

NO.5
2001年2月

BANDO TECHNICAL REPORT

バンドー テクニカルレポート (BTR)



バンドー化学株式会社

バンダー テクニカルレポート (BTR)
No.5 2001年2月

目 次

巻 頭 言

「バンダー テクニカルレポート」第5号刊行にあたって 1
専務取締役 池村 征四郎

研究論文

昇華型熱転写方式によるマット調受像紙用白色粉体塗料の開発 2
新居 俊男

エンジン補機ベルト駆動系の動的挙動シミュレーション
ーベルト縦振動予測ー 9
高橋 弘好/城戸 隆一/永谷 修一/犬飼 雅弘

短繊維強化ゴムのアブレシブ摩耗と力学的性質の相関 14
和田 法明/福永 健一/内山 吉隆

CAEによる大型フレクスベルベルトの設計・評価手法の開発 22
藤中 正俊

リサイクルCF強化ナイロン46の疲労き裂進展特性 29
福永 久雄

乾式CVTベルト用樹脂部材の開発 36
野中 敬三/佐藤 弘幸

技術資料

磁気粘性流体の評価 43
畑 克彦/荒木 伸介

節電タイプ伝動ベルトの開発 45
松尾 圭一郎

特許・実用新案登録一覧 (1999年9月～2000年9月) 47

新製品紹介

インクジェット印刷が可能な時計文字盤 56

トピックス

移動展示車のご紹介 58

新型ディーゼルエンジンにサーペンタインドライブベルト、オートテンショナ、
一方向クラッチ内蔵プーリが採用 58

ピオトープづくりに防水シートが活躍 59

ホームページに伝動ベルト設計支援のページをオープン 59

環境管理の国際規格ISO14001の認証範囲拡大 60

BANDO TECHNICAL REPORT (BTR)
No.5 (February, 2001)

CONTENTS

Executive Managing Director's Message 1

Seishiro IKEMURA
Executive Managing Director

REPORTS

Development of White Powdery Coating for a Mat-like Receiving Sheet According
to a Sublimation-Type Thermal Transfer Method 2
Toshio ARAI

Dynamic Behavior Simulation of Belt Drive System for Auxiliary Machines of
an Automotive Engine
— Prediction of Longitudinal Vibration on V-ribbed Belts — 9
Hiroyoshi TAKAHASHI / Ryuichi KIDO / Syuichi NAGAYA / Masahiro INUKAI

The Relationships Between Specific Wear Rates Concerning Abrasive Wear Condition
and Mechanical Properties of Short Fiber Reinforced Rubber Composites 14
Noriaki WADA / Kenichi FUKUNAGA / Yoshitaka UCHIYAMA

The Development of a Method, Using CAE, for the Design and Evaluation of Large size
Flexowell Belting 22
Masatoshi FUJINAKA

Characteristics of the Growth of Fatigue Cracks in Recycled CF Reinforced PA 46 29
Hisao FUKUNAGA

Design of Resin Material for Dry CVT Belts 36
Keizou NONAKA / Hiroyuki SATO

TECHNICAL LETTERS

The Evaluation of a Magnetorheological Fluid 43
Katsuhiko HATA / Shinsuke ARAKI

Economical V-Belt 45
Keiichiro MATSUO

PATENTS 47

NEW PRODUCTS 56

TOPICS 58



巻頭言

「バンドー テクニカルレポート」第5号刊行にあたって

専務取締役 池村 征四郎

平素は当社の製品、技術、サービス等に対し格別のお引き立てを賜り、心より厚くお礼申し上げます。

今年はいよいよ21世紀幕明けの年となりました。20世紀には数多くの科学や技術の目覚ましい発展がありましたが、その一方ではそれらを利用した戦争も引き起こしました。また、これらの科学や技術の発展が、人類にとって必ずしも将来の幸福を保証するものでないことも明らかになっています。特に地球温暖化や環境破壊の面では、これまで確立した技術を否定しなければならない問題も数多く出てきています。

近年「IT革命」といわれるほどの情報技術の進歩によって、従来のビジネスモデルのみならず、研究開発の場においても、その活用による大幅なスピードアップが可能となりました。今後もこのITの活用が研究開発の成果に大きく影響することと思われまます。

今回も6件の論文を掲載いたしました。いずれもできるかぎりITを活用し、環境問題の解決にわずかながらでも寄与のできるテーマを選定いたしました。ぜひご高覧いただき、ご意見ご助言を賜ることができましたら幸いです。

今後とも新技術、新製品の開発に全社をあげて取り組んでまいり所存ですので、よろしく願い申し上げます。

Executive Managing Director's Message

First and foremost, I would like to extend cordial greetings to everyone and extend my thanks for your loyal support of our products, technology and services. This year ushers in the dawn of the 21st century. The century gone by was rich in scientific and technological development but, unfortunately, it must be admitted that those advances were also used in the prosecution of wars. Additionally, it has become clear that many of these scientific and technological developments have not necessarily guaranteed the future happiness of mankind. In particular, there are a number of established technologies that have had to be rejected due to their promotion of global warming and their negative effects on the environment.

In recent years the revolution in information technology has enabled the speeding up of a large number of processes. This has had a dramatic effect on traditional business models as well as on the area of research and development. It can be expected that in the future information technology will continue to contribute greatly to research and development efforts.

This edition of the Bando Technical Report contains six research papers. The themes for all six of the papers relate to ways which, utilizing the power of information technology, will contribute to solving environmental problems. Your opinions and advice regarding this edition will be greatly appreciated.

In the coming years we will continue, from top to bottom throughout the company, to strive to create new products and new technologies. In closing, I would like to again express my gratitude to all.

Seishiro Ikemura
Executive Managing Director

昇華型熱転写方式によるマット調受像紙用 白色粉体塗料の開発

Development of White Powdery Coating for a Mat-like Receiving Sheet According to a Sublimation-Type Thermal Transfer Method

新居 俊男*

Toshio ARAI

White powdery coating for a mat-like receiving sheet is a product which applies toner design technology.

A mat-like receiving sheet according to a sublimation-type thermal transfer method is in the category of full color print media products which are formed by electrophotography, the melt-type thermal transfer method, ink jets, picrography, etc.

At present, the commercialized receiving sheet according to a sublimation-type thermal transfer method is glossy grade only and is high-priced, because it is prepared by a coating process containing solvent and is multilayered. It shows the same properties for photographs but it does not yield clearly printed characters.

Therefore, we have studied white powdery coating for a mat-like receiving sheet, according to a sublimation-type thermal transfer method, which is without gloss yet still yields clearly printed characters at a low price.

1. 緒 言

マット調受像紙用白色粉体塗料は、トナーの設計技術を応用した製品である。

昇華型熱転写方式による受像紙は、電子写真、溶融型熱転写、インクジェット、ピクトログラフィー等から形成されるフルカラー市場でのプリントメディアの一部である。

現在、市販されている昇華型熱転写方式による受像紙は、光沢グレードのみで、高価である。これは、溶剤を含むコート法により作られ、多層構造によるためである。それは、写真画質の点では、同様の特性を示すが、文字部においては不鮮明である。

そこで、我々は、光沢がなく、しかも文字部が鮮明で、安価な昇華型熱転写方式によるマット調受像紙用白色粉体塗料について研究を行った。

図1に、熱転写方式の構成と昇華型、溶融型の特徴を示す。熱転写方式とは、図1に示すように、画像や文字を形成する染料、又はインクをリボンと呼ばれるフィルムベースに塗布したものを、裏側からサーマルヘッドと呼ばれる熱源で加熱して、染料の昇華あるいはインクの溶融により、受像紙へ転写させる方式である。

昇華型とは、画像を形成するためのインクに昇華性染料を用いる方式である。この方式では、図1に示すように、サーマルヘッドを300～500℃に加熱することに

より、染料が昇華し、このリボンと重ね合わされた受像紙側へ画像が転写される。

昇華性染料は、昇華して受像紙表面の染料受容層へ浸透するため、染料の受容機能の無い普通紙では、画像を形成することが出来ない。従って、この方式では、昇華性染料をすみやかに浸透させ、かつ、染料を保持する機能を持った特殊コーティングされた専用紙が必要となる。

画像は、昇華性染料の浸透濃度により表現されるが、階調表現に優れ、銀塩写真に最も近い方式である。その反面、輪郭部分がぼやけて、鮮明さを必要とする文字には向かない。

溶融型とは、文字や画像を形成するためのインクとして、熱で溶融するワックス等に代表される溶融インクを用いる方式である。この方式では、図1に示すように、サーマルヘッドを100～200℃に加熱することにより、インクが溶融し、このリボンと重ね合わせた受像紙側へ画像が転写される。

溶融インクは溶融して、受像紙の凹凸表面へ附着するため、普通紙でも文字や画像を形成することが出来るが、表面が離型性を持つ凹凸の少ない市販の昇華専用紙では、文字や画像を形成することが出来ない。従って、受像紙としては、離型性が低く、適度な凹凸表面を持ったコーティング紙、または普通紙が必要である。

画像の形成はインクのドットの集まりにより表現されるため、鮮明さを要求される文字には適合した方式であるが、写真画質の点では劣る。

* 中央研究所 製品開発部

図2に、白色粉体塗料からなる受像紙のイメージ図を示す。本研究の白色粉体塗料は、その表面では溶融インクを付着させる機能を持ちながら、昇華性染料を浸透、保持し且つインクリボンとの離型性を兼ね備えている点に特徴がある。この粉体塗料を普通紙に塗工、定着させることにより、受像紙を得ることが出来る。

市販されている昇華型専用紙は、図3に示すように、溶剤に溶かした液を数種類、コーティングする方式により形成されている。それは、塗工層それぞれに機能を持たせているためであるが、何層も重ねることで製造上コスト高となり、更には、溶剤を使用せざるを得ないことから、環境上の問題も懸念されている。

これらの問題点を解決するために、独自の発想に基づく白色粉体塗料の研究により、単層の粉体塗料によるマット調受像紙の開発に成功した。

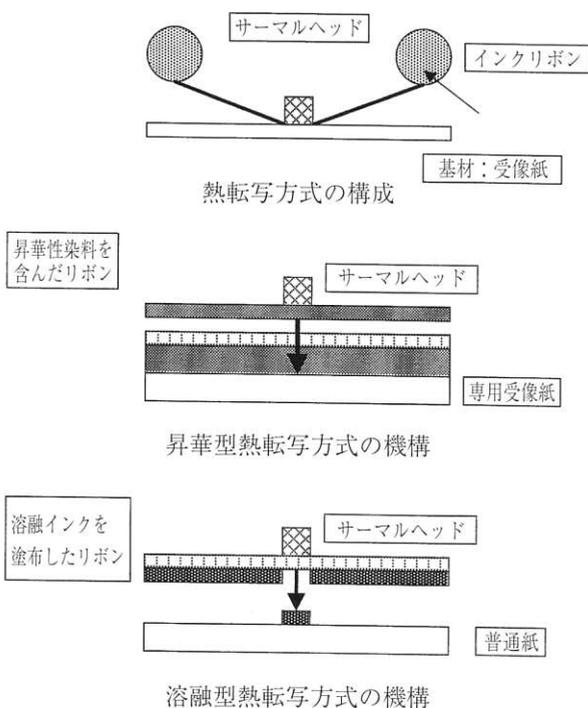


図1 熱転写方式の構成と昇華型、溶融型の特徴

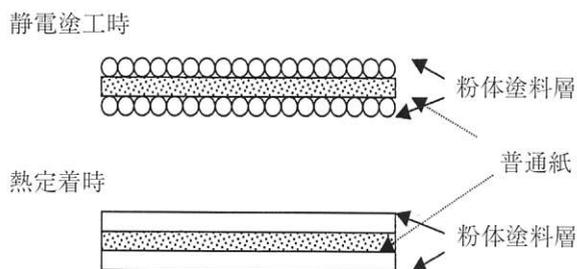


図2 受像紙の構成

2. 実験方法

2.1 粉体塗料の作製

粉体塗料の主要成分であるベース樹脂としては、先ず、昇華性染料の浸透性を考慮して選択した。昇華性染料を浸透させるにはサーマルヘッドの熱により、受容層を軟化させ、且つ、受容層は昇華性染料と相溶性の高いことが望まれる。従って、ベース樹脂としては、このような機能を持ち、しかも、溶融混練法で粉体化可能なものを選定した。

ベース樹脂及びその他配合剤をミキサーを用いて混合し、溶融混練機にて溶融させながら混練を行った。次いで、粗砕機及び粉碎機を用いて10 μm 前後に、細かく粉碎し、分級機にて所定の粒度に調整した。この様にして得られた粉体にシリカ等の無機微粒子を混合攪拌し、粉体の表面にまぶすことにより、白色粉体塗料を作製した。

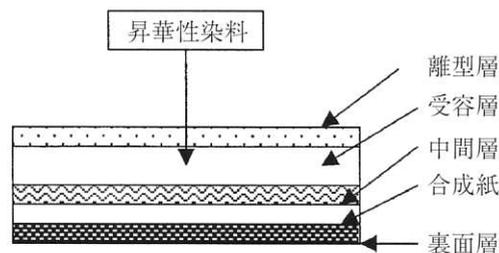


図3 昇華型専用受像紙(溶剤塗工紙)の構成

2.2 受像紙の作製

図4に、静電塗工方法の概略を示す。静電スプレー方式にて粉体塗料を普通紙に塗布し、熱ロール定着機を通して、熱と圧力により白色粉体塗料を溶融させながら、普通紙に定着させてマット調受像紙を作製した。

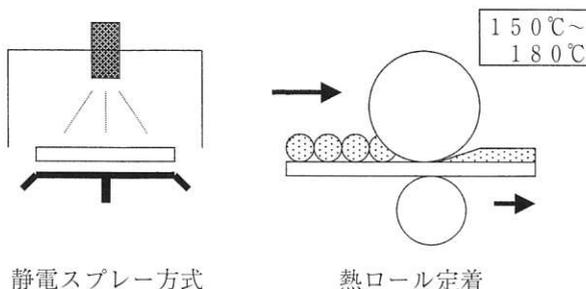


図4 受像紙の製法

2.3 受像紙の評価方法

2.3.1 昇華性染料の浸透性評価

昇華性染料の浸透性は、昇華性染料がどれだけ浸透したか、すなわち、染料濃度に依存する。従って、イエロー(Y)、マゼンタ(M)、シアン(C)、ブラック(Bk)各色のソリッドパターンの画像濃度をマクベス濃度計RD-914 (Adivision of Kollmorgen Corp. 製) を用いて測定することにより、画像濃度の濃さを各色共 ≥ 1.55 を目標値として、評価を行った。

さらに、画像を形成した受像紙をエポキシ樹脂で包埋し、ミクロトームで断面をカットした試験片を光学顕微鏡で観察し、色の違いから、昇華性染料の浸透の深さを測定した。

2.3.2 熱転写時のインクリボンとの離型性評価

インクリボンとの離型性については、プリンター試作機を用いて評価を行った。離型性の悪い受像紙は、特に全面に3色を重ね合わせた際に、インクリボンにはりついてしまうという現象が発生する。また、はりつきがひどくない場合でも、一部、受像紙がインクリボン側へ取られるので、画像のはぎとられた部分があるかないかで、容易に判定が可能である。

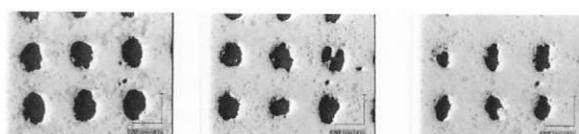
最終配合に近づくと、画像部分の評価だけでは判定に有意差がなくなってきたので、熱転写時の音の評価も行った。

評価の基準は、画像、バリバリ音共に問題ない場合を○、画像は問題ないがバリバリ音がする場合を△、画像欠陥あるいは、インクリボンとの融着が発生する場合を×とした。

2.3.3 溶融ワックスインクの付着性評価

付着性の評価についてはプリンター試作機を用いて行った。各種の溶融ワックスインクを使用した受像紙に、インクドットパターンを形成させ試験片を作製した。付着性の悪い場合は、ドットが欠けた状態になることから、ビデオマイクロスコープにより、ドットの欠けを目視で評価した。図5にドットの評価方法を示す。

評価の基準は、ドットの欠けが目立たない場合を○、一部ドットの欠けが目立つ場合を△、付着量が少なくドットが小さい場合を×とした。



目視評価：○ 目視評価：△ 目視評価：×

図5 ドットの評価方法

3. 結果と考察

3.1 昇華性染料の受容機能付与の検討

表1に、検討したベース樹脂の評価結果を示す。表1の結果から、酸価の高いポリエステル樹脂及び塩ビ/酢ビ共重合体樹脂は転写濃度が高いが、酸価の低いスチレン/アクリル共重合体樹脂は転写濃度が低いことがわかる。また、離型性については、塩ビ/酢ビ共重合体樹脂及びスチレン/アクリル共重合体樹脂が有効であり、ポリエステル樹脂ではインクリボンとの融着

表1 ベース樹脂の検討結果

樹脂種	特徴	Tg (°C)	溶融開始温度(°C)	酸価 (mgKOH/g)	SP値 ¹⁾	転写濃度			インクフィルム融着
						Y:イエロー	M:マゼンタ	C:シアン	
スチレンアクリルA		58.0	97.9	≤ 0.3	9.0	1.96	1.43	1.80	○
スチレンアクリルB	Aの高架橋	62.0	103.0	≤ 0.3	9.0	1.57	1.39	1.70	○
スチレンアクリルC	低分子多い	57.0	94.0	≤ 0.3	9.0	1.58	1.41	1.75	○
スチレンアクリルD	酸価あり	59.0	101.0	11~15	9.0	1.82	1.49	1.61	○
ポリエステルA	架橋タイプ	66.9	97.2	6.9	10~11	2.25	2.47	2.47	△
ポリエステルB	架橋タイプ 酸価大きい	66.0	97.5	19.3	10~11	評価できず:インクリボンとの融着激しい。画像濃度は各色2.0以上			×
ポリエステルC	線状、酸価なし	53.0	67.5	なし	10~11	1.58	1.45	1.68	×
ポリエステルD	線状、酸価あり	53.8	80.0	8.9	10~11	評価できず:インクリボンとの融着激しい。画像濃度は各色2.0以上			×
塩ビ/酢ビ*	低重合度	65.0	96.4	—	9.4~9.7	2.18	2.32	2.15	○(黄変)

SP値: Solubility parameter δ (cal/cm³)^{1/2}

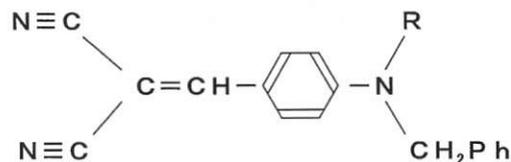
が見られた。これは、昇華性染料では、図6に示すように、誘電分極した分子構造をしており、図7に示したベース樹脂の塩素やカルボキシル基などの極性基へクーロン力により引き寄せられるためと推測される。さらに、これらの系では、図8に示すように、染料の浸透性においても効果が認められた。

スチレン/アクリル共重合体樹脂では、インクリボンとの離型性は良好であるが転写濃度が低い。これは、スチレン成分の比率が半分以上占めているため、ポリエステル樹脂に比較して極性基が少なく、染料の浸透性が劣ったためと考えられる。

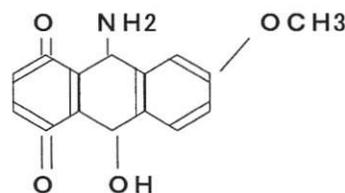
表1の結果から、昇華性染料の浸透性及びインクリボンの離型性の面で、塩ビ/酢ビ共重合体樹脂が良好であったが、加熱による黄変と粉碎性が悪いこと、また、ダイオキシンによる環境面の問題が考えられるため、塩ビ/酢ビ共重合体樹脂と同程度の浸透性を示すポリエステル樹脂をベース樹脂として選択した。

しかし、ポリビニルアセトアセタールやポリエステル樹脂等から形成されているインクリボンのSP値が10~11とポリエステル樹脂に近似していることから、熱転写時にインクリボンとの融着現象が見られた。

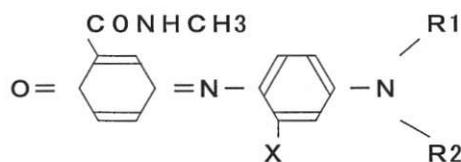
しかしながら、ポリエステル樹脂の種類によって、インクリボンとの融着に程度の差が見られた。これは、その架橋構造に依存すると考えられ、線状ポリエステル樹脂よりも、架橋ポリエステル樹脂をベースに他の



イエロー：スチリル系イエロー色素



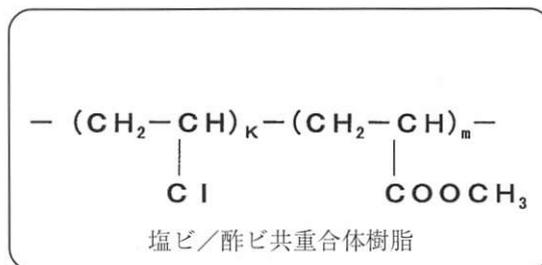
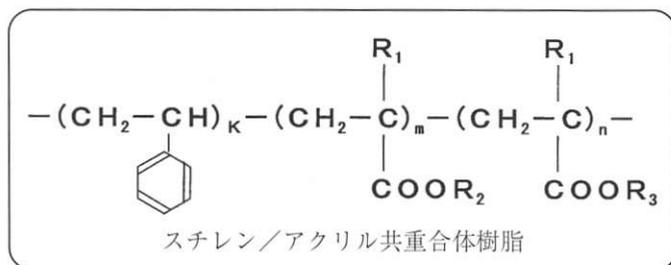
マゼンタ：アントラキノン系マゼンタ色素



X=H、CH3

シアン：インドアニリン系シアン色素

図6 昇華性染料の代表的な分子構造²⁾



		酸成分	アルコール成分
ポリエステル樹脂	A	<p>トリメリット酸</p>	<p>上記タイプのアルコール</p>
	B	<p>テレフタル酸</p>	<p>テレフタル酸 ビスフェノールA等の芳香族ジオール、脂肪族ジオール、多価アルコール</p>

図7 ベース樹脂の分子構造

添加剤を併用することにより、インクリボンとの離型性を向上させる検討を行うこととした。

3.2 インクリボンとの離型性向上の検討

昇華性染料を含有するインクリボンと受像紙は、基本的には同様の材料が用いられるので、熱転写時にインクリボンとの融着現象が発生する。従って、ベース樹脂の選定においては、架橋構造を有し、リボンフィルムとの融着の少ない樹脂を選択した。この選定したベース樹脂を基に他の添加材料との併用で離型性の向上について検討を行った。

その結果、インクリボンと接触する受像紙の最表面に存在するシリカに離型機能を付与するために、疎水化シリカで受像紙表面を覆うことにより、インクリボンとの離型性を向上させることが出来た。この場合、表2に示すように、シリカの添加量の好適範囲としては、6～8PHRである。しかしながら、図9に示すように、シリカの被覆には欠落箇所が見られる。そのため、離型性を補う手段として、インクリボンとの離型性に優れたスチレン／アクリル共重合体樹脂を用いて、図10に示すTEM観察に見られるように、ポリエステル樹脂と海島構造を形成させることにより、インクリボンと受像紙間の接触面積を減少させる策をとった。

図11に、ポリエステル樹脂の比率と転写濃度及び離型性との関係を示す。この結果から、ポリエステル樹脂とスチレンアクリル共重合樹脂の比率としては、画像濃度、インクリボンとの離型性の評価が○となるポリエステル樹脂：スチレンアクリル共重合樹脂が3:1となる比率を選択した。

これらの結果より、粉体塗料に昇華性染料を浸透させる機能を維持しながら、インクリボンとの離型性を向上させることが出来た。

3.3 溶融ワックスインクの付着性向上の検討

文字部の鮮明さの改良にあたっては、制約条件として、ベース樹脂は変更しない、また、他の材料についても大幅な変更は出来ないことから、受像紙の最表面層を支配するシリカに着目した。

まず、昇華型受像紙用として完成させた配合を用いて、溶融ワックスインクの付着度合いを調べた結果、溶融ワックスインクは、受像紙表面に付着することがわ

表2 HMDS 表面処理シリカの添加量と離型性の関係

	添加量 ペ-ス100PHR	離型性評価 画像欠陥	他の不具合	総合評価
1	2 PHR	×	スプレ-時、詰まる	×
2	4 PHR	○～△	なし	△
3	6 PHR	○	なし	○
4	8 PHR	○	なし	○
5	10PHR	○	紙への定着不良	×

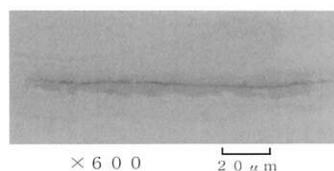
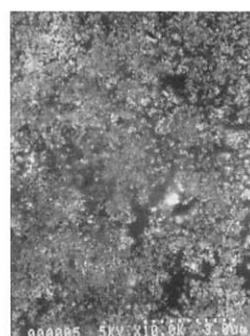
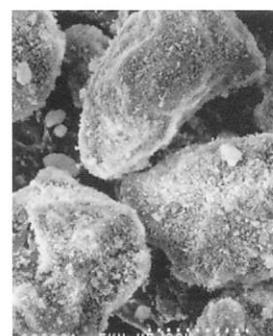


図8 光学顕微鏡による昇華性染料の浸透性評価

昇華染料：M（マゼンタ）
浸透深さ：1.0～1.3ミクロン



塗工紙表面
倍率：10000倍



定着前の粉体塗料粒子
倍率：5000倍

図9 SEM観察によるシリカの付着状態



図10 TEM観察による混練物での配合剤の分散
(倍率10000倍)

かった。従って、次のステップとして、インクドットを真円に近づけるための改良を行った。

表3に各種の表面処理されたシリカの特性と性能の関係、図13にはシリカ種と性能の関係を示す。

表3の結果から、溶融インクの付着性の点では、表面処理されていないシリカ（一般に親水性シリカと呼ばれる）やジメチルジクロロシラン（DMDS）で処理されたシリカがヘキサメチルジシラン（HMDS）で処理されたシリカに比べて良好な傾向が見られた。しかし、HMDSで処理されたシリカでも比表面積が小さく、かつ、粒径が大きく、分布がブロードな場合、付着性が良好であることがわかった。

一方、親水性シリカやDMDSで処理されたシリカを用いた場合は、インクリボンとの離型性を悪化させることがわかった。HMDSで処理されたシリカを用いた場合には、インクリボンとの離型性の点で、特に問題となることはなかった。

これらの結果より、HMDSで処理したシリカを用いることにより、溶融ワックスインクのドットの欠けが目立ちにくくなり文字部の鮮明さを改良出来た。これは、上記した対策により、シリカ層中への溶融ワックスインクの浸透性が向上したことによると考えられる。

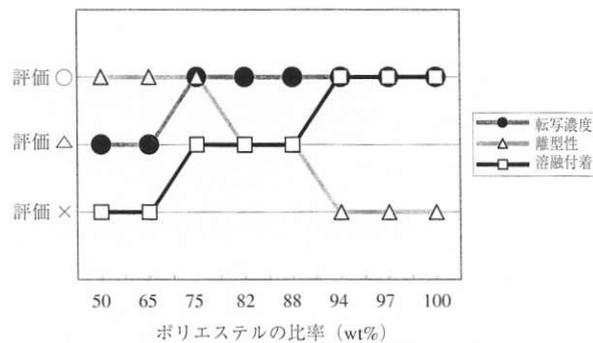
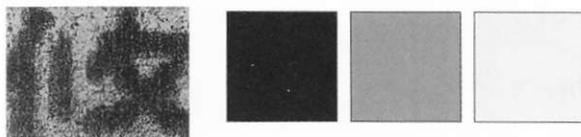
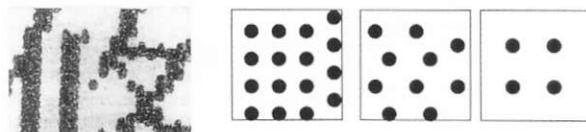


図11 ポリエステル樹脂/スチレンアクリル共重合樹脂の比率と転写濃度及び離型性との関係



染料の拡散により、濃淡を表現する昇華性染料

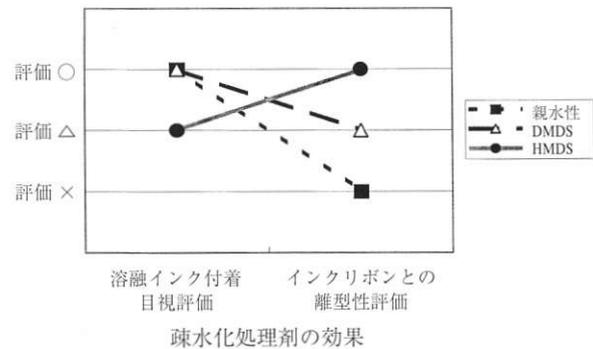


ドット数により、濃淡を表現する溶融インク

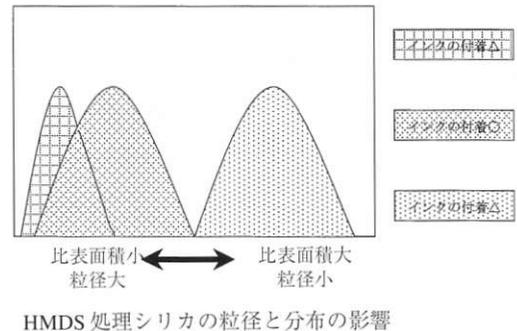
図12 昇華と溶融、文字の鮮明さの違い

表3 シリカ種(疎水化処理剤、及び比表面積)の特性値と性能の関係

シリカ種類	特徴 1次粒子径 (nm)	疎水化 処理剤	BET 比表面積 (m ² /g)	溶融インク 付着評価 目視	インクリボン との 離型性
ブランク	12	HMDS	200±30	△	○
A	12	なし	200±25	○	×
B	15	HMDS	120±20	△	○
C	13	DMDS	170±30	○	△
DS	16	HMDS	140±30	○	○



疎水化処理剤の効果



HMDS 処理シリカの粒径と分布の影響

図13 シリカ種と性能の関係

4. 結 論

昇華性染料の浸透性については、架橋ポリエステル樹脂を用いることにより、また、インクリボンとの離型性については、HMDSで処理された微細シリカとポリエステル樹脂及びスチレン／アクリル共重合体樹脂を用いて海島構造とすることにより解決出来た。さらに、溶融ワックスインクの付着性については、粉体塗料の表面に存在するシリカの粒径を大きく、かつ、粒度分布を広くすることにより、当初の目的とした昇華型と溶融型を両立させたマット調受像紙用白色粉体塗料を開発することが出来た。

5. 今 後 の 課 題

本研究では、昇華型と溶融型の長所に加え、これまでにない新しいタイプの塗工紙を開発したが、画像濃度の点では、溶剤塗工紙に比べて若干劣る傾向が見られた。

次のステップにおいては、画像濃度の向上を最重要課題とした白色粉体塗料の開発を行いたい。

6. 謝 辞

白色粉体塗料の実機での評価、ならびに昇華型と溶融型の両立等の設計に関して、パイオニア株式会社総合研究所の開発メンバーの方々のご協力を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

[引用文献]

- 1) 日本化学会編：化学便覧応用編 改訂3版（丸善）（1980），p.764.
- 2) 大河原 信，松岡 賢，平嶋 恒亮，北尾 悌次郎：機能性色素、講談社サイエンティフィック（1992）.



