

# 광촉매를 이용한 공기청정기술

유 경 훈 | 한국생산기술연구원 에어로졸·필터연구실  
수석연구원  
E-Mail : khyoo@kitech.re.kr

## 1. 머리말

종래의 에너지 변환 재료였던 광촉매가 극히 미량의 오염물질, 예를 들어 악취나 유해 가스의 처리 재료로 연구되어 온지 15년 정도의 시간이 경과되었다. 실용화는 10년 정도 전부터 시작되어 일본의 다이킨 공업이라는 회사가 1996년 10월에 처음으로 광촉매 기술을 폭넓은 악취에 대응 가능한 탈취 기술로서 공기청정기에 탑재했다. 최근 마이너스이온 붐, 인플루엔자 바이러스 등의 제균에 대한 새로운 인식이 고취됨으로써 공기청정기의 시장은 확대를 계속해 2003년도에는 200만대를 넘을 기세이다. 이러한 요구의 변화에 대응하여 광촉매 기술은 새롭게 미생물이나 알레르겐이라고 하는 바이오 입자를 비활성화시키는 효과를 가지는 기술로서의 측면에서도 각광을 받고 있다. 본 고에서는 공기오염을 일으키는 다양한 오염인자에 대해 광촉매 기술에 어떠한 효과를 기대할 수 있는지를 山下貢(Mitsugu Yamashita)의 원고(일본 空氣清淨, 제 42권, 제3호, 2004)를 정리하면서 소개하고자 한다.

## 2. 다양한 공기 오염물질

거주공간의 공기 중에는 다양한 오염물질이 존재하여 가스상 오염물질과 입자상 오염물질로 대별된

다. 가스상 오염물질의 경우 배기가스 등의 질소산화물로 대표되는 유해한 물질과 쓰레기냄새나 담배냄새 등과 같이 직접적인 해는 없지만 불쾌한 악취 물질이 있다. 입자상 오염물질의 경우 생물 입자로서의 삼나무 등의 화분, 동물이나 곤충으로부터의 알레르겐, 곰팡이나 박테리아, 바이러스 등의 미생물이나 비생물 입자로서 먼지나 모래 등을 들 수 있다.

## 3. 광촉매에 의한 탈취 기술

### 3.1 광촉매에 의한 탈취의 원리

광촉매 반응은 그림 1과 같이 일반적으로 금속산화물의 반도체에 대해 그 밴드갭(band gap)에 상당하는 빛 에너지를 주는 것에 의해 가전자대로부터 전도대로 여기된 전자와 그 전자가 결핍된 정공(홀)이 주변의 물질과 반응하는 것에 의해 일어난다. 공기청정에 사용되는 경우에는 반도체 주변에 풍부하게 존재하는 산소와 물이 전자와 정공(홀)과 반응하여 생성되는, 히드록시 라디칼(-OH)이라는 활성종이 악취 분자 등을 산화 분해로 파괴시킨다. 광촉매용 반도체로서는 다음의 이유로부터 아나타제라는 결정구조를 가지는 산화티탄  $TiO_2$ 가 이용된다.

- ① 강한 산화력을 얻을 수 있는 것

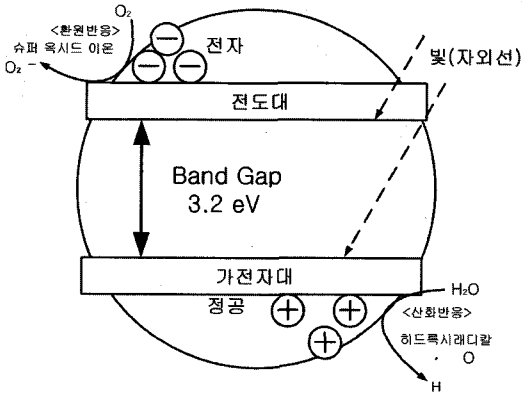


그림 1. 광촉매에 의한 탈취의 원리

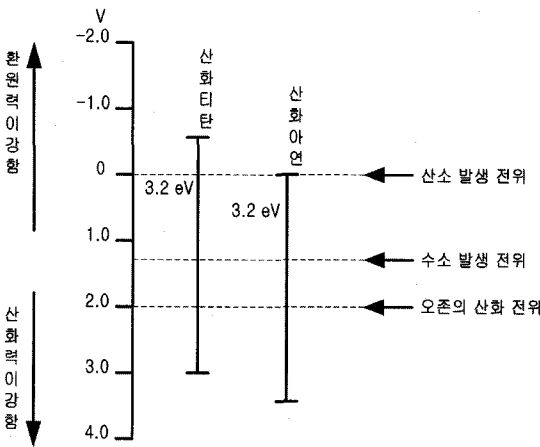


그림 2. 광촉매와 오존의 산화 환원 전위

- ② 무해·무독인 것
- ③ 가격이 저렴한 것
- ④ 물리적·화학적으로 안정되어 변질되지 않는 것

### 3.2 다양한 탈취 방식

거주환경에 이용 가능한 탈취 기술은 소취(消臭) 방식, 흡착 방식, 오존산화 방식, 촉매연소 방식의 4가지로 대별된다. 소취 방식은 강한 방향(芳香)을

