

ウレタンゴムの特性と応用

Properties and Applications of Urethane Rubber

岡田 伸 一* 清水 克 美**
Shin'ichi Okada Katsumi Shimizu

内 容 梗 概

最近、工業用部品関係に應用され始めたウレタンゴムの加工法と性能について述べた。ウレタンゴムは従来のゴムに比較して機械強度が格段にすぐれており、特に耐摩耗性がすばらしい。さらに、耐油性もニトリルゴムに匹敵するものもある。ただ、耐熱性に乏しいことが欠点で、使用温度は80~100℃程度である。加工面では注入成形、射出成形など、従来のゴム加工法には見られない特異な面があり、用途に応じて使い分ければ非常に有用な材料と考えられる。なお、最後にウレタンゴムの特徴を生じた応用分野についても列挙した。

1. 緒 言

分子中にウレタン結合(-NHCOO-)を有する一群の高分子物質はポリウレタンと総称され、ゴム弾性体、フォーム、塗料、接着剤および繊維などの広分野に應用されている。ポリウレタンは1940年代にドイツで開発され、その後、欧米において研究が進められてきたが、戦後、石油化学の進歩にともなってフォームを中心に急速な発展を遂げ各方面で注目されるようになった。ゴム弾性体(ウレタンゴム)は、わが国でも数年前よりゴムメーカー数社が外国各社との技術提携により製造に着手し、市販されてきた。

ウレタンゴムは液状ゴムを注入成形により加工できる点が大きな特長であるが、また、従来のゴムと同様、ロール操作により加工できるものもある。さらに最近では熱可塑性の材料も開発されている。これらはいずれも、従来の天然あるいは合成ゴムと比較して、耐摩耗性、機械強度が格段にすぐれ、また、耐油性も良好なため主として工業用部品や靴底などに應用されている。

ここでは、これらのウレタンゴムについて、その特徴ある性能を報告し、今後の活用の参考とするしだいである。

2. 各種ウレタンゴムの加工法

2.1 ウレタンゴムの製造と種類

現在市販されているウレタンゴムは製造原料や加工操作の相違に

より一般に第1表のように分類される。それぞれのタイプについて、現在まで工業用あるいは試作品として発表された製品である。

注入成形型ウレタンゴムとは金属の鋳造法に似た加工法により加硫成形できる液状ゴムであり、ロール混練型とは一般のゴムと同様、ロール操作により加工できるゴムである。また、熱可塑性型はポリエチレンやポリ塩化ビニルと同じ方法により加工できるもので、それぞれの加工法の概要は後述する。

ウレタンゴムはジイソシアネート(OCN・R・NCO)と多価アルコール(HO・R・OHなど)やジアミン(H₂N・R・NH₂)などの活性水素を2個以上有する化合物との反応により得られ、その合成過程は通常次の3段階に大別される。

- (1) ポリエステル、ポリエーテルあるいはポリエステルアミドを基体とする比較的高分子量の鎖状多価アルコール(ベースポリマ)の合成
- (2) ジイソシアネートと上記ベースポリマとの反応による鎖状のプリポリマあるいは生ゴムの合成
- (3) 硬化剤あるいは加硫剤の添加による三次元網状化

第1段階のベースポリマについては、現在市販のものは第1表のようにエステル系が圧倒的に多い。第2段階では、ジイソシアネートとベースポリマとの配合比により末端基が決定される。もし、ベースポリマ(多価アルコール)が過剰の場合はヒドロキシルプリポリマとなり、また、ジイソシアネートが過剰の場合はイソシアネー

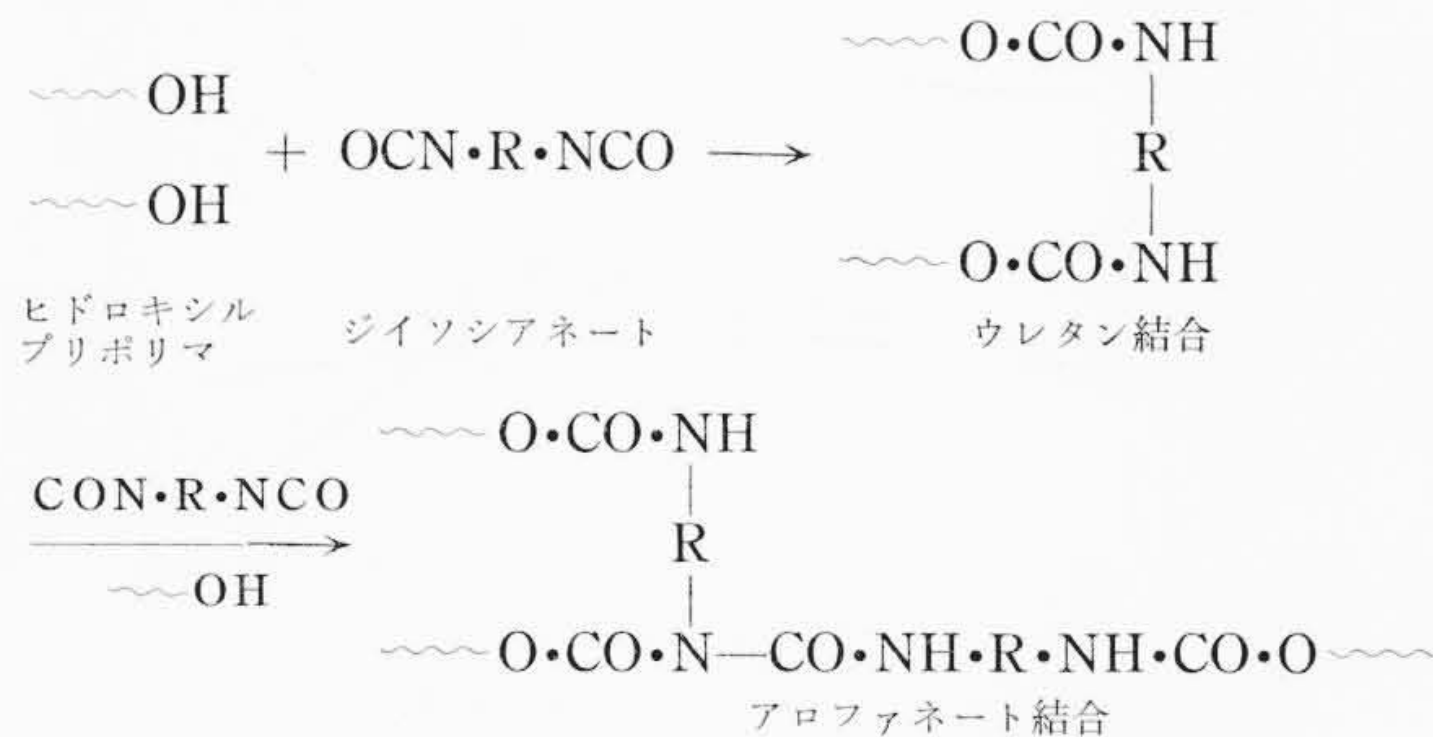
第1表 現在まで発表されたウレタンゴムの種類

タ イ プ		商 品 名	メ ー カ	末 端 基	架 橋	摘 要
注 入 成 形 型	エ ー テ ル 系	Adiprene L ^{(1)~(5)}	du Pont	-NCO	アミン, ポリオール, 水	硬さにより, 100, 167, 213, 315 の4種がある
	エ ス テ ル 系	Vulkollan ^{(6)~(8)} Desmophen 2, 200W ⁽⁹⁾ Multrathane ⁽¹⁰⁾ Solithane ⁽¹⁾ Neothane ⁽¹⁰⁾	Bayer Bayer Mobay Thiokol Goodyear	-NCO -OH -NCO 不 明 不 明	アミン, ポリオール, 水 ジイソシアネート アミン, ポリオール, 水 不 明 不 明	旧名 Chemigum SL
	エステルアミド系	Vulcaprene ⁽¹⁾⁽²⁾	I. C. I	不 明	不 明	
ロ ー ル 混 練 型	エ ー テ ル 系	Adiprene B ⁽¹¹⁾ Adiprene C ⁽¹¹⁾	du Pont du Pont	-OH -OH	ジイソシアネート 硫黄, 有機過酸化物	製 造 中 止
	エ ス テ ル 系	Desmophen A/TT ⁽¹²⁾ Urepan E ⁽¹³⁾ Genthane S ⁽¹⁴⁾ Elastothane ⁽¹⁵⁾ Vibrathane ⁽¹⁰⁾	Bayer Bayer General T & R Thiokol U.S. Rubber	-OH -OH -OH 不 明 不 明	ジイソシアネート 有機過酸化物 ジイソシアネート 有機過酸化物 硫黄, 有機過酸化物 有機過酸化物	
	エステルアミド系	Vulcaprene A ⁽¹⁶⁾	I. C. I.	不 明	アミン, ホルムアルデヒド縮合物	
熱 可 塑 性 型	エ ス テ ル 系	Estane ^{(17)~(19)} Texin ⁽²⁰⁾⁽²¹⁾	Goodrich Mobay	不 明(安定化) 不 明(安定化)	な し な し	熱 可 塑 性 熱 可 塑 性

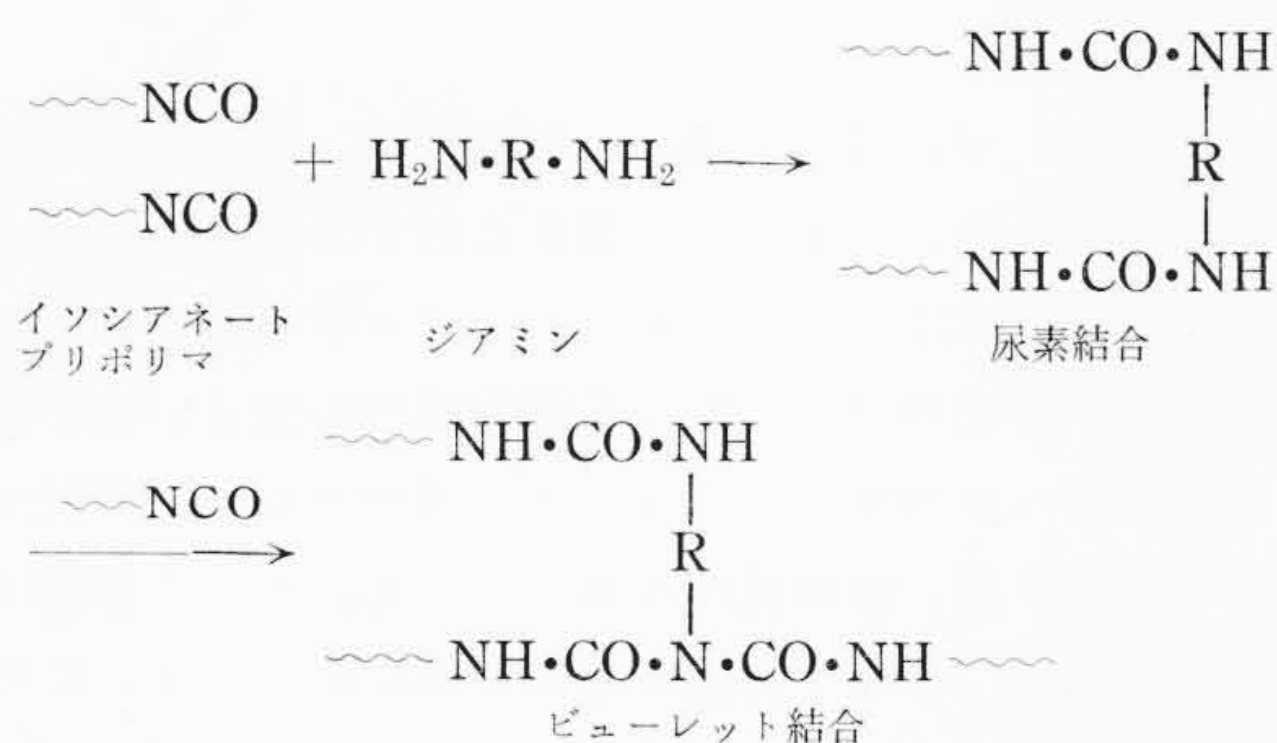
* 日立電線株式会社日高工場
** 日立電線株式会社電線工場

トプリポリマができる。第3段階における硬化剤(架橋剤)としては、ヒドロキシルプリポリマに対してはジイソシアネート、また、イソシアネートプリポリマに対しては水、ジアミンあるいは多価アルコールが用いられる。これらの架橋反応の一例は次のとおりである。

