

**第1問** 呼吸と発酵に関する次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

解答欄  ~  ,

生物は細胞内で呼吸や発酵によって有機物を分解し、この過程で得たエネルギーを用いてATPを合成する。a) ATPは必要に応じて分子構造中にある高エネルギーリン酸結合の加水分解によりエネルギーを放出し、生物の様々な生命活動にエネルギーを供給できるため、「エネルギーの通貨」として重要な役割を担っている。b) グルコースを基質として様々な酵素によってエネルギーを得る呼吸過程は、酸素を必要としない過程と、酸素を必要とする過程とに分けることができる。酸素を必要としない過程には  が含まれ、c) 酸素を必要とする過程には  が含まれる。また、呼吸基質にはグルコースなどの炭水化物のほかに脂肪やタンパク質も用いられる。d) タンパク質が呼吸基質となる場合、加水分解によってアミノ酸に変換されたのちに分解される。呼吸過程では、酸化還元反応による電子の受け渡しが必要な役割を担う。これらの反応を仲立ちする有機物として知られる  は他の物質に電子を渡して還元し、自身は  になる。一方、ある種の微生物では酸素を必要としない発酵によってもエネルギーを得ている。

問1 文章中の空欄  ~  に当てはまる語句の組み合わせとして最も適切なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

	ア	イ	ウ	エ
①	解糖系	電子伝達系	NAD <sup>+</sup>	NADH
②	解糖系	電子伝達系	NADH	NAD <sup>+</sup>
③	電子伝達系	解糖系	NAD <sup>+</sup>	NADH
④	電子伝達系	解糖系	NADH	NAD <sup>+</sup>

問2 文章中の下線部 a) の ATP は図 1-1 に示す分子構造をもつ化合物である。下の(1)~(2)の問いに答えよ。

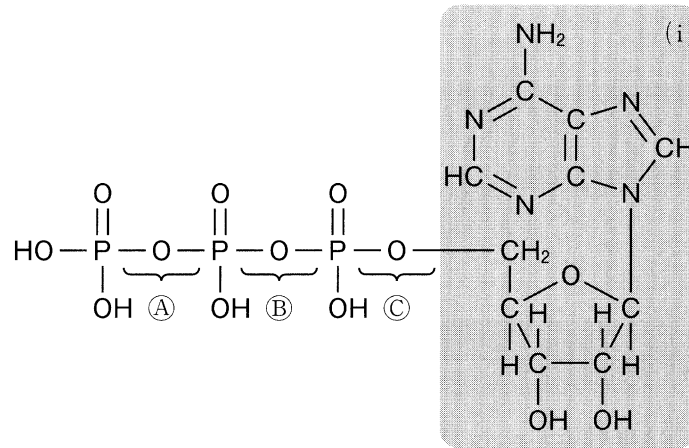


図 1-1 ATP の分子構造

(1) 図 1-1 中の①~③の結合のうち、高エネルギーリン酸結合として最も適切なものを、次の①~⑥のうちから一つ選べ。

2

①	②	③	④	⑤	⑥
①のみ	②のみ	③のみ	①と②	①と③	②と③

(2) 図 1-1 中の(i)の名称として最も適切なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

3

- ① アラニン      ② アデニン      ③ アデノシン      ④ アスパラギン

問3 文章中の下線部b) に関与するホスホフルクトキナーゼは、解糖系においてグルコースから誘導されたフルクトース6-リン酸とATPを基質として認識し、フルクトース1,6-二リン酸を生成する反応を触媒している。下の(1)~(2)の問いに答えよ。

- (1) ホスホフルクトキナーゼは、図1-2に示すように高濃度のATP存在下では、低濃度のATP存在下よりも反応速度が低下する。その理由として最も適切なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

