

# コニカカラー Super DD400の開発

## The Development of Super DD400 Color Negative Film

嶋崎 博  
岩室正雄  
江崎敦雄  
感材生産本部  
第1開発センター



SuperDD400(ストロボ)



SuperDD400(蛍光灯)



GX400(ストロボ)



GX400(蛍光灯)

Shimazaki, Hiroshi  
Iwamuro, Masao  
Ezaki, Atsuo

Development Center Section No.1  
Photographic Products  
Manufacturing Headquarters

### Abstract:

Konica Color Super DD400 color negative film has matched the trends today toward increased indoor and zoom lens shooting.

This high-speed color negative film achieves this by way of three advanced characteristics. First, light source independence: Super DD400 minimizes the effects of fluorescent lighting without sacrificing the color reproduction of images, allowing photos to be taken under daylight, strobe flash, fluorescent lighting, or any combination of the three. Second, fine granularity: Super DD400 has the finest granularity of any high-speed color negative film in the world today. And third, wide exposure latitude: Super DD400 has the wide exposure latitude so often needed in amateur shooting, especially in overexposure situations.

# 1

## はじめに

当社のカラーネガフィルム群は、ユーザーが意図したプリントを満足のゆく品質で様々な状況下においても提供できることを基本思想とし、かつ多様なユーザーニーズに応えるために単なる感度系列での品揃えのフィルム群ではなく1種1種が撮影シチュエーションに適した特徴を持ったフィルムの群である。<sup>1)~4)</sup>

本稿で紹介するコニカカラー-Super DD400は90年春に日本、90年秋に全世界に新製品として発売したものである。このコニカカラー-Super DD400は常にユーザーの満足のゆくプリントを提供するという当社基本思想の通り、蛍光灯等の人工光源下においても人間が見ているまの自然な色再現ができる特長を持っており、さらに粒状性等の画質が一段と向上し高感度フィルムでありながら常用フィルムとしても使用できる品位となっている。ここではSuper DD400の開発の考え方、フィルムの特長及び技術について紹介する。

# 2

## 開発の考え方

### 2.1 カラーネガフィルムの使用環境の変化

近年一眼レフカメラではズームレンズの標準装着化が、コンパクトカメラでは多焦点、ズームレンズ化がすすんでいる。ユーザーは写したい部分だけを容易にフレーミングすることができ、意図したプリントを得易くなってきた。しかしこのカメラの変化に伴いレンズの開放F値が大きくなりレンズが暗くなってきている。最近のデータも含めてFig.1に一例を示す。このグラフは各年の日本カメラショーのカタログに記載されているレンズシャッターカメラをレンズの開放F値で分類し、全体に占める割合で表したものである。年毎に非常な勢いで開放F値の大きいレンズを持つカメラが増えている。よく知られているように、例えばレンズのF値が2倍になれば透過光量は4分

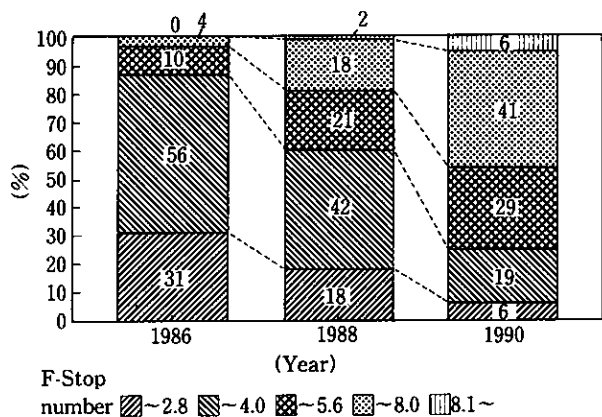


Fig. 1 F-Stop numbers of compact cameras sold

の1になる。同じ光量を得るためにシャッタースピードを遅くすれば手ぶれの危険が増大する。更にコンパクトカメラのみならず一眼レフカメラにおいてもストロボを標準装備しているカメラが増加しており、それに伴い室内等でのストロボ撮影が増加している。しかしこれらのストロボは例えばガイドNoが10程度と比較的光量の小さなものが多い。そのためにやや遠距離の撮影ではストロボ光量の不足により、ざらついた低コントラストの不満足なプリントになりやすい。

