

광촉매 환경재료와 환경정화기술의 연구개발

Hiroshi Taoda

일본 광촉매제품 기술 협의회 회장

김세기(역)

세종대학교 나노기술연구소 전임 연구원(공학박사)

■ 1. 서론

최근, 환경호르몬이나 산성비 문제로 상징되는 유해화학물질에 의한 환경오염이 지구규모로 진행되어 인류의 생존을 위협하는 심각한 문제가 되고 있다. 이는 소각장에서 발생하는 다이옥신이나 선체바닥도료에 사용되고있는 유기주석화합물, DDT나 BHC 등의 농약이나 PCB, 건재에 사용되는 용제나 접착제, 배기가스에 포함되는 벤츠필렌, NOx, SOx 등의 여러 화학물질이 내분비교란물질로써 호르몬과 같은 작용을 하거나 알레르기나 아토피성 피부염, 화학물질과민증 등을 일으키는 것들을 말한다. 현재, 일본인의 반수가 알레르기를 앓고있다고 한다. 환경호르몬 등은 1조 분의 1g이라고 하는 극히 낮은 농도로도 작용하여 물이나 대기, 토양 등을 지구규모로 오염시키므로 처리가 매우 곤란하다. 종래 환경오염물질의 처리는 포집, 농축하여 소각 등의 열분해에 의한 방법이 이루어져왔으나 환경호르몬에 대하여 같은 방법을 취하려고 하면, 오염이 광범위하게 퍼져있으므로 막대한 양의 물이나 대기, 토양을 처리하지 않으면 안되므로 화학연료 등의 대량의 에너지가 필요하게되고 이에 따라 다량의 탄산가스가 발생하여 소각처리에 따른 다이옥신 등의 맹독 물질

을 생성할 위험이 있다. 따라서 종래의 기술로 환경호르몬과 같은 환경 중에 저농도로 퍼져있는 환경오염물질을 제거하려고 하면, 에너지 위기와 지구온난화에 따른 환경오염을 초래하는 것이 되므로 새롭고 유효한 환경정화기술이 요구되어왔다.1) 한편, 우리 일본은 버블붕괴 이후에 심각한 경제침체에 시달리고 있다. 빈사의 일본경제를 일으키기 위해서는 신 산업창제, 신규사업창출이 불가결하다. 환경산업은 21세기의 선도산업으로써 기대되어 2010년에는 37조 엔의 시장규모로 확대될 것으로 예상되고 있다.

본 연구그룹에서는 그림 1에 나타낸 것처럼 태양광 등의 자연에너지를 이용하여 유해화학물질을 안전하게 분해, 부해화 하는 고기능성 광촉매 환경재료를 개발함과 동시에 그 평가법이나 환경오염의 계측기술을 개발하여 환경정화로의 응용을 추진하고 있다. 환경오염문제는 광범위하게 퍼지므로 그 해결을 위해서는 값싸고 대량의 광촉매 환경재료가 필요하다. 따라서 산업폐기물을 유효하게 이용하면서 태양광에 많이 포함되어있는 가시광의 이용효율이 뛰어나고 고효율로 유해화학물질을 분해, 부해화 하는 고기능성 광촉매 환경재료를 개발하고 이 개발에 필요한 성능평가기술의 개발과 환경정화로의 응용을 진행하고 있으며, 기술지도나 공동연구,

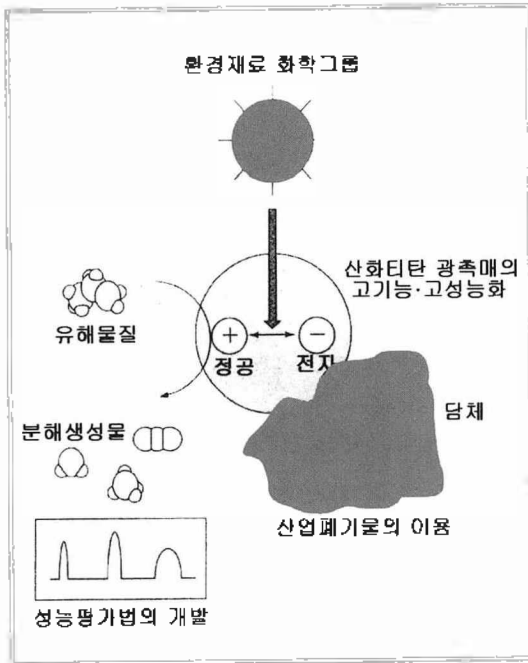


그림 1 환경재료 화학연구 그룹의 연구

특허실시 등을 통하여 실용화나 제품화를 추진하여 지구환경의 개선과 일본경제 재생에 공헌을 목표로 하고 있다.

