

岩手医 2013 生物

略解

1 (1) イ (2) ウ (3) なし (4) α (5) $\frac{\lambda}{2}$

2 (1) A : 炭素 B : カルボキシ (カルボキシル) C : 側鎖 D : ペプチド
E : らせん (α ヘリックス) F : ジグザグ (β シート) G : インスリン
H : S-S (ジスルフィド) I : 変性
(2) 器官 : すい臓 内分泌腺 : ランゲルハンス島 細胞 : B細胞 (β 細胞)

3 (1) エ (2) エ (3) エ (4) エ (5) ア (6) イ
(7) エ (8) ウ (9) エ (10) エ

1

原則 1. 体細胞分裂について → (1)・(2)・(4)に利用

体細胞分裂は、体細胞が分裂するときに行われる細胞分裂である。分裂する前の細胞を母細胞、分裂後にできる細胞を娘細胞という。体細胞分裂では、1個の母細胞から2個の娘細胞がつくられ、母細胞と娘細胞のそれぞれがもつDNAの量や、染色体の数は変わらない。

分裂してできた細胞が、次の細胞分裂を終了するまでの期間を細胞周期といい、細胞周期は間期と分裂期(M期)に分けることができる。間期は、さらにG₁期(DNA合成準備期)、S期(DNA合成期)、G₂期(分裂準備期)の3つに分けることができ、分裂期は前期、中期、後期、終期の4つに分けることができる。

各時期の特徴は次のとおりである。

【間期】形態的に大きな変化は見られない。DNA量が2倍になる(DNAの複製)。

- ・G₁期(DNA合成準備期)：DNA合成の準備を行う。
- ・S期(DNA合成期)：もとのDNAを鋳型としてまったく同じ塩基配列のDNAをつくる。その結果、細胞1個あたりのDNA量は2倍になる(DNAの複製)。
- ・G₂期(分裂準備期)：細胞の分裂の準備を行う。

【分裂期(M期)】細胞分裂が行われる。

- ・前期：核内に散在していたDNAが凝縮し、太く短い染色体が現れる。核膜が消失する。
- ・中期：染色体が細胞の赤道面に並ぶ。
- ・後期：染色体が分かれ、両極へ移動する。
- ・終期：染色体が両極へ完全に移動し、核膜が現れる。DNAは分裂前のように核内に散在するようになる。細胞質分裂が行われ、動物細胞では赤道面でくびれが生じ、植物細胞では赤道面で細胞板ができることによって、細胞質が二分される。

体細胞分裂の観察を行ったとき、十分な数の細胞を観察しているとすると、細胞周期の各時期に要する時間の長さは、各時期の細胞の個数に比例する。つまり、細胞周期の時間の長さ、全体の細胞の個数に占める各時期の細胞の個数の割合の積(細胞周期の時間の長さ \times $\frac{\text{各時期の細胞の個数}}{\text{全体の細胞数}}$)で表すことができる。

原則 2. 減数分裂 → (3)・(5)に利用

細胞分裂には、原則1で述べた体細胞分裂のほかに、減数分裂という分裂様式がある。減数分裂は、配偶子をつくるときに行われ、連続した2回の分裂(第一分裂、第二分裂)からなる。減数分裂では、1個の母細胞から4個の娘細胞ができ、1個の娘細胞がもつDNA量や染色体の数は、母細胞の半分になる。なお、母細胞に含まれるDNA量は体細胞のDNA量と等しい。減数分裂における各時期の細胞の特徴は次のとおりである。

【間期】体細胞分裂と同様。S期にDNAが合成され(DNAの複製)、DNA量が2倍になる。

【第一分裂】前期で相同染色体どうしが対合し、二価染色体を形成する。*体細胞分裂にはない過程

- ・前期：DNAが凝縮し、太く短い染色体となる。相同染色体どうしがたがいに接着し(対合)、二価染色体となる。
- ・中期：二価染色体が細胞の赤道面に並ぶ。
- ・後期：相同染色体が分かれ、両極へ移動する。
- ・終期：染色体が両極へ完全に移動する。細胞質分裂が行われる。(細胞1個あたりのDNA量や染色体の数は半減する。)

【第二分裂】

- ・前期：染色体数が半減したまま第二分裂が始まる。
- ・中期：染色体が細胞の赤道面に並ぶ。
- ・後期：染色体が分かれ、両極へ移動する。
- ・終期：染色体が両極へ完全に移動する。核膜が現れ、細胞質分裂が行われる。

