

섬유제품 사고의 원인해석 (염색이상 II)

4. 염색성이 다른 실의 혼입에 의해 일어나는 염색이상

실 자체의 염색성이 다른 요인으로서는 '섬유의 화학적 특성차'와 '혼용률의 차이 및 변동' 2가지가 있다. 이들 요인이 내재된 실이 혼입되어 일어나는 염색이상은 실의 염색성 그 자체에 원인이 있기 때문에 염색의 색상차 및 농담이 직·편사의 울을 따라 연속적인 얼룩으로 확인되는 것이 보통이다.

이와 같은 사고가 발생한 경우, 염색성이 다른 실의 로트가 섞인 것이 방적, 연사, 실의 유통보관, 직·편공정 등 어느 단계에서 일까가 현장에서는 흔히 문제가 된다. 그러나 '로트혼입'의 경우는 事故品이 단계를 거처나온 상황에 지나지 않으므로 화학손상에 의한 염색이상 사고와는 달리 正常인 실과 異常인 실 사이에 실이 거처나온 이력을 나타내는 화학변화 등의 흔적은 남아있지 않다.

따라서 로트혼입이 일어난 공정을 1군데로 국한하여 정확하게 지적할 수 있는 해석결과를 얻는 것은 불가능한 경우가 많다. 그러나 색상차 및 농담현상이 실을 따라 어떤 형태로 일어나고 있는가, 그 현상을 가능한 한 정확하게 파악하여 로트 혼입이 되었다고 생각되는 각 공정 모두에 앞으로 정확한 로트관리의 중요성을 계몽하는데 충분한 정보를 얻는 것이 가능하고, 또한 사고 원인해석의 주된 목적도 된다.

4.1 사고현상의 특징과 해석공정의 개요

염색성이 다른 실의 혼입에 의한 염색이상 사고의 현상은 농담 및 색상차가 직·편사의 울을 따라 연속해서 확인되는 것이 특징이다. 이 같은 염색이상의 해석에서는 실을 감아 봄으로써 간편하고 정확하게 현상을 파악할 수 있다.(실의 권취 관찰방법에 대해서는 섬유기술 1996년 2호 97페이지 참조) 다음은 순서와 관찰에

대한 유의점에 대해서 언급한 내용이다.

우선, 실을 감으면서 정상인 실과 이상인 실을 비교 관찰한다. 합연사나 합사의 경우는 단사로 분리하여 감으면서 관찰하고 정상과 이상 실에 대한 차이를 염색 농도와 색상, 실의 굵기, 꼬임, 잔털상태, 섬유장 등으로 관찰한다.

이 관찰단계에서 「어느 단계에서는 이 異常실이 혼입해 있었다」고 추정하는 것이 어느 정도 가능하다. 예를 들면 합연사의 한 올이 염색이상을 일으킨 경우라면 「연사공정에서는 이 異常單사가 혼입해 있었다」, 또 편성된 실에서 한 올이 염색이상을 일으킨 경우라면 「편성공정에서는 이 이상실이 혼입해 있었다」고 추정할 수 있다. 그러나 각각의 경우에 대해 "연사에서 혼입됨", "편성공정에서 혼입됨"이라고 하면 그 가능성은 클지 모르지만, 그 전의 실을 구입한 유통단계 또는 그 이전에서 혼입되었을지도 모른다는 가능성을 무시한 추정이 된다.

더욱이 혼방의 경우에는 예를 들어 면/폴리에스터 혼방이라면 폴리에스터를 용해하고 綿만으로 한 실을 감으면서 관찰한다. 또한 면을 용해하고 폴리에스터만으로 한 실도 감으면서 관찰해 본다. 혼용률의 차이 및 변동에 의한 것이라면 용해하고 남은 섬유束간에 굵기의 차가 인지된다. 또 섬유의 염색특성 차이에 의한 경우라면 양쪽 섬유속간에 염색농도 및 색상차로서 인지된다. 한편 이들 섬유를 용해할 때는 남겨야 할 섬유의 염색농도 및 색상이 손상되지 않도록 용해하여야 한다.

