

紙のリサイクルを促進する消去可能インク

Decolorable Ink to Promote Paper Recycling

佐野 健二
SANO Kenji高山 暁
TAKAYAMA Satoshi町田 茂
MACHIDA Shigeru

ごみの体積の40%が紙なのは不要なインクが付いているからで、これが簡単に消せれば、ごみ、古紙再生のエネルギーや薬品、焼却による二酸化炭素(CO₂)の排出量も削減でき、かつ、木材資源の有効利用ができる。消去可能インクは、複写機やプリンタのトナーのほか、ボールペンや普通インクなど多くの応用が可能な画材の総称で、当社ではトナー開発に注力し、他の画材は技術援助により他社が開発している。2000年には、リサイクル関連の法律が六つも成立し、企業はリサイクルに配慮しないで生き残ることはできなくなった。この動きに対応して、このような画材を使用したプリンタなどの需要が見込まれる。

Paper, which accounts for about 40 % of the volume of trash, becomes trash because there is ink on the paper. If it were easy to erase the ink, sheets of paper would no longer be trash. This would also save energy and chemicals for the de-inking process, decrease carbon dioxide emissions, and preserve wood resources. Decolorable ink technology is applicable to toner for copiers and printers, ink for ballpoint pens, and common ink for printing.

Toshiba is developing the toner, and other companies are developing other items in cooperation with Toshiba. Six laws related to recycling were enacted in Japan in 2000, making it necessary for companies in Japan to give careful consideration to recycling. These laws have increased the need for decolorable ink for printers and stationery.

1 まえがき

消去可能インクの開発が必要な理由は、深刻な環境問題対策と法制度対策になるからである。2000年成立した環境関連6法⁽¹⁾は、循環型社会に向けて法的整備がなされたもので、「循環型社会基本法」、「廃棄物処理法(改正)」、「資源有効利用促進法」、「建設資材リサイクル法」、「食品リサイクル法」、「グリーン購入法」から成っている。

これらの法律の意味することを端的に言えば、ごみや廃棄物を出せば、料金を取られるということで、一般の消費者も物を購入するときには環境に配慮し、使用後に廃棄物が出ない物を買わないと損をするということである。また、企業も産業廃棄物を出すことはコストも掛かるうえ、イメージを損ねることになる。現在、事業所から出る物が、例えば一円でも価値がついて資源として出るか、産業廃棄物として出るかは大きな違いである。また、グリーン購入法に適合した物は売れるが、そうでない物は市場から排除されるということである。

プリンタや複写機の世界も、これまでは画質や便利さと購入コストだけが購買の判断基準だったが、今後は廃棄コストのことまで考慮する必要が出てきている。既に、大手複写機メーカーでは、複写機本体の廃棄の際の回収ルートから部品の再利用まで、きめ細かい仕組みが完成している。一方のランニングコストの部分では、トナーカートリッジの回収などが確立しているが、紙に関しては両面印刷が最大の対

策となるにとどまっている。また、紙に関して焦点を絞れば次の事が背景にある。

- (1) 紙の使用量はインターネットやパソコンの爆発的普及で減どころか増えている(図1)⁽²⁾。
- (2) 新聞や出版物など印刷物の総量も減少していない。
- (3) 紙を燃やせばCO₂の排出となる。
- (4) 埋め立てるには、最終処分場はあと数年でなくなる(図2)。
- (5) 新しい処分場建設は各地で紛争になっている。
- (6) 廃棄物処分コストは増加している。
- (7) 古紙再生は簡単ではなく、多くのエネルギー、薬品、

