

平成 25 年度

前期日程

理科問題

〔注意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で 1 冊にまとめてある。

問題は { 物理 2 ページから 11 ページ }
 { 化学 12 ページから 20 ページ } にある。
 { 生物 21 ページから 37 ページ }

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理 3 枚、化学 4 枚、生物 4 枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄に 1 枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1 ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科，化学科，生物科学科生物科学コースを志望する者は，物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は，物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は，物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理，化学，生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし，そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

生 物 問 題

(解答はすべて生物解答用紙に記入すること)

[1] 以下の文章[A]と[B]を読み、問 1～問 6 に答えよ。

[A]

免疫は生体防御の重要なしくみであるが、外来の抗原により抗原抗体反応が過剰に起こると、生体に不都合な病気の症状が現れることがある。このような過剰な反応はアレルギーとよばれ、卵などの特定の食物を食べると出るじんましんや、スギなどの花粉による花粉症などがよく知られている。例えば、花粉症の場合、花粉が目や鼻の粘膜に付着すると水分を含んでふくらみ、破れて抗原となる物質が放出され体内に侵入する。この抗原物質はアレルギー反応を起こすため(ア)とよばれており、体内に侵入した(ア)は、まず樹状細胞などの食細胞により貪食される。細胞内で部分的に消化を受けた(ア)はヒト主要組織適合抗原とともに細胞表面へ出され、抗原として(イ)に提示される。(イ)は活性化し、細胞間の情報伝達物質である(ウ)を産生する。(ウ)により(エ)の増殖と分化が起こり、(ア)に対して免疫グロブリンE(IgE)という抗体が産生される。産生されたIgE抗体は、粘膜や皮膚にある(オ)という細胞の表面にあるIgE受容体と抗体の定常部で結合する。(オ)は、結合するIgE抗体が一定量以上になったとき、再び(ア)が体内に侵入してIgE抗体と結合すると活性化され、化学伝達物質を細胞外に多量に放出する。化学伝達物質は周囲の組織中の細胞表面にある受容体に結合していろいろな作用を示す。この結果、アレルギー症状が現れる。

最近、ヒトIgE抗体に対するモノクローナル抗体(以下、抗体Yという)が、^①新しいアレルギー治療薬として臨床応用されている。モノクローナル抗体とは、単一の抗体産生細胞に由来するクローンから得られた抗体のことで、1種類の抗原決定基と結合して反応するため抗原特異性が高い。

【実験1】

(ア)である物質Zに対する特異的なIgE抗体を恒常的に高い濃度で産生している遺伝子改変マウス(以下、マウスPという)がある。マウスPの静脈内にエバンスブルーとよばれる青色素を注入後、右耳に生理食塩水に溶解した物質Zを、左耳に生理食塩水を皮内注射した。一定時間後にマウスPの右耳の皮膚が青く染まったが、左耳の皮膚は全く染まらなかった。また、正常マウスにも同じ実験を行ったが、どちらの耳の皮膚も全く染まらなかった。

【実験2】

除毛した正常マウスの背中の皮膚にマウスPの血清を皮内注射した。しばらくして、静脈内に生理食塩水に溶解した物質Zをエバンスブルーとともに注入したところ、一定時間後に背中の皮膚の血清注射部位が青く染まった。また、正常マウスの血清を皮内注射して同じ実験を行ったが、背中の皮膚の血清注射部位は全く染まらなかった。

問1 上記の文章の空欄(ア)～(オ)に適切な語句を入れよ。

問2 下線部①について、抗体Yはどのように働いてアレルギー反応を抑えると考えられるか、50字以内で述べよ。

問3 【実験1】において、下線部②の結果が得られた理由を(オ)が放出する化学伝達物質の作用をふまえて90字以内で述べよ。

問4 【実験2】において、下線部③の結果が得られた理由を100字以内で述べよ。

[B]

