

【バイオテクノロジー分野】

仮訳

サステナブルな使い捨てプラスチックを作る

「ヴィーガン・スパイダーシルク」(英国)

2021年6月10日



画像提供: Xampla

研究者たちが、多くの消費者向け製品に使用される使い捨てプラスチックの代替えが期待できる、サステナブルでスケーラブルな植物由来の材料を開発した。

ケンブリッジ大学の研究者らは、最も強靱な天然素材の1つであるスパイダーシルクの特性を模倣して、ポリマーフィルムを作製した。新材料は、現行の多くの一般的なプラスチックと同等の強度を提供し、多くの日用品に使用されているプラスチックの代替が期待できる。

同材料は、分子レベルでスパイダーシルクを模倣した材料になるよう、植物タンパク質を組み立てるといふ、新しい手法を用いて作られた。このサステナブルな原料を使用した高エネルギー効率な方法では、プラスチックに似た自立型フィルムを、産業規模で製造できる。ポリマーには退色しない「構造的な」色を加えることができ、防水塗料の作製にも利用できる。

他のタイプのバイオプラスチックの分解には、産業用コンポスト施設が必要だが、新材料では、家庭でのコンポスト処理が可能だ。さらに、ケンブリッジ大学が開発した同材料は、天然の構成要素に化学的な修飾が不要なため、ほとんどの自然環境下で安全に分解する。

この新製品は、ケンブリッジ大学のスピナウト企業で、使い捨てプラスチックやマイクロプラスチックの代替品を開発している **Xampla** 社により商品化される予定だ。同社では、食洗機用タブレット型洗剤や洗濯用洗剤カプセルなどの日用品に使用されるプラスチックを代替する、使い捨ての小袋やカプセルを、年内に販売する予定だ。本研究結果は、「Nature Communications」誌に掲載されている。

ケンブリッジ大学 Yusuf Hamied Department of Chemistry の **Tuomas Knowles** 教授は、長年に渡りタンパク質の挙動を研究してきた。その多くは、タンパク質がミスフォールドしたり、「誤作動」を起こしたりした場合に何が起こるか、そしてこのことが、主にアルツハイマー病といった人間の健康と病気とどのような関係があるのかについて、焦点を当ててきた。

「私たちは通常、機能性タンパク質のどのような相互作用により健康が維持できているのか、また、どのようなイレギュラーな相互作用がアルツハイマー病に関連しているかなどについて、研究しています。」と、本研究を主導する **Knowles** 氏は言う。「今回、私たちの研究が、プラスチック汚染というサステナビリティの大きな課題にも役立つと知り、驚きました。」

Knowles 氏とその研究グループは、タンパク質の一連の研究の中で、スパイダーシルクのような物質が、分子結合力はかなり弱いのに、極めて高い強度なのはなぜなのかについて、関心を持つようになった。「スパイダーシルクに強度を与える重要な特徴の一つとして、水素結合が空間で超高密度で規則的に配置されていることがあげられます。」と、**Knowles** 氏は言う。

Knowles 氏の研究グループのポストドク研究員で、現在は **Xampla** 社で研究開発責任者を務める、共著者の **Marc Rodriguez Garcia** 氏は、このような規則的な自己集合を他のタンパク質でも再現する方法を探った。タンパク質には分子の自己組織化と自己集合の傾向があり、特に植物タンパク質には豊富で、また食品産業の副産物としてサステナブルに供給できる。

「植物タンパク質の自己集合についてはあまりよく分かっていませんので、この知見のギャップを埋めて、使い捨てのプラスチックに代わるものを開発できるなんて、ワクワクします。」と、本研究論文の筆頭著者で、博士候補の **Ayaka Kamada** 氏は言う。

