

原子間力顕微鏡によるゴム複合材料の力学物性計測

Mechanical Property Analysis of Rubber Composite Materials

by Atomic Force Microscopy

産総研¹, 先端素材高速開発技術研究組合² ○本田 暁紀¹, 石田 康二¹, 山本 亮太², 窪内 翔²,
糸見 健², 井藤 浩志¹

AIST¹, ADMAT², °Akinori Honda¹, Kouji Ishida¹, Ryouta Yamamoto², Shou Kubouchi²,
Ken Itomi², Hiroshi Itoh¹

E-mail: honda-akinori@aist.go.jp

ゴム材料は、その粘弾性を活かしてタイヤや免震ダンパーに用いられている。実際のゴム製品では、より良い物性値を示す材料を得るために、複数のゴム成分を混合しつつ無機添加粒子(フィラー)を加えている。このようなゴム複合材料では、各種成分の混合形態が非常に重要となってくる。混合形態の解析手法として、原子間力顕微鏡(AFM)による位相像観察を用いることができる。位相像観察は、カンチレバーを共振させる入力信号と形状測定時のカンチレバーの振動の位相差を計測することで、試料の力学物性を定性的にマッピングできる手法である。空間分解能が高い点、異種のゴム成分間も明瞭に区別できる点が、利点として挙げられる。本研究では、イソプレングム(IR)、スチレン・ブタジエンゴム(SBR)、シリカ粒子を混合した複合材料について、力学物性のマッピングを行った。ゴム材料は引張・圧縮・摩擦といった外力のかかる環境下で利用されるものの、外的な条件を変化させた際の AFM 観察の研究例は非常に乏しい。そこで、試料を圧縮した際やカンチレバー側の周波数とバネ定数を変化させた際の力学特性変化を観察した。

様々な混合比率のゴム複合材料について断面出しを行い、AFM 位相像の計測を行った。その結果、IR・SBR・シリカ粒子を明瞭に区別できる位相像の取得に成功した。各成分の表面積は、混合比に応じて変化していた。加えて、シリカ粒子が SBR のみに偏って分布していることが明らかになった。

試料をホルダーで圧縮した際の力学物性変化を観察した。圧縮に伴ってシリカ粒子の密度が上昇していた。加えて、シリカ粒子の入っていない IR 領域に局所的な強い応力がかかっていることが判明した。比較として、シリカ粒子を添加していないゴム試料を圧縮したところ、圧縮方向に対して異方的にゴムが変形する位相像が得られ、局所的な応力は観測されなかった。ゆえに、SBR のみに偏ったシリカ粒子が、試料の変形時に IR 成分を圧迫して強い応力が生じていると考えられる。

複数のカンチレバーを用いて、様々な共振周波数・バネ定数で位相像を取得した。その結果、IR と SBR 間でコントラスト反転が起こった。シリカ粒子の添加の有無に応じて力学物性が変化し、コントラスト反転の条件が変化することが判明した。

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (P16010) の結果得られたものです。