以上のようにカラーネガフィルムが使用される環境は、カメラの機能向上と共に変化してきている。ユーザーが満足のゆくプリントを得る手段として、高感度フィルムの使用が有効である。高感度フィルムを使用すれば速いシャッタースピードで撮影でき手ぶれを少なくできるし、あるいは絞りを絞ることで被写界深度を増し、ピントの合う距離範囲を広げ、ピンボケ写真を減少できる。又ストロボ撮影においても感度が4倍のフィルムを使えば2倍の距離まで適正な露光条件で撮影できる。

一般には高感度フィルムは比較的光量の少ない場合や高速シャッターを使用したい場合などに主に使われていた。しかし上記のような環境の変化により、高感度フィルムを使用することが好ましいケースが増してきている。

### 2.2 高感度フィルムが持つべき特性

撮影領域の拡大のメリットをユーザーが享受するためには高感度カラーネガフィルムはどうあるべきかという観点から、我々は高感度カラーネガフィルムで撮影された多数のプリントの解析や撮影テストを行なった。

プリントの解析の結果わかった第一の点は、室内でのストロボ光撮影で背後の壁などが緑味を帯びたり、数人が写っているプリントで後の人の顔色が前の人の顔色よりも緑味を帯び、生気のない印象の悪い肌色になっているものが多数あったことである。写真をよく撮る方には周知のことであるが、蛍光灯の光で撮影した場合プリントは緑味の強い不自然な色のプリントになってしまう。低感度フィルムでは光量不足で黒くなってしまふ部分も高感度フィルムでは描写できるために、ストロボ撮影等において室内照明の蛍光灯の悪影響がやすくなっているためであることがわかった。

第二の点は、濃淡の無い滑らかな壁などでザラツキ(粒状性)が目立ち、全体の印象を悪くしているプリントが多いことであった。これらの画像を形成しているカラーネガフィルムの領域を調べた一例がFig.2である。粒状の気になる画像を形成しているネガフィルムの領域は、濃度の低いすなわち露光量の不足した領域であることがわかった。

第三の点は、カメラの変化が前述のレンズやストロボの変化だけでなく、カメラ自体が非常に簡易で露光制御機構がほとんど又は全くない使い切りタイプの需要が増

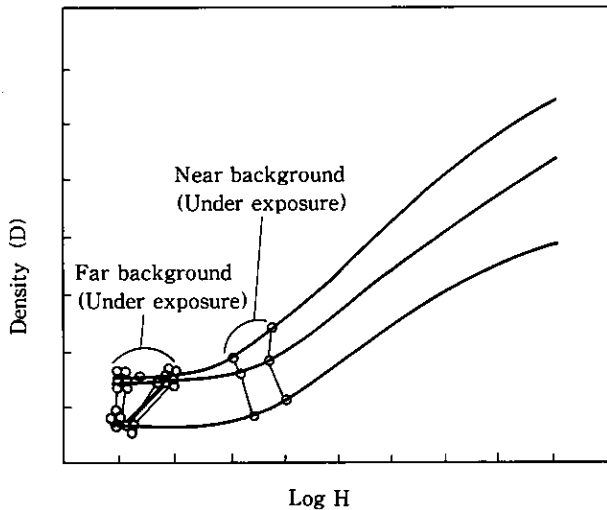


Fig. 2 Under exposure

加しているために、極端な過度あるいは極少ない露光量で撮影されるケースが非常に多く、そのために色バランスの崩れたプリントが多くなっていることであった。

### 2.3 コニカカラー-Super DD400の3大特性

前述の結果から高感度フィルムのメリットをユーザーが享受する為に必要不可欠な特性として、特に下記の三つの特性をコニカカラー-Super DD400に付与することにした。

#### (1)異種光源適性

蛍光灯とストロボ光又はデイライトとのミックス光源下での自然な色再現

#### (2)ISO 100フィルムに匹敵する高い画質

特に露光量不足でも良好な粒状性

#### (3)極めて広い露光ラチチュード

露光量大過剰でも良好なカラーバランス

## 3 コニカカラー-Super DD400の3大特性とその性能

コニカカラー-Super DD400は前記の各特性を有した優れた高感度カラーネガフィルムである。各性能についてのべる。

### 3.1 ミックス光下での自然な色再現

本稿の最初のページに示した4枚のプリントはSuper DD400と従来のGX400でストロボ光下と蛍光灯下で撮影し、ストロボ光下撮影のプリント条件で両光源下のプリントを作成したものである。GX400はSuper DD400が発売されるまでは従来の高感度フィルムの中で蛍光灯下での色再現が最も良好なフィルムであった。そのGX400でも左右のプリントの肌色に差が有り、蛍光灯下の右のプリントの肌色が緑味の強い生気のないものになっているのに対し、Super DD400では二つの光源のプリントの肌色に差が小さく、右の蛍光灯下撮影の肌色も自然な色に

