21세기의 섬유 표면 가공

1. 섬유 표면 가공의 분류

섬유 공장에서 각종의 기능성 가공이 증가하고 있다. 가공`의 특징은 인체에 쾌적한 감각을 느끼도록 하는 것이다. 그것을 실현하기 위한 기능성 가공법은 "물리적 요소 기술"과 "화학적 요소 기술"로 분류되고 있다. 최근 일본에서 화학 물질의 사용 규제가 엄하게 됨으로써 "물리적 요소 기술"을 이용하여 자연 환경과 생산을 조화시키는 새로운 기술의 개발 건수가 증가하고 있다.

현재는 화학적 요소 기술이 주류였으나 물리 화학적 요소 기술과의 조합 기술이 증가하고 있는 것은 부정할 수 없다(그 개요의 분류는 표 1).

물리적 요소기술	- 자외선
	- 레이저 조사
	- 저온 플라스마
화학적 요소 기술	- 표면 활성화: 반응기의 도입
	- 표면 코팅: 표면 그래프트 중합 (유기)
	졸-겔 · 축합 (무기)
	- 섬유 분자 도입: 초분자(超分子)의 고정
	천연 고분자의 고정

<표 1> 섬유 표면 가공 기술의 분류표의 일 예

<표 1>에 나타나지는 않지만 물리적 요소 기술의 개발 예를 소개하면 염소를 사용하지 않고 양모를 방축하는 가공법이 실현되고 있다. 이 신기술은 세계에서 처음으로 개발자는 일본의 구라보 양모사업부이다. 개발 목적은 향후 세계적으로 염소의 사용 규제가 엄격해질 것을 예상하고 오존 처리로 양모를 방축하는 기술을 개발했다. 제품명은 Eco－Wash 21이다.

일본의 静岡대학 공학부 稲垣 교수도 양모를 저온 플라스마 처리해 방축하는 연구를 진행시키고 있다. 이 외, 東京가정대학의 高岸徹 교수 등의 연구도 염소를 사용하지 않는 양모의 방축법을 연구 과제로 하고 있다. 그 내용은 비염소계 산화제로 모노 황산 수소칼륨(PMS) 및 각질 분해 효소인 케라티나제로 양모를 처리해 염색성의 실험을 시작하고 있다[3]. 이 외, 일본에서 각종의 양모 처리의 연구가 증가하고 있다.

이러한 연구가 증가한 것은 할로겐족 분야의 염소계에 속하는 불소, 브롬, 요드 등의 사용량을 규제하는 조치가 단계적으로 삼엄해지기 시작했기 때문이다.

특히 방염 능력이 있는 브롬계의 HBCD도 인체에 대한 독성이 있는 것으로 최근, 일본에서 사용 주의의 품목이 되었다. DBDE도 섬유의 난연화를 위해서 삼산화 안티몬과의 병용으로 난연 효과가 높아지지만 최근, 맹독성 다이옥신의 생성이 확인되어 그 폐해를 방지하는 규제가 엄격해지고 있다. 최근 커튼, 기 등에 방염 가공하는 예가 증가하고 있어 그 해결책으로서 최근 폴리에스터 섬유용의 난연 가공제로서 할로겐을 함유하지 않는 인산에스터 등의 약제가 개발되고 있다.

그 외, 일본에서 화제로서 셀룰로스와 염소와의 반응으로 다이옥신의 생성은 미확인 상태이지만 염소계 약제를 사용한 종이, 펄프의 표백에서 다이옥신의 생성이 확인되고 있다. 그 때문에 일본의 염색 공장에서는 염소 처리에 의한 AOX, 트리할로메탄의 생성 상황을 조사해 활성 탄소 흡착법에 따르는 폐수 처리의 수준을 올리고는 있지만 그 방법만으로는 처리 코스트가 고액이 되므로 해결책으로서 셀룰로스 섬유의 표백으로 염소를 사용하지 않고 광 조사로 면포를 표백하는 연구가 진행되고 있다.

