

# 섬유제품의 생산과 사용이 환경에 미치는 영향

유효선

서울대학교 생활과학대학 의류학과/서울대학교 생활과학연구소 FTC 센터

## Environmental Impacts of Textiles Production and Uses

Hyo Seon Ryu

Dept. of Clothing & Textiles, Seoul National University/  
FTC Center, Research Institute of Human Ecology, Seoul National University

Green chemistry는 지속가능한 화학이라고도 칭하며 해로운 물질의 사용과 발생을 최소화하는 제품 생산 공정 기획을 장려하는 화학적 연구와 실행의 방법론이다(wikipedia, 2010). 섬유제품의 생산에 있어서도 해로운 물질과 사용의 발생을 최소화하려는 Green textiles에 대한 움직임이 환경문제와 연계하여 지속되고 있다.

의복의 주요 착용목적은 보호이다. 사회가 변화하고 발전함에 따라 보호의 개념과 영역이 확대되었고, 섬유소재의 개발에 따라 보호의 적용사례도 의료, 농경, 산업, 군대 등으로 넓어졌다. 천연섬유소재의 생산을 위한 경작, 인조 섬유생산을 위한 화학공정, 방적, 직조, 편성, 염색, 가공 등의 공정은 작업자에 의해 지역적으로 또는 세계적으로 환경에 영향을 미치고 있다. 섬유제품 소비자에게도 소재 자체 또는 염료와 가공제가 영향을 미치고 있다. 섬유제품의 관리를 위하여 사용하는 물, 에너지 및 화학약품도 주변 환경에 그 대가를 치르게 하고 있다.

본 원고에서는 섬유제품이 생산, 사용 및 폐기되는 단계에서 생기는 환경영향에 대하여 살펴보고 친환경적인 의류 패션 제품의 일부를 소개하고자 한다.

### 1. 섬유제품의 라이프 사이클 평가

섬유제품의 모든 제조과정은 환경에 영향을 미친다. 소비재의 생산은 원료, 에너지, 장비, 및 작업자를 필요로 한다. 섬유제품의 원료와 공정이 상품기획과 개발 시에 선택

되므로 섬유제품이 환경에 미치는 영향도 이때 결정된다. 즉, 제조공정, 용도, 유지관리 및 폐기처리의 과정이 환경에 미치는 영향의 범위가 다양하다. 지속가능한 미래를 위한 섬유/의류패션제품의 기획은 섬유, 실 및 옷감의 관련성을 이해함에 따라 달라진다고 볼 수 있다. 섬유제품의 전반적인 환경과 경제적 영향의 평가는 지속가능한 발전을 확보하는데 필요한 것이다. 라이프 사이클 평가는 1) 제품의 라이프 사이클 결정, 2) 각 라이프 사이클 단계에서 자원의 투입과 폐기물의 배출 평가, 3) 환경에 미치는 영향 예측, 및 4) 전체 라이프 사이클에서 미치는 환경 영향을 감소할 수 있는 추가선택에 대한 확인을 포함한다. 세계적인 화학약품회사인 BASF는 이러한 환경과 경제적 영향을 평가하는 전략적 도구로서 eco-efficiency 소프트웨어를 사용하고 있다(Wall-Markowski et al., 2005).

### 2. 섬유제품의 생산 공정에 따른 환경영향

#### 2-1. 섬유 생산

섬유는 지속성 있는 그린 섬유제품의 기본구성물이므로 섬유에 관하여 우선 생각해 보자. 친환경섬유를 선택함에 있어 천연/합성섬유 인가 또는 자연/유기농 경작 인가에 대한 제약은 없다. 최근에는 옥수수, 콩, 대나무 심지어 닭의 깃털까지도 새로운 섬유소재에 포함되고 있는 실정이다.

현재 가장 많이 사용되고 있는 면과 폴리에스터를 비교하여보면 다음과 같다.

2차 세계 대전 이후 면의 생산은 급격히 증가하면서 인류의 의생활에 최적화된 상태로 발전해왔다. 의복을 비롯해, 침구의 충전재, 기저귀 등 일상생활에 가장 밀접한 섬유로 세계 전체 섬유 생산량의 85%를 차지하며, 재배 과정에서 온난화의 주범인 이산화탄소를 흡수하고 산소를 배출하며 생분해가 가능한 친환경 섬유로 알려져 있다. 그러나 면을 생산하기 위해서 전세계에서 사용하고 있는 농약의 24%와 살충제의 11%가 사용되며, 마지막 수확 시에는 고엽제를 사용하므로 섬유에 잔류하는 화학성분이 인체에 유해한 영향을 끼친다. 현재 전세계 경작지의 2.4%가 면의 경작에 사용되고 있으며 면의 재배와 직물까지 제조하는 단계에서 지구상의 약 2.6%의 물을 사용하는 것으로 알려져 있다(Chapagain et al., 2005). 폴리에스터는 에너지 원으로 사용되는 원유로부터 합성하는 섬유로 사용시에는 내구성이 장점이지만, 매립 시에는 낮은 생분해성이 문제가 되고 있다. 그러나 이러한 낮은 생분해성으로 인해 리사이클링이 가능한 섬유이다. 폴리에스터에도 인체 또는 지구상에 존재하는 특정 대상에 유해한 물질이 첨가제로 사용되고 있으며, 면의 경우에도 대표적인 가공인 방추가공을 위해 사용하는 아미노플라스티제열의 화학적 성분의 인체에 대한 피해는 이미 알려져 있다. 이외에도 머서화가공에 사용하는 NaOH용액 등 화학물질이 포함된 폐수는 수질오염에 원인이 되고 있어 흔히 친환경의 대표섬유라고 일컫는 면섬유에 대한 상세한 친환경적 고찰이 필요하다.

친환경 섬유에 대한 인식이 증가함에 따라 면을 대신할 수 있는 섬유소재 천연섬유에 대한 개발이 진행되어 왔으며, 양모를 대신할 재생단백질 섬유의 개발에도 다시 관심

이 모아지고 있다. <표 1>은 이러한 섬유들 간의 비교를 보여주고 있다. 원유를 원료로 한 합성섬유와 최근 개발되었거나 이미 개발된 재생섬유들 간의 친환경성 비교를 <표 2>에 나타내었다. 현재 친환경적으로 개발된 섬유는 천연에서 구하는 것과 천연의 고분자를 추출하고 재생하여 만든 섬유로 분류할 수 있다.

친환경 섬유의 조건을 넓은 의미에서 정리하면 다음과 같다.

