

## 마이크로 반응기를 이용한 광촉매 분해특성 연구

최병철<sup>†</sup> · 김형택\*

특허청 화학생명공학국 환경화학과, \*아주대학교 에너지학과  
(2005년 1월 25일 접수, 2005년 4월 8일 채택)

### The Study of the Photocatalytic Degradation for Microreactor

B.C. Choi<sup>†</sup> and H.T. Kim\*

Korean Intellectual Property Office, Chemistry & Biotechnology Examination Bureau,  
Environmental Chemistry Examination Division, Korea  
\*Department of Energy Studies, Ajou University, Korea  
(Received 25 January 2005, Accepted 8 April 2005)

#### 요 약

본 연구는 마이크로 채널 반응기를 이용하여 다양한 실험조건에서 D-glucose 용액을 이용하여 광촉매 분해특성을 연구하였다. Titanium oxysulfate의 수산화반응을 통하여 합성한 TiO<sub>2</sub> 수용액을 이용하여 마이크로 채널 반응기에 TiO<sub>2</sub>를 코팅하였다. D-glucose 광촉매 분해특성은 반응기의 주입유속이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났으며 반응속도 상수와 Langmuir 흡수 계수를 다양한 실험조건에서 계산하였다. 또한 반응 시스템에서의 광효율을 계산하였다. 따라서 이 연구는 배치 시스템에 적용된 TiO<sub>2</sub> 코팅이 되어 있는 마이크로 채널 반응기의 광분해 특성을 이해하기 위한 것이다.

**주요어** : 마이크로 반응기, 광촉매, TiO<sub>2</sub>, 반응속도

**Abstract** — In this study, the photocatalytic degradation of D-glucose with the micro channel reactor was performed on the various experimental conditions. To apply the TiO<sub>2</sub> coating on the micro channel reactor, TiO<sub>2</sub> solution was synthesized by hydrolysis of titanium oxysulfate. The feeding rate was proportional to degradation rate of D-glucose solution over the micro channel reactor. Also, the reaction rate constant and Langmuir adsorption coefficient were calculated under various experimental conditions. And the results of these system photonic efficiencies were calculated. This study aims to understand the photocatalytic degradation characteristics on TiO<sub>2</sub> coating in the micro channel reactor experimented by the feed batch reaction system.

**Key words** : Micro reactor, Photocatalyst, TiO<sub>2</sub>, Reaction rate

#### 1. 서 론

태양광을 이용하는 광촉매 기술은 에너지와 환경의 중요성이 강조됨에 따라 급속히 증가하고 있다. 높은 효

율, 낮은 투자비와 운전비용 그리고 이차 오염물질의 생성이 없는, 광촉매 산화반응 기술은 수처리분야에서 많은 기술적 적용이 있어왔다. 특히 산업용수내의 미세 유기 오염물질의 분해를 위한 기술적용에서는 전세계적으로 많은 연구자가 연구를 수행하고 있다. TiO<sub>2</sub> 광촉매는 높은 광반응성, 광안정성, 무독성, 그리고 상대적인 가격 경쟁력 때문에 가장 폭넓게 이용되는 반도체 광촉매이다. 경제적 활용 측면에서 광촉매는 일반적으로 적절한 지지체에 코팅이나 필름형태로 광촉매를 적용한다. 이러한 지지체 물질은 대부분의 반응기 설계에 가해진

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.

Korean Intellectual Property Office, Chemistry & Biotechnology Examination Bureau, Environmental Chemistry Examination Division, Korea  
Tel: 042-481-8402  
E-mail: chu12@kipo.go.kr

