

天然ゴム・ポリイソプレンゴムおよびそれらにカーボンブラックを添加した  
試料の一軸伸長にともなう応力変化と時分割広角 X 線散乱の同時測定  
Simultaneous Measurements of Stress-Strain Curves and Time-Resolved Two-  
Dimensional Wide-Angle X-Ray Scattering Along the Uniaxial Elongation of Films of  
Natural Rubber and Polyisoprene Rubber with and without Carbon Black Filler

田中 暎登<sup>1</sup>, 高木 秀彰<sup>2</sup>, 清水 伸隆<sup>2</sup>, 五十嵐 教之<sup>2</sup>, 櫻井 伸一<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>京都工芸繊維大学大学院バイオベースマテリアル学専攻

〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎橋上町

<sup>2</sup>高エネルギー加速器研究機構 放射光実験施設

〒305-0801 つくば市大穂 1-1

Ruito TANAKA<sup>1</sup>, Hideaki TAKAGI<sup>2</sup>, Nobutaka SHIMIZU<sup>2</sup>, Noriyuki IGARASHI<sup>1</sup>  
and Shinichi SAKURAI<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biobased Materials Science, Kyoto Institute of Technology, Kyoto 606-8585, Japan

<sup>2</sup>Photon Factory, Institute of Materials Structure Science, High Energy Accelerator Research  
Organization, 1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801, Japan

## 1 緒言

天然ゴムは合成ゴムでは達成できない物性の優位性を保持しており、特に高度な安全性が求められる航空機のタイヤに使用されている。航空機のタイヤとしては、合成ゴムの使用量を凌駕しているが、その理由として、離着陸時にかかる極度の力学的負荷に対する耐久性が高いこと、すなわち、亀裂が入りにくく、入ったとしてもそれが進展しにくく、タイヤの破損に繋がりにくい、という優れた物性が故であるとされている。そこで本研究では、伸長誘起結晶化 (SIC) 開始ひずみ値の精密決定と応力-ひずみ曲線との対応関係の解明を目的として、一軸延伸装置を用いて広角 X 線散乱と応力-ひずみ測定の同時測定を行なった。

## 2 実験

用いた天然ゴムは RSS#3 (Southland Rubber Co. Ltd., Hatyai, タイ)である。また、WAXS 測定は高エネルギー加速器研究機構・放射光実験施設の BL-15A2 で実施した。測定温度は室温 (25°C)、X 線の波長は 0.10nm、カメラ長は 26cm であった。

## 3 結果と考察

Fig.1 にイソプレンゴム (カーボンブラック未添加;IRO) 試料について得られた結果を示す。一軸伸長の方向は水平方向である。伸長比が 4.47 の時点で、SIC にともなう結晶反射スポットが視認でき、伸長比が 6.00 の時点での結果は明瞭である。一方、伸長比が 4.20 の時点での結果は、結晶反射スポットを確認することが困難であったが、赤道方向 (紙面の縦方向) で扇型平均して得られた 1 次元プロフィール

(Fig.2) を詳細に吟味した結果、SIC 開始伸長比が 4.20 であることが決定できた。この開始ひずみと応力-ひずみ曲線の関係を Fig.3 に示す。このように、応力-ひずみ曲線の屈曲点より小さい伸長比で SIC が開始することがわかった。カーボンブラックを 10phr、30phr 添加したイソプレンゴムについても同様の実験を行い、Fig.3 に示すような結果を得た。カーボンブラックを 10phr 添加した試料では、同様に応力-ひずみ曲線の屈曲点より小さい伸長比で SIC が開始することがわかったが、カーボンブラックを 30phr 添加した試料では SIC 開始点が応力-ひずみ曲線の屈曲点とほぼ一致した。これらの結果の統一的な解釈は今年度の研究で行う。また、カーボンブラックの添加量の増大にともなって、SIC 開始点が低ひずみ側に移動することも定量的に確認することに成功した。

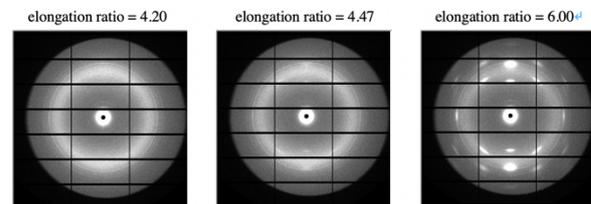


Fig.1 WAXS pattern obtained at various elongation ratio for polyisoprene rubber without carbon black.

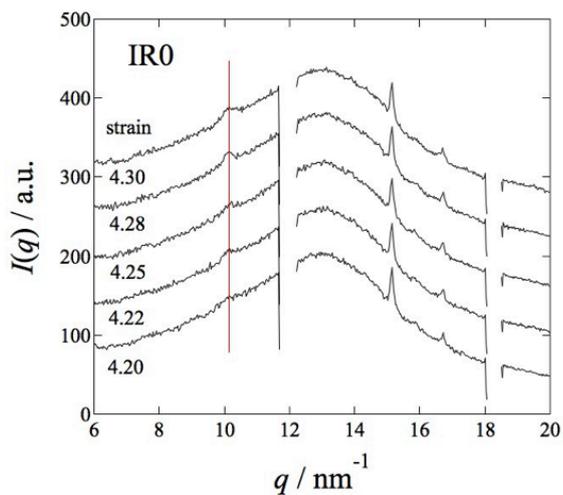


Fig.2 One-dimensional WAXS profiles as a function of the elongation ratio.

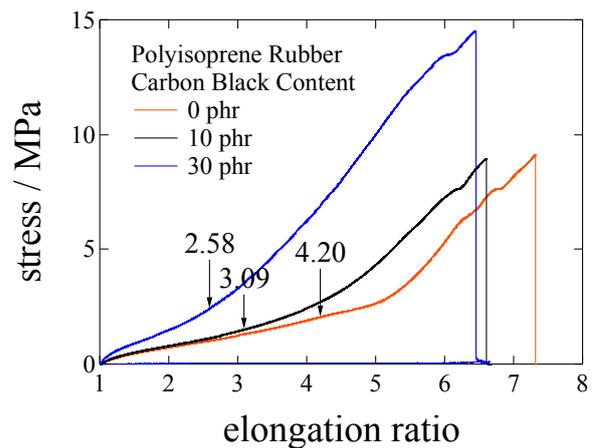


Fig.3 Stress-elongation ratio curves for the polyisoprene rubber with carbon black. The numerical values attached to the curves with arrow indicate the onset of the SIC.

\* shin@kit.ac.jp