

(資料 2)

【再生可能エネルギー (バイオマス)】 **イオン性液体** **前処理** **大腸菌** **酵素**

仮訳

## スイッチグラス(雑草)<sup>注</sup>を食べて輸送燃料を作る大腸菌 (米国)

JBEI (Joint Bio Energy Institute) がバイオ燃料開発において画期的な研究結果を得る

(2011 年 11 月 29 日 ニュースリリース)

ガソリン、ディーゼル燃料やジェット燃料の代替となる、国産の、クリーンで、グリーンな、再生可能で先進的なバイオ燃料の開発において画期的な研究結果が得られた。

米国エネルギー省(DOE: Department of Energy)傘下のバイオエネルギー共同研究所(JBEI: Joint Bio Energy Institute)は、スイッチグラスを消化してその糖類を合成し前述の 3 種類の輸送用燃料を生産することができる最初の大腸菌(*Escherichia Coli*)株を遺伝子操作によって開発した。しかもこの大腸菌は、その際の酵素添加剤を必要としない。



スイッチグラスを消化してその糖類をガソリン、ディーゼル燃料、ジェット燃料に合成する大腸菌の株菌が遺伝子操作により開発された。

「この開発によって、セルロースとヘミセルロースを発酵可能な糖類に解重合(または脱重合、以下同じ)するために酵素を添加するという、バイオ燃料製造過程において最もコストのかかる部分を縮減することが可能になりました。」と、本研究開発のリーダーである JBEI の CEO、Jay Keasling 氏は述べる。「セルロースとヘミセルロースの糖類への解重合、そしてその糖類を発酵して燃料へと転化するという二工程を一つの生産工程に集約して燃料製造コストを削減することができます。」

ローレンス・バークレー国立研究所(Berkeley Lab)とカリフォルニア大学バークレー校(UC)を兼務する Keasling 氏は、本研究開発を記載した米国科学アカデミー紀要(PNAS: Proceedings of the National Academy of Sciences)の責任著者である。論文のタイトルは「遺伝子組み換え大腸菌を利用したイオン液体前処理スイッチグラスからの先進的バイオ燃料の合成」(“Synthesis of three advanced biofuels from ionic liquid-pretreated

注 スイッチグラス(*switchgrass*): イネ科の多年性植物で北米が原産の乾燥に強く肥料もほとんど必要がなく荒地に育つ強靱な雑草。成長が早く丈が高く、干草(畜産用)や土壌浸食対策に利用される。セルロース成分を多く含有し、トウモロコシに代わるバイオ燃料の原料として現在最も注目されている非食用植物である。



Jay Keasling 氏: 代謝工学における世界の第一人者であり、JBEI の代表を務める。(Photo by Roy Kaltschmidt, Berkeley Lab)

switchgrass using engineered Escherichia coli”）」である。

非食用作物で農業廃棄物であるリグノセルロース系バイオマスから作られる先進的なバイオ燃料は、再生可能な液体輸送燃料に最も適していると広く考えられている。米国ではコーンスターチから作られるエタノールとは異なり、今回開発された先進的なバイオ燃料はガロン等量でガソリンを代替することができて、現行のエンジンやインフラでも利用が可能である。ここでの最大の障壁は、経済的に競争力を持てるようこれらの燃料の生産コストを低減することである。

トウモロコシ穀粒中の単糖とは異なり、植物バイオマス中のセルロースとヘミセルロースはリグニンと呼ばれる堅い木質系物質の中に埋め込まれているため、抽出が多少困難である。これらの複雑な糖類は抽出された後、まず単糖へと転換または加水分解される必要があり、それから燃料へと合成される。Berkeley Lab の率いる DOE バイオエネルギーリサーチセンター(DOE Bioenergy Research Center)である JBEI では、イオン液体(溶融塩)による前処理で、バイオマスの溶解と、そのバイオマスの消化を行い、石油化学燃料の特性を備えた炭化水素を生産できる単一微生物を遺伝子操作によって創る手法が採られた。

「微生物にできる限り多くの化学的性質を注入することが私たちの目標となっています。」と、Keasling 氏は述べる。「先進的なバイオ燃料には、炭化水素生成経路と、セルロースとヘミセルロースを効率的に加水分解する酵素を分泌するバイオマス分解能力とを合わせ持つ微生物を必要とします。現在、私たちはイオン液体で前処理したスイッチグラスのセルロース部分とヘミセルロース部分の両方を利用できる大腸菌の菌株を、遺伝子操作によって創ることができるようになっています。」