촉매의 최종 광촉매 특성과 안정성에 중요한 영향을 가진다. 많은 물질들이 이미  $TiO_2$  또는 다른 광촉매의 지지체로서의 연구가 수행되어왔다<sup>11)</sup>. 본 연구에서는 채널 형태의 마이크로 반응기(Microfabricated reactor)를 지지체로  $TiO_2$  광촉매를 코팅하는 공정에 대하여 논의하고자 한다. 광촉매에 관한 많은 연구에서 반도체 광촉매는 분산된 분말의 형태로 많이 이용되고 있다. 반면에 이러한 분산된 광촉매 시스템에서는 반드시 광촉매 분리공정이 추가되어야 하며 이에 따라서 추가적인 비용이 요구된다. 반도체 광촉매를 특정 지지체에 고정시켜 이용하는 시스템에서는 낮은 접촉 표면적과 스케일 업을 고려할 때 어려움이 따른다. 이번 연구에서 적용하는 높은 표면적 대 체적비를 가지는 채널 형태의 마이크로 반응기에 코팅 방법을 이용한 반도체 광촉매를 적용하여 유기물 분해특성을 파악하고자 하였다. 마이크로 제조기술을 응용한 마이크로 반응기기술은 많은 화학 반응공정과 촉매 연구에서 이용되고 있으며 소형화와 이동가능한 화학시스템에 적용되고 있다. 마이크로 반응기는 반응기내에서 층류 흐름, 짧은 분자 확산 거리, 높은 비표면적 그리고 높은 열 및 물질전달 특성을 갖는 것으로 알려져 있다<sup>12)</sup>. 특히 광촉매 반응에서 균일한 광조사가 가능하게 하며 대형 반응기에 비하여 반응기 전체에 더 높은 광조사를 가능하게 할 수 있는 장점을 가진다. 마이크로 반응기 광촉매 지지체는 광촉매 효율에 어떠한 부정적 영향없이 촉매와 표면에 강한 결합을 형성하여 코팅된 광촉매에 효율을 증대시키며 300 nm 이하의 UV광에는 높은 투과율을 갖는 것으로 알려져 있다. 코팅을 위하여 준비되는  $TiO_2$ 는 Titanium oxysulfate( $TiOSO_4$ )의 수산화 반응을 이용하여 합성하였으며 광촉매의 반응성을 포함한 촉매의 최종 특성은 합성과정의 다양한 파라미터와 실험조건에 따라서 결정된다고 알려져 있다<sup>13)</sup>. 광촉매를 코팅한 채널 형태 마이크로 반응기의 광촉매 특성을 파악하기 위하여 D-glucose 용액을 이용하여 광촉매 분해특성을 파악하였다. 이러한 고찰을 통하여 광촉매 지지체의 타당성을 검토하였다.

## 2. 실험

### 2-1. 광촉매 합성 및 코팅

$TiO_2$ 를 합성한 후 이를 마이크로 반응기에 코팅하여 광촉매 반응성을 고찰하고자 하였다.  $TiOSO_4$ 의 가수분해를 이용하여  $TiO_2$ 를 합성한 후 마이크로 반응기의 채널에 코팅한 후 광투과 특성을 UV-vis Spectroscopy (Varian, Cary100)를 이용하여 분석하였다.  $TiOSO_4$ 의 가수분해에 기초하여 합성된  $TiO_2$ 를 증류수에 혼합하여 코팅에 필요한  $TiO_2$ 를 준비하였다.  $TiOSO_4$ (Alfa Aesar,

Titanium(IV) oxide sulfate dihydrate)를 증류수에 30.6 wt%로 혼합한 용액을 준비하였다. 이 용액은  $TiO_2$  10 wt%를 함유한 것으로 계산된다. 혼합액은 상온에서 용액의 색깔이 투명해 질때까지 교반하여 주었다. 혼합된 용액은 85°C까지 승온한 후, 이 온도에서 천천히 5%의 NaOH 용액을 가하여 pH가 5.5에 이를때까지 가수분해 반응을 수행하였다. 이때 형성된 겔을 6시간 동안 같은 온도에서 교반하여 주었다. 이러한 Aging time을 가진 후 겔은 증류수를 이용, 반복하여 필터링하였다. 최종적으로 얻어진 겔은 증류수를 가하여 혼합시키고 초음파처리를 6시간 정도 수행하였다. 이러한 출발 용액은 증류수에 혼합하여 준비하였고 농도는 10 g/l로 준비하였다. 사용된 마이크로 반응기는 프랑스의 Corning사에 제공한 반응기를 이용하였다. 마이크로 반응기 채널 내에 준비 용액 코팅에는 Wash 코팅 방법을 사용하였고 IR 램프(OSRAM Therw deluxe qa3)를 이용하여 건조하였다. 준비된 광촉매 용액을 이용한 코팅에서  $TiO_2$ (10 g/l)를 코팅한 마이크로 반응기에서의 광흡수 영역이 넓은 범위(300~350 nm)에 관찰되었다. 광투과 특성을 살펴보면, 수행된 합성방법을 통해 제조된  $TiO_2$  용액을 이용한 코팅을 통한 반응기에서도 투명한 결과물을 얻을 수는 없었고 어느 정도 흰색을 띄는 것을 확인할 수 있었다. 투과성을 고려한 코팅 특성을 비교한다면, 현재 적용된 합성 방법들은 적절치 않은 것으로 판단되며 타당한 결과를 얻기 위해서는 더 많은 연구가 필요한 것으로 판단된다.

