

生 物 (その1)

第1問 酵母菌を使った実験に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

【実験1】 5%グルコース水溶液に酵母菌を加えよくかき混ぜる。この液をキューネ管の盲管部に空気が入らないように静かに入れ、40℃の恒温器に入れ時々攪拌した。2時間後に観察すると (1) 盲管部の先端に気体が3 mL 発生していた (図1)。その後、観察を続けても気体の量に変化は見られなかった。キューネ管に (2) 水酸化ナトリウムの粒を2~3個入れて開口部を指で押さえ、よく攪拌し水酸化ナトリウムを溶解したところ、盲管部の気体は完全に消失した。

【実験2】 キューネ管に実験1で作成したのと同じグルコースと酵母菌の混液を実験1と同じ量入れた後、さらに酸素を3 mL 注入してから 40℃の恒温器に入れ時々攪拌した。1時間後に観察すると、盲管部の気体は4 mL になっていた (図2)。この状態でキューネ管に水酸化ナトリウムの粒を2~3個入れてよく攪拌し溶解したところ、盲管部の気体は完全に消失した。

図1

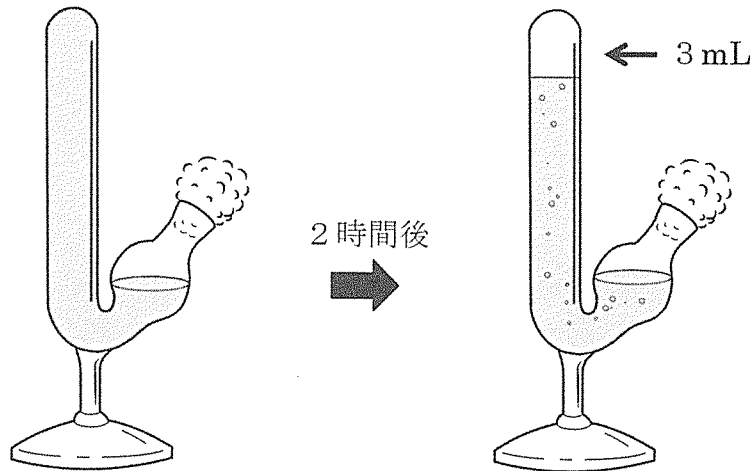
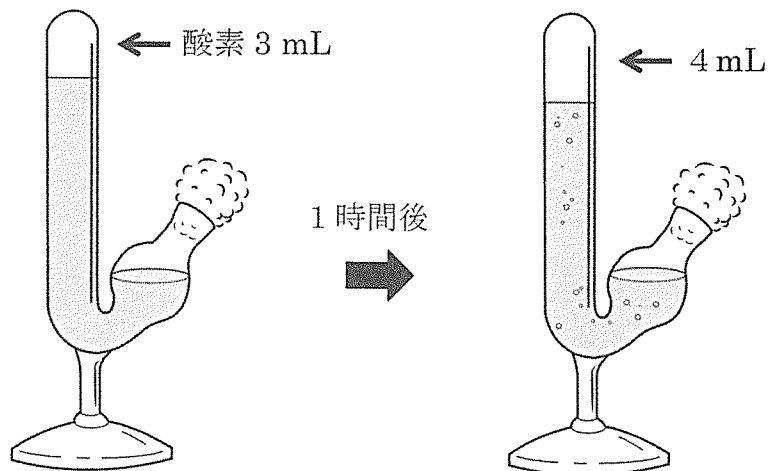


図2



生 物 (その2)

- 問1 酵母菌は (A) 原核生物と (B) 真核生物のどちらか、記号で記せ。
- 問2 下線部 (1) について、発生した気体の名称を記せ。
- 問3 下線部 (2) について、気体が消失したこの反応を反応式で記せ。
- 問4 実験1について、キューネ管の中でグルコースはどのように変化したか、グルコースの変化を反応式で記せ。
- 問5 実験2について、キューネ管の中でグルコースはどのように変化したか、問4の反応以外の変化を反応式で記せ。
- 問6 実験2において、キューネ管に水酸化ナトリウムを加えずにそのまま 40℃の恒温器に入れて2時間以上経つと、最終的に気体の量はいくらになるか、整数で記せ。
- 問7 実験2のキューネ管に酸素注入後、電子伝達系を阻害する薬剤を添加して 40℃の恒温器に入れて2時間以上経つと、最終的に気体の量はいくらになるか、整数で記せ。

生 物 (その3)

