

# 環境負荷を低減した押出成形による中間転写ベルト

The Production of an Intermediate Transfer Belt by Extrusion Molding with Reduced Environmental Impact

塚本 宗夫\*  
Toshio TSUKAMOTO

倉地 育夫\*  
Yasuo KURACHI

## 要旨

高機能カラー MFPの中間転写ベルトには、電気抵抗の安定性と難燃性の観点から溶媒キャスト加工によるポリイミド(PI)が使われている。押出成形によるポリフェニレンスルフィド(PPS)を用いた中間転写ベルト(第3世代ベルト)が開発され、その環境負荷に関して、ライフサイクルアセスメント(LCA)の観点から検討した。

調査範囲を原材料製造からベルトの素管製造までとし、製造方法による環境負荷を比較するためにCO<sub>2</sub>排出量、エネルギー消費量という観点からインベントリ分析を行った。その結果、第3世代ベルトのCO<sub>2</sub>排出量は、ポリイミドベルトに比べて約75%、消費エネルギーは、約65%削減されることが示された。新しく開発された中間転写ベルトは環境負荷を低減した環境対応ベルトといえる。

## Abstract

Because it is electrically stable and flame retardant, polyimide (PI) is usually used for the intermediate transfer belt in high-performance, color multi function printers; PI belts are manufactured through a solvent-based casting process. Now a third generation belt has been developed which is made of polyphenylene sulfide (PPS) through an extrusion process. The difference between the two is their impact on the environment, as found from the viewpoint of life cycle assessment (LCA).

We preformed an LCA whose scope was from the mining process of raw materials through the manufacturing process of the belt, and we here discuss any negative impact on the environment occurring from the method of manufacturing PPS belts. We analyzed PPS belts from the viewpoint of CO<sub>2</sub> emissions and energy consumption, and we found that PPS belts were 75% lower in CO<sub>2</sub> emissions than PI belts and consumed 65% less in energy than the PI belts. The new PPS intermediate transfer belt can be regarded as a boon to the reduction of impact on the environment.

\* コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株)  
生産本部 生産技術センター デバイス技術部

## 1 はじめに

地球環境破壊の問題が深刻になり、安全安心な工業製品の機能として環境適合機能が重要になってきた。複写機、プリンタの作像原理として採用されている電子写真システムを構成する各種のデバイスには、高機能・高付加価値の材料が多く用いられている。そのため、それらデバイスの環境対応技術の開発には、材料技術の革新が必要であり、要求される機能を満たしつつ、環境適合機能を満足させなければならない難易度の高いテーマである。

タンデム式カラー電子写真システム用中間転写ベルトにおいて、環境負荷低減を目標として押出成形技術を用い、かつ、転写機能を満たすために新たにポリフェニレンスルフィド(PPS)を基材とする中間転写ベルト(第3世代ベルト)を開発した。製品の環境負荷を評価する方法としてはライフサイクルアセスメント(LCA)があり、電子写真システムも評価済みである<sup>1)</sup>。本稿では、新たに開発した第3世代ベルトの基材について、LCAの観点からその環境負荷低減効果をポリイミド(PI)ベルト基材と比較した結果を報告する。

## 2 PPS中間転写ベルト基材の開発

カラー電子写真システムの転写方式の一例をFig.1に示す。中間転写方式は、感光体上に形成されたトナー像を中間転写ベルト上へ転写し(1次転写)、中間転写ベルト上でY、M、C、Kの4色のトナー像を重ね合わせた後、用紙上へ転写する(2次転写)方式である<sup>2)</sup>。

