

総 説

自動車用ゴム部品の軽量化

Weight Reduction of Automotive Rubber Parts

竹内 勝政*

1. はじめに

近年、環境規制・環境保護の観点から、特に地球温暖化傾向に対応するため、CO₂削減を狙いとした種々の技術改良が車輻開発に採用されている。

車輻の燃費低減を達成するための最も判りやすい方策は車輻の軽量化であり、大物部品については比較的議論されているが、自動車用ゴム部品については、重量的に少ない事もあり、今まであまり議論されていなかった。

今回自動車用ゴム部品の軽量化についていくつかの事例を紹介するとともに今後の課題について述べる。

2. 自動車の動向とゴム部品

現在までの自動車の動向と材質の関連を窺うため、自動車に占める各種材料の割合の推移を図-1に示した¹⁾。

ここで樹脂材料の占有率は著しい増加を示して

いるが、ゴム材料は幾分の減少あるいは横ばい状態となっている。これは樹脂材料が、軽量化を目的とした金属材料からの代替材料として増加していったことを示しているが、一方同じ高分子系材料であるゴム材料は、他の材料と異なりきわめて軟質であり、他の材料との置換は行われにくく機能材料としてほぼ同量のゴムが使われ続けていることを示している。

しかし、近年の環境に対する考え方の進歩は、更なる技術開発の必要性を示唆しており、例えば地球温暖化防止のために京都会議等で定められたCO₂を始めとする温室効果ガス削減を実施していく上で自動車に課せられた役割は非常に大きい。

具体的には、日本国内においても1998年に「エネルギー消費に関する法律」（いわゆる省エネ法）が改正施行され、これを受けた形で「乗用自動車の性能向上に関する製造事業者等の判断基準等」には2010年度のガソリン乗用車に基準エネルギー消費効率として表-1のように示されている²⁾。

これを達成するためにエンジン燃焼効率アップ

[注] ゴムの中にはタイヤを含む(占有率:約80%)

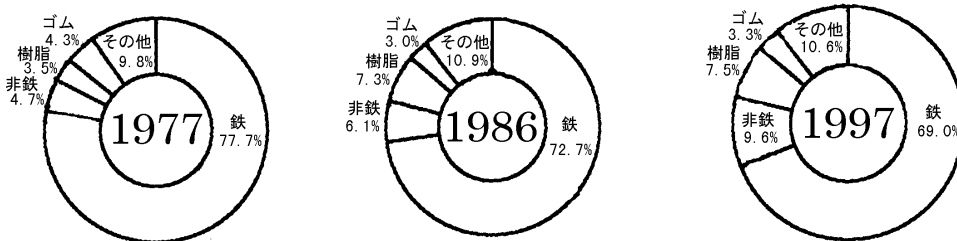


図-1 自動車材料の構成比

[結論]

樹脂材料の拡大傾向に対しゴム材料は縮小横ばい

[出展]

自動車工業会編
日本の自動車工業
(1999)

* Katsumasa Takeuchi 材料技術部 エラストマー材料技術室

のための直噴方式，動力伝達装置の高効率化あるいは，トヨタプリウスに見られるハイブリッドエンジン等が次々に車両搭載されている．これらの動力側の技術革新と合わせて車両の軽量化のために，例えばバンパー樹脂用TSOPに代表される軽くて強い素材の開発，部品の一体化，鉄からアルミ合金への変更，金属からガラス強化プラスチック（GFRP）への変更等も進められている．

同様にゴム部品の軽量化がどのように展開されているかを次に説明する．

表1 乗用自動車の性能の向上に関する製造事業者等の判断の基準等（ガソリン乗用車の例）

車両重量	基準エネルギー消費効率*
703kg未満	21.2
703kg以上 828kg未満	18.8
828kg以上1016kg未満	17.9
1016kg以上1266kg未満	16.0
1266kg以上1516kg未満	13.0
1516kg以上1766kg未満	10.5
1766kg以上2016kg未満	8.9
2016kg以上2266kg未満	7.8
2266kg以上	6.4

