令和３年度 入学試験問題

理科（前期）

試験時間	１２０分
問題冊子	物理　１～８頁 化学　９～１８頁 生物　１９～３０頁

注意事項

1. 指示があるまで問題冊子は開かないこと。
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. 問題冊子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. スマートフォン等の電子機器類は電源を必ず切り，鞄の中にしまうこと。
6. 机上には，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. 問題冊子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. この問題冊子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，問題冊子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，問題冊子は持ち帰ること。

受験番号	

氏名	

生　　物

［Ⅰ］ 動物細胞に関する下記の文章を読み，各問いに答えよ。

細胞が特定の形や機能をもつように変化することを，細胞の分化という。分化の過程では，例外を除けば，細胞内の遺伝子の数や構造は変化せず，遺伝子の発現が変化すると考えられている。さまざまな細胞に分化する能力をもち，自己を複製できる細胞は，幹細胞とよばれている。動物の体内には造血幹細胞のような組織幹細胞が存在するが，ES 細胞や iPS 細胞のように人工的に作製される幹細胞もある。ES 細胞は，哺乳類の胚盤胞（はいばんほう）から内部細胞塊（将来胎児を形成する細胞）を取り出し，培養してつくった細胞である。一方，iPS 細胞は，成体の皮膚などから細胞を取り出し，初期化遺伝子とよばれる複数の遺伝子を導入してつくった細胞である。どちらも再生医療の研究に使われているが，移植後の拒絶反応がしばしば問題となる。

移植しても拒絶されない細胞を得るため，正常な雌の成体マウス D～F を使って以下の各実験を行った。

【実験 1】 各マウスより皮膚の一部を取り出し，別のマウスに移植した。1 週間後，移植された細胞が拒絶されたかどうかを調べた。結果を表 1 に示す。

表 1　異なる個体間での移植により起こる拒絶反応

皮膚を提供した個体	移植を受けた個体	拒絶反応
マウス D	マウス E	あり
マウス D	マウス F	なし
マウス E	マウス D	あり
マウス E	マウス F	あり
マウス F	マウス D	なし
マウス F	マウス E	あり

【実験 2】 ES 細胞を作製するため，各マウスより未受精卵と乳腺細胞を取り出した。卵から核を取り除いた後，別のマウスの乳腺細胞から取り出した核を，各卵に 1 個ずつ入れた。これらの卵を生体外で培養して胚盤胞まで発生させた後，胚盤胞の内部細胞塊を使って ES 細胞①～⑥を作製した（表 2 参照）。

表 2　ES 細胞①～⑥の由来

ES 細胞の番号	卵が由来する個体	乳腺細胞が由来する個体
①	マウス D	マウス E
②	マウス D	マウス F
③	マウス E	マウス D
④	マウス E	マウス F
⑤	マウス F	マウス D
⑥	マウス F	マウス E

これらの ES 細胞①～⑥を生体外で培養して神経細胞に分化させ，マウス D～F に移植した。

【実験 3】 各マウスより皮膚の一部を取り出し，その細胞に初期化遺伝子を導入し，iPS 細胞を作製した。これらの iPS 細胞を生体外で培養して神経細胞に分化させ，マウス D～F および胸腺をもたないマウス（ヌードマウス）に移植した。

問 1　実験 2 において，マウス D～F に移植した後，拒絶されないで生着した細胞は ES 細胞①～⑥のどれから分化した神経細胞か。各マウスそれぞれについて，あてはまる ES 細胞の番号をすべて答えよ。ただし，拒絶反応には，移植される細胞の種類（皮膚の細胞と神経細胞）による違いはないものとする。同じ番号を何度用いてもよい。

問 2　実験 3 において，マウス D～F およびヌードマウスに移植した後，拒絶されないで生着した細胞は，どのマウスに由来する iPS 細胞から分化した神経細胞か。各マウスそれぞれについて，以下の(あ)～(え)よりあてはまるものをすべて選び，記号で答えよ。同じ記号を何度用いてもよい。

