

멀티 선회류식 세정장치를 이용한 고효율 하이브리드 VOCs 습식처리 SYSTEM 개발 Development of VOCs Treatment Technology using High Efficiency Hybrid System with Multi-Scrone

임성일[†] · 김로중 · 김선미 · 이성훈 · 김선욱 · 장원석* · 박대원* · 김래현* · 김재형*
Seong Il Lim[†] · Nor Jung Kim · Sun Mi Kim · Seong Hun Lee · Sun Uk Kim
Won Seok Chang* · Dae Won Park* · Lae Hyun Kim* · Jae Hyung Kim*

(주)시원기업 · *서울산업대학교 에너지환경대학원
SEEONE Co., Ltd · *The Graduate school of Energy & Environment, Seoul National University of Technology

(2009년 3월 11일 접수, 2009년 7월 1일 채택)

ABSTRACT : We studied to develop high-efficiency removal system of odor and VOCs(Volatile Organic Compounds) from environmental infrastructure facilities and oil refineries, painting facilities and so on. It can replace RTO and RCO. We tried a removal experiment for VOCs (toluene, xylene, benzene, MEK(methyl ethyl ketone), ethanol, formalin etc. and odor compounds (hydrogen sulfide, etc.). In process, as pre-treatment we used the scrubber with vortex flow (Multi-scrone) to remove the hydrophilic VOCs and as post-treatment, used fibrous bio-filter to remove the hydrophobic VOCs. This hybrid system remove with high efficiency both the hydrophilic VOCs and hydrophobic VOCs. And we tried to make this system to be compact. In experiment using Multi-scrone, contact time is 2~3 seconds and absorption scrubbing water is diaphragm-type electrolysis water. hydrophilic VOCs like ethanol and relatively hydrophilic odor compounds like hydrogen sulfide is excellent, these substances has been removed almost completely, respectively 95~99%, 93~97%. And for MEK, formalin also Showed a high removal efficiency, respectively 78~90%, 72~85%. But in experiment using Multi-scrone, the hydrophobic VOCs like BTX showed a low removal efficiency, respectively 16~22%, 12~18%, 8~16%. In hydrophobic VOCs, toluene removal experiment using fibrous bio-filter, early efficiency was low but after 10days, adaptation period showed high efficiency 85~95%. but in the mixed phase, toluene and MEK efficiency reduced 5~10%. this show microorganism treat first MEK easy to remove. The removal efficiency for MEK using the fibrous bio-filter was stable, 80~92%. This hybrid system is also high economical efficiency for RTO. This system reduce more than 50% the cost of equipment and maintenance. As a result, we expect this technology is in the limelight as high efficiency treatment of VOCs in mid-low price.

Key words : VOCs(The volatile organic compounds), Multi-Scrone(The vortex absorption tower), Fibrous bio-filter, Odor, Electrolysis

요약 : 본 연구에서는 환경기초시설과 정유공장, 도장시설 등에서 발생하는 악취 및 휘발성 유기화합물(VOCs:Volatile Organic Compounds)을 처리하는데 주로 사용되는 RTO와 RCO를 대체할 수 있는 중저가의 고효율 처리기술을 개발하고자 하였다. toluene, xylene, benzene, MEK, ethanol, hydrogen sulfide, formalin 등을 처리대상 VOCs와 악취물질로 선정하고 처리방식은 1차로 선회류식 세정장치를 이용하여 친수성의 악취 및 VOCs를 제거하고 2차로 섬유상 바이오필터를 이용하여 친수성 VOCs 뿐만 아니라 소수성 VOCs를 모두 효율적으로 처리하는 하이브리드 기술을 개발하는 동시에 VOCs 처리장치의 크기를 컴팩트하게 하는데 주안점을 두었다. 선회류식 세정장치에서 접촉시간을 2~3초로하고 세정수를 비격막식 전해수로 사용하였을 때 친수성 VOCs 물질인 ethanol과 상대적으로 친수성 악취물질인 hydrogen sulfide는 각각 95~99%, 93~97%로 거의 완벽하게 제거되었다. 또한 MEK, formalin의 처리효율은 각각 78~90%, 72~85%로 높은 제거효과를 나타내었다. 반면에 소수성 물질인 toluene, xylene, benzene에 대한 선회류식 세정장치의 처리효율은 각각 16~22%, 12~18%, 8~16%으로 낮게 나타났다. 하지만 일정한 처리효율을 계속 유지함을 확인할 수 있었다. 섬유상 바이오필터는 toluene의 경우 초기에는 처리효율이 좋지 않았지만 순유기간인 7~10일정도가 지난 이후부터는 미생물 분해처리를 통해 70% 이상의 제거율을 보였으나 이후 85~95%의 처리효율을 보였다. 하지만 MEK가 혼합된 단계에서는 5~10%정도의 처리효율 감소경향을 나타내었는데 이는 미생물들이 처리하기 쉬운 MEK를 우선 처리하는 성향 때문이라고 사료된다. MEK에 대한 섬유상 바이오필터의 처리효율은 80~92%로 안정적인 처리효율을 보였다. 경제적 측면에서도 소각방법인 RTO 대비 시설비 및 유지관리비를 절감할 수 있어 중, 저가 VOCs 처리기술로 각광받을 것으로 사료된다.