이 분야에 대해 연구하고 있는 곳이은 일본의 산업종합연구소와 닛신보이다. 양자가 따로따로 연구하는 것보다도 공동 연구함으로써 연구 속도를 높이려 하고 있다. 양자가 연구 중인 “광 표백법”은 면포 중의 착색 물질에만 빛을 흡수시켜서 활성화를 재촉하여 착색 물질과 비교적 온화한 약제를 실온에서 반응시킨다. 그렇게 함으로써 표백을 진행시킨다는 개념이다.

이 방법의 특징은 셀룰로스 자체에 거의 손상 없이 표백할 수 있는 가능성을 찾아내고 있다. 그 실험 규모를 확대하기 위해 최근, 새로운 실험 장치를 도입하고 테스트를 거듭하고 있다. 면의 표백에 의한 천의 상태는 후가공인 기능성 가공의 완성에도 영향을 주므로 “물리적 요소 기술”인 광 조사에 의한 표백 연구의 향후의 연구 성과를 기대하고 싶다.

이상의 연구는 “자연 환경과 생산의 조화”를 도모하는 궁극의 연구 예이지만 거기에 도달하는 과정의 연구도 증가하고 있다. 궁극의 신기술의 확립에 도달하는 과정의 연구는 궁극의 신기술의 확립을 위해서 큰 힌트가 되는 연구이다.

2. 인체의 피부에 상당하는 기능성 가공

일본에서 의복용과 산업 자재용의 기능성 가공이 증가하고 있는데, 예를 들면 의복용 기능성 가공에서 요구되는 것은 환경에 적응할 수 있는 섬유 원단으로 하는 것이다. 인체의 피부는 흡습성이 있어 발수 발유 능력이 있다. 더러움을 탈락시키기 쉬운 능력이 있다. 그 능력을 섬유에 부여하는 연구는 일본인 기술자가 자랑으로 여기는 연구 분야이다.

일본에서의 기능화 기술 발전의 과정을 돌이켜보면 섬유 소재는 천연 섬유와 화학 섬유, 합성 섬유로 대별되어 각각 가지는 장점, 단점을 보충하면서 소비자의 요구에 대응해 왔다. 주름이 생기기 쉬운 100% 면 직물의 결점을 방지하기 위해 세탁이 용이한 폴리에스터와 혼방, 교직 등 세계의 섬유 공업과 다투어 개발을 거듭했다. 면포의 주름을 방지하기 위해서 1945년 이후 Wash & Wear 가공, Permanent Press 가공의 실현에 노력했다. 그러한 기술은 미국의 것이다. 현재는 일본에서 개발된 면 직물의 형태 안정 가공 기술이 세계를 리드하게 되었다.

이에 대하여 합성 섬유의 분야에서도 본래의 특성을 유지하면서 천연 섬유의 특성을 부여한 감촉, 외관, 흡습, 흡한 등의 능력을 가진 섬유 소재가 개발되었다.

그 일례를 소개하면 천연 섬유와 합성 섬유의 구별을 초과하는 새로운 섬유를 만들자고 하는 것으로 일본의 구라보가 2006년 춘하용을 대상으로 가수분해성/생분해성 폴리에스터의 섬유 소재를 판매했다. 품명은 '바이오 네이처'이다.

바이오 네이처는 듀퐁의 가수분해성/생분해성 폴리에스터 "Biomax"(바이오맥스) 수지를 원료로 하는 폴리에스터 섬유로서 이것과 면 혹은 양모와의 혼방이 개발되고 있다. 미국 듀퐁사의 지혜와 일본의 구라보의 지혜를 맞춘 신제품이라고 말할 수 있다. 이러한 기술은 화학적 요소의 범위에 들어간다.

바이오 네이처의 특징

(1) 가수분해성/생분해성이란

바이오 네이처에 사용되는 바이오맥스는 장시간 충분한 수분과 온도 그리고 많은 미생물이 존재하는 환경 하에서 가수분해를 거쳐 생분해를 일으켜 최종적으로 물과 탄산가스(이산화탄소)가 된다. 그 속도는 늦어 동·식물에 대한 악영향은 없다.

(2) 연소성에 대해

연소시켰을 경우에 발생하는 탄산가스(이산화탄소)는 일반 물건에 비해 적게 연소하고 칼로리도 적기 때문에 처리 설비에의 영향도 경감된다. 그 재로부터도 유해 물질은 검출되지 않는다.