■ 2. 이산화티탄 광촉매

광촉매 기술은 이산화티탄 등의 세라믹스 반도체에 광 조사함에 따라 생성되는 정공이나 전자의 산화환원력을 이용하여 환경오염물질의 처리를 하는 것으로, 확산된 미량의 유해 유기화학물질을 화석 연료를 쓰지 않고도 광에너지에 의해 분해, 무해화할 수 있다. 세라믹스 반도체 중에서도 이산화티탄은 백색안료로써 널리 사용되어 치약분말이나 화장품, 식품첨가물에도 쓰여지는 무해하고 값싸며 내구성이 뛰어난 물질로, 빛을 쬐이면 태양전지에 쓰여지는 실리콘 등과 마찬가지로 마이너스의 전하를 가진 전자와 플러스의 전하를 가진 정공이 생성된

다. 이산화티탄에서는 이 정공이 오존보다 훨씬 강력한 산화력을 가져서 유기물을 구성하는 분자중의 탄소-탄소결합이나 탄소-수소결합, 탄소-질소결합, 탄소-산소결합, 산소-수소결합, 질소-수소결합 등을 간단히 절단하여 분해할 수 있다²⁾. 이 작용에 의해 물에 녹아있는 여러 유해한 화학물질이나 악취물질과 같은 공기중의 화학물질 등, 거의 전부의 유해유기물질을 탄산가스나 물로 간단하게 분해, 무해화 할 수가 있으므로 살균이나 항곰팡이 등에도 사용할 수 있다²⁾. 게다가 유독한 약품이나 화석연료 등을 쓰지 않고 청정하고 무진장의 태양광을 이용하여 확산된 환경오염물질을 안전하면서도 고효율로 처리할 수 있고 반영구적으로 사용할 수 있다는 등, 다수의 이점을 가지고 있다.

■ 3. 환경재료화학연구그룹의 연구

3.1 이산화티탄 투명박막 광촉매

이산화티탄 광촉매를 이용한 유해 유기화학물질의 분해, 무해화의 연구는 1970년대 후반부터 행하여져서 탄화수소나 유기염소화합물, 농약 등 100 종류 이상의 화합물에 대하여 실험이 이루어져, 분해, 무해화가 가능하다는 것이 보고되어왔다. 그러나 이들 실험에서는 광촉매로써 분말을 사용하므로 수처리에 있어서 처리후의 물과 촉매의 분리가 곤란하다는 점이나 탈취처리의 경우에 분말의 공중 비산이 일어나는 등 취급이 곤란하다는 점이나 배치처리를 할 수 없다는 등의 결점이 있어서 상당히 실용화가 어려웠다. 이에 이런 결점을 개선하기 위하여 본 그룹에서는 기체에 고정화한 이산화티탄고정화 광촉매의 개발을 행하여왔다. 티탄의 알콕사이드로부터 티타니아 졸을 만들어 덤코팅법

에 의해 유리기관 상에 코팅한 후 건조, 소성을 반복함으로써 투명하고 내구성이 뛰어난 고성능의 이산화티탄 박막 광촉매를 제작할 수 있다^{3),4)}. 투명한 유리기관 상에 고정화한 이러한 이산화티탄 박막 광촉매는 기관을 투과해오는 빛을 이용할 수가 있으므로 불처리 등을 연속적이면서 유지관리가 필요 없이 행할 수 있다^{5),6)}. 또한 항균작용²⁾이나 초친수성⁷⁾도 가진다. 이것을 이용하여 기업과 공동으로 테트라클로로에틸렌 등의 유기염소화합물의 분해장치를 개발하였다. 그리고 이 이산화티탄 투명박막 광촉매를 이용하여 1995년 광촉매 기능성 유리제품이 세계에서 처음으로 제품화되었다⁸⁾⁻¹⁰⁾



그림 2 광촉매 기능성 유리제품

이 제품은 발명전에서 변리사회 회장상을 수상하였다. 또한 이산화티탄 투명박막 광촉매에 대하여는 2000년도의 과학기술청 장관상을 수상하였다. 이 광촉매 기능성 유리제품의 상품화 후에 여러 광촉매 소재나 제품이 생산되어 일약 광촉매 붐이 일어났다.

