信州大学

2023 年度　前期日程　生物

1 次の文章を読み，問に答えよ。

キイロショウジョウバエの卵は，側方からみるとほぼ楕円形をしている。楕円の長軸は胚の体軸の 1 つ，（ ア ）に一致している。（ ア ）の形成は卵形成時に①卵細胞質の前端にたくわえられている（ イ ）mRNA と後端にたくわえられている（ ウ ）mRNA が重要な役割を担っている。このような卵形成過程において卵細胞質に蓄積され，胚の発生過程に影響を及ぼす mRNA をコードする遺伝子を（ エ ）という。受精後，これらの mRNA の翻訳が開始され，それぞれ（ イ ）タンパク質および（ ウ ）タンパク質がつくられる。（ イ ）タンパク質は卵細胞質中を前方から後方へ，（ ウ ）タンパク質は後方から前方へ拡散し，（ ア ）に沿った濃度勾配を形成する。②これらタンパク質によりつくり出される濃度勾配は胚の（ ア ）に沿った位置情報となり，それをもとにして③分節遺伝子が発現し，（ ア ）に沿ってみられる（ オ ）とよばれる繰り返し構造が形成される。形成当初，（ オ ）はどれも同じような構造をしているが徐々に特徴があらわれ，④頭部に触角，胸部には肢や翅などの器官が形成される。

問 1. 文章中の（ ア ）〜（ オ ）に入る適切な語句を答えよ。

問 2. 下線①の（ イ ）mRNA の卵前端における蓄積には微小管上を移動するモータータンパク質が関わっている。以下の設問に答えよ。

設問 1.　微小管を形成するタンパク質の名前を答えよ。

設問 2.　微小管に関わる代表的なモータータンパク質の名前を 2 つ答えよ。

問 3. 下線②について，設問に答えよ。

設問 1.　細胞質に含まれる卵黄の量や分布から，昆虫卵は何卵とよばれるか答えよ。

設問 2.　キイロショウジョウバエ卵内で（ イ ）や（ ウ ）のタンパク質が濃度勾配を形成できる理由を，キイロショウジョウバエの初期発生の特徴から 100 字以内で説明せよ。

問 4. 下線③について，設問に答えよ。

設問 1.　キイロショウジョウバエの発生において最初にはたらく分節遺伝子 (群) の名前を答えよ。

設問 2.　設問 1 で答えた遺伝子 (群) が翻訳されると，どのようなはたらきをするタンパク質がつくられるか答えよ。

設問 3.　分節遺伝子 (群) のなかで，最後に発現する遺伝子 (群) の名前を答えよ。

設問 4.　胚において，設問 3 で答えた遺伝子 (群) はどのような発現パターンを示すか 40 字以内で説明せよ。

問 5. 下線④について，設問に答えよ。

設問 1.　それぞれの（ オ ）がどのような形態になるかを指令する複数の遺伝子のはたらきにより，触角や翅が形成される。このような（ オ ）ごとの特有な器官の形成に関わる遺伝子 (群) の名前を答えよ。

設問 2.　設問 1 で答えた遺伝子の突然変異で起こる変異体について例を 1 つ挙げ，変異によって起こる影響を 40 字以内で説明せよ。また，このとき変異した遺伝子の名前を答えよ。

設問 3.　設問 1 で答えた遺伝子はそれぞれ 180 塩基対のよく似た塩基配列を含んでいる。この塩基配列の名前を答えよ。また，この配列によりコードされる 60 アミノ酸残基からなるポリペプチド (領域) を何とよぶか

答えよ。

2 次の文章を読み，問に答えよ。

ヒトの肝臓は，体内最大の臓器であり，心臓から出た血液の約 (ア：0〜10%，20〜40%，50〜60%) が肝臓を通る。肝臓には 2 本の血管を通して血液が流れ込んでおり，心臓から直接血液が流れる肝動脈と他の臓器から血液が流れ込む（ イ ）がある。（ イ ）を通じて（ ウ ）から吸収されたグルコースやアミノ酸などを豊富に含む血液が送られる。肝臓は 1 mm ほどの大きさの肝小葉が集まってできており，1 つの肝小葉は約 (エ：5 万，50 万，500 万) 個の肝細胞からなる。肝動脈と（ イ ）は，それぞれ枝分かれして類洞とよばれる毛細血管となり，肝小葉の中を通る。類洞を流れる血液は肝小葉の中心にある（ オ ）に集まり，（ カ ）を経て心臓へもどる。また，肝小葉の中には胆細管が走っており，肝小葉でつくられた①胆汁は（ キ ）にたくわえられた後，十二指腸に放出され，便とともに体外へ出される。

