

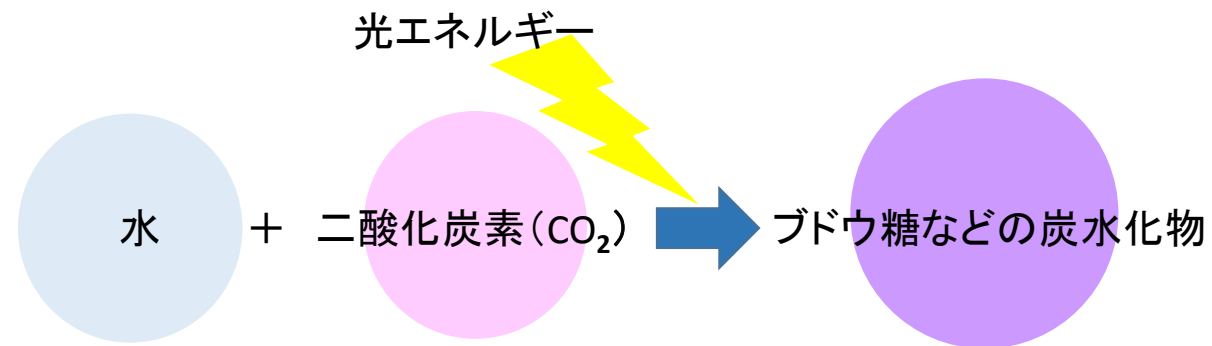
# 光合成改変によるイネ収量増加へ

## はじめに

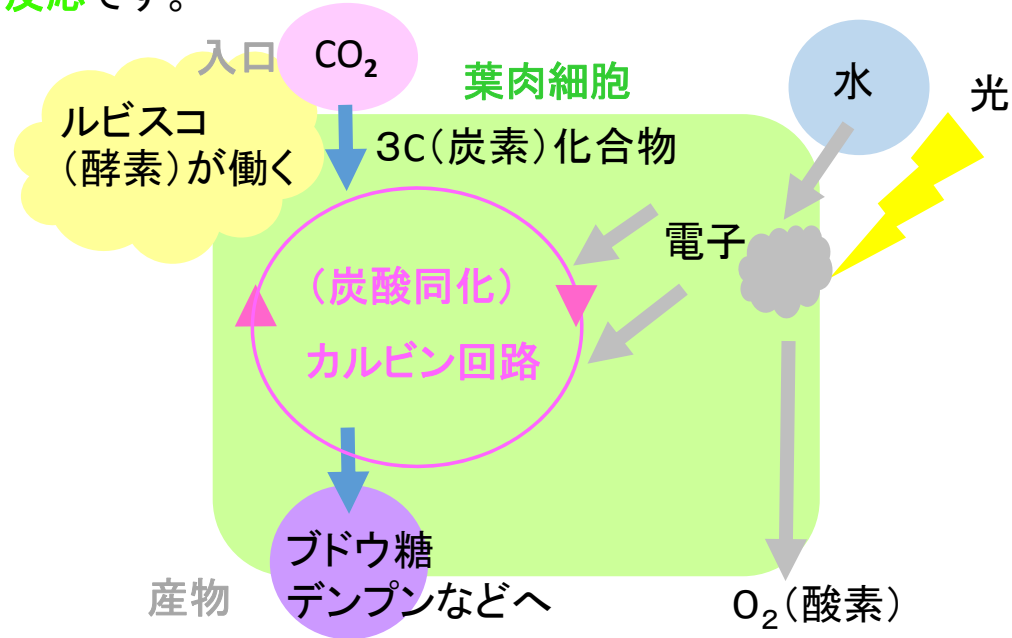
今回は、光合成を改変しイネの収量増加を目指すEUのプロジェクトの最新の報告を紹介します。

