

# 새로운 용도를 개척한 나노섬유 제조

## (하) 내부구조와 물성

교토 공예섬유대학 대학원

### 1. 서론

본고에서는 전기방사법을 이용한 나노섬유의 모폴로지 제어에 관해 소개하고자 한다. 구체적으로 섬유직경, 다공구조, 쉬스·코어구조, 섬유배향 등의 제어사례를 소개하였다. 나노섬유의 매력이 바로 “극세”라는 모폴로지를 일으킨다는 것을 생각해보면, 나노섬유를 전개하기 위해 모폴로지 제어가 중요하지 않을 수 없다.

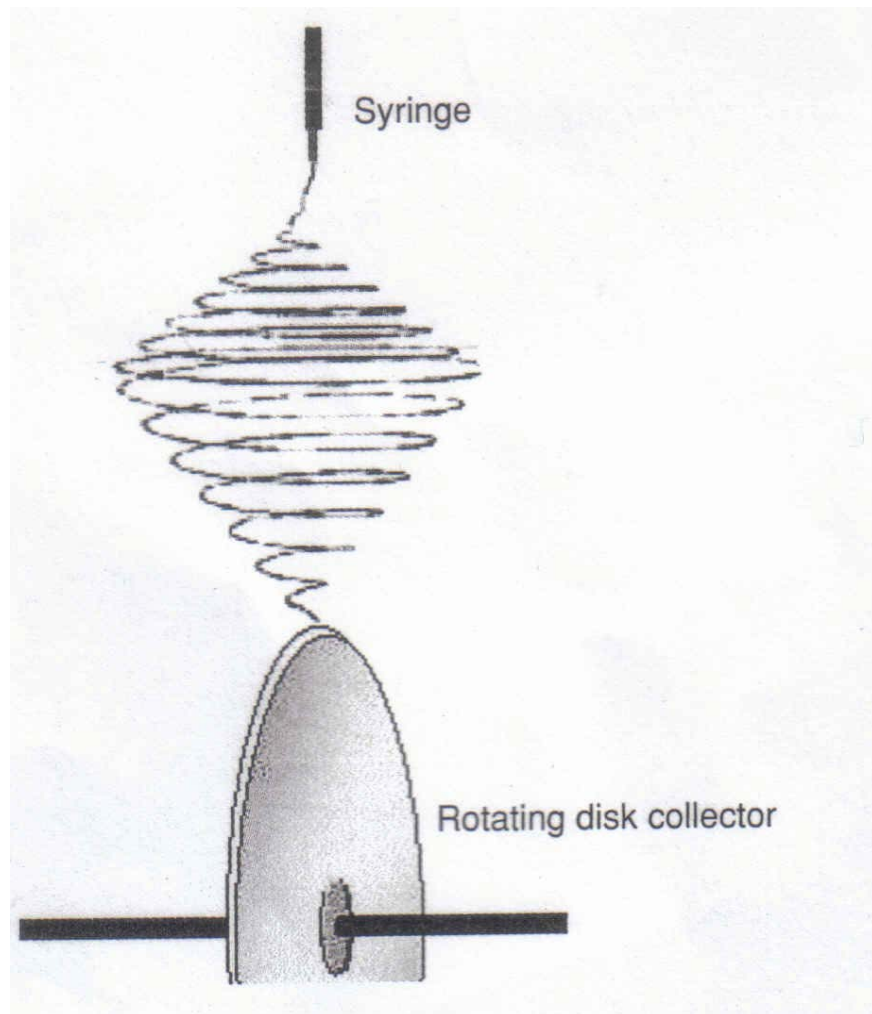
나노섬유의 용도전개에 있어서 요구되는 특성/기능성을 달성하기 위해 내부구조를 제어하는 것이 필요한 경우가 있다. 따라서 방사조건과 내부구조의 관계를 이해하는 것이 중요하다. 특히 나노섬유는 결과적으로 고분자의 분자쇄를 나노미터 스케일의 일차원공간에 넣기 때문에 “벨크와는 다른 구조와 인장특성이 발현되는 것이 아닌가”라는 기대가 있다. 이것을 검증하기 위해 나노섬유의 내부구조와 물성에 대한 연구가 활발히 이뤄지고 있다.