ヒトの肝臓は血液中のグルコースの一部をグリコーゲンに合成して貯蔵する。グリコーゲンは必要に応じて②再びグルコースに分解されて血液中に放出することで血液中のグルコース濃度 (血糖濃度) を調節している。グリコーゲンに加え，脂肪と③タンパク質も肝臓で合成および貯蔵され，必要に応じて分解され全身組織へエネルギー源として送られる。④グリコーゲン，脂肪およびタンパク質の代謝にともなって熱が発生する。タンパク質やアミノ酸などが分解されて生じた有害な（ ク ）も，肝臓で毒性の低い（ ケ ）に変換され，排出される。肝臓に障害が生じて（ ケ ）の合成能力が低下すると，血液中の（ ク ）濃度が高くなる。⑤ヒトにおいては，血液中の（ ク ）濃度が高くなると不眠や吐き気が表れ，さらに高くなると昏睡から死に至る。

問 1. 文章中の（ ア ）〜（ ケ ）に入る適切な語句を答えよ。ただし，（ ア ）と（ エ ）は文章中の選択肢から選べ。

問 2. 下線①について，胆汁は老廃物の排出以外にどのようなはたらきがあるか。20 字以内で説明せよ。

問 3. 下線②について，血糖濃度を上昇させるホルモンを 3 つ答えよ。

問 4. 下線③について，プロトロンビンなどの血液凝固に関わるタンパク質も合成される。血液凝固のしくみについて図 1 に示した。図中の（ コ ）～（ ス ）に入る適切な語句を答えよ。

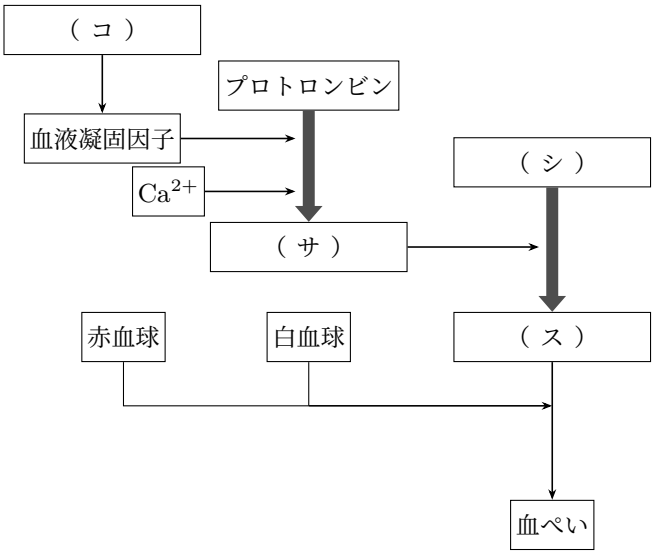


図 1　血液凝固のしくみ

問 5. 下線④について，肝臓以外に体内で熱を発生し，体温維持の役割を担っている組織の名称を答えよ。

問 6. 下線⑤に示したように肝臓の機能が著しく低下した場合でも，肝臓移植を行うと健康な人と同じように生活できるようになる。しかし，移植された臓器は細胞性免疫により異物として認識されるため拒絶反応が起こる場合がある。肝移植で拒絶反応が起こるしくみについて「HLA[*1]」，「キラー T 細胞」，「ドナー [*2]」，「非自己」，「レシピエント [*3]」を用いて 70 字以内で説明せよ。

注釈：[*1]HLA（ヒト白血球型抗原），[*2] ドナー（臓器提供者），

[*3] レシピエント（移植を受けた患者）

3 次の文章を読み，問に答えよ。

カタラーゼと酸化マンガン (Ⅳ) がはたらく条件を調べた。準備した物は，ブタレバー，酸化マンガン (Ⅳ)，蒸留水，3% 過酸化水素水，4% 塩酸，4% 水酸化ナトリウム，ガスバーナー，氷，温度計，ビーカー，試験管である。以下の 4 つの実験を行った。

実験①　(1) 3 本の試験管 A～C に等量のレバー片を加えた。

(2)　試験管 D には A～C と等量の煮沸したレバー片を加えた。

(3)　A と D に蒸留水 1 mL，B に 4% 塩酸 1 mL，C に 4% 水酸化ナトリウム 1 mL を加えた。

(4)　4 本の試験管に 3% 過酸化水素水 5 mL を加えて，泡の出方を比較した。

実験②　(1) 3 本の試験管 E～G に等量のレバー片を加えた。

(2)　E は氷水 (0 ℃)，F はぬるま湯 (40 ℃)，G は熱湯 (70 ℃) の温度を保ったビーカーに浸した。

(3)　各ビーカーと同温の 3% 過酸化水素水を各レバー片入り試験管に加えて，泡の出方を比較した。

実験③　(1) 実験②をレバー片の代わりに酸化マンガン (Ⅳ) に変えて行い，泡の出方を比較した。

実験①の結果，A のみ泡が発生し，B，C および D は泡が発生しなかった。実験②の結果，E および G と比べて F が最も多く泡が発生した。実験③の結果，温度が高いほど，泡が多く発生した。

