

# 分光測色法에 의한 色印刷物の 測色 및 解釋

이 상남 \* 김 성빈 \*\*

## Color Measurements and Colorimetric Analysis of Reproduced Colors with the Weighted-Ordinate Method

Sang - Nam Lee , Sung - Bin Kim

Reproduced colors which are half-tone dot printed at the rate of 10, 20, 30, 100% half-tone dot area by each process ink-cyan, magenta and yellow and at the rates of 10, 20, 30, 100% by the mean color mixing of black, cyan, magenta and yellow, are colorimetric analyzed by make use of the 1931 CIE XYZ system of color specification and matching the Munsell color system.

With increased half-tone dot areas,

1. Yellow has ideal reflectance curve, but magenta has nonideal reflectance curve.
2. Yellow and cyan have almost standard dominant wavelengths but magenta has complementary wavelengths.
3. Yellow has higher excitation purities in primary colors, but low excitation purities in secondary and third colors.
4. Value function is decreased and generally the range of value function in chromaticity diagram is extended.
5. The properties of black and CMY printed materials have not equality, therefore black process ink is necessary in half-tone printing process.

### 1. 서 론

현재 다색인쇄 과정에서 색원고를 Yellow(Y), Magenta(M), Cyan(C), Black(BI) 4색의 망점(halftone dot)으로 분해한 분해필름(separation film)들을 이용하여 만든 4색의 인쇄판으로 망점인쇄(halftone dot printing)를 한다.<sup>1)</sup> 즉 연속계조(continuous tone)인 다색원고를 망점면적(halftone dot area)의 비율을 변화시켜 만든 인쇄판을 중첩인쇄하여 혼색효과를 내므로서 수많은 색을 재현할 수 있다.

망점면적비율을 변화시켜 재현된 색을 결정하는 방법으로서 측색법을 이용한다. 측색법에는 일반적으로 4가지 기본적인 방법이 있다.<sup>2)</sup>

\*釜山開放大學校 印刷工學科

\*\*釜山開放大學校 印刷工學科

첫번째 방법은 시각적 비교법으로 측정할 색을 Munsell, DIN 또는 Ostwald system 과 같은 표준색채와 비교하는 방법과 표준 색광의 혼합색과 비교하는 방법의 2가지 방법이 있다.<sup>4-11)</sup> 일반적으로 Munsell 표색계와 비교하는 방법을 사용하고 있다.

두번째 방법은 농도 측정법으로 B, G, R 3가지 필터를 사용하여 측정색의 필터농도를 측정하여 색을 측정하는 방법이다.<sup>12)-24)</sup> 반사원고의 필터농도는 반사농도계, 투과원고의 필터농도는 투과농도계를 사용하여 측정한다.

세번째 방법은 자극치 직독 방법으로 색차계를 이용하여 구해진 3자극치를 이용하여 색을 측정한다.<sup>3-11)</sup>

네번째 방법은 분광 측색 방법으로 측정할 색의 각 파장에서 반사 되거나 투과된 빛의 양을 측정하여 색을 측정하는 방법이다.<sup>3-11)</sup> 또 분광 측색법에는 등간격 파장 방법과 선정 파장 방법이 있다. 반사물체와 투명물체의 측정 방법에서 기본적인 차이점은 분광 반사율의 측정과 분광 투과율의 측정이며 3자극치의 계산 방법은 그 원리가 같다. 분광 반사율의 측정은 두 광로의 분광광도계를 사용하여 치환하는 방법에 의한 경우, 두 광로의 분광 광도계를 사용하는 직접 방법에 의한 경우, 또 한광로의 분광 광도계를 사용하는 경우가 있는데 이것은 광도계 종류의 차이에 오는 방법이므로 결과적인 차이는 없다. 이러한 측색법은 사진인쇄에서 여러 분야에 응용된다.

본 논문에서는 망점면적비율을 변화시켜 인쇄한 기본 색인쇄물을 가시영역 분광광도계를 이용하여 파장에 따른 변화를 검토하고, 등간격 파장 방법을 이용한 분광 측색법으로 측색을 하여 색도도 상에 나타난 결과를 평가하고,<sup>3)-11), 25)-33)</sup> CIE 표색계를 Munsell system 으로 변환하여 색명을 규정한다.<sup>34)-38)</sup>

## 2. 실험재료와 방법

### 1) 실험재료

실험재료는 Y(Yellow), M(Magenta), C(Cyan), Bl(Black)의 망점면적비율을 10~100%까지 10%씩 증가시켜 인쇄한 것과 Y, M, C, Bl 을 혼색인쇄한 것을 사용하였다.

예를들어 Black 0%, Cyan 0%, Magenta 0%, Yellow 10%의 망점면적비율로 인쇄한 Yellow 망점이 10%인 인쇄물을 0001 또는 C-M-Y 10 으로 나타내고, Bl 0%, C 100%, M 100%, Y 100%인 인쇄물은 0××× 또는 B-C100M100Y100으로 나타내었다.

### 2) 실험방법 및 계산

CIE 표준표색계에서 등에너지 스펙트럼의 각 파장의 3자극치(color matching function)  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$ 의 값이 규정되어 있다. 본 논문에서는 CIE 1931 표색계의 표준광원 C에 대한 스펙트럼 3자극치를 이용하였다. 본 논문에 이용한 등간격 파장 방법 CIE 1931 표색계에서 구한 Weighted Ordinate Method<sup>42), 5)</sup>로 3자극치 X, Y, Z는

$$X = k \sum_{\lambda=380}^{780} P(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda = k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda \quad \Bigg\}$$

$$\left. \begin{aligned} Y &= k \sum_{\lambda=380}^{780} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda = k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta_{(Y)} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda \\ Z &= k \sum_{\lambda=380}^{780} P(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda = k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta_{(Z)} S(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda \\ k &= \frac{100}{\sum_{\lambda=380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

이 고, 색도좌표  $x, y, z$  는

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda}{k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda + k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda + k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda} \\ y &= \frac{k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda}{k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda + k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda + k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda} \\ z &= \frac{k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda}{k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{x}(\lambda) \Delta\lambda + k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda + k \sum_{\lambda=380}^{780} \beta(\lambda) S(\lambda) \bar{z}(\lambda) \Delta\lambda} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

이므로

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{X}{X+Y+Z} \\ y &= \frac{Y}{X+Y+Z} \\ z &= \frac{Z}{X+Y+Z} \\ x+y+z &= 1 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

이 된다.

$P(\lambda)$ 는 광원의 방사속(radiant flux)의 spectral density 이다.

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ 는 스펙트럼 3자극치(spectral stimulus values)이다.

$\beta(\lambda)$ 는 분광 반사율(spectral reflectance)이다.

$S(\lambda)$ 는 표준 조명의 상대스펙트럼 에너지분포(relative spectral energy distribution)로서 CIE에서 결정한 값을 사용한다.

여기서  $\Delta\lambda$ 는 등간격 파장(equal wavelength width)으로 본실험에서는 10nm 간격으로 잡았다.

$k$ 는 모든 파장에서  $\beta(\lambda)$ 가 1이 되는 완전 반사면에서 3자극치  $Y$ 가 100이 되는 계수이다.

여기서  $\sum_{\lambda=380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda = 100$ 이고,  $\Delta\lambda = 10\text{nm}$  이므로  $k = \frac{100}{\sum_{\lambda=380}^{780} S(\lambda) \bar{y}(\lambda) \Delta\lambda} = 0.1$ 이 된다. 표준조명

C에 대한  $S(\lambda)\bar{x}(\lambda), S(\lambda)\bar{y}(\lambda), S(\lambda)\bar{z}(\lambda)$ 는 1931 CIE 표색계에 보고된 값을 이용하였으며 표 1과 같다. <sup>(4), (5)</sup>

표 1. 1931 CIE 표준조명 C의 스펙트럼  
분포값  $S(\lambda) \times$  스펙트럼 3 자극치  $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$

파 장	1931 CIE 표준조명 C의 스펙트럼분포값 $\times$ 스펙트럼 3 자극치		
	$\lambda(\text{nm})$	$S(\lambda)\bar{x}(\lambda)$	$S(\lambda)\bar{y}(\lambda)$
380	0.004	0.000	0.020
90	0.019	0.000	0.089
400	0.085	0.002	0.404
10	0.329	0.009	1.570
20	1.238	0.037	5.949
30	2.997	0.122	14.628
40	3.975	0.262	19.938
450	3.915	0.443	20.638
60	3.362	0.694	19.299
70	2.272	1.058	14.972
80	1.112	1.618	9.461
90	0.363	2.358	5.274
500	0.052	3.401	2.864
10	0.089	4.833	1.520
20	0.576	6.462	0.712
30	1.523	7.934	0.388
40	2.785	9.149	0.195
550	4.282	9.832	0.086
60	5.880	9.841	0.039
70	7.322	9.147	0.020
80	8.417	7.992	0.016
90	8.984	6.627	0.010
600	8.949	5.316	0.007
10	8.325	4.176	0.002
20	7.070	3.153	0.002
30	5.309	2.190	0.000
40	3.693	1.443	0.000
650	2.349	0.886	0.000
60	1.361	0.504	0.000
70	0.708	0.259	0.000
80	0.369	0.134	0.000
90	0.171	0.062	0.000
700	0.082	0.029	0.000
10	0.039	0.014	0.000
20	0.019	0.006	0.000
30	0.008	0.003	0.000
40	0.004	0.002	0.000
750	0.002	0.001	0.000
60	0.001	0.001	0.000
70	0.001	0.000	0.000
합	98.041	100.000	118.103

분광 반사율  $\beta(\lambda)$ 의 측정은 Hitachi Ltd에서 Model 307 Color Analyzer로 380 nm에 780 nm까지의 가시파장 영역에서 10 nm 마다 측정하였다.

