

インクジェットプリントのオゾン強制劣化における 試験環境の影響

Influences of Various Test Conditions on Accelerated Ozone Fading of Inkjet Prints

宮澤 一 宏*
Miyazawa, Kazuhiro

須田 美彦*
Suda, Yoshihiko

要旨

オゾン強制劣化における試験環境（オゾン濃度・相対湿度・温度・気流）の影響を、様々なインクとメディアの組合せで検討した。試験環境の影響の程度は、インクやメディアに固有ではなく、その組合せにより異なっていた。また、インク・メディアの組合せによって、気流影響と温度影響の関係が異なることから、退色反応には a) オゾンの拡散、b) オゾンと色素の反応、の2つの過程の関与が推定された。オゾン強制劣化試験でプリント寿命予測するには、試験環境影響を十分調査し、適切な環境条件を選択することが重要である。

Abstract

We studied the influences of such various test conditions as ozone concentration, relative humidity, temperature, and gas flow rate in a test chamber on an accelerated ozone fading test with various ink/media combinations. The influences of these test conditions were found to depend not on inks or media independently but upon ink/media combinations, and various ink/media combinations exhibited differing influences of temperature and gas flow rate. These results suggest the existence of two processes: the diffusion of ozone gas and the reaction of ozone gas with dye. In order to predict print life via an accelerated ozone fading test, the influences of various test conditions must be investigated and appropriate combinations of those conditions selected.

1 はじめに

近年、プリンター、インク及びメディア（用紙）の性能向上により、インクジェット（以下IJと記す）プリントの画質は急速に向上し、銀塩プリントに匹敵する画質を達成できるようになってきた。そして現在、IJプリントの画像保存性の重要度が高まっている。特にオゾンに代表される酸化性ガスによる退色は、染料インクと空隙型メ

ディアの組合せで顕著に見られ、関心を集めている。

画像保存性の評価は、一般に長期間を要するため、強制劣化試験を用いて評価期間を短縮する手法が用いられることが多い。しかし、強制劣化試験によるプリント寿命の予測は、常に実際のプリント寿命と一致するとは限らない。例えば耐光性の評価は、強力な蛍光灯あるいはXeランプを用いて通常の展示環境の100~300倍ほど強い光を照射して行われる。このとき、照度と照射時間の間に相反則不軌が存在する例が幾つか報告されており、また湿度依存性についても報告事例がある。^{1)~3)}一方、ガス退色に関しては、退色率はオゾン濃度と暴露時間の積で決まり、また実際のオゾン退色と加速試験の間には相関があるというThornberryら、及びBergerらの報告や、あるインク・メディアの組合せにおいてはオゾン濃度と暴露時間の積だけでは決まらない、いわゆる相反則不軌が見られるというBugnerらの報告などがあるが、耐光性に比べて検討の歴史が浅く、より詳細な検討が求められている。^{4)~6)}

通常、空気中のオゾン濃度はppbオーダーなのに対し、オゾン強制劣化試験はppmオーダーのオゾンを含んだ空気がテスト試料表面に強く吹き付けられる状態で行われる。オゾン濃度や気流、さらには温度・相対湿度などの違いは、強制劣化試験と実際の退色現象の結果に差異を生じる可能性がある。本報においては、IJプリントのオゾン強制劣化試験において、試験環境が退色挙動に及ぼす影響を様々なインク・メディアの組合せで検討し、強制劣化試験結果から寿命推定する場合の問題点について報告する。

2 実験方法

2.1 サンプル調製

日本国内で市販されている染料IJプリンター3種（A-C）及びTable 1に示す空隙型IJメディア5種（A-E）を用い、YMC及びグレーパッチで構成されたプリントを、全てのプリンター・メディアの組合せで、計15種類作成した。各プリントはオゾン強制劣化試験に先立ち、23°C55%RHの環境下で24時間以上放置乾燥した。

* コニカミノルタフォトイメージング株式会社
フォトビジネス事業部 開発部 IJメディア開発グループ

本報はNIP20発表内容に加筆修正したものである

2. 2 試験方法

オゾン強制劣化試験は、オゾンウェザーメーター OMS-HS（スガ試験機株式会社製）を用いて行った。試験は、Table 2 に示す温度・オゾン濃度・相対湿度及び気流遮蔽条件を組み合わせ実施した。

Table 1 Inkjet media used in this study

media	filler	Base
A	SiO ₂	RC paper
B	SiO ₂	RC paper
C	SiO ₂	RC paper
D	Al ₂ O ₃	RC paper
E	Al ₂ O ₃	Paper Base

Table 2 Test Conditions

Temperature (°C)	Ozone Concentration (ppm)	Relative Humidity (%RH)	Wind Shield	Light
23	0.08	20	used	dark
	0.4	40		
40	2	60	not used	
	10			