原則 3. シャルガフの規則 → (4)に利用

シャルガフの規則（シャルガフの法則）とは、生物がもつ DNA に含まれる塩基の数の割合が、アデニン (A) : チミン (T) = 1 : 1, シトシン (C) : グアニン (G) = 1 : 1 となり、アデニンとチミンの数、シトシンとグアニンの数がそれぞれほぼ同数となることであり、1949 年にシャルガフによって発見された。

(1)~(3)

【方針】

図の DNA 量の変化のグラフから、この問題で扱われている細胞分裂が体細胞分裂であることに気づく。

(1)~(3)の問題文中にある、「赤道面に並ぶ期」「動物細胞であればくびれがみられ、植物細胞であれば細胞板がみられる期」「二価染色体が観察される」といった、分裂期の各時期の特徴を読み取り、体細胞分裂のどの時期にあたるか、または体細胞分裂にはあたらないかを「原則 1. 体細胞分裂について」の知識をもとに判断する。細胞周期の各時期に要する時間の長さについては、「原則 1. 体細胞分裂について」の知識を利用する。

【解説】

(1)

「原則 1. 体細胞分裂について」と問題文中の「赤道面に並ぶ期」という文言より、体細胞分裂における中期に要する時間について解答すればよい。

「原則 1. 体細胞分裂について」より、細胞周期の各時期に要する時間の長さは、各時期の細胞の個数に比例するので、まず、各時期の細胞の個数および細胞全体の個数を求める。

問題文より、各時期の細胞の数の比は、

$$\text{間期} : \text{前期} : \text{後期} = a : b : b \quad \cdots \textcircled{1}$$

$$\text{前期} : \text{中期} : \text{終期} = a : c : d \quad \cdots \textcircled{2}$$

①と②の両方で前期の細胞の数が示されているので、①の前期の細胞の個数と②の前期の細胞の個数が一致するよう、次のように式を変形すればよい。

① a をかける

$$\text{間期} : \text{前期} : \text{後期} = a^2 : ab : ab$$

② b をかける

$$\text{前期} : \text{中期} : \text{終期} = ab : bc : bd$$

①、②をまとめると、間期 : 前期 : 中期 : 後期 : 終期 = $a^2 : ab : bc : ab : bd$ となり、細胞全体の数は $a^2 + ab + bc + ab + bd = a^2 + (2a + c + d)b$ と表すことができる。

間期の始まりから終期の終わりまでの時間を T とするとあるので、分裂期の中期に要する時間は、

$$\frac{bc}{a^2 + (2a + c + d)b} \times T = \frac{bcT}{a^2 + (2a + c + d)b}$$

したがって解答はイである。

(2)

「原則 1. 体細胞分裂について」と問題文中の「動物細胞であればくびれがみられ、植物細胞であれば細胞板がみられる期」という文言より、体細胞分裂における終期に要する時間について、(1)と同様に解答すればよい。

(1)より、分裂期の終期に要する時間は、

$$\frac{bd}{a^2 + (2a + c + d)b} \times T = \frac{bdT}{a^2 + (2a + c + d)b}$$

したがって解答はウである。

(3)

問題中の図は体細胞分裂を示している。「原則 2. 減数分裂」より、二価染色体は減数分裂の第一分裂で観察されるものであり、体細胞分裂には見られないものなので、いずれの選択肢の式でも表すことができない。したがって、解答はなし。

(4)

【方針】

「原則 3. シャルガフの規則」を利用した知識問題である。なお、細胞 1 個あたりの DNA 量は、「原則 1. 体細胞分裂について」より、DNA は間期 (S 期) に複製されて量が 2 倍になるという知識を利用するか、問題中の図の DNA 量の変化のグラフから考えるとよい。

【解説】

(4)

問題文中の「細胞 1 個の DNA に含まれるアデニンとチミンの合計数を α 、グアニンとシトシンの合計数を β とする」という文言から、間期が始まった直後の細胞 1 個の DNA に含まれる塩基の数について、次の関係が成り立つ。

$$\text{アデニン} + \text{チミン} = \alpha$$

$$\text{グアニン} + \text{シトシン} = \beta$$

「原則 3. シャルガフの規則」より、アデニンとチミンの数、シトシンとグアニンの数はそれぞれほぼ同数であるので、間期が始まった直後の細胞 1 個の DNA に含まれるチミンの数は、 $\frac{\alpha}{2}$ である。