일반적으로 마이크로 반응기의 채널 내부 코팅은 조립되기 전에 수행한다. 이번 연구의 경우, 조립된 상태의 마이크로 반응기의 내부 코팅을 수행하였다. 마이크로 반응기의 코팅을 수행하기 전에 마이크로 반응기의 채널 직경을 모사할 수 있는 모세관을 제작하여  $TiO_2$  용액의 농도, 점도 그리고 코팅두께의 상관관계를 관찰하였다. 초음파 처리후의  $TiO_2$  용액을 실린지를 이용하여 채널 내에 주입한다. 용액이 주입된 상태의 채널을 30분 정도 유지시킨 후, 주입용액을 실린지를 이용하여 제거한다. 잔존하는 용액을 제거하기 위하여 질소가스를 2시간 동안 주입한다. Wash 코팅 공정 후에 코팅된 마이크로 반응기를 100°C에서 1시간가량 건조과정을 거친 후, 500°C에서 1시간 가량 하소(Calcination) 과정을 수행하였다. 이때 승온조건은 5°C/min이다. 코팅된  $TiO_2$ 의 양은 광촉매 특성을 파악하기 위해 1번의 코팅으로 제한하였다.  $TiO_2$  용액의 마이크로 채널 코팅은 10%(w/v)의 용액을 사용하였다. 마이크로 반응기의 코팅된  $TiO_2$ 의 코팅 두께의 측정은 모세관을 이용한 코팅 예비 실험 결과와 비교하여 추정하였고, 이 추정값은 마이크로 반응기 코팅시 모세관을 출구 쪽에 연결하여 코팅한 후 샘플을 반투과성을 가지는 얇은 필름 등의 두께와 Refractive

index의 측정에 이용되는 Eillipsometer (DRE-Dr.Riss Eillipsometerbau GmbH, EL X-02C)를 이용한 측정값과 비교하였다. 또한 마이크로 반응기의 특성 값을 이용하여 충전된 TiO<sub>2</sub> 양을 계산하였다. 이 장비는 632.8 nm의 파장을 발생하는 네온 레이저, 편광기 그리고 편광기의 각도 조절을 이용하여 선형 편광부터 타원형 편광을 원형편광으로 변형시키는 편광 특성을 제공하는 Quarter wave plate로 구성되어 있다. 마이크로 반응기 채널의 TiO<sub>2</sub> 코팅두께는 약 62 nm였으며, 광촉매 코팅양은 약 0.003 g이었다.

2-2. 광촉매 반응 시스템

Fig. 1에 나타난 두개의 판이 결합된 형태인 마이크로 반응기는 폭이 120 mm, 높이가 80 mm, 그리고 두께가 8 mm이며 직경 800 μm의 하나의 긴 채널로 구성되어 있다. 상부 채널의 체적은 1 m<sup>3</sup>이며, 하부 채널의 체적은 1.8 m<sup>3</sup>이다. 최대 액체 주입유속은 10 ml/min이

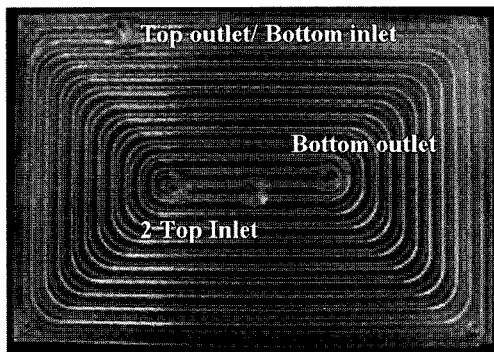


Fig. 1. Photograph of the micro channel reactor.