3 자극치  $X, Y, Z$ 와 색도좌표  $x, y, z$ 는(1)식과 (2)식에서 구한다.

본 논문에서 구한 계산치는 Micro Computer Apple II를 이용하였으며, 표 2에 programing 내용을 나타내었다.

표 2. 삼자극치 및 삼색계수 계산을 위한  
Computer Programing

## LIST

```

5 PRINT "SAMPLE (Y1)"
10 DIM R(40), X(40), Y(40), Z(40),
    L(40), LX(40), LY(40), LZ(40)
20 FOR J=380 TO 770 STEP 10
30 A=A+1
40 R(A)=J
50 NEXT J
60 FOR A=1 TO 40
70 READ X(A)
80 NEXT A
90 FOR A=1 TO 40
100 READ Y(A)
110 NEXT A
120 FOR A=1 TO 40
130 READ Z(A)
140 NEXT A
150 FOR A=1 TO 40
160 READ L(A)
170 NEXT A
180 FOR A=1 TO 40

```

```

190 LX(A)=INT(L(A)*X(A)*1000000)/1000000
200 LY(A)=INT(L(A)*Y(A)*1000000)/1000000
210 LZ(A)=INT(L(A)*Z(A)*1000000)/1000000
220 NEXT A
230 PRINT "R(A) X(A) Y(A) Z(A) L(A) LX(A) LY(A) LZ(A)"
240 FOR A=1 TO 40
250 PRINT R(A);" ";X(A);" ";Y(A);" ";Z(A);" "L(A);" ";LX(A);"
    ";LY(A);" ";LZ(A)
260 NEXT A
270 FOR A=1 TO 40
280 SX=S X+LX(A)
290 SY=SY+LY(A)
300 SZ=SZ+LZ(A)
310 NEXT A
320 V=SY
330 KX=INT ((SX/(SX+SY+SZ))*1000000)/1000000
340 KY=INT((SY/(SX+SY+SZ))*1000000)/1000000
350 FX=INT(((KX-0.3102)/(KY-0.3162))*1000000)/1000000
360 FY=INT(((KY-0.3162)/(KX-0.3102))*1000000)/1000000
270 PRINT "SX=";SX;" ";SY=" ;SY;" ";SZ=";SZ;" ";V=";" ";KX="
    ;KX;" ";KY=";KY;" ";FX=";FX;" ";FY=" ;FY
380 DATA 0.004, 0.019, 0.085, 0.329, 1.238, 2.997, 3.975, 3.915, 3.362, 2.272, 1.112, 0.363,
    0.052, 0.089, 0.576, 1.523, 2.785, 4.282, 5.880, 7.322, 8.417, 8.984
390 DATA 8.949, 8.325, 7.070, 5.309, 3.693, 2.349, 1.361, 0.708, 0.369, 0.171, 0.082, 0.039,
    0.019, 0.008, 0.004, 0.002, 0.001, 0.001
400 DATA 0,0,0.002, 0.009, 0.037, 0.122, 0.262, 0.443, 0.694, 1.058, 1.618, 2.358, 3.401,
    4.833, 6.462, 7.934, 9.149, 9.832, 9.841, 9.147, 7.992, 6.627
410 DATA 5.316, 4.176, 3.153, 2.19, 1.443, 0.886, 0.504, 0.259, 0.134, 0.062, 0.029, 0.014,
    0.006, 0.003, 0.002, 0.001, 0.001, 0
420 DATA 0.02, 0.089, 0.404, 1.57, 5.949, 14.628, 19.938, 20.638, 19.229, 14.972, 9.461, 5.274,
    2.864, 1.520, 0.712, 0.388, 0.195, 0.086, 0.039, 0.02, 0.016, 0.01
430 DATA 0.007, 0.002, 0.002, 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
440 DATA 0.73, 0.74, 0.755, 0.78, 0.795, 0.8, 0.8, 0.81, 0.82, 0.83, 0.84, 0.855, 0.88, 0.91,
    0.925, 0.93, 0.93, 0.93, 0.925, 0.925, 0.925, 0.925
450 DATA 0.925, 0.925, 0.93, 0.93, 0.935, 0.935, 0.935, 0.935, 0.935, 0.93, 0.93, 0.93, 0.935,
    0.935, 0.935, 0.94, 0.94, 0.945

```

각 인쇄물에 따라 반사율  $\beta(\lambda)$ 와 다르므로 #440, #450의 데이터를 바꿔서 계산하였다.

표3은 Yellow 10% 망점인쇄한 인쇄물을 실지 computer로 계산한 예이다.

표3에서  $R(A)$ 는 10 nm 등간격 파장  $\lambda$ 이다.

$X(A)$ ,  $Y(A)$ ,  $Z(A)$ 는 1931 CIE 표준조명  $C$ 의 스펙트럼 분포값  $S(\lambda)$ 와 스펙트럼 3자극치  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$ ,  $\bar{z}(\lambda)$ 를 곱한 값인  $S(\lambda)\bar{x}(\lambda)$ ,  $S(\lambda)\bar{y}(\lambda)$ ,  $S(\lambda)\bar{z}(\lambda)$ 이다.

$L(A)$ 는 분광 반사율  $\beta(\lambda)$ 이다.

$LX(A)$ ,  $LY(A)$ ,  $LZ(A)$ 는 각각  $\beta(\lambda)S(\lambda)\bar{x}(\lambda)$ ,  $\beta(\lambda)S(\lambda)\bar{y}(\lambda)$ ,  $\beta(\lambda)S(\lambda)\bar{z}(\lambda)$ 이다.

$SX$ ,  $SY$ ,  $SZ$ 는 3 자극치  $x, Y, Z$ 이다.

$V$ 는 명도함수이다.

$KX$ ,  $KY$ 는 3 색좌표  $X, y$ 이다.

$FX$ ,  $FY$ 는 주파장선의 기울기를 나타낸 식 (4)와 (5)의 값이다.

표 3. Yellow 10% 망점 인쇄물(0001)의 computer 계산한 결과

]LIST

440 DATA 0.73, 0.74, 0.755, 0.78, 0.795, 0.8, 0.81, 0.82, 0.83, 0.84, 0.855, 0.88, 0.91,  
0.925, 0.93, 0.93, 0.93 0.925, 0.925, 0.925, 0.925

450 DATA 0.925, 0.925, 0.93, 0.93, 0.935, 0.935, 0.935, 0.935, 0.935, 0.93, 0.93, 0.93, 0.935,  
0.935, 0.935, 0.94, 0.94, 0.945

]RUN

SAMPLE(Y1)

R(A)	X(A)	Y(A)	Z(A)	L(A)	LX(A)	LY(A)	LZ(A)
380	4E-03	0	0.02	0.73	2.92E-03	0	0.0146
390	0.019	0	0.089	0.74	0.01406	0	0.065859
400	0.085	2E-03	0.404	0.755	0.064175	1.51E-03	0.30502
410	0.329	9E-03	1.57	0.78	0.25662	7.019E-03	1.224599
420	1.238	0.037	5.949	0.795	0.98421	0.029414	4.729454
430	2.997	0.122	14.628	0.8	2.3976	0.097599	11.7024
440	3.975	0.262	19.938	0.8	3.179999	0.2096	15.9504
450	3.915	0.443	20.638	0.81	3.17115	0.35883	16.716779
460	3.362	0.694	19.299	0.82	2.756839	0.56908	15.825179
470	2.272	1.058	14.972	0.83	1.885759	0.87814	12.426759
480	1.112	1.618	9.461	0.84	0.934079	1.359119	7.947239
490	0.363	2.358	5.274	0.855	0.310365	2.01609	4.509269
500	0.052	3.401	2.864	0.88	0.04576	2.99288	2.52032
510	0.089	4.833	1.52	0.91	0.080989	4.39803	1.3832
520	0.576	6.462	0.712	0.925	0.532799	5.97735	0.658599
530	1.523	7.934	0.388	0.93	1.41639	7.37862001	0.36084
540	2.785	9.149	0.195	0.93	2.59005	8.50857	0.18135
550	4.282	9.832	0.086	0.93	3.98226	9.143759	0.07998
560	5.88	9.841	0.039	0.925	5.438999	9.102924	0.036075
570	7.322	9.147	0.02	0.925	6.77285	8.460974	0.0185
580	8.417	7.992	0.016	0.925	7.785725	7.3926	0.0148
590	8.984	6.627	0.01	0.925	8.3102	6.29975	9.25E-03
600	8.949	5.316	7E-03	0.925	8.277825	4.9173	6.475E-03
610	8.325	4.716	2E-03	0.925	7.700625	3.8628	1.85E-03
620	7.07	3.153	2E-03	0.93	6.575099	2.932289	1.86E-03
630	5.309	2.19	0	0.93	4.93737	2.0377	0
640	3.693	1.443	0	0.935	3.452954	1.349204	0

