

平成31年度 入学試験問題

理科問題用紙(前期)

試験時間	120分
問題用紙	物理 1～8頁
	化学 9～20頁
	生物 21～34頁

注意事項

1. 指示があるまで問題用紙は開かないこと。
2. 受験科目はあらかじめ受験票に記載された2科目とし、変更は認めない。
3. 問題用紙および解答用紙に落丁、乱丁、印刷の不鮮明な箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 解答が終わっても、または試験を放棄する場合でも、試験終了までは退場できない。
5. 携帯電話等の電子機器類は電源を必ず切り、鞆の中にしまうこと。
6. 机の上には、受験票と筆記用具(鉛筆、シャープペンシル、消しゴム)および時計(計時機能のみ)以外は置かないこと。(耳栓、コンパス、定規等は使用できない。)
7. 問題用紙および解答用紙に受験番号と氏名を記入すること。
8. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に記入すること。欄外には何も書かないこと。
9. この問題用紙の余白は自由に用いてよい。
10. 質問、トイレ、体調不良等で用件のある場合は、無言のまま手を挙げて監督者の指示に従うこと。
11. 中途退室時は、問題用紙および解答用紙を裏返しにすること。
12. 受験中不正行為があった場合は、試験の一切を無効とし、試験終了時間まで別室で待機を命じる。
13. 試験終了後、解答用紙は裏返し、問題用紙は持ち帰ること。

受験番号	
------	--

氏名	
----	--

生 物

[I] 動物の細胞接着に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

多細胞動物を構成する細胞は、細胞膜を貫通するタンパク質を介して互いに接着することができる。カドヘリンは、このような細胞接着に関わる分子（細胞接着分子）の1つであり、カルシウムイオン (Ca^{2+}) の存在下でのみはたらく。カドヘリンにはE型カドヘリン、N型カドヘリンなど多くの種類があるが、同じ種類のカドヘリン同士が結合するため、カドヘリンの種類によって細胞は選別される。この細胞接着のしくみは、動物の器官形成に重要な役割を果たしている。また、⁽¹⁾多細胞動物の祖先に最も近縁な単細胞生物が、カドヘリンに似た遺伝子をもつことが報告され、カドヘリンは多細胞動物の出現にも寄与したと考えられている。

上皮組織にはさまざまな結合が存在するが、これらの結合にはカドヘリンなどの細胞接着分子が関与している。外界近くの上皮細胞間には 結合が存在し、外界からの物質の流入や細胞外液の漏れを防いでいる。この他、小さな分子やイオンを細胞間で交換することができる 結合、固定結合である 結合やデスモソームが、細胞間には存在する。また、ヘミデスモソームは、 とよばれる膜状の細胞外基質と上皮細胞の間の結合である。

問1 文中の ～ にあてはまる語句を入れよ。

問2 カドヘリンが関与している結合をI群より2つ選び、記号で答えよ。また、その結合において、他の分子を介してカドヘリンと連結する細胞骨格をII群より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

I群：

- (あ) 結合 (い) 結合 (う) 結合
(え) デスモソーム (お) ヘミデスモソーム

II群：

- (a) 微小管 (b) アクチンフィラメント
(c) ミオシンフィラメント (d) コラーゲン
(e) 中間径フィラメント (f) インテグリン

問3 下線部(1)の単細胞生物に最もあてはまるものを、以下の(あ)～(き)より1つ選び、記号で答えよ。また、その生物は、3ドメイン説では何ドメインに、五界説では何界に属するか。それぞれ漢字で答えよ。

- (あ) 繊毛虫 (い) えり鞭毛虫 (う) ミドリムシ (え) 変形菌
(お) 海綿動物 (か) 刺胞動物 (き) ケイ藻

問4 カドヘリンによる細胞接着のしくみを調べるため、カエルを使って以下の各実験を行った。ただし、遺伝子Fと遺伝子Gは、異なる種類のカドヘリンをつくる遺伝子であり、いずれも神経胚からクローニングされた。また、タンパク質を分解する酵素Qと酵素Rは、カドヘリン以外のタンパク質には影響を与えないものとし、培養中に細胞は増えたり死んだりせず、カドヘリン以外の分子は細胞接着には関わらないものとする。