4

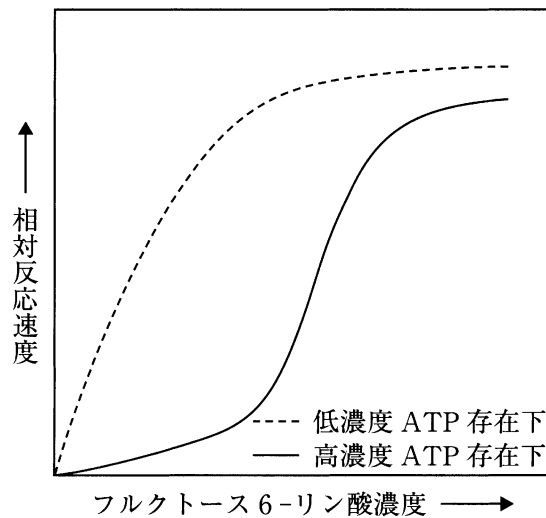


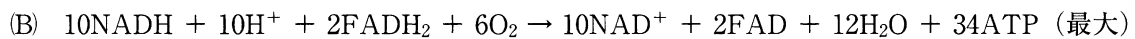
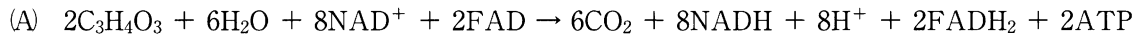
図1-2 ホスホフルクトキナーゼにおける相対反応速度と基質濃度の関係

- ① 酵素中の活性部位にATPが結合して、酵素反応を阻害するため。
  - ② 高濃度のATPは過剰なエネルギーを与えて、酵素を失活させるため。
  - ③ 酵素中の活性部位とは別の部位にATPが結合して、酵素反応を阻害するため。
  - ④ フルクトース6-リン酸とATPが結合して酵素に基質として認識されなくなるため。
- (2) ホスホフルクトキナーゼは、(1)に示す様に解糖系の最終生成物のひとつであるATPの濃度によって酵素活性の強弱が異なる。その利点を記述式解答欄1に説明せよ。

記述式解答欄1

問4 文章中の下線部c)を含むミトコンドリアによるエネルギー産生過程では次の反応式(A)で示される段階と反応式(B)で示される段階が連続的に起こることによって多くのATPの合成を担っている。いま、酸素の供給を止めた場合、反応式に酸素が含まれる(B)の段階だけでなく、最終的に(A)の段階も停止する。その理由を記述式解答欄2に説明せよ。

記述式解答欄2



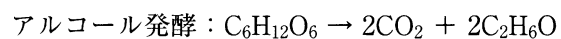
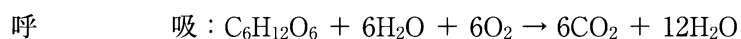
問5 文章中の下線部d)に関し、ロイシン(C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>O<sub>2</sub>N)は呼吸によって次の反応式のように分解される。空欄 A ~ C に入る最も小さな整数の組み合わせを求め、完成した反応式を記述式解答欄3に書け。

記述式解答欄3



問6 酵母菌にグルコースを与えて酸素の存在下で培養したとき、次の反応式のように呼吸とアルコール発酵が同時に進行し、224 mgの酸素を吸収し、336 mLの二酸化炭素を放出した。これらの過程で生成したエタノールは何 mLか求め、記述式解答欄4に求め方とともに書け。ただし、1モルの気体の体積を22.4 Lとし、原子量はC = 12, H = 1, O = 16とする。またエタノールの密度は0.80 g/mLとする。

記述式解答欄4



第2問 代謝に関する次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

解答欄

5

～

12

記述式解答欄 5

問1 イヌのノミ・マダニ駆除薬の成分としてペルメトリン（図2-1）が使用されている。

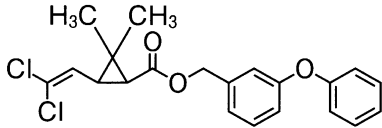


図2-1 ペルメトリンの分子構造

ノミやマダニのナトリウムチャンネルに作用して脱分極をおこし、神経機能を攪乱させると考えられている。脂溶性であるペルメトリンは皮膚から容易に吸収され、イヌの体内で分解され尿や胆汁に排出される。しかし、ネコではペルメトリンの分解に時間がかかるため、中毒症状（嘔吐、発熱、四肢の震えなど）が発生する。そのため、ネコ用のノミ・マダニ駆除薬の成分としてはネコでも分解が容易なフィプロニルが使用されている。フィプロニルはノミやマダニの塩化物イオンチャンネルに作用して神経興奮抑制を阻害する。

下の(1)～(4)の問いに答えよ。

(1) 脱分極の意味として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

5

- ① 静止電位から電位が0に近づくこと。
- ② 下降していた活動電位が静止電位に戻ることに。
- ③ 静止電位より一時的に分極が進んだ状態のこと。
- ④ 細胞膜の内側の電位が負になること。

(2) ナトリウムチャンネルや塩化物イオンチャンネルなどのチャンネルによる輸送の特徴を示すものとして、最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

6

- ① 能動輸送である。
- ② 濃度の低い方から高い方へ移動する。
- ③ エネルギーを使わない。
- ④ チャンネルによる物質移動によって濃度差が維持される。

