# 혼방제품에 대한 컴퓨터 컬러매칭의 정확성

## 1. 서 론

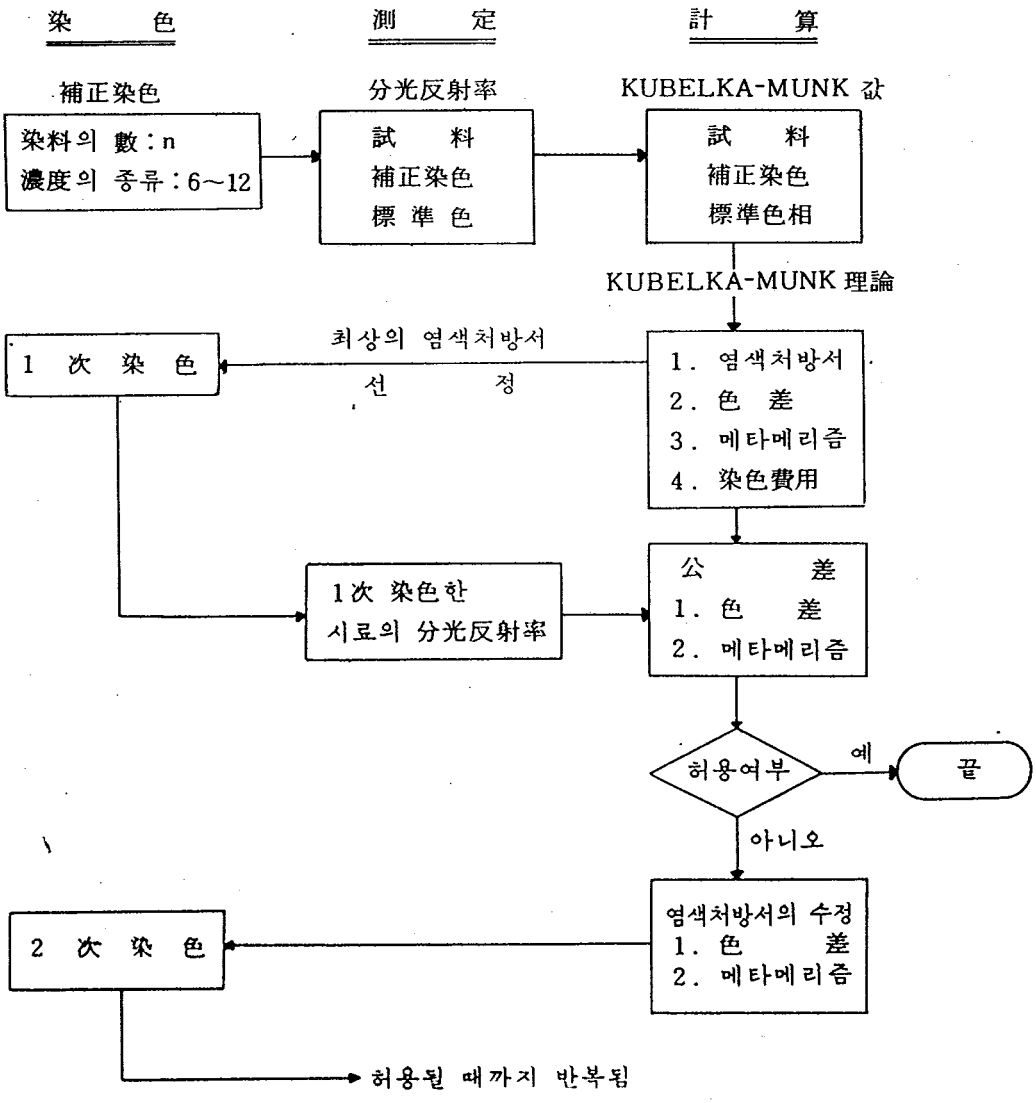
색측정의 기본적인 방법이 50여년 이전부터 이미 확립되었음에도 불구하고 컴퓨터기술과 측색기기 설계의 혁신적인 기술발전으로 인해 색측정기술의 응용이 산업분야에서 실제적이고도 중요한 의미를 갖게 된 것은 불과 15년 전부터이다. 이렇게 됨으로써 비로서 실험실에서 과학적인 실험 대상이었던 색채학이 상업적이면서도 산업분야에서 하나의 유익한 도구로써 널리 사용되게끔 되었다.

색측정기술이 여러 응용분야 중에서 특히 컴퓨터 컬러매칭기술이 응용은 매우 중요한 역할을 하고 있다. 섬유산업과 다른 산업분야에서 컴퓨터 컬러매칭의 가장 큰 목적은 표준색상을 맞추기 위하여 필요로 하는 염료의 농도를 계산하는 것이다. 컴퓨터 컬러매칭은 신속할 뿐만 아니라, 여러가지 다양한 염색처방서를 선택할 수 있는 유용성이 있기 때문에 색차를 가장 적게 해주는 정확한 염색처방서와 정확성은 약간 떨어지더라도 가장 저렴한 비용으로 염색할 수 있는 염색처방서를 얻을 수 있으며, 따라서 종래의 염색업자의 경험에 바탕을 둔 시행오차에 의한 컬러매칭보다는 훨씬 유용하다.

단일성분의 섬유제품에 대한 컴퓨터 컬러매칭의 결과는 매우 만족할 만하다. 섬유제품에 대한 컴퓨터 컬러매칭의 기본은 Kubelka-Munk의 이론에 그 바탕을 두고 있다. 본고에서 저자는 아주 정확하게 조절된 조건과 그렇지 못한 조건에서의 컴퓨터 컬러매칭기술에 대해 알아보았다. 컴퓨터 컬러매칭의 전형적인 단계적 접근방법은 <그림 1>의 흐름도에 나와 있다.

시간이 흐름에 따라 단일성분의 섬유제품에 대한 시장수요는 혼방제품의 독특한 물리적 특성이나 경제적인 이유로 인해 점차 혼방제품으로 대체되어

가고 있다. 예를 들면, 다른 섬유를 혼방함으로써 섬유제품의 촉감이나 강력 또는 광택을 개선시킬 수 있다. 일반적으로 혼방제품의 염색에서는 각각의 섬유를 서로 다른 염료로 염색해야 한다. 이점은 컴퓨터 컬러매칭에서 약간의 문제가 된다. 다음은 혼방제품의 컴퓨터 컬러매칭에서 발생하는 여러가지 문제점을 설명하고 있으며 또한 이런 문제점을 줄일 수 있는 방법들을 제시하고 있다.




