

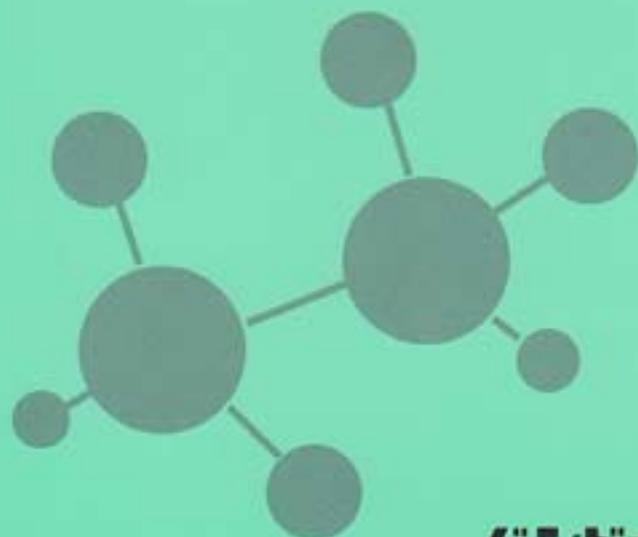
March 2009

No. 13



BANDO TECHNICAL REPORT

バンドーテクニカルレポート



バンドー化学株式会社

バンドー テクニカルレポート
No.13 2009年3月

目 次

巻 頭 言

「バンドーテクニカルレポート」第13号刊行に当たって 1
執行役員 松岡 宏

特別寄稿

何がポリウレタンの優れた物性をもたらすのか? 2
長崎大学教授 古川 睦久

研究論文

室温乾燥で50 $\mu\Omega\text{cm}$ の体積抵抗値を示すナノ粒子導電インクの開発 9
武居 正史/外村 卓也/山田 充/桑本 滋生/畑 克彦

技術資料

「わが社と画像技術」
—電子写真装置用クリーニングブレードの開発— 13
迫 康浩

伝動ベルトの環境対応省エネ技術について 16
城戸 隆一/高橋 光彦

ゴムの摩擦・摩耗評価と試験法 21
和田 法明

特許・実用新案登録一覧 (2007年10月～2008年9月) 29

新製品紹介

小プーリ・ナイフエッジに対応する食品用樹脂コンベヤベルト 37
高負荷対応Vリブドベルト 41

TOPICS (2007.11～2008.11) 43

BANDO TECHNICAL REPORT
No.13 (March, 2009)

CONTENTS

FORWARD

On the 13 th Issue of the Bando Technical Report	1
Hiroshi MATSUOKA Executive Officer	

SPECIAL ISSUE

What Brings High Performance Polyurethane?	2
Mutsuhisa FURUKAWA Professor of Nagasaki University	

REPORTS

Development of Conductive Ink Showing Volume Resistivity of 50 $\mu\Omega\text{cm}$ by Drying at Room Temperature	9
Masafumi TAKESUE / Takuya TOMURA / Mitsuru YAMADA / Shigeo KUWAMOTO / Katsuhiko HATA	

TECHNICAL LETTER

Our Company and Imaging Technology —Development of Cleaning Blade for Electrophotographic device—	13
Yasuhiro SAKO	
Energy-Saving Technologies on Power Transmission Belts	16
Ryuichi KIDO / Mitsuhiko TAKAHASHI	
Abrasion and Friction Test Methods of Rubber	21
Noriaki WADA	

PATENTS	29
----------------------	----

NEW PRODUCTS	37
---------------------------	----

TOPICS (2007.11 ~ 2008.11)	43
---	----



巻頭言

「バンドーテクニカルレポート」第13号刊行に当たって

執行役員 松岡 宏

平素は当社の製品・サービスをご愛顧いただき誠にありがとうございます。

2007年のアメリカの住宅バブル崩壊にはじまったサブプライムローン問題を契機に、世界的な金融危機が起こり、世界はもとより、日本でも坂を転がり落ちるような景気後退が起こっております。この状況の回復には、2～3年かかると考えられます。一方、このことを起点として社会・市場・企業の変化が加速することが予測されます。

当社は、「環境・省エネ・クリーン化」をテーマに技術開発・製品開発を行ってきましたが、今一度足元を見直し、時代の変化を中期的視点で捉え、グリーンテクノロジー・クリーンテクノロジー（G & C Tech）の挑戦を連続的に実施していく所存です。

本編で、昨年「エレクトロニクス実装学会」よりベストペーパー賞を受賞いたしました「室温乾燥で $50\mu\Omega\text{cm}$ の体積抵抗値を示すナノ導電インクの開発」を掲載いたします。この製品は、脱有機溶剤・省エネを実現し、且つ実装工程を根本から変革するため、市場の注目度が非常に高いものです。また、「伝動ベルトの環境対応省エネ技術について」では、当社の省エネ技術をご紹介します。

今後とも、お客様の役立つ製品を生み出す“ものづくり企業”として、技術開発を推進してまいります。今回ご報告する5件の論文、技術資料を是非ともご覧いただき、ご意見・ご助言をいただければ幸甚に存じます。

Foreword

On the 13th Issue of the Bando Technical Report

I would like to express my gratitude once again this year for your support of Bando's products and services.

The sub-prime loan problem caused by the collapse of the American housing bubble in 2007 led to a global financial crisis resulting in a deep recession in Japan and elsewhere in the world. Many believe it will take 2-3 years to recover from these circumstances. However, this may be seen as the starting point to accelerate changes in society, markets and business practices.

Bando has conducted its engineering and product development with a theme of “Environment, Energy-Saving and Pollution Free Clean Conversion.” Now we must review where we stand and, from a mid-term outlook, continue the challenge and execution of Green and Clean Technologies (G&C Tech) in response to the needs of society.

In this year's Report, we are publishing “Development of Conductive Ink Showing Volume Resistivity of $50\mu\Omega\text{cm}$ by Drying at Room Temperature” which was awarded last year's Prize for Best Paper by the Japan Institute of Electronics Packaging. This product attains organic solvent free, energy saving packaging process innovation that has attracted a high degree of interest in the package processing market. Additionally, we introduce some of Bando's energy-saving technology in “Energy-Saving Technologies on Power Transmission Belts.”

As a MONOZUKURI Enterprise we will continue to develop technology to make useful products for our customers. A total of five papers are included in this year's Report, and I would welcome your comments or opinions after viewing the papers and engineering data presented.

松岡 宏

Hiroshi Matsuoka
Executive Officer

何がポリウレタンの優れた物性をもたらすのか？

What Brings High Performance Polyurethane?

古川 睦久^{*1}

Mutsuhisa FURUKAWA

Polyurethane elastomers (PUEs) are one of the most popular polar polymers. The PUEs are usually composed of soft segment formed with polymer glycol and hard segment done with diisocyanate and curing agent. The properties of the PUEs are strongly dependent on chemical structure, molecular weight and polydispersity of soft segment or hard segment components, weight fraction of both components and so on. However, the quantitative contribution of physical cross linkages to rubber elasticity and the direct observation of micro phase separation have not been done yet. The molecular design factors for high performance PUEs and origin of rubber elasticity are discussed by chemical analysis of crosslinks and direct observation of the micro phase-separated structure of the PUEs using AFM.

1. はじめに

ポリウレタンはウレタン基を含有するポリマーの総称で、最も汎用されている極性高分子材料の一つであり、ポリウレタンは原料、配合、反応の多様性のため、フォーム、塗料、繊維、エラストマー、接着剤、シーリング剤等に工業材料、医用材料として応用されている。ポリウレタンは数平均分子量 600 から 4000 のポリオール、ジイソシアナート、硬化剤（鎖延長剤）を原料とするマルチブロック共重合体である。ポリエーテル、ポリエステル、ポリカーボネート、ポリブタジエン鎖などからなるポリオール成分は弾性要素として作用するためソフトセグメントと、ジイソシアナートと硬化剤（鎖延長剤）との反応から得られるウレタン（あるいはウレア）鎖成分は高い融点を示し擬架橋として作用するためハードセグメントと称する。ポリウレタンは非常に多様な化学構造と複雑な高次構造を取るため、オレフィン系ブロックコポリマーの高次構造の解明に比較してより未だ明らかでない点が多い。これまで多くの研究者が凝集構造と物性との関係を示差走査熱量法(DSC)¹⁻⁵、小角X線散乱回折(SAXS)^{6,7}、広角X線散乱回折(WAXD)^{8,9}、フーリエ変換赤外分光法(FT-IR)¹⁰、引張り試験、動的粘弾性測定法などで調べてきた。結果として、ポリウレタンの物性は強くソフトセグメント、ハードセグメントの分子量、分子量分布、化学構造、両成分の含有量等に依存することが示された^{1-5,11,12}。しかしながらポリウレタンのゴム弾性の起源と直接観察によるマイクロ相分離構造の解明はポリウレタンの複雑な

微細構造のため未だ明らかにされていない。本稿では、高性能ポリウレタンエラストマー(PUEs)を得るための分子設計因子、ゴム弾性の起源、原子間力顕微鏡(AFM)を用いて直接観察したマイクロ相分離構造を考察する。

2. 高性能ポリウレタンの分子設計因子

ポリウレタンの力学物性への構造特性の影響を表1に示す。架橋点濃度が増加すると、弾性率、ゴム弾性は増加し、引裂き強度、柔軟性は低下する。ウレタン、イソシアヌレート基からなる架橋は耐熱性を増すが、アロハネート、ピウレット架橋は120℃附近から解離するため耐熱性に劣る。分子間力として作用するウレア、ウレタン、エステル、カーボネート、芳香環のような極性基が分子鎖中に増加するとゴム弾性、弾性率や引裂き強度は増加するが、柔軟性に劣る。エーテルやメチレン連鎖からなるセグメントは柔軟性を増すが、耐熱性に劣る。一方、エステル、カーボネート連鎖や芳香環を多く含むと柔軟性が劣る。

ポリウレタンの諸物性へのハードセグメントおよびソフトセグメントの分子量、分子量分布、結晶性の有無の影響をこれまで詳細に調べ、まとめた結果を表2に示す¹²。ハードセグメント長とその分布の制御は通常の合成方法ではできないが、別途合成した水酸基末端ハードセグメントオリゴマーを組み込むことにより可能になる。ポリマーグリコールには上市されているものを分析して用いたが、一部は分別したものをを用いた。ハードセグメントおよびソフトセグメントの分子量分布については注目されてこなかったが、表2からわか

^{*1} 長崎大学大学院生産科学研究科物質科学専攻

Table 1 Effects of Structures on Properties of Polyurethanes

Structure Feature	Properties				
	Flexibility	Modulus	Elasticity	Tear Strength	Thermal Stability
Cross linkage					
Triol (urethane), Isocyanurate	↓	↑	↑	↓	↑
Allophanate, Biuret	↓	↑	↑	↓	↓
Intermolecular Forces					
Urethane	↓	↑	↑	↑	↓
Urea	↓	↑	↑	↑	↑
Ester	↓	↑	↑	↑	↑
Carbonate	↓	↑	↑	↑	↑
Aromatic	↓	↑	↑	↑	↑
Filler	↓	↑	↓	↑	↑↓
Stiffness of Segment					
Stiffness (Aromatic, Carbonate, Ester)	↓	↑	↓	↑	↑
Flexible (Ether, Hydrocarbon)	↑	↓	↑	↓	↓

Table 2 Effects of Molecular Weight and its Distribution of Soft or Hard Segments

Properties	Hard Segment		Soft Segment			
	M _w	Molecular weight distribution	Crystalline		Amorphous	
			M _w	Molecular weight distribution	M _w	Molecular weight distribution
	large	narrow	large	narrow	large	narrow
T _{g,s}	↓	↓	↓	↑	↓	↑
T _{m,h}	↑	↑	↑	↓	↑	↑
Swelling	↓	↓	↑	↑	↑	↓
Elongation	↓	↓	↑	↑	↑	↓
Tensile Strength	↑	↑	↑	↓	↑	↓
Young's Modulus	↑	↑	↓	↓	↓	↑
Permanent Set	↓	↑	→	→	↑	↓

るように著しく物性に影響することがわかる。一例をあげると、ポリマーグリコールの分子量分布が狭いと低応力でより大きく伸張変形する。ソフトセグメントの結晶性の有無は高伸張での可逆的伸張配向結晶性の生起の有無を決定し、高伸張での破断応力の大小を決定する。市販のポリマーグリコールの分子量分布は数平均分子量が同じでも著しく異なるので現場においては十分注意を払う必要がある¹³⁾。ハードセグメントは合成時にハードセグメントの生成を意図するしないに拘わらず、イソシアナート基の数がポリオールの水酸基の数に比べて1より大きい場合、Floryの縮合理論が示

すようにモノメリックイソシアナートが残存するために生起する。通常の合成法において配合比[NCO]/[OH] polyolを2とし、NCO INDEXを1とすると3量体程度のハードセグメントが生成する。

その他に、硬化温度もまた力学物性やモルホロジーに対して非常に重要な因子となる。例えば、異なる硬化温度で合成した同一配合比のポリ(オキシテトラメチレン)グリコール(PTMG)-4,4'-ジフェニルメタンジイソシアナート(MDI)-1,4-ブタンジオール(BD)系PUEsは異なるサイズの球晶構造を取った。硬化温度が高くなると、弾性率、引裂き強度は減少し、一方摩耗量は増加

した¹¹⁾。これらの結果はウレタン基の水素結合、ミクロ相分離あるいはミクロ相混合で説明されているが、定量的な説明はなされていない。

3. ポリウレタンのゴム弾性への物理架橋の影響

ポリウレタンのゴム弾性において物理架橋、すなわち、ハードセグメントの水素結合による凝集や分子の絡み合いがどの程度寄与しているかは非常に興味がある。しかしながら、ポリウレタン網目の化学構造と力学的性質の関係は数多く報告されているが、化学構造に基づく網目パラメーターを定量したものは少ない。

化学架橋と物理架橋に基づくゴム弾性に有効な網目鎖濃度(v_e/V)の分離定量はWeisfeld¹⁴⁾、Rutkowska^{15,16)}によって試みられたのが最初である。彼らは力学物性の測定温度では化学架橋点の切断は生じないが、物理架橋点はアレニウスタイプの温度依存性で切断すると仮定し、化学架橋と物理架橋に基づく網目鎖濃度に分離している。Mark¹⁷⁾、Allen¹⁸⁾やSmith¹⁹⁾らはポリマーグリコールとトリイシアナートから合成した網目においてゴム弾性への絡み合いの寄与を必要があるとしている。またDusek²⁰⁾はPPG-MDI系の網目において、高分子量ポリオール(Mn=2630)を用いると実測される弾性率Gが理想ゴム弾性論からの値の2倍であり、比較的低分子量(Mn=708)を用いると実験値Gは理想ゴム弾性論の値より低く、分子鎖間相互作用が永久的な絡み合いとして弾性率に寄与していることを示唆した。いずれにしても化学架橋点を実測して論じてはいない。

正確にゴム弾性を論じるには簡単にして正確な有効な網目鎖濃度(v_e/V)の決定法が必要であるが、一つの手法で解決する方法は未だ見いだされていない。有効網目鎖濃度の決定は架橋反応中の副反応、橋かけの形態や性質の複雑さのため非常に困難であるが、一般にはa)化学量論方法、b)化学分析法、c)弾性測定による方法、d)膨潤法が用いられる。

化学量論法は各試薬の配合に基づき、化学反応が化学量論的に進行したとして化学架橋点濃度及び網目鎖濃度を算出する方法である。この方法から求められる値は網目パラメーターとして多く用いられているが、架橋反応の複雑さ及び鎖の絡み合い効果など全く考慮されていない。ポリウレタンにおける有効網目鎖濃度は用いるポリマーグリコールのモル数 G_0 、ジイソシアナートの分子数を D_0 、架橋剤の分子数を C_0 とすると、配合比 $K = D_0/G_0$ と $M = C_0/2G_0(K-1)$ となる。 V をポリウレタンの体積とし、弾性に有効な鎖の数をFloryの考え方に従って求めると単位体積当りの有効網目鎖濃度(v_e/V)は(1)式で表すことができる。

$$(v_e/V)_{\text{calc}} = 2\{2G_0(K-1) - [G_0(K-1) + 2MG_0(k-1) - 1]\}/V$$

$$\equiv 2G_0(K-1)(1-2M)/V \quad (1)$$

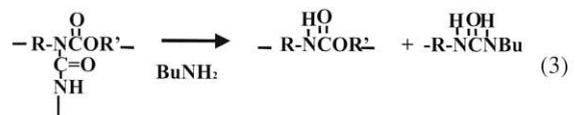
ただし、 $K \geq 2$ 、 $0.5 > M \geq 0$

このとき、架橋剤にグルコールを用いると、架橋はアロハネート架橋となり、その濃度(A/V)は(2)式で表される。

$$(A/V)_{\text{calc}} = 2G_0(K-1)(1-2M)/V \quad (2)$$

これよりアロハネート基濃度の化学量論値(A/V)_{calc}は(v_e/V)_{calc}と等しいことがわかる。

架橋点濃度を化学的に定量するためには選択的に架橋点を分解定量する必要がある。架橋点の分解試薬には、1)有機溶媒に可溶で、溶液はゴムを容易に膨潤させること、2)溶液中の分解試薬はゲル内に均質に拡散し、特定の架橋構造を完全に分解すること、3)分解反応が完了後、未反応の試薬や反応物が容易に定量できることが満足せねばならない。これらの条件を満足する架橋点の分解試薬は各々の架橋基について開発されねばならず、多くの困難が伴う。アロハネート架橋ポリウレタンにおいては、(3)式に示すようにアロハネート架橋点がn-ブチルアミンにより選択的に分解され、滴定等に定量できること²¹⁾により、架橋点を実測できる数少ないエラストマーである。



弾性測定による方法は、ゴム状弾性体に変形を与え、その試料に働く収縮力と歪の関係からゴム弾性理論に基づいて網目鎖濃度を求める物理的な方法である。網目パラメーターの算出の基礎となるゴム弾性理論式が種々提出されている。

一般に最も良く使われる理論はガウス鎖からなるアフィン網目である理想ゴム弾性論で式(4)で示される。

$$\sigma = (v_e/V) (r_1^2/r_0^2) RT(\lambda - 1/\lambda^2) = G(\lambda - 1/\lambda^2) \quad (4)$$

ここで λ は初期断面積当りの収縮応力、 λ は伸長比で $1/l_0$ 、 l_0 は初期長、 l は伸長時の長さである。 r_0^2 、 r_1^2 は非摂動鎖、及び網目鎖の架橋点間の平均自乗両端間距離、 R はガス定数、 T は絶対温度である。 (v_e/V) は求めようとする有効網目鎖濃度である。

また、Mooney、Rivlinは、まったく分子論に関係なく弾性体の大変形を現象論的に連続体の力学で記述し、初期断面積あたりの力を求めた。

$$\sigma = (\lambda_1 - 1/\lambda_1^2) (2C_1 + 2C_2/\lambda_1) \quad (5)$$

Mooney-Rivlin式と呼ばれる式(5)である。定数 $2C_1$ と

$2C_2$ は $\sigma/(\lambda_1 - 1/\lambda_1^2)$ と $(1/\lambda_1)$ のプロットの直線関係の切片と傾きから算出できる。式(5)で $2C_2$ を 0 と置くと、ガウス鎖統計理論から求まるゴム弾性の式(4)と一致することより(5')となる。

$$2C_1 = (v_e/V) (r_1^2/r_0^2) RT = G \quad (5')$$

また、Mooney-Rivlin式において第2項の定数 $2C_2$ の物理的意味あるいは分子論的意味は未だ説明されていないが、次の様に考えられている。

非ガウス鎖或は網目統計からのずれ、内部エネルギーの効果、鎖の絡み合い、不可逆効果、非ランダム充填の効果等に基づくものとされているが、十分な証明は成されていない。しかしながら、過去多くの研究者により C_2 項について見いだされた結果は、a) C_2 は膨潤度に依存し、膨潤度が大きいとき C_2 は 0 に近くなること、b) C_2 は極性の高いゴム程大きい値を示すこと c) 測定温度を上昇すると C_2 は低下すること、d) C_2 は網目鎖濃度だけでなく、網目の微細構造にも関係すること、e) ヒステリシスとともに C_2 は増大すること、f) T_g に近付くにつれて C_2 は増大することなどである。これらの結果を考慮すると、第一近似として C_2 項は網目鎖間相互作用に物理架橋やタイムスケールの長い絡み合いに基づく粘性項によるものと考えられる。

膨潤法では、溶媒に高分子網目を平衡膨潤させ、膨潤の自由エネルギー変化から導かれた Flory-Rehner 式(6)が適用できる。

$$\begin{aligned} & -(\ln(1-v_{2m}) + v_{2m} + \chi_1 v_{2m}^2) \\ & = (v_e/V) V_1 (A \eta v_{2m}^{1/3} - 2v_{2m}/f) \end{aligned} \quad (6)$$

v_{2m} は平衡膨潤ゴム中のゴムゲルの体積分率、 χ_1 はポリマーと溶媒の相互作用パラメーター、 A はフロントファクター、 $\eta = r_1^2/r_0^2$ で r_1^2 、 r_0^2 はそれぞれ網目鎖及びそれに相応する自由鎖の末端間距離の自乗平均で、 V_1 は溶媒の分子容である。f は架橋点の官能基数である。一般には $A = 1$ 、 $\eta = 1$ 、 $2/f = 1/2$ として多く用いられている。この式を用いて有効網目鎖濃度を求めるとき、問題となるのは相互作用パラメーター χ_1 の値である。汎用ゴムについてはかなりまとめられているが、ポリウレタンのような極性高分子を用いた網目では極性濃度やその分布等により鎖の凝集効果が異なるため、 χ_1 の取り扱いはより一層複雑である。

この考えに基づき、アロハネート架橋ポリウレタンをモデル網目として用いることにより、応力-ひずみ関係およびアロハネート基の化学分析により、ゴム弾性への化学架橋および物理架橋の寄与を明らかにできる。

化学架橋に基づく網目鎖濃度 $(v_e/V)_{chem} = (A/V)$
 化学架橋および永久的絡み合い $(v_e/V)_{2C1} = 2C_1/RT$

化学架橋および全ての物理架橋 $(v_e/V)_E = G/RT$

無定形のマイクロ相混合したエラストマーであるポリ(オキシプリピレン)グリコール(PPG)-2,4-トリレンジイソシアナート(2,4-TDI)-低分子グリコール系アロハネート架橋PUEsをモデル網目として、ゴム弾性に対する物理架橋の寄与を調べた。

物理的に決定された有効網目鎖濃度 $(v_e/V)_{phys}$ と化学的に決定された有効網目鎖濃度 $(v_e/V)_{chem}$ の関係を模式的に図1に示す。対角線の点線(a)は化学架橋による寄与を、曲線(b)は化学架橋および永久的絡み合いの寄与を、曲線(c)は化学架橋および全ての物理架橋の寄与を示す。直線(a)と曲線(b)の間は永久的な絡み合いの寄与を、曲線(b)と曲線(c)の間は水素結合、長いタイムスケールをもつ粘性項の寄与を示す。図2にPPG-2,4-TDI-1,2-プロピレングリコール(1,2-PG)、トリメチレングリコール(TMG)系ポリウレタンのゴム弾性への化学架橋と物理架橋の寄与を示す。化学架橋が増加すると化学架橋による寄与が増加し、物理架橋による寄与は減少する傾向を示す。しかしながら、物理架橋の寄

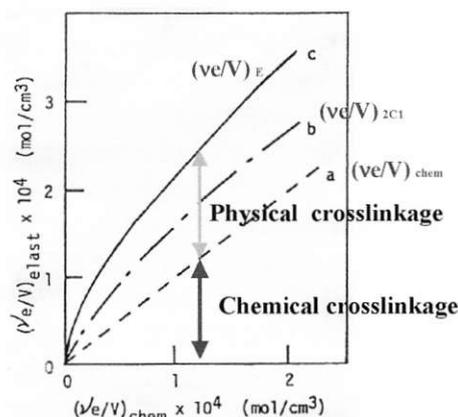


Figure 1 Schematic Relation between Elastically Determined and Chemically Determined Effective Network Concentrations (ve/V).

