

회전광촉매 시스템에 의한 폐수처리

Wastewater Treatment by using a Rotating Photocatalytic Oxidation Disk System

정호진*

Chung, Ho Jin

Abstract

The wastewater treatment by photocatalyst decomposes pollutants directly in water, and it is easy to decompose indecomposable organics and inorganic. and Especially, it has an advantage that there is no secondary production of pollutants. However, there will be many problems which are generated depending on the type of photocatalyst. The type of rotating photocatalyst minimizes previous problems, and advanced oxidation processes is possible by the application of rotating disc method. The consideration of the characteristics about various designs and operation factors is needed for the application of rotating photocatalyst system. In this study, rotating photocatalyst was manufactured for rotating disc method by fixing of TiO_2 . The operation factors were derived for the wastewater treatment by the reaction of rotating photocatalyst. The contained quantity of TiO_2 was limited about 70%. The more the contained quantity of TiO_2 was increased, the more the treatment rate was continually increased. The optimum rotating photocatalyst was R4, and the contained quantity of TiO_2 was 36.8%. The more the exposed amount of UV is increased, the more the decomposition effect of TCODcr was continually increased. However, the adequate strength of light source must be determined by the consideration of economical efficiency. The more the speed of rotating photocatalyst is increased, the more treatment efficiency was increased. When UV lamp was not submerged in reactor, the wastewater treatment was efficient in the order of the depth of water 50%, 30%, 10%, 70%, 100%. This study is a basic research for the development of a system which treats organics in solar light.

Keywords : wastewater, photocatalyst, TiO_2 , UV, RPOD

요 지

광촉매에 의한 수처리 방법은 수중에서 오염물질을 직접분해 처리하며 난분해성 유기물 또는 무기물의 분해가 용이하다. 특히 2차 오염물질의 생성이 거의 없는 것이 가장 큰 장점이라 할 수 있다. 하지만 광촉매 형태에 따라 여러 문제가 발생한다. 회전 광촉매 형태는 기존의 문제를 최소화시키고 회전원판법을 적용하여 고도산화처리가 가능하다. 회전광촉매 반응기의 적용을 위해서는 여러 가지 설계와 운전인자 및 특성에 대한 고찰이 필요하다. 본 연구에서는 회전 광촉매를 TiO_2 고정화 작업으로 회전원판법에 적합하게 제작하였다. 이를 이용하여 회전 광촉매 반응에 의한 폐수처리를 수행하기 위한 운전인자들을 도출하였다. 회전 광촉매 TiO_2 함량은 최대 70%가 한계로 나타났다. TiO_2 함유량이 증가할수록 처리효율도 지속적으로 증가되고 있다. 적절한 회전 광촉매는 R4로 TiO_2 함유량 36.8% 이다. 자외선 세기가 증가 할수록 TCODcr의 분해효과는 지속적으로 증가 된다. 다만 적절한 광원의 세기는 경제성을 고려해서 판단하여야 한다. 회전 광촉매의 회전속도가 증가할수록 처리효율은 향상된다. UV lamp를 반응조에 침지시키지 않을 때 회전 광촉매 수심변화는 수심이 50%, 30%, 10%, 70%, 100% 순으로 처리효율이 높게 나왔다. 본 실험을 바탕으로 태양광에서도 유기물을 처리할 수 있는 시스템을 개발에 바탕이 될 것이라 판단한다.

핵심용어 : 폐수, 광촉매, 이산화티타늄, 자외선, 회전 광촉매

1. 서 론

고도산화처리기술(AOP: Advanced Oxidation Processes)에는 Fenton산화, H_2O_2 산화, UV-자외선에 의한 산화, 촉매 물질에 의한 산화 등 다양한 종류가 있다. 광촉매에 의한 수처리 방법은 수중에서 오염물질을 직접 분해하여 처리하며 처리조건도 기존의 수처리 방법처럼 복잡하지 않다. 또한

난분해성 유기물 또는 무기물의 분해가 용이하며 살균공정 등의 타 공정에서 생성된 유기물의 분해도 가능하다. 특히 2차 오염물질의 생성이 거의 없는 것이 큰 장점이라 할 수 있다.