### 2. 본론

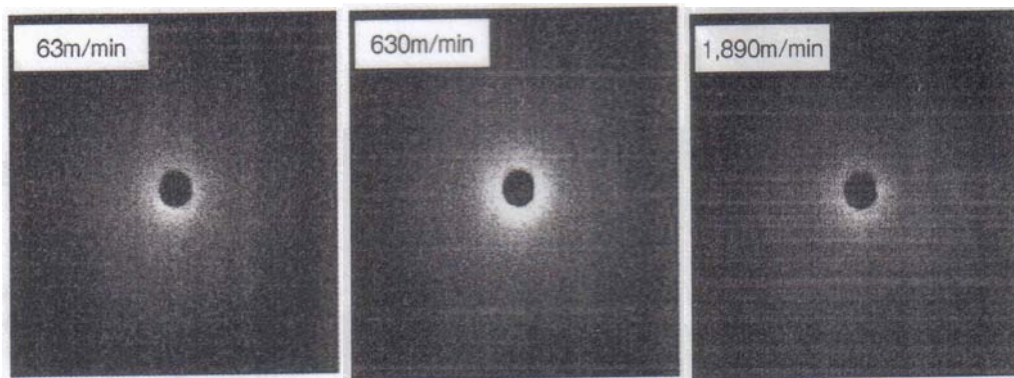
#### 1) PLLA

<그림 8>에서와 같이 Disk collector 를 사용하여 만든 폴리유산(PLA) 나노섬유의 X 선 회절결과를 <그림 9>에 나타내었다. 이 그림에서는 Disk

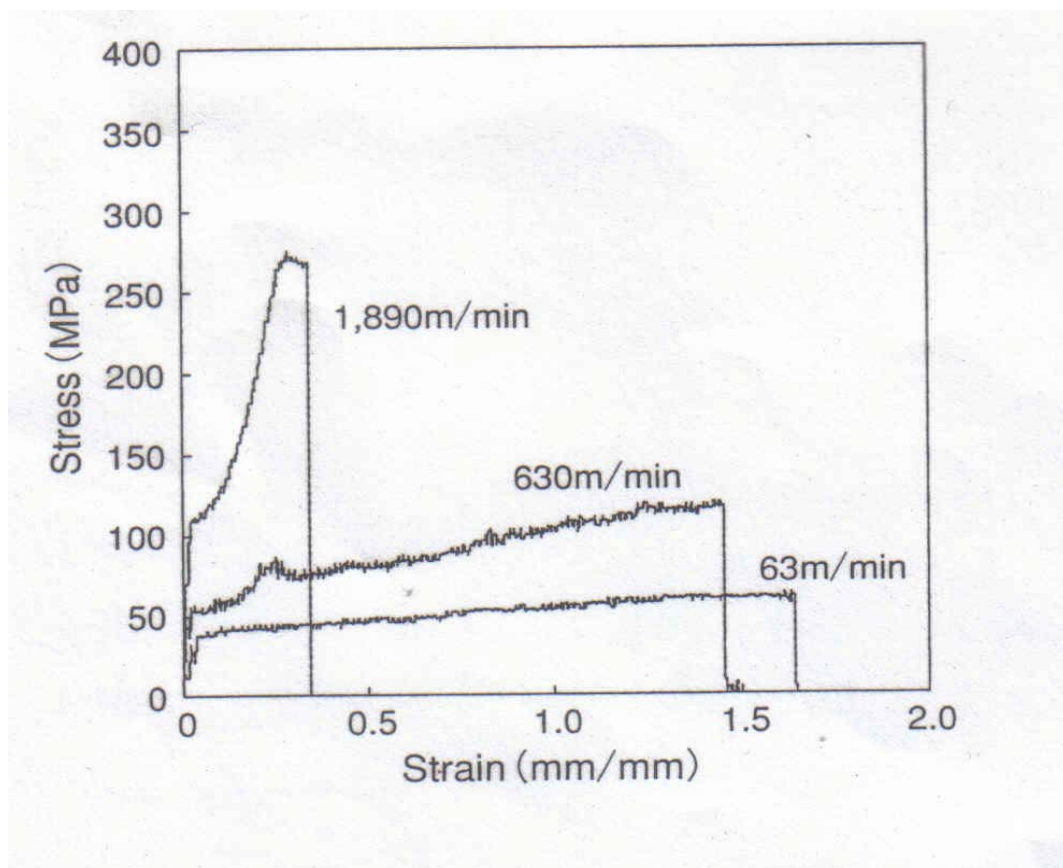
collector 의 회전속도, 즉 권취속도의 영향을 검토하였다. 권취속도의 증가에 따라, 결정이 배향해나가는 현상을 관찰하였다. 권취속도가 나노섬유의 역학적 특성에 미치는 영향을 검토하기 위해 다른 권취속도에서 권취한 PLLA 나노섬유 1 개의 인장시험을 하였다. <그림 10>에 PLLA 나노섬유 1 개의 응력-변형 곡선을 나타내었다. 권취속도의 증가에 따라 인장탄성을 및 인장강도가 크게 증가하는 것을 알 수 있다.