【実験1】 神経胚から表皮、神経管、神経堤の一部を摘出し、それぞれ別々のシャーレに入れ、 Ca^{2+} 非存在下で細胞をばらばらにした。表皮の細胞はE型カドヘリンのみを、神経管の細胞はN型カドヘリンのみを発現していることが知られている。培養液に Ca^{2+} を適量加えたところ、表皮および神経管の細胞は互いに接着してそれぞれ1つの細胞塊にまとまったが、神経堤の細胞はばらばらのままであった。

【実験2】 どのカドヘリンも発現しないカエル由来の培養細胞を、2つのシャーレにほぼ同数入れた。1つのシャーレの細胞には遺伝子Fを、もう1つのシャーレの細胞には遺伝子Gを導入し、すべての細胞で導入した遺伝子が発現することを確認した。

Ca^{2+} 非存在下では、遺伝子Fを導入した細胞(以下、F導入細胞とよぶ)も、遺伝子Gを導入した細胞(G導入細胞)もばらばらであったが、培養液に Ca^{2+} を適量加えたところ、互いに接着してそれぞれ1つの細胞塊にまとまった。

【実験3】 実験1の表皮、神経管、神経堤の各細胞、実験2でつくったF導入細胞、G導入細胞の5種類から2種類をさまざまな組み合わせで選び、各種類ほぼ同数の細胞を同じシャーレに入れて混合した。 Ca^{2+} 非存在下では、どのシャーレの細胞もばらばらであったが、培養液に Ca^{2+} を適量加えて培養したところ、下図のA(すべての細胞が1つの細胞塊にまとまる)、B(2種類の細胞が別々に細胞塊を形成し、一方が内側に、もう一方が外側に位置する)、C(1種類の細胞のみが細胞塊にまとまり、もう1種類の細胞はばらばらである)のいずれかのパターンが観察された。

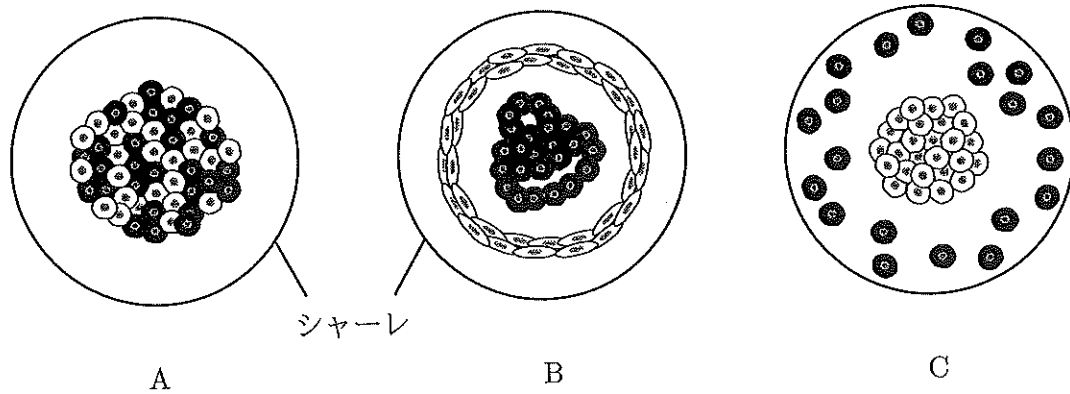


図 2 種類の細胞の混合培養により観察されるパターン
異なる種類の細胞を，細胞質の色の違い (⊙, ●) で示す。

さまざまな組み合わせで 2 種類の細胞を混合して培養した結果を，下表に示す。

表 2 種類の細胞を混合培養した結果

混合した 2 種類の細胞		培養後の結果
表皮	神経管	B (内側が神経管, 外側が表皮)
表皮	神経堤	C (細胞塊は表皮)
表皮	G 導入細胞	A
神経管	神経堤	C (細胞塊は神経管)
神経管	F 導入細胞	A
神経管	G 導入細胞	オ
神経堤	F 導入細胞	カ
F 導入細胞	G 導入細胞	キ

【実験 4】 神経胚から表皮の一部を摘出し，3 つのシャーレにほぼ均等に分けて入れ， Ca^{2+} 非存在下で細胞をばらばらにした。シャーレ 1 の培養液に酵素 Q を加え，シャーレ 2 とシャーレ 3 の培養液には酵素 Q を加えないで培養したが，いずれのシャーレでも細胞はばらばらのままであった。

