

Technical Review

Particle Materials for Powder Technology

Soo-Jin Park

Advanced Materials Division, Korea Research Institute of Chemical Technology, P.O. Box 107, Yusong, Taejon 305-600, Korea

e-mail: psjin@kRICT.re.kr

(Received November 10, 2002; accepted December 26, 2002)

1. 서 론

분체란 고체가 세분화되고, 또 그 각 부분이 서로에 구속되지 않는 존재형태를 가지며, 확률 통계적 특성으로 나타내며, 그 표면 특성이 전체의 거동에 대하여 지배적인 특성을 가질 것 등 3가지 공통 조건을 가지는 물질을 의미한다. 화학공업에서 뿐만 아니라 토목공학, 기계공학에서조차도 분말상 고체를 취급하는 경우가 많고, 이 경우에 항상 일차적으로 분말의 단일입자나 집단에서 분체특성 또는 물성은 중요한 기초 지식이 된다. 따라서, 단일분체 입자의 특성, 즉 물리적, 화학적 성질을 이해하는 것은 액상에서든 기상에서든 중요한 일이므로 분체공학은 소금이나 설탕 혹은 인스턴트 커피, 밀가루 등의 식료품, 시멘트나 안료, 세라믹 등의 공업제품, 흙이나 모래, 꽃가루 등의 천연물 등 앞서 언급한 3가지 공통 조건을 만족시키는 물질들을 대상으로 하여 물리적 특성을 중점으로 연구하는 분야를 일컫는다[1, 2].

분체는 그것을 형성하는 입자의 크기에 따라 나뉘어진다. 즉 0.1 μm 이하를 콜로이드, 0.1~1 μm 을 미분, 1~100 μm 을 보통분체, 0.1~1 mm를 조분, 1 mm 이상을 입체로 대별한다. 일반적으로 분체로 취급되는 것은 0.1 μm ~1 mm의 입자지름을 가진 고체물질의 집합체로, 분체는 그보다 입자 지름이 큰 입체에 비하여 표면적이 크며, 결정성인 것이라도 결합력이 큰 결정입자로 이루어진다. 또한 화학적으로 불안정하고 친화력이 크기 때문에, 입자가 서로 밀착하여 응집을 일으키거나 다른 물질을 흡착하므로 응집작용은 전해질이나 계면활성제를 가하여 이를 촉진시킨 후 부유선광이나 여과에 응용을 하며, 흡착작용은 탁한 액체의 탈색 및 광촉매와 같은 고체 가루를 이용한 폐수처리로도 이용된다[3-5].

표 1. 물질의 혼합계

연속상 분산상	기체	액체	고체
기체	완전혼합	기포, 거품	다공성
액체	에어로졸	완전혼합 유화액	다공성
고체	먼지, 에어로졸	현탁액	크세로겔

분말상 고체, 즉 분체를 취급하는 계와 분체공학의 범주를 표 1에 나타내었다. 좁은 의미의 분체공학은 기체나 액체의 연속상 속에 주로 고체가 에어로졸이나 현탁액으로 존재하는 계를 의미하나, 넓은 의미의 분체공학은 기체-기체 또는 액체-액체의 완전 혼합계를 제외한 모든 혼합계를 포함하게 된다. 다공성 고체계는 촉매, 빵 등에서 중요하고, 크세로겔계의 경우는 합금 분말야금에서 중요한 연구 주제이며, 광물학에서도 중요하다.

일반적으로 분체는 우리 주변의 자연계에 많이 존재하지만 공업 프로세스에 의해서도 많은 인공 분체들이 만들어진다. 즉, 물질은 모두가 그러하지만 이처럼 어떤 기능을 부가하기 위하여 여러 가지 원리로 성능이나 기능이 다르게 만들어지는 분체들에 의하여 우리 생활을 풍요롭게 하기 위하여 현재 더욱 더 많은 종류의 분체, 다채로운 작용을 하는 분체 형태를 만들어 내기 위한 활발한 연구개발이 추진되고 있다. 따라서, 본 총설에서는 분체의 특성 및 이러한 분체들이 우리 산업의 어느 분야에서 적용되고 있으며, 이에 대한 현재의 우리 기술 수준 및 동향에 대하여 알아보고자 하였으며, 특히 현재의 환경문제와 더불어 각광을 받고 있는 광촉매의 특성과 분체에 있어서 가장 일반적으로 여겨지는 파인 세라믹스에 대하여 보다 자세히 기술하고자 하였다.