그리고 정상인 실과 이상인 실에 포함된 어느 섬유, 예를 들면 면/폴리에스터 혼방사에서 면에 염색농담 또는 색상차가 관찰되는 경우는 면의 염색성이 다르다고 추정할 수 있다. 이 추정에 대한 검증시험은 기본적으로는 정상과 이상인 섬유를 동욕에서 탈색, 동욕에서 재염색을 해도 사고와 같은 염색농담 및 색상이 재현되는데, 섬유와 염료의 조합에 따라서는 탈색이 매우 곤란한 경우가 있다. 때문에 탈색 및 재염색과 화학적으로 동등한 의미를 갖는 수법을 사용해 염색특성의 차이

를 검증하여야 한다. 또한 염색특성의 차는 몇 가지 특정섬유에 일어나기 쉬운 경우를 경험하고 있다.

다음에 염색특성의 차가 생기기 쉬운 섬유에 대해 그 원인 및 분석공정을 언급한다. 또한 염색농도 및 색상을 손상하지 않는 용해법, 산화환원표백 및 피리딘 추출에 의한 염색물의 탈색법 그리고 그 특성과 유의점에 대해서는 "섬유기술"誌 1997년 1호 80페이지를 참조하기 바란다.

4.2 천연섬유의 경우

양모나 면 등의 천연섬유는 염색성 면에서 보면 산지의 기후풍토, 섬유를 채취한 계절 등의 조건에 따라, 더욱이 양모나 면화의 個體 및 部位에 따라 염색성이 다르다는 것이 알려져 있다. 그래서 균일한 염색성을 얻기 위해 原毛의 로트를 혼면하여 방적하지만, 여전히 방적로트마다 실의 염색성은 다르다고 보아도 좋다.

따라서 직·편성에 있어서는 같은 로트의 방적사를 사용하는 것이 일반적인데, 이들 로트가 다른 실이 방적에서 연사, 또는 직·편공정 어딘가에서 혼입되면 염색농담 및 색상이 다른 염색줄이 발생하게 된다.

아래에 염색성이 다른 섬유가 혼입된 경우에 사용하는 염색성 차이의 검증에 대해서 언급한다.

4.2.1 면

원면은 성숙도에 따라 염색성이 다르다는 것이 알려져 있다. 따라서 성숙도가 다른 원면의 혼방비율이 서로 다른 실이 제직되거나 편성된 경우, 양쪽간에는 염색성 차이로 인한 염색이상 사고를 일으키는 경우가 있다.

또한 성숙도가 다른 원면의 실 및 원단은 식물油脂 및 단백질 등 생체물질의 조성이 달라 형광발색이 다르게 나타나므로, 블랙라이트에 의한 육안관찰로도 염색성이 다른 실을 식별할 수가 있다.

1) 탈색

(1) 반응성염료의 경우

우선 환원표백을 해 본다. 반응기가 비닐술폰계의 반응성염료로 염색되어 있는 경우에는 2~5%(w/vol)의 가성소다 수용액으로 끓여서 추출할 수 있으므로, 이 방법으로 탈색을 시도해도 좋다. 이들 방법으로 충분한 탈색효과를 얻을 수 없는 경우에는 산화표백을 한다.

(2) 직접염료의 경우

피리딘 수용액으로 비등처리, 또는 환원표백으로 탈색을 할 수 있는 경우가 많다. 이들 방법으로 충분한 탈색효과를 얻을 수 없는 경우에는 산화표백을 한다.

(3) 배트염료의 경우

알칼리성의 히드로술파이트 환원욕에 의한 환원추출 및 디메틸포름아미드에 의한 비등추출을 해 본다. 또한 인디고염색의 경우는 끓는 디메틸포름아미드에 의해 충분히 추출 탈색된다.

