

(1) 消去可能トナー「e-blue™」及び周辺技術

(採用機種：e-studio 350 EB / 東芝テック)

高山 暁

株東芝 研究開発センター 主任研究員

1 . はじめに

紙は、我々の生活に欠かせない道具である。紙の用途は様々であるが、短期間で使い捨てることが多いため、昔からリユースやリサイクルそして紙ゴミのリデュースが取り組まれてきた。

我々は、オフィスで使われている OA 用紙の廃棄量を削減できる消去可能トナー「e-blue™」を開発し、紙のリユースシステムとして新しく提案した。

今回、消去可能トナーe-blue™に関して、開発の背景、原理の紹介、具体的なリユース方法、導入効果、そして周辺技術に関して紹介する。

2 . 紙に関する社会動向

初めに、紙を巡る社会情勢から説明する。図 1 に紙・板紙の年間消費量が多い上位 7 カ国と、各国における一人あたりの年間消費量をまとめた。最も多く紙を消費しているのは米国、第二位は中国、日本は第三位である。さらに注目すべきは、近年、経済成長の目覚ましい中国における一人あたりの消費量は、他 6 カ国と比べて極めて少ないことである。将来的には、中国でも一人あたりの消費量が日本並みになることが予測さ

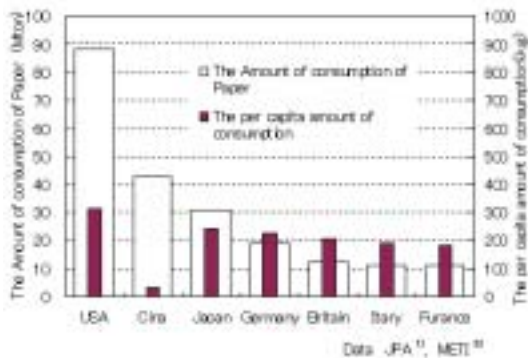


図 1 , 各国の紙の消費量(2002)

れ、王子製紙が発表した中長期経営計画¹⁾では、北京オリンピックが開催される2008年から5年後までには、米国の消費量と肩を並べると推定されている。

次に、紙・板紙の生産量の推移を図 2 にまとめて示す。パーソナルコンピューターが普及し始めた 1990 年頃には、情報の電子化により、紙の必要性が低下して消費量は減ると予測されたが、生産量は増加し続けているのが事実である。

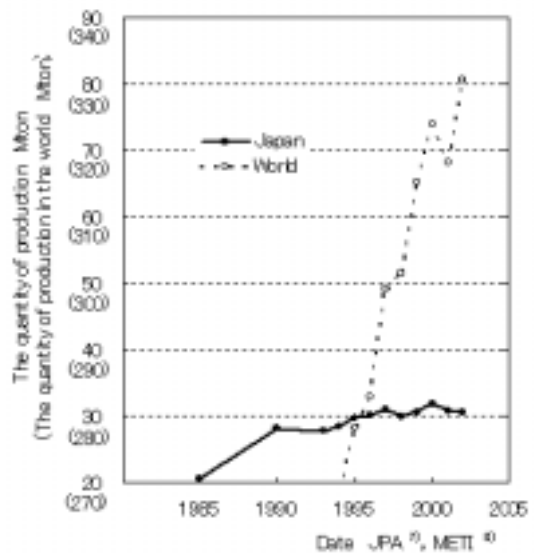


図 2 , 紙の生産量の推移(日本と世界)

次に国内に注目する。近年、循環型社会を確立するために、「再生資源の利用の促進に関する法律」が定められた。製紙業界においては古紙利用率の目標を定めた自主行動計画が推進されている。さらにはグリーン調達意識が高まり、古紙配合率の高い再生紙を優先して使う企業が増えている。これらの変化によって紙・板紙全体の回収率は毎年向上している。しかし、その回収率は新聞紙や段ボール・模造紙がほぼ 100 % であるにも拘わらず、これら以外の回収率が低いため、