(3) 물성에 대해

"폴리에스터 수지"가 원료이기 때문에 내열 온도가 높고 가수분해를 일으키지 않으면 생분해도 일어나지 않기 때문에 통상의 사용에서 열화는 대부분 일어나지 않는다.

향후 일본에서 많은 기능성 가공이 개발되겠지만 그 분류에 대해서 일본에서 다양한 표현의 분류표가 소개되고 있지만 2005년 6월, 일본의 오사카에서 개최된 일본 염색

가공 동업회의 기술 토론회에서 京都여자 대학 교수 上甲恭平가 분류를 알기 쉽게 소개하고 있다<표 1>.

그 내용은 “기능성 가공은 물리적 요소 기술과 화학적 요소 기술로 분류되어 (1) 섬유 내부의 개질에 의한 잠재 기능의 향상, 개량”과 “(2) 섬유 표면의 개질 혹은 수식에 의한 부가적 기능의 부여”로 크게 나누고 있다.

전자의 가공에는 방추가공, W&W 가공, PP 가공, 형태 안정 가공, 방축 가공, 실켓 가공, 의마 가공, 경화 가공, 유연 가공, 염축 가공, 증량 가공, 심색화 가공, 감량 가공 등이 있고, 후자의 가공에는 발수 가공, 방수 가공, 친수 가공, 방오 가공, 방염 가공, 제전 가공, 스트레치 가공, 방충 가공, 항균 방취 가공, UV 컷 가공 등이 있다.

조사에 의하면 최근 일본의 기능성 섬유 제품은 섬유를 제조할 경우에 각종 기능성 효과를 발휘하는 방법이 증가하고 있어 그들을 기능 가공 소재라고 칭하고 있지만, 현재 상태로서는 후가공에 의한 기능성 가공법(물리적 기술 요소와 화학적 기술 요소 사용)이 주류가 되어 있다.

후가공법으로 활약하고 있는 일본에서 저명한 염색 회사는 사람이 섬유 제품을 착용하여 쾌적하고 안전한 느낌을 자각 받기 위해서 폴리에스터 섬유의 후가공으로서 각종의 기능화 기술을 많이 확립하고 있다.

그 내용을 소개하면 생리적 쾌적성을 인체에 부여하는 가공법으로서 흡습 효과를 발휘하기 위해서 그라프트 중합 기술로 표면 가공하고 있다. 흡한 가공은 표면 중합과 폴리머 피막하는 표면 가공을 하고 있다.

투습 방수를 위해서는 미다공막과 복합된 폴리머를 피막 기술로 표면 가공을 실현하고 있다. 항균과 방취를 높이기 위해서 섬유 중의 내부 흡진을 높여 폴리머 피막 기술을 교묘하게 사용하는 표면 가공 기술을 확립하고 있다. 제전성의 효과를 향상하기 위해서는 그라프트, 폴리머 피막하는 방법으로 표면 가공을 확립하고 있다. 도전성을 섬유에 부여하기 위해서 금속을 섬유에 교묘하게 부착시키고 있다. 이것도 표면 가공의 분류에 들어간다. 섬유의 항균, 방취를 위해서 내부 흡진, 폴리머 피막 기술을 확립하고 있다.

기능성 가공의 목적은 생리적 쾌적성을 인체에 부여하는 것에만 머물지 않고, 안전과 내구성을 발휘하는 것도 큰 목적으로 되어 있다. 섬유를 난연으로 하기 위해서 혹은 폴리에스터 섬유가 열에 녹기 어렵게 하기 위해서 내부 흡진, 그라프트 중합, 폴리머 기술의 세 가지를 편성하여 실현시키고 있다. 그 방법은 섬유 내부의 개질과 섬유 표면의 가공 효과의 편성이 특징이다. SR 효과의 향상을 위해서는 그라프트 중합과 폴리머 피막법의 편성으로 효과를 발휘시키고 있다. 그 기술의 상당수는 표면 가공 기술

에 집약되고 있다. 이 외의 염색공장도 섬유 표면의 가공 기술에 집중하는 경향이 있다.