(あ)　マウス D　　(い)　マウス E

(う)　マウス F　　(え)　該当なし（すべて拒絶）

問3　文中の下線部の例外となる細胞（分化の過程で，遺伝子の数や構造が変化する細胞）を，以下の(あ)～(お)より1つ選び，記号で答えよ。

(あ)　神経細胞　　(い)　乳腺細胞
(う)　シュワン細胞　　(え)　マクロファージ
(お)　抗体産生細胞（形質細胞）

問4　造血幹細胞は，成人の体内ではどこに存在するか。最も適切なものをI群より1つ選び，記号で答えよ。また，体内で造血幹細胞から分化する細胞をII群よりすべて選び，記号で答えよ。

I群：
(あ)　血液　　(い)　リンパ節　　(う)　ひ臓
(え)　腎臓　　(お)　骨髄　　(か)　脊髄

II群：
(a)　好中球　　(b)　T細胞　　(c)　神経細胞
(d)　表皮細胞　　(e)　樹状細胞　　(f)　グリア細胞
(g)　ナチュラルキラー細胞（NK細胞）

問5　神経細胞では，以下の(1)，(2)の物質は主としてどこに存在するか。最も適切なものをI群より1つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。また，(1)，(2)に含まれるものをII群よりすべて選び，それぞれ記号で答えよ。

(1)　神経伝達物質　　(2)　モータータンパク質

I群：
(あ)　細胞体　　(い)　樹状突起の末端
(う)　軸索の末端　　(え)　微小管に近接する部位
(お)　中間径フィラメントに近接する部位

II群：
(a)　アクチン　　(b)　キネシン　　(c)　ダイニン
(d)　ジベレリン　　(e)　チューブリン　　(f)　アブシシン酸
(g)　アセチルコリン　　(h)　トロポミオシン　　(i)　ノルアドレナリン

問6　以下の(1)～(4)の細胞が分化する過程では，どのようなタンパク質をつくる遺伝子が発現するか。最も適切なものをI群より1つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。また，そのタンパク質の主なはたらきをII群より1つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。

(1)　水晶体の細胞　　(2)　網膜の桿体（かんたい）細胞
(3)　副甲状腺の細胞　　(4)　骨格筋の細胞

I群：
(あ)　ケラチン　　(い)　ミオシン　　(う)　ペプシン　　(え)　ロドプシン
(お)　フォトプシン　　(か)　チロキシン　　(き)　パラトルモン　　(く)　リゾチーム
(け)　クリスタリン　　(こ)　フォトトロピン

II群：
(a)　デンプンを分解する。
(b)　タンパク質を分解する。
(c)　細菌の細胞壁を破壊する。
(d)　光の色に関する情報を細胞に伝える。
(e)　弱い光でも受容して情報を細胞に伝える。
(f)　血液中のカルシウムイオン濃度を上げる。
(g)　血液中のカルシウムイオン濃度を下げる。
(h)　レンズに似た透明な構造物を構成する。
(i)　サルコメアの明帯にあるフィラメントを構成する。
(j)　サルコメアの暗帯にあるフィラメントを構成する。

問7　動物細胞での遺伝子発現はどのような過程で起こるか。この過程で起こる現象を以下の(あ)～(く)より4つ選び，早く起こる順に左から右へと記号を並べよ。

(あ)　DNAポリメラーゼがヌクレオチド鎖を合成する。
(い)　RNAポリメラーゼがヌクレオチド鎖を合成する。
(う)　DNAリガーゼが短いヌクレオチド鎖を連結する。
(え)　mRNA前駆体からエキソンの部分が取り除かれる。
(お)　mRNA前駆体からイントロンの部分が取り除かれる。
(か)　リボソームが付着したmRNAに，tRNAが結合する。
(き)　tRNAと結合したmRNAに，リボソームが付着する。
(く)　RNAポリメラーゼと基本転写因子の複合体が，プロモーターに結合する。

