

폐기물처리업의 환경오염방지 및 통합관리를 위한  
**최적가용기법 기준서**

환 경 부  
국립환경과학원



서 문 [序文]	xviii
약 어	xxv
<b>1. 일반 현황</b>	
<b>1.1 산업 범위</b>	<b>3</b>
1.1.1 폐기물의 정의	3
1.1.2 기준서 작성기준	7
<b>1.2 국내 폐기물 발생 및 처리현황</b>	<b>13</b>
1.2.1 국내 폐기물 발생현황	13
1.2.2 국내 폐기물 처리현황	25
<b>1.3 폐기물처리업 현황</b>	<b>30</b>
1.3.1 음식물자원화시설	30
1.3.2 재활용선별시설	35
1.3.3 연료화시설	41
1.3.4 하·폐수슬러지 처리시설	49
1.3.5 반응시설	52
1.3.6 매립시설	54
<b>1.4 주요환경문제</b>	<b>67</b>
1.4.1 음식물자원화시설	67
1.4.2 재활용선별시설	69
1.4.3 연료화시설	71
1.4.4 하·폐수슬러지 처리시설	74
1.4.5 반응시설	76
1.4.6 매립시설	77

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

<b>2.1 음식물자원화시설</b> .....	<b>83</b>
2.1.1 주요공정 .....	83
2.1.2 오염물질 배출현황 .....	105
<b>2.2 재활용선별시설</b> .....	<b>115</b>
2.2.1 주요공정 .....	116
2.2.2 오염물질 배출현황 .....	126
<b>2.3 연료화시설</b> .....	<b>129</b>
2.3.1 주요공정 .....	129
2.3.2 오염물질 배출현황 .....	156
<b>2.4 하·폐수슬러지 처리시설</b> .....	<b>165</b>
2.4.1 주요공정 .....	165
2.4.2 오염물질 배출현황 .....	184
<b>2.5 반응시설</b> .....	<b>190</b>
2.5.1 주요공정 .....	190
2.5.2 오염물질 배출현황 .....	191
<b>2.6 매립시설</b> .....	<b>193</b>
2.6.1 주요공정 .....	193
2.6.2 오염물질 배출현황 .....	228

## 3. 일반 환경관리기법

<b>3.1 환경경영</b> .....	<b>241</b>
3.1.1 환경경영시스템 .....	241
3.1.2 환경성과지표 .....	246
<b>3.2 환경 모니터링</b> .....	<b>249</b>
3.2.1 대기오염물질 모니터링 .....	249
3.2.2 수질오염물질 모니터링 .....	252
3.2.3 악취물질 모니터링 .....	254
3.2.4 영상정보처리기기 .....	255

<b>3.3 에너지 관리</b>	<b>257</b>
3.3.1 보일러/스팀 시스템의 폐열 활용	257
3.3.2 에너지 효율적 공정 구성	259
<b>3.4 대기오염 배출 저감기법</b>	<b>260</b>
3.4.1 입자상 물질 배출 저감 기법	260
3.4.2 가스상 물질 배출 저감 기법	265
3.4.3 질소산화물 배출 저감기법	276
<b>3.5 수질오염 배출 저감기법</b>	<b>278</b>
3.5.1 물리·화학적 처리	278
3.5.2 생물학적 처리	280
<b>3.6 폐기물 배출 저감기법</b>	<b>287</b>
3.6.1 폐기물 관리지침 규정	287
3.6.2 폐기물 재사용 및 재활용	288
<b>3.7 악취 배출 저감기법</b>	<b>289</b>
3.7.1 흡수법	291
3.7.2 흡착법	291
3.7.3 연소법	291
3.7.4 산화법	291
3.7.5 생물탈취법	291
3.7.6 액상촉매법	292
3.7.7 소·탈취제 분무법	294
3.7.8 매립지 악취 관리	294
3.7.9 악취 발생원 대책	296
<b>3.8 휘발성유기화합물 배출 저감기법</b>	<b>298</b>
<b>3.9 비산먼지 저감기법</b>	<b>302</b>
3.9.1 살수	302
3.9.2 세륜·세차	304
3.9.3 기타 비산먼지 저감기법	305
<b>3.10 소음·진동 관리기법</b>	<b>306</b>
3.10.1 소음·진동 방지시스템 설계	308
3.10.2 소음·진동 저감기법	310

### 4. 공정 환경관리기법

<b>4.1 공통</b> .....	<b>313</b>
4.1.1 폐기물 반입 .....	313
4.1.2 폐기물의 적정 보관 .....	322
4.1.3 폐기물 운반 .....	331
4.1.4 악취저감 .....	333
<b>4.2 중간처분·재활용시설</b> .....	<b>338</b>
4.2.1 음식물자원화시설 .....	338
4.2.2 재활용선별시설 .....	343
4.2.3 연료화시설 .....	349
4.2.4 하·폐수슬러지 처리시설 .....	365
4.2.5 기타시설 .....	371
<b>4.3 최종처분시설(매립)</b> .....	<b>375</b>
4.3.1 전산운영시스템 .....	375
4.3.2 침출수 배수층 및 집수관로 .....	377
4.3.3 침출수 수직배제시설 .....	378
4.3.4 매립장 계측 .....	379
4.3.5 계단형 매립 .....	379
4.3.6 상향식 매립 .....	380
4.3.7 중간복토 절취 후 당일복토 재이용 .....	381
4.3.8 건설폐기물을 이용한 내부도로 축조 .....	383
4.3.9 우수배제 토사측구 차수매트 보강 .....	384
4.3.10 최종복토 .....	385
4.3.11 침출수 혼합처리 .....	388
4.3.12 응집공정 무기응집제 .....	389
4.3.13 약품 자동이송제어 및 감시설비 .....	390
4.3.14 침출수 누출 모니터링 .....	391
4.3.15 우수배제 .....	392
4.3.16 매립장 정비 및 순환이용 .....	393

## 5. 최적가용기법(BAT)

<b>5.1 일반 BAT</b>	<b>397</b>
5.1.1 환경경영	397
5.1.2 환경 모니터링	398
5.1.3 에너지 관리	398
5.1.4 대기오염물질 배출 저감기법	399
5.1.5 수질오염물질 배출 저감기법	400
5.1.6 폐기물 관리기법	400
5.1.7 악취 저감기법	401
5.1.8 휘발성유기화합물 배출 저감기법	402
5.1.9 비산먼지 저감기법	403
5.1.10 소음·진동 관리기법	403
<b>5.2 공정 BAT</b>	<b>405</b>
5.2.1 폐기물 반입	405
5.2.2 폐기물 보관	406
5.2.3 폐기물 운반	409
5.2.4 악취 저감	409
5.2.5 중간처분·재활용시설	410
5.2.6 최종처분시설(매립)	415

## 6. 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)

<b>6.1 개요</b>	<b>419</b>
<b>6.2 BAT-AEL 설정 시 고려사항</b>	<b>420</b>
6.2.1 BAT-AEL 설정을 위한 배출시설 분류체계	420
6.2.2 대상사업장의 선정 및 관련 자료의 수집 범위	420
6.2.3 사업장 별 공정 형태 및 모니터링 방법 등 세밀한 현장조사	420
6.2.4 BAT-AEL 대상항목의 특수성	421
6.2.5 이상치 검정 및 평가방법에 대한 이론적 근거	421

6.3 설정 방법 및 절차 .....	422
6.3.1 배출시설 분류체계 .....	424
6.3.2 오염물질 배출현황 자료 조사 .....	425
6.3.3 자료의 적합성 평가 .....	425
6.3.4 최적가용기법 연계배출수준 범위 선정 .....	428
6.4 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL) .....	430
<b>7. 유망기법</b>	
7.1 통합반입관리시스템 운영 .....	433
7.2 반입관련 빅데이터 구축 .....	435
7.3 봉타입 선별장치 .....	436
7.4 건조시설 완전밀폐 건조 방식 적용(사료화) .....	438
7.5 음폐수 유기탄소원 활용 .....	439
7.6 일체형 파쇄·선별 장치 적용 .....	440
7.7 침출수매립시설 환원 정화 .....	441
<b>8. 부록</b>	
8.1 용 어 .....	447
8.2 참고문헌 .....	450

[표 1.1]	한국표준산업분류(10차) 중 폐기물처리산업 분류	4
[표 1.2]	한국표준산업분류(10차)에 따른 통합관리 대상 업종 분류	5
[표 1.3]	폐기물관리법 시행령 [별표3]	7
[표 1.4]	폐기물관리법 시행령 별표3(소각시설) 분류기준표	9
[표 1.5]	폐기물관리법 시행령 별표3(매립시설) 분류기준표	9
[표 1.6]	폐기물관리법 시행령 별표3(기계적처분시설) 분류기준표	10
[표 1.7]	폐기물관리법 시행령 별표3(화학적처분시설) 분류기준표	11
[표 1.8]	폐기물관리법 시행령 별표3(생물학적처분시설) 분류기준표	11
[표 1.9]	폐기물관리법 시행령 별표3(그 외 시설) 분류기준표	12
[표 1.10]	연도별 폐기물 발생현황	13
[표 1.11]	생활계폐기물의 성상변화	19
[표 1.12]	생활계(가정)폐기물의 성상변화	20
[표 1.13]	사업장배출시설계폐기물의 성상변화	21
[표 1.14]	사업장비(非)배출시설계폐기물의 성상변화	22
[표 1.15]	건설폐기물의 성상변화	23
[표 1.16]	지정폐기물의 성상변화	24
[표 1.17]	폐기물의 연도별 처리방법의 변화	25
[표 1.18]	생활계폐기물의 처리방법 변화 추이	26
[표 1.19]	사업장배출시설계폐기물의 처리방법별 변화 추이	27
[표 1.20]	건설폐기물의 처리방법별 변화 추이	28
[표 1.21]	지정폐기물의 처리방법별 변화 추이	29
[표 1.22]	음식물자원화시설에 해당하는 폐기물처리시설의 범위	30
[표 1.23]	음식물자원화시설 용어 정의	32
[표 1.24]	국내 음식물자원화시설 현황	33
[표 1.25]	폐기물재활용 방법	35
[표 1.26]	재활용선별시설의 설비별 정의	37
[표 1.27]	연도별 폐기물 재활용 현황	38
[표 1.28]	매립시설 현황(2020년)	39
[표 1.29]	소각시설 현황(2020년)	39
[표 1.30]	폐기물처리업체 현황(2020년)	40
[표 1.31]	처리시설별 잔재물 현황(2020년)	40
[표 1.32]	고형연료제품의 제조형태	42
[표 1.33]	고형연료제품 제조시설 및 사용시설의 배출시설 정의	43
[표 1.34]	바이오에너지 기술의 분류	44
[표 1.35]	국내 고형연료제품 제조시설 현황	45
[표 1.36]	국내 고형연료제품 사용시설 현황	46

# Contents

## 표목차

[표 1.37]	바이오가스시설 운영 현황	47
[표 1.38]	바이오가스 플랜트 국내 현황	48
[표 1.39]	바이오가스 이용 현황	48
[표 1.40]	슬러지 처리 기술	49
[표 1.41]	폐기물처리시설의 범위에 적용되는 하·폐수슬러지 처리시설	51
[표 1.42]	국내 하수슬러지 처리시설 현황	51
[표 1.43]	폐기물처리시설의 종류 중 기타시설	52
[표 1.44]	지방자치단체 폐기물 처리시설 현황(기타시설)	53
[표 1.45]	매립시설을 보유한 통합관리 대상 폐기물처리업 사업장(2021년도 기준)	60
[표 1.46]	매립시설 규모별 현황	63
[표 1.47]	매립시설 면적별 현황	63
[표 1.48]	권역별 매립시설 운영현황	64
[표 1.49]	수도권 매립시설 운영현황	64
[표 1.50]	강원권 매립시설 운영현황	65
[표 1.51]	충청권 매립시설 운영현황	65
[표 1.52]	영남권 매립시설 운영현황	66
[표 1.53]	호남권 매립시설 운영현황	66
[표 2.1]	음식물류 폐기물 반입차량의 재원(5톤 기준)	84
[표 2.2]	컨베이어 종류에 따른 특징	86
[표 2.3]	파쇄기의 분류	91
[표 2.4]	음식물류 폐기물 특성에 따른 1차 파쇄기 선정	92
[표 2.5]	음식물류 폐기물 특성에 따른 2차 파쇄기 선정	93
[표 2.6]	스크루식과 원심분리식 탈수기의 특징	94
[표 2.7]	건조사료화 공정의 대기오염물질 발생 특성	105
[표 2.8]	감량화 공정의 대기오염물질 발생 특성	105
[표 2.9]	건조사료화 공정의 수질오염물질 발생 특성	106
[표 2.10]	음식물자원화시설에서의 폐수 발생량	106
[표 2.11]	음식물자원화시설에서 발생하는 폐수 특성	107
[표 2.12]	퇴비화 공정의 수질오염물질 발생 특성	107
[표 2.13]	건조감량화 공정의 수질오염물질 발생 특성	108
[표 2.14]	건조사료화 공정의 폐기물 발생 특성	108
[표 2.15]	퇴비화 공정의 폐기물 발생 특성	109
[표 2.16]	건조감량화 공정의 폐기물 발생 특성	109
[표 2.17]	건조사료화 공정의 악취 발생 특성	110
[표 2.18]	음식물자원화시설의 공정별 악취 발생 특성	110
[표 2.19]	습식발효사료화 공정의 악취 발생 특성	111

[표 2.20]	퇴비화 공정의 악취 발생 특성 .....	111
[표 2.21]	퇴비화시설의 악취 발생원별 복합악취 농도 .....	112
[표 2.22]	건조감량화 공정의 악취 발생 특성 .....	113
[표 2.23]	건조사료화 공정의 소음·진동 발생 특성 .....	113
[표 2.24]	습식발효사료화 공정의 소음·진동 발생 특성 .....	113
[표 2.25]	퇴비화 공정의 소음·진동 발생 특성 .....	114
[표 2.26]	건조감량화 공정의 소음·진동 발생 특성 .....	114
[표 2.27]	반입차량의 혼합재활용품 하역 방안 비교 .....	116
[표 2.28]	파봉장치 비교 .....	117
[표 2.29]	스크린의 종류 및 특성 .....	118
[표 2.30]	비중선별기의 형식 비교 .....	119
[표 2.31]	자력선별기의 형식 비교 .....	120
[표 2.32]	알루미늄 선별기의 원리와 특징 .....	120
[표 2.33]	유리병 자동선별기의 원리와 특징 .....	121
[표 2.34]	플라스틱류 선별장치 형식 비교 .....	122
[표 2.35]	플라스틱류 2원선별 및 순차적 선별 비교 .....	122
[표 2.36]	압축결속기의 특징 .....	123
[표 2.37]	압축방식 .....	124
[표 2.38]	스티로폼 감용기의 특징 .....	125
[표 2.39]	재활용선별 공정의 대기오염물질 발생 특성 .....	126
[표 2.40]	스티로폼감용 공정의 대기오염물질 발생 특성 .....	126
[표 2.41]	재활용선별 공정의 발생폐기물 특성 .....	127
[표 2.42]	재활용 선별공정의 악취 발생 특성 .....	128
[표 2.43]	스티로폼 감용공정의 악취 발생 특성 .....	128
[표 2.44]	재활용 선별공정의 소음·진동 발생 특성 .....	128
[표 2.45]	스티로폼 감용공정의 소음·진동 발생 특성 .....	128
[표 2.46]	고점도 슬러지의 총 고형물농도 .....	143
[표 2.47]	펌프의 종류에 따른 특징 .....	144
[표 2.48]	교반방식에 따른 장단점 .....	146
[표 2.49]	혐기성소화조의 교반시스템 설계인자 .....	147
[표 2.50]	소화가스 저장조 형식 .....	150
[표 2.51]	바이오가스를 활용한 발전설비의 특징 .....	151
[표 2.52]	소화가스 정제기술 .....	152
[표 2.53]	탈황기술의 비교 .....	153
[표 2.54]	탈황기술의 특성 .....	153
[표 2.55]	탈황방법 개요 .....	154

# Contents

## 표목차

[표 2.56]	공공 고형연료제품 제조공정의 대기 및 악취 배출농도 평균값	156
[표 2.57]	A고형연료제품 제조공정의 대기 배출농도	156
[표 2.58]	고형연료제품 제조공정의 수질 영향	158
[표 2.59]	바이오가스화 탈리액 성상	158
[표 2.60]	고형연료제품 제조공정의 폐기물 발생 특성	159
[표 2.61]	바이오가스(혐기성소화)공정의 폐기물 발생 특성	160
[표 2.62]	고형연료제품 제조공정의 폐기물 악취 발생 특성	160
[표 2.63]	악취 농도 구분	161
[표 2.64]	주요 악취성분의 처리방법과 적용 여부	162
[표 2.65]	복합악취 배출허용기준	163
[표 2.66]	지정악취 물질 배출허용기준	163
[표 2.67]	공공 고형연료제품 제조공정의 소음 측정 평균값	164
[표 2.68]	처리목적 및 기능에 따른 분류	165
[표 2.69]	슬러지 건조방식 비교(직접건조방식)	172
[표 2.70]	슬러지 건조방식 비교(간접건조방식)	173
[표 2.71]	슬러지 탄화공정의 대기질 및 악취 영향	184
[표 2.72]	슬러지 건조공정의 대기질 및 악취 영향	184
[표 2.73]	슬러지 고화공정의 대기질 및 악취 영향	185
[표 2.74]	슬러지 탄화공정의 수질 영향	185
[표 2.75]	슬러지 건조공정의 수질 영향	186
[표 2.76]	슬러지 고화공정의 수질 영향	186
[표 2.77]	슬러지 탄화공정의 폐기물 발생 특성	186
[표 2.78]	슬러지 건조공정의 폐기물 발생 특성	187
[표 2.79]	슬러지 고화공정의 폐기물 발생 특성	187
[표 2.80]	슬러지 탄화공정의 악취 영향	187
[표 2.81]	슬러지 건조공정의 악취 영향	188
[표 2.82]	슬러지 고화공정의 악취 영향	188
[표 2.83]	슬러지 탄화공정의 소음·진동 영향	189
[표 2.84]	슬러지 건조공정의 소음·진동 영향	189
[표 2.85]	슬러지 고화공정의 소음·진동 영향	189
[표 2.86]	반응공정의 대기오염물질 영향	191
[표 2.87]	반응공정의 수질 영향	191
[표 2.88]	반응공정의 발생 폐기물 영향	192
[표 2.89]	반응공정의 악취 영향	192
[표 2.90]	저류시설의 기능	196
[표 2.91]	저류시설의 종류	197

[표 2.92]	내륙매립 저류시설의 형식 .....	198
[표 2.93]	차수시설 비교 .....	200
[표 2.94]	매립장 내 집배수 방법별 장단점 .....	204
[표 2.95]	바닥 집배수관의 형상과 특징 .....	207
[표 2.96]	경과시간별 매립장 발생 침출수 성상변화 .....	210
[표 2.97]	침출수 처리방안의 비교 .....	211
[표 2.98]	국내 매립장의 침출수 처리공정 .....	212
[표 2.99]	매립가스 포집방법 비교 .....	213
[표 2.100]	매립가스 강제포집 방식 비교 .....	214
[표 2.101]	매립가스 이용방법 .....	218
[표 2.102]	국내 매립가스 에너지 시스템 적용 현황 .....	219
[표 2.103]	폐기물관리법에서의 복토 관련 규정 .....	220
[표 2.104]	수도권매립지의 침출수 매립시설 정화설비 개요 .....	225
[표 2.105]	매립시설 오염물질 측정·조사기준 .....	228
[표 2.106]	매립시설 주변지역 대기질 측정 사례(연평균) .....	231
[표 2.107]	매립시설 주변지역 지표수 측정 사례(연평균) .....	232
[표 2.108]	매립시설 주변지역 지하수 측정 사례(연평균) .....	233
[표 2.109]	매립시설 주변지역 악취 측정 사례(연평균) .....	235
[표 2.110]	매립시설 주변지역 소음 측정 사례(연평균) .....	236
[표 2.111]	매립시설 주변지역 토양 측정 사례 .....	237
[표 3.1]	통합사업장의 폐수배출량별 수질오염물질 자가측정 횟수 .....	253
[표 3.2]	지정 악취물질(22종) .....	254
[표 3.3]	입자상 물질 배출 저감기법 비교표(1) .....	260
[표 3.4]	입자상 물질 배출 저감기법 비교표(2) .....	261
[표 3.5]	여과집진기 필터 재질에 대한 운영 정보 .....	263
[표 3.6]	가스상 물질 배출 저감 기법 비교표 .....	265
[표 3.7]	흡수탑의 장단점 .....	267
[표 3.8]	흡착제 선정 시 고려사항 .....	269
[표 3.9]	흡착제의 종류와 용도 .....	270
[표 3.10]	NO <sub>x</sub> 배출 저감 기법 비교표 .....	276
[표 3.11]	활성슬러지에 대해 독성이 있는 대표적인 물질의 임계농도 .....	282
[표 3.12]	생물학적 폐수처리 공법 .....	285
[표 3.13]	폐기물처리시설 주요 악취 발생원별 방지 기법 .....	297
[표 3.14]	휘발성유기화합물 발생원별 현황 .....	298
[표 3.15]	주요 소음 배출시설 종류 .....	306
[표 4.1]	생활폐기물 시료채취 방법 .....	317

# Contents

## 표목차

[표 4.2]	여러 폐기물 종류에 적용되는 일부 점검 및 샘플링 기술	319
[표 4.3]	폐기물 저장조 설치 기준	323
[표 4.4]	폐기물 종류에 따른 보관기술의 예	324
[표 4.5]	악취 및 비산 배출 감소를 위한 주요 기술	326
[표 4.6]	폐기물 종류에 따른 폐기물 분리방법	327
[표 4.7]	생활폐기물의 처리기반에 따른 분리수거 항목	328
[표 4.8]	누출검지 모니터링 기법의 종류와 특징	334
[표 4.9]	악취방지시설 청소 개요	335
[표 4.10]	일반고형연료제품(SRF) 기준	350
[표 4.11]	바이오 고형연료제품(Bio-SRF) 기준	351
[표 4.12]	금지나 개선명령의 기준	352
[표 4.13]	고형연료제품 검사제도	352
[표 4.14]	품질등급 판정 기준	353
[표 4.15]	반입공정 주요 설계 고려사항(운전인자 포함)	359
[표 4.16]	이송설비 공정 주요 설계 고려사항(운전인자 포함)	360
[표 4.17]	폐수처리 및 액비화 공정 주요 설계 고려사항(운전인자 포함)	361
[표 4.18]	악취처리 공정 주요 설계 고려사항(운전인자 포함)	362
[표 4.19]	혐기소화 공정 주요 설계 고려사항(운전인자 포함)	363
[표 4.20]	탄화물의 일반적 특성에 따른 사용용도	369
[표 4.21]	배수층 및 집배수관로 설계값	377
[표 4.22]	수도권매립지관리공사 제2매립장 침출수집배수층 등 적용설계	377
[표 4.23]	가스배제층 구성방안별 장·단점 검토	385
[표 4.24]	차단층 설치방안별 시험내용	386
[표 4.25]	침출수 혼합처리 전·후 비교	388
[표 4.26]	약품변경 전·후 비교	389
[표 4.27]	개선 전·후 비교	390
[표 4.28]	누출검지 모니터링 기법의 종류와 특징	391
[표 4.29]	목포권 광역위생매립장 순환이용 정비사업	394
[표 6.1]	폐기물처리시설 BAT-AEL 설정을 위한 배출시설 분류체계	424
[표 6.2]	TMS 대체코드 예외처리 대상	425
[표 6.3]	폐기물처리시설의 대기오염물질에 대한 최적가용기법 연계배출수준	430
[표 7.1]	통합반입관리시스템 주요 내용	434
[표 7.2]	이송펌프의 종류 및 특징	442

# Contents

## 그림목차

[그림 1.1]	폐기물 발생량 변화추이	14
[그림 1.2]	생활계폐기물 발생량 및 점유율	15
[그림 1.3]	사업장배출시설계폐기물 발생량 및 점유율	16
[그림 1.4]	건설폐기물 발생량 및 점유율	17
[그림 1.5]	지정폐기물 발생량 및 점유율	18
[그림 1.6]	폐기물 처리방법별 현황	25
[그림 1.7]	폐기물 처리방법별 비율	25
[그림 1.8]	생활계폐기물 처리방법별 현황	26
[그림 1.9]	생활계폐기물 처리방법별 비율	26
[그림 1.10]	사업장배출시설계폐기물 처리방법별 현황	27
[그림 1.11]	사업장배출시설계폐기물 처리방법별 비율 현황	27
[그림 1.12]	건설폐기물 처리방법별 현황	28
[그림 1.13]	건설폐기물 처리방법별 비율	28
[그림 1.14]	지정폐기물 처리방법별 현황	29
[그림 1.15]	지정폐기물 처리방법별 비율	29
[그림 1.16]	음식물류 폐기물 처리시설별 대표 공정도	31
[그림 1.17]	국내 음식물자원화시설 현황	33
[그림 1.18]	국내 음식물자원화시설 용량	33
[그림 1.19]	민간 음식물자원화시설 현황	34
[그림 1.20]	공공 음식물자원화시설 현황	34
[그림 1.21]	폐기물의 수집·운반 및 처리 흐름도	36
[그림 1.22]	매립시스템의 개념도	55
[그림 1.23]	매립폐기물의 안정화 과정	56
[그림 1.24]	매립장 내 침출수 발생경로	56
[그림 1.25]	매립가스 발생 영향인자	58
[그림 1.26]	안정화 단계별 매립가스 조성 변화	58
[그림 1.27]	폐기물의 다짐정도에 따른 매립장 침하	59
[그림 2.1]	선별기 전·후단에서의 이송장치	86
[그림 2.2]	파쇄선별기	89
[그림 2.3]	건조사료화 통합공정흐름도	95
[그림 2.4]	습식발효사료화 통합공정흐름도	96
[그림 2.5]	건조감량화 통합공정흐름도	96
[그림 2.6]	퇴비화 통합공정흐름도	101
[그림 2.7]	퇴비화시설의 악취 발생원별 복합악취 농도	112
[그림 2.8]	재활용선별 통합공정흐름도	115
[그림 2.9]	재활용선별시설 공정도	115

# Contents

## 그림목차

[그림 2.10]	반입, 파봉 및 이송 공정도	116
[그림 2.11]	기계선별 공정도	118
[그림 2.12]	플라스틱 자동선별 공정도	121
[그림 2.13]	압축결속, 보관 및 반출 공정도	123
[그림 2.14]	스티로폼 감용 통합공정흐름도	124
[그림 2.15]	스티로폼 감용 공정도	124
[그림 2.16]	고형연료제품 제조(성형) 통합공정흐름도	129
[그림 2.17]	고형연료제품 성형 공정도	130
[그림 2.18]	고형연료제품 제조(비성형) 통합공정흐름도	130
[그림 2.19]	고형연료제품 비성형 공정도	130
[그림 2.20]	에어커튼과 전동셔터	133
[그림 2.21]	파봉파쇄기	134
[그림 2.22]	트롬멜스크린	135
[그림 2.23]	디스크 스크린	135
[그림 2.24]	진동 스크린	136
[그림 2.25]	광학선별기	137
[그림 2.26]	풍력선별기	138
[그림 2.27]	고형연료 성형기	139
[그림 2.28]	바이오가스 생산 통합공정흐름도	140
[그림 2.29]	바이오가스 생산공정	140
[그림 2.30]	소화조 혼합방법의 예	145
[그림 2.31]	이중관식 열교환기의 예	148
[그림 2.32]	바이오가스 이용공정	148
[그림 2.33]	음식물류 폐기물 바이오가스 생산공정의 주요 약취물질	161
[그림 2.34]	슬러지 처리처분 방법의 분류	166
[그림 2.35]	탄화 통합공정흐름도	167
[그림 2.36]	탄화 공정도	167
[그림 2.37]	건조 통합공정흐름도	170
[그림 2.38]	건조 공정도	170
[그림 2.39]	슬러지반입 및 공급 설비 계통 예시	171
[그림 2.40]	슬러지건조 설비 계통 예시	175
[그림 2.41]	건조 배가스 처리 설비 계통 예시	177
[그림 2.42]	고화 통합공정흐름도	178
[그림 2.43]	고화 공정도	178
[그림 2.44]	매립시설의 주요공정 흐름도	193
[그림 2.45]	매립시설 통합공정흐름도	193

[그림 2.46]	매립시설의 주요공정별 구분	195
[그림 2.47]	차수시설의 분류 및 종류	199
[그림 2.48]	차수시설의 개념도	200
[그림 2.49]	빗물집배수시설의 분류	202
[그림 2.50]	빗물집배수시설의 구조	203
[그림 2.51]	침출수집배수시설 단면	205
[그림 2.52]	유공관 단면	205
[그림 2.53]	침출수집배수시설의 분류	206
[그림 2.54]	바닥 집배수관의 구조 예	208
[그림 2.55]	사면 집배수관 설치 사례	209
[그림 2.56]	수직 집배수관 구조	209
[그림 2.57]	매립장 조성 시 바닥 차수시설 위에 설치한 수직포집정 예	215
[그림 2.58]	매립가스 추출을 위한 수직 가스포집정의 예	216
[그림 2.59]	가스배출처리 계통도	217
[그림 2.60]	지하수 흐름과 형태	222
[그림 2.61]	지하수 배제시설 단면	223
[그림 2.62]	지오컴포지트에 의한 수평배수시설	224
[그림 2.63]	전기식 계근대 구조도	225
[그림 2.64]	현장사진	226
[그림 2.65]	폐기물 반입 흐름도	227
[그림 3.1]	환경경영시스템	242
[그림 3.2]	환경성과평가 도입절차	248
[그림 3.3]	굴뚝원격감시체계 개념도	250
[그림 3.4]	대기배출원관리시스템 구성	251
[그림 3.5]	보관창고	255
[그림 3.6]	보관탱크	255
[그림 3.7]	매립시설 예시	256
[그림 3.8]	흡수에 의한 시설 현장 전경	266
[그림 3.9]	흡수탑	267
[그림 3.10]	흡착에 의한 시설 현장전경	269
[그림 3.11]	고정층 흡착탑(좌) 및 이동층 흡착탑(우)	271
[그림 3.12]	응축기	272
[그림 3.13]	축열식 촉매연소장치의 구조	274
[그림 3.14]	촉매산화장치	275
[그림 3.15]	응집침전 공정	278
[그림 3.16]	혐기성 접촉법	280

[그림 3.17]	상향류혐기성 슬러지상 공법	281
[그림 3.18]	일반적인 활성슬러지공정	283
[그림 3.19]	생물막반응기(외부형)	283
[그림 3.20]	살수여상의 구조	284
[그림 3.21]	악취제거 방지기술 종류	289
[그림 3.22]	액상축매의 산화·환원 반응	292
[그림 3.23]	폐기물 하역 현장용 환경관리 차량	295
[그림 3.24]	밀폐, 에어커튼	296
[그림 3.25]	배출가스 덕트 연결	296
[그림 3.26]	컨베이어벨트 밀폐	296
[그림 3.27]	응축법에 의한 VOCs 처리	301
[그림 3.28]	설치식 세륜시설	304
[그림 3.29]	터널식 세륜시설	304
[그림 4.1]	가연성 폐기물의 성분분석 절차	318
[그림 4.2]	반입장 자동화 시스템 예시	320
[그림 4.3]	반입장 에어커튼 및 고속전동셔터 예시	320
[그림 4.4]	생활 및 사업장폐기물 반입차량 규정	332
[그림 4.5]	후드의 종류	334
[그림 4.6]	반입장 출입문 관리	336
[그림 4.7]	보관장 타이머 연동 경광등 운영	336
[그림 4.8]	반입장 타이머 연동 경광등 운영	336
[그림 4.9]	스팀건조기	340
[그림 4.10]	소각장에서의 스팀 이송 배관	340
[그림 4.11]	통합처리 바이오가스화 시설의 일반적인 공정도	358
[그림 4.12]	폐기물 농도 및 형태의 함수로 선택되는 적절한 생물학적처리 시스템	367
[그림 4.13]	침전/중화 공정의 표현	374
[그림 4.14]	전산운영시스템 구성도	375
[그림 4.15]	침출수관로 시공단면도	378
[그림 4.16]	수직배제정 시공단면도	378
[그림 4.17]	상향식 매립 개념도	380
[그림 4.18]	중간복토 절취 및 이용 개념도	381
[그림 4.19]	우수배제시설 설치(예)	392
[그림 4.20]	매립장 정비 및 순환이용사업 추진체계	393
[그림 6.1]	BAT-AEL 상한값 결정 방법 예시(먼지)	428
[그림 6.2]	BAT-AEL 하한값 결정 방법 예시(먼지)	429
[그림 7.1]	봉타입 이물질 제거 장치 예시	436

[그림 7.2]	붕타입 이물질 제거 장치설치 전후 비교 사진 .....	437
[그림 7.3]	완전밀폐 건조기 .....	438
[그림 7.4]	일체형 파쇄·선별장치 .....	440
[그림 7.5]	침출수매립시설환원정화설비 계통도 .....	441
[그림 7.6]	침출수매립시설환원정화설비 하부공급시설 계통도(예시) .....	441
[그림 7.7]	침출수매립시설환원정화설비 상부공급시설 계통도(예시) .....	443
[그림 7.8]	침출수매립시설환원정화설비 상부주입시설 계통도(예시) .....	444
[그림 7.9]	재순환수 주입배관(예시) .....	444

## 서 문 [序 文]

### 법적 지위

본 최적가용기법 기준서(Best Available Techniques Reference)는 「환경오염시설의 통합 관리에 관한 법률」(이하 “환경오염시설법”) 제24조제2항에 따라 구성된 최적가용기법(BAT, Best Available Techniques Economically Achievable)의 용이한 적용을 위하여 마련된 문서이다. 본 기준서는 환경오염시설법 제24조제5항에 따라 해당 업종의 사업장, 산업계 및 학계 등 동 분야의 전문가들로 구성된 기술작업반(TWG, Technical Working Group)의 정보 교환과 합의에 의한 산물로서 마련되었다.

본 기준서는 기술적 측면에서 검토되어 작성된 것으로 개별 사업장의 보건, 안전 및 세부 운영 등과 관련된 다른 법률 및 관리 지침 등을 침해하지 않는다. 즉, 사회적 합의로 부여된 사업자의 법적 의무사항은 본 기준서보다 우선한다. 다만, 환경오염시설법 제24조제2항제5호에 따른 ‘최적가용 기법을 배출시설 및 방지시설에 적용할 경우 배출될 수 있는 오염물질 등의 배출농도의 범위’는 환경오염시설법 제24조제4항의 최대배출기준 설정의 근거가 될 수 있다.

### 목적

본 폐기물처리업 최적가용기법 기준서는 소각시설을 제외한 폐기물처리시설에 적용가능한 기준서이다. 마련 목적은 폐기물처리시설을 운영하는 사업장에서 연료 투입부터 에너지 생산에 이르는 전 과정 중 자원과 에너지를 절약하고, 오염물질 발생 및 배출을 저감할 수 있는 최적가용기법이 용이하게 적용되도록 기술적인 지원을 하는 것이다.

폐기물처리시설 운영 사업장들은 본 기준서에서 설명하고 있는 최적가용기법을 의무적으로 적용할 필요는 없으며, 실제 환경오염시설법에서도 이를 강제하고 있지는 않다. 따라서 각 사업장이 본 기준서에 수록된 환경관리기법 이외의 기법일지라도 보다 안전하고 적용성이 높으며, 환경관리 수준이 우수한 경우에는 해당 기법을 적용할 수 있다. 또한, 대기, 수질, 소음·진동, 악취, 토양, 폐기물 등의 매체 통합적 관리를 가능하기 위하여, 환경오염시설법 제6조에 따른 통합허가의 적정성 검토 등을 지원하는 역할을 한다.

본 기준서는 새롭고 획기적인 환경관리기법을 제시하기 위한 것이 아니라, 현재 사용되고 있는 생산 공정 및 시설에 대한 환경관리기법의 종류와 원리 등을 설명하기 위한 것이다. 이는 사업장과 허가권자가 해당 산업의 생산 공정과 이에 필요한 환경관리기법을 쉽게 이해하여 환경과 경제가 상생할 수 있는 기반을 확보하고, 사업장과 주변 환경, 사람의 건강보호와 생태계의 지속가능성을 유지하는데 필요한 기초를 마련하는 역할을 함에 목적이 있다.

## 용어 정의

“최적가용기법”이란 환경오염시설법 제24조제1항에 따라 배출시설 등 및 방지시설의 설계, 설치, 운영 및 관리에 관한 환경관리기법으로서 오염물질 등의 배출을 가장 효과적으로 줄일 수 있고, 기술적·경제적으로 적용 가능한 관리기법들로 구성된 기법을 말하며, 다음과 같이 설명될 수 있다.

“최적”이란 환경 전반에 대한 높으면서도 일반적인 보호 수준을 달성하는데 가장 효과적이라는 의미를 내포하고 있다. 그리고 어떤 조치에 대한 비용, 편익과 예방 그리고 방지 원칙을 준수하면서 최적가용기법을 결정하는 일반적이거나 혹은 특수한 경우에 고려해야 할 사항도 포함된다.

“가용”이란 산업부문에서 경제적 또는 기술적으로 적용 가능한 조건에서 실행 가능한 규모로 개발하는 것이다. 특히, 운영자가 합리적으로 이룰 수 있는 범위 안에서 해당 기술이 사용되었는가의 여부 또는 국내의 적용 여부에 상관없이 비용적 측면과 이점 중심으로 이를 고려한다.

“기법(Techniques)”이란, 적용된 기술(Technology) 뿐만 아니라 해당 배출시설을 설계·구축·유지·보수·운영·해제하는 방법(The way)도 포함하는 개념이다.

## 기준서 작성 경과

최적가용기법 기준서를 작성함에 있어서 가장 중요한 것은 사업장 현실을 감안한 현장 적용성을 충분히 반영하는 것이다. 이를 위해 본 기준서에서의 기술작업반은 업종별 주요 사업장, 엔지니어링 및 방지시설 설계시공 전문가, 폐기물 및 환경 분야 전문가, 학계 등 총 27명의 전문가를 중심으로 구성 및 운영하였다.

기술작업반은 현장조사 및 설문조사, 문헌조사 및 공인된 배출원자료(TMS, SEMS, WEMS, WTMS 등)의 수집분석을 통해 현실적이고 적용 가능한 정보를 담기 위해 노력하였다. 그러나 사업장의 운전 노하우 및 기밀사항을 보호하고 기술 적용의 유연성을 높이기 위해 일반적이고 포괄적인 정보 또한 포함한다.

본 기준서는 기술현황조사를 바탕으로 폐기물처리업종별 및 시설별로 구분하여 작성하였다.

- 기술작업반(TWG)

기준서 작성은 폐기물처리업 기술현황조사 결과 및 EU BREF를 바탕으로 국내 실정에 맞는 기준서 작성을 위해 각 장별로 해당 분야에 적합한 위원을 선정하여 국외자료와 비교한 국내자료 작성 및 통계확보작업을 수행하였다.

2021년에는 정기 및 수시 기술작업반 회의를 거쳐 폐기물처리업 기술현황조사 보고서가 마련되었다.

구분	그룹명	회의 일자	회의 내용
1차 회의	전체 TWG	'21.4.26.	조사 대상 시설의 범위 검토, 폐기물처리업 분류체계 검토, 최적가용기법 기준서 구성(안) 검토
2차 회의	전체 TWG	'21.5.7.	공정도 검토, 최적가용기법(안)도출, 환경관리기법 목록 검토, 사업장 설문조사 양식 검토
3차 회의	재활용 분과 TWG	'21.5.7.	오염물질배출수준 조사결과, 오염물질처리기술
4차 회의	매립분과 TWG	'21.5.7.	최적가용기법(안) 및 유망기술

2021년 ~ 2022년 3차에 걸친 기술작업반 회의를 통해 폐기물처리업 최적가용기법 기준서(안)이 마련되었으며, 세부 활동은 다음과 같다. 환경관리기법을 검토하여 최적가용기법 후보군을 도출하였으며, 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)(안) 마련을 위해 SEMS 데이터 검토 등 배출시설 분류체계 구성 및 배출수준을 검토하였다.

구분	그룹명	회의 일자	회의 내용
1차 회의	전체 TWG	'21.10.25.	폐기물처리업 분류체계 검토, 최적가용기법 기준서 구성(안) 검토
2차 회의	전체 TWG	'21.12.28.	BAT(안)검토, 환경관리기법 검토
3차 회의	전체 TWG	'22.1.18.	BAT (안)검토, BAT-AEL(안) 검토, 유망기법 및 시설설치관리기준(안) 검토, 기준서(안) 검토

2022년 2월 ~ 2022년 6월까지 8차에 걸친 기술작업반 회의를 통해 최적가용기법(안) 및 BAT-AEL(안) 확정 등의 기준서 심의(안)에 대한 최종 검토가 이루어졌다.

구분	그룹명	회의 일자	회의 내용
1차 회의	전체 TWG	'22.2.24	- 기준서 심의(안) 보완사항 검토 : 1장 일반현황 : 2장 시설별 주요 공정 및 오염물질 배출현황
2차 회의	내부 실무진 회의	'22.3.4	- 기준서 심의(안) 보완사항 검토 : 1장 일반현황 : 2장 시설별 주요 공정 및 오염물질 배출현황 : 3장 일반 환경관리법 : 4장 공정 환경관리기법
3차 회의	재활용 분과 TWG	'22.4.4 (서면검토)	- 기준서 심의(안) 재활용부분 보완 검토 : 1장 일반현황 : 2장 시설별 주요 공정 및 오염물질 배출현황 : 3장 일반 환경관리법 : 4장 공정 환경관리기법
4차 회의	음식물·슬러지 분과 TWG	'22.4.7	- 기준서 심의(안) 음식물·슬러지부분 보완 검토 : 1장 일반현황 : 2장 시설별 주요 공정 및 오염물질 배출현황 : 3장 일반 환경관리법 : 4장 공정 환경관리기법
5차 회의	매립 분과 TWG	'22.4.8	- 기준서 심의(안) 매립부분 보완 검토 : 1장 일반현황 : 2장 시설별 주요 공정 및 오염물질 배출현황 : 3장 일반 환경관리법 : 4장 공정 환경관리기법
6차 회의	전체TWG	'22.4.21	- 기준서 심의(안) 검토 및 확정 : 5장 최적가용기법 BAT
7차 회의	전체TWG	'22.5.27	- 기준서 심의(안) 검토 : 6장 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)
8차 회의	전체TWG	'22.6.9	- 기준서 심의(안) 검토 및 확정 : 6장 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)

### 중앙환경정책위원회 심의

환경오염시설법 제24조제3항에 따라 최적가용기법 기준서는 「환경정책기본법」 제58조제1항에 따른 중앙환경정책위원회의 심의를 받도록 하여 기준서의 객관성을 제고토록 규정하고 있다. 중앙환경정책위원회 내 환경경제분과위원회에서 심의를 하고 있으며, 2022년 8월 11일에 본 기준서에 대한 분과위원의 이해도를 높이고, 실효성있는 심의를 위하여 사전설명회를 개최하고, 2022년 8월 25일에 본 기준서에 대한 심의를 거쳐 ‘폐기물처리업 최적가용기법 기준서’를 최종확정하였다.

### 적용 대상

환경오염시설법 제6조제1항에서 환경영향이 큰 업종 중 대기 2종 이상 또는 수질 2종 이상의 대형 사업장이면서 환경오염시설법 시행령 [별표 1]의 대상 업종 중 3호(폐기물 처리업(382))을 대상으로 규정하였다.

### 자료 출처

본 기준서의 작성을 위해 조사대상 사업장에 대하여 다음의 자료가 기본적으로 분석되었다.

- 환경오염시설법 제10조에 규정된 10개 인허가에 대하여 조사대상 사업장이 보유하고 있는 매체별 허가증 및 신고필증
  - 2018 ~ 2020년도 대기배출원관리시스템(SEMS, Stack Emission Management System)
  - 2018 ~ 2020년도 전국수질오염원조사(WEMS, Water Emission Management System)
  - 2018 ~ 2020년도 원격배출모니터링시스템(TMS, Tele-Monitoring System)
  - 2018 ~ 2020년도 수질원격배출모니터링시스템(WTMS, Water Tele-Monitoring System)
  - EU BAT Reference Documents for Waste Treatment, Waste Sector : Landfill Activities
- 그 외에도 기술작업반 위원들이 제시한 기술정보가 반영되어 있다.

## 기준서 구성

본 기준서는 다음과 같은 구성을 따르며, 기준서의 특성을 고려하여 업종별 기준서 목차를 재구성하여 마련하였다.

서문

약어

제1장(일반현황)은 폐기물처리업 설치·운영 현황, 관련된 주요 환경 문제에 대한 정보를 제공한다.

제2장(시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황)은 폐기물처리시설의 유형에 따른 특성, 처리이론에 대한 정보를 제공한다. 또한 폐기물처리업에 따른 공정흐름에 대한 정보를 제공하며 처리방식에 따른 오염물질의 배출현황 및 특성에 대한 정보를 제공한다. 각 처리방식에 따른 특성과 오염물질 배출특성을 고려하여 제3장 및 제4장의 환경관리기법과 연계되도록 한다. 각 시설별 적용 방지시설 및 배출수준을 제공한다.

제3장(일반 환경관리기법)은 폐기물처리방법에 따른 오염물질 배출특성을 연계하고 이에 따른 환경관리기법을 설명하는 형태로 전개된다.

제4장(공정 환경관리기법)은 운전관리, 에너지 효율관리, 오염물질 배출관리 등 사업장 공통으로 일반적으로 적용가능한 환경관리기법과 그 원리에 대한 정보를 제공한다.

제5장(최적가용기법(BAT))은 폐기물처리업에 적용할 수 있는 일반 BAT와 폐기물처리업 분류체계에 따른 시설에 반영하여 적용할 수 있는 분류체계별 BAT를 제시하였다.

제6장(최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL))은 최적가용기법 적용 시 배출되는 오염물질의 배출 범위 산정 방법론과 이에 따른 최적가용기법 연계배출수준을 포함한 산정과정 및 절차를 설명한다.

제7장(유망기법)은 향후 국내외에서 개발이 진행되고 있거나, 현재 국내에서 미적용 또는 시범적으로 일부 적용되고 있는 환경관리기법 중 향후 최적가용기법으로서 고려 가능한 기술에 대한 정보제공을 위하여 기술한다.

제8장(부록) 용어, 참고문헌

### 해석 및 활용

본 기준서에 제공된 정보는 사업장별로 구축하려는 최적가용기법을 결정하기 위한 자료로 사용 가능하다. 최적가용기법에 대해서 판단하고 최적가용기법 기반의 허가 조건을 설정할 때에는 항상 환경 전반에 대한 높은 보호 수준을 달성할 수 있도록 전체적인 목표를 고려해야 한다.

기존 시설의 경우, 시설의 개량과 관련하여 경제적 및 기술적 타당성도 고려할 필요가 있다. 전반적으로 높은 수준의 환경보호를 달성하기 위한 최종 목표에는 여러 가지 환경영향 인자들 사이에서 다양한 판단이 요구되는 경우가 많으며, 이러한 판단은 실질적인 운영 등에 있어서 고려해야 하는 사항의 영향을 받는 경우가 많다. 그리고 이러한 문제점들 중에 일부를 해결하려는 시도가 이루어진다 하더라도 본 기준서에서 이를 충분히 고찰하는 것은 불가능하므로 제시된 기술과 수준들이 일부 시설에서 적합하지 않을 수 있다. 따라서 목적에서 언급하였듯이 적절한 기술들의 조합 및 적용을 통해 사업장에서 사용하는 기술이 최적의 시설운영조건을 만족하고, 사업장 주변에 대한 충분한 환경보호 기준을 만족하고 있다면 해당 사업장의 최적가용기법으로 간주 될 수 있다.

### 향후 발전방향

대기, 수질 등 환경매체별 관리체계에서는 배출수준만이 주요 관리대상이므로 사업장의 환경 정보가 배출에 대한 내용으로만 국한되어 있으며, 그 정보도 원격관리시스템으로 관리하는 일반 오염물질 항목이 주(柱)를 이룬다. 이러한 환경관리체계에서는 시설 및 공정에 대한 구체적인 정보와 심도 있는 이해가 미흡하여 시설관리의 최적화를 통한 체계적·경제적·효율적인 환경관리가 어렵기 때문에 환경관리는 결국 비용으로 귀결될 수밖에 없다.

이러한 배경에서 작성된 본 기준서는 사업장에서 환경관리체계를 개선하는 시발점을 제시하고 있으며, 사회의 환경관리에 대한 인식, 관련 정보체계의 개선, 시설 및 공정 등에 대한 이해의 심화 등에 따라서, 보다 구체적이고 효과적인 조치를 제시할 수 있을 것이다. 또한 이를 뒷받침하기 위하여 국내 여건에 맞는 기술의 고도화뿐만 아니라 다양한 환경관리기법에 대한 연구 및 개발이 이루어져야 할 것이며, 사업장에서는 각 사업장에서 필요한 사항이 무엇인지 수시로 확인 및 도출하는 노력이 필요할 것이다.

본 기준서는 국내외 다양한 오염물질 저감 및 에너지 비용 절감 등의 관련 데이터를 제시함으로써 산업 종사자뿐만 아니라 관련분야(방지시설 엔지니어링 분야, 학계 등) 종사자들이 공정 및 시설의 설계, 운영, 관리 등을 함에 있어서 보다 환경적이고 경제적인 환경관리기법 도출과 함께 자발적이고 능동적인 자세를 촉진하는 계기가 될 것이며, 산업경쟁력 제고뿐만 아니라 환경기술의 발달을 촉진할 것을 기대한다.

최적가용기법은 기술적 발전 및 환경정책에 따라 변화될 수 있기 때문에 기준서에 수록된 최적가용기법은 주기적으로 검토(5년, 환경오염시설법 제24조) 및 개정이 이루어질 것이며, 중앙환경정책 위원회의 심의에 따라 확정될 것이다.