全体が引き下げられている。図 3 に示すように、特に生産量の最も多い印刷・情報用紙については何らかの対策が必要だと考えられる。

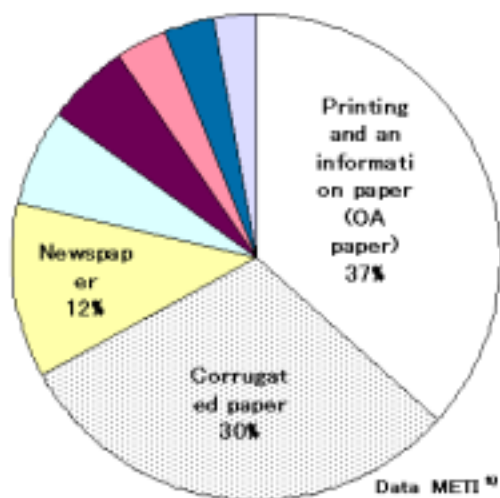


図 3 , 各種用紙の生産量 (2002)

OA 用紙の削減について、これまで各企業は ISO14001 の対応などによって、オフィスの中での紙削減対策をいろいろとチャレンジしてきた。しかしながら「両面印刷・裏紙使用」「電子データ化」「極力アウトプットをしない」等その削減手法にも限界があり、前記データに示されているように、年々増える紙に対して、対策が追いつかないのが現状である。そこで OA 用紙の新しい使い方の開発が必要となり、リライタブルペーパーや電子ペーパーなど²⁾の新規技術も開発されてきた。しかし、我々は、紙の側ではなくトナーの方に着目した。印刷・情報用紙の中でも、オフィスで使われる OA 用紙を対象を絞り、その消費量を減らせる画像材料の技術開発を行い、新たな紙のリユースシステムを構築した。

3 . 消去可能トナー「e-blue™」の発消色原理

使用済の紙が廃棄されるのは、使用者にとって不要な印字画像が残っているためである。この不要な画像情報を消すことができれば、再び紙は使用可能な状態となる。不要画像を消すために、熱または溶剤の接触により画像を無色化できる画像材料技術を応用して、消去可能トナーを開発した³⁾⁻⁵⁾。



図 4 , 消去可能トナーの消去原理

図 4 に、消去可能トナーの消去原理をまとめた。印刷時のトナーは、ロイコ色素が顕色剤と相互作用して発色状態にある。ロイコ色素とは単独では無色であるが、顕色剤と相互作用することにより、分子構造変化を生じて発色する染料である。この染料は、感熱紙などに広く応用されている。消去可能トナーは、この色素の発色反応の逆反応を応用している。

消去においては、トナーに内包した染料と顕色剤が加熱（または溶剤の接触）により相互作用が切れ、色素は無色な状態に戻る。一方、相互作用を失った顕色剤は拡散により移動して、顕色剤の捕獲物質に到達する。顕色剤はそのまま捕獲物質に固定されて、再びロイコ染料に作用することはなくなる。結果として染料は再び発色体に戻る機会はなく、画材は色が消えたまま固定される仕組みである。

したがって、消去可能トナーでは、ロイコ染料を適切に選択することにより、e-blue™の色である青系だけではなく、黒やマゼンタなど様々な色を呈するトナーを実現することができる。

4 . 「e-blue™」による OA 用紙のリユース

前述したように、e-blue™には二種の消去方法がある。溶剤を用いる消去方法は画像を完全に不可視化できる長所はあるが、我々はオフィス内 OA 用紙のリユースシステムを想定したため、多量の溶剤を内蔵する装置は受け入れ難いと判断して見送ることにした。我々はより簡便な熱消去を採用することに決定した。