2. 본 론

2.1. 분체의 특성

(1) 분체 입자의 형상

분체 입자의 형상은 입도 측정뿐만 아니라 분체의 기타 물성, 즉 흐름성, 충전성, 부착성 등에도 영향을 미친다. 구형이나 육면체와 같은 규칙적 형상을 가진 입자를 표시하는 방법은 많으나, 최근에는 굴곡이 심한 불규칙입자의 형상을 어떻게 수치로 표시하는가에 관심을 기울이고 있다. 그러나 입자의 형상만을 입도와 구분하여 별개로 다룰 수 없으므로 형상과 크기는 함께 다루어지며, 입자의 형상과 입도를 표시할 수 있는 방법을 사용하고 있다. 분체 입자의 여러 가지 형상을 그림 1에 나타내었다.



그림 1. 분체 입자의 여러 가지 형상.

(2) 분체 입자의 표면적

고체입자의 표면적은 단일입자의 경우에서나 분체 집단의 경우에서나 중요한 분체 특성이 되며, 분체의 표면적은 분체의 입도 또는 입도 분포와 관계가 있으며, 여러 가지 분체의 평균 입도는 그 분체의 표면적, 특히 비표면적과 관계가 있다. 또한, 분체의 표면적은 분체 입자의 모양에 따라서 달라지며, 분체 입자의 내부기공구조의 유무에 따라서도 달라진다. 따라서, 분체의 표면적을 측정하는 방법에는 입자의 표면적을 측정하는 방법, 내부기공부피와 내부기공면적을 측정하는 방법,

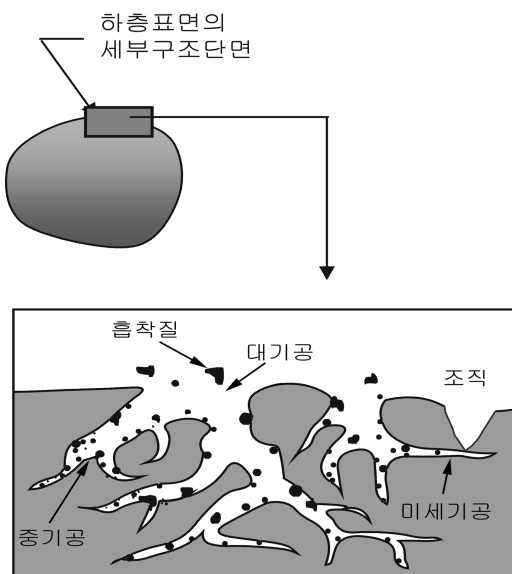


그림 2. 분체 입자의 기공 구조.

그리고 입자와 입자 사이에 형성되는 공극부피를 지나가는 유체의 흐름저항으로 입자표면적을 측정하는 방법이 있다.

(3) 분체 입자의 기공도

분체의 기공 크기와 기공도 분포는 촉매의 흡착특성을 위시하여 건축벽돌의 서리지항에 이르기까지 광범위한 자연현상에 영향을 주고 있다. 분체 입자의 기공은 입자내부의 빈 공동이나 갈라진 틈으로 되어 있어서, V자 형으로 넓은 경우나 잉크 병처럼 목이 가는 기공 등이 있다(그림 2). 이들 기공의 표면적, 부피, 그리고 기공부피분포를 결정하기 위해서는 기공이 바깥쪽으로 열려 있어야 하고, 측정용 물질의 분자가 들어갈 수 있어야 한다. 측정용 물질로서 기체가 쓰이는 경우는 기체 흡착법에 의한 기공도 분포측정법이라 하고, 수은이 쓰이는 경우는 수은침투법에 의한 기공도 측정법이라 하여 구분한다.

2.2. 분체의 적용 분야

(1) 분체도료

분체도료란 용제, 물 등의 희석제를 포함하지 않는 100%의 고형분 도료로서 피도물에 도장하여 가열시키면 용해되어 경화 반응하여 도막을 형성하는 것으로서 휘발성분이 없이 가루로 되어 있다는 것이 가장 큰 특징이며, 무공해 도료로서 최근 세계적인 에너지 절약과 자원 대책의 일환으로 각광을 받고 있는 도료중의 하나이다. 또한 분체도료는 용융점도 또는 용융특성을 지닌 softening 온도와 가교반응 속도가 균형을 이룬 중간체로서 사용전 중합체에 따라 열경화성과 열가소성으로 크게 분류할 수 있으나, 현재는 주로 열경화성 분체도료가 주로 사용되고 있다. 열경화성 분체도료에서의 가교반응은 폴리머의 back-bone을 따라 존재하는 관능기 사이에서 일어나며, 폴리머는 매끄러운 도막을 얻기 위하여 경화반응이 시작되기 전에 유동적이어야 한다.

(2) 분체약품

정수장에서 사용되는 대표적인 분체약품으로는 소석회와 활성탄이 사용되고 있다. 응집작용의 원리에서 응집제인 알루미늄염과 살균을 목적으로 투입하는 염소는 수중의 알칼리분과 반응하여 알칼리도를 감소시키므로 이를 보충하기 위하여 소석회 또는 가성소다가 사용된다. 또한 분말 활성탄은 통상 응집처리전의 원수에 주입하여 물과 혼화, 접촉시켜 수중의 오염물질을 제거하는데 사용된다.