新居 俊男

Toshio ARAI
1987年 入社
中央研究所

エンジン補機ベルト駆動系の動的挙動シミュレーション —ベルト縦振動予測—

Dynamic Behavior Simulation of Belt Drive System for Auxiliary Machines of an Automotive Engine — Prediction of Longitudinal Vibration on V-ribbed Belts —

高橋 弘好*¹

城戸 隆一*¹

永谷 修一*²

犬飼 雅弘*³

Hiroyoshi TAKAHASHI

Ryuichi KIDO

Syuichi NAGAYA

Masahiro INUKAI

An analytical method to predict the longitudinal vibration which arises on V-ribbed belts by rotational fluctuation of automotive engine has been developed. By combining beam elements, inertia elements and rigid body elements, a belt drive system with an auto-tensioner for auxiliary machines of an automotive engine was modeled using FEM. Even in the condition of such large rotational fluctuation as to lead to finite slippage between belt and pulleys, a good agreement between numerical and experimental results was observed. Also some numerical simulations were performed.

1. 緒 言

補機ベルトは、エンジンの回転変動によって縦振動を受け、この縦振動に起因する張力変動により補機ベルトの疲労が促進されたり、補機プーリと補機ベルトとでスリップが発生し、補機ベルトで摩耗が発生したりする。このような張力変動を低減するためにテンションが用いられているが、エンジン特性や補機レイアウト、補機負荷など多くの複雑な要因が作用し、正確に縦振動挙動を予測することは難しく、多くの確認実験を必要としている。この補機ベルトに発生する縦振動を予測する手法として、Runge-Kutta法などによる数値解析の研究事例^{1),2)}があるが、複数の補機プーリを持つ複雑な補機レイアウトにおいて、微分方程式を求めることは困難である。また、形状を作成して挙動をシミュレートしているわけではないので、弦振動のような形状に依存する影響を解析上で再現するのは難しい。

そこで、レイアウト形状をモデル化し、補機特性・負荷や回転変動を考慮しながらベルトを回転させるといふ、実際に近い動きがシミュレート可能なFEM解析手法を開発した。本報では、比例減衰乾式オートテンションを含んだエンジン補機ベルト駆動系において、本解析手法の精度検討を行ったので報告する。

2. 解 析 モ デ ル

2.1 解析モデル

解析は、比例減衰乾式オートテンション、オルタ

ネータ、アイドラプーリで構成された、図1に示すような模擬レイアウトを対象に行った。このレイアウトを図2のようなFEM解析モデルに変換した。各構成部は表1のような要素でモデル化した。ベルトと各プーリ間には接触を定義し、摩擦力にて駆動するモデルとした。

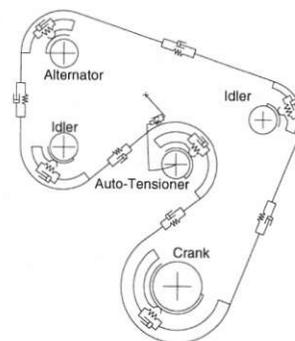


Fig.1 Dynamics Model

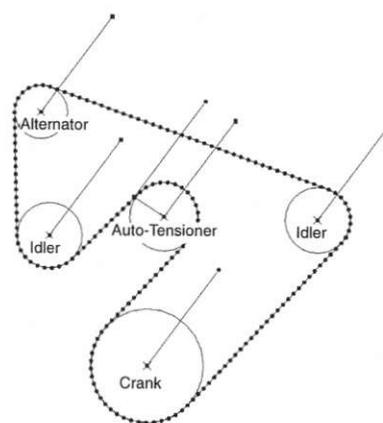


Fig.2 FEM Model

*¹ 中央研究所

*² 伝動事業部

*³ 伝動技術研究所

Table 1 Element Type Used in FEM Model

No.	Parts	Element
①	Belt	Beam
②	Pulley	Rigid Surface
③	Shear Stiffness of between Belt and Pulley	Beam
④	Rotary Inertia	Point Inertia
⑤	Property of Auto-Tensioner	Beam

- ① 補機駆動ベルト 補機ベルトは矩形断面のはり要素にてモデル化した。補機ベルトは、面内の長手方向で非常に剛性が高く、面外方向には小さい剛性しか示さない。よって、引張剛性と曲げ剛性を両立するために、はりの断面形状を非常に薄いものとした。
- ② 補機プーリー 補機プーリーは、剛体によりモデル化した。補機プーリーの外径は、補機ベルトがプーリーに巻き付いた状態での心線位置とした。
- ③ 補機ベルト-補機プーリー間のせん断剛性 補機ベルト-補機プーリー間のせん断剛性とは、補機ベルトが補機プーリーに巻き付いたとき、補機ベルトの心線と補機プーリーに挟まれた補機ベルトのリブ部のせん断剛性を表す。これは本来Vリブドベルトである補機ベルトを矩形断面のはり要素、つまり平ベルトでモデル化しているために必要になった特性である。これを表現するために、プーリー中心から紙面垂直にはり要素を設定した。はり要素の形状は、ねじりばね定数と縦弾性率が同値になるように設定し、ねじりせん断歪み-ねじりトルクの関係と円周部のせん断歪み-荷重の関係が同じになるようにした。
- ④ 補機慣性モーメント ここでの補機慣性モーメントは、補機、プーリーおよび軸を含む慣性モーメントを1つの慣性要素で表現したものである。
- ⑤ オートテンシヨナ減衰特性 比例減衰乾式オートテンシヨナは、ばねと摩擦摺動によって図3のような摩擦減衰特性を示す。オートテンシヨナには、③と同じようにテンシヨナ回転中心から紙面垂直にはり要素を設定し、図3の斜線部分を図4のような降伏後も弾性を持った塑性を材料特性として与えることにより代用してモデル化した。

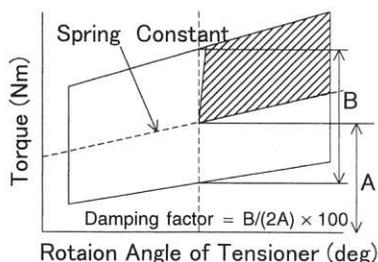


Fig.3 Damping Property of Tensioner

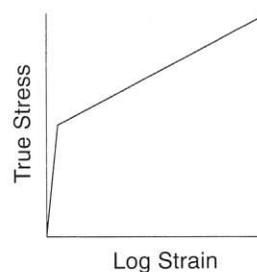


Fig.4 Elasto-Plastic Property of Tensioner

2.2 解析条件

解析対象ベルトは6リブのVリブドベルトとした。クランク回転数は1000 ± 50rpm、± 150rpm（変動率では±5%、±15%）の2水準である。後述の検証実験データを解析に入力し、プーリーを回転させながら解析を行った。

2.3 解析手順

以下のような手順で解析を行った。ただし、①～④は静解析、⑤のみ動解析を実施した。

- ① 補機プーリーおよびテンシヨナプーリーをレイアウト形状に配置し、補機ベルトを補機プーリーのレイアウト形状に配置する。
- ② オートテンシヨナに強制変位を与え、補機ベルトに初期張力を負荷する。（図5(a)）
- ③ クランクプーリーに180°以上の強制回転変位を与え、摩擦のために補機プーリー上で不均一となっている補機ベルトの張力を一定にする。（図5(b)）
- ④ オルタネータプーリーに一定の負荷トルクを付与する。（図5(c)）
- ⑤ クランクプーリーを0→1000rpmまで一定加速度にて増速し、その後は後述の検証実験での実測角速度履歴を与えた。

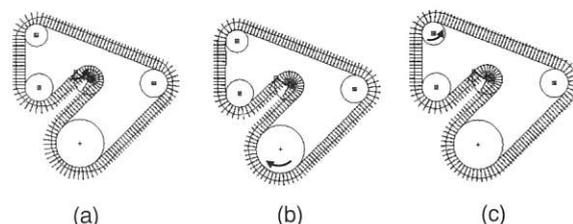


Fig.5 Analysis Procedure at Each Simulation Step

3. 検証実験

解析結果を検証するために、実験を行った。回転数は電磁ピックアップにて測定し、オートテンシヨナの変位はレーザ変位計にて測定した。補機ベルト張力はプーリーに歪みゲージを貼り付け、歪みゲージの歪み量から補機ベルトの張力を算出した（図6参照）。実験条

件および補機ベルト、補機プーリ、テンショナの主要諸元を表2に示す。

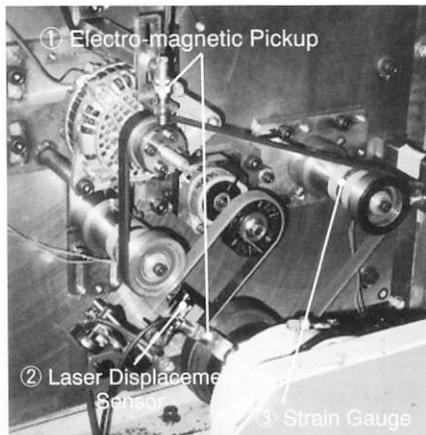


Fig.6 Experimental Layout

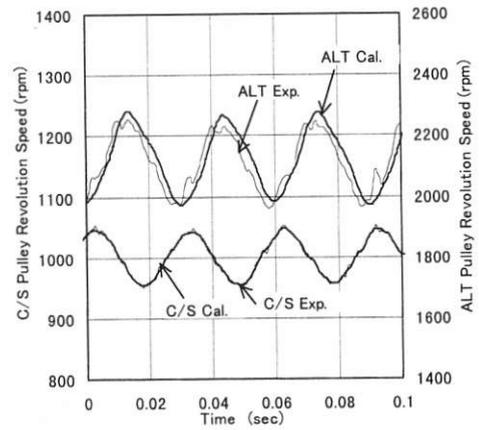
Table 2 Experimental Condition

Item	Value
Angular Velocity	1000 ± 50rpm
	1000 ± 150rpm
Alternator load	40A
Tensioner Spring Constant	0.54Nm/deg
Tensioner Damping Factor	20%

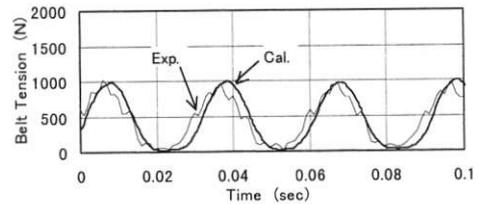
4. 解析結果の検証

クランク回転数が1000 ± 50 rpm (± 5%)での動解析結果と試験結果の比較を図7に示す。(a)はクランクプーリ(C/S)およびオルタネータ(ALT)の回転数、(b)は張側張力、(c)はオートテンショナプーリの変位である。

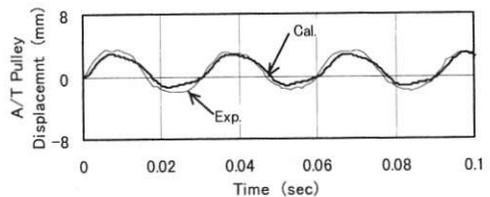
オルタネータプーリ回転数の結果では、わずかな位相差があるものの、解析結果は精度よく実験結果を再現することができている。この条件でのオルタネータプーリにおけるスリップ率は0.05% (実験値)とほとんど滑らない状態である。ベルト張力においても、オルタネータプーリ回転数での解析結果と同様に、精度良く実験結果を再現することができている。オートテンショナプーリの変位では、解析結果で振幅が実験結果より多少小さくなっているが、解析精度としては問題がない程度である。このように回転変動が小さく、スリップが発生していない状態において、この解析方法は、補機ベルト、補機プーリ、オートテンショナの挙動を予測するのに十分な精度を有していることが分かった。



(a) Revolution Speed



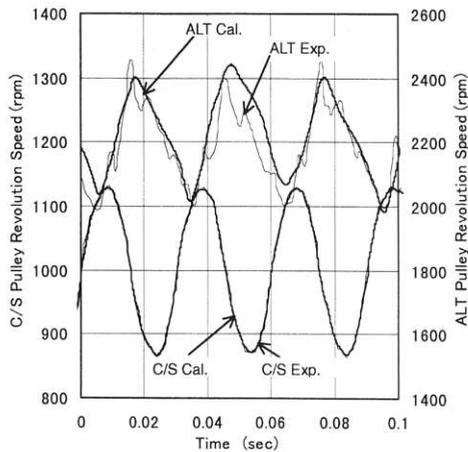
(b) Belt Tension



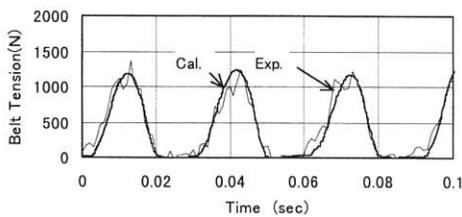
(c) Displacement of Tensioner Pulley

Fig.7 Comparisons between Numerical and Experimental Results (Rotational Fluctuation ±5%)

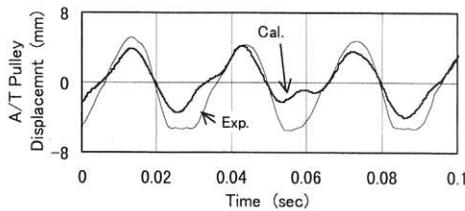
クランク回転数が1000 ± 150 rpm (± 15%)と回転変動が大きくなった場合の解析結果を図8に示す。変動が小さいときと比較して、解析精度は悪くなっているが、回転数では、オルタネータの回転波形をほぼ忠実に再現できている。この条件でのオルタネータプーリにおけるスリップ率は3.7% (実験値)と、図6で示した結果より、かなり補機ベルトと補機プーリの間でスリップが発生している状態である。また、ベルト張力においても、解析は実験を忠実に再現することができている。このように回転変動が大きく、スリップが発生している状態においても、この解析方法は、補機ベルト、補機プーリ、オートテンショナの挙動を予測するのに十分な精度を有していることが分かった。



(a) Revolution Speed



(b) Belt Tension



(c) Displacement of Tensioner Pulley

Fig.8 Comparisons between Numerical and Experimental Results (Rotational Fluctuation $\pm 15\%$)

次に、数値実験としてオートテンショナのばね定数、ダンピング係数を変量して解析した結果を図9および10に示す。

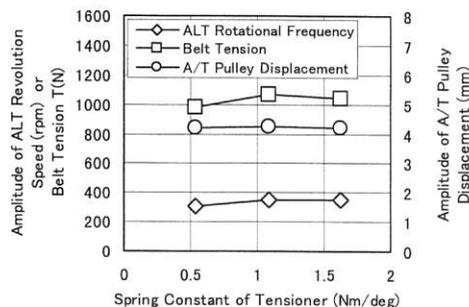


Fig.9 Relationship between Spring Constant of Tensioner and Numerical Results

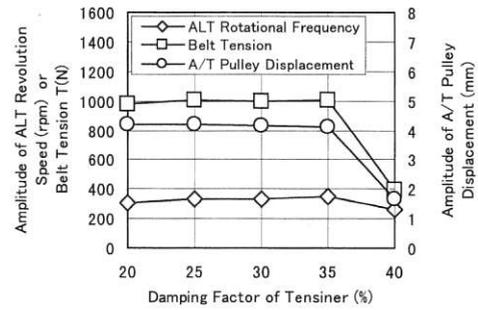


Fig.10 Relationship between Damping Factor of Tensioner and Numerical Results

この結果から、今回の解析対象としたレイアウトにおいて、補機ベルトに発生する張力変動を低減するためには、表2に示したオートテンショナ条件からばね定数を変更するのではなく、ダンピング係数を40%程度まで大きくすることが必要であると考えられる。

このように、本解析手法はオートテンショナ減衰特性の設計や、レイアウトの縦振動挙動の評価ツールとして使用できることが分かった。そして、横振動など解析上で十分に再現できていない点を考慮することにより、今以上の解析精度が得られるものと考えられる。

5. 結論

FEMを用い、補機駆動系に発生する縦振動を解析できるシミュレーションを開発した。このシミュレーションは、補機ベルトと補機プーリ間にスリップが発生するような大きな回転変動まで解析することができるとともに、オートテンショナやベルトの設計ツールとして用いることのできる精度を有していることがかった。

[付記]

(口頭発表：自動車技術会2000年春季学術講演会、2000年5月)

[引用文献]

- 1) 栗栖徹：エンジン補機Vベルトスリップ挙動のシミュレーション，自動車技術会学術講演会前刷集 No.976，p.173.
- 2) S. J. Hwang 他：Rotational response and slip prediction of serpentine belt drive systems, ASEM.DE Vol.62 P1-7



高橋 弘好
Hiroyoshi TAKAHASHI
1994年 入社
中央研究所



城戸 隆一
Ryuichi KIDO
1974年 入社
中央研究所



永谷 修一
Syuichi NAGAYA
1990年 入社
伝動事業部



犬飼 雅弘
Masahiro INUKAI
1983年 入社
伝動技術研究所

短繊維強化ゴムのアブレシブ摩耗と力学的性質の相関

The Relationships Between Specific Wear Rates Concerning Abrasive Wear Condition and Mechanical Properties of Short Fiber Reinforced Rubber Composites

和田 法明*¹

福永 健一*²

内山 吉隆*³

Noriaki WADA*¹

Kenichi FUKUNAGA*²

Yoshitaka UCHIYAMA*³

Abrasive wear rates and mechanical properties of short fiber reinforced chloroprene rubber composites (SFRR) were examined, respectively, in the longitudinal (L), transverse (T) and normal (N) directions of the oriented fibers to study their relationships. By decreasing the product of tensile strength at break, and by elongation at break, the wear rate decreased. These results did not coincide with the report of their relationships by Ratner. Therefore, the contribution of the factors of specific wear rate (K) was analyzed by multiple regression analysis. The resulting relationship is given by the equation $K = (\mu)^{1/3} / \{(M_5)^{1/2}(k_s)^{2/3}\}$, where μ , M_5 and k_s are friction coefficient, 5% modulus and spring constant, respectively.

1. 緒 言

ゴムの摩耗と力学的性質の関係については、過去にいくつかの研究がある。例えば、Williams¹⁾はデュボン式摩耗試験機²⁾を用い、引張強さの大きいものほど耐摩耗性のよいことを示し、Buist³⁾らは引張強さと硬さの高いものほど耐摩耗性のよいことを報告している。また、Lancaster⁴⁾やGiltrow⁵⁾は、高分子材料のアブレシブ摩耗については、その破壊エネルギーや凝集エネルギーに比例するとしている。さらに、Ratner⁶⁾らは高分子材料のアブレシブ摩耗時における摩耗体積Vは、 $V = k\mu WL/H\sigma\varepsilon$ (ここで、 μ : 摩擦係数、W: 荷重、L: 摩擦距離、H: 硬度、 σ : 破断強度、 ε : 破断伸び) の関係があると報告している。しかし、短繊維強化ゴム (Short Fiber Reinforced Rubber, 以下SFRRと略記する) に関してはこれまでにこのような報告はない。SFRRは短繊維の配向方向により異方性を有するため、もしSFRRでこのような関係を調べようとすると、図1に示すようなN, L, Tの3つの配向方向における耐摩耗性と力学的性質を調べ、その相関を検討する必要がある。しかし逆にいえば、異方性を有する故に摩擦・摩耗時のどういう力が摩耗に関係するかを分離して検討できることとなる。そこで、本報告では、3つの配向方向における両者の関係を調べることにより、アブレシブ摩耗時に働く力を推定し、Ratnerの式の検証と、新しい実験式を導くことを目的とした。

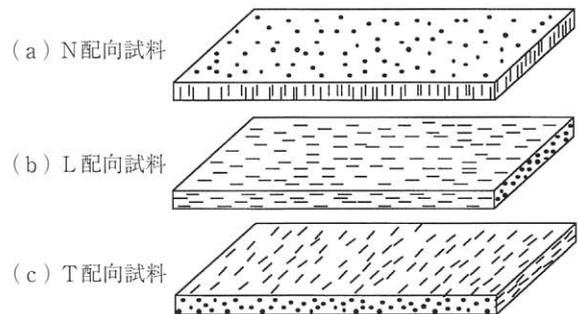


図1 SFRR配向方向の定義

2. 実験方法及び試料

SFRR試料としては表1に示すCRマトリックスゴムに、表2に示すポリアミド短繊維 (長さ3mm、径27 μ m) をそれぞれ5, 10, 15 vol.% 充てんしたもの3種類と、メタアラミド短繊維 (長さ3mm、径14 μ m) をそれぞれ5, 10, 15, 20 vol.% 充てんしたもの4種類を用いた。それぞれのSFRRについて、N, T, Lの3つの配向方向に摩擦・摩擦特性と種々の力学的性質を測定した。

表1 マトリックスゴムの配合

	CRマトリックスゴム
クロロプレンゴム*	100 phr
カーボンブラックN550	40
可塑剤DOS	6
酸化亜鉛	5
酸化マグネシウム	4
老化防止剤AD	4
老化防止剤TD	0.5

*スカイブレンR-10(東ソー(株))

*¹ 中央研究所

*² 伝動技術研究所

*³ 金沢大学工学部

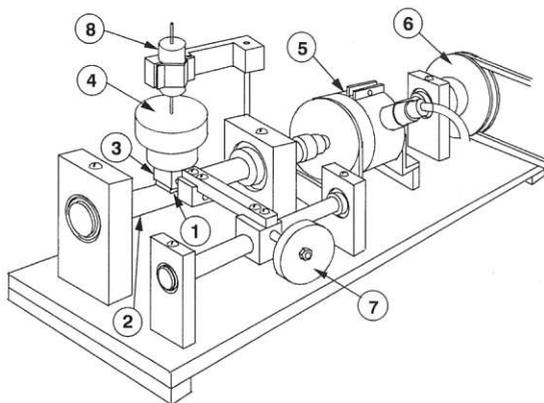
表2 SFR Rの配合 (vol.%)

	CA-5	CA-10	CA-15	CB-5	CB-10	CB-15	CB-20
CRマトリックスゴム	95	90	85	95	90	85	80
ポリアミド短繊維 (L=3mm, Φ=27μm)	5	10	15				
メタアラミド短繊維 (L=3mm, Φ=14μm)				5	10	15	20

摩耗の測定には図2に示すピン・シリンダー型の摩擦・摩耗試験機を用いた。φ25mmのシリンダー②に巻き付けた研磨紙とSFR R試料(試料断面:6mm×6mm)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磨紙を巻き付けた。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SFR R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の傾きから比摩耗量(単位摩擦距離、単位荷重あたりの摩耗体積)を測定して、摩耗の特性値とした。

試料は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0/0番エメリー紙よりくら型に当たりだしを行った。当たりだしののち、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



(1) SFR R specimen, (2) Cylinder wrapped with abrasive paper, (3) Specimen holder, (4) Weight, (5) Torque meter, (6) Pulley, (7) Balance weight, (8) Linear differential transformer

図2 摩擦・摩耗実験装置

ルコールをしみこませた不織布で軽く拭き取り、摩耗粉やその他の付着物を取り除いた。十分乾燥させたのち、30分間測定荷重下(9.8N)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位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。評価した荷重Wは9.8N(接触圧力p=0.272MPa)、摩擦速度はv=10cm/sである。また相手面の研磨紙としては、JIS R 6253に規定された炭化ケイ素質のCC#100、CC#240、CC#500、CC#1500の合計4種類の耐水研磨紙を用いた。これらの研磨紙のあらさは、CC#1500については中心線平均あらさがRa=2.5μm、十点平均あらさがRz=19.6μmであった。またCC#500はRa=6.8μm、Rz=41.9μm、CC#240はRa=13.4μm、Rz=86.4μm、CC#100はRa=22.4μm、Rz=132.4μmであった。図3には各測定の最大あらさRmaxと負荷率のデータから求めたアボットの負荷曲線を示す。

摩耗と摩擦以外の力学的性質としては、Ratnerの式のH、σ、εの3つの特性と5%伸長モデュラスM₅、引裂き強さTR、圧縮弾性率k_sを調べた。硬さHはJIS K6253に、σ、εとM₅はJIS K6251に、TRはJIS K6252に規定された方法で測定した。圧縮パネ定数は(株)東京衡機製造所製高サイクル型疲労試験機を用いて30×30×30mmのキュービック試料を10mm/minの速度で圧縮することにより測定した。評価を行うSFR Rの各配向試料は図1に定義するN、L、Tの3つの配向試料に対し、長手軸方向を摩擦方向と仮定してそれとの相関をみるために、σ、ε、M₅に対する伸長は長手軸方向(L方向)に行い、Hとk_sの評価に対する圧縮は垂直方向(N方向)に行った。またTRは長手軸方向に亀裂が進展するように引裂いた。

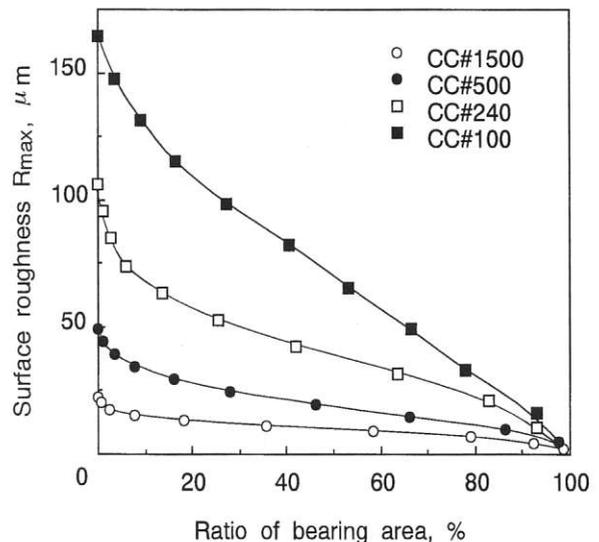


図3 アボットの負荷曲線

3. 結果と考察

3.1 摩耗・摩擦特性及びその他の力学的性質

表3には、CA-5, CA-10, CA-15, CB-5, CB-10, CB-15, CB-20, の7種類のSFRRのN, L, Tの各配向試料についての摩耗・摩擦特性と力学的性質の測定結果を示す。摩耗・摩擦特性は前述したように、CC#100, CC#240, CC#500, CC#1500の4種類の耐水研磨紙を相手材として用いた。またCRマトリックスゴムの摩耗・摩擦特性と力学的性質もあわせ示した。SFRRは繊維の配向方向に強度、弾性率が高く、伸びが小さいという高度に異方性を示していることがわかる。また短繊維量が多いほどその傾向が高くなる。

3.2 SFRRの耐摩耗性に及ぼす充てん短繊維量と繊維配向の影響

図4(a),(b)には耐水研磨紙CC#240で摩擦させた時のSFRRの各繊維配向における充てん量と定常状態の比摩耗量、摩擦係数の関係を示した。図4(a)はポリア

ミド短繊維の場合、(b)はメタアラミド短繊維の場合である。いずれの場合も充てん短繊維量が増すにしたがってSFRRの各配向による比摩耗量の差が大きくなっていることがわかる。これはN方向では繊維の脱落や切断が他の方向より生じにくい、充てん量が多いとその差が大きくなることに起因している。一方、摩擦係数は繊維量が増すほど減少するが、各配向による差はほとんどなかった。

3.3 SFRRの耐摩耗性に及ぼす充てん短繊維量と繊維配向の影響

図5(a),(b)には相手面あらさを変えて測定した繊維充てん量の異なるSFRRのN方向の定常時の比摩耗量及び摩擦係数を示す。図5(a)はポリアミド短繊維の場合、(b)はメタアラミド短繊維の場合である。比摩耗量はいずれの短繊維においても充てん繊維量が多くなるほど、また相手面あらさが細かくなるほど減少した。またあらさの違いによる比摩耗量の差は繊維量が多いほど大きくなった。これは研磨紙の表面あらさが短繊維

