

生 物

I 次の（文1）～（文3）を読み、〔1〕～〔6〕の問い合わせに答えよ。

（文1）

遺伝子の発現は、DNAの塩基配列が あ という酵素によってRNAへと写しとられることにより始まる。 あ はDNAの特定の領域に結合し、鑄型となるDNAの塩基配列に相補的なRNAの合成を開始する。真核生物ではmRNA前駆体は mRNAにならない領域を含んだ状態で合成される。その後、核内で修飾を受けて ^(a)mRNAとなり、 い を通って細胞質基質へと移動する。細胞質基質に出たmRNAにリボソームが付着し、 ^(b)リボソーム上でmRNAの情報をしたがってアミノ酸が結合され、ポリペプチドが合成される。リボソームがmRNA上の終止コードンまでくるとポリペプチド合成は終了し、ポリペプチドがリボソームから遊離する。

〔1〕 文章中の あ , い にあてはまる適切な語句を解答用紙の に記入せよ。

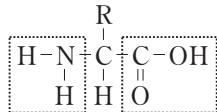
〔2〕 文章中の下線(a)に関して以下の問い合わせに答えよ。

- (ア) この領域を何というか。解答用紙の に記入せよ。
(イ) この領域が取り除かれる過程を何というか。解答用紙の に記入せよ。

〔3〕 文章中の下線(b)に関して以下の問い合わせに答えよ。

- (ア) ポリペプチド合成に関わるアミノ酸は何種類あるか。解答用紙の に記入せよ。

(イ) 図1はアミノ酸の基本構造を示している。Rは側鎖と呼ばれアミノ酸の種類によってその構造は異なる。A, Bの原子集団の名称をそれぞれ解答用紙の に記入せよ。



A B

図1

(ウ) 図2は2つのアミノ酸がペプチド結合で結合する反応式を表している。

にあてはまる構造式および にあてはまる化学式をそれぞれ解答用紙の に記入せよ。

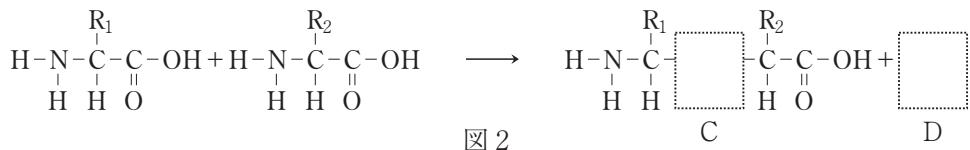


図2

C

D

(エ) 合成されたポリペプチドは、図3のように折りたたまれる。このとき、ポリペプチドは特定のアミノ酸間に生じる水素結合により図3のE, Fのような二次構造を構成することがある。図3のE, Fの構造をそれぞれ何というか。解答用紙の に記入せよ。

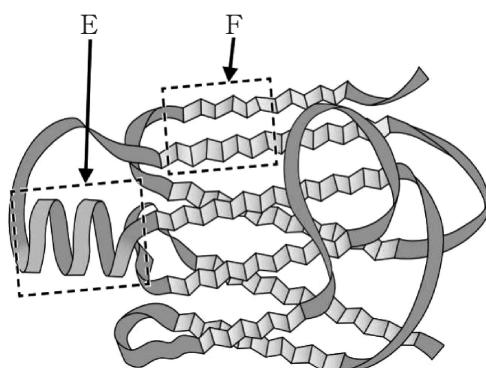


図3

(文2)

胚が発生すると、動物ごとに決まった形ができる。ショウジョウバエの発生初期は、核が分裂しても細胞分裂しない。そのため胚は卵黄を含む う の細胞となる。このとき、胚の細胞質の前後軸に沿った調節タンパク質の え が、胚の前後軸形成に重要な役割を果している。 え としてビコイド mRNA、ナノス mRNA、ハンチバック mRNA、コーダル mRNA がある。そのうち、ハンチバック mRNA とコーダル mRNA は卵内に均一に蓄えられており、受精すると お が開始される。ハンチバックとコーダルは調節タンパク質としてはたらく。ビコイドはコーダル mRNA の お を妨げるはたらきがある。そのため胚の か に向けてコーダルの濃度が低下する G ができる。ナノスはハンチバック mRNA の お を妨げるはたらきがある。そのため胚の き に向けてハンチバックの濃度が低下する G ができる。