AOP 기술의 핵심은 효과적인 촉매물질의 제조 및 적용방법에 있다. 광촉매 제조에 대한 연구는 분말을 그대로 사용하는 방법(최희주 등, 2002), Sol-Gel법에 의한 방법(김상철

*정회원 · 계명대학교 공과대학 토목공학과 부교수 (E-mail : hjc@kmu.ac.kr)

등, 2004; 임희섭 등, 2005), 화학적 방법을 이용한 박막 제조법(정광덕 등, 2006), Bead형태로 코팅하는 방법(김창균 등, 2006), 이산화티타늄을 Al_2SO_4 , SiO_2 와 혼합하여 고정하는 방법(김정배, 2006) 등 여러 가지 방법이 있다. 위와 같은 광촉매를 이용한 산화반응에서 발생하는 문제는 사용된 광촉매의 형태가 주된 원인이 되고 있다. 분말형태의 TiO_2 광촉매는 입자의 회수 및 재생이 어렵다. 코팅되지 않은 세라믹형태의 TiO_2 는 재사용이 어렵고 수중에서 분산이 불충분할 때는 입자의 응집현상이 심하게 표출될 수 있는 결점을 가지고 있다. Sol 형태의 TiO_2 의 경우에도 회수 및 재사용이 불가능하고 2차 오염이 우려될 수 있다. Bead 형태로 코팅된 광촉매는 효율성이 높지만 사용횟수가 증가 할수록 코팅 표면이 손상되어 처리 효율이 떨어지는 단점이 있다.

회전 광촉매(RPOD: Rotating Photocatalytic Oxidation Disk) 반응은 회분식이나 연속운전으로 유기물을 처리하며, 반응기 상부를 밀폐시킬 때 기상과 액상의 유기물을 동시에 분해시킬 수 있다. 그리고 이상적인 CSTR과 같은 거동을 하므로 혼합이 잘 되며 주위 공기를 이용할 수 있기 때문에 폭기시킬 필요가 없고 얇은 액체막내에서 반응이 일어나므로 물질 전달이 원활하다는 것이 가장 큰 장점이다. 회전 광촉매 반응에 관한 연구는 많지 않지만 그 예는 다음과 같다. 김영웅 등(2001)은 원형 유리디스크에 TiO_2 를 고정한 반응기를 제작하여 조류 부산물 제거 특성을 연구하였다. Minero 등(1993)은 태양광을 이용하여 pentachlorophenol을 분해한 바 있으며, Pellizzetti 등(1993)은 TiO_2 와 ZnO 상에서 질소를 함유한 오염물의 분해 특성을 연구하였다.

회전광촉매 반응기의 성능에 영향을 미치는 설계 인자로는 광촉매의 종류, UV 광원 종류와 숫자, 회전원판 개수 등이 있으며, 운전인자로는 원판 회전속도 용액의 성질로는 무기 이온 종류와 농도 및 pH 등이 있다. 회전광촉매 반응기의 적용을 위해서는 반응속도에 미치는 여러 가지 설계와 운전 인자 및 용액의 성질에 대한 고찰이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 선행 연구에 나타난 여러 가지 문제점을 해소할 새로운 형태인 반연구적인 촉매를 제작하고, 회전 광촉매 반응의 운전인자에 특성에 관하여 연구하였다. 이는 추후 태양 광에서도 유기물을 처리할 수 있는 시스템을 개발하기 위한 것이다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 실험재료

2.1.1 실험 원수

본 실험에서는 D시 S하수처리시설의 유입수를 전처리 없이 원수로 사용하였다. 원수의 성상은 다음 Table 1과 같다. 기타 시약은 특급으로 정제 없이 사용하였다. 수질분석은 수질 공정시험법과 Standard Method를 기준으로 실시하였다.

Table 1. Characteristic properties of wastewater

Component	COD _{Cr} (mg/l)	SS(mg/l)	pH
Wastewater (D-city)	150~190	280~300	6.8~7.4

2.1.2 회전 광촉매(RPOD) 재료

RPOD 1개를 만드는데 필요한 재료는 물(H_2O), 산화알루미늄(Al_2O_3), 이산화규소(SiO_2), 이산화티타늄(TiO_2), 덱스트린(Dextrin)이 사용된다. 이들의 배합양은 실내 시험에서 적절히 혼합하여 성형이 되는지 시행착오법에 의해 결정하고 수처리에 이용될 강도가 나오는지 종합적으로 평가하여 결정한다. TiO_2 자체는 다른 물질과의 결합력을 약화시키는 성질이 있어 Al_2O_3 , SiO_2 , 양의 변화를 줘야 한다. 그리고 초기 성형의 결합력이 약하기에 Dextrin를 첨가하여 결합력을 보강해야 한다.

