

광촉매와 적외선을 이용한 악취저감

Removing Malodor Using Photocatalyst and Infrared

전태영 · 김재용[†]

Tae-Yeong Jeon · Jae-Yong Kim[†]

충북대학교 환경공학과

Department of Environmental Engineering, Chungbuk National University

(2014년 8월 5일 접수, 2014년 8월 18일 수정, 2014년 8월 25일 채택)

Abstract : Recently, people interest in environmental pollution and attempt to improve the indoor air quality contaminated with various pollutants since it is very important to construct healthy and comfortable living environment. In the current study, we used the technology that has first received the certification of green technology for improving the removal efficiency of malodor causing substances. This green technology is a new technology to increase the reactivity of the odorous substances with OH radicals for oxidation reaction by using an infrared lamp in the existing air purification system. Comparing the efficiency of the green technology with the infrared lamp to that of the existing technology of air cleaner, there was a difference in the decomposition efficiency depending on the initial concentrations and speciation of the odorous substances. The removal efficiencies of contaminants were enhanced by 16.9 and 13.2% at low and high concentrations, respectively.

Key Words : OH Radical, Air Purification, Photocatalyst, Infrared, Malodor Removal

요약 : 현재 사람들은 환경오염에 대한 관심이 많으며 각종 오염물질로 오염된 실내의 공기질을 향상시키고자 노력한다. 건강하고 쾌적한 생활환경을 조성하는 것은 매우 중요한 문제다. 본 연구에서는 공기정화분야에서 최초로 녹색기술 인증을 받은 기술을 사용하여 실내공기오염의 주범인 악취물질의 제거 효율을 향상시키고자 하였다. 이 녹색기술은 광촉매를 사용한 기존의 공기정화 시스템에 적외선램프를 사용하여 오염원인 물질들과 OH라디칼의 반응성을 높여 산화반응이 보다 쉽게 일어나도록 한 기술이다. 기존의 공기정화기와 비교하여 적외선램프를 부착한 녹색기술의 효율을 평가하였을 때, 오염원인물질의 초기 농도와 원인물질 종류에 따라 분해 효율의 차이가 나타났다. 저농도의 경우 16.9%의 제거효율 향상이 관찰되었고, 고농도의 경우 13.2%의 제거효율이 향상되었다.

주제어 : OH라디칼, 공기정화, 광촉매, 적외선, 악취저감

1. 서론

환경오염 문제는 우리와 밀접하고, 산업사회가 발달하면서 서 생기는 큰 문제점들 중 하나이다. 2000년대 초반에 우리나라에 웰빙 열풍이 불었다. 그로 인해 국민들이 건강에 관심이 많아지고, 더불어 환경오염에도 관심이 높아지기 시작하였으며, 추세에 따라 여러 건강 관련 제품들이 많이 생산되었다. 그 이후, 환경오염 관련 질병 또한 심심치 않게 뉴스에 보도되고, 해당 질환의 원인물질 종류에 대해 알려지기 시작하였다. 여러 가지 환경오염 문제 중에서 특히 대기오염은 우리와 하루 종일 접촉하고 있기 때문에 건강과 밀접한 관련이 있다. 실내에는 질환 원인물질뿐만 아니라 다양한 종류의 악취물질들 또한 많이 분포하고 있는데, 악취문제는 단순히 기분이 좋고 나쁨의 문제가 아니라, 삶의 만족도를 간접적으로 평가할 수 있는 지표라고도 볼 수 있다. 가정에서 발생하는 악취물질의 발생 원인은 대부분이 담배 연기, 음식물의 부패, 화장실, 조리 등과 같은 것에 있다. 또한 대부분 직장인들이 생활하는 사무실 중 특히 악취물질이 생성되는 공장과 인접한 경우에는 일반 가정집에 비해 높은 농도의 오염물질에 노출되기 쉽고, 질환이 발

생할 확률이 높다. 따라서 이러한 위험에 노출되고 있는 노동자들의 근무환경 또한 개선될 필요성이 있다.¹⁻³⁾

실내 공기 오염으로 인한 질환 중 우리에게 가장 잘 알려져 있는 새집증후군은 VOCs로 인한 질환이다. VOCs는 6개월에서 1년 정도면 안정화되지만 유해성은 지속된다고 알려져 있다. 이러한 오염물질은 주로 건축 내장재, 도료, 접착제 등의 건축자재들로 인해 발생하게 된다. VOCs는 휘발성이 높아 대기 중에 분포하기 쉬운 화학물질이다. 그로 인해 심한 경우는 암 유발을 일으키기 때문에 VOCs를 비롯한 건축자재에서 나오는 각종 오염물질의 처리가 시급한 상황이다. VOCs를 처리하는 방법으로는 활성탄을 이용한 흡착법, 광촉매를 사용한 처리 방법, 바이오 필터, 응축 등이 있다. 활성탄을 이용한 흡착법은 흡착 한계치까지 흡착했을 경우에는 다시 배출되는 단점이 있고, 광촉매를 사용한 처리 방법은 농도가 높을수록 효율이 떨어져서 상당히 비효율적인 결과를 보이기 때문에, 처리 방법의 개선이 필요하다.⁴⁻⁶⁾