図 5 に、消去可能トナーを使った OA 用紙のオフィス内リユースのイメージ図を示す。文章は消去可能トナーを内蔵した電子写真プリンターで印刷する。さらに



図5 , 消去可能トナーを用いたオフィス内紙リユースシステム

同じ原理をインクに応用したボールペン・マーカーを筆記具として使用すれば、加筆という紙の利点を生かすことができる。使用済みの文書は分別回収を行う。分別の際、一目で消去できる印刷物であることがわかるように、トナーの色を青色とした。分別回収した使用済みの書類は束のまままとめて専用の消去装置に入れて、加熱により無色化する。消去後、無色化した紙を再びプリンターに紙を戻してリユースするシステムである。

我々は、図6に示すようなオフィスで使用可能な専用の消去装置を開発した。省電力設計及び使用者が手軽に使える点を考慮した。省電力設計として、わずかな消費電力で大量に消去が可能(約450Whで約400

枚のA4サイズOA用紙をまとめて加熱消去)にした。また、オフィスでも簡単に利用できるように、消去装置は、コンパクト且つボタン一つで操作できるように設計した。

消去可能トナーを使用すると、原理的には何度でも印刷と消去を繰り返せるが、紙の傷みや黄ばみを考慮すると、多くて10回の使用が妥当と考えられる。

紙を束で熱消去する方法では、熱による紙の変色、画材の軟化によって生じる紙同士が貼り付く問題、そして画像の消え残りである残像問題を最小化する必要がある⁹⁾。特に、残像の発生には留意しなくてはならない。図7に示すように、熱消去では画像の色は消せてもトナーの主成分である樹脂が紙の表面に残るため、樹脂の形跡から消す前の画像を読み取ることができる。



図6 , 専用消去装置 (TMD-HE-02)

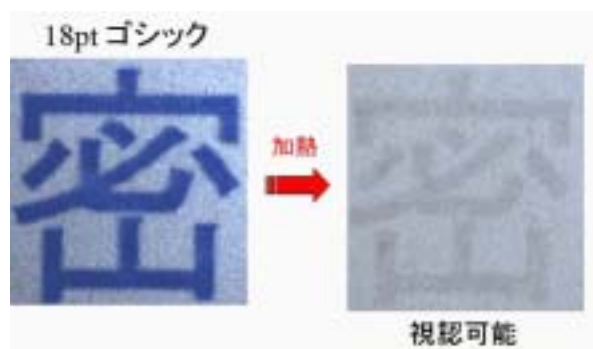


図7 , 熱消去で生じる残像画像

これは消去可能トナーの消去性能をいかに向上させたとしても、回避できない問題である。したがってオフィス内での通常文書に使用する場合には問題はないが、秘密文書を扱う場合には、熱消去処理では十分ではないことに注意する必要がある。（溶剤を用いずに画像を完全消去する方法に関しては、周辺技術として後に別途記載する。）

5. 導入効果

OA 用紙のオフィス内リユースの効果を確認するために、弊社において半年の導入試験を実施した。結果を図 8⁶⁾に示す。

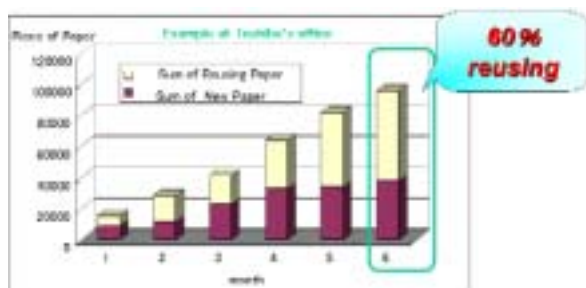


図 8 , 消去可能トナーによる紙消費量の低減効果

各自のパソコン設定において、消去可能トナー用プリンターを「通常使用するプリンター」に設定し、社外への提出文書などは通常のモノクロプリンターに切り替えて使用することを社内ルールとして試験を実施した。グラフは 6 ヶ月間のデータをまとめたものである。新規購入用紙と消去可能トナーで印刷して、実際にリユースした紙の枚数を積算値で示した。結果として、OA 用紙の使用量を約 60 % 削減することが確認できた。例えば ISO14001 の環境目標として、OA 用紙の消費量削減を掲げた場合、消去可能トナーを使用すれば、必要な印刷枚数を減らすことなく、紙の消費量のみを削減することができる。

