

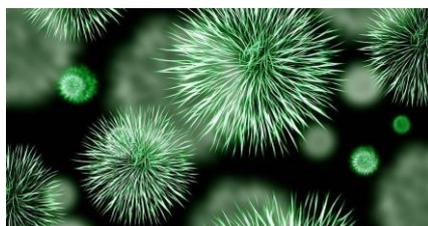
【バイオテクノロジー分野】

仮訳

細菌がより強靱な防具、車輻や航空機の原料に？（米国）

USCの研究者らが、生きた細胞を利用した、強靱、高耐性で弾力性のある素材を開発

2021年2月19日



細菌。画像提供：PIXABAY 今までは、生体系は生きた細胞を成長や再生に利用できるが、工学系にはそれができない、とされていた。

Qiming Wang氏と南カリフォルニア大学(USC) Viterbi School of Engineering の研究者らは、生きた細菌を利用して、強靱、高耐性で弾力性のある工業材料を作製した。本研究は、「Advanced Materials」誌に掲載されている。

「私たちが作製する材料は、生きており、自己成長しています。」と、同校土木環境工学の Stephen Schrank Early Career Chair で、Sonny Astani Department of Civil and Environmental Engineering (CEE) の土木環境工学アシスタント・プロフェッサーである Wang 氏は言う。「人類は何世紀もの間、特に微細な構造の観察用に顕微鏡が発明されて以来、天然材料の高度な微細構造に驚かされてきました。今、私たちは、生きた細胞をツールとして利用して、人工的合成が不可能な驚くべき構造を直接成長させるという、重要な一歩を踏み出しました。」

研究者らは、ウレアーゼと呼ばれる酵素を分泌することで知られる特定の細菌、*S.パステウリ*を利用した。ウレアーゼは、尿素とカルシウムイオンに晒されると、骨や歯を構成する基礎的で強靱な無機鉱物である炭酸カルシウムを生成する。「私たちの研究の主要なイノベーションは」と、Wang 氏は言う。「細菌に炭酸カルシウム鉱物を成長させて、自然の無機化複合材料に類似した規則的な微細構造を構築することです。」

さらに Wang 氏は言う。「細菌は、時間やエネルギーを節約して合成する方法を知っています。細菌には独自のインテリジェンスがあり、そのスマートさを活用して、完全な合成材料を超える、優れた特性を備えたハイブリッド材料を設計することができます。」

自然からインスピレーションを得ることは、工学分野では新しいことではない。自然界には、例えば真珠層や軟体動物の硬い殻など、強靱、耐破壊性、エネルギーの制動性を備えた複雑な無機化複合物質の素晴らしい例が存在する。

「細菌、真菌、ウイルスなどの微生物は、COVID-19 のような病気の原因として有害なこともあります。有益な場合もあります。私たちには微生物を生産工場として利用してきた長い歴史があります。例えば、ビールを造るには酵母を使います。しかし、工業材料の製造に微生物を利用する研究は少ないのです。」と、Wang 氏は言う。

この生きた新材料は、生きた細胞と合成材料を組み合わせることで、従来のどの天然・合成の両材料よりも優れた機械的特性を示す、と Wang 氏は言う。これは主に、無機物の多数の層が多様な角度で重なり合って、ある種の「ねじれ」すなわち、らせん形状を形成する、この材料のブリーガンド構造によるものだ。この構造の人工的な合成は難しい。

Wang 氏は、USC Viterbi の研究者 An Xin 氏、Yipin Su 氏、Minliang Yan 氏、Kunhao Yu 氏、Zhangzhengrong Feng 氏、Kyung Hoon Lee 氏と共同研究を行った。カリフォルニア大学アーバイン校土木工学教授の Lizhi Sun 氏と、同教授の学生である Shengwei Feng 氏も、研究を支援した。