일본에서는 광 촉매를 이용한 기능성 가공의 개발도 진행되고 있다. 광 촉매를 섬유의 기능성 가공에 이용하는 것은 찬반양론이 있다. 그러한 상황 속에서 일본의 대기업 염색공장에서 각종 표면 가공 기술 가운데 몇 가지 방법을 이용해 합성 섬유의 소취, 냄새 흡착 방지, 항균, 세탁 내구성 등을 실현하는 특허를 확립하고 있다. 이 기술의 특징은 가시광선 응답형의 광 촉매를 사용하고 있는 것으로 섬유의 취약화 방지, 염료의 자기 분해를 발생시키지 않는 것이다.

화학적 방법과 물리적 방법의 섬유 개질

지금까지 설명한 기능성 가공은 후가공을 전제로 물리적 기술 요소와 화학적 기술 요소의 두 가지로 대별되는 것을 소개했지만, 거기에 덧붙여 京都여자대학 교수 上甲恭平는 2005년 6월 일본염색가공동업회 기술 토론회에서 강연한 가운데 기능성 가공의 정의에 대해서 아래와 같이 알기 쉽게 설명하고 있다.

“물리적 방법의 특징은 비접촉이며 비수 처리인 점에 있다. 최근 주목을 끌어 연구가 활발히 행해지고 있는 기술로 자외선, 레이저, 저온 플라스마 처리 기술이 있다. 이러한 처리 기술에 의한 표면 개질의 특징 가운데 하나, 섬유의 벌크성 그 자체에 본질적인 영향을 주는 일 없이 표면층 부분만의 개질이 가능한 것이다. 이들 개질 효과에는 화학적 반응과 물리적 반응에 의한 개질 효과가 있지만 엄밀한 의미로의 분리 해석은 어렵다고 여겨지고 있다”.

3. 기능성 가공용으로 섬유 옷감의 설계가 중요

일본에서는 기능성 가공을 잘 하기 위해서 “섬유의 직물 조직, 편성 조직”에 대한 “기능성 가공”의 상호 관계를 적절히 하는 것을 중요시하고 있다.

기능성 가공은 예를 들어 A라고 하는 섬유 소재의 직물 조직에 B와 C라는 염색 공장이 같은 발수제나 발유 가공제를 이용하여 가공해도 가공제의 사용량과 가공 장치의 차이로 가공 효과가 다른 일이 있다. 이 외, 제직, 경편 등의 조직의 차이에서도 가공 효과에 차이가 나온다.

최근 세계적으로 산업용 텍스타일에 용제형 코팅의 방법 대신에 수성 수지의 코팅 방법을 채용하는 공장이 증가하고 있다. 거기에 동반해 수성 코팅 가공제를 바르는 대상의 원단 조직의 중요함이 논해지고 있다. 이 외, 코팅 방식도 가공의 목적별로 적절

한 기계를 선택하는 일도 중요시되고 있다. 방오 효과를 높이기 위해서 불소화 하이드로카본의 첨가가 유효하다고 유럽의 문헌에서 소개되고 있다. 일본에서는 특수한 실리콘계로 궁리를 하는 시대가 올 것이라고 말하는 사람도 있다.

발수의 역할에 대한 학설이 있다. 그 학설에 대해서 새로운 견해를 일본의 학자가 아래와 같이 발표하고 있다.

2005년 6월 8일~10일, 岐阜· 長良川 국제회의장에서 개최된 2005년도 섬유학회 연차 대회의 염료, 염색, 마무리 가공 부문의 연구 발표회에서 脇田登美司(京都工芸繊維大學 명예교수, 岐阜女子大學 명예교수), 德山孝子(岐阜女子大學, 西 謙二, 宮崎雅博(明成化學), 이문철(부산대학교), 板津敏彦, 宮路千乃(愛知県産技研· 尾張)이 각각의 공동 고찰을 발표하였다. 그 내용은 발수 가공 직물의 세탁, 열처리에 의한 표면 특성의 변화에 대한 고찰이다. 최근 일본 및 세계에서 주목 받고 있는 테마인 만큼 발표자의 생각에 대해서 열심히 귀를 기울이는 사람이 눈에 띄었다.

발표의 요점은 견 팔레스, 양모 트로피컬을 지르코늄계 발수제 및 실리콘 수지로 패드, 드라이, 큐어법으로 처리한 후 또한 세탁, 열처리하고 이러한 시료에 대해 KES 전단, 굽힘 특성 등 각종 상태를 측정하고 발수제 처리 후의 세탁으로 발수성이 저하하고 그 후, 열처리로 발수성이 향상하는 등 지르코늄계 발수제 처리에 의한 역학적 특성 등 상세하게 설명하였다.

