

CCM에 의한 색채관리

김 인 회

1. 서 론

최근 섬유, 염색가공업계에서는 종래와는 다르게 다품종화, 소로트화, 단납기화, 고품질화 등이 요구되고 있는 반면 고품화화 와 인력부족의 문제가 한층 심각하게 대두되고 있다. 이러한 상황에서 염색공정에서도 컴퓨터 지원에 의한 경영 자원의 다각적인 활용과 축적된 기술정보의 유효활용이 필수불가결하게 요구되고 있다. 컴퓨터 지원에 의한 염색공정의 글로벌시스템의 핵으로서 컴퓨터 컬러 매칭(computer color matching, CCM) 시스템을 중심으로한 자동조색 시스템, 색견본 및 기술정보 검색시스템 등의 FA 시스템의 내실화가 시대적으로 요청되고 있다.

현재 염색업계에서의 CCM 기술은 색배합 시간의 단축, 성력화, 다품종 소량생산에 대응하기 위한 유효한 수단으로 사용될수 있기 때문에 염색공장에서 적극적으로 도입하고 있으나 CCM 기술은 직접 염색공정을 관리하는 것이 아니고 색배합 작업을 합리화 하는 기술이기 때문에 충분히 활용되고 있지 않은 실정이다. CCM 기술을 유효하게 활용하기 위해서는 염색공정의 표준화와 각 염색공정에 적합한 CCM 기술이 필요하다.

최근에는 섬유산업을 활성화하기 위하여 소비자의 구매의욕을 자극하는 신제품의 개발이 계속되고 있으며 이러한 소비자의 구매동기에 시 각적인 요소가 접하는 비율이 상당히 크기 때문에 종래에는 없었던 새로운 색상이 연속적으로 제안되고 있다. 이러한 현상은 염색공장에 디자인자가 기획한 새로운 색상을 단시간에 충실히 위탁된 소재상에 재현하는 일이 요구되고 있으

며 종래의 경험에 의존하는 색채 관리방법으로는 충분히 대응하기 어렵기 때문에 색을 정확히 전달하는 수단이나 색을 수량화하여 객관적으로 관리하는 수단[1]의 중요성이 품질보증과 연계 되어 점점 더 크게 인식되고 있다. 본 고에서는 종래 색채관리의 문제점과 염색현장에 적합한 새로운 색채관리의 특성에 대하여 알아본다.

2. 종래 색차식의 문제점

현재 색차를 수식화하여 표시하는 방법으로서 CIE가 1976년 제안하여 각국에서 채용하고 있는 $L^*a^*b^*$ 및 $L^*u^*v^*$ 표색계와 색차식[2]이 착색 관련업계를 중심으로 광범위하게 이용되고 있다.

(a) $L^*a^*b^*$ 표색계에 의한 색차식

CIE가 1976년에 제안한 지각적으로 거의 균등한 步度를 갖고 있는 색공간

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$a^* = 500[(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$$

$$b^* = 200[(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$$

X_n, Y_n, Z_n 은 완전 확산반사면의 X, Y, Z계에서의 3자극치

$$\Delta E_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

(b) $L^*u^*v^*$ 표색계에 의한 색차식

CIE가 1976년에 제안한 지각적으로 거의 균등한 步度를 갖는 색공간

$$L^* = 116(Y/Y_n)^{1/3} - 16$$

$$u^* = 13L^*(u' - u_n')$$

$$v^* = 13L^*(v' - v_n')$$

$$\Delta E_{uv} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2]^{1/2}$$

그러나 이러한 CIE 색차식을 그대로 염색업계에 적용할 경우, 염색기술자의 육안판정과 다른

Application of CCM Technique to Color Control / In Hoi Kim

성균관대학교 공과대학 섬유공학과 교수, (440-746) 경기도 수원시 장안구 천천동 300, Phone: 0331)290-7316, Fax: 0331)290-7330

경우가 상당히 있으며 역전하는 경우도 자주 발생한다. 예를 들면, 인간의 눈으로는 농도의 차이보다도 색상의 차이를 크게 느끼게 되고 또한 선명한 색상에서의 색차를 구별하기 어렵지만 채도가 낮은 중간색에서의 색차를 강하게 느끼는 경향이 있다. 따라서 CIE 색차식에서 산출되는 색차값이 동등하여도 선명한 황색영역의 색에서 농도만이 다른 2개의 견본을 비교하는 경우와 회색이나 갈색 등의 중간색에서 색상(赤味(reddish) 또는 靑味(blueish))이 다른 2개의 견본을 비교하는 경우에는 인간의 시각에 있어서 상당히 상이한 위화감을 부여하게 된다. 후자의 경우는 전자에 비하여 수배의 위화감을 부여하는 일도 있다.

