

TiO₂ 담지 스테인리스 강 섬유 광촉매 제조 및 광촉매 활성 평가

송선정 · 김경석 · 김경환 · 이휘지 · 조동련 · 김종범* · 박희주* · 손호경** · 김종호[†]

전남대학교 응용화학공학부, BK21 기능성나노신화학소재사업단, *(주)빛과환경 환경기술연구소,
**시드니공과대학교 환경공학부
(2008년 10월 1일 접수, 2008년 10월 17일 채택)

Fabrication of TiO₂ Impregnated Stainless Steel Fiber Photocatalysts and Evaluation of Photocatalytic Activity

Sun-Jung Song, Kyoung Seok Kim, Kyung Hwan Kim, Hui-Jie Li, Dong Lyun Cho, Jong Beom Kim*, Hee-Ju Park*, Hokyong Shon**, and Jong-Ho Kim[†]

Center for Functional Nano Fine Chemicals & School of Applied Chemical Engineering, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

*Photo & Environment Technology Co, Ltd., Gwangju 500-460, Korea

**Faculty of Engineering, University of Technology, Sydney, P.O. Box 123, Broadway, Australia

(Received October 1, 2008; accepted October 17, 2008)

수처리에 있어서 분말 TiO₂ 광촉매가 안고 있는 문제점을 극복하기 위하여 스테인리스 강 섬유를 지지체로 한 TiO₂ 담지 광촉매(TiO₂/SSF)를 제조하였다. 초음파 세척기를 이용하여 담지된 TiO₂의 부착강도를 살펴보고, 메틸렌블루와 포름산 분해실험을 통하여 광촉매 활성을 평가하였고, 대장균과 비브리오균에 대한 살균실험을 통하여 살균능력을 평가하였다. 담지된 TiO₂는 30 min간의 초음파 처리 후에도 95% 이상이 남아 있을 정도로 강한 부착력을 보였으며, UV 하에서 60%의 메틸렌블루와 38%의 포름산을 1 h 만에 각각 분해시키는 광촉매 활성을 보였고, 대장균과 비브리오균에 대하여 99.9% 이상의 높은 살균능력을 보였다. 포름산 분해의 경우에는 산화제를 첨가하면 분해율이 증가하였으며, 특히 과산화수소를 첨가할 경우에는 분해율이 1 h 만에 80%로 증가하였다.

TiO₂ impregnated stainless steel fiber photocatalysts (TiO₂/SSF) were fabricated to overcome inherent problems of powdery TiO₂ photocatalysts in water treatment. Adhesion strength of the impregnated TiO₂ was examined using an ultrasonic-cleaner. Photocatalytic activity was evaluated through decomposition experiment of methylene blue and formic acid. Bactericidal efficiency was evaluated through sterilization experiment of *E. Coli* and *Vibrio Vulnificus*. Adhesion strength of the impregnated TiO₂ was so high that more than 95% was left over even after the treatment in an ultrasonic-cleaner for 30 min. Methylene blue and formic acid were decomposed as much as 60% and 38% of the initial concentration and more than 99.9% of *E. Coli* and *Vibrio Vulnificus* were killed after 1 hour exposure to the prepared photocatalyst under UV irradiation. In the case of decomposition of formic acid, decomposition ratio increased if oxidants were added. Especially the decomposition ratio increased as high as 80% when hydrogen peroxide was added as an oxidant.

Keywords: water treatment, TiO₂ photocatalyst supported on stainless steel fiber, photocatalytic efficiency

1. 서 론

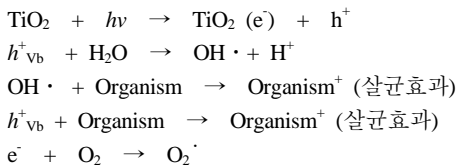
인구가 증가하고 산업화가 진행되면서 물의 사용량도 급격히 증가하고 있으며, 독성 유기화합물에 의한 수질 오염 및 세균 증식에 의한 식수 오염이 증가하고 있다. 이렇게 오염된 물은 현재 여과, 응집, 침전, 흡착, 살균 과정을 거쳐 정제한다. 하지만, 이 방법은 고가의 다양한 수처리 설비들을 필요로 하며, 슬러지가 대량으로 발생하고, 점점 다양해지고 있는 독성 유기물들의 완전한 제거 및 살균이 어려운 단점을 지니고 있다. 특히 기존의 세균 살균 방법으