발수 가공의 이론적인 해명은 세계적으로 기능성 가공이 증가함에 따라 진행될 것이다. 그러한 상황 하에서 脇田 등의 연구에 의한 고찰이 더욱 상세하게 발표를 거듭하는 것을 일본에서 기대하는 사람이 많다.

거기에 관련한 테마 내용을 2005년 섬유학회 연차 대회에서 西 謙二(明成化學), 이문철, 정동석(부산대학교), 岐阜女子大大學 명예교수인 脇田登美司 등이 “탄화수소계 발수제로 처리한 나일론 6, 트리아세테이트 직물의 세탁, 열처리의 효과”에 대하여 소개하고 있다.

이 외, 공업적 액체 암모니아 처리에 있어서의 처리 조건과 면의 구조 변화와의 관계에 대해서 信州大學의 柳内雄一, 濱田州博, 清水義雄 등이 발표한 연구 결과와 고찰 내용 역시 일본에서 큰 화제가 되고 있는 만큼 관심이 모였다.

그 요점은 액체 암모니아 가공 실용기의 운전 속도를 바꾸면 암모니아 침지 후 건조의 정도가 변화함에 따라 면 직물의 결정 구조 및 비결정 구조가 변화한다. 결정 구조에 대해서는 건조가 충분히 행해지는 만큼 면 구조에서 학문적으로 정의되고 있는 Ⅲ 형태(면 섬유는 처리에 따라 Ⅰ 형태에서 Ⅱ 형태, Ⅲ 형태로 바뀐다)의 비율이 많아져 건조가 빠르면 비결정이 많아진다. 비결정 구조의 변화는 복잡하고 건과 습의 방추성,

인장 강도, 강연도는 건조 정도가 상승함에 따라서 증대하지만 면의 세공 용적과 수분 보관 유지율은 저하한다. 흡습률과 인렬 강도는 경도가 건조한 것은 증대하지만 건조 정도가 더욱 오르면 점차 저하한다. 염료 흡착률은 액체 암모니아 처리로 약간 향상하지만 건조 정도와의 관계는 그 이외의 어느 쪽의 항목의 변화와도 다르다고 언급했다. 이 연구는 더욱 규모가 커질 것으로 예상되고 있다.

4. 기능성 가공과 향후의 신기술

기능성 가공은 의류용과 비의류 등 각종 용도로 생산되는 텍스타일의 기능성을 향상에 목적이 있으므로 그것을 더욱 크게 향상시키기 위해서 나노테크놀로지를 무시할 수는 없다. 나노 구조를 제어해 새로운 특성을 가진 물질을 설계하려고 하는 시도가 나노테크놀로지이다.

나노 구조체의 일부는 흩어진 부품으로서 사용될 것이고 또, 입자나 섬유와 같이 큰 구조체에 조립한다. 게다가 섬유, 필름, 코팅 방법의 혁신을 재촉하여 벽돌이나 구조재와 같이 더 큰 것도 만들어질 것이라고 과학자는 예상하고 있다.

최근 일본의 섬유 염색 공장 중에 직물, 편물, 부직포 등의 시트에 나노 단위의 금속 박막을 코팅할 수 있는 기술을 개발하고 있다. 이 방법은 바인더 등의 접착제를 사용하지 않고 분자 또는 원자 수준으로 물리 에너지만으로 부착하는 방법이다. 태, 통기성은 금속 박막 없는 상태와 비교하여 다르지 않다.

금속막을 시트상에 부착함으로써 친수성이 향상되는 동시에 전자파, 자외선의 투과를 차단한다. 보온성이 높아진다. 그 외, 각종 효과를 발표하고 있다.

향후, 기능성 가공 방법은 가공 효과의 차별화를 위해서 각 용도별로 독창적인 새로운 나노 약제도 등장할 것이다. 앞으로의 기능성 가공은 자연 환경과 생산과의 조화를 이루는 기술에 대한 가교 역할이 되는 것은 부정할 수 없다. ☺