東邦大学

2026 年度　一般選抜　生物

（2 科目　120 分）

1 次の文 1 から文 3 を読み，続く問に答えよ。

（文 1）

動物の組織 (器官) を生体から取り出し物理的や生化学的手法でバラバラの細胞とし，細胞増殖に必要な成分を含んだ培養液に懸濁し最適な温度で培養すると，稀(まれ)に安定的に増殖する細胞株が得られる。このような細胞株を培養細胞と呼ぶ。

培養細胞には，培養液に浮遊して増殖する浮遊培養細胞株と，培養液に満たされたガラスやプラスチック容器の底面に付着して増殖する接着培養細胞株がある。

一般的に，細胞株は由来組織 (器官) の性質を反映する。例えば，HepG 2 細胞はヒト肝臓がん由来の細胞で，肝臓細胞特有の酵素や受容体などタンパク質の発現が見られ，ヒト肝臓の機能を研究するために汎用されている。

培養細胞に，(1)リン酸カルシウム法，リポソーム法 (リポフェクション)，エレクトロポレーション法，マイクロインジェクション法などさまざまな手法で DNA を導入することができる。

真核生物の多くの遺伝子では，発現の有無や転写される mRNA の量がさまざまな因子によって調節されている。このような遺伝子発現調節には，図 1 のようなプロモーターや転写調節領域と呼ばれる DNA 塩基配列が関わる。(2)プロモーターには，(　ア　) が結合し，(　イ　) が (　ア　) を認識して DNA に結合する。転写調節領域には，調節タンパク質 (転写調節因子，転写因子とも呼ばれる) が結合する。

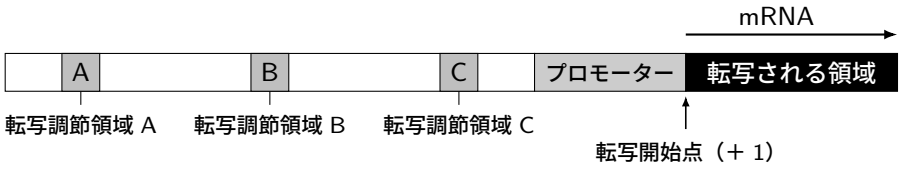


図 1

転写調節領域の転写調節機能を解析するため，ゲノム DNA を制限酵素で切断し，目的の DNA 領域を含む DNA 断片を得る。または耐熱性 DNA ポリメラーゼを用いた(3)PCR 法 (ポリメラーゼ連鎖反応法) で目的の DNA 領域を増幅し大腸菌由来のプラスミドへ DNA リガーゼを利用して挿入し，このプラスミドを大腸菌で大量増幅する。転写調節機能の解析には，最初にこのプラスミドを用いてこの領域の(4)DNA 塩基配列の決定が行われる。

問 1　接着培養細胞株に DNA を導入する方法として，文 1 下線部 (1) のリン酸カルシウム法が広く用いられている。この方法は，正 (+) 電荷を持つカルシウムイオン (Ca^{2+}) を負 (−) 電荷を持つ DNA に結合させ，さらにカルシウムイオンにリン酸イオンが結合してリン酸カルシウムと DNA 複合体の沈殿を形成させる。この DNA を含有した沈殿が細胞に取り込まれる。リン酸カルシウム法で DNA が細胞にとりこまれる機構を正しく記述しているのはどれか，選べ。

a. リン酸カルシウムと DNA 複合体の沈殿が，培養細胞の細胞膜のカルシウムイオンチャネルから細胞

内に取り込まれる。

b. リン酸カルシウムと DNA 複合体の沈殿が，培養細胞がもつエキソサイトーシスにより細胞内に取り込まれる。

c. リン酸カルシウムと DNA 複合体の沈殿が，培養細胞がもつエンドサイトーシスにより細胞内に取り込まれる。

d. リン酸カルシウムと DNA 複合体の沈殿が，培養細胞の細胞膜に穴を開け，その穴から細胞内に取り込まれる。

e. リン酸カルシウムと DNA 複合体の沈殿は，とても小さいので細胞膜を自由に通過し細胞内に取り込まれる。

f. リン酸カルシウムと DNA 複合体の沈殿が，培養細胞の細胞膜と融合し細胞内に取り込まれる。

問 2　文 1 下線部 (2) のプロモーターが関与する機能と，文 1 の (　ア　) と (　イ　) にあてはまる語の正しい組合せを選べ。

＼	関与する機能	ア	イ
a	転写の促進	基本転写因子	RNA ポリメラーゼ
b	転写の促進	RNA ポリメラーゼ	基本転写因子
c	転写の促進	基本転写因子	DNA ポリメラーゼ
d	転写の抑制	基本転写因子	RNA ポリメラーゼ
e	転写の抑制	RNA ポリメラーゼ	基本転写因子
f	転写の抑制	基本転写因子	DNA ポリメラーゼ
g	転写の開始	基本転写因子	RNA ポリメラーゼ
h	転写の開始	RNA ポリメラーゼ	基本転写因子
i	転写の開始	基本転写因子	DNA ポリメラーゼ

問 3　文 1 下線部 (3) の PCR 法の基質となるデオキシリボヌクレオチド三リン酸は環状構造をとる。デオキシリボヌクレオチド三リン酸の糖の構造の特徴として，以下の 1 から 6 の記述から正しい 3 つの記述の組合せを選べ。糖の各炭素には位置番号があり，糖の位置番号の一例を図 2 に示す。位置番号が 1 の場合，1 位の炭素原子などと表す。この問の糖では 1 位の炭素は環を構成する酸素原子と結合するとともに塩基とも結合している。ただし，環を構成する原子の数が図 2 と同じになるとは限らない。デオキシリボヌクレオチド三リン酸では，糖の位置番号に $'$ をつけて表す。例えば，$1'$，$2'$，$3'$ などと表す。

1. 1 位の炭素 ($1'$ 炭素) に，グアニン，シトシン，チミン，アデニンの 4 種類の塩基のいずれかが結合する。
2. 1 位の炭素 ($1'$ 炭素) に，グアニン，シトシン，ウラシル，アデニンの 4 種類の塩基のいずれかが結合する。
3. 2 位の炭素 ($2'$ 炭素) には，ヒドロキシ基と水素が結合している。
4. 2 位の炭素 ($2'$ 炭素) には，水素が 2 つ結合している。
5. 3 位の炭素 ($3'$ 炭素) には，ヒドロキシ基と水素が結合している。

6. 3 位の炭素 (3′ 炭素) には，水素が 2 つ結合している。

a. 1, 3, 5　　b. 1, 3, 6　　c. 1, 4, 5　　d. 1, 4, 6

e. 2, 3, 5　　f. 2, 3, 6　　g. 2, 4, 5　　h. 2, 4, 6

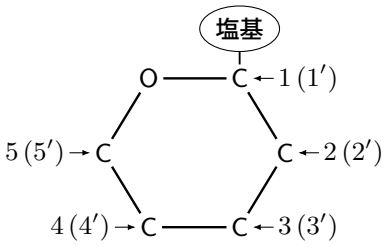


図 2

問 4　文 1 下線部 (4) の塩基配列決定法に，試験管内で塩基配列を決定したい DNA を大腸菌由来の DNA ポリメラーゼで DNA 複製を行わせる方法がある。この方法を，発明者 (F. Sanger) の名前からサンガー法と呼ぶ。

サンガー法では，DNA ポリメラーゼの基質となるデオキシリボヌクレオチド三リン酸に ^{32}P のような放射性同位元素や蛍光色素で標識した微量の基質類似物質を混合する。この基質類似物質が，DNA に取り込まれると DNA 複製反応が停止する。

複製反応が停止したさまざまな長さの DNA 断片を，網目状構造のポリアクリルアミドゲル (Polyacrylamide gel) を用いた電気泳動法で分離した後，放射能や蛍光を検出することで伸長反応が停止した塩基を決定できる。