- 자연에서 농약, 화학비료, 살충제 등을 사용하지 않고 재배할 수 있는 원료
- 섬유의 단계별 공정에서 유해물질을 배출하지 않는 것
- 폐기 시 자연 생분해가 가능한 것

한편, 섬유가 갖는 직물 디자인의 잠재력과 친환경적 역할에 대하여 생각해보자.

의류패션산업은 새로이 개발된 혁신적인 신소재를 활용하는 것을 고려하고, 환경문제와 대안적 섬유자원과의 조정을 통해 일관성 및 비용효율이 높은 섬유공급에 대한 문제를 해결 해야 하는 교차점에 서있다. 의류패션산업의 기본 소재인 섬유의 'clean & green' 생산은 책임있는 의류패션산업을 창조하는 첫 번째 단계이다. 최근까지 패션의류에서 섬유를 고려한다는 것은 예를 들어 디자이너 의류로서 견직물을 사용하는 것과 같이 시장에서 일부 섬유의 가치를 대상으로 할 때만 중요하다고 여겨왔다. 한편 미적 선택인 색상과 질감이 소재 선택시의 주요기준이었다.

현재 의류패션산업에서는 종래의 섬유에 집중하고 있는 반면에 지속적인 친환경 섬유의 생산에서는 <표 2>에서 소개하고 있는 섬유에 더 주목하고 있다.

표 1. Comparison of New manufactured Fibers to natural fibers(Baugh, 2008)

Fiber	Regenerated cellulosic	Hand	Luster	Drape	Resiliency	Abrasion Resistance	UV Resistance	Anti-Bacterial	Wicking	Absorbency	Quick Dry	Machine Washable	Dyeability	Color-Fastness	Heat Sensitive	Thermo-Plastic
Lyocell	Excellent	Poor	Excellent	Good	Fair	Yes	No	No	No	Good	Good	Yes	Excellent	Good	Yes	No
PLA (fiber made from corn, sugar beets, cane sugar, etc)	Fair	Poor	Fair	Good	Poor	Excellent	No	Very good	Fair	Very good	Yes	Excellent	Good	Yes	Yes	
Bamboo	Excellent	Fair	Excellent	Very good	Good	Very good	Excellent	No	Excellent	Very good	Yes	Excellent	Very good	N/A	No	
cotton	Fair	Poor	Fair	Poor to fair	Excellent	Poor to fair	No	No	No	Excellent	Poor	Yes	Good	Good	No	No
Regenerated Plant Protein																
Soy	Excellent	Excellent	Excellent	Very good	Fair	Very good	No	No	No	Excellent	Very good	Yes	Excellent	Very good	Poor to fair	No
wool	Good	Good	Good	Very good	Good	Very good	No	Good	Good	Excellent	Fair	No	Very good	Very good	Good	No

표 2. New Manufactured Fibers Compared to Petroleum-Based Fiber(Baugh, 2008)

Fibers	Raw Material Sources	Renewable	Pesticides/ Toxic Chemicals	Production Method	Recyclable/ Biodegradable	Comments
Polyester, acrylic, olefin, spandex, nylon	Petroleum-based	No	No/ Toxic chemicals at raw material production stage	Toxic by-products. Some may enter water supply.	No/No yes (pet)	Production methods haven't considered closed cycle procedures, but new ideas are being considered. We like these fibers for their ability to be manipulated at the fiber level for performance.
Acetate, rayon, viscose rayon, cupramonium rayon	Plant pulp and wood by-products	Yes	N/A	Toxic production and by-products into water system	N/A/ Yes	Some production methods are now banned due to toxic production methods and waste materials.
Lyocell (specific wood crop)	Plant pulp	Yes	N/A	Closed cycle	N/A/ Yes	Trees grown especially for lyocell production. Fiber production chemicals do not enter the water supply. They are recycled into the production process immediately.
Lyocell w/ special mineral features	Plant pulp kelp extract	Yes	N/A	Closed cycle	N/A/ Yes	Minerals absorbed into skin. Seacell produced in Germany.
PLA fiber	Corn	Yes	Synthetic fertilizers/ pesticides in crops	Closed cycle	N/A/ Yes	Corn is already grown for food, energy, and now fiber. Yet to be determined if pesticides and other chemicals are being controlled on nonfood corn crops.
Kenaf		Yes	No	N/A	N/A/ Yes	Crop is now being planted for automobiles interior fabrics by Toray for Toyota and others.
Bamboo	A type of rayon	Yes(several crop per year)	No	Closed cycle or toxic production	N/A/ Yes	This raw material is a type of grass that can be harvested several times in a year. Produces a very soft, absorbent, and quick drying fiber. Naturally antibacterial feature.
Soy (Tofu by-products)	Soy (Tofu by-products)	Yes	N/A	Closed cycle	N/A/ Yes	Fiber seems to have a beneficial character by providing amino acids on the surface of the fiber to be absorbed into the skin.

2-2. 섬유의 호발·정련 및 표백

직조 시 경사에 처리하는 가호제로는 천연 고분자물인 전분, modified or refined starch, 전분유도체 및 섬유소 유도체가 사용되며, 합성 고분자물인 polyvinyl alcohol, polyvinyl acetate, acrylics, polyesters, polyurethane 및 styrene copolymer가 이용되고 있다. Perchloroethylene 또는 trichloroethylene 같은 유기용제를 가호제에 첨가하여 사용하면 에너지를 절약할 수 있다. 제직 후에 가호제를 제거하기 위하여 사용되는 약제로는 효소인  $\alpha$ -amylase,

$\beta$ -amylase, amyloglucosidase와, 산화제인 sodium hypochlorite, sodium chlorite, sodium bromite, peroxymonosulfuric acid, potassium peroxydiphosphate, hydrogen peroxide, sodium perborate, sodium carbonate-hydrogen peroxide, peractic acid 가 있으며 이외에도 산과 염기가 첨가된다. 효소호발은 전분과 전분유도체를 제거하는 것으로 효소에 의한 분해물은 독성은 없지만 처리되지 않고 폐수로 배출되면 BOD를 증가시키는 것이 문제이다(Vigo, 1994).

섬유 원료를 정련하는데 사용하는 화학약품은 다양하며 독성 또는 부식성이 있거나 생물학적으로 개조된 형태이다. 환경운동가들은 섬유의 정련과정에서 환경에 주는 문제점에 대하여 문제점을 지적하고 있다. 그러나 정련을 거치지 않은 섬유제품은 소비자로부터 외면당할 것이므로 원료에서 불순물을 제거하는 과정은 필수적이다.

