

重合トナー “ Digital Toner 2000 ” の電子写真特性

The Electrophotographic Properties of Emulsion Polymerized Toner, Digital Toner 2000

大柴 知美*
Oshiba, Tomomi

山之内 貴生*
Yamanouchi, Takao

河野 誠式*
Kohno, Shigenori

白 勢 明 三*
Shirose, Meizo

We have been developing “ Digital Toner 2000 ” produced by emulsion polymerization and coagulation method to obtain high image quality. In this paper, we have evaluated effects of Digital Toner 2000 to image quality and durability. As a result, we have confirmed that Digital Toner 2000 has advantages of image quality and durability in comparison with pulverized toners. Furthermore, we have carried out Life Cycle Assessment of production process, and it has been turned out that environmental load of Digital Toner 2000 is decreased to approximately 60% compared with that of pulverized toners.

1 はじめに

近年、電子写真方式を利用した複写機、プリンタにおける高画質化の要求に伴い、トナーの小粒径化が進んでいる。この傾向は、特にデジタル機において顕著である。従来、トナーの製造法としては粉碎法が主流であった。しかしながら、粉碎法は目的とするトナーの粒径が小さくなるほど製造コストが高くなるのが一般的である。一方、重合法によるトナーの製造では、製造コストがほとんど粒径に依存しない。このため、小粒径化の流れとともに重合法が浸透しつつある。¹⁾

また、エコロジーの視点からトナー製造の環境負荷を考えると、重合により製造された樹脂を他の構成成分とともに熔融混練し、粉碎・分級してトナーを製造する粉碎法に比べ、樹脂の製造とほぼ同じエネルギーでトナーを製造できる重合法は環境に優しい技術であると言える。

上記二つの観点から重合法によるトナーの製造は今後ますます注目される技術である。

重合法によるトナーの製造では懸濁重合法と乳化重合法が代表的である。中でも乳化重合法は形状制御が容易であることから、電子写真方式の複写機、プリンタで一般的に用いられるブレードクリーニングに有利であり、プロセス適合性が高い^{1) 2) 3) 4)}。そこで我々の部門では小粒径トナーの製造法として乳化重合法を選択、過去より検討を行ってきたが^{2) 3) 4)}、今回、市場への早期投入をめざしてDigital Toner 2000 (略称DT2000) と命名、さらなる検討を進めている。

ここでは、DT2000の特徴と電子写真特性、さらに製造工程についてLife Cycle Assessment を実施した結果について報告する。

2 DT2000の製造法

Fig. 1 にDT2000製造プロセスの例を示す。まず、界面活性剤を用いて着色剤を水中に分散させる。一方で水中に界面活性剤と開始剤、スチレンモノマー及びアクリルモノマーを加え、乳化重合により樹脂エマルジョンを生成させる。次にこの着色剤分散液と樹脂エマルジョンを混合し、PH調整により生成した粒子表面の反発力と電解質添加による凝集力のバランスをとりながら緩慢凝集させ、粒径・粒度分布を制御しながら会合を行うと同時に加熱攪拌することで微粒子間の融着・形状制御を行う。得られた粒子を濾過・洗浄・乾燥して任意の粒径・粒度分布・形状のトナーを生成する。

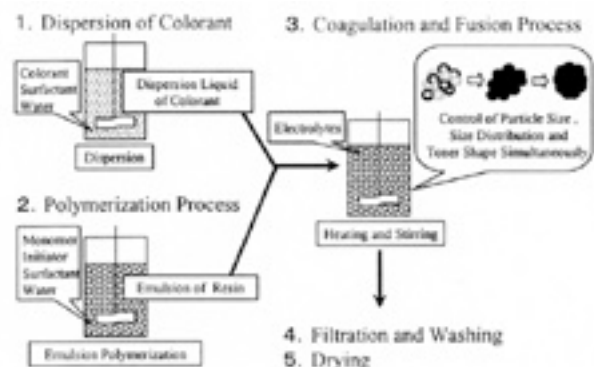
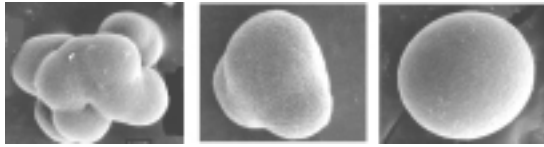


Fig. 1 Production Scheme of Digital Toner 2000.

