



산화티탄 광촉매와 응용 분야

광전재료과장 안종일
02) 509-7229 ciahn@ats.go.kr

1. 서론

최근 악취, 곰팡이, 균류 등에 의한 주거 환경의 오염을 비롯하여 환경 호르몬 등 다양한 유해화학물질이나 화석 연료의 대량 소비에 의해 지구 환경 오염이 진행되면서 심각한 환경 문제가 발생되고 있다. 이러한 환경오염의 진행을 억제, 혹은 방지하기 위해서 미국, 유럽, 일본 등의 선진국에서는 유해화학물질의 사용금지와 유해물질 포집에 의한 열분해 등의 처리 방법을 이용하는데 이 방법들은 처리과정에서 화석연료를 사용하기 때문에 환경을 정화하면 할수록 많은 에너지가 소모되고 다이옥신 등과 같이 더 유해한 오염물질을 생성할 위험도 내포하는 모순을 가지고 있다.

그러나, 광촉매는 유독한 악품은 물론 화석연료도 사용하지 않으면서 태양 광과 같은 광에너지의 이용만으로도 다양한 화학물질을 안전하고 용이하게 분해할 수 있다는 장점과 항균 및 살균, 초친수성 등의 특성도 지니고 있어 환경 친화성 재료로 다양한 분야에 응용될 수 있는 가능성이 있어 광촉매에 대해 국내·외에서 큰 관심을 가지고 연구하고 있다. 특히 일본에서는 1990년대 초 TOTO가 자사의 도기 제품에 광촉매를 도포하는 방법을 개발한 후, 항균 타일, 위생

도기, 세면기, 욕조 등 다양한 분야에서 실용화되고 있다. 현재 일본에는 1,000여개의 광촉매 관련업체가 제품화에 주력하고 있을 정도로 광촉매에 관한 연구 개발 뿐만 아니라 사업화에서도 선도국가로서의 위치를 확고히 다져가고 있으며, 일본의 YRI(Yano Research Institute)에서 발표한 자료에 의하면 2005년 광촉매 원료 시장이 100억엔, 관련 제품 시장이 1조 1천억 엔으로 성장할 것으로 예측하고 있다. 국내에서도 최근 LG, 삼성, 대우일렉트로닉스 등 가전 3사에서 광촉매를 응용한 공기정화기, 에어컨, 냉장고, 식기건조기 등 가전제품을 출시하고 있으며, 많은 벤처기업들이 여러 가지 형태의 광촉매 원료와 응용제품을 개발하여 상품화에 박차를 가하고 있다.

한편, 광촉매 제품은 그 성능이나 효과, 예를 들면 셀프클리닝 기능에 대한 효과를 시각적으로 알 수 있 으려면 시공 후 여러 달이 걸리는 등, 그 효과를 즉시 알기 어렵다. 따라서 소비자가 광촉매로서의 기능이나 효과가 없는 불량품을 구입할 우려가 있어 광촉매 제품의 신뢰성을 떨어뜨리는 원인이 되어왔다. 또한 광촉매의 성능을 평가할 수 있는 공인된 시험방법이 없어 각 제조사가 임의의 사내규격에 따라 제각기 평



시 책 단

가하여 왔기 때문에 광촉매 제품의 성능을 비교할 수 없었을 뿐만 아니라 품질이나 안전에 관한 규격도 없기 때문에 저질 제품이 유통되어 시장 질서를 어지럽히는 등, 건전한 시장 조성의 저해 요인이 되어왔다. 따라서 조약품의 유통을 막고 광촉매 제품의 신뢰성을 높여서 광촉매 산업의 건전한 발전을 도모하기 위해서는 광촉매 제품의 성능평가방법의 개발이나 표준화는 필수 불가결한 요소라 하겠다.

현재, ISO에서는 광촉매 제품의 성능평가방법에 관한 규정이 전혀 없는 실정이나, 광촉매 제품의 실용화에 면에서 세계 우위를 차지하고 있는 일본이 2002년 제9회 ISO/TC 206 베를린 총회에서 광촉매 분야의 표준화를 TC 206(파인세라믹스 기술위원회)에서 다룰 것을 제의하였다. 그 후, 일본은 「광촉매 재료의 대기정화 성능시험방법-제1부 : NO 가스」에 대한 규격초안을 작성하고 신규작업항목으로 제안한 상태이다.

본고에서는 광촉매의 개요와 응용분야, 그리고 규격화가 가장 빠르게 진행되고 있는 일본에서의 표준화 동향을 간단히 설명하고자 한다.

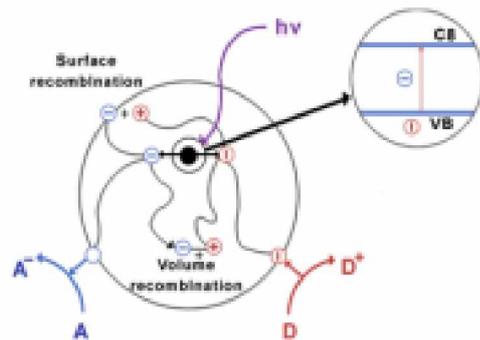
2. 광촉매 개요

2.1 광촉매 정의 및 반응 원리

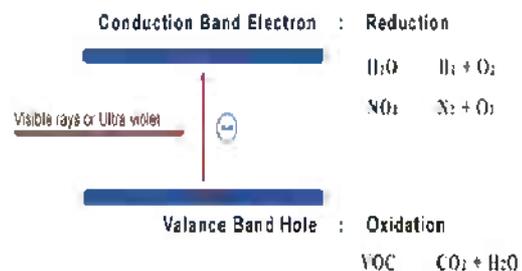
2.1.1 광촉매 정의

촉매란 어떤 화학 반응에서 자신은 변화하지 않고 반응속도를 변화시키거나 반응을 개시시키는 등의 역할을 수행하는 것이다. 그러므로 광촉매는 촉매의 한 종류로서 촉매작용이 빛에너지를 받아 일어나는 것을