次に，各シャーレの培養液に Ca^{2+} を適量加えたところ，(2) シャーレ 1 の細胞はばらばらのままであったが，シャーレ 2 とシャーレ 3 では細胞塊が形成された。

その後， Ca^{2+} 存在下で，シャーレ 2 の培養液には酵素 Q を加え，シャーレ 3 の培養液には酵素 R を加えて培養を続けたところ，シャーレ 2 では細胞塊が維持されたが，(3) シャーレ 3 の細胞はばらばらになった。

① 表の **オ** ～ **キ** に最もあてはまる結果を以下の(あ)～(け)より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

- (あ) A
- (い) B (内側が神経管)
- (う) B (内側が神経堤)
- (え) B (内側が F 導入細胞)
- (お) B (内側が G 導入細胞)
- (か) C (細胞塊は神経管)
- (き) C (細胞塊は神経堤)
- (く) C (細胞塊は F 導入細胞)
- (け) C (細胞塊は G 導入細胞)

② 表の結果から、F 導入細胞、G 導入細胞、神経堤の細胞は、どのようにカドヘリンを発現していると考えられるか。最もあてはまるものを以下の(あ)～(え)より1つずつ選び、記号で答えよ。

- (あ) E 型カドヘリンを発現している。
- (い) N 型カドヘリンを発現している。
- (う) E 型、N 型以外のカドヘリンを発現している。
- (え) いずれの型のカドヘリンも発現していない。

③ 下線部(2)および下線部(3)において、細胞がばらばらであったのはなぜか。最も適切な理由を I 群より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。また、酵素 Q のはたらきについて、実験結果から導かれる結論として正しいものを II 群より1つ選び、記号で答えよ。

I 群：

- (あ) Ca^{2+} がカドヘリンを変化させたため。
- (い) 酵素 Q が Ca^{2+} 存在下でカドヘリンを分解したため。
- (う) 酵素 Q が Ca^{2+} 非存在下でカドヘリンを分解したため。
- (え) 酵素 R が Ca^{2+} 存在下でカドヘリンを分解したため。
- (お) 酵素 R が Ca^{2+} 非存在下でカドヘリンを分解したため。

II 群：

- (a) Ca^{2+} 存在下でも Ca^{2+} 非存在下でも、カドヘリンを分解する。
- (b) Ca^{2+} 存在下でも Ca^{2+} 非存在下でも、カドヘリンを分解しない。
- (c) Ca^{2+} 存在下ではカドヘリンを分解するが、 Ca^{2+} 非存在下では分解しない。
- (d) Ca^{2+} 非存在下ではカドヘリンを分解するが、 Ca^{2+} 存在下では分解しない。

問5 カエルの発生において、神経胚よりも早い時期の胚の名称を以下の(あ)～(き)より4つ選び、早く形成される順に左から右へと並べよ。

- | | | | |
|---------|---------|------------|---------|
| (あ) 胞胚 | (い) 幼生 | (う) 原腸胚 | (え) 胚盤胞 |
| (お) 尾芽胚 | (か) 桑実胚 | (き) 4細胞期の胚 | |

[II] 動物の恒常性に関する下記の文章を読み、各問いに答えよ。

哺乳類の内部環境の維持には、内分泌系や神経系が重要な役割を担っている。ホルモンは内分泌器官にある腺細胞から分泌され、血流によって全身をめぐる。しかし、ホルモンが直接作用する細胞は標的細胞に限定される。標的細胞にはそのホルモンの [ア] が発現しているため、ホルモンによる選択的な調節が可能となっている。例えば、脳下垂体前葉から分泌される [イ] は血流によって全身をめぐるが、[ウ] の細胞にだけはたらきかけて、チロキシンの分泌を促進させる。チロキシンは全身の細胞を標的にしているため、分泌量が多すぎても少なすぎても全身に影響を及ぼす。血中のチロキシンの濃度が高まると、脳下垂体前葉や間脳の [エ] の分泌活動が抑制されるため、チロキシンの分泌量も低下する。このように、ホルモンの分泌量は、最終的な分泌物が、前の段階に戻って影響を及ぼすことで調節されている。ホルモンの分泌調節が正常にはたらかないと、さまざまな疾患を発症する。[ウ] の疾患の1つであるバセドウ病では、(1) [イ] の [ア] に対する抗体を自分自身でつくってしまう。この抗体が [ウ] を過剰に刺激するため、チロキシンが必要以上に分泌される。