大腸菌は通常スイッチグラス上で培養することはできないが、JBEI の研究者は、セルロースとヘミセルロースを消化し、そのどちらかを培養に利用可能とする数種の酵素を発現させる大腸菌株を遺伝子操作によって開発した。これらのスイッチグラスの試料上に共培養として組み合わせ可能なセルロースとヘミセルロース分解性の大腸菌株が、代替燃料即ちガソリンエンジン、ディーゼルエンジンおよびジェットエンジンに適した前駆体分子(である燃料)の生産を可能にする 3 つの代謝経路を持つものとしてさらに遺伝子操作された。大腸菌を用いて糖類からガソリンとデ



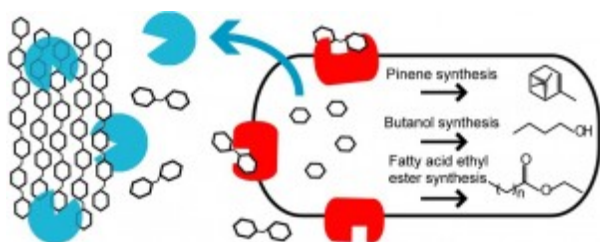
JBEI 合成生物学グループの Greg Bokinsky 氏 (Photo by Roy Kaltschmidt, Berkeley Lab)

イーゼル燃料を生産することは初めてのことでないが、大腸菌を用いて 3 種類の輸送燃料を生産するのは初めての試みである。さらに、これには先進的なバイオ燃料用に最も注目されている原材料の一つであるスイッチグラスが使用されたのである。

JBEI の合成生物学グループのポスドク研究者であり、PNAS 紀要の論文の筆頭著者である Gregory Bokinsky 氏は、この研究の実証にはスイッチグラスのイオン液体による前処理が重要であると説明する。

「キーはイオン液体による前処理にあるのです。」と Bokinsky 氏は語る。「うまい具合に最適化されれば、どんな植物バイオマスにもイオン液体前処理ができて、大腸菌に消化させることができますと思います。イオン液体で前処理したバイオマスと遺伝子操作した大腸菌を組み合わせたことが、私たちの成功の理由なのです。」

JBEI の研究者はまた、この研究の成功は様々な化学薬品を生産するために長年に渡り遺伝子操作されてきた大腸菌の「比類のない遺伝的、代謝的な側面における取扱易さ」によるものだとしている。しかし、研究者達はこの研究の実証に使用した技術が他の微生物にもすぐに応用できると考えている。このことは、世界中のどこにでも成育し収穫することが環境的にも経済的にも適したリグノセルロース系の原材料から先進的なバイオ燃料を生産するきっかけとなるだろう。JBEI の研究者達にとって、次なるステップはスイッチグラスから合成できる燃料量を増加させることだ。



JBEI で大腸菌により創られた 3 種類の燃料は、セルロースとヘミセルロースがセルロースとヘミセルロース酵素(図中青い物体)により加水分解されてオリゴ糖となり、それがさらにベータ・グルコシダーゼ酵素(赤い物体)による加水分解で、バイオ燃料へと代謝可能な単糖類となる。

また、大腸菌がより容易に消化できるようなバイオマスを作るためのイオン液体前処理工程の最適化に取り組む必要があります。」

Keasling 氏と Bokinsky 氏による PNAS 紀要の論文の共著者は、以下の通り：

Pamela Peralta-Yahya, Anthe George, Bradley Holmes, Eric Steen, Jeffrey Dietrich,

「私たちはすでに、この実証研究で得たよりもより歩留まりの良い炭化水素燃料生成経路を完成させています。」と、Bokinsky 氏は述べ、次のように続ける。「そしてこれらの(新たな高歩留まりの)経路は、私たちが大腸菌に遺伝子操作により設計したバイオマス消費経路と全く矛盾なく両立できるのですが、イオン液体前処理をしたバイオマスをより多く消化できる、かつ大腸菌によって分泌される酵素を発見しなければなりません。」

Taek Soon Lee, Danielle Tullman-Ercek, Christopher Voigt and Blake Simmons.

This research was supported in part by the DOE Office of Science and a UC Discovery Grant.

# # #

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求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、世界で最も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、12 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の科学局を管理している。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。

#### 追加情報

バイオエネルギー共同研究所(JBEI: Joint Bio Energy Institute)についてはウェブサイト[www.jbei.org](http://www.jbei.org)を参照のこと。

翻訳：NEDO (担当 総務企画部 松田 典子)

出典：本資料は以下の記事を翻訳したものである。

E. Coli Bacteria Engineered to Eat Switchgrass and Make Transportation Fuels

<http://newscenter.lbl.gov/news-releases/2011/11/29/e-coli-make-three-fuels/>