免疫系は自己と非自己を識別し、自己の成分に対して免疫応答を作動させない。このしくみを自己寛容という^④。しかし、自己の生体内成分が非自己として免疫系に誤って認識され、病気の症状が現れることがある。このように、自己寛容の破綻により生じる病気を自己免疫疾患という。多くの自己免疫疾患では、自己の成分に対する抗体である自己抗体が産生される。自己免疫疾患の原因は、自己寛容に働く因子の先天的な欠損だけでなく、後天的なものもある。例えば、ある微生物の感染後に、微生物に由来する外来の抗原が自己抗体の産生を誘導する場合がある^⑤。その結果、抗原抗体反応により自己の成分に対して免疫応答が作動する。

【実験 3】

胸腺上皮細胞は、本来は末梢組織だけで発現するさまざまなタンパク質を異所性に発現し、自己の成分を抗原(自己抗原)として提示していることが知られている。ある転写調節タンパク質をもたない遺伝子改変マウス(以下、マウスQという)を作製したところ、胸腺上皮細胞における自己抗原の発現が著しく低下し、自己免疫疾患の症状が現れた。

【実験 4】

マウスQから胸腺を摘出し、遺伝的に胸腺の形成不全を示すヌードマウスに移植したところ、自己免疫疾患の症状が現れた。一方、正常マウスの胸腺を移植した場合には、そのような症状は現れなかった。

問 5 下線部④について、【実験 3】と【実験 4】の結果から考えられる自己寛容が起こるしくみを 60 字以内で述べよ。

問 6 下線部⑤について、自己抗体が産生される理由を 50 字以内で述べよ。

〔2〕 以下の文章を読み、問1～問7に答えよ。

私たちは目を閉じていても、音の方向をある程度推定することができる。左右の方向の推定に関しては、左右の耳に到着する音の時間差(両耳間時間差)をひとつの手がかりとして利用している。

問1 顔の右真横方向の音源から出た音の両耳間時間差を求めよ。ただし、音は右耳に到達したのち、頭の表面に沿って進んで左耳に到達するものとする。頭は直径0.2 mの円筒、音速は 3×10^8 m/s、円周率は3として、有効数字1桁で解答せよ。計算過程も記すこと。

図1に3種類の神経回路a, b, cを示す。いずれも神経細胞1, 3からの軸索が神経細胞2にシナプスを作る点は同じだが、軸索の長さが異なる。神経細胞2は神経細胞1または3の興奮が単独でシナプスに到達しても、刺激の強さが閾値に達しないので興奮しない。これに対し、神経細胞1と3の興奮が揃って同時にシナプスに到達すれば、閾値を越えて興奮するものとする。

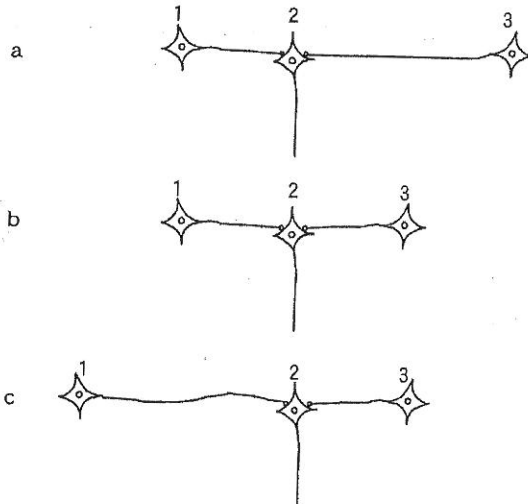


図1

問 2 神経細胞 1 と 3 が同時に興奮した。この後、神経細胞 2 が興奮するのはどの神経回路か。a ~ c から 1 つ選び、その理由を 40 字以内で述べよ。ただし、軸索の伝導速度は一定であるものとする。