방출하여 지우는 방법으로 대처요법이지만, 매우 염가에 간편한 것으로 현재도 잘 이용되고 있다. 흡착 방식은 활성탄 등의 흡착제로 악취분자를 포집해 제거하는 방법이지만, 교환이 필요한 것과 여름철 등 주변 온도의 상승으로 악취를 재방출하는 문제가 있다. 최근에는 중화제 등의 약품을 첨가하여 만든 흡착제가 악취의 종류에 맞추어 이용되고 있다. 오존산화 방식은 오존의 산화력을 이용해 악취 성분을 산화적으로 분해한다. 그러나 오존은 사람에게 유해해서 잔존한 오존은 분해용 촉매로 산소로 환원시켜 방출해야 한다. 촉매연소 방식은 백금 등의 귀금속 촉매에 200℃ 이상의 열을 가해 악취성분을 분해하는 방식이지만, 광촉매는 36,000 K의 열에너지에 상당하는 광자 에너지의 힘을 이용하므로, 상온에서 반응이 진행되기 때문에 안전성이나 에너지 절약 면에서 가정용 제품에 응용하기 쉽다. 다만 자외선 램프가 필요하다.

### 3.3 광촉매 탈취 방식의 특징

#### 3.3.1 큰 산화력

광촉매 방식을 공기청정, 특히 탈취 기능의 요소 기술로서 적용하는 이유는 그 산화력의 힘에 있다. 비록 오존탈취 방식의 경우 오락실 점포나 병원, 복지시설의 설치 현장에서 공기청정기의 운전 시에 악취는 사라지지만, 무엇인가 식초냄새 같은 것이 남아있는 사례를 경험하게 된다. 오락실 점포에서는 담배냄새의 주성분이 아세트알데히드이지만 오존으로 산화되어 초산을 생성하게 된다. 병원에선 소독용 알코올 등이 역시 알데히드류를 경유하여 초산으로 변화된 것이지만, 이는 오존이 초산을 산화시켜 물과 이산화탄소로 하는 정도의 산화력이 크지 않기 때문에 생기는 문제이다. 그림 2는 산화티탄 광촉매와 오존의 산화전위를 나타낸 것이다.

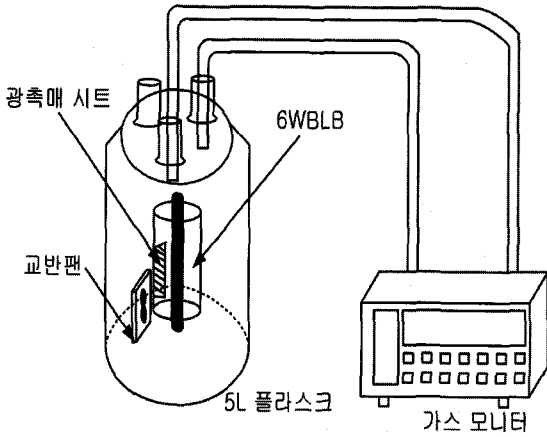


그림 3. 광촉매에 의한 탈취성능 간이 평가시험

전자의 산화 전위가 후자에 비해 큰 것을 알 수 있다. 실제로 아세트알데히드 가스를 산화티탄 광촉매로 산화 분해하는 실험을 하면 산화 반응이 일어나고 있는 모습을 볼 수 있다. 그림 3은 5 L의 플라스크 내에 6 W 블랙라이트 램프를 설치한 간단한 장치로서 아세트알데히드 가스를 주입해서 반응을 관찰할 수 있다. 플라스크 내의 아세트알데히드 농도와 이산화탄소 농도를 계측한 것이 그림 4이다. 세로축은 각각의 가스 농도, 가로축은 경과시간을

나타내고 있다. 광촉매 반응에 의해서 아세트알데히드가 분해되어 감소하는 경우, 느리지만 화학반응식대로 2배의 이산화탄소가 증가하는 상태를 알 수 있다.

