

나노화이버의 현 실태와 전망

<PLA와 펩티드 공중합체(PCo)를 이용한 금속 이온 흡착 나노화이버 개발>

시가 현립대학 공학부 재료과학과

1. 서 론

최근 공장 등에서 배출되는 폐기물에 새로운 용도나 가치를 부가하여 다른 재료로 시장에 환원시키는 순환형 사회의 구축이 중요시되고 있다. 특히 주목받고 있는 것은 전기전자산업으로부터 폐수 중에 다량 함유된 귀금속 이온이다. 이러한 귀금속(희소금속)은 넓은 범위에서 사용되고 있음에도 불구하고, 생산량에는 한계가 있기 때문에, 시장에 통용되고 있는 금속을 재활용하여 계속 사용하는 것이 필요하고, “도시광산” 이라는 말로 표현되기도 한다. 이중에서도 금(gold)은 도전성·내부식성·가공성이 우수하여, 형태는 벌크에서 부터 미립자, 이온까지 다양하며, 장식품이나 금화에서부터 휴대전화 등의 전자기기까지 다방면에 걸쳐 사용되고 있다. 이러한 제품의 재처리 과정에서 발생하는 산업폐수에는 금이 이온형태로 다량 함유되어 있다.

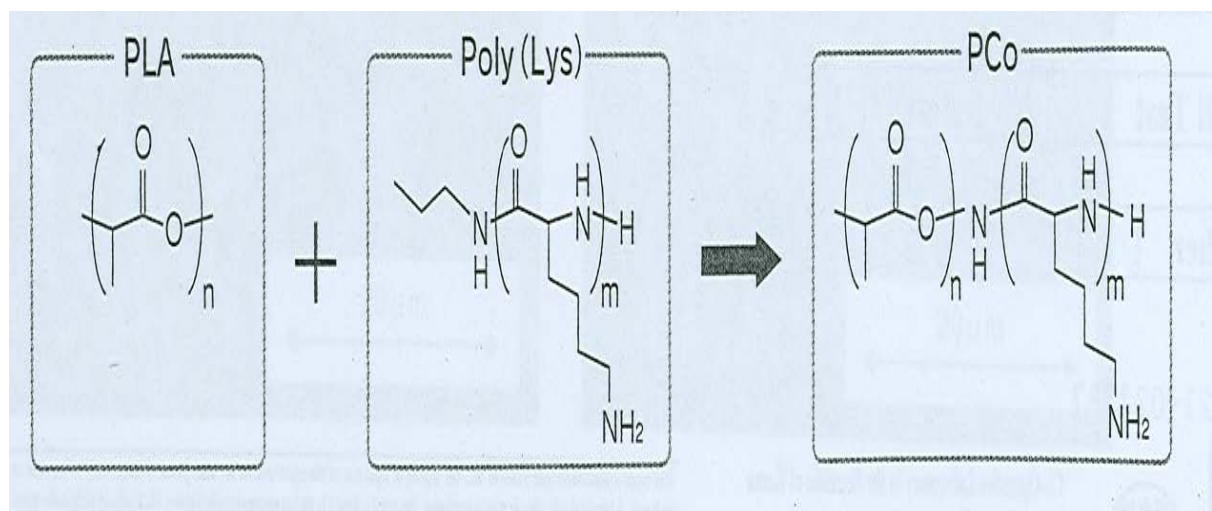
기존에 사용되고 있는 금 이온의 회수방법인 이온교환수지법과 용매적출법은 저농도의 금 이온은 회수가 곤란하고, 흡착 후 재생이 되지 않으며, 공정이나 장치가 복잡한 문제점이 있어 해결책이 필요한 상황이다. 시가 현립대학에서 개발한 금 이온에 대해 흡착성능을 가지는 펩티드 공중합체로 만든 기능성 고분자를 나노화이버화 하여, 금 이온을 고효율로 흡착할 수 있는 나노화이버 필터의 제작이 가능하게 되었다.

2. 서 론

(1) 펩티드 공중합 폴리머(PCo)

[펩티드 공중합 폴리머(PCo)]라 불리는 신규 기능성 고분자는 분자내에 폴리리신(poly lysine)을 갖는 블록(block) 공중합체로 금속이온에 대해 높은 선택적

흡착을 하는 것으로 보고되고 있다. 이번에 사용한 PCo는 폴리유산 PLA와 폴리리신의 블록 공중합체로, PLA의 표면개질을 목적으로 하여 개발된 것이다. 분자구조를 <그림 37>에 나타내었다. PLA도 폴리리신도 생태적합성과 생분해성이 우수한 재료로, 환경부하가 적으며, 의료재료 분야에서도 이용이 가능하다.