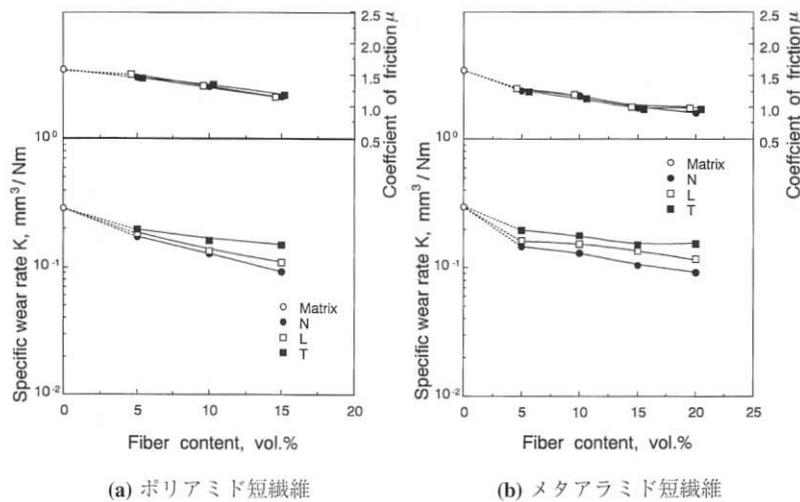


図4 SFRRの比摩耗量と繊維配向の関係

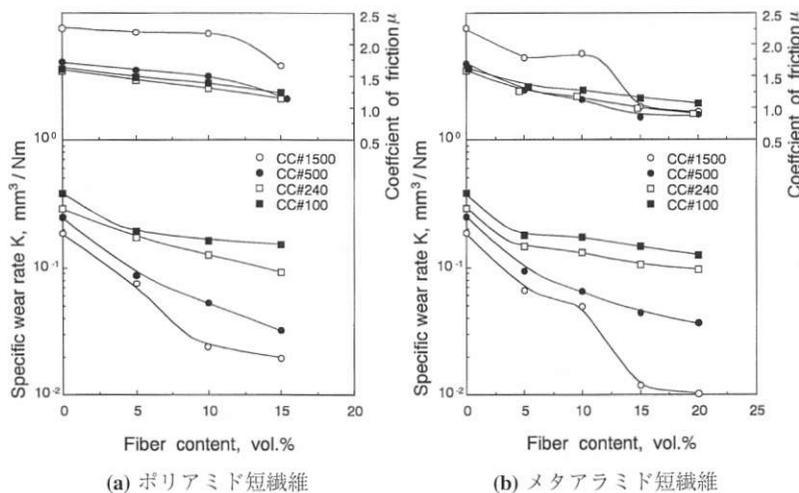


図5 SFRRの比摩耗量と充てん繊維量、相手面あらさの関係

表3 SFRFR及びCRマトリックスゴムの力学的性質

		SFRFR試料							マトリックスゴム	
		CA-5	CA-10	CA-15	CB-5	CB-10	CB-15	CB-20		
比摩耗量 ($\times 10^{-2} \text{mm}^3/\text{Nm}$) 相手面	CC#100	L	26.6	27.6	24.8	24.3	22.8	20.0	17.0	38.4
		T	34.0	38.4	29.2	31.1	33.2	27.6	26.1	
		N	16.6	16.4	15.2	17.8	17.4	14.5	12.3	
	CC#240	L	18.4	13.3	10.9	15.5	15.4	13.5	11.6	29.2
		T	19.7	16.1	14.9	19.7	17.8	15.2	15.5	
		N	17.2	12.5	9.13	14.5	13.0	10.4	9.61	
	CC#500	L	8.21	6.52	3.27	12.8	6.63	4.62	4.43	24.8
		T	16.1	9.87	5.71	11.8	10.0	6.30	5.41	
		N	8.30	5.29	3.18	9.36	6.52	4.40	3.63	
	CC#1500	L	7.70	3.67	2.12	6.09	5.89	1.69	1.67	18.7
		T	9.74	6.47	3.20	9.13	8.69	2.30	1.78	
		N	8.21	2.20	1.96	6.64	5.22	1.19	1.01	
摩擦係数 相手面	CC#100	L	1.45	1.36	1.31	1.39	1.22	1.12	1.07	1.62
		T	1.46	1.39	1.22	1.34	1.26	1.12	1.09	
		N	1.46	1.38	1.24	1.31	1.27	1.15	1.07	
	CC#240	L	1.49	1.32	1.15	1.29	1.20	1.00	0.99	1.58
		T	1.44	1.33	1.17	1.25	1.13	0.97	0.97	
		N	1.45	1.30	1.15	1.26	1.17	0.98	0.91	
	CC#500	L	1.49	1.41	1.11	1.36	1.16	0.97	0.95	1.70
		T	1.57	1.44	1.15	1.40	1.25	0.96	0.89	
		N	1.59	1.50	1.06	1.27	1.13	0.86	0.88	
	CC#1500	L	2.12	2.00	1.77	1.78	1.94	1.11	1.18	2.26
		T	2.01	1.78	1.41	1.50	1.90	0.99	0.99	
		N	2.20	2.17	1.66	1.74	1.86	1.01	0.93	
破断強度 (MPa)	L	13.6	16.9	20.5	11.4	21.2	24.9	34.1	24.0	
	T	12.4	11.2	9.8	12.4	10.5	9.8	10.2	25.0	
	N	13.1	10.9	10.5						
破断伸び (%)	L	242	44	39	230	26	25	22	450	
	T	285	284	209	250	165	133	60	460	
	N	294	260	225						
5% モデュラス (MPa)	L	1.63	5.28	5.92	1.95	7.17	8.36	12.8	0.7	
	T	0.77	1.05	1.58	0.88	1.60	1.67	1.78	0.6	
	N	0.82	1.23	1.78						
硬度 (デュロ A)	L	75	83	85	83	90	92	93	72	
	T	75	83	85	82	90	92	93		
	N	74	82	84						
引裂き強度 (N/mm) 切込みなしアングル形	L	41.6	41.0	41.2					63.0	
	T	44.0	49.3	60.3						
	N	39.9	32.5	31.6						
圧縮バネ定数 (N/mm)	L	610	890	940	615	1150	1180	1480	339	
	T	610	890	940	615	1150	1180	1480		
	N	1530	3260	4900	2130	6520	6940	8180		

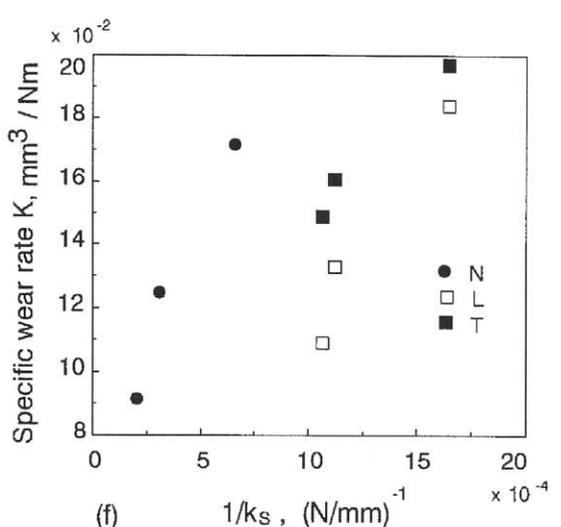
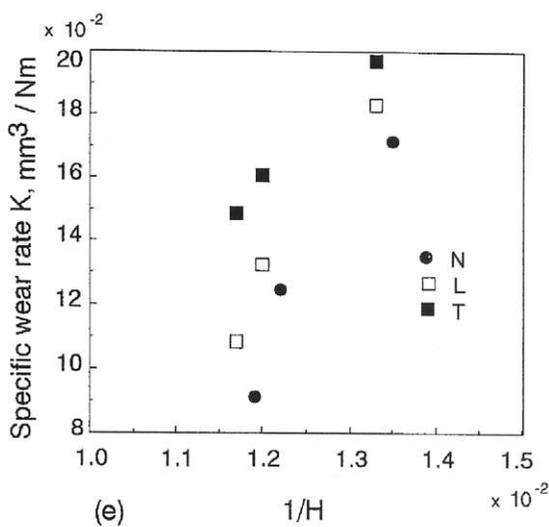
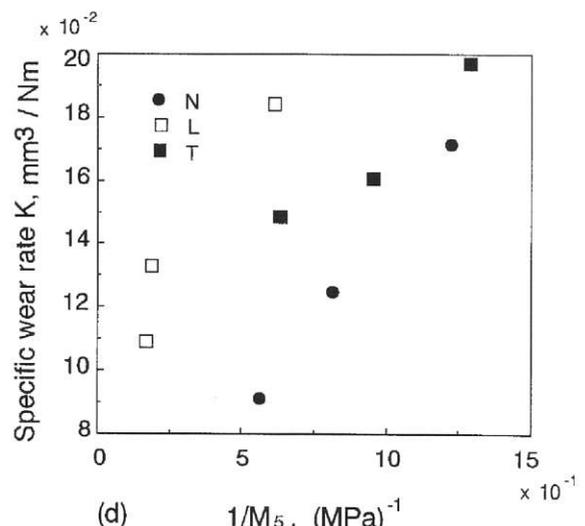
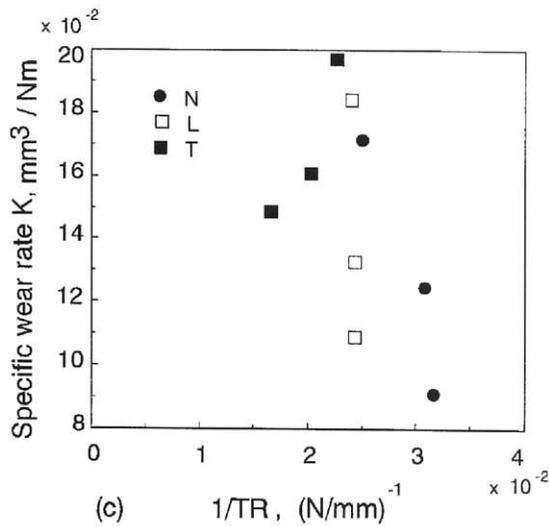
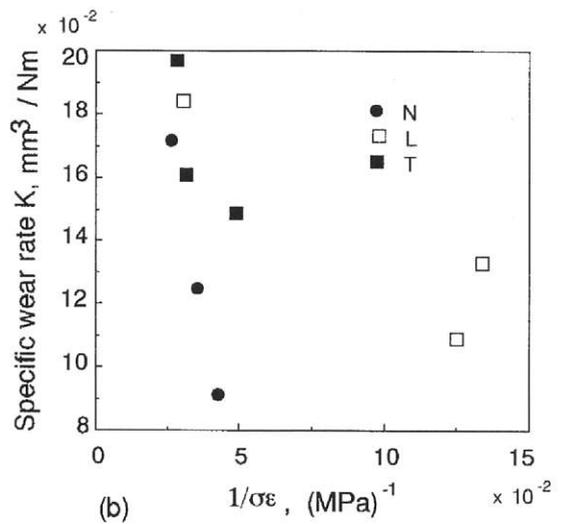
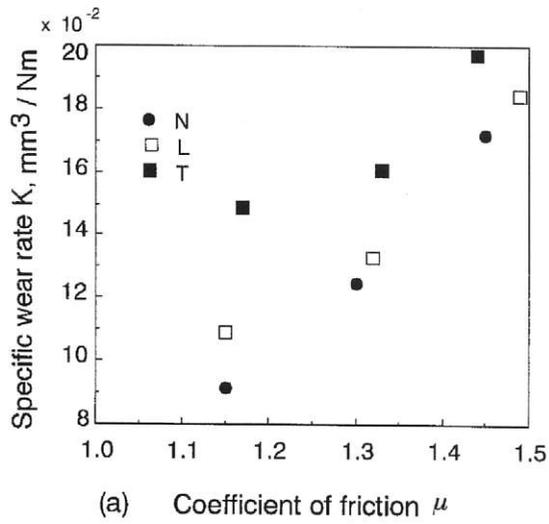


図6 SFR Rの比摩耗量と力学的性質の散布図

径よりもはるかに大きい場合は、短繊維がマトリックスゴムと一緒に掘られるような状態で摩耗していき、繊維の脱落も生じやすい。しかし、研磨紙のあらさが細くなるとそういう現象が減少して、繊維自身の耐摩耗性の寄与率が高くなることに起因している。

摩擦係数は充てん繊維量が多いほど減少した。また、相手面あらさの影響については中程度のあらさの時に極小値を示した。これはあらさがあらい場合はプラスチックと同様に掘り起こし摩擦力によりあらい方が摩擦係数が高くなるが、SFRRの場合は、ゴムのみときと同様に、あらさが細くなってくると相手研磨紙にゴムの移着が生じやすく逆に摩擦係数は上昇し、結果として中程度のあらさで極小値を示したと考えられる。特にCC#1500研磨紙の場合は他の研磨紙との差が大きかったが、充てん繊維量が多くなるとその差は小さくなった。

3.4 アブレシブ摩耗と力学的性質の相関

前述したように、Ratnerらは高分子材料のアブレシブ摩耗時における摩耗体積Vは、

$V = k\mu WL / H\sigma\epsilon$ の関係があると報告している。本研究では荷重Wと摩擦距離L一定時の摩耗体積、すなわち比摩耗量 $K(=V/WL)$ と μ 、 H 、 σ 、 ϵ の相関を検討した。また σ と ϵ の他に摩擦方向の変形や破壊抵抗を示す指標として M_5 やTRとの相関も検討した。さらにHと同じく摩擦方向と垂直の接触状況を表す指標として、 k_s についても相関関係の検討を行った。

図6(a)~(f)にはCA-5、CA-10、CA-15の3種類のSFRRの各配向試料計9種類について、耐水研磨紙CC#240を相手面として、摩擦速度10cm/s、荷重9.8N(接触圧力0.272MPa)で行ったときの比摩耗量と各力学的性質の相関散布図を示す。Ratnerの式で分母にく

る特性値については逆数をとって相関散布図を作成したので、各散布図はRatnerの理論では正の相関を示すはずである。しかし、図からわかるように、 $1/\sigma\epsilon$ (図6(b)参照)や $1/TR$ (図6(c)参照)は逆に負の相関となっている。また $1/H$ (図6(e)参照)は正の相関を示しているが、その相関関係は非常に弱いことがわかる。したがって、SFRRにおいては、Ratnerの式は成立しないことがわかる。しかし、図6をよくみてみると、SFRRのアブレシブ摩耗には、摩耗時のエネルギーを示す摩擦係数 μ (図6(a)参照)、摩耗時の摩擦方向の変形抵抗の指標となる5%伸長モデュラス M_5 (図6(d)参照)、摩耗時の接触状態の指標となる摩擦方向と垂直の圧縮弾性率 k_s (図6(f)参照)が影響していることがわかる。このことは、材料の破断時の指標である σ や ϵ は、SFRRの場合は母材のマトリックスゴムの破壊の指標となってしまう、一方SFRRの摩耗には母材よりも充てん繊維の影響が強いことに起因していると考えられる。

3.5 SFRRの比摩耗量と力学的性質の関係の実験式の作成

前項の結果より、SFRRの摩耗と力学的性質の相関についてはRatnerの式は成立しないことが明確になったため、新しい実験式の作成をこころみた。まず、CC#240を相手面として摩耗した場合の比摩耗量Kを目的変数、摩擦係数 μ 、5%伸長モデュラス M_5 、圧縮バネ定数 k_s 、硬さHを説明変数として、それぞれの対数値に対して重回帰分析⁷⁾を行い、これらの関係を検討した。(株)日本科学技術研修所製の解析ソフトJUSE-QCASを用いて解析した重回帰分析の結果と、そのときの分散分析表の出力結果を図7に示す。変数選択を $F_{IN}=2.0$ 、 $F_{OUT}=2.0$ で行った結果、硬さHは回帰式より

<回帰係数>

目的変数名	残差平方和	重相関係数	寄与率 R^2	R*^2	R**^2	残差自由度
LOG K	0.002	0.988	0.977	0.963	0.952	5
変数名	偏回帰係数	標準誤差	t 値	標準偏回帰	トレランス	
定数項	1.750	0.112	15.671			
LOG μ	0.830	0.242	3.435	0.333	0.492	
LOG M_5	-0.155	0.030	-5.178	-0.451	0.609	
LOG k_s	-0.212	0.029	-7.333	-0.610	0.668	

<分散分析表>

要因	平方和	自由度	分散	分散比	検定
回帰	0.095	3	0.0317	79.2	**
残差	0.002	5	0.0004		
計	0.097	8			

図7 重回帰分析の OUTPUT 結果

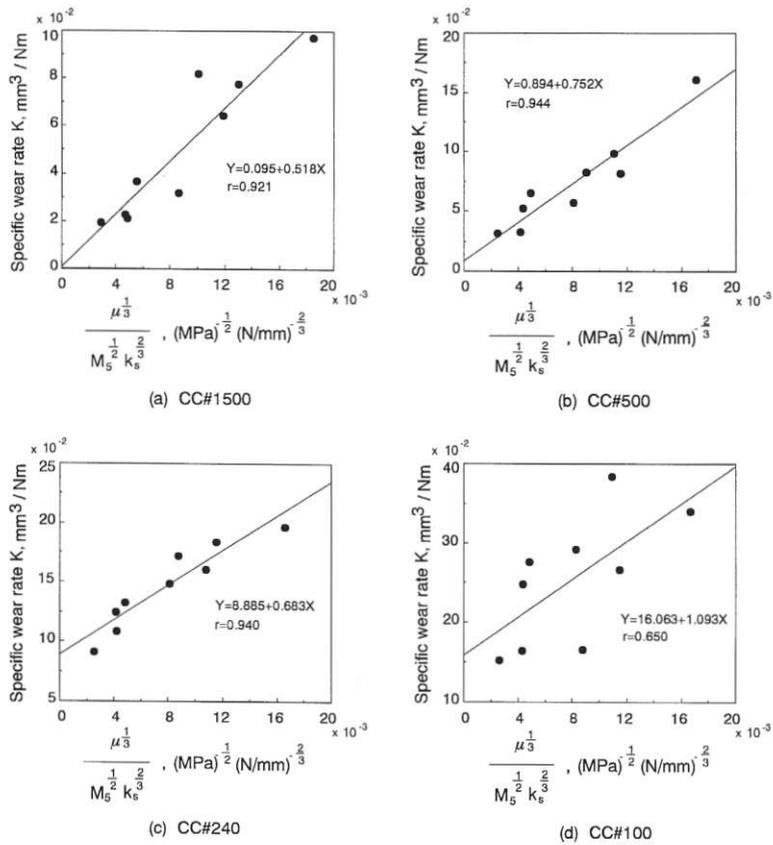


図8 実験式の検証(1) -- SFRR 3種類

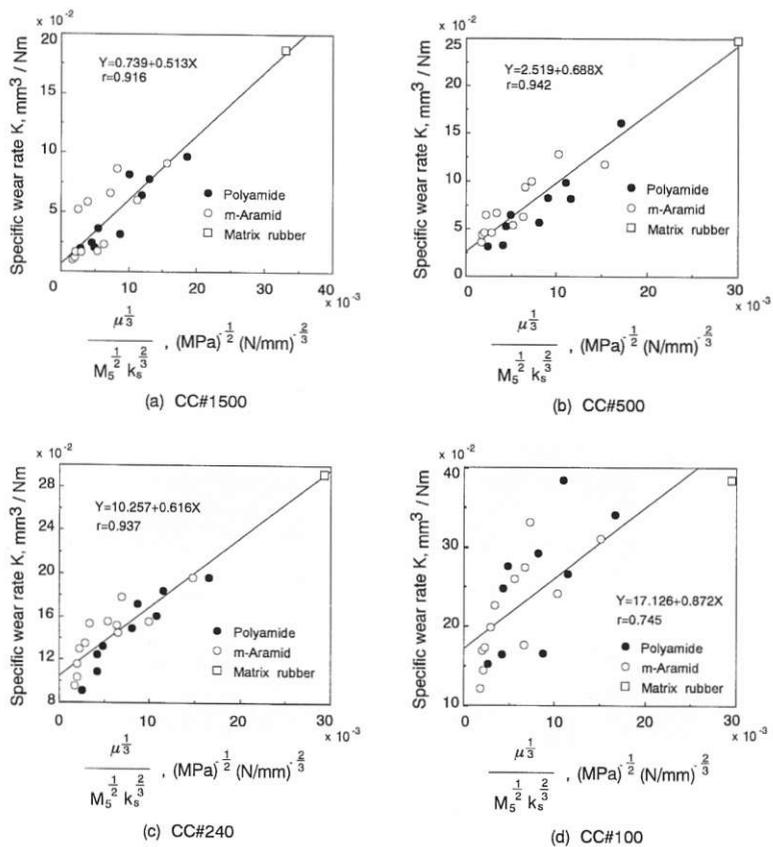


図9 実験式の検証(2) -- SFRR 7種類とマトリックスゴム

除外された。また多重共線性は生じず、重相関係数の値は $R=0.988$ であり良い相関を示した。

得られた標準回帰係数の値より、 μ については $0.333 \rightarrow 1/3$ 、 M_5 については $0.451 \rightarrow 1/2$ 、 k_s については $0.610 \rightarrow 2/3$ と係数を単純化させて、比摩耗量 K と μ 、 M_5 、 k_s の関係について次の式を仮定した。

$$K \propto \mu^{1/3}/(M_5^{1/2} \cdot k_s^{2/3}) \text{ —— (A)}$$

3.6 実験式の検証

前項で求めた実験式(A)の適合性について検証を行う。図8(c)には耐水性研摩紙CC#240を相手面としたときのCA-5、CA-10、CA-15の3種類のSFRRの各配向試料計9種類についての比摩耗量の実測値と、(A)式でその力学的性質から計算した値の散布図を示す。相関係数は $r=0.939$ であり、良い相関を示しているといえる。また、このときの最小二乗法による回帰式は、比摩耗量の実測値を Y 、(A)式の右辺から求めた値を X として、 $Y = 8.885 + 0.683X$ となった。

次に式(A)を用いて、耐水研摩紙CC#100、CC#500、CC#1500を相手面にしたときの比摩耗量の実測値と計算値の関係も検討した。その相関散布図を図8(a),(b),(d)に示す。CC#100の場合はやや当てはめが悪くなるが、その他は良く一致しており、相手面が変化した場合でも式(A)の妥当性が検証できた。

さらにCA-5、CA-10、CA-15の3種類のSFRRの各配向試料だけでなく、CB-5、CB-10、CB-15、CB-20の4種類のSFRRの各配向試料とCRマトリックスゴムを加えた計22種類の試料で検証を行った。その結果を図9(a)~(d)に示す。CC#100のような相手面あらしが非常にあらい領域では、繊維の脱落や切断などにより多少当てはめが悪くなるが、その他ではマトリックスゴムを含めて良い相関を示していることがわかる。このことは(A)式がRatnerの式より汎用性が高いことを示しており、このように繊維の配向により摩擦時での力を分離して検討してきた力学的性質の指標は、摩耗の推定に有効であり、導いた(A)式はアブレイブ摩耗時のSFRRのみならず、ゴム全般の摩耗量と力学的性質

の関係をよくあらわしているといえる。

4. 結 言

短繊維強化ゴム(SFRR)の各配向方向における比摩耗量と力学的性質の関係を検討した結果、以下のことがわかった。

- (1) 充てん繊維量が多いほど、比摩耗量、摩擦係数は減少し、相手面あらしと繊維配向による差が大きくなった。いずれもSFRR中の繊維の寄与率が高くなるためと考えられる。
- (2) SFRRの比摩耗量 K には、摩耗時のエネルギーを示す摩擦係数 μ 、摩耗時の摩擦方向の変形抵抗を示す5%伸張モデュラス M_5 、摩耗時の接触状態を示す摩擦方向と垂直の圧縮バネ定数 k_s が影響する。
- (3) 重回帰分析の結果からこれらの関係について $K \propto \mu^{1/3}/(M_5^{1/2} \cdot k_s^{2/3})$ の実験式を作成し、検証を行った結果、この式はSFRRのみならずマトリックスゴムを含めた広い範囲で良い適合性を示すことがわかった。

[付記]

(口頭発表：日本ゴム協会第12回エラストマー討論会、1999年12月)

[引用文献]

- 1) I.Williams : Ind.Eng.Chem., **19**, 674 (1927).
- 2) JIS K 6264
- 3) J.M.Buist & O.Daviies : Trans.Inst. Rubber Ind., **22**, 68 (1945).
- 4) J.K.Lancaster : Wear, **14**, 223 (1969).
- 5) J.P.Giltrow : Wear, **15**, 71 (1970).
- 6) S.B.Ratner, I.I.Farberova & O.V.Rayukevich : "Abrasion of rubber", Maclaren, London, p.145 (1967).
- 7) N.R.Draper & H.Smith : "Applied Regression Analysis", Wiley, New York, (1968).



和田 法明

Noriaki WADA
1974年 入社
中央研究所



福永 健一

Kenichi FUKUNAGA
1987年 入社
伝動技術研究所

CAEによる大型フレクスベルベルトの 設計・評価手法の開発

The Development of a Method, Using CAE, for the Design and Evaluation of Large size Flexowell Belting

藤中 正俊*

Masatoshi FUJINAKA

Flexowell belting which is used in steep angle and vertical conveyors has become bigger in size and of higher speed due to the need for high capacity applications. Therefore, the impact force on the parts of Flexowell belting caused by loading materials has become higher. It has empirically been known that the maximum impact force occurs at the loading point of Flexowell belting, but the prediction of the impact force by formula calculation is not very accurate, because all of the operating conditions cannot be taken into account. A new method to calculate the actual impact force on the parts of Flexowell belting has been developed using the CAE combined distinct element method and the explicit dynamics finite element method. Using these methods, the actual impact force can be calculated and the service lifetime of Flexowell belts for every application can be predicted.

1. 緒 言

フレクスベルベルトは、急傾斜・垂直搬送に使用されるベルトで、近年、大容量化のニーズに対応するため、大型化、高速化している。これにより、各部材に加わる刺激量は、従来に比べて増大しているが、各部材の強度に関する設計基準が設定されていなかったため、これらを整備する必要が生じた。そこで、大型フレクスベルベルトの強度設計の研究を実施してきた。

しかし、最後まで残った問題として、刺激量の定量化があった。市場実績より、大型フレクスベルベルトが最も刺激を受けるのは、シュート部であることが分かっていたが、荷重の方向、位置、大きさは概算でしか求められなかった。これまでの有限要素法による強度解析では、荷重値を古典式、実験等により推定し、解析を実施していた。このため、相対的な比較は可能となったが、アプリケーション毎の使用条件を反映することが出来なかった。

そこで、実際の使用条件を考慮した大型フレクスベルベルトに加わる刺激条件の定量化を目的として、その解析手法を開発し、実際の製品設計に適用したので、その内容について報告する。

2. 解析方法

2.1 フレクスベルベルト

フレクスベルベルトは、急傾斜・垂直搬送に使用されるベルトで、当社では横棧高さ300mm以上のベルト

を大型と定義している。大型フレクスベルベルトの場合、本体ベルトに横棧、台座と波棧を取り付けた構成になっている。横棧と台座はボルトにて締結されている。また、波棧の両サイドには、Uボルトが埋め込まれていて、波棧と締結されている。1ピッチの構成を図1に、一般的な使用レイアウトを図2に示す¹⁾。

フレクスベルベルトは、省スペース化、高揚程搬送を特徴とする。一般のコンベヤベルトでは、搬送ラインの傾斜角は、約18°が限界である。これに対し、フレクスベルベルトは、垂直搬送が可能で、搬送設備の設置スペースを大幅に節約できる。搬送ラインが建物と一体化するため、美観も向上する。また、従来のコンベヤベルトでは適用不可能であった連続式アンローダ

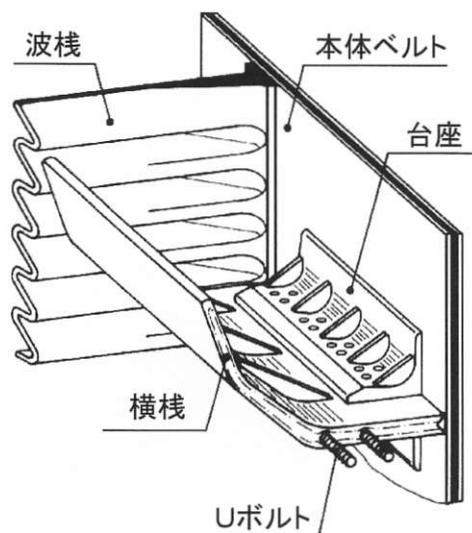


図1 フレクスベルベルト 1ピッチ構成

* 運搬建設資材事業部

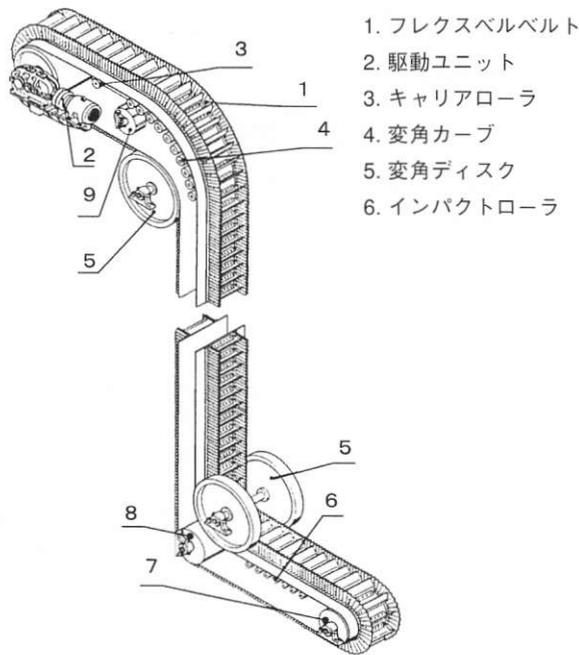


図2 一般的な使用レイアウト

にも適用されている。連続式アンローダの場合、競合するチェーンバケットに対して、軽量化、低騒音、居着きが少ない等のメリットがある。これらの特長から、フレクスベルベルトは国内外に数多く導入されている。

近年、石炭等の搬送におけるニーズとして、大容量化がある。従来、フレクスベルベルトに要求される搬

送量は1時間あたり200t程度であったが、最近では1時間あたり最大2000t程度となっている。これに対応するため、フレクスベルベルトの速度は従来1.3m/sから3m/s、また、棧の高さは200mmから500mm、横棧幅は600mmから1000mmと、高速化、大型化している。これによって、フレクスベルベルト各部材に加わる刺激は、従来に比べて大幅に増大し、フレクスベルベルトの寿命、中でも特に横棧の寿命は、短期間となる事例があった。そこで、各部材に加わる刺激を求めて、刺激に対する設計基準を整備する必要が生じた。

また、ユーザのニーズとして長寿命、低コスト、軽量化があり、対応していかなければならない。これらについても、強度や刺激に対する設計基準により、対応が可能となる。

2.2 強度設計フロー

強度設計の方法として、大型フレクスベルベルトの強度設計フローを作成した。これを図3に示す。まず、使用条件から搬送物挙動を予測する。次に、フレクスベルベルトの寸法、構造、材料特性、予測した搬送物挙動を入力条件として、有限要素法による強度解析を実施し、応力・ひずみを求める。強度解析から得られる応力・ひずみの最大値と部材、台上評価および市場データより得られる許容応力・許容ひずみを比較する。応力・ひずみの最大値が許容値を上回る場合、仕様を変更する。また、応力・ひずみの最大値とS-N曲線を比較することにより、寿命予測が可能となる。

