

# 生 物

## 注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は13ページである。
3. 「解答始め」の合図があつたら、まず、黒板に掲示又は板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配布された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げ申し出ること。次に、解答用紙をミシン目に沿って落ちていて丁寧に別々に切り離し、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに横書きで記入すること。

1 次の文章1～4を読んで、下の問1～問4に答えなさい。

文章1：動物は、劇的に変化する外部環境の中で、内部環境<sup>\*</sup>の変動をある一定の範囲にとどめることで生存している。そうして維持されているもののひとつに体温がある。ヒトを含む恒温動物では、「日陰・日向<sup>ひなた</sup>への移動」「水浴び・湯浴<sup>あ</sup>み」「運動・休養(睡眠)」「衣服の着脱」といった行動性調節と、自律神経系を介する自律性調節によって体温が保たれている。ただし、身体の温度分布は一様ではなく、一定範囲内に維持されているのは頭部や体幹の中心部の温度である[図1(a)]。これを深部体温という。対して、それら以外の部位は外部環境に依存して変化する。一方、変温動物は自律性調節機構を持たず、身体全体の温度が外部環境に依存して変化する。

※フランスの生理学者であるクロード・ベルナールが提唱した概念で、生体を構成する細胞や組織に直に接する体内環境、具体的には細胞間隙液<sup>げき</sup>(組織液、間質液ともいう)を指す。

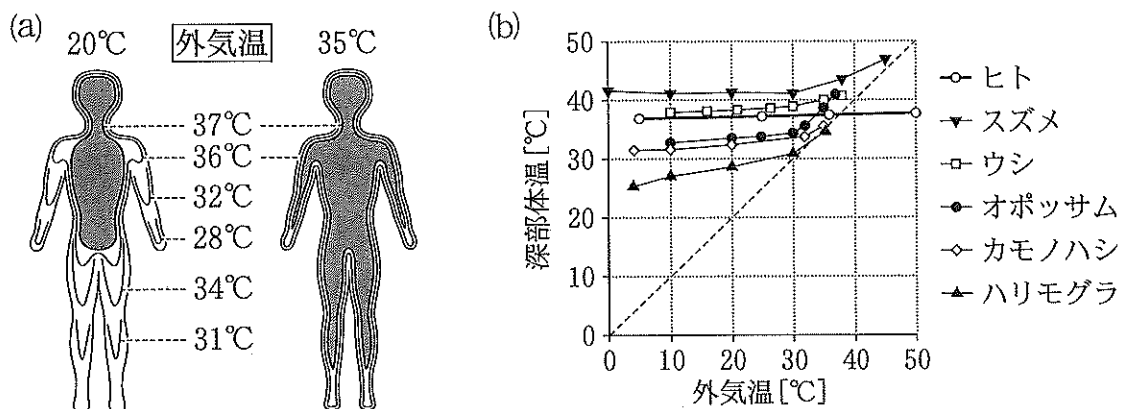


図1 (a)外気温20℃と35℃におけるヒト身体内部の温度勾配。等温線を模式的に示す。[Aschoff, Arch. Phys. Ther. (Leipz.) 8:113-133, 1956から改変引用] (b)種々の恒温動物における外気温と深部体温の関係。深部体温は各外気温の環境に移して3～5時間後に計測した。この実験結果は、各動物の自律性体温調節能力を反映したものであると解釈できる。[Precht et al., "Temperature and Life", Springer Berlin Heidelberg, 1973から改変引用]

