

●第77回ゴム技術進歩賞受賞者報告●

引張強さ最大で非線形特性最大の天然ゴム

アトム株式会社 吉原 直也



吉原直也氏

1. はじめに

天然ゴムは、機械的強度や伸縮性が良く、ゴム素材として要求される物性にバランスよく優れていることから、タイヤ・チューブ・ホース・靴・手袋など多岐にわたって使用されている。今回のゴム技術進歩賞の課題でもある引張強さ最大かつ引張応力-ひずみ曲線が非線形となる特性を同時に制御し、向上させることは、新しい特性の発見につながる有用なテーマであると言える。

2. 制限条件

- ・天然ゴムであること（他のポリマーとのブレンドは認めない）
- ・400%以上の伸びを示す弾性体であること
- ・配合、加工方法（混合、成形、加硫）を問わない

3. 測定条件・評価方法

- ・ダンベル状3号形試験片を用いた引張試験（JIS K6251:2017）で、引張強さ（MPa）、100%引張応力（MPa）、300%引張応力（MPa）を求め、 $T_b \times (S100 / S300)$ を有効数字3桁で算出する。
- ・ポリマー種確認：赤外分光分析、熱分解ガスクロマトグラフ分析により天然ゴムであることを確認する。
 - ① $T_b \times (S100 / S300)$ が最大のものを1位とする。
 - ② 同値1位が複数あった場合は、非線形特性が最大のものを1位とする。

4. 課題解決方法

非線形特性を最大にするためには、 $E_b > 1,000\%$ が必要と考え、目標値として設定した。本課題に適する天然ゴムとして、入手可能なRSS、TSR、ADSおよび天然ゴムラテックスの乾燥体を準備した。基礎的評価を実施した結果、天然ゴムラテックスの乾燥体が最も課題に適することを確認した。

さらに、 T_b を大きくするためには、フィラーの選定と架橋剤の最適化が重要であると考えた。架橋方法として、配合設計自由度の高い硫黄架橋を選択した。

5. フィラーの選定

フィラーの検討では、セラミックスに分類される酸化亜鉛の単結晶を用いたものが、 T_b 付与効率が高い

うえに非線形特性を大きくさせる効果が高いことを把握した。

6. 架橋剤の選定

非線形特性を考慮して、架橋密度を少なくしつつ、先の酸化亜鉛単結晶を配合することで T_b を維持するように架橋剤配合量を検討した。伸びを大きくさせるために架橋剤である硫黄の配合量を減らし、同時に酸化亜鉛の配合をなしとすることで、非線形特性最大の性能を得ることができた。

7. 混練り・成形条件

原料である天然ゴムラテックスは、あらかじめ風乾して固化させたものを使用した。混練りは $30 \sim 40^\circ\text{C}$ となるようにオープンロールを調整し、充填剤と加硫促進剤を混練り後、最後に硫黄を添加した。2 mm厚で分出し、シートを熟成後、油圧プレス成型の条件を $110^\circ\text{C} \times 20$ 分、圧力 1.3 MPa として、試料を得た。配合と物性結果を表1に示す。

8. 謝辞

歴史あるゴム技術進歩賞受賞に際し、ご協力をいただいた方々にこの場をお借りしまして感謝いたします。天然ゴムに隠されている、更なる可能性を引き出すことは、工業面や炭素循環型社会を目指す昨今では重要課題の一つとして有用であることから、今後もさらなる技術的な挑戦を続けていきたいと考えております。

表 提出配合と物性 (CERI様測定)

原材料名	配合部数(phr)
NR ラテックス(HA)	100
酸化亜鉛単結晶	50
ZnDEC	1.5
MBT	0.5
TMTD	0.3
硫黄	1
引張強さ(MPa)	31.1
100% 引張応力(MPa)	1.81
300% 引張応力(MPa)	3.77
$T_b \times (S100/S300)$ (MPa)	14.9