

# 木粉配合ゴムの調製および物性に関する研究

中西 太郎\*1

## Study on Preparation and Properties of Wood Powder Reinforced Rubber

Taro Nakanishi

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、バイオマス材料の活用が求められており、加硫ゴム材料についても、将来的なバイオマス活用に向けた知見の蓄積が必要である。本研究では、木粉を天然ゴムに配合したゴム材料を調製・物性評価し、ゴム用フィラーとして木粉が利用可能かを検討した。木粉は、150 phr以上の大量配合（phr:ゴム100に対する重量部）が可能で、加硫ゴムの硬さを増加させるフィラーとして利用可能であった。また、本研究の結果、木材特有の芳香・風合いを有し、ほぼ完全バイオマス由来であるゴム材料が得られた。

### 1 はじめに

カーボンニュートラル、持続可能な社会の実現に向け、プラスチック業界ではバイオマス・生分解性材料へ注目が集まっており、新技術・製品開発が活発であるが、ゴム業界ではこのような取り組みは進んでいない。ゴム材料は、ベースとなるゴムポリマーおよびフィラーで主に構成され、ゴムポリマーにはバイオマス由来の天然ゴムが古くから利用されている。だが、フィラーについては、その性能の良さから、鉱物・石油由来のシリカ・カーボンブラックが主流であり、バイオマスについて検討はなされていなかった。しかし、ゴム業界についてもプラスチック業界と同様の取り組みを今後求められる可能性があり、ゴム業界の持続的な発展のためにも、バイオマス活用に関する知見の蓄積が重要である。実際に先行研究<sup>1,2)</sup>では、農業廃材をフィラーに活用した例が示されており、ゴム材料へのバイオマスフィラーの展開は可能と期待される。本研究では、国内で調達容易な木粉がゴム用フィラーとして利用可能かを検討することを目的として、木粉をフィラーとする加硫ゴムを調製し、配合量と加工性・物性の関係を明らかにした。

### 2 実験方法

#### 2-1 材料

木粉は、スギ新材由来の市販品を、ふるい分けによって粒径 150  $\mu\text{m}$  以下へ調整してそのまま用いた。水分量は約 7%で、調湿は行わなかった。ゴムは天然ゴム (CV60) をそのまま用いた。加硫用薬剤は、富士フ

イルム和光純薬(株)および東京化成工業(株)から購入したものをそのまま用いた。

#### 2-2 混練・成形

ラボプラストミル (株東洋精機製作所製) R60 ミキサー)を用い、ゴムと木粉を混練した。ゴム・木粉混練 (A 練り) の後、加硫薬剤追加 (B 練り) を行った。混練条件は 40  $^{\circ}\text{C}$  / 15 rpm で、混練時間は、A 練り最大 19 分間、B 練り 5 分間とした。配合表を表 1 に示す。加硫特性は、JSR キュラストメーターⅢ (JSR トレーディング(株)製) を用い、140  $^{\circ}\text{C}$  における加硫によるトルク上昇と加硫時間の関係を求めた。プレス加硫 (140  $^{\circ}\text{C}$   $\times$  10~20 分間) して、物性試験用ゴムシート (2 mm 厚) を得た。

表 1 配合表

	配合量 (phr)
天然ゴム (CV60)	100
木粉	0, 50, 100, 150
酸化亜鉛 (二種)	5.0
加硫促進剤 D	0.5
加硫促進剤 M	1.0
油処理硫黄	2.5

#### 2-3 物性評価

・引張試験：JIS K 6251 に準拠し、(株)島津製作所製オートグラフ AG-50kNXplus を用いて、ダンベル状 3 号形、試験速度 500 mm/min で試験を実施した。