<그림 1> 컴퓨터 컬러매칭의 흐름도

## 2. 혼방제품의 컴퓨터 컬러매칭에서 발생되는 문제점

혼방제품을 단일색상으로 염색할 때는 혼방제품을 구성하는 각 성분의 섬유가 동일한 색상으로 염색되어야 한다. 따라서 컴퓨터 컬러매칭의 주요목적은 혼방제품을 구성하는 섬유에 대해 염색처방서를 각각 작성해야 하며, 이런 염색처방서에 따라 염색하였을 때 색상이 표준색상과 일치해야만 한다. 이때 컬러매칭의 정확성은 단일성분의 섬유제품에 대한 컬러매칭에서 경험하였던 여러가지 문제점과 더불어 다음과 같은 오차를 발생시키는 여러가지 요인들에 의해 크게 떨어질 수가 있다.

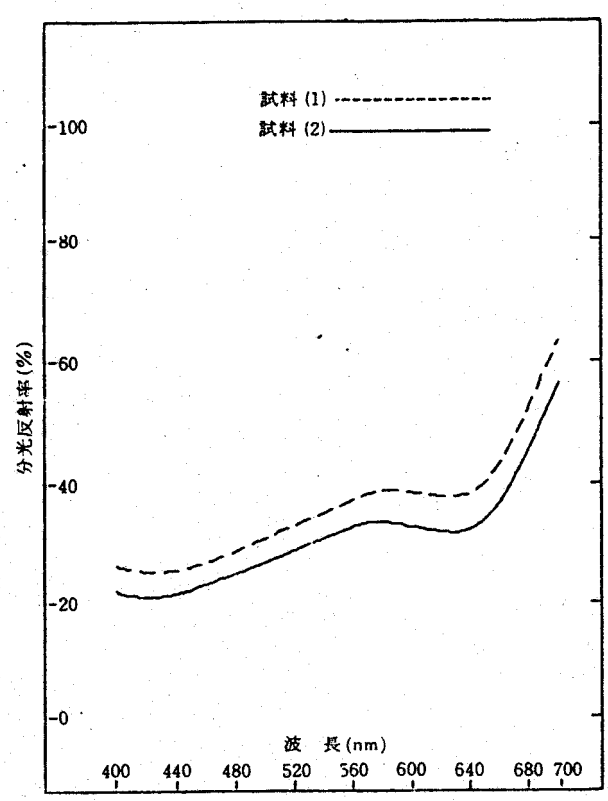
가. 염색조건의 변동

이것은 단일성분 섬유의 보정염색(calibration dyeing)에서의 염색조건과 혼방제품염색에서의 액비, 수소이온 농도지수 및 상대방 섬유에 의한 블로킹 효과와 같은 염색조건과 차이를 말한다. 이런 요인의 영향을 조사하기 위하여 두 가지 형태의 시료에서 면성분에 대해 거의 동일한 염색처방서와 염색조건에서 반응성염료를 사용하여 동일하게 염색하였다. 두 가지 염색방법 중 유일한 차이점은 다음과 같다.

(1) 최초의 염색에서 P/C 65/35 편포를 시료로 사용하였다.

(2) 두번째 염색에서 100% 폴리에스터 및 100% 면섬유의 편포를 시료로 사용하였다. 이때 폴리에스터편포와 면편포의 중량비는 65:35로 하였다. 즉 최초의 염색(1)에서 사용한 P/C 65/35 편포와 그 구성비율이 동일하였다.

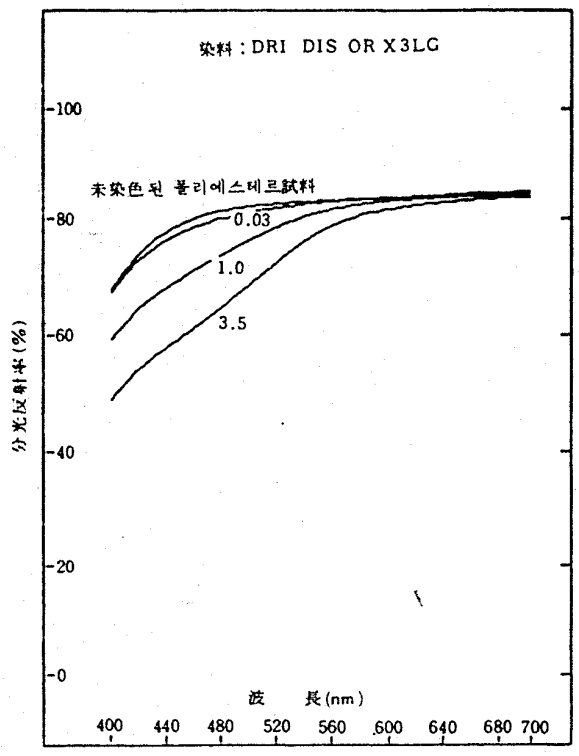
시료(1)과 (2)를 만드는 데 사용한 섬유와 방적 및 제편공정은 서로 동일하게 하였다. 시료(1)의 면성분에 대한 오염된 색상을 측정하기 위하여 에탄올에 수산화칼륨을 용해시킨 용액을 사용한 표준용해법으로 폴리에스터성분을 제거하였다. <그림 2>는 두 가지 시료에서 면성분에 오염된 색상의 분광반사율곡선의 차이를 보여주고 있다.



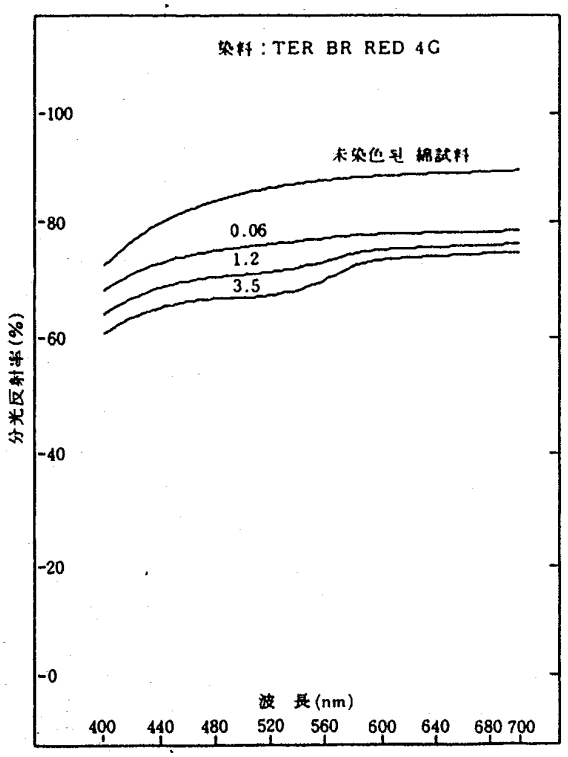

<그림 2> 시료에 따른 면성분에 오염된 색상의 분광반사율 곡선

일반적으로 혼방제품을 구성하는 각 섬유를 염색하는 데 사용하는 염료는 필요로 하는 견뢰도등급과 기타 물리적 특성에 따라 다르다. 결론적으로 혼방제품에서 상대방섬유에 대한 크로스오염 현상은 염색공정에서 발생한다. 따라서 단일성분의 섬유에 대한 기본적인 보정염색에서는 이런 크로스오염 현상을 고려하지 않았다.