### 3.3.2 광촉매에 의한 처리 능력

산화티탄 광촉매에는 빛 에너지가 필요하다. 이는 광촉매에 의한 공기정화의 능력이 조사하는 빛의 양에 의해 제한되는 것을 의미한다. 어느 정도의 빛을 주면 어느 정도의 악취 분자를 처리할 수 있는지 그 물리적 한계를 추정해 본다. 현재 시장에서 구입할 수 있는 광촉매용 자외선 램프의 중심 파장은 350~365nm이므로 이것을 기준으로, 또 대상 악취를 아세트알데히드로 했을 경우로 계산하면 그림 4와 같이 된다.

자외선을 1 mW/cm<sup>2</sup>의 세기로 1m<sup>2</sup>의 광촉매 면에 조사했을 때, 1 시간당 분해할 수 있는 아세트알데히드 분자수의 최대치를 계산해보자. 1 광자의 에너지 E (J·S)는

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (1)$$

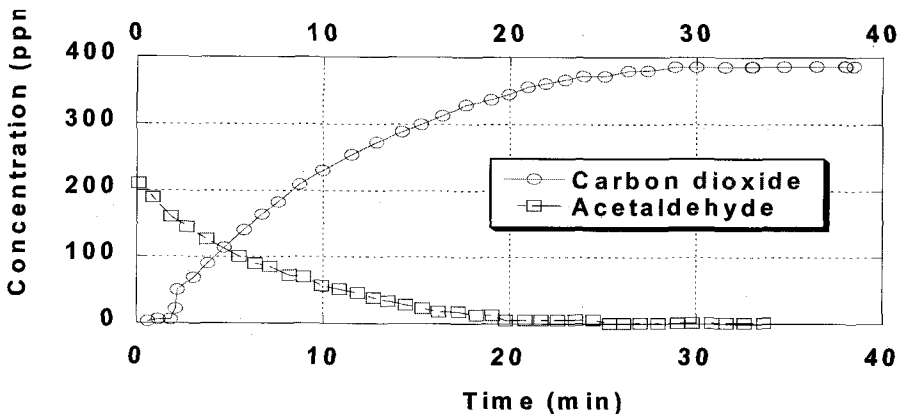


그림 4. 광촉매에 의한 아세트알데히드의 분해와 이산화탄소의 발생 관계

여기서  $h$  는 프랑크 상수,  $c$  는 광속,  $z$  는 자외선 파장(365 nm)이다. 1 시간의 투입 에너지를 1 광자의 에너지로 나누어 아래와 같이 총광자수를 구한다.

$$\frac{1.0 \times 10^{-3} \times 1.0 \times 10^4 \times 3600}{6.63 \times 10^{-34} \times 2.98 \times 10^8 / (365 \times 10^{-9})} = 6.67 \times 10^{22} \text{ 개/h} \quad (2)$$

아세트알데히드 1분자를 물과 이산화탄소로 하려면 10개의 광자가 필요하므로, 상기의 에너지량으로 분해할 수 있는 가스량의 최대치는 식 (2)의 결과로부터 다음과 같다.

$$\frac{6.67 \times 10^{22} \times 22400(\text{mL})}{10 \times 6.02 \times 10^{23}} = 248 \text{ (mL/h)} \quad (3)$$

이상과 같은 방법으로 촉매에 조사되는 광량이 결정되면 한계 처리 능력을 계산할 수 있다. 이는 어디까지나 최대 처리량이며, 실제의 처리 능력은 처리대상 가스의 농도에 따라서 크게 변한다. 특히 표 1에 나타낸 것과 같은 농도범위의 악취 가스에 대해서는, 확산의존성에 의해 그 처리 농도는 거의

농도에 비례하는 경향이 있다. TiO<sub>2</sub>의 종류나 이것을 담지하는 담체, 담지하는 기술에 따라서도 다르겠지만, 평가한 가장 성능이 높은 필터 소재에 대해서는, 아세트알데히드에 대해 수십 ppm의 농도범위 이상에서 확산의존성에서 광량의존성으로 이행하는 것 같다. 그 때 최대로 투입한 빛 에너지의 적어도 30%는 가스 처리에 기여하고 있다고 생각된다.

### 3.4 광촉매 탈취 방식의 해결해야 할 과제

#### 3.4.1 즉효성

광촉매를 예를 들어 탈취 기능으로서 제품에 탑재하려면, 해결해야 할 문제가 있다. 그것은 바로 냄새가 잡힐까 잡히지 않을까 하는 것이다. 표 1에서 악취의 원인이 되는 가스종의 농도에 주목하면, 인간이 코로 느끼는 악취의 세기는 악취의 농도를 1/10으로 해야 간신히 절반으로 되는 것을 알 수 있다. 따라서 공기청정기에 대해 사용자에게 만족감을 주기 위해 2~3분이내에 악취의 농도를 1/10로 만들 필요가 있다. 광촉매의 성능만으로 이것을 실현하는 것은 가정용 공기청정기에 있어서는 불가능하다.