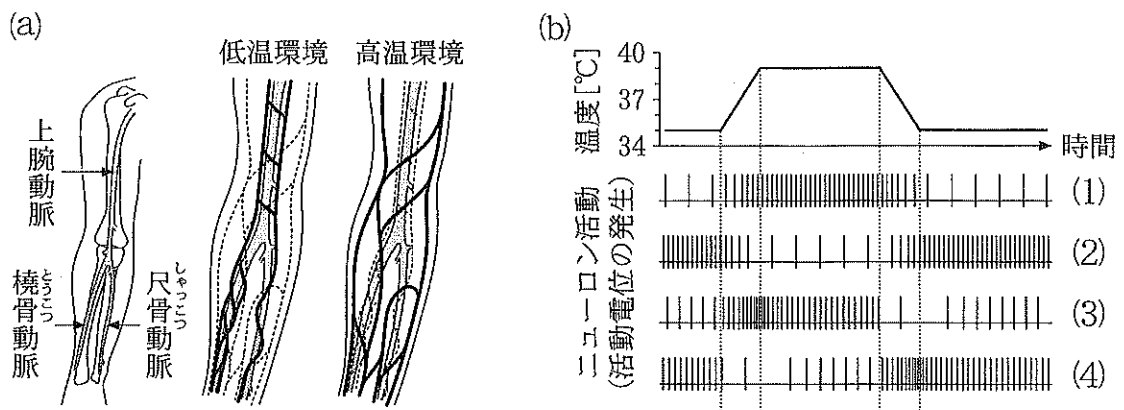


図2 (a) 低温環境と高温環境におけるヒトの腕の静脈血流の違いの模式図。太実線は細破線に比べ血流量が多いことを示す。[中山昭雄編『温熱生理学』理工学社, 1981年から改変引用] (b) 温度に依存して変化するニューロン活動の模式図。(1)~(4)のパネルに描かれた縦実線は活動電位を表す。

文章2：種々の恒温動物において、外気温を変化させたときの深部体温を計測した実験結果[図1(b)]をみると、ヒトは体温調節能力に優れていることが判る。特に、平常の深部体温を超える高温環境においても、深部体温をほぼ一定に保つことができる点は、実験に用いた他の恒温動物にはない特徴である。一方、ヒトは低温環境におかれると、特に腕・脚の温度が大きく低下するが[図1(a)]、これは深部体温の維持を目的としたもので、次のような機構による。

- ① 皮膚血管が収縮して浅層の静脈血流が減少し、深部の動脈に沿って走る静脈(伴行静脈)の血流が増加する[図2(a)]。
- ② 深部の動脈中を末梢へと流れる血液が、伴行静脈を流れる血液によって徐々に(ア)されることで、末梢へ到達する動脈血の温度は(イ)し、中枢へ戻って来る静脈血の温度は(ウ)する。
- ③ その結果、皮膚温が(エ)くなり、外気と皮膚の温度差が(オ)されることで、皮膚から外気へ放散される熱量は(カ)くなる。

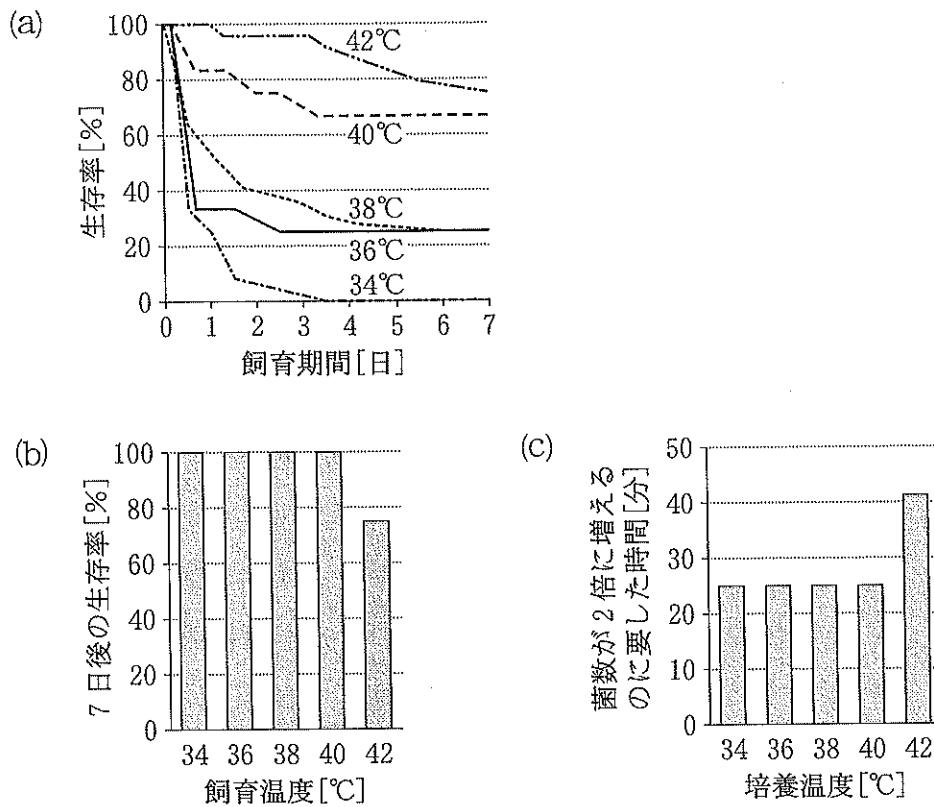


図3 (a) エロモナス・ハイドロフィリア(AH菌)を感染させた後、恒温室で飼育したトカゲの生存率。(b) AH菌を感染させずに恒温室で7日間飼育した後のトカゲの生存率。(c) AH菌を培養皿上で培養したとき菌数が2倍に増えるのに要した時間。44℃では180分以上を要した。[(a), (c)は Kluger et al., *Science* 188:166-168, 1975 から改変引用]