또한 일반적으로 색차값을 상세하게 표현하는 방법으로서 CIE 표색계의 심리 metric양을 이용하여 색차를 명도차, 채도차 및 색상차로 분해하여 표현하고 있지만 이것도 염색업계에 적용하는 경우, 3개 값의 변화량이 반드시 염료의 표준품(control)양에 대응하고 있지 않기 때문에 염색현장의 기술자들이 어려워하고 있는 부분이다. 예를 들면, 1.0%(o.w.f)의 황색의 염료로 염색한 직물과 1.1%의 동일한 염료로 염색한 직물을 비교하는 경우 명도는 저하한 결과를 나타내지만 황색염료에 소량의 흑색염료를 배합하여 염색한 직물의 경우도 명도가 저하한 결과를 나타낸다. 따라서 색차의 원인이 농도차이에 의한 것인지 흑색염료의 배합에 의한 것인지를 판단하기 위해서는 명도만으로는 불충분하기 때문에 채도의 변화를 감안할 필요가 있다. 또한 염료의 염색농도를 높이면 명도, 채도뿐만 아니고 색상도 변화하여 판단이 곤란하게 된다.

Figure 1과 Figure 2에 C.I. Reactive Yellow 145, C.I. Reactive Red 195, C.I. Reactive Blue 221 염료의 각각 0.9% o.w.f, 1.0% o.w.f, 1.1% o.w.f 농도에서의 L*, a*, b*, c*값을 나타내었다. Figure 1과 Figure 2로부터 각각 동일색상 염료중에서 농도만이 변화함에도 불구하고 L*, a*, b*, c* 값(명도, 색상, 채도)도 변화함을 알 수 있다.

이것을 CIE 1976 L*, a*, b* 표색계에 의한 색

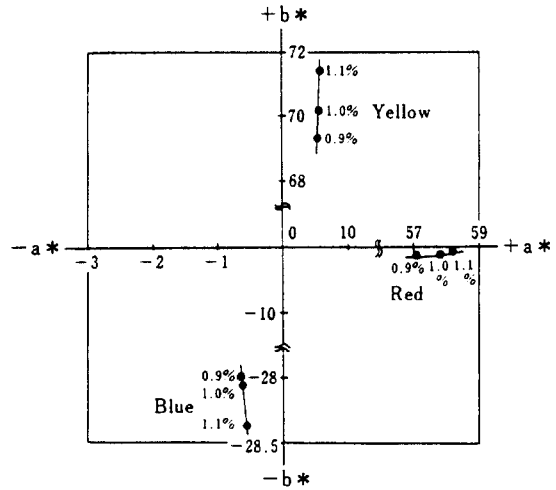


Figure 1. a*, b* 색도(色度)도.

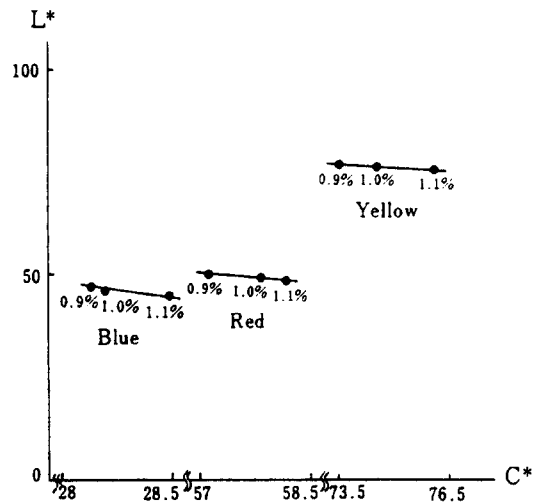


Figure 2. L*, C* 관계도.