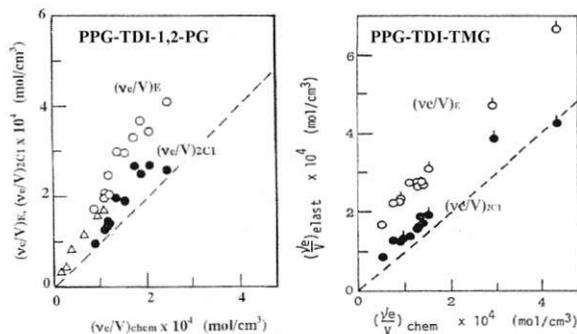


Figure 2 Relation between Elastically Determined and Chemically Determined Effective Network Concentrations (ve/V).

与はかなりありウレタン基の寄与の大きさを明確に示している。合成した系において、 $(v_e/V)_{2C1}/(v_e/V)_E$ を示す曲線は2つの傾向を示した。1つは曲線aより曲線bがより小さい値を示す系(-EG系, -1,4-BD系, -1,5-PD系, -1,3-BD系, -NPG系)であり、ほとんど永久的な絡み合いが生成していないか、あるいは化学架橋点の寄与が十分に作用していない系であると言える。他の系は曲線bが曲線aより大きい値を示す系(-TMG系, -HMG系, -1,2-PG系)であり、鎖の永久的な絡み合いの寄与が多いといえる。いずれにしても試料により異なるが永久的な絡み合いの寄与は約5~15%、化学架橋点の寄与は45~60%、残りはルーズな絡み合いや鎖の凝集からの寄与であり、物理架橋の寄与が大きいことがわかる。

どの程度のハードセグメント長であれば、ゴム弾性を発現するのか興味がある。そこで、水酸基末端ハードセグメントオリゴマーを両端にもつポリマーグリコールオリゴマーを合成したところ、水素結合による分子鎖の凝集のみで弾性を発現することを見いだした²²⁾。すなわち、HDIとBDから両末端水酸基の3量体を別途合成し、これとモノマイソシアナートを極力除いたイソシアナート末端PPG(Mn=2000)と反応させ図3に示すようなハードセグメント部を両端にもつポリ(オキシプロピレン)($T_g = -58.2^\circ\text{C}$, $T_m = 71.3^\circ\text{C}$)を合成した。貯蔵弾性率の温度依存性にはゴム状高原域(図4)が見られ、ハードセグメント部位の水素結合による凝集構造が擬架橋として作用していることを示唆している。

これらのことより、ポリウレタンの物性発現に水素結合が大きく寄与し、水素結合したセグメントのマイクロ凝集構造が大きな役割を果たしていることが理解できよう。

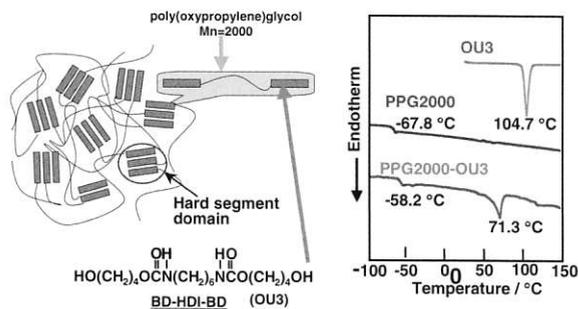


Figure 3 Schematic Figure and DSC Thermograms of Oligo-hard Segment-terminated Polymer Glycol. (BD-HDI-BD-HDI-PPG2000-HDI-BD-HDI-BD)

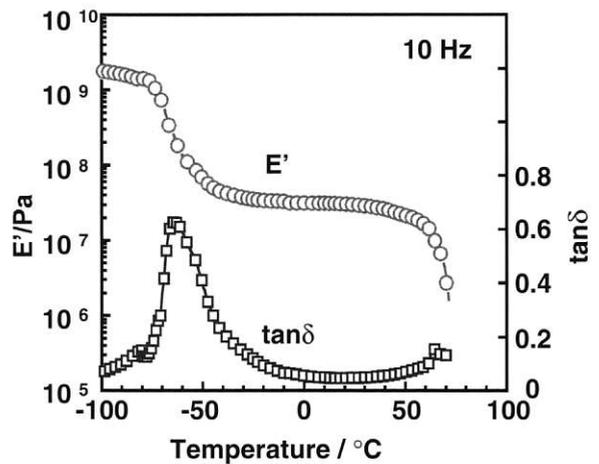


Figure 4 Temperature Dependence of Storage modulus and $\tan\delta$ for Oligo-hard Segment-terminated Polymer Glycol. (BD-HDI-BD-HDI-PPG2000-HDI-BD-HDI-BD)

4. ポリウレタンのマイクロ凝集構造の可視化

水素結合したセグメントのマイクロ凝集構造が物性発現に大きな役割を果たしていることを明らかにしたが、ではマイクロ凝集構造はどのような高次構造を取っているのだろうか。

モルホロジーは化学構造、両セグメントの含有量にしたがい変化するが、試料の製造法にもとまらぬ変化する。部分結晶系では配列したハードセグメント相は主鎖に平行な数十nmより小さい厚さを持つ房状ラメラドメインからなると考えられ、ソフトセグメントやハードセグメントの鎖長、分布、体積分率に依存し、両相が連続したあるいは分離したマイクロ相構造が提案されてきた。

原子間力顕微鏡(AFM)はマイクロ凝集構造の可視化が可能とした。PTMG-MDI-BD (ハードセグメント含量34%)、-BD/TMP、-TMP系PUEsの凝集構造を例に取り説明しよう^{23,24)}。図5にNH基およびカルボニル基の伸縮振動領域の赤外吸収スペクトルを示す。全ての系で

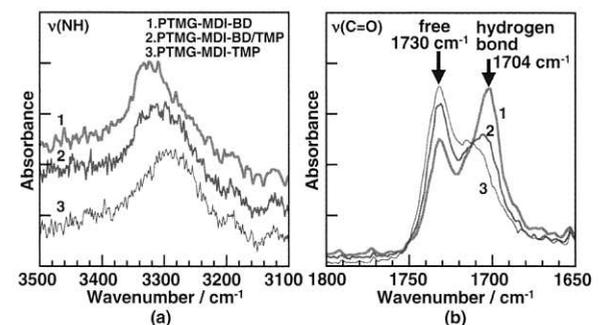


Figure 5 FT-IR Spectra of PTMG-MDI-BD, -BD/TMP and -TMP PUEs.

NH基の伸縮振動の吸収は 3330cm^{-1} に見られることより、全てウレタン基は水素結合していることが分かる。一方、水素結合しているカルボニル基の吸収ピーク強度はBD系>BD/TMP系>TMP系の順序で減少し、水素結合していない吸収ピーク強度はこの逆である。図6に示すDSCサーモグラムにおいて、 $T_{g,s}$ はBD<BD/TMP<TMPの順に上昇し、 T_m はBD~BD/TMPでTMPには観察されなかった。これらの結果より、BD系>BD/TMP系>TMP系の順にマイクロ相分離からマイクロ相混合へ変化することが分かる。この結果は小角X線散乱から裏付けられ、BD系のマイクロ相分離サイズはおよそ20nmであったが、BD/TMP、TMP系では明確なマイクロ相分離は認められなかった。

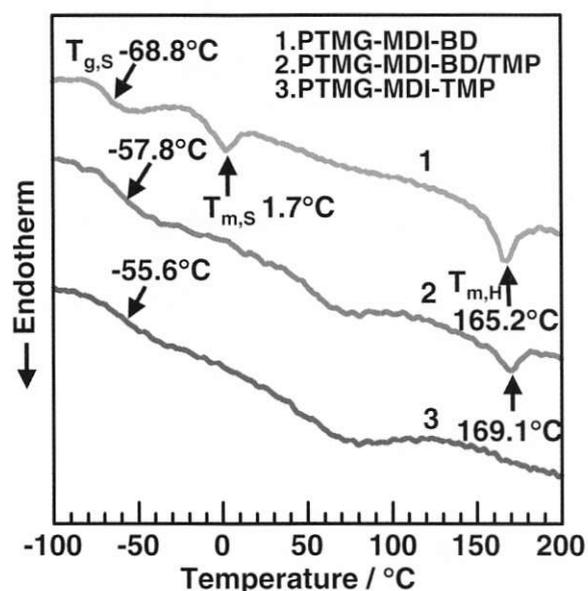


Figure 6 DSC Thermograms of PTMG-MDI-BD (HSC=34wt%), -BD/TMP and -TMP PUEs.

これらのPUEsをAFMにより観察するとポロジーマ、位相像ともにコントラストが観察される。図7にPUEsのAFMの位相像を示す。BD系で明確なコントラストが見えるが、暗い像がハードセグメント、明るい像がソフトセグメントである。BD系におけるマイクロ相分離サイズは $\sim 23\text{nm}$ であり、小角X線散乱から求めた値とよく一致した。マイクロ相混合系であるTMP系はコントラストが薄く均一な像を与え、BD/TMP系はその中間であることがわかる。さらに球晶が観察されたハードセグメント含有量45%のBD系PUEにおいて球晶内部とマトリックスの像を比較すると、図8に示すようにマトリックスではハードセグメント含有量34%のそれと同じであり、マイクロ相分離サイズは26nmでと少し増加した。一方、球晶内部で緻密なコントラストが観察され、マイクロ相分離サイズはおよそ13nmであり小さくなり緻密になった。AFMの観察から、ポリウレ

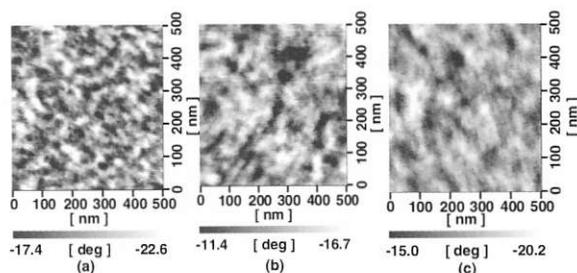


Figure 7 Phase images of AFM for (a)PTMG-MDI-BD (HSAC=34Wt%), (b)-BD/TMP, and (c) -TMP PUEs.

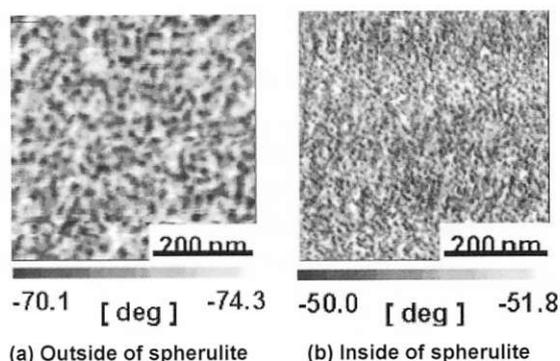


Figure 8 Phase images of AFM for (a) Outside of Spherulite and (b) inside of Spherulite for PTMG-MDI-BD (HSC=43wt%).

タンは水素結合をドライビングフォースとするハードセグメントとソフトセグメントとの真のナノコンポジットと考えることにより、ポリウレタンの優れた強度、耐摩耗性等の力学物性が理解できる。

5. おわりに

ポリウレタンエラストマーの優れた物性発現の起源について、ゴム弾性論と架橋点の化学分析からと、原子間力顕微鏡観察によるマイクロ凝集構造の可視化から考察した。しかしその道は半ばであり簡単ではない。さらに個々の知見を積み上げてポリウレタンの結晶性も含めたマイクロ相構造と物性の関係を明らかにしていくことが、ポリウレタンエラストマーの高性能化、高機能化を果たすことになるであろう。

参考文献

- 1) Petrovic, Z. S.; and Ferguson, J. *Prog. Polym. Sci.* **1991**, *16*, 695.
- 2) Ng, H. N.; Allegranza, A. E.; Seymour, R. W.; Cooper, S. L. *Polymer* **1972**, *14*, 255.
- 3) Furukawa, M.; Komiyama, M.; Yokoyama, T. *Angew. Makro. Chem.* **1996**, *240*, 205.

- 4) Furukawa, M.; Hamada, Y.; Kojio, K. *J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys. Ed.* **2003**, *41*, 2355.
- 5) Kojio, K.; Fukumaru, T.; Furukawa, M. *Macromolecules* **2004**, *37*, 3287.
- 6) Koberstein, J. T.; Russell, T. P. *Macromolecules* **1986**, *19*, 714.
- 7) Leung, L. M.; Koberstein, J. T. *J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys.* **1985**, *23*, 1883.
- 8) Shirasaka, H.; Inoue, S.; Asai, K.; Okamoto, H. *Macromolecules* **2000**, *33*, 2778.
- 9) Martin, D. J.; Meijs, G. F.; Renwick, G. M.; Gunatillake, P. A.; McCarthy, S. J. *J. Appl. Polym. Sci.* **1996**, *60*, 557.
- 10) Lee, H. S.; Hsu, S. L. *J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys. Ed.* **1994**, *32*, 2085.
- 11) 岡崎貴彦, 古川睦久, 横山哲夫; *高分子論文集*, **53**, 184 (1996)
- 12) 古川睦久; ポリウレタンの安定化・劣化対策と目的に応じた新しい改質技術, 技術情報協会, 第1章 (2004)
- 13) Furukawa, M.; Kojio, K.; Izumi, N.; *International Rubber Conference* 2004, Beijing, **2004** p.361-364
- 14) Weisfeld, L.B.; Little, J.R.; Wolstenholme, W.E.; *J. Polym. Sci.*, **1962**, *56*, 455.
- 15) Rutkowska, M.; Kwiatkowski, A.; *J. Polym. Sci., Symp.*, **1980**, No.53, 141.
- 16) Rutkowska, M.; Balas, A.; *J. Appl. Polym. Sci.*, **1980**, *25*, 2531.
- 17) Mark, J.E.; Sung, H.E; *Eur. Polym. J.*, **1980**, *16*, 1223.
- 18) Allen, G.; Egerton, P.; Walsh, J.D.; *Polymer*, **1976**, *17*, 65.
- 19) Smith, T.L.; *Polym. Preprints*, **1981**, *22*(2), 169.
- 20) Ilavsky, M.; Dusek, K.; *Polymer*, **1983**, *24*, 981.
- 21) Furukawa, M.; Yokoyama, T.; *J. Polym. Sci.*, **1979**, A1 17(4), 175.
- 22) Hirai, B.; Motokucho, S.; Kojio, K.; *高分子学会予稿集*, **2008**, (2), 3172.
- 23) Kojio, K.; Kugumiya, S.; Furukawa, M.; *International Rubber Conference* **2004**, Beijing, p.357-360(2004)
- 24) Furukawa, M.; Kojio, K.; Uchiba, Y.; Mitsui, Y.; *Macromol. Symp.*, **2008**, *267*, 9.



古川 睦久

Mutsuhisa FURUKAWA
長崎大学教授

室温乾燥で $50 \mu\Omega\text{cm}$ の体積抵抗値を示す ナノ粒子導電インクの開発

Development of Conductive Ink Showing Volume Resistivity of $50 \mu\Omega\text{cm}$ by Drying at Room Temperature

武居 正史*¹
Masafumi TAKESUE

外村 卓也*¹
Takuya TOMURA

山田 充*¹
Mitsuru YAMADA

桑本 滋生*²
Shigeo KUWAMOTO

畑 克彦*¹
Katsuhiko HATA

Conductive inks containing metal nanoparticles have spread out over an electronics market recently according to development of novel drawing methods for making a printed circuit board, for example, inkjet printing, flexographic printing. Such metal nanoparticles can be sintered at lower temperature than a melting point of bulk metal and show high conductivity. It is well-known that the sintering temperature of ideal metal nanoparticles depends on the particle size. On the other hand, the sintering temperature of actual metal nanoparticles dispersed in solvent probably depends on not only the particle size but also the surface condition of nanoparticle. In this work, we had studied the relationship between the sintering temperature and the surface condition of nanoparticle. Various silver nanoparticles having almost same particle size but different surface condition were prepared by a liquid-phase reduction method. The sintering temperature of silver nanoparticles dispersed in solvent seems to depend on the surface condition rather than the particle size because each silver nanoparticle showed different sintering temperatures. The silver nanoparticles having the lowest sintering temperature showed high conductivity by just drying at room temperature. The silver ink was patterned with a line width of $30 \mu\text{m}$ on a paper substrate by a flexographic printing technique, showing the volume resistivities of $11\text{--}46 \mu\Omega\text{cm}$ by drying at room temperature.

1. 緒言

プリント配線板の回路配線は、現在ほとんどが銅箔をフォトレジスト法でパターンニングすることで量産されている。ところが、インクジェット印刷^{1,2)}をはじめとして、フレキシ印刷³⁾やレーザー誘導熱分解法⁴⁾など基板に回路を直接パターンニングする研究が近年盛んに行われている。この最大の理由は、ナノテクノロジーの進展に伴って、多様な金属インクが開発されたことがあげられる。

金属インクの主流は、金属ナノ粒子を必須成分としたインクである。このインクを上述のような方法でパ

ターニングし、乾燥や焼成を行うことにより、導電性のある金属被膜にすることで回路配線を形成する。金属種は、金^{2,4)}や銀^{1,3)}が中心となっている。銅は、酸化されやすいため合成や焼成に制約が多く、研究例は少数である。溶媒は水系溶剤も有機溶剤も用いられているが、有機溶剤が圧倒的に多い。

プリント配線板に適用する上で、金属ナノ粒子の最大の特徴は、金属の融点よりはるかに低い $150\text{--}300^\circ\text{C}$ 程度の焼成温度で粒子同士が融着して、高い導電性を示す金属被膜を形成することである。この焼成温度はポリイミド基板なら問題はないが、コストが低く耐熱温度も劣るポリエチレンテレフタレートなどの汎用樹脂、さらには紙を基板材料に使おうとすると、さらに温度を低下させることが望ましい。

金属ナノ粒子の融着温度は、一般的には粒径依存性

*¹ R&Dセンター

*² 財団法人ひょうご科学技術協会

があると説明されることが多い。BuffatとBorelは、高真空下で作成した、表面がかなり理想状態に近いと思われる金粒子の融着温度が粒径に依存することを報告した⁵⁾。一方、溶媒に分散している金属ナノ粒子の表面は、分散剤のような有機物などで覆われており、実質的には、融着温度は粒径だけでなく、表面に吸着した分散剤の性質にも依存すると考えられるが、そのような粒子の融着温度に関する研究はほとんど知られていない。そこで、粒径が同程度で分散剤が異なる種々の銀ナノ粒子について、分散剤種が融着温度に及ぼす影響を検討した。

さらに、銀ナノ粒子の生成機構に関する基礎的検討を行った。このような金属ナノ粒子は、すでに広く普及しているミクロンサイズの粒子より一般的に高価である。この原因は加工コストの違いによると思われるが、金属ナノ粒子の普及を阻む一因でもある。溶媒に分散している金属ナノ粒子を得るためには、液相中で金属ナノ粒子を化学的に還元して合成することが、ナノ粒子の表面エネルギーを制御するうえで最も適していると思われる。しかし、これまでの研究は合成後の粒子に関する物性評価に偏り、生成過程の粒子に関する研究は、実験手法が困難であることもあってほとんど行われておらず、粒子の生成機構は不明な点が多い。小角X線散乱はナノ粒子の粒径測定に優れた手法であるが、一般的な装置ではX線強度が低く精度の良い測定ができない。そのため、大型放射光施設SPRING-8において、液相中における銀ナノ粒子の生成機構の検討を試みた。さらに、作成した銀ナノ粒子を用いた応用例の提案として、銀インクによるフレキシ印刷の可能性を検討した。

2. 実験方法

銀ナノ粒子は水溶液中での化学還元法で作成した。予め所定の条件で調整しておいた分散剤水溶液、還元剤水溶液と銀イオン水溶液を攪拌下に混合して、銀ナノ粒子を得た。得られた銀ナノ粒子は限外ろ過で精製するとともに、固形分が40wt%になるように濃度調整した。最終的に得られた銀ナノ粒子分散液はそのまま、あるいは界面活性剤、粘度調整剤等を添加して、銀インクとして用いた。

作製した銀ナノ粒子は、動的光散乱(DLS)、電子顕微鏡写真(SEM)、粉末X線回折(XRD)、体積抵抗値測定により評価した。大型放射光施設SPRING-8における小角X線散乱測定は、BL08B2ビームラインを用いて、波長1Å、カメラ長628-2285mmの条件で行い、原料水溶液を混合した溶液の散乱強度の時間変化を測定した。フレキシ印刷は、コムラテック社製フレキシ版を用いて行った。

3. 結果と考察

種々の条件で作成した銀ナノ粒子(サンプルA、B、C)の粒度分布を図1に示す。平均粒径はいずれも25-30nmであるが、粒度分布はサンプルAよりもB、Cがブロードな分布を示した。