의미한다. 즉 반도체 등의 분말을 용액에 넣어 그 Band Gap 이상의 에너지 광원을 조사하면 Negative 전하를 갖는 Electron과 Positive 전하를 갖는 Hole이 생성되고 이렇게 생성된 Electron과 Hole에 의한 Reduction(환원)과 Oxidation(산화) 작용에 의해 용액 중의 이온이나 분자를 분해시키는 등 다양한 반응을 일으킨다. 이러한 광촉매 반응은 무기 화합물에 의한 광분해 반응 즉, 안료에 의한 도료의 열화 등으로 알려져 왔고 1950년까지는 이 현상이 부정적 이미지로 부각되어 광촉매 반응을 억제하는 열화방지 등이 주로 연구되어 왔다.



(a) Photo-excitation Mechanism



(b) Photo-catalytic Redox Mechanism

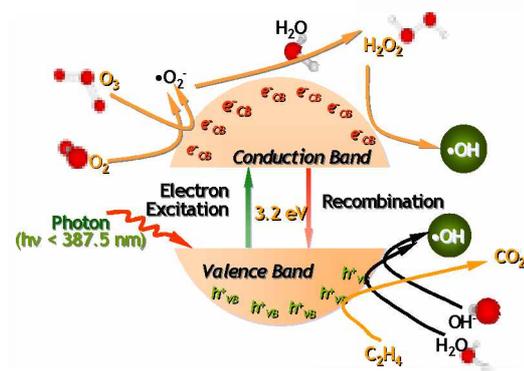
[그림 1] 광촉매 Mechanism

1960년대 중반에 이르러 소련의 Krasnovskii과 Brin이 WO₃, TiO₂, ZnO 등의 분말을 물에 현탁시켜 3가의 철 이온 등을 가한 후 빛을 가하면 산소가 발생된다는 사실을 발견하였다. 이것이 반도체 분말계, 즉 광촉매에 의한 물 분해의 최초 예라고 할 수 있다. 그리고 1970년 전후에 TiO₂ 전극에 의해 물이 수소와 산소로 분해 된다는 사실을 일본의 Fujishima와 Honda가 일본화학회에 보고하였다. 그 후 1972년 영국의 세계적 과학 잡지 'Nature'에 'Honda - Fujishima Effect' 가 발표되었고 일본의 일간지에도 발표되면서 오일쇼크를 해결할 수 있는 새로운 에너지원으로서 주목받았다. Fujishima와 Honda가 보고한 반응은 반도체 전극을 사용한 광전기화학 전지였으나 이후 마이크로화한 반도체 미립자 광촉매가 개발되었다. 반도체 광촉매를 이용한 물분해 뿐만 아니라 물과 다양한 유기물의 혼합액에서의 수소 발생이나 탄산가스의 환원, 질소 고정 및 새로운 유기물 합성 등 다양한 분야의 연구가 진행되었다. 그러나 태양에너지의 이용 효율이 낮고 반응 제어가 어렵기 때문에 실용화에 이르지 못하고 현재까지도 연구 개발이 계속되고 있다. 한편, TiO₂ 등의 광촉매 반응을 이용한 수중의 유해물질 분해에 관한 연구는 1970년대 후반까지 계속 진행되었는데 종래의 미생물 사용에서 활성오니법 처리가 어려웠던 유기염소화합물이나 계면활성제, 농약, 다이옥신 등의 물질을 분해할 수 있는 성질이 확인되었다. 이러한 방법은 pH나 온도 등의 미세한 제어에 의해 간단하게 처리할 수 있는 이점이 있다. 광촉매가 일상 제품으로 응용되기 시작한 것은 1990년대 일본의 TOTO에서 도기 제품에 광촉매를 도포하는 방법을 고안한 이후 막(膜) 상태의 TiO₂ 광촉매가 개발되면서 광촉매를 사용한 유해 유기물질의 처리가 실용화 단계에 이르게 되었고 현재

는 광촉매의 Anti-bacterial, Deodorization, Super-hydrophilic, Anti-fogging, Self-cleaning 등의 다양한 특성을 이용한 제품들이 개발되어 여러 분야에 응용되고 있다.

2.1.2 광촉매 반응 원리

일반적으로 광촉매 반응의 원리는 TiO₂ 표면에 Band gap 이상의 에너지를 가지는 파장 ($\lambda < 400$ nm)의 UV를 조사할 경우 TiO₂ 표면에 전자 (electron)는 Valence band 에서 Conduction band 로 전이가 일어나게 되고 이로 인하여 Valence band 에는 hole 이 생성된다. 이렇게 생성된 전자와 hole 은 TiO₂ 표면으로 확산 이동하게 된다. TiO₂ 표면에 흡착된 물이나 OH⁻ 과 Hole 이 반응하여 OH 라디칼을 생성하기도 하며 수중에 존재하는 산소의 경우에는 전자와 반응하여 O₂⁻ Radical을 생성하여 더 많은 OH 라디칼을 생성시켜 TiO₂ 표면의 유기물질 등을 분해하게 되는데 이를 광촉매 반응이라고 한다. OH 라디칼과 O₂⁻ 라디칼은 또한 반응의 중간 생성물로 생성되는 H₂O₂ 에 의하여도 생성된다. 이러한 광분해 반응의 전체 반응은 아래의 그림과 같다.