DNA は、間期の S 期に複製され、量が 2 倍になるため、細胞 1 個の DNA に含まれる塩基の数もそれぞれ 2 倍になる。したがって、前期の細胞 1 個の DNA に含まれるチミンの数は、

$$\frac{\alpha}{2} \times 2 = \alpha$$

となる。したがって、解答は α である。

(5)

【方針】

減数分裂による DNA 量の変化についての知識問題である。「原則 2. 減数分裂」の知識を利用する。

【解説】

(5)

減数分裂によってできた娘細胞 (未受精卵) の細胞 1 個に含まれる DNA 量は、「原則 2. 減数分裂」より、母細胞 1 個に含まれる DNA 量の半分である。未受精卵の分裂前の細胞である母細胞に含まれる DNA 量は、体細胞と同じ量なので χ 。この半分なので、未受精卵 1 個に含まれる DNA 量は $\frac{\chi}{2}$ 。

2

原則 4. アミノ酸の構造 → (1)に利用

アミノ酸はタンパク質を構成する基本単位であり、1 個の炭素原子にアミノ基、カルボキシ基（カルボキシル基）、水素原子、そして側鎖が結合したものである。アミノ酸の種類は、側鎖の構造の違いによって決まる。

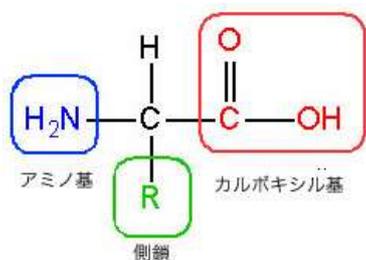
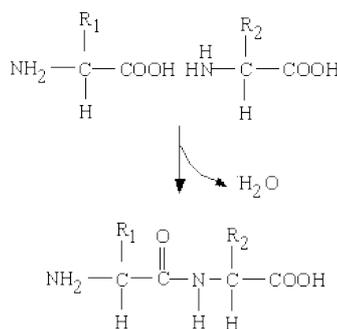


図 1 アミノ酸の一般構造

(図は http://www.sci.toho-u.ac.jp/chem/column/amino_acids/amino_acids_2.html より引用)

2つのアミノ酸が結合するとき、一方のアミノ酸のカルボキシ基ともう一方のアミノ酸のアミノ基との間で1分子の水がとれる。このときにできる結合をペプチド結合といい、多数のアミノ酸がペプチド結合でつながっているものをポリペプチドという。タンパク質も、アミノ酸がペプチド結合で多数つながってできている化合物なので、ポリペプチドである。ポリペプチドを構成するアミノ酸の種類や数、および配列は、タンパク質の性質を決める1つの要因である。



(図は <http://www.tmd.ac.jp/artsci/biol/textintro/Chapt2.htm> より引用)

原則 5. タンパク質の構造と性質 → (1)に利用

タンパク質の構造には階層があり、一次構造、二次構造、三次構造、四次構造がある。二次構造以上が高次構造とよばれる立体構造である。

- ・一次構造：タンパク質中のアミノ酸が配列されている順番（アミノ酸配列）のこと。
- ・二次構造：アミノ酸どうしの中に生じる水素結合によってつくられる構造のこと。らせん構造（αヘリックス）やジグザグ構造（βシート）など。
- ・三次構造：二次構造となったポリペプチドが折りたたまれてできる構造のこと。アミノ酸の一種であるシステインの側鎖に含まれる硫黄原子（S）どうしがつくるS-S結合（ジスルフィド結合）などによって維持される。
- ・四次構造：複数の三次構造（サブユニット）が集まってできる構造のこと。

また、タンパク質は、熱が加わったり、pHが変化したり、X線を照射されたりすると、タンパク質中の水素結合やS-S結合が切れてしまうため、正しい構造を保てなくなり、タンパク質の性質が変わってしまう。この現象をタンパク質の変性という。

原則 6. 血糖値を低下させるホルモン → (1)・(2)に利用

ヒトがもっている血糖値を低下させるホルモンは、インスリンのみである。インスリンはペプチドホルモンであり、アミノ酸配列が決まった最初のタンパク質でもある。ヒトのインスリンの場合、51 個のアミノ酸で構成されており、そのうち S-S 結合は 3 か所存在する。