<그림 37> 합성한 펩티드 공중합체(PCo)

이 PCo의 특징으로는 금속이온의 선택적 포집을 들 수 있다. 다양한 금속이온 수용액에 대해서 흡착실험을 실시한 결과, 금속 종류에 대해서 다른 포집특성을 나타내는 것을 알았다. 그중에서도 금 이온에 대해서는 99%라는 포집효율을 나타내고, 이 특성은 금 이온과 기타 이온과의 혼합수용액에 대해서도 유효하며, 이 경우에는 금 이온만의 선택적 포집에도 성공하였다. <표 5>에 PCo의 조성에 대해 나타냈다.

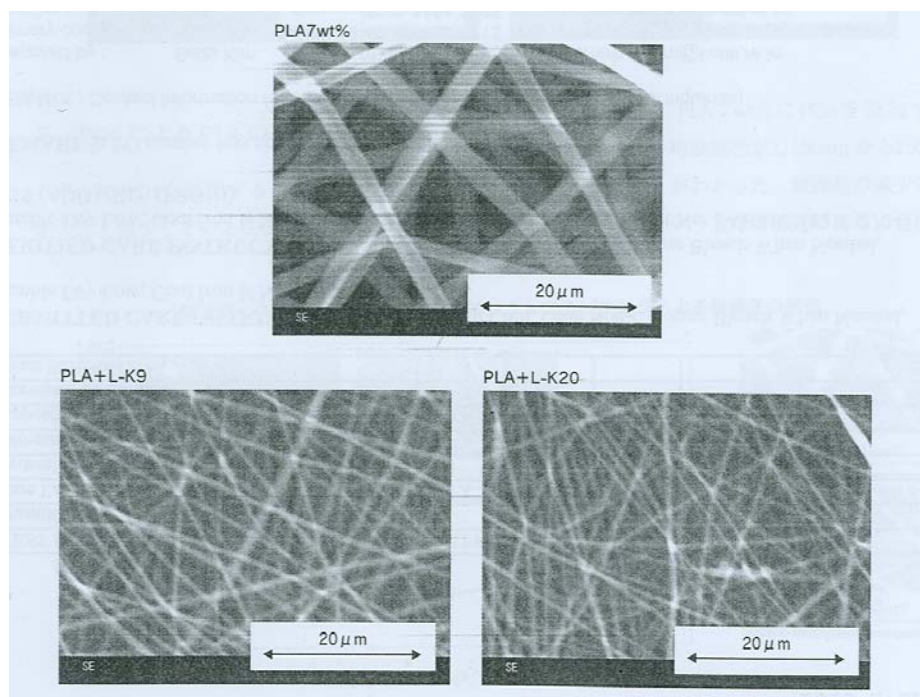
전기방사법으로 나노화이버 제작시 기본적으로 PCo 단독으로 나노화이버를 만들려고 하였으나, <표 5>에 나타낸 것과 같이 공중합체인 PCo의 분자량이 비교적 작아서 나노화이버 막의 강도를 높이기 위한 방법으로 PLA 단량체와 PCo의 블랜드 나노화이버의 형태로 용액을 제작하였다.

