



小型・軽量 防振ゴム

Small and Lightweight Anti-Vibration Rubber Products

浅野 英亮*

Eisuke Asano

木村 憲仁

Norihito Kimura

田口 武彦

Takehiko Taguchi

遠山 豊久

Toyohisa Toyama

杉浦 隆典

Takanori Sugiura

自動車市場において、排気ガス・二酸化炭素等の環境汚染物質の排出規制が世界的に厳しくなる中で、ハイブリッド車や燃料電池車といった動力源の開発と並行し、軽量化による省燃費技術開発が積極的に成されている。東海ゴム工業(株)でも、主力の防振ゴムの小型・軽量化技術開発に取り組んでいるが、製品を小型化するとゴムへの入力歪が大きくなるため、耐久性が低下してしまう。そこで、ゴムの脆弱部に化学結合を導入し強化することで、繰り返し疲労特性が従来材比2倍のゴム材料を開発し、従来品の性能を維持しつつ、約30%小型・軽量化した製品を開発した。

In the automobile market, regulations on the emissions of environmental pollutants, such as exhaust gases and carbon dioxide, have become tighter. While automakers are accelerating the development of hybrid cars and fuel-cell vehicles, reducing the weight of automotive parts is highly important for fuel saving. Tokai Rubber Industries, Ltd. develops technologies for reducing the size and weight of anti-vibration rubber products. Smaller anti-vibration rubber products are subject to larger input distortion, which results in low durability. To address this challenge, we have developed a high durability rubber by using chemical bonding. The rubber is twice as durable as conventional rubber, and reduces the size and weight by about 30%.

キーワード：防振ゴム材料、小型・軽量化、フィラー分散

1. 緒 言

東海ゴムではより安全で快適な車づくりに貢献するため、高分子配合技術をはじめとする多様な技術を活かし、自動車の振動・騒音の低減を実現する製品づくりに取り組んでいる。今回、小型・軽量を実現する高耐久性防振ゴム、および放熱する吸音材～MIF®～について実用化に成功したので紹介する。

(小型・軽量防振ゴム)

現在の自動車産業において、「環境」、「安全」、「グローバル化」への対応が重要となってきている。特に「環境」分野においては、各国の環境規制が厳しくなる中、ハイブリッド自動車（HEV）や電気自動車（EV）の普及が拡大する一方で、従来のガソリン自動車でも、エンジンのダウンサイジングや車両の軽量化といった技術が開発されている。

自動車用防振ゴムにおいては、ガソリンエンジンに加え、ハイブリッド車や電気自動車等に用いられるモーターの振動伝達を抑制するため、幅広い振動周波数帯をカバーできる防振特性を持ったゴム材料の開発や、市場のグローバル化に伴い、酷暑地域や未舗装道路といった過酷な温度・入力環境下にて使用されることから、ゴムの耐熱性・耐久性の高性能化が求められている。更には、環境に配慮した材料開発・グローバル生産・世界同一品質の達成といったことも必要となっている。これら要求を満足する材料開発に向け我々は、原材料開発・加工技術に加え、マイクロ構造設

計・制御技術といった新たな技術革新を進め、更にこれらの技術を融合させた材料の開発に取り組んでいる。

2. 自動車用防振ゴムについて

自動車における防振ゴムの種類は図1のように、大きくはエンジン系、サスペンション系、ボディ系、排気系の4つに分類され、快適な乗り心地の実現と操縦安定性の両立、車内外で発生する振動・騒音の低減を狙いに、数多くの防振ゴムが使用されている。自動車1台当りには40～50個程

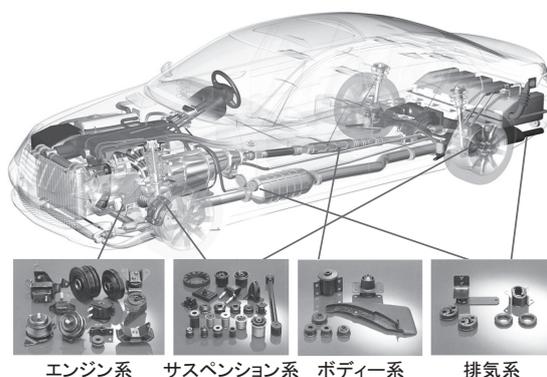


図1 自動車用防振ゴム製品群

度の防振ゴムが使用されており、それぞれ多様な振動、騒音に対応し、静粛かつ快適な乗り心地を実現している。自動車用防振ゴムに要求される特性は、使用部位によりそれぞれ異なるが、全般的には、ばね特性、耐熱性、耐久信頼性が必要であり、各種特性をバランスよく合わせ持つ材料が要求される。

