(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0096893
(43) 공개일자 2016년08월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01J 35/00 (2006.01) *B01J 21/06* (2006.01)
B01J 21/18 (2006.01) *B01J 29/072* (2006.01)
B01J 37/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01J 35/004 (2013.01)
B01J 21/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0018524
(22) 출원일자 2015년02월06일
심사청구일자 2015년02월06일
기술이전 희망 : **기술양도**, **실시권허여**, **기술지도**

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
신은우
서울특별시 강남구 선릉로130길 33, 우정에쉐르 아파트 101동 903호
팜탄쭉
울산시 남구 대학로 93, 울산대학교 화학공학부 1-407호
손태환
울산광역시 울주군 청량면 삼정로 92 쌍용하나빌리지, 201동 1201호
(74) 대리인
특허법인충정

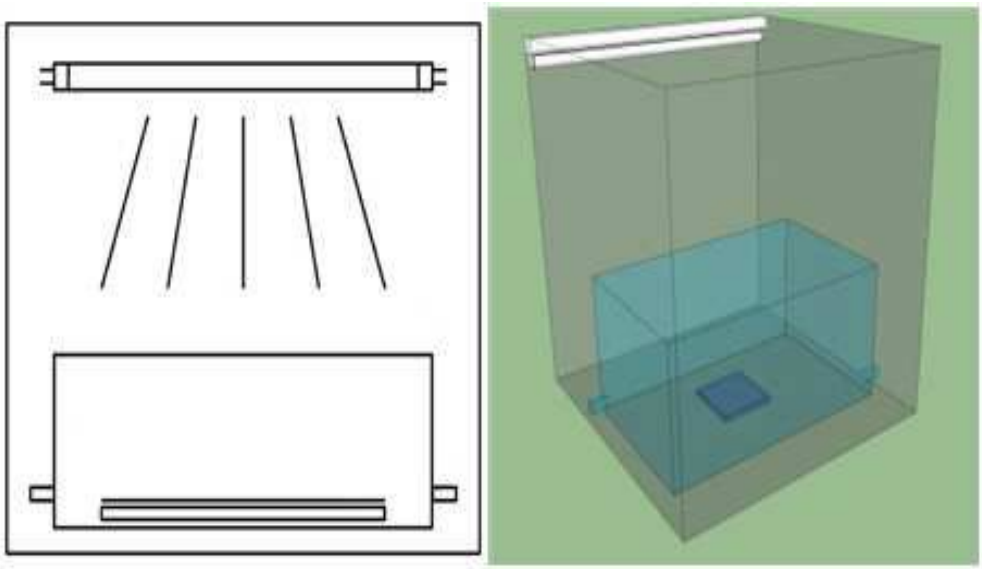
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **제올라이트 및 무기 광촉매를 포함하는 공기정화용 광촉매 조성물 및 그의 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은 제올라이트 및 무기 광촉매를 포함하는 공기정화용 조성물 및 그의 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 흡착제인 HNS 에 무기 광촉매인 메조포러스 티타노실리케이트-환원된 그래핀 산화물(mesoporous titanosilicate-reduced graphene oxide; MTSG)복합체 광촉매를 혼합하여 흡착 기능에 광촉매 기능을 부가한 공기정화용 조성물 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B01J 21/18 (2013.01)
B01J 29/072 (2013.01)
B01J 37/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 C0113499
부처명 중소기업청
연구관리전문기관 한국산학연협회
연구사업명 산학공동기술개발지원사업
연구과제명 실내공기오염 VOCs 제거용 흡착기능이 강화된 광촉매 개발
기 여 율 1/1
주관기관 울산대학교 산학협력단
연구기간 2013.07.01 ~ 2014.06.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

제올라이트 및 무기 광촉매를 포함하는 공기정화용 광촉매 조성물.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제올라이트는 하기 구조식으로 나타내는 HNS 인 조성물:

$M_{2/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y]_wH_2O$

[식 중, M 은 Ca 이고, n: 1~2 이고, W: 0~8 이고, y/x = 10~100 임.]

