

# 나노 TiO<sub>2</sub> 입자를 이용한 자외선 차단 면 섬유제품

## 1. 서언

편안하고 건강한 삶에 대한 요구가 높아지면서 다기능 섬유제품에 대한 관심도 함께 높아지고 있다. 최근 환경오염의 영향으로 인해 지구에 도달하는 과도한 양의 자외선에 대한 우려가 커지면서 자외선 차단 섬유제품에 관한 연구가 급증하고 있다. 자외선은 피부 노화를 가속화시키고 일광화상과 같은 급성 및 만성반응과 손상을 초래한다. 하지만 일반 섬유제품은 이러한 자외선에 대한 보호성능이 충분하지 않다. 본고에서 소개하는 나노 TiO<sub>2</sub> 가공소재는 기존의 유기계 자외선 흡수제 가공소재보다 자외선 차단성능이 우수하며 내구성이 있다. 나노 TiO<sub>2</sub>의 합성에는 수열법(hydrothermal method)을 이용하였다.

## 2. 실험

### (1) 시료

나노 TiO<sub>2</sub>의 합성에는 고순도 화학약품을 사용하였다. 시료는 30's 면 100 % 직물(27×21/cm)을 정련표백하여 사용하였다. 사용된 직물의 흡수성은 3 초 미만이며, CIE 백도는 65 이다. 직물의 단위면적당 중량은 74.82 g/m<sup>2</sup>이다.

### (2) 자외선 차단 가공

TiO<sub>2</sub> 나노입자는 수열법으로 합성하였다. 자외선 차단 가공제는 1 % 농도의 나노 TiO<sub>2</sub> 와 나노입자의 결합을 위해 아크릴계 바인더(1 % 농도)를 함께 사용하였으며, 패드-건조-열처리(pad-dry-cure) 공정으로 면 직물에 가공하였다. 이때, 픽업을 65 %를 유지하도록 2dip-2nip 패딩한 후 공기 중에서 건조 후 140 °C 에서 3분 동안 열처리하였다. 성능비교를 위해서 유기계 자외선 흡수제도 면직물에 동일한 방식으로 처리하였다.

### (3) 특성 분석

나노  $\text{TiO}_2$  결정질의 구조를 알아보기 위해, X-선 회절분석기(PW-3710, Phillips)를 이용해 Cu target (파장 1.54 Å)으로 분석하였으며, 사용전압은 40 kV, 전류는 30 mA 이었다. 이때, 회절각  $\theta$  는  $10\sim 80^\circ$ 범위에서 측정하였다. 표면관찰은 3.5 nm의 해상도를 갖는 주사전자현미경(S-3000H, Hitachi)를 사용하여 관찰하였다.

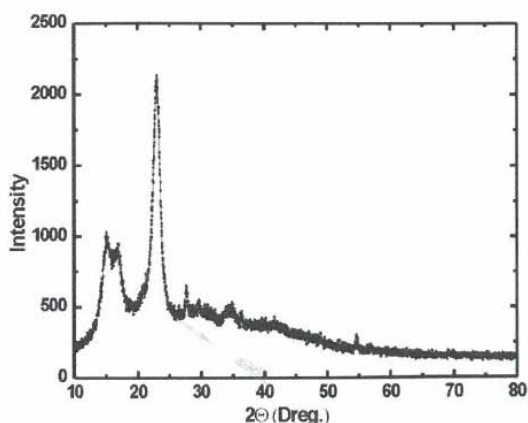
### (4) 성능평가 및 분석

미처리 및 가공시료의 자외선 차단성능은 AATCC 183 방법으로 측정하였으며, UV-A와 UV-B의 파장범위는 각각 315-400 nm, 280-315 nm로 하였다. 가공시료의 물성 및 세탁내구성은 ASTM 방법으로 평가하였다.

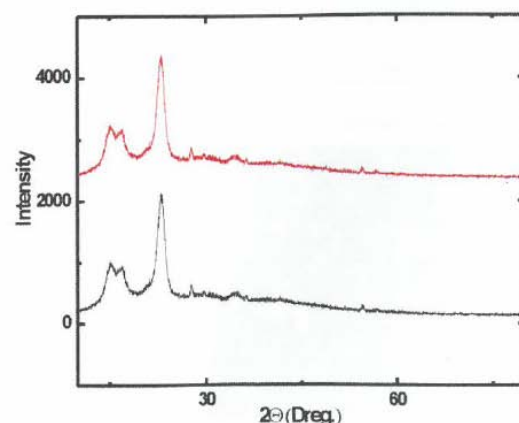
## 3. 결과 및 고찰

### (1) 특성분석

<그림 1>과 <그림 2>에서 보는 바와 같이 나노  $\text{TiO}_2$  는 . . . . 에서 피크가 나타났으며, 합성된  $\text{TiO}_2$  는 완전히 결정체로 이루어진 것을 확인할 수 있다. 합성된 입자는 101 면에서 더 우수한 결정화도를 보였으며, 다른 불순물에 의한 회절 피크는 나타나지 않았다. 또한 <그림 2>에서 보는 것과 같이 격자상수는 벌크 (bulk)  $\text{TiO}_2$  와 일치하며, JCPDS 표준과도 일치한다.