左右の耳に到達した音は、聴覚器によって受容され聴神経を介して蝸牛神経核と呼ばれる領域の神経細胞を興奮させる。左右の蝸牛神経核の神経細胞から伸びる軸索は、延髄の内側上オリブ核と呼ばれる領域の神経細胞に収束する。図 2 は、正面から見た左右の内耳から内側上オリブ核に至る神経回路を模式化する途中の図である。神経細胞 A, B, C, D, E は内側上オリブ核の神経細胞である。図を簡単にするために、神経細胞 A ~ E の軸索は省略してある。

問 3 神経細胞 A, B, C, D, E が左真横から正面を経て右真横までの 5 つの異なる方向の音源のどれか 1 つに対して興奮するような神経回路を考えて、図 2 の模式図を完成せよ。ただし、蝸牛神経核からの軸索は何度でも分岐して、複数の神経細胞にシナプスを作ることができる。また、神経細胞 A, B, C, D, E は図 1 の神経細胞 2 と同様に、複数の興奮が同時に到達したときに興奮するものとする。シナプスの描き方は図 1 に倣うこと。



図 2

問 4 作成した模式図において、顔の正面にある音源から出た音に対して興奮する神経細胞はどれか。

問 5 作成した模式図において、顔の正面よりも右方向にある音源から出た音に対して興奮する可能性のある細胞はどれか。すべて選び、その理由を 70 字以内で述べよ。図 2 は、右内耳が左側に描いてあることに注意せよ。

問 6 神経細胞 A と E の距離を 6 mm とするとき、左右の蝸牛神経核の細胞から伸びる軸索の伝導速度を求めよ。ただし、軸索の伝導速度は一定とする。単位は m/s として有効数字 1 桁で解答せよ。求める際の考え方も記すこと。

問 7 両耳間時間差の他に、脳が左右の音源の方向を推定するために利用できる情報は何か。15 字以内で述べよ。

[3] 遺伝子の転写調節に関する以下の文章(A)と(B)を読み、問1～問6に答えよ。

(A)

大腸菌は異なる糖を代謝しエネルギーを産生することができるが、効率の良い糖を優先して利用するように代謝酵素遺伝子群は発現調節されている。炭素源としてグルコース(0.02%)とラクトース(0.1%)の2種類を添加した人工培地で野生株の大腸菌を培養すると、図1の実線のような増殖曲線が観察された。

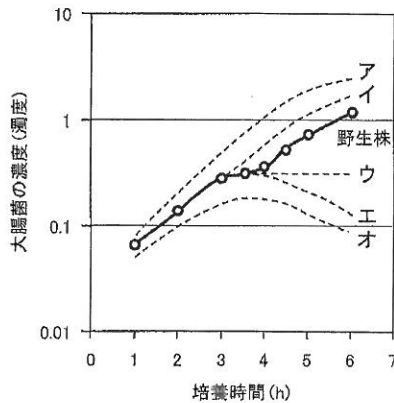


図1

ラクトースオペロンの発現について以下の事実が明らかとなっている。

- 1) ラクトースオペロンは、ラクトース代謝に関与する3つの酵素の遺伝子 (*lacZ*—*lacY*—*lacA* の順)で構成される。
- 2) グルコースを利用できる条件では、ラクトース取り込みタンパク質の活性が抑えられている。グルコース濃度が低い場合は、ラクトース取り込みタンパク質の抑制が解除され菌体内にラクトースが取り込まれる。転写抑制因子である LacI タンパク質は、ラクトースの誘導体アロラクトースと結合すると DNA 結合活性が失われる。

問 1 図 1 の実線のように 2 段階の増殖曲線が観察された理由を 100 字以内で述べよ。

問 2 ラクトースを利用できない変異株をグルコース(0.02%)とラクトース(0.1%)の 2 種類を添加した人工培地で培養した場合に、増殖曲線はどのようになるかと予想されるか。図 1 の点線ア～オから選べ。

