

【バイオテクノロジー分野】

仮訳

## 樹木からの安価でよりグリーンな工業用化学物質への転換を促進 (米国)

2024年10月18日

著者：Dee Shore



センテニアル・キャンパスの温室で樹木を観察する Bob Kelly(左)教授と Jack Wang 准教授。  
写真提供：Dee Shore, NC State University

樹木は地球の大陸に最も豊富に存在する天然資源である。石油から工業用化学物質を生産する代わりに、ノースカロライナ州立大学(NC State)の科学者らとエンジニアらは、持続可能で環境に優しいその代替手段として樹木を利用する方法の研究を進めている。

リグニンは樹木を堅牢にして劣化しにくくしているポリマーであるが、問題があることがわかっている。今回、NC State の研究者らは、微生物発酵を通じて樹木等の植物を工業用化学物質に変えることの難しさや容易さが、リグニンの特定の分子特性であるメトキシ含有量によって決定されることを特定した。

今回の発見は、化石燃料由来の化学物質に代わる経済的かつ環境的に持続可能な代替手段としての、樹木からの工業用化学物質の製造の実現に一步近づくものであると、[Science Advances 誌に掲載された論文](#)の責任著者である Robert Kelly 教授は言う。

Kelly 教授の研究グループでは、これまでに、イエローストーン国立公園の温泉地等に生息する特定の超好熱菌が樹木のセルロースを分解できることを証明しているが、「その規模は小さい」と同教授は話す。「つまり、工業用化学物質の生産に適う経済的かつ環境的に合理的なレベルにはないということです」。

「その原因が、リグニンの低含有量だけではないことがわかりました」と Kelly 教授は言う。

樹木に含まれる多量なリグニンの問題の解決に向けて、NC State のバイオテクノロジー・プログラムのディレクターで化学・生体分子工学部の Alcoa 教授でもある Kelly 教授は、同大学自然資源学部の森林バイオテクノロジー・プログラム長である Jack Wang 准教授とともに 10 年以上にわたって研究を続けてきた。Wang 准教授は、ノースカロライナ州の Plant Science Initiative の教授でもある。

[2023 年に Science 誌で報告されているように](#)、Wang 教授とその同僚らは CRISPR ゲノム編集技術を用いて、リグニンの含有量と組成を改変したポプラの木を開発している。ポプラの木に注目した理由は、その成長が早いこと、農薬使用量が最低限であることと、食用作物の栽培の困難な限界地での育成が可能なことである。

Kelly 教授の研究グループは、CRISPR で編集された全てのポプラの木の一部のみが、微生物による分解と発酵に適していることを発見した。同教授の下でかつて博士課程の学生だった Ryan Bing 氏は、これらの微生物の好物が植物の種類で異なることがわかったと説明する。

「イエローストーン国立公園のような場所の温泉にある特定の好熱菌にそのような植物を与え、それを目的の製品に変換させることができます。しかし、これらの細菌の好むものが植物の種類によって違うのです」と、現在バージニア州スターリングの Capra Biosciences で Senior metabolic engineer として働く Bing 氏は説明する。

「その理由が何なのか、ある植物が他の植物よりも好ましいのはなぜなのかが問題です」と同氏は説明する。「私たちは、様々な組成をもつ植物をこれらの細菌がどのように食べているのかを観察することで、その答えを見つけました」。

Kelly 教授と Bing 氏は、その後の研究において、もともとはロシアのカムチャツカ半島の温泉から分離され、遺伝子組み換えされた細菌の *Anaerocellum bescii* が、リグニンの含有量と組成が著しく異なる Wang 准教授の作製した人工ポプラの木をどれだけ分解できるかを調べた。

その結果、リグニンのメトキシ含有量が低いほど分解のし易いことを特定した。

「これによって、リグニンの低含有量のみが重要ではない理由が解明できました。答えは細部にあったのです」と Kelly 教授は言う。「メトキシ含有量が低いと、セルロースが細菌に利用されやすくなるようなのです」。

Wang 准教授は、製紙等の繊維製品に適したリグニン含有量の低い人工ポプラの木を作ったが、本研究結果は、リグニンだけでなくメトキシの含有量も低い人工ポプラが、微生物発酵を通じた化学物質の製造に最適であることを示唆している。

Wang 准教授の人工ポプラは温室での生育は良好だが、実地試験の結果はまだ得られていない。Kelly 教授の研究グループは以前、低リグニンのポプラの木のアセトンや水素ガス等の工業用化学物質への変換において、環境への影響が少なく、経済的にも好ましい結果が得られることを実証している。

このようなポプラの木が実地で持ちこたえ、「目指すべき指標がメトキシ含有量であることがわかったので、今後も目標に向かって研究を続ければ、ポプラの木から大量の化学物質を生産する微生物が得られるでしょう」と Kelly 教授は言う。

こうして、Wang 准教授のような研究者らには、化学物質の生産に最適なポプラの系統の生産のための具体的な目標が与えられた。Wang 准教授らは、この問題に取り組むべく、リグニンを改良したポプラの木の实地試験を開始している。

現時点では、木材を細かく刻んでから、化学物質と酵素を使ってさらに加工するための前処理を行う、従来の方法による樹木からの化学物質の生産は可能である。

遺伝子組み換え微生物を使ったリグニンの分解には、低エネルギーや低環境負荷等の利点があると Kelly 教授は説明する。

酵素はセルロースを単純な糖類に分解するのに利用できるが、その分解プロセスでは継続して酵素を加える必要がある。一方、特定の微生物は、そのようなプロセスをよ

り経済的にする鍵となる酵素を絶えず生成すると Kelly 教授は言う。

「これらの微生物はまた、酵素や化学物質よりもはるかに優れた働きをします」と Kelly 教授は付け加える。「これらはセルロースを分解するだけでなく、エタノールなどの製品に発酵させますが、これらをすべてワンステップで行います」。

「これらの細菌は高温で増殖するため、低好熱性の微生物を扱う際に雑菌の混入を回避するために必要となるような、無菌状態も不要です」と Kelly 教授は補足する。「これはつまり、樹木を化学物質に変換するプロセスを従来の産業プロセスと同じように実施できるようになり、導入の可能性が高くなるということを意味しています」。

*Science Advances* の論文のもう 1 人の著者であり、Wang 准教授の研究室の博士研究員である Daniel Sulis 氏は、気候変動によって悪化する環境災害は、化石燃料への依存を低減する方法を見つけるための研究を実施する緊急の必要性を浮き彫りにしていると語る。

「有望な解決策の 1 つは、地球と人間の健康で幸福な生活状態の両方を確保しながら、化学物質、燃料、その他のバイオベースの製品への社会のニーズを満たすために樹木を利用することにあります」と Sulis 氏は補足する。

「今回の発見は、この分野の進展だけでなく、持続可能なバイオベースのアプリケーションに樹木を利用するための、さらなるイノベーションの基礎を築くものです」。

訳：NEDO（担当 イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、米ノースカロライナ州立大学(NC State)の記事“Finding Could Help Turn Trees Into Affordable, Greener Industrial Chemicals” (<https://news.ncsu.edu/2024/10/trees-into-cheaper-greener-industrial-chemicals/>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of North Carolina State University (NC State))