

生 物

1

血液検査を行う目的は、病気の原因を調べる、病気の進行度合を調べる、治療効果を確認するなどである。また、健康であると思われるときでも血液検査を受けることで、病気の早期発見や早期治療につながる可能性がある。血液検査から診断できる病気は、糖尿病（慢性的に血糖値が高い状態）や貧血の他に、肝臓、腎臓、膵臓などの機能異常である。

b) 血液は全身の血管内を循環するが、血液の循環を行うポンプの役目を担っているのは心臓である。血液は細胞成分と液体成分からなる。細胞成分は、赤血球、白血球及び血小板である。細胞成分で一番数が多いのは赤血球であり、哺乳類の赤血球は、扁平な形の細胞である。その内部にはヘモグロビンが大量に含まれている。ヒトの赤血球の寿命は120日程度であり、古くなった赤血球は脾臓や肝臓などで壊され、新しくつくられたものと絶えず入れ替わっている。一方、液体成分は血漿と呼ばれる。血漿の主成分は水であり、タンパク質やグルコースなどが含まれている。加えて、血漿は緩衝作用をもつ。

ヒトの肝臓は横隔膜の下に位置し、暗赤色の器官である。肝臓のはたらきとして尿素の合成、グリコーゲンの合成と分解、胆汁の生成などが知られている。胆汁は肝臓でつくられ、いったん胆嚢に蓄積された後、分泌される。

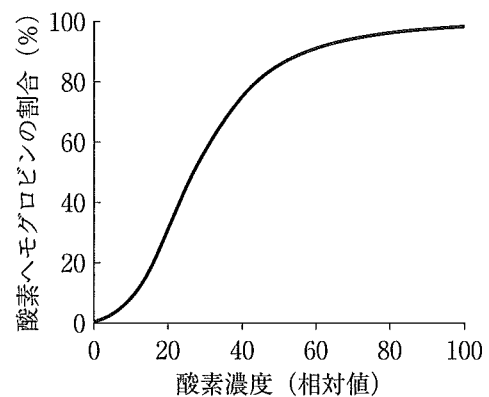
問題 下線部 a) ~ o) に関連する次の問題に答えよ。

a) 糖尿病の原因の1つは膵臓からのインスリンの分泌量の低下である。この場合の治療方法はインスリンの皮下注射である。このとき、インスリンを経口で投与せずに、皮下注射する理由を答えよ。

b) 腎臓のはたらきが極度に低下すると、血液中に尿素などの老廃物が蓄積する。このとき、腎臓機能の代替えとして人工透析の装置が用いられているが、腎臓と人工透析の装置のはたらきには違いがある。その違いを1つ答えよ。

- c) 膵臓の状態は、消化酵素であるリパーゼの血液中濃度を測定することにより推定することができる。その理由を答えよ。
- d) 心臓の左心室の壁は右心室の壁よりも厚い。その理由を左心室と右心室のはたらきから考えて、答えよ。
- e) 健康な成人において血液の細胞成分を産生する部位の名称を答えよ。
- f) ア) 腎臓機能の低下が長期間続くと、赤血球数が低下する可能性がある。その原因を考え、答えよ。
- イ) ヒトの赤血球では DNA は検出されない。その理由を答えよ。
- g) 白血球の1つにヘルパー T 細胞がある。ヒト免疫不全ウイルス (HIV) はヘルパー T 細胞に感染・増殖する。その結果、日和見感染を引き起こす可能性が高くなる。その理由を答えよ。
- h) 血小板数が著しく低下すると、生体においてどのような異常が起こるか、答えよ。
- i) 赤血球が扁平な形であることのメリットを答えよ。

