

악취물질의 저감기술

박철우 · 변정훈 · 고병주 · 윤기영 · 박재홍 · 황정호*
 | 연세대학교 기계공학부 연구원 · 정교수*
 E-Mail : hwangjh@yonsei.ac.kr

1. 서 론

황화수소, 메르캅탄류, 아민류 등 기체상태의 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 악취라 하며(악취방지법 제2조 제1호) 암모니아 등 지정악취물질만 22종이나 된다. 악취는 불쾌감, 혐오감, 눈과 호흡기계 점막의 자극, 혈압이나 맥박의 변화, 식욕감퇴, 구토, 두통, 불면, 앨러지 증상 등의 생리적 영향과 정서생활의 방해, 작업능률 저하 등의 심리적 영향은 물론이고 거시적으로 지역발전을 저해하는 원인이 되므로 악취의 규제 및 저감은 반드시 필요하다. 그러나 악취는 개인적인 특성/생활수준 등에 따라 달리 인식되며 적시의 시료채취와 정량화가 매우 어려울 뿐만 아니라 원인물질이 다양하고 복잡적이며 국지 및 순간적으로 발생·소멸되기 때문에 악취물질의 규제 기준 설정 및 저감이 매우 어렵다.

이러한 악취의 대표적인 발생원으로 퇴비화 시설, 돈·축사, 오·폐수 처리장, 식료품 가공공장, 석유정제소, 화학공장 등의 농업 및 공업단지가 있다⁽¹⁾. 최근, 우리나라를 포함한 여러 국가에서는 악취로 인한 민원건수가 매년 증가하고 있는 실정이다. 2001년 우리나라의 악취로 인한 민원건수는 2,760 건이었고, 2002년에는 2,878건, 2003년에는 2,381 건으로 약간의 감소 추세를 보였으나 2004년

에 3,910 건으로 다시 증가 하였으며, 2005년도에는 그 전년도에 비해 대략 10% 증가하여 4,302건에 이르게 되었다⁽²⁾. 악취관련 문제가 중요시 되고 있는 가장 큰 이유는 주거단지가 확장되면서 기존에 있던 공업단지과 농업단지에 가까워 졌다는 것이다⁽³⁾. 이에 여러 국가에서는 그 나라에 맞는 악취규제를 두어 그 문제를 해결 하고자 하고 있으며 우리나라도 2005년 2월 ‘악취방지법’을 전면 실시하고 있는 상황이다. 이에 따라, 악취배출시설을 설치한 사업자는 그 배출허용기준을 준수하도록 하여야 하며(악취방지법안 제6조, 제7조) 만약 이 기준을 준수할 수 없다면 다른 부지로 옮겨야만 하는 내용이 포함되어 있다⁽⁴⁾. 하지만 이미 설립된 시설을 옮기는 데에는 많은 시간과 자본이 소요되는 등 현실적으로 어렵기 때문에 악취배출허용기준을 준수하기 위한 악취의 제거기술은 더욱 중요시되고 있다. 악취 제거의 조치는 1차 및 2차로 구분한다⁽⁵⁾.

1.1 1차 조치

악취물질의 생성을 억제하는 것을 악취제거의 1차 조치라 한다. 생산 공정 시 악취가 그리 심하지 않는 원료 등을 선택하는 것과 생산 과정 중 악취가 나지 않도록 공정을 최적화 시키는 것 등이 이에 속한다. 또한 악취가 나지 않도록 시설 및 주위 청결

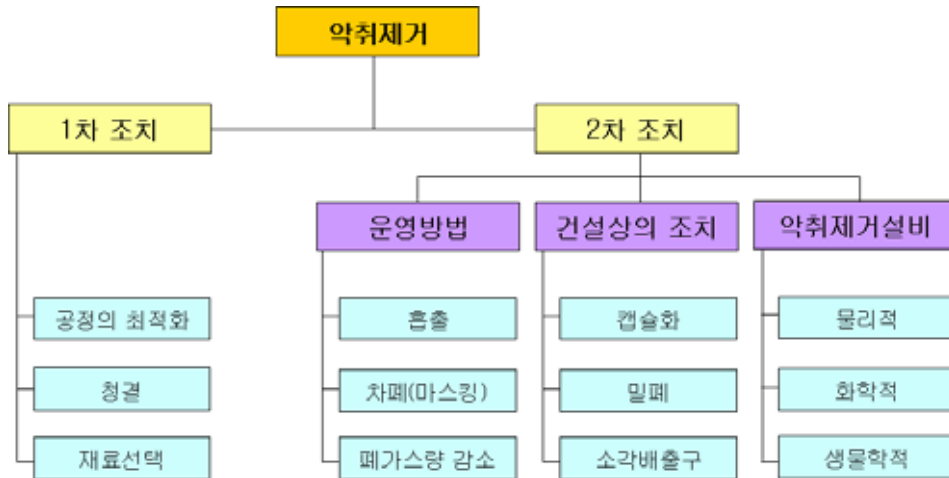


그림 1. 악취제거 조치

또한 중요하다. 이러한 1차 조치는 악취제거를 위한 처리비용이 감소한다는 의미에서 매우 중요하다.

