

관리 방법에 따른 섬유소재 직물의 물리적 특성 변화 및 생분해성 평가

이혜원·박정희

서울대학교 의류학과

Effect of Textile Care on Physical Properties and Biodegradability of Cellulose Fabrics

Haewon Lee · Chunghee Park

Dept. of Clothing and Textiles, Seoul National University
(2000. 8. 23 접수)

Abstract

The physical properties and biodegradability of cellulose fabrics, such as cotton and rayon, are expected to vary with textile care. In this study cotton and rayon fabrics were washed repeatedly with detergents, bleaches, or softeners. The changes of physical properties were investigated by measuring retention of breaking strength, shrinkage, handle, and the fiber surface was observed by SEM. The biodegradability of fabrics was also estimated by soil burial test.

The results were as follows. Cotton fabrics laundered repeatedly by detergents and bleaches lost virtually no strength. The breaking strength of the rayon fabrics decreased by about 17%~25% after repeated launderings. Shrinkage in weft direction was much larger than that in warp direction. Bending rigidities of both fabrics decreased remarkably within 10 wash cycles. Shear rigidity in cotton fabrics increased continuously with repeated washing cycles, however, that in rayon fabrics did not show any change as washing went on. Friction coefficient increased in both fabrics after 10 wash cycles, and this is thought to be attributed to the wrinkle, interlocking of hairs, surface damage resulted from repeated washings. In cotton fabrics made of staple yarns, short hairs on the yarn surface entangled together with repeated launderings. This resulted in the continuous increase in % shrinkage, shear rigidity, friction coefficient. Rayon fabrics made of filament yarns, however, did not show this phenomenon. Softener treated fabrics showed the lowest values in bending rigidity, shear rigidity and friction coefficient because the cationic surfactants adsorbed on the fiber surface behaved like lubricants. The biodegradability of fabrics was noticeably affected by the composition of washing solutions. The fabrics washed with detergents and bleaches were decomposed faster than those washed with the others were and the cotton fabrics washed with detergents and softeners hardly degraded. The fabrics soiled with milk were decomposed almost completely and those soiled with Palmitic acid did not degrade greatly.

Key words: cotton, rayon, textile care, physical properties, biodegradability; 면, 레이온, 직물 관리 방법, 물리적 특성, 생분해성

※ 본 논문은 2001학년도 서울대학교 생활과학대학부속 생활과학연구소의 일부 연구비 지원으로 수행되었음.

I. 서론

의복은 착용하는 동안 다양한 관리 과정을 거치게 된다. 여기서 관리란 의복을 구입해서 폐기할 때까지 가해지는 모든 처리를 의미한다. 좁게는 세탁, 건조, 다림질에서부터 넓게는 인체의 동작에 의한 마찰, 굽힘뿐만 아니라 의복의 보관방법까지도 관리 과정이라 할 수 있는데, 이때 반복되는 신장, 수축 등에 의해 직물의 물리적 특성에 변화를 가져올 수 있다. 섬유가 수분이나 약품을 흡수하게 되면 팽윤하게 되고 다시 섬유를 건조시키면 수축하게 된다. 이러한 섬유의 팽윤, 수축은 직물의 손상을 초래하게 된다. 특히 면, 레이온 등의 섬유소 섬유는 세탁 시 물 속에서 현저한 특성의 차이를 보이게 되는데, 면섬유의 경우에는 습윤상태에서 강도와 신도가 증가하므로 내세탁성이 매우 뛰어난 실용적인 섬유라 할 수 있다¹⁾. 반면 레이온 섬유는 면섬유보다 섬유 내부의 셀룰로오스의 결정화도가 낮아 수분이 침투할 수 있는 비결정 부분이 많다. 따라서 물을 흡수하면 크게 팽윤되고 이 팽윤 때문에 강도가 저하되어²⁾, 내세탁성도 좋지 못하다. 이러한 물리적 특성의 변화는 의복의 형태나 착용감에 영향을 미칠 뿐만 아니라 의복을 폐기할 때까지 걸리는 시간이나 재사용 또는 재활용 여부에 영향을 미치고 또한 생분해성에도 영향을 줄 것으로 기대된다.

환경오염의 심각성이 날로 더해가고 있는 시점에서 깨끗하고 안락한 환경을 보존하기 위한 노력이 증대되고 있다. 우리의 생활에서 발생하는 대부분의 폐기물들은 매립되거나 소각되고 있는데 의류 폐기물 또한 예외는 아니다. 천연섬유로 된 의류는 매립 시 자연계에서 분해되어 자연으로 돌아가지만 합성 섬유로 된 의류는 자연계에서 분해되지 않고 그대로 남아 토양을 오염시키고 있다. 또한 폐기물에서 발생하는 침출수로 인하여 지역환경의 오염 문제와 매립지 확보의 어려움 등의 문제를 가지게 되며, 소각할 경우에는 매연이 발생하게 되어 대기 오염이 문제가 된다. 그러므로 재사용이나 재활용을 통하여 의류 폐기물의 양을 줄이는 것이 중요하며^{3,4)}, 새로운 폐기물 처리 방법이나 환경 친화적 의류제품의

개발이 시급하다.