ヒドロキシルプリポリマの場合



イソシアネートプリポリマの場合



ジイソシアネートは湿気を極端にきらい、貯蔵や加工操作上、特別の配慮が必要となる。したがって最近では、これらの架橋法のほかに、ジェンタンSやウレパンEなどのロール混練型のプリポリマにおいては有機過酸化物(Dicumyl peroxide や Di-tert-butyl peroxide など)による架橋法が広く用いられている⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。

2.2 注入成型型ウレタンゴム

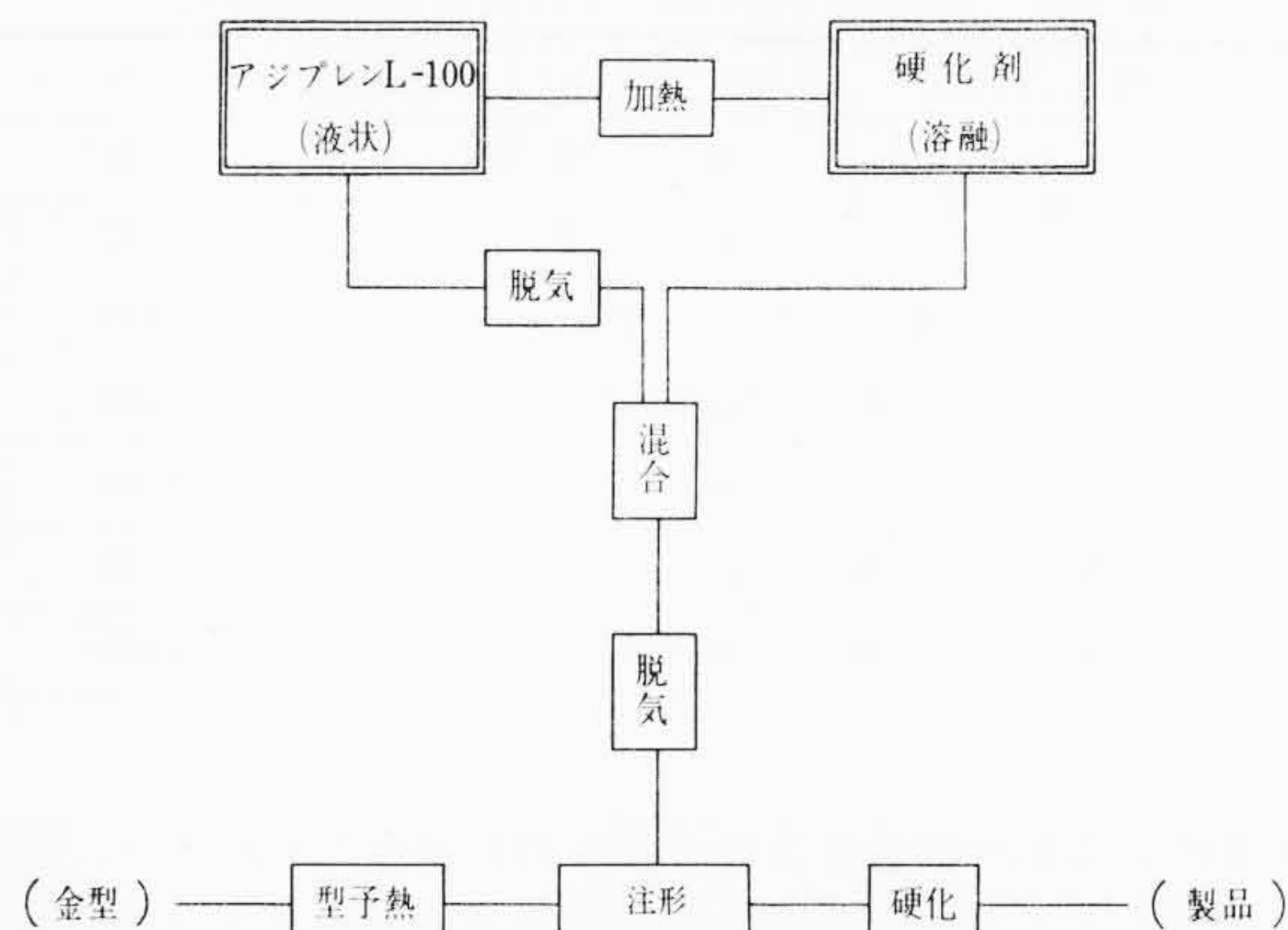
注入成型型のウレタンゴムは原料が液状という点で大きな特色を有するとともに、加工面においても従来のゴムとはまったく違う。すなわち、加工者は、従来のゴムでは高分子に重合した生ゴムから出発するのに対し、ウレタンゴムでは原料素材から取り扱うことができ、原料から最終製品までの合成過程を自由に調節することにより、いろいろな性能を有する幅の広いゴムを製造できると同時に、全工程を自動化された一つの流れのなかに収め得る可能性を有している。

筆者らは、従来、du Pont 社のアジブレン L-100 を中心に製品化への検討を進めてきたので、ここではアジブレン L-100 を例にとって、その加工法の概略を述べる。

アジブレン L-100 は飴色の液体で、その性状は第2表のとおりである。この生ゴムはイソシアネートプリポリマのため架橋剤はジアミンあるいは多価アルコール(ポリオール化合物)が用いられる。硬質ゴム用には 4,4'-Methylene-bis(-ortho-chloroaniline) (商品名

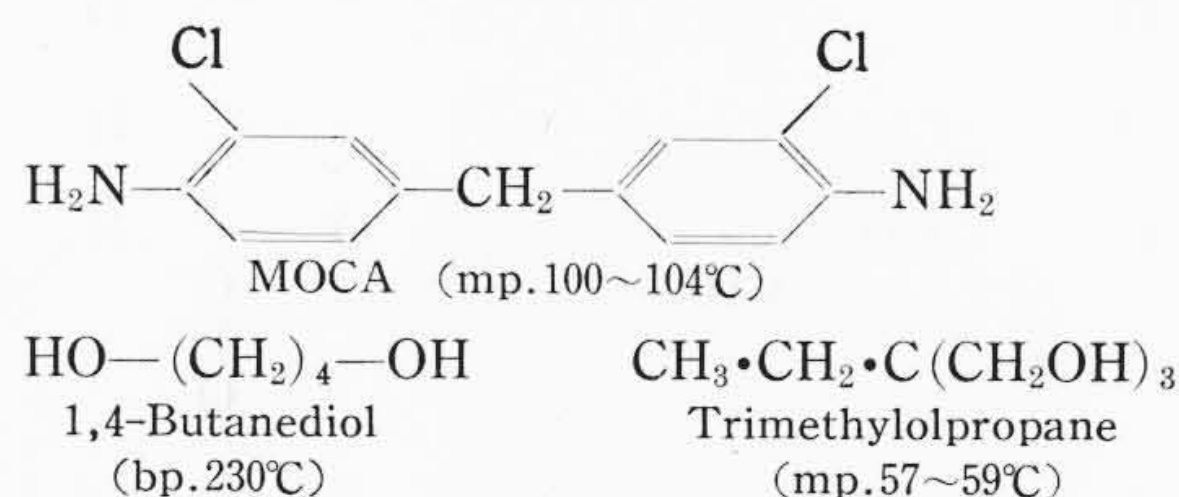
第2表 アジブレン L-100 の組成と物理的性状⁽³⁾

組 成	1,4-Butanediol と 2,4-Toluenediisocyanate を原料とするイソシアネート末端のポリマ
イソシアネート含有量	4.0~4.3 %
平均分子量	約 2,000
粘度 (@ 30°C)	16,000~19,000 cps
粘度 (@ 100°C)	600~800 cps
比重	1.07
貯蔵安定性	湿気なければ安定
揮発性物質	なし
溶解性	ケトン、エステル、芳香族炭化水素に可溶



第1図 アジブレン L-100 の加工工程の原理

MOCA), また、軟質ゴム用には 1,4-Butanediol と Trimethylolpropane の組み合わせが一般に用いられており⁽³⁾, 筆者らもこれを用いた。架橋剤の構造は次のとおりである。



次に加工工程の原理を第1図に示す。プリポリマおよび架橋剤は混合温度を一定に保つために加熱する。また、混合温度は、得られる製品の性能から、100°C 程度が適当である。

アジブレン L などの注入成型型ウレタンゴムの加工において重要なことは反応混合物の脱気である。もし、脱気が不十分の場合は製品中にボイドを生じる原因となる。また、金型の形状も重要な点である。たとえば、大形のシート状製品を得たい場合は、遠心力を利用した回転ドラムなどの特殊な方法を用いる必要がある。

このように注入成型型のゴムには、従来のゴム加工法とは異なる根本的な問題がいくつか存在する。したがって、加工法の面からその適用分野を検討した場合、従来のゴム分野のすべてに適用されるというより、むしろ従来のゴム加工法では、不利あるいは不可能とされた分野が妥当かと思われる。なお、液状ゴムの成形法には常圧下で注入成形する方法のほかに、加圧成形法や遠心成形法などの特殊な方法も効果がある⁽¹⁾。

2.3 ロール混練型ウレタンゴム

ロール混練型ウレタンゴムは一般の合成ゴムと同様に生ゴムの状態で入手され、従来のゴム加工装置を用いて加工できる。この生ゴムは注入成型型のプリポリマに相当するが、このままでは強度が小さく実用に耐えないので、補強剤あるいは加硫剤をオープンロールやバンバリミキサで配合し、加硫することにより最終製品とする。充てん剤としては、一般の合成ゴムとまったく同様にカーボンブラック、その他の無機充てん剤あるいは樹脂類も配合でき、さらにこれらの充てん剤を適当に組み合わせることにより、硬度の低いものから高いものまで、用途に応じた製品を得ることができる。