<그림 3>은 P/C 65/35 시료를 반응성염료인 Drimarene Dis. Orange X-31G를 사용하여 염료의 농도를 점차로 증가시키면서 염색하고 황산으로 면성분을 용해시킨 후 폴리에스터섬유의 오염에 대한 분광반사율을 측정한 결과이다.




<그림 3> 폴리에스터시료에 대한 반응성염료의 크로스오염 효과

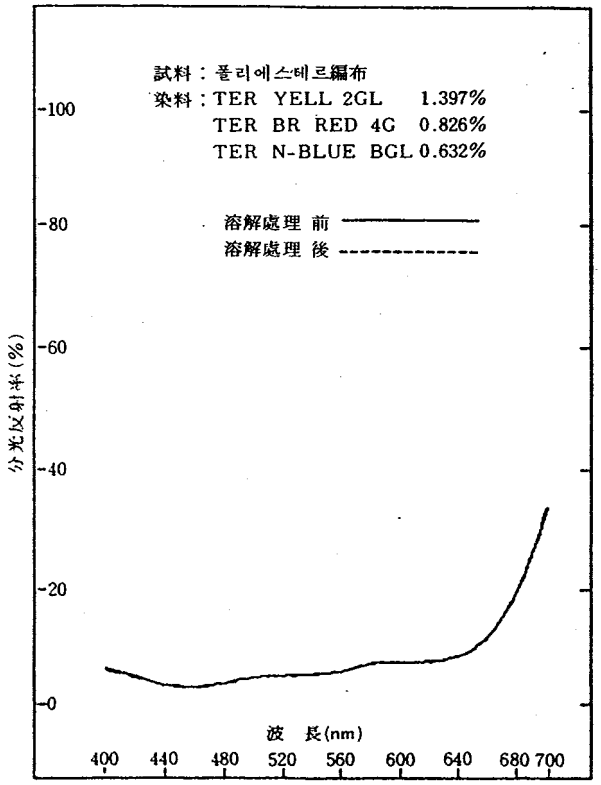



<그림 4> 면시료에 대한 분산염료의 크로스 오염 효과

제일 위에 위치하는 미염색된 순수한 폴리에스테르섬유의 분광반사율 곡선과 비교해 볼 때, 폴리에스테르 부분에 대한 오염현상과 오염의 정도가 반응성염료의 농도가 증가함에 따라 같이 증가한다는 사실을 쉽게 알 수 있다.

<그림 4>는 <그림 3>과 비슷한 결과로 동일한 혼방제품을 분산염료인 Terasil Br, Red 4G로 염색한 후 메탄올에 수산화칼륨을 녹인 용액으로 폴리에스터성분을 용해시켜, 면성분의 오염에 대한 분광반사율을 측정한 결과이다.

다. 섬유의 분리작업에 의한 영향



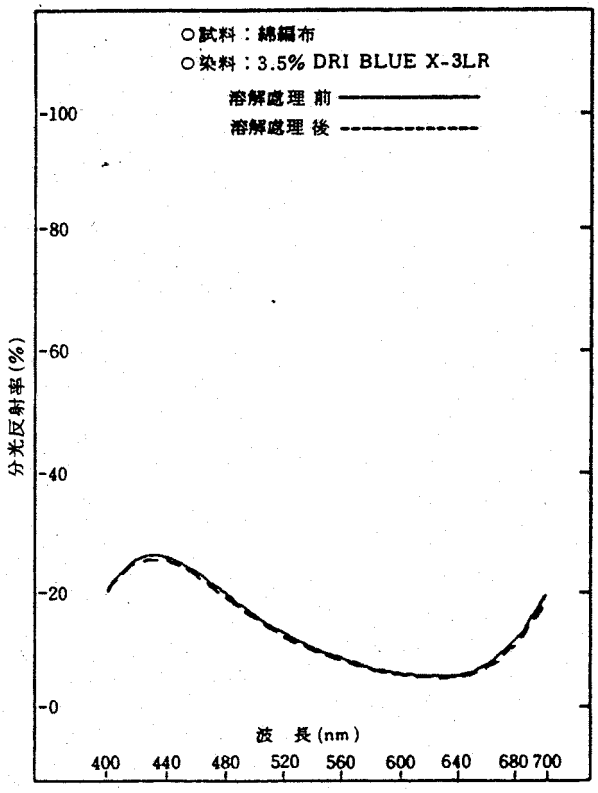

<그림 5> 섬유의 용해처리가 염색된 폴리에스터시료의 색상변화에 미치는 효과

혼방제품을 염색한 후, 구성하는 각각의 섬유에 대한 색상을 측정하기 위해서 각 섬유를 서로 분리시키는 분리작업이 필요하다. 이런 분리작업이 염색된 각 구성섬유의 색상변화에 미치는 영향력을 조사하기 위하여 이미 염

색된 100% 면편포와 폴리에스터편포를 상대방 섬유를 용해시키는 데에 사용하는 적당한 용액으로 용해하는 방법을 택하였다. 즉 100% 면편포는 폴리에스테르를 용해시키는 데 사용하는 용액으로, 그리고 100% 폴리에스터편포는 면섬유를 용해시키는 데 사용하는 용액으로 각각 처리하였다.

<그림 5>는 분산염료의 혼합물로 염색한 100% 폴리에스터편포를 위와 같은 방법으로 용해처리를 하기 전후의 분광반사율곡선을 보여주고 있다.

<그림 6>은 반응성염료로 염색한 100% 면편포에서 비슷한 결과를 보여주고 있다.




<그림 6> 섬유의 용해처리가 염색된 면시료의 색상변화에 미치는 효과

분광반사율 곡선의 그림으로부터 상대방섬유를 용해시키는 용해처리과정에서 면편포에는 약간의 색상변화가 있었으나 폴리에스터편포에서는 거의

색상변화가 일어나지 않았음을 알 수 있다.

그러나 염색된 편포에서 상대방 섬유를 용해시키기 위해서는 반드시 사전에 적절한 방법으로 전처리를 해주어야 한다. 또한 용해처리공정이 혼방제품에서 상대방 섬유에 대한 오염의 정도를 좌우할 수도 있다.

