

小川 健一

岡山県農林水産総合センター生物科学研究所
グループ長

CO₂ 固定の新規促進機構を活用したバイオマテリアルの増産技術開発

§ 1. 研究実施体制

(1) 光合成・転流制御グループ(1)

①研究代表者:小川 健一(岡山県農林水産総合センター生物科学研究所、グループ長)

②研究項目

- ・グルタチオンによる CO₂ 固定促進機構の更なる解明
気孔数の制御とグルタチオンとの関係について
CO₂ 固定とグルタチオン制御との関係について
転流におけるグルタチオンとの関係について
窒素吸収とグルタチオンとの関係について
- ・ダイズとポプラの遺伝子組換え体の表現型の評価
- ・グルタチオン施用によるユーカリおよびダイズ、キャッサバの生産性の改善効果の評価

(2) 光合成・転流制御グループ(2)

①主たる共同研究者:山田 哲也(北海道大学農学研究院、助教)

②研究項目

- ・ダイズへの遺伝子導入と形質評価

(3) 光合成・転流制御グループ(3)

①主たる共同研究者:藤巻 秀(日本原子力研究開発機構量子応用研究所、サブリーダー)

②研究項目

- ・炭素固定・転流活性の定量的評価

(4) 光合成・転流制御グループ(4)

①主たる共同研究者: 田野井 慶太郎(東京大学大学院農学生命科学研究科、准教授)

②研究項目

- ・ダイズ、シロイヌナズナにおける施用グルタチオンの動態解析

(5) オイル蓄積制御グループ(1)

①主たる共同研究者: 西村 いくこ(京都大学大学院理学研究科、教授)

②研究項目

- ・気孔密度と光合成量の関係についての解析
- ・気孔密度を増加させたダイズの作出
- ・種子のオイル収量を上げる因子を導入したダイズの作出と解析

(6) オイル蓄積制御グループ(2)

①主たる共同研究者: 西村 幹夫(基礎生物学研究所、教授)

②研究項目

- ・種子のオイルの集積に異常を示すシロイヌナズナ変異体の解析
- ・ダイズ油脂の蓄積過程の詳細な解析
- ・ダイズのオイル集積能を増大させる改変型遺伝子の組換えダイズの作出と評価

(7) バイオマス蓄積制御グループ(1)

①主たる共同研究者: 高部 圭司(京都大学大学院農学研究科、教授)

②研究項目

- ・ユーカリ、スギ、ヒノキの苗木を用いたグルタチオン施用効果の詳細な評価
- ・グルタチオン施用植物の顕微鏡レベルでの解析
- ・グルタチオン施用による共発現遺伝子群の遺伝学的解析

(8) バイオマス蓄積制御グループ(2)

①主たる共同研究者: 河岡 明義(日本製紙株式会社、所長代理)

②研究項目

- ・有用遺伝子の樹木における評価
- ・グルタチオンの樹木への応用
- ・グルタチオンの発根促進に対する効果の解析

(9) バイオマス蓄積制御グループ(3)

①主たる共同研究者: Le Huy Ham (Agricultural Genetics Institute、Director General)

②研究項目

- ・グルタチオン施用によるキャッサバの生産性評価
- ・グルタチオン技術関連遺伝子導入によるキャッサバの生産性評価

§ 2. 研究実施の概要

本プロジェクトでは、グルタチオンという3つのアミノ酸が結合した特殊なペプチドが植物の光合成機能を増強し、収量性を向上させるという発見に基づき、最終目標として植物の面積当たりの生産性を従来2倍に向上させることを目指している。

