

2021年度

公立千歳科学技術大学 理工学部

一般選抜 前期日程 問題

生物基礎・生物

生物基礎・生物

1. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

多細胞生物のからだを構成するさまざまな細胞は、①もともと1個の受精卵から分裂を繰り返して生み出されたものである。分裂、増殖した細胞はすべて同じ遺伝情報、つまり同質・同量のDNAをもっている。それにもかかわらず多細胞生物に多種多様な細胞が存在するのは、個体へと発生していく過程で、細胞が②それぞれの器官や組織を形成するために必要な特定の遺伝子を発現させ、特別な形やはたらきをもつ細胞へと変化するからである。

生物がもつDNAの全遺伝情報をゲノムといい、多細胞生物の③体細胞には核の中に通常〔I〕セットのゲノムが存在する。ヒトのゲノムは約〔II〕塩基対の大きさで、そのうちの約〔III〕%の領域が遺伝子としてはたらいっていると考えられる。また、そこに含まれる④遺伝子の総数はおよそ22,000個である。そして、遺伝子の発現で合成されるヒトのタンパク質は約10万種類存在すると考えられている。その例をあげれば、⑤細胞の形や構造の維持に用いられるタンパク質、⑥特定の器官や組織の細胞でのみ合成されるタンパク質、また、⑦遺伝子の発現を制御するスイッチの役割を果たすタンパク質など、その種類もはたらきも多岐にわたっている。

ヒトの⑧ゲノムの塩基配列には個人差があり、その違いによって疾患を発症したり、体質に影響を与えたりする場合がある。ゲノム解析技術の進展を背景に、⑨患者の遺伝情報を解析してその人の体質に合った病気の治療や予防を行うことが期待されている。

問1 文章中の〔I〕～〔III〕に入る数字をa～eからそれぞれ選びなさい。

〔I〕: a. 1 b. 2 c. 4 d. 23 e. 46

〔II〕: a. 30万 b. 800万 c. 1.2億 d. 30億 e. 37兆

〔III〕: a. 0.005 b. 0.1 c. 1.5 d. 35 e. 75

問2 下線部①において、発生初期に見られる成長を伴わない細胞分裂のことを何というか、答えなさい。

問3 下線部②のような発生の過程を経て、細胞が特定の形態や機能を持つようになることを何というか、答えなさい。

問4 下線部③に関して、真核生物（動物）の細胞には、核以外の部分にもDNAが存在する。それはどこか、答えなさい。

- 問5 下線部④をもとにして計算すると、ヒトのDNAにおける遺伝子部分のみの長さは何mmになるか。小数第2位を四捨五入して答えなさい。ただし、1つの遺伝子は平均 1.2×10^3 塩基対からなるものとし、塩基対間の距離を 0.34 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) とする。
- 問6 下線部⑤のタンパク質からなる繊維状の構造物を3つ答えなさい。
- 問7 下線部⑥に分類されるタンパク質のペプシン、ヘモグロビン、インスリン、ロドプシンについて、それらの遺伝子を発現させている細胞によって形成される器官や組織として適当なものを a ~ j からそれぞれ一つずつ選びなさい。また、それらのタンパク質のはたらきについて説明しなさい。
- a. 脳下垂体 b. 眼 c. だ腺 d. 心臓 e. 胃
f. 肝臓 g. すい臓 h. 十二指腸 i. 筋肉 j. 骨髄
- 問8 下線部⑦に示すタンパク質の遺伝子は何と呼ばれるか、答えなさい。
- 問9 下線部⑧に関して、個体間で見られる1塩基単位での塩基配列の違いを何というか、答えなさい。
- 問10 下線部⑨の医療は何と呼ばれるか、答えなさい。

生物基礎・生物

2. ヒトの免疫にかかわる細胞を次のようにまとめた。以下の問いに答えなさい。

1. 自然免疫で働く細胞
2. 獲得（適応）免疫をになう細胞
3. 抗原を提示し，獲得免疫を開始させる細胞
4. 抗原提示を受けて，他の細胞を活性化する細胞
5. 活性化されて①抗体を産生する細胞に変化する細胞
6. 食作用を示す細胞
7. 細胞性免疫において異物などを直接攻撃する細胞
8. ②免疫記憶をになう細胞
9. TCR という受容体によって細胞表面の分子を認識し，③自己と非自己を見分けることができる細胞
10. ヒト免疫不全ウイルス（HIV）が感染する細胞