気流遮蔽板は試験槽の中に設置し、2組のサンプルを一方はプリント面に循環風が直接当たるように、他方は当たらないように配置して同時に試験を行い、気流影響を調べた。Fig. 1 に、気流遮蔽板の効果を模式的に示す。

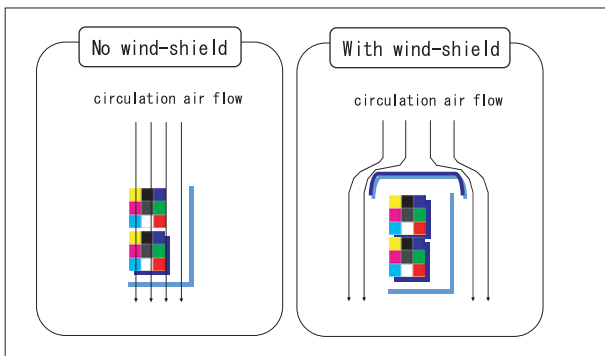


Fig.1 The scheme of the effect of a windshield

なお、各試験条件において、サンプルを一定時間毎に試験槽から取り出しSpectrolino（GretagMachet社製）を用いて各バッチの濃度測定を行い、退色率を算出した。

3 結果と考察

3. 1 相対湿度の影響

Fig. 2 に、オゾン強制劣化試験における相対湿度依存性の一例を示す。グラフ中の縦軸は、30%退色するのに要し

た積算オゾン暴露量を表す。

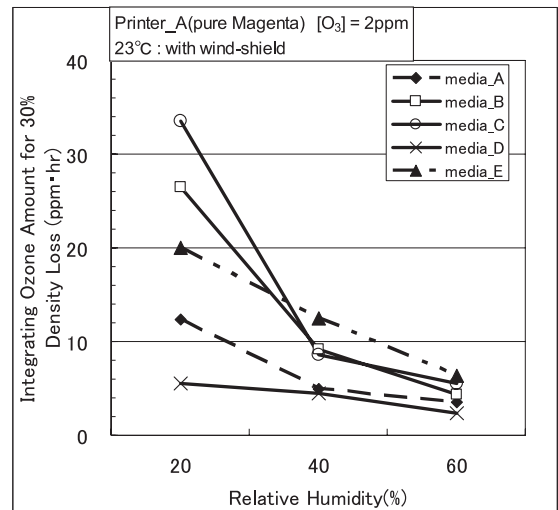


Fig.2 The effect of relative humidity on ozone fading

退色速度は相対湿度が高いほど大きいという結果は、従来の報告事例と同様であったが⁷⁾、今回はさらに、相対湿度依存性の大きさはインク・メディアの組合せにより異なり、特に低湿条件で退色挙動の差が顕著となることがわかった。また、いくつかの組合せにおいては、相対湿度によりオゾン耐性の序列が異なることがわかった。従って、オゾン強制劣化試験の結果でプリント寿命の比較を行うには、相対湿度条件の選択に十分な注意が必要であり、できれば複数条件での試験が好ましいと考える。

3. 2 温度の影響

Fig. 3 は、オゾン強制劣化試験における温度影響の例を示したものである。

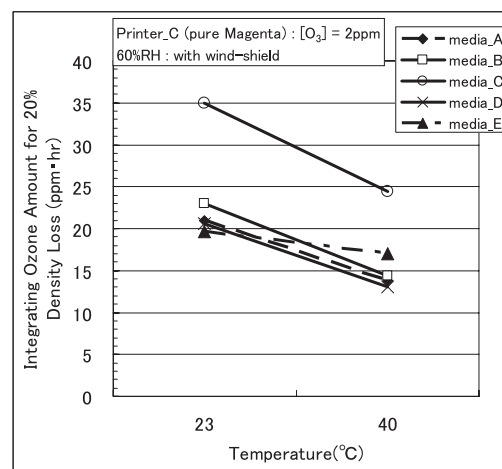


Fig.3 The effect of temperature on ozone fading

殆どのインク・メディアの組合せにおいて、温度が高いほど少ない積算オゾン暴露量で退色する結果となった。但し、オゾン退色における温度依存性が殆ど見られない組合せも存在した。

3. 3 オゾン濃度の影響

オゾン強制劣化試験におけるオゾン濃度影響の例を、Fig. 4 及びFig. 5 に示す。

Fig. 4 の例では、オゾン濃度依存性は殆ど見られず、退色率はオゾン濃度と暴露時間の積で表される積算オゾン暴露量にのみ依存し、すなわち相反則が成立している。一方、Fig. 5 の例では、明らかにオゾン濃度依存性が認められ、30%退色した時点を実寿命と仮定した場合、オゾン濃度によっては推定寿命に約50%も違いが生じる結果となった。一般にオゾン濃度を高くすることは、試験時間の短縮に有効であるが、オゾン濃度と暴露時間の間に相反則が成立しない場合は注意が必要である。

