

Multiple Molecular Improvement of Photosynthesis and Plant Performances for Crop Productivity

複合型多収性作物の創成をめざした 光合成等生産機能の総合的分子改良

プロジェクトリーダー 横田 明 穂

奈良先端科学技術大学院大学
バイオサイエンス研究科 教授

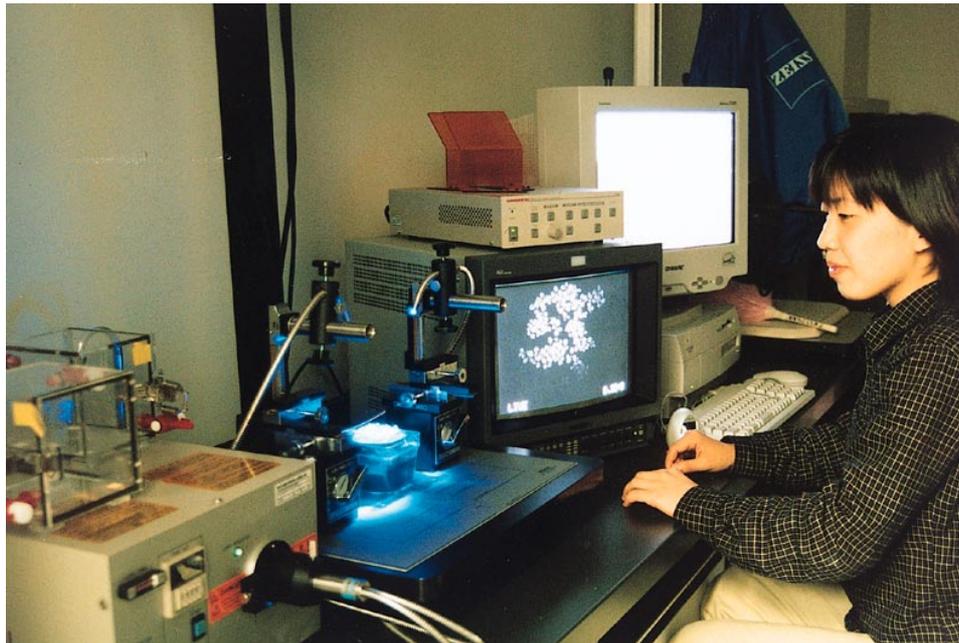
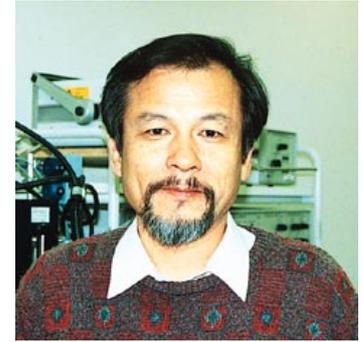


図1 光合成能力欠損変異株の探索風景

1. 研究目的

世界規模での農業耕作面積と農業人口の減少に加えて、急速に進行しつつある地球環境の悪化は21世紀の米をも含めた農作物の安定供給を不可能にするに危惧されています。このような来世紀の危機的状況に対する唯一の解決策は、作物の単位面積当たりの収量を増加させることです。このため、光合成等植物機能の改良によって作物の多収性を図ることが極めて重要な方策になってきます。これまで世界的にも、作物収量増産のための植物遺伝子技術の開発は試みられていません。本研究は世界に先駆け、21世紀の食糧の確保を視野に入れた、重要な研究プロジェクトです。

植物の生育と結実の効率は第一次生産過程である光合成と第二次過程である貯蔵の能力に依存します。光合成は二酸化炭素の固定能力に加え、固定炭素を蛋白質や脂質に変換するための窒素や硫黄の固定能力や貯蔵組織の貯蔵能力によって決定されます。本研究は、これらの作物生産能の制御機構を充分考慮して、作物の付加価値を向上させるとともに、生産性を増強した多用途複合型多収性作物創成のための基礎研究を行うことを目的としています。すでに予備研究として奈良先端科学技術大学院大学を中心に、二酸化炭素濃縮系(CCM)遺伝子の同定、植物葉緑体の形質転換や二酸化炭素固定酵素(RuBisCO)の機能改良、窒素・硫黄代謝効率の改善、光合成遺伝子の安定発現、植物組織・生育時期特異的遺伝子発現制御、二次代謝機能等に多くの成果を収めています。これらの研究成果を基礎に、(1)第一次生産過程増強遺伝子の単離・作成とそれらの作物への導入、(2)貯蔵組織の能力拡大と高付加価値の付与、(3)貧栄養土壌にも耐えうる栄養代謝機能の拡大、(4)導入遺伝子の安定化と発現の効率化、を集中的に研究し、これらの成果を踏まえて複合型多収性作物の創成を目指しています。



