

住友ゴムの日々の取り組みを発信中！詳細はこちら



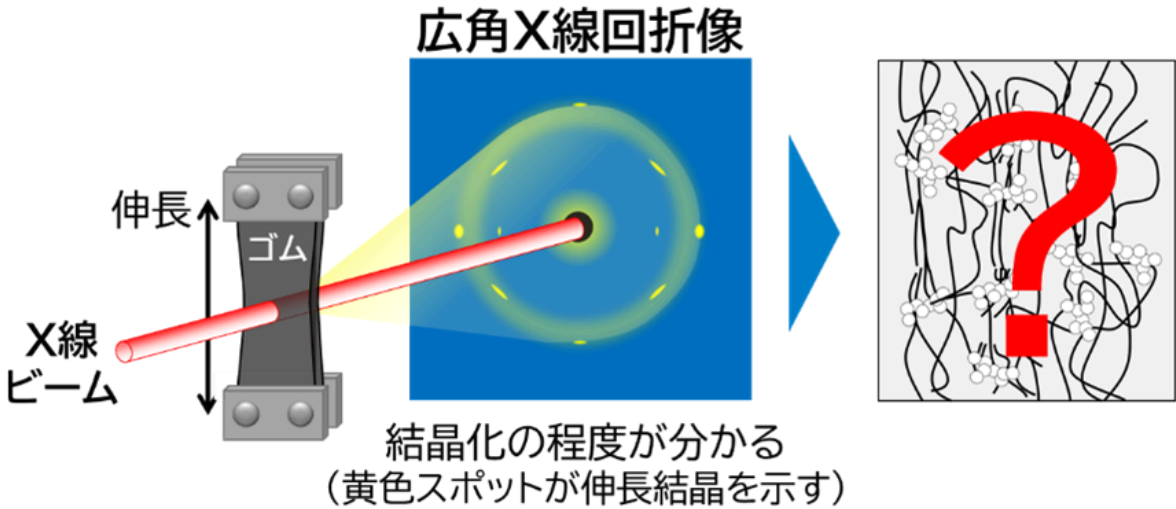
住友ゴム、東北大学とタイヤゴムの補強性向上に関する伸長結晶(※1)分布の可視化に成功

2025年09月03日
住友ゴム工業株式会社

住友ゴム工業(株)は、東北大学 多元物質科学研究所の陣内浩司教授、宮田智衆准教授、渡邊大介博士（元大学院生）、狩野見秀輔助教、陳楷研究員、同大学 大学院理学研究科の川勝年洋教授らと共同で、ポリイソプレンゴム(天然ゴムと同じ化学構造をもつ合成高分子)内部での伸長結晶の分布をナノメートルスケールで可視化することに成功しました。一般的にゴムを大きく変形させるとポリイソプレン分子鎖が引き延ばされて伸長結晶化が起こり、それがゴムの補強性に寄与すると考えられてきました。しかしながら、この伸長結晶の空間分布を直接観察する技術がこれまでになく、伸長結晶の分布のコントロールと補強性向上のヒントが得られないことが課題でした。今回、「試料を引っ張りながら透過型電子顕微鏡法(以下、TEM)で観察する技術※2」と「スポット径がナノメートルサイズの電子ビームを走査しながら多数の電子回折図形を取得する技術※3」の2つの先端技術を複合的に用いることで、伸長結晶分布の可視化を実現しました。

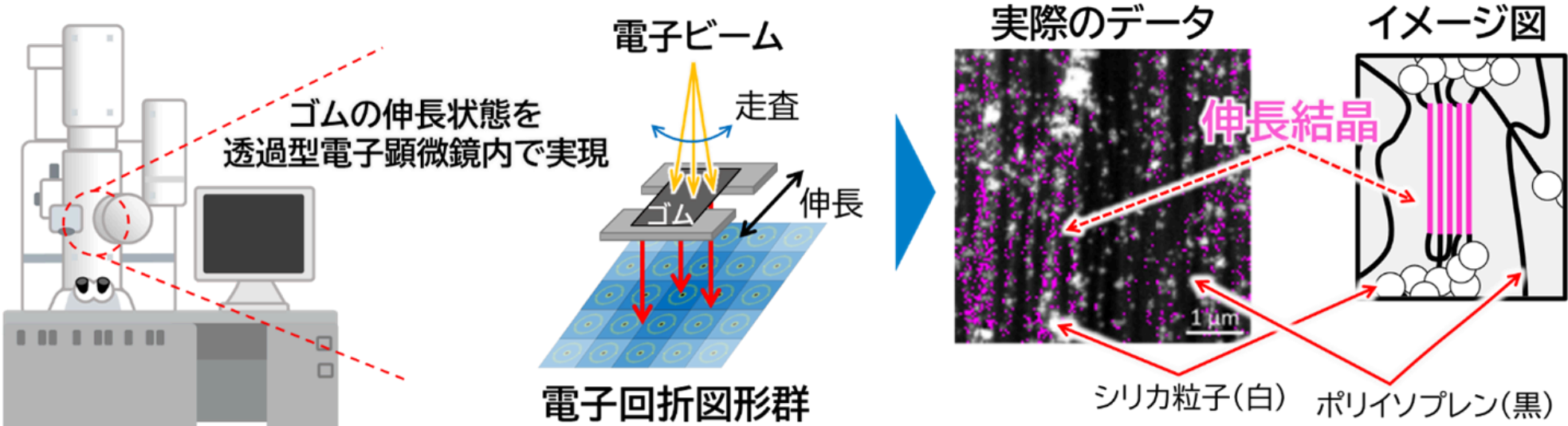
今後、この研究成果をタイヤゴムの耐摩耗性能や耐破壊性能の向上につなげてまいります。