주제어 : 휘발성 유기 화합물, 선회류식 흡수세정탑, 섬유상 바이오필터, 악취, 전기분해

1. 서론

정유공장, 도장시설, 인쇄공장, 자동차 배기가스 등에서 발생하는 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs)는 대류권의 오존형성의 전구체물질의 역할을 할뿐만 아니라 햇빛과 상호작용하여 광화학 스모그를 형성한다. 또한 그 물질자체로도 강력한 발암성을 있으며 2차 오염물질을 형성하여 대기를 오염시키며, 여천·울산 등 석유화확단지를 포함하여 수도권과 같은 대도시 지역에서 악취, 오존오염과 스모그의 주범으로 대두되어 왔다. 환경부에서는 2005년 악취방지법을 제정하여 악취를 별도로 규제하고 VOCs의 규제를 강화하는 등 악취 및 VOCs에 대한 규제가 강화되고 있는 추세이다.

VOCs를 처리하는 공법에는 연소법, 흡착법, 세정흡수법, 생물학적 처리법 등이 있다. 연소법에는 대표적으로 RTO와 ROC를 들 수 있는데 대풍량 고농도의 VOCs를 안정적으로 제거가 가능하여 대형정유사, 자동차 도장부스, 화학공장 등에서 주로 채택되는 공법이다. 하지만 초기투자비용과 유지관리 비용이 다른 VOCs처리 공법 중 가장 높기 때문에 중소기업체에서 선택하기에는 어려움이 따른다.

흡착법은 흡착제로 활성탄을 사용하여 흡착하는 흡착탑이 있다. 이 공법은 초기투자비용이 가장저렴하고 저풍량, 저농도 VOCs에서 좋은 효율을 보인다. 그러나 대풍량, 고농도 VOCs처리해야 할 경우 시설이 커짐과 동시에 빈번한 활성탄 교체로 유지관리가 상승한다.

세정흡수법은 대풍량·친수성의 VOCs에서는 매우 유용하게 적용되고 있는데 이는 초기투자비용이 저렴하고 압력손실이 적다는 장점 때문이다. 하지만 소수성의 VOCs 성분을 포함할 경우에는 효율이 낮고 폐수가 발생한다는 단점이 있다. 생물학적 VOCs 처리법은 세정흡수법에서 처리하지 못한 소수성 VOCs처리에 효과적이며

처리단가가 매우 경제적이면서도 별도의 Utility가 필요하지 않지만 긴 체류시간이 필요하며 다른 방식에 비해 장치의 규모가 크다는 단점이 있다.

본 연구에서는 전처리로 선회류식 세정시설에서 친수성의 VOCs 성분을 제거하고, 후단처리로 입형 다단 바이오 필터에서 소수성 VOCs를 제거하여 세정시설의 단점을 보완하여, 전 농도에 걸친 친, 소수성의 VOCs 제거효율을 향상시키는 하이브리드 VOCs 습식처리 SYSTEM 개발하여 그 성능을 알아보았고 세정시설에서 세정 후 발생하는 폐수를 전기분해하여 물의 재사용 가능여부를 확인하였다. 궁극적으로 이 기술이 상용화 되었을 시 RTO와 ROC를 대체하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

2.1.1. 선회류식 세정장치

Fig. 1은 본 실험에 사용된 선회류식 세정장치의 구조와 세정 시 가스와 세정액의 흐름을 나타낸 것이다. 일반적인 세정장치로 사용되는 충전탑과 달리 선회류식 세정장치는 오염된 가스가 유입부에서 안내 깃(Guide Vane)에 의해 회전력과 유속이 증대되어 선회류를 형성하고 그 중앙 부위에 spray nozzle을 설치하여 세정액을 분사함으로써 선회하는 오염가스 층에 세정액적이 혼합 접촉하여 흡수 세정되며 미세 포집 분진 및 액적은 원심력에 의해 탑 벽면에서 포집 처리된다.