サンガー法で使用する基質類似物質の構造として正しいものを図 3 から選べ。ただし，図 3 では，アデニンと三リン酸を模式的に示している。

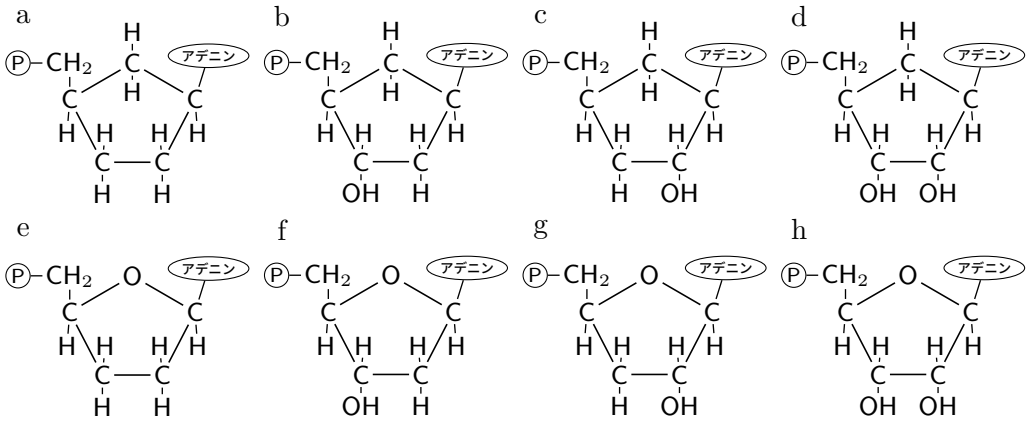


図 3

問 5　サンガー法で使用する基質類似物質が DNA に取り込まれると，DNA 複製反応が停止する正しい理由は

どれか，選べ。失活とは，酵素が本来持っている機能や活性を失うことをいう。

a. デオキシリボヌクレオチド三リン酸が分解する。
b. プライマーが分解する。
c. 標識された基質類似物質からの放射能や蛍光が DNA を切断する。
d. DNA リガーゼが失活する。
e. DNA ヘリカーゼが失活する。
f. RNA ポリメラーゼが失活する。
g. DNA ポリメラーゼが失活する。
h. ある調節タンパク質が失活する。
i. ホスホジエステル結合が形成できない。
j. ペプチド結合が形成できない。

（文 2）

ヒト遺伝子 **X** は，他の臓器から比べ肝臓で高い発現をする。転写開始点 (+1) から mRNA に転写される部分を構造遺伝子と呼ぶ。図 4 の最上段は，遺伝子 **X** の構造遺伝子部分 (黒塗り部分) と転写開始点 (+1) から 5′ 側 250 塩基 (−250) までのプロモーター，転写調節領域を含む DNA 断片を挿入したプラスミドを示している。

通常，遺伝子 **X** から転写される mRNA 量や，遺伝子 **X** から翻訳されるタンパク質 **X** を定量するには，非常に煩雑（はんざつ）な操作が必要である。そのため，一般的には簡便なレポータープラスミドを使用するレポーターアッセイ法が行われる。

遺伝子 **X** の転写開始点の 5′ 側 250 塩基 (−250) から転写開始点 3′ 側の 15 塩基 (+15) までの DNA にホタルのルシフェラーゼ遺伝子を連結させたレポータープラスミド **A** を作成した (図 4 **A**)。

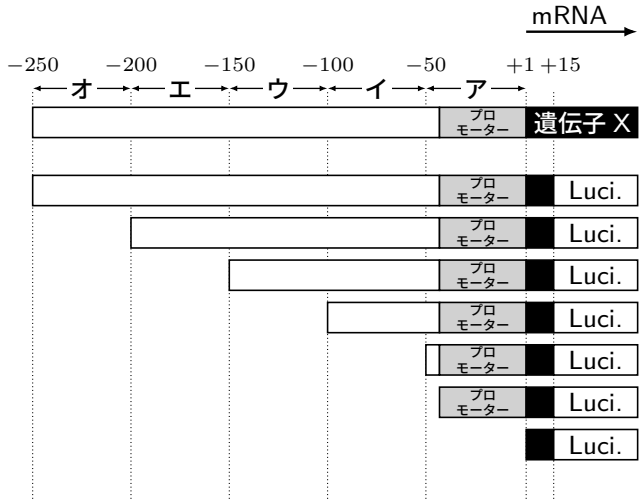
次にレポータープラスミド **A** の遺伝子 **X** の転写調節領域を 5′ 側から順次欠失させた 6 種のレポータープラスミドを作成した (図 4 **B**〜**G**)。これらのプラスミドをヒト肝臓がん由来 HepG 2 細胞に導入し，48 時間後にタンパク質を抽出しルシフェラーゼ酵素活性を測定した。

ルシフェラーゼ酵素活性と mRNA 転写量は比例することが知られている。すなわち，さまざまな転写調節領域を持つレポータープラスミドのルシフェラーゼ酵素活性からそれぞれのレポータープラスミドからのルシフェラーゼ mRNA 転写量を推定することができる。この手法により，遺伝子 **X** のプロモーターおよび転写調節領域の機能を詳しく知ることができる。この手法をレポーターアッセイ法とよぶ。図 4 では，挿入した DNA 断片以外の共通配列は省略してある。また，ルシフェラーゼの構造遺伝子を「**Luci.**」と表している。

A から **G** のレポータープラスミドを用い，HepG 2 細胞でレポーターアッセイを複数回繰り返した。レポータープラスミド **F** を基準 (1.0) として相対的発現量 (平均値 ± 標準偏差) を求めた。細胞への DNA 導入効率は常に等しく，培養条件によるルシフェラーゼ遺伝子 mRNA やルシフェラーゼタンパク質の酵素活性に変化はないものとする。

問 6　図 4 の **A** から **G** のレポータープラスミドを用い，HepG 2 細胞でレポーターアッセイを行った。その結果を図 4 の右に相対的発現量 (平均値 ± 標準偏差) で示した。この結果から遺伝子 **X** の転写開始点から 5′ 側 250 塩基 (−250) までに，遺伝子 **X** の発現を強く誘導する DNA 領域が 2 箇所あると推定された。図 4 の領域**ア**〜領域**オ**から遺伝子 **X** の発現を強く誘導する 2 箇所の DNA 領域の正しい組合せを選べ。

a. ア，イ　b. ア，ウ　c. ア，エ　d. ア，オ　e. イ，ウ
f. イ，エ　g. イ，オ　h. ウ，エ　i. ウ，オ　j. エ，オ



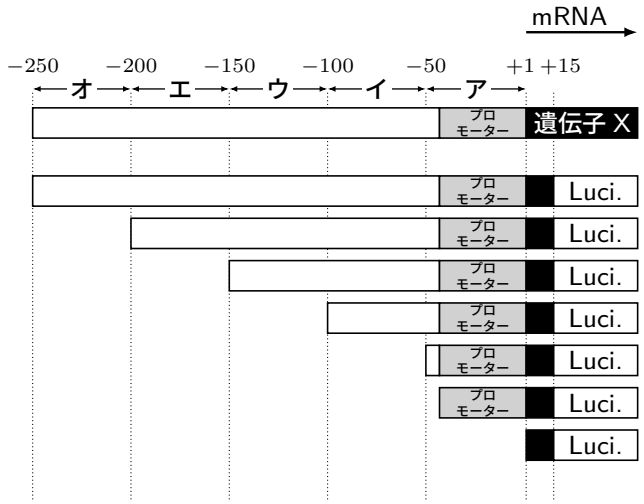
プラスミド	相対的発現量
A	21.0±5.12
B	21.5±4.81
C	8.21±4.81
D	1.59±0.27
E	1.51±0.23
F	1.0
G	0.12±0.05

