

# 악취배출원관리 업무편람

2003. 12

환 경 부  
국립환경연구원

## 머 리 말

악취는 국민이 직접 후각으로 느끼는 환경오염 지표로서 극히 낮은 농도에서도 쉽게 인지되어 대기질 전반에 대한 불신을 초래할 우려가 있는데 반해 우리나라는 시화·반월산단 등 공업지역과 주거지역이 근접되어 있어 악취오염에 취약한 구조를 형성하고 있습니다.

또한 악취는 감각공해로서 원인물질이 다양하고 원인물질간 화학반응에 따라 농도와 관계없이 취기가 쉽게 바뀔 뿐만 아니라, 기상상태에 따라서도 국지적·순간적으로 발생·소멸하는 등의 특성이 있어 관리에 많은 어려움을 겪고 있는 것도 사실입니다.

따라서 우리부에서는 보다 체계적인 악취관리를 위해서 산업단지 등 악취 민원이 자주 발생하는 지역을 악취관리지역으로 지정하여 강화된 배출허용기준을 설정·운영하는 등 현행 시설관리 위주의 규제방식에서 지역관리 위주의 규제방식으로 전환하는 등 악취 특성에 맞는 규제체계 구축을 위하여 노력하고 있습니다.

본 업무편람은 지난 1년여 동안 국립환경연구원 등 전문연구기관에서 시화·반월지역 등 악취배출원에 대한 실태조사 자료를 취합·정리하여 업종별, 시설별 악취의 배출특성과 악취저감방법에 대하여 일선 공무원들의 지도점검 업무와 환경관리공단의 기술지원 업무 등에 활용할 수 있도록 하였습니다.

본 연구를 위해 그동안 불철주야 수고한 국립환경연구원 연구진들에게 감사의 말씀을 드리며 동 자료가 악취관리 업무에 좋은 지침서 역할을 할 수 있게 되기를 기대합니다.

2003. 12

대기보전국장 고 윤 화

# 목 차

I . 서 론 .....	1
II . 일반적인 악취조사방법 .....	2
2.1 악취측정방법 종류 .....	2
2.2 후각시험법 .....	2
2.3 기기분석법 .....	5
2.4 악취와 물질농도와의 관계 .....	7
2.5 악취발생원 조사방법 .....	10
III . 업종·시설별 악취 배출특성 .....	14
3.1 폐수 수탁처리시설 .....	14
3.2 사료 제조 시설 .....	18
3.3 도장시설 .....	23
3.4 폐기물 소각시설 .....	27
3.5 아스콘 제조시설 .....	32
3.6 도료 및 잉크 제조시설 .....	35
가. 도료제조시설 .....	35
나. 잉크제조시설 .....	40
3.7 목재 가공시설 .....	41
3.8 하수 처리시설 .....	44
3.9. 음식물 쓰레기 퇴비화시설 .....	47
3.10 무기화학제품 제조시설 .....	48
가. 염화철 및 염화아연 제조시설 .....	48
나. 염소와 차아염소산 나트륨 및 발포제 제조시설 .....	49
다. 염화제이철 생산시설 .....	50
라. 아연 도금시설 .....	50
마. 금속제품 제조시설 .....	51

3.11 유기화학제품 제조시설	52
가. 헥사민제품 제조시설	52
나. 고분자화합물질(인조피혁원료) 제조시설	54
다. 계면활성제, 감광제 제조시설	56
라. 농축 농약 제조시설	58
3.12 의약품류 제조시설	58
3.13 고무 및 플라스틱 제조시설	61
가. 가정용 고무장갑 제조시설	61
나. 열경화성 수지 장판 제조시설	63
3.14 피혁 및 유지 가공시설	63
가. 피혁 유지 가공시설	63
나. 가죽 원단 염색·가공시설	65
3.15 식품·주정 제조시설	67
가. 장유(간장, 된장) 등 제조시설	67
나. 발효(주정) 시설	70
다. 전분 및 당류 제조시설	70
3.16 제지 제조시설	72
<b>IV. 일반적인 악취저감 방법</b>	<b>74</b>
4-1 발생원 대책	74
4-2 악취방지시설의 설치 현황	74
4-3 악취저감 기술	76

# 표 목 차

표 2-1 6단계 악취세기 표시법 .....	2
표 2-2 판정원(panel) 선발시험을 위한 기준 냄새액 .....	3
표 2-3 환경대기 중 악취성분 측정법(우리나라 및 일본 공통) .....	6
표 2-4 환경대기 중 악취성분 측정법(일본) .....	6
표 2-5 악취 측정용 검지관(일본) .....	7
표 2-6 악취 세기와 악취 농도의 관계 .....	9
표 2-7 악취물질의 최소감지농도 .....	9
표 2-8 측정항목 별 악취시료 채취방법 .....	12
표 2-9 측정방법 별 악취시료 채취방법 .....	12
표 2-10 배출구에서의 악취시료 채취방법 .....	13
표 3-1 폐수 수탁처리시설의 방지시설 종류 및 현황 .....	16
표 3-2 폐수 수탁처리시설의 주요 악취 원인물질 분석결과 .....	17
표 3-3 증발폐수시설(60t/d규모) 출구온도에 따른 연료사용량 및 배가스량 .....	18
표 3-4 사료 제조시설의 악취배출시설별 방지시설 설치 예 .....	22
표 3-5 사료 제조공정 주요 악취원인물질 .....	22
표 3-6 도장 공정별 방지시설 설치 예 .....	25
표 3-7 도장시설 주요 악취원인물질 .....	25
표 3-8 연속식 도장공장의 주요지점별 악취원인물질 농도 .....	26
표 3-9 폐기물 소각장 주요 악취 원인물질 측정결과 .....	31
표 3-10 폐기물 소각시설 문제점별 개선방안 .....	32
표 3-11 아스콘 제조시설의 주요 악취물질농도 측정결과 .....	34
표 3-12 도료 제조시설의 악취 배출농도 측정결과 .....	37
표 3-13 도료제조시설 배출구 시료 악취 농도 평가의 예 .....	39
표 3-14 목재 가공시설 악취 방지시설 설치 예 .....	42
표 3-15 목재 가공시설 악취물질 배출농도 .....	43
표 3-16 하수처리장 악취 발생공정 .....	44
표 3-17 하수처리장 악취 세기 .....	44
표 3-18 하수처리장 악취 측정결과 .....	45
표 3-19 음식물 쓰레기 퇴비화시설 악취 측정결과 예 .....	47
표 3-20 영화 제조시설 악취 측정결과 .....	48
표 3-21 발포제 제조시설의 악취 측정결과 예 .....	49

표 3-22	염화제이철 제조시설 악취 측정결과 예	50
표 3-23	도금공장 악취세기 조사결과	50
표 3-24	헥사민 제조공정의 악취 분석결과	53
표 3-25	인조피혁원료 제조시설별 악취 세기	54
표 3-26	인조피혁원료 제조시설 악취성분 분석결과	55
표 3-27	인조피혁원료 제조시설 배출구 악취 배출량	55
표 3-28	감광제 제조시설 악취 세기	56
표 3-29	감광제 제조시설 악취 원인물질 분석결과	57
표 3-30	의약품 제조시설의 배출시설 및 방지시설	59
표 3-31	의약품 제조시설 악취 세기	59
표 3-32	의약품 제조시설 악취시료 분석결과	60
표 3-33	고무장갑 제조시설 악취농도 측정결과	62
표 3-34	수지장판 제조시설 악취 분석결과	63
표 3-35	유지 가공시설 악취농도 측정결과	64
표 3-36	유지 가공시설 악취 세기	64
표 3-37	유지 가공시설 악취농도 분석결과	66
표 3-38	피혁 가공시설 악취 세기	67
표 3-39	장유 생산공정 악취농도 측정결과	69
표 3-40	주정 제조시설별 악취세기	70
표 3-41	주정 제조시설 배출구 악취성분 분석결과	70
표 3-42	악취물질 배출농도	72
표 3-43	제지 악취시료 분석결과	72
표 3-44	제지공장 부지경계 측정결과	72
표 4-1	악취저감 장치의 처리방식별 설치 건수 (일본)	75
표 4-2	악취물질별 탈취 방법	75
표 4-3	세정법의 종류	76
표 4-4	악취 물질과 약품과의 반응 예	78
표 4-5	흡착법의 종류	78
표 4-6	흡착제의 종류	78
표 4-7	흡착제와의 주반응 예	80
표 4-8	이온 교환 수지와와의 반응 예	81
표 4-9	수지의 재생방법	82
표 4-10	오존과 악취 물질과의 반응 예	83
표 4-11	생물 분해 반응 예	84

# 그림 목 차

그림 2-1 악취측정방법 종류 .....	2
그림 2-2 시료채취 후 경과시간과 악취농도의 감소 .....	5
그림 2-3 사업장 시설물 배치도의 예 .....	10
그림 2-4 사업장 내 악취 분포도의 예 .....	11
그림 3-1 폐수 수탁처리시설의 주요 공정 .....	14
그림 3-2 폐수 증발·농축 시설의 개략도 .....	15
그림 3-3 사료제조 주요 공정 .....	19
그림 3-4 가축용 사료 제조 공정 .....	20
그림 3-5 양어용 사료 제조 공정 .....	20
그림 3-6 어분 제조 공정 .....	21
그림 3-7 도장 주요 공정 .....	24
그림 3-8 중형 폐기물 소각시설 주요 공정 .....	28
그림 3-9 소각로 배출시설 및 방지시설 공정 예 .....	29
그림 3-10 사업장 폐기물 소각시설 공정 예 .....	30
그림 3-11 사업장 고온소각처리 공정 예 .....	30
그림 3-12 아스콘 제조시설의 주요공정 .....	33
그림 3-13 도료제조시설의 주요 공정도 예 .....	36
그림 3-14 잉크제조 주요 공정도 .....	40
그림 3-15 목재 가공 공정도 .....	41
그림 3-16 요소 수지생산 공정도 .....	41
그림 3-17 MDF합판 제조 공정도 .....	42
그림 3-18 염화아연 제조 공정 .....	48
그림 3-19 발포제등 주요 제조 공정 .....	49
그림 3-20 아연 도금공정 .....	50
그림 3-21 핵사민 제조시설 배출구 시료채취 모습 .....	54
그림 3-22 폐수처리장내 Scrubber 전경 .....	54
그림 3-23 인조 피혁원료 제품 제조공정 .....	54
그림 3-24 활성탄 흡착탑 전경(피혁) .....	56
그림 3-25 폭기조 전경(피혁) .....	56

그림 3-26 Scrubber 전경(감광제) .....	57
그림 3-27 스크러버 배가스 GC/MS크로마토그램 .....	57
그림 3-28 농축농약 제조공정 공정 예 .....	58
그림 3-29 배출구 시료채취 장면(의약품) .....	60
그림 3-30 소각로 시료채취 장면(의약품) .....	60
그림 3-31 아민 성분 채취장면(의약품) .....	61
그림 3-32 포장실 주변 전경(의약품) .....	61
그림 3-33 의약품 폐수처리장 .....	61
그림 3-34 의약품 폐수처리시설 .....	61
그림 3-35 고무장갑 제조공정 .....	62
그림 3-36 피혁 가공공정 .....	65
그림 3-37 장유 생산공정 .....	67
그림 3-38 주정 제조공정 .....	70
그림 3-39 전분 및 당류 제조공정 .....	71
그림 3-40 제지 제조공정 .....	73
그림 4-1 물 세정장치 .....	76
그림 4-2 산 또는 알카리 세정법 .....	76
그림 4-3 산세정+알카리 세정법 .....	77
그림 4-4 차아염세정법 .....	77
그림 4-5 비재생형 또는 탈착재생형 흡착법 .....	79
그림 4-6 가열 재생형 흡착법 .....	79
그림 4-7 이온교환 수지법 .....	81
그림 4-8 활성탄과의 조합법 .....	81
그림 4-9 오존수 세정법 .....	82
그림 4-10 기상오존 첨가법 .....	82
그림 4-11 알카리성 오존세정법 .....	83
그림 4-12 오존의 인체 영향 .....	83
그림 4-13 생물탈취법의 분류 .....	84
그림 4-14 토양 탈취법 .....	85
그림 4-15 활성오니법 .....	85
그림 4-16 생물 고정형 탈취법 .....	85
그림 4-17 생물 고정형 탈취법 원리 .....	86

그림 4-18 직접연소법 .....	87
그림 4-19 연소공기 예열법 .....	87
그림 4-20 온수 회수법 .....	87
그림 4-21 직접촉매법 .....	87
그림 4-22 가스가열회수법 .....	88
그림 4-23 가스가열·온수회수법 .....	88
그림 4-24 축열식 연소법 .....	88
그림 4-25 황화수소와 식물정유와의 반응 .....	89
그림 4-26 암모니아와 식물정유와의 반응 .....	89
그림 4-27 플라즈마 탈취장치의 처리흐름 .....	90
그림 4-28 광촉매에 의한 탈취원리 .....	90

# 1. 서론

악취는 감각적이고 주관적인 오염물질로 상황에 따라 또는 개인의 성향에 따라 문제의 심각성 여부와 정도가 판단되기 때문에 정량적인 측정이 어려운 물질이다. 그러나 이러한 악취로 인한 민원이 계속 발생하고, 쾌적한 대기질을 원하는 요구가 점점 커지기 때문에 이를 충족시키기 위해서는 반드시 악취 문제를 해결해야만 한다.

더욱이 우리나라는 좁은 국토를 효율적으로 이용하기 위해 다양한 종류의 산업단지를 조성하여 왔고, 대부분 주거단지가 산업단지와 인접하고 있어 악취로 인한 오염이 계속되고 있다. 그 동안 악취오염에 대하여는 다양한 조사가 이루어지고 대책이 수립되었지만 문제 해결이 쉽지 않은 실정이며, 악취문제의 특성상 관계공무원이나 환경관리인이 효율적으로 대처하지 못하고 있는 것도 또한 사실이다.

본 업무편람은 전문가들로 구성된 연구팀이 악취배출원에 대하여 1년여에 걸쳐 그 동안의 민원 발생현황, 사업장 악취관리실태 및 현장측정분석 등 연구 조사한 자료를 중심으로 작성되었다. 업무편람에는 악취배출사업장에 대한 실제 조사과정에서 나타난 과학적인 조사자료를 충실하게 담으려고 노력하였으며, 본 자료를 통해 지자체의 악취실무를 담당하는 공무원 및 배출시설 관리자가 보다 쉽게 악취원인에 대하여 이해하고, 저감방안을 마련하는데 도움을 주고자 하였다.

## II. 일반적인 악취조사방법

### 2.1 악취 측정방법 종류

악취의 측정법으로는 그림의 분류에 따라 관능적 평가 기법인 후각시험법과 기기를 이용하는 분석방법으로 크게 나눌 수 있다.

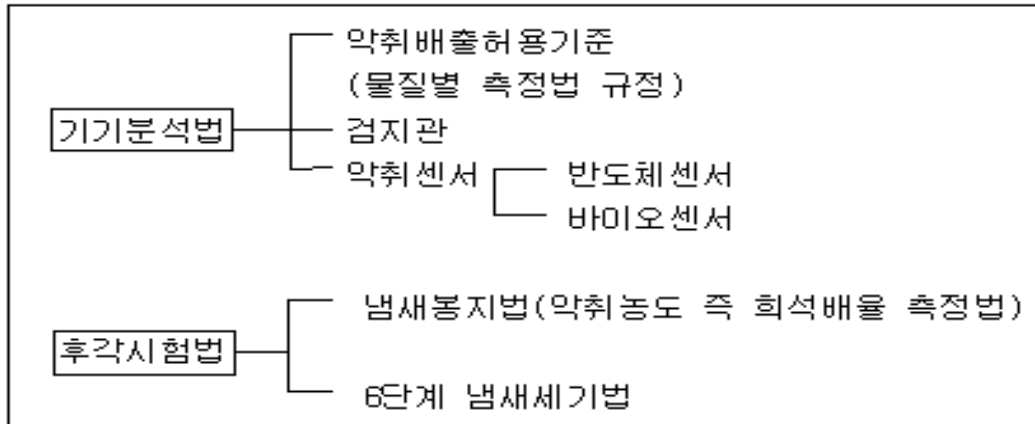


그림 2-1 악취 측정방법 종류

### 2.2 후각 시험법

#### 가. 6단계 악취 세기법

악취의 세기를 사람의 후각으로 느낀 바를 세기별로 표현하는 방법으로 주로 배출원이 아닌 환경 중 악취를 평가하는데 이용되며, 많은 나라에서 사용되고 있다. 우리나라에서는 공무원 5명이 측정 대상의 사업장 부지경계선상에서 이 6단계 냄새 세기 기준에 따라 악취를 평가하여 평가자의 평균이 2도 이하가 되도록 사업장을 지도 단속하고 있다.

표 2-1 6 단계 악취 세기 표시법

악취세기(도)	내 용
0 (None)	무취
1 (Threshold)	간신히 감지(느낄)할 수 있는 냄새(최소 감지 농도)
2 (Moderate)	무슨 냄새인지 알 수 있는 약한 냄새(최소 인지 농도)
3 (Strong)	쉽게 느낄 수 있는 냄새
4 (Very Strong)	강한 냄새
5 (Over Strong)	강렬한 냄새

나. 희석배율 측정법

희석배율이란 악취 공기를 냄새가 없는 공기로 냄새가 나지 않을 때까지 희석시켰을 때 소요되는 무취공기 비를 말하며 다음처럼 나타낼 수 있다.

$$\text{희석배율} = \text{냄새를 없애는데 사용된 최소 무취공기의 양}(l) / \text{냄새공기의 양}(l)$$

이 때 냄새의 유무 평가는 후각을 이용하는 방법과 악취 센서를 이용하는 방법이 있는데 대부분의 나라에서는 후각을 이용한 평가를 공인시험법으로 하고 있다. 우리나라의 경우에도 후각이 정상인 5명으로 구성된 판정원단(panel)에 의한 평가를 대기오염 공정시험법에 명시하고 있다. 이때 희석배율(dilution factor)을 악취농도(odor concentration)로 표현하기도 한다. 보다 자세한 측정방법은 대기오염공정시험방법을 참고하기 바란다.

① 후각 시험법에 관계되는 사람과 그 역할

후각시험 실시자(판정사)는 패널(냄새 맡는 사람, 판정원)선발시험 실시, 시료농도의 조절, 후각시험 실내의 관리, 결과 정리 등의 일련의 과정을 관리하는 사람이다. 판정사는 정상적인 후각과 함께 전문적 지식과 기능을 갖추어야 한다. 판정원은 3명지(이 중 하나 속에 냄새가 들어 있음)를 1조로 하여 넘겨받은 후 냄새가 나는 봉지(하나)를 골라내는 사람으로, 정상적인 후각 능력을 가져야 한다.

② 판정원 선발 시험

판정원의 선발은 후각 정상인을 가려내는 작업을 말하고 이를 위해 표준 냄새가 사용되며 이 표준 냄새는 나라마다 다르다. 표 2-2는 기준 냄새액으로서 이들 물질에

표 2-2 판정원(panel) 선발시험을 위한 기준 냄새액

구 분	기준 냄새액	농도(wt%)	농도
한 국	페놀(phenol)	0.1	의약품 냄새
	아세트산(acetic acid)	1.0	자극적인 냄새
	트리메틸아민(trimethylamine)	1.0	생선 냄새
일 본	이소발레르산(i-valeric acid)	30	땀냄새
	스카톨(skatoel)	10	분뇨냄새
	메틸시클로펜테올론(methyl cyclopenteolone)	30	달게 탄 냄새

대한 감지 및 구별 능력이 있을 정도의 후각을 가진 자만이 희석배율 즉 악취농도평가 시험에 참여할 수 있다. 구체적으로는 5장의 시험지의 중에서 2장에 냄새를 묻혀 피험자에게 냄새가 묻은 2장을 후각으로 구별하게 한다.

### ③ 악취농도(희석배율) 측정을 위한 시료 채취

배출구 시료는 직접 채취용 장치, 또는 감압박스에 연결된 간접 채취용 장치를 써서 배출구의 채취구에서 1~3분 동안에 30~20ℓ 의 시료를 채취한다. 환경시료는 10ℓ 정도의 진공병, 또는 시료 채취 백(polyester bag)을 안에 시료 채취용 감압 박스(자체 제작)나 휴대용 펌프(odor sampler)를 사용하여 가능한 한 30초 이내에 시료를 채취한다. 여기서 환경시료란 하수처리장 인근, 야적장, 매립장 위, 실내공기, 부지경계선상과 같이 배출구보다 비교적 악취농도가 낮은 공기를 의미한다.

### ④ 후각 시험 시기, 장소 등

채취된 악취농도 평가용 시료는 시료 채취 당일 또는 그 다음 날 이내에 악취 농도의 평가가 이루어지는 것이 바람직하나, 다음의 그림은 실제 채취된 악취의 보관 일수에 따른 악취농도 변동을 나타낸 것으로 악취농도의 변화가 크지 않음을 보여주고 있다. 악취농도의 평가 장소는 냄새가 전혀 느끼지 않으면서 판정원이 충분히 안정할 수 있는 장소가 필요하다.

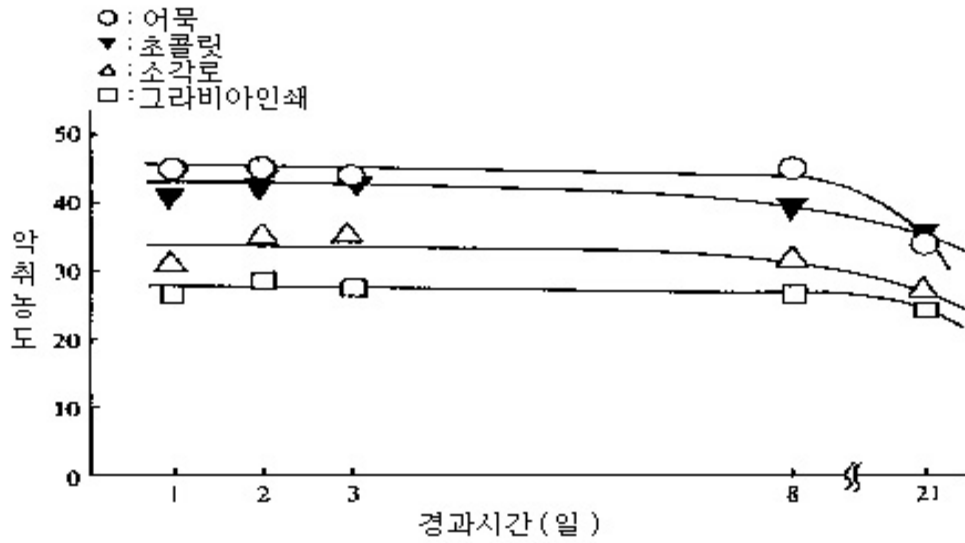


그림 2-2 시료채취 후 경과시간과 약취농도의 감소

## 2.3 기기 분석법

### 가. 약취측정 공정시험방법

우리나라와 일본은 생활환경이나 산단 지역에서 발생하는 약취물질을 지정하고 있으며, 이들 물질의 측정법을 정하고 있다. 약취물질별 측정 방법의 개요를 다음의 표2-3과 2-4에 나타내었다.

표 2-3 환경대기 중 악취성분 측정법(우리나라 및 일본 공통)

악취 물질	측정 방법
암모니아	황산으로 처리된 여과지에 대량의 공기를 통과시켜, 암모니아를 포집하고 흡광광도법(UV-VIS)(피리딘·피라졸론법)에 의해 정량한다.
황화수소 메틸메르캅탄 황화메틸 이황화이메틸	1ℓ 진공병(유리제) 혹은 테들러 백에 흡인한 측정대상의 공기를 액체산소에 의해 냉각시킨 U자관을 통과시켜, 황계 악취물질을 포집하고, 불꽃광검출기(FPD)가 달린 가스크로마토그래프(GC)에 의해 분리 정량한다.
아세트알데히드	단시간 동안(10분내)에 시료채취봉지(50ℓ) 속에 채취한 시료가스를 2,4-디니트로 페닐히드라진(2,4-DNP cartridge)에 통과시켜 아세트알데히드를 아세트알데히드-2,4-디니트로 페닐히드라존으로 변환한다. 이를 아세트산 에틸로 추출하여 수소 불꽃 이온화 검출기(FID)를 갖춘 가스크로마토그래프(GC)에 도입하여 정량한다.
트리메틸아민	황산액을 담은 흡수병에 공기를 통과시켜, 트리메틸아민을 염으로 포집하여, 염을 알카리로 분리하여, 생성된 트리메틸아민을 액체산소로 냉각시킨 U자관에 포집하여 수소 불꽃 이온화 검출기(FID) 또는 불꽃 광검출기(NPD)가 달린 가스크로마토그래프(GC)로 분리 정량한다.
스티렌	상온에서 다공성의 폴리머 비드[porous polymer beads](Tenax 등)을 충전시킨 시료 채취관에 시료가스를 통과시켜 스티렌을 농축한다. 이 시료관을 가열승온기킴으로써 스티렌을 수소 불꽃 이온화 검출기(FID)를 갖춘 가스크로마토그래프(GC)에 직접 도입하여 정량한다.

표 2-4 환경대기 중 악취성분 측정법(일본)

악취물질	측정방법
n-부티르산 i-발레르산 n- 발레르산 프로피온산	상온에서, 수산화나트륨을 피복시킨 유리 비드(beads)를 충전시킨 시료 채취관에 대기 중의 저급 지방산을 포집한다. 이 시료관에 포름산을 주입하여, 가열승온시켜 저급지방산을 수소불꽃 이온화검출기(FID)가 달린 가스크로마토그래프(GC)에 직접 도입하여 정량한다.
프로피온알데히드 n-부틸알데히드 i-부틸알데히드 n-발레르알데히드 i-발레르알데히드	표 2-3의 아세트알데히드 분석법 또는 단시간(50ℓ, 10분내)에 시료채취봉지 등에 채취한 시료가스를 Tenax-GC 등을 충전한 시료채취관에 통과시켜 알데히드류 성분을 농축한다. 다음에 이들 농축된 성분을 액체산소로 냉각시킨 시료농축관에 재농축시킨다. 이 시료농축관을 가열 승온시켜 알데히드류 성분을 GC/MS에 도입하여 정량한다.
· 톨루엔, 크실렌, 아세트산 메틸, 메틸이소부틸케톤, 이소 부탄올은 스티렌과 같음	

## 나. 검지관법

검지관은 실내 혹은 악취 배출원 근처에서의 특정 가스 성분의 농도 측정에 알맞으며 특히 작업환경 관리에 많이 사용되고 있다. 일본의 악취 방지법에서는 부지 경계선상에서 저농도 악취 측정용으로 황화수소, 암모니아 및 스티렌만을 인정하고 있다.

