



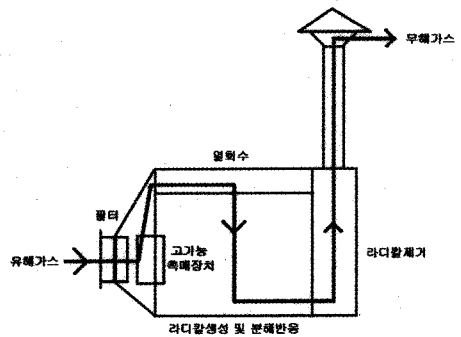
광분해를 이용한 대기오염물질 처리기술

(주)퀀텀테크인터내셔널 대표이사 심재석
[http : //www.quantumtech.co.kr](http://www.quantumtech.co.kr)

1. 개요

대기오염물질을 처리하는 기존의 방법으로는 흡착, scrubbing 등의 고전적인 방법과 열분해 등의 일반적인 방법, 그리고 광분해, 광촉매, 플라즈마 방전 및 전자빔기술 등의 미래 지향적인 방법들이 있다. 그러나 이 중 고전적인 방법으로는 오염원이 되는 물질을 화학적으로 처리 할 수 없기 때문에 2차 오염의 가능성을 가지고 있으며 따라서 현재 사용이 기피되고 있다. 또 한편 다양한 미래 지향적인 방법들은 그 잠재적 가능성에도 불구하고 아직 기존의 방법을 대체 할 만한 효율과 경제성을 가지고 있지 못한 것이 현실이다. 이에 본 기업에서는 대기오염물질 제거의 원천기술로 자외선 영역의 빛을 이용한 광분해와 광촉매 분해반응 그리고 신소재를 이용한 새로운 흡·탈착 소재 개발 등의 핵심기술을 통하여 다이옥신, VOC 화합물, SOx, NOx, 악취 등의 원천적인 제거기술을 개발하였다.

대기정화장치 개략도



2. 광분해

광분해는 짧은 파장의 강한 에너지를 갖는 자외선 영역의 빛을 조사하여 유해가스를 산화, 환원, 라디칼 반응을 통하여 무해가스로 분해하는 기술로 진공 자외선 영역의 빛은 공기중의 산소를 분해시켜 O 라디칼을 생성시키고 O 라디칼은 다시 공기중의 산소와



반응을 하여 오존을 생성시키는데, O 라디칼 및 오존은 그 자체로서도 매우 강력한 산화제로서 대기 및 용액 환경 어느 곳에서나 산화작용 및 이를 수반하는 분해 반응을 유발하여 유해가스를 무해가스로 전환시키는데 이용할 수 있다.

산소분자는 200 nm 이하의 VUV(Vacuum Ultra Violet) 파장에서 광분해 효율이 높는데 175~195 nm 간의 영역은 슈만-룽게 밴드(Schumann-Runge band), 그리고 130~170 nm 간의 영역은 슈만-룽게 컨티늄(Schumann-Runge continuum)으로 불리는 구간으로서 후자의 경우 특히 광흡수율이 큰 것으로 알려져 있다. (140nm에서 약 500 atm-1cm-1) 본 단계에서 사용하는 170~190 nm 영역의 진공 자외선은 $O_2 \rightarrow O(3P) + O(1D)$ 과정을 통한 O(1D)을 만들어 내는 임계에너지(threshold energy)에 해당되며 이렇게 만들어진 O(1D) 라디칼은 그 자체로서도 매우 활발한 기체상 반응을 일으키기도 하는 동시에 산소 분자와 반응하여 오존을 생성시킨다.

이렇게 만들어진 오존은 그 자체로서도 다양한 산화성 분해반응을 일으키는데 사용되지만 다른 기체 환경 하에서 이를 다시 광분해하여 산소 라디칼을 재생성함으로써 다음 단계에서 보게 될 O 및 OH 라디칼 등과 같은 추가적인 활성 화학종들을 만들게 된다. 이를 위해서는 오존의 효율적인 광분해가 필요한데 오존의 경우 산소와는 달리 200 nm 이상의 자외선 영역인 254 nm에서 광흡수가 가장 강하게 일어나기 때문에 (130 atm-1cm-1), 바로 이 파장의 자외선을 이용하여 오존을 광분해하게 된다. 이 영역에서의 광분해는 하틀리 밴드(Hartley band)에서 일어나는 것으로 알려져 있는데 그 주된 광분해 생성물은 $O_3(1B_2) \rightarrow O_2(1\Delta) + O(1D)$ 이며 이외에도 매우 다양한 부차적인 반응이 일어나게 되는데 이 과정에서 많은 양의 활성화된 화학종을 생성하게 된다. 위의 과정에서 만들어진 O 라디칼은 그 자체로서 매우 반응성이 높아