2) 재염색시험

면소재의 염색성시험을 행한다.(섬유기술 1996년 4호 88페이지 참조)

4.2.2 양모

전술한 바와 같이 모사도 방적로트마다 염색성이 다르다는 것이 알려져 있다. 또 방축양모는 염소처리로 스케일의 표면을 산화하고, 폴리아미드계의 수지로 얇게 코팅한 것이다. 따라서 스케일이 이미 산화손상을 받고 있기 때문에 염색속도는 매우 빠르고, 잠재적으로 염색얼룩을 일으키기 쉬운 특성을 갖고 있다.

1) 탈색

최근에는 높은 습윤건뢰도를 얻을 수 있는 합금 및 반응성 그리고 밀링타입 염료의 사용이 일반화되어 염료추출은 불가능하다. 또한 재염색시험에 충분한 환원표백도 불가능한 경우가 대부분이고, 산화표백도 사용해서는 안된다. 따라서 탈

색을 하지 않고 탈색 및 재염색과 동등한 시험을 하게 된다.

2) 염색시험

일반 양모의 경우는 섬유기술 1996년도 3호 90페이지의 "양모소재의 염색성 차이에 의한 염색농담 및 얼룩발생 검사" 항에서 언급한 Kiton red G에 의한 추가염색을 한다. 또 방축양모의 경우에는 "양모의 방축가공으로 인한 염색얼룩의 확인" 항에 언급한 시약과 시험조건으로, Kiton red G에 의한 추가염색을 한다.

4.3 합성섬유의 경우

합성섬유의 경우도 방사로트마다 염색성이 다르다는 것이 알려져 있으나, 필자의 경험으로는 폴리에스터 및 나일론에서의 염색이상 사례는 거의 없고, 아크릴 및 레이온의 경우는 필라멘트사를 사용한 원단에서 염색이상을 일으킨 예가 많다.

4.3.1 레이온

레이온은 방사로트마다 염색성이 다르므로 각 방사로트마다 염색성 시험을 하고 염색성이 같은 것을 묶어서 1로트로 하여 출하한다. 염색성이 다른 로트의 필라멘트사가 혼입하여 원단이 만들어진 경우 염색줄 형태의 농담얼룩인 염색이상을 일으키게 된다.

1) 탈색

면의 경우에서 언급한 방법에 따라 시행한다.

2) 재염색시험

실험실에서의 레이온에 대한 염색성 평가법으로는 다음의 2가지를 권장한다.

1) C.I. direct yellow 110 (1% owf)

C.I. direct blue 224 (1% owf)

산화나트륨 또는 염화나트륨 (20% owf)

욕비 1 : 30, 온도 75°C, 염색시간 20분

(2) 면소재의 염색성 시험을 응용한다.

또한 여기에서 사용되고 있는 C.I. direct green 26은 환원작용에 대해 민감하기 때문에 비스코스레이온이 잔류유황의 영향을 받을 가능성이 있지만, 이것도 염색성의 하나로 간주하면 좋다.

4.3.2 아크릴

로트가 다른 아크릴이 혼입되면 염색성도 다르기 때문에 염색단 사고가 일어나는 경우가 있다.

그리고 경험으로는 아크릴 로트간에 염색성의 차가 생기는 원인으로 다음 2가지가 있다.

(1) 섬유간 염착좌석(일반적으로 방향족 술폰산)의 양에 차이가 있다. 때문에 평형염착 농도에 차이가 생긴다.

(2) 섬유간 결정화도에 차이가 있다. 때문에 염착속도가 다르다. 이 경우 배치염색에 의해 평형염색된 경우에는 염색이상을 일으키지 않으나, 연속식으로 염색하면 평형염착에 이르기 전에 염색이 중단하게 되고, 염색속도의 차가 직접 나타나 염색줄이 생기게 된다.

현실적으로는 (1)과 (2)의 메카니즘 양쪽이 혼재한 경우도 있다.

1) 탈색

50%(vol/vol) 포름산 수용액으로 비등처리를 하여 추출 탈색한다.

2) 재염색

아크릴의 염색성시험으로 SDC방법에 대한 개요를 언급한다.