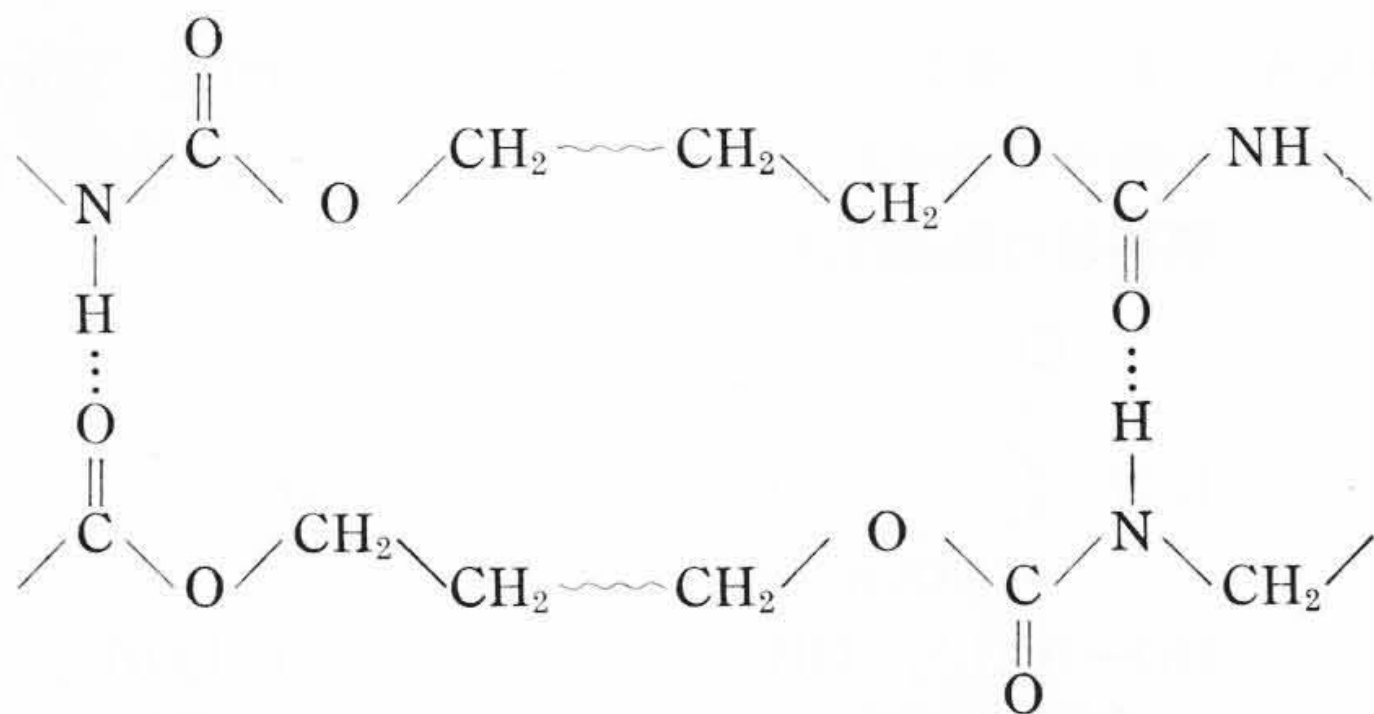
筆者らは General T. & R. 社のジェンタン S および Bayer 社のウレパン E, デスモヘン A/TT について検討を行ない、パッキングやロール類の工業用部品としてすでに実用化している。

2.4 熱可塑性型ウレタンゴム

現在市販されているものにはエステン (Goodrich 社) とテキシン (Mobay 社) の2種があり、いずれも熱可塑性という点で非常に特異な材料である。これらの材料は次に示すようなウレタン結合間の

第 3 表 エステン 5740×1 の射出成形条件 ⁽¹⁷⁾				
材 料		度 温 (℃)	177	
パ レ ル 温 度 (℃)	後 部		121	
	前 部		177	
ノ ズ ル 温 度 (℃)			177	
ラ ム 圧 (kg/cm ²)			1,400	
サ イ ク ル (sec)			30~90	
型 温 度 (℃)			38	
型 収 縮 (cm/cm)			0.009	

水素結合による配向構造をうまく組み合わせることにより、事実上加硫を完了したような直鎖状のポリウレタンプリポリマであるといわれる^{(17)~(21)}。したがって、このままの状態でもすぐれた機械強度を有しており、プラスチック弾性体ともいべき挙動を示す。



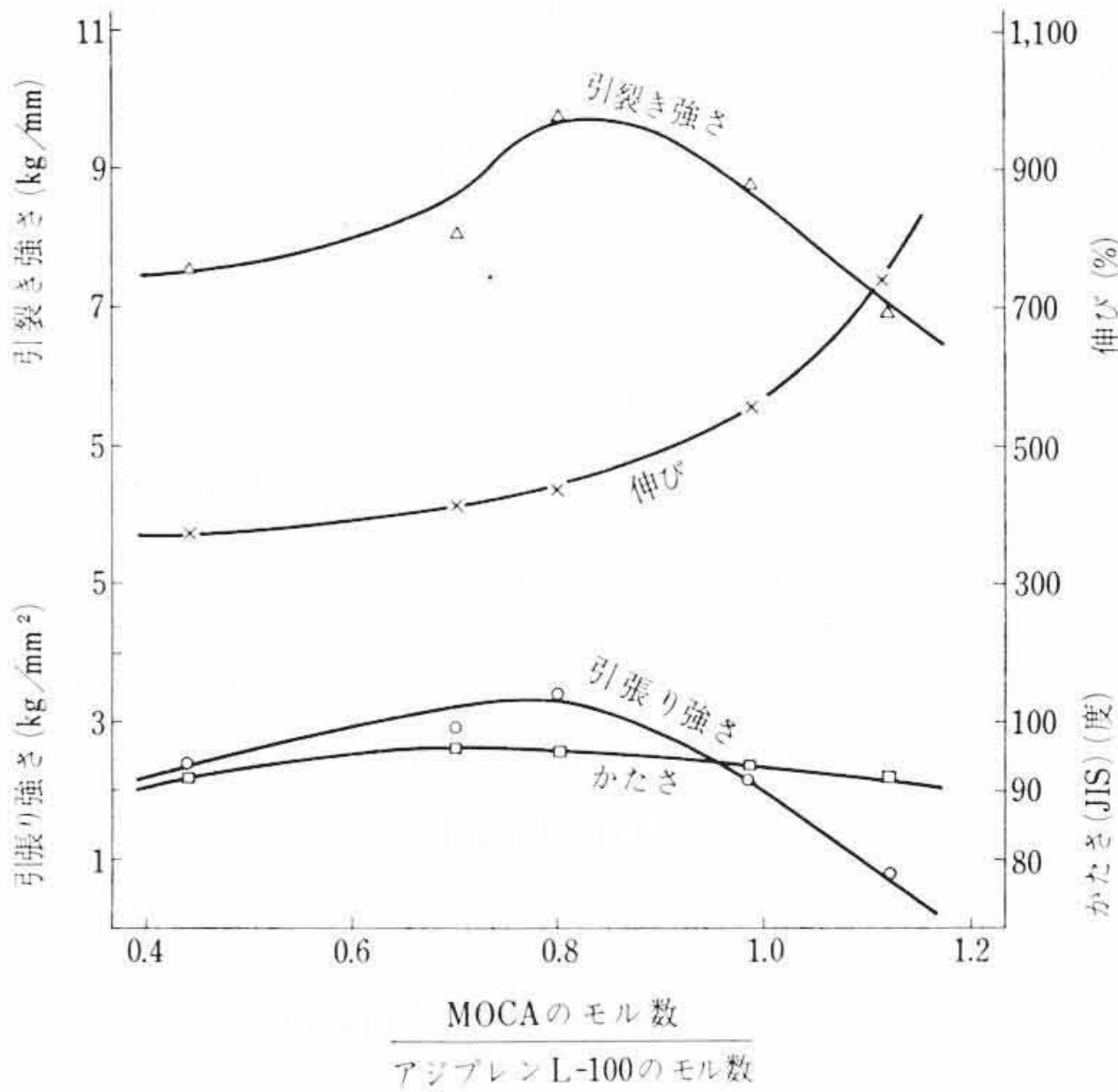
このタイプのゴムはポリエチレンなどの一般のプラスチック加工装置を用いて、まったく同様の操作により加工できるのが最大の特徴である。すなわち、射出成形、圧縮成形および押出成形が可能であり、特に射出成形では連続的な量産を可能にするものとして、従来のゴムでは得られない有利な面を有している。第3表はエステンの加工条件の一例であるが、エステルは、また、ロール操作により補強剤や着色剤を配合することも可能である。ただ、これらのゴムは、いずれもプリポリマ自身の硬度が高いため得られる製品の幅もかなり限定される。

3. ウレタンゴムの性能

3.1 一般的機械特性

ウレタンゴムは一般に機械特性が従来のゴムに比較して格段にすぐれている。第4表に各種ウレタンゴムについて機械特性の測定結果を示す。比較としてニトリルゴム (NBR) を併記した。

アジブレンはポリオール架橋の場合、一般に硬度の低いものが得られるが、これは強度が小さい。しかし、それ以外のものでは、いずれもすばらしい機械的強じんさを有している。引張り強さでは、ニトリルゴムなどの従来のゴムが、およそ 2 kg/mm² 程度であるの



第 2 図 アジブレン L-100 における MOCA の配合量と特性の関係

に対し、ウレタンゴムは 2~4 kg/mm² を有し、また、伸びも 350% 以上あり申しぶんない。また、引裂きに対する抵抗性も大きい。

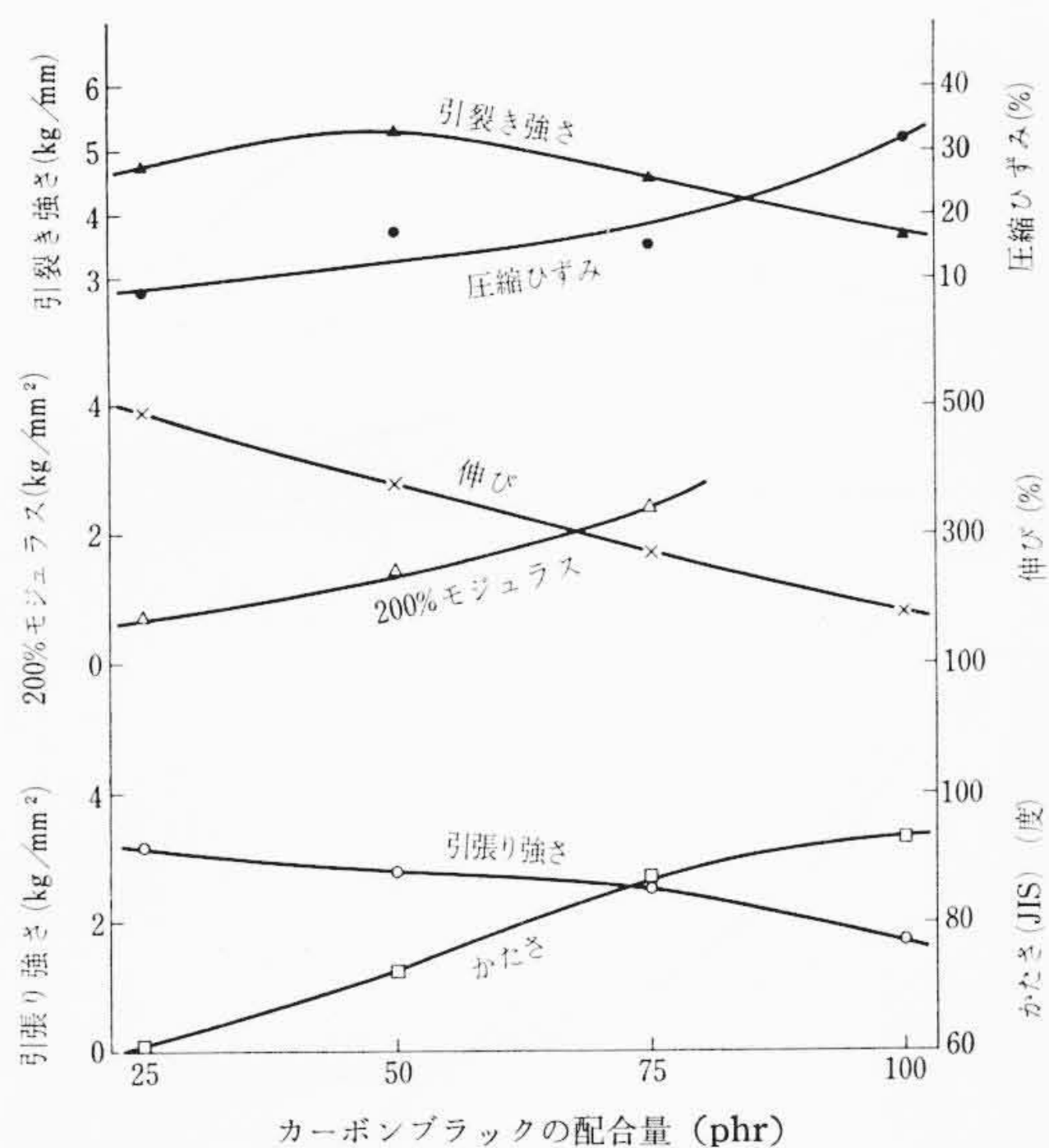
耐摩耗性においては、アジブレンのアミン架橋物およびエステンは特に優秀で、従来のゴムの中でも耐摩耗性の大きいといわれるニトリルゴムの 3~5 倍ある。ジェンタン S やウレパン E においてもニトリルゴムより高い耐摩耗性を有している。また、硬質ゴムでも弾性に富んでおり、ショブ弾性は非常に高い値を示す。ただ、エステルは熱可塑性のため一般のプラスチックと同様、熱による流れが大きく熱変形に対しては回復力が小さいので、実用上留意する必要がある。しかし、ロール混練型のジェンタン S およびウレパン E は、いずれもゴム特有のすぐれた回復力を有している。