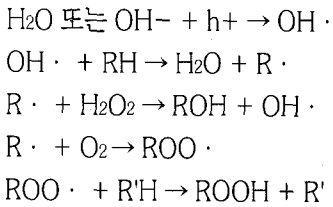
대부분의 기체 분자들과 활성화 에너지가 필요없이 매우 쉽게 반응하게 된다. 본 기술은 이러한 추가적인 활성 화학종들을 이용하여 유해가스를 무해가스로 전환시킨다. 간단한 경우 그 몇 가지 예를 들면 $O(1D) + H_2O \rightarrow 2OH$ 반응의 경우, 상온에서의 속도상수는 $2.2 \times 10^{-10} \text{ cm}^3\text{molec}^{-1}\text{s}^{-1}$ 이며 $O(1D) + CH_4 \rightarrow OH + CH_3$ 의 경우나 $O(1D) + CH_4 \rightarrow H_2 + CH_2O$ 의 경우도 각각의 속도상수는 1.4×10^{-10} 과 $1.4 \times 10^{-11} \text{ cm}^3\text{molec}^{-1}\text{s}^{-1}$ 의 매우 높은 값을 가지는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 경향은 대표적 대기 오염물질인 탄화수소 계열의 할로겐화합물과의 반응에서도 나타나는데 예를 들어 $O(1D) + CF_2Cl_2$ 의 경우는 1.4×10^{-10} , 그리고 $O(1D) + C_2F_4Cl_2$ 의 경우는 $1.3 \times 10^{-10} \text{ cm}^3\text{molec}^{-1}\text{s}^{-1}$ 의 매우 큰 속도상수를 갖는 뛰어난 활성을 보이고 있다. 더구나 O(1D) 라디칼은 대기중의 수분에 포함된 물 분자와 반응하여 또 다른 강력한 활성 화학종인 OH 라디칼을 생성하기 때문에 이에 의한 추가적인 분해반응 경로를 열 수 있게 된다.

3. 광촉매

광촉매를 이용한 광촉매 반응은 광의 조사에 의하여 반응의 활성화 에너지가 충족되는 화학반응으로서 반드시 광에 대하여 활성을 보이는 촉매물질을 필요로 하며, 한편 광반응은 대개 부산물의 생성율이 낮으며 반응의 효율성이 높으나 반응 제어가 촉매물질의 특성에 의존하는 어려움이 있어 반응경로에 대한 연구가 지속적으로 추진되고 있는 실정이다. 광자와 광촉매를 이용한 공정은 광자에너지가 조사된 반도체 표면에서 생성된 OH라디칼과 $O^{\cdot-}$ 등의 산화력이 큰 라디칼을 이용하여 유해물질을 분해하는 것으로 사용되는 반도체로는 SiO_2 , ZnO, TiO_2 등이 있다. 반도체 표면에 광자가 흡착되었을 때 광자에너지가 반도체

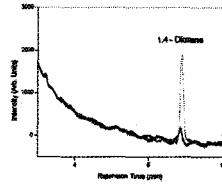


띠간격에너지(band gap energy) 3.02 eV이상이면 반도체의 원자가띠(valence band)에서 전자가 방출되게 된다 이렇게 생긴 구멍(hole)으로 인해 전자가 이동하고 양전하 구멍(positive hole)은 물을 산화시키거나 수산화 이온과 반응하여 OH 라디칼을 형성한다. OH라디칼은 유기물의 수소원자를 빼내어 유기 라디칼을 생성하고 유기 라디칼은 산소와 반응하여 과산화 라디칼, 유기 과산화물, 유기산 등의 중간과정을 거쳐 분해하게 된다. OH라디칼은 불포화 탄화수소 및 방향족 화합물을 쉽게 공격하며, 할로젠족 화합물의 경우는 할로젠 원소를 치환하는 경로를 통하여 분해에 관여하기도 한다.

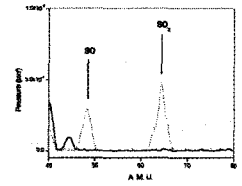


4. 적용 물질 및 분해 실험 결과

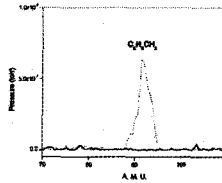
광분해를 이용한 대기오염물질 처리장치를 소형으로 제작하여 다이옥신 유사물질, 황화합물, 벤젠화합물, 휘발성유기화합물을 대상으로 실험을 하였다. 하기 그림에서는 가스가 정화장치를 통과한 후 배출되는 기체의 성분과 양을 비교 분석한 결과로 점선(···)은 반응 전, 실선(—)은 반응 후의 농도를 나타내는 질량 분석 결과 및 가스크로마토그래피 결과이다.



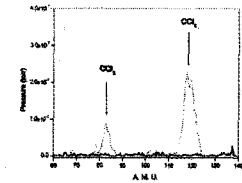
다이옥신유사물질



황화합물



벤젠화합물



휘발성유기화합물

5. 장치의 장점

본 기업의 대기정화장치는 광을 이용하여 대기오염 물질을 화학적으로 분해처리하기 때문에 2차 오염물질을 유발시키지 않으며, 기존의 방법을 대체 할 만한 효율과 경제성을 가진다. 또한 광을 이용한 간단한 구조를 가지고 있어 기존 대기오염 방지시설을 유지하면서 보강·추가 작업으로 만으로도 설치가 가능하며, 산업 현장에서 발생하는 여러 가지의 오염물질을 광분해, 광촉매, 신소재 활성탄 등의 조합을 통하여 각각의 현장에 맞는 설계와 디자인으로 적용이 가능하며, 현재 사회적 문제로 두각되고 있는 다이옥신 처리 기술로도 그 활용 범위가 넓다하겠다.

문의전화 : 02-3487-2115