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 M 은 Ca 에 Cu 및 Zn이 혼합된 것인 조성물.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 무기 광촉매는 메조포러스 티타노실리케이트-환원된 그래핀 산화물 복합체(MTSG) 광촉매인 조성물.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 MTSG 는 티타늄을 1 mo% 내지 30 mol% 함유한 것인 조성물.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 제올라이트 및 무기 광촉매는 0.1:1 내지 10:1 의 중량비로 포함되는 조성물.

청구항 7

제올라이트 및 무기 광촉매를 혼합하는 단계를 포함하는 공기정화용 광촉매 조성물의 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제올라이트는 하기 구조식으로 나타내는 HNS 인 방법:

$M_{2/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y]_wH_2O$

[식 중, M 은 Ca 이고, n: 1~2 이고, W: 0~8 이고, y/x = 10~100 임.]

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 M 은 Ca 에 Cu 및 Zn이 혼합된 것인 방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 무기 광촉매는 메조포러스 티타노실리케이트-환원된 그래핀 산화물 복합체(MTSG) 광촉매인 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 MTSG 는 티타늄을 1 mo% 내지 30 mol% 함유한 것인 방법.

청구항 12

제 7 항에 있어서,

상기 혼합 단계에서, 제올라이트 및 무기 광촉매는 0.1:1 내지 10:1 의 중량비로 혼합되는 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 제올라이트 및 무기 광촉매를 포함하는 공기정화용 조성물 및 그의 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 제올라이트 X 계열의 흡착제인 HNS((주)태성환경연구소로부터 수득가능함)에 무기 광촉매인 메조포러스 티타노실리케이트-환원된 그래핀 산화물 복합체(mesoporous titanosilicate-reduced graphene oxide; MTSG)광촉매를 혼합하여 흡착 기능에 광촉매 기능을 부가한 공기정화용 조성물 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 대표적인 환경 유해물질인 휘발성 유기화합물(VOCs; Volatile Organic Compounds, 이하 'VOCs'라 함)로는 벤젠, 톨루엔, 자일렌 등이 있으며, 이들은 독성이 아주 심할 뿐만 아니라 아주 극소량이더라도 돌연변이와 암을 유발할 수 있다. 특히, 벤젠은 발암성 물질이며 백혈병 및 임파종을 유발하는 물질로, 톨루엔과 자일렌은 습관적으로 흡입될 경우, 신장과 간에 손상을 줄 뿐만 아니라 뇌기능 장애를 유발하는 물질로 알려져 있다(M.O. Bachmann and J.E. Myers, Soc. Sci. Med. 40, 245, 1995). 요즘 이들 물질에 대한 친환경적 규제는 미국, 일본의 경우 "Pollutant Release and Transfer Register(PRTR)"란 제도를 실시하여 자국 내의 환경 오염물질의 배출, 이동, 등록을 법규화 함으로써, 유럽연합에서는 2004년부터 적용된 신화학물질관리제도(REACH system)을 통해 관리되고 있으며, 우리 나라도 관련 법규를 통한 VOCs 물질을 관리하고 있으나, 유해물질 방출 농도 평가나 저감 연구에 대한 대처 방안이 아직까지는 미흡한 실정이다.

[0003] 한편, 자동차 산업에서 플라스틱 소재를 적용하기 시작한 것은 1960년대부터이며, 자동차 부품에서 플라스틱의 비율이 점차 늘어나고 있는 추세이고, 2000년 중반 이후에는 자동차 구성소재의 30% 이상이 플라스틱으로 적용될 수 있을 것으로 전망되고 있다. 동시에 자동차 경량화에 따른 자동차 내장재 관련 플라스틱 제품에서 발생하는 VOCs에 대한 관심이 높아지고 있으며, 정부에서도 관련 법규를 정비하여 시대의 요구에 맞도록 법개정을 진행하고 있다. 2004년 5월부터 대중이용시설 등의 실내공기질관리법 등 환경규제에 관한 법규를 강화하고 있으며, 2007년 6월부터 당시 건설교통부는 신규제작 자동차실내공기질기준을 마련하여 자동차 실내공기에 대해서도 법으로 관리를 강화하고자 하였다. 따라서 자동차 내장재로부터 방산되는 VOCs의 제거가 절대적으로 필요하다.