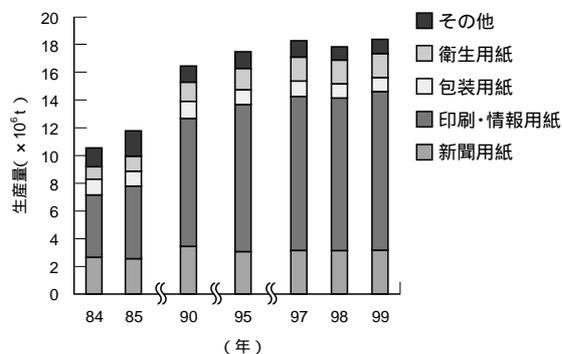


図1. 紙の種類別生産量 印刷・情報用紙は生産量が年々増加している。

Volume of paper produced in Japan classified by type

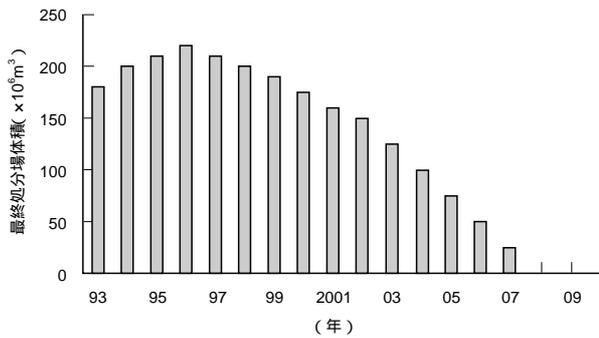


図2. ゴみの最終処分場残余年数 2007年を境に減り始める見込みである。
Capacity of landfill sites in Japan

水などを使用する。

更に、こうした状況に加えて、紙の消費量はその国のGDP(国内総生産)に比例して増大し、現在、中国が日本を抜いて米国に迫ろうとしている。中国やインド、東南アジアのIT(情報技術)化の勢いからすると、今後の紙の世界市場は、需要を賄いきれないことが推定される。

以上のような状況でなぜ紙ごみが発生するかを考えると、紙の上にインクがあるからで、「紙の上のインクが簡単に消去できる」ということがいかに重要な問題解決の命題かわかる。

2 消去可能インク(画材)の原理

簡単に言えば、もともと無色の色素を使って発色させていたものを、元に戻しているのである。これは感熱紙の逆反応なのであるが、単なる逆反応だと再発色する可能性もあるので、消去剤を内蔵しているのが消去可能インクである⁽³⁾⁽⁴⁾。

この様子を図3に示す。最初の段階では色素と顕色剤(発色剤)が結びついて発色しているので、通常のインクやトナーと同じような単なる色材である。使用される原料は感熱紙に使用されている色素と顕色剤、そして特定の高分子化合物などを消去剤として使用している。例えば、体内にあるコレステロールの仲間なども使用可能であり、安全なものから選択できる。そして通常の色材と同様な使用方法を経て、不要になった場合には熱又は溶剤を作用させると、内部の結合が組み変わり、主として顕色剤が消去剤に取り込まれて消色が完了する。

基本原理は簡単であるが使用できる材料は多種多様なため、それぞれの場合において実際のプロセスは複雑になる。現在、有効な場合の数例において、更に深い現象解明の研究を進めている。消去の正確な理解が、このインクモデルのより有効な設計を可能にする。なぜなら、もともと消去剤を内蔵した形なので、ノウハウを知らずに混ぜるだけだとす

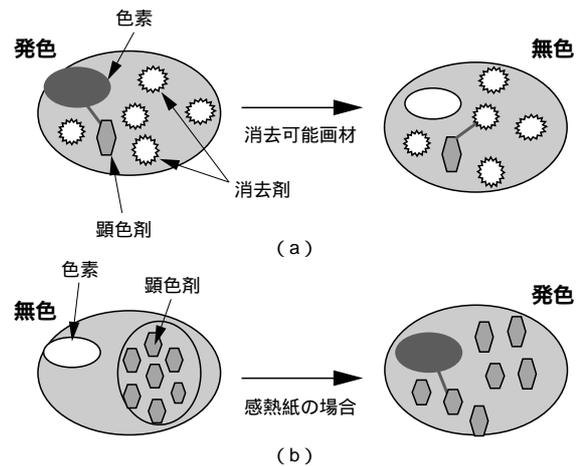


図3. 消去可能インクの原理 (a)は消去可能インクの消去原理、(b)は感熱紙の発色原理を示す。
Principle of decolorable ink

べて真っ白になってしまうからである。消去可能インクは、通常の発色と十分な消去が売りなのである。

3 消去可能トナー

当社製品にある画材のうち、もっともインパクトのあるトナーに絞って開発してきた。トナーは、オフィスでの紙の使用に直結しており、複写機、プリンタなどではサプライ品事業の核である。現在までに当社複写機に最適化して開発しているが、わずかな調整で他社製品にもトナーの詰替えで使用可能なものとなっている。