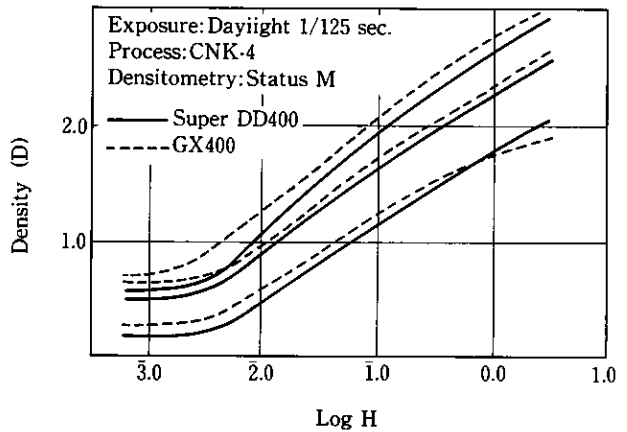


Fig. 3 Increased exposure latitude

再現されている。蛍光灯の光がミックスされた光源でも自然な色再現ができることを示している。

### 3.2 プリント画像の滑らかさ(粒状性)

Super DD400のプリントはISO100フィルムと同様に通常のサービスサイズプリントでは全露光量域で粒状が目立たない。従来のISO400フィルムに比べ1.3倍以上の粒状性の向上を達成しており、Super DD400からの2Lサイズプリントと従来のISO400フィルムからのLサイズプリントとがほぼ同等の粒状性である。

### 3.3 拡大された露光ラチチュード

Fig.3に新旧のISO400フィルムの特性曲線を示した。実線で示したSuper DD400は極端な高露光量でも特性曲線の直線性が良く、プリント上での色バランスの崩れないことを示している。

## 4 コニカカラー-Super DD400の技術

コニカカラー-Super DD400に用いた主な技術がどの特性に関係しているかをTable 1に示した。Table 1に挙げた技術について順に説明する。

### 4.1 SSF (Simulated Spectral Foundation) 技術

コンピューターによる感材開発支援システムの一つである色再現シミュレーションシステムも駆使し、良好な色をプリント上に再現するために、カラーネガフィルムの分光感度分布と異感光層間の重層効果(Inter Image Effect

Table 1 Key technologies and features

	Light source independence	Granularity	Exposure latitude
SSF	◎		
C-MSC	○	◎	○
Layer Structure		○	◎

◎ Very high ○ High

以下L.I.E.と略す)を適切にコントロールした。SSF技術はこれらの技術の総称で詳細は後述する。

#### 4.2 C-MSC (Clean Multi-structure Crystal) 技術

従来から当社が使用しているMSC技術を更に高め、極めてクリーンなハロゲン化銀結晶を形成する技術がC-MSC技術である。C-MSC技術で造られた結晶は、光により結晶内部に発生した光電子を感光核に効率良く捕捉できる

ため高い感度を有す。従って従来よりも小粒径の結晶で同等以上の感度が得られた。この技術により画像を形成する色素単位を小さくかつ多数生成することができ、極めて粒状性の良いザラツキの少ない画像を形成できた。Fig.4(a), (b)にC-MSC技術と従来のMSC技術で造られたハロゲン化銀結晶の一例を示す。