[0004] 또한, 최근 지속적으로 언론에 보도된 새집증후군은 벽지, 가구, 바닥재 등과 같은 건축자재로부터 VOCs 등의 유해물질이 방산되어 실내공기질을 떨어뜨려 어른 뿐만 아니라 신체적으로 저항성이 약한 어린이에게 심각한 해를 주고 있다. 따라서, 실내공기질에 대한 국민적인 관심이 증대되고 있으며, 이러한 사회적 분위기는 주변생활환경뿐만 아니라 생필품에 대해서도 쾌적하고 인체에 무해한 친환경적인 제품을 요구하고 있다.

[0005] 나아가, 섬유, 제약, 도료, 피혁, 제지 등의 산업에서 생산되는 산업폐수에는 다양한 독성 유기 오염원을 포함하고 있으며, 이러한 오염원 중 염료는 발암물질로서 인체와 환경에 매우 유해한 물질이다. VOCs 및 액상 염료를 처리하는 방법으로 다양하게 제시되어 있으나, 광촉매 반응 및 흡착에 의한 후처리 방법이 제안 활용되고 있다. 대표적인 소재로는 광촉매소재로서 이산화티타늄, 흡착소재로서는 활성탄, 숯 등이 있다. 이산화티타늄은 현재까지 연구된 광촉매 중에서 제조하기 쉽고 안정하며, 가장 많이 사용된 광촉매이며, 활성탄은 높은 유기물

흡착량을 보이고 있다.

[0006] 이러한 VOCs를 제거하기 위한 촉매와 관련된 종래 기술로는 대한민국 특허공개 제2011-0073072호에 이산화티타늄 광촉매에 전자빔을 조사하여 상기 광촉매의 표면을 개질하여 가시광선 하에서 빛의 흡수 및 광활성도가 증가된 휘발성 유기화합물 제거용 촉매 개시되어 있으며, 대한민국 특허공개 제2011-0072844호에는 카본 섬유를 이용한 휘발성 유기화합물의 제거방법이 개시되어 있다. 그러나, 상기 이산화티타늄 광촉매는 유기물 흡착율이 낮으며, 상기 활성탄은 광촉매의 활성이 나타나지 않는다.

[0007] 따라서, 흡착제 및 광촉매 각각의 장점 및 효과를 갖는, 즉 흡착율도 높으면서 휘발성 유기화합물(VOCs)에 대한 우수한 광분해 반응 효율을 나타내는 새로운 형태의 공기정화용 혼합광촉매 조성물의 개발이 여전히 요구되고 있다. 이에, 본 발명자들은 제올라이트 X 계열의 흡착제인 HNS 에 MTSG 광촉매를 혼합한 공기정화용 혼합광촉매 조성물 및 이의 제조 방법을 개발함으로써, 상기 혼합광촉매의 흡착율 및 광분해 반응 효율을 현저히 상승시키고자 하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 제올라이트에 무기 광촉매를 혼합한 공기정화용 혼합광촉매 조성물을 제공하는 것이다. 보다 구체적으로는, 본 발명에 따라 제올라이트 X 계열의 흡착제인 HNS 에 MTSG 광촉매를 혼합하여 혼합광촉매를 제조함으로써, 본 발명의 혼합광촉매의 흡착율 및 광분해 반응 효율을 현저히 상승시키고자 하였으며, 특히 톨루엔 제거율과 CO_2 전환율을 현저히 상승시키고자 하였다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 제올라이트 및 무기 광촉매를 포함하는 공기정화용 광촉매 조성물을 제공한다.

[0010] 또한 본 발명은, 제올라이트 및 무기 광촉매를 혼합하는 단계를 포함하는 공기정화용 광촉매 조성물의 제조 방법을 제공한다.

[0011] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 제올라이트는 제올라이트 X 계열 등의 제올라이트일 수 있으며, 바람직하게는 하기 구조식으로 나타내는 HNS 일 수 있다:

[0012] $M_{2/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y]_wH_2O$

[0013] [식 중, M 은 Ca 이고, n: 1~2 이고, W: 0~8 이고, y/x = 10~100 임.]