(3) ペルメトリンやフィプロニルの分解はイヌやネコにとっては解毒である。解毒に関与する代表的な器官として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

7

- ① 肝臓
- ② すい臓
- ③ ひ臓
- ④ 甲状腺

- (4) 胆汁に排出されたペルメトリンの分解物はどのようにして体外に排泄されると考えられるか。記述式解答欄 5 に説明せよ。

記述式解答欄 5

問 2 イヌやネコがペルメトリンを分解する酵素として数種類の UDP-グルクロン酸転移酵素

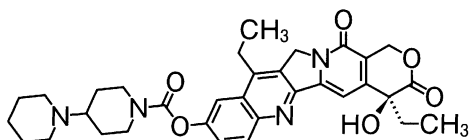


図 2-2 イリノテカンの分子構造

(UGT) が挙げられる。ヒトでは約 20 種類ほどの UGT が発見されている。そのうちの 1 つ UGT1A1 の働きの程度により、抗がん剤であるイリノテカン (図 2-2) による副作用の強弱が予測できる。ヒト UGT1A1 遺伝子は長い方から

数えて 2 番目の染色体上にあり、13031 塩基対から 4 個のエキソンを含む mRNA 前駆体が転写される。2361 塩基の成熟 mRNA から 533 個のアミノ酸からなる UGT1A1 タンパク質が翻訳される。71 番目のアミノ酸はグリシンであるが、一塩基多型によりアルギニンが翻訳される場合もある。グリシンの時はイリノテカンによる副作用が弱いですが、アルギニンの時は副作用が強い。また、a) 229 番目のアミノ酸はプロリンであるが、一塩基多型によりグルタミンが翻訳される場合もある。プロリンの時はイリノテカンによる副作用が弱いですが、グルタミンの時は副作用が強い。

下の(1)~(5)の問いに答えよ。

- (1) UGT1A1 成熟 mRNA は、UGT1A1 mRNA 前駆体の約何 % の塩基数か。最も適切なものを、次の①~④のうちから一つ選べ。

8

- ① 100                      ② 67.7                      ③ 22.6                      ④ 18

(2) 下線部 a) の UGT1A1 の一塩基多型はコドンのうち、何塩基目と考えられるか。以下のコドン表を使用して、最も適切なものを、次の①～③のうちから一つ選べ。

9

- ① 1 塩基目                      ② 2 塩基目                      ③ 3 塩基目

コドン表

1 番目の塩基	2 番目の塩基				3 番目の塩基
	U	C	A	G	
U	フェニルアラニン	セリン	チロシン	システイン	U C A G U C A G U C A G U C A G
	ロイシン		終止	終止 トリプトファン	
C	ロイシン	プロリン	ヒスチジン	アルギニン	
			グルタミン		
A	イソロイシン	トレオニン	アスパラギン	セリン	
	メチオニン		リシン	アルギニン	
G	バリン	アラニン	アスパラギン酸	グリシン	
			グルタミン酸		

(3) 遺伝子配列 (DNA や RNA) の一塩基多型を調べる場合、その技術として、誤りであるものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

10

- ① 塩基配列を読み取る技術  
 ② 制限酵素で DNA 多型配列を切断する技術  
 ③ DNA マイクロアレイ解析  
 ④ DNA リガーゼで DNA を繋ぐ技術

- (4) 図2-3にUGT1A1のDNAの先端(先頭)を示した。この領域がそのまま転写・翻訳された場合、UGT1A1タンパク質の4番目のアミノ酸として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。なお、コドン表は問2(2)のものを用いよ。 11

5'-GGCAGGAGCAAAGGCGCTATGGCTGTGGAGTCCCAGGGCGGACGCCCCACT...  
 3'-CCGTCCTCGTTTCCGCGATACCGACACCTCAGGGTCCCGCCTGCGGGTGA...