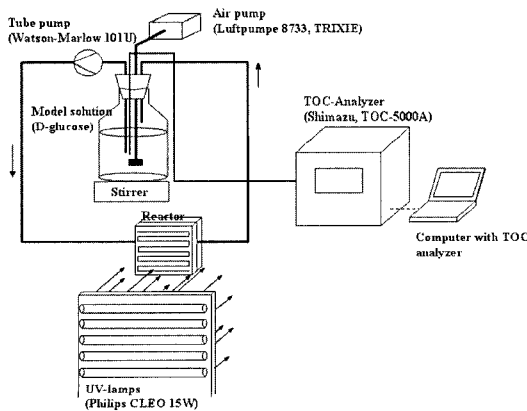
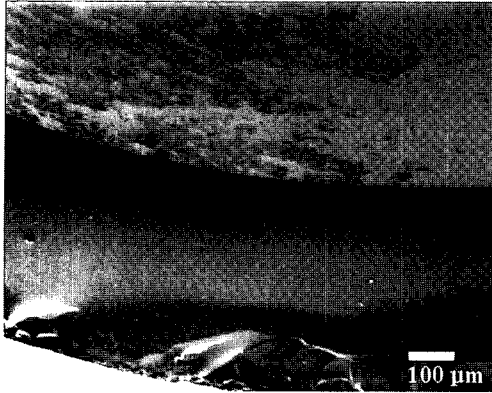


Fig. 2. Schematic diagram of feed batch type photocatalytic reaction system.

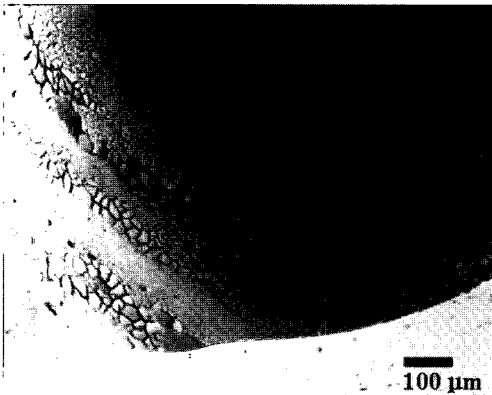
며 두개의 입구와, 상부판과 하부 판을 연결하며 입구와 출구 역할을 수행할 수 있는 다른 구멍과 하나의 출구를 가지고 있다. 광분해 특성을 파악하기 위하여 D-glucose(Merck, anhydrous for biochemistry)를 이용하였다. 마이크로 반응기를 연계한 배치 형태의 광촉매 반응시스템은 모델 화합물을 저장하는 저장조, 유체를 마이크로 반응기에 이송하는 튜브 펌프(Watson-Marlow, model 101U), 광원인 램프(Philips, model CLEO 15W) 그리고 분석기로 구성되어있으며 반응시스템의 개략도는 Fig. 2에 나타내었다. 튜브펌프의 직경에 따른 유속을 검정하여 주입유량을 조절하였다. 광촉매 반응 진행에 따른 D-glucose의 분해특성을 파악하기 위하여 TOC (total organic carbon) 분석기(Shimadzu, TOC 5000A)를 이용하여 반응 전후의 탄소함유량을 측정한 후 반응 진행 여부를 파악하였다. 대상 화합물의 전체 탄소함유량(Total carbon)은 유기탄소(Total organic carbon)와 무기탄소(Inorganic carbon)로 나눌 수 있다.

D-glucose 용액이 광촉매 반응후에 CO<sub>2</sub>와 H<sub>2</sub>O가 생성되는데 이때 생성되는 CO<sub>2</sub> 내의 무기탄소와 반응후 분해되지 않은 D-glucose에 존재하는 유기탄소의 양을 측정하여 광촉매 반응특성을 파악하였다. 일반적으로 대기상에 존재하는 증류수에는 어느 정도의 CO<sub>2</sub>가 용해되어 있다. 반응을 촉매시키는 UV광 생성기의 조사광 강도는 UV meter(Dr. Honle UVA/B meter)를 이용하여 측정하였으며 강도는 3.6 mW/cm<sup>2</sup>이었다. 저 농도의 D-glucose의 측정은 실시간 TOC 분석 방법을 이용하였다. 반응 용액의 초기 용량은 0.5l이며 실험 용액의 유속은 2.5에서 10 ml/min, 초기 D-glucose 용액의 농도는 0.05에서 1 mmol/l로 결정하였다. 이번 연구에서는 pH는 6.5에 고정하여 수행하였다. 각 실험을 수행하기에 앞서 촉매 표면에 어떠한 유기 또는 무기 화합물의 접촉가능성을 배제하기 위하여 증류수를 이용하여 수 시간 순환시켰다. 소결 유리 반응기의 광촉매에 대한 증류수를 이용한 세척과정은 각 실험이 진행된 후 적어도 세 차례에 걸쳐 수행되었다. 광조사를 하기 전에 D-glucose 용액은 빛이 존재하지 않은 상태에서 순환시킨 후, 시스템 내에 D-glucose 용액이 평형상태에 도달한 후에 실험을 진행하였다. 각 실험의 매 20분마다 반응용액에서 50 μl의 샘플을 TOC 분석기의 실린지를 이용하여 추출하여 반응 후의 D-glucose용액 내의 탄소 함유량을 분석하여 실시간으로 연결된 컴퓨터에 저장하였다. 원심분리 장치를 이용하여 용액상의 샘플은 바로 TOC 분석기에서 전체 탄소 함유량이 측정된다. 전체 탄소 함유량은 모든 유기 분자는 6개의 탄소 원자로 구성되었다는 가정 하에 계산된다. 각 반응조건에 따른 광조사 분해 반응시간은 5시간으로 결정하여 수행하였다. 모든 샘플