次に、消去可能トナーによる紙削減の環境影響について LCA の評価を行った結果¹⁰⁾を示す。そのうち二酸化炭素の排出量に関して図 9 に示す。

原稿を 10,000 枚印刷する場合に関して、通常のモノクロトナーを使用した片面印刷と消去可能トナーを使用した印刷について、二酸化炭素の排出量を比較評価

した。消去可能トナーの使用に関しては、OA 用紙一枚につき消去を 4 回行い、5 回リユースしたケースとした。結果として放出二酸化炭素量は約半分となることが判明した¹⁰⁾。消去回数を増やせば、さらに削減効果を大きくすることも可能である。

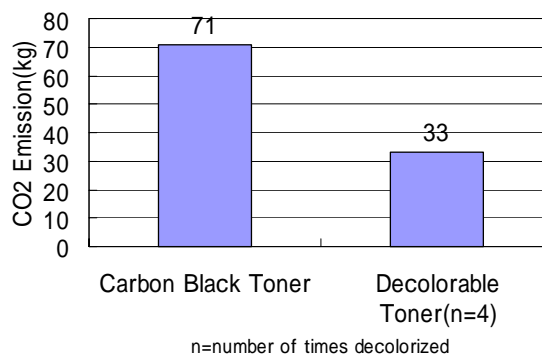


図 9 , CO₂ 放出量の比較

(Printing jobs is 10000 sheets)

6. 周辺技術（画像の不可視化方法）

新規画像形成材料としては、消去可能トナー技術はまだ発展途上にある。より発色が濃く、より残像が薄いトナーを得る材料開発に関しては、近い将来、報告を予定している。今回の報告では、2005 年 11 月に発表した消去可能トナー印刷画像を完全消去する新規プロセス技術¹¹⁾を紹介することにする。

画像の可視・不可視は光学的物理量だけで決まる条件ではなく、人間の「認識」「認知」を介して定まるものである。したがって可視と不可視の間には、心理学的・生理学的因子が影響する。

生理学的に「不可視化」を則す要件として以下の手段が有効である。

図形の不規則化（図と地の分凝障害¹²⁾）

明度の均質化（リープマン効果¹³⁾）

図形の細分化（面積効果¹⁴⁾）

前述の加熱消去では、明度の均質化はできるが、それだけでは図形は不可視にはならない。消色した画像において、その規則性が低いこと、面積細分化がなされていることが、不可視要件として重要になる。特に と の要件が同時に満たされていれば、人間の眼

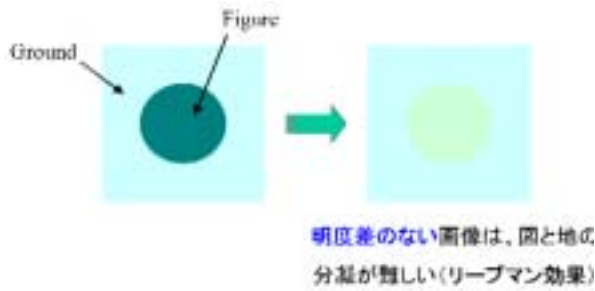


図 10, リーブマン効果

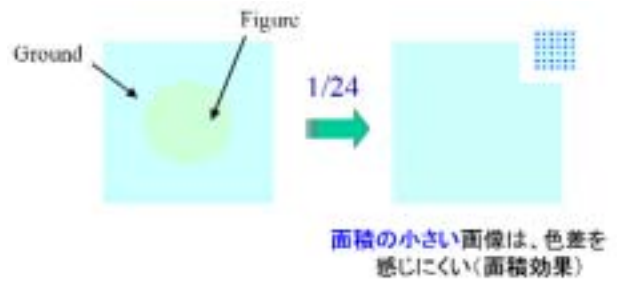


図 11, リーブマン効果と面積効果

には認識することができなくなる。その実例を図 10 と図 11 に示す。図 10 はリーブマン効果の画像例、図 11 はリーブマン効果に面積効果を加えた画像例である。図 11 ではリーブマン効果で認識しにくい状態であった円図形は、図 11 では肉眼では認識不可能に近い状態となっていることが判る。