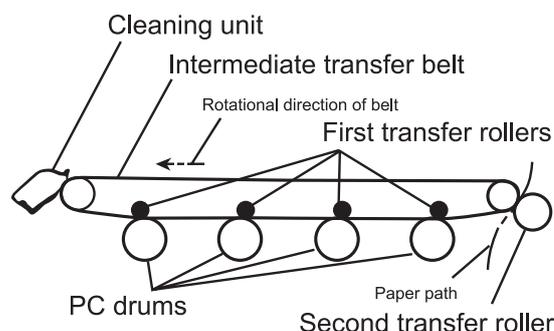
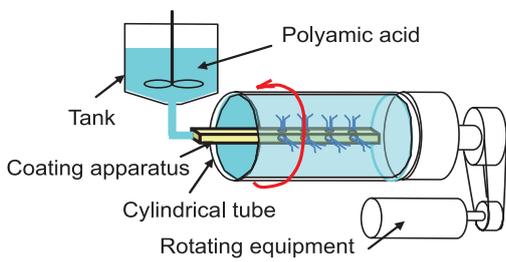
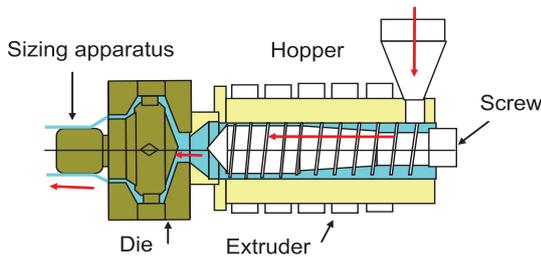


Fig.1 Intermediate transfer

高機能カラー MFPの中間転写ベルト基材には、電気抵抗の安定性と難燃性の観点からこれまでPIが用いられてきた。PIを基材としたベルト (PIベルト) の製造には、溶媒キャスト加工の一種である遠心成形法が用いられる。以下、概略を説明する (Fig.2a)。有機溶媒に分散したPIの前駆体であるポリアミック酸に、カーボン等の添加剤を混合した後、円筒状芯体に塗布し、回転させながら乾燥させる。その後、200~350°Cでイミド化したシームレスベルトを脱型し中間転写ベルトのサイズに揃える。その後、アセンブリ加工として、端部加工その他を行い、転写ベルトに仕上げる。この製造方法の問題は、原料分散媒として多量の有機溶媒を必要とし、その廃棄処理に環境負荷の増大を伴うことである。



(a) Centrifugal molding method



(b) Extrusion molding method

Fig.2 Method of producing transfer belt

そこで、この問題を解決するために、有機溶媒を必要としないシームレスベルトの成形法として、押出成形法を用いたベルトの製造技術を開発した。押出成形法で製造するため熱可塑性樹脂を使用でき、難燃性と機械強度の観点からPPS樹脂を選定した。第3世代ベルトの製造方法は、PPSとナイロン及びカーボンの3種の原料を混練してペレットを作製し、そのペレットを押出機で熔融させ、円筒状の金型を通して、サイジングで冷却、所定のサイズに成形する (Fig.2b)<sup>3)</sup>。その後の工程はPIのアセンブリ加工と同じである。

先に述べた遠心成形法で製造される中間転写ベルトと比較して、押出成形法により製造される中間転写ベルトは、画像形成部材として要求される電気抵抗の安定性が課題であったが、この課題を新規に開発したPPS/ナイロンのポリマーアロイを用いて克服した。Fig.3は、本材料で製造したベルトの電気特性の一例である。ベルト周方向の表面比抵抗は、PPS単独ではカーボンの分散安定性が乏しいのでバラツキが大きいが、その分散安定性が高いナイロンをPPSに相溶化させたポリマーアロイでは、表面比抵抗のバラツキが小さくなり、PIベルト並みの安定性を達成している。