図 4

（図中 C の「8.21±4.81」は原文ママ）

問 7　次に，問 6 と同様なレポーターアッセイをヒト胎児腎臓由来 HEK 293 細胞を用いて行った。その結果を図 5 に相対的発現量 (平均値 ± 標準偏差) で示した。この結果から，腎臓で遺伝子 **X** の発現を特に強く誘導する DNA 領域を図 5 の領域**ア**～領域**オ**から選べ。

a. ア　　b. イ　　c. ウ　　d. エ　　e. オ



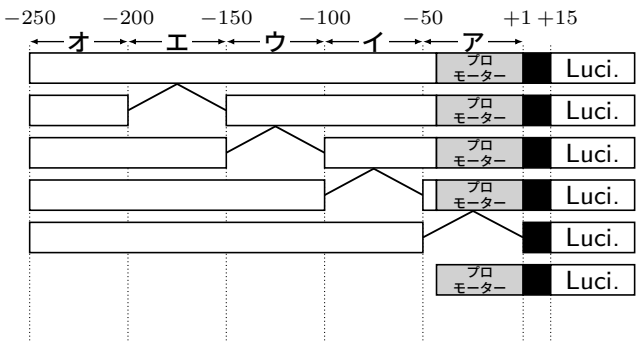
プラスミド	相対的発現量
A	11.4±0.61
B	11.5±1.82
C	11.2±1.22
D	10.9±1.72
E	1.21±0.23
F	1.0
G	0.11±0.02

図 5

問 8　図 6 のレポータープラスミド **H**，**I**，**J**，**K** は，山形の実線部分を欠失し，欠失領域を挟む部位が連結している。すなわち，レポータープラスミド **H** は，領域**エ**を欠失している。

レポータープラスミド **H**，**I**，**J**，**K** を HepG 2 細胞に導入しレポーターアッセイを行った。その結果を図 6 右に示した。図 6 のレポータープラスミド **A** とレポータープラスミド **F** は，図 4，図 5 のレポータープラスミド **A** とレポータープラスミド **F** と同一である。以下の 1～5 の記述で正しい 2 つの記述の組合せ

を選べ。



プラスミド	相対的発現量
A	21.0±5.12
H	12.44±3.61
I	8.55±1.82
J	20.62±4.62
K	0.02±0.002
F	1.0

図 6

1. 領域**エ**に結合する調節タンパク質は，領域**ウ**に結合する調節タンパク質と協調して発現を上昇させる。
2. 領域**ウ**に結合する調節タンパク質は，領域**イ**に結合する調節タンパク質と協調して発現を上昇させる。
3. プロモーターが欠失しても転写に影響はない。
4. 領域**イ**は，この遺伝子の発現を誘導する。
5. 領域**イ**は，この遺伝子の発現調節に関与しない。

a. 1，2　b. 1，3　c. 1，4　d. 1，5　e. 2，3
f. 2，4　g. 2，5　h. 3，4　i. 3，5　j. 4，5

（文 3）

薬物 H と薬物 I は，細胞の生育にはまったく影響を与えないが，それぞれ特定の調節タンパク質の機能を制御することが明らかにされている。薬物 H を HepG 2 細胞，薬物 I を HEK 293 細胞にレポータープラスミドを導入する 12 時間前にそれぞれの培養液に加えた細胞 (添加) と，薬物を培養液に加えていない細胞 (未添加) で，図 4 と図 5 に示した **A**〜**G** のレポータープラスミドを用いてレポーターアッセイを行った。その結果を表 1 に示した。薬物 H と薬物 I は，すべての細胞に作用する十分量を添加し，化学的に安定であり培養液添加の数時間後から調節タンパク質に作用し，細胞からタンパク質を抽出するまで持続する。

レポータープラスミド	相対的発現量			
	HepG 2 細胞		HEK 293 細胞	
	薬物 H 未添加	薬物 H 添加	薬物 I 未添加	薬物 I 添加
A	21.0 ± 5.12	8.10 ± 0.69	11.4 ± 0.61	38.1 ± 2.51
B	21.5 ± 4.81	8.15 ± 0.78	11.5 ± 1.82	37.5 ± 3.82
C	8.21 ± 0.82	8.24 ± 0.64	11.2 ± 1.22	38.2 ± 3.21
D	1.59 ± 0.27	1.58 ± 0.22	10.9 ± 1.72	38.9 ± 1.23
E	1.51 ± 0.23	1.52 ± 0.21	1.21 ± 0.23	1.18 ± 0.24
F	1.0	1.01 ± 0.01	1.0	0.99 ± 0.01
G	0.12 ± 0.05	0.16 ± 0.05	0.11 ± 0.02	0.01 ± 0.002

表 1

問 9　表 1 の結果から HepG 2 細胞で薬物 H の遺伝子 **X** の発現に対する機能を正しく説明しているのはどれか，選べ。領域は，図 4〜図 6 の領域**ア**から領域**オ**を示す。

a. 領域**ア**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を促進する。
b. 領域**ア**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を抑制する。
c. 領域**イ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を促進する。
d. 領域**イ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を抑制する。
e. 領域**ウ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を促進する。
f. 領域**ウ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を抑制する。
g. 領域**エ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を促進する。
h. 領域**エ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を抑制する。
i. 領域**オ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を促進する。
j. 領域**オ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を抑制する。

問 10　表 1 の結果から HEK 293 細胞で薬物 I の遺伝子 **X** の発現に対する機能を正しく説明しているのはどれか，選べ。領域とは，図 4〜図 6 の領域**ア**から領域**オ**を示す。

a. 領域**ア**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を促進する。
b. 領域**ア**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を抑制する。
c. 領域**イ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を促進する。
d. 領域**イ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を抑制する。
e. 領域**ウ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を促進する。
f. 領域**ウ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を抑制する。
g. 領域**エ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を促進する。
h. 領域**エ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を抑制する。
i. 領域**オ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を促進する。
j. 領域**オ**に作用する調節タンパク質の転写促進機能を抑制する。

問 11　薬物 H や薬物 I は，タンパク質の立体構造に作用することが明らかにされている。具体的には，ペプチド鎖間またはペプチド鎖内の特定のアミノ酸同士の結合に作用する。タンパク質を構成する 20 種のアミノ酸

のうち，この特定のアミノ酸ともう一つのアミノ酸にのみ含まれる元素がある。この元素を含有するもう一つのアミノ酸はどれか，選べ。

a. アラニン　b. グリシン　c. チロシン　d. メチオニン
e. グルタミン　f. トレオニン　g. ヒスチジン　h. バリン
i. ロイシン　j. セリン

問 12 今回のレポーターアッセイには，ホタルの発光タンパク質であるルシフェラーゼ遺伝子を利用した。レポーターアッセイには，さまざまな生物由来の酵素遺伝子が利用される。以下の 1〜6 の記述のうち，レポーターアッセイに利用される酵素の性質を示した正しい 3 つの記述の組合せを選べ。

1. 細胞外でも非常に安定なタンパク質である。
2. 細胞外では非常に不安定なタンパク質である。
3. レポーターアッセイに使用する培養細胞で，安定して高く発現している。
4. レポーターアッセイに使用する培養細胞で，極めて発現が低いか，まったく発現していない。
5. 細胞抽出液に基質が含まれている。(酵素反応測定では，基質を加える必要がない。)
6. 細胞抽出液に基質は含まれない。(酵素反応測定では，基質を加えなければならない。)

a. 1，3，5　b. 1，3，6　c. 1，4，5　d. 1，4，6
e. 2，3，5　f. 2，3，6　g. 2，4，5　h. 2，4，6

2 次の文 1 と文 2 を読み，続く問に答えよ。

（文 1）

私たちの身の回りには目に見えない多くの微生物 (細菌やウイルス) が存在する。微生物は数も種類も大変多く，しかも日常的に体内へ侵入している。しかし健常者であれば簡単に病気になったりはしない。免疫系とよばれる生体防御機構が侵入した微生物の活性を抑えるためである。さまざまな因子が免疫系に関与しているが，その 1 つが抗体とよばれる可溶性タンパク質である。抗体は食細胞のはたらきを助けたり (食作用のサポートと細菌の消化を補助)，補体と連動 (細菌の溶解) し身体を守っている。

