という。成長期を過ぎると，骨の再構築は支柱としての機能や血液中の③カルシウム濃度を維持するためにおこなわれる。また，骨に関係するホルモンに女性ホルモンとして知られるエストロゲンがあり，卵巣が機能すると卵の形成とともにエストロゲンが分泌される。骨を構成する細胞にはエストロゲンの受容体が存在し，エストロゲンは骨芽細胞の活動を促進したり，破骨細胞の活動を抑制したりすることで骨の再構築を調節している。

問 4　下線部②に関して，ヒトの聴覚器には，鼓膜（こまく）の振動の増幅や伝達を担う骨が複数あるが，それらをまとめて何とよぶか，名称を記せ。

問 5　下線部③に関連して，血液中のカルシウム濃度の維持にはフィードバック調節がはたらいている。フィードバック調節は一部の酵素反応においてもみられるが，ある基質から一連の酵素反応を経て最終産物がつくられる場合にみられるフィードバックのしくみを，以下の用語をすべて用いて 75 字以内で説明せよ。

用語：　立体構造　　最終産物　　アロステリック

問 6　ヒトの女性は，加齢とともに卵巣の機能が低下すると次第に骨を構成する成分が減少し，骨の重量，密度や強度が減少する「骨粗しょう症」になりやすくなる。卵巣の機能が低下すると，なぜ骨粗しょう症になりやすくなるのか，B の文から考えられる理由を，以下の用語をすべて用いて 50 字以内で記せ。

用語：　エストロゲン　　破骨細胞

C　ヒトの脳下垂体（下垂体）は前葉と後葉からなり，複数のホルモンを分泌する内分泌器官である。ヒト，ラット，マウスにおいて，脳下垂体前葉から分泌されるホルモンの一種である成長ホルモンは，血糖濃度を上げたり体や骨の発育を促進したりする役割をもつ。また，ヒト，ラット，マウスにおいて，成長ホルモンを分泌する細胞はエストロゲンの受容体をもち，エストロゲンの影響を受けることもわかっている。成長ホルモンとエストロゲンの関係を調べるために，実験 1〜4 を行った。なお，脳下垂体前葉がもつ性質と，成長ホルモンとエストロゲンとの関係は，ヒト，ラット，マウスで同じであるものとする。

実験 1　ラットに由来する細胞 M はヒトの脳下垂体前葉の一部の細胞と同じ性質をもち，成長ホルモンを分泌する。この細胞 M を培養して 4 つに分け，培養液に何も添加しないもの，生体と同程度の濃度になるようにエストロゲンを添加したもの，それと同じ濃度のエストロゲンを加えたうえでエストロゲンの効果を打ち消す試薬 K を添加したもの，試薬 K のみを添加したものを用意した。それぞれを一定時間培養した後に，細胞 M に含まれる成長ホルモンを指定する mRNA の量を調べたところ，図 1 の結果を得た。なお，添加した試薬 K はエストロゲンの効果のみを完全に打ち消したものとする。

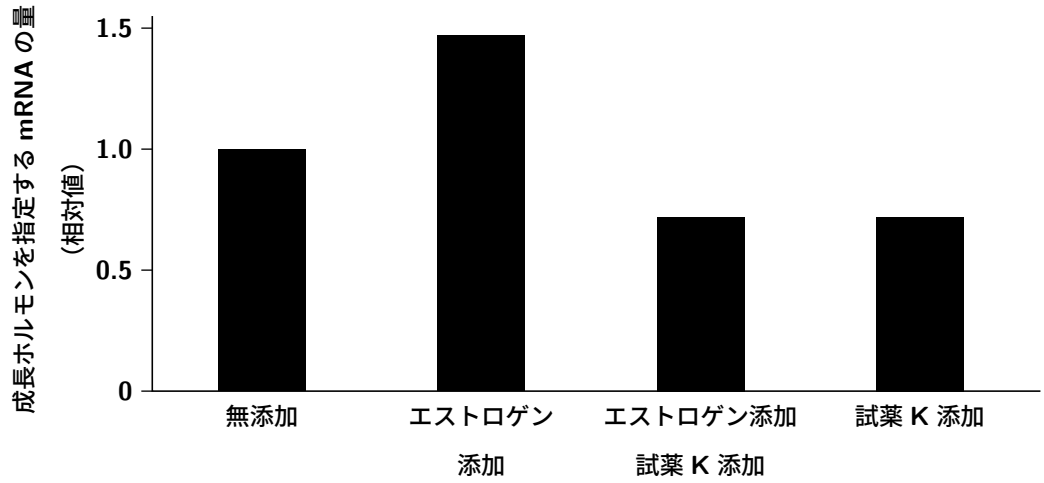


図 1　細胞 M に含まれる成長ホルモンを指定する mRNA の量
mRNA の量は，無添加のものの量を 1 とした相対値で示している。

実験 2　マウスの④遺伝子を操作して，脳下垂体前葉の成長ホルモンを分泌する細胞においてエストロゲンの受容体を指定する遺伝子を発現しないメスのノックアウトマウスを作製した。対照として遺伝子を操作していないメスのマウスを用意した。それぞれを等しい条件で一定期間飼育し，卵巣が正常に機能してエストロゲンが分泌されている状態で脳下垂体に含まれる成長ホルモンを指定する mRNA の量を調べた。