[그림 2] 광촉매 반응 개략도



2. 2 광촉매 재료

광촉매 재료는 두 가지 측면, 즉, 유해 유기물의 광분해, 대기오염물질의 산화·환원, 살균·항균 등과 같은 환경적 측면과 물을 광분해 시켜 수소와 산소를 생성시킴으로써 차세대 청정에너지를 얻고자 하는 에너지적 측면으로 나눌 수 있으며 각각의 측면에 따라 이용될 수 있는 재료가 다르다. 먼저 환경적 측면에서 광촉매로 사용할 수 있는 물질로는 TiO₂ (anatase), TiO₂(rutile), ZnO, CdS, ZrO₂, SnO₂, V₂O₃, WO₃ 등과 Perovskite 결정구조를 갖는 복합금속산화물(SrTiO₃) 등이 있다.

- ZnO 의 경우, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌의 분해에 탁월한 효과를 가지고 있으나, 촉매 자신이 빛에 분해되어 유해한 Zn 이온을 발생하는 단점을 가지고 있다.
- CdS 의 경우, 유해 유기물의 광분해에 탁월한 효과를 가지고 있으나 ZnO 와 같이 자신이

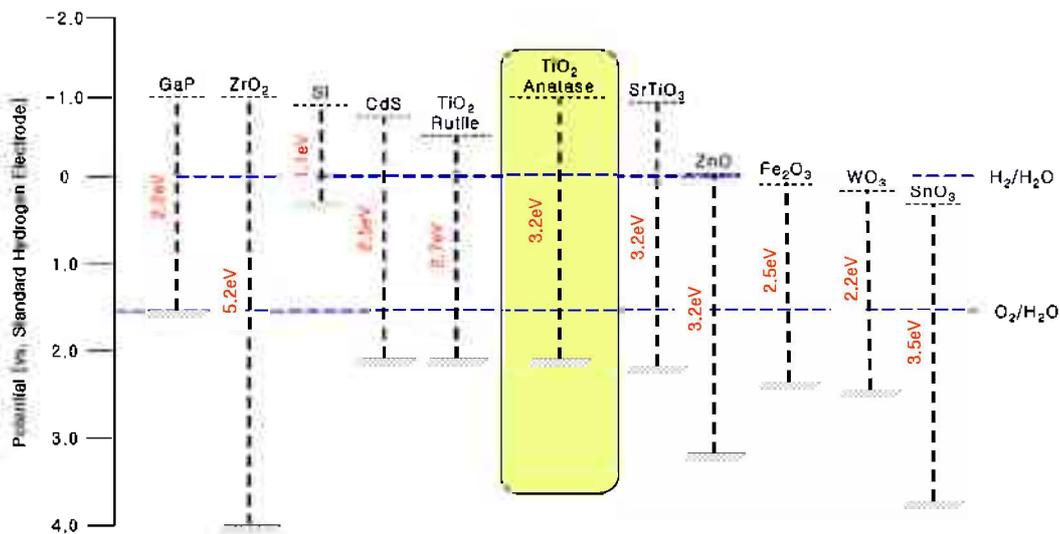
빛을 흡수하여 유해한 Cd 이온을 발생하는 단점을 가지고 있다.

- WO₃ 의 경우, 특정 물질에 대해서만 광촉매로서 효율이 좋고 그 외에는 효율이 TiO₂ 에 비해 떨어진다.

이와 같이 산화 환원 반응에 사용되는 반도체 물질은 여러 종류가 있지만 실제 광촉매 반응에 사용할 수 있는 반도체 물질은 극히 소수이며 광촉매로 이용되기 위해서는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

- 광학적으로 활성이 있으면서 광에 의한 부식이나 반응성이 없어야 한다.
- 생물학적으로나 화학적으로 비활성이어야 한다.
- 가시광선이나 자외선 영역의 광원에서 응용 가능해야 한다.

각각 촉매들은 광 여기 반응이 일어나는데 필요한 에너지가 각각 다르기 때문에 사용하는 분야에 따라 소재가 다르며 광촉매에 사용되는 물질과 그들의 에너지 Band Gap은 아래 그림과 같다.



[그림 3] 광촉매 물질의 에너지 Band Gap

일반적으로 광촉매 반응에 대한 산화물 반도체 활성 정도는 TiO₂(anatase) > TiO₂(rutile) > ZnO > ZrO₂ > SnO₂ > V₂O₃ 순이며, 반응 조건과 활성 정도를 비교하였을 때 가장 대표적인 물질은 TiO₂ 이다. 에너지 측면에서 보면 물을 수소와 산소로 분해하는데 있어서 TiO₂는 그 효율이 매우 낮아 이용하기 어렵고 주로 층상 구조를 갖는 K₄Nb₆O₁₇과 같은 광촉매가 이러한 물 분해에 있어 우수한 광촉매 활성을 보이는 재료로 많이 개발되고 있다. 그러나, 현재 광촉매 반응에 의해 물에서 수소와 산소를 분해 시키는 반응은 에너지 효율 측면에서 아직 실용화하기에 문제가 있어 주로 광촉매를 환경 문제에 많이 적용시키고 있으며 그 대표적인 광촉매는 TiO₂ 반도체를 많이 이용하고 있다.

3. 광촉매의 응용

광촉매를 응용할 수 있는 분야는 무궁무진하다. 지구의 대기 및 수질 오염에 대해 특별한 에너지를 가하지 않고 빛만으로 오염물질을 분해시킬 수 있는 유해 유기물의 광분해와 대기 오염물질의 광산화·환원·각종 병원균의 내성증가로 위협받고 있는 위생 문제에 있어서도 광촉매의 살균·항균 작용이 문제를 간단히 해결해 줄 수 있어 여러 분야에서 응용될 수 있다. 또한 물을 광분해 시켜 수소와 산소를 생산함으로써 차세대 에너지와 환경문제를 동시에 해결할 수 있다는 점에서 많은 주목을 받고 있으며 기타 다양한 분야에서 획기적인 수요 증대를 가져올 것으로 예상된다. 광촉매의 응용 분야는 크게 기능별 및 산업별로 구분하여 볼 수 있으며 표 1에 나타내었다.