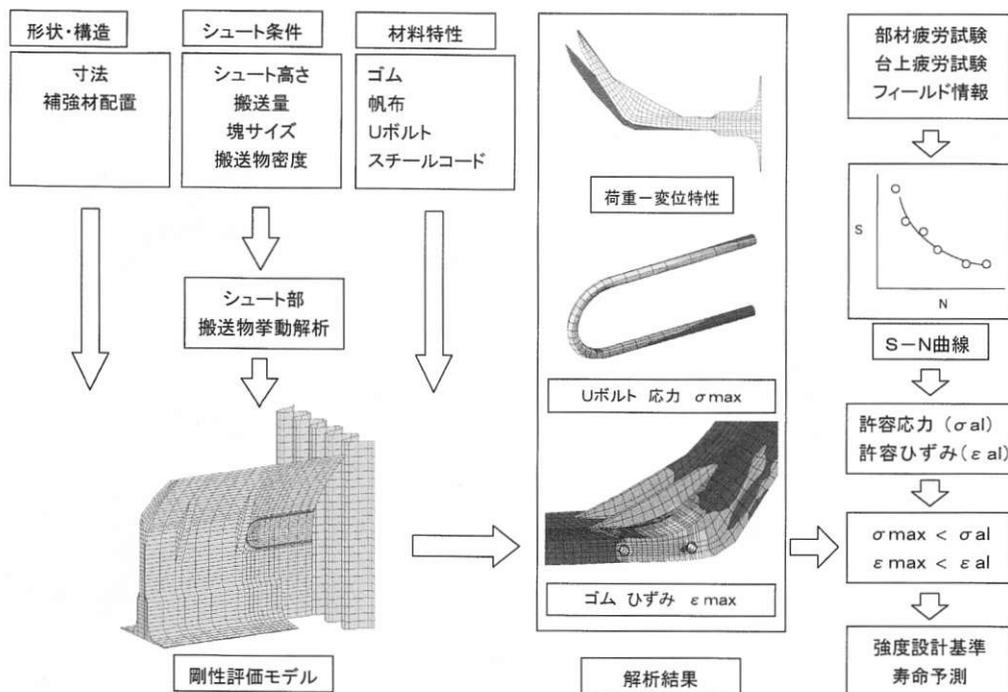


図3 強度設計フロー

2.3 搬送物挙動の予測

従来の方法では、自由落下の式から求められる搬送物速度と、フレクスベルベルトのベルト速度の相対速度を求めて、力積や噴流荷重の考え方により、有限要素法による強度解析の荷重値を設定していた。この方法では、シュート方法、シュート形状、シュート部での搬送物の挙動、フレクスベルベルトへの積載状況は考慮できず、アプリケーション毎の詳細な条件は、荷重値に反映できない。

フレクスベルベルトに加わる刺激条件を定量化するためには、シュート部における搬送物挙動の予測が必要となる。そこで、CAEの活用を検討した。従来活用してきた有限要素法で不連続である搬送物をモデル化することは、計算効率から見て現実的でないので、他の解析手法を検討した。

その結果、搬送物の挙動については、個別要素法が適していることが分かった²⁾。但し、個別要素法では、搬送物の挙動は予測可能であるが、ベルトや構造物を剛体でモデル化するため、衝撃力の予測はできない。そこで、搬送物の挙動を個別要素法にて解析し、その解析結果を衝撃解析の初期条件とする方法を選択した。

2.4 個別要素法

個別要素法(Distinct Element Method)は、互いに接触した粒子間に働く弾性反発力や摩擦などの接触力を簡単なモデルで与え、その接触力が作用する個々の粒子の運動を運動方程式により求める。粒子と平板によりモデル化するが、制約として、粒子、平板は剛体となり変形できない。力学モデルを図4に、計算アルゴリズムを図5に示す。

個別要素法の基本的な考え方は、25年前に提唱されていたが、計算量が膨大となるため、実際の設計に適用され始めたのは、コンピュータの計算能力が向上した最近になってからである³⁾。

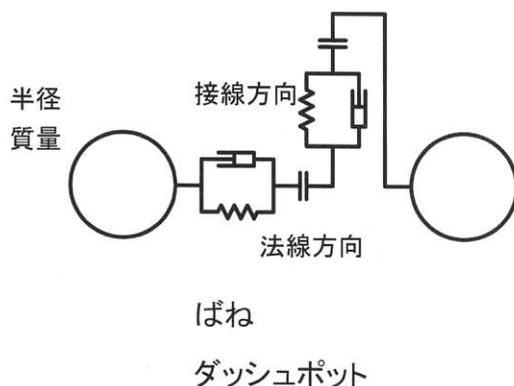


図4 個別要素法 力学モデル

2.5 個別要素法の適用

市販されている3次元個別要素法による解析プログラムを導入した。平板の運動は定義できるので、本体ベルトを長手方向一定間隔に分割し、平板としてモデル化した。横棧も同様に平板としてモデル化し、それぞれの平板の動きをフレクスベルベルトの動きになるように定義した。波棧の形状は考慮せず、大きな固定した平板にて定義した。供給側は、供給ベルトを本体ベルトと同様に平板でモデル化し、供給ベルトの動きを平板の動きとして定義した。供給ベルトからシュート部、フレクスベルベルトに乗り継ぎ、垂直搬送するまでをモデル化した。搬送物は、供給ベルトの平板生成時に、指定した量の粒子を生成した。今回は、解析対象の供給側がベルトとしたが、バケットであっても同様の解析が可能である。

入力条件は、シュート条件として、シュート高さ、搬送量、シュート形状、供給ベルト幅、供給ベルト速度、搬送物密度、搬送物径、フレクスベルベルト幅、フレクスベルベルト速度、材料特性として、粒子、ベルト、構造物それぞれのバネ定数、減衰係数、摩擦係数である。

寸法、シュート条件、搬送物材料特性を入力して、解析を実施し、各粒子の座標、速度を求めた。衝撃力解析の入力データとするため、横棧に衝突する直前のデータを出力した。

2.6 衝撃力予測方法

個別要素法の解析結果として各粒子の座標、速度が出力されるが、この解析結果を有限要素法による解析に展開する場合、通常静的解析では、衝撃力が直接求められないため、衝撃力を何らかの仮定をおいて算出する必要がある。そこで、動的解析を実施し、入力条件として、搬送物の座標と速度を直接入力できるようにした。

動的解析を実施するにあたり、一般的な有限要素法の解析方法である陰解法では、衝撃力の解析に適していないため、陽解法を導入した。これにより、フレクスベルベルトのシュート部における衝撃力を解析した。

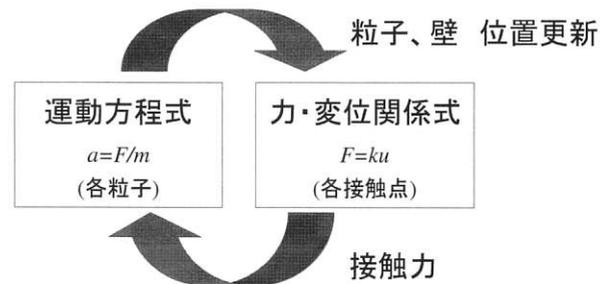


図5 個別要素法 計算アルゴリズム

2.7 陽解法有限要素法

一般に有限要素法は、陰解法を使用している。陽解法は、主に動的解析に使用される。微小な時間間隔で解析を実行するため、接触問題や衝撃問題に適している。最近では、自動車のボディの衝撃解析等に活用されている。

2.8 陽解法有限要素法の適用

市販されている汎用陽解法有限要素法解析プログラムを導入した。解析モデルは、横棧、台座、波棧の寸法、構造をモデル化し、各部材の材料特性を入力した。搬送物は剛表面でモデル化し、質量、初速度は、個別要素法の解析結果を剛表面の参照節点に与えた。但し、搬送物を個別要素法と同じ条件でモデル化すると計算量が莫大になるため、搬送物を簡略化し、初期条件とした。計算結果として、応力、ひずみを求めた。

3. 実施例

一般的なフレクスベルベルトの使用事例を想定して解析を実施した。解析条件を表1に示す。個別要素法により、粒子の座標と速度を求め、その結果を陽解法有限要素法に入力条件とし、横棧ゴム部のひずみとUボルトの応力を求めた。

表1 解析条件

項目	値	
シュート高さ	5.0 m	
搬送量	420 kg/s	
供給ベルト	ベルト幅	1.2 m
	ベルト速度	3.0 m/s
フレクスベルベルト	ベルト幅	1.0 m
	ベルト速度	3.0 m/s
	ピッチ	0.42 m
搬送物	種類	石炭
	密度	1500 kg/m ³
	直径	0.080 m

3.1 個別要素法解析

解析事例を図6に示す。供給ベルト、シュート構造物、フレクスベルベルト、搬送物をモデル化した。計算を効率化させるため、モデル化はシュート部付近のみとし、それ以外の部分に粒子、平板が到達した場合は、消去するようにした。また、粒子径は一定とした。解析は、初期に供給ベルトと同時に搬送物を生成し、供給ベルトを所定の経路、速度で移動させ、搬送物をシュートさせる。搬送物は、シュート構造物を通過し

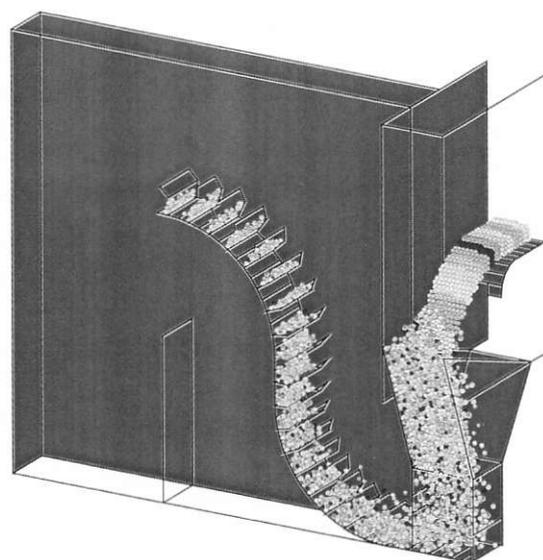


図6 個別要素法 解析事例
(62頁にカラー写真掲載)

て、フレクスベルベルトに乗り継ぐ。フレクスベルベルトも同様に所定の経路、速度で移動させる。供給ベルトと搬送物は、供給ベルトの速度に合わせて、一定間隔で生成させた。また、フレクスベルベルトは、ベルト速度に合わせて一定間隔で生成させた。

出力は、フレクスベルベルトに積載される直前の搬送物の位置と、速度とし、ベルトを幅方向に区切って、その範囲の粒子数と鉛直方向下向きの平均速度を求めた。解析結果を図7に示す。

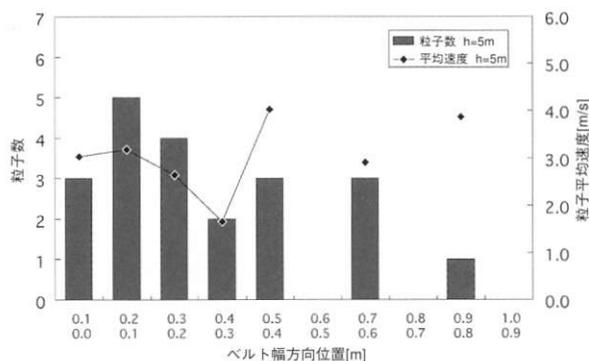


図7 搬送物挙動解析結果

図7より、今回のシュート条件では搬送物がフレクスベルベルト進行方向に対して左側に偏っていること、偏っている部分は、粒子速度が遅いことが分かる。

3.2 有限要素法解析

解析モデルを図8に示す。この解析では、計算規模を小さくするために幅方向1/2のみモデル化した。横棧と波棧を1ピッチ分モデル化した。搬送物を個別要素法の解析結果そのままモデル化すると、解析規模が大

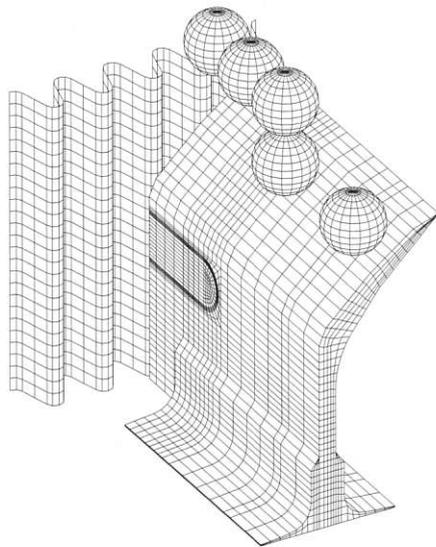


図8 有限要素法 解析モデル

きくなってしまうため、搬送物を簡略化し、球体の剛表面でモデル化し、剛表面の参照節点に初速度と質量を与えた。解析結果であるゴムのひずみの分布を図9に示す。

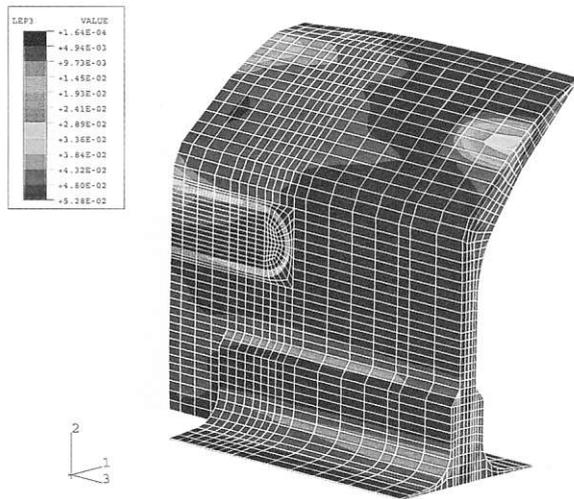


図9 横棧ゴム部 ひずみ分布
(62頁にカラー写真掲載)

図9より、ゴムのひずみの最大値は、Uボルトの周辺に発生している。これは、実際の現象とも一致している。

3.3 シュート条件変数解析

シュート条件を変数した場合の影響を見る一例として、シュート高さを4.0m, 5.0m, 6.0mの3水準変量し、その影響を解析した。個別要素法の解析結果を図10に、有限要素法の解析結果を図11に示す。

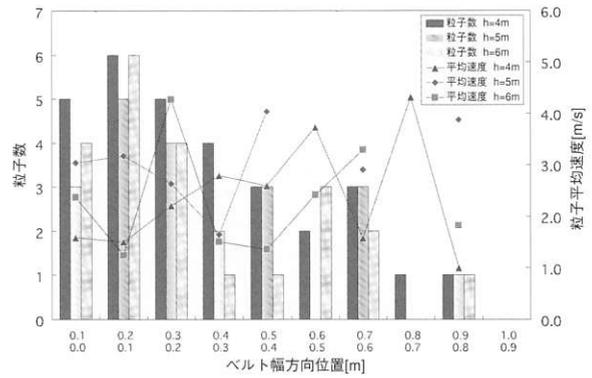


図10 シュート高さ変数解析結果(個別要素法)

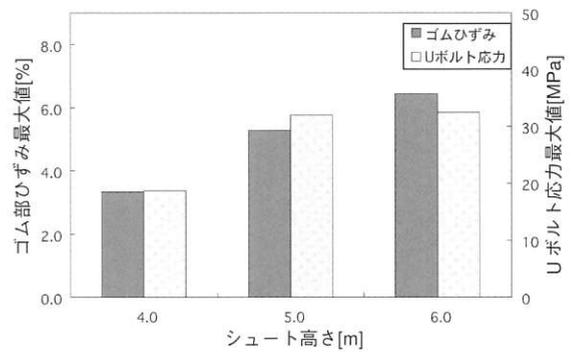


図11 シュート高さ変数解析結果(有限要素法)

図10より、シュート高さが高くなると、搬送物の速度が速くなること、片荷になる傾向があることが分かる。図11より、その結果として、応力、ひずみの値が、どう変化するのが定量的に計算できている。

3.4 緩衝板効果確認解析

シュート条件を変数した場合の影響をみる一例として、緩衝板を設置し、緩衝板が無い状態との比較をして、効果を確認した。緩衝板解析モデルを図12に、個

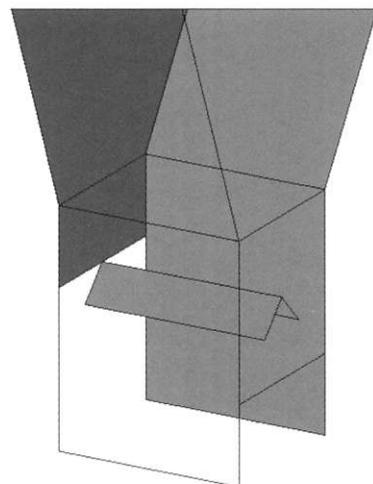


図12 緩衝板の効果 解析モデル

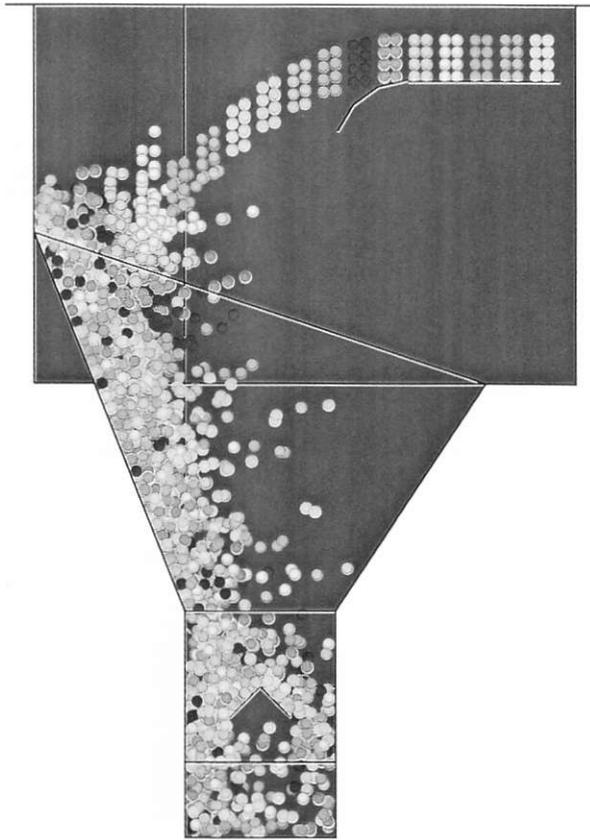


図13 緩衝板の効果 解析事例
(62頁にカラー写真掲載)

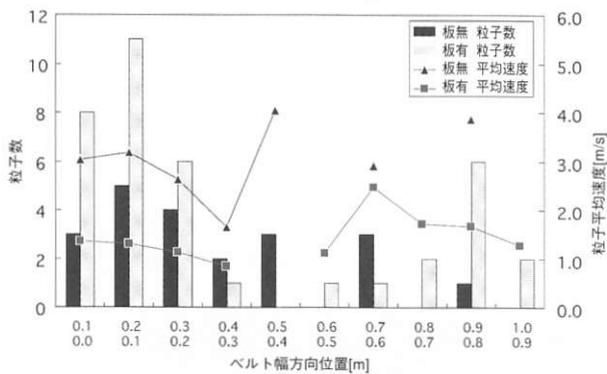


図14 緩衝板の効果

別要素法の解析結果を図13に、結果の比較を図14に示す。

図14より、緩衝板がある場合、鉛直方向の粒子の速度が約1/2になり、搬送物が両側に振り分けられていることから、緩衝板の効果が確認できた。

4. 検証実験

フレクスibelベルトに、どの程度の衝撃力が加わっているかを確認するため、検証実験を実施した。実験

は、ホッパに石炭を投入して、静止させたフレクスibelベルト上に石炭を落下させて、そのときのUボルトのひずみをひずみゲージにより測定した。ホッパ高さを変量し、シュート高さとうボルトのひずみの関係を求めた。実験の状況を図15に、計算結果と実験結果の比較を図16に示す。



図15 検証実験

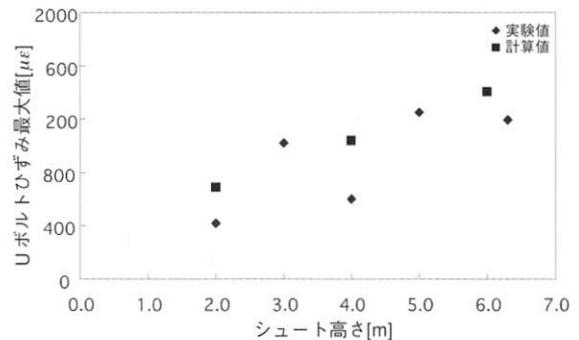


図16 検証実験結果と計算結果の対比

この結果から、シュート高さが高くなると、Uボルトのひずみも大きくなり、その傾向はほぼ自由落下の速度に一致することが分かった。また、この結果から、今回開発した解析手法と検証実験結果が、定量的に一致することが確認できた。

5. 考 察

3次元の個別要素法の適用により、フレクスibelベルトにおける搬送物挙動の予測が可能になった。解析結果の出力として、アニメーションにすることも可能であり、搬送物挙動を視覚的にとらえることができる。また、粒子の生成タイミング毎に色を変えているため、どのタイミングで発生した粒子がどの場所にいるかが分かる。

今回の解析では、搬送物の粒子径は80mmを使用した。実際の搬送条件では、粒子径分布もあり、もう少し小さくなるが、計算を搬送量一定としているので、粒子径を小さくすると、粒子数が多くなってしまい、また、解析における安定時間増分が小さくなっていくことから計算時間が大幅に増えてしまう。粒子径を実際に近づける場合には、解析範囲を限定する、入力データの改良、コンピュータの計算能力を上げる等の対策が必要となる。

入力データの中で、ベルト速度や寸法等パラメータで入力可能なものであれば、数字のみの変更で、容易である。今回の解析モデルでは、シュート部に着目したが、同様の手法で、変角部や排出部の搬送物の挙動についても解析可能である。

また、陽解法有限要素法を適用することにより、粒子の位置、質量、速度を入力条件として、応力解析が可能となった。陰解法による静的解析の場合、入力条件として荷重で与える必要がある。この場合、個別要素法の解析結果から仮定を設定し、荷重に換算しなければならない。但し、解析時間は、シミュレーション時間にもよるが、静的解析の10倍以上かかるため、内

部構造の検討等には、適用できない。

個別要素法と陽解法有限要素法の組み合わせにより、使用条件から応力を求めることができた。また、静的な状態での解析と検証実験の比較により、解析の精度についても確認することができた。

但し、現状では強度設計フローで設定した各種ツールが揃った段階で、結果を絶対値で評価することはできない。今後、市場実績等、データを蓄積し、解析結果と対比させることで、精度を向上させていく必要がある。

6. 結 論

個別要素法の解析により、搬送物の供給部から排出部までの搬送物挙動の予測が可能になった。実際のラインでは、フレクスibelベルトはカバーに覆われているため、搬送物の挙動を確認することができないが、個別要素法では、搬送物挙動が任意の時間、視点から確認できるため、搬送状態を視覚的に捉え、全体的な流れを直感的に把握し、設計段階において、修正等の対策を適切に実施することが可能となり、ユーザに対してレイアウト、使用条件、ベルト仕様についての提案ができる。

また、個別要素法と陽解法有限要素法との組み合わせにより、刺激条件を定量化し、使用条件を反映した衝撃力を求めることが可能となり、強度設計フローに必要な解析ツールが整備できた。これにより、フレクスibelベルトのアプリケーション毎の使用条件を反映した刺激量を定量化することができ、寿命の予測が可能となった。

[引用文献]

- 1) Jurgen W. Paelke : bulk solids handling, 161, 21 (1996).
- 2) 榎谷 浩 : 計算工学, 23, 157 (1997).
- 3) Andrew I. Hustrulid : Bulk Material Handling by Conveyor Belt II 33 (1998).



藤中 正俊
Masatoshi FUJINAKA
1991年 入社
運搬建設資材事業部

リサイクルCF強化ナイロン46の疲労き裂進展特性

Characteristics of the Growth of Fatigue Cracks in Recycled CF Reinforced PA 46

福永 久雄*

Hisao FUKUNAGA

The effect of the recycling of CF reinforced PA 46 in regard to fatigue reliability and, in particular, the role of mesostructural factors in the fatigue crack growth mechanism, was focused on and investigated.

The results are described below.

- (1) Due to recycling, resistance to crack growth was significantly reduced.
- (2) An extremely high correlation between increase in temperature and crack growth characteristics was confirmed.
- (3) The emergence of the speed dependence of reinforced fiber depending on type was confirmed.
- (4) It was understood from the observation, by means of SEM, of a cross section at break, that as for carbon fiber, which has strong bridging effect, the cracking of the internal layer develops later than the cracking of the skin layer, compared with glass fiber.
- (5) As for ΔK^* , which was evaluated considering the effect of the three layer structure, it became smaller than ΔK due to the length of the internal cracks and as the cracks progressed this difference grew larger.

1. 緒 言

近年、エンジニアリングプラスチック（以下、エンブラ）は、自動車や電気・電子、ビジネスマシンおよび各種機械の機構部品、構造材料として軽量化、高性能化、高機能化あるいは低コスト化等の目的から、その使用量が年々増加している^{1)~9), 16)~21)}。その一方で、地球環境問題が深刻化しており、エコバランスの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^{10)~15)}。特に、パッケージに使用されるポリオレフィンやポリスチロール等の汎用プラスチックやPETボトル等はその機能レベルからリサイクル、リユースが深耕してきた。また、ビジネスマシンや家電製品に使用されるABS、AS、POM、PA等の汎用エンブラは、プリンタやFAXのトナーカートリッジの例に代表されるようにリサイクル、リユースが常識化してきた。しかしながら、アルミダイキャスト、焼結金属およびプレス品等を代替してきた高機能エンブラ、とりわけガラス繊維、炭素繊維等で補強した先進FRTPは、バージン材そのものの強度、疲労信頼性において研究者間で共通の理解すら得られていない状況にある^{22)~34)}。

したがって、リサイクルの信頼性、特に耐久寿命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、より高度な信頼性が要求される自動車機能部品等においては、工場内の不良品や残材あるいは廃車から分解し分離回収される樹脂機能部品のリサイクルによる有効利用は進んでいない^{10)~15), 35)~39)}。

現在までの研究において、プラスチック材料のリサ

イクルは、様々な方法での研究が行われており^{35)~39)}、代表的な方法としてマテリアル・リサイクル、サーマル・リサイクル、ケミカル・リサイクルがある。それぞれのリサイクル方法は、一長一短があり、技術的にもコスト的にもブレイクスルーすべき課題は多いが、マテリアル・リサイクルは、省エネ・省資源、産廃の軽減等の見地から最も有効的なりサイクル方法と言える^{10)~15)}。

上述した観点から、FRTPのマテリアル・リサイクル性に関して、特に耐久性に係わる疲労信頼性をFig.1に模式的に示すような影響因子について系統的に研究を進めることが重要であると考えられる^{10)~15)}。すなわち、リサイクル・FRTPの疲労信頼性に及ぼす影響として、強化繊維、マトリックス・ポリマーおよび繊維・

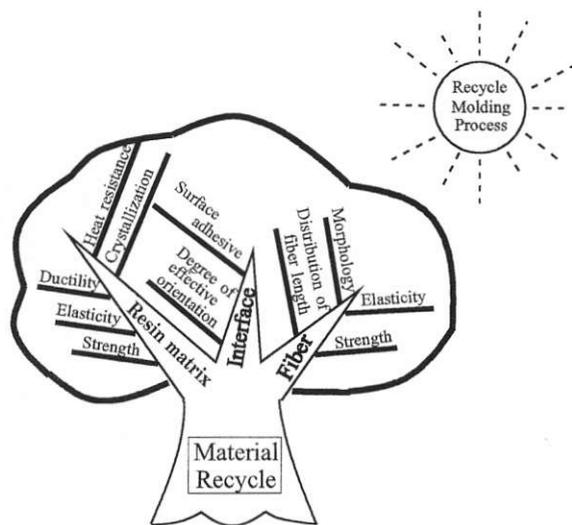


Fig.1 Tree of Material-recycle

* 営業本部

樹脂の界面について検討しなければならない。まず、強化繊維の影響については、リサイクル工程による繊維の破断、あるいは強化繊維の種類による相違等が考えられる。特に、FRTPはメゾ因子である強化材の形状、寸法、アスペクト比、含有量等によってマトリックス・ポリマーへの配向性挙動に相異が生じ、機械的特性の異方性や疲労信頼性に及ぼす影響は大きいことが予想される。さらに、マトリックス・ポリマーの影響については、ポリマーの分子間凝集力、延性の相違、あるいはリサイクルによる加工刺激の影響についての検討が必要である。

Fig.1に示した「マテリアル・リサイクルの木」に従って、リサイクルFRTPの疲労信頼性に及ぼす影響因子に関し、すでに先進強化ナイロンに係わる研究として最も汎用的なガラス短繊維強化材については系統的に行われている^{1)~8)}。しかし、炭素繊維（以下、CF）強化材や液晶ポリマーを強化繊維とした高分子複合材料、さらにPEEKのようなスーパーエンブラ等のリサイクルについての研究は、ほとんどなされていない^{35)~39)}。

本報文では、工業的に利用が拡大してきたCF強化ナイロン46のリサイクルが疲労き裂進展特性に係わる疲労信頼性に及ぼす影響について検討した¹⁰⁾。特に、CFがメゾ構造尺度でき裂進展機構に果たす役割について検討し、併せてき裂先端部での局所的変形挙動を把握するために、き裂先端部の開口量と温度上昇を関連づけて検討を加えた。

2. 試験方法

2.1 供試材料

供試材料は、PA46（ポリアミド46）を重量率30%炭素短繊維で強化したもの（PA46/CF30材）、重量率50%ガラス短繊維で強化したもの（PA46/gf50材）、なお、ガラス短繊維は直径 $10\mu\text{m}$ 、初期長さ3mm、炭素短繊維は直径 $7\mu\text{m}$ 、初期長さ10mmである。また、種類は

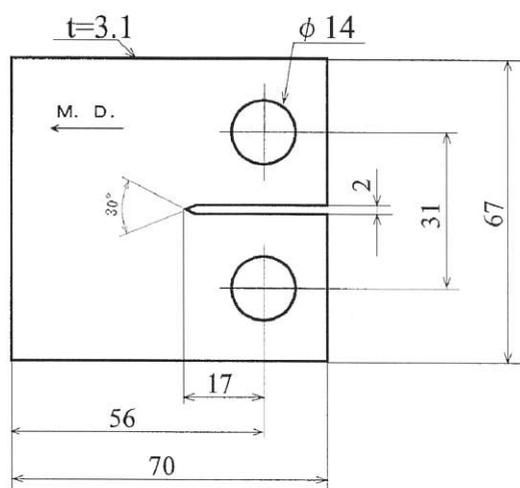


Fig. 2 CT specimen dimension

それぞれV材（バージンペレットから射出成形したもの）、リサイクル材料は、V材を粉碎したリサイクル原料V*を100%原料として成形したものをR1材とした。このような射出成形板からFig.2に示す $3.1 \times 67 \times 70$ の切欠きをつけたCT試験片を用意した。