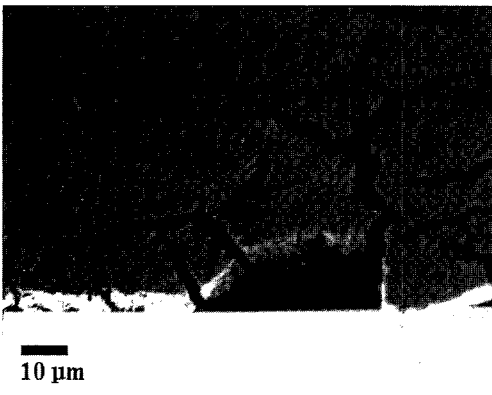
을 분석과정이 끝난 후에는 증류수를 이용하여 샘플링 관 내부에 잔존하는 샘플을 제거하였다. 모든 결과치는 처음 3번의 분석 값들을 배제한 후 직접 TOC 분석기의 분석 값들을 실시간으로 취득하였다.



(a) 5% TiO<sub>2</sub> coating



(b) 10% TiO<sub>2</sub> coating



(c) Inner part of 10% TiO<sub>2</sub> coating

Fig. 3. Scanning electron microscopy images for TiO<sub>2</sub> coated on capillary tubes.

### 3. 결과 및 토의

#### 3-1. 코팅 형상 특성

광촉매의 반응기 코팅의 형상특성은 Field-emission scanning electron microscopy(FE-SEM JEOL JSM-6700F)를 이용하여 측정하였다. FE-SEM은 Zeiss 장비를 사용하여 측정을 수행한다. 스캐닝의 해상능력은 15 kV에서 1.0 nm까지이며 1 kV에서 2.2 nm를 가지며 측정을 수행하기 전에 샘플을 1 cm<sup>2</sup>의 크기로 잘라서 백금/파라늄 층을 표준 스퍼터링 방법을 이용하여 코팅한다. 미세사진은 마이크로 반응기와 연결하여 광촉매를 코팅한 모세관의 표면과 내부에서 얻었다.

Fig. 3(a)는 5%의 TiO<sub>2</sub>가 코팅된 모세관이며 Fig. 3(b)는 10%의 TiO<sub>2</sub>가 코팅된 후의 모세관의 SEM 이미지이다. 마이크로 구조를 살펴보면, 모세관 내부에 균일하게 TiO<sub>2</sub> 코팅 층이 형성된 것을 확인할 수 있다. 또한 5%와 10% TiO<sub>2</sub> 코팅 형상의 뚜렷한 차이를 발견할 수는 없었으며 단지 코팅두께의 차이를 확인할 수 있었다. 또한 코팅 표면 전체에 걸쳐서 코팅 균열이 있는 것을 확인할 수 있다. Fig. 3(c)는 내부 코팅의 모습으로 매우 균일한 코팅면과 많은 균열을 확인할 수 있었다. 이는 소성과정에 기인하여 발생한 것으로 판단된다.

