

生 物

I (配点 75)

(1) 生物学の研究史に関する次の文章を読み、以下の問い1)～5)に答えよ。

[解答番号 ～]

2012年、日本人研究者がノーベル賞を受賞した。工大太郎くんは、このニュースを知って、ア)過去のノーベル賞受賞者や、イ)過去のさまざまな研究内容について調べてみることにした。

1) 下線部ア)に関して受賞者と研究内容の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。

- ① ワトソンとクリック - DNAの分子構造の解明
- ② シューバーマン - 遺伝子説を確立し、染色体地図を作成
- ③ モーガン - イモリの胚で形成体を発見
- ④ コラーナ - 動物の本能行動に関する研究

2) 下線部イ)に関して17世紀以前の研究者と研究内容の組み合わせとして誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。

- ① レオナルド ダビンチ - 人体解剖図の作成
- ② ハーヴェイ - 血液循環の原理の解明
- ③ アリストテレス - さまざまな動物の発生の観察
- ④ フック - 顕微鏡の発明

3) 下線部イ)に関して19世紀以降の研究者と研究内容の組み合わせとして誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。

- ① シュワン - 動物体について、細胞説を提唱
- ② ルー - ゴルジ体の発見
- ③ メンデル - エンドウの交配実験から遺伝の法則を発見
- ④ エンゲルマン - 植物の酸素発生が葉緑体でおこることを発見

4) 下線部イ)の中には、顕微鏡の発達によって大きな発展を遂げたものもある。顕微鏡に関する記述として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。

- ① 分解能とは、2点を区別できる最小の距離である。
- ② 顕微鏡が発明されたのは16世紀後半ごろであり、当時のレンズはガラスを磨いて作られていた。
- ③ 光学顕微鏡が大幅に改良されたことで、電子顕微鏡よりも拡大倍率が高まった。
- ④ 電子顕微鏡には、透過型と走査型の2つのタイプがある。

5) 成人のヒトのからだに関する数値の記述として誤っているものを、次の①～⑥の中から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 ,

- ① ヒトの個体は、約60兆個の細胞からできている。
- ② 一般に、真核生物のゲノムサイズは、原核生物のその10倍以上ある。
- ③ ヒトの血液には、 1mm^3 中に赤血球が約500個、白血球が約6000～8000個あり、免疫に関係する白血球の方が多く含まれている。
- ④ 静止電位では、細胞膜の外側を基準として細胞膜の内側が $+30\sim+60\text{mV}$ の状態になっている。
- ⑤ ヒトがもつ遺伝子の数は約2万2千個と報告されている。
- ⑥ 1つの腎臓には約100万個の腎単位がある。

(2) ヒトのからだに関する次の文章を読み、以下の問い1)～14)に答えよ。

[解答番号 ～]

1) 図1は、ヒトのからだの構造を模式的に示したものである。図中のア～エに入るものの組み合わせとして最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。

- | | | | | |
|---|---|-----|---|-----|
| ① | ア | すい臓 | イ | 肝臓 |
| | ウ | 小腸 | エ | 大腸 |
| ② | ア | すい臓 | イ | 肝臓 |
| | ウ | 大腸 | エ | 小腸 |
| ③ | ア | 肝臓 | イ | すい臓 |
| | ウ | 小腸 | エ | 大腸 |
| ④ | ア | 肝臓 | イ | すい臓 |
| | ウ | 大腸 | エ | 小腸 |

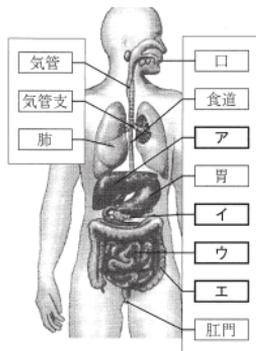


図1 ヒトのからだの模式図

2) 肝臓につながっている血管として最も適当なものを、次の①～⑦の中から1つ選べ。

- | | | | | | | | |
|---|-------|---|-------|---|----------|---|-------|
| ① | 動脈のみ | ② | 静脈のみ | ③ | 門脈のみ | ④ | 動脈と胆管 |
| ⑤ | 動脈と門脈 | ⑥ | 静脈と門脈 | ⑦ | 動脈と静脈と門脈 | | |

3) 図2は、ヒトの心臓の構造を正面からみた模式図である。図中のア～エに入る名称の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。

- | | | | | |
|---|---|-----|---|-----|
| ① | ア | 右心房 | イ | 右心室 |
| | ウ | 左心房 | エ | 左心室 |
| ② | ア | 左心房 | イ | 左心室 |
| | ウ | 右心房 | エ | 右心室 |
| ③ | ア | 右心室 | イ | 右心房 |
| | ウ | 左心室 | エ | 左心房 |
| ④ | ア | 左心室 | イ | 左心房 |
| | ウ | 右心室 | エ | 右心房 |