問 3 ラクトースを利用できない変異株 M は、*lacZ* 遺伝子に DNA 断片の挿入変異があることが判明している。そこで野生型のラクトースオペロンの *lacZ* 遺伝子までを含む DNA 断片を導入したが、増殖は回復しなかった。考えられる理由と増殖を回復するために必要な方法を 90 字以内で述べよ。

(B)

DNA の配列が全く同じであっても遺伝子の発現に違いがみられることが少なくない。近年、この要因のひとつに DNA のメチル化という現象が関わっていると考えられている。

DNA は 4 種類の塩基から構成されているが、このうちシトシン(C)のピリミジン環の 5 位にある炭素原子にメチル基が付加されてメチル化シトシン (mC) となっていることが見られ、主にこれを DNA のメチル化と呼んでいる。C のメチル化は多くの場合、DNA 配列のなかでも CG ジヌクレオチド配列部位(C-ホスホジエステル結合-G)の C で生じる。たとえば、ATTGCCGCTCAGTCGTT という配列があった場合、下線のある C は mC となりうるが、それ以外の C はメチル化されない。プロモーター部位に CG ジヌクレオチド配列が存在する場合には、転写調節タンパク質のプロモーター部位への結合が C のメチル化により抑制されることから、DNA のメチル化が遺伝子の発現制御に関与していると考えられている。DNA のメチル化の状態は一般的には細胞ごとに異なるが、株化した細胞(細胞株)ではすべて同一であると考えられる。

DNA のメチル化を検出する方法として、重亜硫酸ナトリウムを用いる方法が知られている。重亜硫酸ナトリウムで DNA を化学処理すると、DNA 上の C はウラシル(U)に変換されるが、^mC はこの処理では変換されず ^mC のままである。重亜硫酸ナトリウム処理後の DNA を PCR 法で増幅した場合に、増幅対象となった部位に存在する U はチミン(T)として増幅されることから、どの C が ^mC であったかを判別することや、もとの DNA に存在する CG 配列部位の C それぞれについて何%が ^mC であったかがわかる。

遺伝子 X はリンパ球で発現し、糖尿病の発症に関係することが知られている遺伝子で、そのプロモーター部位の塩基配列の一部を図 2 に示す(分かりやすいように 10 塩基ごとに空白をあけている)。

AAATTTGGAC ATGGTCCGCA AATCTCGGGT TTATTACGCC TGCTGGGCTG
 CAGCCCATGC AAGCATCGAA GCTGGGGCCGC GCCTTGGCAA ACGAGGGATG
 (S1) (S2) (S3) (S4) (S5)

図 2

問 4 ヒト由来リンパ球細胞株 L1 では遺伝子 X のプロモーター部位に存在する C のうち、メチル化されうる C は全て ^mC であり、別のヒト由来リンパ球細胞株 L2 ではこの部位に存在する C は全くメチル化されていないことがわかっている。細胞株 L1 および L2 由来の DNA を重亜硫酸ナトリウム処理したあとに遺伝子 X のプロモーター部位を PCR 法で増幅した。増幅された DNA について、図 2 の で囲まれた部分の塩基配列をそれぞれ記せ。

遺伝子Xのプロモーターと糖尿病との関連を明らかにするために一卵性双生児について以下の解析を行った。一卵性双生児のペア二人のうち、一人が糖尿病を発症しているがもう一人は健康であるペア^① 10組(20名)を解析対象とし、それらの血中リンパ球からDNAを精製した。次にこれらのDNAを用いて、遺伝子Xのプロモーター部位に存在する(S1)~(S5)の5か所のCG配列部位(②と網かけで記載している)のそれぞれについて¹⁴Cの存在率(メチル化率)を解析した。これらの実験の結果を図3に示す。また、同じ20名の血中リンパ球において、遺伝子Xから転写されたmRNAの発現量を測定したところ、糖尿病発症群は、健康群よりも非常に高い発現量を示していた。