마이크로 반응기의 코팅을 수행하기전에 마이크로 반응기의 채널 직경을 모사할 수 있는 모세관을 이용하여 TiO<sub>2</sub> 용액의 농도, 점도 그리고 코팅두께의 상관관계를 관찰하였다. 코팅두께는 Ellipsometer를 이용해 측정하였고 TiO<sub>2</sub> 코팅 용액의 점도는 Ubbelohde viscometer (Schott Gerate, Reference No. 50101, capillary No. 0a)를 가지고 측정하였다. Fig. 4는 TiO<sub>2</sub> 용액의 농도에 따른 코팅두께의 상관관계를 나타내었다. 코팅의 점도 값과 두께는 초기 TiO<sub>2</sub>의 농도에 따라 뚜렷한 상관관계를

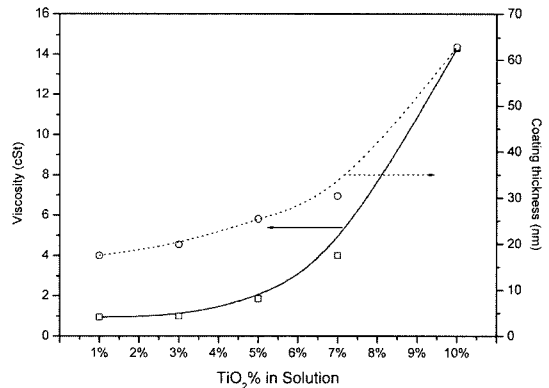


Fig. 4. Correlation between viscosity of various TiO<sub>2</sub> in solutions and the coating thickness.

갖는 것을 판단된다. 농도와 코팅 두께 모두 초기 TiO<sub>2</sub> 농도가 5%(w/v)를 넘어서면서 급격히 증가하였다.

3-2. 주입유속 영향

실험 결과를 분석해보면, 낮은 초기 D-glucose 농도에서의 분해율은 높은 초기 농도에서의 경우보다 큰 것으로 나타났다. 샘플 용액의 반응기 주입유속을 고려하여 보면, 주입유속이 증가함에 따라 분해율은 증가하는 것으로 나타났다. 이는 D-glucose 용액의 광촉매와 광조사에 접촉하는 시간이 증가함에 따라 분해율이 커지는 것을 나타낸다. 마이크로 채널 반응기에서 D-glucose 용액의 분해율에 대한 주입유속의 영향은 2.5-10 ml/min의 범위에서 실험을 수행하였다. Fig. 5는 모델 화합물 주입 유속, 초기농도별 광조사 시간에 따른 분해율을 나타낸 것이다. 주입유속의 영향에 대하여 초기농도는 0.05에서 1 mmol/l의 범위에서 실험을 수행하였다. Fig. 5에서 세로축의 분해율은 초기 D-glucose내의 유기탄소의 농도를 광반응후 잔존하는 화합물내의 유기탄소량을 나눈 분해율을 나타낸다. 초기 D-glucose 용액의 농도가 0.1 mmol/l 이하인 조건과 샘플 주입 속도 10 ml/min에서만 실험조건내의 광조사 시간에서 분해율이 60%를 넘었으며, 나머지 조건들에서는 분해율이 20%를 상회하지 못하였다. 이는 반응 화합물의 주입 유속, 즉 전체 반응 용액의 광촉매와 광조사를 접촉할 수 있는 접촉시간의 증가가 큰 영향을 주는 것으로 판단된다. 실험을 수행한 반응시스템은 D-glucose의 광반응 시간이 채널 내에 체류하는 용액의 유속에 의하여 지배받는다. 그러나 0.5l의 샘플 용액 저장조에서 분해반응을 분석을 위한 샘플링이 진행되므로 이러한 해석은 타당성이 있다. 유속 2.5 ml/min의 조건에서는 전체 반응시간을 거쳐 분해반응이 진행되는 것을 확인 할 수 있었다. 그러나 분해율을 대

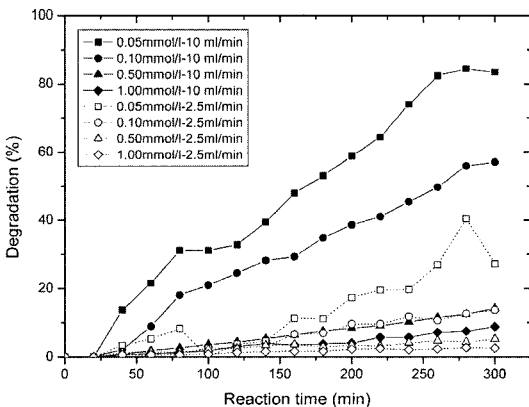


Fig. 5. Degradation of D-glucose on reaction time.