표 2-5 악취 측정용 검지관(일본)

대상 물질	제작사	측정범위 (ppm)	채취 가스량	방해 가스	변색상한
암모니아	G사	0.5~5.0	750ml	아민류, 디아민류 2ppm이상에서 유사하게 변색. NH <sub>3</sub> 의 1/15이상의 공존에서 높은 오차	핑크색 → 노랑색
	K사	0.1~5.0	500ml	아민류	핑크색 → 노랑색
황화수소	G사	0.01~0.2	750ml	CH <sub>3</sub> SH, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> 의 영향 없음	황색 → 자주색
	K사	0.02~0.2	1,500ml	0.02ppm 이하의 CH <sub>3</sub> SH는 영향 없다.	황색 → 핑크색
스티렌	G사	0.2~4.0	1,500ml	Butadien 2ppm으로 황갈색의 침전발생. 10배 이상의 알코올, 케톤, 에스테르, 알데히드는 변색을 묽게 한다.	백색 → 황색
	K사	0.4~4.0	2,000ml	아세톤, 벤젠, 톨루엔, 크실렌, 아세트산에틸이 각 10ppm이하 일 때는 영향 없다.	백색 → 황색

## 다. 악취 센서

악취 센서는 현장에서 발생되고 있는 냄새의 세기를 바로 즉시 알 수 있다는 점에서 현장 조사에 널리 사용되고 있으며, 현재 실용화되고 있는 악취 센서로는 반도체 센서를 사용한 가스 센서의 유형과 후각 대체 기능을 가진 바이오센서 등이 있다.

악취 센서는 단일 가스의 측정에는 사용이 가능하지만, 복합계 가스의 경우에는 후각 시험법과의 상관관계가 좋지 않는 경우도 있기 때문에 주의할 필요가 있다.

## 2.4 악취와 물질 농도와의 관계

기기분석법은 GC, GC/MS 등을 이용하여 분석하는 방법이다. 이 방법은 인간의 후각으로는 알 수 없는 냄새성분의 규명이나 정량에는 적합하지만 냄새를 순간 또한 종합적으로 판단하는 경우에는 적합치 않다. 반면 관능시험법은 후각을 이용하므로 냄새의 질, 세기, 불쾌도 등을 종합적으로 판단할 수 있는 장점을 가지나 후각의 응답이

주관적으로 나타나는 문제가 있다. 악취를 평가하는 두 방법은 어느 쪽이나 장단점이 있기 때문에 이들 방법을 상호보완적으로 이용할 필요가 있으며 측정된 자료로부터 상호간의 관계를 정량적으로 해석할 필요가 있다.

#### 가. 화학성분 농도로부터 악취농도와 세기의 예측

악취농도는 그 냄새가 최소감지값에 이를 때까지 무취공기로 희석시킬 때 필요한 희석배율로 나타내지므로 냄새가 단일 물질로 구성된 경우, 악취농도의 이론값은 그 농도( $C_i$ )/최소감지값( $Th_i$ )으로 구할 수가 있지만, 여러 성분으로 구성된 악취에 대해서는 성분사이의 냄새세기에 대한 상호작용의 영향을 고려해야 한다. 혼합물의 냄새 세기는 각 성분에 대해 독립적인 것, 중화(中和)적인 것, 혹은 상가(相加)적이거나 상승(相乘)적인 것도 있다. 예를 들면 A, B의 두 종류의 냄새물질이 혼합되면 악취의 세기는 다음처럼 될 수 있다( $C_i$ 는 각 냄새성분에 의한 악취농도).

$$\text{독립 } I_{AB} = k \log(C_A \text{ 또는 } C_B)$$

$$\text{중화 } I_{AB} < k \log(C_A \text{ 또는 } C_B)$$

$$\text{상가 } I_{AB} = k \log(C_A + C_B)$$

$$\text{상승 } I_{AB} > k \log(C_A + C_B)$$

현재의 기술 수준으로는 상승·상쇄 작용 등 성분 상호작용의 관계를 정확하게 파악하기에는 어려움이 있다. 그러나 각 성분에 의한 악취농도( $C_i$ ) 값이 큰 성분일수록 냄새의 세기에 크게 관여하고 있는 것은 확실하며, 또한 그 값이 실측된 악취농도와 가까울수록 그 성분이 냄새의 주된 역할을 하는 성분 중 하나임에 틀림없다고 말할 수 있다.

#### 나. 실측 악취농도로부터 악취세기의 예측

실측된 악취세기와 농도와는 차이를 나타내고 있지만 대략적으로 다음의 표 2-6처럼 요약할 수 있다. 우리나라의 사업장 부지경계에서 악취 규제기준인 악취세기 2.5도이하는 악취농도로서 대략 10배 이하를 의미하고 공업지역에서의 대기 중 규제기준인 악취세기 3.0은 30~100배 이하에 해당함을 의미한다.

표 2-6 악취세기와 악취농도의 관계

6단계 악취세기 표시법	복합 취기(분뇨, 하수, 제지 등)	환경악취
1	악취 농도	10이하
2	"	10이하
2.5	"	~ 10 ~
3	"	30 ~ 100
3.5	"	100 ~ 300
4	"	~ 500 ~
5	"	~ 2,000 ~

다. 악취물질의 검출한계

악취 유발물질의 최소 감지 농도값을 표2-7에 나타내었다. 이것은 최소감지농도 이상부터 냄새를 느낄 수 있는 것이므로 이들 물질이 악취원인이 되는가를 알기 위해서는 적어도 이들 성분의 최소감지농도 수준까지 정밀하게 측정할 필요가 있으며, 반대로 말하자면 최소감지농도보다 더 낮은 농도로 측정하더라도 악취의 평가에는 별로 도움이 되지 않는다고 할 수 있다. 따라서 검지관을 이용하여 부지경계선상에서와 같은 저농도의 악취 성분을 측정하기 위해서는 검지관의 검출한계를 살펴보고 최소감지농도 수준의 검출한계를 갖는 검지관을 이용하여야 한다.

표 2-7 악취물질의 최소감지농도

(단위 : ppm)

	물질명	최소감지농도		물질명	최소감지농도
1	암모니아	0.15	12	이소발레르알데히드	0.00019
2	메틸메르캡탄	0.00012	13	이소부탄올	0.012
3	황화수소	0.0005	14	아세트산에틸	0.25
4	황화메틸	0.00012	15	메틸이소부틸케톤	0.17
5	이황화메틸	0.00028	16	톨루엔	0.92
6	트리메틸아민	0.00011	17	스티렌	0.033
7	아세트알데히드	0.0015	18	크실렌(크실렌)	0.11
8	프로피온알데히드	0.0015	19	프로피온산	0.0024
9	노르말부틸알데히드	0.00032	20	노르말부틸산	0.000068
10	이소부틸알데히드	0.0009	21	노르말발레르산	0.0001
11	노르말발레르알데히드	0.00071	22	이소발레르산	0.000053

## 2.5 악취발생원 조사방법

악취배출원이 많은 공단지역에서의 악취조사는 실제로 순회활동을 통해 그 발생원을 일일이 찾아내야 하는 어려움이 있다. 따라서 악취발생원 탐색을 원활히 하기 위해서는 사전에 각 업소의 대기배출시설, 폐기물, 폐수, 원료, 제품 등 악취와 관련되는 정보를 수집하여 DB화 해두고 이를 토대로 실제로 가능성이 높은 곳에서부터 탐색활동을 해야 한다.

### 가. 정성적인 악취발생원 조사

악취조사반은 정기적으로 정해진 경로에 따라 공업지역 내·외를 도보 또는 차량으로 순찰, 악취를 감지한 장소, 세기, 종류, 시각을 일정한 조사 용지에 기입하고, 순회 후 보고한다. 보고를 받은 담당 부문에서는, 이 보고에 그 때의 풍향, 풍속, 날씨, 기온등 기상상황과 사업장 내의 공장 가동 상황, 저장탱크의 하역 및 제품의 출하 상황 등을 기입하고, 1주일 혹은 1개월마다 집계 조사표를 모은다.

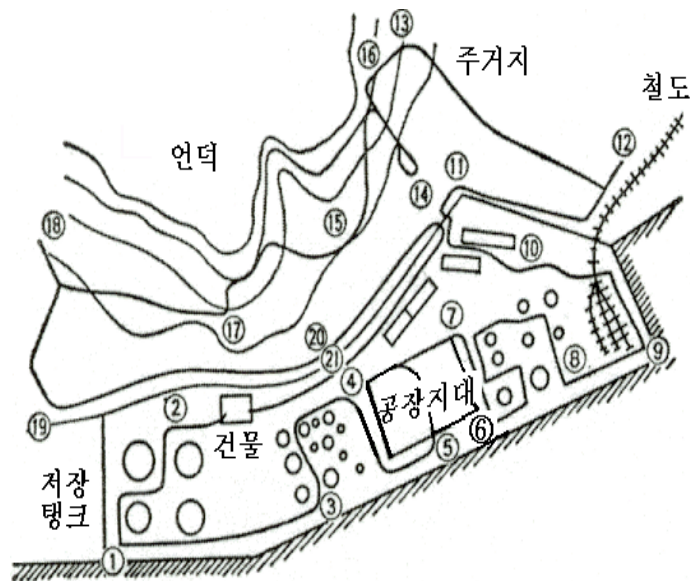


그림 2-3 사업장 시설물 배치도의 예

악취조사반은 여러조로 구성해야 하고, 수일간격으로 정기적인 순회를 하지만 일정 기간마다 적절히 패널(판정원)을 바꾸어 개인차 또는 그룹 차를 적게 하고 가능한 공정한 조사 결과를 얻을 수 있도록 해야 할 필요하다. 또 의학적 견해에 의해 연령별, 성별, 개인차, 컨디션에 따라 그 때의 후각 능력이 달라지는 것으로 알려져 있기 때문

에 감기에 걸려 있는 경우나 담배를 피우는 사람은 능력이 낮고, 만복시는 공복시보다도 능력이 저하되기 때문에 조사는 가능한 식사전에 하는 것이 좋고, 조사반은 연령 분포를 넓게 편성하는 것이 좋다.

이렇게 하여 장기간(2~3개월 이상)에 걸쳐 얻어진 조사 결과를 토대로, 그림 2-4와 같은 악취오염 분포도를 제작한다. 단, 이것은 어디까지나 정성적인 것으로 대략적인 발생원은 알 수 있지만 농도나 성분 혹은 발생량은 알 수 없다.

따라서 제2단계의 조사는, 제1단계에서 조사한 분포도를 토대로, 환경 악취시료를 채취하고, 농축하여 기기 분석과 악취농도를 측정한다. 즉, 추정되는 악취물질을 농축하여 가스크로마토그래피에 의해, 환경 중 악취 성분을 최소감지농도 정도까지 검출하고, 악취 물질을 밝힌다. 한편으로 악취 발생원이 될 가능성이 있는 시설의 배출 가스에 대해 악취 성분을 분석하여 각 시설에서 배출되는 악취물질과 농도를 자료화 해준다.

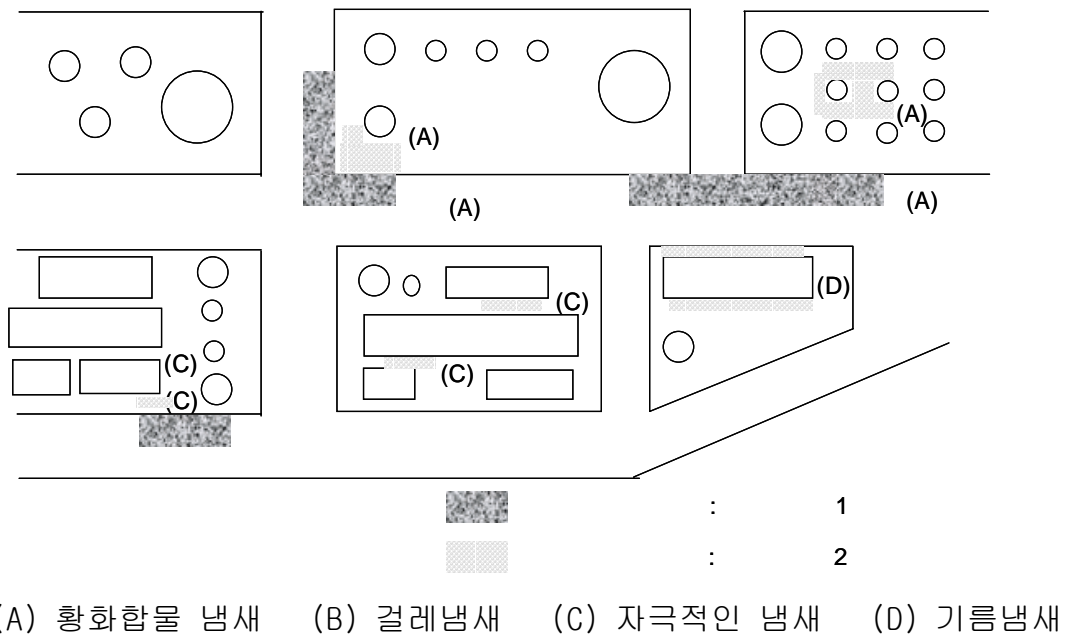


그림 2-4 사업장내 악취 분포도의 예

나. 시료 채취에 의한 악취 조사

일반 대기환경에서의 악취 시료채취는 측정하려는 항목에 따라 다르다. 표 2-8은 측정항목과 시료 채취방법을 개략적으로 나타낸 것이다. 표에서 나타낸 것과 같이

일반 대기의 채취는 악취용 봉지에 채취하는 방법과 측정하고 싶은 특정 악취 물질만을 흡수하거나 흡착하는 방법으로 크게 구분된다. 사용하는 봉지는 무취성, 보존성이 높은 것을 사용할 필요성이 있다. 봉지나 병으로 채취하는 방법과 각 방법의 특징을 표 2-9에 나타내었다.

표 2-8 측정항목별 악취시료 채취방법

측정항목	채취방법
악취농도 황계 악취 유기용제류(톨루엔 등) 알데히드류	봉지채취, 10~20ℓ /분 유량으로 6~30 초간 흡인 " " 봉지채취, 10~20ℓ /분 유량으로 5분간 흡인
암모니아	흡수법(붕산용액 20ml 2연식) 10ℓ /분, 50ℓ , 5분간
트리메틸아민	흡수법(황산용액 20ml 2연식) 10ℓ /분, 50ℓ , 5분간
저급지방산	흡수법(알칼리비즈법) 10ℓ /분, 50ℓ , 5분간

표 2-9 측정방법별 악취시료 채취방법

방 법	각 채취법의 도구와 채취요령
진공병법	내용적 10ℓ 정도, 유리제품 진공병 사전에 내부를 감압하여 두고, 현지에서 콕크를 개방 짧은 시간에 가스채취 가능, 파손되지 않도록 주의 필요
흡인병법	내용적 10ℓ 정도, 시료채취봉지 내장( 약 10ℓ 용량) 사전에 내부를 감압하여 두고, 현지에서 콕크를 개방 봉지로 채취, 짧은시간에 가스채취 가능, 기밀성 확인
직접채취법	무취성 에어펌프(흡인능력 : 20ℓ /분) 휴대용 펌프, 펌프를 끼워서 봉지에 포집한다. 경량으로 쉽게 채취가능, 펌프의 오염에 주의, 연속 사용 가능
간접채취법	흡인케이스(15~35ℓ )에 시료봉지 내장, 펌프가 필요 에어펌프케이스 내부를 감압하여 간접적으로 가스포집 케이스 내부를 볼 수 있고, 기밀성일 것, 펌프가 오염되는 것에 걱정하 지 않아도 된다.

굴뚝 등 배출구에서의 시료채취는 덕트 내부가 부압상태이거나, 가스가 고온일 경우, 수분이 과포화 상태일 경우, 또한 채취장소가 높아 위험성이 있기 때문에 진공병이나 흡인병법은 적합하지 않다. 보통 배출구에서의 시료채취는 펌프에 의한 방법이

사용되고 있다. 그리고 악취의 농도도 환경시료와 비교하여 높아 봉지나 도관의 오염에 대해 환경시료보다 신경 쓸 필요는 없다. 가스의 채취량도 환경시료 때보다 적어도 된다. 채취한 시료는 직사광선을 피하고 온도가 높아지지 않도록 운반한다. 또한 그 보존은 상온 이하 약간 어두운 장소를 선택할 필요가 있다.

표 2-10 배출구에서의 악취시료 채취방법

배출가스 특성	대처방법
수분이 많은 가스	펌프 앞에 응축수 트랩(trap)을 사용
먼지가 많은 가스	시료채취관 안에 유리섬유(glass wool)를 채운다.
고온가스 (300℃ 이상)	시료채취관으로 유리나 스텐레스등의 내열성이 높은 도관을 사용한다. 또한, 가능한 한 관을 길게 하여 냉각한다. 화상방지를 위해 내열장갑 등을 사용한다

### III. 업종 · 시설별 악취 배출특성

#### 3.1 폐수 수탁처리시설

##### 가. 주요 공정 및 특성

폐수 수탁처리업체에서는 반입되는 폐수는 종류별로 저장한 후 중화와 침전 등의 전처리 공정을 거쳐 증발농축기로 보낸다. 증발농축기에서 가스화된 폐수에 포함된 유기 및 무기 물질은 대기오염물질 방지시설에서 제거된다. 설치된 대기오염물질 방지시설은 흡수산화시설, 활성탄 흡착시설, 고온산화시설과 응축시설 등이 있으며, 이 중 고온산화시설을 가장 많이 갖추고 있다. 이러한 처리과정에서는 중화와 침전 등 간단한 전처리를 한 폐수를 증발시키므로, 폐수증발가스에 VOC는 물론 황 및 아민계 악취원인물질이 포함될 수 있다.

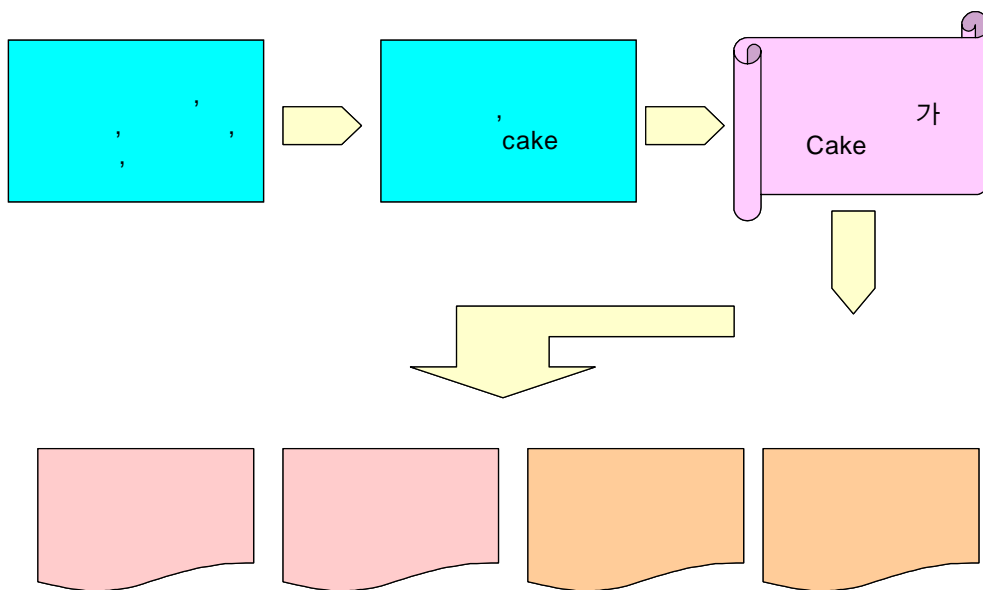


그림 3-1 폐수 수탁처리 시설의 주요 공정

##### 나. 주요 악취 배출원

폐수 수탁처리 업종의 주요 악취배출원은 폐수 증발·농축 시설이며, 동 시설은 증발·농축 후 발생한 배가스 내 대기오염물질을 제거한 후에 배출하는 방식(a)과 증발·농축 후 발생한 배가스 내 수분을 응축하여 폐수로 배출하는 방식(b)으로 구분된다. 다음 그림 3-2는 위의 두 가지 방식의 대표적인 시설을 나타내었으며, 악취의 배출은



## 다. 방지시설

폐수증발가스에는 VOC는 물론 황 및 아민계 악취원인물질이 포함될 수 있고, 직접가열에 의한 순간증발은 비등점이 높은 물질도 가스화 시키게 되어 증발가스 내 대기오염물질의 농도가 가중되기 때문에 폐수수탁처리업체에는 증발가스를 처리하는 방지시설이 주로 설치되어 있다. 폐수수탁처리 업체에 설치되어 있는 주요방지시설을 다음의 표 3-1에 나타내었다.

표 3-1. 폐수 수탁처리시설의 방지시설 종류 및 현황

방지시설	세부 사항	설치수 (인천)
흡수 산화 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 세정액에 과산화수소 등 산화제를 첨가한 습식세정기임</li> <li>- 용해도가 낮은 유기물을 흡수하여 산화시키기 위해서는 체류시간이 수 십초 이상이어야 함.</li> <li>- 세정기내에서 가스의 농도가 80 ℃이하로 낮아야 효율을 유지할 수 있다. 그러나 이러한 경우 가스에 포함된 폐수증발분이 상당부분 응축하게 됨</li> </ul>	3
활성탄 흡착시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 활성탄 탑을 이용하여 배가스 내 유기 및 무기물질을 흡착하여 처리하는 장치임.</li> <li>- 증발폐수내 유기물의 함량이 높은 경우에는 전처리시설을 붙여서 수명을 늘리도록 하여야 함.</li> <li>- 활성탄탑의 효율을 높게 유지하기 위해서는 낮게 유지하여야 하지만, 온도가 낮으면 수분이 응축되는 문제가 있음.</li> </ul>	3
고온산화시설 (악취로)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐수증발가스를 850 ℃이상으로 가열하여 가스내 유기물을 고온산화시키는 장치임.</li> <li>- 원통형 폐가스 소각로와 유사한 구조로 축방향으로 버너에 의한 화염이 형성되고, 직각방향으로 폐수증발가스를 주입함.</li> <li>- 직접연소가 되기에는 폐가스의 발열량이 충분하지 못하여 연료요구량이 많음.</li> <li>- 폐수증발가스와 버너 화염과의 혼합, 1초이상의 체류시간, 로내 균일온도 유지, 노내 적절한 유속 유지 등을 고려한 세심한 시설설계가 필요함.</li> </ul>	9
응축 및 폐수처리시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐수증발가스를 응축시켜서 폐수로 환원시키는 장치임.</li> <li>- 폐수증발가스를 배출하지 않은 것이 장점이며, 응축된 폐수를 처리하여야하는 부지를 확보하여야 하는 것이 단점이다.</li> </ul>	3

동 시설은 폐가스 소각로와 유사한 구조를 가졌음에도 불구하고, 폐가스 소각로로 등록되지 않고 대기오염방지시설로 등록되어 있어, 체류시간이나 열전대의 위치 등이 폐가스 소각로의 규정에 적용을 받지 않으며, 단순히 로(爐) 내 온도가 850℃가 될 것을 행정지도하고 있다. 그러나, 대부분의 폐수수탁처리업체에서 온도를 측정하는 지점이 로의 최종출구부분이 아닌 버너근처에 위치하고 있어 실제 로(爐) 온도를 대표하지 못하는 문제가 있다.

### 라. 악취 배출특성

폐수에는 다양한 성분이 산·염기 물질이 포함되어 있는데, 이들이 증발해서 황화합물 혹은 암모니아류로 배출된다. 현장조사 결과, 사업장에서는 황화합물보다는 암모니아류인 암모니아와 트리메틸아민이 주 악취원인물질로 검출되었으며, 유기물이 산화되어 발생하는 알데히드류인 아세트알데히드, 부틸알데히드와 프로피온 알데히드 등도 검출되었다. 특히 트리메틸 아민이 높게 검출되어, 폐수 수탁 처리업체를 트리메틸 아민의 주 배출원이라고 할 수 있다. 고온산화시설은 증발폐수의 온도를 고온으로 승온시켜서 배가스내 유기물 산화를 주 목적으로 하고 있지만, 본 시설의 대부분은 정제유를 사용하기 때문에 이에 의한 2차 오염도 고려하여야 할 필요가 있다.

표 3-2. 폐수 수탁처리시설의 주요 악취원인물질 분석결과

단위: ppm

구 분	암모니아류		알데히드류		
	암모니아	트리메틸아민	아세트알데히드	부틸알데히드	프로피온알데히드
OTC	0.15	0.00011	0.0015	0.00029	0.0017
냄새종류	소변취	썩은생선냄새	곰팡이냄새	약간불쾌한냄새	약간불쾌한냄새
측정범위	1~130	0.1~2.2	0.01~0.04	0.7~5.0	6~28

### 마. 시설 개선방안

- 증발 농축 결과 생성되는 가스에는 다량의 수분이 포함되어 있으므로, 수분을 응축하여 제거시키지 않은 경우에는 설치된 흡수탑 및 흡착탑의 오염물질 제거효율이

낮아질 수 있으므로 이에 대한 시설의 대체 또는 추가설치가 필요하다.

- 폐수 증발 농축 시설에 가장 많이 사용되는 시설은 고온산화로이고 노 내 온도를 850 °C 로 유지하면 악취원인물질을 제거할 수 있다고 평가된다. 아래 표는 일 60톤 규모 시설에 산화시설의 출구 온도에 따른 유류 사용량을 산출한 것인데, 850 °C를 유지하기 위해서는 연 6,000 여톤의 유류가 요구된다. 이러한 유류 사용량을 고체 연료로 환산하면 연 12,000 톤으로 1종 사업장에 해당되어 보다 엄한 규제기준을 가지고 관리 할 수 있게 된다.

표 3-3 증발폐수시설(60t/d규모) 출구온도에 따른 연료사용량 및 배가스량

출구온도(°C)	183	507	851
연료사용량(ton/yr)	1,355	2,455	6,000
배가스량(Nm <sup>3</sup> /min)	366	536	1,087

- 증발농축과 고온산화로 연결되는 공정은 폐수를 연소시키는 공정이므로 이를 폐액 소각로로 분류하여 배출가스 및 시설을 규제한다.

- 선진국에서는 진공 증발농축에서 생성된 가스를 응축하여 처리하는데, 장기적으로는 이러한 시설로 전환할 필요가 있다.

### 3.2 사료 제조시설

#### 가. 주요 공정 및 특성

사료제조공정에서는 다양한 크기의 농·임·수산물을 원료로 사용하고, 이를 분쇄 및 혼합하여 원하는 조성의 사료를 제조한다. 이와 함께 혼합된 사료에 수분함량을 조절하기 위해서 증자 혹은 건조과정을 거치게 된다. 증자는 건조한 사료에 증기를 이용하여 수분을 가하는 공정이며, 건조는 과량의 수분을 함유한 사료에 수분을 제거하는 공정이다. 원료의 입하, 저장, 분쇄 및 혼합공정에서 주로 먼지가 배출되고, 건조 및 증자공정에서는 고온에서 사료원료물질을 처리하게 되므로 여기서 악취가 발생한다.