1.2 2차 조치

1차 조치에도 불구하고 존재하는 악취물질을 대상으로 취해지는 것을 2차 조치라 하며 크게 두 가지로 분류된다.

1.2.1 악취물질의 물리적 제거

악취물질의 변화 없이 제거하는 대표적인 방법으로 우리가 흔히 하는 환기가 있다. 외부의 신선한 공기가 악취 성분이 있는 실내로 유입되고 실내 안의 악취 농도를 낮추며 악취 성분을 밖으로 몰아낸다. 이때, 실내의 악취 물질이 스스로 밖으로 유출되지 않는 경우도 있으며, 이러한 경우에는 이를 적절한 방법으로 포집해야 하며 이러한 과정을 흡출이라 한다.

또 하나의 방법으로는 강하게 작용하는 좋은 냄새

새물질을 의도적으로 분사하여 그로 인해 악취 감지 효과가 감소되는 방법이다. 고기류의 음식에 비린내가 나지 않게 하기 위하여 향신료 등을 첨가하는 것이나 몸에 향수를 분사하는 것 등도 이에 속한다고 볼 수 있다. 이러한 방법은 산업체에서도 이용이 되어 작업장이나 작업이 이루어지는 외부에 악취물질의 영향을 저해하는 농도의 향기물질을 적당한 농도를 맞추어 분사해 준다. 이러한 방법은 악취물질을 제거하는 것이 아닌, 단지 향이 강한 타 물질을 가지고 악취 영향을 덮거나 차폐하는 작용만 하기 때문에 휘발성 유기화합물(VOC : volatile organic compounds)처럼 악취 물질이 독성을 띠는 경우 매우 위험하다. 휘발성 유기화합물은 후각을 통하여 위험성을 감지할 수 있는데 향이 강한 타 물질이 후각의 기능을 교란시키기 때문이다.

사람이 없는 실내에 악취물질이 있는 경우 밀폐가 잘 되어있어 확산이 되지 않는다면 악취물질을 제거할 필요가 없다. 따라서 악취를 발생시키는 시설의 경우 폐쇄시키거나 밀폐하여 캡슐화하는 것도

좋은 방법이다⁽⁵⁾.

1.2.2 악취물질의 물리·화학·생물학적 제거

존재하거나 발생되는 악취 물질의 농도가 너무 높은 경우 환기를 한다거나 좋은 냄새물질을 분사하는 것으로는 한계가 있다. 이러한 경우 물리적·화학적·생물학적 방법을 통하여 악취물질을 제거하며 이러한 경우 높은 차원의 기술과 투자를 요구한다. 본 글에서는 이러한 기술에 대해 소개하고자 한다.

2. 악취물질의 저감기술

2.1 약액 흡수 산화법

이 방법은 약액세정법이라고도 하며 산과 알칼리 등의 약액과 악취성분을 접촉시켜 두 물질의 혼합을 이용하는 방법이다. 즉, 악취물질을 액체(세정액)에 흡수시키는 것이다. 이때, 악취물질에 반응하여 화학적인 반응을 보이는 세정을 사용하면 앞서

언급한 물리적인 흡수 외에 화학적 흡수가 나타난다. 화학적으로 작용하는 세정액은 물리적으로 흡수하는 액체보다 좀 더 강한 흡수 효과를 낼 수 있을 뿐만 아니라, 훨씬 많은 흡수용량과 특정 가스성분에 대해 높은 선택성을 가진다는 장점을 지니고 있지만, 화학적 세정액의 재생을 위해 많은 비용이 요구된다는 단점이 있다.

악취가스와 세정액 간의 접촉을 가능하게 하여 기체상에서 분리하려는 물질이 액상으로 옮겨지는 유도 과정을 조성하기 위하여 에어워셔(air washer) 또는 세정탑(scrubber) 등이 있어야 한다. 에어워셔는 물의 높은 흡착력과 용해력을 이용한다. 이는 아황산가스, 황화수소 등 친수성 가스의 제거에 사용되어지며 각종 건물, 잠수함 등의 공조 시스템에 설치된다. 세정탑은 수용성 유기물을 포함한 가스와 액체 용매를 접촉시켜 VOC를 흡수하며 도장, 도료 등의 화학 공장에서도 적용된다.