부분의 조건에서 20%를 상회하지 못하였다. 이러한 결과가 유속에 의한 반응기내 체류시간의 증가 영향보다 전체 반응 용액의 순환시간 증가가 분해율이 큰 영향을 주는 것을 확인 할 수 있다.

3-3. 분해속도

초기 광촉매 분해 속도에 대한 초기 D-glucose 용액의 농도 영향을 0.05에서 1 mmol/l 범위에서 연구하였다. 반응기에서의 초기 반응속도의 초기 반응 농도 영향을 Fig. 6에 나타내었다. 초기 반응속도 R<sub>i</sub>가 초기 오염 농도 C<sub>i</sub>에 대하여 포화되는 경향의 Langmuir 흡수 모델과 Langmuir-Hinshelwood 반응 메커니즘의 경향을 따르는 것으로 판단된다. 모델 주입 속도가 증가할수록 속도가 적어지는 것에 비하여 더 큰 초기 반응 속도 값을 가지는 것을 확인 할 수 있다. 일반적으로 탄화수소 화합물에 대한 광촉매 반응의 이동 속도 특성은 많은 연구자에 의해 단순한 속도 식으로 표현가능 하다고 알려져 있다<sup>[6]</sup>.

$$R_i = \frac{kKC_i}{1+KC_i} \tag{1}$$

식 (1)에서 k는 반응속도 상수이며, K는 흡수 계수를 나타낸다. Langmuir-Hinshelwood 반응식인 위의 식을 역함수로 전환하여 선형식으로 변형하면 아래와 같은 식으로 나타낼 수 있으며 간단한 1차함수 형태로 각 조건에서의 반응속도 상수와 흡수 계수를 얻을 수 있다.

$$\frac{1}{R_i} = \frac{1}{k} + \frac{1}{kKC_i} \tag{2}$$

Fig. 7의 선형변환결과를 살펴보면, R<sup>2</sup> 값이 모두 약

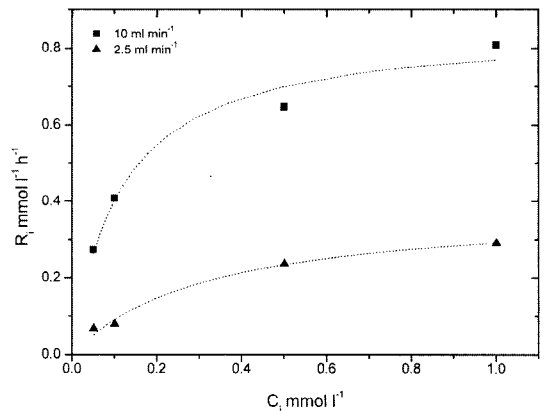


Fig. 6. Initial reaction rate, Ri vs. initial concentration, Ci of D-glucose on the feed rate variations.

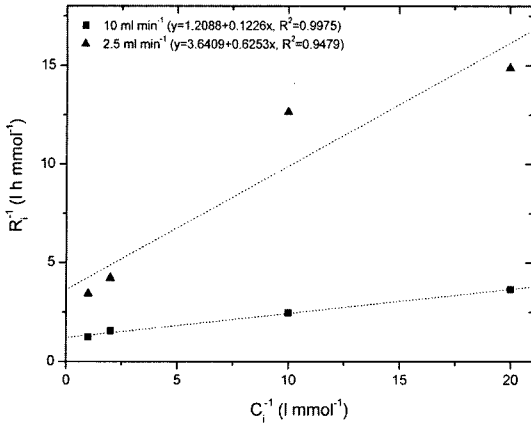


Fig. 7. Reciprocal Ri vs. reciprocal Ci of D-glucose on the feed rate variations.

95% 이상의 신뢰값을 가지며, Langmuir-Hinshelwood 반응식인 위의 식 (1)을 식 (2)의 선형식으로 변형하면 간단한 1차함수 형태로 각 조건에서의 반응속도 상수와 흡수 계수를 얻을 수 있다. 10 ml/min 조건에서의 k는 0.83 mmol// hr, K는 9.86 l//mmol이며, 2.5 ml/min에서는 k는 0.27 mmol// hr, K는 5.82 l//mmol이다.