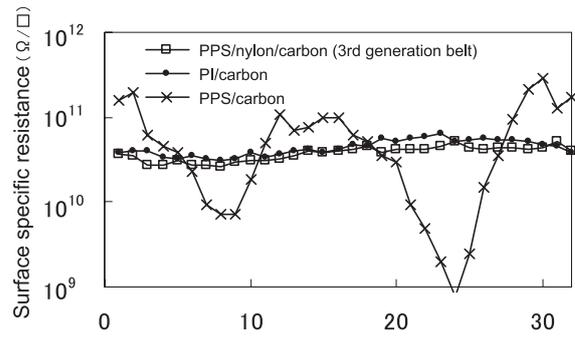


Fig.3 Electrical resistance of intermediate transfer belt

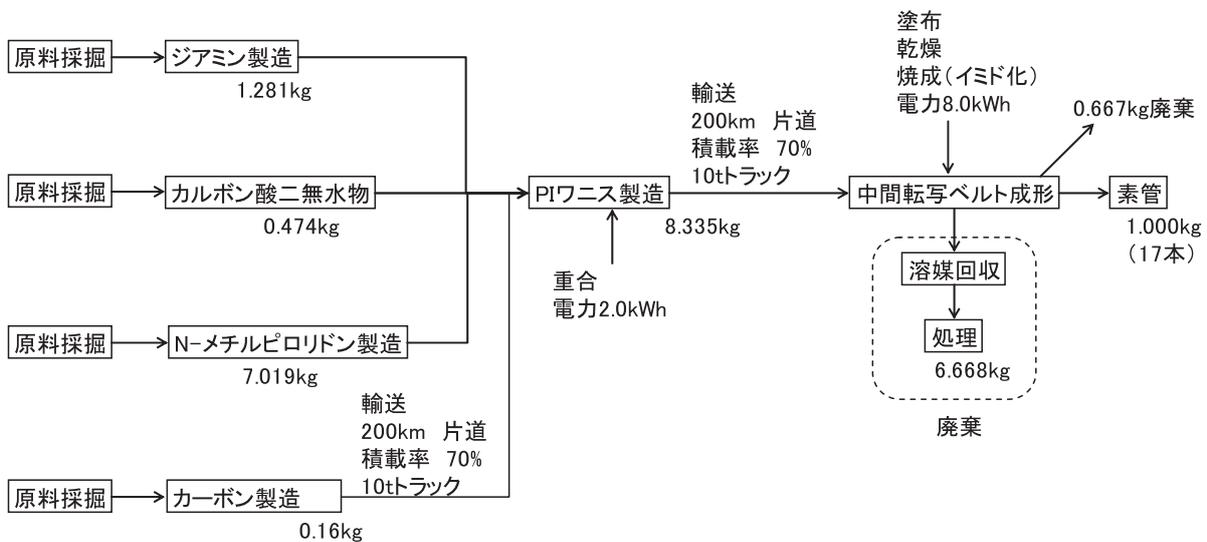


Fig.4 Life cycle system of the intermediate transfer belt made of polyimide

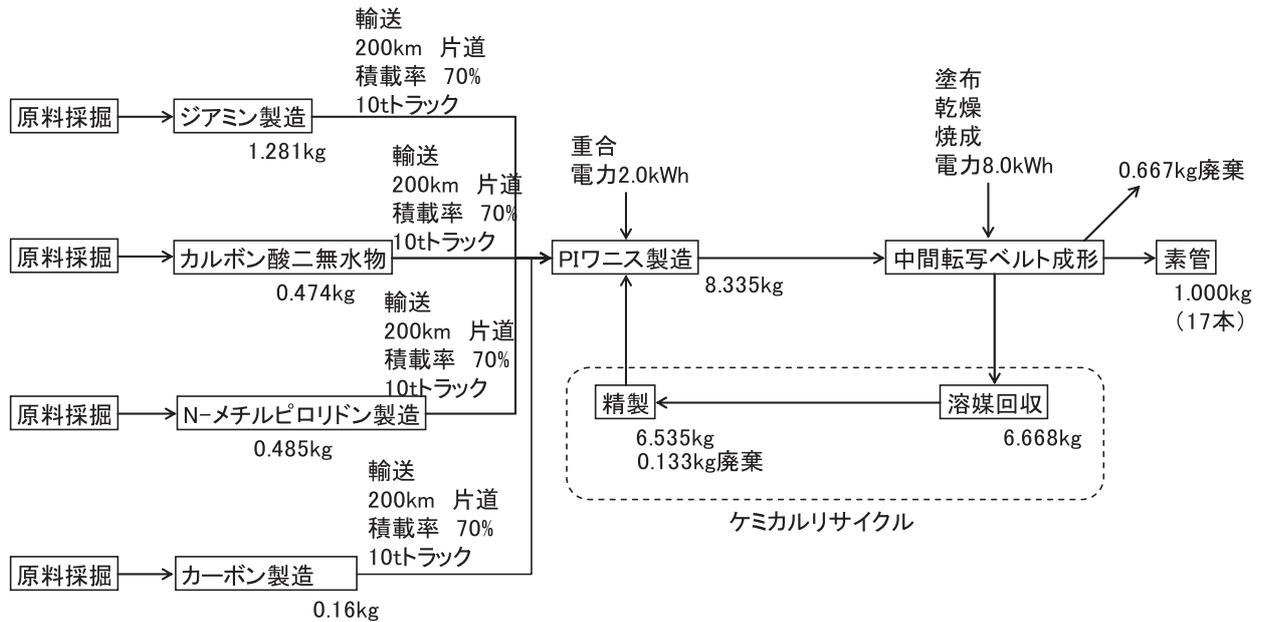


Fig.5 Life cycle system of the intermediate transfer belt made of polyimide including chemical recycling