インスリンは、高血糖状態を調節し、血糖値を正常な状態に戻す働きをする。自律神経系の中枢である間脳の視床下部が高血糖状態を認識すると、副交感神経を介して、内分泌腺であるすい臓のランゲルハンス島の B 細胞 (β細胞) からインスリンを分泌するように促す。インスリンは、細胞内のグルコースを分解したり、グリコーゲンに合成したりして、血液中のグルコースを減らすように作用する。

(1)

【方針】

アミノ酸およびタンパク質についての知識問題、およびホルモンについての知識問題である。なお、ホルモンに関しては、「血糖値を低下させるホルモン」という文言より、(G) に入る語句は「インスリン」であることに気づく。これをもとに、「原則 6. 血糖値を低下させるホルモン」の知識を利用して順に解いていく。

【解説】

(1)

A~D

「原則 4. アミノ酸の構造」より、アミノ酸は 1 個の炭素原子 (C) にカルボキシ基 (カルボキシル基) (-COOH)、アミノ基 (-NH₂)、水素原子 (H)、そして側鎖が結合してできている。側鎖以外の構造はどのアミノ酸でも共通の構造であるが、側鎖の構造はアミノ酸の種類によって異なる。側鎖の構造はアミノ酸の性質を決定づける。

また、「原則 4. アミノ酸の構造」より、アミノ酸どうしが結合するときには、一方のカルボキシ基ともう一方のアミノ基から、1 分子の水がとれる。このようにしてできたアミノ酸間の結合をペプチド結合 (-NH-CO-) といい、ペプチド結合によって多数のアミノ酸がつながっている化合物をポリペプチドという。

したがって、解答は、A : 炭素、B : カルボキシ (カルボキシル)、C : 側鎖、D : ペプチドである。

E~I

「原則 5. タンパク質の構造と性質」より、タンパク質の一次構造であるポリペプチドどうしは、水素結合をつくり二次構造をとる。二次構造には、らせん状の構造をとるらせん構造 (αヘリックス) や、ポリペプチドどうしが平行になるように結合してシート状の構造をとるジグザグ構造 (βシート) がある。

問題文中の「血糖値を低下させるホルモン」という文言より、このホルモンはインスリンである。インスリンには、システインというアミノ酸が含まれており、システインを構成する硫黄原子 (S) どうしの結合が生じる。この結合は S-S 結合 (ジスルフィド結合) とよばれ、タンパク質が三次構造をとるために重要な結合の 1 つである。

水素結合も S-S 結合も、熱や pH の変化によって切れてしまうことがある。これらの結合が切れると、タンパク質は二次構造や三次構造を保てなくなるため、立体構造が壊れてしまい、そのタンパク質の性質や機能が失われてしまう。このように、熱や pH の変化によってタンパク質の性質などが変化することを変性という。なお、タンパク質の機能が失われてしまうことを失活という。

したがって、解答は、E : らせん (αヘリックス)、F : ジグザグ (βシート)、G : インスリン、H : S-S (ジスルフィド)、I : 変性である。

(2)

【方針】

(1)の (G) に入る語句は「インスリン」であることと、「原則6. 血糖値を低下させるホルモン」の知識を利用して順に解いていく。

【解説】

(2)

インスリンは、すい臓のランゲルハンス島とよばれる内分泌腺のうち、B細胞(β細胞)でつくられ、血中に放出される。インスリンの働きにより、細胞内のグルコースの量が減少し、血糖値は低下して正常な値に戻る。

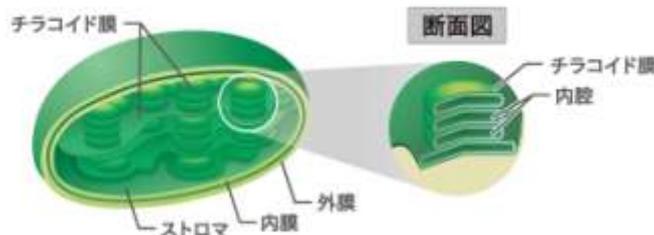
したがって、解答は、器官：すい臓、内分泌腺：ランゲルハンス島、細胞：B細胞(β細胞)である。