약액 흡수 산화법은 설치 및 유지관리비용이 저렴하고 액체가 분산되므로 먼지도 동시에 제거 가능하며 가스 냉각의 효과가 있다. 또한, 처리수 재이용이 가능하며 산성가스 제거 효율이 높다. 반면,

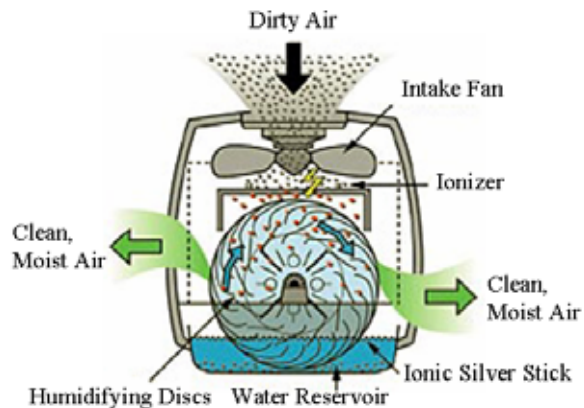
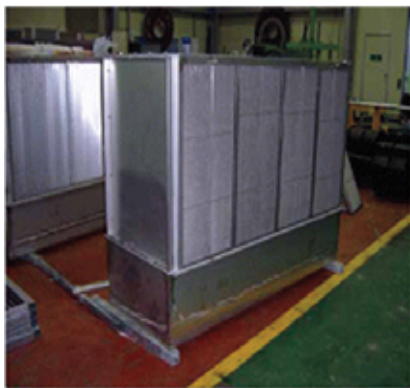


그림 2. 에어워셔 운전방식의 일예

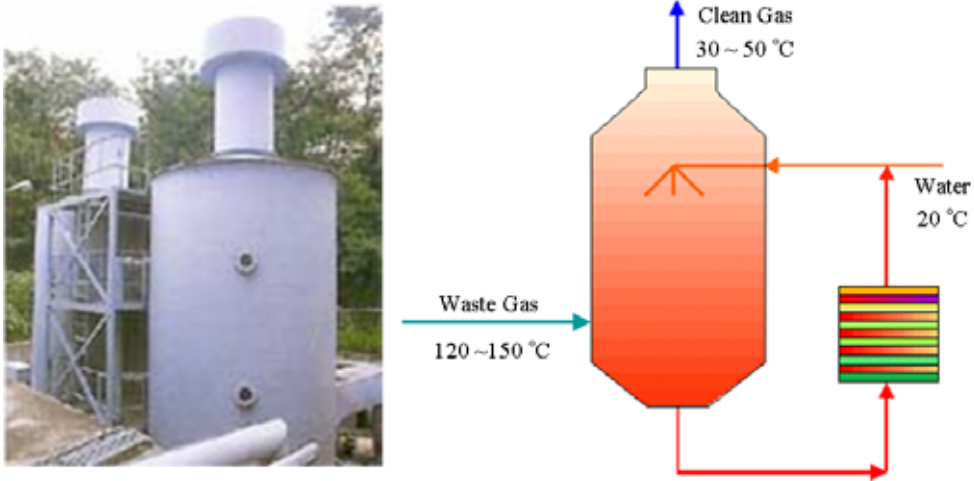


그림 3. 세정탑 운전방식의 일예

폐수처리가 필요하며 낮은 농도의 유해가스에 대하여 효과가 없을 뿐만 아니라 단독으로는 성능이 불완전하므로 다른 방법과 병행하여 사용해야 한다.

2.1.1 세정액

세정액의 제일가는 조건으로는 흡수대상물에 대한 높은 흡수 능력을 들 수 있다. 또한 높은 선별력과 흡수온도영역에서의 낮은 증기압을 보여야 하며, 점도가 낮고 용이한 재생능력을 지니고 있어야 한다. 물은 흔하게 구할 수 있을 뿐만 아니라 위 조건을 대부분 만족시킨다는 점에서 흔히 사용되는 세정액이지만 흡수용량과 선별력은 매우 제한되어 있다. 표 1⁽⁶⁾은 악취물질에 맞는 유효세정액을 나타내었다.

2.2 흡착법

옛날부터 잘 알려져 있는 탈취기술로 흡착제의 표면(세공)에 오염물질의 분자가 농축되거나 농축

후 화학반응을 거쳐 악취물질을 제거하는 방법으로 저농도·대풍량의 악취에 적합하다. 여러 흡착제가 있지만 대표적인 흡착제로 활성탄이 있으며 유해가스 제거에 널리 이용되어진다.

저농도에 유리하고 복합성분 처리에 용이하나 암모니아와 같은 가벼운 성분은 처리가 어렵고 흡착제 재생 또는 2차처리가 필요하므로 유지관리비가 높다. 또한 운전 중 수분, 온도, 분진, 케톤류, 화재발생의 가능성이 있다.

2.2.1 활성탄

활성탄은 대표적인 흡착제 중의 하나로 탄소질을 원료로 제조되는 미세세공이 잘 발달된 탄소의 집합체이다. 단위 표면적당 세공이 많아 뛰어난 악취 및 VOC 흡착력을 보인다.