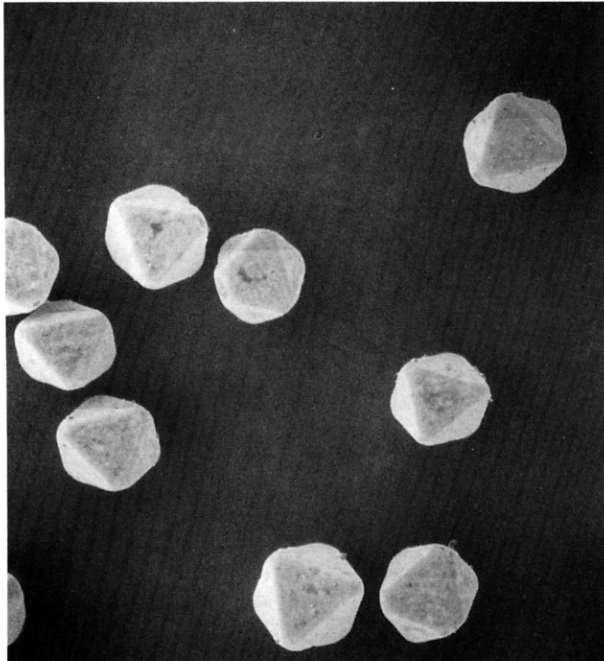


Fig.4(a) SEM Image of C-MSCs

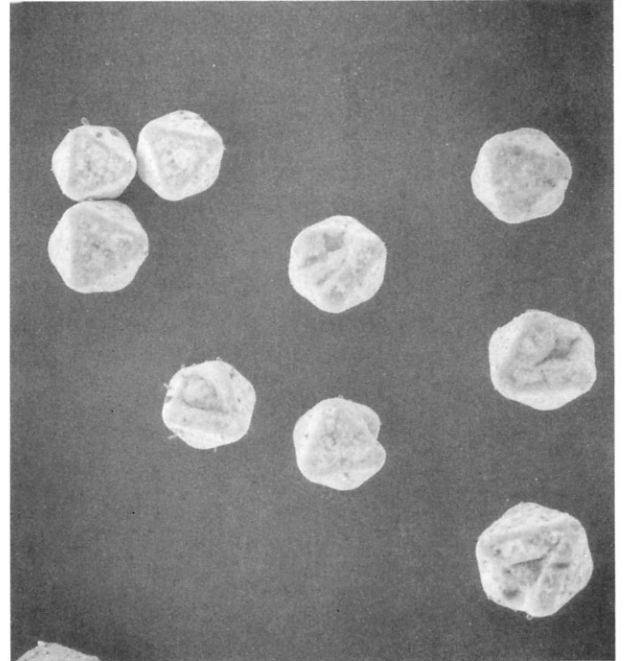


Fig.4(b) SEM Image of MSCs

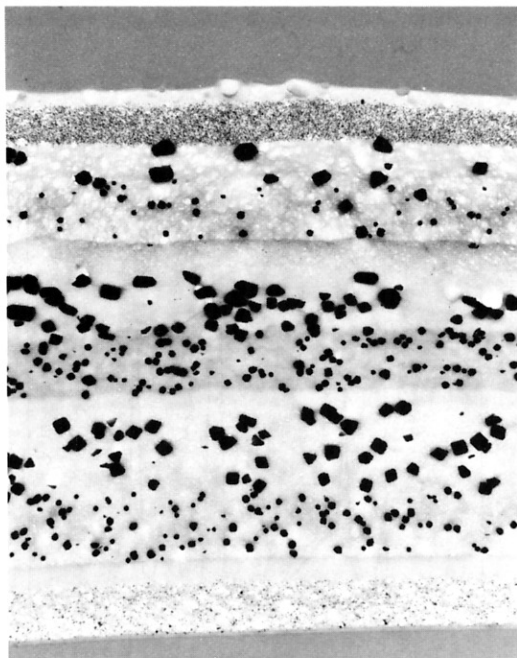


Fig.5 Cross section of super DD400 (TEM image, before processing)

#### 4.3 層構成技術

Super DD400のフィルム断面の電子顕微鏡写真と層構成の模式図をFig.5.6に示した。人間の眼に特に敏感なマゼンタとシアン画像を形成する緑感光層と赤感光層を各々高感度、中感度、低感度の三層で形成している。これにより露光量不足、適正露光量、露光量過度の各露光量域での画質を従来以上に自在に設計でき、粒状性の向上や露光ラチチュードの拡大を行なっている。