<표 1> 광촉매의 응용 분야(기능별)

구분		응용분야
항균, 살균, 방취		병원, 화장실, 부엌 등 세균의 영향이 예상되는 곳에 적용
유기물 분해	Easy Cleaning	터널전동, 터널벽, 욕실, 주방용품, 가구, 컴퓨터 모니터 등
	Self Cleaning by Rain Fall	유리창, 샷시, 타일, 천장, 도로 표지판, 전등, 차음벽, 글절 유리판, 강판, 알루미늄 패널, 벽돌, 유리막, 안내 표지판, 진열장 유리, 외장유리, 태양전지 상판 유리, 헤드라이트, 플라스틱/유리 그린 하우스 등
초친수성	Anti-Fogging	도로 거울, 욕실 거울, 장식장 유리, 창내벽, 헬멧, 광학렌즈, 에어컨 열교환기, 고전압 케이블, 자동차 사이드 미러, 백미러, 오토바이 앞유리 등
기타	특수용도	수질·해양 오염물질 분해, 토지 오염물 분해
물분해	물분해	수소와 산소 분해를 위한 크린 에너지 생성



<표 2> 광촉매 응용분야(산업별)

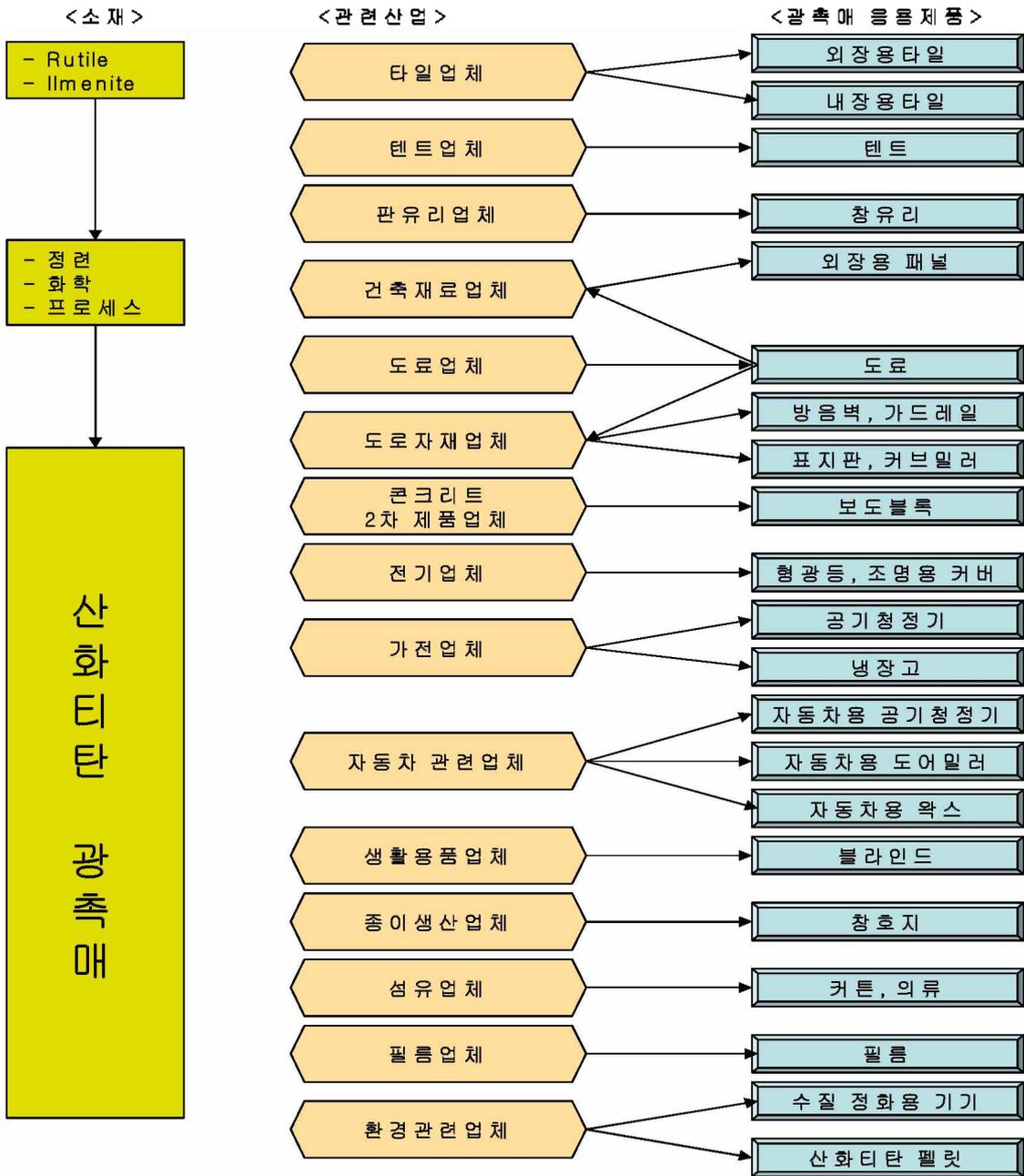
분야	용도	목적
생활용품	위생도기, 조리기구, 화장품, 공기 청정기, 청소기, 냉장고, 에어컨, 놀이기구	항균, 탈취, 오염방지, NOx 제거 공기정화
의료용품	항균타일, 의료기구, 두충약, 암 치료제, 건강음료	항균, 건강보조
주택설비	부엌설비 부재, 욕실설비 부재, 내·외장 타일, 벽지, 바닥재, 유리	항균, 탈취, 오염방지, NOx 제거
점포설비	네온사인, 간판	오염방지
도로설비	터널 조명 기구, 도로 표지판, 방음벽, 다리난간 가드레일, 도로 반사경	NOx 제거, 오염방지, 호림 방지
자동차용품	차량도장, 전조등, 커버, 창유리, 사이드 미러, 냉동·냉장차	오염방지, 항균, 탈취, 호림 방지
대기정화	NOx, Dioxin, VOC 제거, 디젤엔진 배기가스	정화처리, 오염방지
수질정화	하수, 지하수, 폐수, 침출수, 기름띠 수영장, 수족관, 어항	정화처리, 탈취, 오염방지

현재 광촉매를 가장 활발하게 상용화하고 있는 기업은 일본의 TOTO이다. TOTO는 용도 특화로 특허망을 구축하여, 각 분야마다 최종 제품 생산 회사와 개별적으로 제휴하는 전략을 채택하고 있다. 다음 그림에 광촉매를 적용한 제품들을 나타내었다.