국내 악취 제거 시장은 환경기초시설이 계속적으로 확충되고 최근 지방 자치 단체들의 민간사업이 활발하게 진행됨에 따라 하수처리장, 분뇨처리장, 축산폐수처리장, 음식물 재

[†] Corresponding author E-mail: jykim4@korea.com Tel: 043-271-8635 Fax: 043-271-8635

Table 1. Concentration criteria of three odorous materials in Korea

Odorous material	Concentration criteria (ppm)
NH ₃	1
H ₂ S	0.02
CH ₃ CHO	0.005

활용 시설 등이 건설되면서 꾸준한 성장세를 보이고 있다. 그러나 현재 개발되어 사용되고 있는 악취제거 및 공기정화 기술들은 초기설치비용과 유지관리비용 등에서 경제성이 떨어지거나, 필터의 교환이나 높은 전력소비 등으로 경제성도 떨어진다. 또한 악취제거 및 공기정화 성능도 기대하는 만큼 나오지 못하기 때문에 새로운 악취제거 기술개발이 절실히 필요하다. 정화장치에 사용되는 여러 가지 기술들 중 TiO₂광촉매는 빛을 흡수하여 공유대(valence band, VB)로부터 전도대(conduction band, CB)로 전자를 이동시키고, 이때 생성된 전하쌍이 경계면으로 이동하여 전자 전이를 일으켜 산화 및 환원 반응을 진행시킨다. 이점을 이용하여 오염물질을 제거하는 TiO₂/UV를 활용한 정화 기술은 광범위하게 연구되고 있다. 이 기술을 이용하여 오존(O₃)과 비교하여도 산화력이 강하며, 인체에 무해한 물질인 OH 라디칼을 생성하여, 질환 원인 물질과 악취 원인물질을 제거하는데 사용할 수 있다.⁷⁻¹¹⁾

주요 실내 악취 및 오염물질들의 국내 허용농도를 Table 1에 나타내었다. 이 물질들은 주변에서 쉽게 배출되는 악취 및 오염물질이며, 불쾌감은 물론이고 건강 또한 악화시킨다. 실내공기 오염에 따른 문제들을 녹색기술인증을 취득한 기술을 사용하여 해결하고 사람들이 건강한 삶을 영위할 수 있도록 적외선파장 램프가 광촉매를 이용한 공기정화장치의 효율에 미치는 영향에 관하여 연구해 보고자 한다.

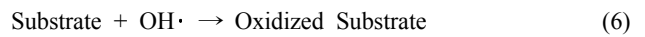
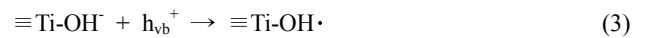
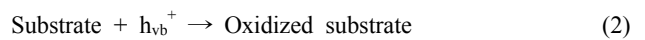
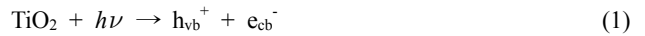
2. 실험재료 및 방법

2.1. 녹색기술 및 OH라디칼 생성원리 및 오염물질 제거 원리

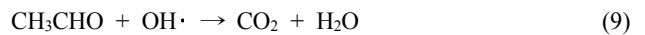
TiO₂ 광촉매의 몇 가지 특성으로 인해 오염물질의 분해반응에 있어서 탁월한 성능을 인정받아 정화용 촉매로서 큰 관심을 받고 있다. 첫째, 오염물질 분해반응이 대부분 산화 반응이라는 점, 두 번째 TiO₂의 화학적 광학 안정성에 있다. 활용한 녹색기술은 TiO₂ 광촉매와 254 nm 파장의 자외선램프를 사용하여 촉매작용을 극대화 시키고, 오존 제너레이터를 이용하여 O₃를 생성하여 오염물질을 산화시킨다. 사용된 적외선 램프는 1개이고, 출력은 50 W이며 800 nm~1,000 nm의 근적외선 영역의 적외선을 방출한다. 이 기술에서 적외선 파장의 역할은 악취 및 오염물질 분자가 에너지를 받아 활성화 되고 OH라디칼과의 산화 반응을 일으킬 때 정 촉매의 역할을 한다. 적외선을 방출할 경우 각 파장에 따른 변화량에 따른 연구는 일부 조사되어진 바 있다. 이 경우는 근적외선을 이용하여 비침투적 혈당분석법 개발을 위한 기