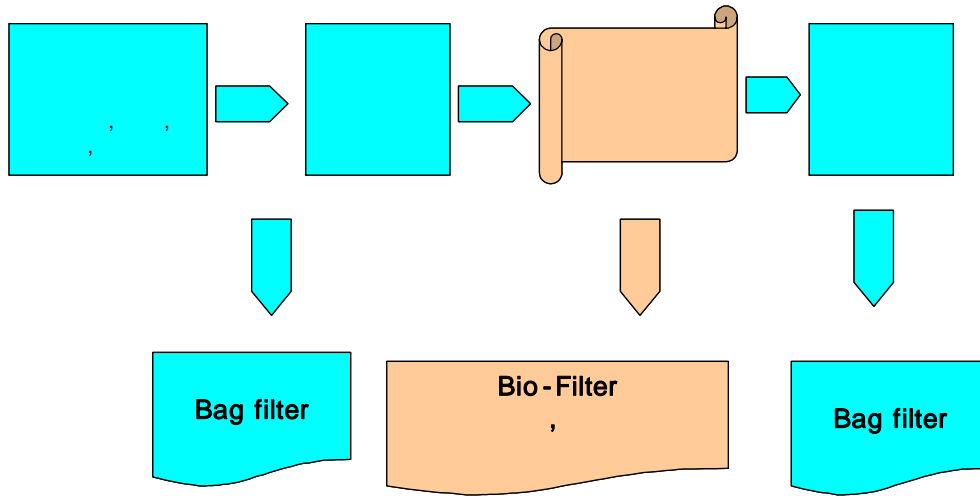
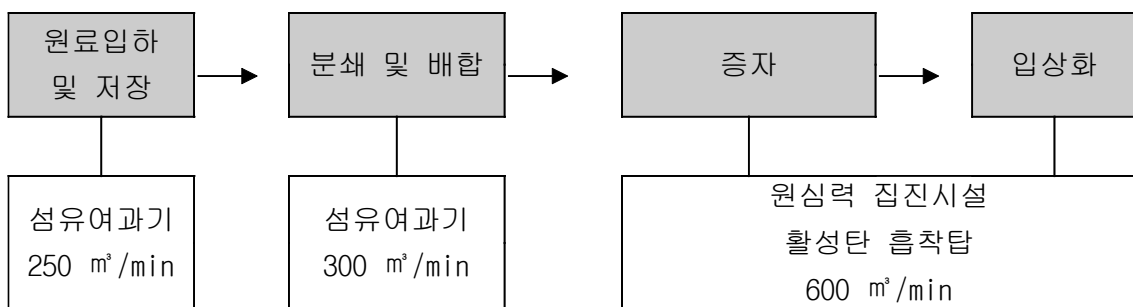


그림 3-3 사료제조 주요 공정

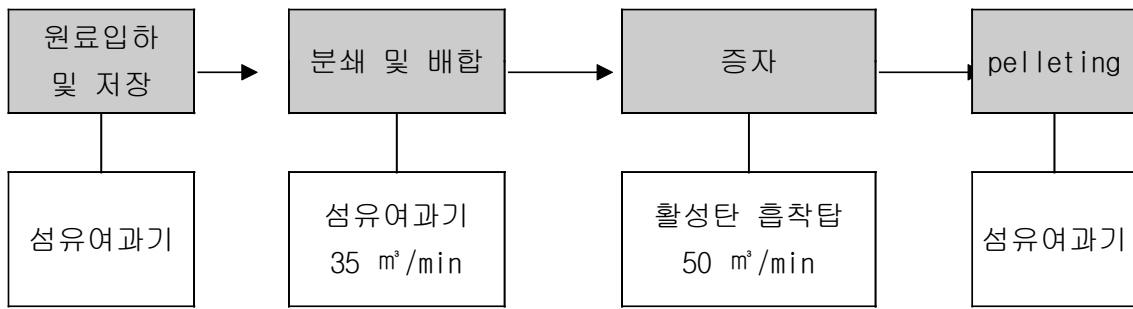
#### 나. 주요 악취 배출시설 및 방지시설

##### 1) 가축용 사료제조 공정

그림 3-4와 같이 원료의 입하 및 저장, 분쇄, 배합, 증자, 입상화 (pelleting), 포장 등의 공정으로 구성된다. 증자 및 입상화 공정에서 악취원인물질이 발생할 수 있어 주로 악취 원인물질을 제거하는 활성탄 흡착탑이 설치되어 있다. 사업장에 따라 두개 공정을 각각 또는 함께 묶어서 처리하고 있다. 함께 처리하는 경우(A)에는 입상화 공정의 공기로 인하여 용량이 큰 활성탄 흡착탑을 요구되고 흡착효율은 오히려 낮게 나타난다. 반면, 각각 처리하는 경우(B)는 악취발생이 많은 증자공정에서 발생한 배가스를 용량이 작은 활성탄 흡착탑으로 처리할 수 있는 장점이 있으나, 입상화 공정에서 발생하는 악취 원인물질은 제어할 수 없다.



공정 (A)



공정 (B)

그림 3-4 가축용 사료 제조 공정

2) 양어용 사료제조

그림 3-5과 같이 제분후 건조실에서 열풍건조하여 출하되는데, 원료에 단백질이 포함되어 있어서 가축용 사료 제조시보다 악취가 많이 나는 것으로 알려져 있다. 특별한 경우 악취저감을 위해 촉매반응기인 AEROX INJECTOR를 설치하는 경우도 있다.

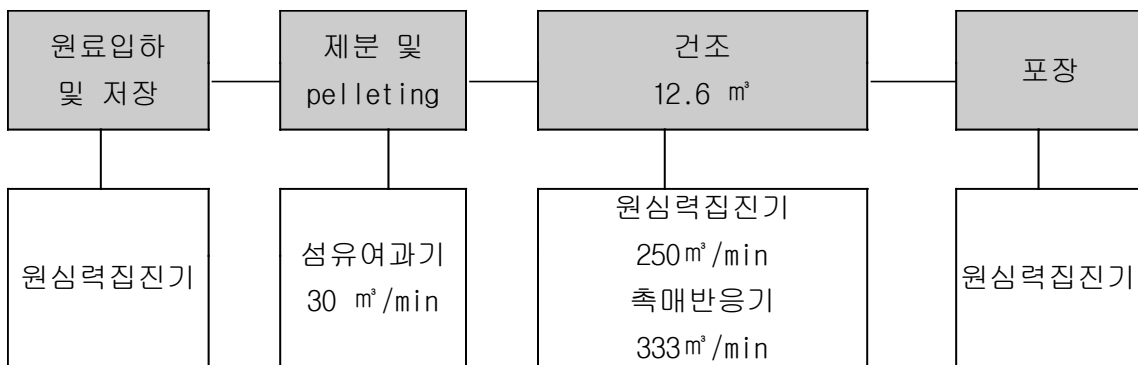


그림 3-5 양어용 사료 제조 공정

AEROX INJECTOR는 대기를 흡입하여 UV촉매를 통과시키는데 일반적으로 취기저감효율은 70~98%이며, 양어용 사료에 대한 취기저감효율은 80~94%이다.

주 악취발생원은 증자 후에 건조하는 시설인데, 각 과정에서 생성되는 폐가스는 고온산화시키고 폐액은 증발·농축시킨다. 이와 더불어서, 가축용 혹은 양어용 사료의 원료에서는 악취발생이 적은 반면, 생선잔여물은 부패정도에 따라서 악취가 발생이 많을 수 있다.

그림 3-6에 나타난 바와 같이 증자, 압착, 건조과정에서 생성되는 폐가스는 세정집

진시설을 거쳐서 먼지 등을 1차 제거한 후에 수분을 응축한 연후에 고온산화시설로 주입된다. 또한, 폐액은 증발·농축시키는데, 본 과정에서 발생한 배가스는 별도의 응축 처리없이 바로 고온산화시설로 주입된다.

현장조사결과, 사료제조업의 대표적인 악취배출시설은 건조 및 증자시설이었으며, 악취원인물질 배출은 원료의 악취발생 특성에 좌우되었다.

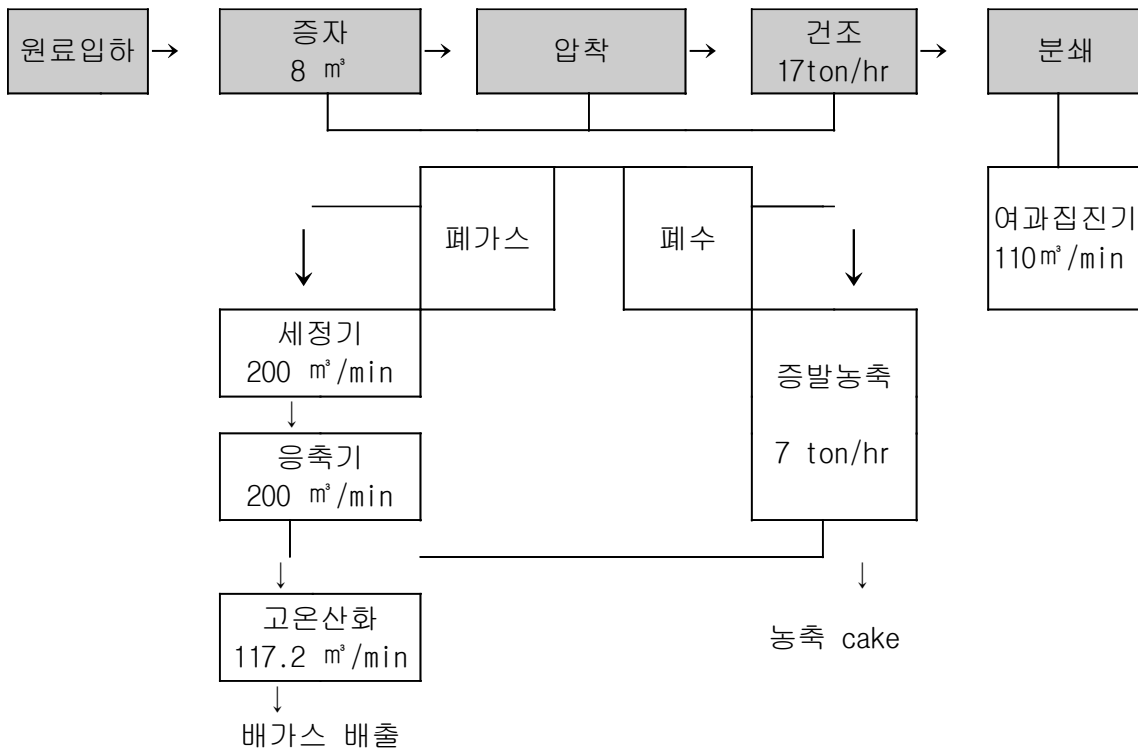


그림 3-6 어분 제조 공정

표 3-4 사료제조시설의 악취배출별 방지시설 설치 예

	악취배출시설		방지시설			
	건조시설	증자시설	고온산화	축매산화	흡착탑	세정기
용량*	300 m³/m	100-126ℓ /h	117 m³/m	333m³/m	50-600 m³/m	200 m³/m
개수	2	3	1	1	2	1

#### 다. 악취 배출현황

사료제조공정은 유기물을 가열, 가공하는 공정으로 이루어져 있어, 유기물내 있는 암모니아류, 황화합물과 알데히드류가 탈착 혹은 탈수하여 배출되거나 유기물로부터 알데히드가 생성되어 배출된다. 따라서 표 3-5에 나타난 바와 같이 다양한 악취 원인물질이 검출되었으며, 알데히드류에 의한 악취 배출량이 가장 큰 것으로 조사되었다.

표 3-5 사료제조공정 주요 악취원인물질

단위 : ppm

구 분	암모니아류	황화합물	알데히드류	
화학종	트리메틸아민	이황화메틸	이소발레르 알데히드	부틸 알데히드
OTC	0.00011	0.00028	0.00069	0.00029
냄새종류	생선썩은냄새	해초냄새	약간불쾌한냄새	약간 불쾌한 냄새
측정범위	14이하	0.56 이하	0.67이하	1.5 이하

#### 라. 시설 개선방안

- 습도가 높은 곡물을 건조시키거나 습도가 낮은 곡물에 증기를 가하여 수분함량을 늘이는 증자시설로부터 배출되는 가스는 상당량의 수증기를 포함하고 있다. 본 가스를 흡착탑에 적용하게 되면, 수분이 흡착효율을 저하시키게 된다. 이를 방지하기 위해서는 chiller를 주입하거나 열교환기를 설치하여 온도를 낮추어 배가스내 수분을 응축시켜서 제거시켜야 한다. 이렇게 수분을 제거하기 위해서 온도를 낮추면, 흡착탑을 낮은 온도에서 운영하는 결과를 가져오므로 흡착효율이 증가하는 이점도 생기게 된다.

- “활성산소” 등을 이용한 촉매 산화처리는 먼지농도가 주요한 방해제 역할을 한다. 그래서, 일부 사업장에서는 공기주입부에 헤파 필터를 이용하여 먼지를 제거하고 있으나, 배가스에 포함된 먼지는 충분히 제거하지 못하고 있다. 따라서, 현재 먼지방지시설을 강화해서 배가스내 미세먼지를 충분히 제거한 후에 촉매산화처리를 시키도록 하여야 한다. 배가스내 수분을 제거하면 촉매 산화율이 증가하리라 예상되나, 아직 이에 대한 근거자료가 없는 실정이다. 따라서, 현 배가스내 수분이 적정한가에 대한 기술적 검토도 이루어져야 한다.

- 일반 곡물이 아닌 부패가능한 동물성 원료를 사용하는 경우는 원료입하 및 저장

시 악취가 발생하여 민원의 대상이 된다. 따라서, 원료의 입하부터 저장까지 밀폐된 실내에서 이루어지도록 하여야 하며, 실내 공기는 적절한 악취방지시설로 보내어 악취 물질을 제거한 후에 배출하도록 하여야 한다. 그리고, 장시간 저장할 경우는 냉장시설을 갖추어서 원료가 부패되지 않도록 하여야 한다.

- 중소형 사료제조업체에서는 기존 보일러를 고온산화시설로 활용하는 예가 다수 있다. 고온 산화 시설은 폐수 수탁 처리 업체에서 상세히 다룬 바와 같이 체류시간, CO농도, 이론적 연료 사용량 등을 검토하여 항상 높은 효율로 가동할 수 있게 관리·감독을 하여야 한다.

### 3.3 도장시설

#### 가. 주요 공정 및 특성

도장은 제품표면에 도료를 입히는 공정인데, 도료의 표면 접착성 및 표면 광택을 높이기 위하여 다양한 종류의 유기용제를 사용하게 된다. 도장 공정은 크게, 제품표면 세척, 도포와 건조로 구분되는데, 도포와 건조시 VOC가 배출된다. 도료를 제품표면에 도포시키는 방법으로는 담그기(dipping), 붓질(brushing)과 분사(spray)등으로 구분되는데, 양질의 도장을 하기 위해서 대다수의 업체에서는 분사도장을 하고 있다. 도장시에 분사된 도료와 유기용제 화합물이 알갱이 상태로 배출되므로 타 방법보다 VOC 배출량이 크게 나타난다.

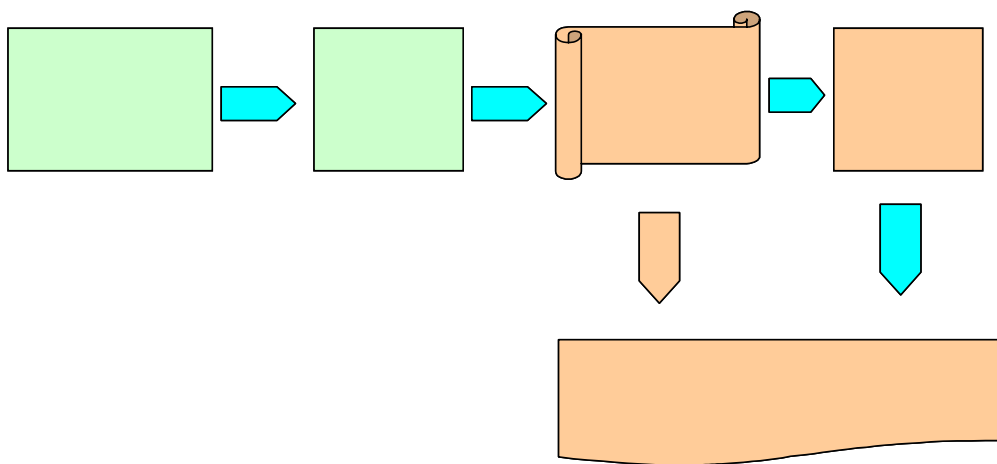


그림 3-7 도장 주요 공정

도장방식에는 공기원자화 분사(air atomized spray), 무공기 분사(airless spray), 정전기 분사(electrostatic spary), 담금(dip)과 흐름(flow) 방법 등이 있는데, 정전기분사와 담금과 흐름방식이 도장효율(Transfer efficiency)이 60%이상이며, 공기원자화 분사와 무공기 분사는 25%정도의 도장효율을 보이고 있다. 따라서, 정전기 분사 혹은 담금과 흐름 도장방법이 VOCs의 배출을 억제방법으로 추천된다. 이러한 분사방법외에도 용제함유율이 적은 분체도장을 사용하거나 유기성 용제대신 물을 사용하면 VOCs의 배출량을 50%~85%까지 줄일 수 있다. 그러나, 이러한 도장방법을 소형 사업장에서 적용하기는 비용측면에서 어려운 점이 있다.

#### 나. 주요 악취 배출시설 및 방지시설

도장시설에 설치된 방지시설은 대부분 흡착탑이며, 현장조사한 사업장에는 120 ~ 720 m<sup>3</sup>/분 용량의 흡착탑이 설치되어 있었다. 건조 및 소성공정에서 사용되는 연료는 경유와 LPG로 나타났는데, 회분식공정인 B-도장은 단기간 연소열이 필요하기 때문에 LPG를 사용하고 있다.

표 3-6 도장공정별 방지시설 설치(예)

도장방법	공정방식	도료 사용량	방지시설	연료	
				종류	사용량
분사 도장	연속식	도료 72 ℓ /일 신너 36 ℓ /일	활성탄 흡착탑 2기 (총 840m <sup>3</sup> /분)	경유	22ℓ /일
분사 도장	회분식	도료 3.6 ℓ /일 신너 0.8 ℓ /일	활성탄 흡착탑 1기 (120m <sup>3</sup> /분)	LPG	4kg/일

#### 다. 악취 배출현황

도장시설 사업장과 굴뚝에서 시료를 채취하여 악취원인물질을 측정하여 표 3-7에 나타내었는데, 주로 배출되는 악취원인물질은 용제의 주성분인 톨루엔, 크실렌, 스티렌 등의 방향족 화합물과 이들이 고온산화되면서 나타나는 이소발레르 알데히드, 부틸 알데히드 등 알데히드류 이다.

표 3-7 도장시설 주요 악취원인물질

단위: ppm

구 분	알데히드류				방향족 류		
	아세트 알데히드	프로피온 알데히드	부틸 알데히드	이소발레르 알데히드	톨루엔	크실렌	스티렌
OTC	0.0015	0.0015	0.00029	0.000069	0.92	0.12	0.033
냄새종류	곰팡이냄새	느끼한 냄새	불쾌한냄새	불쾌한 냄새	고무냄새	단냄새	고무냄새
측정범위	0.68이하	2~14	0.1 이하	0.4이하	60~700	30~50	0.1~7.1

회분식 공정이 있는 도장 업체들은 영세하여 방지시설을 설치하기 어렵고, 사용되는 도료 양도 적어서 업체별로 악취원인물질 배출도 크지 않으나 악취배출특성은 큰 차이를 보이지 않는다.

연속식 공정을 가지고 있는 도장시설은 대부분 그 규모가 크고, 분무실(spray chamber), 순간증발지역(flash off area)과 건조오븐(bake oven)이 주요 악취 배출원이라 할 수 있다. 다음 표는 연소공정에서 측정된 주요 악취원인물질의 농도이다.

표 3-8 연속식 도장공장의 주요지점별 악취원인물질 농도

단위: ppm

화학종명	OTC	분무실*	순간증발지역	건조오븐*
톨루엔	0.92	10.5	8.2	60.3
스타이렌	0.33	7.1	0.09	7.1
크실렌	0.12	44.6	26.4	44.6
에틸아세테이트	0.87	ND	ND	6.9
아세트알데히드	0.0015	ND	ND	0.68
프로피온알데히드	0.0015	ND	ND	2.03
부틸알데히드	0.00029	ND	ND	5.74
이소부틸알데히드	0.00055	ND	ND	0.73

\* 대상시설 강제 환풍구와 연결된 굴뚝에서 측정치임.

표 3-8에 나타난 바와 같이 유기용제가 증발한 방향족 화합물인 톨루엔, 스타이렌, 크실렌이 3개 지점 모두에서 높은 농도로 검출되었고, 특히 고온에서 건조하는 건조 오븐에서 가장 높게 측정되었다. 또한, 유기용제가 산화되어 생성되는 아세트알데히드, 프로피온알데히드, 부틸알데히드 등 알데히드류는 건조오븐에서만 검출되었다.

#### 라. 시설 개선방안

- 활성탄에 의한 흡착법과 고온, 열촉적 및 촉매 산화법등을 적용하여 배가스내 VOC와 악취원인물질을 제거하는 것으로 고가의 시설비용이 요구되는 방법으로 볼 수 있다.

- 도료의 개선과 건조오븐에 온도를 조절하여 VOC와 악취원인물질 배출량을 저감하는 방안을 우선적으로 강구한 후에 저렴한 후처리 시설을 개발하여 이를 업체에 권장하도록 하는 것이 바람직하다.

최근에는 VOC 함유량이 낮은 도료들이 개발되고 있는데, 예를 들면 물용제 도료(waterborne coating), 가루 도료(powder coating)와 고 고체성분 도료(higher solid coating) 등이 있다. 이러한 도료와 전달효율(transfer efficiency)이 높은 도장법을 사용하면, 고가의 방지시설에 의한 정도의 VOC 배출량을 저감효과를 이룰 수 있다.

- 건조오븐에서 배출되는 알데히드류는 VOC가 산화되어 생성되는 것으로 도료의 VOC 함량을 줄이면 저감효과를 이룰 수 있다. 또한, 건조온도 및 조건을 변화하여 산화속도를 줄일 수 있는 방법이 있으나, 많이 사용되는 방법은 아니다.

### 3.4 폐기물 소각시설

#### 가. 주요 공정 및 특성

일반적인 산업폐기물 소각로의 주요 공정은 폐기물의 입하 및 저장으로 시작되나, 대형 생활폐기물 소각로와는 달리 저장실에 공기밀폐시설이 없으며 지하가 아닌 지상에 저장하고 있다. 저장된 폐기물은 간단한 파쇄를 통한 전처리 또는 전처리 없이

소각로에 투입된다. 소각로 형태는 구동화격자식과 로타리킬른이 주로 사용된다.

소각로에서 배출되는 배가스는 850 °C이상의 고온이기 때문에 폐열보일러, 증발냉각기(quencher) 혹은 공기에열기(air preheater)를 이용하여 방지시설 입구온도인 75~300 °C로 냉각시키게 된다.

폐열보일러는 소각로에서 발생한 열을 재활용할 수 있는 장점이 있으나, 소각가스 내 소각부산물에 응축하여 보일러에 막힘현상을 초래할 수 있고 생산된 열을 소모할 시설이 주변에 없는 경우에 이를 별도로 처리하여야 하는 부담이 있다.

증발냉각기는 물을 미세한 입자로 분사하는 장치로써, 장치가 단순하여 고장 가능성이 적고 물 분사량조절이 용이한 장점이 있으나, 소각하는 폐기물량의 수배에 달하는 물이 필요하고, 배가스내 수분의 양을 10%이상 증가시켜 후단 방지시설에 부담을 주는 동시에 굴뚝에서 백연을 발생시킨다는 단점이 있어 이를 개선하기 위해서 공기에열기를 증발냉각기와 함께 설치하기도 한다.

공기에열기는 단순히 외부 공기와 열교환을 통하여 온도를 200~400 °C 정도 낮추는 장치인데, 증발냉각기 후단에 부착하는 것이 보통이다. 공기에열기는 구조가 간단하고 운영비도 저렴하고 생성된 고온 공기는 굴뚝으로 보내어 백연을 방지하거나 소각로로 보내어 재활용할 수 있는 장점이 있으나, 폐열보일러와 같이 막힘현상이 초래할 수 있다는 단점이 있다.

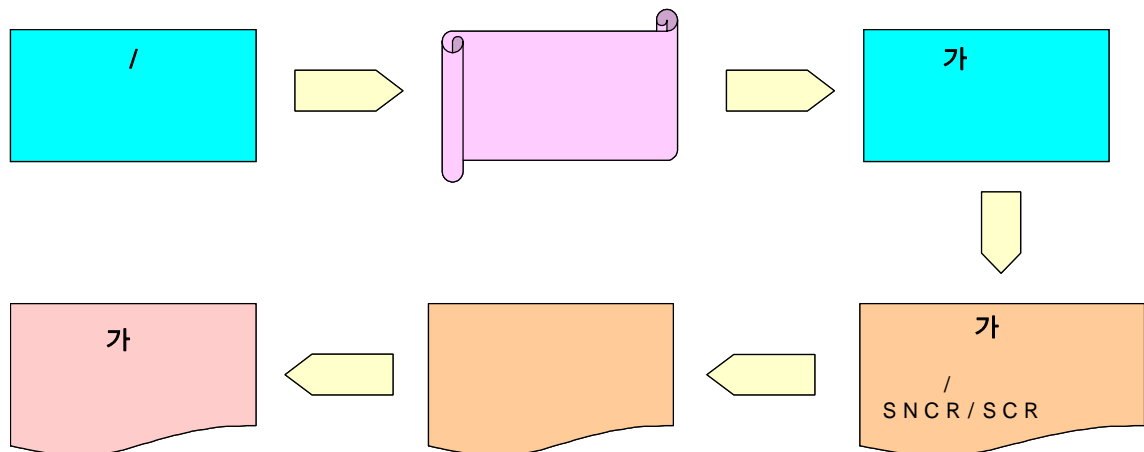


그림 3-8 중형 폐기물 소각시설 주요 공정

## 나. 주요 악취 배출시설 및 방지시설

과거 소각로에는 원심분리기 등 중력을 이용한 먼지제거 장치가 방지시설의 대부분을 이루었으나, 최근에 소각로 관련 법안이 강화되면서 배가스내 산성가스를 제거하는 각종 세정기와 방지효율이 높은 정전집진기와 섬유여과기 등이 설치되는 것은 물론이고 질소산화물제거를 위한 촉매반응장치(NSCR/SCR)와 다이옥신 제거를 위한 활성탄흡착장치 등도 사용되고 있다. 세정기로는 소석회 혹은 소석회와 활성탄을 혼합한 뒤에 물과 섞어서 배가스와 반응시키는 반건식 세정기가 많이 사용되며, 이러한 알칼리성 약품과 흡착제를 직접 배가스와 반응시키는 건식 세정기도 일부 사용되고 있다. 촉매반응장치로는 암모니아를 이용하여 질소산화물을 제거시키는 장치가 활용되고 있다.

소각로에서는 다량의 먼지가 발생하므로 정전 집진기 혹은 섬유여과기와 같은 고효율 먼지 방지시설을 설치하여야 한다. 일부 소각로에서는 원심분리기를 이용하여 거대먼지를 제거한 후에 고효율 방지시설을 적용하기도 한다. 원심분리는 배가스 냉각 장치와 유해가스 제거장치 사이에 설치하는 것이 보통이다. 전기 집진기는 다량의 공기를 처리하는데도 불구하고 압력손실이 적다는 점에서 많이 사용되어 왔으나, 최근에 다이옥신이 정전 집진기에서 생성될 수도 있다는 점이 알려짐에 따라서 섬유여과기가 많이 사용되고 있다. 섬유여과기는 먼지제거효율이 높고 건식/반건식 세정기와 같이 사용할 경우에는 다이옥신을 저감할 수 있다는 장점이 있으나, 습기에 약하고 압력손실이 수백 mm H<sub>2</sub>O에 달할 수 있고 내구성이 적다는 단점이 있다.