3.2 이산화티탄 광촉매의 다공질화

이산화티탄 광촉매는 상술한 바와 같이 매우 응용범위가 넓은 기술이나 광촉매반응은 대상물질이

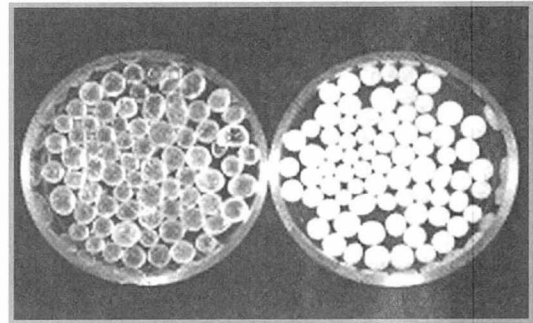


그림 3 광촉매 실리카겔(흰색)

표면과 접촉되지 않으면, 분해 등의 반응을 일으킬 수 없다는 난점을 가지고 있다. 따라서 광촉매와 활성탄 등의 흡착제와의 하이브리드화를 하였다. 이것은 대상물질을 흡착에 의해 끌어당겨서 광촉매로 분해하고자 하는 것이다. 그러나 활성탄은 광을 투과하지 않기 때문에 광촉매가 활성탄의 그늘에 가려져 있으면 반응이 일어나지 않는다는 결점이 있다. 따라서 광촉매의 성능을 더욱 올리기 위하여 투명한 다공질의 단체(실리카겔)에 이산화티탄 막을 코팅한 광촉매를 개발하였다(그림 3).

이 촉매는 실리카겔 내부의 세공의 표면에도 이산화티탄 막이 코팅되어 있고 $450\text{m}^2/\text{g}$ 의 비표면적을 가지고 있다. 광촉매 반응은 표면에서 반응이 일어나 표면적이 클수록 효율이 향상되므로 약취의 분해나 수처리를 효율적으로 행할 수 있고 특히, 염색폐수의 탈색에 대해서는 현저한 효과가 얻어졌다¹¹⁾⁻¹³⁾

그 분자를 선택적으로 흡착하여 효율 좋게 분해 처리할 수 있다. 더욱이 흡착된 유해화합물질은 탄산가스 등으로 안전하게 처리된다. 그 때문에 이들 다공질 광촉매는 자기재생형의 흡착제라고도 할 수 있다. 이 이산화티탄 다공질 광촉매에 대하여는 2000년도의 나카이 과학기술재단 학술상을 수상하였다.

3.3 이산화티탄 광촉매의 고기능화¹⁴⁾⁻¹⁷⁾

이산화티탄 광촉매를 섬유나 플라스틱에 섞어 넣으면 섬유나 플라스틱이 광촉매 작용으로 분해되기 때문에 아직까지 섬유나 플라스틱으로의 적용이 불가능하였다. 따라서 이러한 사용을 가능하게 하는 마스크멜론형이나 별사탕 모양의 이산화티탄 광촉매를 개발하였다.



그림 4 섬유나 플라스틱에 사용 가능한 광촉매

마스크멜론형의 입자는 이산화티탄의 표면에 광촉매 활성을 가지고 있지 않은 실리카를 마스크멜론의 마스크와 같이 피복한 것으로 섬유나 플라스틱에 섞어도 표면에 있는 광촉매 작용을 하지 않는 실리카에 의해 이산화티탄이 섬유나 플라스틱과 접촉하지 않으므로 분해되지 않게 된다. 이 입자는 이산화티탄 입자에 상술한 바와 같이 표면에 균일한 세공을 가지는 실리카의 박막을 코팅함으로써 제조된다. 또한 별사탕 모양의 입자는 이산화티탄의 표면에 광촉매 활성을 가지고 있지 않은 아파타이트를 별사탕의 별과 같이 붙여서 피복한 것이다. 아파타이트는 뼈나 이빨을 구성하고있는 물질로 생체친화성이 뛰어나다. 이 별사탕형의 입자는 인간의 체액에 가까운 조성을 가진 의사체액에 이산화티탄 입자를 침적시켜서 체온에 가까운 온도로 유지시킴으로써 산화티탄의 표면에 뼈나 아파타이트가 자연적으로 생성되도록 하여 제조하는 데, 최근 신속하

게 만들 수 있는 제법이 개발되었다. 마스크멜론형의 입자와 마찬가지로 섬유나 플라스틱에 섞어도 표면에 있는 광촉매 작용을 가지지 않는 아파타이트가 산화티탄에 의한 섬유나 플라스틱의 분해를 막고 아파타이트는 균이나 곰팡이를 흡착할 수 있으므로 이산화티탄 광촉매로 효율 좋게 균이나 곰팡이를 살균할 수가 있다. 더욱이 생성된 아파타이트는 장미꽃과 같은 형태를 가지고 있어서 표면적이 크기 때문에 큰 탈취효과를 가진다.

3.4 산업폐기물의 광촉매 담체로의 응용

환경오염은 이미 극히 광범위하게 퍼져있으므로 그의 개선에는 대량의 광촉매를 필요로 하며, 광촉매 기술을 보급시키기 위해서는 저코스트화가 불가결하다. 따라서 광촉매의 담체로써 폐기물을 이용하는 것이 고려되었고 페유리로 만든 물에 뜨는 담체에 이산화티탄 박막을 코팅한 광촉매를 개발하였다. 이것은 탱커 사고 등으로 원유가 유출된 곳에 뿌려서 원유를 흡착하여 태양광으로 분해하는 것이다¹³⁾. 또한 유리가루로 만든 흡음판에 이산화티탄 박막을 코팅한 광촉매 흡음판을 개발하였다¹⁸⁾⁻²⁰⁾. 이것을 고속도로의 흡음판으로 사용하면 NOx나 SOx를 흡착 산화시켜 대기 중으로부터 제거하여 대기정화를 할 수가 있어서 셀프클리닝 기능도 겸해서 가진다. 광촉매의 담체에 폐기물을 이용함으로써 폐기물의 리사이클에 대한 공헌도 기대할 수 있다.