로서 염소 살균법이 많이 사용되고 있는데, 과잉 염소에 의해 발암 물질인 할로메탄(halomethane)이 생성될 수 있다는 문제점이 지적되면서 새로운 정수 및 살균 방법들이 연구되고 있다[1]. 최근에는 강한 산화력을 갖는 하이드록실 라디칼(hydroxyl radical, OH 라디칼)을 이용하는 고도 산화처리 공정(advanced oxidation process, AOP)이 효과적인 방법으로 검토되고 있다[2,3]. OH 라디칼은 대부분의 유기물을 산화시킬 수 있어 AOP에 적절하지만, 수명이 매우 짧고 용액에서 생성될 수 있도록 산화제나 자외선을 함께 사용해야 하는 단점이 있다. 최근에는 이런 문제를 극복하기 위해 수처리에 광촉매를 적용하고자 하는 시도가 이뤄지고 있다. 광촉매를 사용할 경우 OH 라디칼 생성이 촉진되고, 광촉매가 유기물 분해 및

[†] 교신저자 (e-mail: jonghkim@chonnam.ac.kr)

살균에 효과가 있으므로 AOP의 효율이 증대될 것으로 기대되고 있다[4,5]. 다양한 광촉매 중에서 이산화티탄(titanium dioxide; TiO₂)은 화학적 안정성이 높고, 빛이 조사되면 광산화반응을 일으켜 유기물을 분해하는 광촉매 활성도 높으면서 인체에 무해하다는 장점이 있어 최근 새집증후군 원인 물질을 제거하는데 많이 이용되는 물질이다[6,7].

TiO₂ 광촉매는 표면에 자외선이 조사되면 OH 라디칼을 생성시키는데, 이 라디칼은 물속의 유해물질을 인체에 무해한 물과 이산화탄소로 완전히 분해하여 독성 유기물을 제거하는데 아주 효과적인 물질로 알려져 있다. 또한, 여러 가지 균에 대해 뛰어난 살균 능력도 보이는 것으로 알려져 있다[8,9]. 아래 식에서 보듯 TiO₂ 표면에 밴드 갭 에너지 이상의 에너지를 갖는 빛이 도달하면 원자가 띠(valence band, Vb)에 정공(h⁺)이, 전도 띠(conduction band, Cb)에 자유전자(e⁻)가 생성된다. 이때 생성된 정공은 산화제로 작용하여 물을 산화시켜 OH 라디칼을 생성하고, 자유전자는 공기 중의 산소를 환원하여 O₂⁻ 등의 활성 산소를 생성시킨다. 이렇게 생성된 OH 라디칼과 활성 산소는 광분해 반응에 참여 유기물들을 CO₂와 H₂O로 분해하거나 살균효과를 나타낸다[10,11].



하지만 광촉매는 강한 빛이 있어야 작용한다는 점과 표면 반응이므로 반응이 느리다는 한계를 가지고 있으며, 상용 TiO₂ 광촉매는 미세한 분말 형태이기 때문에 기상이나 액상 반응에 사용한 후 분리 및 회수가 어렵다는 단점을 가지고 있다[12,13]. 따라서 수처리 공정에 효과적으로 적용할 수 있도록 이러한 단점을 보완하는 방법으로서 다양한 종류의 지지체에 광촉매를 담지하여 사용하는 방법을 많이 시도하고 있다[14-17]. 지지체에 담지하면 회수가 간단하여 공정의 단순화가 가능하고, 재사용할 수 있는 장점이 있다. 또한 담지 방법에 따라 견고하고 얇은 막막을 얻을 수 있어 빛과 접촉면적을 넓혀 반응 속도를 증가시킬 수 있는 장점도 있다.

본 연구에서는 물 정화용 필터 제조에 적합한 소재의 하나인 스테인리스 강 섬유(stainless steel fiber)를 지지체로 하여 광촉매 활성이 가장 우수한 아나타제 구조의 TiO₂를 담지하여 수처리용 광촉매를 제조하였다. TiO₂의 담지량과 부착상태 등을 살펴보았으며, 메틸렌블루 및 포름산 분해 실험을 통하여 광촉매 활성을 조사하였고, 대장균(*E. Coli*)과 비브리오균(*Vibrio Vulnificus*)에 대한 살균능력을 조사하였다. 또한 정수 시스템으로의 적용 가능성을 고찰하기 위해 산소, 오존 및 과산화수소를 첨가하여 사용할 경우 액상 유기물 분해반응의 효율이 향상되는지를 살펴보았다.