- j) ア) 図1のように、周囲の酸素濃度が増加することによって、酸素ヘモグロビンの割合は増加する。その生体におけるメリットを答えよ。



【図1】酸素解離曲線

- イ) ヘモグロビン A1c (HbA1c) はヘモグロビンにグルコースが結合した物質であり、全ヘモグロビン量に対する HbA1c 量の割合は糖尿病を診断するデータの1つとなりえる。その理由を問題文を参考にして答えよ。
- k) ア) 血漿中のタンパク質濃度が低下すると、腹腔内に水が溜まったり、浮腫（むくみ）が生じたりする。その理由を答えよ。
- イ) 血液凝固因子は血漿に存在しているタンパク質である。血友病患者では幾つかの血液凝固因子濃度が低下している。血友病患者は女性に比べて男性に多い。血友病患者が男性に多い理由を答えよ。
- l) 緩衝作用とは、酸あるいは塩基を加えても pH をほぼ一定に保つはたらきであり、タンパク質の変性を防ぐ。タンパク質の変性とは何か、答えよ。
- m) 血漿中の尿素濃度が上昇したとき、その原因として考えられることを2つ答えよ。
- n) 血漿中のグルコースからグリコーゲンが合成され、肝細胞内に蓄積される。グルコースではなく、グリコーゲンとして蓄積することのメリットを答えよ。
- o) 胆汁が分泌された後、作用する消化管の部位を答えよ。

一般にクラゲとは、傘形あるいは鐘形でゼラチン質の体を持ち、浮遊生活を送る無脊椎動物の総称であり、^{a)} 刺胞動物門か、有櫛動物門^{b)}のいずれかに分類される。ここで扱うクラゲとは、刺胞動物門^{c)}に属する種に限定する。

クラゲは雌雄異体で、放出された卵と精子が海中で受精し、受精卵は卵割と細胞分化の結果^{d)}、遊泳性の幼生（プラヌラ）となる。そしてプラヌラが岩場や岸壁などに付着するとポリプとなり、出芽により増殖する。温度などの条件がそろると、ポリプはクラゲとなる。つまりクラゲはライフサイクルの中に、浮遊性と固着性の2つの世代を持ち、それぞれ有性生殖で増える有性世代と無性生殖^{e)}で増える無性世代である。

クラゲは、夏の海水温上昇、富栄養化などにより大きく成長し、お盆を過ぎた海で、クラゲに刺される危険性が高くなる。クラゲは、刺激を受容すると刺胞から刺針・刺糸を射出して相手に毒液を注入する。クラゲの種類によって毒の強弱には大きな差があり、刺されても何も感じなかったり、軽い痛み程度の場合もあれば、激しい痛みを感じたり、頭痛、吐き気のほか、肺水腫^{f)}などの重篤な症状を引き起こす場合もある。クラゲの主要な毒素^{g)}はタンパク質からなるが、毒としてはたらくしくみはほとんど分かっていない。その理由は、クラゲの毒素を構成するタンパク質が不安定で、活性を保持したままで単離することが非常に難しいからである。

一方で、クラゲから抽出されたタンパク質が、生命科学研究を飛躍的に前進させた事例もある。2008年のノーベル化学賞は緑色蛍光タンパク質 (GFP)^{h)}の発見と応用により、下村博士らに贈られた。GFPはオワンクラゲから単離されたものである。

また近年、飼育が比較的容易なタコクラゲ、ミズクラゲ、サカサクラゲなどが、ペットとして人気がある。タコクラゲは、体内に褐虫藻が共生していることが多く、褐色である。ⁱ⁾

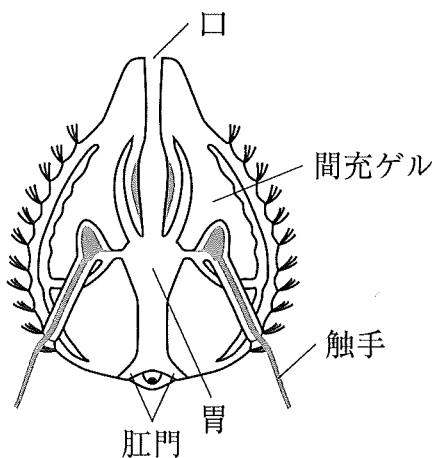
問題 下線部 a) ~ i) に関連する次の問題に答えよ。

a) クラゲの神経系は散在神経系である。集中神経系には存在するが散在神経系には存在しない構造を答えよ。

b) 刺胞動物門は二胚葉性生物である。三胚葉性生物にはあるが二胚葉性生物にはない胚葉の名称を答えよ。また、両生類において、その胚葉から分化し、形成される器官を以下の中から全て選べ。