問1 1～10に属する免疫細胞として，もっとも適当なものを選択肢ア～ソからそれぞれ一つずつ選びなさい。（同じ選択肢を複数回選んでもよい。）

- ア. ヘルパー T 細胞
- イ. キラー T 細胞
- ウ. キラー T 細胞, ヘルパー T 細胞
- エ. キラー T 細胞, ヘルパー T 細胞, B 細胞
- オ. キラー T 細胞, ヘルパー T 細胞, B 細胞, NK 細胞
- カ. 樹状細胞
- キ. 樹状細胞, B 細胞, キラー T 細胞
- ク. 樹状細胞, 好中球
- ケ. 樹状細胞, 好中球, マクロファージ
- コ. 樹状細胞, 好中球, マクロファージ, NK 細胞
- サ. 樹状細胞, 好中球, マクロファージ, NK 細胞, B 細胞
- シ. 好中球, マクロファージ, NK 細胞
- ス. B 細胞
- セ. NK 細胞, マクロファージ
- ソ. B 細胞, NK 細胞

- 問2 下線部①の抗体は、免疫グロブリンといわれるY字型のタンパク質で、4本のポリペプチド鎖から構成されている。その模式図を4本の鎖の位置関係がわかるように描きなさい。また、「可変部」の位置を図中に明示しなさい。
- 問3 下線部②の免疫記憶を人工的に生じさせることで病気を予防する方法に予防接種がある。そのしくみについて説明しなさい。
- 問4 下線部③に関して、9の免疫細胞は、細胞表面に存在するタンパク質が自分（自己）と他人（非自己）とで異なることを識別している。このタンパク質は何とよばれるか、答えなさい。
- 問5 免疫細胞の間ではタンパク質を分泌することで情報の伝達が行われており、その結果、炎症が引き起こされることがある。このような働きをするタンパク質の総称を何というか、答えなさい。

生物基礎・生物

3. 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

森林は、高木層、亜高木層、低木層などで構成される（ア）構造を形成している。①陽樹と陰樹の混交林において、林冠を構成する森林最上部付近では光の量が多く、シラカンバ、アカメガシワ、コナラ等、強光下で成長の良い樹種が生育する。一方、林床に近い層では、イタヤカエデ、ブナ、ネムノキ等のような弱光下でも生育できる樹種が存在する。ネムノキのようなマメ科の植物は根粒菌と②共生関係にある。根粒菌はネムノキから与えられるデンプンやアミノ酸等の有機物を利用する一方で、大気中の N_2 を無機イオンの形で固定し、ネムノキに供給する。③ネムノキは根から取り入れた無機窒素化合物からアミノ酸等の有機窒素化合物を合成する。

また、緑色植物では葉緑体で光合成を行って有機物を合成している。葉緑体中の（イ）膜にある光合成色素である（ウ）が、太陽の光エネルギーを吸収したのち電子を放出し、その電子は電子伝達系へ受け渡される。そしてそれは最終的に還元物質である（エ）の生成に利用される。このとき、光化学反応の過程において（イ）膜内外で形成される（オ）イオンの濃度勾配を利用して、（カ）合成酵素によって（カ）がつくられる。生成された（エ）や（カ）は④葉緑体のストロマ内で生じる反応経路に供給される。ストロマ内において CO_2 は〔Ⅰ〕という酵素の作用でリブローズビスリン酸（RuBP）と反応し〔Ⅱ〕が合成される。そして（カ）と還元物質である（エ）を消費して、〔Ⅱ〕から〔Ⅲ〕が合成される。この〔Ⅲ〕からフルクトースビスリン酸を経てデンプン等の有機物が合成される。

問1 文章中の（ア）～（カ）に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部①に関して、シラカンバとイタヤカエデの雑木林を考える。図1はシラカンバとイタヤカエデにおける光の強さと光合成速度の関係を示したものであり、（ア）と（イ）の2つの曲線のそれぞれがどちらかの樹種のものである。図1に関する以下の文章のうち、正しいものをa～dから2つ選びなさい。

- イタヤカエデの光補償点はシラカンバのものより低く、シラカンバに比べ弱い光で呼吸速度と光合成速度が釣り合う。
- シラカンバの光飽和点はイタヤカエデのものより小さく、イタヤカエデはシラカンバよりも強い光で最大光合成速度に達する。
- シラカンバのほうがイタヤカエデよりも見かけ上の光合成速度が小さい。
- 点線で指し示された光の強さでは、シラカンバは CO_2 を放出しており、また、イタヤカエデは CO_2 を吸収している。

