

論文

印刷物観察におけるオフィス照明光の評価*

An Evaluation of Office Light Sources for Assessment of Printed Material*

Koichi IINO**

飯野浩一**

**Manufacturing Technology Research Laboratory, Technical Research Institute, Toppan Printing Co., Ltd.
4-2-3 Takanodai-minami, Sugito, Saitama, 345-8508 JAPAN

Abstract

This study examines the lighting conditions, specifically the light source, when assessing printed material at offices. It assumes that the straight-tube type of fluorescent lamp is used as the light source in most offices. The total of 86 commercially available fluorescent lamps, including general, high color rendering (EDL and SDL), and narrow-band (EX) types, were tested. Using CIECAM02, the colors of printed material viewed under a fluorescent lamp were converted into corresponding colors under the standard illuminant, D50. The difference between colors under the standard illuminant and these corresponding colors was evaluated according to the acceptable tolerance derived from criterion set by experts in the printing industry. The Japan Color was adopted as a representative of typical offset printing. EDL lamps with natural white color or with the daylight color were evaluated as acceptable in accordance with the tolerance. The secondary level of tolerance, Level-II, was derived from criterion established by common observers. This level is applied for general assessments of printing in which critical judgment is not required. All of the SDL lamps tested were evaluated within Level-II, as were EX lamps with natural white color. Proofs printed using DDCPs were also used as a subject for the assessments. Again, EDL lamps with natural white color or with the daylight color were evaluated as Level-I. All SDL lamps were evaluated as Level-II, as were EX lamps with natural white color and R_a above 88. In conclusion, an EDL lamp with natural white color is required when critical assessment has to be performed. Alternatively, an EDL lamp with daylight color may be used for the assessment. For general day-to-day assessments, which doesn't require as strict assessment decision, an EX lamp with natural white color and R_a above 88 can be used.

1. はじめに

印刷物を観察するためには、標準的な観察条件が推奨されている^{1,2)}。照明光としてはCIE 昼光 D₅₀を用い、平均演色評価数 R_a が95以上、特殊演色評価数 R_i , $i=9 \sim 15$ がそれぞれ90以上、照度が $2000 \pm 500\text{lx}$ であることが求められている。これらの観察環境は、印刷物を厳密に評価するためには必要な条件であり、製版・印刷現場ではこれらに従って観察環境が整えられる。

しかし、一般的なオフィスにおいては、このような条件を満たす高演色形（演色 AAA）蛍光灯の採用は多く

ないと考えられる。印刷物の編集作業、色校正をおこなうようなオフィスにおいても、諸般の事情によりこれら条件が満たされていない場合がある。なかには意図的に一般家庭における印刷色を想定するため、あえて一般的でない高演色形蛍光灯を導入するのではなく、普通に用いられる蛍光灯照明下における色について評価することを主張する声もある。また、経験的にはオフィスにおいても印刷色に極端な違和感を覚えることは少なく、厳密な評価や検査を行うのでなければ、一般的な照明においてもある程度は実用的に十分許容できる範囲にある可能性が考えられる。印刷物の一般的な照明における演色性を把握し、これらの傾向や知覚的な差異により照明を評価、層別することには意義があると考えられる。

印刷物を観察し、色に対する評価や指示など、実際の観

* 2005年7月22日受理

** 凸版印刷（株）総合研究所生産技術研究所
（〒345-8508 埼玉県北葛飾郡杉戸町高野台南4-2-3）

察色と想定色との違いが重要となるのは、家庭よりオフィスにおいてであることが圧倒的に多いと考えられる。また、オフィスでは90%以上直管形蛍光灯が照明として用いられている³⁾のでそれらを対象に、標準光として推奨されているD₅₀照明光と比較して、知覚される印刷物の再現色への影響や変化がどの程度生じるのか検討を行う。標準的な印刷物としてはオフセット印刷を想定し、また、近年では平台校正の代わりにDDCP (Direct Digital Color Proof) による校正も多くみられるのでDDCPについても対象とする。CIECAM02⁴⁾を用いて各蛍光灯照明下における色の見えをD₅₀基準照明下における対応色として求め、これら対応色と基準照明下における色との差から検討を行う。

2. 測定と評価方法

2.1 評価対象照明光源

評価対象とした直管形蛍光灯には、東芝ライテック(株)、松下電器産業(株)、三菱オスラム(株)、日立ライティング(株)、NECライティング(株)、岩崎電機(株)より一般市場向けに販売されている86本を用いた。これらについて、カタログ値、および、ランプ上の表示記号に従い光源色の種類と演色性から区分、分類した内訳をTable 1に示す。また、CIEにより示されている標準の光⁵⁾であるA、D₆₅、および、補助標準の光⁵⁾D₅₀、D₅₅、D₇₅、C、そして、代表的な蛍光灯⁶⁾であるF1からF12についても検討の対象光源として加えた。

Table 1 According to catalogues and label indicators on fluorescent lamps, fluorescent lamps tested in this research are classified by light colors, color rendering types, and sellers.

Type of FL	Light Color					
	L	WW	W	N	D	Other
Common		P: 1	P: 3 M: 1 H: 1 E: 2	T: 1 P: 1 M: 1 H: 1 E: 1	P: 2 M: 1 H: 1 E: 1	
SDL (AA)			P: 2	T: 2 M: 1 N: 1		
EDL (AAA)	P: 1		P: 2	T: 1 P: 2 M: 1	T: 1	
EX (Narrow)	T: 2 P: 2 M: 2 H: 3 N: 2	T: 2 M: 1 N: 1	T: 1	T: 3 P: 2 M: 6 H: 4 N: 4	T: 4 P: 1 M: 3 H: 4 N: 3	N: 1 P: 1 M: 2

P: Matsushita, T: Toshiba, N: NEC, M: Mitsubishi, H: Hitachi, I: Iwasaki

2.2 分光データの測定方法

2.2.1 蛍光灯の分光放射輝度測定と特性値

蛍光灯の発光は周辺温度による影響を受けるため⁷⁾、室温23℃一定とし60分以上蛍光灯を点灯して平衡状態となった後に測定を実施した。蛍光灯直下に(財)日本色彩研究所の標準白色版を配置し、その拡散面の法線の45°方向からTOPCON社製SR-1により分光放射輝度の測定を行った。測定は380nmから760nmの波長域を5nm間隔とし、一蛍光灯につき5回測定を行いそれらの平均値と、標準白色版の反射率から光源の分光分布を得た。また、これらの分光分布から相関色温度を算出⁸⁾し、相関色温度4600K以上の蛍光灯についてはCIE昼光を用い、それより低いものについては完全放射体を用いて演色評価指数を算出⁹⁾した。解析には販社のカタログ値ではなく、これら測定から求めた値を用いた。

