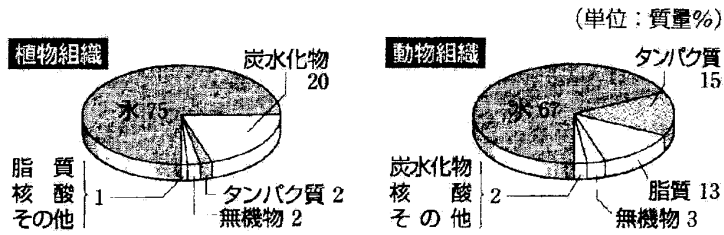


第六章 生体の機能とタンパク質

1 生体物質



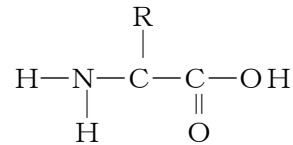
- ・植物、動物共に水が約70%を占める
- ・植物では乾燥重量の約80%が炭水化物である
↳水を抜いた部分の重量

- ・動物では乾燥重量の約50%がタンパク質である

(1) 水の役割と特徴

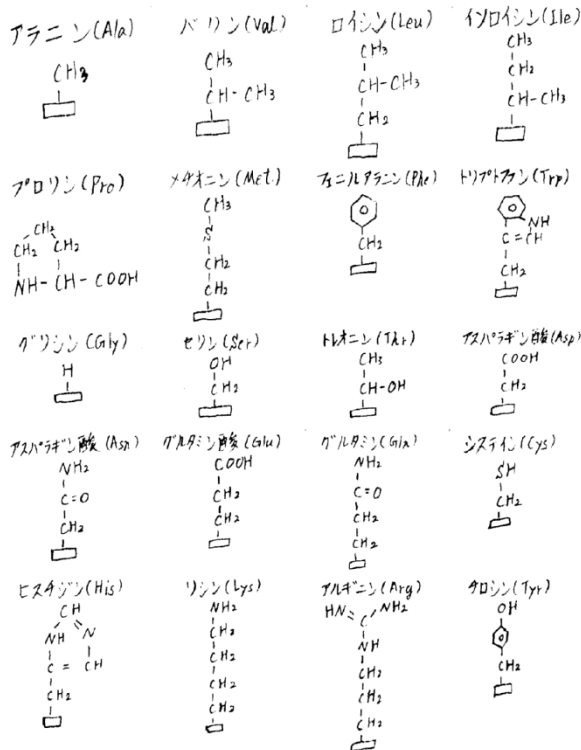
- ① _____ ⇒ 急激な _____
⇒ 気化熱が大きい → _____ や _____ によって体温の上昇を防ぐ
- ② 種類の物質の _____ となる ⇒ 物質の _____ する
⇒ _____ となる
- ③ 地球上に普遍的に存在する ⇒ 種類の反応(_____ など)の材料となる
- ④ 高分子の立体構造を安定化させる

(2) アミノ酸(一般構造式は右図)



① タンパク質を構成するアミノ酸は _____ ある

② _____ ・ _____ は _____ を含む



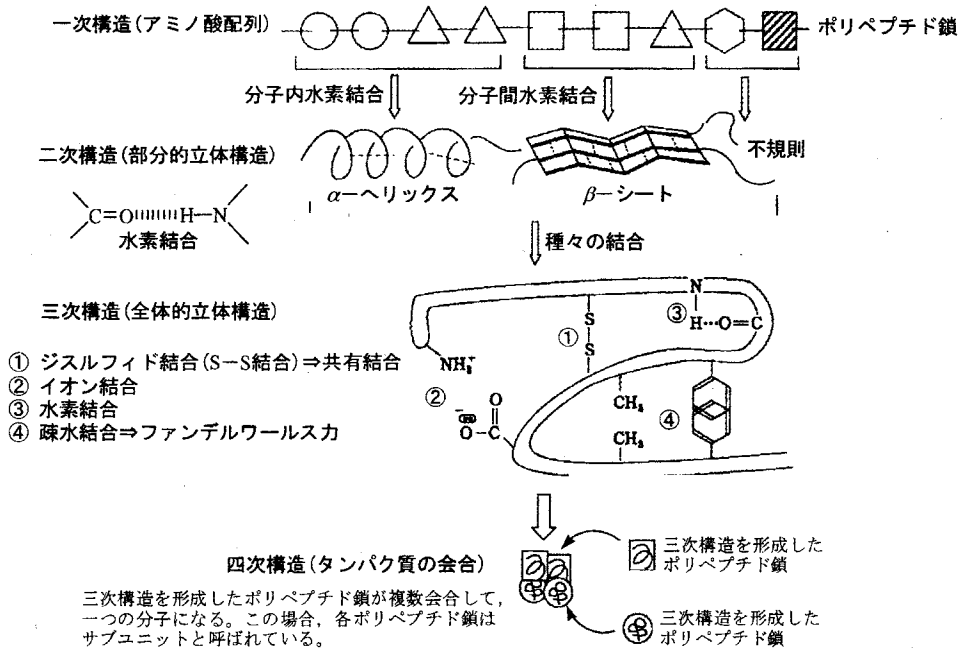
◻ はベンゼンを表し、
◻ は H₂N-CH-COOH を表す。

(3) タンパク質の構造

- ① 構成元素… _____
- ② タンパク質は、アミノ酸どうしが _____ をして生じた長い鎖状の _____ が折りたたまれ、一定の _____ をもったものである。
- ③ アミノ酸どうしの反応

(4) タンパク質の立体構造

- ア) 一次構造…アミノ酸の _____ のこと
- イ) 二次構造…水素結合などによって生じる立体構造
- ウ) 三次構造… _____ や水素結合、疎水結合などによってつくられる全体的立体構造
- エ) 四次構造…三次構造をもつポリペプチド(サブユニット)が複数結合した構造



(4) 主なタンパク質の種類と働き

- ① _____ の本体として働く…アミラーゼ・ペプシン・カタラーゼなど
- ② _____ の本体として働く…免疫グロブリン
- ③ _____ の成分として働く…インスリン・成長ホルモンなど
- ④ モータータンパク質として働く… _____ (筋収縮) ・ _____ (鞭毛・繊毛)
- ⑤ 繊維状タンパク質として、体の保持や保護に働く…コラーゲン・ケラチン
- ⑥ 物質運搬に働く… _____ (赤血球) ・ _____ (脂肪運搬)
- ⑦ 光の受容に働く… _____ (桿体細胞) ・ _____ (光周性)

- ⑧DNA と結合し，染色体を構成する…_____
- ⑨細胞骨格を形成する…_____・_____
- ⑩生体膜を構成し，ポンプ・担体・チャネル・受容体として働く…_____
- ⑪眼の水晶体を形成する…クリスタリン
- ⑫血液凝固に関係する…_____

(5)核酸の種類と働き

- ①五炭糖と塩基，リン酸が 1 分子ずつ結合したものをヌクレオチドといい，ヌクレオチドが多数結合したものを核酸という
- ②構成元素…_____
- ③核酸には DNA・RNA がある

	リン酸	糖	塩基				構造
DNA							
RNA	種類		はたらき				
			DNA の塩基配列を写し取り(転写),それを細胞質に運ぶ. リボソームと結合し,情報を開示する(翻訳).				
			細胞質で特定のアミノ酸と結合し.アミノ酸をリボソームに運ぶ.				
			タンパク質と結合して,リボソームを構成する.				

(6)脂質

- ①水には溶けないが、有機溶媒には溶ける
- ②構成元素…_____ (・)(・)
- ③主な脂質
 - ア)脂肪…貯蔵エネルギー源(_____ + _____)
 - イ)_____…リン酸を含み，_____の基本成分となる
 - ウ)_____…ホルモン(コルチコイドなど)の成分となる
 - エ)_____…クチクラ層を形成。蒸発防ぐ

(7)炭化水素

- ①構成元素…_____
- ②単糖類…グルコース・フルクトース・ガラクトース・デオキシリボース・リボース
- ③二糖類…_____ (_____ + _____)・_____ (_____ + _____)
ラクトース(ガラクトース+グルコース)

④多糖類…デンプン(植物用貯蔵物質)・グリコーゲン(動物用貯蔵物質)・セルロース(細胞壁)

(8)主な無機塩類とその働き

	クロロフィルに含まれている
	細胞膜の働き。細胞の接着。 <u>筋収縮</u> ・ <u>血液凝固</u> ・ <u>伝達</u> に関与。骨の成分
	植物体内で最も多い陽イオン。動物最多陽イオン。静止電位に関与
	電子伝達系のシトクロムのヘムの部分に含まれる。ヘモグロビン構成元素
	ヘモシアニン(軟体・甲殻)の構成元素
	動物最多陽イオン。活動電位に関与

(9)植物の生育に不可欠な 10 大要素… _____

※肥料三要素は _____

② 酵素の特性

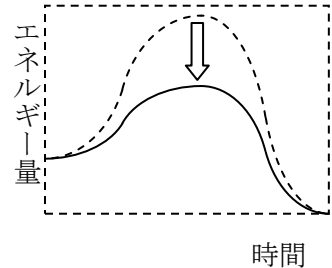
(1) 酵素の特性

① 酵素… _____

ア) 反応の前後で自身は変化せず、化学反応を促進する

イ) _____ させる

② 酵素は働き掛けるあいた(基質)が種類によって決まっている = _____



③ 酵素の主成分はタンパク質である

ア) 高温ではタンパク質が _____ し、酵素の働きがなくなる(= _____)

イ) pH の影響を受ける

〔例題 1〕 <記述>

ある温度を超えると急に反応速度が低下するのはなぜか。25 字以内と 50 字以内で答えよ。

〔解答〕

(25 字 ver.) 酵素_____が_____し、酵素が_____するから。

(50 字 ver.) 酵素タンパク質が熱変性し、_____が変化して、_____を形成できなくなるから。

④ 酵素によってはタンパク質以外の分子を必要とする酵素もある

ア) タンパク質部分を_____, 非タンパク質部分を_____あるいは共同因子といい、それらをあわせて_____という

イ) 補助因子が、タンパク質部分と容易に可逆的に解離できる低分子有機化合物の場合は_____という
↳ _____など

例) ピルビン酸脱水素酵素補酵素: _____(ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド)

グリセルアルデヒドリン酸脱水素酵素補酵素: _____(ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドリオン酸)

ウ) 補助因子が、タンパク質部分と強固に結合している場合は補欠因子という

例) コハク酸脱水素酵素補欠因子: _____(フラビンアデニンジヌクレオチド)

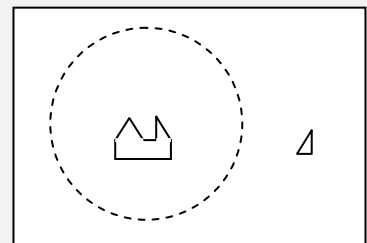
エ) 反応に金属元素(イオン)を必要とするものもある

例) カタラーゼ(_____)・アルギナーゼ(_____)・DNA ポリメラーゼ(_____)・ATP アーゼ(_____)・アミラーゼ(_____)

〔例題 2〕 <実験>

アルコール発酵に関与する酵素群のチマーゼを、酵母菌を破碎することで得た。これを低分子は透過できるが、高分子は透過できないセロハン膜などを用いて、低分子と高分子を分離する透析を行った。セロハン膜の内液を A、セロハン膜の外液を B とするとき次の a, b の組み合わせのうちアルコール発酵の起こるものを答えよ。ただし、A, B それぞれ単独では反応を促進することはなく、A にはタンパク質が含まれていることが分かっているものとする。

a. A+煮沸 B b. 煮沸 A+B



〔解答〕

⑤酵素は細胞内外で合成されて特定の場所で働くが、条件さえ合えば細胞内外どちらでも働く
例)細胞外に分泌される酵素…消化酵素

細胞膜に埋め込まれている酵素…

細胞質基質中に存在する酵素…

ミトコンドリアのマトリックスにある酵素…

⑥酵素の触媒する反応は一般に_____である(ただし、反応によってはほとんど不可逆)