620	7.07	3.153	2E-03	0.93	6.575099	2.932289	1.86E-03
630	5.309	2.19	0	0.93	4.93737	2.0367	0
600	8.949	5.316	7E-03	0.925	8.277825	4.9173	6.475E-03
610	8.325	4.716	2E-03	0.925	7.700625	3.8628	6.1.85E-03
590	8.984	6.627	0.01	0.925	8.3102	6.129975	9.25E-03
650	2.349	0.886	0	0.935	2.196314	0.82841	0
660	1.361	0.504	0	0.935	1.272535	0.47124	0
670	0.708	0.259	0	0.935	0.66198	0.242165	0
680	0.369	0.134	0	0.935	0.345015	0.125289	0
690	0.171	0.062	0	0.93	0.159029	0.05766	0
700	0.082	0.029	0	0.93	0.07626	0.02697	0
710	0.039	0.014	0	0.93	0.03627	0.01302	0
720	0.019	6E-03	0	0.935	0.017765	5.61E-03	0
730	8E-03	3E-03	0	0.935	7.48E-03	2.805E-03	0
740	4E-03	2E-03	0	0.935	3.74E-03	1.87E-03	0
750	2E-03	1E-03	0	0.94	1.88E-03	9.4E-04	0
760	1E-03	1E-03	0	0.94	9.4E-04	9.45E-04	0
770	1E-03	0	0	0.945	9.4E-04	0	0
SX=	SY=	SZ=	V=9.5	KX=	KY=0.331464	FX=0.625196	FY=
88.637824	91.8872951	96.690656		0.319743			1.599497

물체색의 물리적 색도표시는 주파장과 자극순도로써 표시한다. 주파장(dominant wavelength)은 스펙트럼 자극과 특정한 백색자극의 적당한 비율의 가색혼합에 의하여 물체의 색자극과 등색이 되는 스펙트럼 자극의 적당한 비율의 가색혼합에 의하여 물체의 색자극과 등색이 되는 스펙트럼 자극의 파장으로  $\lambda_d$ 로 표시한다. 그림 1에서 표시된 임의물체색의 색도( $x_b, y_b$ )와의 관계에서 얻어지는 기울기

$$\frac{x-x_w}{y-y_w} \text{ 또는 } \frac{y-y_w}{x-x_w} \quad (4)$$

에서 구할 수 있다. (3, 4, 5, 7)

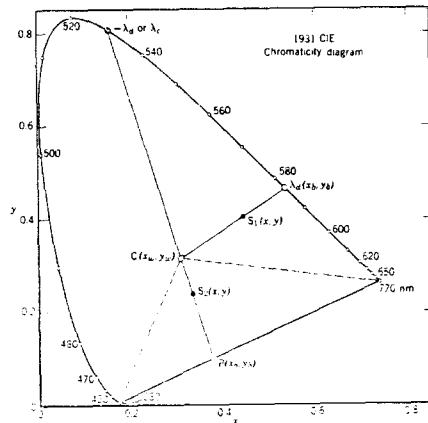


그림 1. 1931 CIE 색도상의 색도점  $S_1, S_2$ 의 주파장과 보색주파장

본 측정에서 사용된 광원은 Halogen lamp에 Davis-Gibson C 필터를 사용한 표준 광원 C로서 색도좌표는 표 2와 같이  $x_w$ 가 0.3102,  $y_w$ 가 0.3162 이므로

$$\frac{x-0.3102}{y-0.3162} \text{ 또는 } \frac{y-0.3162}{x-0.3102} \quad (5)$$

로 변환하여 사용한다.

그림 1의 물체색  $S$ 는 스펙트럼색으로 표시되지 않는 적자계열의 색이다. 적자계열의 색은 시료의 색자극과 스펙트럼자극과 적당한 비율로 가법혼합하여 특정한 백색자극과 등색이 되는 스펙트럼자극의 파장인 보색 주파장(complementary wavelength)  $-\lambda_d$  또는  $\lambda_c$ 로 나타낸다. 1931 CIE 표준조명 C에 대한 주파장선의 기울기와 주파장과의 관계에서 주파장과 보색 주파장을 구할 수 있다.

물체색의 자극순도(excitation purity)  $P_r$ 는 1931 CIE  $x, y$  색도도상에서 광원의 위치( $x_w, y_w$ )에서 물체색의 색도점( $x, y$ )까지의 거리와 광원의 위치( $x_w, y_w$ )에서 물체색의 주파장  $\lambda_d$ , 또는 보색 주파장  $-\lambda_d$ 의 색도점( $x_t, y_t$ )까지의 거리와의 비율 %로 환산하여 표시한다. "3,4),5),7"

$$P_r = \frac{x-x_w}{x_t-x_w} \text{ 또는 } P_r = \frac{y-y_w}{y_t-y_w} \quad (6)$$

이다. 본 측정에 사용된 표준조명 C의 색도좌표는  $x_w=0.3102$ ,  $y_w=0.3162$  이므로 (6)식은

$$P_r = \frac{x-0.3102}{x_t-0.3102} \text{ 또는 } P_r = \frac{y-0.3162}{y_t-0.3162} \quad (7)$$

로 된다.

주파장을 갖는 물체색의 자극순도는 표 1과 같은 1931 CIE 표색계에서 보고된 주파장의 색도좌표( $x_b, y_b$ )를 (7)식에 적용하여 구한다. 보색 주파장을 갖는 물체색의 자극순도는 색도좌표( $x_b, y_b$ )를 알 수 없으므로 1931 CIE 색도의 정밀도에서 직접 구한다.

3 자극치  $X, Y, Z$ 에서  $Y$ 의 값은 스펙트럼 3 자극치중  $\bar{y}(\lambda)$ 와 관계된다.  $\bar{y}(\lambda)$ 와 파장에 대한 자극곡선은 명시도 곡선과 같으므로 %로 표시된  $Y$ 의 값은 밝기인 명도를 표시한다.

$Y$ 값의 5차 다항식

$$Y=1.2219V-0.2311V^2+0.23951V^3-0.021009V^4+0.0008404V^5 \quad (8)$$

에서 명도함수(value function)  $V$ 를 구할 수 있다. 표 4에 나타난  $V$ 가 먼셀 명도(Munsell value)이다.

먼셀 색상(Munsell hue)  $H$ 와 먼셀 채도(Munsell chroma)  $C$ 는 먼셀표색계에서 물체색의 색도좌표  $x, y$ 로서 직접 구한다.

표 4. 명도함수  $V$ 에 대한  $Y$ 값

V	Y	V	Y	V	Y	V	Y
1.0	1.21	3.5	9.00	6.0	30.05	8.5	68.40
1.5	2.02	4.0	12.00	6.5	36.20	9.0	78.66
2.0	3.20	4.5	15.58	7.0	43.06	9.5	90.01
2.5	4.61	5.0	19.77	7.5	50.68		
3.0	6.55	5.5	24.58	8.0	59.10		



### 3. 결과 및 고찰

본 실험에서 color analyser 로 측정한 색인채물의 파장에 따른 반사율 곡선의 망점면적비율에 대한 변화를 나타낸 그래프가 그림 2~9에 나타나 있다.

그림 2는 Yellow 의 인쇄물 망점면적을 10%, 20%.....100%로 변화시켰을 때의 반사율 곡선이다.

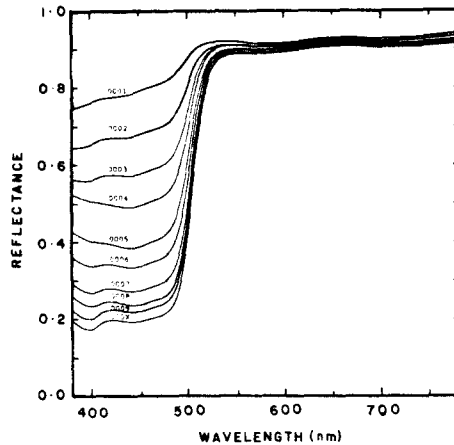


그림 2. 망점면적율을 0~100% 변화한 Yellow 인쇄물의 반사율곡선

Y 100% 일때 거의 변화가 없고 전반적으로 반사율이 높은 값을 가지다가 망점면적율이 증가함에 따라 500 nm 이하인 Blue 광의 파장영역의 반사율이 떨어지는 것을 알 수 있다. Y 100%인 경우는 Y의 이상적인 반사율 곡선에 대단히 접근되는 것을 볼 수 있다.