2.2.2 印刷物の分光反射率測定

印刷物の分光反射率は、45/0の幾何条件を持つGretag-Macbeth社製Spectrolinoを用い、380nmから730nmの波長域を10nm間隔で測定した。これらの分光反射率は光源のサンプリング間隔と合わせるため3次のラグランジェ補間により5nm間隔とした値を用いた。

2.3 評価のプロセスフローと条件

各々の蛍光灯の分光分布と印刷物の分光反射率から、蛍光灯照明下における三刺激値を算出し、直接基準照明光下における三刺激値と比較しても色順応の問題があるので意味をなさない。そこで、各蛍光灯照明下で順応した印刷物の色を、色の見えモデルを用いて基準照明下における順応状態での対応色として求め、それらを比較することにより検討を行う。

照明光が変わることによる知覚色の差を評価する全体のプロセスフローをFig. 1に示す。印刷物観察の基準照明光としては日本印刷学会推奨条件¹⁾に基づきCIE昼光D₅₀を用いた。この評価フローでは、まず、このD₅₀照明光下における印刷物の三刺激値を、印刷物の分光反射率、基準照明光の分光放射輝度、および、CIE1931標準観測者を用いてASTMの方法¹⁰⁾により求め、CIELAB値を算出し基準色とする。次に、検討対象となる蛍光灯の分光分布を用い、同様にこのランプ照明下における三刺激値を算出する。CIECAM02を用いて、この蛍光灯照明に順応した状態における印刷色の明度 J 、知覚クロマ C 、色相角 h を順方向モデルにより算出し、これらの値からさらに逆方向モデルを用いて基準照明下に順応した状態における対応色の三刺激値として求め、CIELAB値を得る。こ

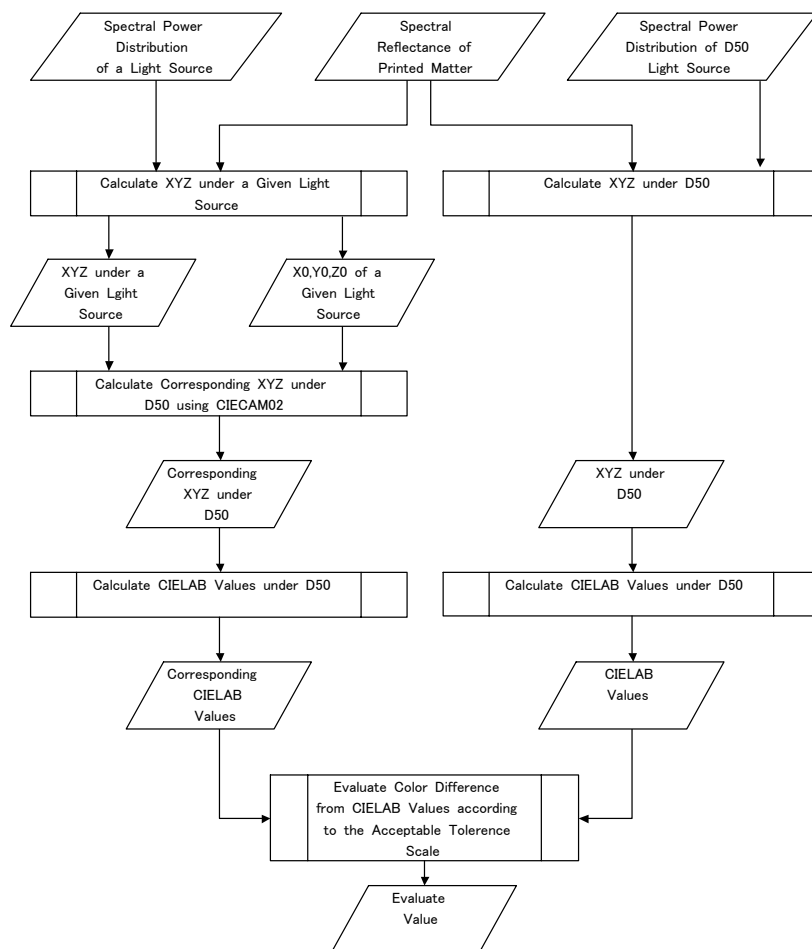


Fig.1 Process flow to evaluate the use of fluorescent lamps, instead of the standard illuminant D_{50} , for viewing colors of printed material. Using CIECAM02, the colors of printed material viewed under a fluorescent lamp are converted into corresponding colors under the standard illuminant D_{50} . The difference between colors under the standard illuminant and these corresponding colors is evaluated according to the acceptable tolerance.

ここでは、この対応色の CIELAB 値と基準色の CIELAB 値について許容評価値¹¹⁾を用いて評価する。

CIECAM02⁴⁾は、CIEより示されたカラーマネージメントシステムのための色の見えモデルである。三刺激値と視環境依存のパラメータにより知覚的属性値である lightness (明度), brightness (明るさ), chroma (知覚クロマ), saturation (飽和度), colorfulness (鮮やかさ), hue (色相) への変換方式, また, それら知覚属性値から三刺激値への逆変換方式を提供している。

対応色を算出する際に用いる CIECAM02 の各パラメータを Table 2 に示す。基準とする観察条件は製版・印刷時における観察であるので, 推奨条件¹⁾から照度は 2000lx を, 一方, 蛍光灯照明下では一般的なオフィスを仮定しているので机上照度は通常の事務作業における事務室の 500lx¹²⁾を仮定する。順応視野の輝度 L_A は, 一般的に順応白色の 20% が用いられる⁴⁾ので, 基準とする観察条件

Table 2 Parameters for CIECAM02 that were employed in this research to obtain corresponding colors under the standard illuminant D_{50} .

Parameter	Test Light Source	Standard D_{50}
c	0.69	0.69
N_c	1.0	1.0
F	1.0	1.0
L_A	31.83	127.32

では $2000/5\pi$, オフィスでは $500/5\pi$ となる。順応白色は各光源の色度点を用いた。また, 係数 c, N_c , F は両観察条件において周辺は平均的な明るさであるので Average surround に対して定められている値を用いた。これらの条件に基づいて対象観察条件から基準観察条件における対応色を求める。