*10・15モード燃費率(km/L)

3. ゴム部品の軽量化の考え方

自動車用ゴム部品として当社が生産している代表的製品を表-2に示す³⁾．

表-2 豊田合成の代表的ゴム部品

使用部位	部品名
制動系	ブレーキホース
	カップ
燃料系	インレットホース
	フューエルホース
操舵系	パワーステアリングホース
吸気系	エアークリーナーホース
冷却系	ラジエターホース
	ウェザーストリップ
ボデー系	(ドア、トランク)
	ガラスラン
防振ゴム	エンジンマウント
	ダンパーブーリー
その他	シリンダーヘッドカバーガasket

ゴム部品の場合その機能を実現するため，種々素材との複合構成である場合が多く，部品としての軽量化を達成するためには，例えば金属インサートを樹脂化・アルミ化するといった方策が有効であるが，今回はゴム部に対する軽量化を中心に報告する．

ゴム部の軽量化としては，図-2に示すようにゴム材料の低比重化とゴム部の小型化に区分することができる．

ここで夫々に対する考え方を説明する．

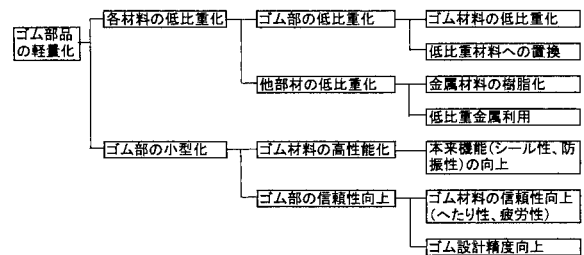


図-2 ゴム部品の軽量化

3-1 ゴムの低比重化

ゴム材料の特徴は，樹脂材料と異なり，ゴム用ポリマーを単独で使用するわけではなく，多種多様な配合物を比較的多量に充填することで要求機能を満足させており，この配合内容そのものがゴムの比重を左右している．但し配合内容は加工メーカーの独自であり，今回の内容は当社の事例を主体に説明する事を容赦願いたい．

まずゴム関連素材の比重について説明する．ゴム用ポリマーの比重を図-3⁴⁾に示す．

ここで最も軽いポリマーはEPRであり，最も重いポリマーはブロモブレンである．しかし実際にはこれらのポリマーに表-3⁴⁾に示すような種々な比重を有する配合剤を充填して使用される．