특히 천연섬유는 방적 전에 초기세척을 하는데, 물과 세제를 필요로 한다. 세척 후의 폐수에는 농약과 기타의 불순물이 들어있을 가능성이 높다. 정련과정에서는 면의 불순물, 견의 세리신, 양모의 유성물질과 먼지 등을 제거하기 위하여 알칼리인 수산화나트륨이 일반적으로 사용되고 있는데, 이는 섬유와 환경에 손상을 주는 약제이다(Slater, 2003). 알칼리 정련을 대체할 수 있는 방법으로는 유기 비극성용제를 사용하여 밀폐계에서 용제추출을 하는 것이 있다. 이 방법은 용제를 회수하여 리사이클시키고 에너지를 절약하며 용제의 점도가 낮아 섬유를 팽윤시키지 않으면서 신속하고 균일하게 섬유 내부로 침투하는 등의 이점이 있다. 최근에는 효소를 이용한 친환경적인 정련방법이 개발되어 사용되고 있다.

섬유의 표백은 약제를 사용하여 산화 또는 환원작용으로 섬유의 색소불순물을 제거하는 것이다. 염소계 표백제가 가장 널리 사용되고 있는데, 단백질 섬유에 손상을 끼칠 뿐 아니라 산화과정에서 환경에 여러 문제점을 초래한다.

최근 들어 효소를 사용한 호발, 정련, 표백의 연속공정이 개발되고 있는 실정이다.

### 2-3. 염색 가공

섬유공정 중에서 가장 심각한 환경문제를 야기하는 것은 염색공정으로 알려져 있으며, 이 공정에서 많은 양의 에너지, 용수, 다양한 종류의 화학물질이 사용된다. 침염에 사용하는 염료, 형광물질 및 유연제, 날염에 사용하는 염료, 유연제, 및 포름알데히드와 같은 조제 및 각종의 가공제가 환경에 문제가 되고 있다. 이를 해결하기 위하여 관련된 연구 개발이 이루어지고 있으며, 특히

- 염색공장, 일반소비자 및 환경에 대한 염료의 독성
- 염색공정 시의 요소
- 초임계유체의 활용
- 공해감소와 폐기물의 최소화
- 오존을 이용한 염색용수의 탈색 및 염색용수의 재사용
- 섬유제품용 염색용수의 화학처리 및 생물기술처리에 대한 연구가 활발하다.

(Christie, et al. 2007)

천연염색은 인체에 대한 알러지반응의 감소, 생분해성을 이유로 환경문제를 감소하는 염색방법으로 거론되고 있다. 그러나 천연염료는 합성염료보다 낮은 견뢰도 및 색상의 재현성 등에서 문제가 있다. 또한 합성염료를 사용하고 있는 현시점에서 충분한 양이 확보되어 있는가의 문제가 있다. 역사적으로 보면 19세기에 brazilwood가 고갈되어 그 사용이 금지된 적도 있었다.

합성염료 중에서 가장 문제가 되는 것으로 밝혀진 것은 아조계 염료로, 발암성에 대하여 이들의 미생물학적 환원 과정을 통한 분해성이 연구되었다.

염색가공조제의 원료는 석유화학계와 천연원료계로 구분되고 각각 사용용도와 성질 등에 의하여 소수성기와 친수성기를 디자인하고 이들의 효능 등을 고려하여 합성한다.

비이온계면활성제로서 중요한 위치를 차지하고 있는 알킬페닐에톡시레이트(APEO)는 어류독성인 것으로 판명되었다. 더욱이 이들 분자의 에톡실레이트가 증가하면 할수록 또한 낮은 온도에서 생분해성이 현저히 감소하는 것이 관찰되었다. 이 APEO에 버금가는 효능을 갖고 환경친화적인 조제로는 고급알코올형 계면활성제가 있다. Biosurfactant의 분류에는 미생물 유래의 형태에 따라 박테리아형, 이스트형 및 곰팡이형 등으로 나눌수 있는데 이들은 주로 폐수 처리에 사용되고 있다. 양모나 나일론 섬유의 염색 시 완염효과를 갖는 균염제로서 종전에 사용하던 계면활성제는 최종염착과정에서 잔류염이 남는 단점을 가지고 있기 때문에 이러한 단점을 보완하기 위하여 염색 중에는 거의 분해되지 않고, 이 과정 말기에 분해력이 뛰어난 산분해 계면활성제가 되었다.

PET의 염색시 조제로 사용되는 캐리어는 염소계와 페놀계 화합물로 구성되어 있다. Trichlorobenzene형의 캐리어는 사용이 금지되어 있으며 캐리어를 사용하지 않은 분산염료의 염색방법이 개발되어 있다.

염색용수와 에너지 절약은 환경적 이익일 뿐만 아니라 경제적 효과에도 기여한다. 좀 더 효율적인 기계장치, 열(에너지) 회수, 중복된 공정 등의 개선으로 이루어질 수 있다. 특히 환경적으로 문제가 되는 화학약품의 대체 또는 감소에도 기여할 것이다. 또한 염욕의 재사용, 효소조제 또는 초임계유체 염색 등이 상업적 견지에서 시험되고 있다. 가장 중요한 것은 염색업자가 시장의 요구에 반응한다는 것이다.

### 3. 섬유제품의 처분

어떤 항목의 섬유제품이라도 결국은 더 이상 사용하지 않게 된다. 일부 주요제품은 오랫동안 사용할 수 있도록 고안되었으나 결국 마모될 것이며, 일부 패션제품은 내구성을 고려하지 않고 구입되므로 마모되기 전에 유행이 지나면 처분된다. 이런 점에서 재사용, 리사이클링 및 처분의 문제가 고려되어야 한다. 궁극적으로 섬유제품은 폐기되면서 재생, 분해 또는 매립되어서 주변환경에 흔적을 남기고 있다(Collier, et al., 2009).

#### 3-1. 재사용(reuse)

일단 처분된 섬유제품은 본래의 형태를 유지하면서 다시 사용될 수 있다. 소비자는 흔히 의류를 기부하거나 중고상점에 팔기도 한다. 중고상점 또는 위탁 판매점에서는 아직 사용할 만하면서 값이 저렴한 패션성 의류나 액세서리의 거래가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 상점에서 팔리지 않은 상품들은 리사이클링 업체를 통하여 개발도상국에 팔려간다. 특히 이러한 의류제품의 거래는 아프리카의 중남부 지역국가에서 성행하고 있다.