(2)酵素の関係するグラフ

〔例題 3〕 <グラフ>

次の図 1, 2 において、酵素濃度を半分にしたときのグラフを描け。

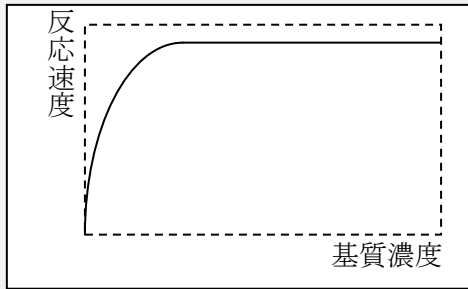


図 1

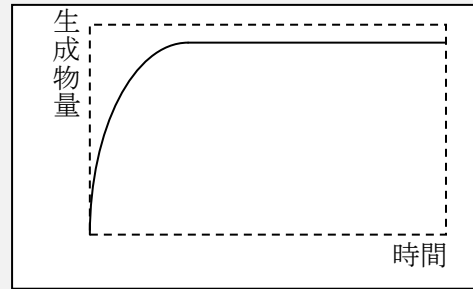
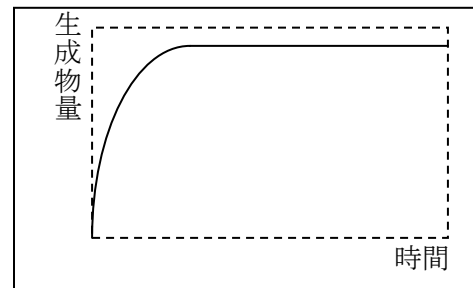
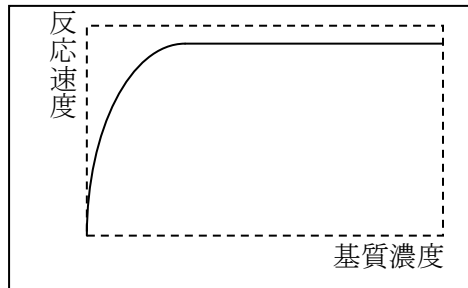


図 2

〔解答〕



〔例題 4〕 <記述>

例題 3 の図の 1 で反応速度が一定になる理由を 35 字以内・100 字以内でそれぞれ述べよ。

〔解答〕

(35 字 ver.) _____ が _____ する状態になるから。

(100 字 ver.) 酵素の反応速度は _____ するが、基質濃度が一定以上になると、 _____ が _____ 酵素基質複合体を形成するようになり、それ以上 _____ から。

〔例題 5〕 <記述>

例題 3 の図 2 で生成物が一定になる理由を 15 字以内・(可逆反応を考慮して)60 字以内でそれぞれ述べよ。

[解答]

(15 字 ver.) _____ から。

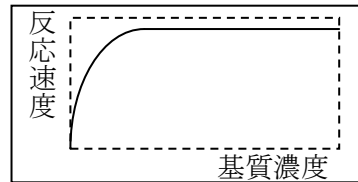
(60 字 ver.) _____ され、基質から生成物への反応速度と生成物から基質への反応速度が等しくなり、 _____ から。

(3) 酵素と基質の親和性



① 「 $ES \rightarrow E+P$ 」の速度が同じであったとしても

_____ が異なると右図のようになる



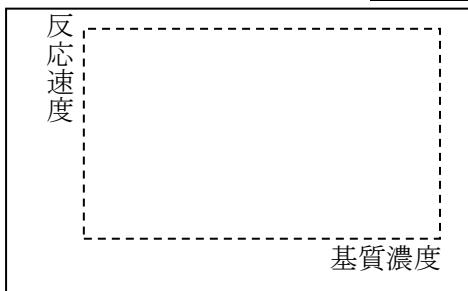
② この場合は、酵素 A のほうが _____ でも ES を形成することができる、すなわち酵素 A のほうが基質との _____ ことを示している

③ この親和性は、 _____ で比較することができる

(4) 酵素の阻害作用

① 基質と類似した構造をもつ物質が、酵素の _____ に結合し、酵素作用を阻害することがあり、これを _____ という

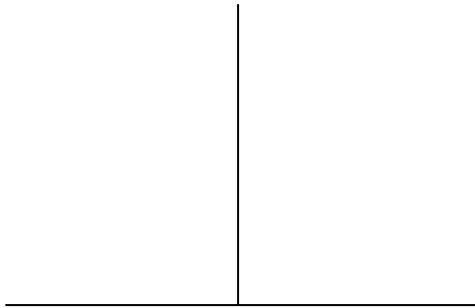
例) コハク酸脱水素酵素に対して _____



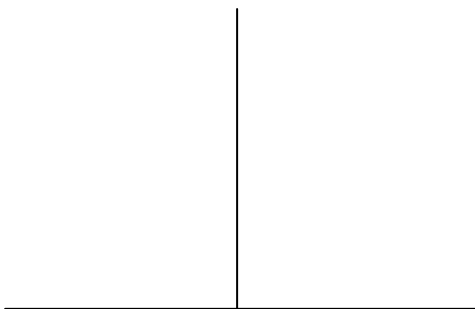
細線：阻害剤なし

太線：阻害剤あり

②酵素反応のグラフと関数の式は次のとおり



上のグラフによって正確な最大速度が得られる。阻害剤を加えるとグラフは次のようになる。



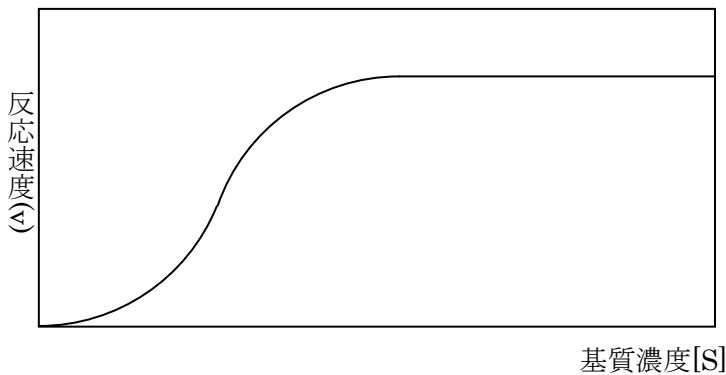
(4)アロステリック酵素による調節

- ①活性部位以外の結合部位()をもち、この部位に特定の物質が結合することで、活性が変化するような酵素を という
- ②一般にアロステリック酵素は、複雑な をもち、反応速度のグラフは双曲線ではなく、 の曲線を描く

()

アロステリック部位にΔが結合すると、活性部位の立体構造が変化して、基質との結合を抑制したり、促進したりする。

例)ホスホフルクトキナーゼは によって負の調節を、 によって 正の調節を受ける



〔例題 6〕 <記述>

アロステリック酵素が関与する利点を 80 字以内で述べよ。

〔解答〕

によって されるため、 や、 を防ぐことができ、生成物を一定濃度に保つことができる。

(5) 主な酵素

① _____ 酵素

- ア) _____ …デンプン→アミラーゼ
 イ) _____ …スクロース→フルクトース+グルコース
 ウ) _____ …マルトース→グルコース×2
 エ) ラクターゼ…ラクトース→ガラクトース+グルコース
 オ) _____ …タンパク質→ペプトン(ポリペプチド)
 カ) _____ …タンパク質(ペプトン)→ポリペプチド
 キ) _____ …脂肪→脂肪酸+グリセリン
 ク) エンテロキナーゼ…トリプシノーゲン→トリプシン
 ケ) _____ …セルロース→グルコース×n
 コ) _____ …ペクチンを分解
 サ) ウレアーゼ…尿素→二酸化炭素+アンモニア
 シ) アルギナーゼ…アルギニン→尿素+オルニチン
 ス) DNA(RNA)ヌクレアーゼ…DNA(RNA)をヌクレオチドに分解する
 セ) _____ …DNA の特定の塩基配列を切断する
 ソ) _____ …フィブリノーゲン→フィブリン
 タ) _____ … _____

※ATP の構造

② _____ 酵素

- ア) _____ (可逆)…水素を奪い, _____ (____・____・____=____)に渡す
 イ) _____ …酸素と水素を結合させる
 ウ) ニトロゲナーゼ…窒素を還元してアンモニアを固定する
 エ) _____ …ルシフェリンを酸化して酸化ルシフェリンにする(反応によって発光)
 オ) 硝酸還元酵素…硝酸を亜硝酸にする
 カ) 亜硝酸還元酵素…亜硝酸をアンモニアに還元する
 キ) _____ … _____

③除去酵素(脱離酵素・除去付加酵素)

ア) _____ (_____) (可逆) …二酸化炭素を発生させる

イ) _____ …炭酸を水と二酸化炭素に分解する

④ _____ 酵素

ア) _____ (_____) …アミノ基を移す

イ) _____ …クレアチンリン酸のリン酸を ADP に移す

ウ) アデニール酸キナーゼ …ADP のリン酸を他の ADP に移す

エ) ホスホフルクトキナーゼ …フルクトースリン酸のリン酸を移す

⑤ その他の酵素

ア) _____ (アミノアシル tRNA 合成酵素)

イ) _____ …ヌクレオチド同士を結合させて DNA(RNA)を合成する

ウ) _____ …DNA の切断端どうしを結合させる

エ) グルタミン合成酵素 …グルタミン酸とアンモニアからグルタミンを合成する

オ) グルタミン酸合成酵素 …グルタミンと α -ケトグルタル酸からグルタミン酸を生成する

③ 呼吸

※生物が有機物を分解し、生命活動に必要なエネルギーを得る反応を _____ (_____) といい、外界とのガス交換は _____ という

※主に微生物が行い、有機物を完全に分解できない呼吸を _____ といい、特に、生じた物質が人間にとって有害であったり悪臭があったりすると _____ と呼ぶ

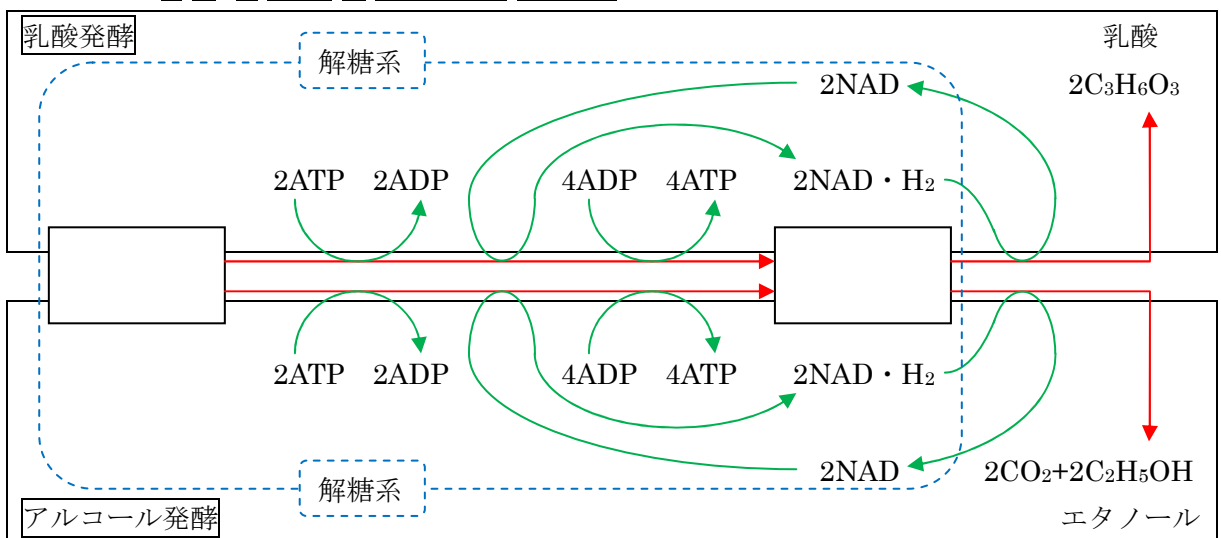
(1) 発酵

① 乳酸発酵 … _____ によってグルコースが分解され乳酸ができる。(動物中では _____)