[0014] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 M 은 Ca 에 Cu 및 Zn이 혼합된 것일 수 있다.

[0015] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 무기 광촉매는 메조포러스 티타노실리케이트-환원된 그래핀 산화물 복합체(MTSG) 광촉매일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 MTSG 는 티타늄을 1 mol% 내지 30 mol% 함유한 것일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 제올라이트 및 무기 광촉매는 0.1:1 내지 10:1 의 중량비로 포함될 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명은 제올라이트 및 무기 광촉매를 포함하는 공기정화용 조성물 및 그의 제조 방법에 관한 것으로서, 특히 흡착제인 HNS 에 무기 광촉매인 MTSG 가 혼합되어 제조된 본 발명의 혼합광촉매는 상용광촉매에 비해 현저히 큰 표면적을 가지며, 흡착제(HNS)의 톨루엔 제거율과 CO_2 전환율을 현저히 상승시키는 효과를 나타낼 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 광촉매 반응 장치의 개략도이다.

도 2는 광촉매 반응 챔버 및 그 내부를 나타내는 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명은 제올라이트 및 무기 광촉매를 포함하는 공기정화용 조성물 및 그의 제조 방법에 관한 것으로서, 특히 본 발명자들은 흡착제인 HNS 에 무기 광촉매인 메조포러스 티타노실리케이트-환원된 그래핀 산화물 복합체(MTSG) 광촉매를 혼합한 혼합광촉매를 개발함으로써 흡착제(HNS)의 톨루엔 제거율과 CO_2 전환율을 현저히 상승시키는 효과를 수득하였다.

[0021] 이하, 본 발명에 따른 메조포러스 티타노실리케이트-환원된 그래핀 산화물 복합체 광촉매의 구성성분에 대하여 상세하게 설명한다.

[0022] (1) 메조포러스 티타노실리케이트

[0023] 본 발명에 따른 복합체에 있어서, 상기 메조포러스 티타노실리케이트는 티타늄이 메조포러스 실리케이트에 담지된 티타늄 담지 메조포러스 실리케이트이며, 웜홀(worm hole)과 같은 다공성 구조를 나타내므로 VOCs 및 폐수 내의 유기화합물을 다량으로 흡착하여 제거하는 촉매로의 역할을 한다. 이때 상기 티타늄은 메조포러스 실리케이트에 물리적으로 포함되거나, 화학적으로 결합될 수 있으며, 상기 티타늄 담지 메조포러스 실리케이트 내에서 실리케이트 100 중량부에 대하여 티타늄이 5 중량부 내지 30 중량부 포함되는 것이 바람직하다. 만일, 상기 티타늄의 함량이 5 중량부 미만이면 티타늄 첨가 효과가 충분하지 않고, 30 중량부를 초과하면 첨가된 티타늄이 실리케이트 외벽에 주로 존재하는 문제가 있다.

[0024] 본 발명에 따른 복합체에 있어서, 상기 메조포러스 티타노실리케이트는 시판되는 것을 구입하여 사용하거나, 당업계에서 통상적으로 사용되는 제조방법, 예를 들면 수열합성법 등에 의해 제조하여 사용할 수 있다.

[0025] (2) 환원된 그래핀 산화물

[0026] 본 발명에 따른 복합체에 있어서, 상기 환원된 그래핀 산화물은 상기 복합체에서 메조포러스 티타노실리케이트과 함께 작용하여 흡착 성능 및 유기화합물 분해를 위하나 촉매 활성을 향상시키는 역할을 한다.

[0027] 그래핀(Graphene)은 흑연의 구성 물질로서, 흑연을 뜻하는 그래파이트(graphite)와 화학에서 탄소 이중결합을 가진 분자를 뜻하는 접미사 -ene을 결합해 만든 용어다. 그래핀은 탄소 원자가 육각형 벌집구조로 한 층을 이루는, 두께 0.35nm의 2차원 평면 형태의 얇은 막(판상) 구조이며, 세상에서 가장 얇은 소재라 할 수 있다.