다른 형태의 재사용은 버려진 섬유제품을 사용 가능한 상품으로 전환하는 것이다. 일부의 디자이너들은 이미 청바지, 넥타이, 양말, 현수막 또는 직물을 좁게 잘라 위사로 제작한 옷감 등으로 혁신적인 의류를 만들 수 있다는 것을 보여주었다.

#### 3-2. 리사이클링(recycling)

일단 처분된 섬유제품이 개조되거나 분해되어 다른 상품으로 만들어진 것을 ‘리사이클되었다’고 한다. 여러 국가에서 법적 규제, 세금보상제도 또는 정부가 리사이클제품을 구입하도록 할당을 하는 방법 등을 통해 이 리사이클 제도를 적극적으로 장려하고 있다. 리사이클링의 시점에 따라 소비 전 폐기물과 소비 후 폐기물로 나누어지며 다양하게 발생하고 있다.

##### 1) 사용 전 폐기물

방직, 옷감의 생산 및 의류제조 시에 크고 작은 섬유제품 조각이 폐출된다. 이러한 폐기물은 소비자의 손에 이르기 전에 생성되는 것으로 사용 전 폐기물(preconsumer waste)이라고 한다. 섬유공장에서는 이러한 폐기물을 공장 자체에서 이용하거나 타 제조업체로부터 구입하여 재공정하고 있다. 이때 폐기물은 화학약품에 의해 오염되거나 포

장용품과 같은 비섬유질이 첨가되지 않아야 한다. 의류업체의 섬유폐기물이나 기타의 섬유제품은 섬유를 감별할 수 있으므로 상대적으로 쉽게 공정 처리될 수 있다.

섬유의 길이가 길다면 garneting(옷감을 잘게 잘라서 섬유의 형태로 되돌리는 공정)을 하지 않고 재방직되어 제직에 사용될 것이다. 19세기와 20세기 초의 쇼디공장에서는 양모직물의 리사이클이 행하여졌고 리사이클 양모라는 것을 라벨에 표시하도록 하였다. 현재도 양모는 상당히 좋은 질의 옷감으로도 리사이클되고 있다. 그러나 천연섬유의 경우 섬유장이 비교적 짧은 것을 다시 잘라서 사용할 때에 섬유장이 더욱 짧아진다는 것이 문제이다.

섬유의 길이가 짧은 것은 좋은 질의 실을 만들기에는 짧으므로 대개 저가의 제품을 만드는데 사용된다. 이런 것은 부적포로 리사이클되어 절연재, 충전재, 패드 백, 일회용품 및 콤포지트의 강화재 등으로 사용되고 있다. 면과 린넨섬유는 은행권을 만드는 질이 좋은 종이로 리사이클되기도 한다.

##### 2) 사용 후 폐기물

섬유제품 리사이클산업에서, 사용 후 버려지는 물품을 사용 후 폐기물(postconsumer waste)이라 칭한다. 사용 전 폐기물의 재생은 널리 행하여지고 있는 반면에 다양한 종류의 섬유로 구성된 염색 섬유와 직물 또는 편성물의 폐기물의 재생은 제한적이다. 재생시에 섬유가 분류되어야 하지만 제조자가 불분명한 섬유 또는 혼방제품의 감별은 어렵다. 섬유조성이 감별되지 않는 것뿐 아니라 섬유의 질도 착용에 의해 불균일해져 있다. 이러한 문제는 혼방일 경우 더욱 복잡해지며 가공이 되어있는 것은 리사이클 측면에 추가적인 문제를 야기한다.

그러하여 사용 전 폐기물이 현재의 요구를 더 쉽게 충족시킬수 있으며, 사용 전 폐기물이 직접 섬유로 리사이클되는 것은 어려워면서 제약이 있다. 그러나 리사이클링 공정이 한 단계 더 소재를 환원시키고 리사이클된 항목이 섬유가 아닌, 화학첨가물/원료로서 사용됨에 의미가 있다. <그림 1>은 섬유폐기물의 사용에 대한 흐름을 보여주고 있다. 합성섬유의 경우, 흐름이 무한히 반복될 수 있는 고리를 이루고 있으며 연속적인 리사이클의 기술적 해석으로 보여진다.

이러한 원료의 리사이클은 비섬유소재를 포함할 수도 있으며 공정도 양방향 - 비섬유제품이 섬유제품으로 리사이클 되거나, 또는 그 반대 - 으로 진행될 수 있다. 현재까지 가장 성공적인 경우는 오염이 덜 되어 있으면서, 다량의 재료를 쉽게 이용할 수 있는 원료로서 음료수병을 폴리에스