〔4〕 文章中の う ~ き にあてはまる最も適切な語句を下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 核小体
- ② 母性因子
- ③ 後方から前方
- ④ 前方から後方
- ⑤ 多核体
- ⑥ 転写
- ⑦ 背側から腹側
- ⑧ 腹側から背側
- ⑨ 父性因子
- ⑩ 翻訳

〔5〕 文章中の G にあてはまる語句を解答用紙の □ に記入せよ。

(文3)

ショウジョウバエの分節遺伝子の一つであるイーブンスキップト (*eve*) は胚の前後軸に沿って7つの帶状にその発現が観察される。それぞれのストライプの発現は転写調節領域に存在する独立した領域によって制御され、そこには *eve* の転写を促進したり抑制したりするタンパク質が結合することが知られている。図4の領域I (5 kb) は *eve* の転写調節領域を示している。領域Iに含まれる領域H (0.7 kb) は *eve* の2番目のストライプの転写調節領域を示している。*eve* の2番目のストライプはビコイド、ハンチバック、クリュッペル、ジャイアントという転写調節因子によって制御されている。これらのタンパク質は図4に示す領域H (約700ヌクレオチドの長さ (0.7 kb)) に結合する。ビコイドとハンチバックは *eve* 発現の活性化因子として、クリュッペルとジャイアントは抑制因子として機能し、領域H を欠失させると *eve* の2番目のストライプは発現しないことがわかっている。図5はビコイド、ハンチバック、クリュッペル、ジャイアントタンパク質と *eve* の2番目のストライプの胚の前後軸における発現パターンを示したものである。

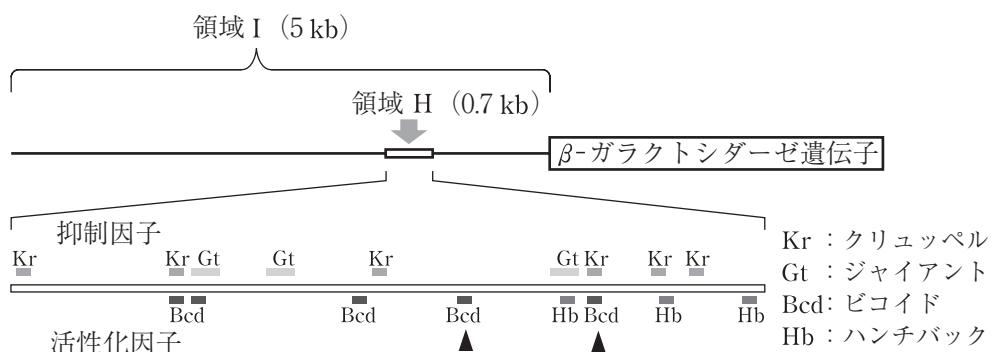


図4

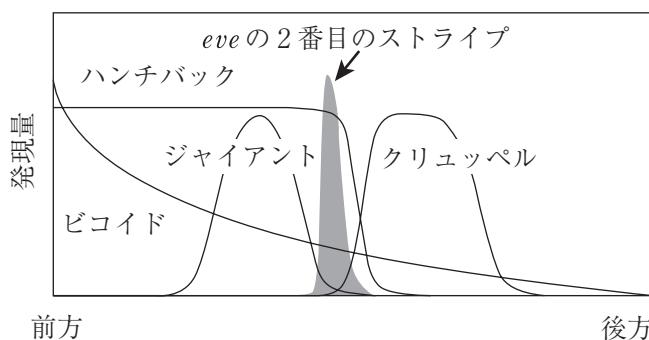


図5

[6] 下線部(c)に関して, *eve* の 2 番目のストライプが図4で示した4つの転写調節因子の組み合わせにより形成されることを確かめるため, 領域 I を β -ガラクトシダーゼ遺伝子に結合した融合遺伝子を作製した。さらにこの融合遺伝子において *eve* の 2 番目のストライプを制御する領域 H の一部を欠失させた変異型融合遺伝子 (a, b, c) を作製した。