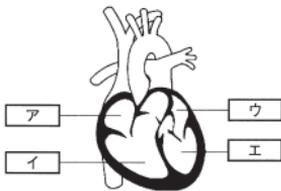


図2 心臓の模式図

4) 心臓に関する記述として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。 10

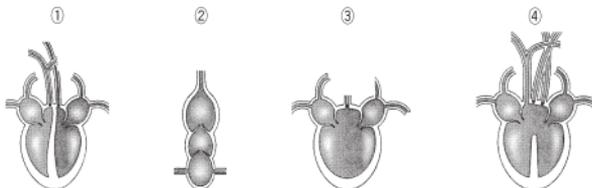
- ① 血液中の二酸化炭素濃度の上昇や低下によって拍動リズムが調節される。
- ② レーウィは、心臓の拍動数が副交感神経によって影響を受けていることを実験によってつきとめた。
- ③ 心臓を構成する心筋は、多数の平滑筋からできている。
- ④ 聴診器を用いてヒトの心臓の音を聞くと2つの特徴のある音が繰り返して聞こえ、第1音は低くかつ長い音、第2音はやや高く短い音であるといわれている。

5) 心臓の拍動に関する記述として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。

11

- ① 心臓には、洞房結節という規則的に電気刺激を送り出す部分があり、ここからの電気信号が拍動のペースメーカーとして作用する。
 - ② 肺動脈には酸素を多く含み、二酸化炭素の少ない血液が、肺静脈には酸素が少なく、二酸化炭素の多い血液が流れている。
 - ③ 心臓の内部には、2種類、合計4つの弁があり、血液の逆流を抑える働きがある。
 - ④ 延髄にある心臓拍動中枢が拍動リズムの調節に関与している。
- 6) 下の図は、さまざまな脊椎動物の心臓を模式的に示したものである。以下の脊椎動物の心臓における模式図として最も適当なものを、次の①～④の中からそれぞれ1つずつ選べ。

鳥類の心臓 12 , は虫類の心臓 13 , 両生類の心臓 14



7) 動物の種類と血管系に関する記述として最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 15

- ① 閉鎖血管系は、開放血管系に比して、循環の効率が悪い。
- ② 環形動物（ミミズなど）は、開放血管系を有する。
- ③ 軟体動物（アサリ、イカ、タコなど）は、閉鎖血管系を有する。
- ④ 節足動物（昆虫、エビの仲間など）は、開放血管系を有する。

8) ヒトの血管系に関する記述として最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 16

- ① 心臓からの血液を送り出す部分の動脈の血管壁は動脈の中で最も薄い。
- ② 大動脈は、心臓の拍動に伴って脈動する。
- ③ 動脈と静脈は、すべて直接つながっている。
- ④ 心臓からの血液を送り出す部分の動脈の血管壁は弾力性が乏しい。

9) ヒトの血管系の構造に関する記述として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。 17

- ① 動脈壁の外側の層を外膜と呼ぶ。
- ② 動脈壁の外側の層は、上皮組織に分類される。
- ③ 毛細血管の血管壁は、1層の細胞からなる。
- ④ 動脈壁における最も内側の血液と接している面を内皮と呼ぶ。

10) 心臓と血圧に関する記述として最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 18

- ① 心臓の拍動で押し出された血液が、血管壁を押し出す圧力を血圧という。
- ② 血圧は、心臓の収縮期に最も低い。
- ③ 血圧は、心臓のし緩期に最も高い。
- ④ 血圧は、動脈の中では心臓に近い大動脈で最も高く、大静脈ではさらに高い。

- 11) 次の心臓と血管に関するア～エの記述の組み合わせとして最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。 19

- ア 動脈壁は、静脈壁に比べ、厚くなっている。
イ 静脈壁は、動脈壁に比べ、厚くなっている。
ウ 心臓において、右心室の壁は、左心室の壁よりも厚い。
エ 心臓において、左心室の壁は、右心室の壁よりも厚い。

- ① アとウ ② アとエ ③ イとウ ④ イとエ

- 12) 血しょうや血球に関する記述として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。

20

- ① 血しょうの一部は、毛細血管から漏れ出て組織液となる。
② 血球成分は、リンパ液に含まれていない。
③ 血球には、赤血球、白血球、血小板の3種類がある。
④ 血しょうには、タンパク質、脂質、グルコースなどが含まれており、組織の細胞に養分やホルモンなどが運搬される。

- 13) ヒトのリンパ液は、血液とどこで合流するか。最も適当なものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。 21