抗体とその標的である抗原はとても小さいため肉眼では見えない。ところが，抗原と抗体とが結合すると見える場合がある。一致しない血液型の血清と赤血球を混和すると観察できる凝集がその例だ。抗体の特徴である特異性を利用した凝集は，医学および生物学の分野で数多く応用されている。目で見ることの出来ない抗体が作用する様子をイメージしながら以下の問に答えよ。

問 1　4 名の ABO 式血液型不明者 (**ア**から**エ**) から血清と赤血球を準備した。それぞれの血清と赤血球を反応 (①から⑤) させた結果を下の表に示した。結果を参考に判定した 4 名の血液型の正しい組合せはどれか，選べ。**エ**の父の赤血球は A 型と AB 型の血清と，**エ**の母の赤血球は全ての血液型の血清と凝集しない，4 名はそれぞれ異なる血液型である。

表

反応	①	②	③	④	⑤
血清	ア	エ	ウ	ウ	ア
赤血球	ウ	ア	エ	イ	エ
凝集	＋	＋	－	－	＋

(＋：凝集あり，－：凝集なし)

＼	ア	イ	ウ	エ
a	O 型	A 型	AB 型	B 型
b	O 型	B 型	A 型	AB 型
c	O 型	AB 型	B 型	O 型
d	A 型	O 型	AB 型	B 型
e	A 型	AB 型	O 型	B 型
f	A 型	B 型	AB 型	O 型
g	B 型	O 型	AB 型	A 型
h	B 型	AB 型	O 型	A 型
i	B 型	A 型	AB 型	O 型

（文 2）

抗原抗体複合体が凝集物 (沈降物) として可視化できることを原理とした次の実験を行った。

実験 1： ハツカネズミ (マウス) に抗原としてニワトリ卵白アルブミン (**OVA**) を注射し抗体を作らせた後に採血した。血液から卵白アルブミンに対する抗体を含む血清を調製した。

実験 2： 直径 9 cm のシャーレに厚さ 5 mm になるように寒天を注ぎ，2 つの穴 **X** と **Y** をあけた (直径 5 mm)。穴 **X** に実験 1 で作製した血清を添加した。穴 **Y** に **OVA** 溶液を添加した。一晩静置後に観察すると図 1 のように，穴 **X** と穴 **Y** の間に凝集物 (沈降線；線状の沈降物) が認められた。

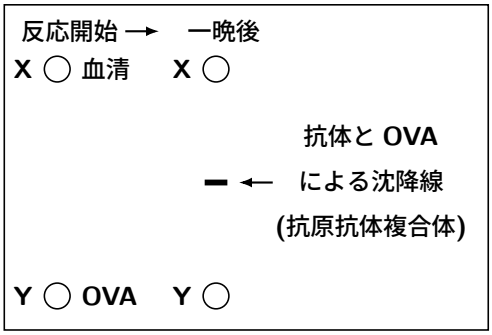
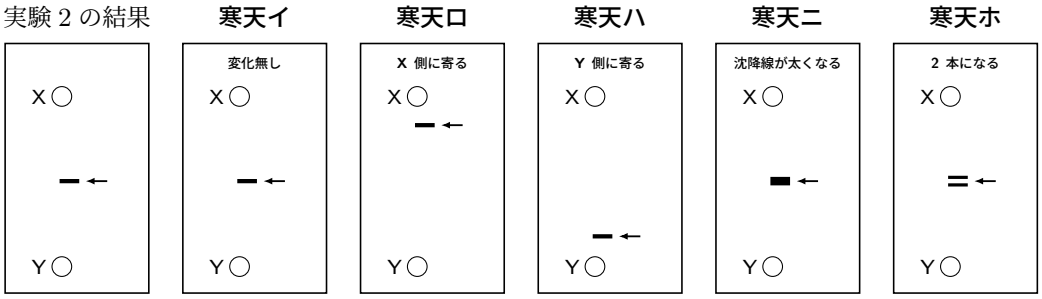


図 1

実験 3： 実験 2 の結果を確かめるため同じ実験を行った。ところが，**OVA** の濃度を 1/2 にして実験したことが判明した。幸い静置後に沈降線は確認できた。

問 2　実験 3 の結果はどの寒天か，選べ。比較対照に実験 2 の結果を左端に示した。



a. **寒天イ**　b. **寒天ロ**　c. **寒天ハ**　d. **寒天ニ**　e. **寒天ホ**

実験 4：　沈降線を元にして，抗原 **A**，**B**，**C** および **D** の特徴を調べる実験を実施した。抗原 **A** と抗原 **B** は全く異なる特徴であることが事前にわかっている。この抗原 **A** と抗原 **B** を混ぜた溶液をマウスに注射して抗体を作らせた。これを抗血清 **E** と呼ぶ。寒天に穴 **P**，穴 **Q**，および穴 **R** をあけた (図 2 左)。それぞれの穴に抗原 **A**，抗原 **B**，および抗血清 **E** を加えて一晩放置し，形成した沈降線が図 2 右である。

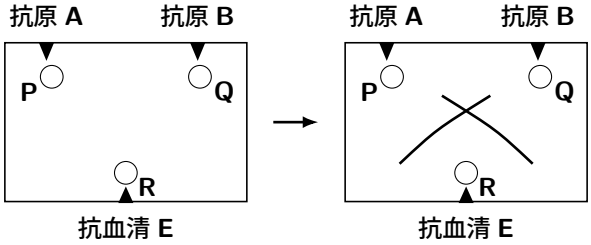


図 2

実験 5：　穴 **P** と穴 **Q** にいれる抗原の組合せを変えて同様の実験を続け，図 3 から図 5 で示したそれぞれの結果を得た。

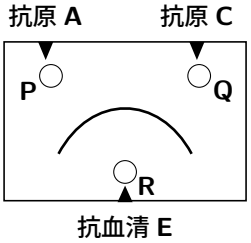


図 3

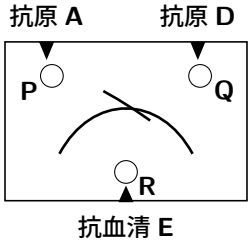


図 4

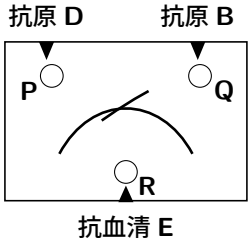


図 5

問 3　実験 4 と実験 5 に関する以下の記述 (1〜6) のうち，正しい解釈の組合せはどれか，下の選択肢の中から

選べ。

1. 抗原 **A** と抗原 **C** は完全に一致する特徴をもつ。
2. 抗原 **A** と抗原 **C** は完全に異なる特徴をもつ。
3. 抗原 **D** は抗原 **A** とも抗原 **B** とも異なる特徴をもつ。
4. 抗原 **D** は抗原 **A** とだけ特徴が一致する。
5. 抗原 **D** は抗原 **B** とだけ特徴が一致する。
6. 抗原 **D** は抗原 **A** と抗原 **B** の混合物である。

a. 1，4　b. 1，5　c. 2，4　d. 2，5　e. 2，3
f. 3，4　g. 3，5　h. 1，6　i. 4，6　j. 5，6

実験 6： 特徴が異なる抗原 **F** と抗原 **G** を別のマウスに投与して抗血清 **H** を得た。図 2 のように 3 つの穴をあけ，抗原 **A**(穴 **P**)，抗原 **F**(穴 **Q**)，抗血清 **E**(穴 **R**) をいれて静置したところ，抗原 **F** に対して沈降線は形成されなかった。別の寒天で抗原 **A**(穴 **P**) と抗原 **G**(穴 **Q**) を抗血清 **E**(穴 **R**) と反応させた結果，図 3 と同じ結果が得られた。