つまり，ゴム材料の低比重化は，これらの配合を如何に低比重に設計するかが重要なポイントとなる．ここでは自動車用ウェザーストリップ用ゴム材料を例にとり，説明する．

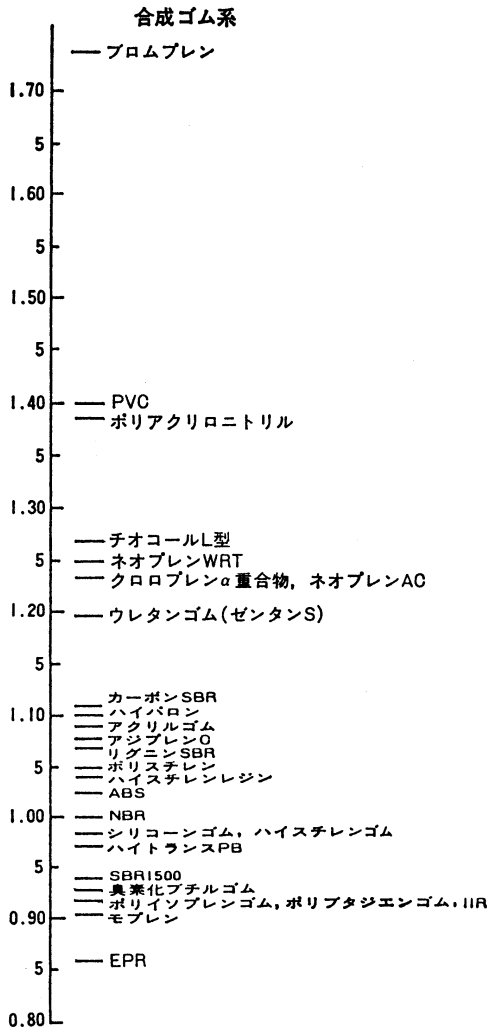


図 - 3 各種ゴムの比重一覧

表-3 主要配合剤の真比重と比容積

	比 重	比容積
亜鉛華	5.57	0.179
透明亜鉛白(炭酸亜鉛)	3.33	0.303
ステアリン酸亜鉛	1.05	0.952
活性亜鉛華	5.2	0.192
リトボン(30% ZnS)	4.15	0.241
酸化チタン(アナターゼ)	3.9	0.258
＃ (ルチル)	4.2	0.236
炭マグ(塩基性)	2.22	0.450
炭カル(重質)	2.70	0.370
＃ (軟質)	2.62	0.382
＃ (コロイド性)	2.55	0.393
硫酸バリウム(重質)	4.45	0.224
ブランクフィックス(軽質)	4.3	0.232
消石灰	2.20	0.454
リサージ	9.35	0.107
カ性マグ	3.20	0.313
タルク	2.72	0.367
カーボンブラック(チャンネル)	1.80	0.555
＃ (ファーネス)	1.86	0.548
＃ (サーマル)	1.88	0.532
無水シリカ	2.15	0.465
含水シリカ	1.95	0.513
含水ケイ酸石灰	2.05	0.488
ハードクレー	2.60	0.385
ソフトクレー	2.60	0.385
クマロンインデン	1.11	0.905
バインタール	1.08	0.926
プロセス油(芳香族) 20°C	0.97	1.032
＃ (ナフテン族) 20°C	0.92	1.086
ステアリン酸	0.85	1.176
パラフィン	0.90	1.111
白サブ	1.08	0.926
褐サブ	1.04	0.962
イオウ	2.07	0.483

(注) バンダビルト社データを主とす、液状の場合温度に注意のこと、有効数字はゴムが2ケタの場合は2ケタが必要、また精度は±0.03が標準。

① 低比重用窓枠用EPDM材料⁵⁾

ゴム材料には、材料の強度・ゴム硬さを達成するため、カーボンブラックと呼ばれるコロイダル状の比重1.86の補強剤が使用され、また加工性を確保するための軟化剤として比重0.9の鉱物油系プロセスオイルが使用される場合が多い。

ここでは低比重化を達成するため如何にプロセスオイルを多く充填できるようにするかといった観点から図-4に示すようにカーボンブラックの微細構造に着目し、ゴムに対する補強性を高め、また多くのプロセスオイルをその構造中に閉じ込めることができるように高吸油量カーボンブラックを開発し、これを用いる事で図-5, 6及び表-4に示すように低比重な窓枠材料を開発することができた。