問 7　下線部④に関連して，遺伝子を扱う技術に関する説明文として適切なものを，以下のア）～キ）からすべて選び，記号で答えよ。

ア）制限酵素は，DNA の特定の塩基配列を認識し，その部分で DNA の 2 本鎖を切断する。

イ）iPS 細胞は，ES 細胞とは異なり，胚を使わずに作製することができる。

ウ）PCR 法（ポリメラーゼ連鎖反応法）で行われる 3 段階の温度変化の過程を 1 セットとしたとき，

このセットを 10 回繰り返すと，理論上，特定の DNA 断片が 2,000 倍以上に増幅される。

エ）GFP を指定する遺伝子を生きた細胞に導入して発現させ，その細胞に特定の波長の光をあてると，青色の蛍光を発する。

オ）アグロバクテリウムという土壌細菌を用いることで，植物細胞に外来遺伝子を導入できる。

カ）目的の遺伝子をプライマーという小さな環状 DNA に挿入し，大腸菌などの中で増やすことができる。

キ）ゲノム編集は DNA の 2 本鎖を切断せずに，目的の遺伝子を改変できる。

問 8　C の文と実験 1 の結果だけから，実験 2 におけるノックアウトマウスの脳下垂体に含まれる成長ホルモンを指定する mRNA の量は，遺伝子を操作していないマウスと比較して多いと考えられるか，少ないと考えられるか，または同じと考えられるか，いずれかを記せ。

実験 3　実験 2 で用いた遺伝子を操作していないメスのマウスを用意し，手術により卵巣を切除したものと，卵巣を切除したうえで一定量のエストロゲンを投与したものを実験 2 と同じ条件で一定期間飼育し，血液中の成長ホルモンの量を比較した。その結果，成長ホルモンの量は，エストロゲンを投与したマウスの方が多かった。

実験 4　実験 2 と同様に作製したメスのノックアウトマウスを用意し，手術により卵巣を切除したものと，卵巣を切除したうえで一定量のエストロゲンを投与したものを実験 2 と同じ条件で一定期間飼育し，血液中の成長ホルモンの量を比較した。その結果，成長ホルモンの量は，エストロゲンを投与したマウスの方が多かった。

問 9　実験 3 と実験 4 において，実験 4 におけるエストロゲン投与による成長ホルモンの増加量は実験 3 における増加量よりも小さかった。その理由として考えられることを C の文および実験 1 と実験 2 だけにもとづいて推察し，以下の用語をすべて用いて 75 字以内で記せ。ただし，エストロゲンは卵巣以外からは分泌されず，卵巣を切除する手術そのものは血液中の成長ホルモンの量に影響を与えないものとする。また，成長ホルモンを指定する mRNA の量は血液中の成長ホルモンの量と比例するものとする。

用語：　成長ホルモン　　応答　　受容体

第2問　つぎのAとBの文を読んで，問1〜7に答えよ。

A　動物細胞の細胞膜や細胞小器官を構成する膜は，基本的に同じ構造をしており，これらの膜をまとめて生体膜という。生体膜は主にリン脂質の二重層からできており，このリン脂質の構造は，リン酸を含む［　あ　］性の部分と脂肪酸を含む［　い　］性の部分からなる。生体膜の二重層の中には，さまざまなタンパク質が埋め込まれており，生体膜に存在するタンパク質を膜タンパク質という。

細胞は，活動を行うために必要な物質を取り込み，不要な物質を排出する必要があるため，細胞膜は①水分子や特定の物質のみを通す性質を有しており，この性質はとくに［　う　］性とよばれる。細胞膜の［　う　］性には，さまざまな膜タンパク質が関係しており，その例としてナトリウムポンプがあげられる。②ナトリウムポンプはエネルギーを利用してその立体構造を変化させ，ナトリウムイオンとカリウムイオンのそれぞれを濃度勾配に逆らって輸送している。さらに，細胞膜にある膜タンパク質のなかには，ホルモンや神経伝達物質などの情報伝達物質と特異的に結合し，受容体としてはたらくものがある。受容体は，細胞膜だけではなく細胞質にも存在する。一般に，細胞質に存在するホルモンは［　え　］性であるため，細胞膜を通過できる。