RPOD의 몸체를 이루는 부분은 백색의 Al_2O_3 이며 DC Chemical Co. 제품이고, 분자량은 101.96이다. 몸체를 고온에서 잡아주는 역할을 하는 SiO_2 는 Junsei Chemical Co. 제품이고, 분자량은 60.09이다. Dextrin은 고열에서는 전부 소각되어 RPOD 표면에 수많은 기공을 형성시켜 비표면적을 증가시킨다. 사용한 Dextrin은 Samchun Pure Chemical Co. 제품이다. 촉매로 사용한 TiO_2 는 Degussa의 P-25(입자 크기: 30 nm, Anatase 구조: 70%, Rutile 구조: 30%, BET 표면적: 50 m^2/g) 제품이며, 분자량은 79.90이다.

2.2 회전 광촉매(RPOD) 제작 방법

회전 광촉매는 적당한 배합 설계에 따라 물이 가해지지 않은 상태에서 시료를 30분 이상 믹서기로 혼합한 후에 증류수를 서서히 가하여 골고루 섞이도록 반복하였다. 이를 4시간 이상 혼합하고 유압프레스기로 10 kg/cm^2 힘으로 압축 성형하였다. 성형된 회전 광촉매를 내경 25 mm, 외경 200 mm, 두께 15 mm의 크기로 제작하였다. 성형된 제품을 Dry oven에서 100°C로 12시간 이상 건조시킨 후 전기로에서 굽는다. 성형된 제품의 품질을 향상시키기 위해 상온에서 100°C 상승시키는 시간을 3시간으로 조정하여 750°C까지 올리며 총 24시간을 가열하였다. 제작 중인 광촉매가 급속한 온도저하로 균열되는 일을 방지하기 위하여 가열한 때와는 역순으로 100°C 내릴 때 3시간씩 총 24시간 동안 상온이 될 수 있도록 하였다. 이를 통해 다른 연구에서 TiO_2 를 고정시킬 때 발생했던 문제점을 개선하였다. 개발된 회전 광촉매는 내구성이 향상되어 거의 반연구적으로 사용이 가능한 고효율적인 형태의 제품이다. 실험에 사용한 회전 광촉매의 종류와 배합비는 Table 2에 나타냈다. 성형된 제품은 콘크리트 압축시험강도 실험방법에 준하여 실시하여 내구성을 평가하였다(한국공업표준협회, 2005). 그 결과는 Table 3에 나

Table 2. Weight rate according to RPOD types (unit: g)

Type	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Dextrin	Water
R1	66.2	25.8	9.2	3.9	10.1
R2	62.6	29.4	18.4	6.6	13.3
R3	59.8	32.2	27.6	10.8	16.7
R4	55.2	36.8	36.8	15.5	21.9
R5	50.6	41.4	46.0	20.7	29.0
R6	47.8	44.2	55.2	26.5	36.8
R7	46	46	64.4	31.3	46.9
R8	44.2	47.8	69.0	38.1	59.6

Table 3. Result of compressive strength test

Type	Compressive strength (MPa)	Type	Compressive strength (MPa)
R1	38	R5	24
R2	36	R6	19
R3	33	R7	13
R4	29	R8	5



Fig. 1 Photo of RPOD

타냈다. 표에 나타난 바와 같이 R8은 5 MPa 정도로 내구성이 약하고 쉽게 깨져 본 실험에는 사용하지 않았다. 완성된 회전 광촉매는 Fig. 1에서 볼 수 있다.

2.3 실험 장치 및 방법

2.3.1 실험 장치

실험에 사용한 광촉매반응기는 자외선램프의 위치에 따라 Fig. 2와 3의 형태로 나누게 된다. Fig. 2는 자외선램프가 물속에 잠긴 상태이고 Fig. 3은 자외선램프가 물위에 노출되어 있는 상태로 이는 추후 자연광에서도 처리가 가능한지

