

聖マリアンナ 2013 生物

略解

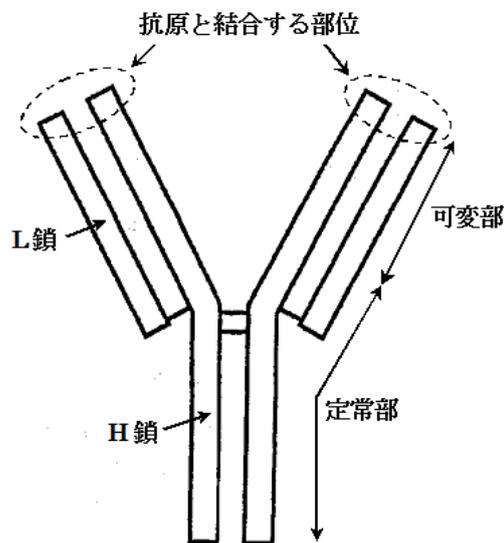
① [1] ①: 神経伝達 ②: 水 ③: 脂 [2] A-(エ) B-(オ) C-(オ)

[3] A [4] A-(カ) B-(カ) C-(キ)

[5] (ア)-C (イ)-B (ウ)-A a: 転写 b: グリコーゲン
c: ナトリウムチャネル d: 受動 e: 膜電位

② [1] ①: 自然 (先天性) ②: 獲得 (後天性) ③: 食作用 ④: 体液性

⑤: 免疫グロブリン ⑥: 拒絶



[2]

(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

[3] 可変部を作る 5つの遺伝子群より遺伝子が 1つずつ選択される。(29字)

[4] (イ)・(エ)・(オ) [5] インターロイキン (サイトカイン)

[6] 胸腺 [7] 2人兄弟: 25% 4人兄弟: 58%

③ [1] 条件遺伝子 [2] 黒色: BBgg、Bbgg

灰色: BBGG、BBGg、BbGG、BbGg 白色: bbGG、bbGg、bbgg

[3] 個体 I: BBggYy 個体 II: BBggyy 個体 III: BBGGYy

個体 IV: BBGGyy

④ [1] ①: チラコイド ②: ストロマ

[2] 1) (ア): 6 (イ): 12 (ウ): 12 (エ): 6

2) 暗条件下ではチラコイドでの ATP や $X \cdot 2[H]$ の生成と言った反応は進まないが、ストロマにおける CO_2 を取り込む反応は進む。よって、RuBP

→PGA の反応は進行するが、PGA より先の反応は進まないから。

3) RuBP : 増加 PGA : 減少

- [3] 1) 光の強さをより大きくしても、CO₂吸収速度がそれ以上は大きくならない状態。
- 2) 光合成による CO₂吸収速度と呼吸による CO₂放出速度がつり合っているから。
- 3) 458.2 mg
- [4] 1) 植物 A : 上部の茎から、広い葉がほぼ水平に突き出している。
植物 B : 下部の茎から、細く長い葉が斜めや垂直に伸びている。
- 2) 相対照度が小さく十分に光合成を行えない群落下層においては、光合成器官の枯死脱落によって呼吸による消費を抑えた方が生産効率が上がるから。

配点

[1] [1] [2] 各2点 [3] 3点 [4] 各2点 [5] 各1点
(2×6 + 3 + 2×3 + 1×8)

[2] [1] 各1点 [2] ~ [4] 各4点 [5] [6] 各3点 [7] 4点
(1×6 + 4×3 + 3×2 + 4)

[3] [1] 3点 [2] 各2点 [3] 各2点 (3 + 2×3 + 2×4)

[4] [1] 各1点 [2] 1) 各1点 2) 4点 3) 各1点
[3] 1) 2点 2) 3) 各3点 [4] 各3点
(1×2 + 1×4 + 4 + 1×2 + 2 + 3×2 + 3×2)

1

原則1. 主要なホルモンについて → [1] ~ [5] に利用

ホルモンは、内分泌腺と呼ばれる器官から血液中へ分泌される物質のことで、他の器官（標的細胞）へ運ばれて情報を伝達する役割をもつ。主要なホルモンについて、内分泌腺名・ホルモン名・働きをまとめると、下表のようになる。