초연구로서 700 nm~1,100 nm까지의 주사량을 조사해 900~1,100까지의 상승효율을 나타내었다.¹²⁾

TiO₂는 388 nm 이하의 자외선을 흡수하면, CB (conduction band)에 e_{cb}⁻를 VB (valance band)에 h_{vb}⁺을 생성시킨다. 이렇게 생성된 h_{vb}⁺는 TiO₂ 표면의 OH기와 반응하여 강력한 산화제인 OH 라디칼을 형성하게 되는데, 몇 가지 예외적인 경우를 제외하고는 거의 모든 유기오염물질들이 OH라디칼과의 산화 반응에 의해 분해가 된다. TiO₂ 표면에 흡착된 오염물은 OH 라디칼에 의해 산화 분해되는데 분해되는 원리는 OH라디칼 생성을 통한 반응 (3)~(6)과 같다.^{9,13)}



오염물질의 산화 반응은 TiO₂가 생성하는 OH라디칼에 의해 산화하는 반응과 388 nm 이하의 자외선 파장을 흡수하여 VOC 및 악취오염물질이 직접 광분해 되는 반응이 동시에 진행된다. 하지만 대부분의 VOC 및 악취오염 물질은 완전히 광분해 되어 무해한 물질이 되지 않고 유해한 중간물질로 산화하게 된다. 오염물질의 산화는 대부분 OH라디칼에 의해 진행되며, 아래와 같은 반응식 (7)~(9)으로 분해가 된다.^{5,14)}



2.2. 분석 및 측정방법

실험 조건은 온도 20 ± 0.5 °C, 상대습도 60 ± 5%를 유지한 상태로 실험하였으며, 본 실험의 초기값은 각각 저농도인 10 ppm과 고농도인 50 ppm과 실제 악취가 다량 발생하는 현장에서 채취하여 기술의 신뢰도를 높이고자 실험은 비료 공장과 축산물공판장 총 두 장소에서 공기를 포집 및 측정하여 사용하였다. 공기 포집은 공기 포집장치와 포집주머니를 사용하였다. 각 실험에서 초기 농도는 동일하게 두고, 광촉매와 O₃를 복합적으로 사용하는 공기정화 장치를 사용하였으며, 자외선램프를 부착했을 때 효율을 알아보고자 적외선의 주사 유무를 변수로 하여 실험을 진행하였다. 공기

정화기 외의 기타 환기 및 정화장치는 작동시키지 않았으며, 탈취 시험용 용기의 크기는 1,100 mm × 1,100 mm × 1,800 mm이고, 위의 조건에서 초기 농도, 15분 후, 30분 후, 60분 후, 90분 후, 120분 후 농도를 각각 GV-100S(가스텍, 일본)으로 측정하였다. 실험은 총 3회 실시하여 오차를 줄였으며 그래프에는 평균값을 기재하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 저농도와 고농도 원인물질 제거 효율

Fig. 1은 저농도 암모니아와 고농도 암모니아의 시간별 농도를 나타낸다. 암모니아는 단백질 등이 부패할 때 발생하는 가스로 역겹고 자극적인 냄새를 갖는다. 저농도의 경우 램프를 켜서 15분후 7.17 ppm으로 측정되어 약 28.3% 제거되었고, 램프를 끈 경우 15분후 4.09 ppm으로 59.1% 제거되었으며 15분 만에 초기농도의 50% 이상이 제거됨을 알 수 있었다. 최종효율은 적외선램프를 켜서 초기 10 ppm에서 120분 경과 후 3.37 ppm으로 제거율은 66.3%이고, 켜지 않을 경우 초기 10 ppm에서 120분후 0.13 ppm으로 98.7%의 제거효율을 보인다. 고농도 암모니아의 경우 적외선램프를 켜서 15분만에 42.7 ppm으로 측정되어 약 14.6%가 제거되었고, 램프를 켜서 15분후에 27.1 ppm으로 측정되어 약 45.8%의 효율을 보였다. 최종효율은 적외선램프를 켜서 초기 50 ppm에서 120분후 11.2 ppm으로 측정되어 77.6%의 제거효율을 보였고, 적외선램프를 켜지 않을 경우 초기 50 ppm에서 120분후 2.1 ppm으로 측정되어 95.8%의 제거효율을 보였다.