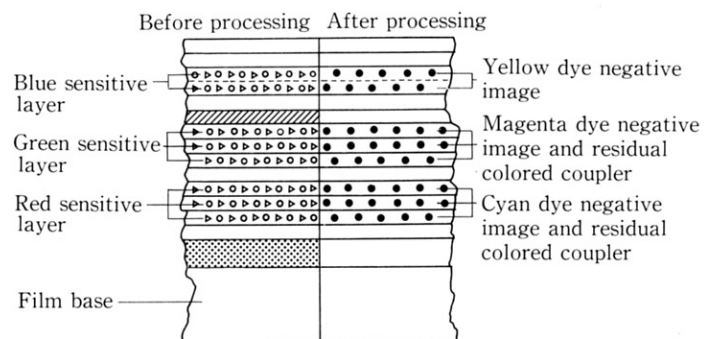


Fig.6 Layer structure of super DD400

## 5 SSF技術により付与された異種光源適性

### 5.1 各種光源の性質と色再現性に及ぼす影響

写真に係わる主な光源をTable 2に示した。Table 2は光源の種類、その光源下での白色の見え方、その光源下で撮影された時のプリントでの白色の再現、主観評価であるがプリントに再現された白色の自然さ、及びプリント作成時の色補正で白色に再現できる可能性を示したものである。又主な光源の相対分光分布をFig.7(a)-(c)に示した。ストロボ光 (Fig.7(a)の実線) はデイライトに近似の光で写真システムでの再現においてもデイライトと同等である。タングステン光の場合Fig.7(a)の破線で示すように、青味が少なく赤味の強い光であるため、人間の眼には白色の物が黄赤味を帯びた白に見える。カラーフィルムでも黄赤味の強い白と認識し再現するが、人間の認識する色と同じ傾向の色の片寄りであるため不自然さは少ない。一方蛍光灯光源下では人間の眼には白く見えるが、プリント

では非常に緑味の強い白に再現されてしまう。これはタングステン光の場合とは異なり不自然に感じられる。なぜなら蛍光灯の光は人間の眼には決して緑には見えない。プリントが緑味を帯びるのは、蛍光灯の分光分布がFig.7(b), (c)に示す様に一様でなくかつカラーフィルムの分光感度分布が人間の眼と異なっていることに起因している。タングステン光や蛍光灯の単独の光源下で撮影したプリントの色の片寄りはプリント作成時に補正することは可能である。しかしこれらの光源が一つのシーン内に同時にある場合、タングステン光のミックス光では不自然に感じられないが、蛍光灯のミックス光の場合、自然な色再現ができなくなる。ストロボ光撮影時に周辺光の悪影響がでているプリントが目立ったのはこのような事情によっている。

なお蛍光灯も多くの種類が市販されている。その代表的なものをTable 3に示す。<sup>5)6)</sup>Table中の演色評価数 (JIS Z8726) は高い値ほど基準光源下での見えかたに近く見えることを示している。以前はFig.7(b)に示した白色(W)や昼白

Table 2 Color reproduction of white under various light sources

Light source	Eye	Color print		
		Reproduction of white	Capability of correction	
A Daylight	White	White	Good	—
B Strobe	White	White	Good	—
C Tungsten light	White Yellowish white	Yellowish white	Fair	Yes
D Fluorescent light	White	Greenish white	Poor	Yes
E Mixed light (A/B plus D)	White	White and greenish white	Poor	No

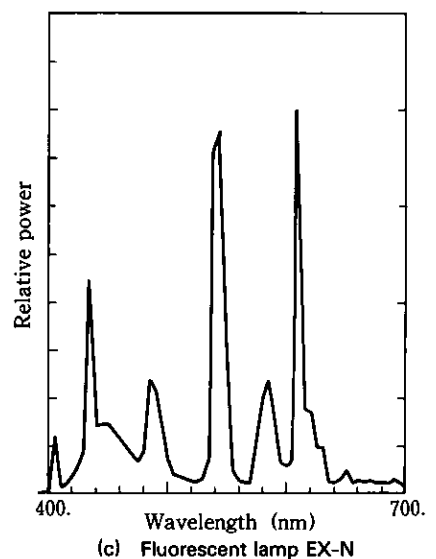
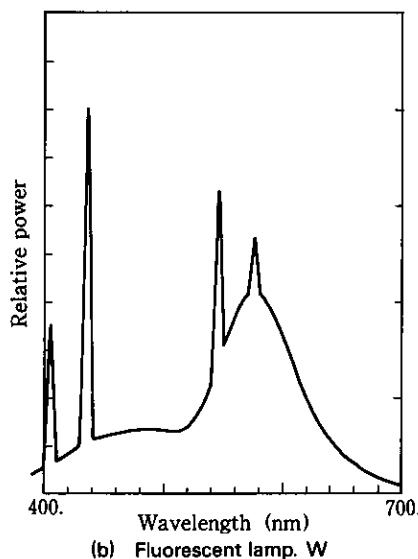
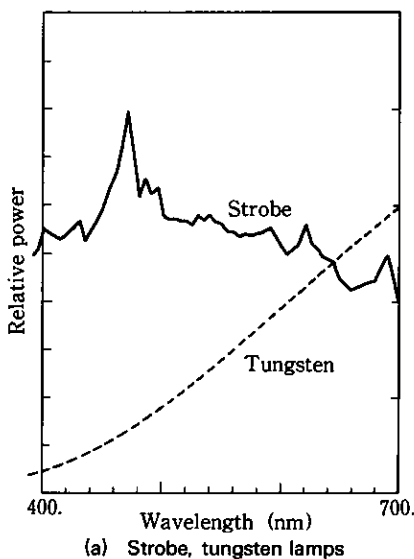