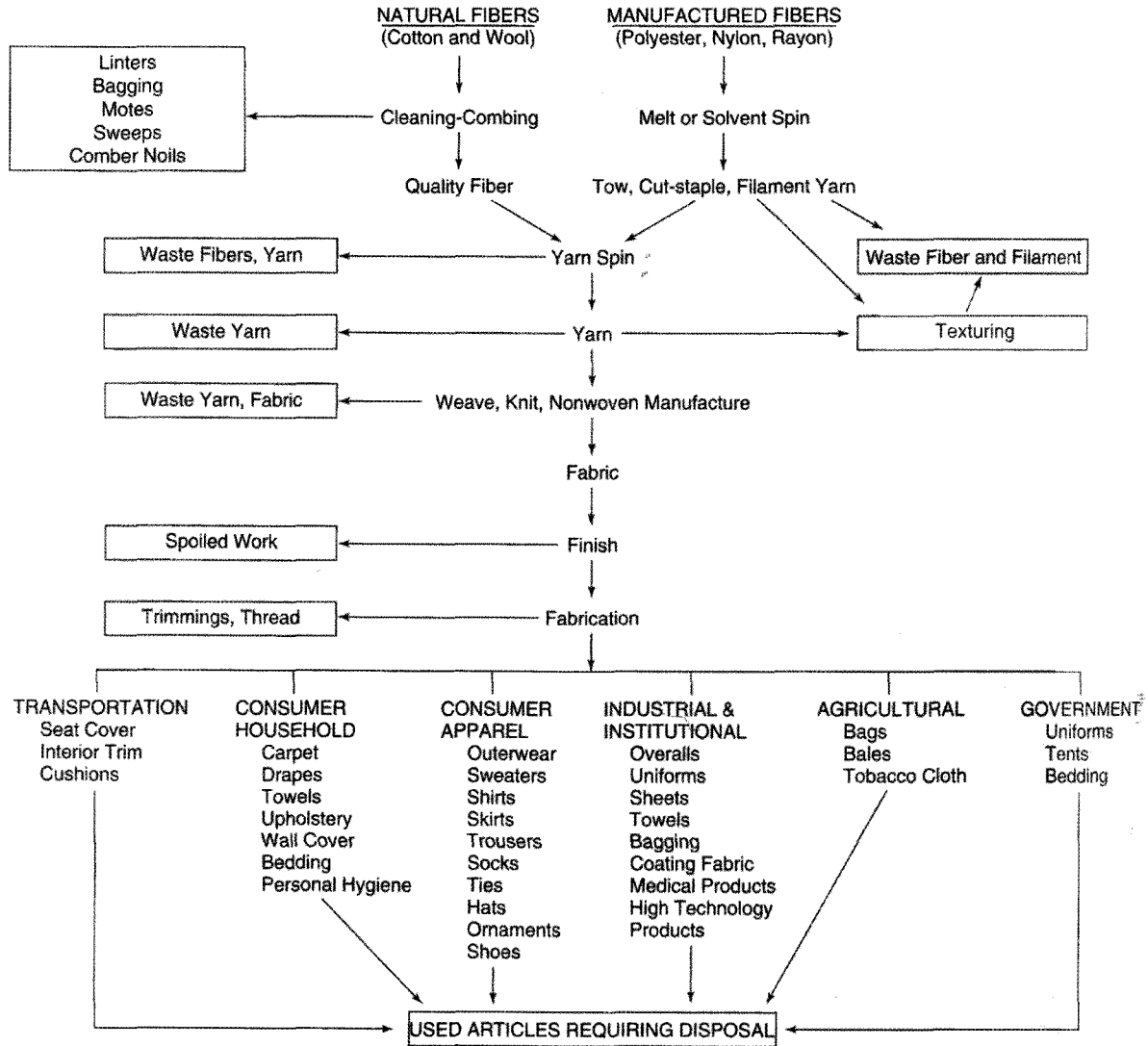


그림 1. Production & consumption of textiles wastes at each step of process(collier et al., 2009).

터섬유로 리사이클한 것이다. 이 음료수 병은 blow-mold 한 polyethylene terephthalate로 섬유로 사용되는 폴리에스터와 동일한 고분자이다. 이것을 수거하여 알루미늄 마개, 종이 라벨, 일부 병의 경우 딱딱한 받침부분과 같은 이 물질을 분리하는 초기공정을 거친다. 투명한 것과 녹색 또는 색상을 지닌 것도 구분한다. 투명한 병은 폴리에스터 섬유로 만든 슬리핑백, 카펫, 베개, 누비자켓, 등에 사용된다. 필름과 섬유생산 시에 나온 폴리에스터 폐기물은 섬유재산을 위한 폐기물처리에 재투입된다. 사용한 일이 없는 폴리에스터를 사출성형전의 용융물에 첨가하기도 한다.

녹색 또는 색상을 지닌 폴리에스터는 재처리하여 토목용 니들핀치 부직포로 만들어 부식을 방지하고 공업용에 사용한다. 안정화를 위해 2L 크기의 병에 사용되는 검은색의 받침부분은 폴리에틸렌이므로 PET의 재공정 전에 반드시

분리되어야 한다. 받침부분은 포장재로 재공정될수 있지만, 분리비용을 감수하여야 한다.

정제 리사이클 공정작업은 리사이클 섬유의 질을 높이기 위한 것이다. 오늘날 리사이클 섬유는 의류 및 고가의 제품에도 사용되고 있다.

### 3-3. 폐기 처분(disposal)

재사용 또는 리사이클되지 않은 섬유제품은 여러 방법으로 버려지거나 처분된다. 부직포(예: 기저귀, 걸레 및 수술가운)는 일회용품으로 처분된다. 현재 매우 많은 양의 섬유제품이 재사용 또는 리사이클되지 않고 버려지고 있다. 이러한 섬유제품의 양은 인구의 증가와 함께 섬유제품의 생산이 늘어나고, 또 일인당 사용량이 증가함에 따른다. 고로 이들을 버리는 방법을 강구하여야 하며 여기에는

매립, 퇴비화, 및 소각 등이 포함된다. <그림 2>는 각각의 섬유제품이 사용 후 리사이클 또는 폐기 처분되는 흐름을 보여주고 있다.

1) 매립

많은 양의 섬유제품이 생분해를 위해 땅에 매립되고 있다. 천연섬유는 매립으로 생분해되지만, 합성섬유는 쉽게 분해되지 않는다. 합성섬유는 화학적으로 비활성이므로 오염의 근원은 아니지만, 매립공간을 차지하게 된다. 올레핀 섬유는 일광에 의해 광분해되지만 매립으로 인해 일광에 노출되지 못한다. 최근에 생산된 일부 섬유나 필름에는 쉽게 생분해되는 전분 또는 PLA와 같은 물질로 구성되어 있다.

섬유공장도 섬유산업과 관련있는 화학약품 공장에서도 나오는 비섬유성 고체폐기물의 경우 또 다른 문제가 있다. 매립으로 인해 지하수가 오염되거나, 화학물질의 분별없는 혼합으로 인해 배출되는 독성가스로 대기가 오염된다. 이러한 폐기물의 부피와 독성을 최소화하도록 생산품과 공정을 설계하여야 한다.

일회용 기저귀의 경우 일회용품의 사용으로 인한 문제점이 흥미로운 방향으로 전개되고 있다. 환경문제 전문/환경보호론자들은 이러한 제품이 토양에 흡수되어 바이러스와 박테리아가 지하수를 오염시킨다고 주장하고 있다. 미국의

일부 주에서는 일회용품 사용에 세금을 부과하고 있다. 산업측에서는 매립되는 양의 2% 미만을 차지한다고 하며 기저귀의 매립으로 인해 병이 발생한다는 증거가 없다고 한다. 오히려 일부 환경론자들에 의해 대안으로 제시된 형겅 기저귀를 사용하면 일회용품을 제조할 때 사용하는 공업용수보다 6배나 많은 물이 세탁에 필요하며 이는 10배나 더 많은 수질오염을 유발한다고 한다. 따라서 좀 더 생분해되기 쉬운 기저귀를 개발하려는 노력이 계속되고 있다. 그리고 이와 비슷한 논쟁이 일회용/재사용 가능한 외과수술용 가운데서 벌어지고 있다.

2) 퇴비화(Composting)

매립의 대안인 퇴비화는 지표에서의 생분해를 의미한다. 퇴비화 시 물질은 좀 더 많은 일광과 물에 노출되며 미생물에 좀 더 많은 공기를 공급하기 위하여 주기적으로 뒤섞어진다.