## イネなどの光合成

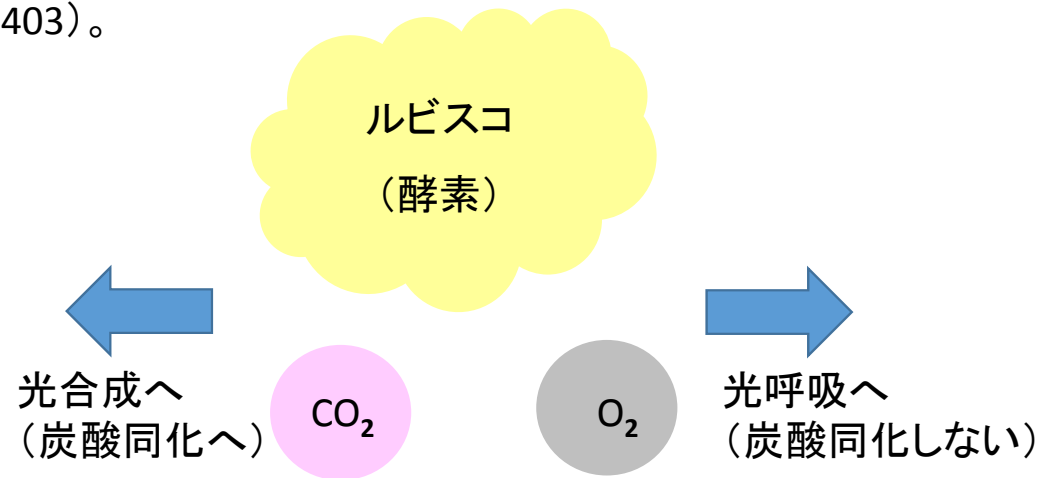
**光合成**とは、植物が光エネルギーを使って、水と、空気中の二酸化炭素から炭水化物をつくる(**炭酸同化**)反応です。イネやコムギなど多くの維管束植物の炭酸同化は、葉肉細胞などの葉緑体で行われます。



炭酸同化の一連の化学反応は、発見者にちなんで**カルビン回路**と呼ばれています。カルビン回路の入口は、**二酸化炭素がルビスコ**という略称の酵素により、**炭素(元素記号でCと略す)が3つの炭素化合物になる反応**です。



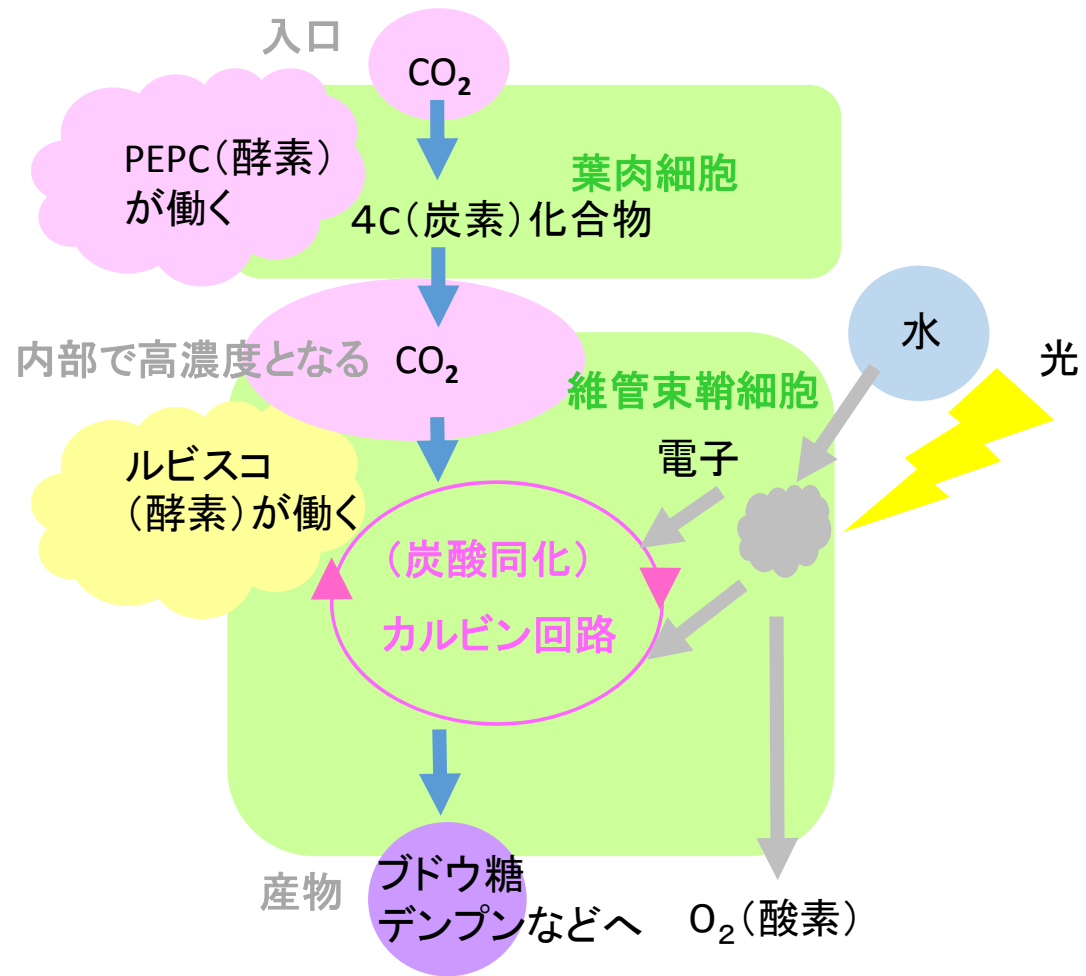
ところでルビスコは、二酸化炭素よりも酸素の濃度が高いと酸素と反応し光呼吸を行う性質があり、**二酸化炭素濃度の低い条件では炭酸同化に専念できません**(日本植物生理学会 みんなのひろば 登録番号2403)。



