

# 植物研究グループ

## CO<sub>2</sub> 削減をねらった、植林のための基盤技術開発と代替エネルギー供給のための植物代謝改変技術開発

植物研究グループは、地球温暖化の主要因の1つである大気中二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の濃度削減を目的に、CO<sub>2</sub> 固定促進および発生抑制のための技術開発、具体的には、植生範囲拡大技術開発および植物代謝系変技術開発を行っている。植生範囲拡大技術開発では、遺伝子組換え技術を用いた植物・樹木の光合成能強化による高成長化、また植生範囲拡大をねらう半乾燥地での環境ストレスによる不良生育を克服するための活性酸素障害耐性能強化を行っている。さらに、これら遺伝子組換えとは異なり、半乾燥地における植林現場で得られた環境ストレス耐性候補樹木(精英樹)を用いて、耐性マーカー作出を行っている。このマーカーの確立は、非組換え樹木に対する精英樹選抜効率を上げることにも貢献できると予想され、即効性ある CO<sub>2</sub> 削減技術と期待される。一方、工業原材料供給強化による代替エネルギー創製をねらい、植物への付加価値付与のための葉緑体代謝改変を遺伝子組換え技術により行っている。この技術確立は、CO<sub>2</sub> 発生抑制に貢献することが期待される。以下に、現在、植物グループで進行しているプロジェクトの状況を報告する。

### 植生拡大プロジェクト

大気中 CO<sub>2</sub> 削減が各国で叫ばれ始めて久しいが、産業活動によって排出される CO<sub>2</sub> の排出量削減は、経済的な問題もはらむために効果的な成果を出せていないのが現状である。我々のグループでは、植物が CO<sub>2</sub> を吸収、固定する能力に着目してより積極的な CO<sub>2</sub> の削減に取り組んでいる。つまり、植物の光合成能力増強を図ることやこれまで栽培に不向きとされた土地への植生拡大により CO<sub>2</sub> 固定を質、量ともに改良するものである。そのために植物生理と分子生物学的なアプローチにより植物の光合成能に関与する遺伝子の解明とその光合成増強への利用を計画している。光合成は大きく3つの要因によってその活性が律速されていることが報告されており、CO<sub>2</sub> の固定に直接関わるカルボキシラーゼ反応、光化学系の電子伝達、葉緑体へのリン酸回収が律速因子としてあげられている。

植物の CO<sub>2</sub> 固定可能を向上させるには、これらの律速を解

除することが必要となる。そこで、モデル植物としてシロイヌナズナを用いて光合成変異株を探索し、光合成の律速に関わる遺伝子の同定を進めている。これまでにクロロフィル蛍光の測定から光合成に変異が生じていると期待される変異株を取得し、3つの変異株について、遺伝子の塩基配列の異常を検出し、これら遺伝子の詳細な機能を明らかにしていく。さらに光合成の律速過程の機構を明らかにし、光合成能が増強した植物の創製に取り組んでいく。

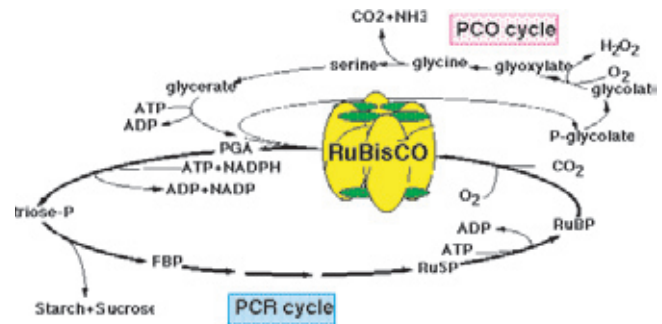


図1 高等植物における光合成の概略図

### 高ストレス耐性ユーカリの迅速選抜法の開発

我々は、陸上の CO<sub>2</sub> 吸収源拡大を図るため、乾燥地や塩害地などの不良環境地で生き残った樹木(エリート)を用いる手法に着手した。日本製紙(株)は、西オーストラリアに約 40,000 ha のユーカリの事業植林を展開しており、現在までに、約 70 個体のエリート候補ユーカリ (*Eucalyptus globulus*) を選抜している。これらを、接木や挿し木の手法によって増殖させ、クローン苗として維持している。

しかしながら、エリート候補ユーカリは、あくまで候補であって、確実性を伴わない点も否めない。そのため、実際に植林し、10年以上という長い期間が経ってからはじめて効果が検証できるというのが現状である。

そこで、日本製紙、東京大学と共同で、エリート候補ユーカリのストレス耐性能評価と耐性メカニズムを明らかにすることで、確実性をもったストレス耐性個体を迅速に選抜する手法を開発している。これにより、不良環境地での効率的な植林が可能となり、CO<sub>2</sub> 吸収源の早期拡大が期待できる。

