



# 水稻（C3 型）とトウモロコシ（C4 型光合成）

— 地球温暖化対策？ —

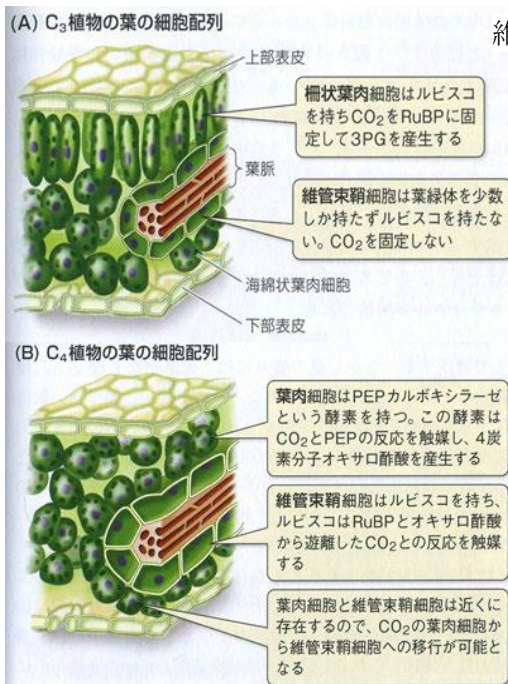
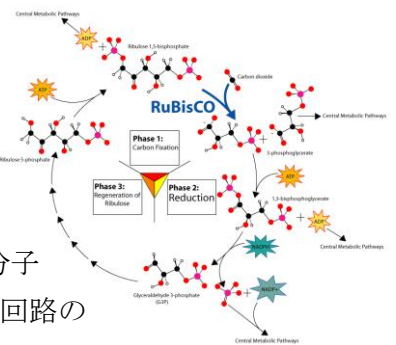
<https://l-hospitalier.github.io>

2021.8

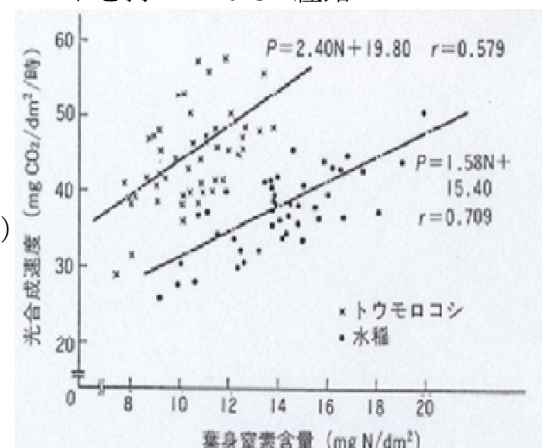
## 感染対策の基礎知識

#290

【光合成】植物の光合成は太陽エネルギーを固定する唯一の方法で、全ての生物はエネルギー取得をこのシステムに依存する。光合成には明反応（light reaction）とカルビンとベンソンが解明した暗反応（dark reaction、右下図）があり前者が光エネルギーの固定、後者が糖合成を担う。明反応は光化学系 I（PS I）で 700 nm 以下の波長の光で  $\text{NADP}^+$  を  $\text{NADPH}$  に変換、光化学系 II（PS II）で 680 nm 以下の波長の光で  $\text{H}_2\text{O}$  から電子を取り去り  $\text{H}^+$ （と  $\text{O}_2$ ）を生成、 $\text{NADPH}$  と  $\text{ATP}$  を産生する。暗反応の収支は  $\text{NADPH}$  と  $\text{ATP}$  を使って  $6\text{CO}_2 + 12\text{NADP} + 18\text{ATP} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 12\text{NADP}^+ + 18\text{ADP} + 18\text{P}_i$ 。明反応からの最終的収支は  $6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ 。【RuBisCo、ルビスコ】リブローズ-ビスリン酸カルボキシラーゼ／オキシゲナーゼ（ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase）は地上で最も多いタンパク質で暗反応（カルビン回路）の  $\text{CO}_2$  固定の中心。【C3 型と C4 型植物】世界 3 大穀物はトウモロコシ、小麦、米。この中ではトウモロコシだけが C4 植物で他は C3 型。イネ科植物のトウモロコシやサトウキビは  $28^\circ\text{C}$  以上の高温乾燥で効率よく  $\text{CO}_2$  を吸収、 $\text{H}_2\text{O}$  と糖を合成する。低温では C3 植物は光吸収が無い時  $\text{ATP}$  18 分子で 6 単糖を 1 つ合成、C4 の 24 分子より効率が良い。1950~60 年にコーチャックとカルピロフがカルビン回路の前段階に炭素 4 原子（C4）のオキサロ酢酸を経由する  $\text{CO}_2$  を濃縮、固定する回路が示され、1966 年に MD ハッチ（豪）と CR スラックにより詳細が明らかになった。カルビン回路で糖合成する植物はルビスコにより 5 炭素のリブローズ 1,5-ビスリン酸に  $\text{CO}_2$  が結合して 2 分子の 3-ホスホグリセリン酸（3 炭素）になるので C3 植物と呼ばれる。C4 植物でも  $\text{CO}_2$  固定はカルビン回路で起きるが、前処理として柵状葉肉細胞のホスホエノールピルビン酸（PEP）カルボキシラーゼで  $\text{CO}_2$  を PEP に結合して 4 炭素のオキサロ酢酸を合成（植物によってはリンゴ酸に変換）、維管束鞘細胞へ輸送する。リンゴ酸やオキサロ酢酸は維管束鞘細胞でリンゴ酸デヒドロゲナーゼにより  $\text{CO}_2$  を放出。



維管束鞘細胞にはルビスコ（カルビン回路）があり糖の合成を行う。この前処理系により C4 植物では高温乾燥時に気孔を閉じてでもカルビン回路に持続的に  $\text{CO}_2$  を供給できる（C4 植物は維管束鞘細胞が発達しており見た目葉脈が太い）。C4 植物は高温乾燥に強くトウモロコシは熱帯、亜熱帯の主要穀物。小麦や水稻も PEP の遺伝子コードを持つので C4 経路の起源は古いと思われ、進化の過程での選択であろう<sup>\*1</sup>。右は C4 / C3 の比較。乾燥に強いサボテンなど多肉植物で CAM 型光合成（Crassulacean Acid Metabolism）を行う植物もある。



<sup>\*1</sup> EU は 3 to 4 project で稲の C4 化を研究中。