그림 3은 Magenta 인쇄물의 망점면적율을 10%씩 변화시킨 반사율 곡선이다.

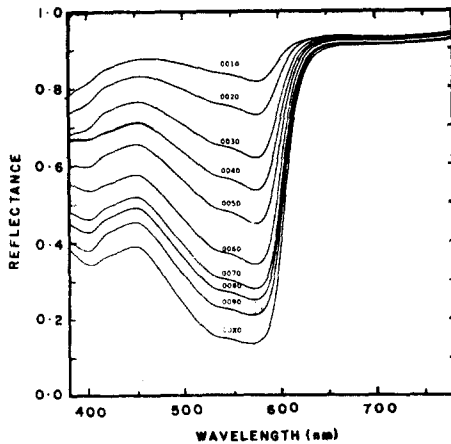


그림 3. 망점면적율을 10~100% 변화한 Magenta 인쇄물의 반사율곡선

역시  $M$  10%일때 전반적으로 변화가 없고 높은 반사율을 나타내다가 망점면적율이 증가함에 따라 Green 광의 파장영역인 500~600 nm 에서 반사율이 급격히 떨어지는 것을 알 수 있다. 그러나 이상적인 Magenta 인쇄물에서는 높은 반사율을 가져야할 500 nm 이하의 Blue 광의 파장영역의 반사율도 같이 감소하는 추세를 보인다. 이러한 현상으로 Magenta 가 이상적인 반사율을 갖지 못한다는 결과를 얻을 수 있다.

그림 4는 Cyan 인쇄물의 망점면적율을 10%씩 변화시킨 반사율 곡선이다.

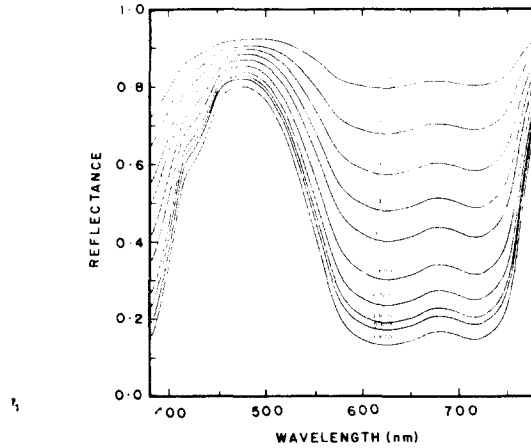


그림 4. 망점면적율을 10~100% 변화한 Cyan 인쇄물의 반사율곡선

망점면적율이 증가함에 따라서 450~550 nm 근방의 파장영역의 반사율은 변화가 적은데 비해 550~750 nm 근방의 파장영역은 반사율이 급격히 떨어지는 것을 알 수 있다. 그러나 400 nm 이하의 파장영역에서 반사율이 급격히 떨어지는 현상과 750 nm 이상의 파장영역에서 반사율이 다시 증가하는 현상은 Cyan 역시 이상적인 반사율을 갖지 못한다는 것을 알 수 있다.

그림 5는  $M$ 과  $Y$ 의 망점면적율을 각각 10%씩 증가시키면서 혼색인쇄한 인쇄물의 반사율

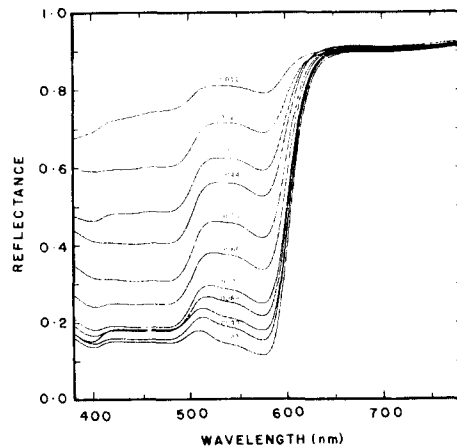


그림 5. 망점면적율을 10~100% 변화한 Magenta-Yellow 인쇄물의 반사율곡선

곡선이다.

망점면적율이 증가함에 따라 650 nm 이하의 파장영역에서 반사율이 감소하는 이상적인 *MY* 혼색인쇄물의 반사율 곡선을 가지나 500~600 nm 파장영역의 반사율이 전반적으로 약간 높은 경향이 나타난다. 이는 *M*에 의한 영향이라 생각된다.

그림 6은 *C*와 *M*의 망점면적율을 각각 10%씩 증가 시키면서 혼색인쇄한 인쇄물의 반사율 곡선이다.

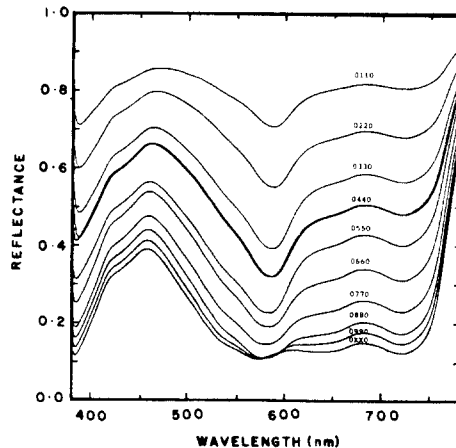


그림 6. 망점면적율을 10~100% 변화한 Cyan-Magenta 인쇄물의 반사율곡선

이상적인 *CM* 혼색인쇄물이라면 500 nm 이하의 반사율이 높고 500 nm 이상의 반사율은 낮아야 하는데 파장영역에서는 *M*의 결합에 의해 너무 낮은 반사율 곡선을 나타내고, 장파장 영역에서는 *C*의 결합에 의해 높은 반사율 곡선을 나타낸다. 이는 *Y*에 비해 *M, C*는 이상적인 반사율 곡선을 갖지 못한다는 것을 알 수 있다.

그림 7은 *C*와 *Y*의 망점면적율을 각각 10%씩 증가 시키면서 혼색인쇄한 인쇄물의 반사율

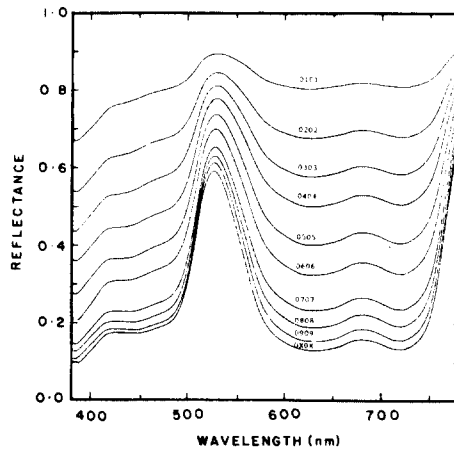


그림 7. 망점면적율을 10~100% 변화한 Cyan-Yellow 인쇄물의 반사율곡선

곡선이다.

이상적인 *CY* 혼색인쇄물이라면 500~650 nm 근방의 반사율이 높고 그이외의 반사율은 낮아야 하는데, *C*의 결함에 의해 500~650 nm 파장영역에서 반사율이 낮고 그의 파장영역에서 반사율이 높으며 특히 750 nm 이상에서 높은 반사율을 갖는 현상은 이상적인 *CY* 혼색이 아니다.

그림 8은 *C*, *M*과 *Y*의 망점면적율을 각각 10%씩 증가 시키면서 혼색인쇄한 인쇄물의 반사율곡선이다.

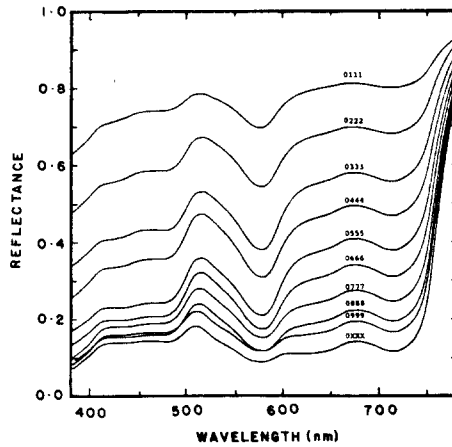


그림 8. 망점면적율을 10~100% 변화한 Cyan-Magenta-Yellow 인쇄물의 반사율곡선

이상적인 *CYM* 혼색은 전반적으로 반사율곡선의 변화가 없어야 하는데 그렇지 못하다. 특히 500 nm 근방과 750 nm 근방의 파장영역의 변화는 *M*과 *C*의 결함때문이라 생각된다. 이 결과 *CMY* 혼색인쇄에 의해 완전한 *BI*의 효과를 내지 못하는 것을 알 수 있다.

그림 9는 Black의 망점면적율을 10%씩 증가시킨 인쇄물의 반사율 곡선이다.