近年の自動車市場の技術開発動向として、排気ガスや二酸化炭素等の世界的な排出規制に伴い、ハイブリッドカーや電気自動車の開発や、ガソリンエンジンのダウンサイジング化といった動力系による対策と並行し、ボディやサスペンション等の軽量化技術開発も積極的に取り組まれている。車両重量を軽くすることにより、省燃費化に繋がり、二酸化炭素の排出量が低減できることが報告されており⁽¹⁾、各自動車メーカーは、高張力鋼板や、アルミ部材、樹脂材料といった軽量化部材を積極的に採用することで、車両の軽量化に尽力している。

防振ゴムにおいても同様に軽量化技術開発が進められ、例えば、サスペンション部材に使用されるゴムブッシュを小型化することにより、ゴムブッシュ自身の軽量化に加え、アーム等の周辺部材の小型化が可能となり、全体としてより大きな軽量化効果を見込むことができる。しかし、ゴムブッシュを小型化すると、ゴムへの入力歪みが大きくなり耐久性が低下してしまうため、ゴムの高耐久化が必要となる。当社では、ゴムの原材料として使用するポリマー・フィラーの改質、架橋構造制御、マイクロ・ナノ領域での構造解析技術を駆使し、従来のゴム材料と比較し、耐久性が2倍の高耐久性ゴム材料を開発し、30%小型・軽量化しても従来形状と同等の耐久性を有する製品の開発に成功した(図2)。

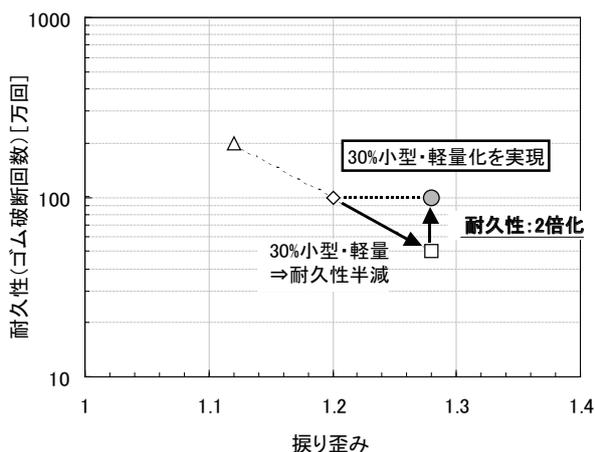


図2 小型化によるゴム入力歪と耐久性

3. 高耐久性ゴム材料の開発

3-1 フィラー界面の補強

ゴムの耐久性能、即ち耐繰り返し疲労性を向上するために一般的には、①結合鎖の長いポリスルフィドを多く含む架橋鎖の形成、②比表面積の大きい小粒径のフィラーを選択といった手法が知られているが^{(2),(3)}、ゴムの耐熱性能や振動特性が制約されることから、多くの製品に展開するためには、前記以外の手法により耐久性能を向上させる必要がある。そこで、繰り返し疲労におけるゴムの劣化の発生起点について調査を行ったところ、ゴムに充填されたフィラーの界面を起点に微細なクラックが発生し、繰り返し疲労によりこのクラックが成長し、最終的にゴムの破断に至ることが確認された(図3)。ゴムの構成材料であるポリマー・架橋鎖・フィラーについて、それぞれの結合形態をみると、ポリマー・架橋鎖は化学的に結合していることに対し、ポリマー・フィラーの補強点は静電的な物理吸着であることから、他の部位に比べ結合力が弱く、そのため、フィラーの界面から亀裂が発生しているものと考えられる。