2. 실험 및 분석

2.1. 스테인리스 강 섬유에 담지된 TiO₂ 광촉매(TiO₂/SSF) 제조

본 연구에서 지지체로 사용한 스테인리스 강 섬유(stainless steel fiber; SSF)는 SUS304 (굵기: 0.1 mm)로서 사용 전에 초음파 세척기(ultrasonic, JAC-4020)를 이용하여 물과 에탄올이 1 : 1 비율로 혼합된 용액으로 세척하고, 오븐에서 건조한 후 사용하였다. TiO₂/SSF를 제조

하기 위해 SSF를 아나타제 구조의 광촉매 졸(HT, (주)빛과환경, 4 wt%)이 담긴 용기에 넣고 격렬하게 혼합하는 단계를 여러 번 반복함으로써 TiO₂를 담지하고, 증류수로 세척하고 오븐에서 건조한 후, 500 °C에서 2 h 동안 소성하여 제조하였다.

2.2. SSF에 담지된 TiO₂의 부착강도 조사

부착강도는 제조된 TiO₂/SSF 시료 3개에 대하여 TiO₂ 담지 후 곧바로 오븐에서 건조하여 측정된 무게와 에탄올과 물이 1 : 1로 섞인 용액에 넣고 초음파 세척기에서 각각 10 min, 20 min, 30 min 동안 처리한 다음, 에탄올로 2번 세척하고 나서 오븐에서 건조하여 측정된 무게를 비교하는 방법으로 조사하였다.

2.3. SSF에 담지된 TiO₂의 결정구조 및 표면형태 분석

SSF에 담지된 TiO₂는 모양상 결정구조 및 표면형태를 분석하기가 용이치 않았다. 따라서 SSF 대신 유리판(Glass Plate)에 TiO₂를 동일한 방법으로 담지하여 분석하였다. 유리판에 담지된 촉매는 TiO₂/GP로, SSF에 담지한 촉매는 TiO₂/SSF로 표기하였다. 담지된 TiO₂의 결정구조는 40 kV와 20 mA 조건에서 CuK_α와 Ni-filter를 사용한 X선 회절분석기(Rigaku, D/MAX-1200)를 이용하여 X선 회절 패턴으로 분석하였으며, 표면형태는 주사전자현미경(SEM, Jeol, JSM-35C)으로 분석하였다.

2.4. 메틸렌블루 및 포름산 분해실험을 통한 광촉매 활성 평가

메틸렌블루 분해실험은 외부의 빛이 차단된 Shaking incubator (Vision Scientific Co., K.M.C-8480SFN) 안에서 진행하였다. 10 W UV-C 램프(Sankyo Denki, G10T8) 3개를 반응 용기로부터 5 cm 높이에 설치하고 25 °C를 유지하면서 교반하였다. 반응 용기에 5 g의 TiO₂/SSF와 30 mL의 메틸렌블루 용액(10 ppm)을 넣고 램프를 켜 후 10 min마다 시료를 채취하여 UV-VIS Spectrometer (Shimadzu, UV-1601)로 흡광도를 측정하고, 검량선으로부터 메틸렌블루의 농도를 결정하였다.

포름산 분해실험은 포름산 수용액을 COD가 50 ppm이 되도록 제조하여 Figure 1의 수처리 장치(water treatment system)에 0.6 L/min 속도로 공급하면서 진행하였다. AOP 방법 도입 가능 여부를 알아보기 위해 산화제의 영향에 따른 분해반응도 조사하였다. 포름산 용액을 일정 시간 공급한 후 산소, 오존, 과산화수소를 산화제로 각각 이용하여 분해반응을 진행시켰다. 산소는 기포발생기를 이용하여 공급하였고 오존(10 ppm)은 오존 발생기를 이용하여 공급하였다. 반응기를 통과한 후 분해되지 않고 남아있는 포름산의 양은 COD 측정기(WTW, Photolab S12)로 측정하였다. 과산화수소(Daejung, 30%)의 경우에는 과산화수소를 넣고 5 min 동안 교반한 시료를 채취해 초기 COD값을 측정하고 다음 램프를 켜고 반응을 진행시켰으며, 각각 30 min, 60 min, 120 min이 경과한 후에 시료를 채취하여 COD값을 측정하였다. 포름산 기준으로 과산화수소 공급량이 0.5 : 1, 1 : 1, 2 : 1, 4 : 1, 10 : 1의 비율이 되도록 첨가하여 과산화수소 첨가량에 따른 분해율도 평가하였다. 분해율은 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{분해율(\%)} = (\text{초기 COD} - \text{측정 COD}) / \text{초기 COD} \times 100$$