일반적으로 분해가 잘 되는 소재로 만들어진 의류제품을 환경 친화적이라 할 수 있는데, 직물은 분해가 되면 원래 가지고 있던 화학적 구조나 물리적 특성에 변화가 생기게 된다. 이러한 분해의 메커니즘에는 여러 가지가 있는데 생분해(biodegradation), 광분해(photodegradation), 산화에 의한 분해(oxidation), 가수분해(hydrolysis) 등을 예로 들 수 있다. 특히 생분해는 박테리아나 균류 같은 미생물에 의해 자연적으로 일어나는 현상으로 매립지나 하천에서 가장 흔히 일어나는 분해 메커니즘이라 할 수 있다⁵⁾. 그러므로 의류 제품의 생분해성 평가를 통하여 그 제품이 실제 자연 환경에서 어느 정도 분해가 되는지 즉, 어느 정도 환경 친화적인지 살펴볼 수 있다.

섬유의 생분해성을 측정하기 위한 여러 가지 실험방법 중에서 직물을 직접 토양에 일정 시간 묻어 둔 후 인장강도를 측정하여 인장강도 유지율(%)로서 평가하는 토양 매립법이 있는데, 이 방법은 주로 축토복식의 보존을 위한 연구나 텐트, 샌드백, 토목 건축용 자재의 생분해성을 평가하는 목적으로 이용되고 있다⁶⁾. 섬유제품의 폐기는 주로 매립 또는 소각에 의해 이루어지므로, 매립에 의한 섬유의 생분해성을 측정하기 위해서는 토양 매립법을 이용하는 것이 적절하며 실제 상황에 바로 적용할 수 있어 매우 실용적인 방법이라 할 수 있다.

의류 관리 측면에서 보면, 의류제품을 사용할 때에는 섬유의 취화를 방지하기 위한 세탁방법의 연구가 이루어지지만, 의류제품의 폐기 시에는 반대로 토양오염이라는 환경문제와 연관지어 섬유의 생분해성을 높이기 위한 연구가 이루어지고 있다.

의류의 착용과 세탁의 반복과정에서 의류 관리 방법의 차이에 따라 세제, 표백제, 유연제 및 오구(soil) 등이 섬유와 작용할 것이며, 또한 이런 것들이 섬유에 잔류함으로써 물리적 특성, 생분해성 등 섬유의 특성에 많은 영향을 미칠 것으로 생각됨에도 불구하고 이와 관련된 연구는 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 현재 의류 소재로 많이 사용되고 있는 면과 레이온을 시료로 채택하였는데, 면의 경

우는 대부분 물 세탁을 하고 있어 본 연구의 시료로 적당하다고 생각되며, 레이온은 면과 화학 구조는 같으나 물 속에서 현저한 성질의 차이를 보여 면과 비교 소재로 택하였다. 이렇게 채택된 시료를 세액의 조성, 세척 횟수, 오구의 종류 등의 관리 과정을 달리하여 처리하고 그에 따른 물리적 특성의 변화를 관찰하고 생분해성을 평가함으로써 직물의 관리 방법과 물리적 특성, 생분해성의 상호 연관성을 고찰하고자 하였다.

첫 번째로, 직물의 관리 방법을 달리함에 따른 물리적 특성의 변화를 고찰하고자 하였다. 관리 방법 중 세액의 조성, 세척 횟수를 변화시켰는데, 세액은 세제 단독, 세제와 표백제, 세제와 유연제의 세 종류를 사용하였다. 물리적 특성 변화는 인장강도, 태, 수축률을 통하여 평가하였다. 두 번째로, 직물의 관리 방법이 생분해성에 미치는 영향을 고찰하고자 하였다. 세액의 조성, 세척 횟수, 오구의 종류를 변화시켰으며, 오구로는 단백질, 중성지방, 지방산 세 종류를 사용하였다. 생분해성은 토양 매립법을 통하여 인장강도의 저하를 측정함으로써 평가하였고, 매립했을 때 섬유 표면 변화를 주사전자 현미경으로 관찰하였다.

위의 단계를 통하여 의복 관리 방법의 효율성을 향상시키고 의류 소재의 환경 친화성을 평가하여 친환경적인 의류관리방법을 제시하고자 하였다.

II. 실험

1. 시험포 및 시약

1) 시험포

시험포로는 KS K 0905에 규정된 섬유류 제품의 염색 견뢰도 시험용 첨부백포(한국 의류시험 검사소)인 면과 레이온 직물을 사용하였다. 직물의 특성은 Table 1에 나타나 있다.

2) 시약

세액에는 현재 시중에 시판되고 있는 세제, 표백제(과탄산나트륨 함유), 유연제(양이온계 계면활성제 함유)를 사용하였고, 오구액에는 시판 우유, Tripalmitin, Palmitic acid, Tetrachloroethylene을

Table 1. Characteristics of fabrics

Material	Cotton 100%	Viscose rayon 100%
Weave	Plain	Plain
Yarn number	30Ne×36Ne	120D×120D
Fabric count (ends×picks/5cm)	141×135	175×109
Thickness(mm)	0.256	0.179
Weight(g/cm ²)	100	75

사용하였다. 생분해성 평가를 위한 토양은 원예용 시판 배합토를 사용하였다.