2.1.2. 섬유상 바이오 필터

Fig. 2에서 가운데 사진은 본 처리실험에서 사용된 섬유상 바이오필터의 실제모습을 나타낸 것이다. 담체는 H사 섬유상 담체를 활용하여 프레임을 만들어 수직방향으

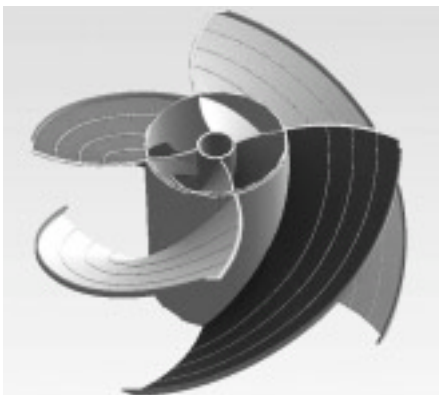
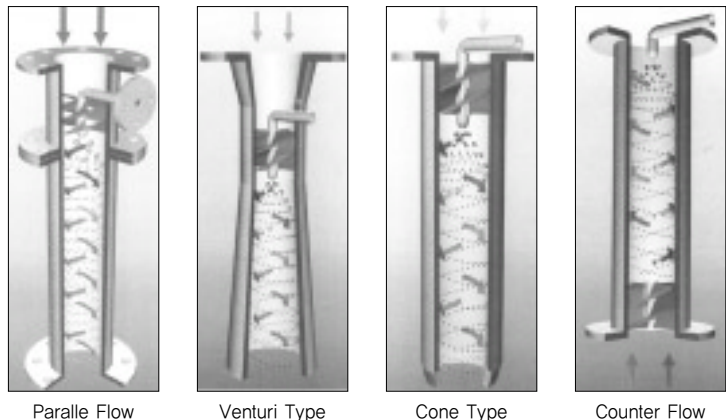


Fig. 1. Guide vane and unit scrone.



Paralle Flow

Venturi Type

Cone Type

Counter Flow

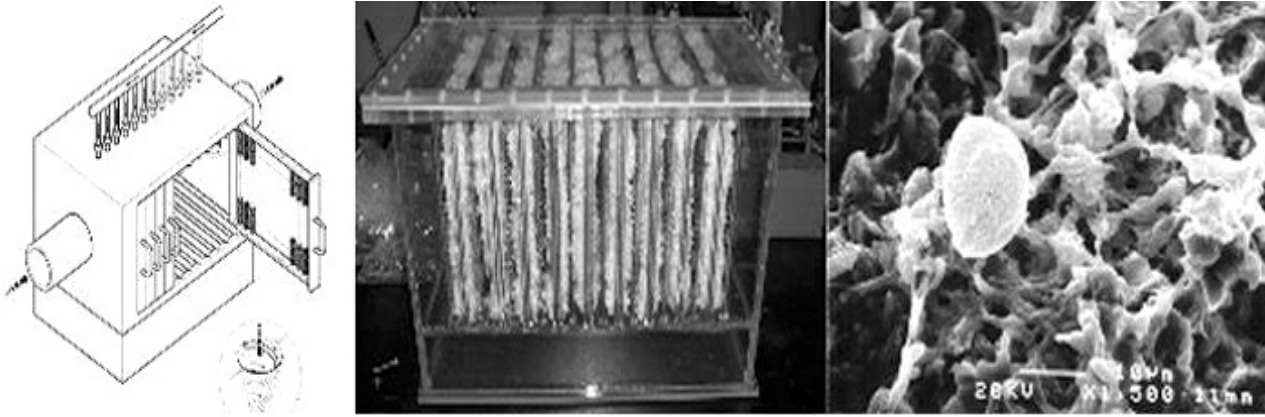


Fig. 2. Photo(SAM) of compacted fiber biofilter system.

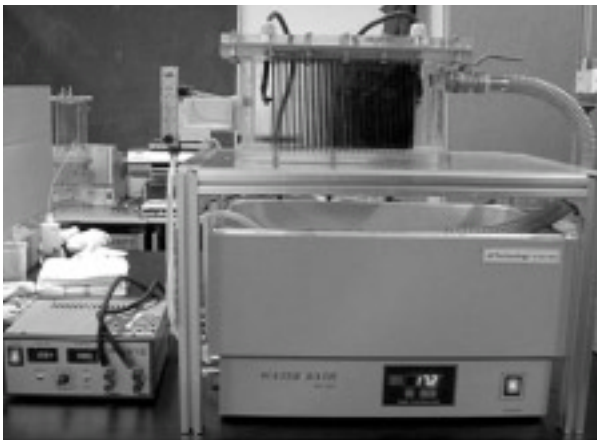


Fig. 3. Electrolysis

Table 1. Concentration of various VOCs and operation conditions in this study

Condition	Compounds	Concentration (ppm)	Retention Time(sec)/ Operation Time(days)
Multi-scrone	Toluene	50	3sec/8days
	Xylene	50	3sec/8days
	Benzene	100	3sec/8days
	MEK	100	3sec/8days
	Ethanol	50	3sec/8days
	Hydrogen sulfide	50	3sec/8days
(Multi-scrone + Fiber Biofilter)	Formalin	30	3sec/8days
	Toluene	100	18sec/15days
	MEK	0	
	Toluene	100	18sec/17days
MEK	100		

로 촘촘히 늘어뜨려서 제작하였고 이러한 module사이에는 다공판 baffle을 설치하여 유입가스가 균일하고 고르게 생물막층을 통과하도록 하여 담체층이 형성되어 막힘 현상이 발생치 않으면서도 섬유상의 특성상 많은 biomass를 유지할 수 있고 재질특성상 수분입자역적을

제거하는 demister 역할을 하도록 고안되었다.