2.5. 대장균과 비브리오균에 대한 살균능력 평가

TiO₂/SSF의 살균능력을 평가하기 위해 Figure 1에 나타나 있는 수처리 장치(water treatment system)를 이용하여 대장균(*E. Coli*)과 비브리오균(*V. Vulnificus*)에 대한 살균 실험을 시행하였다. 램프는 15 W

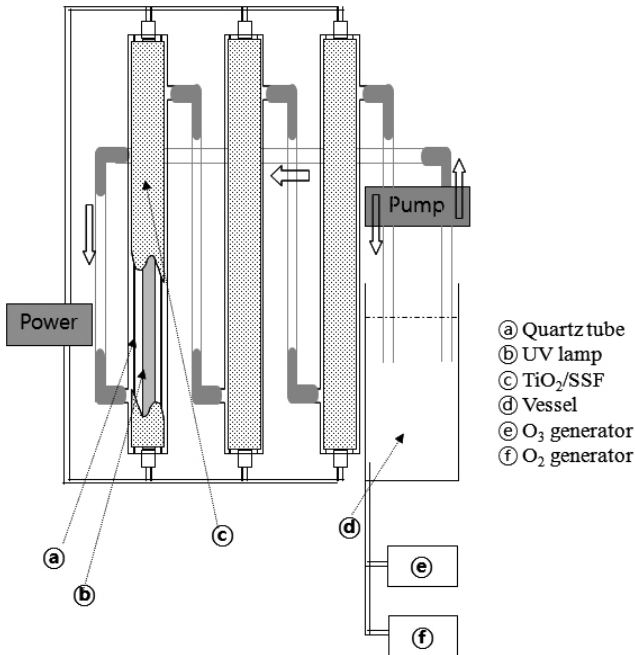


Figure 1. Schematic diagram of a water treatment system.

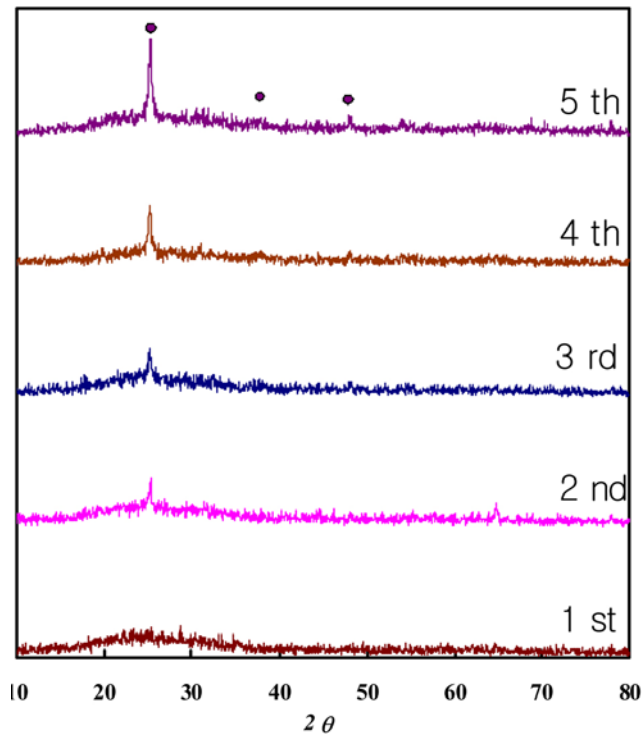
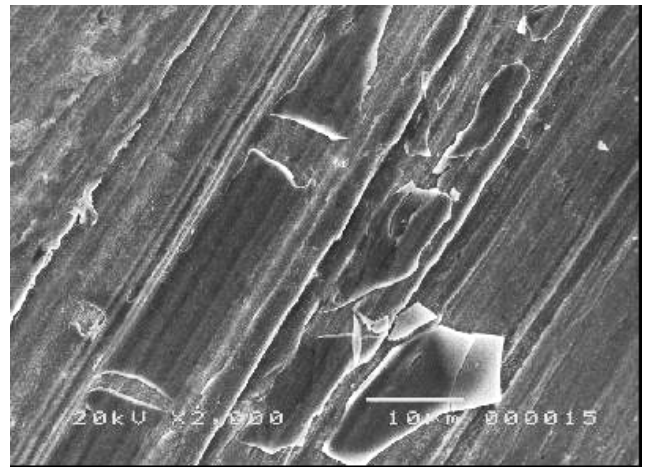


Figure 2. XRD patterns of TiO₂/GP catalysts prepared by different numbers of coating operation.