変異型の種類

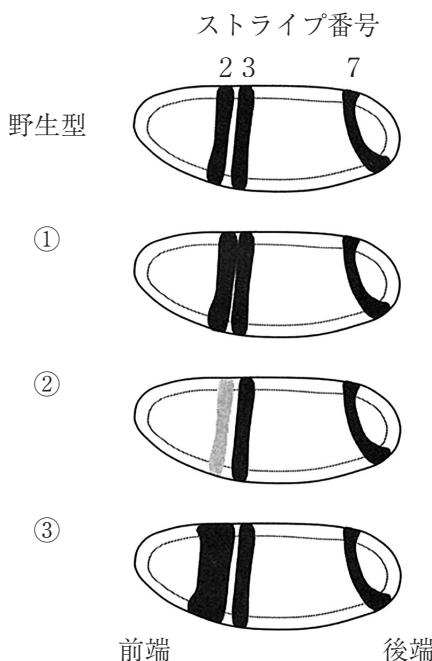
変異型 a : すべてのクリュッペル結合部位を欠失させた

変異型 b : すべてのジャイアント結合部位を欠失させた

変異型 c : 2 つのビコイド結合部位 (図4, ▲印) を欠失させた

(ア) 変異型融合遺伝子 (a, b, c) をハエの染色体に組込む実験を行なった。

これらの胚の β -ガラクトシダーゼの発現パターンとして最も適切と考えられるものを下の選択肢の中からそれぞれ 1 つ選び解答用紙にマークせよ。



(イ) この実験では β -ガラクトシダーゼは *eve* の 2 番目のストライプの位置だけではなく、3 番目、7 番目のストライプの位置にも検出されている。その理由として最も適切と考えられるものを下の選択肢から 1 つ選び解答用紙にマークせよ。

- ① 遺伝子導入により融合遺伝子に変異が生じたため
- ② 領域 H は 3 番目と 7 番目のストライプの発現も同様に調節するため
- ③ 領域 I は 3 番目と 7 番目のストライプの発現を制御する領域も含むため
- ④ 領域 H は 1 番目と 5 番目のストライプの発現を抑制するため
- ⑤ 3 番目と 7 番目のストライプは奇数番目のストライプであるため

(ウ) この実験ではなぜ 3 番目、7 番目のストライプでも β -ガラクトシダーゼを発現する融合遺伝子を使用したのか。その理由を以下の語句を用いて解答用紙の に 40 字以内で記入せよ。

領域 H, 変異

II 次の文を読み、〔1〕～〔7〕の問い合わせに答えよ。

(文)

脊椎動物のからだを構成する細胞の多くは あ に浸された状態になっており、
あ がつくる環境のことを い とよぶ。脊椎動物の あ は3つに大別され、^(a) 血液・う・え の成分からなる。血液は液体成分と細胞成分に分けられ、液体成分の一部は毛細血管からしみ出して、う となる。大部分のう は毛細血管に戻るが、一部は お に入り え となる。

血液中の細胞成分は、骨髓に存在する造血幹細胞に由来する。造血幹細胞は、^(b)
血液中のさまざまな細胞成分に分化する能力（多分化能）と、自分自身を複製する
ことができる自己複製能を兼ね備えた細胞集団である。血液中の細胞成分は、赤
血球、血小板、白血球に分けられる。骨髓から血液中に出てばかりの赤血球は網状
赤血球と呼ばれ、約1日で成熟赤血球になる。赤血球は酸素と結合する か と
いうタンパク質を含んでおり、全身の組織への酸素運搬を担う。血小板は血液凝
固、白血球は免疫にかかわる。免疫のうち、異物に共通する特徴を幅広く認識して
はたらくものを き、異物を特異的に認識してはたらくものを く とい
う。赤血球は約120日、血小板は約10日、白血球の多く（好中球など）は数時間
^(e)
から数週間で寿命をむかえ、生体内で壊される。血球細胞数を一定レベルに維持するため、造血幹細胞から絶えず新しい細胞成分が血液中に供給されている。造血
幹細胞は、その存在や働きがマウスなどを用いたさまざまな実験で証明され、白
^(f)
血病などの治療にも用いられている。患者の血管内に輸注（移植）された造血幹細
胞は、骨髓内に移動して血液細胞の產生を開始する。