(3) 분말 활성탄

활성탄 흡착공정은 상수원수 내에 존재하는 이취미 유발물질, 유기 합성화합물(synthetic organic compound, SOC), 살충제 및 제초제, 색도유발물질, 그리고 THM(trihalomethane) 전구물질 등의 다양한 천연 및 합성유기물질에 대응하기 위해 사용된다. 활성탄은 다양한 크기의 공극이 서로 연결된 그물망 구조를 가지며, 이들 공극에 의해 제공되는 넓은 비표면적

(800~2000 m²/g)에 피흡착제가 물리화학적으로 결합하므로써 흡착이 이루어진다[6, 7].

(4) 분체안료

안료는 일반적으로 물이나 기름 그리고 용제 등 매체에 녹지 않는 백색 또는 유색의 무기화합물 및 유기화합물이며 미립자 상태의 분말로 되어 있고 그대로의 상태로는 물체에 염착되는 성능은 없지만 전색제의 도움에 의해 물체에 고착되거나 또는 물체 중에 미세하게 분산되어 착색된다. 안료의 분류와 용도를 살펴보면 도료, 인쇄잉크, 플라스틱 착색, 고무 착색, 가구 제조, 날염, 제지, 화장품 제조, 요업 등에서 사용되며, 크게 유기안료와 무기안료(주로 금속산화물)로 나눌 수 있다.

(5) 요업과 세라믹스

초기의 요업은 도자기를 중심으로 하여 기와나 벽돌 등이 있었으나 요업이 발전함에 따라서 유리, 내화물, 시멘트 등으로 확대 포함하게 되었고, 제 2차대전후에 기계, 전자 등 모든 공업이 급속도로 발전함에 따라 이들 공업에서 요구하는 요업 제품도 그 종류가 다양해짐은 물론 그 특성 또한 고도화하였다. 예를 들면 전자공업에서 없어서는 안될 반도체, 유전체, 자성체나 금속제련에 사용되는 내화물, 원자력 공업에 쓰이는 핵연료와 방사선 차폐재료 등 이루 헤아릴 수 없이 많은 새로운 요업제품이 종래 요업의 주원료였던 규산염 물질에 정제된 순수한 산화물, 탄화물, 질화물, 규화물, 붕화물 등을 더하여 주원료로 쓰는 요업제품의 종류가 많이 늘어났다. 그러므로 요업에 대한 정의도 바뀌어서 요업 또는 세라믹스는 열처리 공정을 거쳐서 합성되는 비금속, 무기재료라고 하여 정의를 내리게 되었다. 요업의 범위가 확대됨에 따라서 종래의 요업원료의 주체로 생각되어 왔던 규산염 물질만으로는 요업원료를 대표할 수 없게 되어 철, 구리, 알루미늄 등의 금속재료와 비닐, 고무, 플라스틱 등과 같은 유기고분자 재료를 제외한 비금속 무기재료 전반을 주원료로 간주하게 이르렀다.

(6) 파인 세라믹스

우리의 일반생활과 밀접한 관련이 있는 도자기, 시멘트, 석고, 유리, 범랑, 타일, 내화물 등은 주로 가마를 이용하고 천연 자원을 사용하기 때문에 클래식 세라믹스(또는 고전요업)이라고 하고 고도로 정제된 원료를 사용하여 정밀하게 조정된 화학조성과 잘 제어된 성형 소결방법에 의해 합성된 각종 전자 부품, 반도체, 각종 기계부품, 인조 다이아몬드, 바이오 세라믹스 등을 파인 세라믹스(또는 뉴세라믹스)라 한다. 즉, 파인 세라믹스는 최근에 부가가치가 높은 재료의 대명사처럼 널리 사용되고 있는데 파인이란 말은 소결체가 원료와 성형 그리고 소결공정 등이 정밀하게 제어되어 미세조직(fine ceramic)을 갖는 말의 의미에서 유래하였다. 최근에는 인간의 오감과 같이 빛, 온도, 압력, 소리 등을 감지할 수 있는 다양한 기능을 가진 세라믹스재료가 개발되어 적외선 센서, 압력센서, 광센서

등에 쓰임에 따라서 이를 지능세라믹스라고 한다 [5].

1) 파인 세라믹스의 특성

파인 세라믹스에는 내열·내마모·내식성 등 뛰어난 성질 외에 전기 절연성이 뛰어나며, 또한 빛과 전기적인 특수한 성질을 지닌다. 질화규소와 탄화규소 등의 세라믹스는 내열성이 뛰어나기 때문에 가스터빈, 디젤엔진 등 고온용 기계 재료에의 이용이 진전되고 있다. 고강도 알루미늄이나 세라믹스는 식칼이나 가위, 인공뼈 및 인공치아로서 실용화되고 있다. 그리고 안정 지르코니아는 산소센서, MHD 발전기 등에 이용 검토되고 있다. 이밖에 세라믹스는 IC 기판과 콘덴서 등 전자부품에도 많이 이용되고 있다.