第2問 ガス交換と循環系に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

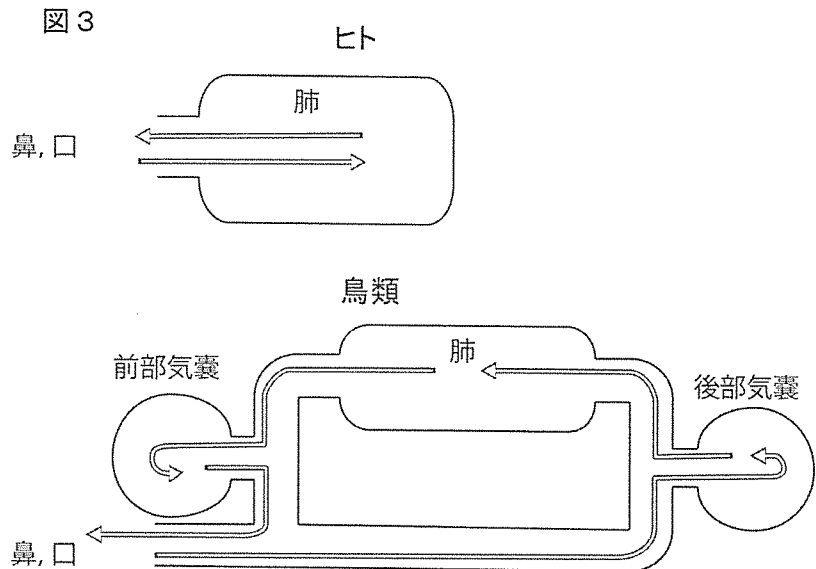
(1) ヒトは肺で空気中の酸素を血中に取り込み、(2) 魚類は鰓^{えら}で水中の溶存酸素を効率よく血中に取り込んで、全身の組織に分配している。一方で昆虫は(ア)から空気を取り込んで気管に入れ、組織の細胞に酸素を直接渡す。ヒトや魚類などの脊椎動物では、(3) 酸素は主に血液中の赤血球がもつヘモグロビンの(イ)原子に結合して運ばれる。一方、二酸化炭素は水への溶解度が酸素の20倍以上である上にイオンになりやすいので、主に血しょうで運搬される。脊椎動物と違って、昆虫は循環系を使って積極的に酸素を運搬しないので、あまり体を大きくすることができないが、古生代の(ウ)期には、大気中の酸素濃度が約35%もあったので、巨大なトンボなどが飛びまわっていた。

脊椎動物では、酸素や栄養分などの分配のため、1つの心臓から血液が送り出されて血管の中を通過して全身を循環している。(4) 脊椎動物の心臓は、心房と心室という区画から構成されていて、循環系、ガス交換系の構成に即して、血液の流れが決まり、それに適合した区画数をもっている。それに対して昆虫は複数の心臓をもち、(5) 栄養分などを類似の方法で循環させているが、血管は途中でいったん途切れる。

ヒトでは急激な運動などで筋肉にエネルギーが必要になると、(6) 酸素を大量に送るために、肺や筋肉の循環血液量をあげる。この際、血液は粘性が高いために、血管の半径が2倍になると、理論上血流量が16倍になるとされている。このように運動時に筋肉への酸素の供給量は増えるが、それでも酸素が不足することが起こる。そこで、筋肉の持久力をあげるために、(イ)原子を含んだ(エ)というタンパク質で酸素を貯蔵している。

問1 文中の(ア)～(エ)に適語を記せ。

問2 下線部(1)について、
 図3の矢印のように、ヒトは肺に直接空気を出し入れしているが、鳥類は、肺の前方と後方に^{きのう}気嚢という袋があって伸縮し、空気が肺を通過するようになっている。このしくみについて、ヒトが鳥類より劣っている点を簡潔に記せ。

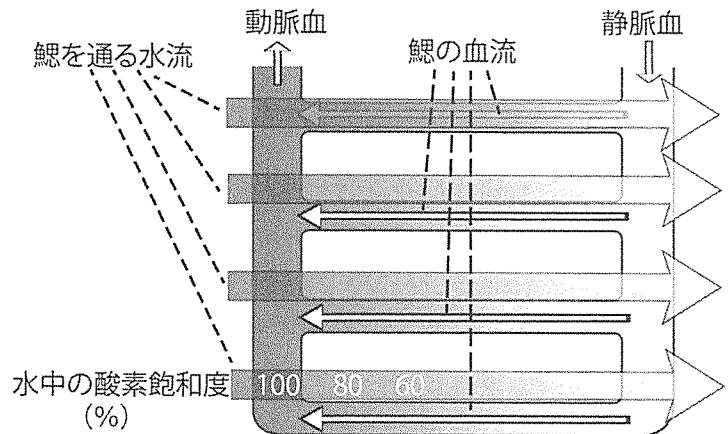


生 物 (その4)

