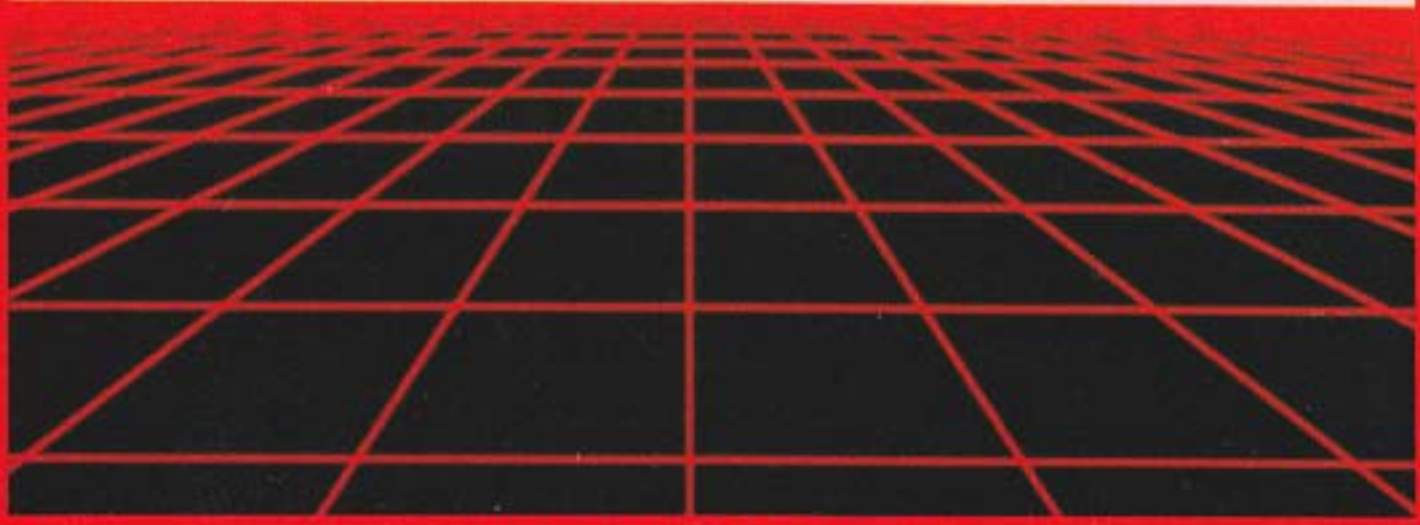
NO.1
1997年2月

BANDO TECHNICAL REPORT

バンドー テクニカルレポート(B.T.R.)



バンドー化学株式会社

BANDO TECHNICAL REPORT（B.T.R.）
No.1 1997年2月

目　　次

巻　頭　言

バンドー テクニカルレポートの発刊にあたって ……1
取締役社長 雀　部　昌　吾

研 究 論 文

第８回 日本ゴム協会賞受賞記念特集

OAエラストマー精密パーツの開発(電子写真装置用ゴム部品) ……2
藤原　良則／迫　康浩／田口　善男／岡崎　貴彦／武居　正史

クリーナブレード ……4
藤原　良則／三木　隆司

ポリウレタンの摩擦・摩耗特性への鎖延長剤の混合比率の影響 ……11
岡崎　貴彦／横山　哲夫／古川　睦久

ラジカル架橋併用ウレタンエラストマーの構造と物性 ……20
田口　善男／古川　睦久／横山　哲夫

第42回 日本ゴム協会優秀論文賞受賞

短繊維強化ゴムの摩耗に及ぼす充てん繊維と繊維配向の影響 ……27
和田　法明／内山　吉隆／細川　真

一 般 論 文

歯付ベルト２軸駆動系のかみ合い伝動解析 ……38
城戸　隆一／草野　隆行／藤井　透

リサイクル先進強化ナイロン MXD6の疲労信頼性(第1報 疲労き裂進展特性の評価) ……45
鈴木　秀人／中村　雅史／清友　達志／幸原　正志／原口　忠男

南極大型雪上車（SM100S）用に開発したゴム履帯の低温特性 ……52
前川　悦治／寺山　義英

特許・実用新案登録一覧 ……59

最近の新製品アレコレ

建築用免震装置と橋梁用免震支承ゴム ……71
ベルト式無段変速システム(バンドー ドライマチックVSW型･VSDD型) ……73
ロボット手首周辺装置 ……75
　エンドエフェクタ自動交換装置「ビーエル･クイックチェンジ」
　力覚センサ
　RCCデバイス

トピックス ……78

ISO9001認証取得の状況について
「バンドーQCサークル世界大会」の開催について

当社の概要 ……79

会社概要（事業所所在地）
主な製品開発の歴史
国内関係会社・海外関係会社

BANDO TECHNICAL REPORT (B.T.R.)
No.1 (February, 1997)

CONTENTS

President's Message ····1
Shogo SASABE

REPORTS

Followings are reports that received awards from The Society of Rubber Industry, Japan

Development of Elastomeric Precision Parts for Office Machines ····2
(Rubber Parts for Electrophotography)
Yoshinori FUJIWARA／Yasuhiro SAKO／Yoshio TAGUCHI
Takahiko OKAZAKI／Masafumi TAKESUE

Cleaner Blades ····4
Yoshinori FUJIWARA／Takashi MIKI

Effects of Blends Ratios of Chain Extenders on
Friction and Abrasion Characteristics of Polyurethanes ····11
Takahiko OKAZAKI／Tetsuo YOKOYAMA／Mutsuhisa FURUKAWA

Structure and Physical Properties of Polyurethane Elastomers
Prepared by Radical Crosslinking Combined with Usual Amine Curing ····20
Yoshio TAGUCHI／Mutsuhisa FURUKAWA／Tetsuo YOKOYAMA

Effects of Filled Fibers and their Orientations
on the Wear of Short Fiber Reinforced Rubber Composites ····27
Noriaki WADA／Yoshitaka UCHIYAMA／Makoto HOSOKAWA

General Reports

Finite Element Analysis for Load Distribution of
Toothed Belts in Two Axes Drive Systems ····38
Ryuichi KIDO／Takayuki KUSANO／Toru FUJII

Fatigue Reliability of Recycled Advanced Reinforced PA-MXD6
(1st report : Estimation of the Fatigue Crack Propagation Property) ····45
Hideto SUZUKI／Masashi NAKAMURA／Tatsushi KIYOTOMO
Masashi KOUHARA／Tadao HARAGUCHI

Low Temperature Properties of the Crawler Belt
for a Newly Developed Snow Vehicle (SM100S) for the Antarctica ····52
Etsuji MAEKAWA／Yoshihide TERAYAMA

PATENTS ····59

NEW PRODUCTS ····71

TOPICS ····78

OUTLINE of BANDO ····79

「バンドー テクニカルレポート」の発刊にあたって

取締役社長　雀　部　昌　吾

平素は、当社に対しまして格別のご支援お引立てを賜りまして誠に有難く心から厚くお礼申し上げます。

さて、このたび「バンドー テクニカルレポート」を発刊いたしますにあたり、一言ご挨拶を申し上げます。

当社は、1906年（明治39年）神戸市において、我が国最初のベルト（木綿製）メーカーとして創業いたしまして以来90余年の歴史の中で、常に業界のパイオニアとして様々な時代の要請に応じて、ゴム、プラスチックを素材とした技術開発、製品開発にチャレンジしてまいりました。

更に1989年（平成元年）を開発元年と位置づけ、21世紀をめざした長期ビジョン「チャレンジ21」に基づき、基盤となる技術を整備、蓄積いたしますとともに独自の技術をベースにした製品開発に注力してまいりました。その成果の一部は1989年から2年毎に開催いたしております新製品・新技術展「バンドー テクノフェア」を通じてご紹介いたしております。

今後当社の研究開発活動を更に活発にいたし、新製品開発を促進させるために、これらの活動の一端を今回「バンドー テクニカルレポート」として発刊いたすこととしました。

皆様に当社技術陣の研究開発への熱き思いをご高覧、お汲み取りいただきまして、どうか忌憚のないご意見を賜りますようお願い申し上げます。

当社は今後も引き続き様々な技術蓄積を行いながら、新技術・新製品の開発に取り組み、社会の発展に寄与してまいりたく存じます。

皆様各位の一層のご指導とご鞭撻をお願い申し上げます。

President's Message

Dear readers,

I am pleased to present our first Bando Technical Report. On the occasion of the inaugural publication of this report, I would like to extend a few words.

In 1906, Bando Chemical Industries, Ltd. was established in Kobe and was the first domestic manufacturer of cotton belts. Since that time we have continued as a pioneer in the industry to respond to the demands of the times and accept the challenges of technical as well as product developments, by using rubber and plastic materials.

We marked 1989 as our starting point of research and development and accumulation of fundamental technologies for the forthcoming 21st century. "Challenge 21," our long term vision, was launched so that we would work harder to pursue the fundamental technology of our existing products and to develop new products that are unique to Bando. We have introduced some of these new technologies and products in our Bando Techno Fair, an exhibition that has been held biennially since 1989.

We have decided to publicize part of our research and development as well as our new product development activities in the form of this Technical Report, hoping it will provide our readers with opportunities to understand exactly what we are putting our emphasis on, and to realize that we are determined to devote ourselves to new engineering technology development as well as new product development. Your frank and candid opinions on and/or suggestions for any of the articles in this issue would be more than welcome at any time.

第８回日本ゴム協会賞受賞記念特集

ＯＡ用エラストマー精密パーツの開発
（電子写真装置用ゴム部品）

Development of Elastomeric Precision Parts for Office Machines
(Rubber Parts for Electrophotography)

藤原　良則[*1]　迫　康浩[*2]　田口　善男[*2]　岡崎　貴彦[*2]　武居　正史[*2]
Yoshinori FUJIWARA　Yasuhiro SAKO　Toshio TAGUCHI　Takahiko OKAZAKI　Masafumi TAKESUE

The background and development of elastomeric precision parts to be used in office machines are stated in this reports. These parts are primarily used in electrophotography.

この度は、名誉あるゴム協会賞の受賞の栄に浴し、大変光栄に存じます。以下、開発してきました技術とその製品について要約をご説明いたします。

1.　電子写真装置におけるゴム部品について

電子写真は、複写機、プリンターおよびファクシミリ技術の主流であり、オフィス出力機器の要の技術となっております。

近年、オフィスに適した小型・低価格・高画質で、環境マージンが広く、かつオゾン発生量の少ない電子写真技術の開発が急速に進んでおり、このような観点から見ると心臓部である感光体周りは、帯電・現像・転写の各ローラー、並びに現像・クリーニング・シールの各ブレード等のようにすべてゴム材料で構成されつつあり、いずれも高い信頼性の要求される精密な高機能部品です。

2.　技術開発の構成について

電子写真技術の急速な進歩に伴い、心臓部に使用されるゴム部品に対する要求も急速に高性能化されてきており、従来技術の延長線では、飛躍的な技術革新及びニーズにマッチした開発スピードに限界があります。

当社は、ポリウレタンゴムの分子設計・高次構造設計を核に、応力・ひずみ解析、破壊特性の向上、非破壊特性の制御の技術を結びつけることで、新しい技術開発を実施いたしました。

3.　技術開発事例について

より信頼性の高いブレードクリーニングとして、クリーニングブレードに要求される特性は、

・低硬度でありながら、高伸張モジュラスが高いこと。
・粘弾性特性の環境温度依存性が少ないこと。
・永久ひずみが小さいこと。
・物性値を保持したまま摩擦係数を制御できること。

等であります。

これらは、いずれも従来の化学組成に依存する分子設計の範疇では、両立しないものです。

当社では、ポリウレタン構成分子の化学構造（一次構造）に依存する分子設計から無数の分子が寄り集まって作る空間構造（高次構造）を変化させて、クリーニング性と耐久性の向上を図る技術（特開平5－150697、278045）や、感光体との摩擦係数を制御して、感光体の傷防止と駆動トルクの低減を図ったり（PAT出願中）、長鎖活性水素化合物の分子量・分子量分布の最適化で粘弾性挙動を制御して、より広範囲の環境条件でも正常に機能するブレードの開発を行い(特公平7－113807、他出願中)、更に、成形加工時間を大幅に短縮し、生産性を向上した速硬化ポリウレタンの技術も実用化しております（特開平4－226308、他出願中）。

これらにより、これまでにない高性能なクリーニングブレードの開発に成功し、ユーザーの好評を得、当分野において広くご使用いただいております。

4.　おわりに

ＯＡ機器用のゴム部品は、他の産業用部品に比較し、ワンオーダー寸法精度が厳しく、かつ微細な異物や気

[*1] MMP事業部
[*2] 中央研究所

泡の混入等による欠陥でも即画像に影響が出ることや、摩擦係数や電気抵抗の制御においても、環境温湿度やトナー、紙粉等の影響について充分配慮した設計が必要です。

更に、接触する相手の部材に対しての汚染性も重要なポイントであり、配合材料のブルーム・ブリードから、使用する離型剤の選択まで細心の注意が払われています。

当社は、これらクリーニングブレードの開発において得られた技術を活かし、周辺の高機能ゴム部品の開発に注力して参ります。

今後、情報の大量・高速通信の拡大とともに、電子写真プロセスは多くの課題を持ちながらますます発展し、ゴム部品にも多様な機能が要求されてくるものと予測され、これらに対応できるよう引き続き研究開発に注力して参りたいと考えております。

藤原　良則
Yoshinori FUJIWARA
1964年入社
MMP事業部
技術部長

迫　　康浩
Yasuhiro SAKO
1984年入社
中央研究所
研究部 係長

田口　善男
Yoshio TAGUCHI
1989年入社
中央研究所
研究部 副長(工学博士)

岡崎　貴彦
Takahiko OKAZAKI
1991年入社
中央研究所
研究部

武居　正史
Masafumi TAKESUE
1990年入社
中央研究所
研究部

クリーナーブレード

Cleaner Blades

藤原　良則*　　三木　隆司*
Yoshinori FUJIWARA　　Takashi MIKI

Electrographic machines, such as copiers, are mainly dependent upon an optical sensing drum. As this drum is used, toner residue, which remains after the copy is made, must be eliminated.
The most common method of eliminating this residue is the use of an elastic rubber blade which scrapes off the excess toner.

In this report, we will discuss the properties needed for cleaner blades, as well as their mechanisms, and the key factors for efficient blade cleaning. We will also discuss polyurethane rubber blade materials.

1. はじめに

複写機やレーザービームプリンターなどの電子写真装置は、感光体ドラム（ベルト）を中心に、帯電・露光・現像・転写・定着・クリーニングのプロセスで構成されている。

転写後の感光体上には、若干のトナーが残留し、この残留トナーは、ファンデルワールス力と帯電工程で与えられた電荷により、感光体表面に強く束縛されている。

クリーニング工程は、この残留トナーをほぼ完全に除去することを目的とする。この為各種クリーニング方式の中からその性能・小型化・コスト面より、弾性ゴムブレードを直接感光体に押し当ててトナーを掻き取るブレードクリーニング法を採用する機種が主流となっている。

本稿では、このクリーナーブレードについて、要求される特性と技術ポイントを、他のプロセスからくるニーズの変化に対しどの様に対応して来ているか解説する。

2. クリーナーブレードに要求される特性

電子写真装置の中で、感光体に対して物理的に最も強く接触するのがクリーナーブレードである。クリーナー部の不具合は、直接画像ノイズを発生するので、その材料選択や、感光体への圧接条件決めには感光体やトナーの特性とのからみで、多大な検討を要している。

Harpavat[1]は、ブレードクリーニングのメカニズムについて理論的研究を行い、ブレードの変形・たわみについて解析し、クリーニングを満足に行うためのブレードの諸元および感光体への最適圧接条件を報告している。大谷[2]らは、ブレードクリーニングの方式を大別し、必要な特性を示し、ポリウレタンゴムがブレード材として最適であることを化学面・物性面からあげ、その配合材料、製造方法と技術の流れについて解説している。

クリーナーブレードに要求される特性について表1にブレードの機能とそれに対応する材料・加工特性の一例を示す。

ブレードクリーニングにおいて、感光体とのマッチングは極めて重要な事項である。宮崎[3]は感光体について解説し、有機感光体（OPC）は低コスト、分光領域の設定が容易、大面積化可能、量産性が高い、易廃棄性などの特徴と、近年のOPCの発展並びに複写機のデジタル化傾向を考慮すると、一部の高速機を除いてほとんどがOPC搭載機になると予想し、この時に要求されることは画質が初期と変わらないと言う意味での耐久性にあると述べている。事実、複写機の発売年度別の感光体種別比率[3]によると、OPC搭載機は'89年以降急上昇し70～80%を占有している。

また、OPCドラムを使った複写機で、'91年発売の富士ゼロックスVivace500（50枚/分）、'92年発売のミノルタカメラEP-9765（ST）（76枚/分）、'93年発売のシャープSD-2060（60枚/分）に見られるように、大幅な高速化が進み従来のパーソナルユース低速機から前述の高速機までOPC化が進んでいる。

このような背景の中でクリーナーブレードに要求されるニーズの変化について図1に概要を示す。この中でパーソナルユースのPPC・PPPについて信頼性の向上、小型化の技術動向は、大谷[2]らの解説にあるキャノンFC-3/5、LBP-SXなどに搭載された異形断面のゴム部と金属ホルダーの一体成形で高精度化が図られ、さらに、'92年発売のFC-310・330で大幅な小型化に成功している。図2にそのクリーナーブレードの略図を

* MMP事業部

表 1　クリーナーブレードの品質表

◎ 強い対応がある．
○ 対応する．
△ 対応が予想される．

機能展開		品質特性	寸法																物																		観												輸送・保管		
			平板							組立																																									
			厚さ	巾	長さ	真直度	平面度	直角度	稜線アラサ	突き出し量	突き出し平行度	倒れ	倒れ平行度	真直度	先端厚さ	先端部角度	セット位置	硬さ・弾性率	圧接力	永久歪	モジュール	変色	気泡	エクボ	汚れ（トナー融着）	汚れ（ブレード変形）	ブレード異物・傷発生	異物・油脂付着	脱落・逆入れ	変形	耐荷重
1．画像不良を生じない	1-1 拭き残しを生じない	（1）柔すじ．B/Sが出ない	○			◎		○	◎	○	○	○	○	○			○	◎	◎				○	○	◎		○																				
		（2）反転を生じない	○					○		○	○	○	○	○		○		○																															
		（3）食い込み量．当接角が安定	○			◎	○			◎	◎	◎	◎	◎						△																												
		（4）環境の変化に耐える																																														
	1-2 感光体に傷を付けない	（1）柔すじ．白すじが出ない				◎	○		◎									○									○		○																			
		（2）エッジに異物を噛み込まない	○			◎	○		◎	○	○	○	○	○											◎		○																				
	1-3 P/Cの変質を生じない	（1）表面電位が変化しない																				○							○																			
		（2）有害成分が出ない																											◎																			
	1-4 P/Cに有害成分を溜めない	（1）P/Cを適量削り取る	△			△	△			○	○	○	○	○	○					△				○		◎																				
		（2）有害物を除去する	△			△	△																			○																				
2．使用中に騒音を生じない	2-1 摩擦音を生じない	（1）振動を吸収する																																													
		（2）環境の変化に耐える																																													
		（2）発振源にならない	○							○	○	○	○	○																																
3．CRG寿命を満足する	3-1 クリーニング力を保つ	（1）エッジの欠損摩耗を生じない																○																												
		（2）当接力を保つ		○																◎								△																		
	3-2 使用、保管中に変化しない	（1）加水分解を抑える																																												
		（2）UV．O_3で劣化しない																																												
		（3）使用するトナーで変質しない																				○																								
		（4）輸送に耐える																																											◎	◎	○
4．CRGの自動認識に対応出来る	4-1 センサーが感動作しない	（1）色調透明性を保つ																																												
5．機内を汚染しない	5-1 画像からトナーが漏れない	（1）シール性が良い			○			○								◎																														
	5-2 おき去ったトナーが先端に滞留しない	（1）滞留が少なく排出されやすい													◎	◎											△																			
6．CRGの交換時にトナーが漏れない	6-1 CRGの開口部をシール付き	（1）シーリング材とブレード先端部が密着する								△	△	○	○	○	○	○											○																		

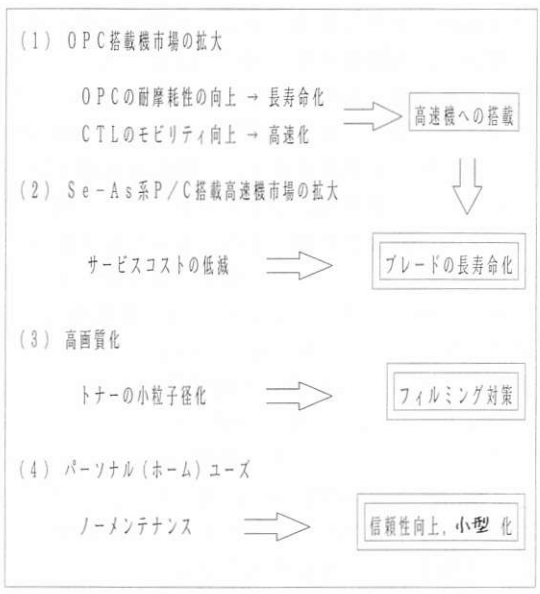


図 1　クリーナーブレードに要求されるニーズの変化

示す。

残る課題であるクリーナーブレードの長寿命化と感光体へのフィルミング、画像流れ対策についての技術動向を以下に述べる。

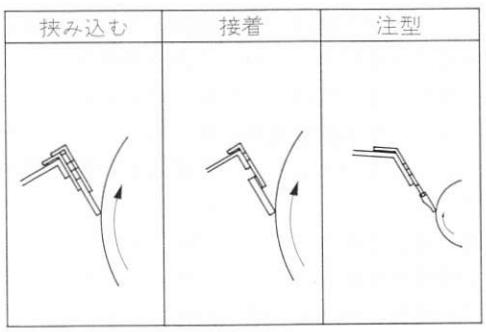


図 2　ブレードの支持板への取付方法[2)]

3.　ブレードクリーニングのメカニズムと重要特性

次項表1に一般論としてクリーナーブレードに必要な特性を品質表の形式で示した。

ここでは、OPCとの組合せで特異的な画像不具合現象と言われているフィルミングと画像流れに関するクリーナーブレードの改良技術について解説する。

3. 1　フィルミングと画像流れ発生のメカニズム[4)]

フィルミングは、コピーの白地上に黒い汚れとなって現れる。これは、トナー中に含まれる粒径0.5ミクロン程度のSiO_2などが無機感光体に比べ軟らかく、高い摩擦係数を有するOPC表面に突き刺さり、これを核としてトナー中の樹脂成分が、OPC表面に固着するこ

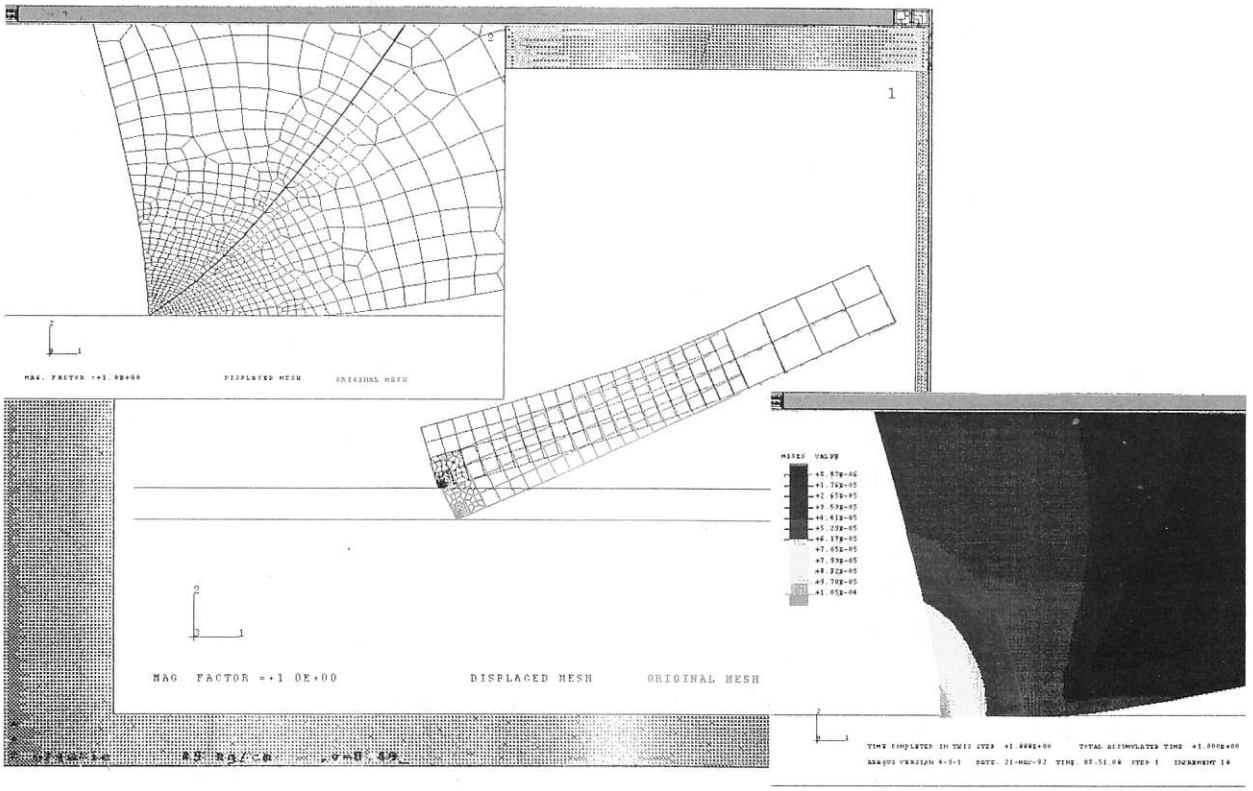


図 3　FEM 解析-1（静的圧接状態）

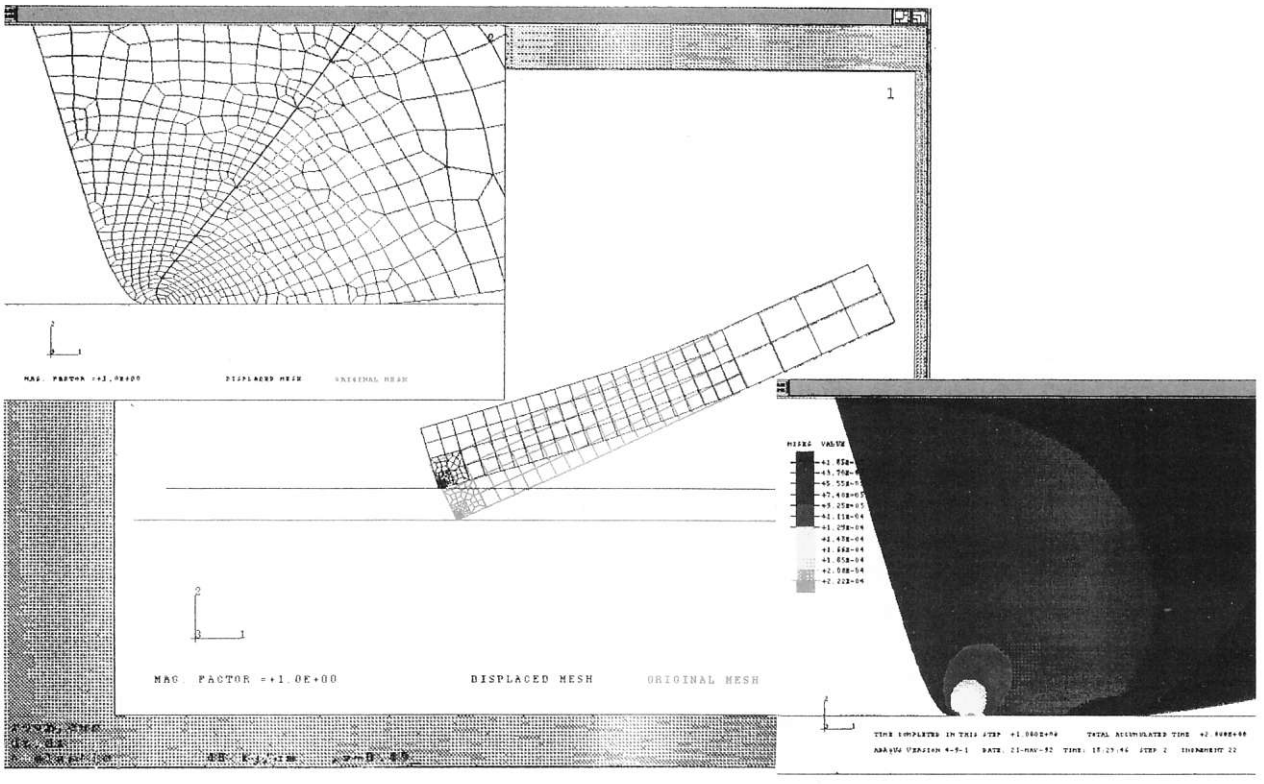


図 4　FEM 解析-2（摺擦状態）

とによって生じる。

画像流れは高湿の環境下で発生しやすく、転写工程で感光体表面に移動する記録紙中のタルク・ロジン・セルロース・澱粉などの紙粉が、クリーナーブレードの下に潜り込み、感光体表面にこすり付けられて固着する。この固着した紙粉は水分の吸着性が強く、コロナ放電の繰返しで生じるNO_x、O_3などのコロナ成生物の内、水に溶解しやすい成分がOPC上の吸湿した紙粉中に溶け込みイオン解離することにより、表面抵抗が低下して生じると推定されている。

この現象に対し、感光体やトナーで種々の改良が施されているが、クリーナーブレードでは高硬度のブレードを強く当てると画像流れは改善されるが、OPC層のキズ・削れ・フィルミングに悪化要因となり適正条件決めに苦労していた。

3. 2　ブレードクリーニングのメカニズム

感光体上の残留トナーを掻き取っているクリーニングエッジのミクロ挙動を、主流であるリーディング方式圧接でFEM解析した。

その結果の一例を図3～4に示す。ブレードに一定量の変位を与え（静止状態）当接面をゆっくり矢印方向に移動（摺擦状態）させた時、感光体との間で生じる摩擦力で、図中太線で示す中立軸はかなり大きな変形を受けているとともに、感光体への接触幅の変化と接触幅内での面圧分布の状態が良くわかる。

ブレード材のヤング率を通常用いられている範囲で3水準変量し、一定変位量で圧接した時の感光体へのブレードエッジの接触幅（CW）と面圧分布をグラフ化したものが図5～6である。

これらをモデル的に示したものが図7でありこれに基づきクリーニングエッジの挙動を説明すると

- クリーニングエッジは感光体上の残留トナーをせき止めながら感光体との摩擦力でその表面に追随して移動方向に弾性変形する。
- 次いでブレード材の持つ弾性力で反移動方向に反発的に復元し、せき止めたトナーをはじき飛ばす。

この運動は、ブレードの長手方向（感光体の軸方向）全長にわたり均一ではなく短い距離で不規則に起こっているものと考えられる。

このようなポリウレタンゴム製クリーナーブレードのミクロ的な弾性変形挙動において、残留トナーを効率良くクリーニングするのに重要なのは、ブレードの感光体に対する均一な圧接力・圧接角・およびブレード材の弾性率と感光体との摩擦係数によって定まるブレードエッジの接触幅である。

この接触幅が大きすぎると一見圧接力を強くしても単位面積当たりの圧力は小さく、シリカ・紙粉などが感光体とブレードの間に潜り込みやすくなり、それらをブレード材が抱き込み、強く感光体にこすりつけることとなる。また、ブレードエッジの変形量（FEM解析の中立軸の変位量）が大きい事はポリウレタンゴム分子の疲労もそれだけ大きくなり、エッジの欠損、摩耗を早期に引き起こすことにつながる。

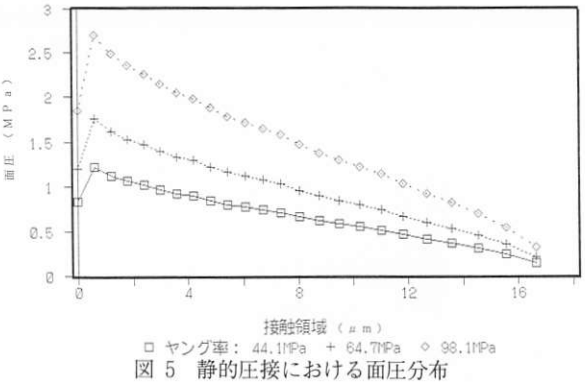


図 5　静的圧接における面圧分布

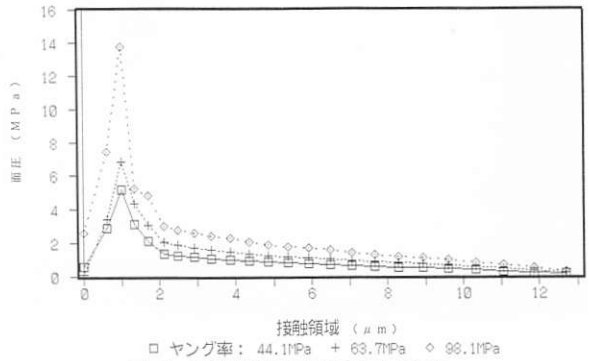


図 6　摺擦状態における面圧分布

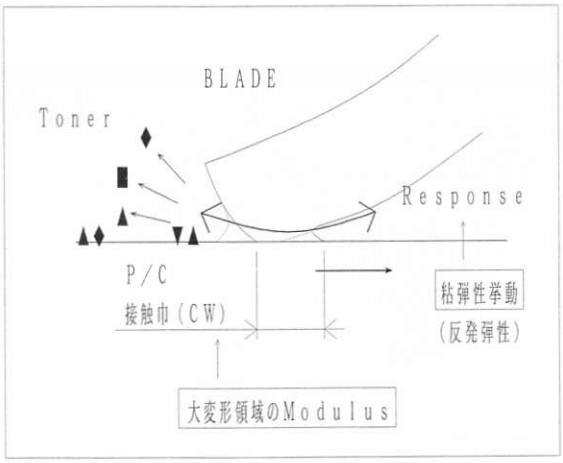


図 7　クリーニングエッジの挙動モデル

次に重要なのがブレードエッジの反発的復元挙動であり、特に高速機において摺擦速度が速くなる場合に速やかな復元が残留トナーのクリーニングに有効に寄与する。

3. 3　クリーナーブレードに求められる特性

以上のことより従来からのブレード材にプラスして、どのような特性が求められているかを表2に示す。

4. 新しいポリウレタンゴムブレード材

4. 1 ポリウレタンゴムとは

ポリウレタンゴムは、ソフトセグメントを構成する長鎖活性水素化合物とハードセグメントとなるポリイソシアナートおよびジイソシアナートと反応してハードセグメントや架橋点を作る短鎖活性水素化合物を基本とし、加工性や性能改良のための各種副原料によって構成される。それぞれ用いられている原料系とその反応および構造と物性並びに製法は大谷[2]らの解説や著書も多数ありここでは割愛する。

ポリウレタンゴムは、多種類の反応体や配合剤の組合せにより、ユーザーニーズに適合する材料設計が可能であり各種の工業用品用途に用いられている。

電子写真装置用のブレード材も、従来これらの組合せで感光体やトナーの技術的変化に対応して来ていた。

表 2 クリーナーブレードに求められる特性

(1) 軟らかくて …P／Cにキズをつけず適度に削り、
(2) 永久歪が小さく、…圧接力を維持し、
(3) 適度な反発力と …高速機でもトナースルーを生じない、
(4) 耐磨耗性 …長寿命

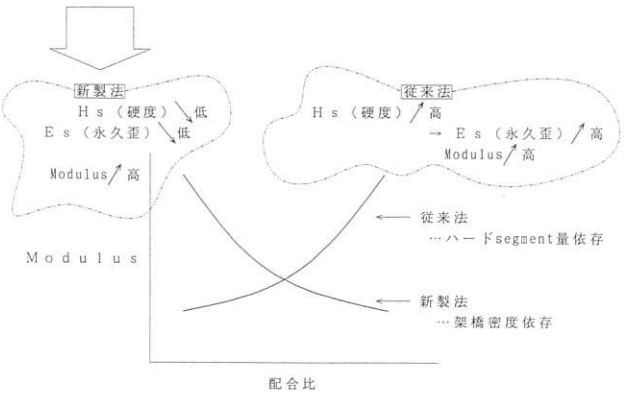
（高モジュラス）

を有するクリーナーブレード

4. 2 ポリウレタンゴムの特性改良

筆者らは、固体物性として、固体全体としての性質を左右するのは単に構成分子の化学構造（一次構造という）だけではなく、無数の分子が寄り集まって作る空間構造（高次構造）が、それに劣らず重要であると

(1) 大変形領域モジュラス制御 …（新技術）



(2) 反発弾性の制御 …（従来技術）

① Soft segmentの種類
② Soft segmentの分子量と分子量分布
③ Hard segmentの含有量
④ Prepolymerの官能基数

図 8 新しいクリーナーブレードの材料設計

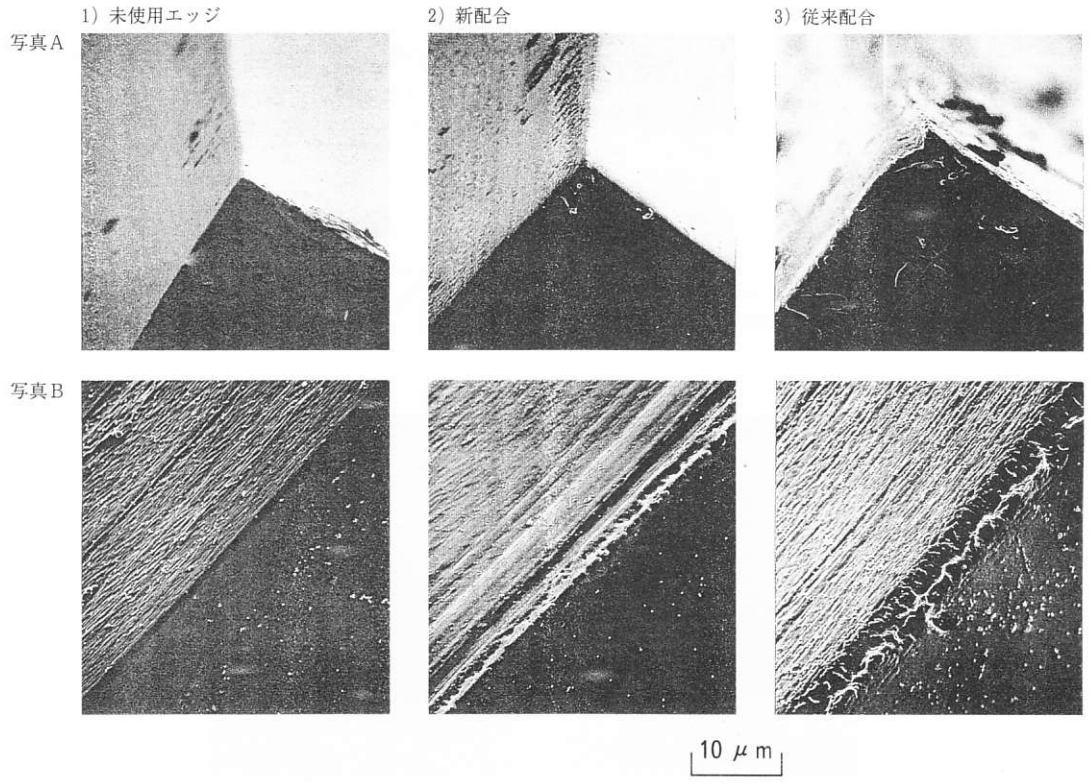


図 9 ブレードエッジの摩耗状態（SEM 写真 ×2000）

いう視点より従来より用いられているポリウレタンゴム原料をそのまま応用しながら、高次構造を変化させてクリーナーブレードに必要な特性を付与する技術を開発した。

この詳細は、東[5]、藤原[6]がポリウレタンゴムを比較的高硬度でも永久歪を低減させる方法および低硬度でも大変形領域のモジュラスを高くする方法を示している。これらを従来からのポリウレタンゴムの配合設計技術と組み合せクリーナーブレードに求められる特性を得るように展開したのが図8である。

5. 新しいクリーナーブレード材の実用性能

(1)ブレードの長寿命化（耐摩耗性、耐欠け性）

ブレードエッジの耐摩耗性評価を、55枚(A4ヨコ)/分、粗面Se-As感光体、2成分トナーの市販複写機を用いて行った。供試した2種類のブレードエッジの摩耗状態を図9に示す。

実走試験の条件は、事務所環境（15～25℃×40～70%RH）下で、早期比較を行うため、5枚コピー後エンジン停止の繰返しである5枚間欠モードでコピー枚数1万枚（B/W＝6%）とした（連続通紙3.4万枚相当）。ただし、刺激条件をできるだけ等しくするために2千枚コピーごとにブレードを交換し、感光体、現像剤の性状変化の影響を受け難いようにした。

SEM写真で明らかなように、従来配合はクリーニングエッジを構成する所のａ面側がえぐり取られたように摩耗しているのに対して、新配合は軽微な摩耗状態を示している。

(2) OPC高速機での評価

OPC搭載高速複写機(60枚(A4ヨコ)/、2成分トナー)を用いた実走試験後のブレードエッジSEM写真を図10に示す。

ブレードエッジの摩耗巾は連続コピー15万板で13μm、29.6万枚で18μmであり、局部的な欠損もなく均一な摺擦摩耗を示し、エッジの状態は非常に良好である。

また、OPC層の削れ量も適当な水準にあり、フィルミング、画像流れなどの不具合現象は全くみられなかった。

当該機の市場におけるブレード寿命について調査を進めている。'93.12.未現在すでに、20万枚を超えて稼働中のものも出始めている。

これらの結果は、新配合がOPC搭載高速複写機用クリーナーブレードの要求品質を満足し、さらに長寿命が期待できる一例といえる。

6. おわりに

クリーナーレスレーザープリンターも細矢[7]らによって報告されているが、電子写真装置のクリーナーとしては、帯電方式・現像方式やトナーの性状などにより今後ともにブレードクリーニングが主流で推移して行くものと予想される。地球環境保護としての、リサイクル・省エネルギー、人に優しい・低騒音・オゾンレス・高画質化・カラー化、情報伝達の高速パーソナル化として低価格化などなど電子写真プロセスは多くの課題を持ちながらますます発展して行くものと思われる。

我々部品メーカーもこのような社会的背景に対し電子写真プロセスがどのように変化し、構成部品にどのような特性が要求されてきているかを見ながら、ニーズに適合した開発をしたいと念じている。

紙面の都合上、説明不十分な点も多々あり、読者に理解しづらい解説となった事をお詫びするとともに、本稿がクリーナー設計者の一助になれば幸いである。

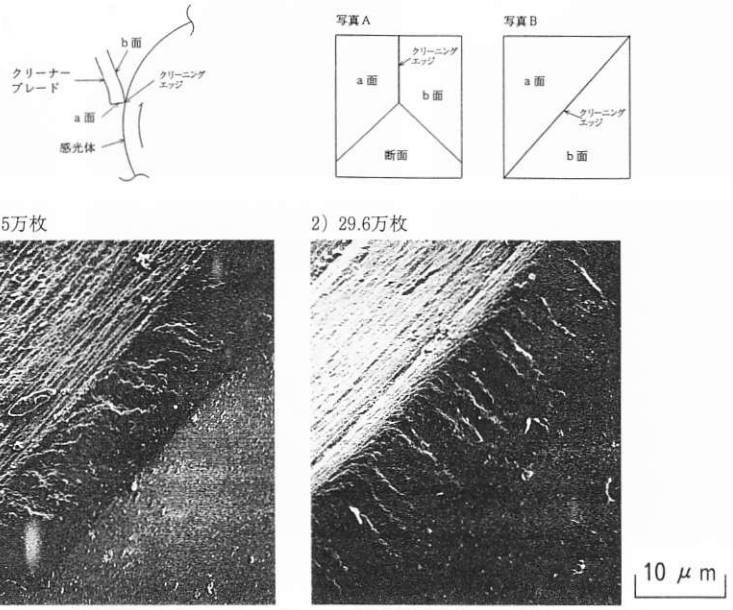
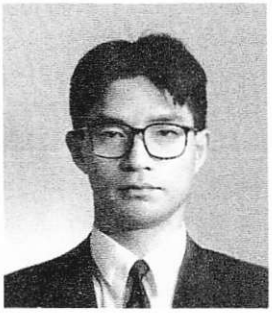


図 10 OPC 高速機におけるブレードエッジ摩耗状態（SEM 写真 ×2000）

［付記］
〔発表誌：電子写真学会誌、33、50（1994）〕
［参考文献］
1)G. Harpavat:IEEE JAS. 77. Annual. 24-B p569-575(1977).
G. Harpavat:IEEE Trans. Ind. Appl. 1A-15. 6. 681-687(1979).
2)大谷利幸他：電子写真学会誌、Vol.26、No.2、p.171～178(1987).
3)宮崎元：電子写真学会誌、Vol.32、No.3、p.282～289(1993).
4)轡田昇、中村洋、雨宮欣哉：電子写真プロセス技術－総合資料集－経営開発センター出版部、p.80(1989).
5)東篤：（バンドー化学）特開平5-24049.
6)藤原良則：（バンドー化学）特開平5-150697. 特開平5-278045.
7)細谷雅弘：電子写真学会誌、Vol.30、No.3、p.292～301(1991).

藤原　良則
Yoshinori FUJIWARA
1964年入社
MMP事業部
技術部長



三木　隆司
Takashi MIKI
1985年入社
MMP事業部
技術部 係長

ポリウレタンの摩擦・摩耗特性への鎖延長剤の混合比率の影響

Effects of Blend Ratios of Chain Extenders on Friction and Abrasion Characteristics of Polyurethanes

岡崎　貴彦[*1]　　横山　哲夫[*2]　　古川　睦久[*2]

Takahiko OKAZAKI　　Tetsuo YOKOYAMA　　Mutsuhisa FURUKAWA

This paper is a study of the relationship between the structure, friction and abrasion of polyurethane elastomers (PUE's) and various blend ratios of chain extenders. PUE's were prepared from polyester polyols or polyether polyol ($\overline{Mn}$=2000), 4, 4′-diphenylmethane diisocyanate, and mixture of 1, 4-butanediol (BD) and trimethylol propane (TMP) as a chain extender. The blend ratio of BD/TMP was varied from 60/40 to 97/3. Mechanical properties were measured by use of an Instron testing instrument, Taber abraser, DIN abraser, and a Heidon friction tester. Morphologies were observed by DSC, SEM, and a polarizing microscope. When the BD blend ratio is increased, phase separation proceeds and spherulites are observed. In higher BD blend ratio PUE's, the abrasion resistances are increased with the aid of a reinforcing effect of the hard segment, because of reversible crystallization induced by stretching. The friction coefficient is strongly influenced by this hardness and the higher BD blend ratio PUE's revealed a lower friction coefficient.