アジブレン L などの液状ウレタンゴムでは、成形過程が合成反応であるためか、一般のゴムのように充てん剤による補強効果が期待できず⁽⁵⁾、製品の幅は反応条件や硬化剤により限定される。第2図はアジブレン L-100 において、硬化剤 (MOCA) の配合量と機械特性の変化を示す。MOCA の量はプリポリマに対して、モル比が約 80% のときに最も良好な結果を示す。これは、機械特性が架橋点の数とポリマの鎖状部分の長さに影響されるためと思われる。すなわち、第2章で述べたようにアジブレン L のアミン架橋では架橋がビュレット結合により起こるため、アミノ基に対しイソシアネート基が過剰に必要であるが、あまり多過ぎても鎖延長反応が十分でなくなるためと思われる。

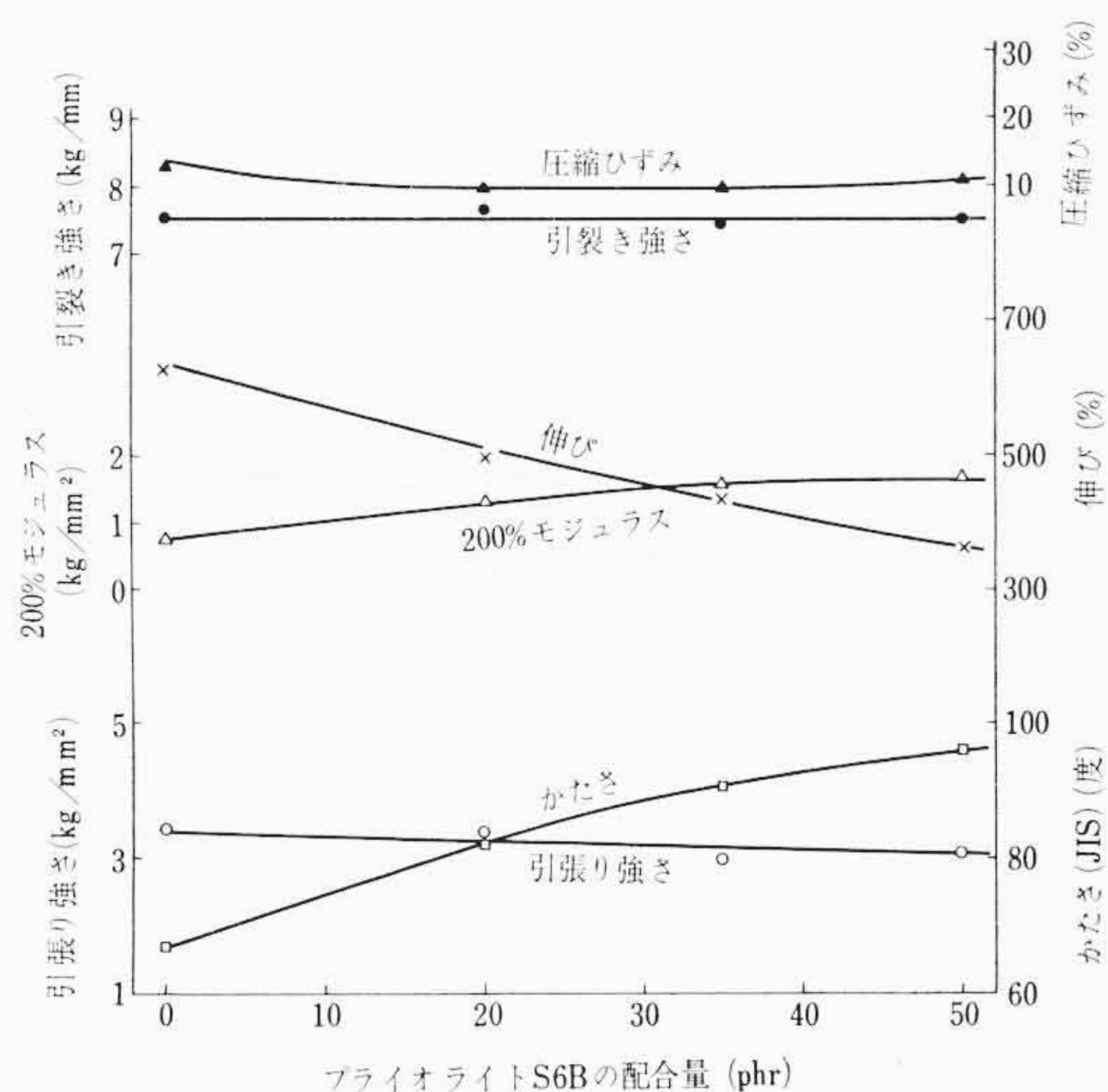
ロール混練型においては、充てん剤を適当に配合することにより補強効果を得ると同時に、用途に応じた特性を有するゴムを得ることができる。ウレパン E やジェンタン S は純ゴム配合では強度は非

第 4 表 ウ レ タ ン ゴ ム の 機 械 的 特 性										
特 性	銘 柄 配 合 種	アジブレン L-100		ジェンタン S		ウレパン E		エ ス テ ン		ニトリルゴム
		アミン架橋	ポリオール 架 橋	No. 1	No. 2	No. 1	No. 2	5740×1	5740×7	パッキン配合
か た さ (JIS), 度		96	50	96	61	92	61	87	93	76
引 張 り 強 さ, kg/mm ²		3.38	0.81	3.05	4.06	2.32	3.21	3.74	4.12	1.89
200% モジュラス, kg/mm ²		1.18	0.13	1.65	0.79	1.47	0.76	0.87	1.56	1.80
伸 び, %		440	785	360	520	367	489	602	538	228
引裂き強さ (JIS.B 法), kg/mm		9.81	1.83	7.48	8.38	6.33	4.73	5.85	6.73	3.86
圧 縮 ひ ず み (ASTM, B 法) (70℃×22 hr 処理), %		26.6	25.4	10.9	7.0	13.8	7.8	—	—	20.5
*耐摩耗性, cm ³ (体積摩耗量)		0.03	0.80	0.08	0.10	0.09	0.12	0.06	0.04	0.16
反 発 弾 性 率 (ショブ式) %		48.5	49.3	35.5	49.3	36.5	49.5	43.2	40.4	17.2

※ ウィリアム式摩耗試験機 720 回転



第3図 ウレパンEにおけるカーボンブラックの配合量と特性の関係



第4図 ジェンタンSにおけるハイスチレン樹脂（プライオライト S6B）の配合量と特性の関係

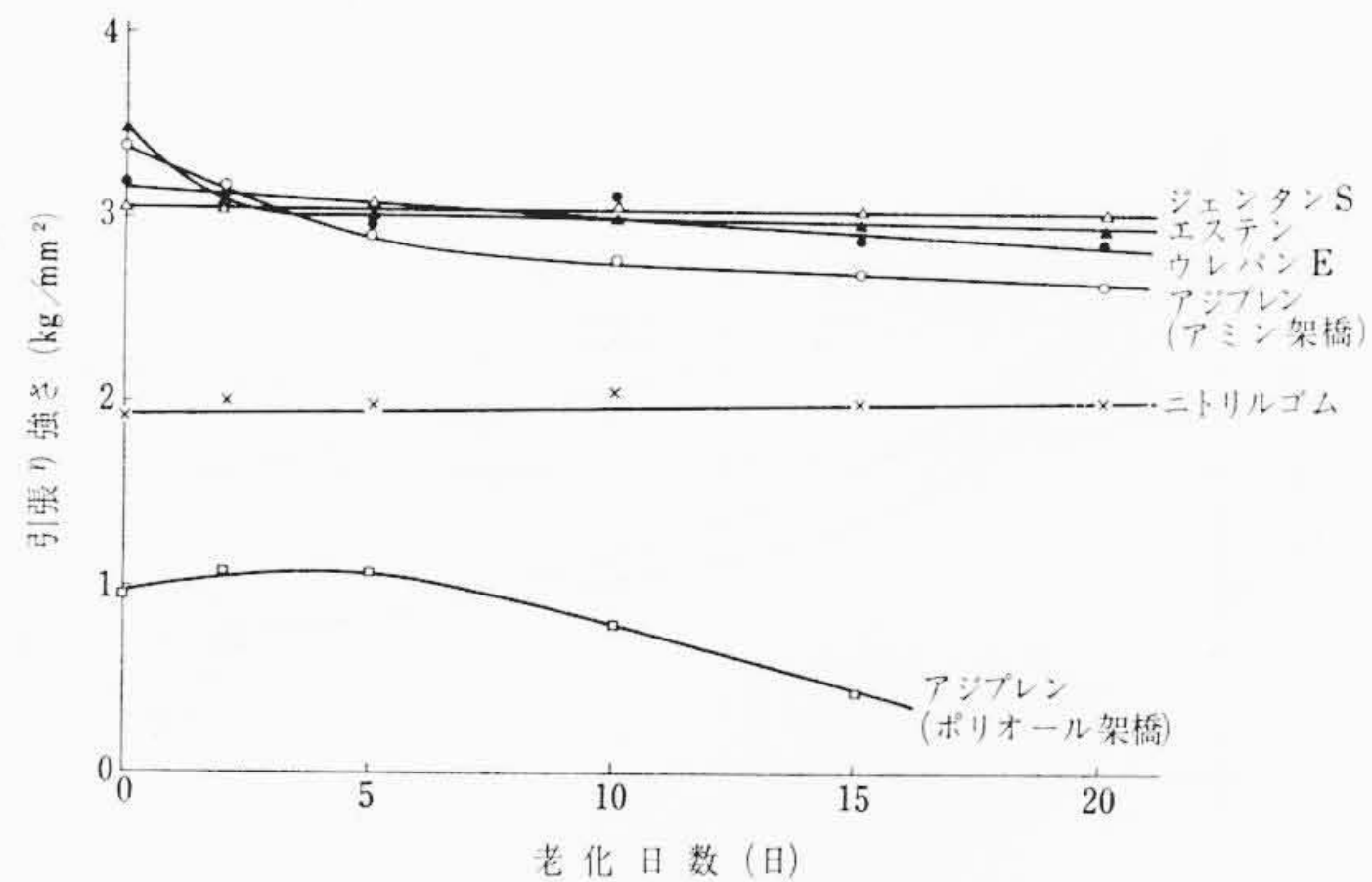
常に小さく実用に耐えないが、カーボンブラックなどの補強剤を20~30 PHR(生ゴム 100 重量部に対する重量部, 以下 PHR とあるのはすべて同じ) 配合することにより最高の強度を有するようになる⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。第3図はウレパンEにおけるカーボンブラック配合量と機械強度の関係を示す。ここでは20 PHR 以上の配合量についての検討結果であるが、カーボンブラックの配合量を調節することによりモジュラスあるいは硬度の異なる幅広いゴムを容易に得ることができる。