UV-A (Sankyo Denki, F15T8BLB)와 UV-C (Sankyo Denki, G15T8-AN)를 각각 사용하여 비교실험 하였다. 대장균은 액체 영양배지에서 8 h 배양한 균을 원심분리한 후 식염수로 3회 세척하고 106 cells/mL인 균 용액을 준비하여 수처리 장치에 0.4, 0.6, 0.9 L/min의 속도로 용액을 통과시킨 다음 생존 대장균 수를 측정하였다. 살균율은 다음 식을 이



(A)



(B)

Figure 3. SEM images of SSF support (A) and TiO₂/SSF catalyst (B).

용하여 계산하였다.

$$\text{살균율(\%)} = (\text{초기 세균수} - \text{반응 후 세균수}) / \text{초기 세균수} \times 100$$

TiO₂/SSF의 상용성을 평가하기 위해 제조된 광촉매를 필터 형태로 제작하여 상용 정수기(동양정수 산업, A-PLUS)에 UV-C 램프와 함께 장착하고, 물을 통과시켜 정수기 통과 전 후의 대장균수를 측정하였다. 이의 대조실험으로 동일한 정수기에 UV-C만 장착하여 물을 통과시켜 대장균수를 측정하여 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

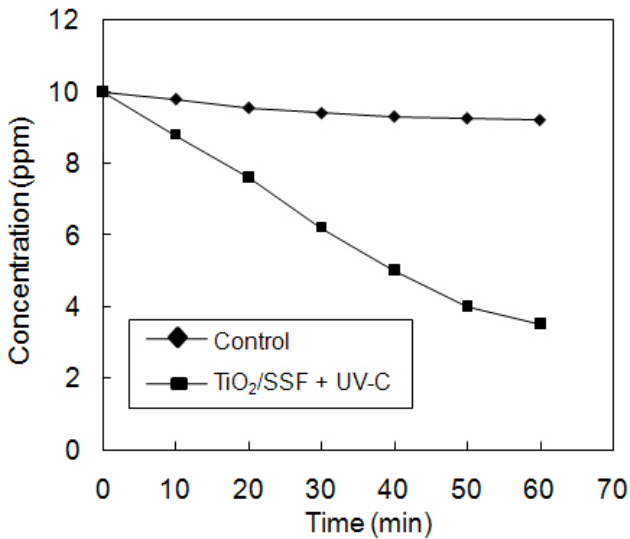
3.1. TiO₂/SSF의 분석 및 물성 평가

Figure 2는 500 °C에서 소성한 촉매의 XRD 패턴으로 TiO₂의 결정상태를 나타내고 있다. 1회 담지한 경우 특성피크가 잘 나타나 있지 않지만 담지 횟수가 많아질수록 특성피크가 점차 뚜렷해지면서 아나타제 구조의 특성피크만을 보이고 있다. 이 결과는 SSF 지지체에 HT를 담지한 후 500 °C에서 소성한 촉매에는 아나타제 구조만이 존재하는 것을 시사하고 있다.

SSF 표면에 TiO₂가 담지된 것을 확인하기 위하여 TiO₂를 담지하

Table 1. Weight Loss of TiO₂/SSF after Treatment in an Ultrasonic-cleaner

Treatment time (min)	10	20	30
Before treatment (g)	0.180	0.188	0.187
Weight loss (g)	0.0069	0.0094	0.0055
Remaining ratio (%)	96	95	97

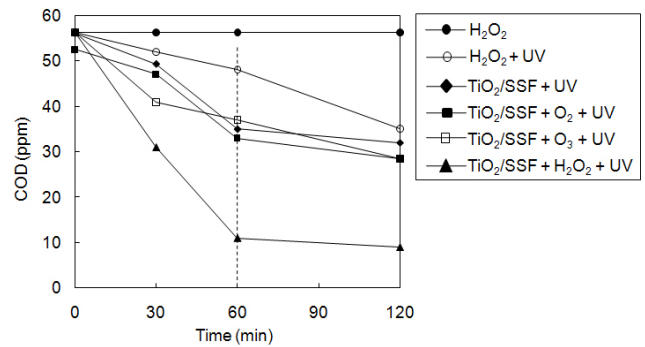
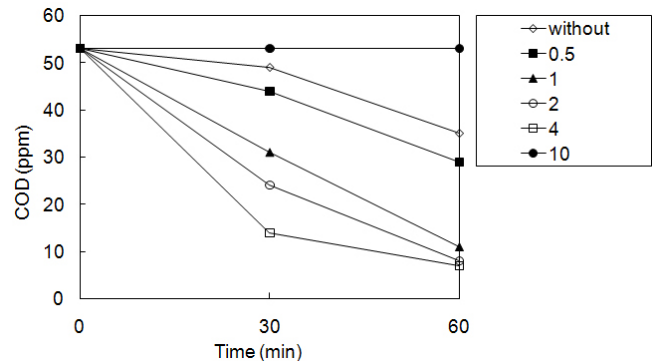
**Figure 4. Concentration change of methylene blue by TiO₂/SSF as a function of time under UV-C irradiation.**

