

令和 2 (2020) 年度入学試験問題 (前期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 化学、物理、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば化学、物理を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 裏表紙は計算に使用する。
6. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
7. 問題冊子は 1 冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
8. 受験票は机に出しておくこと。

生物(前期)

(その1)

I 光合成に関する以下の設問に答えよ。

- 問 1 光合成色素であるクロロフィルaの吸収スペクトルの特徴を、赤色光、緑色光、青紫色光という語句を全て用いて説明せよ。
- 問 2 図は、ある植物の一枚の葉の表側と裏側のそれぞれの方向から光を照射したときの二酸化炭素(CO₂)吸収速度と光の強さの関係を示している。CO₂吸収速度が0のときの光の強さを何というか。また、光の強さが500のときの結果を説明せよ。
- 問 3 光合成において、電子が伝達されていく順番に、次の(A)~(C)を並べよ。
(A) NADP⁺ (B) 光化学系I (C) 光化学系II
- 問 4 1) チラコイド膜のATP合成酵素は一部分を回転させながらATPを合成する。1回転で3分子のATPを合成し、1秒間でX分子のATPを合成するとすれば、1分間にATP合成酵素は何回転することになるか。Xを用いて示せ。
2) チラコイド膜のATP合成酵素と同様の機構でATPを合成する酵素が存在する細胞小器官の名称をあげよ。
3) 暗所において、人工的にチラコイド膜の外側(ストロマ側)のpHを8、チラコイド膜の内側(チラコイド側)のpHを4にしたところ、ATPが合成された。一方、両側のpHを4にした場合にはATPは合成されなかった。この結果をチラコイド膜のATP合成酵素を通過するH⁺の移動にもとづいて説明せよ。
- 問 5 緑藻に光を照射しながら放射性同位体の¹⁴Cを含むCO₂(¹⁴CO₂)を短時間与え、その5秒後に、この緑藻の一部を採取して、¹⁴Cで標識された有機物の種類をクロマトグラフィーで分析した。その結果、主にホスホグリセリン酸(PGA)が標識されていることが分かった。
1) この結果を¹⁴CO₂、¹⁴Cで標識されたPGA(¹⁴C-PGA)、リブローズビスリン酸(RuBP)、RuBPカルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ(ルビスコ)という語句を全て用いて説明せよ。語句は略語の方を用いること。なお、RuBPは、リブローズ二リン酸ともいう。
2) RuBPの再生をPGA、グリセルアルデヒドリン酸(GAP)、ATP、NADPHという語句を全て用いて説明せよ。語句は略語の方を用いること。なお、GAPは、グリセルアルデヒド-3-リン酸ともいう。

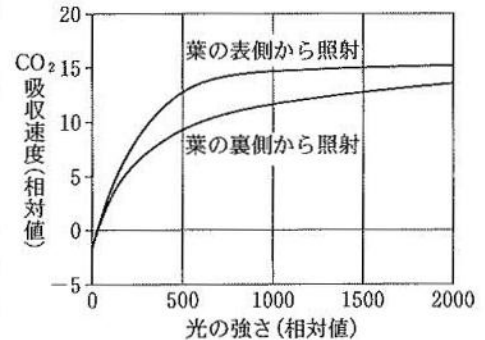


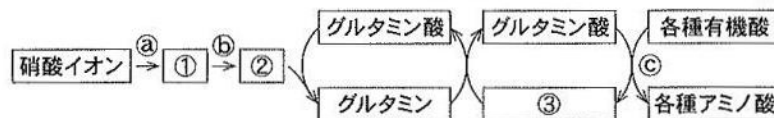
図 Terashima 1986 より改変

II [A] 生態系は生物群集とそれを取り巻く非生物的環境で構成されている。生物群集を構成する生物は、大きく生産者と消費者に分けられる。

- 問 1 生産者と消費者を以下の語句を用いて説明せよ。全ての語句を用いること。
無機物、有機物、光合成、光エネルギー
- 問 2 生態系における炭素の循環について、炭素の主要な移動の方向を、解答欄の図の(例)の矢印以外の場所の矢印を完成させることで示せ。両方向の場合は、 \longleftrightarrow で示せ。なお、人間活動の寄与は除外する。