第4図はジェンタンSにおける硬質ゴム用充てん剤の配合による特性の変化を示すが、引張り強さや引裂き強さなどを犠牲にすることなく非常に硬質のゴムが得られる。

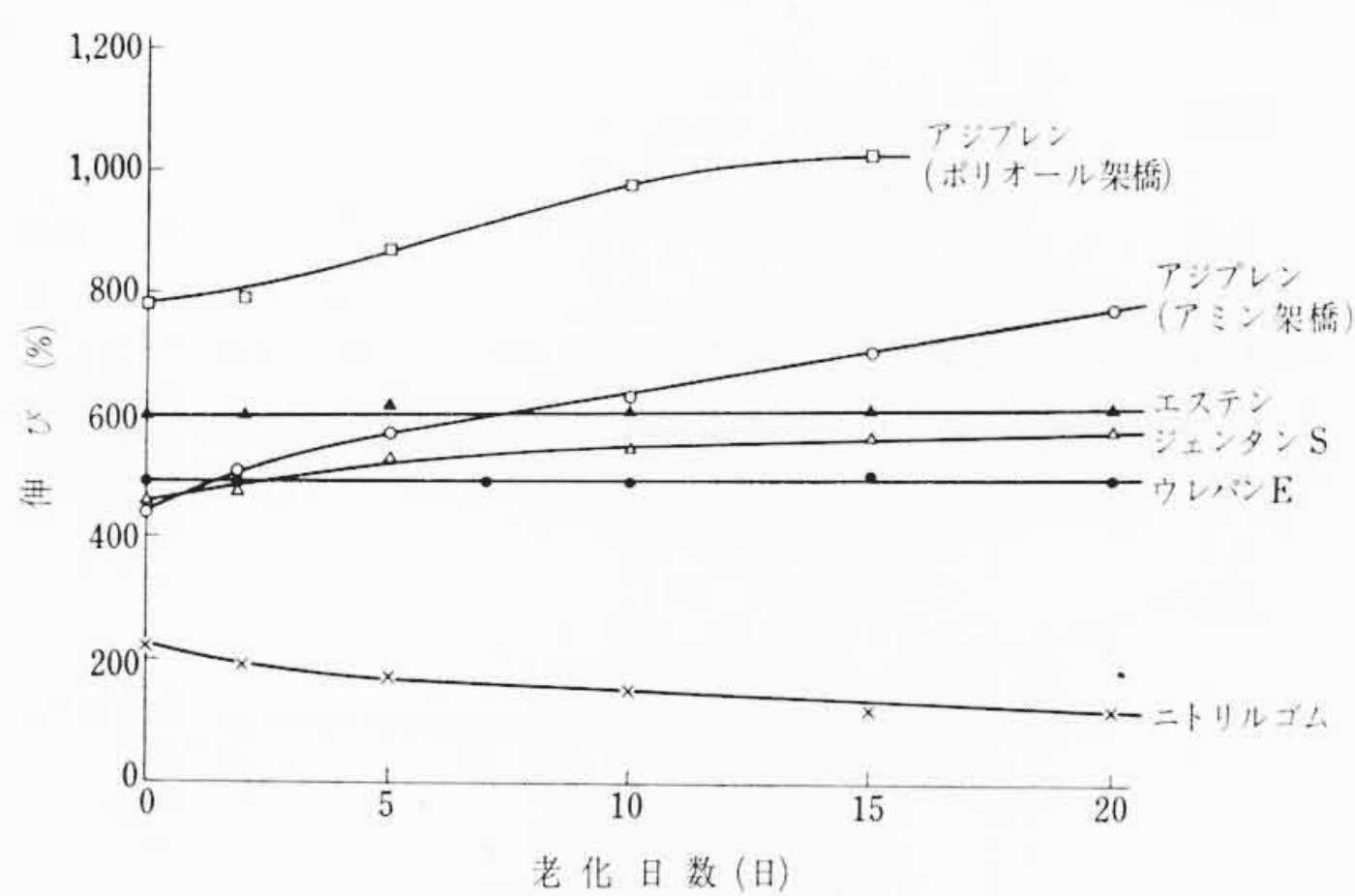
3.2 耐 熱 性

100℃ および 120℃ における熱空気老化による特性の変化を第5図および第6図に示す。

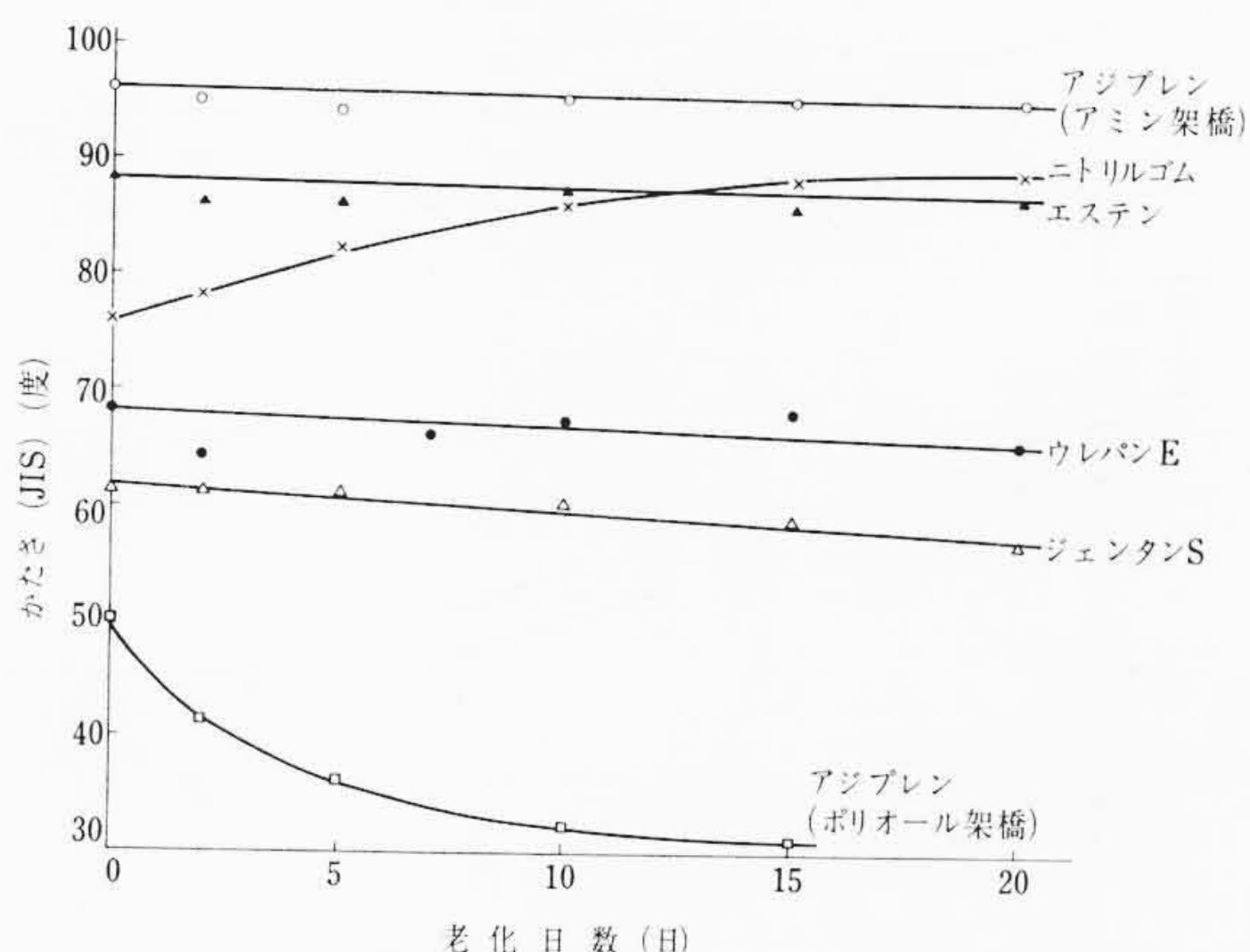
100℃ において、アジプレンのポリオール架橋物はほかのウレタンゴムに比べて劣化がかなり著しい。アジプレンのアミン架橋物およびウレパンEは引張り強さにおいて、わずかに劣化の傾向を示す。しかし、20 日間老化でもなお 2.5 kg/mm² 程度は保持している。ジェンタンSはわずかに軟化する程度で、強度的には100℃ においては問題なく、エステンではほとんど変化が認められない。なお、ニ