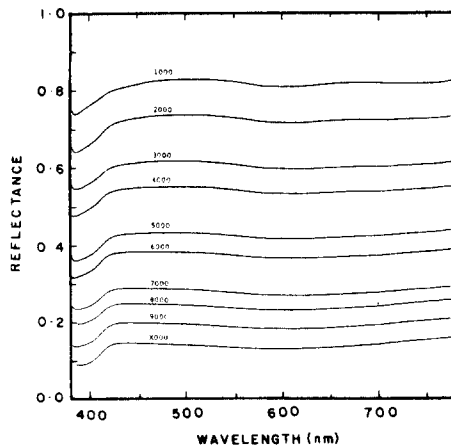


그림 9. 망점면적율을 10~100% 변화한 Black 인쇄물의 반사율곡선

표 5. 광원, 인쇄용지와 10~100% 망점면적비율로 인쇄한 Y, M, C, BI 및 혼색의 계산치

시료번호	망점면적비	3 차 극 치			색 도 파 표	주파장선의 기울기		주파장 및 보색 주파장 $\lambda_d$ 또는 $-\lambda_d$ (nm)	순 도 비 $x_b$	자극순도 합 $P_r$ (%)	면셀계수			
		X	Y	Z		$x$	$y$							
인쇄용지 (뉴아트지 76. kg/쿠판)														
S	0000B-C-M-Y-	90.2362	92.4364	109.2584	0.3091	0.3166	-2.50913	-0.39855	496	1.01970	0.0038	0.38	9.5	7.5P 9/2
광원 (형스텐-요오드램프)														
P	0006Light C Source	98.0410	100.0000	118.1030	0.3101	0.3163	-0.7658	-1.3059	508	0.00799	0.0003	0.03	9.5	7.5P 9/2
망점면적 10~100% 변화한 Yellow 인쇄물														
1	0001B-C-M-Y10	88.6378	91.8873	96.6907	0.3197	0.3315	0.62520	1.59950	571	0.4511	0.067	6.70	9.5	7.5Y9/2
2	0002B-C-M-Y20	85.9923	90.1325	83.0017	0.3319	0.3478	0.68455	1.46079	572	0.4580	0.1468	14.68	9.5	7.5Y9/2
3	0003B-C-M-Y30	83.7297	88.7479	70.0830	0.3452	0.3659	0.70432	1.41981	573	0.4650	0.2261	22.61	9.5	7.5Y9/4
4	0004B-C-M-Y40	81.9882	87.5171	61.9211	0.3543	0.3782	0.71127	1.40591	573	0.4650	0.2849	28.49	9.5	7.5Y9/4
5	0005B-C-M-Y50	79.6032	85.7767	50.8608	0.3681	0.3967	0.71979	1.38929	573	0.4650	0.3740	37.40	9.5	7.5Y9/6
6	0006B-C-M-Y60	78.2739	84.7598	43.7093	0.3786	0.4100	0.72945	1.37089	573	0.4650	0.4419	44.19	9.5	5Y9/6
7	0007B-C-M-Y70	76.4400	85.5502	34.7260	0.3926	0.4291	0.72968	1.37047	573	0.4650	0.5323	53.23	9.0	5Y9/8
8	0008B-C-M-Y80	76.0234	82.8323	31.6584	0.3990	0.4378	0.74921	1.33475	574	0.4719	0.5492	54.92	9.0	7.5Y9/10
9	0009B-C-M-Y90	74.7395	81.8626	26.1591	0.4089	0.4479	0.74966	1.33394	574	0.4719	0.6085	60.85	9.0	5Y9/10
10	000X B-C-M-Y100	74.6629	82.3592	21.4842	0.4183	0.4614	0.74436	1.34344	574	0.4719	0.6685	66.85	9.0	7.5Y9/10
망점면적 10~100% 변화한 Magenta 인쇄물														
11	0010B-C-M10-Y	84.7131	84.5966	101.7965	0.3125	0.3120	-0.54618	-1.83091	-515	—	—	2.1	9.5	7.5P9/2

12	0020B-C-M20-Y	79.8354	77.6509	96.3376	0.3145	0.3059	-0.42137	-2.37321	-522	-	-	5.0	9.0	7.5P9/2
13	0030B-C-M30-Y	73.4625	63.9068	87.9037	0.3190	0.2992	-0.52019	-1.92236	-516	-	-	8.2	8.5	10P8/4
14	0040B-C-M40-Y	68.1933	61.9719	81.1704	0.3227	0.2932	-0.5434	-1.84027	-515	-	-	9.6	8.0	10P8/4
15	0050B-C-M50-Y	62.7590	54.7445	74.0649	0.3276	0.2858	-0.5720	-1.74831	-514	-	-	15.4	7.5	10P7/6
16	0060B-C-M60-Y	56.0500	45.6991	64.0679	0.3380	0.2756	-0.68528	-1.45926	-510	-	-	21.6	7.0	10P7/8
17	0070B-C-M70-Y	51.5354	39.8031	57.2628	0.3468	0.2679	-0.75706	-1.32090	-508	-	-	26.2	7.0	10P7/10
18	0080B-C-M80-Y	50.0720	38.0919	57.7057	0.3529	0.2685	-0.8961	-1.1160	-505	-	-	27	6.5	2.5RP6/10
19	0090B-C-M90-Y	46.1066	33.1168	49.0765	0.3594	0.258	-0.84652	-1.18131	506	-	-	32.8	6.0	2.5RP6/12
20	00X0B-C-M100-Y	40.7242	28.3869	41.3599	0.3754	0.2433	-0.89443	-1.11803	505	-	-	41.8	5.5	2.5RP5/12

망점면적 10~100% 변화한 Cyan 인쇄물

21	0100B-C10M-Y	81.8624	85.6773	107.0127	0.2982	0.3121	2.90747	0.34394	487	0.0593	0.0478	4.78	9.5	10B9/2
22	0200B-C20-M-Y	73.2911	78.1150	104.1718	0.2868	0.3055	2.2191	0.45063	485	0.0687	0.0969	9.69	9.0	10B9/4
23	0300B-C30-M-Y	67.9755	77.9905	102.2528	0.2746	0.2997	2.1530	0.46446	485	0.0687	0.1474	14.74	8.5	75B8/4
24	0400B-C40-M-Y	58.9965	65.8482	99.9587	0.2624	0.2929	2.05123	0.48751	485	0.0687	0.1979	19.79	8.5	5B8/6
25	0500B-C50-M-Y	52.9931	61.1040	97.4673	0.2505	0.2888	2.1788	0.4590	485	0.0687	0.2472	24.72	8.0	5B8/6
26	0600B-C60-M-Y	45.1493	53.0920	94.6885	0.2340	0.2752	1.85761	0.53833	484	0.0734	0.3218	32.18	7.5	5B7/8
27	0700B-C70-M-Y	39.9243	48.1769	91.9605	0.2217	0.2676	1.8189	0.5498	484	0.0734	0.3737	37.37	7.5	7/3
28	0800B-C80-M-Y	36.4796	44.9467	90.5924	0.2121	0.2613	1.7871	0.5596	484	0.0734	0.4143	41.43	7.0	5B7/10
29	0900B-C90-M-Y	34.2939	42.8453	89.0769	0.2063	0.2578	1.7778	0.5625	484	0.0734	0.4388	43.88	7.0	B7/10
30	0X00B-C100-M-Y	30.7138	39.2964	86.4129	0.1964	0.2512	1.7508	0.5712	484	0.0734	0.4805	48.05	6.5	7.5B6/10

망점면적 10~100% 변화한 Magenta Yellow 인쇄물

31	0011B-C-M10-Y10	80.4929	81.3253	87.2163	0.3232	0.3266	1.25642	0.79591	581	0.5191	0.0622	6.22	9.0	22.5YR9/2
----	-----------------	---------	---------	---------	--------	--------	---------	---------	-----	--------	--------	------	-----	-----------

32	0022B-C-M20-Y20	73.0394	72.4572	71.2695	0.3370	0.3343	1.48084	0.67529	583	0.5321	0.1271	12.71	8.5	5YR8/2
33	0033B-C-M30-Y30	66.4573	64.4339	57.7216	0.3523	0.3416	1.65802	0.60313	585	0.5448	0.1795	17.95	8.5	5YR8/4
34	0044B-C-M40-Y40	61.7565	58.6373	48.3119	0.3661	0.3476	1.7806	0.5616	586	0.5510	0.2321	23.21	8.0	5YR8/4
35	0055B-C-M50-Y50	55.1161	50.2400	37.0296	0.3871	0.3528	2.09830	0.47658	588	0.5633	0.3038	30.38	7.5	5YR7/6
36	0066B-C-M60-Y60	49.3388	42.8041	29.7674	0.4047	0.3511	2.70726	0.36938	591	0.5810	0.3489	34.89	7.0	2.5YR7/8
37	0077B-C-M70-Y70	43.5960	35.2655	22.8973	0.4284	0.3466	3.89420	0.25680	596	0.6080	0.3969	39.69	6.5	7.5R6/8
38	0088B-C-M80-Y80	41.7781	32.8344	21.1927	0.4361	0.3427	4.74634	0.21069	598	0.6178	0.4093	40.93	6.0	7.5R6/10
39	0099B-C-M90-Y90	38.0841	27.6464	18.6006	0.4516	0.3278	12.15734	0.08225	607	0.6557	0.4093	40.93	6.0	2.5R5/12
40	00xx B C-M100-Y 100	35.2069	24.0291	17.7919	0.4571	0.3120	-34.58135	-0.02892	622	0.6954	0.3814	38.14	5.5	2.5R5/10