内分泌腺名		ホルモン名	働き
視床下部		放出ホルモン	脳下垂体のホルモン分泌の調整
脳下垂体	前葉	成長ホルモン*	成長やタンパク質合成の促進。血糖値上昇。
		甲状腺刺激ホルモン	チロキシンの分泌の促進
		副腎皮質刺激ホルモン	糖質コルチコイドの分泌の促進
	後葉	バソプレシン* (注1)	腎臓での水分再吸収の促進。血圧の上昇。
甲状腺		チロキシン	体内の化学反応の促進
副甲状腺		パラトルモン	血液中のカルシウムイオン濃度の増加
すい臓	A細胞	グルカゴン	血糖値を上げる
	B細胞	インスリン* (注2)	血糖値を下げる
副腎	髄質	アドレナリン	血糖値を上げる
		糖質コルチコイド**	血糖値を上げる
	皮質	鉱質コルチコイド** (注3)	血液中の Na ⁺ 濃度・K ⁺ 濃度の調節
生殖器等	エストロゲン**		女性ホルモン
	テストステロン**		男性ホルモン

* ペプチド系ホルモン。ペプチド系ホルモンは水溶性ホルモンであり、標的となる細胞の表面にある受容体と結合することで信号を伝える。

** ステロイド系ホルモン。ステロイド系ホルモンは脂溶性ホルモンであり、細胞膜を通り抜けて細胞内部にある受容体と結合することによって信号を伝える。産生器官より血液中へ分泌されたステロイド系ホルモンは、肝臓において速やかに不活性化と分解をされて排泄される。なお、ヒト以外のステロイド系ホルモンには、節足動物のエクジステロイド等がある。

(注1) バソプレシンは視床下部の神経分泌細胞で合成され、脳下垂体後葉から分泌される（バソプレシンの分泌を行う神経分泌細胞は、その細胞体が視床下部に、その軸索末端（＝神経終末）が脳下垂体後葉にそれぞれ存在する）。また、腎臓の集合管がバソプレシンの標的器官である。例えば、血しょうの浸透圧が高くなるとバソプレシンが分泌される。その結果、腎臓の集合管における水の再吸収が促進され、血液中に水が戻ることにより、血しょうの浸透圧は正常範囲まで低下する。

(注 2) インスリンが受容体と結合すると、標的細胞において糖の取り込みやグリコーゲンの合成が促進される。

(注 3) 鉱質コルチコイドはコレステロールから生成される。また、鉱質コルチコイドの受容体は、標的器官の細胞の内部に存在する。なお、鉱質コルチコイドにより、腎臓の細尿管における Na^+ の再吸収が促進される。

原則 2. 神経の種類について → [1] ~ [5] に利用

神経の種類を、下表に示す。

中枢神経系	脳 (注 1)		感覚の知覚・判断・命令、等
	脊髄		脳・末梢神経間の中継、反射の命令、等
末梢神経系	体性神経系	感覚神経 (注 2)	感覚器官からの刺激を中枢神経へ伝達
		運動神経	中枢神経からの命令を筋肉へ伝達
	自律神経系	交感神経	体が活発に活動するときに働く (注 3)
		副交感神経	体がゆったりとしているときに働く (注 4)

(注 1) 人間の脳は、大脳・間脳 (視床・視床下部)・脳幹 (中脳・後脳・延髄)・小脳からなる。

(注 2) 感覚神経の細胞体は、脊髄背根側の神経節にある。

(注 3) 例えば、瞳孔の散大、血圧の上昇、気管支の拡張、心臓の拍動促進、発汗の促進、等の際に働く。なお、交感神経の興奮を起こす神経伝達物質は、アドレナリンやノルアドレナリンである。

(注 4) 例えば、胃酸の分泌、胃腸のぜん動促進、瞳孔の縮小、ぼうこうの収縮、等の際に働く。なお、副交感神経の末端からは、神経伝達物質のアセチルコリンが分泌される。このアセチルコリンは、副交感神経だけでなく、運動神経と骨格筋の接合部などにおける神経伝達物質としても使われている。なお、アセチルコリンが拡散によってシナプス間隙を通過する時間は、0.1~0.2 ミリ秒程度である。ところで、アセチルコリンが細胞表面にある受容体と結合すると、受容体に連結しているナトリウムチャンネルが開くことでナトリウムイオンの流入が起きて、細胞膜に活動電位 (膜電位) が生じる。なお、ナトリウムイオン濃度は細胞内より細胞外の方が高いから、ナトリウムチャンネルを通るナトリウムイオンの流入は、能動輸送ではなくて受動輸送である。

[1] ~ [4]

【方針】

いずれの設問もホルモンや神経伝達物質についての知識問題であると気づく。したがって、「原則 1. 主要なホルモンについて」や「原則 2. 神経の種類について」の知識などを利用し

て順に解いてゆく。

【解説】

[1]

「原則1. 主要なホルモンについて」や「原則2. 神経の種類について」より、解答は、①：神経伝達、②：水、③：脂である。

[2]

「原則1. 主要なホルモンについて」や「原則2. 神経の種類について」より、解答は、A-(エ)、B-(オ)、C-(オ)である。

[3]