## 약어

A		
A <sub>2</sub> O	Anaerobic Anoxic Oxidation	혐기무산소호기공법
AEL	Associate Emission Level	연계배출수준
B		
BAT	Best Available Techniques Economically Achievable	최적가용기법
BAT-AEL	Best Available Techniques-Associated Emission Level	최적가용기법연계배출수준
BF	Bag Filter	여과집진기
Bio-SRF	Biomass-Solid Refuse fuel	바이오 고형연료제품
BOD	Biochemical Oxygen Demand	생물학적산소요구량
C		
C/N	Carbon/Nitrogen	탄소/질소 비
CCLs	Compacted Clay Liners	점토차수재
CCTV	Closed Circuit Television	폐쇄회로텔레비전
CHP	Combined Heat and Power	열병합발전
CO	Catalytic Oxidation	촉매산화
COD	Chemical Oxygen Demand	화학적산소요구량
CPE	Chlorinated Poly Ethylene	염화폴리에틸렌
CR	Chloroprene Rubber	클로로플렌 고무
CSPE	Chlorosulfonated Polyethylene	클로로술폰화하폴리에틸렌
CTO	Catalytic Thermal Oxidizer	촉매연소법
CV	Calorific Value	발열량

## 약어

D		
DCS	Distributed Control System	분산제어시스템
DRE	Destruction and Removal Efficiency	분해 및 제거효율
E		
EMC	Earth Materials Catalyst	토질촉매
EMS	Environmental Management System	환경경영시스템
EPDM	Ethylene Propylene Diene Monomer	에틸렌 프로피렌 혼성중합 비결정성 고분자물질
F		
FGC	Flue-Gas Cleaning	배출가스 처리
FGR	Flue-Gas Recirculation	배기가스재순환
FML	Flexible Membrane Liner	합성차수막
G		
GCLs	Geosynthetic Clay Liner	토목섬유점토차수재
H		
HDPE	High-Density Poly Ethylene	고밀도폴리에틸렌
I		
IIR	Isoprene-Isobutylene	부틸고무
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	기후변화에관한정부간협의체
L		
LDPE	Low-Density Poly Ethylene	저밀도폴리에틸렌
LEL	Lower Explosive Limit	최소폭발한계

L		
LNB	Low Nox Burner	저녹스버너
LNG	Liquefied Natural Gas	천연가스

M		
MBR	Membrane Bioreactor	생물막반응기
MCG	Muscovite Carbon Gypsum	고화토차수재공법
MEK	Methyl Ethyl Keton	메틸에틸케톤
MIBK	Methyl Isobutyl Keton	메틸이소부틸케톤
MLE	Modified Ludzack-Ettinger	순환식 질산화 탈질법
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids	혼합액현탁고형물

P		
PACT	Powder Activated Carbon Treatment	분말활성탄처리
PAHs	Polynuclear Aromatic Hydrocarbons	다환방향족탄화수소
PAN	Peroxyacetyl Nitrate	질산과산화아세틸
PCB <sub>s</sub>	Polychlorinated Biphenyls	폴리염화바이페닐
PDCA	Plan Do Check Act	환경경영시스템의 사이클
PTFE	Polytetrafluoroethylene	폴리테트라플루오로에틸렌
PVC	Polyvinyl Chloride	염화비닐

R		
R/O	Reverse Osmosis Membrane	역삼투막
RCO	Regenerative Catalytic Oxidizer	촉열촉매연소법
RDF	Refuse Derived Fuel	고형연료제품
RPF	Refuse Plastic Fuel	폐플라스틱 재활용 고형연료
RTO	Regeneration Thermal Oxidizer	촉열 산화법

## 약어

S		
S.C.W	Soil Cement Wall	고체시멘트벽
SBR	Sequencing Batch Reactor	연속회분식 활성슬러지법
SCR	Selective Catalytic Reduction	선택적 촉매환원법
SNCR	Selective Non-Catalytic Reduction	선택적 비촉매환원법
SRF	Solid Refuse fuel	고형연료제품
SRT	Sludge Retention Time	슬러지 체류시간
SS	Suspended Solids	부유물질

T		
TDF	Tire Derived Fuel	페타이어 고형연료제품
TKN	Total Kjeldahl Nitrogen	총킬달질소
TMS	Tele-Monitoring System	굴뚝원격감시체계
T-N	Total Nitrogen	총질소
T-P	Total Phosphorus	총인
TWG	Technical Working Group	기술작업반

U		
UEL	Upper Explosive Limit	최대폭발한계
ULNB	Ultra Low Nox Burner	초저녹스버너
UV	Ultraviolet	자외선

V		
VFA	Volatile Fatty Acids	휘발성유기산
VOC	Volatile Organic Compound	휘발성 유기화합물

W		
WCF	Wood Chip Fuel	폐목재 고형연료제품
WTO	World Health Organization	세계보건기구

chapter | **1**  
일반 현황

- 1.1 산업 범위
- 1.2 국내 폐기물 발생 및 처리현황
- 1.3 폐기물처리업 현황
- 1.4 주요환경문제



# 1. 일반 현황

## 1.1 산업 범위

### 1.1.1 폐기물의 정의

국내 폐기물은 발생원에 따라 생활폐기물과 사업장폐기물로 1차 분류하고, 사업장폐기물은 발생특성과 유해성을 고려하여 일반폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물로 2차 분류하며, 폐기물의 성상에 따라 일반폐기물은 사업장생활계폐기물과 배출시설계폐기물로, 지정폐기물은 의료폐기물과 그 외 지정폐기물로 3차 분류하는 폐기물 분류체계를 따르고 있다.

#### ① 생활폐기물

- 사업장폐기물 외 폐기물로 가정 등에서 발생하는 폐기물
- 일련의 개보수 공사·작업 등으로 인하여 5톤 미만으로 발생하는 폐기물

#### ② 사업장생활계폐기물(사업장비배출시설계폐기물)

- 폐기물관리법 시행령 제2조제7호 및 제9호 규정에 의한 사업장에서 발생하는 폐기물
- 폐기물관리법 제2조제3호 및 같은 법 시행령 제2조제1호 내지 제5호 사업장에서 배출시설 등의 운영에 관계되지 아니한 폐기물

#### ③ 사업장배출시설계폐기물

배출시설의 설치·운영과 관련하여 배출되는 사업장일반폐기물로 물환경보전법 제48조제1항에 따른 공공폐수처리시설, 하수도법 제2조제9호에 따른 공공하수처리시설, 하수도법 제2조제11호에 따른 분뇨처리시설, 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 제24조에 따른 공공처리시설, 폐기물관리법 제29조제2항에 따른 폐기물처리시설에서 발생하는 폐기물을 포함

#### ④ 건설폐기물

건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률 제2조에 의해 건설산업기본법 제2조제4호에 해당하는 건설공사로 인하여 발생하는 5톤 이상의 폐기물

#### ⑤ 지정폐기물

폐기물관리법 제2조에 의해 사업장폐기물 중 폐유·폐산 등 주변 환경을 오염시킬 수 있거나 의료폐기물 등 인체에 위해를 줄 수 있는 해로운 물질로서 대통령령으로 정하는 폐기물



## 1. 일반 현황

폐기물처리업은 한국표준산업분류(10차)에 따라 대분류 기준 수도, 하수, 폐기물 처리, 원료 재생업(E)으로, 중분류 기준 폐기물 수집 운반, 처리 및 원료 재생업(38)으로, 소분류 기준 폐기물 처리업(382)으로, 세분류 기준 지정 외 폐기물 처리업(3821), 지정 폐기물 처리업(3822), 건설 폐기물 처리업(3823), 방사성 폐기물 수집, 운반 및 처리업(3824)으로 구분된다.

[표 1.1] 한국표준산업분류(10차) 중 폐기물처리산업 분류

대분류		중분류		소분류		세분류	
코드	항목명	코드	항목명	코드	항목명	코드	항목명
E	수도, 하수 및 폐기물 처리, 원료 재생업	36	수도업	360	수도업	3601	생활용수 공급업
						3602	산업용수 공급업
		37	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	370	하수, 폐수 및 분뇨 처리업	3701	하수 및 폐수 처리업
						3702	분뇨 처리업
				381	폐기물 수집, 운반업	3811	지정 외 폐기물 수집, 운반업
						3812	지정 폐기물 수집, 운반업
						3813	건설 폐기물 수집, 운반업
				38	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	382	폐기물 처리업
		3822	지정 폐기물 처리업				
		3823	건설 폐기물 처리업				
		3824	방사성 폐기물 수집, 운반 및 처리업				
		383	해체, 선별 및 원료 재생업	3831	금속류 해체, 선별 및 원료 재생업		
				3832	비금속류 해체, 선별 및 원료 재생업		
		39	환경 정화 및 복원업	390	환경 정화 및 복원업	3900	환경 정화 및 복원업

이 중 통합관리 대상 업종은 소분류 기준 폐기물 처리업(382), 세분류 기준 지정 외 폐기물 처리업(3821) 및 지정 폐기물처리업(3822)이며, 지방자치단체에서 설치하거나 위탁하여 운영하는 폐기물 처리시설의 경우에도 포함된다(단, 매립시설만 단독으로 설치된 사업장은 제외).

[표 1.2] 한국표준산업분류(10차)에 따른 통합관리 대상 업종 분류

분류명	분류코드	항목명	내 용
소분류	382	폐기물 처리업	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립, 소각, 중화, 파쇄, 고형화 등 여러 가지 수단에 의하여 유해성 또는 무해성 폐기물을 처리하는 산업활동을 말한다. 건설폐기물의 처리 활동과 방사성폐기물의 수집, 운반, 처리 활동도 포함한다. 폐기물 수집, 운반과 처리활동을 같이 수행하는 경우에도 폐기물처리업으로 분류한다. 수집, 운반한 폐기물을 재활용하는 경우에는 해당제품 제조업 또는 원료재생업으로 구분한다.</li> </ul>
세분류	3821	지정 외 폐기물 처리업	<ul style="list-style-type: none"> <li>가정 또는 사업장에서 배출되는 생활폐기물 등의 무해 폐기물(지정 외 폐기물)을 매립, 소각, 중화, 파쇄, 고형화 등의 방법으로 처리하는 시설을 운영하는 산업활동을 말한다. 처리과정에서 부수적으로 전기, 열 및 증기를 생산할 수 있다.</li> <li>〈예 시〉                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 무해 폐기물 소각로 운영</li> <li>- 무해 폐기물 매립장 운영</li> <li>- 음식 폐기물 처리</li> </ul> </li> <li>〈제 외〉                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수집 폐기물을 공급받아 전기 생산(3511)</li> </ul> </li> </ul>
	3822	지정 폐기물 처리업	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업장 및 의료기관에서 배출하는 각종 지정 폐기물 처리 시설을 운영하는 산업활동을 말한다.</li> <li>〈예 시〉                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폐수 오니 처리</li> <li>- 의료 적출물 처리</li> <li>- 동물 사체 처리</li> </ul> </li> </ul>

폐기물 소각업종을 제외한 폐기물 처리업종에 대한 분류체계는 「폐기물관리법」에 따른 분류 및 TWG (Technical Working Group) 위원들의 의견을 수렴하여 다음과 같이 분류체계를 구성하였다.

- 음식물자원화시설
- 재활용선별시설
- 연료화시설
- 하·폐수슬러지 처리시설
- 반응시설
- 매립시설



## 1. 일반 현황

가정에서 발생하는 생활폐기물(음식물류 폐기물 포함) 및 하·폐수처리장에서 발생하는 하·폐수슬러지 등의 배출원에서 발생하는 폐기물은 반입폐기물의 성상이나 활용 목적에 따라 각각의 폐기물처리 시설에서 처리된다. 폐기물처리시설은 반입폐기물의 처리과정에서 발생하는 환경오염물질을 저감하기 위한 여러 방지설비를 설치·운전하고 있으며, 최종 처리과정에서 발생하는 부산물은 재활용 및 원료 등으로 이용되고 있다.

배출원에서 발생하는 폐기물의 처리공정은 「반입폐기물 → 폐기물처리시설 → 부산물 이용」으로 구분할 수 있다. 폐기물 처리과정에서 발생하는 환경오염물질(대기오염물질, 악취, 폐수, 침출수, 협잡물 또는 잔재물 등)을 저감하기 위해서, 오염물질(매체)별로 요구되는 환경기준에 적합한 각각의 방지시설을 설치하고, 매체별 오염물질 배출허용기준을 준수하기 위해서 현장 여건에 맞는 다양한 환경관리기법을 적용하여 폐기물처리시설을 운영하고 있다.

## 1.1.2 기준서 작성기준

소각을 제외한 폐기물 처리업은 투입폐기물 및 최종 자원화 방법에 따라 처리시설별(음식물자원화 시설, 재활용선별시설, 연료화시설, 하·폐수슬러지 처리시설, 반응시설, 매립시설)로 운영되는 특성을 반영하고자 본 기준서의 「2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황」은 폐기물처리업의 시설별로 분류체계를 배치하였고 「4. 공정 환경관리기법」은 [폐기물관리법 시행령 별표3]의 폐기물처리시설의 종류(제5조 관련)의 분류체계를 따랐다.

[표 1.3] 폐기물관리법 시행령 [별표3]

폐기물관리법 시행령 [별표3] 폐기물 처리시설의 종류(제5조 관련)
<p>1. 중간처분시설</p> <p>가. 소각시설</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 일반 소각시설</li> <li>2) 고온 소각시설</li> <li>3) 열 분해시설(가스화시설을 포함한다)</li> <li>4) 고온 용융시설</li> <li>5) 열처리 조합시설 [1)에서 4)까지의 시설 중 둘 이상의 시설이 조합된 시설]</li> </ol> <p>나. 기계적 처분시설</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 압축시설(동력 7.5 kW 이상인 시설로 한정한다)</li> <li>2) 파쇄·분쇄 시설(동력 15 kW 이상인 시설로 한정한다)</li> <li>3) 절단시설(동력 7.5 kW 이상인 시설로 한정한다)</li> <li>4) 용융시설(동력 7.5 kW 이상인 시설로 한정한다)</li> <li>5) 증발·농축 시설</li> <li>6) 정제시설(분리·증류·추출·여과 등의 시설을 이용하여 폐기물을 처분하는 단위시설을 포함한다)</li> <li>7) 유수 분리시설</li> <li>8) 탈수·건조 시설</li> <li>9) 멸균분쇄 시설</li> </ol> <p>다. 화학적 처분시설</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 고형화·고화·안정화 시설</li> <li>2) 반응시설(중화·산화·환원·중합·축합·치환 등의 화학반응을 이용하여 폐기물을 처분하는 단위시설을 포함한다)</li> <li>3) 응집·침전 시설</li> </ol> <p>라. 생물학적 처분시설</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 소멸화 시설(1일 처분능력 100 킬로그램 이상인 시설로 한정한다)</li> <li>2) 호기성(好氣性 : 산소가 있을 때 생육하는 성질)·혐기성(嫌氣性 : 산소가 없을 때 생육하는 성질) 분해시설</li> </ol> <p>마. 그 밖에 환경부장관이 폐기물을 안전하게 중간처분할 수 있다고 인정하여 고시하는 시설</p>
<p>2. 최종 처분시설</p> <p>가. 매립시설</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 차단형 매립시설</li> <li>2) 관리형 매립시설(침출수 처리시설, 가스 소각·발전·연료화 시설 등 부대시설을 포함한다)</li> </ol> <p>나. 그 밖에 환경부장관이 폐기물을 안전하게 최종처분할 수 있다고 인정하여 고시하는 시설</p>



# 1. 일반 현황

(표 계속)

## 폐기물관리법 시행령 [별표3] 폐기물 처리시설의 종류(제5조 관련)

### 3. 재활용시설

#### 가. 기계적 재활용시설

- 1) 압축·압출·성형·주조시설(동력 7.5 kW 이상인 시설로 한정한다)
- 2) 파쇄·분쇄·탈피 시설(동력 15 kW 이상인 시설로 한정한다)
- 3) 절단시설(동력 7.5 kW 이상인 시설로 한정한다)
- 4) 용융·용해시설(동력 7.5 kW 이상인 시설로 한정한다)
- 5) 연료화시설
- 6) 증발·농축 시설
- 7) 정제시설(분리·증류·추출·여과 등의 시설을 이용하여 폐기물을 재활용하는 단위시설을 포함한다)
- 8) 유수 분리 시설
- 9) 탈수·건조 시설
- 10) 세척시설(철도용 폐목재 받침목을 재활용하는 경우로 한정한다)

#### 나. 화학적 재활용시설

- 1) 고형화·고화 시설
- 2) 반응시설(중화·산화·환원·중합·축합·치환 등의 화학반응을 이용하여 폐기물을 재활용하는 단위시설을 포함한다)
- 3) 응집·침전 시설

#### 다. 생물학적 재활용시설

- 1) 1일 재활용능력이 100 킬로그램 이상인 다음의 시설
  - 가) 부숙(썩혀서 익히는 것) 시설(미생물을 이용하여 유기물질을 발효하는 등의 과정을 거쳐 제품의 원료 등을 만드는 시설을 말하며, 1일 재활용능력이 100 킬로그램 이상 200 킬로그램 미만인 음식물류 폐기물 부숙시설은 제외한다)
  - 나) 사료화 시설(건조에 의한 사료화 시설을 포함한다)
  - 다) 퇴비화 시설(건조에 의한 퇴비화 시설, 지렁이분변도 생산시설 및 생석회 처리시설을 포함한다)
  - 라) 동애등에분변도 생산시설
  - 마) 부숙토(腐熟土 : 썩혀서 익힌 흙) 생산시설

#### 2) 호기성·혐기성 분해시설

#### 3) 버섯재배시설

#### 라. 시멘트 소성로

#### 마. 용해로(폐기물에서 비철금속을 추출하는 경우로 한정한다)

#### 바. 소성(시멘트 소성로는 제외한다)·탄화 시설

#### 사. 골재가공시설

#### 아. 의약품 제조시설

#### 자. 소각열회수시설(시간당 재활용능력이 200 킬로그램 이상인 시설로서 법 제13조의2제1항제5호에 따라 에너지를 회수하기 위하여 설치하는 시설만 해당한다)

#### 차. 수은회수시설

#### 카. 그 밖에 환경부장관이 폐기물을 안전하게 재활용할 수 있다고 인정하여 고시하는 시설

[표 1.4] 폐기물관리법 시행령 별표3(소각시설) 분류기준표

구분	중간 처분시설	최종 처분시설	재활용 시설	대상시설	배출시설	적용기준서
소각 시설	1) 일반소각시설	-	-	화격자소각로	소각로	[폐기물소각시설 최적가용기법 기준서2016]
	2) 고온 소각시설	-	-	회전로	-	
	3) 열 분해시설 (가스화 시설 포함)	-	-	유동층 소각로	-	
	4) 고온 용융시설	-	-	열분해 및 가스화	-	
	5) 열처리 조합시설	-	-	기타	-	

소각시설은 중간처분시설로 분류되었고 이에 대한 내용은 [폐기물소각시설 최적가용기법 기준서]를 참고하면 된다.

[표 1.5] 폐기물관리법 시행령 별표3(매립시설) 분류기준표

구분	중간 처분시설	최종 처분시설	재활용 시설	대상시설	배출시설	적용기준서
매립 시설	-	1) 차단형 매립시설	-	매립시설	매립시설	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서]
	-	2) 관리형 매립시설 (침출수 처리, 가스 소각·발전·연료화 시설 등 부대시설 포함)	-	매립시설	매립시설	

매립시설은 최종처분시설로 분류되었고 이에 대한 내용은 본 기준서 [폐기물처리업 최적가용기법 기준서]의 4.3 최종처분시설(매립)를 참고하면 된다.



# 1. 일반 현황

[표 1.6] 폐기물관리법 시행령 별표3(기계적처분시설) 분류기준표

구분	중간 처분시설	최종 처분시설	재활용 시설	대상 시설	배출시설
기계적 처분 시설	1) 압축시설 (동력 7.5 kW 이상)	1) 압축·압출·성형·주조 시설(동력 7.5 kW 이상)	재활용선별시설	압축기	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.2 재활용선별시설
	2) 파쇄·분쇄시설 (동력 7.5 kW 이상)	2) 파쇄·분쇄·탈피 시설 (동력 15 kW 이상)	음식물자원화시설(전처리) 고형연료제품제조시설(전처리)	파쇄기 분쇄기 파봉기	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.1 음식물자원화시설 4.2.3 연료화시설
	3) 절단시설 (동력 7.5 kW 이상)	3) 절단시설 (동력 7.5 kW 이상)	금속성폐기물 절단	절단기	-
	4) 용융시설 (동력 7.5 kW 이상)	4) 용융·용해시설 (동력 7.5 kW 이상)	재활용시설(스티로폼)	용융기	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.2 재활용선별시설
	5) 증발·농축시설	5) 연료화시설 6) 증발·농축시설	하수슬러지자원화시설(슬러지) 음식물자원화시설(음폐수) 액상폐기물	증발기 농축기	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.1 음식물자원화시설 4.2.4 하·폐수슬러지 처리시설
	6) 정제시설	7) 정제시설(분리·증류·추출·여과 등 단위시설 포함)	정제연료유 생산 폐유 재활용	분리기 증류기 추출기 여과기	-
	7) 유수 분리 시설	8) 유수 분리 시설	음식물자원화시설(음폐수 유수분리) 폐유재활용시설	-	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.1 음식물자원화시설
	8) 탈수·건조 시설	9) 탈수·건조 시설	음식물자원화시설 하수슬러지자원화시설 고형연료제품제조시설	탈수기	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.1 음식물자원화시설 4.2.3 연료화시설 4.2.4 하·폐수슬러지 처리시설
	9) 멸균분쇄 시설	10) 세척시설(철도용 폐목재 받침목으로 한정)	음식물자원화시설	건조기	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.1 음식물자원화시설

기계적 처분시설은 중간처분시설과 재활용시설로 분류되었으며 이에 대한 내용은 본 기준서 [폐기물처리업 최적가용기법 기준서]의 4.2 중간처분·재활용시설을 참고하고 세부 시설별 내용은 다음 표를 참고하면 된다.

[표 1.7] 폐기물관리법 시행령 별표3(화학적처분시설) 분류기준표

구분	중간처분시설	재활용시설	대상시설	배출시설	적용기준서
화학적 처분 시설	1) 고품화·고화·안정화 시설	1) 고품화·고화시설	하수슬러지자원화시설 유해폐기물/지정폐기물 /방사성폐기물 처리시설	혼합기 건조기/성형기 양생설비 반응기 중화설비	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.4 하·폐수슬러지 처리시설
	2) 반응 시설 (중화·산화·환원·중합·축합·치환 등 단위시설 포함)	2) 반응 시설 (중화·산화·환원·중합·축합·치환 등 단위시설 포함)	지정폐기물처리시설 (폐산·폐알칼리처리, 수은함유 액상폐기물) 산업폐기물처리시설 (고분자산업폐기물)	반응기	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.5 기타시설
	3) 응집·침전 시설	-	지정폐기물처리시설 (고농도 중금속 함유 액상폐기물 처리)	응집조 침전조	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.4 하·폐수슬러지 처리시설

화학적 처분시설은 중간처분시설과 재활용시설로 분류되어 있으며 이에 대한 내용은 본 기준서 [폐기물처리업 최적가용기법 기준서]의 4.2.4 하·폐수슬러지 처리시설 및 4.2.5 기타시설을 참고하면 된다.

[표 1.8] 폐기물관리법 시행령 별표3(생물학적처분시설) 분류기준표

구분	중간처분시설	재활용시설	대상시설	배출 시설	적용기준서
생물학적 처분시설	1) 소멸화시설 (100 kg/일 이상)	1) 100 kg/일 이상 시설 • 부숙시설 • 사료화시설 • 퇴비화시설 • 동애등애분변토 생산시설 • 부숙토 생산시설	음식물자원화시설 • 사료화 • 퇴비화 • 동애등애분변토 • 부숙토	-	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.1 음식물자원화시설
	2) 호기성·혐기성 분해시설	2) 호기성·혐기성 분해시설	음식물자원화시설 (사료화, 퇴비화, 바이오가스화)	-	
	-	3) 버섯 재배시설	-	-	-



## 1. 일반 현황

생물학적 처분시설은 중간처분시설과 재활용시설로 분류되어 있으며 이에 대한 내용은 본 기준서 [폐기물처리업 최적가용기법 기준서]의 4.2.1 음식물자원화시설을 참고하면 된다.

[표 1.9] 폐기물관리법 시행령 별표3(그 외 시설) 분류기준표

구분	중간·최종 처분, 재활용시설	대상 시설	배출 시설	적용기준서
시멘트 소성로	-	-	소성로	-
용해로(폐기물에서 비철금속 추출)	-	-	-	[비철금속제조업 최적가용기법 기준서]
소성(시멘트 소성제외)·탄화시설	-	하·폐수슬러지자원화(탄화) 기타(소성)	소성로 탄화시설	[폐기물처리업 최적가용기법 기준서] 4.2.4 하·폐수슬러지 처리시설(탄화) 4.2.5 기타시설(소성)
골재가공시설	-	건설폐기물	-	-
의약품제조시설	-	의료폐기물(태반) 원료 의약품제조	-	-
소각열회수시설	-	-	-	통합허가비대상
수은회수시설	-	폐램프, 폐계측기기, 폐전지 등 폐기물 수은회수시설	파쇄 분리 수은증류기 습식안정화	-

소성·탄화시설의 내용은 본 기준서 [폐기물처리업 최적가용기법 기준서]의 4.2.4 하·폐수슬러지 처리시설 및 4.2.5 기타시설을 참고하면 된다.

용해로(폐기물에서 비철금속 추출)에 대한 내용은 [비철금속제조업 최적가용기법 기준서]를 참고하면 되며 소각열회수시설은 통합허가 비대상 시설이다.

## 1.2 국내 폐기물 발생 및 처리현황

### 1.2.1 국내 폐기물 발생현황

#### 가. 폐기물 종류별 발생 추이

2020년도 일일 폐기물 발생량은 19,546 만톤으로 이는 2019년도 대비 약 7.7 % 증가된 양이다. 폐기물 종류별 구성비를 살펴보면 건설폐기물 44.2 %, 사업장배출시설계폐기물 41.4 %, 생활계폐기물 11.5 %, 지정폐기물 2.9 % 순이다.

[표 1.10] 연도별 폐기물 발생현황

단위 : 만톤/년, %

구 분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
총 계	발생량	15,265	15,663	15,678	16,283	18,149	19,546
	전년대비 증감률	4.1	2.6	0.1	3.9	11.5	7.7
생활계 폐기물 <sup>주1)</sup>	발생량	1,871	1,963	1,952	2,045	2,116	2,254
	전년대비 증감률	2.7	4.9	-0.5	4.8	3.4	6.6
사업장 배출시설계 폐기물	발생량	5,669	5,918	6,018	6,122	7,396	8,087
	전년대비 증감률	1.4	4.4	1.7	1.7	20.8	9.3
건설 폐기물	발생량	7,236	7,280	7,164	7,554	8,070	8,644
	전년대비 증감률	6.9	0.6	-1.6	5.4	6.8	7.1
지정 폐기물 <sup>주2)</sup>	발생량	489	503	544	562	568	561
	전년대비 증감률	1.7	2.8	8.1	3.2	1.1	-1.2

주1) 생활계폐기물은 생활폐기물, 사업장생활계폐기물, 공장장생활계폐기물을 모두 포함한 수치임.

주2) 지정폐기물은 사업장지정폐기물과 의료폐기물을 포함한 수치임.

[출처 : 환경부, 2021a]



# 1. 일반 현황



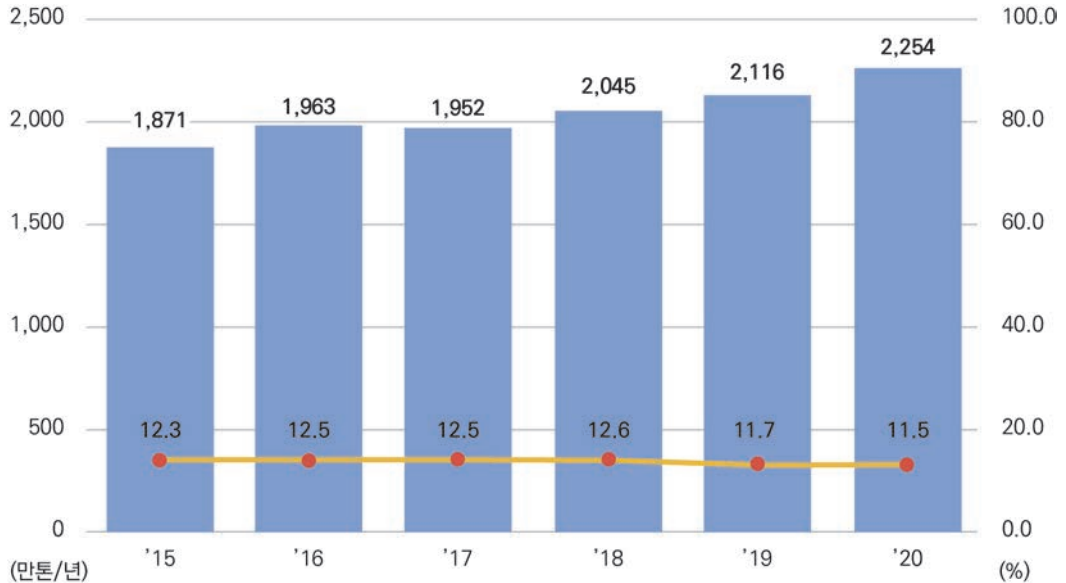
[그림 1.1] 폐기물 발생량 변화추이

[출처 : 환경부, 2021a]

## 나. 폐기물 종류별 발생량 분석

### 1) 생활계폐기물

2020년도 생활계폐기물 발생량은 2,254 만톤/년으로 전년(2,116 만톤/년) 대비 6.6 % 증가하였으며, 총 폐기물 중 생활계폐기물의 점유율은 11.5 %로 전년(11.7 %) 대비 0.2 %p 감소하였다.



[그림 1.2] 생활계폐기물 발생량 및 점유율

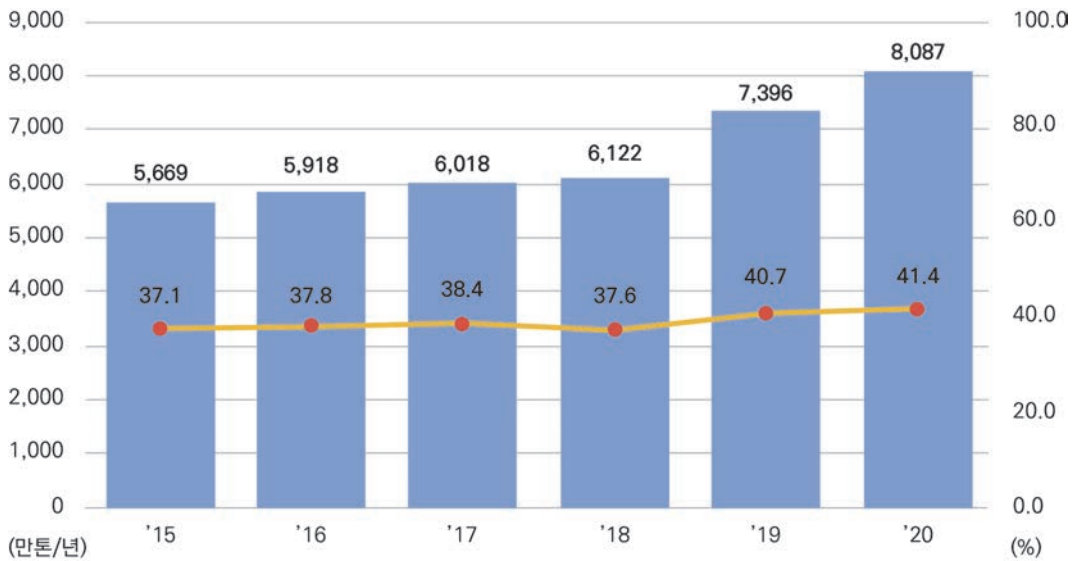
[출처 : 환경부, 2021a]



## 1. 일반 현황

### 2) 사업장배출시설계폐기물

2020년도 사업장배출시설계폐기물 발생량은 8,087 만톤/년으로 전년(7,396 만톤/년) 대비 9.3 % 증가하였으며, 총 폐기물 중 사업장배출시설계폐기물의 점유율은 41.4 %로 전년(40.7 %) 대비 0.7%p 증가하였다.

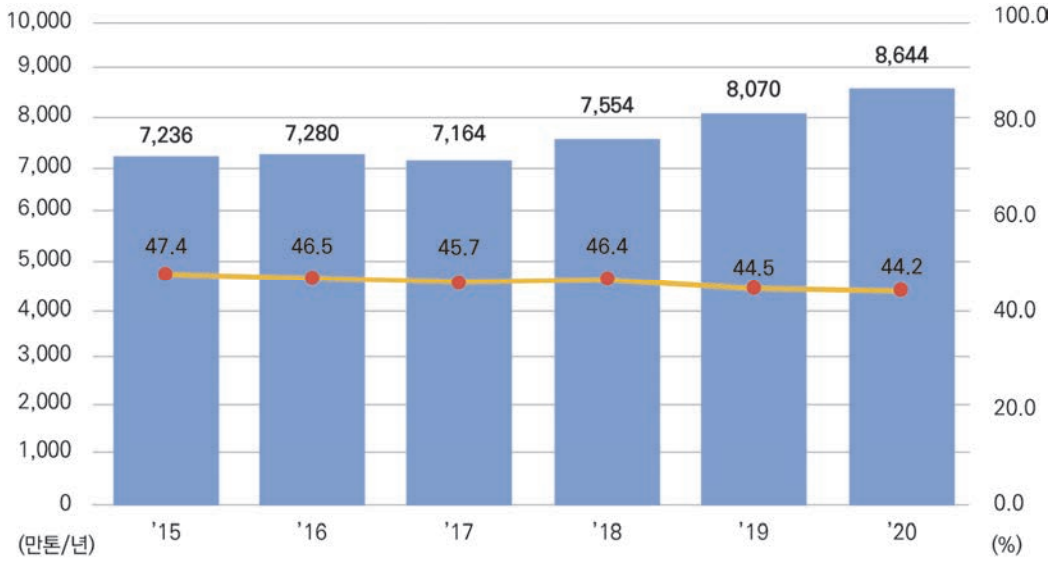


[그림 1.3] 사업장배출시설계폐기물 발생량 및 점유율

[출처 : 환경부, 2021a]

### 3) 건설폐기물

2020년도 건설폐기물 발생량은 8,644 만톤/년으로 전년(8,070 만톤/년) 대비 7.1 % 증가하였으며, 총 폐기물 중 건설폐기물의 점유율은 44.2 %로 전년(44.5 %) 대비 0.3 %p 감소하였다.



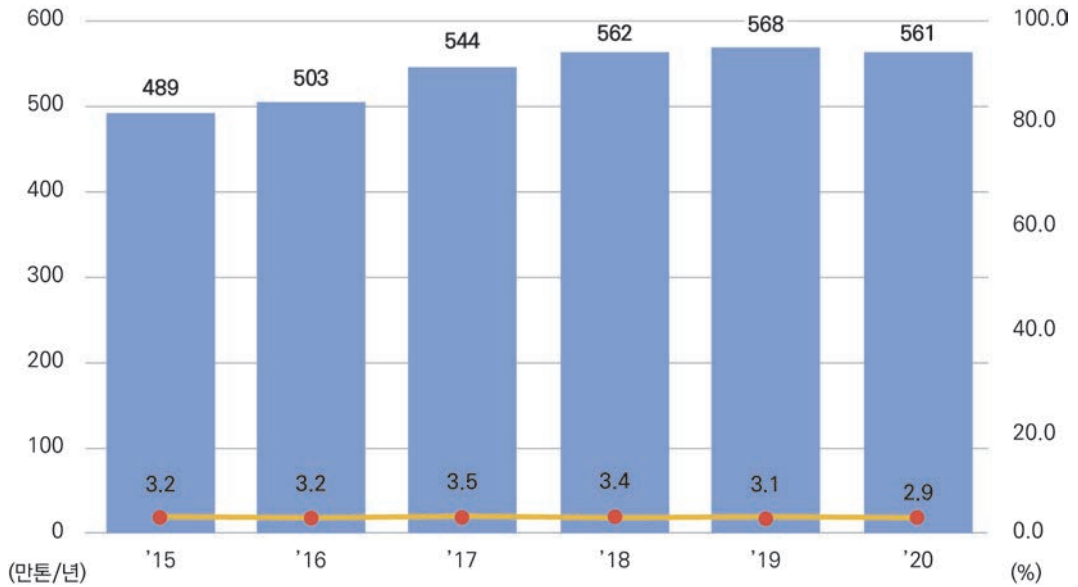
[그림 1.4] 건설폐기물 발생량 및 점유율

[출처 : 환경부, 2021a]

## 1. 일반 현황

### 4) 지정폐기물

2020년도 지정폐기물 발생량은 561 만톤/년으로 전년(568 만톤/년) 대비 1.2 % 감소하였으며, 총 폐기물 중 지정폐기물의 점유율은 2.9 %로 전년(3.1 %) 대비 0.2%p 감소하였다.



[그림 1.5] 지정폐기물 발생량 및 점유율

[출처 : 환경부, 2021a]

## 다. 폐기물 종류별 성장변화 분석

### 1) 생활계폐기물

생활계폐기물[생활(가정)폐기물 + 사업장비(非)배출시설계폐기물]로 구성된다. 2020년도 전체 생활계 폐기물(2,254 만톤/년) 중 종량제방식 등 혼합배출의 비율이 37.8 %(852 만톤/년)이며, 분리배출은 39.3 %(886 만톤/년), 음식물류 폐기물은 22.9 %(516 만톤/년) 각각 차지한다.

[표 1.11] 생활계폐기물의 성장변화

단위 : 만톤/년

구 분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
총 계		1,871	1,963	1,952	2,045	2,116	2,254
종량제방식 등 혼합배출	소 계	846	911	899	933	1,077	852
	폐 지 류	199	206	190	189	182	186
	폐합성수지류	136	157	168	178	271	190
	폐유리류	23	20	22	27	23	23
	폐금속류	16	16	15	18	16	16
	기 타	471	512	505	521	584	437
분리배출 <sup>주1)</sup>	소 계	506	526	527	583	516	886
	폐 지 류	165	168	152	156	129	140
	폐합성수지류	97	108	130	145	131	251
	기 타	244	250	246	283	256	495
음식물류 폐기물 분리배출	소 계	519	525	526	528	522	516

주1) 분리배출 : 생활(가정)폐기물의 재활용가능자원 분리배출과 사업장비(非)배출시설계폐기물의 혼합배출 외 분리배출 각각 수치의 합  
[출처 : 환경부, 2021a]



## 1. 일반 현황

2020년도 생활(가정)폐기물(1,730 만톤/년) 중 종량제방식 등 혼합배출의 비율이 46.5 %(804 만톤/년)이며, 재활용 가능자원 분리배출은 26.5 %(459 만톤/년), 음식물류 폐기물은 27.0 %(467 만톤/년) 각각 차지한다.

[표 1.12] 생활계(가정)폐기물의 성상변화

단위 : 만톤/년

구 분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
총 계		1,585	1,659	1,643	1,706	1,676	1,730
종량제방식 등 혼합배출	소 계	663	712	718	743	765	804
	폐 지 류	184	196	182	182	178	183
	폐합성수지류 <sup>주1)</sup>	104	119	129	137	161	171
	폐유리류	18	16	18	23	22	23
	폐금속류	15	14	14	16	16	16
	기 타 <sup>주2)</sup>	342	367	374	385	388	412
재활용 가능자원 분리배출	소 계	435	453	436	476	431	459
	폐 지 류	151	155	142	142	127	139
	폐합성수지류	74	81	88	97	95	116
	기 타 <sup>주3)</sup>	210	217	206	237	208	204
음식물류 폐기물 분리배출	소 계	486	494	489	488	480	467

주1) 폐합성수지류 : 2018년도까지는 "플라스틱류"라는 항목으로 집계되었으나, 2019년도부터 "폐합성수지류"로 범위 및 명칭 변경

주2) 종량제 방식 등 혼합배출 기타 : 폐고무류, 폐섬유류, 폐목재류, 폐토사류, 폐타일 및 도자기류, 연탄재 등을 포함

주3) 재활용 가능자원 분리배출 기타 : 고철류, 금속캔, 폐고무류, 폐유리병류, 폐의류, 폐섬유류, 폐형광등, 폐전자류, 영농폐기물, 폐식용유, 폐전기전자제품, 폐가구류 등을 포함

[출처 : 환경부, 2021a]

## 2) 사업장배출시설계폐기물

2020년도 전체 사업장배출시설계폐기물(8,087 만톤/년) 중 가연성폐기물의 배출비율이 25.1 % (2,031 만톤/년)이며, 불연성 폐기물의 배출비율은 74.9 % (6,056 만톤/년)이다.

가연성 폐기물 중 폐합성고분자화합물은 601 만톤/년(29.6 %), 전년(587 만톤/년) 대비 2.4% 증가하였으며, 불연성 폐기물 중 광재류는 3,039 만톤/년(50.2 %), 전년(2,230 만톤/년) 대비 36.3 % 증가하였다.

[표 1.13] 사업장배출시설계폐기물의 성상변화

단위 : 만톤/년

구 분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
총 계		5,669	5,918	6,018	6,122	7,396	8,087
가연성	소 계	1,439	1,420	1,465	1,484	1,725	2,031
	폐지, 폐목재류	88	92	105	122	133	159
	폐합성 고분자화합물 <sup>주1)</sup>	426	438	476	497	587	601
	유기성오니류	660	618	618	563	571	686
	기 타 <sup>주2)</sup>	265	273	266	302	433	584
불연성	소 계	4,230	4,497	4,553	4,638	5,671	6,056
	광 재 류	1,146	1,669	1,626	1,683	2,230	3,039
	연소재류 <sup>주3)</sup>	1,423	1,362	1,433	1,438	1,517	1,380
	폐금속류	462	88	94	76	96	116
	무기성오니류	652	648	699	691	909	858
	기 타 <sup>주4)</sup>	548	731	701	750	919	663

주1) 폐합성고분자화합물 : 폐섬유류, 폐합성수지류, 폐합성고무류의 합

주2) 가연성 기타 : 폐전기전자제품류, 동식물성 잔재물, 폐식용유, 그 외 가연성 기타류를 포함

주3) 연소재류 : 연소잔재물, 소각재, 분진류의 합

주4) 불연성 기타 : 폐주물사 및 폐사, 폐석재·폐콘크리트류, 폐석고 및 폐석회, 폐촉매, 폐흡착제 및 폐흡수제, 유리·도자기편류, 그 외 불연성 기타류를 포함

[출처 : 환경부, 2021a]



## 1. 일반 현황

2020년도 사업장비(非)배출시설계폐기물(1,730 만톤/년) 중 종량제방식 등 혼합배출의 비율이 46.4 % (804 만톤/년)이며, 재활용 가능자원 분리배출은 26.5 % (459 만톤/년), 음식물류 폐기물은 26.9 % (467 만톤/년) 각각 차지한다.

[표 1.14] 사업장비(非)배출시설계폐기물의 성상변화

단위 : 만톤/년

구 분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
총 계		1,585	1,659	1,643	1,706	1,676	1,730
종량제방식 등 혼합배출	소 계	663	712	718	743	765	804
	폐지류	184	196	182	182	178	183
	폐합성수지류 <sup>주1)</sup>	104	119	129	137	161	171
	폐유리류	18	16	18	23	22	23
	폐금속류	15	14	14	16	16	16
	기 타 <sup>주2)</sup>	342	367	374	385	388	412
재활용 가능자원 분리배출 <sup>주3)</sup>	소 계	435	453	436	476	431	459
	폐지류	151	155	142	142	127	139
	폐합성수지류	74	81	88	97	95	116
	기 타 <sup>주4)</sup>	210	217	206	237	208	204
음식물류 폐기물 분리배출	소 계	486	494	489	488	480	467

주1) 폐합성수지류 : 2018년도까지는 “플라스틱류”라는 항목으로 집계되었으나, 2019년도부터 “폐합성수지류”로 범위 및 명칭 변경

주2) 종량제 방식 등 혼합배출 기타 : 폐고무류, 폐섬유류, 폐목재류, 폐토사류, 폐타일 및 도자기류, 연탄재 등을 포함

주3) 재활용 가능자원 분리배출 : 사업장비배출시설계폐기물 배출특성을 고려한 분류 기준으로 명칭 변경(기존 재활용가능자원 분리배출 ⇒ 2020년도부터 혼합배출 외 분리배출)

주4) 혼합배출 외 분리배출 기타 : 폐고무류, 폐섬유류, 폐목재류, 폐식용유, 유기성오니류, 폐금속류, 폐유리류, 조명폐기물 (폐형광등 등), 폐토사류 및 폐콘크리트류, 폐타일 및 폐도자기조각, 연소잔재물(연탄재 등), 폐전지류, 무기성오니류, 폐전기전자제품류, 기타를 포함

[출처 : 환경부, 2021a]

### 3) 건설폐기물

2020년도 전체 건설폐기물(8,644 만톤/년) 중 불연성이 88.9 %(7,681 만톤/년)이며, 불연성 중 건설폐재류가 98.9 %(7,596 만톤/년)로 대부분을 차지한다. 건설폐재류 중 페콘크리트가 5,394 만톤/년으로 71.0 % 비율을 나타내며, 전년(5,030 만톤/년) 대비 7.2 % 증가하였다.

[표 1.15] 건설폐기물의 성상변화

단위 : 만톤/년

구 분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	
총 계		7,236	7,280	7,164	7,554	8,070	8,644	
가연성	소 계	94	82	95	97	91	102	
	폐 목 재	34	29	29	29	31	42	
	폐합성수지	60	52	66	67	59	59	
	기 타 <sup>주1)</sup>	0.4	0.4	0.4	1	1	1	
불연성	소 계	6,274	6,387	6,259	6,598	7,080	7,681	
	건설폐재류	페콘크리트	4,542	4,675	4,499	4,783	5,030	5,394
		페아스팔트 콘크리트	1,296	1,285	1,309	1,378	1,502	1,584
		건설폐토석	280	236	273	259	306	409
		기 타 <sup>주2)</sup>	118	117	111	130	199	209
	건설오니	36	70	67	46	41	84	
	기 타 <sup>주3)</sup>	1	3	2	2	1	1	
혼합건설폐기물	863	808	806	858	897	860		
기 타	6	3	3	1	2	2		

주1) 가연성 건설폐기물 기타 : 폐섬유, 폐벽지  
 주2) 불연성 건설폐기물 기타 : 폐금속류, 폐유리, 페타일 및 폐도자기  
 주3) 건설폐재류 기타 : 폐벽돌, 폐블럭, 폐기와  
 [출처 : 환경부, 2021a]

# 1. 일반 현황

## 4) 지정폐기물

2020년도 지정폐기물은 사업장지정폐기물이 96.5 %(541 만톤/년), 의료폐기물이 3.5 %(20 만톤/년)를 각각 차지하였고, 사업장지정폐기물 중 폐유기용제가 22.4 %(121 만톤/년), 폐유가 21.9 %(119 만톤/년)를 차지하였다.

[표 1.16] 지정폐기물의 성상변화

단위 : 만톤/년

구 분		2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년
총 계		489	503	544	562	568	561
사업장 지정폐 기물	소 계	469	481	522	538	544	541
	폐 산	77	79	87	100	105	103
	폐알칼리	7	7	12	9	11	11
	폐 유	101	103	107	113	117	119
	폐유기용제	105	106	113	118	121	121
	폐합성고분자화합물	2	2	2	2	2	2
	분 진	63	62	67	58	54	52
	오 니 류	41	44	50	47	42	39
	기 타 <sup>주1)</sup>	73	79	85	90	92	95
의료폐기물		20	22	22	24	24	20

주1) 기타 : 광재, 조각재, 안정화 또는 고형화 처리물, 폐내화물 및 도자기조각, 폐농약, 폐석면, 폐유독물, 폐주물사 및 폐사, 폐촉매, 페페인트 및 페락카, 폐흡착제 및 폐흡수제, 할로겐족유기용제, PCB함유 폐기물

[출처 : 환경부, 2021a]

## 1.2.2 국내 폐기물 처리현황

### 가. 폐기물 처리방법별 변화 추이

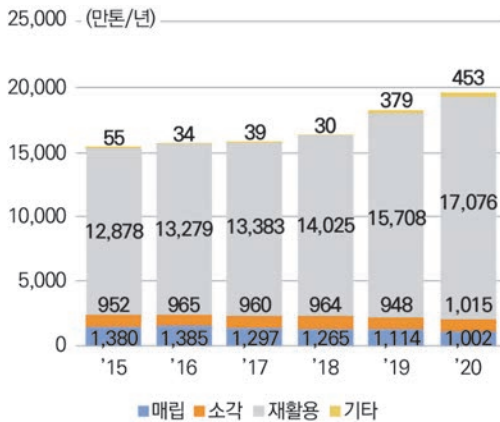
2020년도 폐기물의 처리방법 중 재활용이 87.4 %로 가장 높은 비율을 나타내었다. 매립률은 5.1 %로 전년(6.1 %) 대비 1.0 %p 감소하였으며, 소각률은 5.2 %로 전년(5.2 %)과 동일하다.