<표 5> 펩티드 공중합체(PCo)의 조성

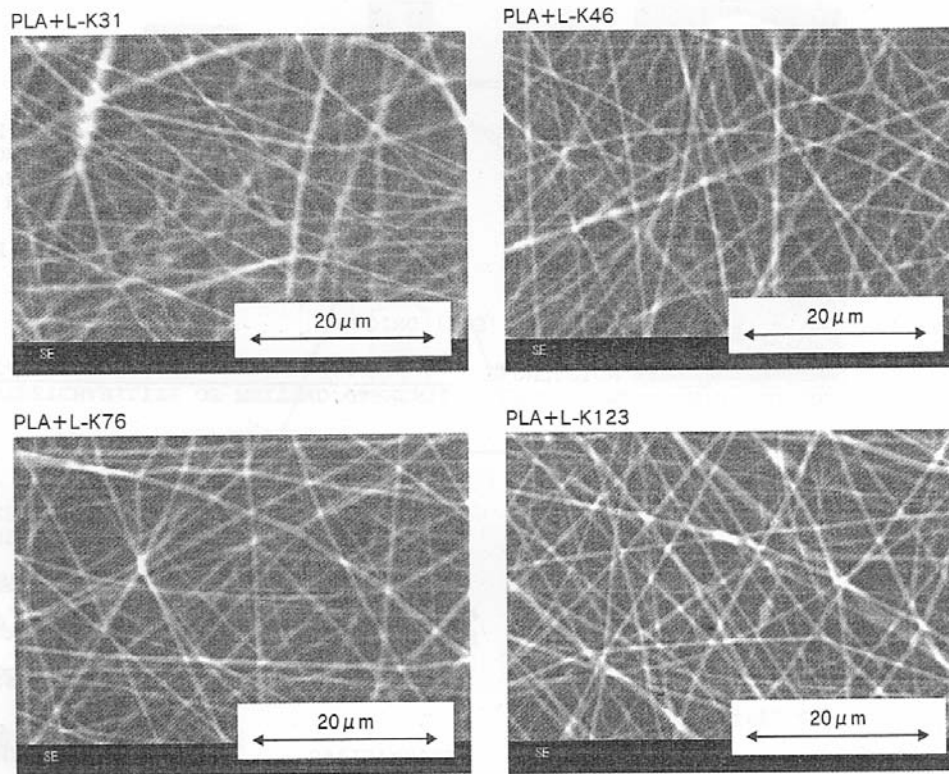
Code	PLA : P(Lys)	M.W.
L-K9	70 : 9	6,086
L-K20	70 : 20	7,341
L-K31	70 : 31	9,132
L-K46	70 : 46	11,054
L-K76	70 : 76	13,735
L-K123	70 : 123	19,101

(2) 펩티드 공중합 폴리머(PCo)에 의한 PLA 섬유직경의 감소효과

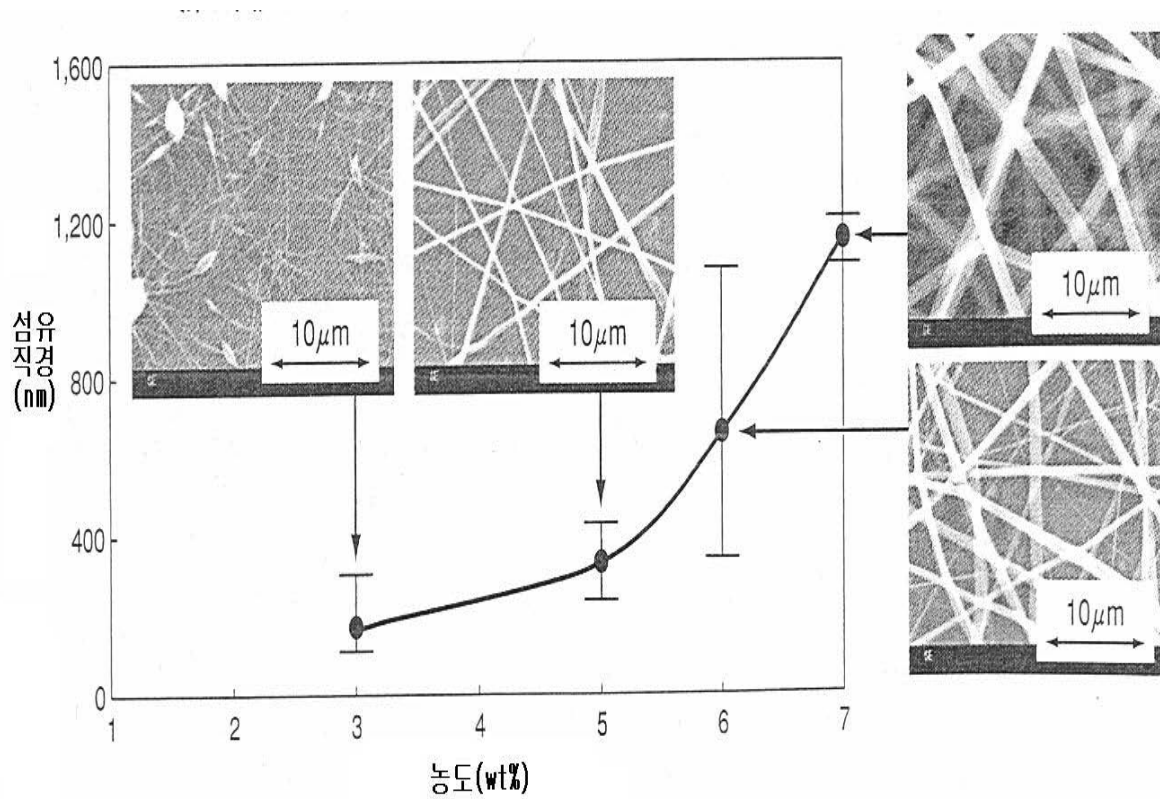
PLA 에 PCo 를 첨가하는 것에 의해 섬유의 직경이 크게 감소되는 것을 알 수 있었다. <그림 38>의 전자현미경 사진에서 보면, PLA 7%(wt)에 PCo 를 첨가하는 것에 의해 평균 섬유직경이 1,150 nm에서 250 nm로 감소하는 것을 알 수 있었다. 섬유 직경의 감소는 비표면적의 증가라는 의미가 되어, 만들고자 하는 필터의 제작에는 유리하게 작용한다고 할 수 있다. <그림 39>에서는 PLA 단량체의 용액농도와 섬유 직경 사이의 관계를 나타내었다. PCo 의 첨가는 PLA 를 고농도로 유지시키면서 섬유의 직경만 감소시킨다.