1998年の報道発表当時は濃度が薄くて使いづらかったが、現状では、青も黒も画像濃度1.0を超え、実用水準になってきた。

トナーの場合、熱消去後はトナープラスチックが表面に残るので反射角度によっては内容が読めてしまう。この画像の消え残りの水準がどの程度までなら許容されるかが実用上の問題となった。そこで、社内で600人のアンケート調査を実施したが、良い画像と比較してどちらを選ぶかという問いかけでは、ほとんどの人が良いほうを選ぶという当然の結果となった。しかし、悪い画像としたのは、両面コピーの裏写りの水準なのである。今日では両面コピーは常識だから、日常使用している水準で十分なはずである。しかし、調査でわかったのは、不満だが仕方ないので両面コピーするという実態であった。それなら熱消去残像もこの水準以上ならば、使用可能ということができる。なお、溶剤消去では何も残らない。

最後にコストであるが、消去可能インクも同じような色素を使うのでカラートナーと同じ水準になると予測している。

4 その他の画材の開発

消去可能インクは3成分の基本構造を維持すれば、成分間の“つなぎ”に相当する部分に変化をつけることでいろいろな画材に応用できる。先に述べたトナーは、バインダ樹脂として通常のトナーに近いものを使用するし、このつなぎがワックスの場合にはクレヨンなど固体インクにすることができる。同じワックスでも、シート状のものにした場合には感熱転写用インクリボンとなる。熱消去するものであるが、つなぎの部分の設計により、熱転写温度を消去温度より下げることが可能である。また、ビヒクル樹脂、溶剤、その他の添加剤などと構成すれば、いわゆる普通のインクになる。このインクは種類がもっとも多く、インクジェットプリンタインクからグラフィックインク、ボールペンインクなどまでの幅広いものである。当社はインク会社ではないので、これらの多くは専門のメーカーに技術援助して他社で開発している。

ロイコ色素^(注1)は、黒、青、赤、緑、黄色の発色が可能で、カラー化にも対応できる。現状では、需要の少ない黒以外の色素の価格が高いという問題があるが、当然、消去可能インクが普及することで大量生産に入り、安くなると期待される。

5 消去方法と効果

原理のところでも触れたが、満身に消去して初めて“消えるインク”である。このような考えや要望は古くからあり、いくつかが実現しているが当社のものに匹敵するものがなかった。当社の技術の最大の特長は、溶剤消去と熱消去の二種類の方法で大量消去できるということである。



図4．溶剤消去実験 紙束の印刷物も、このように溶剤に浸(つ)けると瞬時に消える。

Demonstration of solvent erasing

(注1) もともとは無色だが、顔色剤が作用するとその構造によりいろいろな色がだせる色素。

溶剤消去の場合には完全な消去が可能で、トナーの画像のように、紙面の上にプラスチックの張り付いたような画像を消去できるのはこの方法だけである。しかも、大量に発生する古紙も瞬時に消去した紙にできる(図4)。ただし、溶剤は回収する必要があるし、設備のある工場の場合に限ることになる。

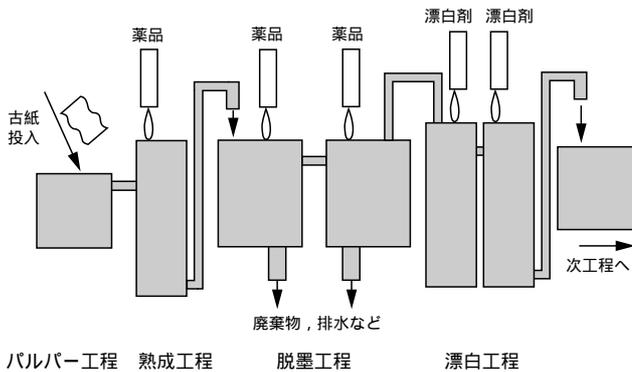
一方、熱消去は従来もあったが、消去の際に顔色剤が昇華するような仕組みだったため、オフィスではできないなどの制約があった。当社の方式ではこの点も改善し、130℃で2時間という条件で数百枚の紙束のままインクを消去している。もちろん、束の厚さなどで時間は長くなるが、廃熱を利用すればエネルギーを掛けずに消去可能である。廃熱源としてはコージェネレーションシステムとの組合せなどが理想的である(図5)。



