

## 研究ノート

## NR/BRブレンドゴムの摩耗機構に関する一考察

富山職業訓練短期大学校 松本重男

A Study on Wear Mechanism of Natural and Butadiene Blended Rubber.

Sigeo Matumoto

**要約** 本報では、NR（天然ゴム）にBR（ブタジエンゴム）をブレンドした場合にBR40部以上で摩耗量が大きく低下し、またそれらの中でブレンドしたものが、BRゴム単独より摩耗が小さくなることに注目し、NR単独からBR単独まで配合割合を20部ずつ変化させた試料での摩擦・摩耗状態を観察し、そのメカニズムの究明を試みた。

その結果、BR40部以上で摩耗量が大きく低下するのは、摩擦にともなってトラック（摩擦相手面）への移着が生じ、トラックに目づまりが生じたため摩耗量が低下したと思われた。またそれらの中で特定の配合割合の物がBR単体より摩耗が小さくなったのは、摩耗粉に粘着・延性がありトラックへの移着がBR単独より強固であり、従ってトラックの目づまりが進むためと思われた。

## I. はじめに

ゴムは金属やプラスチック材料に比べ、弾性率が低い、伸びが大きい、摩擦係数が大きい等の特徴からタイヤ・靴底・シール・ベルト等の摩擦部分に広く用いられている。ところでこれらの製品の性能・寿命は、その摩擦・摩耗特性に直接影響を受けるが、従来は現象が複雑であるため、これらの問題は避けて通るか又は経験的に対応することが多かった。しかし、今日では製品に高い信頼性が要求され、その摩擦・摩耗特性を客観的に把握することが必要となっている。なかでも摩耗量を小さくすることは省資源の観点からも大きな目標である。

内山ら<sup>1)2)</sup>は、真空中での摩耗量は小さいが、酸素に対し活性な為に大気中で摩耗量が大きいNR（天然ゴム）と、酸素に対し不活性で大気圧によらず摩耗量の小さいBR（ブタジエンゴム）をブレンドすることで、NRの大気中での摩耗低減を期待し、大気中におけるNR/BRブレンドゴムの摩擦・摩耗特性を調べた。その結果、アブレシブ・疲労摩耗ともBRのブレンド量が40部以上で摩耗量が大きく低下し、さらにBR80部ブレンド時に摩耗が最小となると報告している。

本報ではこのNRにBRをブレンドした場合に、BR

40部以上で摩耗量が大きく低下し、またこれらの中でBRゴム単独よりもブレンド物の方が摩耗が小さくなる点に注目し、そのメカニズムを究明することで、他の材料に於ける摩耗を低減する何等かの指針が得られないか考察を試みた。

## II. 実験装置・試料および実験方法

実験に用いた装置はピン-ディスク式摩擦摩耗試験機である。その概略を図1に示す。ディスク上に研磨布紙②を固定し、試料①が研磨布紙の上を滑り摩擦するように

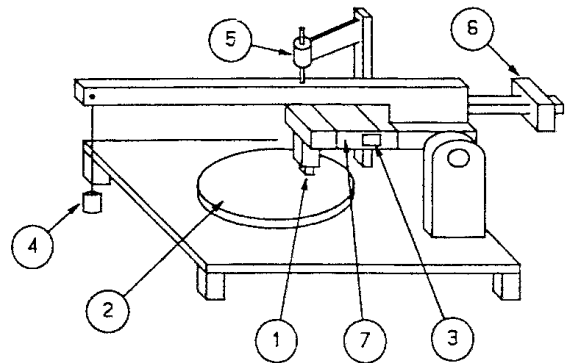


図1. 実験装置

- ①ピン試料②ディスク（研磨布紙）③歪ゲージ  
④荷重用おもり⑤差動トランス  
⑥バランス用おもり⑦平行バネ

なっている。荷重はおもり④で加えられる。ピン試料の摩耗寸法はアームの変位を検出する差動トランス⑤で、摩擦力は平行バネ⑦に貼付けた歪ゲージ③を使い連続して測定出来るようになってる。