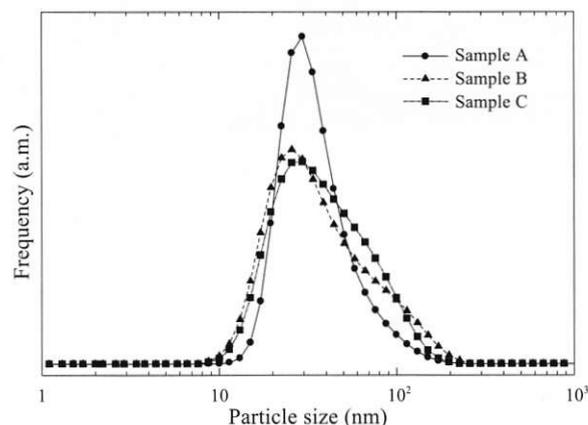


図1 銀ナノ粒子の動的光散乱測定による粒度分布

これらの銀ナノ粒子を塗布した被膜を種々の温度で焼成したときの体積抵抗値を図2に示す。いずれの粒子もある閾値的な温度域で急激に体積抵抗値が減少した。つまりこの閾値温度で銀ナノ粒子間に導電パスが形成されたと考えられる。図中には示していないが、サンプルCは室温で乾燥させるだけで、 $11-46 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}$ の体積抵抗値を示した。

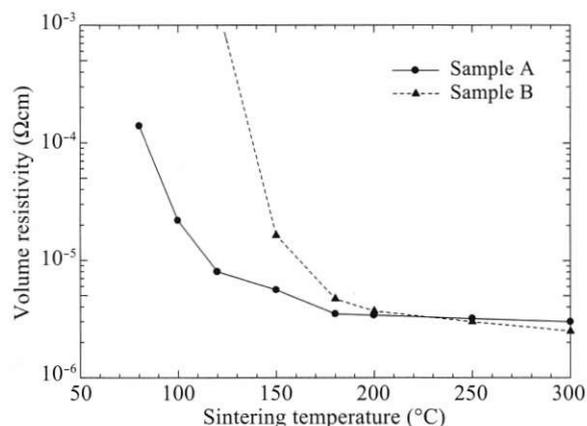


図2 焼成温度の異なる銀ナノ粒子(サンプルA、B)の体積抵抗値

図3には、焼成温度を変えて作成したサンプルAからなる被膜と、室温で乾燥させたサンプルCからなる被膜のSEM像を示す。乾燥状態の銀粒子は実測で10-40nmであったが、DLSで測定した粒度分布と大体一致しているため、インク中に分散していた粒子がそのまま乾燥しただけで、形態的な変化は特に生じていない

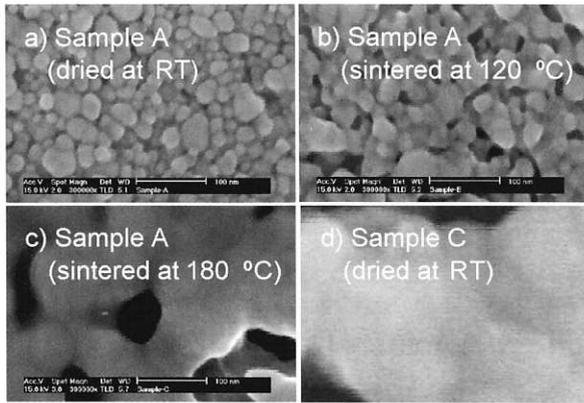


図3 処理条件が異なる銀ナノ粒子(サンプルA、C)のSEM像

と考えられる。120℃焼成後では、明らかに粒子間の融着が見られる一方で、まだ一つ一つの一次粒子が明確に区別できる。しかし、実測した一次粒子径は20–60nmであり、乾燥状態と比べて粒子は多少大きくなっているとともに、小さな粒子が明らかに減っていることから、小さな粒子が大きな粒子間をつなぐように融着していったと考えられる。180℃焼成後では、粒子間の融着はさらに進行し、一次粒子は明確に区別できなくなった。わずかに残っている粒子の痕跡を測定すると、一次粒子径は大体50–120nm程度であり、120℃と比較するとより大きな粒子も融着に関与したと考えられる。つまり、粒径の小さな銀粒子ほどより低温で融着すると考えられる。また、サンプルCを室温で乾燥させたものは、180℃で焼成したサンプルAの粒径に匹敵するまで融着が進行している。このことから融着温度には、粒径より粒子の表面状態の影響が大きいことがわかる。

サンプルAの焼成温度と対応したXRDスペクトルを図4に示す。いずれの状態でもAg(JCPDS no. 87-0720)に由来するピークのみが観測されたが、焼成温度が高くなるにつれて、(111)面の半値幅は小さくなり、Scherrer式より求めた結晶子サイズは大きくなった。こ

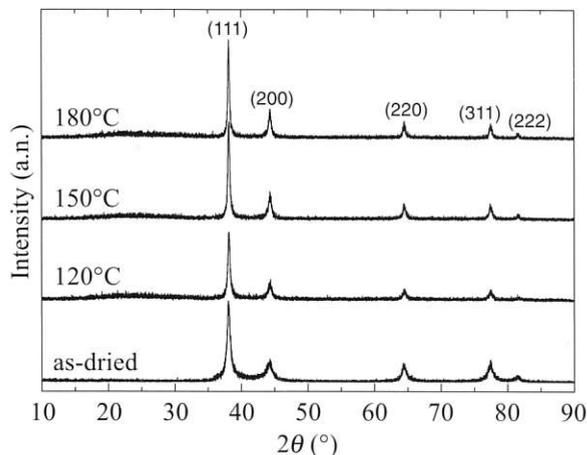


図4 焼成温度の異なる銀ナノ粒子(サンプルA)のXRDスペクトル

のことも焼成温度が高くなるほど粒子間の融着が進むことを示している。Scherrer式より求めた結晶子サイズは、SEM像から実測した一次粒子径と概ね一致するか、多少小さめの値を示した。小さめの値を示す理由は、融着して生じた粒子が多結晶であるためと考えられる。

サンプルA、B、Cでは、融着温度に大きな差が見られたが、粒径には大きな差がないので、融着温度は、粒径よりも粒子表面の分散剤が大きく影響していると考えられる。恐らく閾値温度で分散剤が粒子表面から脱着することが駆動力になって粒子間の融着が進行すると考えられる。逆に考えると閾値温度は分散剤と粒子表面の吸着力を示していると考えられる。粒子と分散剤界面との吸着力は、一般的には測定が困難である。しかし、粒径が大体同じような銀粒子における上述のような閾値温度は、分散剤の粒子表面への吸着力を表す指標になると考えられ、実験の範囲内では、分散剤の銀粒子表面への吸着力の強さはサンプルC<A<Bの順になると考えられる。ただし実際には、化学還元法においては分散剤も酸化還元反応に与ると考えられ、添加したままの化学種で銀粒子表面に吸着しているとは必ずしも言えず、配合系全体、例えば配合比、使用する還元剤の種類、使用する銀塩の種類が複雑に影響していると考えられる。

次に、このような銀ナノ粒子の大量生産技術のための基礎的検討として、高輝度放射光を利用して銀ナノ粒子の生成速度に関する検討を行った。銀ナノ粒子の原料溶液を混合してからの粒径の時間的成長を観測したところ、銀ナノ粒子の反応時間が極めて短いことが明らかにできた。また、一次粒子の思われる小角散乱ピークに加えて、個数分率としては少ないが、二次凝集粒子の成長を示すと思われるピークが発現した。

次に、このサンプルCを用いて作成した銀インクを用いて、フレキシ印刷により紙基板上に35μmの細線パターンを作成した。パターンの光学顕微鏡像を図5に示す。この被膜は、条件にもよるが、室温で乾燥させるだけで11–46×10⁻⁶Ωcmの体積抵抗値を示した。版や

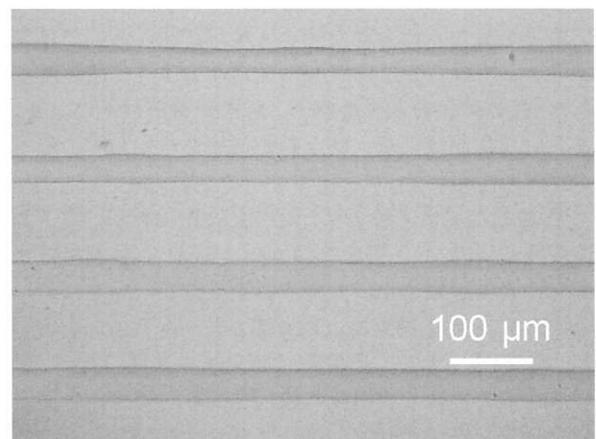


図5 銀ナノ粒子を用いたインクフレキシ印刷によるパターンニング

印刷条件をさらに検討することで、さらなる狭ピッチ化も可能だと考えられ、今後のプリンタブルエレクトロニクスの一つの方向性として、フレキシ印刷の可能性を示すことができたと考える。

4. 結 論

粒径が同程度で表面状態が異なる種々の銀インクを用いて、銀ナノ粒子の融着温度における影響を検討した結果、融着温度は一般的に言われている粒径よりも、むしろ粒子の表面状態に大きく依存することが明らかになった。最も融着温度が低い銀ナノ粒子を用いて、フレキシ印刷で紙基板上に35 μm の細線パターンを描画したところ、室温で乾燥させるだけで $11-46 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ の体積抵抗値を示した。

参考文献

- 1) H.-H. Lee, K.-S. Chou, and K.-C. Huang, *Nanotechnology* 16 (2005) 2436-2441.
- 2) J. Kolbe, A. Arp, F. Calderone, E.M. Meyer, W. Meyer,

H. Schaefer, and M. Stuve, *Microelectron. Reliab.* 7 (2007) 331-334.

- 3) A. Watanabe, Y. Kobayashi, M. Konno, S. Yamada, and T. Miwa, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 464 (2007) 743-749.
- 4) D. Huang, F. Liao, S. Moles, D. Redinger, and V. Subramanian, *J. Electrochem. Soc.* 150 (2003) G412-G417.
- 5) P. Buffat and J-P. Borel, *Phys. Rev. A* 13 (1976) 2287-2298.

[謝辞]

本報告の一部は、兵庫県が独立行政法人科学技術振興機構の選定を受けて行う地域結集型共同研究事業「ナノ粒子コンポジット材料の基盤開発」で実施されている研究の成果である。

[付記]

本稿はMES2007(2007年9月13-14日、主催:エレクトロニクス学会;共催:甲南大学)における発表原稿に一部修正を加えた。



武居 正史

Masafumi TAKESUE
1990年 入社
R&Dセンター



外村 卓也

Takuya TOMURA
1999年 入社
R&Dセンター



山田 充

Mitsuru YAMADA
2005年 入社
R&Dセンター



畑 克彦

Katsuhiko HATA
1985年 入社
R&Dセンター

「わが社と画像技術」
—電子写真装置用クリーニングブレードの開発—

Our Company and Imaging Technology
—Development of Cleaning Blade for Electrophotographic device—

迫 康浩*¹

Yasuhiro SAKO

Recent needs for compact size of electrographic device and use of polymerized toners make it more difficult to design polyurethane materials for cleaning blades. A cleaning blade having a structure of two layers of polyurethane materials having different functions is developed. The blade shows very small temperature dependence of viscoelastic properties and excellent abrasion resistance.

1. はじめに

当社は1906年の創業以来、ゴム、プラスチック製品メーカーのパイオニアとして、お客様のニーズに応えるべく、新技術や新製品の開発を行い、産業用製品、自動車用部品、情報関連機器部品、化成品、そして最近では光電材と事業を展開してきている。この中で、ジアゾ式から普通紙複写機への急速な転換と成長時期であった1975年頃より、感光体上の残留トナーを除去するクリーニングブレードを中心に、電子写真分野に取り組み、当業界の要素技術の変革に合わせて、要求される機能部品を開発し供給してきた。¹⁾

2. 電子写真装置用クリーニングブレード

2.1 近年の要求特性の変化

電子写真プロセスの中でクリーニングブレードは、近年の高速化、高画質化、コンパクト化、フルカラー化、さらには重合法トナーの出現といった技術革新により、その要求特性が大きく変化しクリーニングメカニズムの変化やブレードのクリーニング以外への用途拡大が要求されるようになってきた。

これらの要求の変化で、ブレードの心臓部を構成するポリウレタンには次のことが必要条件となってきた。

- ① 反発弾性の変化を使用条件温度内でできるだけ小さくすること。
- ② 低温クリーニング性を向上させるためにポリウレタンのガラス転移温度($\tan \delta$ ピーク温度)をより低温に

シフトさせること。

- ③ 耐摩耗性を格段に向上させること。

これらに対応すべく、ウレタンゴムの一次化学構造だけでなく、構成する分子の分子量分布²⁾、合成方法等を変更することで、粘弾性特性の変化や耐摩耗性の向上を図ってきた。図1にウレタンエラストマーの粘弾性($\tan \delta$)の温度依存性改良例を示した。これにより反発弾性の温度依存性が小さく、低温特性に優れるブレードの提供が可能となった。

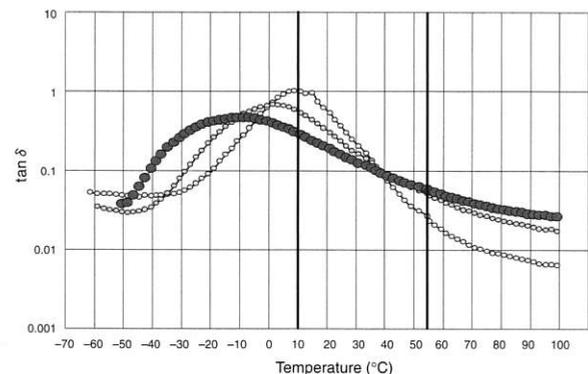


図1 $\tan \delta$ の温度依存性

2.2 機能分離化

一方、ブレードの耐摩耗性を格段に向上させるには、ポリウレタンのソフトセグメントの化学構造だけでなく、ハードセグメント濃度・構造、架橋構造といったモルフォロジーをプロセス速度、相手材、トナー等の特性によって合わせ込むことが必要となる。中でもプロセス速度は、耐摩耗性設計には重要な因子となる。

近年の小型化、重合法トナー化により、耐摩耗性の

*¹ MMP 事業部

格段の向上と温度依存性の少ない粘弾性特性のバランス維持の両立は、従来の配合設計では限界が生じてきた。そこで我々は機能分離ブレードを提案している³⁾⁴⁾。

ブレードは感光体等の相手材と接触、摩擦されるエッジ部は耐摩耗性を、それ以外の部分はバネ材としての機能が要求される。それぞれ異なる機能をこれまででは1つのポリウレタンで構成していたが、エッジ部とバックアック部を別々のポリウレタンで構成する(機能分離する)こととした。

図2に我々の開発した機能分離ブレードの構造を示した。

図3には、従来の単層ブレード、開発した機能分離ブレードの走行後のエッジの摩耗状態を示した。

これにより温度依存性に優れ且つ耐摩耗性が格段に優れるブレードを開発できた。

3. お わ り に

以上クリーニングブレードを中心に述べたが、当社コア技術を深耕し、精密駆動システム、ノングリース軸受け、高機能中間転写体さらには、湿式現像プロセス対応部材等さまざまな開発を実施しており、今後とも電子写真技術の要求に対応すべく、一層の研究開発に注力する所存である。

参考文献

- 1) 藤原良則・迫 康浩：日本ゴム協会誌，69，652（1996）
- 2) 迫 康浩：(バンドー化学) 特開平9-68904
- 3) 三木隆司・堀内三生：(バンドー化学) 特開2002-214989
- 4) 谷 新太・増山剛千：(バンドー化学) 特開2007-30385

[付記]

発表誌：日本画像学会誌，2008年8月号

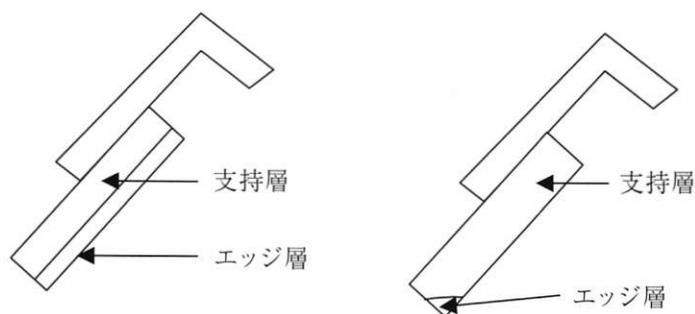


図2 機能分離ブレードの構造

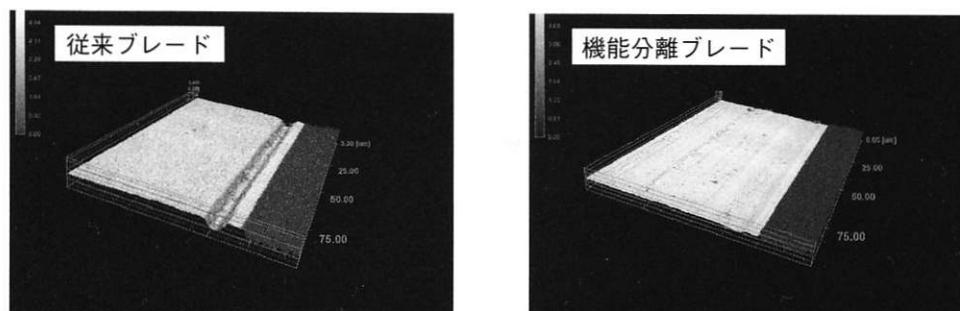


図3 従来ブレードと機能分離ブレードの走行後のエッジ状態



迫 康浩

Yasuhiro SAKO

1984年 入社

MMP事業部

伝動ベルトの環境対応省エネ技術について

Energy-Saving Technologies on Power Transmission Belts

城戸 隆一*1

Ryuichi KIDO

高橋 光彦*1

Mitsuhiko TAKAHASHI

Recently even in power transmission belts, it is getting more important to develop technologies corresponding to environmental problems such as energy-saving technology and environmental load reduction technology. Most of energy lost in belt drive transforms into heat, so that raises the temperature of the driving belt and reduces the life of the belt. It is important for reduction of loss energy to reduce the loss not only on belt side but also on drive system side. Therefore, many technologies which pursue reduction of power loss from these both sides have been developed. Some examples of the developed technologies in the Authors' company are introduced on this paper.

1. はじめに

伝動ベルトは、利便性や廉価など利点から、自動車、農業機械、一般産業機械やOA機器等の幅広い分野で使用され、重要な伝動要素の一つに位置付けられている。京都議定書の決議やISO14000の認証取得企業の増加に見られるように、地球温暖化に対するCO₂排出削減化といった対環境問題が大きく取り上げられるようになった昨今、伝動ベルトでも省エネルギー技術や環境負荷低減技術のような環境問題に対応する技術開発の重要度がますます増加している。

ベルト伝動におけるエネルギー損失は、図1に示すような項目に大別される。これら損失の大部分は熱エネルギーに変わり、ベルトの走行時の温度を上げ、ベルトの寿命を低下させる。ベルト伝動の省エネルギーに結び付くこれらエネルギー損失の軽減には、ベルト側だけでなく、駆動システム側の損失軽減も重要であり、これら二つの側面から動力損失の軽減を追及する開発がなされてきた。以下に当社におけるその技術開発事例を紹介する。

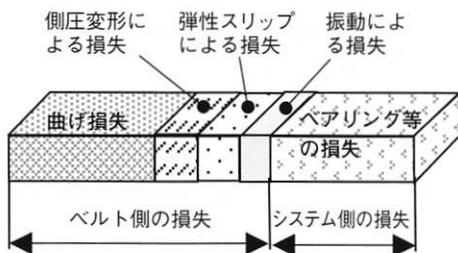


図1 ベルト伝動におけるエネルギー損失の内訳

*1 伝動技術研究所

2. ベルト側の損失低減事例

2.1 曲げ損失を抑えた事例

図2左側は最も古典的なラップドVベルト（外皮布によって積層部材が被覆されている）を示す。ラップドVベルトは送風機等の一般産業機械に広く使われている。このベルトの底部に図2右側に示すようなノッチ（切り込み）加工したベルトを作成し、伝動効率を測定比較した結果を図3に示した¹⁾。ノッチ加工を施した結果、ベルトの曲げ剛性が著しく低下し（図4）、伝動効

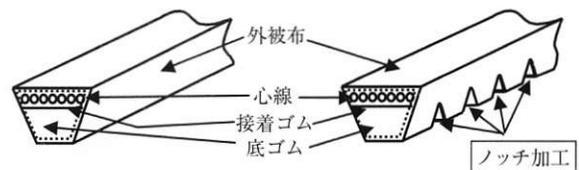


図2 ラップドVベルト（左側）と省エネVベルト（右側）の形状・構造

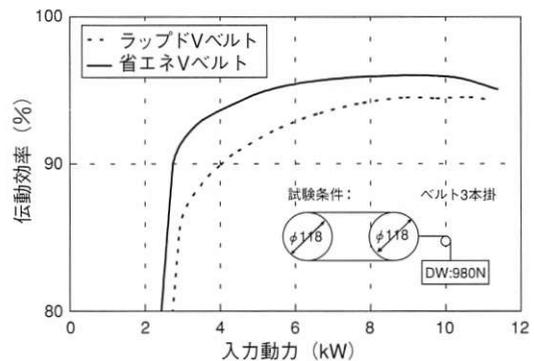


図3 ラップドVベルトと省エネVベルトの効率比較

率が向上した。この効率改善によりベルト温度も低下し、ベルトの耐久性も向上する結果が得られた。このベルト（商品名：省エネレッド）を市場モニターで確認した結果、2%～最大6.3%の電力の消費量低減が検証され、現在、従来品に代わってこちらが主流となっている。このノッチ加工による方法は、図5に示すような高負荷伝動用の細幅Vベルト（商品名：パワーエース）にも展開され、伝動効率の向上に寄与している（図6）。

歯付きベルトの例としては、ATM・両替機・自動販売機等における紙幣やカードの搬送用ベルトがある。図7にその使用例を示すが、無人運転や屋外での使用が多く、特に低温時での起動トルクが低いことが要求される。その第一の方策としては、曲げ損失の低減を図るベルトの柔軟性向上があり、そのためベルト心線の細径化やゴム配合の最適化を図った。ゴム配合では、耐寒性と柔軟性の両立を考慮し、とりわけ環境負荷低減の対応として、焼却時にダイオキシンを派生させない非ハロゲン化ポリマーであるEPDMゴムを、従来のク