3.5 광촉매의 평가기술, 환경계측기술

광촉매는 처리 후에 필요 없는 여분의 유해물질을 만들어 내지 않고 안전하게 환경분야에서의 폭넓은 응용이 가능하므로 21세기에 있어서 기대되

는 기술로 현재 여러 제품이 시장에 나오게 되었다. 그러나 광촉매를 이용한 제품은 예를 들면, 선풍 클리닝 기능의 효과를 눈으로 확인하기에는 시공 후 수개월이 걸리는 등 그 효과가 바로 알기 어렵다는 특징을 가지고 있다. 따라서 소비자가 효과가 없는 불량품을 구입할 염려가 있으므로 광촉매 제품의 신뢰성을 떨어뜨려 왔다. 또한 광촉매의 평가기술 법에 통일된 것이 없고 각 제조사가 제각기 행하여 왔기 때문에 광촉매 제품의 성능 비교를 할 수 없었고 품질규격도 없기 때문에 성능이 의심스러운 것도 나와서 이들이 광촉매 시장 발전의 장애요인이 되어왔다. 따라서 조약품의 유행을 막고 광촉매 제품의 신뢰성을 높여서 광촉매 산업의 건전한 발전을 도모하기 위해서는 광촉매의 평가기술의 개발이나 광촉매 성능의 평가시험법의 표준화가 불가결하다. 이에 따라 본 그룹에서는 2000년 1월에 발족한 국내 처음의 광촉매업계 단체이며 국내 최대의 광촉매에 관한 산·학·관 세휴조직인 광촉매제품기술협의회(다오다 히로시 회장)와 협력하여 액상필름 민감법이나 가스백A법, 가스백B법, 반사물체색 측정법 등의 광촉매성능평가시험법의 세계에 선구

적으로 국제규격화(JIS화)를 진행함과 함께 일본 발의 기술이며 세계에 대해 우위성을 가진 광촉매 기술, 광촉매제품의 국제 시장으로의 보급, 시장획득, 확대와 산업경쟁력의 강화를 목표로 광촉매성능평가시험법의 국제규격화(ISO화)를 추진하고 있다.

나이가 본 그룹에서는 광촉매의 성능평가기술의 개발과 함께 환경오염측정기술개발을 하고 있다. 광촉매에 의한 수질정화를 하기 위해서는 광촉매의 성능평가를 가능하게 하는 수질모니터링법의 개발이 불가결하다. 따라서 신규의 분리기구를 이용하는 이온크로마토그래프에 의한 수질모니터링법의 개발을 일·미, 일·호, 일·이, 일·한, 일·러 간 등의 과학기술, 환경보호협력협정에 근거한 국제공동연구나 환경성에 의한 산·학·관의 공동연구를 통해 수행하고 있다. 환경수의 수질평가를 위해서는 그 안에 포함되는 주요한 음이온(유산 및 질산, 염화물 이온 등)과 양이온(수소 및 나트륨, 암모늄, 칼륨, 마그네슘, 칼슘 이온 등)을 동시에 측정할 필요가 있다. 따라서 이온크로마토그래프가 가지는 다성분 동시정량성에 착안하여 이온배제/양이온교

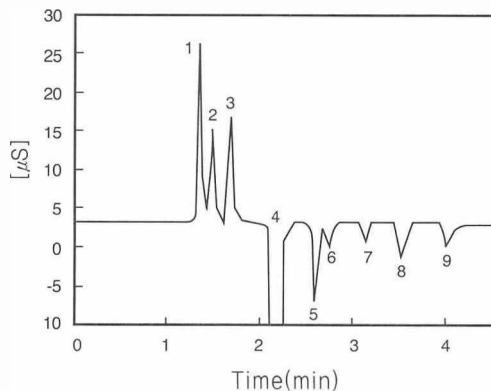


그림 5 음 및 양이온의 고속이온배제/양이온교환형 이온크로마토그래프에 의한 동시정량 수용액 15mM 주석산 + 2.5mM 18-crown-6(1.5ml/min) (1)SO₄²⁻, (2)Cl⁻, (3)NO₃⁻, (4)용리액 당, (5)Na⁺, (6)NH₄⁺, (7)K⁺, (8)Mg²⁺, (9)Ca²⁺

환형 이온크로마토그래프를 이용한 수질모니터링 방법을 개발하여 친수성을 가지는 약산의 유기산 또는 소수성을 가지는 강산의 유기산의 크라운에테르 용리액을 써서 이온배제작용에 의한 음이온의 분리 및 양이온교환에 의한 양이온분리를 하나의 분리컬럼 내에서 동시에 진행시킨 후, 도전율을 검출하는 방법에 의해 음 및 양이온(수소이온을 빼고)의 고속동시분리계측(~5분/8성분)과 포티블화(온사이트화)를 가능하였다.