차식을 사용하여 색차를 계산한 결과를 Table 1에 나타내었다.

이것은 1.0%를 표준으로 하고 0.9%, 1.1%의 염색물을 비교한 결과이다. 이것에 의하면 동일 염료를 1.0%를 표준으로 하여 상하 10%의 농도차가 있는 염색물을 비교하였음에도 불구하고 어느 염료의 경우에도 0.9%, 1.1%는 동일하게 색상차, 채도차가 상당히 큰값을 나타내고 있다. 원칙적으로는 동일염료에서 염료량이 변화한 경우, 농도만이 변화하고 색상, 채도는 거의 변화하

Table 1. CIE 1976 L*, a*, b* 표색계에 의한 색채평가

(표준품: 1% Yellow 표준광: D ₆₅ -10)					
No.	Sample	ΔE	명도차	채도차	색상차
1	0.9% Yellow	1.20	0.54	-1.01	+0.35 (G)
2	1.1% Yellow	1.85	-0.78	1.55	-0.64 (R)
(표준품: 1% Red 표준광: D ₆₅ -10)					
No.	Sample	ΔE	명도차	채도차	색상차
1	0.9% Red	1.21	0.91	-0.68	-0.42 (P)
2	1.1% Red	1.15	-0.87	0.37	+0.66 (Y)
(표준품: 1% Blue 표준광: D ₆₅ -10)					
No.	Sample	ΔE	명도차	채도차	색상차
1	0.9% Blue	1.08	1.07	-0.06	-0.14 (G)
2	1.1% Blue	1.36	-1.31	0.29	+0.23 (P)

지 않는 결과가 얻어져야만 한다. 이와 같이 CIE 표색계로부터 계산된 색차는 염색기술자에게는 색의 차이를 나타내는 단순한 값에 불과하며 색수정이나 제공정개선을 위한 유효한 지침이 되기 위해서는 불충분한 점이 많다. 이러한 점 때문에 CIE에서는 1978년에 색차연구를 위한 가이드라인[3]을 설정하고 각연구자가 조직적으로 연구를 행하여 장기적으로 보다 우수한 색차식의 개발을 제안하고 있다. CIE는 현재까지도 통일적인 색차식을 제안하고 있지는 않지만 지금까지 각종의 개량 색차식이 개발되고 있다[4].

3. 염색업계에 적합한 색차표시 방법

일반적으로 염색업계에서는 2개의 견본간의 색의 차이를 표현하는데 종래처럼 명도, 채도, 색상이 아닌 농도, 색상, 선명도의 3항목으로 표현하고 있으며 이것이 염료의 표준품(control) 결과와 상당히 일치하고 있다. 따라서 분광측색법에 의한 색채관리기술을 섬유, 염색업계에 실용적인 기술로 적용시키기 위해서는 농도, 색상, 선명도의 3항목으로 색차를 표현하는 새로운 표색계가 필요하다. 현재 여러 염색업계나 연구소에서 염료나 안료의 품질관리기술의 연구를 통하여 인간의 색차감각을 여러 각도에서 분석한 결과, 색차를 농도, 색상, 선명도의 3항목으로 분해함과 동시에 각각의 값을 색채판정기술자의 판정결과와 일치시키는 CCM 시스템이 개발되고 있다. 구체적인 한가지 예를 들어 설명하면, Table 1에서 설명한 동일한 염료를 사용하여 새로운 CCM 시스템을 이용한 색채평가 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2의 결과로부터 어느 염료의 경우에도 1.0%를 표준으로 하여 0.9%, 1.1%의 염색물의 색상차, 선명도차가 아주 적으며 색상, 선명도는 표준품(1.0%)과 거의 동일함을 알 수 있다. 또한 농도의 경우에도 표준품을 100%로 하였을 때 낮