と の要件を満たす具体的手段として幾つかの方法が考えられたが、我々は加熱の前段階として、研磨による機械的剥離工程を付加することが適当であると判断した。更に、研磨により発生した付着物の除去工程も必須となる。新たに考案した完全消去プロセスの概略を図 12 に示す。

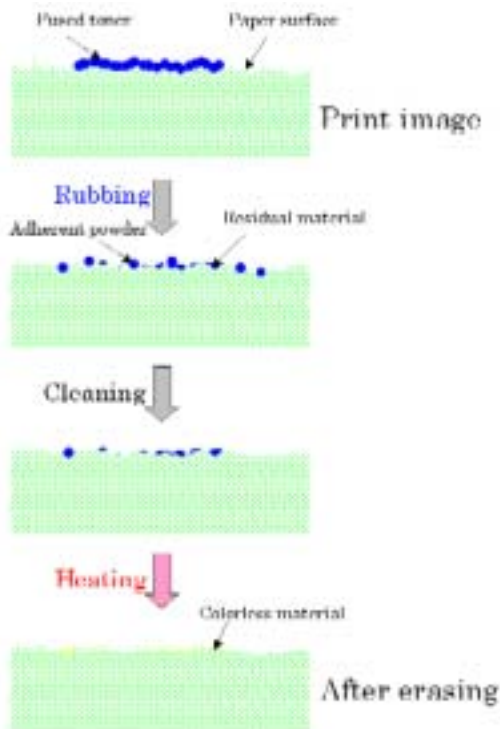


図 12, トナー画像の完全消去プロセス

試作した画像の完全消去の機能検証機は表面研磨と加熱を行い、 の要件を満たして、画像の不可視化を達成する装置である。図 13 に、試作機の概略構成を示す。具体的には、使用済の紙の表面近傍に定着したトナー画材を機械的に部分除去する研磨工程、研磨工程後に紙表面に遊離した状態で付着している研磨屑を除去するクリーニング工程、研磨工程とクリーニング工程後に紙の内部に残った画材を無色化する加熱工程を連続して通す枚葉処理装置である。

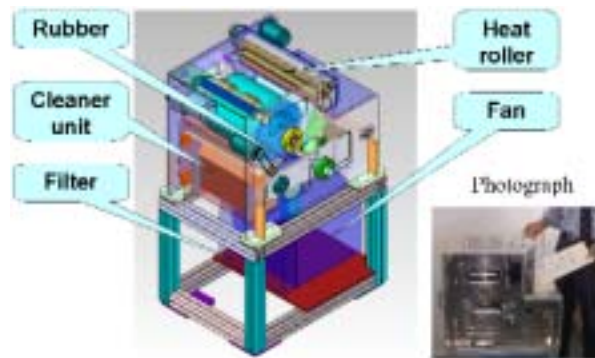


図 13, 画像完全消去機能検証機

試験機を用いた 18pt ゴシック文字画像の完全不可視化過程を、図 14 で画像の各プロセス後の状態写真を載せる。(b)の研磨工程後、画像は細分化、不規則化、輪郭の消失が進んでいるが、まだ可視状態である。これが(c)の加熱後には完全な不可視状態となっていることが判る。以上のように、画像の完全消去を実際に確認することが出来た。