2) 파인 세라믹스의 재료

재료를 미세 분말화하여(직경 0.2 μm 정도) 고순도로 만드는 기술, 고온에 의한 소결 기술, 소결 조제 등의 진일보로 도자기는 지난 수년 사이에 일변하였다. 단지 경도가 높아졌을 뿐만 아니라, 갖가지 이용에 적합한 세라믹스가 급속히 다방면에서 나타났다. 주요한 재료로는 알루미늄(Al₂O₃, 알루미늄과 산소가 화합한 것), 탄화규소(SiC, 실리콘과 탄소의 화합물), 질화규소(Si₃N₄, 실리콘과 질소의 화합물), 지르코니아(ZrO₂, 지르콘과 산소의 화합물) 등이 있다. 모두가 구하기 곤란한 재료는 아니지만, 재료에 함유된 성분의 미묘한 차이로 완성된 것의 성질이 크게 달라지기 때문에 이 점이 세라믹스 개발 경쟁의 초점이 되고 있다.

3) 파인 세라믹스의 종류

파인 세라믹스는 그 특성과 용도에 따라 크게 일렉트로 세라믹스(기능성 세라믹스), 엔지니어링 세라믹스(구조용 세라믹스), 바이오 세라믹스 등으로 나눌 수 있으며 각 분야에서 급성장이 기대되는 첨단산업으로 꼽히고 있다.

가. 일렉트로 세라믹스: 세라믹스의 전기적 기능, 자기적 기능, 광학적 기능을 이용하는 재료로서 집적회로기판, 자성체, 각종 센서 등에 이용된다. 일렉트로 세라믹스의 가장 간단한 하나의 예는 빛을 투과시키는 기능이다. 최근 개발이 진행되고 있는 알루미늄, 마그네샤, 이트리아나, 사이아론의 투명 소결체 등도 고강도와 내열성에 의해 새 용도의 개척이 기대되는 신소재이다.

나. 엔지니어링 세라믹스: 세라믹스의 열적 기능, 기계적 기능 등을 이용한 세라믹스로서 절삭공구나 고효율 열기관재 등에 이용되며, 구조용 세라믹스라고도 한다. 파인 세라믹스 구조재료는 고강도, 고경도, 뛰어난 내열성, 내식성, 내마모성, 그리고 경량성 등 원래 세라믹스가 장점으로 지니고 있던 여러 특성을 보다 현저하게 구현한 재료를 말한다. 이와 같은 재료는 엔진용 부재, 고속절삭공구용 재료, 노즐, 베어링 등 종래의 세라믹스나 금속재료가 미치지 못했던 극히 가혹한 온도,

응력, 마모 조건하에서 사용되는 기계부재로서의 용도를 개척하는 것이다. 이 종류의 소재로서는 알루미늄, 지르코니아 등의 산화물 외에 탄화규소, 질화규소, 사이아론, 질화붕소, 다이아몬드 등의 비산화물계 세라믹스가 있으며, 어느 것에 대해서도 매우 활발한 개발연구가 현재 전개되고 있다.

4) 에너지 형태의 변환재료로서의 파인 세라믹스

세라믹스는 에너지 형태의 변환 재료로서도 중요하다. 세라믹스의 에너지 변환 기능을 구체적으로 나열하자면 먼저 전기 에너지를 열에너지로 바꾸는 기능을 먼저 들 수 있겠다. 이런 재료에는 반도체 세라믹스, 이규화몰리브덴(MoSi₂), 지르코니아(ZrO₂), 크롬산란탄(LaCrO₃) 등이 있고, 이것은 고온용 저항 발열체로서 사용된다. 또한, 티탄산바륨(BaTiO₃) 반도체는 일정 온도(약 120°C)까지 가열하면 상전이에 수반하는 입계구조의 변화로 인해 절연체로 되어 발열이 멎는 성질을 지니고 있다. 발열체 자체에 온도제어 능력이 있다는 것은 안전성이라는 면에서 매우 바람직하므로, 현재 헤어드라이어, 이불 건조기 등의 가정용품에 널리 응용된다.

이 외에 전기에너지 · 기계에너지를 상호 변환하는 기능을 가지는 PZT(Pb(ZrTi)O₃), 빛에너지를 전기에너지로 바꾸는 기능을 가지는 실리콘, 반대로 전기에너지를 빛으로 바꾸는 기능을 가지는 화합물반도체, 화학에너지를 전기에너지로 바꾸는 기능을 가지는 고체전지용 이온 도전 재료 등이 있다. 이온 도전 재료로는 지르코니아, 베타알루미나, 나시콘, 질화리튬, 산화비스무트, 티탄산칼륨 등의 세라믹스가 연구되고 있다.