Fig. 2는 저농도 황화수소와 고농도 황화수소의 시간별 농도를 나타내는데, 황화수소는 자극적인 냄새를 지니고 금속류를 부식시키는 특성이 있는데, 저농도 황화수소의 경우 측정된 다른 저농도 오염물질들과 달리 램프를 끈 경우 15

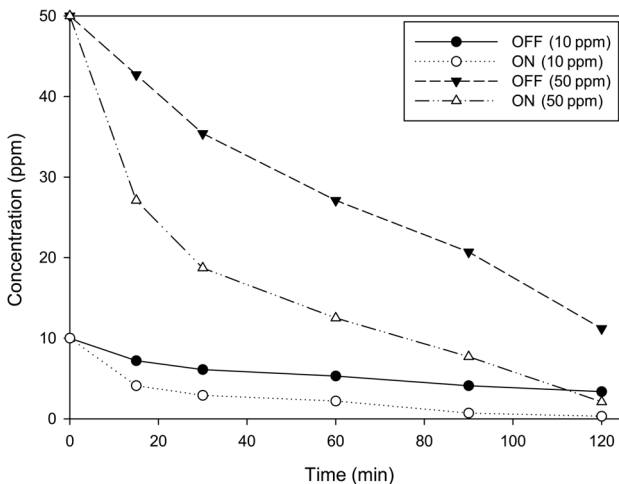


Fig. 1. Removal efficiency of NH₃ concentration with time comparing the two systems of high and low concentration as using on-off IR.

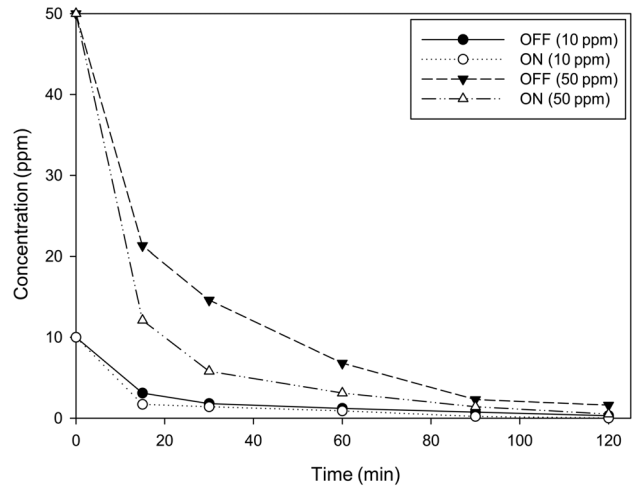


Fig. 2. Removal efficiency of H₂S concentration with time comparing the two systems of high and low concentration as using on-off IR.

분에 3.08 ppm으로 측정되어 약 69.2%의 황화수소가 제거되었고, 램프를 켜서 1.7 ppm으로 측정되었고 83%의 제거효율을 나타내 저농도 황화수소의 경우 효율상승폭이 상대적으로 작은 것을 알 수 있었다. 또한, 최종효율은 적외선램프를 켜서 초기 10 ppm에서 120분후 0.28 ppm으로 97.2%의 효율을 보이고 켜지 않을 경우 초기 10 ppm에서 120분후 0.01 ppm으로 99.9%의 효율을 보이며, 장치 일부에서 부식의 징후를 보였다. 황화수소가 다른 물질에 비해 적외선주사 유무에 따른 제거효율과 별 차이 없이 전체적으로 높게 나타난 원인, 즉 반응속도가 빠른 이유는, 결국 황화수소와 OH라디칼의 반응성이 적외선의 주사유무에 관계없이 타 물질들에 비하여 매우 높기 때문이라 판단된다. 고농도 황화수소의 경우 적외선램프를 켜서 초기 15분에 21.3 ppm으로 측정되어 57.4%의 제거효율을 보였고 램프를 켜서 15분후 12.1 ppm으로 약 75.8%의 제거효율을 나타내었다. 최종효율은 적외선램프를 켜서 초기 50 ppm에서 120분후 1.6 ppm으로 제거효율이 96.8%, 켜지 않을 경우 초기 50 ppm에서 120분후 0.05 ppm으로 99.9%가 제거되었다.