#### 3.4.2 흡착제와의 하이브리드 방식

악취를 급속히 포집하면서 게다가 산화티탄 광촉

표 1. 주된 냄새의 악취강도와 농도

성분 \ 악취강도	1	2	2.5	3	3.5	4
암모니아	0.1	0.6	1	2	5	10
황화수소	0.0005	0.006	0.02	0.06	0.2	0.7
트리메틸아민	0.0001	0.001	0.005	0.02	0.07	0.2
이소 (吉)초산	0.00005	0.0004	0.001	0.004	0.01	0.03
아세트알데히드	0.002	0.01	0.05	0.1	0.5	1

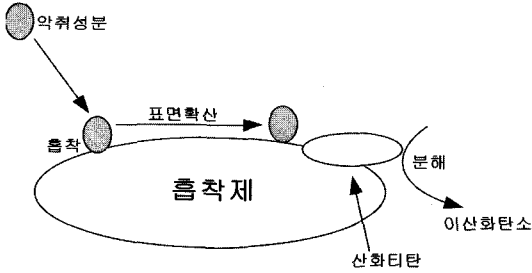


그림 5. 광촉매와 흡착제를 하이브리드 했을 경우 반응이 진행되는 과정의 예상도

매가 가지는 강력한 악취의 산화 분해 성능을 살리는 방법이 흡착제와의 하이브리드 방식이다. 이 원리에 대한 개략도를 그림 5에 나타내었다. 공기 중의 악취 분자는 일단 급속히 흡착제에 포집된다. 흡착제의 표면상에서는 악취 농도의 분포에 차이가 생겨 악취 농도가 큰 곳에서 작은 곳으로 표면 확산이 일어난다. 흡착제 단독인 경우 그 표면은 악취 분자로 넘쳐 과다상태가 되어 주변 온도의 변화에 의해서 악취분자가 흡착제 표면으로부터 이탈하여 강한 악취를 가져올 가능성이 있다. 그러나 흡착제의 근처에 산화티탄 광촉매가 있어 자외선 광선이 조사되고 있는 경우는 흡착제 표면상을 확산중인 악취 분자가 차례차례로 광촉매와 접촉해 악취 분자는 산화되어 물과 이산화탄소로 되어 이탈해 나간다.

결과적으로 광촉매가 존재하는 흡착제 표면은 항상 악취 분자의 농도가 낮은 상태가 되어 확산이 반복되고 흡착제의 성능은 저하되지 않는 상태로 유지된다. 그림 6과 7은 아세트알데히드 가스를 반복 주입하여 탈취 시험을 수행했을 때의 결과이다. 그림 6은 흡착제만의 경우로 서서히 흡착제의 흡착능력이 저하되기 때문에 평형 농도가 조금씩 높아지고 있는 상태를 볼 수 있다. 그림 7은 흡착제와 광촉매를 하이브리드한 것으로 자외광을 조사하지 않

는 경우에서도 탈취 성능을 보이며 자외광을 조사하는 경우에 포화된 상태에서도 광촉매의 기능으로 제거가 한층 더 진행된다. 반복 시험에서도 평형 농도는 저하되지 않고, 흡착제의 성능이 광촉매의 기능에 의해서 재생되고 있다는 것을 알 수 있다.

### 3.4.3 중간체 발생의 리스크

광촉매가 일으키는 산화 반응에서는 산화력이 오존 등의 것에 비교해 크다는 것은 언급했지만, 중간체의 발생 리스크는 화학반응 속도론 상 피할 수 없다. 흡착제와의 하이브리드 방식은 이 중간체 발생을 억제하는 효과도 있는 것이 확인되고 있다.<sup>(1)</sup> 발생할 가능성이 있는 중간체를 흡착하는 흡착제를 미리 혼합해 두면, 광촉매 상에서 중간체의 발생 후 흡착제 상에서 포착되어 이탈하기 전에 광촉매에 의해서 다음의 산화반응을 일으켜 분해된다고 생각된다.