지 않은 SSF와 담지한 SSF의 표면을 SEM으로 분석하여 비교하였다. Figure 3은 이 두 가지 시료의 표면형태를 보여주고 있는데, 담지하지 않은 SSF의 표면에서는 금속의 빗살무늬가 보이는 반면에 TiO₂를 담지한 SSF의 표면에서는 비늘 모양의 무늬가 보이는 것으로 보아 TiO₂가 표면에 부착되었다는 것을 알 수 있다. 이렇게 부착된 TiO₂의 담지량은 담지 전과 후의 무게차를 SSF의 무게로 나누어 계산한 결과 약 1 wt%인 것으로 확인하였고, 초음파 세척기를 이용하여 부착강도를 측정된 결과 매우 견고한 것으로 확인되었다. Table 1은 초음파 세척기에서 처리한 후 남아 있는 TiO₂의 양을 보여주고 있는데, 30 min간 처리한 후에도 초기 담지량의 95% 이상이 남아 있는 것을 알 수 있다.

3.2. TiO₂/SSF의 광촉매 활성 평가

제조된 TiO₂/SSF의 광촉매 활성을 평가하기 위해 메틸렌블루 및 포름산 분해실험을 통하여 유기물 분해 능력을 조사하였다. 메틸렌블루 분해실험 결과, Figure 4에서 보는 바와 같이 광촉매를 넣지 않고 UV-C만 사용한 경우에는 메틸렌블루가 거의 분해되지 않은 반면에 TiO₂/SSF 촉매를 UV-C와 함께 사용한 경우에는 1 h 만에 초기 농도의 약 60%가 분해되었다. 이로써 제조된 TiO₂/SSF는 유기물 분해에 있어 우수한 광촉매 활성을 지니고 있다는 것을 알 수 있었으며, 포름산 분해실험에서도[18] 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

포름산 분해실험 결과는 Figure 5에 나타나 있는데, UV 하에서 TiO₂/SSF에 의한 포름산의 분해율은 1 h 후에 약 38%에 이르고 있으며, 과산화수소를 함께 사용한 경우에는 분해율이 80%로 급격히

**Figure 5. COD changes as a function of time for various oxidants in decomposition experiments of formic acid.****Figure 6. COD changes as a function of time for various concentrations of H₂O₂ in decomposition experiments of formic acid.**

증가함을 볼 수 있다. 산화제인 과산화수소는 그 자체만으로는 포름산을 분해시키지 못하지만, UV가 존재하면 1 h 후에 약 10%의 분해율을 보였는데, 이는 과산화수소가 UV 하에서 분해 반응에 직접 관여하는 활성종인 OH 라디칼을 생성하였기 때문으로 추정한다. 광촉매 TiO₂/SSF와 과산화수소를 함께 사용하였을 때 분해율이 80%로 크게 증가한 이유도 과산화수소가 UV와 TiO₂ 존재 하에서 비교적 쉽게 OH 라디칼을 생성한다는 점을 고려하여 보면 같은 맥락으로 풀이될 수 있다. 또한, UV하에서 과산화수소만을 사용할 때는 1 h 이후에도 분해속도가 크게 줄어들지 않는 반면에 TiO₂/SSF와 과산화수소를 함께 사용할 때는 1 h 이후에 분해속도가 현저히 줄어드는 것을 볼 수 있는데, 이는 반응 초기에 첨가한 과산화수소가 반응에서 모두 소모되었거나 저 농도의 유기물 분해가 어렵기 때문이라고 추정한다.

과산화수소 외에 다른 산화제도 같은 효과를 낼 수 있는지를 살펴보기 위하여 산소와 오존을 첨가하여 보았는데, Figure 5에서 보는 바와 같이 광촉매 만한 변화는 없었으며, 단지 반응 1 h 이후의 분해속도가 첨가하지 않은 경우보다 약간 더 높아질 뿐이었다.