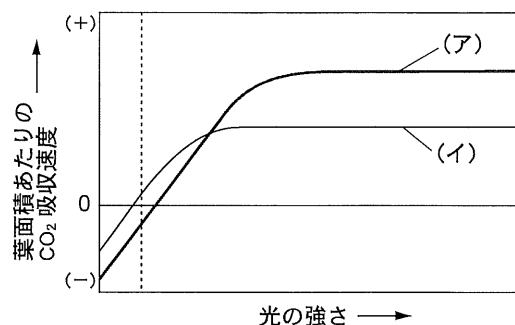


図1. 光の強さと光合成速度の関係

問3 下線部②に関して、相利共生と片利共生の違いを説明しなさい。

問4 下線部③のように、植物の生体に必要な有機窒素化合物を無機窒素化合物から合成する働きを何というか、答えなさい。

問5 図2はネムノキをはじめとしたマメ科植物に共通する窒素の利用に関する模式図である。

- (1) 図中の点線で囲まれた部分は植物に吸収された無機窒素化合物が植物体内の酵素の働きで還元される過程と、土壌中での硝化過程を示している。(a)と(b)に当てはまる無機イオンの化学式を答えなさい。
- (2) 植物体内では無機イオンである(a)をもとにグルタミンが合成される。その後、各種アミノ酸が合成されるまでの一連の流れを、「グルタミン酸」、「ケトグルタル酸」、「アミノ基転移酵素」という3つの語句を全て使って説明しなさい。

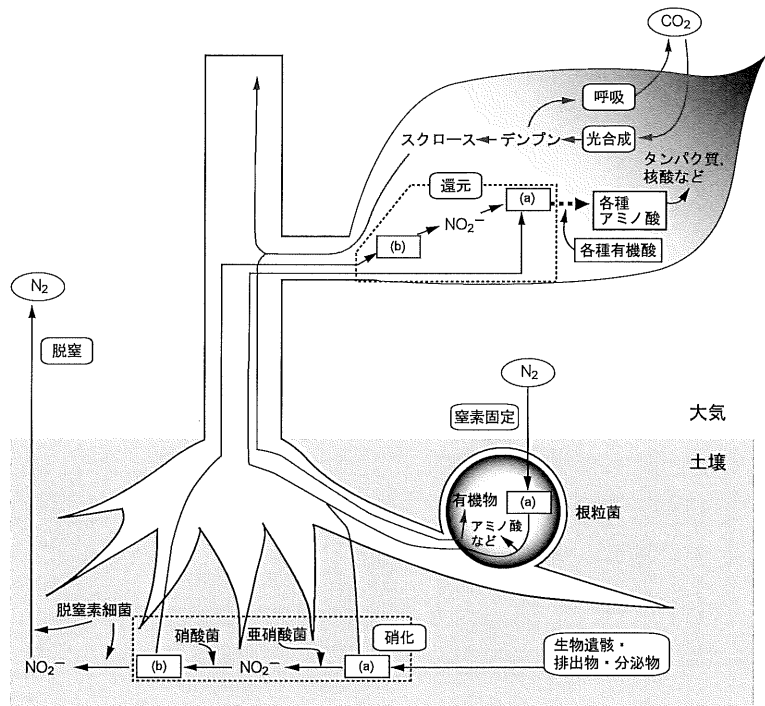


図2. 植物体内における炭素と窒素の流れ

問6 下線部④の反応経路を何というか、答えなさい。

問7 文章中の〔Ⅰ〕～〔Ⅲ〕に当てはまる語句として適切なものを以下の選択肢a～fからそれぞれ選びなさい。

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| a. グリセルアルデヒド-3-リン酸 (GAP) | b. ホスホエノールピルビン酸 (PEP) |
| c. ホスホグリセリン酸 (PGA) | d. グルタミン酸 |
| e. ルビスコ | f. カロテノイド |