- ① 下大静脈 ② 集合管 ③ 肺動脈 ④ 肺静脈 ⑤ 左鎖骨下静脈

- 14) 体液に関する記述として誤っているものを、次の①～④の中から1つ選べ。 22

- ① 脊椎動物の体液には、血液、組織液、リンパ液がある。
② 組織液は、細胞を浸しており、栄養や酸素を細胞に供給し、老廃物を受け取る。
③ ヒトのからだでは、血管系の他にリンパ液が流れるリンパ系が発達している。
④ 自動性によって体液の成分や浸透圧などは、外部環境が変化してもほぼ一定の状態に保たれている。

- (3) 次の表1はヒトの心拍数と1分間に心臓から送り出される血液の量を示す心拍出量を、安静時と運動時に測定した結果である。これらの値を参考に以下の問い1)と2)に答えよ。

〔解答番号 ～ 〕

表1 安静時および運動時の心拍出量と心拍数

	安静時	低強度運動時	高強度運動時
心拍出量 (L/分)	5	10	25
心拍数 (拍/分)	65	92	190

- 1) 安静時に1回の心臓の拍動で血管へと送り出される血液の量(一回拍出量)は、約 である。 に入る数値として最も適当なものを、次の①～⑩の中から1つ選べ。

- ① 0.077 mL ② 0.77 mL ③ 7.7 mL ④ 77 mL
 ⑤ 770 mL ⑥ 5 L ⑦ 7.7 L ⑧ 10 L
 ⑨ 25 L ⑩ 65 L ⑪ 77 L ⑫ 770 L

- 2) 表1の結果から考えられることとして最も適当なものを、次の①～⑥の中から2つ選べ。ただし、解答の順序は問わない。 , 。

- ① 低強度運動時には、主に一回拍出量を増加させて心拍出量を増加させている。
 ② 低強度運動時には、主に心拍数を増加させて心拍出量を増加させている。
 ③ 低強度運動時には、一回拍出量と心拍数を同じ程度の割合増加させて心拍出量を増加させている。
 ④ 高強度運動時には、主に一回拍出量を増加させて心拍出量を増加させている。
 ⑤ 高強度運動時には、主に心拍数を増加させて心拍出量を増加させている。
 ⑥ 高強度運動時には、一回拍出量と心拍数を同じ程度の割合増加させて心拍出量を増加させている。

II (配点 75)

(1) タンパク質の構造に関する次の文章を読み、以下の問(1)と2)に答えよ。

[解答番号 26 ~ 37]

大腸菌などの微生物細胞やヒトなどの動物細胞を構成する物質として、最も多量に含まれているのは 26 であるが、タンパク質はそれに次いで多く含まれ、大腸菌では細胞重量(生重量)の約 27 %に相当する。細胞には多くの種類のタンパク質が含まれ、簡単な細胞構造をもつ大腸菌でも 28 種類程度あるといわれている。一般にタンパク質を構成するアミノ酸は約 29 種類あり、一つの炭素原子にアミノ基、 30 基、 31 原子、側鎖が結合した構造をもつ化合物である。

タンパク質はアミノ酸が 32 結合により、一般に数十個以上結合した分子であり、タンパク質の種類はアミノ酸の個数や種類、 33 によって決まる。これはタンパク質の 34 構造といわれ、ゲノムを構成している 35 の塩基 33 によって決定される。大腸菌の場合、その塩基対の数は460万程度である。タンパク質では、その鎖を構成するアミノ酸の間で弱い結合が形成され、部分的に規則的ならせん状やジグザグ状の構造が作られる。これらは 36 構造と呼ばれる。さらに、それらの規則的な構造が組み合わせられ立体構造が形成される。これらの立体構造がタンパク質の機能を発揮するうえで、大切であるが、これが熱、圧力、酸などにより不可逆的に壊され、本来の性質をもった状態に戻らなくなることを、特に 37 という。

1) 上の文章中の空欄 26 ~ 31 に入る最も適当なものを、次の①~㉔の中からそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | | |
|--------|--------|----------|---------|
| ① 脂質 | ② 糖質 | ③ 水 | ④ 核酸 |
| ⑤ 5 | ⑥ 10 | ⑦ 15 | ⑧ 20 |
| ⑨ 40 | ⑩ 1500 | ⑪ 4300 | ⑫ 50000 |
| ⑬ フェニル | ⑭ アセチル | ⑮ カルボキシル | ⑯ 水素 |
| ⑰ 酸素 | ⑱ リン酸 | ⑲ ステロイド | ⑳ 塩素 |

2) 上の文章中の空欄 32 ~ 37 に入る最も適当なものを、次の①~㉔の中からそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | | |
|--------|------|-----------|--------|
| ① 一次 | ② 二次 | ③ 三次 | ④ S-S |
| ⑤ ペプチド | ⑥ 配列 | ⑦ DNA | ⑧ tRNA |
| ⑨ NAD | ⑩ 分解 | ⑪ 変性 | ⑫ 変異 |
| ⑬ イオウ | ⑭ 炭素 | ⑮ スプライシング | ⑯ ヒストン |
| ⑰ ATP | ⑱ 活性 | | |