2.1.3. 전기분해장치

전기분해 장치에서 사용된 전극 중 양극으로는 IrO₂-SnO₂/Ti 촉매 전극을 대표적 전극으로 하여 RuO₂-SnO₂/Ti 및 RuO₂-IrO₂/Ti 전극 등을 선택하여 사용하였고, 음극은 니켈 또는 철판을 사용하였다. 실제 반응 장치의 모습은 Fig. 3에서 보여 지는 바와 같다.

그리고 전류의 공급은 power supply (HUNG CHANG, HC1330A)를 이용하였고, 또한, 대상 세정수 순환펌프를 이용하여 일정 속도로 순환시켰으며, 이 때 폐수의 온도는 항온조(EYELA, SB-9)를 사용하여 25 ± 0.5℃를 유지하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 하이브리드 VOCs 습식처리 SYSTEM을 이용한 약취 및 VOCs제거성능실험

본 실험 공정은 습식의 멀티선회류식 세정장치와 바이오필터를 연계하여 순차적으로 1차 세정 + 2차 세정 + bio filter로 진행되었다. 멀티선회류식 세정장치는 선회류를 형성하는 가이드베인을 장착하여 제작하였으며, 통과유속 3.5~6.0 m/s, 압력손실 10~40 mmAq, 액기비 3 L/m³으로서 Fig. 1과 같은 구조를 가지며, 세정에 사용되는 세정액은 3 L/min 용량의 펌프를 이용하여 계속적으로 순환, 세정하였다. 바이오필터에서는 세정설비에서 넘어오는 수분을 이용하여 미생물에 수분 공급원으로 사용하고 미생물배양을 위해 초기 영양분과 수분 공급을 위해 순환펌프로 섬유상필터 상단에서 영양분을 포함한 세정액을 분사한다. 실험체의 인입 오염가스는 실제 자동차 도장공장에서 배출되는 VOCs를 모사하여 여러 조건으로 선회류식 세정장치와 섬유상 바이오필터를 구성된 처리 시스템을 운전하며 처리실험을 수행하였다. Table 1.은

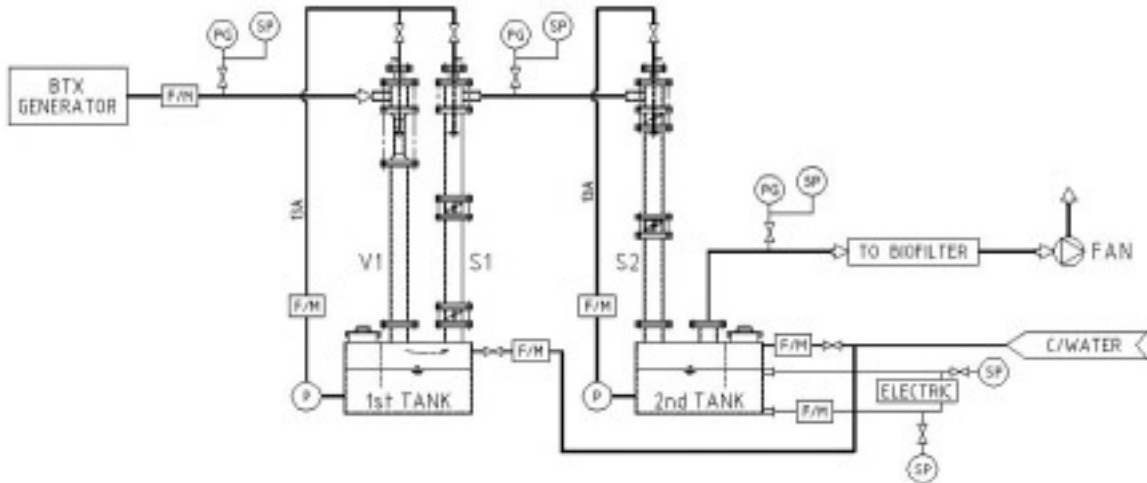


Fig. 4. Schematic diagram of New system using Multi-Cyclone scrubber and fiber biofilter for various VOCs treatment.



Fig. 5. Hybrid VOCs treatment system.

사용된 VOCs의 종류와 농도 그리고 체류시간과 운전기간 등을 나타낸 것으로 선회류식 세정장치는 체류시간 3초로 각각 8일간 실험하였고 세정장치와 섬유상 바이오필터가 조합된 시스템은 체류시간 18초로 하여 2가지 조건으로 각각 15일과 17일간 실험을 행하였다.