광검면적 10~100% 변화한 Cyan-Magenta 인쇄물

41	0110B-C10-M10-Y	75.9945	77.0063	99.9052	0.3017	0.3057	0.81125	1.23266	473	0.1158	0.0437	4.37	9.0	5PB9/2
42	0220B-C20-M20-Y	63.9293	64.8387	90.9942	0.2909	0.2950	0.91200	1.09649	476	0.1063	0.0947	9.47	8.5	5PB8/4
43	0330B-C30-M30-Y	51.0814	50.2032	79.4216	0.2827	0.2778	0.71707	1.39456	470	0.1241	0.1478	14.78	7.5	7.5PB7/6
44	0440B-C40-M40-Y	44.1021	43.3673	71.4422	0.2775	0.2729	0.75461	1.32518	471	0.1215	0.1732	17.32	7.0	7.5PB7/6
45	0550B-C50-M50-Y	35.2178	32.7277	62.1972	0.2706	0.2515	0.61168	1.63484	463	0.1391	0.2314	23.14	6.0	10PB6/8
46	0660B-C60-M60-Y	30.0840	28.2325	58.5807	0.2574	0.2415	0.70758	1.41326	469	0.1267	0.2877	28.77	6.0	20PB6/8
47	0770B-C70-M70-Y	24.0082	21.9540	50.8710	0.2479	0.2267	0.6959	1.4371	469	0.1267	0.3395	33.95	5.0	10PE5/8
48	0880B-C80-M80-Y	19.8590	17.8693	46.7175	0.2352	0.2116	0.71702	1.39391	470	0.1241	0.4030	40.30	5.0	10PB5/10
49	0990B-C90-M90-Y	18.4488	16.2933	43.3723	0.2362	0.2086	0.68784	1.45383	468	0.1291	0.4086	40.86	4.5	10PB4/8
50	0xxx B-C100-M 100-Y	17.1590	15.1936	40.9228	0.2342	0.2073	0.69847	1.43170	469	0.1267	0.4142	41.42	4.5	7.5PB4/8

광검면적 10~100% 변화한 Cyan-Yellow 인쇄물

51	0101B-C10-M-Y10	80.5094	85.0573	94.0515	0.3101	0.3276	-0.00823	-121.53200	551	0.30876	0.0714	7.14	9.5	7.5GY9/2
----	-----------------	---------	---------	---------	--------	--------	----------	------------	-----	---------	--------	------	-----	----------

52	0202-B-C20-M-Y20	69.9121	76.7768	78.7839	0.3101	0.3405	-0.00543	-184.19699	551	0.30876	0.0714	7.14	9.0	10GY9/2
53	0303-B-C30-M-Y30	60.5760	68.8275	67.0889	0.3083	0.3503	-0.05616	-17.80564	548	0.28729	0.0830	8.30	8.5	10GY8/4
54	0404-B-C40-M-Y40	55.2255	62.9241	55.6847	0.3097	0.3662	-0.00902	-110.84258	551	0.30876	0.3472	34.72	8.0	10GY8/4
55	0505-B-C50-M-Y50	44.8371	55.4156	46.9244	0.3046	0.3765	-0.09201	-10.86813	546	0.27291	0.3571	35.71	8.0	10GY8/6
56	0606-B-C60-M-Y60	38.1254	49.5876	40.3447	0.2977	0.3872	-0.17571	-5.69135	541	0.23689	0.1705	17.05	7.5	10GY7/6
57	0707-B-C70-M-Y70	29.7457	41.9776	30.3858	0.2913	0.4111	-0.19902	-5.02462	539	0.22234	0.2150	21.50	7.0	10GY7/8
58	0808-B-C80-M-Y80	25.8065	38.1451	27.2700	0.2829	0.4186	-0.26778	-3.73449	534	0.18539	0.2188	21.88	6.5	10GY6/8
59	0099-B-G90-M-Y90	22.9459	35.7016	24.7507	0.2751	0.4281	-0.3137	-3.1880	530	0.15472	0.2258	22.58	6.5	5G6/10
60	00XX-B-C100-M-Y100	20.5966	32.9470	23.4198	0.2676	0.4281	-0.38061	-2.62736	525	0.11416	0.2173	21.73	6.0	2.5G6/10

광질면적 10~100% 변환 Cyan-Magenta-Yellow 인쇄물

61	0111-B-C10-M10-Y10	73.4464	75.2270	87.2640	0.3113	0.3188	0.41484	2.41058	566	0.41583	0.0104	1.04	9.00	—
62	0222-B-C20M-20-Y20	59.9171	61.9013	69.0592	0.3139	0.3243	0.45727	2.1869	568	0.42999	0.0309	3.09	8.0	GY 8/2
63	0333-B-C30-M30-Y30	45.6068	46.9384	51.4936	0.3166	0.3259	0.66453	1.50482	572	0.45804	0.0433	4.33	7.5	GY7/2
64	0444-B-C40-M40-Y40	38.0432	39.9129	42.6323	0.3155	0.3310	0.35708	2.80053	565	0.40873	0.0538	5.38	7.0	7.5GY7/2
65	0555-B-C50-M50-Y50	28.4103	29.5081	29.5712	0.3247	0.3373	0.6893	1.45075	573	0.46499	0.0937	9.37	6.0	—
66	0666-B-C60-M60-Y60	23.7411	25.2488	25.4268	0.3190	0.3393	0.38270	2.61302	566	0.41583	0.0833	8.33	5.5	7.5GY5/2
67	0777-B-C70-M70-Y70	20.2320	21.7615	23.1992	0.3103	0.3338	0.00801	124.83688	552	0.31592	0.0175	1.75	5.0	10GY5/2
68	0888-B-C80-M80-Y80	16.4340	17.7733	20.7144	0.2992	0.3236	-1.48077	-0.67532	499	0.1048	0.0367	3.67	5.0	—
69	0999-B-C90-M90-Y90	12.1275	16.5053	19.6145	0.2952	0.3221	-2.55775	-0.39097	496	0.1970	0.0516	5.16	4.5	—
70	0XXX-B-C100-M100-Y100	11.8112	12.9217	17.6577	0.2786	0.3048	2.77565	0.36028	487	0.0593	0.1259	12.59	4.0	2.5B4/2

광질면적 10~100% 변환 Black 플인쇄

71	1000B10-C-M-Y	79.36002	81.2986	95.6029	0.3094	0.3170	-0.9475	-1.0554	504	0.0036	0.0026	0.26	9.0	—
72	2000B20-C-M-Y	70.3794	72.0222	85.3587	0.3090	0.3162	-64.84211	-0.01591	493	0.03176	0.0043	0.43	8.5	—
73	3000B30-C-M-Y	58.6721	60.1014	71.5172	0.3083	0.3158	5.18560	0.21053	489	0.05003	0.0073	0.73	8.0	—
74	4000B40-C-M-Y	52.3752	53.6169	64.0510	0.3080	0.3153	2.11679	0.4052	486	0.06399	0.0089	0.89	7.5	—
75	5000B50-C-M-Y	40.9847	41.9647	49.8815	0.3085	0.3159	6.00727	0.16646	489	0.05003	0.0065	0.65	7.0	—
76	6000B60-C-M-Y	36.1296	37.0116	44.1366	0.3081	0.3156	3.48566	0.28705	487	0.05932	0.0084	0.84	6.5	—
77	7000B70-C-M-Y	26.7316	27.4406	32.8829	0.3071	0.3152	3.16347	0.31611	487	0.05932	0.0124	1.24	6.0	—
78	8000B80-C-M-Y	22.9050	23.3874	28.6792	0.3055	0.3120	1.102352	0.90715	479	0.09531	0.0219	2.19	5.5	—
79	9000B90-C-M-Y	18.3322	18.6888	22.7928	0.3065	0.3124	0.98960	1.01051	477	0.10278	0.0178	1.78	5.0	—
80	X000B100-C-M-Y	12.9604	13.1848	16.2808	0.3055	0.3108	0.8704	1.1489	475	0.10960	0.023	2.34	4.0	—



전 가시영역에서 변화없는 반사율을 가지는 것을 볼 수 있고 이 결과 망점분해 인쇄과정에서 BI의 필요성을 알 수 있다. Colorimoter로 측정된 색인채물들의 분광 반사율  $\beta(\lambda)$ 로서 computer로 계산하여 얻은 3 자극치  $X, Y, Z$ , 색도좌표  $x, y$ , 주파장  $\lambda_d$  혹은 보색 주파장  $-\lambda_d$ , 자극순도  $P$ , 와 명도함수  $V$  및 먼셀 표색으로 변환시켜 얻은 먼셀계수  $H \cdot V/C$ 가 표 5에 나타나 있다.