또한 종래 곤란하였던 수소이온의 분리계측이 이온간섭형이나 정전형의 이온크로마토그래프에 의해 가능하다는 사실을 발견하여 빗물 등에 적용하여 그 유용성을 실증하였다(25)-29). 그 성과는 저명한 국제지에 수많은 게재되어 1993년도 이온크로마토그래프 기술상이나 1995년도 과학기술청장관상, 1996년도 International Ion Chromatography Achievement Award, 1998년도 환경상 등 국내외의 학술상을 수상했다. 더욱이 이 신규의 다기능성의 이온크로마토그래프를 이용한 온사이트형 수질 모니터링시스템은 특허실시에 의하여 제품화되어 있다.

■ 4. 광촉매의 응용전개¹⁷⁾

광촉매는 수처리, 자기정화, 김서림 방지, 항균·항곰팡이 방지, 대기정화, 공기정화(탈취·배가스정화) 등 지극히 넓은 응용분야를 가지고 있다. 본 그룹에서 현재까지 227건의 특허를 출원하여 그 중 127건의 특허가 이미 성립되어 티탄의 알콕사이드로부터 제조한 이산화티탄 박막 광촉매, 섬유나 플라스틱에 이용 가능한 광촉매, 다공질 광촉매, 항균·항곰팡이성 타일 등의 몇 종의 기본특허를 보

유하고 있다. 본 그룹에서는 산학·관과의 제휴를 적극적 해나가고 있고 그들 특허의 실시나 공동연구, 기술지도 등을 통해서 광촉매의 실용화, 제품화를 정력적으로 추진하고 있다. 기업에 있어서 실용화되어 있는 주된 것을 광촉매의 응용분야별로 소개한다.

4.1 공기정화(탈취·배가스 정화 등)

광촉매의 응용분야 중에서 가장 이용하기 쉽고 제품화가 진척되어있는 것이 탈취분야이다. 그 이유는 탈취에서는 미량의 물질을 처리하므로 광의 양도 적은 양으로 되기 때문이다. 인간의 코의 감도는 매우 뛰어나서 미량의 물질에서도 금방 냄새를 느낀다. 담배냄새의 성분인 아세트알데히드의 임계치 즉, 냄새로 느낄 수 있는 한계점은 1.5 mg/dm³ 극저농도이므로 미량의 아세트알데히드를 분해하면 냄새가 없어진다. 따라서 처리해야 할 분자수가 적으므로 광촉매가 아세트알데히드 분자를 분해하기 위해서 필요로 하는 광자수도 적으므로 수은램프와 같은 강한 광이 없어도 태양광에서 충분히 처리가 가능하다. 형광등의 광은 태양광의 1000분의 1 정도의 자외선 강도이지만 분노냄새의 스카톨의 임계치는 아세트알데히드의 1000분의 1 정도로 형광등 불빛으로도 처리할 수 있다.

현재 공기청정기가 수 개의 회사로부터 판매되고 있고 최근에는 차량용도 개발되어 도요타 자동차나 다이하츠공업의 차량에 표준 탑재되고 있다. 또한 광촉매를 코팅한 형광등 커버나 인공관엽식물, 조화, 창호지 등이 판매되고있고 커튼이나 블라인드, 벽지, 신발장용 탈취장치 등이 개발되어있다. 광촉매환경정화 조화는 1999년도 닷케이 우수제품상을 수상했다(그림 6).