<그림 8> Rotating disk collector



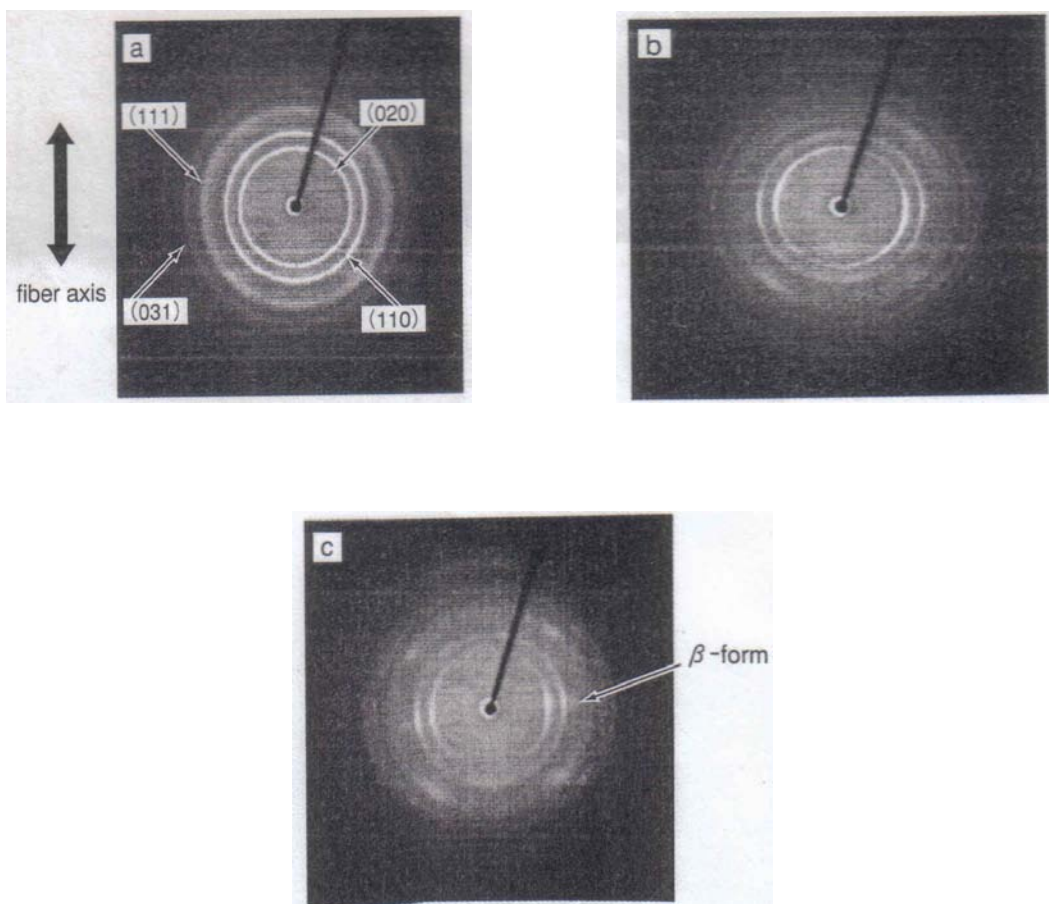
<그림 9> PLLA 나노섬유의 WAXD(Wide-Angle X-ray Diffractometer, 광각 X-선 회절장치) 측정 패턴