〔1〕 文章中の あ ～ く にあてはまる語句を、解答用紙の □ 内に
記入せよ。

〔2〕 下線部(a)に関して、健康なヒトから採取した血液を、抗凝固剤入りの試験管Aと抗凝固剤を含まない試験管Bに入れて室温で1時間静置した後、遠心分離した。遠心分離後の上清に含まれる成分のうち、試験管Aに比べて試験管Bで濃度が著しく低下する成分を下の選択肢の中から1つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- | | | |
|------------|-----------|--------|
| ① アルブミン | ② アンモニア | ③ カリウム |
| ④ 赤血球 | ⑤ 乳酸 | ⑥ 尿素 |
| ⑦ フィブリノーゲン | ⑧ 免疫グロブリン | |

〔3〕 下線部(b)に関して述べた説明文として正しいのはどれか。下の選択肢の中から1つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 造血幹細胞と好中球のDNA配列は異なる。
- ② 造血幹細胞と好中球では異なるmRNAが合成される。
- ③ 赤血球と好中球では翻訳されるタンパク質が同じである。
- ④ 赤血球と好中球では遺伝子発現が同じである。
- ⑤ 造血幹細胞に生じたDNA塩基配列の異常は親から子へ受け継がれる。

〔4〕 下線部(c)に関して、生体内のすべての造血幹細胞からこの能力が失われて十分に時間が経過した場合、造血幹細胞にどのような変化が生じると予想されるか。解答用紙の 内に15字以内で記入せよ。

〔5〕 下線部(d)に関して、次の問い合わせに答えよ。

- (ア) 免疫にかかわる白血球の説明文として正しいのはどれか。下の選択肢の中からすべて選び、その番号を解答用紙にマークせよ。
- ① すべてのリンパ球は胸腺で分化する。
 - ② ナチュラルキラー細胞は形質細胞へと分化し、抗体を産生する。
 - ③ ヘルパーT細胞は、感染組織に移動してマクロファージの食作用を増強する。
 - ④ 1つのT細胞は複数の抗原を認識することができる。
 - ⑤ B細胞は抗原提示能をもつ。
 - ⑥ 炎症部位では組織から血管内に好中球が遊走することで毛細血管が拡張する。
 - ⑦ 活性化したリンパ球の一部は記憶細胞となる。
 - ⑧ HIVウイルスは、おもに樹状細胞に感染して増殖し、エイズ発症の原因となる。

(イ) 近年, がん細胞に対する免疫応答のしくみが分子レベルで解明され, それらに対する抗体医薬が治療に用いられている。ある抗体医薬 A に関する次の文を読み, 抗体医薬 A の作用として正しいものを下の選択肢の中から2つ選び, その番号を解答用紙にマークせよ。

文

キラー T 細胞の表面にある受容体 X にタンパク質 Y が結合すると, キラー T 細胞のはたらきが抑制される。ある患者のがん細胞の表面にタンパク質 Y が発現していることがわかった。この患者に受容体 X に対する抗体医薬 A を投与したところ, がん細胞が消滅した。

- ① 抗体医薬 A は, がん細胞に直接作用してアポトーシスを誘導した。
- ② 抗体医薬 A は, 樹状細胞に作用して抗原提示能を強めた。
- ③ 抗体医薬 A は, タンパク質 Y を分解した。
- ④ 抗体医薬 A の投与により, 受容体 X とタンパク質 Y の結合が阻害された。
- ⑤ 抗体医薬 A の投与により, キラー T 細胞が活性化した。
- ⑥ 抗体医薬 A の投与により, キラー T 細胞のはたらきが抑制された。