표 5는 망점면적율을 변화시킨 색인채물들을 color analyzer로 측정된 분광 반사율을 computer 처리를 하여 얻은 3 자극치  $X, Y, Z$  색도좌표  $x, y$ , 주파장  $\lambda_d$  혹은 보색 주파장  $-\lambda_d$ , 자극순도  $P$ , 와 명도함수  $V$  및 먼셀계수  $H \cdot V/C$ 를 나타내었다.

S는 반사율 측정에 사용한 color analyzer의 광원인 Tungsten-Iodide lamp(8A, 15V)의 색도좌표  $x_s=0.3101, y_s=0.3163$ 으로 표 6에 나타난 CIE 표준조명 C의 색도좌표  $x_c=0.3102, y_c=0.3162$  값의 차가 거의 없으며 모든 계산을 표준조명 C를 기준으로 하는 것이 타당하다는 것을 알 수 있다. 그리고 P는 인쇄용지의 색도좌표로서  $x_p=0.3091, y_p=0.3166$ 으로 CIE 표준조명 C의 색도좌표와 거의 같다.

표 6. 1931 CIE XYZ 표색계의 표준조명들의 색도좌표와 색온도

표준조명	x	y	z	색온도(K)
equal-energy source(E)	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	—
표준조명 A	0.44757	0.40745	0.14498	2586
표준조명 B	0.34842	0.35161	0.29997	4874
표준조명 C	0.31006	0.31616	0.37378	6774
표준조명 D <sub>55</sub>	0.3324	0.3475	0.3201	5503
표준조명 D <sub>65</sub>	0.3127	0.3290	0.3583	6504
표준조명 D <sub>75</sub>	0.2990	0.3150	0.3860	7504

그림 10은 표 4에 나타난 망점면적율을 변화시킨 색인채물들의 색도좌표를 확대하여 나타낸 것이다.

표 5와 그림 10에서 살펴보면 10~100%의 망점면적율에 따라 Y는 571~573 nm, C는 487~484 nm의 주파장을 갖고, M은 -522~-505 nm의 보색주파장을 갖는다. 이 결과 Y와 C는 파장의 균일성이 있으며, M은 다소 균일성이 떨어진다. 특히 M은 보색주파장을 가지므로 스펙트럼색이 아니고 적자계열의 색인 것을 알 수 있으며, 이상적인 M보다 오른쪽으로 치우쳐 큰 보색주파장을 갖는다. 이는 그림 3에서 M이 망점면적율이 증가함에 따라 B광의 파장 영역의 반사율이 감소하기 때문이다. 혼색인 MY는 581~622 nm, CM은 473~469 nm, CY는 551~525 nm의 주파장을 10~100% 망점면적율에 따라 갖는다. 여기서 CM은 균일한 주파장을 가지는 반면에 CY와 MY주파장의 변화가 크다.

특히 MY는 망점면적율이 증가함에 따라 M계열로 주파장이 이동하는 것을 알 수 있다. 이는 M이 B광의 파장영역에서 반사율이 감소하는 원인에 기인한 것이라 생각된다. CMY는 이상적인 혼색이 되면 표준광원 C의 색도좌표와 일치하여 한점으로 나타나야 하는데 여기서 불규칙적으로 분포되고 있는 것을 알 수 있다. 그러므로 색인채과정에서 Black 판의 필요성을 알 수 있다.

그림 11은 그림 10에서 나타난 망점면적율을 변화시킨 색인채물의 명도함수 V를 나타낸 것으로 망점면적율이 증가함에 따라 명도함수가 적어지고, 넓은 색도영역을 가지는 것을 알 수 있다.

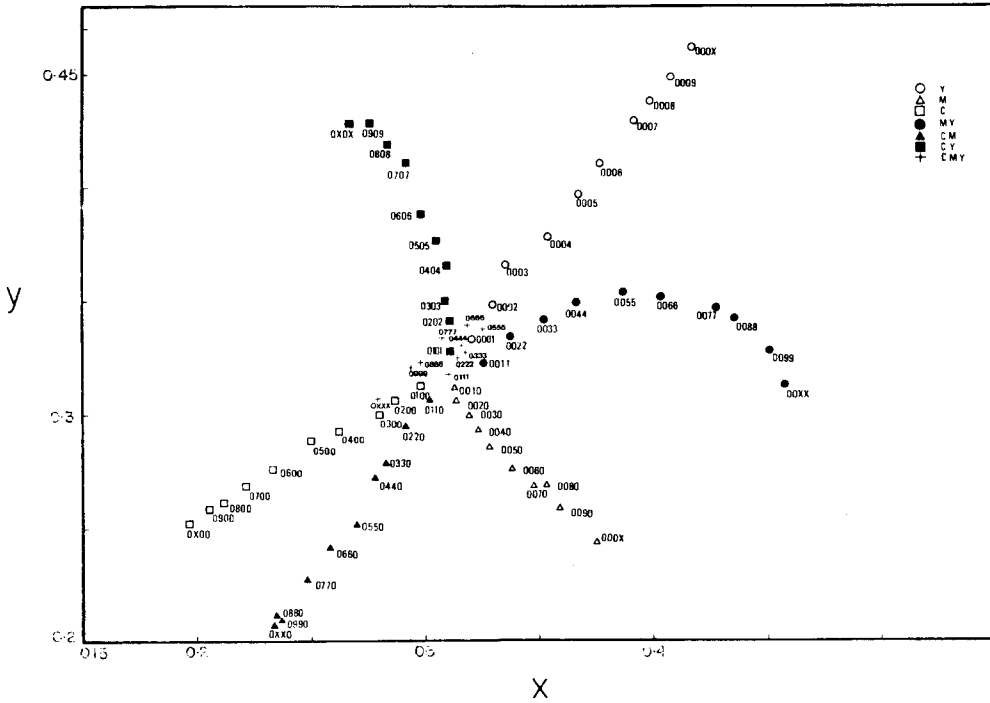


그림 10. 10~100% 망점면적비율로 인쇄한 Y, M, C, BI 과 혼색의 색도도의 확대도

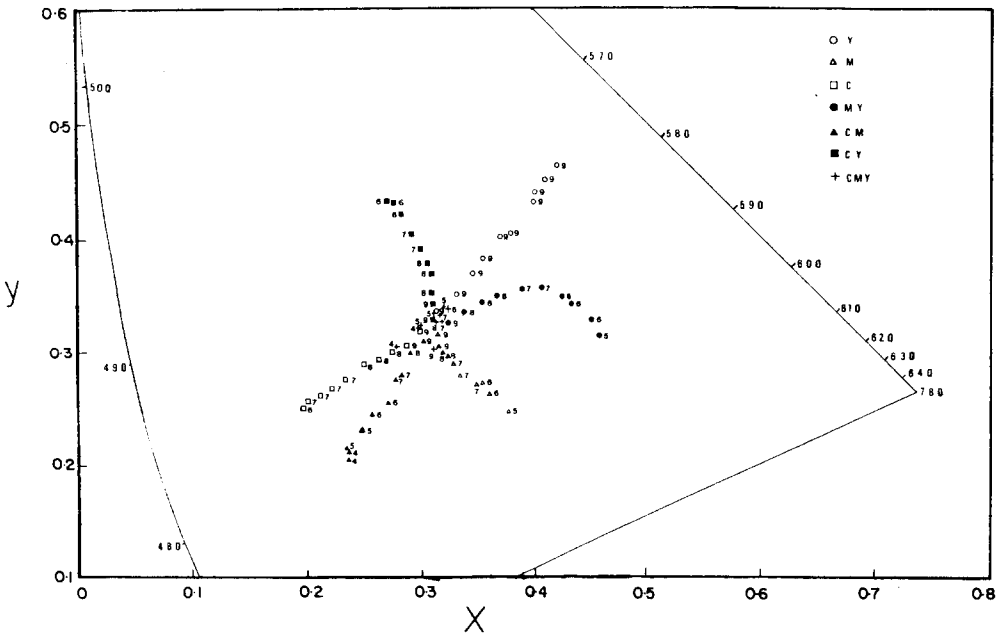


그림 11. 10~100% 망점면적비율로 인쇄한 Y, M, C, BI 과 혼색의 색도도상의 명도합수

표 5에서 나타난 바와같이 그림 11에서도  $Y$ 는 9,  $M$ 은 5, 6, 7, 8, 9,  $C$ 는 6, 7, 8, 9,  $MY$ 는 5, 6, 7, 8, 9,  $CM$ 은 4, 5, 6, 7, 8, 9,  $CY$ 는 6, 7, 8, 9의 명도함수를 갖는다.  $Y$ 가 하나의  $V$ 값을 갖는데 대해  $CM$ 은 가장 넓은 영역의  $V$ 값을 갖는다. 색인채물들의 먼셀계수가 표 5에 나타나 있다. 여기서 Black은 먼셀색상  $H$ 를 갖지 않으므로 먼셀계수로 표시할 수가 없다.

