

【新エネルギー（バイオマスエネルギー）】  $\beta$ -1,4-galactan シンターゼ 遺伝子操作

仮訳

## ガラクトン糖の増加でバイオ燃料生産量の増加が可能に(米国) JBEIでの共同研究でガラクトン合成につながる初の酵素を特定

2012年12月21日

ガラクトースの高分子化合物であるガラクトタンは六炭糖であり、イースト菌による発酵で容易にエタノールに変わることから、セルロース系バイオマス由来の先進的バイオ燃料を研究する者たちの関心の対象となっている。こうした中、米国のエネルギー省(DOE)バイオエネルギー共同研究所(Joint BioEnergy Institute: JBEI)が先導するインターナショナルな研究協力によって、植物細胞壁内のガラクタンの総量を安定的に増加させることのできる最初の酵素が特定された。



JBEIの研究者たちが酵素GT92を過剰に発現させるシロイヌナズナを製造した結果、植物細胞壁内の酵素量は50%増加した。

エタノールと異なり、先進的バイオ燃料は植物細胞壁の糖から合成されている。ガソリン、ディーゼル油、ジェット燃料に従来と同じ単位基準(gallon-for-gallon basis)で代用することが可能であり、また既存のインフラにそのまま利用できるため、改良や変更が不要となる。また、先進的バイオ燃料はカーボンニュートラル、つまり大気中に過剰なCO<sub>2</sub>を加えることなく燃焼させられる(UNFCCCでは、地球温暖化ガスとしてカウントされないため)可能性を有している。コスト競争力のある先進的バイオ燃料の製造における重要課題は、燃料へと発酵させられる植物細胞壁の糖の総量を最大化させる方法を発見することである。

「私たちは酵素GT92が、ガラクタンのバイオ合成を増加させる特性を有する最初の酵素であると裏付けたのです。」とJBEIのFeedstocks Division(原料部門)副代表およ

び Cell Wall Biosynthesis(細胞壁バイオ合成)グループのディレクターを務める Henrik Scheller 氏は言う。「初となる今回の  $\beta$ -1,4-galactan シンターゼの特定は、先進的バイオエネルギー燃料用作物の(遺伝子)操作に向けた重要な新ツールとなる。」

DOE のローレンスバークレー国立研究所(バークレー研究所)での職も兼務する Scheller 氏は、Plant Cell 誌に掲載された当該研究論文の責任著者(corresponding author)を担当している。論文のタイトルは“Pectin Biosynthesis: GAL51 in Arabidopsis thaliana is a  $\beta$ -1,4-Galactan  $\beta$ -1,4-galactosyltransferase.”。共著者は JBEI の April Liwanag 氏、Berit Ebert 氏、Yves Verhertbruggen 氏、Emilie Rennie 氏、Carsten Rautengarten 氏、Ai Oikawa 氏、およびデンマーク工科大学(Technical University of Denmark)の Mathias Andersen 氏と Mads Clausen 氏である。



JBEI の研究者 Henrik Scheller 氏と April Liwanag 氏が、ガラクトランのバイオ結合を増加させると特定された最初の酵素に関する研究を先導した。

Scheller 氏は言う。「ペントースを多く含有するヘミセルロースよりも、ガラクトランの含有量を増加させた植物を開発するほうが好都合でしょう。」

ガラクトランはペクチンの多糖成分であり、このペクチンは粘り気のある糖質で、植物細胞壁内の個々の細胞を結合しており、またゼリーやジャムの製造にも使われている。ペクチンの構成要素である  $\beta$ -1,4-galactan は、細胞壁が風や積雪といった力によるストレスに応じて細胞壁に形成される「tension wood」部分に特に豊富に存在する。

「ガラクトランはヘキソース(六炭糖)で構成されており、ペントース(五炭糖)とは対照的に、微生物を発酵させることで容易にバイオ燃料やその他合成物の製品に利用できるようになります。」と

GT92 はグリコシルトランスフェラーゼ(糖転移酵素)タンパク質ファミリーであり、これは遺伝子遺伝的に配列決定されている全ての植物に見られる。tension wood の研究では GT92 遺伝子の発現増加が観察されている。この観察記録、および tension wood には  $\beta$ -1,4-galactan が多く含まれているという知見から、Scheller 氏と彼の同僚たちは植物研究でモデル生物とされるアブラナ科の小さな花であるシロイヌナズナ(Arabidopsis thaliana)を使って GT92 タンパク質の機能を調べることにした。シロイ

