

後期

理科問題

生 物

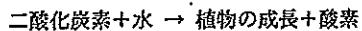
1 光合成に関する次の文章を読み、以下の間に答えよ。

1754年に、スイスのボネは、植物の葉を水中に沈めて日光の当たるところに置いておくと気泡が多量に発生し、夜になると発生が止まることを報告した。オランダのインゲンハウスは、1779年に、この気泡が酸素であることを確認し、続けて次のような一連の実験結果を報告した。

- (1) 葉を冷水に入れて日光を当てると酸素が発生するが、日光を当てずに水温を上げただけでは酸素は発生しない。
- (2) 一度沸騰させた水に葉を入れて日光を当てても、酸素は発生しない。
- (3) 葉を水に入れ日光を当てて発生した酸素は、水に溶けていたり、植物に含まれていたものではない。

スイスのセネビエは、インゲンハウスに少し遅れてほとんど同じ実験結果を発表したが(1782年)、加えて、一度沸騰させた水であっても、二酸化炭素を溶解させてから葉を入れて日光を当てると酸素が発生することを見いだした。このことからセネビエは、二酸化炭素の分解によって酸素が発生すると推論した。

セネビエは、二酸化炭素は根から水とともにくみ上げられると考えたが、1804年に、スイスのソシュールが、二酸化炭素は空中から吸収されることを明らかにした。また、二酸化炭素と水の吸収量を、植物体の増加量や発生した酸素の量と比較し、次の式を提唱した。



1882年に、ドイツのエンゲルマンは、プリズムで分光した太陽光のスペクトルを光源とする顕微鏡を開発し、どの色によって酸素がよく発生するかを観察した。

発生する酸素の由来については、しばらく未解決であった。1939年になって、イギリスのヒルは、一度沸騰させた水に植物をすりつぶした液(葉緑体を含む)を混ぜ、さらにシウ酸鉄(III)のような酸化剤を混ぜて日光を当てると、酸素が発生することを見いだし、酸素は二酸化炭素ではなく水に由来すると結論した。この結論は、1941年に、アメリカのルーベンらの元素の同位体を用いた実験により、最終的に確認された。

問 1 文章中のインゲンハウスの実験(1)~(3)から導かれる結論として適切なものを次の①~⑦のうちからすべて選べ。該当する番号をすべてマークせよ。 1

- ① 酸素の発生には日光が必要である。
- ② 発生する酸素の量は光の量に比例する。
- ③ 発生する酸素の量は水の温度に比例する。
- ④ 酸素の発生には沸騰により失われる成分が必要である。
- ⑤ 水に溶けている二酸化炭素が酸素の発生に使われた。
- ⑥ 日光が当たらないと植物は二酸化炭素を発生する。
- ⑦ 植物は日光によって何らかの物質から酸素を作り出す。

問 2 現在では、光合成における光に関係した反応は、光化学系 I と光化学系 II、およびこの二つを連絡する電子伝達系、の三つの過程が連鎖していることが分かっている。次の(1)~(6)の反応は、三つの過程のどこで起こるか。光化学系 I は①、光化学系 II は②、電子伝達系は③、どの過程でも起こらないものには④を、それぞれについて一つずつマークせよ。

- (1) 水が分解されて酸素が生じる。
- (2) 還元型補酵素が生成される。
- (3) 二酸化炭素が固定される。
- (4) H^+ と e^- が生じる。
- (5) e^- が伝達されてエネルギーが取り出される。
- (6) H^+ と e^- が酸化型補酵素にわたされる。

2
3
4
5
6
7

問 3 下線部アの実験結果からセネビエの導いた推論はヒルの実験で否定されたが、二酸化炭素があると酸素が発生する理由として、現在の解釈で最も適切なものを次の①～⑤のうちから一つ選べ。 8

- ① 植物も呼吸をしているから。
- ② 光化学系で光を吸収して水が分解されるから。
- ③ 光化学系でATPが産生されるから。
- ④ カルビン・ベンソン回路が働くときに酸化型補酵素ができるから。
- ⑤ カルビン・ベンソン回路が働くときにATPが消費されるから。