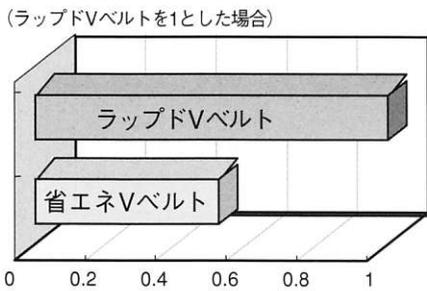


図4 ラップドVベルトと省エネVベルトの曲げ剛性比較

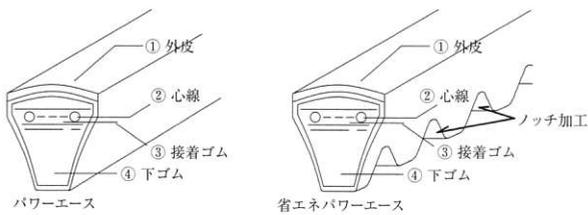


図5 パワーエース(左側)と省エネパワーエース(右側)の形状・構造

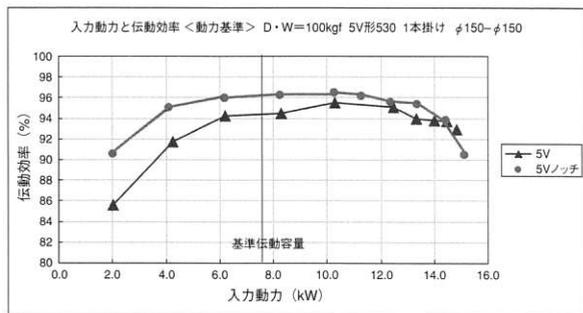


図6 パワーエースと省エネパワーエースの効率比較

ロロプレンゴムに代えて採用した（商品名：ウルトラ柔軟エコシンクロベルト）。本ベルトは、図8に示すように、起動トルク的大幅な低下が認められる。

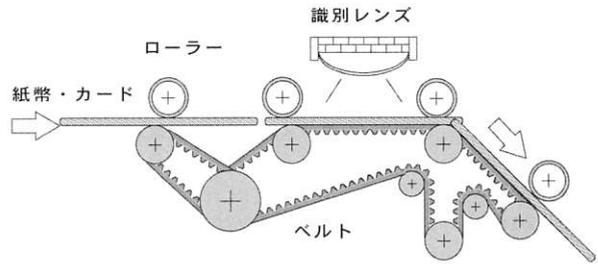


図7 紙幣搬送用歯付きベルトの使用例

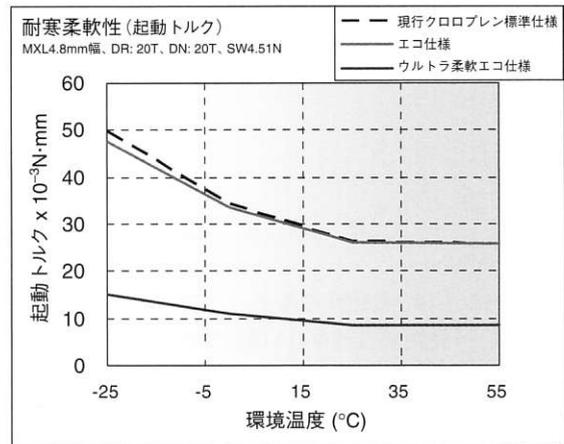


図8 紙幣搬送用歯付きベルト起動トルク比較

2.2 ベルトの側圧変形による損失を抑えた事例

Vベルトが小さなプーリ径で高いトルクを伝達する場合、ベルトは側圧変形を生じ、伝動効率が低下する。スクーター用変速機、自動車用CVTに使用される変速ベルトは、いかに側圧変形を防止するかが重要な課題²⁾である。

図9には各種変速ベルトの効率比較結果を示した。シングルコグベルトは、心線より下のゴム層にコグ(凹凸)が設けられているVベルト、ダブルコグVベルト

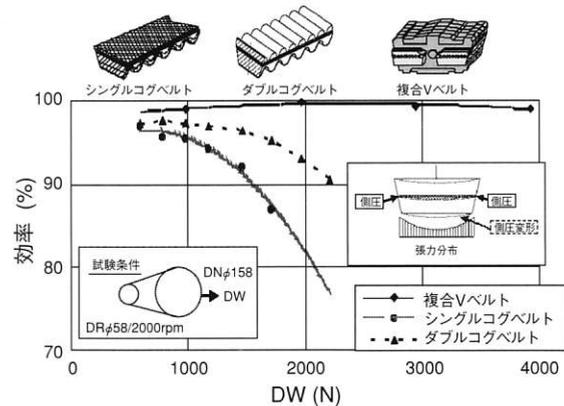


図9 変速ベルトの効率比較

は、心線の上にもコグを設け、側圧変形し難く、曲げ剛性を下げたVベルト、複合Vベルトは、AL合金コアの周りを熱硬化性樹脂で被覆したブロックを、ゴム・心線・帆布から構成されるゴムベルト(張力帯)と噛み合わせ、一体化したVベルトである。これらのVベルトの効率は、各ベルトで伝動能力が異なるため、各軸荷重下でトルクを変えて測定された伝動効率の最高値で比較した。効率は、シングルコグVベルト→ダブルコグVベルト→複合Vベルトの順に高く、特に、複合Vベルトは剛性の高いブロックとの複合により、高張力下の側圧変形が極めて小さい結果、99%もの高い効率を示した。高負荷条件でこのような高伝達効率のベルトを使用することは、燃費を向上し、エネルギー消費量を下げることが可能にする。

3. 伝動システム側の効率改善事例

3.1 オートテンショナー³⁾

Vベルトは張り側と緩み側の張力差(有効張力)で動力を伝達する。また、負荷トルクと張力の関係は次式で示される。

$$T_t - T_s = T_e = T_r / r$$

$$T_t + T_s = W = 2T_0 \quad (T_0: \text{初張力})$$

ここに、 T_t : 張り側張力、 T_s : 緩み側張力、 T_e : 有効張力、 W : 軸荷重、 T_r : 伝達トルク、 r : プーリ半径である。

動力伝達に必要な張力を与える手段として、ベルトを張った状態でプーリを固定する方式(張力固定方式)、テンショナーで緩み側に一定張力を与える方式(緩み側張力一定方式)がある。これらの方式によるベルト張力と負荷トルクの関係を図10に模式的に示した。

固定方式では負荷トルクの上昇とともに、 T_t が上昇し、動力伝達に必要な T_e 分だけ T_s は減少する。そして、スリップしない T_s を確保するため、初期の張力が設定されるべきであるが、一般的には、ベルトの伸びや摩

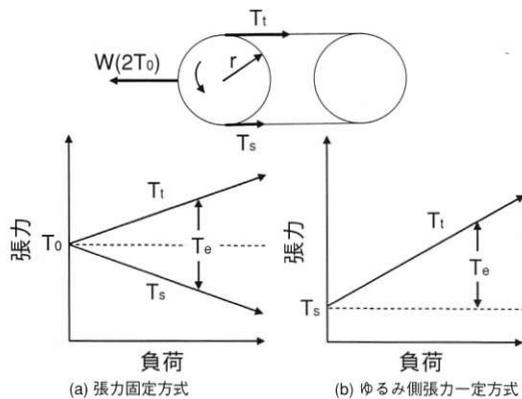


図10 ベルト張力と負荷トルクの関係⁴⁾

耗で張り側張力が緩んでもスリップしないように初期のベルトの張り(初張力)を最適値より高目に設定し、張り直しまでの時間を稼ぐことが一般的に行われている。この初張力を、適正水準を超えて過大に設定した場合、ベルトは大きな変形を生じ、伝達効率の低下(エネルギー消費量の増加)を招くだけでなく、ベルトや軸受寿命の低下の要因となりやすい。

一方、緩み側張力一定方式では、一定の T_s が付与(保証)されるため、 T_t が増大して T_e 分の動力伝達を可能にする。ベルトに伸び、摩擦が生じて T_s が変化しない工夫がなされたテンショナー(オートテンショナー)を使用すれば、張力をほとんど変化させずに、初期からベルトの寿命まで、適正な伝動(効率)が保証され、エネルギー損失が押さえられるとともに、ベルト寿命も向上する。このようなオートテンショナーを用いた駆動システムが、自動車の補機駆動に利用されている。図11にその採用例を示した。

3.2 ベルト式変速システム

ベルト式変速システムは、二つの開閉可能なプーリでベルトを駆動し、プーリの幅を増減させることで駆動プーリと従動プーリの速比を変化させる変速装置である。その動作原理を簡単に示したのが図12である。この変速システムでは、一般的に従動プーリに推力を

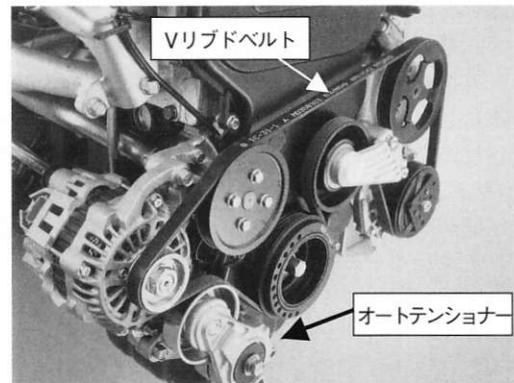


図11 自動車エンジンの補機駆動システム

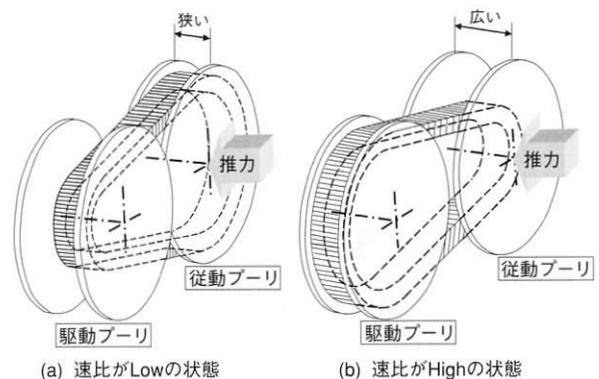


図12 ベルト変速の模式図

与え、ベルト張力が付与される。このとき発生する張力を付与推力で割った値を推力-張力変換係数(以後K値という)と呼ぶ。K値はベルトにより、又状態(経時変化)により変化(低下)する。

従って、この変化代を加えた推力が初期推力として設定され、前述の張力固定方式の場合と同様、過大な張力設定が効率低下の要因となる。また、スクーターのベルト変速システム等には推力付与手段としてバネとトルクカム(トルクに比例して推力が増える機構)が併用され、バネは通常従動プーリに設けられる。低速走行(速比Low)では、従動プーリ幅は狭い位置に閉じた状態になるので、バネは伸び、バネ荷重推力は低い値になる。一方、高速走行(速比High)では逆に従動プーリ幅は広がり、バネが圧縮されて、バネ荷重推力は高い値となる。これは、ベルトの安定伝動のためには本来、速比Lowでは速比Highよりも大きな推力が必要であることと逆の結果であり、速比Highでの推力が過剰となって、ベルトの伝動効率を低下させる要因となる。

図13に当社が開発した変速システムの概要を示した。この変速システムは、バネ・トルクカム等によるプーリへの推力付与は行わず、テンショナー方式により、張力を付与するので、図10で示した原理により、小さなテンショナー荷重で大きなトルク伝達が可能となると共に低張力で伝動が可能となって、高効率な変速システムが提供できる。また駆動プーリと従動プーリにそれぞれ設けられている操作カムが、連結ロッドにより連結され、駆動プーリの開閉と従動プーリの開閉が連動されるため、ベルト変速時に余分な推力を生じず、変速応答速度を速くできる。前述の高効率な複合・ベルトとこの変速システムを組み合わせると、高負荷伝動が可能で、伝動効率が高く、変速応答性にも優れる変速システムの提供が可能である。

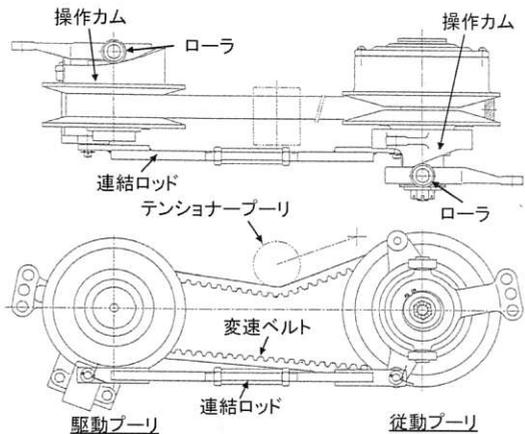


図13 VSW型ベルト変速システムの概要

3.3 蛇行制御平ベルト駆動システム

摩擦伝動ベルトの中で、伝動効率のよいベルトとし

ては平ベルトが知られている。図14に、通常型Vベルト・省エネ型Vベルト・平ベルトの伝動効率の測定結果を示す。図より、平ベルトが他を圧して効率のよいことが分かる。したがって、ベルト伝動で省エネを図るためには、平ベルトを選択することが第一の方策となる。ところが平ベルトは、そのままではベルト幅方向に自由に動けるために、走行時に蛇行(片寄り)現象を生起し、プーリから脱落してしまうという問題があった。これを回避するために、フランジ付きプーリ或いは中央部を少し膨らませたクラウンプーリを常用するが、これらのプーリは、ベルトに余計な力が加わる原因となり、ベルトの耐久寿命を縮めてしまうので、平ベルトは、ほぼ低負荷用途に限定されていた。

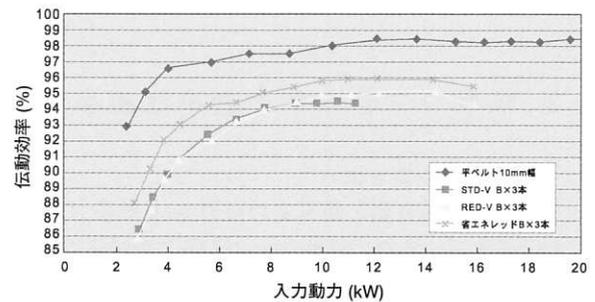


図14 摩擦伝動ベルトの伝動効率比較

そこで当社は、平ベルトの高効率という優れた省エネ特性を生かすために、ベルトの耐久寿命に影響しない蛇行制御プーリ(図15)を開発した。このプーリは外筒(本来のプーリ)・内筒(カラー)・固定軸の3部分からなり、外筒と内筒間はベアリングがはめ込まれ、内筒回りを外筒が回転できるようになっている。そして固定軸と内筒は図示のようにピンを介して結合されており、内外筒は、固定軸に対し、ピン軸回りに前後10°程度首を振るよう回転可能になっている。以下に動作メカニズムを図16で説明する。今プーリのピン角度がベルトとの接触角度中心線に対して、ベルト進行方向に15~25°傾けて設置されているとする。例えば、同図側面図でベルトが右方向へ蛇行すると、プーリに対

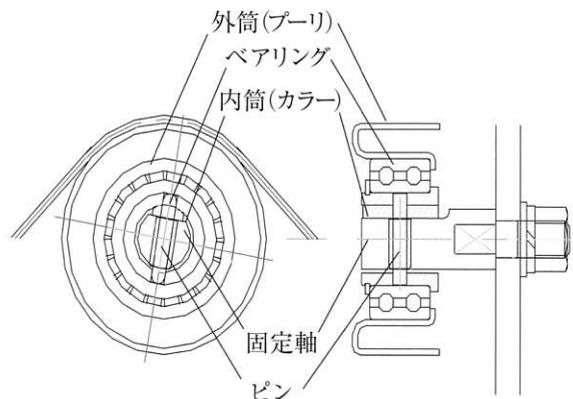


図15 蛇行制御プーリの構造

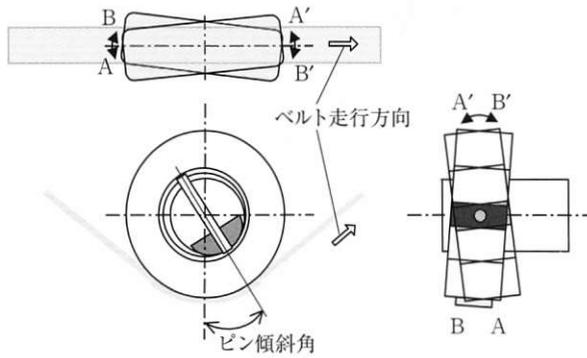


図16 蛇行制御プーリの動作メカニズム

するベルトの押し付け中心がピン軸から右方向にずれるため、プーリはA-A'のように傾く。これを上方から見ると(上面図)、プーリはA-A'のように傾いているから、ベルトはプーリを通過する過程で、蛇行した方向と反対方向へ戻される力が作用する。左方向へ蛇行してもプーリがB-B'のように傾き、同じ原理が作用する。このように純機械的な自動制御機構が成立するので、このプーリを駆動系のどこかに設置すれば、蛇行制御平ベルト駆動システムを簡易に構築できる。これにより、平ベルトの適用範囲が広がり、ベルト伝動におけ

る省エネ化が進むと期待される。

最後に、環境問題は、発展途上国のエネルギー消費と環境汚染の増大や石油を始めとするエネルギー資源の枯渇を想定すると、将来も永劫に続く問題である中で、伝動ベルトは、今後も引き続き、広い分野で使用されよう。「環境」をキーワードとして、省エネルギーや環境負荷低減に寄与できる伝動ベルト、伝動技術の開発に注力して行きたい。

参考文献

- 1) 中村交成:省エネルギーに対する伝動ベルトの技術動向,月刊トライボロジ, No.178, 5月号, p32 (2002)
- 2) 高橋光彦: Normalize Power Transmission Ability for Conventional Type V Belt, Proceedings of "International Conference on Motion and Power Transmission in FUKUOKA", (2001)
- 3) BANDO Technical Report, No.3, p50 (1999)
- 4) ベルト伝動技術懇話会編: ベルト伝動の実用設計, 養賢堂, p.79 (1996)

[付記]

口頭発表: ベルト伝動技術懇話会 第14回講演会 (2008年9月)



城戸 隆一

Ryuichi KIDO
1974年 入社
伝動技術研究所



高橋 光彦

Mitsuhiro TAKAHASHI
1985年 入社
伝動技術研究所

ゴムの摩擦・摩耗評価と試験法

Abrasion and Friction Test Methods of Rubber

和田 法明*¹

Noriaki WADA

Many abrasion and friction test methods of rubber were introduced. For abrasion test methods, many test methods, such as Lambourn method, Pico method, DIN method, are specialized in JIS (Japanese Industrial standards). The acceleration and simulation of actual wear are required to these methods. Frictional properties of rubber largely changes according to various contact pressures, surface roughness, sliding speeds, etc. It is not required to accelerate evaluation of friction. So, friction test methods are hardly specialized, and each test method similar to actual friction is conducted for any purpose.

1. はじめに

ゴムは高い摩擦係数とすぐれた耐摩耗性を有する。それゆえ、相対する二つの接触面に用いて固定、発進、方向転換、制動などの機能をもたせることが多い。ゴムの摩耗試験が行われる際には、試験結果が実際に使用される場合の現象をシミュレートしているかどうか重要なポイントである。しかし、ゴム製品の使用される状況はあまりにも変化に富んでおり、接触する相手材の種類や形状もさまざまである。したがって非常に多くのゴム製品について、一つの試験機でそれを行うことは無理である。また摩耗現象は複雑で、実使用条件によりいろいろな摩耗形態が生ずる。このような状況ではあるが、いくつかの摩耗試験方法がJISをはじめ、各国で規格として採用されている。

一方、ゴム材料の摩擦試験方法としてJISに規格化されている方法はない。ISOでは1999年にやっと一つの方法が規格化されたところである。また、ゴムタイヤ関係の用途では振り子式の“Portable Skid Resistance Tester”と回転円板式のDF(Dynamic Friction)テストがASTMで規格化されているが、他のゴム製品の摩擦挙動は各社独自の方法で評価されているのが実状である。これは摩擦試験の結果は実製品の現象をいかに忠実にシミュレートしているかが求められるのに、摩擦係数の値が温度、速度、荷重条件のみならず、摩擦界面の状態（表面あかさ、酸化、移着、汚れなど）や摩擦方法（滑り、転がりなど）で大きく異なり、絶対的な評価が難しいことに起因しているようである。

2. ゴムの摩耗評価と試験方法

2.1 ゴムの摩耗試験方法の分類

摩耗試験の方法を分類すると、大きくは次の図1 a)～d)に分類される¹⁾。a)はピン・シリンダー型の摩耗試験機で後述するDIN摩耗試験機などはこのタイプにあたる。b)はピン・ディスク型の摩耗試験機で、後述するWilliams摩耗試験機などはこのタイプの試験機である。a)とb)は主として平面的なしゅう動摩耗の挙動をみており、摩耗量の測定は摩耗前後の重量を測定する場合とピンの上部に差動トランスを設置しておいて、寸法変化を測定する場合がある。後者の方法は経時的に摩耗量の変化を測定するのに適しており、線摩耗率（＝摩耗寸法／摩擦距離）、比摩耗量（＝摩耗体積／（摩擦距離・荷重））などを算出できる。c)は回転法の摩耗試験機でタイヤなどの製品の摩耗試験に使われる。後述する改良Lambourn摩耗試験機、Akron摩耗試験機などはこのタイプである。d)は回転法としゅう動法を組み合わせた試験機であり、後述するTaber摩耗試験機や

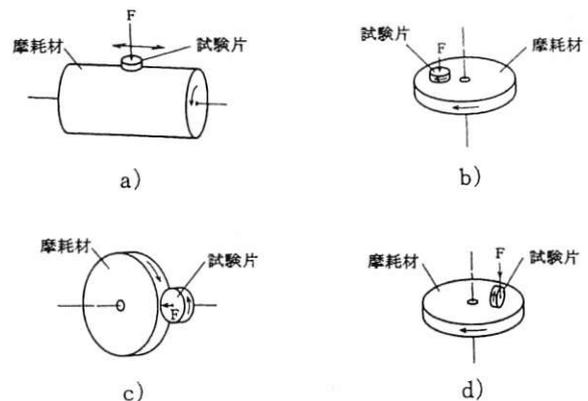


図1 代表的な摩耗試験のタイプ[出展:文献1]

*¹ R&D センター

LAT100摩耗試験機などはこのタイプにあたる。c),d)の摩耗量の変化は主として摩耗前後の重量を測定して行われる。

JIS K6264-2「ゴムの耐摩耗性試験方法」にはWilliams摩耗試験、Akron摩耗試験、改良Lambourn摩耗試験、Pico摩耗試験、DIN摩耗試験、Taber摩耗試験の6つの試験方法が規定されている。これらの試験方法はいずれもアプレシブ摩耗を評価する試験機である。これは試験方法というものはある程度促進試験の意味をもつたためと思われる。したがって製品によれば（あまり摩耗の激しくない用途）、これらの試験方法との相関のない場合も生じる。タイヤでは改良Lambourn摩耗試験機、コンベヤベルトではDIN摩耗試験機がもっとも相関が高いとされている。しかし、伝動ベルトの摩耗はこれらの摩耗試験方法ではシビアリティ（過酷度）が高すぎて相関性はあまりなく、相手面のあらしさを低くしてシビアリティを小さくして、評価を長時間行うような工夫などが必要になる。ISO規格としてはISO4649としてDIN摩耗の試験方法のみが規定されていたが、2003年にISO23794として「摩耗試験のガイド」が発行された。この対応JISがJIS K6264-1であるが、これには前述の6つの試験方法の他に、さらに6つの摩耗試験方法（NBS摩耗試験、LAT100摩耗試験、Dunlop式Lambourn摩耗試験、Martindale摩耗試験、ミル摩耗試験、Schiefer摩耗試験）が記載されている。

