

生 物

東京慈恵会医科大学医学部 2026 年度型 そっくり類題セット

※ これは東京慈恵会医科大学の入試問題ではありません。
2026 年度の出題形式（大問の数・設問の構成・解答形式）をもとに、
TMPS 医学館が題材や数値・設定を変えて作成したオリジナル問題です。

試験時間の目安：60 分（本番は理科 2 科目で 120 分）

大問	ページ	時間配分の目安
大問 1 遺伝子の発現調節（垂鉛応答エレメント）	2	22 分
大問 2 遺伝的変異（嗅覚受容体・乳糖分解酵素）	6	18 分
大問 3 植物の生殖と自家不和合性	9	20 分

注意事項

- 問題は、大問 1（問 1～問 7）、大問 2（問 1～問 7）、大問 3（問 1～問 5）の全 3 題。語句の補充、計算、考察・説明の記述、図への書き込みが混在する。
- 記述問題は、指定がなければ、問われていること（理由・過程など）に簡潔に答える。
- 解答・解説は、解説ページ（TMPS 医学館の過去問解説図書館）に掲載している。

大問 1 遺伝子の発現調節に関する各問いに答えよ。

- 核酸塩基のアデニン、チミン、グアニン、シトシン、ウラシルは、それぞれ A, T, G, C, U で表す。
- この問題に出てくる遺伝子・タンパク質・調節機構のうち、大問1の「亜鉛応答エレメント」と「亜鉛調節タンパク質」は、この問題のために設定した架空のものである。

亜鉛は、多くの酵素の働きに必要な金属である。細胞膜には亜鉛輸送体が存在し、細胞外の亜鉛を細胞内に取り込む。細胞内の余剰の遊離亜鉛は、亜鉛貯蔵タンパク質に取り込まれて貯蔵される。

過剰な遊離亜鉛は細胞毒性を示すため、亜鉛貯蔵タンパク質遺伝子と亜鉛輸送体遺伝子の発現が調節されて、細胞内の遊離亜鉛の量は調整されている。この発現調節には、これらの mRNA の一部で形成される亜鉛応答エレメント (ZRE) と、ZRE に結合する亜鉛調節タンパク質 (ZBP) が共通して関与する。ZBP は亜鉛と結合する性質をもち、亜鉛と結合した状態では ZRE と結合できない。すなわち、細胞内の遊離亜鉛濃度に応じて、ZBP と ZRE の結合状態は変化する。

亜鉛貯蔵タンパク質の mRNA は、タンパク質に翻訳される塩基配列よりも 5' 末端側に ZRE を 1 つもつ。ZRE に ZBP が結合した状態では、リボソームは mRNA に結合できない。亜鉛輸送体の mRNA は、タンパク質に翻訳される塩基配列よりも 3' 末端側に 3 つの ZRE をもち、それらの間にある RNA 分解酵素 γ で切断される塩基配列 (配列 γ) とともに制御領域を形成する。配列 γ が切断されると、mRNA 全体は直ちに分解される。この制御領域の ZRE に ZBP が結合していると配列 γ は切断されない。また、3' 末端側に結合する ZBP は翻訳には影響を与えない。ZRE だけでは、どの位置に存在しても翻訳には影響を与えない。

ZRE は、mRNA 上で、領域 II、領域 I、領域 II' がこの順に並んだ部分から形成される。領域 II と領域 II' は互いに相補的な塩基配列で、対になって立体構造をつくる。領域 I は種を超えて保存された 6 塩基の配列で、5' $\rightarrow$ 3' 方向に CUGACA である。

ZBP と ZRE による調節機構は、外来の遺伝子に対しても機能させることができる。これを確認するために、以下の実験を行った。

<実験 1>

(実験 1-1) 外来のタンパク質 B の遺伝子 (遺伝子 B) が組み込まれた発現用のプラスミド (発現プラスミド) を制限酵素 1 および 2 と反応させ、プロモーターと遺伝子 B の間の 2 カ所で切断した。制限酵素の認識配列と切断のしかたは、次のとおりである。制限酵素 1~3 の認識配列は、それぞれ 5' - GGATCC - 3', 5' - ACTAGT - 3', 5' - TGATCA - 3' で、いずれも 2 本鎖の両鎖において 5' 側の 1 塩基目と 2 塩基目の間で切断される。切断された発現プラスミドの、プロモーター側の末端は酵素 1、遺伝子 B 側の末端は酵素 2 による切断末端である。