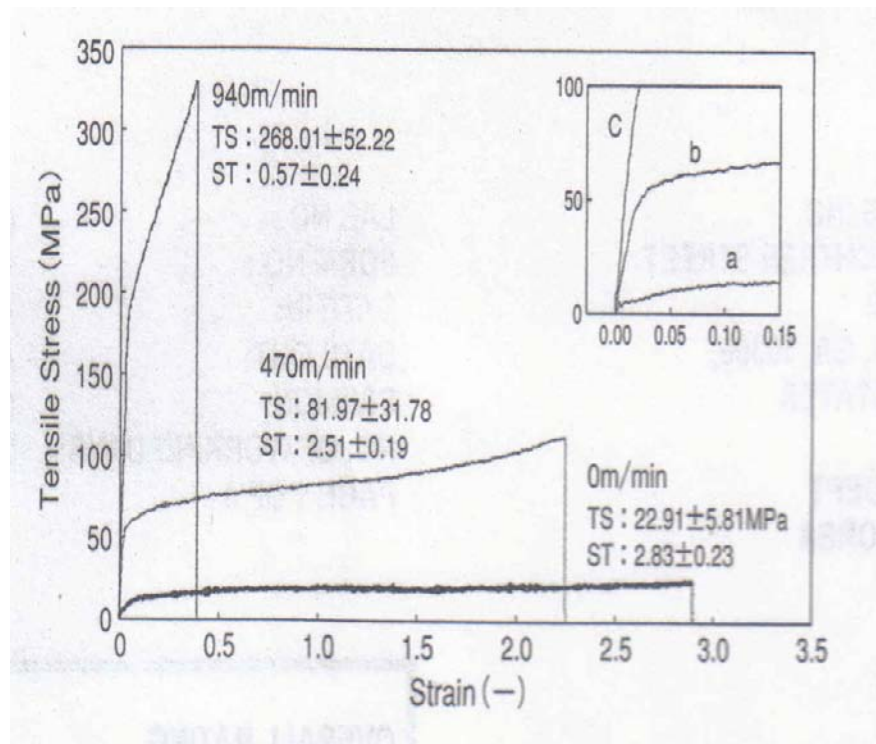
<그림 10> PLLA 나노섬유 1 개의 응력-변형곡선

## 2) PHBV

PLLA 보다도 결정화속도가 빠른 Poly(hydroxyl butyrate valerate)(PHBV)에 대해서도 PLLA 와 같은 시험을 하였다. <그림 11>에 PHBV 나노섬유의 WAXD 패턴을 나타내었다. PLLA 의 경우와 동일하게, 권취속도의 증가에 따라 결정배향성이 향상되는 것을 알 수 있었다. 또 PHBV 의 경우, 빠른 권취속도에서,  $\beta$  결정 형성이 확인되었다. <그림 12>는 PHBV 나노섬유 1 개의 응력-변형 곡선을 나타낸 것이다. 그 인장특성의 향상은 PLLA 보다도 현저하였다.