実験は、長さ 2 mm で 10 mm 角の四角柱のピン試料を、耐水研磨布紙 CC-Cw240 番と、摩擦軌道  $\phi 127$  mm、摩擦速度  $v = 11.8$  cm/sec、荷重  $W = 10.8$  N (接触圧力  $p = 0.108$  MPa)、気温  $23 \pm 1^\circ\text{C}$  の条件で摩擦した。

試料は NR のみの NR100/BR0 から BR のみの NR0/BR100 までの間を、BR を 20 部ずつ変化させた合計 6 種類 (以下 NR100/BR0 より BR0, BR20...BR100 と略記) であり、全て  $148^\circ\text{C}$  30 分間のプレス加硫がほどこされている。表 1 に用いたゴム試料の配合と、その基本物性を示す。実験は 6 種類の配合に対し各々 3 回行い、摩擦力・摩耗寸法の他に、試料・研磨布紙・摩耗粉などの状態を観察した。

表 1. ブレンドゴムの配合(phr<sup>1)</sup>)

Specimen	NR100/BR0	NR80/BR20	NR60/BR40	NR40/BR60	NR20/BR80	NR0/BR100
Polymer NR(RSS#1)	100	80	60	40	20	0
Polymer BR(1220)	0	20	40	60	80	100
Zinc oxide	5	5	5	5	5	5
Stearic acid	2	2	2	2	2	2
Carbon black <sup>2</sup>	50	50	50	50	50	50
Antioxide <sup>3</sup>	2	2	2	2	2	2
Aromatic oil	5	5	5	5	5	5
Sulfur	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Vulcanization Accelerator(OBS <sup>4</sup> )	1	1	1	1	1	1
Stress-Strain						
M100(kg/cm <sup>2</sup> )	35	33	30	29	27	24
M300(kg/cm <sup>2</sup> )	158	149	140	132	122	102
Tb(kg/cm <sup>2</sup> )	291	271	255	213	200	181
Eb(%)	528	509	493	443	446	473
Hs(JIS)	64	64	64	63	63	63

1) Parts per hundred parts of rubber

2) HAF(N330)

3) N-1,3-dimethylbutyl-N-phenyl-paraphenylenediamine

4) N-Oxydiethylene-2-benzothiazyl-sulfenamide

Vulcanization: 421k # 30min

### III. 実験結果

#### 3. 1 定常状態でのブレンド量と線摩耗率、摩擦係数の関係

計測した摩擦力と摩耗寸法より、摩擦距離(回数)に対する摩擦係数と線摩耗率(単位摩擦距離当りの摩耗寸法 mm/m)を求めた。これらの値および、摩耗粉・トラック・試料等の状態は摩擦距離とともに変化する場合もあるが、一定時間を経過後は各々で安定な状態となる。

