

CT18) 저온플라즈마와 UV를 이용한 휘발성유기화합물 제거연구(1)

Removal of Volatile Organic Compounds Using UV and Non-thermal Plasma Technique(1)

이 병 규, 정 혁 용
 울산대학교 토목환경공학부

1. 서론

휘발성 유기화합물(VOCs)은 오존 및 광화학 스모그의 전구물질 내지는 원인물질로써, NO_x나 햇빛 등과 반응하여 2차 오염물들을 생성한다. 특히, Benzene이나 Chloroform과 같은 VOCs 물질들을 강력한 발암성 물질로 규제되고 있다. 이러한 VOCs는 차량운행, 인쇄, 도장산업, 각종 석유정제과정 및 취급과정등에서 많이 발생하며, 우리 시민들에게 호흡기 질환을 일으키거나 시계를 흐리게 한다. 따라서 휘발성 유기화합물에 의한 악영향과 교통 및 각종 산업시설에서의 발생원 확인 및 제거에 대한 관심이 매우 높다. 이러한 관점에서 휘발성 유기화합물에 대한 제거 기술, 즉, 재사용, 연소, 흡수, 흡착, 그리고 생물학적 처리 등과 관련된 기술이 개발되고 있고, 부분적으로 현장에서 이러한 제거기술이 활용되고 있다. 그러나 이러한 기존의 기술은 나름대로의 장점과 단점을 각기 지니고 있어 현장적용에 애로가 많은 실정이다. 또한 이러한 처리에 의한 2차 오염물(부산물)의 발생과 처리라는 또 다른 문제에 직면해 있다.

따라서 본 연구는 휘발성 유기화합물을 처리하는 기술로써, 2차 부산물의 생성이나 영향이 거의 없는 광화학적 처리 기술을 개발하고자 한다. 우선, UV와 Plasma와 같은 광학적 및 전기적 기술을 이용하여 물질을 여기하고, TiO₂와 같은 촉매를 사용하여 물질을 산화처리 하고자 한다. 또한 이러한 광학적 및 촉매 장치의 변화에 따른 VOCs 제거효율을 구하고, 이에 따라 제거기술의 현장적용을 위한 최적조건의 설정을 하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 연구 방법

본 연구를 위해서 0.47×0.35×0.2m 크기의 아크릴 챔버 (0.033m³)를 제작하였다. 실험장치의 전체 구성도는 그림 1.과 같다.

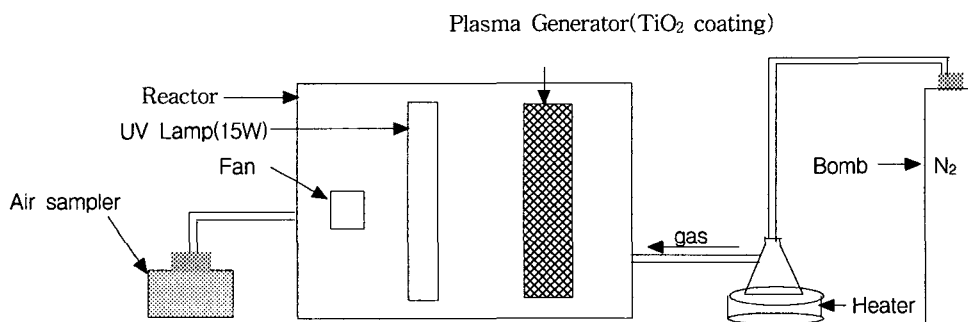


Fig. 1. Schematic diagram of UV/Plasma reactor

반응장치는 크게 시료 주입부와 채취부, UV광원, 그리고 TiO₂가 코팅된 플라즈마 장치로 나눌 수 있다. UV광원으로는 254nm, 302nm, 365nm의 파장을 가지는 15W 램프 3개를 사용하였다. 플라즈마 장치는 Wire-Plate Type으로 단면적이 400×300mm이고, 알루미늄 망에 TiO₂ (Degussa P-25)가 10%와 30%로 코팅된 2가지 종류를 번갈아 사용하였다. 그리고 시료는 Acetaldehyde, Acetone, Methyl ethyl ketone(MEK), n-Hexane, Benzene, Toluene, Xylene, Chloroform, Dichloromethane등 산업현장에서 흔히 발견되는 VOCs를 9개 선정하여, 이러한 물질들에 대한 제거효율을 측정하였다.