Fig. 3은 저농도 아세트알데히드와 고농도 아세트알데히드의 시간별 농도를 나타내는데, 아세트알데히드는 많은 식품에 미량 분포하며, 자극성 기체로 암을 유발하는 물질로 알려져 있다. 저농도 아세트알데히드의 경우 초기 15분에 램프를 켜서 8.06 ppm으로 측정되어 약 19.4%의 제거효율을 나타내었으나, 램프를 켜지 않을 경우 초기 15분 만에 2.64 ppm으로 측정되어 73.6%가 제거되는 상당한 효율상승이 일어남을 알 수 있었다. 최종효율은 적외선램프를 켜서 초기 10 ppm에서 120분후 1.69 ppm으로 감소하여 약 83.1% 제거율을 보였고 적외선램프를 켜지 않을 경우 10 ppm에서 120분후 0.01 ppm으로 감소하여 약 99.9%의 효율을 보였다. 고농도 아세트알데히드의 경우 적외선램프를 켜서 15분 경과 후 45.1 ppm으로 측정되어 약 9.8%의 제거효율을 보여 미량제거 되었음을 알 수 있었고, 램프를 켜서 15

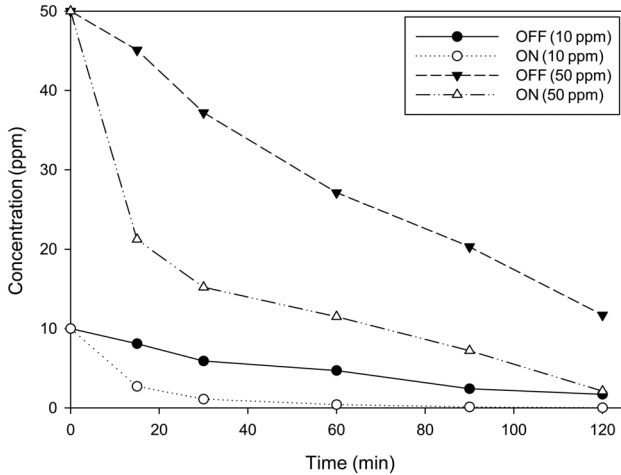


Fig. 3. Removal efficiency of CH₃CHO concentration with time comparing the two systems of high and low concentration as using on-off IR.

분후에 21.2 ppm으로 측정되어 50%가 넘는 57.6%의 제거 효율을 보였다. 최종효율은 적외선램프를 켜는 경우 초기 50 ppm에서 120분후 11.7 ppm으로 약 76.6%의 효율을 보였고, 켜지 않은 경우 초기 50 ppm에서 120분후 2.1 ppm으로 측정되어 약 95.8%의 제거율을 보였다.

저농도에서의 평균 제거효율은 적외선램프를 켜는 경우와 비교하였을 때 평균적으로 약 16.9%가 증가하였으며 고농도인 경우 평균 제거효율은 약 13.2% 정도 증가하였다. 오염물질의 농도가 높을 경우 역시 높은 수준의 제거효율 향상을 보여주었기 때문에, 본 기술이 악취가 발생하는 사업장에서 근무하는 직원들의 근무여건 개선 및 각종 질병으로부터 보호하는데 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

3.2. 현장 적용

Fig. 4는 비료공장의 암모니아와 축산물 공판장의 암모니아 농도를 시간별로 측정된 그래프이다. 비료공장의 암모니아

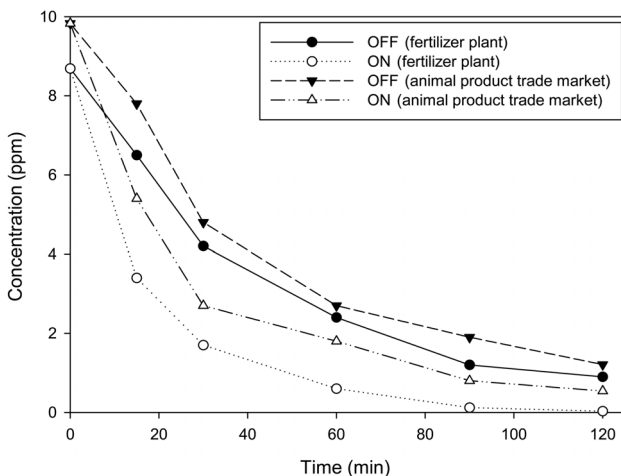


Fig. 4. Removal efficiency of NH₃ concentration with time comparing the two systems of F.P and A.P.M as using on-off IR.