問3 下線部(2)について、

図4のように鰓の血流(細い矢印)は口から流れ込む水流(太い矢印)と逆の方向に流れている。このしくみは、血流が水流と同じ方向に流れる場合と比べてガス交換の効率がよい。その理由を酸素飽和度の変化を考慮して説明せよ。

図4



問4 下線部(3)について、ヒトの循環系での酸素と二酸化炭素の運搬に関する記述として、正しいものを次の①～⑥から3つ選び、番号で記せ。

- ① へその緒の血管では動脈の血中二酸化炭素濃度が静脈より高い。
- ② 二酸化炭素の運搬には赤血球の酵素が重要な働きをする。
- ③ 血しょう中の二酸化炭素の多くは炭酸イオンとなっている。
- ④ ヘモグロビンの酸素飽和度は酸素濃度に正比例する。
- ⑤ 二酸化炭素濃度が高くなるとヘモグロビンは酸素に結合しやすくなる。
- ⑥ 胎児のヘモグロビンは成人と比べて酸素に結合しやすい。

問5 下線部(4)について、

i) ヒトの心筋について、適当なものを次の①～④からすべて選び、番号で記せ。

- ① 横紋筋である。
- ② 平滑筋である。
- ③ ほとんどは多核の細胞である。
- ④ ほとんどは単核の細胞である。

ii) あ) 魚類, い) 鳥類, う) 両生類の心臓は、いくつの心房と心室からなるか、適当なものを次の①～④から選び、それぞれ番号で記せ。

- ① 1心房1心室
- ② 2心房1心室
- ③ 1心房2心室
- ④ 2心房2心室

iii) ヒトでも少し行うが、両生類一般に特徴的なガス交換の方法を記せ。

問6 下線部(5)について、

i) このような血管系を何とよぶか、名称を記せ。

ii) ヒトで類似の構造をもち、組織液が流入する脈管系の名称を記せ。

問7 下線部(6)について、

i) この際に作動する神経系は何か、名称を記せ。

ii) 心臓がポンプ機能をあげる主な方法は何か、簡潔に記せ。

iii) 肺や筋肉の循環血液量の調節に、血管構造のどの層が最も重要か、名称を記せ。

生 物 (その5)

第3問 再生医療に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

神経細胞や心筋細胞など本来は増殖しない組織を幹細胞から分化させ、それを移植することによって脳梗塞や心筋梗塞を治療しようという再生医療への期待が、iPS細胞の樹立により現実のものとなってきた。iPS細胞は自分自身の体細胞から樹立できるため、それまでES細胞では解決の難しかった、移植片に対する免疫不適合や、受精卵を壊すことに対する倫理的な問題などは生じない。ところがiPS細胞を実際の治療に用いようとする、発がん性のチェックなど安全性の確認が必要で、移植に適したiPS細胞株を確立するためには相当な時間と費用がかかることが問題となってきた。そこで安全性が高く、多くの患者に移植可能なiPS細胞株をあらかじめ準備しておく「iPS細胞ストック」をつくる計画がわが国で進められている。

移植治療で問題になる⁽¹⁾拒絶反応は、提供者(ドナー)と患者(レシピエント)の細胞の表面に存在する主要組織適合性複合体(MHC)の不一致に起因する。ヒトのMHCはHLAとよばれ極めて多くの種類があるため、HLAの型が個体間で一致することはほとんどない。同じ両親から生まれた子のあいだで約4分の1、血縁関係のない者同士では、数百から数万分の1の確率でしかHLAは一致しない。HLAのうち、⁽²⁾移植の際に特に重要なのはHLA-A、HLA-B、HLA-DRの3つの遺伝子座に存在する複対立遺伝子の組み合わせである。それぞれの遺伝子座における複対立遺伝子のあいだに優性劣性の関係はない。

⁽³⁾HLA複対立遺伝子の中でも特に頻度が高く重要性の高いものとして、HLA-Aが8種類、HLA-Bが20種類、HLA-DRが10種類知られている。この⁽⁴⁾3つの遺伝子座の対立遺伝子をそれぞれホモにもつiPS細胞を50株樹立することで、iPS細胞を用いた移植治療に対して日本人の80%をカバーすることができるという試算がなされている。これまでに広く行われてきた⁽⁵⁾再生医療の1つに骨髄移植があるが、この治療においてもHLAを一致させることが重要なので、骨髄提供者のHLAの型はあらかじめ骨髄バンクに登録されている。そこで⁽⁶⁾骨髄バンクのデータをもとにHLAをホモにもつ登録者に対して細胞提供のよびかけが行われている。

生 物 (その6)