2.2 ゴムの各種摩耗試験法

2.2.1 DIN摩耗試験法

ドイツ規格DIN53516に記載された内容で、日本でもコンベヤベルトの摩耗規格としてJIS K6369に取り入れられており、またゴム材料の摩耗試験方法としてISO4649、JIS K6264-2にも取り入れられている。したがって国内でも広く利用されている。図2にその試験装置の概要を示すが、研磨布を巻き付けた回転ドラムの摩耗面に、試験片を一定の力で押し付け、摩耗させる。

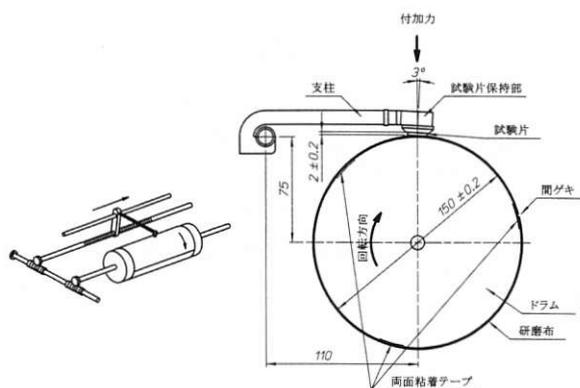


図2 DIN摩耗試験機の概要

2.2.2 改良Lambourn摩耗試験法

Lambourn摩耗試験機は1928年にI.J.Lambournが発表した方法²⁾で、図3に示すように、一定のスリップ率を与えて摩耗させる方法である。一時BS903PartAに規格化されていたが、摩耗粉の除去方法に問題があり現在使用されている様子はない。その後1955年にE.F.Powellによって改良された³⁾。円盤状の研磨材と試験片が平行に一定の荷重で接触し、研磨材の回転をブレーキでコントロールしながら一定のトルクや一定のスリップ率を試験片にあたえるものである。日本でこれを改良したのがゴム検式摩耗試験機（ラバーアプレータ）で、E.F.Powellの装置を基礎にしているが、研磨材と試験片を独立して独自に回転させスリップ率、回転速度、荷重を任意に選ぶことができるので、シビアリティを幅広く変えて試験が可能となった。また、摩耗粉の粘着をなくすために摩耗面に打粉剤（通常JIS R6111に規定する炭化けい素研削材を用いる）を供給している。現在JIS K6264-2に規定され、日本提案により2007年にISO23337として規定された改良型Lambourn摩耗試験機はこれに温度コントロールが可能になり、各種精度が向上した装置で図4に示す。平行な軸を中心に、相互に独立して回転する円盤状の試験片と研磨輪とを円周面で押し付け、両者の表面速度の差から試験片を摩耗させる。タイヤ、靴底、ベルトなどの摩耗評価に用いられるが、シビアリティをタイヤの走行条件に応じて幅広くとれるので、とりわけタイヤの摩耗のシミュレートに使われる場合が多い。さらにこの改良型Lambourn摩耗試験機から、タイヤの実走行に着目し、実走行と試験結果との相関性向上のために、数パーセントレベルの低スリップ率での試験を可能にしたFPS（Field Performance System）摩耗試験機がある。この試験機は、摩耗エネルギー解析を同時に行うことができ、摩耗ライフ予測（1000km走行当たりの半径方向の摩耗量）を可能にしている。

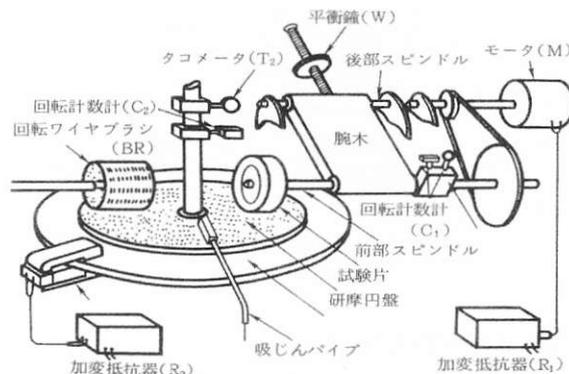


図3 I.J.Lambournによる装置

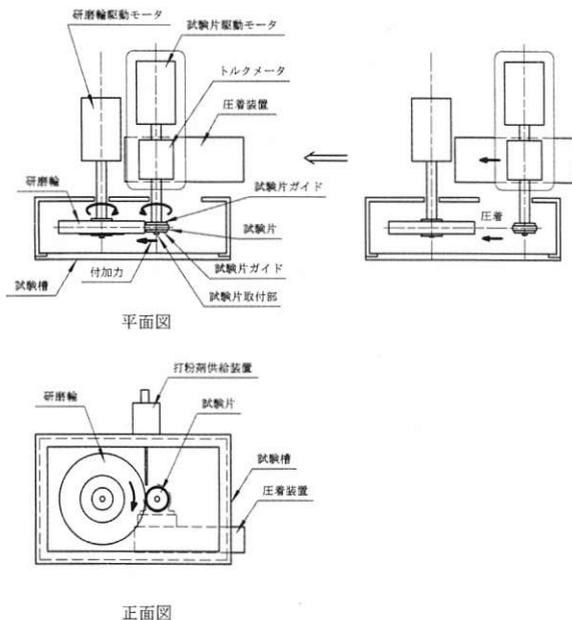


図4 改良 Lambourn 摩耗試験機

2.2.3 Pico 摩耗試験法

1959年にE.B.Newtonらによって発表され⁴⁾、1969年にはASTM D2228に採用された。日本でもJIS K6264-2に規定されている。図5に示すように、試験片に垂直に、試験片の中心を挟んで平行に固定された2枚の刃を一定の力で試験片上に押し当て、水平に置かれた試験片を一定回転数ごとに正逆2方向に回転させて試験片を摩耗させる。試験精度もよく、タイヤや一般的なゴムの摩耗評価に用いられる。

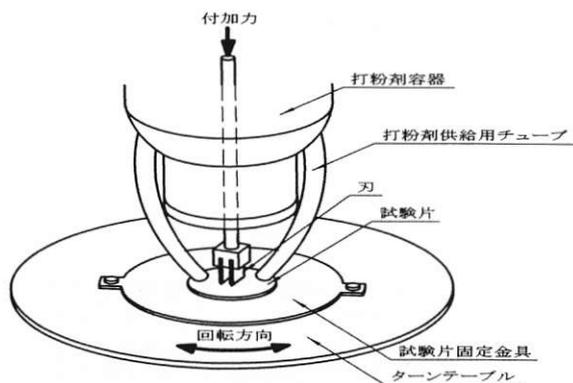


図5 Pico 摩耗試験機

2.2.4 Taber 摩耗試験法

1928年にA.D.Campが開発した装置⁵⁾で、社名よりTaber 摩耗試験機と呼ばれている。1971年にはASTM D1175に織物の摩耗試験機として採用され、日本では1974年にプラスチックの摩耗試験法としてJIS K7204に、ゴム関係もJIS K6264-2に規定されている。図6に示すように、回転する試験片上に、一対の研磨輪（ま

たは研磨紙を巻き付けた輪)を一定の力で押し付けて、研磨輪によって試験片を摩耗させる方法で、主に硬質ゴムなどの摩耗評価に用いられる。小型で取り扱いも容易である。

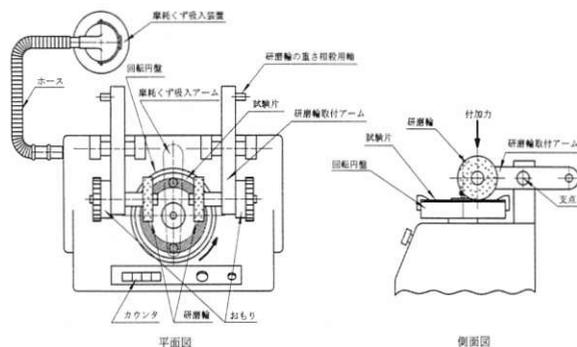


図6 Taber 摩耗試験機

2.2.5 LAT100 摩耗試験法

1997年のACS (American Chemical Society、アメリカ化学会)でK.A.Groschが発表した装置⁶⁾で、LATとはLaboratory Automation Testerの略である。図7に示すように、円盤状摩耗材の平面部上面に、試験片が回転しながら円周面を接触させて摩耗させる。摩耗質量は、異なるスリップ角と速度を設定することによって生じる摩擦スリップから求められる。スリップ角、回転速度、荷重などの摩耗条件を独立に設定することができるので、多様なゴム製品、特にタイヤの摩耗を道路条件をシミュレートしながら広い範囲にわたって評価するのに適している。

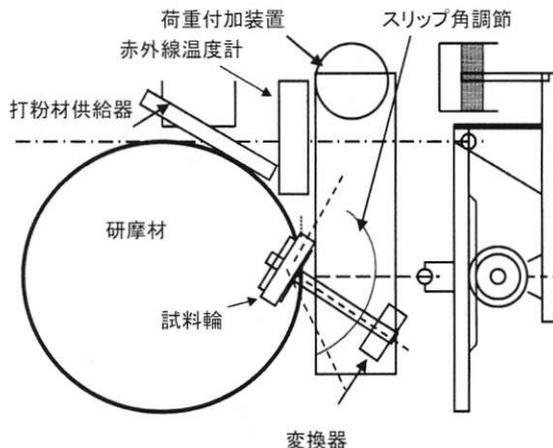


図7 LAT100 摩耗試験機[出展:文献1]

2.2.6 その他の摩耗試験法

JIS K6264-1、JIS K6264-2およびISO23794に規定されているその他の摩耗試験方法を表1にまとめる。このうちのWilliams 摩耗試験とAkron 摩耗試験の概略図を図8に、Martindale 摩耗試験とミル 摩耗試験の概略図を図9に示す。

表1 その他の摩耗試験機

試験機名	概要
Williams 摩耗試験 (Du Pont 式、Grasselli 式ともいわれる)	垂直に立てた研磨輪もしくは研磨布又は研磨紙を貼り付けた円盤の平面部に、その中心から等距離に、水平のアームに固定された2個の試験片を、一定の力で押し付け、摩耗材を回転させて面と面との摩擦で試験片を摩耗させる。主に、タイヤや靴底などの摩耗評価に用いられる。
Akron 摩耗試験	円盤状試験片の円周面を、一定の力で研磨輪の円周面に押し付け、両者の回転軸に一定の角度を与え、試験片を回転させて研磨輪との摩擦で試験片を摩耗させる。主に、タイヤや靴底などの摩耗評価に用いられる。
NBS 摩耗試験	回転するドラムに巻き付けた研磨紙上に、試験片を押し付け、摩耗させる。主に、靴底などの摩耗評価に用いられる。
Martindale 摩耗試験	研磨布の上を試験片が多方向 (Lissajous 形状) へ移動して、試験片を摩耗させる。主に、ゴム引布などの摩耗評価に用いられる。
ミル摩耗試験	回転する円筒状ミル装置内で試験片を粉碎石と一緒にころがして、試験片を摩耗させる。主に、ベルトやライニングなどの摩耗評価に用いられる。
Schiefer 摩耗試験	円盤状摩耗材の上を、円盤状試験片が自転しながら回転移動して、試験片を摩耗させる。摩耗材は金属板を含む種々の摩耗材が用いられる。

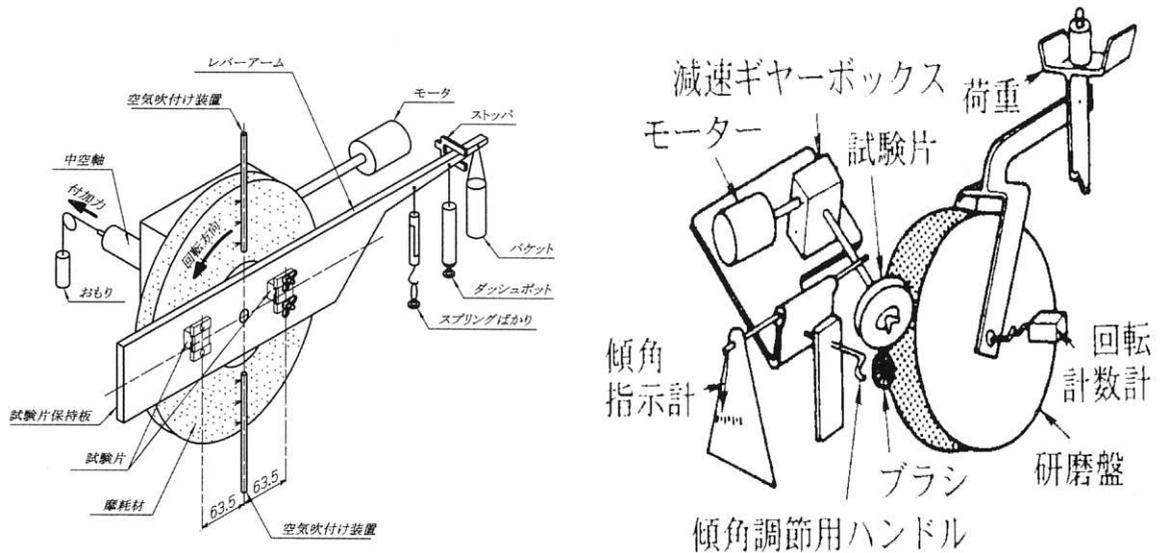
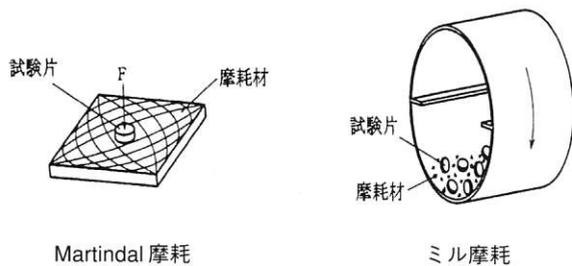


図8 Williams摩耗とAkron摩耗



Martindale 摩耗

ミル摩耗

図9 Martindale 摩耗とミル摩耗 [出展: 文献1]

3. ゴムの摩擦の評価と試験方法

3.1 ゴムの摩擦試験方法の分類

代表的なゴム材料の摩擦試験方法は表2のように分類される。

摩擦特性は促進を要求される特性ではなく、データの変化や再現性についてもまだまだわかっていないことが多いが、ゴムの摩擦の研究は Amonton と Coulomb

表2 摩擦試験機の分類

分類	概要
傾斜方式	傾斜角度を増していき、動きだすときの傾斜角度を求める。おもりと滑車による方法、ばね秤りや動力計による方法などがある。
平面滑り方式	引っ張ったり、重りをぶら下げたりして、動きだすときの摩擦や動いているときの摩擦を求める。ピン・平面方式、一定引張り方式、スライド法などがある。
回転円板方式	ピン状試験片などを一定荷重下で回転円板に押し付けて摩擦係数を測定する。ピン・ディスク方式、ボール・ディスク方式、ディスク・平面方式などがある。
振り子法方式	振り子の自由振動の減衰曲線や相手面に接したときの抵抗値などから求める方法。Portable Skid Resistance Tester、Westover 試験機などがある。
ドラム法による試験	ドラムを回転させ、その内面に試験片を押し付ける方式やドラム内面にゴムを貼り、球状スチールと摩擦させる場合などがある。
スライド方式	低速度で摩擦測定を行う方法で、平面滑り方式の一種。主として摩擦の研究用に用いられた。K.A.Groschが摩擦特性にもWLF (Williams, Landel and Ferry) 換算則が成り立つことを示した実験や、A.Schallamachがすべり方向に直角にパターン (Schallamach Waves) を観察した実験などが著名である。
製品に近い形状方式	ベルト法、ロール法、タイヤの垂直昇降式すべり測定車などがある。

の摩擦の古典的法則にはじまり、Herzの弾性接触理論⁷⁾、Bowden と Tabor による“摩擦力 = 凝着項 + 変形項”の関係の報告、Schallamach による“Schallamach wave”の観察⁸⁾、Groschによるゴムの摩擦係数のWLF式(Williams, Landel and Ferry: 時間-温度換算則)での整理⁹⁾などが行われてきた。その中でそれぞれの研究のため、各研究者独自の摩擦評価機が使われている。

3.2 ゴムの各種摩擦試験法

3.2.1 一定引張り方式の摩擦試験機^{10)~11)}

広く用いられている方法で種々の形式があるが、引張り試験機等を利用して、ロードセルより摩擦力を求める方法、おもりを増加させていき試験片が動き始めるときの値から静摩擦係数を求める方法などがある。プラスチックの摩擦係数評価方法として ASTM D1894 や BS2782Part3-311A にも規格化されている。国内ではヘイドン式がこの形式の試験機である。図10にその模式図を示す¹²⁾。モータにより下部の移動台に直線運動を与え、縦アームと横アームから構成された抵抗力伝達機構により検出された抵抗力は、動ひずみアンプにて増幅されて記録装置に出力される。

3.2.2 Portable Skid摩擦試験機

英国道路研究所の Sabey¹³⁾によって、タイヤの走行状態をシミュレートするために開発された摩擦試験機

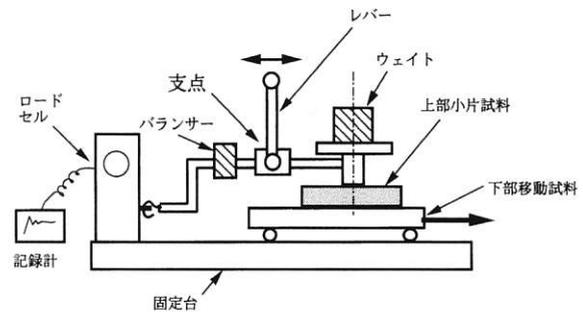


図10 ヘイドン式摩擦試験機の模式図[出展:文献12]

である。図11に装置の概要¹⁴⁾を示す。ASTME303に規格化されている。装置はハンディで実路面での測定や実験室で路面を製作して測定できる。また得られるSkid抵抗値はタイヤのコーナリング係数と関係があるといわれており、温度、路面のあらかさ、路面の湿潤状態を変化させて評価が行われている。

3.2.3 ピン・ディスク摩擦試験機

回転円板法の代表的な試験装置で、ピン状試験片を定荷重下で回転円板に押しつけて摩擦係数を測定する方法である。図12にこの方式を用いた縦型のピン・ディスク装置¹⁵⁾を示す。軌道径100mmのガラスディスクと3mm角柱のゴム試料を摩擦させ、リングばねに貼りつ

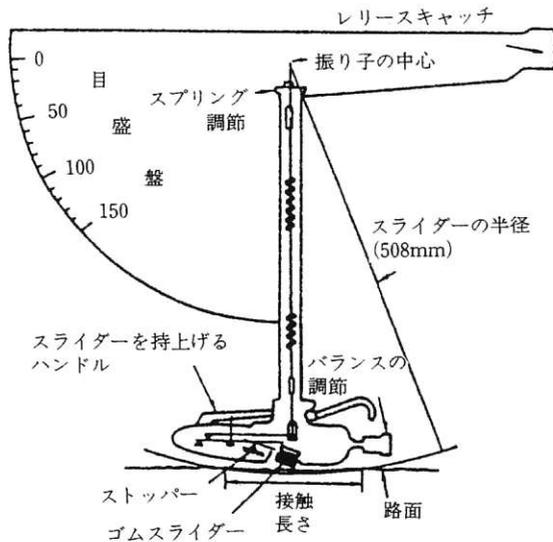


図11 振り子式摩擦試験機 (Portable Skid Tester) [出展:文献14]

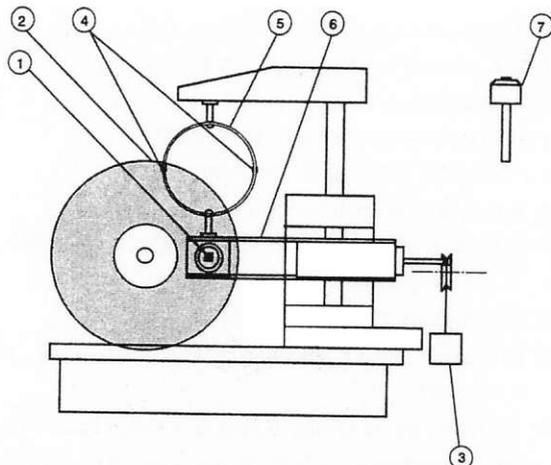


図12 ピン・ディスク式摩擦試験機(縦型)の一例 [出展:文献16]

けたひずみゲージで摩擦力を測定し、接触圧力、摩擦速度を変化させた場合の摩擦挙動や濡れ面での摩擦挙動が調べられた¹⁶⁾¹⁷⁾。

3.2.4 DFテスト

タイヤと路面との摩擦を評価する装置として開発された¹⁸⁾。図13に装置の概要を示す。ASTME1911として1998年に規格化された。測定ゴム片2個を取り付けた円盤を、路面から電磁石で引き上げた状態でモータを高速回転させ、速度が約90km/hに達したところで駆動電源を切って、一定荷重下での摩擦係数を10～80km/hの範囲で測定する。路面に散水しながら評価できるようになっており、濡れた界面でのすべり摩擦係

数を評価できる。実際のタイヤと路面のすべりは、バスの床に穴をあけ、そこから測定用の車輪を昇降させるすべり抵抗車が一般に用いられるが、DFテストはその評価と非常に相関が高いといわれている。

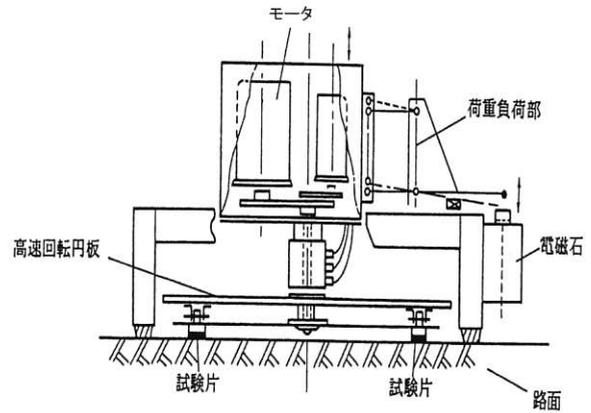


図13 DF(Dynamic Friction)テスターの模式図 [出展:文献18]

3.2.5 ISOで規格化された測定法

ISO15113として1999年に平面一定引張方式の摩擦測定法が「ゴムの摩擦特性の測定法」として規格化された。ISO15113では、参考ではあるが、図14(a)のような形式ではエッジ効果により摩擦評価が不安定になりスティック滑りが起こりやすくなるので、図14(b)のような形式を推奨している。しかし、この規格では測定荷重や摩擦速度などの標準条件は規定しているが、試験機や試料の大きさまでは規定していない。またスティック滑りに対し、力の振幅が摩擦力の30%を越える場合は装置の見直し、調整を行うよう規定されている。