(a) 引張り強さ



(b) 伸 び



(c) か た さ

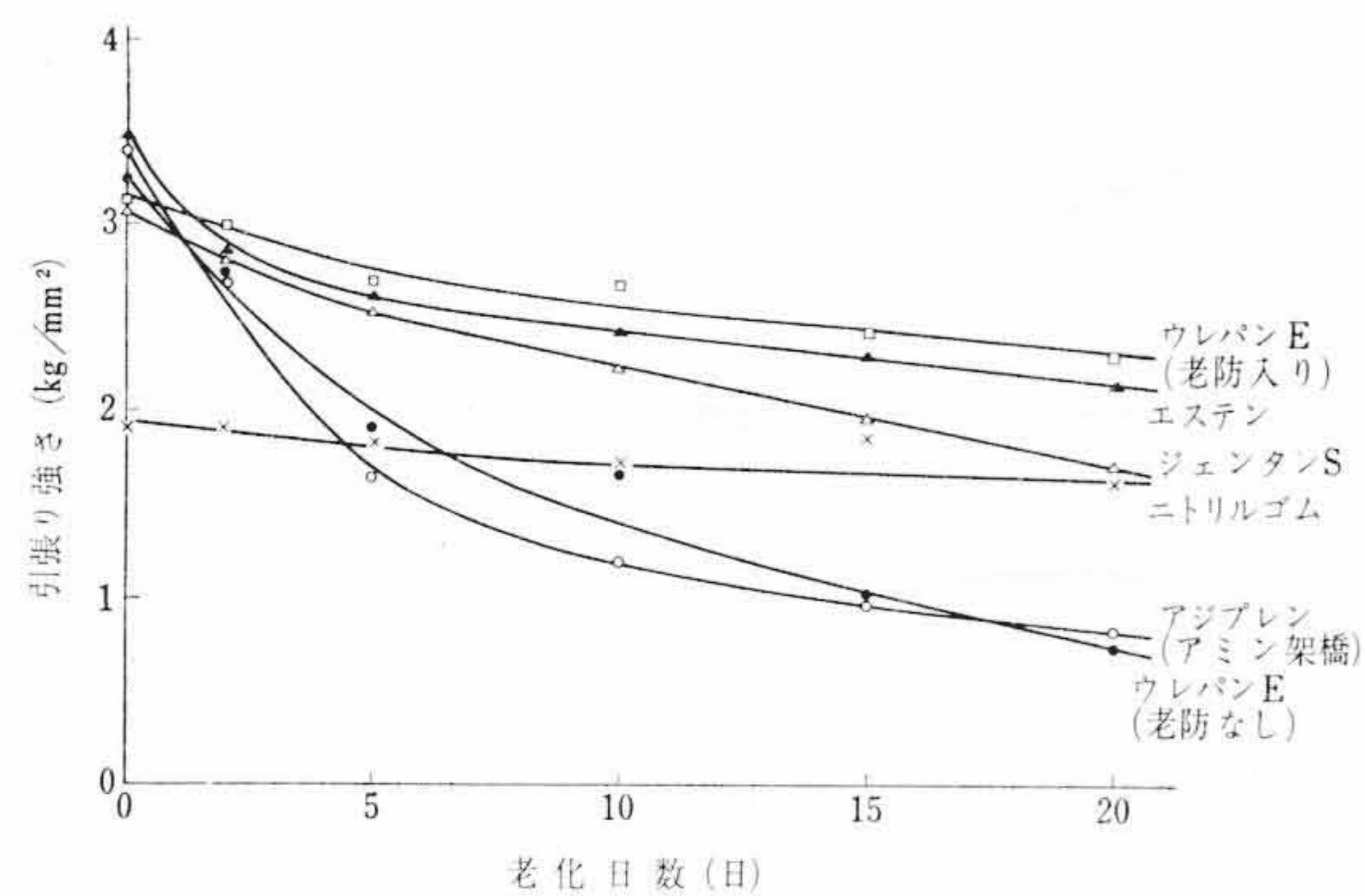
第5図 100℃ 熱空気老化による特性の変化

トリルゴムは結晶性のため老化により硬質化するのに対し、ウレタンゴムは一般に軟化の現象を起こし伸びが増大する傾向を示す。

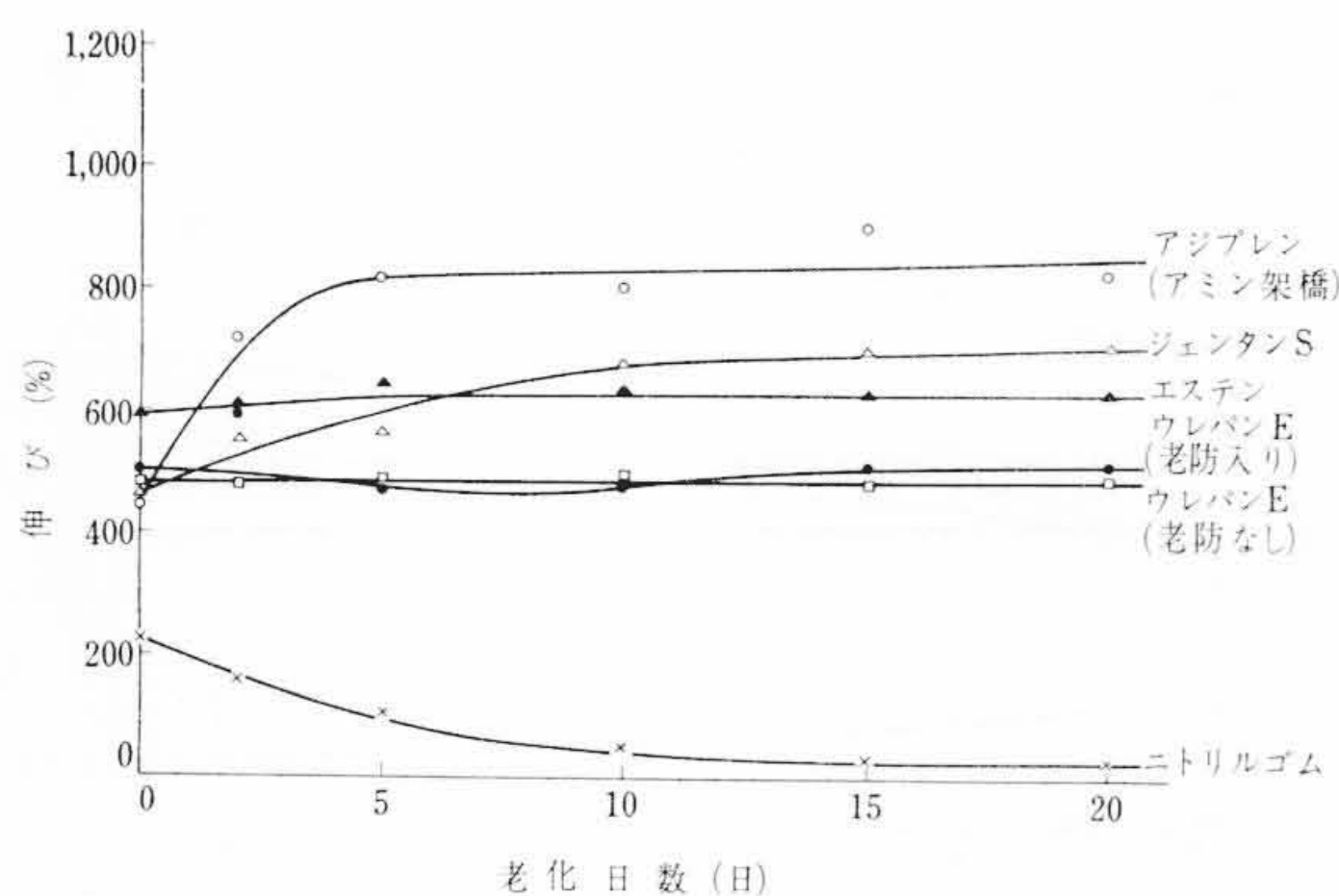
120℃ においては、ウレタンゴムは劣化がかなり著しい。特にアジブレンおよびウレパンE(老防なし)では劣化が大きく実用に耐えない。4 銘柄のなかではエステンが最もゆるやかな劣化を示すが、実用には無理かと思われる。

また、ウレタンゴムは通常用いられているゴム用老化防止剤では効果がないが、適当な湿熱老化防止剤を配合したものについて熱老化性を検討した。図中の老防入りウレパンEは4 PHR 配合したものであるが、老化防止剤の効果がかなり認められ耐熱性の向上に有効であることを認めた。また、4 PHR 以上の添加ではこれ以上の効果は期待できなかった。

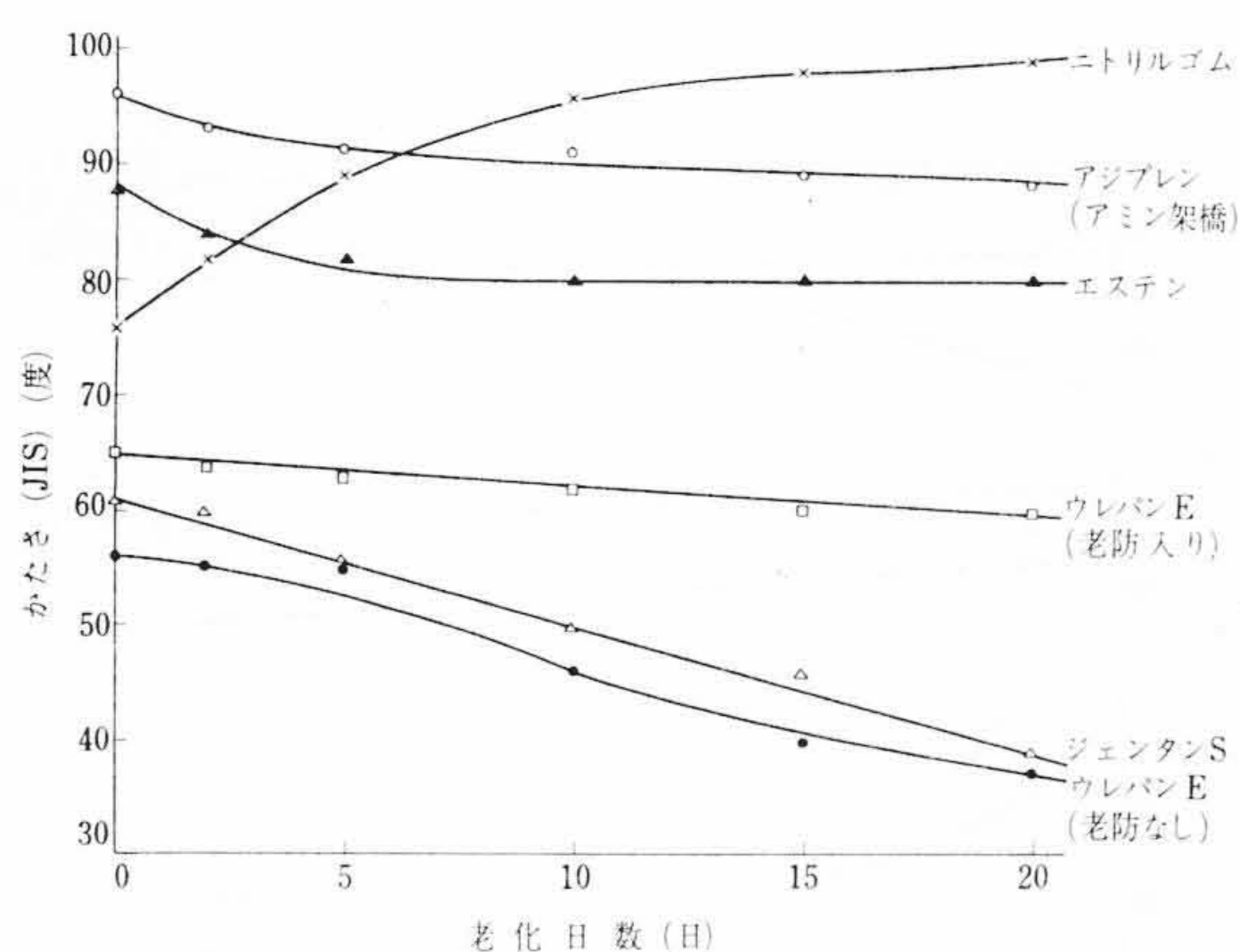
次に、高温における機械強度の測定結果を第7図に示す。ウレタンゴムは常温付近における機械強度は格段にすぐれているが、80℃ 程度以上の高温においてはニトリルゴムと同等あるいはそれ以下となる。