この様に, 印刷物の基準照明光下における CIELAB 値と, 各蛍光灯下の対応色の CIELAB 値が求まり, そ

れらを直接比較できるようになるが、それらの差の大きさの判断には許容評価値¹¹⁾を用いる。この評価値を Eq. (1) に示す。

$$E_a = (\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)^{1/2},$$

where

$$\Delta a = \frac{(a_{D50}^* - a_{FL}^*)}{2.0},$$

$$\Delta b = \begin{cases} \frac{(b_{D50}^* - b_{FL}^*)}{2.0}; & (b_{D50}^* - b_{FL}^*) \geq 0 \\ \frac{(b_{D50}^* - b_{FL}^*)}{3.5}; & (b_{D50}^* - b_{FL}^*) < 0 \end{cases}, \quad (1)$$

$$\Delta L = \frac{(L_{D50}^* - L_{FL}^*)}{3.5}.$$

但し、 E_a は許容評価値を、 a_{D50}^* は基準照明 D_{50} 下での a^* 値、 a_{FL}^* はテスト照明光下での対応色の a^* 値を示し、同様に、 b_{D50}^* は基準照明の b^* 値、 b_{FL}^* はテスト照明の b^* 値を、 L_{D50}^* は基準照明の L^* 値、 L_{FL}^* はテスト照明の L^* 値を示す。ここでは、これらの値を評価対象となるチャートにおいて平均した値を用いる。

この許容評価値は製版作業者を被験者とし、基準画像とサンプル画像を併置した時にそれら画像間の色の差が許容できるか否かによって求められた尺度である。

3. オフセット印刷物観察における評価

3.1 標準印刷物

ここではオフセット印刷における標準印刷物として、シート印刷では Japan Color の Type 1 から Type 4 用紙におけるサンプル印刷物¹³⁾ (以降 JC1 ~ JC4) とし、輪転印刷では Japan Color Web Offset によるサンプル印刷物¹⁴⁾ (以降 JCW) とした。サンプル印刷物は全て ISO12642¹⁵⁾ チャートであり、これらの各パッチを測定方法に示した方法により測定し、評価プロセスフローに従い許容評価値を蛍光ランプ毎に算出した。

3.2 結果、および、考察

これらの印刷物における許容評価値と各蛍光ランプの平均演色評価指数 R_a の関係を Fig. 2 に示す。ここに示した蛍光ランプの光源色の分類は JIS の色度範囲¹⁶⁾ に準じた。光源色と相関色温度の関係は、電球色 (L) : 2600 ~ 3250K, 温白色 (WW) : 3250 ~ 3800K, 白色 (W) : 3800 ~ 4500K, 昼白色 (N) : 4600 ~ 5500K, 昼光色 (D) :

5700 ~ 7100K であるが、相関色温度 7100K より高い蛍光ランプも存在しており規格外 (Other) として分類した。許容評価値は大きくなる程、許容できなくなることを示し 1.0 が許容限界を示す。Fig. 2 からは、JC4 を除いては良く似た特性を示しているのが分かる。JC4 においては、他の印刷物と比較し原点方向にシフトし全体的に許容評価値が小さく、照明光の変化による色の見えの変化が少ないことが見てとれる。この要因は紙白に対する分光反射率の変化割合が他の印刷物よりも小さいため、つまり、印刷濃度が他と比較し低いことに起因すると考えられる。例えば、ベタ色の分光反射率が全波長域に渡り JC1 における 50% 程度の反射率の場合を仮定すると、反射率 100% においてほぼ順応状態となるのでそこからの差が JC1 と比較し 50% と小さければ、照明光の変化によって生じる差も JC1 よりも小さくなると考えられる。Fig. 3 には各印刷物のシアン 100% の分光反射率を示す。400 ~ 550nm における JCW の反射率の低さは紙の反射率自体が低いためであるが、550nm 以降では JC4 の反射率が高いのが分かる。簡易的には、1 次色と 2 次色によって示される色域を比較することによって全体の傾向についても確認できる。Fig. 4 には D_{50} 照明下における各印刷物の色域を CIELAB 空間の a^*b^* 平面への投影図として示す。JC4 は他の印刷物と比較して極端に色域が狭いことが分かる。これらからも JC4 の分光反射率が他の印刷物と比較して総じて高く照明光による変化が比較的少なくなり、許容評価値も小さくなるものと考えられる。逆にこのことは、JC1 よりも低い分光反射率をもつ印刷物、すなわち、JC1 より高い濃度で印刷されたより高彩度な色域を持つ印刷物においては JC1 よりも大きな評価値を示す可能性があるといえる。

各蛍光ランプにおける JC1 と他の印刷物の許容評価値との関係を Fig. 5 に示す。JCW の印刷物は JC1 ~ JC4 とインキは異なるが、各種蛍光ランプによる許容値の傾向はほぼ JC1 と同様であることが分かる。また、Fig. 5 において JC2 から JC4 や JCW の許容評価値は原点を通る傾き 1 の直線より概ね下側に位置している。これは JC1 における評価値の方が大きく、言い換えれば、JC1 で許容できる蛍光ランプは他の印刷物においても許容できるといえる。よって、以降の解析は JC1 について行う。

Fig. 6 には蛍光ランプの演色性の種類¹⁶⁾ 毎に、 R_a と JC1 の許容評価値の関係を示す。EDL は演色 AAA の高演色形、SDL は演色 AA の高演色形、EX は 3 波長域発光形、Common は普通形蛍光ランプをそれぞれ示す。演色 AAA の蛍光ランプでは電球色を除いた昼白色、昼光色において評価値は 1.0 以下を示している。このことは、演