神経系による内部環境維持の例として、心臓の拍動の調節がある。[オ] には自動的に興奮を繰り返す特殊な細胞が集まっている部分があり、これを洞房結節という。ここから心臓全体に拍動のペースを維持する信号が出ているため、(2) 心臓は自発的に一定のリズムで拍動する性質をもっている。また、洞房結節は自律神経による調節も受ける。運動などによって血液中の酸素が消費されて二酸化炭素の濃度が高まると、[カ] 神経からの信号が伝わり、拍動数が増加して血流量が増える。一方、安静時のように酸素の消費量が減少し、二酸化炭素濃度が低くなると、[キ] 神経からの信号が伝わり、拍動数が減少して血流量も減る。

問1 文中の [ア] ~ [キ] にあてはまる語句を、以下の(あ)~(の)より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

- | | | | |
|----------------|------------|---------------|---------|
| (あ) アセチルコリン | (い) グルカゴン | (う) 甲状腺刺激ホルモン | |
| (え) 成長ホルモン | (お) セクレチン | (か) ノルアドレナリン | |
| (き) バソプレシン | (く) パラトルモン | | |
| (け) 副腎皮質刺激ホルモン | | | |
| (こ) 甲状腺 | (さ) 視床下部 | (し) 腎臓 | (す) すい臓 |
| (せ) 副腎髄質 | (そ) 副腎皮質 | (た) リガンド | (ち) 受容体 |
| (つ) 右心室 | (て) 右心房 | (と) 左心室 | (な) 左心房 |
| (に) 交感 | (ぬ) 副交感 | (ね) 感覚 | (の) 運動 |

問2 副甲状腺から分泌されるホルモンを、問1の選択肢から1つ選び、記号で答えよ。また、そのホルモンのおもなはたらきを以下の(a)~(e)より1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 体全体の成長を促進する。
- (b) 血中の Ca^{2+} 濃度を増加させる。
- (c) 腎臓での水の再吸収を促進する。
- (d) 血中の Na^+ 濃度や K^+ 濃度を調節する。
- (e) 脳下垂体前葉ホルモンの分泌を促進する。

問3 内部環境の維持には、生体防御の機構も深くかかわっている。① 自分自身がつくる正常な物質を攻撃するリンパ球は、通常は選別されて排除されたり、そのはたらきが抑えられたりする。この結果、生体は自分自身を攻撃しない状態をつくっている。この状態を何というか答えよ。このしくみのはたらかなくなることで、② 下線部(1)のように自分自身を攻撃して起こる疾患を何疾患というか答えよ。③ 生体防御のはたらきが低下することで、健康な人では通常発症しない弱い病原体に感染して発症することを何感染症というか答えよ。

問4 下線部(2)の性質を何というか答えよ。

問5 神経から分泌されるおもな物質を、問1の選択肢から1つ選び、記号で答えよ。また、 神経がはたらくことで起こる生体の反応を、以下の(a)~(e)よりすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 気管支が拡張する。
- (b) 排尿が促進される。
- (c) 立毛筋が弛緩する。
- (d) 皮膚の血管が収縮する。
- (e) 副腎髄質からのホルモン分泌が促進される。

[III] バクテリアが宿主に及ぼす影響について、下記の文章を読み、各問いに答えよ。

バクテリアの中には、感染を広めるために宿主の集団の性比を操作するものがある。キイロシヨウジョウバエに感染するバクテリア A は、メスの卵巣を介してしか感染を広めることができないため、オスを発生過程で殺してしまうことが知られている。その結果、バクテリア A が感染したメスから生まれる個体のうち、成虫になるのはメスだけであり、オスは卵からふ化する前に死滅してしまう (図 1)。