図5．アイロンによる熱消去実験 実用的には低温(130℃)で、100～1,000枚の紙を束にして同時に消去できる。

Demonstration of heat erasing

さて、本当の効果が発揮されるのは、紙の再生工程と考えられる⁽⁵⁾。紙の再生工程では、紙を水に溶かしてパルプにする工程から始まり、薬品をなじませる熟成工程、インクを粉砕する工程、フローテーター工程と言われる脱墨工程、漂白工程などを経て紙すき工程に入る(図6)。これらの大半はインクを取り除く工程で、同じ工程内で様々な添加物も除かれる。再生紙が着色しているのはインク成分が残っているからで、70%くらいの白色度で再生紙が流通している。この白色度は80%が純白のコピー紙、60%が新聞紙の値であり、わずか10%を上げることは多くのエネルギーや薬品を使用することを意味し環境負荷を増大させる。したがって、需要と環境負荷のバランスをとって生産しているような状況である。消去可能インクの場合には、最初の工程に入る前に消去されている場合、あるいは残存しても通常工程条件で熱やアルカリ薬品で消えてしまうので、再生プラント



パルパー工程：紙を水に溶いて、またパルプにする工程。

図6．古紙再生プラントの概略 古紙再生プラントは、多くの工程で多量の薬品、水、エネルギーを使い、また、多量の廃棄物を発生させる。 Outline of paper reclaiming plant

への負担が非常に小さい。効率良い再生のためには分別回収が重要だが、通常の紙と混ぜても十分効果を発揮でき、プラントの再生の負担を低減すると考えられる。

6 電子ペーパーとの比較

最近、電子ペーパーとかデジタルペーパーなどという用語がよく聞かれる。この意味するところは、紙の利便性を備えた電子ディスプレイということで、次の事がらが基本的性能と考えられる。

- (1) 印刷レベルの読みやすさ
- (2) 消去・再書込みの容易さ
- (3) 表示維持のエネルギーが不要、など

その意味では、既にこの特性は備えているのが消去可能インクである。現在までは、紙の使用量を削減することが目的とされているがこの究極の目的はあいまいにされている。候補技術の仕様は上記特性を満たしても環境保護が最終目的だとしたら、電子ペーパーを構成している紙のように薄く

柔軟な液晶ディスプレイなどの回路内蔵物の廃棄の問題も、コストを含めて議論する必要がある。

7 あとがき

当社外での製品化の動きが活発で、近く筆記具などいくつかの製品が出る見込みである。今後、オフィス関係の物から順に進み、最終目標は新聞や雑誌印刷への応用である。より広く使われることで、この消去可能インクの効果が発揮されると考えられる。

文献

- (1) <http://www.env.go.jp/recycle/index.html>
- (2) http://www.meti.go.jp/statistics/data/h_main.html
- (3) 高山 暁 . 消去可能インクの開発 . ファインケミカル . 28, 13, 1999, p.18 - 25 .
- (4) 町田 茂 . 消去可能色材 . 色材 . 73, 7, 2000, p.339 - 344.
- (5) 佐野健二 ,ほか . 紙とインキとリサイクル . 東京 ,丸善 ,2000, 118p.



佐野 健二 SANO Kenji, D.Eng.

研究開発センター 表示材料・デバイスラボラトリー研究主幹, 工博。消去可能インクの開発に従事。日本化学会, アメリカ化学会会員。
Display Materials & Devices Lab.



高山 暁 TAKAYAMA Satoshi

研究開発センター 表示材料・デバイスラボラトリー主任研究員。消去可能インクの開発に従事。応用物理学会, 日本化学会, 高分子学会会員。
Display Materials & Devices Lab.



町田 茂 MACHIDA Shigeru, D.Eng.

研究開発センター 表示材料・デバイスラボラトリー研究主務, 工博。消去可能インクの開発に従事。日本化学会, 高分子学会, アメリカ化学会会員。
Display Materials & Devices Lab.