

纖維質遺物の 胞化(Degradation)에 影響을 주는 要因들에 대한 研究

裴 尙 慶*

目 次

I. 序 論	參考文獻
II. 本 論	Abstract
III. 結 論	

I. 序 論

지금까지 발표된 섬유류 유물에 사용되었던 식물들은 주로 면, 마, 견, 모와 같은 천연 고분자물질로 이루어졌으며 이 중 면과 마섬유는 glucose를 단량체(monomer)로 하는 cellulose fiber이며, 모와 견섬유는 여러종류의 amino acid (예를 들면, Gly, Ala, Tyr, Cys, Arg, Ser, Asp, Glu등)로 구성된 단백질 섬유로서 외부로 부터 가해지는 여러가지 환경적인 요인들로 인해서 물성들이 쉽게 변할 수 있다. 따라서 이러한 유물들의 보관 및 보존에는 세심하고 지속적인 배려가 필요하다.

유물을 전시하거나 보관하는 장소로서는 주로 공공 박물관, 개인 전시관, 가옥의 일부를 사용하는 경우가 많으며 심지어는 창고를 이용하기도 한다. 이런 장소들은 목재, 석조 및 concrete 를 재질로서 건축되었으며 복합적으로 여러 재질을 사용한 경우도 많다. 주위환경들을 살펴 보면 공기의 오염도가 큰 대도시 내지는 중도시에 위치한 경우가 허다하고 그 외에 해풍의 영향을 많이 받는 항구도시 등 쾌적한 환경에서의 유물의 보존을 기대할 수 없는 상황이다.¹⁾

이상과 같은 관점에서, 본 연구는 환경적인 요인이 섬유류 유물에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴보았다.

II. 本 論

1. 습도에 의한 영향

20°C의 보통 환경에는 3~17g/m³의 수증기가 포함되어 있다. 섬유들은 표준 조건(기온 20±2°C, 관계습도 65±3%)에서 어느 정도의 수분을 항상 포함하고 있다.²⁾

* 水原大學校 家政大學 衣類織物學科 助教授

(면 7.0%, 마 7.0~10.0%, 모 15.0~16.0%, 견 11.0%)

외부의 공기가 가열되거나 건조한 공기로 대체되면 물질의 표면은 마르기 시작하고 그의 역현상도 가능하다. 물을 전혀 포함하지 않은 금속이나 거의 포함하지 않은 기름 페인트, 다공성물질에서는 이러한 변화가 거의 없지만 나무, 상아, 가죽, 섬유들은 친수적이므로 흡수시, 방습시의 부피의 변화가 쉽게 일어난다.

습도를 조절하기 위해서는 반드시 습도를 측정할 수 있어야 한다. 일반적으로 습도는 절대습도 (Absolute Humidity : A.H) 와 관계습도 (Relative Humidity : R.H.) 로 나누는데 관계습도는 상대습도 혹은 비교습도라고도 한다.

$$\text{절대습도(A.H)} = \frac{\text{수증기 장력 또는 수증기 절대량(g)}}{\text{단위면적 (m}^2\text{)}}$$

$$\text{상대습도(\%)} = \frac{\text{절대량}}{\text{포화량}^*} \times 100$$

(* 포화량 : 단위체적내에 포함될 수 있는 수증기의 한계치)

일상 생활에서는 관계습도를 많이 사용하고 있다. 그러므로 습도는 0%~100%로 표시되고 0%는 완전건조한 상태이며 100%는 공기가 완전히 습한, 즉 비가 오는 경우이고 일반적으로 40~70%에서 인체는 쾌적함을 느낀다.²⁾

하루중의 기습의 변화는 기온의 변화와는 반대로 기온이 최고인 오후 2시경에 관계습도는 최저이고 밤중에서 아침까지가 최고이다. 연중변화는 기온과 반드시 상관관계에 있지는 않으며, 강수량, 바람의 변화 등의 기후 요소에 좌우된다. 우리나라의 연중 습도가 가장 높은 달은 8월이고 가장 낮은 달은 지방에 따라 다소 차이는 있으나 서울의 경우 2월이다.