이런 모든 오차의 발생원인이 단일성분의 컴퓨터 컬러매칭에서는 일어나지 않게 된다.

### 3. 혼방제품에 사용되는 현재의 컴퓨터 컬러매칭방법

혼방제품의 컴퓨터 컬러매칭에서 현재 사용되고 있는 방법을 설명하는 데 있어서, 다음에 나오게 되는 시험의 시료로는 P/C 65/35 편포를 사용하였다.

가. 방법 - 1

본 방법에서는 폴리에스테르섬유와 면섬유의 염색에 사용하는 분산염료와 반응성염료로 폴리에스테르섬유와 면섬유에 대하여 각각 보정염색을 하였다. 이때의 염색처방서는 폴리에스테르 부분과 면 부분에 대해 각각 작성되었다. 현재 시판되는 대부분의 컴퓨터 컬러매칭 시스템은 여러가지 변동요인에 대해 수정할 수 있게 되어 있다. 이런 경우에 수정을 하게 되는 변동요인의 값은 여색업자가 요구하는 크로스오염의 정도에 의해 좌우되므로 자연히 염색업자의 경험에 의존하게 된다. 그러나 이런 오염효과를 반영한 염색처방서의 수정기술은 결코 신뢰성이 없는 것이다. 최종적인 염색처방서는 혼방비율에 따라 수정될 것이다.

상업적으로 개발된 모든 컴퓨터 컬러매칭시스템은 이런 방법을 사용할 수 있다. 이 방법의 결점은 앞에서 열거한 모든 오차의 발생가능성이 존재한다는 점이다. 또한 기본적인 보정염색에서 사용된 시료와 실제의 혼방제품을 구성하는 섬유가 서로 동일하지 않을 수도 있으며, 이런 사실은 차후에 문제

를 발생시킬 수 있다. 이런 방법에서는 혼방제품을 구성하는 상대방 섬유에 대해 오염성이 적은 염료를 선정함으로써 컬러매칭의 정확성을 높일 수도 있다. 그러나 염색처방서의 선정은 이런 점보다는 오히려 견뢰도나 경제성과 같은 다른 요인들에 의하여 일반적으로 좌우된다.

나. 방법 – 2

이 방법은 염료의 오염현상을 보정하는데 주안점을 두고 있다. 각각의 염료에 대한 염색과 오염현상에 대한 기본자료를 구축한 다음 각 염료에 대한 염색처방서를 작성한다. 이렇게 작성한 염색처방서와 오염현상에 대한 기본자료를 사용하여 상대방 섬유에 대한 오염의 정도를 계산함, 최종적으로 계산된 오염정도만큼 염색처방서를 수정하게 된다. 그러나 방법 – 2에 대한 자세한 문헌이 발표되지 않았기 때문에 본 실험에서 방법 – 2는 실험대상으로 선택하지 않았다. 이 방법은 크로스오염에 의한 컬러매칭의 오차를 수정하는 컴퓨터 컬러매칭의 한 방법이다.

다. 방법 – 3

혼방제품을 구성하는 각 섬유에 대해서 서로 다른 두 종류의 염료를 두개가 하나의 짝을 이루도록 각각 미리 선정한다. 즉 폴리에스테르 염색용 분산염료에서 선정된 염료와 면염색용 반응성염료에서 선정된 염료가 색상에서 서로 일치해야만 한다. 그리고 난 후 방법 – 1에 의해 혼방제품을 구성하고 각 섬유에 대한 염색처방서를 각각 작성한다. 이 방법에서는 혼방제품을 구성하는 두 종류의 섬유에 대한 두 종류의 염색처방서에 사용하는 염료가 서로 짝을 이룰 수 있는 염료로 작성되어야 하기 때문에 여러가지 염색처방서를 선택할 수 있는 유용성이 크게 제약 받게 된다.

또 다른 방법은 미리 혼합하여 시판하는 염료를 사용하는 방법이다. 염료제조업자들은 특정한 비율로 혼방된 특정한 혼방제품에 사용하였을 때 두

섬유를 서로 동일한 색상으로 염색할 수 있도록 서로 다른 두 종류의 염료를 미리 혼합하여 시판하고 있다. 이런 방법은 상대방 섬유에 대한 오염이 염색처방서의 수정단계에서 좀 더 용이하게 수정될 수 있다 하더라도 앞에서 언급된 여러가지 오차가 발생할 여지는 여전히 남아 있게 된다. 또한 컴퓨터 컬러매칭에서 가장 큰 특징 중의 하나인 여러가지 염색처방서를 선택할 수 있는 선택의 폭이 상당히 좁아진다. 한편 미리 혼합하여 시판하는 염료를 사용하는 방법은 혼방시료에 대해 직접 보정염색을 할 수 있으므로 염색조건의 차이에 의한 오차의 발생가능성을 줄일 수도 있다. 그러나 이런 방법을 사용하는 것은 다른 유사한 문제점들을 내포하고 있으며 또한 특정한 염색공정과 혼방비율에 의해 사용상의 제한을 받고 있다. 이러한 제한요소들을 고려하며 방법 – 3을 다른 컬러매칭방법과 비교하는 실험은 하지 않았다.

**4. 혼방제품용 컬러매칭방법으로써 본고에서 제안하고 있는 방법**

본 방법에서 보정염색이 하나의 염료를 사용하여 혼방시료에 대하여 직접 이루어지며, 이런 작업이 혼방제품의 염색에서 사용할 각각의 염료에 대하여 계속 반복된다.

혼방시료에서 염색되지 않은 섬유는 적절한 방법으로 제거되며 미염색된 섬유가 제거된 시료는 보정염색의 수정작업에 사용하게 된다.

각각의 섬유에 대한 수정된 보정염색의 결과에 따라 혼방제품을 구성하는 각각의 섬유에 대한 염색처방서가 작성된다.

이런 데이터뱅크에 의하여 작성된 염색처방서는 혼방제품을 구성하는 각 섬유의 오염된 시료를 만드는데 사용되며, 이러한 오염효과를 고려하여 수정된 각 섬유에 대한 최종적인 염색처방서가 작성된다.

이 방법은 블록킹효과와 같은 염색조건의 변동요인들과 크로스오염 효과

에 의한 컬러매칭의 오차를 최소화한다. 또한 방법 – 1과 방법 – 2 에서 보정염색시 혼방제품을 구성하는 각 섬유와 동일한 순수 시료를 사용해야 하며 경우에 따라서는 이런 시료를 구입할 수 없는 문제점이 있으나, 본 방법에서는 혼방제품에 대해 직접 보정염색이 이루어지므로 이런 문제점은 없다.