3.1 항균·살균·탈취

광촉매 기술은 다양한 분야에서 응용이 기대되지만 특히 주목되는 효과 중의 하나가 항균 작용이다. 광촉매에 의해 발생된 OH 라디칼과 Super-oxide 이온이 박테리아 세포막에 달라붙어 산화, 분해함으로써 세포막을 파괴하여 살균 및 탈취 효과를 나타낸다. 광촉매는 한번에 대량의 물질을 분해하기에는 부적합하

지만 세균이나 바이러스 처럼 최초에는 적지만 서서히 증가해 가는 것에는 매우 큰 효과가 있다. 일반적으로 항균제는 어떤 물질이나 그 주변의 박테리아가 접촉을 했을 때 효과를 나타내지만 광촉매는 표면에 빛에너지를 받아 전자가 계속해서 이동하고 있으므로 hole이 한곳에만 형성되지 않는다. Hole에 의해 생성된 OH 라디칼과 전자에 의해 생성된 Super-oxide 이온은 표면 전 부분에 생성되므로 박테리아의 접촉 가능성이 높고 항균·살균 및 탈취 성능이 항균제보다 뛰어나다. 일반 항균제는 일정시간이 경과한 후에는 항균효과가 떨어지는 경향이 있으나 광촉매의 경우에는 설치 후 그 기능이 반영구적이며 유지 보수가 거의 필요가 없다.

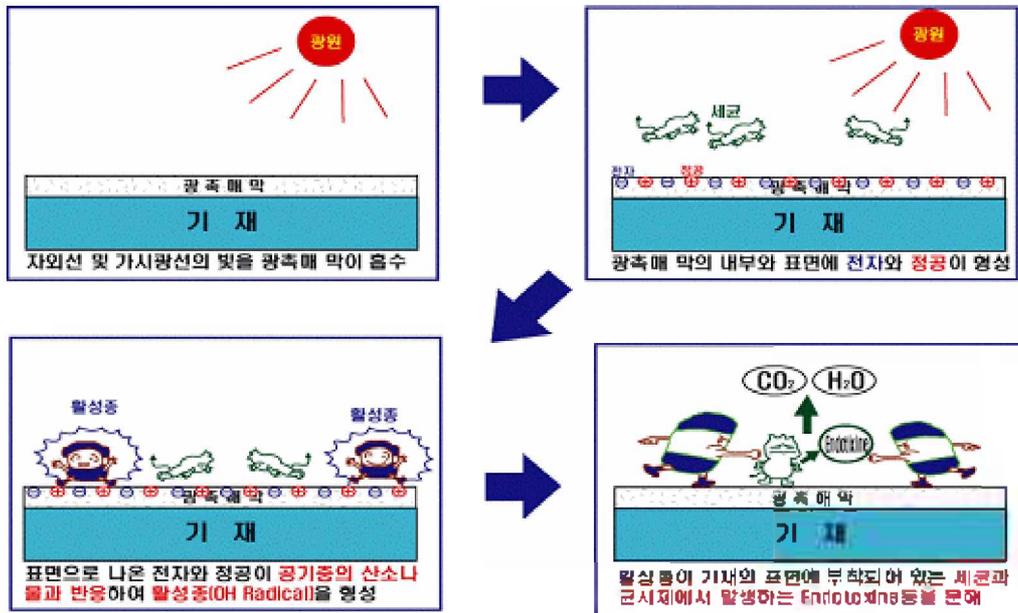


(그림 4) 일본 광촉매 산업 분야별 응용 현황

자료 출처 : 일본 경제생산성생산기술조사, 2002년



시책논단



[그림 5] 광촉매의 항균 Mechanism

현재 사용 중인 은계 항균제의 경우, 세균을 죽일 수는 있으나 그 잔존물들은 그대로 남아 오염의 원인이 된다. 이러한 2차 오염에 의해 표면이 오염되면 살균작용이 떨어지게 되는 현상을 보인다.

그러나 광촉매의 경우, 이러한 오염원까지도 분해하기 때문에 잔존물에 대한 오염을 막을 수 있다. 표 3은 각종 항균제별 특징을 나타내고 있다.

<표 3> 각종 항균제별 비교

구분	유기계 항균제	은계 항균제	광촉매 항균제
물성	유기 염소화합물, 유기 질소계 화합물을 이용한 항균효과	Ag, Zn을 silica나 유기킬레이트 화합물 형태로 제조	광화학반응에 의한 살균
장점	· 초기 항균력 우수 · 투명 기재에 사용가능	· 항균력 안정적	· 기재의 균사체까지 분해 · Endo-toxine 까지 분해 · 영구적인 항균력
단점	· 항균 지속성이 떨어짐 · 균사체가 기재 표면에 잔존 · Endo-toxine 발생	· 균사체가 기재 표면이 잔존 · 기재변색 (은 산화) · 균사체에서 Endo-toxine 발생	· 광원이 필요

■ **항균타일**

각종 오염과 악취는 세균 활동과 관련이 깊다. 욕실오염의 경우 비누 찌꺼기는 지방산과 단백질 등의 유기화합물로 그대로 방치할 경우 이것을 영양원으로 하는 세균이 번식하고 벽이나 바닥에 미끄러운 점액을 생성한다.