十分な摩擦の繰り返しの後、摩擦係数・線摩耗率が安定した定常状態で得られたブレンド量と線摩耗率の関係を図 2 に示す。

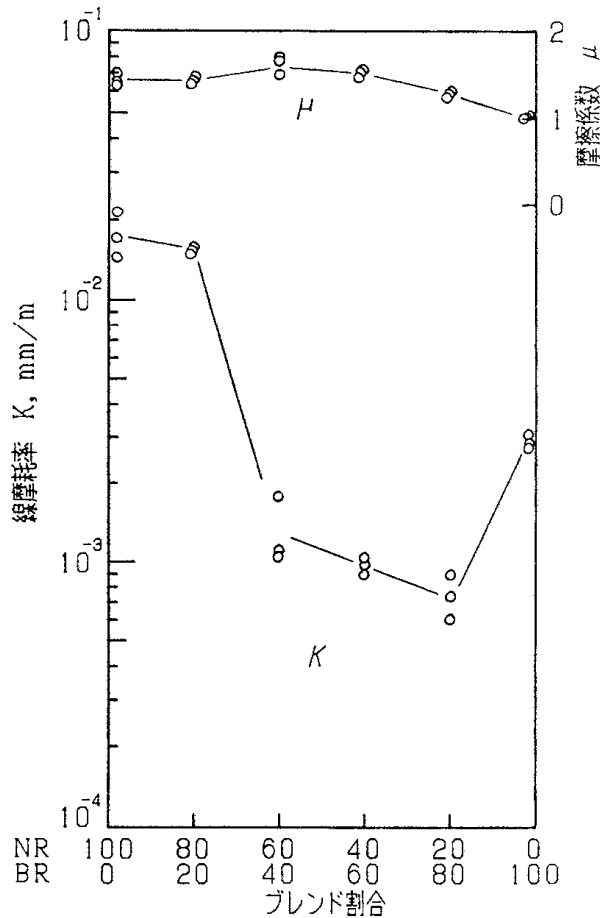


図 2. 天然ゴム-ブタジエンゴムのブレンド割合と摩擦係数・線摩耗率の関係

ブレンドしない場合は、NR が BR より摩耗率が 6 倍ほど大きくなっており、単体では BR の方が耐摩耗性が良好であった。ブレンド物では、NR・BR 各単体での摩耗率の中間的な値を徐々に変化するのではなく、BR を 20 部ブレンドしても摩耗率は NR 単体と同じで、40 部以上で摩耗率が 1 桁低下しかつ BR 単体よりも小さくなった。ここでは、BR 60, 80 部ブレンド時に摩耗が最小となった。これらは前述した内山らの研究結果を再確認するものであった。

次に定常状態で得られたブレンド量と摩擦係数の関係を図 2 に示す。BR0, 20 では、約 1.4、BR40 では約 1.5 と多少大きくなるが、これよりブレンド量が多くなると徐々に低下し BR100 では約 1.0 となった。

#### 3. 2. ブレンド量と摩耗の進行および状態

各試料での、摩擦距離に対する摩擦係数・線摩耗率の変

化、試料・研磨布紙・摩耗粉などの観察結果を整理し以下にその特徴を示す。なお幾種かのブレンド量では状態が類似であったので、以下ではそれらの中で典型的な状態となった試料での結果を示す。

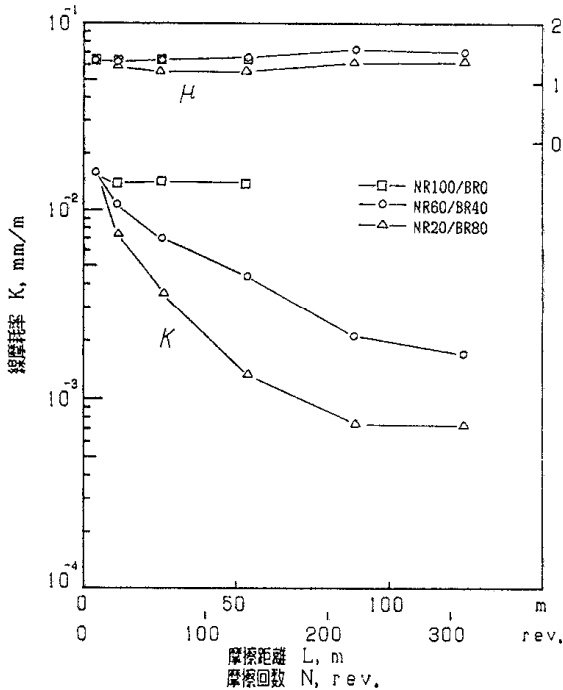


図3. 摩擦距離・摩擦回数と線摩耗率・摩擦係数の関係

1) BR0, 20の場合

BR0での結果例により、BR0, 20での特徴を示す。

摩擦係数 $\mu$ は図3に示すように摩擦開始時より1.4前後で一定である。線摩耗率は開始時より約 $1.5 \times 10^{-2}$ mm/mで一定であり、他の形態に比べ大きな値であった。摩耗粉は図4に示すように、とげとげしており、又たがいに絡み・連なって集合している物も多く、多量にでるもののトラックへのゴムの移着は見られず、研磨布紙全面に飛散していた。また図5に於て研磨布紙を反転させたとき、摩耗粉が全て落ちてしまうことから解るように、摩耗粉に粘着性は無かった。トラックは図5に見られるように摩擦部分が多少白っぽくなっているが、砥粒の欠落も見られず開始時のままであった。