[B] 植物は土壌中にある硝酸イオンなどを根から吸収し、葉の細胞に輸送した後、図のような反応を経て各種アミノ酸を合成する。①~③は矢印の反応を触媒する酵素である。

- 問 3 1) 図の①~③に物質の名称を入れよ。2) 図の①~③に酵素の名称を入れよ。



- 問 4 無機窒素化合物から有機窒素化合物を合成することを一般に何というか。
- 問 5 多くの生物は空気中の窒素(N₂)を直接利用することができないが、一部の生物は、ある反応を介してN₂を直接利用することができる。この反応を何というか。またこの反応を行う生物を次から全て選べ。
シャジクモ、ダイズ、アカウキクサ、ネンジュモ、酵母菌、ソテツ

[C] 表は、ある湖沼におけるエネルギー収支を栄養段階ごとに示したものである。ただし、入射光のエネルギーは 5×10^5 J/(cm²・年)とする。

表 ある湖沼におけるエネルギー収支(単位 J/(cm²・年))

- 問 6 1) 生産者の純生産量および一次消費者の成長量を、小数点以下第1位まで求めよ。
2) 生産者および二次消費者のエネルギー効率(%)を、小数点以下第2位を四捨五入し小数点以下第1位まで求めよ。

栄養段階	総生産量(同化量)	呼吸量	被食量	枯死・死滅量
生産者	467.9	98.3	62.2	11.8
一次消費者	62.2	18.5	13.0	1.3
二次消費者	13.0	7.5	0.0	0.0

III 以下の文章を読み、設問に答えよ。

アフリカツメガエルの小腸上皮細胞を取り出して培養しても成体にはならない。ガードンは、紫外線照射で核の働きを失わせたアフリカツメガエルの未受精卵に、アフリカツメガエル幼生の小腸上皮細胞から取り出した核を移植した。その結果、a 核を移植した卵から正常な幼生や成体が得られた。また、山中からはマウスやヒトの皮膚から採取した細胞に、4種類の遺伝子を発現させることによって、b 人工的に幹細胞をつくりだすことに成功した。

問1 遺伝子発現に関する次の文章の(あ)~(お)の空欄に最も適切な語句を入れよ。略語は不可とする。

DNAは二重らせん構造をとっており、2本の鎖の内側で向き合った塩基は、グアニンと(あ)、アデニンと(い)が対となっている。DNAの塩基配列をもとにRNAができる過程を(う)という。真核生物の場合はRNAのイントロンの部分は除かれる。この過程を(え)という。mRNAの塩基配列に従ってタンパク質が合成される過程を(お)という。

問2 動物の受精卵は全能性を持つ。全能性とは何かを、分化という語句を用いて説明せよ。

問3 下線部aから何が分かるか、受精卵の核と下線部aで移植した核の遺伝情報に注目して答えよ。

問4 1)下線部bの幹細胞の名称を答えよ。 2)下線部bの幹細胞由来の組織などを用いて移植を行う場合、拒絶反応の問題が回避できると期待されている。その理由を説明せよ。