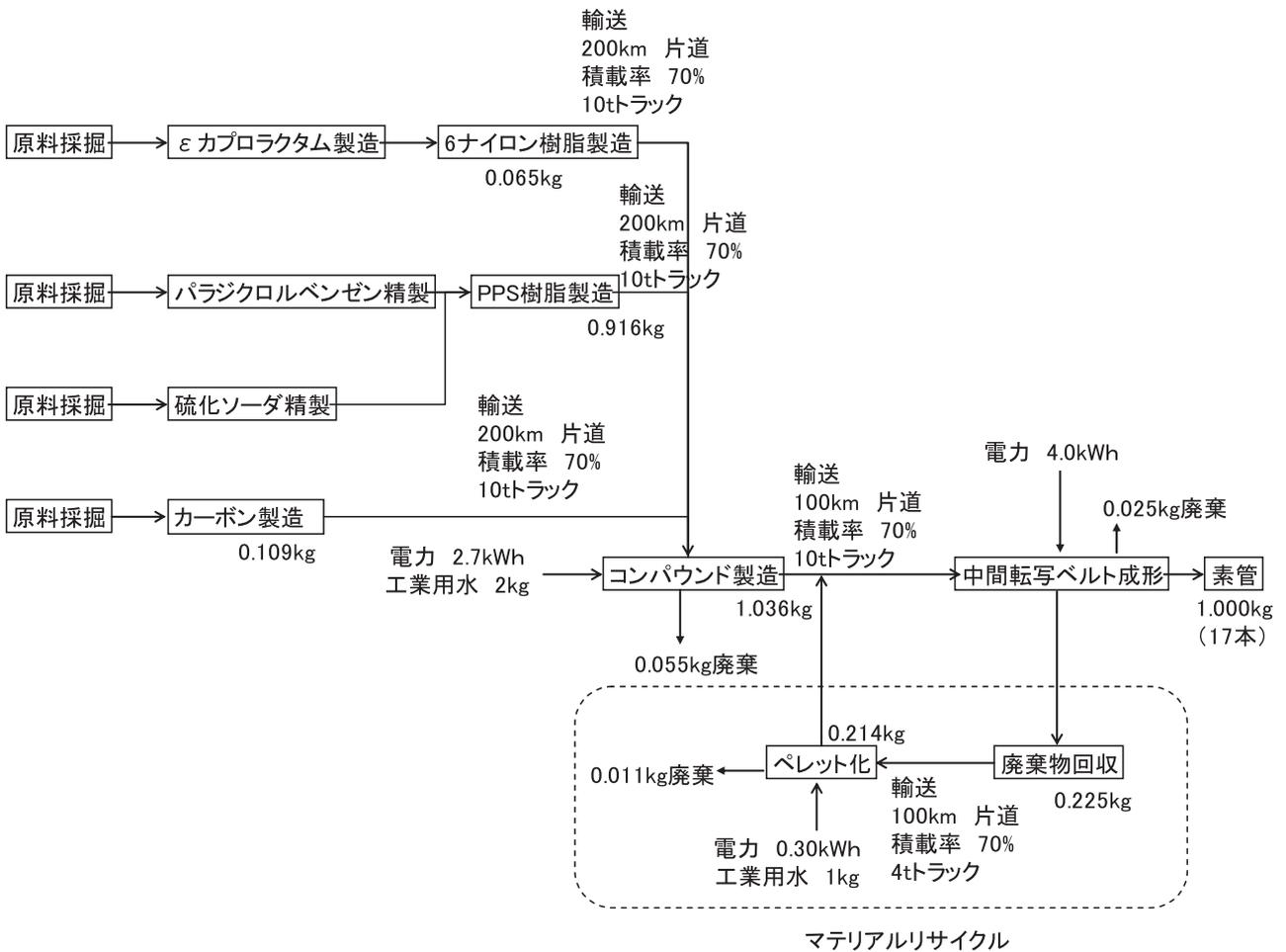


Fig.6 Life cycle system of third generation intermediate transfer belt made of polyphenylene sulfide

### 3 中間転写ベルトのLCA考察

第3世代ベルト及びPIベルトを製造する際に発生する環境負荷を評価した。ここでは、中間転写ベルトの素管1kgの製造を機能単位とした。製造方法による環境負荷を比較するためにCO<sub>2</sub>排出量，エネルギー消費量という観点からインベントリ分析を行った。データベースは、(社)産業環境管理協会JEMAI-LCA Proを用いた<sup>1)</sup>。

成形方法の違いによる環境負荷を比較するため、ベルトの端部加工を含むアセンブリ加工は同じと仮定して、調査範囲は原材料製造から中間転写ベルトの素管製造までとした。比較対象となるPIベルトの製造法については、文献<sup>4)</sup>を参考に、PIワニスを外部購入し排出される有機溶媒について焼却処理する場合 (PIケース1) とPIワニスを内製し、排出される有機溶媒を回収してケミカルリサイクルする場合 (PIケース2) の2種のケースで考察した。第3世代ベルト製造プロセスは、ベルト成形工程から廃棄される樹脂のリサイクルを考慮して調査した。これらの調査範囲をライフサイクルシステムとして表すと、それぞれFig.4, Fig.5, Fig.6のようになる。