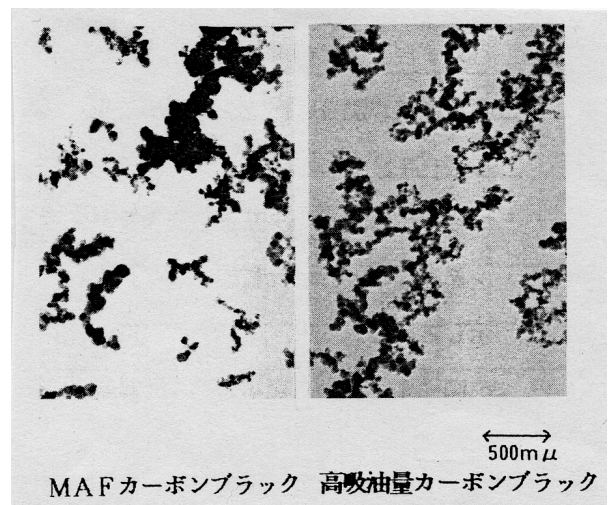


図-4 カーボンブラックの電顕写真

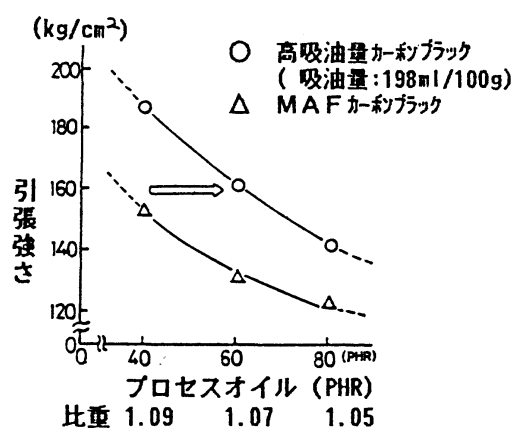


図-6 プロセスオイル量の引張り強さへの影響

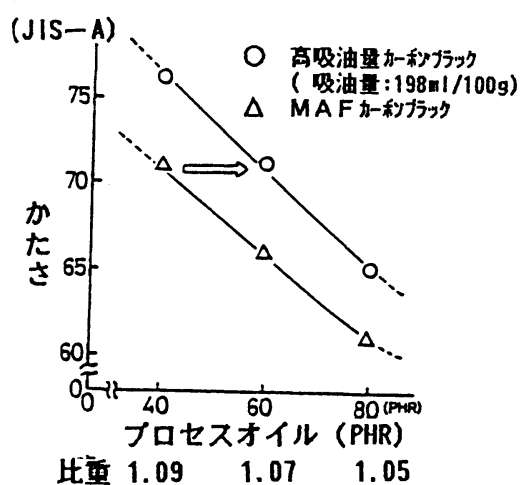


図-5 プロセスオイル量の硬さへの影響

表-4 窓枠ゴムへの適用検討

試験項目	材料	目標値	従来材	低比重材
比重		1.10以下	1.31	1.09
常態物性	かたさ(Hs)	70+5	72	70
	引張強さ(kg/cm)	80 以上	102	128
	伸び(%)	300 以上	420	530
コスト比較			同	等

製品への適用効果

W/Sバッキング材の場合 1500g → 1250g (17%の軽量化)

微発泡ソリッド材料

一般にゴム材料は、シールあるいは支持といった機能を発揮させるために中実な材料（以下ソリッド材料）として使われることが多いが、自動車用ドアウェザーストリップのように大変形が可能で

かつ変形荷重の小さい事が要求される場合、内部発泡を施したゴムスポンジが使用される。ここでは従来のソリッド材料にスポンジゴムの考え方を導入し、前段の材料より更に低比重化を図ることが出来た。