가. 데이터 뱅크의 준비

다음은 방법 – 1과 본고에서 제안하는 방법의 컬러매칭 정확성을 서로 평가하기 위해서 데이터뱅크의 준비작업을 설명하고 있다.

1) 시료준비

순수한 폴리에스터섬유와 면섬유를 사용하여 폴리에스터사와 면사를 각각 방적하였다. 또한 폴리에스터섬유와 면섬유를 65 : 35의 중량비로 각각 혼섬한 후 30’$^{s}$ 방적사로 방적하였다. 방적한 세 종류의 실로 세 종류의 편포를 각각 평조직으로 편성하였다. 이렇게 준비한 편포는 적절한 방법으로 전처리하였다.

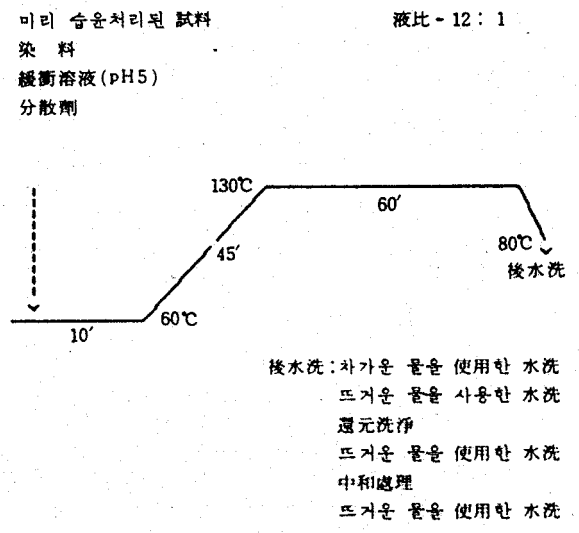
2) 분산염료를 사용한 보정염색

Ter. Yellow 2GL, Ter. Br. Red 4G 및 Ter. Navy Blue BGL과 같은 세 종류의 Terasil 분산염료를 사용하여 보정염색을 하였다. 보정염색은 염료의 적절한 농도범위를 정하고 Linitest 실험실용 염색기를 사용하여 이루어졌다. 액비는 12 : 1로 하였으며 보정염색에 사용된 모든 염색용 조제는 실험실용을 사용하였다. 염색은 100% 폴리에스터 시료와 P/C 65/35 시료에 대하여 각각 이루어졌으며 염색방법은 <그림 7>에 나와 있다.

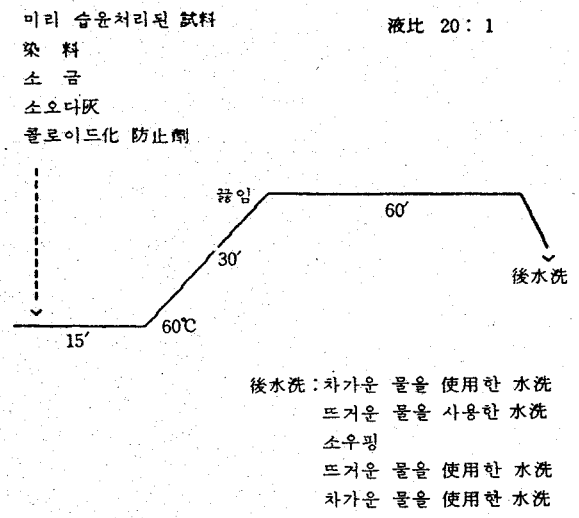
3) 반응성염료를 사용한 보정염색

Dirmarene Rubinole X – 3LR, Drimarene Discharge Orange X-3LG, Drimarene Blue X-3LR 및 Drimarene N-Blue X-RBL과 같은 4종류의 Drimarene 반응성염료를 사용하여 보정염색을 하였다. 염색시료 및 기타 준비작업은 분산염료를 사용

한 보정염색과 동일한 방법으로 하였으며 염색방법은 <그림 8>에 나와 있다.




<그림 7> 분산염료를 사용한 폴리에스터시료의 염색방법




<그림 8> 반응성염료를 사용한 면시료의 염색방법

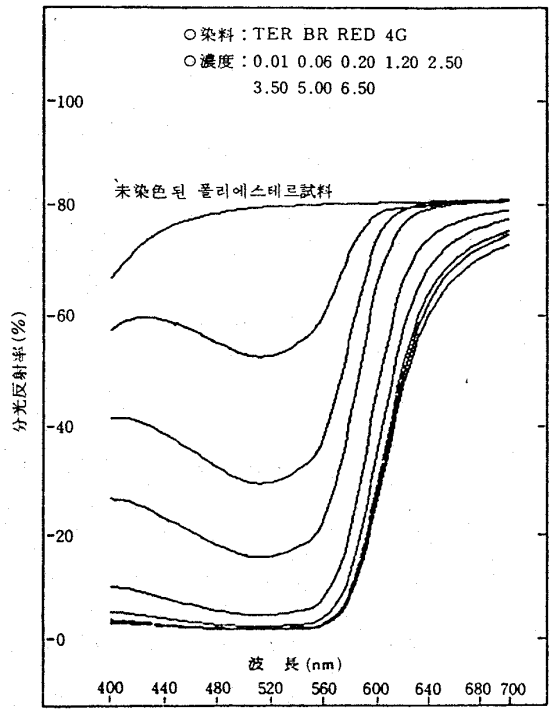
4) 스켈레톤 보정염색(Skeleton calibration dyeings)

보정염색에서 염색된 P/C 혼방시료의 미염색된 성분의 섬유를 제거하기 위하여 염색된 P/C 혼방시료를 적절한 섬유용액으로 처리한 다음, 이 시료에 대해 스켈레톤 보정염색을 하였다. 폴리에스터섬유를 용해하기 위해서 에탄

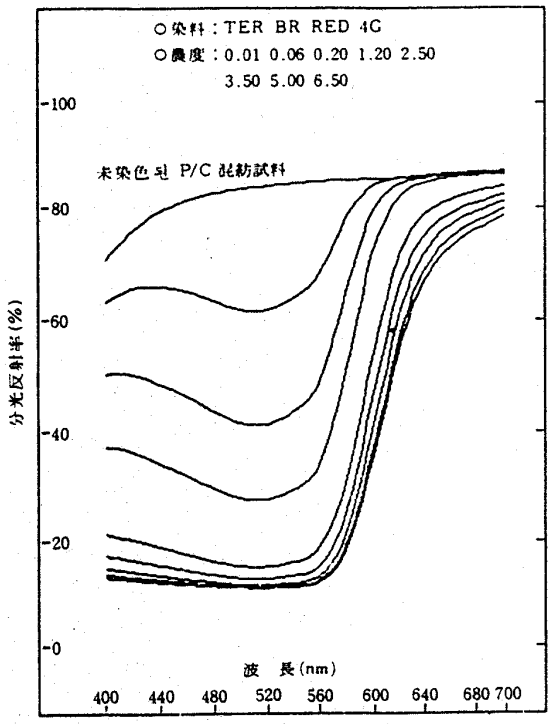
올 수산화칼륨을 용해시킨 용액을 사용하였으며 면섬유를 용해시키기 위해서는 70% 황산용액을 사용하였다.