※反応式: _____

② アルコール発酵 … _____ によってグルコースが分解されエタノール・二酸化炭素ができる

※反応式: _____



③ 発酵… がエタノールを分解して酢酸と水にする発酵。

※反応式: _____

※酸素を用いるので嫌気呼吸ではないが、完全に無機物まで分解できないので、好気呼吸でもない。 _____ と呼ばれる

(2) アルコール発酵の実験

① 実験装置… _____

② 実験手順

ア) 酵母菌をグルコース溶液に入れて発酵液をつくる

イ) 発酵液を発酵管に入れる

このときに _____ ように注意する

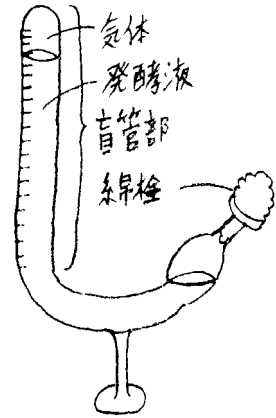
ウ) 発酵管を恒温層(約 37℃)に静置する

← 反応は遅くなるが室温でも可

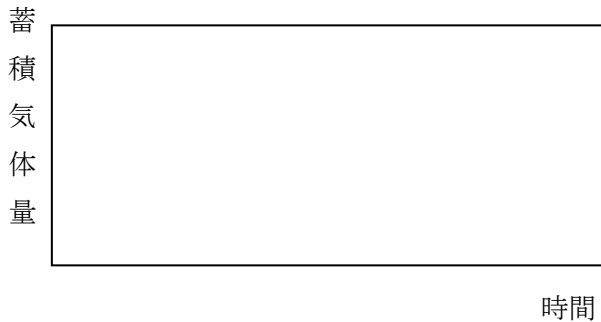
エ) 一定時間ごとに盲管部に集まった気体量を測定する

オ) 一定量の気体が集まったら _____ を加える

→ 気体が減少する ⇒ 考察ア



③ 結果



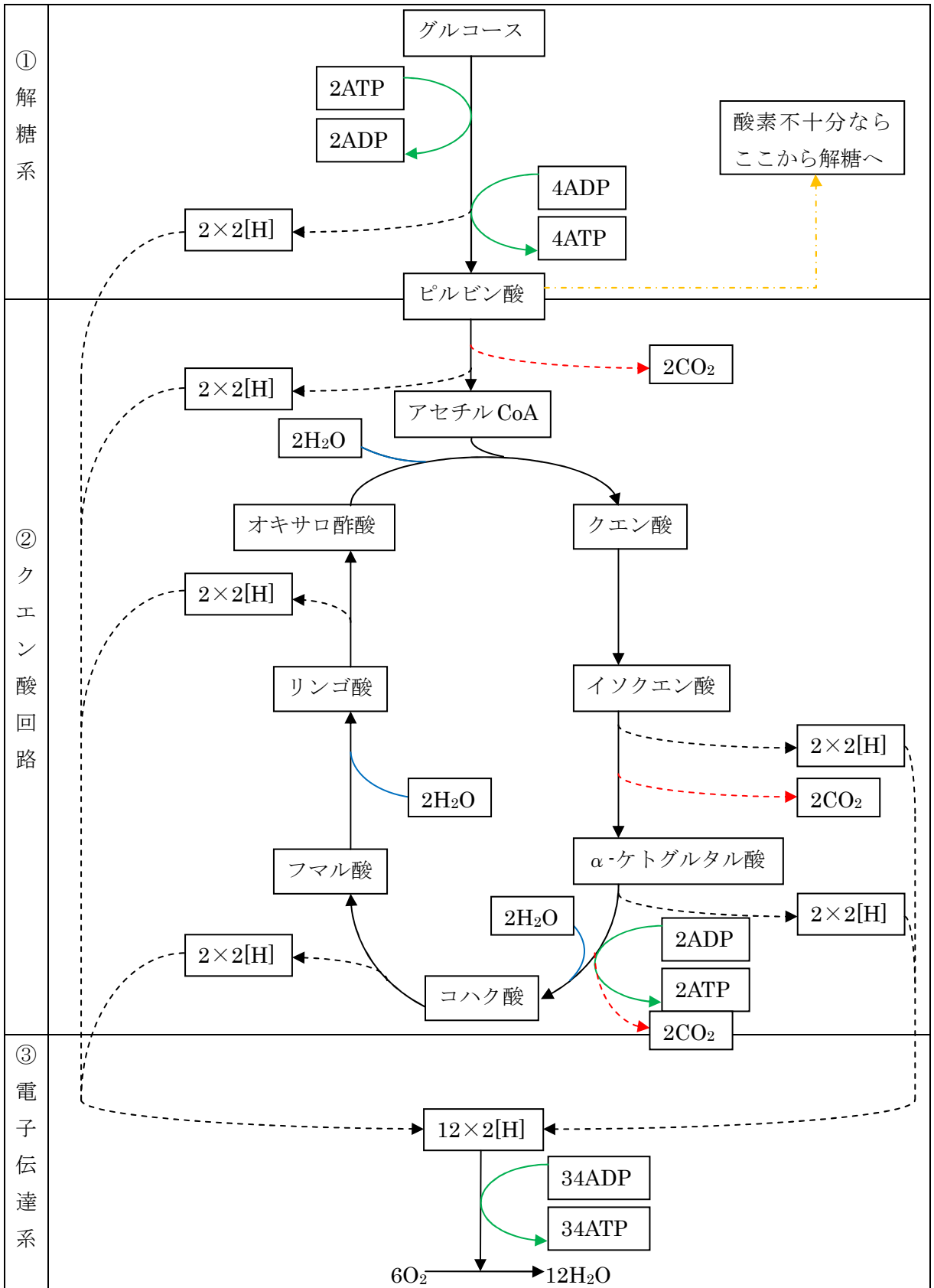
④ 考察

ア) 気体は二酸化炭素であると考えられる

イ) 最初盲管部に気体が検出されないのは生じた _____ が _____ から

ウ) 最終的に盲管部の気体が増加しなくなるのは _____ から

(3)好気呼吸…酸素を用いて有機物を完全に無機物に分解する呼吸



①好気呼吸の仕組み…解糖系・クエン酸回路・電子伝達系の3段階

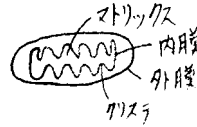
ア) _____ … _____ で行われる反応

a. 1分子のグルコースから2分子のピルビン酸ができる

b. 脱水素酵素が作用し、 $2 \times 2[H]$ が外れ、 $2NAD \cdot H_2$ の状態では電子伝達系に運ばれる

c. _____ の _____ が生じる

イ) _____ … _____



a. ピルビン酸が CO_2 と $[H]$ に完全に分解する

b. O_2 を消費しないが必要(∵電子伝達系が動いていないとクエン酸回路の反応が止まるから)

c. 脱炭酸酵素が作用し、 CO_2 が発生する.

d. 脱炭酸酵素が作用し、 $10 \times 2[H]$ が外れ、 $8NAD \cdot H_2$, $2FAD \cdot H_2$ の状態で電子伝達系に運ばれる

「クエンさんをケトばしコハクなり、フマれたリンゴをオキざりに」

ウ) _____ … _____

a. 解糖系とクエン酸回路から $10NAD \cdot H_2$, $2FAD \cdot H_2$ によって運ばれた $12 \times 2[H]$ は、水素イオン(H^+)と電子(e^-)に分かれ、電子伝達系のいくつかの酵素(シトクロム系酵素群)の間を移動していく間にエネルギーを放出しそのエネルギーを使って34分子のATPを生じる

(酸化リン酸化)

b. 最終的に電子と水素イオンは酸素と結合し水になる

c. 酸素を消費する

②好機呼吸の反応

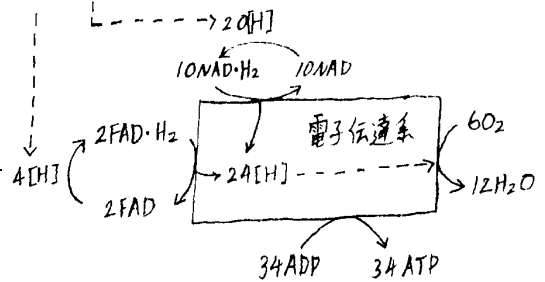
ア) 解糖系

イ) クエン酸回路

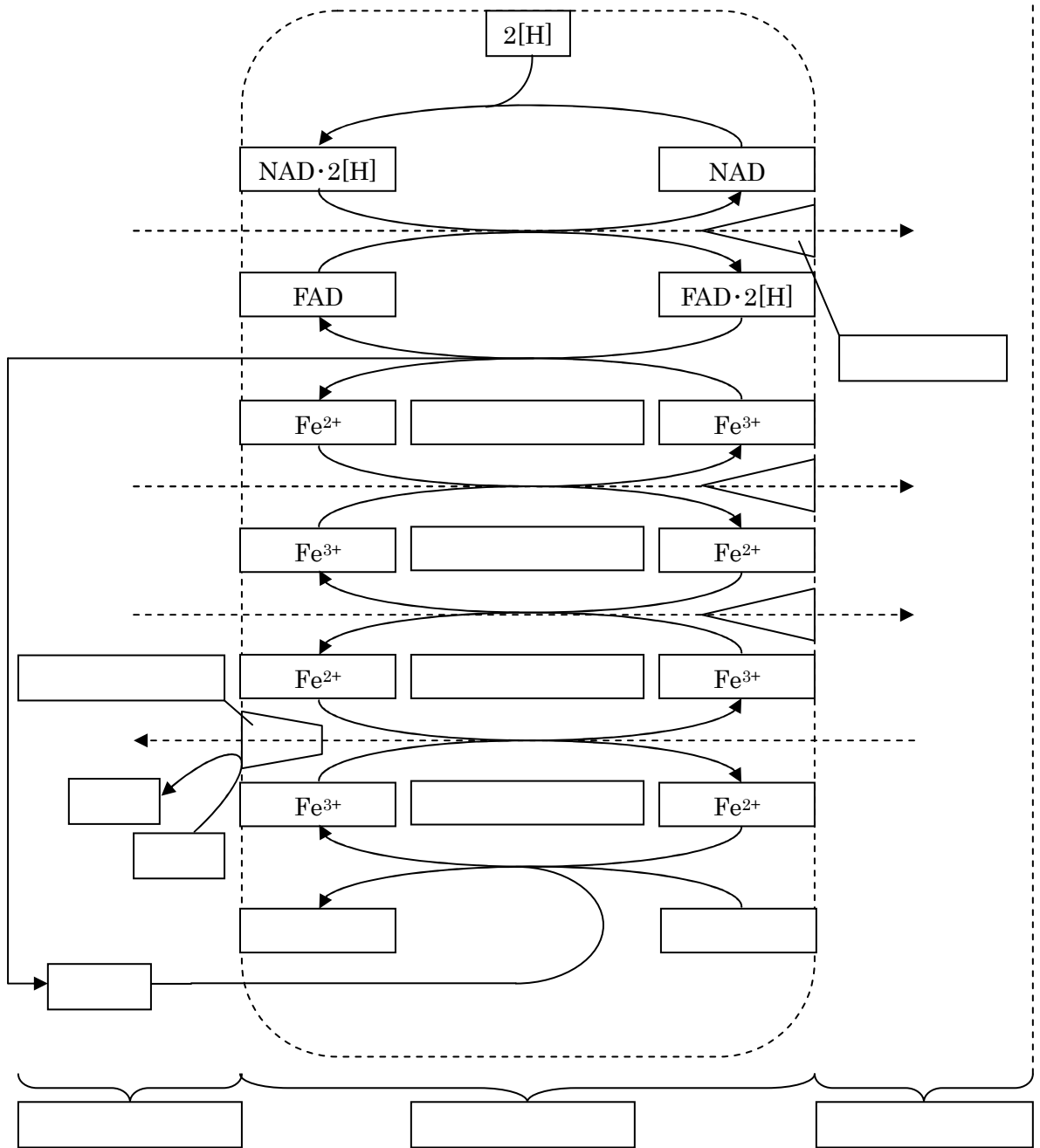
ウ) 電子伝達系

エ) 好気呼吸の全体の反応

解糖系・クエン酸回路



(4)電子伝達系での ATP 生成の詳しい仕組み(化学浸透圧説)