<SDC법>

- 빙초산 1% owf
- 초산나트륨($3H_2O$) 1% owf
- pH4.5±0.2

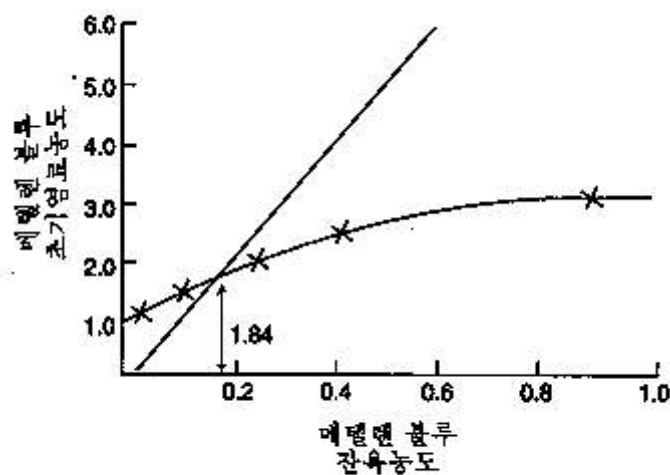
· C.I. basic blue 9 (methylene blue 순도 96.6%)

· 1 6% owf의 6종류

· 욕비 1 : 100, 온도 100°C의 환류 냉각관이 달린 플라스크에서 4시간 염색한다.

① 이상의 조건으로 염색 후, 잔욕에 대한 염색액의 흡광도로부터 염료농도를 구하고, 시료섬유에 대한 염료농도(owf)로 환산한다.

② <그림 1>과 같이 초기 염료농도를 Y축에, ①의 값을 X축에 플롯한다.



<그림 1> SDC법에 대한 데이터처리

③ 이 방법은 평형염착량이 90%가 되었을 때, 아크릴은 포화염착에 달한다는 것을 전제로 하고 있다. 따라서 기울기 10인 직선을 긋고, ②에서 얻은 곡선과의 교차점 값(여기서는 1.84)을 구하고, 다음 계산에 의해 섬유의 포화염착値를 얻는다.

$$\text{포화염착値} = (96.6/100) \times 1.84 \times (5/4) = 2.22\%$$

한편, (96.6/100)은 사용염료의 순도 보정계수이고, (5/4)는 이 시험에서 종래 사용되었던 Malachite green의 분자량과 대응시키기 위한 계수이다.

이 시험법에서는 시약인 메틸렌 블루 등, 既知의 순도의 것을 사용할 필요가 있다.

<사고원인 해석에서의 재염색 시험법>

SDC법은 아크릴섬유의 염색성을 절대치로서 구하는 방법으로 제안된 것인데, 현실적인 사고원인 해석에서는 6% owf의 무한 욕비로 정상부와 이상부의 실을 동 욕에서 평형염색하고, 염착의 농도를 육안관찰하여 정성적으로 판단하면 충분하다. 염착속도의 차이를 알기 위해서는 염색중의 경과도 관찰하여야 한다.

또한 염착좌석 양의 차이를 보다 직접적으로 확인하기 위해서는 정상부와 이상부 아크릴섬유의 적외스펙트럼에 의한 정규법을 채용하고 있다.

5. 혼방률이 다른 섬유의 혼입 및 혼방률 변동이 원인으로 일어나는 염색이상

실이 원인으로 일어나는 염색이상에는 앞에서 언급한 염색성이 다른 섬유의 혼입 이외에 혼용률이 다른 실의 혼입 및 혼용률의 변동에 의해서도 나타난다. 아래에 이들에 대해서 언급한다.

5.1 혼용률이 다른 섬유의 혼입

실을 감아 정상과 이상 실로 분리하고 그들에 대해서 혼용률을 구하는 것이 가장 정통적인 방법이다. 경험으로는 혼용률에 2~3%의 차가 있으면 혼용률 차이에 의한 염색이상으로 보아도 좋다.