Fig. 4는 본 연구에서 적용한 VOCs 처리시스템의 처리흐름도를 나타내며 Fig. 5는 실제 Hybrid system의 lab-scale 실험장치이다. 실험에서 VOCs 발생장치는

air blower, syringe pump, mixing chamber로 구성되어 정량적으로 유입가스를 발생하고 이것을 fan으로 주입하였으며 이렇게 형성된 VOCs 유입가스가 전처리로 선회류식 세정장치에서 스프레이 노즐과 멀티 스크론에 의해 효과적으로 세정되어 처리된 후 후처리로 컴팩트한 섬유상 바이오필터에서 미생물 biofilm층과의 짧은 체류시간에서도 효율적인 생물학적 처리가 이루어진 후 배출된다. 이 때 다양한 VOCs 물질들의 농도분석은 FID(

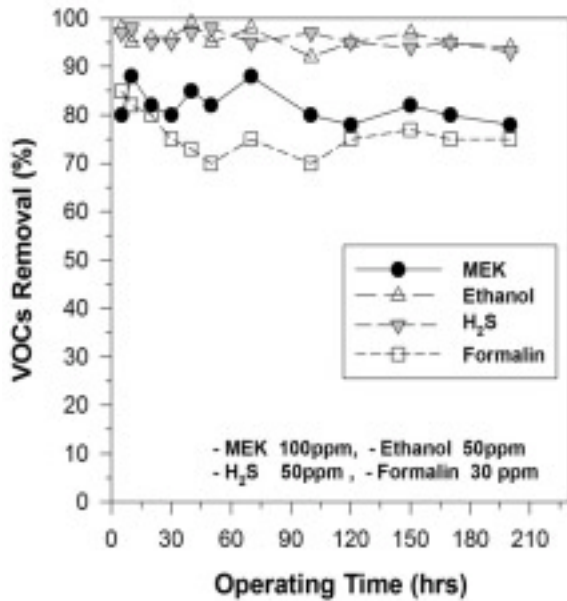


Fig. 6. pH change comparison in pilot scale Test.

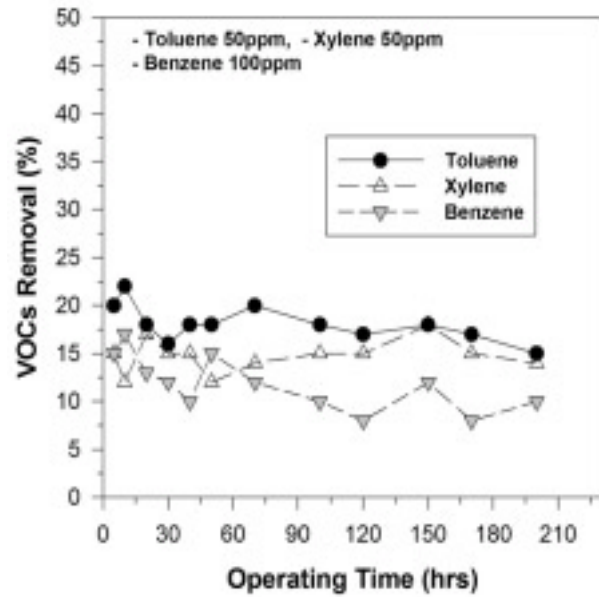


Fig. 7. Efficiency change comparison in pilot scale test.

Flame Ionization Detector)가 장착된 GC (Younglin 6000GC)를 사용하였고 컬럼은 Stabilwax Capillary column을 이용하였다.

2.2.2. 전기분해장치를 이용한 오염세정액 정화 실험

본 연구에서 사용된 전기분해 장치는 실제 VOCs처리 세정시스템에서 발생하는 용존처리된 VOCs물질과 세정액의 오염물에 대해서 전기분해 반응을 통해 오염부하를 줄이고 재사용이 가능한지를 회분식 반응조 실험을 통해 확인하고자 하였다. 전류의 공급은 power supply에 의한 전류공급은 전압: 0~40 V(평균:30V), 전류: 0~150 A(평균:110A) 범위에서 행하였고 처리대상으로는 toluene 20 ppm, MEK 180 ppm이 포함된 VOCs유입가스를 물로 세정한 것과 세정액으로 처리한 것을 이용하여 전기분해 처리실험을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 선회류식 세정장치와 전기분해수 세정시험 효과

전해수를 세정액으로 사용하여 VOCs 제거실험을 수행한 결과 Fig. 6과 같이 친수성물질들에 대한 처리효율이 매우 높게 나타났으며 특히 물에 대한 용해성이 좋은 ethanol과 hydrogen sulfide는 처리효율이 각각 95~99%, 93~97%로 거의 완벽하게 제거되는 것을 확인하였고 또한 자동차 도장공장에서 자주 발생하는 MEK의 경우 78 ~ 90%의 효율을 보였으며 새집증후군의 원인물

질로 알려진 formalin의 경우도 72~85%의 높은 제거효과를 나타내었다. 이와 같이 물에 대한 용해성이 좋은 물질은 단지 접촉시간 2~3초의 짧은 시간에서도 선회류식 세정장치로 매우 효과적으로 제거할 수 있음을 확인하였다. 반면 xylene, toluene 등 소수성물질들(Fig. 9)을 실험한 결과 toluene의 처리효율이 16~22%를 보였고 xylene과 benzene은 각각 12~18%, 8~16%를 나타내었는데 이는 소수성 물질에 대한 처리의 한계가 있음을 확인하였으나 다른 세정장치보다 처리효율이 어느 정도 일정하게 계속 유지되는 것을 보임으로써 그 효과를 확인할 수 있었다.