(a) 引張り強さ



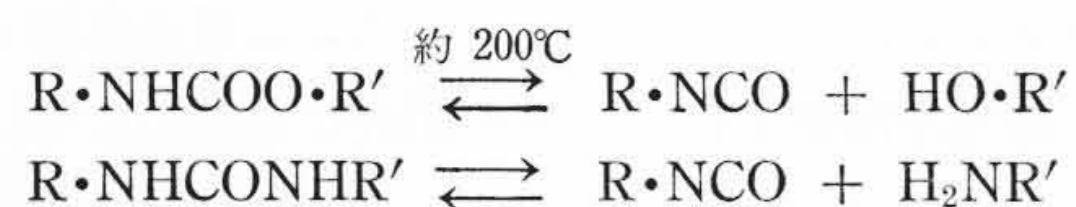
(b) 伸 び



(c) か た さ

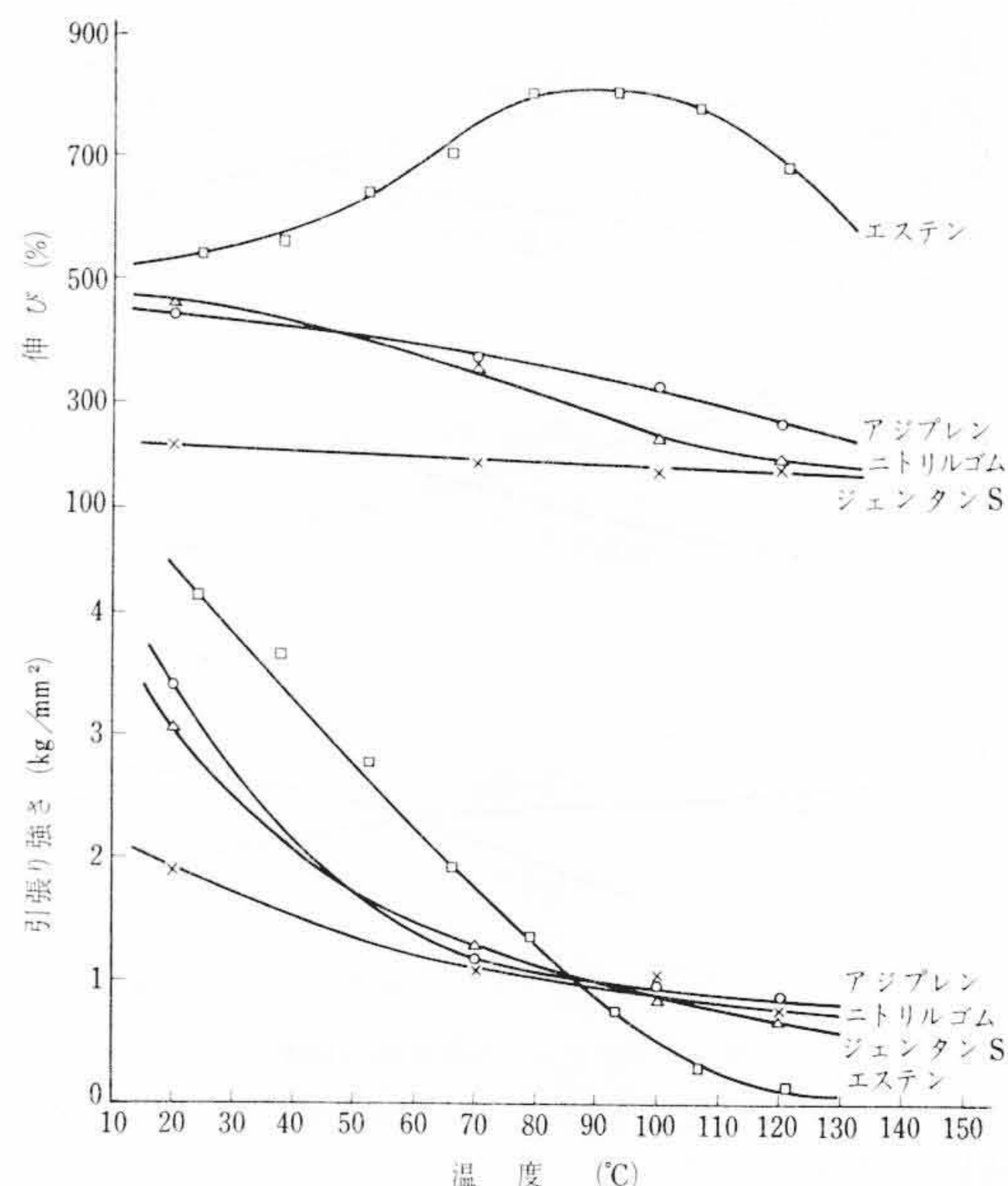
第 6 図 120°C 熱空気老化による特性の変化

以上のようにウレタンゴムの耐熱性はあまり良好でない。アジブレンでは 100°C 以下、70~80°C 程度が好ましく、ジェンタン S、エステンおよび老化防止剤配合のウレバン E では、およそ 100°C 程度と考えられる。ウレタンゴムのこのような低い耐熱性はポリマの基本をなしているウレタン結合の次のような熱解離に起因する本質的なものと考えられており⁽²⁾、ウレタンゴムの最も大きな欠点の一つといえよう。

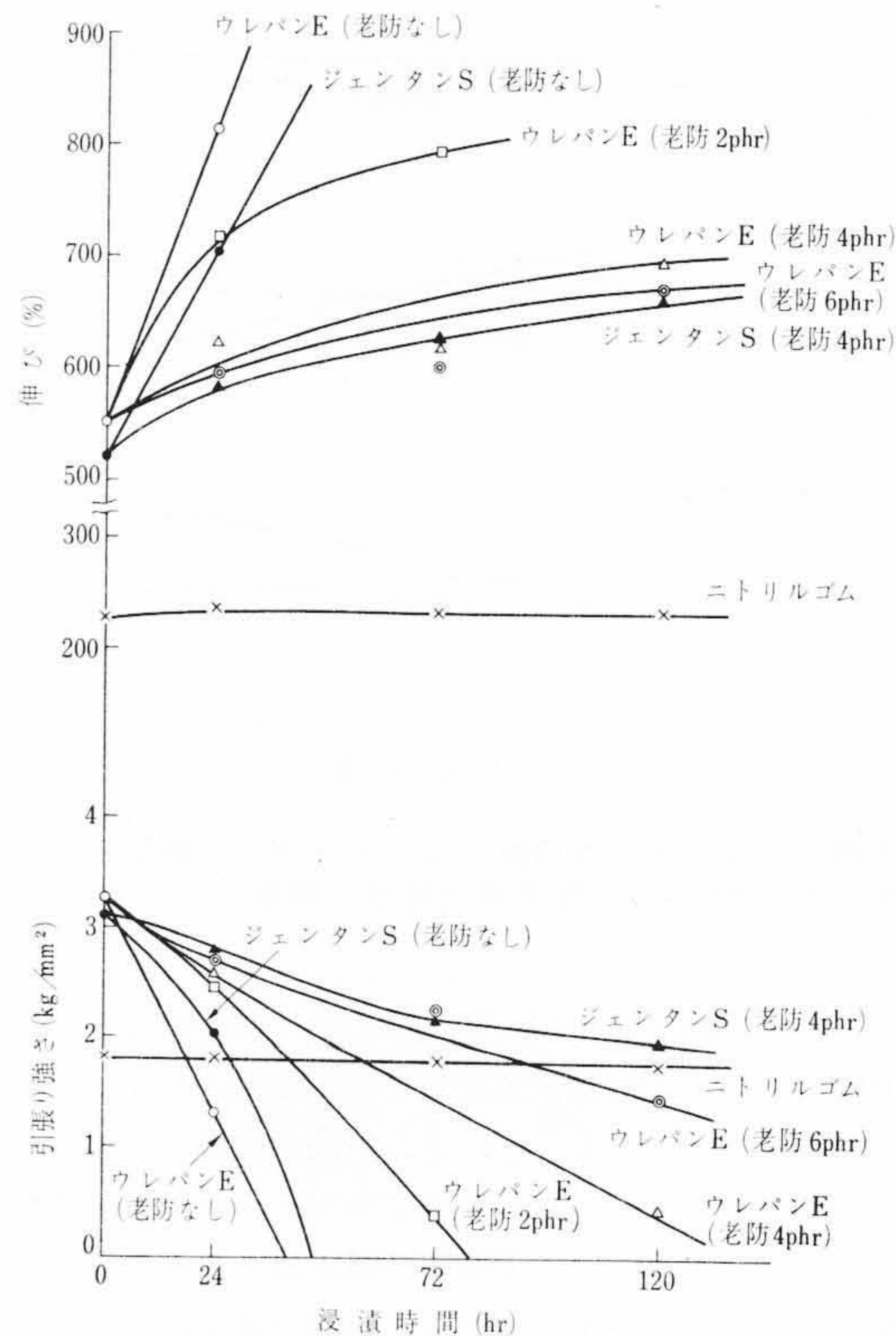


3.3 耐 水 性

エステルタイプのウレタンゴムではポリマ中のエステル結合の加水分解性により耐水性に乏しく、特に湿熱のふん囲気中では劣化が著しいとされている⁽¹³⁾。ウレバン E およびジェンタン S について、熱水試験および湿熱劣化防止剤の効果の検討結果を第 8 図に示す。ニトリルゴムでは熱水浸漬による劣化の傾向は認められないのに対し、湿熱劣化防止剤を添加しないウレタンゴムではいずれも 48 時



第 7 図 ウレタンゴムの高温における特性



第 8 図 95°C 熱水浸漬による特性の変化

間以内で熱水により分解を起こし測定不能になる。しかし、図からも明らかなように劣化防止剤の配合量を増加するに従い劣化はゆるやかになり、ジェンタン S では 4 PHR の配合により 120 時間浸漬してもなお 2 kg/mm² 程度の引張り強さを保持している。実用においては 95°C の熱水中に浸漬することはほとんどないと考えられるので多くの用途に対しては、この程度の抵抗を有しておればさしつかえないと思われる。

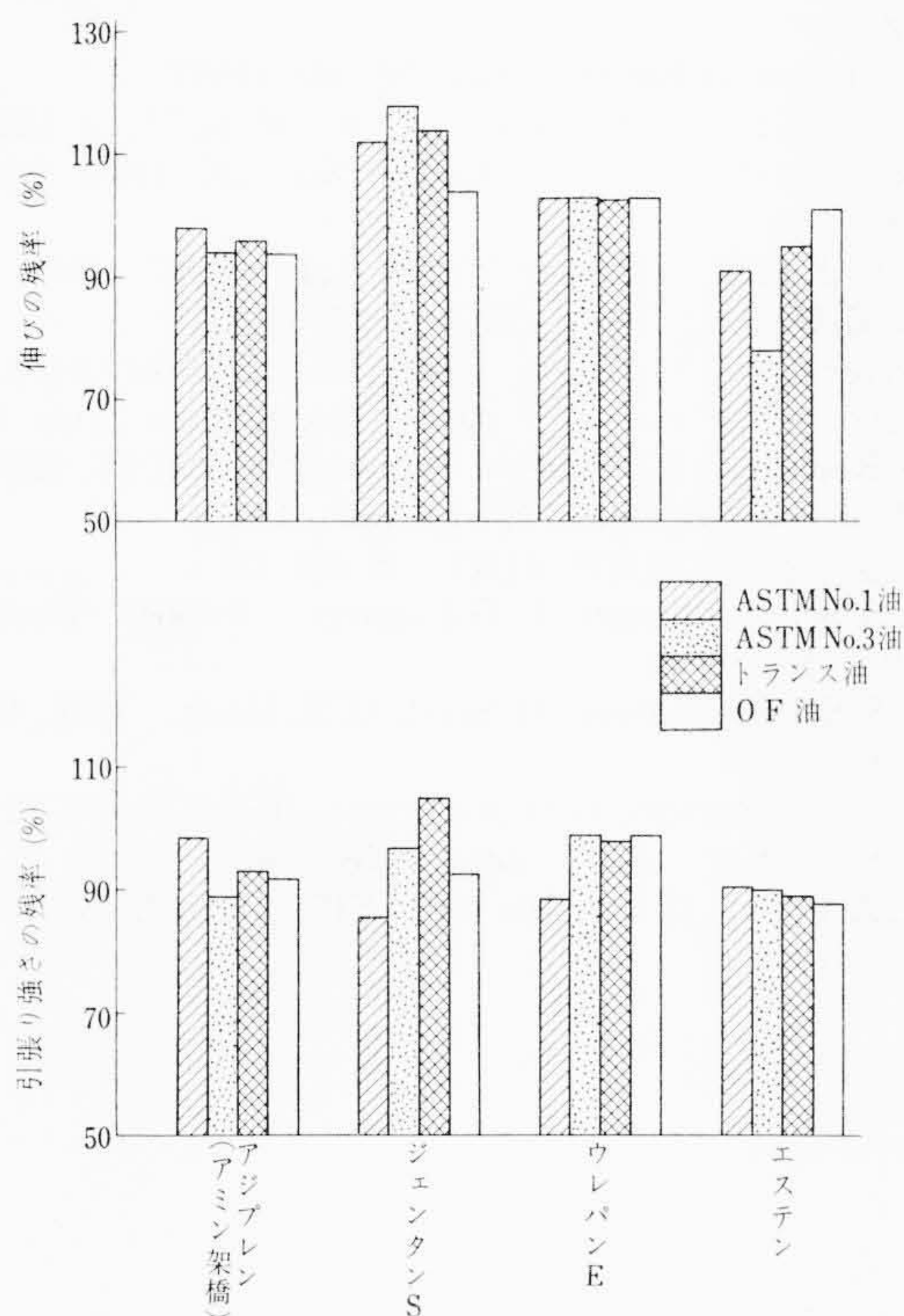
このように、湿熱による劣化の現象はエステル系ウレタンゴムでは避けられない問題であるが、適当な劣化防止剤の添加によりかなり改良することができる。

3.4 液体抵抗性

アジブレンおよびジェンタン S の室温 (20°C) における膨潤性につ

第5表 室温における各種液体浸漬結果 (15日間浸漬)

浸漬液	項目		重量増加 (%)		
	試料ゴム		アジブレン (アミン架橋)	ジェンタンS	ニトリルゴム
油	ASTM No. 1	油	0.9	0.1	0
	No. 3	油	5.8	1.8	0.1
	OF	油	4.9	1.9	0.5
	マシン	油	5.3	1.9	0.5
	トランス	油	6.2	0.7	0.3
溶剤	n-ヘキサン		8.3	3.0	1.3
	エチルアルコール		0.3	9.6	1.1
	アセトン		39.9	97.6	62.5
	メチルエチルケトン		58.2	104.4	74.9
	四塩化炭素		117.4	63.7	42.5
	クロロホルム		371.7	498.8	232.4
	モノクロロベンゼン		108.8	147.7	105.1
	ベンゼン		63.6	109.3	62.6
	酢酸エチル		46.2	104.5	51.8
酸・アルカリ	2N-塩酸		1.2	-0.2	0.7
	2N-硫酸		1.3	-0.3	13.9
	20%苛性ソーダ		0.8	-2.7	0.3
	20%アンモニア		1.5	16.2	4.2