활성탄은 그 용도에 맞게 활성탄 흡착탑 또는 활성탄 필터로 만들어 적용한다. 도장 및 도금 공장 등 다량의 악취 및 VOC 배출원에서는 활성탄 흡착탑이 사용되어진다. 활성탄 흡착탑은 흡착농축 시

표 1. 악취물질의 유효세정액

분류	악취물질		유효세정액	
	명칭	화학식	명칭	처리원리
황화물	황화수소	H ₂ S	NaOH	NaOH는 중화반응으로 제거 H ₂ S + 2NaOH → 2NaS + 2H ₂ O H ₂ S + Na ₂ S → 2NaHS
	메틸 메르캅탄	RSH (CH ₃ SH)	NaOH	R(CH ₃ , C ₂ H ₅ , C ₃ H ₇ , etc.)이 NaOH와 반응이 용이하여 제거 CH ₃ SH + NaOH → CH ₃ SNa + H ₂ O
	이황화 메틸	R ₂ S ₂ (CH ₃) ₂ S ₂	NaClO	물에 불용으로 산화제인 스루혼산까지 산화되지만 반응 속도는 매우 늦다. RSSR → RSO ₂ Cl → RSO ₃ H
	황화메틸	R ₂ S (CH ₃) ₂ S	NaClO	물에 불용, 산화제에 산화/흡수되어 반응이 전개
질소화합물	암모니아	NH ₃	H ₂ SO ₄	물에 용해되기 쉽다. 물만으로는 기액평형에 따라 흡수능에 한계가 있음. 황산과의 중화반응으로 완전제거가 가능하다.
			크리오 키사루 (산화제)	산화제인 크리오키사루와 반응하여 무취물질로 변화
	아민류	RNH ₂ , R ₂ NH, R ₃ N, (CH ₃) ₃ N	H ₂ SO ₄	산화반응하여 물에 가용성으로 변화
질소유합물	피리딘, 인돌, 스카톨	C ₆ H ₅ N, C ₈ H ₇ N, C ₈ H ₆ N(CH ₃)	황산	산과 반응하여 염으로 흡수된다.
알데히드	포름알데 히드	HCHO	NaClO+ NaON	물에 가용성, 산화제에 의해 유기산이 되고 알칼리와 중화반응한다
			Na ₂ SO ₃	Na ₂ SO ₃ 와 반응하여 가용성물질이 되는 흡수효과가 좋다. 실용성이 적다
	아크로레인	CH ₂ = CHCHO	NaClO+ NaOH	물에 불용, 산화제인 아크릴산이 됨. 알칼리에 중화흡수
유기산	초산	CH ₃ COOH	NaOH	물에 잘 녹는 알칼리와 중화에 의해 흡수능력이 늘어남
페놀류	페놀, 크레졸	C ₆ H ₅ OH, C ₆ H ₄ (CH ₃)OH	NaOH	물에 조금 녹지만 한계가 있다. 알칼리와 반응하여 C ₆ H ₅ ONa염으로 되고 흡수능이 증가

시스템으로 활성탄으로 VOC를 흡착시킨 후, 증기로 탈착하여 회수하기 때문에 흡착제의 재생이 이루어져 수명이 연장된다. 반면, 자동차의 캐빈필터

(cabin filter)나 실내용 공기청정기 등에는 입자상 활성탄 또는 섬유상 활성탄을 이용하여 필터로 만들어 사용되어진다.