즉  $Bl$ 은 무색이라는 것을 알 수 있다.  $CMY$ 도 이상적인 혼색이 된다면 이는  $CMY$ 가 이상적인 혼색효과는 갖지 못하기 때문이다. 즉  $Y, M, C$  자체가 이상적인 안료가 아니기 때문에  $CMY$ 나  $Bl$ 과 같은 결과를 나타내지 못한다. 그러므로 망점분해 인쇄과정에서  $Bl$ 의 필요성을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

$C, M, Y$  원색과 혼색  $MY, CM, CY$ 를 10, 20……100%의 망점면적율로 인쇄한 색인채물을 1931 CIE XYZ 표색계에 의한 등간격 파장법을 이용하여 측색을 하고 먼셀표색계로 변환하여 다음의 결과를 얻었다.

1. 망점면적율이 증가함에 따라 모든 인쇄물의 반사율이 감소하였으며  $Y$ 가 가장 이상적인 반사율곡선을 나타내고,  $M$ 이 비이상적인 반사율곡선을 나타내었다.

2. 망점면적율을 증가함에 따라  $Y$ 가 571~573 nm,  $C$ 가 484~487 nm,  $MY$ 가 581~622 nm,  $CM$ 이 469~473 nm,  $CY$ 가 525~551 nm의 주파장을 갖고,  $M$ 은 -505~-522 nm의 보색주파장을 가졌다.  $Y$ 와  $C$ 가 망점면적율의 변화에 따라 거의 일정한 파장을 나타내는 것을 알 수 있다.

3. 망점면적율이 증가함에 따라 자극순도가  $Y$ 는 6.7~60.85%,  $M$ 은 2.1~41.8%,  $C$ 는 4.78~48.05%,  $MY$ 는 6.22~40.93%,  $CM$ 은 4.37~41.42%,  $CY$ 는 7.14~35.71%,  $CMY$ 는 1.04~12.59%로 증가하였다. 그러나 100%의 자극순도는 나타나지 않아서 원색이 재현되지는 않는 것을 알 수 있다. 1차색에서는  $Y$ 의 자극순도가 제일 높으며, 2차색, 3차색이 될수록 자극순도가 감소하였다.

4. 망점면적율이 증가함에 따라 명도함수는  $Y$ 가 9,  $M$ 이 5, 6, 7, 8, 9,  $C$ 는 6, 7, 8, 9,  $MY$ 는 5, 6, 7, 8, 9,  $CM$ 은 4, 5, 6, 7, 8, 9,  $CY$ 는 6, 7, 8, 9의 값을 가졌다. 망점면적율의 증가에 따라  $Y$ 의 명도함수가 전부 9인데 비해  $CM$ 은 4~9의 가장 많은 값을 가졌다.

5.  $Bl$ 과  $CMY$ 혼색을 비교해 볼때 파장에 따른 반사율곡선은  $Bl$ 이 일정한데 비하여,  $CMY$ 는 일정한 값을 갖지 못하고, 자극순도는  $Bl$ 이 거의 3% 미만의 값을 갖는데 비하여  $CMY$ 는 최고 12.59%의 값을 나타내었으며,  $Bl$ 은 전혀 먼셀계수로 변환되지 않았으나  $CMY$ 는 먼셀계수로 나타나는 것이 있었다. 이러한 결과에 의해 망점분해 인쇄과정에서  $Y, M, C$  외에  $Bl$ 의 필요성을 명확하게 알 수 있다.

앞으로 등간격 파장법에 의한 분광측색법으로 3차색의 측색 및 색채공학적 해석을 하고, 색도재현영역을 넓히기 위한 연구를 과제로 남기고 있다. 그리고 색채심리학적인 변도 연구과제이다.

끝으로 color analyzer를 사용하게 도움을 주신 부산대학교 고분자공학과 신영조, 이진국 교수와 computer programming과 computer 사용에 도움을 주신 본교 전자과 이형기, 정수배 교수와 실험치 해석을 도와준 여러분에게 감사드립니다.

## 参 考 文 献

1. Raymond Blair and Charles Shapiro, The Lithographic Manual, 6th ed., The Graphic Arts Technical Foundation, Inc., Pittsburgh, Pennsylvania, 1980.
2. J.A.C. Yule, Principles of Color Reproduction, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1967.
3. Optical Society of America, Handbook of Optics, Mc-Grow Hill Book Co., 1978.
4. Günter Wyszecki and W.S. Stiles, Color Science, 2th ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1982.
5. Deane B. Judo and Günter Wyszecki, Color in Business, Science and Industry, 3th ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1975.
6. David L. Mac Adam, Sources of Color Science, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1970.
7. Woodlief Thomas, Jr., SPSE Handbook of Photographic Science and Engineering, John Wiley & Sons, New York, 1973.
8. 田口柳三郎, 色彩學, 共立出版株式會社, 東京, 1965.
9. 日本テレビジョン學會, 測色と色彩心理, 日本放送出版協會, 東京, 1973.
10. 日本色彩學會, 新編色彩科學ハンドブック, 東京大學出版會, 東京, 1980.
11. 朴度洋, 實用色彩學, 工友出版社, 서울, 1979.
12. Frank M. Preucil, A New Method of Rating the Efficiency of Paper for Color Reproductions, GATF Research Progress No.61(1963).
13. Frank Preucil, Zenon Elyjew and Robert F. Reed, The GATF Dot Gain Scale, GATF Research Progress No.69(1965).
14. George W. Jorgensen, The GATF QC Strip, GATF Research Progress No.71(1966).
15. David B. Crouse, The GATF Vernier Target, GATF Research Progress No.75(1967).
16. Zenon Elyjiw, GATF Standard Offset Color Control Bars, GATF Research Progress No.76(1968).
17. Zenon Elyjiw, GATF Compact Color Test Strip, GATF Research Progress No.79 (1968).
18. F.L. Cox, GATF Glay Balance Chart, GATF Research Progress No.83(1969).
19. F.L. Cox, The GATF Color Diagrams, GATF Research Progress No.81(1970).
20. George W. Jorgensen, The GATF Star Target, GATF Research Progress No.82(1970).
21. M.L. Pearson and J.A. C. Yule, Conversion of a Densitometer to a Colorimeter, TAGA, 389-407(1970).
22. Gary C. Field, Balanced Inks-A Review of Standards, GATF Research Progress No.87 (1971).
23. Gary G. Field, Graphic Arts Applications of Reflection Densitometry, GATF Research Progress, No.90(1972).
24. Harry H. Hull, The GATF Ladder Target, GATF Research Progress No.79(1973).
25. Richard S. Hunter, Photoelectric Tristimulus Colorimetry with Three Filters, J.O.S.A., 32, 509-538(1942).
26. J.A. C. Yule and R. Colt, Colorimetric Investigations in Multicolor Printing, Modern

- Lithography, 41~43, Feb. (1952): 43~44, Mar. (1952).
27. F. Prencil, Color Hue and Ink Transfer; Their Relation to Perfect Reproduction, TAGA, Apr. 27-29(1953).
  28. J.L.F. De Kerf, Accuracy of Tristimulus Computations, J. Opt. Soc. Am., 48, 347~338(1957).
  29. T. Kunishi and R. Hioki Colorimetric Study of Printed Reproduction, Graphic Arts Japan, 8, 16~20(1966~7).
  30. 國司, 鮎澤, 原色版墨版加刷に 關する 研究, 日本印刷學會 秋期研究發表會豫稿(1966).
  31. 國司, 鮎澤, 原色版의 薄色加刷に 關する 研究, 日本印刷學會 秋期研究發表會豫稿(1967).
  32. 國司, 橋本, オフセット墨版 および 薄色加刷に 關する 研究, 日本印刷學會 春期研究發表會子稿 (1967).
  33. M.L Pearson, I. Pabboravsky and J.A. C. Yule, Computation of Halftone Color Gamut of Process Inks, TAGA, 330-356(1968).
  34. Kenneth L. Kelly, and Kasson S. Gibson, Tristimulus Specification of the Munsell Book of Color from Spectrophotometric Measurements, Opt. Soc. of Amer., 33, 7, 355~376(1943).
  35. Walter C. Granville, Dorothy Nickerson and Carl E. Foss, Trichromatic Specifications for Intermediate and Special Colors of the Munsell System, Opt. Soc. of Amer., 33, 7, 376~385(1943).
  36. S.M. Newhall, N. Nickerson and D.B. Judd, Final Report of the O.S.A. Subcommittee on the Spacing of the Munsell Colors, J. Opt. Soc. Amer., 33, 385~418(1943).
  37. Dorothy Nickerson, Munsell Renotations used to Study Color Space of Hunter and Adams, J. Opt. Soc. Amer., 40, 85~88(1950).
  38. Dorothy Nickerson, Josephine J. Tomaszewski and Thomas F. Boyd, Colorimetric Specifications of Munsell Repaints, Opt. Soc. of Amer., 43, 3, 163~171(1953)