

요 약 문

I. 연구개요

사상구 폐수처리업체 악취저감을 위한 공정별 악취발생 현황조사 및 개선방안에 관한 연구

II. 연구의 목적과 필요성

사상공단은 주거지와 인접하며, 특히 주변에 위치한 산에 의해서 입지조건이 분지형에 가까워 사업장에서 발생한 악취에 의한 주민 피해 발생 빈도가 잦고, 피해 인구 또한 많은 특성이 있다.

특히, 해당업체의 악취관리 전문성 부족 등의 사유로 악취검사결과, 악취배출허용기준을 연속·비연속 초과로 과태료 부과 등 행정처분이 지속되고 있어 시설운영의 애로사항이 발생하고 있으며, 마찬가지로 악취가 저감되지 않아 기존 악취민원이 악성·고질적 민원으로 변화하는 등 문제가 되고 있다.

하지만 해당 업체들은 악취저감에 있어서 효과적-경제적-과학적 방법을 제시 받지 못하고 있는 실정이며, 폐수처리단가가 물가 상승률에 미치지 못하고, 환경시설 법령의 강화에 따른 운영비가 증가함에 따라 경제적 어려움을 겪고 있는 실정이다.

따라서 이들 두 위탁폐수처리업체의 악취문제의 해결을 위해서는 공정폐수의 보관/처리, 세부 공정 프로세스에 따른 후처리설비의 적합성과 그 개선방향을 연구하고, 실제 현장에서 악취저감을 위해 활용할 수 있는 방안의 제시가 필요하다. 각 세부 발생원별 근본적인 악취 원인물질의 정성·정량 분석을 통한 확인과 세부 악취배출 기여율(악취 배출량과 배출강도)을 검토하여 악취저감을 위한 체계적이고 과학적인 접근을 통한 실효성 있는 악취 해결방안이 절실히 필요한 실정이다.

III. 연구의 내용 및 범위

○ 심층 분석 대상 업체 선정(4개소)

- 민원자료 분석
- 주민 및 사상구청과의 악취저감 간담회 개최 (의견 수렴)

○ 선정업체별 악취 배출 특성 파악

- 원료, 생산품, 환경시설 등
- 생산 공정 분석
- 악취 배출공정(발생원) 조사
- 설치된 악취방지시설 조사
- 발생원별 악취기여율 평가
- 악취처리 설비의 적절성 검토

○ 악취발생원별 대책안 도출

- 악취발생 공정별 저감방안
- 악취발생원 대책(악취 발생 근본 원인 제어)
- 발생 악취물질 저감대책

○ 저감방안의 경제성과 실효성 평가

IV. 연구결과 및 결론

전체적인 악취의 저감방법은 폐수의 유입단계, 폐수처리공정단계, 최종배출구에서 악취처리 방법으로 나눌 수 있다.

먼저 폐수의 유입단계에서는 가이아 환경과 오성산업(주) 모두 공통적으로 침출수, 식품폐수 등과 같이 유기성 폐수의 처리과정에서 충격성이 높은 악취가 유발되는 경우가 많다. 따라서 침출수 혹은 고악취성의 유기성 폐수의 유입을 금지하여 처리하지 않는 것을 고려하여 평가하였다.

이러한 폐수들은 폐수차량에서 폐수공정으로 유입시에도 외부대기에 노출되는 경우가 많아 외부대기로의 확산차단을 위하여 도어의 밀폐가 필요한 것으로 조사되었다. 그리고 각 업체 현장에서는 창문이 다수 열려진 상태로 자연환기를 하고 있는 것으로 확인되었으며, 창문의 개구 면적 최소 2m²와 대기 평균 풍속 1m/s를 고려하면 약 120 m³/min 풍량의 악취가스가 각 층의 창문을 통하여 배출된다고 추정되었다.

각 폐수처리공정과 후처리설비에서의 악취평가결과와 저감방안을 업체별로 정리하였다.

<가이아환경>

● 폐수처리공정에서의 악취저감

가이아 환경의 주요공정에서 악취강도가 높은 곳은 기타 일반 집수조(282m³)와 알칼리집수조에서의 예상악취강도가 48,717과 11,372으로 다른 공정에 비하여 높게 나타났다. 일반집수조에서의 악취원인물질은 펜타노익산(TLV 0.000037 ppmv)과 부타날(TLV 0.00067 ppmv), 부티릭산(TLV 0.00019 ppmv)으로 나타났으며, 알칼리집수조에서는 헵타날(TLV 0.00018 ppmv), 메틸메르캅탄(TLV 0.00007 ppmv), 디알리설파이드(TLV 0.00022 ppmv)로 이들 모두 최소감지농도값이 낮은 물질로 미량에서도 악취를 유발하는 특성이 있는 물질이다.