2. 실험방법

1) 세척

40cm×40cm 크기로 자른 시험포를 가정용 전자동 드럼식 세탁기(삼성전자주식회사, Model SEW-751DR)를 사용하여 세제, 세제와 표백제, 세제와 유연제를 넣은 세액에서 표준코스(10회, 20회, 30회까지 세척과 자연건조를 반복하였다.

2) 오염(Soiling)

단백질, 중성지방, 지방산 세 종류의 오구액을 각각의 시험포에 1ml씩 균일하게 점적하고 건조한 후 사용하였다. 단백질 오구로는 우유를, 중성지방 오구로는 tripalmitin을, 지방산 오구로는 palmitic acid를 사용하였다.

3) 인장강도 측정

인장강도는 Instron(Universal Testing Instrument, Table Model 1130)을 사용하여 KS K 0520 ravelled strip method에 따라 측정하였다.

4) 수축률 측정

수축률은 KS K 0465 직물 및 편성물의 수축률 시험 방법(가정용 자동 세탁기법)에 준하여 측정하였다.

5) 역학적 특성 측정⁷⁾

KES-FB system을 사용하여 세척 전·후의 시료의 굽힘특성, 전단특성, 표면특성을 표준상태에서

경·위 방향에 대하여 측정하였다.

6) 생분해성 측정

시료의 생분해성은 AATCC 30-1993 Soil Burial Test에 준하여 측정하였다. 각각의 시료를 15cm×3.8cm 크기(경×위)로 자른 후 물을 풀어 15cm×2.5cm 크기로 만들어 5매씩 배합토에 묻고 항온항습기에서 온도 28±1°C, 상대습도 83±3%로 유지시켜 주었다. 23일이 지난 후 시료를 꺼내어 증류수로 가볍게 세척한 후 건조하여 인장강도 유지율을 측정함으로써 생분해 정도를 파악하였다.

7) 주사전자 현미경 관찰

세척 전·후와 생분해 전·후의 직물을 Au로 코팅한 후 섬유 상태 주사전자 현미경(JEOL, JSM-840A)으로 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 관리 방법에 따른 직물의 물리적 특성 변화

1) 인장강도

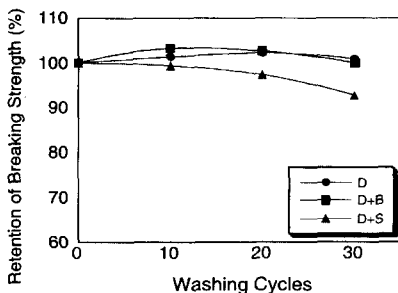
Fig. 1은 면과 레이온을 세척의 조성을 달리 하여 세척, 자연건조를 반복하였을 때의 인장강도 유지율을 나타낸 것이다. 면은 세제 또는 세제·표백제를 사용하여 30회까지 세척하여도 인장강도의 손실이 전혀 없음을 알 수 있다. 하지만 세제·유연제를 사용하여 30회까지 세척하는 경우는 약 7%정도 인장

강도의 손실이 있었다. 이것은 본 실험에 사용한 유연제 용액의 액성에 기인하는 것으로 생각된다. 면 섬유는 산에 의해 쉽게 분해되는 성질을 가지고 있어 묽은 산에 의해서도 손상되는데¹⁾, 유연제 용액의 액성은 약산성이므로 유연제에 의해 면섬유의 강도가 저하되었음을 알 수 있다.

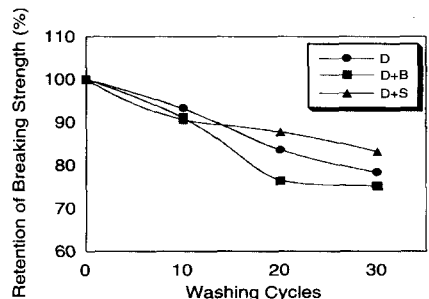
반면 레이온은 세제 또는 세제·표백제, 세제·유연제를 사용하여 30회까지 세척하면 17%~25%까지 인장강도가 감소되었는데 이것은 레이온이 물에 의해 쉽게 팽윤되기 때문이다. 또한 세제·표백제에 의한 인장강도 감소율이 가장 큰 것은 본 실험에서 과탄산나트륨을 함유한 산소계 표백제를 사용하였기 때문이다.