Fig.7に各ライフサイクルシステムに係るCO<sub>2</sub>排出量を示す。第3世代ベルト製造に係るライフサイクルシステム内のCO<sub>2</sub>排出量は8.3kg-CO<sub>2</sub>/kgであり、PIベルトと比較して約25kg-CO<sub>2</sub>/kg (2Lのペットボトルで約6250本に相当) 削減されている。第3世代ベルトでのCO<sub>2</sub>排出量は、原材料製造が多くを占めている。それに対して、PIベルトでは、製造工程でもCO<sub>2</sub>排出量が多く、このうち有機溶媒を使用するプロセスに係るCO<sub>2</sub>排出量は約12 kg-CO<sub>2</sub>/kgと見積もられた。

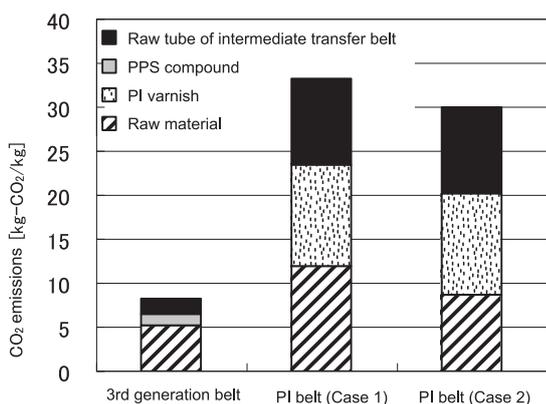


Fig.7 CO<sub>2</sub> emissions over life cycle

また、消費エネルギーについてもPIベルトを製造する場合と比較して小さくなっており環境負荷削減効果を確認できた (Fig.8)。PIベルトの溶媒回収後のリサイクル有無の比較では溶媒のケミカルリサイクルを行うことでも環境負荷削減効果を確認できた。

