



レーザーアブレーションによる使用済みPPC用紙からのカラートナー除去の試み

東京農工大学 大学院 農学研究院 環境資源物質科学部門 安藤恵介、服部順昭

はじめに

オフィス等におけるコピー機やプリンタ等の普及につれて、PPC用紙の消費量が相対的に増えているものの、機密保持などの点から、使用済み用紙の大部分はリサイクルされずに廃棄されている。本研究室では、使用現場でのリユース技術を開発すべく、レーザーアブレーションを用いたトナー除去の基礎研究を行ってきた。その結果、黒色トナーを除去するアブレーションの条件は概ね確立できたので、今回は、レーザーアブレーションによるカラートナー除去の可能性について検討した。

実験方法

サンプル

サンプルは、市販のPPC用紙にシアン、マゼンタ、イエロー、ブラックのトナー別に13 mm四方のベタ塗り画像を印刷したものとした(図1)。



図1 サンプル画像

PPC用紙: 日本製紙 リボスタンダード
トナー: brother TN-291シリーズ (brother HL-3170CDW)

レーザーアブレーション

アブレーションは、サンプルをXZテーブルで移動させながら、そこに3波長可変のQスイッチNd:YAGレーザー(Continuum Powerlite-Precision 9010)を照射することで行った。用いたレーザー光はビーム径10 mm、パルス幅8 ns、繰り返し数10 Hzで、テーブル移動速度を20 mm/sとしたので、ビームの重なり幅は最大で7 mmとなる。

アブレーションを効率良く行うには、PPC用紙に吸収されず、カラートナーのみに吸収される波長のレーザー光を選ぶ必要がある。そこで、吸収スペクトルよりトナー除去に適切な波長を選択し、フルエンス(1パルス照射時の被照射面における単位面積当たりのエネルギー)やスキャン(用紙を移動させながら、ビームの重なりが7 mmとなるようにレーザー照射を繰り返し、用紙全体のトナーを除去する操作)の回数を変えて検討したところ、波長355 nm、フルエンス $2.55 \text{ mJ} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{pulse}^{-1}$ でスキャン回数が2回の場合が最適であった。

評価方法

トナー除去後の紙面の評価は、表面状態の目視による観察、照射前後の輝度・RGB値の測定より算出された輝度・RGB値回復率の両方で行った。測定は、サンプル画像を、24 bitカラー、解像度600 dpiの条件でスキャナ(EPSON GT-F720)を用いてパソコン上に取り込んで、処理ソフト(Adobe Photoshop CS2)上にて行い、以下の式で回復率を算出した。

$$\text{回復率(\%)} = \frac{\text{トナー除去後の輝度} \cdot \text{RGB値}}{\text{元の紙(印刷前)の輝度} \cdot \text{RGB値}} \times 100$$

結果と考察

カラートナー除去に適切な波長の検討

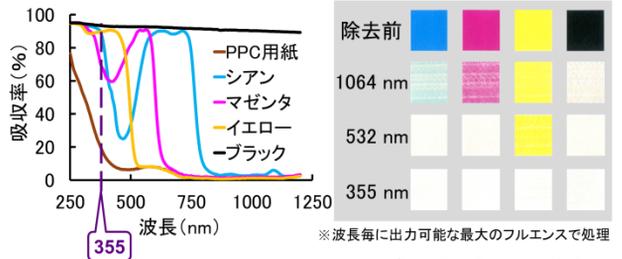


図2 紙とトナーの吸収スペクトル

図3 各波長での除去前後のサンプル画像

・波長355 nmが3波長の中でアブレーションに最適であると判断できた(図2)

・波長355 nmのレーザー光をサンプルに照射したところ、黄変が若干生じたものの、概ねトナーが除去できた(図3)

⇒カラートナーの除去には波長355 nmが最適と示唆された

波長355 nmにおける適切なフルエンスとスキャン回数の検討

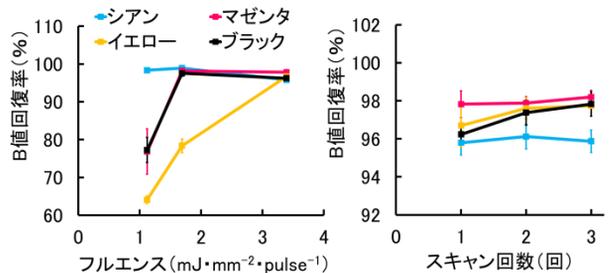


図4 フルエンス別B値回復率

図5 スキャン回数別B値回復率

- ・輝度・RGB値回復率のうち、B値回復率が最も大きく変動
- ・フルエンス $1.69 \text{ mJ} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{pulse}^{-1}$ 以上で高い回復率(図4)
- ・ $3.39 \text{ mJ} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{pulse}^{-1}$ でシアンのB値回復率が低下(図4)
- ・イエローのB値回復率は $3.39 \text{ mJ} \cdot \text{mm}^{-2} \cdot \text{pulse}^{-1}$ で最大(図4)
- ・スキャン回数は、イエロー及びブラックでは1回より2回で高い回復率(図5)

本実験での最適条件でアブレーションを行った結果、図6、7の通り、トナーが概ね除去できた(回復率98%以上)。

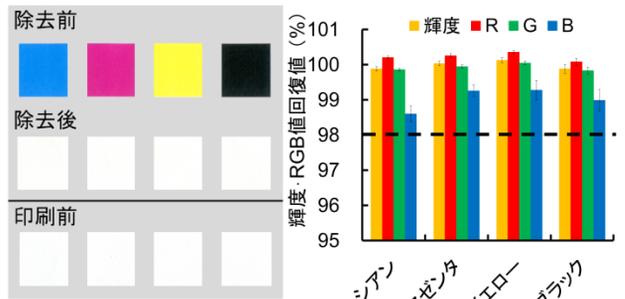


図6 最適条件での除去前後のサンプル画像

図7 最適条件での除去後の各回復率

まとめ

- ・波長355 nmのレーザー光を用いた単色のカラートナー除去における最適条件を求めることができた
- ・カラー印刷されたPPC用紙のリユース基礎技術が確立できた