一般にゴムスポンジにおいては、図-7のように発泡のサイズ・分布状態が不均一である場合が多く、単に発泡剤の減量のみでは微細に分布した発

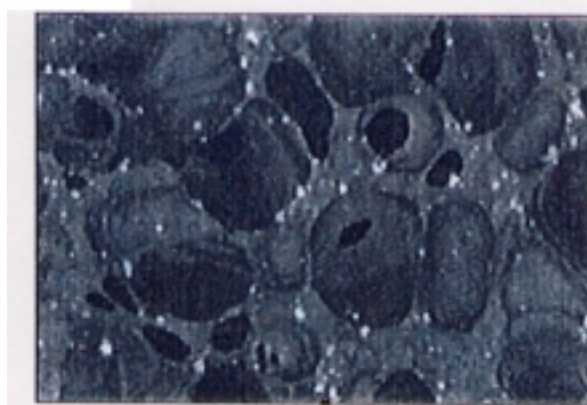


図-7 一般スポンジ断面

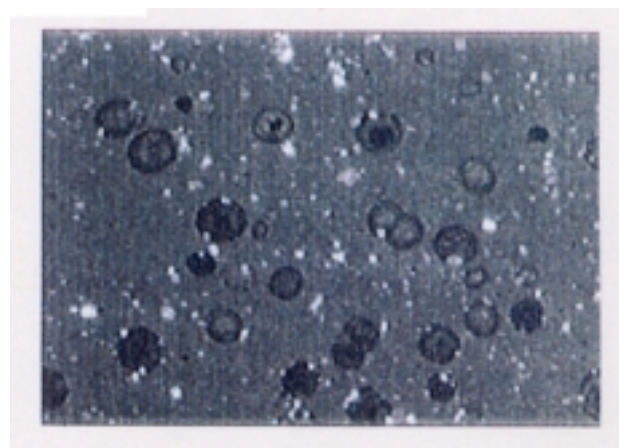


図-8 微発泡ソリッド材

泡構造を得ることはできなかった。

今回この発泡剤のゴム中への分散状態を均一にするため発泡剤の微粉化等の配合剤改良を実施し、結果として図-8のような材料を得ることが可能となった。

これらふたつの事例に共通することはいずれも強度等の信頼性を確保するため、新規な配合剤を開発することにより成り立っていることであり、既存の配合剤のみでは容易に低比重化が達成できないことを示している。

表-5 TPE の機械的性質

物 性	スチレン系			ポリエステル系		ポリアミド系		ポリウレタン系		オレフィン系 EPDM/PP (動的架橋)		
	SIS	SBS	SEBS	40D	55D	25D	40D	77A	45D	55A	73A	87A
硬 さ	52A	71A	75A	40D	55D	25D	40D	77A	45D	55A	73A	87A
引張り強さ (MPa)	20	32	35	30	44	29	36	25.5	62.1	4.4	8.5	15.9
伸 び (%)	1,200	800	500	560	560	715	485	500	460	330	460	520
比 重	0.93	0.94	0.91	1.17	1.20	1.01	1.01	1.23	1.22	0.97	0.98	0.96

3-2 低比重材への置換

近年、ゴムに代替え可能な材料として軟質な熱可塑性エラストマーが工業的に使用されるようになり、自動車用ゴム部品においてもいくつか適用されている。

自動車用ゴム部品の代替として使用される熱可塑性エラストマーの種類は表-5⁶⁾が代表であるが、この内、特にオレフィン系エラストマーはベースとなるPPの比重が小さく、軽量化材料として着目されている。また、ゴムの場合加硫反応を伴うことから一般には廃車部品でのリサイクル性が乏しいことと比較し、熱可塑性材料の特徴としてのリサイクルし易さといった観点からも車輛搭載が増える傾向にある。

当社においても図-9⁷⁾に示すような部品が開発・量産化されている。しかし、オレフィン系エラストマーは一般にPPと架橋EPDMの海島構造を持ち、島構造のEPDMの架橋密度がヘタリ性を左右し、また海構造のPP相により、傷付き性が左右されることから、製品適用においては材料選択に注意が必要である。