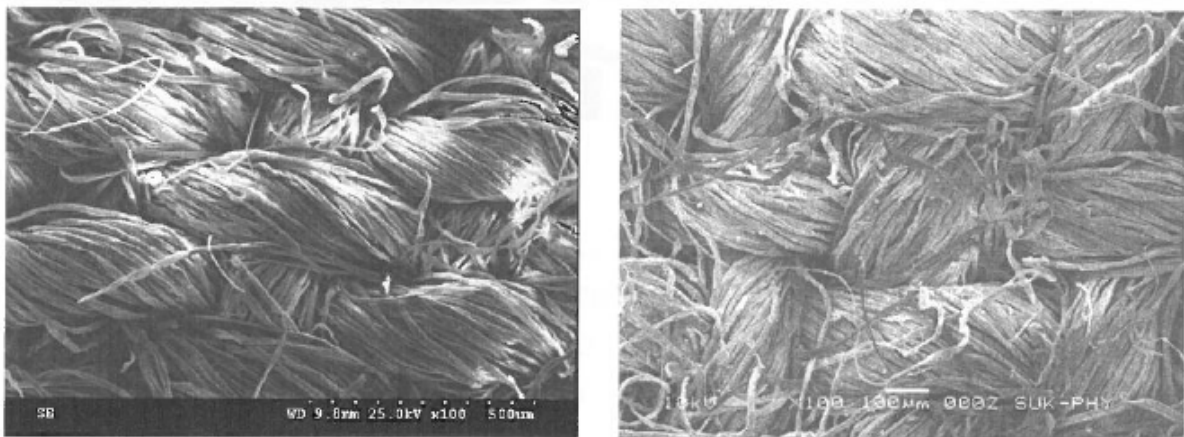
<그림 1> 나노  $\text{TiO}_2$  의 X선 회절곡선



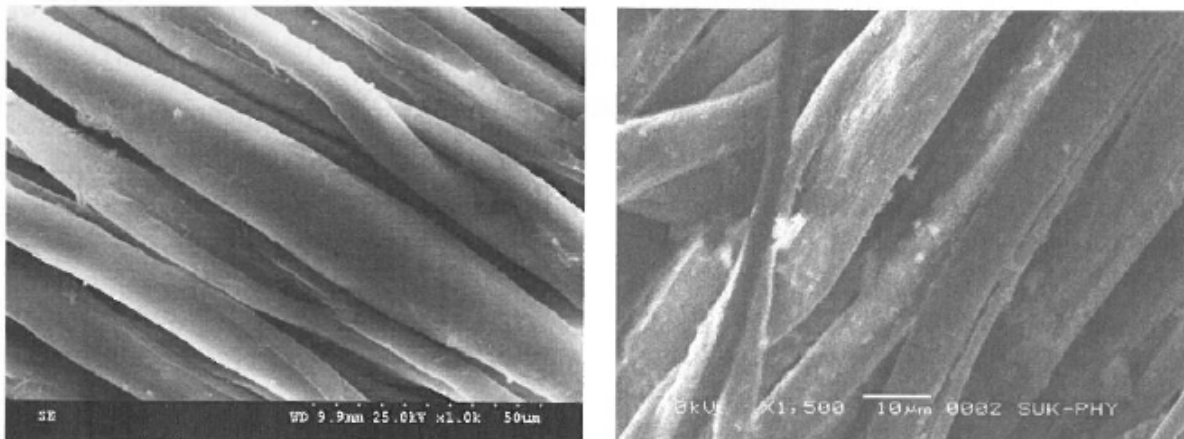
<그림 2> 나노 및 벌크  $\text{TiO}_2$  의  
X선 회절곡선

면 직물을 나노  $\text{TiO}_2$  가공한 후 주사전자현미경을 이용하여 나노입자의 고착상태를 관찰한 결과, 나노입자가 응집되어 있는 경향이 관찰되었지만 섬유 표면에 전체적으로 균일하게 고착되어 있는 것으로 확인되었다.

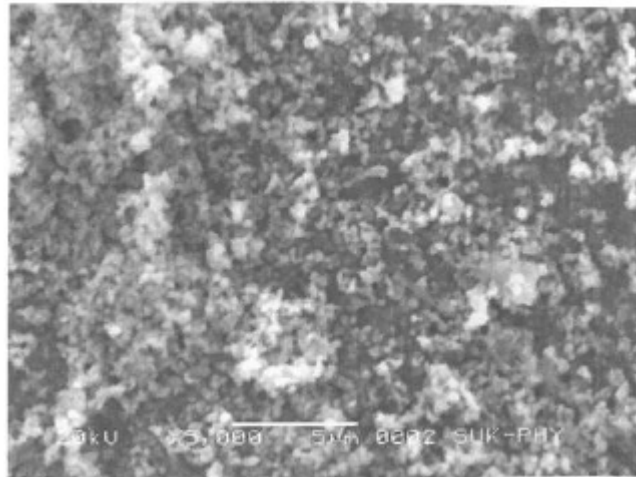
유기계 자외선 흡수제로 가공된 면 직물을 주사전자현미경으로 관찰한 결과, 섬유의 표면에 박막 형태로 고착되어 있는 것을 관찰 할 수 있었으며, 이것은 바인더가 박막을 형성하기 때문인 것으로 생각된다.