(実験 1-2) 以下に示す 3 種類の DNA 断片 (断片 #1, #2, #3) を作製した。いずれも同じ長さである。

断片 #1: 両端に制限酵素 1 と 2 による切断後にあらわれる塩基配列 (切断配列) をもち、ZRE に転写される配列を含む DNA 断片。その中央部で、領域 I に転写される配列を含む部分の 2 本鎖を、次のように呼ぶ。上側の鎖 (5' $\rightarrow$ 3' が左から右で、転写の向きと同じ) の塩基配列が 5' - CTGACA - 3' で、これを配列①とする。これと塩基対をつくる下側の鎖の配列を配列②とす

る。

断片 #2：両端に制限酵素2と3による切断配列をもち、ZREとして機能しない塩基配列をもつDNA断片。

断片 #3：両端に制限酵素1と3による切断配列をもち、ZREとして機能しない塩基配列をもつDNA断片。

制限酵素1～3の認識配列は、断片 #1～#3の内部には存在しない。

（実験1－3）（実験1－1）で切断したプラスミドと、（実験1－2）の3種類のDNA断片をそれぞれ混ぜた後、酵素 δ を加え反応させた。これにより、断片 #1と断片 #2はそれぞれプラスミドの切断部と両端がつながり、断片 #1が発現プラスミドに挿入されたプラスミド #1、断片 #2が発現プラスミドに挿入されたプラスミド #2が形成された。しかし、断片 #3だけは発現プラスミドにつなぐことができなかった。なお、プラスミド #1、#2においてDNA断片が挿入された場所は、ZREが遺伝子Bの発現を調節できる位置である。

（実験1－4）以下のようなプラスミド #4も作製した。

プラスミド #4：遺伝子Bの3'末端側に、亜鉛輸送体の制御領域の塩基配列を発現調節が行えるように組み込んだもの。

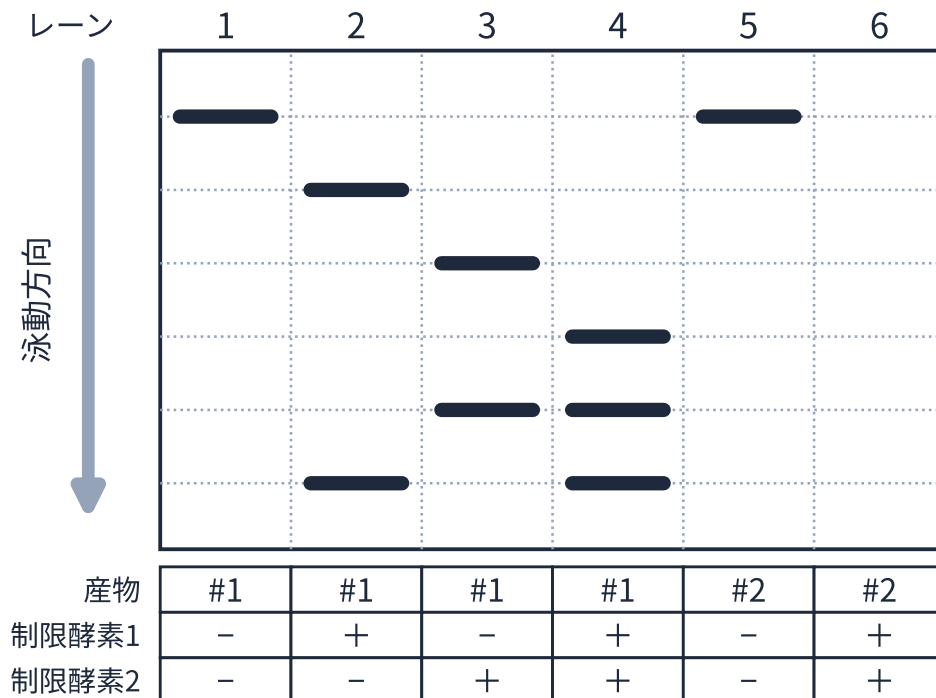
問1 配列②に入る塩基配列を5'→3'方向で答えよ。解答欄の1マスに、核酸塩基を表すアルファベットで1文字ずつ記入すること。

