

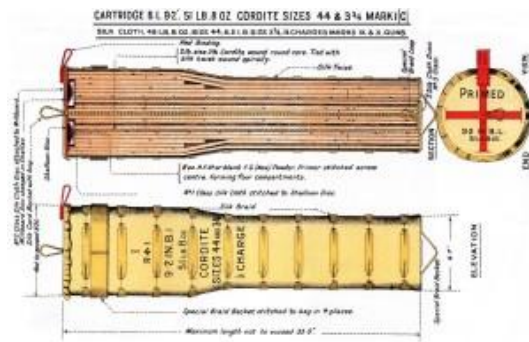
【新エネルギー(バイオマス)】 **コルダイト** **生物学的発酵と化学触媒の組合せ**

仮訳

バイオ燃料には爆発的(驚異的)な価値がある(米国) ローレンスバークレー国立研究所が昔ながらの爆薬生産発酵技術と 新しい化学触媒を組み合わせるバイオ燃料生産を強化する

2012年11月8日

弾丸や大砲の砲弾の火薬に取って代わった爆発推進剤であるコルダイトを作る発酵技術を、先進的なバイオ燃料生産に活用できる有力な新しい可能性が発見された。米エネルギー省(Department of Energy: DOE)下のローレンスバークレー国立研究所(バークレーラボ)(Lawrence Berkeley National Laboratory: LBNL)とカリフォルニア大学(University of California: UC)バークレー校の共同研究で、木質バイオマスからのアセトン、ブタノール、エタノールの生産が、ある金属触媒の追加によりガソリン、ディーゼル油、ジェット燃料の大量生産へと選択的にアップグレードできる可能性を発見した。



(Ctrl+クリックで画像を拡大)第一次世界大戦で弾丸や砲弾用コルダイトの製造に使用された発酵プロセスを新たに活用して先進的バイオ燃料生産が可能に。

バークレーラボの研究者らはクロストリジウム・アセトブチリウム菌(*Clostridium acetobutylicum*)を使って、バイオマス中の糖類を溶媒のアセトン、アルコールのブタノールおよびエタノール(まとめて「ABE」発酵として知られる)へと発酵させた。その後、炭素数の低いこれらの生産物を、遷移金属のパラジウムの触媒作用により、前述の主要な3種類の輸送燃料分子への可能な先駆物質となる高分子量炭化水素へと変化させた。ガソリン、ディーゼル油、ジェット燃料のうち、生産される燃料分子の種類は、ABEがパラジウム触媒に留まった時間によって決定される。

「ABE発酵生産物を触媒でアップグレードすることにより、高効率な代謝経路を利用して輸送燃料先駆物質の理論的収量をほぼ達成することができました。」とバークレーラボとUCバークレー校の両組織で兼務している化学者である Dean Toste氏は述べ、以下のよう

に続ける。「この技術で、16ポンドの木質系バイオマス由来の糖類から約1ガロンの燃料を得ることができます。」

Tote氏は、Nature誌に掲載された論文「Integration of chemical catalysis with extractive fermentation to produce fuels」の責任著書である。また Pazhamalai Anbarasan氏, Zachary Baer氏, Sanil Sreekumar氏, Elad Gross氏, Joseph Binder氏, Harvey Blanch氏および Douglas Clark氏が共同著者である。この研究はUCバークレー校、バークレーラボ、イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校(University of Illinois at Urbana Champaign: UIUC)の間の共同パートナーシップである Energy Biosciences Institute (EBI)により支援された。EBIはBP energy corporationにより資金供与されている。



(Ctrl+クリックで画像を拡大)左から:
Harvey Blanch氏、Dean Toste氏、
Douglas Clark氏はリサーチチームを率いて生物発酵と化学触媒作用を合わせ、単一炭素鎖を燃料分子へとアップグレードさせた。(写真: Roy Kaltschmidt氏)

クロストリジウム・アセトブチリウム菌は、デンプンの ABE 発酵にこの菌を初めて使用した化学者である Chaim Weizmann 氏に因み、Weizman (ワイツマン) 菌としても知られている。この菌は、英国がコルダイトの生産のためアセトンの発酵に、第一次世界大戦中多く使用されるようになった。C・アセトブチリウム菌と ABE 発酵プロセスは、より安価な石油ベースのプロセスと代替される 1950 年代まで広く利用された。

化石燃料を燃焼した結果、大気中へと過度の炭素が放出されることへの懸念の高まりに伴い、輸送用エネルギーのための先進的バイオ燃料開発の新たな科学的取り組みが実施されている。草や他