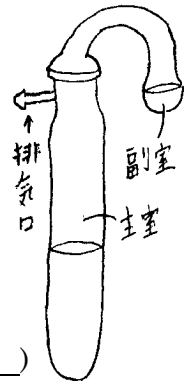


(5) コハク酸脱水素酵素の実験

① 実験装置…ツンベルク管

② 実験手順

- ア) ニワトリの胸筋を乳鉢にとり、同質量の石英砂と蒸留水を加えてすりつぶす。これをガーゼで濾し取り、酵素液とする
- イ) ツンベルク管の主室に酵素液を入れ、副室にコハク酸ナトリウムとメチレンブルー(Mb)(青色)を入れる
- ウ) ツンベルク管の接合部にワセリンを塗り、主室と副室をつなぐ
- エ) アスピレーターにつないで排気口から排気し、管内を真空にする
(∴ _____)



→この際、酵素液中の溶存気体が沸騰状態のように出てくる

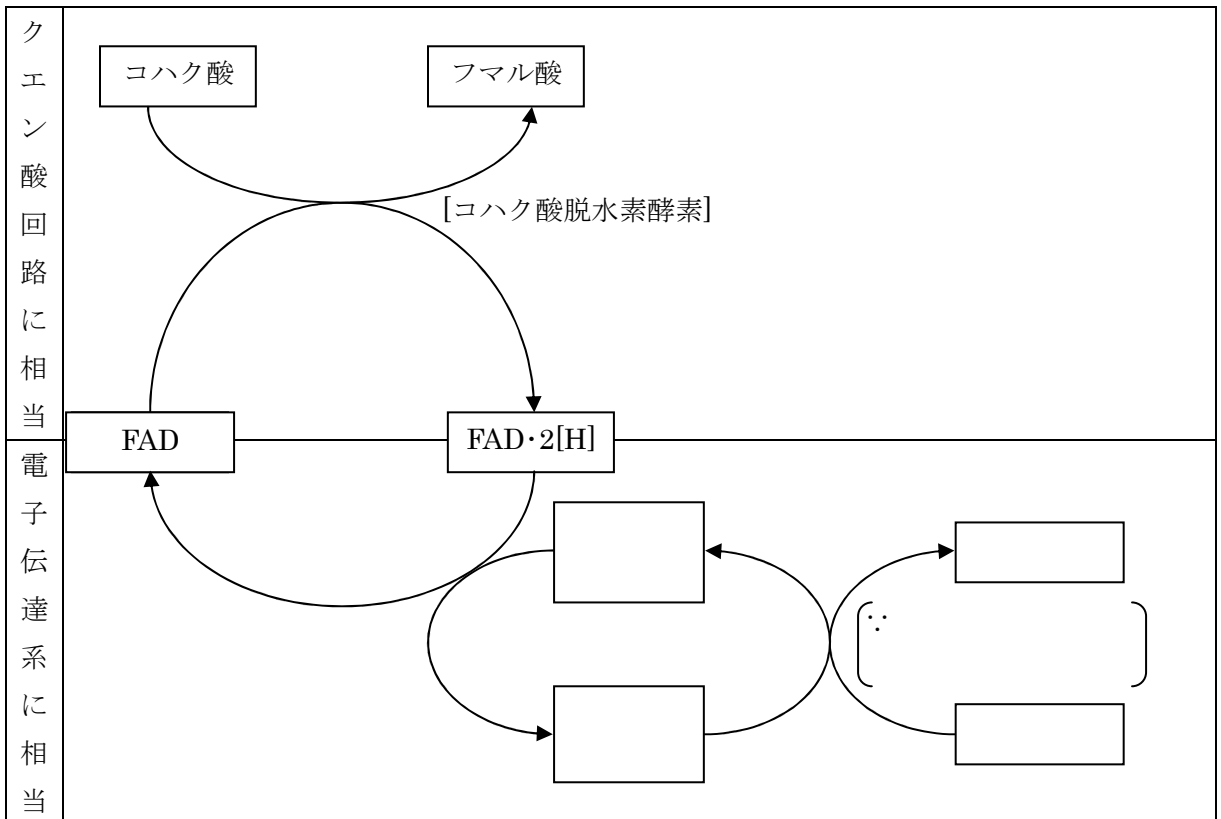
(∴ ツンベルク管内の気圧が下がるから)

- オ) 副室を回して穴をふさぎ、管を倒して副室内の液を主室に流し込む → 結果ア
- カ) 反応の終了が確認できたら、副室を回して外気が入るようにして管内の変化を見る → 結果イ

② 結果

- ア) 青色だった液が無色になる
- イ) 再び青色に戻る

③ 考察

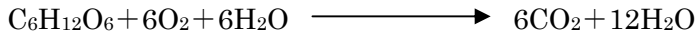


(6) _____ (RQ) …呼吸によって放出された CO₂ と吸収した O₂ の体積比

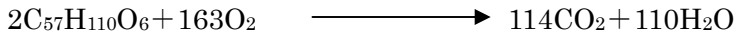
呼吸商 = _____ = _____

①呼吸器質と呼吸商の関係

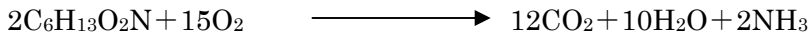
ア)炭水化物…RQ = _____



イ)脂肪…RQ ≒ _____

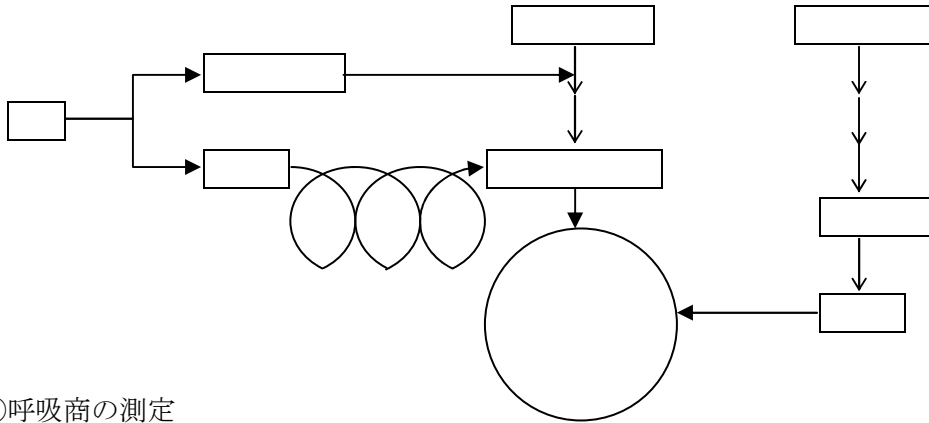


ウ)タンパク質…RQ ≒ _____

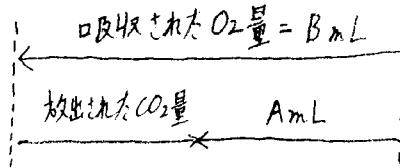
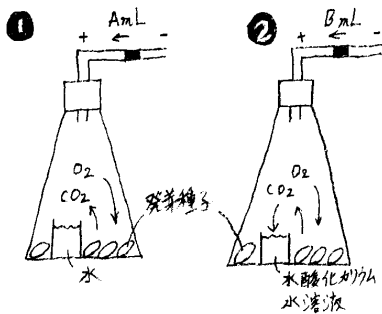


※呼吸商は呼吸基質によって異なるので、呼吸商から呼吸基質を推定できる。

②タンパク質や脂肪を基質とする好気呼吸のあらすじ



③呼吸商の測定



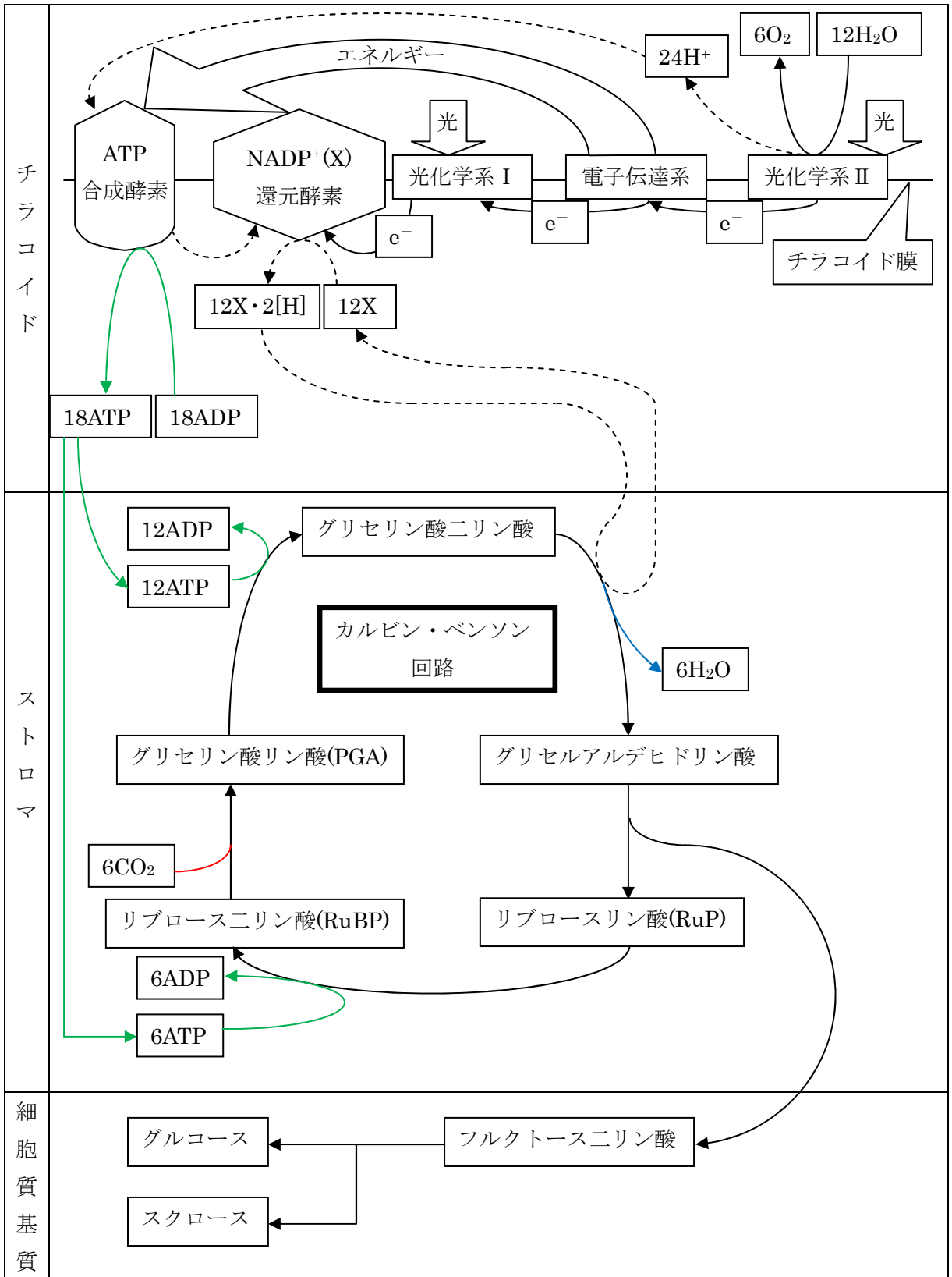
吸収された O₂ の量 = B
 排出された CO₂ の量 = B - A

〔例題 7〕 <計算>

上図の装置において、酵母菌とグルコースを入れて実験おこなった。①では右へ 6 目盛り、②では左へ 6 目盛り着色液が移動した。このとき、アルコール発酵で消費したグルコースは後期呼吸で消費したグルコースの何倍か。