繊維配向は、Fig.3(b)に示した表面層では射出方向(M.D.)に平行、板内部中央では射出方向に対して垂直なL材を用いた。

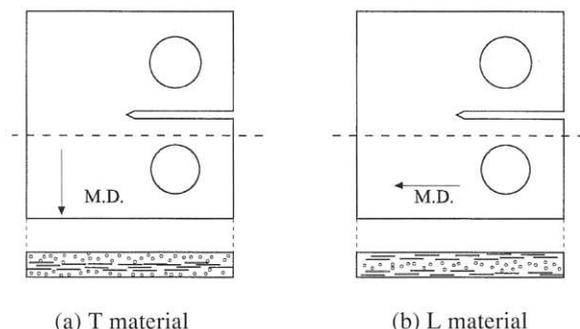


Fig. 3 Fiber direction of specimen

一般に射出成形板における繊維配向は、Fig.4に示すように表面層では射出方向(M.D.)に平行で、板内部中央では射出方向に対して垂直となり三層構造を呈している。ここで、表層部をスキン層、内部を以下コア層と称す。本供試材においてもこの様な構造になっていることがSEMによる破面観察より認められた。

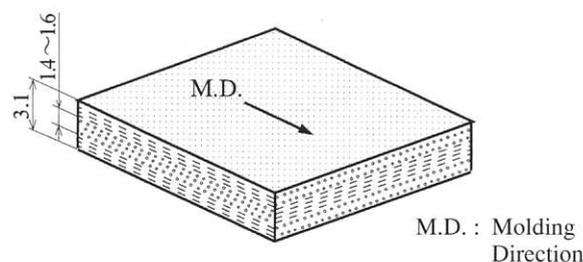


Fig. 4 Three layer of injection molding plate

2.2 供試材料の製作とリサイクル方法

供試材料は、Fig.4に示したプレート金型を使用し、Battenfeld社製の射出成形機BA65/170型（可塑性性能；46kg/H、射出容量； 86.6cm^3 、型締力；637kN）で成形を行い、Fig.2のCT試験片を切削加工により作成した。この際、射出成形の条件は、それぞれの、FRTPの標準条件を基準とした。

また、R材は上記で得たV材をホーライ社製の粉碎機SB210型（4P、2.2kW、マンモス刃；210W、粉碎能力；100 - 160kg）にて機械的に粉碎し、6mm直径のスクリーンをパスした粉碎塊を使用して射出成形によりプレート成形を行いR1材とした。

なお、CT試験片を射出成形にて直接に作成しなかったのは、FRTPの金型への溶融フローにおいて強化材の配向性が乱れたり、あるいはウエルドラインといった内部構造欠陥の発生を排除するためである。

2.3 疲労試験方法およびき裂先端部の温度測定

疲労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、温度20℃、湿度RH50%で行った。試験後、走査型電子顕微鏡(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^{30)~34)}。実験装置の概要をFig.5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。

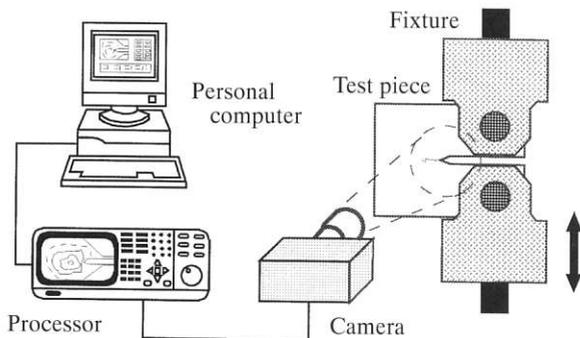


Fig. 5 Experimental apparatus

3. 結果

ナイロン46を母材としたCF材とgf材のV材、R1材のそれぞれについて、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 $da/dN - \Delta K$ に及ぼすリサイクルの影響をFig.6に示す。

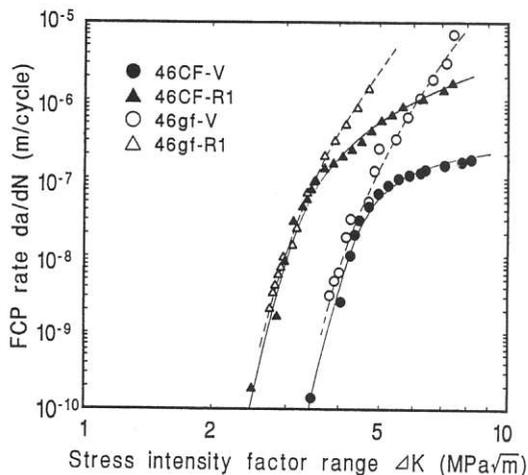


Fig. 6 Relation between FCP rate da/dN and stress intensity factor ΔK

本図より、CF材もgf材も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、劣化している。CF材とgf材の低速度領域におけるき裂進展特性は、V材は 3.0×10^{-8} (m/cycle)以下、R1材は 1.0×10^{-7} (m/cycle)以下でほぼ同一線上にある。

また、 10^{-7} (m/cycle)以上の比較的高い速度領域においては、CF材はき裂進展に対する抵抗性がgf材に比べ大きくなっている。特に注目すべきことは、炭素繊維強化材はリサイクルしているにもかかわらず、ガラス繊維強化材よりも優れたき裂進展特性を示している。すなわち、CF材とgf材の関係には次のような2段階のき裂進展特性がみられる。

- (1) 低速度領域；CF = gf
- (2) 高速度領域；CF > gf、き裂進展速度が速くなるほど両者の差は大きくなる。

そこで、SEMによる破面観察及び温度測定法(Thermal method)からリサイクルの影響による疲労特性の劣化する原因、およびCF材の高速度領域におけるき裂進展に対する秀でた抵抗性の発現の原因を検討する。

4. 考察

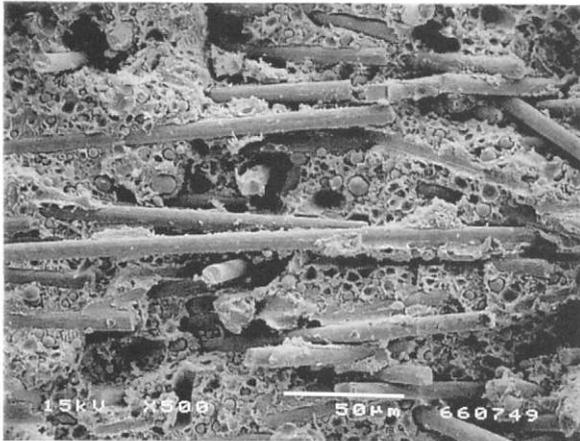
4.1 き裂先端部の開口量に及ぼすリサイクルの影響

SEMによる表層部のCF材の破面写真をFig.7に示す。本図より、V材の繊維長さがR1材より長いことが認められた。gf材も同様な傾向であった。これはリサイクル工程中に繊維が粉碎されてしまうためと考えられ、V材に比べてR1材は繊維が短いためき裂が開口しやすくなると解釈される。したがって、これがき裂進展に対する抵抗がリサイクルすることによって低下する原因の一つであると示唆される^{5),6)}。

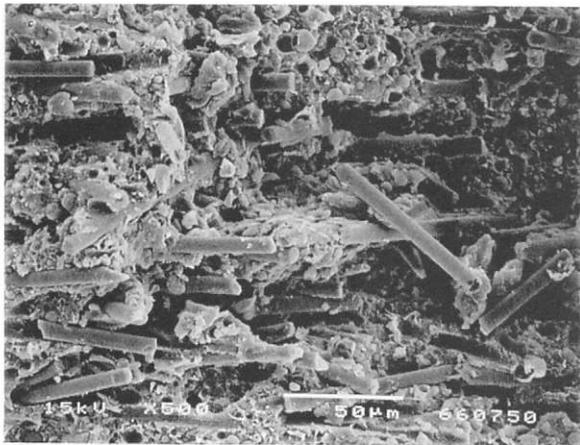
そこで、破面解析から推測されたりサイクルによるき裂の開口量の変化をき裂先端部の温度上昇と関連づけて、すなわち‘Thermal method’によって検討した。き裂先端部の温度測定結果を応力拡大係数範囲 ΔK とき裂先端部温度変化 ΔT (K)の関係に整理してFig.8に示す。本図よりCF、gf材のいずれの供試材も ΔK の値が大きくなるに従い、 ΔT の値は大きくなっている。さらに、V材>R1材の順で温度上昇に対する抵抗性は大きくなっているが、この傾向は疲労き裂進展に対する抵抗性と一致する。

次に、本図より炭素繊維とガラス繊維の温度上昇に及ぼす影響を比較してみる。gf材は ΔK が大きくなるに従い ΔT の上昇率が大きくなっている。これに対し、CF材は ΔK が大きくなると途中から ΔT の上昇率が小さくなり、温度勾配が変化していることが認められる。Fig.9に温度上昇線図と、き裂進展線図の関係を模式的に示すが、温度勾配の変化している点の ΔK は、高速度領域におけるき裂進展特性の傾きが変化する点の ΔK と一致している。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CF材のき裂進展

線図の傾きの変化する以前ではき裂先端の開口量が大きく、以後では開口量が小さくなるためと解釈される。



(a) CF/V material



(b) CF/R1 material

Fig. 7 Fracture surface of skin layer

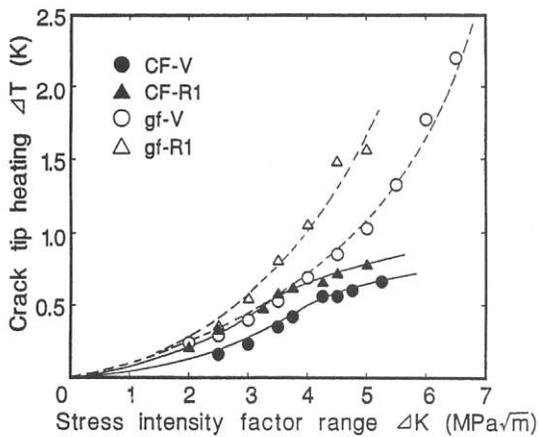


Fig. 8 Crack tip heating T curves

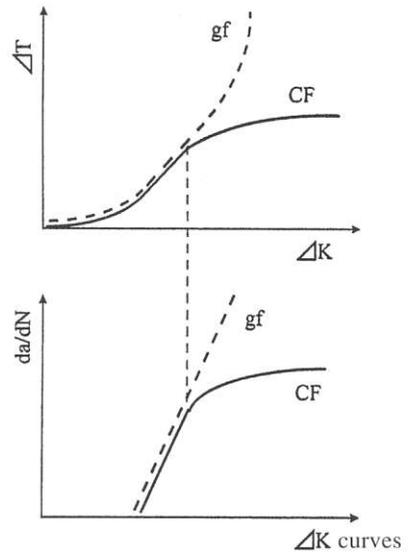


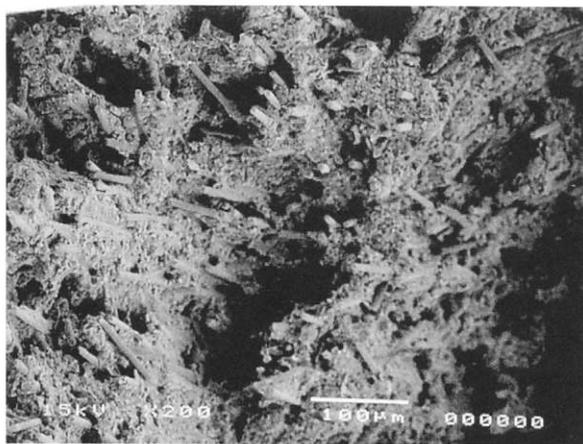
Fig. 9 Relation between $da/dN-\Delta K$ curves and $\Delta T-\Delta K$ curves

4.2 き裂進展機構におけるメゾ構造因子の役割

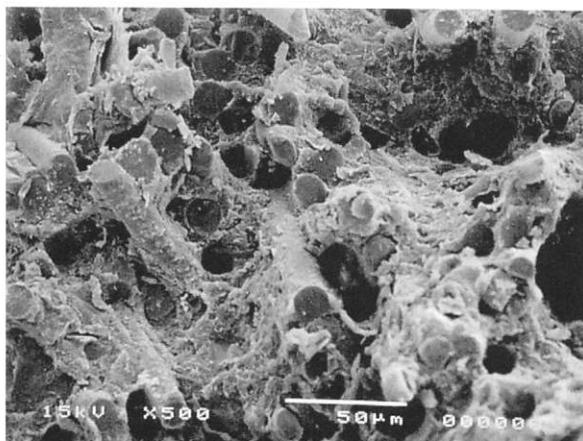
き裂進展速度が低速度の領域では、き裂進展特性と強化繊維の本数との間に、繊維の種類に関係なく良好な相関性が認められている。すなわち、強化繊維の種類が異なっても本数が同じであれば、ほぼ同じ特性を示すことが指摘されている²³⁾。今回の試験に用いたCF材とgf材の繊維の本数はほぼ同じであるため、低速度領域ではほぼ同じ進展特性を示したものと考えられる。また、高速度領域におけるき裂進展挙動をメゾ構造尺度による観点から把握し、き裂進展機構に及ぼす強化繊維の影響を調べるためにSEMによる破面観察を行った。 10^{-7} (m/cycle)以上の高速度領域におけるCF材とgf材の中央部層の破面写真をFig.10 (a)、(b)に示す。

Fig.10 (a)より、炭素繊維はマトリックスから多く抜け出ており、一方、Fig.10 (b)よりガラス繊維は引き抜かれずに破断しているのが多く認められる。これらのことは繊維の引張弾性率と引張強度およびマトリックスと強化繊維の接着性の影響が考えられる。そこで、Table 1に炭素繊維とガラス繊維の引張弾性率と引張強度を示す。

Table 1より炭素繊維は、弾性率も強度もガラス繊維より大きくなっている。したがって、gf材はガラス繊維とマトリックスの接着性が良好であるが、ガラス繊維の強度は炭素繊維に比べて小さいため、疲労き裂は繊維を破断しながら進展するものと考えられる。その結果、ブリッジングの効果が小さくなると解釈される。一方、弾性率と強度の大きい炭素繊維は破断せず、マトリックスから抜け出てブリッジング効果に大きく貢献する。したがって、‘Thermal method’によって明らかにされたようにき裂の開口量は小さくなり、CF材のき裂進展に対する抵抗は大きくなると考えられる。これを模式的に示すとFig.11のようになる。



(a) CF material



(b) gf material

Fig. 10 Fracture surface of core layer

Table 1 Elastic modulus and tensile strength

	Elastic modulus (GPa)	Tensile strength (GPa)
CF	230.30	3.53
gf	68.60	1.96

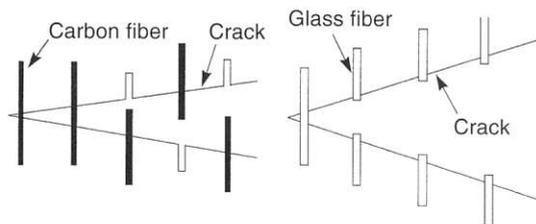


Fig. 11 Mechanism of crack opening

4.3 き裂進展に及ぼす三層構造の影響

SEMによる低倍率の破面観察から、本試験片は三層構造を示しており、表面層では繊維は平行に並び、破面は平坦になっており、繊維配向が直交する中央部層では凹凸が大きくなっているのが認められた。また、CF材、gf材のいずれも中央部層ではジグザグと表面より遅れてき裂が進展しているのが認められた。このことからき裂はFig.12に示すように内部のき裂が表面のき裂進展を妨げるように進展していくものと考えられる。

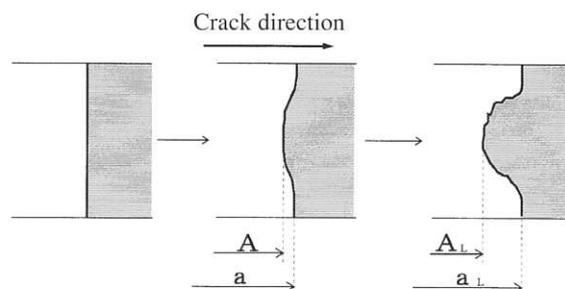


Fig. 12 Crack length of the surface and center layer

ここで、最終破断時の表面のき裂長さとして内部のき裂長さをそれぞれ a_L 、 A_L とし、き裂進展途中の表面のき裂長さとして内部のき裂長さを a 、 A として表す。

さらに、炭素繊維は弾性率が大きいため、ブリッジの影響が大きく、中央部層のき裂進展が表面層より遅れる傾向はgf材より顕著であると考えられる。このため、CF材の高速度領域におけるき裂進展に対する抵抗性がgf材より大きくなるものと理解される。

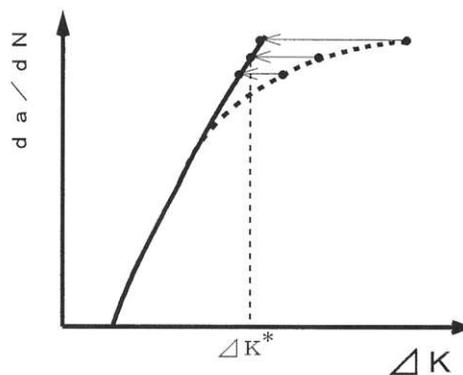


Fig. 13 Valued da/dN curves

そこで、Fig.6の結果よりCF材のき裂進展線図をFig.13のように仮定し、 ΔK を評価してみた。Fig.13から評価した ΔK^* より得られたき裂長さを a^* として表す。また、Fig.12よりき裂進展途中の内部のき裂長さ A は、次式のようなものとして評価を行った。

$$A = aAL/aL$$

この結果、表面層と中央部層のき裂進展はFig.14に示す模式図のようにになっている。

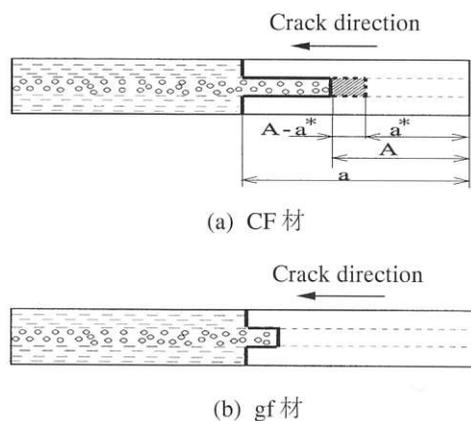


Fig. 14 FCP mechanism of the surface and center layer

本図より a^* は a よりも短くなっており、 ΔK^* は a で評価した ΔK よりも小さくなっているものと示唆される。さらに、き裂が進展するにつれて、き裂長さの差 $A - a^*$ は大きくなっている。Fig.15 に示すように、 $A - a^*$ の部分で疲労き裂は、繊維を破断せずにマトリックスのみを進展しているものの、ブリッジングの影響よりき裂の開口量が小さいため、き裂長さの差 $A - a^*$ が生じたものと考えられる。

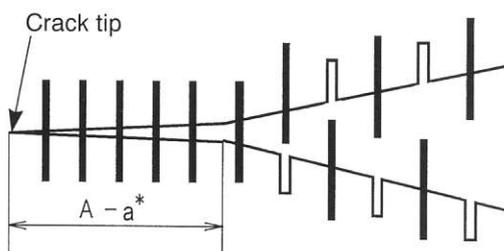


Fig. 15 Bridging effect in Fig. 14

5. 結 言

CF強化ナイロン46のリサイクルが、疲労信頼性に及ぼす影響、特に疲労き裂進展機構のメカニズムに果たすメゾ構造因子の役割に注目して検討し、以下の結果を得た。

(1) リサイクルによって、き裂進展に対する抵抗性は顕著に低下した。これは、メゾ構造因子である強化繊維がリサイクル工程で破断し短くなり、き裂が開口しやすくなったためと理解し得る。

(2) 温度上昇とき裂進展特性との間には極めて高い相関性が確認され、疲労き裂進展特性は強化繊維のブリッジング効果に起因したき裂先端の開口挙動と密接に関連するものと理解できた。

(3) 強化繊維の種類により、速度依存性が発現することが確認された。すなわち、低速度領域ではCF材と

gf材のブリッジング効果は同程度であるが、高速度領域ではCF材がgf材よりも優れた抵抗性を示した。これは、CF材の高い強度と弾性率に寄与するものと考えられる。

(4) SEMによる破断面の観察から、ブリッジング効果の大きいCF材は、gf材よりもコア層（内部）き裂がスキン層（表面）き裂より遅れて進展する。すなわち、内部き裂が表面き裂の進展を妨げている。これは、強化繊維の機械的特性に加え三層構造がき裂進展のメカニズムに大きく寄与することを示唆している。

(5) 三層構造の影響を考慮して評価した ΔK^* は、内部のき裂長さによる ΔK より小さくなり、き裂が進展するにつれてこの差は拡大する。これは、前述の強化繊維によるブリッジング効果と三層メゾ構造の相違が大きく影響しているものと示唆された。

6. 謝 辞

本稿は茨城大学工学部鈴木教授の御指導によりまとめた学位論文の一部を抜粋したものである。

本研究の推進に当たり御指導を頂いた茨城大学工学部システム工学科 鈴木教授、また実験、解析に御支援を頂いた原口助教授、研究室諸兄に紙面をお借りし謝辞を申し上げます。

また、好意的に研究目的を御理解し、御協力して頂きました本田技研工業（株）および富士重工業（株）の皆様へ深く感謝致します。

[引用文献]

- 1) 鈴木秀人・国尾武、機論、53-490, A(1988), 1012-1017.
- 2) 鈴木秀人、機論、57-534, A(1991), 448-453.
- 3) 鈴木秀人、材料試験技術、36-3, (1991), 188-195.
- 4) 鈴木秀人・森川明彦・土川秀治、機論、58-552, A(1992), 1293-1299.
- 5) 鈴木秀人・中村雅史・清友達志・幸原正志・原口忠男、機論、60-580, A(1994), 2695-2700.
- 6) 鈴木秀人・中村雅史・清友達志・幸原正志・原口忠男、機論、61-585, A(1995), 900-905.
- 7) 鈴木秀人・中澤淳一・寺西明・原口忠男、機論、61-586, A(1995), 1185-1189.
- 8) 中澤淳一・鈴木秀人・中村雅史・原口忠男、機論、61-590, A(1995), 2140-2145.
- 9) 森川明彦・石垣卓俊・土川秀治・木村慎一、JSR TECHNICAL REVIEW No 100/92.
- 10) 鈴木秀人・福永久雄・松村亜紀子・原口忠男、機論、62-596, A(1996), 966-971.
- 11) 福永久雄・松村亜紀子・兪勤・鈴木秀人、機論、63-608, A(1996), 689-694.
- 12) 鈴木秀人・松村亜紀子・福永久雄・原口忠男、機論、62-603, A(1996), 2501-2506.

- 13) 福永久雄・鈴木秀人・松村亜紀子、機論、63-613, A(1997), 1874-1879.
- 14) 福永久雄・鈴木秀人・松村亜紀子・原口忠男、機論、63-613, A(1997), 1880-1885.
- 15) 鈴木秀人・岸正幸・中村雅史、機論、62-602, A(1996), 2187-2192.
- 16) 鈴木秀人・中澤淳一・中村雅史・原口忠男、機論、61-591, A(1995), 2375-2380.
- 17) 中村雅史・原口忠男・鈴木秀人、機論、62-600, A(1996), 1773-1778.
- 18) 中村雅史・鈴木秀人・原口忠男・渡辺裕、機論、63-606, A(1997), 213-218.
- 19) 鈴木秀人・中村雅史・渡辺裕・原口忠男、機論、63-607, A(1997), 465-470.
- 20) 鈴木秀人・中村雅史・原口忠男・渡辺裕、機論、63-608, A(1997), 695-700.
- 21) 鈴木秀人・中村雅史・渡辺裕、機論、63-612, A(1997), 1601-1606.
- 22) Hertzberg, R. W. & Manson, J. A., *Fatigue of Engineering Plastics*, (1980), I, Academic Press.
- 23) Biner, S.B. & Yukas, V.S., *Trans. ASME*, 111(1989), 363-369.
- 24) 福岡・ほか6名、*ポリアミド樹脂* (1988), 15, 日刊工業新聞.
- 25) Russel, A/J., and Street, K. N., *ASTM Spec. Tech. PuBL.*, 972, (1988), 259.
- 26) 田中啓介・田中拓・北条正樹、機論、58-555, A(1992), 2073-2078.
- 27) 田中啓介・田中拓・山岸謙二郎、機論、60-573, A(1994), 1176-1181.
- 28) 東郷敬一郎・石井仁・野林文彦、機論、59-557, A(1993), 62-67.
- 29) 鈴木恵・岩本正治・植田広志、機論、41-352, A(1975), 3332-3337.
- 30) R. W. LANG・J. A. MANSON, Crack tip heating in short-fiber composites under fatigue loading conditions, *JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE* 22(1987), 3576-3580.
- 31) Stanley, P., *Proc. of 9th Int. Conf. Exp. Mech.*, 2(1990), 728.
- 32) 影山・菊池・野中、*機構論*、900-50, (1990), 135-140.
- 33) 阪上隆英・小倉敬二、機論、58-555, A(1992), 2224-2229.
- 34) 阪上隆英・小倉敬二・山中秀介、機論、59-565, A(1993), 2115-2120.
- 35) 富田敬・佐々木圭太、第3回高分子ABC研究会予稿集、(1993), 13-16.
- 36) 大杉政克・富田敬・佐々木圭太、第42回高分子討論会討論会、(1993), 3899-3901.
- 37) 千葉一正、*プラスチックエージ*、(1992), 137-145.
- 38) 山本良一、*日本機械学会誌*、97-906, (1994), 78-80.
- 39) 網沢栄二、*熱処理*、35-2, (1995), 67-76.



福永 久雄

Hisao FUKUNAGA

1970年 入社

営業本部

乾式CVTベルト用樹脂部材の開発

Design of Resin Material for Dry CVT Belts

野中 敬三*¹

Keizou NONAKA

佐藤 弘幸*¹

Hiroyuki SATO

We have been developing a dry hybrid belt, the “BANDO AVANCE”, for heavy-duty use in CVTs for more than 15 years. In 1998, a CVT system using our dry hybrid belt was successfully commercialized and adopted in sub-compact cars. The dry hybrid belt consists of a pair of tension members and many lateral H-shaped blocks. About 200 blocks are inserted into the grooves of the tension members. The tension members have the function to transmit power from a driving pulley to a driven pulley. The blocks are made of high strength aluminum alloy covered with resin. The blocks support a high transverse load. The resin prevents direct contact between the aluminum alloy and the pulleys. In addition, the resin must have a high impact resistance, a high abrasion resistance and an optimum friction coefficient, which lead to a long life and to power transmission without lubrication.

This paper concerns the design of the resin material. Our selection is phenol resin. In the design, aramid short fiber is used for high impact resistance, and carbon short fiber and graphite are used for high abrasion resistance and a low friction coefficient. Finally, it will be demonstrated that the use of zinc oxide whisker in the resin enables us to control the level of the friction coefficient for the optimum performance of power transmission.