［II］ ヒトの体液に関する下記の文章を読み，各問いに答えよ。

ヒトの体液は，［ア］液，［イ］液，血液からなる。血液の中で血球以外の液体成分を［ウ］という。心臓から押し出された血液は，動脈を経て毛細血管に達する。ここで［ウ］の一部が，毛細血管の壁を通過して，細胞の隙間に流れ込み［ア］液となる。［ア］液の大部分は，細胞へ酸素や栄養分を供給し，二酸化炭素や老廃物を回収したあと，再び毛細血管に戻り静脈血となる。［ア］液の一部は［イ］管に入り，最終的には心臓近くの鎖骨下静脈へと合流する。このように，体液はつねに循環している。

外傷などにより出血すると，血液凝固が起こる。まず，血管の破れたところに［エ］が集まってかたまりをつくる。続いて，［オ］が凝固因子やカルシウムイオンのはたらきで［カ］という酵素になり，［キ］を繊維状の［ク］に変える。［ク］は血球と絡み合って血ぺいをつくり，出血を止める。傷口はやがて，増殖した細胞により修復される。その後，プラスミンが［ク］を分解する。このように血ぺいが溶解することを［ケ］という。また，体外に取り出した血液を静置しておくと，血ぺいが沈殿して透明な黄色い液体成分と分離する。この液体成分を［コ］という。

異なる血液型の血液を混ぜるとかたまりのようになることがあり，これを凝集という。ヒトの赤血球の表面には抗原（［サ］）があり，［ウ］には自身の赤血球には存在しない抗原に対する抗体（［シ］）がある。ABO 式の血液型が A 型の場合，［サ］は A であり，［シ］は β である。そのため，A 型の血液中に B 型の赤血球を混ぜると，β が B と結合して凝集が起こる。O 型の赤血球には［サ］は存在しない。

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

(あ)　器官	(い)　組織	(う)　凝集素
(え)　凝集原	(お)　血しょう	(か)　血清
(き)　血小板	(く)　好中球	(け)　消化
(こ)　溶血	(さ)　線溶	(し)　リンパ
(す)　トロンビン	(せ)　プロトロンビン	(そ)　フィブリン
(た)　フィブリノーゲン	(ち)　マクロファージ	

問2　ヒトの血球（有形成分）のうち無核のものを，問1の選択肢から1つ選び，記号で答えよ。

問3 ①A型のヒトの血液に，別のヒトから採取した［ウ］のみを混ぜる。このときに凝集を起こさないのは，何型の［ウ］を混ぜたときか。あてはまる血液型をすべて答えよ。②AB型のヒトの血液に，別のヒトから採取した血液を混ぜる。このときに凝集を起こさないのは，何型の血液を混ぜたときか。あてはまる血液型をすべて答えよ。

問4 ヒトの血液型は遺伝子により決まる。各血液型の遺伝子型は，表1のとおりである。

表1　ABO式血液型とその遺伝子型

血液型	遺伝子型
A	*AA*，*AO*
B	*BB*，*BO*
AB	*AB*
O	*OO*

① 図1はある家系における血液型の遺伝を示しており，□は男性，○は女性である。［ス］～［ソ］の各ヒトの遺伝子型を答えよ。ただし，複数の可能性がある場合は，すべての遺伝子型を答えよ。また，男性2と女性2を親とする場合，O型の子は生まれないものとする。

② 血友病の原因となる遺伝子はX染色体上の劣性（潜性）遺伝子であるため，男児がこの遺伝子をもつと必ず発症する。男性1が発症し，女性1が保因者（血友病の遺伝子を持つが，ヘテロ接合のため発症しない）であるとき，男性1と女性1を親として生まれる女児のうち何％が発症するか。整数で答えよ。