〔解答〕

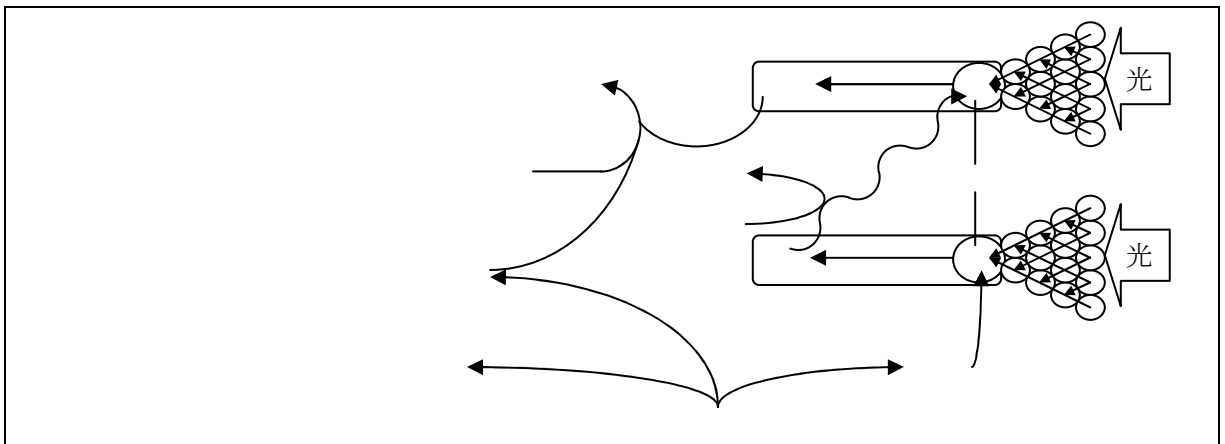
4 光合成



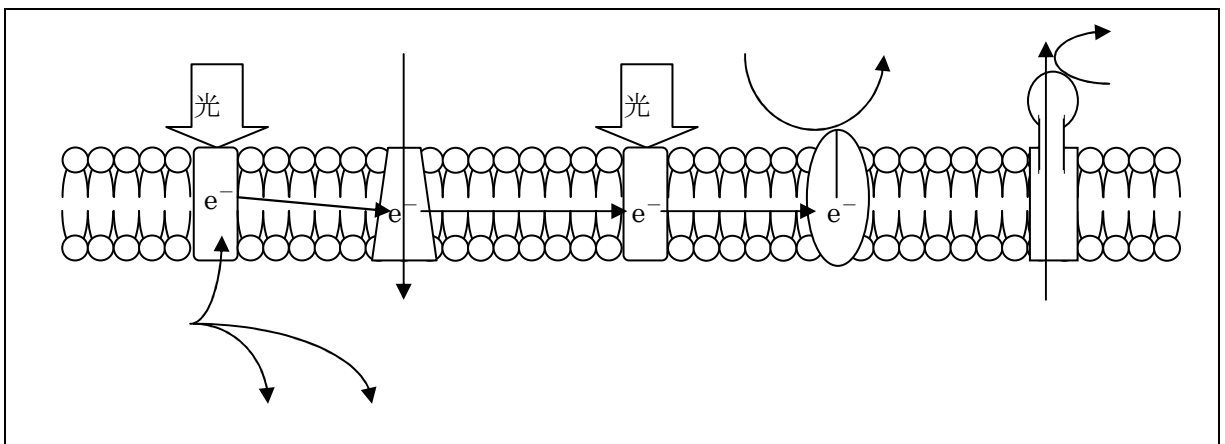
※ _____ と _____ から _____ を合成することを _____ といひ、光エネルギーを利用して炭酸同化を行う _____ と、光エネルギーを利用せずに炭酸同化を行う _____ とがある

(1) 緑色植物の光合成の仕組み—チラコイドでの反応

- ① 一般の緑色植物の葉緑体のチラコイドには、クロロフィル a, クロロフィル b, カロテン, キサントフィルといった光合成色素(同化色素)が含まれている。このうちクロロフィル a を _____ といひ、その他を _____ という
- ② 種々の色素が吸収した光エネルギーは、最終的に主色素である _____ に渡され、その結果クロロフィル a が活性化し、電子を放出する
- ③ 光化学系 II では活性化したクロロフィル a により _____ され、酸素が発生する
- ④ 光化学系 I では活性化したクロロフィル a により _____ が働き ATP が合成される
- ⑤ 光化学系 I で生じた電子は、 H^+ 及び NADP と結合して _____ となる

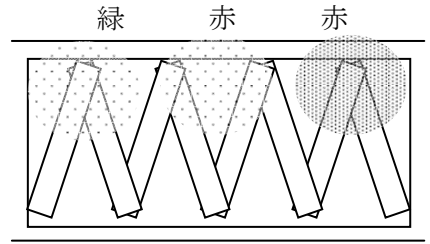
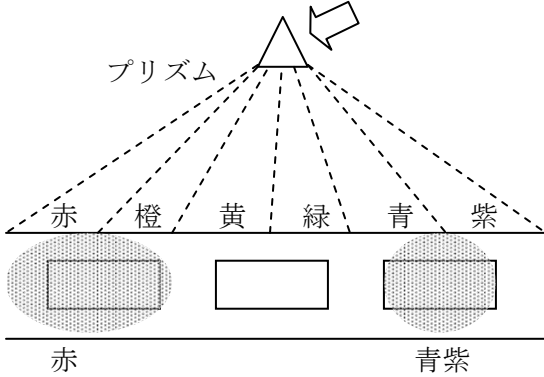


⑥ 葉緑体の電子伝達系での ATP 合成も、ミトコンドリアの電子伝達系での ATP 合成と同様の仕組みで行われる。即ち、電子伝達系で生じたエネルギーによって H^+ を _____ から _____ に _____ する。その結果生じた H^+ の濃度勾配に従ってチラコイド膜内腔からストロマへ H^+ が流出(____ 輸送)するときのエネルギーによって ATP が合成される



⑦ 葉緑体の電子伝達系による ATP 合成を _____ という

(4) エンゲルマンの実験…材料は_____と_____



(5) ヒルの実験

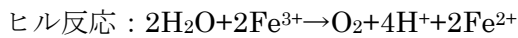
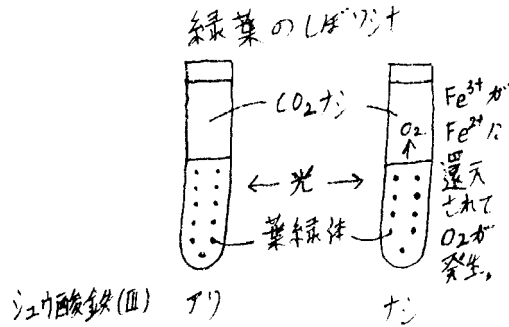
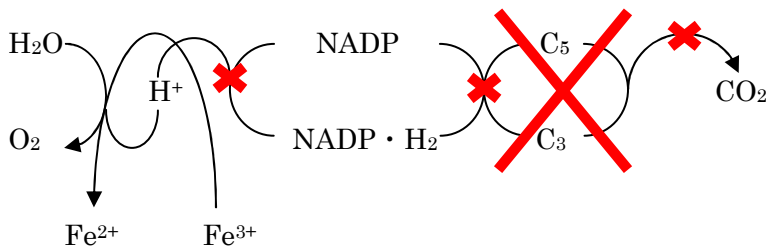
① 細胞分画法によって葉緑体を分画する

② _____ (O) を加える

③ _____ に光を照射する

④ 結果…シュウ酸鉄(III)は_____され、シュウ酸鉄(II)になり、_____が発生した。

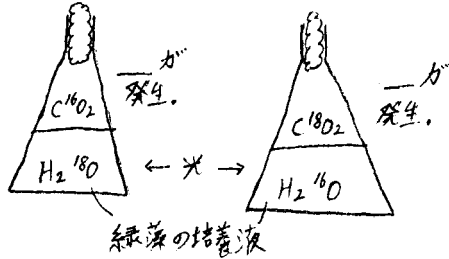
しかし、シュウ酸鉄(III)を加えない場合は、ほとんど酸素は_____



※ 光照射により、電子受容体の_____と酸素の発生が起こる反応を_____という

(6)ルーベンの実験

- ①実験 1… _____ と _____ を与えて光合成を行わせる
 ②実験 2… _____ と _____ を与えて光合成を行わせる
 ③結果… _____ のときのみ発生する酸素に _____ が検出される
 →光合成で発生する酸素は _____

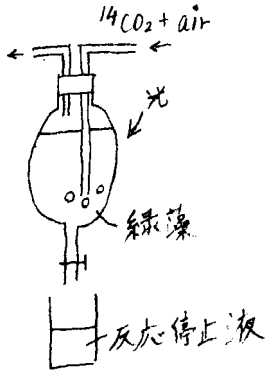


(7)ベンソンの実験

光 合 成 速 度			
	暗(CO ₂ あり)	明(CO ₂ なし)	暗(CO ₂ なし)

⇒最初に _____ が起こって物質が生じて、 _____ が起こる

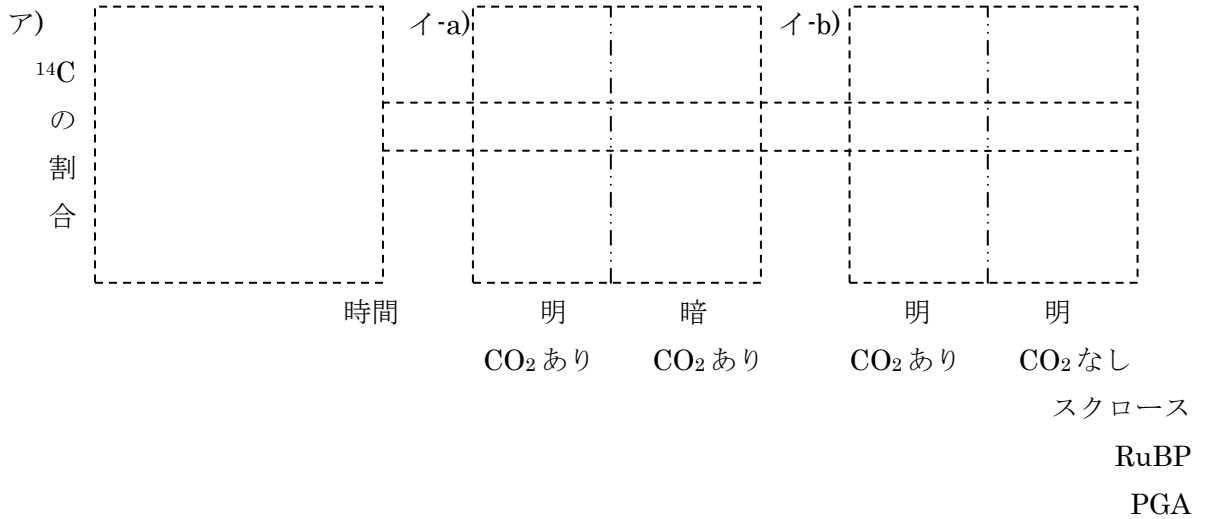
(8)カルビンの実験



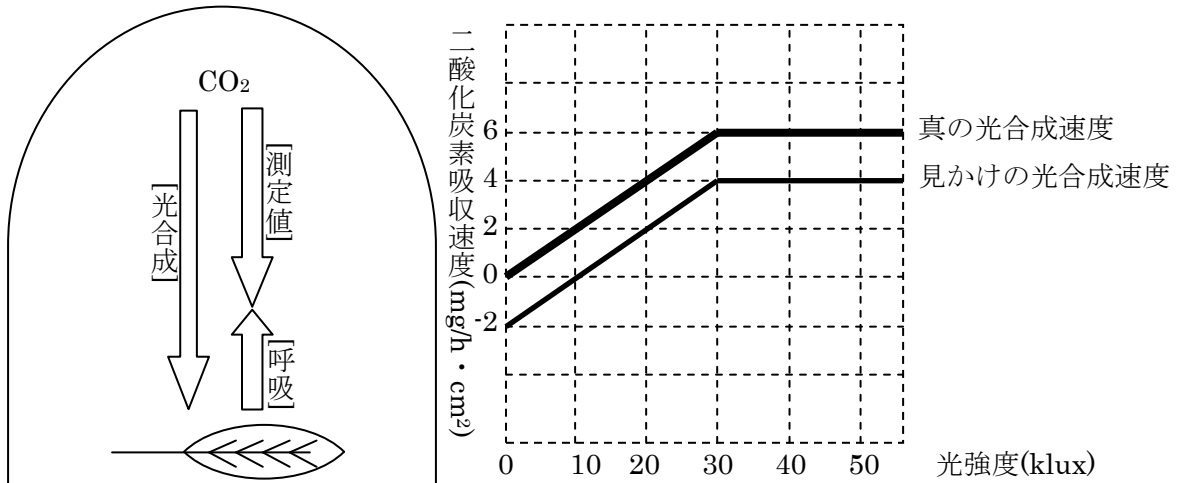
①緑藻に、放射性同位元素 ^{14}C を含む CO_2 を与えて光合成を行わせ、一定時間ごとに _____ に浸して光合成を停止させ、種々の物質中の放射能を調べる ➡結果ア