問 4　抗原 **A**，抗原 **F**，および抗原 **G** を抗血清 **H** との間で沈降線の実験を行った結果の解釈 (3 つの抗原は穴 **P** か穴 **Q** へ加え，抗血清は穴 **R** へ加える) を以下に記述した (1〜8)。正しい解釈の組合せはどれか，選べ。

1. 抗原 **A**，抗原 **F** と抗血清 **H** を反応させると，図 2 右と同じ結果となる。
2. 抗原 **A**，抗原 **F** と抗血清 **H** を反応させると，図 5 と同じ結果となる。
3. 抗原 **A**，抗原 **F** と抗血清 **H** を反応させると，図 4 と同じ結果となる。
4. 抗原 **A**，抗原 **G** と抗血清 **H** を反応させると，図 2 右と同じ結果となる。
5. 抗原 **A**，抗原 **G** と抗血清 **H** を反応させると，図 3 と同じ結果となる。
6. 抗原 **A**，抗原 **G** と抗血清 **H** を反応させると，図 5 と同じ結果となる。
7. 抗原 **F**，抗原 **G** と抗血清 **H** を反応させると，図 2 右と同じ結果となる。
8. 抗原 **F**，抗原 **G** と抗血清 **H** を反応させると，図 3 と同じ結果となる。

a. 1，4，7　b. 1，5，7　c. 1，6，8　d. 1，6，7
e. 2，4，7　f. 2，5，7　g. 2，6，8　h. 3，4，7
i. 3，5，7　j. 3，6，8

3 次の問に答えよ。

問 1　近視眼，遠視眼，老眼について，正しい 3 つの組合せはどれか，選べ。

1. 近視眼は，凹レンズで矯正できる。
2. 近視眼は，凸レンズで矯正できる。
3. 遠視眼は，遠方の物体の像が網膜の後方にできる。
4. 遠視眼は，遠方の物体の像が網膜の前方にできる。
5. 老眼は，加齢によって水晶体がやわらかくなり，弾力性が増すので，毛様体を強くはたらかせても水晶体が厚くならない。
6. 老眼は，加齢によって水晶体が硬くなり，弾力性が失われるので，毛様体を強くはたらかせても水晶体が厚くならない。

a. 1，3，5　b. 1，3，6　c. 1，4，5　d. 1，4，6
e. 2，3，5　f. 2，3，6　g. 2，4，5　h. 2，4，6

問 2　ヒトの網膜上には，視細胞は図 1 のように不均一に分布している。視細胞のうち，[C] は [B] の周辺部に多く，[D] は [B] の中心付近に多い。図の [A] ～ [D] に入る用語の正しい組合せはどれか，選べ。

＼	A	B	C	D
a	黄斑	盲斑	桿体細胞	錐体細胞
b	黄斑	盲斑	錐体細胞	桿体細胞
c	盲斑	黄斑	桿体細胞	錐体細胞
d	盲斑	黄斑	錐体細胞	桿体細胞

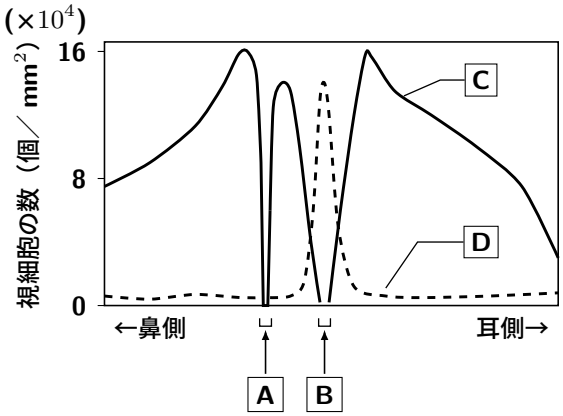


図 1

（文 1）

外界の明暗に対するヒトの眼の反応は以下のように起こる。

[ア] は，オプシンと呼ばれるタンパク質にビタミン A の一種である [イ] と呼ばれる物質が結合したものである。暗いところから明るいところへ急に出ると，まぶしくてものが見えにくい。これは，暗所で蓄積された [ウ] 細胞内の [ア] が一斉に構造変化を起こして，細胞が過度に反応するために起こる。

[ア] が [エ] すると，[ウ] 細胞の感度が低下してまぶしくなくなり，[オ] 細胞の働きによって見えるようになる。このような反応を [カ] 順応という。

一方，明るいところから暗いところに入ると，最初はものがよく見えないが，しばらくすると見えるようになる。暗所では，オプシンから離れた [イ] の一部が酵素の働きによって元の構造に戻り，再びオプシンと結合して [ア] が合成，蓄積される。これによって [ウ] 細胞の [ア] が蓄積されて感度が飛躍的に上昇することによって，弱い光でも受容できるようになるためである。このような反応を [キ] 順応という。

[ウ] 細胞に障害が起こると，暗い夜に視力が低下する夜盲症が起こる。ビタミン A は [ア] の再生に関わっているため，夜盲症はビタミン A 欠乏症などでも起こることがある。

問 3　文 1 の [ア] ～ [キ] にあてはまる語はどれか，選べ。

a. 明　　b. 暗　　c. 増加　　d. 減少
e. 桿体　　f. 錐体　　g. レチナール　　h. ロドプシン

i. フォトプシン　j. フラビンモノヌクレオチド

問 4　図 2 は，暗い場所で，ヒトの眼が感知できる最小限の光の強さについて表したものである。図 2 のグラフの **E** と **F** からわかる正しい記述 3 つの組合せはどれか，選べ。

1. **E** では，錐体細胞の感度が約 100 倍上がっている。
2. **F** では，錐体細胞の感度が約 1000 倍上がっている。
3. **E** では，桿体細胞の感度が約 100 倍上がっている。
4. **F** では，桿体細胞の感度が約 1000 倍上がっている。
5. 暗順応の完了には，約 10 分間を要する。
6. 暗順応の完了には，約 50 分間を要する。

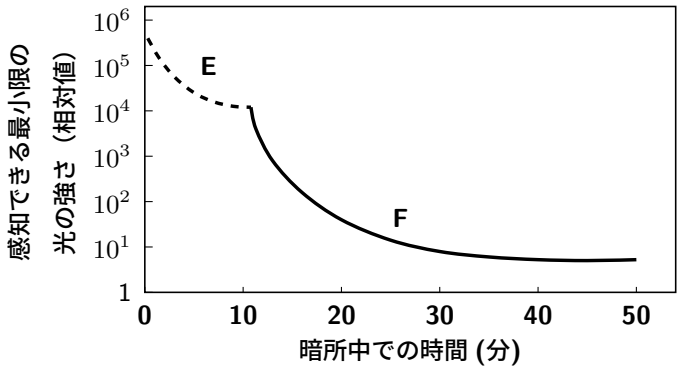


図 2

a. 1，3，5　　b. 1，3，6　　c. 1，4，5　　d. 1，4，6
e. 2，3，5　　f. 2，3，6　　g. 2，4，5　　h. 2，4，6

問 5　発生段階に応じて胚の各部分は周囲の細胞に作用し，誘導が連鎖的に起こることによって，各器官が形成される。両生類の眼の形成について正しいものはどれか，選べ。

a. 脊索は，脳に分化する。
b. 眼胞は，表皮から網膜を誘導する。
c. 水晶体は，表皮から角膜を誘導する。
d. 原口背唇が，中胚葉から神経板を誘導する。
e. 脊索を切除して，同じ時期の胚の腹部に移植すると，眼が形成される。

問 6　眼の分化を決定する調節因子に，*Pax6* 遺伝子がある。マウスでは *Pax6* 遺伝子はカメラ眼の形成に関与している。カエルやマウスなどの脊椎動物はカメラ眼をもつが，ショウジョウバエなどの昆虫は複眼をもつ。ショウジョウバエの将来脚になる部位の細胞で，マウスの *Pax6* 遺伝子を発現させたところ，その部位にショウジョウバエの複眼が形成された。この結果からわかることはどれか，選べ。

a. マウスの *Pax6* 遺伝子は，ショウジョウバエには機能しなかった。
b. *Pax6* 遺伝子は，マウスでもショウジョウバエでも，複眼の形成に関わる。
c. *Pax6* 遺伝子は，マウスでもショウジョウバエでも，カメラ眼の形成に関わる。
d. *Pax6* 遺伝子は，ショウジョウバエではカメラ眼，マウスでは複眼の形成に関わる。
e. *Pax6* 遺伝子は，ショウジョウバエでは複眼，マウスではカメラ眼の形成に関わる。