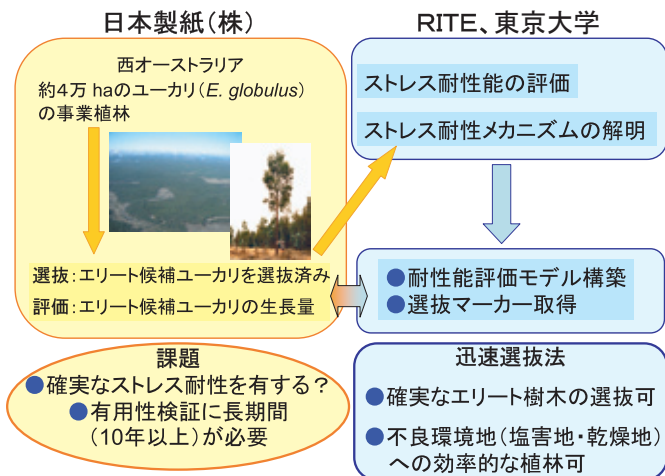


図2 高ストレス耐性ユーカリの迅速選抜法の開発

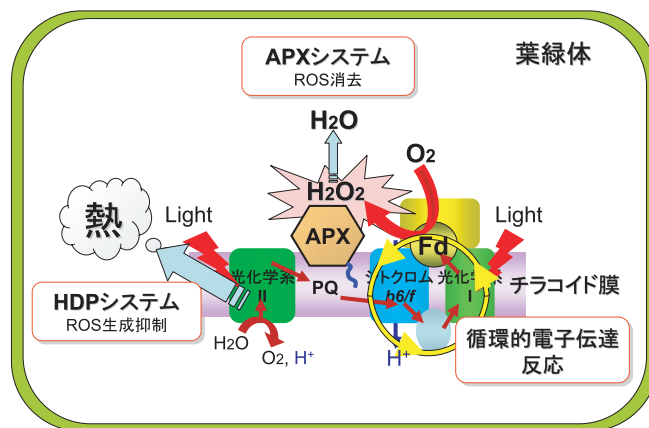


図3 高ストレス耐性ユーカリの迅速選抜法の開発

### 活性酸素制御技術開発

有効で現実的な CO<sub>2</sub> 削減方法として、未利用地への植生拡大がある。未利用地では多くの場合植物の生育が不十分で、水不足、低温、高温などの温度ストレスがその主要原因としてあげられている。これらのストレス環境下では植物は気孔を閉鎖し、光合成 (CO<sub>2</sub> 固定) が大きく抑制される。この結果、葉緑体では光エネルギーが過剰となるため活性酸素 (ROS) 生成が起こり、葉緑体をはじめとして、細胞小器官、細胞が酸化障害を被り、植物・樹木の枯死に至る。

本プログラム研究は、モデル植物を対象に、葉緑体形質転換により HDP システムと APX システムを同時強化することでストレス耐性植物を作出する基盤技術の開発をすることを目的として、以下の3つの課題に取り組んでいる。

- (1) HDP システムを駆動する分子メカニズムを明らかにするとともに、このシステムの中核となる分子種を決定し、その遺伝子を同定する。
- (2) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> による酸化失活を受けにくい紅藻由来 Galdieria APX を H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 生成部位であるチラコイド膜に局在化させ、効率的に H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 除去を可能とする。
- (3) これら2つの遺伝子を葉緑体形質転換によりタバコに共発現させ、実用的な酸化障害に強いストレス耐性植物を創製する。

### 葉緑体における物質生産プロセスの解析および制御基盤技術開発

エネルギーを大量に消費する化学プロセスを代替する技術の一つとして、植物の物質生産機能の工業的利用が考えられる。本プロジェクトでは、植物内で物質が生産される仕組み (代謝系・生合成系・遺伝子調節系) を解析し、工業原料などの有用物質を生産する植物の物質生産能力を改良することを目指している。

葉緑体は光合成の中心であり、植物における物質生産の最上流に位置する、重要な研究対象である。RITE では、葉緑体で機能するタンパク質を網羅的に解析するプロテオーム解析技術、ならびに、植物が生産する代謝物質を網羅的に解析するメタボローム解析技術を確立してきた (大阪大学と共同実施)。2007 年は、メタボローム解析技術をさらに進め、代謝物質の生産速度の観測が可能な「新規代謝解析システム」の構築に成功した。

本研究開発のキーテクノロジーの一つである葉緑体形質転換技術は、未だ黎明期にあるが、一般に行われている核ゲノムへの遺伝子導入の限界を超えた高い可能性を有している。実際、高付加価値物質としてニーズの高いアスタキサンチンの生合成系遺伝子を導入した葉緑体形質転換タバコは、従来の報告を大幅に上回る量のアスタキサンチンを生産した (特許出願中)。現在は、京都府立大学、名古屋市立大学と共同で葉緑体内での遺伝子発現制御技術の開発に取り組んでおり、適切な植物組織で大量の有用物質を生産する技術の開発に取り組んでいる。