산화제 중 가장 활성이 좋은 과산화수소에 대하여 첨가량에 따른 포름산의 분해율의 변화를 살펴보았다. 포름산에 대한 과산화수소의 몰비가 0.5, 1, 2, 4, 10이 되도록 첨가하였는데, Figure 6에서 보는 바와 같이 과산화수소의 몰비가 증가할수록 초기 분해속도가 빨라졌다. 하지만, 과산화수소의 몰비가 1보다 작거나 10 정도로 커지면 분해율이 현저히 줄어들었다. 몰비가 1, 2, 4인 경우들을 비

Table 2. Sterilization Ratio of *E. Coli* and *V. Vulnificus* Cells under Various Test Conditions

Test conditions	Sterilization ratio (%)	
	<i>E. Coli</i>	<i>V. Vulnificus</i>
Dark, 0.6 L/min ^a	0	0
TiO ₂ /SSF + UV-A, 0.6 L/min ^a	99.948	100
TiO ₂ /SSF + UV-C, 0.4 L/min ^a	99.996	-
TiO ₂ /SSF + UV-C, 0.6 L/min ^a	99.978	100
TiO ₂ /SSF + UV-C, 0.9 L/min ^a	99.970	-

^aWater flow rate

교하여 보면 1 h 후에 분해율이 모두 80% 정도로 별 차이를 보이지 않았다. 따라서 포름산 분해시 첨가될 과산화수소의 적절량은 포름산과 과산화수소의 비율이 1 : 1이 되도록 하는 것이 가장 효율적일 것으로 보인다. 실제로 AOP 공법에서 과산화수소로 물을 정화할 때 과산화수소가 필요 이상으로 많이 주입되면 여분의 과산화수소가 OH 라디칼을 붙잡는 라디칼 포획자(scavenger) 역할을 하여 오히려 역효과를 유발한다는 보고가 있다[2].

3.3. 살균능력 평가

대장균과 비브리오균에 대한 살균실험 결과에 의하면 TiO₂/SSF는 높은 살균능력을 지니고 있는 것으로 나타났다. Table 2에서 보는 바와 같이 UV-A 및 UV-C 하에서 항상 99.9% 이상의 높은 살균율을 보였다. 특히 비브리오균의 경우 100% 완벽하게 살균되었는데, 이는 비브리오균이 해수나 어패류를 통하여 급성 세균성 질환인[19] 비브리오 패혈증을 일으키는 균이라는 점을 감안하면 효율적인 수처리에 있어서 매우 고무적인 결과라 볼 수 있다.

어느 경우에도 높은 살균율을 보였지만, 광원으로서 UV-A보다 UV-C가 약간 더 효율적인 것으로 나타났다. Table 2에서 볼 수 있듯이 동일한 유속일 때(0.6 L/min) 살균율을 비교하여 보면 UV-C 하에서의 살균율(99.978%)이 UV-A 하에서의 살균율(99.948%)보다 약간 더 높은 것을 알 수 있다. 이는 UV-C보다 파장이 더 긴 UV-A가 물속을 더 멀리 투과할 수 있으므로 UV-A 하에서 더 높은 살균율을 얻으리라는 처음 예상과 배치된 결과였는데, 그 이유는 UV-A 하에서는 광촉매 반응에 의한 살균효과만 나타난 반면에 UV-C 하에서는 광촉매 효과와 더불어 자외선 자체에 의한 살균효과도 함께 나타났기 때문으로 추정된다.

여기서 제조된 TiO₂/SSF를 필터로 제작하여 상용 정수기(동양정수 산업, A-PLUS)에 장착하고 물을 통과시켜 검출된 대장균의 수를 측정하여 광촉매 필터를 장착하지 않은 정수기의 대장균 검출수와 비교하여 보았다. 그 결과, Table 3에서 보는 바와 같이 TiO₂/SSF 필터가 UV-C와 함께 장착된 경우 정수기를 1회 통과 후 대장균 농도가 2000 CFU/mL에서 4 CFU/mL로 현저히 감소하였다. 그리고 2회 통과시에는 3 CFU/mL로 감소하였고, 3회 통과시에는 대장균이 전혀 검출되지 않았다. 이 결과는 필터를 사용하지 않고 UV-C만 사용했을 때(1회 통과시 2200 CFU/mL, 2회 통과시 950 CFU/mL, 3회 통과시 930 CFU/mL)와는 현저히 비교될 정도로 살균력이 향상된 결과로서 TiO₂/SSF가 수처리에 매우 적합한 광촉매라는 것을 시사하고 있다.