1. 緒　　言

ポリウレタンエラストマー（PUE）は優れた力学的性質を示すことが知られており、各種成型品をはじめとして土木建築資材、ＯＡ機器部品、日用品、スポーツ・レジャー用品、医用製品等、多岐にわたって使用されている。PUEの優れた力学物性は、その一次構造、化学架橋構造のみならず相分離構造等の高次構造に強く依存する。したがって、高次構造に影響を及ぼす合成条件や成型条件と構造・物性の関係を明確にすることが材料設計上、非常に重要である。

また、エラストマーの耐摩耗性についての研究は、Schallamachをはじめとする研究者らにより天然ゴム[1~4]、ブチルゴム[4,5]、SBR[4,6]、EPDM[4]、イソプレンゴム[4]等について行われている。これらの研究の中では、いずれも試験温度、湿度等の環境条件や摩擦速度、荷重、研磨材種等の刺激条件、またオイルやカーボンブラック等の添加剤や充てん剤の種類や量の影響について議論されている。しかし、極性ゴムであるPUEの耐摩耗性についての研究例[7,8]は少なく、分子構造の面からの詳細な検討はあまり行われていない。

本研究ではポリエステルおよびポリエーテルポリオールを基材としたプレポリマーを合成し、鎖延長剤として低分子量ジオールとトリオールの混合物を用い、両者の混合比率を変化させることにより生起する高次構造と摩擦・摩耗特性を中心とする力学物性の関係を明確にすることを目的とした。

2. 実　　験

2. 1 原　　料

ポリオールとしてポリ（エチレンアジペート）グリコール（PEA:$\overline{Mn}$=2153、三洋化成工業製）、ポリ（ブチレンアジペート）グリコール（PBA:$\overline{Mn}$=1990、三洋化成工業製）、ポリ（カプロラクトン）グリコール（PCL:$\overline{Mn}$=1997、ダイセル化学工業製）、ポリ（オキシテトラメチレン）グリコール（PTMG:$\overline{Mn}$=2037、三洋化成工業製）を精製することなく使用直前に融解させて使用した。

ジイソシアナートには4,4′-ジフェニルメタンジイソシアナート（MDI:日本ポリウレタン工業製）を使用直前に融解させて使用した。

鎖延長剤としては1,4−ブタンジオール（BD:BASFジャパン製）とトリメチロールプロパン（TMP:広栄化学工業製）を所定の比率で混合して使用した。

[*1] 中央研究所
[*2] 長崎大学工学部材料工学科

2. 2　PUEの合成

合成手順を図1に示す。合成はプレポリマー法により行った。ポリオールとジイソシアナートを配合比K＝(ジイソシアナート中のイソシアナート基のモル数)/(ポリオール中の水酸基のモル数)＝3.30で窒素雰囲気下、70℃で攪拌しながら約3時間反応させイソシアナート末端プレポリマーを合成した。次にこのプレポリマーを減圧下、約100℃で30分間脱泡した。これに鎖延長剤としてBDとTMPの混合物(重量比60/40、75/25、97/3)を、NCO INDEX＝(プレポリマーのイソシアナート基のモル数)/(鎖延長剤の水酸基のモル数)＝1.05とし、室温で加え、90°往復運動型攪拌装置により90秒間混合した。得られた粘稠物を直ちにあらかじめ130℃に加熱しておいたアルミ製金型に注型した。130℃で1.5時間硬化後、金型から成型されたPUEを取り出し、更に空気雰囲気下110℃で24時間、後架橋させ試料を得た。

2. 3　物性試験・分析

テーバー摩耗試験

JIS K 6264 (1993) に準拠し、テーバー摩耗試験機を用いて垂直荷重9.8N、回転速度60rpm、回転数1000回、研磨材H22にて室温下で行った。

DIN摩耗試験

JIS K 6264 (1993) に準拠し、DIN 摩耗試験機を用いて垂直荷重9.8N、摩耗距離40m、研磨材アルミナ#60にて室温下で行った。

摩擦係数の測定

ヘイドン14型摩擦試験機（新東洋科学製）を用い、PUEシートから切り出した長さ50mm、幅20mm、厚さ2mmの試験片に相手材であるアルミ板を25°で接触させ、垂直荷重0.98N、滑り速度100mm/minの条件で測定した。

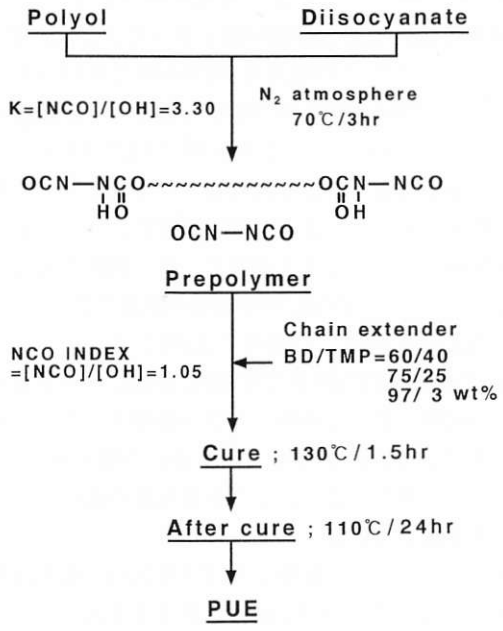


図 1　Synthetic scheme of PUE

引裂試験

PUEシートから打ち抜いたJIS-B型試験片をインストロン型オートグラフ（インストロン社製MODEL 1175)を用いて室温下、引裂速度250mm/minで行った。

引張試験

PUEシートから打ち抜いたJIS-3号型試験片をインストロン型オートグラフ（インストロン社製MODEL 1175）を用いて室温下、引張速度500mm/minで行った。

硬度測定

JIS-A型硬度計（高分子計器製）を用いて、JIS K 6301に従って測定した。

ゲル分率

60℃のベンゼン又はN、N－ジメチルアセトアミド（DMA）中での平衡膨潤挙動を重量法により追跡して求めた。[9]

熱的性質

示差走査計量計（DSC:セイコー電子工業製示差走査熱量分析装置DSC-210）を用いて30ml/minの窒素気流下、昇温速度20℃/minで測定した。

モルフォロジーの観察

偏光顕微鏡（ニコン製OPTIPHOT2-POL）を用いてクロスニコル下で行った。球晶の複屈折の解析には鋭敏色検板（530nm）を挿入して観察を行った。また、球晶の融解挙動の観察には加熱ステージ（リンカム製顕微鏡加熱装置TH-600PM)を使用して昇温速度10℃/minで行った。

摩耗痕の観察

テーバー摩耗試験後の試料の表面を走査型電子顕微鏡（SEM:日立製作所製表面走査型電子顕微鏡 S-800型）を用いて観察した。

3. 結果と考察

得られたPUEの構造パラメータと物性値を表1に示す。いずれのポリオールを用いて合成された系においても、試料の外観はBD混合比率の増加に従い淡黄色又は無色透明から白色不透明へと変化した。ゲル分率は非極性溶媒であるベンゼンを用いて測定した場合はポリオールの種類、BDの混合比率に関係なく98%以上の値を示したが、高極性であるDNAを用いて測定した場合、化学架橋点濃度の低いBD高混合試料（BD 97wt%）においてはゲル分率は著しく低下した。硬度はいずれの系においてもBD混合比率の増加に伴い、著しく上昇した。特に白濁した試料を与えたPBA系、

表 1 Structual Parameters and Properties

No.	Polyol	Chain extender (wt%)		Gel fraction (%)		Tg (℃)	TR (MPa)	TB (MPa)	HS (JIS-A)	Appearance
		BD	TNP	Benzene	DMA					
1	PEA	60	40	99.4	98.1	−15.8	3.3	39	62	Light yellow, transparent
2		75	25	99.5	97.9	−18.4	5.1	47	67	Light yellow, transparent
3		97	3	98.3	73.9	−27.3	9.4	64	77	White, semi-transparent
4	PBA	60	40	99.5	99.0	−22.4	2.8	39	65	Colorless, transparent
5		75	25	99.1	99.0	−26.4	4.9	52	72	White, semi-transparent
6		97	3	99.1	53.3	−39.0	9.7	66	87	White, opaque
7	PCL	60	40	98.7	98.6	−21.3	2.9	23	72	Colorless, transparent
8		75	25	98.4	98.1	−25.0	4.1	43	68	Colorless, transparent
9		97	3	98.2	77.6	−38.3	7.1	59	79	White, semi-transparent
10	PTMG	60	40	99.8	99.8	−49.5	2.2	18	67	Colorless, transparent
11		75	25	99.8	99.9	−56.2	4.5	23	73	White, semi-transparent
12		97	3	99.5	44.8	−65.1	8.5	46	82	White, opaque

TR ; Tear strength, TB ; Tensile strength, HS ; Hardness

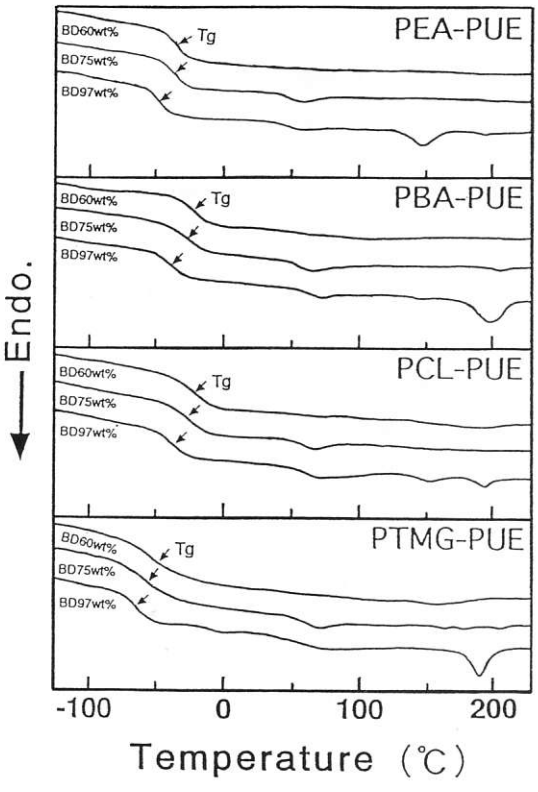


図 2 Effect of blend ratio of BD on DSC thermograms of PUE

PTMG系でその上昇は大きく、硬度はポリオール残基と、鎖延長剤残基から作られる高次構造に強く影響を受けていることがわかる。

図2に鎖延長剤の混合比率を変化させた試料のDSC曲線を示す。基材としたポリオールでPUEを区別するために、PEAを用いて作製した試料をPEA-PUEのように略記する。BDの混合比率が60wt%から97wt%に増加すると、ガラス転移温度(Tg)はPEA系では−15.8℃から−27.3℃へ11.5℃、PBA系では−22.4℃から−39.0℃へ17.6℃、PCL系では−21.3℃から −38.3℃へ17.0℃、PTMG系では−49.5℃から−65.1℃へ15.6℃低下した。ガラス転移の温度幅は、いずれのポリオールを使用した系においても、BD混合比率が60wt%と75wt%の試料では、あまり変化が見られなかったが、97wt%の試料では転移幅が狭くなった。また、原料ポリオールのTgとの温度差はPEA系では40.0℃から28.5℃へ、PBA系では46.3℃から29.7℃へ、PCL系では47.9℃から30.9℃へ、PTMG系では27.8℃から12.2℃へと小さくなり、より純粋なソフトセグメント相となる傾向を示した。また、70℃付近にショートレンジの相転移に基づく小さな吸熱ピークが観察されるようになった。BDの混合比率97wt%の試料において、PEA系では150℃付近、PBA系では200℃付近、PCL系では195℃付近、PTMG系では190℃付近にハードセグメントの融解に基づく吸熱ピークが観察された。これらの結果はいずれのポリオールを用いた場合も、BDの混合比率の増加により、ミクロ相分離が進行してくることを示唆している。

クロスニコル下で観察したPEA系試料の偏光顕微鏡写真を図3に、PBA系を図4に、PCL系を図5に、PTMG系を図6に示す。BD混合比率60wt%の試料では、PTMG系を除き、いずれも暗視野であり、微結晶や球

晶等は存在しなかった。PTMG系試料では直径5～10μm程度の球晶の存在が確認された。BD混合比率が75wt% になるとPCL 系では灰色の視野であったが、PEA 系では15～20μm、PBA系では40～50μm、PTMG系では25～35μmの球晶が確認された。更にBD混合比率が97wt%になると全ての試料において球晶が確認され、その大きさはPEA 系では40～60μm、PBA系では30～50μm、PCL系では30～35μm、PTMG系では30～40μmとなり大きく成長していた。これら球晶の複屈折の解析を530nmの鋭敏色検板を用いて行った結果、球晶が観察された試料のうちPEA系、PBA系においてBD混合比率97wt%のものは、象限別に明確な着色分割を示さず、その構造は複雑であったが、他はすべて第1、第3象限が黄色に、第2、第4象限が青色に着色して観察された。この結果から、球晶の接線方向の屈折率が大きいことが示唆され、これら球晶はセグメントが円の接線方向に配向した負の球晶に見える。しかし、Samuels とWilkes[10] はビスクロロフォーメートと2級ジアミンよりなる水素結合を持たないポリウレタンが半径方向の屈折率が大きい正の球晶構造を有するとし、ハードセグメントは半径方向に配向していると結論づけていることを考えると、本研究で用いた試料では水素結合による鎖の束縛が強く、セグメントの分子軸方向と球晶の正負の関係は、かならずしも一致しないと考えられるため、更に検討する必要がある。

また球晶の融解挙動を加熱ステージを用いて観察した結果、DSC測定結果におけるハードセグメントの融解温度領域にて球晶の周辺部から中心部に向かって次第に融解が進行し、更に加熱を続けると球晶は完全に消失した。この後、試料を放冷すると融解温度領域で再び中心部から加熱前と同様の着色状態を示す球晶の

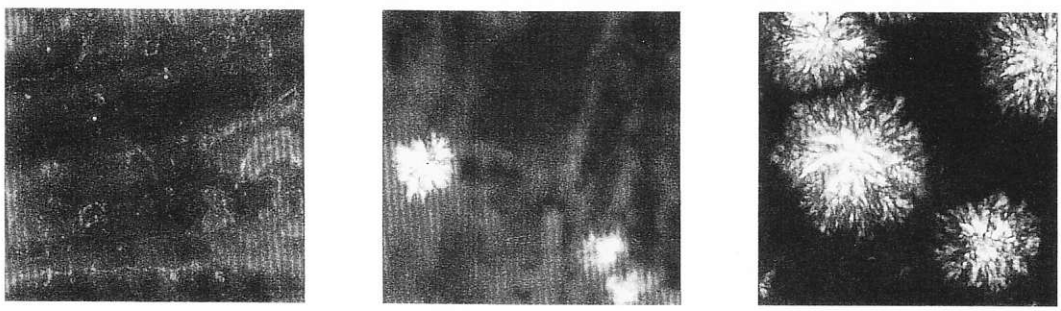


図 3 Polarizing Micrographs of PEA-PUE

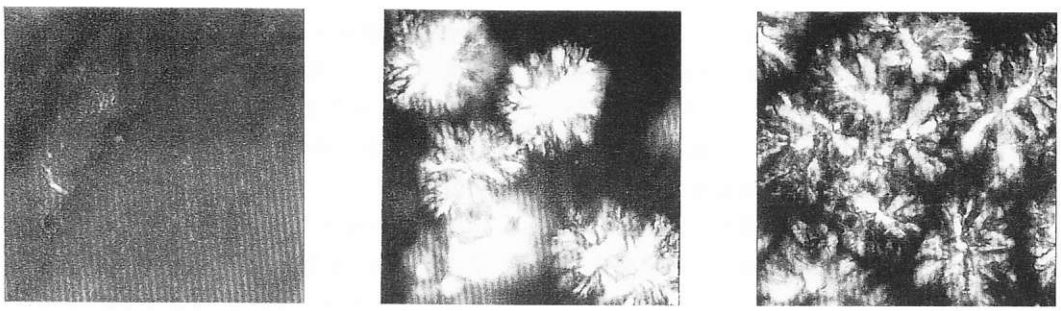


図 4 Polarizing Micrographs of PBA-PUE

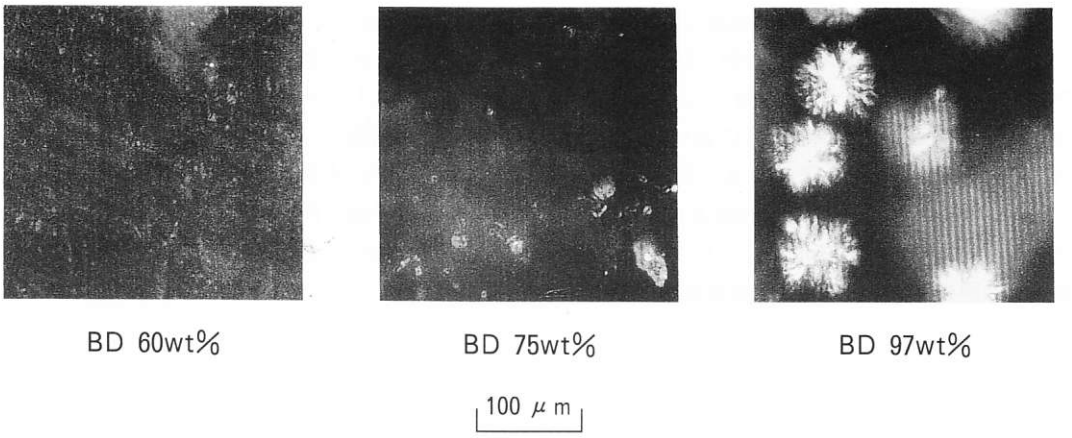


図 5　Polarizing Micrographs of PCL-PUE

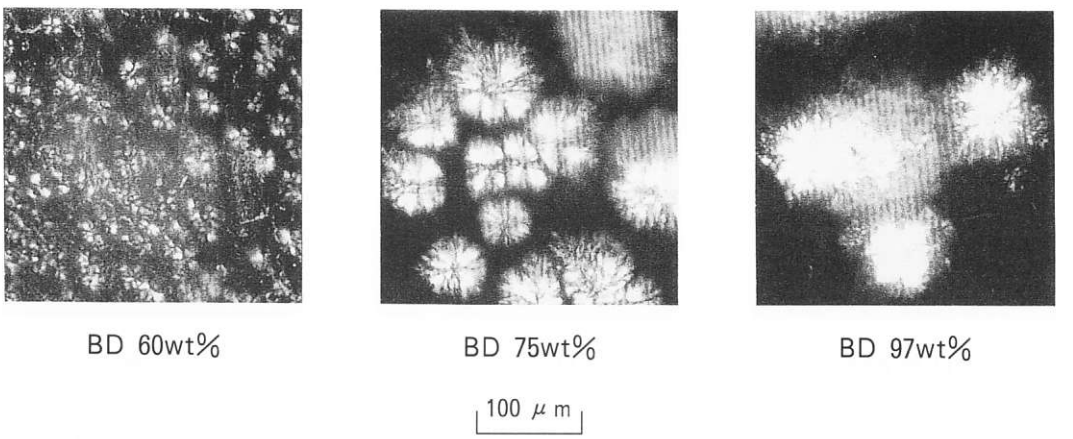


図 6　Polarizing Micrographs of PTMG-PUE

成長が確認された。これら結果より球晶はハードセグメントの配向に基づくものであると考えられる。

図7に代表例としてPEA-PUE系の応力－ひずみ関係を示す。いずれの試料においてもひずみの増加にともない応力の急激な増加が観察された。この傾向はBDの混合比率が増加するほど大きくなり、高い応力領域まで観察された。この急激な応力の増加するひずみの領域では試料は白化した。これら結果から、これら試料では伸長配向結晶化が進行し、補強充てん効果を大きく発現していることがわかる。他のPBA-PUE、PCL-PUE、PTMG-PUE系でも同様な傾向が見られた。

図8にBDの混合比率75wt%の試料の応力－ひずみ関係へのポリオール基材の影響を示す。エーテル系のPTMG系ではエステル系に比較して破断応力が低くなった。いずれのポリオールを用いた系においても伸長配向結晶化傾向が見られたが、それが発現するひずみ量は異なった。これは、ポリオールの種類により配向挙動に違いがあるためと考えられる。

図9に引張強さとBDの混合比率との関係、図10に引裂強さとBDの混合比率との関係を示す。いずれのポリオールを使用した系においても引張強さ、引裂強さはBDの混合比率の上昇に伴い高くなる傾向を示した。引裂試験において、この傾向はポリオール種によらずほぼ一定の傾きで高くなる傾向を示し、BDの混合比率により強い影響を受けたが、引張試験ではポリオール種により傾向に差が見られ、PTMG系はエステル系に比較して低い引張強さとなった。この傾向は引裂試験では破断強度の絶対値が低く、応力によるセグメントの配向、凝集の影響が顕著には現れないためであり、引張試験では破断強度の絶対値が高いためセグメントの配向、凝集がポリオール種により異なり高次構造に違いを生ずるためと考えられる。

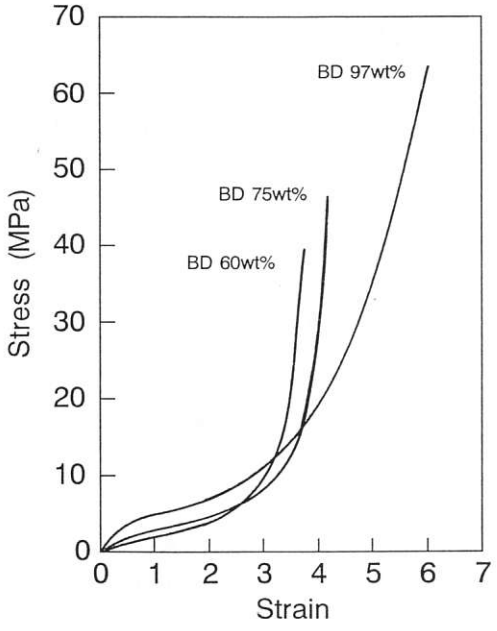


図 7 Effect of blend ratio of BD on stress-strain curves of PEA-PUE

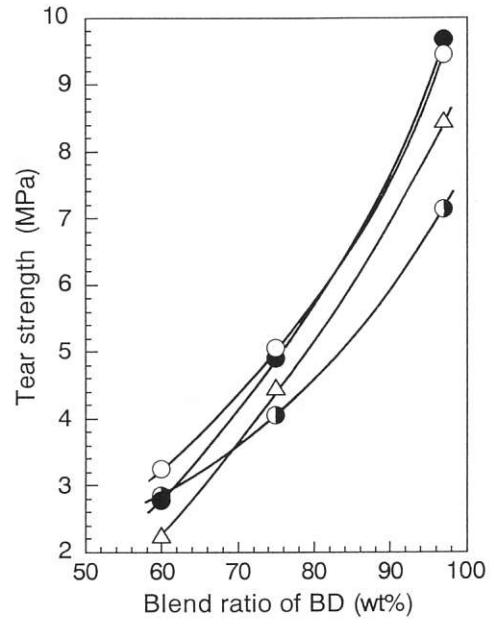


図 9 Effect of blend ratio of BD on tensile strength
○ PEA-PUE, ● PBA-PUE, ◑ PCL-PUE,
△ PTMG-PUE

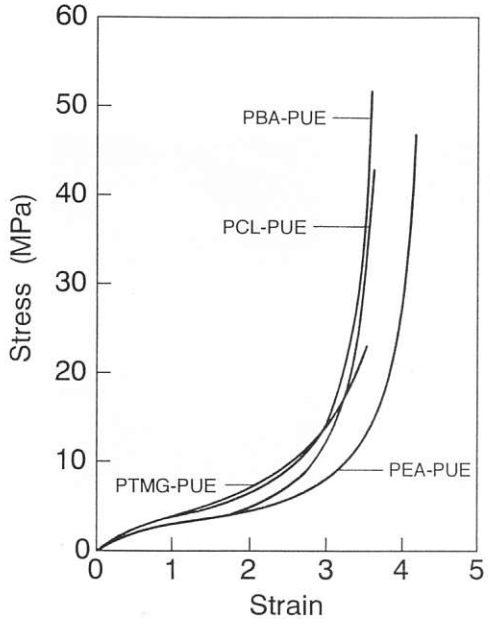


図 8 Effect of polyol structure on stress-strain curves of PUE (BD 75 wt%)

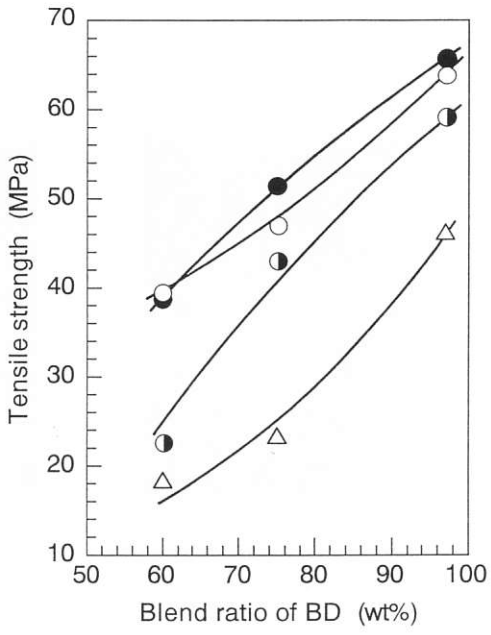


図 10 Effect of BD blend ratio on tear strength
○ PEA-PUE, ● PBA-PUE, ◑ PCL-PUE,
△ PTMG-PUE

このように、試料はBDの混合比率の増加にしたがい、高い引裂強さ、引張強さを示したが、この原因はBDがTMP と異なり線状構造を有しており、鎖中に組み込まれた場合に凝集しやすいこと、更に化学架橋濃度が低いため応力下においても鎖の配向が阻害されにくく、強い分子間凝集力を示すことができたためであると考えられる。

図11にテーバー摩耗試験、図12にDIN摩耗試験により評価した耐摩耗性へのBDの混合比率の影響を示す。また図13、14にPEA系、PTMG系試料のテーバー摩耗試験後の摩耗面のSEM写真をそれぞれ示す。摩耗試験では同一試料を用いても荷重、滑り速度、温度、研磨

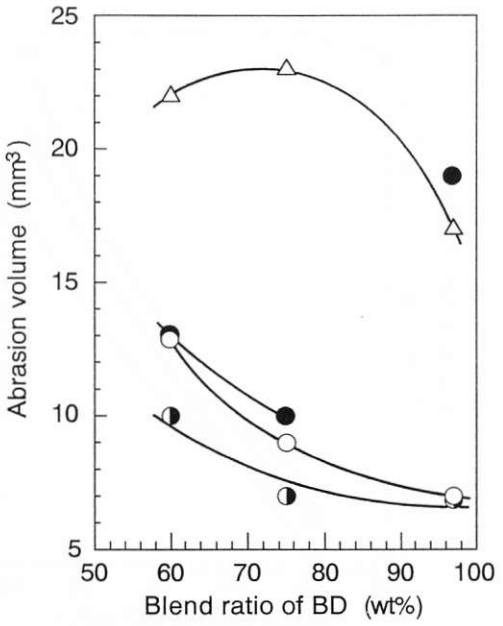


図 11 Effect of blend ratio of BD on abrasion volume determined by Taber abrasion test
○ PEA-PUE, ● PBA-PUE, ◑ PCL-PUE, △ PTMG-PUE

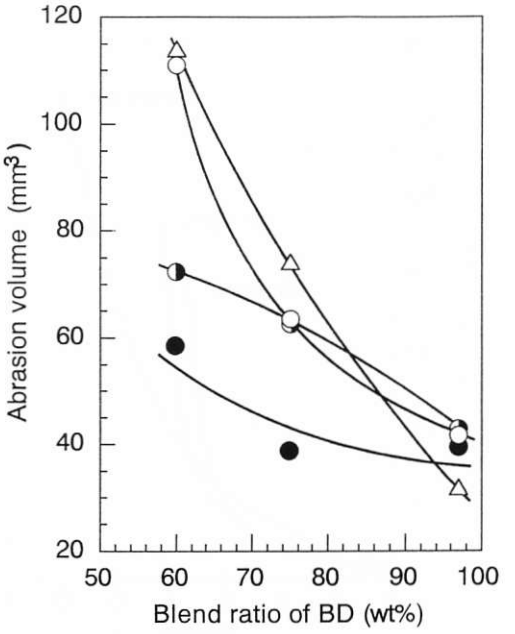


図 12 Effect of blend ratio of BD on abrasion volume determined by DIN abrasion test
○ PEA-PUE, ● PBA-PUE, ◑ PCL-PUE, △ PTMG-PUE

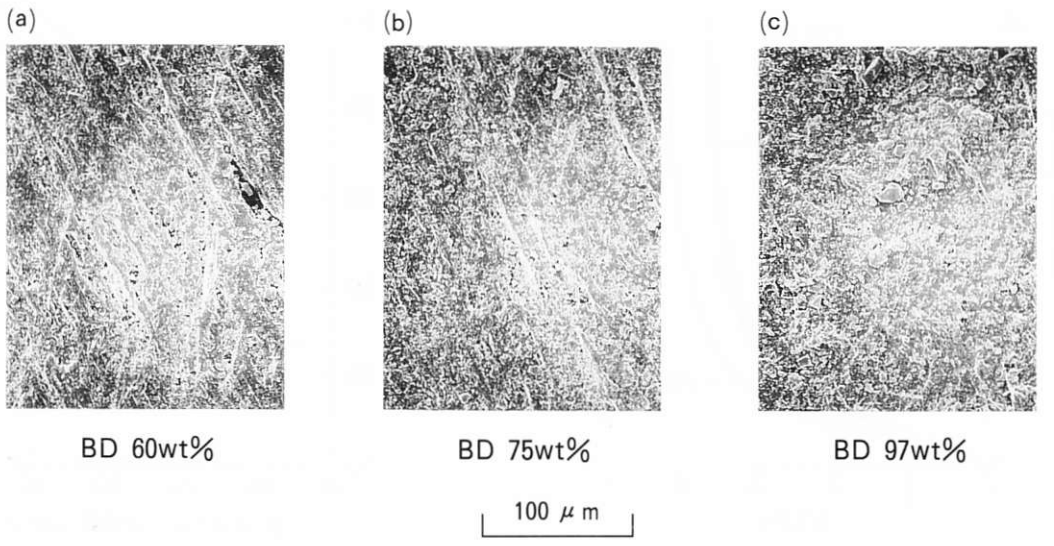


図 13 SEM micrographs of PEA-PUE surfaces abraded by use of Taber Abraser

材料の種類、刺激条件等の試験条件や方法が変化すると、得られる結果が異なることが指摘されている。[6,11] 本研究で用いた2種の摩耗試験においても同一試料で得られた結果は異なったが、どちらの試験結果からもBDの混合比率の増加により摩耗量が減少し、耐摩耗性が良好となる傾向が認められた。これはこの系では耐摩耗性が化学架橋成分の増加よりもセグメントの凝集力により発現することを示唆している。このBDの混合比率の増加に伴う耐摩耗性の向上はモルフォロジーと力学物性の測定結果、更には摩耗面のSEM観察結果より以下のように考えることができる。BD混合比率の低い試料では凝集力が低いため、表面が研磨材により図13(a)に示されるようなすじ状の軌跡を残し容易に削り取られる。BD混合比率の高い試料では研磨材

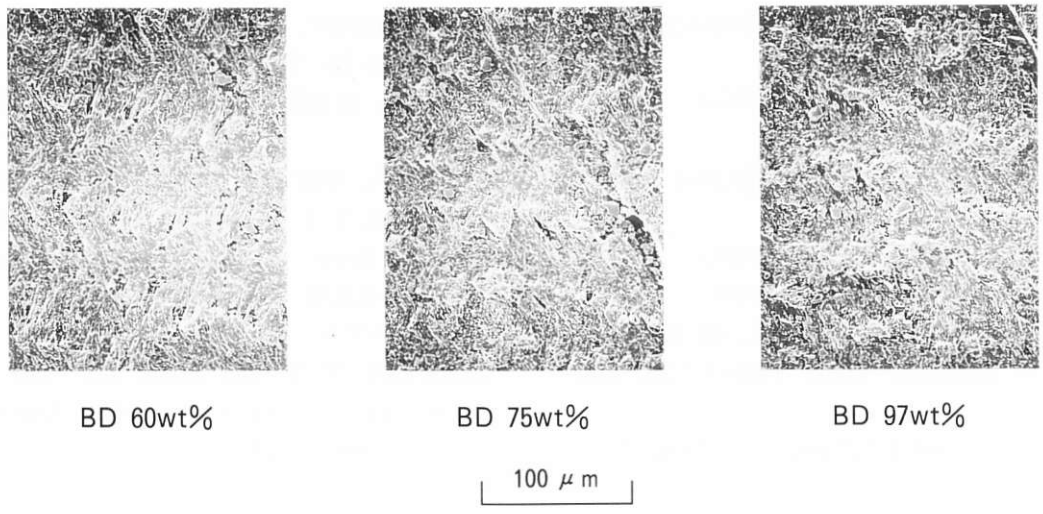


図 14 SEM micrographs of PTMG-PUE surfaces abraded by use of Taber Abraser

の走行により加えられた応力により変形させられた摩耗面の分子の伸長配向とハードセグメントの補強充てん効果が生じ、耐摩耗性を得たものと考えられる。図13(c)に示されるさざ波状の摩耗痕は、研磨材による繰り返し摩擦により摩耗面に疲労が蓄積し、これが表面破壊に相当するエネルギーに達した後、分子がはぎ取られたことによるものと考えられる。一方、図14に示すPTMG系では、いずれのBD混合比率においても鱗状の摩耗痕しか認められなかった。

図15に試料の摩擦係数に及ぼすBDの混合比率の影響を示す。いずれのポリオール系においてもBD混合比率の増加に伴い摩擦係数は低下する傾向が示された。このBD混合比率の増加に伴う摩擦係数の低下の度合いはポリオール種により異なった。弾性体の摩擦現象において、全摩擦力は一般に摩擦の凝着成分(すなわち接触面のせん断抵抗)とヒステリシス成分(すなわち接触部近傍の変形による抵抗)の和として表される。[12] BDの混合比率の増加に伴い、試料の硬度が増加することから、摩擦力のヒステリシス成分、変形抵抗が減少して低い摩擦係数を示したと考えられる。

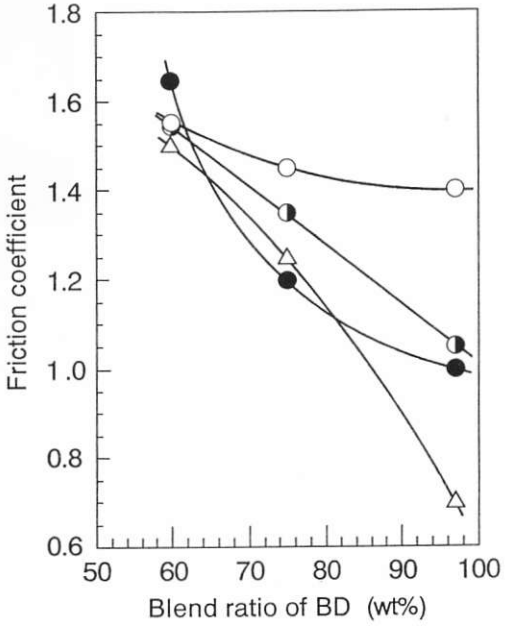


図 15 Effect of blend ratio of BD on friction coefficient determined by Heidon friction test
○ PEA-PUE, ● PBA-PUE, ◑ PCL-PUE, △ PTMG-PUE

4. 結　　論

鎖延長剤混合比率の異なるPUEについて、モルフォロジーの観察と摩擦・摩耗特性を中心とする物性測定を行った結果、次のようなことが明らかとなった。

①BD混合比率の高い試料ではハードセグメントサイズが大きくなり相分離が進行し、成長した球晶が観察された。

②BD高混合試料においては、伸長配向結晶化が進行し、補強充てん効果を大きく発現して、高い力学物性を示した。

③テーバー摩耗試験、DIN摩耗試験により評価した耐摩耗性においても相分離構造に基づく可逆的な伸長配向結晶化が重要であった。

④摩擦係数はBDの混合比率の増加により試料の硬度が増加し、摩擦力のヒステリシス成分が減少して低下した。

［付記］

〔口答発表：1994年日本ゴム協会第８回エラストマー討論会、1994年12月１日〕

〔発表誌：日ゴム協誌、**68**、417（1995）〕

［引用文献］

1)Schallamach, A.:Rubber Chem. Technol., **26**, 230 (1953)

2)Schallamach, A.:Wear, **1**, 384 (1958)

3)Schallamach, A.:Wear, **6**, 375 (1963)

4)Ecker, R.:Rubber Chem. Technol., **39**, 823(1966)

5)Zapp, R. L.:Rubber Chem. Technol., **29**, 333 (1956)

6)Grosch, K. A. and Schallamach, A.:Trans. Inst. Rubber Ind., **41**, 80 (1965)

7)Schollenberger, C. S. and Dinbergs, K.:Adv. Urethane Sci. Technol., **6**, 67 (1980)

8)植村勇、池田潔：高分子論文集、**49**、12、1025 (1992)

9)古川睦久、横山哲夫：日ゴム協誌、**55**、763 (1982)

10)Samuels, S. L. and Wilkes, G. L.:J. Polym. Sci., Polym. Symp., No. **43**, 149 (1973)

11)木村好次監修：トライボロジーデータブック（テクノシステム）

12)Bowden, F. P. and Tabor, D.: "The Friction and Lubrication of Solids Part Ⅱ," Oxford Univ. Press (1964) p. 242

岡崎　貴彦

Takahiko OKAZAKI

1991年入社

中央研究所

研究部

ラジカル架橋併用ウレタンエラストマーの構造と物性

Structure and Physical Properties of Urethane Elastomers Prepared by Radical Crosslinking Combined with Usual Amine Curing

田口　善男[*1]　　古川　睦久[*2]　　横山　哲夫[*2]

Yoshio TAGUCHI　　Mutsuhisa FURUKAWA　　Tetsuo YOKOYAMA

Urethane elastomers were prepared by means of biuret and radical crosslinking. PTMG-based prepolymer extended with cis-1, 4-butenediol was allowed to react with 3, 3′-dichloro-4, 4′-diamino diphenylmethane and a dicumylperoxide initiator. Static mechanical, dynamic mechanical, and thermal properties of the elastomers were studied. The structure of the polyurethane networks was also characterized by an amine degradation technique, IR spectra, and elasticity.

Radical crosslinking improved thermal stability of urethane elastomers at high temperatures.

1. 緒　　言

ポリウレタンは、ポリエーテルポリオールやポリエステルポリオールなどから構成されるソフトセグメントと、ジイソシアナートと鎖延長剤から構成されるハードセグメントとのブロック共重合体である。その化学構造は多様であり、かつ、化学架橋に加えてハードセグメント間の水素結合による物理架橋や、種々のミクロ相分離構造を持つため、ポリウレタンは種々の性質を示す。この物性や加工性の広範さにより、ポリウレタンは多岐にわたる産業分野で工業的に応用が展開されている、極めて特異的な高分子材料の一つである。

熱硬化性注型ウレタンエラストマーは、その優れた力学的物性や耐摩耗性の特長を生かして動的物性が要求されるベルトやロールとして工業的に利用されている。そして近年、機器の小型化や高性能化に対応して、耐熱性を向上させた高寿命材料が要望されている。

ポリウレタンの耐熱性に関する最近の研究例としては、耐熱性を有するイソシアヌレート環やイミド結合を導入する方法[1),2)]、不飽和ポリエステル樹脂との複合化による方法[3)]、シクロヘキサンジイソシアナートを使用する方法[4~6)]などが報告されている。特殊なケースとしては、ミラブル型ウレタンエラストマーのように、パーオキサイド系触媒を使用してラジカル反応により架橋結合を導入する方法[7),8)]も報告されている。

熱硬化性注型ウレタンエラストマーの架橋方法としては、イソシアナートとウレア結合やウレタン結合との反応により生成するビウレット結合やアロファネート結合による方法、あるいはイソシアナートと多官能活性水素化合物との反応による方法などが一般的である。

本研究は、ウレタンエラストマーの架橋方法に着目して、ビウレット結合とラジカル架橋結合を複合したウレタンエラストマーを合成し、その構造と物性、及び耐熱性の関係を明らかにすることを目的とした。

複合架橋されたウレタンエラストマーは、不飽和グリコールを鎖延長剤として使用した二重結合を含有するウレタンプレポリマーについて、芳香族ジアミン化合物による硬化反応とジクミルパーオキサイドによるラジカル架橋反応を同時に行うことにより合成した。

2. 実　　験

2. 1　試料の合成

2. 1. 1　二重結合含有ウレタンプレポリマーの合成

ウレタンプレポリマーとして、市販のハイプレンL－167（三井東圧化学製、PTMG/TDI系NCO％＝6.0）に鎖延長剤として不飽和グリコールである1,4－ブテンジオール（GAF製、シス体、以下BTEDと略記する）を反応させ、二重結合を骨格中に含有するNCO基末端ウレタンプレポリマーを合成した。

2. 1. 2　ウレタンエラストマーの合成

合成した各プレポリマーに、硬化剤として3,3′－ジクロロ－4,4′－ジアミノジフェニルメタン（イハラケミカル製、キュアミンMT）、及びラジカル開始剤としてジクミルパーオキサイド（キシダ化学製、以下D

*1 中央研究所
*2 長崎大学工学部材料工学科

CPと略記する）を添加し、加熱硬化により、厚さ2mmのシート状ウレタンエラストマーを得た。配合比は$NCO/NH_2=1.05$、成形条件は一次硬化110℃×1時間、二次硬化150℃×1時間、ポストキュアー110℃×約12時間とした。

2. 2　物性測定

2. 2. 1　架橋構造のキャラクタリゼーション

ポリウレタンシートからJIS-3号ダンベルで打ち抜いた試験片を用い、インストロンMODEL1175により、室温、引張り速度10mm/minで、応力－ひずみ関係を測定した。式(1)のMooney-Rivlinプロットより$2C_1$及び$2C_2$を求め、式(2)により網目鎖濃度を計算した。

$$\tau=2C_1(\alpha-1/\alpha^2)+2C_2(1-1/\alpha^3)$$
$$=(2C_1+2C_2/\alpha)(\alpha-1/\alpha^2) \quad (1)$$

ここで、τは初期断面積当りの応力、αは伸長比で$\alpha=1/1_0$、1と1_0は伸長時及び未伸長の長さ、C_1、C_2は定数である。

$$(\nu/V)_{2C1}=2C_1/RT \quad (2)$$

ここで、νは弾性に有効な網目鎖の数、Vは体積、Rは気体定数、Tは絶対温度である。

また、式(3)からヤング率Eを求め、式(4)から網目鎖濃度を計算した。

$$\log(\alpha\tau)=\log E+n\log\varepsilon \quad (3)$$
$$(\nu/V)_E=E/3RT \quad (4)$$

ここで、εはひずみ（$\alpha=1+\varepsilon$）である。式(3)におけるnが1のとき完全弾性応答、nが0のとき粘性応答である[9]。すなわち、nが1であれば、このデータは平衡状態に近いといえる。本研究の試料は、n＝0.9～1.0であり、平衡状態に近い値が得られた。

2. 2. 2　アミン分解法によるゲル分率の測定

ウレタンエラストマー中のビウレット結合をアミン分解法[10]により選択的に分解させ、分解後のゲル分率の測定から、ラジカル架橋の生成を検討した。分解試薬はn-ブチルアミンのジメチルアセトアミド溶液（0.5 mmol/g）であり、この約5gと試料約2gをガラス製サンプル管にそれぞれ精ひょうし、密閉下に40℃×12時間分解反応を行った。分解後、未分解のゲル分を取り出し、アセトンで洗浄した後乾燥させてゲル分の重量を測定し、試料中のゲル分率を算出した。

2. 2. 3　力学的性質の測定

JIS K 6301に従い、インストロンMODEL1175により、室温、及び100℃、引張り速度500mm/minで応力－ひずみ関係を測定した。

2. 2. 4　熱老化試験

東洋精機製作所製空気加熱老化試験機を用い、120℃×168時間熱老化させた後、2.2.1で述べた方法により網目鎖濃度の測定、及び2.2.3で述べた方法により力学的性質を測定した。

2. 2. 5　動的粘弾性試験

レオメトリックスファーイースト製RSAⅡを用い、温度範囲－150℃～200℃、周波数10Hz、昇温速度2℃/min、窒素気流中で測定した。

2. 2. 6　フレキソメータ試験

ASTM D623に従い、上島製作所製グッドリッチフレキソメーターを用い、40℃、回転数1800rpm、動ひずみ量2.5mm、荷重25lbs、振動時間30分間の条件で測定した。試験中には、フレキソメーターの入った箱内の各所とともに、試験片の表面温度を熱電対で測定した。

3.　結果と考察

3. 1　二重結合含有ウレタンプレポリマーの合成

BTED濃度とNCO%、粘度の関係を図1に示す。BTED濃度が増加するにつれ、NCO%は減少し、粘度は上昇する傾向を示している。これは、BTED濃度の増加により、プレポリマーの分子量が増大するためである。

3. 2　架橋構造のキャラクタリゼーション

合成したウレタンエラストマーの架橋構造は、分子中に導入した二重結合のラジカル開裂による炭素一炭素結合と、NCO/NH_2比に依存して生成するイソシアナートとウレア結合からのビウレット結合を有する複合架橋構造と考えられる。架橋構造のモデル概念図の一例を図2に示す。

ラジカル架橋の生成を確認するため、ビウレット結

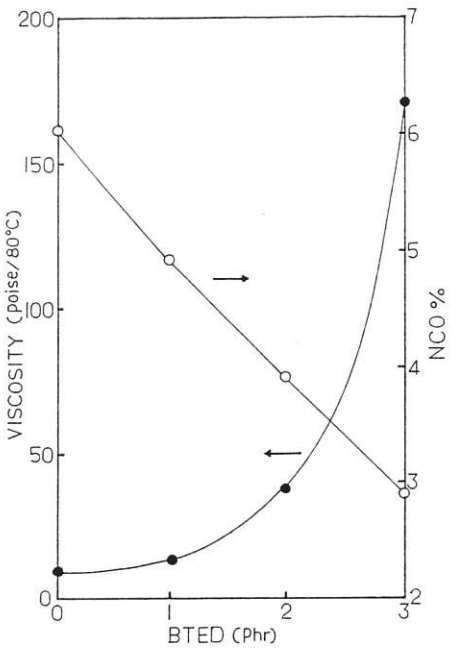


図 1　Dependence of the Viscosity and NCO% of the prepolymer on added amount of BTED.