Table 2. 새로운 CCM 시스템에 의한 색채평가

(표준품: 1% Yellow 표준광: D ₆₅ -10)							
No.	Sample	전색차 ^a	보정색차 ^b	농도색차 ^c	농도비 (%) ^d	색상차 (G-R)	선명도차
1	0.9% Yellow	0.60	0.04	0.60	90.3	0.04 (R)	0.01 (C)
2	1.1% Yellow	0.67	0.04	0.67	111.3	0.00 (G)	0.04 (C)
(표준품: 1% Red 표준광: D ₆₅ -10)							
No.	Sample	전색차 ^a	보정색차 ^b	농도색차 ^c	농도비 (%) ^d	색상차 (G-R)	선명도차
1	0.9% Red	0.64	0.18	0.61	91.0	0.11 (Y)	0.14 (D)
2	1.1% Red	0.55	0.03	0.55	109.0	0.00 (P)	0.03 (C)
(표준품: 1% Blue 표준광: D ₆₅ -10)							
No.	Sample	전색차 ^a	보정색차 ^b	농도색차 ^c	농도비 (%) ^d	색상차 (G-R)	선명도차
1	0.9% Blue	0.70	0.08	0.70	90.8	0.08 (P)	0.02 (C)
2	1.1% Blue	0.69	0.11	0.68	109.7	0.03 (G)	0.11 (C)

^a전색차: ΔE에 상응하는 색차(인간의 색감각으로 보정한 색차)

^b보정색차: 전색차로부터 농도에 기인하는 차를 제외한 색의 차만을 나타내는 색차

^c농도색차: 농도에 기인하는 색차 (전색차로부터 색상차, 선명도차에 기인하는 색차를 제외한 색차)

^d농도비: 표준품의 농도를 100%로 하고 각 견본의 농도비율을 백분율로 표시

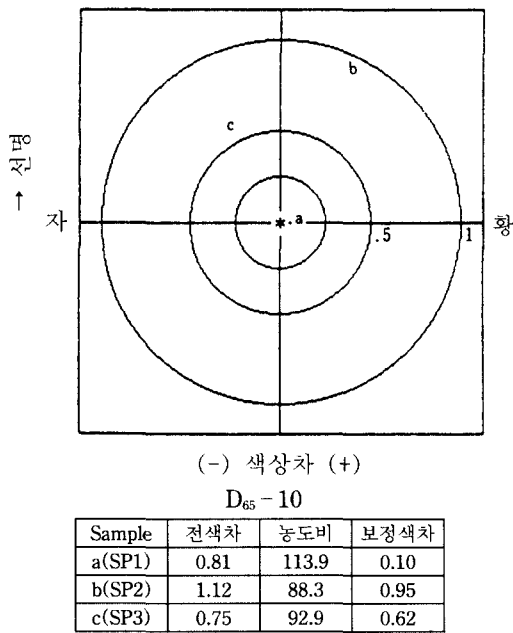


Figure 3. 색채관리의 화면표시.

은 경우는 약 90%, 높은 경우는 약 110%를 나타내고 있다. 이러한 결과로부터 동일한 색채에서 색재량이 변화한 경우, 농도(농도비)만이 변화하고 색상이나 선명도는 변화하지 않았음을 알 수 있다.

그밖의 예로서 Figure 3에 선명한 적색계의 색채관리의 화면표시를 나타내었으며 Table 3에 출력한 예를 나타내었다.

Figure 3과 Table 3에서 알 수 있듯이 색미(色味)의 차는 표준품을 중심으로 색상과 선명도의 2방향으로 그래픽(graphics)됨과 동시에 농도차에 대해서도 표준품을 100%로 하고 백분율로 표

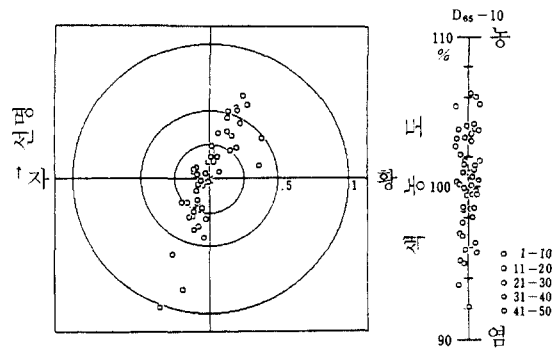


Figure 4. 색상과 색농도의 분포도.