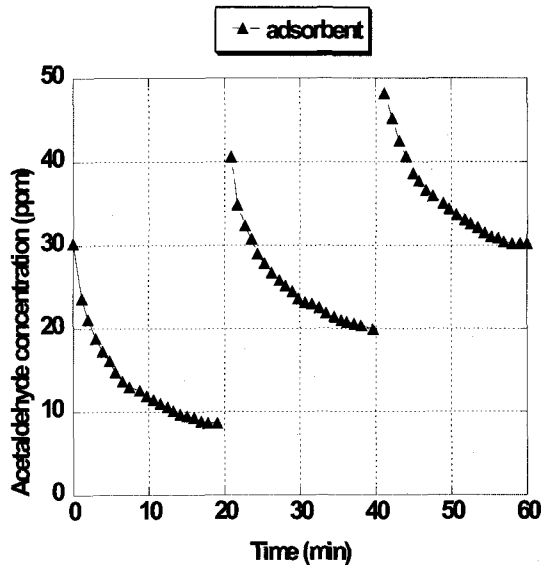


그림 6. 흡착제만을 보유한 시트의 탈취 반복 시험

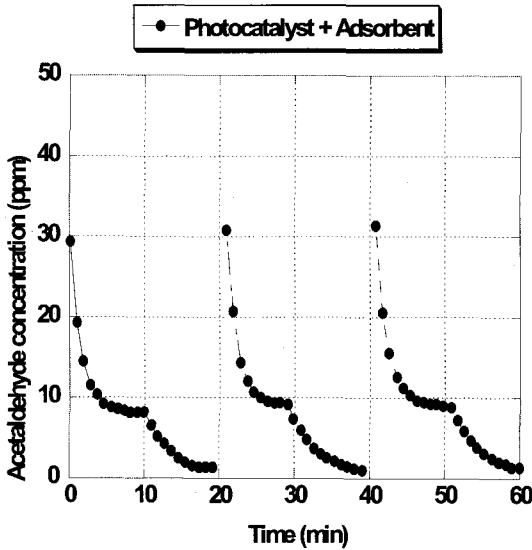


그림 7. 흡착제와 광촉매를 보유한 시트의 탈취 반복 시험

#### 4. 광촉매에 의한 생물 오염물질의 비활성화 기술

##### 4.1 생물계 오염물질의 비활성화(不活化)란 ?

생물계 오염물질로서 인간에 악영향을 미치는 곰팡이, 세균, 바이러스로 분류되는 미생물이나, 화분이나 곤충, 애완동물에서 유래되는 알레르겐을 광촉매는 비활성화 시킬 수 있다. 이러한 오염물질이 인간에게 악영향을 미치지 않는 성질 및 상태로 만드는 것을 비활성화라고 하고 오염물질의 종류에 따라서 통상 비활성화란 다음 경우를 의미한다.

- ① 곰팡이(진균류), 세균: 세포막이 파괴되어 균이 사멸하는 것
- ② 바이러스: 엔벨로프(エンペローフ) 등을 변성시키는 것으로, 사람에게 침입할 수 없게 하는 것
- ③ 알레르겐: 에피토프(エピトフ)로 불리는, 사람의

면역 세포를 자극하는 부위를 변성시키는 것

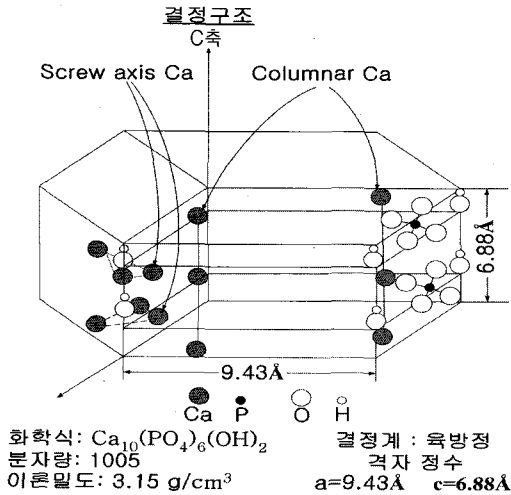
광촉매가 세균과 그 균체 내에 포함된 독소도 분해하는 것은 이미 보고되고 있다.<sup>(2)</sup>

##### 4.2 생물계 오염물질에 적용하는 하이브리드 기술

가스상 오염물질의 경우에서도 설명했던 것처럼, TiO<sub>2</sub> 자체는 알칼리성이 아닌 가스 물질을 흡착하는 능력이 지극히 적다. 이는 생물계 오염입자에 대해서도 같다고 말할 수 있다. 생물계 오염입자의 사이즈는 1 $\mu$ m 이상 (0.1 $\mu$ m의 인플루엔자 바이러스도 통상은 5 $\mu$ m 정도의 사람의 비말핵(飛沫核)에 부착해 부유한다고 알려져 있다)으로 필터링에 의해 물리적으로 충분히 포착 가능하지만, TiO<sub>2</sub>에 우연히 부착한 것만으로는 재이탈의 우려가 있다. 그리하여 가스상 오염물질과 같이, 생물계 오염물질을 특이적으로 흡착하는 재료와의 하이브리드화가 요구된다. 최근 후지츠 연구소는 어퍼타이트에 티탄 이온을 도입하는 것으로써 어퍼타이트가 가지는 단백질이나 지방질, 세균 등에 대한 뛰어난 흡착능력과 산화티탄이 가지는 광촉매 기능 쌍방의 특성을 겸비하는 재료가 만들어진다는 것을 보고하고 있다.<sup>(3)</sup> 또한, 본 재료에 관해서는, 타이헤이(太平)화학산업에 의해 광촉매 티탄 어퍼타이트의 물계통에 있어서의 흡착 및 광촉매 활성이 보고되고 있다.<sup>(4, 5)</sup>