文章3：体温調節の最高位中枢は(キ)にあり、生体各所にある温度受容器からの情報を受け取る。特に重要な温度感受性部位は、深部体温受容器としての(キ)と、外部環境温受容器としての皮膚である。深部体温受容器は、温度が上がると活動電位の発生頻度が上昇する温ニューロンが主であり、深部体温の値を正確に把握する役割を担っている。それに対し、皮膚には温受容器と冷受容器があり、温度の絶対値にも応答するが、温度変化を鋭敏に感知する特徴がある。

文章4：ヒトでは、風邪などの感染症を患うと自律的に体温が上昇する(発熱)。

変温動物では、感染による自律的な体温上昇は起こらないが、体温を高めようとする行動性調節がみられる。こういった現象にはどのような生物学的重要性があるのだろうか。

図3(a)は、変温動物であるサバクイグアナ(*Dipsosaurus dorsalis*; 以降トカゲと記す)の多数の個体にエロモナス・ハイドロフィリア(*Aeromonas hydrophilia*; 以降AH菌と記す)を感染させ、5つの温度の恒温室に分けてそれぞれ飼育し、時間の経過とともに各室のトカゲの生存率がどのように変化していくかを観察した実験の結果である。トカゲの体温は各室の温度に等しい。また、AH菌を感染させなかったときの7日後の生存率を(b)に、AH菌を様々な温度に保った培養皿上で培養したときに菌数が2倍に増えるのに要した時間を(c)にそれぞれ示す。

問1 文章2下線部の特徴はどのように実現されているか。「水分」という語を用いて50字以内で説明しなさい。

問2 文章2および文章3の(ア)~(キ)に入る適当な語を解答欄に書かれたものの中からそれぞれ1つ選び丸で囲みなさい。

問3 文章3の内容をふまえ、深部受容器の温ニューロンおよび皮膚の温受容器を支配するニューロンの応答パターンとして正しいものを、図2(b)の(1)~(4)からそれぞれ1つ選び記号で答えなさい。

問4 文章4の内容と図3の実験結果から、AH菌に感染したトカゲの生存に対して、体温はどのような影響を及ぼしていると考えられるか。次の語群の語句を全て用いて80字程度で説明しなさい。ただし、体温が34~42℃の範囲にない場合については考慮しなくてもよい。

【語句】

死亡, 高体温, 菌の増殖, 免疫機能, 有害

2 次の文章を読んで、下の問1～問5に答えなさい。

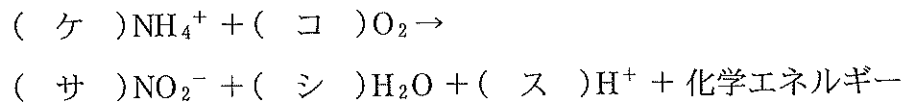
大気中には体積比にして78%の窒素(N<sub>2</sub>)が含まれているが、多くの植物はこれを利用できない。そこで植物は、土壌中から無機態窒素化合物であるアンモニウムイオンや(ア)イオンを水と一緒に根から吸収する。(ア)イオンは土壌細菌の働きによって、アンモニウムイオンから二段階の酸化反応<sup>①</sup>でつくられる。一方、(イ)科植物は根粒菌との共生によって、大気中のN<sub>2</sub>を利用できる。根粒菌はN<sub>2</sub>を固定するニトロゲナーゼという酵素を持っており、窒素固定を行う。根粒菌は(イ)科植物の根に共生して根粒を形成すると、窒素固定を行い、それによってつくられたアンモニウムイオンを(イ)科植物に供給している。根粒菌だけでなく、土壌中の細菌の一部もニトロゲナーゼを持っていて窒素固定を行うことができる。単独(独立)生活で窒素固定を行う細菌として、シアノバクテリアの一部や(ウ)、(エ)が挙げられる。植物の根から吸収された(ア)イオンは、葉に運ばれてアンモニウムイオンに還元された後、(オ)合成酵素の働きにより、(カ)と結合して(オ)が合成される。続いて、(カ)合成酵素の働きによって、(オ)と(キ)から2つの(カ)が合成され、そのうち1つが(ク)転移反応によって各種有機酸に(ク)が転移され、タンパク質、核酸、ATPやクロロフィルが合成されていく。