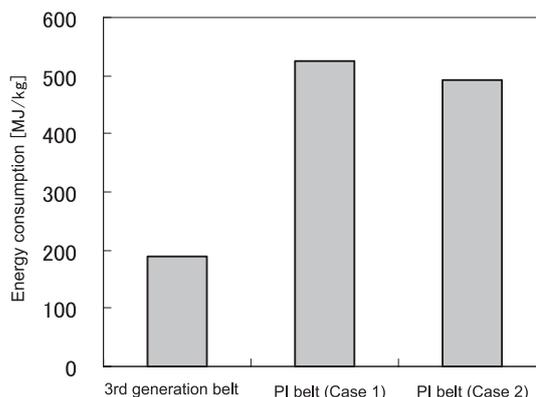


Fig.8 Expended energy of life cycle

(独)産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメントセンターが「製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発」と連携して開発した手法 (LIME)<sup>1)</sup>を用いて、経済効果を測るために環境負荷の統合化を行った。第3世代ベルトを用いた時の改善効果額の算定にあたっては、LIMEのver.1の統合化係数を用い、第3世代ベルトの環境影響とPIベルトの比較を行いFig.9にまとめた。押出成形で製造される第3世代ベルト素管1kgの環境負荷を金額で表すと23.3円/kgと見積もられ、PIベルトを第3世代ベルトに置き換えることによる改善効果額は、83.7円/kgと見積もられた。

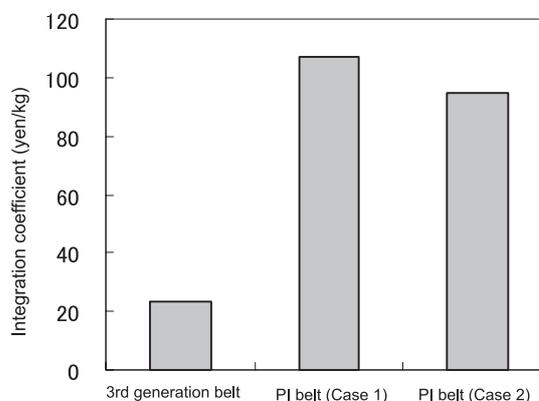


Fig.9 Impact assessment

今回の評価にはアセンブリ加工のプロセスを含めなかった。理由は、生産能力などの設定条件によって結果が大きく左右されるためである。それに対して原材料から素管製造までのプロセスは計算結果に付帯設備の及ぼす影響は小さかった。今回の調査範囲での比較結果として、第3世代ベルトのCO<sub>2</sub>排出量は、PIベルトに比べて約75%、消費エネルギーは、約65%削減されることが示された。

## 4 結論

環境負荷低減を目標に、押出成形技術を用いて、PIベルトと同等性能である第3世代ベルトを開発した。

LCAによる考察から、PIベルトの代わりに第3世代ベルトを用いることで環境改善効果額は83.7円/kgと見積もられた。

今後の取組みとして、再利用可能な材料を開発した強みとして、工程の廃材をリサイクルし、工場のゼロエミッションへ貢献する予定である。

### ●参考文献

- 1) (社)産業環境管理協会, LCAの実務, 2005
- 2) 稲田保幸, 森智英, 廣井俊顕, 川上勲, 横山知明. KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol. 5 (2008) p.46-49
- 3) 宮本賢人, 栗山博之. KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol. 2 (2005) p.127-130
- 4) 日本ポリイミド協会編, 最新ポリイミド～基礎と応用～, 2002