神経伝達物質のアセチルコリンが拡散によってシナプス間隙を通過する時間は、0.1~0.2ミリ秒程度である。インスリンや鉱質コルチコイドと言ったホルモンは、血液により標的器官へ運ばれるから、神経伝達物質よりも時間がかかる。よって、受容体と結合するまでの時間が最も短いものは、アセチルコリン (A) である。ゆえに、解答は、Aである。

[4]

アセチルコリンやインスリン等の水溶性の情報伝達物質は、多くの場合、標的となる細胞の表面にある受容体と結合することで信号を伝える。これに対し、鉱質コルチコイド等のステロイド系ホルモンやそれ以外の脂溶性（非水溶性）の伝達物質は、細胞膜を通り抜けて細胞内部にある受容体と結合することによって信号を伝える。ゆえに、解答は、A-(カ)、B-(カ)、C-(キ)である。

[5]

【方針】

ホルモンや神経伝達物質についての知識問題である。また、(ア)では、「受容体と結合して生じた複合体は、核膜を通過して…」と言う文言より、該当する情報伝達物質は脂溶性ホルモンの鉱質コルチコイドであると気づく。これらの点を踏まえて、「原則1. 主要なホルモンについて」や「原則2. 神経の種類について」の知識などを利用して解く。

【解説】

(ア)：上記のように、該当する情報伝達物質は鉱質コルチコイド (C) である。また、標的遺伝子の発現の活性化と言うのは、転写調節領域に結合した複合体がもたらす作用によって標的遺伝子から mRNA がつくられ、必要なタンパク質がつけられることを指す。ゆえに、解答は、情報伝達物質：C、a：転写である。

(イ)：「原則1. 主要なホルモンについて」より、解答は、情報伝達物質：B、b：グリコーゲンである。

(ウ)：「原則2. 神経の種類について」より、解答は、情報伝達物質：A、c：ナトリウムチャネル、d：受動、e：膜電位である。

2

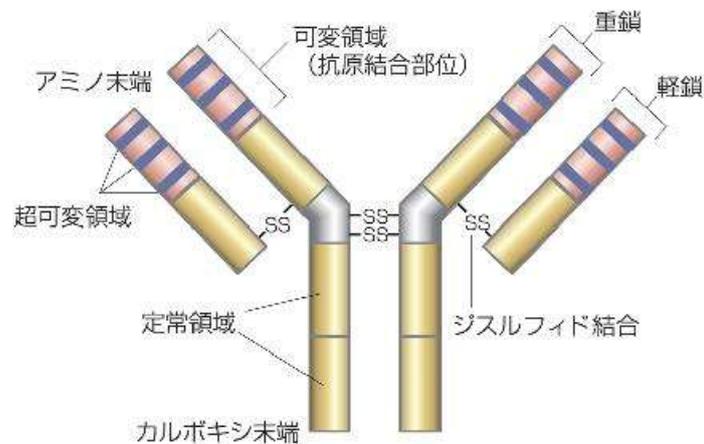
原則3. 白血球と免疫について → [1] ~ [6] に利用

血液は有形成分と液体成分からなり、有形成分には赤血球、白血球、血小板があり、液体成分は血しょう（血漿）と呼ばれる。なお、白血球とは、生体防御に関与する免疫担当細胞のことで、好中球、好酸球、好塩基球、単球（マクロファージ）、リンパ球（B細胞・T細胞など）の総称である。体内に異物が侵入した場合、マクロファージ、樹状細胞、好中球等が食作用により異物を排除する。

なお、未成熟のB細胞においては抗体を作るための多数の遺伝子断片があつて、これらの遺伝子断片はDNA上でいくつかの集団を形成して並んでいる。B細胞が成熟する過程で、それぞれの集団のうちから遺伝子断片が1つずつ選ばれて再構成されることで、可変部を作る遺伝子となる。その結果として、それぞれが異なる可変部をもつ抗体を生成する多様なB細胞ができる。

また、1つの抗体産生細胞が産生する抗体（※）は1種類だけであり、抗体は自身の可変部と合致する抗原とのみ結合する。よって、抗原の種類と同数の抗体が存在し、抗体を作り出す抗体産生細胞も全て異なる。