[0028] 상기 그래핀은 상온에서 단위면적당 구리보다 약 100배 많은 전류를, 실리콘보다 100배 이상 빠르게 전달할 수 있을 뿐만 아니라 열전도성이 최고인 다이아몬드보다 2배 이상 높고, 기계적 강도는 강철보다 200배 이상 강하다. 게다가 신축성이 좋아 늘리거나 접어도 전기전도성을 잃지 않는다.

[0029] 또한, 상기 그래핀은 독특한 전기전도도 특성 이외에도 큰 표면적, 높은 투과도, 그리고 원자 수준의 얇은 두께를 가지는 좋은 물성을 가지고 있다. 또한 화학적 처리를 통하여 표면 특성을 쉽게 변형할 수 있는 장점이 있으며, 이러한 장점으로 인해 복합체 물질 혹은 하이브리드 물질로서 높은 활용도가 기대되고 있다 (Zhang et al., ACS Nano, in press, 2010).

[0030] 일찍이 상기 그래핀의 제조방법이 개발되었으나, 진보된 방법으로서 예를 들면 기계적 박리법(micromechanical exfoliation)(Novoselov, K. S. et al., Science 2004, 306, 666-669.), 화학적 산화/환원 방법(Park, S. et al., Nano Lett. 2009, 9, 1593-1597.), 에피텍시얼 성장법(epitaxial growth)(Sutter, P. W. et al, Nature Mater. 2008, 7, 406-411.) 및 화학기상증착법(Li, X. et al. Nano Lett. 2009, 9, 4359-4363.)이 있다.

[0031] 본 발명에 따른 고분자 복합체에 있어서, 상기 그래핀은 그래핀 산화물을 환원시켜 사용하는 것이 바람직한 바, 이는 그래핀 산화물 표면에 불필요한 작용기를 제거하기 때문이다. 이때, 그래핀 산화물의 환원방법은 당업계에서 통상적으로 사용되는 방법을 이용할 수 있다.

[0032] 상기 환원된 그래핀 산화물의 최적 함유량은 메조포러스 티타노실리케이트-환원된 그래핀 산화물 복합체 광촉매 100 중량부에 대하여 0.5 ~ 10 중량부인 것이 바람직하다. 만일, 상기 환원된 그래핀 산화물의 함량이 0.5 중량부 미만이면, 그래핀 산화물 첨과 효과에 문제가 있고, 10 중량부를 초과하면 광촉매 색상을 비롯한 기본 물성에 문제가 있다.

[0033] 이하, 본 발명에 따른 제올라이트 X 계열의 흡착제인 HNS 에 대하여 상세하게 설명한다. 본 발명에 따른 제올라이트 X 계열의 흡착제 HNS 의 구조식은 하기와 같다:

[0034] $M_{2/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y]_wH_2O$

[0035] [식 중, M 은 Ca 이고, n: 1~2 이고, W: 0~8 이고, y/x = 10~100 임.]

[0036] 일 구현예에 따르면, 상기 M 은 Ca 에 Cu 및 Zn이 혼합된 것일 수 있다.

[0037] 상기 HNS 의 구체적인 제조 방법 등은 대한민국등록특허 제10-1452410호에 개시되어 있고, 상기 특허는 본원의 참조문헌으로서 본원에 포함된다

[0038] 상기한 바와 같이, 본 발명은 제올라이트 및 무기 광촉매를 포함하는 공기정화용 광촉매 조성물에 관한 것이다.

[0039] 또한, 본 발명은 제올라이트 및 무기 광촉매를 혼합하는 단계를 포함하는 공기정화용 광촉매 조성물의 제조 방법에 관한 것이다.

[0040] 일 구현예에 따르면, 상기 제올라이트는 제올라이트 X 계열의 제올라이트 등일 수 있으며, 바람직하게는 하기 구조식으로 나타내는 HNS 일 수 있다:

[0041] $M_{2/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y]_wH_2O$

[0042] [식 중, M 은 Ca 이고, n: 1~2 이고, W: 0~8 이고, y/x = 10~100 임.]