光合成は、光を電子エネルギーに変換する経路とその電子エネルギーから還元力とATPを作り出す経路、さらに還元力とATPを使って、大気中の炭素や土壌窒素などを体内で固定する経路からなっている。植物は、こうして固定したものを成長に利用し体内に蓄積させることでバイオマス量を増大させる。研究開始時点では、グルタチオンがどのような機構でそれらの工程に影響を与えるかが明確でなかったため、本プロジェクトでは、その機構解明に取り組むと同時に、目標に対する研究開発の方向性のポテンシャルを明らかにすることを目的にダイズやユーカリ、ポプラ等を利用し研究を進めた。H24年度までの成果に基づき研究を行ったが、H25年度の主な進捗は以下のようである。

・H24年度までに、グルタチオン施用によるCO₂固定の促進は、受光した光エネルギーの熱エネルギーへの放散が抑制され、光利用効率が高められたことによる電子伝達速度の向上によることを明らかにした。藻類でも、類似の表現型、特に光利用効率が向上する表現型が観察されたことから、この機構は藻類から陸上植物まで普遍と考えられた。H25年度には、シロイヌナズナの組換え体を利用して、グルタチオンによる光合成の光利用効率変化を親株と比較可能な可視画像化に成功した。最終年度は、この画像化技術を活用し、表現型を打ち消す遺伝子変異を特定することでこの機構に関わる遺伝子群を明らかにし、育種選抜のための分子マーカーとしての可能性を示したい。

・H25年度までに、想定した機構上で有望とされた候補遺伝子を導入したダイズやポプラ、ユーカリの組換え体を作製した。その表現型を解析した結果、グルタチオン関連で有望とされた遺伝子は種を越えて、光合成能力の増強に寄与すると判断された。最終年度は、その妥当性を繰り返し栽培と解析で確認する予定である。

・グルタチオン施用は、転流(固定された炭素の輸送)も促進することが明らかになったが、グルタチオン結合タンパク質の形質転換体は、グルタチオン施用の場合と同様に転流が向上すると判断できるデータが得られた。最終年度には、生産性向上との関係を解析し、グルタチオン施用効果の増幅技術へつながる可能性を明らかにしたい。

・通常、植物は植栽密度が高まるにつれ、個体あたりのバイオマス量は減少し、面積あたりのバイオマス生産性には上限が存在する。H24年度までに実施したシロイヌナズナの栽培試験では、グルタチオンは、植栽密度による効果を打ち破り、面積あたりのCO₂固定能力を増進し、栽培密度が高まるにつれてバイオマス生産性がさらに高めることが明確化しているが、豪州で実施中の栽培試験で、H25年度には、面積あたりの生産性を21年間で約2倍に向上させると判断された。その予測を最終年にもより精度を上げていくため、H26年度の調査を継続する。同様な予測結果を、伐期の短いブラジルの調査でも得たい。

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

論文詳細情報(国内)

なし

論文詳細情報(国際)

1 Naoki Negishi, Katsuhiko Nakahama, Nobuaki Urata, Mikiko Kojima, Hitoshi Sakakibara and Akiyoshi Kawaoka, “Hormone level analysis on adventitious root formation in *Eucalyptus globulus*”, *New Forests*, (DOI:10.1007/s11056-014-9420-1)

2 Masatake Kanai, Makoto Hayashi, Maki Kondo and Mikio Nishimura, “The Plastidic DEAD-box RNA Helicase 22, HS3, is essential for Plastid Functions Both in Seed Development and in Seedling Growth”, *Plant & Cell Physiology*, vol. 54, No. 9, pp1432-1440, 2013 (DOI:10.1093/pcp/pct091)

3 Shigeo S Sugano, Makoto Shirakawa, Junpei Takagi, Yoriko Matsuda, Tomoo Shimada, Hara-Nishimura I, Kohchi T, “CRISPR/Cas9 Mediated Targeted Mutagenesis in the Liverwort *Marchantia polymorpha* L. *Plant & Cell Physiology* vol. 55, No. 3, pp475-481, 2014 (DOI: 10.1093/pcp/pcu014)

(3-2) 知財出願

① 平成 25 年度特許出願件数(国内 1 件)

② CREST 研究期間累積件数(国内 7件)