（※）すべての抗体は、免疫グロブリンと言う物質でできている。この免疫グロブリンは、下図に示すように、4つのポリペプチド鎖（2つの重鎖（H鎖）と2つの軽鎖（L鎖））がY字型に結合した構造を持っている。下図に示した可変領域（可変部）は抗原と結合する箇所、抗原に対して特異的な構造を有する。また、B細胞には抗体の可変部の構造を決める5つの遺伝子群（L鎖：2群、H鎖：3群）があつて、それぞれ多数の遺伝子を含む。未熟なB細胞から成熟したB細胞に分化する際は、各群から遺伝子が1つずつ選択されて遺伝子が再構成される。よって、さまざまな抗体の産生が可能となる。ちなみに、この遺伝子の再構成の仕組みを解き明かしたのが利根川進博士である。



(図は <http://csls-db.c.u-tokyo.ac.jp/ird/1138.jpg> より引用)

ところで、自然免疫とは、通常の「免疫」ではなく、生物体が先天的にもっている外界からの異物侵入を阻止する仕組みを指す。だ液等に含まれる酵素、体表から分泌される汗等に含まれる有機酸等には一定の抗菌作用があって、病原体の侵入を阻止している。一方、上述のリンパ球による抗体の産生等によって異物侵入を阻止する免疫を獲得免疫と言う。なお、獲得免疫には体液性免疫と細胞性免疫がある。まず、体液性免疫は、B細胞により作られた抗体による免疫のことで、以下にその反応プロセスを示す。

- ① マクロファージや樹状細胞は、抗原を捕食して、細胞表面に抗原提示を行う。

↓

- ② 提示された抗原の情報を受け取ったヘルパーT細胞は、活性化する。

↓

- ③ ヘルパーT細胞から分泌されたインターロイキンにより、B細胞が活性化される。

↓

- ④ B細胞より、抗体が体液中に分泌される。

↓

- ⑤ 体液中の抗体により、抗原抗体反応が起こる。

また、細胞性免疫は、キラーT細胞などの白血球が異物（病原体、感染細胞など）を攻撃する免疫のことで、がん細胞への攻撃、臓器移植の際の拒絶反応などは細胞性免疫の働きによるものである。なお、キラーT細胞などのT細胞は、胸腺で成熟する。

原則4. MHC と HLA について → [7] に利用

細胞膜の表面には、自己と非自己の識別に関与する糖タンパク質が存在する。個体ごとにこの糖タンパク質は異なり、この差異が自己・非自己の識別に関係する。この様な糖タンパク質のことを、MHC 抗原（主要組織適合抗原）と言う。そして、ヒトの MHC 抗原（主要組織適合抗原）は、HLA（ヒト白血球型抗原）と呼ばれており、この HLA は第 6 染色体上の 6 対の HLA 遺伝子により決定される。なお、6 対の HLA 遺伝子は、A、C、B、DR、DQ、DP という名称が付いており、それぞれ 26 種類、10 種類、55 種類、24 種類、9 種類、6 種類の対立遺伝子が存在している。よって、ヒトの HLA 遺伝子の組合せは無数に多いことがわかる。なお、HLA の 6 対の遺伝子の間の距離は近いため、ほとんど組換えは起こらない。

原則5. 染色体と遺伝子について → [7] に利用

有性生殖をする生物の場合、父方の染色体は精細胞（精子）より、母方の染色体は卵細胞（卵）よりもたらされるから、子の体細胞は一对の同形同大の染色体をもっている。これを、相同染色体と言う。また、遺伝子座とは、染色体上の遺伝子の位置のことである（注 1）。1 つの遺伝子形質に対して、相同染色体の同じ遺伝子座に異なる遺伝子がそれぞれ存在すると

き、それらを対立遺伝子と言う。同じ対立遺伝子の対（例. AA や aa）になっているとき、ホモ接合と言う。また、異なる対立遺伝子の対（例. Aa）になっているとき、ヘテロ接合と言う。ところで、ヒトの体細胞には 46 本（23 対）の染色体があり、44 本（22 対）は男女共通の常染色体で、2 本（1 対）は男女で異なる性染色体である。この 2 本の性染色体は、女性ではホモ型（XX）、男性ではヘテロ型（XY）となる。

（注 1）遺伝子の位置を染色体上に示した地図のことを、染色体地図または遺伝子地図と言う。

また、AA、Aa、aa の様な形質を決める遺伝子の組合せを遺伝子型と言い、通常、A 等の大文字は優性遺伝子、a 等の小文字は劣性遺伝子をそれぞれ表す。したがって、優性遺伝子 A と劣性遺伝子 a からは、3 通りの遺伝子型 AA、Aa、aa が生じ得るが、AA、Aa をもつ個体にはいずれも [A] の表現型（優性形質）が現れ、aa をもつ個体だけに [a] の表現型（劣性形質）が現れる。