혼용률을 구하는 것도 한 방법이지만 事故品의 원단에서 각 성분을 용해처리하고 한가지 섬유만을 남긴 원단에 대해 관찰하는 것도 한 방법이다.

예를 들면 면/폴리에스터 혼방직물이라면 면을 용해하고 폴리에스터섬유만으로 한 원단과, 폴리에스터를 페놀·4염화에탄 혼합액으로 용해하여 면만으로 한 원단 양쪽에 대해서 관찰하는 것이다.

투과광으로 비쳐보면 실이 굵고 가는 것으로 혼용률의 차를 시각적으로 관찰할

수 있다. 이와 같은 염색이상의 원인해석에서도 이미 언급한 염색농도 및 색상을 변화시키지 않는 용해법을 사용하여야 한다.

5.2 혼용률의 변동

혼용률의 차이가 전반적인 경우는 염색이상도 실을 따라 끝없이 연속되지만, 일반적으로 혼용률은 국부적으로 변화하는 것이 보통이다.

그런데 혼용된 섬유간에 색상 및 농도에 현저한 차가 있거나 한쪽만이 염색되어 있으면 혼용률의 변동이 실을 따라 국부적인 농담 및 색상의 차로 나타나며, 색상이 불균일하게 된다.

따라서 혼방품의 염색에서 혼용된 섬유는 같은 농도로 염색하고 색바란스를 도모하는 것이 원칙이다. 시험으로는 혼용된 각 섬유 단독의 실 및 원단으로 서로의 색배런스를 관찰함으로써 용이하게 해석할 수 있다.

<사례 1>

위사 100% 綿, 경사 P/C 50/50의 혼방사 직물에서 면은 반응성염료로, 폴리에스터는 분산염료로 중색농도의 블루색을 1욕2단 염색하였는 바, 경사를 따라 색상의 농담이 일치하지 않았다.

[해석과정]

직물에서 경사만을 분리하고 용해하여, 면만으로 한 것과 폴리에스터만으로 한 후, 이들 양쪽 실에 대해 염색 배런스를 육안관찰 하였는 바, 폴리에스터는 거의 염색되지 않았다. 또 염색농담의 상태와 일치하는 폴리에스터 혼용률의 큰 변동 차도 인지되었다. 이들 양쪽 원인이 중복되어 색상농담의 불일치가 일어난 것이다.

<사례 2>

호텔의 넓은 회의장에 깔려있던 모/나일론 혼방 커트파일의 갈색 카펫이 단기

간 사용에서 적층(laminating)부분을 경계로 농담차가 생겼다.

[해석공정]

사용 중 농담차가 발생한 카펫 양쪽에 대해 나일론만을 분리하여 관찰한 결과 농색으로 된 쪽 나일론의 염색농도가 담색 쪽에 비해 현저하게 농색으로 염색되어 있었다.

사용에 의해 양모가 탈락하고 나일론의 비율이 높아져 나일론의 염색농도 차가 직접적으로 나타나게 되었기 때문이라고 추정된다. 신품이었을 때에는 양쪽 카펫의 색상은 일치하였으나, 양쪽 카펫간에 나일론과 양모 염색농도의 배런스가 맞지 않았기 때문이다.

이 경우와 같이 파일제품의 경우 신품일 때는 혼방사의 구성성분간에 색배런스가 맞지 않아도 인식되지 않다가, 사용시에 불균형이 나타나는 경우가 있다.

6. 원단표면의 형태에 의한 겉보기 염색이상

염색농도 및 색상에서는 정상부와 이상부간에 전혀 차가 없음에도 불구하고 섬유제품의 표면상태가 다르면 빛의 난반사효과로 인해 염색농담처럼 보이는 경우가 있다. 그 대표적 요인인 니트의 텐션얼룩과 커트파일제품의 J-cut에 대해서 언급한다.