図2-3 UGT1A1のDNAの先端

- |        |            |
|--------|------------|
| ① ロイシン | ② フェニルアラニン |
| ③ リシン  | ④ グルタミン酸   |

- (5) 71番目のアミノ酸がグリシンのときを○とし、アルギニンのときを●とする。229番目のアミノ酸がプロリンのときを△とし、グルタミンのときを▲とする。副作用の程度が○ = △, ● = ▲の順に強くなる(例:(○△, ●▲)と(○▲, ●△)は副作用の程度が等しい)とすると、ヒトではイリノテカンによる副作用の程度は何種類存在すると考えられるか。最も適切なものを次の①～⑤のうちから一つ選べ。 12

- |      |     |     |     |     |
|------|-----|-----|-----|-----|
| ① 16 | ② 8 | ③ 5 | ④ 4 | ⑤ 3 |
|------|-----|-----|-----|-----|



第3問 心臓に関する次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

解答欄 13 ~ 19 , 記述式解答欄 6 ~ 8

ヒトでは心臓が a) 体液である血液を送るポンプの役目をしている。ポンプは一般に液体に圧力を加え、液体を低い場所から高い場所へ送る装置であるが、ポンプはポンプの入り口から液体を吸い込み、次に入り込んだ液体を目的の場所まで移送する2つの重要な役目を持っている。すなわち b) つながっている血管に対して陰圧と陽圧の両方の圧力を生み出す器官が心臓である。心臓は左右の肺にはさまれ、大きさはほぼヒトのこぶし大といわれている。重さは成人では約 200 ~ 300 g あるが、心臓の大きさは環境によって変化するといわれ、柔軟な適応力をもった器官である。また感情などによっても動きが変化し、 c) 自律神経やホルモンによって制御を受けている。

ヒトの心臓は、下図に示すように4つの部屋から構成され、左右は心室中隔と呼ばれる壁で仕切られている。 d) この壁は胎児の段階では作られておらず、少しずつふさがってつくられていく。4つの部屋のうち上の2つは容積が小さく、下の2つの部屋は容積が大きい構造になっており、上下で構造が大きく異なっている。また、上下の部屋の連結部には弁があり、収縮に合わせて弁が閉じたり開いたりする。 ア にペースメーカーがあり、その調節の中核は イ である。心臓は横紋筋の一種である e) 心筋と呼ばれる意識のもとでは動かさない ウ 筋で構成されており、ヒトの場合、一生で30万トンもの血液を拍出する。

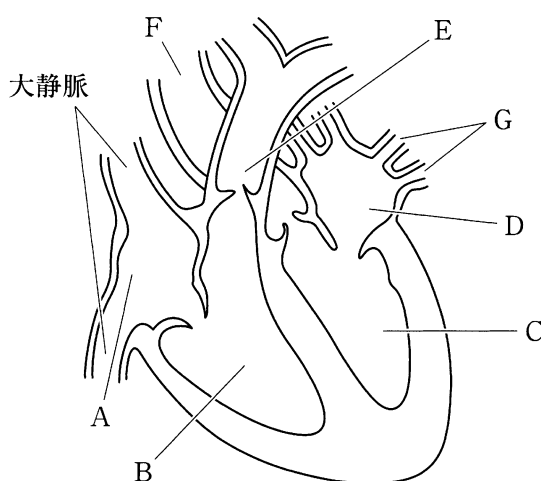


図 3-1 心臓の断面

問1 下線部 a) の血液に関する文として、誤りであるものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

13

- ① 体液には血液以外にリンパ液・組織液の2つが含まれる。
- ② 毛細血管から細胞間にしみ出た血しょうが組織液となる。
- ③ 血液の血しょうにはフィブリノーゲンは含まれない。
- ④ 血液の有形成分には赤血球・白血球・血小板が含まれる。
- ⑤ 二酸化炭素は血液で炭酸水素イオンに変えられ血しょうによって肺まで運ばれる。

問2 下線部 b) で陰圧と陽圧を生み出す心臓の部屋の組合せとして最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

14

	右心房	左心房	右心室	左心室
①	陰圧	陽圧	陰圧	陽圧
②	陰圧	陰圧	陽圧	陽圧
③	陽圧	陽圧	陰圧	陰圧
④	陽圧	陰圧	陽圧	陰圧

問3 下線部 c) に関連して述べた文として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

15

- ① 心臓には交感神経が分布し、交感神経からはアセチルコリンが分泌される。
- ② 心臓は副交感神経の影響を受けず、交感神経のみで制御されている。
- ③ アドレナリンは血糖値上昇の働きの他、心臓の拍動を上昇させるホルモンでもある。
- ④ 心臓の拍動は脳下垂体前葉から分泌される副腎皮質刺激ホルモンにより大きく制御されている。
- ⑤ ノルアドレナリンは心臓の拍動を抑制させるホルモンである。

