

オレフィンゴムの配向挙動と高性能特性の相関に関する研究 Study on the Relationship between the Orientation Behavior and High Performance of Cross-linked Olefin Rubber for Material Design

池田 裕子, 安田 和敬
Yuko Ikeda, Yoritaka Yasuda

京都工芸繊維大学
Kyoto Institute of Technology

オレフィンゴムの一軸引張変形に伴う配向挙動と力学物性の相関について、ダイナミクス研究を行った。2種の硫黄架橋ゴム試料で、破断直前における配向したゴム分子鎖の相対量がほぼ同じであるにも拘らず、引張特性で急激に応力が増加する歪が異なり、また、破断応力も大きくことなるのは、配向したオレフィンゴム分子鎖の“配向度合”の違いが起因していることが判った。環境適合性に優れるゴム材料の今後の材料設計に有用な知見となるであろう。

キーワード： オレフィンゴム、配向挙動、時分割広角 X 線散乱、引張試験、同時測定、性能

背景と研究目的：

ケミカルリサイクルの容易な高分子材料がオレフィン系高分子であることから、車や各種電気製品、建材等へのオールオレフィン系高分子のニーズは年々高まっている。汎用ゴムの中で、オレフィンゴムは耐熱性に優れるゴムであることから、車を除く製品の約 80%に使用されているゴムである。従って、オレフィンゴム材料のさらなる高性能化は、ゴム工業において必須の課題となっている。天然ゴムやイソプレンゴムのように変形に対して伸長結晶化を示すゴムはその良好な力学物性から広く研究されており、例えば、シンクロトロン放射光を用いた時分割広角 X 線回折により伸長結晶化のメカニズムや物性に与える影響が明確にされつつある[1]。しかし、オレフィンゴムは共重合法により結晶化しないアモルファスゴムとして汎用に用いられており、その力学物性を特性化する上で、力を伝達する“配向したゴム分子鎖”が非常に重要な役割を担っていると考えられる。そこで本申請研究では、21 世紀の日本の工業のさらなる発展を目指して、世界で最も高輝度なシンクロトロン放射光を利用してリサイクル性の高いオレフィンゴムの性能向上に役立つ知見を提出することを目的とする。

実験：

試料は、エチレンプロピレンジエン共重合ゴム (EPDM) に対してステアリン酸亜鉛、N-シクロヘキシルベンゾチアゾールサルフェンアミド、硫黄を所定量混練りし、160°C で熱プレスして作成した。ステアリン酸亜鉛の量を変量した 2 種の試料を用いた。EPDM-1 と EPDM-2 と略称する。作製したゴムシートから得たリング型試料を SPring-8 の BL40XU ビームラインにおいて室温下、一軸引張試験と同時に時分割広角 X 線散乱 (WAXS) 測定に供した。X 線の波長は約 0.83 Å、楕円状入射 X 線の大きさは水平約 0.25 mm × 垂直約 0.04 mm、照射時間は 70 ms、引張速度は 100 mm/min、ステアリン酸亜鉛及びベヘン酸銀による散乱から算出したカメラ長は約 100 mm であった。検出器には CCD カメラ (HAMAMATSU ORCA II) を用いた。X 線照射は高エネルギー X 線による試料へのダメージを抑えるため、伸長比 (α) 0.25 ごとに行った。配向したアモルファス成分量の指標となる Oriented amorphous index (OAI) は得られた回折パターンから全散乱体積に対する配向したアモルファス成分の散乱体積比を求めて算出した[2]。

結果および考察：

図1に、EPDM-1とEPDM-2の応力-歪曲線を示す。両試料ともに伸長に伴って応力が上昇するが、急激に応力が増加する歪が異なり、破断強度にも大きな違いがあった。しかし、興味深いことに破断直前では配向したゴム分子鎖の量を示すOAIはこれらの試料でほぼ同じ値であった。これは、構造と物性の相関を考える上で配向したアモルファスセグメント成分量の影響のみでは説明できないことを示した。そこで、図2に示すOAIが類似のそれぞれ伸長比6.25と9におけるWAXS画像を比較した結果、配向したアモルファスセグメントを示す散乱ピークのプロファイルが異なり、EPDM-2はEPDM-1より方位各方向の半値幅が小さいことが判った。つまり、配向したゴム分子鎖の“配向度合”も引張物性に大きく寄与していることが明らかとなった。本結果は、伸長方向に配向しやすいセグメントから成る網目構造形成が高性能オレフィンゴムの材料設計に有用であることを示した。

今後の課題：

OAIと配向度合をより定量的に分析し、様々なEPDM硫黄架橋体の構造変化と物性の相関を比較検討して、リサイクル性と耐熱性に優れるオレフィンゴムの高性能化への材料設計を提出する。

参考文献：

- [1] 池田裕子, 日本ゴム協会誌, **84**, 29 (2011).
- [2] M. Tosaka, et al., *Macromolecules*, **37**, 3299 (2004).

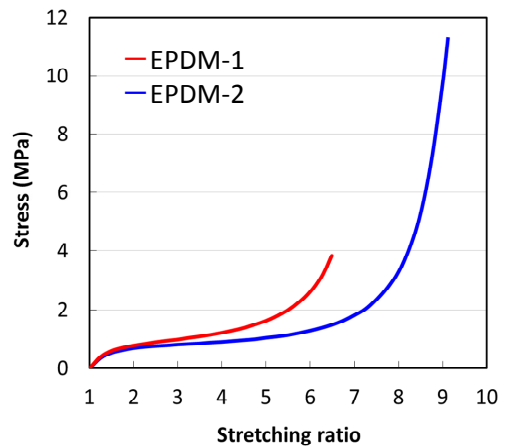


図1. EPDM-1とEPDM-2の応力-歪曲線

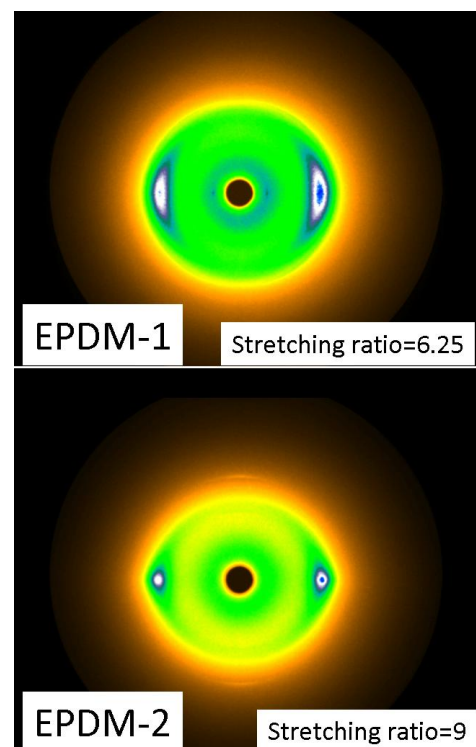


図2. 同程度のOAIを示すEPDM-1とEPDM-2のWAXS画像