친수성물질과 소수성물질 모두 전반적으로 초기 제거효율은 좋으나, 시간이 경과함에 따라 물의 오염도가 증가되어 상당한 시간이 경과 후에는 효율이 떨어졌다.

3.2. 선회류식 세정장치와 섬유상 바이오필터에 의한 VOCs 처리효과

본 연구에서는 실제 자동차 도장공장에서 발생하는 VOCs를 처리하고자 toluene과 MEK으로 모사한 혼합 VOCs가스를 선회류식 세정장치와 섬유상 바이오필터가 결합된 lab-scale 실험장치를 제작하여 처리실험을 수행하였다.

그 결과(Fig. 8), toluene에 대해 선회류식 세정장치는 세정장치만의 처리실험 때와 유사하게 12~22%의 처리효율을 보였는데 특히 toluene만을 주입한 초기단계보다 MEK를 같이 주입한 단계에서는 오히려 처리효율이 감소하였는데 이는 세정반응이 친수성인 MEK 처리 시 훨씬

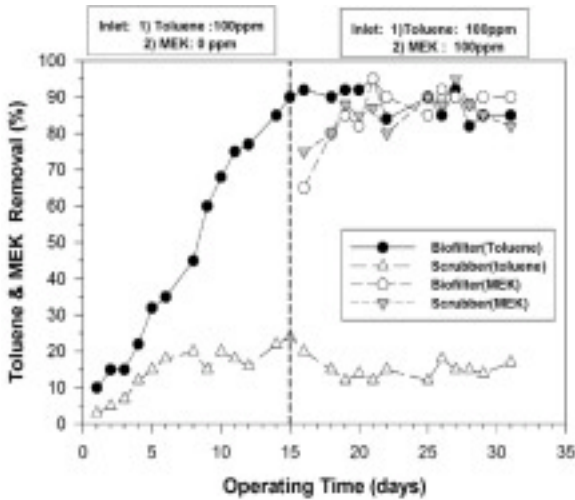


Fig. 8. Effect of toluene & MEK treatment by VOCs hybrid system (1).

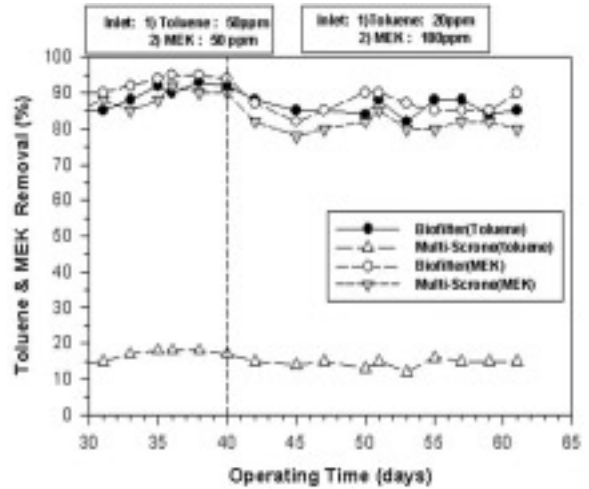


Fig. 9. Effect of toluene & MEK treatment by VOCs hybrid system (2).

효과적으로 나타나기 때문이라고 사료된다. 또한 MEK에 대한 선회류식 세정장치의 효과는 친수성 물질이므로 매우 효과적인 제거효율을 나타내어 75~92%까지 보였고 이에 비해 흡유상 바이오필터에 의한 처리결과는 toluene의 경우 소수성인 특징으로 인해 선회류식 세정장치와 미생물 순응초기에는 효율이 좋지 않지만 순응기간인 7~10일정도가 지난이후 부터는 미생물에 의한 생물학적 처리가 효과적으로 작용하여 70% 이상의 제거율을 보였으며 이후 85~95%의 처리효율을 보였다. 하지만 15일 이후 MEK를 동일농도로 혼합하여 처리실험을 수행한 결과, 5~10%정도의 처리효율 감소경향을 나타내었는데 이는 생물막층의 biomass들이 처리하기 쉬운 MEK를 우선 처리하는 성향이 있기 때문이라고 사료된다. 흡유상 바이오필터의 MEK처리효율은 80~92%로 안정적인 처리효과를 보였다.