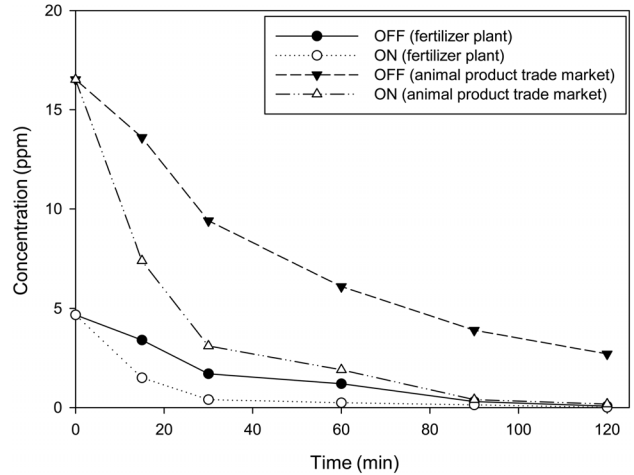


Fig. 5. Removal efficiency of H₂S concentration with time comparing the two systems of F.P and A.P.M as using on-off IR.

아 초기농도는 8.69 ppm이며 램프를 끈 경우 15분후 6.5 ppm으로 측정되어 약 25.2%의 제거효율을 보였다. 램프를 켜는 경우 15분후 3.4 ppm으로 약 60.9%의 제거효율을 보였다. 최종효율은 적외선 램프를 켜는 경우 초기 8.69 ppm의 농도에서 120분후에 0.9 ppm까지 떨어져 약 89.6%의 제거율을 보였고, 램프를 켜지 않은 경우 120분후에 0.03 ppm까지 떨어져 약 99.7%의 효율을 보였다. 축산물 공판장의 암모니아 초기농도는 9.83 ppm이며, 램프를 끈 경우 15분후 7.8 ppm으로 측정되어 약 20.7%의 제거효율을 보였고, 램프를 켜는 경우 15분후 5.4 ppm으로 약 45.1%의 제거효율을 보였다. 최종효율은 초기 9.83 ppm에서 램프를 켜는 경우 120분후 1.21 ppm으로 측정되어 약 87.8%의 효율을 나타냈고 램프를 켜지 않은 경우 0.54 ppm으로 약 94.5%의 제거율을 얻을 수 있었다.

Fig. 5는 실제 현장의 황화수소의 농도를 시간별로 측정된 그래프로 비료공장의 황화수소 초기농도는 4.67 ppm이며 램프를 끈 경우 15분후 3.4 ppm으로 측정되어 27.2%의 제거효율을 보였으며, 램프를 켜는 경우 15분후 1.5 ppm으로 약 67.9%의 제거효율을 보였다. 최종효율은 적외선램프를 켜는 경우 초기 4.67 ppm에서 120분후 0.07 ppm까지 떨어져 약 98.5%의 제거율을 나타냈고, 켜지 않은 경우는 120분후 0.01 ppm까지 떨어져 약 99.8%의 효율을 보였다. 축산물공판장의 경우 초기농도 값은 16.52 ppm이며, 램프를 끈 경우 15분후 13.6 ppm으로 약 17.7% 제거되었으며, 램프를 켜는 경우 15분후 7.4 ppm으로 측정되어 약 55.2%의 제거효율을 보였다. 최종효율은 초기 16.52 ppm에서 램프를 켜는 경우 120분후 2.7 ppm으로 약 83.7%의 효율을 보였으며 램프를 켜지 않은 경우 120분후 0.17 ppm으로 약 99.0%의 제거율을 보였다.

Fig. 6은 실제 현장의 아세트알데히드의 농도를 시간별로 측정된 그래프이다. 비료공장에서 채취한 공기 중 아세트알데히드의 경우 초기 농도는 24.27 ppm이며, 램프를 끈 경우 15분후 19.4 ppm으로 측정되어 약 20.1%의 제거효율을 보였고, 램프를 켜는 경우 15분후 11.4 ppm으로 측정되어 약

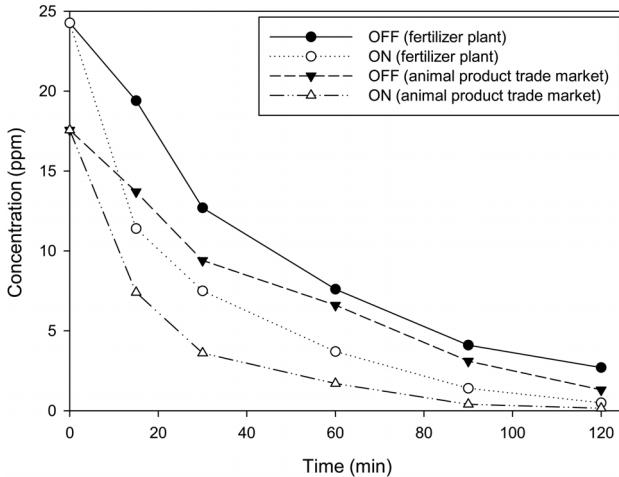


Fig. 6. Removal efficiency of CH₃CHO concentration with time comparing the two systems of F.P and A.P.M as using on-off IR.