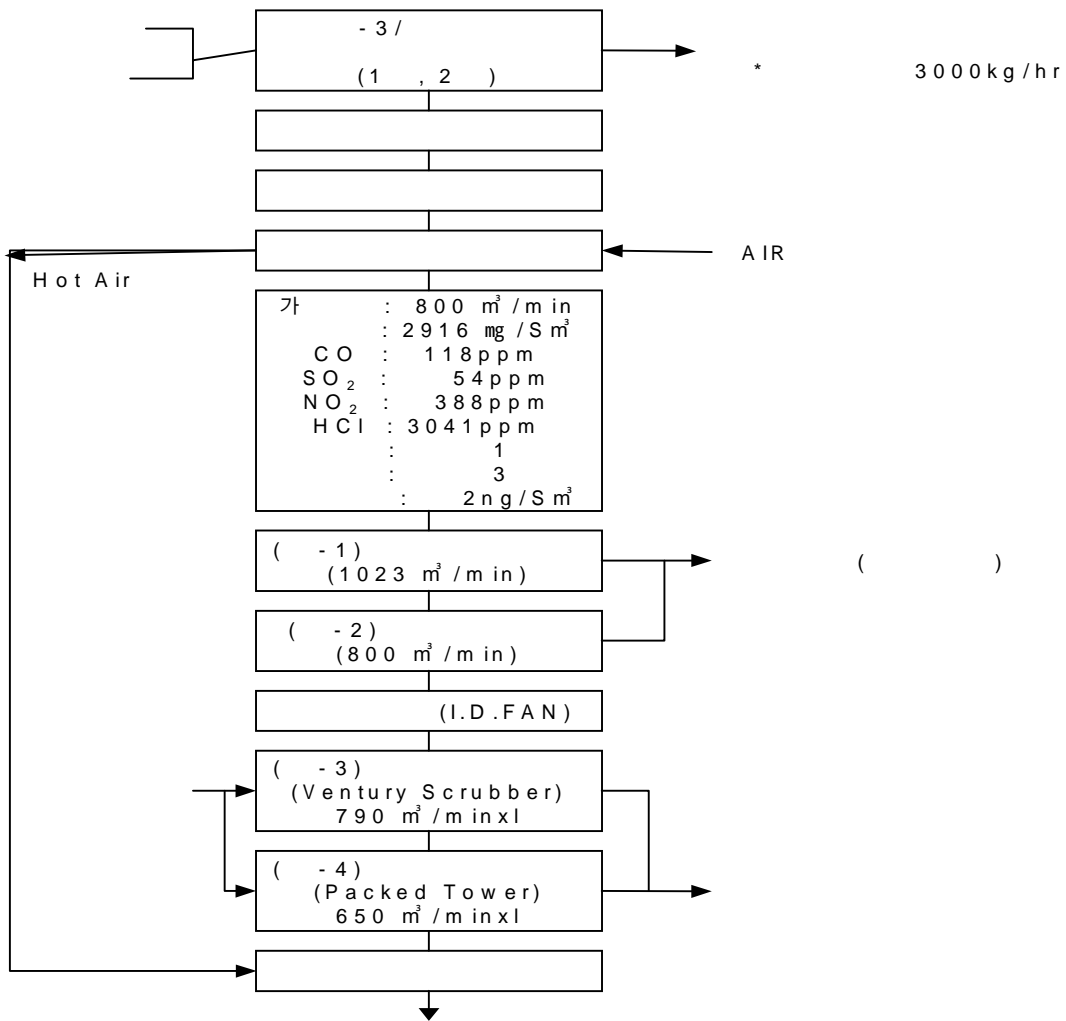


그림 3-9 소각로 배출시설 및 방지시설 공정도 예

일부 중형 소각로에 반입되는 폐기물에 PVC 등 염소를 다량으로 포함될 수가 있다. 이러한 경우에는 HCl 제거를 위한 습식 세정기를 섬유여과기 후단에 설치하는데, 이는 섬유여과기에 습기를 높이지 않고 세정수내 부유물질 생성이 적어서 세정수를 순환시킬 수 있는 장점 때문이다. 충전탑과 벤트리 스크러버가 주로 습식 세정기로 사용된다.

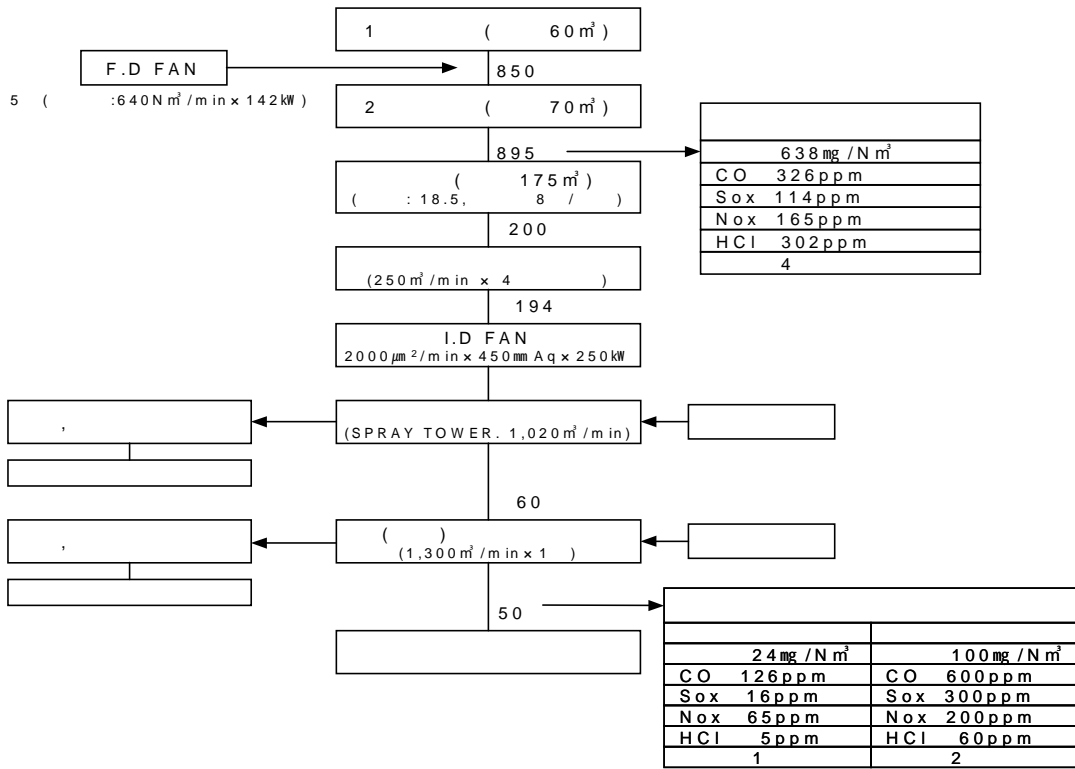


그림 3-10 사업장 폐기물 소각시설 공정 예

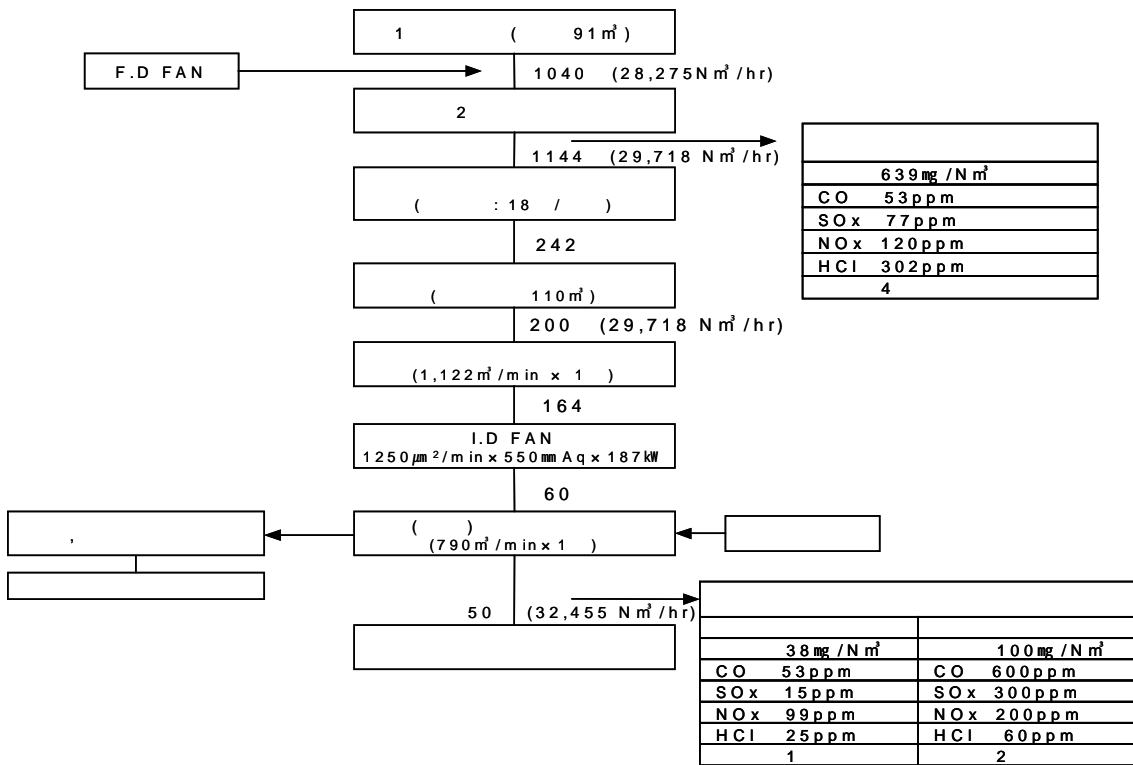


그림 3-11 사업장 고온소각처리 공정 예

모든 대상 소각로의 폐기물 투입구는 두 개의 sliding gate를 갖춘 이중 호퍼였는데, sliding gate가 완전히 밀폐를 시키지 못하고 호퍼길이가 짧기 때문에 두 개의 gate중 한 개가 열리고 로가 양압상태에 있으면 흑연이 호퍼로 누출될 수 있는 구조를 갖고 있었다.

#### 다. 악취 배출현황

소각로에서는 폐기물저장시설보다는 굴뚝에서 악취원인 물질 및 악취희석배수 농도가 높게 측정되었는데, 측정결과는 표 3-9와 같다. 주요 악취 원인물질은 아세트알데히드와 방향족류인 톨루엔, 크실렌, 스티렌으로 나타났으며, 지정 폐기물인 슬러지를 소각하는 소각로에서는 메틸메르캅탄이 검출되었다. 이러한 물질이외에도 트리메틸아민이 불규칙적으로 검출되기도 하였다.

표 3-9 폐기물 소각장 주요 악취 원인물질 측정결과

구 분	알데히드류	황화합물	방향족 류			공기희석관능법
화학종	아세트알데히드	메틸메르캅탄	톨루엔	크실렌	스티렌	희석배수
OTC	0.0015		0.92	0.12	0.033	-
냄새종류	곰팡이냄새		고무냄새	단냄새	고무냄새	-
측정범위	2.9~8.2	0.1*	0.15~17.6	0~2.94	0~0.1	14~45

\* 지정폐기물 소각로에서만 검출됨.

#### 라. 시설 개선방안

소각시설에서 주로 배출되는 대기오염물질은 VOC류인 아세트알데히드, 크실렌과 스티렌으로 조사되었으며, 일부 폐기물소각로에서는 메틸메르캅탄이 배출되기도 하였다. VOC류를 제거하기 위해서는 소각로내의 연소조건인 3T(온도, 체류시간, 난류도)를 향상시켜서 보다 완전한 연소를 유도할 필요가 있다.

표 3-10 폐기물 소각시설 문제점별 개선방안

번호	문제점	개선조치
1	소각로 투입구에서 흑연발생	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 일부 소각로에서 노내압을 -2~-4 mmH<sub>2</sub>O로 설정하여 운영하고 있는데, 이를 -5~-10 mmH<sub>2</sub>O로 조절함.</li> <li>- 소각로의 노후화 등으로 -5~-10 mmH<sub>2</sub>O 노내압을 설정하기 어려우면 RAM 방식으로 투입구를 변경함.</li> </ul>
2	정전집진기 효율이 낮음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 조사 대상 정전집진기의 노후화로 발생하는 문제로 지속적인 점검과 이에 따른 수리보완이 필요함.</li> <li>- 장기적으로는 정전집진기의 교체 혹은 새로운 먼지방지시설의 설치의 검토가 필요함.</li> </ul>
3	굴뚝에 배가스내 산소농도가 높음	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 노후화된 일부 소각로내에서 발생하는 문제로, 소각로내 온도를 유지함에도 불구하고 굴뚝내 배가스 산소농도가 높게 나타남은 일부시설에서 공기가 유입되기 때문임.</li> <li>- 공기에열기와 섬유여과기 상부 등의 부식이 공기유입의 원인이 되므로 이러한 부분에 대한 주기적 점검을 하고, 필요시 유입송풍기의 damper를 열어가면서 노압의 변화상태를 점검하도록 하도록 함.</li> </ul>
4	아세트 알데히드 및 방향족 화합물 배출	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 소각로 운전을 개선하여 3T를 향상시키도록 한다. 이를 위해서는 소각로의 각 시설에 밀폐를 유지하고, 소각로 벽면 및 화격자에 설치된 공기유입구의 막힘현상을 제거함.</li> <li>- 섬유여과기를 사용하는 소각로에는 활성탄을 주입하여 VOC를 흡착하여 제거함.</li> </ul>

### 3.5 아스콘 제조시설

#### 가. 주요 공정 및 특성

아스콘은 자갈과 액상 아스팔트 시멘트를 혼합하여 제조하여 도로포장에 사용되는 물질로써, 자갈이 전체혼합물의 92%이상을 차지한다. 아스팔트 제조공정은 회분식과 연속식으로 구분되고 연속식은 다시 순방향과 역방향식으로 구분되는데, 외국의 경우 회분식이 전체의 60~70%를 차지하고 국내는 대부분 회분식이다.

다음 그림은 회분식과 역방향 연속식 아스콘 제조 공정의 개략도를 보여 주고 있는데, 회분식과 연속식 모두 자갈을 로터리 건조기로 건조시킨 후에 고온의 아스팔트 시멘트와 혼합시킨다. 다만, 회분식은 고온혼합기(hot bins and mixer)에서 혼합시키고, 연속식은 드럼혼합기(drum mixer)에서 혼합시킨다.



## 나. 주요 배출시설 및 방지시설

아스콘 제조업체에서 주로 배출되는 대기오염물질은 먼지와 아스팔트 시멘트가 휘발하여 발생하는 유기증발가스(organic fume)이다. 우리나라에서 주로 사용하는 회분식 아스콘 제조 공정에서 유기증발가스가 배출되는 공정은 고온 혼합기(hot bins and mixer)에서 자갈과 아스팔트 시멘트가 혼합하는 공정, 제조된 아스콘을 트럭에 적재하는 공정과 아스팔트시멘트를 고온에서 저장하는 공정이다. 이 중에서 가장 많은 유기증발가스가 배출되는 공정은 아스콘을 트럭에 적재하는 공정으로 알려져 있다.

주요 방지시설로는 아스콘 차량적재시 발생하는 blue smoke(자갈과 아스팔트가 섞일 때에 VOC를 포함한 미세 방울)를 방지하기 위한 2단 filter pack과 아스콘과 자갈을 저온에 혼합하는 cold feed system 등이 있고, 주로 먼지 방지시설만을 갖추고 있고, 별도의 악취방지시설은 갖추지 않고 있다. 먼지방지시설은 대부분 원심력 집진시설을 이용하여 거대먼지를 제거한 연후에 섬유여과기를 이용하여 미세먼지를 제거하는 2단계로 구성되어있다.

## 다. 악취 배출현황

아스콘 제조업체에서 주로 발생하는 악취 물질로는 blue smoke와 아스팔트 시멘트가 고온에서 증발하여 생성되는 벤젠, 이황화탄소, 포름알데히드, 스타이렌, 자일렌이다.

표 3-11 아스콘 제조시설의 주요 악취물질농도 측정결과

단위:ppm

구 분	암모니아류		알데히드류		방향족 류		
화학종	암모니아	트리메틸아민	이소부틸알데히드	발레르알데히드	톨루엔	크실렌	스티렌
OTC	0.15	0.00011	0.00055	0.00071	0.92	0.12	0.033
냄새종류	소변취	썩은생선냄새	공팡이냄새	불쾌한냄새	고무냄새	단냄새	고무냄새
측정범위	2.2	0.003	0.91	0.034	6.9	10.0	0.41

## 라. 시설 개선방안

아스콘 제조시설에서는 황화합물을 제외한 거의 모든 악취원인물질이 배출되며 배출량도 많은 것으로 조사되었다. 회분식공정에서 악취의 대부분은 고온반응기에서 자갈과 아스팔트시멘트를 섞을 때와 제조된 아스콘을 차량에 적재할 때에 방출되는 등 비교적 좁은공간에서 악취원인물질이 배출되므로 악취저감기술을 집중적으로 적용하여야 한다. 회분식 공정에 대하여는 다음과 같이 2단계로 이루어진 단계적 개선방안이 필요하다.

- 아스팔트 저장고에 설치되어 있는 환기에서 벤젠, 이황화탄소, 포름알데히드, 스타이렌, 자일렌 등이 배출되는데, 기존 벤트를 공랭식 환기로 교체하여 아스팔트 증기를 응축시키도록 하여야 한다. 고온 혼합기에서의 악취는 화염방패(flame shield)와 asphalt 주입 노즐을 변경 등 기존 시설을 변경하는 방법을 적극 검토하며, 또한 고온 혼합기에 별도의 유인송풍기를 부착하고, 흡입된 공기는 건조기(dryer)로 보내어 완전 산화시키도록 한다. 또한 차량에 덮개 시설을 강화하여 이송시 악취 배출을 최대한으로 억제한다.

- 혼합기의 상부시설에 덮개를 하고, air curtain을 장치하는 등 외부와 밀폐를 하고 실내는 강제 환풍을 시키도록 한다. 차량 진출입구에 혼합기를 설치한다. 또한 강제환풍되는 공기에 RTO(Regenerative Thermal Oxidation), RCO( Regenerative Catalytic Oxidation), photohelic 장치 등을 적용하여 악취원인물질을 제거하도록 한다.

## 3.6 도료 및 잉크제조 시설

### 가. 도료제조시설

#### 1) 주요 공정 및 특성

그림 3-13에 도료제조시설의 주 공정을 나타냈다. 원료의 대부분이 악취와 관련된 VOCs 물질인 관계로 혼합 및 반응시설로부터 다량의 악취물질이 발생하고 있다. 열풍 등을 이용한 건조공정이 있는 시설에서는 가열에 의하여 증발되는 악취물질이 문제가 되고 있으며, 이때 가열로 인한 물질 상호간이나 물질자체를 변화시켜 암모니아와 같은 새로운 악취 원인물질을 발생시키기도 한다.

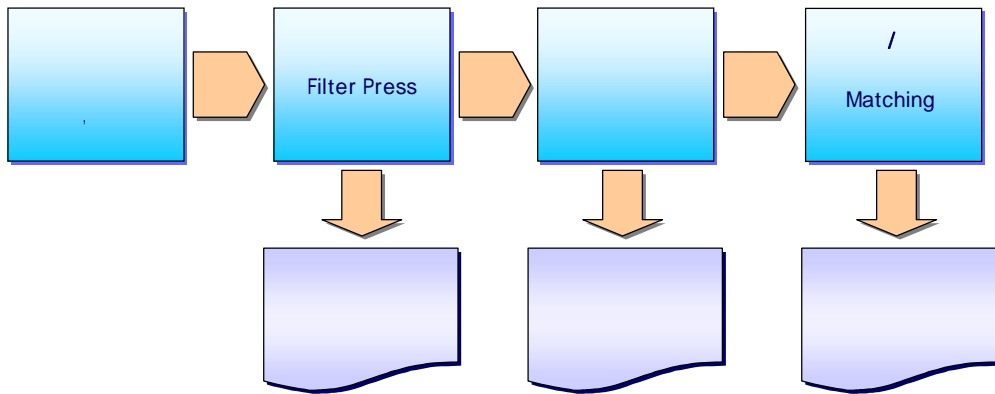


그림 3-13 도료제조시설의 주요 공정 예

## 2) 악취 배출현황

표 3-12에 도료관련업체의 악취물질 배출농도 측정결과를 나타내었다. 사업장에 따라 차이는 있으나 도료관련업체들은 대부분 혼합, 용해 및 반응공정등에서 악취원인 물질인 톨루엔, 크실렌, 알데히드류, 그리고 가열에 의해 암모니아를 발생시킬 수 있는 요소 등을 원료로 사용하고 있다. 따라서 측정결과에서 나타난 것과 같이 다른 업종과 비교하였을 때 검출되는 악취물질의 농도가 대부분 높고, 그 결과 도료제조업은 원료 자체의 악취발생 우려가 매우 높은 업종으로 지역 전체 악취발생에 큰 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다.

또한 배출가스를 최종적으로 폐수처리장으로 보내 사업장에서 발생되는 폐수와 함께 처리하는데 폐수처리장 주변에 악취를 유발하기도 한다.

참고로 도료공장의 시료를 대상으로 공기희석 관능법으로 악취를 평가하는 예를 다음 표 3-13에 나타내었다.

표 3-12 도료 제조시설의 악취 배출농도 측정결과

단위 : ppb

측정장소	흡착 굴뚝	작업장내	흡착 굴뚝	작업장내	흡착 굴뚝	사업장내
NH <sub>3</sub>			5,000	15,000		
Trimethylamine					7.43	19
Toluene	7,517	13,111	2,752	3,475	39,856	10,613
Xylene			196		32,753	31,077
Styrene	74		5,581	493	82	91
Acetaldehyde	4,621				1,608	
Propionaldehyde					67,736	56,209
Isobutylaldehyde	1,096					
Butylaldehyde	24,663	4,826				
Ethylacetate			173		8,304	
Valeraldehyde			238			
MIBK					18	
Propionic Acid	750					

표 3-12 도료 제조시설 악취물질 배출농도(계속)

단위 : ppb

측정장소	세정 시설	작업 장내	흡착 굴뚝	흡착 굴뚝	세정 시설1	세정 시설2	유색1팀 굴뚝	유지실 굴뚝	경화제 굴뚝	사업장 내
NH <sub>3</sub>	500			500	검출농도초과					
Trimethylamine	12.6	11.3	17.0	4.6	203.4	9.01				
Toluene	1,422	982	585	6,004	51,875	10,427	44,262	20,857	41,378	9,865
Xylene					1297	737	25,261	52,630	13,032	28,180
Styrene			81.2		77.2	217	28,289	13,572	8,375	9,239
Acetaldehyde					2824	144				
Propionaldehyde							13,266	10,582	4,861	2,492
Isobutylaldehyde							17.01		61.7	
Butylaldehyde								834	4,949	4,255
Ethylacetate							5,639		10,993	3,677
MIBK							14,936	미만	10,723	5,518
Propionic Acid					3,750					

표 3-12 도료 제조시설 악취물질 배출농도(계속)

단위 : ppb

측정지점	실측 악취농도	측정성분	최소감지 농도	농도	희석배율
도료 공장내		i-propanol	11	42.3	3
		methyl ethyl ketone	440	5505.0	13
		methyl isobutyl ketone	11	1947.6	2
		n-butyl acetate	16	147.9	9
		m,p-xylene	41	916.1	22
		o-xylene	180	439.6	2
		i-propyl benzene	8.4	70.9	7
		1,3,5-trimethyl benzene	170	206.6	1
		n-propyl benzene	3.8	153.9	41
		예상악취농도			
Scrubber (방지시설)	144	i-propanol	11	11.2	1
		methyl ethyl ketone	440	95142.9	216
		n-butanol	94	403.8	94
		n-butyl acetate	16	22.8	1
		ethyl benzene	170	574.4	3
		m,p-xylene	41	191.0	4
		i-propyl benzene	8.4	14.7	1
		n-propyl benzene	3.8	29.4	4
		acetaldehyde	1.5	860.5	574
		propion aldehyde	1.5	599.4	400
		acetic acid	6.0	29.52	5
		n-butyric acid	0.082	0.62	8
		n-valeric acid	0.1	0.16	2
		i-valeric acid	0.053	55.34	9
		예상악취농도			

### 3) 시설 개선방안

도료관련업종의 공정에서 발생하는 대기오염물질은 주로 원심력집진시설, 여과 집진시설, 흡수시설 및 활성탄 흡착시설에 의해 제거된다. 이 중 활성탄 흡착시설은 모든 업체에서 악취물질을 제거하는데 공통적으로 가장 많이 사용되고 있다.

생성된 가스량에 비해 용량이 작은 흡착시설(체류시간 : 1초 이하)을 갖추고 있었으며, 활성탄 교체주기도 부정기적이어서 악취물질을 처리하기에 부적합한 운전관리를 하는 곳이 많으므로 흡착시설 증설과 운전관리의 개선이 악취 발생 저감에 가장 시급한 과제이다.

표 3-13 도료제조시설 배출구 시료 악취 농도 평가의 예

조사사업장명	도료제조시설 중 집수조		
냄새의 질	유기용제	악취농도	
시료채취장소	scrubber 배출가스	판정시험장소	
시료채취년월일	년 월 일	판정시험년월일	2002년 8월 28일

횡수 원시료 주입량		1	2	3	4	5	6	7	8	판정원 개인의 최소감 지값 (대수치)
		100ml	30ml	10ml	3ml	1ml	300μl	100μl	30μl	
횡수 희석배수 의 대수		30	100	300	1,000	3,000	1万	3万	10万	
		1.48	2.00	2.48	3.00	3.48	4.00	4.48	5.00	
A	냄새나는봉지번호	1	2	1	1					
	회 답	1	2	1	2					
	판 정	0	0	0	×					2.74
B	냄새나는봉지번호	1	2	1						
	회 답	1	2	2						
	판 정	0	0	×						제외
C	냄새나는봉지번호	1	2	1	1	3				
	회 답	1	2	1	1	2				
	판 정	0	0	0	0	×				제외
D	냄새나는봉지번호	1	2	1						
	회 답	1	2	2						
	판 정	0	0	×						2.24
E	냄새나는봉지번호	1	2	1						
	회 답	1	2	3						
	판 정	0	0	×						2.24
F	냄새나는봉지번호	1	2	1	1					
	회 답	1	2	1	3					
	판 정	0	0	0	×					2.74
판정원 전체의 한계치(최대 최소치를 뺀 평균)								2.49		

\* 우리나라식 :  $\sqrt[3]{100 \times 100 \times 300} = 144$ , 일본식 :  $10^{2.49} = 309$

후드시설의 흡인범위와 흡인력이 부족하여 반응기 상부 및 주위 공기가 제대로 흡착됨으로 흡기되지 않아 작업장 내 악취물질이 자연환기에 의해 외부로 유출될 가능성이 있으며, 전처리 설비로서 흡수탑을 설치하여 전체적인 악취 제거 공정을 구성할 필요가 있다. 탈수시설로부터 발생한 폐수는 저장되어 있는 동안 악취를 유발할 가능성

을 가지고 있었지만, 폐수에 의해 발생한 악취를 처리할만한 시설을 갖추고 있지 않았다. 따라서 흡착시설과 흡수시설의 용량을 늘려 체류시간을 정적수준까지 맞추고, 저장시설의 밀폐정도를 높여 외부로 확산되는 악취물질을 막아야하며, 더불어 저장시설 내 상부 악취공기를 흡인하여 방지시설을 거치도록 하는 것이 악취저감에 필요한 것으로 판단된다.