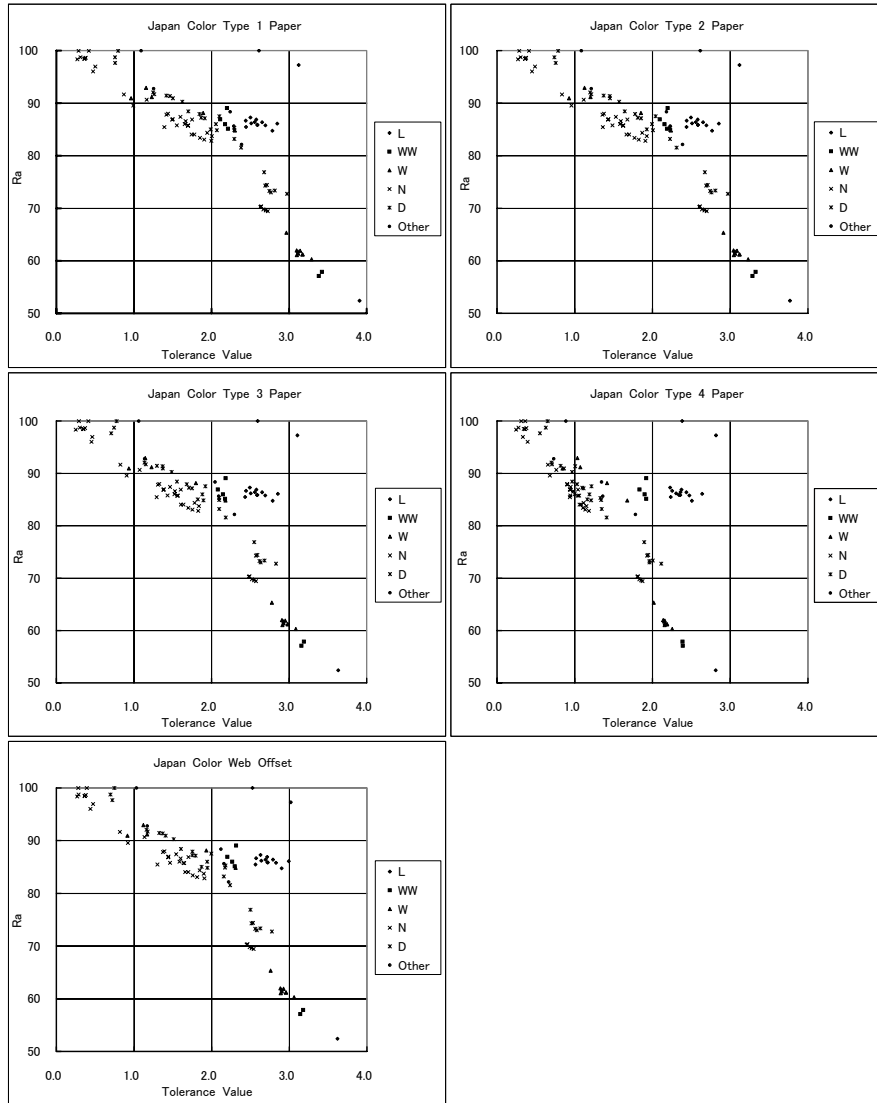


Fig.2 Relationship between R_a values of fluorescent lamps and evaluated values for viewing each Japan Color according to the acceptable tolerance scale (1.0 corresponds to the limit of the acceptable tolerance for professional users). Upper left: Japan Color Sheet Offset (Type 1 Paper). Upper right: Japan Color Sheet Offset (Type 2 Paper). Mid. left: Japan Color Sheet Offset (Type 3 Paper). Mid. right: Japan Color Sheet Offset (Type 4 Paper). Lower left: Japan Color Web Offset.

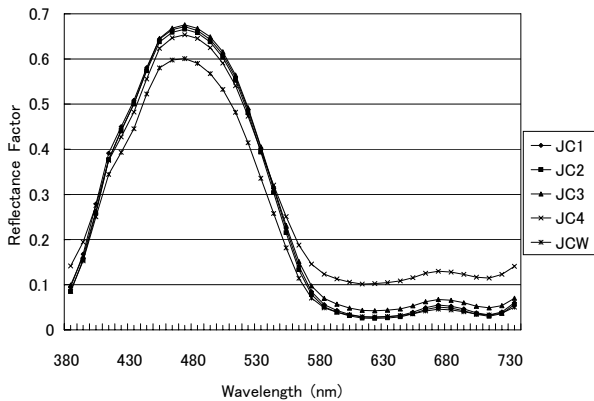


Fig.3 Spectral reflectance factors of the solid cyan of Japan Colors.

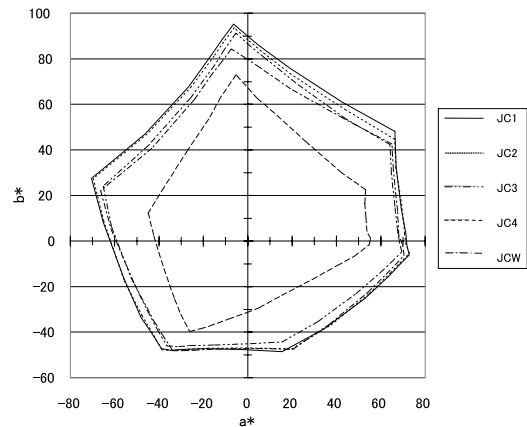


Fig.4 Color gamut of each Japan Color Offset print projected onto the a^* - b^* plane of the CIELAB space.

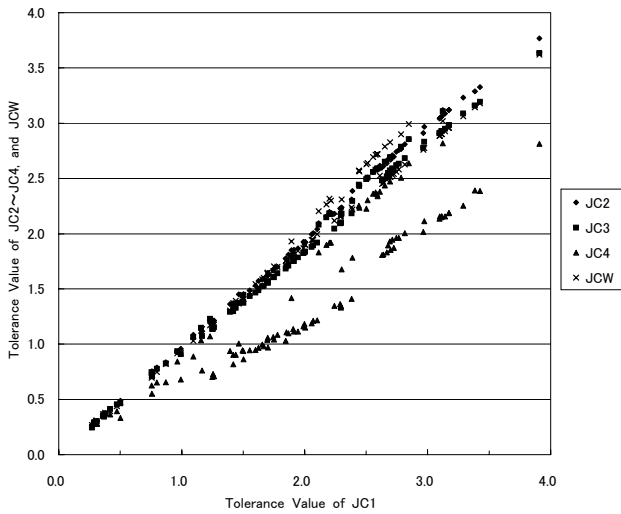


Fig.5 Relationship between evaluated tolerance values of Japan color type 1 and those of other 3 types of Japan Color Offset prints.

色 AAA であれば D_{65} 近似の昼光色を用いても知覚的な色はそれほど変わらず、評価が可能であることを示している。演色 AA の蛍光ランプにおいては、昼白色であれば R_a が 90 以上では許容評価値が 1.0 以下となるが、 R_a が 90 以下においては 1.0 以上の値を示すランプも存在している。3波

長域発光形の昼光色蛍光ランプにおいては全て許容評価値 2.0 以下を示し、演色 AA の蛍光ランプよりも評価値が小さくなるものも存在している。電球色、温白色では評価値 2 から 3 の分布となっている。普通形蛍光ランプにおいてはいずれの光源色においても評価値は 2.5 以上の値を示し、他の演色性区分の蛍光ランプと比較すると明らかに大きく、印刷物を観察するには好ましくないことが分かる。

Fig. 7 には CIE の標準の光、補助標準の光、蛍光ランプにおける R_a と JC1 の許容評価値の関係を示す。 D_{50} が評価値 0 を示さないのは、基準照度が 2000lx であるのに対して試験照度は 500lx と、照度が異なるためである。 D_{50} から D_{65} 、また、C 光源においては評価値 1.0 以下であり、 D_{65} による代用が可能であることが示されている。蛍光ランプにおいては高演色形の F8 と F9 は許容値以内である。3 波長域発光形の F10 から F12 は評価値 2 から 3 程度に分布している。実在の 3 波長域発光形蛍光ランプにおける結果である Fig. 6 と比較すると、昼白色においては実在のランプの方が高い R_a を持ち一般的にも演色性が向上していることが、また、JC1 に対しても評価値も小さく演色性が向上していることがわかる。普通形においては評価値 2.5 以上となり、実在の蛍光ランプの分布と同様であった。

