

## 기능성 신발과 나노소재의 개발동향

박환돈 · 백승준 · 이행자 · 장상목 · 이상호

### 1. 서론

신발은 시대의 흐름과 경제 사회의 발전에 따라 단순한 발의 보호기능에서부터 보행성과 운동기능의 조장, 패션역할, 발의 건강, 착용감, 그리고 쾌적성을 추구하는 과학화되고 전문화된 다양한 기능을 가진 고기능성 신발제품에 대한 요구가 점점 증가하고 있다.<sup>1-5</sup> 다양한 기능의 신발들을 효율적으로 개발·제조하기 위하여 신발개발 초기 단계에서 재료의 특성을 충분히 고려하여야 하고 또한 각 소재별 발에 미치는 재료의 특성을 파악하여야 할 것이다.<sup>6,7</sup> 선진국에서는 1970년대부터 기능성 스포츠화를 개발할 때 생체역학적 연구를 집중적으로 실시하여 기능성 스포츠화 분야를 선점

하고 있다.<sup>8,9</sup>

우리나라의 신발 산업은 70, 80년대 한국 수출을 책임지는 대표산업으로서 훌륭히 그 역할을 수행했으나, OEM방식의 일반운동화를 중심으로 수출하였기 때문에 신발 제조공정기술은 세계 일류



**박환돈**

1987 건국대학교 화학공학과 학사  
2005 충남대학교 특허법무대학원 석사  
2009 동아대학교 나노공학과 박사과정 수료  
2007~2008 신태양국제특허법률사무소 변리사  
2009~ 현재 한택국제특허법률사무소 변리사



**백승준**

1981 동아대학교 공업화학학과 학사  
2006 동아대학교 화학공학과 석사  
1985~1997 공업진흥청  
1997 특허청 심사관  
2003 신태양국제특허법률사무소 소장  
현재 소장



**이행자**

1991 동아대학교 화학공학과 학사  
1993 동아대학교 화학공학과 석사  
1999~ 동아대학교 화학공학과  
현재 박사 과정



**장상목**

1982 서울대학교 화학공학과 학사  
1984 한국과학기술원 화학공학과 석사  
1991 일본 동경공업대학 전자화학학과 박사  
1984~ 동아대학교 화학공학과 교수  
현재



**이상호**

1982 연세대학교 화학공학과 학사  
1984 연세대학교 화학공학과 석사  
1984~ 럭키화학중앙연구소  
1990 선임연구원  
1995 The Johns Hopkins Univ. 화공과 박사  
1995~ The Johns Hopkins Univ. Post Doc.  
1997~ LG화학기술연구원 책임연구원  
2000~2000 동아대학교 화학공학과 교수  
현재

수준이지만 신발디자인과 자체 기능성개발 분야에서는 독자적이고 경쟁력 있는 기술을 확보하지 못하였다.<sup>10</sup> 80년대 후반 급격한 생산임금의 상승과 후발개도국의 출현, 그리고 1990년과 1998년 Nike, Reebok 등을 생산하던 국내 OEM업체들의 해외 이전으로 인하여 신발산업공동화현상은 생산량 감소와 더불어 수출 역시 매년 감소하게 되었다.

이와 같은 요인들로 인하여 신발산업이 한때는 사양산업으로 취급되었지만 국내신발산업과 관련하여 오랫동안 축적된 생산기술과 전문인력, 소재 및 부품산업의 높은 경쟁력에 힘입어 첨단고기능성 신발에 대한 연구·개발이 활발하게 진행되고 있다.

본고에서는 첨단고기능성 신발에 대한 연구·개발에 다양하게 응용될 수 있는 나노분말소재를 신발소재 분야별로 구분하여 그 개발동향을 분석하고자 한다. 신발소재에 응용가능한 나노분말소재들의 특허정보를 체계적으로 수집·정리하여 나노분말소재의 기술개발동향을 분석하고 특허출원동향 분석을 통해 향후 나노분말소재의 기술개발방향을 제시하고자 한다.

## 2. 신발의 구조

신발은 크게 윗부분인 갑피와 아랫부분인 창으로 구분된다.<sup>3,11</sup> 갑피의 경우 발의 보호 기능뿐만 아니라, 패션적인 면에서도 중요한 역할을 한다. 발에 닿는 촉감, 땀의 배출 여부, 통풍성, 경량성, 내구성 등을 극대화하기 위한 소재의 선택과 디자인이 다양하게 연구되고 있다. 족부 환자의 경우에도 적절한 소재를 선택하지 못할 경우 치명적일 수 있는 부분이기도 하다. 일반적으로 피혁이 자주 사용되고 있으나, 고무나 각종 섬유 등으로 대체되기도 한다.