53.0%의 효율을 보였다. 최종효율은 적외선램프를 켜올 경우 24.27 ppm에서 120분후 2.7 ppm까지 떨어져 약 88.9%의 제거율을 보였으며, 적외선램프를 켜올 경우 120분후 0.49 ppm으로 측정되어 약 98.0%의 제거율을 나타냈다. 축산물 공판장의 경우 초기농도는 17.56 ppm으로 측정되었으며 램프를 끈 경우 15분후 13.7 ppm으로 측정되어 22.0%의 제거 효율을 보였고, 램프를 켜 경우 15분후 7.4 ppm으로 측정되어 약 57.9% 제거됨을 알 수 있었다. 최종효율은 초기 17.56 ppm에서 램프를 켜올 경우 120분후 1.3 ppm으로 측정되어 약 92.6%의 제거율을 보였고, 켜올 경우 120분후 0.15 ppm으로 약 99.1%의 제거율을 나타냈다.

비료공장의 경우 암모니아와 황화수소와 비교하여 상당히 높은 수치의 아세트알데히드가 측정되었으며, 램프를 켜올 경우 평균 92.3%의 효율을 보였고, 램프를 켜 경우 99.1%의 효율을 보였다. 축산물 공판장의 경우 암모니아의 농도가 비교적 낮게 측정되었으며, 램프를 켜 경우 평균 87.8%의 효율을 보였고, 램프를 켜 경우 97.5%의 제거효율을 보였다. 실제 현장의 경우 램프를 켜 경우 평균 92.3%의 효율을 나타내었으며, 램프를 켜 경우 평균 99.1%의 효율을 관찰할 수 있었으며, 실제 현장의 공기에서 제거효율은 높은 것으로 관찰되었다.

3.3. 종합 효율 평가

오염물질이 고농도인 경우가 저농도인 경우와 비교하여 평균 제거효율이 저농도인 경우 약 16.9%에서 고농도인 경우 약 13.2%로 약 3.7% 떨어진 것을 알 수 있었다. 이는 적외선 파장을 주사하였을 경우에 늘어난 오염물질의 양에 비해 활성도의 증가폭이 떨어졌기 때문인 것으로 판단된다. 단일 오염물질로 암모니아의 평균 제거효율은 적외선램프를 켜올 경우 71.8%이고, 적외선램프를 켜올 경우 약 96.4%로 약 24.6% 상승한 효율을 보였다. 단일오염물질로 황화수소의 평균 제거 효율은 적외선램프를 켜올 경우 약 96.9%,

적외선램프를 켜올 경우 약 99.9%로 약 3% 증가한 효율을 보였다. 단일오염물질로 아세트알데히드의 평균 제거 효율은 적외선램프를 켜올 경우 약 79.8%, 적외선램프를 켜올 경우 약 97.9%로 약 18.1% 증가한 효율을 보였다. 황화수소의 경우 적외선램프를 켜올 경우에도 96.9%의 높은 효율을 보였다. 이는 황화수소가 반응성이 크기 때문인 것으로 판단된다. 암모니아와 아세트알데히드의 경우는 적외선램프를 켜올 때 효율이 크게 상승되었는데, 이 원인은 적외선 파장의 빛이 오염물질의 활성도를 높여 OH라디칼과의 산화 반응을 촉진시킨 것으로 판단된다. 실제 오염물질 및 악취원물질이 배출되는 현장에서 포집한 공기를 이용하여 제거율을 측정하였을 경우 암모니아의 경우 평균 램프를 켜올 경우 97.1%의 효율을 보이고 켜올 경우에 88.7%로 약 8.4%의 효율이 증가하였다. 황화수소의 경우 램프를 켜올 경우 약 99.4%의 효율을 보이고 켜올 경우 약 91.1%로 약 8.3%의 효율이 증가하였다. 아세트알데히드의 경우 램프를 켜올 경우 약 98.6%의 효율을 보였고 켜올 경우 약 91.0%로 약 7.6%의 효율이 증가하였다. 단일 물질만 있을 경우와 비교하여 복합적으로 악취물질이 존재하는 실제 현장의 경우 램프를 켜올 때와 켜올 때 효율 증가폭은 소폭 하락하였지만 제거성능 자체는 유지되는 결과를 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 연구에서는 OH라디칼을 발생시키는 공기정화기 내부에 있는 광촉매에 적외선램프를 부착하여 공기정화기의 악취원인물질들에 대한 제거효율을 향상 시키고자 하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 적외선 파장을 기존 광촉매를 활용한 공기정화장치에 활용하면 오염물질과 OH라디칼간의 반응성이 높아져 악취원인 물질 제거효율증대를 기대할 수 있다.
- 2) 기존의 공기정화 시스템과 비교하여 오염물질종류와 초기농도에 따라 조금씩 차이가 있었지만 적외선램프를 주사하였을 때, 단일 악취물질의 평균 제거효율은 적외선램프를 사용하지 않을 때보다 저농도일 경우 약 16.9%, 고농도일 경우 약 13.2% 증가하였다.
- 3) 저농도의 경우가 고농도보다 시간에 따른 변화폭이 컸으며, 대부분 15분 이내에 약 50%가 제거되는 효율을 보였다. 이는 낮은 농도일수록 오염물 기질과 OH라디칼의 반응성이 높아지기 때문이라 판단된다.
- 4) 악취물질이 복합적으로 존재하는 경우 제거효율은 약 7.8% 정도 상승하였으며, 이 결과는 악취물질 간의 화학반응에 의한 결과로 생각된다.
- 5) 비료공장과 축산물 공판장 등 현장에서의 악취저감 효과는, 본 장비 설치 후 최종적으로 2시간 정도 경과하면 약 90% 이상으로써 매우 높은 처리효율을 나타내었다.