問4 心臓の図3-1での血液の循環の経路を、例にならって図中のA～Gの記号で、記述式解答欄6に示せ。ただし、Bを始点とする。

記述式解答欄6

例) B → A → C → D → E → F → G

問5 下線部d)で壁がつくられ、心臓が4つの部屋に分化した理由を記述式解答欄7に、簡潔に説明せよ。

記述式解答欄7

問6 心臓の図3-1でBの右心室よりもCの左心室の筋肉が厚い理由を記述式解答欄8に、簡潔に説明せよ。

記述式解答欄8

問7 文中の空欄 **ア** ~ **ウ** に入る語句の組合せとして最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

16

	ア	イ	ウ
①	右心房	延髄	不随意
②	右心房	間脳	不随意
③	左心房	延髄	随意
④	左心房	間脳	不随意

問8 下線部e)で心筋の特徴の組合せとして最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

17

	骨格筋と 比較した持続性	平滑筋と 比較した収縮力
①	ある	強い
②	ない	強い
③	ある	弱い
④	ない	弱い

問9 表3-1は安静時と運動時における、1分間あたりに各器官が受ける血液の流れる量と、それが全血液の流れる量に占める割合を示している。この表から読み取れることとして、誤りであるものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

18

表3-1 安静時と運動時における各器官の血流量と全血流量に対する割合

	安静時		運動時	
	cm <sup>3</sup> /分	割合 (%)	cm <sup>3</sup> /分	割合 (%)
脳	700	14	750	4
心臓	200	4	750	4
筋肉	750	15	12500	70
肝臓	1350	27	600	3
骨	250	5	250	1
他の組織	1750	35	2950	18
合計	5000	100	17800	100

- ① 運動時には筋肉に大量の血液が行き渡り、1分間あたりの血流量では安静時の約17倍の血液が流れている。これは筋肉の収縮力を維持するように機能しているからと考えられる。
- ② 安静時と比べて運動時では1分間あたりの合計血流量が3倍以上に増している。これは全体として血液量が3倍に増加したことを意味する。
- ③ 骨や脳は安静時と運動時の1分間あたりの血流量に大きな変動が見られない。これは常に一定量の酸素や栄養分が供給されていることを意味する。
- ④ 肝臓で安静時よりも運動時に1分間あたりの血流量が減少する。これは肝臓が血流量の調節に関与していると考えられる。

問10 図3-2はヒトの左心室の中の容積を横軸に、左心室の圧力を縦軸にとって表した圧—容積曲線である。図のiiは心臓のどのような状態を示していると考えられるか。最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

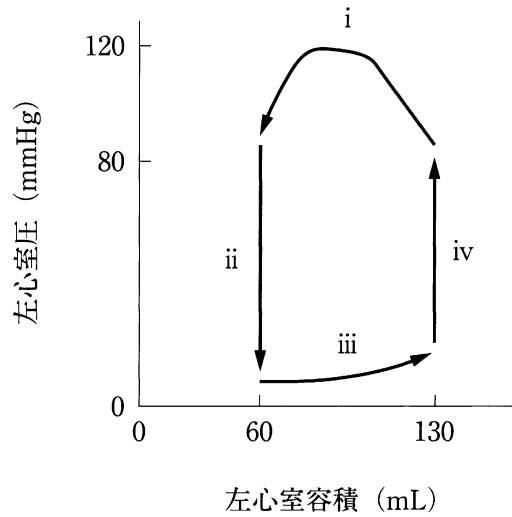


図3-2 ヒトの心臓の圧—容積曲線

- ① 房室弁が開き、左心房の血液が左心室に流入する。
- ② 房室弁が閉じ、左心室の筋肉が収縮する。
- ③ 大動脈弁が開き、左心室から大動脈に向けて血液が送り出される。
- ④ 大動脈弁が閉じ、左心室の筋肉が弛緩する。

**第4問** 地球の炭素循環に関する次の文章を読み、下記の問いに答えよ。

解答欄 20 ~ 24 , 記述式解答欄 9 ~ 12

植物は地球の炭素循環に大きな役割を果たしている。光合成では、ア で光のエネルギーを使って水を分解し、ATPやNADPHなどの高エネルギー物質を作り、イ ではATPやNADPHのエネルギーを利用して二酸化炭素から糖を合成する。大気中の二酸化炭素は光合成や a) 海水への溶解で大量に吸収されるが、 b) ほぼ同量の炭素が二酸化炭素やメタンの形で生態系から大気中に放出されることで大気中の炭素量は、ほぼ一定の状態に維持されてきた。しかし産業革命以降、化石燃料の消費 ( $6 \times 10^9$  ton C※/年) や森林の伐採 ( $2 \times 10^9$  ton C/年) など、人類の活動により二酸化炭素が余分に放出されるようになってきた。大気中の二酸化炭素の増加に伴い、海洋による二酸化炭素固定量が増加 ( $3 \times 10^9$  ton C/年の増) したものの、c) 大気中の二酸化炭素量は増加し続けている。