창의 경우는 발바닥과 직접 닿는 부분으로서 보다 쾌적한 쿠션감과 착화감이 필요하며 최근에는 다양한 기능성을 부가시켜 살균, 향균, 탈취 및 충격 완화나 발의 질환 예방이나 치료의 목적으로 풋 오소틱(foot orthotics)과 같은 각종 장치들이 추

가되기도 한다.<sup>12,13</sup> 신발의 갑피소재인 피혁과 합성섬유분야와, 밑창과 안창의 소재인 고무와 합성수지분야에 나노분말을 분산시켜 사용하거나, 소재의 표면에 코팅하여 사용하는 등 다양하게 적용되고 있다.

## 3. 특허출원 동향분석방법

한국특허정보원의 특허검색 프로그램인 특허기술통계서비스(KIPRIS)에서 제공하는 특허정보 중에서 2008년 10월 30일 현재까지 공개 또는 공고된 특허 및 실용신안 중에서 Table 1의 내용과 같이 신발을 갑피분야와 창분야로 분류하고 소재에 따른 상세 기술 분야로 분류하였다.<sup>14</sup>

상기의 방법에 의해 분류한 대상에서 신발의 창과 갑피분야에 적용한 나노분말소재를 종류별, 연도별, 나노분말소재 적용분야별로 분석하고 그리고 특허등록 여부를 분석항목으로 정하였다.

## 4. 신발기술 분야의 특허출원동향

### 4.1 소재별 특허출원동향

검색된 특허 및 실용신안 총 149건을 창 분야와 갑피 분야로 분류하여 Table 2에 정리하였다. 소재별 특허출원동향으로 분류하면 창 분야가 126건으로 84.6%이고, 갑피분야가 23건으로 15.4%를 차지하였다. 특히, 창 분야에서 고무는 111건으로

Table 1. 신발소재별 특허출원동향 분류

분 류		상세 기술 분야
창 분야	고 무	고무조성물, 복합재료
	합성수지	합성수지 조성물, 성형체
갑피 분야	피 혁	복합재료, 피혁
	합성섬유	합성섬유, 복합재료

Table 2. 소재별 특허출원동향

창 분야		갑피 분야	
고 무	합성수지	피 혁	합성섬유
111	15	16	7

**Table 3. 연도별 소재별 특허출원동향**

구 분	소 재 별				
	고 무	합성수지	피 혁	합성섬유	소 계
1997	1	-	-	-	1
2000	3	-	-	1	4
2001	6	-	2	-	8
2002	14	1	3	-	18
2003	12	3	4	1	20
2004	13	3	2	1	19
2005	25	4	3	3	35
2006	20	2	1	1	24
2007	14	2	1	-	17
2008	3	-	-	-	3
합 계	111	15	16	7	149

전체의 74.5%를 차지하였다. 특히 창 분야에서 고무 소재 관련 특허출원동향이 두드러진 양상은 고무가 가지는 다양한 성질을 보완하여 신발 산업에서 요구되고 있는 고기능성 신발의 연구에 부흥할 수 있는 소재로의 개발 가능성이 충분하다고 판단한 연구기관 및 기업체가 해외시장에서 외국의 고무업체와의 경쟁을 위해 수행한 끊임없는 연구 노력의 결실로 볼 수 있다.

**4.2 연도별 신발소재별 특허출원동향**

Table 3에 연도별 소재에 따른 특허출원동향을 정리해 나타내었다. 2008년의 경우 연말까지의 통계가 집계되지 않은 상태라 건수가 많지 않지만 통계가 집계된다면 상당히 증가할 것으로 예상된다.

특허출원동향은 출원 건수를 중심으로 연도별, 신발소재별로 출원동향을 분석하여 보면, 고무분야의 경우 나노분말소재를 고무분야에 적용시킨 국내 최초의 특허 출원은 1997년에 제일모직(주)가 출원한 “고무변성열가소성복합재료 및 그 제조방법”에 관한 것으로서, 열가소성수지를 중합시에 유기화합물로 표면처리한 판상의 클레이광물을 사용하여 고무 입자 내에 또는 매트릭스수지 내에 나노 사이즈의 클레이광물이 균일하게 분산되어 존재하는 구조로 이루어진다.