### 나. 잉크제조시설

유기용제와 안료 혹은 색소를 섞어 잉크를 만드는 곳으로 제조과정에서 이용되는 유기용제가 대기 중에 배출될 수 있다. 반응기에서 발생하는 유기용제(VOC)를 처리를 위한 활성탄 흡착탑 등이 설치되어 있으며, 혼합시설에는 bagfilter가 설치되어 있다.

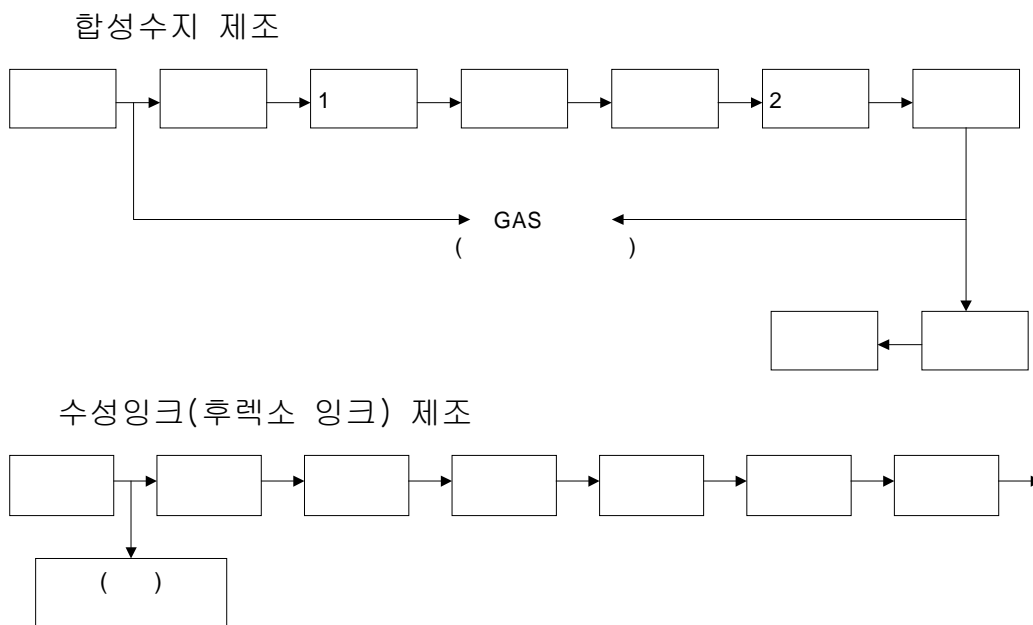


그림 3-14 잉크제조 주요 공정도

### 3.7 목재가공 시설

#### 가. 주요 공정 및 특성

그림 3-15는 목재가공시설의 주요 공정도를 나타낸다. 연마공정과 도장공정에서 대기오염물질을 발생시키는데, 그 중 도장공정에서 악취물질이 배출된다. 도장은 수작업에 의해 이루어지며, 도장을 거친 제품은 사업장 내에서 자연 건조된다.

대기오염 배출시설에 대한 방지시설로서 세정집진시설과 흡착시설이 주로 설치되어 있다. 도장 및 건조실 내부 공기는 후드에 의하여 흡인되어 방지시설에서 처리가 되도록 되어있는 경우가 대부분이며, 페인트의 주성분은 톨루엔, 크실렌 및 이소부탄올 등 이다.

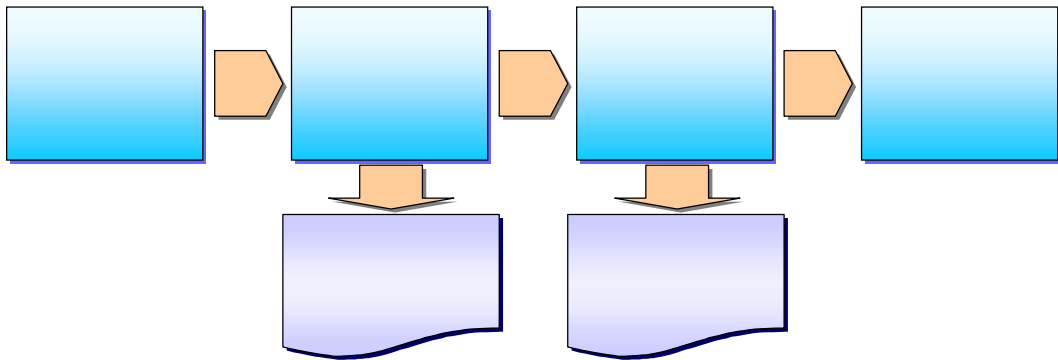


그림 3-15 목재 가공 공정도

요소수지를 생산하는 경우에는 포르말린과 요소가 주 원료로 사용되어 암모니아와 알데히드류의 악취물질이 발생할 가능성이 크다.

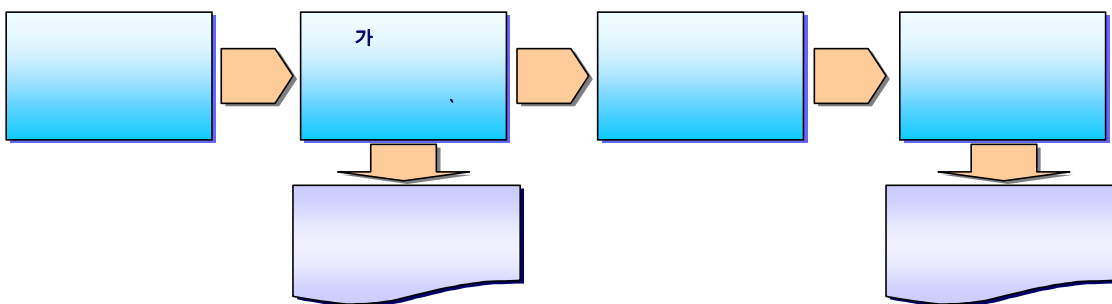


그림 3-16 요소 수지생산 공정도

그림 3-17에 MDF합판 제조 공정도를 나타내었다. 분쇄, 박피 및 선별시설에서는 분진이 발생하여 원심력집진시설과 여과집진시설이 설치되었고, 열압시설에서 배출된 악취는 흡수시설에서 처리되고 있었다.

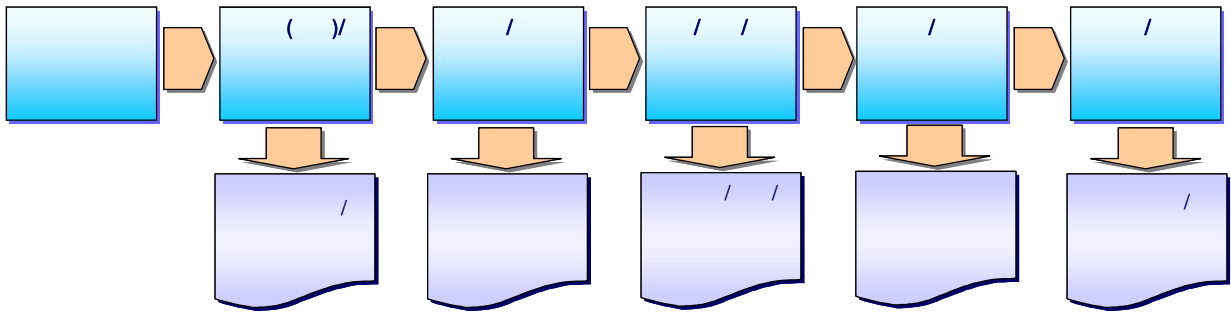


그림 3-17 MDF합판 제조 공정도

#### 나. 방지시설 현황

목재가공시설에 주로 설치되어 있는 방지시설를 표 3-14에 나타내었다.

표 3-14 목재 가공시설 악취 방지시설 설치 예

방지시설	세부사항
흡착시설	흡착시설을 이용하여 도색시 주위공기를 흡입하여 악취를 처리하는 실질적인 시설. 전체 작업장의 공기를 정화시킬수 있는 시설 필요.
흡수시설	흡착처리 전단에서 먼지 및 악취를 처리하기 위한 시설이지만, 가동되지 않음.
흡수시설	수지제조공정과 열압시설의 방지시설로 설치됨
흡착시설	혼합시설의 방지시설이며, 처리용량이 20m <sup>3</sup> /분이다.

#### 다. 악취 배출현황

목재가공업체의 악취물질 배출농도를 표 3-15에 나타내었다. 목재가공의 경우 목재 연마 후 도장과정을 거친다. 도장재의 원료는 페인트와 신나로, 측정결과 톨루엔과 크실렌이 각각 15 ppm, 7ppm 정도의 높은 농도로 검출되었다.

수지제조공정에서 발생하는 악취물질은 흡수시설을 통해 처리되는데, 측정결과 표 6-30에서와 같이 1 ppm 이하의 농도로 나타났다. 열압시설에서 발생한 악취의 처리결과, 톨루엔과 아세트알데히드가 약 1 ppm 정도로 배출되었다.

표 3-15 목재 가공시설 악취물질 배출농도

단위 : ppm

측정장소	배출 굴뚝	흡수 굴뚝	작업장내	열압시설 굴뚝
Toluene	15,489	992	756	966
Xylene	7,532			
Styrene	93	90		80
Acetaldehyde		77	1,898	813
Propionaldehyde	4,653			

#### 라. 시설 개선방안

목재 가공시설의 흡수시설이 적정하게 유지관리되어야 하며, 흡착시설만으로 악취를 처리하는 경우는 흡수시설의 설치를 유도할 필요가 있다.

요소수지 공장은 배출 굴뚝이나 작업장 내 악취물질이 저농도로 검출되어 악취로 인해 문제가 될 가능성은 크게 나타나지 않았으나, 악취 외에 목재 가공시 발생하는 극 미세먼지 문제가 큰 비중을 차지하고 있어, 이를 해결하기 위한 열압시설의 방지시설인 세정식 집진시설의 보완이 필요할 것으로 보인다.

### 3.8

#### 가. 악취발생시설 및 방지시설

하수처리시설의 주요 악취발생가능 공정은 다음 표 3-16와 같다.

표 3-16 하수처리장 악취 발생공정

공정명	A		B	
	제원(m)	악취방지시설	제원(m)	악취방지시설
침사지	장방형, 2.4× 26 (3지) 1,387m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·hr	없음	장방형, 5.6× 30(2지) 40.5m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·hr	없음
최초침전지	장방형 14지 7.5× 50.5×수심2.5 33.7m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·일	없음	장방형(28지) 8× 26×수심3 35m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·일	없음
포기조	장방형(6조) 19 × 76 ×수심4.5	없음	장방형(28조) 8× 58×수심5	없음
최종침전지	원형(12지)	없음	원형(9지) Φ 32 × 유효수심3.8	없음
오니농축조	원형(2조) Φ 20.5 × 유효수심3	Biofilter	원형(8조) Φ 11× 유효수심4	스크러버
탈수기동	건물 규모 자료 없음	활성탄 흡착탑 130m <sup>3</sup> /hr	50×11×10	없음

#### 나. 악취 배출현황 및 원인 성분

하수처리장 내 여러 시설에서 표 3-17에 나타낸 바와 같은 악취세기로 측정되었으며, 특히 오니 탈수 시설이 있는 탈수동이나 분뇨처리시설에서는 강한 악취가 발생하여 이들 시설에 대한 악취방지대책이 필요할 것으로 사료되었다.

표 3-17 하수처리장 악취 세기

측정위치	상세 위치	악취세기		비고
		A	B	
부지경계	정문	2	2	하수냄새
	도로변	2	2	
최초침전지		2	2	시공창 냄새
포기조		3	3	폭기시 악취 심함
최종침전지		2	2	
오니농축조		2	2	
탈수기동	실내	4	4	
	건물 밖	3	3	
분뇨투입동		없음	4	B에는 토양탈취시설 있음

이러한 악취를 발생하는 주요 원인물질은 최초침전지의 경우는 황화수소, 아세트알데히드 및 트리메틸아민 등으로 공정에 따라 달라지며, 다음 표 3-18에 공정별 주요 악취원인물질 측정결과를 나타내었다.

표 3-18 하수처리장 악취 측정 결과

측정지점	측정성분	최소감지농도 (ppb)	실측농도(ppb)	예상 희석배율
최초침전지	n-butyric acid	0.082	0.1	1
	H <sub>2</sub> S	0.5	64.48	129
	methyl mercaptan	0.12	8.25	69
	acetaldehyde	1.5	254.3	169
	methyl ethyl ketone	440	565.0	1
	methyl amine	0.95	1.08	1
	ethyl amine	0.77	81.07	105
	trimethyl amine	0.11	9.09	83
	i-propylamine	25.00	48.20	2
	예상악취농도			560
분뇨 처리수조 옆	H <sub>2</sub> S	0.5	302.1	604
	methyl mercaptan	0.12	8.34	70
	dimethyl disulfide	0.12	2.89	24
	ammonia	100	100	1
	예상악취농도			699
탈수실	acetic acid	6.0	124.77	21
	propionic acid	2.1	20.71	10
	n-butyric acid	0.082	2.36	29
	i-valeric acid	0.053	0.15	3
	n-valeric acid	0.1	0.23	2
	H <sub>2</sub> S	0.5	8,050	16100
	acetaldehyde	1.5	128.1	84
	ammonia	100	300	3
	methyl amine	0.95	4.98	5
	ethyl amine	0.77	71.73	93
	trimethyl amine	0.11	7.79	71
	예상악취농도			16,421
biofilter 배가스	H <sub>2</sub> S	0.5	256.95	5139
	methyl mercaptan	0.12	63.54	530
	dimethyl disulfide	0.12	5.89	49
	ammonia	100	100	1
	예상악취농도			5,719

표 3-18 하수처리장 악취 측정 결과(계속)

측정지점	측정성분	최소감지농도 (ppb)	실측농도(ppb)	희석배율
부지경계	methyl amine	0.95	3.10	3
	dimethyl amine	0.77	6.01	8
	trimethyl amine	0.11	0.35	3
	i-propyl amine	25.00	21.22	1
	i-butyl amine	1.50	27.60	18
	H <sub>2</sub> S	0.5	5.04	10
	DMS	0.12	1.29	11
	예상악취농도			54
폭기조	H <sub>2</sub> S	0.5	139.28	278
	diethyl sulfide	0.12	5.68	47
	methyl amine	0.95	6.08	6
	dimethyl amine	0.77	69.92	91
	trimethyl amine	0.11	2.92	27
	i-propyl amine	25.00	64.54	3
	예상악취농도			452
	분뇨처리 투입동	acetaldehyde	1.5	486.8
methyl amine		0.95	0.59	1
dimethyl amine		0.77	73.30	95
trimethyl amine		0.11	2.22	20
i-propyl amine		25.00	66.48	3
acetic acid		6.0	3.81	1
n-butyric acid		0.082	0.08	1
dimethyl sulfide		0.12	0.78	7
methyl ethyl ketone		440	541.5	1
예상악취농도				386
분뇨처리장 기계실	acetaldehyde	1.5	333.0	222
	methyl amine	0.95	1.63	2
	dimethyl amine	0.77	67.80	88
	trimethyl amine	0.11	2.19	20
	i-propyl amine	25.00	142.48	6
	n-butyric acid	0.082	0.09	1
	H <sub>2</sub> S	0.5	26.70	53
	methyl mercaptan	0.12	6.57	55
	dimethyl sulfide	0.12	3.91	33
	methyl ethyl ketone	440	632.5	1
	예상악취농도			433

### 3.9 음식물 쓰레기 퇴비화 시설

하수처리장 내의 부지경계선에 인접한 음식물 퇴비화 처리시설에 대한 악취 측정결과, 여름철 퇴비화 시설 앞 도로에서도 악취세기 5, 희석배율 1,000 이상으로 악취가 심하게 나타났다. 주요 악취원인물질은 아세트알데히드, 아민류, 지방산, 황화수소, 황화합물 등이었다.

표 3-19 음식물 쓰레기 퇴비화시설 악취 측정 결과 예

측정지점	악취세기	실측 악취농도	측정성분	최소감지 농도(ppb)	농도 (ppb)	예상 희석배율
부지경계 (여름철)	5	1000	acetaldehyde	1.5	315.7	210
			methyl amine	0.95	1.14	1
			dimethyl amine	0.77	49.51	64
			trimethyl amine	0.11	1.61	15
			i-propyl amine	25.00	140.47	6
			acetic acid	6.0	25.02	42
			propionic acid	2.1	4.11	2
			n-butyric acid	0.082	3.69	45
			i-valeric acid	0.053	0.14	3
			n-valeric acid	0.1	1.88	19
			H <sub>2</sub> S	0.5	37.87	77
			methyl mercaptan	0.12	365.54	2213
			dimethyl sulfide	0.12	12.43	104
			dimethyl disulfide	0.28	11.23	40
			예상 악취농도			
부지경계 (겨울철)	4	31	acetic acid	6.0	18.54	3
			n-butyric acid	0.082	0.19	2
			acetaldehyde	1.5	102.3	68
			예상 악취농도			

### 3.10 무기화학제품 제조시설

화학제품제조시설은 유·무기제품으로 나누어도 그 종류가 매우 많아서 모든 시설이나 제품에 대하여 표준화 하는 것이 매우 어렵다. 따라서 무기화학제품제조시설의 악취배출특성만을 일부 나타내고자 하였다.

#### 가. 염화철 및 염화아연 제조시설

폐건전지와 폐수처리제를 이용하여 염화철 및 염화아연을 제조하는 시설로, 다음의 공정도와 같이 반응시설은 5기 설치되어 있으며, 이들 반응기로부터 발생하는 가스를 제거하는 습식 스크러버가 설치되어 있다.

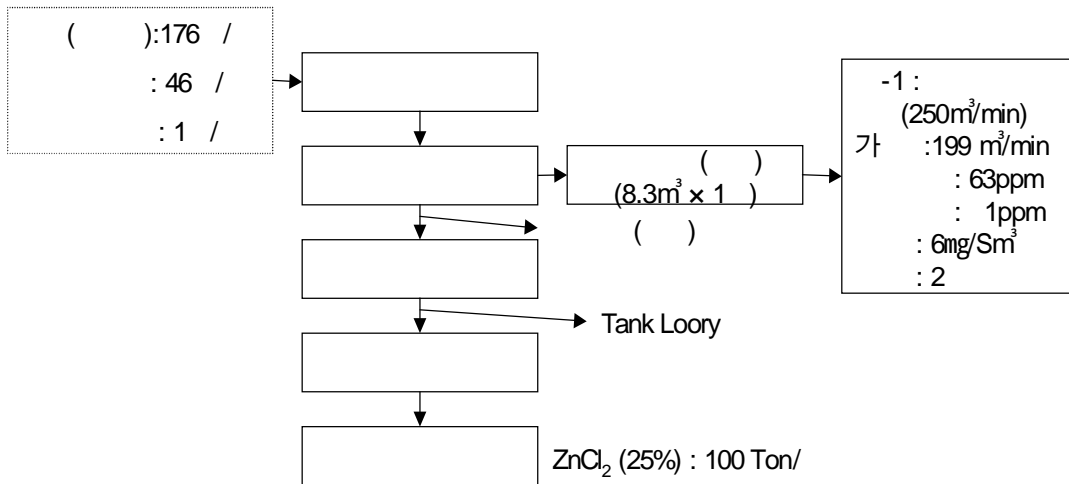


그림 3-18 염화아연 제조 공정

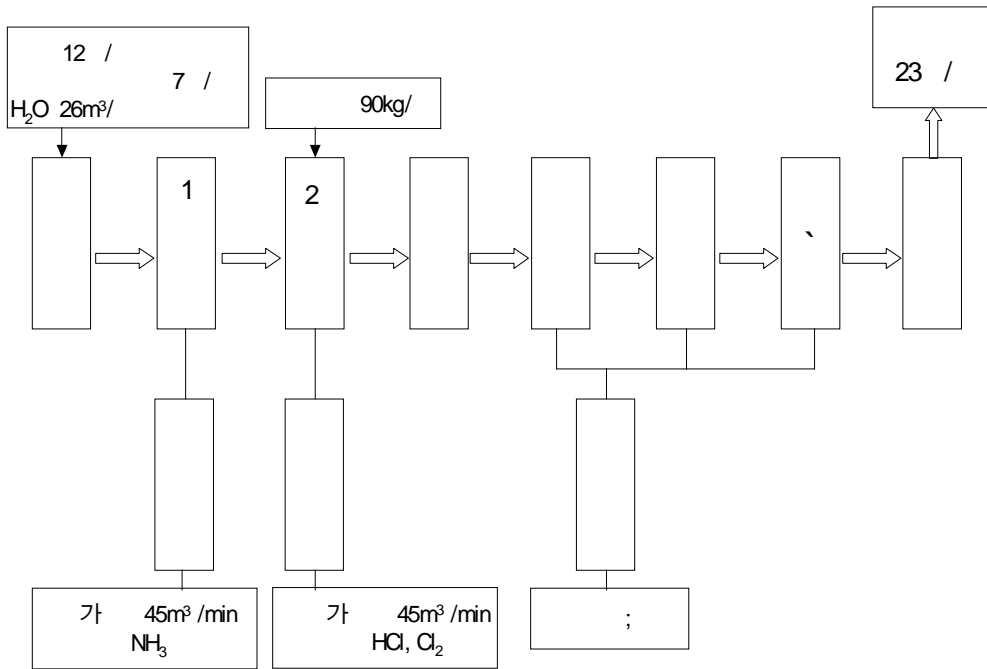
공정도에 나타난 대기오염물질의 농도에 따르면 황화수소가 1,000 ppb로 황화수소의 최소감지농도 0.5 ppb를 고려할 때 2000배의 희석배수가 예상된다. 사업장에서 관능법으로 측정된 결과를 표 3-20에 나타내었다.

3-20

위치	악취세기(도)
정문 앞	1
야적장	1
공장동 내	2
Scrubber 배출가스	2~3

**나. 염소와 차아염소산 나트륨 및 발포제 제조시설**

소금, 요소, 히드라진을 이용하여 염소와 차아염소산 나트륨 및 발포제를 만드는 사업장으로 사용되는 원료나 제품으로 미루어 볼 때 악취발생물질은 암모니아외에 없는 것으로 판단된다. 공정도에서 알 수 있듯이 반응시설에서 발생하는 가스는 흡수시설로 처리하고 있으며, 측정당시에는 날씨는 맑았으며 사업장 내 악취가 심하게 발생되고 있었던 시설은 없었다(모든 시설 악취세기 1도). 전체적으로 염화수소와 같은 강산성 가스를 취급해서 각종 시설이 심하게 부식되고 있어, 부식에 의하여 미반응 가스가 배출될 우려가 있는 것으로 조사되었다.



3-19

표 3-21 발포제 제조시설의 악취 측정 결과 예

위치	정문	H/H 옥외저장소	반응시설 K	폐수처리장	소각로*	염산스크러버 배가스
악취세기	1	1	1	2	-	2

※ 소각로 가동안함.

#### 다. 염화제이철 제조시설

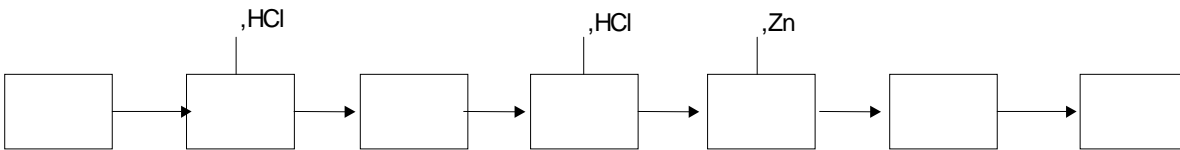
폐산과 폐철로부터 염화제이철을 생산하는 시설을 조사하였으며, 사업장에는 두 개의 scrubber가 가동되고 있었고, 사업장 주변에서 scrubber배출구에서 품어 나오는 배가스에서 심한 악취를 느낄 수 있었으며 희석배율 1,500정도로 추정되었다.

표 3-22 염화제이철 제조시설 악취측정결과 예

위치	정문	뒤편 부지경계
악취세기	1	4

#### 라. 아연도금시설

철물을 아연으로 도금하는 사업장으로 도금대상이 되는 철물 표면을 세정하기 위한 산세정시설과 산중화시설 및 도금공정으로 구성되어 있다.



3-20

공장내부에는 산세정 탱크가 있으며, 플라스틱 칸막이를 하는 것이 보통이다. 발생되는 증기는 흡인하여 scrubber로 처리한다. 표 3-23에 이 사업장의 각종 배가스 처리시설 최종 배출구 가스의 측정자료를 나타내었다. 아연도금 공장은 모두 암모니아와 염화수소 가스가 배출될 수 있었으며 대기방지 시설은 주로 이들 가스를 제거하는 시설로 볼 수 있다.

표 3-23 도금공장 악취세기 조사 결과

위치	정문	산세정공장내	도금공장내	공장동 뒷편	부지경계	스크러버
악취세기	1	2	2	1	1	2

## 마. 금속 제품 제조시설

금속가공업체 중에서 제련 및 정련업을 하는 소형업체는 고철원료를 도가니로와 반사로에 넣어서 용해시켜서 불순물을 제거한 후에 다시 응고시켜 제품을 생산한다. 열처리업체는 가열로를 이용하여 금속을 열처리하는 공정으로 이루어져 있다. 제련 및 정련업체 사업장에서는 분쇄과정과 노에서 발생하는 먼지를 제어하기 위한 집진시설을 일반적으로 갖추고 있으며, 티타늄 제조시설에서는 용해와 서성과정에서 발생하는 산성물질을 제거하기 위한 세정기를 갖추고 있다.

금속업체는 고온으로 금속을 가공하는 것을 주공정으로 하므로 작업장 및 굴뚝에서 악취가 특별히 감지되지 않았다. 다만, 정제유를 원료로 사용하는 사업장 굴뚝에서 방향족 유기물이 ppm 수준으로 검출되었고 1개의 경우에 아세트 알데히드가 비정상적으로 높게 측정되기도 하였으나, 이는 일반 연료 연소시 발생하는 오염물질 수준이므로 특히 우려할 수준은 아니었다.

### 3.11.

무기화학제품제조 시설과 마찬가지로 시설과 제품이 매우 다양하기 때문에 일부 조사사업장에 대한 악취배출특성을 나타내었다.

#### 가. 헥사민제품 제조시설

헥사민은 가스 상태의 암모니아와 파라포름알데히드(paraformaldehyde)를 반응시켜 만든 파우더 형태의 화합물로서 물에 쉽게 녹으며, 이 때 열을 방출한다고 알려져 있다. 따라서 이 사업장에는 알데히드, 암모니아 및 아민류의 악취발생원이 있다고 할 수 있다.

##### 1) 저장 탱크

메탄올, 포름산, 아세트알데히드, 수산화나트륨, 포르말린, 암모니아 등의 저장 탱크가 있다. 이 공정에서 사용되고 있는 원료물질이 대체로 악취가 많은 것 즉, 최소감지농도가 낮은 물질들이며, 아세트알데히드 탱크에 냉각수를 직접 분무하여 휘발되는 것을 억제하고 있었지만 탱크 주변에서는 아세트알데히드의 강한 냄새를 느낄 수 있었다.

##### 2) 제조공정

헥사민은 가스 상 포름알데히드와 암모니아를 반응시켜 만드는 공정으로 이들 물질이 대량으로 누출될 경우 이들 물질에 의한 민원이 발생할 수 있다. 암모니아의 경우 냄새로 쉽게 구별할 수 있을 것으로 생각되나 포름알데히드의 경우 눈이 따가운 증상을 호소할 것으로 예상된다.