산성폐수를 처리하는 집수조와 알칼리 공정에서 갑작스런 pH의 변화와 함께 악취가스가 발생할 우려가 높기 때문에 꼼꼼한 밀폐와 함께 음압-흡입 배출을 통한 악취저감이 이루어 져야 할 것으로 판단된다.

그 외의 집수조, 폭기조, 유량조정조 등에서의 가스 예상악취강도가 428 ~ 3,718 수준으로 혐오성을 느낄 수 있을 정도의 악취이기 때문에 꼼꼼한 밀폐와 함

께 음압-흡입 배출을 통한 악취저감이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

밀폐된 각 폐수처리공정에서 공정별로 시각적 관찰을 통한 확인이 필요하다면 가공성이 용이하고, 견고성이 있는 폴리카보이네트 재질을 고려해 볼 수 있다. 또한 시설의 내부에 중앙에서 on-off 가능한 LED 등과 함께 CCTV를 설치하여 실시간 모니터링을 하고, 밀폐된 공정을 가능한 개방 하지 않는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 이는 초기 비용이 다소 소요될 수 있으나, 작업자가 여러 곳의 공정을 일일이 살피는 비용에 비하여 효율적일 수 있다.

또한 각 주요 폐수처리 공정별로 악취유발 원인물질의 농도와 예상악취강도를 조사한 결과 Methylmercaptane, Acetaldehyde, Butanal, Propanal, Hexanal, n-Decanal 등이 나타났다. 해당 악취 물질들은 대부분이 최소감지 농도값이 낮고 미량에서도 악취를 유발하는 특성이 있는 물질로 대부분 비수용성의 물질이 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 해당 가스를 흡입, 이송하여 최종적으로 처리하는 과정에서 수용성 물질을 효과적으로 제거할 수 있는 습식 세정장치만으로는 높은 악취 제거 효율을 기대할 수 없음을 확인 할 수 있었다.

● 가이아환경의 최종배출구에서의 악취저감

가이아환경의 습식세정집진장치에 유입되고 있는 악취의 주요한 원인물질은 n-Pentanal, Acetaldehyde, Methylmercaptane, n-Hexanol, Butanal 등으로 모두 비수용성의 물질이다. 따라서 단순 방식의 세정집진설비 만으로는 악취를 저감하기에는 어려움이 있다.

처리대상 가스처리 총량은 $500\text{m}^3/\text{min}$ 이며, TVOC의 농도는 약 10 ppmv, 평균 일가동시간은 24시간으로 추정하였다. 활성탄 흡착탑의 설계기준 체류시간 1 sec 기준, 활성탄의 자신의 무게에 비하여 오염물질을 흡착할 수 있는 흡착율 30%를 근거로 활성탄 교체주기를 계산해보면 46일로 나타났으며, 여러 현장 여건을 고려하여 교체주기는 약 1개월 정도로 추정되었다.

● 가이아환경 처리설비 소요비용과 경제성 평가

$500\text{m}^3/\text{min}$ 의 악취가스 고효율 99%이상 저감에 효과적이고 경제적인 시설은 자동열탈착 재생시설과 활성탄 흡착탑으로 고려된다. 소각 혹은 촉매소각방법은 유입농도가 낮고, 상대습도가 높아 연료비가 많이 소요될 것으로 판단되어 경제적이지 못한 것으로 판단된다.

공정별 밀폐 및 흡입배기가 필요한 공정의 수는 업체와의 세밀한 조사와 협조와 함께 진행되어야 할 부분으로 조사결과 23개소 수준으로 확인되었다. 공정밀폐의 소요비용은 각 개소별로 다르게 나타날 수 있으나 1개소 당 약 500만원 비용으로 추산하고, 연간 유지관리비는 10년 수명을 추산·고려하여 시설비의 10%로 하여 산정하였다.

폐수 유입 및 공정시설에서의 악취저감에 필요한 예상 소요비용은 1.496억원, 최종 처리설비 비용 4.5억을 합산하면 총 소요금액은 5.996억원으로 평가되었다. 이들 악취처리 시설들의 연간 유지관리비용은 약 0.3496억원으로 나타났다.