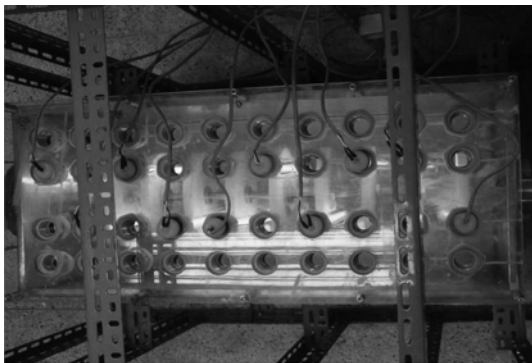


Fig. 2 A top view of reactor 1 with submerged UV lamp

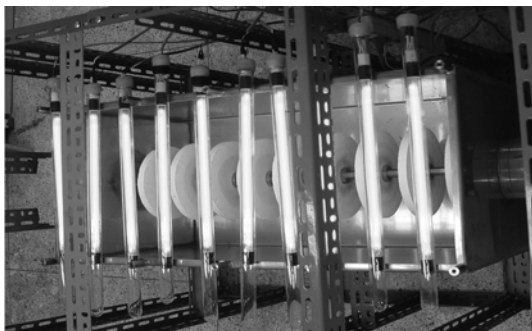


Fig. 3 A top view of reactor 2 with upper UV lamp

평가하기 위함이다. 각 회전 광촉매반응기는 자외선램프, 회전 광촉매, 안정기, 모터 등으로 구성되었고 350 mm×450 mm×800 mm인 사각형(용량 100L)의 회전식 반응기이다. 반응기 상부에는 PP재질로 된 고무 cap을 4×10으로 설치하여 자유로운 위치선택이 가능하도록 만들었다. 본 실험에서는 자외선램프를 최대 10개까지 설치하여 사용하였다. 자외선(UV) 램프(San Kyo Denki Co.)의 길이는 290 mm, 파장은 254 nm, 세기는 16W이다. 반응기 내부와 설치한 회전축은 유기물의 흡착이 없도록 스테인레스 스틸로 제작하였다. 반응기 하부에는 동력 전달장치인 모터와 반응기 중심축 간의 연결부분에 2"×2", 2"×4", 2"×6", 6"×2" 네 종류의 Pulley를 설치하여 회전속도를 20, 60, 120, 180 rpm으로 조절할 수 있도록 하였다.

2.3.2 실험 방법

회전 광촉매 반응은 선행연구(조주연, 2007)에서 최대 처리효율로 나타난 자외선 광촉매 반응을 선택하여 실험을 수행하였다. 산화 반응시간은 최대 8시간인데 채취한 시료는 매 시간마다 수질오염공정 시험법에 의한 TCODcr을 측정하였다. 또한 1시간 이내의 급격한 반응을 예상하여 최초 30분 경과한 시료도 측정하였다. Cr법이 Mn법 보다는 폐수에 대한 더 강력한 산화력을 갖기 때문에 TCODcr 값으로 효율을 비교하였다.

광촉매 반응기의 회전속도 변환에 따른 처리특성을 분석하기 위하여 반응조에서 Pulley를 교환하여 20, 60, 120, 180 rpm으로 회전축의 속도를 조정하면서 분해효율을 조사하였다. 자외선 세기의 변화에 따른 분해특성을 분석하기 위하여 반응조에 UV lamp를 침지시키고 2, 4, 6, 8, 10개로 조정하였다. UV lamp 1개에 광촉매 반응기 박막에 도달하는 빛의 세기는 6.3 mW/cm²이므로 반응기에 도달되는 자외선량은 12.6, 25.2, 37.8, 50.4, 63.0 mW/cm²이다. UV lamp를 반응조에 침지시키지 않고 반응조 상단에 UV lamp를 거치하고 반응조 내에 회전 광촉매의 수심별로 10, 30, 50, 70, 100% 순서로 실험원수를 변화시키면서 분해특성을 파악하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 회전 광촉매의 TiO₂ 함유량 변화에 따른 분해 특성

불균일계 광촉매 반응은 일반적으로 고체 반도체 물질이 촉매로 이용되는 경우가 많다. 광촉매로 이용되는 반도체 물질은 결정구조에 따라 활성의 정도가 서로 차이가 나타나는 것으로 보고되고 있다. 대표적인 광촉매인 TiO₂의 경우 anatase 구조가 rutile 구조를 가진 것보다 활성이 뛰어난 것으로 보고되고 있으나 두 가지 구조가 섞여 있는 TiO₂가 높은 활성을 보여 준다는 연구도 있다(최희주 등, 2002). 촉매량이 지나치게 많을 경우 촉매입자가 빛을 차단하여 활성을 감소시킬 수 있으므로 적당량의 촉매를 결정해야 한다.