問5 組織幹細胞について、全能性の有・無を答えよ。またES細胞の由来を記せ。

IV 以下の文章を読み、設問に答えよ。

1 化学物質に対する感覚には味覚と嗅覚がある。味覚は、舌表面の乳頭表面に存在する(ア)が受容器であり、(ア)には(イ)と呼ばれる感覚細胞がある。一方、嗅覚は、におい物質を鼻腔内の嗅上皮にある(ウ)という感覚細胞で受容することで生じる。(ウ)では嗅覚受容体が働いている。嗅覚受容体には多数の種類があり、それらを用いることでヒトは多様なにおいを区別することができる。また、特定のにおい物質に対する感受性には個人差があり、それには個々の嗅覚受容体を指定する遺伝子の一塩基多型がしばしば関与している。2 花の香りの物質β-イオンは、ヒトではOR5A1やOR4D6などの複数の嗅覚受容体によって受容される。常染色体に存在するOR5A1を指定する遺伝子には、3 一塩基多型があり、ある塩基がグアニンである対立遺伝子(G対立遺伝子)と、アデニンである対立遺伝子(A対立遺伝子)との間で、それぞれが指定するOR5A1の138番目のアミノ酸が異なる。G対立遺伝子が指定するOR5A1(OR5A1-G)は、A対立遺伝子が指定するOR5A1(OR5A1-A)より低濃度のβ-イオンを感知できる。そのため遺伝子型がGGおよびGAの人(β-イオン高感受性と呼ぶ)はどちらの人も同様に、遺伝子型AAの人(β-イオン低感受性と呼ぶ)が認識できない低濃度のβ-イオンを認識できる。なお、OR4D6は全ての人で同様に働いているものとする。

問1 (ア)~(ウ)の空欄に適切な語句を入れよ。

問2 下線部1について、ヒトにおける味覚および嗅覚の受容器の適刺激は、それぞれどのような状態の化学物質か。

問3 下線部2について、図はOR5A1-G、OR5A1-A、およびOR4D6のβ-イオンに反応する嗅覚受容体の割合を示している。OR4D6の50%が反応するβ-イオンの濃度は、OR5A1-Gの50%が反応するβ-イオン濃度の約何倍か、次の(a)~(e)から最も適切なものを選べ。

- (a) 1/100倍 (b) 1/10倍 (c) 1/2倍 (d) 10倍 (e) 100倍

問4 下線部3について、(a) G対立遺伝子とA対立遺伝子のどちらが優性か。

- (b) 遺伝子型GAの人とAAの人の間に生まれた子がβ-イオン低感受性の人である確率(%)はいくらか。(有効数字2桁)

問5 鼻腔内での濃度が 10^{-3} mol/Lになるβ-イオンを嗅いだときに、遺伝子型GGの人および遺伝子型AAの人について、β-イオンに反応するOR5A1の割合とOR4D6の割合はそれぞれの程度か、図にもとづいて答えよ。

問6 OR5A1の各遺伝子型の多数の人について、β-イオンのおいに対する好みを調べる実験を行ったところ、β-イオン高感受性の人にはβ-イオンのおいを好ましくないと感じ、β-イオン低感受性の人には逆にβ-イオンのおいを好ましいと感じる傾向がみられた。以下の(a)~(d)の仮説について、この結果を説明する上で適切と考えられるものを全て選び、記号で答えよ。なお、この実験における鼻腔内のβ-イオン濃度は 10^{-3} mol/Lとする。

- (a) β-イオンに反応するOR5A1の割合が高い人ほど、β-イオンのおいを好ましいと感じる。
 (b) OR4D6がβ-イオンに反応すると好ましく感じるが、同時に反応するOR5A1の割合が高いと好ましが打ち消され、好ましくないと感じるようになる。
 (c) OR4D6のみがβ-イオンのおいに対する好みに関与し、OR5A1はβ-イオンのおいに対する好みに関与しない。
 (d) β-イオンに反応するOR5A1の割合とOR4D6の割合の比が、β-イオンのおいに対する好みを決定する。

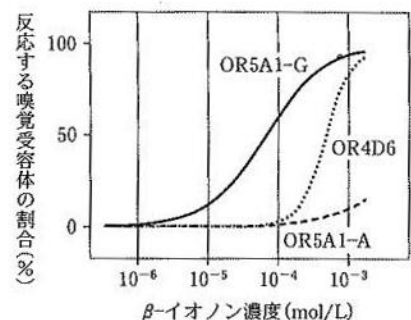


図 Jaegerら 2013 を改変