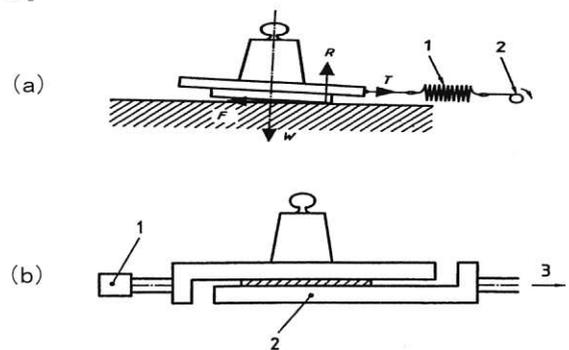


図14 ISO15113で推奨されている測定方法((b)を推奨)

3.2.6 実用製品に近い摩擦試験機

ベルト法としてはプーリにベルト状の試験片を巻き付け、プーリを回転させて摩擦係数を測定する方法がある。図15にその模式図を示す。この場合見かけの摩

摩擦係数 μ' は次式により求められる。

$$\mu' \theta = \log (T_1/T_2)$$

ロール法としては2本ロール(ゴム試料ロールとテフロン製フリーロール)の間に相手材を挟み、試料ロールを回転させてロードセルで摩擦係数を測定する方式やローラ起動加速時のすべりを動的計測する方式¹⁹⁾²⁰⁾などがある。図16に後者の装置を示す。前者の方式に比べ、通常スティック滑りを生ずる高摩擦領域でのすべりを検知できる特徴がある。

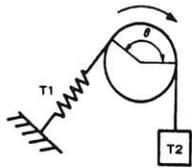


図15 ベルト式摩擦試験機の一例

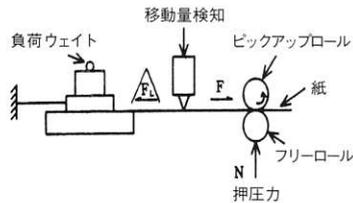


図16 ロール式摩擦試験機の一例[出展:文献19]

4. ま と め

ゴムの摩耗試験には非常に多くの種類の試験機が開発されている。裏を返せば、ゴム製品は非常に多様な使われ方をしており、その摩耗現象をシミュレートするのに決定的な試験機はなく、それぞれの目的に応じて使い分けられているともいえる。実製品の摩耗現象を注意深く観察し、それを再現する試験機種を選択と促進試験条件の決定が重要である。また試験結果には相手材のあらさ、接触圧力や摩擦速度だけでなく、温度や発熱の影響も著しく大きい。さらに摩耗材の表面の汚れは、摩耗速度に影響を与える。この汚れは摩耗が進行して起こる摩耗材や試験片の変化を含む。摩耗材の摩耗粉による目詰まりや粘着が起きた場合、その試験結果は無効とすべきである。これらの諸条件をクリアした上で、今後はコンピューターによる実用摩耗との相関にもとづくシミュレーション化が進んでいくことが期待される。一方、摩擦試験はそれぞれの実用や目的に応じた形で種々の評価方法が行われているのが実状であろう。摩擦というものは諸条件や試験方法をきっちり規定しなければ大きく変動するものである。ゴムは摩擦係数が高いことが特徴であり、また変形

も大きい。したがって平面での摩擦では、かなりの条件範囲でスティック滑りとなり、この場合は評価も難しくなる。さらに繰り返し摩擦では、相手面への移着、表面あらさの変化により界面の状態も変化してくる。この場合、単に得られた数値の比較だけでは、得られる情報も少なくなる。やはり界面がどういう状態であるかをはっきりと認識した上で、摩擦力、摩擦係数の値を議論していくことが必要であろう。

参考文献

- 1) 和田法明:「ゴム試験法 [第3版]」, 丸善, (2006) p.260.
- 2) I.J.Lambourn: Trans.I.R.I., **4**, (1928) 210.
- 3) E.F.Powell: Rubber World, **132**, 1 (1955) 20.
- 4) E.B.Newton: Rubber Chem. Technol., **34**, (1961) 1.
- 5) A.D.Camp: J. Ind. Eng Chem. Technol., **20**, (1928) 851.
- 6) K.A.Grosch: ACS Rubber Division Meeting, Nr 119, Ohio (1997).
- 7) H.Herz: "Miscellaneous Papers", Macmillan, London (1896).
- 8) A.Schallamach: Wear, **17**, (1971) 301.
- 9) K.A.Grosch: Proc.Roy.Soc., **A274**, (1963) 21.
- 10) R.Schnumann: Wear, **5**, (1962) 31.
- 11) D.I James: Polymer Test., **1**, (1980) 9.
- 12) 和田法明: 日ゴム協誌, **70**, (1997) 173.
- 13) B.E.Sabey: Road Research Tech., **66** (1964).
- 14) 三橋健八:「トライボロジーの解析と対策」, (株)テクノシステム, (2003) p.160.
- 15) Y.Uchiyama: Wear, **74**, (1981) 247.
- 16) 和田法明, 内山吉隆, 増実一夫: 日ゴム協誌, **66**, (1992) 189.
- 17) Y.Uchiyama, N.Wada, T.Iwai & S.Sado: Proc. 3rd Japan International SAMPE Symposium, Vol.1, (1993) p.618.
- 18) 池田拓哉: 舗装, **33**(5), (1998) p.30.
- 19) 小俣順昭, 塩瀬淳一, 戸川信介, 西小路富和, 野鳴嘉昭, 加藤昭夫: 機械学会第72期通常総全論文集, (1995) p.15.
- 20) 太田博昭: 日ゴム協誌, **69**, (1996) 200.

[付記]

発表誌: トライボロジスト, **53**(8), 506(2008)



和田 法明

Noriaki WADA

1974年 入社

R&Dセンター

特許・実用新案登録一覧

(2007.10. ~ 2008.9.)

(日本特許)

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H10-112993[H10/04/23] 開 H11-303944[H11/11/02] 登 4057695-[2007/12/21]	坂中 宏行 荻野 雅章	<p>〈名称〉高負荷伝動用Vベルト</p> <p>〈要約〉弾性率が互いに異なる高弾性率ゴム層と低弾性率層とをベルト厚み方向に積層して各張力帯を形成する。また、その高弾性率ゴム層のベルト幅方向の弾性率を600MPa以上とし、低弾性率ゴム層のベルト方向の弾性率を550MPa未満とする。さらに、低弾性率ゴム層は、各張力帯の少なくとも背面側端部に設ける。</p>
願 H10-143245[H10/05/25] 開 H11-333943[H11/12/07] 登 4152014-[2008/07/11]	田島 義隆	<p>〈名称〉伝動ベルト及びその製造方法</p> <p>〈要約〉片面に未加硫ゴム層が積層された平織布をバイアスカットして複数の布片を形成し、この複数の布片の接続に突き合わせ接続方式を採用して帯布を形成し、該帯布を所定長さに切断し、得られた切断布をベルト成形用ドラムに巻付けて該切断布の両端同士の接続に重ね合わせて接続方式を採用する。</p>
願 H07-068582[H07/03/01] 開 H08-231385[H08/09/10] 登 4171077-[2008/08/15]	飯田 明 幸原 正志 山本 徹之	<p>〈名称〉経皮投与薬用支持体</p> <p>〈要約〉厚さ1~10μmのバリヤフィルムと、秤量5~20g/m²の不織布からなる軟質フィルムとを接着した積層フィルムであって、バリヤフィルム側の面を蛇腹構造に成形してなる経皮投与薬用支持体。</p>
願 H09-138299[H09/05/28] 開 H10-331919[H10/12/15] 登 4179647-[2008/09/05]	宝蔵寺昌彦 吉嶋 登	<p>〈名称〉Vリブベルトの幅カット装置</p> <p>〈要約〉駆動ロールの、予定する輪切り位置に対応する部位の凸部は、先端部が切断されて平面となり、輪切り位置に対応しない部位の凸部の高さよりも低く形成する。幅カットの際、カッターによって駆動ロールとの干渉を生じることはない。</p>
願 H09-339542[H09/12/10] 開 H11-170273[H11/06/29] 登 4055870-[2007/12/21]	宝蔵寺昌彦	<p>〈名称〉伝動ベルトの加硫方法</p> <p>〈要約〉加硫後、冷却して収縮する前に、円筒状金型に形成された流体供給孔を通じて、円筒状の加硫後のベルト成形体と円筒状金型との間に空気を金型の内部から供給する。その空気によって円筒状の加硫後のベルト成形体と円筒状金型との接着を解消する。</p>
願 H10-15677[H10/01/28] 開 H11-210848[H11/08/03] 登 4163777-[2008/08/01]	馬場 敏郎 端野 清治	<p>〈名称〉リング状ベルトの搬送・着脱装置</p> <p>〈要約〉工程間に移動される装着ハンガーによりリング状ベルトを搬送し、そのリング状ベルトをベルト加工ブーリーに着脱する方法であって、リング状ベルトを工程間を移動する移動ベースに支持された装着ハンガーに懸吊して移動し、装着プッシャによりリング状ベルトをベルト加工ブーリーに移送する。加工終了後、ベルト加工ブーリーの後方に取り付けられた脱荷プッシャによりベルトを後工程へ移送する。</p>
願 H10-44579[H10/02/09] 開 H11-231616[H11/08/27] 登 4100586-[2008/03/28]	永見 晴資	<p>〈名称〉導電性ローラ</p> <p>〈要約〉円柱状の芯金と、上記芯金と、上記芯金の周囲に同心円状に積層された導電性を有する加硫ゴム層とからなる導電性ローラであって、上記加硫ゴム層は、内層及び外層からなるエピクロルピドリン系共重合体を含むポリマー組成物からなるものである導電性ローラ。</p>

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H10-265899[H10/09/21] 開 2000-97289[2000/04/04] 登 4067195-[2008/01/18]	梅田 栄	<p>〈名称〉高負荷伝動用Vベルト</p> <p>〈要約〉下向き係合凸部側であるブロック下面と上向き係合凹溝側である張力帯上面との間に隙間を形成し、ベルト走行時に互いに干渉しないようにする。</p>
願 H10-271328[H10/09/25] 開 2000-95314[2000/04/04] 登 4171114-[2008/08/15]	犬飼 雅弘	<p>〈名称〉ベルトコンベヤ、搬送ベルトの芯体検査装置及び搬送ベルトの芯体検査方法</p> <p>〈要約〉芯体の埋設された搬送ベルトが走行可能なベルトコンベヤに於いて、前記搬送ベルトの一面を押圧する押圧体が設けられ、前記押圧体には、搬送ベルトからの反撥荷重検出体が設けられていることを主要な解決手段とする。</p>
願 H10-277735[H10/09/30] 開 2000-104796[2000/04/11] 登 4152018-[2008/07/11]	佐藤 弘幸 高橋 光彦	<p>〈名称〉高負荷伝動用Vベルトに用いられるブロックの製造方法</p> <p>〈要約〉ブロックの摺接部に対する段差影響を少なくして樹脂欠けや斜行をなくしベルト性能を高めるとともに、成形されたブロックの脱型作業をし易くする。上型15と下型16とからなり、下型16のキャビティ容量が上型15のキャビティ容量よりも大きくなるようにパーティングラインLが横向きにセットされたブロック本体のベルト幅方向両側部におけるベルト長手方向中央から上型15寄りに偏って設けられたブロック製造用金型14を用意する。そして、下型16にブロック本体をベルト進行方向となる側が下に向くように横向きにセットし、型締め状態で金型14のキャビティ17に樹脂を充填してブロック本体の少なくともベルト幅方向両側部が樹脂によって被覆されたブロックを得る。</p>
願 H11-038088[H11/02/17] 開 2000-233815[2000/08/29] 登 4183827-[2008/09/12]	東 篤	<p>〈名称〉耐熱コンベヤベルト</p> <p>〈要約〉耐摩耗性及び耐クラック性の相反する特性を同時に備えた耐熱コンベヤベルトを提供する。運搬物搬送面側にカバーゴム層が設けられた耐熱コンベヤベルトであって、上記カバーゴム層は少なくとも2層から構成され、これらの層は、互いに異なるゴム組成物からなる耐熱コンベヤベルト。</p>
願 H11-41626[H11/02/19] 開 2000-238190[2000/09/05] 登 4146565-[2008/06/27]	林 亨	<p>〈名称〉熱接着マーキングシート</p> <p>〈要約〉基布からの染料の移行昇華を抑制することができ、着色層の変化も少なく、柔軟性に優れた熱接着マーキングシートを提供する。基材シート上に、着色層、バリアー層、接着剤層が順次積層された熱接着マーキングシートであって、上記接着剤層は、上記着色層及び上記バリアー層より低い融点を有するホットメルト接着剤からなり、上記基材シートは、上記着色層から剥離可能であり、上記バリアー層は、基布中の染料を上記着色層まで移行させない物質を含有する熱接着マーキングシート。</p>
願 H11-197802[H11/07/12] 開 2001-20319[2001/01/23] 登 4152042-[2008/07/11]	長谷川正己	<p>〈名称〉旋回・俯仰式コンベヤ装置</p> <p>〈要約〉深度掘削工事等は、その進歩により切り羽が水平方向、鉛直方向に拡大される。しかし、従来の土砂等を搬出するコンベヤ装置では、そのフレーム等を支持する基礎が固定されるため移載点が固定されるので、土砂等を切り羽より移載点に搬送するために多くのコストと時間を要した。そこで、前記移載点の移動範囲を拡大できる旋回・俯仰式コンベヤ装置を提供する。旋回中心架台に水平旋回可能に支持された旋回塔と、旋回塔に俯仰可能に支持された俯仰ブームと、この俯仰ブームに装着された前端部に鉛直走行部を有する波棧・横棧付コンベヤベルトと、その波棧・横棧付コンベヤベルトの排出部の下方に設けられたベルトフィーダーとを設ける。</p>