2) 수축률

Fig. 2와 3에는 면과 레이온을 세척의 조성을 달리하여 세척과 자연 건조를 반복하였을 때의 수축률 변화를 경위사 방향에 대하여 각각 나타내었다. 면과 레이온 모두 위사 방향 수축률이 경사 방향 수축률 보다 훨씬 크다. 세척 횟수에 따른 수축률의 변화를 살펴보면, 면, 레이온 경위사 방향 모두 1회 세척에서 급격한 수축이 일어났다. 이것은 직물의 이완수축 때문이다²⁾. 또한 면은 점점 수축률이 증가하는 경향을 보이는데 이것은 면이 방적사(staple yarn)로 세척을 반복할수록 섬유표면의 잔털이 엉켜 interlock 현상이 나타나기 때문인 것으로 생각된다. 반면 레이온은 필라멘트사(filament yarn)로 1,



(a) Cotton



(b) Rayon

D: Detergent, B: Bleach, S: Softener

Fig. 1. Effect of Textile Care on the Retention of Breaking Strength

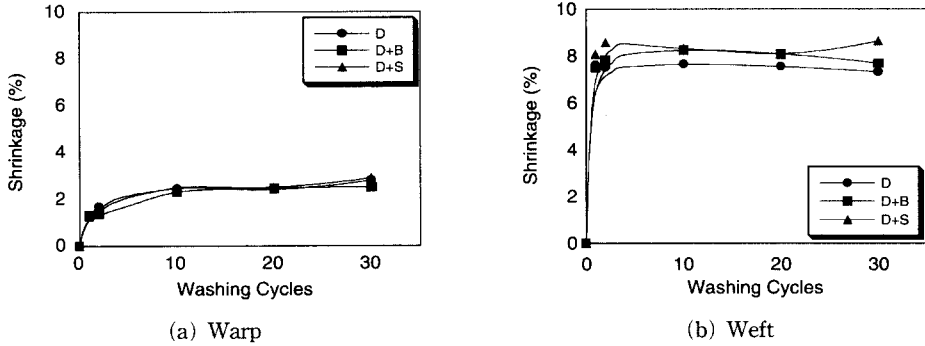


Fig. 2. Effect of Textile Care on the Shrinkage of Cotton Fabrics

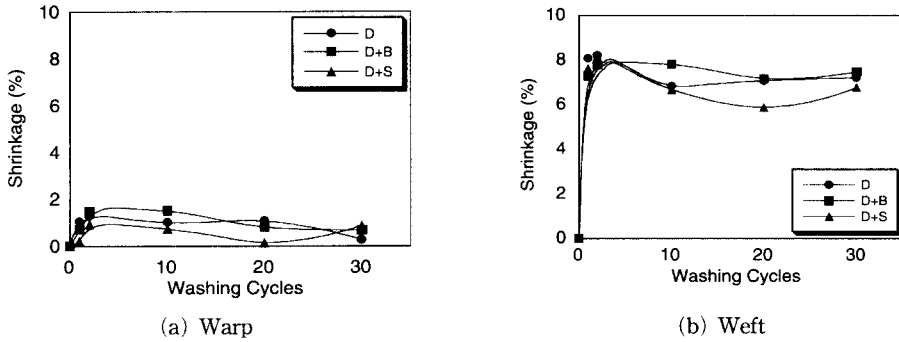


Fig. 3. Effect of Textile Care on the Shrinkage of Rayon Fabrics

2회 세척 시에 수축한 후 더 이상 수축하지 않는다.

3) 역학적 특성

(1) 굽힘특성

Fig. 4는 세액의 조성과 세척 횟수에 따른 면과 레이온织물의 굽힘 강력(B)을 나타낸 것이다. 두

织물 모두 10회 세척할 때까지 굽힘 강력이 크게 저하하였다. 이것은 세척에 의해 팽윤과 수축이 반복되면서 섬유가 손상되어 굽힘에 대한 저항력이 낮아졌기 때문으로 생각된다. 세제 유연제 처리포가 면과 레이온 모두에서 굽힘 강력이 가장 낮게 나타났다.织물에 유연제를 처리하게 되면 양이온계 계

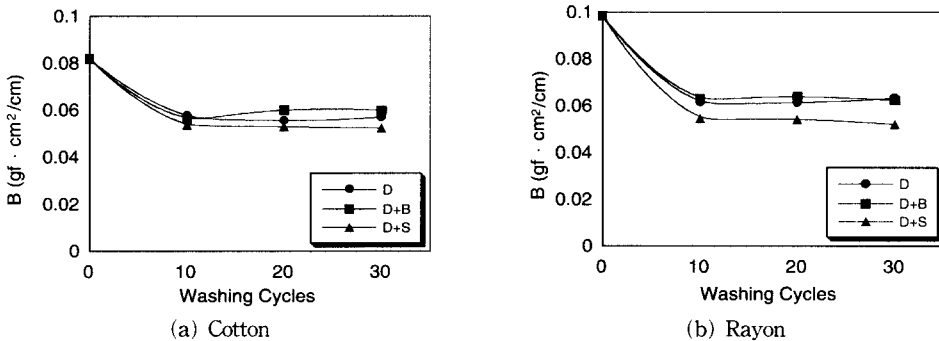


Fig. 4. Effect of Textile Care on the Bending Rigidity of Fabrics

면활성제가 섬유 표면에 흡착하게 되는데 이때 친수기는 섬유쪽을 향하고 친유기가 밖을 향하게 되어 섬유의 표면은 마치 얇은 기름막을 입힌 것같이 된다. 따라서 실이나 직물이 굴곡될 때 윤활작용을 하게 되어 섬유와 실의 움직임이 자유로워져서 직물이 부드러워지기 때문이다⁹⁾.