RH 50~60%에서 20%로 떨어지면 나무의 심각한 건조를 야기시키며 건조한 나무는 젖었을 때 보다 비가소적이므로 힘이 가해지면 쉽게 균열된다. 섬유와 같은 친수성 물질 역시 저습도에서는 갈라지기 쉽다. 반대로 70% 이상의 RH에서는 곰팡이의 생육조건이 되므로 매우 위험하다. 미생물의 번식은 RH. 70~80% 이상에서 매우 잘 이루어지며 건조해도 사멸하지 않고 수분과 영양분이 주어지면 다시 번식하기 시작한다. 곰팡이는 50~70%에서 잘 번식하고 11~12%에서의 번식은 곤란하다. 이러한 미생물의 번식은 섬유를 분해할 수 있는 cellulase와 protease를 분비하여 섬유의 취화 (degradation)에 의한 감도 및 탄성저하와 염색물의 변색, 착색을 초래한다.³⁾

Kuehn '에 의하면 RH 65%에서 45%로의 감소시 염색의 변색률은 65%/45%=1.1로서 큰 영향을 받지 않는 반면 25%로 떨어지면 65%/25%=3.2로 염료의 퇴색이 매우 심각해진다.¹⁾ 그러므로 일반적으로 권장되는 RH는 50~55%로서 이는 섬유 이외의 그림과 가구류에도 매우 수용적이므로 항상 지속적인 유지가 요구되는 바이다.

2. 온 도

고열과 고습, 저습은 퇴색을 가중시키지만 섬유의 퇴색은 여러 단계를 거쳐서 일어나며 첫 단계에서 빛이 중요한 작용을 하지만 후속 단계에서는 약간의 온도에 의

존될 뿐 큰 영향을 받지 않는다. 온도가 내려가면, RH와 마찬가지로, 섬유의 변퇴율은 떨어지지만 그 효과가 너무 작으며 고온에서는 미생물의 생장에 의한 착색, 얼룩이 우려되므로 상온 20℃로 유지한다면 큰 영향은 없다.

3. 부유먼지

섬유는 공기가 주위를 돌며 통과할 수 있는 거대한 표면적을 갖기 때문에 공기중의 부유먼지의 효과적인 수집체(collector)이며 이런 먼지들은 오랜 세월동안 묵어서 단단하게 부착되어 바람직하지 못한 반응의 핵을 형성한다. 부분적으로 섬유에 내부 깊숙히 흡착되어 거의 제거가 불가능해지기 쉬우며 매우 주의깊게 세척을 하더라도 섬유가 약해지므로 근본적으로 섬유에의 부착을 막아야 한다. 만일 유물 보관소가 도시중심지나 근처 가까운 곳, 산업지역, 해변가(공기중의 염(salt)성분), 사막지대(바람에 실린 모래와 먼지)에 위치한다면 더 큰 문제를 야기할 수 있다.

공기가 빠르게 방향을 바꾸는 위치에서는 부유먼지가 항상 일정하게 머무를 수 있는 데, 난방기에 의해서 공기를 가열시킬 경우 공기가 위로 올라가면서 부유먼지는 일정한 위치에서 맴돌게 된다. 이때 태양광선이 섬유표면에 직접 비치면 먼지의 저장을 유도하는 공기의 순환이 더욱 가속된다.

지역에 따라서 먼지의 성분은 다소 차이가 있지만 여러가지 고형분이 혼합되어 있으며 그 중 회분(ash)이 50%내외를 차지하며 이는 먼지의 대부분이 토사로 되어 있음을 의미하고 전체탄소분은 매연을 포함한 유기화합물이며 그 이외에 6~8%내외의 기름성분을 포함한다.³⁾ 먼지입자의 크기는 매우 작아서 4 μ m 이하가 반 이상이므로 섬유사이로 끼어 들어가면 제거하기가 어려워진다.^{4) 5)}

유입되는 공기로 부터 분산질(aerosol)을 제거하는 방법으로는 공기여과용 정전기 침화물을 이용하거나, 직물 또는 폼 여과지(fabric or foam filter)를 사용하거나 유물 보관 용기를 완전히 봉인한다.¹⁾

이 중 정전기 침전물은 효과적인 여과체이지만 이들이 생산해 내는 미량의 ozone과 No gas에 의해서 권장할 만한 방법이 아니며, 유입되는 먼지의 99.995% 이상을 제거할 수 있는 직물 여과지나 폼 여과지는 반드시 그러한 여과지를 통과할 수 있는 충분한 압력을 보장할 강력한 fan이 필요하다. 그러므로 공공전시장에서는 설치가 어려우므로 우리가 사용시의 실제 조건의 95% 정도만 제거해도 깨끗하게 분산된 공기를 공급할 수 있으므로 이 정도의 제거가 합리적인 수준이라고 할 수 있다.