実在の昼白色蛍光ランプにおける演色性毎の代表的な例

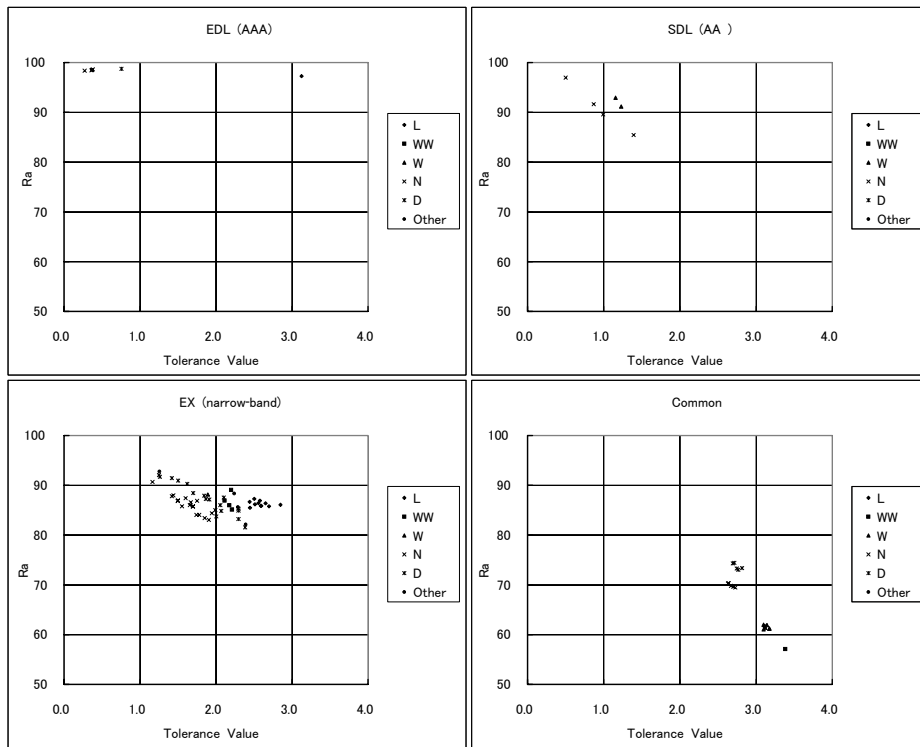


Fig.6 Relationship between R_a values of fluorescent lamps and evaluated tolerance values for the Japan Color Sheet Offset Type 1. Results are shown in four categories according to the color rendering types of fluorescent lamps. Upper left: EDL(AAA) type. Upper right: SDL (AA) type. Lower left: EX (narrow-band) type. Lower right: Common type.

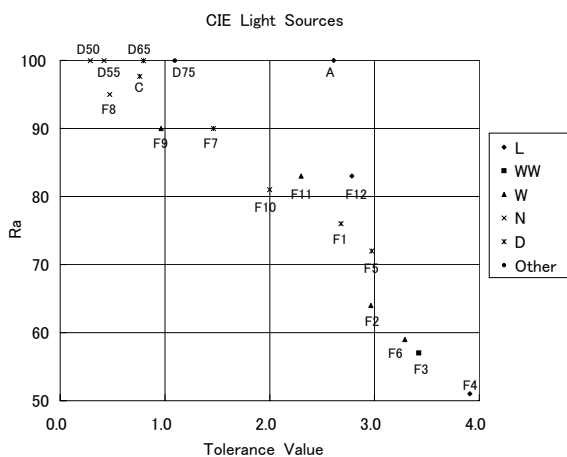


Fig.7 Relationship between R_a values of CIE illuminants and typical fluorescent lamps, and evaluated tolerance values for the Japan Color Sheet Offset Type 1. Illuminants are categorized by light color type of fluorescent lamp.

として、JCIにおける遷移状態を a^*b^* 平面への投影図として Fig.8 に示す. 演色 AAA は R_a : 98, 評価値: 0.27, 演色 AA は R_a : 86, 評価値: 1.37, 3 波長域発光形は R_a : 91, 評価値: 1.16, 普通形は R_a : 70, 評価値: 2.67 の例である. 矢印の末尾は D_{50} における基準色, 矢印の先頭は各蛍光ランプによる対応色を示す. 無彩色軸から遠くなるに従って, 変化量が大きくなることから分かる. 色域が広いほど照明光による変動を受けやすくなることを示しており, このことから JCI における変動量の少なさ色域が狭いことによることと言える. 高彩度な色ほど変化量が大きくなる傾向であり, この評価ではプロセスカラーからなる JCI を対象としたが, 特色ではさらに高彩度な色が存在することになるので確認が必要となると考えられる. また, この例では, 3 波長域発光形蛍光ランプであっても演色 AA のランプより変化量が少なく, 3 波長域発光形