3

原則7. 光合成のしくみ → (1)・(5)～(9)に利用

<光合成と葉緑体>

光合成は、炭酸同化の一種で、光のエネルギーを利用して、無機物である二酸化炭素を取り込み、炭水化物などの有機物につくり変える反応である。植物など、光合成細菌以外の光合成を行う生物は、水を水素源として利用しており、クロロフィルなどの光合成色素を含む細胞小器官である葉緑体をもつ。葉緑体は、植物では、柵状組織や海綿状組織といった同化組織の細胞に存在する。一般に、その他の組織の細胞には葉緑体が見られないが、気孔を形成する孔辺細胞には葉緑体が存在する。なお、葉緑体の構造は次の図のようになっている。



(図は http://csls-db.c.u-tokyo.ac.jp/search/detail?image_repository_id=799 より引用)

<光合成の詳しいしくみ>

光合成は次のような過程で起こる。

①光の吸収(光化学系Ⅰ、光化学系Ⅱ)[チラコイド膜上] *光を必要とする過程

光化学系Ⅰ、光化学系Ⅱとよばれるタンパク質複合体で光エネルギーが吸収され、それぞれの反応中心にあるクロロフィル(反応中心クロロフィル)を活性化する。活性化されたクロロフィルは電子(e^-)を放出する。これらの反応をまとめて光化学反応という。

②水(H_2O)の分解(光化学系Ⅰ、光化学系Ⅱ)[チラコイド内]

光化学系Ⅰで放出された電子を補うために、光化学系Ⅱで放出された電子が電子伝達系によって光化学系Ⅰに運ばれる。光化学系Ⅱで放出された電子は、水の分解($12H_2O \rightarrow 6O_2 + 24H^+ + 24e^-$)によって補われる。光合成で生じる酸素は、すべてこの水の分解によって発生する。

③水素イオンの流入

②で光化学系Ⅰに光化学系Ⅱの電子が受け渡される間に、チラコイド内に水素イオンが流入する。

④NADPHの生成(光化学系Ⅰ)[チラコイド膜上]

光化学系Ⅰで放出された電子は、ストロマにある $NADP^+$ (補酵素)に与えられる。これによって、 $NADP^+$ は還元され、カルビン・ベンソン回路(⑥の過程)で使われるNADPH(補酵素)となる。

⑤ATP の生成 [チラコイド膜上]

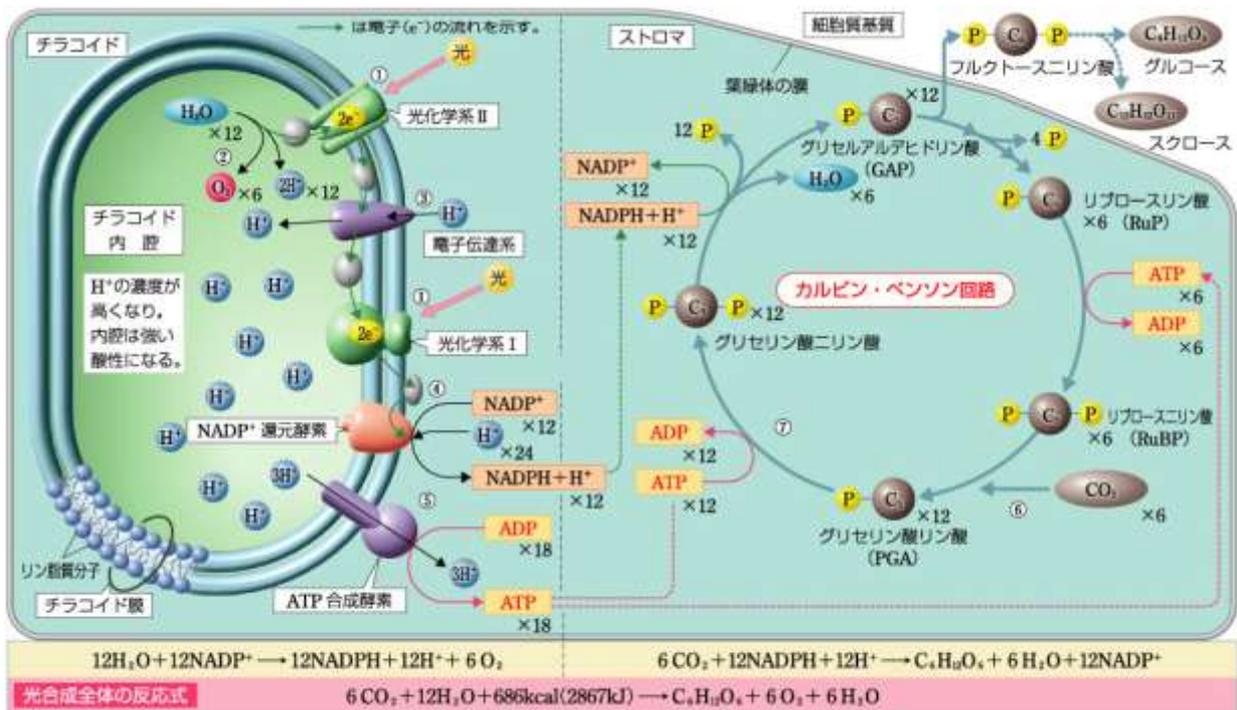
②で水が分解されたときに生成した水素イオン、③でチラコイド内に流入した水素イオンによって、チラコイド内の水素イオン濃度はチラコイド外に比べて高くなっている。この内外の濃度勾配を利用して駆動する ATP 合成酵素によって、ATP が合成される。この反応を光リン酸化という。