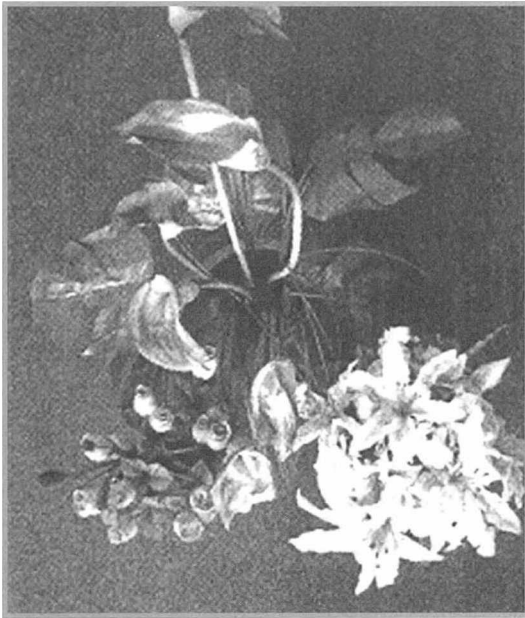


그림 6 광촉매 환경정화 조화

또한 악취 이외에도 식물을 숙성시키는 에틸렌 가스를 광촉매로 분해하여 곡물 등의 신선도 유지를 하는 장치나 소재가 개발되어있고 소각장으로부터 배출되는 다이옥신류의 분해장치의 개발(30), (31)이나 다다미나 건재 등으로부터 방출되는 살충제, 포르발린 등 시크하우스 증후군(sick-house syndrome) 대책으로의 응용도 추진되고 있다. 광촉매 실리카겔을 이용한 산업폐기물의 소각로부터 배출되는 배기가스 중의 다이옥신류를 99% 분해, 제거할 수 있는 배기가스 정화장치는 작년의 환경상(히다치 환경재단, 일간공업신문사, 환경성)을 수상했다(그림 7).

4.2 더러워짐 방지, 김 서림 방지

광촉매를 이용하면 먼지 등의 오염을 분해할 수 있으므로 자기정화 재료를 만들 수 있다. 특히 조금씩 부착되는 기름때나 담배진 등에 대해서 효과가 크다. 이것을 이용해서 건재나 외벽, 창유리 등으로

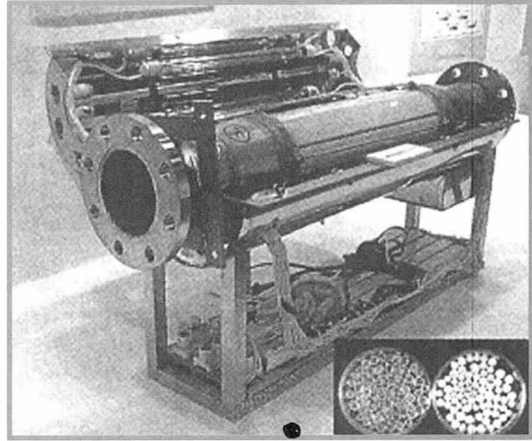


그림 7 광촉매 배기가스 정화장치

의 응용이나 여러 제품의 셀프 클리닝화가 이루어지고 있어서 도료나 코팅제, 광촉매 시트 등의 소재도 이미 시판되고 있다. 더욱이 광촉매를 치아에도 포하여 빛을 쬐어주어 치아에 부착된 오염원을 분해하여 치아를 미백화하는 치과 미용으로의 응용이 추진되어 이미 특허의 실시계약이 체결되어 후생노동성의 제조승인취득 후, 판매될 예정으로 있다.

또한 산화티탄은 원래 물에 대한 접촉각이 0도의 초친수성을 가지고 있으나 먼지 등의 소수성의 물질이 부착되면 표면이 소수성이 되어 물방울이 생긴다. 그러나 빛이 쬐여지면 광촉매 작용에 의해표면에 부착된 먼지 등을 분해하여 원래의 초친수성으로 되돌아오게 된다. 이것을 이용한 김 서림 방지 거울이나 창유리, 코팅제 등이 개발되어있다.

4.3 대기정화

자동차 배기가스가 원인인 대기오염은 최근 20년간에는 개선이 보이지 않고 별다른 좋은 방도가 없었기 때문에 광촉매에 의한 방법은 기대가 되고 있다. 광촉매를 이용하면 대기오염의 원인물질인 질소산화물이나 유황산화물은 산화되어 질산이나

황산으로 된다(그림 8). 생성된 질산, 황산은 비로 씻겨 없어지므로 광촉매를 반복해서 사용할 수 있다. 본 그룹에서는 광촉매를 이용한 대기정화 실증 실험을 아이치현의 환경부와 행하여 좋은 결과를 얻어 질산이나 황산을 씻어 내린 빗물의 pH가 공기 중의 유동분진 등에 함유되어있는 알칼리로 중화되어 6.3~7.1 정도로 중성에 가까워 문제가 없다는 것을 확인했다.

현재 광촉매에 의한 대기정화 제품으로써 방음판이나 도료, 코팅제 등이 개발되어있다.