問 4 下線部イの酸素をよく発生する色はどれか。適切なものを次の①～⑤のうちから二つ選べ。該当する番号をすべてマークせよ。 9

- ① 赤
- ② 橙
- ③ 黄
- ④ 緑
- ⑤ 青

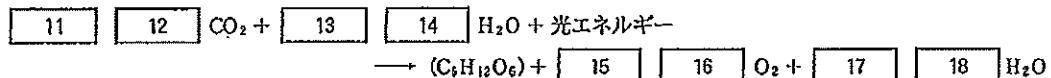
問 5 下線部ウのルーベンらの実験とはどのようなものと考えられるか。最も適切なものを次の①～⑤のうちから一つ選べ。

ただし、³H, ¹⁴C, ¹⁸OはそれぞれH, C, Oの同位体である。 10

- ① H₂¹⁸Oを含む水にC¹⁸O₂を溶解させて、発生した酸素を調べる。
- ② H₂¹⁸Oを含む水にCO₂を溶解させて発生した酸素と、H₂OにC¹⁸O₂を溶解させて発生した酸素を比較する。
- ③ ³H₂Oを含む水に¹⁴CO₂を溶解させて、発生した酸素を調べる。
- ④ ³H₂Oを含む水にCO₂を溶解させて発生した酸素と、H₂Oに¹⁴CO₂を溶解させて発生した酸素を比較する。
- ⑤ H₂OにCO₂を溶解させて発生した酸素と、³H₂Oを含む水に¹⁴CO₂を溶解させて発生した酸素を比較する。

問 6 ソシュールの提唱した式は、その後の研究で次のような反応式として書かれるようになっている。

11 ~ 18に入る適切な数字をマークせよ。 11 13 15 17 には十の位、
12 14 16 18 には一の位をマークせよ。該当する位がない場合には⑦をマークせよ。



問 7 光合成速度の限定要因となるものを次の①～⑤のうちからすべて選べ。該当する番号をすべてマークせよ。 19

- ① 空気中の酸素の量
- ② 空気中の二酸化炭素の量
- ③ 空気中の水分の量
- ④ 光の強さ
- ⑤ 温 度

問 8 細菌類にも光合成で炭素固定を行うものがあり、光合成細菌と呼ばれている。次の①～⑤のうちから正しいものをすべて選べ。該当する番号をすべてマークせよ。 20

- ① 光合成細菌はクロロフィルをもっている。
- ② 硫黄細菌は光合成細菌である。
- ③ 緑色硫黄細菌は光合成細菌である。
- ④ 光合成細菌は光合成で酸素を発生しない。
- ⑤ 光合成細菌にはカルビン・ベンソン回路がない。

- 2 赤緑色覚異常に関する次の文章を読み、以下の間に答えよ。なお、数値をマークする場合には、該当する位がない場合は①をマークせよ。また、与えられた語群または数値群の番号をマークする場合には、2桁の番号は十の位と一の位と同じ解答番号にマークせよ(例えば⑩は①と⑩をマークする)。ただし2桁の番号には⑪、⑫、⑬はない。

赤緑色覚異常の人は赤と緑を区別することが困難である。ヒトの赤緑色覚異常の原因となる遺伝子(以下、異常遺伝子と呼ぶ)はX染色体にあり、伴性遺伝することが知られている。男性は異常遺伝子が一つあれば赤緑色覚異常となる。女性では異常遺伝子のホモ接合体は赤緑色覚異常となるが、異常遺伝子を一つだけもつヘテロ接合体は赤緑色覚異常とならず保因者と呼ばれる。

ある集団で男性の5%が赤緑色覚異常だとする。異常遺伝子がX染色体に存在する頻度は男性でも女性でも同じだとして、ハーディー・ワインベルグの法則からはこの集団の女性のうち(ア)%が赤緑色覚異常であり、(イ)%が保因者と計算される。ところが実際に調べると赤緑色覚異常の女性の割合は計算より少なくなる。その理由は、上記の計算では異常遺伝子はX染色体に1種類しかるものとして計算したからである。実際には赤緑色覚異常は、X染色体にある異なる2種類の遺伝子の異常により引き起こされる2種類の表現型の総称なのである。