〔6〕 下線部(e)に関して、次の問い合わせに答えよ。

- (ア) 健康なヒトでは、1日に血液中の赤血球の何%が壊されるか。小数点以下第2位を四捨五入した数値を解答用紙の 内に記入せよ。ただし、健康なヒトの赤血球の寿命は120日とする。
- (イ) ある患者の血液検査をすると、赤血球数が減少していた。また、網状赤血球数が健康なヒトに比べて著しく増加しており、赤血球細胞内に含まれる乳酸脱水素酵素の血中濃度が健康なヒトに比べて著しく上昇していた。この患者の状態に関する説明文として最も適切と考えられるものを下の選択肢の中から1つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。
- ① 造血幹細胞の分化が滞っている。
 - ② 血管内で血ペイができる。
 - ③ 赤血球の破壊が通常より進んでいる。
 - ④ 赤血球の寿命が延びている。
 - ⑤ 全身組織に酸素が過剰に供給されている。

〔7〕 下線部(f)に関して、MHC抗原が全く同じマウスAとマウスB、MHC抗原が全く異なるマウスCを用いて下記の細胞移植実験を行った。移植する細胞を回収したマウスを「ドナー」、細胞を移植されたマウスを「レシピエント」とよぶ。「ドナー」から回収した細胞を「レシピエント」の血管内に注入（移植）してから6か月が経過した後、「レシピエント」の血液中でドナー由来の好中球が確認される実験をすべて選び、その実験番号を解答用紙にマークせよ。

- 実験① マウスAの血液から回収した好中球をマウスBに移植した。
- 実験② マウスAの血液から回収した好中球をマウスCに移植した。
- 実験③ マウスAの全骨髄細胞をマウスBに移植した。
- 実験④ マウスAの全骨髄細胞をマウスCに移植した。
- 実験⑤ マウスAの造血幹細胞のみをマウスBに移植した。
- 実験⑥ マウスAの造血幹細胞のみをマウスCに移植した。

III 次の文を読み、〔1〕～〔6〕の問い合わせに答えよ。

(文)

ヒトの器官のうち、肝臓は、約2,500億個の肝細胞からできており、あといという2つの血管から血液が流れ込んでいる。肝臓が機能する単位であるうは、肝細胞と血管の集合体で肝細胞が約え個集まって直径1～2mmの六角柱の集合体を作っている。いには小腸で吸収されたグルコースやアミノ酸など、さまざまな物質が含まれる血液が流れている。このグルコースは、いを通じて肝臓に入り、おとして蓄えられる。

肝臓のはたらきには、え血液中のグルコース（血糖）濃度の調節、胆汁の生成、体温の保持、ビタミンの貯蔵などがある。不要になった酵素や赤血球などのタンパク質が分解されて脂肪に変えられたり、アミノ酸がエネルギー源として使われたりすると、かができる。かは、細胞にとって有毒な物質であり、肝臓の細胞において、比較的毒性の少ない尿素に変えられる。

〔1〕 文章中のあ～うにあてはまる語句を、解答用紙の□内に記入せよ。

〔2〕 文章中のえにあてはまる、もっとも近い数字を、下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 5万 ② 50万 ③ 500万 ④ 5000万

〔3〕 文章中のお、かにあてはまるものを下の選択肢の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① アンモニア ② グリコーゲン ③ インスリン
④ アルブミン ⑤ フィブリノーゲン ⑥ イヌリン

[4] 図1は人体の主な器官の模式図である。下線部(a)に関して、以下の(ア)～(ウ)を示す部位を図1の①～⑩の中から選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- (ア) 肝臓
- (イ) すい臓
- (ウ) 小腸