問1　［　あ　］〜［　え　］に入る適切な語を，解答欄あ）〜え）にそれぞれ記せ。

問2　下線部①に関して，細胞膜において水分子のみを通過させる膜タンパク質の名称を記せ。

問3　下線部②のような，濃度勾配に逆らった輸送を何とよぶか，解答欄i）に記せ。また，下線部②について，ナトリウムポンプがどのようにナトリウムイオンとカリウムイオンを輸送するのかを，エネルギーを得るために用いられる物質と，ナトリウムポンプの構造変化にもふれながら，以下の語句をすべて用いて150字以内で解答欄ii）に記せ。なお，ナトリウムイオンはNa^+，カリウムイオンはK^+と表し，それぞれについて解答欄1マスを使って解答すること。

語句：　Na^+　　K^+　　細胞内　　細胞外

B　細胞の増殖にかかわるタンパク質Pは70個のアミノ酸で構成されており，複数の③らせん状の二次構造をもっている。タンパク質Pが細胞膜上にある受容体Qに結合すると，いずれも細胞質に存在し情報伝達を担うタンパク質Rとタンパク質Sを構成するアミノ酸の一部に性質の変化が生じ，それぞれのはたらきが変化したタンパク質R'とタンパク質S'となる。この変化にともなって，タンパク質Pの情報が核内に伝達されて細胞はふえる。タンパク質Pのはたらきを調べるために，図1のようにタンパク質Pと，タンパク質Pの一部のアミノ酸配列から構成される3種類のポリペプチド（ポリペプチド1〜3）を人工的に合成し，マウスの細胞Nを用いて，実験1〜3を行った。なお，実験に使用し

た細胞では，タンパク質 P はつくられない。

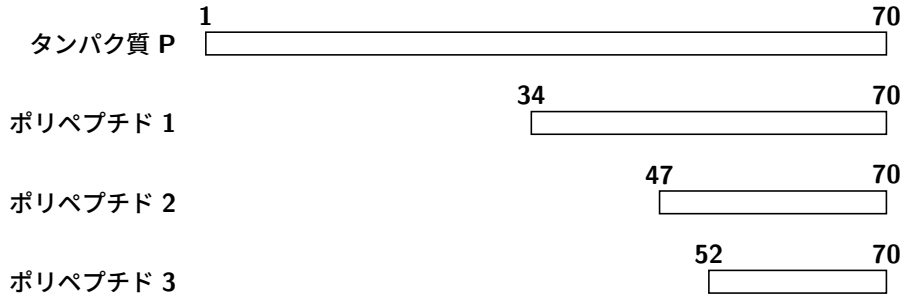


図 1　人工的に合成したタンパク質 P と 3 種類のポリペプチドの模式図
図中の数字は，タンパク質 P のアミノ酸配列の最初のアミノ酸を 1 としたときの
アミノ酸の順番を示す。

実験 1　一定の数の細胞 N と培養液を容器に入れ，何も添加しないもの（無添加），および，タンパク質 P またはポリペプチド 1〜3 のいずれかを培養液中に同じ分子数になるように添加したものを準備し，3 時間培養した。その後，タンパク質 R，R’，S，S’ の量を調べ，表 1 の結果を得た。

表 1　実験 1 において各条件で測定されたタンパク質の量

添加物質 / タンパク質	無添加	タンパク質 P	ポリペプチド		
			1	2	3
R と R’	1	1	1	1	1
S と S’	1	1	1	1	1
R’	1	10	10	4	1
S’	1	10	10	4	1

無添加条件で培養した細胞内の各タンパク質の量を 1 とした相対値で示している。なお，「R と R’」，「S と S’」は，それぞれ測定したタンパク質の量の総和として示している。また，無添加条件で培養した細胞 N のタンパク質 R’ とタンパク質 S’ の量は非常に少なかった。

実験 2　一定の数の細胞 N と培養液を容器に入れ，タンパク質 P，ポリペプチド 1〜3，60 ℃で 10 分間加温したタンパク質 P のいずれかを培養液中に同じ分子数になるように添加した。その後 24 時間培養し，細胞 N を数え，図 2 の結果を得た。