본 연구에서는 회전 광촉매에 함유된 TiO₂ 함유량의 영향을 평가하기 위해 Table 2에 나타난 것과 같이 R1~R7로 TiO₂의 함유량을 변화시켜 생활폐수의 분해효과를 조사하였다. 그리고 물에 잠기는 부분과 공기 중에 노출되는 부분에

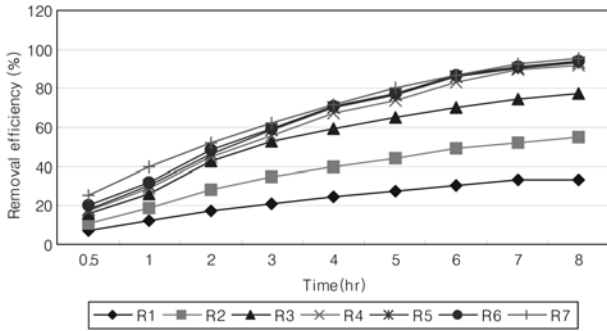


Fig. 4 Removal efficiency of TCODcr depending on TiO₂ dosage

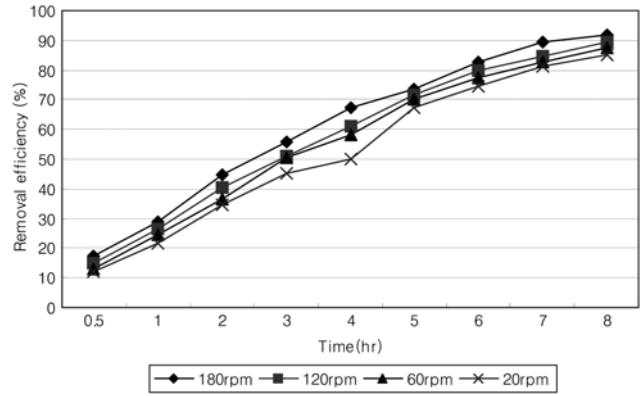


Fig. 5 Removal efficiency of TCODcr depending on rpm

서 오염물질의 확산·분해 역할이 다르므로 정상적인 침지 상태에서 수행하였다. 회전 광촉매를 최대 9개까지 설치할 수 있으므로 TiO₂ 함유량은 R1은 82.8 g이고, R7은 579.6 g로 증가한다. UV lamp는 10개를 설치하고, 회전속도는 180 rpm으로 고정하여 실험하였다. Fig. 4는 TiO₂의 함유량의 변화에 따른 TCODcr의 처리율을 나타낸 결과이다. R1~R7 회전 광촉매를 8시간 반응시킨 처리효율은 각각 33.5, 54.7, 77.6, 91.8, 92.9, 94.1, 95.3%로 분석되었다. 이결과에 의하면 반응시간이 증가함에 따라 처리효율도 크게 증가하고 있으며 TiO₂ 함유량에 따라 처리효율도 달라진다. 반응시간이 4시간 이상인 경우에는 R4~R7 회전 광촉매의 처리효율에 큰 차이가 나타나지 않았다. 이는 광촉매 반응에서의 초기 활성은 일정한 정도까지는 촉매량에 비례하고 그 이상의 촉매량에서는 더 이상 증가하지 않는다는 Matsunage and Okochi (1995)의 연구와 같은 결과이다. 그리고 촉매량이 계속적으로 증가할 경우 Shield effect에 의해 처리율이 감소한다는 연구와도 비슷한 결과라고 볼 수 있다. 따라서 R4가 적절한 회전 광촉매로 판단된다.

3.2 회전 광촉매의 교반속도에 따른 분해 특성

교반속도에 따른 분해 특성을 조사한 반응조건은 9개의 회전 광촉매를 축에 연결하고 회전 광촉매 사이에 자외선램프 10개를 고정시키고, 축의 회전수를 20, 60, 120, 180 rpm으로 조정하여 분석하였다. 나머지 반응조건은 원수에 잠긴 RPOD는 오염물질의 확산, 분해 및 촉매표면과의 접촉 기회 증대로 수중의 유기물을 신속히 산화, 분해시킨다. Fig. 5는 교반속도 변화에 따른 회전광촉매 R4의 실험결과이다. 반응시간 변화에 따른 처리효율에 큰 차이를 보이고 있다. 결과에 의하면 rpm이 20, 60, 120, 180으로 증가할 때 8시간 반응시킨 후 제거효율은 88.8, 90.6, 92.4, 95.3%로 증가하