(2) 전단특성

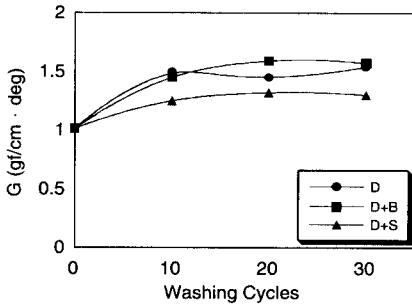
Fig. 5은 세액의 조성과 세척횟수를 변화시켰을 때 면과 레이온 직물의 전단 강력(G)을 나타낸 것이다. 면의 경우에 세척횟수가 늘어남에 따라 전단 강력이 증가하는 것은 세척에 의해 섬유 표면이 손상되어 섬유 표면의 잔털과 피브릴이 일어나 서로 엉키기 때문이다. 섬유 표면 잔털과 벗겨진 피브릴이 서로 엉키게 되면 경위사간의 미끄러짐을 어렵게 하고 따라서 전단 변형시 많은 힘이 필요하게 된다. 세제 유연제 처리포가 전단 강력이 낮은 이유는 흡착된 유연제의 친유기가 윤활 작용⁹⁾을 하여 경위

사간의 미끄러짐을 용이하게 하기 때문이며 세제 표백제 처리포가 전단 강력이 큰 이유는 섬유의 손상이 가장 심해 엉킴의 정도가 가장 크기 때문인 것으로 생각된다.

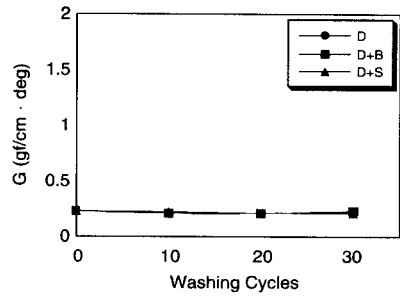
레이온의 경우에는 전단 강력에 차이가 없었다. 이것은 레이온 직물이 필라멘트사로 제작되어 레이온 섬유 자체가 가늘고 매끄럽고 꼬임이 없기 때문에 세척횟수나 세액의 조성에 의해 별다른 영향을 받지 않는 것으로 생각된다.

(3) 표면특성

MIU(Coefficient of friction)는 섬유 표면 마찰계수의 평균치로, Fig. 6은 세액의 조성과 세척 횟수에 따른 마찰계수(MIU)의 변화를 나타낸 것이다. 두 직물 모두 10회 세척 후 마찰계수를 측정하고 결과 세 가지 세액 모두 마찰계수가 증가하였다. 이는 세척에 의한 직물 표면 구김, 표면 잔털의 엉킴과 표면 손상에 의한 것으로 생각된다.

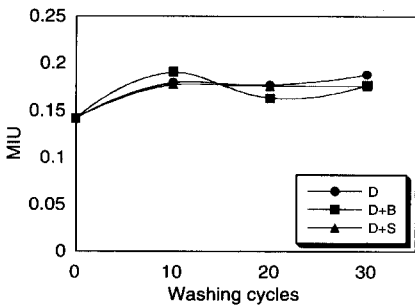


(a) Cotton

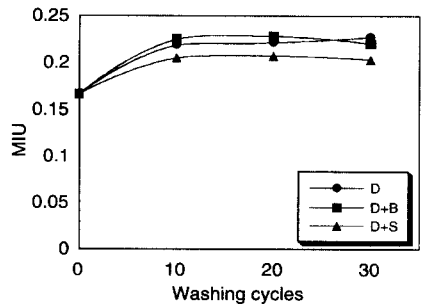


(b) Rayon

Fig. 5. Effect of Textile Care on the Shear Rigidity of Fabrics



(a) Cotton



(b) Rayon

Fig. 6. Effect of Textile Care on the Friction Coefficient(MIU) of Fabrics

레이온의 경우, 세제, 유연제 처리포가 마찰계수가 가장 낮았는데 이것은 유연제의 흡착에 의해 표면에 얇은 막을 형성하여 표면을 매끄럽게 만들기 때문으로 생각된다.

4) 주사 전자 현미경 관찰

Fig. 7와 8에는 세액의 조성을 달리하여 30회까지 세척한 면과 레이온 직물의 주사 전자 현미경(SEM) 사진을 제시하였다. 반복 세척한 면과 레이온(b)(c)(d)은 미처리포(a)에 비해 섬유 표면의 잔털이나 피브릴 등이 일어나 엉켜있는 것을 볼 수 있다. 세제 단독 처리포(b)보다는 세제 표백제 처리포(c)의 엉킴이 더 심했으며 곳곳에 갈라진 틈도 관찰되었다. 세제 유연제 처리포(d)는 다른 처리포에 비해 표면이 매끄러워 보인다.

이러한 섬유 표면 변화는 역학적 특성치에 영향을 미쳐, 면, 레이온 모두 반복 세척에 의해 섬유 손상이 심해지면서 굵힘 강력은 감소하였다. 면은 섬유 표면의 피브릴이 엉키면서 전단 강력은 증가하게 되지만 레이온은 원래 직물이 가늘고 매끄러워 사진상에는 fibrillation이 관찰되지만 전단 강력에는 영향을 주지 못했다. 섬유 표면의 피브릴이 벗겨져 나와 표면 마찰 계수와 표면 거칠기가 증가할 것으

로 기대되었으나 큰 영향을 미치지지는 못하였다.