* ODカンパニー 機器サプライ生産事業部 第2開発センター

3 Digital Toner 2000の特徴

Fig. 2 にDT2000の形状制御例を示した。このように、DT2000の製造法では、不定形から球形まで広範囲の形状制御が可能である。



Non Spherical ← → Spherical

Fig. 2 Shape Control of Digital Toner 2000

Fig. 3、4 に、DT2000及び粉砕トナー、懸濁重合トナーの粒度分布を、Table 1 に平均粒径と粒度分布のシャープさを表すCV値を示した。ここで、粒度分布はコールター(株)製コールターカウンター TA- にて測定した。CV値は下記式にて算出される。

$$CV \text{ 値} = (\text{標準偏差}) / (\text{算術径}) \times 100$$

Table 1 Comparison of Particle Size Distributions.

		Emulsion Polymerized and Coagulated (DT2000)			Suspension Polymerized		Pulverized
		8.5	6.4	5.0	Type1	Type2	
Volume	D50(μm)	8.5	6.4	5.0	9.1	7.4	8.6
	CV-Value	18.4	17.6	16.1	40.8	23.3	24.3
Number	D50(μm)	7.6	5.9	4.7	6.5	6.6	7.2
	CV-Value	21.3	19.1	17.6	34.8	24.7	26.9

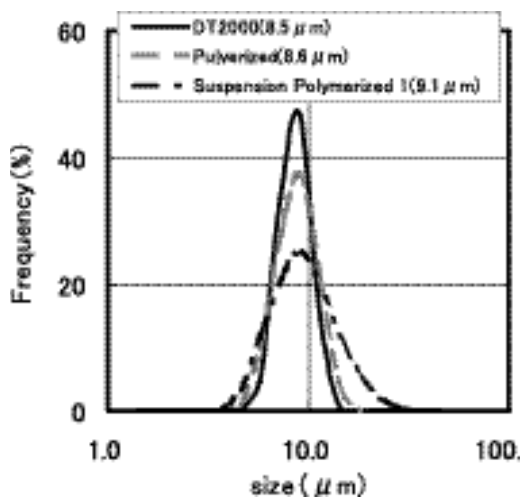


Fig. 3 Particle Size Distributions of Polymerized Toner and Pulverized Toner.

粉砕トナー、懸濁重合トナーに比べDT2000の粒度分布は非常にシャープである。また、DT2000では、いずれの粒径においても非常にシャープな分布が得られており、CV値を見ると小粒径化するに従い、さらに分布がシャープになる傾向があることがわかる。このことから、DT2000の製造法は、小粒径トナーの製造に適した方法であるといえる。

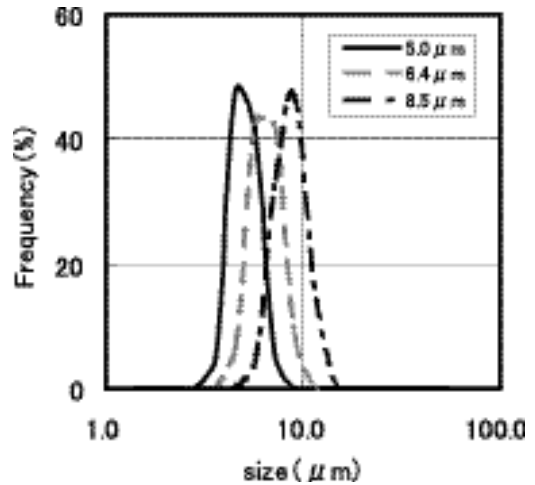


Fig.4 Particle Size Distributions of Digital Toner 2000.

Fig. 5 にDT2000と粉砕トナーの帯電量分布を示した。帯電量は電子写真プロセス中でのトナーの動きを支配する重要な特性のひとつで、粒径と密接に関連している。DT2000は粉砕トナーに比べて粒度分布がシャープであるために帯電量分布もシャープである。従って電子写真プロセス中でのトナーの動きがより均一であり、高画質化が図れると考えられる。

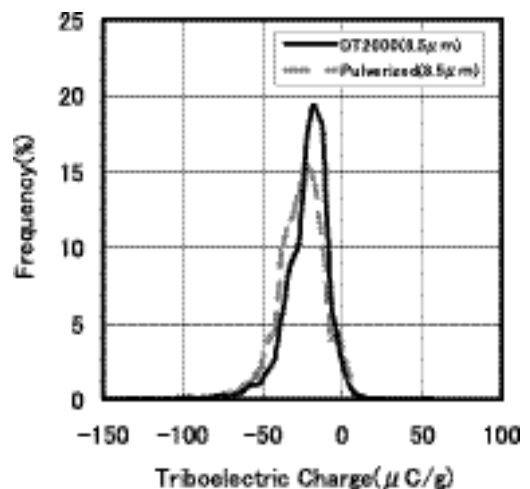


Fig.5 Triboelectric Charge Distributions of Digital Toner 2000 and Pulverized.