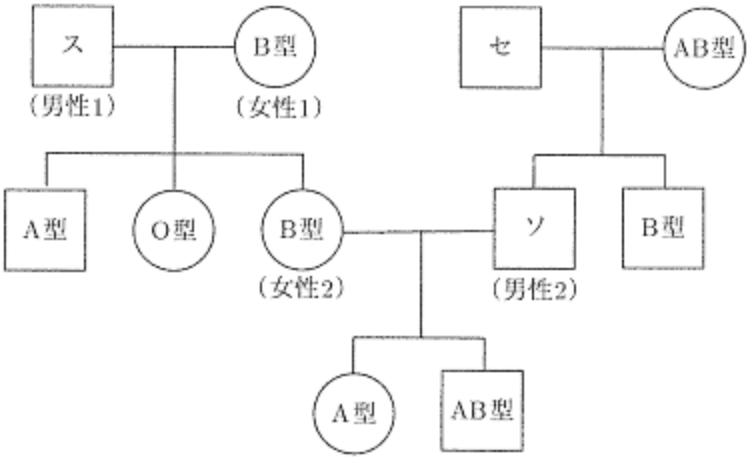

図1　ある家系における血液型の遺伝

［III］ 動物の性決定に関する下記の文章を読み，各問いに答えよ。

多くの脊椎動物は，性染色体の組み合わせにより遺伝的に性が決まる。しかし，一部の爬虫類では，性染色体に関係なく孵卵温度（卵を温める温度）で性が決まる。例えば，アカミミガメでは 26℃ で孵卵するとすべての個体がオスになり，32℃ ではすべての個体がメスになる。アカミミガメは受精後 60 日で孵化するが，受精後 21 日から 40 日までの期間（温度感受性期）の孵卵温度により性が決まることがわかっている。この期間に未分化生殖腺で性決定がなされ，孵化までに精巣あるいは卵巣が分化する（図 1）。

真核生物では，DNA はヒストンに巻きついてヌクレオソームを形成し，ヌクレオソームはさらに折りたたまれてクロマチンを形成している。クロマチンが密に折りたたまれた領域では，転写に必要なタンパク質が転写調節領域に結合できないため，転写が行われない。一方，この領域のクロマチンの折りたたみが緩むと転写が行われる。このようなクロマチンの構造的な変化は，メチル化酵素によってヒストンにメチル基が付加（メチル化）されたり，脱メチル化酵素によってヒストンからメチル基が除去（脱メチル化）されることなどにより制御される。このヒストンのメチル化と脱メチル化が，遺伝子発現を調節していることがわかってきた。

温度に依存した性決定のしくみを調べるために，アカミミガメの卵を用いて，以下の各実験を行った。遺伝子 A はヒストンからメチル基を除去する脱メチル化酵素（タンパク質 A）をコードし，タンパク質 A はアカミミガメの発生過程ではたらく唯一のヒストン脱メチル化酵素である。また，遺伝子 B と遺伝子 C は，どちらも調節タンパク質をコードしている。通常，タンパク質 C は細胞質に存在するが，温度などの刺激により特定のアミノ酸にリン酸基が付加され，リン酸化タンパク質 C（タンパク質 C-K）になる。タンパク質 C-K は核に移行し，標的遺伝子の転写調節領域に結合することにより，その遺伝子の発現を調節する。ただし，アカミミガメの性決定には，遺伝子 A，遺伝子 B，遺伝子 C のみが関わり，それ以外の遺伝子については考えなくてよいものとする。なお，発生の進行には孵卵温度の違いによる差はなく，各実験において孵卵温度は途中で変えないものとする。また，各実験で投与する薬剤の効果は，温度感受性期の間は持続しているものとする。