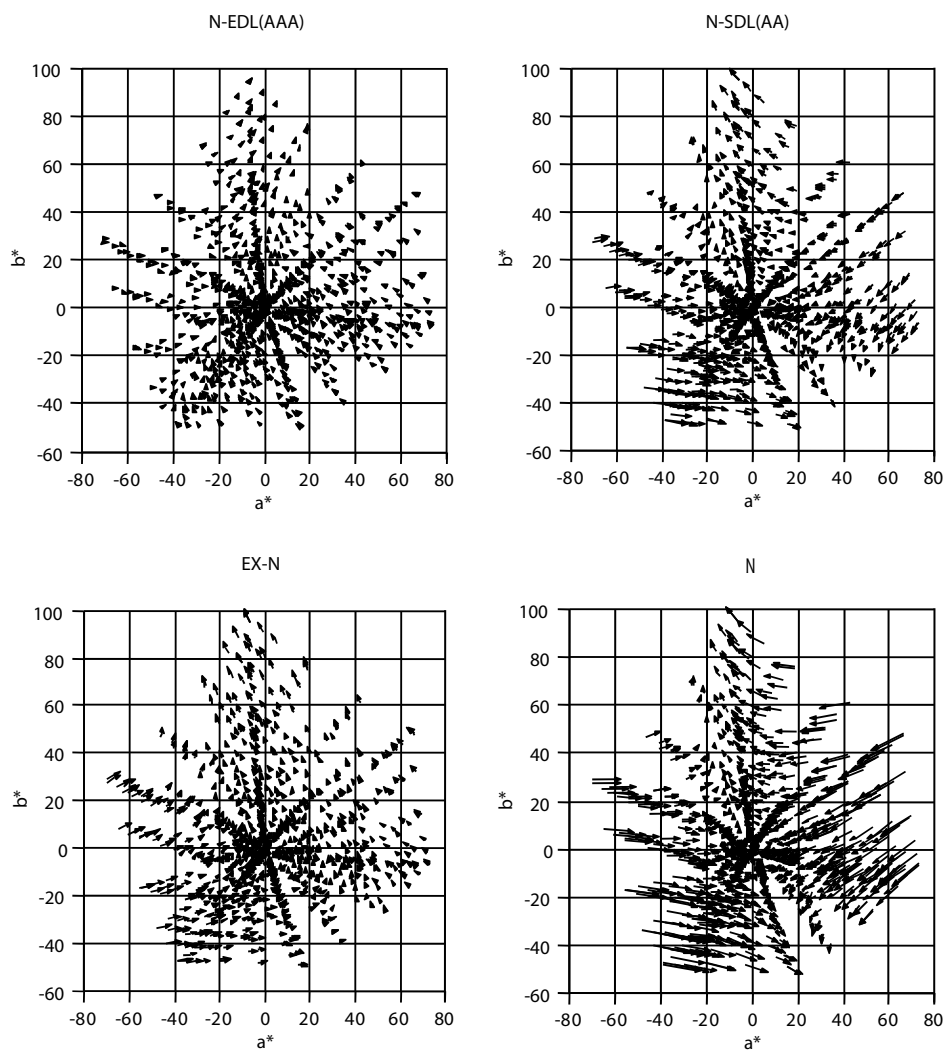


Fig.8 Examples of color changes for the Japan Color Type 1 viewed under four typical types of fluorescent lamps with the natural white color. Projected vectors of color changes are shown onto the a^*b^* plane of the CIELAB space (vector head: corresponding colors viewed under a fluorescent lamp, vector tail: colors viewed under the standard illuminant D_{50})

光ランプを用いる方が好ましい場合があることが分かる。

ここで用いた許容評価値は、製版作業従事者によって評価画像を併置し、それら画像間の色の差が許容できるか否かによって求められた尺度値である。比較対象画像が併置されないような場合、または、一般的な被験者による判断の場合には許容限界が大きくなることが考えられる。JC1における各蛍光ランプにおける許容評価値と平均色差 ΔE^*_{ab} の関係、および、最小自乗法による線形回帰結果を Fig. 9 に示す。これら許容評価値と ΔE^*_{ab} との関係は

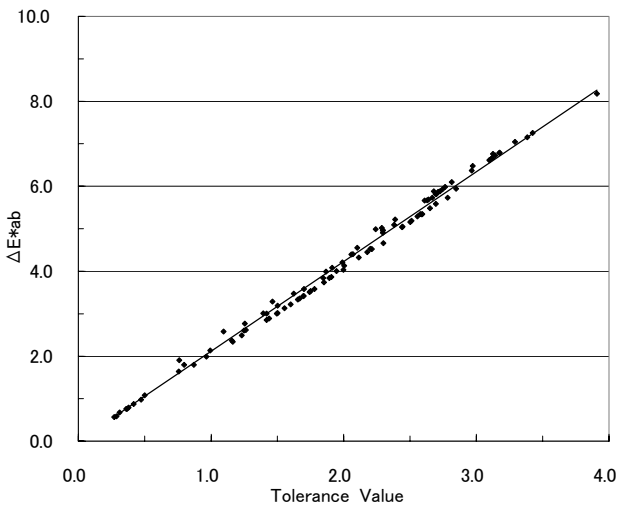


Fig.9 Relationship between evaluated tolerance values and averaged ΔE^*_{ab} color differences of Japan Color Type 1 for all fluorescent lamps with the fitted line.

評価するチャートに依存するが、この場合では評価値の 2.0 は ΔE^*_{ab} に換算すると 4.2 程度となる。この ΔE^*_{ab} は学生と教員を被験者とした犬井ら¹⁷⁾のカラーブルーフにおけるマッチング度合いの実験で、色調を中心に求められた主観評価値の 3.3 に相当する値であり、評点 4 の「似ている」より低い評点 3 の「まあまあ似ている」を若干上回る値であり一般被験者には許容される値と考えられる。よって、ここでは許容評価値 1.0 までを第一水準とし、2.0 までを第二水準として、各蛍光ランプをそれぞれの水準に分類した結果を Table 3 に示す。

厳密な印刷物の色評価をするためには演色 AAA の昼白色蛍光ランプを用いる必要があるが、演色 AAA の昼光色を用いても第一水準を満足している。しかし、昼光色では紫外領域のエネルギーが大きくなるので蛍光剤を多く含む用紙やインクでは注意が必要と考えられる。また、演色 AA の昼白色ランプで R_a が 90 以上であれば第一水準に位置する。しかし、それ以外の蛍光ランプでは第一水準には

Table 3 Conditions of color rendering types, light colors, and R_a values that satisfy the acceptable tolerance criteria, Level-I and Level-II, for viewing colors of the Japan Color Sheet Offset Type 1. Categories of light color and color rendering are according to JIS Z 9112.

Tolerance Level	Type of Fluorescent Lamp			
	EDL (AAA)	SDL (AA)	EX (Narrow)	Common
Level-I	N D	N ($R_a \geq 90$)	N D ($R_a \geq 88$)	
Level-II		N W	D ($R_a < 88$) WW L Other	N D W WW
No Good	L			

至らない。演色 AA の蛍光ランプにおいては昼白色、白色とも第二水準以内に位置し、3 波長域発光形においては昼白色、または、 R_a が 88 以上の昼光色であれば第二水準に位置している。普通形蛍光ランプはいずれにおいても第二水準に達しない。

実験に用いた蛍光ランプの範囲ではあるが、3 波長域発光形蛍光ランプの昼白色においてはいずれも第二水準以内に位置した。演色 AA 程度の厳密性であれば、3 波長域発光形昼白色蛍光ランプでも代用できる可能性が示された。

4. DDCP 観察における評価

近年 DDCP による校正作業が多くみられ、DDCP においても照明光が変わることによってどの程度色が変化するかを調べることは重要である。ここで目的としているのは照明光の評価であるから、基準と異なる照明光を用いたときの印刷物と DDCP の等色の程度を基準に評価する考え方は、DDCP の分光特性がいかにか印刷物のそれに一致しているかという評価となり、適切ではない。ここで評価すべきことは、 D_{50} 照明下において印刷物とカラーマッチングした DDCP が、基準と異なる照明下に置いたときにどの程度色の見えが異なってしまうのかということである。 D_{50} 照明下との色の見えの差があれば、その光源による色の評価は好ましい状態ではないと考えられる。