Fig. 7 Relative spectral power distributions

Table 3 Fluorescent lamp color rendering index

Fluorescent lamp	Color temperature (K)	General color rendering index Ra	Special color rendering index							
			R9 red	R10 yellow	R11 green	R12 blue	R13 skin	R14 leaf	R15 skin (JPN)	
D	6500	77	-50	60	68	74	72	97	59	
N	5000	74	-55	55	60	66	69	96	57	
W	4200	64	-89	43	44	50	59	96	45	
EX-N	5000	84	30	45	69	56	91	72	93	

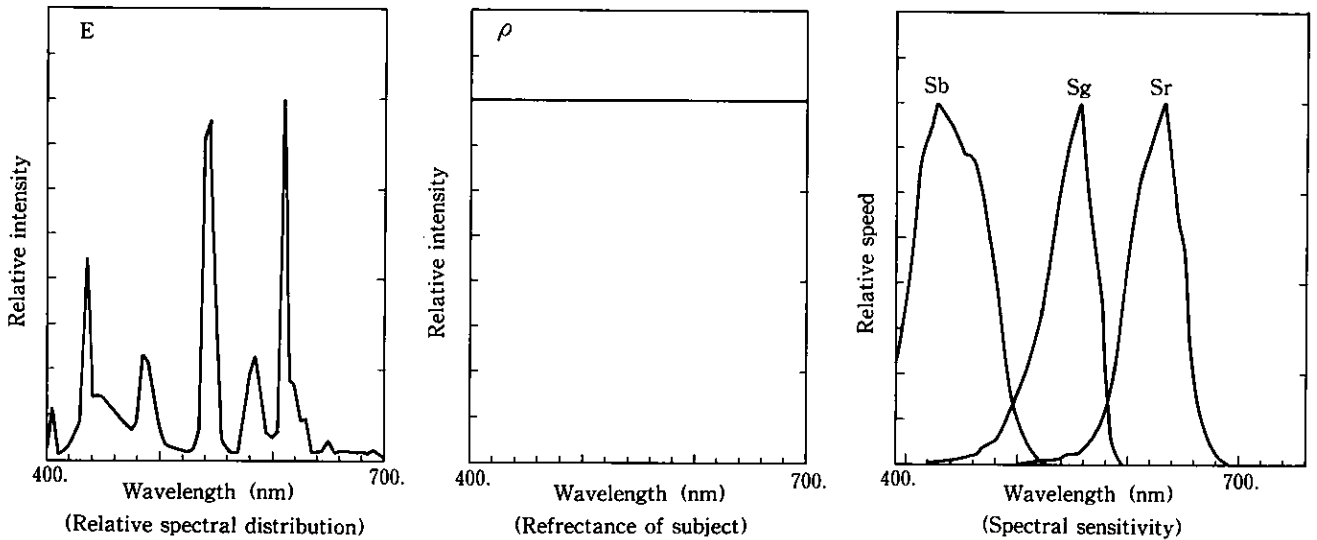


Fig. 8 Effective exposure density

色(N)、昼光色(D)等が主に使用されていた。しかし近年は Fig.7(c)に示すような赤にも輝線を持っている三波長域発光型蛍光灯 (EX-N等) が一般の家庭で使われてきており、このタイプのもはTable 3の演色評価数でわかるように赤や肌色の見え方が良好である。カラーフィルムにおいてもこの三波長域発光型蛍光灯に対する適性が特に重要である。本稿の最初のページのプリントの蛍光灯光源も三波長域発光型蛍光灯 (EX-N) を使用している。