②放射性同位元素 ^{14}C を含む CO_2 を与えて光合成を行わせておき、急に光を遮断したり、 CO_2 供給を停止したりする ➡結果イ

③結果



(9) 光合成速度の測定



- ① 光合成速度の実験で得られる測定値は、真の光合成速度ではなく、真の光合成速度から呼吸速度を引いた_____の光合成速度である
- ② 上図では、_____のときに_____の光合成速度が_になっているので、10klux は光合成速度と呼吸速度が同じ値になる_____ (_____)にあたる_____であることが分かる
- ③ 上図では、_____以上では、光合成速度が増加しなくなる_____に達して、このような状態に達するときの光の強さを_____という

[例題 8] <記述>

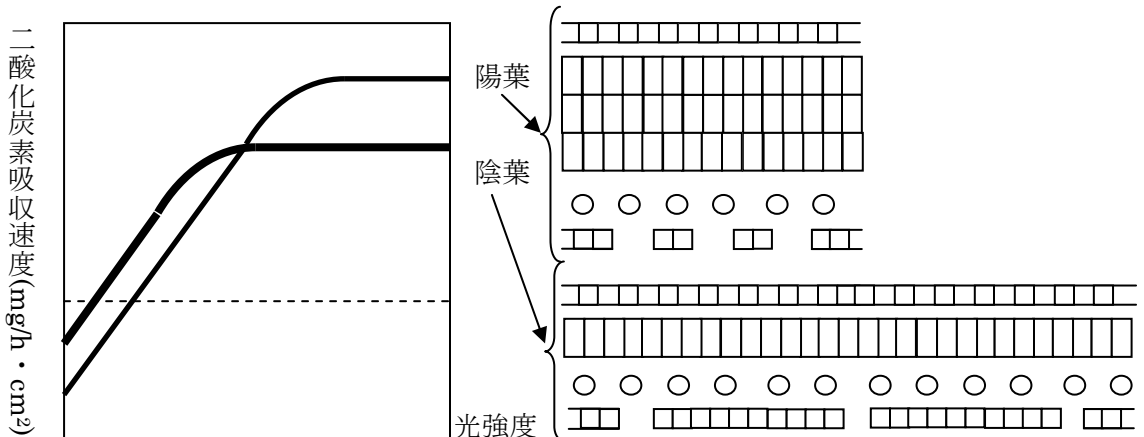
補償点を、見かけの光合成速度、呼吸速度を使って 40 字以内で説明せよ。

[解答]

_____， _____の光合成速度がゼロになるときの_____。

(10) 陽葉と陰葉

- ① 日当たりのよい場所で生育する植物を_____植物， 日陰でも生育できる植物を_____植物という
- ② 同じ植物でも日当たりのよい場所に生じる葉を陽葉， 日陰に生じる葉を陰葉という
- ③ 陽葉は陰葉に比べて_____よく発達しているため， 強光下では単位面積当たりの光合成量は大きい， _____がおおいため， そのぶん_____なり， 光補償点が高い

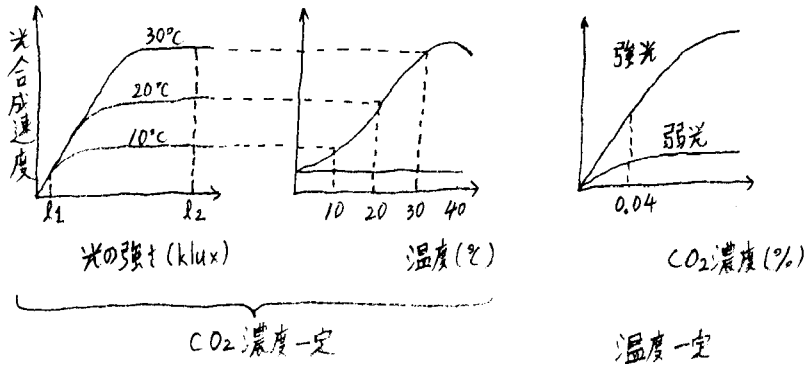


(II) 限定要因

① 光合成速度は、光の強さ・温度・二酸化炭素濃度の影響を受けるが、この3つのうちで最も悪い要因(限定要因)によって、光合成速度が決まる

② 限定要因の見抜き方

条件 X を良くして光合成速度が上がれば、、変化しなければ



[例題 9] < 計算 >

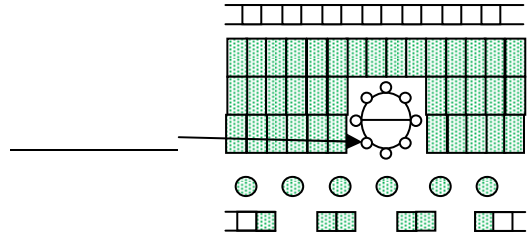
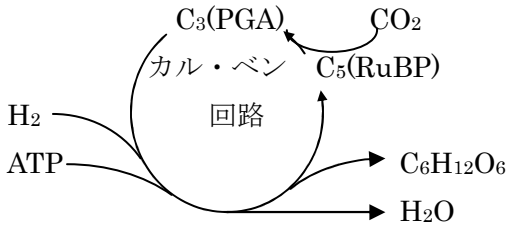
密閉した水槽にクロレラを入れ、10klux、二酸化炭素濃度 0.1%、10°Cで光合成を行わせると、水層中の酸素が 3mg 増えた。20klux にして、他の条件を変えずに光合成を行わせると、酸素が 4mg 増加した。このような植物に対して、10klux、二酸化炭素濃度 0.1%、20°Cにすると、酸素増加量はどうか。次の①～③から選べ。ただし、光合成にとっても、呼吸にとっても 20°Cのほうが最適温度に近いものとする。

- ① 3mg よりも大きくなる ② 3mg よりも小さくなる ③ 3mg のままである

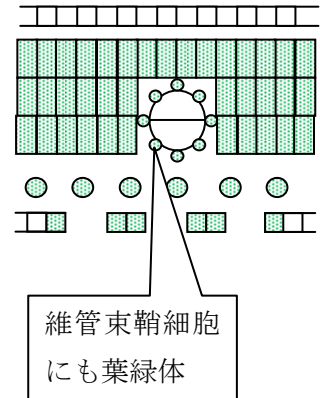
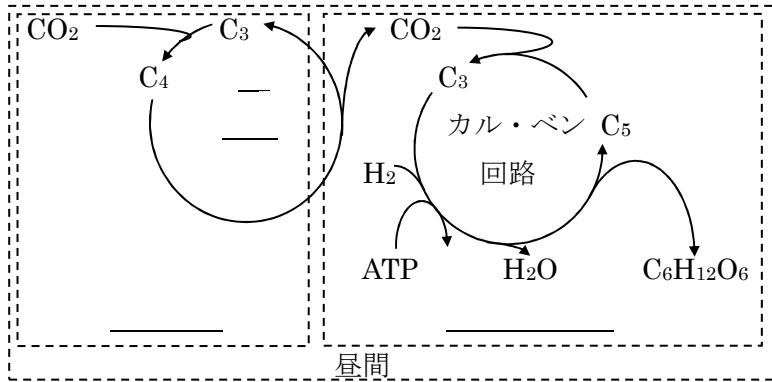
[解答]

(12) 二酸化炭素固定から見たさまざまな光合成

① 一般的な植物 → _____

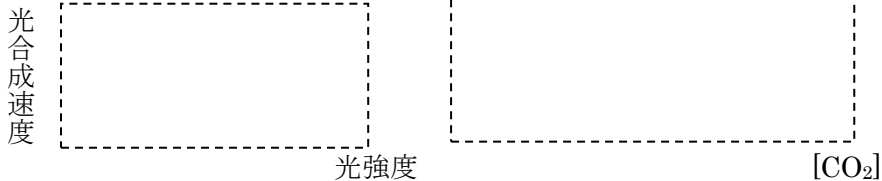


② _____ → _____

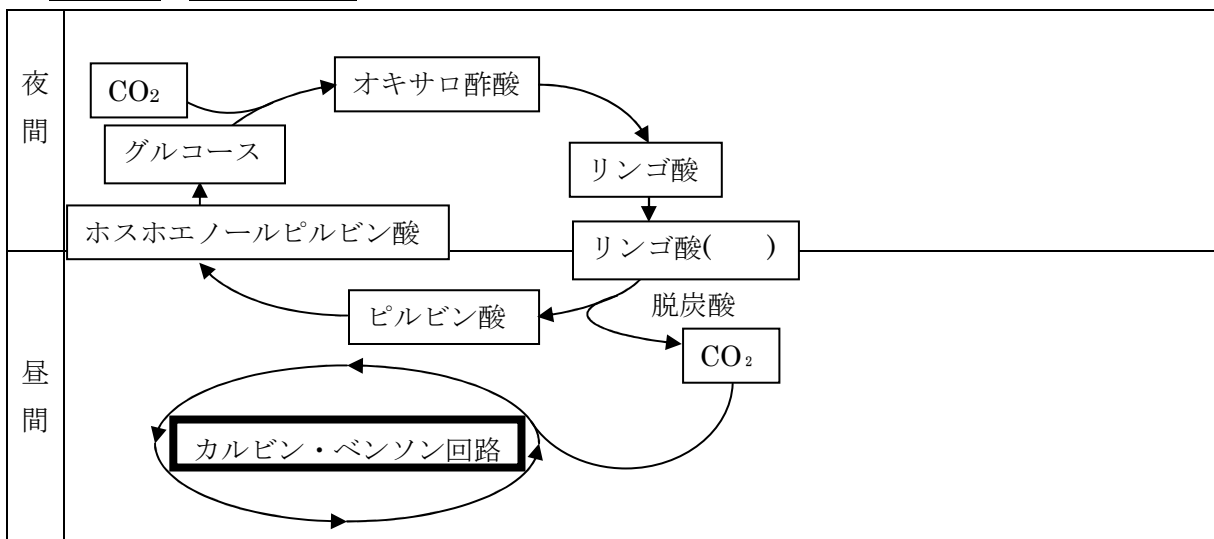


ア) CO₂を吸収して C₄化合物に固定するのは _____ で、カルビン・ベンソン回路によって炭化水素を合成するのは _____ である。このため、C₄植物では維管束鞘細胞にも葉緑体が発達している

イ) C₄植物において CO₂を固定する酵素(PEP カルボキシラーゼ)は、RuBP カルボキシラーゼよりも CO₂との親和性が高く、効率よく CO₂を固定することができる。そのため、C₄回路で濃縮した CO₂でカルビン・ベンソン回路を進行させることができ、C₃植物よりも強光下での光合成能力が非常に高く、光合成の最適温度も高い。また、気孔開度を小さくすることができるので、C₃植物よりも乾燥に強い