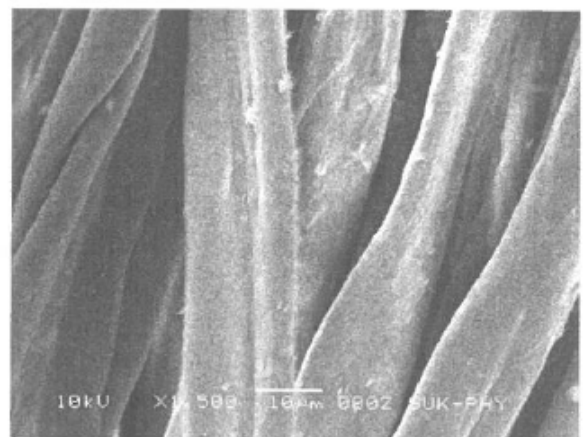
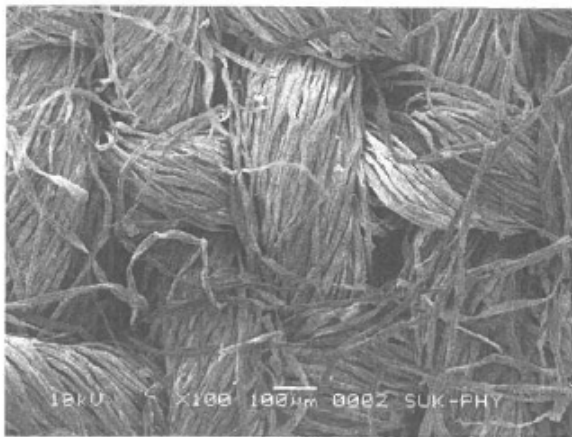
<그림 3> 미처리 면 직물의 SEM 사진



<그림 4> 나노  $\text{TiO}_2$  가공 면 직물의 SEM 사진



<그림 5> 나노 TiO<sub>2</sub> 입자의 SEM 사진



<그림 6> 유기계 자외선 흡수제 가공 면 직물의 SEM 사진

## (2) 성능평가

<표 1>에서 보는 바와 같이 나노 TiO<sub>2</sub> 가공 직물은 유기계 자외선 흡수제 가공 직물보다 높은 UPF 값을 나타내었다. 또한, UV-B영역뿐만 아니라 UV-A 영역에서도 높은 흡수율을 나타내었다. 이것은 합성 TiO<sub>2</sub> 입자 특유의 밴드갭 에너지 때문인 것으로 추정된다. 상기 결과로부터 자외선 차단성은 섬유 표면에 존재하는 TiO<sub>2</sub> 나노입자의 자외선 흡수능력에 의한 것으로 확인할 수 있었다. 뿐만 아니라 나노 TiO<sub>2</sub> 가공은 면 직물의 물성에 크게 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 또한 나노 TiO<sub>2</sub> 가공 시료는 세탁 10회 후에도 자외선 차단 성능을 유지하는 것으로

로 나타나 다른 시료들보다 내구성이 우수한 것으로 확인되었다.

<표 1> UPF 측정 결과

| 시료번호 | 시 료                         | 평균 UPF |
|------|-----------------------------|--------|
| 1    | 미처리 면 직물                    | 7      |
| 2    | 1 % 바인더 가공 면 직물             | 7      |
| 3    | 유기계 자외선 흡수제 가공 면 직물         | 17     |
| 4    | 나노 TiO <sub>2</sub> 가공 면 직물 | 27     |

<표 2> 세탁내구성 시험 결과

| 시료번호 | 시 료                               | 세탁 전 | 세탁 5회 | 세탁 10회 |
|------|-----------------------------------|------|-------|--------|
| 1    | 미처리 면 직물                          | 7    | 8     | 8      |
| 2    | 1 % 바인더 가공 면 직물                   | 7    | 8     | 7      |
| 3    | 유기계 자외선 흡수제 가공 면 직물               | 17   | 10    | 7      |
| 4    | 나노 TiO <sub>2</sub> 가공 면 직물 (1 %) | 27   | 25    | 22     |

#### 4. 결론

자외선 차단 가공시료와 미처리 시료의 UPF를 측정한 결과, 나노 TiO<sub>2</sub> 가공시료는 UV-A와 UV-B에 대하여 우수하고 내구성 있는 자외선 차단 효과를 나타내었다. 또한 나노 TiO<sub>2</sub> 가공시료가 유기계 자외선 흡수제 가공시료보다 우수한 자외선 차단 성능을 보였다. 이번 연구를 통해 나노 TiO<sub>2</sub>는 스포츠 의류나 아동복을 비롯한 다양한 자외선 차단 의류에 적용이 가능할 것으로 기대된다.