대도시에서는 겨울중의 부유먼지는 수백 μ g/m³이나 여름에는 100 μ g/m³ 정도로 떨어지므로 이의 95%만 제거해도 훨씬 깨끗한 공기를 얻을 수 있다. 그러므로 먼지의 오염을 예방하는 방법은 공기여과를 하거나 완전히 유물을 밀폐시키는 것이며 이 중 어느 것도 가능하지 않다면 공기의 순환을 관찰하여 가열을 막고 직접적인 일광을 분산시켜야 한다. 이는 염색물의 퇴색과 강도 변화에 큰 도움을 준다.

4. SO₂ gas와 Ozone

SO₂ gas는 유물에 매우 폐해가 크다. 이는 공기중에서 즉시 황산으로 전환되어 종이, 면, fresco, 화강암, 대리석, 금을 제외한 대부분의 금속들을 침해시킨다. 대기오염물질에 대한 규제로 인해서 많은 도시들의 대기중에서 부유먼지의 양은 약간 감소되고 있지만 연료가 연소될 때 발생하는 SO₂ 를 제거하는 실제적인 방법은 발견되지 않았다.

SO₂ 의 양은 산업의 발달과 비례해서 증가하고 있으며 London의 경우 공기중의 부유먼지의 2배에 해당하는 SO₂ 가 배출되고 있는 실정이다.

셀룰로오즈 섬유에 강력한 유해효과를 갖는 SO₂ 는 공기중의 부유먼지의 성분이 철의 촉매역할로 인하여 섬유에 흡착된 SO₂ 는 황산으로 변한다. 이 과정에서 빛은 필요하지 않으며 모, 견에 대한 피해는 밝혀지지 않았다. 모, 견은 내산성(anti-acidity)이 있으므로 당장의 피해는 눈에 띄지 않겠지만 오랜 세월이 지나면 결국에는 영향을 받을 것으로 사려된다.

SO₂ 는 활성탄소필터, water spray를 통과시킴으로써 제거가 어느 정도 가능하지만 완전제거는 기대하기 힘들다. 활성탄소필터 1회 사용시 60%의 SO₂ 가 제거되므로 계속 재순환시킨다면 만족할만한 상태에 도달할 수 있을 것이다. 공기 조절장치(air conditioning system)에서 water spray를 계속 사용하면서 알카리성 방부제를 첨가하면 SO₂ 의 중화에 의해 SO₂ 의 농도를 감소시키고 섬유의 PH저하를 막을 수 있다. SO₂ 의 농도는 50 μ g/m³이하라면 비교적 만족할 만한 상태이다.¹⁾

Ozone은 태양광선과 공기에 의한 화학반응에 의해서 형성되며 cellulose를 포함한 여러가지 유기물에 유해하며 특히 고무에 대한 해가 크다. 낮은 농도에서도 변색에 영향을 주므로 정전기 침전물에 의한 공기여과기의 사용은 반드시 피해야 하고(Ozone을 생산하므로) 활성탄소필터가 상당히 효과적이다.¹⁾

5. 산 소

산소는 섬유의 취화과정의 중요한 부분을 차지하며 진공상태로 유물을 보존하는데 따르는 어려움과 위험을 He, Ar, N 의 불활성 기체를 사용함으로써 일부 해결될 수 있다. 그러나 어떤 염료의 퇴색은 산소가 없음으로써 영향을 덜 받을 수도 있지만 가속될 경우도 완전히 배제할 수는 없다.

직물의 염색에 관계없이 cellulose 섬유의 광에 의한 취화율은 산소가 없음으로서 감소될 수는 있지만 완전히 멈추지는 않는다. Kuehn '에 의하면 질소 gas로 치환시킨 조건으로 시료를 보관한 결과 평균 10배의 현저한 일광견뢰도의 효과를 얻었다고 보고하였다.¹⁾ 그러므로 어떤 염료에 대해서는 불활성기체가 좋은 영향을 줄 수도 있다는 것을 알 수 있으나 봉인된 전시용기 내부에 불활성기체를 사용하기 위해서는 반드시 그 조건하에서의 구성분(섬유)의 반응을 알아야만하므로 질소와 기타 불활성 gas의 효과에 대해서는 지속적인 연구가 요구된다.