나. 측색

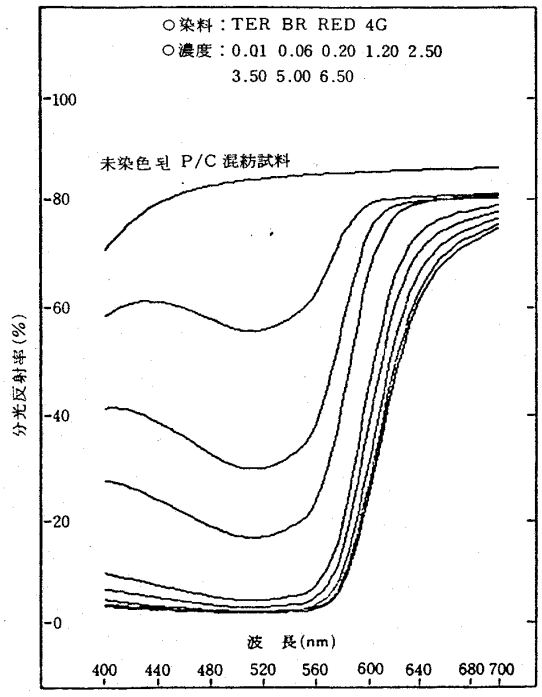
400~700nm의 가시광선영역에서 20nm의 간격으로 분광반사율을 측정하기 위하여 Zeiss RFC3 분광광도계를 사용하였다. 분광광도계는 표준광 A인 텅스텐램프의 광원하에서 확산/8° 기구에서 Merk사 제품인 황산바륨을 사용하여 표준상태로 교정하였으며, 스패큘러장치를 부착한 상태로 색측정을 하였다. 색측정은 시료의 여러 부위에서 표면과 이면 방향으로 각각 측정하였으며, 빛이 시료의 이면으로 전혀 통과하지 못하도록 시료준비를 하였다. <그림 9>, <그림 10>, 및 <그림 11>은 분산염료인 Ter. Br. Red 4G를 사용하여 보정용으로 염색한 폴리에스터 시료, P/C 혼방시료 및 스켈레톤시료의 대표적인 분광반사율 곡선을 각각 보여주고 있다.