였다. 즉 회전 속도가 180 rpm일 때가 제거효율이 가장 우수한 것으로 나타났다. 이는 회전속도를 증가시켜 용액의 계면이 효과적으로 깨어져 RPOD와 접촉 시 저항이 감소하기 때문에 확산과 광반응이 용이하게 일어나고 또한 접촉횟수도 증가했기 때문으로 판단된다. 즉 공기가 접하는 회전 광촉매 표면에 도달하는 자외선 세기가 증가하여 전자·정공 수율을 높여 광분해가 상승된다. 그리고 광촉매 반응기에 자외선을 조사하면 OH-Radical 및 Superoxide 등이 생성되는데 이는 산화력이 우수하다고 알려져 있다. 에너지의 양이 증가하면 훨씬 많은 양이 발생된다고(김중규, 2004)한다. 따라서 RPOD에 의한 광분해 반응 시 느린 회전속도보다는 빠른 회전속도인 180 rpm 이상을 유지하는 것이 효율적이라고 판단된다.

3.3 자외선 세기의 변화에 따른 분해 특성

자외선 세기의 영향을 평가하기 위하여 UV lamp를 2, 4, 6, 8, 10개로 나누어 설치하고, 광촉매의 회전속도를 180 rpm으로 고정하여 반응시켜 분석하였다. 자외선램프 1개에서 회전광촉매 반응기 박막에 도달하는 세기는 6.3 mW/cm²이다. 이에 대한 결과는 Table 4와 Fig. 6에 나타내었다. 생활폐수의 경우에는 자외선량이 증가할수록 처리율은 급격히 증가한다. 그리고 AOP 시스템의 처리효율을 증가시키기 위해서는 충분한 에너지의 공급이 있어야 한다. 이는 UV 광원으로 충분히 대처할 수 있고 UV광원이 충분할 경우 전자 전이를 충분히 발생시킬 수 있기 때문이다. 자외선을 조사할수록 자외선으로부터 광 에너지를 적절히 흡수하면서 광촉매 반응시 OH 및 Superoxide radical의 생성이 효과적이다. 결과에 나타나 있듯이 자외선의 조사량이 증가할수록 TCODcr의 분해효과는 일정 비율로 지속적으로 증가된다. 그러다가

Table 4. Removal efficiency of TCODcr depending on number of UV lamp

Time (hr) \ UV Lamp(ea)	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8
2	10.6%	20.9%	31.8%	45.3%	52.4%	60.0%	73.5%	77.1%	79.4%
4	12.4%	24.7%	38.2%	50.6%	60.6%	67.1%	80.6%	81.8%	84.7%
6	15.9%	28.8%	42.4%	53.5%	64.7%	71.2%	82.9%	85.3%	88.2%
8	19.4%	32.4%	45.9%	57.1%	67.6%	74.7%	85.3%	88.8%	91.8%
10	25.3%	40.0%	51.8%	62.4%	71.8%	80.6%	87.1%	92.4%	92.3%

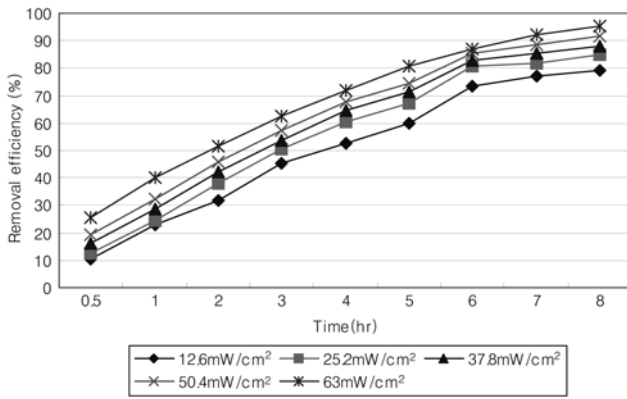


Fig. 6 Removal efficiency of TCODcr depending on UV intensity

6시간 이후에는 미세하게 증가한다. 이는 회전 광촉매 반응에서 충분한 에너지를 공급함이 처리효율을 증가시키나 에너지 소모에 문제가 있다. 그래서 효율과 경제성 등을 고려하여 최적의 조건을 판단하여야 함을 시사해 준다.