また、基準照明下での印刷物と DDCP とのカラーマッチングは一般的には三刺激値や CIELAB 値などの 3 変数による測色値マッチングによって実現される。DDCP においては一般的に 4 色以上の色材により色を再現しており分光反射率は一義的に定まらない。印刷物とマッチングした DDCP の照明光を変えることによる色の見えの遷移状態を調べても、その再現方法によっては結果が異なることが考えられる。しかし、7 色や 8 色の色材を用いたインクジェットプリンタにおいても一般的に DDCP として使用する場合の入力制御信号は CMYK の 4 変数であり、これ

らによって分光反射率は一義的に定まることになる。この4変数によってできる色を網羅することにより、全体的な傾向は把握できると考えられるので、ISO12642チャートを用い検討を行う。

4.1 評価対象 DDCP

対象としたDDCPは、熱溶融昇華方式（以降LT）2台、印画紙方式（以降PH）2台、インクジェット方式（以降IJ）7台、電子写真方式（以降EP）1台の計12台である。DDCPの分類方法は種々あるが、方式別分類¹⁸⁾に従うと、LTは網点本紙タイプ顔料型、PHは網点専用紙タイプ染料型、IJは擬似網点専用紙タイプ顔料または染料型、EPは擬似網点専用紙タイプ顔料型である。

4.2 結果、および、考察

オフセット印刷の解析において、色域が大きいほど、つまり、高彩度な色になるほど遷移量が大きくなる傾向が示された。各DDCPの1次色と2次色による色域をFig. 10に示すが、JC1と比較すると飛躍的に大きな色域を持つDDCPも存在している。単純にISO12642チャートにおける全パッチを比較しても、印刷として存在しない色について検討することとなり校正を目的とするDDCPの評価としては適切ではないと考えられる。そこで、これらDDCP

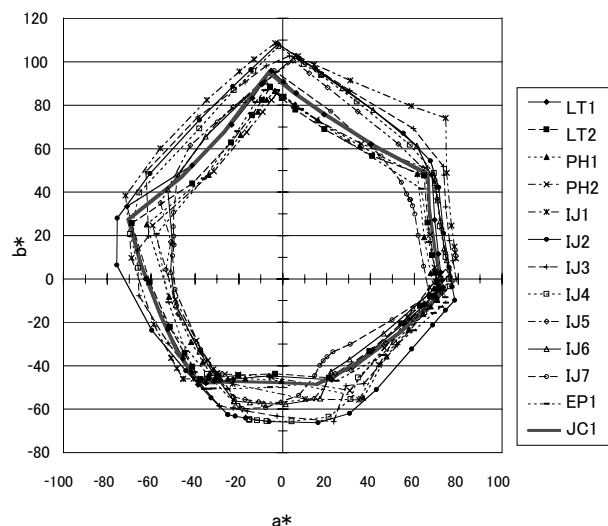


Fig.10 Color gamut of all tested DDCPs, projected onto the a^*b^* plane of the CIELAB color space.

においてはJC1をターゲットに色再現を行うものと仮定し、JC1の色域内に存在する色についてのみを評価対象とする。各パッチ色におけるJC1との色域内外の判定は、文献19と同一の手法を用いた。

Fig. 11には実験に用いた全てのDDCPにおいて、蛍光ランプの演色性の区分毎に、 R_g と許容評価値との関係を示す。これらの結果において、全体の傾向は概ねオフセッ

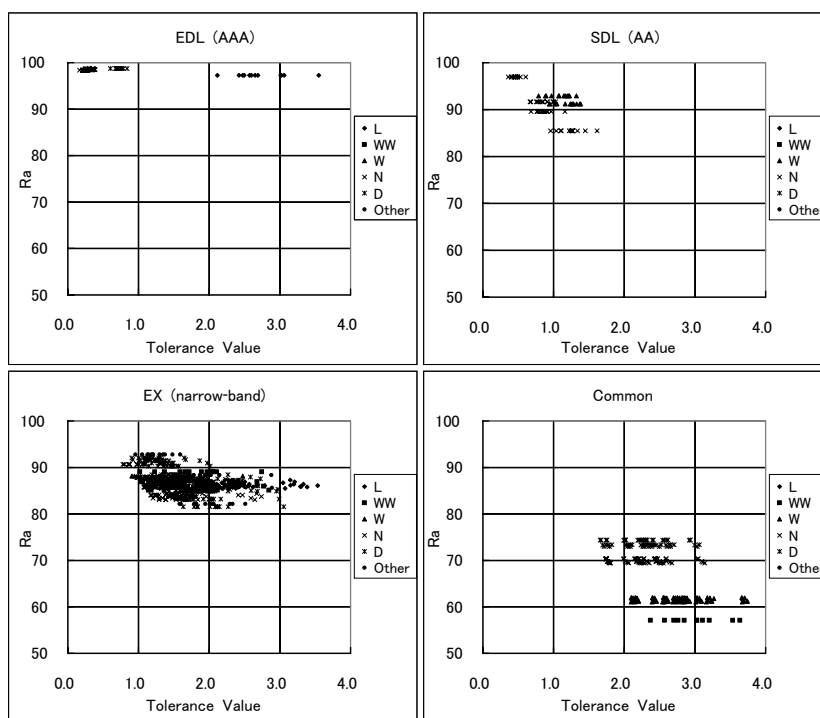


Fig.11 Relationship between R_g values of fluorescent lamps and evaluated values for DDCPs. Results are shown in four types of color rendering of fluorescent lamps. Upper left: EDL (AAA) type. Upper right: SDL (AA) type. Lower left: EX (narrow-band) type. Lower right: Common type.

ト印刷と似ているようである。演色 AAA の蛍光ランプにおいて昼白色，昼光色とも評価値 1.0 以下を示している。演色 AA の蛍光ランプにおいては，昼白色で R_a が 90 以上であれば評価値が 1.0 以下となるが， R_a が 90 以下では 1.0 以上のものも存在する。3 波長域発光形蛍光ランプにおいては分布が幅広く，普通形蛍光ランプでは JC1 の評価では存在しなかった第二水準となる蛍光ランプも出現している。これは，DDCP によっては照明光が変化しても色恒常性が保たれるような処理²⁰⁾が施されている場合があり，それらによる効果の可能性等が考えられる。

オフセット印刷における結果では 3 波長域発光形蛍光ランプの昼白色，および，昼光色は演色 AA 蛍光ランプと匹敵することが示されており，これらを主に対象として解析を行う。Fig. 12 には，蛍光ランプの光源色別に R_a と各 DDCP の許容評価値についての関係を示す。検討対象とした DDCP の範囲ではあるが，昼白色 (EX-N) においては， R_a が 90 以上であれば全ての DDCP において許容値は第二水準以内に位置する。また，IJ7 を除いては，概ね昼白色蛍光ランプは第二水準以内に位置している。昼光色 (EX-D) においては R_a が 90 程度であれば概ね第二水準に位置するが，この条件を満たす蛍光ランプは 1 種類のみであった。

各蛍光ランプをそれぞれの水準に分類した結果を Table 4 に示す。3 波長域発光形昼白色蛍光ランプでは R_a が 88 以上であれば，いずれの DDCP においても第二水準に位置した。この条件を満たす蛍光ランプであれば，演色 AA 程度の厳密性をそれほど求めない水準では使用できる可能性がある。

使用する DDCP の機種については，製版・印刷側から比較的コントロールできる場合があり，DDCP を限定する，

Table 4 Conditions of color rendering types, light colors, and R_a values that satisfy the acceptable tolerance criteria, Level-I and Level-II, for viewing colors of all DDCPs tested. Categories of light color and color rendering are according to JIS Z 9112.