問1 文章中の(ア)～(ク)に適切な語句を入れなさい。

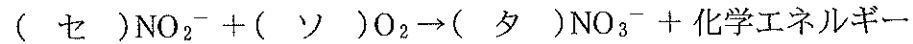
問2 文章中の下線部①の二段階の酸化について次の問いに答えなさい。

- (1) 二段階の酸化は、アンモニア酸化と亜硝酸酸化の2つに分けられる。これらの反応をまとめて何というか答えなさい。
- (2) 次の式はアンモニア酸化と亜硝酸酸化の化学反応式である。式中の(ケ)～(タ)に数値を入れて式を完成させなさい。

アンモニア酸化



亜硝酸酸化



問 3 ニトロゲナーゼは酸素に弱く、酸素に触れると数分で失活する。このためニトロゲナーゼを有する生物はそれぞれ酸素からニトロゲナーゼを守る機構を持っている。根粒中の根粒菌はどのようにしてニトロゲナーゼを酸素から守っているのかを 120 字以内で説明しなさい。

問 4 文章中の下線部②について、自然界から分離した細菌の種名を推定する際は、リボソームの RNA (16 S rRNA) をコードする DNA (16 S rRNA 遺伝子) を PCR 法で増幅し、シーケンサーを用いて塩基配列を決定してから、DNA データベースでその配列と高い類似性を示す遺伝子を有する細菌種を検索するのが一般的である。次の下線部の配列にアニーリングするプライマーを設計して、下線部の間を含む配列を PCR 法で増幅したい(ただし、相補鎖は省略してある)。この時、用いるプライマーの配列を 5' → 3' の向きで書きなさい。

フォワード側

リバース側

5'-ATGCGCTATTGGCGTTGC-----GTACGTCGATGCAGTCAA-3'

問 5 次の説明文(ア)~(カ)に関して、正しいものに○を、誤っているものに×をつけなさい。

(ア) 根粒菌は菌類に属する。

(イ) 1分子の窒素( $N_2$ )を窒素固定するには16個のATPを必要とする。

(ウ) アンモニア酸化と亜硝酸酸化に関与する細菌は化学合成細菌である。

(エ) アンモニア酸化と亜硝酸酸化の反応のうち、律速段階は亜硝酸酸化である。

(オ) 光合成を行うシアノバクテリアは葉緑体を持っている。



3 次の文章を読んで、下の問1～問7に答えなさい。

インドネシアのジャワ島とスマトラ島間のスダ海峡にあるクラカタウ諸島は火山島であるが、島の大半が吹き飛ぶ大噴火が1883年に起きて生物が絶滅した後、①遷移が進行している。近くの島から数十km離れているうえに、川がないので居住に適さずほぼ無人に保たれ、自然状態での遷移のよい例になっているので、何回も調査隊が訪れてその進行状況を調べてきた。

噴火から4年後には、グンバイヒルガオ、テリハボクなど、海流で種子が運ばれる植物が海岸に多かった。②内陸にはタマシダのようなシダ植物が多かった。14年後には、ワセオバナ・チガヤなど、風媒花のイネ科草原が出現した。26年後にはオオバギなどの低木林ができた。③マングローブ植物は幼個体が一時出現したが、④定着せず間もなく消滅した。100年後には、センダン科やイチジク類など、食べられる実をつける樹木に富む高さ40mに達する森林ができ、美しい花をつける植物も数多く生育するようになった。

動物は最初にクモが侵入し、徐々に⑤蝶やバツタ、狩り蜂なども種数が増えてきた。100年後に、動物では空を飛ぶ鳥類が⑥数十種定着しているが、地上生の哺乳類は、まれに接岸する漁船などに紛れて乗って来たと思われるネズミが2種類生息するだけであった。