6. 태양광선

모든 화학적 변화에는 energy가 필요하며 물체 표면의 변색의 대부분은 빛energy에 의해서 시작된다. 빛은 전자기파의 일종이며 전자기파에 의한 열 energy의 이동을 복사라고 한다. 전자기파는 파장거리 (wave length) 와 진동수 (frequency)에 따라서 6가지 band로 나눈다. 가장 긴 파장부터 나열하면 radio파, micro파, 적외선 (IR), 자외선 (UV), r-선이며 자외선과 적외선 사이에 매우 작은 부분을 차지하는 가시광선이 있다. 자외선의 일부와 r-선을 X-선이라고 하며 이들은 가장 예민하다. 이 중 섬유유의 취화와 관계있는 band 들은 3가지로 다음과 같다.

자외선 복사 (Ultraviolet radiation : UV) ; 파장 길이 3,000~4,000 Å

가시광선 복사 (Visible light radiation) ; 파장 길이 4,000~7,600 Å

적외선 복사 (Infrared radiation) ; 파장 길이 7,600Å 이상

이 중 적외선과 자외선은 비가시적이며 적외선은 투과열을, 자외선은 태양광선의 복사 energy (열선) 을 형성한다. 자외선 복사가 가장 위험하고 가시광선은 blue는 광범위하게 해를 입히지만 가열을 하지 않는 한 적외선은 크게 신경쓸 필요는 없다. 대낮에 노출될 때 자외선 조사에 주의해야 하고 백열등과 특수한 일부 형광등은 자외선의 상당량을 복사하므로 반드시 조절되어야 한다. 가시광선은 자외선보다는 덜할 지라도 역시 유해하므로 한계광도를 초과해서는 안된다.

따라서 빛은 사용단계에서 반드시 측정되어야 하는데 빛의 측정에는 광도와 노출 범위 및 노출시간이 중요한 역할을 한다. 광도는 눈에 나타나는 빛의 강도이며 국제 단위인 Lux를 쓴다. (Lux = lumen/m²) 어떤 물체가 받아들이는 빛에 대한 노출은 광도와 노출시간으로 비례시킬 수 있으므로 Lux를 시간으로 곱한 Lux hour를 쓴다. 100만 lux-hour를 1MI×h 라고 하며 이는 100 lux에서 1만 시간의 노출을 뜻한다. 박물관에서 강하지 않은 광도의 빛으로 1년에 걸쳐 받는 광도의 양은 1~2 MI×h 지만 빛이 조금만 강해진다면 10배 이상 쉽게 증가될 수 있다.

빛은 섬유의 강도를 저하시키면서 염색물을 쉽게 변색, 퇴색시킨다. 특히 어떤 염료들은 너무 민감해서 전시 후 몇달내에 색상이 변하며 tapestry나 유물에 사용되었던 천연염료들은 일반적인 조건 (70MIxh) 에서 반세기 이상 지나면 희미하게 흔적만 남거나 전혀 다른 색으로 변한 모습만을 남긴다. 황색은 연한 브라운색이 되며 꼭두서니(madder), 양홍(cochineal), 인디고(indigo)도 색상이 잘 바랜다.

Kuehn '은 6개의 바래기 쉬운 색상들 (magen ta, orchil, brazilwood, saffron, Yellow, green persian berries lake) 을 노출시켰는데 magenta 이외에 모든 색상들은 옛 부터, 직물, 회화에 사용되어 왔다. 이들은 보통 1년간에 전시기간 중에 쉽게 바랬으며 퇴색의 정도와 함께 섬유의 약화를 동반하였다. 자연섬유중 견의 일광견뢰도가 제일 나쁘고 면은 중간을 차지하며 마, 모는 비교적 강하다. 50MI×h 정도만 되어도 cellulose (면, 종이, 목재)에 심각한 피해를 줄 수 있다.

직물의 약화나 퇴색은 1개의 화학반응에서 완결되는 것이 아니라 일련의 몇 단계를 거쳐서 일어나는 데 첫번째 단계는 빛으로 부터 E. 를 얻음으로써 일어나고 매우

느리게 진행하므로 이 과정을 반응결정단계 (rate-determining step)이라고 한다. 그 후의 후속반응에 습도, 열, SO₂ 등의 영향을 받기도 하는데 습도가 높으면 광산화가 촉진되며 온도의 효과는 비교적 작다. 왜냐하면 빛에 의해서 반응이 개시되므로, SO₂ gas는 alkali에 의해 중화될 수 있어서 작은 부분으로 그의 영향이 제한되어 있지만 제거하여 보관하는 것이 현명한 방법임을 지적한다. 또한 염료들은 환원제에 대해 민감하고 산소의 제거는 변색률을 일률적으로 감소, 증가시키지는 않는다.