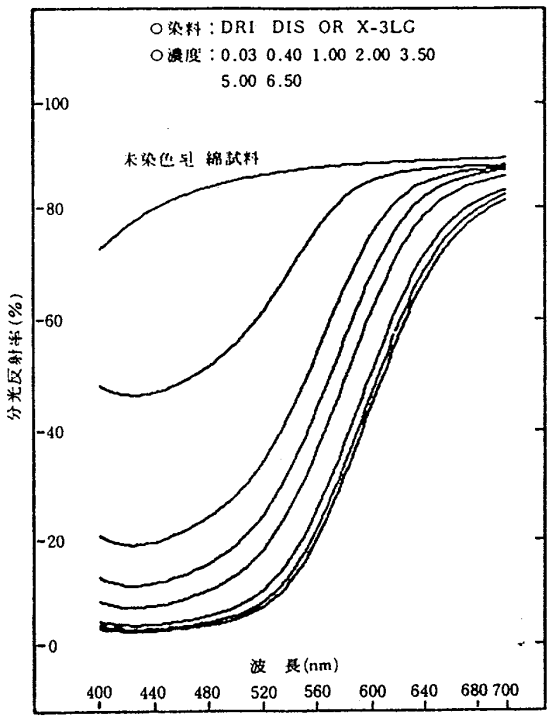

<그림 9> 분산염료를 사용한 순수한 폴리에스터시료의 보정염색



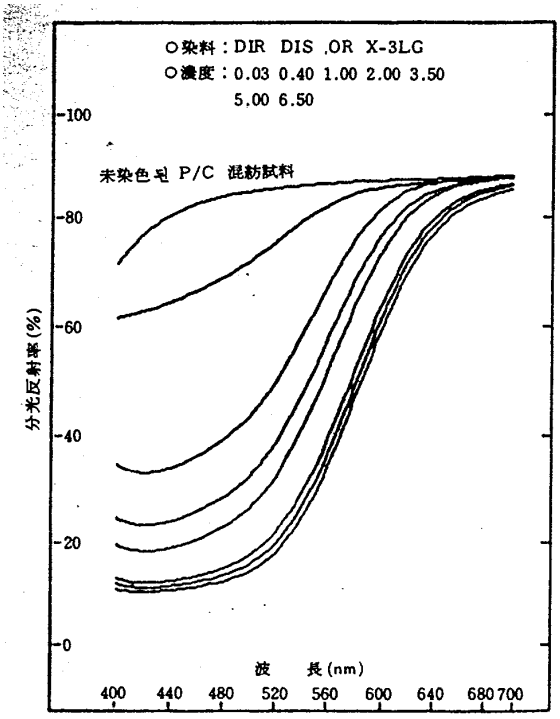

<그림 10> 분산염료를 사용한 P/C 혼방시료의 보정염색



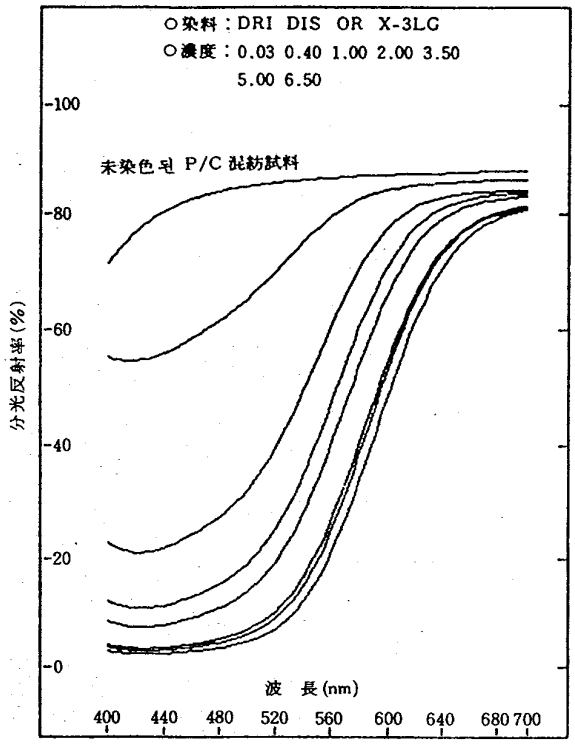

<그림 11> 분산염료를 사용한 P/C혼방시료의 폴리에스터 스켈레톤 보정염색




<그림 12> 반응성염료를 사용한 순수한 면시료의 보정염색




<그림 13> 반응성염료를 사용한 P/C 혼방시료의 보정염색




<그림 14> 반응성염료를 사용한 P/C혼방시료의 면 스켈레톤 보정염색

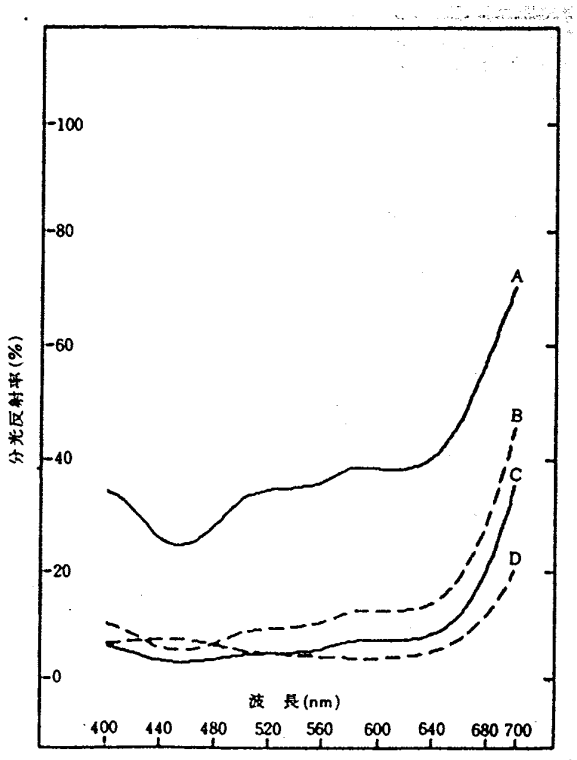
또한 <그림 12>, <그림 13> 및 <그림 14>는 반응성염료인 Dri. Discharge Orange X-3LG를 사용하여 보정용으로 염색한 각각의 시료에 대한 분광반사율을 측정한 결과이다.

다. 컬러매칭용 표준색상

4가지의 표준색상 A, B, C, D,를 준비하였으며 각각의 표준색상에 대한 분광반사율 곡선이 <그림 15>에 나와있다.

Kubelka-Munk의 단일 상수이론과 이미 구축해 놓은 보정염색의 분광반사율에 관한 테이터뱅크에 의하여 4개의 표준색상을 맞추기 위하여, P/C 혼방제품을 구성하는 섬유에 대한 염색처방서가 방법 – 1과 본고에서 제안하는 방법에 의하여 작성되었다. 염색은 보정염색에서와 같은 동일한 염색조건으로 일반적인 2욕 –2단계 염색법으로 P/C 혼방시료에 대하여 이루어졌다. 마

지막으로 표준색상과 혼방시료의 해당되는 색상을 측정하여 1976 CIELAB 색차계산 공식에 의해 표준색상과 컬러매칭된 색상과 색차($\Delta E_{Lab}$)를 계산하였다. 이러한 색차를 컬러매칭방법의 정확성을 평가하는 지표로 삼았다.




<그림 15> 표준색상 A, B, C, D의 분광반사율 곡선

## 5. 결 론

4가지 표준색상 A, B, C, D와 이에 대하여 두 가지 방법으로 컬러매칭하여 염색한 각각의 시료에 대한 분광반사율 곡선이 <그림 16>, <그림 17>, <그림 18> 및 <그림 19>에 각각 나와 있다.

<표 1>은 표준광원 D 65광원에서 10° 각도 표준관측자의 조건으로 색상을 측정한 후, 1976 CIELAB 색차계산공식으로 계산한 표준색상과 컬러매칭된 색

상과의 색차를 컬러매칭방법별로 정리한 것이다.

<표 1> P/C 혼방제품에 대한 방법 – 1과 본고에서 제안하고 있는 방법에 의한 컴퓨터 컬러매칭의 정확성 비교

| 칼러매칭 방법 | 標準色相 A | 標準色相 B | 標準色相 C | 標準色相 D | 平 均 |
|---|---|---|---|---|---|
| 本稿에서 제안하는 方法 | 0.4 | 3.8 | 2.4 | 2.2 | 2.2 |
| 方法 – 1 | 3.5 | 5.5 | 3.7 | 1.7 | 3.6 |

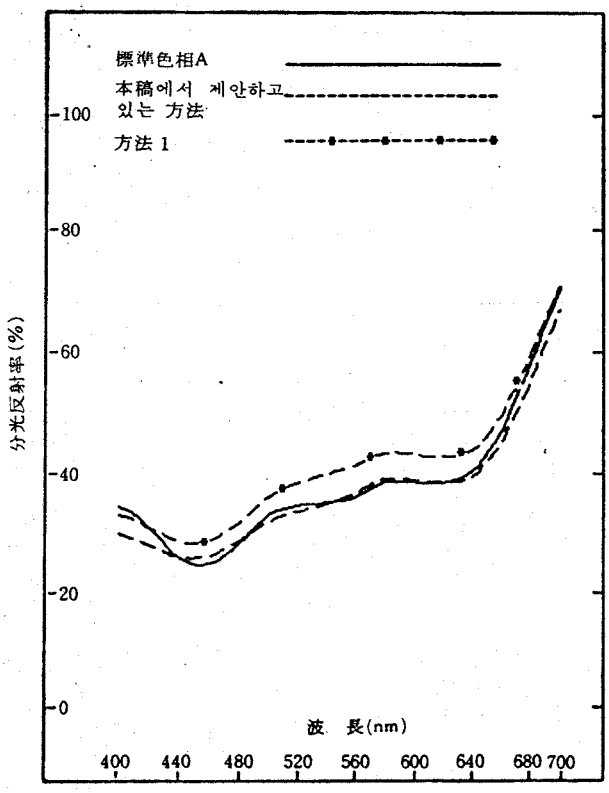
주) 색차공식 : 1976 CIELAB 색차계산 공식
표준광원 : D 65
관 측 자 : 10°각도 표준관측자

본고에서 제안하는 방법으로 컬러매칭하였을 때 표준색상과 컬러매칭된 색상과의 색차의 평균치가 2.2단위인 반면에 방법 – 1에 의해 컬러매칭된 색상의 색차는 그 평균치가 3.6단위이다. 이와 같이 방법 – 1 의 컬러매칭 정확성이 떨어지는 원인은 방법 – 1 에서는 앞에서 언급한 바와 같은 모든 오차의 발생가능성을 내포하는 반면에, 보고에서 제안하는 방법에서는 오차의 발생가능성이 단지 섬유의 분리작업에서 발생하는 것 뿐이기 때문인 것으로 생각된다. <표 2>는 두 가지 컬러매칭방법을 오차가 발생할 수 있는 원인별로 서로 비교한 것이다.