⑥二酸化炭素の固定 (カルビン・ベンソン回路) [ストロマ] *光を必要としない過程

カルビン・ベンソン回路は、二酸化炭素を固定する反応回路である。ルビスコという酵素によって、炭素原子を 5 つもつ C₅化合物であるリブローズニリン酸 (RuBP) と二酸化炭素が結合し、2 分子のホスホグリセリン酸 (グリセリン酸リン酸、PGA ; C₃化合物) になる。

⑦ATP と NADPH の利用 (カルビン・ベンソン回路) [ストロマ] *光を必要としない過程

ホスホグリセリン酸は、⑤の過程でつくられた ATP の一部と④の過程でつくられた NADPH によってグリセルアルデヒドリン酸 (GAP) になる。生成したグリセルアルデヒドリン酸のうち、6 分の 1 はカルビン・ベンソン回路を出てグルコースなどの化合物をつくる。残った 6 分の 5 のグリセルアルデヒドリン酸は、⑤の過程でつくられた ATP の残りを利用してリブローズニリン酸 (RuBP) に戻る。



(図は http://www.daiichi-g.co.jp/rika/fukukyozai/bio/data/image/05_07_02_01F.jpg より引用)

原則 8. 光合成研究の歴史 → (2)に利用

20 世紀に入ると、光合成の分野で分子レベルの研究が行われるようになった。

1939 年：ヒルの実験

植物から取り出した葉緑体と水素の受容体とを、コック付きの試験管に入れて、試験管内の空気を抜き、光を当てたところ、水が分解されて酸素が発生することを発見した。このことから、光合成では水素の受け渡しの過程があり、水素の受容体があれば、二酸化炭素がなくても酸素が発生することがわかった。

1941 年：ルーベンの実験

^{18}O が入った水 (H_2^{18}O) を植物に与えると、 $^{18}\text{O}_2$ の酸素が発生することを発見した。このことから、光合成で発生する酸素は水に由来することがわかった。

1949年：ベンソンの実験

二酸化炭素のない環境下で植物に光を当て終わった直後に、二酸化炭素があり、光が当たらない環境下に植物を移すと、植物は二酸化炭素を吸収した。このことから、光エネルギーを吸収する過程には二酸化炭素は必要ではなく、二酸化炭素を吸収する過程には光は必要ではないことがわかった(注1)。さらに、光エネルギーを吸収する過程に続いて二酸化炭素を吸収する過程が進むことがわかった。

1957年：カルビンの実験

炭素の放射性同位体 ^{14}C が入った $^{14}\text{CO}_2$ をクロレラに与えて光合成をさせ、時間の経過とともに ^{14}C がどのような化合物に現れてくるかを調べた。その結果、最初は C_3 化合物であるホスホグリセリン酸(PGA)に ^{14}C が多く含まれていたが、時間の経過にしたがって、グリセロアルデヒドリン酸(GAP)などといったほかの中間産物にも ^{14}C が入ることがわかった。したがって、吸収された二酸化炭素の炭素は最初にホスホグリセリン酸として固定され、その後、ほかの化合物へと変化することがわかった。