3-3. 광효율

광촉매 고정의 효율은 단순히 정의하기 어려우며 광촉매 작용을 발생시키는 밴드갭 사이의 광자의 흡수 속도에 대한 측정이 매우 어렵기 때문에 양자수율의 계산을 통한 효율 예측은 어렵다. 따라서 일반적인 광효율, ξ는 반응기내에 존재하는 광자수와 단위시간에 반응한 반응 분자의 수의 비로 계산한다. 이러한 광효율은 단위시간에 TiO<sub>2</sub> 광촉매에 의해 흡수되는 광자의 수와 단위시간당 반응하는 반응 분자의 수의 비인 양자수율, Φ과 다르다<sup>17)</sup>.

일반적으로 양자수율은 광효율 보다 큰 값을 가지며 이러한 차이는 광촉매 반응기내의 광 산란의 정도 차이에 기인하는 것으로 판단된다. 반면에 광조사 밀도와 양자수율과, 광조사 밀도와 광효율의 경향성은 일반적으로 같은 경향을 갖는다. 따라서 이번 연구에서는 광촉매 반응에서의 효율을 계산이 편리한 광효율을 이용하여 제시하였다. 만약 촉매에 조사되는 조사광이 단색 광이라 가정하면, 광효율은 식 (3)과 같이 정의할 수 있다.

$$\xi(\%) = \frac{d[C]/dt}{P_0} \times 100 \quad (3)$$

여기서 dC/dt는 영차 반응식으로 가정한 초기 분해 속

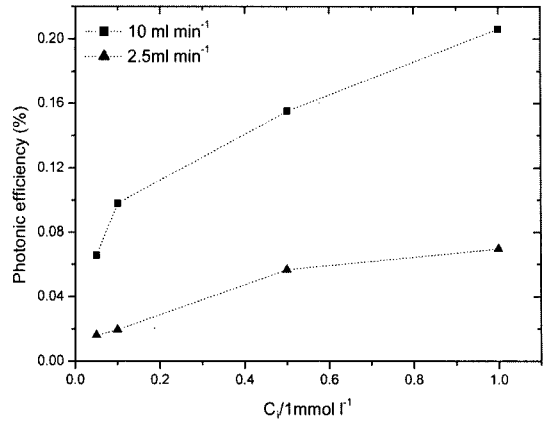


Fig. 8. Photonic efficiency on the variation of the initial concentration and feed rate.

도를 나타내며, P<sub>0</sub>는 광플럭스(Einsteins/s)를 나타낸다. 이때 평균 파장은 385 nm이다. Fig. 8의 세로축은 광효율 값을 나타내며, 가로축은 초기 샘플 농도를 1 mmol//로 나눈 값이다. 광효율은 샘플 주입 속도에 큰 영향을 받으며, 초기 농도 변화에 대해서는 민감하게 반응하지 않는 것을 확인 할 수 있다.

4. 결 론

마이크로 반응기의 채널에 TiO<sub>2</sub> 광촉매를 코팅한 후 광분해 특성을 D-glucose를 이용하여 고찰하였다. 실험 조건에 따른 분해율, 분해 속도 그리고 광효율값을 검토하였다. 분해율은 광점촉시간을 증대시킬 수 있는 샘플 주입유속과 반응시간에 지배를 받는 것으로 보인다. 상대적으로 초기 샘플 농도는 큰 영향을 갖지 못한다. 반응특성은 Langmuir 흡수율 따르는 것으로 판단된다. 광효율면에서 적은 광촉매 코팅 양에 비하여 광촉매 코팅 지지체로서 적절한 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 한국과학재단의 해외 Post-doc. 연구지원에 의하여 연구되었음

참고문헌

- Hidalgo, M.C.; Sakthivel, S.; Bahnemann, D. Applied Catalysis A : General, 2004, 277, 183-189.
- Jesen, K.F. Chemical Engineering Science, 2001, 56, 293-303.

3. Pennemann, H.; Hessel, V.; Lowe, H. *Chemical Engineering Science*, 2004, 59, 4789-4794.
4. Kaneko, M.; Okura, I. *Photocatalysis: Science and Technology*, Kodansha, Japan, chapter 1, 2002.
5. Serpone, N.; Pelizzetti, E. *Photocatalysis-Fundamental and Applications*, Wiley, New York, chapter 6, 1989.
6. Theurich, J.; Lindner, M.; Bahnemann, D.W. *Langmuir*, 1996, 12, 6368-6376.
7. Hoffmann, M.R.; Martin, S.T.; Choi, W.; Bahnemann, D.W. *Chem. Rev.*, 1995, 95, 69-96.