2. 관리방법에 따른 직물의 생분해성 변화

1) 세액의 조성에 따른 생분해성 변화

Fig. 9은 면과 레이온을 세액의 조성을 변화시켜 30회 세척한 후, 토양에 매립하여 생분해성을 평가한 것으로, 그림에서 인장강도 유지율이 낮을수록 생분해성이 우수한 것이다.

면과 레이온이 같은 경향을 나타내고 있는데, 생분해성은 세제 표백제 처리포>세제 단독 처리포>원포>>세제 유연제 처리포의 순으로 우수한 것으로 나타났다. 전반적으로 면보다는 레이온의 생분해성이 우수한 것으로 나타났는데, 이는 일반적으로 결정화도와 배향도가 높을수록 미생물이 침투하기 어려워지는데¹⁰⁾ 기인하는 것으로, 레이온이 화학적 성분은 면과 같지만 비결정 영역이 많아 미생물과 수분이 흡착할 가능성이 더 크기 때문인 것으로 생각된다.

세액의 조성에 따른 생분해성은 다음과 같다. 세제 유연제 처리포의 경우, 면은 강도의 손실이 전혀 없었고 레이온의 경우도 강도가 75%까지 유지되고 있었다. 유연제의 주성분은 양이온 계면활성제인데, 양이온 계면활성제는 음하전을 가진 미생물을 강력

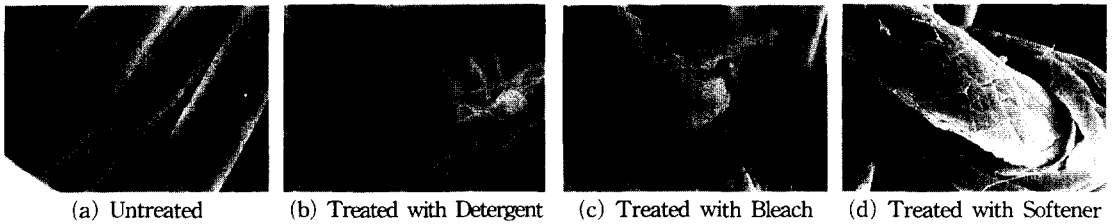


Fig. 7. Scanning Electron Micrographs of Washed Cotton Fabrics

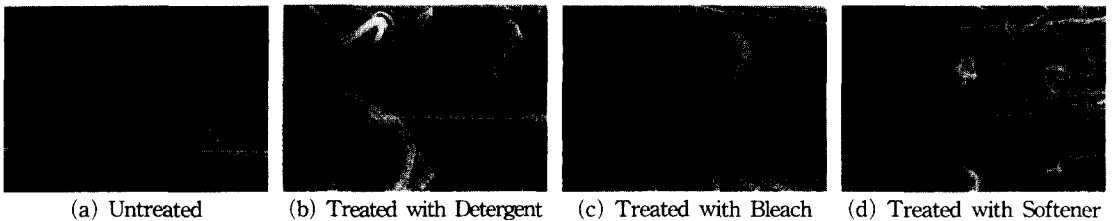


Fig. 8. Scanning Electron Micrographs of Washed Rayon Fabrics

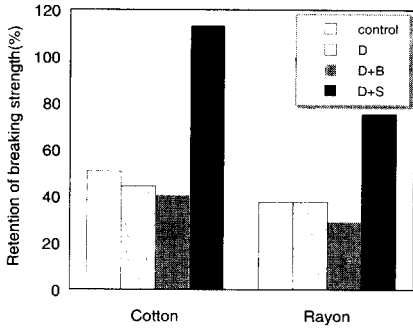


Fig. 9. Biodegradability of Washed Fabrics
Washing cycles : 30 times
Burial time : 23 days

히 흡착하여 생활기능을 없애 버린다¹¹⁾. 따라서 유연제는 토양 속에 살고있는 미생물들을 흡착하여 미생물이 섬유를 분해하는 것을 막는 것으로 생각된다. 또한 유연제 처리를 하면 계면활성제의 양하전을 가진 친수기가 섬유쪽을 향하고 친유기가 밖을 향하게 되어 섬유의 표면은 마치 얇은 기름막을 입힌 것같이 되어 발수성을 갖게 되므로 수분의 침투를 방해하고 미생물의 접근 또한 방해하여 섬유가 잘 분해되지 않는 것으로 생각된다. 생분해가 가장 잘 일어나는 것은 세제 표백제 처리포였다. 면의 경우에는 인장강도가 40%정도 유지되었고, 레이온의 경우는 30%정도만 유지되었다. 세제 표백제 처리포가 인장강도 유지율이 가장 낮은 첫번째 이유는, 세제 표백제 처리포가 원래 섬유 피브릴(fibril)의 손상이 다른 처리포보다 심하여 미생물의 침입이 용이하기 때문이다. 두번째 이유는 과탄산나트륨을 함유한 산소계 표백제를 사용하였기 때문인 것으로 생각된다. 산소계 표백제는 미생물에 의한 생분해뿐만 아니라 산화(oxidation)를 촉진시켜 분해가 더 잘 일어날 수 있도록 하기 때문이다. 세제 단독 처리포도 마찬가지로 피브릴의 손상에 의해 미생물 침입이 미처리포보다 용이하나 세제 표백제 처리포보다 손상 정도가 덜 하고 표백제에 의한 산화 과정이 적어 세제 표백제 처리포보다는 인장강도 유지율이 높은 것으로 생각된다. 미처리포는 섬유 손상이 거의 없어 미생물의 침입이 세제 단독 처리포나 세제 표백제 처리포에 비해 생분해성이 좋