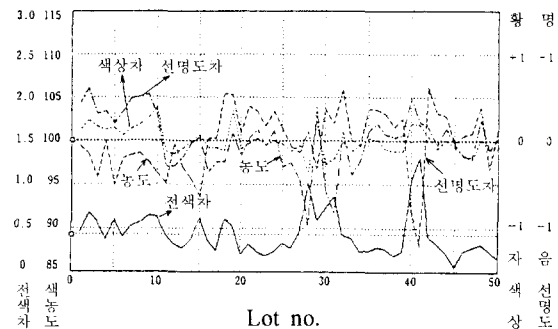


Figure 5. 색차와 색농도의 변동경과.

현되어 색채판정 기술자나 조색기술자의 색감과 일치시키고 있다. 또한 Figure 4와 Figure 5에 로트 차이가 있는 maroon(밤색) 염색물을 CCM 시스템을 이용하여 색채관리를 평가한 결과를 나타내었다. Figure 4에서 로트가 증가할수록 색상은 황미(黃味, yellowish) 선명방향으로부터 자미(紫味) 어두운 방향으로 이동하고 있으며 Figure 5에서 30로트 부근과 40로트 부근에 색차가 큰 로트가 존재함을 알 수 있다. 전자는

Table 3. 색채관리의 출력예

No.	Sample	전색차	보정색차	농도비 (%)	농도색차	색상차 (Y-P)	선명도차
1	SP-1	0.81	0.10	113.9	0.80	0.10 (Y)	0.03 (C)
2	SP-2	1.12	0.95	88.3	0.60	0.40 (Y)	0.86 (C)
3	SP-3	0.75	0.62	92.9	0.42	0.28 (P)	0.55 (C)

No.	Sample	X	Y	Z	색상각	C*	L*	a*	b*	ΔE
표준	ST	20.09	16.78	16.14	3.68	61.61	48.00	61.48	3.95	
1	SP-1	27.86	15.86	14.69	4.81	61.79	46.81	61.75	5.20	1.74
2	SP-2	31.42	17.94	17.17	3.79	64.13	49.45	63.99	4.24	2.91
3	SP-3	30.04	17.18	17.08	2.56	62.96	48.51	62.89	2.81	1.89

색상의 어두움이 원인이며 후자는 농도가 10% 이상 저하한 것이 원인이라는 것을 용이하게 알 수 있다. 이러한 정보를 현장에 real-time으로 전달하여 작업기록과 조회함으로써 사고발생의 근본원인을 명확하게 파악하고 재발을 방지할 수가 있다.

4. 통계적 수단에 의한 색채관리

종래의 CIE 표색계 색차식에 염색기술자의 색 감각을 고려하여 개량함으로써 고정도의 색차판

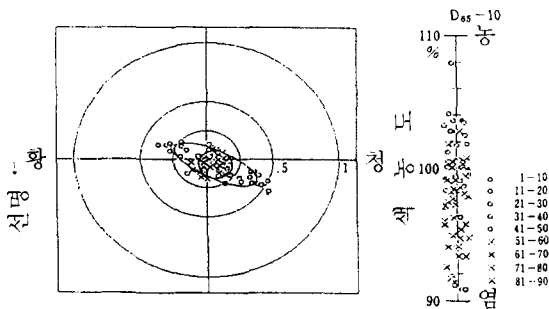
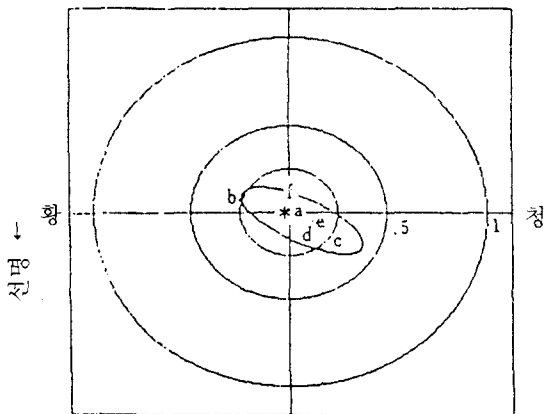


Figure 6. 통계법에 의한 색채관리 범위의 설정.