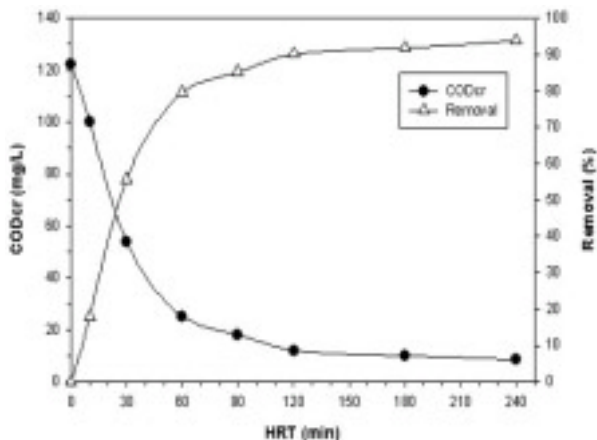


Fig. 10. Effect of COD treatment by electrolysis.

Fig. 9에서 보듯이 toluene과 MEK의 농도를 1/2로 감소시킨 10일간(30~40일)은 상대적으로 흡유상 바이오필터의 경우 toluene에 대한 처리효율이 90~96%까지 향상되었고 MEK에 대한 제거율 역시 92~97%까지 매우 좋은 처리효과를 보였다. 이와 같은 좋은 결과는 상대적으로 농도부하가 감소함에 따라 보다 높은 부하에서 적용한 미생물들이 충분히 처리할 수 있는 능력이 나타났다고 할 수 있다. 그리고 선회류식 세정장치의 경우는 toluene에 처리효율이 17~19%로 유사하게 나타났지만 MEK에 대한 제거율은 85~92%로 이전보다 좋은 결과를 보였다.

이후 41~62일까지의 실제 도장공장 농도부하로 처리실험을 수행한 결과, 흡유상 바이오필터의 경우 toluene에 대한 처리효율이 85~90%로 약간 감소하였고 MEK에 대한 제거율도 87~92%로 근소한 감소를 보였는데 이는 상대적으로 농도가 감소한 toluene의 영향보다는 4배 이상 부하가 증가된 MEK에 의한 영향이라고 판단된다.

한편, 선회류식 세정장치의 경우는 toluene에 처리효율이 14~17%로 유사한 경향을 보였고 MEK에 대한 제거율은 78~88%로 이전보다 감소한 경향을 보였는데 이 역시 MEK 농도부하가 4배정도 증가하였기 때문이라고 판단된다.

3.3. 전기분해장치를 활용한 세정수 COD 처리효과

Fig. 10은 toluene 20 ppm와 MEK 180 ppm을 혼합한 VOCs가스를 물로 세정한 세정수에 대해 전기분해 장치로 처리한 결과를 나타낸 것이다. 원수의 CODcr 농도가 122 mg/L이었으며 이를 HRT 10~240 min까지 분해반응을 수행한 결과는 100~8.5 mg/L(제거율:18~93.8%)로 나타났으며 60 min에 제거율 80%, 120 min

에 제거율 90% 이상을 보이며 2차 선형적인 저감곡선을 나타내었다.

4. 결론

- 1) 선회류식 세정장치의 핵심적인 처리 메카니즘은 유입부에서 멀티 안내깃(GUIDE VANE)에 의해 급속한 회전력으로 유속이 증대되어 선회류를 형성하고 그 부위에 spray nozzle로 미세하게 세정액을 분사하여 오염물질을 제거하는 것으로 실험결과 다른 형태의 세정장치와 비교하여 탁월한 세정효과를 나타냄을 알 수 있었다. 또한 섬유상 바이오필터의 경우 수평의 유입가스 흐름에 대해 수직방향으로 담체층이 형성되므로 막힘현상이 발생치 않으면서도 섬유상의 특성상 많은 biomass를 유지할 수 있고 재질특성상 수분입자액적을 제거하는 demister 역할을 할 수 있는 것이 핵심적인 처리 메카니즘이라고 할 수 있다.
- 2) 선회류식 세정장치에서 소수성 VOCs물질인 BTX의 처리효율은 높지 않았으나 친수성 악취물질인 hydrogen sulfide과 친수성 VOCs물질인 ethanol, MEK, formalin에 대한 처리 효과는 매우 뛰어났다. 바이오필터에 유입되는 오염물질의 부하가 적을수록 바이오필터를 콤팩트하게 할 수 있기 때문에 선회류식 세정장치는 이에 부합하다고 볼 수 있다.
- 3) 선회류식 세정장치에서 비격막식 전해수를 세정액으로 사용하여 VOCs 제거실험을 수행한 결과 물에 대한 용해성이 좋은 ethanol, hydrogen sulfide, MEK, formalin에 대한 처리효율은 매우 높게 나왔고 소수성물질인 xylene, toluene 등에 대한 처리효율에 한계를 확인하였으나 다른 세정장치보다 처리효율이 어느 정도 일정하게 계속 유지되는 것을 확인하였다.
- 4) 섬유상 바이오필터에 의한 toluene처리결과 순응기간은 7~10일정도가 걸렸고 순응기간 이후의 효율은 85~95%까지 보였다. 하지만 15일 이후 MEK를 함께 유입 시켰을 때 toluene에 대한 처리효율이 5~10% 정도 떨어지는 것을 확인하였고 MEK의 효율은 80~92%로 안정적인 처리효과를 보였다. 이를 통해 biomass들은 소수성물질 보다 친수성물질에 선호도가 큰 것으로 사료된다.
- 5) 선회류 세정장치와 섬유상 바이오필터를 연계한 복합시스템으로 10일간 toluene과 MEK 농도를 각각 50 ppm을 주입해본 결과, toluene 처리효율이 90~96%까지 향상되었고 MEK 제거율 역시

92~97%까지 매우 좋은 처리효과를 보였는데 이는 농도부하가 감소함에 따라 미생물들의 VOCs 처리능을 충분히 발휘하기 때문이라고 판단된다.