（文 2）

視覚に関わるタンパク質であるオプシンにはさまざまな種類があり，どのオプシンをもつかによって，その動物の色覚が決まっている。ヒトがもつオプシンの中で，赤オプシンと緑オプシンの遺伝子は X 染色体上に隣接して存在しており，ともに 364 個のアミノ酸を指定する。両者で異なるアミノ酸は 15 個のみで，この違いが吸収する光の波長の違いをもたらしている。赤オプシンと緑オプシンは光の吸収に関する性質も似ていることから，(1)遺伝子重複によって生じたと考えられている。

X 染色体上にある緑オプシンの遺伝子変異による色覚多様性の人の割合は，(2)ある集団内の男性では 20 人に 1 人の割合で存在していた。この集団では，ハーディ・ワインベルグの法則が成立していると仮定する。

問 7　文 2 下線部 (1) の遺伝子重複について説明している正しい組合せはどれか，選べ。

1. 遺伝子重複は脊椎動物（せきついどうぶつ）のみで起こる現象である。
2. 遺伝子重複の原因には，染色体の乗換えの異常などがある。
3. 遺伝子重複によって生じた遺伝子が，元の遺伝子とは異なる機能を獲得することで，新しい遺伝子として進化することがある。
4. 遺伝子重複によって生じた遺伝子に突然変異が起こることで，その遺伝子の機能が失われても，その個体の生存には影響を与えないことがある。

a. 1，2　　b. 1，3　　c. 1，4　　d. 2，3
e. 2，4　　f. 3，4　　g. 1，2，3　　h. 1，2，4
i. 1，3，4　　j. 2，3，4

問 8　緑オプシンの遺伝子変異によって起こる色覚多様性の遺伝様式はどれか，選べ。

a. 限性遺伝　　b. 伴性遺伝　　c. 従性遺伝
d. 補足遺伝　　e. 抑制遺伝　　f. 被覆遺伝

問 9　文 2 下線部 (2) のある集団において，色覚多様性に関与する緑オプシン遺伝子をヘテロ接合でもつ女性は何 % となるか，**解答例**に従って解答しなさい。小数第二位は，小数第三位を四捨五入して求めなさい。

解答 ア イ . ウ エ %

ア に十の位，イ に一の位，ウ に小数第一位，エ に小数第二位の数字をマークしなさい。

a. 1　　b. 2　　c. 3　　d. 4　　e. 5
f. 6　　g. 7　　h. 8　　i. 9　　j. 0

解答例

35.70 の場合，ア に c(3)　イ に e(5)　ウ に g(7)　エ に j(0)
2.95 の場合，ア に j(0)　イ に b(2)　ウ に i(9)　エ に e(5) のようにマークしなさい。

4 次の文を読み，続く問に答えよ。

（文）

ヒトの筋肉が瞬間的に引き延ばされたとき，元の長さに戻そうとして収縮する反射を伸張反射という。ハンマーで膝関節の下を軽く叩くと，無意識に足が跳ね上がる膝蓋腱反射はその例である。伸張反射は脊髄を中枢とした反射弓によって生じる。筋繊維の間に存在する筋紡錘は，筋の長さ変化を適刺激とする受容器で，受容した刺激の強さに応じた感覚神経の興奮を生じる。(1)興奮は感覚神経を介して脊髄に伝えられる。(2)脊髄内では，シナプスを介して感覚ニューロン (神経細胞) から運動ニューロンへ興奮が伝達する。運動ニューロンの神経終末は筋繊維の細胞膜と終板を形成し，これを介した興奮の伝達によって筋肉が収縮する。

伸張反射の性質を調べるために，次のような実験を行った。図 1 は伸張反射の反射弓と実験装置の配置を示している。膝裏の皮膚上に刺激用の電極を貼り，電気刺激装置と接続した。また，ふくらはぎの皮膚上には，筋肉の収縮に伴う電気的活動を記録する電極を貼り付け，電位振幅をオシロスコープ上に表示した。膝裏の皮下を通る神経束にはふくらはぎの筋肉につながる多数の感覚ニューロンと多数の運動ニューロンの軸索 (神経繊維) が含まれている。この神経束を 1 ミリ秒 (1000 分の 1 秒) のパルス波で電気刺激すると，閾値を超えた軸索に活動電位が発生し，興奮は軸索を伝導する。その結果，ふくらはぎの筋肉がわずかに収縮し，オシロスコープには図 2 のような 2 つの波形が記録された。刺激から 5 ミリ秒後に表れる波形 A は，電気刺激で運動ニューロンの軸索が興奮し，直接筋肉に到達した結果生じた電気的な反応である。波形 A から約 30 ミリ秒後に表れる波形 B は，電気刺激によって感覚ニューロンの軸索に生じた興奮が，反射弓を介して運動ニューロンに伝達し，筋肉に伝達した結果生じた電気的な反応である。刺激の強度を少しずつ変化させて電気刺激を行い，両波形の電位振幅を測定したところ，図 3 のようになった。ただし，図中の白丸 (○) は波形 A の電位振幅を，黒丸 (●) は波形 B の電位振幅を表す。また，刺激強度は波形 B の振幅が観察される最小強度を 1 としたときの相対値で示した。

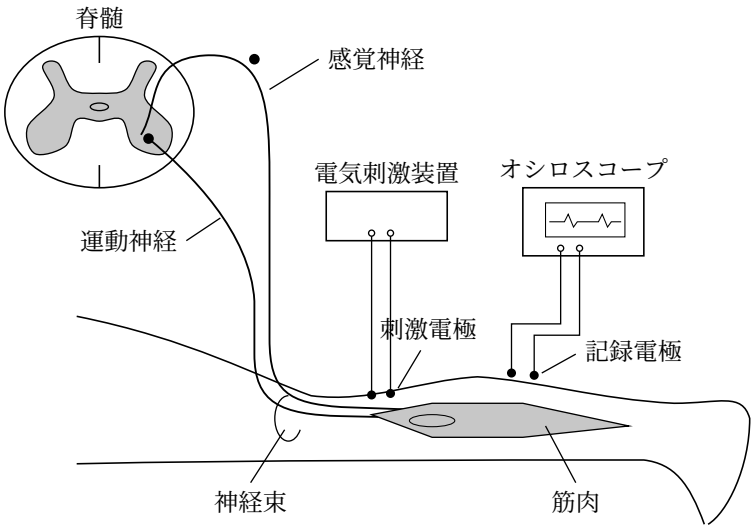


図 1

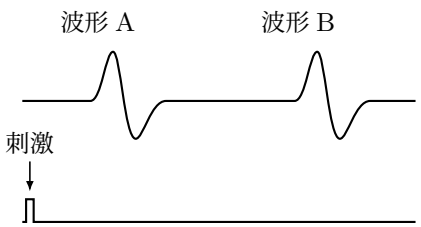


図 2

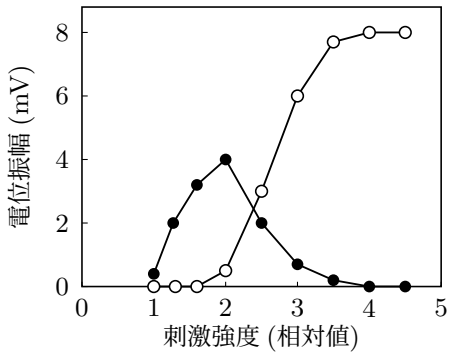


図 3

問 1　下線部 (1) における，感覚神経の興奮伝導の説明として正しいのはどれか，2 つ選べ。

a. 刺激の強さは，跳躍伝導を大きくする。
b. 刺激の強さは，軸索の伝導速度を変化させる。
c. 刺激の強さは，ニューロンの不応期を短縮する。
d. 刺激の強さは，ニューロンの活動電位を変化させる。
e. 刺激の強さは，ニューロンの興奮頻度を変化させる。
f. 刺激の強さは，ニューロンの閾値を変化させる。
g. 刺激の強さは，興奮するニューロンの数を変化させる。