3.4 외부광원에 대한 광촉매 침지 특성

본 연구는 이전 연구에서 시도하지 않았던 방법인 UV lamp를 처리수에 침지시키지 않고 반응조 상단에 설치하여 회전 광촉매의 침지 변화에 의한 처리효율을 분석하였다. 이는 광원이 물속과 밖에 있을 때의 산화효과를 비교하여 물의 채움을 조사하여 처리량을 판단하기 위해서다. 먼저 광촉매의 회전수를 180 rpm으로 고정하고, 수심은 광촉매 밀면을 기준으로 각각 10, 30, 50, 70, 100%의 5가지로 구분하였다. 이때의 반응조 용량은 각각 41.7, 55.7, 70.0, 84.4, 105.7이다. UV lamp는 반응조 상단에 10개를 설치하여 일정한 8시간의 반응시간(HRT)으로 조사하였다. 이에 대한 결과는 Fig. 7에 나타내었다.

실험결과는 앞 절의 연구결과와 유사하게 6시간 이후부터는 TCODcr의 처리효율이 미세한 증가를 보이고 있다. 처리효율은 수심이 50, 30, 10, 70, 100% 순으로 나타났다. 반응시간이 8시간일 때의 처리효율은 74, 68, 57, 45, 36%이었다. 선형 실험에서 나타났듯이 같은 운전조건에서 UV광원이 침지될 때 처리효율은 최소 70% 이상이므로 노출될 때 보다는 효과적이었다. 이는 광원의 평균 강도세기가 중요한 변수이지만 침지와 노출의 비도 중요함을 알 수 있다.

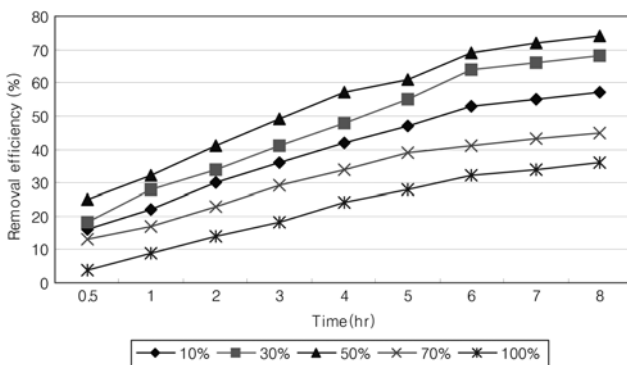


Fig. 7 Removal efficiency of TCODcr depending on depth of water

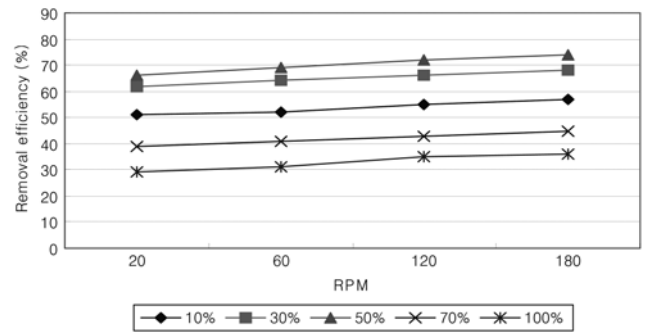


Fig. 8 Removal efficiency of TCODcr depending on rpm and depth of water

노출된 광촉매를 활성화시키기 위해서는 보다 강한 광원이 필요한 것으로 보인다. 따라서 회전 광촉매에 반응기에 대한 수심비율은 30~50% 정도로 설치하여야 최대 처리효율이 나타남을 알 수 있다.

Fig. 8은 수심변화에 따른 회전 광촉매의 회전속도 변화에 의한 처리효율을 분석한 것이다. 이에 따르면 수심별로 거의 비슷한 경향을 나타내고 있으며, 광촉매의 회전속도 증가에 따라 TCODcr의 처리효율이 미세한 증가를 보이고 있음을 알 수 있다. 회전속도가 180 rpm인 경우에는 처리효율은 수심이 50, 30, 10, 70, 100% 순으로 작게 나타났으며 처리효율은 74, 68, 57, 45, 36% 이었다. 추후 태양광의 자외선을 이용하기 위해서는 회전 광촉매에 반응기는 회전속도 보다는 수심이 큰 영향이 있다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

회전 광촉매를 TiO₂ 고정화 작업으로 회전원판법에 적합하게 제작하였다. 이를 이용하여 회전 광촉매 반응에 의한 폐수처리를 수행하기 위한 운전인자들을 도출하였다. 이에 대한 연구 결과는 다음과 같고 향후 연구결과를 현장에 적용해도 좋은 처리효과를 기대할 수 있으리라 판단된다.