- (2) タンパク質の種類と働きに関する次の文章を読み、以下の問い1)に答えよ。

[解答番号 38 ~ 41]

生体にはいろいろな機能を持つタンパク質が存在している。例えば、毛髪などに含まれるケラチン、血液凝固の際に血球にからまる 38、赤血球の成分として酸素の運搬を行う 39、血糖量の調節を行うインスリン、筋の収縮に関与する 40、生体の化学反応を触媒する酵素など多岐である。そのなかで、酸素を運搬するタンパク質や酵素などには、金属イオンや水溶性ビタミンの変化した 41 を利用するものも存在する。

- 1) 上の文章の空欄 38 ~ 41 に入る最も適当なものを、次の①~⑳の中からそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | | |
|----------|---------|----------|---------|
| ① カドヘリン | ② フィブリン | ③ ヒストン | ④ ミオシン |
| ⑤ ヘモグロビン | ⑥ トリプシン | ⑦ ミオグロビン | ⑧ カタラーゼ |
| ⑨ ペプシン | ⑩ RNA | ⑪ クエン酸 | ⑫ コラーゲン |
| ⑬ 補酵素 | ⑭ アルギニン | ⑮ 乳酸 | ⑯ アミラーゼ |
| ⑰ リパーゼ | ⑱ リン脂質 | ⑲ ホロ酵素 | |

- (3) 酵素の働きに関する次の文章を読み、以下の問い1)~3)に答えよ。

[解答番号 42 ~ 50]

酵素は生体の触媒として、反応の 42 を減少させ、反応の 43 を増加させる。また、酵素の大きな特徴の1つとして、特定の物質の特定の反応だけを触媒する。例えば、スクラーゼと呼ばれる酵素は 44 の加水分解を行うが、よく似た構造をもつラクトースの加水分解を行うことはできない。このような酵素の性質を 45 と呼び、白金や酸化マンガン(IV)のような無機の触媒とは大きく異なる性質である。さらに、酵素の無機触媒と異なる点として、調節作用があげられる。細胞の中で多くの酵素が関与する化学反応が連続して起こる物質の 46 系では、これらの化学反応を調節し、細胞が効率よく活動できるようにするのも酵素の働きである。図1のような物質AからB、Cを経て最終産物Dが3種の酵素a、b、cによってできる反応系において、Dの生産がある一定量を超えると酵素の作用を抑制し、Dの生産が過剰にならないように調節される。このような調節機構をア) 47 阻害という。イ) 48 部位に結合して起こる。

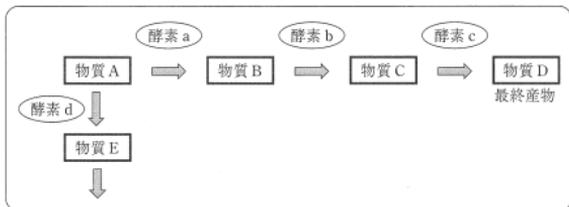


図1 物質Aの反応経路

1) 上の文章中の空欄 ～ に入る最も適当なものを、次の①～⑳の中からそれぞれ1つずつ選べ。

- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| ① 安定性 | ② 速度 | ③ 最適温度 |
| ④ アロステリック | ⑤ 反応エネルギー | ⑥ 活性化エネルギー |
| ⑦ フィードバック | ⑧ デンプン | ⑨ ショ糖 |
| ⑩ セルロース | ⑪ 立体特異性 | ⑫ ATP |
| ⑬ 競争的 | ⑭ 基質特異性 | ⑮ 酵素-基質複合体 |
| ⑯ 代謝 | ⑰ 同位体 | ⑱ 不可逆 |
| ⑲ ホロ酵素 | ⑳ 回路 | |

2) 下線部ア)のDによる酵素作用の阻害は一般に図1のどの酵素でおこるか。最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。

- ① 反応系の分岐点から最初の反応を触媒する酵素aでおこる。
- ② 反応系の中間の反応を触媒する酵素bでおこる。
- ③ 反応系の最後の反応を触媒する酵素cでおこる。
- ④ 別の反応系を触媒する酵素dでおこる。

3) 下線部イ)のような結合の様式について最も適当なものを、次の①～④の中から1つ選べ。

- ① 酵素の基質が結合する部位と同じ部位に結合する。
- ② 酵素の基質が結合する部位とは別の部位に結合する。
- ③ 酵素の特定の部位に結合せず、表面全体に結合する。
- ④ 酵素の基質が結合する部位と、それとは別の部位の両者に結合する。