また、複数の遺伝子が 1 本の染色体上に連なっているとき、連鎖していると言う。連鎖している複数の遺伝子は、その染色体と行動をともにするため、メンデルの独立の法則は成り立たない。なお、連鎖している各遺伝子間の距離がごく近い場合、その遺伝子間では染色体の乗換え（遺伝子の組換え）は起こりにくい。

[1] ~ [3]

【方針】

いずれの設問も白血球や免疫などについての知識問題であると気づく。したがって、「原則 3. 白血球と免疫について」の知識を利用して順に解いてゆく。

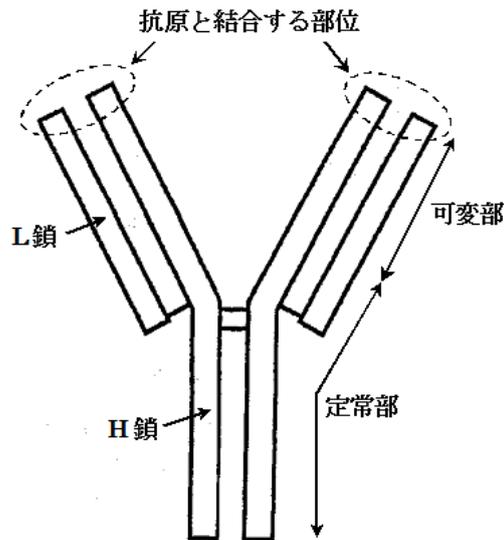
【解説】

[1]

「原則 3. 白血球と免疫について」より、解答は、①：自然（先天性）、②：獲得（後天性）、③：食作用、④：体液性、⑤：免疫グロブリン、⑥：拒絶である。

[2]

「原則 3. 白血球と免疫について」より、解答は、下図のようになる。



(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

[3]

「原則 3. 白血球と免疫について」より、解答は、「可変部を作る 5 つの遺伝子群より遺伝子が 1 つずつ選択される。(29 字)」である。

[4] ~ [6]

【方針】

いずれの設問も白血球の種類や働きなどに関する知識問題であると気づく。したがって、「原則 3. 白血球と免疫について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

[4]

(ア)：食作用をもつ細胞（マクロファージなど）が行う反応である。

(イ)：ヘルパーT細胞の働きである。

(ウ)：B細胞の働きである。

(エ)：キラーT細胞の働きである。

(オ)：HIV（ヒト免疫不全ウイルス）はヘルパーT細胞に感染して破壊する。

(カ)：ヒスタミンは肥満細胞（顆粒細胞やマスト細胞とも呼ばれる）や好塩基球から分泌される。

以上より、(イ)・(エ)・(オ)がT細胞に該当する記述である。ゆえに、解答は、(イ)・(エ)・(オ)である。

[5]

細胞間の情報伝達物質として分泌される物質を総称してサイトカインと言い、このうち、白血球から分泌される物質をインターロイキンと言う。ゆえに、解答は、インターロイキン（サイトカイン）である。

[6]

「原則 3. 白血球と免疫について」より、解答は、胸腺である。

[7]

【方針】

「組換えは起こらないものとする」という文言があるから、MHC の遺伝子座を有する母親の 2 本の染色体と父親の 2 本の染色体の中から、それぞれ 1 本ずつが子に伝えられることに気づく。この点を最初の手掛かりとして、「原則 4. MHC と HLA について」や「原則 5. 染色体と遺伝子について」の知識を利用して解く。

【解説】

MHC の遺伝子座を有する母親の 2 本の染色体と父親の 2 本の染色体の中から、それぞれ 1 本ずつが子に伝えられる。よって、子の染色体の持ち方は $2 \times 2 = 4$ 通りとなるから、2 人兄弟で MHC が一致する確率は $\frac{1}{4} = 25\%$ となる。また、4 人兄弟では、「自分以外の 3 人がいずれも自分と異なる染色体の組合せを有する」確率は、 $\left(1 - \frac{1}{4}\right)^3 = \frac{27}{64} = 0.422\cdots$ となる。

「自分以外の 3 人がいずれも自分と異なる染色体の組合せを有する」ということがないなら、少なくとも 1 人は自分と同じ染色体の組合せを有するから、その確率は、 $1 - 0.422\cdots = 0.578\cdots \approx 58\%$ となる。ゆえに、解答は、2 人兄弟：25%、4 人兄弟：58%である。

3

原則 5. 染色体と遺伝子について (前述) → [1] ~ [3] に利用

[1]・[2]

【方針】

「体色を黒くする 1 対の遺伝子 B (優性) 及び b (劣性)」と言う文言より、遺伝子 B はメラニン色素 (通常、黒色色素) をつくれる遺伝子で、遺伝子 b はメラニン色素をつくれない遺伝子であると気づく。この点を最初の手掛かりとして、「原則 5. 染色体と遺伝子について」の知識などを利用して順に解いてゆく。