소요비용 경제성 평가 측면에서 일반적인 활성탄 흡착탑이 초기시설비 0.77억 (액적제거 설비 포함)으로 가장 낮은 것으로 평가되었다. 그러나 설비의 내구연수를 10년으로 고려하고, 10년 동안 소요되는 총 비용으로써 평가한다면 흡착재생시스템은 6.5억이 소요되는 반면 활성탄 흡착탑은 10.7억 소요 되어 비경제적이라 할 수 있다. 하지만 흡착재생시스템의 초기설비 투자비가 일반 활성탄 흡착탑보다 싸기 때문에 업체의 장단기적인 경제적 여건을 고려해서 판단해야 할 것으로 생각된다.

<가이아환경의 악취처리 설비 소요비용 예측>

악취제거설비		소요비용 (억원)	유지관리비 (억원/년)	비고
유입 및 공정 시설	유입공정	-	-	고악취성 폐수입차단 자발적 관리
	공정별 밀폐	1.15 (0.05억/개소)	0.115 (시설비의 10%)	23개소의 밀폐 (필요시 CCTV)
	공정별 흡입배기	0.276 (0.012억/개소)	0.0276 (시설비의 10%)	23개소의 후드 및 덕트 (간이 댐퍼 설치)
	액적제거시설	0.07	0.007	시설비 10% 추산
	합 계	1.496	0.1496	
최종 처리 시설	자동열탈착기 (흡착재생)	4.5	0.2	연속식, 전력비, AC 3년 교체 등
	활성탄흡착탑	0.7	1.0	1회/월 활성탄 교체
	축매축열소각 (RCO)	6.0	0.6	축매 4년교체, 연료비용 수리관리, 열담체 3년교체
	축열소각 (RTO)	6.5	1.0	연료비용, 수리관리, 열담체 3년교체
기타			-	
추천설비 총 소요 비용 (예측)		5.996	0.3496	추천설비 : 자동열탈착기

<가이아환경 악취 처리 설비의 소요비용과 경제성 평가>

악취제거설비	초기시설비 (억)	연간유지비 (원)	5년비용	10년비용	처리효율 (%)
자동열탈착기 (흡착재생)	4.5	0.2	5.5	6.5	99.9 이상
활성탄흡착탑	0.7	1.0	5.7	10.7	99.9 이상
축매축열소각 (RCO)	6.0	0.6	9.0	12	99.0 이상
축열소각 (RTO)	6.5	1.0	11.5	16.5	99.0 이상

단, 소요부지 비용은 제외, 전력비, 연료비, 수리관리비 등을 고려하여 산정함

<오성산업(주)>

● 폐수처리공정에서의 악취저감

각 폐수처리공정 집수조, 폭기조, 유량조정조 등에서의 가스가 예상악취강도가 64 ~ 1,125 수준으로 혐오성을 느낄 수 있을 정도의 악취이기 때문에 꼼꼼한 밀폐와 함께 음압-흡입 배출을 통한 악취저감이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

특히 악취강도가 높은 곳은 5차 유량 조정조와 2차 응축수 유량 조정조에서의 예상악취강도가 1,125과 570으로 다른 공정에 비하여 매우 높게 나타났다.

밀폐된 각 폐수처리공정에서 공정별로 시각적 관찰을 통한 확인이 필요하다면 가공성이 용이하고, 견고성이 있는 폴리카보네이트 재질을 고려해 볼 수 있다. 또한 시설의 내부에 LED 등과 함께 CCTV 설치하여, 중앙에서 on-off를 하면서 필요한 경우 실시간 모니터링을 하도록 하고, 밀폐된 공정을 가능한 개방 하지 않는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 이는 초기 비용이 다소 소요될 수 있으나, 작업자가 여러곳의 공정을 일일이 살피는 비용에 비하여 효율적일 수 있다.

총괄적으로 해당 업체가 전 주요공정에 대하여 내부 휘발 악취가스가 외부 대기 및 작업장 환경으로 배출되지 않도록 꼼꼼한 밀폐와 공정 내부의 음압을 유지하는 수준으로 흡입-배기하여 최종 배출구의 악취처리장치로 이송하도록 하여 처리하면, 악취저감에 효과적으로 작용할 것으로 판단된다. 다만, 실제 음압이 유지될 수 있도록 흡입-배기 및 꼼꼼한 밀폐가 실제 이루어지는 것이 중요하다.

● 오성산업(주)의 최종배출구에서의 악취저감

오성산업(주) 습식세정집진장치 최종 배출구의 주요악취원인 물질은 n-Decanal, n-Nonanal, Acetaldehyde, n-Butanal, 4-Octen-3-one 등으로 모두 비수용성에 가까운 물질이다. 따라서 기존에 존재하는 세정집진장치는 주로 집진을 하기위한 처리설비이기 때문에 수용성과 비수용을 모두 함유하고 있는 가스상의 악취물질을 처리하는 시설로 보기에 여러 가지 문제점이 있다.