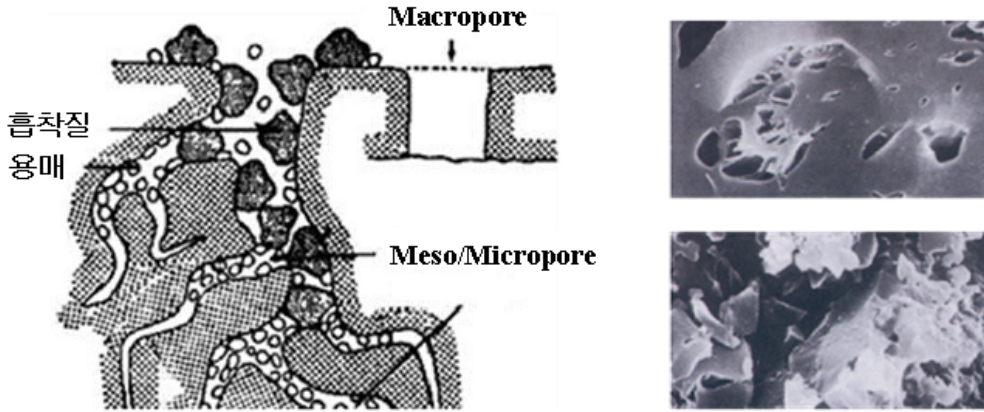


그림 4. 활성탄의 세공구조

2.3 직접 산화법

연소법이라고도 하며 약취 물질을 700°C 이상 고온의 연소로에 도입하여 발화 온도 이상에서 열 분해 또는 직접 반응하여 제거한다. 그러나 완전전환(conversion)이 일어나지 않았을 경우 환경에 유해하고 독성을 떨 수 있는 중간생성물이 생성된다. 이러한 경우는 제공되는 산소의 양이나 연료와 산소의 접촉이 충분하지 못하거나 연료의 발화점이 낮을 때이다. 이러한 영향인자 외에도 완전전환을 위해서 연소실의 최종 온도, 전환실 내에서의 반응 연료물질 체류시간, 반응물질들의 전환 전 가온 상태 등을 고려해야 한다. 완전한 물질의 전환을 위해서는 무엇보다 특정한 반응온도가 요구된다. 요구되는 반응온도에 도달하지 못하거나 반응물질이 후자의 조건에 따라 처리되지 않으면 완전전환이 일어나지 않으며, 이때에 환경에 유해한 반응생성물이 형성되기 때문에 필요한 전환실 최종온도를 맞출 수 있는 에너지공급을 위하여 추가로 가열해야 한다.

직접 산화법은 높은 약취 및 VOC를 근본적으로

제거하고 폐열 회수를 통한 에너지 절약이라는 장점이 있지만, 유지관리비(연료비)가 높고 유황계 약취(황화수소)의 SO₃로의 변화 및 연소과정시 NO_x의 생성으로 인해 2차 오염의 가능성이 있다. 또한, 풍량이 큰 경우 반응기 내부 온도 균일화가 힘들어 가스의 완전 저감이 곤란하다.

2.4 촉매 산화법

촉매를 이용하여 보다 적은 에너지(낮은 온도)로 약취 및 VOC를 산화시켜 제거할 수 있으나 설비비가 많이 들고, 촉매독에 대한 주의가 필요하다. 촉매 반응 종류는 다음과 같다.

- 흡착: 기상물질이 촉매표면의 에너지를 받아 화학흡착이 일어남. 보통 10⁻¹²~10⁻¹³ 초 내에 일어남.
- 표면반응: 에너지 재배열 과정에서 기상물질의 결합이 느슨한 또는 끊어진 활성상태가 되어 다른 기상분자와 반응하여 생성물로 변화.
- 탈착: 생성물은 흡착되어 반응을 계속하거나 운동에너지에 의해 촉매표면으로부터 떨어져 나옴. 촉매성분의 표면적이 클수록 활성도가 높게 나타

나므로 촉매작용을 하는 입자(금속, 세라믹 등)를 담체에 코팅하여 나노 담지 촉매를 만들어 사용하기도 한다.



그림 5. 나노 담지 촉매

2.4.1 광촉매

광촉매는 n형 반도체 특성을 갖는 화합물로 자외선 영역의 빛(250~420 nm)을 조사하면 가전자대(valence band: VB)의 전자가 전도대(conduction band: CB)로 이동하여 정공-전자쌍(charge carrier pair: hole-electron)을 형성한다. 가전자대의 정공은 촉매 표면에 흡착된 수분을 산화하여 히드록시라디칼(hydroxyl radical: OH)을 생성하거나 흡착된 유기물을 직접 산화시킨다. 전도대의 전자는 흡착된 산소에 전자를 쥐서 과산화 이온(O_2^-)을 생성시키고 생성된 과산화 이온은 유기물 또는 물 등과 산화 반응한다. 이렇게 생성된 히드록시라디칼과 생성된 산화물들은 촉매 표면에서 VOC를 분해하여 CO_2 와 H_2O 를 생성한다⁽⁷⁾.

광촉매 기술은 악취저감 시 경제성이 좋고 부가반응이 없는 TiO_2 광촉매를 흔히 사용한다.

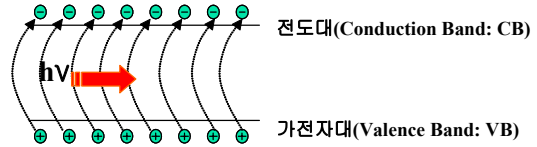


그림 6. 광촉매의 원리

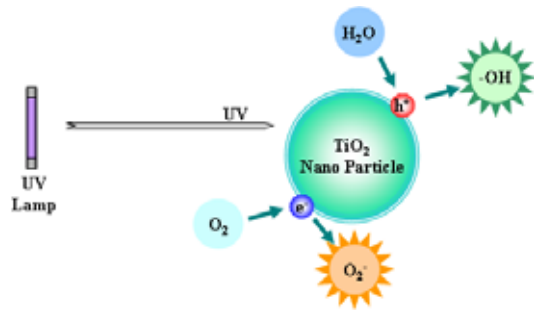


그림 7. TiO_2 에 의한 악취의 CO_2 , H_2O 로의 산화

2.5 오존 산화법

오존은 유해물질로서 일반적으로 저감 대상 중 하나이지만 강력한 산화력을 가지고 있어 탈취 기술에 응용될 수 있다. 악취 및 VOC 근원 물질을 산화 분해시키며 음의 코로나 방전을 이용하여 고농도로 발생시킬 수 있다.