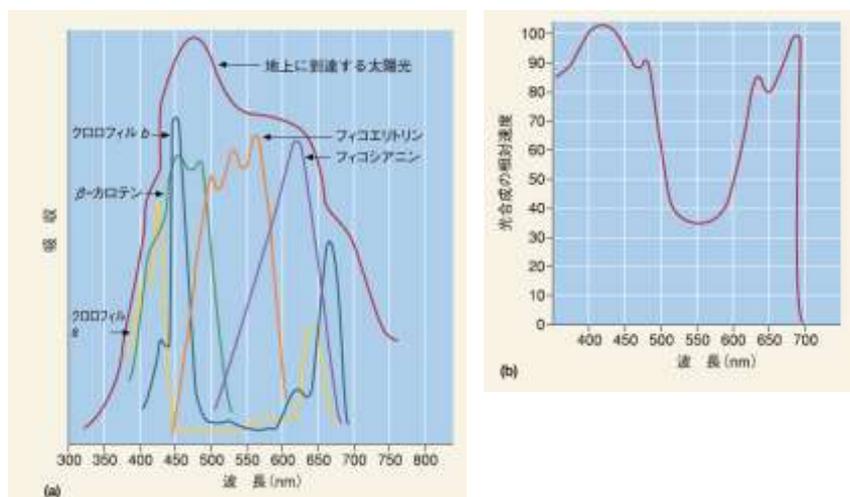
(注1) カルビン・ベンソン回路(二酸化炭素を吸収する回路)の反応を進めるためには、光化学系Iが光を吸収した結果、光化学系Iから放出された電子を利用してつくられるNADPHが必要である。そのため、現在では、二酸化炭素の吸収に光が全く必要ないというわけではないということがわかっている。

原則9. 光合成色素と光 → (3)・(4)に利用

植物の葉緑体には、光エネルギーを吸収するための色素が含まれている。これを光合成色素という。植物がもつ光合成色素には次のようなものがある。

- ・ クロロフィル a：青緑色の色素。光合成において中心的な働きをする。
- ・ クロロフィル b：クロロフィル aと似た構造。青緑色の色素で補助色素として働く。
- ・ カロテン (βカロテン)：橙黄色の色素。カロテノイドの一種で、炭素と水素からなる。
- ・ キサントフィル：黄色～褐色の色素。カロテノイドの一種で、炭素・水素・酸素からなる。

吸収スペクトルとは、光合成色素がどの波長の光をどのくらい吸収したかを表したもの(下の図の a)であり、作用スペクトルとは、どの波長の光でどのくらい光合成を行うかを表したもの(下の図の b)である。



(図は <http://www.kagakudojin.co.jp/mckee4th/pdf/kougousei.pdf> より引用)

上の図の a から、植物の葉緑体におもに含まれる色素（クロロフィル a、クロロフィル b、カロテン）が吸収する光の波長は、おもに青紫色光（430nm～460nm）と赤色光（670nm～700nm）であることがわかる。また、上の図の b から、作用スペクトルも青紫色光（430nm～460nm）と赤色光（670nm～700nm）の付近でピークを迎えており、吸収スペクトルと作用スペクトルがほぼ一致していることがわかる。つまり、光合成色素が吸収した光が光合成に利用されていることがわかる。

また、一般に、光合成に利用されない波長の光は、反射されたり透過されたりしているため、光合成色素の色は光合成に利用されない波長の色に見える。したがって、クロロフィル a が多い植物の葉は青緑色に見える。同様に、カロテンは橙色に見える波長の光を、キサントフィルは黄色～褐色に見える波長の光を吸収しない。

原則 10. 光合成産物のゆくえ → (10)に利用

光合成でつくられた物質は、師管を通して茎や根・種子などの貯蔵器官に送られる。このことを転流という。光合成でつくられた物質は、貯蔵器官の細胞の中にある白色体とよばれる細胞小器官で貯蔵デンプンに変えられ、貯蔵される。光合成の速度が転流の速度よりも大きい場合、光合成でつくられた物質は転流せずに、葉緑体の中で同化デンプンとして一時的に貯蔵される。

原則 11. 光合成の特性 → (10)に利用

光合成速度は、光の強さ・温度・二酸化炭素濃度などの影響を受ける。これらの要因のうち、不足するものがあれば、もっとも不足する要因が光合成速度を制限する。このような要因を限定要因という。例えば、光が十分に与えられている環境では、限定要因は温度または二酸化炭素濃度などであるし、二酸化炭素濃度が一定の環境では、限定要因は光の強さまたは温度などである。

(1)～(10)

【方針】

いずれの設問も、植物の葉緑体や光合成についての知識問題である。原則 7～11 の知識に基づいて解いていく。

【解説】

(1)