<그림 38> PLA 7wt(%)에 PCo 를 첨가한 경우의 섬유직경 감소효과(1)



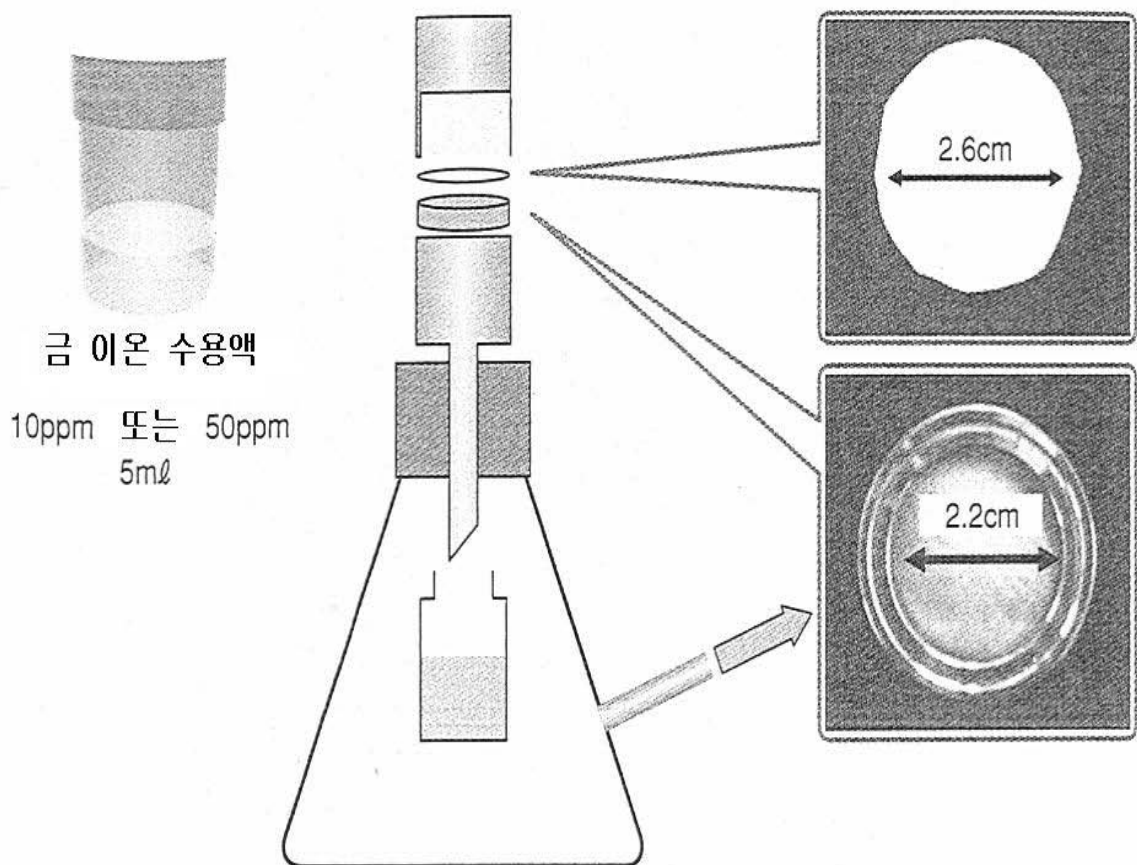
<그림 38> PLA 7wt(%)에 PCo 를 첨가한 경우의 섬유직경 감소효과(2)



<그림 39> PLA 만을 사용하였을 경우 용액농도와 전기방사한 섬유직경의 관계

(3) 금 이온 포집 실험방법

금 이온 포집 실험의 개략도를 <그림 40>에 나타내었다. 50ppm 또는 100ppm의 금 이온 수용액을 상부의 비이커에 5 ml 넣는다. 제작한 나노화이버를 직경 2.6 cm의 원형으로 자르고 판 사이에 올려놓고, 흡인기(aspirator)를 이용하여 금 이온 수용액을 흡인하여 여과한다. 이 작업을 1 회로 하여 반복하여 여과를 한다.