[표 1.17] 폐기물의 연도별 처리방법의 변화

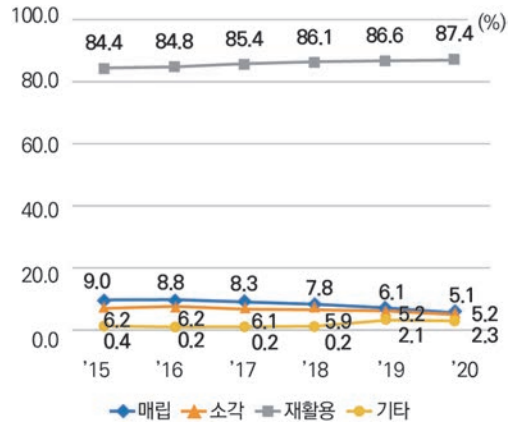
단위 : 만톤/년

구 분	2015년		2016년		2017년		2018년		2019년		2020년	
	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%
계	15,265	100.0	15,663	100.0	15,678	100.0	16,283	100.0	18,149	100.0	19,546	100.0
매 립	1,380	9.0	1,385	8.8	1,297	8.3	1,265	7.8	1,114	6.1	1,002	5.1
소 각	952	6.2	965	6.2	960	6.1	964	5.9	948	5.2	1,015	5.2
재활용	12,878	84.4	13,279	84.8	13,383	85.4	14,025	86.1	15,708	86.6	17,076	87.4
기 타	55	0.4	34	0.2	39	0.2	30	0.2	379	2.1	453	2.3

[출처 : 환경부, 2021a]



[그림 1.6] 폐기물 처리방법별 현황



[그림 1.7] 폐기물 처리방법별 비율

[출처 : 환경부, 2021a]



# 1. 일반 현황

## 1) 생활계폐기물

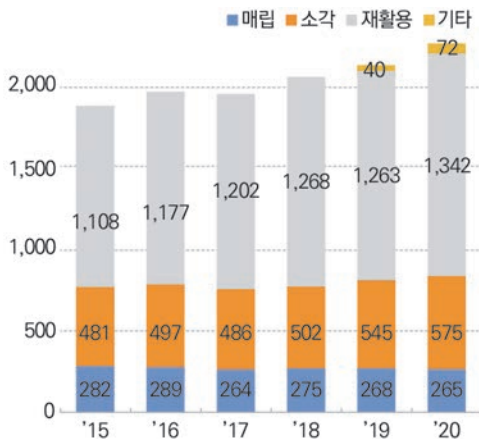
2020년도 생활계폐기물의 재활용률은 59.5 %로 전년(59.7 %) 대비 0.2 %p 감소하였다. 소각률은 25.5 %로 전년(25.7 %) 대비 0.2 %p 감소하였고, 매립률은 11.8 %로 전년(12.7 %) 대비 0.9 %p 감소하였다.

[표 1.18] 생활계폐기물의 처리방법 변화 추이

단위 : 만톤/년

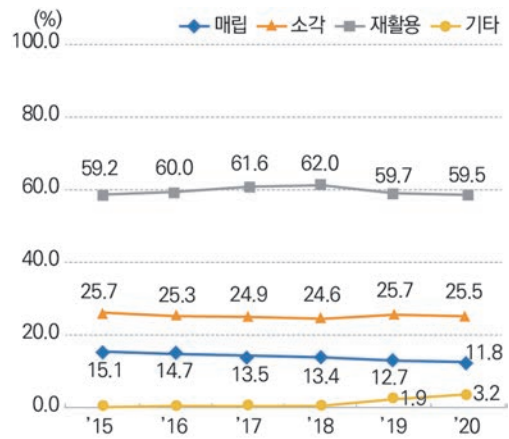
구 분	2015년		2016년		2017년		2018년		2019년		2020년	
	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%
계	1,871	100.0	1,963	100.0	1,952	100.0	2,045	100.0	2,116	100.0	2,254	100.0
매 립	282	15.1	289	14.7	264	13.5	275	13.4	268	12.7	265	11.8
소 각	481	25.7	497	25.3	486	24.9	502	24.6	545	25.7	575	25.5
재활용	1,108	59.2	1,177	60.0	1,202	61.6	1,268	62.0	1,263	59.7	1,342	59.5
기 타 <sup>주1)</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	40	1.9	72	3.2

주1) 2018년도까지는 '재활용'에 포함되어있던 소각을 제외한 중간처분량(기계적(압축, 파쇄 등), 화학적(고형화, 중화, 응집 등), 생물학적(호기성, 혐기성 등) 처분 등)이 2019년도부터 '기타'항목으로 분리  
[출처 : 환경부, 2021a]



[그림 1.8] 생활계폐기물 처리방법별 현황

[출처 : 환경부, 2021a]



[그림 1.9] 생활계폐기물 처리방법별 비율

## 2) 사업장배출시설계폐기물

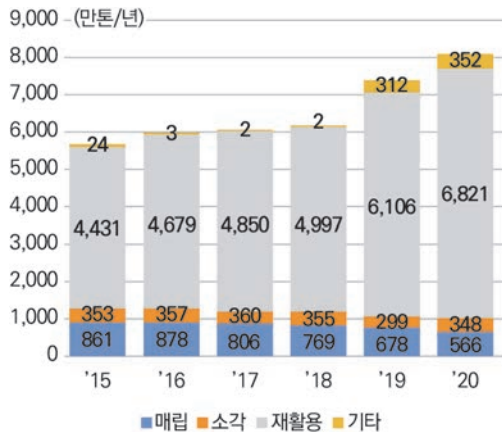
2020년도 사업장배출시설계폐기물의 재활용률은 84.3 %로 전년(82.6 %) 대비 1.7 %p 증가하였다. 소각률은 4.3 %로 전년(4.0 %) 대비 0.3 %p 증가하였고, 매립률은 7.0 %로 전년(9.2 %) 대비 2.2 %p 감소하였다.

[표 1.19] 사업장배출시설계폐기물의 처리방법별 변화 추이

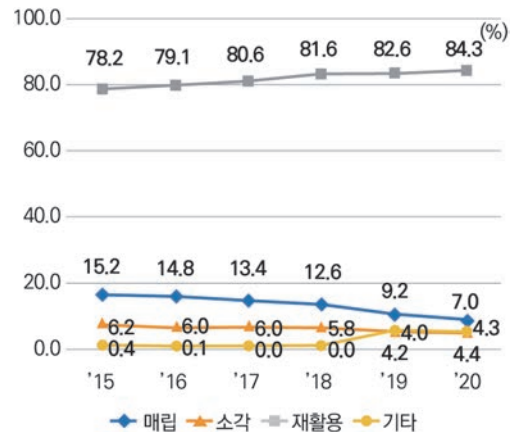
단위 : 만톤/년

구 분	2015년		2016년		2017년		2018년		2019년		2020년	
	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%
계	5,669	100.0	5,918	100.0	6,018	100.0	6,122	100.0	7,396	100.0	8,087	100.0
매 립	861	15.2	878	14.8	806	13.4	769	12.6	678	9.2	566	7.0
소 각	353	6.2	357	6.0	360	6.0	355	5.8	299	4.0	348	4.3
재활용	4,431	78.2	4,679	79.1	4,850	80.6	4,997	81.6	6,106	82.6	6,821	84.3
기타 <sup>주1)</sup>	24	0.4	3	0.1	2	0.0	2	0.0	312	4.2	352	4.4

주1) 2018년도까지는 '기타'에 해양배출량만 포함되며, 2019년부터는 소각을 제외한 중간처분량(기계적(압축, 파쇄 등), 화학적(고형화, 중화, 응집 등), 생물학적(호기성, 혐기성 등) 처분 등), 해양배출량 등을 모두 포함  
[출처 : 환경부, 2021a]



[그림 1.10] 사업장배출시설계폐기물 처리방법별 현황



[그림 1.11] 사업장배출시설계폐기물 처리방법별 비율 현황

[출처 : 환경부, 2021a]



# 1. 일반 현황

## 3) 건설폐기물

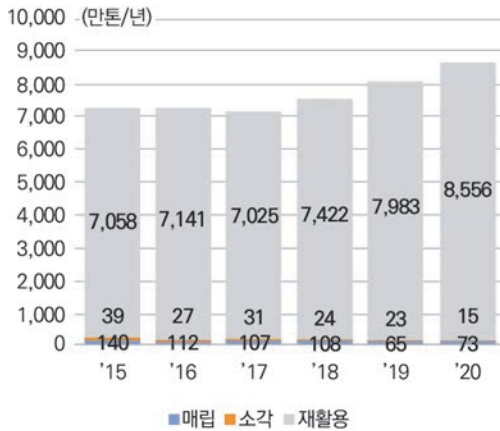
2020년도 건설폐기물의 재활용률은 99.0 %로 전년(98.9 %) 대비 0.1 %p 증가하였고, 소각률은 0.2 %로 전년(0.3 %) 대비 0.1 %p 감소였으며, 매립률은 전년(0.8 %)과 동일하다.

[표 1.20] 건설폐기물의 처리방법별 변화 추이

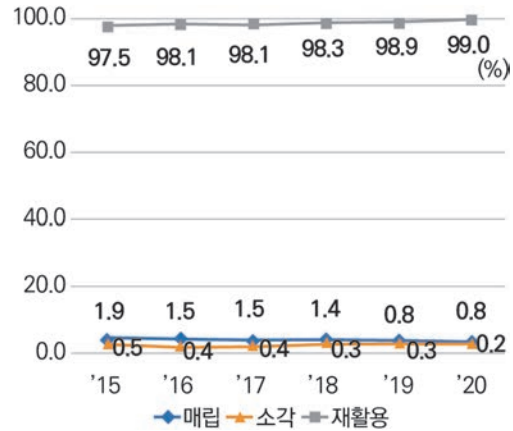
단위 : 만톤/년

구 분	2015년		2016년		2017년		2018년		2019년		2020년	
	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%
계	7,236	100.0	7,280	100.0	7,164	100.0	7,554	100.0	8,070	100.0	8,644	100.0
매 립	140	1.9	112	1.5	107	1.5	108	1.4	65	0.8	73	0.8
소 각	39	0.5	27	0.4	31	0.4	24	0.3	23	0.3	15	0.2
재활용	7,058	97.5	7,141	98.1	7,025	98.1	7,422	98.3	7,983	98.9	8,556	99.0

[출처 : 환경부, 2021a]



[그림 1.12] 건설폐기물 처리방법별 현황



[그림 1.13] 건설폐기물 처리방법별 비율

[출처 : 환경부, 2021a]

### 4) 지정폐기물

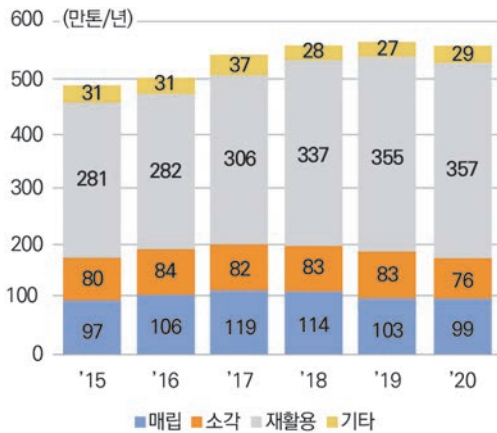
2020년도 지정폐기물의 재활용률은 63.7 %로 전년(62.5 %) 대비 1.2 %p 증가하였고, 소각률은 13.6 %로 전년(14.5 %) 대비 0.9 %p 감소하였으며, 매립률은 17.6 %로 전년(18.2 %) 대비 0.6 %p 감소하였다.

[표 1.21] 지정폐기물의 처리방법별 변화 추이

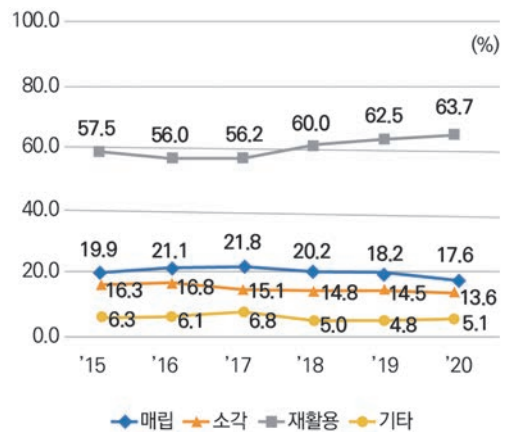
단위 : 만톤/년

구 분	2015년		2016년		2017년		2018년		2019년		2020년	
	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%	발생량	%
계	489	100.0	503	100.0	544	100.0	562	100.0	568	100.0	561	100.0
매 립	97	19.9	106	21.1	119	21.8	114	20.2	103	18.2	99	17.6
소 각	80	16.3	84	16.8	82	15.1	83	14.8	83	14.5	76	13.6
재활용	281	57.5	282	56.0	306	56.2	337	60.0	355	62.5	357	63.7
기 타 <sup>주1)</sup>	31	6.3	31	6.1	37	6.8	28	5.0	27	4.8	29	5.1

주1) 2018년까지는 기타=(기타 처리량 + 최종보관량)-전년도 이월량을 나타냈으나, 2019년부터 '기타'는 소각을 제외한 중간 처분량(기계적(압축, 파쇄 등), 화학적(고형화, 중화, 응집 등), 생물학적(호기성, 혐기성 등) 처분 등)임  
[출처 : 환경부, 2021a]



[그림 1.14] 지정폐기물 처리방법별 현황



[그림 1.15] 지정폐기물 처리방법별 비율

[출처 : 환경부, 2021a]

# 1. 일반 현황

## 1.3 폐기물처리업 현황

### 1.3.1 음식물자원화시설

#### 가. 목적 및 이론

##### 1) 음식물자원화의 목적

음식물류 폐기물은 경제성장에 따른 생활수준 향상으로 인해 발생형태가(동·식물 및 생산, 가공, 유통, 소지, 조리, 저장, 보관) 다양해지고 있다. 주요 발생원은 음식점과 가정이며, 수분함량이 높고(함수율 80 ~ 85 %), 생분해성이 높은 유기성폐기물로 구성되어 있다. 유기성폐기물은 쉽게 부패하는 특성을 가지며 이로 인한 저장, 운반, 처리 등의 과정에서 악취 발생, 병원균 서식, 수질오염 등의 2차 환경오염의 유발이 있다.

현재 국내 음식물류 폐기물은 다양한 자원화 방법을 적용하여 처리하고 있다. 「폐기물관리법」 시행령 '별표3'에 따른 폐기물처리시설의 범위에서 음식물자원화시설에 해당하는 시설은 다음과 같다.

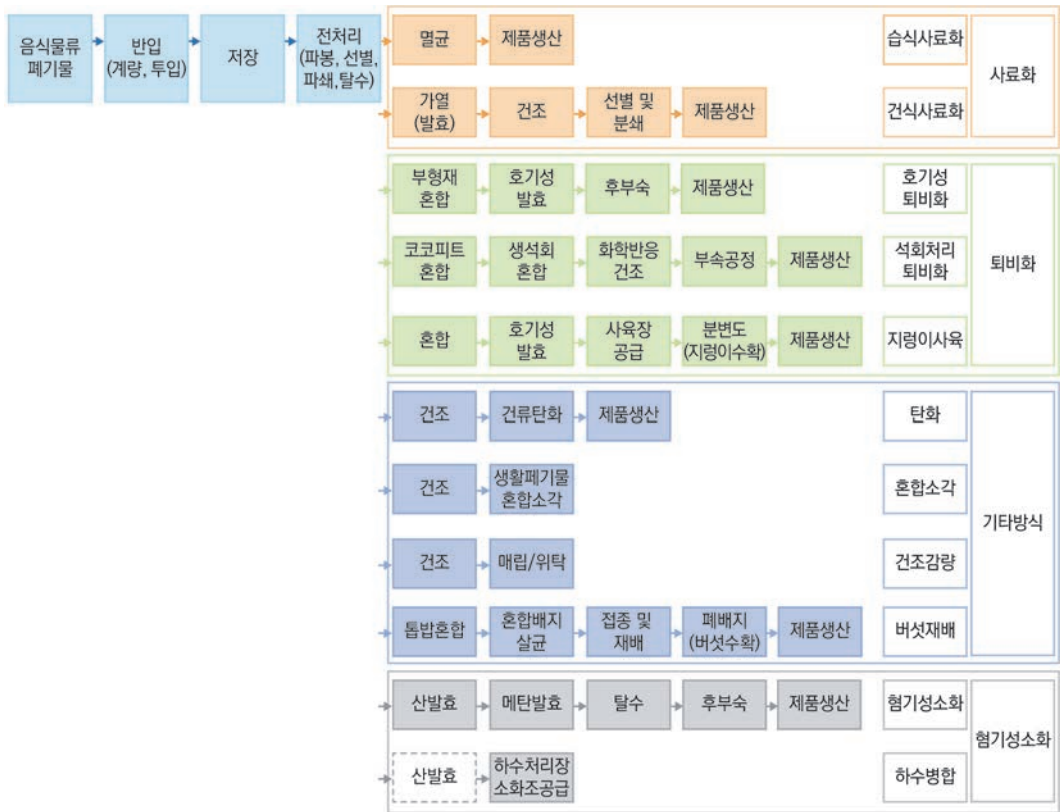
[표 1.22] 음식물자원화시설에 해당하는 폐기물처리시설의 범위

중간처분시설		재활용시설	
생물학적 처분시설	1) 소멸화 시설 (100 Kg/일 이상) 2) 호기성·혐기성 분해시설	생물학적 재활용시설	1) 100 kg/일 이상 시설 - 부숙 시설 (음식물류 폐기물은 100 Kg/일 ~ 200 Kg/일 제외) - 사료화 시설(건조사료화 포함) - 퇴비화 시설 (건조 퇴비화시설, 지렁이분변토 생산시설, 생석회 처리시설 포함) - 동애등에분변토 생산시설 - 부숙토 생산시설 2) 호기성·혐기성 분해시설 3) 버섯 재배시설
기계적 처분 시설	2) 파쇄·분쇄 시설 7) 유수분리 시설 8) 탈수·건조 시설 9) 별균분쇄 시설	기계적 재활용 시설	2) 파쇄·분쇄·탈피 시설 8) 유수분리 시설 9) 탈수·건조 시설

## 2) 음식물자원화의 이론

「폐기물관리법」 시행령 '별표3'의 생물학적처분시설 및 생물학적재활용시설이 음식물류 폐기물에 적용 가능한 시설이다. 음식물류 폐기물 자원화방식에 따른 처리기술은 다음 그림과 같이 구분하였다. 감량화 기술은 건식사료화 공정의 전처리공정과 동일하여 별도로 다루지 않는다.

- 퇴비화 : 호기성퇴비화
- 사료화 : 건식사료화, 습식발효사료화
- 감량화 : 건조, 혐기소화
- 기타 : 지렁이분변토 생산



[그림 1.16] 음식물류 폐기물 처리시설별 대표 공정도

「환경오염시설의 통합관리에 관한 법률」 제6조 1항에 따라 환경영향이 큰 대상 업종(대기 2종, 수질 2종 이상) 중 폐기물처리업(382)에서 음식물류 폐기물 단독 처리시설은 대부분 해당되지 않으며 소각이 포함된 복합처리시설에 설치된 음식자원화시설이 해당된다. 따라서 퇴비화, 사료화, 감량화, 혐기성소화 기술에 대해 다루고 그 외 자원화 기술은 기타 처리기술에서 다룬다.

## 1. 일반 현황

음식물류 폐기물의 자원화 방식 중 퇴비화는 호기성 퇴비화를 가장 많이 적용하고 있다. 호기성 퇴비화는 음식물류 폐기물에 톱밥, 축분 등의 부형제 혼합 후 공기를 공급하여 호기성 미생물의 발효로 퇴비를 생산하는 자원화기술이다.

사료화는 열과 에너지 등을 이용하여 건조시키는 건조사료화와 미생물에 의한 유기물의 발효 과정에서 발생하는 열을 이용하는 발효사료화로 구분한다. 또한, 사료화 기술로 제조된 제품의 수분함량에 따라 건식사료화와 습식사료화로 구분된다.

감량화는 기계적, 화학적 및 생물학적 처리과정을 통해 음식물류 폐기물을 발효, 소멸, 건조 등의 방법으로 감량하는 공정을 말하며 감량 후 소각이나 퇴비원료 등으로 최종 처리한다.

기타 방식으로 지렁이분변토 생산과 동애등에분변토 생산을 포함하였다. 이 두 방식은 보편적으로 적용되고 있지는 않으나 최근 아프리카돼지열병 등으로 인한 사료화의 안전성 문제로 인한 대안 기술로 향후 확대 적용 가능한 자원화 기술이다.

폐기물처리시설의 세부 검사방법에 관한 규정(환경부고시 제2017-186호)에 따른 음식물자원화시설에 대한 용어의 정의는 다음과 같다.

[표 1.23] 음식물자원화시설 용어 정의

용어	정의
퇴비화	음식물류 폐기물을 주원료로 하여 식물의 성장촉진 등에 유익하게 사용할 목적으로 「비료관리법」 제4조의 규정에 의하여 공정규격이 설정된 비료 또는 동조의 규정에 의하여 지정된 부산물 비료를 제조하는 데 적합한 시설을 갖추고, 「비료관리법」의 규정에서 정한 퇴비를 생산하는 일련의 공정
사료화	음식물류 폐기물을 주원료로 하여 동물의 영양섭취 및 성장 등에 유익하게 사용할 목적으로 「사료관리법」 제8조제2항에 따라 농림수산식품부령이 정하는 기준에 적합한 시설을 갖추고, 「사료관리법」의 규정에서 정한 사료를 생산하는 일련의 공정
감량화	기계적, 화학적 및 생물학적 처리과정을 통해 음식물류 폐기물을 발효, 소멸, 건조 등 방법으로 감량하는 일련의 공정
부숙토생산	음식물류 폐기물을 주원료로 기계적, 화학적 및 생물학적 과정을 거쳐 부숙토를 생산하는 일련의 공정
지렁이분변토생산	음식물류 폐기물을 지렁이가 서식하는 지렁이사육시설에 먹이로 공급하고 이것을 지렁이가 먹이로 섭취하여 분변토를 생산하는 일련의 공정
동애등에분변토생산	음식물류 폐기물을 동애등에가 서식하는 동애등에사육시설에 먹이로 공급하고 이것을 동애등에가 먹이로 섭취하여 분변토를 생산하는 일련의 공정
기타시설	위에서 서술한 음식물류 폐기물의 처리방법이외의 방법으로 음식물류 폐기물을 기계적, 화학적 또는 생물학적 처리과정을 거쳐 유용한 물질을 생산하는 일련의 공정

[출처 : 환경부, 2017c]

## 나. 국내 음식물자원화시설 현황

「음식물류 폐기물 처리시설 설치·운영현황」(2020.12기준)에 따르면 음식물자원화시설은 총 393개소가 있으며 이중 민간시설은 280개소, 공공시설은 85개소로 나타났다. 총 시설용량은 11,690 톤/일이며 이 중 민간시설의 처리용량은 4,833 톤/일, 공공시설의 처리용량은 4,578 톤/일로 민간시설에서 더 많은 양의 음식물류 폐기물 처리가 이루어지고 있다. 이에 반해 통합환경 인허가 대상사업장은 일정 규모(대기오염물질 20 톤/년 이상, 폐수 700 m<sup>3</sup>/일 이상 배출사업장, 환경오염시설의 통합관리에 관한 법률 제6조1.2) 이상의 대기·수질 오염물질 배출사업장을 대상으로 하고 있어 소각시설 및 그 외 배출시설을 포함하고 있는 공공시설이 해당된다.

민간시설의 재활용 방식별 처리방식은 습식사료화 169개소, 건·습식사료화 4개소, 건식사료화 26개소, 퇴비화 46개소, 감량화 2개소, 기타 33개소(부숙, 파쇄, 탈수, 소멸 등)이다. 공공시설의 재활용 방식별 처리방식은 습식사료화 3개소, 건·습식사료화 2개소, 건식사료화 20개소, 퇴비화 36개소, 감량화 15개소, 기타 9개소(파쇄, 탈수 등)이다.

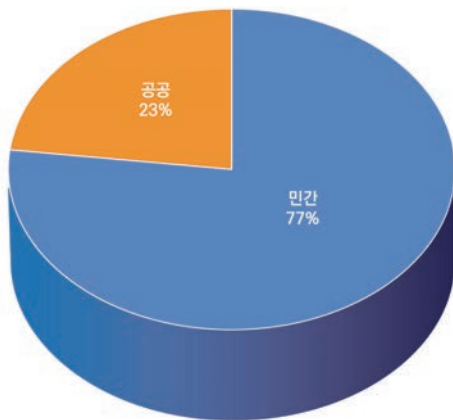
[표 1.24] 국내 음식물자원화시설 현황

단위: 개소

민간	습식사료화	건·습식 사료화	건식사료화	퇴비화	감량화	기타
280	169	4	26	46	2	33
공공	습식사료화	건·습식 사료화	건식사료화	퇴비화	감량화	기타
85	3	2	20	36	15	9

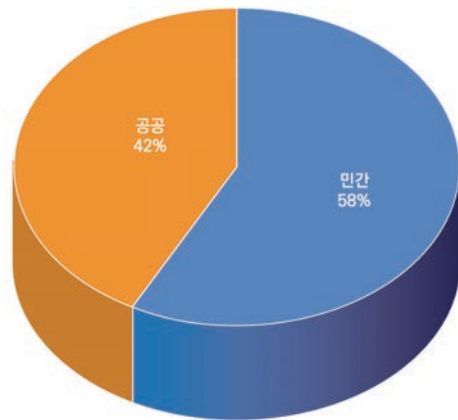
[출처: 환경부, 2021d]

국내 음식물류 폐기물 처리시설 현황('20.12)



[그림 1.17] 국내 음식물자원화시설 현황

국내 음식물류 폐기물 처리시설 용량('20.12)

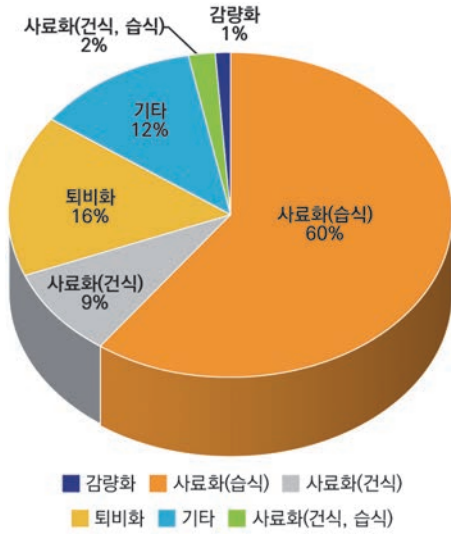


[그림 1.18] 국내 음식물자원화시설 용량



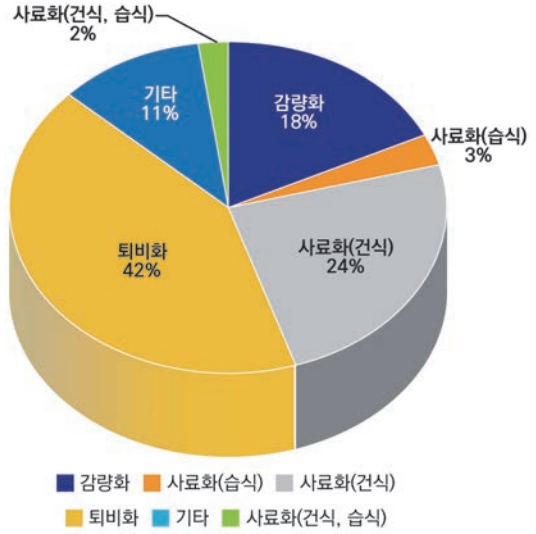
# 1. 일반 현황

민간 음식물류 폐기물 처리시설 현황



[그림 1.19] 민간 음식물자원화시설 현황

공공 음식물류 폐기물 처리시설 현황



[그림 1.20] 공공 음식물자원화시설 현황

### 1.3.2 재활용선별시설

#### 가. 목적 및 이론

##### 1) 재활용선별시설의 목적

우리나라 폐기물 관련 정책은 폐기물의 안전한 처리(~ 1980년대), 재활용(1990년대 ~ 2000년대 초), 자원순환(2000년대 중반 ~ 현재) 순으로 발전하였는데 1986년 제정된 「폐기물관리법」에 따라 폐기물 관리체계가 일원화되고, 1992년 제정된 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」(이하 ‘자원재활용법’)과 2003년 제정된 「건설폐기물의 재활용 촉진에 관한 법률」에 따라 폐기물의 재활용 및 재활용제품의 수요기반을 마련하였다. 2007년에는 「전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률」이 제정되었고, 경제·사회구조를 자원순환형으로 전환하기 위한 법률적 기반으로 「자원순환기본법」이 2016년 제정되었다.

「폐기물관리법」 시행령 ‘별표 4의2’에 규정된 폐기물의 재활용 준수사항에 따르면 폐기물을 재활용하려는 자는 폐기물의 유해특성(폭발성, 인화성, 자연발화성, 금수성, 산화성, 용출독성, 감염성, 부식성, 생태독성)을 물리·화학적인 방법, 생물학적인 방법 등을 이용해 제거하거나 안정화해야 한다. 다만, 재활용하려는 폐기물이 두 가지 이상의 유해특성에 해당하는 경우에는 각각의 유해특성을 고려하여 모두 제거하거나 안정화해야 한다. 또한 폐기물의 유해특성을 활용하여 폐기물을 재활용하는 경우에는 해당 유해특성의 전부 또는 일부를 제거하거나 안정화해야만 하고, 폐기물의 유해특성의 성질 및 해당 기준은 환경부장관이 정하여 고시한다.

폐기물의 재활용 방법은 물질회수와 에너지 회수로 구별되며 관련 내용은 다음과 같다.

[표 1.25] 폐기물재활용 방법

용어	정의
물질회수 (물리적 재활용)	부산물이나 폐기물을 처리하여 철스크랩, 종이류, 알루미늄 등 특성의 물질을 회수하는 것
물질전환 (화학적 재활용)	부산물이나 폐기물 중에서 부제품이 되는 물질의 분자구조를 변화시켜 특성의 물질을 회수하는 것
에너지전환	폐기물로부터 에너지 또는 메탄가스, 고형연료 등의 에너지원을 회수하는 것

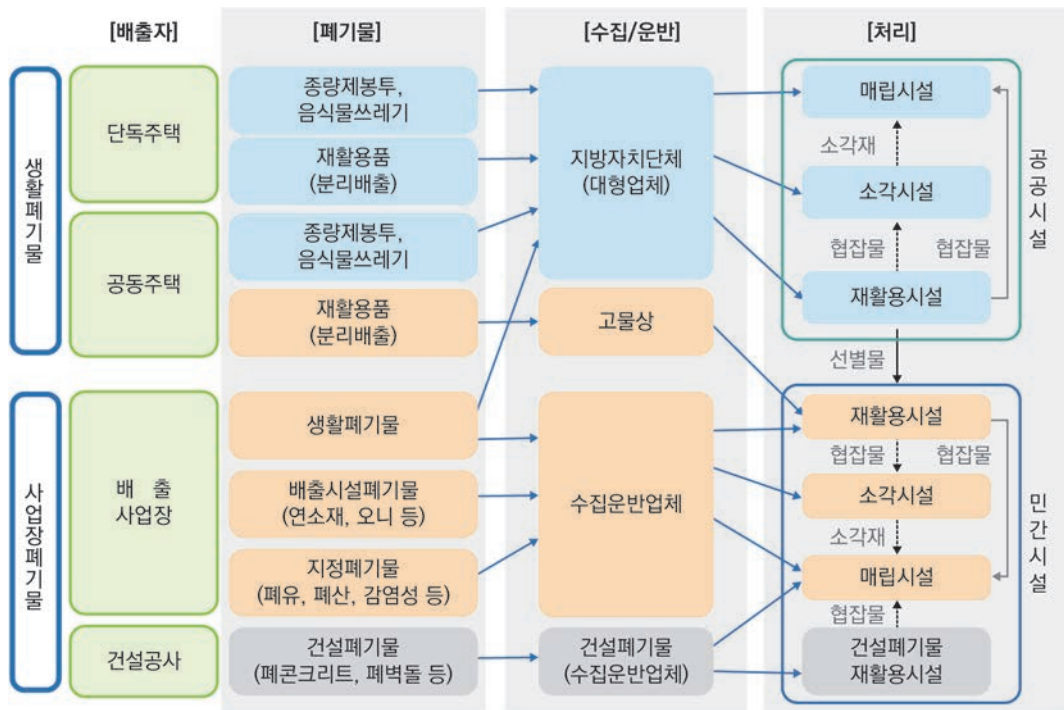


# 1. 일반 현황

## 2) 재활용선별시설 이론

재활용선별시설이란 가정 및 사업장에서 분리 배출된 재활용이 가능한 자원을 재활용 목적 및 필요에 따라 재질별로 선별하는 시설이다. 가정 등에서 분리 배출된 재활용가능자원이 최종적으로 자원으로 재생되어 활용되기 위해서는 반드시 선별과정을 거쳐야만 한다. 가정에서 재활용가능자원을 별도로 분리 배출하면, 지방자치단체에서는 수거·운반과정에서 혼합되는 사례가 없도록 지역여건에 맞게 정기수거일, 전용수거차량 등을 통해 운반된다. 이후 재활용선별시설에서 전문적인 훈련을 받은 선별인력과 시설 설비에 의해 재활용 목적 및 용도에 맞게 선별된 후 재활용되는 과정을 거치고 있다.

생활폐기물의 경우 「폐기물관리법」 제14조에 따라 지방자치단체가 직접 또는 대행업체를 통해 폐기물을 수집·운반하고 공공 폐기물처리시설에서 처리를 하고 있으나 공동주택에서 분리 배출한 재활용품은 일반적으로 고물상 등이 수집·운반을 하여 민간 재활용업체에서 처리하고 있다. 사업장 폐기물의 경우 「폐기물관리법」 제18조에 따라 배출자가 직접 처리하거나 폐기물 수집·운반업체 등과 계약을 맺어 폐기물의 처리를 위탁하고 있고, 주로 민간 폐기물처리시설에서 처리하고 있다.



[그림 1.21] 폐기물의 수집·운반 및 처리 흐름도

### 가) 재활용선별시설의 설비별 정의

공공 재활용기반시설은 공공재활용기반시설 설치·운영지침에 따르면 반입·투입설비, 선별설비, 감용설비, 파쇄(분쇄)설비, 압축설비, 저류·반출설비, 보관설비, 환경오염 방지설비, 건축물 및 부대설비 등으로 구성된다.

### 나) 재활용가능자원의 선별 및 처리 기준

선별설비는 인력공정이 포함된 컨베이어 시설을 설치하는 것을 우선 검토하되 판매수요를 감안하여 재활용가능 자원의 품목별 품질을 높이기 위한 선별방안, 포장 및 보관방안을 계획하고, 현장여건에 맞추어 관련 신기술 도입을 적극 고려한다.

선별설비에서 분류하는 품목의 세분류는 「재활용가능자원의 분리수거 등에 관한 지침」 제3조에 의한 종류별, 세부 품목별로 선별하는 것으로 하되, 판매수요, 선별량, 지역적 여건 등을 고려하여 다음과 같이 분류하는 것을 검토한다.

- 플라스틱류(PET병, PE, PP, PS, 복합재질 합성수지 등)
- 발포합성수지
- 종이류(신문지, 골판지, 우유, 음료수팩, 기타)
- 유리병류(백색, 갈색, 청록색 등)
- 캔류(철캔, 알루미늄캔)
- 고철류(철, 비철)
- 의류(면)
- 전지류 등

[표 1.26] 재활용선별시설의 설비별 정의

시설명	정의
반입·투입설비	재활용가능자원을 선별설비에 유입시키는 설비
선별설비	재활용가능자원을 종류 또는 특성별로 선별·분류하는 설비
파쇄(분쇄)설비	선별된 재활용가능자원을 기계적 힘을 이용한 파쇄 또는 분쇄 방법으로 부피를 줄이는 설비
감용설비	선별된 재활용가능자원을 열을 이용하여 부피를 줄이는 설비
압축설비	겉보기 밀도가 낮은 선별된 재활용가능자원을 대상으로 보관·운반 및 재활용이 용이하도록 일정한 기계적 힘을 이용하여 부피를 줄이는 설비
저류설비	선별 및 처리된 재활용가능자원을 반출 또는 보관설비로 이송하기 전에 일시적으로 보관하는 설비
반출설비	재활용가능자원을 다른 곳으로 반출하기 위해 차량에 이송시키는 설비로서 지게차 및 로더 등

# 1. 일반 현황

(표 계속)

시설명	정의
보관설비	수거 및 선별·처리된 재활용가능자원을 보관하는 설비
환경오염 방지설비	<ul style="list-style-type: none"> <li>「대기환경보전법」 제2조제12호의 규정에 의한 대기오염방지시설</li> <li>「물환경보전법」 제2조제12호의 규정에 의한 수질오염방지시설</li> <li>「소음·진동관리법」 제2조제4호의 규정에 의한 소음·진동방지시설</li> </ul>
집하선별장	수거된 재활용가능자원을 선별·분류하는데 필요한 시설 및 장비가 설치된 장소
재활용시설	「폐기물관리법」 제2조제8호 및 동법 시행령 제5조, 별표3에 해당하는 폐기물재활용시설
운영장비	재활용가능자원을 반입·투입설비에 유입시키거나 감응, 압축 또는 포장된 재활용품을 상·하차 하기 위한 로더 및 지게차 등
운송차량	재활용가능자원의 수거 및 운반과 선별된 재활용품의 운반에 적합한 형태·특성 등을 갖춘 차량
일반 고품연료제품 제조·저장시설	공공 재활용기반시설에서 발생·선별된 필름포장재 등 폐플라스틱을 「폐자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 제2조제5호, 동법 시행규칙 제2조 및 별표1제10호가목에 따른 일반 고품연료제품으로 제조하거나 저장하기 위한 시설로서 동 규칙 별표9의 요건을 갖춘 시설
공공장 생활폐기물 재활용 선별시설	「폐기물관리법 시행규칙」 제14조 및 별표5제1호가목1)에 따른 공공장 생활폐기물을 임시 보관하거나 분리·선별할 수 있는 집하장으로서 지방자치단체가 공공장 생활폐기물 등을 선별하기 위한 시설

## 나. 국내 재활용선별시설 현황

우리나라는 1995년 폐기물 종량제를 시행한 이래, 국내 재활용률이 점차 증가해 2020년에는 폐기물의 87.4%가 재활용되는 것으로 나타났다. 하지만 높은 재활용량에 비해, 실제 재활용의 질은 높지 않은 실정이다. 또한 폐자원 유통구조의 비효율화 문제가 심각하여 최근 재활용의 효율을 높이는 방안이 활발하게 논의되고 있다.

[표 1.27] 연도별 폐기물 재활용 현황

단위 : 만톤/년, %

구분	2016년		2017년		2018년		2019년		2020년	
	처리량	전체 대비 비율	처리량	전체 대비 비율	처리량	전체 대비 비율	처리량	전체 대비 비율	처리량	전체 대비 비율
재활용	13,279	84.8	13,383	85.4	14,025	86.1	15,708	86.5	17,076	87.4

[출처 : 환경부, 2021a]

폐기물처리시설은 매립시설, 소각시설로 구분된다. 2020년 기준 국내 매립시설은 총 299개(공공처리시설 212개소, 자가처리시설 33개소, 최종처분업체 54개소)이며, 2020년 기준 국내 소각시설은 총 443개(공공처리시설 185개소, 자가처리시설 128개소, 중간처분업체 130개소)이다.

[표 1.28] 매립시설 현황(2020년)

구분 <sup>주1)</sup>	시설수 (개소)	총매립용량 (m <sup>3</sup> )	잔여 매립		2020년 매립량(톤/년)
			용량(m <sup>3</sup> )	비율(%)	
총 계	299	709,597,552	272,696,444	100.0	12,155,959
공공처리시설	212	478,236,335	205,399,690	75.3	5,535,518
자가처리시설	33	140,447,908	44,827,447	16.5	1,961,347
최종처분업체	54	90,913,309	22,469,307	8.2	4,659,094

주1) 매립시설 현황의 시설 수, 총매립용량, 잔여 매립의 경우, 생활/사업장일반/건설폐기물 및 사업장지정폐기물 처리업체 간 중복 허용  
[출처 : 환경부, 2021a; 환경부, 2021b]

[표 1.29] 소각시설 현황(2020년)

구분 <sup>주1)</sup>	시설수 (개소)	시설용량 (톤/일)	2020년 소각량(톤/년)
총 계	443	39,638	9,123,068
공공처리시설	185	19,531	5,081,258
자가처리시설	128	7,388	669,345
중간처분업체	130	12,719	3,372,465

주1) 소각시설 현황의 시설수, 시설용량의 경우, 생활/사업장일반/건설폐기물 및 사업장지정/의료폐기물 처리업체 간 중복 허용  
[출처 : 환경부, 2021a; 환경부, 2021b]



# 1. 일반 현황

[표 1.30] 폐기물처리업체 현황(2020년)

단위 : 개소

구분	총계	수집·운반업	중간처분업	최종처분업 <sup>주1)</sup>	중간재활용업	최종재활용업	종합재활용업	건설폐기물중간처리업
총계 <sup>주2)</sup>	15,711	8,321	217	54	1,536	227	4,774	582
생활폐기물	2,014	1,945	5	-	19	1	44	-
생활 + 사업장	1,278	485	43	-	580	8	162	-
사업장폐기물	8,534	3,297	78	32	785	213	4,129	-
건설폐기물	2,426	1,844	-	-	-	-	-	582
지정폐기물	1,459	750	91	22	152	5	439	-

주1) 건설폐기물 재활용촉진에 관한 법률에 따르면 건설폐기물 최종처분업소는 별도 규정되어 있지 않고, 건설폐기물을 사업장 폐기물의 범주로 포함

주2) 폐기물 종류별 처리업체 종류별 수량 산정 시, 생활/사업장일반/건설폐기물 및 사업장지정/의료폐기물 처리업체 간 중복 허용 [출처 : 환경부, 2021a; 환경부, 2021b]

[표 1.31] 처리시설별 잔재물 현황(2020년)

단위 : 톤/년, %

구분 <sup>주2)</sup>	2020년 처리량	잔재물 발생 및 처리 현황					잔재물 발생 비율 <sup>주1)</sup>	
		계	재활용	소각	매립	기타		
시설	소각	9,121,635.7	2,159,744.4	521,185.5	2,190.0	1,604,676.3	76,144.9	23.7
	기타	96,512,360.9	2,801,236.5	1,167,845.7	459,033.4	838,487.7	335,869.6	2.9
재활용업종	중간	5,798,534.6	513,874.0	353,074.9	60,268.6	70,145.5	30,384.9	8.9
	최종	1,900,281.7	39,409.0	20,217.0	4,944.0	13,365.0	883.0	2.1
	종합	54,938,731.1	1,971,185.3	1,178,881.7	212,992.8	356,837.0	222,473.9	3.6

주1) 건설폐기물 재활용촉진에 관한 법률에 따르면 건설폐기물 최종처분업소는 별도 규정되어 있지 않고, 건설폐기물을 사업장폐기물의 범주로 포함

주2) 폐기물 종류별 처리업체 종류별 수량 산정 시, 생활/사업장일반/건설폐기물 및 사업장지정/의료폐기물 처리업체 간 중복 허용 [출처 : 환경부, 2021a; 환경부, 2021b]

### 1.3.3 연료화시설

#### 가. 목적 및 이론

##### 1) 고�형연료제품 제조시설 개요

고형연료제품 제조시설은 재활용제품 중 폐기물을 이용해서 고�형연료제품을 제조하는 시설이다. 2003년 1월 개정된 「자원재활용법」 시행규칙 '별표 1' 재활용제품 규정에서 고�형연료제품에 대한 기준이 처음 마련되었다. 당시 규정에서 고�형연료제품이란 '폐플라스틱을 사용하여 제조한 것(환경부장관이 정하는 고시하는 기준과 방법에 적합한 것)'으로 정하고, 이 경우에 고�형연료제품(RDF)으로 인정을 받았다.

이후 2006년 6월에 「자원재활용법」 시행규칙 제20조의3이 신설되어 고�형연료제품에 대한 기준이 변경되었다. 사용시설의 구체적인 기준은 '별표 7' 고�형연료제품의 품질기준 규격·등급 및 사용시설 등급에서 정하게 되었으며, 가연성 생활폐기물 고�형연료제품을 RDF(Refuse Derived Fuel)로 명명하였고 기존의 RDF(폐플라스틱 고�형연료제품)은 가연성 생활폐기물 고�형연료제품과 구분하기 위하여 RPF(Refuse Plastic Fuel)로 변경되었다.

2006년 11월에는 고�형연료제품의 구체적인 사용시설에 관한 기준이 신설되었다. 또한, 기존의 시행규칙 '별표 7'이 '[별표 7] 품질기준 규격·등급기준'과 '[별표 8] 고�형연료제품의 제조자 및 사용자의 준수사항'으로 분리 개정되었다. 이후 2007년에는 폐타이어 고�형연료제품(TDF, Tire Derived Fuel)에 대한 품질기준도 신설되었고, 2008년에는 폐목재 고�형연료제품(WCF, Wood Chip Fuel) 품질기준이 신설되었다.

2013년 1월에는 RDF, RPF, TDF, WCF로 구분되던 고�형연료제품을 품질기준 및 제품 분류 체계를 개정하여 RDF, RPF, TDF는 SRF(Solid Refuse Fuel)로, WCF는 Bio-SRF(Biomass-Solid Refuse Fuel)로 개정(2013.4.1., 시행)하게 되었다. 2014년 1월에는 고�형연료제품의 수입·제조·사용 신고제도의 도입, 품질검사 강화, 품질표시제 도입, 정기검사제 도입 등 고�형연료제품의 관리체계를 전면 개편한 「자원재활용법」이 개정되었다. 이후 2014년 7월에 법률 개정에 따른 하위법령 개정, 2014년 8월에 고�형연료제품 관련 고시의 시행으로 현재의 관리체계를 유지하고 있다. 고�형연료제품의 정의 및 종류와 관련한 고시의 내용은 다음과 같다.

##### 가) 고�형연료제품의 정의 및 종류

- 「폐기물관리법」 제2조의4호의 지정폐기물이 아닌 가연성 고�형폐기물(일반고형연료의 혼합 또는 바이오고형연료의 혼합 또는 일반과 바이오고형연료의 혼합사용 포함)을 이용하여 고�형연료제품기준(별표 7 기준)을 준수하는 생산품
- 기존의 고�형연료제품 기준에서 상품가치 증가 및 품질기준 강화를 위하여 SRF(Solid Refuse Fuel)와 Bio-SRF(Biomass-Solid Refuse Fuel)로 분류
- RDF(Refuse Derived Fuel), RPF(Refuse Plastic Fuel), TDF(Tire Derived Fuel), WCF(Wood Chip Fuel)로 분리되었던 고�형연료제품 기준을 통합, 현실화, 연료범위의 확대를 위하여 SRF와 Bio-SRF로 이원화



## 1. 일반 현황




### 나) 일반고형연료제품(SRF)의 종류

- 생활폐기물(폐가구류 등 대형가연성폐기물 포함하나 음식물류 폐기물 제외)
- 폐합성수지류(자동차파쇄잔재물 제외)
- 폐합성섬유류
- 폐합성고무류(합성고무류 포함)
- 페타이어
- 기타 환경부장관이 인정하여 고시하는 가연성 일반고형폐기물

### 다) 바이오고형연료제품(Bio-SRF)

- 폐지류
- 농업폐기물(왕겨, 쌀겨, 옥수수대 등 농작물의 부산물)
- 폐목재류(원목계가구 및 제재부산물을 포함하나 철도용 침목, 전신주 제외)
- 식물성잔재물(땅콩껍질, 호두껍질, 팜껍질, 코코넛껍질, 굴껍질 등을 포함하나 음식물폐기물은 제외)
- 초본류 폐기물
- 기타 환경부장관이 인정하여 고시하는 가연성 바이오고형폐기물

[표 1.32] 고형연료제품의 제조형태

종류	제조형태	
일반 고형연료제품 (SRF)	 〈성형〉	 〈비성형〉
	 〈성형〉	 〈비성형〉

**라) 고형연료제품 관련 환경부 고시**

- 「고형연료제품 품질 시험·분석방법」(‘14.8)
- 「폐자원에너지 종합정보관리시스템의 입력방법 등에 관한 고시」(‘14.8)
- 「고형연료제품의 품질검사 절차 및 방법 등에 관한 고시」(‘15.10)
- 「고형연료제품 제조시설 및 사용시설의 정기검사 절차 및 방법 등에 관한 고시」(‘15.10)
- 「고형연료제품의 품질표시 방법 등에 관한 고시」(‘15.10)
- 「고형연료제품 품질표시 시험기관 지정」(‘16.02)

「대기환경보전법」 시행규칙 ‘별표3’에서는 고형연료제품 제조시설 및 사용시설을 대기오염물질 배출시설로 구분하고 있으며, 그 구체적인 내용은 다음과 같다.

[표 1.33] 고형연료제품 제조시설 및 사용시설의 배출시설 정의

배출시설	대상배출시설
고형연료·기타연료 제품 제조·사용시설 및 관련시설	1) 고형연료제품 제조시설 「자원재활용법」 제25조의2에 따른 일반 고형연료제품(SRF, Solid Refuse Fuel) 제조시설 및 바이오 고형연료제품(BIO-SRF, Biomass-Solid Refuse Fuel) 제조 시설 중 연료사용량이 시간당 30킬로그램 이상이거나 용적이 3세제곱미터 이상이거나 동력이 2.25 kW 이상인 다음의 시설 ① 선별시설 ② 건조·가열시설 ③ 파쇄·분쇄시설 ④ 압축·성형시설 2) 고형연료제품 사용시설 중 연료제품 사용량이 시간당 200킬로그램 이상이고 사용 비율이 30퍼센트 이상인 다음의 시설(「자원재활용법」 제25조의2에 따른 시설만 해당) ① 일반 고형연료제품(SRF, Solid Refuse Fuel) 사용시설 ② 바이오 고형연료제품(BIO-SRF, Biomass-Solid Refuse Fuel) 사용시설

# 1. 일반 현황

## 2) 바이오가스 생산시설

21세기 세계는 환경(Environment), 에너지(Energy), 경제(Economy)를 동시에 고려하는 3E의 시대로 이에 대응하기 위해 국가 에너지 및 자원 정책을 자주개발로 전환하는 추세이다. 특히, 교토의정서 발효 이후 온실가스 감축의무가 본격화되고 국제유가 폭등에 따른 국제 에너지시장 불안정이 심화되고 세계는 자국의 환경규제 대응과 동시에 에너지 자립도를 높이기 위해 청정 대체에너지 개발에 다각적인 노력을 기울이고 있다. 그 예로 바이오매스 자원의 일부인 유기성폐기물의 혐기성 소화 방식을 통한 바이오가스 생산 및 활용 기술개발과 시설 보급화를 위한 다양한 신 에너지 정책을 제시하고 있다.