【解説】

遺伝子 B はメラニン色素 (通常、黒色色素) をつくれる遺伝子で、遺伝子 b はメラニン色素をつくれない遺伝子である。また、遺伝子 G はメラニン色素合成を切り替える遺伝子であり、この遺伝子をもつ個体では、1 本の毛に通常の黒色 (※1) と黄色 (※2) が交互に現れるため、毛の色は灰色に見える (※1: ユーメラニンと言う。※2: フェオメラニンと言う)。一方、遺伝子 g ではこの作用がない。よって、遺伝子型が B#G# の場合は灰色 (注: # には大文字・小文字のどちらが入ってもよいとする。以下も同様)、B#gg の場合は黒色、bbG# と bbgg の場合は白色になる。G 遺伝子は B 遺伝子と共存したときだけ、その形質が現れるから、これを条件遺伝子と言う。なお、F₂ では、

$$B\#G\# : B\#gg : bbG\# : bbgg = \text{灰色} : \text{黒色} : \text{白色} : \text{白色} = 9 : 3 : 3 : 1$$

となるから、実験 1 の記述の様に、灰色 : 黒色 : 白色 = 9 : 3 : 4 となる。

以上より、[1] の解答は、条件遺伝子、[2] の解答は、黒色 : BBgg、Bbgg、灰色 : BBGG、BBGg、BbGG、BbGg、白色 : bbGG、bbGg、bbgg である。

[3]

【方針】

実験 2 (実験 3) の結果より、黄色個体どうしの交配で生まれた個体の体色の比は、黄色 : 黒色 (黄色 : 灰色) が 3 : 1 でなく 2 : 1 になることに気づく。この点を踏まえて、「原則 5. 染色体と遺伝子について」の知識などを利用して解く。

【解説】

黄色個体どうしの交配では、黄色 : 黒色 (黄色 : 灰色) は 3 : 1 でなく 2 : 1 になるので、遺伝子 Y は劣性の致死遺伝子で YY の個体は発生の途中で死亡することがわかる。また、遺伝子 B と遺伝子 Y がある場合、黄色 (フェオメラニン) の合成だけが起こるから、ヘテロに遺伝子 Y をもつ個体は黄色の毛となる。実験 2 の個体 I と個体 II の交配においては、F₁、F₂ に白色の個体 (遺伝子 B をもたない個体) も灰色の個体 (遺伝子 G をもつ個体) も

現れないので、個体Ⅰと個体Ⅱは遺伝子 b や遺伝子 G をもたない。したがって、個体Ⅰは $BBggYy$ 、個体Ⅱは $BBggyy$ である。また、実験 3 の個体Ⅲと個体Ⅳの交配においては、 F_1 、 F_2 に白色の個体（遺伝子 B をもたない個体）も黒色の個体（遺伝子 G をもたない個体）も現れないので、個体Ⅲと個体Ⅳは遺伝子 b や遺伝子 g をもたない。したがって、個体Ⅲは $BBGGYy$ 、個体Ⅳは $BBGGyy$ である。ゆえに、解答は、個体Ⅰ： $BBggYy$ 、個体Ⅱ： $BBggyy$ 、個体Ⅲ： $BBGGYy$ 、個体Ⅳ： $BBGGyy$ である。

4

原則6. 光合成と葉緑体

→ [1] ~ [3] に利用

光エネルギーを用いて二酸化炭素 (CO₂) と水 (H₂O) から有機物をつくる過程のことを光合成と言う。光合成をする生物としては、緑色植物、光合成細菌、シアノバクテリアなどが挙げられる。光合成が行われる葉緑体は、二重膜で包まれた 3 ~ 10μm の大きさの細胞小器官で独自の DNA を有する。この葉緑体の内部には、チラコイドと言う袋状構造があり、その膜の中に光合成色素 (クロロフィル a、クロロフィル b、カロテン、キサントフィル、等) が存在している。また、葉緑体の中でチラコイドの間にある液状部分をストロマと言う。また、チラコイドが重なり合った箇所をグラナと言う。

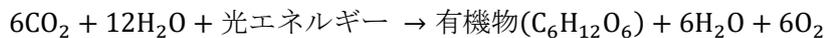
光合成は、下記に示した 4 つの過程に分かれて行われる (下図参照)。

- (1) 光合成色素を用いた光エネルギーの捕集 (チラコイドでの反応)
- (2) NADPH (注 1) (還元物質) の生成 (チラコイドでの反応)
- (3) 電子伝達系での光リン酸化 (注 2) による ATP の生成 (チラコイドでの反応)
- (4) カルビン・ベンソン回路による CO₂ の還元と有機物の合成 (ストロマでの反応)