5) 세계 파인세라믹스 시장의 규모

파인 세라믹스 시장은 그림 3에 나타난 바와 같이 전자산업을 주도하고 있는 일본이 50% 이상의 수요를 점유하고 있고, 미국이 30% 내외를 점유하는 등 양국이 세계 수요의 80% 정도 차지하고 있다. 공급 또한 1980년대 초부터 기술입국지향을 선언한 일본이 세계시장의 50%를 공급하고 있으며, 미국의 전자세라믹 공급의 상당부분도 실제로는 일본계 현지법인에 의해서 이루어지고 있다. 정보통신 관련분야, 신에너지 관련분야, 환경관련분야, 신제조기술 관련분야에서의 파인 세라믹 재료의 이용 증가로 인하여 전세계 파인 세라믹스 시장규모는 2000년 877억 달러에서 2010년 4,470억 달러 수준으로 늘어나 확대할 것으로 전망되어지고 있다(표 2).

(7) 광촉매

1) 광촉매 반응 원리 및 특성

표 2. 세계 신소재 산업 수요 전망 (단위: 억 달러, %)

	1997	2000	2003	2008	2013	연평균 증가율(1997-2013)
신금속	695	1,190	1,810	2,985	2,985	12.2
파인세라믹	581	877	1,347	2,669	4,470	13.6
고분자 신소재	868	1,214	1,774	3,167	7,552	14.5
합계	2,144	3,281	4,391	9,271	16,390	13.6

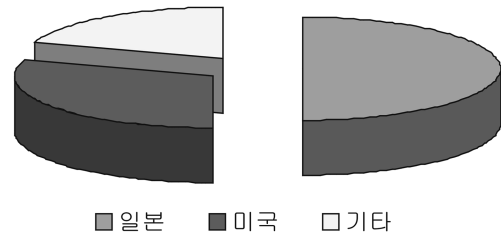


그림 3. 세계 파인 세라믹스 시장의 주요 점유국.

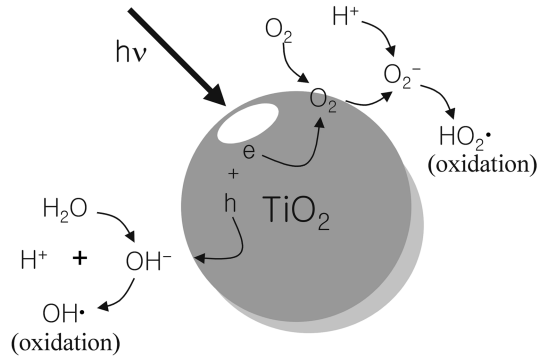


그림 4. 광촉매 발현 매카니즘.

이산화티탄(TiO₂)은 빛을 쬐이면 자외선을 흡수하여 전자와 정공을 발생한다. 이 전자와 정공은 대단히 강한 환원력과 산화력을 갖고 있으며, 특히 정공은 물과 용존산소 등과의 반응에 의해 OH radical과 활성산소를 생성시킨다. 이 OH radical 에너지는 유기물을 구성하는 분자 중에 탄소-탄소, 탄소-질소, 탄소-수소, 산소-수소, 질소-수소 등의 결합 에너지보다 높아 간단히 절단하여 분해시킬 수 있다[8, 9]. 그렇기 때문에 수중에 녹아 있는 각종 유해한 화학 물질과 악취 물질과 같은 공기 중의 화학 물질 분해/무해화, 오염의 분해 등 다양한 분야

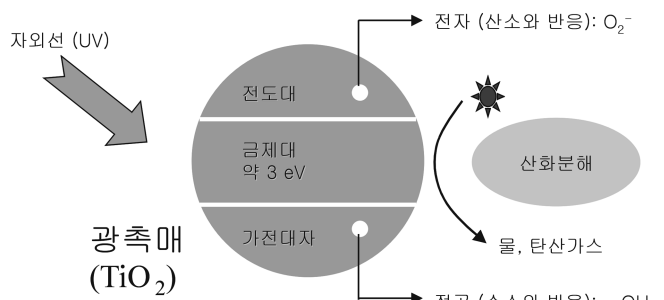


그림 5. 광촉매에 의한 각종 유기화합물 및 악취물질 분해작용.