## トウモロコシなどの光合成

一方、夏に旺盛に生育するトウモロコシやソルガム、サトウキビなどは、イネやコムギなどとは異なるシステムで効率的な光合成を行います。

まず二酸化炭素は、葉肉細胞にあるPEPC(略称)酵素により炭素が4個の炭素化合物になります。その炭素化合物は、維管束をとりまく細胞群(維管束鞘細胞)に輸送されます。トウモロコシなど一部の植物の維管束鞘細胞は特殊で、葉緑体をもっています。



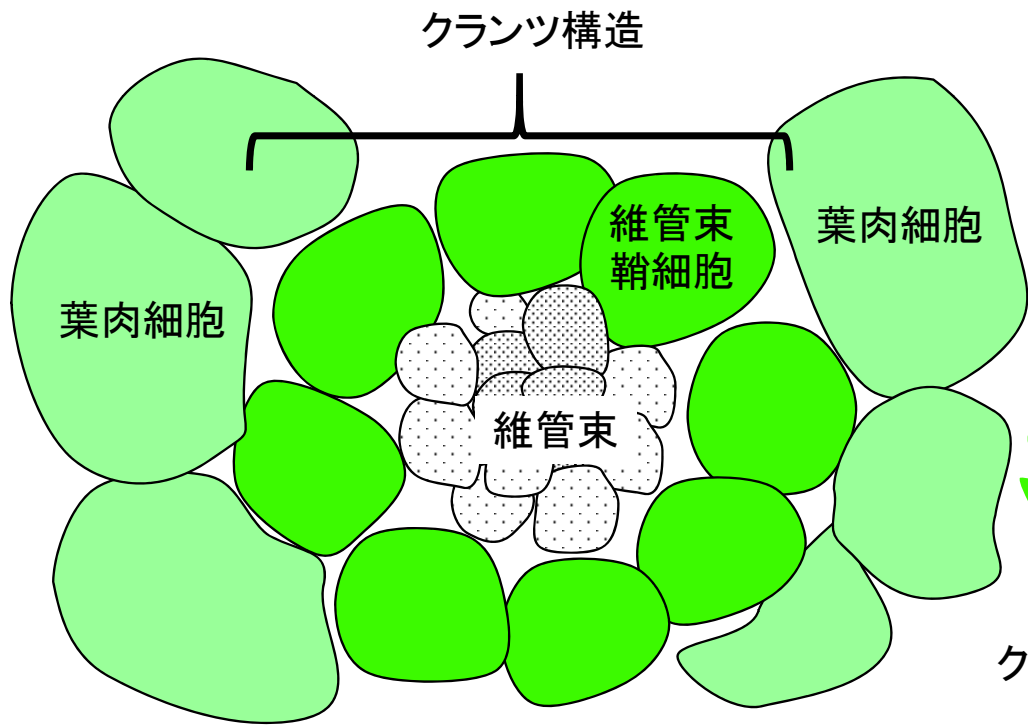
維管束鞘細胞では、輸送されてくる炭素化合物からどんどん二酸化炭素が取り出されます。そしてそこでルビスコの待つカルビン回路へ入ります。葉肉細胞からどんどん炭素化合物が輸送され、二酸化炭素が取り出されるので、**維管束鞘細胞のルビスコは迷わず炭酸同化**を行います(日本光合成学会、光合成事典 C4ジカルボン酸回路より)