赤緑色覚異常が生じる仕組みを考えてみる。網膜には[A]細胞と[B]細胞の2種類の[C]細胞があり、[A]細胞は[D]ところで働き、[B]細胞は[E]ところで働く。[A]細胞は網膜の中央付近特に[F]に多く、[B]細胞は[F]の周辺部分に多い。[A]細胞には青細胞、緑細胞、赤細胞と呼ばれる3種類があり、それぞれが特定の色素タンパク質を含んでいる。この色素タンパク質は視物質と呼ばれ、様々な波長の光を吸収するが、吸収率が最大になる光の波長は視物質の種類ごとに異なっている。光の吸収により視物質が分解されることによって[A]細胞で信号が形成され、神経細胞へと伝えられる。

図1は3種類の[A]細胞について異なる波長の光に対する吸収率を単純化して示したものである。吸収率はそれぞれの細胞に含まれる視物質が最も光を吸収した時を100%として相対値で示してある。吸収率が異なると信号の大きさも変化する。グラフから、青細胞が最も吸収する波長は(ウ)×10nmであることがわかる。同様に、緑細胞では(エ)×10nm、赤細胞では(オ)×10nmである。3種類の細胞の光の吸収率の違いにより色が区別される。青細胞によく吸収され、緑細胞と赤細胞にはあまり吸収されない短い波長の光は、青色と知覚されることになる。一方、赤色や緑色は赤細胞と緑細胞における吸収率の違いによって知覚される。波長61×10nmの光を例にあげる。この波長に対する赤細胞の吸収率は(カ)%だが、赤細胞は波長が(キ)×10nmの光にも同様な吸収率を示す。青細胞の吸収率はどちらの波長でも低いので、青細胞と赤細胞の吸収率の違いだけではこの二つの波長を区別できない。ここで、緑細胞は波長61×10nmの光に対する吸収率は(ク)%だが波長(キ)×10nmの光の吸収率は(ケ)である。このように赤細胞では、最大吸収率を示す波長より短い波長側と長い波長側に吸収率が同じになる波長があるが、それらの波長に対する緑細胞の吸収率の違いが比較されて、異なる色として知覚されることになる。