또한 세정집진장치가 집진의 기능 이외의 악취저감을 위한 기능을 가지려면, 최소한 순환수의 교체주기를 짧게 하여 수용성의 악취저감을 이루고, 비수용성의 용해도를 높일 수 있도록 하는 차아염소산이나 가성소다 등의 계면활성 역할을 할 수 있는 화학물질 주입을 고려하거나 하여 순환수에서 발산되는 악취물질은 최소화 하

여야 할 것으로 평가된다.

폐수처리공정 가동시간이 10시간/일 정도이기 때문에 소각(산화) 형태의 처리 방법 보다는 활성탄 흡착탑이 적합할 것으로 판단된다. 다만, 습식세정집진장치로부터의 수분이 활성탄 흡착탑에 영향을 줄 수 있는 것으로 고려하여 디미스트와 함께 수분 액적들이 영향을 미치지 않도록 설계되어야 할 것이다.

최종배출구 처리대상 가스 총량은 $160\text{m}^3/\text{min}$, TVOCs의 농도는 약 5.0 ppmv 수준으로 조사되었다. 활성탄 흡착탑의 설계기준 체류시간 1 sec 기준, 활성탄의 자신의 무게에 비하여 오염물질을 흡착할 수 있는 흡착율 30%를 근거로 활성탄 교체주기를 계산하면 활성탄 교체주기는 8.4 개월로 상대습도 등 현장 여건을 고려 교체주기 약 6개월로 추정된다.

● 오성산업(주) 처리설비 소요비용과 경제성 평가

공정별 밀폐 및 흡입배기가 필요한 공정의 수는 업체와의 세밀한 조사와 협조와 함께 진행되어야 할 부분으로 조사결과 13개소 수준으로 확인되었다. 공정밀폐의 소요비용은 각 개소별로 다르게 나타날 수 있으나 1개소 당 약 500만원 비용으로 추산하고, 연간 유지관리비는 10년 수명을 추산·고려하여 시설비의 10%로 하여 산정하였다. 습식세정집진장치 후단의 최종악취처리설비는 $160\text{m}^3/\text{min}$ 의 악취가스 고효율 저감에 효과적이고 경제적인 시설은 활성탄 흡착탑으로 평가되었다.

폐수 유입 및 공정시설에서의 악취저감에 필요한 예상 소요비용은 0.836억원, 최종 처리설비 비용 0.3억원으로 합산하면 총 소요금액은 1.136억원으로 평가되었다. 이들 악취처리 시설들의 연간 유지관리비용은 약 0.1236억원으로 나타났다.

최종 배출구의 악취처리설비는 활성탄 흡착탑 채택의 경우 초기 설비비 0.3억원 년 간 유지관리비용 0.04억원, 이를 고려하면 5년 총 소요비용과 10년 총 소요비용이 각각 0.5억과 0.7억으로 다른 시설에 비하여 경제적인 것으로 평가되었다.

<오성산업(주)의 악취 설비 소요비용 예측>

악취제거설비		소요비용 (억원)	유지관리비 (억원/년)	비고
유입 및 공정 시설	유입공정	-	-	고악취성 폐수입차단 자발적 관리
	공정별 밀폐	0.65 (0.05억/개소)	0.065 (시설비의 10%)	13개소의 밀폐 (필요시 CCTV)
	공정별 흡입배기	0.156 (0.012억/개소)	0.0156 (시설비의 10%)	13개소의 후드 및 덕트 (간이 댐퍼 설치)
	액적제거시설	0.03	0.003	시설비 10% 추산
	합 계	0.836	0.0836	
최종 처리 시설	자동열탈착기	1.60	0.08	비연속식, 전력비, AC 3년 교체 등
	활성탄흡착탑	0.3	0.04	2회/년 활성탄 교체
	축매축열소각 (RCO)	2.5	0.6	축매 4년교체, 연료비용 수리관리, 열담체 3년교체
	축열소각 (RTO)			일 10시간 가동시 매우 비경제적
기타		-	-	
추천설비 총 소요 비용 (예측)		1.136	0.1236	추천설비 : 활성탄흡착탑