森林の植物体による炭素吸収密度は、熱帯から寒帯まで平均すると  $13 \times 10^3$  ton C/km<sup>2</sup> で、増加した大気中の二酸化炭素を吸収するために植林をする場合、d) 広大な土地に植林する必要がある。それに対して e) 森林土壌中の炭素保持量は植物体の2倍近い。特に泥炭地は全緑地面積の4.2%でありながら、全緑地の炭素保持量の1/3に当たる  $500 \times 10^9$  ton Cの炭素を保持するため、環境への影響が大きい。2015年インドネシアでは森林伐採に伴う土地の乾燥化で泥炭地火災が起こり、日本が一年間に排出する二酸化炭素量を上回る f) 16億トンの二酸化炭素が意味もなく放出された。ちなみにインドネシアの泥炭地面積は日本の森林面積に匹敵する200,000 km<sup>2</sup>で、 $37 \times 10^9$  ton Cの炭素を保持している。大気中の二酸化炭素量の増加を防ぐためには、その吸収技術の開発とともに g) 生態系の働きを考慮した生物資源の活用が必要である。

(※ $10^9$  ton C [10億トン カーボン] は有機物の中に含まれる炭素原子Cの重量だけを積算した値で10億 ton =  $10^{15}$  gを意味する。炭素放出/吸収量の値は最近20年程の概算値を示す。)

問1 空欄 **ア** と **イ** に当てはまる語句の組み合わせとして最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 20

	ア	イ
①	チラコイド膜	ストロマ
②	ミトコンドリア内膜	葉緑体内膜
③	細胞質	ストロマ
④	チラコイド膜	葉緑体内膜
⑤	ミトコンドリア内膜	細胞質

問2 下線部 a) のように二酸化炭素が水に溶解すると、主にどのような形のイオンで存在するか、最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 21

- ①  $\text{CO}_3^{2-}$       ②  $\text{C}^{4+}$       ③  $\text{CO}_2^-$       ④  $\text{CO}^{2+}$       ⑤  $\text{CO}_4^{3-}$

問3 自然界では、植物に吸収されて有機物となった炭素は下線部 b) のように一部が再度大気中に放出されるが、これは生物のどのような働きによって大気中に放出されるのかを記述式解答欄 9 に説明せよ。 記述式解答欄 9

問4 現在、大気中に二酸化炭素として保持されている炭素の量は約  $750 \times 10^9 \text{ ton C}$  である。このとき下線部 c) の、年間の二酸化炭素増加量の割合として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 22

- ① 0.1 %      ② 0.25 %      ③ 0.7 %      ④ 1.0 %      ⑤ 1.4 %

問5 海水に空気中の二酸化炭素を大量に吸収させると海水の pH が低下してしまう。この二酸化炭素を生物が析出させてサンゴや貝の骨格として利用する際に必要とするイオンは何か、最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 23

- ①  $\text{Na}^+$       ②  $\text{NO}_3^-$       ③  $\text{Fe}^{2+}$       ④  $\text{SO}_4^{2-}$       ⑤  $\text{Ca}^{2+}$

問6 植林により、下線部 d) の化石燃料による年間の二酸化炭素放出を吸収するのに必要な面積は日本の全森林面積の約何倍か。途中の計算も含めて記述式解答欄 10 に有効数字一位の値で解答せよ。なお、日本の森林面積は約 250,000 km<sup>2</sup> である。

記述式解答欄10

問7 大気中の二酸化炭素は、どのような経路で下線部 e) の土壌中炭素に移行するのかを記述式解答欄 11 に説明せよ。

記述式解答欄11

問8 下線部 f) の 2015 年のインドネシア泥炭地火災で放出された炭素量は、世界の年間の化石燃料による炭素放出の何 % か。最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。なお、炭素と酸素の原子量は 12 と 16 としして計算せよ。

24

- ① 0.1 %      ② 0.8 %      ③ 1.3 %      ④ 7 %      ⑤ 13 %

問9 下線部 g) の例として、泥炭地火災を防ぐため泥炭地を乾燥させず湿地帯として食料、燃料などの生物資源の生産に利用する方法を考え、記述式解答欄 12 に示せ。

記述式解答欄12