합성수지분야의 경우 나노분말소재를 합성섬유

에 적용시킨 국내 최초의 특허 출원은 2002년에 나노바이오(주)가 출원한 “나노 입자 크기의 은(Ag)이 함유된 합성수지”에 관한 것으로서, 합성수지 및 실리콘에 나노 은(nano silver)을 분산시켜 합성수지의 마스터배치나 컴파운드로 제조하는 구조이다.

피혁분야의 경우 나노분말소재를 수분산 폴리우레탄 프리폴리머에 분산시켜 제조하는 복합체를 피혁 등의 소재로 사용하는 기술은 2002년부터 특허 출원되었으며, 나노분말소재를 피혁분야에 적용시킨 국내 최초의 특허 출원은 2003년도에 (주)비에스텍이 출원한 “은 입자가 고착된 인조피혁의 제조방법”에 관한 것으로서, 인조피혁에 은(Ag) 콜로이드 용액이 첨가된 용매형 수지를 고착시켜 항균 및 살균 능력을 발휘시키는 구조이다. 상기 특허 출원의 경우에는 2005년 12월 22일 등록되어 현재까지 등록이 유지되고 있다.

합성섬유분야의 경우 나노분말소재를 합성섬유에 적용시킨 국내 최초의 특허 출원은 2000년에 (주)엔티텍이 출원한 “나노사이즈 금속미립자를 함유한 합성섬유 및 그 제조방법”에 관한 것으로서, 합성섬유의 원료인 중합체에 항균력이 우수한 나노금속미립자를 혼합하여 금속 미립자에 따라 항균성 또는 전기전도성을 발휘하는 구조이다. 상기 특허 출원의 경우에는 2006년 10월 16일 등록되어 현재까지 등록이 유지되고 있다.

**4.3 분야별 사용되는 나노분말소재별 특허출원동향**

신발 소재에 적용되는 분야별 나노 소재의 특허출원동향을 Table 4에 정리하였다. 고무분야에 적용시킨 나노분말소재의 경우 총 특허 111건 중 나노클레이가 56건(50.0%)으로 가장 많이 적용되었으며, 다음으로 탄소나노튜브(10.8%), 실리케이트(9.9%), 실버(9.0%), 카본블랙(7.2%) 등의 순으로 사용되었다. 그리고 기타 나노분말소재는 나노규산염, 나노구리, 하이드로탈사이트, 나노필러 등이 있다.

합성수지, 피혁, 합성섬유분야에서는 나노 실버의 경우가 대부분 특허출원되고 있음을 보여 주고

Table 4. 나노소재별 특허출원동향

분 야	소 재 별										
	클레이	카본블랙	실리케이이트	탄소나노튜브	나노실버	산화아연	탄산칼슘	수산화알루미늄	섬유	기타	소계
고 무	56	8	11	12	10	3	3	3	1	4	111
합성수지	-	-	-	1	12	-	-	1	-	1	15
피혁	1	-	1	-	8	2	-	-	4	-	16
합성섬유	-	-	-	2	4	-	-	1	-	-	7
합 계	57	8	12	15	34	5	3	5	5	5	149

있다. 합성수지분야는 특허 15건 중 나노실버가 12건(80.0%)으로 거의 대부분 적용되었으며, 그 외에 탄소나노튜브, 수산화알루미늄, 고로슬래그가 적용되었고, 피혁분야는 특허 16건 중 나노실버가 8건(50.0%)으로 가장 많이 적용되었으며, 그 외 나노섬유, 산화아연, 클레이 등이 적용되었으며, 합성섬유분야는 특허 7건 중 나노실버가 4건(57.1%)이고, 그 외 탄소나노튜브, 수산화알루미늄이 적용되었다.

이와 같이 나노실버가 다양한 분야에서 적용되고 있는 것은 최근 웰빙과 관련하여 항균, 살균 등의 특징을 이용하고자 함이다. 나노 실버는 인간의 생활환경에서 자주 발생하는 곰팡이 박테리아 바이러스 등의 미생물 감염 등을 막기 위한 연구에 있어서 Ag 또는 은이온(Ag<sup>+</sup>)의 강력한 항균 특성이 오래 전부터 알려져 있기 때문에 의료용으로 많이 응용되는 대표적인 원소 중의 하나<sup>15-17)</sup>이므로 기업에서 기능성 신발 소재로서 활용하기에 가장 적합한 소재라고 판단하기에 특허출원동향에서 여러 분야에서 사용되고 있는 것이다.