- 회전 광촉매 제작은 TiO₂ 함유량을 10~75%로 세분화하여 R1~R8 형태인 8가지로 만들었다. TiO₂ 70% 이상인 R8은 결합력이 약하고 내구성 좋지 않아 회전 광촉매로 사용하지 않았다. 회전 광촉매 TiO₂함량이 최대 70%가 한계로 나타났다.
- TiO₂ 함유량 변화에 따른 분해특성은 TiO₂ 함유량이 증가할수록 처리효율도 지속적으로 증가되고 있다. 본 실험에서 적절한 회전 광촉매는 4시간 이상 접촉할 경우 R4로 TiO₂ 함유량 36.8 g이다.
- 자외선 세기의 변화에 따른 특성은 자외선 세기가 증가할수록 TCODcr의 분해효과는 지속적으로 증가된다. 다만 적절한 광원의 세기는 경제성을 고려해서 판단하여야 한다.
- 침지식 회전 광촉매의 처리효율은 회전속도가 증가할수록 증가하였다.
- UV lamp를 반응조에 침지시키지 않고 회전광촉매 반응기의 수심변화에 따른 결과는 수심이 50%, 30%, 10%, 70%, 100% 순으로 처리효율이 높게 나왔다. 회전속도는 영향이 미미하고 수심의 영향이 보다 중요하다.

참고문헌

- 김상철, 허민찬, 한성홍, 김의정, 이충우, 주종현(2005) Sol-Gel법에 의한 TiO_2 박막의 제작 및 특성, **한국물리학회논문집**, 한국물리학회, 제50권, 제2호, pp. 109-115.
- 김영웅, 손희중, 유명호, 김영희, 정종문, 김철(2001) 회전 광촉매 반응기를 이용한 조류부산물 제거특성에 관한 연구, **한국물리학회논문집**, 한국물리학회, 제17권 제2호, pp. 215-227
- 김정배(2006) 주물사에 고정된 TiO_2 광촉매 특성 및 색도 제거에 관한 연구, **한국수처리학회논문집**, 한국수처리학회, 제14권, 제1호, pp. 85-95.
- 김종규, 정호진(2004) TiO_2 광촉매를 이용한 염색폐수처리에 관한 연구, **대한상하수도학회논문집**, 대한상하수도학회, 제18권, 제3호, pp. 392-400.
- 김창균, 정호진(2006) UV/ TiO_2/H_2O_2 를 이용한 축산폐수처리에 대한 연구, **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제26권, 제3B호, pp. 321-327.
- 임희섭, 이용희, 손종윤, 유윤식, 이동환, 성대동(2005) 졸-겔 방법으로 제조한 TiO_2 박막 광촉매의 물성 분석과 광화학 반응, **대한화학공학회논문집**, 대한화학공학회, 제16권, 제2호, pp. 187-193.
- 정광덕, 주오심, C.D Lokhande(2006) 화학적 방법을 이용한 TiO_2 박막제조 및 응용, **한국수소 및 신에너지학회논문집**, 한국수소 및 신에너지학회, 제17권, 제2호, pp. 181-192.
- 조주연, 정호진(2007) 회전광촉매 반응기를 이용한 폐수처리 특성에 관한 연구, **계명대학교 산업기술연구소 논문보고서**, 계명대학교 산업기술연구소, 제30권, 제1호. 137-145.
- 최희주, 강희석, 이한수(2002) 루타일 및 아나타제 상 이산화티타늄은 이온 광환원 및 흡착특성비교. **대한환경공학회논문집**, 대한환경공학회, 제24권, 제6호, pp. 1043-1049.
- 한국공업표준협회(2005) **KS총람 : KS F 2405 콘크리트의 압축 강도 시험 방법**, 사단법인 한국공업표준협회.
- Matsunaga, T. and Okochi, M. (1995) TiO_2 -mediated photochemical disinfection of Escherichia coli using optical fibers, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 29, No. 2, pp. 501-505.
- Minero, C., pelizzetti, E., Malato, S., and Blanco, J. (1993) Large solar plant photocatalytic water decontamination-degradation of pentachlorophenol, *Chemo-Sphere*, Vol. 26, No. 12, pp. 2103-2119.
- Pellizzetti, E., Minero, C., piccinini, P., and Vincenti, M. (1993) Phototransformations of nitrogen-containing organic compounds over irradiated semiconductor-metal oxides-nitrobenzene and atrazine over TiO_2 and ZnO, *Coordination, Chemistry Reviews*, Vol. 125, pp. 183-193.

(접수일: 2009.5.11/심사일: 2009.7.3/심사완료일: 2009.7.3)