問 2　下線部 (2) におけるシナプスの説明として正しいのはどれか，選べ。

a. 興奮の伝達速度と軸索の伝導速度は，ほぼ変わらない。
b. 伝達する興奮の大きさは，神経伝達物質の放出量に影響しない。
c. 常に大きな興奮を受けているシナプスは，伝達効率が増加する。
d. 興奮伝達は，シナプスを形成する 2 つの細胞間で双方向に行われる。
e. シナプス伝達によるシナプス後電位の発生は，全か無かの法則に従う。
f. シナプスの興奮性と抑制性は，電位依存性イオンチャネルの種類で決まる。

問 3　図 2 の波形 A と波形 B には約 30 ミリ秒の時間差があった。この時間差を説明する要素とは考えられないのはどれか，選べ。

a. 刺激部位から脊髄までの感覚ニューロンの興奮伝導時間
b. 脊髄内のシナプス伝達時間
c. シナプス後電位の加重時間
d. 脊髄から刺激部位までの運動ニューロンの興奮伝導時間
e. 運動ニューロンの神経終末 (終板) におけるシナプス伝達時間

問 4　図 3 の刺激強度 1〜2 の間では，波形 B の振幅が強度依存的に大きくなる。このことから考えられるのはどれか，選べ。

a. 伝導速度の異なる運動ニューロンがある。
b. 閾値の異なる運動ニューロンがある。
c. 神経伝達物質が異なる運動ニューロンがある。
d. 伝導速度の異なる感覚ニューロンがある。
e. 閾値の異なる感覚ニューロンがある。

f. 神経伝達物質が異なる感覚ニューロンがある。

問 5　図 3 の刺激強度 1〜2 の間をみると，波形が初めて表れる刺激強度 (閾値) は波形 B より波形 A の方が高い。このことから考えられることはどれか，選べ。

a. 筋紡錘の閾値は，運動ニューロンの閾値より低い。
b. 筋紡錘の閾値は，運動ニューロンの閾値より高い。
c. 感覚ニューロンの閾値は，運動ニューロンの閾値よりも低い。
d. 感覚ニューロンの閾値は，運動ニューロンの閾値よりも高い。
e. 感覚ニューロンの活動電位は，運動ニューロンの活動電位より小さい。
f. 感覚ニューロンの活動電位は，運動ニューロンの活動電位より大きい。

問 6　図 3 において，刺激強度が 2 以上では刺激強度の増加とともに波形 A の振幅は増加し，波形 B の振幅は減少した。このことから考えられるのはどれか，選べ。

a. 感覚ニューロンの興奮は，筋収縮を抑制する。
b. 運動ニューロンの興奮は，反射弓を介した興奮を抑制する。
c. 運動ニューロンの興奮は，感覚ニューロンの興奮を抑制する。
d. 感覚ニューロンの興奮は，運動ニューロンの興奮を抑制する。
e. 筋紡錘が刺激に順応すると，感覚ニューロンの興奮は減少する。
f. 閾値を超える刺激では，感覚ニューロンの興奮頻度は減少する。
g. 閾値を超える刺激では，興奮する感覚ニューロンの数が減少する。

問 7　図 3 において，波形 A の振幅が刺激強度 4 以上では一定となっている。その理由として正しいのはどれか，選べ。

a. すべての運動ニューロンが興奮している。
b. 運動ニューロンの活動電位が上限に達した。
c. 運動ニューロンの興奮頻度が上限に達した。
d. 神経束に含まれるすべてのニューロンが興奮している。
e. 抑制性の入力により一部の運動ニューロンが活動していない。
f. 運動ニューロンの神経終末に含まれる神経伝達物質の放出量が上限に達した。

5 次の文 1 と文 2 を読み，続く問に答えよ。

(文 1)

ショウジョウバエの発生は体軸の決定，体軸に沿った胚の区画化，各区画における分化の過程を経て進む。前後軸と背腹軸は主に卵の極性に依存しており，未受精卵の前部または後部に偏って蓄えられている特定の mRNA とタンパク質により決まる。卵の極性に関わる mRNA とタンパク質は，母親の細胞の遺伝子から転写・翻訳されるため，その遺伝子を母性効果遺伝子という。母性効果遺伝子から作られる mRNA とタンパク質を母性因子という。卵は形成される過程で，卵の周囲にある母親の細胞から母性因子を受け取り，蓄える。母親の細胞で転写される 4 種類の母性効果遺伝子 (ビコイド遺伝子，**A** 遺伝子，**B** 遺伝子，**C** 遺伝子) 由来の mRNA は，母性因子として未受精卵に蓄積し，体軸の決定や胚の区画化の過程に大きな影響を及ぼすことが知られている。

(1)未受精卵では，ビコイドの mRNA は卵の前部に，**A** の mRNA は後部に局在し，**B** と **C** の mRNA は均等に存在している (図 1 左)。一方，受精卵では，ビコイドタンパク質と **B** のタンパク質は前部で高く，後部に向けて低くなる濃度勾配が生じ，**A** と **C** のタンパク質は後部で高く，前部に向けて低くなる濃度勾配が生じる (図 1

右)。これらのタンパク質の濃度勾配は，前後軸に沿った位置情報となり，濃度に応じて特定の遺伝子の発現が促進または抑制される。

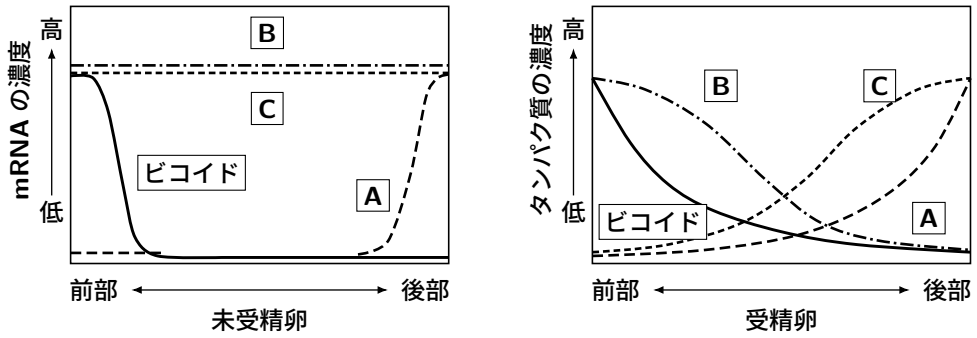


図 1　母性因子の分布

問 1　文 1 中の母性効果遺伝子 **A**，**B**，**C** の遺伝子名の正しい組合せはどれか，選べ。

	A 遺伝子	**B** 遺伝子	**C** 遺伝子
a	ハンチバック遺伝子	コーダル遺伝子	ナノス遺伝子
b	ハンチバック遺伝子	ナノス遺伝子	コーダル遺伝子
c	コーダル遺伝子	ハンチバック遺伝子	ナノス遺伝子
d	コーダル遺伝子	ナノス遺伝子	ハンチバック遺伝子
e	ナノス遺伝子	ハンチバック遺伝子	コーダル遺伝子
f	ナノス遺伝子	コーダル遺伝子	ハンチバック遺伝子