헥사민 제조공장에서는 헥사민 반응기에서 발생하는 악취 제거용 흡수시설, 암모니아 가스 세정기, 포르말린 흡수기 등의 방지시설이 설치되어 있었으며 이들 모든 시설에서 발생하는 배가스에 대해 조사결과를 표 3-24에 나타내었다. 측정결과 트리메틸아민의 이론적 희석배율이 500을 넘을 정도로 검출되었으며 기타 다양한 아민 성분이 검출되었다. 이외에도 MEK, 아세트알데히드가 감지농도 이상으로 검출되고 있다.

표 3-24 헥사민제조공정의 악취 분석 결과

			(ppb)	(ppb)		
	30	acetaldehyde	1.5	0.04	26	
5 scrubber	144	methyl amine	0.95	2.29	2	1.03×10 <sup>6</sup>
		dimethyl amine	0.77	8.56	11	
		trimethyl amine	0.11	56.61	515	
		i-propyl amine	25.00	47.00	2	
		diethyl amine	30.00	84.88	3	
		methyl ethyl ketone	440	4487.5	10	
		hexanal	0.28	3.1	11	
	14	dimethyl amine	0.77	35.36	46	
		trimethyl amine	0.11	1.20	11	
		i-propyl amine	25.00	16.88	1	
					58	
	97	methyl amine	0.95	2.78	3	
		dimethyl amine	0.77	15.16	20	
		trimethyl amine	0.11	1.98	18	
		i-propyl amine	25.00	37.71	2	
		acetaldehyde	1.5	2569.4	1713	
					1,756	
	31	acetaldehyde	1.5	191.3	127	
		methyl amine	0.95	1.95	2	
		dimethyl amine	0.77	36.15	47	
		trimethyl amine	0.11	4.39	40	
		i-propyl amine	25.00	29.83	1	
		diethyl amine	30.00	50.04	2	
		methyl ethyl ketone	440	651.9	1	
		methyl amine	0.95	7.60	8	
		dimethyl amine	0.77	130.25	169	
		trimethyl amine	0.11	10.64	97	
		i-propyl amine	25.00	333.81	13	
					507	
		7 scrubber	30	i-butylaldehyde	0.9	
methyl ethyl ketone	440			5379.1	12	
					48	

### 3) 폐수처리과정

폐수처리장은 미생물처리공법을 주로 이용하고 있다. 폐수처리장의 악취는 부지 경계선상의 기준인 악취농도(희석배율) 20을 넘기고 있었다.



그림3-21 헥사민 제조시설  
배출구 시료채취 모습



그림 3-22. 폐수처리장내  
Scrubber

#### 나. 고분자화합물질(인조피혁원료) 제조시설

비스페놀 A, 에피클로로히드린, 수산화나트륨으로부터 에폭시수지, 폴리아미드수지, 경화제 등 인조 피혁의 원료를 만드는 시설로 주요공정은 그림 3-23과 같고, 각 배출구에 대해 활성탄 흡착탑이 설치되어 있다.

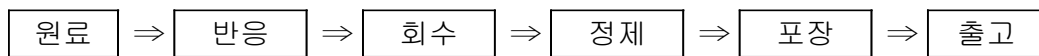


그림 3-23 인조피혁원료 제품제조 공정

#### 3-25 인조피혁원료 제조시설

		1 가	가			2 가	
	1	5	2	2	2	4	1

표 3-26 인조피혁원료 제조시설 악취성분 분석결과

			(ppb)	(ppb)	
1 scrubber	1442 (2317)	n - butyraldehyde	0.29	1.9	7
		dimethyl disulfide	0.52	14.5	28
		MIBK	170	369.2	2
		hexanal	0.8	0.28	3
		ethyl benzene	170	689.5	4
		m,p - xylene	41	1791.5	44
		o - xylene	180	921.7	5
		l - propyl benzene	8.4	26.5	3
		n - propylbenzene	3.8	4.5	1
				97	
outlet	22	n - heptane	670	2748.1	4
		MIBK	170	527.4	3
		toulene	920	10079.1	11
		m,p - xylene	41	48.5	1
				19	
	10	i - butyraldehyde	0.9	2.8	3
		MIBK	170	546.1	3
		Total			6
	21	i - butyraldehyde	0.9	3.6	4
		n - butyraldehyde	0.29	2.6	9
		MIBK	170	3816.7	22
				35	
2 scrubber	669 (977)	n - heptane	670	26118.0	39
		MIBK	170	5105.7	30
		toluene	920	104926.8	114
		m,p - xylene	41	83.4	2
		o - xylene	180	961.1	5
				190	
	10	methyl ethyl ketone	440	940.1	2
					2

### 3-27 인조피혁원료 제조시설

위치	1번 배가스	활성탄 배가스	폐수 처리장	2번 배가스
악취세기	4	2	2	2
악취농도	1442	22	21	669
풍량	6460	1516	-	2332
예상악취배출량	$9.3 \times 10^6$	$3.3 \times 10^4$	-	$1.56 \times 10^6$



3-24

( )



3-25

( )

일부 시설은 현행 배출기준인 1000배를 넘고 있어 시설개선이 필요하며, 악취의 주원인 성분은 dimethyl disulfide와 m,p-xylene으로 나타났다.

#### 다. 계면활성제, 감광제 제조시설

지방족 알코올로부터 계면활성제나 감광제를 제조하는 시설로 많은 반응시설로부터 발생하는 악취를 제거하는 scrubber가 다양하게 설치되어 있다. 사업장 내 배출구에서 강한 악취를 느낄 수 있었으며, 원인물질은 지방산, 아민, 산성가스가 주 성분일 것으로 사료된다. 이들 화학약품 보관창고에서도 유사한 악취가 발생할 수 있다.

### 3-28

위치	정문	8동근처	2동근처	3번 scrubber 배가스	5번 scrubber 배가스
악취세기	1	3	3	4	4

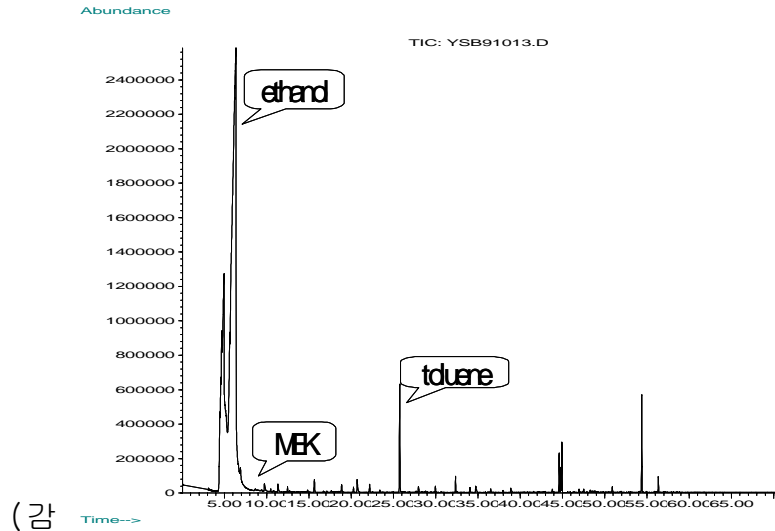
방지시설인 scrubber에서 측정결과 에탄올, 이소프로판올, MEK가 주성분이었으며, 또다른 경우 아세트알데히드가 희석배율 932, n-부틸알데히드가 예상희석배율 441 또한 트리메틸아민의 예상희석배율이 515로 나타나 이들 성분이 주요 악취원인 성분으로 볼 수 있다. 그림 3-25는 사업장 내 scrubber를 또한 그림 3-26은 사업장에서 채취된 악취 화학분석 크로마토그램 예를 나타내었다.

표 3-29 악취 원인물질 분석결과

측정지점	실측 악취농도	측정성분	최소감지 농도(ppb)	농도(ppb)	희석배율
scrubber 3	2080	ethanol	360	29692.3	80
		i-propanol	11	107.9	10
		methyl ethyl ketone	440	2843.2	6
		예상악취농도			96
scrubber 5	3000	acetic acid	6.0	43.07	7
		propionic acid	2.1	10.16	5
		n-butyric acid	0.082	0.73	9
		i-valeric acid	0.053	0.05	1
		acetaldehyde	1.5	1399.3	932
		ethanol	360	4564.4	13
		acetone	30000	46314.8	2
		i-propanol	11	183.5	17
		n-butyraldehyde	0.29	128.0	441
		methyl cyclohexane	150	160.5	1
		m,p-xylene	41	138.4	3
		l-propyl benzene	8.4	77.2	9
		methyl amine	0.95	5.68	6
		dimethyl amine	0.77	20.43	27
		trimethyl amine	0.11	56.70	515
예상악취농도			1,988		
위험물제조소앞	31	methyl ethyl ketone	440	1124.2	3



그림 3-26 Scrubber 전경



(감

3-27

가 GC/MS

제)

### 라. 농축 농약 제조시설

농축 농약을 제조하는 시설은 용도에 따라 여러 가지 화학원료의 조합에 의해 농약을 제조하며, 이에 따라 생산 공정이 달라지게 된다. 그림 3-28은 농축농약 시설의 주요 생산 공정도 예를 나타내었다. 각 공정에서 발생한 대기오염물질은 덕트를 통해 방지시설인 세정집진시설과 흡착시설을 거쳐 최종 처리된다.

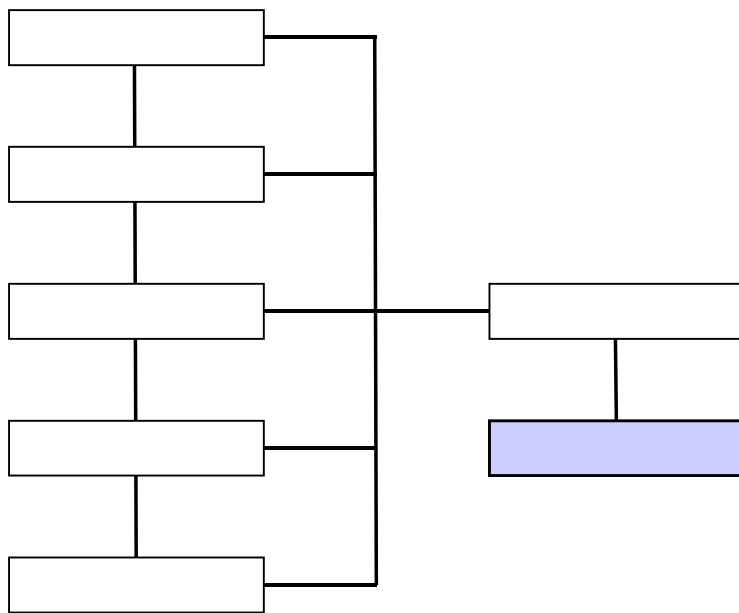


그림 3-28 농축농약 제조공정 예

원료물질 중에는 벤젠고리를 가진 Saccharin이 사용되며, 이 Saccharin은 화학반응을 거쳐 Probenazole이라는 농약 물질을 생성하게 된다. 현장 측정결과 톨루엔, 크실렌, 아세트알데히드, 이소부틸알데히드 등이 검출되었다.

### 3.12 의약품류 제조시설

의약품제조시설은 주변에서 심한 악취를 느낄 수 없었으며, 많은 배출구와 방지시설을 설치 운영하고 있었다.

3-30

배출시설			방지시설		
명칭	규격	발생오염물질	명칭	규격	방지시설 효율(%)
지정폐기물 소각시설	950kg/hr	먼지, 황산화물 질소산화물 염화수소,매연	응축에 의한 시설	393m <sup>3</sup> /분	90
			세정식 집진시설	205m <sup>3</sup> /분	80
			흡수에 의한 시설	205m <sup>3</sup> /분	90
반응시설	3kg/hr	악취, 염화수소	흡수에 의한 시설 (충전탑)	100m <sup>3</sup> /분	95
정제시설	0.6kg/hr 외 2대		"	450m <sup>3</sup> /분	95
폐가스소각시설	18,331.1		"	410m <sup>3</sup> /분	95
정제 반응 건조 시설	0.5kg/hr 외 1대	악취	"	100m <sup>3</sup> /분×3대	95
반응시설	7kg/hr 외 2대	악취	"	116m <sup>3</sup> /분	95
정제 농축 반응 시설	0.5kg/hr 외 1대	악취	흡착에 의한 시설	190m <sup>3</sup> /분×3대	95
정제시설	0.6kg/hr 외 2대	악취	"	100m <sup>3</sup> /분	95
반응 정제 건조 시설	7kg/hr 외 5대	악취	"	100m <sup>3</sup> /분3대	98

가. 악취배출 특성

사업장 부지내에서 특별히 악취를 강하게 느끼는 곳은 없었으며 또한 각 방지시설의 최종 배출구에 직접 올라가 배가스의 악취세기를 측정하였지만 악취를 심하게(2도) 느끼는 배출구는 없었다.

3-31

		1			
	1	2	2	2	2

표 3-32

악취시료 분석 결과

			(ppb)	(ppb)	
1 Scrubber (B)	67	acetone	30000	55488.1	1
		i-propanol	11	273.1	25
		chloroform	8800	51677.0	5
					31
(C)	30	methyl ethyl ketone	440	1361.0	3
		dimethyl amine	0.77	60.74	79
		trimethyl amine	0.11	1.21	11
		i-propyl amine	25.0	56.98	2
					95
(D)	21	ethanol	360	895.4	2
		i-propanol	11	188.1	17
		chloroform	8800	16948.0	1
					20



그림 3-29 배출구 시료채취 장면(의약품)



그림 3-30 소각로 시료채취 장면(의약품)

사  
업  
장  
내  
악  
취  
에  
대  
해  
화  
학

성분을 분석한 결과, 아세톤이 55.5ppm, 클로로포름은 51.7ppm의 농도를 나타내었다. 그러나 클로로포름과 같은 물질은 유해성이 높아 향후 VOC 규제에 의해 배출량을 삭감하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

#### 나. 저장시설 주변 악취조사

사업장 내에 있는 휘발성이 강한 악취 저장탱크는 breath valve를 모두 연결시켜 탱크 내 가스가 직접 대기 중에 배출되지 않도록 되어 있었다. 암모니아 탱크 주변에서 악취측정용 암모니아 검지관을 이용하여 암모니아 농도를 측정하였으나 모두 1.0ppm 미만이어서 대기 중의 누출은 없는 것으로 판단되었다.



그림3-31 아민성분 채취장면(의약품)



그림 3-32 포장실 주변전경(의약품)

pyridine 등 유기질소계 화합물 저장시설은 Dimethyl amine의 농도가 60.7ppb로 나

타나 저장시설이 주요 악취 원인시설이 될 수 있다.

#### 다. 폐수처리장



그림 3-33 의약품 폐수처리장



그림 3-34 의약품 폐수처리시설

폐수처리장은 집수조와 폭기조 모두 FRP로 밀폐되어 있어서 냄새가 거의 없었다.

### 3.13 고무 및 플라스틱 제조시설

#### 가. 가정용 고무장갑 제조시설

가정용 고무장갑을 만드는 공정은 천연고무, 황, 암모니아, 향료 등이 원료로 이용되고 방지시설은 습식 스크러버, 흡착탑 등이 설치되어 있었다.

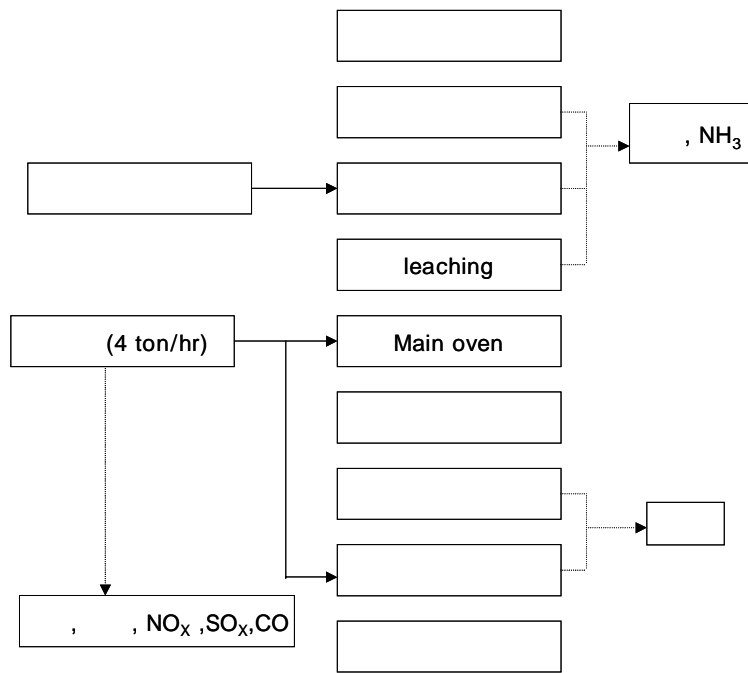


그림 3-35 고무장갑 제조공정

스크러버인 경우  
 검지관으로 측정  
 한 암모니아 농도  
 가 50ppm으로 검  
 출되었다. 흔히  
 고농도의 암모  
 니아가 검출되는  
 경우 아민류도  
 함께 검출되는  
 경우가 많아 공  
 정시험법에 따라

아민류도 분석하였다.

표 3-33 고무장갑 제조시설 악취농도 측정결과

측정지점	악취농도	측정성분	최소감지 농도(ppb)	농도 (ppb)	예상 희석배율
1번 scrubber	1000	acetaldehyde	1.5	41.7	27
		Ammonia	100	50000	500
		methylamine	0.95	2.06	2
		dimethylamine	0.77	29.00	38
		trimethylamine	0.11	16.82	153
		i-propylamine	25.00	44.71	2
		예상악취농도			
사업장 내	45	methyl ethyl ketone	440	1633.8	3
		예상악취농도			

그 결과 트리메틸아민이 16.82ppb로 암모니아보다 낮은 농도이지만 최소감지농도가 매우 낮아 예상희석배율은 153로 높게 산정되었다. 다른 아민류도 최소감지농도 이상으로 검출되어 기기분석을 통해 산정한 예상희석배율이 1220로 악취문제를 야기할 수 있다.

#### 나. 열경화성 수지 장판 제조시설

포르말린 사용이 많은 열경화성 수지 장판을 제조하는 시설로 반응시설에서 암모니아가 발생됨으로 인해 알칼리 세정시설이 설치되어 있고, 연마시설에서는 먼지를 잡기 위한 bag filter를 설치하는 것이 보통이다.

공정내 모두 3지점에서 채취된 시료 중 2개 지점에서 아세트알데히드의 농도가 300.9ppb, 314.7ppb의 고농도로 검출되었으며, 배출구인 1개 지점은 암모니아의 농도가 0.5ppm, 디메틸아민의 농도도 22.7ppb로 검출되어 예상악취 희석배율이 각각 5와 30을 나타내어 냄새가 느낄 수 있는 수준이었다.

표 3-34 수지장판 제조시설 악취 분석결과

측정지점	실측 악취농도	측정성분	최소감지 농도(ppb)	농도 (ppb)	희석배율	악취배출량
정문 앞 (A)		n-butyraldehyde	0.29	2.2	7	
		methyl ethyl ketone	440	558.9	1	
		예상악취농도				
제품 저장소 (B)		hexanal	0.28	0.3	1	
		acetaldehyde	1.5	300.9	201	
		예상악취농도				
배출구 (C)	67	acetaldehyde	1.5	314.7	210	3.36×10 <sup>6</sup>
		n-butyric acid	0.082	0.08	1	
		NH <sub>3</sub>	100	500	5	
		dimethyl amine	0.77	22.77	30	
		i-propyl amine	25.0	28.59	1	
		i-valer amine	1.50	2.14	1	
		예상악취농도				

### 3.14 가

#### 가. 피혁 유지가공 시설

피혁 등으로부터 유지를 정제하는 시설로 사업장내에서 아세트알데히드의 농도가 260.8ppb(희석배수 174), 디메틸아민이 113.17ppb(희석배수 147), 트리메틸아민의 농도가 1.47ppb(희석배수 13)을 나타내 악취 원인물질로 기여하고 있다.

모든 작업이 이루어지는 공장 내부에서는 아세트알데히드는 261.3ppb로 거의 같은 수준으로 검출되는 반면, 저급지방산류 중 n-부티르산과 i-, n-발레르산의 농도가 각각 81.8ppb, 16.8ppb, 6.61ppb로 매우 높게 검출되었고, 부지경계 부근에서 검출되지

많은 황화합물류도 고농도로 검출되었다.

표 3-35 유지가공시설 악취 농도 측정결과

			(ppb)	(ppb)	
(A)	100	acetaldehyde	1.5	260.8	174
		methyl amine	0.95	1.53	2
		dimethyl amine	0.77	113.17	147
		trimethyl amine	0.11	1.47	13
		i-propyl amine	25.00	62.03	2
		n-butyric acid	0.082	0.08	1
(B)	448	acetaldehyde	1.5	261.3	174
		propionaldehyde	1.5	6.3	4
		methyl amine	0.95	2.86	3
		dimethyl amine	0.77	72.22	94
		trimethylamine	0.11	0.75	7
		i-propyl amine	25.00	162.68	7
		i-butyl amine	1.5	12.04	8
		acetic acid	6.0	55.34	9
		propionic acid	2.1	241.9	16
		n-butyric acid	0.082	81.8	100
		i-valeric acid	0.053	16.8	32
		n-valeric acid	0.1	6.61	66
		H <sub>2</sub> S	0.5	16.56	33
		methyl mercaptan	0.12	13.83	115
		dimethyl sulfide	0.12	2.26	19
		dimethyl disulfide	0.28	5.00	18
				705	

표 3-36 유지가공시설 악취 세기

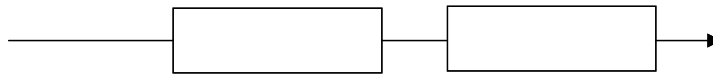
위치	정문	공장 내	집수조 위	부지밖	배가스
악취세기	3	4	4	3	3

공장 내의 동물 가축이 쌓여 있었으며, 이로부터 발생하는 악취를 저감시키기 위해 곳곳에 탈취제를 분무할 수 있는 노즐을 달아 탈취제를 뿌리고 있었고 출입구에 에어 커튼을 설치하여 나오는 공기 속에 역시 탈취제를 섞어 공장 내부의 악취가 밖으로 나오지 않도록 하고 있다.

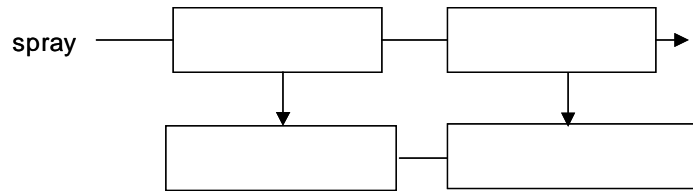
### 나. 가죽 원단 염색·가공시설

돼지 및 소가죽 원단을 가공하여 염색, 완제품 가공을 하고 있는 시설로 염료와 안료 사용량이 많다. 도장시설과 연마시설 건조시설에는 여과 또는 흡착시설이, 도장 건조시설에서는 피혁제조 시 발생하는 암모니아나 아민류를 제거하기 위한 산 세정시설이 갖추어져 있다.

1.



2.



3.

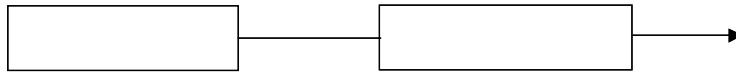


그림 3-36 피혁 가공공정

시료채취 결과 건물의 도장시설 스크러버에서 약취도 3도의 아세테이트계의 냄새를 맡을 수 있었으며, 약취원인성분을 표 3-37에 나타내었다.

표 3-37 피혁가공시설 악취농도 분석결과

측정지점	악취세기	실측악취농도	측정성분	최소감지농도(ppb)	농도(ppb)	희석배율
폐수처리장 배출구 집수조 위	4	646	acetic acid	6.0	251.0	42
			propionic acid	2.1	51.5	25
			n-butyric acid	0.082	15.1	184
			i-propanol	11	35.9	3
			methyl ethyl ketone	440	4417.9	10
			methyl cyclopentane	1700	4033.5	2
			methyl cyclohexane	150	786.1	5
			n-butyl acetate	16	236.3	15
			methyl amine	0.95	2.06	2
			dimethyl amine	0.77	29.00	38
			trimethyl amine	0.11	16.82	153
			i-propyl amine	25.00	44.71	2
예상악취농도						481
밀링 5호기앞	4	966	H <sub>2</sub> S	0.5	81.25	163
			methyl mercaptan	0.12	8.28	89
			i-propanol	11	150.7	14
			n-butyraldehyde	0.29	5.6	19
			methyl ethyl ketone	440	3735.7	8
			n-butyl acetate	16	2115.1	132
			m,p-xylene	41	106.2	2
			n-propyl benzene	3.8	31.5	8
예상악취농도						435
2층 작업장내	3	208	i-propanol	11	38.4	3
			n-butyraldehyde	0.29	3.1	11
			methyl ethyl ketone	440	3010.6	7
			n-butyl acetate	16	702.4	44
			n-propyl benzene	3.8	17.2	5
예상악취농도						70
도장시설 배출구	3	448 (~700)	i-propanol	11	338.0	31
			n-butyraldehyde	0.29	61.2	211
			methyl cyclopentane	1700	4999.5	3
			cyclohexane	2500	3459.3	1
			methyl cyclohexane	150	2347.9	16
			n-butyl acetate	16	425.5	27
			m,p-xylene	41	45.6	1
			n-propyl benzene	3.8	1075.0	283
예상악취농도						360

다량의 유기용제를 사용함으로 인해 n-butyl acetate가 다른 VOCs에 비해 높게 검출되었고, 폐수처리장과 밀링기가 위치한 지점에서는 악취원인물질로 알려진 아민류나 황화합물, 지방산 등이 높은 농도로 검출되었다. 폐수처리장에서도 n-butyric acid의

농도가 15.1ppb(희석배율 185), 트리메틸아민의 농도도 16.82ppb(희석배율 153)로 매우 높게 검출되어 폐수처리장의 악취 원인물질로 매우 크게 기여하고 있음이 확인되었다.

표 3-38 피혁가공시설 악취 세기

위치	정문	집수조 위	공장 내	매출구	부지 밖
악취세기	2	4	4	3	3

### 3.15 식품·주정 제조시설

#### 가. 장유(간장, 된장) 등 제조시설

##### 1) 악취 발생원

주로 제조공정 자체 보다는 장유 (간장, 된장, 라면스프)제조공정에서 발생하는 폐수에 의한 악취가 문제가 되기 때문에 폐수처리장이 주요 악취발생원이다.