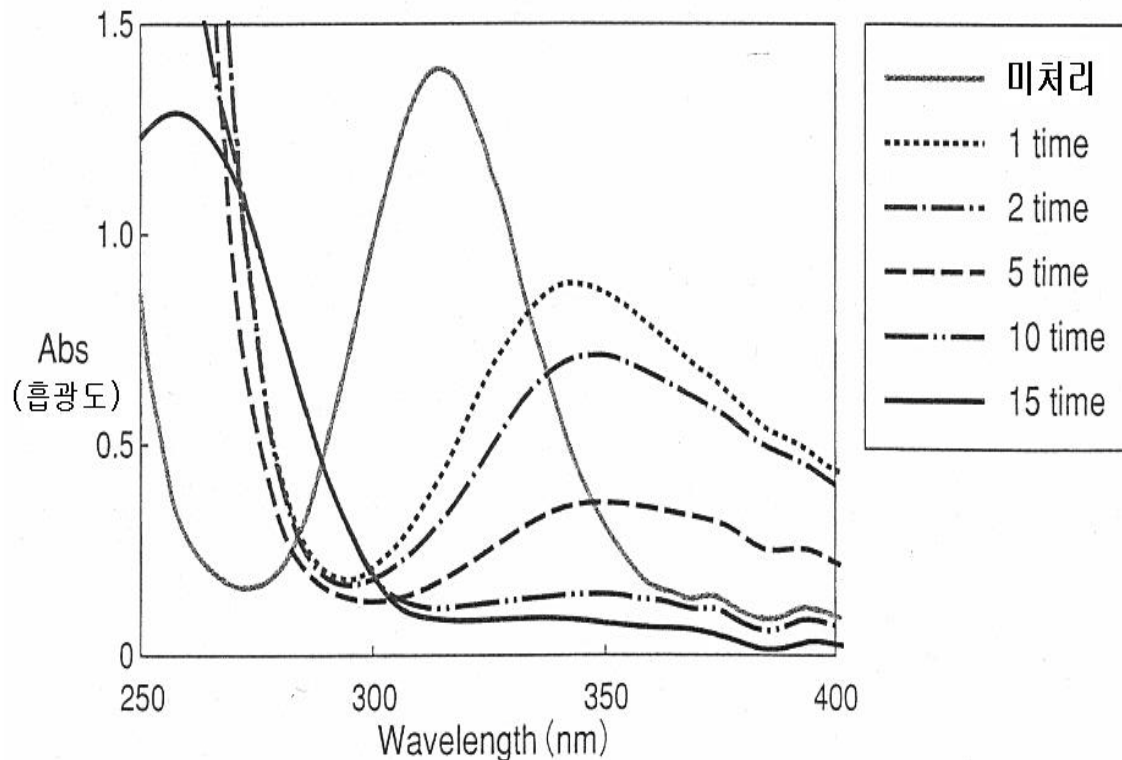


<그림 40> 나노화이버를 이용한 금 이온의 여과 실험

(4) 금 이온의 포집과 금 미립자로의 환원

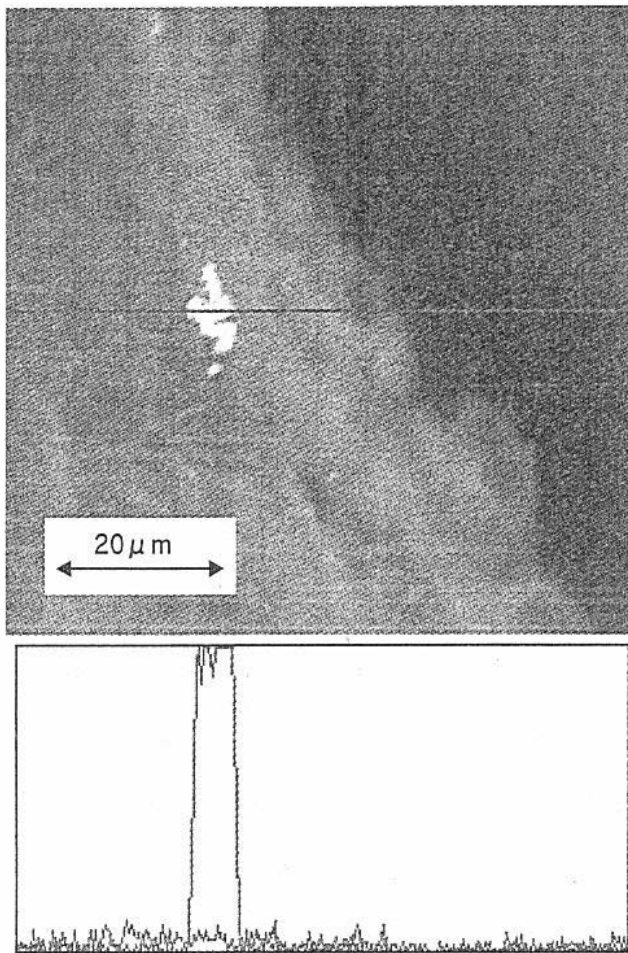
금 이온을 필터로 여과하면 남은 액의 금 이온양은 감소한다. 더욱이 금 이온에서 금 미립자로 환원시키면, 흡수파장이 장(長)파장으로 이동한다. 금 이온 수용액은 안정하여, 3 시간 동안 교반하여도 314 nm에 있는 금 이온의 피크가 변하지 않는다.

PCo-L-K123 과 PLA 의 블렌드로 만든 나노화이버는 10ppm 의 금 이온 수용액으로 포집실험을 하였다. 1 회부터 15 회까지 포집실험을 한 UV 측정결과를 <그림 41>에 나타내었다.



<그림 41> PCo-L-K123 과 PLA 의 블렌드한 나노화이버의 반복 여과에 의한 금 이온의 환원효과

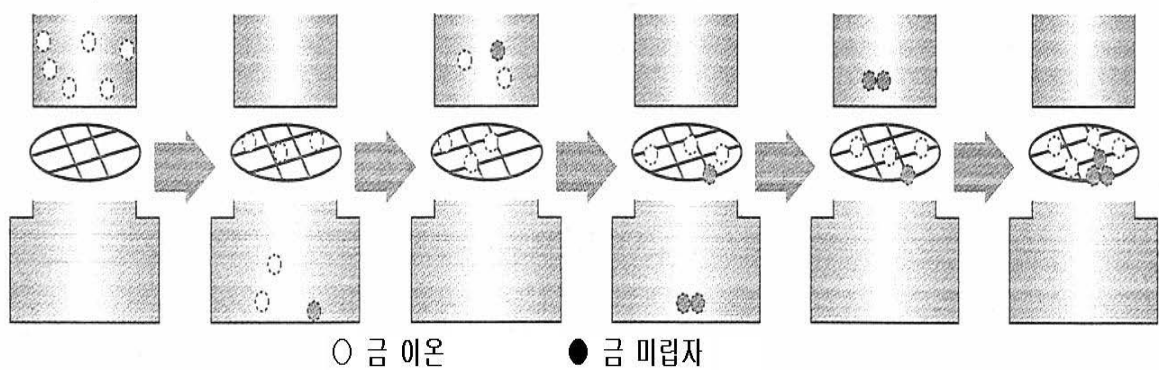
PLA 와 PCo 를 블렌드한 나노화이버에 있어서는 50ppm 의 금 이온 수용액으로 포집실험을 한 후 필터를 EDX(중금속 성분분석기)로 관찰할 결과, 금 미립자로 보여지는 피크가 확인되었다<그림 42>. 이것은 PCo 가 금 이온을 금 미립자로 환원시킨 것으로 생각된다. 즉, PLA 와 PCo 로 블렌드하여 만든 나노화이버는 금 이온 흡착에 가세해 금 미립자를 물리적으로 포집하는 것을 알 수 있다. PCo 는 금 이온을 금 미립자로 환원시키는 작용을 하는 것으로 생각된다. PLA 와 PCo 블렌드 나노화이버의 포집 메커니즘을 <그림 43>에 나타내었다.



L-K123, 22mg, 15times

	전면적 (cps)
— 17 Cl Kα	500
— 79 Au Mα	600

<그림 42> EDX(중금속 성분분석기)로 관찰한 PLA+PCo 블랜드 나노화이버의
표면에서 석출한 금 미립자



<그림 43> PLA+PCo 블랜드 나노화이버에 의한 금 이온의 환원 모식도