바이오가스는 생물학적 과정을 거쳐 생성된다. 산소를 배제한 조건에서 유기물질로부터 혼합 가스가 형성된다. 일련의 미생물들에 의해 대부분의 유기물질은 바이오가스로 변환된다. 또한 일정량의 에너지와 새로운 바이오매스가 생성되며, 생성된 혼합가스는 주로 메탄(50 ~ 75 %)과 이산화탄소(25 ~ 50 %)로 구성된다. 그 외 바이오가스에는 소량의 수소, 황화수소, 암모니아와 기타 미량가스가 존재한다. 바이오가스의 생성 과정은 여러 단계로 나뉘며 과정이 순조롭게 진행되려면 각 분해 단계가 순차적으로 이루어져야 한다.

[표 1.34] 바이오에너지 기술의 분류

배출시설	중분류	내용
바이오액체연료 생산기술	연료용 바이오 에탄올 생산기술	당질계, 전분질계, 목질계
	바이오디젤 생산기술	바이오디젤 전환 및 엔진적용기술
	바이오매스 액화기술(열적전환)	바이오매스 액화, 연소, 엔진이용기술
바이오매스 가스화기술	혐기소화에 의한 메탄가스화 기술	유기성 폐수의 메탄가스화 기술 및 매립장 가스 이용 기술(LFG)
	바이오매스 가스화기술(열적전환)	바이오매스 열분해, 가스화, 가스화발전 기술
	바이오 수소 생산기술	생물학적 바이오 수소 생산기술
바이오매스 생산, 가공기술	에너지 작물 기술	에너지 작물 재배, 육종, 수집, 운반, 가공기술
	생물학적 CO <sub>2</sub> 고정화 기술	바이오매스 재배, 산림녹화, 미세조류 배양기술
	바이오 고형연료 생산, 이용기술	바이오 고형연료 생산 및 이용기술

## 나. 국내 연료화시설 현황

### 1) 고형연료제품 제조시설 현황

2021년 2분기 기준 국내 고형연료제품 제조시설은 266개소이며, 지자체 등이 운영하는 공공 처리시설이 25개소, 민간에서 운영하는 시설이 241개소이다. 공공부문에서는 SRF 시설이 23개소, 폐목재를 활용한 Bio-SRF 시설이 2개소 운영 중이다. 그리고 민간 SRF 시설이 146개소(폐쇄 3개소 포함), Bio-SRF 시설이 95개소 운영 중이다.

[표 1.35] 국내 고형연료제품 제조시설 현황

구분	계	공공						민간					
		SRF			Bio-SRF			SRF			Bio-SRF		
		소계	성형	비성형	소계	성형	비성형	소계	성형	비성형	소계	성형	비성형
계	266	23	13	10	2	-	2	146	52	94	95	1	94
서울	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
부산	4	1	-	1	-	-	-	1	1	-	2	-	2
대구	15	1	-	1	-	-	-	8	3	5	6	-	6
인천	9	2	1	1	-	-	-	3	1	2	4	-	4
광주	6	2	-	2	-	-	-	1	-	1	3	-	3
대전	3	1	-	1	-	-	-	2	1	1	-	-	-
울산	9	-	-	-	-	-	-	4	2	2	5	-	5
세종	3	1	1	-	-	-	-	2	1	1	-	-	-
경기	96	6	4	2	1	-	1	60	17	43	29	-	29
강원	7	2	2	-	-	-	-	4	2	2	1	-	1
충북	24	-	-	-	-	-	-	20	8	12	4	-	4
충남	12	-	-	-	-	-	-	6	2	4	6	-	6
전북	18	2	2	-	-	-	-	5	2	3	11	1	10
전남	20	4	3	1	1	-	1	11	5	6	4	-	4
경북	16	1	-	1	-	-	-	6	3	3	9	-	9
경남	20	-	-	-	-	-	-	12	4	8	8	-	8
제주	4	-	-	-	-	-	-	1	-	1	3	-	3

## 1. 일반 현황

2021년 2분기 기준 국내 고품연료제품 사용시설은 151개소(211만톤 사용)로, 공공시설 6개소(부산, 대구, 송도, 대전, 평택, 포항)에서 22.9만톤 사용된다. 고품연료제품의 주요 사용시설은 시멘트 소성로, 발전시설, 지역난방 및 산업용보일러 등이다.

[표 1.36] 국내 고품연료제품 사용시설 현황

구분	계	공공						민간					
		SRF			Bio-SRF			SRF			Bio-SRF		
		소계	성형	비성형	소계	성형	비성형	소계	성형	비성형	소계	성형	비성형
계	151	6	-	5	-	1	62	13	21	28	70	28	38
서울	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
부산	4	1	-	1	-	-	2	2	-	-	-	-	-
대구	6	1	-	-	-	1	-	-	-	-	5	-	5
인천	7	1	-	1	-	-	2	2	-	-	4	-	4
광주	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
대전	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
울산	13	-	-	-	-	-	13	2	-	11	-	-	-
세종	4	-	-	-	-	-	3	-	-	3	1	-	1
경기	29	1	-	1	-	-	17	1	8	8	8	-	8
강원	10	-	-	-	-	-	3	1	-	2	7	4	3
충북	9	-	-	-	-	-	6	1	5	-	1	-	1
충남	26	-	-	-	-	-	3	1	2	-	23	18	3
전북	22	-	-	-	-	-	8	2	2	4	11	-	10
전남	9	-	-	-	-	-	4	-	4	-	2	-	1
경북	2	1	-	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-
경남	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	6	1
제주	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1

## 2) 바이오가스 생산시설 현황

음식물류 폐기물을 포함한 유기성폐기물의 바이오가스 생산은 폐기물의 처리와 동시에 에너지를 생산할 수 있는 친환경적 장점 때문에 2008년 38개소에 불과했던 바이오가스 시설이 2013년에는 61개소, 2019년에는 101개소, 2020년에는 110개소로 빠르고 지속적인 성장을 보이고 있다.

환경부는 공공음식물처리시설 설치비의 30 ~ 50 %를 지원해주고 있는데 국고보조금을 지원받은 시설 중 바이오가스화 시설이 74 %로 높은 비율을 보였다. 또한, 2019년 아프리카돼지열병에 따라 음식물류 폐기물의 습식사료화가 전면 금지되면서, 이에 대한 대안으로 바이오가스화 처리 비율은 늘어날 것으로 예측되고 있다.

전국 바이오가스 플랜트 운영을 살펴보면 시설용량은 67,450 톤/일로, 전년('19년, 64,436 톤/일)대비 3,013 톤/일이 증가하였다. 처리실적은 19,519 천톤/년으로, 전년('19년 22,295 천톤/년)대비 2,776천톤 감소되었다. 이는 전년 대비 2개 시설의 하수슬러지 처리량이 다량 감소되었기 때문으로 볼 수 있다. 바이오가스 생산량은 362백만 Nm<sup>3</sup>으로 나타났고 그 중 302백만 Nm<sup>3</sup>(83.2 %)을 이용한 것으로 조사되었다. 전년대비 총 처리량은 감소하였으나, 음식물류 폐기물 처리량이 증가하여 가스발생량은 증가한 것으로 분석되었다.

[표 1.37] 바이오가스시설 운영 현황

바이오가스 시설명	설계 용량 (톤/일)	바이오가스 생산량 (천 m <sup>3</sup> /년)	바이오가스 이용량 (천 m <sup>3</sup> /년)	기타 단순 소각 처리량 (천 m <sup>3</sup> /년)	처리대상
서울 동대문환경자원센터	98	3,445	1,945	-	음식물류 폐기물
대구 상리 음식물류 폐기물처리시설	300	8,712	4,558	-	음식물류 폐기물
부산 생곡 음식물자원화시설	200	1,316	1,316	-	음식물류 폐기물
대전 바이오에너지센터	400	11,334	8,879	-	음식물류 폐기물
제주시 가축분뇨공공처리시설	200	99	34	-	가축분뇨
전남 담양군 담양그린영농조합법인	160	3	3	3	가축분뇨
인천 송기 하수처리시설	562	405	405	-	하수슬러지
대구 신천 공공하수처리시설	1,378	7,546	6,254	1,688	음식물 + 하수슬러지
경남 양산 바이오가스 열병합 발전소	70	827	827	827	가축분뇨 + 음폐수



## 1. 일반 현황

[표 1.38] 바이오가스 플랜트 국내 현황

구분	계	통합시설	내용			
			소계	음식물류 폐기물	가축분뇨	하수슬러지
시설수	110	46	64	26	5	33
처리량(톤/일)	67,450	37,673	29,776	6,123	630	23,023
바이오가스생산량 (천 Sm <sup>3</sup> /년)	362,326	179,729	182,597	112,430	929	69,238
바이오가스이용량 (천 Sm <sup>3</sup> /년)	301,612	155,391	146,222	89,858	865	55,499
기타 단순 소각 처리량	49,854	30,634	19,221	13,840	830	4,551

[출처 : 환경부, 2020d]

2020년 운영 중인 시설에서의 바이오가스 생산량은 362,326천 m<sup>3</sup>으로 전년도(351,163천 m<sup>3</sup>) 대비 3.2%(11,163천 m<sup>3</sup>) 증가하였다. 바이오가스 생산량 중 83.2%(293,153천 m<sup>3</sup>)는 이용되고, 16.8%(60,714천 m<sup>3</sup>)는 미이용되었고, 바이오가스 이용 용도는 자체이용, 외부공급, 발전, 스팀가스 사용 등 순으로 높았다.

[표 1.39] 바이오가스 이용 현황

단위 : 천 m<sup>3</sup>/년, %

구분	생산량	활용량					미활용 (연소처리)
		소계	용도별 이용량				
			발전	외부공급	자체이용	스팀가스 사용 등	
2010	157,074 (100)	124,398 (79.2)	25,811 (16.4)	9,701 (6.2)	88,886 (56.6)	-	32,676 (20.8)
2013	20,435 (100)	158,550 (77.2)	27,925 (13.6)	27,211 (13.2)	103,414 (50.3)	-	46,885 (22.8)
2016	304,293 (100)	240,557 (79.1)	53,199 (17.5)	59,533 (19.6)	115,153 (37.8)	12,651 (4.2)	63,736 (20.9)
2018	353,709 (100)	285,530 (80.7)	62,209 (17.6)	97,669 (27.6)	94,835 (26.8)	30,817 (8.7)	68,179 (19.3)
2019	351,163 (100)	293,153 (83.5)	65,023 (18.5)	89,766 (25.6)	105,610 (30.1)	58,011 (9.3)	58,011 (16.5)
2020	362,326 (100)	301,612 (83.2)	49,854 (13.8)	100,125 (27.6)	113,638 (31.4)	37,995 (10.5)	60,714 (16.8)

[출처 : 환경부, 2020d]

### 1.3.4 하·폐수슬러지 처리시설

#### 가. 목적 및 이론

슬러지 처리는 안정화, 고화, 용융, 탄화, 소각 등 다양한 처리방법이 있다.

[표 1.40] 슬러지 처리 기술

처리방법	장점	단점
퇴비화	<ul style="list-style-type: none"> <li>감량화 효과가 우수</li> <li>처리부산물의 다각적 재이용이 가능</li> <li>유해 배출가스 발생 없음</li> <li>국내외 기술수준 양호</li> <li>부산물 재이용 시 슬러지 처리비 저렴</li> <li>유해 세균 살균</li> <li>취급이 용이</li> <li>토양개량제 등으로 재활용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>운전비용 증가</li> <li>처리주기 장시간 소요</li> <li>수요처 확보 곤란</li> <li>유기성 슬러지만 가능</li> <li>소규모 시설에 적용</li> <li>국내 기술업체 극소수</li> <li>슬러지 내 중금속 등으로 토양오염 유발</li> <li>비교적 소요면적이 큼</li> <li>환경오염 방지시설 필요</li> </ul>
고화	<ul style="list-style-type: none"> <li>성상변화 적용성 우수</li> <li>화학적으로 결합시켜 환경으로 용해를 저지</li> <li>건설자재, 매립장 복토재 등 재이용 가능성 높음</li> <li>국외 기술수준 양호</li> <li>전반적인 환경영향이 적음</li> <li>건설비 저렴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>열을 이용한 처리방안보다 처리주기 장기간</li> <li>고화제 등 부자재 투입으로 감량효과가 적음</li> <li>처리부산물 재이용 불가 시 추가 처분비 소요</li> <li>국내 설치사례 적음</li> </ul>
소각	<ul style="list-style-type: none"> <li>처리주기 단기간</li> <li>부산물 시멘트 원료화 용이</li> <li>감량효과 우수</li> <li>혼합소각 우수</li> <li>국내 설치사례 다수</li> <li>기술적 신뢰성 및 안정성</li> <li>국내외 기술 수준 우수</li> <li>안정적이고 위생적 처리</li> <li>폐열활용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고급 운영기술 필요</li> <li>대기 및 수질 등 환경영향이 큼</li> <li>소각재 중금속 용출 영향이 큼</li> <li>대규모 환경오염 방지시설이 필요</li> <li>환경영향으로 민원 야기</li> <li>비교적 건설비 및 처분비가 고가임</li> </ul>
탄화	<ul style="list-style-type: none"> <li>처리부산물을 거의 발생하지 않음</li> <li>발생가스(열분해가스) 재이용</li> <li>에너지절약 시스템</li> <li>단시간, 대용량 처리 가능</li> <li>감량화율이 높음</li> <li>2차 환경오염 유발이 적음</li> <li>설치면적이 적음</li> <li>탄화물의 유상판매 가능</li> <li>탄화물의 장기보관 가능</li> <li>소각과 비교하여 환경영향 및 건설비 소요면적이 적음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>탄화제품 특성이 안정적이지 못함</li> <li>처리부산물 재이용 불가 시, 추가 처분비 소요</li> <li>고도의 숙련 운영관리 기술 필요</li> <li>운영관리 어려움</li> <li>국내 설치사례 적음</li> <li>국내외 기술 수준 낮음</li> <li>비교적 처분비가 고가임</li> </ul>



# 1. 일반 현황

(표 계속)

처리방법	장점	단점
반탄화	<ul style="list-style-type: none"> <li>반탄화 생성물의 친수성 감소</li> <li>최종 생성물의 취급 용이</li> <li>보관 용이</li> <li>공기 중 수분 재흡수로 인한 에너지 손실 최소화</li> <li>생물학적 분해 가능 물질 최소화</li> <li>O/C비가 낮은 연료 생산</li> <li>펠렛화 용이</li> <li>전체 공정 경제성 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부 열원 공급 필요</li> <li>반탄화 반응기 내부 무산소 및 저산소 상태 유지를 위한 완전 밀폐형 반응기 필요</li> </ul>
수열탄화	<ul style="list-style-type: none"> <li>슬러지 연료 특성 개선</li> <li>탄소 함량 및 고정탄소 함량 증가</li> <li>생성 연료의 발열량 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>적정온도와 고압의 운전조건 필요</li> </ul>
건조	<ul style="list-style-type: none"> <li>감량 효과 우수</li> <li>국내실적 다수</li> <li>국내 기술 안정성 우수</li> <li>환경성 및 위생성 우수</li> <li>소각 전처리 기술로 활용가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>최종처리 필요(소각 또는 발전소 보조연료)</li> <li>건조 배가스 처리 필요</li> </ul>
용융	<ul style="list-style-type: none"> <li>처리주기 단시간</li> <li>소각재, 생활 폐기물, 산업폐기물, 유해폐기물 등의 혼합처리 가능</li> <li>감량효과가 가장 우수</li> <li>처리부산물의 무해화</li> <li>재활용 가능성이 높음</li> <li>부산물의 장기 보존</li> <li>폐열활용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>처리부산물 재활용 수요처 확보가 어려움</li> <li>고도의 운영기술이 필요</li> <li>국내 설치사례가 적음</li> <li>건설비가 고가임</li> </ul>
시멘트 자원화	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기투자비 절감</li> <li>대규모 처리</li> <li>자원순환형 시설</li> <li>2차 환경오염 최소화</li> <li>에너지절약 도모</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원거리 이송 시 경제성 미확보</li> <li>전처리설비 필요</li> <li>주변지역 민원발생 예상</li> <li>제품공급 자질 예상</li> </ul>

[출처 : 손병현 등, 2009]

[표 1.41] 폐기물처리시설의 범위에 적용되는 하·폐수슬러지 처리시설

탄화	소각	건조연료화	고화	
1. 중간처분시설	1. 중간처분시설	3. 재활용시설	1. 중간처분시설	3. 재활용시설
가. 소각시설	가. 소각시설	가. 기계적 재활용시설	다. 화학적 처분시설	나. 화학적 재활용시설
3) 열분해시설	1) 일반소각시설	1) 압축·압출·성형·주조 시설 2) 파쇄·분쇄·탈피 시설 5) 연료화시설 8) 탈수·건조시설	1) 고화시설	1) 고화시설

### 나. 국내 하수슬러지처리업 현황

환경부의 2019년 하수슬러지처리시설 운영결과 조사표에 따르면 500 m<sup>3</sup>/일 이상 공공 하수처리시설은 약 681개소로 시설용량은 약 26,359,517 m<sup>3</sup>/일 규모이며 하수슬러지 발생량은 약 4,564,282 톤/년으로 이 중 30 톤/일 처리용량 이상 기준 발생량은 약 1,918,856 톤/년으로 약 42 %로 파악되었다.

하수슬러지 처리방법은 건조, 소각, 탄화, 부숙화, 탈수, 재활용, 생물학적 처리 등의 다양한 기술을 적용하여 자체적으로 하수슬러지처리시설을 보유한 사업장은 민간이 약 53개소, 공공이 약 52개소를 운영하고 있는 것으로 파악되었다.

[표 1.42] 국내 하수슬러지 처리시설 현황

민간							
건조	소각	탄화	부숙화	탈수	재활용	생물학적 처리	합계
17	14	10	5	4	2	1	53
공공							
건조	소각	탄화	부숙화	탈수	사료화		합계
17	10	15	7	2	1		52

[출처 : 환경부, 2019]

# 1. 일반 현황

## 1.3.5 반응시설

### 가. 목적 및 이론

기타시설은 폐기물관리법 시행령 [별표3]의 「폐기물 처리시설의 종류」 중 매립시설, 음식물자원화 시설, 재활용선별시설, 연료화시설, 하·폐수슬러지 처리시설을 제외한 시설을 기타시설로 분류하였다.

[표 1.43] 폐기물처리시설의 종류 중 기타시설

중간처분시설	기계적 처분시설	증발, 농축시설
		유수분리시설
	화학적 처분시설	고형화, 고화, 안정화시설
		반응시설(중화, 산화, 환원, 중합, 축합, 치환 등 단위시설 포함)
재활용 시설	기계적 재활용시설	주조 시설 (동력 7.5 kW 이상)
		탈피 시설 (동력 15 kW 이상)
		절단 시설 (동력 7.5 kW 이상)
		용융·용해 시설 (동력 7.5 kW 이상)
		증발·농축 시설
		정제시설(분리·증류·추출·여과 등 단위시설 포함)
		유수 분리 시설
	화학적 재활용시설	고형화·고화 시설
		반응 시설 (중화·산화·환원·중합·축합·치환 등 단위시설 포함)
		응집·침전 시설
용해로(비철금속 추출로 한정)		
소성·탄화 시설(시멘트소성 제외)		

[출처 : 폐기물관리법 시행령[별표3]]

### 1) 반응시설(중화, 산화, 환원, 중합, 축합, 치환 등 단위시설 포함)

두 종류 이상의 물질이 그 자신 혹은 상호 간에 있어서 원자의 조합을 시행하여 그 조성이나 구조, 성분 등 물리·화학적 성질이 본래와는 다른 물질을 만드는 시설을 말한다.

연속반응시설, 균일계반응시설, 한 종류 또는 불균일계반응시설, 촉매반응시설로 대별되며, 연속반응시설은 어떤 화학반응의 생성물이 다시 다른 반응을 일으켜서 다른 생성물을 만드는 경우의 시설로서 연발 반응시설이라고도 한다. 연쇄반응시설도 연속반응시설의 일종이다. 균일계반응시설은 균질인 물질계 즉, 단일의 상으로 이루어진 계에서 화학반응을 일으키는 시설을 말하며, 회분반응시설, 관형반응시설, 연속교반조반응시설, 반회분 반응시설 등이 있다. 불균일계 반응시설은 두 종류 이상의 상이 공존하는 다상계에서 화학반응을 일으키는 시설이며, 액-액계 반응시설, 기-액계 반응시설, 기-고체 반응시설 등이 있다. 촉매반응시설은 촉매의 영향에 의하여 화학반응을 일으키는 시설을 말한다.

촉매란 화학반응 속도를 변화시키거나, 반응을 시작하게 만들거나 또는 일어날 수 있는 여러 가지 화학반응 중에서 하나를 선택적으로 진행시켜서 생성물의 종류를 바꾸는 역할을 하는 물질을 말하며, 자신은 결과적으로 전혀 변화하지 않거나 변화하더라도 화학양론적인 관계 즉, 화학반응에 영향을 미치지 아니하는 관계를 지속하는 물질을 말한다.

### 나. 국내 기타시설 현황

2019년 기준 국내 폐기물 처리시설 중 기타시설은 296개소이며, 인천 27개소로 가장 많은 시설을 운영하고 있다. 총 시설용량은 36,190톤이며 처리량은 4,908,173톤으로 운영된다.

[표 1.44] 지방자치단체 폐기물 처리시설 현황(기타시설)

시도	소재지(개소)	시설용량(톤/일)	처리량(톤)
합계	296	36,190	4,908,173
서울	26	3,319	547,037
부산	16	1,402	335,635
대구	7	1,244	271,835
인천	27	929	231,598
광주	8	1,478	150,124
대전	2	1,242	325,071
울산	3	383	73,235
세종	4	260	17,161

[출처 : 국가통계포털, 2019]

### 1.3.6 매립시설

#### 가. 목적 및 이론

##### 1) 매립의 목적

매립은 최종처분(Final Disposal)으로 발생된 폐기물 중 재활용 가능한 것은 물질회수하고, 가연성 폐기물은 열적처리 과정을 통해 에너지 회수와 부피 감량하며, 무기성 폐기물을 포함한 잔류물과 소각재(바닥재)는 최종적으로 처리하는 것을 뜻한다. 폐기물 매립은 엄격한 환경오염 방지대책을 적용하지 않는 경우 가장 손쉽고, 높은 기술을 요구하지 않으면서, 비용이 적게 드는 폐기물 처리방법으로 현재도 소득수준이 낮은 국가에서는 가장 일반적인 폐기물 처리방법으로 이용되고 있다.

폐기물 매립에 따른 환경오염을 방지하기 위해서 공학적 방법에 따라 위생매립장(Sanitary Landfill)를 건설하고, 매립장 운영 및 사후관리 시에도 오염물질이 주변으로 배출되는 양이 최소화되도록 적절한 관리와 모니터링이 필요하다.

##### 2) 매립장 내 반응

매립장의 효율적인 설계와 운영 그리고 환경오염방지를 위해서는 매립기간 중이나 매립완료 후 매립시설 내의 반응을 이해하는 것이 중요하다. 유해폐기물 매립시설의 경우 반응은 매우 미미한 경우가 보통이나 도시 폐기물 등 일반폐기물 매립시설의 경우는 침출수 중의 오염물질 농도가 높으며, 매립가스도 많이 발생한다. 폐기물 매립시설에서 일어나는 반응은 다음과 같은 것들이 있다.

- 미생물학적 분해반응
- 화학적 산화
- 매립가스의 이동 및 방출
- 침출수의 발생 및 이동
- 침출수에 의한 유기물질과 무기물질의 용출
- 침하

매립 후 폐기물의 분해와 안정화는 폐기물의 성분, 압축정도, 수분함량, 방해물질의 존재와 온도 등에 영향을 받는다. 이러한 요인들 간의 영향으로 일어나는 매립장 내 반응은 일반적으로 분해, 가스(악취 포함)와 침출수의 발생, 매립장 침하 등으로 구분할 수 있다.

고형폐기물 내의 생물분해 가능한 유기성 성분은 매립과 동시에 분해되기 시작한다. 초기에는 호기성 상태에서 분해가 시작되나, 이내 매립장 내 산소가 거의 소비되어 혐기성 상태에서 분해반응이 진행된다.

유기물질의 분해율은 물질의 특성과 수분함량에 의해 달라지는데 일반적으로 폐기물 내 유기물질은 다음의 세 가지로 분류할 수 있다.

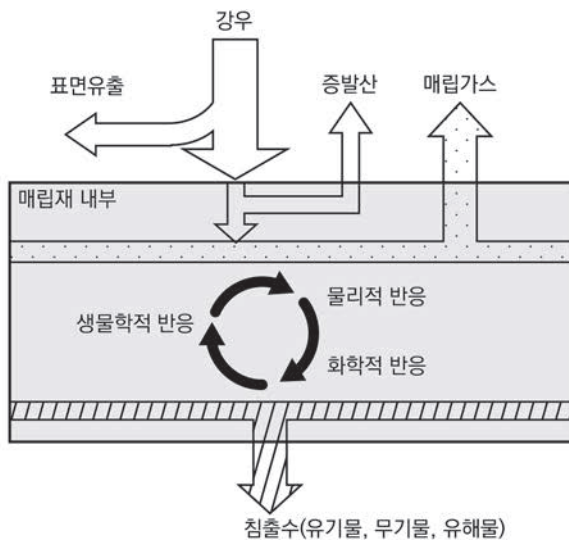
- 섬유질(Cellulose)와 그 화합물을 포함한 유기물
- 탄수화물, 지방, 단백질 등 분해가 용이한 유기물
- 플라스틱, 고무, 가죽류

섬유질은 종이, 목재, 자연섬유류가 주 구성물질로서 분해속도가 비교적 느리며, 단백질, 탄수화물, 지방 등은 분해속도가 매우 빠른 유기물이다. 제한된 양의 무기염류와 수분은 위의 물질과 결합되어 존재한다.

위의 폐기물 성분으로부터 혐기성 분해에 의한 주요 최종산물은 부분적으로 안정화된 유기물, 중간대사물질인 유기산, 그리고 다양한 성분을 함유한 가스(CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S 등)이다. 보통의 조건에서 가스발생으로 분해율을 측정하면 초기 2년 내에 최고에 도달하고, 10년 이상 다량의 가스가 발생된 후 25년 이상 미량이나마 지속적으로 가스가 발생된다. 만약 매립장 내에 수분공급이 이루어지지 않는다면 유기물질의 분해는 이루어지기 어려울 것이다. 이는 수분함량이 매립장 내 가스발생량에 커다란 영향을 주고 있음을 의미한다.

혐기성 분해과정에 의해 야기되는 환원상태는 화학물질의 환원을 유발하여 유기물질 이외에 무기물질에도 영향을 미치게 된다. 중금속의 경우 황화물(Sulfide) 형태의 난용성 침전물을 형성하므로 통상 침출수의 중금속 농도는 낮은 편이다. 또한 석고(CaSO<sub>4</sub>)보드와 같은 건축폐기물을 유기성 폐기물과 함께 매립하는 경우 환원조건에 의해 황화수소가 발생하는 현상도 매립장의 환원적 분위기에 기인한다.

폐기물 매립장을 하나의 시스템으로 보면 다음과 같다. 강우가 매립장 내로 침투하면 매립층 내에서는 물리화학적, 생물학적 반응에 의해 폐기물 변화와 오염물질의 발생과 소멸(폐기물의 안정화)에 관련된 현상들이 일어나 침출수와 가스가 매립장 밖으로 배출하게 된다.



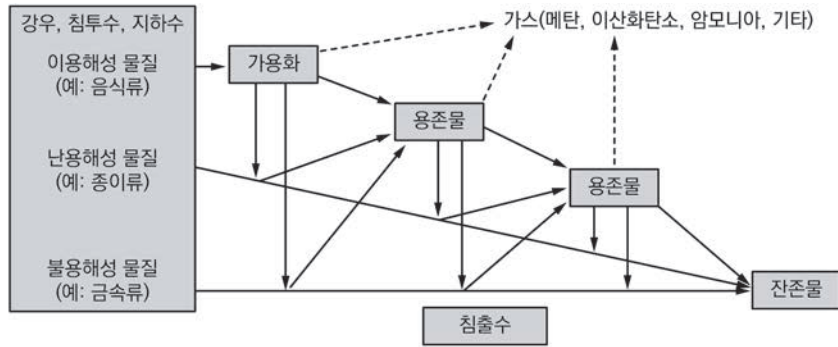
[그림 1.22] 매립시스템의 개념도

[출처 : 동화기술, 2017]



# 1. 일반 현황

폐기물의 생물학적 분해는 주로 폐기물 중에 포함된 유기성 성분이 미생물에 의해 가수분해되면서 메탄, 이산화탄소 등과 같은 저분자 화합물로 변화되는 것으로 이러한 과정을 도식적으로 나타내면 다음과 같다.



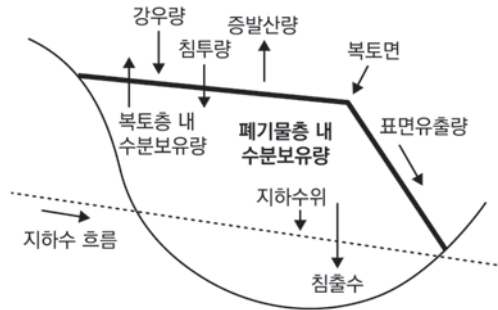
매립기	가용화기	무기화 전기	무기화 후기	안정화기
가스	→ 가스 발생개시 이분해성 물질분해	→ 가스 발생활발 난분해성 물질 분해	→ 가스 발생감소 난분해성 물질축적	→ 가스 발생정지 용존물 소실
침출수	→ 용존물 증가 > 고분자량 물질	→ 용존물 감소 ≈ 고분자량 물질	→ 용존물 감소 < 고분자량 물질	→ 용존물 축적 << 고분자량 물질

[그림 1.23] 매립폐기물의 안정화 과정

[출처 : 동화기술, 2017]

## 3) 침출수 발생

침출수(Leachate)는 주로 강우 시 매립장 복토면을 통해 침투되는 우수에 의해 발생되며 그 밖에도 증발량, 증산량, 유출량, 폐기물 내 수분량 또는 폐기물 분해에 따른 수분 생성량, 폐기물 또는 복토의 수분 보유능력(Field Capacity) 등에 의해 영향을 받는다. 또한, 매립되는 폐기물층의 높이, 매립과정에서의 다짐밀도 등도 침출수 발생 영향인자로 작용할 수 있다.



[그림 1.24] 매립장 내 침출수 발생경로

[출처 : 동화기술, 2017]

매립장에서 폐기물의 분해에 의한 침출수 발생 메커니즘은 매립 후 기간의 경과에 따라 가용화기, 무기화 전기, 무기화 후기, 안정화기의 4단계로 나누어진다.

- 1단계(가용화기) : 폐기물 성분 중 용해도가 높은 물질이 강우, 함유수, 지하수 등에 의해 분해가 일어나며, 이때 발생하는 침출수는 용존물질이 증가하고 분해가 어려운 고분자 물질보다는 분해가 용이한 저분자량 물질의 농도가 높다.
- 2단계(무기화 전기) : 침출수 내의 용존물은 점차 감소되며, 고분자량 물질과 저분자량 물질의 농도는 거의 비슷한 수준이 되면서 이때부터 분해가 어려운 용해성물질의 분해가 일어나며 가스의 발생이 가장 활발하다.
- 3단계(무기화 후기) : 분해대상 물질이 감소하기 때문에 침출수 내에서는 용존물질이 감소되고, 고분자량 물질이 증가하여 가스발생량이 현저하게 줄어든다.
- 4단계(안정화기) : 매립장 내에 분해가 가능한 잔존물질만 남게 되고 침출수에는 저분자량 물질에 비해 고분자량 물질이 많이 포함된다.

#### 4) 매립가스 발생

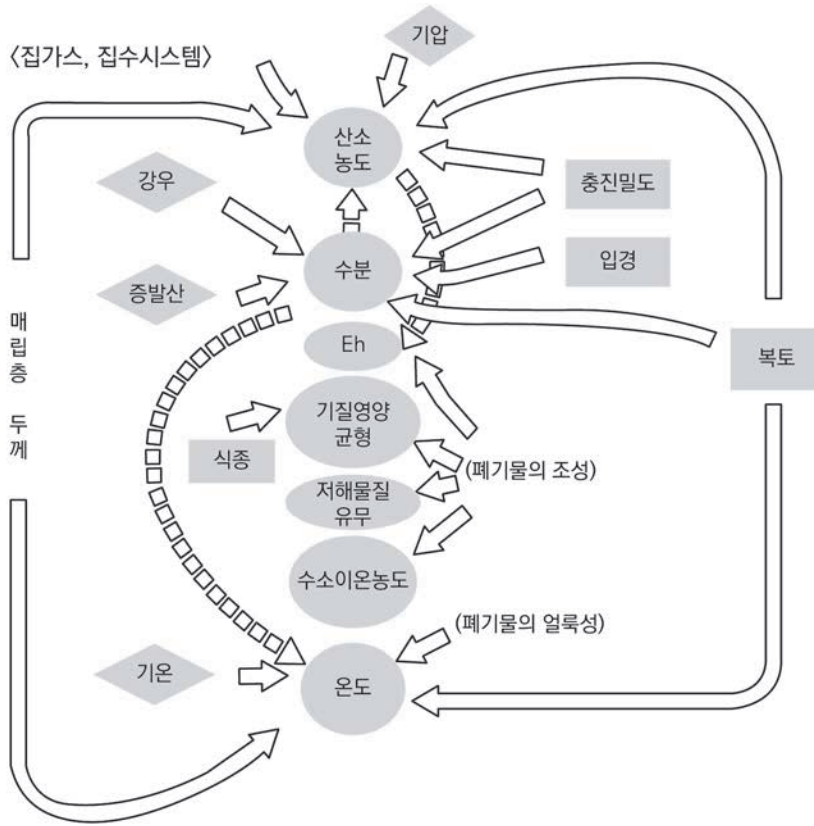
매립폐기물은 장기적으로는 안정화·무해화 과정을 거쳐 주변 환경에 악영향을 주지 않음과 동시에 일반토양과 같은 안정화된 구조를 가진 물질로 변화되는 것이다. 폐기물의 매립이 진행되고 있는 단계에서는 침출수, 해충의 발생, 매립지반의 침하가 문제가 되고 매립 완료 후에는 침출수와 가스발생이 주로 문제가 된다.

매립장에서 발생하는 매립가스는 폭발의 위험성이 있고, 악취 및 유해성을 갖는 휘발성 유기화합물(VOC, Volatile Organic Compound) 등을 함유하므로 쾌적한 환경을 만들기 위해서는 적정처리가 필요하다. 매립장 내에서의 메탄은 대체에너지로 각광을 받고 있지만, 최근에는 메탄가스가 지구온난화에 원인물질 또는 유발물질로 인식되어 이를 저감하는 기술에 관한 연구가 이루어지고 있다.

매립가스 발생에 영향을 주는 인자로 폐기물의 성상, 매립형태, 매립장의 규모, 매립층 두께, 복토재 성상 및 두께 등에 의해서 이들 요인이 복합적으로 관련하여 작용한다. 매립장에서 가스발생에 특히 영향을 주는 요소 간의 상관성을 정리하면 다음 그림과 같다.

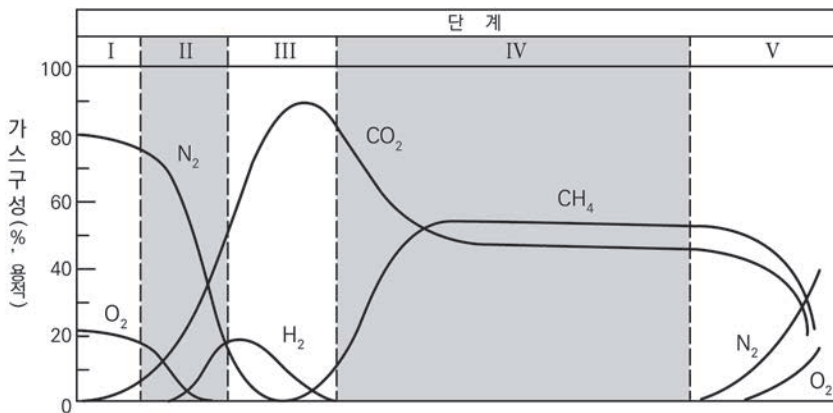


# 1. 일반 현황



[그림 1.25] 매립가스 발생 영향인자

[출처 : 동화기술, 2017]

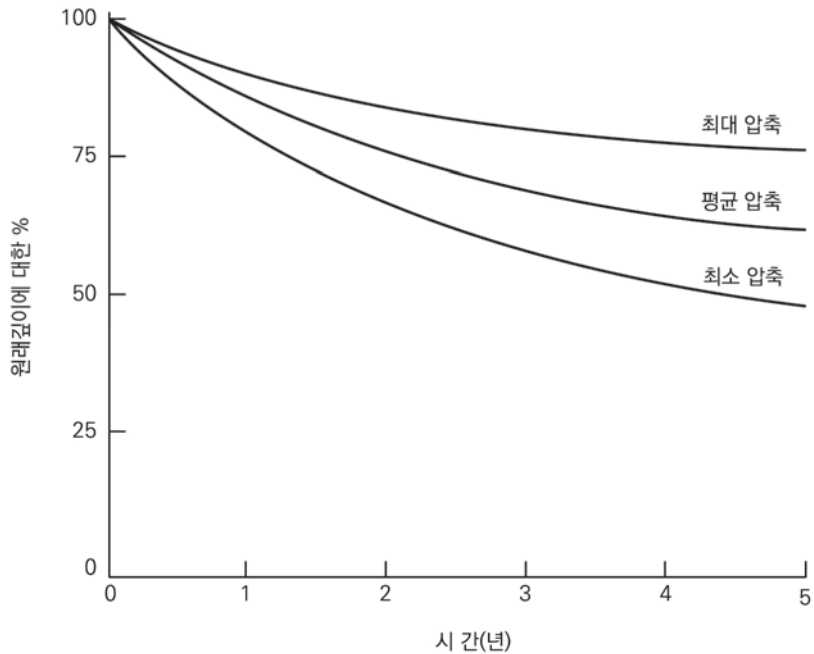


[그림 1.26] 안정화 단계별 매립가스 조성 변화

[출처 : 동화기술, 2017]

## 5) 지반침하

폐기물의 유기물질 분해에 의한 침하량은 압축에 의한 침하량의 10 ~ 20 % 정도이기 때문에 매립지반의 침하는 주로 압축에 의해 일어난다고 볼 수 있다. 매립종료 후에 발생하는 침하는 불균일하게 일어날 수 있으며, 그 결과 지표면의 배수저해가 일어나거나 비교적 광범위하게 침하가 발생 최종복토층과 배수구 등의 파손, 건축물의 부등침하 등을 유발할 수 있다. 특히 계곡에 매립하는 경우 위치별로 폐기물 매립 깊이가 다르므로 이에 따라 침하 정도는 큰 차이를 나타나게 된다.



[그림 1.27] 폐기물의 다짐정도에 따른 매립장 침하

[출처 : 동화기술, 2017]



# 1. 일반 현황

## 나. 국내 매립시설 현황

2021년 기준으로 조사된 매립시설을 보유한 통합관리 대상 폐기물처리업 사업장(지방자치단체에서 설치하거나 위탁하여 운영하는 폐기물처리시설 포함)은 총 80개소이다. 이 중 지방자치단체(공공사업장)는 72개소이고, 최종처분업체(민간사업장)는 8개소로 대부분의 사업장이 지방자치단체에서 설치하거나 위탁하여 운영하는 폐기물처리시설이다.

[표 1.45] 매립시설을 보유한 통합관리 대상 폐기물처리업 사업장(2021년도 기준)

No.	사업장명	시도	매립용량(m <sup>3</sup> )	비고
1	정선군 폐기물소각시설	강원도	412,000	지방자치단체
2	철원군 생활폐기물소각시설	강원도	318,795	지방자치단체
3	화천군 환경수도사업소	강원도	440,000	지방자치단체
4	홍천군 폐기물소각시설	강원도	415,000	지방자치단체
5	영월군 폐기물소각시설	강원도	307,352	지방자치단체
6	평창군 폐기물처리시설	강원도	120,168	지방자치단체
7	고성군 농어촌폐기물종합처리시설	강원도	167,521	지방자치단체
8	양양군 생활폐기물처리시설	강원도	120,581	지방자치단체
9	용인시환경센터	경기도	2,605,423	지방자치단체
10	(주)진흥중공업	경기도	243,700	최종처분업체
11	파주시 환경관리센터	경기도	364,082	지방자치단체
12	연천군 생활폐기물소각시설	경기도	650,000	지방자치단체
13	거창군 생활폐기물소각처리시설	경상남도	274,555	지방자치단체
14	합천소각장	경상남도	87,000	지방자치단체
15	창원시 진해자원회수시설	경상남도	1,000,994	지방자치단체
16	밀양시 쓰레기소각시설	경상남도	432,211	지방자치단체
17	거제시 자원순환시설	경상남도	1,033,493	지방자치단체
18	고성군 폐기물처리장	경상남도	271,234	지방자치단체
19	하동군 생활폐기물처리장	경상남도	154,000	지방자치단체
20	통영시 환경자원센터(소각시설)	경상남도	856,651	지방자치단체
21	통영시 환경자원화센터	경상남도		지방자치단체
22	사천시 자원회수센터	경상남도	1,040,000	지방자치단체
23	구미시 폐기물소각시설	경상북도	2,514,190	지방자치단체
24	문경시 폐기물소각장	경상북도	1,814,000	지방자치단체

(표 계속)

No.	사업장명	시도	매립용량(m <sup>3</sup> )	비고
25	의성군 생활쓰레기소각시설	경상북도	124,735	지방자치단체
26	경주시 자원회수시설	경상북도	1,508,603	지방자치단체
27	네이처이엔티(주)	경상북도	1,736,585	최종처분업체
28	청도환경관리센터	경상북도	187,330	지방자치단체
29	고령군 폐기물소각시설	경상북도	197,963	지방자치단체
30	울릉군 생활폐기물소각시설	경상북도	106,880	지방자치단체
31	영덕군 생활쓰레기소각시설	경상북도	162,716	지방자치단체
32	성주군 생활폐기물소각시설	경상북도	134,331	지방자치단체
33	경산산업단지관리공단	경상북도	792,445	지방자치단체
34	광주광역시 가연성폐기물연료화시설	광주광역시	9,480,000	지방자치단체
35	대구광역시 폐기물에너지화시설	대구광역시	32,378,541	지방자치단체, 허가완료
36	대전광역시 환경에너지종합타운	대전광역시	8,762,000	지방자치단체, 허가완료
37	세종특별자치시 시설관리사업소	세종특별자치시	21,933	지방자치단체
38	울산광역시 하수슬러지처리시설	울산광역시	2,615,000	지방자치단체
39	울산광역시 생활폐기물 소각시설	울산광역시		지방자치단체
40	(주)코엔텍	울산광역시	3,207,444	최종처분업체
41	NC울산(주)	울산광역시	매립종료	최종처분업체
42	(주)범우	울산광역시	매립종료	최종처분업체
43	수도권매립지관리공사	인천광역시	289,329,000	지방자치단체
44	무안군 환경관리센터	전라남도	293,469	지방자치단체
45	고흥군 폐기물소각시설	전라남도	305,000	지방자치단체
46	도양농어촌생활폐기물처리시설	전라남도	271,794	지방자치단체
47	보성군 환경자원사업소	전라남도	51,577	지방자치단체
48	목포시 환경에너지센터	전라남도	2,897,000	지방자치단체
49	영광군 폐기물소각시설	전라남도	144,000	지방자치단체
50	여수시 생활폐기물소각시설	전라남도	1,500,000	지방자치단체
51	(주)와이엔텍	전라남도	1,138,134	최종처분업체
52	완도군 자원관리센터	전라남도	82,332	지방자치단체
53	순천시 자원순환센터	전라남도	284,700	지방자치단체



## 1. 일반 현황

(표 계속)

No.	사업장명	시도	매립용량(m <sup>3</sup> )	비고
54	진도군 환경관리센터	전라남도	69,930	지방자치단체
55	강진군 환경정화센터	전라남도	40,000	지방자치단체
56	해남군 생활자원처리시설(소각시설)	전라남도	336,000	지방자치단체
57	KC환경서비스(주) 여수사업부	전라남도	107,334	최종처분업체
58	한솔이엠이(주)군산사업소	전라북도	매립종료	지방자치단체
59	제주특별자치도 북부광역환경관리센터	제주특별자치도	2,319,800	지방자치단체
60	제주특별자치도 남부광역환경관리센터	제주특별자치도	812,868	지방자치단체
61	청양군 환경사업소	충청남도	101,000	지방자치단체
62	논산시 생활폐기물소각시설	충청남도	600,894	지방자치단체
63	계룡시 생활폐기물소각시설	충청남도	171,572	지방자치단체
64	서천군 생활폐기물소각시설	충청남도	292,400	지방자치단체
65	태안군 환경관리센터	충청남도	165,480	지방자치단체
66	(주)대성예코에너지센터	충청남도	1,849,704	최종처분업체
67	진천음성 광역폐기물종합처리시설	충청북도	457,306	지방자치단체
68	단양군청	충청북도	164,062	지방자치단체
69	청주시 광역소각시설	충청북도	1,674,000	지방자치단체
70	태백시 폐기물소각시설	강원도	760,000	지방자치단체
71	부산환경공단 하수자원사업소	부산광역시	24,494,000	지방자치단체
72	익산시 신재생자원센터	전라북도	255,661	지방자치단체
73	금산군 생활폐기물소각시설	충청남도	474,937	지방자치단체
74	보령시 생활폐기물소각시설	충청남도	867,336	지방자치단체
75	춘천시 폐기물소각시설	강원도	2,642,357	지방자치단체
76	속초시 폐기물소각시설	강원도	104,411	지방자치단체
77	제천시 폐기물소각시설	충청북도	664,200	지방자치단체
78	함안군 폐기물소각시설	경상남도	56,200	지방자치단체
79	함양군 폐기물소각시설	경상남도	100,450	지방자치단체
80	제주환경자원순환센터	제주특별자치도	2,417,179	지방자치단체

2019년 기준 운영 중인 매립시설은 총 283개소로 매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 매립시설은 155개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 매립시설은 128개소이다. 운영방식에 따라 구분하면 지방자치단체에서 직접 운영 또는 위탁 운영하는 시설은 216개소(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 102개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 114개소), 최종 처분업체에서 운영하는 시설은 34개소(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 31개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 3개소), 자가처리업체에서 운영하는 시설은 33개소(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 22개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 11개소)이다.

[표 1.46] 매립시설 규모별 현황

구분	개소 수	매립용량	
		20만 m <sup>3</sup> 이상	20만 m <sup>3</sup> 미만
계	283	155	128
지방자치단체	216	102	114
최종처분업체	34	31	3
자가처리업체	33	22	11

[출처 : 환경부, 2019]

매립시설을 매립면적 기준으로 구분하면 매립면적이 5만 m<sup>2</sup> 이상인 매립시설은 95개소, 1만 ~ 5만 m<sup>2</sup>인 매립시설은 109개소, 1만 m<sup>2</sup> 미만인 매립시설은 79개소이다.

[표 1.47] 매립시설 면적별 현황

구분	개소 수	매립면적		
		5만 m <sup>2</sup> 이상	1만 ~ 5만 m <sup>2</sup>	1만 m <sup>2</sup> 미만
계	283	95	109	79
지방자치단체	216	60	89	67
최종처분업체	34	15	17	2
자가처리업체	33	20	3	10

[출처 : 환경부, 2019]

매립시설을 권역별로 구분하면 수도권 20개소, 강원권 26개소, 충청권 46개소, 영남권 91개소, 호남권 100개소가 있다. 수도권 20개 매립시설 중에서 매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 매립시설은 15개소이며, 이 중 수도권매립지가 289,329천 m<sup>3</sup>로 수도권 매립용량의 92.2 % 비율을 차지하고 있다.

## 1. 일반 현황

[표 1.48] 권역별 매립시설 운영현황

구분	설치용량(m <sup>3</sup> )	용량비율(%)	시설용량		
			개소 수	20만 m <sup>3</sup> 이상	20만 m <sup>3</sup> 미만
계	658,576,495	100	283	155	128
수도권	313,759,344	47.6	20	15	5
강원권	20,912,606	3.4	26	17	9
충청권	85,388,188	12.5	46	34	12
영남권	171,385,439	25.6	91	52	39
호남권	72,415,357	10.9	100	37	63

[출처 : 환경부, 2019]

수도권 매립시설을 운영주체별로 구분하면 지방자치단체가 297,929천 m<sup>3</sup>으로 95.0 %(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 11개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 5개소), 최종처분업체가 244천 m<sup>3</sup>으로 0.1 %(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 1개소), 자가처리업체가 15,586천 m<sup>3</sup>으로 5.0 %(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 3개소)를 차지하고 있다.

[표 1.49] 수도권 매립시설 운영현황

구분	설치용량(m <sup>3</sup> )	용량비율(%)	시설용량		
			개소 수	20만 m <sup>3</sup> 이상	20만 m <sup>3</sup> 미만
계	313,759,344	100	20	15	5
지방자치단체	297,929,309	95.0	16	11	5
최종처분업체	243,700	0.1	1	1	-
자가처리업체	15,586,335	5.0	3	3	-

[출처 : 환경부, 2019]

강원권 매립시설을 운영주체별로 구분하면 지방자치단체가 18,221천 m<sup>3</sup>으로 87.1 %(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 15개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 9개소), 자가처리업체가 2,692천 m<sup>3</sup>으로 12.9 %(매립용량이 2만 m<sup>3</sup> 이상 2개소)를 차지하고 있다.