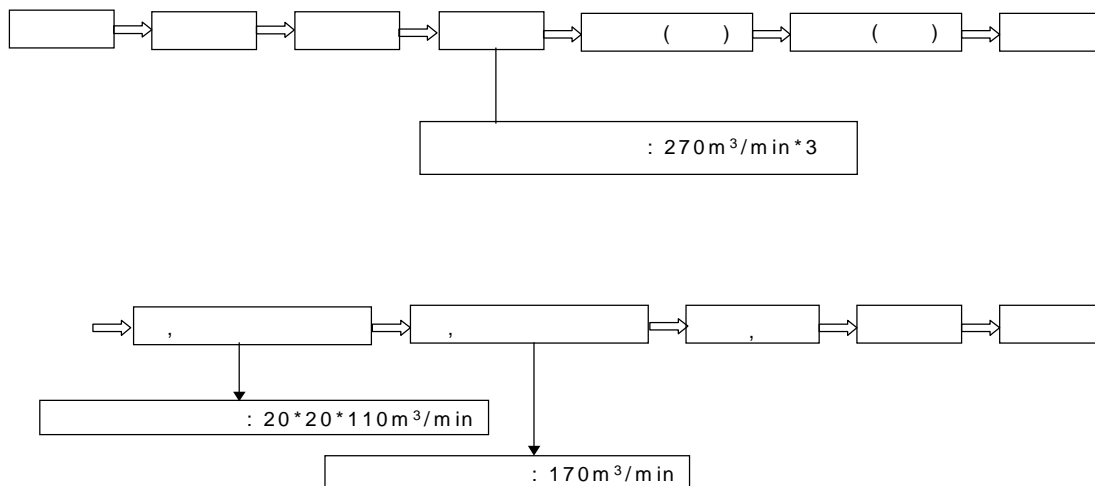


그림 3-37 장유 생산 공정

폐수처리장 및 저류조에서 발생하는 악취는 제조 공정 및 성상에 따라 상이하나 간장 및 고추장 생산시 사용되는 원료를 고려해볼 경우 암모니아, 아민류, 알데히드 및

유황계 악취 물질이 일부 포함되어 발생될 것으로 추정되며, 저류조에서 발생하는 악취는 현재 Scrubber로 처리하고 있으나 효율이 낮아 다른 탈취처리방법을 병행하거나 교체가 필요하다

2) 악취 시설 문제점 및 대책

공 정	문 제 점	대 책	비 고
폐수처리장 포 기 조	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물학적 폐수처리공정 이며 포기시 Air Striping에 의해 암모니아 및 아민류의 가스가 발생</li> <li>• 악취발생으로 인근공장 및 주민들의 민원발생우려</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐수처리장의 포기조를 현행 천막형태에서 FRP 커버로 제안</li> <li>• 포집된 악취 가스를 탈취장치를 통해 탈취 제거함으로 민원발생 억제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐수를 생물학적으로 처리하기 때문에 발생하는 악취가스도 생물학적으로 처리 효율이 높다</li> </ul>
집 수 조	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐수의 유량 조절 및 집수를 하며 악취 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 포집된 악취 가스를 탈취장치를 통해 탈취 제거함으로 민원발생 억제</li> </ul>	상동

표 3-39 장유 생산공정 악취농도 측정결과

측정지점	실측 악취농도	측정성분	최소감지 농도(ppb)	농도 (ppb)	희석배율
간장동	100	acetic acid	6.0	274.5	46
		propionic acid	2.1	67.8	32
		n-butyric acid	0.082	4.7	57
		acetaldehyde	1.5	1063.0	70
		ethanol	360	5955.0	2
		i-valeraldehyde	0.19	0.6	3
		dimethyl amine	0.77	21.67	28
		trimethyl amine	0.11	1.31	12
		예상악취농도			
폐수처리장 스크러버 배가스	3000	acetic acid	6.0	131.2	22
		propionic acid	2.1	64.5	31
		n-butyric acid	0.082	3.6	44
		n-valeric acid	0.1	1.2	1
		COS	55	425.03	8
		H <sub>2</sub> S	0.5	5897.37	11795
		CS <sub>2</sub>	210	430.70	2
		methyl mercaptan	0.12	2410.85	20090
		dimethyl sulfide	0.12	1735.15	14460
		acetaldehyde	1.5	314.8	209
		ethanol	360	80777.7	224
		n-propanol	38	4224.0	111
		methyl ethyl ketone	440	40868.8	93
		methyl cyclohexane	150	347.4	2
		dimethyl amine	0.77	200.87	261
		trimethyl amine	0.11	4.43	40
		i-propyl amine	25.00	198.48	8

**나. 발효(주정) 시설**

곡물을 발효시켜 술을 만들기 위한 주정을 제조하는 시설로 주요공정은 다음과 같다.

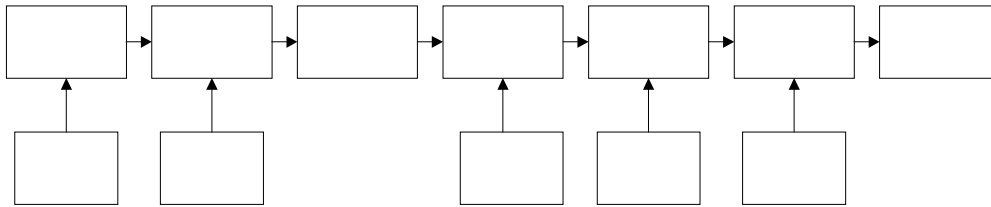


그림 3-38 주정 제조공정

직접관능법으로 평가한 악취세기는 예상외로 약했고, 공장동 내부는 독특한 발효냄새를 느낄 수 있었지만 심하지 않았다. 배출가스의 냄새는 심하지 않았으며, 냄새원인 성분은 아세트알데히드였다.

표 3-40 주정 제조시설별 악취세기

	1	2	2	1	2	1

표 3-41 주정 제조시설 배출구 악취 성분 분석결과

			(ppb)	(ppb)	
Scrubber (A)	144	acetaldehyde	1.5	466.7	311

**다. 전분 및 당류 제조시설**

생산공정으로서 옥수수 등 곡물을 분쇄 및 혼합하여 수산화나트륨과 염산을 가하여 반응을 시킨 후 농축, 건조 및 선별하여 발효시켜 전분과 당류인 물엿을 제조하는 시설이다.

그림 3-39에 주요 공정도를 나타내었으며, 생산품마다 각각의 생산 공정을 거치지

만 일반적으로 모든 공정에 공통적으로 파쇄, 농축 및 건조의 과정이 포함되어 있다. 따라서 전체적으로 농축 및 건조시설이 악취유발의 원인이며, 부분적으로는 발효시설이 악취발생 원인시설로 포함된다.

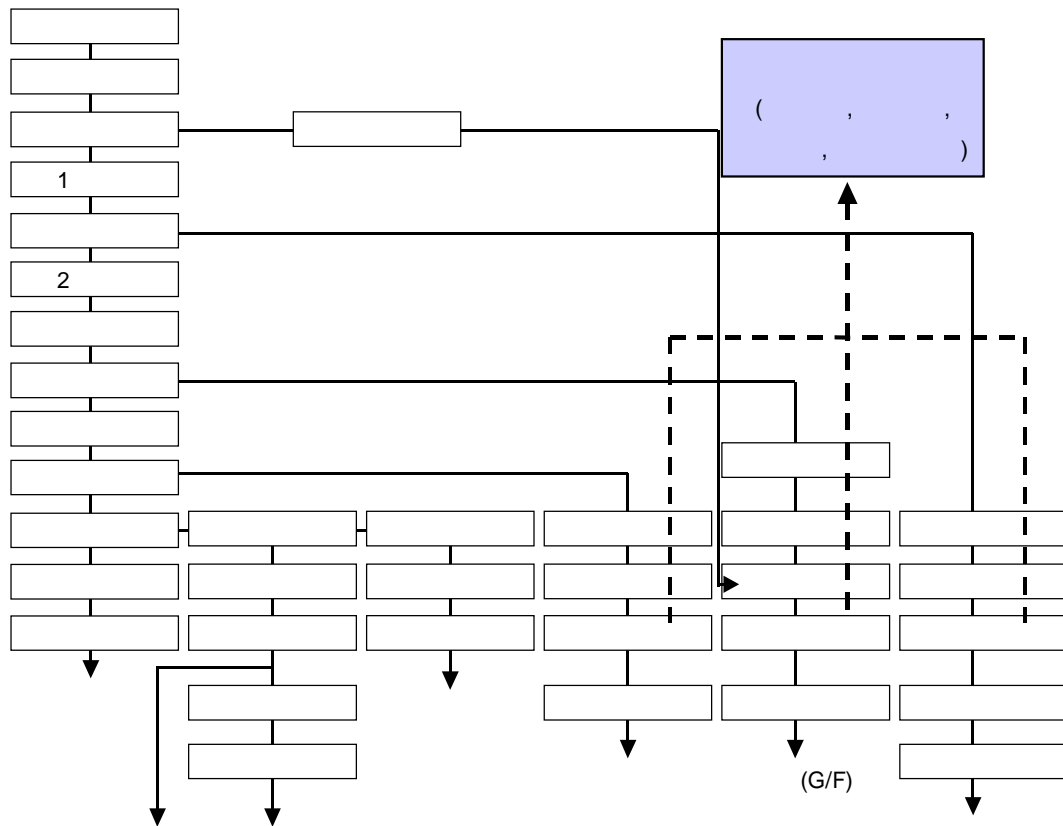


그림 3-39 전분 및 당류 제조공정

악취물질의 측정결과 알데히드류가 검출되었는데, 이는 곡물을 가공하는 업종에서 흔히 검출되는 대표적 물질이다. 아세트알데히드, 프로피온알데히드 및 이소발레르알데히드가 3ppm 이상의 높은 농도로 검출되었고, 사업장내에서는 에틸아세테이트가 1.3ppm 정도 검출되었다.

동 생산공정 중 옥수수를 침지하는 과정에서 침지액으로 아황산수를 사용한다. 따라서 공정 배출가스 중 아황산가스(SO<sub>2</sub>), 황화수소, 황화메틸 등의 황화합물이 다량 포함되어 배출된다.

표 3-42 전분 및 당류 제조시설 악취농도 측정결과

단위 : ppb

측정장소	사업장내	배출 굴뚝
Toluene	3,752	3,197
Xylene	457	124
Styrene		234
Isovaleraldehyde		171

### 3.16 제지 제조시설

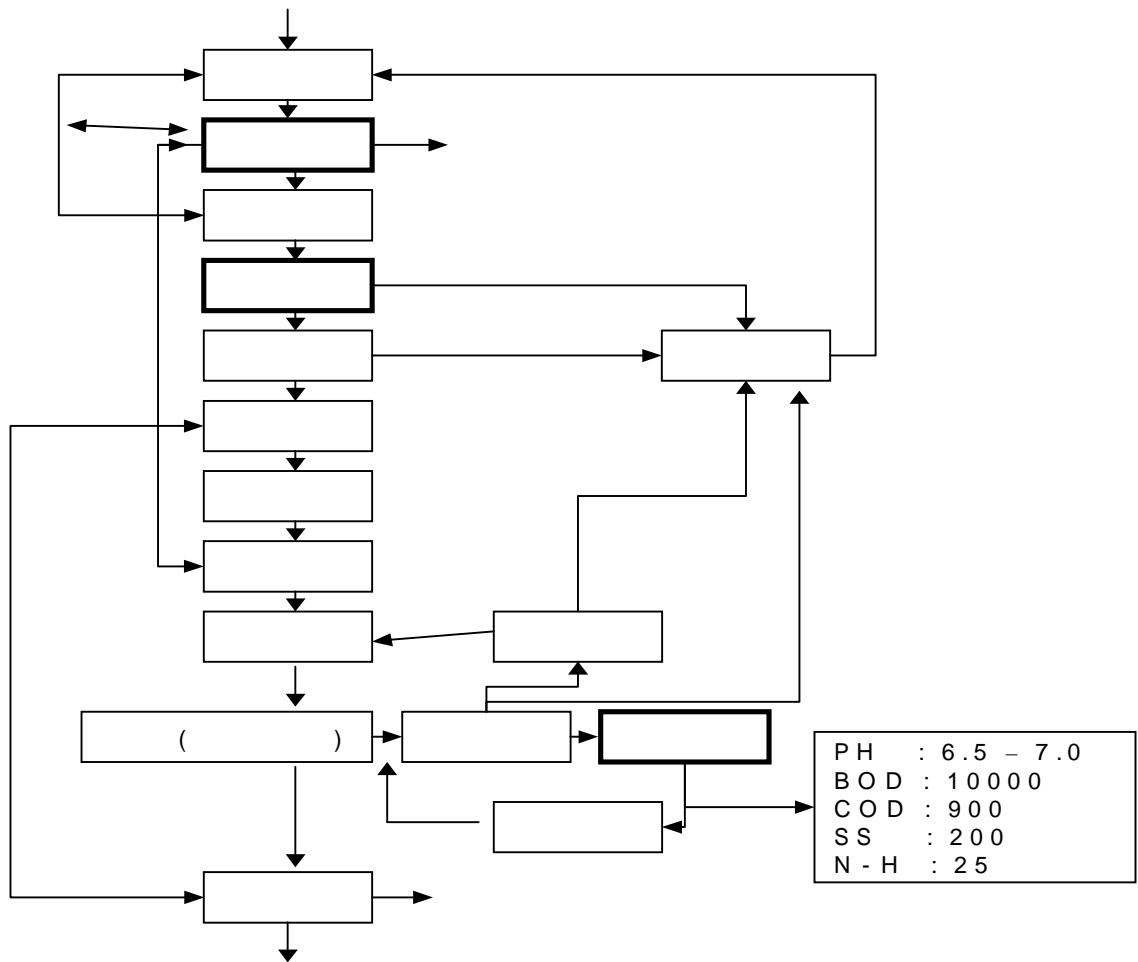
제지는 비교적 주거지와 가까이 위치하고 있어 악취가 발생될 경우 민원을 발생시킬 우려가 있고, 사업장내 마당에 수집된 폐지를 대량 야적시키고 있으며 이들 폐지가 적당한 습도와 온도 조건에서 썩을 경우 악취를 발생시킨다. 주요공정과 악취 분석 결과를 나타내었다.

표 3-43 제지 악취시료 분석결과

측정지점	실측 악취농도	측정성분	최소감지 농도(ppb)	농도 (ppb)	예상 악취농도	악취배출량
폐지 야적장(A)	22	acetaldehyde	1.5	357.4	238	-

표 3-44 제지공장 부지경계 측정결과

측정지점	악취농도	측정성분	최소감지 농도(ppb)	농도 (ppb)	희석배율
도로변	30	acetaldehyde	1.5	51.8	35
		acetic acid	6.0	9.96	2
		propionic acid	2.1	2.03	1
		n-butyric acid	0.082	0.13	2
		dimethyl amine	0.77	1.85	2
		trimethyl amine	0.11	2.44	22
		예상악취농도			



3-40

#### 4.1 발생원 대책

악취의 발생원 대책으로서, 다음과 같은 것을 들 수 있다.

1) 국소 누출량의 극소화

효과적인 후드(hood), 덮개 등을 설치하여 누출량을 최대한 적게 한다.

2) 밀폐계로 부터의 흡인량 극소화

반응기내와 같이 밀폐계로부터 가스를 흡인하는 경우, 반응기내의 부압을 가능한 한 작게 함으로써(환기 횟수를 적게) 발생하는 악취량을 억제한다.

3) 물의 혐기성화 억제

집수조 등은 혐기성화에 의해 황산이온이 환원되어 황화수소가 발생하지 않도록 약하게라도 공기를 주입해준다.

4) 주입 배관의 수물

황화수소 등은 공기와 접촉하면 대기 중에 휘발되기 쉽기 때문에, 오니(sludge), 저장조 등의 오니 주입 배관은 가능한 액속에 담근다.

5) 약품 투여

오니 저장조나 배수 중에 염화철, 폴리(poly)철 등의 산화제를 주입하고, 황화수소 등의 발생을 억제한다.

#### 4.2 악취 방지시설의 설치 현황

악취 오염을 대기오염의 한 범주에 넣어 관리하고 있는 우리나라에 있어서는 악취에 대한 정확한 각종 통계조사가 매우 취약하다. 일본의 경우를 예를 들어 표 4-1에 나타내었다. 이러한 자료를 참고하면 우리나라에도 비슷하리라 판단된다. 이 표에 의하면 산업구조나 공장 입지 조건이 유사한 일본의 경우 정통적으로 활성탄 등을 이용한 흡착법이 40%에 이를 정도로 여전히 높은 비율을 차지하고 있으며 점차 생물 처리법이 전체의 1/4를 차지할 정도로 늘어나는 추세를 나타내고 있으며 각종 처리장치와 후단에 활성탄흡착탑의 2단계 처리장치가 주를 이루고 있음을 알 수 있다.

표 4-1 악취저감 장치의 처리방식별 설치 건수 (일본)

처리방식		1992년도		1993년도		1994년도		1995년도		1996년도	
		건수	%	건수	%	건수	%	건수	%	건수	%
a	수세법	4	1.11	15	2.94	3	0.75	1	0.2	7	1.36
b	약액흡수법	37	10.3	50	9.8	17	4.27	20	3.9	13	2.34
c	흡착법	170	47.4	211	41.4	167	41.96	221	43.3	208	37.48
d	직접연소법	17	4.74	24	4.7	19	4.77	26	5.1	20	3.6
e	촉매식탈취법	35	9.75	33	6.47	20	5.03	20	3.9	20	3.6
f	생물탈취법	21	5.85	89	17.45	96	24.12	125	24.46	129	23.24
g	탈·소취제법	14	3.9	49	9.6	20	5.03	32	6.26	45	8.11
h-1	수세식+흡착법	0	0	2	0.39	1	0.25	5	0.98	4	0.72
h-2	약액흡수법+흡착법	21	5.85	25	4.9	19	4.77	16	3.13	17	3.06
h-3	탈·소취제법+흡착법	0	0	4	0.78	1	0.25	7	1.37	7	1.26
h-4	촉매식탈취법+흡법	3	0.84	3	0.59	7	1.76	5	0.98	5	0.9
h-5	생물탈취법+흡착법	2	0.56	4	0.78	5	1.25	11	2.15	30	5.41
i	기타	35	9.76	1	0.2	23	5.78	22	4.3	50	9.01

표 4-2 악취물질별 탈취 방법

	NH <sub>3</sub>						
	CH <sub>3</sub> SH						
	H <sub>2</sub> S						
	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S						
	CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub>						
	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N						
	CH <sub>3</sub> CHO						
	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHO	x					x
	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CHO	x					x
	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCHO	x					x
	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CHO	x					x
	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CHO	x					x
	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> OH	x					x
	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	x					x
	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	x					x
	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	x					x
	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH=CH <sub>2</sub>	x					x
( )	C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	x					x
	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH						
	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH						
	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH						
	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COOH						

※ 비교 1. 0 : 처리가능, △ : 처리가능(적절한 접촉시간), × : 처리 불가  
 2. 일반적으로, 세정법, 소취제 분무법은, 용제류 가스에는 적합하지 않음.

### 4.3 약취 저감기술

약취처리 방법으로는, 세정법, 오존 산화법, 흡착법, 연소법, 생물 탈취법 및 소취제 분무법 등이 있다.

#### 1) 세정법

세정법에는, 수(물)세정법과 약액 세정법이 있다. 그 원리 및 대상 가스를 표 4-3에 나타내었다. 그리고 약취 물질과 약품과의 반응 예를 표 4-4에 나타내었다. 흔히 사용되는 흐름(flow)의 예를 그림 4-1 ~ 4-4에 나타내었다.

표 4-3 세정법의 종류

세정법	원리	대상가스
수(물)세정	기액접촉에 의해 물로 녹여 물리적으로 약취물질을 흡수한다.	암모니아, 저급아민, 저급지방산, 황화수소 등
약액 세정법	기액접촉에 의해 약취물질을 약액으로 흡수시켜 화학적으로 중화시킨다.	산세정: 암모니아, 아민 알칼리세정: 황화수소, 메틸메르캅탄 등
약액 산화법	차아염소산소다(NaClO) 등 산화제가 든 수용액과 약취물질을 기액 접촉시켜 산화 분해시킨다.	암모니아, 황화(sulfide)수소, 메틸메르캅탄 등

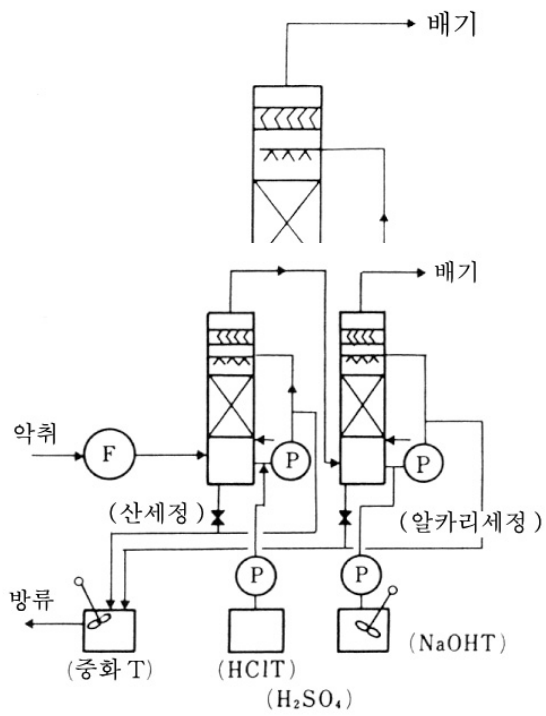


그림 4-3 산세정+알카리 세정법

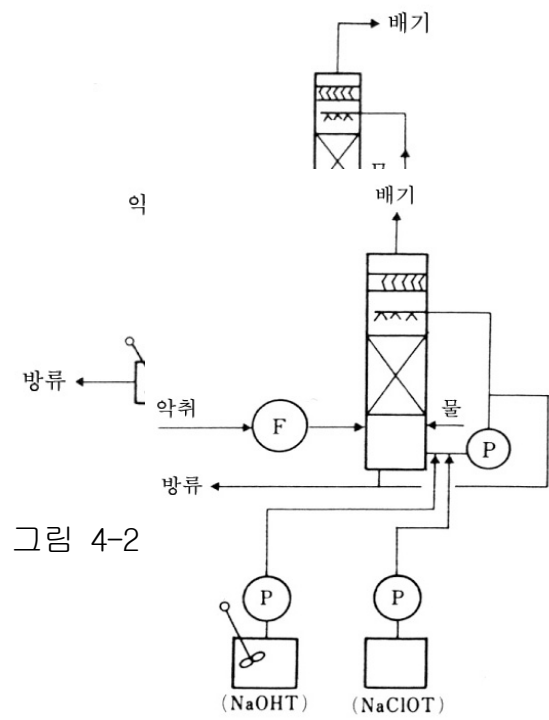


그림 4-2

그림 4-4 차아염세정법

표 4-4 약취 물질과 약품과의 반응 예

계	약취 물질	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl	NaOH	NaOCl
염기성계	암모니아(NH <sub>3</sub> )	2NH <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> → (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub> +HCl → NH <sub>4</sub> Cl	반응 없음	2NH <sub>3</sub> +3NaCl → N <sub>2</sub> +3NaCl+3H <sub>2</sub> O
	트리메틸아민 (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N+H <sub>2</sub> O → (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N·H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N+HCl → (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N·HCl	반응 없음	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N+NaOCl → (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N+ NaCl
산성계	황화수소 (H <sub>2</sub> S)	-	-	H <sub>2</sub> S+2NaOH → Na <sub>2</sub> S+H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> S+4NaOCl → Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 4NaCl Na <sub>2</sub> S+NaOCl → H <sub>2</sub> O+S+NaCl+ 2NaOH
	메틸메르캅탄 (CH <sub>3</sub> SH)	-	-	CH <sub>3</sub> SH+NaOH → CH <sub>3</sub> SN+H <sub>2</sub> O	CH <sub>3</sub> SH+3NaOCl → CH <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> H+3NaCl
	프로피온산	-	-	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COOH +NaOH→ CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> COONa +H <sub>2</sub> O	-
	노르말부틸산	-	-	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COOH+ NaOH → CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> COONa+ H <sub>2</sub> O	-
	노르말발레르산	-	-	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COOH+ NaOH → CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> COONa+ H <sub>2</sub> O	-
	이소발레르산	-	-	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COOH+NaOH → (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COONa	-
중성계	황화메틸 (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	-	-	-	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S+ 3NaOCl→ (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> +NaCl
	이황화메틸 (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	-	-	-	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S+ 5NaOCl→ 2CH <sub>3</sub> SO <sub>3</sub> H+5NaCl
	아세트알데히드 CH <sub>3</sub> CHO	-	-	-	CH <sub>3</sub> CHO+NaOCl+NaCl→ CH <sub>3</sub> COONa+NaCl+H <sub>2</sub> O

## 2) 흡착법

흡착법으로는, 활성탄 등을 사용하는 흡착제법과 이온 교환 수지를 사용하는 이온 교환 수지법이 있다. 원리를 표 4-5에, 사용되는 흡착제를 표 4-6에 나타내었다.

표 4-5 흡착법의 종류

구분	방법	대상물질
흡착법	활성탄, 실리카겔, 제올라이드, 활성백토 등의 흡착제에 흡착시킨다.	흡착제의 구성에 따라서는 거의 모든 악취물질에 효과가 있다.
이온 교환 수지법	악취 물질의 이온성을 이용하여 이온교환 수지를 흡착한다.	암모니아, 황화수소 등

표 4-6 흡착제의 종류

구분	종류
물리흡착제	활성탄 (소수성)
	실리카 겔 (친수성)
	알루미나 겔 (친수성)
	분자체(Molecular Sieve )(친수성)
	활성 백토 (친수성)
	제올라이트 (친수성)
화학흡착제	이온 교환 수지
	산성 가스 흡착제
	알카리성 가스 흡착제
	중성 가스 흡착제

#### 가. 흡착제법

흡착 장치는 다음과 같이 분류된다.

- ① 비재생형: 흡착제는 사용 후, 폐기 처분한다.
- ② 분리 재생형: 흡착 수명에 달하면 꺼내어 재생품과 교환한다. 사용이 끝난 흡착는 재생하여 재이용 한다.
- ③ 가열 재생형: 재생을 흡착탑 내에서 증기 또는 열풍으로 할 수 있는 것으로 고농도 영역에 적합하다. 대표적인 흡착법의 흐름(flow) 예를 그림 4-5 및 4-6에 나타내었고 각종 흡착제를 악취 물질과의 반응 예를 표 4-7에 나타내었다.