[0043] 일 구현예에 따르면, 상기 M 은 Ca 에 Cu 및 Zn이 혼합된 것일 수 있다.

[0044] 일 구현예에 따르면, 상기 무기 광촉매는 메조포러스 티타노실리케이트-환원된 그래핀 산화물 복합체(MTSG) 광촉매일 수 있다.

[0045] 일 구현예에 따르면, 상기 MTSG 는 티타늄을 1 mol% 내지 30 mol% 함유한 것일 수 있다.

[0046] 일 구현예에 따르면, 상기 제올라이트 및 무기 광촉매는 0.1:1 내지 10:1 의 중량비로 포함될 수 있다.

[0047] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어서 자명할 것이다.

[0048] **실시예**

[0049] 본 실시예에서는, 현재 상용화되어 있는 광촉매와 본 발명에 따른 혼합광촉매 샘플을 이용하여, UV-C 영역에서의 톨루엔의 제거율 및 CO_2 전환율을 측정·평가하였다.

[0050] **[실시예 1] 메조포러스 티타노실리케이트-환원된 그래핀 산화물 복합체(mesoporous titanosilicate-reduced graphene oxide composite photocatalysts; MTSG) 광촉매의 제조**

[0051] 본 발명에 따른 공기정화용 혼합광촉매 조성물의 제조에 사용되는 MTSG-20 와 본 발명에서 비교예로서 사용되는 MTSG-0의 제조 방법은 대한민국특허출원 제10-2011-0143230호에 기재되어 있으며, 본 실시예에서는 MTSG-0 및 MTSG-20 은 상기 문헌에 기재된 제조 방법대로 제조된 것을 사용하였다. 상기 MTSG-i에서 i는 첨가된 티타늄 함량(mol %)을 나타낸다. MTSG-0 및 MTSG-20 의 물성은 하기 [표 1] 에 개시되어 있다.

[0052] **[실시예 2] 기타 광촉매 및 흡착제의 준비**

[0053] P25 는 상용광촉매로서 데구사(Degussa)로부터 직접 구입하였다. HNS 는 제올라이트 X 계열의 흡착제로서 (주)태성환경연구소로부터 수득하였다. P25 상용광촉매의 물성은 하기 [표 1] 에 개시되어 있다.

[0054] **[실시예 3] 본 발명에 따른 혼합광촉매의 제조**

[0055] 본 발명에 따른 혼합광촉매는 (주)태성환경연구소로부터 수득한 흡착제인 HNS와 MTSG-20 광촉매를 일정 중량비(1:1 또는 2:1)로 물리적으로 혼합하여 제조하였다. 본 발명에 따른 혼합광촉매의 물성은 하기 [표 1] 에 개시되어 있다.

[0056] [표 1] 상용광촉매, 흡착제, 및 본 발명에 따른 혼합광촉매의 물성

[0057]

	색상	BET	비고
P25	White	50±15 m^2/g	상용 광촉매
MTSG-0	Black	950 m^2/g	
MTSG-20	Black	650 m^2/g	
흡착제+광촉매 (1:1)	Gray	710 m^2/g	혼합광촉매
흡착제+광촉매 (2:1)	Gray	790 m^2/g	혼합광촉매
HNS	White	800 m^2/g	태성 흡착제

[0058] 상기 [표 1] 에 개시된 바와 같이, 질소흡탈착실험을 통한 각 광촉매의 표면적을 분석한 결과, 상용광촉매는 낮은 표면적을 가지고 있으나(P25 는 대략 50 m^2/g 의 표면적을 가짐), 다른 광촉매들은 비교적 높은 표면적으로 가지고 있다. 특히 흡착제와 광촉매가 함께 있는 혼합광촉매인 경우, 700 m^2/g 이 넘는 표면적을 가지고 있는 것으로 확인되었다.

[0059] **[실시예 4] 광촉매들의 기상광분해 실험**

[0060] 상용광촉매, 흡착제, 및 본 발명에 따른 혼합광촉매의 톨루엔 제거율 및 CO_2 전환율을 측정·평가하였으며, 이는 광촉매 협회의 가스백 A법에 따라 실시하였다.