천연섬유의 경우 자연생물학적 천연순환을 이루어 퇴비화된 섬유는 새 섬유가 성장하는 영양물이 된다. 특히 폐기된 양모는 잡초의 성장을 방지하는 분해성 덮개 역할을 하다가 분해되면 영양분을 공급한다.

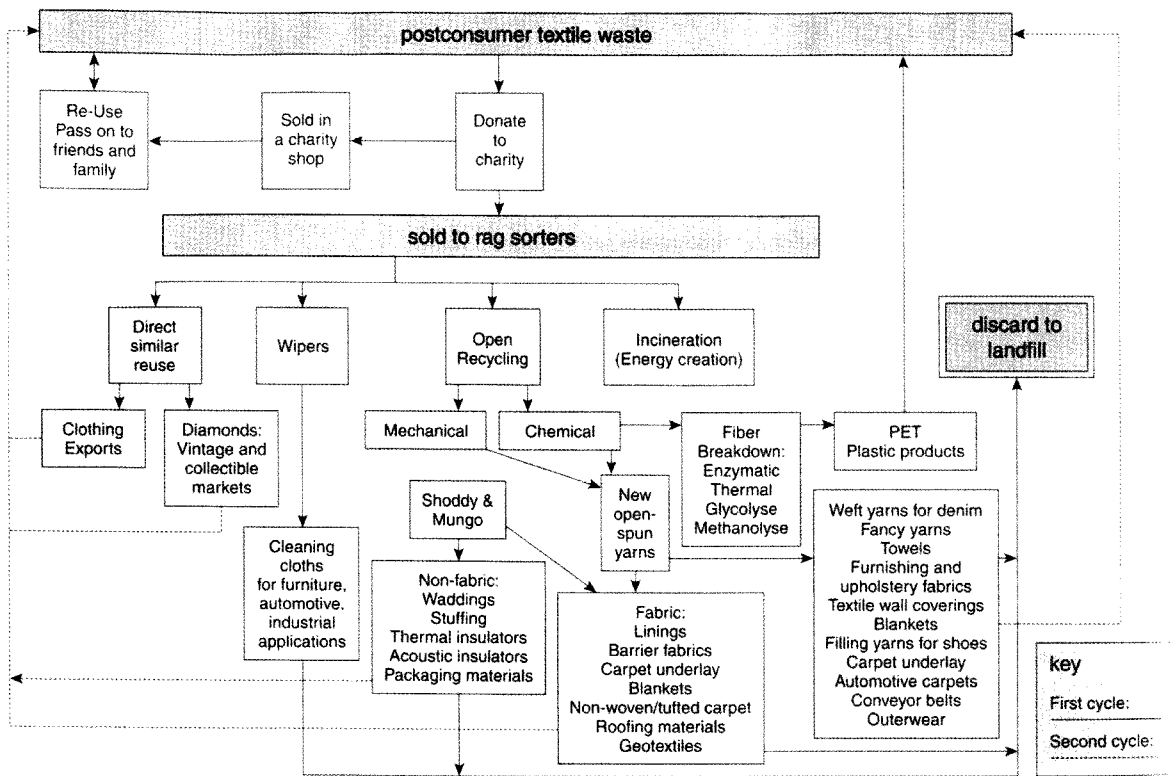


그림 2. Recycling options for postconsumer textile products(Kadolph, 2010)

### 3) 소각

소각은 음식찌꺼기를 처리하는데 이용되지만 해로운 가스의 분출의 위험이 있다. 폐기물의 내용을 알고 오염을 관리할 수 있다면 섬유제품의 소각은 에너지 재생산의 의미로 유용할 것이다. 석탄이나 원유는 새 물질의 원료로 사용될 수 있으므로 이들을 태우는 것 보다는 폐기물을 태우는 것이 에너지를 얻는 측면에서 보다 나은 방법이라고 생각될 수 있다. 예를 들어 카펫의 경우, 다른 방법으로는 리사이클 될 수 없는 기포와 라텍스부분을 압축하여 연료로 태우는 것을 시도해볼 수 있다.

## 4. 친환경 의류제품

패션디자이너들도 친환경적인 제품을 기획하고 이를 실행에 옮기고 있다. 새로운 섬유의 활용은 의류패션제품의 기획에서부터 시작하여 'clean & green'에 대한 시도는 의류제조 공정의 각 단계에서도 실천되고 있다. 낮은 청바지를 활용하여 스커트, 백 및 액세서리 등을 만드는 것은 이제 널리 알려진 예이다.

### 4-1. 의류소재 제조의 새로운 방법

패턴 디자인을 적절하게 활용하는 방법으로 jigsaw puzzle을 이용하는 방법과 3차원을 이용하는 방법이 개발되어 발표되었다. <그림 3>은 직물과 편성물로부터 의류를 제작하는 과정에서 폐기물을 최소화할 수 있는 점을 부각시킨 것이다(Rissanen, 2007). 편성물은 fully fashioned, integral knitting -> whole garment의 순으로 봉

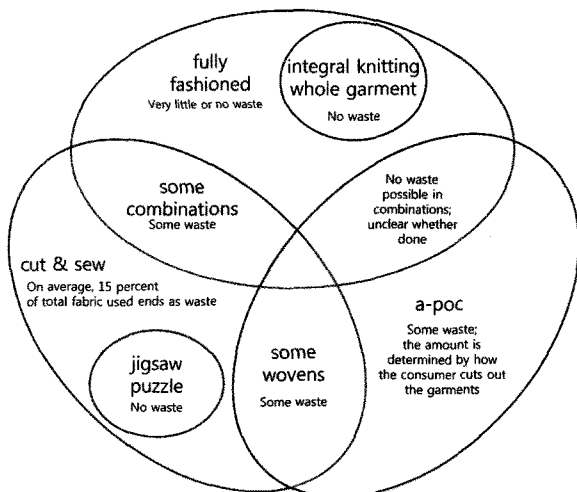


그림 3. Fashion Creation Methods

제가 필요 없다.

A-poc은 Issey Miyake와 Dai Fujiwara가 20세기 말에 발표한 것으로 직기에서 중조직을 활용하여 제작하는 것으로 의류를 직접 제작할 수 있음을 보여주고 있다.

