

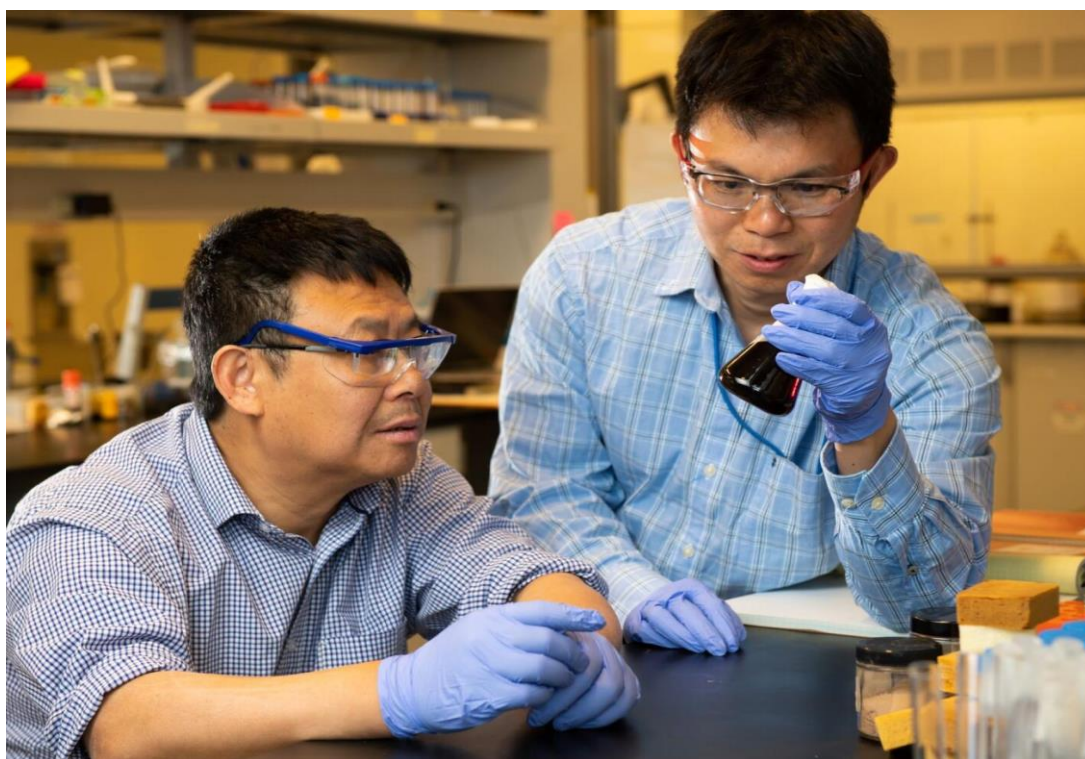
【バイオテクノロジー分野】

仮訳

強靱な木質リグニンを分解する新しい人工酵素(米国)

新・再生可能エネルギーソース開発に期待の研究成果

2022年5月31日



米ワシントン州リッチランド — ある新たな人工酵素に、木本(もくほん)植物がその形状を保持する一助となるリグニンを分解する能力が備わっていることが明らかとなった。リグニンはまた、再生可能エネルギー、あるいは諸原料としても途方もない可能性を秘めている丈夫なポリマーでもある。

『[Nature Communications](#)』誌に掲載された論文によると、米ワシントン州立大学(WSU)と米エネルギー省[パシフィック・ノースウェスト国立研究所](#)の研究チームが、同チーム開発の人工酵素によるリグニンの分解に成功したことを明らかにしたという。リグニンはこれまで、経済的に有用なエネルギー源として開発しようとする試みに頑

強に抵抗してきたとされる。

リグニンは、地球上で 2 番目に豊富な再生可能な炭素源であるが、その大半が燃料源として廃棄されている。木を燃やして調理した場合には、リグニンの副産物は食物に燻製に似た風味を添える役目を果たすが、リグニンを燃やした場合には、大気中に炭素が放出されるため、他の用途への利用ができないためだ。

同論文の共著者で、WSU の [Gene and Linda Voiland School of Chemical Engineering and Bioengineering](#) の准教授である Xiao Zhang 氏は、「私たちの(開発した)生物模倣酵素は本物のリグニンを分解できることを示していますが、それは画期的なことだともみなされています」としている。PNNL にも籍を置く同教授はさらに、「私たちは、新たな触媒を開発することで、生物学的・化学的触媒の限界に対処する機会があると考えているのです」との見方を示した。

リグニンは、あらゆる維管束植物に存在して細胞壁を形成し、植物に剛性を与えている。リグニンにより木は直立し、野菜は硬度を増す。木材の重量の約 20~35% を占めるリグニンだが、空気に触れると黄色く変色するため、木材業界では上質紙を作る際には除去されている。除去されたリグニンは、燃料や電気の生成のために非効率的に焼却されることも往々にしてある。