研究者たちは、タンパク質の組成が完全に異なる、大豆タンパク質分離物(SPI)を利用して、スパイダーシルク構造の再現に成功した。「すべてのタンパク質はポリペプチド鎖でできているので、適切な条件下において、植物タンパク質をスパイダーシルクと同じように自己集合させることができます。」と、ケンブリッジ大学セント・ジョンズ・カレッジのフェローでもある Knowles 氏は言う。「クモの場合、そのシルクタンパク質は水溶液に溶けていて、糸をつむぐ過程で極めて強靱な繊維に組成しますが、それにはほとんどエネルギーを必要としません。」

「多くの研究者たちは、プラスチックの代替として、シルク材料そのものを研究してきましたが、それらはまだ動物が作ったもののままです。」と、Rodriguez Garcia 氏は言う。「ある意味、私たちは、スパイダーシルクと同等の材料である、「ヴィーガン・スパイダーシルク」を、クモなしで作製したのです。」

プラスチックを代替するには、ポリマーが必要で、天然に豊富に存在するのは、ポリサッカロイドとポリペプチドの二つである。セルロースとナノセルロースはポリサッカロイドであり、多様なアプリケーションに使用されているが、強力な材料を作るには、しばしば何らかの架橋処理が必要だ。タンパク質は自己集合し、化学修飾無くシルクのような強力な材料を形成できるのだが、取り扱いがかなり難しい。

本研究では、大豆油生産の副産物としてすでに利用可能な SPI を、試験用の植物タンパク質として用いたが、SPI のような植物タンパク質は水に溶けにくく、規則的な構造へ自己集合するよう制御することは困難である。

新技術では、環境に優しい酢酸と水の混合溶媒を使用し、超音波処理および高温度を組み合わせ、SPI の水溶性を向上させた。この方法は、水素結合の形成により分子間の相互作用が強化されたタンパク質構造を作製する。次の段階で溶媒を除去すると、非水溶性のフィルムが得られる。

新材料は、低密度のポリエチレンなどの高機能なプラスチックと同等の性能を有する。その強度は、ポリペプチド鎖の規則的な配列によるものなので、バイオポリマーフィルムの性能や耐性の向上によく使用されるような、化学薬品による架橋は不要だ。最も一般的に使用されている架橋剤はサステナブルではなく、毒性を持つものもあるが、同大学が開発した技術では、毒性元素は必要ない。

「新技術は、私たちが 10 年間以上取り組んできた、どのようにして自然はタンパク質から材料を生み出すのかについて理解する研究の、頂点となるものです。」と、Knowles 氏は言う。「私たちはこの研究を、サステナビリティの課題を解決しようとして、始めたわけではありません。どうすれば弱い相互作用から強い材料を作れるだろうかという、好奇心から動機を得て始めたのです。」

「ここでの重要なブレークスルーは、自己集合を制御できるようになったことにより、高性能な材料を作れるようになったことです。」と、Rodriguez Garcia 氏は言う。「この探求の一部を担っていることは、とても嬉しいです。世界には、プラスチック汚染というとても大きな課題がありますが、私たちは幸運にもこの課題に対し、何かできる立場にいるのです。」

Xampla 社の新技術は、同大学の商用化部門である Cambridge Enterprise が特許を取得している。リードインベスターの Cambridge Enterprise と Amadeus Capital Partners は、Sky Ocean Ventures と Parkwalk が管理するケンブリッジ大学 Enterprise Fund VI と共同で、Xampla 社に 200 万英ポンドのシードファンディングを調達した。

参照:

A. Kamada et al. 'Self-assembly of plant proteins into high-performance multifunctional nanostructured films.' Nature Communications (2021). DOI: 10.1038/s41467-021-23813-6

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、英国・ケンブリッジ大学の以下の記事を翻訳したものである。
“Vegan spider silk’ provides sustainable alternative to single-use plastics”
(<https://www.cam.ac.uk/research/news/vegan-spider-silk-provides-sustainable-alternative-to-single-use-plastics>)
(Reprinted with permission of the University of Cambridge.)