格子構造には何が入っているのか？

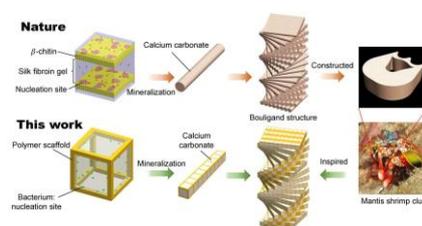


図 1: USC Viterbi の研究者が作製した生きた材料は、自然界に多く存在する強靱、高耐久性でエネルギーを減衰する材料に見られるブリーガンド構造を模倣している。画像提供: QIMING WANG

Wang 氏によると、無機化複合物質の主要な特性の一つは、異なる構造やパターンに従うように操作できることだという。研究者たちは以前、シャコが、「ハンマー」を使って筋

肉の殻を割る能力を発見した。クラブのような構造のシャコの手である「ハンマー」をさらに詳しく見ると、それがブーリガンド構造に配列していることがわかった(図 1 参照)。この構造は、材料の格子構造を各層で 90 度交互に配置するなど、均一な角度で配置したものよりも、優れた強度を有する。

「このような構造を合成することは、この分野では極めて難しいことです。」と、Wang 氏は言う。「そこで私たちは、代わりに細菌を使って同様の効果を得ることを提案しました。」

研究者たちは、新材料を作るために、格子構造や足場を 3D プリントした。この構造の中には四角形の空洞があり、格子層は多様な角度で配置され、らせん形状の足場を形成する。(下記 YouTube ビデオ参照)

次に、同構造に細菌を導入する。細菌は本質的に表面に付着することを好むので、足場に引き寄せられ、「脚」を使って材料をつかむ。そこで細菌は、炭酸カルシウム結晶を生成する酵素である、ウレアーゼを分泌する。これらは表面で成長し、最終的には 3D プリントされた格子構造の小さな正方形の全空間を満たす。Wang 氏によると、細菌は多孔質の表面を好むので、無機物を利用して多様なパターンを作製できるという。

YouTube ビデオは[こちらから](#)

トライフェクタ

「私たちは、この構造物の強度が極めて高いことを示すため、機械的試験を行いました。また、亀裂伝播、すなわち破砕にも耐え、材料内のエネルギーを減衰または消散させることができました。」と、CEE の博士課程の学生である An Xin 氏は言う。

既存の材料は、並外れた強度、耐破壊性やエネルギー消散を有しているが、3つの要素すべての組み合わせが、Wang 氏と研究チームが作製した新材料ほどうまく機能することは実証されていない。

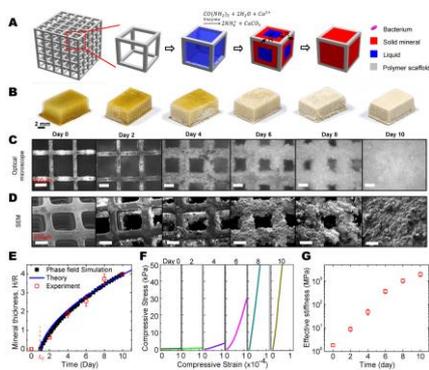


図 2: 細菌を 3D 印刷バルク材料に導入する。S. パステウリ細菌により分泌された酵素のウレアーゼの化学反応により、無機鉱物が生成され、時間とともに厚くなり、強靱、高耐久性で弾力性のある新しい生き材料を作製する。

画像提供: QIMING WANG

「興味深いことに、新材料はまだ自己成長する性質を保っています。」と、Wang は言う。「これらの材料に損傷があった場合、細菌を導入して材料を修復することができます。例えば、橋に使えば、必要に応じて損傷を修復することができるのです。」

本研究には、米国空軍研究所(AFOSR)および米国立科学財団(NSF)が資金を提供した。

記事執筆者: Avni Shah

翻訳: NEDO (担当 技術戦略研究センター)

出典: 本資料は、南カリフォルニア大学(USC)の以下の記事を翻訳したものである。

“Can Bacteria Make Stronger Armor, Cars and Airplanes?”

[\(https://viterbischool.usc.edu/news/2021/02/can-bacteria-make-stronger-armor-cars-and-airplanes/\)](https://viterbischool.usc.edu/news/2021/02/can-bacteria-make-stronger-armor-cars-and-airplanes/)

(Reprinted with permission of the University of Southern California Viterbi.)