6.1 니트의 텐션얼룩

위환편의 경우, 각 실의 給사張力이 일정해야 비로서 편환(loop)이 균일하고 가느런한 니트가 만들어지는데, 그 중에 한 올 또는 수 올의 급사장력이 다른 실과 다르면 그 실이 관여한 루프는 실이 당겨지거나 늘어진 형태로 되어 염색 후 난반사효과로 인해 겉보기에 위사단으로 보이는 경우가 있다.

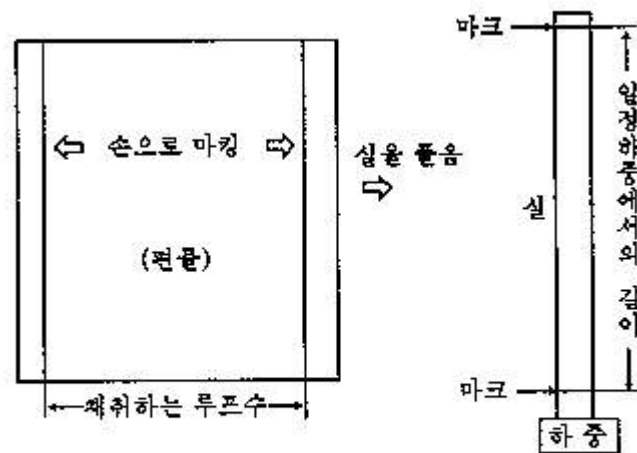
이러한 염색이상의 경우 실의 염색농도는 아주 같기 때문에 실의 권취시험에서는 실에 대한 농담차가 검출되지 않는다. 그러나 텐션얼룩의 경우는 각 段(bar)마

다의 일정 루프수에 대한 실 길이에서 차이가 나게 된다. 즉 코오스방향의 루프수, 예를 들면 100개에서 염색이상을 일으킨 단의 실은 다른 정상인 실의 길이와는 다르게 된다.

이 텐션얼룩은 테이크 업(take up)시험으로 용이하게 확인할 수 있으며, 그 원리는 코오스(橫)방향의 일정 루프수에 대한 각 단의 실의 길이를 측정하여 그 분포를 구하고 염색단 분포와의 대응을 조사하는 것이다.

<테이크 업 시험>

① 채취하는 루프수(여기서는 100개로 함)를 정하고, 그 폭의 웨일방향(경사방향)의 편환 줄을 따라 잘 관찰하면서 가는 매직잉크로 선을 긋는다.<그림 2>



<그림 2> 편포의 테이크 업 시험

이때 자로 선을 그어서는 안 된다. 시료의 형태가 변화되기 쉽고, 100개의 루프라고 해도 각 단마다 코오스방향의 길이는 약간 차이가 있어, 루프수가 101개가 되거나 99개로 되는 경우가 있기 때문이다.

② 편포에서 각 실을 풀고, 벽에 수직으로 세운 1m 스테인리스 자의 0위치에 잉

크마크가 있는 실 한쪽 끝과 일치시켜 셀로판 테이프로 고정시킨다. 다음에 실의 다른쪽 끝을 클립이 달린 추를 끼워 매단다. 그 실 하단의 잉크마크가 가리키는 자 눈금의 수치가 루프 100개당 일정 하중(5 ~ 10g)하의 섬유장이 된다.

또한 이 테이크 업 시험에서 주의할 점은 아래와 같다.

① 시험시료의 편성조직이 平編이라면 실의 定長은 모든 段에서 원래 일정하기 때문에 차례로 실을 풀어 길이를 측정하면 된다. 그러나 실의 定長이 단에 따라 다른 편성조직인 경우도 많은데, 이 경우에는 각 일정 길이의 실마다 길이를 측정하여야 한다.

② 編機 1회전으로 짤 수 있는 段數를 1주기로 하면 길이측정은 2 ~ 3주기분의 단수의 실로 행해야 한다.