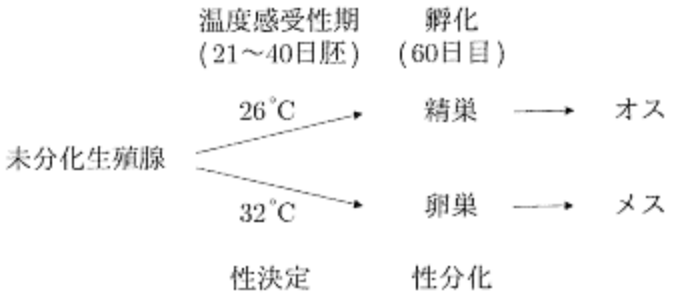

図 1　アカミミガメの発生過程における性決定と未分化生殖腺の分化

【実験1】26℃あるいは32℃で孵卵した21日胚および40日胚から未分化生殖腺を摘出し，遺伝子A，B，CのmRNA量およびタンパク質C-Kの量を調べた。結果を図2に示す。

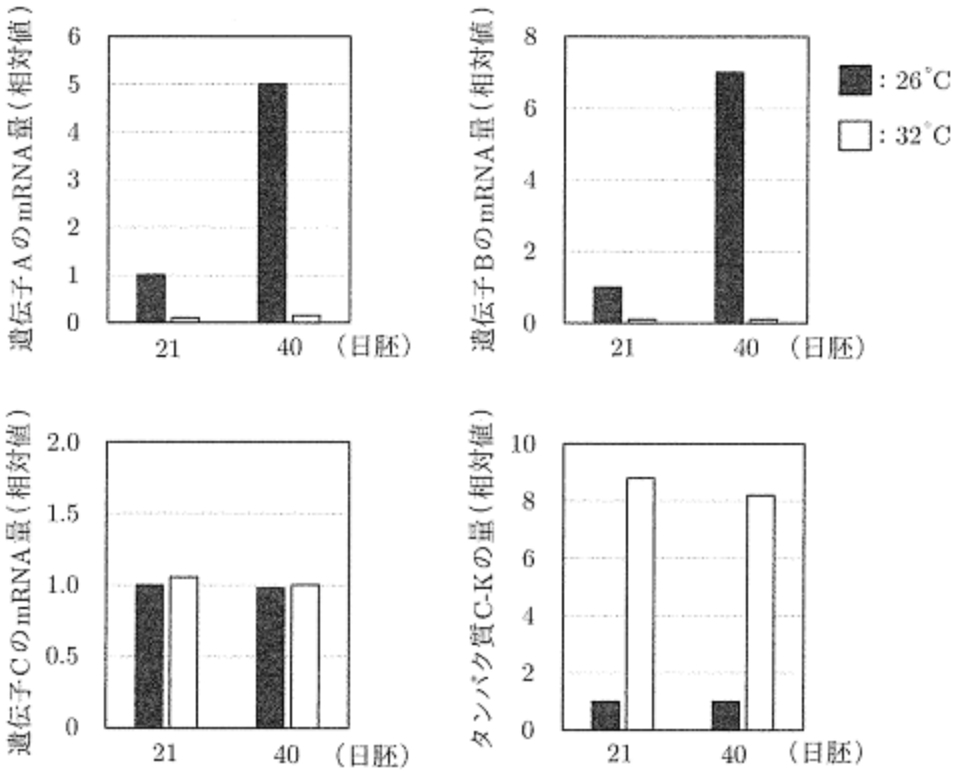

図2　カメ胚の未分化生殖腺における遺伝子A，B，CのmRNA量およびタンパク質C-Kの量の変化　26℃で孵卵した21日胚の未分化生殖腺における各遺伝子のmRNA量およびタンパク質C-Kの量を，それぞれ1とする。

【実験 2】 26℃で孵卵した 21 日胚を用意し，①何も投与しない胚，②遺伝子 A の発現のみを抑える薬剤（薬剤 P）を投与する胚，③薬剤 P と，薬剤 P があっても遺伝子 B を胚の全細胞に強制的に発現させる薬剤（薬剤 Q）を投与する胚，の 3 群に分けた。処理後，各群の胚を 40 日目まで発生させ，一部の胚から未分化生殖腺を摘出し，遺伝子 A と遺伝子 B の mRNA 量を測定した。結果を図 3 に示す。残りの胚を孵化するまで発生させたところ，①と③の生殖腺はすべて精巣であったが，②の生殖腺はすべて卵巣であった。