合をアミン分解法により選択的に分解させ、分解後のゲル分率を測定した結果を表1に示す。DCPを無添加の系では、いずれのBTED濃度の試料においても完全に分解され、残存ゲルを観測できなかった。他方、DCP架橋した試料は、アミン分解後のゲル分率は約70%であった。これらの結果より、ラジカル架橋結合の生成が示唆される。

DCP複合架橋物の分解後のゲルを乾燥させた試料のIRスペクトルを図3に示す。1700cm^{-1}付近のウレタン結合に帰属される吸収、1100cm^{-1}付近のポリエーテル結合に帰属される吸収が見られ、ゲル成分はポリウレタンと同定されるが、ラジカル架橋により生成したC-C結合は確認できなかった。

表 1 Residual gel fraction of polyurethanes after amine degradation of biuret crosslinkage.

[BTED] ×10^4 (mol/cm^3)	[DCP] ×10^4 (mol/cm^3)	Gel fraction (wt%)
0.86	0	0
0.86	0.8	73.4
1.77	0	0
1.77	0.8	68.8
2.75	0	0
2.75	0.8	70.6

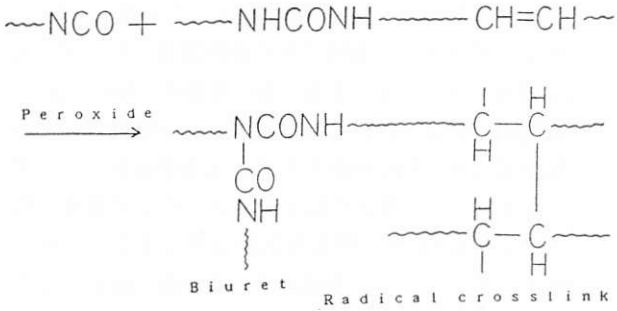


図 2 Model structures of the crosslinks in urethane elastomers.

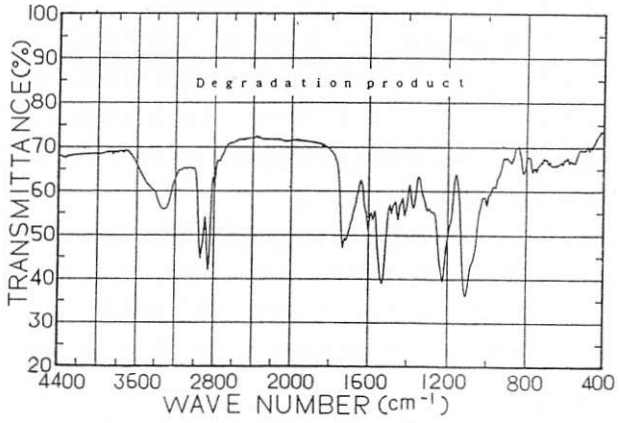


図 3 IR spectrum of the degradation product.

ウレタンエラストマーの架橋結合を形成しているビウレット結合、及び分子間の水素結合による物理架橋に関与すると考えられるウレア結合について、化学量論より求めた各濃度とBTED濃度の関係を図4に示す。

BTED濃度の増加につれて、ビウレット濃度、ウレア濃度とも減少傾向を示しているが、ウレア濃度の減少は特に大きい。このウレア濃度の減少は、BTED濃度の増加とともにプレポリマーのNCO%が大幅に減少することに起因している（図1参照）。

ラジカル複合架橋物のMooney-Rivilinプロットからの$2C_1$、及びヤング率より算出したそれぞれの網目鎖濃度 $(\nu/V)_{2C1}$と$(\nu/V)_E$、及び$2C_1$寄与率 $[2C_1/(2C_1+2C_2)]$の、BTED濃度に対する関係を図5に示す。$(\nu/V)_{2C1}$、$(\nu/V)_E$とも、BTED濃度が増加するにつれて、低下する傾向を示している。これは、図4のBTED濃度とウレア濃度の関係で、BTED濃度の増加とともにウレア濃度が大幅に減少していることから、物理架橋が減少したことによると考えられる。一方、化学架橋に関連するといわれている$2C_1$の寄与率は、BTED濃度の増加とともに高くなる傾向を示している。図4のBTED濃度とビウレット濃度の関係で、BTED濃度の増加とともに化学架橋のビウレット濃度が減少していることを考慮すると、この結果は、ラジカル架橋による化

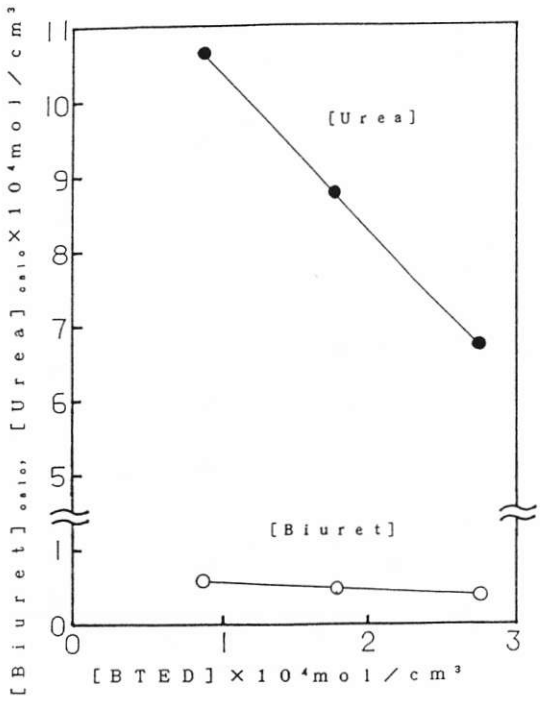


図 4 Dependence of biuret and concentration on [BTED]

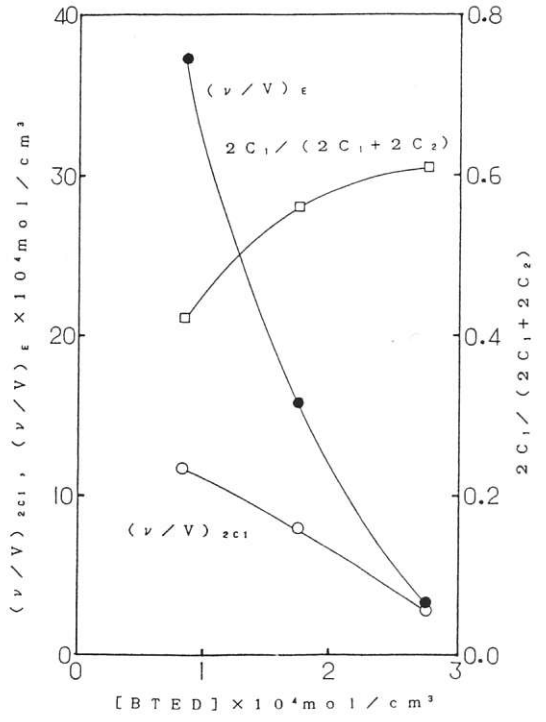


図 5 Dependence of $(\nu/V)_{2C_1}$, $(\nu/V)_E$ and $2C_1/(2C_1+2C_2)$ on [BTED]

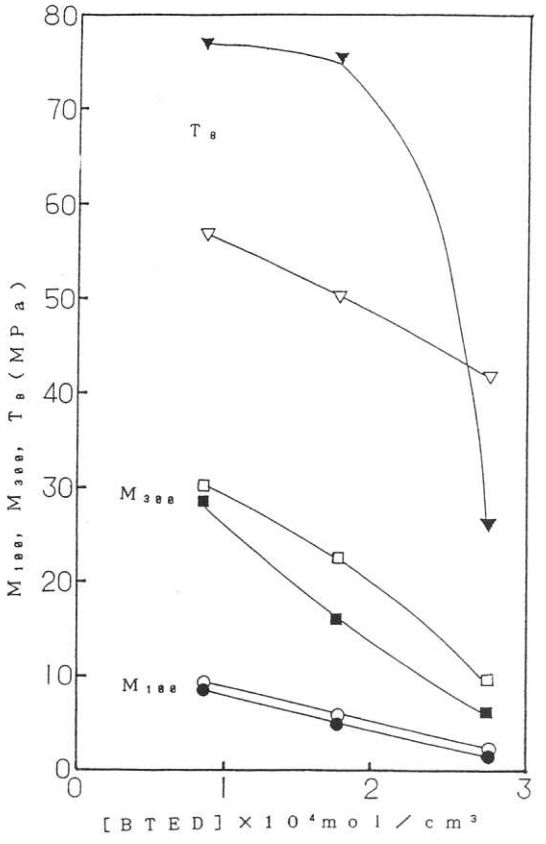


図 6 Dependence of M_{100},M_{300} and T_B on [BTED] at room temperature.
●, ■, ▼ : biuret crosslinking
○, □, ▽ : (biuret+radical) crosslinking

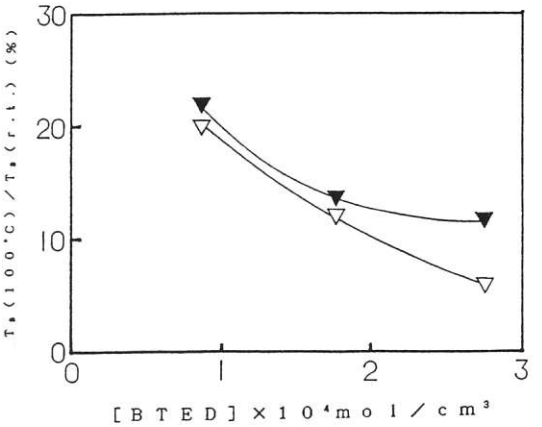


図 7 Dependence of T_B on [BTED] at 100℃
▼ : biuret crosslinking
▽ : (biuret+radical) crosslinking

学架橋の濃度が増加していることを示唆している。

3. 3 ウレタンエラストマーの物性

室温の引張り試験結果を図6に示す。ラジカル架橋を複合した系とDCP無添加のビウレット架橋系では、低伸長域の弾性率（M_{100}）には大きな差がみられないが、高伸長域（M_{300}）で複合架橋系が高い弾性率を示している。これは、ラジカル架橋により分子鎖の滑りが阻止されたために高い弾性率を示したと考えられる。しかし、伸びきりの領域にある破断強度（T_B）は、BTED濃度が3phrの場合を除く複合架橋系（1phr、2phr）の強度低下が著しい。これは、ラジカル架橋により伸長配向結晶性が損なわれたために強度が低下したと考えられる。BTED濃度が3phrの場合、ウレア濃度が低いために（図4参照）伸長配向結晶性が弱まり、複合架橋系がそのラジカル架橋効果により高い破断強度を示したと考えられる。

図7に高温（100℃）でのT_B保持率を室温での値に対する比として示す。複合架橋系、及びビウレット架橋系とも大きな差はみられないが、いずれの系もT_B保持率の低下が大きく、今後の課題である。

図8に熱老化試験でのT_B保持率を、室温での値に対する比として示す。複合架橋系のT_B保持率が高い結果を示している。これは、ビウレット結合より熱的に安定なラジカル架橋結合の効果が、特にT_Bレベルに反映された結果と考えられる。

このラジカル架橋効果は、熱老化試験後の試料についてのMooney-Rivlinプロットから算出した$(\nu/V)_{2C_1}$を室温の値との比で示した図9で、複合架橋系がビウレット架橋系より高い保持率を示していることからもわかる。

また、図9でBTED濃度の増加とともに、保持率が低下する傾向がみられる。この原因として、二重結合

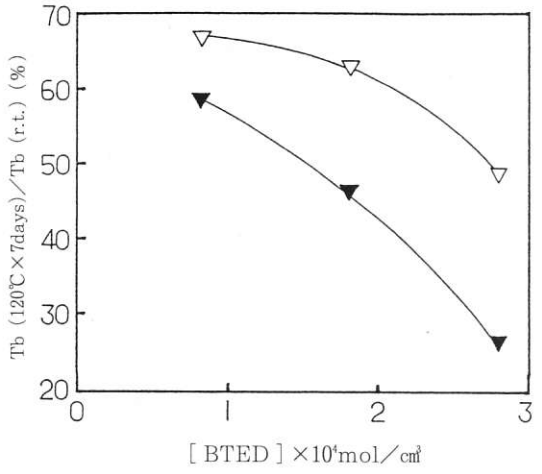


図 8 Dependence of T_B on [BTED] after thermal aging test (120℃×7days) .
▼ : biuret crosslinking
▽ : (biuret+radical) crosslinking

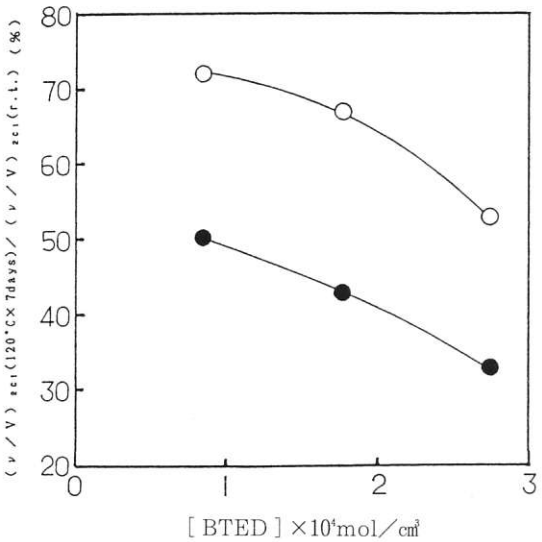


図 9 Dependence of $(\nu/V)_{2Cl}$ on [BTED] after thermal aging test (120℃×7days) .
● : biuret crosslinking
○ : (biuret+radical) crosslinking

の導入による酸化劣化あるいは、ビウレット結合の切断、ウレア結合による凝集構造の変化が考えられる。

二重結合を導入していない試料（BTED濃度が0の場合）の保持率が61%であったこと、複合架橋系とビウレット架橋系の保持率が、同様な低下傾向を示していることを考え合わせると、後者の寄与が大きいと考えられる。

複合架橋系試料の動的粘弾性の温度分散を、図10（貯蔵弾性率E′）、図11（損失弾性率E′′）、図12（損失正接tanδ）に示す。BTED濃度が増加するにつれて、室温以上の温度領域でE′、E′′の低下がみられ

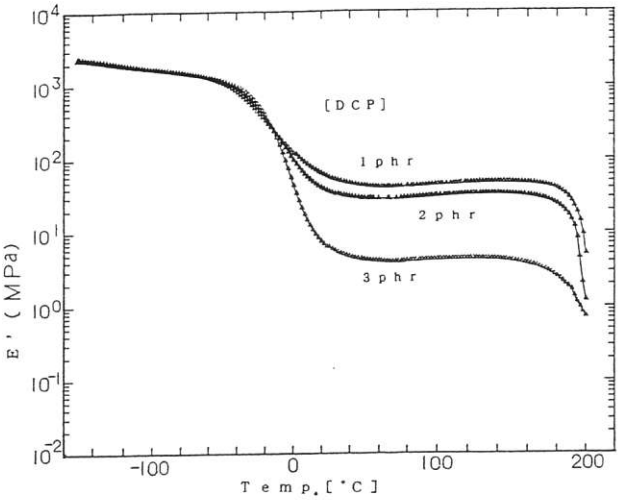


図 10 Dependence of dynamic stronge modulus E′ on [BTED]

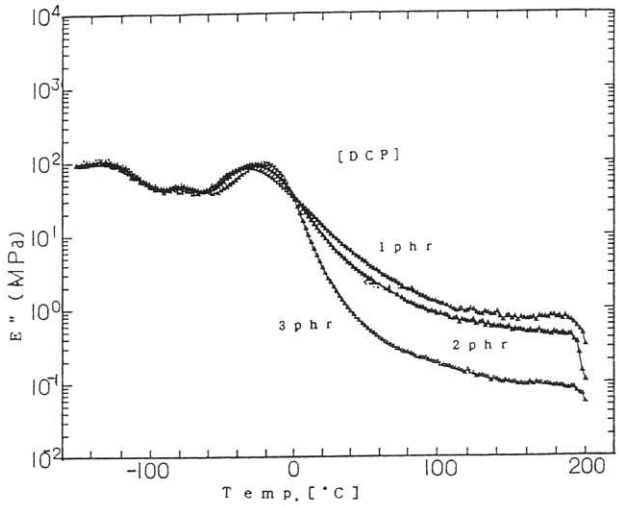


図 11 Dependence of loss modulus E″ on [BTED]

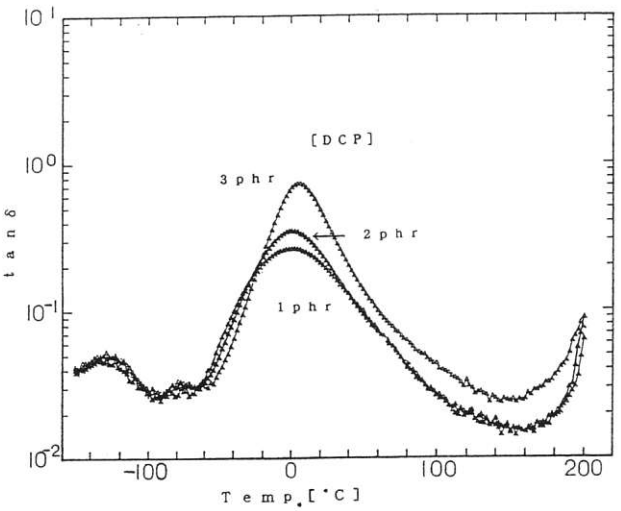


図 12 Dependence of loss tangent (tan δ) on [BTED]

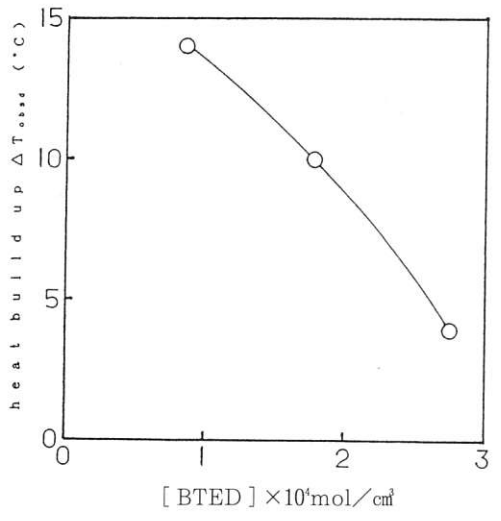


図 13 Dependence of heat build up (ΔT) by Goodrich Flexometer test on [BTED]

る。また、BTED濃度の増加につれてtanδのピークがシャープになり、かつ大きく、そしてそのピーク温度が高温側にシフトする傾向が見られる。

E′、E′′の低下は、BTED濃度の増加とともにウレア濃度が減少するためにハードセグメント成分量が減少し、弾性率が低下するためと考えられる（図4参照）。

tanδのピークは、BTED濃度の増加とともにソフトセグメント成分量が増加するために、シャープになり、かつ大きくなると考えられる。またそのピーク温度は、図5のBTED濃度と$2C_1$寄与率の関係でBTED濃度とともに$2C_1$寄与率が増加することから、ラジカル架橋によりソフトセグメント成分が束縛されるために高温側へシフトすると考えられる。

ベルトやロールのような動的性能が要求される用途では、繰り返し疲労により発生する内部発熱に対する対策が、耐熱性解決の大きな課題である。

フレキソメーター試験において、内部発熱による試験片の温度上昇は定常値に達する。この定常値ΔTとBTED濃度の関係を図13に示す。ΔTはBTED濃度の増加とともに減少する傾向を示した。この温度上昇ΔTは、式(5)で示される[11),12)]。

$$\Delta T \propto \varepsilon^2 \omega E'' / \lambda \qquad (5)$$

ここで、εはひずみ、ωは周波数、E′′は損失弾性率、λは熱伝導率である。すなわち、一定ひずみ、一定周波数、一定熱伝導率の試験条件下では、ΔTはE′′と比例関係にあることを示している。図11のBTED濃度と損失弾性率の関係から、BTED濃度の増加とともに室温以上の温度領域でE′′が低下しており、式(5)によりΔTが減少すると考えられる。

4. 結　　言

ウレタンエストラマーの架橋構造に着目して、その構造と物性について研究を行った。シス−1、4−ブテンジオールを鎖延長剤として使用した二重結合を含有するプレポリマーを合成し、3、3′−ジクロロ−4、4′−ジアミノジフェニルメタンによる硬化反応とジクミルパーオキサイドによるラジカル架橋反応を同時に行うことにより得られたウレタンエラストマーについて、ラジカル反応による化学架橋の生成を確認した。

ラジカル架橋は、熱老化試験後の強度保持率の上昇に顕著な効果として認められた。この結果は、耐熱性の向上に一つの可能性を示唆していると考えられる。

更にウレタンエラストマーの高次構造面などからの研究が望まれる。

本研究の一部は、日本ゴム協会　第4回エラストマー討論会（東京、1990. 12. 3）にて発表した。

［付記］
〔口答発表：1990年日本ゴム協会第4回エラストマー討論会、1990年12月3日〕
〔発表誌：日ゴム協誌、**65**、422 (1992)〕

［引用文献］

1) Hepburn, C., Barikani, M.: Proc. Int. Rubber Conf., **2**, 475 (1986)
2) Masiulanis, B., Zielinski, R.: J. Appl. Polym. Sci., **30**, 2731 (1986)
3) Wang, K., Hsu, T., Lee, L.: Soc. Plast. Eng. Annu.. Tech. Conf., **46**, 507 (1988)
4) Barikani, M., Hepburn, C.: Cellular Polymers, **6**, 29 (1987)
5) Barikani, M., Hepburn, C.: Cellular Polymers, **6**, 47 (1987)
6) House, D. W., Baumann, W. M., Sccott, R. V.: J. Elast. Plastics, **19**, 252 (1987)
7) Menough, J.: Rubber World, **195**, 14 (1986)
8) Rutkoska, M.: Int. Polym. Sci. Tech., **9**, 94 (1982)
9) Smith, T. L., Magnusson, A. B.: J. Polym. Sci., **42**, 391 (1960)
10) Furukawa, M., Yokoyama, T.: J. Polym. Sci. Polym. Letters Ed.. **17**, 175 (1979)
11) Ninomiya, K., Furuta, I.:Rubber Chem. Technol., **44**, 1395 (1971)
12) Ong, C. J., Saxson, R.: J. Appl. Polym, Sci., **20**, 1695 (1976)

田口　善男
Yoshio TAGUCHI
1989年入社
中央研究所
研究部 副長(工学博士)

第42回日本ゴム協会優秀論文賞受賞論文

短繊維強化ゴムの摩耗に及ぼす充てん繊維と繊維配向の影響

Effects of Filled Fibers and their Orientations on the Wear of Short Fiber Reinforced Rubber Composites

和田　法明[*1]　　内山　吉隆[*2]　　細川　真[*2]
Noriaki WADA　　Yoshitaka UCHIYAMA　　Makoto HOSOKAWA

Wear properties between short fiber reinforced chloroprene rubber (SFRR's) composites and an abrasive cloth were examined in the various directions of the oriented polyamide fibers. When the oriented fibers incline at an angle θ to the sliding surface, minimum wear rate was obtained at the angle of 105 degrees. Maximum wear rate was observed at 0 or 180 degrees. The minimum wear rate at the angle of 105 degrees was realized when the abraded surface was largely covered with the reinforced fibers. When the oriented fibers are parallel to the mating surface and have an angle θ' to the sliding direction, minimum wear rate was obtained at the angle of 0 degree, whereas maximum wear rate was observed at 90 degrees. The maximum wear rate at 90 degrees was caused by cutting of the reinforced fibers across their axes and the easy detachment of the chopped fibers from the chloroprene matrix.

Wear properties of various kinds of SFRR's were also examined when the SFRRs were rubbed against metal gauze respectively in the longitudinal (L), transverse (T) and normal (N) directions of the oriented fibers. The difference in the wear rate between the SFRR's and the unreinforced chloroprene rubber was markedly observed. The minimum wear rate was obtained for rubbing in the N direction of the SFRR's reinforced by paramid fiber. The wear rate did not depend on the amount of bonding agent applied to the fiber. The wear resistance of the SFRR's was largely improved by adding the fibers that show low wear rates. The high compression modulus of the SFRR's also yields a small contact area between the rubber pin and the metal gauze. Therefore the reduction in the wear rate was realized by the small contact area and the low wear rate of the reinforced fibers.

1. 緒　　言

短繊維強化ゴム（Short Fiber Reinforced Rubber, 以下SFRRと略記する）はベルト、ホース等で工業的に以前から多く使用されているが、その物性はマトリックスゴムの物性やそれに充てんされる短繊維の性質、量および短繊維の分散・配向状態や界面状態に強く依存することが知られている。前報[1]においては一軸配向したSFRRを3つの摩擦方向（すべり方向に沿うように平行に繊維が配向したL方向、すべり面に対し平行でかつ直角に繊維が配向したT方向、繊維が摩擦面に対して垂直なN方向）にガラスディスクと摩擦させ、その摩擦特性に及ぼす充てん繊維の配向方向、荷重および試料の仕上げ面あらさの影響について報告した。本報においては、一軸配向したSFRRを種々の角度で研摩布と摩擦させ、繊維の配向角度が摩耗に及ぼす影響を調べることを目的とした。また種々の短繊維を充てんしたSFRRのアブレシブ摩耗については既に報告した[2]が、本報ではこれらのSFRRを金網と摩擦させ、その摩耗挙動の違いを明らかにすることを目的とした。

2. 実験試料および方法

表1　Formulation of matrix rubber

CR specimen	(phr)
Chloroprene rubber[a]	100
Carbon black N550	40
Plasticizer[b]	5
Zinc oxide	5
Magnesium oxide	4
Antioxidant AD	4
Antioxidant TD	0.5

[a] Skyprene R-10, supplied by Tosoh Corp.
[b] DOS (Dioctyl sebacate)

*1 中央研究所
*2 金沢大学工学部機械システム工学科

表 2 Formulation of SFRRs

Specimen No.	Fiber	Fiber contents vol.%	Bonding agents	
			Type	Contents wt.%[a]
CR	none	—	—	—
CR/N0	Polyamide	10	none	—
CR/N3	Polyamide	10	RFL	3
CR/N13	Polyamide	10	RFL	13
CR/mA0	m-Aramid	10	none	—
CR/pA4	p-Aramid	10	Isocyanate	4
CR/C20	Cotton	10	RFL	20

[a] Bonding agents for fiber contents wt.%

表 3 Mechanical properties of matrix rubber and SFRRs

Specimen No.	Tensile strength (MPa)		Elongation at break (%)		5% modulus (MPa)	
	L[a]	T[b]	L[a]	T[b]	L[a]	T[b]
CR	19.8	19.1	560	508	0.41	0.43
CR/N0	12.1	10.0	268	315	5.61	1.14
CR/N3	18.7	9.5	33	237	5.67	1.20
CR/N13	19.5	9.5	37	257	5.02	1.07
CR/mA0	21.2	10.5	26	165	7.17	1.60
CR/pA4	37.0	9.7	8	209	29.3	3.37
CR/C20	8.9	8.0	234	249	3.78	1.09

[a] Longitudinal direction of the oriented fibers
[b] Transverse direction of the oriented fibers

2.1 実験試料

表1,2には実験に用いたクロロプレンマトリックスゴム（CR）とSFRRの配合を示す。

SFRRはマトリックスゴムに各種短繊維10vol.%を1800㎤のバンバリーミキサー（神戸製鋼所製）を用いて均一に分散させ、そののち直径200㎜の2本型ロールを用いて一軸配向させた未加硫ゴムシートを得た。このシートを積層し、150℃で30分間加硫することにより目的のサンプルを得た。短繊維強化ゴム中の短繊維の分散性と配向性の指標については以前に報告したが[3]、その指標を用いればこれらのサンプルの分散性は、未分散繊維の有効投影面積をあらわす指標Sの値でいずれもS＜0.01となり、均一な分散状態であった。また配向性は軟X線写真の繊維画像の各周波数成分の配向性の平均値を示す指標mの値でいずれもm＜42であり、これも高度に一軸配向されている状態であった。SFRR中の各種の短繊維長さは3㎜に統一した。またポリアミド短繊維はレゾルシン・ホルマリン・ラテックス（以下RFLと略記）樹脂による接着処理を、その繊維に対する付着量を変化させて行った。

表3にはマトリックスゴム及びSFRRの機械的性質を示す。SFRRは繊維の配向方向に伸びが小さく、弾性率の高い高度に異方性をもった特性を示す。各種SFRRの比較では、パラアラミド短繊維を用いたSFRRが最も弾性率が高く、綿繊維が最も弾性率向上効果が低いことがわかる。またパラアラミド繊維での表面処理効果をみると、表面処理をした方が引張り強さが高く、破断伸びが小さくなっているのがわかる。

摩擦・摩耗の相手面としては、研摩布または金網を用いたが、研摩布はJISR6251に規定されたアルミナ質のAA＃240研摩布を用い、金網はJISG355に規定されたTW-Sで示されるステンレス製綾織金網の＃250である。これはJISG4309に規定されている線径40μmのステンレス鋼線を用いており、縦線および横線の25.4㎜の間に250個の格子があるものである。

2.2 実験方法

図1にはピン－シリンダー型の摩擦・摩耗測定装置を示した。φ25㎜のシリンダー②に巻き付けた研摩布または金網とSFRR試料①を摩擦させ、摩擦力をトルクメーター⑤から、摩耗量は差動トランス⑧で寸法変化により検出した。トルクメーターによる摩擦力測定ではベアリング部のころがり摩擦力を含むため、あらかじめ試料をとりつける前のベアリングの摩擦トルクを測定して摩擦実験で得られた値から相殺を行い、測定値とした。また摩耗寸法の測定にはシリンダーの回転に伴う周期的なうねりを含むが、そのうねりがなるべく少なくなるよう研摩布および金網をシリンダーに巻き付けた。得られる摩耗寸法の周期的なうねりの平均値を摩擦距離の進行とともに測定し、摩耗進行曲線を得た。この実験で得られた摩耗進行曲線においては、摩耗初期には比較的高摩耗率を示し、その後摩耗率は低下して一定の傾きをもった定常摩耗状態へと移行する傾向がみられた。この定常状態では相手面への摩耗粉の移着やゴム試料面のあらさがほぼ一定となると考えられる。ここでは摩耗進行曲線の定常状態での傾きから比摩耗量（単位摩擦距離、単位荷重当たりの摩耗体積）を測定して、摩耗の特性値とした。試料断面は6㎜×6㎜のものとし、実験開始時の接触断面と表面あらさを一定にするためにシリンダー装置に取り付けた

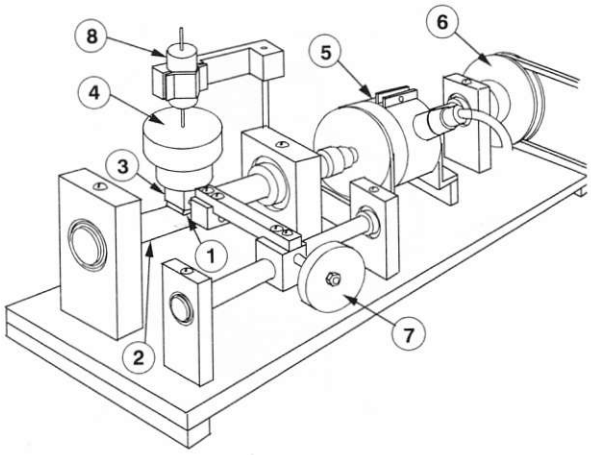


図 1 Apparatus

0/0番エメリー紙によりくら型に当たり出しを行った。当たり出しののち、測定装置からホルダーを外さずに試料を観察し片当たりしていないことを確認したのち、エチルアルコールをしみこませた不織布で軽くふき取り、摩耗粉やその他の付着物を取り除いた。充分乾燥させたのち、30分測定荷重下で静止状態にして大きく変化する初期のクリープに伴う変形が終わりほとんど変化しない状態になるのを待って、実験を行った。この初期クリープの除去により、実験開始後の摩耗寸法測定においてはクリープの影響は無視できる程度であ

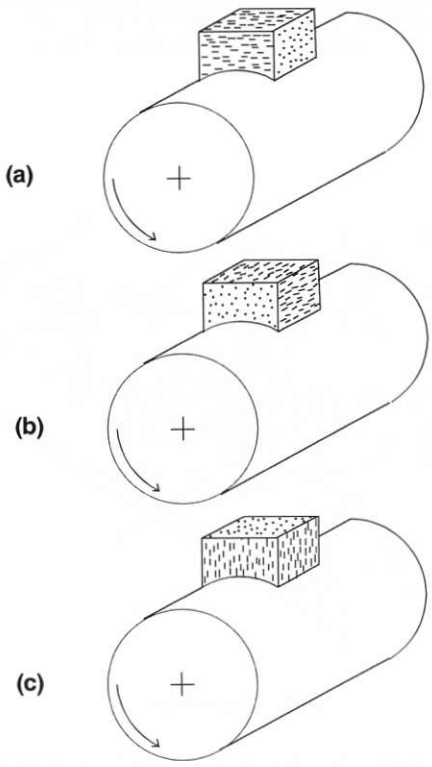


図 2 Definitions of fiber orientations;(a) L (longitudinal direction), (b) T (transverse fibers) , (c) N (normal to the siding surface)

ることがわかった。また、測定は各条件において原則として3回測定し、その代表的な値を採用した。

なお繊維の配向方向に対する摩擦方向を図2のように定義する。

(a)L方向　摩擦面と摩擦方向とが繊維の配向方向に対して平行である場合

(b)T方向　摩擦面が繊維の配向方向に対して平行で摩擦方向が直角である場合

(c)N方向　摩擦面と繊維の配向方向が垂直である場合

摩擦条件は摩擦速度11.8cm/s、温度23℃とし、荷重は3.92N（接触圧力0.108MPa）で行った。

また、繊維の傾き角の影響を調べるときは相手面としてAA#240研摩布を用い、充てん繊維の影響を調べるときは#250金網を用いた。

3. 結果および考察

3. 1 研摩布と摩擦したときの摩擦・摩耗に及ぼす繊維の傾き角の影響

3.1.1 摩擦方向と繊維の配向とが同一面内である角度をもつ場合（L方向からN方向に変化させ、さらに傾けて反転してL方向に戻した場合）

図3(a)に示すように試料CR/N3を繊維配向方向に対して摩擦方向を角度θ傾けて研摩布と摩擦させた。荷重は3.92N(接触圧力は0.108MPa)、摩擦速度は11.8cm/sで行った。そのときの定常状態の摩擦係数および比摩耗量と繊維傾き角θの関係を図4に示す。また、実験後のそれぞれの角度の摩擦面をSEMを用いて観察した写真を図5に示す。

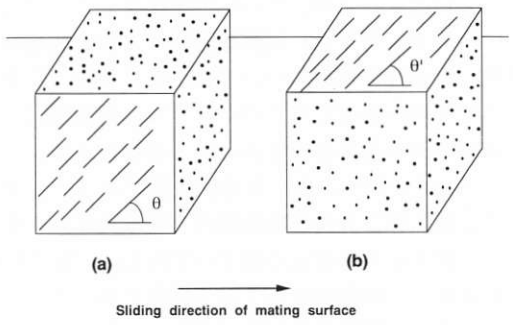


図 3 (a), (b) Sliding direction of SFRR and the fiber orientation

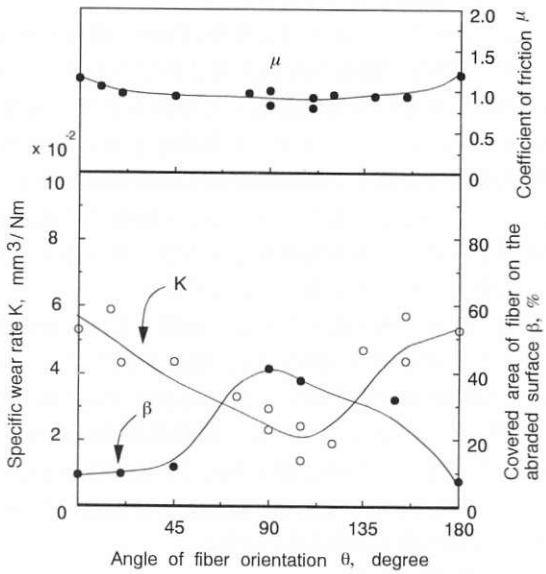


図 4 Variations in the frictional coefficient, specific wear rate and the covered area of fiber on the abraded surface with angle of fiber orientation

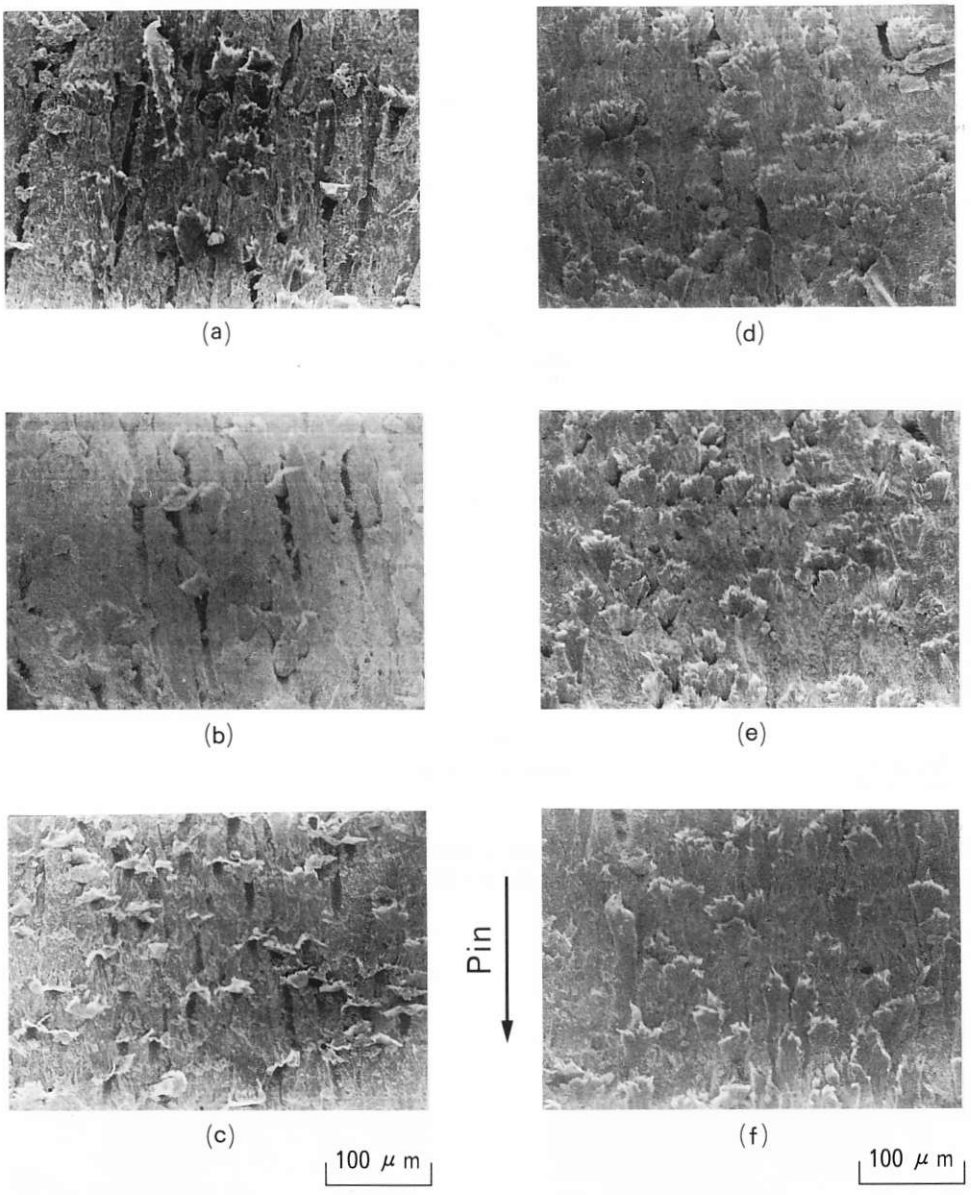


図 5 Worm surfaces of the CR/N3 when the oriented fibers incline at an angle θ to the sliding surface: (a) $\theta=0°$, (b) $\theta=20°$, (c) $\theta=45°$, (d) $\theta=90°$, (e) $\theta=105°$, (f) $\theta=150°$

図4より、摩擦係数は$\theta=90°$付近でやや小さかったが、角度による変化はさほどなかった。比摩耗量は$\theta=105°$で最小値となり、$\theta=0°$また180°で最大となった。図5に示すように、それぞれの角度において表面にほうき状の突き出した繊維が観察される。この摩擦面の写真より、ピン試料の摩擦面全体から繊維の突出面積割合を計算し、傾き角を横軸にとって図4に同時にプロットすると比摩耗量と対照的に変化するのがわかった。すなわち比摩耗量が減少するとき繊維突出面積割合は増加している。同一条件下でナイロン短繊維単独のN方向（$\theta=90°$）の比摩耗量を測定したところ、3×10^{-3}㎟/Nmとマトリックスゴムよりはるかに小さく、このように耐摩耗性のよい繊維が多く表面上を覆えばマトリックスゴムの摩耗は減少すると考えられる。また、L方向に向かう（θが0°または180°に近づく）にしたがって繊維の脱落も多くなると考えられる。

図6はそれぞれの角度で摩擦したときの摩擦面断面のSEM 写真であり、表面下の繊維の様子がよくわかる。$\theta=45°$（図6(a)）のとき、繊維は摩擦方向を引っ張られマトリックスゴムから引き剥がされているのがわかる。繊維はある長さに摩耗して短くなれば脱落するかもしれない。$\theta=90°$、$\theta=105°$（図6(b)、(c)）のときはこのような繊維の剥離現象はみられず、このとき繊維の脱落はほとんどないと思われる。$\theta=135°$（図6(d)）のとき、繊維は引き抜かれようとしている。繊維の脱落は繊維の先端（表面からマトリックスゴム内に伸びている方の先端）から起こると考えられるので、θが0°や180°に近づくにつれ脱落はしやすくなるといえる。次に$\theta=90°$と$\theta=105°$の違いを検討するため表面上に突出した繊維のSEM 写真を図7に示す。

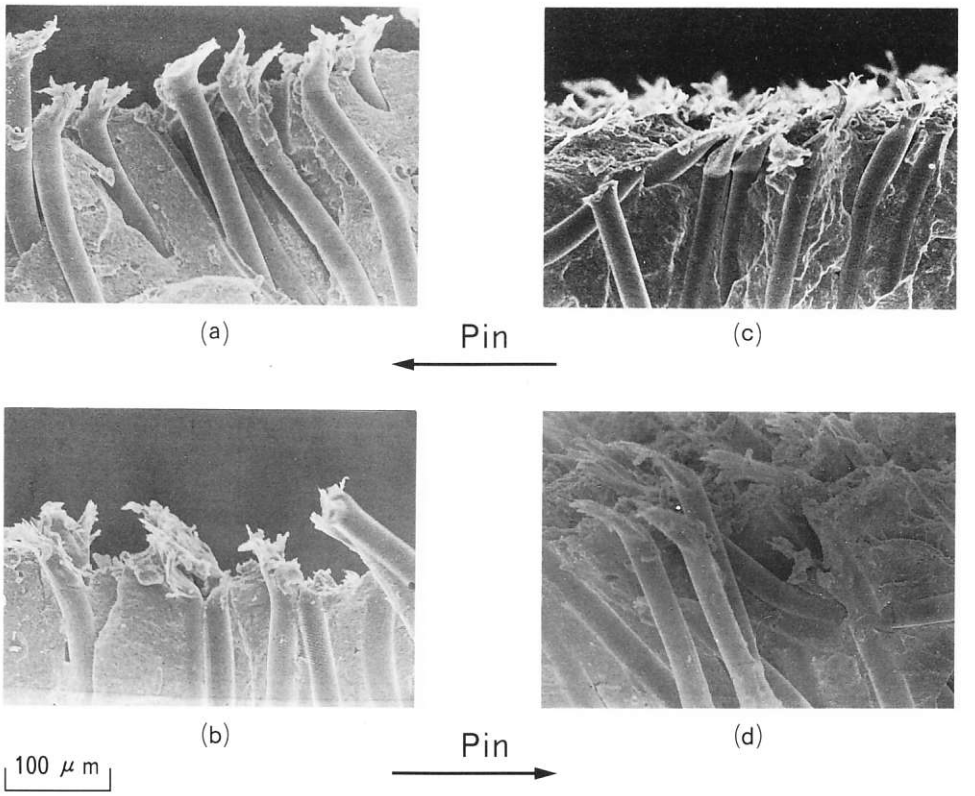


図 6 Worm surfaces of the CR/N3 when the oriented fibers are paralled to the mating surface and have an angle θ to the sliding direction: (a) $\theta=45°$, (b) $\theta=90°$, (c) $\theta=105°$, (d) $\theta=135°$