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 H10-44580[H10/02/09] 開 H11-231617[H11/08/27] 登 4100587-[2008/03/28]	永見 晴資	<名称> 導電性ローラ <要約> 導電性及び非汚染性に優れた導電性ローラを提供する。円柱状の芯金と、上記芯金の周囲に同心円状に積層された導電性を有する加硫ゴム層とからなる導電性ローラであって、上記加硫ゴム層は、内層及び外層からなるものであり、上記外層は、エピクロルヒドリン、エチレンオキサイド及びアリルグリシジルエーテルからなるエピクロルヒドリン系共重合体を含むポリマー組成物からなるものである導電性ローラ。
願 2001-394449[2001/12/26] 開 2003-194167[2003/07/09] 登 4180822-[2008/09/05]	奥野 茂樹 梅田 栄 桑原 宏次	<名称> 背面テンションプリー用エラストマー組成物、背面テンションプリー及びベルト伝動装置 <要約> 張力帯に噛合状態により係合固定された多数のブロックを備えてなる高負荷伝動用Vベルトが背面にて巻き掛けられそのVベルトに張力を付与する背面テンションプリーにおきその背面テンションプリーに起因するベルトのブロックの固定度の低下や破損、ブロック表面の樹脂の欠けを抑制し、ブロックの斜行現象の発生を低減する。背面テンションプリーにおいてVベルトが接触する外周面の接触層をエラストマー組成物で形成しプリーに高負荷伝動用Vベルトが背面にて巻き付く時のプリーからベルトに作用する衝撃力や振動を小さくする。このエラストマー組成物の貯蔵弾性率は30MPa～300MPaとしエラストマー組成物のJIS規格によるゴム硬度はC型50～90とする。エラストマー組成物はジアクリル酸亜鉛やジメタクリル酸亜鉛からなる重合可能なカルボン酸金属塩モノマーで補強されたパーオキサイド架橋系ゴム組成物からなる。
願 2002-34996[2002/02/13] 開 2003-240072[2003/08/27] 登 4078088-[2008/02/08]	柳 京太郎 池村征四郎 宮田 博文 村尾 雅之 松岡 宏 荒木 伸介	<名称> オートテンションの制御装置 <要約> エンジンの補機駆動システムにおけるベルトの張力を自動的に調整するオートテンションに対し、テンションのアームやベルトスパンの振動を制動して異音の発生やベルトの寿命低下を防止する。オートテンションのダンパは、磁気粘性流体MRFの粘性抵抗によりアームの振動を制動させるものとし、このダンパに励磁により磁気粘性流体MRFに磁力を付与する電磁石を設け、アームの振動をテンション振動ピックアップにより、またベルトのスパンの振動をベルト振動ピックアップによりそれぞれ検出し、アームが所定量以上振動し又はベルトのスパンが所定量以上振動したとき、電磁石の励磁により磁気粘性流体MRFに磁力を付与し、磁気粘性流体MRFの粘性抵抗を増大させてアームやベルトスパンの振動を抑制する。
願 2002-35000[2002/02/13] 開 2003-240073[2003/08/27] 登 4078089-[2008/02/08]	柳 京太郎 池村征四郎 宮田 博文 村尾 雅之 松岡 宏 荒木 伸介	<名称> オートテンションの制御装置 <要約> エンジンの補機駆動システムにおけるベルトの張力を自動的に調整するオートテンションにおいて、そのアームの振動を抑制して異音の発生やベルトの寿命低下を防止する。オートテンションのダンパは、磁気粘性流体MRFの粘性抵抗によりアームの振動を制動させるものとし、このダンパに励磁により磁気粘性流体MRFに磁力を付与する電磁石を設け、エンジン回転数及びエンジン負荷に基づき、エンジンの回転変動が所定以上に大きい運転領域として低回転負荷領域を検出し、この運転領域では、電磁石の励磁により磁気粘性流体MRFに磁力を付与し、磁気粘性流体MRFの粘性抵抗を増大させてアームやベルトスパンの振動を制動し、ベルトのスリップや叩き音等の異音の防止化、ベルトの高寿命化を図る。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 2002-35004[2002/02/13] 開 2003-240074[2003/08/27] 登 4078090-[2008/02/08]	柳 京太郎 池村征四郎 宮田 博文 村尾 雅之 松岡 宏 荒木 伸介	<名称> オートテンションの制御装置 <要約> エンジンの補機駆動システムにおけるベルトの張力を自動的に調整するオートテンションに対し、エンジン回転の急激な減速状態でも、テンションのアームが変動するのを抑制して異音の発生やベルトの寿命低下を防止する。磁気粘性流体MRFの粘性抵抗によりアームの変動を制動させるダンパと、このダンパの磁気粘性流体MRFに磁力を付与する電磁石とを設け、エンジンの急減速状態を検出して、この検出時に電磁石を励磁状態に制御し、ダンパの磁気粘性流体MRFに磁力を付与してアームの変動を制動するようにし、エンジンの急減速時のベルトのスリップや叩き音等の異音の防止化、ベルトの高寿命化を図る。
願 2002-68853[2002/03/13] 開 2003-270924[2003/09/25] 登 4148447-[2008/07/04]	奥野 雄三 永見 晴資	<名称> 現像ローラ <要約> 良好な画像が得られ易いと共に、表面層の割れや剥離が発生し難くし、優れた耐久性を呈しうる現像ローラを提供する。本発明に係る現像ローラは、弾性を有する弾性基材層の表面に表面層が備えられてなる現像ローラであって、前記弾性基材層は、極性を有するゴムを含有してなり、前記表面層は、フッ素含有オレフィン系樹脂と、Tgが-40～120℃のアクリル系樹脂とを含有する混合物からなることを特徴とする。
願 2002-114794[2002/04/17] 開 2003-314621[2003/11/06] 登 4185701-[2008/09/12]	渋谷 知哉	<名称> 歯付ベルト及びその製造方法 <要約> 歯付ベルトの補強布からのゴムのしみ出しを抑止し、ベルト走行中にゴム粉が落ちないようにする。歯付ベルト本体のベルト歯側表面が補強布で被覆された歯付ベルトにおいて、補強布を、レゾルシン・ホルマリン・ラテックス水溶液に浸漬した後に加熱温度140℃以下及び加熱時間5分以下で加熱する処理を施した布であって、ベルト長手方向に伸性を有するもので構成する。または、補強布を、レゾルシン・ホルマリン・ラテックス水溶液に浸漬した後に加熱する処理を施した布であって、レゾルシン・ホルマリン・ラテックスの被膜を含む付着物を布の質量に対して40質量%以上付着させた布で構成する。
願 2002-182479[2002/06/24] 開 2004-28156[2004/01/29] 登 4046557-[2007/11/30]	犬飼 雅弘 高橋 光彦 梅田 栄 藤田 昌秀	<名称> 高負荷伝動用Vベルト <要約> 左右の張力帯と、各張力帯に嚙合状態により係合固定された多数のブロックとからなる高負荷伝動用Vベルトに対し、その各ブロックにおける補強部材の上下ビーム部の根元部分やピラー部にかかる応力集中を減少させ、ブロック重量の増加を招くことなくベルトの伝動負荷を増大させて高速走行時や高トルク伝動時の耐久強度を向上させる。補強部材の上ビーム部上面の左右略中央部に凹陥部を形成し、この凹陥部両側の上ビーム部上面に膨出部を上ビーム部の基端部付近に対応するように形成し、ブロックの慣性力の増加を抑えながら、上ビーム部の基端部の強度を大きくする。補強部材の上ビーム部基端部下面と下ビーム部基端部上面とピラー部の左右側面とが略円弧形状に滑らかに連続した円弧状面を形成するようにし、上下ビーム部基端部に対する応力の集中を回避し、ベルトの耐久強度の向上を図る。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 2002-184181[2002/06/25] 開 2004-28182[2004/01/29] 登 4141188-[2008/06/20]	渋谷 知哉 門田 俊哉	<名称> 歯付ベルト <要約> ベルト曲げ剛性の低い伝動ベルトを提供する。伝動ベルトは、ベルト本体に略ベルト長手方向に延びるように心線が埋設されている。上記心線は、太幅部分と細幅部分とが長手方向に交互に配列した側面投影形状を有し、ベルト曲げ変形を受けたときに細幅部分が心線に生じる曲げ応力を開放するように構成されている。
願 2002-222916[2002/07/31] 開 2004-60843[2004/02/26] 登 4072393-[2008/01/25]	宮田 博文 村尾 雅之 松本 英樹	<名称> ベルト伝動装置 <要約> モータジェネレータとエンジンとの間でベルト伝動を行うベルト伝動装置において、エンジンが駆動開始するときのベルトの伸びによる緩みを抑制してベルト伝動を安定させる。オートテンションは第1スパンを押圧する。磁力制御部は、モータジェネレータによりエンジンを駆動するときに、テンションプーリが移動不能にオートテンションを固定させる。緩み解消制御部は、モータジェネレータによりエンジンを駆動するときに、偏心カムを回動させてアイドラプーリをベルト内側に移動させることにより、ベルトの緩みを吸収させる。
願 2002-222936[2002/07/31] 開 2004-60846[2004/02/26] 登 4072394-[2008/01/25]	宮田 博文 村尾 雅之 松本 英樹	<名称> ベルト伝動装置 <要約> スタータ機能を有するモータジェネレータとエンジンとの間でベルト伝動を行うベルト伝動装置において、ベルトの寿命を延ばす。オートテンションをエンジン運転中の緩み側スパンとなる第1スパンに配置する。オートテンションは、ソレノイドによる磁気粘性流体MRFへの磁力付与によりテンションプーリを移動不能に固定可能とする。磁力制御部は、モータジェネレータが駆動側となってエンジンを始動させる駆動状態においてオートテンションを固定する一方、エンジン運転中はオートテンションの固定を解除する。
願 2002-239424[2002/08/20] 開 2004-76874[2004/03/11] 登 4088496-[2008/02/29]	福田 耕治 谷口 淳弥 白木 勇人	<名称> オートテンション <要約> 複数のプーリ間に巻き掛けられたVリブベルトの張力を自動的に調整するようにしたオートテンションにおいて、アーム部をテンションプーリがVリブベルトを押圧するように回動付勢する振りコイルスプリングと、アーム部の回動部材のボス部との間に設けられ、回動部材の回動を減衰させるスプリングサポートのフランジ部が組立時に破損するのを防止する。スプリングサポートのフランジ部の表面において、このフランジ部裏面の外周縁角部に設けられた面取り部よりも中心側に、スプリングサポートの円筒部と略同心状に、略円環状の凸部を一体形成する。
願 2002-253978[2002/08/30] 開 2004-92761[2004/03/25] 登 4189186-[2008/09/19]	高橋 長	<名称> 伝動ベルト <要約> 心線が埋設された接着ゴム層のベルト内面側にリブゴム層が積層されたVリブベルトにおいて、クラックないし摩耗の進行程度に応じてベルトを交換する際に、適正な交換時期を判りやすくできるようにする。リブゴム層のベルト内面側の内面部位と、接着ゴム層とがカーボンブラックによる黒色であるのに対し、リブゴム層のベルト背面側の背面部位を、ホワイトカーボンにより白色する。そして、ベルト内面側から目視して、黒色の内面部位中に白色の背面部位が露呈したときには、ベルト交換時期が近いと判別し、白色の背面部位中に黒色の接着ゴム層が、露呈したときには、ベルト交換時期であると判別するようにする。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 2002-258207[2002/09/03] 開 2004-96017[2004/03/25] 登 4109933-[2008/04/11]	畑 克彦 外村 卓也	<名称> 磁気粘性流体 <要約> 経時的に安定した磁気粘性特性を発現し、かつ、広い温度範囲、とりわけ低温においても大幅な粘度上昇をおこさない磁気粘性流体を提供する炭化水素系油及びセピオライト有機誘導体からなる媒体に磁性粒子が分散している磁気粘性流体であって、25℃、歪み10%での複素弾性率G*が1～100000Pa、損失係数tan δが0.001～50であり、-30℃、歪み200%、周波数1Hzでの複素粘度が100Pa・s以下である磁気粘性流体。
願 2002-293356[2002/10/07] 開 2004-126415[2004/04/22] 登 4156335-[2008/07/18]	岩崎 成彰	<名称> 電子写真装置用ブレード <要約> 安価な材料をしようし、原料調整の際の煩雑さや汚染物質のブリードアウトを抑制しつつ、電子写真装置用ブレードの低摩擦化を図ることを課題とする。ポリウレタンエラストマーよりなる電子写真装置用ブレードであって、前記ポリウレタンエラストマーが、主剤となるポリオール化合物に加えて、N, N-ビス(2-ヒドロキシプロピル)アニリンを第2のポリオール化合物として配合してなることを特徴とする。また、ポリウレタンエラストマーが、イソシアネート化合物として4, 4'-ジフェニルメタンジイソシアネート、ポリメチレンポリフェニルポリイソシアネート、トリレンジイソシアネート、ナフチレンジイソシアネート、ヘキサメチレンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネートから選ばれる少なくとも一つを配合してなり、好ましくは、ポリメチレンポリフェニルポリイソシアネートを配合してなることを特徴とする。
願 2002-301863[2002/10/16] 開 2004-138118[2004/05/13] 登 4191974-[2008/09/26]	金弦 稔 福田 耕治 斎藤 猛	<名称> オートテンショナ <要約> オートテンショナ全体のパッケージングを小さくしながら、固定部材14におけるスピンドル部13の強度を確保する。固定部材14に、ベルト張力の調整中にスピンドル部13を基端部で曲げようとする最大曲げ応力が作用する方向とスピンドル部中心軸13aに対し反対側に、補強部としての肉厚部51を設ける。
願 2002-337036[2002/11/20] 開 2004-170713[2004/06/17] 登 4156350-[2008/07/18]	永見 晴資	<名称> 電子写真装置用現像ローラーの製造方法 <要約> ゴム層の製造が比較的簡便であり、しかも、硬度上昇が抑制されていると共に、画像欠陥を引き起こす虞も少ない電子写真装置用ゴムローラーを提供する。本発明は、芯金と、該芯金の外周に周設されたゴム層とを備えてなる電子写真装置用ゴムローラーであって、前記ゴム層は、カーボンブラックが配合され且つ絶縁性無機微粒子の配合量がゴム成分100重量部に対して5重量部以下であるゴム組成物からなり、前記カーボンブラックの平均粒子径が40nm以上であることを特徴とする電子写真装置用ゴムローラーを提供する。
願 2003-017314[2003/01/31] 開 2004-226891[2004/08/12] 登 4184102-[2008/09/12]	仲西三樹子 武居 正史 吉永 耕二	<名称> コロイド溶液、コロイド結晶及び固定化コロイド結晶 <要約> 高密度の微粒子を用いた場合であっても、微粒子の沈降や二次凝集等が生じることがなく、微粒子同士が所定間隔を保ち、分散安定性に優れるとともに、高密度の微粒子であっても、微粒子同士が所定間隔を保って規則的かつ周期的に3次元配列した結晶構造を維持することができ、フォトニック材料としての光学特性に優れたコロイド結晶を得るに適したコロイド溶液を提供する。媒体中に微粒子が分散したコロイド溶液であって、前記微粒子は、ゼータ電位が絶対値で10mV以上であるコロイド溶液。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 2003-152343[2003/05/29] 開 2004-353764[2004/12/16] 登 4020423-[2007/10/05]	吉永 英作 清友 達志	<名称> 粉体シール性を有する軸受・回転軸構造 <要約> シール部品を設けることなく、成形加工が容易な少ない部品点数を用いて、粉体シール性を有する軸受・回転軸構造を実現する。軸受と回転軸の2部材からなる粉体をシールする軸受・回転軸構造であって、軸受と回転軸とが径の異なる複数の摺動面を有する粉体シール性を有する軸受・回転軸構造。
願 2003-162823[2003/06/06] 開 2004-360387[2004/12/24] 登 4021805-[2007/10/05]	佐藤 昭光 岩田 幸浩 村上 久夫 堀江 好明 足立 仁行 原 良悦	<名称> シャッター用シートのガイド片構造 <要約> シートとガイド片との剥離を防止すると共に、シートの巻き取り栗だ再及びシートの外れの修正をスムーズに行うことができるシャッター用シートのガイドを提供する。可撓性を有するシートの両側に沿って所定の間隔を有して突設する複数のガイド片を、シートシャッターの左右のガイド部内に進退方向に沿って案内移動させるシャッター用シート出会って、前記ガイド片を側面視で半円弧状または三角形をなす山形突起にすると共に、山形突起の頂部ガイド面から進退方向に裾野をなすガイド斜面を形成し、該ガイド斜面の斜面端に可撓性を有せしめてシートと接合した構成にする。
願 2004-098251[2004/03/30] 開 2005-283995[2005/10/13] 登 4190449-[2008/09/26]	永見 晴資 奥野 雄三 奥村 高平	<名称> 電子写真装置用現像部材 <要約> ウレタン樹脂と共に塗布されるアクリル樹脂として従来のものとは別種のアクリル樹脂を用いつつも、塗布ムラの少ないものとなりうる現像部材を提供することを課題とする。本発明は、ゴム基材と、該ゴム基材の表面側に設けられ、摩擦によりトナーを負帯電させる表面層とを備え、該表面層が、ウレタン樹脂とアクリル樹脂との混合物からなる電子写真装置用現像部材であって、前記表面層は、前記混合物が溶媒に溶解された溶液を塗布することにより形成されてなり、前記アクリル樹脂として、メタクリル酸-メタクリル酸メチル共重合体からなる主鎖にアミノエチル基がグラフトされてなるグラフト化合物が用いられてなることを特徴とする電子写真装置用現像部材を提供する。
願 2005-278177[2005/09/26] 開 2007-083669[2007/04/05] 登 4171485-[2008/08/15]	佐藤 裕喜 西山 文晶 七宝 邦夫	<名称> 積層シート <要約> 3次曲面形状基材へ貼りあわせ時における加工性や、耐擦傷性、耐薬品性、耐汚染性に優れた積層シートを提供する。ポリエステル樹脂層及び表面処理層を有する積層シートであって、上記ポリエステル樹脂層は、テレフタル酸、ナフタレンジカルボン酸、1,4-シクロヘキサンジカルボン酸及びイソフタル酸からなる群より選択される少なくとも1種を80～100モル%含むジカルボン酸成分と、炭素数2～10のジオールを80～100モル%含むジオール成分とを構成成分とするポリエステル樹脂(a)、テレフタル酸50～95モル%、及び、イソフタル酸又はそのエステル形成誘導体5～50モル%を含むジカルボン酸成分と、エチレングリコールを含むジオール成分と、炭素数2以上の繰り返し単位を有するポリエーテルとを構成成分とするポリエステル樹脂(b)、並びに、滑剤(c)を含有し、上記ポリエステル樹脂(a)及び上記ポリエステル樹脂(b)の混合比[(a)/(b)]が質量基準で2/98～70/30であるポリエステル樹脂用組成物を成形することにより得られ、前記表面処理層は、アクリルーフ素系樹脂(d)及びポリイソシアネート(e)を含有する表面処理層用組成物から得られる。

特許番号	発明者	発明の名称・要約
願 2006-026440[2006/02/03] 開 2007-204237[2007/08/16] 登 4041830-[2007/11/16]	大田 隆史 生熊 健二	<名称> 突起付きベルト <要約> 樹脂製突起の結合強度を向上した突起付きベルトの提供。樹脂製突起を、背面に凸状支持部を設けた熱硬化性樹脂製ベルトの該凸状支持部に、射出成形にて一体化したベルトであって、樹脂製突起と該凸状支持部との結合手段として、ベルト凸状支持部に突き刺し挿入されたU字針状体を用いたことを特徴とする突起付きベルト。
願 2006-305292[2006/11/10] 開 2008-12092[2008/05/29] 登 4125341-[2008/05/16]	吉田 裕彦	<名称> 伝動ベルト及びその製造方法 <要約> 高温雰囲気下での劣化が抑えられ、また低温雰囲気下での柔軟性に優れ、さらに摩耗しにくい伝動ベルトを提供することを課題とする。本発明は、上記課題を解決するべく、チグラーナッタ触媒存在下で重合されてなるエチレン- α -オレフィン共重合体ゴムであるチグラーナッタ触媒型エチレン- α -オレフィン共重合体ゴムと、メタロセン触媒存在下で重合されてなるエチレン- α -オレフィン共重合体ゴムであるメタロセン型エチレン- α -オレフィン共重合体ゴムとの重量比が50/50~90/10であるゴム組成物で構成されていることを特徴とする伝動ベルトを提供するものである。

小プリー・ナイフエッジに対応する食品用樹脂コンベヤベルトの紹介

(担当:産業資材事業部 技術部 軽搬送技術グループ)

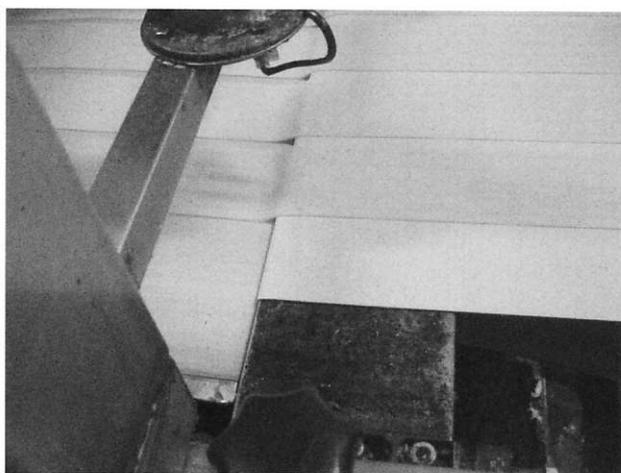
<この製品の必要性について>

コンビニエンスストアに陳列されるお菓子に見られるように、お菓子の市場ニーズは、一口サイズのような小型サイズが増えてきています。

製品が小型化していることにより、製造工程のコンベヤ乗り継ぎ部分は、広幅(1,200mm)のコンベヤでもプリー径 $\phi 15 \sim 20$ mmの小径が増えてきています。ナイフエッジについてもR3mmの小エッジが増えてきています。(ナイフエッジの用語説明は次ページにあります)

お菓子などの製造工程、特にオープン後のコンベヤはエンドレス耐熱性を得るため2plyベルトが選択されますが、従来の2plyベルトでは、ベルトが硬いため小プリー・ナイフエッジへの馴染みが悪く、また無理に使うとエンドレス部が破損するなどの問題がありました。

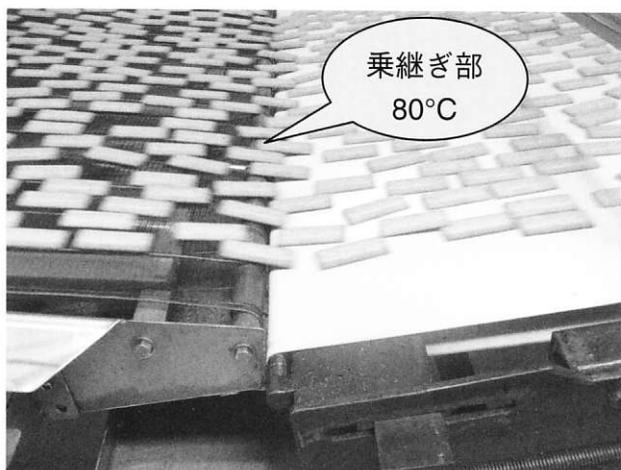
このため、小プリー・ナイフエッジに対応し、オープン後にも使用可能な食品用ベルトが求められていました。



2plyベルトをナイフエッジで使用している例
(ビスケット生地を搬送)



ナイフエッジへの馴染み
=縦方向柔軟性が重要



2plyベルトをローラエッジで使用している例
(オープン直後のビスケットを搬送)



ローラエッジへの馴染み
=縦方向柔軟性に加え、耐熱性が重要。

<ベルト仕様について>

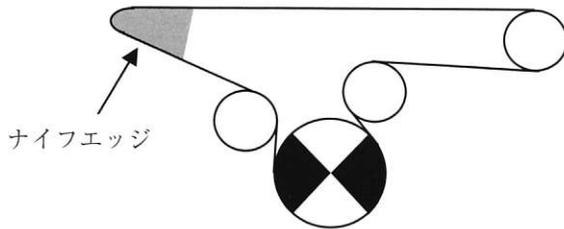
新製品 SL-F1201 は、以下の特長を備えています。

- ① 最小プーリ径 $\phi 10\text{mm}$ で使用可能です。※1
- ② ナイフエッジ R2mm で使用可能です。※1
- ③ ノンフレイ（耳ほつれ防止性能）を有しています。※2
- ④ 抗菌・防カビ性能を有しています。※2

※1. フィンガージョイント時の達成値です。

ジョイント方法により、適合プーリ径・ナイフエッジ R が異なります。

※2. 従来品 SL-F1200 同等の性能を有しています。



ナイフエッジ

ナイフエッジは小物搬送ラインの乗り継ぎ部などで用いられます。回転プーリに比べ、乗り継ぎ部を小さくできる特長があります。ナイフエッジで使用するベルトには、縦方向柔軟性、屈曲耐久性が必要です。

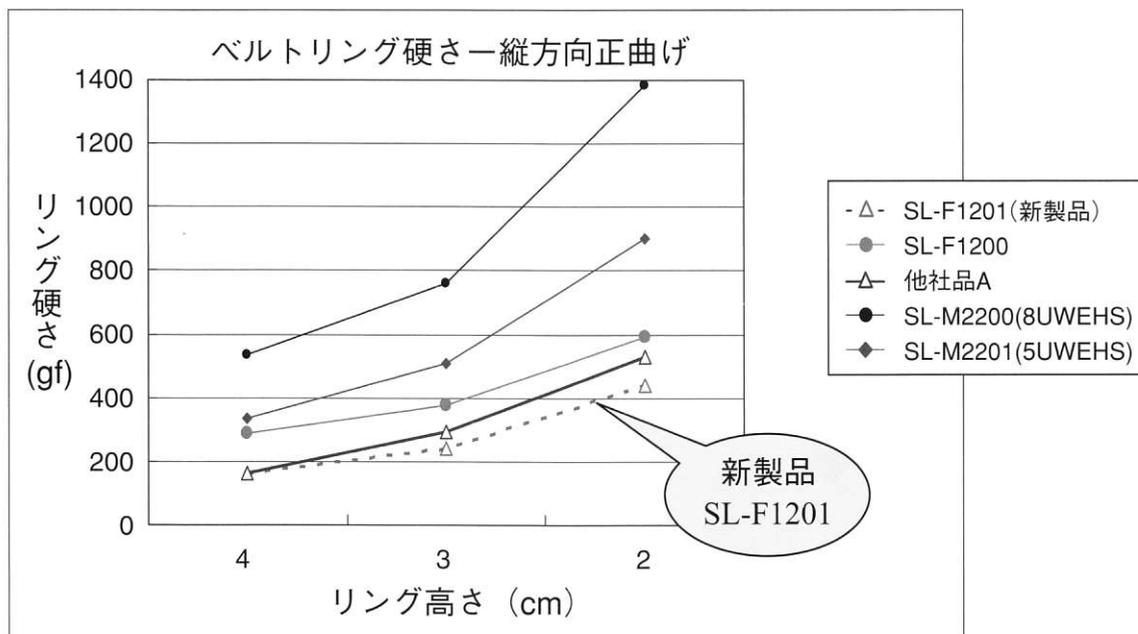
ベルト仕様

品名		新製品 SL-F1201	従来品 SL-F1200
ベルト構造	構造図		
	カバー	ポリウレタン	ポリウレタン
	色調	白	白
	心体	ポリエステル	ポリエステル
	プライ数	2	2
	帯電防止	有	有
最小プーリ径 (mm)		$\phi 10$	$\phi 25$
ナイフエッジ R (mm)		2	8
ノンフレイ (耳ほつれ防止性能)		有	有
抗菌・防カビ性能		有	有
連続使用可能温度 (°C)		-10~+80	-10~+80
許容応力 (kg/cm)		4	6.5
ベルト総厚 (mm)		1.2	1.4

<ベルトの性能＝評価結果について>

1. 縦方向柔軟性評価

評価方法：リング硬さ測定



結果：SL-F1201が最もリング硬さが低く、縦方向に柔軟な結果が得られました。

2. 屈曲性評価

2.1 小プーリ対応

評価方法：ラップジョイント品を、φ10mmでスコット屈曲試験

	200万回屈曲後外観	残存強度	保持率
SL-F1201 (新製品)	問題なし	27.0N/mm	64.9%
他社品A	先端剥離	16.8N/mm	46.7%
SL-F1200	先端剥離	21.6N/mm	42.4%

結果：SL-F1201のみ200万回屈曲後、損傷なしの結果が得られました。

2.2 ナイフエッジ対応

評価方法：ラップジョイント品を、ナイフエッジR3mmで走行試験

	200時間走行後外観	残存強度	保持率
SL-F1201 (新製品)	OK	18.8N/mm	45.1%
他社品A	幅100%クラック	15.2N/mm	42.2%
SL-F1200	幅85%クラック	24.2N/mm	47.5%

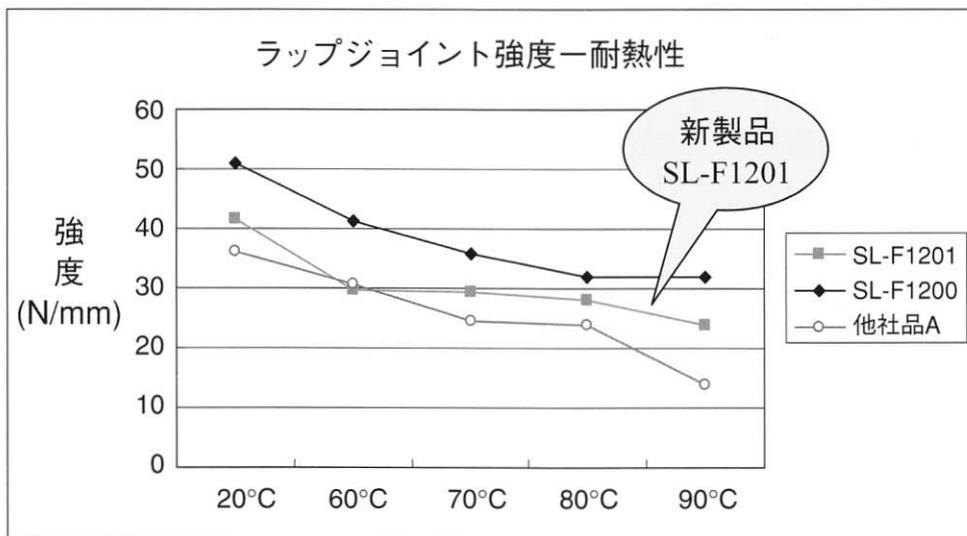
結果：SL-F1201のみ200時間走行後、損傷なしの結果が得られました。

追記. SL-F1201はフィンガージョイントではR2mmまで対応可能です。

(ラップジョイントではSL-F1201でもR3mmが限界です)

3. ジョイント強度耐熱性

評価方法：ラップジョイント品を、ストログラフで測定



結果：SL-F1201 のジョイント強度耐熱性は、十分に高い結果が得られました。

(SL-F1200 はベルト強度が高いため、ジョイント強度も高くなっています)

SL-F1201 は、他社品を上回る結果が得られました。

<ご使用事例>

- 製パン工場：デパンナーベルト（焼き上げパンを掬い取るコンベヤ用ベルト）
- クーリングベルト（焼き上げパンを冷却するコンベヤ用ベルト）
- スライサーベルト（パンをカットする装置用ベルト）
- 製菓工場：クッキー、ビスケット、米菓の加工・搬送ライン
- その他：プラスチック部品搬送ライン