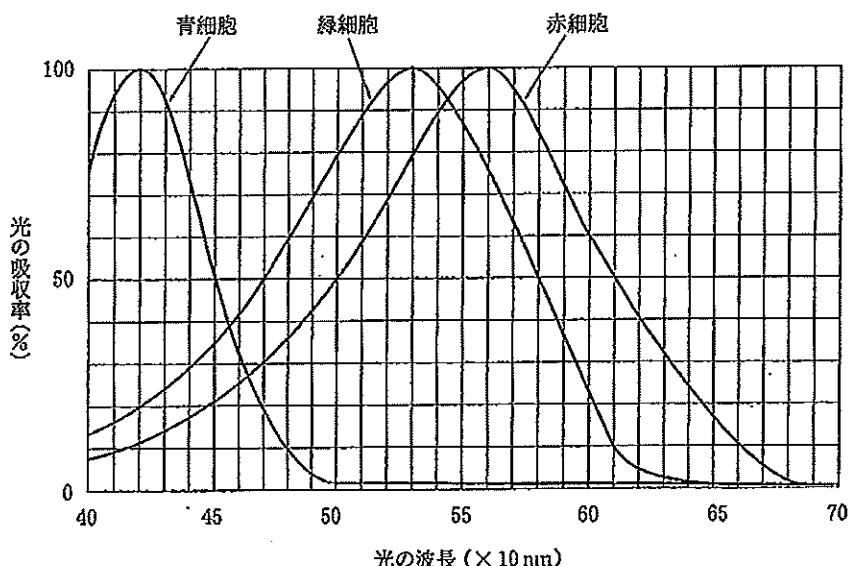


図1 細胞の種類と光の吸収率

緑細胞の視物質(以下、緑視物質と呼ぶ)をコードする遺伝子が突然変異を起こして緑色覚異常遺伝子になり緑視物質が機能しなくなると緑細胞は光を吸収できなくなり、波長 $61 \times 10 \text{ nm}$ の光と(キ) $\times 10 \text{ nm}$ の光のような二つの光の色は区別されなくなる(以下、このような状態を緑色覚異常と呼ぶ)。逆に、赤色覚異常遺伝子が生じて赤細胞の視物質(以下、赤視物質と呼ぶ)が機能しなくなると、赤細胞は光を吸収できなくなり、緑細胞で吸収率が同じ波長の光の色は区別されなくなる(以下、赤色覚異常と呼ぶ)。緑細胞と赤細胞の波長による吸収率の変化は似ており、どちらの視物質の機能が欠損しても同じような表現型となる。このため緑色覚異常と赤色覚異常はあわせて赤緑色覚異常と呼ばれる。

緑視物質と赤視物質をコードする遺伝子はどちらもX染色体にあり、隣り合って並んでいる。男性では緑色覚異常遺伝子あるいは赤色覚異常遺伝子のどちらか一つでもX染色体にあれば赤緑色覚異常となる。女性では緑色覚異常遺伝子あるいは赤色覚異常遺伝子のどちらかがホモ接合であると赤緑色覚異常となる。しかし、緑色覚異常遺伝子と赤色覚異常遺伝子の両方を一つずつもっていても、正常な遺伝子をそれぞれ一つずつもっているヘテロ接合体であれば保因者となり赤緑色覚異常とはならない。

問1 空欄Aに入る数値は %である。一の位を に、小数点以下第1位を に、小数点以下第2位を にマークせよ。要求された最下位より小さい位がある場合は切り捨てよ。
ただし計算の途中では、もし端数が出ても切り捨てずに計算すること。

問2 空欄イに入る数値は %である。一の位を に、小数点以下第1位を に、小数点以下第2位を にマークせよ。要求された最下位より小さい位がある場合は切り捨てよ。
ただし計算の途中では、もし端数が出ても切り捨てずに計算すること。

問3 文章中の【A】～【F】に入る最も適切な語を語群1の①～⑯のうちから一つずつ選べ。同じ記号には同じ語が入るものとする。

【A】 【B】 【C】 【D】 【E】 【F】
語群1

- | | | | | | |
|---------|---------|-------|---------|-------|--------|
| ① 青色が多い | ② 赤色が多い | ③ 明るい | ④ 暖かい | ⑤ 黄斑 | ⑥ ガラス体 |
| ⑦ かん体 | ⑧ 強膜 | ⑨ 暗い | ⑩ 結膜 | ⑪ 虹彩 | ⑫ 寒い |
| ⑪ 視 | ⑫ 色素 | ⑬ 視神経 | ⑭ 水晶体 | ⑮ 離体 | ⑯ 高い |
| ⑯ 近い | ㉑ 遠い | ㉒ 低い | ㉓ 緑色が多い | ㉔ 脈絡膜 | ㉕ 盲斑 |

問4 空欄ウに入る数値は $\times 10 \text{ nm}$ である。十の位を に、一の位を にマークせよ。

問5 空欄エに入る数値は $\times 10 \text{ nm}$ である。十の位を に、一の位を にマークせよ。

問6 空欄オに入る数値は $\times 10 \text{ nm}$ である。十の位を に、一の位を にマークせよ。

問7 空欄カに入る数値として最も近いものを数値群1の①～⑯のうちから一つ選べ。

数値群1

- | | | | | | |
|------|------|------|------|------|-------|
| ① 1 | ② 3 | ③ 10 | ④ 20 | ⑤ 30 | ⑥ 40 |
| ⑦ 50 | ⑧ 60 | ⑨ 70 | ⑩ 80 | ⑪ 90 | ⑫ 100 |

問8 空欄キに入る数値は $\times 10 \text{ nm}$ である。十の位を に、一の位を にマークせよ。

問9 空欄クに入る数値として最も近いものを数値群1の①～⑯のうちから一つ選べ。

問10 空欄ケに入る数値として最も近いものを数値群1の①～⑯のうちから一つ選べ。

問11 緑色覚異常遺伝子を一つもつ女性保因者と緑色覚異常遺伝子をもつ男性の間に生まれる子の確率として最も近いものを数値群2の①～⑩のうちから一つずつ選べ。なお、これらの人々は赤色覚異常遺伝子をもたないものとし、突然変異や染色体の乗換えも起こらないとする。確率は男女別に答えること。例えば、生まれた男性がすべて赤緑色覚異常となる場合は100%と答える。問12、問13も同様に答えること。同じ選択肢を何度も選んでも良い。