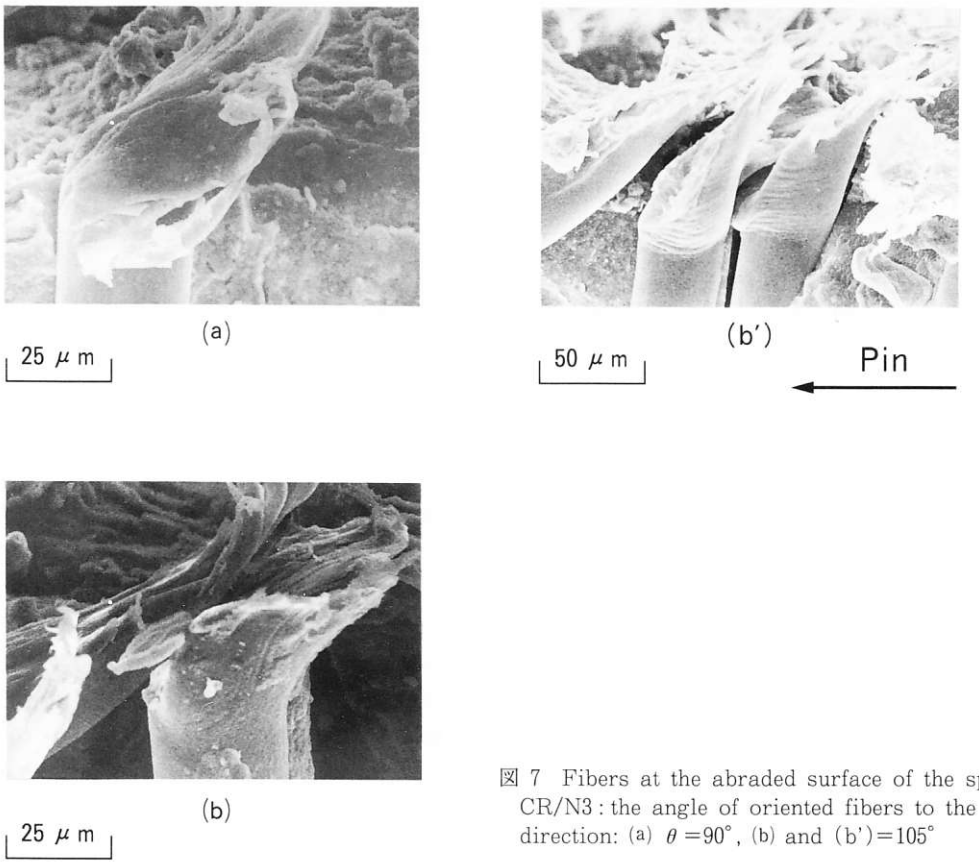


図 7 Fibers at the abraded surface of the specimen CR/N3 : the angle of oriented fibers to the sliding direction: (a) $\theta=90°$, (b) and (b')$=105°$

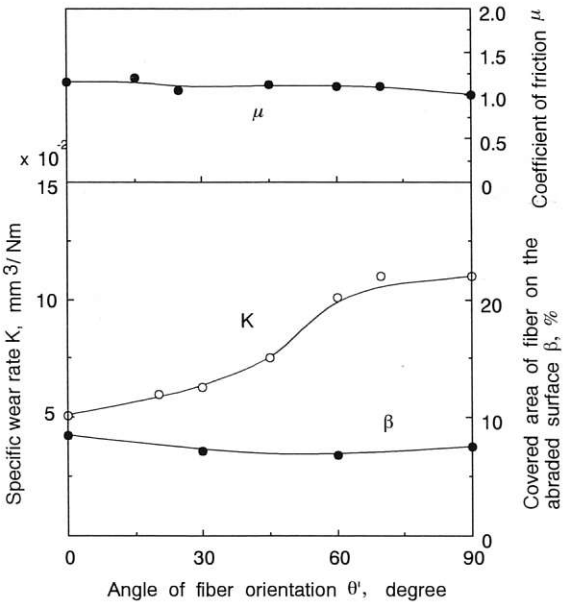


図 8 Variations in the frictional coefficient, specific wear rate and the covered area of fiber on the abraded surface with angle of fiber orientation

θ ＝90°のとき、図7(a)に示すように繊維は押し潰され、繊維の外周部が摩耗しているのが一般的である。一方 θ ＝105°のとき、図7(b)(b')に示すような繊維突起が最もよくみられ、このとき繊維は外周部が摩耗しているのではなく、繊維軸に対し約45°で摩耗しているのが特徴的である。従来の液晶ポリマーなどの研究によれば[4]、延伸方向の摩耗が他の方向に比べて小さいとされており、この差異が耐摩耗性のわずかな差になった原因と考えられる。

3.1.2 摩擦面において摩擦方向と繊維の配向とがある傾きをもつ場合（Ｌ方向からＴ方向へ変化させた場合）

図3(b)に示すようにCR/N3を傾き角 θ 'を変化させ研摩布と摩擦した。図8はそのときの摩擦係数および比摩耗量と繊維傾き角 θ 'の関係を示している。摩擦係数は θ 'にかかわらず約１の値であるが、比摩耗量は θ 'が増加する（Ｌ方向よりＴ方向へ変化する）と増加した。

図9はそれぞれの角度での表面観察である。 θ 'が0°（Ｌ方向）、30°、60°で繊維が引き抜かれたり、先端から引き抜かれようとされているのがわかる。また θ 'が30°、60°、90°（Ｔ方向）で繊維の切断がみられる。それぞれの角度で突出している繊維の面積を図5のときと同様に写真より算出し、図8に同時にプロットした。

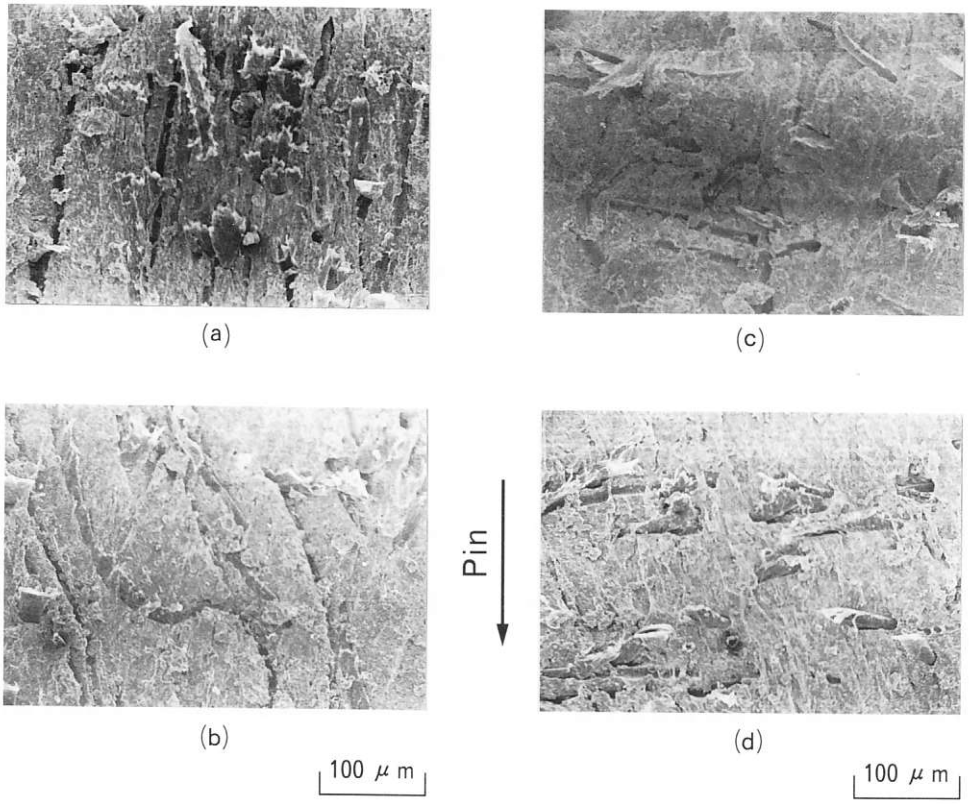


図 9 Worm surfaces of the CR/N3 when the oriented fibers are paralled to the mating abrasive cloth and have an angle θ ' to the sliding direction: (a) θ '=0°, (b) θ '=30°, (c) θ '=60°, (d) θ =90°

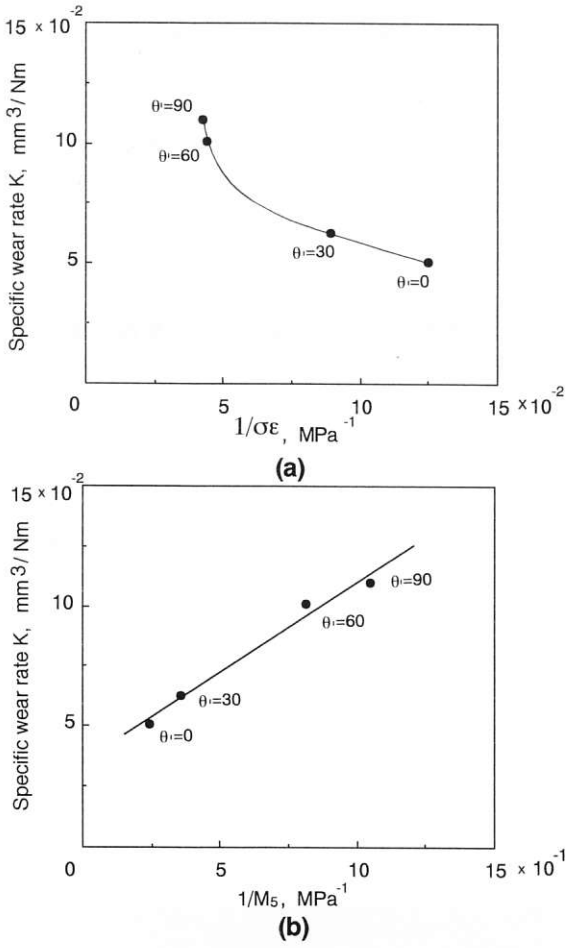


図 10 Relationships between the specific wear rate of the CR/N3 and their mechanical properties when rubbed against an abrasive cloth AA#240 at the different angles to the oriented fibers : (a) $1/\sigma\varepsilon$-specific wear rate curve, (b) $1/M_5$-specific wear rate curve

その結果繊維突出面積割合はθ'が変化しても一定で、3.1.1項のような比摩耗量との関係はみられなかった。したがって、θ'が増加すると比摩耗量が増大するには、マトリックスゴムとともに短く切断された繊維の脱落が起きやすいことと関係していると思われる。

次に比摩耗量と機械的性質との相関について検討した。Ratner[5]らは高分子材料のアブレシブ摩耗における摩耗体積Vは、破壊強度σと破壊伸びεに対して次式の関係があると報告している。

$$V = k\mu W/H\sigma\varepsilon \qquad (1)$$

ここでWは荷重、Hは硬度、kは比例定数であり、Lancaster[6]も同様な取り扱いをしている。これらは摩耗量と破壊エネルギーの関係を示したものであるが、本研究では荷重Wは一定で、硬度Hも同じ材料の角度を図3(b)のように変化させただけであるので摩擦面に垂直な方向に対しては一定である。また摩擦係数も図8に示すようにほとんど変化がなかった。したがって各傾き角度における比摩耗量Kとそのときの$1/\sigma\varepsilon$との関係について検討した。また同時の5％伸長時のモジュラス（M_5）と比摩耗量Kの関係についても検討した。なおこれらの機械的性質の測定は、繊維を一軸配向させたCR/N3の1㎜厚のシートを引張り方向と繊維配向との角度θ'が0°、30°、60°、90°になるようにしてダンベル状に打ち抜き、JISK6301に基づく引張試験法にて測定した。その結果を図10に示す。図10(a)からわかるように、比摩耗量Kは引張試験から得られた値の$1/\sigma\varepsilon$に比例せずむしろ逆比例しており、式(1)のような関係はSFRRでは成り立たないことがわかる。しかし、低伸長時の弾性率の逆数（$1/M_5$）とは非常に良い相関関係を示した(図10(b))。SFRRの機械的性質についてはいくつかの研究があるが[7~12]、短繊維の応力はマトリックスゴムに比べ数百倍も大きく非常に異なっている。このためSERRの応力－ひずみ曲線（S－S曲線）をとると、θ'が0°(L方向)のとき10％以上の伸度では降伏点を示す場合もみられ、θ'が大きくなった場合のεとσはマトリックスゴムの影響が大きくなる。SFRRの摩耗には短繊維の寄与が高いので実際にはこれよりももっと低伸長時の機械的性質が摩耗に関係すると思われる。研摩砥粒で引っかいたときの抵抗が5％伸長時の応力すなわち5％弾性率（M_5）に比例するものと考えれば、このときの摩擦エネルギーはM_5に比例するものと考えられる。したがって、このSFRRの場合は$\sigma\varepsilon$よりもM_5の方がよい相関を示したと思われる。

3.2 金網と摩擦したときの摩耗に及ぼす各種充てん繊維の影響

3.2.1 摩擦係数および線摩耗量と摩擦距離の関係

図11(a)(b)に#250金網で摩擦した場合のマトリックスゴムおよびSFRRのCR/N0の摩擦係数と摩擦距離の関係を示した。マトリックスゴムの摩擦係数は摩擦距離200m付近まで摩擦係数が減少し、200mを越えると変化を示さなくなった。以後、このような摩擦係数の変化のほとんど見られない状態を定常状態と呼ぶ。線摩耗量は100mまでの摩擦初期は高摩耗率であったが、その後摩耗率は低下して一定となり、摩擦距離とともに直線的に摩耗量は増加した。一方CR/N0 の場合を見てみると、摩擦係数は摩擦距離200mくらいからはほとんど変化しない定常状態を示した。また、定常状態の摩擦係数μの値はCR/N0では0.5、マトリックスゴムでは0.9とCR/N0の方がかなり低い値を示した。しかし、SFRRの各配向による摩擦係数の差はほとんどなかった。線摩耗率はL、T方向では1000mくらいまで、N方向では2000mくらいまでは高摩耗率であったが、それ以降摩耗率は低下し摩擦距離とともに直線的に増加した。各配向による比較ではN方向が他の配向に比べかなり低い値を示した。CR/N0とマトリックスゴムの摩擦距離800mにおける線摩耗量の比較ではCR/N0はマトリックスゴムの約1/12であった。

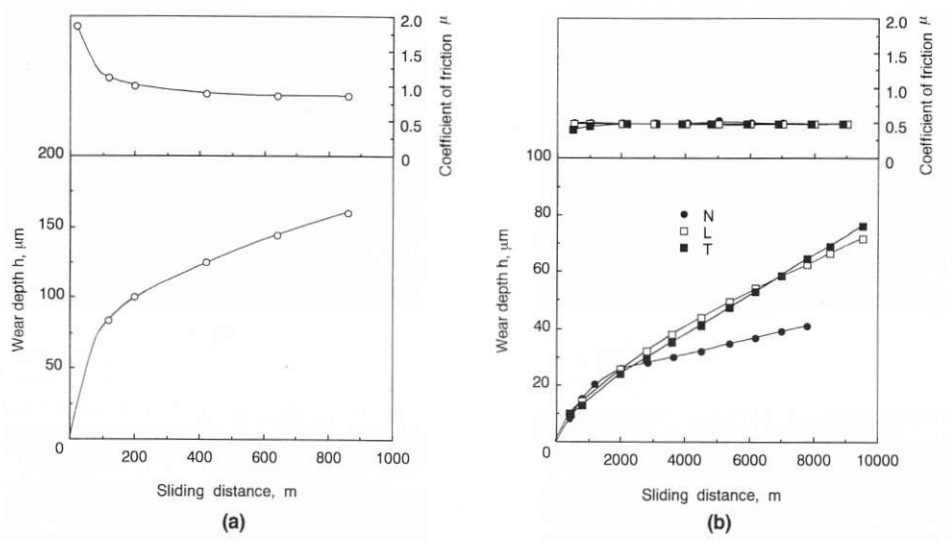


図 11 Variations in the frictional coefficient and wear depth with sliding distance: (a) matrix rubber CR, (b) SFRR specimen CR/N0 rubbed in the three directions; W=3.92N (p=0.108 MPa), v=11.8cm/s;mating surface, metal gauze #250

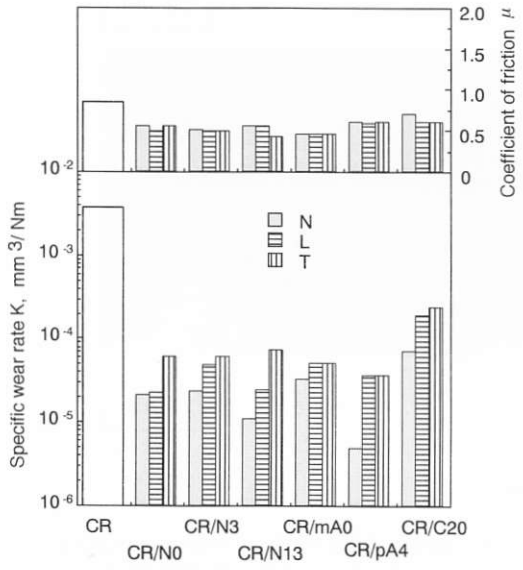


図 12 Specific wear rates and coefficients of friction for CR, CR/N0, CR/N3, CR/N13, CR/mA0, CR/pA4 and CR/C20:mating surface, metal gauze #250;W=3.92N (p=0.108MPa), v=11.8cm/s

3.2.2 L、TおよびN方向における比摩耗量と摩擦係数の関係

図12に#250金網と摩擦したときのSFRRの各試料のL、TおよびN方向の定常状態での摩擦係数と比摩耗量を示す。金網と摩擦させた場合摩擦係数は、以前に報告した2) AA#240 研摩布と摩擦させたときと比べ、約1/2の低い摩擦係数を示した。また、研摩布と摩擦したときと同様にマトリックスゴムがSFRRの約2倍の値を示したが、SFRRの中では大きな差はなかった。

各種SFRRの比摩耗量はN方向が最も小さく、次いでL、T方向の順に大きくなった。また、いずれのSFRRよりもマトリックスゴムが大きな値を示した。この順序はAA#240研摩布によるアブレシブ摩耗の時と同じであったが、SFRRとマトリックスゴムとの比摩耗量の差は飛躍的に増大した。例えばCR/N3のN方向とCRの比摩耗量の比は、アブレシブ摩耗で1/3であったものが1/200となった。またT方向ではほとんど変わらない場合もあったが、1/10以下となった。次にSFRRを比較すれば、CR/pA4のN方向が特に他に比べ比摩耗量が低かった。またアブレシブ摩耗では繊維の接着処理効果が耐摩耗性に強く影響していたが、金網の場合はほとんど差がなかった。これらの現象はアブレシブ摩耗では破壊強度が強く影響し、また1本の短繊維がまるごと脱落する場合も生じていたが、金網の場合は繊維1本1本の耐摩耗性が強く影響するためと考えられる。またSFRRの方がマトリックスゴムより弾性率が大幅に高いため金網のわん局部分による摩擦が小さくなり、その結果耐摩耗性も改善されるのではないかと思われる。

3.2.3 摩擦面の観察

金網と摩擦したときの摩耗に及ぼす充てん繊維の影響を考察するため、金網と各試料の摩擦面をSEMを用いて観察した。図13(a)、(a')はマトリックスゴムの摩擦表面である。摩擦方向に沿って金網が通った摩擦痕があり、また約50μm の間隔でアブレージョンパターンが観察された。図13(b)、(c)、(d)、(d')はCR/N0のL、T、N方向の摩擦表面である。図13(b)に示すようにL方向で摩擦するとき、表面上にでている繊維の先端は破壊され一部フィブリル化して層状に剥離しているようである。また摩擦方向に沿ってゴム部分に金網が通っ

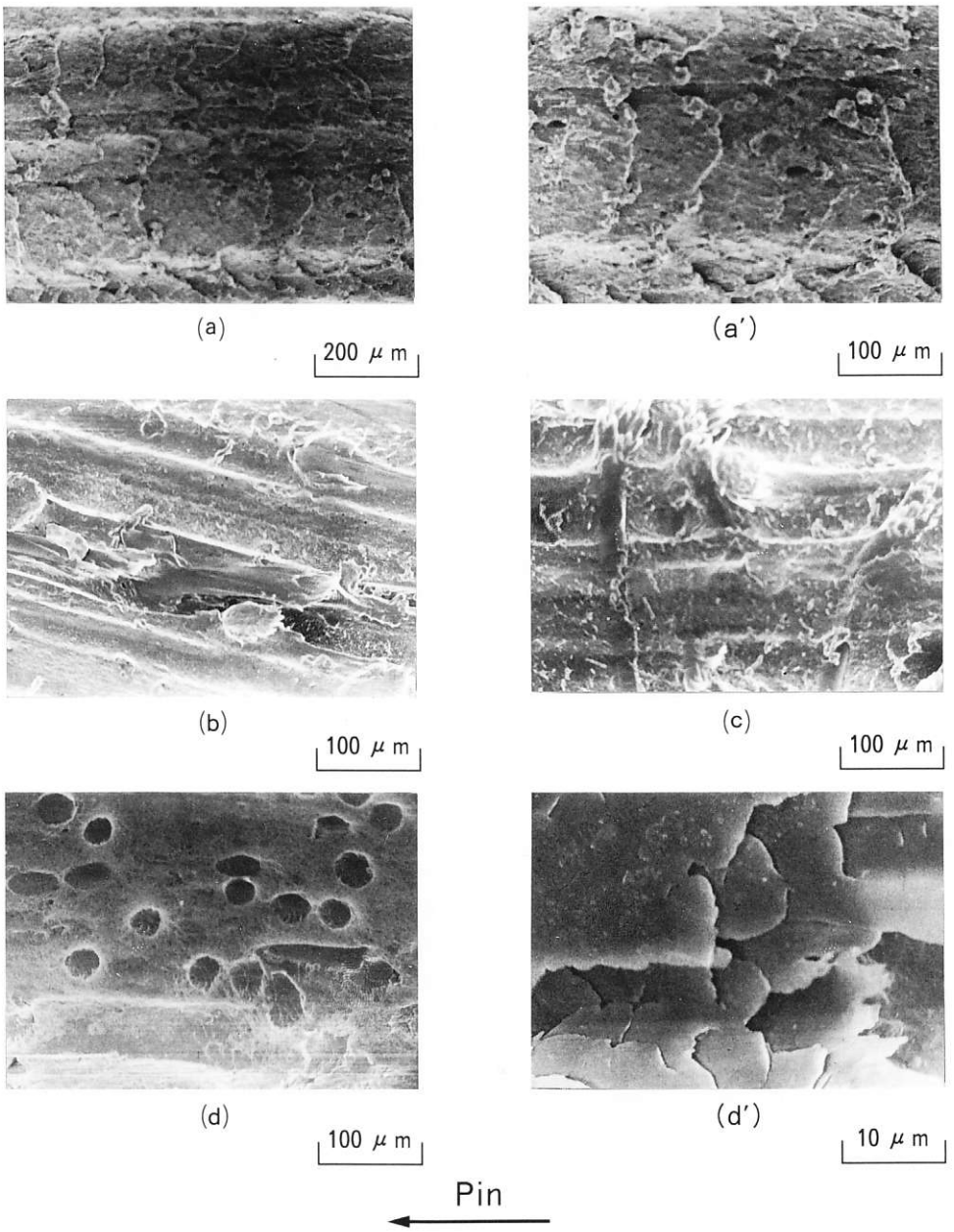


図 13 Worm surfaces of the CR/N0 when rubbed against metal gauae #250 at three different sliding directions: (a) and (a') CR/N0 (L direction), (c) CR/N0 (T direction), (d) and (d') CR/N0 (N direction)

た摩擦痕があり、L方向では摩擦表面での繊維の支持は弱いことがわかる。T方向では図13(c)に示すように表面上にでている繊維の先端は複雑に破壊・変形されている。またL方向のときと同様にゴム部分に金網が通った摩擦痕があり、摩擦表面での繊維の支持は弱いと考えられる。図13(d)、(d')はN方向で摩擦したときの摩擦表面である。摩擦表面に現れた繊維はAA#240研摩布で摩擦したときに発生したほうき状の繊維突起ではなく、充てんされた繊維の平滑な断面の形状であった。繊維の表面はややフィブリル化して層状に破壊され、剥離している。このような現象は他の方向のときも含めてポリアミド繊維が金網との繰返し摩擦による繰返し応力により破壊して生じたものと思われる。またN方向のときは金網が通った摩擦痕はなく、表面に現れている繊維はゴム部分よりわずかに高く、荷重支持効果が他の方向に比べ高いことがわかる。

図14(a)、(b)、(c)はCR/pA4の摩擦表面である。図14(a)に示すようにパラアラミド繊維は高強度であるため、破壊されながらも表面上に頑強に残っている。図14(b)では繊維が徐々に摩耗しているのがわかる。図14(c)のN方向のときは、表面に現れている繊維は変形し、繊維の面積は大きくなっている。このことは繊維の直径がほぼ同じのCR/mA0のN方向の摩擦表面（図14(d)）と比べてみるとはっきりわかる。これより弾性率が高いことに合わせ、繊維の強度が高いこと、表面の繊維の面積が大きかったことによりCR/pA4のN方向での

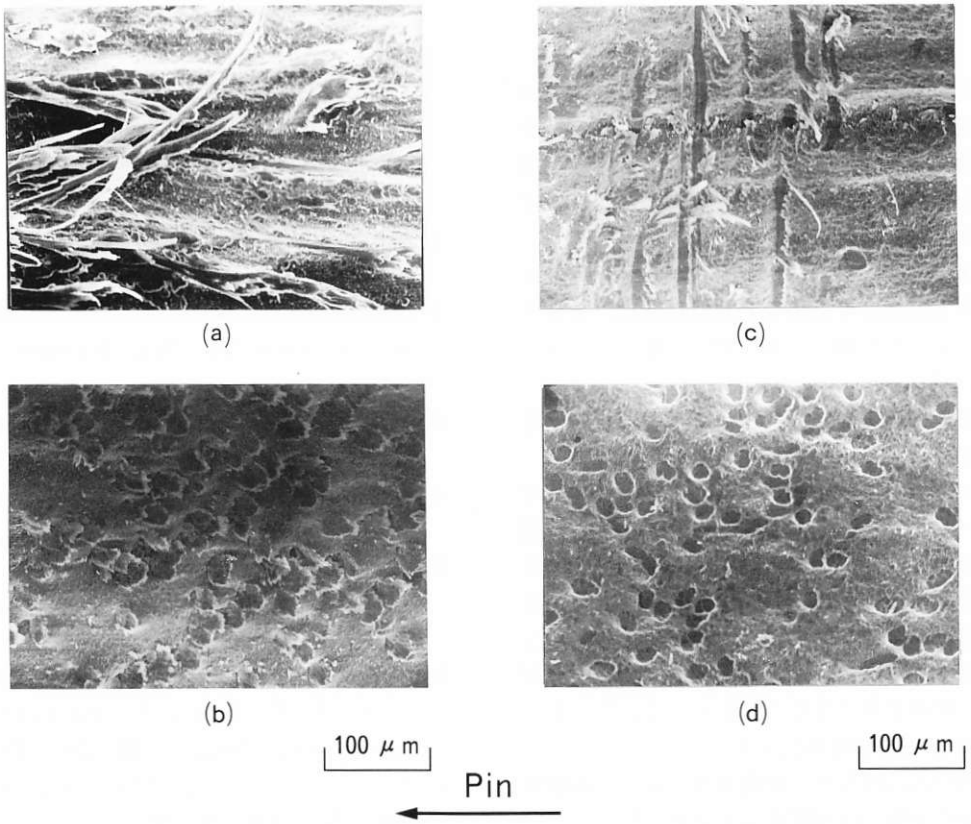


図 14 Worm surfaces of the SFRRs (a) CR/pA4 (L direction), (b) CR/pA4 (T direction), (c) CR/pA4 (N direction), (d) CR/mA0 (N direction)

比摩耗量が他に比べ大幅に小さかったのではないかと考えられる。

図15にはCR/N0と各方向で摩擦したときの相手面の金網を示す。各方向それぞれに金網に同様の付着物が付着している。付着物は粘着性があるようであり、ゴム部分の凝着摩耗粉と思われ、金網ではKlitenik[13]らの示すように凝着や疲労摩耗が生じることを示唆している。

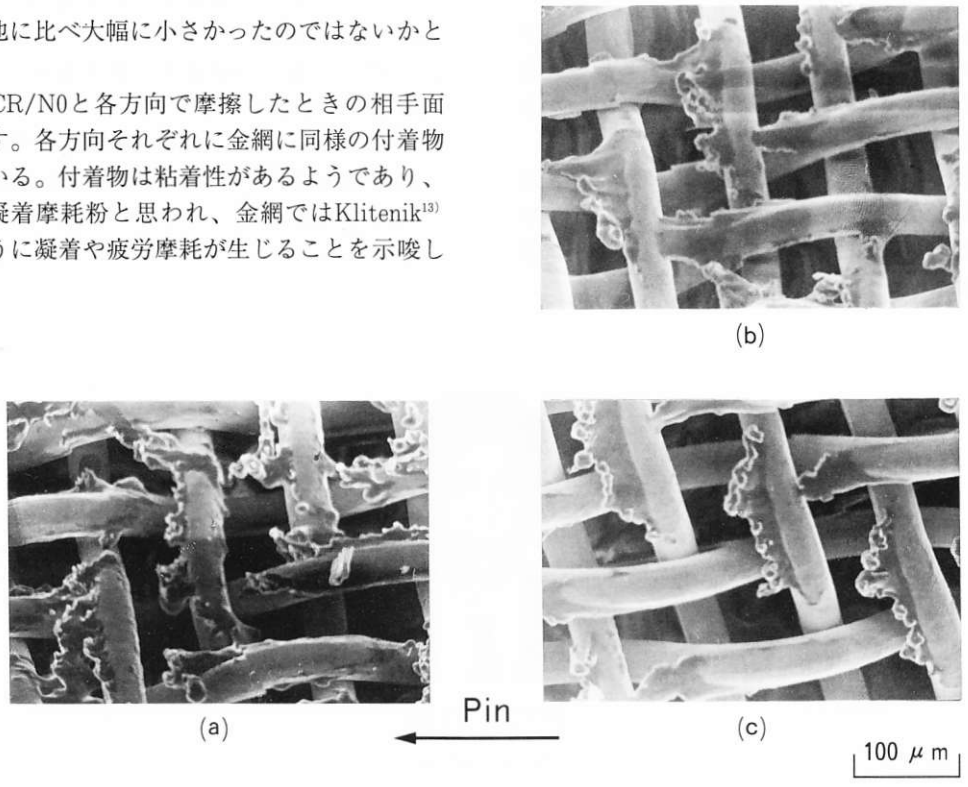


図 15 The surfaces of metal gauze #250 after wear test rubbed against the specimen CR/N0 in the three directions: (a) CR/N0 (L direction), (b) CR/N0 (T direction), (c) CR/N0 (N direction)

4. 結　　言

短繊維強化ゴム（SFRR）を、その充てん短繊維の繊維配向角度を変化させて研摩布および金網と摩擦を行い、その摩耗挙動に及ぼすSFRR中の短繊維の配向角度の影響および充てん繊維の影響を調べた結果、次のことがわかった。

1）SFRRを繊維の配向方向に対し摩擦方向を角度θ傾けて研摩布と摩擦させた場合の比摩耗量は、垂直方向（N方向）よりやや傾いた$\theta=105°$で最小となり、繊維の配向に沿う$\theta=0°$または180°（L方向）で最大となった。摩擦後の表面観察の結果、$\theta=105°$のときが最も繊維が被覆していることがわかった。

2）SFRRの繊維が摩擦面に平行で摩擦方向に対して角度θ'を変化させた場合、摩擦後の繊維の表面被覆率は変わらなかったが、比摩耗量は繊維方向とすべり方向が一致する$\theta'=0°$（L方向）が最小で、繊維がすべり方向に直角な$\theta'=90°$（T方向）が最大であった。これは繊維が摩擦方向に直角（$\theta'=90°$）にある方が繊維の切断と脱落が多くなることを示している。またこのときの比摩耗量は低伸長モデュラス（M_5）に逆比例する傾向がみられたが、破壊強さ（σ）と破壊伸び（ε）の積の逆数とは相関を示さなかった。

3）金網を相手面として摩擦させた場合、比摩耗量はマトリックスゴムが調べたいずれのSFRRよりも大きかった。また各SFRRにおいてT方向が最も比摩耗量は大きく、次がL方向で、N方向がもっとも耐摩耗性が良かった。この結果は研摩布のときと順序は同じであったが、マトリックスゴムに比べSFRRの比摩耗量は1/10以下であり、その差は顕著に大きくなった。また繊維の表面接着処理による影響は逆に少なくなり、パラアラミド短繊維充てんSFRRのN方向が特に耐摩耗性に優れていた。これらは研摩布とのアブレシブ摩耗と、突起をもつ金網と摩擦したときの疲労摩耗状態との違いによるものと考えられる。

〔付記〕
（口答発表：1992年日本ゴム協会年次大会研究発表会、1992年5月21日）
（発表誌：日ゴム協会誌, **66**, 572 (1993)）

［引用文献］

1）和田法明、内山吉隆、増実一夫：日ゴム協誌, **66**, 189 (1993)
2）Uchiyama, Y., Wada, N. and Hosokawa, M.:J. Appl. Polymer Sci., Appl. Polymer Sympo., **50**, 283 (1992)
3）Wada, N., Uchiyama, Y. and Fukunaga, K.:Kautsch. Gummi Kunstst., **44**, 1142 (1991)
4）Uchiyama, Y., Ogawa, T., and Uezi, Y.:Proc. Japan Int. Tribology Conf. (Nagoya), 1359 (1990)
5）Ratner, S. B., Farberova, I. I. & Rayukevich, O. V.: "Abrasion of rubber", Ed. James, D. I., Maclaren, London (1967), p.145
6）Lancaster, J. K.:Wear, **14**, 223 (1969)
7）Coran, A. Y., Hamed, P. and Goetller, L. A.: Rubber Chem. Technol., **49**, 1167 (1976)
8）O'Connor, J. E.:Pap. Meet. Rubber Div. Am. Chem. Soc., **111**, 39 (1977)
9）Mogue, S. R:Rubber World, **187**, 16 (1983)
10）野口　徹，芦田道夫，真下智司：日ゴム協誌, **56**, 768 (1983)
11）野口　徹，芦田道夫，真下智司：日ゴム協誌, **57**, 171 (1984)
12）野口　徹，芦田道夫，真下智司：日ゴム協誌, **57**, 829 (1984)
13）Klitenik, G. S. and Ratner S. B.: "Abrasion of rubber", by Jaes, D. I., Maclaren, London (1967), p.64

和田　法明
Noriaki WADA
1974年入社
中央研究所
研究部 課長（工学博士）

歯付ベルト2軸駆動系のかみあい伝動解析

Finite Element Analysis for Load Distribution of Toothed Belts in Two Axes Drive Systems

城戸　隆一[*1]　　草野　隆行[*2]　　藤井　透[*3]
Ryuichi KIDO　　Takayuki KUSANO　　Toru FUJII

A concept and a finite element model of how to analyze load distribution of toothed belts having curvilinear tooth profiles for automotive engines at steady states were developed by utilizing a general nonlinear finite element program. A toothed belt in the FEM model consists of circularly linked beam elements for endless tension members and two dimension solid elements for a belt body. A curved pulley surface is supposed to be rigid. Interaction between surfaces of belt teeth and pulleys is considered as moving boundaries. A quite good agreement between experimental and computed results for frictional forces and tooth load confirms that the proposed model is presently the only one practical approach for analyzing load distribution of toothed belts. Some numerical simulations were performed by changing parameters such as belt pitch and loading condition.

1. 緒　　言

歯付ベルトは、①軸間が大きく取れる、②潤滑が不要である、③比較的効率がよい、といった優れた特長により、大形の産業機械から小形の事務機械に至るまで広く使用されている。近年では、自動車エンジンのカム軸駆動にも多く用いられ、性能や信頼性の向上が強く要求されるようになってきた。その結果、精度が高く実際的な解を与える歯付ベルトの伝動理論に対する要求が高まっている。これまで歯付ベルトの伝動理論に関してはいくつか研究されている。網島・藤井[1]やGerbert[2]の研究はそのパイオニア的な存在である。また小山ら[3]はベルトとプーリとのピッチ差を考慮した伝動理論を提唱している。しかし、これらはいずれも摩擦力の取扱いに問題があり、実用的な解を得ることが難しい。例えば、摩擦力Fの値が$F<\mu N$（μ：摩擦係数、N：垂直力）となる「固着」状態を無視していることや、未知であるべき摩擦方向を既知としていることが挙げられる。この点に着目した著者らは、ベルト伝動を解析する手段として、非線形有限要素法を用い、一つのプーリにベルトを巻付けて駆動させるような実際に近い動きが付与できる伝動解析モデルを開発し、平ベルト[4]や台形歯形の歯付ベルト[5]に対して、伝達力分布、つまり荷重分担に対して良好な予測精度を得てきた。

現在、カム軸駆動用の歯付ベルトは、輪郭が円弧を主体に構成された円弧歯形が、台形歯形に代わって主流になっている。円弧歯形の一つS8M形は、プーリ溝深さよりもベルト歯高さが大きく、かみあい時にベルト歯先がプーリ溝底と接触することが特徴である。したがって、図1に示すように、台形歯形に比べて伝動機構が複雑である。すなわち、台形歯形に作用する伝達力が、歯部反力Q、およびベルト歯底とプーリ外周間の摩擦力F_bの二つであるのに対し、S8M形では、ベルト歯先とプーリ溝底間の摩擦力F_tが加わり、三つとなる。

そこで本報では、現実の駆動系に近い、より一般的なS8M歯形を用いた歯付ベルトの伝動解析モデルを提案する。最も基本的な2軸駆動系の一定負荷条件下

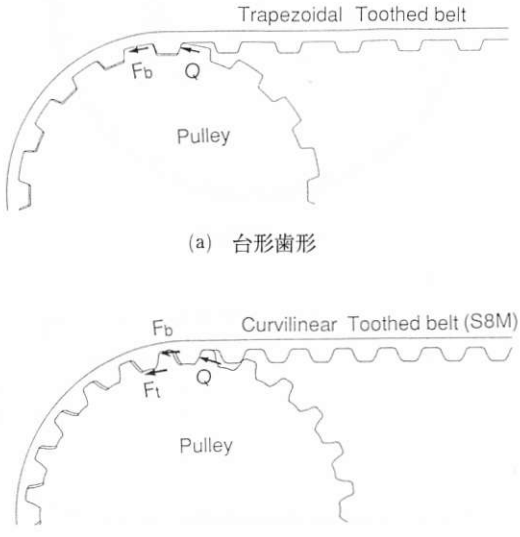


図 1　歯付ベルトに作用する伝達力

*1 中央研究所
*2 伝動技術研究所
*3 同志社大学工学部

における計算結果と実験結果との比較から、本モデルの有効性を明らかにするとともに、駆動系の諸元を二、三変量させて、荷重分担を計算した結果についても報告する。

2. 解 析 方 法

2. 1 解析モデル

今回作成したかみあい伝動解析モデルの主要部を図2に、全体の概略を図3(a)に示す。歯形がS8M（ピッチ8mm）で幅が19.1mmのベルトと溝数24のプーリ2個の駆動系を解析対象とした。伝動にほとんど寄与しないカバーゴム層は省略した。モデル化したベルト部分は、心体部を2節点はり要素、心体下部のゴム/帆布層およびベルト歯を四角形4節点平面要素で表現した。プーリは、ベルトに比べて非常に剛いので剛体とみなし、外形状だけを剛体面で表現した。プーリ中心に節点を一つ設け、これでプーリの動きを代表させた。以上に加えて、プーリと接触する可能性のある、ゴム/帆布層および歯部の外表面に相当する四角形要素面に接合要素を設けて、ベルトとプーリとの接触・摩擦・はく離を考慮した。摩擦は、$F < \mu N$となる固着状態と、$F = \mu N$となる滑り状態とが考慮できるクーロン則を適用し、摩擦係数μは全解析を通じて一定と仮定した。

2. 2 解析手順

実物のベルト駆動系に近い動きをモデルに与えるため、以下のような複数のステップに分けて、解析を実施した。なお、使用した有限要素解析プログラムはABAQUSである。

まず、剛体面で表現したプーリ二つを水平にできるだけ接近して並べ、これを取囲むように円状に連なったベルトモデルを配置した［図3(a)］。この円状に連なったベルト姿は、自由状態における元来のベルト姿なので、最も自然なものである。ただし計算コストの関係から、プーリに接触しない範囲でできるだけ小さな円を選定した。プーリは、左側を駆動側、右側を従動側に想定し、前者は全自由度を、後者は水平方向以外の自由度を拘束した。この初期配置で従動プーリの回転軸に軸荷重Wを右水平方向に与えると、図3(b)のように、二つのプーリに掛け渡されたベルトが張られた状態が得られた。この時点で、従動プーリ位置を固定すると、いわゆる軸間固定状態となり、一般的なベルトの使用状態になる。しかし今回は、ベルトの負荷条件（軸荷重）を一定に保つために、従動プーリ位置は固定していない。次に従動プーリに対して、先の回転拘束を解除し、負荷トルクT_rを時計方向に与えた［図3

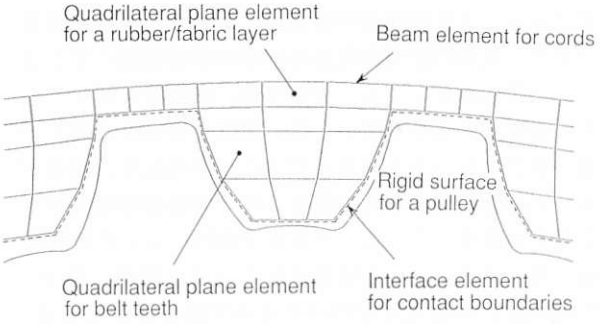
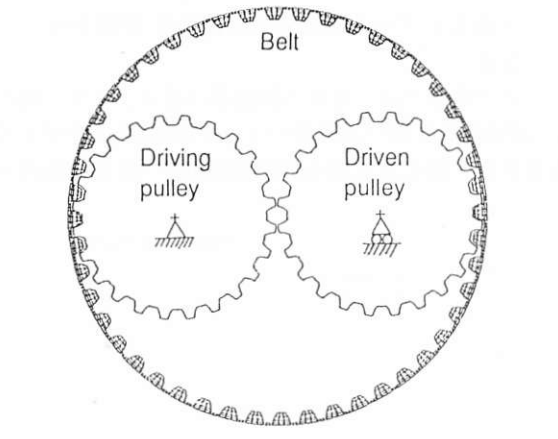
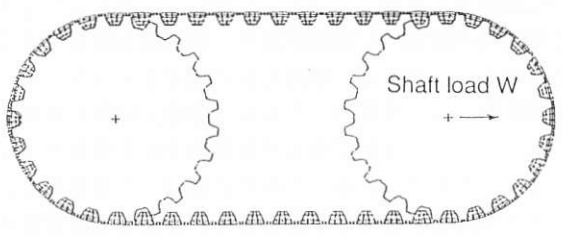


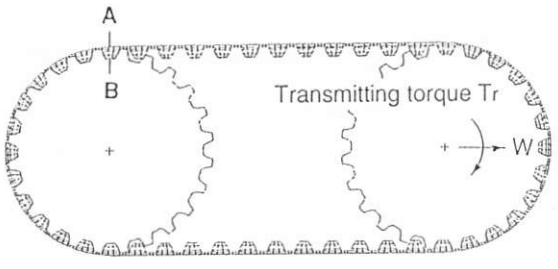
図 2 解析モデル主要部



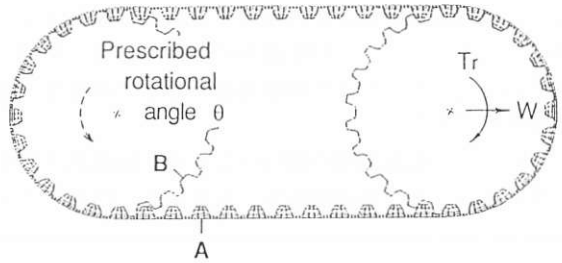
(a) 初期配置



(b) 軸荷重付与



(b) 負荷トルク付与（起動時）



(d) 定常状態（180°以上回転後）

図 3 解析モデルの全体図ならびに解析手順

(c)]。これはちょうど起動時に相当する。この状態から、駆動プーリに反時計回りの回転角を強制変位で与えて、最終目的の定常状態を得た［図3(d)］。この過程で負荷を変動させれば、負荷変動条件での荷重分担が得られるが、今回負荷は一定とした。以上述べた解析は、接触問題と大回転という二つの非線形性を含むので、少しずつ変形させて収束計算を繰返した。

3. 実験方法

検証実験に用いた荷重分担測定装置の概略図を図4に示す。試験ベルトとかみあう二つのプーリ軸の内、右側が固定、左側が水平方向に可動となっている。この可動軸は、可変モータ駆動により、回転数と回転方向を変えることが可能で、ワイヤを介して吊り下げられた重錘W_1により、任意の初張力T_0を与えることができる。また固定軸上には負荷ドラムが後方に設置され、これに巻付けられたワイヤを介して吊り下げられた重錘W_2により、任意の負荷トルクT_rを与えることができる。このとき、ベルトスパン部に生ずる張り側張力T_1および緩み側張力T_2は、プーリ半径をR_1、負荷ドラム半径をR_2とすれば、次式で計算される。

$$T_1+T_2=2T_0=W_1$$

$$(T_1-T_2)R_1=T_r=W_2R_2$$

となるから、

$$T_1=(W_1+W_2R_2/R_1)/2$$

$$T_2=(W_1-W_2R_2/R_1)/2$$

固定軸側のプーリは、伝達力測定プーリとして、図5に示したようなスリット加工が施されている。それぞれの根元に貼付けたひずみゲージにより、a部では歯部反力と歯先摩擦力との合力、b部は歯先摩擦力、c部は歯底摩擦力が検出できる。したがって、a部からb部のデータを差し引けば、歯部反力が求められる。この測定プーリは、回転方向を変えることで、駆動側にも従動側にも切替えが可能である。

実験は、心体がガラス繊維、背ゴムと歯ゴムが水添NBR、歯布がナイロン帆布で構成された歯数112の自動車用S8Mベルトと、溝数24の鋼鉄製S8Mプーリとのかみあい伝動を対象とし、2種類の張力条件について実施した。さらに、初張力を与えたとき、歯ピッチがプーリ溝ピッチよりも大および小となる2種類のベルトについても実施した。表1にベルトとプーリの主要諸元を示す。

4. 実験結果と計算結果

以上述べた方法で、実験とそれに対応する計算とを行い、両者の結果を比較検討した。図6～8に定常状態での荷重分担実験結果（実線）と計算結果（破線）を示す。図は駆動側をDR、従動側をDNの記号で区別した。図6および7は無張力時におけるピッチ差（ベルト歯ピッチープーリ溝ピッチ）が+0.002mmで張力条件（張り側－緩み側）がそれぞれ588－196Nおよび490－

表1 ベルトとプーリの主要諸元

Nominal pitch	8mm
Belt width	19.1mm
Tooth height	2.93mm
Groove depth	2.83mm
Number of pulley grooves	24
Contact angle	180°
Pitch difference	+0.002,−0.038mm
Tensile stiffiness of cords	343kN
Elastic modulus of rubber/fabric Layer	490MPa
Elastic modulus of tooth	12MPa
Coefficient of friction	0.3