脳 筋肉 表皮 真皮 腎臓 肝臓 膵臓 心臓
消化管

c) 図2を参考にして、刺胞動物門と有櫛動物門の体制における違いを1つ答えよ。



[図2] クシクラゲ（有櫛動物門）の模式図

d) ア) 卵割が通常の体細胞分裂と異なる点を1つ答えよ。

イ) ある多細胞動物の受精卵を RNA 合成阻害剤で処理した場合、胞胚になることができるが、その後発生が停止した。この現象が起こる原因を答えよ。

e) ア) 無性生殖には，分裂や出芽，栄養生殖がある。出芽で増える生物を以下のの中から全て選べ。

ヒドラ ミドリムシ センチュウ ミジンコ ヒトデ
酵母菌 大腸菌 ジャガイモ

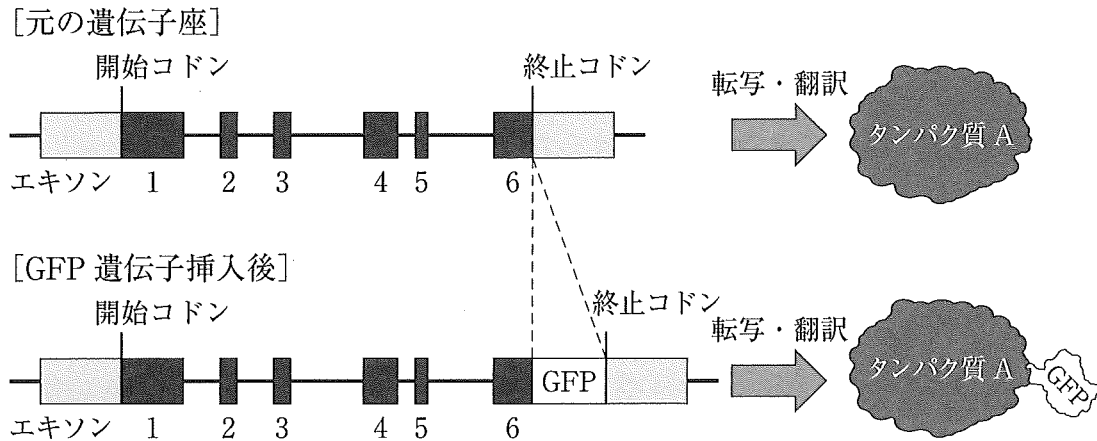
イ) 無性生殖のメリットとデメリットをそれぞれ1つ答えよ。

f) 肺水腫とは，肺胞を取り囲む毛細血管から血液の液体成分が肺胞内に染み出た状態のことである。肺水腫により呼吸不全に陥ることがあるが，それはなぜか，答えよ。

g) フグ毒の主要な毒素であるテトロドトキシンは，神経や骨格筋の電位依存性ナトリウムチャンネルに結合し，ナトリウムイオンの透過を妨げるはたらきがある。カエルの^{注)}神経筋標本にテトロドトキシンを作用させ，運動神経を電気刺激した。このとき，軸索における活動電位と筋の収縮はそれぞれどうなると予想されるか，答えよ。

^{注)} 神経筋標本：神経とそれが支配する筋肉との生理学的連絡を保ったまま生体外に摘出した標本

- h) ア) 図3のように、タンパク質 A の遺伝子の最後のエクソン（エクソン6）に GFP 遺伝子を挿入し、この遺伝子座から「GFP が結合したタンパク質 A」を発現するショウジョウバエを作製した。この遺伝子改変ショウジョウバエを用いることによって分かることを1つ答えよ。