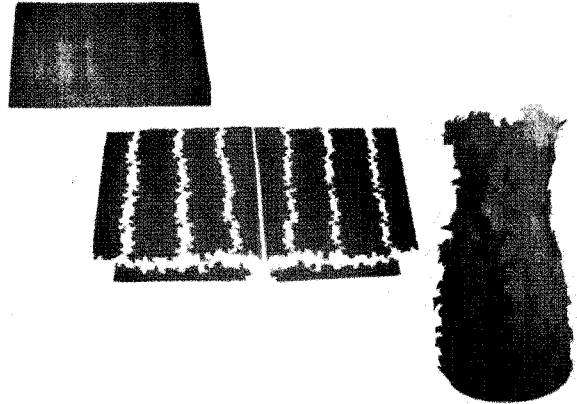


그림 4. Strapless dress by Mark Liu(Rissanen, 2007)

### 4-2. 재단 폐기물의 최소화

재단실에서 10~20%의 옷감이 잘려져 폐기되는 것을 최소화하려는 시도가 진행되고 있다. <그림 4>는 Liu가 디자인한 패턴과 날염이 동시에 이루어진 옷감을 재료로 재단과 봉제를 하여 드레스를 완성하면서 옷감조각이 폐기되지 않는 작품이다. 이와 유사한 방법으로 옷감의 폐기량을 줄이려는 노력이 패턴디자인 분야에서 진행 중이다.

### 4-3. 재활용

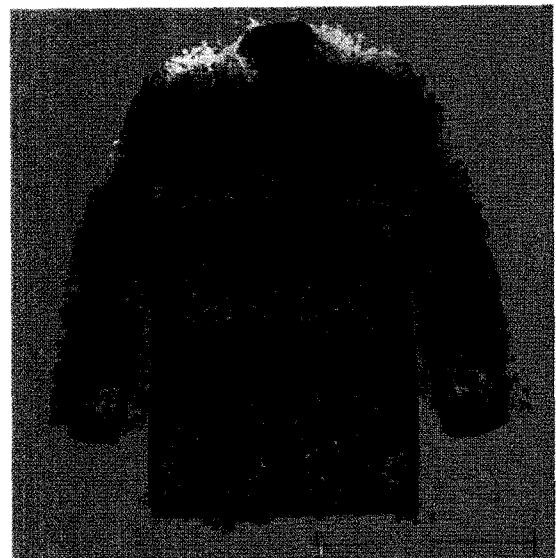


그림 5. The Plastic-Fur Coat(Time, 2010)



<그림 5>는 가죽코트에 일회용품인 price-tag fastener 29,000개를 사용하여 헤링본 스타일로 재생한 코트로 자원의 재활용이란 점에 주목을 받고 있다. 2010년 Time지의 'Most fashion forward invention'을 받은 Maison Martin Margiela Artsanal의 작품이다.

## 5. 마무리

Green Textiles에 대하여 공정 별로 살펴본 후 현재 의류패션산업에서 사용하는 섬유에 대한 문제를 생각해보고자 한다.

- 천연섬유(예: 견, 면, 양모)가 항상 환경적으로도 높은 가치를 지니고 있으며, 질이 좋다고 생각하는가?
- 미래의 섬유, 현재 새로이 개발된 섬유는 무엇이며, 이들 섬유가 지속 가능한 미래 의류패션산업에서 주요한 역할을 하며 현재에 활용되고 있는 섬유를 대치 또는 보충할 것인가?
- 최근 사용 또는 개발하고 있는 섬유에 대하여 의류패션산업의 리더가 현재의 흐름을 알아야 한다. 대부분의 오피스웨어 디자이너와 브랜드 디자이너들은 비싸고, 제조하기 어려운 섬유와 실로 제조한 독점적인 소재로서 면과 아마소재뿐 아니라 양모와 견소재를 많이 사용하고 있다. 예를 들어 Lagerfeld에 의해 재발명된 코코샤넬 슈트는 20세기 초기의 원래 소재에서 영감을 받은 양모직물로 제작되고 있다. 새로운 소재는 원래 슈트의 질감과 태를 재창조하기 위하여 새로운 양모소재를 사용하였으며 바이어들은 양모/아크릴 혼방 소재보다 오리지널양모소재로 만든 슈트에 더 많은 가치를 부여하고 있다. 이와 같은 샤넬의 예가 하이패션 상품에서 항상 최상의 선택일 것인가?

이제는 의류패션산업의 의사 결정권자들에게 섬유선택시 다음을 고려하도록 요구할 차례이다. 첫째, 쉽게 재생할 수 있는 자원과 환경에 최소한의 부정적인 영향을 미치는 것, 둘째, 미적, 기능적 가치를 지닌 것. 의류패션산업은 의류소재와 새로운 섬유에 대한 인식에 있어 새로운 시대를 맞이할 것이다. 미래의 발전은 새로운 패션아이디어와 이러한 소재를 사용하는 새시대의 디자이너와 회사를 장려할 것이다. Clean & green 섬유에 대한 요구가 증가함에 따라 새로운 섬유에 대한 아이디어도 더 많이 개발될 것이다. 여기서 새로이 출현하는 것을 소개하고 이러한 정보가 새로운 섬유를 찾고 있는 의류패션산업의 결정권자들을 장려

하고 이러한 새로운 섬유로 패션소재를 공급하도록 공급자를 자극하여 결과적으로 창조성과 폐기물로부터 창조성과 재생이라는 공급체인을 변화하는데 도움을 줄 것이다.