표 3. 광촉매의 장점

장 점	요 건
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 거의 모든 유기오염 물질을 완전 분해시킴 ◆ 수처리와 가스처리 시스템에 모두 적용 가능 ◆ 상온, 상압 조건에서 작동 ◆ 광촉매(TiO₂)가 값싸고 대량 생산됨 ◆ 공정이 안전하고 간단함 ◆ 태양광 사용이 가능 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 낮은 광효율 ◆ 가시광선에서 비활성(TiO₂) ◆ 슬러리상 수처리에서는 광촉매 분리회수 공정 필요 ◆ 다양한 광촉매 고정화 기술이 필요 ◆ 인공 광원 사용시 관리비용 증대 ◆ 전체 광촉매 표면적에 균등한 빛 조사 어려움

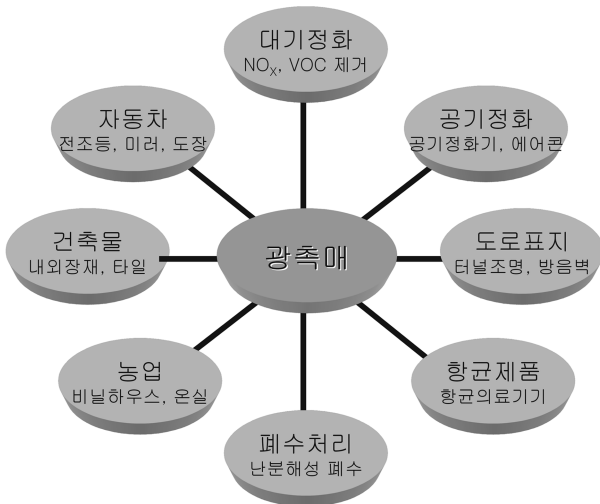


그림 6. 광촉매 용도 및 사용범위.

의 환경 정화를 할 수 있다(그림 4).

이처럼 광촉매는 태양광 또는 형광등에 포함된 자외선(UV)에 의해 강력한 산화·환원 능력을 갖으며, 광촉매인 이산화티탄(TiO₂) 자체는 반영구적으로 계속하여 효과를 지속하면서 빛의 조사에 의해 물과 CO₂, NO_x, SO_x, C_xH_yO_z 등의 각종 유기화합물, 악취물질 등의 다양한 물질을 분해 할 수 있다(그림 5). 광촉매로 이용될 수 있는 다양한 물질 중 주로 anatase 결정형이 이용되는데 이는 위의 광여기 반응을 일으키는데 필요한 에너지가 387.5 nm 정도로 태양광으로부터 충분한 에너지를 받을 수 있고, 화학적으로 안정하고, 광활성이 우수하며, 인체에 무해한 점 등 그 물성이 우수하기 때문이다(표 3).

2) 광촉매 용도 및 사용범위(그림 6)

- 탈취: 암모니아, 아세트알데히드, 메틸머캅탄, 트리에틸아민
- 대기 정화: NO_x, SO_x
- 오염 방지: 기름때, 단백질 등
- 향균 방미: 대장균, 일반 세균류
- 수처리: 트리할로메탄, 테트라클로로에틸렌 등의 분해, BOD/COD 저감

3) 환경정화에서의 광촉매 활용 및 응용분야(그림 7)
가. 실내공기 청정분야

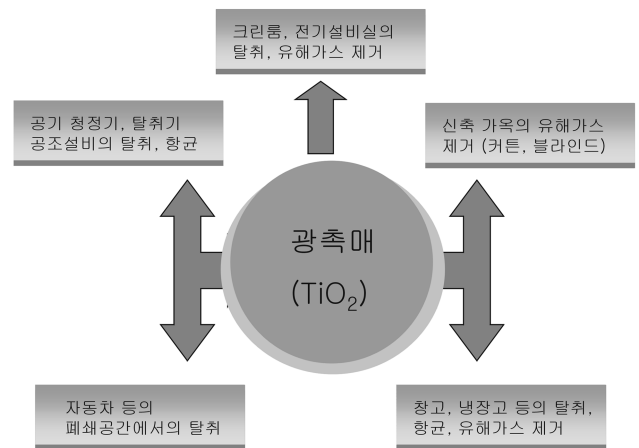


그림 7. 환경정화에서의 광촉매 활용 및 응용분야.

전세계적으로 급속한 산업발전은 인간 삶의 질을 향상 시켰으나 이에 따른 환경오염이라는 부가적 문제를 야기했다. 세계보건기구는 2000년 9월호 관보에 게재한 보고서에서 공기 오염에 의한 사망자 수는 최대 600만 명에 이를 것이라면서 특히 실내 공기 오염에 의한 사망자는 280만 명이라고 분석했다. 이러한 현실에서 이에 대한 효과적이고 경제적인 처리기술의 개발이 요구되고 있다.