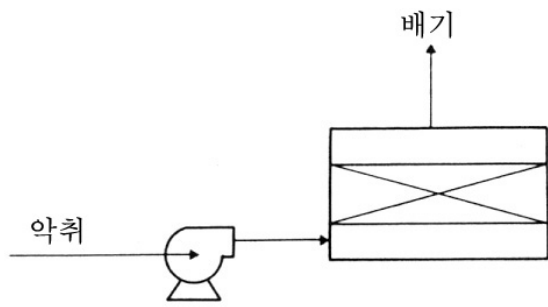


그림 4-5 비재생형 또는  
탈착재생형 흡착법  
표 4-7 흡착제와의 주반응 예

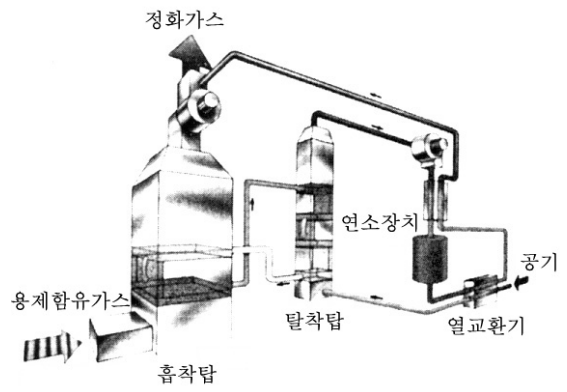


그림 4-6 가열 재생형 흡착법

성상	약취물질	주 반응 예
염기성 계통	암모니아	$\text{NH}_3 \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$ $(\text{CH}_3)_3\text{N} \rightarrow \{(\text{CH}_3)_3\text{N}\}_2\text{PO}_4$
	트리메틸아민	$\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4$
산성 계통	황화수소	$\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S}$
	메틸메르캅탄	$\text{CH}_3\text{SH} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{S}_2$
	프로피온산	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$
	노르말부티르산	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COONa}$
	노르말발레르산	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COONa}$
	이소발레르산	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COONa}$
중성 계통	황화메틸	$(\text{CO}_3)_2\text{S} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{SO}$
	이황화메틸	$(\text{CH}_3)_2\text{S}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$
	아세트 알데히드	$\text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$
	스티렌	$\text{C}_8\text{H}_8 \rightarrow$ 물리흡착
	톨루엔	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 \rightarrow$ 물리흡착
	자일렌 (크실렌)	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2 \rightarrow$ 물리흡착
	메틸 이소부틸 케톤	$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2 \rightarrow$ 물리흡착
	아세트산 에틸	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5 \rightarrow$ 물리흡착
	이소부탄올	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{OH} \rightarrow$ 물리흡착
	프로피온알데히드	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
	노르말부틸알데히드	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
	이소부틸알데히드	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCHO} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CHCOOH}$
	노르말발레르알데히드	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH}$
	이소발레르알데히드	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CHO} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COOH}$

나. 이온교환 수지법

이온 교환 수지법의 대표적인 흐름도(flow)를 그림 4-7 및 그림 4-8에 나타내었다. 이 방법의 경우, 수지의 함수 비율이 흡착 능력에 크게 영향을 주며, 최적 함수비율은 40~100%이다. 이온 교환 수지와 약취 물질과의 반응 예를 표 4-8에, 수지의 재생 방법을 표 4-9에 나타내었다.

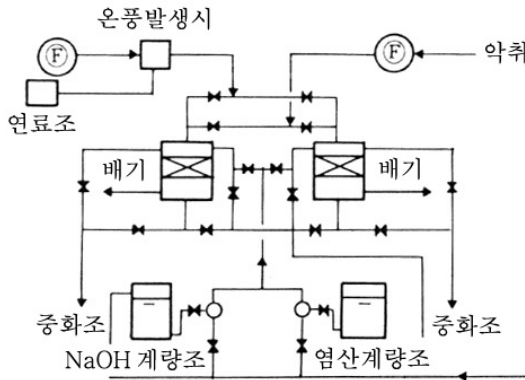


그림 4-7 이온교환 수지법

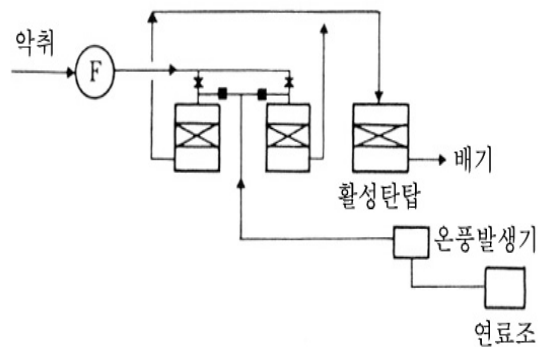


그림 4-8 활성탄과의 조합법

표 4-8 이온 교환 수지와 반응 예

약취 물질	반응 예
암모니아	$R-NH_3^+Cl^- + NH_3 \rightarrow R-NH_2 + NH_4Cl$
아민	$R-NH_3^+ \cdot Cl + R'-NH_2 \rightarrow R-NH_2 + R'NH_2 \cdot HCl$
황화수소	$R-NH_2 + H_2S \rightarrow R-NH_2 \cdot (H_2S)^{1/2}$ $2H_2S + O_2 \xrightarrow{NH_3} 2S + H_2O$
메틸메르캅탄	$R-NH_2 + CH_3SH \rightarrow R-NH_2 \begin{matrix}    \\ HS \cdot CH_3 \end{matrix}$
황화메틸	활성탄과 같이 Vander Waals힘에 의함.

표 4-9 수지의 재생방법

구분	재생방법
물세척(수세)	수지 내부 액상에 녹아 있는 물질의 용출. 이 때, 수지의 작용기에 결합하고 있는 물질이 떨어지지 않음.
알카리 재생	5%의 NaOH로 재생 $R-NH_3^+CH_3COO + NaOH \rightarrow R-NH_2 + CH_3COONa + H_2O$ $2R-NH_2(H_2S)^{1/2} + 2NaOH \rightarrow 2R-NH_2 + Na_2S + 2H_2O$ $R-NH_2 + NaOH \rightarrow R-NH_2 + CH_3CH_2SNa + H_2O$ ↑ $CH_3SH$
산중화	0.5 ~ 1%염산으로 중화시켜, 작용기(아미노기)와 약전해질인 아미노기는 비해리의 상태부터 해리한 상태로 변한다.
물세척(수세)	중화에 사용한 산을 제거하지만, 생략할 수도 있다.
건조	재생, 중화후, 70 ~ 80℃의 온풍을 불어 흡착에 적당한 함수율까지 건조시킨다. 상온에서의 통풍으로도 충분한 경우도 많다.

### 3) 오존 산화법

오존은 불소 다음으로 강력한 산화제로서 황화수소, 메틸메르캡탄 등의 무기계 외에 알데히드 및 페놀 등의 유기계 가스도 분해할 수 있는 것이 큰 특징이다. 대표적인 오존 산화법의 흐름도(flow)를 그림 4-9 부터 그림 4-11에 나타내었다. 오존과 약취 물질과의 반응 예를 표 4-10에 나타내었다. 참고로 오존의 인체에 대한 영향을 그림 4-12에 나타내었다.

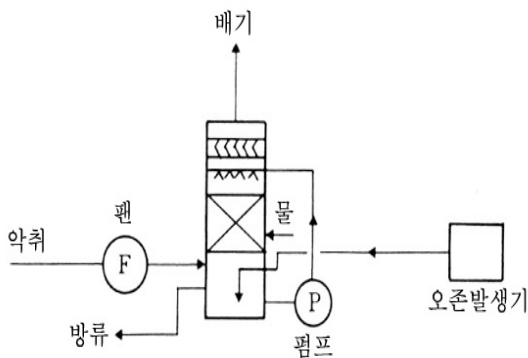


그림 4-9 오존수 세정법

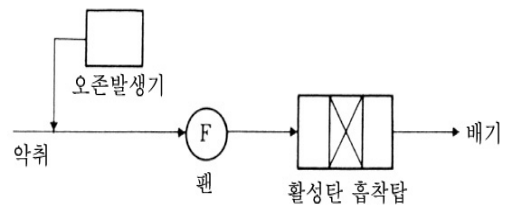


그림 4-10 기상오존 첨가법

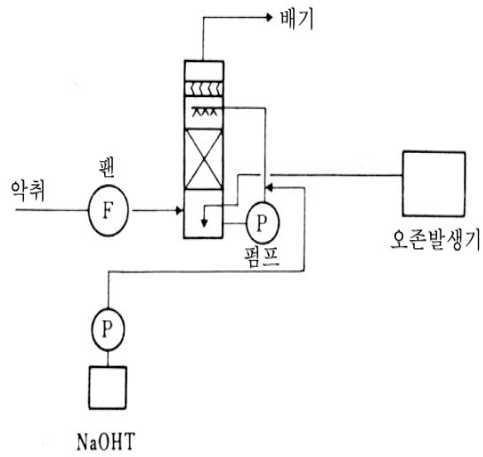


그림 4-11 알카리성 오존세정법

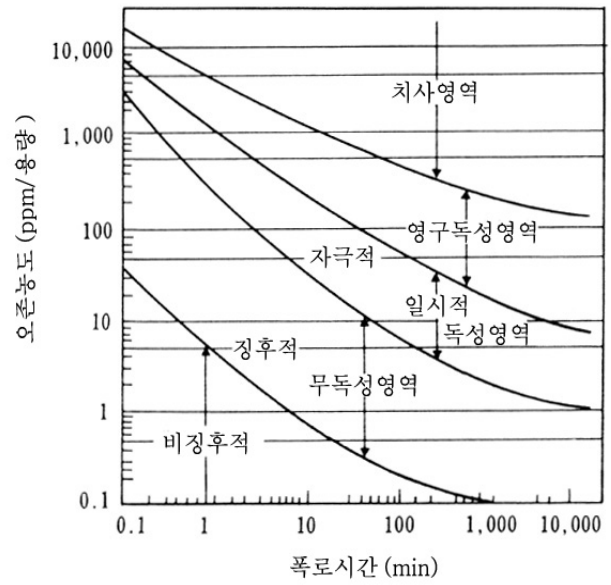


그림 4-12 오존의 인체 영향

표 4-10 오존과 악취 물질과의 반응 예

악취 물질	반응 예
암모니아	$2\text{NO}_3 + \text{O}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
	$3(\text{CH}_3)_3\text{N} + \text{O}_3 \rightarrow 3(\text{CH}_3)_3\text{NO}$
트리메틸아민	$(\text{CH}_3)_3\text{N} + 3\text{O}_3 \rightarrow \text{CH}_2\text{NO}_2 + 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
황화수소	$3\text{H}_2\text{S} + 4\text{O}_3 \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4$
	$3\text{H}_2\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow 3\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
	$\text{H}_2\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
메틸메르캅탄	$\text{CH}_3\text{SH} + \text{O}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$
	$\text{CH}_3\text{SH} + \text{O}_3 \rightarrow \text{CO}_3\text{OH} + \text{SO}_2$
	$2\text{CH}_3\text{SH} + \text{O}_3 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{S}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$
황화메틸	$3(\text{CH}_3)_2\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{SO}$
	$(\text{CH}_3)_2\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{SO}_3$
이황화메틸	$2(\text{CH}_3)_2\text{S}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$
	$3(\text{CH}_3)_2\text{S}_2 + 5\text{O}_3 \rightarrow 3(\text{CH}_3)_2\text{S}_2\text{O}_5$

#### 4) 생물 탈취법

생물 탈취법은 수세정, 흡착법 및 생물 화학적 분해법이 종합적으로 연관된 방법으로 악취 물질은 물에 흡수 또는 고체에 흡착되고, 그 후 분해된다. 생물 탈취법을 분류하면 그림 4-13과 같다. 생물 탈취법의 산화 분해 반응 예를 표 4-11에 나타내었다.

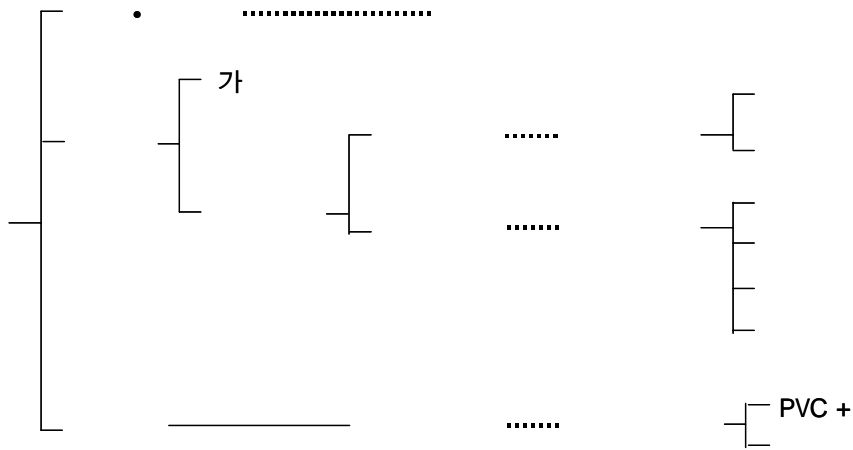


그림 4-13 생물탈취법의 분류

표 4-11 생물 분해 반응 예

물 질	반 응 예
암모니아	$\text{NH}_3 \rightarrow \text{HNO}_3, \text{H}_2\text{O}$
트리메틸아민	$(\text{CH}_3)_3\text{N} \rightarrow \text{HNO}_3, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$
황화수소	$\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_2\text{O}$
메틸메르캡탄	$\text{CH}_3\text{SH} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$
황화메틸	$(\text{CH}_3)_2\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4, \text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$

##### 가. 토양탈취법

토양 탈취법의 흐름(flow)을 그림 4-14에 나타내었다. 악취 물질의 분해는 토양 미생물(토양 세균, 곰팡이류)에 의해, 분해 반응이 늦고, 고농도 악취나 유기계 가스에는 효과적이지 못하다. 그리고 분해된 악취 물질은 토양 중에서 염류로서 고정되고, 빗물로 탈착 또는 표면에 심은 식물에 흡수되는 등에 의해 균형이 맞추어지고 있다.

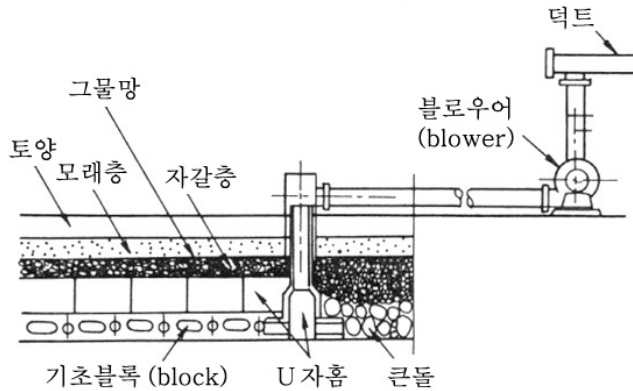


그림 4-14 토양 탈취법

나. 활성 오니법

활성 오니법의 흐름도(flow)를 그림 4-15에 나타내었다. 이 방법은 악취물질과 활성 오니수가 접촉하여, 흡수, 흡착 및 생물 분해를 하는 것으로 비교적 고속으로 처리할 수 있다.

다. 생물 고정형 탈취법

생물 고정형의 탈취법은, 미생물을 충전재에 착생시켜, 흡착, 분해 및 세정에 의해 탈취하는 것으로 비교적 고속으로 처리할 수 있다. 탈취 흐름도(flow) 예를 그림 5-2-17에 나타내었다. 그림 5-2-17에서 흡착탑을 생략하는 경우도 많다. 그리고 탈취 원리를 그림 5-2-18에 나타내었다.

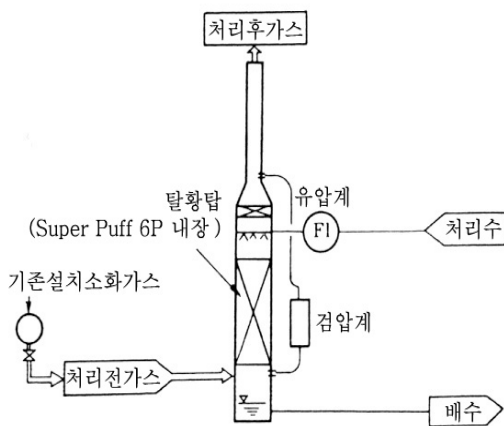


그림 4-15 활성오니법

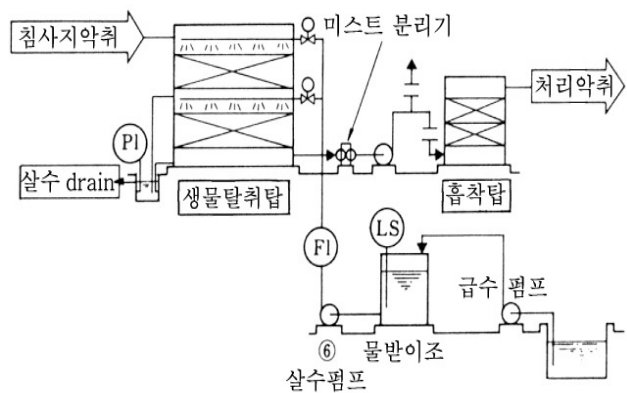
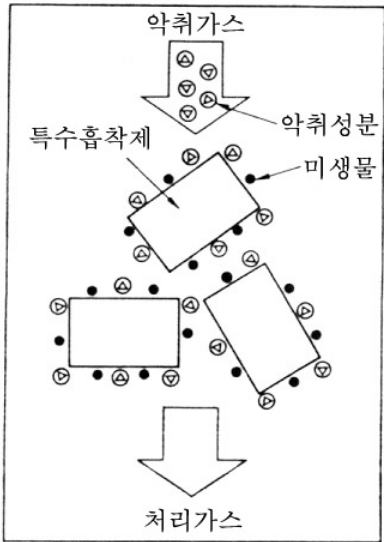
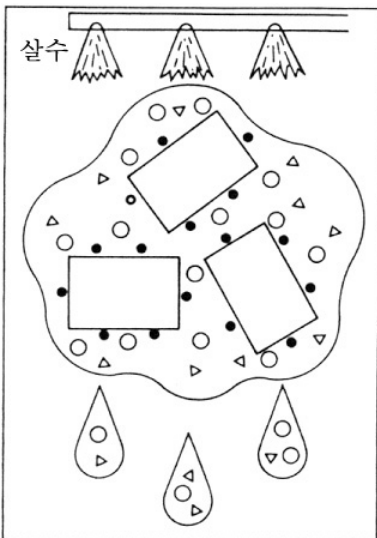
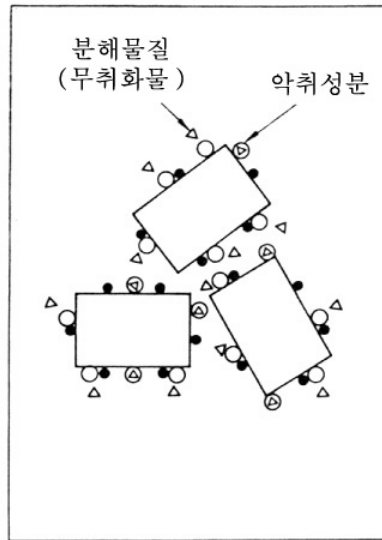


그림 4-16 생물 고정형 탈취법



① 흡착탈취  
 악취가스 중의 악취성분은 흡착제 충전탑을 통과시킬때 고속 및 고효율로 특수흡착제에 흡착 제거된다.

② 분해무취화  
 흡착제에 흡착된 악취성분은 흡착제 표면에 흡착된 미생물에 의해 분해되며 냄새없는 물질로 된다.



③ 세 정  
 생물대사물 및 기타의 불활성물질은 1일 수회의 살수 (2차처리수)에 의해 계외로 씻어낸다. 그리고 살수는 미생물에 의해 필요한 수분 및 영양소의 보급으로도 된다.

그림 4-17 생물 고정형 탈취법 원리

## 5) 연소법

연소법은, 악취 물질을 고온으로 산화 분해 시키는 것으로, 직접 연소법, 촉매 연소법 및 촉열식 연소법이 있다.

### 가. 직접 연소법

700°C 이상의 고온으로 연소 분해하는 방법으로, 신뢰성이 높고, 온도 관리만으로 효과를 기대할 수 있다. 또 악취 물질에 의해 체류 시간과 온도의 조건 설정을 살펴보면, 거의 모든 물질의 분해 처리가 가능하다. 이 방법에는, 플레어 스택(flare stack), 기존 보일러, 화로 및 연소 장치에 의한 산화 분해 방법 등이 있다. 대표적 흐름도(flow)를 그림 4-18에서 그림 4-20에 나타내었다.

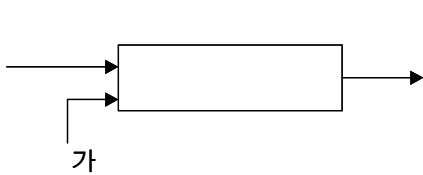


그림 4-18 직접 연소법

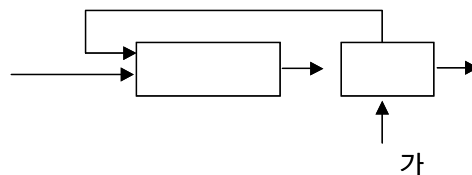


그림 4-19 연소공기 예열법

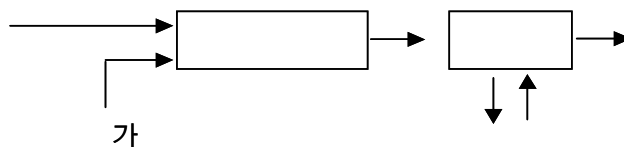


그림 4-20 온수 회수법

### 나. 촉매 연소법

백금이나 팔라듐(palladium)계의 촉매층을 이용하여 250~350°C에서의 저온에서 악취를 산화 분해시키는 방법으로, 직접 연소법과 같이 안정된 탈취법이다. 그 대표적 흐름도(flow)를 그림 4-21 ~ 그림 4-24에 나타내었다.

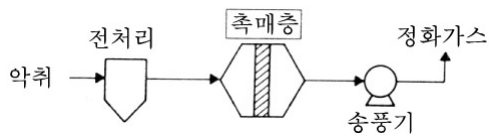


그림 4-21 직접촉매법

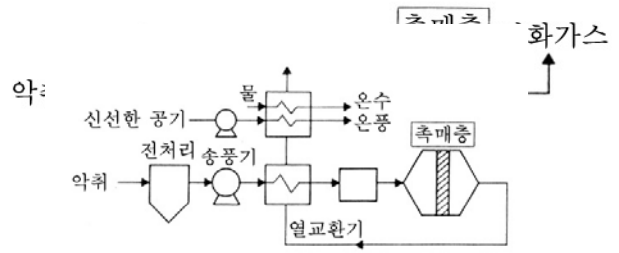


그림 4-23 가스가열·온수회수법

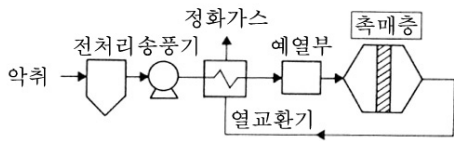


그림 4-22 가스가열 회수법

다. 축열식 연소법

축열체에 의해 고효율로 열회수(95% 정도)하는 방법으로, 에너지 절약형 연소 탈취장치이다. 예를 그림 4-25에 나타내었다.

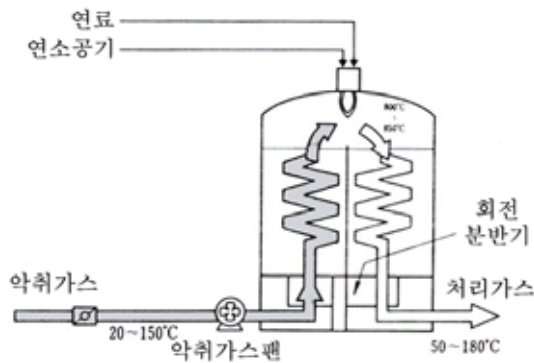


그림 4-24 축열식 연소법

## 6) 탈취제 분류법

### 가. 소취제법

소취제는, 여러 종류가 시판되고 있으며, 비교적 저농도의 약취, 예를 들어 하수 처리장의 폭기조 배기 등에 적합하다. 또 발생원이 광범위하여 약취의 포집이 곤란한 장소에도 이용되고 있다.

### 나. 중화법

약취 물질과 화학적으로 반응(중화)하는 약품을 사용하여 분해하는 방법이다. 옛날부터 식물 정유에 냄새 제거력이 있어 이용되고 있으며, 냄새 제거 메카니즘 예를 그림 4-26 및 그림 4-27에 나타내었다.

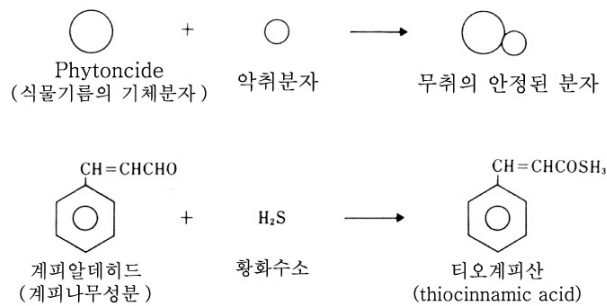


그림 4-25 황화수소와 식물정유와의 반응

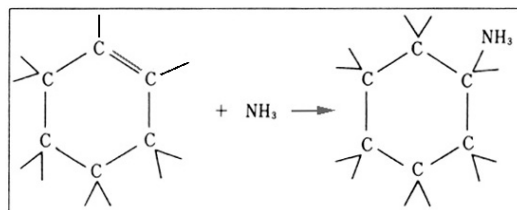


그림 4-26 암모니아와 식물정유와의 반응

## 7) 플라즈마(Plasma) 탈취법

방전에 의해 발생하는 플라즈마(plasma)를 이용한 탈취법으로, 그 흐름도(flow) 예를 그림 4-27에 나타내었다. 약취 물질의 분해 과정은 대략적으로 다음과 같다.

처리 가스 중에서의 방전  
 ↓ ↓  
 활성 분자, 라디칼(radical), 오존의 발생  
 ↓ ↓  
 기상 중에서의 약취 물질의 산화  
 ↓ ↓  
 촉매상에서의 약취 물질의 산화 및 오존의 분해

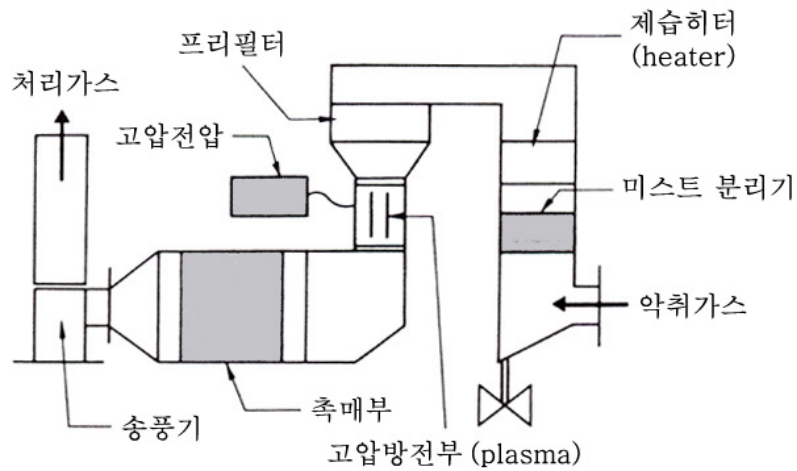


그림 4-27 플라즈마 탈취장치의 처리흐름

### 8) 광촉매 탈취법

산화 티타늄에 빛을 비추면, 과산화수소( $H_2O_2$ )와 수산화 라디칼(radical)  $OH$  가 발생된다. 이 두 물질은 강력한 산화력을 가지므로 아세트알데히드와 같은 약취 물질도 탄산가스와 물로 분해 시킬 수 있다. 그 흐름도(flow)를 그림 4-28에 나타내었다.

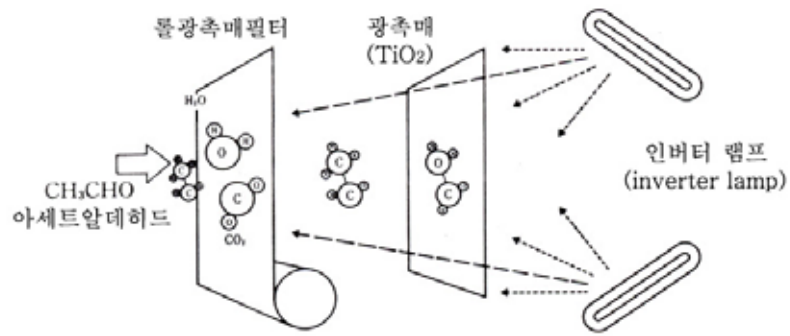


그림 4-28 광촉매에 의한 탈취원리