4 DT2000の電子写真特性 ~ 画質 ~

そこで、実際にフルカラーデジタル機（400dpi）にて画像出力を行い、ドット再現性を確認した。Fig. 6 に各粒径のDT2000及び粉砕トナーで出力した画像の拡大写真を示す。Fig. 6 からわかるように、同一粒径においてもDT2000のドット再現性は粉砕トナーより高く、小粒径化するに従いさらに向上している。電子写真方式の出力機のさらなる高画質化を考えた場合、ドット再現性の向上は特に重要であり、DT2000は製造コスト、画質、プロセス適応性のバランスから非常に有効な手段となる。

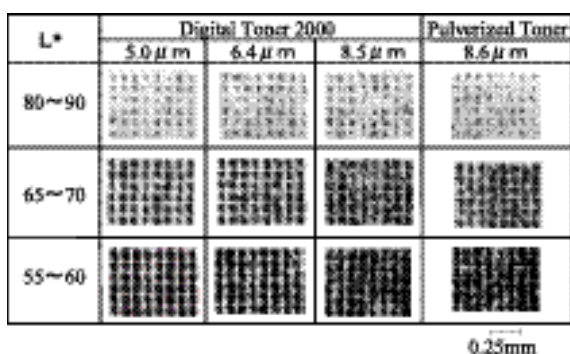


Fig. 6 Dots Reproducibility of Digital Toner 2000 and Pulverized Toner.

ドット再現性の向上が実際にどの程度画質の向上として人間の目に映るかを定量的に評価するため、画像ノイズの評価を行った。画質の評価にはいくつかの方法が提案されているが、ここでは青山らの方法⁵⁾に準じ、濃度の変動を人間の眼の解像力で補正し、明度の標準偏差をノイズとした。具体的には、シアン画像に補色フィルターをかけマイクロデンシトメーターにて濃度変動を測定し、解析した。結果をFig. 7に示す。

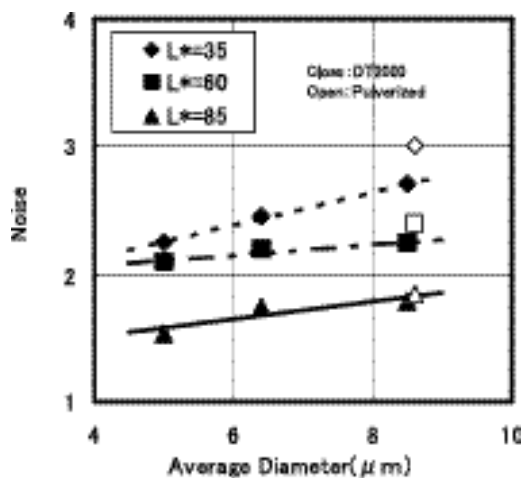


Fig. 7 Relation between Particle Size and Noise.

Fig. 7 から、DT2000は同一粒径でも粉砕トナーよりノイズが小さく、小粒径化によりさらにノイズが低減されていることがわかり、Fig. 6 に示したドット再現性がノイズに反映されていると言える。

Fig. 8 にDT2000及び粉砕トナーで形成したコピー像の拡大写真を示した。DT2000の方が文字周辺部のチリや横線の乱れが少なく、全体的にすっきりと再現されており、かなりオリジナルに近い画像が得られていることが確認できる。

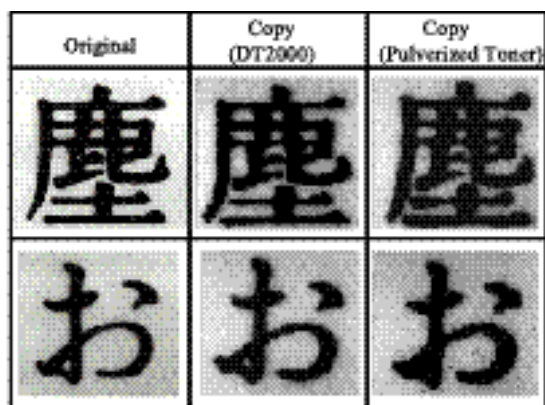


Fig. 8 Characters Reproducibility of Digital Toner 2000 and Pulverized Toner.