現在、秘密文書は e-blue™印刷でもシュレッダーで処分している。画像完全消去装置は、「使える白紙を生むシュレッダー」として、機密保持と紙のリユース

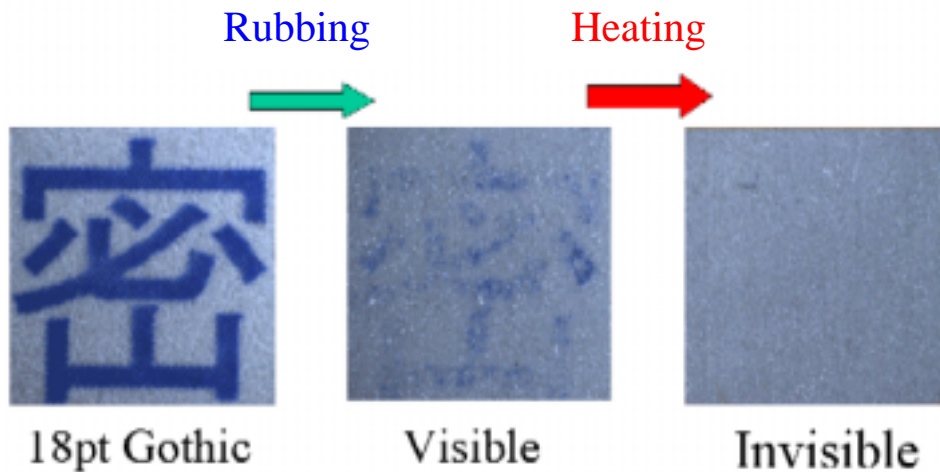


図 14 , 消去可能トナー画像の完全消去

を同時に実現できる、新しい紙リユースシステムに繋がる技術になることを期待している。

7. まとめ

OA 用紙の消費量を削減する目的を達成するために、熱により無色化する消去可能トナー「e-blue™」を応用した新しいリユースシステムを提案した。新規システムは、オフィスにおける ISO14001 対応や環境経営のアイテムとして、大きな成果をあげると期待できるものである。

消去可能インク・トナー技術は今も進化を続けており、今後、更に新しい環境製品やシステムを生むことが期待される。

< 補足 >

消去可能インク・トナー技術は、2005 年度の日経地球環境技術賞を受賞いたしました。

参考文献

- 1) 王子製紙株式会社 , 中長期経営計画 , 2003 年 6 月 16 日
- 2) 例えば「電子ペーパーの最新技術と応用」面谷信著、シーエムシー出版(2004)
- 3) 佐野健二 , 池田成 , 町田茂 , 高山暁 , Japan Hardcopy 99 予稿集 , B1 , 209(1999)
- 4) S. Takayama, S. Machida, N. Ikeda, and K. Sano, Proceedings of IS&T s NIP 15, 323(1999)

- 5) K. Sano, Proceedings of IS&T 's NIP17, 24(2001) .
- 6) 松村文代, 五反田武志, 高山暁, 佐野健二, 古澤憲吾, 齊官貞雄, 小倉靖弘 , Japan Hardcopy 2005 予稿集 , 177 (2005) .
- 7) 日本製紙連合会
<http://www.jpa.gr.jp/index.html>
- 8) 経済産業省/経済産業政策局調査統計部
紙・パルプ統計年報
- 9) S. Takayama, N. Ikeda, T. Gotanda, K. Sano, 2005 Beijing International Conference on Imaging Preprint of extended abstract, 14 -15(2005) .
- 10) I. Tanaka, K. Sano, K. Minakami, N. Takeyama, H. Kagami, K. Haruki, The fifth international conference on eco balance, S1-79 proceedings, 243 (2002)
- 11) 高山暁, 五反田武志, 佐野健二 , Japan Hardcopy 2005 Fall Meeting 予稿集 , 100(2005) .
- 12) E. Lubin, ' Visuell wahrgenommene Figuren ' , P1, Copenhagen (1921) .
- 13) S. Liebmann, Psychol. Forsch. , 9, 300 (1927) .
- 14) E. G. Wever, Amer. J. Psychol. , 38, 194 (1927) .

禁無断転載

2005 年度
ビジネス機器関連技術調査報告書(“ -3”部)

発行 社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会
技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0003 東京都港区西新橋 3 丁目 25 番 33 号

N P 御成門ビル 4 階

電話 03-5472-1101

FAX 03-5472-2511