모든 빛으로 부터 자외선을 제거할 수는 없지만 자연염료의 평균수명을 2배이상으로 늘이기 위해서는 자외선 흡수 필터를 이용한다. 텅스텐 백열등이나 유리와 자외선 흡수 필터를 요구하는 (가장 안전한 사용을 위해서 그중 보호를 요구하는) 텅스텐 - 요요드 램프 (quartz halogen lamp) 도 자외선 복사를 방지할 수 있다. 또한 가능하다면 광도를 50lux로 유지하고 관람용기를 덮을 수 있는 curtain, blind 를 이용하고 자동조명기구가 보장되어야 한다.¹⁾

다음은 광선에 대해 특히 민감한 견섬유와 면, 모섬유의 반응을 좀 더 자세히 기술하였다.

(1) 면섬유에 대한 광선의 작용⁶⁾

Witz는 공기와 습기의 존재에서는 면이 산화섬유소 (oxycellulose) 로 변하며, Girard는 이 경우 수화섬유소 (hydrocellulose)로 변한다고 하였다. Derée, Dyer, Heerman 등은 자외선의 작용으로 산화섬유소로 급변했다고 하였다. 요컨대 이러한 각종 설들은 일정하지 않지만 섬유가 산화섬유소로 변하여 취화하게 되는 것은 자외선 작용에 확실한 영향이 있음을 나타내고 있다.

다음에 제시한 것은 면섬유의 각종 상태에 대한 취화도의 시험 결과이다. 직물은 경주직직으로 여름에 11주간 옥외에 노출시킨 것으로 숫자는 취화율을 나타낸다.

미표백포	18 %	표백 - 머서화 포	33 %
표백포	49 %	*표백 - 크로그린염색포	4 %
머서화포	30 %	**표백 - 카키염색포	6 %

***이중 2개의 염색포는 변색되었다.

(2) 견섬유에 대한 광선의 작용⁷⁾

① 자외선의 영향

견은 다른 섬유보다 일광에 대하여 가장 약하며 자외선 등에 수시간만 조사하면 강도가 반으로 줄어 든다. 이것은 견단백질의 구조성분인 tyrosinne, serine 등의 amino acid의 - OH기가 자외선에 의하여 분해 또는 변화하기 때문으로 생각된다.

Sericin이 있는 생사는 정련견사에 비하여 그 취화도가 적다. 증량련은 그 종류가 정도에 따라 다르나 일반적으로 취화도가 증가한다. Heerman은 견포를 자외선에 쬐여서 강도가 50% 가 되기 까지의 노출시간수를 검사하여 다음의 결과를 얻었다.

생사 (raw silk)	6시간
---------------	-----

정견 (degummed silk) 2½시간

증량견 (weighted silk) 1½~2시간

tannin은 일광에 대하여 보호작용이 있는데 tannin산의 20% 증량은 400시간 노출하여 겨우 7%의 강력손실을 가져올 뿐이다.

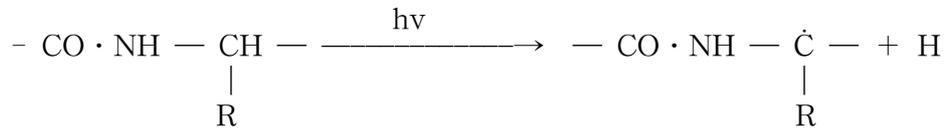
② 적외선의 영향

적외선은 오히려 생잠(cocoon)의 건조에 도움을 주며 누에를 죽이는 데 사용되고 sericin의 팽윤을 도우며 섬유의 직접적인 취하요인으로 알려지지 않고 있다.

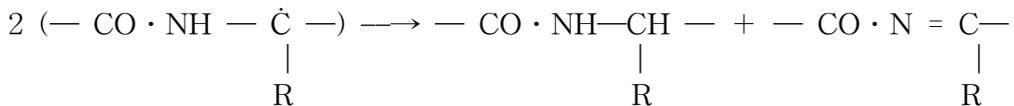
(3) 모섬유에 대한 일광의 작용8)

① 주쇄에서의 반응

X-탄소 원자에 결합되어 있는 수소원자의 탈수소 반응에 의해서 radical을 형성하는 데 이 반응은 glycine과 alanine 잔기에서 주로 일어나지만 방향족 측쇄를 갖는 peptide chain에서도 일어난다.