5 DT2000の電子写真特性 ~ 耐久性 ~

二成分現像剤において、現像剤の耐久性を決定する大きな要因として、トナーによるキャリアの汚染、いわゆるトナースペントが挙げられる。従って、トナー側からの耐久性向上へのアプローチとしては、トナースペントの低減が考えられる。

Fig. 9 に8.5 μm粉砕トナーと混合し、コピーを繰り返したキャリア表面の電子顕微鏡写真を示した。

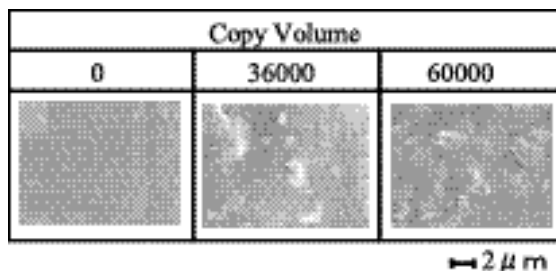


Fig. 9 Surfaces of Carriers in Developer.

コピー数の増大とともにキャリア表面に付着している

つぶれたトナーの量が多くなっている様子が観察できた。このスペントしたトナーの大きさは、つぶれた状態で最大4 μm 程度であり、もとの粒径を算出するとおよそ1 μm 程度の微粉であることがわかる。このことから、微粉量の多いトナーほどトナースペントが生じやすいと考えられる。

微粉の存在する理由としては、一般的な粉砕トナーでは、

粉砕時に生じ、分級で除ききれない微粉の存在
粉砕時に加えられた衝撃により内在する歪みに起因する機内での破碎微粉の生成

が挙げられる。DT2000においては、粒度分布が非常にシャープであること、製造過程で内部歪みが生じず機内での破碎微粉が生じにくいと考えられることから、トナースペントが進行しにくいと考えられる。

そこで、微粉量に注目した粒度分布の測定を行った。

Fig.10に、シスメックス(株)製フロー式粒子像分析装置FPIA-2000により測定した粒度分布を示す。

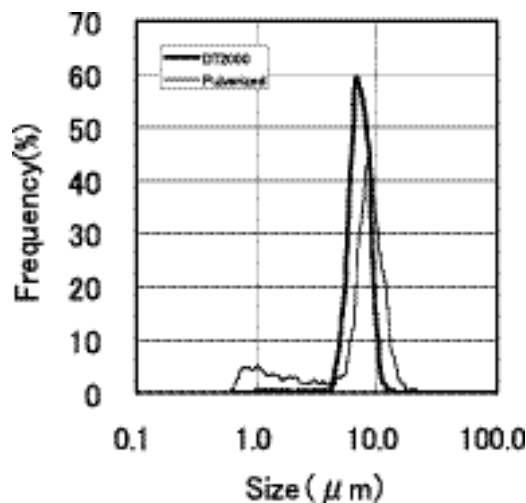


Fig.10 Particle Size Distributions of Polymerized Toner and Pulverized Toner measured by FPIA-2000

従来から一般的に用いられている電気抵抗式、レーザー散乱/回折式の粒度分布測定装置は、その測定原理からトナースペントの原因となる1 μm 程度の粒子の検出が不得意であった。FPIA-2000はストロボ撮影した粒子像をCCDカメラでコンピュータにとりこみ、画像解析により粒度分布を求めるものであり、数十ミクロンからサブミクロンまでの粒子を同一条件で計測できる。Fig.10から、粉砕トナーでは従来の装置では検出されていなかった1 μm 程度の微粉領域に粒子が存在することが確認さ

れたのに対し、DT2000では微粉領域に粒子が検出されず、微粉が存在しないことが明らかになった。このことから、DT2000は粉砕トナーよりトナースペントが生じにくいと予想される。