[표 1.50] 강원권 매립시설 운영현황

구분	설치용량(m <sup>3</sup> )	용량비율(%)	시설용량		
			개소 수	20만 m <sup>3</sup> 이상	20만 m <sup>3</sup> 미만
계	20,912,606	100	26	17	9
지방자치단체	18,220,523	87.1	24	15	9
최종처분업체	-	0.0	0	-	-
자가처리업체	2,692,083	12.9	2	2	-

[출처 : 환경부, 2019]

충청권 매립시설을 운영주체별로 구분하면 지방자치단체가 22,614천 m<sup>3</sup>으로 26.5%(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 19개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 9개소), 최종처분업체가 10,001천 m<sup>3</sup>으로 11.7%(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 9개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 1개소), 자가처리업체가 52,773천 m<sup>3</sup>으로 61.8%(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 6개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 2개소)를 차지하고 있다.

[표 1.51] 충청권 매립시설 운영현황

구분	설치용량(m <sup>3</sup> )	용량비율(%)	시설용량		
			개소 수	20만 m <sup>3</sup> 이상	20만 m <sup>3</sup> 미만
계	85,388,188	100	46	34	12
지방자치단체	22,613,676	26.5	28	19	9
최종처분업체	10,001,480	11.7	10	9	1
자가처리업체	52,773,032	61.8	8	6	2

[출처 : 환경부, 2019]

영남권 매립시설을 운영주체별로 구분하면 지방자치단체가 99,262천 m<sup>3</sup>으로 57.9%(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 29개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 32개소), 최종처분업체가 32,851천 m<sup>3</sup>으로 19.2%(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 16개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 1개소), 자가처리업체가 39,272천 m<sup>3</sup>으로 22.9%(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 7개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 6개소)를 차지하고 있다.

## 1. 일반 현황

[표 1.52] 영남권 매립시설 운영현황

구분	설치용량(m <sup>3</sup> )	용량비율(%)	시설용량		
			개소 수	20만 m <sup>3</sup> 이상	20만 m <sup>3</sup> 미만
계	171,385,439	100	91	52	39
지방자치단체	99,261,770	57.9	61	29	32
최종처분업체	32,851,236	19.2	17	16	1
자가처리업체	39,272,433	22.9	13	7	6

[출처 : 환경부, 2019]

호남권 매립시설을 운영주체별로 구분하면 지방자치단체가 42,926천 m<sup>3</sup>으로 59.3%(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 28개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 59개소), 최종처분업체가 7,671천 m<sup>3</sup>으로 10.6%(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 5개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 1개소), 자가처리업체가 21,818천 m<sup>3</sup>으로 30.1%(매립용량이 20만 m<sup>3</sup> 이상 4개소, 20만 m<sup>3</sup> 미만 3개소)를 차지하고 있다.

[표 1.53] 호남권 매립시설 운영현황

구분	설치용량(m <sup>3</sup> )	용량비율(%)	시설용량		
			개소 수	20만 m <sup>3</sup> 이상	20만 m <sup>3</sup> 미만
계	72,415,357	100	100	37	63
지방자치단체	42,925,786	59.3	87	28	59
최종처분업체	7,671,244	10.6	6	5	1
자가처리업체	21,818,327	30.1	7	4	3

[출처 : 환경부, 2019]

## 1.4 주요환경문제

### 1.4.1 음식물자원화시설

음식물자원화시설은 폐기물을 처리함과 동시에 자원화를 통한 재이용의 목적을 추구하고 있다. 그러나 음식물류 폐기물 처리과정에서 환경오염물질 배출 및 에너지 소비가 발생하며, 이는 시설의 설계와 운영에 의해 영향을 받는다.

이러한 직접적인 영향은 다음의 주요 사항을 포함한다.

- 악취 및 대기오염물질
- 공정 잔재물 발생(선별 헹잡물, 음폐수 등)
- 공정 소음 및 진동
- 에너지 생산 및 소비
- 원료(약품) 소비
- 폐기물 반입 수송
- 폐기물 전처리(선별 및 파쇄)
- 공정 폐수 배출

#### 가. 악취 및 대기오염물질

악취는 음식물류 폐기물 처리에 있어 핵심 관리대상 오염물질이며 주변으로부터 민원발생이 가장 큰 오염원이다. 공공환경기초시설에 대해 「악취방지법」에 의거하여 악취기술진단을 실시하고 진단 결과에 따라 악취관리를 지속적으로 시행하고 있음에도 불구하고 악취에 대한 민원과 관리는 어려운 상황이다. 현재 악취는 발생원에서 후드로 포집하여 보일러 연소공기로 이용하거나 공간 탈취를 통해 포집 후 방지시설과 연계하여 처리하는 등 다양한 저감기술을 적용하여 처리하고 있다.

반면에 대기오염물질은 파·분쇄, 건조시설 등에서 발생할 수 있는데 파·분쇄시설에서는 반입되는 음식물쓰레기의 함수율이 높아 대기오염물질에 대한 영향은 크지 않다고 볼 수 있다. 건조시설의 경우 건조기의 형식에 따라 차이가 있을 수 있으나 최근 인근 소각시설의 폐열(스팀)을 이용하거나 LNG등의 연료 사용, 반입 음식물류 폐기물 성상에 따른 오염물질이 발생할 수 있다.

음식물자원화시설에서 배출하는 주요 악취 및 대기오염물질을 요약하면 다음과 같다.

- 먼지 - 음식물건조기
- 악취 - 음식물처리 전체공정



## 1. 일반 현황

### 나. 폐수

음식물자원화시설에서 발생가능한 폐수는 음식물류 폐기물 반입차량의 세차·세륜 시 발생하는 폐수와 악취방지시설 중 습식세정을 이용한 방지시설에서 배출되는 폐수가 주요 발생원이 될 수 있다. 세차 및 세륜 시 발생하는 폐수는 다량의 유기물을 함유하고 습식방지시설에서 배출되는 폐수는 투입되는 약품과 처리하는 오염물질의 성장에 따라 중금속을 함유하거나 다량의 염과 유기물, 무기물을 함유한다.

일부 공정에서 폐수로 배출되는 주요 잠재적 오염원은 다음과 같다.

- 세차·세륜 폐수 - 유기물
- 습식방지시설 - 중금속, 염, 유기물, 무기물
- 도로 및 기타 지표 배수 - 비점오염

### 다. 폐기물

음식물자원화시설에서 발생하는 폐기물은 선별과정에서 발생하는 협잡물과 탈수 및 저장과정에서 발생하는 음폐수로 나눌 수 있다. 음폐수는 해양배출이 금지됨에 따라 육상처리를 위한 자체 처리시설을 운영하거나 하수처리장 및 침출수처리시설과의 연계처리, 소각시설 분무, 혐기성소화를 통한 바이오가스 생산 등 다양한 처리방법으로 처리되고 있다.

- 폐기물 - 선별공정(협잡물), 탈수 및 저장공정(음폐수)

### 라. 소음·진동

음식물자원화시설에서 발생하는 소음 및 진동은 파·분쇄, 탈수기 등 동력을 이용하는 시설이다. 소음·진동시설은 건축물 내부에 설치하여 외부와 차단하는 것이 일반적이나 경제적인 문제 등으로 인하여 실외에 설치되거나, 혹서기에 실내 냉각을 위하여 출입문 개방 등으로 인한 소음이 멀리 전파되어 소음문제를 일으키기도 한다.

가장 중요한 외부 소음원은 다음과 같다.

- 폐기물의 기계적 전처리(예 : 파쇄 등)

### 마. 기타

음식물자원화시설 주변의 기타 환경오염은 다음과 같다.

- 강우 유출에 의한 지표수 오염
- 병원균매개체 서식 : 파리, 모기, 쥐, 새
- 악취, 먼지, 매립가스, 유해가스 등
- 화재

## 1.4.2 재활용선별시설

재활용선별시설은 재활용가능자원의 효율적이고 원활한 재활용을 지원하기 위한 시설이며 재활용선별과정에서 환경오염물질 배출 및 에너지 소비가 발생하며, 이는 시설의 설계와 운영에 의해 영향을 받는다.

이러한 직접적인 영향은 다음의 주요 사항을 포함한다.

- 악취 및 대기오염물질
- 공정 잔재물 발생(선별 잔재물)
- 공정 소음 및 진동
- 에너지 소비
- 폐기물 반입 수송
- 폐기물 전처리(선별 및 파쇄)
- 공정 폐수 배출

### 가. 악취 및 대기오염물질

악취는 폐기물 원료 반입부터 재활용선별 과정에 발생하는 주요 오염원이다. 현재 악취는 발생원에서 후드로 포집하여 소각로 연소공기로 이용하거나 공간 탈취를 통해 포집 후 방지시설과 연계하여 처리하는 등 다양한 저감기술을 적용하고 있다.

대기오염물질은 파·분쇄, 선별 및 건조시설 등에서 발생하는 먼지이며, 국소 포집으로 작업장 내 먼지 문제와 외부 유출을 관리할 수 있다. 건조시설의 경우 고농도의 먼지가 발생할 수 있으며, 먼지 배출저감 장치로 최종 배출하도록 관리되고 있다.

재활용선별시설에서 배출하는 주요 악취 및 대기오염물질을 요약하면 다음과 같다.

- 먼지, 악취 - 전체공정
- 대기오염물질 - 연료를 사용하는 건조기



## 1. 일반 현황

### 나. 폐수

일부 공정에서 폐수로 배출되는 주요 잠재적 오염원은 다음과 같다.

- 유기물 - 세차·세륜 폐수
- 침출수 - 폐기물 저장시설
- 비점오염 - 도로 및 기타 지표 배수

### 다. 폐기물

재활용선별시설에서 발생하는 폐기물은 선별과정에서 발생하는 잔재물이며, 공공시설의 경우 부지 내 매립시설 및 소각시설에서 처리할 수 있다.

- 폐기물 - 선별공정

### 라. 소음·진동

재활용선별시설에서 발생하는 소음 및 진동은 파·분쇄, 선별 등 기계적 설비이다. 소음·진동 저감 장치는 건축물 내부에 설치하여 외부와 차단하는 것이 일반적이거나 경제적인 문제 등으로 인하여 실외에 설치되거나, 흡서기에 실내 냉각을 위하여 출입문 개방 등으로 인한 소음이 멀리 전파되어 소음문제를 일으키기도 한다.

가장 중요한 외부 소음원은 다음과 같다.

- 소음·진동 - 폐기물의 기계적 전처리

### 마. 기타

재활용선별시설 주변의 환경오염은 다음과 같다.

- 화재

### 1.4.3 연료화시설

연료화시설은 고형연료제품 제조시설, 바이오가스 생산시설, 바이오가스 이용시설 중 일부 연료화 등으로 구성되어있다. 연료화시설은 효율적이고 원활하게 자원화를 위한 목적을 추구하고 있다. 폐기물 연료화 과정에서 환경오염물질 배출 및 에너지 소비가 발생하며, 이는 시설의 설계와 운영에 의해 영향을 받는다.

이러한 직접적인 영향은 다음의 주요 사항을 포함한다.

- 대기 및 폐수에 대한 공정 배출(악취 포함)
- 공정 잔재물 발생
- 공정 소음 및 진동
- 에너지 생산 및 소비
- 원료(약품) 소비
- 비산 배출(주로 폐기물 저장)
- 폐기물 전처리(선별 및 파쇄)
- 공정 폐수 배출
- 폐기물 반입 및 잔재물 반출 수송

#### 가. 악취 및 대기오염물질

폐기물연료화 시설에서 대기 배출은 폐기물 건조소각 및 탄화시설에서 오랫동안 관심의 대상이 되어왔다. 특히 배출가스 처리기술이 발달함에 따라 대기로 배출되는 오염물질의 양이 크게 감소하였다. 그러나 여전히 대기 배출물질의 제어는 이 부문에서 중요한 문제로 남아 있다.

폐기물연료화 시설 최종 배출구의 주요 대기오염물질을 요약하면 다음과 같다.

- 입자상 물질 - 다양한 입자 크기의 입자상 물질
- 산 및 기타 가스 - HCl, HF, HBr, HI, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> 등
- 중금속 - Hg, Cd, As, Ni, Pb 등
- 탄소화합물(비(非) 온실가스(GHG)) - CO, VOCs, PCDDs/PCDFs, PCBs 등

위의 항목을 제외한 기타 대기오염물질은 다음과 같다.

- 악취 - 미처리된 폐기물의 취급 및 저장으로부터 배출
- 온실가스(GHG) - 저장된 폐기물의 분해로부터(예 : 메탄, 이산화탄소) 배출
- 먼지 - 건조약품 취급 및 슬러지 저장소, 고형연료 저장조로부터 배출



## 1. 일반 현황

고형연료 제품화 과정에서의 발생하는 주요 오염원은 악취이다. 제조시설에 대한 정기검사 시 악취검사를 실시하여 배출관리가 이루어지고 있으며, 현재 악취는 발생원에서 후드로 포집하여 소각로 연소공기로 이용하거나 공간 탈취를 통해 포집 후 방지시설과 연계하여 처리하는 등 다양한 저감기술을 적용하여 처리하고 있다.

대기오염물질은 파·분쇄, 선별 및 건조시설 등에서 발생하는 먼지이며, 국소 포집으로 작업장 내 먼지 문제와 외부 유출을 관리할 수 있다. 건조시설의 경우 고농도의 먼지가 발생할 수 있으며, 먼지 배출저감 장치로 최종 배출하도록 관리되고 있다.

고형연료 제품화 과정에서 배출하는 주요 악취 및 대기오염물질을 요약하면 다음과 같다.

- 먼지, 악취 - 전체공정
- 대기오염물질 - 연료를 사용하는 건조기

### 나. 폐수

일부 공정에서 폐수로 배출되는 주요 잠재적 오염원은 다음과 같다.

- 대기오염 방지시설로부터 배출 - 염, 중금속(HMs)
- 폐수처리시설의 최종 방류수 - 염, 중금속
- 보일러수 - 염
- 냉각수 - 염, 살균제
- 반입폐기물 저장, 취급 및 수송 구역 - 희석된 반입폐기물
- 원료 저장 구역 - 처리 화학물질
- 잔재물 취급, 처리 및 저장 구역 - 염, 중금속, 유기물
- 순수장치 폐수 - 염화나트륨, 산성·알칼리성 용액
- 세차 폐수 - 유기물
- 생활 폐수
- 유기물 - 세차·세륜 폐수
- 침출수 - 폐기물 저장시설
- 비점오염 - 도로 및 기타 지표 배수

### 다. 폐기물

발생된 잔재물의 양과 특성은 폐기물이 완전 소각되었는지를 판단하는 척도이며, 시설에서 발생할 수 있는 가장 많은 폐기물인 잔재물은 그 처리가 매우 중요하다. 비록 발생하는 잔재물의 종류와 양은 시설의 설계, 그 가동과 투입되는 폐기물 성상에 따라 다르지만, 다음의 폐기물(고형 잔여물)이 주로 발생한다.

- 재 및 슬래그
- 보일러 재
- 필터 먼지
- 배출가스 처리로부터 나오는 기타 잔여물(예 : 염화칼슘이나 염화나트륨)
- 선별공정에서 발생하는 폐기물

이러한 고형 잔여물은 일부 수집되어 매립 또는 재활용되기도 하며, 일부의 경우는 소각공정 내부 또는 외부 별도공정을 통해 다른 폐기물과 물리적·화학적 방법으로 처리되기도 한다.

## 라. 소음·진동

연료화시설에서 발생하는 소음 및 진동은 기계적설비나 발전설비에서 발생하는 것과 유사하다. 신규 설비는 가능한 원거리의 완전 밀폐된 건물 내부에 설치하는 것이 일반적이다. 폐기물의 하역, 기계적 전처리, 배출가스 처리 및 잔재물 처리 같은 작업들은 밀폐된 건물에서 이루어진다. 단지 일부 배출가스 처리시스템(파이프, 튜브, 선택적 촉매환원(SCR) 설비, 열교환기 등), 냉각시설, 바닥재의 장기간 저장은 실외에서 이루어진다. 소음·진동 저감 장치는 건축물 내부에 설치하여 외부와 차단하는 것이 일반적이거나 경제적인 문제 등으로 인하여 실외에 설치되거나, 흡서기에 실내 냉각을 위하여 출입문 개방 등으로 인한 소음이 멀리 전파되어 소음문제를 일으키기도 한다.

가장 중요한 외부 소음원은 다음과 같다.

- 폐기물, 화학물질 및 잔재물 수송 차량
- 폐기물의 기계적 전처리(예 : 파쇄, 추출, 선별기 등)
- 배기 팬, 탄화·소각공정에서 배출가스 추출 및 굴뚝 출구에서 소음 발생
- 냉각시스템과 관련된 소음(증발 냉각, 특히 공기 냉각)
- 보일러 압력 비상 블로우다운(보일러의 안전상 이유로 대기로 직접 배출)
- 압축공기 컴프레서
- 소각재의 수송 및 현장 처리 관련 소음
- 크레인 가동 소음

건물에 위치한 설비는 일반적으로 외부 소음 발생에 기여되나, 선택적 촉매환원(SCR) 시스템과 배출가스 덕트에서는 소음이 거의 발생하지 않는다.

## 마. 기타

연료화시설 주변의 환경오염은 다음과 같다.

- 화재



## 1. 일반 현황

### 1.4.4 하·폐수슬러지 처리시설

#### 가. 악취 및 대기오염물질

하·폐수슬러지 처리시설에서 탄화공정은 대기오염물질과 악취물질을, 건조와 고화공정은 악취물질을 고려해야 한다.

탄화공정에서의 대기오염물질과 악취물질은 다음과 같다.

- 먼지, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HCl, 다이옥신
- 악취

건조공정 내 악취물질은 다음과 같다.

- 복합악취
- 지정악취물질 - 암모니아, 메틸머captan, 황화수소, 다이메틸설파이드, 다이메틸다이설파이드, 트리메틸아민, 아세트알데히드 등

고화공정 내 악취물질은 다음과 같다.

- 암모니아, 황화수소, 메틸머captan, 아세트알데히드, 톨루엔, 자일렌 등

#### 나. 폐수

일부 공정에서 폐수로 배출되는 주요 잠재적 오염원은 다음과 같다.

- 슬러지 저장조 고농도 폐수 - 고농도 유기물, 염

#### 다. 폐기물

하·폐수슬러지 처리시설의 폐기물은 다음과 같다.

- 하수슬러지

## 라. 소음·진동

하·폐수슬러지 처리시설에서는 건조설비에서 소음·진동이 발생할 수 있다. 따라서 이에 대한 일별 점검이 필요하다.

가장 중요한 외부 소음원은 다음과 같다.

- 송풍기 등 회전기기류

## 마. 기타

하·폐수슬러지 처리시설 주변의 환경오염은 다음과 같다.

- 화재



## 1. 일반 현황

### 1.4.5 반응시설

#### 가. 악취 및 대기오염물질

##### 1) 반응시설(분해, 중합, 축합, 산화, 환원, 중화, 합성시설 포함)

화학물질의 혼합 및 반응과정에서 먼지, VOCs가 발생되며 여러 고체원료의 혼합과정에서 먼지가 발생된다.

반응시설(분해, 중합, 축합, 산화, 환원, 중화, 합성시설 포함)에서 배출하는 주요 악취 및 대기오염 물질을 요약하면 다음과 같다.

- 먼지, 악취 - 여러 고체원료 혼합과정
- VOCs - 혼합 및 반응과정

#### 나. 폐수

##### 1) 반응시설(분해, 중합, 축합, 산화, 환원, 중화, 합성시설 포함)

화학물질의 혼합 후 중합 및 축합반응의 부산물로 폐수가 발생된다. 이는 생물학적, 화학적, 물리적 처리의 폐수처리장으로 처리할 수 있다.

#### 다. 폐기물

##### 1) 반응시설(분해, 중합, 축합, 산화, 환원, 중화, 합성시설 포함)

화학물질의 혼합 및 반응과정에서 발생하는 발생폐기물들의 처리가 중요하다.

#### 라. 소음·진동

##### 1) 반응시설(분해, 중합, 축합, 산화, 환원, 중화, 합성시설 포함)

화학물질의 혼합과정에서 소음·진동이 발생될 수 있다.

#### 마. 기타

##### 1) 반응시설(분해, 중합, 축합, 산화, 환원, 중화, 합성시설 포함)

반응시설 주변의 환경오염은 다음과 같다.

- 화재

※ 용해로(비철금속 추출로 한정)의 경우 “비철금속 제조업 최적가용기법 기준서 참조”.

## 1.4.6 매립시설

폐기물 매립의 목적은 폐기물의 최종처리에 의해 발생할 수 있는 환경적 위협을 줄이고자 환경 영향을 최소화시키는 것이다. 그러나 폐기물 매립으로 인한 환경오염물질 배출 및 에너지 소비가 발생하며, 이는 시설의 설계와 운영에 의해 영향을 받는다.

이러한 직접적인 영향은 다음의 주요 사항을 포함한다.

- 대기 및 폐수에 대한 공정 배출(악취 포함)
- 공정 잔재물 발생(침출수 처리 슬러지)
- 공정 소음 및 진동
- 에너지 생산 및 소비
- 원료(약품) 소비
- 비산먼지 배출(매립시설 조성)
- 폐기물 반입 수송
- 폐기물 전처리(선별 및 파쇄)

### 가. 악취 및 대기오염물질

대기 배출(악취 포함)은 폐기물 매립시설에서 오랫동안 관심의 대상이 되어왔다. 특히 매립시설 관리기술이 발달함에 따라 대기로 배출되는 오염물질의 양이 크게 감소하였다. 그럼에도 불구하고 여전히 대기 배출물질의 제어는 이 부문에서 중요한 문제로 남아 있다. 전체 매립공정은 폐기물을 열린계에서 중장비로 매립하기 때문에 대기로 배출되는 물질은 일반적으로 폐기물 자체에서 배출된다.

매립시설에서 배출하는 주요 대기오염물질을 요약하면 다음과 같다.

- 먼지 - 폐기물 반입 및 하역, 복토 등으로부터 배출
- 입자상 물질 - 다양한 입자 크기의 입자상 물질
- 유기성 가스 - VOCs

위의 항목을 제외한 기타 대기오염물질은 다음과 같다.

- 악취 - 폐기물의 취급 및 저장으로부터 배출(예 : H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>)
- 온실가스 - 매립된 폐기물의 분해로부터 배출(예 : CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O)

폐기물 매립시설에서의 악취는 주로 폐기물 자체 및 침출수처리시설에서 발생된다. 이에 일반적으로 폐기물 매립 시 탈취제 분사 및 침출수처리시설을 밀폐하여 악취물질이 외부로 유출되지 않게 하며, 침출수처리시설의 악취를 악취방지시설 또는 소각공정의 연소 공기로 활용하여 처리하고 있다.



## 1. 일반 현황

폐기물 매립분야에서 발생하는 온실가스는 CH<sub>4</sub>뿐만 아니라 CO<sub>2</sub>, VOCs 등이 있으며, 매립장으로부터 발생하는 CO<sub>2</sub>는 기본적으로 바이오매스의 분해과정을 통해 생성된 것으로 IPCC 가이드라인에 따라 온실가스 산정 시 제외한다.

### 나. 폐수

일부 공정에서 폐수로 배출되는 주요 잠재적 오염원은 다음과 같다.

- 침출수 - 염, 중금속
- 침출수처리시설의 최종 방류수 - 염, 중금속
- 도로 및 기타 지표 배수 - 비점오염
- 잔재물 취급, 처리 및 저장 구역 - 염, 중금속, 유기물
- 세차 폐수 - 유기물
- 생활 폐수

침출수(Leachate)란 폐기물을 통과하면서 용해되거나 부유되어 있는 물질이 함께 추출된 액체이다. 매립지의 침출수는 강수에 의해 외부로부터 유입된 물이 대부분이며, 폐기물의 분해로 생성된 액체도 포함된다.

침출수에는 분해를 통해 추출된 생물학적 물질과 화학성분이 포함되어 있다. 침출수의 특성은 폐기물의 종류와 분해특성에 따라 달라지므로 항목별 평균값을 나타내기에는 매우 어렵다. 일반적으로 침출수의 양은 매립지로 유입되는 외부유입에 직접적인 영향을 받으므로 매립지가 공학적으로 설계되었다면 침출수 발생량을 예측할 수 있으며, 발생한 침출수는 집·배수시설 및 처리시설을 통하여 처리된다.

### 다. 폐기물

침출수처리시설의 침전조 등에서 발생하는 생물학적 슬러지 및 화학 슬러지를 탈수하면서 폐기물(탈수케이크)이 발생된다. 침출수처리공정의 구성 및 운영방법에 따라 폐기물 발생량은 변화할 수 있으며, 발생한 폐기물은 일반적으로 매립 처리된다.

### 라. 소음·진동

폐기물 매립시설에서 발생하는 소음 및 진동은 주로 회전기기류 및 침출수처리시설에서 발생한다. 소음·진동시설은 건축물 내부에 설치하여 외부와 차단할 하는 것이 일반적이나 경제적인 문제 등으로 인하여 실외에 설치되거나, 혹서기에 실내 냉각을 위하여 출입문 개방 등으로 인한 소음이 멀리 전파되어 소음문제를 일으키기도 한다.

가장 중요한 외부 소음원은 다음과 같다.

- 폐기물, 화학물질 수송 차량
- 폐기물의 기계적 전처리(예 : 파쇄 등)
- 냉각 시스템과 관련된 소음(증발 냉각, 특히 공기 냉각)
- 터빈 생성 소음(특수한 방음 빌딩이 요구)
- 공기압축기(계장용, 공업용)
- 침출수 처리(펌프 등)

## 마. 기타

매립지 운영에서 발생하는 주변의 환경오염은 다음과 같다.

- 침출수에 의한 지하수 오염
- 강우유출에 의한 지표수 오염
- 병원균매개체 서식 : 파리, 모기, 쥐, 새
- 종이들의 훔날림
- 악취, 먼지, 매립가스, 유해가스 등
- 화재

기타 매립지 운영에 따른 환경영향은 다음과 같다.

- 전망
- 교통체증
- 매립지 바닥 및 사면 붕괴
- 홍수범람

운영단계가 끝난 후 사후관리단계에서 발생하는 환경오염은 다음과 같다.

- 침출수에 의한 지하수 오염
- 매립가스 및 유해가스 발생
- 매립지 위에 서식하는 식물의 고사





chapter | 2  
시설별  
주요공정 및  
오염물질  
배출현황

- 2.1 음식물자원화시설
- 2.2 재활용선별시설
- 2.3 연료화시설
- 2.4 하·폐수슬러지 처리시설
- 2.5 반응시설
- 2.6 매립시설



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

소각을 제외한 폐기물처리업은 발생폐기물 및 자원화/처리방법에 따라 다양한 공정으로 구분된다. 이에 본 기준에서는 폐기물처리업에서의 주요 처리방식에 대한 오염물질 배출특성을 음식물자원화 시설, 재활용선별시설, 연료화시설, 하·폐수슬러지 처리시설, 반응시설, 매립시설로 분류하여 오염물질 배출현황을 설명한다.

소각을 제외한 폐기물처리시설은 배출시설의 오염물질 배출량이 1, 2종에 해당하지 않아 자가측정 대상시설에 포함되지 않는 사례가 많았으며 이로 인해 오염물질 배출현황 데이터가 충분하지 않다. 통합환경인허가 관리체제로 전환되면서 자가측정 권고사항으로 모니터링 및 배출량 관리가 활발해지고 있으나 현재까지는 사업장에서의 배출현황 파악이 어려운 상황이다.

### 2.1 음식물자원화시설

음식물류 폐기물을 자원화하는 방법은 크게 사료화와 퇴비화로 구분되며 원료인 음식물류 폐기물을 활용하기 위하여 발생원인 가정 및 음식점 등으로부터 수거·운반하여 자원화시설에서 처리한다. 이 과정에서 음식물류 폐기물의 반입과 생산제품의 출입량을 파악하기 위한 계량, 음식물류 폐기물의 자원화시설로 투입, 저장, 단위공정으로의 음식물류 폐기물 이송, 이물질의 선별, 파쇄 등의 전처리 개념의 공정은 사료화와 퇴비화 처리방법에 상관없이 공통적인 특성을 갖고 있다. 더 나아가서 자원화공정에서 발생하는 악취제거공정 등은 동일한 이론과 시설의 적용이 가능하므로 공통시설로 설명하고 사료화 및 퇴비화 방법에 따라 차이가 있는 공정에 대하여서는 각각의 공정으로 구분하여 설명하고자 한다.

#### 2.1.1 주요공정

##### 가. 공통공정

##### 1) 계근량 및 반입시설

계근시설은 자원화시설로 반입되는 음식물류 폐기물량과 자원화시설로부터 반출되는 자원화 산물 및 잔재물량 등을 정확하게 측정하고 기록하는 시설이다. 한편, 가동률과 자원화 산물 회수율과 같은 통계자료는 시설로 반입되는 음식물류 폐기물의 반입량 및 시설로부터 반출되는 잔재물 반출량 등의 정확한 기록을 토대로 작성되어야 한다. 이렇듯, 자원화 및 처리시설의 물질수지를 명확하게 하고, 기초 통계자료의 신빙성을 얻기 위해서는 계근시설의 설치가 필수적이거나 실제 보유 사업장은 많지 않은 실정이다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

수동방식은 반입되는 음식물류 폐기물을 수거차량이 계근대에 진입하면 계량된 수치를 운영자가 기록하는 방법이며, 자동방식은 로드 셀에 의해 하중이 감지되고, 제어실에 설치된 컴퓨터 시스템에 전달되어 자동으로 적재량 및 투입량이 기록되어 운영하는 방법이다.

자동화방법은 계근시설에 음식물 수거차량이 진입하여 카드리더에 수거차량 고유의 카드를 인식시키면 자동으로 수거차량의 총중량, 공차중량, 실중량, 연월일, 시간, 차량번호, 소속 등이 중앙 제어실에서 감시·출력이 가능한 시스템으로 구성되어 있다.

계근대는 지하식과 지상식으로 구분되는데, 지하식의 경우 빗물이나 오수 등이 고여있을 경우 악취 및 철재 빔(Beam) 등의 부식을 초래하므로 지하 바닥에 구배를 갖는 맨홀을 설치하여 집수한 후 밖으로 펌핑한다. 또한, 자동화된 로드셀(Load Cell)에 의한 중량측정인 경우에는 주기적으로 보정하여 오차범위를 줄여야 한다.

음식물류 폐기물의 반입차량은 「폐기물관리법」 시행규칙 [별표 5]에 따라 악취가 나거나 오수가 흘러나오는 것을 방지하기 위하여 적재함이 밀폐된 전용차량으로 수집운반하거나 밀폐된 전용수거용기에 담아 운반하여야 하며, 각 차량 제원을 바탕으로 투입구(실)의 크기와 회전반경을 고려하여야 한다. 대표적인 음식물류 폐기물 차량의 종류와 제원을 다음 표에 나타내었다.

[표 2.1] 음식물류 폐기물 반입차량의 자원(5톤 기준)

구분	후부투입 수거차량	자동 수거차량
길이	6,300 mm	6,500 mm
높이 (투입높이)	2,600 mm (3,600 mm)	2,900 mm (3,900 mm)
너비	2,300 mm	2,300 mm
총중량	13,000 kg	12,000 kg
적재중량	6,300 kg	5,300 kg

[출처 : 국립환경과학원, 2017c]

### 2) 투입호퍼(저장)시설

저장호퍼는 음식물류 폐기물을 저장하고 시설용량에 알맞도록 공정에 공급하는 역할을 한다. 호퍼는 크게 개폐형과 개방형으로 나눌 수 있다. 개폐형 호퍼는 남은 음식물이 반입되는 동안만 개방되며 그 이외의 경우에는 밀폐되어 있다. 반면에 개방형 호퍼는 남은 음식물이 반입되지 않을 때에도 항상 개방되어 있어 악취 등 심미적 불쾌감의 원인이 된다.

음식물류 폐기물을 반입하는 시설 주변은 음식물류 폐기물 수집·운반차량의 투입작업이 용이하고 안전하게 진행될 수 있어야 한다. 특히, 차량으로 투입작업이 지체되지 않도록 충분한 면적이 확보되어야 한다.

구조는 음식물류 폐기물의 가교현상을 방지하기 위하여 안식각 및 내부식성, 내마모성을 고려하여 설계하여야 하며 하부에는 음식물류 폐기물의 이송처리가 용이한 구조로 스크루나 콘베어벨트 등으로 선별·파쇄시설로 이송할 수 있어야 한다.

하부의 수질오염물질은 자연배수 또는 동력을 이용하여 수질오염물질 저장조 또는 처리시설로 이송될 수 있도록 하고, 악취방지 대책 및 청소용수를 공급할 수 있는 시설을 설치하여 작업의 완료 또는 필요 시 이용할 수 있어야 한다.

음식물류 폐기물 투입호퍼는 음식물류 폐기물 수거차량으로부터 자원화시설로 반입되는 시설로서 반입용량은 자원화 생산시설용량과 밀접한 관계를 갖고 있는데 1일 반입량을 충분히 저장할 수 있고, 후속공정의 사고 등에 대비하여 최소한 2일분을 저장할 수 있는 용량이어야 한다. 투입호퍼 상부에는 악취 유출방지용 후드를 설치하여 악취의 확산을 방지하고 후드 및 덕트를 사용하여 악취방지시설에 연결하여 처리하여야 한다.

투입호퍼 및 스크루 집액부 전체를 내부식성 스테인레스스틸을 적용하여 내마모성이 증대되도록 하며 이송장치 하부에는 음식물류 폐기물의 수질오염물질(폐수)이 자연배수 되거나 동력을 이용하여 음식물류 폐기물 수질오염물질(폐수) 저장조로 이송될 수 있도록 하는 구조로 설치되어야 한다. 또한 청소용수를 공급할 수 있는 시설을 설치하여 작업의 완료나 필요 시 시설을 청소할 수 있도록 하여야 한다. 동절기 호퍼 내 폐기물 동결 문제를 방지하기 위해서 호퍼 내 가온설비(스팀, 온수 등)를 설치해야 한다.

### 3) 이송장치

이송설비는 음식물류 폐기물 자원화 및 처리시설에서 가장 고장이 빈번한 공정 중의 하나이다. 적절한 이송설비는 공정의 연계성과 효율성을 가져오지만, 문제 발생 시 전체공정에 지장을 초래할 수 있고, 또한 이송 중에 악취발생을 유발하여 작업환경을 저해할 수도 있다.

투입시설에서 파쇄·선별시설로 이송 등 단위시설의 연결 및 연속적으로 처리하기 위하여 콘베어벨트, 플라이트 체인, 스크루 등 이송시설을 설치하며, 밀폐구조로 악취에 대한 예방대책 및 고장에 따른 복구가 용이하도록 설치하여야 한다.

음식물류 폐기물을 습식으로 가공하여 펄프로 이송 시, 잔사 등 이물질에 의한 막힘현상과 철판에 의한 이송설비 손상방지에 대한 충분한 검토가 요구된다.

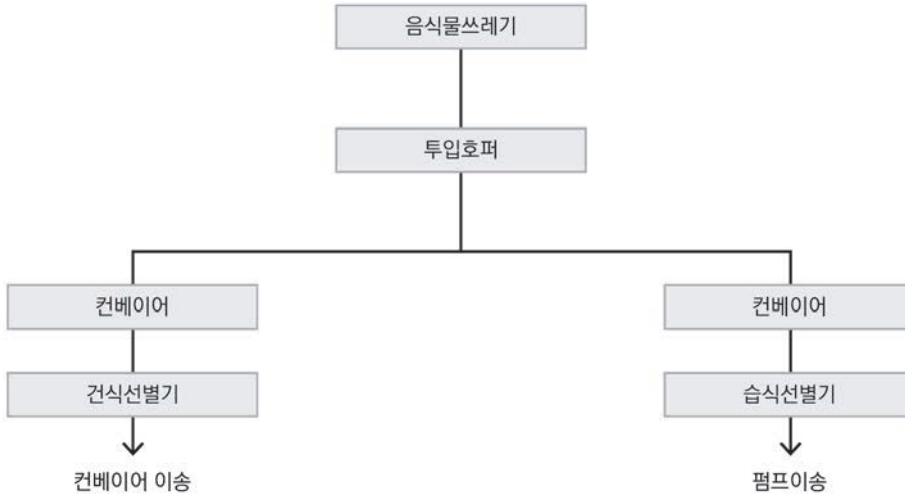
일반적인 이송장치는 컨베이어와 펄프가 주종을 이룬다. 투입호퍼에서 다음 공정인 이물질 선별기까지는 대부분 컨베이어에 의해 이송되며, 이물질 선별기의 형태에 따라 후단의 이송장치는 다른 형태를 가진다. 건식 선별기로 이물질을 제거할 경우에는 컨베이어에 가수를 하여 이송하며, 함수율이 높은 습식 선별기로 이물질을 선별할 경우에는 펄프로 이송을 하게 된다.

투입호퍼에서 이물질 선별기까지의 이송장치인 컨베이어는 주로 에이프런, 스크루 및 벨트 타입이 있다. 컨베이어에는 속도를 조절할 수 있는 장치를 설치하여 선별기로 투입되는 음식물류 폐기물의 양을 일정하게 조절해야 선별기의 부하를 균일하게 할 수가 있다.



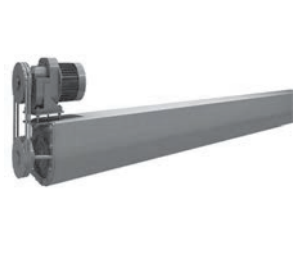


## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

스크루 형태는 주로 수직방향의 이송을, 벨트형태는 주로 수평방향의 이송에 사용되는데, 스크루 형태의 컨베이어는 음식물류 폐기물과 접하는 부분이 회전하면서 이송하기 때문에 마찰이나 마모가 심하다. 컨베이어 내에서는 취기나 먼지가 발생하기 쉬우므로 가능한 한 밀폐구조로 하고 악취를 흡입하여 악취제거시설로 보내는 것이 좋다.



[그림 2.1] 선별기 전·후단에서의 이송장치

[표 2.2] 컨베이어 종류에 따른 특징

구 분	스크루 컨베이어	플라이트 컨베이어	뉴메틱 컨베이어
구조			
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 좁은 공간 설치적용 가능</li> <li>• 유지관리 동선 확보 용이</li> <li>• 슬러지, 협잡물 이송용이</li> <li>• 이물질 끼임 현상 발생</li> <li>• 금속류 반입 시 스크루 작동 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 좁은 공간 설치적용 가능</li> <li>• 유지관리동선 확보 용이</li> <li>• 수직, 수평 동시 이송가능</li> <li>• 고점도 및 고압력 이송불가</li> <li>• 이물질에 의한 막힘현상 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 좁은 공간 설치적용 가능</li> <li>• 수직, 수평 동시 이송가능</li> <li>• 공압 이송으로 공기 사용량 과다</li> <li>• 과도한 압력 발생</li> <li>• 이물질 압착으로 인한 멍침 현상 발생</li> </ul>

[출처 : 국립환경과학원, 2017c]

## 4) 선별시설

반입되는 음식물류 폐기물에서 이물질을 제거하는 선별시설과 탈수 및 혼합 효율을 증가시키기 위한 파쇄시설은 전체 자원화시설에 있어서 중요한 공정 중의 하나이다. 사료화의 경우 이물질이 완전하게 제거되지 않으면 가축이 폐사하는 등의 심각한 문제를 유발될 수 있으며, 퇴비 내에 포함된 이물질은 제품의 유상판매를 어렵게 하는 원인 중 하나이다.

음식물류 폐기물에 포함된 비닐, 뼈다귀, 주방용품 등 이물질은 전용 수거용기 또는 전용 수거봉투 사용 등 수거방법에 따라 차이가 있으나 약 5 ~ 10 % 정도의 이물질이 포함되어 있으며, 이물질을 어떻게 효율적으로 제거하는 것에 따라 생산된 제품의 품질에 많은 영향을 미친다.

이물질에 의하여 파쇄기가 파손되거나 고장의 원인이 되어 작업에 지장을 초래하고 또한 파쇄공정 후 선별공정을 배치하면 무기성 입자들이 파쇄되어 음식물류 폐기물과 혼합되어 선별이 어려운 경우가 있으므로, 파쇄 이전공정에서 선별하는 것이 보편적이다.

선별시설은 처리효율 및 공정을 개선하기 위하여 전처리 과정에서 1차 선별하고, 가열 또는 발효공정이 끝난 후 1차 선별시설에서 제거되지 않은 불순물을 제거하여 품질을 향상하기 위하여 2차 선별공정으로 구분할 수 있다.

우리나라 음식물류 폐기물은 함유율이 높은 것도 하나의 특징이지만 비닐봉투, 플라스틱, 금속편류와 섬유류도 많이 함유되어 있다. 특히 동물 뼈의 경우 선별과정에서 제거하기가 어렵고 뼈는 금속성분이 아니기 때문에 자석으로 선별하기도 어렵다. 또한, 크고 단단하기 때문에 파쇄기 안에 들어가면 파쇄기의 고장을 유발해 운영에 많은 어려움을 준다.

### 가) 기계적 선별

기계를 이용하여 이물질을 제거하는 방법은 선별하고자 하는 물질의 특성을 이용하는 선별기술로 선별원리는 이물질의 크기, 강도, 밀도의 차이를 이용하거나 강도에 따른 탄성, 철과 같은 물질의 자성 등을 이용하여 선별하며 현재까지 많이 이용되는 선별장치이다.

음식물류 폐기물 전용 수거봉투는 기계적 선별이 어려우나 최근에는 파봉 공정을 거쳐 트롬멜 스크린을 이용하여 많이 제거하고 있다. 유리도 선별하기 어려운 물질인데 유리조각이 혼입되어 있는 퇴비물질은 외관적으로 품질이 낮을 뿐 아니라 농지에 이용 시에도 위험하기에 유리조각의 분리에는 탄성선별기나 풍력선별기가 적용되고 있지만, 아직 완전한 제거는 다소 어렵다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 나) 크기차이에 의한 선별

이물질의 크기 차이를 이용하여 선별하는 방법은 주로 체(Sieve)를 이용하는데 운영방법과 특징에 따라 진동체, 요동체, 선동체, 회전체(트롬벨)와 같은 형식이다.

진동체는 체면이 상하로 움직이면서 진동하여 이물질을 선별하는데 체를 다단으로 설치하여 위에는 큰 간격의 체, 아래에는 작은 간격의 체와 함께 진동시켜 선별효율을 높이기도 한다.

요동체는 체면이 앞뒤로 움직이며 진동하는 과정에서 큰 입자의 이물질은 남고 작은 입자는 빠져나가게 하는 선별하는 장치이고, 선동체는 체면이 평면적으로 원을 그리듯이 움직이는 과정에서 크기에 따라 이물질을 선별하는 장치이다.

앞에서 설명한 체는 진동을 시키기 위하여 상하, 좌우 및 원형의 형태로 체를 움직이는 것이었으나 회전체(트롬벨)는 망이나 다공판의 회전 드럼 안에 음식물류 폐기물을 통과시켜 입자가 작은 물질은 회전속도에 따라 투입구 반대쪽으로 이동되면서 외측으로 빠져 분리되고 크기가 큰 비닐봉투, 플라스틱 등 물질은 빠져나가지 못하고 내측에 걸려 있다가 출구 반대쪽으로 이동되면서 선별된다.

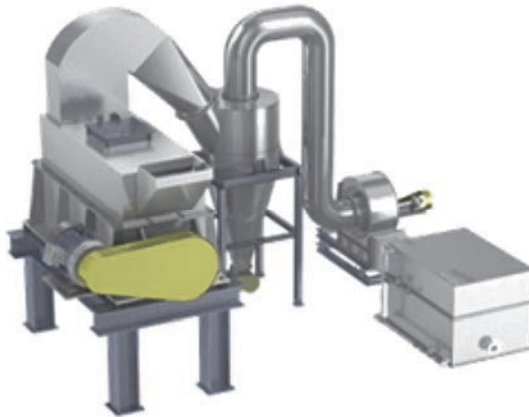
트롬벨체는 텀블링(Tumbling : 물질이 체위에서 상하로 튀는 현상)효과가 크고, 망 막힘 현상이 적으며 진동체 보다 소음이 적고 소요 동력이 적게 소요되어 많이 이용되고 있는 장치이다. 형태는 다각형, 원형, 원추형 등 다양한 형태가 개발되어 보급되고 있으며 선별원리는 드럼의 내부 혹은 외부에 위치한 블레이드(칼날)를 이용해 봉투나 음식물류 폐기물을 부드럽게 파쇄하며 회전력에 따라 이동하면서 빠져 나가지 못한 이물질 등은 외부로 배출되어 선별된다. 그러나 이 장치는 긴 섬유질이 함유된 음식물류 폐기물의 경우에 얽히는 수가 있으며 음식물류 폐기물이 멍쳐 스크린이 막히는 경우도 발생할 수 있다.

음식물류 폐기물을 퇴비화하는 과정에서 이물질의 선별은 파쇄 전 단계에서 수행하는 것이 효과적이다. 그 이유는 이물질 중에 병뚜개나 큰 동물의 뼈가 존재하면 파쇄기가 파손되거나 고장의 원인이 되어 작업에 지장을 초래하고 파쇄공정 후 선별공정을 배치하면 무기성 입자들이 파쇄되어 음식물류폐기물과 혼합되어 선별이 어렵기 때문이다. 일반적으로 음식물류폐기물의 경우에는 이러한 이유로 파쇄공정 전에 이물질 선별공정이 설치되어 있다. 또한, 발효 후에 미세한 이물질을 선별하는 2차 선별공정이 보완되어야 제품의 품질을 높게 유지할 수 있다.

즉, 발효공정에서 음식물류 폐기물 중 퇴비화 가능물질은 분해가 되면서 입자가 미세하게 분쇄된다. 이에 대해 분해가 되지 않는 이물질은 원형상태로 유지되므로 체로 쳐서 선별하게 되면 퇴비화물과 비퇴비화물을 분리할 수 있고 초기보다 함수율이 낮아져 이물질 제거에 효과적이어서 품질을 좋게 정선할 수 있다. 이 때문에 음식물류 폐기물의 발효공정 후에는 대부분 체로 재선별공정을 설치하여 운영되고 있다.

## 다) 강도차 선별기

퇴비화가 가능한 물질은 딱딱하지 않고 파쇄하기 용이하다. 반면에 금속, 나무조각, 비닐 등 이물질은 파쇄가 상대적으로 어렵다. 이와 같이 음식물류 폐기물 중 퇴비가능 물질과 이물질의 파쇄특성 차이를 이용하여 선별할 수 있다. 이것을 강도차 선별장치라 한다. 일반적으로 강도차 선별장치는 발효공정 앞에 두고, 파쇄기와 겹해서 사용되고 있다. 다음 그림은 시아드럼이라고 하는 파쇄선별기로 투입된 음식물류 폐기물 회전통에 의한 회전, 낙하를 하면서 회전통 내에 돌출한 칼에 의해 파쇄되고 파쇄물은 회전통 측판의 구멍을 통과하고 파쇄할 수 없는 것은 회전통 입구의 반대출구로 연속적으로 배출되면서 선별되어 파쇄와 선별공정이 한 장치에서 일어난다.



[그림 2.2] 파쇄선별기

[출처 : 수원시자원회수시설]

## 라) 밀도차에 의한 선별-풍력선별기

풍력선별기는 음식물류 폐기물 중의 이물질을 밀도차에 의하여 선별하는 원리로 주로 플라스틱 필름이나 유리조각의 제거에 이용된다. 풍력선별기 중에서 퇴비화 시설에 실제로 적용되고 있는 것은 수직형, 지그재그형 및 횡형회전식스크린 식이다.

수직형 지그재그탑 위에 폐기물을 투입하면 탑 아래에서 불어 올라오는 공기류에 의해 가벼운 물질은 위로 날려져 사이클론에서 모아진다. 한편 무거운 입자는 탑 밑으로 떨어진다. 탑이 지그재그 형태를 갖는 이유는 투입물질이 통로에서 머무는 시간을 길게 하여 약간의 밀도차로도 선별할 수 있도록 하기 위해서이다. 지그재그탑의 크기와 풍력을 적당히 선택함에 따라 상당한 범위 크기의 물질을 처리할 수 있다.

한편, 횡형회전식스크린 선별장치는 원추형의 체를 회전시키면서 송풍기에서 선회기류를 만들고, 원심분리작용으로 밀도가 큰 것부터 순서대로 체로 쳐가는 방법이다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 마) 무게(질량)차에 의한 선별

무게에 의한 선별기는 금속이나 플라스틱 필름 등을 선별할 목적으로 사용된다. 회전원통에 스파이크(탈곡기와 같이 원통에 강한 못과 같은 것을 부착한 상태)와 브러시를 장착한 로터리 스크린을 단계별로 설치하여 이물질의 무게와 크기 차에 의하여 선별한다. 즉 호퍼와 같이 생긴 구조물 상부에 음식물류 폐기물이 투입되면 지름이 큰 물질은 로터리 스파이크에 걸려 제일 앞의 지역에 떨어지고, 통과한 물질은 다음 로터리 스파이크에 걸려 가운데 지역에 떨어진다. 이와 같이 크기별로 선별된 물질은 로터리 브러시를 통과하면서 무거운 물질은 무게에 의하여 브러시가 휘어 그대로 앞으로 떨어지고 가벼운 물질은 브러시에 걸려 위로 올라가 다른 통로로 떨어져 분리된다.

즉, 지름이 크고 가벼운 필름류, 지름이 크고 무거운 금속이나 성형 플라스틱 및 지름이 작고 가벼운 음식물류 폐기물 3종류로 선별된다.

### 바) 비중 선별기

음식물류 폐기물 내 이물질을 비중 차이를 이용하여 분리하는 방법이다. 이 방법은 음식물류 폐기물을 액상상태로 만든 후 원형 또는 정방형용기에 투입하여 정지시키게 되면 비중이 가벼운 물질은 상부에 비중이 무거운 이물질이나 금속물질은 아래로 가라앉게 된다. 이 상태에서 침전된 이물질을 제거할 수 있다.