오존은 강력한 산화력으로 뛰어난 악취저감 성능을 보이지만 0.05 ppm 이상 시 인체에 유해하고 오존 자체도 고유의 악취를 갖고있기 때문에, 악취를 제거한 후 오존이 그대로 방출되지 않도록 장치 출구에서 잔류 오존 저감 처리를 하여야 한다.

2.6 전기적 방법

유해가스에 전기적 힘을 가했을 때 생성되는 반

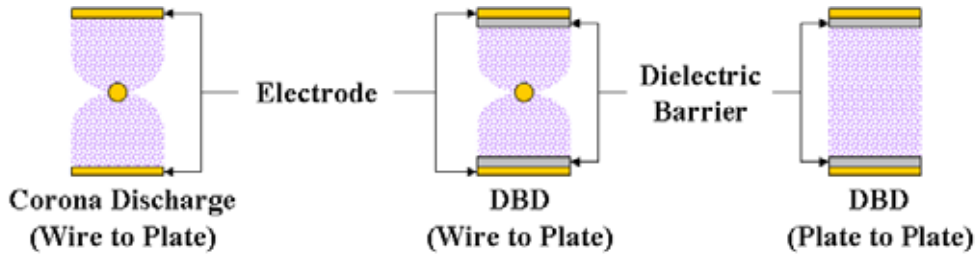


그림 8. 저온플라즈마의 종류

응활성종을 이용한 제거법이다. 이 방법은 설치비와 유지비가 저렴하고 고효율의 처리 성능을 보이며 대부분의 유해 약취 및 VOC에 대하여 적용이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 고전압의 방전이 일어나므로 안정성과 신뢰성에 대한 충분한 검토가 필요하며, 입자가 전극에 부착되면 전극 사이가 막히고 국부적 전류 급상승으로 장치 자체의 파괴 위험이 있다. 또한 부산물로 유해한 농도의 오존이 생성될 가능성이 있다.

전기적 방법에는 대표적으로 저온플라즈마를 이용한 방법이 있다.

2.6.1 저온플라즈마

저온플라즈마는 대기 및 실내 유해가스 정화에 적용될 수 있으며 저온(상온)에서 특수한 방전방식으로 플라즈마를 발생하여 여기에서 나오는 반응 활성종(라디칼)으로 유해가스를 분해한다. 저온플라즈마는 배리어(barrier)의 유무에 따라 corona discharge와 dielectric barrier discharge(이하 DBD)로 분류되며 그 형상에 따라 wire to plate,

plate to plate로 구분되어진다.

2.7 생물학적 방법

미생물의 활동에 의해 약취가 나는 물질을 분해 제거하는 방식이다. 흡착제와 약액 등을 사용하지 않아서 운영비를 절감할 수 있으나 미생물에 의해 분해 가능한 약취성분이 한정되어 있다.

미생물로는 대개의 경우 박테리아, 균류, 그리고 방선균으로 되어있는 공동생명체(biozone)의 복합 집단을 이용한다. 이러한 미생물은 폐공기정화를 위해 사용하는 필터물질이나 대상가스에 들어 있다.

원취가스에 포함된 물질성분들은 미생물영양성분의 기본적인 근원이 되므로 조성된 환경에서 이러한 성분들을 가장 효과적으로 분해할 수 있는 미생물세포들을 일차적으로 형성한다. 미생물 집단은 원취가스 각각의 물질조성에 적응하며 이로서 본연의 정화의무에 적응한다. 이러한 적응 과정은 원취가스의 특성이 변화되었어도 진행된다.

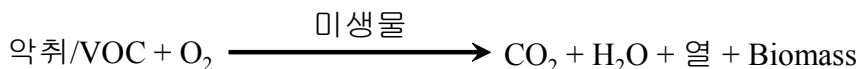


그림 9. 약취 및 VOC의 생물학적 방법에 의한 분해 메커니즘

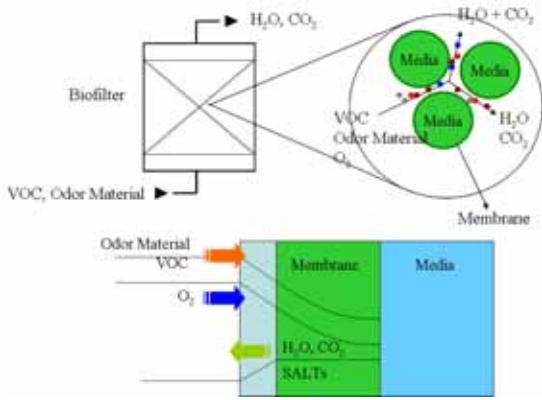


그림 10. 바이오필터의 원리

2.7.1 바이오필터

악취 및 VOC를 담체 표면에 고정시킨 생물막으로 처리하는 방법으로 미생물을 다공성담체에 고정하여 미생물의 대사활동으로 오염물질을 물, 이산화탄소, 무해한 염으로 분해한다.