광촉매 타일은 이러한 미끄러움을 방지할 수 있고 세균의 요소 성분을 분해하여 암모니아 발생을 초래할 수 있으며 이런 현상은 화장실 악취의 원인이 될 수 있는데, 광촉매 타일을 사용하여 살균 및 요소의 분해 억제에 의한 악취를 방지할 수 있다. 표 4에는 악취의 원인이 되는 요인과 주요 성분, 표 5에는 악취 성분이 주는 영향을 나타냈다.

<표 4> 악취의 원인이 되는 요인 및 주요성분

대상	담배 연기	음식쓰레기	애완동물	화장실	신건축재료	NOx	Smoking, 세균 등
주요 성분	암모니아						광촉매 막 위에 부착된 세균의 세포막을 파괴하여 세균의 활동 억제
	아세트알데히드	유화수소 데틸테르캡탄		포름알데히드	질소산화물		
	초산						

<표 5> 악취의 원인이 되는 성분과 악취가 미치는 영향

암모니아	<ul style="list-style-type: none"> - 코, 목을 자극 눈과 접촉 시 결막 및 각막염증 - 장기 폭로 : 폐렴, 기관지염증 유발 - 고농도 가스 : 두통, 경련 유발
포름알데히드	<ul style="list-style-type: none"> - 흡입 : 호흡곤란, 기침 폐병 - 음용 : 입과 식도가 타는 듯한 느낌, 데스꺼움, 구토 증상 수반 - 쥐에 대한 흡입실험 : 치사율이 높음
황화수소	<ul style="list-style-type: none"> - 흡입 : 눈, 코, 목안의 점막, 후각마비 - 고 농도 : 두통, 현기증, 불규칙 보행, 호흡장애, 의식불명, 호흡마비 - 저 농도 : 두통, 현기증, 멀미, 구토, 후각기능 간헐적 손실, 눈, 코, 목의 자극 수반
아세트알데히드	<ul style="list-style-type: none"> - 눈, 코, 목을 자극 - 고농도 : 다취작용, 의식혼탁, 기관지염, 현기증, 폐수종 등 - 장시간 폭로 : 눈, 피부자극 등
초산	<ul style="list-style-type: none"> - 눈, 코, 목, 폐 자극 - 고농도 : 코, 목, 폐 심한 손상, 시력저하, 사망 - 만성폭로 : 피부 검화, 코, 목, 기관지 염증



시 책 단

일반 항균제의 경우, 시간이 지남에 따라 살균력이 떨어지고 2차적인 오염이 우려되지만 광촉매를 이용한 타일의 경우에는 살균력이 거의 반영구적이고 2차 오염이 발생하지 않기 때문에 항균·탈취·살균에 탁월한 효능이 있다. 또한 광촉매 타일을 병원에 시공할 경우 정균적인 살균·소독 없이 병원 내 존재하는 세균을 처리할 수 있어 유지·보수비용을 줄일 수 있다. 광촉매의 유기물 분해 작용을 응용하여 먼저 제품화된 것은 일본 TOTO社의 항균 타일이 있는데 병원 등에 시공하여 실용가치가 있는 기술로 평가되고 있다. 실제 TOTO社에서는 1998년 10월부터 내외장용 타일에 광촉매 코팅을 하고 있으며 향후 후술할 초친수성 기술과 동시에 광촉매를 응용한 기술을 접목시킨 기술도 선보일 예정이다.

■ 공기청정기

항균 타일과 병행하여 개발이 진행되어온 광촉매 응용제품으로 공기청정기가 있다. 광촉매의 방오, 탈취 및 살균 등의 효과 중, 공기청정기에 요구되는 특성으로는 탈취, 유해 가스 제거 및 항균 등이 있고 종래의 공기청정기의 성능을 증가하는 광촉매 필터를 사용하여 많은 기업에서 제품화되고 있다. 광촉매 필터를 이용한 공기청정기 제품은 1997년 일본의 Daikin Ind 社가 처음으로 도입하여 최근에는 Matsushita Electric Works, Sony, Matsushita Electric Ind 등의 일본 업체와 국내에서는 웅진코웨이, 삼성전자, 청풍 등에서 제품이 생산되고 있으며 점차로 응용이 확대되고 있다. 개발 초기에는 가정용

공기청정기, 에어컨으로 응용되었지만 현재는 업무용 대형 공기청정장치로의 응용 개발도 활발히 이루어지고 있으며 가까운 장래에는 승용차의 차내용으로도 본격적으로 적용될 것으로 예상된다.

3.2 유기물 분해 기능

■ 조명기구 및 주방 용기

광촉매를 코팅한 유리 표면에서는 부착된 기름 얼룩이 분해되어 최종적으로 이산화탄소로 되며 이렇게 오염이 자연적으로 소멸되는 효과인 셀프-클리닝 효과(Self cleaning : 자정 효과)를 응용할 수 있는 분야 중에서 대표적인 것은 조명 분야이다. 실제로 일본에서는 고속도로의 터널 등에 이미 적용되고 있으며 터널내부에 설치된 조명은 자동차에서 배출된 배기가스에 의해 오염되기 때문에 정기적으로 청소가 필요하나 매우 위험하기 때문에 일본도로공단은 향후 개통되는 고속도로의 터널 조명은 모두 광촉매 기능을 부여한 램프를 설치할 예정이다.

수돗물 악취의 원인 중 하나가 염소화합물로 인한 것으로 알려져 있는데 이에 대한 대책으로 유리컵 등과 같은 주방용기의 내면에 광촉매를 코팅하여 악취 제거, 살균 등의 효과를 보이고 있다.