[0061] 먼저, 테프론(PVF)계 재질의 10 L 샘플 백(bag)을 준비하고, 상기 샘플 백의 공기가 순환될 수 있도록 샘플 백의 양쪽에 미니코크를 연결하였다. 샘플 백를 밀봉한 후, 샘플 백 내부로 톨루엔/공기 표준가스를 주입한다.

[0062] 한편, 각각의 광촉매 시료는 0.3 g 씩 준비하였다. 실험에 사용되는 광촉매는 촉매의 활성화를 위해 사전에 3 시간 이상 UV를 조사(照射)하였다.

[0063] 상기의 광촉매 시료가 담긴 용기(case)와 샘플 백, 샘플 백 내부의 공기 순환을 위한 펌프를 연결하였으며, 펌프의 공기 순환량은 0.2L/min으로 고정시켰다. 상기 준비된 광촉매 시료가 담긴 용기와 샘플 백, 펌프를 빛을 차단할 수 있는 챔버에 넣고 UV를 조사하였다. 초기 및 1 시간, 2 시간 경과 후의 톨루엔 및 및 CO_2 농도를 측정하였다. 또한, 발생되는 오차를 확인하기 위하여, 상기 실험과 같은 조건으로 광촉매 시료 없이 대조(blank) 실험을 진행하였다.

[0064] **[실시예 5] 광촉매들의 톨루엔 제거율 및 CO_2 전환율의 측정·평가 결과**

[0065] 상용광촉매, 흡착제, 및 본 발명에 따른 혼합광촉매의 톨루엔 제거율 및 CO_2 전환율을 측정한 결과는 하기 [표 2] 및 [표 3] 과 같다.

[0066] [표 2] UV-C 영역에서의 광촉매의 톨루엔 제거율 및 CO_2 전환율

UV-C		P25		MTSG-0	MTSG-20
제거율	초기농도	56	50	50	90
	1hr 후 농도	48	38	30	50
	제거율(%)	**14.3**	**24.0**	**40**	**44.4**
CO_2 전환율	제거농도(ppm)	8	12	20	40
	초기농도(공기중 CO_2)	450	350	600	500
	1hr 후 CO_2 농도(ppm)	500	420	710	770
	이론 CO_2 발생량	56	84	140	280
	CO_2 발생량	50	70	110	270
	CO_2 전환율(%)	**89.3**	**83.3**	**78.6**	**96.4**
	흡착율 (%)	**1.53**	**4.01**	**8.56**	**1.59**

[0067]

[0068] [표 3] UV-C 영역에서의 흡착제 및 혼합광촉매의 톨루엔 제거율 및 CO_2 전환율

UV-C		흡착제+광촉매 (흡착제:광촉매)		HNS
		1:1 (중량비)	2:1 (중량비)	
제거율	초기농도	90	90	70
	1hr 후 농도	2	2	40
	제거율(%)	**97.8**	**97.8**	**42.9**
CO_2 전환율	제거농도(ppm)	88	88	30
	초기농도(공기중 CO_2)	450	600	600
	1hr 후 CO_2 농도(ppm)	700	800	600
	이론 CO_2 발생량	616	616	210
	CO_2 발생량	250	200	0
	CO_2 전환율(%)	**40.6**	**32.5**	**0**
	흡착율 (%)	**58.1**	**66.0**	**42.9**

[0069]

[0070] 상기 [표 2] 및 [표 3] 에서의 톨루엔 제거율 및 흡착율 계산은 다음과 같다. 톨루엔 제거율은 톨루엔 초기 농도 대비 최종 농도를 감소를 의미한다. 따라서 톨루엔 제거율은 "흡착에 의한 제거" 및 "광분해 반응에 의한 제거" 를 포함한 값이다. 즉, 톨루엔 흡착율은 톨루엔 제거율 x (1 - 이산화탄소 전환율) 로 계산된다. 이산화탄소 전환율은 제거된 톨루엔이 모두 이산화탄소로 전환되었을 때를 100% (이론 이산화탄소 발생량) 로 보고, 가스백 내의 이산화탄소 발생량의 비율을 계산한 것이다.