<오성산업(주) 악취 처리 설비의 소요비용과 경제성 평가>

악취제거설비	초기시설비 (억)	연간 유지비(원)	5년비용	10년비용	처리효율 (%)
자동열탈착기	1.60	0.08	2.0	2.4	99.9 이상
활성탄흡착탑	0.3	0.04	0.5	0.7	99.9 이상
축매축열소각 (RCO)	2.5	0.6	11.5	16.5	99.0 이상

단, 소요부지 비용은 제외, 전력비, 연료비, 수리관리비 등을 고려하여 산정함

<악취저감을 위한 정책방향>

엄격한 악취규제 기준인 복합악취기준(공단 15, 기타 10)은 일반적인 사람의 후각으로 냄새가 감지되는 수준이다. 해당 기준은 사상 공단 내에서 여러 인근 공장들에 의하여 발현될 수 있는 냄새 일 가능성도 있기 때문에 기준 강화가 악취해결이 근본이 될 수 없다. 하지만 사상구와 같이 주거지, 상업지구, 공단이 밀집된 곳에서는 악취규제기준을 지키는 것 이상으로 악취충격이 발생하지 않도록 방지계획이 수립되어야 할 것으로 판단된다.

유입폐수의 성상에 따라 악취충격이 나타나는 경우가 많기 때문에 용제성의 액체폐기물인지 폐수인지 명확히 구분 할 수 있도록 하는 법령강화가 필요하며, 또한 폐수를 위탁하는 업체들이 용제성의 액상폐기물을 폐수로 위탁하지 않도록 지자체의 단속을 강화할 필요가 있다.

사상구는 각 악취발생업체가 악취가 발생하지 않도록 하는 설비의 현대화, 악취가 발생하지 않는 업종으로의 전환, 악취공정의 이전 등에 적극적인 컨설팅과 협조가 필요할 뿐만 아니라, 위의 연구대상 두 업체의 경우 각 폐수처리공정의 데커형 밀폐 및 주요 악취공정의 음압 유지형 흡입-배기 시스템을 구성, 고효율을 위한 악취처리설비의 추가, LED-CCTV 모니터링 시스템의 도입을 통한 설비 현대화, 악취전담 인력의 배치 등에는 경제적으로 열악한 업체들만으로는 성공하기 어려운 실정이기 때문에 재정적 지원이 필요하다.

부산지역 폐수수탁처리업체들 간의 수탁 경쟁으로 영세성이 지속할 것으로 판단되고, 짧은 기간에 밀폐-음압-배기시설과 악취처리설비를 설치하기에는 한계성이 존재한다. 따라서 악취저감이 단계적으로 이루어 질 수 있도록 부산시 및 관할구청이 가이아환경은 6억, 오성산업(주)은 1억 정도의 소요금액의 일부에 대하여 예산 지원을 고려하여, 두 업체가 자발적이고 지속적으로 악취저감 노력을 하면서 강화된 악취규제기준을 유지 할 수 있도록 관심과 지원이 권장된다.

또한 사상공단 내에 악취유발업체가 유입되지 않도록 하는 제도를 만들고, 기존 악취유발업체에 대해서는 실질적인 예산지원과 함께 악취규제를 강화해야만, 사상구의 신 성장 동력의 공단으로의 발전이 모색 가능해 진다.

V. 연구결과와 활용계획

- 연구결과를 활용하여 해당업체 환경개선 유도하여, 환경적 개선분위기 조성
- 당 업체들이 스스로 악취문제를 해결할 수 없는 기술적 요소를 직접적이고 과학적으로 제시하여, 악취해결을 위한 기본 방향을 수립 조성
- 사상 악취문제저감을 위한 대책에 공감대를 마련하고, 자발적 악취저감의지를 강화하여, 지원예산 절감의 효과

□ 활용기관 : 부산광역시 사상구

□ 활용기간 : 2021 -

□ 활용방법

- 연구결과를 활용하여 해당업체 환경개선 유도
- 사상구내 유사 업종에 매뉴얼 제작 및 배부

□ 기대효과

- 악취 기여도가 높은 업체의 시설 개선을 통한 악취 배출량 감소
- 유사 업종에 적용하여 사상구 전반의 악취저감 달성
- 악취관리 업무 활용으로 악취 민원 사전 예방

2. 국내외 전문학술지 게재

3. 기대효과

- 쾌적한 생활환경 조성(상권 형성)과 악취 민원 해소
- 해당 연구과제를 통하여 당 업체들과의 간담회의 자료로 활용, 현안문제 해결에 직접 참여시켜 악취저감 협력의 체계화
- 악취저감시설의 개선을 위한 지원 자금 예산의 확보 및 악취저감사업계획의 수립