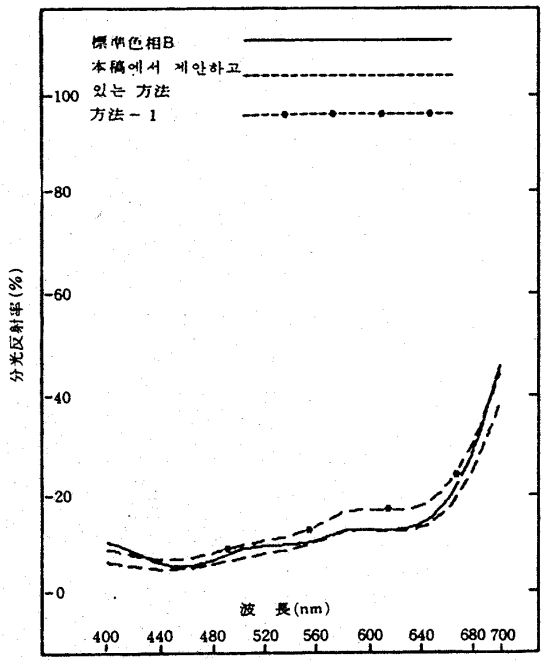
<표 2> 컴퓨터 컬러매칭의 방법별 발생가능한 오차의 원인

| 칼 러 매 칭 방 법 | 染色條件의 變 動 | 상대방 纖維에 대한 汚染 | 섬유의 분리작업 | 混紡製品을 구성하고 있는 섬유와 補正染色에서 使用한 試料의 차이에 의한 변동 |
|---|---|---|---|---|
| 方 法 – 1 | 可 能 | 可 能 | 可 能 | 可 能 |
| 本稿에서 제안하는 方法 | 약간 可能 | 약 간 可 能 | 可 能 | 不 可 能 |

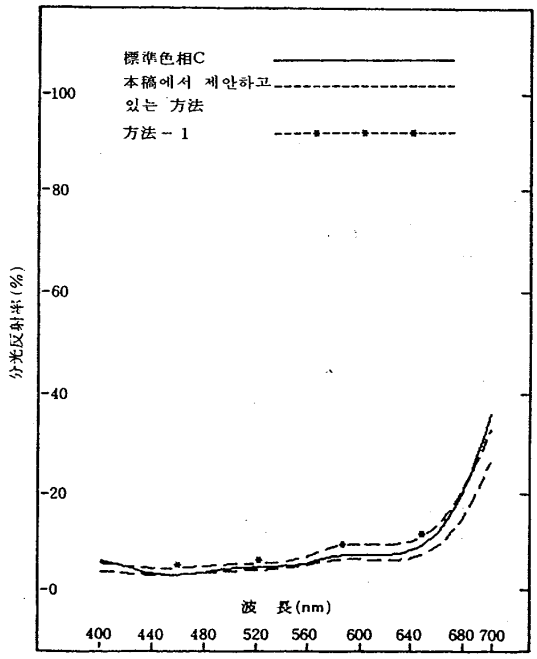
방법 – 1에 비해 본고에서 제안하는 방법의 정확성이 훨씬 높은 것은 실제적인 면에서 좀더 중요한 의미를 갖게 될 것으로 기대된다. 그 이유로는 방법 – 1을 사용하는데 있어 컬러매칭의 정확성을 높이기 위해서는 혼방제품을 구성하는 각각의 섬유와 동일한 단일성분의 섬유시료에 대하여 보정염색을 해야 할 필요가 있기 때문이다. 본 실험에서는 이런 점을 충분히 감안하여 보정염색에서 동일한 시료를 사용하였다. 그러나 동일한 시료를 구할 수 없을 경우에는 염색업자가 컬러매칭하고자 하는 혼방제품을 구성하는 것과 동일한 순수 섬유를 얻는다는 것은 매우 어려운 일이 될 것이다.



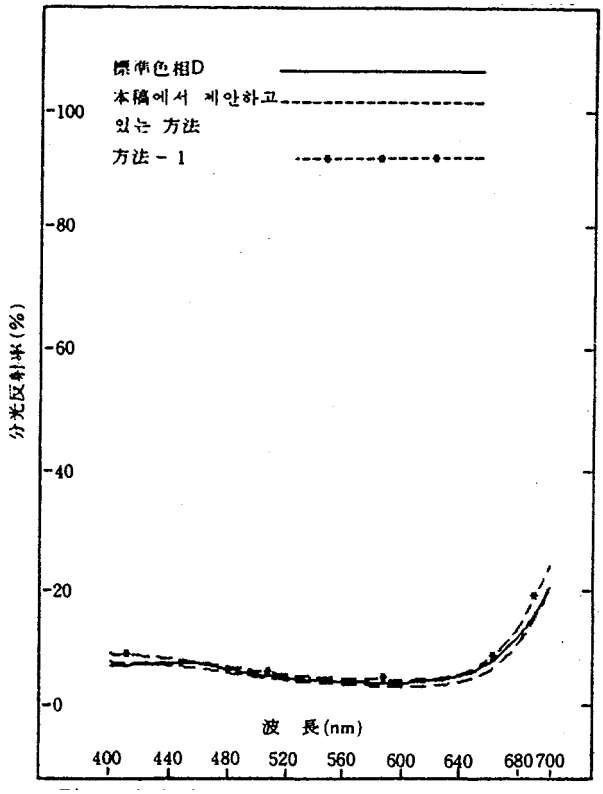

<그림 16> 표준색상 A와 여기에 맞추어서 본고에서 제안하는 방법과 방법 – 1에 의하여 매칭된 색상의 분광반사율 곡선




<그림 17> 표준색상B와 여기에 맞추어서 본고에서 제안하는 방법과 방법－1에 의하여 매칭된 색상의 분광반사율 곡선




<그림 18> 표준색상C와 여기에 맞추어서 본고에서 제안하는 방법과 방법－1에 의하여 매칭된 색상의 분광반사율 곡선




<그림 19> 표준색상D와 여기에 맞추어서 본고에서 제안하고 있는 방법과 방법 – 1에 의하여 매칭된 색상의 분광반사율 곡선