## 참고문헌

- Able, T, Cohen, J. I., Escalera, J., Engle, R., Filshtinskaya, M., Fincher, R., Melkonian, A., & Melkonian, K. (2003). New trends in biotextiles: The challenge of tissue engineering. *Journal of Apparel, Textile, and Management*, 3(2). from [http://www.tx.ncsy.edu/jtatm/volume3issue2/v03\\_issue2\\_abstracts.htm](http://www.tx.ncsy.edu/jtatm/volume3issue2/v03_issue2_abstracts.htm)
- Agrawal, A. K., Jassal, M., Save, N. S., Periyasamy, S., Ghosh, A. K., Ramasubramani, K. R. T., Vishnoi, A., Palanikkumaran, M., & Gupta, K. K. (2005). Environmentally responsive smart textile- II. From <http://www.express-textile.com/20050515/hiperformance01s.html>
- Allen, W. (2004). Cotton subsidies and cotton problems. from Organic Consumers Association Web site from <http://www.organicconsumers.org/clothes/224subsidies.cfm>
- American Apparel and Footwear Association. (n.d.). Social Responsibility. From <http://www.apparelandfootwear.org/legislativeTradeNews/SocialResponsibility.asp>
- American Textile Manufacturers Institute, America's Textiles: Encouraging Environmental Excellence Guidebook. (1995).
- Anderson, K. (2006). Innovate or disintegrate: the latest in textile finishes. From <http://www.techexchange.com/the-library/innovateor.html>
- ApparelSearch description of kenaf fiber. (2007). From the Apparel Search Company's Web site: [www.apparelsearch.com/kenaf\\_description.htm](http://www.apparelsearch.com/kenaf_description.htm)
- Bambro Tex's description of bamboo fiber patented manufacture and fiber characteristics. (2003). From [http://www.bambrotex.com/second/bamboocenter\\_nab.htm](http://www.bambrotex.com/second/bamboocenter_nab.htm)
- Baugh, G. (2008). Fibers: Clean and Green Fiber Options, 326-357, from Hethorn, J. & Ulasewics, C ed. Sustainable Fashion: Why Now?, New York: Fairchild Books, Inc.
- BBC News. (2000). GM goat spins web-based future. From <http://news.bbc.co.uk>
- Blackburn, R. S. (2004). Natural Dyes: Opportunities for a greener textile and coloration industry. From <http://www.chemsoc.org/pdf/gcn/richardblackburn2004.ppt>
- Chapagain, A. K. Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H.g., & Gautam, R. (2005). The water footprint of cotton consumption, Value of Water. Research Report Series No. 18. From <http://www.waterfootprint.org>
- Christie, R. M. (Ed) (2007). Environmental aspects of textile dyeing, (The textile institute) Cambridge: Woodhead

- publishing Limited.
- Cohen, A. C., & Johnson, I. (2010). *Fabric Science* (9th ed). New York: Fairchild Books.
- Collier, B. J., Bide, M. J., & Tortora, P. G. (2009). *Understanding Textiles* (7th ed.). New Jersey: Pearson Education. Inc.
- Cotton Incorporated. (2006). U.S. Cotton and the environment: A proven track record. From <http://www.cotton-inc.com/sustainability>
- Comis, D. (1998). Chicken feathers: Eco-friendly "plastics" of the twenty-first century? From the United States Department of Agriculture Web sites: [www.ars.usda.gov/is/pr/1998/980209.htm](http://www.ars.usda.gov/is/pr/1998/980209.htm)
- Dugan, J. S. Novel properties of PLA fibers. From Fiber Innovation Technology, Inc. Web site at [www.fitfiber.com/publication.htm](http://www.fitfiber.com/publication.htm)
- Fresco, M. C. (2004). Common tropical plants yield new natural dyes. From Science and Development Network Web site: <http://www.scidev.net/News/index.cfm?fuseaction=readNews&itemid=1697&language=1>
- Green C, hemistry from [http://www.globalwarmingart.com/wiki/Wikipedia:Green\\_chemistry](http://www.globalwarmingart.com/wiki/Wikipedia:Green_chemistry)
- Gulich, B. (2006). Development of products made from reclaimed fibers. In Y. Wang (Ed.), *Recycling in Textiles* (pp.25-37). Cambridge, UK: Woodhead publishing Ltd.
- Hallet, C., & Johnston, A. (2010). *Fabric for Fashion*, London: Laurence King Publishing.
- Harvest SPF Textile Co., Ltd. (2003). Soybean protein fiber description and history. From [www.spftex.com](http://www.spftex.com)
- Humphries, M. (2009). *Fabric Reference* (4th ed.). New Jersey: Pearson Education. Inc.
- International Finance Corporation. (2006). Environmental, Health, and safety Guidelines for textile Manufacturing. From <http://www.ifc.org/ifcext/enviro.nsf/content/EnvironmentalGuidelines>
- Kadolph, S. J. (2010). *Textiles* (11th ed.). New York: Pearson Education Inc.
- Kalliala, E. M., & Nousiainen, P. (1999). Life Cycle assessment environmental profile of cotton and polyester-cotton fabrics. *AURTEX Research Journal*, 1(1).
- MirafTAB, M., & Horrocks, A. R. (2007). *Ecotextiles the way forward for sustainable development in textiles* (The textile institute). Cambridge: Woodhead publishing Limited.
- National Organic Program's Labeling Packaged Products table. (2003). Retrieved March 26, 2007, from United States Department of Agriculture Web site at <http://www.ams.usda.gov/nop/ProHandlers/LabelTable.htm>
- North Carolina Department of Environment and Natural Resource. (2001). Alternatives to the Predominant Dry Cleaning Processes, North Carolina Department of Environment and Natural Resources Study Group Report to fulfill request by the North Carolina legislature, October 2001. From [http://www.ncdsca.org/dc\\_critcom.htm](http://www.ncdsca.org/dc_critcom.htm)
- Rissanen, T. (2008). Creating Fashion without the Creation of Fabric Waste, 184-206, from Hethorn, J. & Ulasewics, C ed. *Sustainable Fashion: Why Now?* New York: Fairchild Books, Inc.
- Singh, K. V. et al. (2004). Applications and future applications of nanotechnology in textiles. From [www.utexas.edu/centers/nfic/fc/files/nanocot.pdf](http://www.utexas.edu/centers/nfic/fc/files/nanocot.pdf)
- Slater, K. (2003). *Environmental impact of textiles: Production, process and protection*. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd.
- Slater, K. (2000). *Textiles and Environment*, from Horrocks, A.R. and Anand, S. C. (ed) *Handbook of Technical Textiles* (The textile institute). Cambridge: Woodhead publishing Limited.
- Sustainable Table's definition of organically grown crops and certified organic labeling. (n.d.). From <http://www.sustainabletable.org/issues/organic/Swicofil> AG Textile Services milk fiber characteristics. (n.d.). From [www.swicofil.com/products/212milk\\_fiber\\_casein.html](http://www.swicofil.com/products/212milk_fiber_casein.html)
- Time magazine. (2010). Nov. 22, p.49
- Toray Group press release. (2003). Toray starts production of automobile upholstery material. From the Toray Group Web site at <http://www.toray.com/news/fiber/nr30513.html>
- United States Patent 4756958. (n.d.). Fiber with reversible enhanced thermal storage properties and fabrics made therefrom. From <http://www.freepatentsonline.com/4756958.html>
- Wall-Markowski, C.A., Kicherer, A., & Wittlinger, R. (2005). Eco-efficiency: inside BASF and beyond. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 16(2), 153-159.

---

**유효선**

서울대학교 의류학과 졸업  
 서울대학교 의류학과 졸업(석사)  
 미국 Univ. of California, Davis(박사)  
 현 서울대학교 의류학과 교수  
 E-mail: hyoseon@snu.ac.kr

---