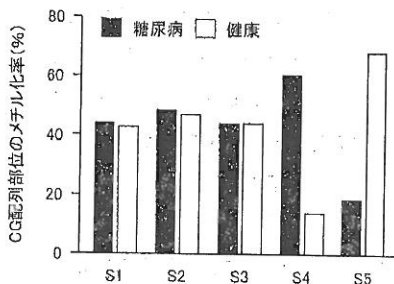


図3

問5 表1に転写調節タンパク質A~H

が結合する塩基配列をまとめた。表1の転写調節タンパク質のうち、この実験の結果から、遺伝子Xの発現を促進すると考えられる転写調節タンパク質と、遺伝子Xの発現を抑制すると考えられる転写調節タンパク質を、それぞれ1つずつ答えよ。

表1

転写調節タンパク質	結合配列
A	CAAACGAGGG
B	AGGTAGCAA
C	CATGCAGGCAT
D	TGCACGCCATG
E	TGGCTGGCT
F	ATCGAAGCT
G	GCCCGGCCIT
H	ATTGGACA

問6 下線部①のように一卵性双生児を解析対象とした理由を、90字以内で説明せよ。

〔4〕 以下の〔A〕から〔C〕の文章を読み、問1～問6に答えよ。

〔A〕

ショウジョウバエの目は野生型では赤色をしている。目の色に関する突然変異体を作成したところ、目の色が白く変異していた。このハエでは常染色体のAという遺伝子が変異しており、変異遺伝子をaと呼ぶことにする。すなわち遺伝子型がAAだとハエの目は赤くなり、aaだと白くなる。AAやaaのように同じ対立遺伝子を対に持つ個体を(ア)という。AAとaaのハエを掛け合わせると子供の遺伝子型はAaとなるが、このように異なる対立遺伝子を持つ個体を(イ)という。Aaのハエの目は野生型と同様に赤であった。このとき目が赤いという形質を(ウ)の形質といい、また遺伝子Aを(ウ)遺伝子という。逆に遺伝子aは(エ)遺伝子と呼ばれる。これに対し、アサガオの花の色で見られるように赤色花と白色花を掛け合わせると桃色花になるような場合、赤や白の形質は(オ)を示す。

問1 空欄(ア)～(オ)に適切な語句を記せ。

問2 遺伝子Aは目の赤い色素を合成するための酵素の遺伝子であり、変異遺伝子aから作られる酵素の活性は完全に失われていることがわかった。Aaのハエの目が野生型と同様に赤くなった理由を、目の赤い色素を合成するための酵素と関連させつつ80字以内で説明せよ。

〔B〕

発生過程では、受精卵は将来のからだのすべての部分を作り出す。しかし、細胞分裂が進むとそれぞれの胚細胞はからだの一部分の組織しか作らなくなる。受精卵もしくは初期胚のどの部分から将来のからだのどの部分ができるかを示した図を(カ)と呼ぶ。受精卵から成体ができるとその成体は再び卵や精子を作る。すなわち胚には将来、卵や精子になっていく運命を持つ生殖細胞が存在する。生命の連続性はこの生殖細胞によって担われている。これに対し生殖細胞

胞以外の細胞は総じて(キ)と呼ばれ、その世代限りで死滅する運命にある。

ハエの生殖細胞が胚のどこにあるかを調べるため図1に示す実験1を行った。ハエの初期胚は胚盤葉と呼ばれ、これは両生類などの胞胚に相当する。この時期の後極には胚から少し突出した細胞群が見られ極細胞と呼ばれている。目の赤いハエになるAAの胚から目の白いハエになるaaの胚の後極に、顕微操作を用いて極細胞を移植して、その後、成体まで育てた(図中の成体X)。この成体Xを目の白いハエと掛け合わせ次の世代を作ったところ、目の白いハエに混じって目の赤いハエが生まれた。このことから、極細胞はハエにおける生殖細胞であることが判明した。