(-) 색상차 (+)

D ₆₅ -10			
Sample	전색차	농도비	보정색차
a	0.07	99.3	0.05
b	0.36	97.9	0.28
c	0.32	98.5	0.30
d	0.84	90.8	0.16
e	0.14	100.0	0.14
f	0.11	100.3	0.11

Figure 7. 관리타원을 이용한 색채관리.

정이 가능하게 되었지만 디자이너로부터 제안된 색견본이 기획된 색공간의 중심이 아닌경우와 상품의 목적에 따라 색의 허용범위가 편향되어 있는 경우가 상당히 많이 있다. 예를 들면 젊은 층을 대상으로 기획된 상품의 경우, 선명한 방향으로 합격범위가 신장되어 있으며 장년층을 대상으로 한 상품의 경우에는 역으로 어두운 방향으로의 합격범위가 일반적으로 신장되어 있다. 또한 회색계통의 경우에는 적미(赤味, reddish) 방향의 색상보다는 청미(靑味, blueish) 방향의 색상차가 상당히 허용되는 경향이 있다. 이러한 상품의 특성 등에 의한 합격범위의 편향이 존재 하다면 종래의 표준품을 중심으로 한 색차동심원으로 관리하는 방법으로는 대응이 불가능하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 한계견본이나 합격한 로트품을 입력하고 통계적 처리에 의해 Figure 6에서 나타낸 것과 같이 입력 로트품의 90%를 포함하는 확률타원을 작성하여 보다 인간의 감성에 적합한 실용적 색채관리범위의 설정이 가능하다. 통계법에 의해 설정한 관리타원을 이용하여 색채관리를 행한 결과를 Figure 6과 Figure 7에 나타내었다.

5. 무채색의 색채관리

5.1. 백색도 평가

형광증백제의 증백효과와 평가, 정련표백공정에 의한 전처리 제품의 백도의 평가, 형광증백제로 처리한 염색제품의 백도의 평가, 종이, 플라스틱 등의 백도의 평가 등은 백색도에 의해 표시되기 때문에 CCM을 이용하여 반드시 정확하게 관리되어야 한다. 백색도의 표시방법은 [백색도-표시방법]에 의해 각국에서 규정되어 있다.

백색도 지수

$$W_{10} = Y_{10} + 800(x_{n,10} - x_{10}) + 1700(y_{n,10} - y_{10})$$

색지수

$$T_{W10} = 900(x_{n,10} - x_{10}) - 650(y_{n,10} - y_{10})$$

이러한 제품의 백색도는 규정된 물체색의 측정방법[5] 및 형광물체색의 측정방법[6]에 준해서 표준광원 D65로 측정하여 계산에 의해 구하여 진다. Figure 8에 CCM 시스템을 이용한 제품의 분

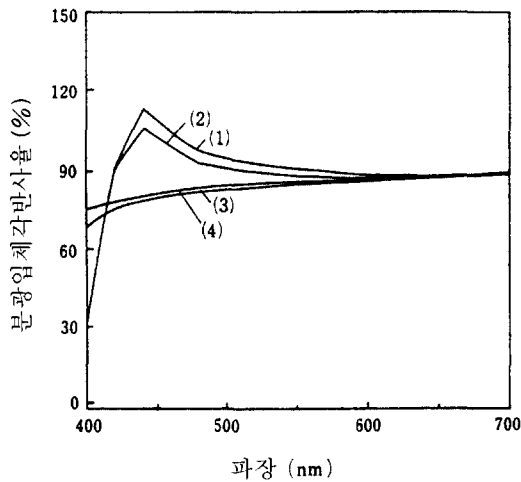


Figure 8. 형광, 비형광포의 분광입체각 반사율.

Table 4. 백색도 지수와 색지수

No.	Sample	백색도 (W_{10})	색지수 (T_{W10})
1	FLB-1	124.78	0.4
2	FLB-2	116.68	-0.2
3	NON-1	68.24	-1.1
4	NON-2	65.50	-1.9

광입체각 반사율의 예를 나타내었으며 Table 4에 백색도 결과를 표시하였다.