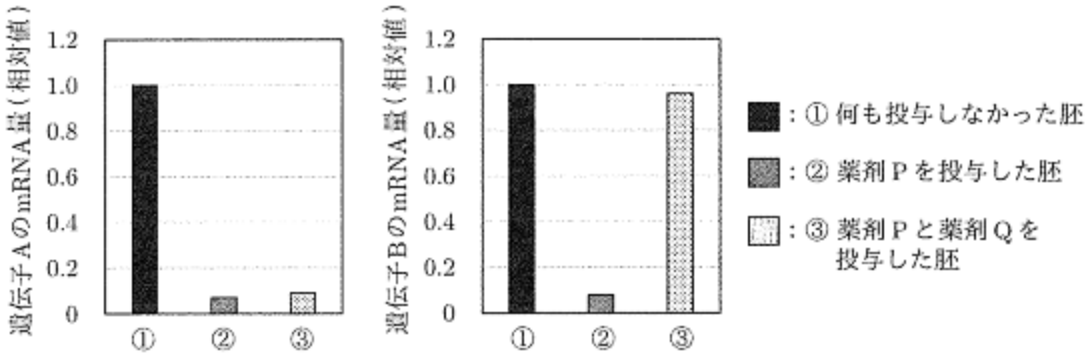

図 3　カメ胚の未分化生殖腺における遺伝子 A と遺伝子 B の mRNA 量　26℃で孵卵した 40 日胚の未分化生殖腺における遺伝子 A と遺伝子 B の mRNA 量を，それぞれ 1 とする。

【実験 3】 ①32℃で孵卵した 40 日胚，②26℃で孵卵した 40 日胚，③26℃で孵卵し，受精後 21 日目に薬剤 P を投与後，発生を続けさせた 40 日胚，をそれぞれ用意した。各群の胚から未分化生殖腺を摘出し，遺伝子 B の転写調節領域が巻きついたヒストンのメチル化と，そのヒストンに結合したタンパク質 A の量を調べた。その結果，①と③の未分化生殖腺に比べて，②の未分化生殖腺ではメチル化されたヒストンが少なく，そのヒストンにはタンパク質 A が多く結合していた。

【実験 4】 26℃あるいは 32℃で孵卵した 21 日胚から未分化生殖腺を摘出し，遺伝子 A の転写調節領域に結合したタンパク質 C-K の量を調べた。その結果，26℃で孵卵した胚の未分化生殖腺に比べて，32℃で孵卵した胚の未分化生殖腺では遺伝子 A の転写調節領域に結合したタンパク質 C-K の量が多かった。また，どちらの孵卵温度においても，遺伝子 B の転写調節領域にはタンパク質 C-K は結合していなかった。

【実験 5】 32℃で孵卵した 21 日胚を用意し，①何も投与しない胚，②タンパク質 C のリン酸化を阻害する薬剤（薬剤 R）を投与する胚，③薬剤 R と薬剤 P を投与する胚，の 3 群に分けた。処理後，各群の胚を 40 日目まで発生させてから未分化生殖腺を摘出し，遺伝子 A と遺伝子 B の mRNA 量を測定した。結果を図 4 に示す。