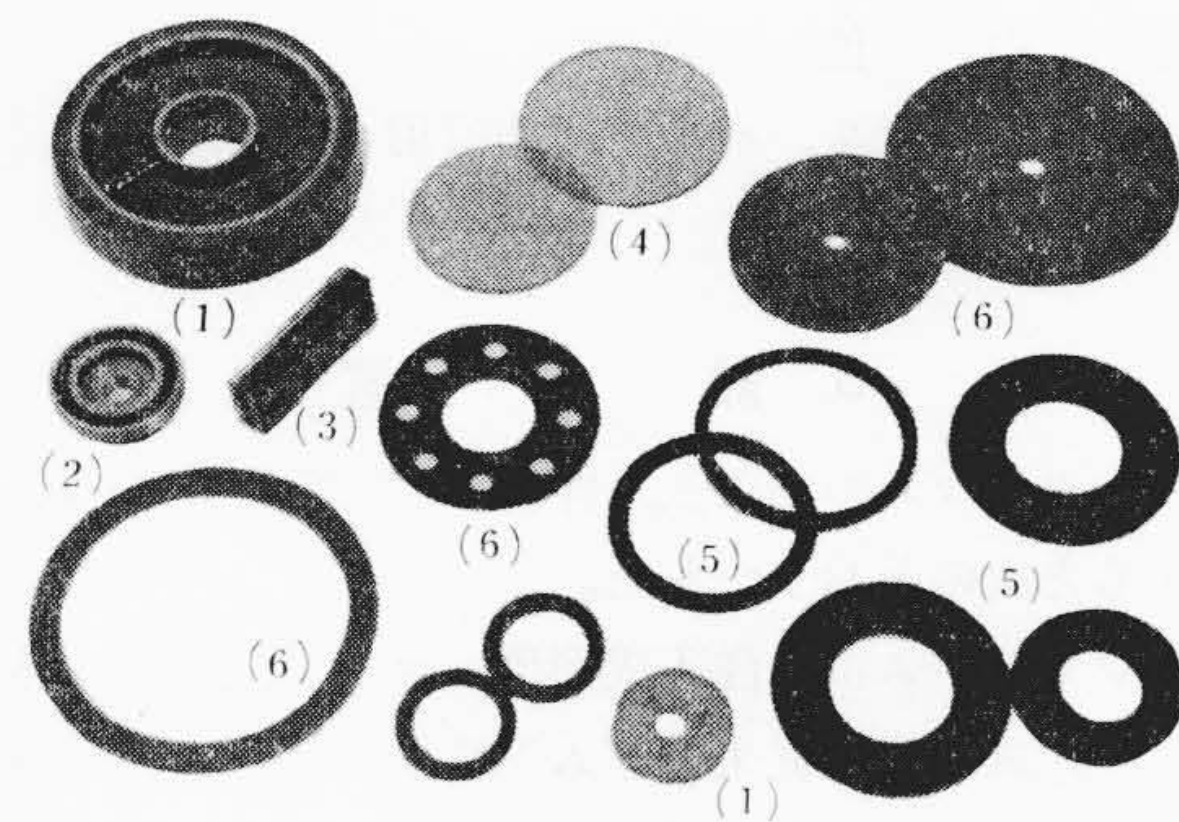


第9図 70℃における各種油中浸漬による特性の変化

いて、ニトリルゴムと比較検討した結果を第5表に示す。また、各種ウレタンゴムについて70℃油中に浸漬した場合の機械強度の変化を第9図に示す。ジェンタンSは油に対して膨潤率がきわめて小さく、最も耐油性のあるゴムとして知られるニトリルゴムにほぼ匹敵する抵抗性を有する。アジブレンはジェンタンSより膨潤が大きく、耐油性がやや劣るが、ゴムとしては優秀である。機械強度の変化については、ウレタンゴムはいずれも低下が非常に小さい。70℃油中一週間の浸漬でも引張り強さにおいてほとんど90%を保持している。

また、溶剤類に対しては、ウレタンゴムはほとんどのゴムと同様、クロロホルムのような極性溶剤あるいは芳香族系の溶剤に対して膨潤が激しい。酸、アルカリにおいては、エステルタイプのジェンタンSは加水分解により重量減少の傾向を示す。

このようにウレタンゴムは耐油性が優秀なことも特長の一つで



(1) トレッドロール (Adiprene L) (2) ゴム弁 (Adiprene L)
 (3) キャピラ用ゴムけた (Genthane S) (4) パッキン (Adiprene L)
 (5) パッキン (Genthane S) (6) パッキン (Urepane E)

第10図 ウレタンゴムの応用製品例

ある。

3.5 耐オゾン性、電気特性および金属との接着性

ウレタンゴムはタイプのいかんにかかわらず分子中に二重結合を有しないため一般にオゾンや酸素に対して強い。アジブレンは20℃において、0.010~0.015%濃度のオゾン中に25%伸長を与えて30時間放置してもほとんどき裂を生じなかった。ブチルゴムでは約10時間、天然ゴムにおいては約1時間以内でき裂を生じる。

ウレタンゴムの電気的性質はあまり良好でない。アジブレンでは室温において体積抵抗率、誘電正接、誘電率がそれぞれ $1.85 \times 10^{10} \Omega\text{-cm}$, 0.063, 6.44 (60 c/s)であり、また、ジェンタンSの絶縁配合においても体積抵抗率は $10^{10} \Omega\text{-cm}$ 程度である。このようにウレタンゴムの電気絶縁性はニトリルゴムよりやや劣り、絶縁ゴムとしては不適当である。

また、一般にゴムは工業用部品として用いられる場合、金属との接着性が問題となる。ウレタンゴムでは、注入成型型において接着性が非常にすぐれているが、ロール混練型などにおいては、従来、接着が不十分であった。しかし、筆者らはロール混練型において、イソシアネート系接着剤を使用することにより70 kg/cm²以上の引張り接着強さを得ることができ、実用上の問題を解決した。

4. ウレタンゴムの用途

現在までに筆者らのところで実用化あるいは試作検討した製品例を第10図に写真で示す。

また、ウレタンゴムの加工および性能上の特徴を考慮に入れて、有望と思われる応用分野をあげると次のようなものがある。

(1) 工業用機械部品

ダイヤフラム、ガスケット、O-リング、パッキン、ロール類、緩衝材、ベルト類、ベヤリング、ギヤ類、マグネットバルブ

(2) 土木、鉱山関係

ポンプライニングおよび羽根、コンベヤベルト、たわみ継手、ガイドロール、さく岩機用グリップ

(3) 自動車および車両用部品

カップリング、ワイパ、燃料ホース、ダイヤフラム、ソリッドタイヤ、キャスタ

(4) 電気音響関係

平ベルト、タイミングベルト、アイドラタイヤ、ピンチローラ

(5) 事務機器関係

ベルト類、ギヤ類、フリクションロール

(6) 電線ケーブル関係

ケーブルのシース、端末処理材

(7) コーティング関係

レザーの仕上げ、床の塗装

(8) その他

粉(もみ)すりロール、ハンマ、紡績用ロール、靴底、電気機器の補強材

5. 結 言

以上、ウレタンゴムの加工法、性能および用途について述べたが、要約すると次のとおりである。

(1) ウレタンゴムには注入成型型、ロール混練型、熱可塑性型がある。注入成型型は従来のゴム工業には見られない特異な加工法で、原料から最終製品までを自動化された一つの工程のなかに収めうる可能性を有する。また、熱可塑性型は加工が比較的簡単で、プラスチックとまったく同様にして大量生産が可能である。

ロール混練型は従来のゴム加工設備により加工できる。

(2) ただ、これらの加工法には一長一短があり、実用にあたっては、それぞれの特徴が十分いかされるよう用途に応じた使い分けが必要である。

(3) ウレタンゴムは機械的強じんさに非常にすぐれ、特に耐摩耗性が大きい。しかも、硬質ゴムでも弾性に富んでおり工業用部品として適している。

(4) ウレタンゴムは耐油性にもすぐれている。なかでも、ジェンタンSはニトリルゴムに匹敵し、その他でもこれに次いで優秀である。また、溶剤に対する抵抗性もニトリルゴムと同等以上でライニング用としてすぐれた材料である。

(5) しかし、耐熱性が悪いことが最大の欠点である。供試銘柄のうち比較的良好なエステンおよびジェンタンSでも使用限界温度は100°C程度であり、アジブレンLやウレパンE(老化防止剤なし)では70~80°C程度と考えられる。また、老化防止剤の添加によっても耐熱性は、およそ100°C程度しか望めない。したがって、実用化に当たってはこれらの耐熱性を十分認識する必要がある。

(6) エステル系のウレタンゴムでは湿熱による劣化が著しいことが欠点であるが、適当な劣化防止剤を添加することにより、かなり改良できる。

(7) ウレタンゴムの電氣的性質は良好でない。したがって、電

気絶縁材料としては不適當で、むしろ機械的強じんさを利用した絶縁物の保護材料として適する。また、金属との接着は実用上問題ない。

なお、ウレタンゴムは現在、生ゴムが高価(800~2,500円/kg程度)なことが実用化への一つの障害となっているが、将来、原料(ポリエステル、ポリエーテルおよびイソシアネート)のコストの低下が十分予想されるので、この点は漸次解決されていくものと考ええる。

最後に本研究に当たりご指導、ご助言くださった日立電線株式会社吉川課長、松賀主任、渡辺主任ならびに実験に協力された川和田(誠)氏に深謝する。

参 考 文 献

- (1) ブリジストンタイヤ、日本トレーディング：ポリウレタン 149 (1961, 槇書店)
- (2) B. A. Dambrow: Polyurethane, 1 (1957, Reinhold)
- (3) R. J. Athey: Rubber Age., 85 (1), 77 (1959)
- (4) A. J. Sampson, C. F. Blaich, Jr: ibid., 89 (2), 263 (1961)
- (5) M. L. Nadler: Rubber World, 144 (4), 78 (1961)
- (6) O. Bayer, E. Müller: Rubber Chem. & Tech., 23, 812 (1950)
- (7) E. Müller, O. Bayer: ibid., 26, 493 (1953)
- (8) 田中武英: ケミカルエンジニアリング 3 (7), 3 (1958)
- (9) Bayer 社パンフレット: Order No. LK 5178 e (March, 1959)
- (10) S. V. d'Adolf: Rubber World, 144 (4), 67 (1961)
- (11) W. G. Ogden: ibid., 136 (4), 537 (1957)
- (12) Bayer 社パンフレット: Order No. LK 6182 e (April, 1960)
- (13) Bayer 社パンフレット: Order No. K 3080 e (July, 1961)
- (14) O. Keplinger, E. Gruber: Rubber Age., 84 (6), 959 (1959)
- (15) M. M. Sweab: ibid., 92 (4), 567 (1963)
- (16) 佐藤久之: 工業材料 6 (8), 35 (昭 33)
- (17) C. S. Schollenberger, L. G. Pappers: Rubber World, 142 (6), 81 (1960)
- (18) C. S. Schollenberger, H. Scott, G. R. Moor: ibid., 137 (4), 549 (1958)
- (19) C. A. Waugaman, G. B. Jennings: ibid., 144 (4), 72 (1961)
- (20) R. S. Walker: ibid., 144 (4), 76 (1961)
- (21) K. A. Pigott, C. L. Gable etc: SPE Journal, 19 (12), 1281 (1963)