ヌナズナには GT92 から成る部位が 3 箇所あり、Scheller 氏と彼の同僚たちはそれぞれをガラクタンシンターゼ 1、2、3 とした(GALS1、GALS2、GALS3)。3 箇所の遺伝子全てで機能不全となった突然変異体にガラクタン不足が発見される中、Scheller 氏と同僚たちは GALS1 を抽出してテストした。

「植物内での GALS1 の過剰発現は  $\beta$ -1,4-galactan の 50%増という結果に結びつき、不都合な発現型はありませんでした。」と Scheller 氏は言う。「まだ未実施ですが、GALS2 と GALS3 を過剰発現させた場合にも同様の結果が見られると予測しています。」

前述のシロイヌナズナの GALS 遺伝子 3 箇所は、部分的には一致を示したものの発現は同一でなかったため、現在 Scheller 氏と同僚たちは植物における  $\beta$ -1,4-galactan の役割をより理解するために GALS の突然変異遺伝子を結合させている。また、彼らはこうした酵素に関する基礎研究も続けており、結晶化や構造解析も研究内容に含まれている。これに加え、彼らは様々な組み合わせパターンで GALS タンパク質を過剰発現させ、より多くの  $\beta$ -1,4-galactan 製造が可能かどうかを究明しようとしている。

「 $\beta$ -1,4-galactan は古来の物質であるため、シロイヌナズナ内におけるガラクタンシンターゼとしての GT92 の機能はスイッチグラス、イネ科植物、ポプラ、その他先進的なバイオ燃料用作物に適すると考えられている植物等にも応用できるはずです。」と Scheller 氏は言う。「私たちは、こうした植物に GT92 遺伝子を過剰発現させることは難しくないと考えています。」

この研究は DOE 科学局、およびデンマーク戦略調査委員会(Danish Strategic Research Council)による資金提供を受けている。

# # #

JBEI は、DOE の科学局(Office of Science) によって 2007 年に設立された 3 つの組織のバイオエネルギー研究センター(Bioenergy Research Centers)のうちの 1 組織である。JBEI はバークレー研究所(Berkeley Lab)の率いる科学的パートナーシップであり、これにはサンディア国立研究所(Sandia National Laboratories)、カリフォルニア大学バークレー校とデイビス校(University of California campuses of Berkeley and Davis)、カーネギー研究所(Carnegie Institution for Science)、およびローレンス・リバモア国立研究所(Lawrence Livermore National Laboratory)が含まれる。DOE のバイオエネルギー研究センターは、セルロース系バイオ燃料、または非食用植物繊維からのバイオ燃料の、費用対効果が高く国家レベルでの生産に必要な基本的な科学的ブレイ

クスルーを探究する多くの専門分野に渡る複数機関の研究チームをサポートしている。

ローレンスバークレー国立研究所では、持続可能なエネルギーの促進、人々の健康の保護、新材料の開発、そして宇宙の起源や行方の公開により、世界で最重要とされる科学的課題に取り組んでいる。1931年の創設以来、バークレー研究所の科学的専門性は、13件のノーベル賞により評価されている。カリフォルニア大学はDOE科学局のバークレー研究所を管理している。詳しくはウェブサイト [www.lbl.gov](http://www.lbl.gov) を参照のこと。

DOEの科学局(Office of Science)は、物理化学の基礎研究をサポートする米国における唯一の大規模な組織で、現代の最も喫緊の課題に取り組んでいる。詳しくはウェブサイト [science.energy.gov](http://science.energy.gov) を参照のこと。

Henrik Scheller氏に関するさらに詳しい情報は[こちら](#)

翻訳：NEDO（担当 総務企画部 望月 麻衣）

出典：本資料は、米国バークレー国立研究所の以下の記事を翻訳したものである。

“Boosting Galactan Sugars Could Boost Biofuel Production”

<http://newscenter.lbl.gov/news-releases/2012/12/21/boosting-galactan-sugars-could-boost-biofuel-production/>