<그림 11> PHBV 나노섬유의 WAXD (Wide-Angle X-ray Diffractometer, 광각 X-선 회절장치) 측정 패턴



<그림 12> PHBV 나노섬유 1 개의 응력-변형 곡선

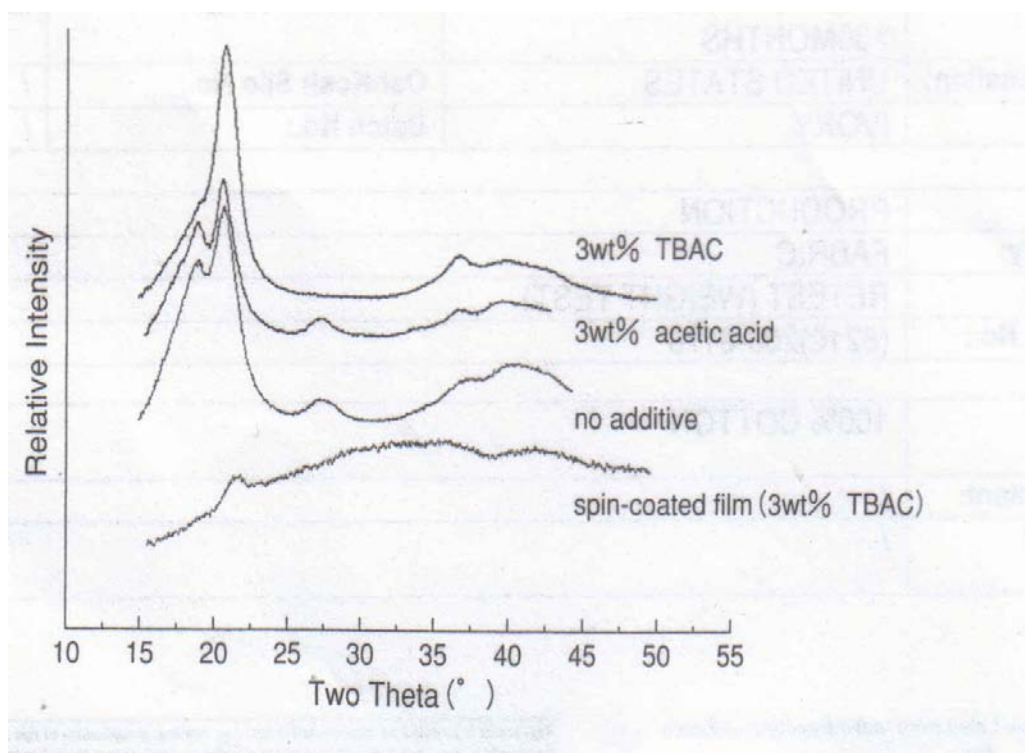
### 3) PVDF

<그림 13>에 전기방사법으로 방사한 poly(vinylidene fluoride)(PVDF) 나노섬유의 X-선 회절 결과를 나타내었다. PVDF 용액의 전도성을 조절하여,  $\beta$  결정 함유율을 극도로 높인 나노섬유를 방사할 수 있는 것을 알 수 있었다.

### 4) POM

Poly(oxymethylene)(POM) 나노섬유의 결정형성에 미치는 전기방사 조건의 영향에 대해 검토하였다. 그 결과, 전기방사법에 의해서, 회전 disk collector 를 사용하여 연신, 방사한 경우, 확장된 사슬 결정(extended-chain crystal)이

형성되었다. 또 전기방사 조건을 변화시키는 것으로, 확장된 사슬 결정과 접힌 사슬 결정(folded-chain crystal)의 형성을 제어할 수 있었다. 더욱이 권취속도가 빠른 경우, <그림 14>에 나타낸 것과 같이 14 분자쇄/40 유니트로 구성되는 [섬유속]이 섬유 축방향에 배향된 피브릴을 형성하고 있는 것이 밝혀졌다.