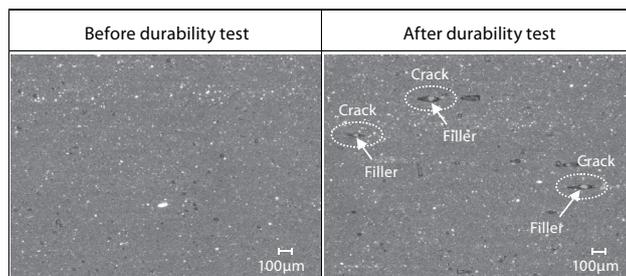


図3 ゴムの亀裂進展

このことから、フィラー界面をより強固なものとすることで耐久性を向上させることができるものと推察し、フィラー・ポリマー間に強固な化学結合を形成させることで耐久性の向上を狙った。しかし、汎用的に使用されているフィラーやポリマーは、化学反応点が不十分であることが多く、改質や表面処理等によって化学反応点を付与する必要がある。フィラーにはカーボンブラック、シリカ、炭酸カルシウム等が用いられ、それぞれ酸処理、グラフト化による表面改質や、脂肪酸、シリコンオイル、界面活性剤、シランカップリング剤等による表面処理といった手法により化学結合点を付与することが可能である。一方、ポリマーには天然ゴム、スチレンブタジエンゴム、ブチルゴム、エチレンプロピレンジエンゴム等が用いられ、グラフト化やポリマー鎖の変性等により化学反応点を付与することができる。これらの材料の中で、防振ゴム用途として汎用的に使用されている天然ゴムと、カーボンブラックやシリカといったフィラーとをカップリング剤を介し、図4の

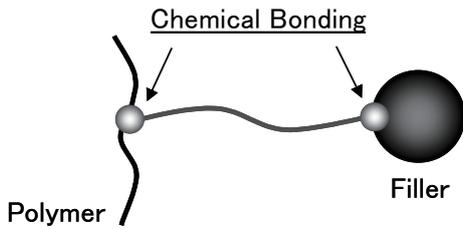


図4 フィラー界面の補強

ように化学結合させることで、亀裂の発生を抑制し、耐久性を飛躍的に向上させることが可能となった。

3-2 高耐久性ゴム材料の耐久特性

自動車用防振ゴムは様々な使用環境で使用され、部位により入力歪はそれぞれ異なるが、局部的にはゴムの変位として200%程度の高歪入力下で使用される場合がある。図5に示す通り、今回、開発した高耐久ゴム材料は、そのような高歪入力状況下でも、汎用ゴム材料比で2倍以上の耐久性を有していることから、一般的な自動車用防振ゴムのほぼ全ての製品に対して対応が可能である。

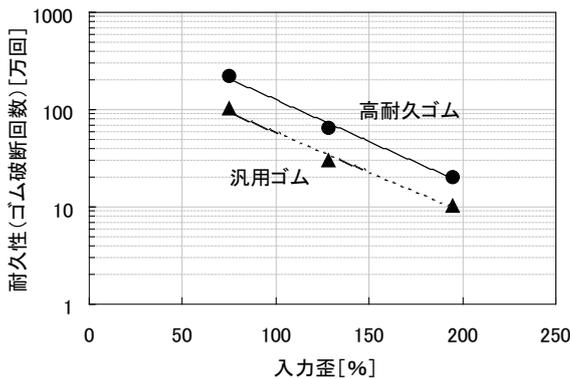


図5 耐久性の入力歪依存性

また、自動車の使用地域や防振ゴムの取り付け部位によっては、氷点下以下の低温から高温まで幅広い温度環境下で使用される。ゴムは有機物であるため、環境温度による特性変化が生じるが、実際に自動車を使用される温度の全ての領域で狙いの特性を発現させなければならない。高耐久ゴム材の耐久性については、自動車で想定される温度帯では、いずれも汎用ゴム材より優れた耐久性を有している (図6)。

更に、エンジン周辺や排気系周辺に使用される防振ゴムに関しては、高温かつ長期間の熱環境下に曝される場合がある。特に、近年は酷暑地域への対応や、自動車内での防振ゴムの使用温度環境が厳しくなる傾向にあり、そのような高耐熱要求の部位に対しては、初期状態での常温耐久性

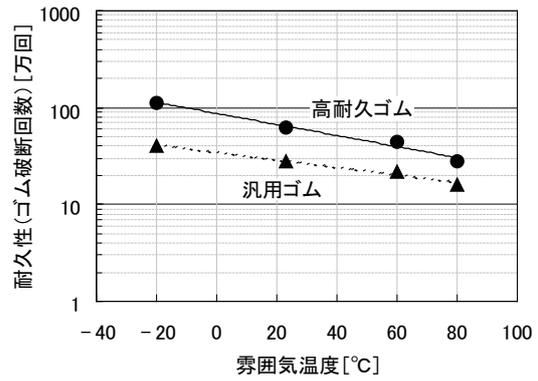


図6 高耐久ゴムの各温度雰囲気下での耐久性

に加え、一定条件下で熱劣化させた後の耐久性が求められる。ゴム材料は熱環境下に曝されると、大気中による酸素劣化、ポリマーや架橋点等の分子切断、更には分子切断によって発生したラジカルや架橋剤の残渣によるゴムの再架橋といった劣化現象が複合的に進行し、耐久性は低下していく。そこで熱に強い材料選定や、ポリマーや架橋鎖の劣化を抑制する配合手法を織り込むことで、図7に示すように、特に熱劣化後の耐久性に優れた耐熱高耐久ゴム材料の開発にも成功している。このゴム材料を用いることで、高耐熱性が要求される部位の製品への展開が可能となり、より多くの部位の耐久性を向上させることができるようになった。