問2 （実験1－3）で使用した酵素 δ の名称を答えよ。また、同じ名称の酵素は、多くの生物においてDNAの複製で使用されている。この酵素が複製でつないでいるDNA断片の名称を答えよ。

問3 （実験1－3）で断片 #3をつなぐことができなかった理由を説明せよ。

<実験2>

プラスミド #1と #2のそれぞれを鋳型DNAとし、挿入したDNA断片を含む領域を、プライマーを用いたPCR法で増幅した。増幅してきたPCR産物をそれぞれ産物 #1および産物 #2とする。産物 #1を制限酵素と反応させ、アガロース（寒天）ゲルで電気泳動を行い、DNAのバンドを確認した。その結果を図1のレーン2～4に示す。使用した制限酵素は図1の表（使用した場合は+、使用していない場合は-）のとおりである。図1のレーン1と5には、制限酵素と反応させていない産物 #1と #2を電気泳動している。



問4 実験2と同じ条件で、産物 #2を制限酵素1と2の両方と同時に反応させて電気泳動した時、どのような結果になるか、解答欄の図のレーン6にDNAのバンドを書き込め。なお、バンドの太さは考慮しなくてよい。

＜実験3＞

プラスミド #1, #2, #4のいずれかを、ZBPとRNA分解酵素 γ が発現している細胞に導入し、その後、亜鉛を含まない培養液中で培養した。十分に培養した後、薬剤を加えて転写を阻害した。この時間を0時とする。培養液に細胞毒性が生じない量の亜鉛を加え、細胞内のZBPに亜鉛が十分結合するX時まで培養し、遺伝子Bの発現量を調べた。なお、この細胞内の亜鉛濃度は、培養液中の亜鉛濃度を速やかに反映する。

問5 実験3において、プラスミド #2を導入した細胞で、0時とX時での遺伝子BのmRNAの存在量を比較すると、変化はなかった。プラスミド #1またはプラスミド #4を導入したそれぞれの細胞で、X時での遺伝子BのmRNAの存在量は、0時と比べてどのようなになっているか、次のa～dより選び、記号で答えよ。また、そのようになる理由を説明せよ。

- (a) 減っている
- (b) 変わらない
- (c) 増えている
- (d) 減っている場合と増えている場合がある

問6 実験3において、プラスミド#2を導入した細胞で、0時とX時でのタンパク質Bの合成速度を比較すると、変化はなかった。プラスミド#1またはプラスミド#4を導入したそれぞれの細胞で、X時でのタンパク質Bの合成速度は、0時と比べてどのようなになっているか、次のa～dより選び、記号で答えよ。また、そのようになる理由を説明せよ。

- (a) 低下している
- (b) 変わらない
- (c) 増加している
- (d) 低下している場合と増加している場合がある

問7 哺乳類の生体内において、細胞内の遊離亜鉛濃度が極端に高い時、亜鉛貯蔵タンパク質と亜鉛輸送体のそれぞれの遺伝子がどのように発現調節を受けているかを説明し、それにより細胞内の遊離亜鉛過剰がどのように解消されているかを述べよ。

大問 2 遺伝的変異と嗅覚・乳糖分解酵素に関する各問いに答えよ。

I. 生物の個体間には、たとえ同じ種であっても形質に違いがある。これを変異という。変異には、遺伝する変異（遺伝的変異）と遺伝しない変異（環境変異）がある。遺伝的変異は「ア」によって生じ、ある種の環境因子は「ア」の発生率を増加させる。^(a) 遺伝的変異が、長い年月をかけ自然選択を受け、生存や繁殖に有利な形質をもつ子孫が増えることで、生物は進化する。