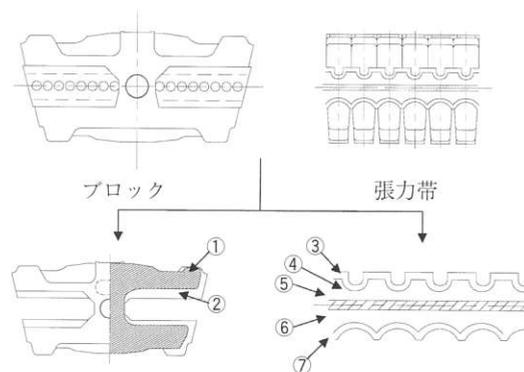
1. 緒 言

我々は過去15年に渡り、乾式CVTベルト「AVANCE」を開発してきた。1998年秋から軽自動車に世界で初めて乾式CVTが搭載され、我々の「AVANCE」が採用された。「AVANCE」のブロックの樹脂部材はその基本機能である摩擦伝動機能を果たす重要な構成部材である。この樹脂部材には高強度、耐熱性、摩擦係数の安定性、耐摩耗性、耐衝撃性等の高度な特性が要求される。本報では、「AVANCE」に適用されている樹脂部材の特性について述べる。

2. 乾式CVTベルト「AVANCE」の概要

図1に「AVANCE」形状、構造および材料構成を示す。「AVANCE」はアルミニウム補強材をインサート成形した複数のブロックを、心線、ゴム、帆布から構成される一対の張力帯に、凹凸勘合により組み立てた構造からなる。ブロックがプーリの側圧を受け摩擦伝動機能を、張力帯が張力を分担し動力を伝達する機能をそれぞれ分担する、機能分離型Vベルトである。従来のゴムVベルトは大きな伝達力が作用し、プーリの側圧がベルトに作用した場合、挫屈変形してスリップしてしまうか、早期破損するが、「AVANCE」はブロックがプーリ側圧を受けても変形せず、張力帯

は基本的に平ベルトとして機能するため、大きな伝動能力と優れた耐久性を有する¹⁾。その結果自動車のトランスミッション用として要求される省スペース、耐久信頼性の実現が可能となる。



番号	構成部材	材 質
①	補強材	アルミニウム合金
②	樹脂	高強度耐熱耐摩耗熱硬化樹脂
③	上帆布	耐摩耗処理耐熱高強度帆布
④	上ゴム	短繊維強化変性H-NBR
⑤	心線	アラミド組紐
⑥	下ゴム	短繊維強化変性H-NBR
⑦	下帆布	耐摩耗処理耐熱高強度帆布

図1 「AVANCE」の形状・構造と材料構成

*¹ 伝動技術研究所

3. 樹脂部材に要求される特性

表1に「AVANCE」用樹脂部材に要求される特性を示す。摩擦伝動による動力伝達を安定に行うためにはまず摩擦係数が重要である。図2に示すように、VベルトがVプーリに巻き付き、プーリから抜けるためには、 α を楔角度とすると、樹脂とプーリ表面の摩擦係数 μ は、 $\mu < \tan(\alpha/2)$ であることが必要条件となる。「AVANCE」の α は 26° である故、 μ は0.23以下である必要がある。この摩擦係数要求を満足させて、面圧(p)、滑り速度(v)、使用温度(T)の各使用条件範囲で μ が安定であることが要求される。次に、「AVANCE」は10万km以上ノーマンテナンスで使用されるため、ブロックの摩擦が小さいことが要求される。具体的には、25mmのブロック幅が10万km以上の走行で1mm以上摩擦してはならない必要がある。更に、「AVANCE」は高温(110℃)で長時間使用され、樹脂には耐熱性(高温強度、耐熱劣化特性)が要求される。又、高速(35m/sec)での使用でブロックが欠けなための耐衝撃性も要求される。

我々は熱可塑性樹脂を含む種々の樹脂を検討した結果、マトリックス樹脂としては熱硬化性のフェノール樹脂を選択した。フェノール樹脂単体では脆く、強度も低く、摩擦摩擦特性を満足しないため、強度、耐摩擦性、耐衝撃性を付与するための添加剤(短繊維、充填材)の研究をおこなった。

4. 実験結果と考察

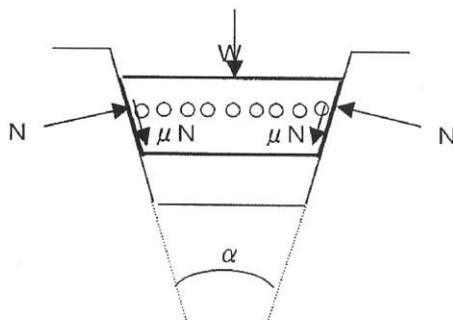
4.1 耐衝撃性の向上

フェノール樹脂の耐衝撃性向上手段としては、マトリックス樹脂の架橋密度を下げる、樹脂中にゴム成分をブレンドする等の手段が考えられた。しかしながら、これらの手段は高温物性の低下、耐摩擦性の低下や摩擦係数の上昇をもたらす。そこで熱可塑樹脂の耐衝撃性向上で知見のあったアラミド短繊維を複合することで、耐衝撃性を向上することを試みた。

表2に示すパラ系アラミド繊維であるケブラー29とテクノーラ短繊維をそれぞれフェノール樹脂に複合し、アイゾット衝撃強度と補強性(曲げ強度、曲げ弾性率)をJIS K 6911に準じて評価した。結果を表3に示す。テクノーラは衝撃強度を改善し、かつ補強性を有したのに対し、ケブラーは衝撃強度には優れるものの、高温物性が劣る結果を得た。この原因は明らかではないが、表2に示す繊維単体での特性には大差がないことから、樹脂中での短繊維の分散状態、及び繊維と樹脂との接着等の界面の状態に差があったためと推察する。以上の結果よりテクノーラ短繊維を耐衝撃性付与材として選択した。

表1 「AVANCE」用樹脂部材に要求される特性

ベルトに対する要求	樹脂に対する要求特性	部材特性
高トルク伝動が可能	・ 強度が高い ・ 摩擦係数が適切 ・ 摩擦係数が安定 (PVT特性)	・ 曲げ強度 ・ 鈴木式試験機による摩擦係数 ・ 鈴木式試験機による摩擦係数のPVT依存性
高速に耐える	・ 耐衝撃性に優れる。	・ アイゾット衝撃強度
高温下の使用に耐える	・ 高温で強度低下が少ない ・ クリープが小さい ・ 高温長期使用しても物性が低下しない。	・ 高温曲げ弾性率 ・ 熱老化特性
速比安定性がある	・ 摩擦が少ない	・ 鈴木式試験機による摩擦量



Vベルトのプーリ上における力の釣り合い

$$W = 2 \times \{ \sin(\alpha/2) - \mu \cos(\alpha/2) \} \times N$$
 ベルトがプーリから抜ける条件は $W \geq 0$

$$\mu \leq \tan(\alpha/2)$$

$$\alpha = 26^\circ \text{ の時 } \mu = 0.23$$

図2 Vベルトがプーリから抜けるための条件

表2 検討したアラミド繊維の特性

	引張強さ (MPa)	引張弾性率 (MPa)	比重
ケブラー 29	2795	61800	1.44
テクノーラ	3040	69600	1.39

表3 アラミド短繊維複合フェノール樹脂の特性

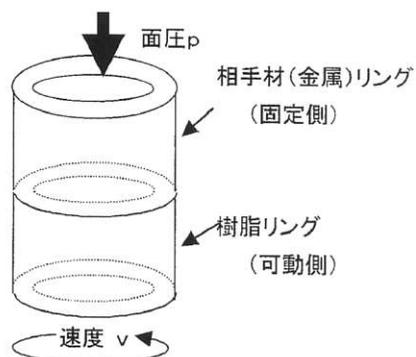
	ケブラー 29	テクノーラ
23℃曲げ強度 (MPa)	36	59
23℃曲げ弾性率 (MPa)	1049	2285
120℃曲げ強度 (MPa)	測定不可	41
120℃曲げ弾性率 (MPa)	測定不可	1000
アイゾット衝撃強度 (J/m)	165	122

4.2 カーボンファイバーの選択

樹脂の摩擦係数を下げ、耐摩耗性を向上させる補強材としてカーボン短繊維を検討した。カーボン短繊維(以下CFと略す)として表4に示す各種グレードを用い、フェノール樹脂中に複合し、摩擦摩耗特性を評価

した。摩擦摩耗特性は図3に示す鈴木式摩擦摩耗試験機を用いJIS K 7218のA法に準じて測定した。このときの評価条件は面圧 $p = 1.98\text{MPa}$ 、滑り速度 $v = 50\text{mm/s}$ 、温度 $T = 23^\circ\text{C}$ 、摩耗時間 $t = 2$ 時間であった。表5にその結果を示した。ピッチ系CFはPAN系CFに比較して高い摩擦係数と大きな樹脂摩耗量を与えた。またピッチ系はPAN系に比べ、相手材(金属)も著しく摩耗させていることがわかった。PAN系の2種類を比較すると、高弾性率タイプが標準タイプに比べて低い樹脂摩耗量、相手材摩耗量を与えた。このPAN系高弾性率タイプが良好な摩耗特性を与える理由を繊維の高次構造から以下に考察した。

図4にはPAN系カーボン繊維の高次構造模型を示した。PAN系炭素繊維の径方向断面の表層部には炭素網面が円周方向に平行に配列しており、この表層部は黒鉛化度が高く、内部は炭素網面の配列がランダムで、中心部に向かって乱れが大きいが知られている。PAN系高弾性率繊維は高温で焼成されるため、黒鉛化度の高い表層部が厚く、繊維切断(破断)断面の平滑性に優れると考えられた。この断面平滑性が劣る場合、相手材表面を傷つけ、自己摩耗性も相手材摩耗性も大きくなると考えられる。



[標準評価条件]

面圧 $p = 1.98$ or 5.88 (MPa)
 滑り速度 $v = 50$ (mm/sec)
 温度 $T = 23$ or 100 ($^\circ\text{C}$)
 摩擦時間 $t = 2$ or 4 (時間)

図3 摩擦摩耗特性評価方法(鈴木式摩擦摩耗試験)

表4 検討したカーボン繊維の特性

系統	グレード	繊維径 (μm)	比重	引張強さ (MPa)	引張弾性率 (MPa)
PAN系	標準タイプ	7	1.77	3600	235000
	高弾性率タイプ	6.6	1.83	2500	390000
石油ピッチ系	炭素質	14.5	1.65	720	32000
	黒鉛質	14.5	1.57	600	30000

表5 カーボン短繊維複合フェノール樹脂の摩擦摩耗特性

	PAN系標準タイプ	PAN系高弾性率タイプ	石油ピッチ系炭素質	石油ピッチ系黒鉛質
動摩擦係数 μ_d	0.25	0.25	0.48	0.52
樹脂摩耗量 (mg)	1.0	0.2	14.8	5.2
相手材摩耗量 (mg)	0.9	0	48.5	230

$p = 1.98\text{MPa}$, $v = 50\text{mm/sec}$, $T = 23^\circ\text{C}$, $t = 2$ 時間

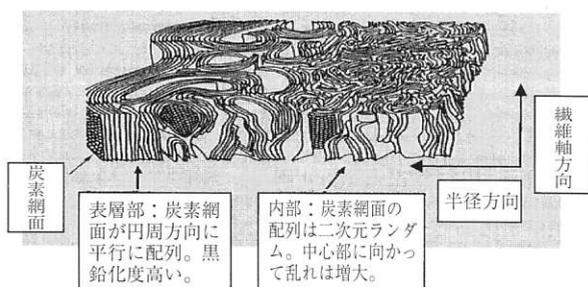


図4 PAN系繊維の高次構造模型

4.3 充てん材の検討

前節のカーボン短繊維の検討に加え、更なる低摩擦の付与、耐摩耗性の向上を目的として種々の充てん材がフェノール樹脂配合中に添加される。ここでは耐摩耗性の向上を目的に充てん材の検討を行った。表6に示す特性をもつ3種の充てん材（グラファイト、フェノール樹脂炭化物、クレー）を樹脂に添加し、前述の鈴木式摩擦摩耗試験機（ $p = 1.98\text{MPa}$ 、 $v = 50\text{mm/s}$ 、 $T = 23^\circ\text{C}$ 、 $t = 2$ 時間）を用いて摩擦摩耗特性を評価した。表7に結果を示す。3種の充てん材の比較ではグラファイトが最も小さな摩擦係数を与え、耐摩耗性に優れる結果を得た。

4.4 摩擦係数の制御技術の検討

これまでの検討結果から「AVANCE」用樹脂部材の基本配合とそれぞれの配合物の機能を表8に整理した。この配合系をベースに更なる耐摩耗性の向上を目指し、補強性に優れるCFを増量し、弾性率を上げる試みがなされた。図5、6にCFを増量した場合の曲げ弾性率と摩擦係数の変化（鈴木式摩擦摩耗試験測定条件： $p = 5.88\text{MPa}$ 、 $v = 50\text{mm/s}$ 、 $T = 100^\circ\text{C}$ 、 $t = 4$ 時間）をそれぞれ示した。CFの増量により弾性率は向上したが、同時に摩擦係数の低下をもたらすことがわかった。この摩擦係数の低下により、ベルトの伝動能力を低下させる結果となった。（摩擦係数が低下するため、同じプーリ径で同じトルクを伝達するためには大きなベルト張力を必要とする。）

表6 検討した無機充てん材

	性 状
グラファイト	粒子系 $5.5\ \mu\text{m}$ モース硬度 1.5
フェノール樹脂炭化物	粒子系 $15 \sim 20\ \mu\text{m}$ 球状 モース硬度 1.5
クレー	粒子系 $1.4\ \mu\text{m}$ 焼成品 モース硬度 1.5

そこで、摩擦係数と曲げ弾性率を独立に制御できる手段の研究をおこなった。この手段として、我々はCFと酸化亜鉛ウイスキーを併用することを考えた。酸化亜鉛ウイスキーは表9の性状のフィラーである。酸化亜鉛ウイスキーはCFと同等のフェノール樹脂補強性を有し、フェノール樹脂と金属の摩擦係数をCFほど低下しないフィラーであり、またモース硬度が小さく、相手材の損傷性も少ないフィラーである。

図7、8には樹脂中のCFと酸化亜鉛ウイスキーのトータル容積分率を40%と一定にして、CFと酸化亜鉛ウイスキーの比率を変量して得られた曲げ弾性率と摩擦係数（鈴木式摩擦摩耗試験測定条件： $p = 5.88\text{MPa}$ 、 $v = 50\text{mm/s}$ 、 $T = 100^\circ\text{C}$ 、 $t = 4$ 時間）の結果をそれぞれ示した。CFと酸化亜鉛ウイスキーの比率を変えても曲げ弾性率は略一定であるのに対し、摩擦係数は酸化亜鉛ウイスキーの比率を上げると上昇し、0.17から0.25まで制御できることがわかった。テトラポット形状をした酸化亜鉛ウイスキーの3次元的な構造による投錨効果と酸化亜鉛ウイスキーの物理特性（高い補強性と低いモース硬度）、及び、酸化亜鉛/金属間の親和力が摩擦係数の上昇をもたらしたものと推察する。

以上の検討により、弾性率はCFと酸化亜鉛ウイスキーの総量を増減してコントロールでき、この総量と酸化亜鉛ウイスキーの比率を変量することにより、樹脂の弾性率（耐摩耗性）と動摩擦係数を独立に制御できるようになった。

表7 各種無機充てん材配合フェノール樹脂の摩擦摩耗特性

	グラファイト	フェノール樹脂炭化物	クレー
動摩擦係数 μ_d	0.27	0.62	0.44
樹脂摩耗量 (mg)	0.4	17.1	2.6
相手材摩耗量 (mg)	0.2	38.8	2.1

$p = 1.98\text{MPa}$ 、 $v = 50\text{mm/sec}$ 、 $T = 23^\circ\text{C}$ 、 $t = 2$ 時間

表8 「AVANCE」用樹脂基本配合と機能

フェノール樹脂	マトリックス樹脂
PAN系高弾性率CF	強度・弾性率補強、摩擦係数低減
テクノーラ	耐衝撃性付与
グラファイト	耐摩耗性向上

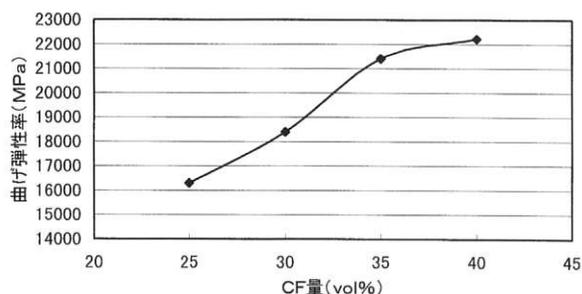


図5 CF量と曲げ弾性率の関係

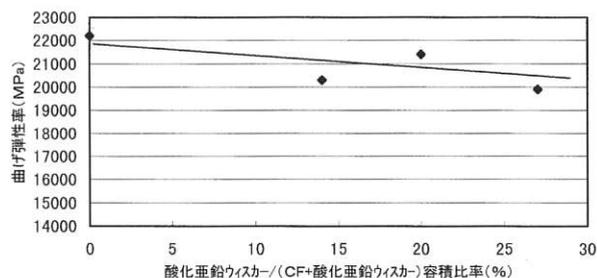


図7 CFの酸化亜鉛ウイスキー置換量と曲げ弾性率の関係

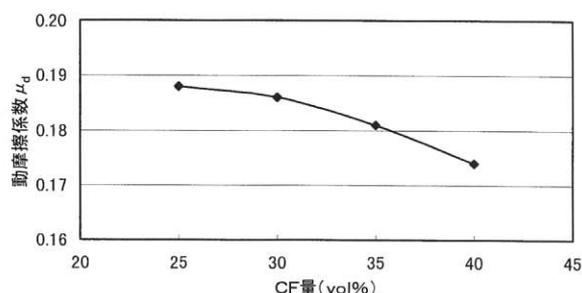


図6 CF量と動摩擦係数の関係
($p = 5.88\text{MPa}$, $v = 50\text{mm/sec}$, $T = 100^\circ\text{C}$, $t = 4\text{時間}$)

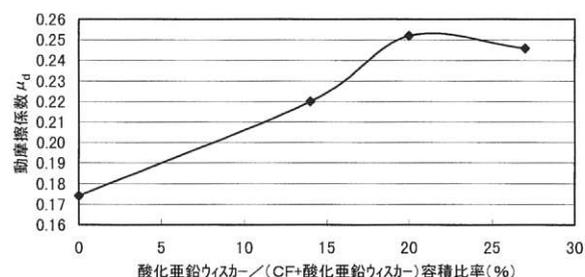


図8 CFの酸化亜鉛ウイスキー置換量による摩擦係数依存性
($p = 5.88\text{MPa}$, $v = 50\text{mm/sec}$, $T = 100^\circ\text{C}$, $t = 4\text{時間}$)

表9 酸化亜鉛ウイスキーの性状

繊維径	0.2 ~ 3.0 μm
形状	3次元方向に展開した形状を有する針状単結晶からなるテトラポット形状

4.5 実用配合の特性

表10に実用樹脂配合の特性を示した。配合①は酸化亜鉛ウイスキーを使用しない配合であり、曲げ弾性率等の物性を上げた結果、摩擦係数が0.18の水準となった配合である。配合②は酸化亜鉛ウイスキーを使用し、摩擦係数を0.23（これ以上だとベルトのプーリが抜けなくなる）に出来る限り近づけるとともに、強化材短繊維を増量して物性を向上した配合である。配合②は配合①に比較して強度、曲げ弾性率が高く、耐摩耗性も優れた結果を与えた。

軽自動車用乾式CVTベルト用樹脂として得られた配合②について、鈴木式摩擦摩耗試験機を用いて動摩擦係数の、面圧 p 、滑り速度 v 、温度 T 、及び相手材の表面あらさ R_a それぞれによる依存性を評価した。

標準測定条件を $p = 5.88\text{MPa}$ 、 $v = 50\text{mm/s}$ 、 $T = 100^\circ\text{C}$ 、 $R_a = 0.44\mu\text{m}$ 、 $t = 4\text{時間}$ とし、図9、図10、図11、図12にそれぞれ p 、 v 、 T 、 R_a を変化させたときの摩擦係数の変化をプロットした。なお、相手材の表面あらさ R_a は相手材を番手の異なるエメリー紙で予備摺りして変量した。摩擦係数は広い範囲下で安定な結果を示した。

摩擦係数は前述のごとく、ベルトのプーリからの抜けの制約から、楔角度が 26° の場合0.23以下が必要であった。一方、伝動能力からは摩擦係数が大きいことが要求された。摩擦係数が0.23を越えない範囲が広く、摩擦係数の面圧、温度等の条件依存性の少ない樹脂が「A V A N C E」用樹脂としては理想的である。

5. ま と め

フェノール樹脂をマトリックス樹脂とし、種々の強化繊維、充てん材を特性付与目的別に追求し、強度、耐熱性に優れた摩擦摺動材料として「AVANCE」用樹脂を確立した。

今後さらなる配合技術の向上により、高性能樹脂を追求したい。

[引用文献]

- 1) Takahasi, M., Kido, R., Nonaka, K., Takayama, M. and Fujii, T: Proc. Congress on Continuously Variable Power Transmission, p.254 (1999)

表10 「AVANCE」用樹脂配合と特性

配合	配合成分	配合成分の機能	配合①	配合②
		フェノール樹脂	マトリックス樹脂	○
	PAN系高弾性率CF	強度、弾性率補強	○	○
	酸化亜鉛ウイスキー	摩擦係数制御		○
	アラミド繊維 (テクノーラ)	耐衝撃性付与	○	○
	グラファイト	耐摩耗性向上	○	○
特性	動摩擦係数 μ_d		0.18	0.23
	比摩耗量 ($\text{mm}^3/\text{N}\cdot\text{m}$)		5.7×10^{-6}	2.6×10^{-6}
	23℃曲げ強度 (MPa)		140	180
	120℃曲げ強度 (MPa)		100	160
	23℃曲げ弾性率 (MPa)		16000	20000
	120℃曲げ弾性率 (MPa)		13000	16000
	アイゾット衝撃強度 (J/m)		25	30

鈴木式摩擦摩耗試験条件：p=5.88MPa, v=50mm/sec, T=100℃, t = 4時間

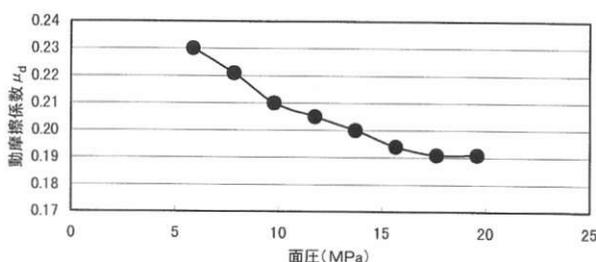


図9 動摩擦係数の面圧依存性 (配合②)

v=50mm/sec, T=100℃, Ra=0.44 μm , t = 4時間

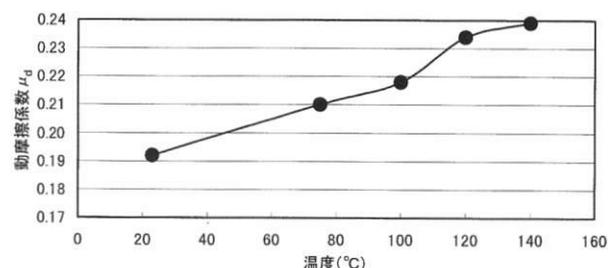


図11 動摩擦係数の温度依存性 (配合②)

p=5.88MPa, v=50mm/sec, Ra=0.44 μm , t = 4時間

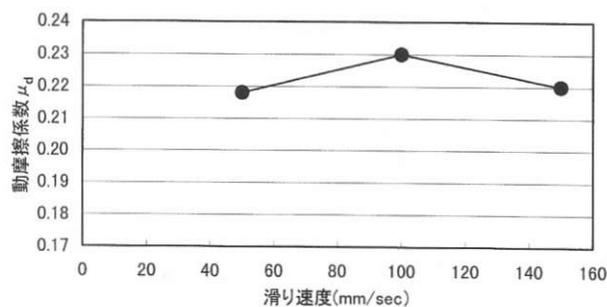


図10 動摩擦係数の滑り速度依存性 (配合②)

p=5.88MPa, T=100℃, Ra=0.44 μm , t = 4時間

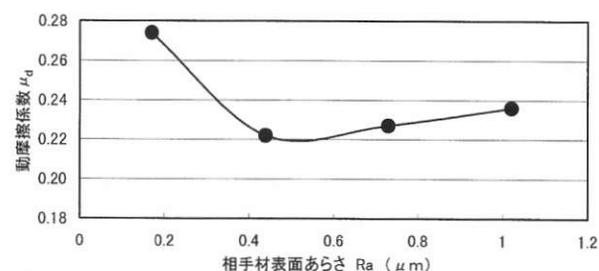


図12 動摩擦係数の相手材面あらし依存性 (配合②)

p=5.88MPa, v=50mm/sec, T=100℃, t = 4時間



野中 敬三
Keizou NONAKA
1973年入社
伝動技術研究所



佐藤 弘幸
Hiroyuki SATO
1985年入社
伝動技術研究所

磁気粘性流体の評価

The Evaluation of a Magnetorheological Fluid

畑 克彦*

Katsuhiko HATA

荒木 伸介*

Shinsuke ARAKI

1. 緒 言

磁気粘性流体 (Magnetorheological 流体、以下MR 流体) とは、油中に強磁性微粒子を分散させたものであり、電気粘性流体とともに古くから知られた流体である。MR 流体に外部から磁場を加えると、分散強磁性粒子が磁場方向に鎖状のクラスターを形成し、せん断流れや圧力流れに対して抵抗すると考えられている。この特性を利用し、ダンパーやクラッチ等への適用が検討されているが、電気粘性流体同様に粒子の沈降の問題が解決できず実用化が遅れている。

そこで、当社では粒子の沈降防止に注力しMR 流体の開発に取り組んできており、本報ではそのMR 流体 (試作品NS40) の評価結果を報告する。

2. 実 験 方 法

2.1 評価試料

評価に供した試料は、当社MR 流体試作NS40並びに市販MR 流体であった。なお、NS40の粒子濃度は、30vol% (市販MR 流体と同水準) に設定した。

2.2 評価方法

2.1.1 沈降安定性

MR 流体をメスシリンダーに25cm³計量後、室温下放置し、経時での分散粒子の沈降体積を測定した。

2.1.2 減衰特性

せん断振動流型試験機を用いてMR 流体の減衰特性の評価を行った。なお、評価条件は正弦波、周波数0.2Hz、振幅±10mmであった。

3. 結 果 お よ び 考 察

3.1 沈降安定性

図1にNS40並びに市販MR 流体の沈降安定性を示した。市販MR 流体は1000min頃から急激な沈降を生じたが、NS40に於いてはそのような現象は確認されず、沈降安定性に優れていることが示された。

3.2 減衰特性

図2にはせん断振動流型試験機を用いた場合の履歴ループを示した。電磁石印加電流 (印加磁場強度) の増加に伴い、減衰が大きくなっていることがわかる。

3.3 今後の課題

NS40で達せられた沈降安定性は実用化に対して未だ十分といえる水準ではない。本来の磁気粘性効果を保持しつつ、さらに沈降安定性を高めていく必要がある。

* 中央研究所

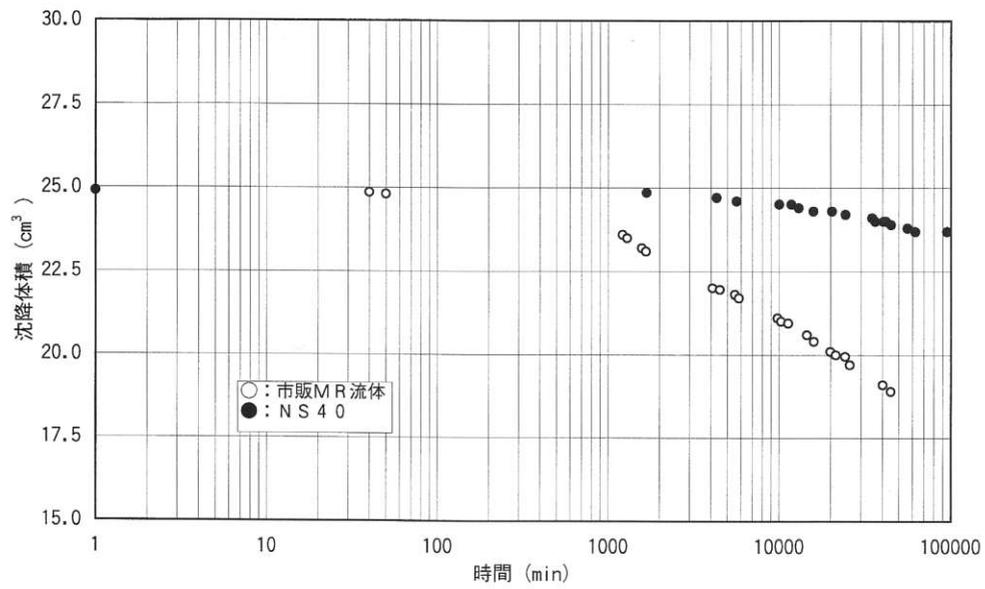


図1 MR流体の沈降安定

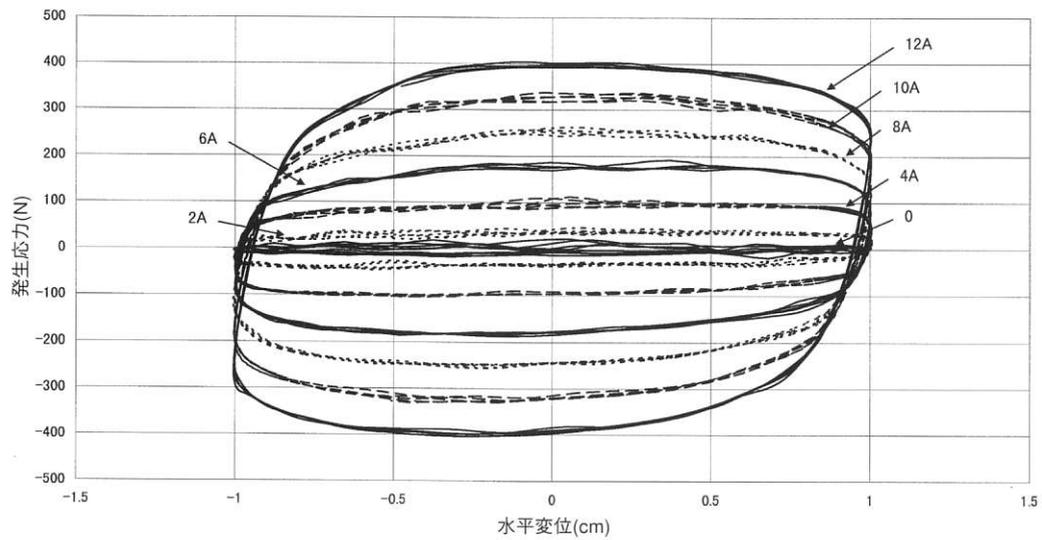


図2 履歴ループ (sin波 0.2Hz ± 10mm)

節電タイプ伝動ベルトの開発

Economical V-Belt

松尾 圭一郎*

Keiichiro MATSUO

1. 緒言

地球温暖化防止京都会議以降、あらゆる面・分野においてCO₂削減・省エネルギー化が叫ばれている。産業部品においても同様であり、当社では節電タイプ伝動ベルトの開発に着手した。そこで本項においては当該ベルトの節電効果について報告する。

2. ベルトタイプ

2.1 評価試料

一般産業分野において、広く使用されているVベル

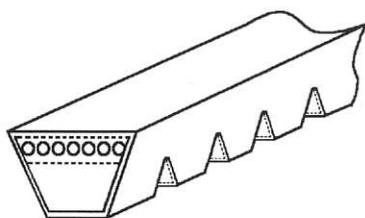


図1 ベルト形状

トA形・B形・C形を対象とし、開発を行った。図1は、当該ベルトの形状を表しており、従来Vプーリにて使用可能である。

表1にベルトサイズ範囲を示す。

3. 節電化設計

図2に示すようにベルト伝動系による動力損失を低減させることにより、節電効果を発揮させることを試みた。

ベルト伝動系による動力損失の代表的な影響要因を図3に示す。

表1

ベルトタイプ	製作可能範囲呼び番号
JIS A形	34 ~ 180
JIS B形	34 ~ 180
JIS C形	39 ~ 180

※ベルトの長さ(mm)=25.4×[呼び番号]

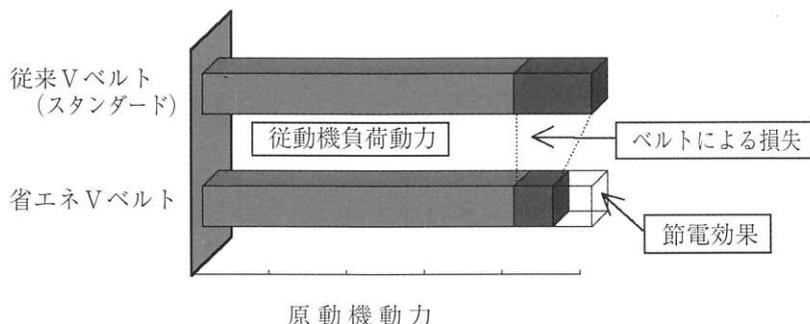


図2 節電化の考え方

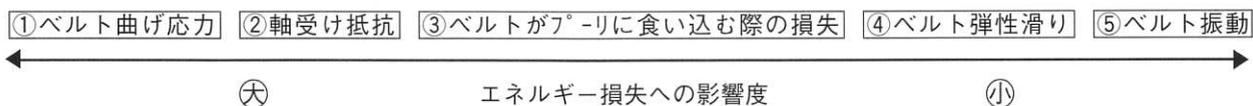


図3 ベルト伝動系におけるエネルギー損失要因

* 伝動技術研究所

本開発は、最も影響度が高いと考えられるベルト曲げ応力に着目し設計を行い、具体的には、ベルト構造上小さな力で曲げることが可能となり、ベルト曲げ応力による損失を低減させることとした。図4に従来ベルトとのベルト曲げ易さの比較結果を示す。

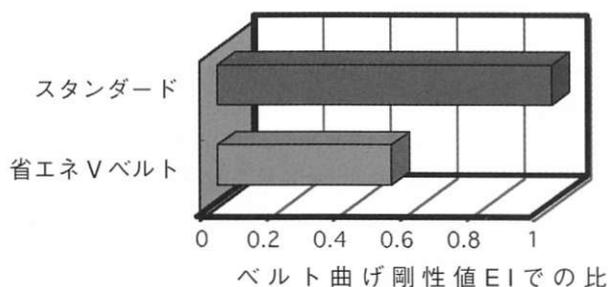


図4 ベルト曲げ剛性

4. 節電効果検証

各種ベルト伝動システムに適用した際の節電効果を図5及び表2に示す。

5. 結果と考察

最適なベルト設計及びシステム化の検討により、伝動効率の向上を達成し、従来Vベルトに比べ4%程度の節電効果が期待でき、環境面においても例えば表2のベルト伝動システムAのケースでは、CO₂削減効果としては、年間4500kgC程度の期待ができる。

今後、更なる材料設計・形状設計・システム設計の最適化と向上により、環境への負荷の小さな伝動システムが提案できると考える。

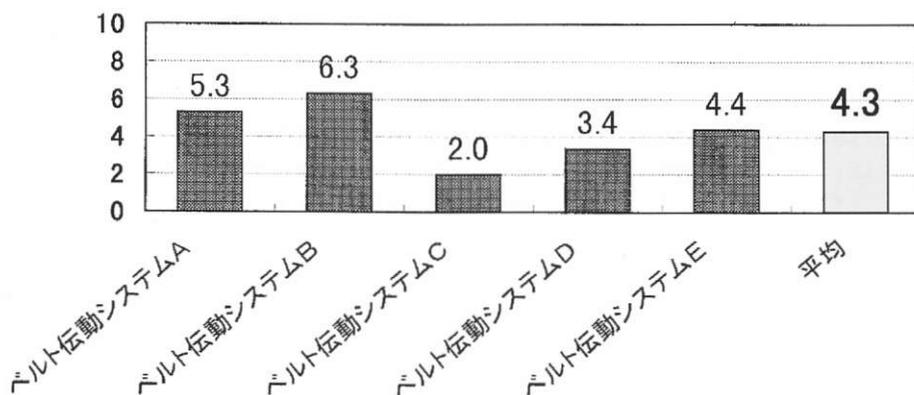


図5 節電効果

表2 電力削減量

	原動機	節電効果 (%)	年間推定電力削減量 (kWh)
ベルト伝動システムA	5.5~37kW	5.3	37,600 (6台分)
ベルト伝動システムB	37kW	6.3	16,700
ベルト伝動システムC	22kW	2.0	3,700
ベルト伝動システムD	1.5kW	3.4	260
ベルト伝動システムE	5.5kW	4.4	1,200

A：エアハンドリングユニット・A社

B：排気ファン・B社

C：エアハンドリングユニット・C社

D：排気ファン・D社

E：排気ファン・E社

特許・実用新案登録一覧

(1999. 9. ~ 2000. 9.)