このように、インク・メディアの組合せによって、オゾン濃度と暴露時間の相反則挙動が変化する理由は、まだ明らかではなく、相対湿度の影響などと合わせて、さらに詳細な検討が必要である。

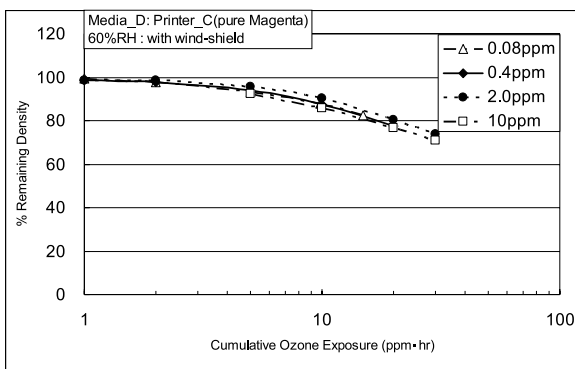


Fig.4 The effect of ozone concentration on ozone fading

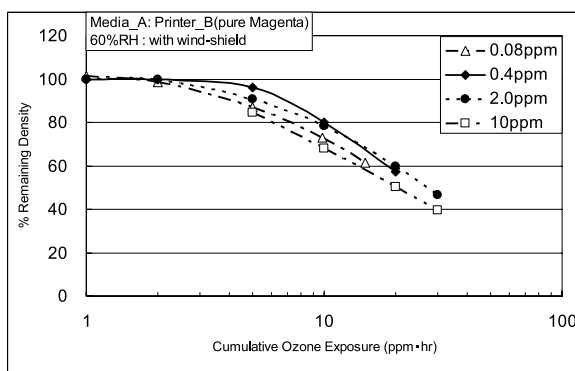


Fig.5 The effect of ozone concentration on ozone fading

3. 4 気流の影響

Fig. 6、Fig. 7、及びFig. 8 は、それぞれ異なるインク・メディアの組合せにおける、気流影響の例を示したものである。図中、実線は気流遮蔽板の効果によりプリント表面上に循環風が殆ど当たらない場合の退色挙動を示し、破線はプリント表面上に直接循環風が吹き付けられた場合の退色挙動を示している。

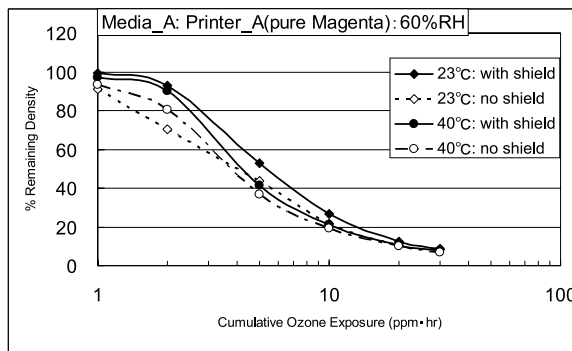


Fig.6 The effect of gas flow on ozone fading

Fig. 6 は、気流影響が顕著に見られた例である。風遮蔽板があった場合は、ない場合に比べて退色の進行が緩やかであり、また気流影響は温度影響よりも大きい。この現象は、特に退色現象の初期段階において顕著に見られた。

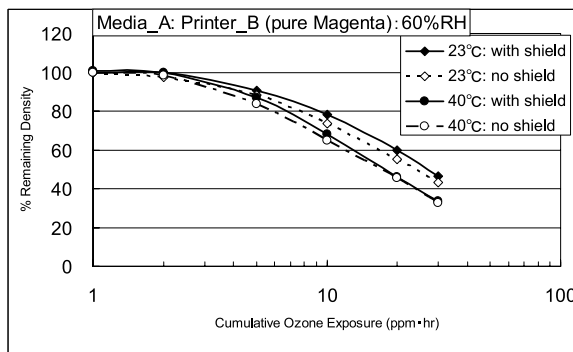


Fig.7 The effect of gas flow on ozone fading

一方、Fig. 7 の例では、気流影響は僅かに認められるが、その程度は温度影響よりも小さい。さらにFig. 8 のように、気流や温度の影響が殆ど見られない組合せも存在した。このように、プリント表面に当たる気流の影響もインク・メディアの組合せによって様々に変化することがわかった。