においの受容は、鼻の奥の「イ」にある嗅細胞の繊毛で、においの分子が嗅覚受容体と結合することで始まる。嗅覚受容体は、7回膜貫通型の「ウ」共役型受容体であり、においの分子の種類ごとに異なる嗅覚受容体が存在する。ヒトでは約400種類の嗅覚受容体の遺伝子（以下、嗅覚受容体遺伝子と略す）がゲノムに存在している。^(b) それぞれの嗅覚受容体のアミノ酸配列や嗅覚受容体遺伝子の塩基配列には、類似性（相同性）が認められる。嗅覚受容体遺伝子の種類や数は、種によって異なっていることが知られており、これは適応進化によるものと考えられている。^(c)

問1 「ア」～「ウ」に入る適切な語句を答えよ。

問2 下線部(a)の環境因子の具体例をひとつあげよ。

問3 下線部(b)で述べられている多種類の嗅覚受容体遺伝子は「ア」によって生じたと考えられる。どのような過程を経て生じたか考察せよ。

問4 下線部(c)についてどのような適応進化によって生じたと考えられるか述べよ。

II. 乳糖（ラクトース）は、乳に含まれる二糖で、小腸上皮細胞に発現する乳糖分解酵素（ラクターゼ）によって分解される。多くの哺乳類では、離乳後にラクターゼ遺伝子（LCT 遺伝子）の発現が低下するが、ヒトの中には、成人になってもラクターゼの活性が高いままの人がいる。そこで、以下の実験を行い、その違いをゲノムの変化で説明できるか検討した。

実験1：ラクターゼ活性の測定 成人の被験者300人について、乳糖を摂取した後の血糖値の上昇量から、ラクターゼの活性を求め、活性にしたがって8群に分けた。最も活性が低い群が1、最も高い群が8である。

実験2：被験者のDNA配列の解析 被験者の同意を得たうえで、LCT 遺伝子のプロモーターと転写調節領域（以下、プロモーター・調節領域）のDNA配列を解析した。その結果、LCT 遺伝子の翻訳開始点から5'側へ数えて1310番目（以下、-1310と記す）の塩基に多型（CまたはT、以下、-1310C および -1310T とする）を見つけた。

実験3：-1310の遺伝子型とラクターゼ活性の関係 実験1の被験者300人について、-1310の遺伝子型とラクターゼ活性の群の関係を調べた。その結果を表1に示す。CC, CT, TT は遺伝子型を表している。

表1

ラクターゼ活性（群）	CC（人）	CT（人）	TT（人）
1	4	0	0
2	14	2	0
3	30	8	1
4	41	21	3
5	34	28	7
6	17	25	10
7	5	18	13
8	0	6	13

実験4：－1310C または －1310T を含むプロモーター・調節領域の活性測定 －1310C または －1310T を含むプロモーター・調節領域（－2000 から －1）を，ルシフェラーゼの遺伝子の前に組み込んだプラスミドを作製した。ルシフェラーゼは，ルシフェリンという基質を酸化させ，光を放出する化学反応を触媒する酵素である。一定のルシフェリンをルシフェラーゼ溶液に添加した時の発光量を測定することで，ルシフェラーゼの相対的な量を知ることができる。LCT 遺伝子が発現している細胞に，作製したプラスミドが同じ量になるよう導入し，一定時間培養した後に細胞を回収し破碎してからルシフェリンを加え発光量を測定した（表2）。プロモーター・調節領域を組み込んでいないプラスミドを用いた時（表2，N）の発光量を1として，相対値を算出した。

表2

プラスミド	－1310C	－1310T	N
発光量（相対値）	2.0	6.0	1.0

実験5：牛乳の摂取量と －1310の遺伝子型との関係 実験1とは別の成人の被験者70人（－1310の遺伝子型が CC：30人，CT：25人，TT：15人）について，1日あたりの牛乳の摂取量を調べ，遺伝子型ごとにその平均値を算出した。その結果を表3に示す。