4.4 출원 주체별 특허출원동향

출원 주체별 특허출원동향을 살펴보면, Table 5에 기재된 내용과 같이 외국 업체 특허출원 7건을 포함하여 기업체가 모두 113건으로 전체 출원 건수의 75.8%를 차지하였으며, 연구기관 및 학교에서 8건으로 5.4%를 차지하였다. 외국 기업체는 캐나다 기업이 특허 4건, 미국 기업이 특허 1건, 독일 기업이 특허 1건, 네덜란드 기업이 특허 1건으로 총 7건의 특허를 고무분야에 적용하고 있음에

Table 5. 출원 주체별 특허출원동향

구 분	연구기관 및 학교	기업체	개 인	소 계
고 무	8	91(7)	12	111
합성수지	-	9	6	15
피혁	-	9	7	16
합성섬유	-	4	3	7
합 계	8	113	28	149

\* ( )는 외국기업체 건 수

Table 6. 분야별 등록현황

구 분	분 야 별				소 계
	고 무	합성수지	피혁	합성섬유	
특허등록	81(1)	6(1)	10(1)	3	100(3)
공개중	13	5	3	4	25
거절결정	17(1)	4	3	-	24(1)
합 계	111(2)	15(1)	16(1)	7	149(4)

\* ( )는 실용신안 건으로서 등록은 기술평가청구 후 등록유지된 것을 포함하고, 거절결정은 기술평가청구 후 등록취소된 것을 포함

따라 외국기업의 경우에도 나노분말소재를 적용시키는 기술들이 아직까지는 활발하게 진행되고 있지 않음을 알 수 있다.

4.5 특허 및 실용신안 등록동향

분야별 특허 및 실용신안에 대한 등록현황을 살펴보면, Table 6에 기재된 내용과 같이 고무의 경우에는 총 111건 출원에 81건이 등록되어 등록률이 73.0%이고, 합성수지의 경우에는 15건 출원에 6건이 등록되어 등록률이 40.0%이며, 피혁의 경우

에는 16건 출원에 10건이 등록되어 등록률이 62.5%이다. 그리고 합성섬유의 경우 7건 출원에 4건이 등록되어 등록률이 57.1%인 것을 알 수 있다.

고무분야의 경우 대기업이나 연구기관 등에서 선행기술을 조사한 다음 연구 개발한 기술들을 출원함에 따라 특허 출원 건에 비해 등록률이 높다. 이에 반해 합성수지, 피혁, 합성섬유분야의 경우에는 주로 중소기업이나 개인들이 대기업이나 연구기관과 같은 연구체계를 갖추지 않은 상태에서 개발함에 따라 특허 등록률이 고무에 비해 다소 낮은 것으로 나타났다.

## 5. 분야별 나노소재별 기술개발동향 분석

연도별 기술개발동향을 살펴보면, 국내에서 나노분말소재를 신발기술에 본격적으로 적용시키기 시작한 것은 Table 3에서 나타난 바와 같이 2000년 고무와 합성섬유분야를 시작으로, 2001년에 피혁분야에 출원이 시작되었으며, 정부에서 나노기술개발촉진법을 개정된 2002년에 합성섬유분야의 출원이 시작되면서 그 출원건수가 급격하게 증가하였다.

신발분야에 적용되는 나노분말소재는 Table 4에 분류된 바와 같이 적용 분야별로 살펴보면, 고무의 경우에는 나노클레이, 나노실리케이트, 나노카본블랙 등이 적용되고, 합성수지의 경우에는 나노실버가 주로 적용되었으며, 피혁의 경우에는 나노실버, 나노섬유, 나노산화아연이 주로 적용되었으며, 합성섬유의 경우에는 나노실버, 탄소나노튜브가 주로 적용되고 있다.

고무분야에 적용되는 소재로서, 나노클레이는 고무 조성물의 분산 정도에 따라 기계적 물성과 같은 주요 특징이 나타날 수 있는데 그 이유는 판상형 나노클레이 사이에 고무층이 삽입되거나 나노클레이가 완전히 분산되면서 기계적 물성을 향상시키기 때문에 나노클레이의 분산 정도에 따라 고무 조성물의 특성을 결정짓는 주요 요소라 할 수 있다. 이와 같이 분산성을 개선하기 위한 방법으로는 나노클레이의 특성을 유기화시켜 고분자와 반응을 용이하게 하는 방법과 고무 조성물의

제조방법의 조정으로 나노클레이의 분산을 유도하는 방법이 알려져 있다.