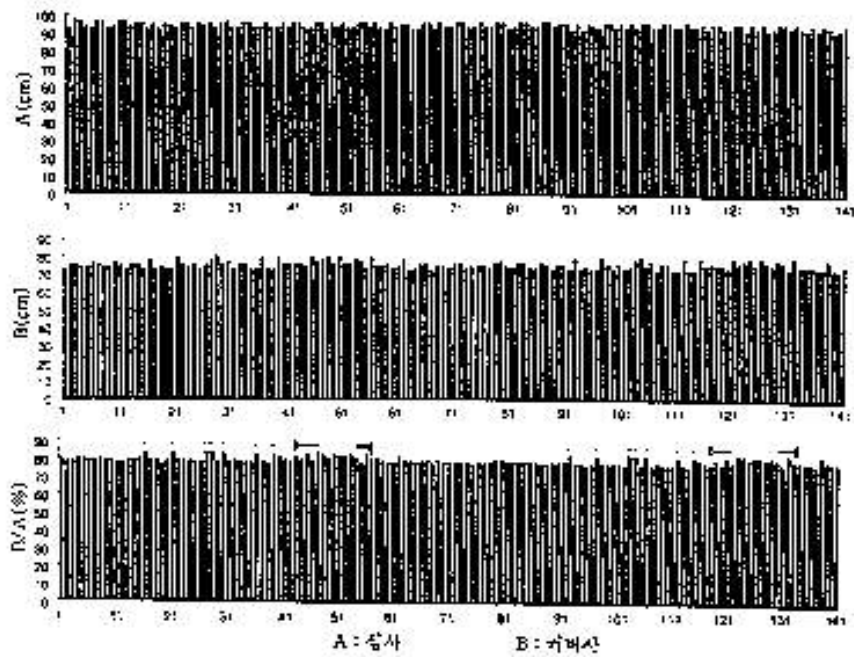
③ 길이측정에 사용하는 스테인리스 자는 1m이므로 길이가 1m이내가 되도록 미리 루프수를 정해두면 조작이 간단하다.

하지만 최근에는 편기의 진보에 따라 기계의 조정불량에 의한 실의 텐션얼룩은 보이지 않은지 오래다. 그러나 <그림 3>에 나타낸 크로스 커버 양의 경우는 커버 상태가 다른 실이 혼입되어 그 표면상태가 다른 것과 다르기 때문에 겉보기 염색 농담차로 보이는 경우가 있다. 芯사와 커버사의 비율이 다른 실이 혼입되어 생긴 위사단에 대한 원인해석에 테이크 업 시험(給사口數 : 72.2 주기분)을 응용한 결과를 <그림 4>에 나타냈다.

<그림 4>에서 심사 및 크로스 커버사 단독의 社長分布에서는 불량현상인 단얼룩과 일치한 사장분포는 얻을 수 없었다. 그러나 양자의 比 분포는 단얼룩의 분포와 완전히 일치하였다. 점으로 표시한 실과 화살표로 나타낸 지점이 염색줄로 관찰된 부분이다.



〈그림 3〉 크로스 커버 안

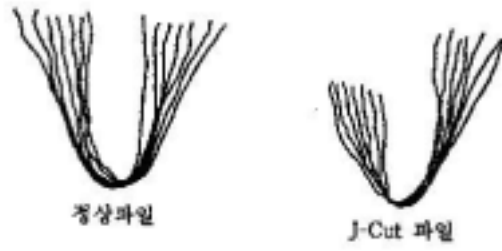


〈그림 4〉 페이크 업 시험을 이용한 크로스 커버 안의 심사와 커버사의 길이비율 분포

6.2 커트파일의 J-cut

카펫 등의 커트파일 제품이 파일사 방향으로 염색줄이 발생한 경우, 염색농도가 양쪽 모두 같아도 농담으로 보이는 경우가 있다. 이 경우 커트의 형태가 <그림 5>와 같이 되어있는 경우가 있어 J-cut라고 부른다.

나이프에 의한 커팅이상으로 생긴 경우이다. 시험방법으로는 종이 위에 정상부와 이상부의 커트파일을 한 올씩 빼내어 나열하고, 그 형상을 비교 관찰함으로써 간단히 해석할 수가 있다.



〈그림 5〉 파일의 J-cut