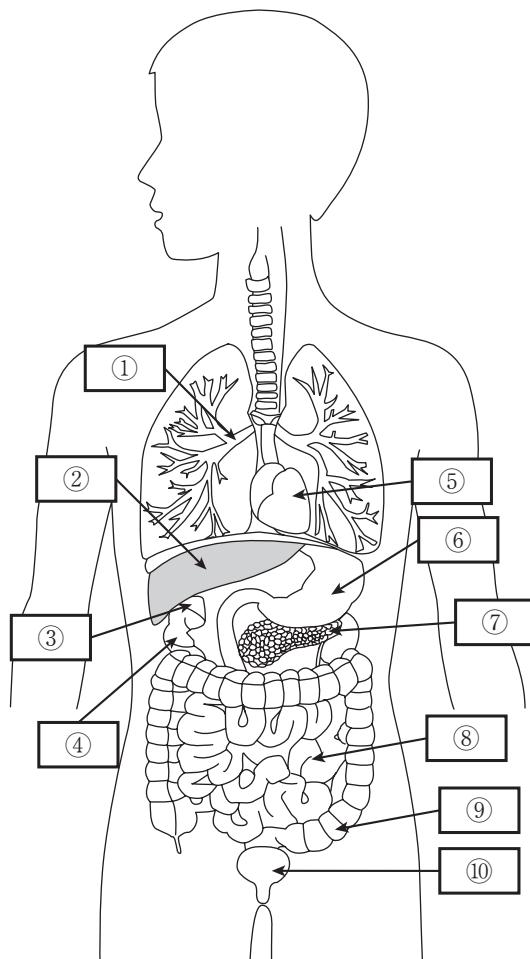


図1

[5] 下線部(b)に関して、次の間に答えよ。

(ア) 解糖系において、1分子のグルコースから細胞質基質において最終的に生成されるものは何か。あてはまる物質名を解答用紙の 内に記入せよ。

(イ) 解糖系において、グルコース1分子あたり き 分子のATPが使われ、
 く 分子のATPがつくられる。

き および く にあてはまる数字を、解答用紙の 内に記入せよ。

(ウ) 解糖系の反応式は次のように表される。



A , B , C 内にあてはまる化学式を解答用紙の 内に記入し、式を完成させよ。

[6] 下線部(c)に関して、次の間に答えよ。

図2は、健康なヒトの食事前後の血糖濃度を示した図である。

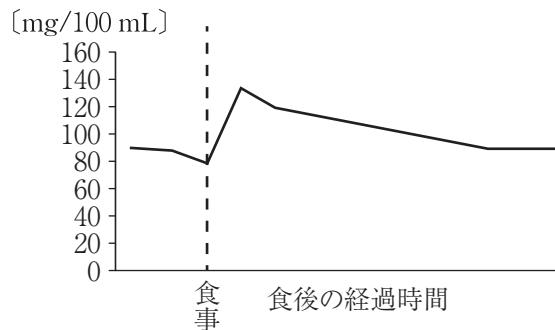
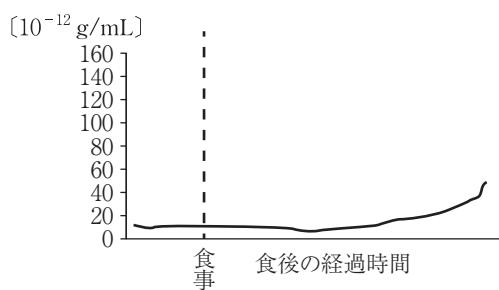
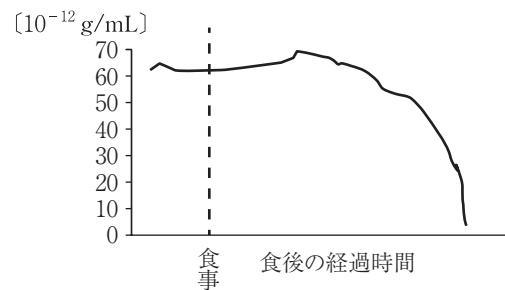


図2

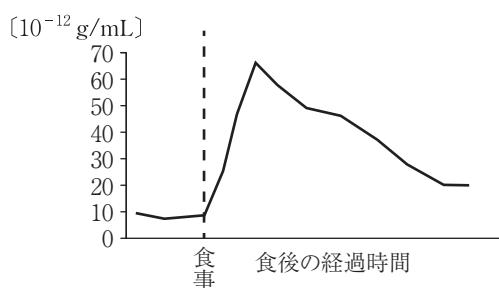
(ア) すい臓のA細胞およびB細胞から分泌されるホルモンの変化を表しているグラフはそれぞれどれか。グラフ①～④の中から適切なものを見、その番号を解答用紙にマークせよ。