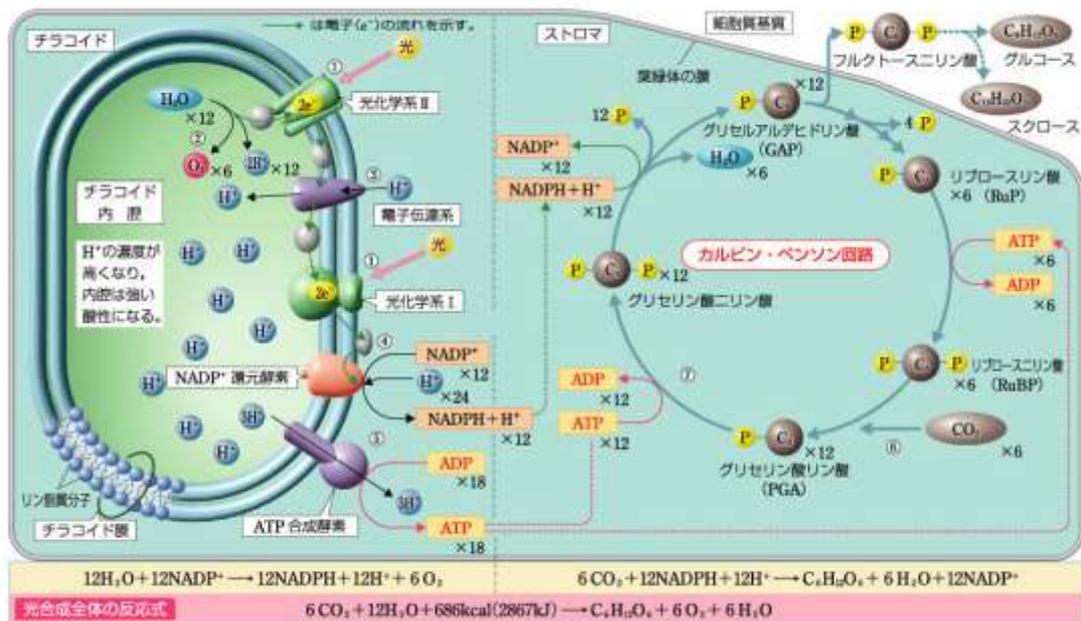
(注 1) : 脱水素酵素 (デヒドロゲナーゼ) の補酵素で、NADPH はニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリソドリン酸の略である。

(注 2) : H⁺ の濃度勾配と ATP 合成酵素により、ATP が生成される。

また、光合成全体の反応式は、

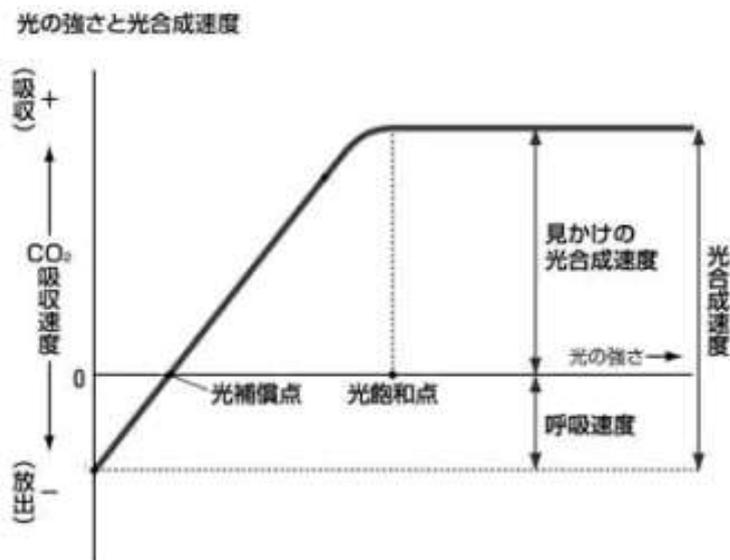


となる。



(図は <http://livedoor.blogimg.jp/crazybio/imgs/d/3/d3a2766f.jpg> より引用)

原則 7. 光合成速度について → [3] に利用



(図は <http://kou.benesse.co.jp/nigate/science/images/A13R08BB01/pic02.gif> より引用)
植物の葉は、昼間は光合成を行っているが、昼夜にわたり呼吸も行っている。すなわち、明るいときは光合成が活発に行われて CO_2 (二酸化炭素) を吸収しているが、暗いときは光合成が行われなため CO_2 を排出している。このことをグラフに表すと、上図のようになる (横軸は光の強さ、縦軸は CO_2 吸収速度である)。この図からわかる様に、光合成速度 (光合成による CO_2 吸収速度) は、光の強さに比例して増えてゆく。一方、呼吸速度 (呼吸による CO_2 排出速度) は、光の強さとは関係なく一定値を保つ。なお、光合成速度と呼吸速度が等しくなるときの光の強さを、光補償点と言う。また、光の強さに関係なく光合成速度が一定になるときの光の強さを、光飽和点と言う。