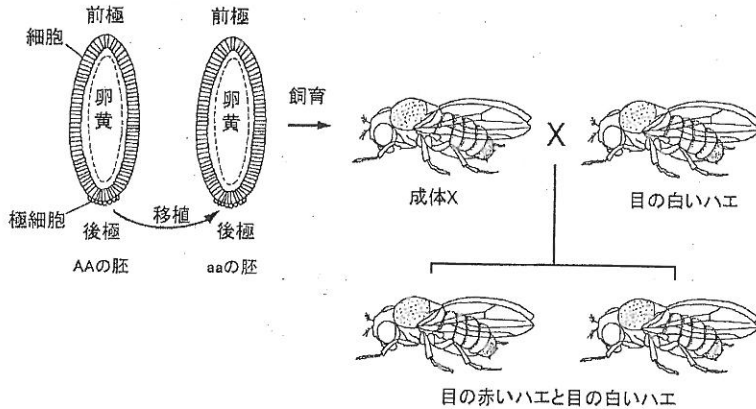


図1 実験1

問3 空欄(カ)と(キ)に適切な語句を記せ。

問4 成体Xの目の色は何色になるか。また、この実験1ではなぜ成体Xを目の白いハエと掛け合わせ、次の世代を観察する必要があるのか。100字以内で説明せよ。

[C]

実験1の結果をふまえ、図2に示す実験2を行った。目の形には常染色体のBという遺伝子が関与しており、野生型のハエの目は丸い形をしている。目の形が棒状になる突然変異ではこの遺伝子がbに変異している。Bbの遺伝子型をもつハエは野生型同様に目が丸い表現型を示す。まず、細胞分裂が始まる前のAABBの(目が赤丸になる)受精卵から後極の卵内容を細いピペットで吸い出し、AAbb(目が赤棒状になる)の受精卵の前極に注入し移植した。この胚を胚盤葉期まで育てると、後極に加えて前極にも極細胞様の細胞が形成された。この胚をそのまま発生させると、前極の極細胞様の細胞は形態形成過程で生殖巣の中に移動せず、その中に取り込まれない。そこで実験1で行ったように前極の極細胞様の細胞をaabb(目が白棒状になる)の胚の後極に移植して、その後、成体まで育てた(図中の成体Y)。この成体Yを目が白い棒状のハエと掛け合わせ次の世代を作ったところ、目が白い棒状のハエに混じって、目が赤い棒状のハエが生まれた。