지 못했다. 결과적으로 직물은 세액의 조성을 달리 하여 세척했을 때 생분해성에 큰 차이를 보이는 것으로 나타났으며, 표백제와 세제는 직물의 생분해를 촉진시키고 유연제는 생분해를 지연키는 것으로 나타났다.

2) 오구의 종류에 따른 생분해성 변화

Fig. 10은 오구의 종류를 달리하여 직물을 오염시킨 후, 토양에 매립하여 생분해성을 평가한 것이다. 전반적으로 면보다는 레이온의 인장강도 유지율이 낮아 생분해성이 높은 것으로 나타났는데, 이것은 미생물이 섬유내의 결정 영역 보다 비결정 영역으로 침투하기가 더 쉬워 비결정 영역이 많은 레이온이 미생물과 수분에 의한 공격을 많이 받기 때문인 것으로 생각된다.

우유로 오염시킨 결과, 손상 정도가 굉장히 심해서 면은 인장강도가 11%밖에 유지되지 못했고 레이온의 경우는 인장강도 유지율이 0%로 직물에 여러 개의 구멍이 생겼다. 이것은 우유의 주성분이 단백질로 미생물의 양분이 되고, 우유내에도 미생물이 존재하기 때문에 생분해가 잘 일어나는 것으로 생각된다. 중성지방으로 오염시킨 경우, 면은 인장강도가 80% 이상 유지되어 생분해성이 미처리 면보다 나았다. 레이온은 50%정도의 인장강도를 유지하여 면보다는 생분해성이 좋았으나 레이온 역시 미처리 레이온보다 생분해성이 나았다. 그 이유는 중성지방이 섬유 표면에 막을 형성하여 발수성을 나타내 미생물과 수분의 침투를 어렵게 하기 때문이며 또한

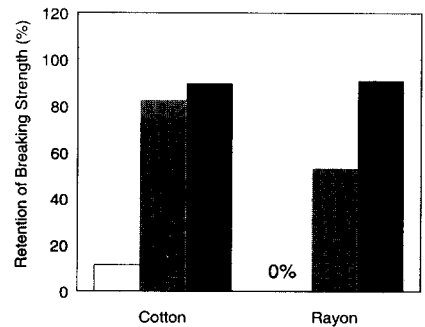


Fig. 10. Biodegradability of Soiled Fabrics
Burial time : 23 days

중성지방을 퍼클로로에틸렌에 용해시켰기 때문에 퍼클로로에틸렌의 독성¹²⁾ 때문에 미생물의 번식이 어려운 것으로 생각된다. 지방산으로 오염시킨 경우는 면, 레이온 모두 인장강도가 90%까지 유지되어 생분해가 거의 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다.

3) 주사 전자 현미경 관찰

Fig. 11과 12는 관리 방법을 달리한 직물을 토양에 23일간 묻어 둔 후의 주사 전자 현미경(SEM) 사진이다. 면은 미처리포(a)의 경우 부분적으로 손상이 관찰되었는데, 면은 Fig. 13의 사진처럼 전체적으로 피브릴을 따라 섬유 길이 방향으로 미세하게 금이 있었으며 중간에 끊어져 나온 부분도 관찰되었다. 레이온은 섬유의 가로 방향으로 crack이 생기면서 파손되는 것을 볼 수 있다. 세제 표백제 처리포(b)는 면은 분해되어 표피층부터 떨어져 나오고 있었고, 레이온은 세척에 의해 일어난 섬유 표면의 잔털이 분해되면서 떨어져 나와, 표면이 울퉁불퉁해지고 심한 균열이 생겼다.

우유 오염포(c)는 손상의 정도가 굉장히 심해서 면은 피브릴 사이의 틈이 매우 넓어졌고 레이온은 섬유가 표면부터 심하게 떨어져나와 섬유의 형태가 파괴되고 있었다. 중성지방 오염포(d)는 면은 그다

지 큰 손상이 관찰되지 않았고 가끔씩 피브릴을 따라 금이 있는 것을 볼 수 있었고, 레이온은 군데 군데 심한 crack이 관찰되었다.

IV. 결론

1. 면은 세제나 세제·표백제로 반복 세척하여도 인장강도의 변화가 거의 없었으며 세제·유연제로 반복 세척한 경우에만 7%정도 인장강도가 감소하였다. 레이온은 반복세척에 의해 인장강도가 17%~25%정도 감소하였다.