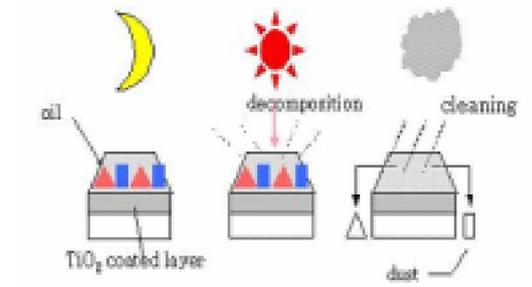
■ 건축 자재

최근에 들어 건축업계에는 오염이 되지 않는 건축 자재의 요구가 늘어나고 있다. 환경에 있어서 건축 폐 자재의 양을 줄이는 일환으로 건축물에 대한 수명을 늘리는 것을 추진하고 있다. 실제로 많은 노동력과 비

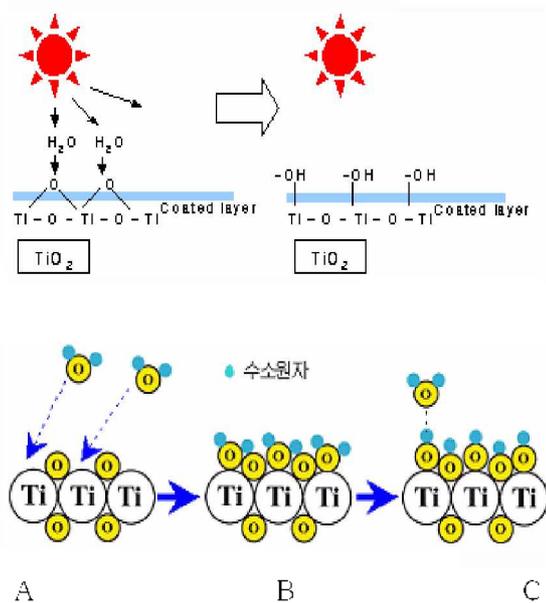
용을 폐외장재 처리에 쓰고 있다. 건물 내외의 벽과 바닥에 의한 일반적인 오염은 유지 및 타르 등의 유기물 자체도 문제이지만 실제로는 유기물이 바인더 역할을 하여 먼지나 흙이 부착된 오염원이 대단히 많다. 따라서 이러한 외장 재료의 표면에 산화티탄과 같은 광촉매 박막을 코팅하여 유기화합물을 분해시키고 먼지와 같은 성분을 쉽게 제거하는 광촉매 자정 효과를 갖는 건축 자재가 각광을 받고 있다. 타일 이외에도 방오성을 갖는 알루미늄 자재나 텐트재의 개발이 주목받고 있다.

3. 3 초친수성(Hydrophilic)

일반적으로 물질의 표면에는 유기물이 흡착되어 있어 소수성을 띠게 되며 이러한 유기물을 세척하기 위해서는 계면활성제와 같은 세제를 사용하여야 한다. 그러나 광촉매의 경우, 자외선을 조사하면 광촉매 활성으로 인하여 표면에 흡착된 유기물을 분해하기 때문에 친수성을 유지할 수 있게 된다. 이러한 광촉매의 초친수성은 항균, 방오, 탈취 등, 광촉매에 의한 유기물 분해작용을 응용한 기술개발이 추진되는 중에 발견된 것으로 기존의 광촉매 특성과는 완전히 새로운 성질로 광촉매 연구에 있어서 획기적인 일이었다. 특히 친수성은 표면에 물이 맺히지 않기 때문에 화장실, 실내 유리 및 차음벽, 자동차 Mirror 등에 김서림 방지용으로 유용하게 사용될 수 있으며 향후 콘택트 렌즈 등의 의료 관련 분야나 유리 온실, 비닐 하우스 등의 농업 관련 분야 등 다양한 분야에 활용될 것으로 예상된다.



[그림 6] 방오 작용 Mechanism

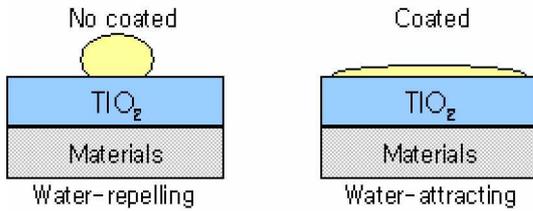


[그림 7] 초친수성 Mechanism

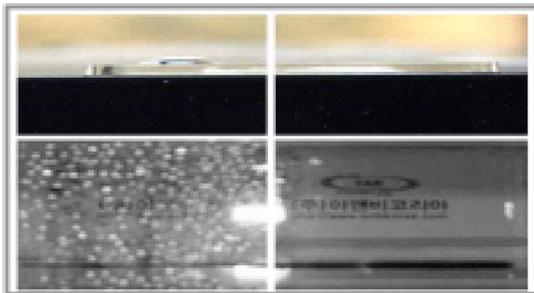
초친수 기능의 결과, 물분자의 접촉각이 작아져 물방울 맺힘 현상이 없어지고, 먼지나 기타 오염물질이 달라붙어 있지 않으며 물방울과 함께 씻겨 내려가기 때문에 건조 후에도 더러운 자국이나 오염물질이 표면에 남지 않는다.



시 책 단



[그림 8] 친수성 기능의 효과



[그림 9] 광촉매 코팅전과 코팅후 비교

3. 4 특수용도

■ 수돗물과 폐수처리

물속의 유기오염물을 제거하기 위한 방법에는 활성탄 흡착법, 탈기법(Air Stripping), 고급 산화법(Advanced Oxidation Process) 등이 있다. 그러나 이와 같은 처리 방법들은 2차 오염물 발생과 고가의 화학물질을 사용하기 때문에 처리비용이 많이 드는 것이 가장 큰 문제점이다. 광촉매를 사용하여 폐수를 처리할 경우, 태양광으로 폐수를 처리할 수 있기 때문에 에너지 소비가 거의 없고 2차 오염 문제가 없으며 고가의 화학물질을 사용할 필요가 없기 때문에 폐수 처리에 있어 획기적인 방법이라 할 수 있다.