男性のうち赤緑色覚異常 % 女性のうち赤緑色覚異常 % 女性のうち保因者 %
数値群 2

① 0	② 6	③ 12	④ 16	⑤ 18	⑥ 25
⑦ 31	⑧ 33	⑨ 37	⑩ 43	⑪ 50	⑫ 56
⑬ 62	⑭ 66	⑮ 68	⑯ 75	⑰ 81	⑱ 83
⑲ 87	⑳ 93	㉑ 100			

問12 赤色覚異常遺伝子を一つもつ女性保因者と色覚異常遺伝子をもたない男性との間に男性が生まれた。この男性と赤色覚異常遺伝子を一つもつ女性保因者との間に生まれる子の確率として最も近いものを数値群2の①～⑩のうちから一つずつ選べ。なお、これらの人々は緑色覚異常遺伝子をもたないものとし、突然変異や染色体の乗換えも起こらないとする。同じ選択肢を何度も選んでも良い。

男性のうち赤緑色覚異常 % 女性のうち赤緑色覚異常 % 女性のうち保因者 %

問13 緑色覚異常遺伝子と赤色覚異常遺伝子の両方を一つずつもつ女性保因者と色覚異常遺伝子をもたない男性との間に女性が生まれた。この女性と緑色覚異常遺伝子をもつ男性との間に生まれる子の確率として最も近いものを数値群2の①～⑩のうちから一つずつ選べ。なお、この集団では男性でも女性でも緑色覚異常遺伝子と赤色覚異常遺伝子が1本のX染色体に同時に存在することはないとし、突然変異や染色体の乗換えも起こらないとする。同じ選択肢を何度も選んでも良い。

男性のうち赤緑色覚異常 % 女性のうち赤緑色覚異常 % 女性のうち保因者 %

問14 ある集団で男性の3.5%が緑色覚異常で1.5%が赤色覚異常とする。X染色体にある緑色覚異常遺伝子の頻度および赤色覚異常遺伝子の頻度は男性でも女性でも同じだとする。また、この集団では男性でも女性でも緑色覚異常遺伝子と赤色覚異常遺伝子が1本のX染色体に同時に存在することはないとする。ハーディー・ワインベルグの法則から計算するとこの集団の女性のうち . %が赤緑色覚異常となる。一の位を に、小数点以下第1位を に、小数点以下第2位を にマークせよ。要求された最下位より小さい位がある場合は切り捨てよ。ただし計算の途中では、もし端数が出ても切り捨てずに計算すること。

3 選択肢のうちから最も適切なものを一つ選べ。

問 1 ヒトの生理食塩水濃度はどれか。最も近いものを選べ。 56

- ① 0.2% ② 0.9% ③ 1.9% ④ 7.9% ⑤ 9.0%

問 2 フエルの筋肉と神経をつなげたまま取り出した。筋肉から 2 cm 離れたところで神経を電気刺激したら筋肉は 4 ミリ秒後に収縮を始め、7 cm 離れたところで電気刺激したら 6 ミリ秒後に収縮を始めた。この神経の伝導速度はどれか。最も近いものを選べ。2 衍の番号をマークする場合は、十の位と一の位と同じ解答番号にマークせよ(例えば⑩は①と⑩をマークする)。ただし⑪はない。 57

- ① 3 mm/秒 ② 5 mm/秒 ③ 1.2 cm/秒 ④ 2.5 cm/秒 ⑤ 3 cm/秒
⑥ 5 cm/秒 ⑦ 12 cm/秒 ⑧ 25 cm/秒 ⑨ 3 m/秒 ⑩ 5 m/秒
⑫ 12 m/秒 ⑬ 25 m/秒 ⑭ 30 m/秒 ⑮ 50 m/秒 ⑯ 120 m/秒
⑰ 250 m/秒