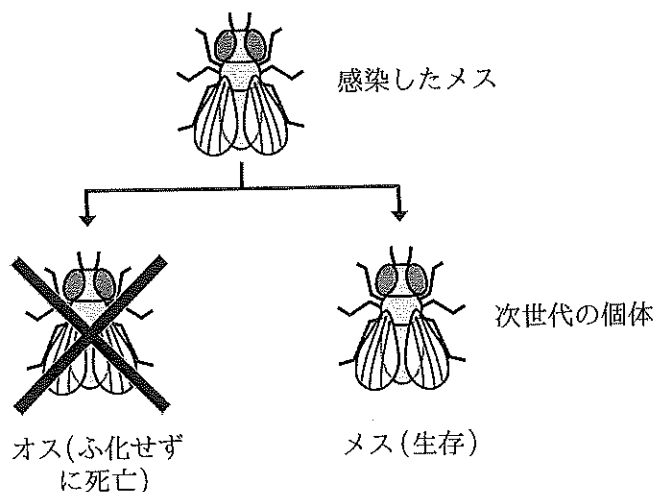


図 1 バクテリア A が感染したメスから生まれた個体の運命

バクテリア A によるオス殺しのメカニズムを調べる過程で、バクテリア A の変異体 (バクテリア A2) を偶然得ることができた。このバクテリア A2 は感染してもオスを殺すことができなかった。そこで、バクテリア A と A2 のゲノム DNA の塩基配列を比較したところ、バクテリア A2 では、遺伝子 S が欠失していることがわかった。この遺伝子 S からつくられるタンパク質 S は、宿主の細胞に侵入したバクテリア A から、宿主の細胞質基質に分泌される。

タンパク質 S がオス殺しに関与しているかを調べるため、以下の各実験を行った。なお、キイロシヨウジョウバエの性染色体は X と Y で、オスは X 染色体と Y 染色体を 1 本ずつ、メスは X 染色体を 2 本もつ。また、本実験では、成虫になった個体は、正常な発生過程を経たものとする。

[実験 1] タンパク質 S がキイロシヨウジョウバエに及ぼす影響を調べるため、タンパク質 S と緑色蛍光タンパク質 (GFP) の融合タンパク質をつくる遺伝子を合成し、この人工遺伝子をプロモーター P に連結させた DNA-1 を作製した (図 2)。プロモーター P は連結した遺伝子を常に全身で発現させる。また、対照として GFP 遺伝子のみをプロモーター P に連結させた DNA-2 も作製した。

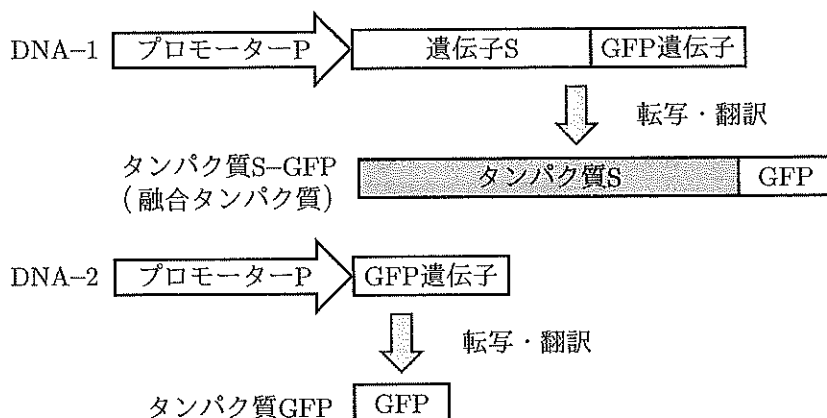


図2 人工合成したDNAと各DNAをもとにつくられるタンパク質

DNA-1もしくはDNA-2のいずれかを、バクテリアAに感染していないキイロショウジョウバエの胚に導入したところ、DNA-1を導入したオスの胚では他の感染していない胚に比べて、胚を構成する細胞の多くがアポトーシスを起こした。その後、DNA-1を導入したオスの胚はふ化する前に死亡したが、それ以外は成虫になった。これらの結果を、バクテリアAを感染させた対照実験群とあわせて、表1に示す。

表1 導入したDNAがキイロショウジョウバエに及ぼす影響

バクテリアAの感染	あり		なし		なし	
	導入したDNA					
導入したDNA	なし		DNA-1		DNA-2	
胚の性別	オス	メス	オス	メス	オス	メス
アポトーシスを起こした細胞の割合	20%	1%	20%	1%	1%	1%
発生	ふ化せず 死亡	成虫に なった	ふ化せず 死亡	成虫に なった	成虫に なった	成虫に なった