(日本特許)

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H02-43350(H02.02.23) 開 H03-244850(H03.10.31) 登 3007371(H11.11.26)	中西 康之 尾上 勸 松岡 宏	〈名称〉繊維補強ゴム製品 〈要約〉ゴム製の製品本体に繊維からなる補強体が埋設されたゴム製品で、補強体の撓り方向がS撓りとZ撓りと逆向きに設定された左遷性及び右遷性打込み糸条からなる4本以上の偶数本数の糸条にて円筒状に組まれた丸打ち組紐で構成される。
願 H02-61875(H02.03.12) 開 H03-265741(H03.11.26) 登 2994679(H11.10.22)	谷 和義	〈名称〉ベルト及びその製造方法 〈要約〉抗張体を介して伸張ゴム部と圧縮ゴム部とが上下に積層されてなり、圧縮ゴム部に所定方向に配向された短繊維が混入されたベルトで、短繊維が熱溶融性合成繊維からなり、プリー接触面より露出する短繊維の先端が溶融している。短繊維はプリー接触面よりの露出長さが10-40 μ mとなっている。
願 H02-121830(H02.05.10) 開 H04-16329(H04.01.21) 登 2991741(H11.10.15)	梅田 荒夫 藤原 勝良 田島 義隆	〈名称〉摺動材 〈要約〉弾性基材に対し、繊維長さ1-5mmにカットしてなる短繊維が2-65容量%の割合で配合され、短繊維が厚さ方向に配向され、表面から短繊維の一部が突出している。
願 H2-206296(H02.08.02) 開 H04-90941(H04.03.24) 登 2996495(H11.10.29)	幸原 正志 高橋 光彦 尾上 勸 松川 浩和 松田 利之 吉田 裕彦	〈名称〉可撓性袋体繊維成形物の製造方法 〈要約〉繊維のヤーンまたはトウにエラストマーをコーティングした後にフィラメントがほぼ直線状に且つ平行状態を保つように開織してテープを得、これを所定の大きさおよび形状を有するマンドレルの周りに巻き付けて製造する。
願 H02-289751(H02.10.26) 開 H04-163134(H04.06.08) 登 3037736(H12.02.25)	和田 法明	〈名称〉ゴム構造体 〈要約〉ゴム表面より露出する短繊維を該ゴム中に混入するようにする。
願 H02-305467(H02.11.08) 開 H04-175161(H04.06.23) 登 3002897(H11.11.19)	伊藤 健一 岡留 光治	〈名称〉粘稠物質等の付着防止ライニングとその製造方法 〈要約〉一定の厚みをもち剛性の高いフレームと、該フレームに固着された弾性板材とを備え、該弾性板材は、前記フレームの少なくとも一対の対向辺間に連続する熱収縮されたコード又は帆布を内装し、裏面に前記フレームの開口部に対応又はほぼ対応する凹所が開設され、前記フレームの対向辺間に伸長状態で張設されている。
願 H02-310029(H02.11.15) 開 H04-180937(H04.06.29) 登 3030466(H12.02.10)	東 篤	〈名称〉芳香族ポリアミド繊維とゴム配合物との接着方法 〈要約〉(a)分子内に少なくとも1つのエポキシ基を有するエポキシ化合物100重量部に対して、液状ゴム1から100重量部と、ブロック化ポリイソシアネート5から20重量部を含む浸漬液にて処理する第一工程、(b)レゾルシン、ホルマリン、ゴムラテックス混合液で処理する第二工程、及び(c)未加硫ゴム配合物と密着加硫する第三工程を含むことを特徴とする。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H02-320206(H02.11.22) 開 H04-189114(H04.07.07) 登 2998106(H11.11.05)	藤原 良則 鈴木 敏之	<p>〈名称〉遠心成形によるポリウレタンエラストマー成形物の製造方法</p> <p>〈要約〉遠心成形によるポリウレタンエラストマー成形物の製造方法において、回転している成形ドラム内に末端イソシアネート基を有するウレタンプレポリマーと架橋剤とを含む成形材料を注入した後、成形材料の架橋硬化の初期の段階において、成形材料の表面に末端水酸基を有するシリコンオイルを加えることを特徴とする。</p>
願 H02-331241(H02.11.28) 開 H04-198325(H04.07.17) 登 3030467(H12.02.10)	東 篤	<p>〈名称〉水素化ニトリルゴム配合物と繊維との接着方法</p> <p>〈要約〉エチレン性不飽和カルボン酸金属塩と有機過酸化物を含有する水素化ニトリルゴム配合物と繊維との接着方法において、繊維材料をウレタン変性エポキシ化合物とエポキシ化合物のための硬化剤を含む溶液にて処理した後、レゾルシンとホルマリンとゴムラテックスとの混合液にて処理し、次いで、水素化ニトリルゴム配合物と密着加硫させることを特徴とする。</p>
願 H02-331242(H02.11.28) 開 H04-198326(H04.07.17) 登 2997721(H11.11.05)	東 篤	<p>〈名称〉水素化ニトリルゴム配合物と繊維との接着方法</p> <p>〈要約〉エチレン性不飽和カルボン酸金属塩と有機過酸化物を含有する水素化ニトリルゴム配合物と繊維材料との接着方法において、繊維材料をエポキシ変性ポリオール化合物とポリイソシアネート化合物を含む溶液にて処理した後、レゾルシンとホルマリンとゴムラテックスとの混合液にて処理し、次いで、水素化ニトリルゴム配合物と密着加硫させることを特徴とする。</p>
願 H02-331243(H02.11.28) 開 H04-198327(H04.07.17) 登 2998134(H11.11.05)	東 篤	<p>〈名称〉芳香族ポリアミド繊維とゴム配合物との接着方法</p> <p>〈要約〉高い接着強度と耐屈曲疲労性とを有する芳香族ポリアミド繊維とゴム配合物との接着複合体を得ることができる製造方法を提供する。</p>
願 H02-334372(H02.11.29) 開 H04-202332(H04.07.23) 登 3008373(H11.12.03)	菅原 史 東 篤	<p>〈名称〉繊維とゴム配合物との接着方法</p> <p>〈要約〉エポキシ樹脂とブロック化ウレタンプレポリマーと分子内に1つ以上のアミノ基を有するポリアミンとを含む処理溶液で繊維を処理し、次いで、レゾルシン・ホルマリン・ゴムラテックスにて処理した後、繊維を未加硫ゴム配合物と加硫接着することを特徴とする。</p>
願 H02-400797(H02.12.07) 開 H04-315559(H04.11.06) 登 3100640(H12.08.18)	山本 文也	<p>〈名称〉ゴム状弾性を有するロールの研削方法</p> <p>〈要約〉主軸台と心押し台とで両側から支えられて回転するゴム状弾性を有するロールの外周を、該ロールの砥石の研削抵抗の作用方向と反対側から押圧しながら高速回転する砥石で研削する。砥石の反対側からロールを押圧することで、研削抵抗による軸のたわみやロール自体の変形をなくし全体に亘って等径のロールを短時間に、精度よく研削仕上げする。</p>
願 H02-405409(H02.12.04) 開 H04-212818(H04.08.04) 登 3002901(H11.11.19)	松田 利之 城戸 建士 池野 隆 大塚由紀夫	<p>〈名称〉伝動ベルト等の加硫方法とその加硫設備</p> <p>〈要約〉加硫工程を、加硫パターン又は成形作業時間に基づいて複数の工程に分割し、この分割した各工程別の加熱加圧手段間で未加硫の成形物を加硫容器とともに順次移動させて各加硫工程の下に加硫する。</p>
願 H03-21303(H03.02.15) 開 H04-339832(H04.11.26) 登 3113292(H12.09.22)	福永 健一 梅田 荒夫 梅宮 正稔	<p>〈名称〉短繊維含有ゴムロール</p> <p>〈要約〉短繊維含有ゴムロールは、天然ゴムや合成ゴムに対し、短繊維が2-30容量%混入されてなる。短繊維は、繊維長さが0.2mm以上でアスペクト比が20以上である。短繊維はロール半径方向に配向されている。</p>

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H03-28263(H03.02.22) 開 H04-288065(H04.10.13) 登 2998229(H11.11.05)	稲田 宏 古畑 知一	〈名称〉 4, 4', 4"-トリ(N-フェノチアジニル)トリフェニルアミン類 〈要約〉 常温でアモルファス状態を保持することができ、それ自体で薄膜化することができ、光電変換素子、サーモクロミック素子、光メモリー素子等として有用な新規化合物を提供。
願 H03-82477(H03.04.15) 開 H04-316747(H04.11.09) 登 3100654(H12.08.18)	結城 慎也 高橋 光彦 中西 康之 落合 務	〈名称〉 高負荷伝動用Vベルト 〈要約〉 ブロックを下ビームが上ビームに対しベルト走行方向前側に位置するよう、張力帯に対するブロックの上凸条と下凸条との係合位置をずらし、ブロックを張力帯に対し後傾させる。プーリへの落ち込み速度低減、衝撃力を抑える。
願 H03-110256(H03.05.15) 開 H04-226308(H04.08.17) 登 3087230(H12.07.14)	藤原 良則	〈名称〉 電子写真複写機用クリーニングブレード 〈要約〉 ポリオールとポリイソシアネートとから調整したイソシアネート基含有8-20%のウレタンプレポリマーからなる主剤を、イミダゾール系硬化触媒と高分子量ポリオールと分子量60-150の低分子量ポリオールとからなる硬化剤成分と共に、イソシアネート基/水酸基当量比1.0-1.2にて混合搅拌後又はしつつ注入。
願 H03-176485(H03.07.17) 開 H05-17628(H05.01.26) 登 3041374(H12.03.10)	塩山 務 藤原 章憲 笠田 満盛	〈名称〉 繊維とゴム配合物との接着方法 〈要約〉 繊維と有機過酸化物を加硫系とするゴム配合物との接着方法において、上記繊維をレゾルシン-ホルマリン-ゴムラテックス混合液にて処理し、次いで、フェノール系樹脂とニトリル基含有高飽和重合体ゴムとを含む接着剤にて処理した後、有機過酸化物と不飽和カルボン酸金属塩とを含む未加硫ゴム配合物に密着加硫させる。
願 H03-192019(H03.07.31) 開 H06-79835(H06.03.22) 登 3072747(H12.06.02)	中野 礼吉	〈名称〉 内装用化粧材 〈要約〉 無機質フィラー強化軟性樹脂フィルム層、内部可塑性柔軟性樹脂フィルム層及び粘着剤層をこの順序で有することを特徴とする化粧材。耐引掻き性、耐摩耗性、可塑性非移行性、温度非依存性及び三次曲面追従性が改善された内装用化粧材。
願 H03-196695(H03.08.06) 開 H05-99289(H05.04.20) 登 3073558(H12.06.02)	宮田 博文	〈名称〉 変速プーリのクラッチ装置 〈要約〉 変速プーリを開閉する駆動機構を、可動シーブにベアリングを介して移動一体に連結されたカムと、それに係合するカムフォロワとからなり、カムの回転により可動シーブを軸方向に移動させるカム機構とし、カムに戻し側傾斜カム部を設け、ベルトが空転体に移り移って推力がなくなったとき、カムがベアリングの回転抵抗で回転軸と共に回転しようとする力で、戻し側傾斜カム部をカムフォロワに係合させ、可動シーブを更に隔離させる。
願 H03-216181(H03.08.01) 開 H07-1480(H07.01.06) 登 3090985(H12.07.21)	吉見 政治 青野 信良 藤原 良則 小山 鶴一	〈名称〉 成形品の取出装置 〈要約〉 成形品の製造ラインの自動化を図るのに好適な、金型からの成形品を自動的に取り出す装置。金型のクリーニングブレードをピン孔を通してピン部材により突き上げる機構と、この突き上げ機構による突き上げ時に金型の浮き上がりを防止する機構と、金型のクリーニングブレードの金具を吸着・離脱可能な電磁石を有し、リニアガイドに沿って移動可能な搬送機構とを具備している。
願 H04-28081(H04.02.14) 開 H05-221549(H05.08.31) 登 28081(H12.09.14)	野中 敬三 中野 嘉久	〈名称〉 紙葉類搬送用無端ベルト 〈要約〉 紙葉類を挟んだ状態で多方向に搬送する紙葉類搬送用無端ベルトにおいて、ベルト搬送面に短繊維を露出させるようにする。走行中における弛みや蛇行をなくして走行安定性を高める。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H04-116226(H04.05.08) 開 H05-312240(H05.11.22) 登 116226(H12.09.01)	上月 陸三 岡本 眞和 見方 康範	<p><名称> ベルト駆動装置</p> <p><要約> 3本のローラに感光ベルトを走行可能に掛け渡す。ローラの軸端部に偏動検出部材を配設し、感光ベルトが偏動して偏動検出部材に接触すると、偏動検出部材の回転トルクを利用してローラの方の軸端部を変位させることで初期偏動を解消する。ローラとローラとの両軸端部間にテンションアームを架設し、一方のテンションアームに前記軸端部の変位方向に向かって伸びる長孔を形成す。</p>
願 H04-166848(H04.06.01) 開 H05-337886(H05.12.21) 登 3071948(H12.05.26)	渡辺 勝喜 長谷部兼輝	<p><名称> 筒状弾性体の輪切り装置</p> <p><要約> スラプ等の筒状弾性体に張力を均一に与えて、その弾性体を支持する軸の一端側へ安定して確実に片寄せすることができ、高精度で所定幅の輪切りが可能な輪切り装置を提供する。</p>
願 H04-199861(H04.07.27) 開 H06-50425(H06.02.22) 登 3046149(H12.03.17)	宮田 博文	<p><名称> 無段変速装置</p> <p><要約> 変速プーリ機構及び差動ギヤ機構を組み合わせてなる無段変速装置のニュートラル状態を安定して維持できるようにする。</p>
願 H04-199890(H04.07.27) 開 H06-50427(H06.02.22) 登 3046150(H12.03.17)	宮田 博文	<p><名称> 無段変速装置</p> <p><要約> 変速プーリ機構及び差動ギヤ機構を組み合わせてなる無段変速装置に対し、変速プーリ間での動力伝達方向が逆になっても、トルカム機構によるベルト推力が常に操作力を軽減する方向に作用するようにし、操作力軽減効果を安定して確保できるようにする。</p>
願 H04-243464(H04.09.11) 開 H06-95491(H06.04.08) 登 3114951(H12/09/29)	梅田 荒夫 谷本 眞雄 田中 義治	<p><名称> 電子写真現像用ロール</p> <p><要約> 非磁性現象ローラとして用いた場合に画像濃度の階調性が二成分方式と同等であって、カプリの少ない画像が得られる現像用ロールを提供する。</p>
願 H04-322516(H04.11.06) 開 H06-147281(H06.05.27) 登 322516(H12.09.14)	佐藤 一男 赤松 貞彦 上田 尚秋	<p><名称> ベルト掛け装置</p> <p><要約> プーリの配置にかかわらずその周辺の適切な位置まで正確に伝動ベルトを運ぶことができ、周長の短い伝動ベルトでもプーリに掛けることのできるベルト掛け装置を提供する。</p>
願 H05-257991(H05.10.15) 開 H07-113448(H07.05.02) 登 3009811(H11.12.03)	木村 公計 松本 英樹 奥田 将貴	<p><名称> オートテンショナ</p> <p><要約> スプリングサポートを回動部材の回動時に内周面の回動部材のボス部外周面に対面する部分の全面がこのボス部外周面に対し摺接可能に密着するようにする。</p>
願 H06-190262(H06.08.12) 開 H08-53850(H08.02.27) 登 3057543(H12.04.21)	伊藤 健一 阿部 幸夫	<p><名称> ケーソン底部へのマット取付構造</p> <p><要約> ゴムマットに設けた孔内に接着剤で固定した異形鉄筋の一部をゴムマットより突出させ突出させた異形鉄筋をコンクリートケーソンの底部に埋没する。またゴムマット表面に接着剤で固定した取付部材より異形鉄筋を突出させ異形鉄筋と取付部材をコンクリートケーソンの底部に埋没する。更にゴムマットに設けた孔内に接着剤で固定したボルトを鋼製ケーソン貫通孔を挿通しボルト先端部とナットを勘合係止する。又、ゴムマット表面に接着剤で固定した取付部材より異形鉄筋を突出させて鋼製底板の貫通孔に挿通し、異形鉄筋とリング状片を溶接係止する。</p>

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H07-99064(H07.04.25) 開 H08-295801(H08.11.12) 登 7099064(H12.09.08)	吉川 元祥 金治 千秋 白木 勇人	<p>〈名称〉耐熱高摩擦性組成物及びそれを用いたベルト蛇行検出部材</p> <p>〈要約〉PPS40～80重量%とシリコンゴム粉末20～60重量%とからなる組成物でベルト蛇行検出部材を構成する。ベルト蛇行検出部材は、平ベルトが掛け渡される第1～3ローラのうち第3ローラの回転軸の軸端部にそれと独立して回転自在に設けられている。ベルト走行中に平ベルトがベルト蛇行検出部材に乗り上げた際ベルト蛇行検出部材が摩擦抵抗によって回転することで平ベルトが蛇行したことを検出する。</p>
願 H07-112906(H07.05.11) 開 H08-303528(H08.11.19) 登 3025418(H12.01.21)	田島 義隆 明石 貴光 林 丈浩	<p>〈名称〉伝動ベルト及びその製造方法</p> <p>〈要約〉心線を境に接着ゴム層の上側ゴム部を構成する未加硫ゴムシートからなる接着ゴム用シートと、背面帆布とを積層して帯状積層体とする。帯状積層体を構成する背面帆布及び接着ゴム用シートの長手方向両端を、背面帆布上面及び接着ゴム用シート下面で段差が生じないように互いに突き合わせて接合する。</p>
願 H07-176962(H07.07.13) 開 H09-26000(H09.01.28) 登 176962(H12.09.01)	丸山 秀一 岩崎 英文	<p>〈名称〉高負荷伝動用Vベルト</p> <p>〈要約〉下帆布の端部同士を、互いに突き合わせた状態で予めミシンジョイントしておく。その際に、その突合わせジョイント部を、ベルト幅方向に対してバイアスさせて設ける。</p>
願 H07-184477(H07.07.20) 開 H08-112974(H08.05.07) 登 - (H12.09.01)	新居 俊男	<p>〈名称〉熱転写受像紙の製造方法</p> <p>〈要約〉単一の工程によって普通紙上に受容層を形成して、簡単且つ低廉でありながら、高品質の熱転写画像を得ることができる熱転写受像紙を製造する方法を提供する。</p>
願 H07-290812(H07.11.09) 開 H09-132310(H09.05.20) 登 3087820(H12.07.14)	神谷 晴男 岸本 義昭	<p>〈名称〉選果物搬送ベルト</p> <p>〈要約〉帆布とPVC樹脂層を積層したベルト基体の搬送面側に、熱可塑性樹脂の糸状体からなるクッション層が接着されている。</p>
願 H08-80234(H08.04.02) 開 H09-272615(H09.10.31) 登 3067999(H12.05.19)	中村 彰二	<p>〈名称〉搬送ベルト及びその製造方法</p> <p>〈要約〉ベルト両耳部の各角部分に、搬送管内に載置されたときにその内面との接触面を大きくする断面円弧状の接触促進部をそれぞれ形成する。</p>
願 H08-82184(H08.04.04) 開 H09-274416(H09.10.21) 登 3004586(H11.11.19)	藤原 良則 谷 新大 野田 武	<p>〈名称〉電子写真装置用ブレードとその製造方法</p> <p>〈要約〉数平均分子量が1000～3000である官能の高分子ポリオールと、数平均分子量が92～980の3官能ポリオールとを、平均官能基数が2.02～2.20となる比率に混合した混合ポリオールに、イソシアネート基の含量が5～20%となる量のジイソシアネート化合物を混合したプレポリマーに、OH基/NCO基の当量比が0.90～1.05となる量の架橋剤と、前記プレポリマー100重量部に対して0.01～1.0重量部の反応促進剤とを混合させて得られるポリウレタンシートを用いている。</p>
願 H08-246639(H08.09.18) 開 H10-90971(H10.04.10) 登 3116000(H12.09.29)	古畑 知一 山口 清隆 見方 康範	<p>〈名称〉帯電部材</p> <p>〈要約〉感光体に接触する表面層を帯電部材において、該表面層にその全重量の0.01～30%の融点40℃以上を有する固体シリコン系化合物を含有させる。</p>

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H08-313246(H08.11.25) 開 H10-151695(H10.06.09) 登 3016739(H11.12.24)	嶋崎 幸雄 中野 礼吉	<p>〈名称〉熱転写印刷用粘着フィルム</p> <p>〈要約〉印刷適性、耐候性及び曲面貼り適性に優れた熱転写印刷用粘着フィルムを得る。受像フィルム、粘着剤層及び支持体の3層構造の熱転写印刷用粘着フィルムにおいて、受像フィルムをポリ塩化ビニルフィルムで構成する。受像フィルムの硬さを100%モジュラスで1.4～4kg/m²に相当する硬さにする。</p>
願 H08-335513(H08.12.16) 開 H10-176733(H10.06.30) 登 335513(H12.09.01)	竹内 祐二	<p>〈名称〉ベルト用抗張体及び伝動ベルト</p> <p>〈要約〉伝動ベルトにアラミド製抗張体を用いる。この抗張体は4打ち組紐によって成されており、該組紐を構成するヤーンは3.0～5.0デニールのアラミドフィラメントによって形成されている。</p>
願 H08-342961(H08.12.24) 開 H10-184811(H10.07.14) 登 3091704(H12.07.21)	高橋 長	<p>〈名称〉Vリブドベルト</p> <p>〈要約〉Vリブドベルトの少なくともリブゴム層の各リブ外表面全体を塩素処理や紫外線照射処理によって硬化処理する。</p>
願 H09-105(S63.03.03) 開 H09-188653(H09.07.22) 登 3045224(H12.03.17)	松井 洋介 古畑 知一	<p>〈名称〉有機半導体並びにこれを用いる光電変換素子及びエレクトロクロミック表示素子</p> <p>〈要約〉(課題)イオン化電位が低く、非ドーピング状態にて低抵抗であると共に、それ自体でバインダーを用いずに薄膜化することができる芳香族アミン化合物からなる有機半導体を提供することを目的とする。</p>
願 H09-16202(H09.01.30) 開 H10-213184(H10.08.11) 登 3113599(H12.09.22)	森田 渉 荻野 雅章	<p>〈名称〉伝動ベルト</p> <p>〈要約〉圧縮ゴム層に補強用短繊維として高強力ビニロン繊維とナイロン繊維とを混入分散させ、上記ビニロン繊維によって圧縮ゴム層に必要な弾性率を確保することによって、短繊維を多量に使用する必要をなくし上記ナイロン繊維によってベルトの摩擦係数の安定化を図る。圧縮ゴム層における補強用短繊維の配合量をゴム100重量部に15～30重量部としビニロン繊維の配合量をナイロン繊維の配合量1～4倍とする。ビニロン繊維の弾性率を25～40MPaとする。</p>
願 H09-138629(H09.05.28) 開 H10-329167(H10.12.15) 登 3076531(H12.06.09)	野中 敬三 佐藤 弘幸 丸山 秀一 池野 隆	<p>〈名称〉インサート成形装置及びインサート成形方法</p> <p>〈要約〉圧入ユニットにゲートを通じてキャビティに圧入された成形材料を該キャビティに完全充填させるようゲート内の成形材料に2次圧力を加える2次加圧機構を備える。この2次加圧機構は、ゲートに対し進退移動可能に設けられていて進出移動時にゲートの成形材料に2次圧力を加えるためのゲートカットピンと成形材料の圧入時にゲートカットピンをゲートへ進出移動させる油圧シリンダを有している。</p>
願 H09-164355(H09.06.20) 開 H11-13843(H11.01.22) 登 3046263(H12.03.17)	松本 英樹	<p>〈名称〉オートテンシヨナ</p> <p>〈要約〉回転部材のボス部に、該ボス部の周方向の一部が切り欠かれた状態の切除部を設け、この切除部内に、捩じりコイルばねの捩じりトルクの回動側タンクを支点とする反力により固定部材の軸部に摺動可能に押し付けられて回動部材の回動時に該軸部との間に摺動抵抗を発生する摺動部材を配置する。</p>
願 H09-193463(H09.07.18) 開 H11-35122(H11.02.09) 登 3027350(H12.01.28)	中西 均	<p>〈名称〉ガイド付き搬送ベルト及びその製造方法</p> <p>〈要約〉ベルト本体のVガイド部を取り付ける位置に熱硬化型弾性体である接着剤を塗布し、その位置に別に成型されたVガイドを貼り付けた後、50～150℃に加熱可能であって、前記Vガイド形状に対応する溝型を備えた金型により加圧しながら加熱して前記接着剤を硬化させる。</p>