生物基礎・生物

4. 個体群の動態に関する以下の問いに答えなさい。

問1 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

個体群を構成する個体の数は、その生物種が生存するための空間や食料が無限にあり、また、天敵が存在せず、生まれた子が全て次世代の親になるのであれば、指数関数的な増加を示す。しかし現実的には、空間や食料等の資源は①個体数が増加し密になるにつれて不足していく。そして資源を巡って個体間で競争が起こり、また、老廃物の蓄積によって生活環境は悪化する。さらに、(ア)が高まれば寄生虫感染症等の病気が広がりやすくなったり、捕食者による死亡リスクが増加したりする。②これらの帰結として個体群の出生率が低下し、死亡率が高まる。したがって、個体群の成長の速度は(ア)が高くなると鈍化し、やがて個体数は一定になる。すなわち、個体数は時間の経過とともにその生活環境の資源に応じた定常状態に漸近していく。

以上のような個体数の時間変化は図1のようなS字状の成長曲線として表すことができる。実際の自然環境にはこのような成長曲線によく適合した成長を示す個体群がいくつかある。

しかし、多くの個体群の成長はS字状の成長曲線にはならず、時間の経過とともに大きく変動し、図中の点線で示された、個体数の限界値である(イ)に漸近した定常状態とはならない。

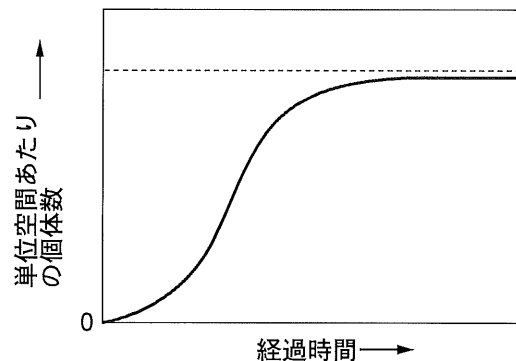


図1. ある個体群の成長曲線

- (1) 文章中(ア)と(イ)に当てはまる適切な語句をそれぞれ漢字5文字で答えなさい。
- (2) 下線部①に関して、同種の動物は群れをつくり統一的な行動をとることがあるが、群れで生活することによって各個体が得られる利点を2つあげなさい。
- (3) 下線部②に関して、このような個体群の成長に伴ってその出生率や死亡率に影響を及ぼす効果を何というか、答えなさい。

問2 以下の問いに答えなさい。

- (1) 行動範囲の広い動物の個体数を把握する際には標識再捕法が用いられる。亜北極域に生息する、あるトナカイの群れの個体数を標識再捕法で推定することを考える。群れの中の50頭のトナカイを捕獲し標識をつけて放した。後日、再び50頭のトナカイを捕獲し、標識を調べたところ5頭に標識が認められた。このトナカイの群れの全個体数の推定値を求めなさい。
- (2) 図1は個体の移入・移出を伴わない、いわゆる「閉じた個体群」における成長曲線を示したものであるが、動物の個体群は過密になった時、移動することでその影響を避けることがある。(1)のトナカイの群れに関して、ある年に25頭が生まれ、20頭が死亡し、また、15頭が群れに移入し、別の25頭が群れを離れたとする。この年におけるトナカイの個体群の出生率、死亡率、および成長率をそれぞれ求めなさい。ただし、解答は百分率(%)で小数第1位を四捨五入して答えなさい。なお、個体群の成長率は単位時間における個体数の増加割合と定義され、個体数が増加した場合は+、減少した場合は-となる。

問3 次の文章を読んで、(ウ)～(オ)に適切な語句を入れなさい。

サバクトビバッタやトノサマバッタ等のいわゆるトビバッタは、しばしば巨大な群れで農作物を食い尽くす「^{こうがい}蝗害」をもたらしてきた。生息密度の低い条件下で発育したトビバッタの個体は(ウ)と呼ばれ、緑色の体色をしているが、一方で生息密度の高い条件下で発育した個体は(エ)と呼ばれ、黄色や黒色の体色を発現し、長距離を飛翔するのに適した形態を呈する。このような成長する際の密度によって個体の表現型が変化する現象を(オ)という。

問4 生物種の絶滅には乱獲や密猟等、人間活動が強く関係している場合がある。ある対立遺伝子をもち、ハーディー・ワインベルグの法則が成立する集団であった個体群 α (個体数:100)における劣性ホモ個体が人為由来の近交弱勢により死滅したとする。この α の次世代 β におけるヘテロ接合体の遺伝子型頻度を求めなさい。ただし、解答までの計算過程を示し、解答は小数第3位を四捨五入して答えなさい。なお、劣性ホモ個体絶滅前の α の優性遺伝子Aと劣性遺伝子aの遺伝子頻度をそれぞれ、0.6、0.4とする。