ガラス瓶に入った精製リグニン

木質リグニンを効率的に分解し、有用な物質に変えることができれば、再生可能なバイオ燃料として期待できる
(写真: Andrea Starr | パシフィック・ノースウェスト国立研究所)

化学者たちは 1 世紀以上にわたって、リグニンから有用な製品を製作しようと試みては失敗してきた。その挫折の実績が、今まさに変わろうとしている。

自然に勝るもの

パシフィック・ノースウェスト国立研究所の研究者であり、ワシントン大学の化学工学・化学の准教授である Chun-Long Chen 氏はさらに、「これは自然に類似した初めての酵素で、リグニンを効率的に消化して、バイオ燃料や化学品製造に利用できる化合物を生産することができます」と指摘する。

自然界では、菌類や細菌が自らに内在する酵素でリグニンを分解できる。森の中で一面をキノコに覆われた丸太が分解されるのはこの作用によるものだ。酵素は、高熱を必要とし、かつ生産量よりも多量のエネルギーを消費する化学分解に比べ、はるかに環境に優しいプロセスを提供する。



原木に発生した白色腐朽菌

自然界では、丸太に生える白色腐朽菌がリグニンを分解し、土壌生物に再利用させることができる。研究者たちは、この反応を加速させ、あまり利用されていないバイオマスエネルギー源を利用しようとしている（写真:Lost River Photo | Shutterstock.com）

しかし、天然の酵素は時間とともに劣化してしまうため、工業的なプロセスで使用するのには難しく、しかも高価だ。

Zhang 准教授は、「実用に耐え得る量の酵素を微生物から生産するのは実に大変なことなのです」としたうえで、「一度分離すると非常に壊れやすく不安定です。しかし、この酵素は、その基本設計を模倣したモデルを創り出す絶好の機会なのです」との見方を示した。

研究者らは、天然酵素を自分達のために利用することはできなかったが、数十年にわたり酵素の働きについて多くのことを学んできた。[Zhang 准教授の研究チームが最近発表した論説では、リグニン分解酵素の応用に向けた課題や障壁が概説されている。](#)同准教授はさらに、「これらの障壁を理解することで、生体模倣酵素のデザインに向けた新たな洞察が得られるでしょう」と指摘した。

ペプトイドの足場がカギ

現行の研究では、天然酵素の活性部位を取り囲むペプチドを、ペプトイドとよばれるタンパク質に似た分子に置き換えた。すると、同ペプトイドはナノスケールの結晶性のチューブやシートに自己組織化した。ペプトイドは、タンパク質の機能を模倣するために1990年代に初めて開発された。[高い安定性などユニークな特徴を複数有しており、科学者らは、これらを利用して天然酵素の欠点に対処することが可能だ。](#)この場合、ペプトイドは天然酵素では得られない高密度の活性部位を提供する。

Chen 准教授は、「私たちは、これらの活性部位を正確に組織化し、触媒活性のためにその局所環境を調整することができます」としたうえで、「さらに、単一の活性部位ではなく、はるかに高密度の活性部位を複数有しています」と説明する。

予想通り、これら一連の人工酵素は天然物よりもはるかに安定して堅牢であるため、天然酵素が破壊される摂氏 60 度までで作用できるのだ。

同准教授は、「この研究は、実際に新たな可能性を切り開くものです」として、「これは、環境に優しい方法でリグニンを有用な製品に変えられるようにするための有意義な前進です」との見方を示した。

この新たな生体模倣型酵素をさらに改良して変換収率を高め、より選択性の高い製品を生み出すことができれば、工業規模にスケールアップできる可能性がある。本技術は、[再生可能な材料への新たな道を開くもので、航空用バイオ燃料](#)やバイオベース材

料などの用途にとりわけ特化している。

本共同研究は、[WSU-PNNL Bioproducts Institute](#) が推進。PNNL の Tengyue Jian、Wenchao Yang、Peng Mu、Xin Zhang 各氏、WSU の Yicheng Zhou、Peipei Wang 両氏も本研究に貢献した。

本研究は、米ワシントン州の [Joint Center for Aerospace Technology and Innovation](#) (航空宇宙産業における革新的技術を開発するための産学共同研究支援プログラム)、および在ワシントン大学エネルギーフロンティア研究センター Center for the Synthesis Across Scales の一部としてエネルギー省科学局基礎エネルギー科学室が資金提供を行った。さらに、米国立科学財団 (1454575) および米農務省国立食品・農業研究所 (2018-67009-27902) も追加支援を提供した。ペプトイド合成能力は、PNNL の研究所直轄の研究開発プログラムである Materials Synthesis and Simulation Across Scales Initiative が支援した。

翻訳：NEDO (担当 技術戦略研究センター)

出典：本資料は、米パシフィックノースウェスト 国立研究所 (PNNL)の以下の記事を翻訳したものである。

“New Artificial Enzyme Breaks Down Tough, Woody Lignin”

(<https://www.pnnl.gov/news-media/new-artificial-enzyme-breaks-down-tough-woody-lignin>)