Table 3. Concentrations of Survived *E. Coli* After Passing through a Water Purifier Equipped with a TiO₂/SSF Filter

Number of passage	Test conditions	<i>E. Coli</i> concentration (CFU/mL)
Before	-	2,000
1	UV-C only	2,200
	TiO ₂ /SSF + UV-C	4
2	UV-C only	950
	TiO ₂ /SSF + UV-C	3
3	UV-C only	930
	TiO ₂ /SSF + UV-C	0

4. 결 론

아나타제 구조의 TiO₂ 광촉매를 스테인리스 강 섬유(SSF)에 담지하여 수처리에 적용이 용이한 타입의 광촉매를 제조하였다. 담지된 TiO₂는 초음파 세척기를 이용한 부착력 테스트에서 SSF에 강하게 부착되었음이 확인되었으며, 메틸렌블루 및 포름산 분해실험에서 우수한 유기물 분해능력을 보였으며, 대장균과 비브리오균에 대한 살균실험에서 살균율 99.9% 이상의 높은 살균능력을 보였다. 본 연구에서 제조된 TiO₂/SSF 광촉매는 분말 형태의 광촉매가 안고 있는 문제점을 극복할 수 있을 뿐만 아니라 이와 같이 내구성이 우수하면서도 우수한 광촉매 활성을 지니고 있으므로 수처리 공정에 매우 적합한 광촉매 소재라 볼 수 있다.

감사의 글

이 연구는 전남대학교 광소재부품연구센터와 2008년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-412-J02002).

참고 문헌

1. J. J. Rook, *J. Water Treat. Exam.*, **23**, 234 (1974).
2. E. Brillasa, E. Mur, R. Sauleda, L. Sánchez, J. Peral, X. Domènech, and J. Casado, *App. Catal. B: Environ.*, **16**, 31 (1998).
3. R. H. Ching and Y. S. Hung, *J. Hazar. Mater.*, **41**, 47 (1995).
4. R. Vencatadri and R. W. Peter, *Haz. Waste & Haz. Mater.*, **10**, 107 (1993).
5. C. Minero, E. Pelizzetti, P. Pichat, M. Sega, and M. Vincenti, *Environ. Sci. Technol.*, **29**, 2226 (1995).
6. K. Honda and A. Fujishima, *Nature*, **238**, 30 (1972).
7. T. Kawai and T. Sakata, *Nature*, **286**, 474 (1980).
8. C. Wei, W. Y. Lin, Z. Zainal, N. E. Williams, K. Zhu, A. P. Kruzic, R. L. Smith, and K. Rajeshwar, *Environ. Sci. Technol.*, **28**, 934 (1994).
9. Y. Kuboto, T. Shuin, C. Kawasaki, M. Hosaka, H. Kitamura, R. Cai, H. Sakai, K. Hashimoto, and A. Fujishima, *Br. J. Cancer*, **70**, 1107 (1994).
10. Y. Takahashi, K. Mita, H. Toyoki, and M. J. Kume, *Mater. Sci.*, **24**, 243 (1989).

11. K. Kato, A. Tsuzuki, Y. Totii, H. Taoda, T. Kato, and Y. Butsugan, *J. Mater. Sci.*, **30**, 837 (1995).
12. A. L. Pruden and D. F. Ollis, *J. Catal.*, **82**, 404 (1983).
13. A. L. Pruden and D. F. Ollis, *Environ. Sci. Technol.*, **17**, 628 (1983).
14. D. L. Cho, H. Min, J.-H. Kim, G.-S. Cha, G.-S. Kim, B. H. Kim, and S.-H. Ohk, *J. Ind. Eng. Chem.*, **13**, 434 (2007).
15. K. Sunada, T. Watanabe, and K. Hashimoto, *J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry*, **156**, 227 (2003).
16. E. A. Barringer and H. K. Bowen, *Langmuir*, **1**, 414 (1985).
17. R. S. Sonawane, S. G. Hegde, and M. K. Dongare, *Mater. Chem. and Phys.*, **77**, 744 (2002).
18. J.-H. Kim, D.-L. Cho, B.-C. Choi, and S.-J. Song, *Proc. Application of TiO₂ Photocatalyst in Water Treatment, 7th Intern. Confer. on Ecomater.*, 7, 3-8, Singapore (2005).
19. J. D. Oliver, *Vibrio vulnificus*. In: *Foodborne Bacterial Pathogens*, ed. M. P. Doyle, 569. Marcel Dekker, New York (1989).