③ _____ ・ _____ → _____



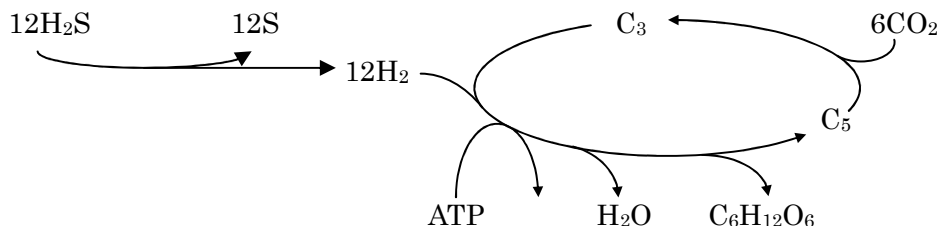
ア) 気孔を開けて CO₂ を吸収し固定する反応は _____ に行い, _____ の形で _____ に蓄積しておく。

昼間にリンゴ酸から生じた CO₂ でカルビン・ベンソン回路を進行させる

イ) 乾燥する地域で, 特に極端に乾燥する昼間に気孔を閉じていることで, 昼間の _____ を防ぎ, 極端に乾燥するのを防いでいる

(13) 光合成細菌の光合成

① 細菌の光合成の仕組み



② 光合成細菌が持つ光合成色素は _____

③ 光合成細菌の例… _____ ・ _____

④ 反応式… _____

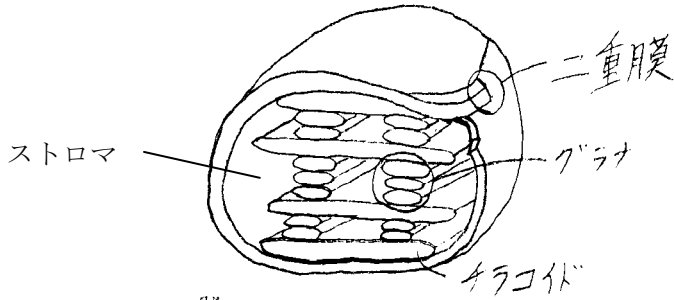
[例題 10] <記述>

緑色植物の光合成と細菌の光合成の違いを 100 字以内で述べよ。

[解答]

緑色植物の光合成では, 二酸化炭素の _____ に必要な _____ が _____ 由来なので, 水の分解によって _____ が生じるが, 最近の光合成では _____ が水ではなく _____ なので, 酸素は発生せず, _____ が生じる。

(13)葉緑体の特徴…内外の2重膜構造を持ち、独自のDNAを持つ

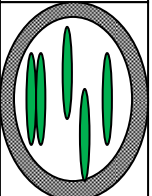
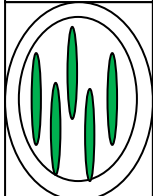
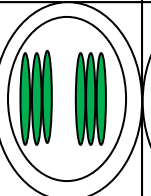
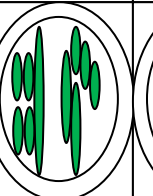
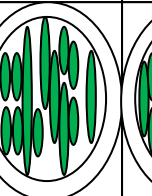
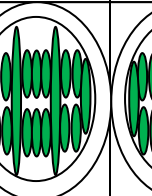
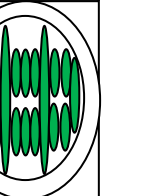


(14)光合成色素

光合成色素名		色	化学的性質	光合成細菌	ラン藻類	紅藻類	ケイ藻類	褐藻類	緑藻類	コケ・シダ・種子植物	
クロロフィル	クロロフィル a	青緑	中心金属として Mg を含むポルフィリン環に鎖状のフィトールが結合している		○	○	○	○	○	○	
	バクテリアオクロロフィル			○							
	クロロフィル b	黄緑							○	○	
	クロロフィル c	緑					○	○			
カロテノイド	(β)カロテン		長い鎖状の不飽和炭化水素。疎水性		○	○	○	○	○	○	
	キサントフィル	ルテイン		黄			○			○	○
		フィコキサンチン		褐				○	○		
フィコビルリン	フィコシアニン		ポルフィリン環が開いた形で金属を含まない親水性		○	○					
	フィコエリトリン			紅		○	○				

(15) 葉緑体の起源と進化

原始的な真核細胞に、ある種のラン藻(シアノバクテリア)が共生して葉緑体になり、紅藻類が誕生した。葉緑体は、植物の進化に伴って構造が複雑になり、機能が効率化していった。

ラン藻類	紅藻類	褐藻類	緑藻類	コケ植物	シダ植物	種子植物
単層または二重チラコイド	単層チラコイド	三層チラコイド	多層チラコイド	多層チラコイド, 不完全なグラナ	多層チラコイド, グラナ形成	多層チラコイド, グラナ形成
						

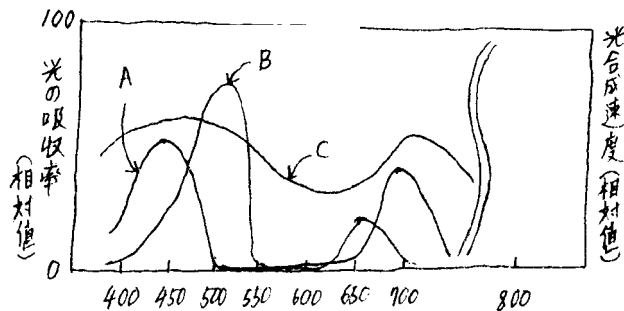
(16) 光の波長と光合成

①作用スペクトル(グラフ C)… _____ を示す

②吸収スペクトル… _____ を示す

ア)クロロフィル a…グラフ _

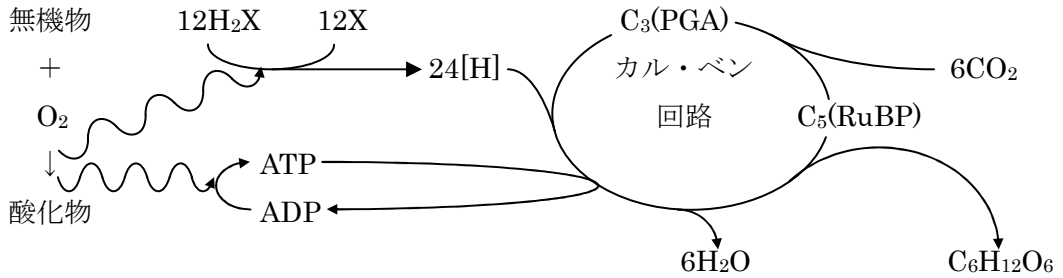
イ)クロロフィル b…グラフ _



⑤ いろいろな同化

(1) _____ … _____ によって生じる化学エネルギーを使った _____

① 化学合成の仕組み



② 光合成細菌の例

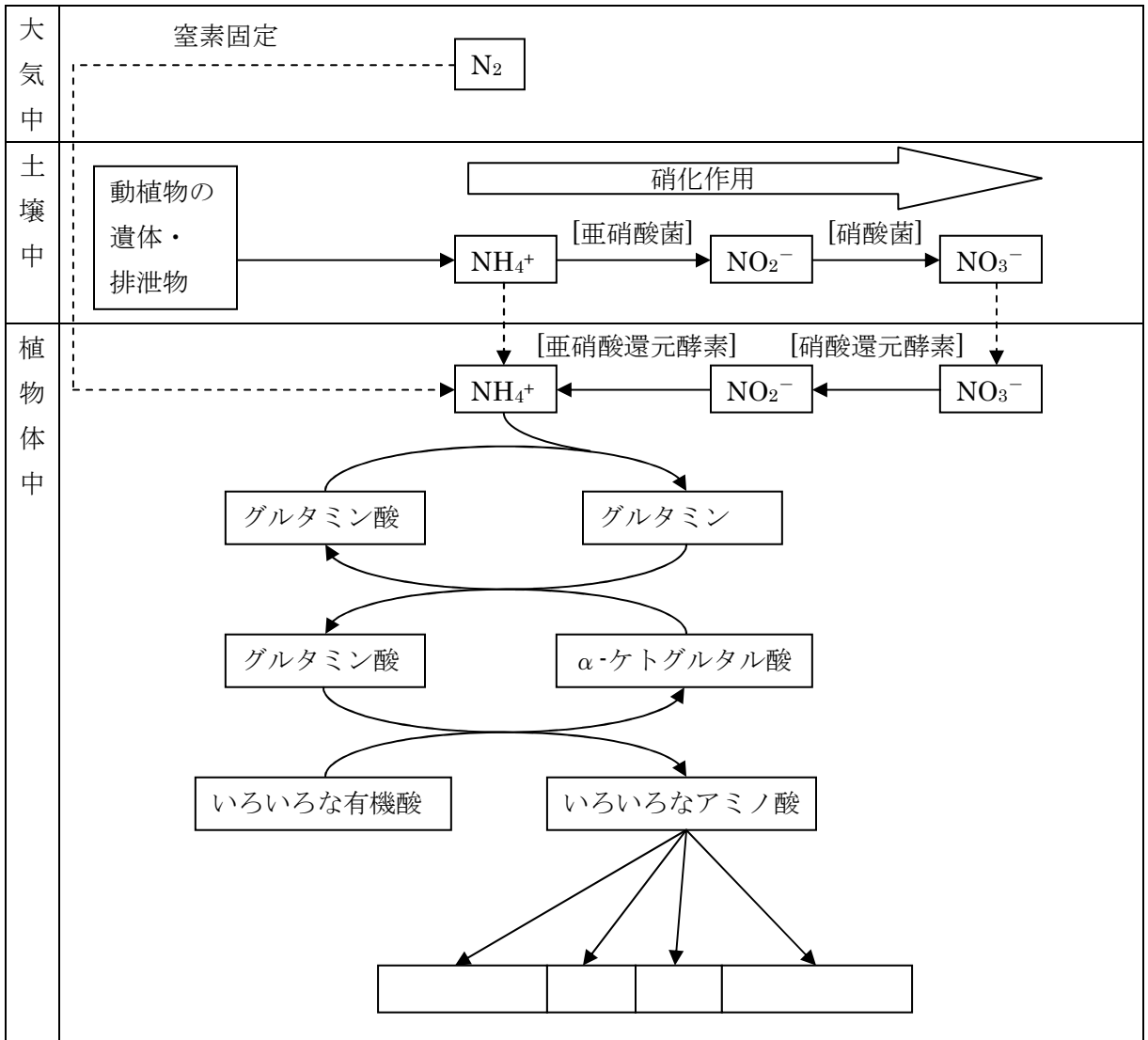
生物名		化学エネルギーの調達方法
酸化		
	鉄細菌	水に溶けた硫酸鉄(II)を酸化.
	水素細菌	水素を酸化⇔水をつくる.
炭酸同化	$6\text{CO}_2 + 24[\text{H}] \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{H}_2\text{O}$	

(2) _____ … _____ から有機窒素化合物を合成すること

①	または _____ を吸収 ↳ 土壌中の _____ で生成	葉	一次同化	低分子
②	_____ を _____ に還元する(硝酸還元)	根	一次同化	低分子
③	_____ はいろいろな			
④	_____ (カルボン酸)と			
⑤	結合して _____ になる			
⑥	アミノ酸を原料にして, _____ ・ _____ ・ _____ ・ _____ を合成する		二次同化	高分子

※グルタミン酸回路

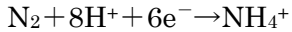
- ①根の根毛から能動的に吸収。 NO_3^- として吸収する方が多い。土壌中には亜硝酸菌や硝酸菌が存在し、硝化作用を行っている
- ②吸収された NO_3^- は葉肉細胞の細胞質基質中で、硝酸還元酵素の働きで NO_2^- に、更に葉緑体中で亜硝酸還元酵素の働きで NH_4^+ になる
- ③ NH_4^+ が、グルタミン合成酵素の働きで、グルタミン酸と反応してグルタミンになる
- ④グルタミンは、グルタミン酸合成酵素、クエン酸回路の中間生成物の α -ケトグルタル酸と反応し、2分子のグルタミン酸ができる
- ⑤④で生成したグルタミン酸のうち一方のアミノ基が、各種の有機酸にトランスアミナーゼ(アミノ基転移酵素)の働きで転移されて、いろいろなアミノ酸ができる
- ⑥アミノ酸どうしがペプチド結合し、タンパク質が合成される。また、アミノ酸がもとになって、核酸(DNA・RNA)、ATP、クロロフィルなどの有機窒素化合物が合成される



(3) _____ …空気中の窒素ガスの固定(空气中窒素固定)

①空気中の窒素を還元して_____に変える働き.