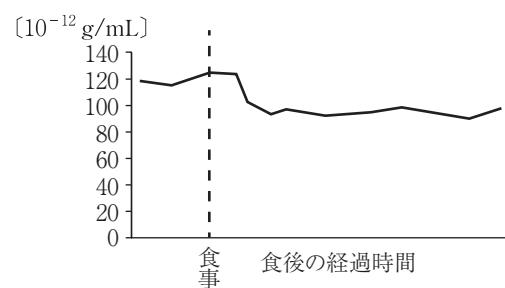
①



②



③



④

(イ) A 細胞およびB 細胞から分泌されるホルモン以外に、図3の から分泌される 、および から分泌される も血糖調節に関わっている。

～ にあてはまる語句を、解答用紙の 内に記入せよ。

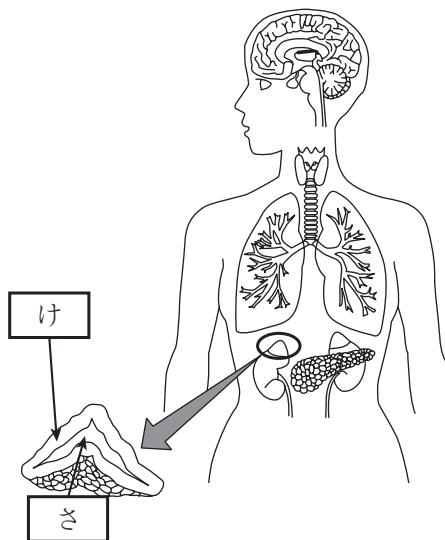


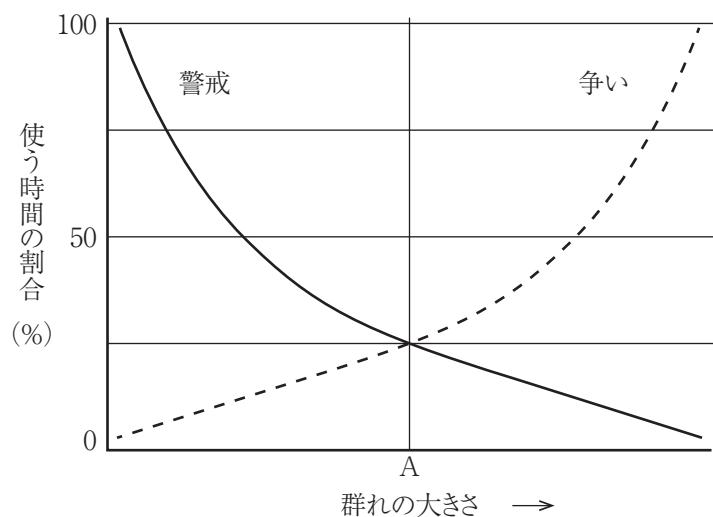
図3

(ウ) 生体内では、ホルモンと自律神経が協調し、血糖濃度が上昇すると血糖濃度を低下させ、血糖濃度が低下すると血糖濃度を上昇させる。これにより適切な血糖濃度が維持されている。このような調節を何というか。解答用紙の 内に 10 字以内で記入せよ。

IV 次の（文1），（文2）を読み，〔1〕～〔7〕の問い合わせに答えよ。

（文1）

ある一定地域で生活する，同じ生物種の集まりを個体群とよぶ。個体群内の個体の分布様式には，集中分布と一様分布，それ以外に，互いの位置に関係なく分布する あ 分布の3つがある。また，生物は群れをつくることによって，効率よく食物を得たり，天敵から逃れやすくなったりする。ハトは単独でいるときには高い確率でタカに捕らえられるが，群れでいるときはその確率が低くなる。これは，警戒に使う時間を群れの個体どうしで分担できるからである。しかし，群れが大きくなると個体間の争いに使う時間が多くなる。この関係をグラフにしたのが図である。縦軸は警戒と争い及び採食に使う時間の割合に該当し，全ての時間は，この3つの行動に使われるとする。