次に、実際にコピーを繰り返した現像剤中のトナー微粉量の変化とトナースペントの推移を調べた。実験には画質向上の見込まれる体積平均径6.5 μm のDT2000を用い、比較として上市されているコニカ製体積平均径8.5 μm の粉砕トナーのデータを示した。微粉量としては、実験の簡略化のため、コールターカウンターTA- で測定した4 μm 以下の粒子の個数%を用いた。結果をFig.11及びFig.12に示す。

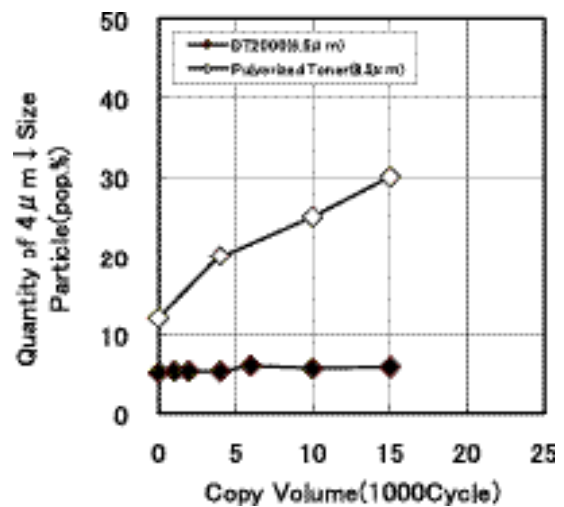


Fig.11 Fluctuation of Quantity of Particles smaller than 4 μm .

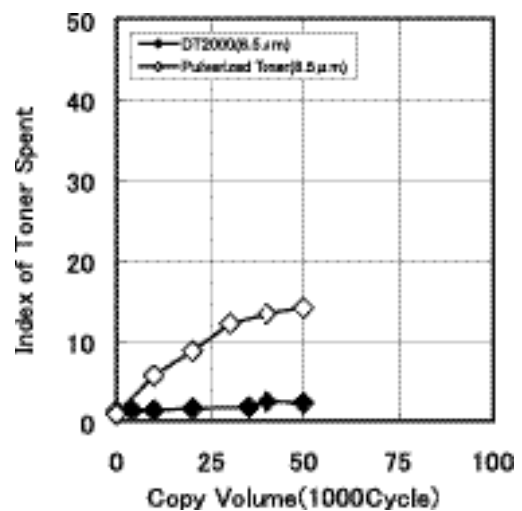


Fig.12 Fluctuation of Spent Toner on the Carrier during Print Test.

微粉量は、粉砕トナーではコピー数とともに増大しているのに対し、DT2000では増加がほとんど見られない。トナーペントの推移は、微粉量の変化と同様の傾向を示している。このことから、微粉量とトナーペントがよく対応しており、DT2000は微粉量が少ないためにトナーペントが起りにくく、耐久性向上に有利であると言える。

なお、今回評価に使用したトナーの形状は、Fig. 2の中央と同等レベルである。評価機のクリーニングプロセスはブレードクリーニングであるが、クリーニング不良の発生は認められなかった。過去の報告^{2), 4)}にもあるように、トナー形状が真球からわずかに異形化するだけで、ブレードクリーニングの効率は著しく向上している。

6 Life Cycle Assessment

続いて、DT2000と粉砕トナーの環境への影響を調べるために、両者についてLife Cycle Assessment (LCA)を実施し、比較した結果について報告する。LCAは製品の原料調達から、製造、製品使用、廃棄に至るLife Cycle全体にわたる環境負荷を調べるものであるが、今回は顔料とモノマーからトナー母体製造する工程以外は共通であることから、このトナー母体製造工程のみを評価の対象とした。なお、計算の簡略化のため、トナーは樹脂と顔料のみからなる単純な系を用い、抽出項目はCO₂、SO_x、NO_x排出量とした。

Fig.13にシステム境界を、Table 2に計算に用いた原単位と出典を示した。結果をFig.14に示す。DT2000の製造法では粉砕法に比べてCO₂、SO_x、NO_x排出量をいずれも約60%に低減できることがわかる。

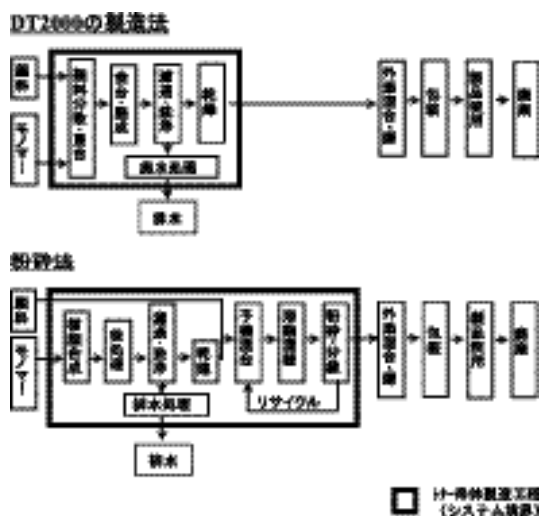


Fig.13 System Boundary of Life Cycle assessment.