[1]・[2]

【方針】

いずれの設問も光合成や葉緑体についての知識問題や考察問題であると気づく。したがって、「原則 6. 光合成と葉緑体」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

[1]

「原則 6. 光合成と葉緑体」より、解答は、①：チラコイド、②：ストロマである。

[2]

1)：「原則 6. 光合成と葉緑体」より、解答は、(ア)：6、(イ)：12、(ウ)：12、(エ)：6 である。

2)・3) : チラコイドでの光エネルギーの吸収によって、ATP と $X2 \cdot [H]$ が生成される。これらを利用してカルビン・ベンソン回路における反応が進むから、明条件でなければ図 1 の (イ) (PGA) から (ウ) への反応は進まない。一方、図 1 の (エ) から (イ) への反応は ATP と $X2 \cdot [H]$ を直接的には利用しないから、暗条件でも反応は進むが、反応材料として CO_2 を吸収しなければ反応は進まない。よって、 CO_2 が存在する条件下で明→暗へ切り替えた場合、RuBP (図 1 (エ)) は PGA (図 1 (イ)) へと変化するが PGA から先へは変化しないから、設問 2) の暗条件下では、PGA が蓄積され、RuBP は減少する。逆に、設問 3) の明条件下で CO_2 供給を停止した場合、PGA (図 1 (イ)) は消費されるが、RuBP (図 1 (エ)) は PGA へと変化しないから、PGA は減り、RuBP は増加する。

以上より、解答は、以下ようになる。

2) 暗条件下ではチラコイドでの ATP や $X \cdot 2[H]$ の生成と言った反応は進まないが、ストロマにおける CO_2 を取り込む反応は進む。よって、RuBP→PGA の反応は進行するが、PGA より先の反応は進まないから。

3) RuBP : 増加、PGA : 減少

[3]

【方針】

いずれの設問も光合成速度などについての知識問題や計算問題であると気づく。したがって、「原則 7. 光合成速度について」や「原則 6. 光合成と葉緑体」の知識を利用して順に解いてゆく。

【解説】

1) : 「原則 7. 光合成速度について」より、解答は、「光の強さをより大きくしても、 CO_2 吸収速度がそれ以上は大きくならない状態。」である。

2) : 「原則 7. 光合成速度について」より、解答は、「光合成による CO_2 吸収速度と呼吸による CO_2 放出速度がつり合っているから。」である。

3) : 光の強さが 40000 ルクスでの光合成による CO_2 吸収量は、図 3 より、

$$12 + 2 = 14 \text{ [mg/(100cm}^2 \cdot \text{時)]}$$

となる。よって、 400cm^2 の葉に光を 12 時間照射したとき、吸収された CO_2 の質量は、

$$14 \times \frac{400}{100} \times 12 = 672 \text{ [mg]}$$

となる。「原則 6. 光合成と葉緑体」より、光合成全体の反応式は、



である。よって、 CO_2 6 mol に対してグルコース ($C_6H_{12}O_6$) 1 mol が生成されるから、生成されたグルコースの量を x [mg] とおくと、次式が成り立つ。

$$44 \times 6 : 180 \times 1 = 672 : x$$

これを解くと、 $x \approx 458.2$ [mg] と求まる。ゆえに、解答は、458.2 mg である。

[4]

【方針】

図4の生産構造図より、植物Aは広葉型、植物Bはイネ科型であるとわかる。この点を踏まえ、生産構造図などに関する知識にもとづいて解く。

【解説】

広葉型では、しっかりした茎の上の部分に広い葉が密集する形となる。また、イネ科型では、ススキやイネなどのように細長い葉が茎の下部から垂直に近い角度で伸び上がる形となる。群落全体の物質生産から見た場合、イネ科型が有利ではあるが、他種との競争から見た場合、広葉型が有利であると考えられている。ゆえに、解答は、以下のようになる。

- 1) ・植物A：上部の茎から、広い葉がほぼ水平に突き出している。
・植物B：下部の茎から、細く長い葉が斜めや垂直に伸びている。
- 2) 相対照度が小さく十分に光合成を行えない群落下層においては、光合成器官の枯死脱落によって呼吸による消費を抑えた方が生産効率が上がるから。