2. 수축률은 위사방향이 경사방향보다 컸으며, 면은 방적사로 이완수축을 보이며 세척을 반복함에 따라 수축률이 증가하는 반면, 레이온은 필라멘트사로 1, 2회 세척시만 수축한 후 더 이상 수축하지 않는다.

3. 굽힘강성은 두 직물 모두 10회 세척까지만 현저히 감소하였으며, 세제·유연제로 세척한 경우가 굽힘강성이 가장 작았다.

4. 면직물은 세척을 반복할수록 전단강성이 점점 증가하였으며 세제·유연제로 세척한 경우가 전단강성이 가장 작았다. 레이온 직물은 세척을 반복하여도 전단강성에 변화가 없었다.

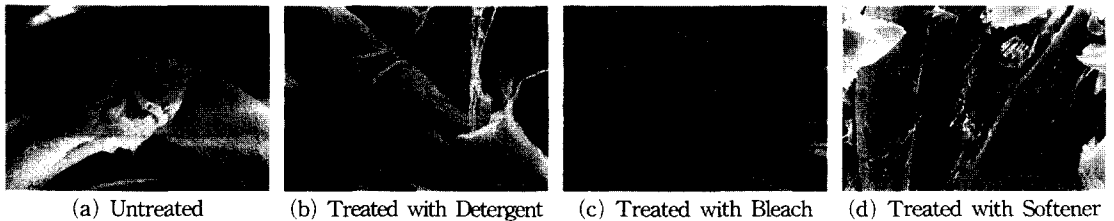


Fig. 11. Scanning Electron Micrographs of Decomposed Cotton Fabrics

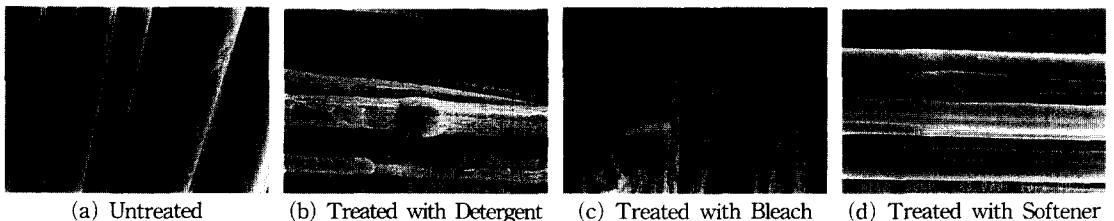


Fig. 12. Scanning Electron Micrographs of Decomposed Rayon Fabrics

5. 표면마찰계수는 두 직물 모두 10회 세척까지 증가하였다. 이것은 반복되는 세척으로 직물에 구김이 생기고, 섬유 잔털이 엉키고, 섬유표면이 손상되기 때문이다. 레이온 직물은 세제·유연제로 처리했을 때가 마찰계수가 가장 작았다.

6. 전반적으로 면보다 레이온이 생분해성이 더 우수하였다. 세액의 구성에 따른 생분해성은 세제·표백제로 처리한 직물이 가장 우수하였고, 세제·유연제로 처리한 직물은 거의 분해되지 않았다. 오구의 종류에 따른 생분해성은 우유로 오염시켰을 때가 월등히 우수하였다.

7. 주사 전자 현미경을 통해 표면의 변화를 관찰한 결과, 세척에 의해 섬유 표면의 피브릴이 벗겨져 나와 엉켜있는 것을 볼 수 있었으며, 표백제 처리를 하면 손상정도가 더 심해졌다. 생분해된 면은 피브릴에 틈이 커지면서 손상이 심해지며, 레이온은 실의 가로 방향으로 crack이 생기면서 파손되는 것을 볼 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) 김성련, 피복재료학, 교문사, 56-57(1993).
- 2) 김성련, op.cit., 137-138
- 3) Tanya Domina, Kathy Koch, The Textile Waste Lifecycle, *CTRJ*, 15(2), 96(1997).
- 4) S. J. Huang, Degradable Polymers, Recycling, and Plastics Waste Management: Polymer Waste Management Biodegradation, Incineration and Recycling, 1-5, Marcel Dekker, Inc., New York(1995).
- 5) G. Swift, Degradable Polymers, Recycling, and Plastics Waste Management: Opportunities for Environmentally Degradable Polymers, 51-52, Marcel Dekker, Inc., New York(1995).
- 6) AATCC Technical Method 30-1993(1995).
- 7) S. Kawabata, The Standardization and Analysis of Hand Evaluation, second edition, The Hand Evaluation and Standardization Committee(1980).
- 8) 김노수·김성련, 피복정리, 한국방송대학교 출판부, 172-173(2000).
- 9) 김성련, 세제와 세탁의 과학, 교문사, p. 203(1995).
- 10) H. Suh, K. Duckett and G. Bhat, Biodegradable and Tensile Properties of Cotton/Cellulose Acetate Nonwovens, *Textile Res. J.*, 66(4), 230(1996).
- 11) 김성련, op.cit., p. 37.
- 12) 김성련, op.cit., p. 228.