・硬さ：JIS K 6253 に準拠し、(株)テクロック製 GSD-917 を用いて、デュロメータ硬さを測定した。

\*1 化学繊維研究所

### 3 結果と考察

#### 3-1 混練特性

A練りにおける、混練時間ートルクの関係を図1に示す。一般に、ゴムにフィラーを加えると、混練トルクが大きく増加して発熱が激しくなるため、配合できる量には上限がある。しかし、木粉をフィラーとした場合、配合量を増やすほど最大トルクが減少した。配合量の増加によって実ゴム分が減少することに加え、木粉の粒径が大きく、カーボンブラックのように配合物の粘度を上昇させないためと考えられる。この結果より、木粉は少なくとも150 phrまでは容易にゴムと混練できることが確認された。また、混練開始からトルクの最大点に至る時間（ゴムにフィラーが取り込まれ一体化するまでの時間）も増加したが、トルクが減少してせん断力が不足しているためと考えられ、実機では混練条件の最適化が必要である。

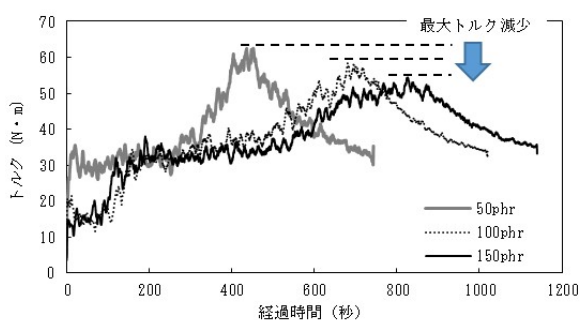


図1 混練トルクと配合量の関係

表2 配合量と加硫特性の関係

配合量(phr)	tc10 (分)	tc90 (分)
0	3.5	8.1
50	4.1	10.1
100	4.9	13.7
150	5.7	17.8

#### 3-2 加硫特性

B練り後の木粉配合ゴムのtc10（加硫開始点）およびtc90（最適加硫点）を表2に示す。木粉の配合量を増加すると、tc10およびtc90が増加し、加硫の立ち上がりの遅延および加硫速度の減少が認められた。これは加硫薬剤の木粉への吸着が原因と考えられる。木粉をフィラーとして利用する場合は、加硫時間の延長または加硫薬剤の増量が必要である。

#### 3-2 配合量と物性の関係

木粉配合ゴムの引張強さおよび硬さを表3に示す。また比較対照として、一般的なゴム用フィラーの一つである炭酸カルシウム50 phr配合ゴムの結果も共に示す。配合量の増加に伴って、硬さ・モジュラス（一定伸び時の応力を表し、例えば100%伸びに対してM100と表記する）は顕著に増加した。一方、引張強さ・破断伸びは急激に減少したが、150phr配合であってもゴム弾性は保持されていた。50 phr配合で比較すると、ゴム材料の実用領域である低伸び域（M100）で炭酸カルシウム配合ゴム以上の性能を発揮した。木粉は、炭酸カルシウムと比較して密度が小さいため同じ配合量であれば体積充てん率は2倍以上となり、硬さ・モジュラスへの寄与が大きくなったと考えられる。

表3 木粉配合量と物性の関係

配合量 (phr)	硬さ (—)	引張強さ (MPa)	破断伸び (%)	M100 (MPa)
0	A43	18.9	570	0.94
50	A72	8.24	460	2.89
100	A85	5.01	140	5.00
150	A93	5.07	40	—
炭酸カルシウム 50	A48	28.6	670	1.32

### 4 まとめ

ゴム用フィラーとしての木粉の利用可能性を検討した。木粉は、ゴムへ大量配合可能で少なくとも150 phrまで問題なく混練成形でき、また実用上重要な硬さおよびモジュラスを大きく向上させた。さらに、木粉配合ゴムは加硫後も木材特有の芳香と風合いを保持していた（図2）。以上より、木粉はゴム用フィラーとして利用できる特性を備えていると考えられる。



図2 木粉50phr配合ゴム

## 5 参考文献

- 1) Komethi Muniandy et al.: *Bioresources*, Vol.7, No.4, pp.4640-4657 (2012)
- 2) Hassarutai Yangthong et al.: *Industrial Crops and Products*, Vol.171, pp.113922-113924 (2021)