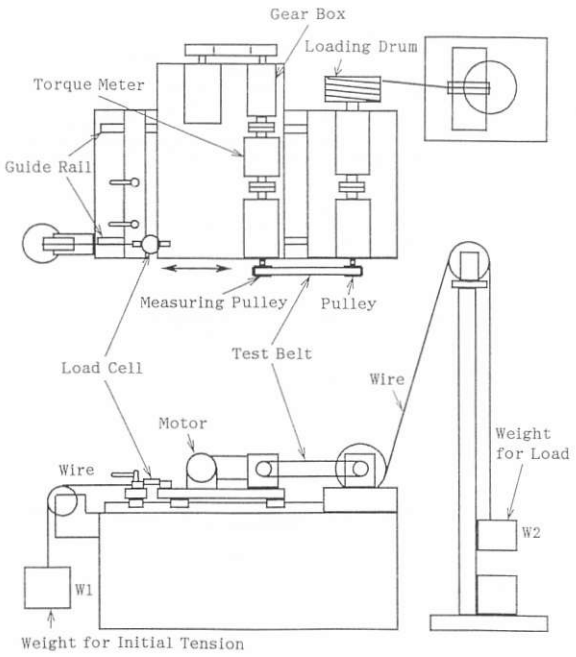


図4 実験装置

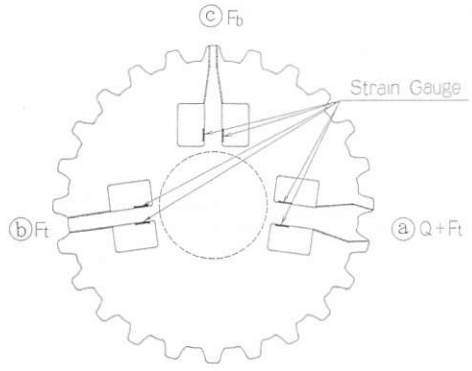


図5 伝達力測定用プーリ

294N、図8はピッチ差が−0.038mmで張力条件が588−196Nにおけるものである。図中の記号a、b、cは、それぞれ歯部反力、歯先摩擦力、歯底摩擦力を表している。a、b、cの符号は伝動に寄与する方向を正に取った。横軸はベルトとプーリのかみあい領域における位置を示す歯番号、縦軸は荷重の大きさを表している。歯番号は、プーリに対してベルトが進入するかみあい入口を0として、ベルトが抜出すかみあい出口方向へ測った歯数で定義した。したがって駆動プーリでは張り側が、従動プーリでは緩み側が0となる。

荷重分担実験結果を見ると、いずれの条件でも駆動側と従動側で荷重分担に大きな相違が見られる。静的な力の釣合いから、起動時の荷重分担は駆動側も従動側もほぼ同じになる。ところが1歯に注目すると、起動時からプーリが回転して定常状態に至る過程で、駆動側では張り側から緩み側への張力変化、従動側ではその逆の張力変化に伴う、相違なる摩擦の履歴を受ける。そのため、荷重分担は、起動時から定常状態に至るまでに大きく変化し、駆動側と従動側とで大きな差異を生じたと考えられる。

また図6と8を比較すると、ピッチ差の正負も荷重分担に大きな差を生じさせることが分かる。特に、最大歯部反力の生ずる場所（かみあい入口または出口）が両図で逆になっている。これは図9を考えると理解しやすい。図9(a)および(b) は、ピッチ差が0でベルトの伸縮がないと仮定した場合、それぞれ駆動側および従動側が矢印方向に定常回転しているときのかみあい状態、図9(c)および(d)は、ピッチ差がそれぞれ正および負の場合に、単にベルトをプーリに巻付けたときのかみあい状態を模式的に表したものである。したがって、ピッチ差がある場合の定常回転時のかみあい状態は、図9(a)または(b)に、図9(c)または(d)を重ね合わせたよう

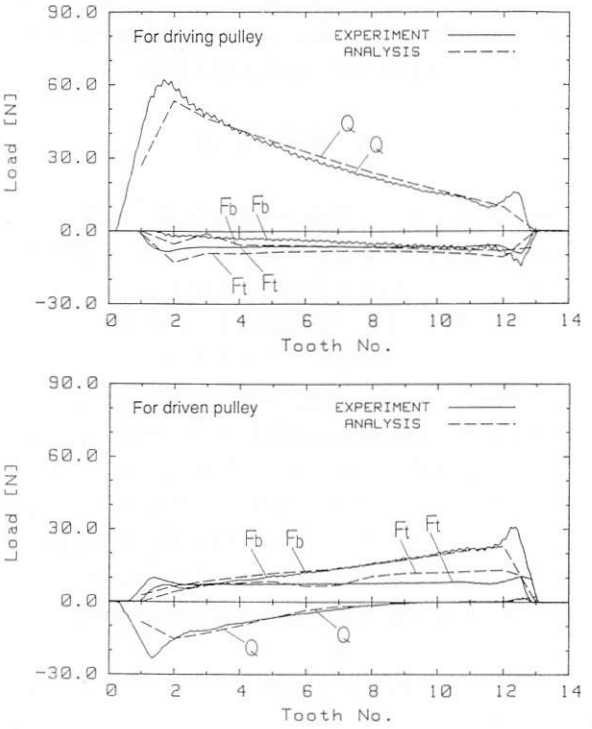


図 7　伝達力分布の実験結果と計算結果
（ピッチ差：+0.002mm, 張力条件：490−294N）

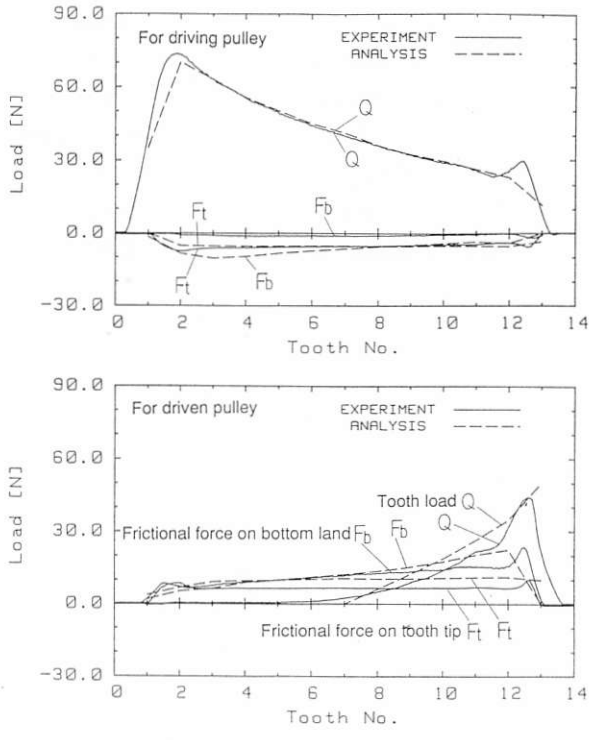


図 6　伝達力分布の実験結果と計算結果
（ピッチ差：+0.002mm, 張力条件：588−196N）

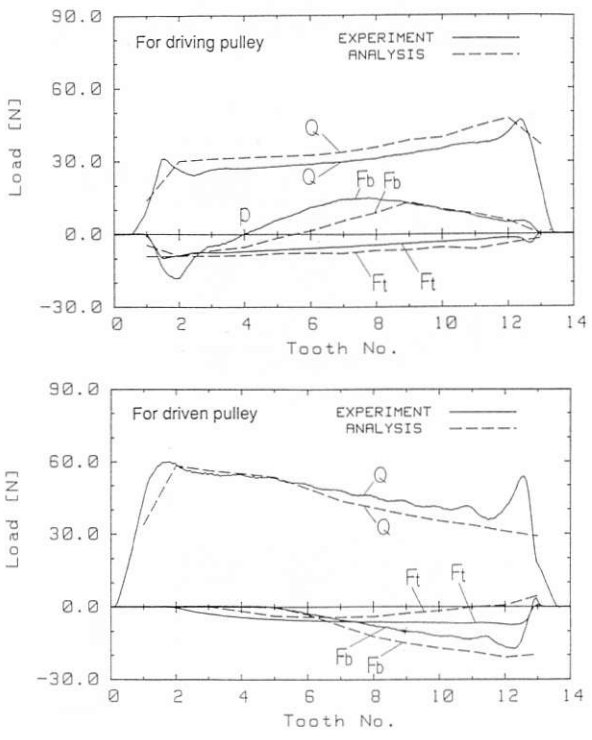


図 8　伝達力分布の実験結果と計算結果
（ピッチ差：−0.038mm, 張力条件：588−196N）

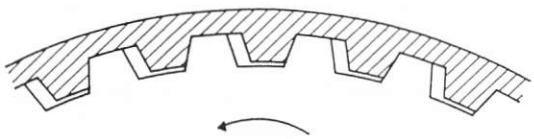
なイメージになる。そのとき、ベルト歯側面とプーリ溝との接触面が両者で同じ側になる場所は歯部反力がより促進され、反対側になる場所は歯部反力が小さいかまたは消滅すると考えられる。ピッチ差が正の場合、駆動側のかみあい入口、従動側のかみあい出口でかみあい面が同じ側、駆動側のかみあい出口、従動側のかみあい入口で反対側になる。ピッチ差が負の場合は様相が全く逆になる。

図10は、以上を確かめるために、解析終了時のモデル変形図でかみあい入口付近におけるベルトとプーリのかみあい状態を見たものである。図10(a) および(b)はピッチ差が＋0.002㎜の駆動側および従動側、図10(c)および(d)はピッチ差が－0.038㎜の駆動側および従動側である。図10(a)と(d)は、バックラッシュ（ベルト歯側面とプーリ溝とのすきま）が大きく、それだけベルト歯がプーリに食い込んで大きな歯部反力を生じていることが分かる。特に図10(d)は、ベルト張力が緩み側のためか、ベルトがプーリに対して少し浮き上がった状態でかみあっている。図8の従動側で、かみあい入口付近の摩擦力F_bが生じていないのは、これで説明できる。負荷の増大によりこの現象が促進されると、ベルト歯がプーリに乗り上げる。いわゆるスキップ現象になる。一方、図10(b)と(c)はバックラッシュが小さく、歯部反力も小さいことがわかる。特に図10(b)は、両側にバックラッシュが認められ、歯部反力が生じていない。図6の従動側のグラフは如実にこれを表している。このように、図9で述べた内容と、図10の結果は一致している。

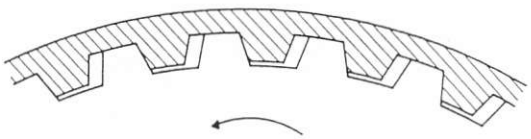
次に図8の駆動側における歯底摩擦力に注目すると、回転方向に従って負から正へ連続的に変化していることが分かる。つまり摩擦力の向きが途中で変わり、しかもその変わり目で摩擦力の大きさが0になっている。この現象は、台形歯の場合にも観察されたように[5]、摩擦の状態を常に滑り状態と仮定している従来の伝動理論では説明できない。一方、固着と滑りという二つの摩擦状態と摩擦方向の履歴依存性を考慮している本モデルの計算結果は、この現象をうまく再現できている。

S8M形の特徴である歯先摩擦力のグラフに注目すると、全般に値が小さく、かつ変化も小さい。今回の歯先圧縮量（ベルト歯丈－プーリ溝深さ＝0.10㎜）では、面圧も小さく、接触面も、心体から歯部を介して離れた位置にあるので、心体の動きに対する追従性が鋭くなったものと思われる。

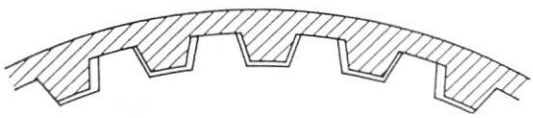
今回提示した伝動解析モデルの計算結果と実験結果を比較すると、駆動側・従動側とも両者は定性的によ



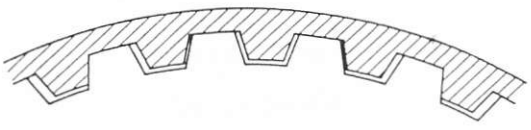
(a) 理想ベルト（駆動側）



(b) 理想ベルト（従動側）

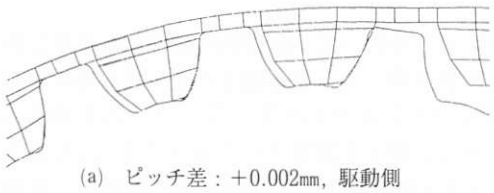


(c) 単純巻付け（ピッチ差：正）

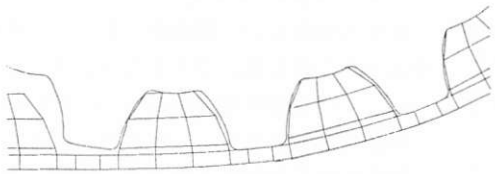


(d) 単純巻付け（ピッチ差：負）

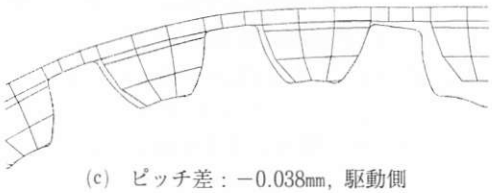
図 9 ベルトとプーリのかみあい模式図



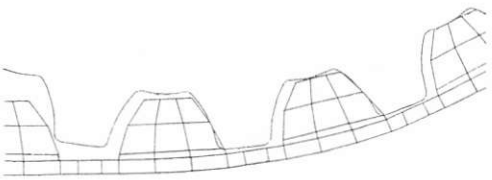
(a) ピッチ差：＋0.002㎜，駆動側



(b) ピッチ差：＋0.002㎜，従動側



(c) ピッチ差：－0.038㎜，駆動側



(d) ピッチ差：－0.038㎜，従動側

図 10 かみあい入口における解析モデルのかみあい状態

く合致しており、本解析手法が有効であることが分かる。ただし、かみあい出口で見られる歯部反力実験結果の顕著なピークは再現できていない。このピークはルト歯がプーリから抜けるときの摩擦抵抗が加わったものと考えられるが、解析モデルは、要素分割が粗いために、それがうまく表現できなかったものと思われる。また歯部反力に比べ摩擦力の合致度がやや悪いのは、やはり要素分割が粗いことや、測定プーリ歯頂部のスリット幅が小さいことによる計算誤差などが考えられる。さらには、前報[5]で言及したとおり、歯底摩擦力に直結するゴム/帆布層のせん断変形の差異が考えられる。実際のベルトは、心体/ゴム/帆布の3層構造をもつから、図11に示すように、途中で屈折するようなせん断変形が想定されるのに対し、モデルは1層構造であるから単純なせん断変形になってしまう。

以上のように本モデルは、要素分割の粗さに起因する問題点が残されてはいるが、歯部せん断疲労に関与する歯部反力の予測精度は高いので、軸数を増して実際のレイアウトに近づけ、トルク変動を考慮すれば、歯部せん断疲労寿命予測への応用が考えられよう。

5. 数値シミュレーション

本モデルを用いて、伝動系の各諸元が荷重分担に及ぼす影響を調べた。変量因子には、張力条件（初張力T_0および有効張力$T_e=T_1-T_2$）と、台形歯形のときに大きな影響力が観察されたピッチ差Δpを取上げ、それぞれ3水準の組合せの計27個の条件下で計算を実施した。他の諸元は表1に準じた。

歯部せん断疲労強度という観点から見ると、荷重分担の中で歯部反力の最大値ができるだけ小さくなることが望ましい。また自動車用歯付ベルトの使われ方を考えると、歯数が最も小さく、しかもカムやオイルポンプなどの負荷が全て加わるクランク（駆動）プーリ上の荷重伝達が最も厳しい条件の一つである。そこで、駆動側最大歯部反力Q_{max}に注目し、各変量因子との間に、次のような2次の関係式を仮定し、最小二乗近似により、C_0～C_9の回帰係数を決定した。

$$Q_{max}=C_0+C_1T_0+C_2T_e+C_3\Delta p+C_4T_0T_e$$
$$+C_5T_e\Delta p+C_6\Delta pT_0+C_7T_0^2+C_8T_e^2+C_9\Delta p^2$$

図12は、得られた関係式を等高線図で示したもので

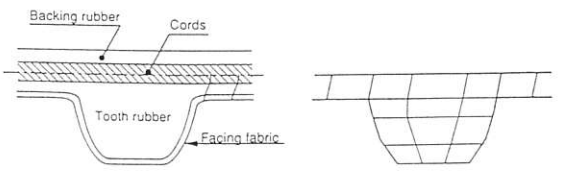
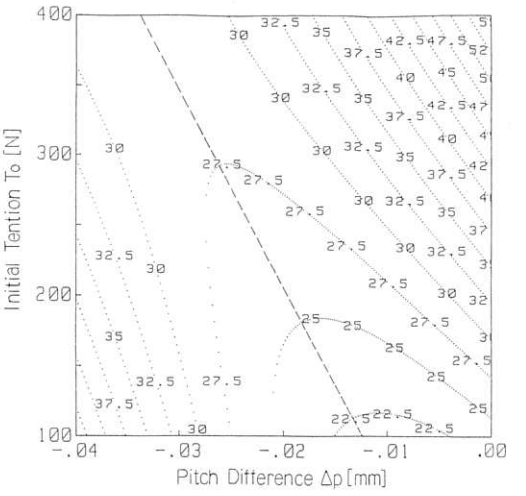
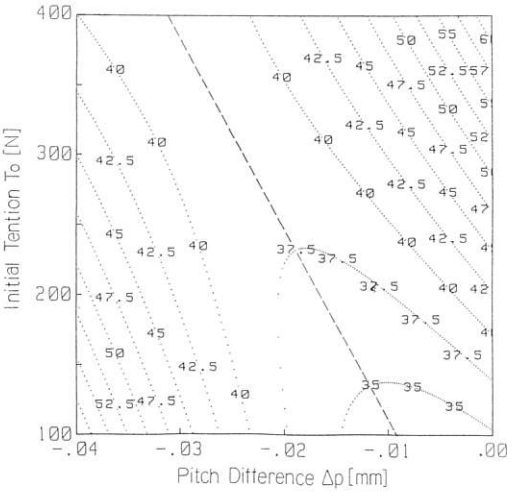


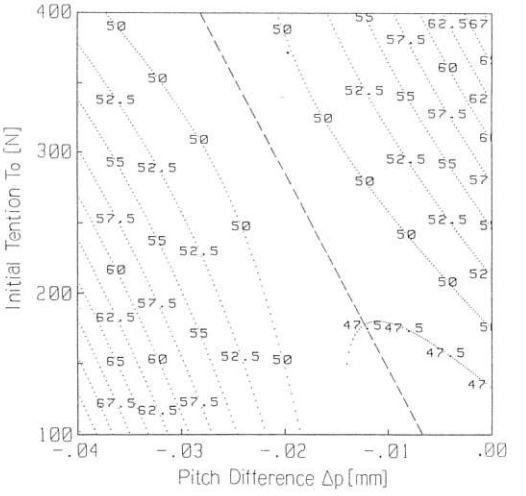
図 11　ゴム/帆布層に生ずるせん断変形



(a)　有効張力 T_e=196N



(b)　有効張力 T_e=294N



(c)　有効張力 T_e=392N

図 12　駆動側大歯部反力に及ぼす張力条件とピッチ差の影響

ある。二次元で表示するために、変量因子の内、有効張力を適当な水準（196N、294N、392N）に固定し、横軸にピッチ差、縦軸に初張力を取って、Q_{max}に関する等高線を描いた。図12より、各変量因子が荷重分担（Q_{max}）に及ぼす影響が見えてくる。

有効張力が大きいほど、Q_{max}が大きくなることは当然として、初張力の影響はピッチ差（負値）の絶対値が大きい場合と小さい場合（および正値の場合）とで異なる。大きい場合は、初張力が増えると、Q_{max}が減るが、小さい場合は、Q_{max}が増える傾向にある。これは、荷重分担における歯底摩擦力F_bの符号が、ピッチ差により異なることで説明できる。すなわち、初張力が増えると、ベルトとプーリ間の面圧が増えるので、F_bの絶対値も増大する。ピッチ差が負のとき、F_bはおおむね正なので（図8参照）、力の釣合い上、歯部反力は減少する。ピッチ差が正の場合、F_bは負なので（図6参照）、歯部反力は増加する。

ピッチ差の影響を見ると、大き過ぎても小さ過ぎてもQ_{max}は増大し、Q_{max}が最小となるピッチ差が存在することが分かる。これを示したのが図12の破線で、Q_{max}が最小となる谷線に相当する。これを用いれば、ベルトの張力条件に応じて、Q_{max}が最小となる最適なピッチ差を求めることができる。自動車用ベルトは、初張力が200N前後で用いられることが多く、その場合、最適なピッチ差が−0.01〜−0.02mmに存在することが、図12から読み取れる。

6. 結　　語

円弧歯形の一つS8M形歯付ベルトのかみあい伝動が解析できる有限要素モデルを提案し、2軸駆動系の一定負荷条件下における数値計算と検証実験とを行った結果、以下のことが分かった。

(1)両者の結果は定量的によく合致し、今回提案した伝動モデルの有効性が確認された。

(2)ベルトの張力条件（初張力、有効張力）に応じて、歯部せん断疲労にとって有利な最大歯部反力を最小にするピッチ差がひとつ存在する。

［付記］
［発表誌：日本機械学会論文集、61-582(1995)、468］

［引用文献］

1)網島・藤井、日本機械学会論文集、42-359(1976)、2233.
2)Gerbert, G.,ほか3名, Trans. ASME, J. Mech. Design, 100(1978),298
3)小山・ほか3名、日本機械学会論文集、44-377(1978)、3913.
4)城戸・ほか3名、自動車技術会論文集、23-1(1992)、82.
5)城戸・ほか2名、自動車技術会論文集、24-2(1993)、113.

城戸　隆一
Ryuichi KIDO
1974年入社
中央研究所
研究部 課長(工学博士)

草野　隆行
Takayuki KUSANO
1992年入社
伝動技術研究所

リサイクル先進強化ナイロンＭＸＤ６の疲労信頼性
（第１報、疲労き裂進展特性の評価）

Fatigue Reliability of Recycled Advanced Reinforced PA·MXD6
(1st Report, Estimation of the Fatigue Crack Propagation Property)

鈴木　秀人[*1]　Hideto SUZUKI
中村　雅史[*1]　Masashi NAKAMURA
清友　達志[*2]　Tatsushi KIYOTOMO
幸原　正志[*2]　Masashi KOUHARA
原口　忠男[*1]　Tadao HARAGUCHI

Influences of the recycling process on the fatigue crack growth property of PA·MXD6 were examined. The main results obtained were as follows: (1) The FCP property of recycled PA·MXD6 became worse than that of the virgin material. In particular, the decline of the fatigue property was fastest in the first recycling process. (2) From the fractography using SEM, it was understood that the detrimental effect of the recycling process on the fatigue property was caused by the breakdown of the glass fibers during the recycling process. (3) The crack tip heating in the recycled material was increased more noticeably than in the virgin marerial. This is because the crack tip opening displacement was increased more markedly than in the virgin material. Therefore, it could be interpreted that the influence of the recycling process on the FCP property was caused by enlarging the crack tip opening.

1. 緒　　言

近年、地球環境問題・エコバランスに対する関心の高まりから、プラスチック製品のリサイクル性が大きな社会問題となっている。資源の節約や有効利用、廃棄物発生の抑制、環境の保全などの観点からもプラスチックのリサイクルは大きな社会的要請となり、使用済プラスチック製品の再利用に係わるリサイクル・プロセス技術の構築が重要な課題となっている。例えば、近ごろリサイクル性に優れた液晶ポリマFRP が開発され、これらプラスチックのリサイクルによる信頼性についての研究も行われている。しかし、現在日本におけるリサイクル率は10%程度であり、リサイクル材・エコマテリアルの信頼性、特に耐久性に係わる疲労信頼性については依然として解明すべき点が多く、これが有効利用の妨げとなっている。

近年、材料の軽量化の要求に伴い種々のエンジニアリングプラスチックが金属の代替材として使用されている。特に、ポリアミド樹脂はエンジニアリングプラスチックの中でも力学的特性に優れていることから、機械部品に使用されることが多くなっている。構造材料としてのポリアミド樹脂では、PA66が広く使用されている。さらに、分子構造の異なる耐熱性に優れたPA46や、分子鎖中に芳香族環をもつ化学構造で、さらに耐熱性に優れ、かつ吸水率の低いPA·MXD6が新規エンジニアリングプラスチックとしての使用検討が行われている。

しかしながら、特に繊維強化プラスチックの疲労挙動は金属材料の疲労挙動と著しく異なり不明な点が多く、その解明は重要な研究課題となっている。[1)~8)]

以上の状況をかんがみて、本研究では先進強化ナイロンMXD6の疲労強度に及ぼすリサイクルの影響について、特に疲労き裂進展機構のメゾ構造尺度での解明まで掘り下げて、検討を加えた。

2. 実 験 方 法

2. 1 供 試 材 料

供試材料はMXD6ナイロンを体積率50%ガラス短繊維で強化したもので、種類はＶ材（バージンペレットから射出成形したもの）、R1材（リサイクル1回の材料）、R3材（リサイクル3回の材料）を用意した。また、バージンペレットから射出成形したものを粉砕し、

*1 茨城大学工学部
*2 MMP事業部

再度射出成形する過程をリサイクルと呼び、この過程を繰返すごとにR1、R2、R3と名付ける。これらから図1に示す3.1×67×70の大きさのCT試験片を用意した。なお、バージンペレットからの射出成形とR1、R2、R3等の射出成形条件は同じとした。

一般に図2に示すように射出成形板における繊維配向は、表面層では射出方向に平行で、中央では射出方向に対して垂直となる。したがってCT試験片は三層構造となりこの構造が強度特性に影響を及ぼすことが知られている。[9)~12)] 本供試材について、SEMによる観察結果より、板内部における射出方向に垂直な繊維配向となる部分は、板厚3.1mmに対してバージン材では1.4～1.6mm（板厚の約50%）となっている。さらに、リサイクルに伴う樹脂材料中の配合繊維の繊維長の測定を行った。樹脂を加熱消去して得られた灰分中に含有しているガラス短繊維をSEM 観察し、画面内の短繊維の長さを計測し、繊維長分布を求めた。

2. 2 マトリックス樹脂の熱的特性に及ぼすリサイクルの影響

リサイクル工程においては、リサイクルされるエンプラは大きさ7mm以下のペレットに粉砕された後、成形機に送り込まれ、溶融可塑化され賦形される。リサイクルを繰返すごとに材料にはせん断履歴、熱履歴が加えられ、結果として、マトリックス樹脂の熱劣化といった物理化学的変化が起こり得る。これらはリサイクル樹脂材料の性能、特に機械特性を左右する重要な影響因子と考えられる。そこで、リサイクルによるマトリックス樹脂の熱的特性の変化を調べた。融点およびガラス転移点を示差走査熱量計(DSC) によって測定した結果を図3に示す。この図から、樹脂材料をリサイクルすることによって、ガラス転移点と融点はそれぞれ下がる傾向にあることがわかる。しかしながら、それぞれの低下率は、1%程度で極めて少ないことが注目される。この点から推測すると、リサイクルが供試材の疲労信頼性に及ぼす影響も小さいことが期待される。

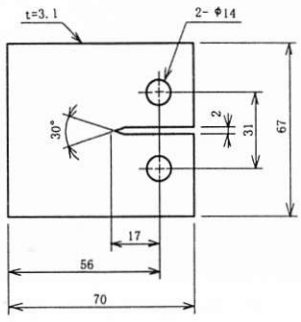


図 1 CT試験片形状

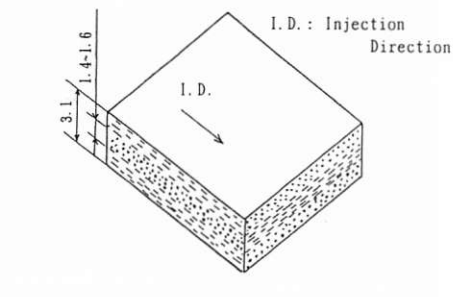


図 2 射出成形板における三重構造

2. 3 疲労き裂進展試験方法および裂先端部の温度測定方法

疲労き裂進展試験は電気油圧式サーボ材料試験機によって、周波数3Hz、応力比0.1とした正弦波荷重制御で、室温20℃、湿度RH50%で行った。なお、疲労き裂は射出成形方向に平行に導入した。試験後、破断した試験片に対してSEMによる破面観察を行った。

併せて、き裂先端での局所的変形挙動を把握するために、赤外線放射温度計を用いてき裂先端の温度測定を行った。その実験装置の概要を図4に示す。本測定方法の特徴は非接触で物体の表面温度を測定できることで、その原理は測定物体表面の赤外線の放射率を測

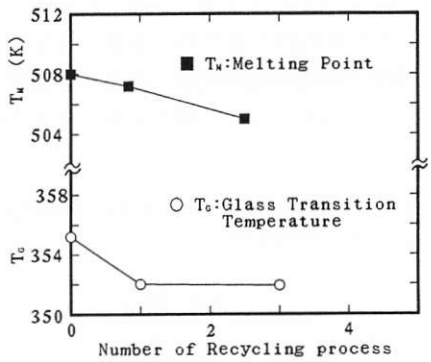


図 3 融点およびガラス転移点とリサイクル工程の回数の関係

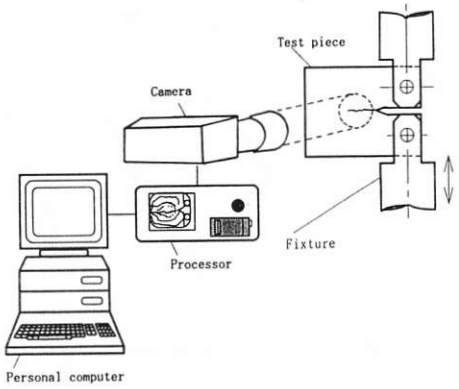


図 4 実験装置概要

定するものである。き裂先端部の温度測定は、疲労き裂進展試験の過程で逐一実施した。

3. 結　　果

MXD6ナイロンのバージン材料（V）、リサイクル1回材料（R1）、リサイクル3回材料（R3）のそれぞれについて、3種類の材料における疲労き裂進展特性をき裂進展速度と応力拡大係数範囲の関係da/dN-ΔKに及ぼすリサイクルの影響を図5に示す。

図5より疲労き裂進展に対する抵抗性はリサイクルすることにより低下し、その回数を増加するに従って劣化している。これら、V、R1、R3の材料についてき裂進展速度$da/dN=1.0\times10^{-8}$[m/cycle] での応力拡大係数範囲ΔKの値を表1に示す。

この表より、リサイクルによる疲労き裂進展に対する抵抗の低下率の程度は、バージン材からリサイクル1回めの材料では約45％と最も大きく、リサイクル1回めと3回めを比較するとその低下率は約34％となり減少している。低下率の程度は1回めが最も大きく、リサイクル数が増えるに従い低下率は減少していく傾向にあると考えられる。

かかるリサイクルによる著しい疲労信頼性の劣化は2. 2節に示した熱特性の変化から予測し得なかった。これは、樹脂の熱的特性劣化が、熱せん断履歴による分子量の低下すなわちミクロ因子に起因するのに対して、疲労き裂進展特性はメゾ構造尺度での因子に支配されるためと考えられる。例えば、このような著しい低下のメゾ構造尺度での原因の一つとして強化繊維がリサイクル工程で破断し、短くなることなどが示唆される。そこで、SEMによる破面解析、ガラス短繊維の繊維長分布によって、リサイクルの影響の原因による疲労特性の劣化する原因を詳細に検討する。

表 1　$da/dN=1.0\times10^{-8}$ [m/cycle] における ΔK [MPa$\sqrt{\text{m}}$]

	ΔK [MPa$\sqrt{\text{m}}$]
V	5.3
R−1	2.9
R−2	1.9

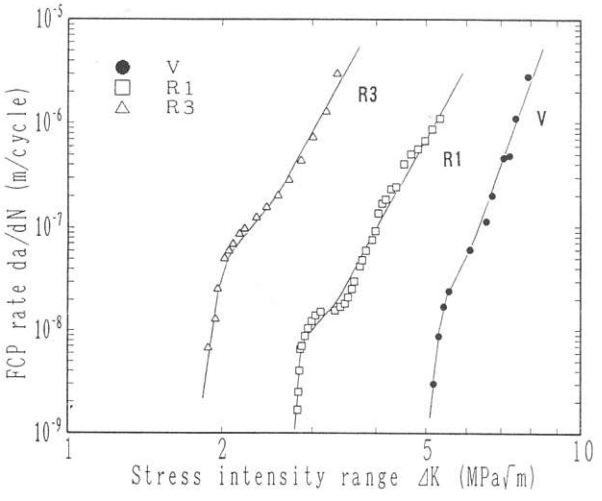


図 5　進展速度da/dNとΔKの関係

4. 考　　察

4. 1　強化繊維長さに及ぼすリサイクルの影響

SEMによる低倍率の破面写真を図6に示す。本図よ

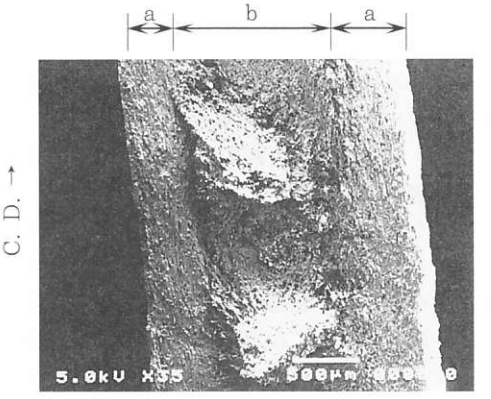


図 6　V材の疲労破面写真
（a:表層部，b:中央部，C.D.:き裂進行方向）

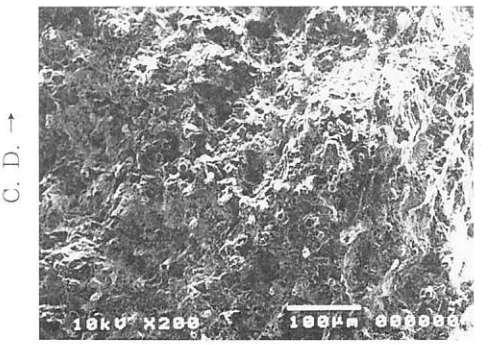


図 7　V材の疲労破面写真(中央層部)

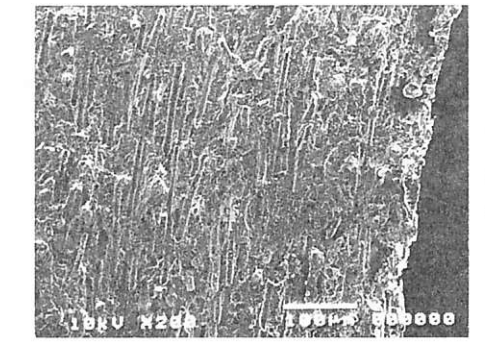


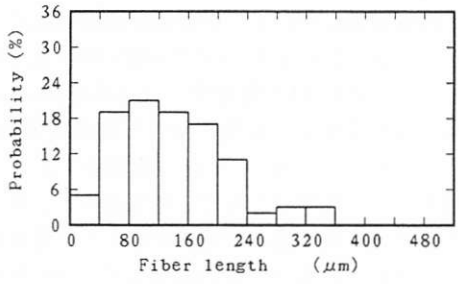
図 8　V材の疲労破面写真(表層部)

り表面層では平坦であり、繊維方向が直交する中央部層では凹凸が大きい。さらに高倍率の破面写真を図7、8に示すが、図7はバージンの中央部、図8は表層部のものである。両図の比較より、き裂進展の方向に対して短繊維が中央部では垂直に、一方表層部では平行である。

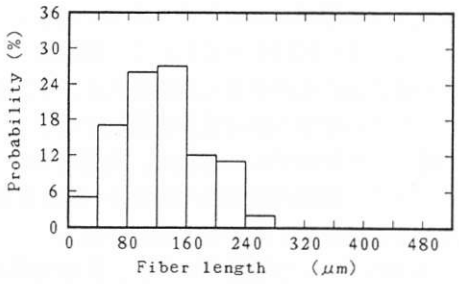
そこで、繊維長さを評価するために図9にリサイクル材（R3）の表層部の高倍率の破面写真を示す。本図とバージン材の図8を比較すると、短繊維の長さに相違が認められる。すなわち、バージン材の繊維長さがリサイクル材のものより長い。これはリサイクル工程中に繊維が粉砕されてしまうためと考えられる。したがって、これがリサイクルによるき裂進展特性の劣化の原因の一つであると考えられる。

さらに、繊維長さの相異変化を定量的に詳細に把握するために、ガラス短繊維の長さを測定した。図10にヒストグラムによる繊維長分布解析結果を示す。この結果から、V材とR3材を比較するとR3材では最大長さで80%になり、平均長さで約90%に短くなっている。また、分布を全体的にみると繊維長さがリサイクルに

図 9　R3材の疲労破面写真(表層部)



(a)　V材



(b)　R3材

図 10　材料中におけるガラス短繊維の繊維長分布

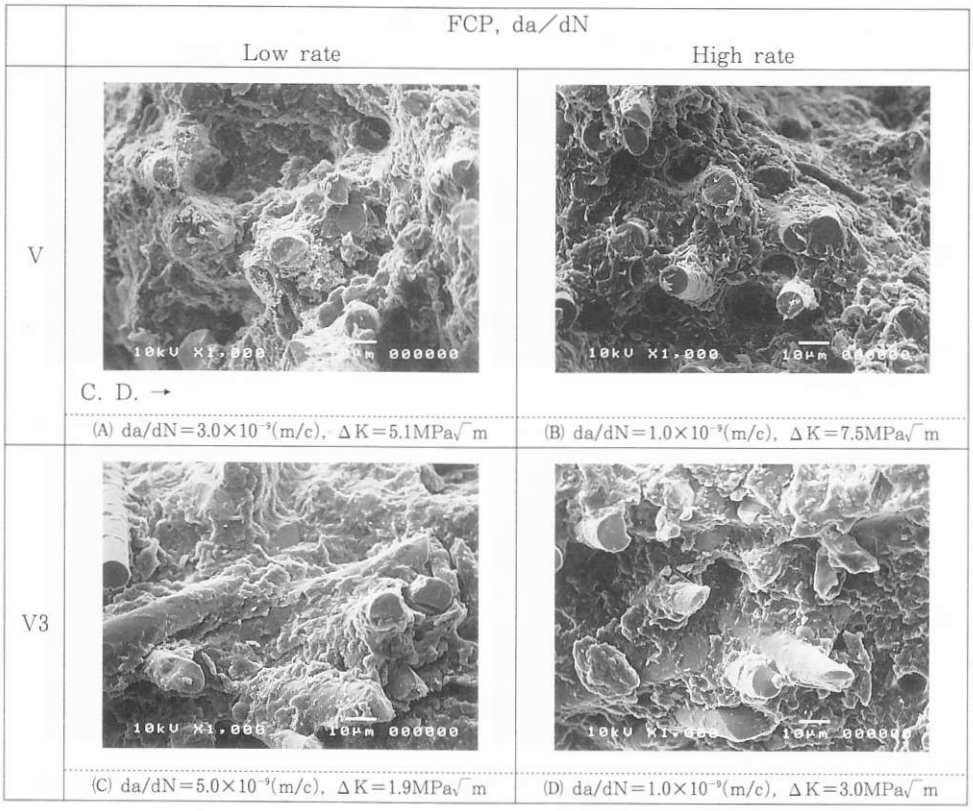


図 11　SEMによる高倍率の破面写真(射出方向と垂直方向)

よって、短いほうに移行していることがわかる。そこで次に、繊維長さの変化が疲労き裂進展機構に及ぼす影響について破面解析に基づいて検討を加えた。

4. 2　疲労き裂進展機構に及ぼすリサイクルの影響

バージン材（V材）とリサイクル材（R3材）の破面写真をΔK_{th}に近い低速度領域とParis則に従う比較的高い速度領域について、中央部と表面層部にそれぞれ分けて図11、12に示す。図中(a)はV材の低速度、(b)は高速度、(c)はR3材の低速度、(d)はR3材の高速度領域の破面写真である。V材について低速度領域（$da/dN=3.0\times10^{-9}$m/cycle ）では、両図中(a)より、ガラス短繊維のはく離がほとんど生じておらず、疲労き裂はマトリックス内を縫って進展することが優先的機構であると認められる。[12] これに対して、300倍程度速い高速度領域（$da/dN=1.0\times10^{-7}$m/cycle）では、両図中(b)より、低速度領域の(a)に比べはく離は多く観察されるがガラス繊維にはマトリックスが付着しているのがわかる。また図11中(b)において、繊維はマトリックスから抜け出たものが多く観察される。したがって、バージン材での疲労き裂は低速度領域では、マトリックスを縫って比較的平坦に進展し、高速度領域では、マトリックスと繊維の境界部や繊維の引抜きを伴って、凹凸の大きい進展をするものと理解される。

一方、R3材について両図中(c)より、低速度領域（$da/dN=5.0\times10^{-8}$m/cycle）において、V材と比べガラス繊維がマトリックスからはく離しているのがわかる。この状況は、その200倍の高速度領域（$da/dN=1.0\times10^{-6}$m/cycle）の破面を示す(d)において顕著であり、マトリックスよりガラス繊維が抜け出た穴も多く認められる。したがって、リサイクル材での疲労き裂はバージン材と比べ、強化繊維のはく離を容易に引き起こしつつ進展するものと理解される。

以上の知見に基づいて図13に繊維の長短および高、低速度領域の相違によるき裂開口量のメカニズムを模式図的に示す。実線は、有効応力拡大係数範囲ΔK_{eff}に対応した実際のき裂開口量、一方破線は、実際の応力拡大係数範囲ΔKに対応した仮想的なき裂の開口量を示している。本図は、バージン材ではガラス繊維のはく離が生じにくく、疲労き裂はマトリックス内を縫って進展し、繊維も長いため抵抗も大きくき裂開口量は小さいことを示す。リサイクル材は、ガラス繊維とマトリックスのはく離が多くなり、疲労き裂は、ガラス短繊維をマトリックスからはく離させて進展する。加えて、ガラス繊維が短く粉砕されるため、ガラス繊維がマトリックスから抜け出て、ブリッジング効果は小さく、き裂開口量は大きくなることが示唆される。

すなわち、リサイクル材ではき裂が開口しやすくなり、有効応力拡大係数範囲ΔK_{eff}と、実際の応力拡大係数範囲ΔKがほとんど等しくなると理解される。[13] これらのことが疲労き裂進展に対する抵抗がリサイクルするにつれて低下する原因の一つであると解釈される。

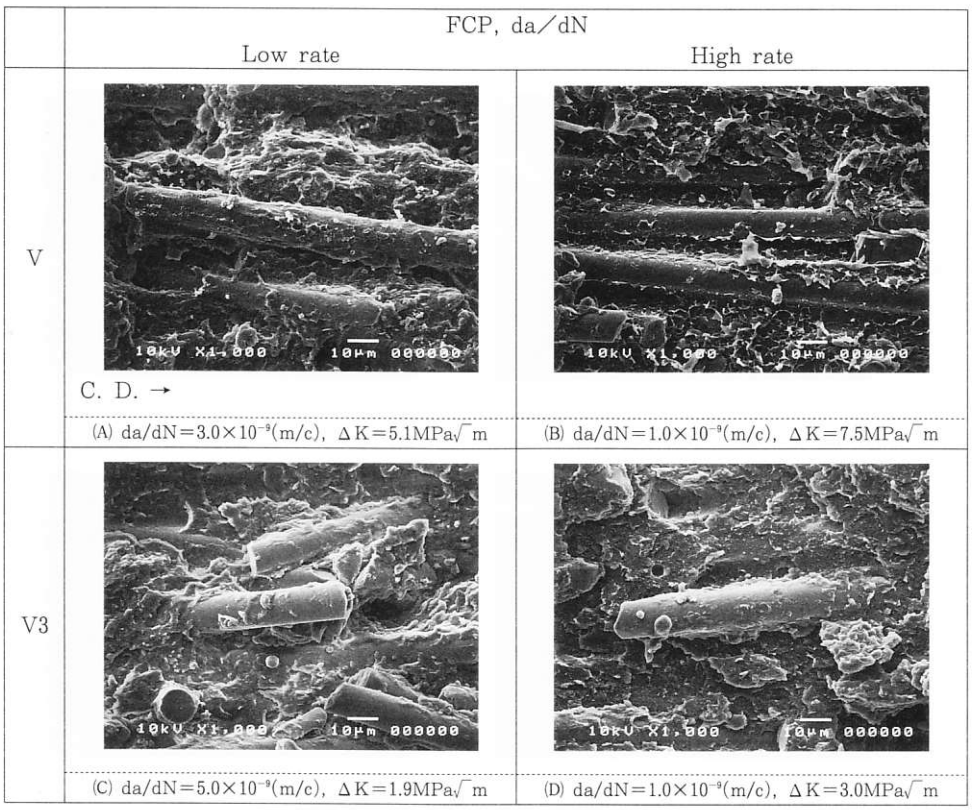


図 12　SEMによる高倍率の破面写真(射出方向と平行方向)

4. 3　き裂先端部の開口量の温度上昇による評価

4. 3節では、4. 2節で破面解析から推測されたリサイクルすることによるき裂の開口量の変化を、き裂先端部の温度上昇と関連づけて検討した。き裂先端部の温度測定結果を応力拡大係数範囲ΔK とき裂先端部温度変化Δ$T(K)$の関係に整理して図14に示す[14]。図14より、いずれの供試材もΔKの値が大きくなるに従ってΔTは大きくなっている。しかし、V材＞R1材＞R3材の順で温度上昇に対する抵抗性が大きくなっているが、この傾向は疲労き裂進展特性におけるものと一致する。さらに、図14よりそれぞれのΔT－ΔKの関係に一種の遷移点が示唆される。すなわち、き裂進展特性がParis則に従う以前と以後ではΔT/ΔKのこう配に相違が認められる。しかも注目すべきことは、図5のき裂進展線図と図14の温度上昇線図の間に図15に模式図的に示すような関係が認められることである。これは、き裂先端の開口量と温度上昇の間に良好な相関性があり、併せてき裂進展特性がParis則に従う以前と以後では、き裂先端の開口挙動に相違があるためと解釈される。なお、このような遷移点に対応するΔKがV材＞R1材＞R3材の順で大きくなっていることより、開口挙動の相違によってき裂進展特性の違いが生じるものと理解される。

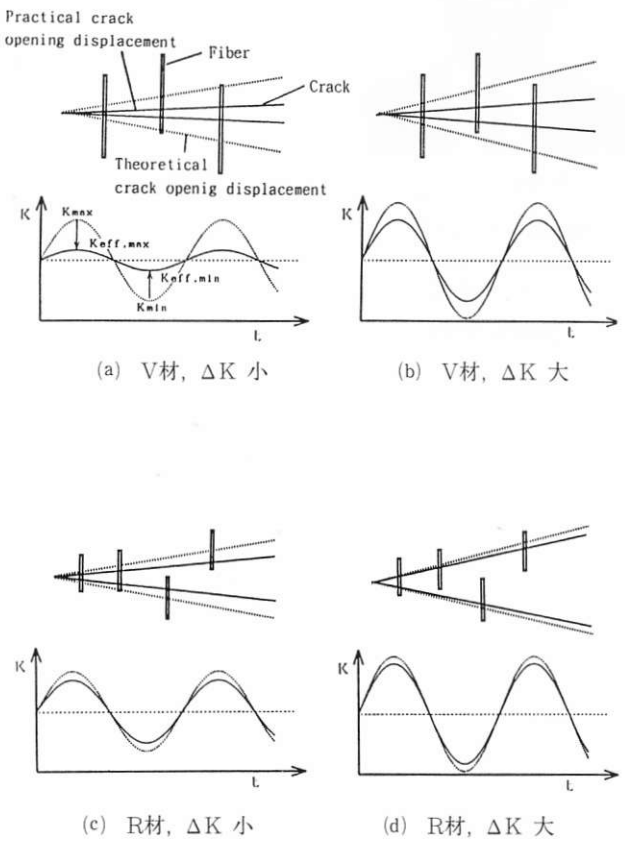


図 13　繊維の長短および高、低速度領域の相違によるき裂開口量のメカニズムの模式図

5. 結　　言

先進強化ナイロンMXD6の疲労強度の及ぼすリサイクルの影響について、特に疲労き裂進展機構のメゾ構造尺度での解明まで掘り下げて、その評価と改善についての検討を加え、以下の結果を得た。

(1)リサイクルによって、疲労き裂進展特性に係わる信頼性は顕著に低下した。その低下率はリサイクル1回めが最も大きく、2回め以降で低下率の程度は小さくなる。

(2)破面解析等の結果より、リサイクルによる疲労信頼性の劣化を引き起こす原因は、メゾ構造尺度因子である強化繊維のリサイクル工程中の粉砕であると理解された。すなわち、強化繊維が短くなったためマトリックスより抜けやすくなり、強化繊維のブリッジング効果が小さくなる。

(3)き裂先端部のメゾ構造レベルでの開口挙動を、繰返し変形による温度上昇と関連づけて検討を加え、リ

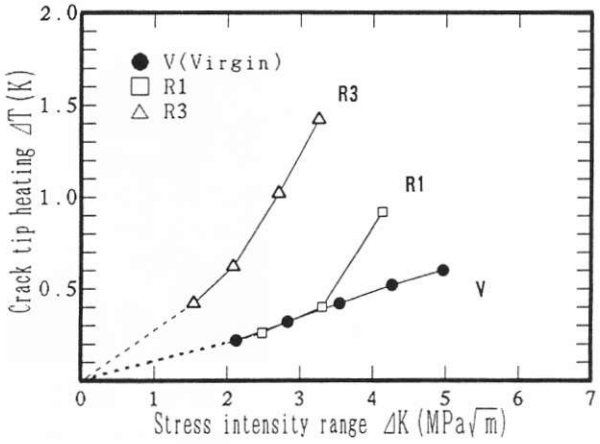


図 14　き裂先端部の温度変化ΔTとΔKの関係

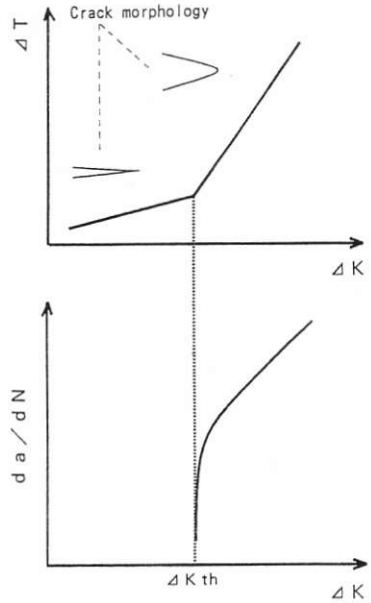


図 15　温度上昇線図とき裂進展図の関係の模式図

サイクルによって温度上昇率が大きくなることがわかった。これはき裂先端の開口量と温度上昇の間に良好な相関性があり、併せてリサイクルによってき裂先端は開口しやすくなるためと理解し得る。

［付記］

［発表誌：日本機械学会論文集、60-580、2695（1994）］

［引用文献］

1）鈴木・国尾、日本機械学会論文集、53-490、A（1988）、1012

2）鈴木、日本機械学会論文集、57-534、A（1991）、188

3）鈴木、材料試験技術、36-3（1991）、188

4）Hertzberg, R. W. and Manson. J. A., Fatigue of Engineering Plastics,（1980）,1,Academic Press.