表3

遺伝子型	牛乳の摂取量（mL／日）の平均値
CC	85
CT	190
TT	260

問5 実験3の結果から、被験者集団の遺伝子プールで -1310 が T である割合は何%か。四捨五入して整数で答えよ。

問6 実験4の下線部で、LCT 遺伝子を発現している細胞を用いる理由を述べよ。

問7 実験5から $-1310T$ をもつ人は、 $-1310C$ をもつ人と比べて牛乳の摂取量が多くなる傾向があることがわかった。その理由を一連の実験結果から考察せよ。

大問3 植物の生殖に関する各問いに答えよ。

I. 多くの被子植物では、おしべの葯の中で花粉母細胞が減数分裂を行い、花粉四分子と呼ばれる未熟な花粉の集まりを作る。その後、花粉四分子のそれぞれが体細胞分裂を行い、大きさの異なる2個の細胞ができ、成熟した花粉となっていく。めしべの胚珠内では胚のう母細胞の減数分裂によって形成された胚のう細胞が、連続した3回の[A]分裂を経て、8個の核をもつ胚のうを形成する。花粉はめしべの柱頭につくと発芽して花粉管を胚珠に向かって伸ばす。花粉管は胚のう中の[B]細胞が分泌する誘引物質に導かれて胚のうに到達する。[C]細胞は花粉管内で分裂して2個の精細胞となり、そのうちの1個は卵細胞と受精して[D]となり、もう1個は中央細胞の2個の極核と融合して[E]（核相[F]n）となる。

一方、コケ植物では、精子が水中を泳いで卵に達して受精する。

問1 文章中の[A]～[F]に入る適切な語句または数字を答えよ。

問2 種子植物とコケ植物はともに陸上植物であるが、種子植物の方がより陸上生活に適している。その理由をそれぞれの生殖のしくみから考察し、述べよ。

II. 多くの被子植物では、同じ花の中で自身の花粉がめしべにつくことにより自家受精が起こる。これを避けるしくみに、自家不和合性がある。自家不和合性にはS遺伝子が関わっている。S遺伝子には多くの対立遺伝子があり、S1, S2, S3…Snと表記される。花粉側の特異性を決めるS遺伝子（花粉側のS遺伝子）と、めしべ側の特異性を決めるS遺伝子（めしべ側のS遺伝子）は異なる遺伝子であるが、ともにS遺伝子座上にあり、強く連鎖しており、組換えはほとんど起こらない。自己と非自己の識別はS遺伝子から作られるS因子により行われる。花粉側のS因子とめしべ側のS因子の型が同一であれば自己、異なっていれば非自己と認識される。別の個体の花でもS因子の型が同一であれば自己と識別される。

アブラナ科の植物では、花粉のS因子は花粉をとりまく細胞（2n）によって作られるタンパク質で、作られたタンパク質は花粉表層に移行する。一方、めしべのS因子は柱頭の細胞膜上に存在する受容体である。例えば、花粉のS1因子とめしべのS1因子が結合すると花粉の発芽が抑制される。

ナス科やバラ科の植物では、花粉のS因子は花粉自身が作る酵素で、異なる型のめしべのS因子を分解する。一方、めしべのS因子は花粉管内に移動して、花粉管内のRNAを分解する酵素である。花粉とめしべが同じ型の場合、めしべのS因子は分解されないため、めしべのS因子により花粉管内のRNAが分解され、花粉管の伸長が抑制される。

同じ遺伝子座にある花粉側のS遺伝子とめしべ側のS遺伝子の型は同じであり、また、各対立遺伝子間に優劣はなく、等しくS因子を作るものとして、以下の問いに答えよ。

問3 表1はナス科とアブラナ科のある植物個体についてS遺伝子型やS因子の種類をまとめたものである。空欄①～⑥に入る適切な遺伝子型または数字をア～サから選び、記号で答えよ。同じ記号を複数回使ってもよい。