以上100年間の各調査時に発見された植物の種数を、⑦種子等の散布様式で(A)～(D)の4のタイプに分けて示したものが図1である。

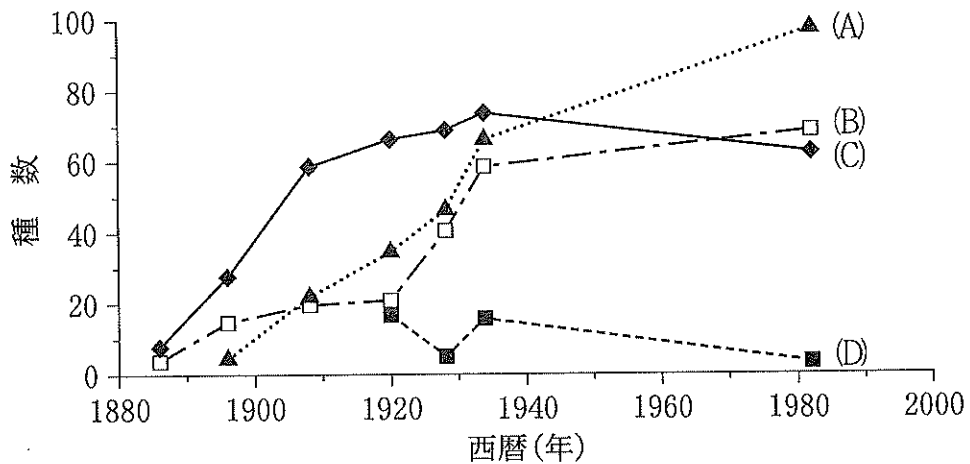


図1 散布様式別の種数の経年変化 (Partomihardjo T. 1995 より)

遷移開始から 100 年余りしかたっていないクラカタウ諸島の森林は、まだ遷移の進行途上にあるが、近くのスマトラ島では、フタバガキ科を中心とした極相の熱帯(ア)林が見られる。しかし、そこにもクラカタウ諸島の遷移初期の群落で優占していたオオバギの幼木が、所々にある高木が倒れて明るくなった(イ)と呼ばれる場所に集中して生育していた。一方、フタバガキ科の幼木は、フタバガキ科の大木の下に多かった。オオバギとフタバガキ科の幼木で光に対する純光合成速度の違いを調べてみると、光補償点になる光の強さは前者が後者より(ウ)く、光飽和点になる光の強さは前者が後者より(エ)くなった。

問 1 下線部①のような遷移を何と呼ぶか答えなさい。

問 2 下線部②のように、シダが島の内陸に最初に侵入できたのは、種子植物と異なるシダの生活史のどのような特性が関係していると考えられるか、15 字以内で述べなさい。

問 3 下線部③のように、スンダ海峡周辺の海岸線には普通に出現するマングローブ林がクラカタウ諸島では成立しなかった。その主な理由と考えられることをこの問題の文章の中から探して、10 字以内で述べなさい。

問 4 下線部④に関して、増えてきた蝶、バッタ、狩り蜂の3生物群の中で、植物の種数増加による影響を最も与えたと考えられる生物群はどれか。解答欄に示された生物群で正しいものに丸をつけなさい。またそれはその生物群が持つどのような働きに関連するか。15字以内で述べなさい。

問 5 下線部⑤のように、鳥類が増えたことが植生遷移に与えた影響について、最も大きいと思われることを、15字以内で述べなさい。

問 6 下線部⑥に示した4つの散布様式とは、海流で運ばれる海流散布、風で飛ばされて運ばれる風散布、動物によって食べられたりして運ばれる動物散布、人間によって運ばれる人為散布のいずれかである。(A)~(D)はどの散布様式に該当すると考えられるか、解答欄に示された散布様式に(A)~(D)の記号を入れなさい。

問 7 文章中の(ア)~(エ)の空欄に適切な言葉を入れなさい。

4

次の2つの文章を読み、下の問1～問6に答えなさい。

### 文章1

生物の分類の基本単位は、「種」である。類似した「種」は(ア)という上位の階級にまとめられる。類似した(ア)は、「科」というさらに上位の階級にまとめられる。類似した「科」は、(イ)というさらに上位の階級にまとめられる。類似した(イ)は、(ウ)というさらに上位の階級にまとめられ、類似した(ウ)は、「門」というさらに上位の階級にまとめられる。

熱帯海域に発達するサンゴ礁は、海の中で最も種多様性が高い場所の一つである。熱帯海域は、光条件には恵まれているが、海水中に栄養塩類が乏しいために植物プランクトンが比較的少ない。それにもかかわらず、サンゴ礁での単位面積当りの生産力はきわめて大きく、それによって多くの動物(サンゴ類、<sup>(a)</sup>魚類、ウニ・ヒトデ・ナマコ類、貝類、エビ・カニ類、ゴカイ類など)の生息が可能になっている。