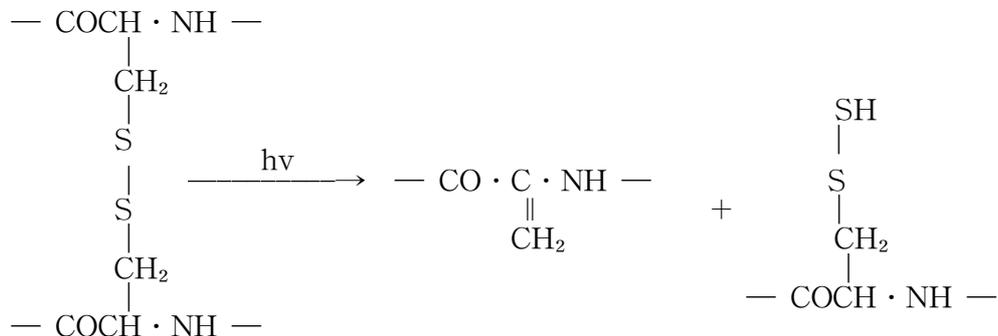


이어서 근접한 탈수소 주쇄간에 위의 반응이 진행되면서 불포화 화합물인 탈수소 peptide를 생성함으로써 황변하거나 강도가 떨어진다.



② 측쇄에서의 반응

disulfide bond가 빛E. 를 흡수하면 α-amino acrylic acid 잔기와 thiocystein 잔기를 형성하는 부가적인 연쇄반응이 일어나게 되는데 이때에 생성되는 α-amino acrylic acid 잔기가 취화의 원인이 된다. 이는 열, alkali에 의해서 촉진될 수 있다. α-amino acrylic acid 잔기는 2중결합을 포함하는 불포화 화합물이다.



III. 結 論

앞에서 제시된 여러 가지 사항들로 부터 다음과 같은 결론을 요약할 수 있다.

- 1) 저습도는 섬유와 염료의 취화율을 감소시킬 수는 있지만 40% RH. 이하로는 감소시키지 말아야 하며 약 55% RH가 비교적 허용기준에 근사한다.
- 2) 온도는 20℃ 상온이 적절하다.
- 3) 효과적인 공기여과기의 이용, 전시 용기내의 보관으로서 부유먼지에 의한 오염을 최소한으로 줄여야 한다.
- 4) SO₂ 의 제거는 반드시 요구되어야 한다. (50μg/m³ 이하)
- 5) Ozone은 활성탄소필터를 사용함으로써 제거할 수 있다.
- 6) 산소는 취화과정 중 어떠한 영향을 주는 지 확실하지 않으므로 질소와 불활성 gas로의 대체에 대해서는 좀 더 연구해야 한다.
- 7) 자외선 복사의 제거는 염색물의 평균 수명을 증가시키므로 적어도 50 lux까지 광도를 낮춰야 하며 가시광선중 blue의 제거가 광산화를 감소시킬 수 있다.

參 考 文 獻

1. Jentina E. Leene, "Textile Conservation, London Butterworths, 98-112, 1972.
2. 張智惠, 被服衛生學, 新光出版社, 56~57, 1986.
3. 弓削 治, "被服の保管 微生物による被害", 纖維製品消費科學, Vol. 25, No. 11, 55~56, 1984.
4. 張智惠, 被服衛生學, 新光出版社, 117, 1986.
5. 金聲連, 洗劑와 洗濯의 科學, 敎文社, 113~114, 1986.
6. 張炳浩외, 纖維材科學, 螢雲出版社, 85, 1988.
7. 張炳浩외, 纖維材科學, 螢雲出版社, 197~198, 1988.
8. R.S. Asquith, Chemistry of Natural Protein Fibers, Plenum Press : New York and London, 71-72, 1977.

A b s t r a c t

The environmental controls for good conservation of all textile materials are follow as :

- 1) Special RH conditions on textiles keep to the usually advocated 50~55%.
- 2) The effect of the temperature is too small to worry about in the applicable range, that is 20℃.
- 3) It is important to keep soiling by air borne dirt to a minimum by an air filter or putting textiles in cases.
- 4) Sulphur dioxide must be rekoved by an activated carbon filter or a

water spray. And this concentration below $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ can be regarded as satisfactory.

- 5) Oxygen plays a part of deterioration processes. The effect of nitrogen and inert gases in sealed show cases should be further studied.
- 6) Ozone is detrimental to textiles. It can be removed by activated carbon filter.
- 7) The removal of UV radiation and blue light can be expected to increase the lifetime of dyeing and strength of fiber.
50 lux is suggested for sensitive textile materials.