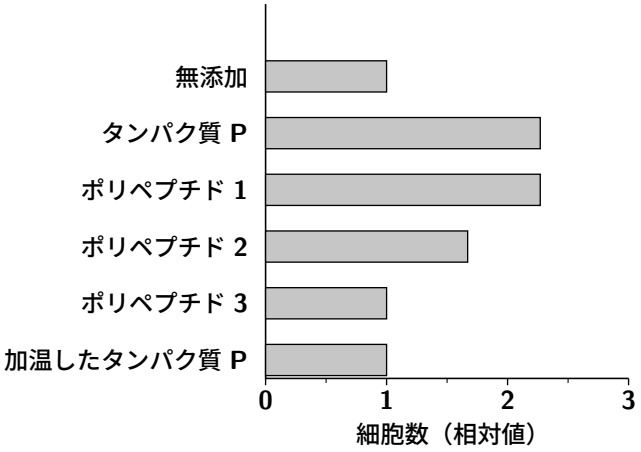


図 2　実験 2 において各条件で 24 時間培養した後の細胞数

無添加条件で 24 時間培養した後の細胞数を 1 とした相対値で示している。

実験 3　タンパク質 P の情報伝達において，タンパク質 R’ と S’ のどちらが重要であるかを調べるために，細胞 N，および，細胞 N をもとに，タンパク質 R と S のそれぞれの量を減少させる処置をした細胞を使用した。それぞれの細胞について一定の数の細胞と培養液を容器に入れて，実験 1 と同量のタンパク質 P を添加し，3 時間培養した。その後，それぞれの細胞のタンパク質 R，R’，S，S’ の量を実験 1 と同様に測定し，表 2 の結果を得た。さらに，各細胞の培養液中に実験 1 と同量のタンパク質 P を添加し，24 時間培養した後，細胞を数え，図 3 の結果を得た。

表 2　実験 3 において各条件で測定されたタンパク質の量

細胞 / タンパク質	タンパク質 P の添加	無処置		タンパク質 R の量を減少		タンパク質 S の量を減少	
		無	有	無	有	無	有
R と R’		1	1	0.2	0.2	1	1
S と S’		1	1	1	1	0.2	0.2
R’		1	10	0.2	0.3	1	10
S’		1	10	1	10	0.2	1

無処置の細胞を無添加条件で培養したときの細胞内の各タンパク質の量を 1 とした相対値で示している。なお，「R と R’」，「S と S’」は，それぞれ測定したタンパク質の量の総和として示している。また，無添加条件で培養した無処置の細胞のタンパク質 R’ とタンパク質 S’ の量は非常に少なかった。

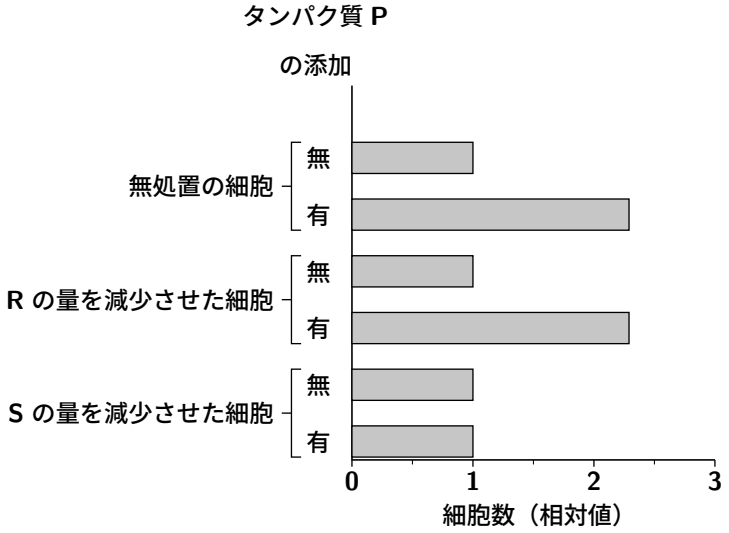


図 3　実験 3 において各条件で 24 時間培養した後の細胞数

無処置の細胞の培養液中にタンパク質 P を添加せずに，24 時間培養した後の細胞数を 1 とした相対値として示している。

問 4　下線部③に関して，このような構造をとくに何とよぶか，記せ。

問 5　B の文および実験 1 と実験 2 の結果から，細胞の増殖に関する完全な情報伝達に役割をもつタンパク質 P のアミノ酸の領域はどこだと推測されるか。その両端のアミノ酸の順番を記したもののうち，

もっとも適切なものを以下のア）～オ）から 1 つ選び，記号で答えよ。

ア）1 番から 33 番

イ）34 番から 46 番

ウ）34 番から 51 番

エ）47 番から 51 番

オ）52 番から 70 番

問 6　B の文および実験 1 と実験 2 の結果から，60 ℃で 10 分間加温したタンパク質 P が細胞数に変化を与えなかった理由として考えられることを，受容体 Q と関連させて，記せ。

問 7　B の文および実験 3 の結果から，タンパク質 P の添加による細胞数の増加に強い影響を与えたと考えられるタンパク質は R’ と S’ のどちらか，解答欄 i）に記せ。また，その理由を，タンパク質 R, R’, S, S’ をすべて用いて，150 字以内で解答欄 ii）に記せ。なお，タンパク質 P などは P として表し，R’ と S’ はそれぞれについて解答欄 1 マスを使って解答すること。