問 2　下線部 (1) のように未受精卵では母性因子 **B** と **C** の mRNA は均等に分布しているにもかかわらず，受精卵での **B** と **C** のタンパク質の濃度分布では逆方向の勾配ができる。**B** のタンパク質の濃度勾配が生じる理由として最も適切なのはどれか，選べ。

a. **A** の mRNA が **B** 遺伝子の転写を抑制するため。
b. **A** のタンパク質が **B** 遺伝子の転写を抑制するため。
c. **A** の mRNA が **B** の mRNA の翻訳を阻害するため。
d. **A** のタンパク質が **B** の mRNA の翻訳を阻害するため。
e. **A** のタンパク質が **B** のタンパク質を分解するため。
f. **C** の mRNA が **B** 遺伝子の転写を抑制するため。
g. **C** のタンパク質が **B** 遺伝子の転写を抑制するため。
h. **C** の mRNA が **B** の mRNA の翻訳を阻害するため。
i. **C** のタンパク質が **B** の mRNA の翻訳を阻害するため。
j. **C** のタンパク質が **B** のタンパク質を分解するため。

問 3　ビコイド遺伝子の機能を失った雌から生まれる幼虫の体節は頭部と胸部が失われ，先端部が尾部に変わった体節構造 [尾部｜腹部｜尾部] となり成虫まで生育しないが，卵の前端にビコイド mRNA を注入することで元の体節構造 [先端部｜頭部｜胸部｜腹部｜尾部] に回復させることができる。ビコイド mRNA を正常な卵の後端に注入した場合に生まれる幼虫の体節構造はどれか，選べ。

a. [先端部｜頭部｜胸部｜腹部｜先端部｜頭部｜胸部]
b. [先端部｜頭部｜胸部｜腹部｜胸部｜頭部｜先端部]
c. [先端部｜頭部｜胸部｜腹部｜胸部｜尾部｜先端部]
d. [先端部｜頭部｜胸部｜腹部｜胸部｜頭部｜尾部]
e. [先端部｜頭部｜胸部｜腹部｜尾部｜先端部]
f. [先端部｜頭部｜胸部｜腹部｜先端部｜頭部]
g. [先端部｜頭部｜胸部｜腹部｜頭部｜先端部]
h. [先端部｜頭部｜胸部｜頭部｜胸部｜先端部]
i. [先端部｜頭部｜胸部｜頭部｜胸部｜尾部]
j. [先端部｜頭部｜胸部｜腹部｜尾部]

（文 2）

ショウジョウバエの発生初期では，核が分裂しても細胞分裂しないため，胚は多核細胞になり，それぞれの核は胚の細胞質の前後軸に沿った調節タンパク質の濃度勾配の影響を受ける。ビコイドタンパク質やハンチバックタンパク質，コーダルタンパク質，ナノスタンパク質の胚の前後軸に沿った濃度勾配に従って(2)分節遺伝子の働きが調節されている。体節は，初めはどれも同じような構造をしているが，分節遺伝子が発現して生じる調節タンパク質によって遺伝子の発現が調節されると，徐々に特徴が現れる。(3)分節遺伝子は，3 種類の遺伝子に分類されており，段階的に働くことで，胚が区画化され，先端部，頭部，胸部，腹部，尾部が形成される。さらに，頭部には触角，胸部には肢，翅などの器官がそれぞれ形成される。このような器官の形成にも様々な調節遺伝子が働いている。調節遺伝子の中には突然変異が起こると，触角が肢に置き換わるなど，体の一部の器官が別の器官に転換するものがある。体の一部の特徴が別の部分の特徴に転換する突然変異をホメオティック突然変異といい，ホメオティック突然変異の原因となる遺伝子を(4)ホメオティック遺伝子という．

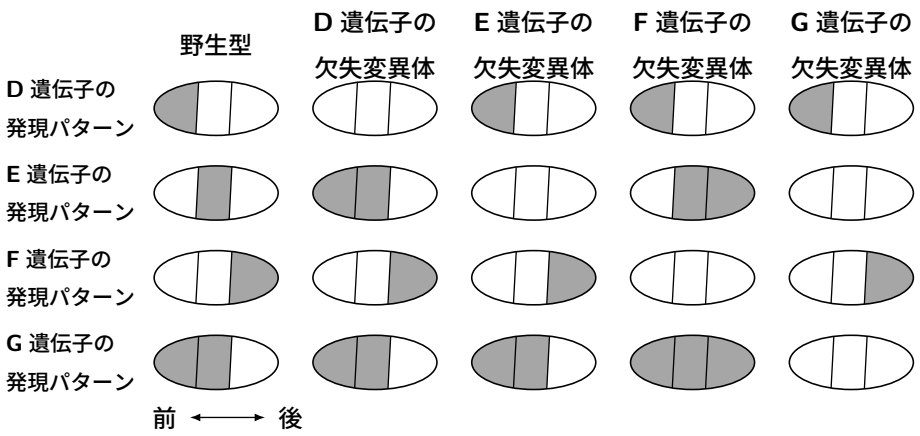


図 2　調節遺伝子の発現パターン

問 4　ショウジョウバエと近縁なハエの胚において，下線部 (2) にあるような分節遺伝子がそれぞれ調節遺伝子として発現を制御している。このハエの野生型の胚の前後軸に沿った 3 区画での調節遺伝子 **D**，**E**，**F**，**G** の発現パターンと各遺伝子の欠失変異体での発現パターンを調べ，図 2 の結果を得た。図の左から，野生型での各遺伝子の発現パターン，**D**，**E**，**F**，**G** 遺伝子を欠失した変異体での各遺伝子の発現パターンを，遺伝子が発現している区画 (グレー) と発現していない区画 (白抜き) に分けて示してある。各遺伝子の発現量に差がない場合，各遺伝子間の作用の説明として適切なのはどれか，2 つ選べ。

a. **D** 遺伝子は **E** 遺伝子の発現を抑制する。
b. **D** 遺伝子と **E** 遺伝子はそれぞれ **G** 遺伝子の発現を促進する。
c. **E** 遺伝子は **G** 遺伝子の発現を促進する。
d. **E** 遺伝子は **D** 遺伝子と **F** 遺伝子の発現を抑制する。
e. **F** 遺伝子は **E** 遺伝子の発現を促進する。
f. **G** 遺伝子は **E** 遺伝子の発現を抑制する。
g. **E** 遺伝子はどの発現にも影響しない。
h. **G** 遺伝子はどの発現にも影響しない。

問 5　下線部 (3) にある 3 種類の分節遺伝子について，次の文 1〜5 のうち，正しい説明の組合せはどれか，選べ。

1. ギャップ遺伝子，ペアルール遺伝子，セグメントポラリティ遺伝子はそれぞれ複数の遺伝子からなる。
2. ギャップ遺伝子は，母性因子によって発現が調節されている。
3. ギャップ遺伝子から発現するタンパク質は，ペアルール遺伝子の発現を調節する。
4. ペアルール遺伝子から発現するタンパク質は，セグメントポラリティ遺伝子の発現を調節する。
5. セグメントポラリティ遺伝子は，胚の前後軸に沿って 14 本の縞状に発現する。

a. 1，2，3，4，5　　b. 2，3，4，5　　c. 1，3，4，5
d. 1，2，4，5　　e. 1，2，3，5　　f. 1，2，3，4
g. 1，2，5　　h. 1，3，4　　i. 2，3，4
j. 3，4，5

問 6　下線部 (4) のホメオティック遺伝子に関する次の文 1〜5 のうち，誤った説明の組合せはどれか，選べ。

1. 遺伝子の転写調節領域に 180 塩基対からなるホメオボックスを含んでいる。
2. アンテナペディア遺伝子群とバイソラックス遺伝子群は第 3 染色体に連鎖している。

3. ホメオボックスを持つ遺伝子は *Hox*(ホックス) 遺伝子と総称される。

4. アンテナペディア遺伝子群は頭部から中胸部の構造を決定する。

5. ホメオティック遺伝子は，母性因子によって発現が調節されている。

a. 1，2　　b. 1，3　　c. 1，4　　d. 1，5　　e. 2，3

f. 2，4　　g. 2，5　　h. 3，4　　i. 3，5　　j. 4，5