### 5.2 異種光源適性の付与

カラーネガフィルムが感じる光の量は次式で表される。

$$H_b = K_b \int E(\lambda) \rho(\lambda) S_b(\lambda) d\lambda$$

$$H_g = K_g \int E(\lambda) \rho(\lambda) S_g(\lambda) d\lambda$$

$$H_r = K_r \int E(\lambda) \rho(\lambda) S_r(\lambda) d\lambda$$

フィルムの各感光層が感じる光量

$H_b$ ; 青光の量、 $H_g$ ; 緑光の量、 $H_r$ ; 赤光の量

$E(\lambda)$ ; 光源の分光分布

$\rho(\lambda)$ ; 被写体の分光反射率

$S_b(\lambda)$ ; フィルムの青感光層の分光感度

$S_g(\lambda)$ ; フィルムの緑感光層の分光感度

$S_r(\lambda)$ ; フィルムの赤感光層の分光感度

$K_b, K_g, K_r$ ; 定数

すなわち三つの感光層が感じる光量は光源の分光分布、

被写体の分光反射率、フィルムの分光感度分布の積で決まる。デイトライトやストロボ光で白色を撮影した場合に  $H_b, H_g, H_r$  が等しくなるが、Fig.8のように蛍光灯光源では被写体が白色でも  $H_g$  が最も大きく  $H_r$  が最も小さくなり、フィルムは緑味の強い赤味の少ない光と認識する。よってプリント上の再現も緑味の強い片寄ったものになる。蛍光灯下で白色を撮影した場合に  $H_b, H_g, H_r$  が等しくなるように分光感度分布を変更すれば良いが、それだけではデイトライト下での他の様々な色の再現に歪みが起きてしまう。

カラーネガポジシステムにおいて色再現に影響する因子は非常に多い。カラーネガフィルムにおいては階調、階調バランス、分光感度分布、I.I.E.等である。デイトライト、蛍光灯、両光源下で様々な色を同時に良好に再現するためには、これらの因子を組み合わせることで変化したモデルを多数作成してみれば良いが、実際に様々な変化したフィルムを多数つくことは困難である。我々はコンピューターによる色再現シミュレーションシステムを活用した。このシステムでは色再現に係わる上記因子や光源を自由に変化でき、あらゆる色の再現を同時に知ることができる。我々はこのシミュレーションシステムを駆使し、デイトライト下と蛍光灯光源下の色再現を両立で