Table 2 Primary Units to use calculation.

	CO ₂ (kg/kg)	SO _x (g/kg)	NO _x (g/kg)	備考	出典
カーボンブラック	0.677	0.293	1.715		a)
界面活性剤	0.785	0.513	1.458		a)
斜水	0.000	0.000	0.000		b)
Stモノマー	1.040	0.000	0.000	CO ₂ のみ	d)
Acモノマー	1.040	0.000	0.000	Stで置き換え	d)
開始剤	0.000	0.000	0.000	無視	
連鎖増強剤	0.000	0.000	0.000	無視	
NaOH	0.624	0.696	1.397	リチウム工業製品	d)
塩	0.000	0.000	0.000	無視	
斜水	0.000	0.000	0.000		b)
工業用水	0.000	0.000	0.000		b)
排水	0.000	0.000	0.000	無視	
蒸気	0.010	0.000	0.000	低圧蒸気	b)
電力	0.394	0.235	0.165		c)

a)産業連関表1990年度版より算出(東京Easy-LCA)
b)NEDO-GET8509 c)NEDO-GET9719
d) (社)化学経済研究所「基礎素材のEILK-解析調査報告書」

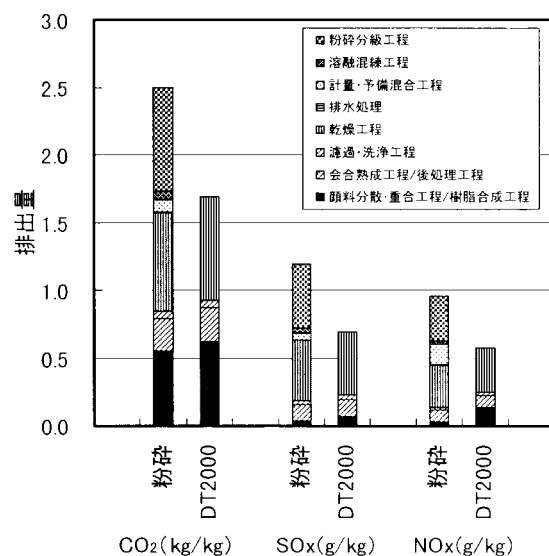


Fig.14 Comparison of Digital Toner 2000 and Pulverized Toner about Environmental load.

7 まとめ

高画質化を目的としたトナーの小粒径化に対応し、形状制御が容易であり、粒度分布がシャープなDigital Toner 2000を用いた現像剤の開発を進めている。その特性を評価したところ、以下の3点が明らかになった。

ドット再現性は同一粒径でも粉砕トナーより高く、小粒径化するに従いさらに向上する。その結果、画像ノイズが低減され、文字再現性も向上する。微粉量が少ないため、トナーペントが少なく、耐久性向上にも有利である。

粉砕法に比べてCO₂、SO_x、NO_x排出量を約60%に低減できる。

8 謝辞

本検討を進めるにあたり、画像ノイズの評価についてアドバイスをいただきましたコーポレートラボラトリーグループ中央研究所、LCAの実施についてご指導いただきましたコーポレートラボラトリーグループ環境安全推進室、同じくLCAの工程データ採取にご協力いただきました(株)コニカサプライズの皆様に感謝致します。

参考文献

- 1) “電子写真トナーおよび構成材料の開発と高画質化、フルカラー化” 技術情報協会 (1998)
- 2) 林健司、神山幹夫、菊地智江、辻田賢治、Japan Hardcopy'94 論文集、81(1994)
- 3) 神山幹夫、第2回ポリマー材料フォーラム講演要旨集、177(1993)
- 4) 林健司、菊地智江、神山幹夫、コニカテクニカルレポート、9、83(1996)
- 5) 青山耕三、榎本洋道、洪博哲、日本写真学会誌、57、(6)、392(1994)