고무분야에 적용되어진 나노실리케이트는 물에 의해 팽윤 및 층간 박리가 가능한 천연 혹은 인공으로 제조되는 층간구조의 점토광물인 몬트릴로나이트(montmorillonite), 할로사이트(halloysite) 등은 탈크(talc)나 마이카(mica) 타입의 광물로서, 두 개의 실리카 사면체층과 1개의 알루미늄 또는 마그네시아로 이루어진 8면체층이 붙여진 형태의 두께 약 1 nm 정도의 음전하를 띤 층들이 적층된 형태의 구조로서 이러한 층과 층 사이에  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  또는  $\text{Mg}^{++}$  와 같은 양이온들이 존재함에 따라 매우 친수성이 높은 물질로 알려져 있다. 이와 같은 층상점토광물의 층 사이에 고분자 복합체가 충전된 유기화 점토광물을 고무 성형시에 함께 배합하여 용융 혼합할 경우 고무와의 친화성으로 유기화 점토광물이 완전히 분산되어 기계적 물성 및 화학적 특성을 향상시킬 수 있도록 하였다.

고무분야에 적용되어진 나노카본블랙은 탄화수소의 열분해와 불완전 연소를 제어해 생산되는 구상 또는 사슬상의 입자로서 주로 고무 조성물에 첨가하여 기계적 물성을 향상시키기 위한 보강제로 사용되어 진다.

합성수지분야에 적용되는 소재로서, 나노실버는 실리콘 산화물을 은(Ag) 표면에 코팅시킨 입자를 성형시에 함께 배합하여 합성수지에 나노 은(nano silver) 입자를 균일하게 분산시켜 결합되도록 하므로 인해 항균성 및 살균성을 향상시켜 세균의 활동을 억제시킬 수 있도록 하였다.

일반적으로 나노실버(nano silver)를 코팅시키는 방법은 은(Ag)을 산에 녹여 얻어진 은 이온에 알코올류의 용매와 함께 은 이온의 급속한 환원현상으로 인한 입자의 성장을 방지하는 첨가제를 혼합하여 구상의 수 옴스트롱(Å)크기의 실리콘 산화물로 은 표면을 코팅시킨 후 입자들 간의 결합을 방지하는 것으로 상기 첨가제는 N-메틸 피롤리돈(N-Methyl Pyrolidone) 용매에 분산시켜 사용하게 된다.

피혁분야에 적용되는 소재로서, 나노실버(nano

silver)는 수지조성물에 은(Ag) 콜로이드 용액을 첨가시킨 용매형 수지조성물을 피혁에 고착화시켜 지속적으로 항균 및 살균 능력을 유지시키는 역할을 한다. 나노섬유(nano fiber)의 경우에는 인조피혁의 보강포로서 부직포와 나노섬유를 적층시켜 촉감 및 보강포의 물성을 향상시키고 질감을 구현하기 위해 첨가한다. 나노산화아연(nano zinc oxide)은 알칼리 실리케이트 화합물과 산용액의 혼합물과 반응시켜 산화아연 입자 표면을 코팅시켜 제조된 산화아연 수계 분산체를 피혁에 고착화시켜 자외선을 차단하는 역할을 한다.

합성섬유분야에 적용되는 소재로서, 나노실버(nano silver)는 합성섬유의 원료인 중합 칩의 조성물에 나노크기의 나노실버를 혼합하여 방사함으로써, 항균성 또는 전기전도성을 향상시키는 역할을 한다. 그리고 탄소나노튜브(Carbon nanotube)는 합성수지와 마스트 배치 공정에 투입하여 탈취력 및 소취능력을 향상시키며, 섬유의 질감을 향상시키는 역할을 하는 것으로서, 단일벽(Single-walled) 탄소나노튜브, 이중벽(Double-walled) 탄소나노튜브, 다발형(Rope) 탄소나노튜브와 같이 다양한 종류의 탄소나노튜브가 있다.