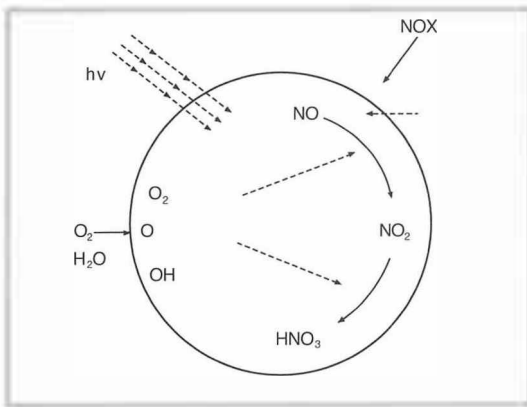


그림 8 광촉매에 의한 NOx의 정화

4.4 항균·항곰팡이

이산화티탄으로의 광조사에 의해 생기는 활성산소는 소독이나 살균에 널리 쓰여지고 있는 염소나 차아염소산, 과산화수소, 오존 등 보다 훨씬 강한 산화력을 가지고있어서 그 산화력에 의해 균의 세포내의 코엔자임A 등의 보조효소나 호흡계통에 작용하는 효소 등을 파괴하여 항균작용을 발휘하여 균 등의 번식을 억제할 수 있다. 이러한 산화티탄 광촉매 항균제는 이제까지의 항균제와는 다른 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

기존의 항균제는 약효성분을 용출 등에 의해 방출하여 그것에 의해 균의 발육을 방지 또는 사멸시키는 것에 비해, 이산화티탄은 식기로부터의 납의 용출시험과 같은 실험을 반복해서 행하여도 용출이 없다. 이산화티탄 광촉매의 경우에는 이산화티탄에 빛이 닿아서 항균작용이 생기므로 내성균이 생기지 않는다. 그리고 그 자체가 치약이나 화장품에도 사용되고 식품첨가물로써도 인정되어있는 안전무해한 물질이다. 또한 이산화티탄은 (광)촉매로써 작용할 뿐, 자신은 변화가 없기 때문에 원리적으로는 반영구적으로 사용할 수가 있어서 빛이 있으면 효과가 반영구적으로 지속한다. 더욱이, 균이나 곰팡이의 먹이가 되는 유기물의 분해, 독소의 분해를 할 수 있다.

이상의 장점으로부터 산화티탄 광촉매는 새로운 항균제로써 주목을 받고 있다. 현재 광촉매 타일이 개발되어 위생도기나 건재, 인테리어 제품 등으로의 응용이 진행되고 있다. 또한 MRSA(메티실린항생포도상구균) 등에 의한 원내감염방지로의 응용, 유동균 제거장치 등이 제품화되고 있다.

4.5 수처리

수처리는 탈취 등에 비하여 대상물질의 농도가 높기 때문에 광량을 높일 필요가 있으므로 광원의 선정이나 배치 등의 시스템 디자인이 매우 중요하다. 검게 착색된 물 등의 경우에는 빛이 투과하지 않으므로 미생물처리 등과의 병행이나 오존이나 과산화수소 등과의 병행에 의한 처리농도의 축진이 추진되고 있다.

유리용기나 조류, 물때의 번식을 억제하는 수조용 펠렛, 물이 부패되지 않고 꽃이 오래가는 꽃병 등은 이미 시판되고 있다. 또한 유출원유처리용 광

촉매 펠렛이나 정수기, 용제 함유 폐수처리장치, 다
이옥신함유 수처리장치 등이 개발되어있다.

■ 5. 향후의 전개

광촉매의 기술적인 전개로 향후 기대되는 것은
가시광에서 작용하는 광촉매의 실용화이다. 이산화
티탄 광촉매는 위에서 언급한 바와 같이 많은 이점
을 가지고 있으나 에너지가 큰 자외선을 쬐여주지
않으면 작용하지 않는다는 제약이 있다. 자외선은
태양광에는 3~4% 밖에 포함되어 있지 않고 형광
등에는 거의 포함되어있지 않다. 따라서 실내용으
로 광촉매의 효율을 높이려면 가시광에서 작용하는
광촉매의 실용화가 불가결하다. 현재 가시광에서
작용하는 광촉매로써 산소결합형이나 질소도핑형
등의 이산화티탄 광촉매의 개발과 고기능화의 연구
를 추진하여 실용화 직전에 와있다. 향후 실내용을
중심으로 가시광에서 작용하는 광촉매의 이용이 크
게 늘어날 것으로 예상된다.

또한 광촉매의 보급을 고려하면 광촉매 원료의,
코스트가 문제가 된다. 이산화티탄의 가격은 안료
로 사용되는 일반용이 1kg당 400엔 정도이며 전자
용에서도 기껏 440엔 인 데 비해, 광촉매용은
2500엔부터 5000엔으로 고가이므로 이 코스트 절
감이 광촉매 제품의 보급의 열쇠를 쥐고 있다. 따라
서 지역신생 컨소시엄 연구개발사업에 의해 산업
폐기물 등을 이용한 저코스트의 광촉매 코팅제의
개발을 추진하고 있다.

더욱이, 광촉매 산업의 향후의 발전에는 신규의
기능을 가진 광촉매의 개발이 필요불가결이다. 현
재 과학기술진흥사업단의 위탁연구사업에 의해 이
산화티탄에 의한 품질보존제의 개발을 하고 있다.