바이오필터의 처리가능 온도는 5~50°C이며, 최적 반응온도는 20~40°C이다. 상대습도는 90%이상이어야 하며 pH 최적조건은 pH 6~8이지만 악취 제거의 경우는 pH 2에서도 운전이 가능하다. 대상

물질의 화학적 특성 및 용해도, 생분해도, 독성 등에 영향을 받는다.

바이오 필터는 저농도, 대용량의 처리에 적합하며 운전비가 낮고 복합가스 처리가 가능하다. 또한, 2차 산물로 무해한 물, 이산화탄소 등을 배출하기 때문에 2차 산물에 의한 오염이 없으나 설치면적이 크며 고농도처리에 부적합하다.

이는 현재, 하수 및 오폐수 처리장, 축산폐수 처리장, 음식폐기물 발효설비, 사료공장, 폐기물 보관 및 처리시설 등에 이용된다.

2.7.2 바이오워셔(Biowasher)

바이오필터가 담체(고체)표면에 미생물을 고정시켜 배양한 후 그 생물막으로 악취를 처리하였다면 바이오워셔는 액상에서 배양을 한 액상의 박테리아용액(액상미생물배양)을 사용한다. 바이오워셔는 약액 흡수 산화법 중 화학적 흡수법과 비교하여 화학적인 아닌 생물학적으로 물질을 변화시킨다는 점을 제외하고는 거의 동일하므로, 앞서 서술한 화학적 흡수법이 거의 동일하게 적용된다. 바이오워셔가 액상에서 미생물을 배양한 점을 제외하고 바이오필터와 다른 점은 대상가스의 성분이 흡수되

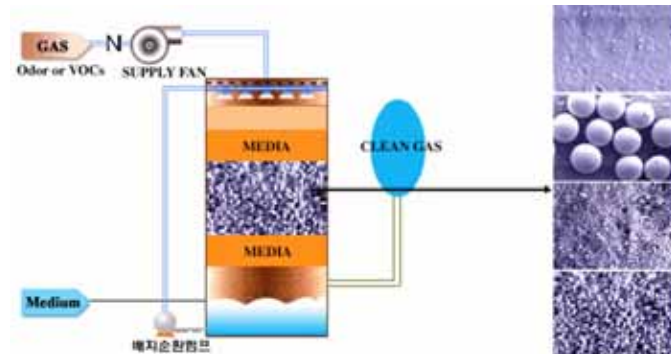


그림 11. 바이오필터의 구조

는 곳이 생물학적인 물질분해가 일어나는 곳과 분리되어 있다는 점이다. 또한 계속 작동하는 펌프가 생물학적인 가스세정기의 역할을 보장해 준다. 다른 측면에서 본다면 생물학적 프로세스에서 일정 부분 외부적인 영향을 줄 수 있다는 점이 이것이 거의 불가능한 바이오필터와 다른 점이다. 워셔타입에서는 pH를 조절하거나 필요에 따라서는 부족한 영양물질이나 미량원소를 문제없이 박테리아용액에 적당량 주입할 수 있다⁽⁵⁾.

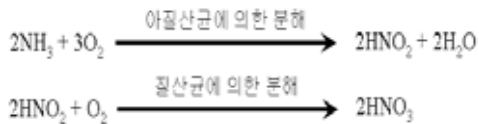
2.7.3 토양탈취법

악취가스를 특수 토양에 흡입시켜서 토양 중에 존재하는 미생물에 의한 분해 및 토양에 흡착, 수분에 의한 용해, 토양성분과의 화학반응에 의한 중화작용 등 복합적 효과를 통해 제거하는 방법이다.

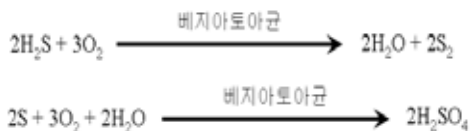
이 방법은 유지관리가 용이하다는 장점이 있으나 넓은 면적이 필요하고 건기에는 물의 살포가 필요하다는 단점이 있다. 현재 하수 처리장, 쓰레기처리 시설, 분뇨처리장, 정화조, 화제장의 향냄새, 동물 사육실, 화학공장 등에 이용된다.

아래는 토양탈취법에서 악취 가스 중 암모니아와 황화수소를 분해하는 메커니즘이다.