5）宗宮・沢田・国尾、日本機械学会論文集、52-474、A（1987）、425

6）平野・古江、日本機械学会論文集、55-509、A（1987）、17

7）西谷・ほか5名、日本機械学会論文集、56-525、A（1990）、1040

8）Biner, S. B. and Yukas, V. S., Trans, ASME, 111（1989）、363

9）井上・松岡・高橋、日本レオロジー学会誌、20（1992）、29

10）Karger-Kocisis, J.（Friedrich, K.編）、Compos. Mater. Ser.,6（1989）、189. Elsevior.

11）Friedrich, K., Comp. Sci. Technol.,22（1985）,43。

12）東郷・石井・野林、日本機械学会論文集、59-557、A（1993）、62

13）鈴木・ほか2名、日本機械学会論文集、58-552、A（1992）、1293

14）Lang, R. W. and Manson. J. A., J. Mater. Sci., 22（1987）、3576

清友　達志

Tatsushi KIYOTOMO

1991年入社

MMP事業部

技術部

幸原　正志

Masashi KOUHARA

1973年入社

MMP事業部

技術部 課長

南極大型雪上車（SM100S）用に開発したゴム履帯の低温特性

Low Temperature Properties of the Crawler Belt for a Newly Developed Snow Vehicle (SM100S) for the Antarctica

前川　悦治[*1]　　寺山　義英[*2]
Etsuji MAEKAWA　　Yoshihide TERAYAMA

In order to discover a high cold-resistance material for use in the crawler belt of snow vehicles, the physical properties at very low temperatures of a recently developed material, isoprene/butadiene (70/30) random copolymer filled with carbon black, was investigated in comparison with a blended rubber NR/BR (65/35) as well as a currently used NR. It has been found that this material can keep rubber elasticity even at low temperatures below −70℃, though it is somewhat inferior to the other two materials as to strengths such as stress-at-break and tear; and hence, it is considered as quite worthy of a practical test under the Extremely cold conditions on a snow vehicle equipped for the Antarctic area.

1. はじめに

東クィーンモードランド高原域最高部のドームFで、深層掘削をするために使用する雪上車には、従来にない超低温特性が要求される。雪上車を運用するドームFの環境条件は、これまで開発した雪上車の使用環境条件と比較して苛酷である。すなわち、ドームFの位置は77°S、40°E付近で、推定標高3800m、推定平均温度−58℃及び推定最低気温−88℃である。

このような超低温環境条件は雪上車を構成する各種材料に影響を及ぼし、ゴム材料を多用している雪上車の中でもとりわけゴム履帯は、絶えず環境温度にさらされると共に運用上の作用外力も大きく、その動的使用条件は苛酷なことが予想される。したがってこのゴム履帯に用いるゴムとして、上述の極低温下においてもゴム弾性を維持し、低温脆性に優れたゴム材料の開発が、雪上車を開発する上で重要な課題の一つとなる。

ゴム材料が外力に応じて素早く変形し、ゴムらしい物性を示すためには、分子鎖のセグメントが十分に運動（ミクロブラウン運動）していなければならない。このミクロブラウン運動を開始する温度がガラス転移温度（Tg）と考えられており、低温特性を判断する一つの目安となる。すなわちTgが低ければ低いほど、より低温でゴムらしさ（ゴム弾性）が維持されることになる。低温でのゴム物性の問題は、温度の低下と共にゴム弾性も減少（ミクロブラウン運動が不活発になる）し、ある温度で遂にゴム弾性が無くなる（ミクロブラウン運動が凍結される）ところにある。見方を変えれば、Tgはゴム弾性が消失する温度ともいえる。

ゴムのTgはその種類によって異なるが、一般にマイナス数10℃にある。例えば、従来の雪上車のゴム履帯、タイヤやベルト等に大量に使用される汎用ゴムの天然ゴム（NR）、スチレンブタジエンゴム（SBR）のTgはおよそ−50℃〜−70℃の範囲にある[1]ので、ドームFの環境における極低温度域ではこれらのゴムは弾性が無くなってガラス状態になる。従って、この温度域では本質的にゴム履帯の要求性能には対応できない。一方、ポリブタジエンゴム（BR）や一部の特殊ゴムにはTgが−100℃あるいはそれ以下のものもあるが、強度が小さいのでそれらは単独で用いられることはほとんどなく、要求性能に合わせて他のゴムとブレンドして用いられるのが一般的である。

そこで、先ずNR/BRブレンド系の配合で耐寒性の対応限界を見いだすべく実験を行い、次に最近日本合成ゴム㈱で開発された[2] Tgが約−80℃にある新しいゴム（イソプレン(IP)/ブタジエン(BD)＝70/30の共重合体）についても検討したので、それらの結果について報告する。

2. 実　　験

2. 1 試　　料

原料ゴムとしてNRはRSS#3を素練りしたもの、BRは日本合成ゴム社製BR01及び新しく開発されたゴムT704を用いた。表1に配合処方を示す。ここでNR/BR ＝65/35のブレンド系をT−01、IP/BD＝70/30の共重合系（T704）をT−02と試料名を付した。ただし表1は比較検討試料の最終配合処方で、T−01を決定するには以下に述べる実験計画法を用いた。

*1 元中央研究所
*2 運搬事業部

表 1　各試料の配合処方　単位（PHR）*

試　料　名	T－02	T－01	現　行
NR（RSS#3）	－	65	100
BR01	－	35	－
T704	100	－	－
カーボンブラック ISAF	－	40	40
カーボンブラック HAF	55	－	－
可塑剤 DOA	11	11	－
酸化亜鉛	5		
ステアリン酸	2		
パラフィン	1.5	同	同
老化防止剤 3C	1.5		
老化防止剤 224	1	左	左
加硫促進剤 CZ	1		
硫　黄	2.8		

* PHR : Parts per Hundred Rubber(ゴム100部あたり)

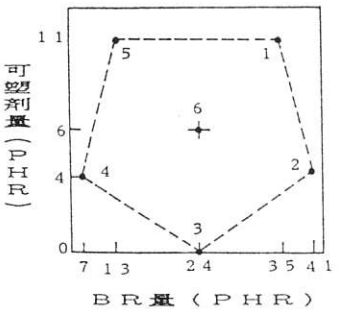


図 1　ペンタゴン計画

今、二つの変量ｘ、ｙがあって、それぞれの変量の変化に伴って、観測値ｚが決まるような系では、有限個（6～8個）の特定の（ｘ、ｙ）の組み合わせによる実験で、容易に系全体の挙動を掴む（ｚとｘ、ｙの関数関係より等高線図を作る）ことができる。その代表的なものとしてｚがｘ、ｙの二次式で表されると仮定した場合、ペンタゴンあるいはヘキサゴン計画を基にした二つの方法がある。これらの方法は、数種の原料からなる複合体の物性ｚ（ここでは耐寒性）を最大にしたい場合、まず直行配列実験等によって二つの重要因子ｘ、ｙ（ここではBR、耐寒性可塑剤DOA）に絞り込み、次いで最大のｚを得るための変量ｘ、ｙの水準を見い出時に、データの収集や系全体の挙動把握の点で効率的なものとなる。ここではBR量(z):7～41PHR、DOA量(y):0～11PHRと変量し、図1に示すペンタゴン計画により実験を行った。変量因子以外の配合剤の量は表1に示したT－01のそれと同じである。

上記配合処方により加硫系（促進剤、硫黄）を除いては試験用バンバリー型ミキサー（内容積1.46L）を用いて混練し、加硫系は10インチロールを用いて表面温度50℃で添加した。こうして得た配合物の最適加硫条件をそれぞれモンサントレオメーターODR－100S型で決定し、その条件でプレス加硫をして厚さ1㎜と2㎜の2種類の加硫シートを作成した。

また、現行ゴム履帯に用いられて実績のあるナイロン製帆布を心体に、表1に示す配合ゴムをカバーゴムとして3種の走行試験用ゴム履帯（幅250㎜、長さ600㎜、厚さ11.5㎜、心体5ply 、カバーゴム上下各2㎜）を試作した。

2. 2.　試　　験

加硫ゴム試験は2. 1節で作成した加硫ゴムシートを用いて、主としてJISK6301に準拠して行った。また、岩本製作所製粘弾性スペクトロメーターを用いて振動数10Ｈｚ 、温度範囲－150～50℃の範囲で粘弾性の温度分散を測定した。

ゴム履帯は適当な大きさにカットして180°近く曲げて末端をひもで縛って固定し、低温槽中に放置後、－50℃（１hr）、－60℃（15hr）、－70℃（24hr）及び－80℃（17hr）の各温度で取り出して逆に曲げたときの現象を定性的に観察した。ここで括弧内は放置時間である。

この低温放置試験前後のゴム履帯のカバーゴムからサンプリングし、ゴム物性に変化はないかどうかを調べた。試験は上記加硫ゴムシートの場合と同様JISK6301に、また心体の接着試験はJISK6322に準拠して行った。

3.　結果と考察

3. 1　NR/BRブレンド系のペンタゴン実験結果

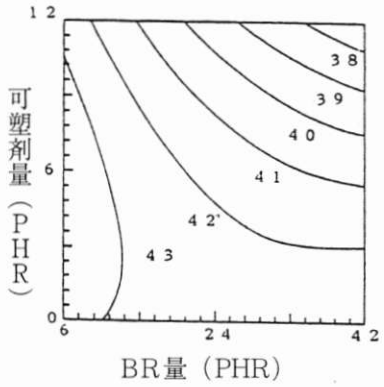
変量ｘ、ｙと観測値ｚとの間に明白な関数が与えられる場合は少なく、多くの場合、ある限られた（ｘ、ｙの）変量域では数式モデルとして次式が用いられる。

$$z = a + bx + cy + dx^2 + ey^2 + fxy, \qquad (1)$$

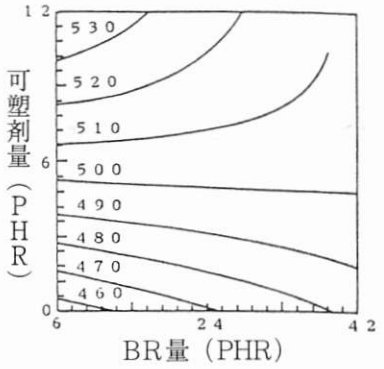
ここでａ：定数項、ｂ、ｃ：一次の係数、ｄ、ｅ：二次の係数、ｆ：相互作用係数である。式(1)により、実験点数ｎが少なくとも推定係数の個数6以上あれば、どんな実験点の組み合わせでも係数の推定は数学的に可能である。従って、ここでは汎用性、推定精度、計算効率等から考えて最少の実験点数6個でよいペンタゴン計画を用いた。実験点の決定、式(1)の係数及び等高線図の計算等、すべてパーソナルコンピュータで実行できる。

以上にようにして求めたブレンド系の耐寒特性の指標となる物性の等高線図を図2に示す。これらの等高線図の傾向から各物性値がBRと可塑剤の二つの変量因子によってどのように変わるか、ということがわかる。例えばb)の－50℃での破断伸びEbはBR量よりも可塑剤量による変化が大きく、逆にc)の脆化温度はBR量に支配され、e)の見掛けねじりモジュラス100MPaになる温度のように、等高線がほぼ45°の傾きを示す場合は、BR量と可塑剤量の両因子に同等に支配されることがわかる。このように、これらの等高線図から両因子の変量に伴う各物性値の全体の挙動を把握することができる。

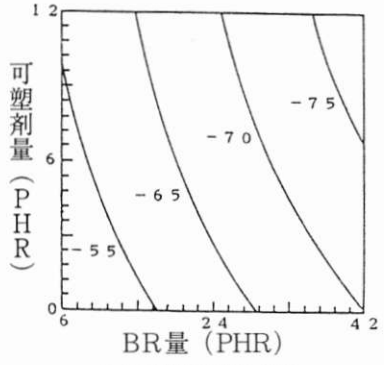
以上の結果から硬さが現行配合系に最も近く、かつ低温特性が最も優れているブレンド系として選んだのが表1に示したT－01である。



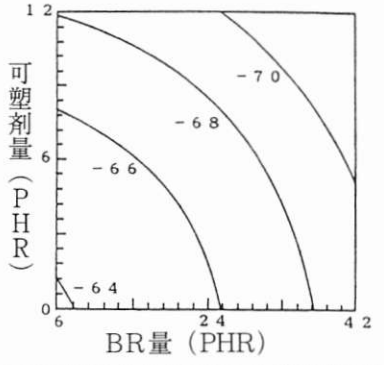
a）−50℃での破断強度（MPa）



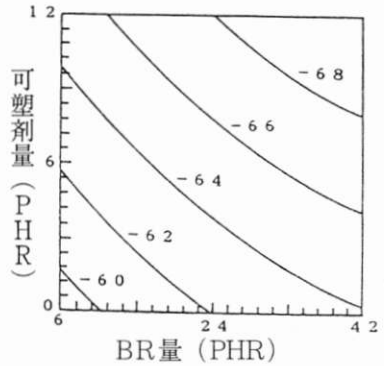
b）−50℃での破断伸び（%）



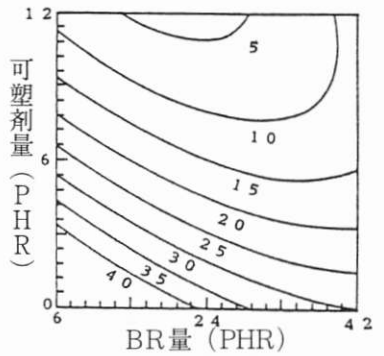
c）衝撃脆化温度（℃）



d）室温での見かけ比ねじりモジラスが100倍の温度（℃）



e）見かけねじりモジュラス100MPaの温度（℃）



f）−60℃での見かけねじりモジュラス（MPa）

図 2　BR及び可塑剤の量を因子とした低温物性の等高線図

3. 2　表1の各試料の実験結果

3. 2. 1　力学特性

表1の各試料の加硫ゴムの試験結果を表 2 に示す。表2の引っ張り特性(室温)に見られるように、T−02の引っ張り強度（T_B）はかなり小さい。一般にNRと合成ゴム（SR）は分子特性的にみていろいろな点で差があり、中でも分子量(MW)及びその分布(MWD)、結晶化の点で顕著である。すなわち元来NRのほうがMWが大きくMWDも広く、素練りによって分子切断が生じるが、それでもなお相対的にMW、MWDはSRよりも大で、さらにカーボンブラックとの相互作用が大きく、これらがNRの強度を大にする要因となっている。しかしT_Bにおける顕著な差はNRの結晶性に由来する。すなわち、図3の応力～歪曲線に見られるようにNR系の(T−01)曲線は破断に近づくと急激に応力が大きくなり立ち上がる。これはNRの伸長結晶(または配向結晶)によるものといわれている。[3] T−01はBRがブレンドされており、このブレンドによりNR部の伸長結晶化が阻害されるが、それでもNRのブレンド比65%と過半数を占めるので、ここでのT_Bの差はこのNR部の伸長結晶化に帰されるであろう。しかし、T−02の強度がこの程度では問題があって使用不可とは即断できない。というのは、ゴム履帯のカバーゴムとしてNRが用いられていたため、結果として高い強

表2 加硫ゴム特性

	単　位	T−02	T−01	現行配合
1) 引張り特性（R.T.）				
M_{100}	MPa	2.5	2.1	2.5
M_{300}	MPa	9.6	9.0	11.0
T_B	MPa	16.8	24.3	30.0
E_B	%	501.6	568	600
H_S	JIS−A	60	58	60
2) 低温衝撃脆化試験				
脆化温度	℃	−70以下	−70以下	−56
3) ゲーマンねじり試験				
T_2	℃	−59.9	−54.3	−
T_5	℃	−69.4	−60.9	−
T_{10}	℃	−70以下	−64.0	−
T_{100}	℃	−70以下	−70以下	−65
−60℃での見かけモジュラス	MPa	4.0	7.5	21.0
4) 粘弾性				
tanδピーク温度	℃	−61	−52, −85	−

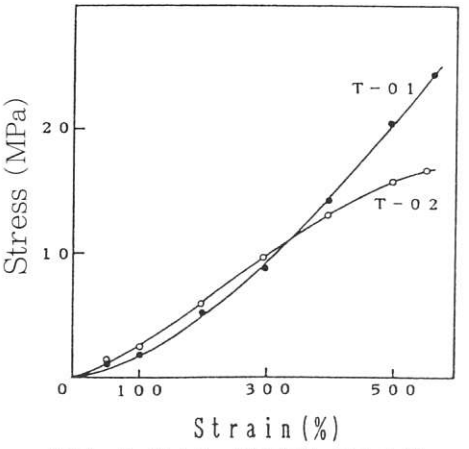


図 3　T−01とT−02の応用〜歪み曲線

度が得られていたもので、本来ゴム履帯の要求水準が明確ではなかったからである。過去において乗用車タイヤがNRからSRに置き替わりT_Bがこの程度に落ちても問題が生じなかったという実例もある。

3. 2. 2　低温特性

低温性を重視していることから、本特性については表2に示した2)低温衝撃脆化と3)ゲーマンねじりの2種の試験を行った。

2)は一定の線速度（1.8〜2.1m/s）で動くハンマーでゴム試験片に衝撃を与え、5%破壊の温度を求めて脆化点とする試験法である。表のように、この結果によると、NRのみの現行配合試料が低温性に劣ることがわかるが、T−01とT−02間では差がみられない。そこで次にこれらの間に差がみられるかどうかを調べるためにゲーマンねじり試験を行った。

3)はねじれ角〜温度曲線と室温（23±2℃）のねじれ角の比から見かけの比モジュラスを求め、それが2、5、10、100 になる温度をT2、T5、T10、T100として表され、耐寒性の指標となる。すなわちT2を示す温度付近までは、室温時のモジュラスを維持しゴム状弾性体と見なおすことができるので、この値が低ければ耐寒性がよいことを意味する。T5、T10の温度付近はわずかの温度範囲で剛性が著しく変化する転移域（皮革状態）であり、T100では硬化が著しく見かけの凍結温度と見なされる。これらを指標にするとT2 〜T10では明らかにT−01とT−02の間には差があり、T−02の方がより低温を示して耐寒性の良いことがわかる。最後に、一定温度−60℃での見かけモジュラスを示すが、この値が小さいほどゴム状に近いことを示し、この値からもT−02は−60℃でゴム状弾性を保持しているといってよいであろう。

なお、2)、3)ともに冷媒はドライアイスーメタノール系で−70℃までしか測定できないので、測定点がそれ以下にある場合は正確な温度表示ができず、−70℃以下とした。

3. 2. 3　粘　弾　性

線形粘弾性現象論によれば、粘弾性体に正弦歪みを与えると定常状態において正弦応力を生じる。この応力はベクトル的に二成分に分けることができ、一成分は歪みと同一位相を、他の一成分はこれと90°ずれた位相を持つ。従って応力と歪みの比、すなわち弾性率は次のように複素数で表される。

$$E^* = E' + E'', \qquad (2)$$

ここに実数部E'は歪みと同一位相をもち貯蔵弾性率、虚数部E″ はこれと90°ずれた位相をもち損失弾性率と呼ばれる。一定周波数の動的測定ではこれらの二つの量が独立に得られる。本測定に用いた装置は強制振動装置で、直接得られる値は複素弾性率の絶対値 $|E^*|$ 及び位相角（力学的損失角）δであるからE*の各成分は次のような関係になる。

$$E' = |E^*| \cos\delta, \qquad (3)$$

$$E'' = |E^*| \sin\delta, \qquad (4)$$

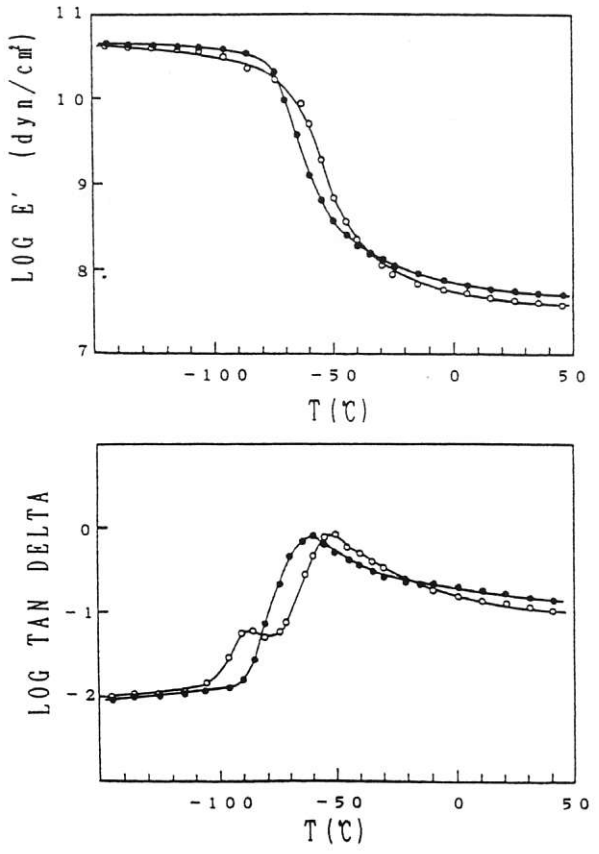


図 4　T−01とT02の貯蔵弾性率E′ と
損失正接tanδの温度依存性

従って

$$\tan\delta = E''/E' \qquad (5)$$

図4にT−01及びT−02の粘弾性測定より求めた貯蔵弾性率E'と損失正接tanδの温度分散を示す。また、この図のtanδピークの値を示す温度を表2の最終欄に示した。

無定形高分子のE′ は、一般に次のような特徴的な温度及び周波数依存性を示すことが知られている。[4] すなわち低温(または高周波)域では10^{10}(dyne/cm²) オーダーの弾性率を持つガラス状であり、温度の上昇（周波数の低下）につれて、$10^{7\sim8}$(dyne/cm²)の領域までかなり急速に弾性率が落ちる転移域を経てゴム状域に入る。そこで分子量に依存したゴム状平坦域(未加硫ゴムでは10^{6}オーダー、加硫ゴムでは10^{7}オーダー）を生じる。tanδは転移域では値が1に近い極大を持ち、これより低温のガラス状域での値は0.01に近く、高温域ではかなり大きな値を持つ。T−02のようにイソプレンとブタジエンのランダム共重合系は単一物とみなされ、図4に見られるように上述の一般的特性を持っているようである。

T−01のような異種ゴムの機械的ブレンド物は、たいていの場合分子状に混ざらず不均一混合系である。このような系では、未加硫物はそれぞれに反応する温度での力学分散のみを示すのに対して、加硫物はブレンド比に応じた別の位置に新しい力学分散（E'で転移、tanδでは極大）を示すことが知られており[5]、分散を示す温度はTgに対応する。

図4のように、T−02では−61℃に、T−01では−85℃及び−52℃付近にBR及びNRに起因する分散が、それぞれに見られる。ただBRはブレンド比が約1/3であること、他成分との相互作用などによってその分散の程度はかなり小さい。この分散を示す温度がこれら試料のTgであり、T−01のように不均一ブレンド系では二つのTgを持つことになる。図の形からみてもブレンド比の大きいNRのTgが主として支配することがわかるが、ブレンドしたBRも微妙に影響する。Tgは、また、分子のミクロブラウン運動の開始点であり、可塑剤などの混合により分子運動がしやすくなればTgは低くなりカーボンブラック混合や加硫によって分子運動が束縛されればTgは高くなる。T−01及びT−02の原料ゴムのTgは分子運動が束縛されていないので上記Tgよりも十数度低いところにある。しかし、一般に未加硫ゴムとのTgの差は同一の測定では数度程度であり、十数度というのは過大である。今のところこの原因については不明であるが、いずれにしてもT−02がかなり低温までゴムらしさを保持しているといえる。従って、ここで求められたTgは、見かけのもので参考値として考えるべきであろう。

3. 2. 4　ゴム履帯の低温放置試験

表3にゴム履帯の低温放置試験結果を示す。同表には参考までに現行中型雪上車に用いられているファン

表 3 ゴム履帯低温放置試験結果

試　験　体	−50℃	−60℃	−70℃	−80℃
ファンベルト	1時間で曲げたら破損した			
T−02 履帯	反対に曲げられる	硬いが反対に曲げられる	硬いが曲がる	やっと曲げられるメリメリと音がする
T−01 履帯	同　上	同　上	やっと曲げられるメリメリと音がする	17時間後破損
現行品履帯	変形残る　硬い1時間以降同じ	15時間後に反対に曲げるのに力がいる	24時間後折り曲げられない	同　上

ベルトの結果も併せて示した。この結果から直ちに、T−02を用いた履帯が最も低温性の良いことがわかる。前述の粘弾性から求めたTgが見かけの値であるにせよ原料ゴムのTgが−80℃付近であるので、ガラス状に近い状態にかかわらず、クラックも入らないというのは驚異的である。放置後17時間経過しており温度平衡に達していることは確かであり、現段階で、このような低温でゴムらしさを保つ理由は不明である。時間的制約もあって、詳細は追求できなかったが今後の興味ある課題である。

ファンベルトの場合は、使用されている原料ゴム（クロロプレン）のTgが−45℃であることから、−50℃の試験で破損するのは当然として理解できる。

表3で破損というのはあくまで、カバーゴムの割れであって、どの温度でも心体には異常なく、破損しなかった。また、割れが生じていない部分でゴムと心体との剥離も見られなかった。ここで、以下心体についての調査結果を述べる。

繊維は結晶性であるためTgはゴムよりかなり高温である。例えば、ナイロンは種類によるが約40～60℃の範囲、ポリエステルは70℃前後、アラミド繊維は約300℃である。従って繊維のTgはゴムの場合と異なって耐寒性の指標とならない。繊維では耐寒性の指標としてタフネス（＝強度×伸度）が用いられ、この値が低温になるにつれ小さくなり、ある温度で反転して大きくなる。この温度が屈曲あるいは衝撃の物性を考慮した場合の耐寒限界といわれる。[6] その限界付近温度で伸びはほぼ一定になって変化しなくなる。これは材質が何らかの変化を受け温度を戻しても元の状態に回復しないといわれている。しかし、このような低温で

表 4　履帯ゴムカバーの表3に示した低温放置試験前後の物性

項　　目	単　位	T−02	低温試験後	T−01	低温試験後	現行配合	低温試験後
1. 張り特性（室温）							
オリジナル							
引張り強さ	MPa	17.1	16.2	26.5	24.9	30.6	29.2
伸び	%	440	420	570	540	630	600
300%モジュラス	MPa	11.4	11.7	9.5	10.1	8.8	9.0
70℃×168時間　老化後							
引張り強さ	MPa	16.0	15.7	22.7	21.5	30.4	29.0
引張り強さの変化率	%	−6.4	−3.1	−14.3	−13.7	−0.7	−0.7
伸び	%	350	360	470	420	570	570
伸びの変化率		−20.5	−14.3	−17.5	−22.2	−9.5	−5.0
300%モジュラス	MPa	14.0	13.4	12.5	11.5	12.2	10.1
2. 硬さ							
オリジナル	JIS−A	60	61	58	58	58	57
70℃×168時間　老化後	JIS−A	66	66	62	63	64	62
3. 引裂き力（JIS−A）	N/mm	48	44	75	68	153	130
4. 接着力							
常温　カバーゴム～帆布	N/25mm	170～180	170～180	150～170	160～170	150～180	150～180
帆布～帆布	N/25mm	207～320	250～310	240～310	240～310	270～320	270～320
−45℃　カバーゴム～帆布	N/25mm	260～280	−	−	−	310～330	−
帆布～帆布	N/25mm	340～360	−	−	−	340～360	−
5. 耐寒試験							
a）ゲーマン低温ねじり試験							
T_2	℃	−62.0	−	−51.2	−	−47.4	−
T_5	℃	−70以下	−	−62.8	−	−55.4	−
T_{10}	℃	−70以下	−	−66.1	−	−59.2	−
T_{100}	℃	−70以下	−	−70以下	−	−66.2	−
−60℃での見かけモジュラス	MPa	4.9	−	7.2	−	20.4	−
b）脆化温度	℃	−70以下	−	−70以下	−	−56.5	−
6. オゾン劣化試験							
50ppm×40℃×168時間	亀裂有無の確認	亀　裂	−	亀裂なし	−	亀裂なし	−
20%　伸度							

の研究はほとんど行われていないので、これが一般性のあるものかどうかは現時点ではわからない。

表4に試作ゴム履帯の表3に示した低温放置試験後のカバーゴムからサンプリングした試験片を用いて試験した結果とゴム～帆布、帆布～帆布間の接着試験の結果を示す。これらの結果から次のことがいえよう。まず、試験前後の各物性値が実験誤差の範囲でよい一致を示すことから、－80℃までかなり長時間低温に放置した後でも、室温に戻せばゴムは何ら変化せず、もとの状態に回復する。次に、表2の対応するデータとの比較においてもほぼ良い一致がみられ、配合の再現性には問題がないといえる。引き裂き強さはT－02が最も小さく表2の引っ張り温度において考察したことがそのまま当てはまるので、ここでそれ以上はふれない。最後に接着力についても、ゴム～帆布、帆布～帆布間のそれは十分であり、前述の低温試験でほぼ180℃逆に曲げたときでも、各層間ではく離が生じなかったことから、異常なしとして良いであろう。

4. 結　　び

以上のように、T－02は最も低温性に優れ、少なくとも－70℃においても十分ゴム弾性を保持している。ただ強度的にはここで比較検討した他の二者よりは劣るが、考察で述べたように、ゴム履帯として最低限必要な強度の要求水準が明確でない以上、耐超低温性という点からすれば実用走行試験をしてみる価値はあると思われる。

謝　　辞

本報告をまとめるに際し、防衛庁技術研究所（現コア総合技術研究所）喜納淳氏には貴重なご意見をいただいた上、図の作成に当たっても大変お世話になった。ここに記して厚くお礼を申し上げる。また、低温放置試験をしていただいた国立極地研究所観測協力室石沢賢二氏、T－01及びT－02の実験遂行にあたったバンドー化学株式会社の井上貞夫及び浜野直樹の各氏に深甚の謝意を表する。

［付記］

〔発表誌：南極資料、36、398　(1992)〕

［引用文献］

1)西　敏夫:ゴム試験法、日本ゴム協会編初版、p17-24 (1980)

2)日本合成ゴム㈱:技術資料 (1988)

3)Strate, G.V.:"Science and Technology of Rubber," ed. by F. R. Eirich. 1st ed. New York, Academic Press, p122-126 (1978).

4)Ferry, J. D.:"Viscoelastic Properties of Polymers," 3rd ed. New York, J. Wiley, p33-47 (1980).

5)Bauer, R. F. and Dudley, E. A.:Rubber Chem. Tech., **50**, 35-45 (1977).

6)川口達郎:高分子化学, **18**, 411-414 (1961)

寺山　義英

Yoshihide TERAYAMA

1970年入社

運搬事業部

技術部 副長

特許・実用新案登録一覧

(1995. 10.～1996. 9.)

(日本特許)