従来手法: 広角X線回折法



課題
ゴム材料中のどこで伸長結晶が発生するのかを可視化できない

本手法: ナノスケール電子回折マッピング(透過電子顕微鏡)



ゴム材料中のどこで結晶化するのか可視化することに成功!!

19世紀後半にタイヤに天然ゴムが使われ始めて以来、天然ゴムは現在も主要なタイヤ原材料としての位置を占め続けています。合成ゴムと比較して、天然由来で環境負荷が少なく、かつ耐摩耗性能や耐破壊性能に優れる点も天然ゴム特有の性質です。

天然ゴムは大きく変形させると伸長結晶化する事が知られており、この結晶化部分は硬くなります。この伸長結晶化は、天然ゴムのき裂進展や破断に大きく影響すると考えられています。しかし、これまでに用いられてきた広角X線回折法では伸長結晶化に関する平均的な情報は得られるものの、ゴム中のどこで伸長結晶化が起こるのかを直接観察することは困難でした。

今回の研究ではポリイソプレンゴム(天然ゴムと同じ化学構造をもつ合成高分子)とシリカ配合ポリイソプレンゴム※⁴を対象とし、二つの最先端TEM技術を複合的に用いることで、伸長結晶化がどこで起こるのかをナノスケールで可視化することに成功しました。シリカ配合ポリイソプレンゴムの内部ではシリカ粒子が凝集した凝集塊※⁵が存在しますが、今回の観察の結果から伸長によって凝集塊が伸長方向に配列し、その配列構造に沿って伸長結晶化が起こっている事が分かりました。EVの普及による車両重量増加や環境負荷低減の観点から、タイヤの耐久性向上が求められています。今回の技術により、さらなる安全性と環境負荷低減への貢献を目指します。

当社は長期経営戦略「R.I.S.E. 2035」において、強みである「ゴム・解析技術力」と「ブランド創造力」によって「ゴムから生み出す“新たな体験価値”をすべての人に提供し続ける」ことを目指しています。今回の成果は、産学連携により「ゴム・解析技術力」を強化したものです。

なお、本研究成果は国際学術誌「Nature Communications」※⁶に、9月2日付で掲載されました。

<ご参考>

- ・東北大学プレスリリース
「ゴム材料の自己補強機構をナノスケール観察で解明」 <https://www.tohoku.ac.jp/japanese/2025/09/press20250903-01-rubber.html>
- ・「Nature Communications」掲載論文 <https://doi.org/10.1038/s41467-025-63283-8> DOI : 10.1038/s41467-025-63283-8
- ・長期経営戦略「R.I.S.E. 2035」 https://www.srigroup.co.jp/newsrelease/2025/sri/2025_014.html

※1 無秩序に配列していた原子や分子が規則正しく整列し、秩序だった構造（結晶）を形成する現象。ゴムの場合、伸長により分子鎖が引き伸ばされ整列することで結晶が形成される「伸長結晶化」が起こる。

※2 光学顕微鏡法で利用される光の代わりに電子を用いることで、非常に高い倍率で試料を観察することができる顕微鏡法。試料を透過してきた電子の強度を記録することで、像観察や化学状態の解析が行える。

※3 電子顕微鏡内で試料に電子線を照射した際に生じる回折パターン（電子回折図形）を観測し、ナノスケールでの結晶の構造や配向性に関する情報を提供する。

※4 タイヤの材料として一般的に使用される、シリカを配合したポリイソプレンゴム。

※5 微粒子が相互に凝集して形成される、比較的大きな塊状の集合体のこと。

※6 自然科学全般を対象とする国際的なオープンアクセス学術誌であり、物理学、生命科学、地球科学など多岐にわたる分野の信頼性の高い研究成果を、専門家の審査を経て広く世界に公開している。