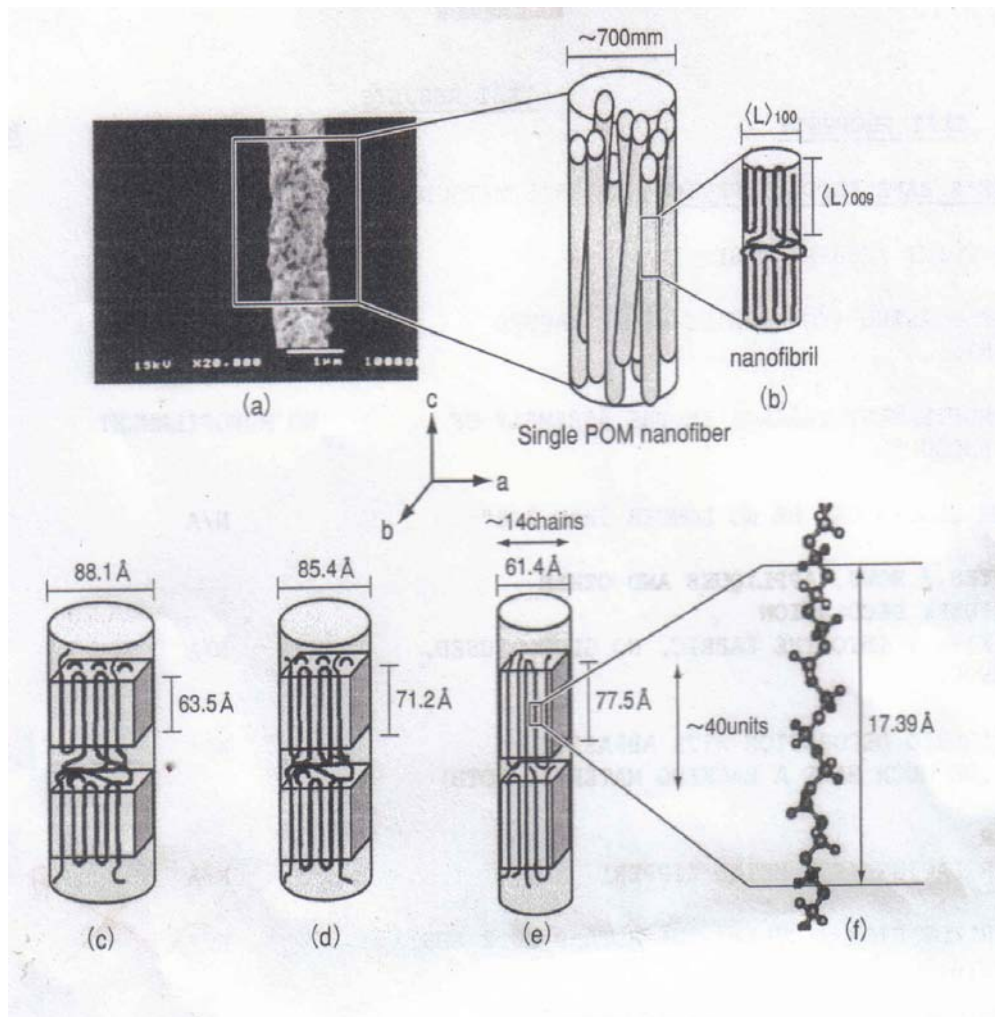


<그림 13> PVDF 나노섬유의 X 선 회절

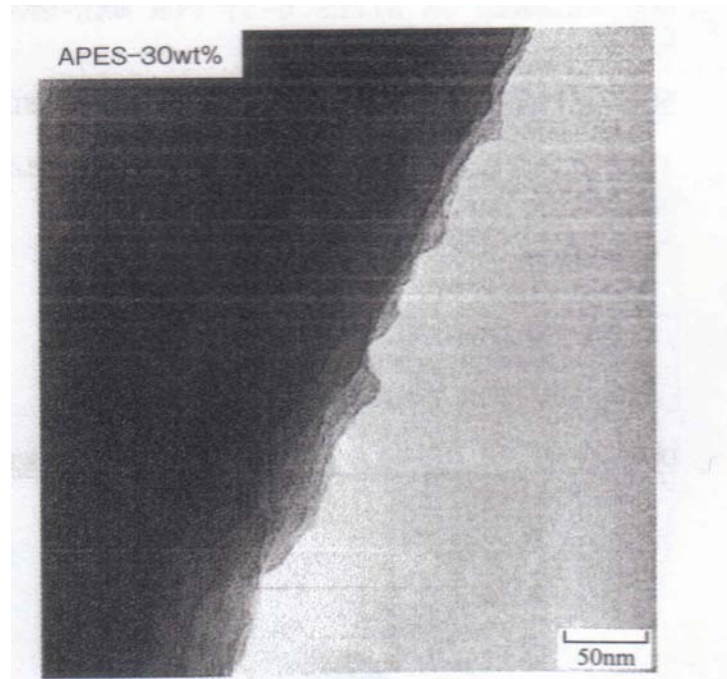
## 5) 복합 나노섬유

나노섬유에 기능성을 부여하는 방법으로서 나노입자의 복합화가 있다. 다양한 나노입자를 충전한 나노섬유의 제조가 보고되고 있다.

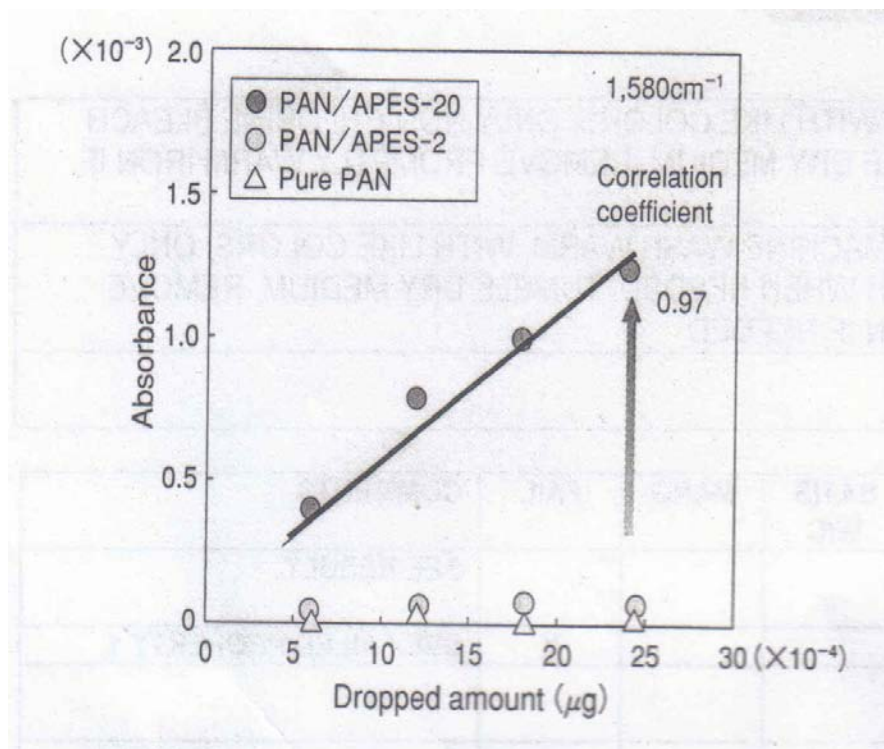
<그림 15>는 실리카/PAN 나노섬유의 TEM(투과전자현미경) 사진이다. 전기방사법으로 고분자/실란알콕시드(silane alkoxide) 혼합용액을 사용하여, 실리카상을 쉬스로하는 쉬스·코어구조 복합 나노섬유를 얻을 수 있었다. 여기서 아미노기를 가진 실란알콕시드를 사용하여 나노섬유 표면에 아민기를 도입하는 것이 가능하게 된다. <그림 16>은 아민기를 함유한 실리카 복합 나노섬유의 흡착특성을 나타낸 것이다. 실란알콕시드 함유량의 증가에 따라 흡착특성이 향상되는 것을 알 수 있다.



<그림 14> POM 나노섬유의 내부구조 모델



<그림 15> 실리카/PAN 나노섬유의 TEM(투과전자현미경) 사진



<그림 16> 실리카 복합 나노섬유의 흡착특성

### 3. 결론

나노섬유의 내부구조, 나아가서는 특성/기능성이 방사조건에 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 나노섬유의 특징인 크기를 이용한 용도전개 뿐만 아니라 구조형성과 특이한 특성발현을 기초로 한 용도전개가 촉진될 것으로 기대된다.