이러한 광촉매 활용기술은 기존에 입자형태의 부유물질을 제거하기 위하여 많이 사용되고 있는 섬유필터나 전기집진방식을 이용한 집진법이 가지고 있는 가스형태로 존재하는 휘발성 유기화합물(VOC)의 제거효율이 낮고 미세입자 제거에 따른 탈취효과 또한 매우 저조한 단점과 활성탄 필터의 유해물질 흡착 후 분해가 어려워 사용시간이 지남에 따라 필터의 표면의 포화 및 필터의 재사용이 어렵고 사용한 필터의 폐기가 불가피하여 이에 따른 2차적 환경오염을 야기한다는 단점 등을 충분히 극복할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 물저장 탱크 및 지하수 정화 분야

최근에 발표된 환경부 조사자료에 의하면 지난 한해동안 전국 1천522개 수질 측정망을 통해 지하수 수질을 정밀 분석한 결과 전체의 6.8%인 104개 지하수의 수질이 기준치를 초과했다 한다. 기준 초과 지하수 가운데 음용수 및 생활용수로 사용되는 지하수는 기준초과 지하수의 46.2%인 48개였으며, 특히 17곳의 음용지하수에는 발암물질인 TCE와 PCE 등이 다량

검출되었다. 이러한 지하수는 물론 수도물에서도 무균성 뇌수 막염 및 급성 장염, 간염 등 각종 질환을 유발하는 바이러스가 검출됐는데 정수장 운영관리 및 수도관 노후로 인한 급배수 과정이 문제점으로 지적되었다. 이러한 오염된 수질을 정화하기 위하여 광촉매 활용기술이 적용될 수 있는데, 기상에서의 광촉매를 활용한 지하공간 및 밀폐된 공간에도 적용이 가능한 시스템의 도움으로 충분히 가능하다.

다. 친수·자정 방오재료 및 응용상품들

광촉매는 광기능성이 극대화된 투명박막 코팅이 가능하다. 이러한 방식으로 투명박막 코팅이 수행된 지지체는 광촉매가 가지는 친수성 및 유기물분해, 살균효과에 의하여 실외에서는 비나 물살포 등으로 쉽게 표면이 깨끗해지는 친수·자정 건축자재가 되며, 실내에서는 형광등에서 나오는 적은 양의 자외선 빛으로 광촉매가 활성화 되어 표면에 붙는 먼지 등을 분해하여 방오효과가 있는 건축자재가 된다. 최근 일본에서 중점적으로 연구되고 상용화되어 가고 있는 초친수성박막을 이용한 환경개선시스템은 다양한 적용 가능성의 확보로 가까운 미래에 연간 50억달러의 시장성을 예측하고 있다.

라. 환경 분야

광촉매의 응용 연구가 가장 왕성한 곳은 환경 분야이다. 콘크리트나 도료에 광촉매인 이산화티탄을 혼합시켜, 산성비의 원인이 되는 대기 중의 질소 산화물(NOx)이나 유황산화물(SOx)을 산화시켜 초산 이온으로 변화시키는 작용을 갖게 했다. 광촉매가 든 블록을 보도에 깔아두면, 건물에 광촉매가 혼합된 도료를 도포해 놓으면 일광이 닿는 것만으로 대기 오염물질이 제거되며, 악취의 원인이 되는 공기 중의 아세트 알데히드 같은 유기물도 분해가 가능하다. 또한 섬유공장에서부터 나오는 난분해성의 유색색소를 포함한 폐액을 탈색하는데 있어서 광촉매 입자를 사용하는데, 이는 광촉매를 갖는 이산화티탄을 다공질의 실리카겔에 피복하여 촉매가 반응하는 면적을 증가시켜 반응 효율을 높인 것으로 유색의 폐액에 광촉매 입자를 혼합하여 자외선을 쬐으면 폐액은 무색이 된다. 투명한 광촉매로 표면을 피복한 유리를 개발되었는데, 이것은 부착된 오염물을 자연 분해하는 기능을 갖는다. 이외에도 오염물을 자연스럽게 분해하며 항균 기능을 갖는 타일, 담배 냄새를 분해하는 창호지, 습기에 영향 받지 않는 거울이나 유리 등등, 광촉매를 일용품에 응용하는 연구는 급속도로 진행되고 있다. 일상 공간에 있는 미약한 빛을 이용해 방오염, 항균, 탈취 등 여러 가지 기능을 발휘하는 광촉매는, 앞으로 신소재로서 급속하게 보급될 것이다.

마. 기타 분야

광촉매는 유기물을 분해하는 작용 외에도 물에 친숙한 성질이 있다는 것도 최근 발견되었다. 타일 표면을 광촉매로 피복하면 발수성이 전혀 없게 되어 균일하게 퍼진 얇은 물의 막이 장시간에 걸쳐 형성된다. 촉매 작용으로 더러움의 원인이 되

는 물질을 분해할 뿐 아니라, 물의 막으로 더러운 물질을 근접시키지 않는 기능도 갖게 할 수 있다. 즉, 광촉매는 더러움을 타지 않는 타일이나 유리 등에 실용화되고 있다. 가까운 장래에 일본 내 수요만으로도 5000억엔의 시장 규모에 이를 것이라는 예측이 있으며, 2005년 예상 시장 규모는 일본이 연간 1조엔, 우리 나라도 연간 1조원 시장이 열릴 것으로 예상된다. 광촉매 응용기술 분야는 현 시장규모가 정확히 파악이 안될 정도로 걸음마 단계이며 현재 대부분의 국내 시장을 일본 제품들이 점령하고 있다.