이것은 탈산소 기능을 가지는 이산화티탄 광촉매로
탈산소 기능과 에틸렌가스 분해기능 등의 광촉매
기능을 가지고 있어서 종래의 탈산소제나 품질보존
제가 적용할 수 없었던 신선도 유지란 커다란 이용
분야를 가지고 있고 곧 시판될 예정이다.

또한 최근 수자원이 세계적으로 부족하여 광촉매
를 이용한 수처리의 요구가 매우 크지만 농도로
현탁물질을 포함한 배수처리의 경우, 빛이 통과하
기 어려워 광촉매에 빛이 쬐여지기 어렵기 때문에
처리가 곤란한 문제가 있었다. 따라서 수중의 현탁
물질을 부착, 분해하면서 침전시키는 신기능을 가
진 광촉매를 개발하였다³²⁾. 현재 시스템화를 추진
하여 실용화를 시두르고 있다.

이들 신기술이 실용화되면 광촉매는 더욱 큰 시
장을 획득할 수 있다.

■ 6. 끝으로

광촉매로써 사용되는 이산화티탄은 치약, 화장품
에도 사용되고 식품첨가물로써도 공인되어있는 안
전무해하며 자원적으로도 풍부하며 값싼 물질이다.
지구규모로 퍼진 환경오염을 정화하기 위한 기술은
사용하기 쉽고 단순한 기술이어야 한다. 광촉매 기
술은 어린이부터 노인까지 누구라도 간단하고 안전
하게 사용할 수가 있고 빛이 있으면 세계 어느 곳에
서도 사용할 수가 있으므로 선진국뿐만이 아니라
개발도상국에 적절한 기술이며 무역마찰의 염려가
없는 세계에 공헌할 수 있는 과학기술이다. 또한 사
회의 고령화의 급속한 진전에 따라 「간호」가 새로
운 산업분야로써 자리를 잡고 있고 광촉매는 항균,
항곰팡이와 탈취의 양면의 기능을 가지고 있으므로
간호 등의 신산업 분야에서 크게 공헌할 수 있을 것

으로 예상된다. 본 연구그룹에서는 광촉매 환경재료와 그것을 이용한 환경정화기술의 연구개발로 세계를 선도하고 있고 그것의 실용화와 제품의 보급에 의해 일본뿐만이 아니라 세계의 환경개선과 우리나라 경제의 재생 및 산업경쟁력의 강화에 공헌할 수 있도록 전력을 다해 임하고 있다.

— | 참 고 문 헌 | —

1) Hiroshi Taoda: 名工研技術ニユース, No.546, 1(1997).
 2) Hiroshi Taoda: 色材, 71(2), 113(1998).
 3) Hiroshi Taoda: 케미칼엔지니어링, 44, 951(1999).
 4) Hiroshi Taoda: 環境管理, 32(8), 943(1996).
 5) Hiroshi Taoda: 名工研技術ニユース, No.504, 4(1994).
 6) Hiroshi Taoda 외 2인: 用水と排水, 38(4), 290(1996).
 7) Hiroshi Taoda: 名工研技術ニユース, No.558, 2(1998).
 8) Hiroshi Taoda: 名工研技術ニユース, No.522, 4(1995).
 9) Hiroshi Taoda: 通産ジャーナル, 28(8), 64(1995).
 10) Hiroshi Taoda: 東海工業會會報, 196호, 1(1996).
 11) M. Fukaya, T. Nonami, E. Watanabe, K. Iseda, M. Maeda, H. Taoda: Proceedings of the 3rd International Conference on Ecomaterials, 28(1997).
 12) Hiroshi Taoda: 配管技術, 1999.12, 42(1999).
 13) Hiroshi Taoda: 太陽エネルギー, 26(2), 13(2000).
 14) Hiroshi Taoda: 電氣評論, 1999.6, 48(1999).
 15) 安保重一 외 6인: 「最新光觸媒技術」, **エコ・ティ-イス** (2000).
 16) 秋山司郎 외 1인: 「光觸媒と關聯技術」, 日刊工業新聞社 (2000).
 17) Hiroshi Taoda: 「トコトンやさしい光觸媒の本」, 日刊工

業新聞社(2002).
 18) H. Taoda, T. Nonami, E. Watanabe, M. Fukaya, S. Kunieda, S. Kato: Proceedings of the 3rd International Conference on Ecomaterials, 31(1997).
 19) 深谷光春 외 7인: 太陽/風力エネルギー-講演論文集, 305(1997).
 20) Hiroshi Taoda: 名工研技術ニユース, No.558, 2(1998).
 21) K. Tanaka 외 6인: J. Chromatogr. A, 850, 311(1999).
 22) K. Tanaka 외 7인: J. Chromatogr. A, 920, 239(2001).