<関連特許>

特許第 3425105 号－樹脂製コンベヤベルト

高負荷対応Vリブドベルトの紹介

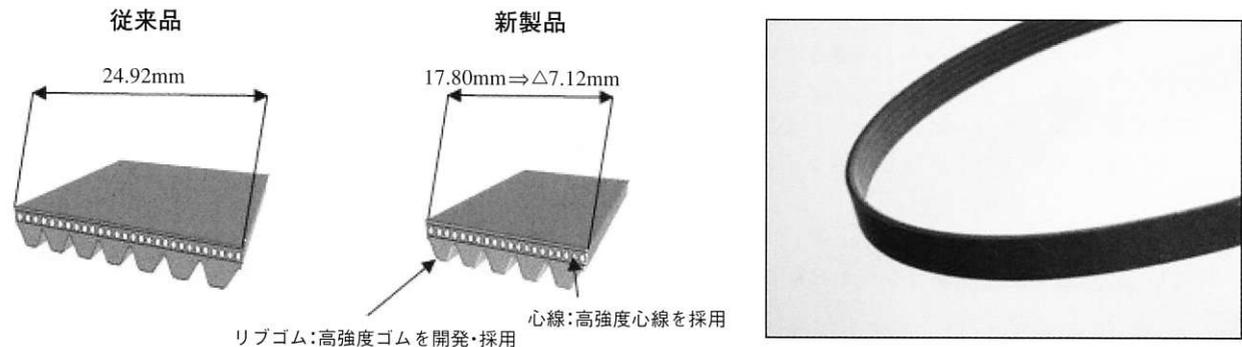
(担当:伝動事業部 伝動技術研究所 ベルト開発グループ)

従来のVリブドベルト（当社製品名：リブエース）に比べて、ベルト幅当たりの伝動能力を約30%アップさせた自動車向け補機駆動用ベルトを開発いたしました。

1. 開発の背景・ねらい

近年の自動車エンジンは、車両のラグジュアリティ化等にもない、補機（エアコン、オルタネータ等）の負荷が増大する傾向にある一方、燃費改善を目的とした動力系の伝動効率向上、車両の小型化・軽量化や衝突安全性確保のためのコンパクト化（省スペース）というニーズが急速に高まっております。これらのニーズに応えるべく、当社はベルト幅（ベルトリブ数）を低減できる自動車向け補機駆動用ベルトの開発に取り組んで参りました。新たに開発した高強度ゴムと高強度心線を採用することにより、ベルト幅当たり（1リブ当たり）の伝動能力を約30%アップさせることで、従来のベルト幅（ベルトリブ数）と同等の寿命（耐摩耗性や耐セパレーション性など）を有しつつ、従来品に比べ約2/3の幅狭化を実現しました。

CO₂削減など環境対応が重要な社会テーマである昨今、燃費改善を目的とした自動車用エンジンの軽量化やコンパクト化につながる自動車向け補機駆動用ベルトです。



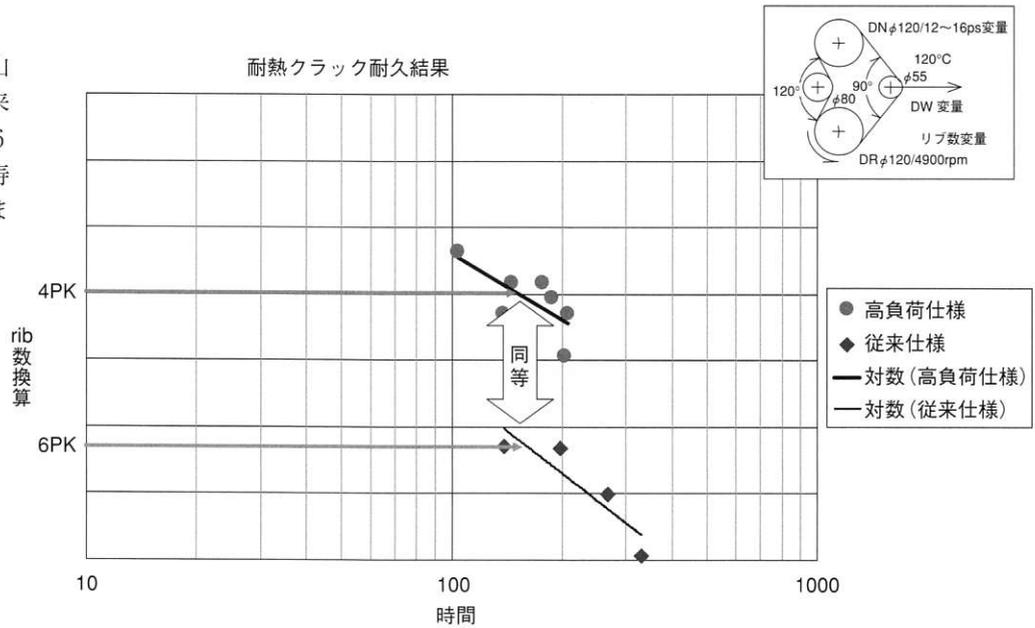
2. 特長

- ① ベルト駆動システムのコンパクト化を実現
例) 従来7リブ必要であったものを5リブで駆動した場合、約7mmの省スペース化
- ② ベルト駆動システムの軽量化を実現
例) 各プーリを含め、500～1,200g/台の軽量化（当社試算）

3. データ比較

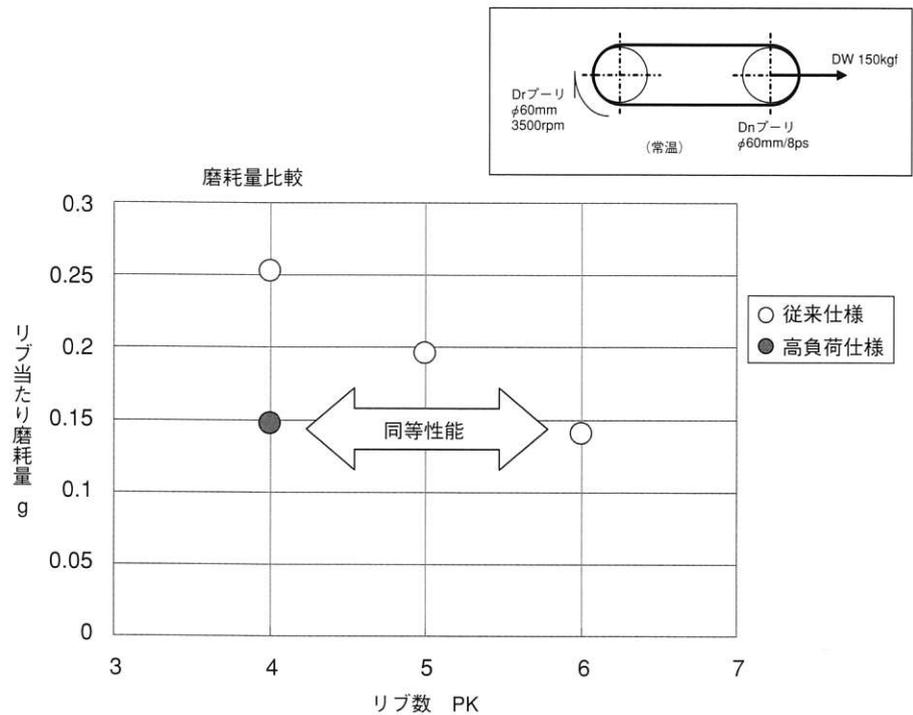
3.1 耐久性

高負荷仕様リブ山数4 (4PK)と、従来仕様リブ山数6 (6PK)と同等の耐久寿命を示しております。



3.2 摩耗性

高負荷仕様リブ山数4 (4PK)と、従来仕様リブ山数6 (6PK)と同等の摩耗性能を示しております。



4. あとがき

2008年11月17日、高負荷対応Vリブドベルトがトヨタ自動車株式会社殿の「トヨタ i Q プロジェクト表彰 技術の部」を受賞しました。本受賞は、当ベルトが持つ高い伝動能力とそれにより実現したベルトの幅狭化が、エンジン全長の短縮によるコンパクト化と軽量化に寄与することを高く評価されたものです。

今後、環境対策と省エネを目指した自動車開発が進み、車両の小型化・軽量化技術が必要とされると予想されるため、そのエンジンに搭載されるリブエースの高効率化とコンパクト化を進めて行きます。

11月

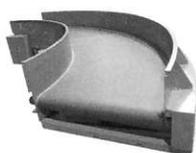
- バンコランベアリングの新製品(耐寒タイプ、抗菌・防カビタイプ、耐湿熱タイプ、帯電防止タイプ)を販売開始



- 「バンドーテクノフェア2007」を東京(東京流通センター)にて開催

2月

- 樹脂コンベヤベルト(サンラインベルト)FMSシリーズの新タイプ(難燃性ウレタンコンベヤベルト)を販売開始



4月

- 生産から販売までの事業運営を一元化した事業部制を導入
- 当社連結子会社である株式会社近畿バンドー、中国バンドー株式会社および大阪バンドーベルト販売株式会社の3社が合併(合併後の社名は「西日本バンドー株式会社」)

7月

- 次世代歯付ベルトCeptorシリーズ「Ceptor-VI S8Mタイプ」を販売開始 (P.44をご参照ください)

11月

- 南米駐在員事務所を開設 (P.44をご参照ください)

2007

11

12

2008

2

3

4

5

7

8

11

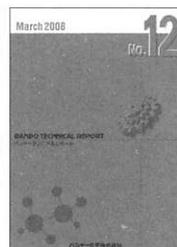
12月

- 「バンドーテクノフェア2007」を神戸(当社本社事業所)にて開催



3月

- 「バンドーテクニカルレポートNo.12」を刊行
- 当社連結子会社であるバンドーコンピューターシステム株式会社を解散



5月

- 平ベルト駆動システム「Hyper Flat Drive System: HFDシステム」を販売開始
- 低温焼成銀ナノ粒子「Flow Metal」を販売開始
- クリーンルームISOクラス4対応バンコランベアリングクリーンタイプを販売開始
- 「環境フェア in KOBE」に出展(神戸市立中央体育館) (P.44をご参照ください)



8月

- 樹脂コンベヤベルト(サンラインベルト)FMSシリーズの新タイプ(小プーリ・ナイフエッジ対応コンベヤベルト)を販売開始
- 大阪支店を移転

2008.5 「環境フェア in KOBE」に出展

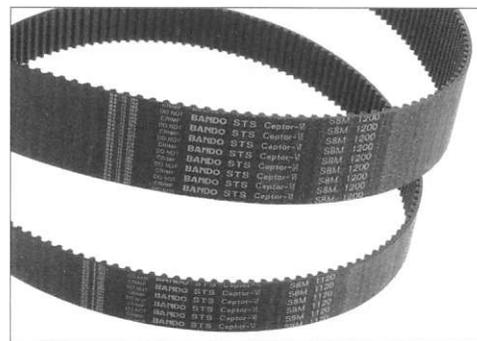
2008年5月に神戸で開催されたG8環境大臣会合の関連イベント「環境フェア in KOBE」に出展いたしました。2008年5月23日～26日に神戸市立中央体育館で開催された同フェアは、80を超える企業・団体の最先端の環境技術や環境への取り組みなどが紹介され、当社では省エネVベルトや省エネコンベヤベルトなどを紹介いたしました。



2008.7 次世代歯付ベルト Ceptor シリーズ
「Ceptor-VI S8Mタイプ」を販売開始

次世代歯付ベルト「Ceptorシリーズ」の第一号として、『Ceptor-VI S8Mタイプ』を販売開始いたしました。「Ceptorシリーズ」は、従来品よりもワンランク上の機能・性能を兼ね備えた次世代の歯付ベルトとして、シリーズ化を目指しております。『Ceptor-VI S8Mタイプ』は、「Ceptorシリーズ」の中でも上位仕様であり、素材使用量の低減や低騒音化などの環境への配慮だけでなく、伝動容量や同期伝動における追従性などの性能面においても従来品に比べ大幅に向上いたしました。

『Ceptor-VI S8Mタイプ』は、環境や機械装置自体の機能・性能向上に貢献できるベルトとして、様々な産業機械にご使用いただけます。



2008.11 南米駐在員事務所を開設

2008年11月1日、南米のアルゼンチン（ブエノスアイレス）に駐在員事務所を開設いたしました。

南米地域は、当社の米国子会社などが自動車用および産業機械用伝動ベルトなどの販売活動を行っておりますが、昨今の同地域の高い経済成長により、当社としても重要な地域の1つとなっております。そういった中で、グローバル連結経営の視点で同地域への販売・物流拠点の設置を見据え、アルゼンチンに駐在員事務所を開設し、同地域における市場調査、顧客情報の収集などのマーケティング活動を実施いたします。

国内事業所

本社事務所 神戸市中央区港島南町4丁目6番6号
〒650-0047 TEL(078)304-2923 FAX(078)304-2983

R&Dセンター 神戸市中央区港島南町4丁目6番6号
〒650-0047 TEL(078)304-2440 FAX(078)304-2455

生産技術センター 神戸市中央区港島南町4丁目6番6号
〒650-0047 TEL(078)304-2459 FAX(078)304-2446

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

名古屋支店 名古屋市中村区名駅3丁目25番3号(大橋ビルディング)
〒450-0002 TEL(052)582-3251 FAX(052)586-4681

大阪支店 大阪市淀川区西中島6丁目1番1号(新大阪プライムタワー)(大阪支店内)
〒532-0011 TEL(06)4805-1100 FAX(06)4805-1112

南海工場 大阪府泉南市男里5丁目20番1号
〒590-0526 TEL(072)482-7711 FAX(072)482-1173

和歌山工場 和歌山県紀の川市桃山町最上1242番地5
〒649-6111 TEL(0736)66-0999 FAX(0736)66-2152

加古川工場 兵庫県加古川市平岡町土山字コモ池の内648
〒675-0104 TEL(078)942-3232 FAX(078)942-3389

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号
〒326-0832 TEL(0284)72-4121 FAX(0284)72-4426

伝動事業部 東京都港区芝4丁目1番23号(三田NNビル)(東京支店内)
〒108-0014 TEL(03)5484-9137 FAX(03)5484-9107

企画管理部 東京都港区芝4丁目1番23号(三田NNビル)(東京支店内)
〒108-0014 TEL(03)5484-9137 FAX(03)5484-9112

AMPユニット営業部 東京都港区芝4丁目1番23号(三田NNビル)(東京支店内)
〒108-0014 TEL(03)5484-9114 FAX(03)5484-9108

IMPユニット営業部 大阪市淀川区西中島6丁目1番1号(新大阪プライムタワー)(大阪支店内)
〒532-0011 TEL(06)4805-1102 FAX(06)4805-1112

伝動技術研究所 和歌山県紀の川市桃山町最上1242番地5
〒649-6111 TEL(0736)66-1931 FAX(0736)66-1934

MMP事業部 東京都港区芝4丁目1番23号(三田NNビル)(東京支店内)
〒108-0014 TEL(03)5484-9143 FAX(03)5484-9110

企画管理部 東京都港区芝4丁目1番23号(三田NNビル)(東京支店内)
〒108-0014 TEL(03)5484-9143 FAX(03)5484-9110

営業部 東京都港区芝4丁目1番23号(三田NNビル)(東京支店内)
〒108-0014 TEL(03)5484-9104 FAX(03)5484-9110

産業資材事業部 大阪市淀川区西中島6丁目1番1号(新大阪プライムタワー)(大阪支店内)
〒532-0011 TEL(06)4805-1141 FAX(06)4805-1145

企画管理部 大阪市淀川区西中島6丁目1番1号(新大阪プライムタワー)(大阪支店内)
〒532-0011 TEL(06)4805-1142 FAX(06)4805-1145

営業部 東京都港区芝4丁目1番23号(三田NNビル)(東京支店内)
〒108-0014 TEL(03)5484-9100 FAX(03)5484-9106

化成事業部 大阪市淀川区西中島6丁目1番1号(新大阪プライムタワー)(大阪支店内)
〒532-0011 TEL(06)4805-1132 FAX(06)4805-1133

企画管理部 大阪市淀川区西中島6丁目1番1号(新大阪プライムタワー)(大阪支店内)
〒532-0011 TEL(06)4805-1132 FAX(06)4805-1133

営業部 東京都港区芝4丁目1番23号(三田NNビル)(東京支店内)
〒108-0014 TEL(03)5484-9103 FAX(03)5484-9109

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

バンドー福島販売株式会社 福島県いわき市平字愛谷町4丁目6番地13 〒970-8691
TEL(0246)22-2696 FAX(0246)21-3767

東日本バンドー株式会社 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

バン工業用品株式会社 東京都中央区東日本橋2丁目27番1号 〒103-0004
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

北陸バンドー販売株式会社 富山県富山市問屋町3丁目9番地 〒930-0834
TEL(0764)51-2525 FAX(0764)51-8148

西日本バンドー株式会社 大阪市淀川区西中島6丁目1番1号(新大阪プライムタワー9F) 〒532-0011
TEL(06)4806-3058 FAX(06)4806-2205

バンドーエラストマー株式会社 神戸市兵庫区明和通3丁目3番17号(バンドーグループファクトリー神戸) 〒652-0883
TEL(078)652-5650 FAX(078)652-5670

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

■製造関係会社

福井ベルト工業株式会社 福井県福井市下江守町23字山花1番地7 〒918-8037
TEL(0776)36-3100 FAX(0776)36-4038

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)651-0512 FAX(078)682-2601

ビー・エル・オートテック株式会社 神戸市兵庫区明和通3丁目3番17号(バンドーグループファクトリー神戸) 〒652-0883
TEL(078)682-2611 FAX(078)682-2614

バンドー・ショルツ株式会社 兵庫県加古川市平岡町土山字コモ池の内648番地 〒675-0104
TEL(078)943-3933 FAX(078)943-4640

■その他サービス関係会社

バンドートレーディング株式会社 神戸市中央区港島南町4丁目6番6号 〒650-0047
TEL(078)304-2251 FAX(078)304-2254

バンドー興産株式会社 神戸市兵庫区明和通3丁目3番17号(バンドーグループファクトリー神戸) 〒652-0883
TEL(078)651-5353 FAX(078)651-5974

西兵庫開発株式会社 兵庫県宍粟郡千種町藤原24番地2 〒671-3212
(千草カントリークラブ) TEL(0790)76-3333 FAX(0790)76-3310

海外関係会社

北米地域

Bando USA, Inc.
(Corporate Office)
1149 West Bryn Mawr, Itasca, Illinois 60143, U.S.A.
TEL 1-630-773-6600 FAX 1-630-773-6912

(Bowling Green Plant)
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 Kocakaya Belt Manufacturing (Turkey), Inc.
Ihasan Dede Cad. 1000 Sokak, Gebze Organize Sanayi Bolgesi,
41480 Gebze, Kocaeli, TURKEY
TEL 90-262-751-1691 FAX 90-262-751-1698

Bando Europe GmbH
Krefelder Strasse 671, 41066 Moenchengladbach, GERMANY
TEL 49-2161-90104-0 FAX 49-2161-90104-50

Bando Iberica, S.A.
Calle Francesc Layret, 12-14, Naves 4-5, Poligono Industrial Sant Ermengol II,
08630 Abrera, (Barcelona), SPAIN
TEL 34-93-7778740 FAX 34-93-7778741

アジア地域

Bando Jungkong Ltd.
4Ba-705 (Shihwa Indus. Zone, Mechatronics Complex), Songgok-Dong, Ansan City,
Kyongki-Do, REPUBLIC OF KOREA
TEL 82-31-432-9800 FAX 82-31-432-8198

Bando Korea Co., Ltd.
869-1, Eogok-Dong, Yang San City, Gyung Sang Nam-Do, 626-220 REPUBLIC OF KOREA
TEL 82-55-371-9200 FAX 82-55-388-0087

Bando Belt (Tianjin) Co., Ltd.
No. 37 of HaiTong Avenue, TEDA, Tianjin, 300457, CHINA
TEL 86-22-6623-7077 FAX 86-22-6623-7036

Bando Manufacturing (Shanghai) Co., Ltd.
Rm. B, First Floor, Block 56, No.199, Riyiing North Road, Wai Gao Qiao
Free Trade Zone, Pudong District, Shanghai, CHINA 200137
TEL 86-21-5046-0161 FAX 86-21-5046-0649

Bando Manufacturing (Dongguan) Co., Ltd.
Building ZF8, ZhenAn Industrial Park, ZhenAn Road, ChangAn Town,
DongGuan City,GuangDong Province, CHINA
TEL 86-769-8564-5075 FAX 86-769-8564-5081

Bando Siix Ltd.
Room 2210, Shun Tak Centre, West Tower, 200 Connaught Road Central,
HONG KONG
TEL 852-2494-4815 FAX 852-2481-0444

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

Philippine Belt Manufacturing Corp.
2nd Floor, Siemkang Building, 280-282 Dasmariñas Street, Binondo,
Manila 1099, PHILIPPINES
TEL 63-2-241-0794 FAX 63-2-241-3279

Bando Manufacturing (Thailand) Ltd.
477 Moo 4, Soi Watbangpla, Tambol Bankao, Amphur Muang, Samutsakorn,
74000, THAILAND
TEL 66-3446-8422 FAX 66-3446-8415

Pengeluaran Getah Bando (Malaysia) Sdn. Bhd.
No.2, Jalan Sengkang, Batu 22, Kulai 81000, Kulai, Johor, MALAYSIA
TEL 60-7-663-5021 FAX 60-7-663-5023

Kee Fatt Industries, Sdn. Bhd.
No.2, Jalan Sengkang, Batu 22, Kulai 81000, Kulai, Johor, MALAYSIA
TEL 60-7-663-9661 FAX 60-7-663-9664

Bando (Singapore) Pte. Ltd.
3C Toh Guan Road East #05-01 SINGAPORE 608832
TEL 65-6475-2233 FAX 65-6479-6261

P.T. Bando Indonesia
Jl. Gajah Tunggal, Kel. Pasir Jaya, Kec. Jati Uwung, Tangerang 15135, INDONESIA
TEL 62-21-5903920 FAX 62-21-5901274

Bando (India) Pvt. Ltd.
Plot No.255, Sector-7, IMT Manesar, Gurgaon-122050, Haryana INDIA
TEL 91-124-4368951 FAX 91-124-4368954



BANDO TECHNICAL REPORT No.13

バンドー テクニカルレポート

平成 21年 3月 2日発行

編 集 バンドー化学株式会社 R&Dセンター・経営企画部
発 行 バンドー化学株式会社 経営企画部
〒650-0047 神戸市中央区港島南町4丁6番6号
TEL.078-304-2935 FAX.078-304-2984
URL <http://www.bando.co.jp>

無断転載を禁じます