### 사) 탄성 선별기

음식물류 폐기물을 컨베이어벨트로 이송하면서 밑에 비스듬히 설치한 탄성판에 떨어뜨리면 유리조각이나 도기, 작은 돌 등은 탄성으로 멀리 튀고 퇴비화 물질은 탄성이 적어 가까이 떨어진다. 이와 같이 탄성판에 떨어뜨려 튀어나가는 탄력을 이용하여 선별하는 장치는 탄성판에 몇 단으로 겹쳐 선별효과를 올리는 것과, 탄성판을 벨트 컨베이어 상으로 하거나, 회전판으로 낙하거리를 증폭하는 것 등이 있다. 이러한 장치는 주로 발효가 끝난 퇴비물질을 선별하는데 적용한다. 적용 가능한 이물질의 종류는 유리, 금속, 도기, 천 및 고무조각류 등이고 풍력선별기와 조합하여 탄성을 크게 하거나 앞에 체를 이용하여 입도를 고르게 하면 선별효율이 향상된다.

### 아) 자력 선별기

자력선별기는 쇳물과 같은 자성체의 제거와 회수에 이용되며 자력드럼식, 자력벨트식으로 구분되며 적합한 것을 선택하여 사용한다.

자력드럼식은 고정된 자극과 그 주위를 회전하는 드럼으로 이루어지며, 상방주형과 하방주형이 있다. 자력벨트식은 고정된 자극과 벨트컨베이어로 구성되는데 컨베이어를 통해 이송되는 음식물류 폐기물은 상부에 설치된 자력선별기 밑을 통과하는 과정에서 자성물질이 선별되게 하는 장치이다. 자력선별기 앞에 풍력선별 과정을 두게 되면 자력선별에 의한 철 금속류의 선별효율을 높일 수 있으며, 자력선별을 먼저 한 후 파쇄공정이 뒤따르는 경우는 대형 철재류가 많이 포함되어 있어 파쇄시설을 보호할 필요가 있을 경우 적용된다.

## 5) 파쇄시설

파쇄시설은 음식물류 폐기물을 원하는 크기의 입경을 가지도록 파쇄하는 기능을 갖고 있으며, 처리효율을 높이기 위하여 사용한다. 음식물류 폐기물 전용수거봉투에 담겨 반입되는 경우 봉투를 파봉하는 파봉기를 사용하기도 한다.

파쇄하는 입자는 유기물 덩어리가 작을수록 표면적이 넓어 가열 또는 미생물 작용이 빨라져 처리시간을 줄일 수 있으나, 호기성 퇴비화의 경우 입자가 작을수록 공극률이 감소하기 때문에 이를 보완할 수분 조절재의 양이 많이 필요하므로 입도를 20 ~ 50 mm로 조절하여 발효조에 투입하는 경우 발효기간을 단축할 수 있다.

파쇄는 음식물류 폐기물의 입자크기를 원래 형태보다 작게 하여 균일한 형태로 만들어 선별효율을 높이기 위하여 이용한다. 음식물류 폐기물은 수거방법에 따라 차이가 있으나 보통 전용 수거봉투에 담겨 반입되는 경우가 많아 봉투를 파봉하는 파봉기를 사용하기도 한다. 파봉기는 전용 수거봉투를 파괴해 내용물을 끄집어내는 기계이며, 파쇄기는 음식쓰레기를 원하는 크기의 입경을 가지도록 파쇄하는 기능을 보유하고 있다. 파쇄장치의 배열은 음식물류 폐기물 이물질 선별 후단에 설치하여야 이물질에 의한 고장을 줄일 수 있다. 파쇄기의 운동방식, 구조 및 파쇄 방법 등에 따라 여러 가지 방식으로 분류하는데 다음 표에 나타난 것과 같이 전단식, 충격식(해머밀), 절단식 및 압축파쇄식 등이 있다.

[표 2.3] 파쇄기의 분류

구분	파쇄특성	파쇄기 유형	흐름형태	운동방향	속도
전단식	왕복식	기요틴, 절단기 왕복절단기	통과형	수형(좌우) 수직(승강)	저속 ~ 중속
	회전식	다중도회전	통과형, 순환형	수평, 수직, 경사형	저속 ~ 고속
충격식	1, 2축 회전	스윙해머, 고정해머, 링해머 체인	통과형, 순환형	수평, 수직형	저속 ~ 고속
절단식	회전식	칼날(톱날)형컷터	통과형, 순환형	수평, 수직, 경사형	저속 ~ 고속
	왕복식	수직절단날	통과형	수직형	저속
압축파쇄식	롤	롤	통과형	수평, 수직형	저속 ~ 중속
	요동식	-	통과형	수평형	저속
	스크루식	-	통과형	수평, 수직형	저속


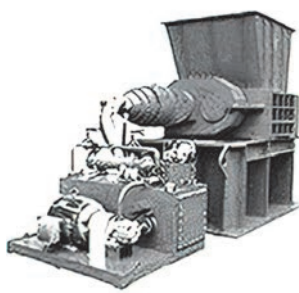



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

전단식파쇄기는 왕복과 회전 전단식파쇄기로 구분되며 왕복 전단식파쇄기는 유압방식에 의해 왕복하는 날과 본체에 고정되어있는 날에 의하여 파쇄가 이루어지며 회전 전단식파쇄기는 본체 내에 저속으로 회전하는 날과 고정된 날을 설치하여 두 날사이에 작용하는 전단력에 의하여 파쇄한다. 이 방법의 장점으로는 판으로 된 플라스틱과 같은 것도 파쇄할 수 있으며 망치(Hammer) 타입보다 동력소모가 적고 소음과 진동이 적으며 파쇄물질 크기가 비교적 균일하다. 반면에 다른 파쇄기보다 용량이 작아 봉투를 파쇄하는 용도로 많이 이용되며 유리와 같은 것은 미세하게 부서지기 때문에 선별제거가 어려우며 강한 이물질에 의하여 커터가 파손되기도 한다.

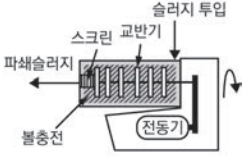


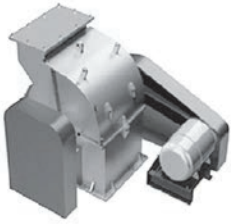
충격식은 주로 충격에 의해 음식물류 폐기물 중의 딱딱한 것을 파쇄하는 것으로 진동과 소음이 크다. 장치의 구조는 수평형과 수직형이 있으며 해머가 파쇄물질을 가격하는 힘에 의하여 파쇄된다. 이 장치는 파쇄과정에서 불꽃이 나기 쉬우므로 폭발에 주의해야 하는데 스프레이캔과 같은 인화성 물질의 혼입 물질 투입을 조심해야 하며 방음을 위해 견고한 실내에 설치해야 한다.

[표 2.4] 음식물류 폐기물 특성에 따른 1차 파쇄기 선정

구 분	선별 파쇄기	회전식 파쇄기	2축 파쇄기
구조			
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선별 + 파쇄 동시 수행 가능</li> <li>• 조대 입자의 전처리 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전단력 및 충격력 우수</li> <li>• 험잡물의 선별 효율 저조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연속적 정량공급 가능</li> <li>• 축 및 칼날의 유지보수 어려움</li> </ul>

[출처 : 국립환경과학원, 2017c]

[표 2.5] 음식물류 폐기물 특성에 따른 2차 파쇄기 선정

구분	볼밀파쇄기	미세 파쇄기	회전분쇄공급기	햄머파쇄기
구조				
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>고속회전하는 볼이 충전된 분쇄실로 이물질 유입시켜 금속볼 사이에서 발생하는 전단 마찰력과 열에 의해 파쇄</li> <li>후처리에 미치는 영향 적음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>함수율 85 % 이상 폐기물에 효율이 높음</li> <li>가수공정 불필요</li> <li>중량 이물질 제거에 탁월</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>스크린 사이즈 조절이 가능</li> <li>막힘 시 자동역회전 가능</li> <li>철 등의 금속 이물질 유입 시 칼날의 손상이 큼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>스컴생성 최소화</li> <li>가수공정 불필요</li> <li>철 등의 금속 이물질에 약함</li> </ul>
목표 입경	<ul style="list-style-type: none"> <li>0.5 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 ~ 20 mm 이하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 ~ 20 mm 이하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 ~ 20 mm 이하</li> </ul>

[출처 : 국립환경과학원, 2017c]

## 6) 포장시설

생산된 사료, 퇴비는 벌크(포장하지 않는 상태)로 공급하거나, 단위중량 20 kg 내지 25 kg으로 포장하여 출하할 수 있으며, 「사료관리법」 또는 「비료관리법」에서 규정하는 용기 및 포장에 의한 표시사항 및 방법을 준수토록 하여야 한다.

## 7) 탈수시설

음식물류 폐기물은 함수율이 높기 때문에 적절한 수준까지 함수율을 낮추어야 호기성 퇴비화가 가능하다. 이러한 함수율을 조절하는 방법으로서 함수율이 낮은 수분 조절제를 사용하는 방법, 건조시키는 방법 및 탈수기로 수분을 탈수하는 방법 등이 있다. 음식물류 폐기물을 탈수 또는 사료화, 퇴비화 등 처리과정에서 발생하는 수질오염물질은 사업자가 방지시설을 직접 설치하여 배출허용기준 이내로 처리하거나, 자체 수질오염방지시설에서 처리하는 방법, 폐수처리업자에게 위탁처리하는 방법, 자치 단체 공공시설인 하수종말처리시설, 폐수종말처리시설 등에 이송하여 연계처리하는 방법 등이 있다. 연계처리를 하고자 할 때에는 연계처리 수질기준을 만족하여야 한다.

음식물류 폐기물에 함유된 수분을 수분 조절제나 건조시설 등을 이용하여 수분을 조절하는 경우에는 탈수시설을 설치하지 않을 수 있다.

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 가) 탈수기

탈수장치를 이용하여 음식물류 폐기물 중의 수분을 제거하면 음식물류 폐기물 중의 수분이 감소하고 염분도 많이 떨어뜨리는 효과도 있으나 수질오염물질(폐수)이 발생하므로 인근에 하수처리시설 등이 있어 연계 처리하는 등 발생하는 수질오염물질(폐수)을 적절하게 처리하여야 한다. 이와 같이 탈수장치를 설치하는 경우에는 부가적으로 발생하는 오염물질에 대해 적절한 처리방법을 충분히 검토하고 탈수방법을 선택하여야 한다.

음식물류 폐기물 중의 수분을 제거하기 위하여서는 스크루압착식, 원심분리 등이 있으며 스크루압착식의 경우 탈수기에 투입하여 수분을 짜서 고형물을 분리한다. 원리는 투입된 음식물류 폐기물은 회전하는 스크루를 통하여 천천히 이송되면서 압착·파쇄되면서 고형화되고 나머지는 수분으로서 탈리된다. 탈수기로 음식물류 폐기물의 수분을 탈수하는 경우에는 필연적으로 탈수한 수질오염물질(폐수)이 발생하게 되며, 적정처리를 위해서는 일단 발생하는 수질오염물질(폐수)의 저장시설이 필요하다.

원심분리식 탈수기는 탈수기 본체를 고속으로 회전하게 되면 원심력에 의하여 고체와 액체로 분리되어 액상상태의 음식물류 폐기물 함유율을 75 % 정도로 탈수할 수 있다.

우리나라에서 음식물류 폐기물 처리시설에서 많이 쓰이고 있는 스크루식과 원심분리식 탈수기의 특징은 다음의 표와 같다.

[표 2.6] 스크루식과 원심분리식 탈수기의 특징

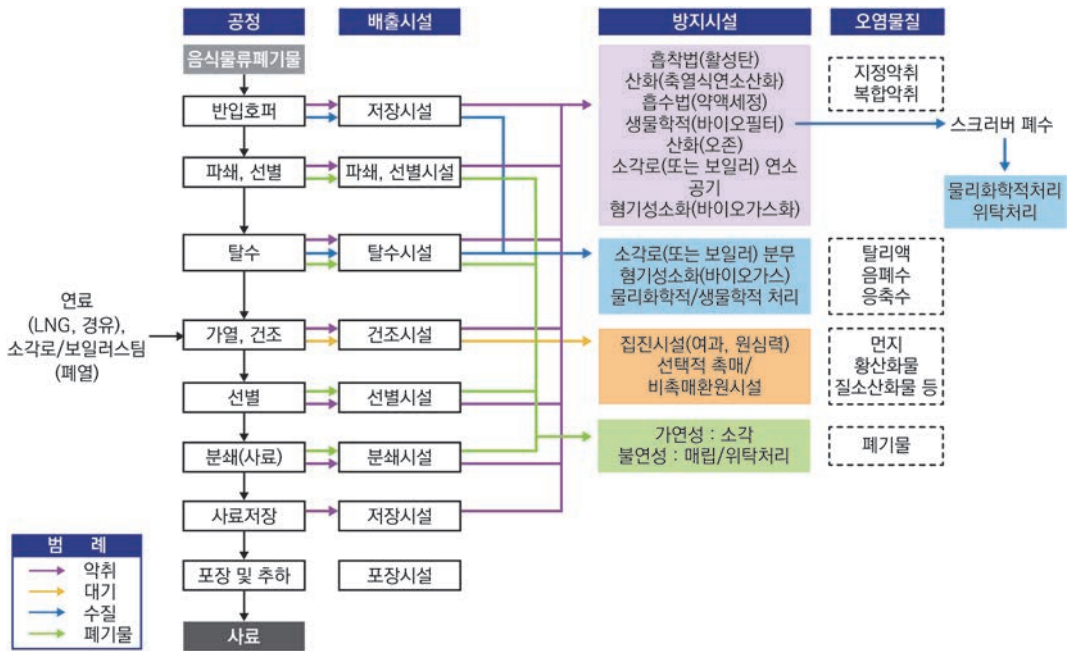
구분	스크루 탈수기	원심 분리기
탈수방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>스크루의 외경이 작아지면서 체적비를 줄여 탈수하는 방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고회전체의 회전력에 의한 원심분리 작용으로 탈수하는 방식</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>균일한 탈수 효과</li> <li>기기가 소형(Compact)하여 설치 및 유지 보수 용이</li> <li>음식물류 폐기물과 같은 고입자, 고점착성 물질의 탈수 시 효과가 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고수분 내의 저입자 탈수 시 효율 우수</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>함수율 60 % 미만으로 가동 시 내용물 파손 및 효율 저하</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고회전체로 인한 소음 및 유지보수 난이</li> <li>음식물류 폐기물과 같은 입자, 고점착성 물질의 탈수 시 배출구의 막힘현상 등 발생</li> </ul>

## 나. 사료화공정

사료화는 물리, 화학적 특성상 쉽게 변질되고 그 보관이 용이치 않을 뿐만 아니라 지역 및 계절적으로 배출되는 성상과 성분의 차이가 있으므로 신속하고 위생적인 수집·처리를 하여 위생제어 및 영양 제어를 통하여 안전하고 균형 잡힌 사료를 제조하는 것이다.

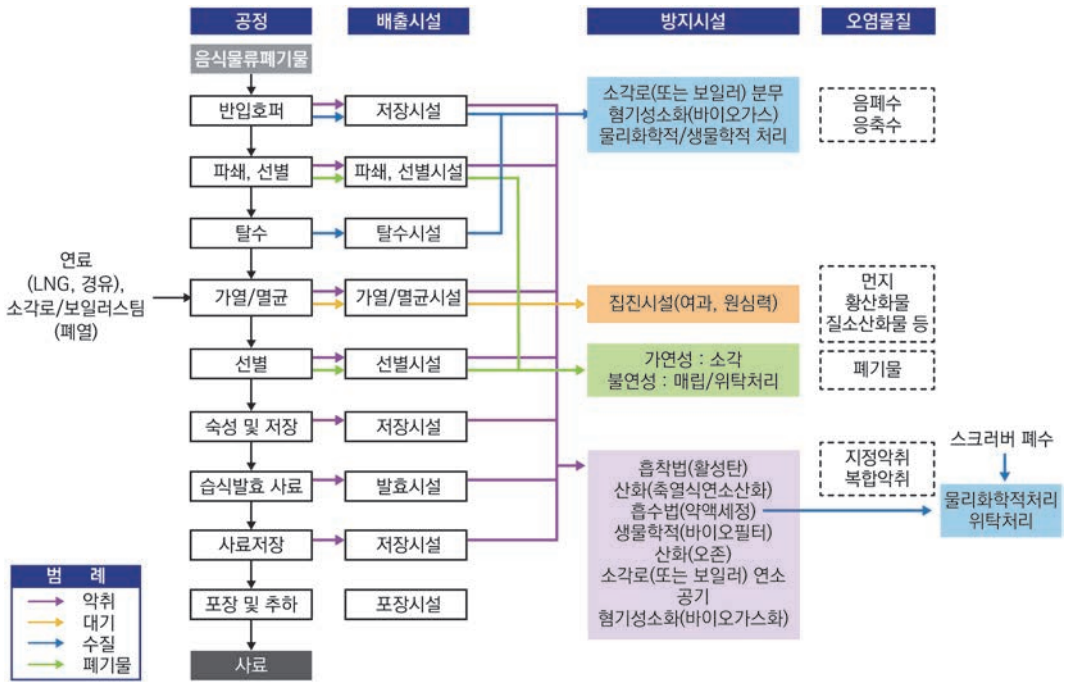
음식물류 폐기물을 가축의 사료로 만들기 위해서는 「사료관리법」 시행규칙 제6조 단미사료제조업 시설기준에 나타난 바와 같이 여러 가지의 단위공정 즉 계량시설, 저장시설, 수송(이송)장치, 선별시설, 파쇄(분쇄)시설, 혼합시설, 가열시설, 건조시설, 제품포장시설 및 악취제거시설로 구성되어 사료를 생산하게 된다.

음식물자원화시설에서 발생하는 주요 오염물질은 악취와 건조시설에서 발생하는 대기오염물질과 선별 및 탈수과정에서 발생하는 폐기물과 음폐수이다. 또한, 일정 동력 이상의 파쇄기 등 동력사용 기계에서 발생하는 소음·진동이 있다. 음식물자원화시설의 주요 공정도는 다음과 같다.

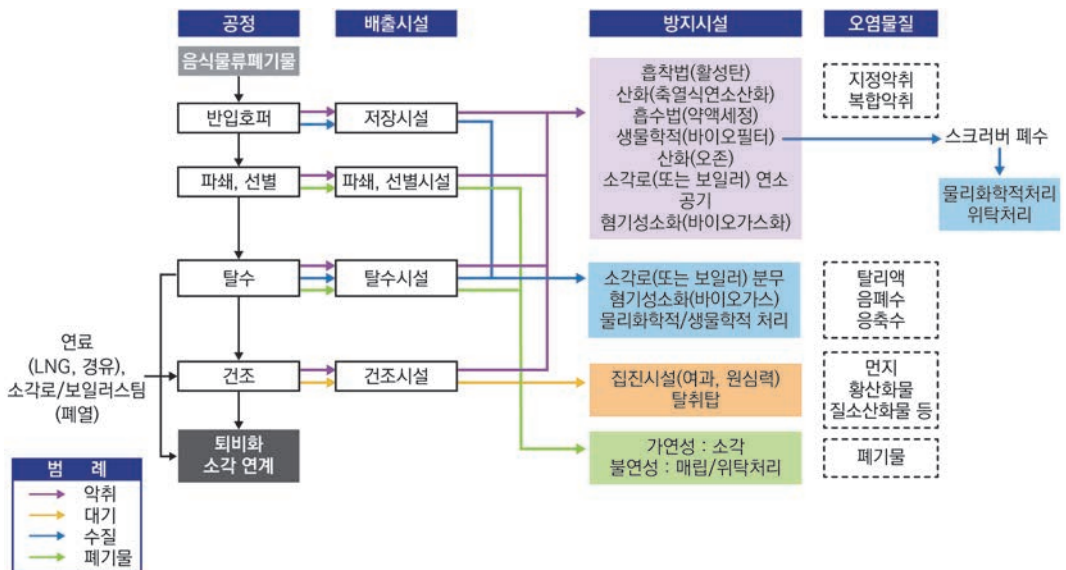


[그림 2.3] 건조사료화 통합공정흐름도

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황



[그림 2.4] 습식발효사료화 통합공정흐름도



[그림 2.5] 건조감량화 통합공정흐름도

## 1) 표준공정

음식물류 폐기물을 처리하여 사료로 재활용하는 공정은 계량시설, 투입시설, 선별시설, 파쇄시설, 가열시설, 발효/건조시설, 포장시설로 구성된다. 음식물류 폐기물의 전처리를 위하여 투입시설에 반입된 것을 이물질로 선별하여 제거하고 이를 적당한 크기로 파쇄한다. 선별시설은 파쇄시설 전후에 설치하나 음식물류 폐기물 중의 이물질이 파쇄시설을 훼손하는 것을 방지하기 위하여 파쇄시설 전에 배치하는 것이 일반적이다.

일정크기로 파쇄·분쇄된 음식물류 폐기물은 유해한 균을 사멸시키기 위하여 가열처리하여 사료의 안전성을 유지할 필요가 있다. 발효·건조 시설은 음식물류 폐기물에 단백질 및 섬유소 공급원을 적절히 첨가하여 혼합한 후 여러 종류의 유익한 미생물(발효제)을 일정 규모의 발효 설비에 적당량 첨가하여 발효과정을 거쳐 사료를 제조하는 단계이다. 이렇게 생산된 물질은 아직 이물질이 혼입되어 있는 경우가 많이 있다. 예를 들면 수세미의 경우 크기가 작지만 사료에 함유되는 경우 악영향을 미친다. 따라서 발효·건조공정 다음에는 미세한 이물질을 제거하기 위한 2차 선별이 필수적이며 선별이 끝나면 제품수요에 따라 포장 또는 비포장상태로 출하한다.

## 2) 저장시설

사료화 시설에서의 저장시설은 음식물류 폐기물을 파쇄하여 발효 또는 건조를 진행하기 전 단계에 필요한 시설이며 교반기, 공기공급장치 및 가열장치로 구성된다. 시설용량은 음식물류 폐기물이 반입되지 않는 휴일기간에도 음식물류 폐기물을 안정적으로 처리하고 과량의 음식물쓰레기가 발생할 경우를 대비하여 2일분 저장용량으로 설계한다.

## 3) 혼합시설

음식물류 폐기물의 조성은 계절별, 배출원별 등 여러 요소에 의해 수시로 변화하며 서로 상이하다. 사료화 시설에서의 부재료 혼합은 주로 부족한 영양소를 충족시키고 아울러, 염분 농도를 감소시키는 것에 그 목적이 있으며, 호기성 퇴비화 시설에서는 함수율을 낮추고, 통기성을 양호하게 하기 위한 것이다.

사료화 시설에서 사용되는 부재료로는 옥수수, 대두박, 쌀겨 등의 곡류가 가장 많았고, 그 외에 밀기울, 과자류, 배합사료, 발효미생물 등 다양한 재료들이 사용되고 있었으며, 호기성 퇴비화에서 사용되는 부재료로는 톱밥, 목편이 가장 많았고, 왕겨와 돈분, 계분 등 각종 분뇨 등이 사용되는 것으로 조사되었다. 혼합되는 부산물의 비율은 사료화의 경우, 전체적으로 반입 음식물류 폐기물량 대비 평균 15.8%, 호기성 퇴비화의 경우 25.6%로 조사되었다. 한편, 이러한 부재료는 음식물류 폐기물의 처리비에 상당부분을 차지하고 있다.

혼합시설은 음식물류 폐기물 사료를 식품가공부산물, 효모, 박류, 곡류부산물(강피류)과 혼합하여 가축에 적합한 사료를 생산하기 위하여 설치하며, 두 가지 이상의 다른 물질을 일정비율로 혼합하는 시설이므로 수분이나 형상에 따라 혼합시간과 효율이 차이가 있으므로 충분히 검토하여 선정하여야 한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

부형재나 배합사료의 혼합수준은 음식물류 폐기물을 급여하고자 하는 가축의 종류나 상황에 따라 필요한 영양소의 균형공급이 이루어 질 수 있도록 대상가축의 영양소 요구량과 맞게 조절한다. 만약 사육가축의 영양소 요구량에 따른 균형공급을 위한 사료배합이 안되어 영양소 함량이 부족하면 사육기간이 길어지게 된다.

음식물류 폐기물의 사료화 시설에서 혼합장치는 음식물류 폐기물과 수분조절재 혼합, 음식물류 폐기물과 부형재의 혼합 및 사료생산물과 영양물질의 보충을 위한 혼합을 위한 기계적인 장치이다. 혼합기는 스크루나 리본 또는 패들식이 있으며 두 가지 이상의 물질을 혼합하는 물질의 수분이나 형상에 따라 혼합시간과 효율이 차이가 있으므로 이것을 충분히 고려하여 내부 장치를 선정하여야 한다.

### 4) 가열 및 건조시설

음식물류 폐기물은 배출원에 따라 그 조성과 함량이 다르다. 영양소의 조성으로 볼 때 음식물류 폐기물은 단백질 함량이 비교적 높아 사료로서의 이용가치가 있으나, 수분함량이 높아 쉽게 부패되어 악취가 발생하는 단점이 있다. 또한, 대장균을 비롯한 각종 병원성 미생물이 증식할 위험이 있으므로 사료로서의 안전성을 위해서는 반드시 가열공정을 거쳐야 한다.

음식물류 폐기물을 이용한 사료화 제품은 「사료관리법」에서 규정한 바와 같이 100℃에서 30분 이상 가열할 수 있는 시설을 갖추어야 한다. 다만, 돼지전용사료로 제조하는 경우에는 80℃(심부온도)에서 30분 이상 가열할 수 있는 시설을 갖추어야 한다.

건조시설에서는 선별·파쇄된 음식물류 폐기물을 건조기에 투입하여 가열처리와 건조를 병행할 수 있으며, 건조방식의 선택과 시설운영에서는 사료의 영양소 파괴 및 탄화현상 방지에 대하여 충분히 고려하여야 한다.

건조시설에서는 음식물류 폐기물을 탈수하여 케익(함수율 75%)형태로 변환된 것을 건조기에 투입하고 간접가열 및 뜨거운 공기를 불어넣어 살균처리효과와 함수율 20% 전후로 건조하여 제품으로 만들며 건조사료의 영양소 파괴 및 연소 현상을 방지한다. 다음에는 음식물류 폐기물 자원화에 적용되고 있는 건조화 방법을 요약하였다.

- 열풍건조 방법 : 남은 음식을 유동층 건조방식에 의해 390℃ 정도의 열풍과 교반에 의해 순간적으로 건조시켜 사료로 이용하는 방법으로 선별, 건조, 분쇄공정 등으로 구성된다.
- 진공건조 방법 : 진공상태에서 압력이 떨어지면, 물의 비등점이 낮아지는 원리를 이용하는 방법으로, 수분을 진공상태에서 60 ~ 70℃의 온도로 증발 건조시키는 방법이다. 이 건조 시스템은 열공급 장치, 진공건조 장치, 증기냉각 장치로 구성된다.
- 원적외선 방법 : 가시광선보다 긴 파장(750 ~ 1,000 μm)을 갖는 원적외선 가열방식을 이용한 방법으로 원적외선 가열판에서 나오는 복사 에너지가 남은 음식물만을 직접 가열하여 건조되는 방식이다.

- 유온탈수 방법 : 기름을 열 전달체로 이용하여 낮은 압력 상태에서 고온을 유지하면서 남은 음식물 중 수분을 탈수한 후 다시 압력을 가해, 지방을 추출하거나 원심분리 또는 용해제를 이용하여 지방을 제거하는 방식으로 건조하는 방법이다. 매체가 열풍이 아닌 기름이라는 것이 특징이다.
- 간접열건조 방법 :  $7 \sim 8 \text{ kg/cm}^2$ (포화온도 :  $169 \sim 174 \text{ }^\circ\text{C}$ )의 스팀을 패들 또는 디스크 내부로 공급하고, 패들 또는 디스크가 회전하면서 음식물폐기물과 간접적으로 열교환하여 건조하는 방법으로 국내에 많이 활용되고 있고 기술적 안정성이 높다.

이러한 용도로 이용되는 건조기는 사이클론 건조기, 원적외선, 로타리킬른 및 다단식 스크루 건조기, 수평 원통형 패들식 또는 디스크식 건조기 등이 있으며 그 주요한 특징을 간략히 설명하면 다음과 같다.

### 가) 사이클론 건조기

내부의 회전날개를 고속으로 회전시키게 되면 원심력에 의하여 음식물류 폐기물은 건조기 내부의 벽면에 얇은 박막상으로 접촉하게 된다. 이 때 함수율이 높은 음식물류 폐기물이 가열면(벽면)에 닿게 되면 수분이 증발되면서 앞으로 이동한다. 이 과정이 연속적으로 반복되는 것이 사이클론 건조기의 특성이다.

### 나) 원적외선 드럼건조기

다량의 수분을 함유한 음식물류 폐기물에 물분자( $\text{H}_2\text{O}$ )가 원적외선을 잘 흡수하는 특성을 이용한 기술로서 표면적을 넓게 한 드럼 외부에 원적외선을 코팅하고 내부에서 열을 가하여 회전시키면서 음식물류 폐기물(탈수하지 않은)을 드럼상부에서 드럼외부의 표면에 고르게 분사하여 롤러로 밀착시켜 박막형태로 건조하여 분리시키는 장치로서 수질오염물질(폐수)이 발생하지 않는 특징이 있다.

설비의 특성상 함수율이 높은 음식물류 폐기물을 탈수하지 않고 바로 건조하는 관계로 이송라인의 관리가 중점적으로 이루어져야 하며, 드럼건조기 표면에 건조물이 고르게 분포될 수 있도록 정량 공급을 유지하고 특히 건조물이 타지 않도록 체류시간과 가열온도를 적절히 조절하여야 한다.

### 다) 로타리킬른 건조기

로타리킬른 타입은 소각분야에 많이 이용되면서 건조 부분으로 발전된 기술이다. 근래에 들어서는 건조물의 표면적을 넓게하기 위하여 내부구조에 변형을 주어 초기 열전달이 용이하도록 마이크로 웨이브 파장의 복사열을 이용하고, 폐열을 회수하여 건조기 내부로 이송 건조효율을 높여 에너지 손실을 최소화하는 기술로 발전되고 있다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 라) 다단식 스크루건조기

패들형식의 이송스크루를 높이방향으로 5 ~ 6단 설치하여 체류시간을 충분히 확보한 향류식 건조기로 체류시간의 조절이 용이하며 다수의 이송/교반과 분쇄 패들에 의해 충분한 교반과 분쇄가 가능한 장치이다.

### 마) 디스크식 건조기

디스크 건조기는 회전축과 자켓형으로 만들어진 이중 디스크 내부에 스팀을 공급하여 물질을 건조하는 간접 열교환형 건조장치이다. 다른 많은 간접열을 이용한 건조기보다 2 ~ 6배의 높은 열전달율을 얻을 수 있고 로터 속도를 조절하여 최적의 열교환과 혼합을 위한 체류시간을 조절할 수 있다.

### 바) 패들식 건조기

수평 원통형 건조기 내부에 패들이 음식물폐기물 진행 방향으로 회전하면서, 패들 내부에 7 ~ 8 kg/cm<sup>2</sup>의 스팀을 공급하여 간접 열전달에 의해 건조하는 방식으로 국내 적용 실적이 많고 기술적 안전성이 높다.

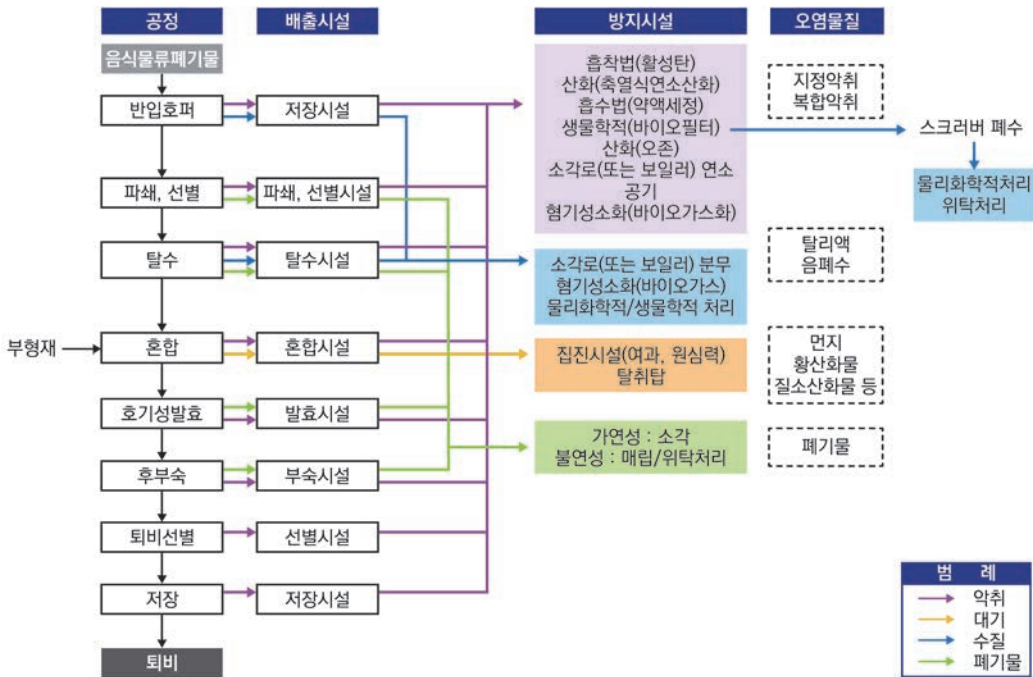
## 5) 제품포장시설

음식물류 폐기물을 사료로서 자원화 작업이 완료되면 자동포장설비로 이송된다. 생산된 사료는 품질관리를 위하여 벌크(포장하지 않는 상태)로 출하하는 것 이외에는 일반적으로 단위중량(20, 25 kg)으로 포장을 한다. 포장 시 이물질이 들어가지 않도록 스크린을 포장공정 전에 설치하여야 하며 계량오차가 발생하지 않도록 계량장치 관리를 철저히 하여야 한다.

포장시설 구성은 제품을 용기에 포장하는 포장설비(Packer)와 포장된 용기의 접착을 위한 접착설비(Bend Sealer)와 냉각기 등으로 구성되며, 포장설비(Packer)에는 제품의 비산을 억제할 수 있는 구조로 되어 있어야 한다. 또한 분진을 포집할 수 있도록 계획해야 하고, 로드셀(Load Cell)을 장착하여 자동 계량이 가능하도록 해야한다. 접착설비(Bend Sealer)는 히타바와 냉각기로 구성되며 공랭식 또는 수랭식으로 냉각시킨다. 포장재나 포장용기에는 「사료관리법」 제12조(사료의 표시기준 등)에서 규정하는 성분등록과 그 밖의 사용상 주의사항 등을 표시하여야 한다.

## 다. 퇴비화과정

퇴비화시설은 발효설비를 중심으로 전단에는 전처리공정이 있으며 후단에는 후처리공정이 배열되고 이외에도 각 시설에서 발생하는 악취를 처리하는 악취 제거시설, 수질오염물질을 처리하는 폐수처리시설 및 집진시설 등이 필요하게 된다.



[그림 2.6] 퇴비화 통합공정흐름도

퇴비화시설도 사료화시설과 비슷하게 수거·운반된 음식물류 폐기물의 무게를 계량하여 투입시설에 저장하고 이를 다음 공정에 이송하면서 이물질 제거하게 된다. 선별공정은 시설 운영에 중요하며 파쇄공정 전에 주로 배열하여 운영한다. 발효시설은 발효가 잘 진행되기 위하여 공기의 공급, 수분의 조절, 탄소/질소(C/N)비, 온도 등을 잘 조절해 주어야 하며 폐수처리시설은 음식물류 폐기물의 처리 방법에 따라 발생하기도 하는데 하수처리시설 등에 연계하여 처리하는 방법과 직접 처리하는 방식이 있으며 시설의 계획단계에서 신중히 검토하여야 할 사항이다.

퇴비화 시설은 생산 및 출하까지 걸리는 시간이 길다. 즉 퇴비화시설에서 적어도 처리에 1개월 정도 소요되고 제품 출하에 걸리는 시간도 약 2~5개월 정도 소요되기도 함으로 시설 설치에 이를 충분히 고려하여야 한다.

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 1) 호기성 발효

발효시설은 호기성미생물의 최적 환경을 조성하기 위한 공기공급장치, 함수율, 발효온도 및 뒤집기 등 주요 발효인자에 대하여 조절이 가능하도록 설치하여야 한다.

음식물류 폐기물은 분해가 일어날 수 있는 조건만 갖추어지면 어디서나 일어날 수 있으나 많은 시간이 걸리고 냄새 등이 발생하여 악취를 발생하기도 하며 해충과 설치류 등이 발생하여 위생적인 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 최대한 짧은 시간에 위생적이고 안전하게 처리하기 위해서는 인위적으로 발효가 최적인 상태에서 진행되어 처리되는 발효시설이 필요하다. 발효조에서는 음식물류 폐기물이 분해될 수 있도록 공기공급장치, 수질오염물질(폐수)저장탱크, 교반시설 및 배기관 등이 설치되어야 한다.

#### 가) 공기공급장치

공기공급장치는 발효시설 하부에서 위로 공기를 공급하는 송풍식과 아래로 흡입하는 흡입식으로 구분할 수 있다. 발효시설 내부 퇴비원료의 수분함량(40 ~ 60 %)을 조절하여야 하며, 함수율이 낮거나 높으면 발효가 진행되지 않거나, 발효기간이 길어지게 된다.

발효시설에서는 사용원료의 종류 및 투입량에 따라 차이가 있으나, 최적 발효조건에서 최소한 15일 이상 발효과정을 거쳐야 하며, 내부온도를 50 ℃ 이상에서 최소한 3일 이상 유지하여야 한다.

제품의 균질화, 과산화(몽킴현상) 방지 및 수분의 고른 분배를 위하여 교반(뒤집기)을 실시하여야 하며, 동시에 퇴비를 이송시킬 수 있는 기능이 포함될 경우 효율적이다.

호기성 퇴비화시설은 교반시설을 통한 공기와의 접촉 이외에 밑에서부터 공기를 발효시설 위로 공급하는 공기공급장치의 설치가 필요하다. 공기공급시설은 공기송풍기와 배기관으로 구성되며 바닥배관을 통하여 공급된 공기는 발효실 앞부분의 퇴비 더미층을 통과하면서 공기를 공급하여 호기성조건을 형성하고 중간과 끝의 퇴비층에서는 수분을 증발시켜 함수율을 줄이는 역할도 한다.

발효실 퇴비더미 속은 호기성조건을 유지하기 위하여 산소가 약 5 % 이상을 함유되어 있어야 하며 이렇게 유지하기 위하여 1평방미터당 1분에 약 0.2 ~ 0.5 m의 공기를 상태에 따라 조절하면서 송풍한다. 이 공급 장치에서는 공기공급의 파이프 기공이 막히는 문제가 잘 발생하는데 이러한 원인은 수질오염물질(폐수)이 바닥에 고였다가 말라버려 막히는 경우와 에스컬레이트 교반차를 사용할 경우 교반 바닥면에 공극을 막는 차단층이 생기기 때문이다.

## 나) 교반기

발효실에 투입된 음식물류 폐기물은 시간이 경과하여 분해되면서 서서히 발효시설 뒤쪽으로 이동시켜 투입부의 공간을 확보하여야 연속적인 처리가 가능하다. 즉 하루 작업시간 내에 발효조 맨 앞에 그날 처리량을 투입할 수 있도록 빈 공간을 만들어 놓아야 한다. 일반적으로 발효실에 투입된 음식물류 폐기물은 이동시키지 않고 교반하면서 서서히 이동할 수 있도록 하고 있다. 교반기는 기능적으로 교반만 하는 것이 아니라 교반과 동시에 음식물류 폐기물 퇴비더미를 앞에서 뒤쪽 방향으로 이송시켜주는 중요한 역할을 하고 있다.

따라서 교반차는 이러한 작업량을 충분히 소화해낼 수 있는 능력을 파악하여 운영하여야 한다. 이러한 교반기로는 에스컬레이트식 교반차, 패들형 교반기 등이 있다.

에스컬레이트식 교반기는 발효조교반기로서 교반, 혼합, 공기공급, 이송 및 배출이 가능한 장치이다. 함수율이 높은 원료의 영김을 방지하고 수분의 제거 및 퇴비화가 용이하며 발효실 전체폭을 나누어 교반하면서 교반 및 이동속도의 가변속이 가능한 장치이다.

패들교반기는 발효시설의 상부에 설치된 크레인에 의해 주행, 횡행이 가능하도록 설치하여 운영되며 운전 시에는 과상화를 방지하고, 교반물질이 발효실 내에 부드럽게 퇴적되기 때문에, 원료 간의 공극이 증가하고, 양호한 호기성 발효조건을 유지시켜 준다. 주행속도는 최고 4.5 m/min까지 가능하여 음식물류 폐기물을 호퍼에 투입하거나 교반기의 위치를 변경할 때 신속하게 이동할 수 있고 음식물류 폐기물의 살포, 교반, 퇴비 배출 등 작업 특성에 따라 운전속도를 조절하면서 운영이 가능하다. 또한, 교반 축의 상·하 위치조절을 통하여 퇴비화된 음식물류 폐기물의 배출량 조절이 가능하고 필요에 따라 정·역회전이 가능한 장치이다.

## 2) 후부숙시설

발효공정을 거친 잔재물 중 분해시간이 장시간 소요되는 리그린 및 셀룰로오스 등의 섬유질성분 분해를 위한 후부숙공정이 필요하다. 사용하기 전에 이상적인 조건에서 최소한 21일 이상 후부숙공정을 거쳐, 미숙에 의한 부작용을 초래하지 않아야 한다.

생산된 퇴비는 바로 사용할 수 있으며, 수요가 발생할 때까지 보관하는 경우에는 흘날리거나 누출되어 주변 환경에 지장을 초래하지 않도록 저장시설에서 보관하여야 한다. 또한, 생산된 퇴비의 배출이 어려울 경우 퇴비를 저장하여 장시간 후부숙시키거나 발효조로 반송하여 수분조절, 자연 미생물 공급재로 재사용하는 방법으로 활용이 가능하다. 발효공정에서 발생하는 악취제거를 위한 바이오 필터에 여재로 충전시켜 사용이 가능하다. 일반적으로 후부숙에 소요되는 기간은 환경조건에 따라 차이가 있으나 최소한 약 60일 이상의 기간이 필요하다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 3) 포장시설

숙성이 완료된 퇴비는 1차 선별( $\phi 30$  mm) 및 2차 선별( $\phi 10$  mm)의 2단계 회전망 선별기 등으로 페비닐 및 금속류 등 이물질이 완전 제거되도록 선별하여 최종 생산 퇴비의 품질이 균질하면서도 이물질이 함유되지 않도록 운영한다. 이 포장공정에서는 자원화시설의 최종 상품화 과정으로 자동 계량기로 정량 계량된 퇴비를 일정한 포장용기에 포장 또는 비포장상태로 최종 수요처에 공급한다.

생산된 제품을 퇴비로 이용하는 경우에는 「비료관리법」 제14조(보증표시 및 판매관리)에서 정하는 바와 같이 용기나 포장의 외부에 비료의 명칭, 보증 성분 등의 보증표시를 하여야 하며, 토양개량제 등으로 이용하는 경우에는 포장재 외부에 「환경부고시 제2015-200호 유기성오니 등을 토지개량제 및 매립시설 복토 용도로의 재활용 방법에 관한 규정」 [별표 5](부속토 생산자보증표시)에서 정하는 내용을 표시하여야 한다.

### 4) 저장시설

음식물류 폐기물을 처리하여 생산된 제품은 포장하거나 벌크 상태로 반출하여 소비자가 사용하게 되나 우리나라의 경우 계절적인 이유로 퇴비의 사용기간이 제한되어 있다. 즉 음식물류 폐기물의 자원화시설에 반입되는 음식물류 폐기물은 날마다 규칙적으로 반입되는데 반하여 생산되는 퇴비의 수요는 주로 봄과 가을에 발생된다. 따라서 우리나라의 경우 생산된 퇴비를 적어도 6개월 정도 보관할 수 있는 퇴비 저장시설을 갖추어야 생산된 퇴비를 수요가 발생할 때까지 보관할 수 있다.

생산된 퇴비의 장기적인 보관을 위하여 음식물류 폐기물 퇴비화시설에서는 필수적으로 저장시설을 갖추거나 또는 수요처에서 일정기간 보관할 수 있는 저장용량을 확보한 경우에는 저장시설을 설치한 것으로 인정하는 방안 등을 통하여 비수요기에 대비할 수 있어야 한다. 저장시설의 용적(부피)은 다음의 식에 의하여 개략적으로 산정할 수 있으나 시설·종류별 차이가 있을 수 있으므로 시설 설계 시 물질수지에 따른 이론적인 퇴비생산량을 이용하여 산정하는 것도 가능하다.(단, 이 저장시설은 호기성 퇴비화시설의 경우에 적용되며 보관시설용적은 퇴비물질을 보관할 수 있는 유효용적을 의미한다)

$$\text{저장시설 유효용적(m}^3\text{)} = \text{처리용량(kg/일)} \times 180 \text{ 일} \times a \div b$$

$$a = 0.2(\text{퇴비생산수율 ; 무게기준})$$

$$b = 0.5 \text{ 퇴비물질의 겉보기밀도(kg/m}^3\text{)}$$

## 2.1.2 오염물질 배출현황

### 가. 대기오염물질

#### 1) 건조사료화

건조사료화 공정에서는 가열 및 건조공정이 포함됨으로 투입되는 연료 및 원료로 인한 대기오염물질 배출이 발생하며 인근 소각시설이 갖추어진 경우 소각시설의 여열(스팀)을 이용하는 경우 대기오염물질을 줄일 수 있다.

[표 2.7] 건조사료화 공정의 대기오염물질 발생 특성

배출원	종류	관리방법
가열·건조기	대기오염물질(투입연료에 따라 먼지, 황산화물, 질소산화물 등)	집진시설(여과, 원심력), SCR(Selective Catalytic Reduction)

#### 2) 습식발효사료화

습식발효사료화공정은 파쇄 및 선별시설이 대기배출시설이나 습식시설로 대기배출시설 예외사항에 해당되었다. 2021년 개정된 「대기환경보전법」 시행규칙 [별표3]에 의거하여 대기오염배출시설에서 제외되었던 습식시설에 대한 조항이 삭제되면서 습식시설이라도 대기배출이 발생할 경우 대기배출로 신고하여 관리하여야 한다. 따라서, 대기오염물질 미배출시설임을 확인할 수 있는 추가적인 데이터 확보가 필요하다. 가열 또는 멸균시설에서 추가적인 대기오염물질 발생이 가능하다.

#### 3) 퇴비화

퇴비화 공정의 혼합시설에서 대기오염물질이 발생한다.

#### 4) 건조감량화

건조감량화 공정의 건조시설에서 투입 연료 및 원료에 따라 대기오염물질이 발생한다.

[표 2.8] 감량화 공정의 대기오염물질 발생 특성

배출원	종류	관리방법
가열·건조기	대기오염물질(투입연료에 따라 먼지, 황산화물, 질소산화물 등)	집진시설(여과, 원심력)



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 나. 수질오염물질

#### 1) 건조사료화

음식물류 폐기물 처리공정에서 발생하는 수질오염물질은 저장공정에서 발생하는 음폐수 및 탈수 공정에서 발생하는 탈리액으로 인한 폐수가 다량 발생한다. 또한, 반입차량의 세차 및 세륜 과정에서 발생하는 폐수와 악취방지시설의 흡수에 의한 시설(약액세정 등)에서 발생한다.

탈리액 및 음폐수를 처리할 경우 혐기성소화를 통한 바이오가스 자원화하는 방법이 우선적으로 검토되어야 한다.

[표 2.9] 건조사료화 공정의 수질오염물질 발생 특성

배출원	종류	관리방법
악취방지시설 (흡수에 의한 시설), 탈리액, 저장 음폐수, 세차·세륜시설, 건조배가스 응축기	폐수, 응축수	폐수처리(물리화학적처리), 위탁처리, 소각(음폐수 소각), 혐기성소화(바이오가스)

[표 2.10] 음식물자원화시설에서의 폐수 발생량

자원화방법		실처리량(톤/일)	폐수발생량(톤/일)
사료화	건식	60	12
		250	70
	습식	20	0.5
		15	0
		3	0
		7	0.6
호기성퇴비화	10	1.6	
	70	25	
	25	0	
	25	0	
	40	25	
	20	0	
	40	0	
하수병합	11	0	

[출처 : 서울시립대학교, 2002]

[표 2.11] 음식물자원화시설에서 발생하는 폐수 특성

항목	사료화 시설	호기성 퇴비화 시설
pH	4.0 ~ 4.1	4.0
염분(%)	10	9 ~ 16
CODcr(mg/L)	160,000 ~ 180,000	100,000 ~ 220,000
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	135,500	128,800
SS(mg/L)	36,000 ~ 49,000	13,000 ~ 57,000
T-N(mg/L)	3,800 ~ 3,900	3,300 ~ 5,400
T-P(mg/L)	545 ~ 2,300	600 ~ 2,410

[출처 : 서울시립대학교, 2002]

## 2) 습식발효사료화

음식물류 폐기물의 저장시설에서 발생하는 음폐수 및 습식 악취처리 후 발생하는 스크러버 폐수가 있으며 음폐수는 소각로 분무, 혐기성 소화를 통한 바이오가스화, 물리/화학적 처리한다.

## 3) 퇴비화

퇴비화공정에서 발생 가능한 수질오염물질은 저장시설에서 발생하는 음폐수 및 탈수기에서 배출되는 탈리액이 있다.

[표 2.12] 퇴비화 공정의 수질오염물질 발생 특성

배출원	종류	관리방법
악취방지시설 (흡수에 의한 시설), 탈리액, 저장 음폐수, 세차·세륜시설	폐수	폐수처리(물리화학적처리), 위탁처리



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 4) 건조감량화

건조감량화공정에서 발생 가능한 수질오염물질은 저장시설에서 발생하는 음폐수 및 탈수기에서 배출되는 탈리액이 있다.