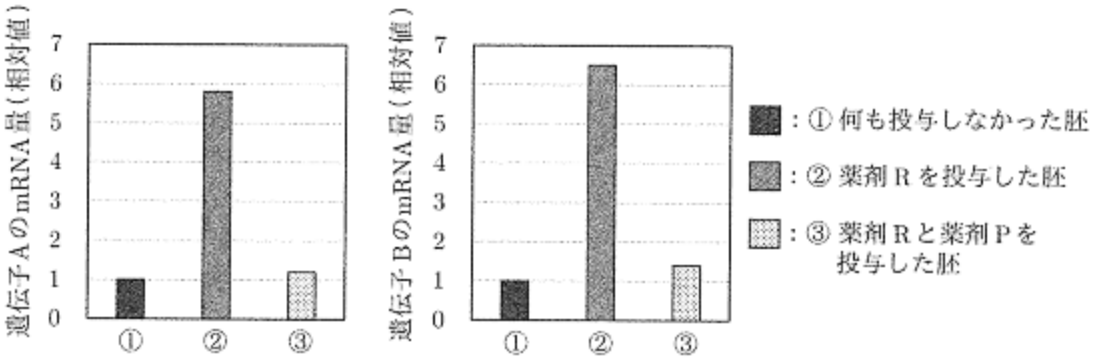

図 4　カメ胚の未分化生殖腺における遺伝子 A と遺伝子 B の mRNA 量　32℃で孵卵した 40 日胚の未分化生殖腺における遺伝子 A と遺伝子 B の mRNA 量を，それぞれ 1 とする。

問 1　タンパク質 A のはたらきについて正しく述べているものを，I 群より 1 つ選び，記号で答えよ。また，タンパク質 A がはたらくしくみについて最も適切に述べているものを，II 群より 1 つ選び，記号で答えよ。

I 群：

(あ)　遺伝子 B の発現を促進する。
(い)　遺伝子 B の発現を抑制する。
(う)　遺伝子 C の発現を促進する。
(え)　遺伝子 C の発現を抑制する。

II 群：

(a)　転写調節領域に結合し，クロマチンを密に折りたたむ。
(b)　転写調節領域に結合し，クロマチンの折りたたみを緩める。
(c)　転写調節領域が巻きついたヒストンに結合し，クロマチンを密に折りたたむ。
(d)　転写調節領域が巻きついたヒストンに結合し，クロマチンの折りたたみを緩める。

問2　タンパク質Bについて最も適切に述べているものを，以下の(あ)～(え)より1つ選び，記号で答えよ。

(あ)　26℃でつくられ，未分化生殖腺を卵巣に分化させる。
(い)　26℃でつくられ，未分化生殖腺を精巣に分化させる。
(う)　32℃でつくられ，未分化生殖腺を卵巣に分化させる。
(え)　32℃でつくられ，未分化生殖腺を精巣に分化させる。

問3　タンパク質C-Kのはたらきについて正しく述べているものを，以下の(あ)～(か)より1つ選び，記号で答えよ。

(あ)　タンパク質Aと結合し，遺伝子Bの発現を促進する。
(い)　タンパク質Aと結合し，遺伝子Bの発現を抑制する。
(う)　タンパク質Bと結合し，遺伝子Aの発現を促進する。
(え)　タンパク質Bと結合し，遺伝子Aの発現を抑制する。
(お)　遺伝子Aの転写調節領域に結合し，遺伝子Aの発現を促進する。
(か)　遺伝子Aの転写調節領域に結合し，遺伝子Aの発現を抑制する。

問4　実験5において，①～③の胚を孵化まで発生させると，生殖腺は何に分化していたか。以下の(あ)～(う)より1つずつ選び，それぞれ記号で答えよ。同じ記号を何度用いてもよい。

(あ)　精巣に分化していた。
(い)　卵巣に分化していた。
(う)　未分化のままだった。

問5　最終的に精巣の分化を決定するタンパク質を以下の(あ)～(う)より1つ選び，記号で答えよ。また，その根拠となる結果を得た実験のうち，最も適切なものを1つ選び，実験番号を数字で答えよ。

(あ)　タンパク質A　　(い)　タンパク質B　　(う)　タンパク質C-K

問6　32℃で孵卵するとすべての個体がメスになるのはなぜか。実験結果をもとに，その理由となる遺伝子の発現調節のしくみを，タンパク質A，タンパク質B，タンパク質C-Kのすべてを含めて説明せよ。