

研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 未踏高分子材料群「極限伸長網目」の学理構築

2. 個人研究者名

中島 祐（北海道大学大学院先端生命科学研究院 准教授）

3. 事後評価結果

ゴム様高分子材料は、高い運動性を有する高分子鎖が 3 次元網目を形成する微視構造を有している。通常材料では高分子鎖は縮んでおり、柔軟性・大変形性といったこれらの材料特有の力学特性の起源となっている。一方、極限まで伸長させた高分子鎖は剛性等に優れていることが予想され、極限伸長高分子鎖で構成した網目構造を有する高分子材料には特異な力学特性の発現が期待できる。本研究は、その系統的な作製法を見出すとともに、力学特性に関する学理を構築することを目的としている。

ゲルに直鎖高分子を導入して浸透圧に起因してゲルを膨潤させることによって、網目構造の高分子鎖を伸長させることができる。その膨潤過程を繰り返すことによって極限伸長網目構造を実現する方法を開発した。また、極限以上の導入によるゲル材料の破壊の実証等によって、浸透圧と弾性圧の釣り合いに基づく極限伸長網目作製の学理に発展させたことを、高く評価する。

作製した極限伸長網目構造は、単位高分子密度あたりのヤング率が 1000 倍以上となる特異な力学特性を見出すとともに、その変形時の応力の温度依存性も小さいことを明らかにした。この結果によって通常のゲルが示すエントロピー弾性に対して、高分子鎖の伸び切りによってエネルギー弾性の出現による新奇力学特性を実証したことを、評価する。

極限伸長網目を変形させることによって鎖中の結合に大きな力学的エネルギーが加わることを利用し、網目内の化学反応の促進を実現するとともに、その解析による学理構築への貢献を、高く評価する。

今後の発展と期待

材料の微視構造がその力学特性に強い影響を及ぼすことは良く知られている。一方、高分子鎖網目の幾何学的形状に踏み込んで、新たな力学特性開発に取り組んだ積極性はとても優れている。特に、微視構造を制御するという発想力のみならず、それを具体的に実現する方法を開発するとともにその特性の実証も綿密に行っていることが、高い研究能力を実証している。構造解析に不向きな材料であるからこそ、未開拓の研究課題が残されている。能力を活かした一層の発展を強く期待している。

一方、変形と破壊は力学的に基本的な考え方が大きく異なる現象である。また、多軸や繰り返しなど負荷等についても多様な条件が考えられる。多段のスケールの観点も含めた全体学理の構築に向けて、他の力学解析専門家を含めた研究グループを率いて分野としての学理を構築する活躍を強く望んでいる。

さらに、微視組織等に起因する力学特性と他の化学的・物理的特性との協働は、今後の材料機能開発の大きな鍵を握ると想像される。その面でも本研究の成果は大きな潜在力を秘めており、発展を期待している。