[표 2.13] 건조감량화 공정의 수질오염물질 발생 특성

배출원	종류	관리방법
약취방지시설 (흡수에 의한 시설), 탈리액, 저장 음폐수, 세차·세륜시설	폐수	폐수처리(물리화학적처리), 위탁처리

### 다. 발생 폐기물

#### 1) 건조사료화

음식물류 폐기물을 선별하는 과정에서 헝잡물이 발생하며 발생형태에 따라 분류하여 처리하여야 한다. 가연성 이물질은 소각처리 할 수 있으며 철, 유리 등 불연성 물질은 위탁처리를 통해 적절히 처리하여야 한다.

[표 2.14] 건조사료화 공정의 폐기물 발생 특성

배출원	종류	관리방법
선별	헝잡물	소각
	철, 금속	위탁
탈수	헝잡물	소각
건조배가스 응축기	응축수	폐수처리, 위탁처리

#### 2) 습식발효사료화

습식발효사료화는 돼지, 오리, 타조 및 개를 키우는 축산농가에서 직접 축사 부근에서 사용하는 방법으로 소규모에 적합하여 통합환경허가 대상 사업장에는 해당 사업장이 없었다. 2019년 기준 3개의 공공사업소에서 습식사료화 방식을 적용하고 있으며 민간 음식물류 폐기물 처리시설에서는 약 141개소로 민간처리시설 중 70%가 습식사료화 방식으로 처리하고 있다. 습식사료화방식에서 발생 가능한 오염물질은 헝잡물인 폐기물이 주요 발생 오염물질이다. 대부분 소규모 시설로 오염물질 측정 및 발생특성에 대해서는 추가 조사가 필요하다.

### 3) 퇴비화

[표 2.15] 퇴비화 공정의 폐기물 발생 특성

배출원	종류	관리방법
선별	협잡물	소각
	철, 금속	위탁
탈수	협잡물	소각
	탈리액	소각, 혐기성소화(바이오가스)

### 4) 건조감량화

[표 2.16] 건조감량화 공정의 폐기물 발생 특성

배출원	종류	관리방법
소각, 혐기성소화(바이오가스)	협잡물	소각
	철, 금속	위탁
탈수	협잡물	소각
	탈리액	소각, 혐기성소화(바이오가스)

## 라. 악취

### 1) 건조사료화

악취는 음식물류 폐기물 처리시설의 전체 처리공정에서 발생하며 각 공정마다 발생하는 악취 유발 물질의 성상과 농도가 달라 공정별 발생하는 악취물질 측정을 통한 적정 방지시설 설치가 필요하다.

음식물자원화시설의 모든 공정에서 복합악취와 지정악취가 동시에 발생한다. 따라서 모든 공정에 방지시설 또는 공간탈취 및 국소탈취를 통해 최적 방지시설과 연계하여 적정처리를 해야 한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

[표 2.17] 건조사료화 공정의 악취 발생 특성

투입물질	공정	악취	관리방법
음식물류 폐기물	반입 및 저장	복합악취, 지정악취 (황화합물, 알데히드류, VOCs, 지방산류), 위탁, 소각, 소각, 혐기성소화(바이오가스)	밀폐, 공간탈취/국소탈취, 흡착법(활성탄흡착 등), 산화(축열식연소산화 등), 생물학적(바이오필터), 산화(오존산화 등), 소각로 연소용 공기 (처리하고자 하는 오염물질에 따라 조합하여 사용)
	파쇄·선별		
	탈수		
	가열·건조		
	선별		
	분쇄		
	저장		

[표 2.18] 음식물자원화시설의 공정별 악취 발생 특성

구분		복합악취 (평균) (배)	주요 지정악취물질 기여도(%)	
			계열별	항목별
전처리공정	반입동(실내)	3,450	황화합물류 67 %, 지방산류 31 %	메틸메르캅탄 4 %, i-발레르산 11 %
	파쇄시설	12,841	황화합물류 46 %, 지방산류 50 %	메틸메르캅탄 43 %, n-발레르산 24 %
	탈수시설	15,964	황화합물류 64 %, 지방산류 31 %	메틸메르캅탄 61 %, i-발레르산 15 %
	음폐수저장조	18,523	암모니아 89 % 황화합물류 10 %	트라이메틸아민 50 %, 메틸메르캅탄 7 %
음식물류 처리공정	건조시설	23,022	황화합물류 37 %, 지방산류 36 %	메틸메르캅탄 33 %, n-발레르산 17 %
	발효시설	11,924	황화합물류 60 %, 암모니아 19 %	황화수소 56 %, 트라이메틸아민 19 %
	처리동(실내)	2,631	지방산류 67 %, 황화합물류 15 %	n-발레르산 52 %, n-부틸산 15 %
악취 방지시설	유입구	5,976	지방산류 55 %, 암모니아 17 %	i-발레르산 28 %, 트라이메틸아민 17 %
	배출구	3,189	지방산류 42 %, 암모니아 24 %	황화수소 87 %, n-발레르산 5 %

[출처 : 한국환경공단, 2020b]

## 2) 습식발효사료화

발생폐기물과 동일하게 습식사료화방식에서 발생 가능한 오염물질 중 하나로 대부분 소규모 시설로 오염물질 측정 및 발생특성에 대해서는 추가 조사가 필요하다.

[표 2.19] 습식발효사료화 공정의 악취 발생 특성

투입물질	공정	악취	관리방법
음식물류 폐기물	반입호퍼	복합악취, 지정악취	흡착법(활성탄흡착 등), 산화(축열식연소산화 등), 흡수법(약액세정), 생물학적(바이오필터), 산화(오존), 소각로 연소용 공기 (처리하고자 하는 오염물질에 따라 조합하여 사용)
	파쇄·선별		
	가열·멸균		
	선별		
	숙성 및 저장		
	습식발효사료		

## 3) 퇴비화

악취는 모든 처리공정에서 발생하며 각 공정마다 발생하는 악취 유발물질의 다르고 그 농도가 달라 공정별 발생하는 악취물질 측정을 통한 적정 방지시설 설치가 필요하다.

모든 공정에서 복합악취와 지정악취가 동시에 발생한다. 따라서 모든 공정에 방지시설 또는 공간탈취 및 국소탈취를 통해 최적 방지시설과 연계할 필요성이 있다.

[표 2.20] 퇴비화 공정의 악취 발생 특성

투입물질	공정	악취	관리방법
음식물류 폐기물	반입 및 저장	복합악취, 지정악취(황화합물류, 알데하이드류, VOCs류)	밀폐, 공간탈취/국소탈취, 흡착법(활성탄흡착 등), 산화(축열식연소산화 등), 생물학적(바이오필터), 산화(오존산화 등), 소각로 연소용 공기 (처리하고자 하는 오염물질에 따라 조합하여 사용)
	혼합	복합악취	
	탈수	복합악취	
	발효	복합악취, 지정악취(황화합물류, 알데하이드류, VOCs류, 지방산류)	
	후숙	복합악취, 지정악취(황화합물류, 알데하이드류, VOCs류, 지방산류)	
	탈리액조	복합악취	
	반입실	복합악취	
	전처리실	복합악취	
	퇴비선별실	복합악취	



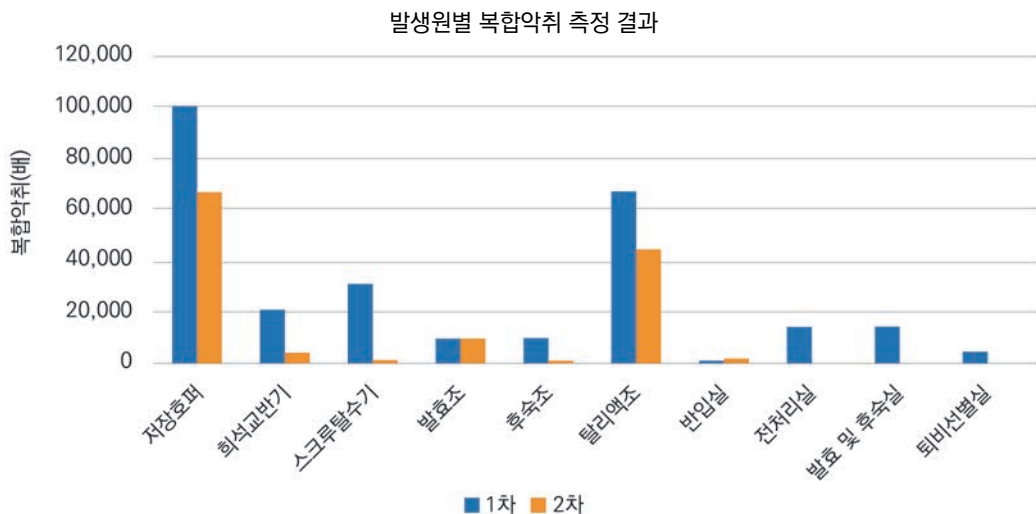
## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

다음 표는 호기성퇴비화를 공정을 적용하고 있는 사업장의 발생원별 복합악취 측정 결과(사례)를 나타내었다.

[표 2.21] 퇴비화시설의 악취 발생원별 복합악취 농도

구분		측정결과	
		1차	2차
반입 및 전처리	저장호퍼	100,000	66,943
	희석교반기	20,800	4,481
	스크루탈수기	30,000	2,080
발효 및 후숙	발효조	10,000	10,000
	후숙조	10,000	1,000
기타	탈리액조	66,943	44,814
	반입실	1,000	2,080
	전처리실	14,422	699
	발효 및 후숙실	14,422	300
	퇴비선별실	4,481	208

※배(희석배수) : 채취한 시료를 냄새가 없는 공기로 단계적으로 희석시켜 냄새를 느낄 수 없을 때까지 최대 희석한 배수



[그림 2.7] 퇴비화시설의 악취 발생원별 복합악취 농도

#### 4) 건조감량화

악취는 음식물자원화시설의 전체 처리공정에서 발생하며 각 공정마다 발생하는 악취 유발물질의 성상과 농도가 달라 공정별 발생하는 악취물질 측정을 통한 적정 방지시설 설치가 필요하다.

음식물자원화시설의 모든 공정에서 복합악취와 지정악취가 동시에 발생한다. 따라서 모든 공정에 방지시설 또는 공간탈취 및 국소탈취를 통해 최적 방지시설과 연계하여 적정처리를 해야 한다.

[표 2.22] 건조감량화 공정의 악취 발생 특성

투입물질	공정	악취	관리방법
음식물류 폐기물	반입 및 저장	복합악취, 지정악취 (황화합물, 알데히드류, VOCs, 지방산류)	밀폐, 공간탈취/국소탈취, 흡착법(활성탄흡착 등), 산화(축열식연소산화 등), 생물학적(바이오필터), 산화(오존산화 등), 소각로 연소용 공기 (처리하고자 하는 오염물질에 따라 조합하여 사용)
	파쇄·선별		
	건조		

#### 마. 소음·진동

##### 1) 건조사료화

[표 2.23] 건조사료화 공정의 소음·진동 발생 특성

투입물질	공정	소음·진동
음식물류 폐기물	반입호퍼	동력을 이용하는 시설에서 발생
	파쇄·선별	
	탈수	

##### 2) 습식발효사료화

[표 2.24] 습식발효사료화 공정의 소음·진동 발생 특성

투입물질	공정	소음·진동
음식물류 폐기물	반입호퍼	동력을 이용하는 시설에서 발생
	파쇄·선별	



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 3) 퇴비화

[표 2.25] 퇴비화 공정의 소음·진동 발생 특성

투입물질	공정	소음·진동
음식물류 폐기물	반입호퍼	동력을 이용하는 시설에서 발생
	파쇄·선별	
	탈수	

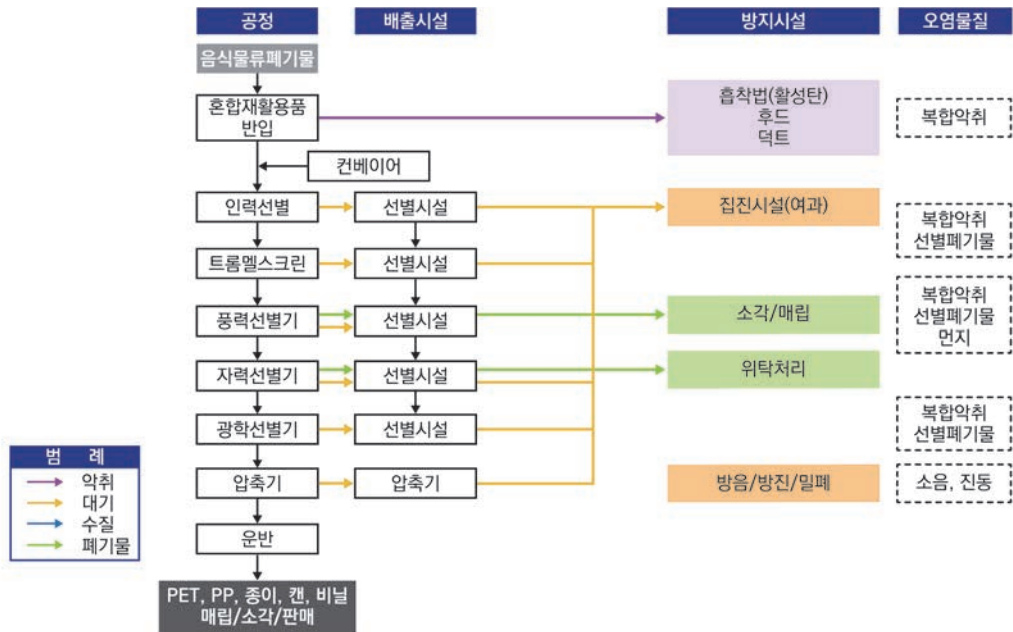
### 4) 건조감량화

[표 2.26] 건조감량화 공정의 소음·진동 발생 특성

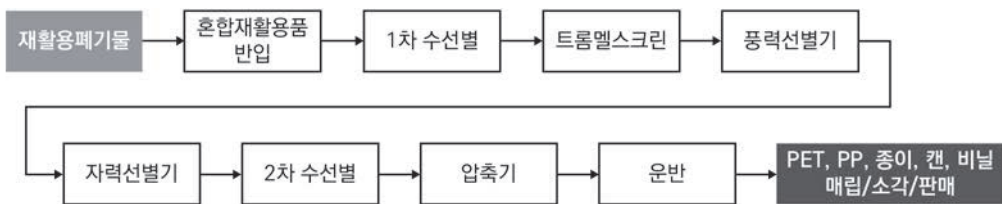
투입물질	공정	소음·진동
음식물류 폐기물	반입호퍼	동력을 이용하는 시설에서 발생
	파쇄·선별	
	탈수	

## 2.2 재활용선별시설

「환경부 훈령 제985호 공공재활용 기반시설 설치·운영지침」에 규정하고 있는 환경오염물질 및 이를 방지하는 설비는 분진 등을 포집하여 처리하는 집진설비, 발포합성수지 감용설비에서 발생하는 악취를 처리할 수 있는 활성탄 흡착탑 등의 설비, 「소음·진동관리법」과 「산업안전보건법」에서 정한 기준과 작업환경개선을 위하여 소음 및 차음설비 등의 설비가 있다. 그 외 반입장 청소 등에서 발생하는 폐수를 처리하는 설비 및 선별 후 잔재물을 처리하는 설비 등을 들 수 있다.



[그림 2.8] 재활용선별 통합공정흐름도

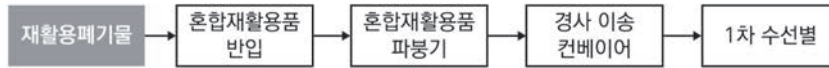


[그림 2.9] 재활용선별시설 공정도

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 2.2.1 주요공정

#### 가. 반입, 파봉 및 이송공정



[그림 2.10] 반입, 파봉 및 이송 공정도

#### 1) 반입

반입된 차량의 재활용품 하역은 다음과 같이 작업방안을 검토하여 차량에 의한 하역작업으로 계획한다.

[표 2.27] 반입차량의 혼합재활용품 하역 방안 비교

구분	차량에 의한 하차	굴절식 크레인을 이용한 하차
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량으로 혼합재활용품 하차</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>크레인의 그랩을 이용하여 적재된 혼합재활용품을 하차</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>적재된 폐기물의 순차적 하차가 용이</li> <li>적재적소에 폐기물 이동 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장비 이용으로 중량물의 경우에도 하차가 용이</li> <li>설치 및 작업공간, 투자비 필요</li> </ul>

#### 2) 파봉

파봉장치는 투입된 재활용폐기물이 비닐봉지, 마대 등에 담겨져 있으므로 이를 사전에 제거하여 기계적 선별효율의 증대를 위하여 사용된다. 기존 인력 파봉은 파봉과 동시에 내용물을 육안식별하여 불순물일 경우 사전에 제거가 가능하며 유리병류의 파손을 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 파봉작업이 힘들고 안전사고의 위험이 존재하는 등 기존 작업자들이 기피하여 차츰 기계적 파봉기의 비율이 높아지고 있으며 파봉기의 도입으로 저장 및 투입기능 겸용으로 효율적인 시스템 설계가 가능해지고 인력선별에 비해 공간의 이용효율이 높아지는 장점이 있다.

파봉장치는 기계적 파봉으로 작업효율 증대와 안정적인 운영이 가능하도록 계획하고 현장 여건에 맞는 적절한 파봉장치를 선정하는 것이 중요하다. 다음은 각 파봉장치의 개요와 특징을 나타낸 것이다.

[표 2.28] 파봉장치 비교

구분	왕복운동식 파봉	1단 회전운동식 파봉	2단 회전운동식 파봉
외형도			
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>파봉기 투입호퍼 및 파봉기 이송장치를 움직이는 (Moving Floor) 타입으로 구성하여 칼날 (Knife)의 왕복운동을 통한 파봉</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 봉투를 상향 투입하고 공급 푸셔를 이용하여 회전하는 일축 칼날과 고정면 사이로 대상물을 끼이게 하여 파봉</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 봉투를 호퍼에 수평 투입하여 입출입이 자유로운 1단 저속회전 칼날로 폐기물 봉투를 파봉하고, 2단 고속회전 칼날로 봉지 안의 봉지까지 절단 및 파봉</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>왕복운동으로 비닐 및 끈 이물질이 기계에 감기는 현상이 적음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고정나이프 부분 높이 조절로 파봉크기 조절</li> <li>칼날 교체 등 유지 및 보수 편리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>작은 크기의 봉투파봉 효율이 높음</li> <li>칼날 교체 등 유지 및 보수 편리</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>재활용품 낙하 시 유리병 등이 낙하충격에 의한 파손이 일부 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비닐 및 끈 등 이물질이 기계에 감기는 현상 일부 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비닐 및 끈 등 이물질이 기계에 감기는 현상 일부 발생</li> </ul>

[출처 : 광주시, 2020; 대한이앤씨]

### 3) 이송

선별라인까지 이송하는 재활용품 투입 컨베이어는 바닥에 플라이트(Flight)와 양옆에 가이드(Guide)를 설치하여 재활용품이 흘러내리거나 옆으로 떨어지지 않도록 설치한다.

### 4) 선별공정

선별공정은 선별인원을 배치하여 인력으로 선별하는 인력선별 공정과 입도, 비중, 전자기적 성질, 색상 등의 물리적 성질을 이용하여 기계로 선별하는 기계/자동선별 공정으로 나눌 수 있다. 선별 효율을 극대화할 수 있도록 기계/자동선별과 기계설비의 한계를 고려한 인력선별을 혼용하여 적절한 재활용 선별방식을 계획하여야 한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 나. 기계선별 공정




[그림 2.11] 기계선별 공정도

#### 1) 입도선별기

입도선별기는 공급된 혼합재활용품에 섞여있는 이물질을 선별하기 위해 주로 사용되는 장치로서 진동스크린과 트롬멜 스크린이 주로 사용된다. 비중선별기와와의 적절한 조합으로 효율을 극대화할 수 있도록 적절한 형식을 선정해야 한다. 다음 표는 스크린의 종류 및 특징을 나타낸 것이다.

[표 2.29] 스크린의 종류 및 특성

구분	진동스크린	트롬멜 스크린
예시도		
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>여러단의 스크린 패널 및 부착된 바(Bar)가 진동함으로써 입도를 선별하는 방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원통형의 회전체를 돌리면서 체의 크기 및 형상에 따라 입도별 선별하는 방식</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>진동에 의한 선별로 비닐류에 의한 눈막힘 현상 적음</li> <li>길이가 짧아 기기배치 효율성이 높음</li> <li>다양한 크기의 입도 선별이 가능</li> <li>균일한 분포로 배출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>체의 크기 및 형상에 따라 원하는 크기로 선별</li> <li>내부구조에 간단한 변경(Blade 반영)으로 파봉 효과 기대할 수 있음</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>설치 높이가 높음</li> <li>건설폐기물 등 고비중에 적용 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비닐류에 의한 눈막힘 현상 발생</li> <li>설치 부피가 큼</li> </ul>

[출처 : 광주시, 2020; (주)다원산업; 엠엔테크(주)]

## 2) 비중선별기

유체(공기, 물 등) 중 고체입자의 침강속도(또는 부상속도)는 비중, 입도 및 형상 등에 영향을 받으며, 고체입자가 가지고 있는 밀도차를 이용한 선별장치를 비중선별기라 한다.

혼합재활용품의 비중에 따라 저비중 폐기물(비닐 및 종이류 등)과 고비중 폐기물(병류 등)의 선별·분리가 가능하고 후단 선별설비의 효율을 향상 시킬 수 있도록 비닐 및 폐지류, 이물질, 형상을 갖춘 폐기물 선별에 우수하고 투입폐기물의 변화에 따라 능동적 조절이 가능하도록 적절한 형식을 선정해야 한다. 일반적으로 재활용선별시설에는 풍력선별기, 기계식회전레이크, 탄성선별장치(발리스틱) 등이 적용되고 있으며 그 특징은 다음과 같다.

[표 2.30] 비중선별기의 형식 비교

구분	기계식 회전레이크	풍력선별기	탄성선별기(발리스틱)
외형도			
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>파봉된 재활용품을 회전하는 레이크 및 브러쉬 장치를 이용하여 협잡물(또는 재활용 불가물)과 비닐 등 필름류를 선택적으로 선별/제거하는 방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>파쇄된 재활용품을 강한 송풍이나 싸이클론 장치를 이용하여 비중차에 의해 비닐 등 필름류를 선별/제거하는 방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>파봉된 재활용품을 경사 플레이트에서 상향 진동을 시키면 낙하 시 반발(Rebound)에 의해 비닐 등 필름류를 선별/제거하는 방식</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계식 선별로 비중에 관계없이 선택적 비닐 및 천 등 선별</li> <li>알루미늄박이나 소형 비닐 제거 곤란함</li> <li>비산 및 분진 날림이 없으므로 작업장 환경 개선</li> <li>유리병 파손이 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비중차와 표면적을 이용하므로 경량물(종이, 필름, 비닐류) 및 중량물 선별 효율이 높음</li> <li>폐기물의 자연건조에 의한 약취 및 건조기 인입 부하 경감 가능</li> <li>추출공기의 대부분을 재순환 시킴으로써 먼지발생 최소화 가능</li> <li>설치면적이 타 비중선별기에 비해 큼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계적인 운동을 이용한 비중 선별기로서 3원 분리(비닐 및 폐지류, 이물질, 탄성이 있는 폐기물) 가능</li> <li>판의 경사각 조절이 가능하여 투입폐기물의 변화에 따라 능동적 조절이 가능</li> <li>판에 뚫려있는 체의 크기 변경으로 협잡물로 배출되는 폐기물량 감소 가능</li> <li>소음이 심하므로 소음방지용 덮개 필요</li> </ul>

[출처 : 광주시, 2020]






## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 3) 자력선별기

주로 철갱을 선별하기 위한 장치로서 다양한 형상의 철편류에 대한 적응성 및 배치 효율성을 고려하여 형식을 선정해야 한다. 다음은 철재류 선별장치의 형식을 비교한 것이다.

[표 2.31] 자력선별기의 형식 비교

구분	벨트식(서스펜드식)	드럼식	마그네틱 폴리식
외형도			
원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>자석이 컨베이어 상부에 설치되어 철편류를 자력에 의해 부상시켜 선별</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고정된 자석 외부에 비자성 드럼이 회전하면서 선별</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자석이 컨베이어 벨트폴리에 설치되어 작은 철편류를 자력에 의해 선별</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>내부에 장착된 전자석의 자력세기 조절이 가능하여 다양한 입도 철편류 선별가능</li> <li>자장이 미치는 높이까지 설치 높이를 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>투입물 크기가 일정할 경우 선별효율 높음</li> <li>작은 철편류 선별에 유리함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>입도가 작은 철편 회수에 유리</li> <li>영구 자석으로 자력의 수명이 반영구적</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>벨트 찢김 현상 등 내구성이 약함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 형상의 철편류 선별이 비효율적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>비교적 큰 철편류 선별에 비효율적</li> </ul>

[출처 : 광주시, 2020]

### 4) 알루미늄 선별기

알루미늄을 기계적으로 선별하기 위한 장치로서 기계 오작동에 의한 가동중지가 발생하는 등의 사례가 현장 상황을 잘 고려하여 기계식과 인력선별 중 하나를 선정해야 한다.

[표 2.32] 알루미늄 선별기의 원리와 특징

구분	내용
원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>비철금속 재료 중에 와전류를 발생시켜 외부자계에 대해 반발효과를 가진 자계를 생성하여 비철을 선별</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>가속벨트 및 자석성분 바귀의 속도조절이 가능하므로 인입량 변동에 대처가 용이함</li> <li>영구자석의 와전류 및 자력을 이용하여 잔고장이 없으며 수명이 길어 가장 범용적으로 적용실적이 높고 선별효율이 우수함</li> </ul>

[출처 : 광주시, 2020]

## 5) 유리병 자동선별기

유리병 자동선별기는 광학 영상처리장치를 이용한 빛의 삼원색(RGB, Red, Green, Blue) 신호를 토대로 색상 데이터를 비교하여 유리병을 갈색, 녹색, 백색순으로 자동 선별이 가능하며, 유리병 정렬기 설치로 재활용병 선별기 투입 전 고른 분배로 선별기의 선별효율을 향상시킬 수 있다. 일부 파손 유리병류의 선별처리도 가능하여 인력선별 시 발생할 수 있는 안전사고의 발생 위험이 적다.

그러나 유리병 정렬기에 적체현상 발생 및 병에 부착된 라벨에 따른 오류발생으로 국내 일부 시설을 제외한 대부분의 시설에서는 인력선별을 채택하고 있는 실정이다. 이 때문에 선별효율과 유지관리비용 및 인력 상황을 잘 고려하여 선정해야 한다.

[표 2.33] 유리병 자동선별기의 원리와 특징

구분	내용
원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>광학센서를 이용한 비접촉식 자동 선별</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>공정 자동화의 고품질(인력선별에 비하여 이물질 함량 저하)로 매출단가 상승</li> <li>초기 투자비 증가, 국내 적용사례 적음</li> <li>투입시설인 정렬기에 가교현상으로 적체현상 발생</li> </ul>

[출처 : 광주시, 2020]

## 다. 플라스틱 자동선별 공정

발포성 합성수지(스티로폼)와 기타 재질을 제외한 플라스틱은 크게 PET, PP, PE, PS 항목으로 구분된다. 플라스틱 자동선별기에서 PET, PP, PE, PS를 순차적으로 자동 선별하는 설비로서 초기 투자비가 증가하나 효율적이고, 발생량 변동에 대응성이 높아 국내 몇 소규모 시설을 제외한 대부분의 중·대규모 선별시설에서 채택하고 있다. 다음 표는 플라스틱류 자동선별기의 형식과 시스템을 각각 비교한 것이다.



[그림 2.12] 플라스틱 자동선별 공정도



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

[표 2.34] 플라스틱류 선별장치 형식 비교

구분	1종 선별	2종 선별
원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>반사된 근적외선 파장으로 물질의 특성을 스캐닝하여 목적물을 분류</li> <li>검출장치는 2차원 영상을 만들어 소프트웨어에서 특정 물질의 파장을 분석하여 선별물질을 결정</li> <li>컴퓨터로 자동제어되면서 순간적인 압축공기를 불어넣어 컨베이어상에 이송되는 물질 중 목적물을 선별하여 추출</li> </ul>	
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>1대의 선별기로 1종류 분류</li> <li>선별하고자 하는 플라스틱 종류만큼 선별기 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1대의 선별기로 2종류 분리</li> <li>선별하고자 하는 플라스틱 종류의 1/2 만큼 선별기 필요</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>선별효율이 95 % 이상으로 높음</li> <li>제품 순도가 높아 판매 가격을 높게 받을 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>설치 대수가 적어 설치면적이 좁으며, 초기 투자 비용이 다소 적음</li> <li>유지관리가 1종 선별에 비해 다소 용이</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기 투자 비용이 다소 높음</li> <li>설치 대수가 많아 설치면적이 넓음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>토출 공기 간섭으로 인해 선별효율이 평균 85 % 이하로 떨어짐(순도 낮음)</li> <li>대부분이 외국산으로 부품 수리, A/S 문제 발생</li> </ul>

[출처 : 광주시, 2020]

[표 2.35] 플라스틱류 2원선별 및 순차적 선별 비교

구분	2원 선별	순차적 선별
원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>플라스틱 선별기 한 대에 2종류의 플라스틱을 선별</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>순환을 통해 플라스틱 선별기에서 플라스틱 종류별 순차적 선별</li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>감지기 및 판넬 등을 공동사용으로 초기 투자비용 감소 및 설치면적 감소</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>플라스틱 순환을 통해 자동선별기에서 반복 선별이 가능하여 회수효율이 높음</li> </ul>

[출처 : 광주시, 2020]

### 라. 압축결속, 보관 및 반출 공정



압축, 저장 및 반출 공정은 압축설비에서 겉보기밀도가 낮은 선별된 재활용가능자원을 대상으로 보관·운반 및 재활용이 용이하도록 일정한 기계적 힘을 이용하여 부피를 줄여 보관소에 압축물을 보관한 후 최종적으로 지게차 및 로더 등을 이용하여 반출하는 과정이다.

압축설비는 플라스틱, 철캔, 비철캔, 종이, 비닐 등을 압축하는 설비로서 각각의 특성에 따라 압축 후 결속 방법이 다르다. 캔류와 고철은 압축하면 서로 엉기기 때문에 결속장치가 불필요하나 플라스틱과 종이와 비닐은 압축결속기로 결속해야 한다. PET, 캔 등은 타공 후 압축 결속되도록 해야 한다. 다음 표는 압축결속기의 특징을 나타낸 것이다.



[그림 2.13] 압축결속, 보관 및 반출 공정도

[표 2.36] 압축결속기의 특징

구분		특징	외형도
압축 결속기	호퍼부	<ul style="list-style-type: none"> <li>투입물이 호퍼 내에 걸리지 않는 구조</li> <li>투입물의 투입여부를 점검할 수 있는 투시창 설치</li> </ul>	
	압축실	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계의 과부하를 자동 감지하여 유압부 및 기계의 파손을 방지할 수 있는 상부 압축 실린더의 설치</li> <li>압축 시 압축물의 팽창으로 인한 원상복귀를 방지할 수 있는 장치 설치</li> </ul>	
압축물	출구부	<ul style="list-style-type: none"> <li>기계의 과부하를 방지할 수 있는 출구조정 기능</li> <li>운전자가 압축물의 길이를 조정할 수 있는 거리 조정 장치 설치</li> </ul>	
	결속부	<ul style="list-style-type: none"> <li>결속선의 터짐이 없고 압축력이 우수한 반자동 결속 적용</li> <li>정숙한 운전 및 과부하를 방지할 수 있는 구동방식</li> </ul>	

[출처 : (주)대한이앤씨]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

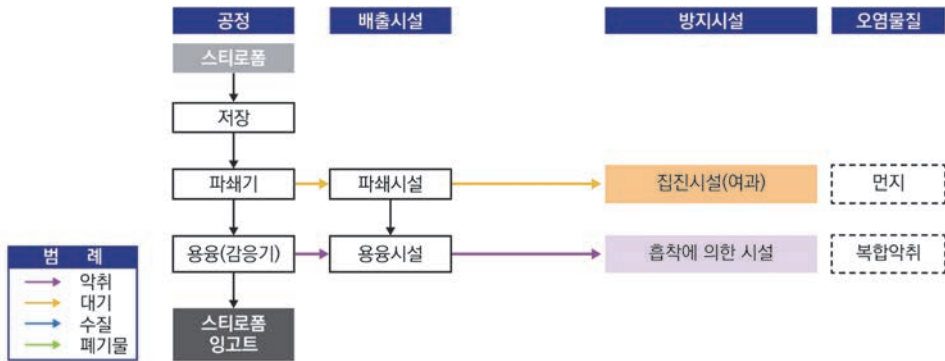
[표 2.37] 압축방식

구분	사각 압축 방식	원형 압축 방식
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>일정틀에 투입된 단위 폐기물을 유압을 이용하여 압축하며, 연속적으로 사각형의 압축물 생성</li> <li>투입 및 압축작업이 연속적으로 이루어짐 (연속식)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>투입된 폐기물이 회전방식의 압축공정을 거쳐 원형의 압축물 생성</li> <li>회전압축장치 가동 시에만 폐기물이 투입됨 (준 회분식)</li> </ul>
폐기물 압축률	≒ 67 %	≒ 57 %
결속방식	<ul style="list-style-type: none"> <li>와이어(철선) 결속방식 1Bale당 5회 결속</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>폴리에틸렌 그물망 결속 압축 후 포장 전 단계에 1회 결속</li> </ul>

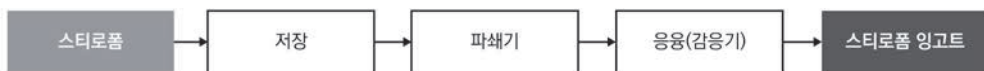
[출처 : 성안ENT 주식회사]

### 마. 스티로폼 감용공정

페스티로폼의 부피를 감소시키기 위해서 스티로폼의 이물질 제거 후 분쇄하고 스티로폼을 전기 열선의 온도로 녹여서 감용하는 장치로서 부피를 1/100로 줄일 수 있다. 해외에서는 분쇄 후 압축하는 장비가 많이 보급되고 있으나 국내는 대부분 전기열선 형태의 감용기가 사용되고 있다. 전기열선 방식의 감용은 과도한 에너지 사용과 감용 시 발생하는 악취로 인하여 전용 탈취가 필요하며 주로 활성탄 방식의 탈취기를 사용한다.



[그림 2.14] 스티로폼 감용 통합공정흐름도



[그림 2.15] 스티로폼 감용 공정도

[표 2.38] 스티로폼 감용기의 특징

	구분	외형도
구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐스티로폼이 수용되는 호퍼, 호퍼로부터 전달된 폐스티로폼을 잘게 분쇄하는 분쇄유닛, 잘게 분쇄된 폐스티로폼을 압축 공간으로 전달하는 이송유닛으로 구성</li> </ul>	
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 압축실의 용적을 가변시킬 수 있도록 구성</li> <li>• 폐스티로폼을 원하는 부피로 일정하게 압축</li> </ul>	

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 2.2.2 오염물질 배출현황

#### 가. 대기오염물질

##### 1) 재활용 선별공정

[표 2.39] 재활용선별 공정의 대기오염물질 발생 특성

투입물질	공정	대기오염물질	관리방법
재활용폐기물	혼합재활용품 반입	먼지	집진시설(여과, 원심력)
	1차 인력선별		집진시설(여과) 방진, 밀폐 집진시설(여과)
	trommelskrin		
	자력선별기		
	2차 인력선별		

##### 2) 스티로폼 감용공정

[표 2.40] 스티로폼 감용공정의 대기오염물질 발생 특성

투입물질	공정	대기오염물질	관리방법
스티로폼 반입	파쇄기	먼지 등 대기오염물질	집진시설(여과), 흡착에 의한 시설 (활성탄흡착)
	용융(감용기)		

## 나. 수질오염물질

### 1) 재활용 선별공정

재활용선별공정의 반입장 등에서는 청소수 사용으로 인하여 수질오염물질(폐수)이 발생하므로 하수처리시설과 연계하여 처리하는 방법을 고려할 수 있다.

### 2) 스티로폼 감용공정

재활용 선별과 동일하다.

## 다. 발생 폐기물

### 1) 재활용 선별공정

폐기물은 재활용을 선별한 후 발생하는 잔재물이 발생원이다. 이에 대한 저감방안으로는 두 가지가 있는데 불연성 물질은 매립처리를 하고 가연성 물질은 소각처리한다.

[표 2.41] 재활용 선별공정의 발생폐기물 특성

투입물질	공정	발생폐기물	관리방법
재활용폐기물	풍력선별기	폐기물 (가연물/불연물)	위탁 (소각/매립)
	자력선별기		

### 2) 스티로폼 감용공정

추가적인 폐기물이 발생되지 않는다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 라. 약취

#### 1) 재활용 선별공정

[표 2.42] 재활용 선별공정의 약취 발생 특성

투입물질	공정	발생폐기물	관리방법
재활용폐기물	혼합재활용품 반입	복합약취	흡착법(활성탄), 밀폐
	압축기		

#### 2) 스티로폼 감용공정

[표 2.43] 스티로폼 감용공정의 약취 발생 특성

투입물질	공정	발생폐기물	관리방법
스티로폼 반입	용융(감용기)	복합약취	흡착에 의한 시설

### 마. 소음·진동

#### 1) 재활용 선별공정

[표 2.44] 재활용 선별공정의 소음·진동 발생 특성

투입물질	공정	발생폐기물	관리방법
재활용폐기물	압축기	소음·진동 발생	방음/방진

#### 2) 스티로폼 감용공정

[표 2.45] 스티로폼 감용공정의 소음·진동 발생 특성

투입물질	공정	발생폐기물	관리방법
스티로폼 반입	파쇄기	소음·진동 발생	방음/방진

## 2.3 연료화시설

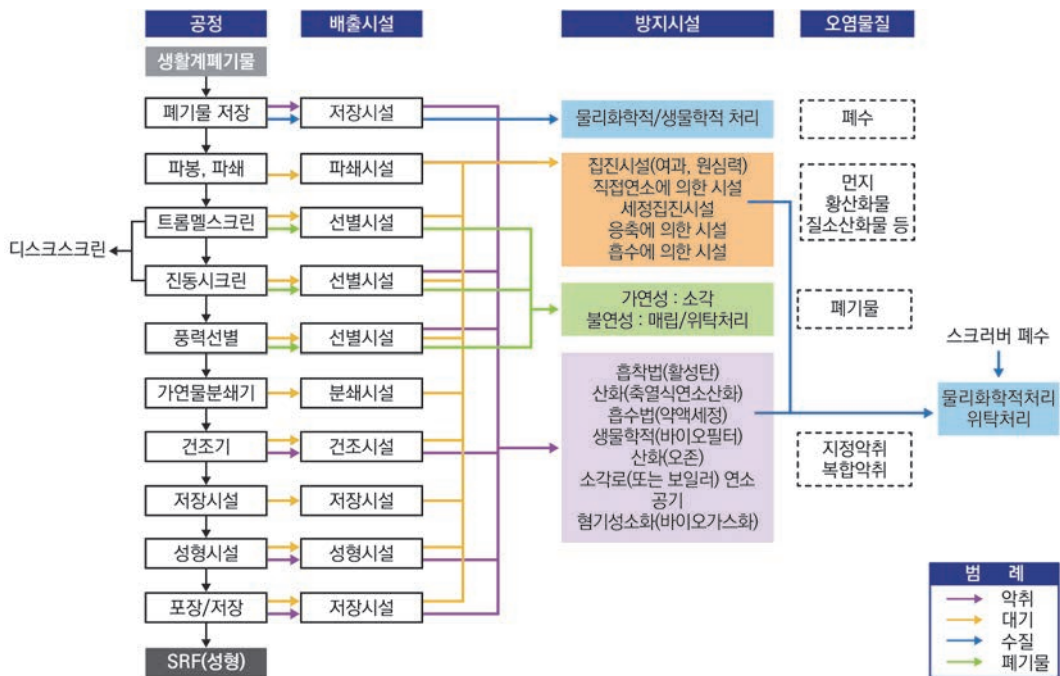
### 2.3.1 주요공정

#### 가. 고형연료제품 제조공정

고형연료제품 제조시설 공정은 성형/비성형 제품생산 공정과 선건조/후건조 처리공정으로 구분할 수 있다.

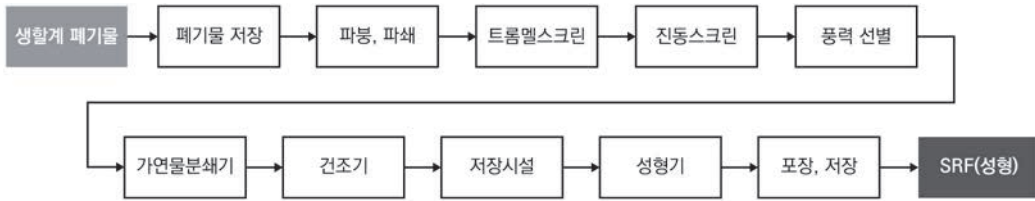
고형연료제품 제조공정은 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률(이하, 자원재활용법)」 시행규칙 제20조의8에 따라 고형연료제품 제조공정 정기검사로 악취와 소음을 1회/년 측정한다. 또한 「대기환경보전법」 제39조2항 및 같은법 시행규칙 52조3항에 따라 배출구별로 황산화물, 질소산화물, 일산화탄소 및 먼지를 2회/년 측정한다.

고형연료제품 제조공정의 공정도는 다음과 같다.

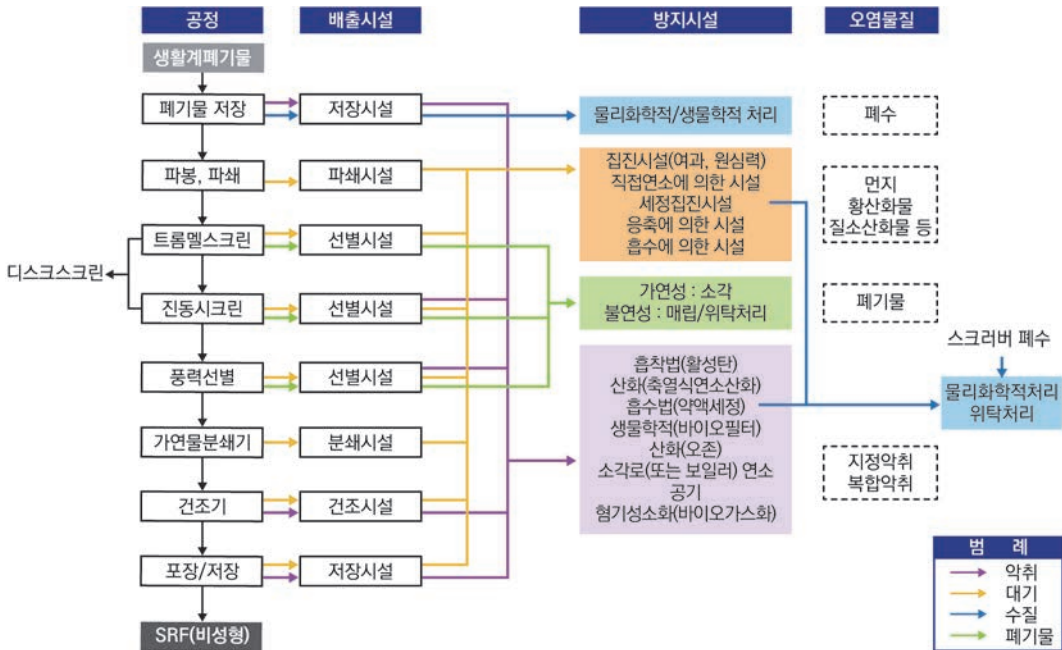


[그림 2.16] 고형연료제품 제조(성형) 통합공정흐름도

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황



[그림 2.17] 고형연료제품 성형 공정도



[그림 2.18] 고형연료제품 제조(비성형) 통합공정흐름도



[그림 2.19] 고형연료제품 비성형 공정도

## 1) 고품연료제품 제조공정 선택 요건

사업장에서 고려하는 성형/비성형제품 제조공정의 선택 요건은 다음과 같다. 성형제품은 겉보기 밀도가 커서 연료의 운반, 적재에 따른 경제성이 증가되며, 함수율이 10 % 이하로서 일반적인 발열량이 높고, 보관기간이 길며, 운반, 취급이 편리하고, 악취 등 2차 환경오염에 대한 대응성이 좋을 뿐만 아니라, 연료사용시설의 투입설비, 연소설비 등을 안정적으로 이용할 수 있다.

비성형제품은 생산단가가 낮은 반면 운반비가 높고, 취급성과 저장성이 비교적 낮으며, 이용 가능한 연료사용 시설의 제한이 있다. 일반적으로 연료생산과 연료사용시설이 동일/인근 지역에 설치되어 있는 경우에는 경제성과 효율성이 매우 우수하다. 유럽의 경우 비성형제품을 대부분 취급하고 있으며, 일본과 한국은 성형제품을 선호하는 경향이다. 최근에는 비성형제품 생산시설로의 변경과 신규 건설이 점차적으로 증가하고 있다.

선건조/후건조 처리공정의 일반적인 선택 요건으로 건조 처리공정 선택은 반입되는 원료물질의 함수율에 따라 선택적으로 이용되고 있으며, 선건조 방식으로는 생물학적 건조방식과 기계적 건조 방식이 있다. 생물학적 건조방식은 반입원료가 생분해성 물질이 많이 포함되어 있고, 함수율이 45 ~ 65 % 범위일 경우 효율적인 방식이며, 미생물의 발효활동에 의해 건조하는 방식이다. 기계적 선건조 방식은 반입원료가 함수율이 높아 기계적인 전처리(파쇄·선별 등)의 효율성이 크게 낮을 경우 이용된다. 또한 후건조 처리공정에 비하여 건조대상물이 많아져 건조를 위한 에너지 사용량이 많아 경제성이 낮아진다.

고형연료제품 제조시설의 처리공정은 주로 기계적 처리로 이루어지므로, 반입되는 원료의 성상에 따라서 고품연료제품의 생산수율과 원료의 품질에 큰 차이가 발생할 수 있다. 고품연료제품 생산 공정의 주요 인자는 다음과 같다.

### 가) 제품 생산수율에 영향을 주는 주요인자

#### ① 수분

생활환경의 차이에 따라 반입되는 원료의 함수율은 20 ~ 60 %까지 편차가 매우 크다. 고품연료제품의 함수율은 성형의 경우 10 %, 비성형의 경우 25 % 이하이므로, 반입원료의 함수율에 따라 생산수율의 차이가 발생한다.

#### ② 불연소분

철, 비철금속, 유리 및 도자기 파편류 등의 불연소물질은 전처리 시설에서 선별되며 함유량에 따라 수율은 큰 차이가 발생한다.

#### ③ 입자크기

고형연료제품 제조시설의 공정은 대부분 기계적 선별방식으로서 입자크기가 작은 물질은 협잡물로 취급되어 입자크기 선별기에서 선별된다. 일반적으로 80 mm 이하 또는 30 mm 이하의 입자크기 선별기를 사용하는데 필요 시 반입쓰레기 성상 및 고품연료제품 품질 등을 고려하여 입자크기 선별장치를 운영한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### ④ 염소함유 원료물질

PVC계 또는 PVC혼합물질, 음식물류 폐기물 등에 포함된 염분 등은 고형연료제품의 염소 함유량에 영향을 미치므로, 선별이 필요하다.

## 나) 연료(제품)에 영향을 주는 주요인자

### ① 염소함유량

생산된 고형연료제품의 잔류염소량은 SRF 2.0 % 이하, Bio-SRF 0.5 % 이하

### ② 중금속 및 황 함유량

중금속(수은, 카드뮴, 납, 비소, 크롬 등) 및 황의 함유량이 일정량 이상 함유 시 연료로 불인정

### ③ 저위발열량

- SRF 3,500 kcal/kg 이상, Bio-SRF 3,000 kcal/kg 이상이 제품 기준이므로, 비교적 발열량이 높은 폐플라스틱, 폐지 등이 많이 선별된다.
- 고형연료제품 제조시설의 처리공정은 크게 반입/원료저장, 파봉파쇄, 입자크기선별, 비중선별, 건조, 분쇄, 성형, 제품저장/반출, 생산시설을 위한 유틸리티 공급설비 및 운영환경개선 공정으로 구성된다.

## (1) 반입/원료저장 시설

### (가) 원료저장조

반입되는 원료는 성분이 불특정한 생활폐기물로 이루어져 있어 크기, 비중, 혼합 상태 등이 각기 달라 배출지역 특성에 따른 원료저장 시설이 필요하다. 사전 선별이 필요한 원료가 반입될 경우에는 플랫폼커(Flat Bunker) 형식으로 하여 선별시설 공급 전에 인력선별이 부분적으로 수행되어야 하며, 그렇지 않을 경우에는 소요부지를 줄이고 효율성, 경제성이 좋은 핏트병커(Pit Bunker)형식을 선정한다.

#### ① 플랫폼커(Flat Bunker)

부지면적이 많이 필요한 반면, 지하구조물을 건설하지 않아도 되므로, 시공성이 양호하다. 파봉파쇄기 투입 방식은 휠로더 또는 휠크레인 형식을 주로 사용한다. 비교적 부지 사용에 제약이 없고 반입 생활폐기물 분리수거가 세분화되지 않은 지역에서 많이 사용된다.

#### ② 핏트병커(Pit Bunker)

부지면적이 적게 소요되고 작업환경성이 좋으나, 지하구조물을 건설하여야 하므로 시공성이 비교적 불리하다. 파봉파쇄기 투입방식은 오버헤드크레인 형식을 주로 사용한다. 비교적 부지 사용이 제한되고, 반입 생활폐기물 분리수거가 세분화된 지역에서 선호하는 방식이다.

## (2) 반입공급시설

고형연료제품의 주요설비는 에어커튼, 고속전동셔터, 휠크레인 및 파봉파쇄기이다.

### ① 에어커튼

에어커튼은 하방향과 측방향 방식이 있으며, 출입문의 크기가 큰 경우는 양측방향 에어커튼을 설치한다. 양측방향 풍압을 형성하여 기술이 유지되도록 시설을 설치한다.

### ② 고속전동셔터

차량 진·출입 감지기, 반입장 출입문, 에어커튼을 연동하여 실내 공기의 누출이 없도록 하며, 고속전동셔터로 적용하면 개폐시간을 최대한 단축할 수 있다.