시료의 주입은 5L의 플라스크에 9개의 시료를 Micro Syringe로 각각 10 μ g을 취하여 밀폐시키고 5분 동안 가열하였다. 가열된 시료는 튜브를 통하여 반응조로 들어가게 되고 가열이 끝나면 5분 후에 튜브를 빼고 반응조를 밀폐시켰다. 그리고 반응조 내에서 시료가 완전히 혼합되게 하기 위해 5분 동안 Fan을 작동시켰다. 다음으로 Fan을 끄고 Air Sampler로 시료를 Sampling Bag으로 1분간 채취하여 (4L/min) 반응전 시료의 농도를 구하였다. 시료의 채취가 끝난 후 UV와 플라즈마 장치, 그리고 Fan을 작동시키고 30분 동안 반응시켰다. 특히, UV와 플라즈마 장치는 최적조건의 반응조 설계를 위해 각 종류별로 UV만 사용할 때, 플라즈마만 사용할 때, 그리고 UV와 플라즈마를 모두 사용할 때 등으로 나누어 실험을 하였다. 반응이 끝난 후에는 반응전과 같은 조건으로 시료를 1분간 채취하여 GC-MSD로 분석하였으며, 농도분석을 이용하여 제거효율을 구하였다. 같은 방법으로 채취시간에 따른 제거 효율도 구하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 2는 반응조 내의 각 장치의 조합에 따른 VOCs 시료의 제거효율을 나타낸 것으로 실험의 반복을 통한 평균값을 취한 것이다.

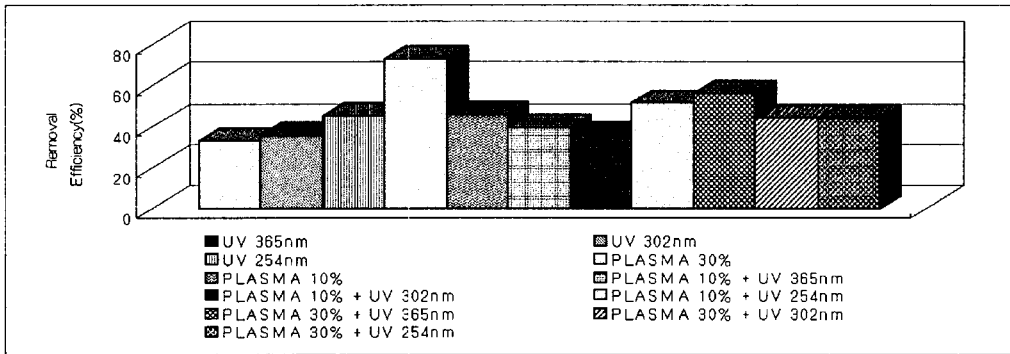


Fig. 2. Removal efficiency of various VOCs by disposal techniques

이 그림에서 TiO₂에 UV만을 사용했을 때는 254nm의 파장을 가지는 램프를 사용할 때가 가장 좋은 효율을 나타내었다. 이것은 254nm가 단파로 365nm나 302nm의 장파에 비하여 에너지 강도가 세기 때문에 물질의 여기를 다른 파장보다 많이 시켰기 때문으로 판단된다. 다음으로 TiO₂가 코팅된 플라즈마 장치만을 사용했을 경우에는, TiO₂가 30% 코팅된 것이 10% 코팅된 것보다 60% 정도 더 좋은 제거효율을 나타내었다. 이러한 이유는 TiO₂의 양이 많을수록 반응 표면적이 증가, 산소라디칼 생성을 용이하게 하여 더 활발한 반응이 일어나기 때문이다. 다음으로 UV와 플라즈마 장치를 모두 사용하였을 경우에는 TiO₂가 30% 코팅된 것이 TiO₂가 10% 코팅된 것보다 더 나은 제거효율을 나타내었다. 그러나 TiO₂ 10% 코팅된 플라즈마 단독장치에서 보다는 오히려 제거효율이 다소 감소되었고 TiO₂ 30% 코팅된 경우 보다는 제거효율이 아주 많이 감소되었다. 따라서 UV와 TiO₂가 코팅된 플라즈마 장치를 결합하는 것보다는 TiO₂ 코팅 비율을 높이는 것이 훨씬 더 좋은 제거효율을 나타내고 경제적인 것으로 판단된다.

기존의 연구에서는 수십에서 수백 ppm의 고농도일 때는 본 실험에서와 같은 조건일 경우 UV와 플라즈마 장치를 결합했을 때가 가장 효율이 좋은 것으로 보고되어 있다. 그러나 수 ppm에서 적게는 수 ppb의 저농도일 경우는 그 제거 양상이 달라짐을 볼 수 있었다.

4. 감사의 글

본 논문은 한국과학재단 지정 환경기술·산업개발연구센터(RRC-IETI)의 지원 (과제번호:99-10-06-99-B-1)에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 홍원석 (1999) UV/광촉매를 이용한 가스상 오염물질의 분해에 관한 연구, 한국대기환경학회 춘계학술대회 논문집, 164~165
- 이성화 (1997) 「저온 플라즈마를 이용한 공기정화에 관한 연구」, 경남대학교 대학원 박사학위논문
- Prashant V. Kamat (1993) TiO₂ Mediated Photocatalysis Using Visible Light: Photosensitization Approach, Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air
- Ken-ichirou Suzuki (1993) Photocatalytic Air Purification on TiO₂ Coated Honeycomb Support, Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air