表1

	ナス科	アブラナ科
めしべの細胞 (2n) のS 遺伝子型	S2S6	S3S5
花粉の細胞のS 遺伝子型	①	②
ひとつの花粉の表面に分布する花粉のS 因子の種類	(なし)	③ 種類
ひとつの花粉内に存在する花粉のS 因子の種類	④ 種類	(なし)
めしべに存在するめしべのS 因子の種類	⑤ 種類	⑥ 種類

- (a) S2 (b) S3 (c) S5 (d) S6 (e) S2S6 (f) S3S5 (g) S2またはS6 (h) S3またはS5 (i) 1
(j) 2 (k) 1または2

問4 表2は、ある果樹の品種とそれぞれのS 遺伝子型（体細胞）の関係を示している。この果樹はナス科やバラ科と同様に、花粉自身がS 因子を作るしくみをもつ。1)～3)の各問いに答えよ。

表2

S 遺伝子型	品種名	S 遺伝子型	品種名
S1S2	品種ア, 品種オ	S3S5	品種エ
S1S3	品種イ	S2S4	品種カ
S1S2S5	品種ウ	S4S5	品種キ

- 1) 品種アから採集した花粉を、異なる品種の花のめしべにつけた。その結果、結実しないと考えられる品種を表からすべて選び、答えよ。
- 2) 品種イの花粉を品種エの花のめしべにつけたところ結実した。このとき、花粉管が伸長する花粉の割合はどれだけか。分数で答え、その理由も述べよ。
- 3) 品種アの花粉を品種カの花のめしべにつけた。受精によってできる胚について、S 遺伝子型とその比を答えよ。

アブラナ科に属する多くの植物は自家不和合性を示す。アブラナ科のある属の種Zは、すべての個体が自家受精を行うが、その祖先は自家不和合性の性質をもっていたと考えられている。また、種Zは種内でさらに細分化したグループ（系統）に分けられる。種Zと、その近縁種で自家不和合性を示す種YのS 遺伝子のDNA 配列を比較したところ、種Zについて次の①～③のことがわかった。

- ①種Zの多くの系統では、花粉側のS 遺伝子に自家不和合性の機能を欠損させるさまざまなタイプの変異がある。
- ②種Zの一部の系統では、花粉側のS 遺伝子のDNA 配列には変異がなく、種Yと同じ（Y型）である。
- ③種Zのめしべ側のS 遺伝子は、すべての系統で機能が欠損している。ほとんどの場合、めしべ側のS 遺伝子の一部に欠失が起こっていることが原因である。

種Zと種Yを用いて、交配実験1～4を行った。

実験1：花粉側のS 遺伝子が機能を欠損している種Zの花粉を、S 遺伝子型が同じ種Yのめしべにつけた。結果1：花粉管は伸長した。

実験2：花粉側のS 遺伝子のDNA 配列がY型である種Zの花粉を、S 遺伝子型の異なる種Yのめしべにつけた。結果2：花粉管は伸長した。

実験3：花粉側のS遺伝子のDNA配列がY型である種Zの花粉を，S遺伝子型が同じ種Yのめしべにつけた。結果3：花粉管は伸長しなかった。

実験4：花粉側のS遺伝子のDNA配列がY型である種Zの花粉を，めしべ側のS遺伝子の欠失を正常に戻した種Zのめしべ（S遺伝子型は花粉と同じY型）につけた。結果4：花粉管は伸長しなかった。

問5 実験1～4について，次の1)～3)に答えよ。

- 1) 実験1で花粉管が伸長した理由を考察せよ。
- 2) 実験2で花粉管が伸長した理由を考察せよ。
- 3) 実験1～4の結果から導き出せる考察を，次のa～dよりすべて選び，記号で答えよ。また，選んだ理由を述べよ。
 - (a) 種Yと種Zの雑種を作ることは不可能である。
 - (b) 花粉側のS遺伝子とめしべ側のS遺伝子の型が一致すれば，異種の個体間でも自家不和合性のしくみが働く。
 - (c) 花粉側のS遺伝子の変異したことで，種Zは自家受精を行う種に進化した。
 - (d) めしべ側のS遺伝子の変異を元に戻すことで，再び自家不和合性をもつ個体にすることが可能である。

—— 終 ——