이렇듯 나노분말소재가 활발한 응용 소재로서 사용되고 있는 이유는 다양한 합성법과 비교적 쉬운 제조법과 같은 기술적 이점과 여러 산업 분야에 걸쳐 이미 많은 수요가 존재하기 때문이라 볼 수 있다. 게다가 기존의 마이크로 구조에서는 볼 수 없었던 새로운 특성을 나타내거나 다른 소재들과 자연스럽게 어울리면서 현저히 향상된 특성을 나타내는 등의 경우가 많으므로 신제품 개발에 필요한 핵심 소재로서 물성을 제공할 수 있기 때문이다.<sup>18</sup>

## 5. 결 론

신발의 갑피와창에 가능성을 부여함으로써 기능성신발을 개발하기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 신발의 기계적 물성을 강화하고 인체의 유해성을 제거하기 위해 보강충전제, 활성제와 같은 첨가제와 나노실버, 나노실리케이트, 나노카

본블랙, 나노섬유와 같은 기능성 물질을 필요에 따라 신발소재에 적절하게 첨가하고 있다. 그러나 특허출원동향과 기술개발동향에서 나타난 바와 같이 외국 기업체의 경우에도 아직 나노분말소재를 신발소재에 적용한 예가 그다지 많지 않다. 이는 우리나라 기업에서도 나노분말소재를 응용한 다양한 소재개발 기회가 충분하다는 것을 의미한다.

신발산업의 패러다임 전환 속에서 나노분말소재를 응용한 다양한 소재개발을 통하여 고기능성 신발을 연구·개발하기 위하여 국내 기업체와 연구기관들은 나노기술의 잠재력과 파급력을 인식하고, 체계적으로 연구개발에 투자함으로써 신발산업의 국제경쟁력을 향상시켜 기능성 신발산업을 새로운 고부가가치 산업으로 이끌어 갈 수 있을 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. 겸비, 슈즈, 문화마당 (2001).
2. 설수덕, 이성식, 김영한 이상록, 장상목, 신발용 고분자 소재, 신발전문인력양성사업단 (2005).
3. 이종철, 신발재료학, 도서출판 글로벌 (2003).
4. 이재연, 박찬현, 김대식, “신발에 사용되는 고분자재료”, *고분자과학과 기술*, **13**, 447 (2002).
5. 임성욱, 윤정식, 유종선, 신발 sole용 소재의 발전, *고무기술*, **1**, 168 (2000).
6. 차상은, 김중진, 최상복, 안전화 형태와 인솔착용 유무에 따른 보행동작시 하지부위에 대한 운동학적 부하 분석, *한국안전학회지*, **23**, 35 (2008).
7. 조창익, 소재 특성 이해를 위한 족저압력 측정 에 관한 연구 - 신발 인솔 소재를 중심으로, 한국 기술교육대학 석사학위 청구논문 (2004).
8. 박승범, 신발생체역학의 연구동향분석 및 국내외 신발생체역학(Footwear Biomechanics)연구의 과거, 현재, 미래에 대한 고찰, 대한인간공학회 춘계학술대회논문집, 77-82 (2006).
9. B. M. Nigg, The Role of Impact Forces and Foot Pronation : A New Paradigm, *Clin. J. Sport Med.*, **11**, 2 (2001).
10. 김석관, 미완의 기술 학습 : 한국 신발 산업의 성장과 쇠퇴, *기술혁신연구*, **8**, 203 (2000).
11. 김석관, 신발 산업의 기술혁신패턴과 전개 방향, *정책연구*, 99-41, 22-34 (2000).

12. 이주열, 당뇨병 환자와 신발과의 특별한 관계, 고무기술, **2**, 124 (2001).
13. 이종석, 김명웅, 송영석, 서교택, 고무와 구두, 고무기술, **1**, 181 (2000).
14. 특허검색 도메인 주소  
<http://www.kipris.or.kr/kor/main/main.jsp>
15. T.N.Kim, Q.L.Feng, J.O.Kim, J.Wu, H.Wang, G.C. Chen and F.Z. Cui, Antimicrobial effects of metal ions( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ) in hydroxyapatite J. Mater. Sci. Mater. Med., **9**, 129 (1998).
16. J. B. Wright, K. Lam, D. Hansen, and R. E. Burrell, Efficacy of topical silver against fungal burn wound pathogens. Am. J. Infect. Control, **27**, 344 (1999).
17. B. Illingworth, R. W. Bianco, and S. Weisberg, In vivo efficacy of silver-coated fabric against Staphylococcus epidermidis. J. Heart Valve Dis., **9**, 135 (2000).
18. 박종구, 나노분말소재기술, 세라미스트, **10**, 15 (2007).