4) 앞으로의 과제와 응용전개

광촉매에 의한 대기정화도료의 실용화에 대해서는 대기정화 성능 및 내구성의 향상에 대해 아직 검토의 여지가 있다. 따라서, NOx의 산화에 의해 생성되는 질산의 배출시의 처리방법에 대해서도 환경적 측면의 고려가 필요하며, 각종 소재에 대한 적합성과 작업성의 조정이 필요하다. 더욱이 의장성, 가격 및 방오성 등의 부가가치를 조합한 각종 그레이드를 개발해 나가는 것이 앞으로의 개발방향이 될 것이다.

(8) 나노분말

금속 및 세라믹 분말재료의 특성 향상을 위한 방법으로서 입자를 미세화하는 연구개발이 진행되어, 분말입자 크기가 1 μm 이하의 크기를 가진 분말재료가 현재 실용화되고 있다. 분말재료 중에서 특히 0.1 μm 이하의 크기를 갖는 분말을 나노분말(nanostructured powders)이라고 부르며[10], 이 재료는 입자크기가 극미세해짐에 따라 일반 분말재료에서는 발현되지 않았던 특이한 물리적, 기계적 특성이 나타난다. 즉, 입자의 반경이 작아질수록 표면원자의 수는 상대적으로 증가함에 따라 입자의 크기가 작아질수록 체적특성은 감소하고 표면특성이 두드러지게 나타나기 시작한다. 이 결과 여러 가지 예상치 못한 새로운 물성이 관찰됨으로서 전기, 전자분야는 물론이거니와 전지, 환경, 분리, 촉매, 광통신, 자동차, 분말야금, 화장품, 의학 및 생명공학 등의 각종 산업분야에 걸쳐서 나노분말 재료의 응용이 기대된다.

3. 결 론

이상과 같이 분체는 그 분말 입자가 가지는 고유특성에 의해 잠재적인 가능성이 풍부한 다기능 재료로서, 고온구조재료, 공구재료, 전자기기재료, 필터 및 센서 등에의 응용이 기대되고, 재료분야 뿐만 아니라 산업 전반에 걸쳐 새로운 기술 및 신산업수요를 창출 할 것으로 예상된다. 따라서, 이러한 분체에 관한 기술개발은 선진 각국에서 더욱 치열하게 진행되고 있으나, 국내의 기술수준은 전반적으로 초보적인 도입단계에 불과하며, 현재 일부 대학 및 연구소에서 산발적, 기초적 연구를 수행하고 있다. 하지만 최근 산업의 고도화로 인해 고기능 특수용도용 분말재료 제품에 대한 신수요가 지속적으로 증가하

고 있는 추세로, 고부가가치형 미래 신산업을 창출하기 위해서는 기존 재료들의 특성적 한계를 돌파할 수 있는 나노분말 소재와 같은 첨단 분체공학 분야의 개발을 위한 집중적인 연구개발이 절실히 요청된다고 하겠다.

참고문헌

- [1] Taggart, A. F. "Handbook of Mineral Dressing", John Wiley, New York, 1967.
- [2] Hart, L. D. "Alumina Chemicals: Science and Technology Handbook", The American Ceramic Society, 1990.
- [3] Strom, L. A.; Sweeting, T. B.; Norris, D. A.; Morris, J. R. *Mater. Res. Soc. Symp. Proc.* **1995**, 371, 321.
- [4] Saggio-Woyansky, J.; Scott, C. E.; Minnear, W. P. *Am. Ceram. Soc. Bull.* **1992**, 71, 1764.
- [5] Miller, R.; Fox, R. "The first international conference on TiO₂ photocatalytic purification and treatment of water and air". Elsevier, New York, 1993.
- [6] Park, S. J.; Jung, W. Y. *J. Colloid Interface Sci.* **2002**, 250, 93.
- [7] Park, S. J.; Jang, Y. S. *J. Colloid Interface Sci.* **2002**, 249, 458.
- [8] Vorontsov, A. V.; Kurkin, E. N.; Savinov, E. N. *J. Catal.* **1999**, 186, 318.
- [9] Herwig, K. W.; Kellogg, G. J.; Sokol, P. E.; White, J. W. *J. Chem. Phys.* **1990**, 93, 7153.
- [10] Khalil, T.; Abou El-Nour, F.; El-Gammal, B.; Boccaccini, A. R. *Powder Technol.* **2001**, 114, 106.