[0071] 상기 [표 2] 에 개시된 바와 같이, UV-C 영역에서의 톨루엔 제거율에 대한 평가 결과, 상용광촉매의 제거율에 비해 MTSG-0 및 MTSG-20 광촉매의 제거율이 2 ~ 2.5 배 정도 높고, CO_2 전환율은 거의 80% 이상으로 비슷한 수준임을 알 수 있었다.

[0072] 상기 [표 3] 에 개시된 바와 같이, (주)태성환경연구소로부터 수득한 흡착제인 HNS 는 [표 2] 의 광촉매들에 비해 제거율은 높은 수준인데 반해, CO_2 전환율은 거의 없는 것으로 나타났다. 이는, 광촉매는 광분해 반응에 의해 톨루엔을 제거하고, (주)태성환경연구소로부터 수득한 흡착제는 흡착에 의해 톨루엔을 제거한다는 것을 확인해 준다.

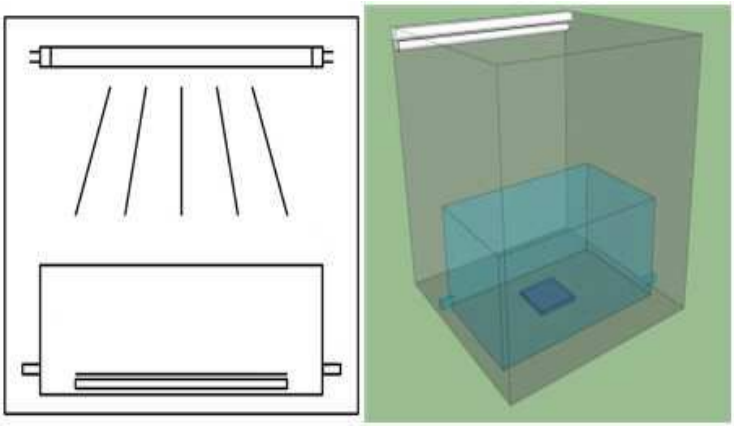
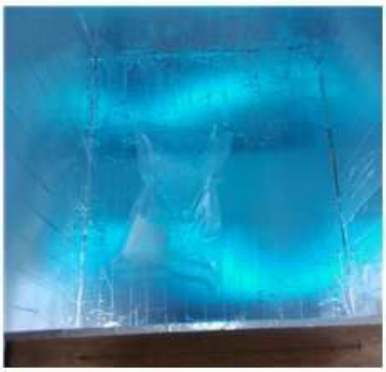
[0073] 한편, 본 발명에 따른 혼합광촉매의 경우, 톨루엔 제거율이 97.8% 로 가장 높았다. 또한, 본 발명에 따른 혼합광촉매의 CO_2 전환율은 30 ~ 40% 로서 HNS 흡착제의 CO_2 전환율에 비해 약 2 배 정도 높았다. 또한, 톨루엔 흡착율을 계산한 결과, 2:1 혼합광촉매가 66% 의 톨루엔 흡착율을 보임으로써 본 연구에서 목표로 하고 있는 톨루엔 흡착율 60% 를 달성하였다. 또한 이 혼합광촉매의 경우 톨루엔 제거율이 97.8% 로 본 연구에서 목표로 하고 있는 수치를 달성하였다.

[0074] 즉, 본 발명에 따른 혼합광촉매는, 광분해 반응에 의해 톨루엔을 제거하는 상용광촉매 및 흡착에 의해 톨루엔을 제거하는 상용흡착제 둘 모두의 작용 및 효과를 가진다는 것을 알 수 있었으며, 본 발명에 따른 혼합광촉매는 "흡착에 의한 톨루엔 제거" 및 "광분해 반응에 의한 톨루엔 제거" 모두에서 우수한 효과를 나타냄으로써 공기정화 효율을 현저히 상승시켰다는 것을 알 수 있었다.

[0075] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

도면1



도면2