##### 4.3 광촉매 티탄 어퍼타이트

하이드록시 어퍼타이트(Ca<sub>10</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>6</sub>(OH)<sub>2</sub>)는 Ca<sup>2+</sup> 위치에서는 아미노산 등의 산성기(-COO-)를, 음이온 위치(HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, OH<sup>-</sup>)에서는 알칼리성기(-NH<sup>3+</sup>)를 흡착한다는 것이 알려져 있어 백혈구의 분리, 단백질이나 지방질, 바이러스나 세균 등에 대한 흡착능력이 뛰어난 재료로서 알려져 있고 용도에 따라 여러 가지 형상의 것이 개발되고 있다. 그



SEM 사진

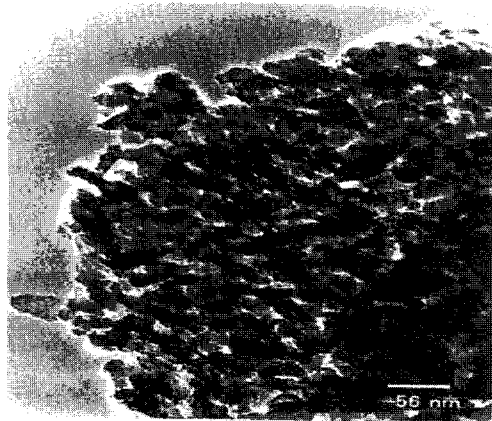


그림 8. 하이드록시 어퍼타이트

림 8은 하이드록시 어퍼타이트의 결정 구조 및 전자현미경 사진을 나타낸다. 하이드록시 어퍼타이트가 단백질을 특이적으로 흡착하는 메커니즘으로서 이하의 세 가지를 들 수 있다.

- ① 반데르발스력에 의한 물리 흡착
- ② 표면의 OH에 의한 화학적 흡착
- ③ 표면상의 칼슘 이온·인산 이온의+, - 이온이 혼입된 상태로 결정이 구성되어 있어 주로 전기적인 charge에 의한 흡착

특히, 바이러스에서는 바이러스막에 존재하여 외측에 내밀고 있는 단백질과 결합하고, 세균에서는 외피에 존재하는 단백질이나 당분사슬이 결합에 관여한다고 생각된다. 본 소재가 단백질 흡착능력과 광촉매능력을 가지고 있다는 것을 와카무라 등<sup>(3)</sup>은 다음과 같은 시험 결과로부터 확인하고 있다. 우선 알부민 수용액(1 g/L) 100 mL에 시료(각각의 시험 분체)를 넣어 1시간 동안 교반하고 시료에 알부민

을 흡착시킨다. 이 시료를 두 가지로 나누어 자외선(블랙 라이트)의 조사 유·무(어두운 곳 보관) 조건으로 일정시간 방치 후, 닌히드린 반응에 의해 알부민의 존재 상태를 확인했다. 그림 9에서는 산화티탄은 유기물에 대한 흡착 능력을 가지고 있지 않기 때문에, 닌히드린 시약에 반응하지 않고 변색되지 않음을 보여주고 있다. 이에 반해 하이드록시 어퍼타이트와 광촉매 티탄 어퍼타이트는 청자색으로 변색되어 알부민을 흡착한 것을 알 수 있다. 자외선 조사 후에는 어퍼타이트는 청자색인 채로 분해능력이 없다는 것을 보여주고 있지만, 광촉매 티탄 어퍼타이트는 탈색되어 흡착된 알부민이 완전하게 분해된 것을 알 수 있다.