Tolerance Level	Type of Fluorescent Lamp			
	EDL (AAA)	SDL (AA)	EX (Narrow)	Common
Level-I	N D	N ($R_a \geq 90$)		
Level-II		N ($R_a < 90$) W	N ($R_a \geq 88$) D ($R_a > 90$)	
No Good			N ($R_a < 88$) D ($R_a \leq 90$) WW L Other	N D W WW
	L			

または，DDCP 毎に確認等を行えば，いずれの 3 波長域形昼白色蛍光ランプを用いても第二水準での演色性を得られる可能性がある。逆に，これらを指標に DDCP を選定し，提供していくことも一つの方向性と考えられる。

5. まとめ

標準的印刷物として Japan Color を，そして一般オフィスにおける照明を直管形蛍光ランプと仮定し， D_{50} 基準照明下との色の見えの差を CIECAM02 による対応色を算出することによって求め，蛍光ランプにおける演色性の検討を行った。厳密な評価を行う第一水準を満たすためには昼白色の演色 AAA の蛍光ランプを用いなければならないことが示された。昼光色の演色 AAA 蛍光ランプも第一水準以内であり，昼白色の代用として使用できる可能性が示された。演色 AA の昼白色蛍光ランプでは第一水準を満たさないものがあつたが，第二水準は全て満たしていた。また，演色 AA よりも変化を与えない 3 波長域発光形昼白色蛍光ランプの存在が確認できた。

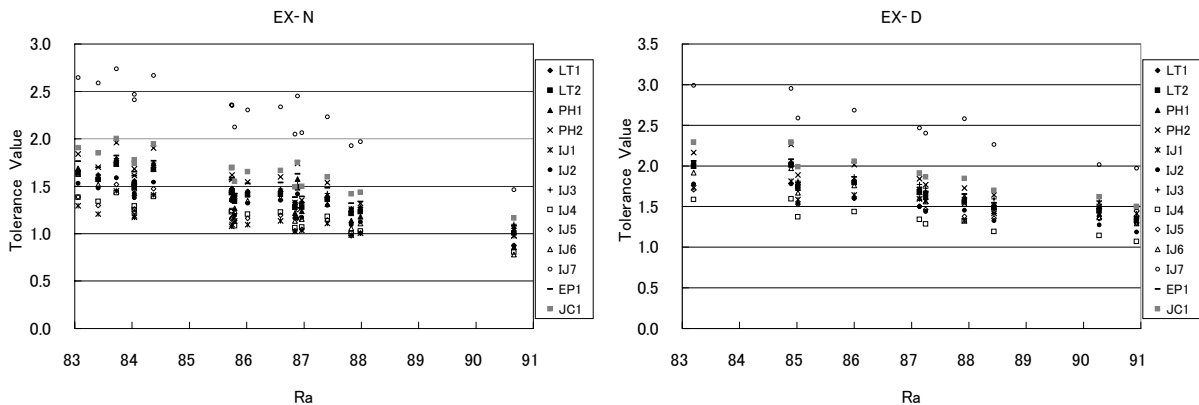


Fig.12 Relationship between R_a values and evaluated tolerance values for colors of DDCPs viewed under Ex (narrow-band type) fluorescent lamps. Left: EX lamps with natural white color. Right: EX lamps with daylight color.

DDCP における評価では、演色 AAA または演色 AA の蛍光灯についてオフセット印刷と同様な結果が得られた。 R_a が 88 以上の 3 波長域発光形昼白色蛍光灯であれば日常的な評価には用いることができる可能性が示された。

オフセット印刷, または, 各種 DDCP を含めても, 厳密性をそれほど必要としない演色 AA と同程度の評価水準においては, R_a が 88 以上の 3 波長域発光形昼白色蛍光灯を用いることの可能性が示された。CIE では, 多色印刷における色評価には相関色温度 5000K で R_a が 90 以上の照明が必要¹²⁾ とされているが, ここで得られた条件もほぼ同等であり結果は妥当なものと考えられる。

参考文献

- 1) 日本印刷学会推奨規格：“透過原稿, 反射原稿及び印刷物の観察方法”, JSPST-1998 改訂, 日本印刷学会誌, **35**, 90 (1998).
- 2) ISO3664 : 2000.
- 3) 例えば, 井上光治:” 照明の省エネルギー手法と改善事例”, <http://www.fukui-iic.or.jp/library/magazine/9807/E&E.html>
- 4) CIE Technical Report 159:2004.
- 5) JIS Z8720 : 2000.
- 6) JIS Z8719-1996.
- 7) (社) 日本電球工業会, “蛍光灯ガイドブック”, (1999) p.15.
- 8) JIS Z 8725 : 1999.
- 9) JIS Z 8726-1990.
- 10) ASTM Designation : *E308, Philadelphia, Pennsylvania.*
- 11) 飯野浩一, 田中貴也 : 日本印刷学会誌, **38**, 18 (2001).
- 12) ISO8995 : 2002/CIE S008, Lighting of indoor work places (2002).
- 13) (社) 日本印刷学会 -ISO/TC130 国内委員会, “オフセット枚葉印刷色標準 Japan Color 色再現印刷 2001”.
- 14) (社) 日本印刷学会, (社) 日本印刷産業機械工業会, ISO/TC130 国内委員会, “商業オフ輪ジャパンカラー JCW2003/Ver.1”.
- 15) ISO12642 : 1996.
- 16) JIS Z9112 : 2004.
- 17) 犬井正男, 東吉彦, 萩野正彦, 石井洋佑, 矢崎紘史 : 日本印刷学会第 113 回秋期発表会予稿, 23 (2004).
- 18) 田中健一 : 日本印刷学会第 5 回プリプレス研究会研究例会予稿 (2004).
- 19) 飯野浩一, 古谷誠士, 長谷川隆行 : 日本印刷学会誌, **40**, 97 (2003).
- 20) Y. Chen, R. S. Berns, L. A. Taplin, and F. H. Imai : *Proc. 11th Color Imaging Conference*, 277 (2003).