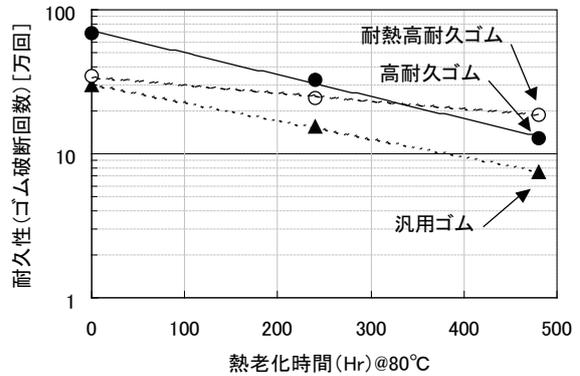


図7 高耐久ゴムの熱劣化後耐久性

3-3 製品形状での耐久性評価

開発した高耐久性ゴム材料を用いて、図8に示すようなゴムブッシュ形状で耐久試験を行った。試験は、汎用ゴム材料+通常形状、高耐久性ゴム材料+通常形状、高耐久性ゴム材料+約30%小型形状の3条件にて試験を実施した。耐久試験結果を図9に示す。同一形状で高耐久性ゴム材を用いることにより、製品形状でも耐久性は2倍以上向上し

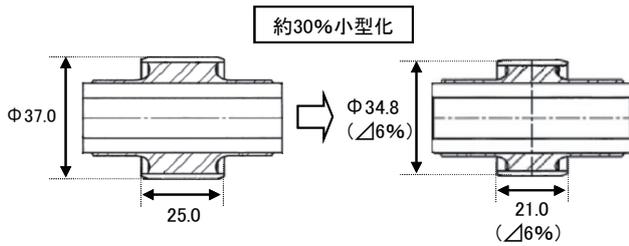


図8 耐久試験に用いた製品形状

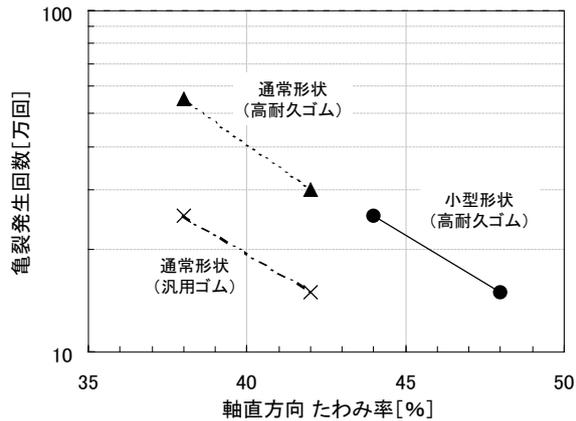


図9 製品での耐久試験

ていることが確認された。更に、高耐久性ゴム材料を用い、約30%小型化した形状では、汎用ゴム材料を用いた通常形状と同等の耐久性が得られ、耐久性能を維持しながら、小型・軽量化できることが確認された。

4. 結 言

耐久性能が弊社従来材の2倍の材料を開発することで、耐久性能を維持したまま、製品を小型・軽量化することが可能となった。また、本材料を用いることで、小型・軽量化だけでなく、未舗装道路等の入力条件が厳しい過酷地域への適応や、入力歪が厳しくゴム部材では成立し得なかった領域への製品展開が可能となり、製品設計の幅を広げることができる。

参 考 文 献

- (1) 国土交通省 自動車燃費一覧 (平成25年3月)
- (2) ゴム会報 (中国ゴム技術研究会)、25、19 (2006)
- (3) 右田哲彦、日本ゴム協会誌、46、64 (1973)
- (4) Payne, R. E., Whittaker, R. E., RubberChem. Technol., 44, 440 (1971)
- (5) 特開10-175208

執 筆 者

浅野 英亮* : 東海ゴム工業(株) 材料技術研究所



田口 武彦 : 東海ゴム工業(株) 材料技術研究所長



杉浦 隆典 : 東海ゴム工業(株) 材料技術研究所 主任研究員



木村 憲仁 : 東海ゴム工業(株) 材料技術研究所 担当課長



遠山 豊久 : 東海ゴム工業(株) 材料技術研究所 担当課長



*主執筆