「原則 7. 光合成のしくみ」より、光合成は葉緑体で行われる。

a：葉の裏側、つまり海綿状組織の細胞は葉緑体を持ち、光合成を行う。したがって誤り。

b：孔辺細胞は葉緑体を持ち、光合成を行う。したがって誤り。

よって、解答はエである。

(2)

「原則 8. 光合成研究の歴史」より、

a：水素の受容体があれば酸素が発生し、光合成が行われることから、光合成の反応で水素の受け渡しがあることを示したのはヒルであるので誤り。なお、ルーベンが光合成で発生する酸素は水に由来することを明らかにした。

b：光合成の過程で、光を必要とするが二酸化炭素は不要な反応と、光は不要だが二酸化炭素は必要な反応があることを発見したのはカルビンであるので誤り。

よって、解答はエである。

(3)

「原則 9. 光合成色素と光」より、

a: 光合成でもに用いられる光は、おもに青紫色光 (430nm~460nm) と赤色光 (670nm~700nm) であるので誤り。なお、緑色の光は光合成にほとんど使われず、反射されたり透過されたりする。これによって、植物の葉は緑色に見える。

b: 光合成色素の吸収スペクトルと光合成の作用スペクトルはほぼ一致しており、光合成色素によって吸収された光は光合成に利用されている。したがって、吸収スペクトルと作用スペクトルが無関係であるとはいえないため誤り。

よって、解答はエである。

(4)

「原則 9. 光合成色素と光」より、

a、b: カロテンは橙黄色、キサントフィルは黄色~褐色の光合成色素である。一般に、光合成色素の色は光合成に利用されない波長の色に見えることから、カロテンは橙色の光を、キサントフィルは黄色の光をよく吸収するとはいえない。したがって、a、b ともに誤り。

よって、解答はエである。

(5)

「原則 7. 光合成のしくみ」<光合成と葉緑体>より、

a、b: 光合成は、二酸化炭素と水から、光エネルギーを利用して炭水化物 (デンプン) などの有機物をつくる働きである ($6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$)。したがって、a、b ともに正しい。

よって、解答はアである。

(6)

「原則 7. 光合成のしくみ」<光合成の詳しいしくみ>①、②より、

a: 光合成における光化学反応とは、光化学系 I と光化学系 II が光を吸収する過程である。光化学系 I と光化学系 II はチラコイド膜上に存在し、光化学反応もチラコイド膜で起こる。したがって正しい。

b: 水の分解によって電子が供給されるのは、光化学系 I ではなく光化学系 II である。したがって誤り。よって、解答はイである。

(7)

「原則 7. 光合成のしくみ」<光合成の詳しいしくみ>①より、

a、b: 光化学系 I も光化学系 II も、その反応中心にあるクロロフィルは光を吸収することによって活性化し、次の反応過程に必要な電子を放出する。したがって、光を必要としないとするのは誤り。

よって、解答はエである。

(8)

「原則 7. 光合成のしくみ」<光合成の詳しいしくみ>①、②より、

a: 光化学反応で、反応中心クロロフィルを活性化させるのは光エネルギーであり、ATP ではない。したがって誤り。なお、光合成の過程で ATP が利用されるのはカルビン・ベンソン回路である。

b: 光化学系 II で放出された電子は電子伝達系によって光化学系 I に運ばれ、光化学系 I で失われた電子を補充する。したがって正しい。

よって、解答はウである。

(9)

「原則 7. 光合成のしくみ」<光合成の詳しいしくみ>②、⑥より、

a: 光合成で生じる酸素は、光化学系 II に電子を与える水の分解によって生じる。したがって誤り。

b: 体内に取り込まれた二酸化炭素は、ルビスコという酵素によって最初にリブローズ二リン酸 (RuBP)

に取り込まれ、ホスホグリセリン酸 (PGA) となる。したがって、最初にホスホグリセリン酸と結合するとするのは誤り。

よって、解答はエである。

(10)

a:「原則 10. 光合成産物のゆくえ」より、光合成産物は転流して根や茎などの貯蔵器官で貯蔵される。葉緑体には、光合成の速度が転流の速度よりも大きく、転流が起こらない場合に一時的に蓄えられる。したがって誤り。

b:「原則 11. 光合成の特性」より、光が十分にある環境下では、温度や二酸化炭素濃度が光合成速度の限定要因となりうる。したがって温度に影響を受けないとするのは誤り。

よって、解答はエである。