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願01-106489(H01.04.26) 告07-20680(H07.03.08) 登1996591(H07.12.08)	塩山　務	〈名称〉伝動ベルト 〈要約〉ポリクロロプレン100重量部に対し、含水ケイ酸5～30重量部、及びイオウ又はイオウ発生剤をイオウ量として0.1～2.0重量部を含有すると共に、上記含水ケイ酸に対して、シランカップリング剤を0.5～50重量%含有するゴム組成物にて帆布がコーティング処理され、加硫接着されている。
願01-074376(H01.03.27) 告07-035476(H07.04.19) 登2015882(H08.02.19)	田辺　隆喜 石垣　卓俊 土川　秀二 木村　慎一	〈名称〉ポリアミド樹脂組成物 〈要約〉ポリアミド100重量部に対して、芳香族ポリアミド繊維1～80重量部、ポリテトラフルオロエチレン3～80重量部、高密度ポリエチレン1～20重量部を配合してなる組成物。
願01-134254(H01.05.26) 登2543186(H08.07.25)	川原　英昭 栗原　保男	〈名称〉タイミングベルト 〈要約〉ポリウレタン弾性体に脂肪族アルコールエステルを添加した組成物を用いる。
願01-139472(H01.05.31) 告07-030823(H07.04.10) 登1998354(H07.12.08)	古川　豊 宮田　博文	〈名称〉ベルト式無段変速装置 〈要約〉車輪などを駆動する第1回転軸とPTO軸を駆動する第2回転軸とを二重軸構造を利用して形成し、両回転軸の間にクラッチ手段を設けた。
願01-164876(H01.06.27) 告07-005176(H07.01.25) 登2060761(H08.06.10)	中西　均	〈名称〉低摺動音搬送ベルト 〈要約〉少なくとも下層を短繊維の燃糸で構成した上下二層からなる緯糸を経糸で構成し、かつ、経糸の締め付けにより下層の緯糸を膨出させると共に前期燃糸の短繊維をけば立たせた二重織織布を補強芯体とし、前期下層部を裏面とし、上層部に樹脂層を一体に形成して表面搬送面として成ることを特徴とする低摺動音搬送ベルト。
願01-176906(H01.07.07) 告04-070631(H04.11.11) 登2007624(H08.01.11)	神崎　敏明 松井　洋介	〈名称〉下引き層を有する積層型有機感光体 〈要約〉導電性支持体上に下引き層、電荷発生層及び電荷輸送層とを備えた、積層型有機感光体で、下引き層がアルコール化溶性ポリアミド樹脂と水溶性ポリアミド樹脂との混合物を含み、電荷発生層における電荷発生物質としてX型無金属フタロシアニンを含む。
願01-226246(H01.08.30) 登2504841(H08.04.02)	塩山　務 江角　勝久	〈名称〉ゴムマットの製造方法 〈要約〉天然ゴム比率が30重量%以上の原料ゴム100重量部に対して粒子経500μm以下の加硫ゴム粉末を50～400重量部配合・混練して混練りゴム組成物を得、天然ゴム比率が10重量%以上の加硫ゴムの粉砕物100重量部に対して上記混練りゴム組成物を10重量部以上および再生油を1重量部以上添加し、加熱加圧成形したゴムマット。
願02-027958(H02.02.07) 登2544981(H08.07.25)	古畑　知一 松井　洋介	〈名称〉下引き層を有する積層型電子写真感光体 〈要約〉導電性支持体上に下引き層、電荷発生層及び電荷輸送層とを備えた積層型電子写真感光体において、下引き層がアルコール可溶性ポリアミド樹脂からなり、電荷発生層が電荷発生物質としてX型無金属フタロシアニンを含むと共に、結着樹脂として塩化ビニル-エチレン共重合体と塩化ビニル酢酸ビニル-マイレン酸共重合体との混合物を含む。
願02-092896(H02.04.06) 登2554551(H08.08.22)	藤井　公博 谷口　正雄	〈名称〉発砲樹脂を基材とする皮膚貼付薬用の粘着シート 〈要約〉可塑剤を含む塩化ビニル系発砲樹脂からなる基材シート上に接着処理が施されその上にスチレン-ジエン-スチレンブロック共重合体よりなる粘着層が積層接着される。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願02-123365(H02.05.14) 登2549573(H08.08.08)	佐藤　弘幸 藤井　公博	〈名称〉自然崩壊性ポリウレタン樹脂成形物の製造及びそのための組成物 〈要約〉分子内に二つの水酸基を有するジオールと一般式HOOC(CH_2)m-COOH、(式でmは2又は3の整数)で表される酸成分としてのジカルボン酸とから得られるポリエステルジオール、芳香族ジイソシアネート、鎖延長剤及びポリウレタン樹脂劣化触媒としての有機ジカルボン酸及び／又は有機スズ化合物とからなる自然崩壊性ポリウレタン樹脂成形物製造のための樹脂組生物。
願02-112890(H02.04.27) 告07-093510(H07.10.09) 登2061665(H08.06.10)	加地　敏男 土岐　三郎	〈名称〉電磁波遮蔽装置 〈要約〉平均粒径3～15μmのフェライト粉末60～85重量%と、難燃性を有するゴム40～15重量%とを含む混合材料からなる電磁波遮蔽装置。
願02-142130(H02.05.30) 告07-037594(H07.04.26) 登2003096(H07.12.20)	畑　　克彦	〈名称〉繊維材料とゴム配合物との接着方法 〈要約〉ウレタン変性エポキシ樹脂の代わりに、ポリイソシアネート化合物と高分子量ポリオールとの混合物を用いて屈曲疲労安定性、動的接着力を改善。
願02-150269(H02.06.08) 告07-055476(H07.06.14) 登2030610(H08.03.19)	藤原　良則	〈名称〉弾性シートの切断方法および装置 〈要約〉平板状の支持台の表面に粘着剤の層を設けておき、その粘着剤層の表面上に弾性シートを張り付けたうえ、切先をその層内に保ちながら切断用刃物を送ってシートを切断する。
願02-168035(H02.06.26) 告07-100780(H07.11.01) 登2075095(H08.07.25)	藤井　公博	〈名称〉粘着シート 〈要約〉ポリウレタン-ポリ塩化ビニル複合体100重量部について、粘着付与樹脂としてエチレン-酢酸ビニル-一酸化炭素共重合体1-60重量部を有する樹脂組生物からなる基材シート上にスチレン-ジエン-スチレンブロック共重合体からなる粘着剤が積層接着されている。
願02-170479(H02.06.28) 登2549576(H08.08.08)	藤井　公博	〈名称〉粘着シート 〈要約〉特定の樹脂からなる基材シート状に特定の粘着材が接着され、さらに、その上に切れ目を有する離型紙が積層されている粘着シート。
願02-170478(H02.06.28) 登2520322(H08.05.17)	佐藤　弘幸 谷口　正雄	〈名称〉皮膚感覚を有する複合フィルム 〈要約〉熱可塑性樹脂フィルムの上に50デニール以下の糸からなる編み物が積層接着されていると共に、この編み物の上に皮革微粉末を含有する樹脂層が表面層として積層接着されている。
願02-185588(H02.07.13) 告07-117469(H07.12.18) 登2089146(H08.09.02)	小合瀬　晃 片山　　宗	〈名称〉コード張力測定装置 〈要約〉一定の間隔をあけて配置した一対の支持ローラ間に貼り渡されたコードに対し支持ローラの中間位置で測定ローラを一定変位量押し付けることによりコードの張力を測定する装置。
願02-238580(H02.09.07) 告07-057816(H07.06.21) 登2017114(H08.02.19)	梅田　荒夫 田島　義隆 藤原　勝良	〈名称〉フリクションワッシャー 〈要約〉中央に開孔が形成された環状のフリクションワッシャーを前提とし、クロロプレンゴム中にメタ系アラミド短繊維が略10容量%均一に分散されてなり、該メタ系アラミド短繊維が厚さ方向に配向され、バフ加工によりメタ系アラミド短繊維が表面より0.05㎜以上突出している。
願02-238581(H02.09.07) 告07-120224(H07.12.20) 登2079028(H08.08.09)	梅田　荒夫 田島　義隆 藤原　勝良	〈名称〉操作装置 〈要約〉操作レバーに連結された回動部材と、該回動部材を回動可能に支持している固定部材と、上記回動部材と固定部材との間に介装され上記回動部材と接触する面が摺動面となっているフリクションワッシャーと、上記固定部材に対し上記フリクションワッシャーと回動部材とを押圧付勢するスプリングとを備え、フリクションワッシャーが、クロロプレンゴム中にメタ系アラミド短繊維が均一に分散されている。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願02-238755(H02.09.07) 告05-042138(H05.06.25) 登2007666(H08.01.11)	黒田　秀雄 谷口　正雄	〈名称〉半導体ウエハーのダイシング方法 〈要約〉紫外線を透過しえる基材シート上に飽和共重合ポリエステル樹脂100重量部に対して分子内に少なくとも２つのアクリロイル基かメタクリロイル基を有するモノマーかオリゴマーからなる紫外線架橋性アクリル酸エステル15-200重量部と粘着付与剤10-200重量部と重合開始剤とを主成分として含有する感圧接着剤組成物の層を形成する。
願02-261103(H02.09.28) 告07-064475(H07.07.12) 登2028655(H08.03.19)	谷口登志治 上田　尚秋	〈名称〉綿材の連続巻取装置におけるボビン切替装置 〈要約〉綿材供給側は、チーズにベルトの心体となるコード等の綿材が巻かれてなる一方、綿材巻取側は、所定間隔を存して同軸状に並列に巻取ボビンが配設されてなり、チーズの綿材は巻取ボビンにそれぞれ連続して巻き取られる綿材の連続巻取装置。
願03-068420(H03.04.01) 告06-104730(H06.12.21) 登1981712(H07.10.25)	藤井　公博	〈名称〉マーキングフィルムの製造方法 〈要約〉ポリウレタン-塩化ビニル共重合樹脂を主要な樹脂基材とするショアー硬度70-90の範囲にあるマーキングフィルムのカレンダー法による製造で、ポリウレタン-塩化ビニル共重合樹脂70-99重量%にエチレン含量2-12%を有すると共に、平均重合度400-1050を有するエチレン-塩化ビニル共重合樹脂30-１重量%を配合して樹脂組成物を調整し、カレンダー成形する。
願03-099154(H03.04.30) 告07-081606(H07.09.06) 登2042168(H08.04.09)	藤原　章憲 田中　通生 松岡　宏 塩山　務	〈名称〉歯付ベルト 〈要約〉織布が合成繊維の捲縮糸である伸縮性糸からなりベルト周方向に延びる緯糸と合成繊維の紡績糸よりなりベルト幅方向に延びる経糸とから構成される。経糸の紡績糸における糸表面の起毛がプーリと接触する際の衝撃を和らげ、織布の受ける衝撃疲労を抑制する。また、経糸の紡績糸における糸表面の起毛が歯付ベルトがプーリと噛合うときに発生する打撃音も低減する。
願03-099155(H03.04.30) 告07-081607(H07.09.06) 登2042169(H08.04.09)	藤原　章憲 田中　通生 松岡　宏 塩山　務	〈名称〉歯付ベルト 〈要約〉織布のベルト長手方向に延びる緯糸は合成繊維の捲縮糸である。ベルト幅方向に延びる経糸はメタ系芳香族ポリアミド繊維の紡績糸である。織布は経糸が緯糸より多くベルト下面に露出する織り組織からなる。合成繊維の紡績糸の糸表面の起毛がベルト駆動時にプーリに接触する際に受ける衝撃及び心体コードにかかる衝撃を緩和し、織布及び心体コードの寿命を増大させる。
願03-170708(H03.06.14) 告07-072222(H07.08.02) 登2051843(H08.05.10)	藤岡　誠行 西山　佳孝 銭谷　幸雄	〈名称〉ポリウレタン系エラストマーの製造方法 〈要約〉MDIなどの有機ポリイソシアネート化合物とポリオキシテトラメチレングリコールとから誘導され、イソシアネート基含有量が2.0-8.0重量%で、末端にイソシアネート基を有するウレタンプレポリマー及びジオクチルフタレートなどの可塑剤からなる液と、1-メチル-3、5-ジエチル-2、4-ジアミノベンゼンなどの芳香族ジアミン系鎖伸長剤とジオクチルフタレートなどを有する。
願03-198707(H03.07.13) 告07-072223(H07.08.02) 登2051847(H08.05.10)	藤岡　誠行 西山　佳孝 銭谷　幸雄	〈名称〉ポリウレタン系エラストマーの製造方法 〈要約〉トリレンジイソシアネートとポリオキシテトラメチレングリコールとから誘導され、イソシアネート基含有量が2.0-8.0重量%であり、末端にイソシアネート基を有するウレタンポリマーからなる液と、1-メチル-3、5-ジエチル-2、4-ジアミノベンゼンなどの芳香族ジアミン系鎖伸長剤、ジオクルフタレートなどの可塑剤、及びオクチル酸などの鎖伸長を促進する触媒からなる。
願03-250034(H03.09.30) 登2501051(H08.03.13)	中平　一彦 橋本二三男	〈名称〉搬送用ベルトの製造方法　搬送用ベルト及びその製造方法原題 〈要約〉歯付ベルト本体部の上面にプレス加硫で搬送用ベルト部を設ける。搬送用ベルト部の各突部は貫通孔を有する。突部の貫通孔の周辺部分を第１補強帆布で補強する。それで貫通孔の周辺部分、突部の根元部付近での亀裂の発生を防止する。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願03-281404(H03.10.28) 登2500276(H08.03.01)	藤原　章憲 尾上　勧	〈名称〉歯付ベルト 〈要約〉ベルト本体に形成された歯部を被覆する織布を、弾性糸からなる心糸に合成繊維の捲縮糸が巻き付けられたカバーリング糸からなりベルト長手方向に延びる糸と、合成繊維の紡績糸からなりベルト幅方向に延びる糸とで織成する。
願03-321167(H03.11.08) 登2534947(H08.06.27)	林　亨	〈名称〉積層シートとその製造方法 〈要約〉相接する二層のシートについて、シートは透明または半透明で、シートは接合面の側にエンボス面を有する。この二層のシートを、紫外線硬化型接着剤を介して接合した。
願03-360292(H03.12.27) 登2514515(H08.04.30)	林　亨	〈名称〉積層シートとその製造方法 〈要約〉透明の塩化ビニルシートとその下層のシートとを、接合面である内側面にエンボス面を設けて紫外線硬化型接着剤により接合し、かつ、塩化ビニルシートの表面上にアクリルフィルムを貼り付けた。
願03-360293(H03.12.27) 登2553982(H08.08.22)	林　亨	〈名称〉積層シートとそれを貼った成形体 〈要約〉非品質ポリエチレンテレフタレートのシートを上とし、塩化ビニルシートを下層として、接合面となるシートの上面をエンボス面とするとともに、紫外線硬化型接着剤で両シートを接合。
願04-082466(H04.04.03) 登2539317(H08.07.08)	藤原　良則	〈名称　電子写真複写機用クリーニング・ブレードの製造方法 〈要約〉ポリイソシアネートと分子量1000-3000のポリカプロラクトンエステルジオールとから調整したイソシアネート基含量8-20%の擬プレポリマーに分子量1000-3000の高分子量ポリオールと分子量60-250の低分子量ポリオールとからなる硬化剤を水酸基／イソシアネート基当量比0.8-0.9として混合攪拌し、予め加熱した型内に注入して、得る。
願04-083986(H04.04.06) 登2520343(H08.05.17)	田口　善男	〈名称〉伝動ベルト 〈要約〉ポリエチレンやポリプロピレンのようなポリオレフィンの粉末を分散させたウレタンエラストマーからなる。
願04-114105(H04.04.06) 登2538481(H08.07.08)	池野　隆 本多　祐一 金田　真明	〈名称〉Ｔダイのリップ間隔調整装置 〈要約〉ダイボルトを回すソケットに減速機やモータ回転量カウンタを連結したうえ、減速機のケーシングを軸受けを介してソケットの軸心を中心に回転自在に配置し、スプリングプランジャを用いてそのケーシングの回転止めとするとともに同プランジャに抗するケーシングの回転変位が一定値以上かどうかを知るスイッチを設けた。
願04-096566(H04.04.16) 告07-025665(H07.03.22) 登2007694(H08.01.11)	中原　正貴 谷口　正雄	〈名称〉皮膚貼付薬シートの製造方法 〈要約〉軟質塩化ビニル樹脂フィルムとポリエチレンテレフタレートフィルムとが接着される基材シートのポリエチレンテレフタレートフィルムの表面に、第１のプライマー層を形成し、次いでこの第１のプライマー層の上に第２のプライマー層をグラビアコーティング法にて形成し、さらに、この第２のシートの上に薬剤を含有するスチレン-ジエン-スチレンブロック共重合体からなる粘着剤層を積層する。
願04-128319(H04.04.20) 登2538482(H08.07.08)	本多　祐一 金田　真明	〈名称〉Ｔダイのリップ間隔調整装置 〈要約〉ダイボルトの六角頭部に先細りのテーパを付けた。一方ダイボルトの回転操作用ソケットを1)エアシリンダなどでボルトの軸心方向へ往復移動可能にし、2)オルダム継ぎ手を介してモータなどで回転可能とし、3)ソケットの開口の先端に先広がりのテーパを設け、4)さらにその開口の深さをエアシリンダなどによるソケットの移動によってその底部にボルトの端部が接触しない程度にした。
願04-157076(H04.06.16) 告07-037157(H07.04.26) 登2018420(H08.02.19)	迫　康浩	〈名称〉プラテンローラ 〈要約〉芳香族ポリイソシアネートと芳香族ジアミン化合物との反応によって得られるエラストマーからなり、芳香族ポリイソシアネートと芳香族ジアミン化合物との結合点が実質的にすべて、又は主として尿素結合からなる。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願04-183678(H04.07.10) 登2500287(H08.03.01)	高橋　光彦 野中　敬三 大川　浩一 高山　光直 邨瀬　孝彦	〈名称〉無段変速システム 〈要約〉各ブロックにおいてプーリのベルト溝の面に当接部とベルト溝面との間の動摩擦係数μをプーリの楔角について$0.16<=\mu<=\tan(\alpha/2)$の範囲に設定する。
願04-249049(H04.09.18) 告07-054137(H07.06.07) 登2030436(H08.03.19)	宮田　博文	〈名称〉プーリ式変速装置 〈要約〉(目的) 互いに平行な1対の回転軸1、2にそれぞれ設けられた変速プーリ5、11と、両プーリ5、11間に巻き掛けられたベルトBとを備えたプーリ式変速装置に対し、ワイヤを利用して両プーリ5、11の可動シーブ7、13を互いに連動させ、変速装置Aの小形化、軽量化及びコストダウン化を図る。
願04-254843(H04.09.24) 告07-119050(H07.12.20) 登2079056(H08.08.09)	田島　義隆 陣内　泰太	〈名称〉平板状短繊維混入エラストマーの製造装置 〈要約〉(目的) 短繊維混入エラストマーシートにおける短繊維の配向の乱れや端部のフレアによる製品の品質低下を防止する。
願04-304751(H04.10.16) 告07-067702(H07.07.26) 登2070969(H08.07.10)	池野　　隆 梅宮　正稔 白木　勇人	〈名称〉樹脂フィルムの加熱装置 〈要約〉(目的) 設備費や運転費が安いうえ、樹脂フィルムをスムーズに送って速やかに加熱することのできる加熱装置を提供する。
願05-003288(H05.01.12) 登2507225(H08.04.02)	田島　義隆	〈名称〉短繊維入りゴムの混練方法 〈要約〉(目的) 短繊維とマトリックスゴムとの接触面を大きくするとともに短繊維をフィラメント状に解きほぐし、短繊維をマトリックスゴムに効率良くかつ均一に分散させる。
願05-108982(H05.05.11) 告07-117123(H07.12.18) 登2083834(H08.08.23)	田島　義隆 荻野　雅章 高原　祐児 鶴田　静明 木本　完治	〈名称〉Vリブドベルト 〈要約〉(目的) 背面利用可能なVリブドベルトの背面ゴム層の耐摩耗性を向上させ、背面ゴム層の摩耗に起因するベルト駆動時の騒音の発生を抑制すること。
願05-112656(H05.05.14) 登2504909(H08.04.02)	田中　一雄	〈名称〉塩化ビニル系樹脂組成物 〈要約〉塩化ビニル樹脂100重量部と40重量部以下の可塑剤と蛍光顔料とを有する。塩化ビニル系樹脂組成物にハイドロタルサイトを添加する。
願05-165538(H05.07.05) 登2549817(H08.08.08)	高橋　　長 鶴田　静明 斉藤　　猛	〈名称〉動力伝動用ベルト 〈要約〉(目的) 背面帆布にミシン縫いによる突合せジョイント部を有する動力伝動用ベルトにおいて、いわゆる逆曲げ時におけるプーリとの干渉による摩擦音や振動の発生を低減する。
願05-167219(H05.07.07) 登2500290(H08.03.01)	尾上　　勧 野中　敬三 藤原　章憲 中野　嘉久	〈名称〉歯付ベルト　歯付ベルトとその製造方法(原名称) 〈要約〉(構成) 歯付ベルトの背面部と歯部とを熱可塑性エラストマーで形成し、歯部を構成する熱可塑性エラストマーの一部を補強帆布生地面から通過させて補強帆布生地面を覆うことにより形成される被覆層で歯先部を形成している。
願05-189698(H05.07.30) 登2511636(H08.04.16)	上山　　忠 大上　稔英	〈名称〉シート幅出し装置用ベルト 〈要約〉(目的) 相手側ベルトとの間でシートの幅方向端縁部を挟持しながら走行することによって、該シートを所定の幅寸法に加工するシート幅出し装置用ベルトに対して、製品不良の発生を回避し、また、加工効率の向上を図る。
願05-249445(H05.10.05) 登2555534(H08.09.05)	佐藤　裕喜	〈名称〉化粧板の製造方法 〈要約〉(目的) 予め絞付けした塩化ビニル系樹脂からなるフィルムを真空成形にして貼り合せても、絞深さの減少が少ないか、絞深さの変化のない化粧板の製造方法を提供する。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願05-249446(H05.10.05) 登2555535(H08.09.05)	佐藤　裕喜	〈名称〉化粧板の製造方法 〈要約〉(目的) 予め絞付けした塩化ビニル系樹脂からなるフィルムを真空成形にて基材に貼り合わせても、絞深さの減少が少ないか、絞深さの変化のない化粧板の製造方法を提供する。
願59-263469(S59.12.12) 告05-002148(H05.01.11) 登2076415(H08.08.09)	木下　紘治	〈名称〉電子写真複写機用クリーニングブレード 〈要約〉(目的) 重量平均分子量と数平均分子量の比で規定される分子量分布が2以下であるものを使用することにより、温度安定性の向上と経時劣化の減少を図る。
願61-003747(S61.01.10) 告07-084901(H07.09.13) 登2060702(H08.06.10)	若藤　治	〈名称〉摩擦車 〈要約〉(目的) 摩擦車の接触面を、シリコンオイルと親和性を有するエラストマにシリコンオイルを0.1 ～10重量%添加混合して成る成形品で構成することにより、スリップによる発熱を防ぎ、伝達性能の向上を図る。
願61-045021(S61.02.28) 告07-037028(H07.04.26) 登2002590(H07.12.20)	桐島　克己 梅田　荒夫 山中　恵	〈名称〉加硫装置 〈要約〉(目的) 未加硫成形品の上下端に接離可能な上下フランジ部材と、上下フランジ部材を移動させる移動手段と、移動手段の作動を禁止する移動禁止手段とを備えることにより、均一な厚さの加硫成形を可能とし、成形品の加硫幅に対する製品幅の有効率を高める。
願61-089691(S61.04.17) 告07-035691(H07.04.19) 登2004959(H08.01.11)	田中　茂	〈名称〉防水シートの接合方法および防水シート端部のシール方法 〈要約〉(目的) 防水シート端部を両面粘着性テープで、テープの一部が露出するよう下地に貼着し、片面粘着性テープを露出部を被覆するよう貼着することにより、シール効果の向上を図る。
願61-162552(S61.07.09) 告08-005578(H08.01.24) 登2089882(H08.09.02)	上野　俊彦 大仁　洋	〈名称〉ピントラクタ 〈要約〉(目的) 各種プリンタ等に使用するピントラクタにおいて、フレームを1つの部材で形成し、ロック手段を簡単な構造とすることにより、部品点数の減少図る。
願61-173330(S61.07.22) 告07-088892(H07.09.27) 登2054774(H08.05.23)	宮田　博文 古川　豊 赤星　吉浩 松本　英樹	〈名称〉プーリ式変速装置　推力調整式　無断変速装置(原出願) 〈要約〉(目的) プーリ軸の一端部には、互いに係合せしめた回動カムと移動カムとで対をなし、この回動カムをプーリ軸に遊嵌し、移動カムをプーリ軸に移動可能で且つバネ受け部材と一体に移動可能に連係して、コイルばねの推力を適正に維持する。
願61-187537(S61.08.08) 登2510416(H08.04.16)	黒田　秀雄 谷口　正雄	〈名称〉半導体ウエハーのダイシング方法 〈要約〉(目的) 弾性重合体と紫外線架橋性アクリル酸エステル等を含有する紫外線照射によって接着力が低減する感圧接着剤を用いることにより、糊残しなくダイスを容易、良好にピックアップする。
願61-191499(S61.08.14) 告07-115287(H07.12.13) 登2090100(H08.09.02)	梅田　荒夫 桐島　克己 梅宮　正稔	〈名称〉多条ベルトの研削方法 〈要約〉(目的) 多条溝研削後の円筒素型の収縮率を得、該収縮率に応じて所定の溝間隔を拡大して得た溝間隔とされた多条溝研削砥石を用いて多条溝を成形して、迅速な円筒素型への溝研削を可能にし且つ収縮による形状精度の低下をなくす。
願61-233919(S61.09.30) 告07-094858(H07.10.11) 登2056207(H08.05.23)	赤星　吉浩 古川　豊 宮田　博文 松本　英樹	〈名称〉遠心力による推力調整式変速プーリ 〈要約〉(目的) 移動プーリの背面とばね受けとの各外周部の各支軸によりリンクの外端部を回動自在に枢支し、各リンクの内端部を回動自在にピン結合した推力調整機構を設けることにより、Vベルトの寿命を延ばすと共に、増速状態から減速状態への切換え操作を軽くする。
願61-233920(S61.09.30) 告07-045902(H07.05.17) 登2009142(H08.01.11)	宮田　博文	〈名称〉プーリの正逆転変換装置 〈要約〉(目的) 一方向に回転するベルトに、回転変換手段を接することによって、正転、逆転、中立の状態を取出すことができるようにする。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願61-233921(S61.09.30) 告07-045903(H07.05.17) 登2009143(H08.01.11)	宮田　博文	〈名称〉プーリの正逆転変換装置 〈要約〉(目的)一方向に回転するベルトに、回転変換手段を接することにより、正転、逆転、中立の状態を取出すことができるようにする。
願61-267309(S61.11.10) 告07-088630(H07.09.27) 登2066429(H08.06.24)	佐藤　弘幸	〈名称〉異方性発泡構造を有する合成皮革の製造方法 〈要約〉(目的)合成皮革を製造するに当り、粒径の異なる発泡剤を用い樹脂発泡層をセル径の小さい上層と大きい下層の異方性発泡構造にて形成して、柔軟で折り曲げ時に表面に小じわを発生する天然皮革に類似の合成皮革をうる。
願61-283310(S61.11.27) 告08-006781(H08.01.29) 登2089891(H08.09.02)	栗原　保男	〈名称〉歯付ベルト及びその製造方法 〈要約〉(目的)心線と歯形を有するベルト主部とその下面の下透膜層を別々の液状ポリウレタンを硬化して形成し、下側に積層伸縮性帆布層で歯面を形成することにより、低騒音で高トルク伝達を可能とする。
願62-080351(S62.03.31) 告05-062657(H05.09.08) 登2060721(H08.06.10)	渡辺　勝喜 南牟礼　護	〈名称〉伝動ベルト 〈要約〉(目的)歯部内に不織布を非加圧で分散し、歯底面に沿って埋入する抗張力体を歯底表面のエラストマ含浸の圧縮不織布層でカバーする様にして、使用状態に拘らず充分な耐用強度を有し、かつ製造を容易にする。
願62-078817(S62.03.31) 告07-022975(H07.03.15) 登1988785(H07.11.08)	宝蔵寺昌彦 岩崎　英丈	〈名称〉歯付きベルトの製造方法 〈要約〉(目的)補強布に幅方向中央部から両外側に型付けして、複数条の凸条部を形成し、補強布を、歯溝を有する回転体に巻き付け、ベルト本体構成部材を圧着して積層し、積層体を裁断・加硫することにより、型付け作業の短縮化を図り、製作時間を短縮する。
願62-161540(S62.06.29) 告04-038348(H04.06.24) 登1998980(H07.12.08)	山城　二郎 三木　隆司	〈名称〉静電潜像現像用トナーの製造方法 〈要約〉(目的)微細に且つ一様にカーボンブラックが分散された重合性単量体をアゾビス系重合開始剤によって懸濁重合させることにより、高重合率で高分子量のトナーが得られるようにする。
願63-026873(S63.02.08) 登2547809(H08.08.08)	川原　英昭 栗原　保男	〈名称〉自動張力調整機構を有するベルト伝動装置 〈要約〉タイミングベルトを備えたベルト伝動装置において、回転軸に結合支持される第1プーリ部材とベルトに噛み合い連結される第2プーリ部材とをギヤと機構以外の手段により連結することで、第1プーリ部材の回転を減速することなく、そのままかつ摩擦トルクロスや騒音を低減して第2プーリ部材に伝達でき、駆動プーリ増速駆動系でも該駆動側のプーリの直径を小さく保つことができる。
願63-050849(S63.03.03) 登2554694(H08.08.22)	川原　英昭 栗原　保男	〈名称〉自動張力調整機構を有するベルト伝動装置 〈要約〉タイミングベルトを備えたベルト伝動装置において、基本的に、駆動側のプーリにおける第1および第2プーリ部材を高張力可撓性部材によって連絡する。
願63-075693(S63.03.29) 登2553139(H08.08.22)	柳　京太郎	〈名称〉紙葉類搬送用ベルトおよびその製造方法 〈要約〉上面が紙葉類に接した状態で該紙葉類を搬送する紙葉類搬送に用いられる紙葉類搬送用ベルトとして、不織紙もしくは不織布からなり上面が紙葉類搬送面となる表面層と、背面ゴム層と、抗張体層と、底面ゴム層とが上側から順に配設されている構成とする。
願63-136215(S63.06.01) 告07-021128(H07.03.08) 登1996566(H07.12.08)	畑　　克彦	〈名称〉ゴム配合物と繊維との接着方法 〈要約〉ゴム配合物と繊維との接着方法帆において、分子内にエポキシ基を2以上有するエポキシ化合物及び不飽和ジカルボン酸又はその無水物にて繊維を処理した後、有機過酸化を含有する未加硫ゴム配合物と密着加硫することを特徴とする。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願63-136216(S63.06.01) 告07-021129(H07.03.08) 登1996567(H07.12.08)	畑　克彦	〈名称〉ゴム配合物と繊維との接着方法 〈要約〉ゴム配合物と繊維との接着方法において、分子内にエポキシ基2以上有するエポキシ化合物、及び、分子内に2以上のカルボキシル基又は水酸基を有する1、2-ポリブタジエンにて繊維を処理した後、有機過酸化物を含有する未加硫配合物と密着加硫することを特徴とするゴム配合物と繊維との接着方法。
願63-134880(S63.06.01) 告07-006569(H07.01.30) 登1982905(H07.10.25)	奥村　雅也 村島　徳	〈名称〉伝動ベルト及びその製造方法 〈要約〉短繊維で補強された底ゴムを有し、該底ゴム中に短繊維がシート幅方向、シート上下方向及びシート長手方向に配列されている伝動ベルトを前提とするもので、上記短繊維の配列率は、下記の式に基づいて計算され、ベルト幅方向においては60～90%であり、ベルト上下方向及び長手方向に配列される残余の短繊維のうち上下方向においては35%以上を占めることを特徴とするベルト。
願63-233356(S63.09.16) 告07-075820(H07.08.16) 登2050245(H08.05.10)	中垣　利男	〈名称〉ベルト材の研削装置 〈要約〉回動可能な大径のワークロールと、該ワークロールを回転させるための駆動装置と、ワークロールから所定距離を離して設けた回動可能な小径のアイドラ軸とを備え、被研削用ベルト材を前記ワークロールとアイドラ軸との間に掛け渡して支持する回転支持装置をベルト研削機のコンタクトホイール上の研磨ベルトに対向させて相対的に接近および離間可能に配備する。
願63-215723(S63.08.30) 告07-110800(H07.11.29) 登2070768(H08.07.10)	西田　健次	〈名称〉フェノール系樹脂成形材料およびこの材料を使用したVベルト 〈要約〉炭素繊維及びアラミド繊維の2繊維を組み合わせ、かつ上記炭素繊維として、結晶構造の点からオニオン構造でその結晶層厚が25～200オングストロームのものを採用し、摩擦係数を低減し、且つ高布荷重下においても機械的強度を維持し、且つ摩擦摩耗特性が良好であるという点を利用しようとするものである。
願63-288276(S63.11.14) 告05-01914(H05.03.15) 登2037399(H08.03.28)	三木　隆司 山城　二郎	〈名称〉静電潜像現像用トナーの製造方法 〈要約〉ラジカル重合性単量油層を水相中で懸濁重合させて、実質的に真球状の重合体粒子を含む懸濁液を調製した後、重合体のガラス転移点±5Cの範囲の温度にて懸濁液中の重合粒子に機械的な衝撃力を与えて、実質的な球状から異形化率を0.9以下にする。
願63-240576(S63.09.26) 告07-119062(H07.12.20) 登2090150(H08.09.02)	中西　均	〈名称〉表面凹凸を有する樹脂ベルトの接合方法 〈要約〉表面凹凸を有する樹脂ベルトの表面に低収縮性織布で補強された未加硫高分子耐熱シートを圧接し、加硫により上記凹凸の反転型を作り、次いで上記樹脂ベルトの接合部の突き合わせた両ベルト表面に、前記凹凸反転型を当接し、加圧、加熱することにより前記樹脂ベルトを接着、接続した後、前記凹凸反転型を取り外すことを特徴とする。
願63-271382(S63.10.27) 告07-051160(H07.06.05) 登2063513(H08.06.24)	三宅　哲雄 坂本　正吾 若藤　治	〈名称〉綱引き競技用マット 〈要約〉縦方向剛性の強い補強用帆布層の表裏面にJIS-A硬度60～80のゴム状弾性層が一体に積層され、且つ一方の表面上に凹凸深さ0.1～0.3㎜の絞を有する層が形成されてなることを特徴とする綱引き競技用マット。
願63-331573(S63.12.29) 告07-025066(H07.03.22) 登1990157(H07.11.08)	大石　勝明 渡辺　幸二	〈名称〉ベルト捌き装置 〈要約〉ベルト捌作業を自動化できる装置で、ベルト素材と刃境部とにカットされた筒状体を捌くために、ベルト受けバー、搬送ベルト、セパレート手段、捌歯車手段から構成されている。
願01-023297(H01.01.31) 告07-011309(H07.02.08) 登1977680(H07.10.17)	川原　英昭	〈名称〉自動張力調製機構を有するベルト伝動装置 〈要約〉駆動プーリは、回転軸に回転一体に支持された第一プーリ部材と、この第一プーリ部材を遊嵌合する中心孔を有していて該中心孔により第一プーリ部材の軸心に対して偏心可能に配置され、外周にタイミングベルトに噛み合う歯部を有する第二プーリ部材。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願01-053487(H01.03.06) 告04-070630(H04.11.11) 登2007610(H08.01.11)	古畑　知一 泉　　央 松井　洋介 神崎　敏明	〈名称〉積層型有機感光体 〈要約〉導電性指示体上に電荷発生層と電荷輸送層とを備えた積層型有機感光体で、電荷発生層が電荷発生物質としてX型無金属フタロシアニンを含むと共に、結着剤として含塩素重合体を含み、電荷輸送物質として、ヒドラゾン化合物を含む。

（日本実用新案）

実案番号	発案者	考案の名称・要約
実願01-039765(H01.04.03) 実登2512913(H08.07.09)	岩崎　英丈	〈名称〉ベルト式無段変速装置 〈要約〉可動シーブ及び固定シーブからなる開閉操作プーリと、可動シーブ及び固定シーブからなる開閉追従側プーリとを有し、開閉操作側プーリ上に開閉操作機構が軸受けを介して支持される。開閉追従側プーリ上に軸受けを介して筒状部材が取り付けられ、筒状部材と開閉操作機構とが連結手段で連結される。
実願01-045959(H01.04.19) 実告07-036886(H07.08.23) 実登2111872(H08.03.22)	神谷　晴男 豊田　秀久	〈名称〉ポリエステルエラストマー製コンベアベルト 〈要約〉引っ張り弾性率が5500-30000kg／㎠の中心層と、引っ張り弾性率が500-1600kg／㎠の表面層および裏面層を有する3層構造のコンベヤベルトであって、3層構造体としての引っ張り弾性率が3800-10000kg／㎠であることを特徴とする。
実願01-056341(H01.05.15) 実告07-021947(H07.05.17) 実登2097874(H08.01.26)	宮田　博文	〈名称〉ベルト式無段変速装置 〈要約〉ベルトより可動シーブに作用するトルクだけでなく、固定シーブに作用するトルクもトルクカムに伝達するようにして、操作力の低減をはかる。固定シーブが回転軸に対して回動可能な状態で取り付けられ、固定シーブに対して可動シーブが軸方向にのみ移動可能に連結され、ベルトより作用するトルクは回転軸に流れることなくトルクカム側へ全て流れる。
実願01-057946(H01.05.18) 実告07-014679(H07.04.10) 実登2095789(H08.01.09)	寺山　義英 寺田　吉男	〈名称〉コンベヤベルトの接続構造 〈要約〉コンベヤベルトの端部形状が、ゴム層一面側補強布、簾状抗張体及び他面側補強布の順に延出された状態とされ、かつ他面側ゴム層は補強布を露出させるよう一部切削される。
実願01-064077(H01.06.01) 実告07-01613(H07.04.12) 実登2090549(H07.11.21)	松岡　　宏 池田英一郎	〈名称〉高負荷伝動用Ｖベルト 〈要約〉補強部材は、ブロックの左右上端部に対応する左右上端部にフラット部が形成され、プーリとの係合の際ブロックがベルト進行方向に傾いたとき、補強部材のフラット部の水平方向側方にプーリから受ける力の作用点が位置するようにブロックの上端部が加工されている。
実願01-093042(H01.08.08) 実告07-010116(H07.03.08) 実登2086593(H07.11.06)	松岡　　宏 長谷部兼輝	〈名称〉高負荷伝動用Ｖベルト 〈要約〉張力帯の上下面のコグ谷部においては心体に対して直接帆布層が重積されている。
実願01-130722(H01.11.08) 実告07-038804(H07.09.06) 実登2122162(H08.06.03)	中恒　利男 田中　鉄夫	〈名称〉伝動ベルト用長さ測定装置 〈要約〉伝動ベルトの長さの測定に関与する特定のウェイトの選択を、個々のウェイトとスライドロッドとの間に設けられた係止手段によって行うことができるようにし、それ以外の作業、のウェイトの交換又は上げ下ろしなどの体力消耗につながる作業はすべて昇降可能のウェイトテーブルを利用して容易に行えるようにした。

実案番号	発案者	考案の名称・要約
実願01-135931(H01.11.21) 実告07-038250(H07.08.30) 実登2122166(H08.06.03)	小合瀬　昇 片山　宗	〈名称〉コンベヤ用スカートゴムの支持構造 〈要約〉ベルトコンベヤ表面の両側縁に沿って剛性のある基板が下端縁をコンベヤ表面に接することなく対で並行に立設され、基板表面に基板長さ方向に回転軸が軸支され基板に接触しない径の摩擦車が複数個同軸に設け、摩擦車表面と基板表面との間には、下端縁をコンベヤ表面に臨ませてスカート用ゴムが圧縮状態で狭持されて支持され、回転軸の一端に回転駆動ハンドルが設けられている。
実願01-090476(H01.08.02) 実登2509015(H08.06.11)	布施　芳哉 岡留　光治 沢谷　昇 御船　直人 高木　喜内	〈名称〉４線軌道用護輪ラバー 〈要約〉縦断面がアーチ形状の長尺弾性部材の上部平坦面の一側隅部をほぼL字状に切り欠いて狭軌条の側頭部及び下顎部に密接する切り欠き段部に形成し、上部平坦面を他側部に向けて下向き傾斜面に形成して他側部縁を標準軌条の下顎部と密接面に形成するとともに長尺弾性部材の下面アーチを形成する両脚部のそれぞれの中央部に軌条の首部に当接する突起を設ける。
実願02-021662(H02.03.03) 実登2512998(H08.07.09)	藤原　良則 金治　千秋	〈名称〉クリーニングブレード用ホルダー 〈要約〉クリーニングブレードを取り付ける金属板を、ブレードブラケットなどの支持部材に取り付けることができる金属板と、これらの間に介装される弾性体層とを、一体に接着した３層構造にする。
実願02-016087(H02.02.20) 実登2504672(H08.04.25)	藤井　公博 谷口　正雄	〈名称〉ホットカーペット 〈要約〉発熱体の合成樹脂フィルムの片面、両面に電極として金属箔が貼着されたホットカーペットで、フィルムがポリ塩化ビニル0-90重量％とポリ塩化ビニルーポリウレタン共重合樹脂100-10重量％とからなる樹脂100重量部について、三塩基性硫酸鉛5-20重量部とアミン捕捉剤0.1-5重量部とを含有する樹脂組成物からなる。
実願02-027357(H02.03.15) 実告07-006928(H07.02.22) 実登2085606(H07.10.18)	杉本　将憲	〈名称〉スロットマシン用ベルト 〈要約〉表面に絵柄が表示された矩形状のプレート本体を有し、プレート本体の背面に設けられベルト本体の歯部間に形成された谷部に係入してベルト本体を挟み込む取付片を有する複数枚の絵柄プレートが設けられてる。各プレートは取付片でベルト本体を側方から挟み込んだ状態でベルト本体の表面に取付られ、かつそれぞれベルト長手方向に連続するように取り付ける。
実願02-035040(H02.03.30) 実登2515102(H08.08.02)	宮田　博文	〈名称〉プーリ式変速装置 〈要約〉所定軸回りに回動して開閉可能な一対の円弧状アームをプーリの外周に沿って配設し、このアームをプーリにおけるベルトのピッチラインの変化に応じて開閉するようにした。
実願02-015821(H02.02.19) 実告07-046828(H07.10.25) 実登2120315(H08.06.03)	藤原　章憲	〈名称〉Ｖリブドベルト 〈要約〉ベルト基帯の下側にＶ形リブ部がベルト長手方向に沿って配設されたＶリブドベルトで、Ｖ形リブ部の表面に伸縮製帆布が貼着され、帆布は、縦糸及び横糸が共に弾性心糸の周囲にメタ系芳香族ポリアミド繊維からなる糸が螺旋状に巻付けられてなるメタ系ポリアミド繊維カバーリング糸からなる。
実願02-036908(H02.04.05) 実登2507847(H08.05.30)	熊谷　憲和 塩山　務 林　銘材	〈名称〉伝動用Ｖベルト 〈要約〉抗張体を埋設した接着ゴム層の上面に伸長ゴム層を、下面に圧縮ゴム層をそれぞれ設け、伸長ゴム層と圧縮ゴム層の上部とにそれぞれ短繊維をベルト幅方向に配向して混入する。圧縮ゴム層のベルト幅方向繊維混入部分の下側となる下部に、長さ0.5-0.6㎜の短繊維を混入量0.5-3.0重量部でもって長手方向に配向し、ベルト高さの30-40％の厚さにする。
実願02-065911(H02.06.21) 実告07-040761(H07.09.20) 実登2123550(H08.06.20)	高橋　光彦 松岡　宏 梅田　荒夫	〈名称〉平ベルト用ロール 〈要約〉平ベルトの幅以上の長さのゴム製ローラで、少なくともその表面層にはロールの半径方向に配向させて短繊維が均一分散状に混入されている。また、半径方向に配向させて短繊維が均一分散状に混入され、かつ短繊維の一部がロール表面に突出される。

実案番号	発案者	考案の名称・要約
実願02-108669(H02.10.16) 実告07-032518(H07.07.26) 実登2108060(H08.03.07)	中野　嘉久 高橋　光彦 結城　慎也 吉田　裕彦	〈名称〉蛇行検出装置 〈要約〉平ベルトに蛇行が発生すると、その変位によって平ベルトと接触する蛇行検出部材を備えるようにした。
実願02-112795(H02.10.25) 実登2517148(H08.08.20)	長谷部兼輝	〈名称〉高負荷伝動用ブロックベルト 〈要約〉プーリ溝面と当接係合する側面を有する複数のブロックがエンドレスの張力帯に対しベルト長手方向において係止固定され、各ブロックに補強部材が埋設されてなる高負荷伝動用ブロックベルトを前提とする。
実願02-120569(H02.11.16) 実登2505487(H08.05.16)	片山　　宗	〈名称〉シート巻取装置 〈要約〉連続したシートを所定長さ巻芯に巻き取らせて切断し、複数の巻芯に所定長さのシートを順次巻き取る装置でシート搬送方向に一定の間隔をあけて配置された一対のロール間に無端ベルトを掛けたコンベヤ装置と、支持アームの先端部に巻芯が回動自在で着脱自在に装置され、コンベヤ装置の下流に配備したシート切断装置を備え、シートを巻き取った後、芯を支持アームからはずす。
実願03-019788(H03.03.05) 実登2518733(H08.09.03)	野村　良一 川崎　益男 永井　正義	〈名称〉コンベヤベルトの回収装置 〈要約〉自走可能な搬送台車に、該台車の進行方向に沿ってコンベヤベルトの引き込みローラと、該コンベヤベルトのクランプ装置を備えたゴム切削装置と、該ゴム切削装置によりゴム部の削除された芯体を切断するカッタ装置とを配列して構成され、施工現場にてゴム及び芯体を分類可能とする。
実願03-087132(H03.10.24) 実告07-016133(H07.04.12) 実登2094735(H07.12.18)	宮崎　　浩 松本　英樹 木山　清春	〈名称〉ベルト式変速装置 〈要約〉トルクカムカラー外面に有底の孔を、また可動シーブのボス部には有底の孔よりも大径の貫通孔をそれぞれ形成してトルクカムカラーの有底の孔に固定舞部材を打ち込み嵌合し、その固定部材で両者を一体接合する。
実願04-081083(H04.11.25) 実告07-040141(H07.09.13) 実登2113954(H08.04.04)	岸本　隆之 伊藤　健一	〈名称〉暗渠の継手 〈要約〉断面路U字状の可撓部の該U字の凸部を暗渠の外側に向け、可撓部の両端から延設した取付部を暗渠内周面に沿って設置し、且つ可撓部外周面に略一定間隔毎に対称形状の突起を設けている。
実願05-061218(H05.11.15) 実登2500044(H08.02.21)	金治　千秋 白木　勇人	〈名称〉ウレタンベアリング 〈要約〉回転軸に当接する内周を含油金属カラー層とし、中間を結晶性樹脂層とし、外周をウレタン樹脂層とし、含油金属カラー層外周に設けた凸起に係合する凹部を中間の結晶性樹脂層内周に形成し、さらに中間の結晶性樹脂層に貫通孔を設けて該貫通孔にウレタン樹脂を充填したことを特徴とするウレタンベアリング。
実願05-068493(H05.12.22) 実登2507067(H08.05.30)	塘　　数雄	〈名称〉靴下類の保湿材 〈要約〉伸縮性薄布に、ホットメルト接着層を合成樹脂層を介して予め一体に設けておくようにし、靴下類の所定箇所内面にヒート接着される保温材が前提で、そして、伸縮薄布と、この伸縮薄布の一方の面に一体に設けられた合成樹脂層と、この合成樹脂層上の少なくとも周縁に予め一体に設けられたヒート接着可能なホットメルト接着層とを備えるようにする。
実願62-083044(S62.05.28) 実告07-022425(H07.05.24) 実登2104284(H08.02.21)	田中　　茂	〈名称〉脱気断熱防水構造 〈要約〉防水下地面上に、厚さ方向に貫通する多数の貫通孔が均一分散状に穿設された独立気泡発泡体から成るシートが貼着され、シートの上面に通気性を有する層を介して防水シートが貼着されているので、空気混入等に原因するシートのふくれ、剥れを確実に防止でき、しかも断熱効果も優れる。屋上、ベランダ、床、廊下。

実案番号	発案者	考案の名称・要約
実願62-151309(S62.10.02) 実告07-029332(H07.07.05) 実登2111447(H08.03.22)	犬飼　雅弘 松岡　　宏	〈名称〉Vベルト 〈要約〉張力帯と張力帯と嵌合する各ブロックとの嵌合部分の長さ関係を特定することで、ブロック嵌合部に張力帯が圧縮状態で嵌合されるようにし、張力帯と各ブロックとの嵌合強度を高めてブロックの揺動を規制する。
実願63-074894(S63.06.06) 実登2515084(H08.08.02)	谷　　和義 落合　政喜	〈名称〉ベルト伝動装置 〈要約〉ドライブプーリとドリブンプーリとの間にはVベルトが掛けられている伝動装置においてドライブプーリとドリブンプーリのプーリ溝角度が45度から60度に設定されて構成される。またVベルトの角度は角プーリの溝角度に対して$\theta-7 \leqq \alpha \leqq \theta$になるように構成される。
実願63-107080(S63.08.12) 実告06-049967(H06.12.14) 実登2083417(H07.10.03)	長谷部兼輝 松岡　　宏 柳　京太郎	〈名称〉高負荷伝動用平プーリ 〈要約〉平プーリの外周において、その幅方向の少なくとも2箇所以上の部位にクラウン部を形成する。
実願63-107081(S63.08.12) 実告07-014678(H07.04.10) 実登2090506(H07.11.21)	長谷部兼輝 松岡　　宏 柳　京太郎	〈名称〉高負荷伝動用平ベルト及び該ベルトを用いたベルト伝動機構 〈要約〉平ベルトのプーリと接触する内周面にベルト長さ方向に延びる凹部を形成する。さらに、外周に少なくとも2つ以上のクラウン部が平ベルトの凹溝以外の部分に対応して幅方向に並んで設けられた平プーリと組み合わせてベルト伝動機構を構成する。
実願63-146468(S63.11.08) 実登2511853(H08.07.09)	後藤田克彦 庄司　　進	〈名称〉現像装置 〈要約〉機体に現像装置本体が固定され、かつ感光体が回転自在に支持され、感光体の回転軸線と平行な回転軸線を有し、金属材料から成り、回転軸線まわりに回転駆動され、定めた電圧が印加される筒体と筒体内に配置され、周方向に沿って着磁された磁力手段を備える現像ローラを感光体にばね付する。
実願63-149359(S63.11.16) 実告07-035153(H07.08.09) 実登2110406(H08.03.22)	口寸保勝四郎	〈名称〉無段変速装置 〈要約〉ベルトに張力を付与する第1のテンショナを回転自在に支持する揺動可能な第1のリンクを設け、第2のベルトに張力を付与するための第2のテンショナと回転自在に支持する揺動可能な第2のリンクとを設ける。
実願63-152102(S63.11.22) 実告07-008921(H07.03.06) 実登2086578(H07.11.06)	柳　京太郎	〈名称〉平ベルト伝動装置 〈要約〉平ベルトの幅方向の移動を規制するフランジの位置をプーリの幅方向中間部にする。
実願63-148354(S63.11.14) 実告07-006023(H07.02.15) 実登2086900(H07.11.06)	伊藤　健一	〈名称〉ダンプカー荷台用ライニング 〈要約〉ボルト挿通孔及び多数の貫通孔が設けられた鉄板の表裏面にゴム層が設けられゴム層は貫通孔を通して表裏面層が一体化されていると共に、鉄板の周囲端面部においても表裏一体化され、貫通孔はボルト挿通孔周囲部分及び鉄板の端部での分布が密とされてなる。
実願01-004050(H01.01.17) 実告07-001155(H07.01.18) 実登2083929(H07.10.18)	西沢　　誠	〈名称〉酸素マスク 〈要約〉口及び鼻をカバーする大きさの、一面開口を有したカバー状成形体の内底面に酸素供給ノズルが設けられ、酸素供給ノズルの周囲に供給ノズルの単位時間当りの酸素供給量に対し、外部空気流入量が3-6倍となる総開口面積とされた小孔が複数開設され、さらにカバー状成形体の上底面には、排気用スリットが形成されてなる。
実願01-029978(H01.03.15) 実告07-049113(H07.11.13) 実登2123197(H08.06.20)	川原　英昭	〈名称〉自動張力調整機構を有するベルト伝動装置 〈要約〉高張力可撓性部材を無端状にし、その途中に係合部を等間隔で形成して、それらをそれぞれ第1及び第2プーリ部材に交互に係合固定する。
実願01-036992(H01.03.29) 実告07-005867(H07.02.15) 実登2087619(H07.11.06)	八田　泰典 青野　信良	〈名称〉流体混合装置 〈要約〉循環流体をミキサー内に定量吐出して混合する装置で、1以上の流体循環路に圧力センサを介装し、センサが検知したその流体の循環中の圧力とミキサーに吐出中の圧力とを比較し、その差が一定値以上変化したかどうか判断する演算手段と、この出力に基づき警報信号を発する報知手段とを、各圧力センサに接続して設けた。

「建築用免震装置」と「橋梁用免震支承ゴム」

（担当：建設資材事業部）

平成7年1月17日に発生した阪神・淡路大震災は、神戸市周辺に大きな被害を与えました。今回の地震を機にビル等の建築用や高速道路等の橋梁への免震機構の採用が検討されていますが、この機構について種々な方策があるなかで、特に「ゴム体」を中心とした方策が大きな効果を発揮するものと認められ、全国へ広がりを見せています。

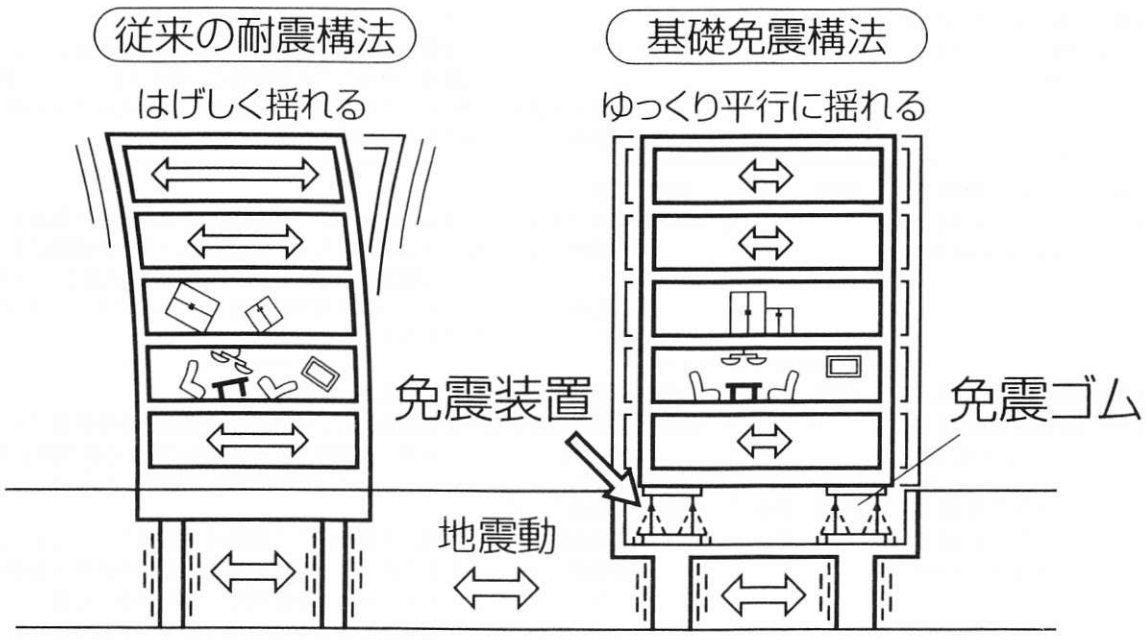
このような状況に対し、ベルトをはじめ各種のゴム製品製造業者として90余年の歴史を有する当社は、数あるゴム配合、ゴムと金属の複合加工技術の蓄積をベースに、既に20数年前からゴム体の免震、支承ゴムの研究開発を行っていましたので、先の大震災により倒壊した橋梁、橋脚、ビル、建物等の復旧に際しては、逸速くゴム体の生産体制を整え、各所へ供給を行いました。その後、当社独自の生産方式による設備の増設を行い、今後も供給能力の拡大を目指しております。