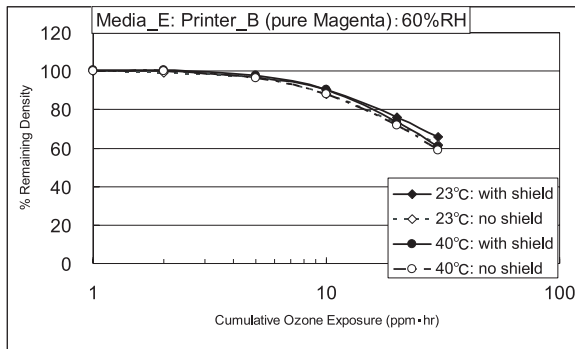


Fig.8 The effect of gas flow on ozone fading

Fig. 6、Fig. 7の例のように、インク・メディアの組合せによって、温度影響と気流影響の程度が異なる結果から、オゾン強制劣化試験における退色反応には、a)メディア表面から内部へのオゾン拡散、b)メディア内部での色素とオゾンの反応、の2つの過程が関与していると推測される。Fig. 6の例では、気流の変化がメディア表面から内部へのオゾンガス供給に影響を与え、退色速度が変化したと考えられ、メディア表面から内部へのオゾン拡散過程が律速になっている例と考えられる。一方、Fig. 7の例では、画像色素とオゾンの反応過程が律速と考えられる。すなわち、メディア内部へのオゾン供給はいずれの気流条件でも十分で、気流の変化は退色速度に殆ど影響せず、メディア内部での色素とオゾンの反応速度の温度による変化が現れたためと推測される。

気流影響の程度はインク・メディアの組合せによって異なるが、一般に気流が比較的弱い環境下では、オゾン供給が制限されてメディア内部へのオゾン拡散が退色反応の律速過程となり、気流が強くなると律速段階がオゾンと画像色素の反応に変化していくものと考えられる。

本検討においては、オゾン試験機の仕様から気流遮蔽あり・なしの2条件での検討にとどまったが、オゾン退色の反応機構を解明するためには、気流影響に関してもより詳細な検討が必要である。

オゾン強制劣化試験では、試験槽内のオゾン濃度均一化のために内気が循環され、比較的強い気流がプリント表面に当たるが、実際の展示状態でプリント表面に当たる気流は、強制劣化試験時の気流に比べて非常に弱い場合が殆どである。従って、気流影響の異なるインク・メディアの組合せについて、強制劣化試験から得られた予測寿命を単純比較してしまうと、実際の展示条件におけるオゾン耐性とは異なる結論を導いてしまう危険性がある。

以上より、実際の展示状態におけるプリント寿命推定のためにオゾン強制劣化試験を用いる場合は、様々なテスト環境の影響、中でも特に気流影響について十分に調査し、適切なテスト条件を選択することが必要であると考える。

4 結論

オゾン強制劣化における試験環境（オゾン濃度・相対湿度・温度・気流）の影響を、様々なインク・メディアの組合せで検討した。オゾン濃度・相対湿度・温度・気流のいずれについても、インク・メディアの組合せにより影響度合が異なっていた。湿度影響は、特に相対湿度が低い程その差が顕著であることがわかった。また、オゾン濃度影響については、いくつかのインク・メディアの組合せにおいて、オゾン濃度と暴露時間の間に相反則不軌が見られた。この相反則不軌は、特定のプリンターやメディアに固有の現象ではなく、その組合せによって変化することがわかった。さらに気流影響については、インク・メディアの組合せによって、気流影響が温度影響よりも大きくなる場合と小さくなる場合があることがわかった。気流影響の試験結果から、オゾン強制劣化試験における退色反応は、a)メディア表面から内部へのオゾン拡散、b)メディア内部での色素とオゾンの反応、の2つの過程が関与していると推測された。オゾン退色の反応機構を解明するためには、この気流影響に関してさらに詳細な検討が必要である。

今回の検討で、いくつかのインク・メディアの組合せにおいて、オゾン耐性の序列がテスト環境により入れ替わる場合があることがわかった。従って、オゾン強制劣化試験の結果から実際のプリント寿命を予測する場合は、テスト環境の影響を十分に調査し、適切な環境条件を選択することが必要である。

●参考文献

- 1) Henry Wilhelm and Mark McCormick-Goodhart, NIP17, 197 (2001)
- 2) Shilin Guo, and Nils Miller, NIP17, 186 (2001)
- 3) 池端依子、五十幡有紀、間野茂, KONICA MINOLTA Tech. Rep., 1, 27 (2004)
- 4) Matthew Thornberry and Steven Looman, IS&T's NIP19, 426 (2003)
- 5) Michael Berger and Henry Wilhelm, IS&T's NIP19, 438 (2003)
- 6) Douglas Bugner, Richard Van Hanehem, Peter Artz and Daniel Zaccour, IS&T's NIP19, 397 (2003)
- 7) Kazuhiko Kitamura, Yasuhiko Oki, Hidemasa Kanada and Hiroko Hayashi, IS&T's NIP19, 415 (2003)