

第1回 光合成についてのおさらい

●講義の目的

生物学基礎 I で学んだ「光合成」について復習する。

●講義の要約

1. 植物は様々な環境変動に応答して代謝の制御を行っている。その代謝には光合成・炭素代謝、窒素代謝、硫黄代謝、脂質代謝、二次代謝などがあるが、相互の代謝を調節しあう代謝コミュニケーションが存在する。また、ソース器官とシンク器官の間でのコミュニケーションも行われている。(詳細については、今後講義する予定です。)
2. 代謝で生じたエネルギーは ATP や還元力 (NADH, NADPH) として蓄えられ、他の代謝に用いられる。
3. 光合成は葉緑体チラコイド膜で行われる明反応(光化学反応)と、ストロマで行われるカルビン・ベンソン回路の協調により行われる。
4. チラコイド膜中のクロロフィル分子は光エネルギーを吸収して励起する。励起エネルギーは反応中心に集められ、電子伝達鎖へと受け渡される。電子伝達鎖を電子が流れることによりチラコイド膜間にプロトン濃度勾配が作られる。また、光化学反応において、 H_2O の酸化と NADP^+ の還元が行われる。
5. チラコイド膜に存在する ATP シンターゼ中をプロトンが流れることによって ATP が合成される。
6. 光化学反応で生じたATPとNADPHを用いてカルビン・ベンソン回路が駆動する。カルビン・ベンソン回路では大気中の CO_2 をRubiscoで固定し、三炭糖を生じる。
7. CO_2 を有機酸として一次固定した後、脱炭酸反応により生じた CO_2 をカルビン・ベンソン回路に受け渡す C_4 光合成やCAM型光合成を行う植物がある。

●Q&A

夏休み明け初日ということで、皆さんの頭を勉強モードにするためにも生物学基礎 I で学んだ光合成の復習は評判が良かったようです。アンケートに書いていただいた質問に対する回答は質問集の方に掲載してあります。また、光合成に関する詳しい講義は三宅先生に行っていただく予定です。

生物学基礎 I を受講していない人も一部いたようですが、配慮せず申し訳ありませんでした。

Q: Pi の i はどういう意味ですか？

A: inorganic phosphate (無機リン酸) の「i」を示します。

Q: 「クロロフィル分子は光量子を吸収して励起する」の励起がどういうことかよく分からない。イオン化とは違うのでしょうか？

Q: プリント 1-1 の⑩の(a)の記述で、「光量子は電子を... 高い軌道へと押し上げる」の部分ですが、よりエネルギーの高い軌道は具体的にはどこですか？ 分子により近い側なんでしょうか？

A: 分子にも原子と同じようにエネルギーレベルの異なるいろいろな量子状態があります。分子には多数の原子核が含まれており、個々の原子の電子状態は振動や回転の異なるいろいろなエネルギー状態を取りうるからです。特にクロロフィルはテトラピロール環に 10 個の共役二重結合を持ち、エネルギーが取り込まれるとこの共役系に含まれる電子がより高いエネルギー状態の軌道に持ち上げられ、励起状態となります。電子がもとのエネルギー準位に戻るとき、チラコイド膜中の隣の色素にエネルギーを渡して自身は基底状態へと戻ります。エネルギーを受け取る相手がない場合は蛍光や熱としてエネルギーを放出します。

Q: プリント 1-2 の③の図では光化学系IでH⁺の移動は書かれていないのですが、H⁺はIでも移動するのですか？ 黒板には書いてありましたけど..

A: すみません。授業では不適切な図を書いてしまい、混乱させてしまいました。プリントの図のようにH⁺のストロマ側からチラコイド内腔側への移動は光化学系IとIIの間のプラストキノンとシトクロム複合体で行われます。

Q: 光化学反応のH⁺の流れがよく分からなかった。

Q: 光合成の明反応で、ATPの合成に利用されるH⁺とNADP⁺の還元を利用されるH⁺の出所の違いがよく分からない。同じなのだろうか？

A: ATP合成酵素の駆動力となるH⁺濃度勾配の形成は、プラストキノンとシトクロム複合体で行われます。一方、NADP⁺の還元は、光化学系I → フェレドキシン → NADP⁺-レダクターゼへと渡された電子により行われます。(プリント 1-2 の③参照)

Q: 化学浸透圧説で一番重要なのはH⁺濃度勾配の差によるエネルギー生産なのでしょうか？

A: まあそうですが、電子伝達に伴うH⁺の汲み出しの所も良く理解しておいて下さい。(プリント 1-2 の③参照)

Q: 「C₄とCAMは、乾燥地帯に適応するために、C₃に加えてワンステップ付け足した」というのであっていますか？

A: C₄光合成とCAM型光合成はカルビン・ベンソン回路の前に付帯的な一次炭酸固定経路を持っています。この経路は複数の酵素タンパク質より形成されています。

Q: 雨季、乾季がはっきり分かれている地域では、C₄、CAM植物に進化しないのですか？

A: C₄植物は乾燥や高温に適応して進化したと考えられています。大気中のCO₂濃度の低下が選択圧となって分岐進化してきたとも考えられています。このあたりの説明は三宅先生にしてくださいと思います。