2) BR40の場合

摩擦開始時、摩耗粉はとげとげしており、またトラックへのゴムの移着も全く起こらず、多少表面が白くなるだけで、BR0, 20の場合と同様な状態で進行した。その後トラックへ急にゴムの移着が始まって黒くなり始め、線摩耗量も図3に示すように約 $1.5 \times 10^{-3}$ mm/mと小さくなり、状態が大きく変化した。試験後トラックは図5に示すように濃い黒色となった。また試験後に残った摩耗粉は図

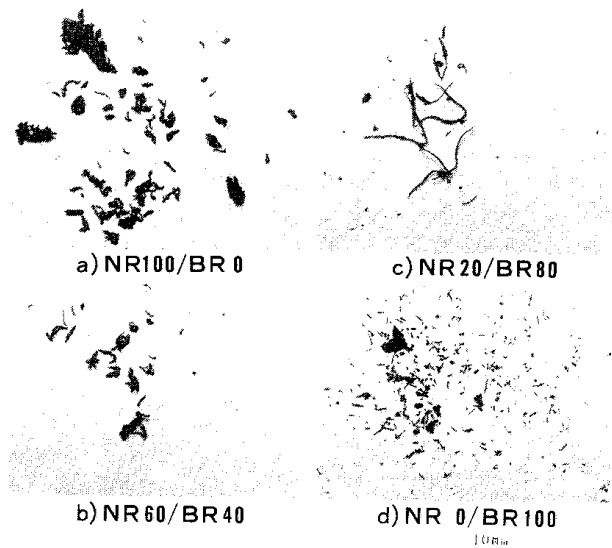


図4. 摩耗粉

〈試験後、研磨布紙を反転させ重力により落下した摩耗粉〉

4で示すように外見はBR0, 20の場合と類似で、とげとげしておりまた集合体が多かったが、摩耗粉にはわずかに粘着性があった。摩擦係数は図3に示すように約1.6で安定した。

3) BR60, 80, の場合

BR80での結果例により、BR60, 80での特徴を示す。

摩擦係数は図3に示すように摩擦開始直後は一度低下し、後ゆるやかに上昇し、最終的には安定し1.3前後となる。摩擦開始時に線摩耗量は約 $1.7 \times 10^{-2}$ mm/mと大きな値であったが、その後徐々に減少し、約 $7.0 \times 10^{-4}$ mm/mと開始時の1/20程で安定な状態へ移行した。トラックは摩擦開始時より徐々に黒くなり、試験後は図5で示すように、トラック全体にゴムが移着し黒くなった。また図5で摩耗粉が多く残っていることからも解るように、摩耗粉には粘着性があり、さらに図4に示す通り、細くつながって紐状になっている点から解るように延性があった。

4) BR100の場合

BR100での摩擦係数、線摩耗率の摩擦距離に対する変化パターンはBR60, 80の場合と同一であったが、定常状態での線摩耗率は約 $3.0 \times 10^{-3}$ mm/mとBR60, 80での値より3~4倍大きい。摩耗粉は図4のように細かく、またサラリとしていた。