【実験2】 タンパク質Sがどのようなにはたらくかを調べるために、その構造を詳しく調べたところ、他のタンパク質と結合することができる領域を2つ（領域1と領域2）みつけた（図3）。領域1と領域2以外には、他のタンパク質と結合することができる領域は存在しなかった。そこで、いずれかの領域をコードするDNAの塩基配列を取り除いた遺伝子Sの変異体（遺伝子SΔ1と遺伝子SΔ2）を合成し、それぞれの人工遺伝子をプロモーターPと連結させたDNA-3とDNA-4を作製した（図4）。

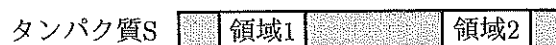


図3 タンパク質Sの構造

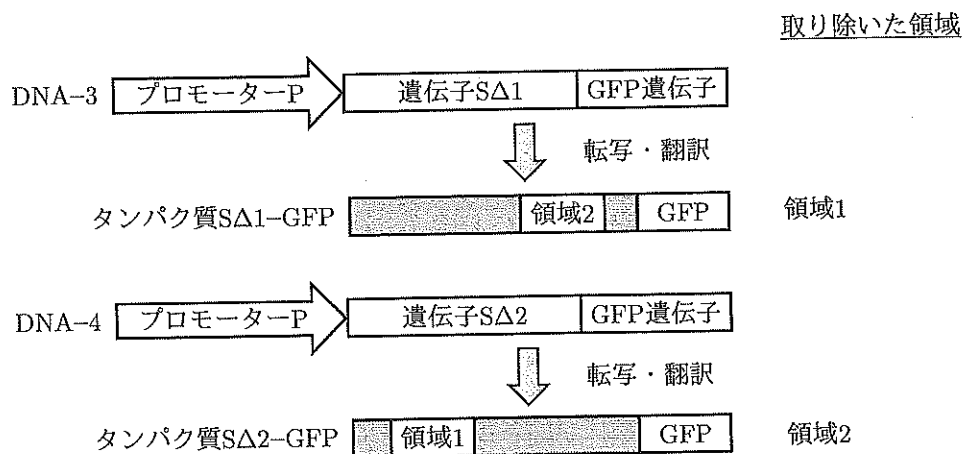


図4 人工合成した変異体 DNA と各 DNA をもとにつくられるタンパク質の構造

DNA-3 もしくは DNA-4 のいずれかを、実験 1 と同様にバクテリア A に感染していないキイロシヨウジョウバエの胚に導入したところ、いずれの胚も成虫になった。

【実験 3】 キイロシヨウジョウバエのオスは X 染色体を 1 本しかもたないため、X 染色体に存在する遺伝子の発現量が、メスの半分になってしまう。これを補正するため、オスに特異的に発現するタンパク質 M が、X 染色体に作用して X 染色体上に存在する遺伝子の発現量を 2 倍に調節することが知られている。また、バクテリア A が感染したオスでは、X 染色体上の DNA が部分的に分解されることがわかっているが、領域 1 にも領域 2 にも DNA を分解する能力はない。バクテリア A がオスのみを殺すメカニズムに、タンパク質 M が関与しているかを調べるため、以下の実験を行った。まず、バクテリア A に感染していないキイロシヨウジョウバエのオスの胚に DNA-1 から DNA-4 のいずれかを、メスの胚には DNA-1 のみを導入した。導入した遺伝子の発現を確認したのち、タンパク質 M と特異的に結合する赤色蛍光試薬を胚に作用させ、赤色蛍光と緑色蛍光が細胞のどの部位で検出されるかを調べた。さらに、X 染色体上の DNA が分解されたかどうかを調べた。結果を表 2 に示す。

表 2 各 DNA を導入した胚の細胞での蛍光の検出部位と X 染色体上の DNA の分解

胚の性別	オス								メス	
	DNA-1		DNA-2		DNA-3		DNA-4		DNA-1	
導入した DNA	赤	緑	赤	緑	赤	緑	赤	緑	赤	緑
蛍光の色	赤	緑	赤	緑	赤	緑	赤	緑	赤	緑
細胞質基質	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-
核内	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+
DNA の分解	あり		なし		なし		なし		なし	

「-」は蛍光が検出されなかったことを、「+」は検出されたことを、それぞれ示す。「あり」は DNA が分解されたことを、「なし」は DNA が分解されなかったことを、それぞれ示す。