図

〔1〕 文章中の あ にあてはまる語句を，解答用紙の 内に記入せよ。

〔2〕 下線部(a)に関して、次の問い合わせに答えよ。

- (ア) 図の A 点は何を示しているか。解答用紙の 内に記入せよ。
- (イ) 図の条件で、採食に使える時間の割合と群れの大きさとの関係を表すグラフを、解答用紙の 内に記入せよ。
- (ウ) 図に示されたハトの群れに対して捕食者のタカが増えた場合、警戒と争いの交点や採食に使える時間はどうなるか。適当なものを、下の選択肢の中から 1 つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。
- ① 図の交点は右に移動し、採食に使える時間は増える。
 - ② 図の交点は右に移動し、採食に使える時間は減る。
 - ③ 図の交点は左に移動し、採食に使える時間は増える。
 - ④ 図の交点は左に移動し、採食に使える時間は減る。

(文2)

ある生物を広い空間で十分にエサ（資源）がある状態で飼育すると際限なく増えしていく。しかし、空間もしくはエサを制限すると、維持できる個体数は限定される。これは、個体群の密度が高くなると、空間やエサの奪い合いが激化したり、
排出物の蓄積などで環境が悪化したりして出生率が低下するためである。

また、個体群密度に応じて形態や行動が変化するように進化した生物もいる。

トノサマバッタは数世代にわたって高密度で飼育されると、体色が黒っぽくなり、
(d) 後あしが い なり、体がやや小さいわりには う がやや長い成虫になる。

イワナとヤマメは、どちらか1種しか生息していない河川では、それぞれの分布域は同じようなところで、重なっているところもあるが、両種が同じ河川に生息する
(e) ところでは、より上流側にイワナ、下流側にヤマメが生息するように分かれる。

〔3〕 文章中の い , う にあてはまる語句を、解答用紙の □ 内に記入せよ。

〔4〕 下線部(b)の上限の個体数を何というか。解答用紙の □ 内に記入せよ。

〔5〕 下線部(c)に関して、このことを確かめるために、アズキゾウムシを使って、次のような実験を行った。

アズキ（エサ）20 gを入れたシャーレ（a～j）を準備し、その中に、個体数を変えて親虫を放し、25℃の条件下で次世代の成虫の増え方を調べた。なお、親虫は対になるように放した。実験の結果は表のようになつた。また、親虫の対の数が1の場合、シャーレaの大きさを2倍にし、アズキ40 gを入れておいても次世代の数は65匹であった。次の問い合わせよ。

表

| シャーレ | a | b | c | d | e | f | g | h | i | j |
|----------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 親虫の対の数 | 1 | 4 | 8 | 32 | 128 | 200 | 350 | 400 | 600 | 800 |
| 次世代の成虫の数 | 65 | 260 | 432 | 864 | 768 | 760 | 700 | 700 | 600 | 400 |

(ア) アズキも空間も十分にある場合は、65 匹の親虫（雌雄はほぼ同数）からは、約何匹の成虫が羽化すると推定されるか。下の選択肢の中から最も近いものを 1 つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① 65 匹 ② 450 匹 ③ 900 匹 ④ 1500 匹 ⑤ 2000 匹

(イ) 次世代の成虫数が親虫の数の 3 倍に増加するシャーレはどれか。下の選択肢の中から 1 つ選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ e
⑥ f ⑦ g ⑧ h ⑨ i ⑩ j

(ウ) 次世代に羽化する成虫が親虫の数より少ないシャーレはどれか。下の選択肢の中から すべて 選び、その番号を解答用紙にマークせよ。

- ① a ② b ③ c ④ d ⑤ e
⑥ f ⑦ g ⑧ h ⑨ i ⑩ j

(エ) (ウ) のように次世代で羽化する成虫の数が制限される現象を何というか。解答用紙の 内に記入せよ。

[6] 下線部(d)に関して、次の問い合わせに答えよ。

(ア) このように形態が変化することを何というか。解答用紙の 内に記入せよ。

(イ) このように高密度の環境で育って、形態が変化した型を何というか。解答用紙の 内に記入せよ。

(ウ) 形態だけでなく、行動にも変化がみられる。通常のトノサマバッタでは見られない行動はどんなものか、15 字以内で解答用紙の 内に記入せよ。

[7] 下線部(e)に関して、同じ河川にイワナとヤマメが生息しているときには、生活空間や食物などの資源の利用が重ならないようにしている。このように環境中の資源の利用方法など、各生物が生態系内で占めている位置を何というか。解答用紙の 内に記入せよ。