- 6) 실제 도장공장 가스농도와 유사하게 toluene농도 20 ppm, MEK 농도 180 ppm으로 증가시킨 혼합가스로 10일간 실험한 결과, 섬유상 바이오필터의 경우 toluene 처리효율이 85~90%로 약간 감소하였고 MEK제거율도 87~92%로 근소한 감소를 보였는데 이는 toluene의 농도는 감소하였으나 MEK의 농도가 3배 이상 증가된 영향이라고 판단된다.
- 7) VOCs가스를 물로 세정한 세정액의 CODcr농도 122 mg/L에서 HRT 10~240 min까지 분해반응을 하여 100~8.5 mg/L(제거율: 18~93.8%)로 나타났으며 60 min에 제거율 80%, 120 min에 제거율 90% 이상을 보이는 경향을 나타내었다. 실험결과 전기분해장치를 통해 세정액 중의 유기물은 효과적인 산화분해반응을 통해 그 농도를 저감시킬 수 있으므로 배출기준이하의 효과적인 오염부하 감소나 세정액의 계속적인 재사용도 궁극적으로는 가능하리라 판단된다.
- 8) VOCs 물질을 처리하기 위해 현재 사용되고 있는 연소방법인 RTO, RCO는 시설비뿐만 아니라 유지관리비용이 높아 대기업에서도 운영하기 쉽지 않은 실정이다. 자금력이 부족한 중소기업체는 더더욱 VOCs 제거설비를 설치운영하기 어렵다. 본 연구를 통해 RTO, RCO를 대체할 수 있는지의 여부를 확인한 결과, 모든 현장에 적용할 수는 없겠지만 친수성 VOCs의 농도가 상대적으로 높고 입자상 물질이 많은 현장에서는 세정설비와 바이오필터를 콤팩트하게 결합하여 RTO, RCO의 대체가 가능함을 확인하였다.

KSEE

참고 문헌

1. 김로중, "선회류식 흡수세정장치", 첨단환경기술, pp. 128(1998).
2. 김로중, "물의 전기분해를 이용한 악취제거 기술개발", 첨단환경기술, pp. 75~79(1999).
3. 김로중, 임성일, 김영래, 김래현, 정건용, "비격막식 전해수에 의한 악취 및 VOCs 제거 공정 개발", 냄새환경학회지, 5(2), 40-46(2006).
4. 빈정인, 이병현, 김중균, 이민규, "흡착, 습식세정 및 흐름방식이 활성탄 담체 바이오필터에 의한 H₂S 제거에 미치는 영향", 화학공학, 41(2), 271~276(2003).
5. 김인호, 최호석, "바이오필터의 공학적 해석", 한국생물공학회지, 17(2), 115-120(2002).

6. Atoche J. C., and Moe W. M., "Treatment of MEK and Toluene mixtures in biofilters", *Biotechnol. Bioeng.*, **86**(5), 468~481(2004).
7. Mohsen M. I., and Allen D. G., "Biofiltration of Mixtures of hydrophilic and hydrophobic Volatile organic compounds," *Chem. Eng. Sci.*, **55**(10), 1545-1558(2000).
8. Krames, J., and Butter, H., "The Cyclonic Scrubber- a High Efficiency Wet Scrubber", *Chem. Eng. Tech.*, **17**(1), 73-80 (1998).
9. Deshusses, M. A., and Hamer G., "The removal of volatile ketone mixtures from air in biofilters", *Bioprocess Eng.*, **9**, 41-146(1993).
10. Chou, M. S., and Huang J. J., "Treatment of methyl ethyl ketone in air stream by biotrickling filters", *J. Env. Eng.*, **123**(6), 569-576.
11. Sun, J., and Lui. B. Y. H., "A Methods to Increase Control Efficiencies of Wet Scrubber for Particles", *Air & Waste*, **44**(2), pp. 184-189(2000).
12. Farmer, J. C., and Wang, F. T., Hawley-Fedder, R. A., Lewis P. R., Summers L. J. and Folies I., "Electrochemical treatment of mixed and hazardous wastes : oxidation of ethylene glycol and benzene by silver(II)", *J. Electrochem. Soc.*, **139**, 654-662 (1992).
13. Marco, P., Cristina, B., and Giacomo O., "Electrochemical treatment of wastewater containing Poly aromatic organic pollutant", *Wat. Research.*, **34**(9), 2601-2605(2000).