6. 현장용 On-Line 색채관리 시스템

일반적으로 연속염색 등에 있어서 on-line상의 검색업무는 사람의 육안에 의해 실시되고 있지만 사람의 판정에서는 제품의 손상이나 돌발적으로 발생하는 색상차이는 정확하게 식별이 가능하여도 연속적으로 이동되는 제품의 완만한 색의 변화나 폭이 넓은 제품의 좌우 색의 차이를 완전하게 식별하기가 어렵다. 또한 장시간에 걸쳐서 제품을 연속적으로 검색하면 눈이 피로하기 때문에 항상 일정한 관리기준으로 판정하는 것이 숙련자의 경우에도 어려운 실정이다. 이러한 것은 연속적으로 생산된 제품을 최종적으로 재단하여 봉제하는 공정에서 예상하지 못한 색상차이에 의한 클레임(claim)의 원인이 된다. CCM 시스템을 이용하여 on-line 색채관리를 실시한 예를 Figure 9와 Figure 10에 나타내

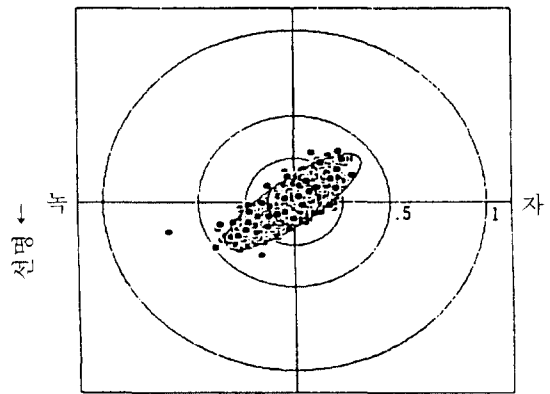


Figure 9. On line 측정에 의한 색상 분포도.

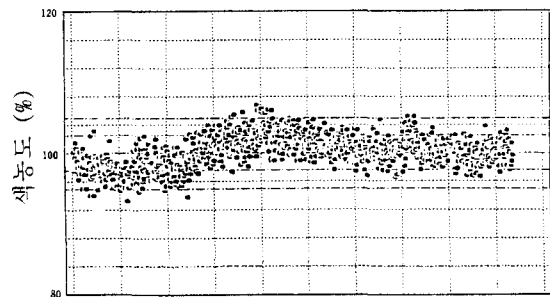


Figure 10. On line 측정에 의한 연속 생산품의 색채 관리.

었다.

1.2~6 m의 원거리에 비접촉형의 측색기를 on-line상에 설치하여 연속적으로 이동되는 제품을 일정한 간격으로 측정함으로써 판정자의 숙련도나 피로도, 판정의 조명 등에 영향받지 않고 항상 안정된 상태에서 색의 판정이 가능하다. 더욱이 이러한 판정결과는 실시간(real-time)으로 모니터에 표시하여 현지점에서의 line 상태를 파악할 수 있기 때문에 공정개선을 위한 귀중한 정보를 얻을수 있다. 또한 측색 시스템을 좌우로 이동하는 테이블상에 설치함으로써 직물의 좌우 색의 차이도 판정이 가능하다

7. 맺음말

타산업 분야에 있어서의 자동화 개념과 마찬가지로 염색공정에 관한 자동화 시스템도 기존

의 수동판넬에 의한 단순공정제어 개념에서 벗어나 컴퓨터를 사용하여 실시간(real-time) 원격 자동개념으로 발전하고 있다. 현재 염색자동화는 염색기 운용에 관한 공정제어 수준이나 염, 조제 계량 및 투입, CCM 시스템 등에서의 자동화 개념 등으로 변화하고 있으며 궁극적으로는 염색관련 단위시스템의 통합 자동화의 구현이 실현되리라 예상된다.

참고문헌

1. 鈴鹿正和, 井上良夫, 親本英則, 原田弘治, 巨藤和廣, 織消誌, 35(4), 16(1994).
2. 日本規格協會, "JIS Handbook 色彩", 1995.
3. CIE TC-13 Colorimetry, "Guidelines for Coordinated Research of Colour Difference Evaluation", 1978.
4. 鈴鹿正和, 染色工業, 37(11), 544(1989).
5. JIS Z8715, 1991.
6. JIS Z8717, 1989.