図2 イネ葉緑体への遺伝子導入

2. 研究の内容

植物光合成の能力は、1) 葉における二酸化炭素の固定とその還元代謝、2) 同化産物貯蔵組織の貯蔵能力、3) 同化産物の代謝・転流・貯蔵を支えるための窒素、硫黄・リンの有効利用、の総能力によって決まります。葉における二酸化炭素の固定能力だけがたとえ拡充されても、転流や貯蔵組織の能力及びそれらを支える栄養素の利用能力の向上なしには、植物体全体としての生産性能力は改善されません。植物の生産性向上を目指す本研究においては、これらの諸過程に加え、植物に高付加価値を付与する代謝工学を研究の対象としています。本研究は次のようなプロジェクトから構成されています。

- (1) ラン藻が持つ二酸化炭素濃縮系 (CCM) の遺伝子を作物に導入する。二酸化炭素固定酵素の酵素能力を蛋白質学的に改良する (Super-RuBisCO の創成) とともに、改良酵素遺伝子の葉緑体への導入とその強力発現系の開発を目指します。図1は光合成能力を失った変異植物を解析することで、光合成の能力拡大を計ろうとする研究の1風景です。図2はイネの葉緑体 DNA への遺伝子導入研究の写真です。
- (2) 貯蔵組織肥大化の遺伝子プログラムを解析する。この結果を基に、肥大化制御遺伝子を強力にすることで貯蔵組織の能力拡大を図ろうとしています。図3はハツカダイコンを異なる二酸化炭素濃度で栽培したときの貯蔵組織の肥大の程度を示しています。この結果から、植物の貯蔵組織は人為的に変えることが可能であることが考えられます。イネの収量は1植物体あたりの穀粒数と大きさと決まります。図4と5はこれらの収量制御に重要な花の構造と核染色体への遺伝子導入の実例を示しています。また食糧となる貯蔵組織に高付加価値生産物を蓄積させるための代謝系遺伝子の導入を行っています。
- (3) 植物における窒素、硫黄、リンの栄養代謝系とその高度調節の機構及び関与する遺伝子を同定し、それらの強力な発現を図ることによって、貧栄養条件下でも生育可能な植物の開発を目指しています。
- (4) 外来優良遺伝子の植物への導入効率と安定発現を制御する分子機構を解明しています。図6はモデル植物であるタバコに遺伝子導入しようとしているところで、この研究チームの解析から、植物への遺伝子導入の効率化が達成されようとしています。

これらの研究はイネ等をモデル植物を対象に行い、これらの改良が植物生産性向上に寄与する機構を生理学、生化学的に解析し、その成果を評価します。本プロジェクトで得られた成果を総合し、多用途複合型多収性イネの分子設計を目指しています。



図6 遺伝子銃によるタバコへの遺伝子導入

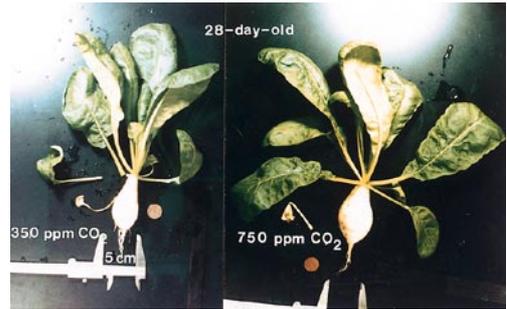


図3 ハツカダイコン貯蔵組織の肥大



図4 イネの花

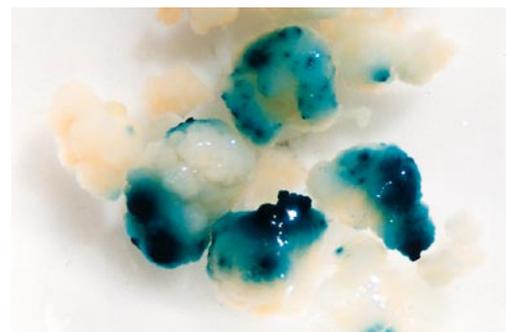


図5 イネにおける導入外来遺伝子の発現

3. 研究の体制

期 間：1997年7月～2002年3月

構 成：この研究プロジェクトは植物の第1次生産性の分子改良グループ、貯蔵組織の機能改良グループ、栄養代謝の機能調節グループ、同有遺伝子発現の安定化グループで構成されています。全国7大学の15名の研究者が研究主体となり、1研究機関及び1企業研究所の研究者がオブザーバー参加しています。さらに4名の学術振興会特別研究員が日夜研究に没頭しています。研究スタートから丸1年が過ぎ、奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス研究科植物関連研究室を中心に、各研究メンバーが協力して研究しています。