【実験 4】 タンパク質 S がタンパク質 M と結合するかどうかを調べるため、以下の実験を行った。まず、タンパク質 M をキイロショウジョウバエのオスの胚より精製した。続いて、DNA-1 から DNA-4 をそれぞれ試験管内で転写、翻訳させ、各 DNA がコードするタンパク質を合成した。すべての試験管にタンパク質 M を加え、各 DNA からつくられたタンパク質との結合を解析した。結果を表 3 に示す。

表 3 合成したタンパク質とタンパク質 M の結合

タンパク質合成に使用した DNA	DNA-1	DNA-2	DNA-3	DNA-4
タンパク質 M との結合	あり	なし	なし	あり

「あり」は結合したことを、「なし」は結合しなかったことを、それぞれ示す。

【実験 5】 実験 4 と同様に、試験管内で DNA-1 から DNA-4 の各 DNA からタンパク質を合成した。続いて、バクテリア A に感染していないオスの胚から細胞を採取し、細胞の一部を破壊して染色体を露出させた。合成した各タンパク質を染色体に作用させ、X 染色体上の DNA の分解を解析した。なお、この X 染色体にはタンパク質 M が結合しているものとする。結果を表 4 に示す。

表 4 合成したタンパク質による X 染色体上の DNA の分解

タンパク質合成に使用した DNA	DNA-1	DNA-2	DNA-3	DNA-4
DNA の分解	あり	なし	なし	あり

「あり」は分解されたことを、「なし」は分解されなかったことを、それぞれ示す。

【実験 6】 タンパク質 M のみを発現しないようにしたキイロショウジョウバエ (ハエ ΔM) のオスは、ふ化して幼虫になるが、成虫になる前に死亡することが知られている。バクテリア A に感染していないハエ ΔM のオスの胚に DNA-1 を導入したところ、導入しなかった場合と同じくふ化して幼虫になったが、成虫になる前に死亡した。また、これらの胚では、DNA-1 の導入による X 染色体上の DNA の分解はなかった。

問1 実験1では、メスでも胚を構成する細胞のうち1%の細胞がアポトーシスを起こしたが、これらは発生の過程であらかじめ死ぬことが決められていた細胞である。このような細胞死を何というか答えよ。

問2 タンパク質Sのはたらきについて正しく述べているものを、以下の(あ)~(き)より2つ選び、記号で答えよ。

- (あ) タンパク質Mを分解する。
- (い) 感染した細胞の核内へ移行する。
- (う) タンパク質Mを核内へ移行させる。
- (え) メスの細胞では核の外側にとどまる。
- (お) メスの細胞のアポトーシスを抑制する。
- (か) タンパク質Mと結合することで、X染色体上のDNAを分解する。
- (き) タンパク質Mを介さずにオスのX染色体と直接結合するが、メスのX染色体とは直接結合しない。

問3 タンパク質Sの領域1と領域2のはたらきについて正しく述べているものを、以下の(あ)~(お)より1つずつ選び、それぞれ記号で答えよ。

- (あ) X染色体と直接結合する。
- (い) タンパク質Mと結合する。
- (う) タンパク質Sを核内へ移行させる。
- (え) タンパク質Mを核内へ移行させる。
- (お) タンパク質MをX染色体と結合させる。

問4 実験3～5の結果から導き出される結論として、最も適切なものを以下の(あ)～(お)より1つ選び、記号で答えよ。

- (あ) タンパク質 S は、GFP との融合タンパク質になると、その活性が低下する。
- (い) タンパク質 S は、核内へ移行する能力を失うと、タンパク質 M と結合する能力も失う。
- (う) タンパク質 S は、核内へ移行する能力を失うと、X 染色体に作用する能力も失う。
- (え) タンパク質 S は、核内へ移行する能力を失っても、X 染色体に作用する能力は保持する。
- (お) タンパク質 S は、タンパク質 M と結合する能力を失っても、X 染色体に作用する能力は保持する。

問5 バクテリア A に感染していないキイロショウジョウバエのメスの胚の全細胞にタンパク質 M を強制的に発現させた場合、DNA-1 を導入するとどのような変化がおこるか。最も適切なものを以下の(あ)～(う)より1つ選び、記号で答えよ。また、その理由を説明せよ。ただし、タンパク質 M もタンパク質 S-GFP も充分量発現するものとし、X 染色体上の遺伝子の発現量がタンパク質 M により増加することによる影響はないものとする。

- (あ) 成虫になる前に死亡する。
- (い) 変化せず、メスの成虫になる。
- (う) オスの成虫になる。