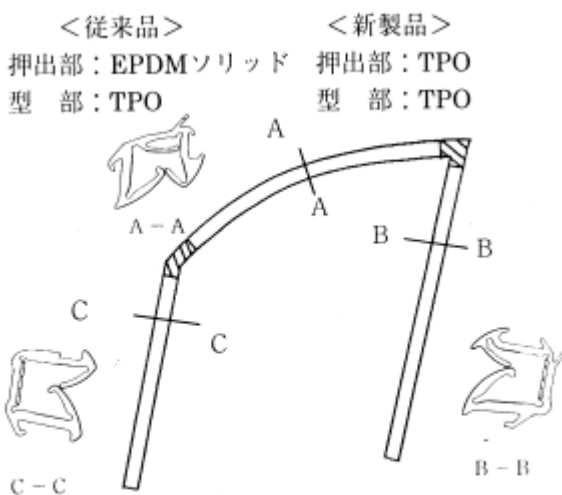


図-9 従来仕様との比較

表-6 TP0 化による効果

効果項目	押出部	従来品	新製品
		EPDM	TPO
軽量化		100	80
省スペース化		1	2/3

3-3. ゴム部品の小型化

前項で述べた内容は、比較的ゴム材料重量の多い部品、たとえばウェザーストリップ等においては車両の軽量化に有効であるが、ゴム重量の少ない部品、たとえば防振ゴムのように金属部品との複合構成となっている場合は、ゴム部の小型化により、他の構成部品も小型化され、軽量化に繋がるケースが多い。

ゴム部の小型化の課題としては、少量のゴム材料で同等の性能を有することが必要であり、しかも本来のゴム機能であるシール性・防振性・媒体保持性に加えて車両に要求される信頼性寿命も同時に両立させることが必要となる。これは単にゴム材料部分の開発だけでなく、製品設計面での技術開発も必要となる場合が多い。

それらについていくつかの事例を説明する。

① 高性能単純圧入ダンパー⁸⁾

この部品はエンジンのクランクシャフトの先端に位置し、各補機類への動力伝達機能に加えてクランクシャフトの振じり振動を低減する機能を有した防振ゴムである。従来は部品の信頼性確保のため図-10のような接着タイプ（リング圧入）が多かったが、省スペース化の要求により、図-11のような単純圧入タイプへの変更がなされている。

これを達成するためゴム材料としてはNR系材料からヘタリ性能の優れるEPDM材料へ変更するとともに防振性を確保するため、図-12に示すように減衰性能向上も実施し、結果としてリング廃止、ゴム部小型化ができています。

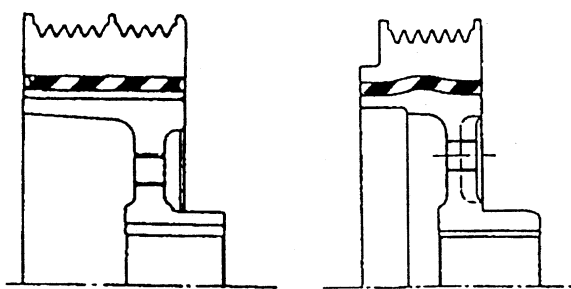


図-10 従来品

(接着タイプ; リング圧入)

図-11 従来品

(単純圧入タイプ)

図-12 減衰係数 (tan δ) の比較

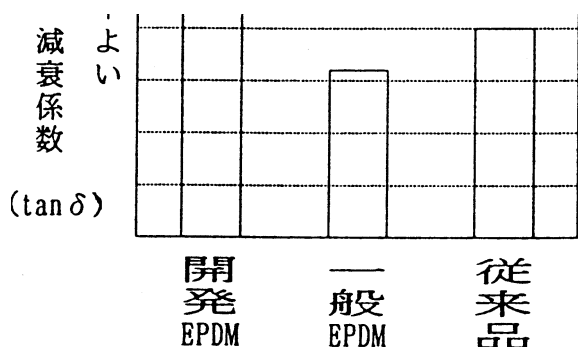


図-12 減衰係数 (tan δ) の比較

② 燃料チューブ⁹⁾

エバポ規制に対応するため、従来の図-13に示す口金付きのゴムホースから図-14に示す樹脂ホースが開発・量産されている。

従来のゴムホースに比較し、媒体保持性であるガス透過性に優れるフッ素樹脂を最内層に使用することにより、燃料透過性 (M15) は1/80に低減でき、また樹脂チューブの適用で1/3以下の軽量化が達成できている。ここでは、ガス透過性に着目し、素材として単にゴムの範疇だけでなく、樹脂材料も含め機能設計することで目的が達成されている。