実験④　カタラーゼの細胞内局在 * に関わる部位がどこにあるかを調べるために，ペルオキシソーム局在性のカタラーゼとオワンクラゲ蛍光タンパク質 (GFP) を連結した融合タンパク質を酵母に発現させる遺伝子組換え実験を行った。カタラーゼ遺伝子の前 (Ⅰ)，途中 (Ⅱ) および後ろ (Ⅲ) に GFP 遺伝子を連結させたⅠ〜Ⅲの 3 種類の融合タンパク質発現プラスミドを作成し，酵母に導入した。融合タンパク質の細胞内局在とカタラーゼ活性を調べ，表 1 にまとめた。

* 細胞内局在：細胞内での存在場所

表 1　カタラーゼと GFP の融合タンパク質のペルオキシソーム局在と酵素活性

	前　遺伝子配列　後	局在	活性
Ⅰ	GFP　カタラーゼ	する	ある
Ⅱ	カタ　GFP　ラーゼ	する	ない
Ⅲ	カタラーゼ　GFP	しない	ある

問 1. 実験①において，試験管 A のみで泡が発生した理由を 80 字以内で説明せよ。

問 2. 実験②と実験③の結果を比較して，泡が最も多く発生する温度が異なる理由を 100 字以内で説明せよ。

問 3. 過酸化水素を基質とするとき，1 分子のカタラーゼは毎秒 4.0×10^7 分子の分解を触媒できることとする。このカタラーゼ触媒速度のもと，1.0×10^5 分子のカタラーゼが 1 マイクロモル (6.0×10^{17} 分子) の過酸化水素の分解を触媒するために要する時間を求める式を書き計算せよ。解答の単位は日とし，小数第 3 位を四捨五入せよ。なお，カタラーゼ触媒速度は不変とする。(解答欄　$19 \times 4.5\,\mathrm{cm}$)

問 4. 実験④において，カタラーゼの 562 個のアミノ酸を指定する DNA をポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) で増幅した。PCR を行った後のカタラーゼの 1 DNA 断片あたり平均 1 塩基対の変異が見られた。本 PCR のエラー率を計算せよ。解答の単位は % とし，小数第 3 位を四捨五入せよ。なお，エラー率の定義として，PCR 後 1000 塩基対中 1 塩基対変異した場合にエラー率 0.1% とする。

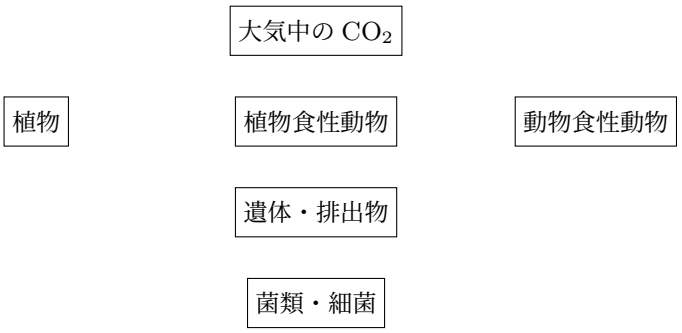
問 5. 実験④に用いたカタラーゼのペルオキシソーム局在化に必要なアミノ酸配列は末端に存在する。実験結果から，ペルオキシソームに輸送されるために必要なアミノ酸配列がカタラーゼの前側と後ろ側のどちらにあるかを答えよ。

問 6. カタラーゼの遺伝子組換え実験において，融合タンパク質Ⅱが酵素活性をもたない理由を 80 字以内で説明せよ。

4 次の文章を読み，問に答えよ。

炭素は大気中では主に二酸化炭素 (CO_2) として存在しているが，生物体では主に有機物に含まれており，乾燥重量では生物体の約 40〜50% にも達する元素である。そのため，生態系内での物質の循環を考えるうえで，炭素の動きはとりわけ重要である。①生態系では，炭素の動きにともなってエネルギーも移動している。また CO_2 は温室効果ガスの 1 つであり，近年，②大気中 CO_2 濃度の増加が問題となっている。

問 1. 右図にある生態系の構成生物・要素間の炭素の主な流れを全て矢印で示せ。



問 2. 生態系における役割から，植物，動物，菌類・細菌はそれぞれ何とよばれるか答えよ。

問 3. 生態系において菌類と細菌は同じ役割をもつが，ウーズらが提唱した生物の分類体系の 1 つである 3 ドメイン説ではそれぞれ真核生物ドメインと細菌ドメインに属している。ウーズらは，何の塩基配列に着目して 3 ドメイン説を提唱したか答えよ。

問 4. 光が届かない深海などにおける生態系で，植物と同じ役割をしている細菌グループの名称を答えよ。

問 5. 問 4 の細菌グループのエネルギー源と炭素源を答えよ。

問 6. 下線①について，生態系での炭素とエネルギーの動きで大きく異なっている点を 70 字以内で説明せよ。

問 7. 下線②について，大気中 CO_2 濃度は夏に減少し冬に増加するという季節的な変動により波状の形を示しながら年々徐々に増加している。大気中 CO_2 濃度が季節変動を示す理由を 40 字以内で説明せよ。