サンゴ礁では、生産者である単細胞の藻類の多くが、水中を浮遊するプランクトンとしてではなく、サンゴなどの動物の体内で生活しており、動物から排出される老廃物中の栄養塩類を吸収しながら光合成を行っている。その光合成産物の多くは宿主の動物に与えられている。ここでは、藻類と動物は、一緒に生活することによって双方が利益を得ている。<sup>(b)</sup>

別種の個体が一緒に生活する関係の中には、一方の種の個体だけが利益を得て、他方の種の個体は不利益を受けるような関係も普通に見られる。<sup>(c)</sup>

問1 文章中の(ア)～(ウ)に当てはまる語句をすべて漢字で書きなさい。

問 2 下線部(a)の6つの動物群が属する「門」の名称を下の語群から選び、その番号で答えなさい。

【語群】

- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| ① 半索動物門 | ② 脊椎動物門 | ③ 扁形動物門 |
| ④ 胴甲動物門 | ⑤ 節足動物門 | ⑥ 海綿動物門 |
| ⑦ 軟体動物門 | ⑧ 環形動物門 | ⑨ 刺胞動物門 |
| ⑩ 棘皮動物門 | ⑪ 線形動物門 | ⑫ 紐形動物門 |

問 3 下線部(b)と(c)の関係は、それぞれ何と呼ばれているか。漢字で答えなさい。

## 文章 2

すべての生物の体は、細胞でできている。その細胞の基本構造の違いによって、生物は、「原核生物」と「真核生物」の二つに大別することができる。さらに、遺伝子の塩基配列の解析などから、原核生物は、「細菌(バクテリア)」と「古細菌(アーキア)」の2つのグループに区分されるようになった。

原核生物の細胞(原核細胞)には、環状のDNAが存在する。一方、真核生物の細胞(真核細胞)では、直鎖状のDNAが、核の中の染色体の中に存在し、DNAが(エ)というタンパク質に巻き付いてクロマチン繊維となっている。

原核細胞と真核細胞のどちらにも、細胞質基質中にリボソームが存在する。これは、(オ)とタンパク質からできた微小な粒状の構造物であり、DNAの遺伝情報を転写した(カ)に結びつき、(カ)の塩基配列にもとづいて、(キ)が運んでくる(ク)を結合させながら、(ケ)を合成する。

ミトコンドリアは真核細胞にしか存在しない細胞小器官である。ミトコンドリアは、細胞内での(コ)に重要な役割を果たしている。(コ)によって、グルコースが分解されてそこからエネルギーが取り出される過程は、「解糖系」<sup>(d)</sup>、「クエン酸回路」、「電子伝達系」の3つの段階に分けられ、最終的にそのエネルギーを使って(サ)が合成される。

ミトコンドリアは、もともとは独立した生物体だったが、真核細胞の進化の過程で別の生物の細胞内<sup>(e)</sup>に取り込まれ、長い時間を経て今の姿に変化したと考えられている。

問 4 文章中の(エ)~(サ)に当てはまる語句を下の語群から選び、その番号で答えなさい。

【語群】

- |          |         |        |
|----------|---------|--------|
| ① 細胞壁    | ② 細胞膜   | ③ 外骨格  |
| ④ シトクロム  | ⑤ コラーゲン | ⑥ ヒストン |
| ⑦ ヘモグロビン | ⑧ mRNA  | ⑨ tRNA |
| ⑩ rRNA   | ⑪ DNA   | ⑫ 脂質   |
| ⑬ 糖      | ⑭ タンパク質 | ⑮ アミノ酸 |
| ⑯ リン酸    | ⑰ ATP   | ⑱ ADP  |
| ⑲ 光合成    | ⑳ 呼吸    | ㉑ 発酵   |

問 5 下線部(d)に関して、「解糖系」、「クエン酸回路」、「電子伝達系」が存在する細胞中の部位を下の語群から選び、その番号で答えなさい。

【語群】

- |                  |              |
|------------------|--------------|
| ① ミトコンドリアの外膜     | ② ミトコンドリアの内膜 |
| ③ ミトコンドリアのマトリックス | ④ 細胞質基質      |
| ⑤ 細胞膜            | ⑥ 小胞体        |

問 6 下線部(e)に関して、ミトコンドリアの祖先は「ある種の細菌」に近縁であると推定されている。この推定の根拠となる事実を 70 字以内でまとめなさい。