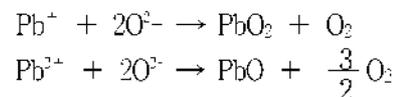
그러나, 이러한 획기적인 방법에도 불구하고 상업화가 본격적으로 이루어지지 않고 있는데 이는 폐수 처리 시스템 일부의 처리 방식을 바꾸는 것이기 때문에 전후 시스템이 고려되어야 하고, 폐수의 성격에 따라 처리 단계가 달라 적절한 단계에 적합한 시스템을 설치하는 것이 용이하지 않기 때문이다.

■ 대기오염제거

광촉매의 뛰어난 산화력이 각종 유기물을 분해할 뿐만 아니라 NOx, SOx를 제거하는데 있어서도 탁월한 성능을 갖고 있다. 일본의 경우 광촉매 블록 및 타일을 제조하여 일본도로공사와 공동으로 도로 및 고가도로 기둥, 터널 내벽에 부착시킴으로써 자동차 배기가스를 정화하는 실험을 통해 NOx, SOx가 90%가량 제거되는 효과를 확인하였다. 또한 자동차 대기오염의 주범인 질소화합물을 분해·제거할 목적으로 광촉매 시트를 사용하는 실험도 계속 진행되고 있다.

■ 중금속 제거

Super-oxide 이온에 의해 수은, 납 등 인체에 유해한 중금속을 산화, 침전시켜 80~90% 정도를 제거할 수 있다. 납 이온을 산화하는 과정을 나타내면 아래와 같다.



3. 5 새로운 분야에의 응용

■ 양친매성(兩親媒性)

광촉매에는 유기물 분해작용 뿐만 아니라 재료 표면을 초친수화 하는 성질이 발견되는 등 새로운 성

질들이 발견되고 있다. 그 중 양친매성(兩親媒性)이라는 성질이 발견되었는데 광촉매에 빛을 가하면 50 nm 정도의 친수성 도메인과 친유성 도메인이 격자 상을 형성한다. 이러한 미세한 도메인 구조에 의해 2차원 모세관 현상이 일어나 친수성과 친유성을 동시에 갖는 양친매성(兩親媒性) 표면을 형성하게 된다. 이러한 실용적인 재료의 연구는 기존의 재료에서는 찾아볼 수 없는 것으로 다양한 응용분야에 맞게 개발될 것이다.

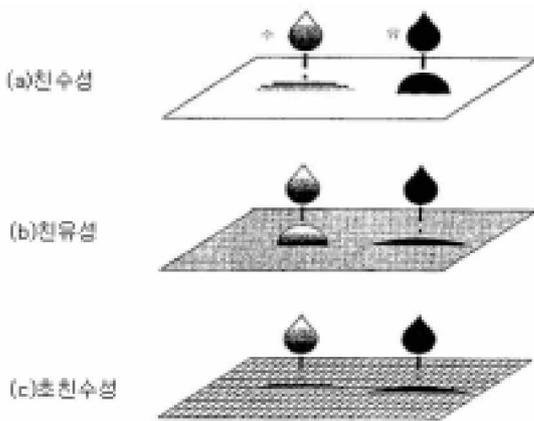


그림 10 (a)친수성 (b)친유성 (c)양친매성

■ 초발수성

빛에 의한 표면의 물 호흡을 제어하는데 있어서 초친수성 외에 새로운 연구가 진행되고 있다. 빛을 조사하면 친수화하는 것에 완전히 상반되는 소수화 현상을 발견한 것이다. 물의 접촉각이 10° 이상이 되는 초발수 코팅의 기능은 착설 방지, 방청성 등의 성질을 이용하여 착설 방지 건재나 시계 확보를 위한 자동차용 유리 등 폭넓은 용도가 기대된다. 빛의 파장 변화가 친수성과 소수성 양쪽의 성질로 바뀌는 것도 가능

하다고 밝혀졌다. 현재는 실험 수준이지만 이러한 성질의 제어는 향후 인쇄, MEMS, 접착, 박리기술 등으로의 응용 가능성이 매우 높을 것으로 기대된다.

■ 다이옥신 분해

환경오염의 원인 중 다이옥신의 문제가 심각한 문제로 제기되고 있는 가운데 대규모 쓰레기 소각장 등 환경유해 시설에 대한 대책이 조금씩 세워져야 할 시점이지만 실제 소규모 쓰레기 소각장에서는 이러한 대책이 전무한 실정이다. 일본에서 환경 정화재료로

플라스틱과 같은 유해한 쓰레기에 산화티탄 광촉매를 소량 첨가하여 소각 시 발생하는 유해 화합물을 흡착시켜 분해하는 시스템도 고안하였다. 첨가된 산화티탄을 비정질로 하여 활성이 없는 상태로 사용함으로써 플라스틱 재료의 사용 시에는 열화 될 염려가 없고, 소각 시에 결정화하여 분해 활성을 갖게 된다. 이러한 「자동 무독화 재료」의 실현 가능성이 활발히 연구되고 있으며, 향후 기업의 참여를 통해 응용 연구가 추진될 전망이다.

4. 결 언

지금까지 개발된 나노기술 중에서 가장 먼저 실용화된 것은 나노사이즈의 이산화티탄 분체를 이용한 각종 광촉매 제품이라고 할 수 있다. 앞에서 설명하였듯이 광촉매의 응용분야는 매우 광범위하고 다양하며 그 시장 또한 무한하다. 현재 우리는 반도체, 자동차, 휴대전화, PDP 외에는 이렇다할 세계 일류상품이 없어 매우 어려운 경제상황에 처해 있는 실정이다. 따라서 신산업을 창제하고 신규사업을 창출해야만 하는 어려운 여건 속에서 광촉매 산업은 21세기의 신성장동력산업으로서 자리매김할 수 있으리라 생각된다. ♣