결과적으로 녹색기술 인증을 획득한 본 기술을 타 산업현장 및 오염 가능성이 높은 실내에 적용할 경우, 악취저감에 있어 많은 기대효과가 있을 것이라 판단된다.

Acknowledgement

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2013년도 산학연협력 기술개발사업(No. C0094944)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

KSEE

Reference

1. Wakefield, S. E., Elliott, S. J., Cole, D. C. and Eyles, J. D., "Environmental risk and (re) action: air quality, health, and civic involvement in an urban industrial neighbourhood," *Health Place*, **7**, 163~177(2001).
2. Pope III, C. A. and Dockery, D. W., "Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect," *J. Air Waste Manage. Assoc.*, **56**, 709~742(2006).
3. Bruce, N., Perez-Padilla, R. and Albalak, R., "Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge," *Bullet. World Health Organizat.*, **78** (9), 1078~1092(2000).
4. Alberici, R. M. and Jardim, W. F., "Photocatalytic destruction of VOCs in the gas-phase using titanium dioxide," *Appl. Catal. B: Environ.*, **14**, 55~68(1997).
5. Jung, K. C. and Hong, S. C., "A Study on Removal of VOC and Odor Using Ozone in Photocatalytic Reaction System," *Appl. Chem. Eng.*, **14**, 671~679(2003).
6. Kim, J. R., Baek, S. W., and Ihm, S. K., "Study on the Adsorption/Desorption Characteristics of Several Molecular Sieves for the Control of Low Concentration VOC," *J. Odor Indoor Environ.*, **5**, 139~145(2006).
7. Wold, A. "Photocatalytic properties of titanium dioxide (TiO₂)," *Chem. Mater.*, **5**, 282(1993).
8. Fujishima, A., Rao, T. N. and Tryk, D. A., "Titanium dioxide photocatalysis," *J. Photochem. Photobiol. C: Photochem. Rev.*, **1**, 15(2000).
9. Matthews, R. W., "Hydroxylation reactions induced by near-ultraviolet photolysis of aqueous titanium dioxide suspensions," *J. Chem. Soc. Faraday Transact. 1: Phys. Chem. Condensed Phases*, **80**, 457~471(1984).
10. Hoffmann, M. R., Martin, S. T., Choi, W. and Bahnemann, D. W., "Environmental applications of Semiconductor photocatalysis," *Chem. Rev.*, **95**, 69~96(1995).
11. Kleiser, G. and Frimmel, F. H., "Removal of precursors for disinfection by-products (DBPs)-differences between ozone- and OH-radical-induced oxidation," *Sci. Total Environ.*, **256** (1), 1~9(2000).
12. Kim, H. J., Woo, Y. A. and Piepmeier, E. H., "Fundamental Investigation of Non-invasive Determination of Glucose by Near Infrared Spectrophotometry," *Anal. Sci. Technol.*, **11**, 1~6(1998).
13. Choi, W. Y., "Invited Studies on TiO₂ Photocatalytic Reactions," *Appl. Chem. Eng.*, **14**(8), 1011~1022(2003).
14. Glaze, W. H., Eckenfelder, W. W., Bowers, A. R. and Roth, J. A. "Chemical oxidation: Technologies for the nineties," *Technomic Pub., Lancaster Basel*, **3**, 1(1993).