[図3] GFP 遺伝子を挿入した遺伝子座と遺伝子産物

- イ) この遺伝子からタンパク質 A が合成される際、転写から翻訳に至る過程で mRNA においてどのような変化が起こるか、答えよ。
- i) タコクラゲと褐虫藻は相利共生の関係にある。それぞれにとってのメリットは何か、それぞれの形態や生態などを考えて答えよ。

単孔類は哺乳などの哺乳類特有の特徴をもつことに加えて、^{a)}爬虫類と共通する特徴をもっている。^{b)}かつてオーストラリアでは単孔類が繁栄していたが、約7,100万年から約5,400万年前に有袋類が侵入してきたことによって単孔類の多くが絶滅し、現在は^{c)}カモノハシとハリモグラだけが生き残っている。^{d)}遺伝子解析の結果、約5,500万年前に共通の祖先からカモノハシとハリモグラとが分岐した可能性が高い。共通の祖先は水陸両生であり、その後陸だけに棲むようになったものがハリモグラであると考えられている。

有袋類は未熟な状態で生まれた子どもを^{e)}育児嚢で育てる。育児嚢は通常腹部にある袋で、育児嚢の中には乳頭があり、子どもはこれをくわえて母乳を摂取する。ただし、フクロアリクイなど、一部の有袋類には育児嚢が無い。^{f)}現在、オーストラリア大陸には、コアラやカンガルーなどのさまざまな種類の有袋類が生息している。これらは、^{g)}適応放散によって生じたと考えられている。

コアラは通常単独で生活し、^{h)}群れをつくらない。オスのコアラの胸には外分泌腺があり、分泌液を木の幹にこすりつけて自分のⁱ⁾縄張りを主張する。また、コアラはユーカリの葉を主食とするが、ユーカリの葉にはⁱ⁾毒性成分が含まれている。^{j)}コアラでは腸内に生息する細菌（バクテリア）がユーカリの葉の毒性成分を分解する。加えて、他の動物と比較して、肝臓において解毒作用に関与する酵素の遺伝子の発現量や酵素活性が高い。

西暦1859年にアナウサギがヨーロッパからオーストラリア大陸に導入された。以後、アナウサギの個体数が増加し、生息範囲が広がり、オーストラリア大陸にもともと生息していた有袋類の一部が減んだ。一般に、^{k)}外来生物による競争的排除や捕食によって、在来生物の個体群で個体数が減少すると考えられている。

問題 下線部 a) ~ k) に関連する次の問題に答えよ。

- a) 単孔類がもつ哺乳類の特徴として、哺乳と恒温性以外の特徴を1つ答えよ。

- b) 単孔類がもつ爬虫類と共通する特徴を1つ答えよ。

- c) カモノハシが現在まで生き残ることができた理由を問題文を参考にして、答えよ。

- d) ア) 現存する生物の特定の遺伝子の DNA の塩基配列を比較すると、種間の類縁関係や種が分岐した時期を推測することができる。その理由を答えよ。

イ) 種の個体数を増加・安定させるためには遺伝的多様性が重要であると考えられ、遺伝的多様性が低下すると、同じ空間に存在する同じ種の個体数が減少してしまう可能性がある。その理由を答えよ。

ウ) 異なる地域に生息する同種の個体群の間に遺伝的な違いが生じることがある。このように、遺伝的な違いが生じる理由を答えよ。

- e) 有袋類は、真獣類と比べて、未熟な状態で子どもが生まれてくるのはなぜか、原因を答えよ。

- f) ア) オーストラリア大陸以外では、有袋類はほとんど生息していない。その理由として考えられることを答えよ。

イ) 同じ空間において複数の種が共存できる理由を答えよ。

- g) 適応放散とは何か、答えよ。

h) 群れをつくることのメリットを1つ答えよ。

i) ア) 縄張りと行動圏の違いを答えよ。

イ) 単独で縄張りを形成する動物は、条件によっては縄張りを維持しなくなる場合がある。どのような条件が考えられるか、例を1つ答えよ。

j) コアラの子どもは離乳が始まる頃にユーカリの葉の毒性成分を分解する細菌を得る。その方法を推測し、答えよ。

k) これが考えられる理由を答えよ。