②_____という酵素が関わる反応.



※窒素固定生物…窒素固定を行う生物

生物名	分類	生活場所
	好気性細菌	中性の通気性の良い土壌中や酸素の多い水中
	嫌気性細菌	酸性の酸素の乏しい土壌中や水中
	ラン藻類	水中や湿地
	ラン藻類	ソテツやアカウキクサなどに共生する
	好気性細菌	マメ科・ハンノキの根に根粒を形成し共生

STEP UP 植物の栄養素

主要 10 元素は^{チオンマグカクステツのピン}CHONMgCaKSP

微量元素は^{ゼンブクモ}ZnBCuMoMn

肥料三要素は N, K, P

C,H,O	有機物の主要構成要素
N	タンパク質・核酸の構成成分
Mg	クロロフィルに含まれている
Ca	細胞膜の働き, 細胞の接着
K	植物体内で最も多い陽イオン
S	システインなどに含まれ, タンパク質の立体構造形成に重要
Fe	電子伝達系のシトクロムのヘムの部分に含まれる
P	核酸, ATP, 細胞膜の成分

※リービッヒの最小律…必要量に対して供給量の割合が最も少ない元素によって, 植物の生育が制限されるという考え。

STEP UP 分子シャペロンとプリオン

(1) 分子シャペロンの発見

1970年代、普通の生育温度よりも5~10度高い状態にさらされた細胞で、ある一群のタンパク質が誘導されていることが見出された。これらのタンパク質は熱ショックタンパク質(Heat shock protein = Hsp)と呼ばれ、細菌から植物・動物に至るまで存在していることが分かった。

1972年のアンフィセンの研究によって、タンパク質の折りたたみはアミノ酸配列に従って自発的に起こると考えられていた。熱ショックタンパク質の発見は、タンパク質の自発的な折りたたみを補助する分子の存在を明らかにしたことになる。1987年、エリスは、「タンパク質の構造形成を助けるが、自らはその構造の最終成分にならないタンパク質」をまとめて分子シャペロンと呼ぶように提唱した。

変性剤を用いて変性させた酵素タンパク質を緩衝液中に希釈したのち、分子シャペロンを与える実験を行った。シャペロンが緩衝液中にない場合は、酵素活性は回復しないが、シャペロン存在下では、酵素活性は大きく回復した(図1)。この結果は、分子シャペロンが、タンパク質の折りたたみに関係していることを直接証明している。

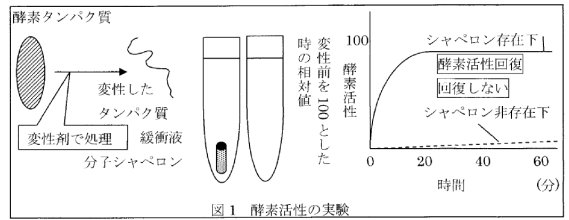


図1 酵素活性の実験

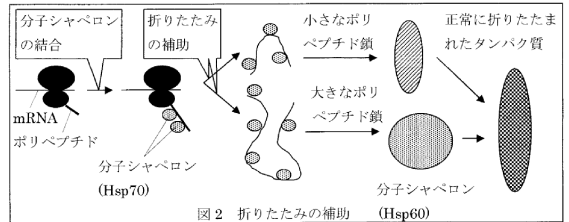


図2 折りたたみの補助

(2) 分子シャペロンの役割

細胞内には数種類の分子シャペロンが存在し、次のような役割を担っていると考えられている(図5)。

- ① 折りたたみの補助 ポリペプチド鎖の折りたたみを補助する(図2)。
- ② 細胞小器官への透過を補助 タンパク質が、ミトコンドリアや葉緑体などの細胞小器官の膜を透過するのを補助する(図3)。
- ③ 品質管理 合成されたタンパク質の品質を管理し、異常たんぱく質の小胞体からの移動を阻害する(図4)。
- ④ 変性や無秩序な凝集の防止 タンパク質の変性や無秩序な凝集体への変化を阻止する。また変性したタンパク質や無秩序な凝集体を正常なタンパク質に回復させる。
- ⑤ 分解の補助 古くなったタンパク質の分解を補助する。
- ⑥ 規則正しい凝集体の形成に関与 タンパク質の規則正しい凝集体形成に関与する。

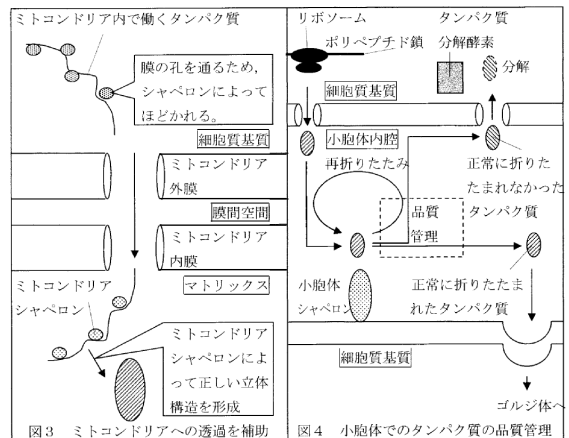


図3 ミトコンドリアへの透過を補助

図4 小胞体でのタンパク質の品質管理

分子シャペロンは、細胞内で合成されたタンパク質が自ら立体構造を形成する能力を補助し、細胞内でのタンパク質の合成から分解までの過程で様々な制御を行っている(図5)。このようにして、分子シャペロンは、細胞が生きていくために重要な役割を果たしていると考えられている。

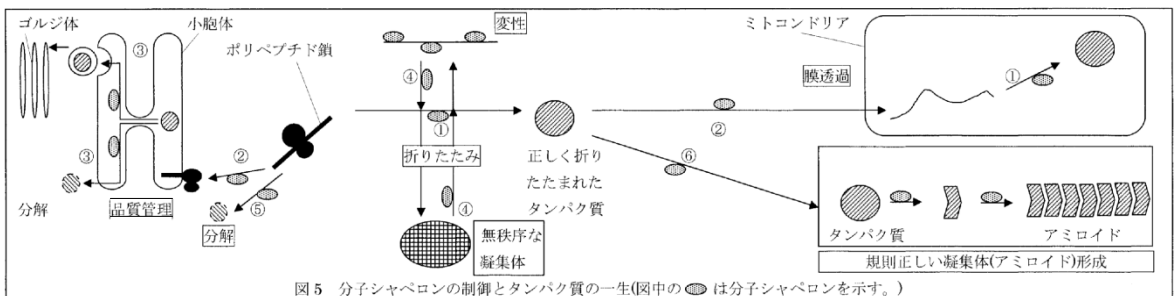


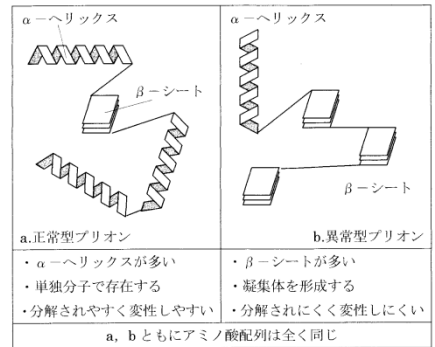
図5 分子シャペロンの制御とタンパク質の一生(図中の●は分子シャペロンを示す。)

(3) プリオンの発見

クロイツフェルト・ヤコブ病は、神経細胞が破壊されて脳が海綿状になり、認知障害などが起こったり、運動の統合力を失ったりして脳機能が著しく衰える致命的な病気である。1920年に症状が発見された。

1987年、アメリカのプルシナーは、ヒツジの海綿状脳症であるスクレイピーの原因物質について、細菌やウイルスのような病原体ではなく、核酸を持たないタンパク質であることを示唆し、このタンパク質をプリオンと名付けた。

当初、プリオンは、細胞外から侵入してくる粒子と考えられていた。しかし、現在では、細胞内の遺伝子によって合成されるものであることが分かっている。

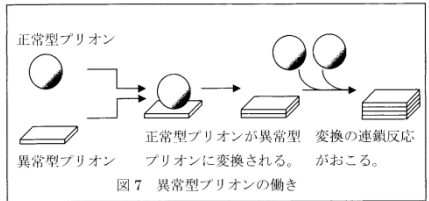


(4) プリオン仮説

クロイツフェルト・ヤコブ病の患者の脳には、正常型プリオンと異常型プリオンの2種類が存在することが分かっている。

正常型プリオンと異常型プリオンとは、アミノ酸配列は同じだが、立体構造が異なっている。正

常型プリオンは、α-ヘリックスに富み、タンパク質分解酵素に分解されやすく変質しやすい構造をしている(図6-a)。それに対し、異常型プリオンは、β-シートを多く含み、タンパク質分解酵素に分解されにくく変性しにくい性質を持つ(図6-b)。



正常型プリオンは、正常な哺乳類の神経細胞の細胞膜に存在する。遺伝子操作によって正常型プリオンを欠損させたマウスをつくったところ、そのマウスは、発育するにつれて運動失調や長期記憶・学習能力の低下が認められた。このことから、正常型プリオンは、神経細胞の成熟と機能の維持に関係していると考えられている。

異常型プリオンは、正常型プリオンと結合すると、正常型プリオンの立体構造を変化させ、異常型プリオンに変換する働きを持っている。この変換が連鎖すると、タンパク質の凝集体が形成される(図7)。何らかの経路で異常型プリオンが体内に侵入し、脳の神経細胞内で蓄積して正常型プリオンを異常型プリオンに変換させ、凝集体を形成することでクロイツフェルト・ヤコブ病のような感染症が引き起こされると考えられている感染症をプリオン病と言う。クロイツフェルト・ヤコブ病の他に、牛海綿状脳症(BSE; 狂牛病)もプリオン病である可能性が指摘されている。

(5) 今後の研究

プリオンの研究によって、タンパク質は折りたたまれて特定の立体構造を取るだけでなく、状況に応じて別の立体構造に変化し、凝集体を形成することが分かってきた。その凝集体の形成には、分子シャペロンが関与していると考えられている。

アルツハイマー病は、脳にアミロイド斑と呼ばれるタンパク質凝集体ができ、記憶や推理する能力を失う神経体腔性の疾患である。パーキンソン病も脳にアミロイド斑がみられ、手足の震え、硬直などの症状が現れる神経性の病気である。これらはアミロイド病と呼ばれている。分子シャペロンやプリオンの働きの解明は、タンパク質凝集体の働きの解明、プリオン病やアミロイド病などの病気の治療の確立へと導くことになる。ひいては、私たちの生活に多大な恩恵を与えてくれるものと期待されている。

< 整理 >

タンパク質	存在場所	働き	今後の研究
分子シャペロン	全ての細胞に数種類存在する。	タンパク質の立体構造の形成を補助する。 ①折りたたみの補助, ②膜透過の補助, ③品質管理, ④変異阻害, ⑤分解の補助, ⑥凝集体形成に関与	タンパク質の働きの解明 ↓ プリオン病, アミロイド病などの病気の治療法の確立
プリオン	正常型プリオン: 哺乳類の神経細胞の細胞膜 異常型プリオン: 体外から侵入	正常型プリオン: 神経細胞の成熟と機能の維持 異常型プリオン: 正常型プリオンを異常型プリオンに変化させ、凝集体を形成。	