#### 4.4 광촉매 티탄 어퍼타이트 필터의 성능 증명

##### 4.4.1 전자현미경에 의한 흡착 상태의 가시화

이번에는 광촉매 티탄 어퍼타이트가 인플루엔자 바이러스를 흡착하는 모습을 전자현미경 촬영에 의

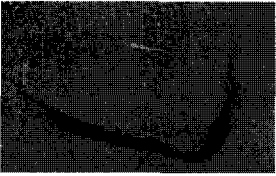
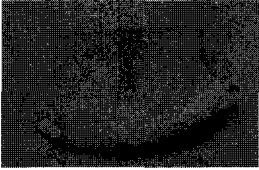

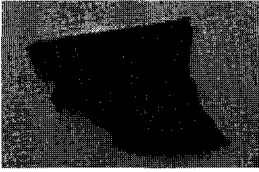


암실에서 보관		자외광 조사(1 mW/cm <sup>2</sup> )
	산화 티탄	
	하이드록시 어퍼타이트	
	광촉매 티탄 어퍼타이트	

그림 9. 알부민 시험결과

해 검증했다. 우선 「A형 인플루엔자 바이러스(H1N1, A/SWN/33)」를 함유한 배양액을 순수로 희석하여 20 mM-KP 완충액으로 평형화한 어퍼타이트 입자에 흡착시킨다. 다음으로 20 mM-KP 완충액으로 3회 세정 후, 건조시켜 주사 전자현미경(Hitachi S4800)으로 관찰하였다. 미세한 바이러스를 포획한 이미지를 촬영하는 것은 매우 어렵기 때문에, 야마가타(山形)대학 의학부의 시라자와 노부유키(白澤 信行) 조교수의 협조에 어퍼타이트 상에 포획된 바이러스 입자의 촬영에 성공했다. 그림 10은 인플루엔자 바이러스가 어퍼타이트에 흡착되어 있는 모

습이다.

#### 4.4.2 항균·항바이러스·독소분해 시험

일본 식품분석센터에서 거주환경에 있는 대표적인 미생물에 대한 비활성화 시험과 황색포도상구균의 독소인 엔테로톡신의 분해 시험을 수행하였고 그 결과를 표 2에 나타내었다.

#### 4.4.3 알레르겐 비활성화 시험

광촉매 티탄 어퍼타이트 필터의 진드기·삼나무 화분을 대상으로 한 알레르겐 비활성화 성능시험방



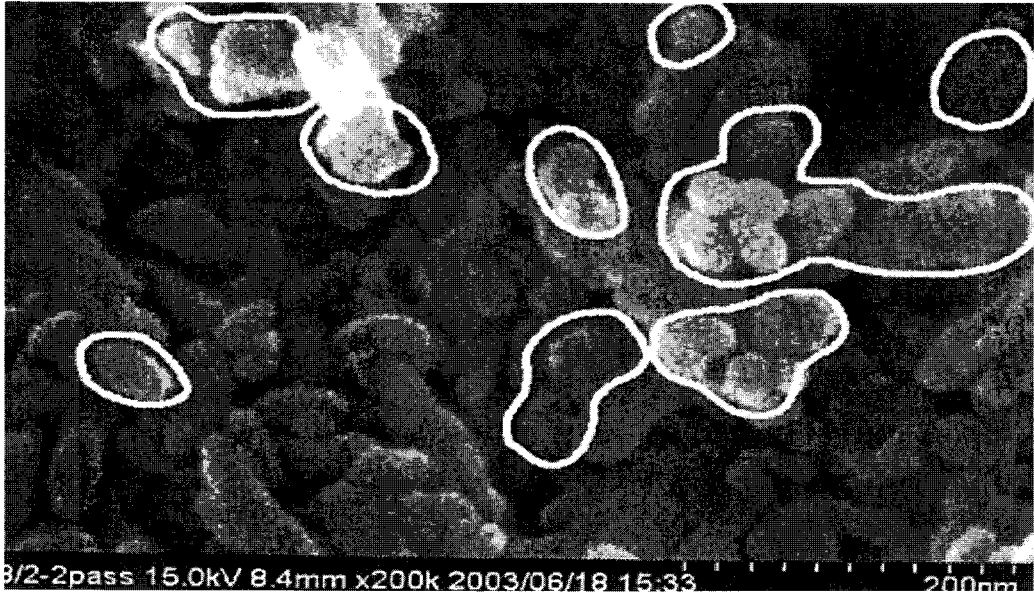


그림 10. 광촉매 티탄 어퍼타이트 상에 인플루엔자 바이러스가 흡착되어 있는 모습

법은 아래와 같고 와카야마(和歌山) 현립 의과 대학의 鶴尾吉宏 교수가 도움을 주었다.