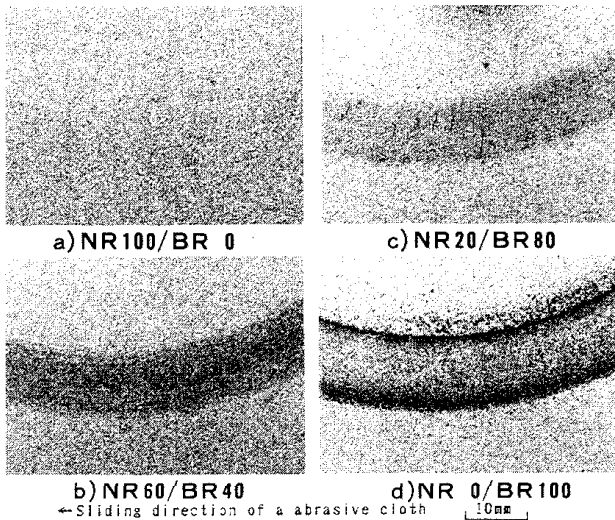


図 5. 研磨布紙面(トラック)への移着

〈試験後、研磨布紙を反転させ摩耗粉を重力により落下させた後の状態〉

#### IV. 考 察

従来ゴムの線摩耗率は、弾性率 $M$ と破壊強さ $T_b$ の積に反比例すると言われている。今回の結果はこの説に反し、 $M \cdot T_b$ 積の小さなBRのブレンド量が多いもので線摩耗率が小さく、さらに①BR40部以上で大きく低下し、40部以下と比べ1/6~1/20となった。②なかでもBR60,80部での線摩耗率は小さく極小値となった。ここでは各ブレンド量での摩擦・摩耗状態を、3. 2項で得た観察結果より比較し、これらの原因を検討する。

①について；BR0,20ではトラックへの移着が無く、また摩耗粉も堆積しないので常に摩擦開始時と変わらない研磨布紙面と摩擦しており、線摩耗率が大きくなったと思われる。BR40部以上では移着が生じており、トラックが移着物で徐々に埋め込まれ、目づまりが生じた状態となって、線摩耗率が低下したと思われる。又、試料の摺動面が変質していたかもしれないが、この点に関しては今回は検討を行っていない。

②について；BR60,80の摩耗粉には粘着性があり、また集合した物も非常に軟らかく延性に富んでいた。そのため移着物はフィルム状に引き延ばされ易く、トラックに強固に移着しまた既にある移着物の上に積層され易く、従って研磨布紙面は目づまりが進み、非常に低い摩耗率に成ったと思われる。BR40では移着は生じるものの、摩耗粉に延性が無く、目づまりはそれほど進まず、BR60,80よりは摩耗が大きくなったと思われた。一方BR100は摩耗物に粘着性が無いので、移着物は砥粒間に乗っただけで、定常状態では移着してはまた自分でかき出す状態となって、目づまりは飽和してしまい、その結果

BR60,80より大きい摩耗率になったと考えられる。

しかし、ブレンド物が、BR・NR各単体の中間的な摩擦・摩耗とは異なった状態となる原因は不明である。

他に摩耗と摩擦係数の関係を検討したが、直接のつながりは見いだせなかった。

#### V. まとめ

本報では、NRにBRをブレンドした場合にBR40部以上で摩耗量が大きく低下し、またブレンド量により摩耗の最小点が現れることに注目し、ブレンドしたゴムにおける摩擦・摩耗特性を調べ、そのメカニズムの究明を試みた。その結果、次の点が明らかになった。

- 1) BR40部以下ではトラックへの移着が生ぜず、トラック面はいつも開始時と同じ状態が保たれるため摩耗が進み、一方BR40部以上では摩擦にともなってトラックへの移着が生じ、トラック面は目づまりが生じるため摩耗量が低下する。
- 2) BR40部以上のブレンドゴムは、BR単体に比べ、摩耗粉に粘着性・延性があり、トラックへの移着状態が強固で、目づまりがより進み、摩耗量が小さくなる。

以上、ブレンド量による摩耗量の変化を摩耗粉の形態、粘着性、延性、トラックへの移着等から考察したが、これらは現象観察から得たものであり、定量的な証明をとまなつてはならず、また物理・化学的性質との関係もほとんど検討されていない。今後は、これらの点をさらに究明していく必要があると思われる。最後に本研究に対し、試料・試験機等を提供して下さった金沢大学材料開発研究室、および試験装置の改造に協力いただいた本学の小田訓練官・千葉訓練官に深く感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 内山吉隆:ゴムの摩耗とアブレーションパターン生成過程、潤滑,30,7 (1985) 524
- 2) 内山吉隆、金井隆男、栗山芳真、加藤明利:ゴムの摩擦・摩耗に及ぼす異種ゴム配合の効果、日本潤滑学会昭63年度秋期研究発表会予稿集,1988