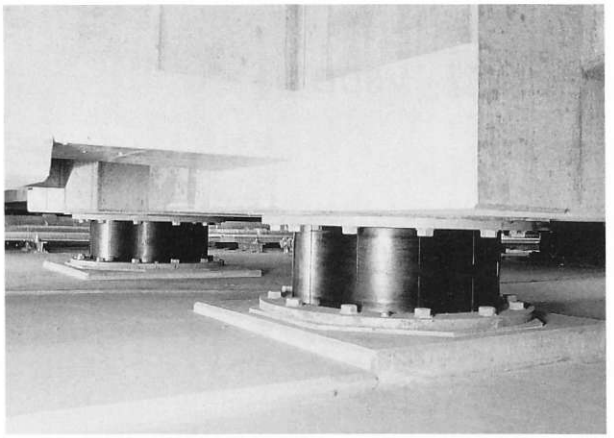
人や建物等の建造物を地震の被害から守る理想的な対策は、激しい地震動を直接建造物に伝えないことです。当社はゴムと鋼板を交互に積み重ね、加硫接着した積層ゴム体の中心に振動減衰機能のある鉛プラグを埋め込み、一体化した「建築用免震装置」をビル・建物用に生産いたし、橋梁、橋脚用にはゴムと鋼板を交互に積層加硫した「橋梁用免震支承ゴム」を供給しております。

積層ゴムの主な機能としては、荷重支持機能と水平弾性機能および復元機能があります。荷重支持機能は、鋼板で補強されたゴムがゴム単体に比べて上下方向の剛性が高く、建造物を安定させしっかり支えます。水平弾性機能は、ゴムの特性として水平方向に柔軟に対応して地震の激しい振動を和らげ、建造物の揺れを緩やかな動きに変えます。（長周期化）そして復元機能は、地震がおさまったあと、ゴムのもっている復元力で建造物を元の位置に戻します。

また「建築用免震装置」に埋め込まれた鉛プラグは積層ゴムの変形に伴って塑性変形をおこし、地震エネルギーを吸収するとともに、振動を速やかに減衰させる振動減衰機能と暴風等地震以外の揺れなど、一定の大きな力が加わるまでは、鉛プラグの高い剛性で建物を固定するトリガー機能を有します。

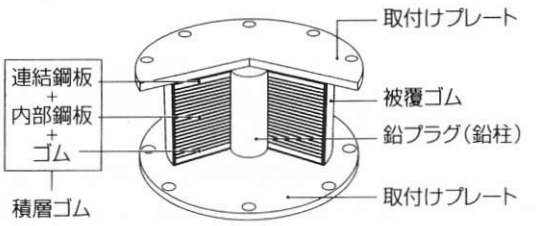
当社は今後「建築用免震装置」や「橋梁用免震支承ゴム」につき、更に技術水準の向上に努め地震国である我が国の人々やその財産の保護に貢献してまいります。



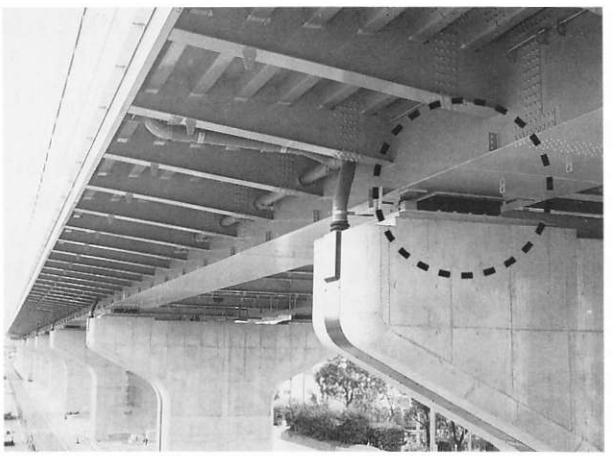


免震装置設置部分

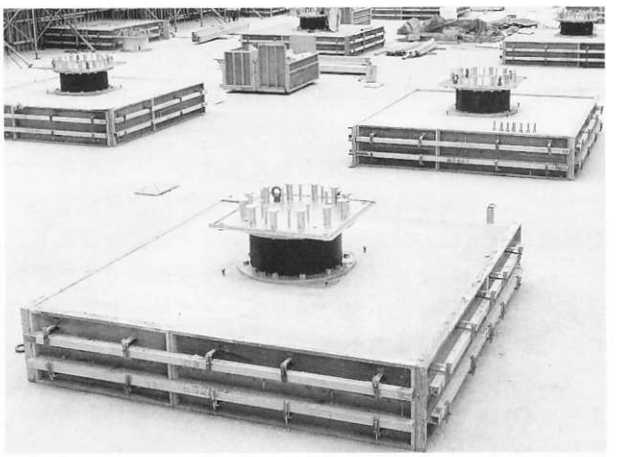
ゴムと鋼板を交互に積み重ね、加硫接着した積層ゴム体の中心に鉛プラグを埋め込み、一体化した免震装置です。



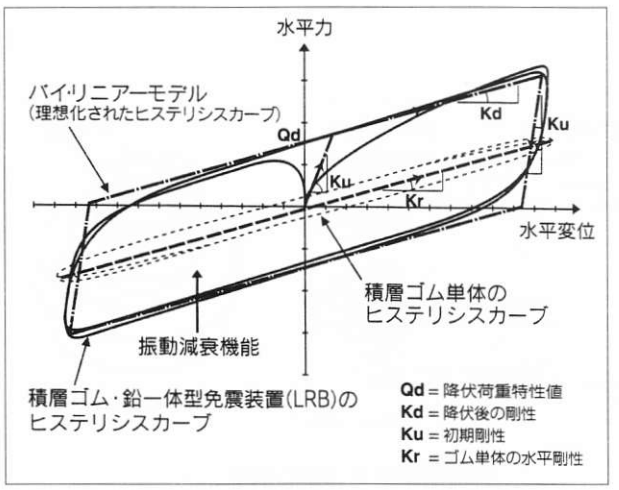
免震装置の構造(積層ゴム・鉛一体型)



高速道路などで地震の揺れを減衰する、
橋梁用免震支承ゴム

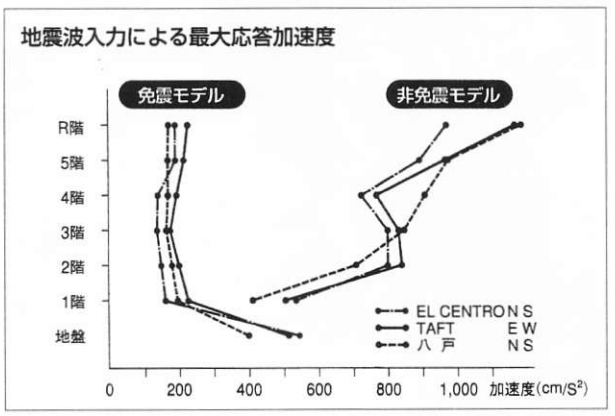


建物の基礎部分に設置され、地震エネルギーを
低減させる、建築用免震装置（積層ゴム・鉛一体型）



積層ゴム・鉛一体型免震装置（LRB）の基本特性

- 上図は、地震が作用したときのLRBの水平力と変形の履歴特性結果です。ヒステリシスカーブは、ほぼ完全なバイ・リニアー特性で表され、構造解析上でのモデル化も容易です。
- 鉛プラグの大きさを調整することにより、振動減衰機能とトリガー機能を任意に設定することができます。



免震効果の実証例

- 免震装置の免震効果により、非免震建物に比べ、免震建物の揺れは約２～５分の１に減少し、その揺れもゆっくりとしたものになっています。
- 非免震建物では、上層階になるほど揺れがひどくなりますが、免震建物では各階とも揺れはほとんど変わりません。

ベルト式無段変速システム
「バンドードライマチックVSW型・VSDD型」

（担当：伝動事業部）

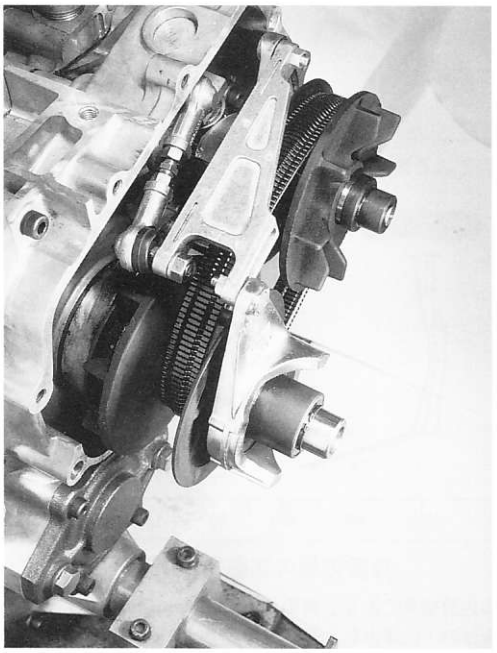
当社は従来のＶベルト式無段変速機に比べ取り扱いが容易で、変速時の応答性が良く、小さな操作荷重で変速操作をすることができる伝動効率の高いＶ形ベルト式無段変速機を開発し、乗用田植機等の農業機械や一般産業機械へ広がりを見せております。

一般的にＶベルト式無段変速機は、可変幅（変速）プーリにかけられた一本の変速用Ｖ形ベルトの巻き付けピッチ径を変化させることにより、入力軸に対する出力軸の回転数比を無段階に変速することのできる動力伝達装置です。

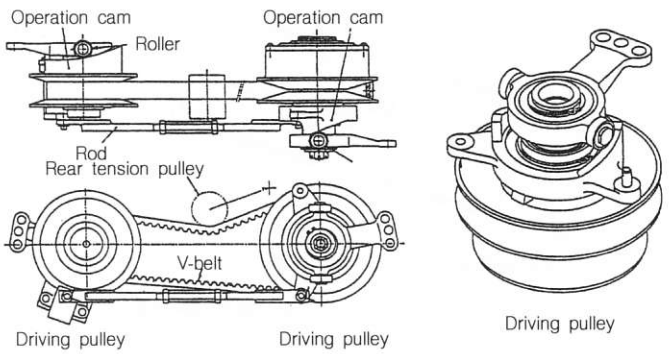
「バンドードライマチック VSW型」は上記の基本原理を用いていますが、変速プーリのプーリ幅の開閉は、カム機構を用い、駆動、従動両方のカムの運動を連結することによって操作力を低減させております。またベルトの張り張力は従来のベルト式無段変速機では、従動プーリに設置されたスプリングまたは油圧装置等により付与されていますが、当社のVSW型では、ベルトの張り張力はテンションプーリにより適正な張力を与えることができ、また装置への組み込みも治具等を必要とせず容易であります。以上のような全く新しい機構により、操作力が軽く、伝動効率の高い特長あるVSW型が誕生しました。

「バンドードライマチック VSDD型」は、近年農業機械や作業機械の分野の従事者の高齢化や、婦女子化に伴い、小・中型車輌のイージードライブ志向が強くなってきたため、伝動効率が高く、一本のレバーにて正逆回転やスムーズな０発進ができる画期的な無段変速機として開発いたし、農業機械のコンバインおよび草刈機等の走行駆動部に採用され、今後の各種機械への広がりが期待されております。VSDD型は、当社が開発したVSW型システムを用い、遊星歯車機構の太陽歯車の回転を制御することにより、出力軸を遊星歯車の公転軸とすれば、出力軸の回転は、正逆回転や０回転など自由に制御可能な変速機です。更にＶ形ベルトとしては、合成ゴム・合成樹脂・合成繊維・軽合金を組み合わせた小型で強力なハイブリッドタイプのCVT用ベルト「バンドーアバンス」を使用することによって変速システム自体の小型、軽量化を実現しました。

「バンドードライマチック VSW型とVSDD型」は、高伝動、小型、軽量の画期的な変速システムとして、今後農業機械のほか、特殊車輌、建設機械等の各種産業機械への広がりが期待され、当社としてはこれらの分野への研究開発に注力してまいります。



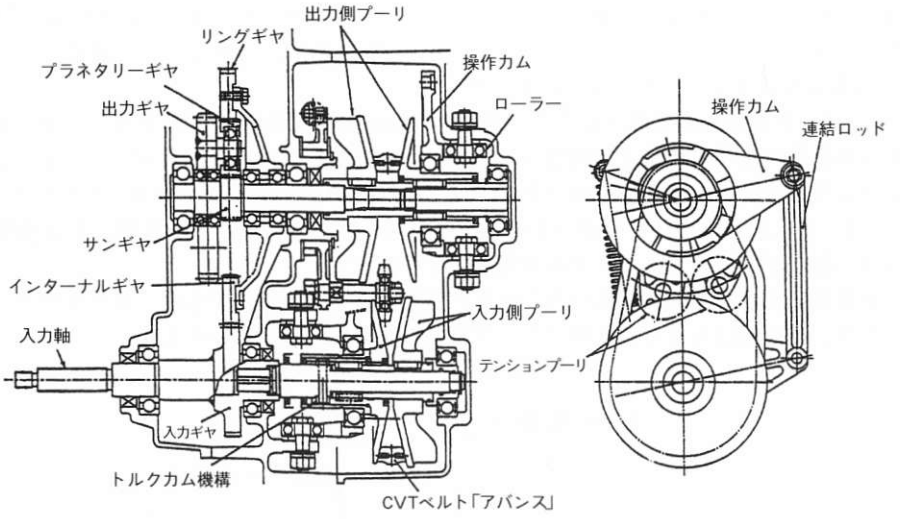
変速システム



VSW型無段変速機の構成

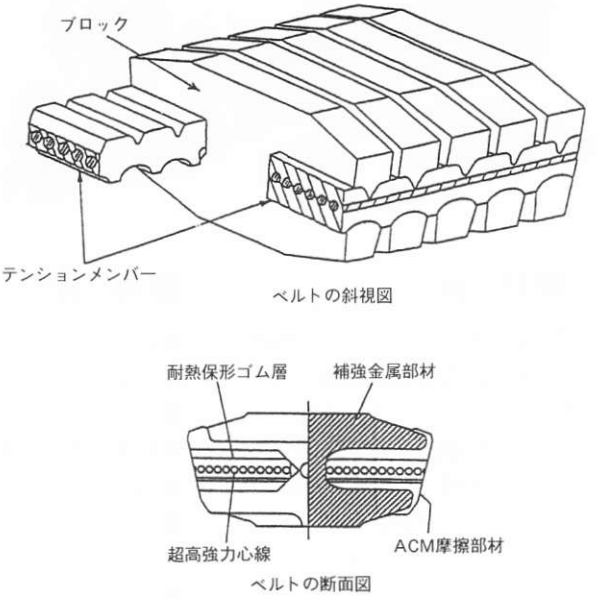
乗用田植機

草　刈　機



VSDD型無段変速システムの構造

バンドー　アバンス(ハイブリッドベルト)



CVT用ベルト　バンドーアバンスの構造

「ロボット 手首周辺装置」

（担当：MMP事業部　ビー・エル・オートテック株式会社）

近年ロボット産業に関わるロボット関連の技術開発は時代の最先端技術のひとつとして極めて活発であります。バンドー化学の関係会社でロボットの手首周辺装置を中心に開発、生産を行うビー・エル・オートテック株式会社（神戸市兵庫区）は、バンドー化学とともに、エンドエフェクタ自動交換装置（商品名「ビーエル・クイックチェンジ」）、力覚センサおよびRCCデバイスを開発いたし、生産、販売拡大を行う一方、新たな製品分野への研究開発を続けています。「ビーエル・クイックチェンジ」は、ロボットのフランジ部分に装着し、ハンド・ツール等のエンドエフェクタを迅速かつ確実に自動交換する装置です。着脱は空気圧を利用したボールロック方式により、ツール・プレートを引き上げ固定し、モーメントに対しても強固な仕様となっております。ロボットの各種組立工程や溶接工程等の自動化や多機能化、段取り時間の短縮が可能になり、多品種少量生産に貢献しています。なお、「ビーエル・クイックチェンジ」には、可搬重量5kg、10kg、20kg、40kg、60kg、100kg、150kgおよび国内最大級の300kgの品揃えに加え、スポット溶接用ガンの交換用モデルも販売しております。

「センサ」には、X、Y、Z方向の力とトルクの計6成分を検出する6軸力覚センサと3成分を検出する3軸力覚センサがあります。特に平成7年4月に開発、発売しました一円硬貨大で世界最小の直径18mmの小型変換器でロボットの指先に装着できる「ビーエル・NANOセンサ」は、人間の指先感覚に一歩近づいた優れたセンサとして、平成9年1月6日NHK衛星放送テレビでも紹介されました。

「RCCデバイス」は、位置決め誤差修正部品でロボット自動組立機械のアームとグリッパ間に装着することにより、組立てられる部品間の水平方向および角度（こじり）方向の誤差を修正するデバイスです。また従来のRCCデバイスに、空気圧でフローティング状態をロックアップする機構を加えた「ビーエル・リストコンプライアンサ」（LURシリーズ）は、挿入作業においてロボットや専用機を挿入位置まで移動させる間にRCC機構をロックさせることで、より高速の動作ができ、タクトタイムの短縮がはかれます。

以上3種類の手首用ロボット関連装置につき今後更に研究開発を進めるとともに、新たなロボット関連製品の研究開発も行っており、我が国はもちろん世界のトップ水準の技術を極めてまいります。

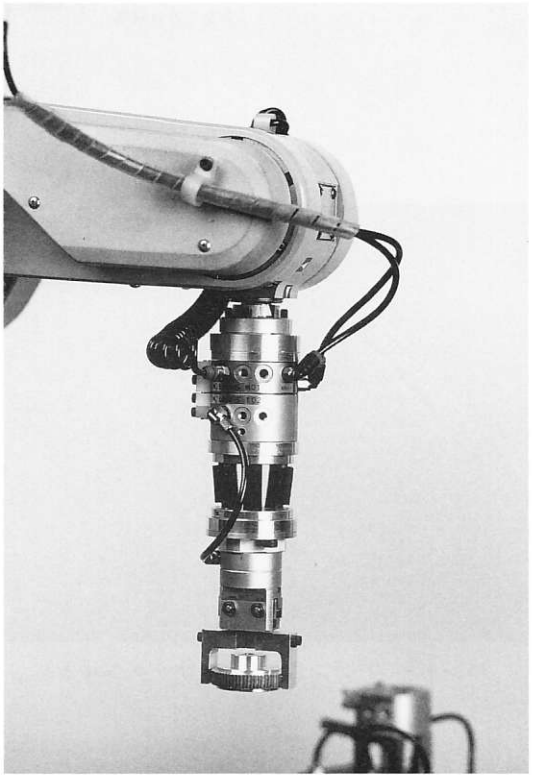
ビーエル・クイックチェンジ

■特　長

1. 優れたフェールセーフ機構
2. 画期的な位置再現性
3. 容易なティーチング性
4. 高い信頼性
5. 高い剛性
6. 軽量コンパクト

■用　途

- ●組み立て作業
- ●ハンドリング
- ●バリ取り作業
- ●研磨作業
- ●溶接作業
- ●ドリル加工
- ●パレタイジング
- ●塗布作業



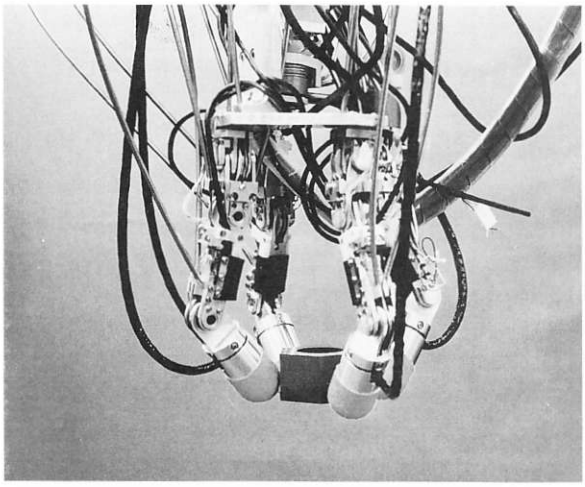
ロボットハンド
（ビーエル・クイックチェンジとRCCデバイス装着）

■仕　様

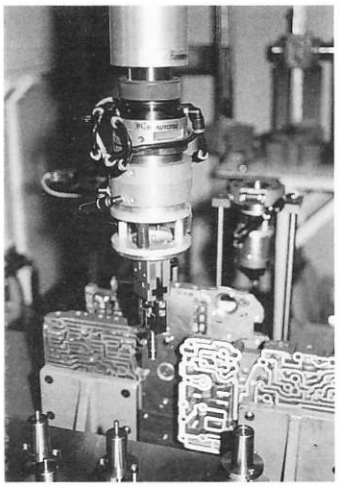
モデルNo.		Light-5A	QC-10A	QC-20C	QC-60C	QC-150B	Flex-40A	Flex-100A	Flex-300	GC-150B
定格負荷	可搬重量	49N(5kg)	98N(10kg)	196N(20kg)	588N(60kg)	1470N(150kg)	392N(40kg)	980N(100kg)	2940N(300kg)	1470N(150kg)
	曲げモーメント	12.7N·m	24.5N·m	56.8N·m	196N·m	980N·m	157N·m	686N·m	2,646N·m	980N·m
	ねじりモーメント	16.6N·m	34.3N·m	78.4N·m	294N·m	980N·m	215N·m	686N·m	2,352N·m	980N·m
位置再現精度 (mm)		±0.01	±0.01	±0.015	±0.015	±0.015	±0.015	±0.015	±0.025	±0.015
結合力(空気圧0.49Mpa時)(N)		612.5	970.8	2,059	6,570	14,317	4,000	10,290	31,360	14,317
外形寸法 (mm)		φ49×48.5	φ50×38.5	φ90×45.4	φ130×50	φ200×90	φ115×57	φ178×81.5	φ259×116	280×216×126
製品重量 (kg)		0.36	0.33	0.87	2.06	8.67	1.75	6.15	20.4	18
着脱作動空気圧		0.39～0.68Mpa(4～7kgf/cm²)								
許容温度・湿度範囲		0～55℃, 0～95%(結露なきこと)								
ユーティリティ	電気信号接点	—	3A×10本	3A×15本	3A×15本	3A×37本	—	5A×5本	5A×5本	—
	空気圧ポート	6本(M5)	6本(M5)	8本(M5)	8本(R1/8)	10本(R3/8)	8本(R1/8)	4本(R3/8ヒルフシール)＋2本(R3/8)	8本(R3/8ヒルフシール)＋2本(R3/8)	—
	アプローチセンサ	—	—	—	—	—	—	ツール・プレート在位確認	ツール・プレート在位確認	ツール・プレート在位確認
ユーティリティオプション	電気信号接点	3A×10本	3A×20本仕様	3A×30本仕様	3A×30本仕様	3A×74本仕様	3A×15本	3A×15本	5A×16本	5A×10本
	電気信号接点	3A×20本	—	—	—	5A×16本仕様	5A×16本	5A×16本	5A×32本	5A×28本
	電気信号接点	3A×30本	—	—	—	—	—	—	—	—
	電気(パワー)接点	—	—		13A×6本仕様	13A×19本仕様	13A×10本	13A×10本	13A×10本(20本)	200A×3本
	空気圧ポート	—	—	12本(M5)仕様	12本(R1/8)仕様	14本(R3/8)仕様	4本(R1/8)	4本(R1/8)	4本(R1/8)	—
	空気圧ポート	—	—	—	—	—	2本(R1/4)	2本(R1/4)	2本(R1/4)	—
	空気圧ポート	—	—	—	—	—	—	4本(R3/8)	4本(R3/8)	—
	液体ポート	—	—	—	—	—	—	—	—	空気圧6本 冷却水
オプション	着脱確認センサ	—	—	—	近接スイッチ内蔵型	近接スイッチ内蔵型	近接スイッチ内蔵型	近接スイッチ内蔵型	近接スイッチ内蔵型	近接スイッチ内蔵型

(注) 結合力とは、位置精度を出すための力であり、結合そのものは脱動作のためエア供給、または破損するまで保たれます。

センサ

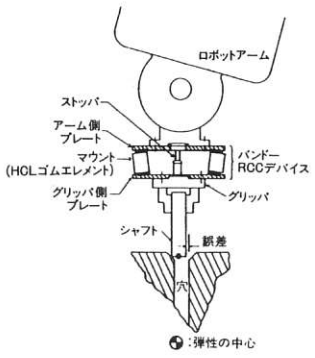


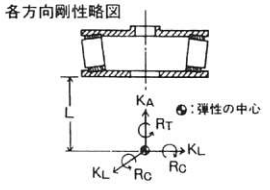
世界最小の「ビーエル・NANOセンサ」
(指先型6軸力覚センサ)

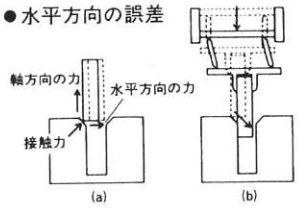


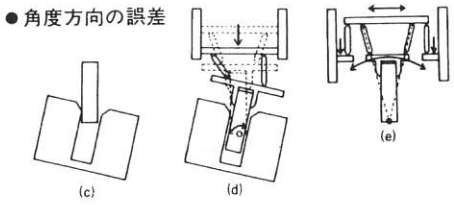
フォース／トルクセンサ
(リスト型6軸力覚センサ)

RCCデバイス









■ RCCデバイスの仕様

製造番号	軸方向許容荷重 圧縮 Kgf	軸方向許容荷重 引張り Kgf	(参考) 最大可搬重量 kg	L寸法 mm	各方向剛性 K_L 水平 Kgf/cm	各方向剛性 R_C 角度(こじり) Kgf·cm/rad	各方向剛性 K_A 軸 Kgf/cm	各方向剛性 R_T ねじり Kgf·cm/rad	(参考) 製品重量 kg
RCC-001-BSL※	30	5	2	—	4.6	—	730	12	0.08
RCC-001-BS	30	5	2	40	8.5	430	720	10	0.08
RCC-112-BS	50	14	5	52	7.4	1,300	890	22	0.16
RCC-111-BS	130	14	5	91	11.6	4,020	2,420	29	0.16
RCC-113-BS	130	23	9	46	26.8	4,470	2,980	81	0.16
RCC-212-RH	65	14	5	114	9.8	2,760	1,340	63	0.23
RCC-212-RS									0.26
RCC-212-BH									0.24
RCC-212-BS									0.27
RCC-211-RH	135	14	5	163	17.9	4,720	3,210	86	0.23
RCC-211-RS									0.26
RCC-211-BH									0.24
RCC-211-BS									0.27
RCC-213-RH	135	23	9	107	30.4	7,600	3,210	240	0.23
RCC-213-RS									0.26
RCC-213-BH									0.24
RCC-213-BS									0.27
RCC-321-RH	270	27	10	160	32.1	20,700	5,360	310	0.42
RCC-321-RS									0.46

(備考) 1. L寸法はグリッパ側プレート表面より弾性の中心までの距離を示します。
2. 上記剛性値は弾性の中心位置での値です。

※RCC-001-BSLは水平方向誤差のみ修正するデバイスです。

■ LURシリーズの仕様

モデル	軸方向許容荷重 圧縮 Kgf	軸方向許容荷重 引張り Kgf	(参考) 最大可搬重量 kg	L寸法 mm	各方向剛性 K_L 水平 Kgf/cm	各方向剛性 R_C 角度(こじり) Kgf·cm/rad	各方向剛性 K_A 軸 Kgf/cm	各方向剛性 R_T ねじり Kgf·cm/rad	(参考) 製品重量 kg
LUR-111	130	14	5	107	13.2	4,110	2,480	39	0.27
LUR-112	50	14	5	60	7.6	1,830	900	29	0.27
LUR-113	130	23	9	55	26.8	6,220	2,990	105	0.27
LUR-211	130	14	5	163	17.9	4,720	3,210	86	0.38
LUR-212	50	14	5	114	9.8	2,760	1,340	63	0.38
LUR-213	130	23	9	107	30.4	7,600	3,210	240	0.38

(備考) 1. L寸法はグリッパ側プレート表面より弾性の中心までの距離を示します。
2. ロックアップ軸は、水平方向および曲げ方向です。

TOPICS TOPICS TOPICS

ISO9001認証取得の状況について

当社は、1921年コンベヤベルト、1932年Vベルト、1959年歯付ベルトを我が国で初めて開発し生産、販売を開始するなど、我が国はもちろん世界のトップ水準の技術力を保持してまいりました。

当社の主要製品につき、今後とも我が国のみならず世界トップ水準の品質、技術を維持すべく品質保証の国際規格であるISO（International Organization for Standerdization, 国際標準化機構）認証取得に取り組み、現在までに下記のようにロイド社（Lloy'd Register Quality Assurance, 本部:英国）の審査を経てISO9001の認証を取得しました。

1. 平成７年12月　伝動事業部、南海工場および和歌山工場の伝動ベルトと伝動システム。（我が国初）
2. 平成８年５月　化成品事業部、販売部および南海化成品工場のPVCフィルム・シート。（我が国初）
3. 平成８年７月　伝動事業部、足利工場のポリウレタン伝動ベルト。
4. 平成８年８月　MMP事業部、神戸工場、足利工場および販売部のOA機器部品。
5. 平成８年９月　運搬事業部、加古川工場のゴムコンベヤベルトと軽搬送樹脂コンベヤベルト「サンラインベルト」。

「バンドーQCサークル世界大会」の開催について

当社は、昨年（1996年）４月に創業90周年を迎えましたが、その記念行事の一環として平成８年11月16日㈯神戸市立産業振興センター（神戸市中央区）において、雀部昌吾社長以下役員、幹部をはじめ海外からも10ヵ国約40名、総数370名の参加をえて「バンドーQCサークル世界大会」を開催いたしました。

QCサークル世界大会での、
雀部社長からの表彰式の様子

当社のQC活動は、1964年（昭和39年）に製品の品質の向上活動としてQCサークルが発足し、1966年（昭和41年）「信頼による管理」（自主管理）活動を導入し、次いで1969年（昭和44年）BQC（Bando Quality Conscience）活動として広がり、更に1974年（昭和49年）TQC推進委員会の発足により全社的組織的な活動となって今日まで、製品の品質の向上はもちろんあらゆる仕事の質の向上のための改善活動として脈々と受け継がれてきております。

近年海外11ヵ国14社の生産、販売会社の設立など当社のグローバルな事業展開に伴い、毎年11月に開催している「QCサークル事例発表会」には海外から2～3社が参加するケースが増えていました。

今回の世界大会は1992年（平成４年）にその開催を決定し、以降４年間海外各社では、世界的な業務の改善活動とレベルアップをはかり準備してきました。

当大会の参加発表チームはは合計９チームで、国内は約260チームの中から、南海工場（伝動事業部）、加古川工場（運搬事業部）と足利工場（MMP事業部）の３チームが参加し、海外からは、６社が参加しました。海外６社はアメリカ・バンドー生産社、ドンイル・バンドー社（韓国）、キーファット社（マレーシア）、フィリピンベルト社、サイアミーズ・バンドー社（タイ）およびインドネシア・バンドー社の６ヵ国からでした。

発表されたテーマや具体的な改善事例は、当日参加者全員に配布された約400頁の事例集におさめられ、その主な内容は、運搬ベルト、伝動ベルトおよび工業用品につき、品質の向上、コストダウンや生産性の向上等でした。

当大会への参加者は、発表された事例や発表者への質疑応答等を通じ改善活動についての様々なヒントや共通の理解がえられた点や世界の各地でバンドーブランドの製品の品質や仕事の向上に取り組んでいる熱意が伝わってきた点など、大変有意義と感じ、また当社としても社史に残る貴重な一日でありました。

QCサークル世界大会での、発表状況

当 社 の 概 要

■会社概要

商　号：バンドー化学株式会社
　　Bando Chemical Industries, Ltd.
創　立：1906年4月14日（明治39年）
代表者：取締役社長 雀部昌吾
資本金：109億円（平成8年9月30日現在）
　　（東証1部 大証1部）
売上高：570億円（平成8年3月期）
従業員：1,724名（平成8年9月30日現在）
決算期：年1回（3月）

■営業品目

ベ ル ト●コンベヤベルト・Vベルト・平ベルト・歯付ベルト等あらゆる産業用ベルト（ゴム・ポリウレタン製）およびベルト周辺装置と部品
工業用品●OA・AV等情報通信関連機器やFA精密機器ほか産業機器用のゴム・ポリウレタン・エンジニアリングプラスチック製部品、建築用免震装置、橋梁用免震支承ゴム、防水・遮水ゴムシート、鉄道用ゴム資材等の土木・建設資材
化 成 品●電材用・建材用・医療用・マーキング用塩ビフィルム・シート、スポーツシューズ用合成皮革など

■ISO9001認証取得

運搬事業部●加古川工場：ゴムコンベヤベルト・軽搬送樹脂コンベヤベルト（サンライン）
伝動事業部●南海工場・和歌山工場・足利工場：伝動ベルトと伝動システム
化成品事業部●南海工場：PVCフィルム・シート
ＭＭＰ事業部●神戸工場・足利工場：OA機器部品

■国内事業所

本社事務所　神戸市中央区磯上通2丁目2番21号（三宮グランドビル）〒651
TEL.(078)232-2923 FAX.(078)232-2847

運搬事業部　大阪市北区梅田1丁目3番1-400号（大阪駅前第一ビル）〒530
TEL.(06)345-2672 FAX.(06)345-2676

東京販売部　東京都港区芝4丁目1番23号（三田NNビル）〒108
TEL.(03)5484-9100 FAX.(03)5484-9106

大阪販売部　大阪市北区梅田1丁目3番1-400号（大阪駅前第一ビル）〒530
TEL.(06)345-2638 FAX.(06)345-7752

名古屋販売部　名古屋市中村区名駅4丁目26番13号（ちとせビル）〒450
TEL.(052)582-3241 FAX.(052)586-4681

建設資材事業部　加古川市平岡町土山字コモ池の内648 〒675-01
TEL.(078)942-3204 FAX.(078)942-3282

販売部　大阪市北区梅田1丁目3番1-400号（大阪駅前第一ビル）〒530
TEL.(06)345-2637 FAX.(06)345-7750

伝動事業部　大阪市北区梅田1丁目3番1-400号（大阪駅前第一ビル）〒530
TEL.(06)345-2636 FAX.(06)345-2677

東京販売部　東京都港区芝4丁目1番23号（三田NNビル）〒108
代理店・精密グループ　TEL.(03)5484-9102 FAX.(03)5484-9107
自動車グループ　TEL.(03)5484-9114 FAX.(03)5484-9108

大阪販売部　大阪市北区梅田1丁目3番1-400号（大阪駅前第一ビル）〒530
TEL.(06)345-2633 FAX.(06)345-3549

名古屋販売部　名古屋市中村区名駅4丁目26番13号（ちとせビル）〒450
TEL.(052)582-3251 FAX.(052)586-4681

化成品事業部　大阪市北区梅田1丁目3番1-400号（大阪駅前第一ビル）〒530
TEL.(06)345-2671 FAX.(06)345-2615

販売部　大阪市北区梅田1丁目3番1-400号（大阪駅前第一ビル）〒530
TEL.(06)345-2671 FAX.(06)345-2615

MMP事業部　神戸市兵庫区明和通3丁目2番15号 〒652
TEL.(078)651-7331 FAX.(078)651-7339

販売部　東京都港区芝4丁目1番23号（三田NNビル）〒108
TEL.(03)5484-9104 FAX.(03)5484-9110

東京支店　東京都港区芝4丁目1番23号（三田NNビル）〒108
TEL.(03)5484-9111 FAX.(03)5484-9112

大阪支店　大阪市北区梅田1丁目3番1-400号（大阪駅前第一ビル）〒530
TEL.(06)345-2631 FAX.(06)345-7752

名古屋支店　名古屋市中村区名駅4丁目26番13号（ちとせビル）〒450
TEL.(052)582-3251 FAX.(052)586-4681

中央研究所　神戸市兵庫区芦原通3丁目1番6号 〒652
TEL.(078)681-6681 FAX.(078)651-7997

伝動技術研究所　和歌山県那賀郡桃山町最上字亀澤 〒649-61
TEL.(0736)66-1931 FAX.(0736)66-1934

足利工場　栃木県足利市荒金町188番6 〒326
TEL.(0284)72-4121 FAX.(0284)72-7852

神戸工場　神戸市兵庫区明和通3丁目2番15号 〒652
TEL.(078)651-6691 FAX.(078)651-8979

南海工場　大阪府泉南市男里5丁目20番1号 〒590-05
TEL.(0724)82-7711 FAX.(0724)82-1173

加古川工場　加古川市平岡町土山字コモ池の内648 〒675-01
TEL.(078)942-3232 FAX.(078)943-2359

和歌山工場　和歌山県那賀郡桃山町最上字亀澤 〒649-61
TEL.(0736)66-0999 FAX.(0736)66-2152

インターネットにホームページを開設いたしております。
http://www.bando.co.jp

■主な製品開発の歴史

1906年（明治39年）4月　木綿調帯（ベルト）生産開始。
1921年（大正10年）　我が国初のコンベヤベルトを生産開始。
1932年（昭和7年）　我が国初のVベルト販売開始。
1950年（昭和25年）3月　塩化ビニール製品販売開始。
1959年（昭和34年）5月　我が国初の歯付ベルト（シンクロベルト）販売開始。
1961年（昭和36年）11月　ポリウレタン製品販売開始。
1962年（昭和37年）　Vリブドベルト販売開始。
1963年（昭和38年）9月　スチールコード コンベヤベルト販売開始。
1964年（昭和39年）　我が国初の単層コンベヤベルト（モノプライベルト）生産開始。
1968年（昭和43年）9月　カナダオイルサンド用コンベヤベルト初納入。
1969年（昭和44年）7月　ゴムライニング材販売開始。
1972年（昭和47年）9月　我が国初の軽搬送樹脂コンベヤベルト（サンラインA）販売開始。
1977年（昭和52年）6月　ロックベルトの販売開始。
1980年（昭和55年）12月　防振ゴム販売開始。
1981年（昭和56年）1月　スーパートルクシンクロベルト、リブエース販売開始。
1982年（昭和57年）4月　ミューライト（無給油軸受）販売開始。
1982年（昭和57年）6月　オートバイ用チェーンにかわるUTS（ウルトラトルクシンクロベルト）発売。
1982年（昭和57年）11月　スーパーサンライン販売開始。
1983年（昭和58年）6月　バンセーム、タフケア販売開始。
1983年（昭和58年）8月　バンライトT-2ニューヨーク地下鉄車両床材として納品。
1984年（昭和59年）3月　ミューライトプーリ・ギヤー販売開始。
1984年（昭和59年）7月　複写機用原稿供給ベルト（DEベルト）の販売開始。
1986年（昭和61年）1月　精密機器用シームレス織物平ベルト（PSベルト）の販売開始。
1987年（昭和62年）4月　サンラインカーブコンベヤベルト（ベルコーナ）の販売開始。
1987年（昭和62年）12月　ロングシンクロベルト（ゴムおよびウレタン）の販売開始。
1988年（昭和63年）9月　自動車無段変速機（CVT）用ベルトを開発。
1989年（平成元年）4月　無段変速機・バンドードライマチックを開発。
1990年（平成2年）7月　世界最長級スチールコードコンベヤベルトをインドネシアKPC社へ納入。
1991年（平成3年）3月　ロボット工具自動交換装置「ビーエル・クイックチェンジ」販売開始。
1991年（平成3年）6月　世界最高張力の「アラミドコードコンベヤベルト」開発。
1992年（平成4年）4月　無段変速システム（バンドードライマチック）の農業機械向け「田植機」の量産販売開始。（VSW型）
1993年（平成5年）5月　空港埋立地等、軟弱地盤改良ドレーン材（バンドーニューケミカルボード）の採用拡大。
1993年（平成5年）11月　農業機械「コンバイン」にCVT用ベルトと差動歯車を組合せた世界初の無段変速システムを導入。「バンドードライマチック・VSDD型」
1994年（平成6年）12月　コピー済み用紙に再コピーができる世界初の消色トナーを販売開始。
1995年（平成7年）3月　ビル等用免震ゴム（鉛入り積層ゴム）を販売開始。
1995年（平成7年）4月　我が国初のロボット指先用小型「ビーエル・NANOセンサ」を開発。
1995年（平成7年）4月　世界初のガラスコード入り・バンコランシンクロベルトUGタイプを開発。
1995年（平成7年）9月　我が国最大級の可搬重量300kgの「ビーエル・クイックチェンジFlex-300」販売開始。
1996年（平成8年）4月　衣料、垂幕やカバン等に文字、図柄などを熱プレスやアイロンで圧着するマーキングフィルム「バンドーエクシード」販売開始。

国内関係会社

販売・加工サービス関係会社

北海道バンドー株式会社 札幌市豊平区月寒中央通2丁目2番22号 〒062
TEL.(011)851-2146 FAX.(011)852-6992

東北バンドー販売株式会社 仙台市若林区若林5丁目8番38号 〒984
TEL.(022)286-8111 FAX.(022)285-5873

バンドー福島販売株式会社 福島県いわき市平字愛谷町4丁目6番地13 〒970
TEL.(0246)22-2696 FAX.(0246)21-3767

株式会社バンドー東販 東京都中央区日本橋久松町11番6号
(日本橋TSビル) 〒103
TEL.(03)3639-0811 FAX.(03)3639-0885

バン工業用品株式会社 東京都中央区東日本橋2丁目27番1号 〒103
TEL.(03)3861-7411 FAX.(03)3866-4792

浩洋産業株式会社 東京都台東区柳橋2丁目19番6号
(秀和柳橋ビル) 〒111
TEL.(03)3865-3644 FAX.(03)3865-3603

東京バンドーコンベヤ株式会社 東京都足立区東和5丁目3番10号 〒120
TEL.(03)3629-9111 FAX.(03)3628-4506

株式会社バンテック 東京都港区芝4丁目1番23号
(三田NNビル) 〒108
TEL.(03)5484-9130 FAX.(03)5484-9131

バンドー神奈川販売株式会社 神奈川県高座郡寒川町田端1516番地1 〒253-01
TEL.(0467)74-3555 FAX.(0467)74-5553

北陸バンドー販売株式会社 富山市問屋町3丁目9番地 〒930
TEL.(0764)51-2525 FAX.(0764)51-8148

大阪バンドーベルト販売株式会社 大阪市東淀川区東中島2丁目24番23号 〒533
TEL.(06)323-2321 FAX.(06)323-0697

株式会社近畿バンドー 東大阪市水走3丁目4番23号 〒578
TEL.(0729)62-1115 FAX.(0729)65-4591

キンバン化工株式会社 東大阪市水走3丁目4番23号 〒578
TEL.(0729)62-3351 FAX.(0729)65-6084

関西バンドー化工株式会社 神戸市兵庫区芦原通6丁目2番34号 〒652
TEL.(078)651-4059 FAX.(078)652-0726

バンドー工材株式会社 神戸市兵庫区水木通7丁目1番18号 〒652
TEL.(078)577-8541 FAX.(078)577-9925

バンドーエラストマー株式会社 神戸市兵庫区水木通7丁目1番18号 〒652
TEL.(078)577-0831 FAX.(078)577-0534

中国バンドー株式会社 広島県廿日市市下平良1丁目6番11号 〒738
TEL.(0829)32-1211 FAX.(0829)32-1541

山口バンドー化工株式会社 徳山市大字久米字弥平1032の16 〒745
TEL.(0834)25-3773 FAX.(0834)25-3810

九州バンドー株式会社 福岡市東区多の津1丁目4番2号 〒813
TEL.(092)622-2875 FAX.(092)622-2880

九州バンドー化工株式会社 福岡県直方市須崎町7番33号 〒822
TEL.(09492)2-0630 FAX.(09492)4-1195

製造関係会社

バンドー精機株式会社 神戸市兵庫区芦原通4丁目2番12号 〒652
TEL.(078)651-0512 FAX.(078)682-2600

バンドー・ショルツ株式会社 加古川市平岡町土山字コモ池の内648 〒675-01
TEL.(078)943-3933 FAX.(078)943-4640

福井ベルト工業株式会社 福井市下江守町23番地 〒918
TEL.(0776)36-3100 FAX.(0776)36-4038

ビー・エル・オートテック株式会社 神戸市兵庫区芦原通4丁目1番16号 〒652
TEL.(078)682-2611 FAX.(078)682-2614

その他サービス関係会社

バンドー興産株式会社 神戸市兵庫区水木通7丁目1番18号 〒652
TEL.(078)576-5353 FAX.(078)577-6553

バンドー食産株式会社 神戸市兵庫区明和通3丁目2番15号 〒652
TEL.(078)681-3700 FAX.(078)681-1140

バンドートレーディング株式会社 神戸市兵庫区水木通7丁目1番18号 〒652
TEL.(078)577-6751 FAX.(078)577-9465

バンドーコンピューターシステム株式会社 神戸市兵庫区松原通2丁目3番5号 〒652
TEL.(078)652-2497 FAX.(078)652-2897

株式会社トゥモロー 神戸市中央区磯上通7丁目1番2号
(北野ビル) 〒651
TEL.(078)242-2608 FAX.(078)242-2609

西兵庫開発株式会社 兵庫県宍粟郡千種町鷹巣24番2号 〒671-32
(千草カントリークラブ) TEL.(0790)76-3333 FAX.(0790)76-3310

海外関係会社

北米地域

BANDO AMERICAN INC.
Itasca, Illinois, U.S.A.

BANDO MANUFACTURING OF AMERICA, INC.
Bowling Green, Kentucky, U.S.A.

欧州地域

BANDO CHEMICAL INDUSTRIES (EUROPE) GmbH
Moenchengladbach, FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY

BANDO IBERICA S.A.
Esparraguera, (Barcelona) SPAIN

アジア地域

BANDO CHEMICAL INDUSTRIES (SINGAPORE) PTE. LTD.
Singapore, SINGAPORE

DONGIL-BANDO CO., LTD.
Kyongsangnam-Do, REPUBLIC OF KOREA

BANDO JUNG KONG, LTD.
Kyongki-Do, REPUBLIC OF KOREA

SANWU BANDO INC.
Taipei, TAIWAN

SIAMESE-BANDO RUBBER INDUSTRY LTD.
Samutsakorn, THAILAND

PHILIPPINE BELT MFG. CORP.
Manila, PHILIPPINES

KEE FATT INDUSTRIES, SDN. BHD.
Kulai, Johor, MALAYSIA

PENGELUARAN GETAH BANDO
(MALAYSIA) SDN. BHD.
Kulai, Johor, MALAYSIA

P.T. BANDO INDONESIA
Tangerang, INDONESIA

BANDO SAKATA, LTD.
Kwai Fong, N.T. HONG KONG

BANDO TECHNICAL REPORT (B.T.R.)
バンドー テクニカルレポート

平成9年2月27日発行

編　集　バンドー化学株式会社 中央研究所・総合企画室
発　行　バンドー化学株式会社 総合企画室
〒651 神戸市中央区磯上通2丁目2-21(三宮グランドビル)
TEL.078-232-2935　FAX.078-232-2846

無断転載を禁じます

BANDO

バンドー化学