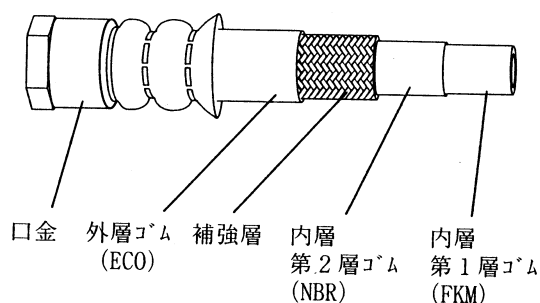


図-13 従来品の構成

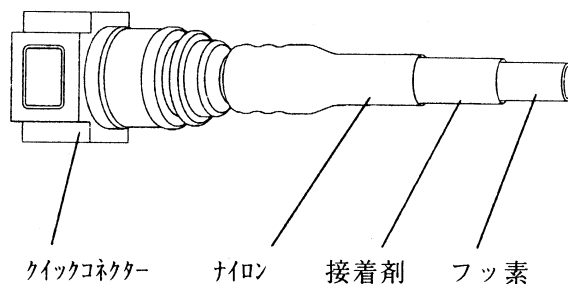


図-14 開発品の構成

以上材料的な観点での事例を示したが、近年のCAEの技術開発は目覚しく、ゴムの製品設計においても例外ではなく、非線型解析手法によるゴム内部の歪み量予測精度が向上している。動的部位で使用されることの多いゴム部品の寿命は疲労によるため、ゴム部の小型化を進めるためには如何に歪み量を低減するかがポイントであり、たとえば図-15に示すようにゴム部品設計において有効な手段となっている。

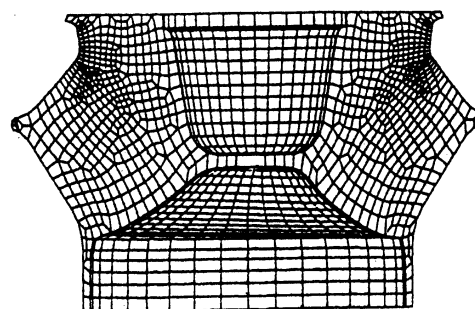


図-15 エンジンマウント歪解析

4. まとめ

以上、主に豊田合成における事例をベースにゴム部品の軽量化について紹介してきたが、ゴムの特徴である「軟質かつ復元性」を利用した機能部品ゆえの技術的難易度からまだまだ他の部品ほど軽量化は進んでいないとの実感がある。これは他の部材は、ほとんどの場合弾性変形内の歪みを限界とした製品設計であり、その許容値が比較的明確であるが、ゴムにおいての使用限界値が不明確であるため、製品開発においては絶えず実験的な検証を必要としてきたことがひとつの要因と考えられる。

今後ますます環境およびカスタマーデライトの観点からの車両開発がタイムリーに必要であるこ

とを考えると、ゴム材料におけるブラックボックス的な複合材料の内部構造解析を併せて進めることでスピーディな対応が可能となる。

また、軽量化を進めるためには、素材開発も重要な要素であり、近年注目されているメタロセン触媒による α -オレフィンポリマー等の登場が期待される場所である。

引用文献

1. 自動車工業会編 日本自動車工業 (1999)
2. 沼尻 到 ; 自動車研究, VOL.22 No.2 (2000.2)
3. 前野 隆 他 ; 豊田合成技報, VOL.40 No2 (1998)
4. 金子 秀男 ; 応用ゴム物性論 20 講、大成社、(1978),15
5. 豊田合成編 「豊田合成 技術のあゆみ」
6. 秋葉 光雄 ; プラスチックエージ, VOL, 42 (1996.2), 100
7. 小沢 寛靖 他 ; 豊田合成技報, VOL,41 No.1 (1999)
8. 三宅 和俊 ; 豊田合成技報, VOL,39 No2 (1997)
9. 小池 正樹 他 ; 豊田合成技報, VOL,41 No1 (1999)
10. 前野 隆 他 ; 豊田合成技報, VOL.40 No2 (1998)