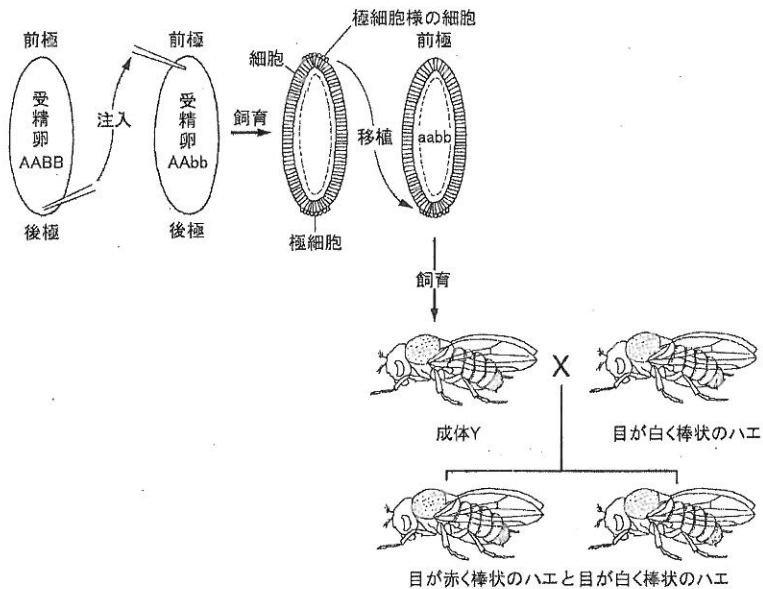
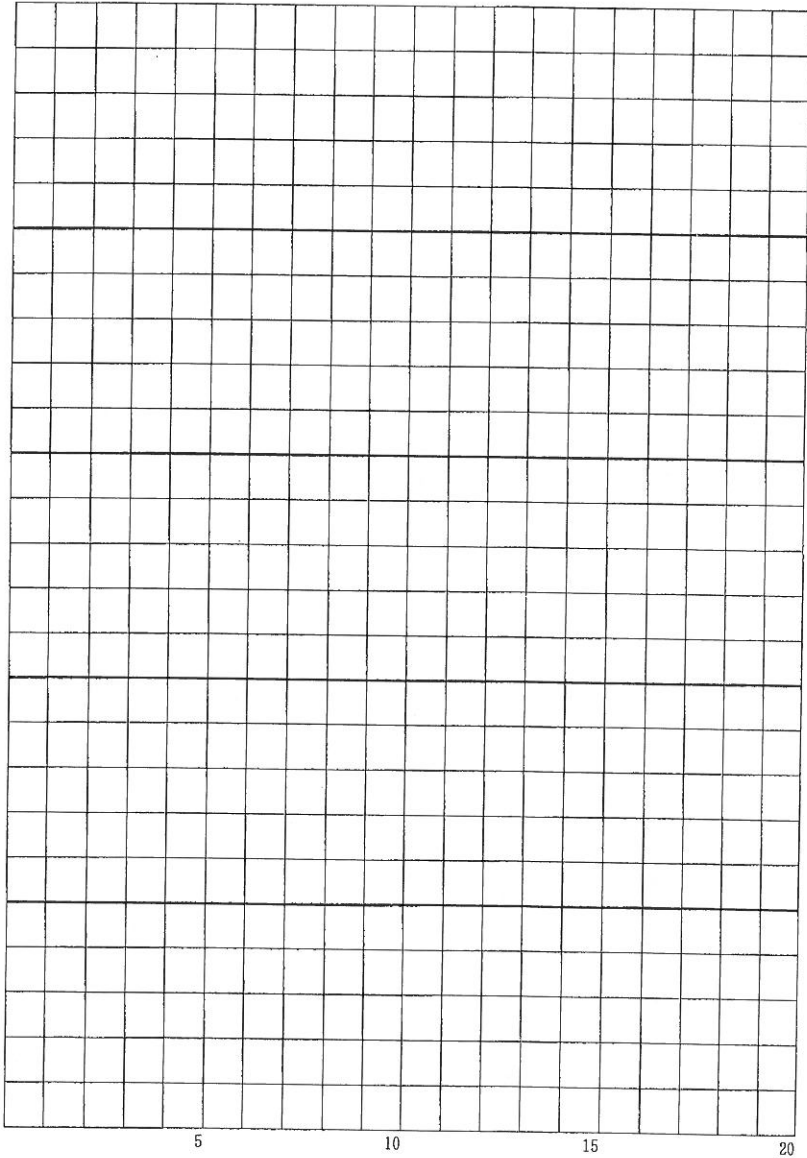


図2 実験2

問 5 実験 2 の結果のみでは「ハエの受精卵には、生殖細胞を作り出すための因子が卵の後極のみに片寄って局在している」という結論を導き出すには不十分である。この結論を導き出すためには、どのような追加実験をして、どのような結果が得られるとよいか。100 字以内で述べよ。

問 6 実験 2 では目の色だけでなく目の形にも変異を持つハエが使われている。最終的に生まれてくるハエの形質が卵内容物の移植を受けた方の卵の形質と一致するハエ、すなわち、目が赤い棒状のハエが生まれたということから、さらにどういう結論を導き出すことができるか。その理由も含め、目の形に論点を関連させつつ、「細胞質」と「核」の 2 つの語を含めて 80 字以内で答えよ。

下書き用紙



下書き用紙