問1 下線部(1)について、MHCの違いを認識して移植片の細胞を直接攻撃する細胞をその働きから何とよぶか、名称を記せ。

問2 下線部(2)について、3つのHLA遺伝子座の対立遺伝子をすべてホモにもつドナーの細胞を、ヘテロのレシピエントに移植した場合、レシピエントがドナーと同じ遺伝子を各遺伝子座について1つずつもっていれば拒絶反応は起こらない。その理由を簡潔に記せ。

問3 下線部(3)について、

i) HLA-Aをホモにもつ組み合わせはすべての組み合わせのうちどれだけか、その比率を分数で記せ。

ii) HLA-A, HLA-B, HLA-DRの3つの遺伝子座すべてについて、対立遺伝子がホモになる組み合わせはいくつあるか記せ。

iii) HLA-A, HLA-B, HLA-DRの遺伝子座の複対立遺伝子の組み合わせは、全部で何通りになるか記せ。

ただし、i)～iii)のいずれについても、HLA-A, HLA-B, HLA-DR遺伝子座の複対立遺伝子の数をそれぞれ、8, 20, 10として計算せよ。

問4 下線部(4)について、問3のii)で得られた組み合わせの数だけのiPS細胞ストックを用意できれば、理論上は100%のレシピエントに対して拒絶反応が起こらない移植が可能となる。しかし実際にはそれよりもはるかに少ない50株のiPS細胞ストックで日本人の80%をカバーできるという試算が成り立つのはどうしてか、その理由を簡潔に記せ。

問5 下線部(5)について、骨髄移植によって再生が期待されている組織の名称を記せ。

問6 下線部(6)について、iPS細胞ストックの作成は主にHLAをホモにもつドナーから採血し、その中に含まれる細胞からiPS細胞を樹立する方法で行われている。すべての血液細胞を含む多能性のiPS細胞を樹立する上で、不適切な細胞を次の①～⑥からすべて選び、番号で記せ。

① 赤血球 ② 好中球 ③ マクロファージ ④ 樹状細胞 ⑤ T細胞 ⑥ B細胞

生 物 (その7)

第4問 菌類に関する次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

キノコなどの菌類は一見植物のように見えるが、光合成をしない（ア）栄養生物であり、有機物を他の生物に依存している。⁽¹⁾ 菌類は動物や植物の死がいや排泄物などを強力に消化、処理する（イ）者として生態系の重要な位置を占めている。消化するといっても、⁽²⁾ 動物のように消化管をもっているわけではないので、（ウ）を分泌して体外消化を行う。菌類の細胞は、節足動物の外骨格を構成する物質でもある（エ）を含む細胞壁をもっていて、多くの種が多細胞からなる菌糸を形成する。菌類は基本的に、土中などにある⁽³⁾ 菌糸の全表面から栄養を吸収するので、表面積を大きくして吸収効率をあげている。

菌類は様々な生物と共生もしている。多くの植物の根には菌類が共生して（オ）を形成しており、植物に必要な無機塩類を供給している。また、シアノバクテリアなどと共生している菌類が多数あり、共生体を（カ）類とよぶ。（カ）類をつくる菌類の多くは、アオカビと同じ（キ）菌類に属し、（カ）類の化石記録は、⁽⁴⁾ 植物の上陸より古い。

菌類は、ヒトの病原微生物としては強力なものは少ない。しかし、HIV感染による（ク）や抗がん剤投与などで、⁽⁵⁾ からだの防御機能が低下した状態だと、菌類が感染症を引き起こすことがある。逆に、⁽⁶⁾ 菌類の産生する物質が、ヒトに有害な微生物を攻撃する場合があります。われわれはそれを「抗生物質」とよんで感染の治療に用いている。

問1 文中の（ア）～（ク）に適語を記せ。ただし、（ク）は英字略語で記せ。

問2 下線部（1）について、

- i) 植物の細胞壁をつくる繊維は何か、名称を記せ。
- ii) 被子植物の葉の表面を保護している層を何とよぶか、名称を記せ。

問3 下線部（2）について、菌類は消化でできた小分子の有機物を細胞外から細胞内に取り込む。その際に有機物を通る膜タンパク質を一般に何とよぶか、名称を記せ。

問4 下線部（3）について、例えば多数の細胞が直列に連なった円柱形を考えると、体積が同じならば、直径を1/10にすると円柱側面の表面積は何倍になるか、整数で記せ。

問5 下線部（4）について、

- i) 最初に上陸したのは何植物か、名称を記せ。
- ii) i) の植物にはなく、その後の進化で陸上植物が獲得した組織系は何か、名称を記せ。

問6 下線部（5）について、このように防御機能が低下したときに、病原性の弱い微生物によって起こる感染を一般に何感染とよぶか、名称を記せ。

問7 下線部（6）について、抗生物質の具体的な名称を1つ記せ。