(i) 암모니아



(ii) 황화수소



3. 맺음말

본고에서는 비교적 예방적 차원이라 볼 수 있는 악취제거의 1차조치부터 시작해서 약액 흡수 산화법, 흡착법, 직접 산화법, 촉매 산화법, 오존 산화법, 전기적 방법, 생물학적 방법에 대해서 개략적으로 논하였다. 악취는 생리 및 심리적으로 큰 피해를 미치고 있음에도 불구하고 비교적 국지적인 생활방해 현상이고 악취로 인해 사람이 죽지는 않으며, 피해와 불평을 호소하는 감정적 혹은 심리적인 면이 강조되어 약간은 표면적으로 경시되거나 불평을 호소하는 사람이 오히려 이상한 사람으로 오인되기도 하였다⁽⁶⁾. 하지만 최근 들어 생활수준의 향상으로 보다 쾌적한 환경에서 살기를 원하고 이에 따라 악취 문제에 대해 보다 큰 관심을 갖게 되어 악취와 관련된 법규가 만들어지고 실행되기에 이르렀다. 따라서 앞으로 악취 제거기술은 매우 중요해질 것이다.

본고에서 언급한 악취제거 기술 종류만 보아도 그 기술이 다양함을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고, 탈취기술은 비교적 '새로운' 기술 분야이므로 악취제거를 위한 공법의 최적화가 필요할⁽⁵⁾ 뿐만 아니라 각각의 기술들의 단점을 보완하기 위해 각 기술을 혼합하려는 과감한 시도가 필요하다. 그러한 예로 플라즈마 및 촉매 융합기술을 들 수 있다. 플라즈마는 앞서 언급하였던 것처럼 부산물로 오존을 생성하고 대형공장처럼 고농도·고용량일 경우 단독으로 쓰이기에는 무리가 있어 실제 적용 시 오존 저장 장치와 또 다른 악취저감 시설을 반드시 같이 설치해야한다. 그러나 플라즈마 및 촉매 융합기술을 이용한 시스템은 발생하는 오존을 촉매가 제거할 뿐만 아니라, 플라즈마에서 미처리된 악취 및 VOC 물질과 반응활성종을 재반응시켜 악취저감 효율도 더 높일 수 있다. 또 하나의 예로 바이오트

리클링(biotrickling)필터를 들 수 있다. 이 기술에서 대상가스는 비활성 충전물질을 관통하여 흘러가고 그 충전물에 부착되어 미생물이 자라며 그 미생물이 악취 및 VOC를 분해한다. 이 장치를 통해서 물의 안정된 재순환 흐름 효과를 얻을 수 있다⁽⁸⁾. 다시 말해, 바이오필터와 바이오워셔 두 기술의 장점은 합치고 단점은 서로 보완하여 구성한 것이다⁽⁵⁾. 기존의 악취제거 기술은 단독으로 쓰이면 고농도-고용량에 적합하지 않거나 2차처리가 필요한 부산물이 생산되어 그러한 단점을 보완하기 위해 여러 악취제거 시설을 단순히 병합하여 운전을 하고 있어 설치면적도 크고 운영비도 많이 소비된다. 반면, 플라즈마 및 촉매 융합기술이나 바이오투리클링처럼 여러 기술들의 장점을 살리고 단점을 보완하기 위해 과감히 혼합하려는 시도와 그에 대한 투자가 있을 시, 악취제거 기술은 더욱 더 발전할 수 있다.

- 참고문헌 -

1. Both, R., "Directive on odour in ambient air: an established system of odour measurement and odour Regulation in Germany," Water Sci. Technol., 44, 2001, pp. 119-126.
2. 환경부 대기보전국 대기관리과, 2006, "2005년도 악취민원과 지도점검 실적"
3. Mahin, T.D., "Comparison of different approaches used to regulate odours around the world," Water Sci. Technol., 44, 2001, pp. 87-102.
4. 박철우, 변정훈, 윤기영, 박재홍, 이종오, 정준오, "음식물 쓰레기 퇴비화 공정에서의 악취 및 바이오에어로졸 발생특성", 한국냄새환경학회 추계학술대회, 2005, pp. 120-123.
5. Schön, M., Hübner, R., (김기은, 이해경 역), 2004, 악취측정 및 제거, 아카데미 서적, pp. 124-230.
6. 최성우, 안상영, 2005, 악취오염개론, 동화기술, pp. 16-246.
7. Ao, C.H., Lee, S.C., and Yu, Jimmy C., "Photocatalyst TiO2 supported on glass fiber for indoor air purification: effect of NO on the photodegradation of CO and NO₂", Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry, Vol. 156, Issue 103, 2003, pp. 171 - 177.
8. Devinny, J.S., Deshusses, M.A., Webster, T.S., (염승호, 최석순 역), 2002, 바이오필터 입문과 응용, 도서출판 아진, pp. 279.