## 光合成の2つの型

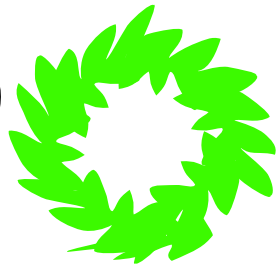
トウモロコシなどが行う光合成は、二酸化炭素から炭素(C)が4個含まれる炭素化合物がまず作られることから、**C4型光合成**といわれています。それに対して、イネなどが行う光合成は**C3型光合成**といえます。

C4型光合成植物の葉の維管束の周りには葉緑体もある特別な維管束鞘細胞が発達し、**クランツ構造**と呼ばれる特殊な構造をし、その周りの葉肉細胞と**分業して、炭酸同化を効率的に行っています**(農研機構 吉村泰幸氏、<http://cse.naro.affrc.go.jp/yyoshi/>)。





トウモロコシに学ぶ  
効率的な光合成



クランツ=リース



C4型植物の葉肉部分の断面

## C3からC4型光合成へ

ところで、C4型光合成植物は高温で光の強い乾燥下では本領が発揮できますが、低温に弱いという弱点があります。もし、低温でも良く育つイネやコムギにC4型光合成を導入できれば、鬼に金棒です。そのためC3からC4型光合成へと植物を改変しようとする分子育種の研究が、EUでは「3 to 4 project」、国際稲研究所では「C4プロジェクト」などとして行われています。

## 最新の成果ークランツ構造をつくる

すでに、ルビスコとPEPCが混在すると効率が下がることが報告されています。C4型光合成のためには、PEPCは葉肉細胞、ルビスコは維管束鞘細胞に分かれ、クランツ構造をとることが必要なようです。遺伝子の改変でクランツ構造を誘導することができるでしょうか？

それが可能であることが、シロイヌナズナ突然変異体の最新の報告で示されました(The Plant Journal 97, pp984-995,2019)。突然変異体から関連遺伝子を明らかにし、将来的にはイネに導入しC4型光合成イネをつくらうとしています。

## 変異体探策

今回の著者等は、EMSという変異を誘発させる試薬をシロイヌナズナ種子に処理し、それらの次世代(M2世代)から維管束鞘細胞に変異のある個体を選抜しようと計画しました。

突然変異体作出の成功の鍵は、目的とする変異が生じる以上の個体に変異源を処理し、変異を有する個体を迅速に選ぶところです。

この論文では、維管束鞘細胞だけでルシフェリンが発色するような人工遺伝子と、維管束鞘細胞内の葉緑体だけが緑色に発色する人工遺伝子の2つを、予めシロイヌナズナに導入した組み換え種子を用意しました。そして、その種子にEMS処理を行い、**非破壊で、維管束の発色の良い個体を選ぶことで変異体を選抜するというすごい方法**を用いました。

**16万粒から**、維管束鞘細胞の変異がありそうな個体を300個体ほど得、変異処理の孫世代でも変異が確認出来た個体が60個体、そして最終的に維管束鞘細胞の変異であると確定できたのが**5個体**だったそうです。

## 変異体の特徴と遺伝子

それら5つの変異体は、C4型光合成植物特有の発達した維管束鞘細胞とクランツ構造状の構造をもち、写真では発育が旺盛な個体もありました。

変異に関係すると思われる塩基配列も確認されたそうです。その領域を不活化した遺伝子組み換え体で維管束鞘細胞の発達が見られれば、そのDNA領域がまさにC4型光合成をするためのクランツ構造をつくる遺伝子の一部であるといえます。

## 今後

遺伝子がわかれば、猛暑の夏季にすくすく成長し、すぐ収穫できるようなC4型イネも近いでしょう。