きる分光感度分布とI.I.E.の組合せを見いだした。

所望の分光感度分布を得るために、各感光層で数種類の分光増感色素を併用する必要がある。我々は当社がも

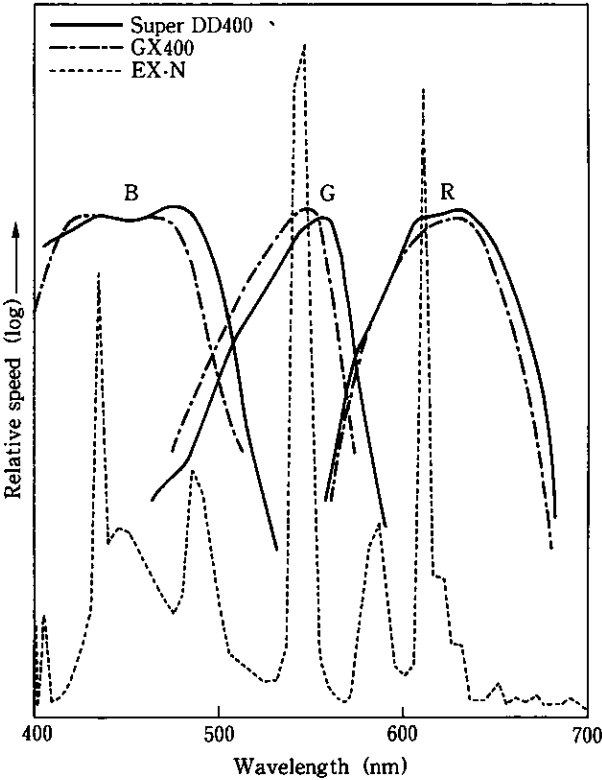


Fig.9 Spectral sensitivities and fluorescent emission spectrum

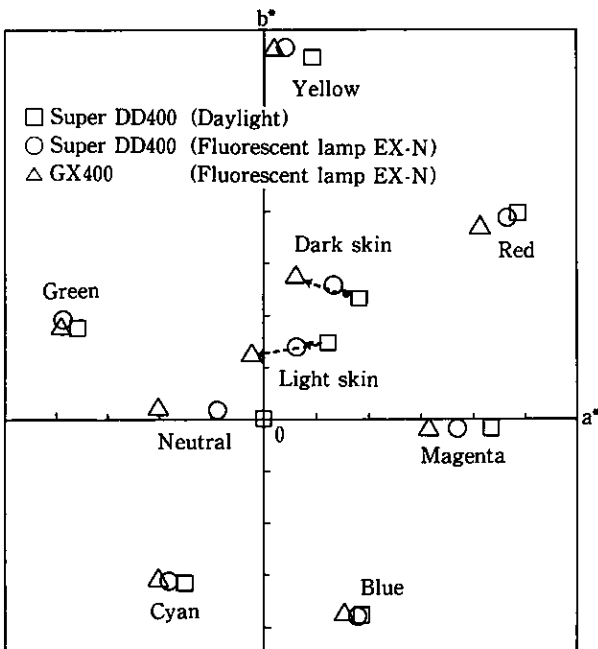


Fig. 10 Improved color reproduction

っている膨大な分光増感色素のデータベースを用い、数種のパラメーターに着目して検索し、併用する分光増感色素を選択し、設定した分光感度分布を達成した。

Fig.9に新旧のISO400フィルムの分光感度分布と三波長域発光型蛍光灯の相対分光分布を重ねて示した。Super DD400では三波長域発光型蛍光灯の緑色光とフィルムの緑感光層の分光感度分布の重なりが小さく、赤色光と赤感光層の分光感度分布の重なりが大きくなり、白色光で各感光層が感じる光量がデイルイトの場合に近くなっている。I.I.E.のコントロール技術については、KONICA TECH-NICAL REPORT Vol.2に紹介した技術を基本的には用いているのでここでは割愛するが、前記分光感度分布の変更に伴い三感光層間のI.I.E.を変更し、様々な色に対しても良好な色再現性を達成している。デイルイト下での撮影のプリント条件でプリントした蛍光灯下での撮影のマクベスカラーチェッカーの色再現性をCIE 1976 L\*a\*b\*色空間の座標でFig.10に示した。蛍光灯下での肌色 (Skin) やグレーの緑色方向への片寄りが軽減され、他の色もデイルイト下に近く良好な再現になっている。

## 6

## まとめ

コニカカラー-Super DD400はミックス光源下でもデイルイト下と同様の自然な色再現性を持ち、ISO100フィルムに相当する高い画質と非常に広い露光ラチチュードを有している。これらの特性により高感度フィルムの使用領域を、プリント品質を向上しつつ大幅に拡大することができた。コニカカラー-Super DD400により様々な状況下においてもユーザーに満足して頂けるプリントを提供できると確信している。我々は、銀塩写真の特長である高品質の画像を生かし、今後も多様なユーザーニーズに応える製品を提供し続けて行く所存である。多方面からのご意見、アドバイスを頂ければ幸いである。

### ●参考文献

- 1) Ezaki, Atsuo: "Development of Extra High Speed(ISO-3200)Film", SPSE'40TH Annual Conference,1987.
- 2) 飯島俊文: "コニカカラーフィルムの設計コンセプト", 第6回写真技術セミナー
- 3) 山田良隆: "コニカカラー-GX100-Mママ撮っての開発", 平成元年度カラーラボセミナー
- 4) 榎葉悟, 山田良隆: "GX200プロフェッショナルの開発", KONICA TECHNICAL REPORT Vol.2
- 5) 照明学会編 "LIGHTING HANDBOOK" P167
- 6) 森礼於: "蛍光灯の光源色および演色性による区分", 照明学会誌58(12), 600(1984)