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H09-193464(H09.07.18) 開 H11-33979(H11.02.09) 登 3004609(H11.11.19)	山内 康博 中西 均	<p><名称> 帆布コンベヤベルトの剥離方法及びその装置</p> <p><要約> 帆布コンベヤベルトの接合部を突き出してベルト受け台にクランプし、その接合部を、その切断線と平行に移動するセパレート機に取り付けられた押さえローラにより挟持し、その接合部の厚さ方向の所定比率に剥離する位置に、セパレート機に取り付けられた剥ぎ刃を切り込ませて、押さえローラを回転させてそのセパレート機を移動させ接合部の除去部分を剥離する。</p>
願 H09-227879(H09.08.25) 開 H11-63124(H11.03.05) 登 2995021(H11.10.22)	松尾圭一郎 田中 通生	<p><名称> 歯付プリー群及び歯付プリー並びにそれを用いた動力伝達装置</p> <p><要約> 各圧方面を形成する円弧の曲率中心を、溝中心線との交点におけるプリーピッチラインの接線の上でかつ交点から一定距離だけ離れた位置に設定する。</p>
願 H09-271569(H09.10.03) 開 H11-105577(H11.04.20) 登 3081178(H12.06.23)	柴田 厚 高田 耕一	<p><名称> アクセルポジションセンサ</p> <p><要約> 固定部材のボス部と振りコイルばねとの間に、該振りコイルばねの振りトルクの反力によりボス部に押し付けられて回転部材の回転時に該ボス部との間に摺動抵抗を発生させる筒状樹脂部材を配置する。</p>
願 H10-39102(H10.02.20) 開 H11-153197(H11.06.08) 登 2986442(H11.10.01)	尾上 勲 大野 公睦	<p><名称> 歯付ベルト</p> <p><要約> 歯付ベルトのベルト本体の歯ゴム側に被着させる歯布をRF液に浸漬して接着処理する。ベルト本体の歯ゴム側と歯布との間に白色系ゴム層を介在させる。この際、白色系ゴム層が歯布の織目から外部に露出しないようにする。白色系ゴム層にレゾルシン-ホルムアルデヒド樹脂を配合する。</p>
願 H10-45517(H10.02.26) 開 H11-247172(H11.09.14) 登 3057051(H12.04.14)	糸数 勇治 岸本 隆之	<p><名称> ドレーン材</p> <p><要約> 地中に打ち込み時の打設状況を検知するための被検知部を有し、且つ圧密時に規則正しく湾曲するドレーン材を供給する。不織布と心材の間に長手方向に一定間隔で銅系金属製網目片を介装し、隣接する通水路を連通する切り欠きを突条リブに設けている。</p>
願 H10-143172(H10.05.25) 開 H11-335571(H11.12.07) 登 3029029(H12.02.04)	清友 達志	<p><名称> 含油樹脂組成物及びこれを用いた含油樹脂軸受</p> <p><要約> 潤滑油、潤滑油担体としてのポリノルボルネン系エラストマー、補強充填材としての酸化亜鉛ウイスキー及び自己潤滑性樹脂としてのポリアセタールを含む含油樹脂組成物を用いて、含油樹脂軸受を形成する。この含油樹脂軸受は、酸化亜鉛ウイスキーの補強効果により強度が高い。また摺動部分の表面平滑性が高くしかも表面硬度が低いので摩擦・摩耗特性に優れる。補強充填材は金属粉が配合されるのが好ましい。</p>
願 H10-188386(H10.07.03) 登 2996951(H11.10.29)	西藤 和夫 田口 善男 正山 典子	<p><名称> インクジェット用被記録材</p> <p><要約> 樹脂を含有するインク受容層が設けられたインクジェット用被記録材であって前記インク受容層を構成する前記樹脂として、水を前記樹脂からなるフィルムに接触させた30秒後の水との接触角が20～80度であり、かつ、前記フィルムを水に浸漬した1時間後の水膨潤率が50～100%である樹脂が用いられることを特徴とするインクジェット用被記録材。</p>
願 H10-238414(H10.08.25) 開 H12-65171(H12.03.03) 登 3046280(H12.03.17)	松本 英樹	<p><名称> オートテンション</p> <p><要約> スプリングサポートの摺接部を、振りコイルばねの振りトルクの反力により押圧される側とは周方向の反対側の部分が切除された状態に形成する。</p>

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H10-277334(H10.09.30) 開 H12-103927(H12.04.11) 登 3090649(H12.07.21)	松本 真哉 田中 一雄	<名称> 粘着シート用基材フィルムとその製造方法 <要約> カレンダー加工による製造に際しては、熱安定性に優れ、しかも、得られたフィルムを基材フィルムとして用いて、これに粘着剤を塗布して、粘着シートとすると、長期間が経過した後にも、その粘着剤の粘着力が大幅に低下せず、ほぼ当初の粘着力を保持している粘着シートを与える基材フィルム、好ましくは、救急絆創膏を含む皮膚貼付用粘着シートのための基材フィルムとその製造方法を提供することにある。本発明による粘着シート用基材フィルムは、塩化ビニル系重合体100重量部に対して、数平均分子量が1500～3000の範囲のポリエステル系可塑剤40～70重量部と、脂肪酸カルシウム、脂肪酸亜鉛及び脂肪酸バリウムから選ばれる少なくとも1種の金属石ケンからなる安定剤の適量と、ヒドロタルサイト0.1～1.0重量部とからなる樹脂組成物からなり、本発明による粘着シート用基材フィルムの製造方法は、上記樹脂組成物をカレンダー加工にてフィルムにすることを特徴とする。
願 H10-290829(H10.10.13) 開 H12-120798(H12.04.25) 登 3044212(H12.03.10)	野中 敬三 高橋 光彦 坂中 宏行	<名称> 高負荷伝動用Vベルト <要約> 各ブロックが張力帯に各々の側面がプリー溝面と接触するように係合固定された高負荷伝動用Vベルトに対し、張力帯の偏摩耗の発生を抑制してベルトの耐久性を高め、ベルトの発熱を低減し、締め代及び出代を大に確保して長期間の使用時でもベルトの騒音を低減する。各ブロックの嵌合部の奥部に下奥突当て面を形成し、この下奥突当て面と上下方向の平面とのなす下奥突当て面角度 α をベルト側面角度 β に対し $\beta - 3 < \alpha < \beta + 3$ とすることで、張力帯の下奥突当て部との角度関係を適正にする。
願 H10-294878(H10.10.16) 開 H12-120796(H12.04.25) 登 2992022(H11.10.15)	大川 浩一 高橋 光彦	<名称> 高負荷伝動用Vベルト <要約> 上側ビーム部の上下中心線と、ブロックの上側接触部の接触位置よりもプリー中心側のプリー溝部とのなすビーム角 α を 90° 以上とすることで、上側ビーム部の根本部分に、ブロックと張力帯との間のベルト長さ方向の剪断力による引張応力のみ、又はプリー溝面からの反力により上側ビーム部に働く下向き曲げモーメントによる圧縮応力分だけ減少した引張応力を作用させる。
願 H10-348740(H10.12.08) 登 3069337(H12.05.19)	奥野 茂樹	<名称> 伝動ベルト及びエラストマー組成物 <要約> 粘着摩耗の発生を防止し、その結果、ベルト走行時の異音の発生を抑え、かつ、耐久性に優れた伝動ベルト、及び、その伝動ベルトを構成する加工性に優れたエラストマー組成物を提供する。エラストマーからなる底ゴム層であって、テーバー摩耗試験において、荷重500g、ずり回数500回で、相手材に粒度 $10\mu\text{m}$ のサンドペーパー(C1500)を用いたときの重量変化を $X\text{mg}$ とし、相手材とベルトのゴム面が接触する面積を $Y\text{cm}^2$ としたとき、式 $X/Y \geq 2.5$ の関係を満足する底ゴム層を有する伝動ベルト。
願 H11-265035(11.09.20) 開 H12-161442(H12.06.16) 登 3099881(H12.08.18)	浅見 葉子 中嶋栄二郎 藤原 伸二 尾上 勸	<名称> 伝動ベルト <要約> 走行の初期のみならず、長期間にわたる走行においても、騒音が小さく制御されたポリウレタンエラストマーからなる伝動ベルトを提供する。ベルト本体を備え、このベルト本体を脂肪酸成分が炭素数9～30の脂肪酸である脂肪酸グリセリドを含むポリウレタンエラストマーから注型する。

(日本実用新案)

実案番号	考案者	考案の名称・要約
願 H05-29770(H05.06.03) 開 H06-87753(H06.12.22) 登 2606155(H12.07.21)	市谷 理恵	〈名称〉伝動ベルト 〈要約〉摩擦係数を安定させ、初期摩耗および音の発生率を低減するとともにこれらのばらつきをなくす。

インクジェット印刷が可能な時計文字盤

(担当:中央研究所)

インクジェットプリンターは、ヘッドの微細なノズルからインクを噴射させてプリントをする方式であり、使用されるインクはノズルの目詰まりを考慮して、パーソナルプリンターにおいては、水性染料インクが使用され、屋外などで使用するワイドフォーマットプリンターでは、水性顔料インクが使用されています。

インクジェットプリンターの普及、屋外用途等の用途拡大を含めた技術的進歩により、使用される被記録材（以下メディアと称す）への技術的要求は、非常に難易度が高いものとなっています。パーソナル分野では、写真レベルの画質を達成しつつあるが、さらなるメディアへの要求がなされている。ワイドフォーマット分野では、メディアの機能として単位面積あたりにプリンターヘッドから噴射されるインク吹き付け量、プリント速度に耐えるインクの吸収力、乾燥性、定着性、及び視覚的に美的な表現をするための発色性が必要とされています。また、印刷したメディアの耐水性、耐候性等の耐久性能も使用適性として要求されています。

近年、インクジェット印刷は紙やフィルムメディアから、産業用途へのメディア展開が要求されています。そこで、産業用メディアへの参入の足がかりとしてこれまで市場になかった高画質の水性顔料インクジェットプリンターにて写真やイラストを使ったオリジナル画像を形成した文字盤を作製できるメディアを開発しました。

顔料インクを吸収し高画質の画像を再現するため、最適な水系樹脂とフィラーの選択を行い、インク受容層を形成しております（図1）。また、文字盤基材へのインク受容層形成は、スクリーン印刷方式により塗工を可能としたものです。

現在、次の技術展開として産業用の新たなメディアの開発も進めております。

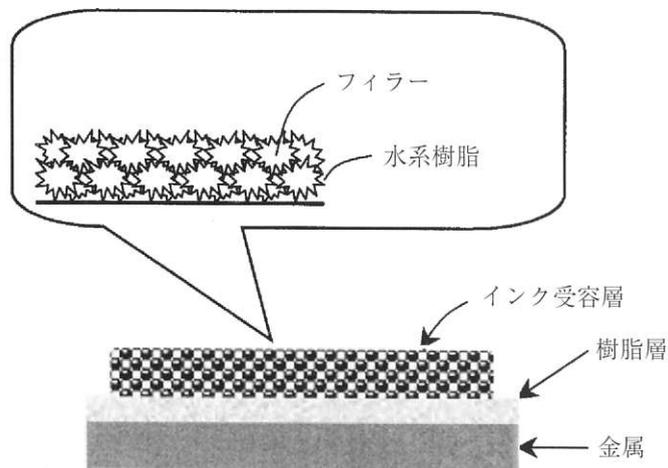


図1

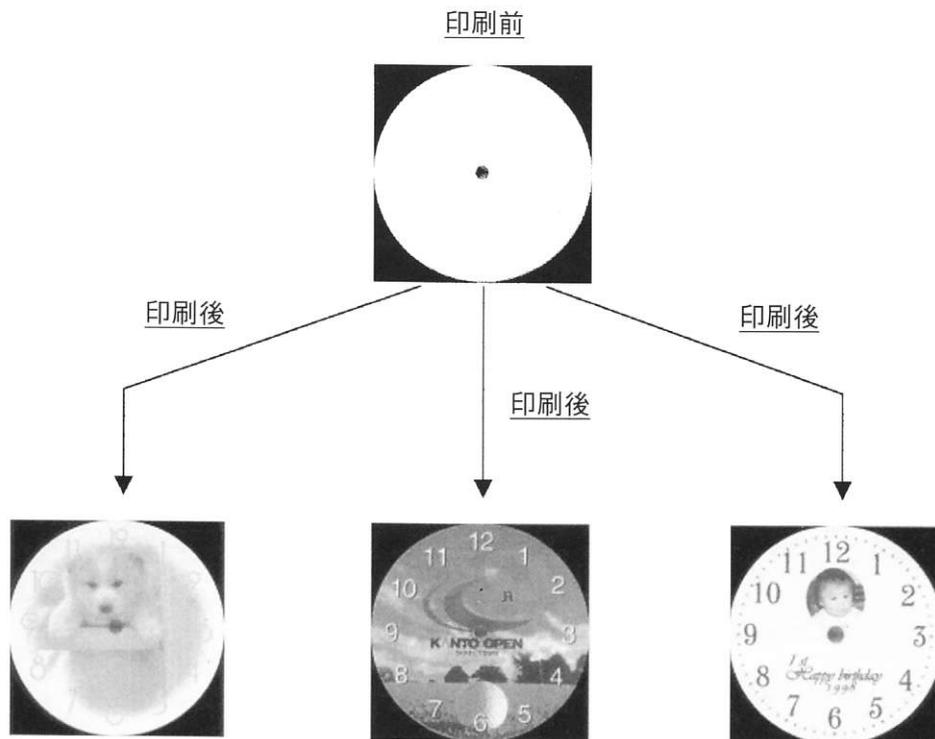


(62頁にカラー写真掲載)

物性	ユーザー要求水準	当社研究品
指触乾燥性（顔料インク）	印画後すぐに乾燥	○
密着性	メンディングテープを用いてクロスカット 1mm角で剥がれなきこと	○

特長

- ① 顔料インクでのプリント適性に優れています。
- ② 環境に優しい水系塗工材料を使用しています。
- **時計として**
- ③ インクジェット印刷により、世界でたった一つのオリジナル時計をスピーディーにつくれます。



注) インクジェット印刷が可能な時計文字盤は、セイコーエプソン株式会社ウオッチ事業部との共同開発品である。本目的のインクジェットプリンターの開発はセイコーエプソン株式会社が行い、文字盤表面に塗工する材料及び塗工をバンドー化学株式会社が担当した。

移動展示車のご紹介

当社では、巡回展示会として2トントラック（ロング）の移動展示車で全国各地へ訪問し、ユーザ展示会を開催しております。製品説明パネル約95枚をセットでき、製品サンプル台やデモ機もセットしており、荷台の左右ウイングを開くとそのまま大展示会場となります。

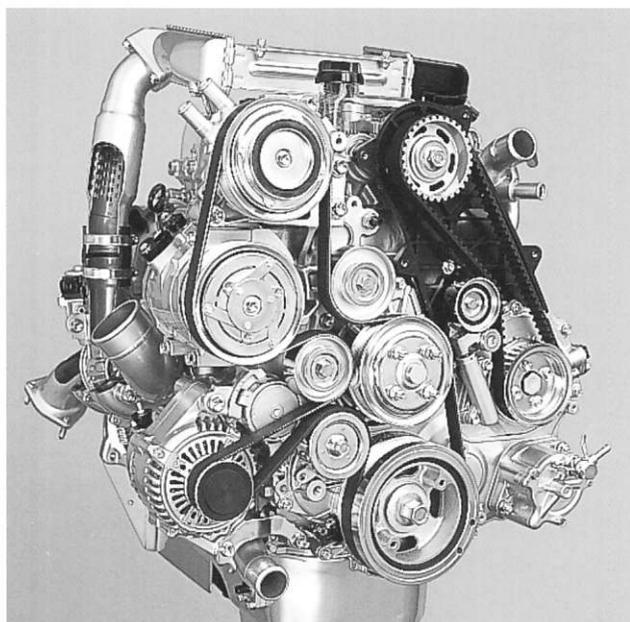
第一号車を1996年に、第二号車を1997年に導入しましたが、これまでに北は北海道・紋別から南は九州・鹿児島に亘り、年間で約150社の方々に、当社の新技術・新製品をご紹介し、技術者によるプレゼンテーションを実施してまいりました。当社の新技術・新製品が、お客様の製品開発に少しでも役立てるよう、身近な巡回展示会を是非ご利用ください。



新型ディーゼルエンジンにサーペンタインドライブベルト、オートテンショナ、一方向クラッチ内蔵プーリが採用

(2000年7月)

2000年7月にトヨタ自動車株式会社様から発売された「ハイラックスサーフ」「ランドクルーザープラド」に搭載された新型ディーゼルエンジンに当社のサーペンタインドライブベルト、オートテンショナ、一方向クラッチ内蔵プーリが採用されました。ベルトだけでなく伝動システムとして開発、評価できる技術力が認められたものです。



ビオトープづくりに防水シートが活躍

(2000年7月)

生き物が住める空間を復元するビオトープづくりが小学校を中心に広がっています。対象となる生き物によってトンボ池やメダカ池と呼ばれる人工池を防水シートでつくるものです。加古川工場で生産している防水シートが使われています。



ホームページに伝動ベルト設計支援のページをオープン

(2000年11月)

ホームページに伝動ベルトの設計検討ができるページをオープンしました。従来当社のカタログ(伝動ベルト総合設計マニュアル)をもとに行っていた設計検討が、ホームページから直接できるようになりました。

ホームページアドレス <http://www.bando.co.jp>



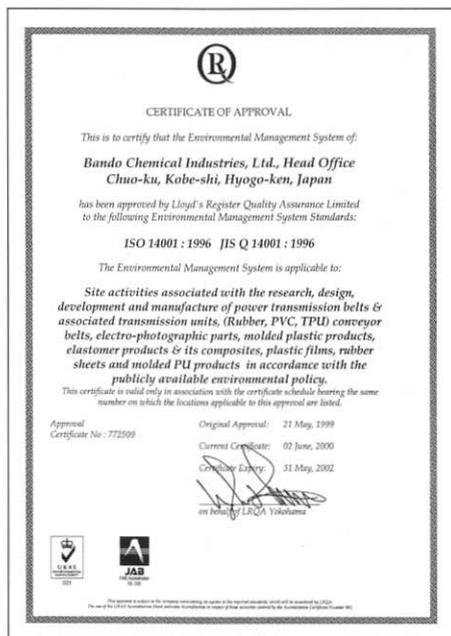
環境管理の国際規格ISO14001の認証範囲拡大

(2000年6月)

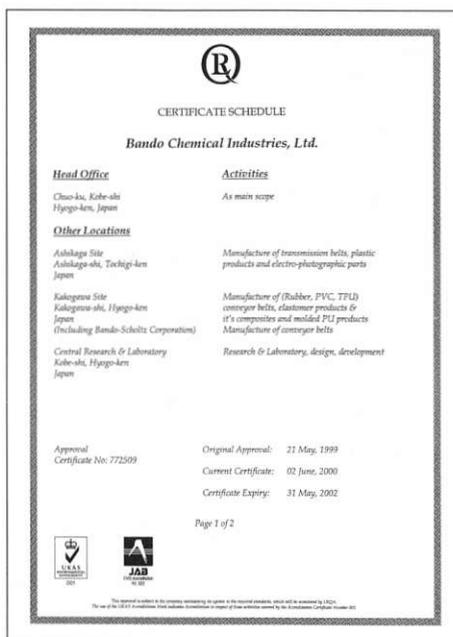
当社は、地球環境保全活動の一環として、環境管理の国際規格であるISO14001の認証取得活動を推進しております。

1999年5月に足利事業所（栃木県）、本社事務所（兵庫県）で認証取得し、その認証範囲を1999年11月に加古川事業所（兵庫県）、中央研究所（兵庫県）、本年6月に南海事業所（大阪府）、和歌山事業所（和歌山県）、神戸事業所（兵庫県）へと拡大いたしました。

今回の認証範囲拡大をもって当初計画していた本社、中央研究所を含む全ての事業所で認証取得を完了いたしました。



認証状



認証サイト：本社事務所、足利事業所、加古川事業所、中央研究所



認証サイト：神戸事業所、南海事業所、和歌山事業所

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) 〒651-0086 TEL.(078)232-2923 FAX.(078)232-2847
中央研究所	神戸市兵庫区芦原通3丁目1番6号 〒652-0882 TEL.(078)681-6681 FAX.(078)651-7997
営業本部	東京都港区芝4丁目1番23号(三田NNビル) 〒108-0014 TEL.(03)5484-9111 FAX.(03)5484-9112
企画開発部	大阪市北区梅田2丁目5番25号(梅田阪神第一ビルディング ハービスOSAKA) 〒530-0001 TEL.(06)6345-2636 FAX.(06)6345-2677 Eメール eihatu@bando.co.jp
東京支店	東京都港区芝4丁目1番23号(三田NNビル) 〒108-0014 TEL.(03)5484-9111 FAX.(03)5484-9112 Eメール tokyo@bando.co.jp
直需営業部	TEL.(03)5484-9100 FAX.(03)5484-9106
A M P営業部	TEL.(03)5484-9114 FAX.(03)5484-9108
M M P営業部	TEL.(03)5484-9104 FAX.(03)5484-9110
流通営業部	TEL.(03)5484-9102 FAX.(03)5484-9107
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) 〒450-0002 TEL.(052)582-3251 FAX.(052)586-4681 Eメール nagoya@bando.co.jp
直需営業部	TEL.(052)582-3256 FAX.(052)586-4681
A M P営業部	TEL.(052)582-3254 FAX.(052)586-4681
流通営業部	TEL.(052)582-3257 FAX.(052)586-4681
大阪支店	大阪市北区梅田2丁目5番25号(梅田阪神第一ビルディング ハービスOSAKA) 〒530-0001 TEL.(06)6345-2631 FAX.(06)6345-7752 Eメール osaka@bando.co.jp
直需営業部	TEL.(06)6345-2638 FAX.(06)6345-7752
A M P営業部	TEL.(06)6345-2639 FAX.(06)6345-8273
M M P営業部	TEL.(06)6345-6121 FAX.(06)6345-7750
流通営業部	TEL.(06)6345-2633 FAX.(06)6345-8273
化成事業部	大阪市北区梅田2丁目5番25号(梅田阪神第一ビルディング ハービスOSAKA) 〒530-0001 TEL.(06)6345-2671 FAX.(06)6345-2615
販売部	TEL.(06)6345-2671 FAX.(06)6345-2615 Eメール o.kasei@bando.co.jp
運搬・建設資材事業部	加古川市平岡町土山宇コモ池の内648(加古川工場内) 〒675-0104 TEL.(078)942-3232 FAX.(078)942-3389
加古川工場	加古川市平岡町土山宇コモ池の内648 〒675-0104 TEL.(078)942-3232 FAX.(078)942-3389
伝動事業部	大阪府泉南市男里5丁目20番1号(南海工場内) 〒590-0526 TEL.(0724)82-7711 FAX.(0724)82-1173
南海工場	大阪府泉南市男里5丁目20番1号 〒590-0526 TEL.(0724)82-7711 FAX.(0724)82-1173
和歌山工場	和歌山県那賀郡桃山町最上宇亀澤 〒649-6111 TEL.(0736)66-0999 FAX.(0736)66-2152
伝動技術研究所	和歌山県那賀郡桃山町最上宇亀澤 〒649-6111 TEL.(0736)66-1931 FAX.(0736)66-1934
M M P事業部	栃木県足利市荒金町188番6(足利工場内) 〒326-0832 TEL.(0284)72-4121 FAX.(0284)72-4426
神戸工場	神戸市兵庫区明和通3丁目2番15号 〒652-0883 TEL.(078)651-6691 FAX.(078)651-8979
足利工場	栃木県足利市荒金町188番6 〒326-0832 TEL.(0284)72-4121 FAX.(0284)72-4426

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 〒062-0020 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 〒984-0826 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13号 〒970-8691 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) 〒103-0005 TEL.(03)3639-0811 FAX.(03)3639-0885
パ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 〒103-0004 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) 〒111-0052 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 〒120-0003 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) 〒108-0014 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 〒253-0114 TEL.(0467)74-3555 FAX.(0467)74-5553
北陸バンドー販売株式会社	富山市間屋町3丁目9番地 〒930-0834 TEL.(0764)51-2525 FAX.(0764)51-8148
大阪バンドーベルト販売株式会社	大阪市淀川区西中島5丁目14番5号(新大塚イートキ日生ビル4F) 〒532-0011 TEL.(06)4806-7101 FAX.(06)4806-2201
株式会社近畿バンドー	大阪市都島区毛馬町2丁目10番1号 〒534-0001 TEL.(06)4253-3160 FAX.(06)4253-3531
キンバン化工株式会社	東大阪市水走3丁目4番23号 〒578-0921 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 〒652-0882 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(バンドー大開ビル北館) 〒652-0802 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(バンドー大開ビル北館) 〒652-0802 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 〒738-0023 TEL.(0829)32-1211 FAX.(0829)32-1541
山口バンドー化工株式会社	徳山市大字久米宇弥平1032の16 〒745-0801 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 〒813-0034 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 〒822-0024 TEL.(0949)22-0630 FAX.(0949)24-1195

■製造関係会社

バンドー精機株式会社	神戸市兵庫区明和通2丁目2番15号 〒652-0883 TEL.(078)651-0514 FAX.(078)682-2600
福井ベルト工業株式会社	福井市下江守町23番地 〒918-8037 TEL.(0776)36-3100 FAX.(0776)36-4038
バンドー・ショルツ株式会社	加古川市平岡町土山宇コモ池の内648 〒675-0104 TEL.(078)943-3933 FAX.(078)943-4640
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 〒652-0882 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(バンドー大開ビル北館) 〒652-0802 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 〒652-0883 TEL.(078)681-3700 FAX.(078)681-1140
西兵庫開発株式会社 (千草カントリークラブ)	兵庫県宍粟郡千種町藤巣24番2号 〒671-3212 TEL.(0790)76-3333 FAX.(0790)76-3310
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(バンドー大開ビル北館) 〒652-0802 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	神戸市兵庫区明和通3丁目2番15号 〒652-0883 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) 〒651-0086 TEL.(078)242-2608 FAX.(078)242-2609

海外関係会社

北米地域

BANDO AMERICAN INC.	1149 West Bryn Mawr, Itasca, Illinois 60143 U.S.A. TEL.1-630-773-6600 FAX.1-630-773-6912
BANDO MANUFACTURING OF AMERICA, INC.	P.O.Box 10060, 2720 Pioneer Drive Bowling Green, Kentucky 42102-4860, U.S.A. TEL.1-270-842-4110 FAX.1-270-842-6139

欧州地域

BANDO CHEMICAL INDUSTRIES (EUROPE) GmbH	Nikolaus Str.59, D-41169 Moenchengladbach, FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY TEL.49-2161-90104-0 FAX.49-2161-90104-50
BANDO IBERICA, S.A.	Apartado Correos 130, Poligono Industrial Can Roca Carretera Nacional II, Km 578, 08292 Esparraguera, (Barcelona) SPAIN TEL.34-93-777-8740 FAX.34-93-777-8741

アジア地域

BANDO CHEMICAL INDUSTRIES (SINGAPORE) PTE. LTD.	Pasir Panjang Distripark, Block 10, Unit 6, Pasir Panjang Road, Singapore 118500 SINGAPORE TEL.65-475-2233 FAX.65-479-6261
DONGIL BANDO CO., LTD.	305, Sanmak-Dong, Yangsan-Si, Kyongsangnam-Do REPUBLIC OF KOREA TEL.82-55-388-0008 FAX.82-55-388-0007
BANDO JUNG KONG, LTD.	398-10 Moknae-Dong, An San City, Kyongki-Do, REPUBLIC OF KOREA TEL.82-31-491-6208 FAX.82-31-491-6167
SANWU BANDO INC.	11F1-2, No.51, Sec.1, Min Sheng E. Road, Taipei, TAIWAN TEL.886-2-2567-8255 FAX.886-2-2567-2710
BANDO MANUFACTURING (THAILAND) LTD.	47/7 Moo 4, Soi Wat Bangpla, Tamol, Bankao, Amphr Muang, Samutsakorn, 74000, THAILAND TEL.66-34-424410 FAX.66-34-422202
PHILIPPINE BELT MFG. CORP.	C.P.O.Box 205, 2nd Floor, Siemkang Building, 280-282 Dasmarias Street, Binondo, Manila 1099 PHILIPPINES TEL.63-2-241-0794 FAX.63-2-241-3279
KEE FATT INDUSTRIES, SDN. BHD.	22m/s, Jalan Air Hitam, 81000 Kulai, Johor, MALAYSIA TEL.60-7-663-9661 FAX.60-7-663-9664
PENGLUARAN GETAH BANDO (MALAYSIA) SDN. BHD.	ML0 5516, 22m/s, Jalan Air Hitam, 81000 Kulai, Johor, MALAYSIA TEL.60-7-663-5021 FAX.60-7-663-5023
P.T.BANDO INDONESIA	Jl. Gadjah Tunggal, Kel. Pasir Jaya, Kec. Jati Uwung, Tangerang, 15135, INDONESIA TEL.62-21-590-3920 FAX.62-21-590-1274
BANDO SAKATA, LTD.	Room 2201-2, Shun Tak Centre, West Tower, 200 Connaught Road Central, HONG KONG TEL.852-2494-4815 FAX.852-2481-0444
BANDO CHEMICAL INDUSTRIES (TIANJIN) CO., LTD.	Bliss Building, 5 Fourth Avenue, TEDA, Tianjin, 300457, CHINA TEL.86-22-6620-0912 FAX.86-22-6620-0914

「CAEによる大型フレクスibelベルトの
設計・評価手法の開発」

「インクジェット印刷が可能な時計文字盤」

(本文中 56 ページ参照)

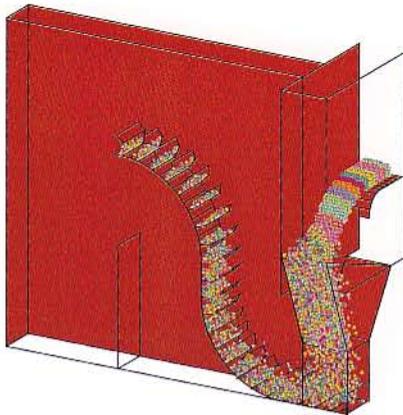


図 6 個別要素法 解析事例
(本文中 25 ページ参照)

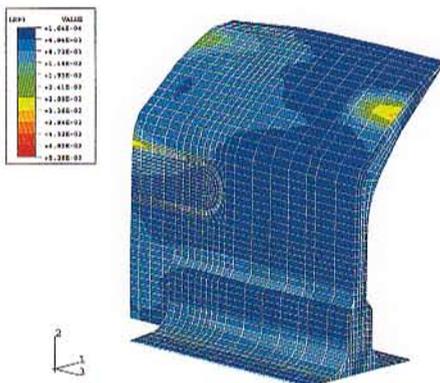


図 9 横棧ゴム部 ひずみ分布
(本文中 26 ページ参照)

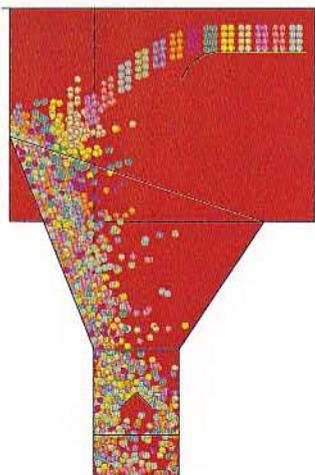


図 13 緩衝板の効果 解析事例
(本文中 27 ページ参照)



BANDO TECHNICAL REPORT (BTR) No.5

バンドー テクニカルレポート

平成 13 年 2 月 23 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
〒651-0086 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
sougoukikaku@bando.co.jp

無断転載を禁じます