の非食用植物など木質系バイオマスの糖類から合成され、持続的に生産される先進的なバイオ燃料は、大気中に余分な炭素を放出しないカーボン・ニュートラルと成りうる。また、再生可能で汚染源とならず、国内雇用と収入の大きな源泉にもなるだろう。さらに、トウモロコシのデンプンやサトウキビから作られたエタノールとは異なり、先進的なバイオ燃料は、その開発が成功しコスト効率良く生産することができれば、性能への影響無く車輛に使用することや、インフラにおいて何の改良無く利用することが可能と考えられる。

「大変旧式な発酵プロセスを、新しいエンジニアリングと化学と共に使用するという、ある意味で時間を後戻りした研究です。」と論文共同著書の Blanch 氏は述べる。同氏はバイオ燃料研究における第一人者の一人であり、パークレーラボと UC バークレーの両組織にて兼務している。「先進的なバイオ燃料を生産するための微生物のエンジニアリングにおいてある程度の進展はありましたが、これまでの生産量、つまりその溶液の成分濃度については大変限定されたものでした。微生物生産と化学触媒作用を組み合わせたハイブリッドな方法が、先進的なバイオ燃料をより効率的に生産する経路を提供するでしょう。」と同氏は続ける。



(Ctrl+クリックで画像を拡大)
クロストリジウム・アセトブチリウム菌はバイオマスの糖を、まとめて「ABE」として知られる溶剤のアセトン、アルコールのブタノールおよびエタノールへと発酵させる。その後これらの単炭素はパラジウム触媒によりガソリン、ディーゼル油、ジェット燃料の前駆物質となる。

クロストリジウム・アセトブチリウム菌による発酵では、イーストが葡萄の糖類をワインに、またホップをビールに発酵させるのと同様に、木質バイオマスの糖類をアセトン、n-ブタノール、エタノールに、それぞれ 3:6:1 の比率で発酵させる。輸送用エネルギーの観点から、炭素鎖がそれぞれ 2 つのエタノール、3 つのアセトン、4 つのブタノールはガソリンの添加物として主に有用である。しかし、アルコールとアセトンの混合物の生産により、ガソリン、ディーゼル油、ジェット燃料のより長い炭化水素鎖を作ることができる。

「この技術のキーとなるものは、クロストリジウム・アセトブチリウム菌のアセトンを生産する能力です。」と Tote 氏は述べ、こう続ける。「アセトンは、ABE 発酵で生産されるアルコールと炭素結合を作りやすい、求核性の α 炭素を持っています。」

アルキル化と呼ばれるプロセス、つまりこれらの短い炭素鎖の集結(ビルドアップ)を長い炭素鎖の燃料へと触媒作用で変換させるために、Tote 氏と共同著者らは、事実上すべての化学的産業製造プロセスの始動に利用された近代産業の役馬である、遷移金属触媒を多種にわたって試した。その結果、パラジウムが最適な触媒であることがわかった。

「第一の反応炉では、グリセリルトリブチレートなどの高沸点の抽出剤を使って発酵培養液から低沸点の ABE 生産物を取り除きます。」と Toste 氏は述べ、次のように続ける。「これにより有機体から有毒成分が取り除かれ、第二反応炉で起こる高い ABE 収率と化学触媒のためのクリーンな生産物が可能になります。炭素に対しパラジウムが最適な触媒であることを発見する一方で、それを超える可能性のある他の遷移金属を特定しました。」

Toste氏は、同氏と同僚研究者らが論文で説明しているインタラクティブな生物学的・化学的なアプローチは、規模の拡大および商業的な規模での実施が比較的容易であると考えている。

「ABE発酵プロセスは、約1世紀前に確立され規模が拡大されました。化学的な部分は規模（の拡大）に関しては実証が十分でない一方で、現代の工業化学の頼みの綱である不均一触媒に頼っています。」と同氏は指摘する。

Teste氏は、生物学的発酵と化学触媒の組合せは、木質系バイオマスの輸送用燃料への転換を超えた応用の重要な可能性を持っており、技術を実現化する有力で新たなツールと成りうると考えている。

「今日の技術の多くが、発酵か化学触媒のいずれかに依存しています。触媒のネットワークが関与した統合的な発酵プロセスを確立するという考えは、大変エキサイティングな展望です。」と同氏は続ける。

また、共同著者であるBlanch氏は次のように述べる。「化学と発酵技術の統合は、両分野の最高の部分を十分に活かす、有益な方法です。Natureに掲載された私たちの論文で説明している化学は、分子間で新しい炭素間結合が形成され、水素化の必要性無しに酸素が除外されるため、エキサイティングなのです。この結果、大変高い収率となります。」

本研究は、Energy Biosciences Instituteにより資金供与された。

###

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解明により、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の科学局を管理している。詳しくはウェブサイト www.lbl.gov 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、Lawrence Berkeley National Laboratoryの以下の記事を翻訳したものである。

“More Bang for the Biofuel Buck”

(<http://newscenter.lbl.gov/news-releases/2012/11/08/more-bang-for-the-biofuel-buck/>)