問 3 副交感神経の働きによるものはどれか。 58

- ① 瞳孔の拡大 ② 立毛筋の収縮 ③ 体表血管の収縮 ④ 気管支の収縮 ⑤ 心拍数の増加

問 4 タンパク質からのグルコース合成を促進するホルモンはどれか。 59

- ① 糖質コルチコイド ② 鈴質コルチコイド ③ インスリン ④ グルカゴン ⑤ アドレナリン

問 5 B 細胞の増殖を刺激する物質を分泌するものはどれか。 60

- ① 抗原に結合した抗体
② 抗原を取り込んだマクロファージ
③ 抗原を認識した T 細胞
④ 免疫記憶細胞
⑤ 抗体産生細胞

問 6 日本における植物群落と樹種の組合せで正しいものはどれか。 61

- ① 高山帯 ————— トドマツ
② 針葉樹林 ————— シイ
③ 夏緑樹林 ————— ブナ
④ 照葉樹林 ————— ミズナラ
⑤ 亜熱帯多雨林 ————— タブノキ

問 7 年代順に並べたときもっとも新しく起ったものはどれか。 62

- ① 三葉虫の絶滅 ② シダ植物の繁栄 ③ 魚類の出現 ④ は虫類の出現 ⑤ 裸子植物の出現

4 選択肢のうちから適切なものを二つ選べ。該当する番号をすべてマークせよ。

問 1 植物細胞を光学顕微鏡で観察した場合、観察できないものはどれか。 63

- ① 核 ② リボソーム ③ 葉緑体 ④ 液胞 ⑤ 運搬 RNA

問 2 内胚葉から分化するものはどれか。 64

- ① 肝臓 ② 心臓 ③ 脾臓 ④ すい臓 ⑤ 脊椎骨

問 3 ヒトの脳下垂体前葉から分泌されるホルモンはどれか。 65

- ① パラトルモン ② パソプレシン ③ 成長ホルモン
④ 甲状腺刺激ホルモン ⑤ 副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン

問 4 体液の浸透圧調節にはたらくホルモンはどれか。 66

- ① 抗利尿ホルモン ② 糖質コルチコイド ③ チロキシン
④ グルカゴン ⑤ 鈎質コルチコイド

問 5 細胞外ではたらくタンパク質はどれか。 67

- ① アセチルコリン受容体 ② コラーゲン ③ ナトリウムチャネル
④ ヘモグロビン ⑤ 免疫グロブリン

問 6 五界説における植物界に属するものはどれか。 68

- ① アオノリ ② アカバンカビ ③ シイタケ ④ スギゴケ ⑤ ワラビ

問 7 個体群内でおこる現象でないものはどれか。 69

- ① 原位性 ② 繩張り ③ 捕食—被食関係 ④ 密度効果 ⑤ 生態的地位

5 選択肢のうちから適切なものをすべて選べ。該当する番号をすべてマークせよ。

問 1 血液について正しいものはどれか。 70

- ① 血液から細胞成分を除いたものが血清である。
② 血液の細胞成分のうち最も数が多いものは赤血球である。
③ 血液の重さの約 10 % は細胞成分が占める。
④ 組織液は血液の成分が血管の外にしみ出したものである。
⑤ 二酸化炭素は大部分が赤血球のヘモグロビンと結合して運ばれる。

問 2 細胞の膜電位について正しいものはどれか。 71

- ① 静止電位はニューロンだけに見られる。
② 活動電位はニューロンだけに見られる。
③ 活動電位が発生するときは、 Na^+ が細胞外から細胞内に流入する。
④ 活動電位の大きさは刺激の強さが大きくなつても変わらない。
⑤ 活動電位が神経軸索を伝わるとき、末梢に行くに従つてその大きさは小さくなる。

問 3 動物の効果器はどれか。 72

- ① うずまき管 ② 外分泌腺 ③ 嘴上皮 ④ 色素胞 ⑤ 小脂

問 4 原腸胚の原口が口になるものはどれか。 73

- ① イセエビ ② ウニ ③ ハマグリ ④ ホヤ ⑤ ミミズ

問 5 一次消費者はどれか。 74

- ① ウサギ ② クモ ③ コウジカビ ④ タカ ⑤ モンシロチョウ