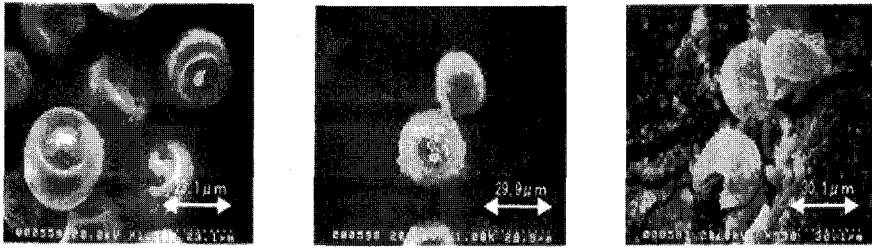
- 1% BSA-PBS 용액을 마이크로 플레이트에 300  $\mu\text{L}/\text{Cell}$  분주 후, 4  $^{\circ}\text{C}$ 로 하룻밤 보관후 PBS-T에서 3회 세정한다.
- 광촉매 티탄 어퍼타이트에 항원(진드기, 삼나무 각각)을 첨가한다. 항원 농도 300 ng/mL, 3000 ng/mL, 광촉매 티탄 어퍼타이트 농도 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 해서 96 크기(구멍)의 마이크로 플레이트에

200  $\mu\text{L}$ 씩 분주한다.

- 분주 후 블랙 라이트를 24시간 조사한다. 광원 (10 WBLB, 길이 300 mm 3 분)과의 거리는 약 10 cm(UV 강도 약 1  $\text{mW}/\text{cm}^2$ ) 블랙은 광촉매 티탄 어퍼타이트 없이 실온에서 빛을 차단하여 24시간으로 하였다.
  - 24시간 후에 각각의 상청을 이용하여 항원량을 측정했다.
- 예전부터 광촉매의 알레르겐 비활성화 성능은 알

표 2. 광촉매 티탄 어퍼타이트 항균성능시험 결과

시험대상		비활성화율	인증기관·인증번호
인플루엔자바이러스		99.99%	(재) 일본 식품 분석 센터·제203052102호
항균	대장균	99.99%	(재) 일본 식품 분석 센터·제203030567-001호
	황색포도상구균	99.99%	(재) 일본 식품 분석 센터·제203030567-001호
	クロカワカビ	99.99%	(재) 일본 식품 분석 센터·제203030567-001호
독소	엔테로톡신	99.9%	(재) 일본 식품 분석 센터·제203050715-001호



흡착전 화분이 모습      흡착후 24시간 후의 모습      흡착후 72시간 후의 모습

그림 11. 광촉매 티탄 어퍼타이트에 의한 화분 변성 시험

려져 있었지만, 이번 시험 결과에서 광촉매 티탄 어퍼타이트의 삼나무, 진드기 각 향체에 대해 99.6% 이상의 비활성화 효과가 검증되었다.

#### 4.4.4 화분 분해 시험

일반적으로 꽃가루 알레르기는 화분이 사람의 눈이나 코, 입에 진입하여 체내의 수분(水分)에 의해 외층의 껍질이 분열할 때 알레르겐이 발생하여 생긴다. 즉, 알레르겐을 비활성화하기 위해서는 우선 화분의 껍질을 분해하고 그 후 알레르겐을 변성시킬 필요가 있다. 광촉매 티탄 어퍼타이트와 삼나무 화분을 혼합해서 건조 상태로 빛을 조사해서 전자현미경 촬영에 의해 화분의 모습을 확인했다. 그림 11에서 화분 껍질이 분해되어 가는 모습을 볼 수 있다.

### 5. 맺음말

광촉매를 응용한 기술은 자주 신문지상을 장식하고 있으며, 현재 일본에서는 1000개 이상의 기업이 연구 개발에 착수하고 있다고 한다. 광촉매 기술을 응용한 상품도 자주 볼 수 있게 되었다. 그러나 그 중에는 평가를 해 보면 거의 촉매능력을 나타내지 않는 것도 있다고 한다. 현재 거국적으로 광촉매 성

능 평가법의 표준화에 임하고 있어 이러한 상황은 개선될 것이라고 생각된다. 향후 제정되어 가는 이러한 평가방법에 대해 우수한 성적을 얻기 위해서, 광촉매의 특징을 충분히 아는 것이 중요하고, 본 원고가 그 도움이 되기를 바란다.

#### - 참고 문헌 -

- (1) 山下, 2002, 광촉매를 이용한 공기청정, 정전학회회지(일본), 제26권, 제4호, pp.158-163.
- (2) 砂田, 1998, 산화티탄 광촉매의 모든 것, 시엠시(일본), pp.178-195.
- (3) Wakamura, M. et al., 2003, Photocatalysis by Calcium Hydroxyapatite Modified with Ti(IV): Albumin Decomposition and Bactericidal Effect, Langmuir 19, pp. 3428- 3431 (2003)
- (4) 나카가와 등, 2002, 광촉매 어퍼타이트의 개발, 제9회 광촉매 심포지움 요지집(일본), pp.104-105.
- (5) 마즈다(松田) 등, 2003, 어퍼타이트의 광촉매로의 응용에 대해서, PHOSPHORUS LETTER No. 48.