[그림 2.20] 에어커튼과 전동셔터

[출처 : 고양환경에너지시설]

### ③ 휠크레인

휠크레인은 이동성이 우수하고, 운전자가 생활폐기물(원료) 상태를 보면서 운전이 가능하다. 또한 불량생활폐기물(원료) 감시 및 반출에도 이용할 수 있다.

### ④ 파봉파쇄기

파봉파쇄기는 부피가 크고 긴 대형 생활폐기물을 300 mm 이하로 파쇄한다. 파쇄기의 날 교체가 용이한 상부 개구형 구조로 제작한다. 고장에 대비하여 호퍼, 하부 벨트컨베이어 커버에 점검구를 설치하여 유지보수가 용이하도록 설치하고 예비파쇄기와 연계하여 운전할 수 있다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황



[그림 2.21] 파봉파쇄기

[출처 : 엠엔테크(주)]

### (3) 기계적 선별시설

기계적 선별설비는 반입설비로부터 투입된 생활폐기물을 가연물, 불연물, 협잡물, 재활용품으로 선별 처리하는 공정으로, 입자크기에 의한 선별기, 금속/비금속, PVC 등 물질 특성을 고려한 선별기, 비중에 의한 선별기로 구분할 수 있다.

#### (가) 입자크기선별기

트롬멜스크린, 디스크스크린, 스타스크린, 레이크스크린, 진동스크린, 플랩스크린 등의 설비가 있으며, 반입원료 입자크기 성질로 원료를 선별하는 장치이다.

##### ① 트롬멜스크린

큰 대형섬유 등으로 인한 막힘과 걸림 현상을 고려해야 하며, 운전 시 발생하는 악취 및 분진을 포집하는 후드를 상부에 설치하고 회전원통의 회전속도와 설치 각도는 원료가 회전원통 내에 정체되지 않도록 회전수와 경사도를 적절히 운전해야 한다.



[그림 2.22] 트롬멜스크린

[출처 : 엠엔테크(주)]

## ② 디스크스크린

디스크스크린은 트롬멜스크린에서 선별된 100 mm 이하 생활폐기물을 40 mm 이상 원료와 협잡물로 분리한다. 디스크 및 디스크가 부착된 축은 일정 간격으로 설치하며, 선별 크기를 고려하여 축간거리를 유지한다. 디스크 형태는 협잡물 및 가연물의 분리 효율을 향상시키고 이물질이 털어내는 효과가 향상될 수 있는 구조로 설치한다. 정기적인 디스크 교체가 필요하고, 디스크 사이에 이물질이 낄 수 있으므로 유지보수가 필요하다.



[그림 2.23] 디스크 스크린

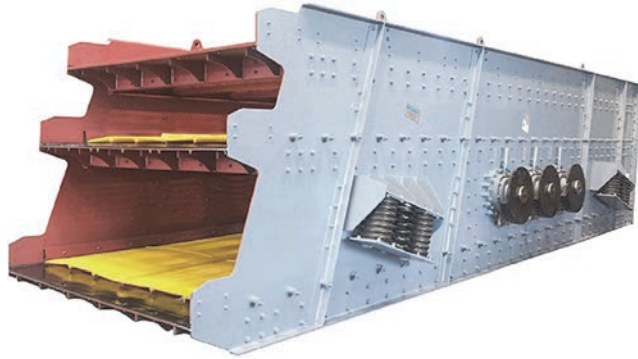
[출처 : CPGGroup]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### ③ 진동스크린

진동스크린은 디스크스크린으로부터 투입된 40 mm 이상 입자와 100 ~ 300 mm 입자의 생활폐기물(원료)에 포함된 40 mm 이하의 협잡물을 선별한다. 가연물이 부착된 이물질질을 분리하여 가연물의 순도를 향상시키고, 선별품을 넓게 펼쳐줌으로써 후단 선별공정의 선별효율을 향상시킨다. 바(Bar)의 간격, 길이, 형상은 생활폐기물(원료) 특성 및 입자크기를 고려되어야 하며, 설치각도는 원료의 처리량 및 공급컨베이어의 이송속도 등을 고려한다.



[그림 2.24] 진동 스크린

[출처 : YOUNWON CRUSHER]

### (나) 물질특성을 고려한 선별기

생활폐기물(원료)의 물질특성을 고려하여, 자력을 이용한 자력선별기, 와전류를 이용한 비철금속 선별기, 근적외선을 이용한 광학선별기 등이 있다.

#### ① 비철금속선별기

비철금속선별기는 공급되는 생활폐기물(원료) 중에서 비철금속, 철금속 및 협잡물을 분류한다. 비철금속선별기는 와전류에 의한 비철금속은 튕겨져 나가고, 철금속류는 부착되는 성질을 이용하는 선별기로서 효율증대를 위해 전단에 진동분산투입기를 설치한다. 철금속류가 와전류 생산부에 부착되면 고열이 발생되어 고장 및 화재원인이 되므로 감시와 주기적인 청소가 필요하다.

#### ② 광학선별기

- 광학선별기는 염소함유물질 및 불연물을 선별한다. 공급되는 생활폐기물(원료) 중 염소함유물질에 고압공기를 분사하여 선별하는 형식으로 구성된다. 일반적으로 근적외선 회전스캐너 방식으로 감지센서에서의 감지신호로 분사노즐의 고속공기를 선별대상 원료에 분사시켜 선별하도록 운전되며, 외부 케이싱은 광학선별기 전체 또는 근적외선 감지기 및 근적외선 램프를 보호할 수 있는 구조로 되어 있다.

- 내부 장치의 파손을 방지할 수 있는 강도와 감지기와 중앙처리장치의 전기적인 현상에 의한 외부교란이 발생하지 않도록 운영되어야 한다. 압축공기를 일시적으로 저장할 수 있는 압축공기 저장탱크를 설치하여 안정적인 토출압력과 토출량이 제어될 수 있도록 운전해야 한다.



[그림 2.25] 광학선별기

[출처 : ACI]

③ 자력선별기

자력선별기는 자력형성 방식에 따라 전자석식과 영구자석식으로 구분한다. 선별대상물의 특성(무게, 크기, 혼합물 포함 정도 등), 자력과 선별 대상물과의 거리, 자기장의 세기, 함수량 등에 따라서 선별효율의 차이가 크다. 자력선별기는 진동스크린으로부터 배출되는 40 mm 이하 협잡물과 광학선별기를 통과한 물질 중 철금속류를 선별한다.

④ 비중선별기

비중을 이용한 선별방식으로, 풍력선별기가 일반적으로 운영되고 있으며 물의 비중을 이용한 수중선별방식 등이 있다.

⑤ 풍력선별기

- 풍력선별기는 공기주입 방식에 따라 가압형, 흡인형, 가압·흡인형으로 구분되며, 구조에 따라서는 스크린형, 진동흡인형, 지그재그형 등 많은 종류가 있다. 선별하고자 하는 물질의 성상을 고려한 적절한 형식을 현장에서 운영해야 한다.
- 가압풍력선별기는 투입되는 생활폐기물(원료)에 공기를 분사하여 비중에 따라 경량물은 경량물 광학선별기로, 중량물은 중량물 광학선별기로 이송될 수 있도록 분류한다. 몸체부에는 풍력선별기의 내부를 볼 수 있는 점검창과 점검구를 운영한다. 또한 송풍기에서 공급되는 공기는 고르게 원료에 분사할 수 있어야 하며, 분사된 공기는 적절히 회수하고 분진이 비산되지 않도록 집진시설을 구성한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황



[그림 2.26] 풍력선별기

[출처 : 엠엔테크(주)]

### (4) 가연물 분쇄시설

가연물 분쇄시설은 「자원재활용법」 시행규칙 [별표 7] 광학선별기에 의해 선별된 가연물을 50 mm 이하로 미세분쇄하여 이송컨베이어를 통해 가연물 건조기로 공급한다. 가연물 분쇄기 내부 보수점검 및 부품 교환이 원활한 구조이며, 선별된 가연물의 연속적인 분쇄가 가능하도록 운영된다. 끈, 섬유 등이 누적되어 막힐 수 있으므로 이를 고려한 운전이 필요하다.

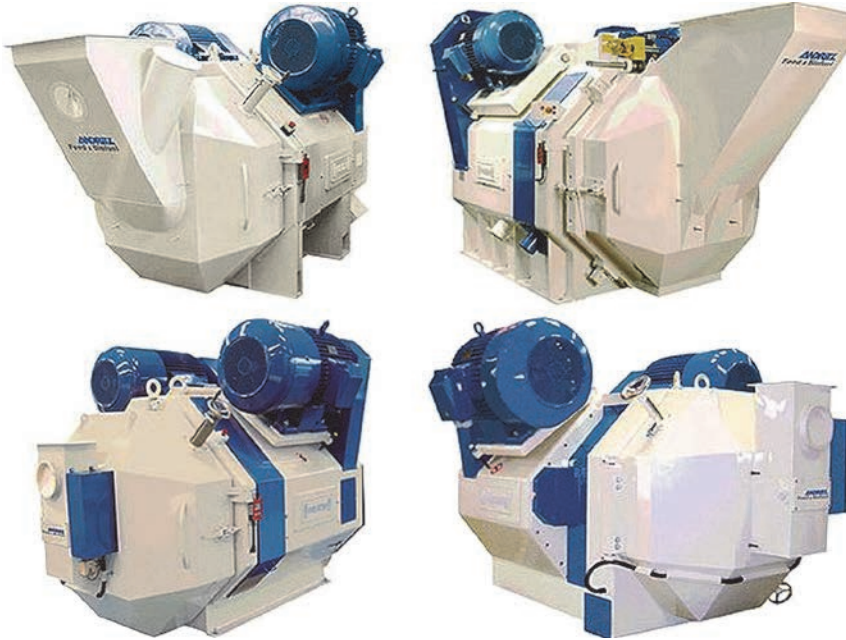
### (5) 건조시설

건조시설은 50 mm 이하로 파쇄된 가연물을 건조하는 공정으로 건조기와 350 ℃의 열풍을 공급하는 연소로, 건조된 가연물을 저장하는 가연물 저장조로 구성된다. 분쇄된 가연물은 건조기 투입컨베이어에 의해 정량적으로 공급되고 건조기의 속도제어 및 건조기 입·출구의 온도제어를 통해 가연물의 함수율을 10 % 이하로 하여 배출한다. 건조된 가연분은 건조가연물 저장조로 이송되어 일시 저장하였다가 소량의 소석회를 혼합시켜 성형공정으로 이송한다.

## (6) 고형연료 성형, 저장 및 반출시설

### ① 성형기

건조시설에서 함수율 10 % 이하로 건조되어 저장조에 일시 저장된 건조가연물은 소석회와 혼합되어 가연물 정량 공급장치에 의해 고형연료 성형기에 정량 공급되고, 직경 20 mm 이하, 길이 50 mm 이하로 성형된 고형연료는 컨베이어에 의해 고형연료 냉각기로 공급된다.



[그림 2.27] 고형연료 성형기

[출처 : ACI]

### ② 고형연료냉각기

고형연료 냉각기는 공랭식 또는 수랭식 방식이 있으며, 냉각수 확보가 어려운 경우 공랭식을 운영한다. 공랭식의 경우 수랭식에 비하여 시설의 큰 단점이 있다. 고형연료 성형기에서 배출되는 고형연료 냉각온도를 40 ~ 90 ℃로 냉각시킨다. 고온의 고형연료를 냉각시킴으로써 화재, 영감을 방지하는 역할을 한다.

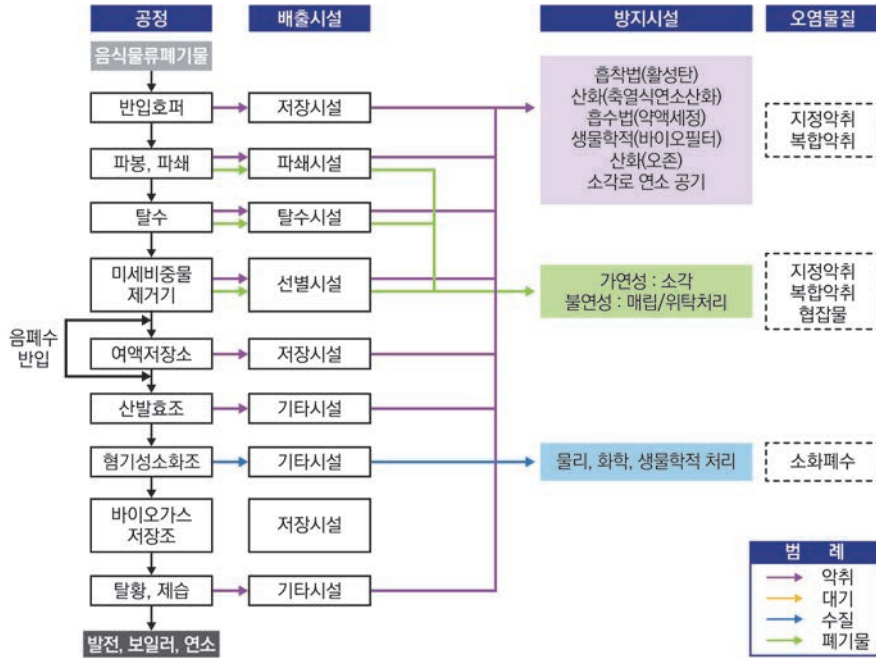


## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

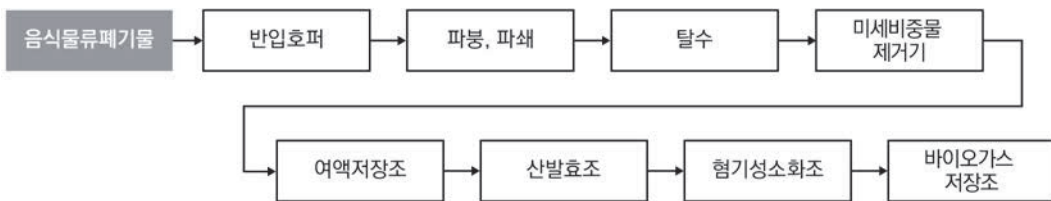
### 나. 바이오가스 생산공정

바이오가스 생산공정에서 발생하는 악취는 대부분이 고농도 악취에 포함된다. 처리시설을 완전 밀폐로 구성하여도 일부 누기는 불가피하며, 그에 따라 완벽한 포집이 이루어질 수 있는 설비를 구성하여야 한다.

바이오가스 생산공정의 공정도는 다음과 같다.



[그림 2.28] 바이오가스 생산 통합공정흐름도



[그림 2.29] 바이오가스 생산공정

바이오가스 생산공정은 투입되는 유기물의 총 고형물(TS, Total Solids)에 따라 습식공정과 건식공정으로 크게 나눌 수 있으며, 각각은 다시 운전조건 및 반응조에 따라 다음과 같이 세분된다.

- 건식 연속 소화공정 : 완전혼합 혹은 플러그 플로(Plug Flow) 공정을 이용하여 총 고형물 20 ~ 40 %의 유기물을 처리하는 것이다.
- 건식 회분식 소화공정 : 반응조에서 발생한 침출수의 재순환을 통해 혐기성 분해를 촉진한다.
- 리치베드(Leach-Bed) 공정 : 건식 회분식 소화공정과 비슷하나, 침출수의 재순환 방법에 차이점이 있다. 혐기성소화는 3단계로 이루어지며, 초기 반응조는 후단 반응조의 침출수로 식종이 되고 초기 반응조의 산발효 산물은 후단 반응조에서 메탄으로 전환된다.
- 습식 연속 소화공정 : 소화슬러지의 혐기성소화에서와 같이 유기물이 총 고형물 10 % 이하의 슬러지로 유입되어 처리된다. 유리, 자갈과 같은 물질은 바닥에 쌓이지 않도록 전처리공정에서 제거되며, 잔류물에서 발생한 침출액은 희석수로 재이용되어 물의 사용을 감소시킨다.
- 다단계 습식 소화공정 : 유기물은 총 고형물 10 %의 슬러지로 유입되며, 유기물의 혐기성소화는 다단계의 공정으로 이루어지기 때문에 가수분해, 산 생성, 그리고 메탄생성의 단계를 공간적으로 분리하여 각각 최적의 환경에서 반응을 진행시키는 공정이다.

## 1) 산 발효시설

전처리된 음식물류 폐기물을 중온(35 ~ 40 °C)과 메탄발효시설에서 가수분해 및 산발효를 시켜 메탄발효의 전 단계인 저급 유기산을 생성시키는 시설이다.

## 2) 메탄발효시설

음식물류 폐기물의 혐기성소화방법은 혐기성 환경에 적합한 미생물이 우점화되어 일정한 환경이 지속될 경우 혐기성소화가 진행된다.

소화조 온도에 따라 고온 또는 중온 혐기성소화 방식으로 구분할 수 있으며, 중온소화는 30 ~ 43 °C, 고온소화는 50 ~ 60 °C로 운전하며, 산발효과정에서 생성된 유기산을 메탄가스, 탄산가스 등과 물로 전환시킨다.

소화효율을 향상시키기 위하여 운영초기에는 안정화 기간이 소요되며, 설계조건에 따라 다소 차이는 있으나 메탄발효시설에서 30일 이상의 체류시간이 필요하고, 설계과정에서 제시한 운영조건에 따라 유지 관리하여야 한다.

혐기성소화 과정에서 발생하는 메탄가스는 전량 회수하여 보일러 또는 발전기의 에너지로 활용하고, 탈수하여 발생하는 고형물은 호기성퇴비화 방법으로 퇴비를 생산할 수 있다.

혐기성 소화조로 처리하는 경우 음식물류 폐기물 전처리와 후단공정은 비슷하게 이루어지나 음식물류 폐기물을 분해시키는 공정에서 차이가 뚜렷하게 나타난다. 즉 보편적으로 반입된 음식물류 폐기물은 선별·파쇄공정을 거쳐 이송되어 1차 산발효과정을 거쳐 혐기성소화조로 보내진다. 최근에는 산발효 및 메탄발효가 2단으로 구성되거나 저류조 및 메탄발효 1단으로 구성된 경우도 있다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

혐기성소화조로 투입된 음식물류 폐기물은 처리시스템에서 정한 온도를 유지하고 교반조 내부의 전단계(가수분해), 1단계(산발효), 2단계(메탄발효) 과정을 통하여 일정기간동안 체류되면서 안정화되어 메탄가스가 발생된다. 이 때 발생하는 메탄가스는 이송되어 저장된 후 열에너지원이나 전기를 얻은 원료로 이용된다.

혐기성소화조에서 음식물류 폐기물의 혐기성소화가 잘 진행되기 위해서는 유기물함유율, C/N비, 소화온도, pH, 알카리도, 독성물질 등의 운전조건을 잘 맞추어 주고 혐기성소화조의 상태를 수시로 파악하여 이상 유무를 파악하면서 관리하여야 운전의 적정성을 기할 수 있다.

### 가) 펌프류

펌프는 반입된 음식물류 폐기물을 파봉, 선별, 파쇄한 후 이를 혐기성소화조에 공급하기 위한 장치로서 파쇄된 음식물류 폐기물 특성에 알맞게 설계 제작되어야 한다. 펌프의 흡입구에는 음식물류 폐기물의 유입 중 발생할 수 있는 막힘 현상이 발생하지 않도록 부속장치를 갖추도록 한다. 음식물류 폐기물의 이송에 지장이 없고 운전이 용이하며 유지보수에도 간편한 구조여야 하고, 1일 24시간 정량공급에 문제가 없도록 하여야 한다. 또한, 비상시를 대비하여 펌프의 예비대수를 적용하여야 한다. 다만, 유압 피스톤 펌프는 예비품으로 대체할 수 있다.

펌프는 음식물류 폐기물의 특성에 맞도록 하고 내부식성 재질을 사용하여야 하며, 펌프는 확실한 실링(Sealing)이 되도록 하여야 한다. 그리고 각 이음부는 음식물류 폐기물의 이송 중 점성 및 부하에 충분히 견딜 수 있는 구조로 하고 펌프의 흡입구, 내부, 토출부에서 막힘이 없어야 한다. 음식물류 폐기물의 이송펌프 선정 시 다음의 사항을 고려한다.

- 음식물폐기물의 종류와 특성에 따라 펌프를 선정한다.

슬러지는 특성에 따라 점성이 높은 슬러지, 점성이 낮은 슬러지, 스크 및 헹잡물, 탈수케이크 등 네 가지로 나눌 수 있다. 슬러지 펌프의 선정기준은 펌프에 의한 슬러지의 수송가능 여부가 중요하다. 예를 들어 슬러지가 흐를 수 있으면 원심펌프의 사용이 적합하며, 슬러지가 흐를 수 없으면 정량펌프가 적합하다. 단, 슬러지의 농도가 너무 높은 경우에는 정량펌프의 손실수두가 매우 높아지기 때문에 컨베이어 등과 같은 다른 방법으로 이송하는 것이 더 경제적이다.

- 전처리 과정에서 이송되는 슬러지나 탈수슬러지, 헹잡물과 같이 고형물 농도가 높은 슬러지는 펌프의 이송보다는 컨베이어 등의 다른 이송방법을 권장한다.

만약 이송을 위해서 펌프를 사용한다면, 유지관리 및 경제성 측면에서 매우 불리하다. 다음 표는 점도가 높은 슬러지의 총 고형물농도를 나타내었다. 점도가 중간 또는 낮은 슬러지는 펌프의 이송을 권장한다. 총고형물의 농도가 낮지만, 음식물류 폐기물 슬러지의 특성상 점도가 높아 양정이나 마모에 불리하기 때문에 예비기를 적용하여 운영에 차질이 없도록 해야 한다.

[표 2.46] 고점도 슬러지의 총 고형물농도

슬러지 종류	TS(%)	비고
유입 음식물류 폐기물	15 ~ 25	-
탈수케이크	20 ~ 40	-
협잡물	30 ~ 50	-

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

- 음식물류 폐기물 내의 이물질에 의한 마모 및 부식에 강한 재질을 사용하여야 한다.  
음식물류 폐기물 슬러지는 다량의 염분을 포함하며, 점도와 고형물의 함량이 높기 때문에 마모와 부식에 약한 펌프를 사용할 경우 운전에 실패를 초래할 수 있다. 펌프의 재질은 반드시 내부식성 재질을 사용하거나 코팅 처리, 마모에 강한 재질을 사용한다.
- 막힘이 없고, 청소 등의 목적을 위하여 분해 및 조립이 용이하여야 한다.  
음식물류 폐기물의 이송 시 가장 큰 문제점은 막힘 현상이다. 대부분의 시설에서 막힘에 대한 문제가 빈번하게 발생되며, 이를 해결하기 위한 분해 조립을 염두에 두지 않아 유지보수 시 누출에 의한 악취 발생이 문제가 되고 있다. 따라서 막힘 현상 발생 시 유지보수가 용이하도록 분해 및 조립이 편리해야 하며, 청소 시 청소수 배출이 원활하도록 배수피트를 설치한다.
- 설치대수는 예비대수를 포함하여 2대 이상으로 한다.  
모든 펌프는 반드시 주펌프와 동일한 용량의 예비펌프를 계획하여 고장 및 유지보수 시에도 정상적인 이송이 가능하도록 한다.
- 펌프를 제어할 수 있도록 관련 설비를 갖추어야 한다.  
바이오가스화 시설의 펌프는 자동 또는 수동으로 제어가 가능하여야 한다. 펌프의 운전 상태를 확인하기 위하여 진공계 및 압력계를 설치하며, 운전조작의 안정성 확보를 위하여 펌프의 흡입구 및 토출구에 수위계를 설치하는 것이 바람직하다. 유량 확인을 위한 유량계와 제어반을 계획하여 유지관리의 용이성을 확보할 것을 권장한다.

## 나) 이송배관

전처리 중이거나 전처리된 폐기물은 약 10 ~ 50 mm의 입경으로 이송 시 배관의 막힘 문제가 발생하게 된다. 이송배관 중 막힘 문제가 빈번하게 발생하는 곡관부는 밴딩접합, 직관부분은 플랜지 접합을 하여 유지관리에 문제가 없도록 하여야 하며, 막힘 발생 시 신속한 대처를 위하여 일정구간(직관의 경우 10 ~ 20 m)마다 플랜지를 설치하여 문제해결이 용이하도록 설치하는 것을 권장한다. 막힘 시 청소를 위하여 막힘 우려 구간에 세척수 노즐을 설치할 것을 권장하고, 배관의 플랜지 접합부 및 세척노즐 설치구간에는 배수피트를 설치하여 유지관리 시 누출되는 음식물류 폐기물의 청소가 수월하여야 한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

[표 2.47] 펌프의 종류에 따른 특징

구 분	원심 펌프	모노 펌프	피스톤 펌프
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 점성이 없는 기질에 적합</li> <li>• 압력 또는 양정에 따라 출력이 심하게 좌우됨</li> <li>• 음식물류 폐기물 소화가스화 설비에는 부적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고형물의 농도가 높고 점성이 많은 기질에 적합</li> <li>• 이송량을 속도로 제어 가능</li> <li>• 압력 및 양정 변화에 비교적 안정적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 입경이 큰 폐기물의 이송에 효율적임</li> <li>• 유지관리가 용이</li> <li>• 이송 방향의 변경이 비교적 자유로움</li> </ul>

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

또한, 관경이 작으면 관거 내의 청소나 점검 및 사용 후의 새로운 부착관의 설치 등 유지관리에 지장을 초래한다. 유량 및 양정에 의한 계산상 150 A 이하로 충분하지만, 많은 시설의 운영 결과 소화조 전 배관에 150 A 이상의 관경을 사용하고, 소화조 후 월류(배출) 부분 구간은 300 A 이상, 슬러지 인발 배관에는 300 A의 관경을 사용하는 것이 바람직하다. 최소관경 이상에 대해서는 펌프구경, 유속, 마찰손실, 폐수 내 이물질 및 점도 등을 종합적으로 고려하여 관경에 여유율을 두어야 한다.

필요에 따라서는 세척장치를 설치한다. 막힘 발생이 우려되는 곡관부에는 세척장치를 설치할 것을 권장한다. 직관부 역시 탈부착이 용이하도록 10 ~ 20 m마다 플랜지 접합을 권장하지만, 필요에 따라서는 세척장치를 설치할 수 있다. 곡관의 경우는 밴딩 접합을 통하여 구성하고, 유지보수 시 누출되는 슬러지의 청소가 용이하도록 배수피트를 적용한다.

### 다) 저장조

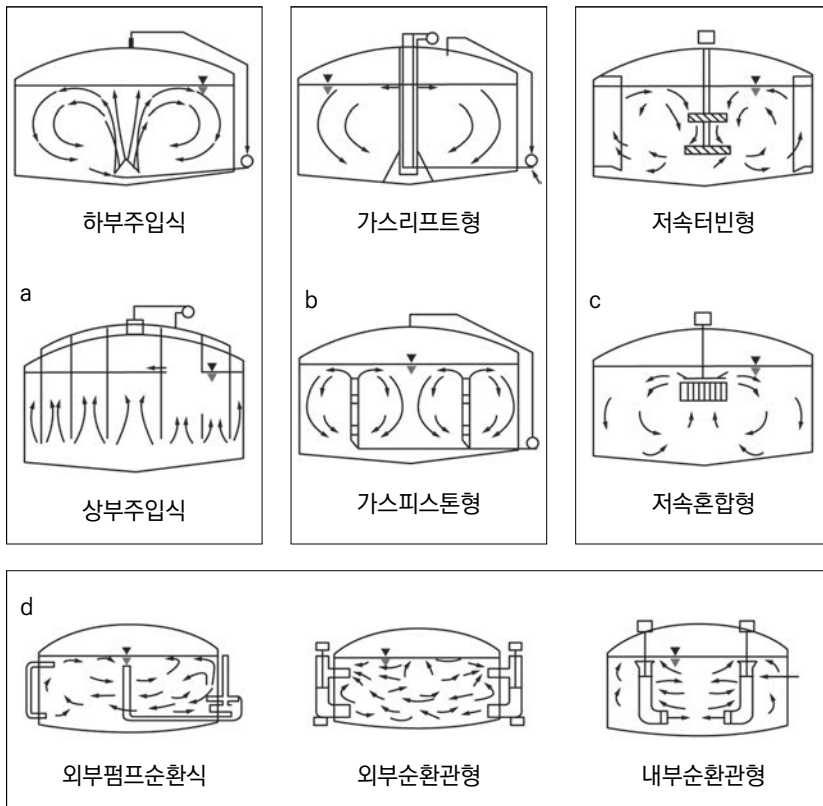
저장조는 소화조로 유입되기 전에 성상의 균질화 및 정량공급이 가능하도록 한다. 이물질이 선별된 음식물류 폐기물을 혐기성 소화조에 안정적으로 공급하고, 혐기성 소화조에 공급될 슬러지의 균질화를 목적으로 설치하여야 하며 혐기성 소화조의 적정운동을 위해 충분한 체류시간이 확보될 수 있도록 시설용량의 권장치 3일 이상 용량으로 계획하여야 한다. 이와 같이 반입된 음식물류 폐기물의 교반장치를 설치하여 완전 혼합이 가능하고 고액분리 현상과 스크 발생이 없도록 한다. 반입저류조는 연속운전 중에도 침전물 제거와 청소 등의 유지관리가 용이하도록 분할하여야 하며, 접액부는 내부식성 코팅이나 동등 이상으로 처리하여야 한다. 운영 중 침전물이 발생 되었을 때, 하부 침전물을 제거할 수 있는 드레인 밸브 및 침전물 제거장치를 적용하여 유지관리에 문제가 없는 구조로 적용하여야 한다. 반입저류조는 음식물류 폐기물 슬러지의 체류시간 중 발생하는 가스를 배출할 수 있는 장치를 구비하고 가스의 유출이 발생하지 않는 구조이어야 한다.

- 철근콘크리트나 철골콘크리트로 주로 축조하며 방수, 방식을 고려하여야 한다.
- 저류조의 용량은 시설용량의 3일 이상 권장치를 원칙으로 하되, 그 기능을 고려하여 정한다.
- 저장조는 2조 이상을 원칙으로 하고 교반장치를 설치한다.
- 펌프실은 기계의 배치와 반출입이 가능하도록 충분한 공간을 확보하여야 한다.

- 펌프실은 조명시설을 갖추고 전기설비의 설치는 침수를 고려하여 설치위치를 정한다.
- 악취를 고려하여 환기시설 및 탈취설비를 설계하고, 역세설비 및 배수설비의 설치를 고려하여야 한다.
- 근무자 안전을 위하여 메탄 감지장치를 설치하여야 한다.

## 라) 교반

교반 방식으로는 기계식 교반기를 설치할 수도 있고, 펌프를 설치하여 조 내의 슬러지를 재순환시킬 수도 있으며, 소화조의 바닥에 설치된 산기관을 통하여 소화가스를 재순환시켜 슬러지를 혼합시킬 수도 있다. 다음 그림은 소화조의 혼합방법을 나타내고 있다.



[그림 2.30] 소화조 혼합방법의 예

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

[표 2.48] 교반방식에 따른 장단점

구 분	축류식 교반	펌프식 순환	가스식 교반
원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>모터를 이용한 조내 회전장치의 구동에 의해서 소화조 내 혼합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부설치 순환펌프에 의한 슬러지 순환으로 혼합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소화조 내에서 발생하는 가스를 이용한 혼합</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>장치가간단</li> <li>운전조작이 쉬움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>조내 투입구 배치 및 구조, 분사량 및 압력 등에 조정으로 사각지대 최소화, 교반 효과 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스관의 유지관리 용이</li> <li>설비가 경제적</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>교반설비 보수 시 운전정지, 준설 등 불리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>설치비 불리(외산펌프 적용시)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>높은 전력비 소요</li> <li>주기적 유지관리로 불편</li> <li>운전소음 발생</li> </ul>

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

### (1) 기계식 교반

전처리 출력을 이용한 기계식 교반에서 기질의 점도, 조 용량 등의 변수를 고려하여 우수한 교반효율을 가진 교반기를 선정하는 것이 중요하다. 여러 가지 형태의 기계식 혼합기가 소화조의 혼합을 위하여 이용될 수 있으며, 그 예로 평판날개터빈(Flat-Bladed Turbine)이나 위드레스 프로펠러 (Weedless Propeller) 등이 있다.

소화조의 지붕이 부유식인 경우에는 혼합기를 측벽에 설치하는 것도 좋다. 프로펠러식인 경우에는 소화조의 깊이가 얼마든 간에 프로펠러가 물속에 잠기기만 하면 일정한 혼합을 유지할 수 있다. 또한 측벽에 설치된 혼합기는 소화조 바닥을 깨끗이 유지하기 위해서도 알맞다. 그러나 정비 시에는 소화조를 비워야 한다는 단점이 있다.

지붕에 설치된 혼합기는 고정식 및 부유식 지붕에 모두 이용되며, 소화조 내의 슬러지를 모두 혼합시키면서 동시에 스킴이 축적되지 않도록 소화조 내의 수면을 유지할 수 있다. 혼합기 구동장치는 패킹상자(Stuffing Box)나 기계식 밀폐법에 의하여 소화조의 슬러지로부터 격리시킬 수 있다.

### (2) 펌프식 순환

전처리펌프와 순환관(Draft Tube)에 의한 혼합은 소화조에 유입되는 슬러지를 소화 중인 슬러지와 효과적으로 혼합시키는 방법으로 외국에서 가장 많이 쓰이고 있다. 펌프의 용량조절로 소화조 내의 혼합정도를 조절할 수 있는 장점이 있다.

### (3) 가스식 교반

전처리 소화가스를 재순환시켜 슬러지를 혼합시키는 방법은 널리 이용되며 여러 가지 방법이 있다. 산기관을 사용하는 경우에는 압축기로 소화가스를 압축시켜 소화조의 바닥에 볼트로 고정되거나 조 바닥중앙의 콘크리트대에 설치된 산기관으로 뿜어줌으로써 혼합을 한다.

재순환되는 가스를 여러 개의 방출관으로 방출시키는 방법에서는 소화조의 둘레를 따라 조 깊이의 1/2 ~ 3/4 지점에 설치된 관을 이용한다. 이때 각 관은 각각 다른 시간에 가스가 방출될 수 있도록 시간 조정기에 의해서 통제된다. 따라서 가스방출관은 정해진 시간간격으로 압축기에서 보내지는 가스를 방출시키게 된다. 슬러지 소화조의 고형물부하가 높은 경우 이 방법을 사용하여 소화조를 완전혼합 시키면 효과적이다.

혐기성 소화조 내의 성공적인 혼합을 위해서는 각 교반방식에 적합한 인자를 바탕으로 완전혼합에 적합한 설계가 이루어져야 한다. 축 동력이나 가스의 흐름, G값 등의 인자가 여기에 포함된다. 일반적인 혐기성 소화조의 교반 시스템 주요 설계인자를 다음 표에 나타내었다.

교반이 잘 이루어지는지에 대한 평가방법은 소화조 내 높이에 따른 온도 및 농도의 편차, 사구역(Dead Space)의 비율, 잔류성 고형물(FS, Fixed Solids)의 유입대비 배출량 검토 등이 있다. 혐기성소화에 관여하는 미생물은 특히, 메탄생성균 온도에 매우 민감하다.

[표 2.49] 혐기성소화조의 교반시스템 설계인자

구 분	교반 시스템	설계 기준	비고
축동력(kW/m <sup>3</sup> )	기계식 교반	0.005 ~ 0.008	-
가스유량 (m <sup>3</sup> /(m <sup>3</sup> ·min))	개방형 가스 교반	0.0045 ~ 0.005	-
	개방형 가스 교반	0.005 ~ 0.007	-
속도기울기, G(Velocity Gradient) (sec <sup>-1</sup> )	모든 교반시스템	50 ~ 80	-
교반시간(min)	밀폐형 가스 교반 및 기계식 교반	20 ~ 30	-

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

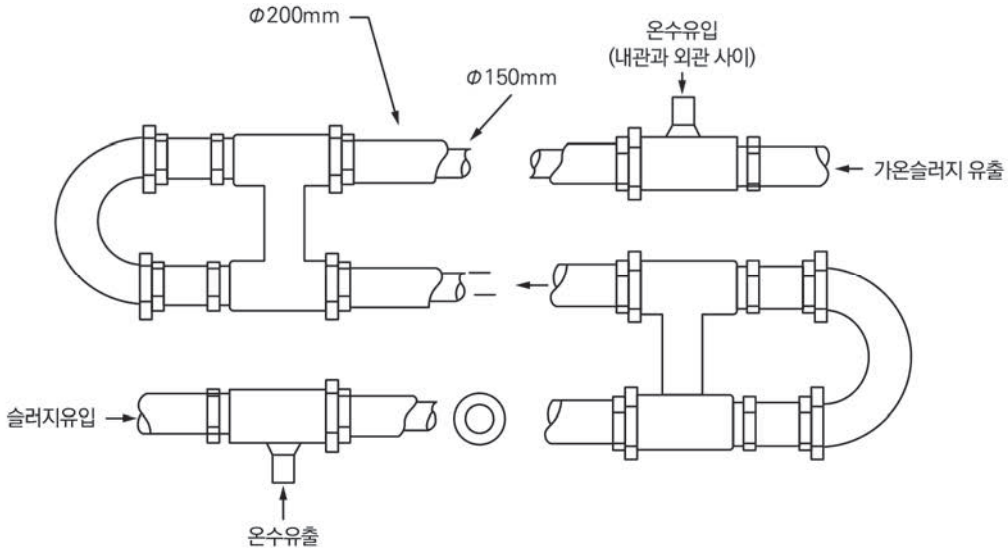
## 마) 가온

### (1) 간접 가온열교환기를 사용하는 방법

전처리슬러지 소화조를 외부의 열원으로부터 가온하는 이중관식 열교환기의 예를 다음 그림과 같이 나타내었다. 슬러지를 흘려보내는 내관으로는 강관을 사용하고, 온수용 외관으로는 주철관을 이용하는 이중관식으로 관내의 흐름을 서로 반대 방향이 되도록 한다. 이 방법을 채택하면 시설비가 많이 들고 슬러지나 상징수를 온수의 경우와 마찬가지로 관내에 강제 순환시켜야 한다는 단점이 있으나 열전도율이 높고 조 외부에 설치되므로 청소, 수리 등이 용이할 뿐만 아니라 90 ℃ 정도의 온수를 사용하면 50 ~ 60 ℃의 고온소화를 실시할 수 있다는 장점이 있다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황



[그림 2.31] 이중관식 열교환기의 예

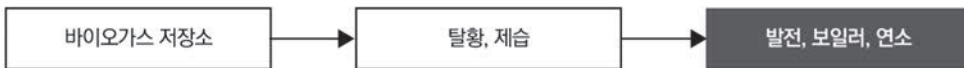
[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

### (2) 직접 가온(수증기를 주입하는 방법)

이 방법은 고온의 수증기를 직접 슬러지에 주입하는 방법으로 시설비가 낮고 조작성이 간편하다는 장점이 있다. 우리나라의 대규모 하수처리시설에서 대부분 이 방법에 의해 소화조를 가온하고 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 주입되는 수증기량에 상당한 양의 물을 공급해야 하므로 슬러지가 희석되며 완전혼합이 이루어지지 않으면 부분적인 과열현상이 발생할 가능성이 크다.

### 다. 바이오가스 이용공정

바이오가스의 발생량과 이용량이 측정될 수 있도록 각각 설치해야 하며, 소화조에서 바이오가스 발생 직후 및 바이오가스 활용 시설 직전에 바이오가스 유량계를 설치하여야 한다.



[그림 2.32] 바이오가스 이용공정

## 1) 소화가스 저장 및 잉여가스 배출

교반표준상태(0 ℃, 1기압)에서 수분이 제거된 건가스로서의 시설 시설설계기준은  $0.30 \sim 0.48 \text{ Nm}^3\text{CH}_4/\text{kgVS}_{\text{in}}$ (음식물류 폐기물)로 나타났으며, 순간 부하율 변동을 고려하여 최대치를 권장한다. 그러나 실제 시설설계 기준은 현장상황을 감안하여 수분이 함유되어 있으며 관내 온도와 고압인 것을 반영하여야 한다. 현장 바이오가스는 시설에 따라 다르지만 부피기준으로 대략 20 ~ 25 %(평균 23 %) 정도가 표준상태보다 증가되는 것으로 나타났다. 메탄가스 생성률 시설 설계 기준(단독처리)은 순간 부하율 변동을 고려하여 최대치를 권장하고,  $0.48 \sim 0.65 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{kgVS}_{\text{in}}$ (음식물류 폐기물)로 한다. 음식물류 폐기물의 메탄생성률은 현장에서  $0.7 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{kgVS}_{\text{in}}$  이상이 나타나는 경우도 많이 있다.

정확한 폐기물의 특성에 따른 가스 발생량은 BMP Test를 통하여 적정 값을 선정할 것을 권장하고, 시공 후 소화가스 저장조의 용량 부족과 같은 문제가 없도록 면밀한 검토가 필요하다. 소화가스의 성분은 소화상태에 따라 다르게 나타나며, 일반적인 소화가스의 메탄함량은 55 ~ 70 %로 분포한다.

소화가스 저장조는 기밀, 내압 구조를 기본으로 작동 전 누출 여부를 반드시 시험한다. 소화가스 저장조는 일일 가스 발생량의 1/4 이상을 저장할 수 있는 용량으로 설계한다. 일반적으로 최소 3 시간 이상 저장이 가능하도록 하루 내지 이틀 생산량에 대한 용적을 권장하나, 국내 여건에 비추어 볼 때 어려운 점이 많은 것이 사실이다. 소화가스 이용시설의 형태 및 떨어진 거리에 따라서 소화가스 저장조의 용량을 유동적으로 조절할 수 있다.

국내 소화가스 저장조는 멤브레인 홀더의 과압 범위 0.5 ~ 3.0 bar의 저압 저장조를 가장 많이 사용하며, 통상적으로 외부에 별도로 설치되나 간혹 소화조 위에 통합으로 설치되는 경우도 있다.

중압 또는 고압 가스저장조는 5 ~ 250 bar의 소화가스를 저장하며, 10 bar까지의 압력 홀더는  $0.22 \text{ kWh}/\text{m}^3$ 까지의 에너지 수요를, 200 ~ 300 bar의 고압홀더는  $0.31 \text{ kWh}/\text{m}^3$ 의 에너지 수요를 고려한다. 소화가스 저장은 통합저장조와 외부저장조로 구분할 수 있다. 통합저장조의 경우 소화조 자체에 저장조가 설치된다면 멤브레인 돔을 사용하며, 통합저장조 중 가장 널리 사용되는 것은 이중 멤브레인 지붕으로 상하부의 멤브레인으로 구성한다. 외부저장조는 멤브레인 쿠션의 형태로 구성된다. 생성되는 소화가스의 메탄 농도를 측정할 수 있으며, 가장 많이 사용되는 방식이다. 소화가스 저장방식에 따라서는 다음 표와 같이 구분할 수 있으며 각각의 개요 및 장단점을 나타내었다.

소화가스 저장조가 추가로 저장이 불가능하거나 유지관리가 필요하여 소화가스를 활용할 수 없을 때 반드시 잉여가스연소기를 계획하여 무해하게 폐기하여야 한다. 잉여가스연소기를 설치할 경우 「산업안전보건법」 시행규칙에 의거하여 단위공정시설 및 설비의 외면으로부터 10 m 이상 이격하여 설치해야 하며, 위험물질 저장 탱크(본 시설에서는 소화조 및 소화가스 저장조가 해당)에서 20 m 이상 이격해서 설치하여야 한다. 잉여가스 연소기는 최대 연소 시 복사열이 지면에 도달하는 양을 고려하고 역화방지 밸브를 반드시 설치한다. 잉여가스 연소기의 용량은 가스 발생량의 200 ~ 300 % 이상으로 계획하여야 한다.



[표 2.50] 소화가스 저장조 형식

구분	건설 구조			습식구조
	멤브레인 타입	피스톤데크 타입	스틸 저장조	
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>Double 멤브레인 가스 저장 탱크로서 공기압에 의하여 지지 되는 항구적 구조물</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스 용량에 따라 피스톤 데크가 가변적으로 움직여 가스용량에 따라 가변적 저장 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>유황을 제거시킨 소화가스를 저장 하는 탱크로서 저판, 측판, 지붕, 가동피스톤과 측판사이의 기밀을 유지하는 SEAL과 피스톤 평형 장치로 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수조와 가스조로 구성되어 있는 가스용 탱크를 말함</li> <li>가스 저장부의 가스조는 저장량에 따라 상하 이동</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>구성품이 간단하고 가스 포집 및 밀봉 우수</li> <li>유지관리가 용이</li> <li>설치기간이 짧음</li> <li>피뢰침 설비가 필요 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>구성품이 간단하고 가스포집 및 밀봉 우수</li> <li>유지관리가 용이</li> <li>설치기간이 짧음</li> <li>가스발생량 변화에 유연함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부충격에 안정적임</li> <li>가스누설의 위험 요소가 적음</li> <li>구성품이 간단하고 가스포집 및 밀봉 우수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스누설의 위험 요소가 적음</li> <li>주기적인 유지관리 필요</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부충격에 약함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>피스톤데크 부위가 부식에 취약</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>철 구조물 제작</li> <li>설치비 고가</li> <li>부식문제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>결빙현상 발생</li> <li>가스 중에 수분 함량이 높아질 수 있음</li> </ul>
공정 구성	가스저장조 → 탈황설비	가스저장조 → 탈황설비	가스저장조 → 탈황설비	가스저장조 → 탈황설비

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

## 2) 바이오가스 이용 발전

바이오가스가 발전기에 충분한 공급이 될 수 있도록 송압 송풍기 등 공급설비의 압력이 안정적으로 유지되어야 한다. 소화가스를 이용한 발전설비의 구성 시 가스발생량에 의하여 발전기의 종류가 결정된다. 마이크로 가스터빈은 주로 소용량 발전(25 ~ 300 kW)에 이용되고, 일반 가스엔진은 용량 발전(0.05 ~ 1.3 MW)에 주로 이용된다. 주요 발전설비의 특징은 다음 표와 같다.

[표 2.51] 바이오가스를 활용한 발전설비의 특징

구 분	디젤엔진	가스엔진	가스터빈	연료전지
출력범위(kW)	15 ~ 10,000	8 ~ 5,000	300 ~ 100,000	50 ~ 10,000
발전효율(%)	30 ~ 42	28 ~ 4	20 ~ 35	36 ~ 50
종합열효율(%)	60 ~ 75	80 ~ 90	75 ~ 80	80 ~ 90
열전비	약 1.0	약 1.5	2 ~ 3	-
연료	등유, 경유, 중유	바이오가스, LPG	바이오가스, 등(경)유	바이오가스, 등유
최소메탄함량(%)	30	40	40	60
엔진가격	저	저	중	대
유지보수 비용	대	저	대	대
소음 진동	대	대	중	저
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>발전효율이 높음</li> <li>연료가격이 저렴</li> <li>실적이 다수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>배가스가 깨끗함</li> <li>열회수가 용이</li> <li>유지보수 용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>설비의 컴팩트</li> <li>냉각수 불필요</li> <li>저소음 및 진동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>발전효율 높음</li> <li>저소음 및 진동</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>배가스 처리 필요</li> <li>냉각수 온도 낮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>소음·진동이 큼</li> <li>설비비 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>발전효율 낮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>설비비가 높음</li> </ul>

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

현재 바이오가스화 시설의 규모별 예상 발전 용량은 대부분 5,000 kW 이하로 가스엔진이 바이오가스 이용 발전 설비로서 가장 널리 사용되는 방식이다. 또한 소규모 바이오가스화 시설에서 사용하는 발전 설비의 대부분은 가스엔진 방식이다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 라. 정제공정

원료 바이오가스는 수증기 포화 상태이고 메탄(CH<sub>4</sub>)과 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)외에 상당한 양의 황화수소(H<sub>2</sub>S)도 포함하고 있다. 황화수소는 독성이 있고 달같이 썩은 듯한 불쾌한 냄새가 난다. 또한, 황화수소는 바이오가스에 함유된 수증기와 결합하여 황산을 형성한다. 황산은 바이오가스 활용에 이용하는 엔진과 전방 및 후방에 위치하는 구성품(가스 라인, 배기 라인 등)을 부식시킨다. 또한 황 성분은 후단 정화 단계(CO<sub>2</sub> 제거)의 성능을 감소시킨다.

이러한 이유로 바이오가스 플랜트에서는 일반적으로 획득한 바이오가스를 탈황 및 건조한다. 바이오가스에 함유된 부수적인 물질 또는 사용하는 기술(예, 천연가스 치환)에 따라 더욱 광범위한 가스 정제가 필요할 수 있다. 열병합 발전소 시공업체는 사용하는 연소 가스의 특성에 대한 최소한의 요건을 제시하여야 한다. 이는 바이오가스 이용 시에도 적용된다. 정비 주기가 짧아지지 않도록 또는 엔진 손상을 방지하기 위해서는 연소 가스 특성을 준수해야 한다.

#### 1) 탈황

소화가스의 정제에 있어 대표적인 불순물인 이산화탄소와 황화수소의 제거를 위하여 적용되고 있는 기술을 보면 다음 표와 같으며, 일반적으로 이산화탄소 제거를 위한 기술은 수용액 흡수법, 고압흡착(PSA, Pressure Swing Adsorption)이며, 황화수소의 제거를 위한 기술은 흡수법과 활성탄 흡착을 가장 많이 사용하고 있다. 바이오가스 내의 황은 약 3,000 ~ 5,000 ppm의 범위로 존재한다. 황을 제거하기 위해서는 크게 건식탈황법과 습식탈황법으로 구분될 수 있으며, 각 방식에 대한 장단점은 아래 표와 같다. 바이오가스 내의 황 농도와 바이오가스의 사용 목적 등에 따라 적절한 탈황법을 선정하는 것이 매우 중요하다. 소화가스의 고질화 기술은 크게 습식세정(Wet Scrubbing), 화학적세정(Chemical Scrubbing), 고압흡착(PSA), 멤브레인(Membrane), 저온분리(Cryogenic)가 대표적으로 사용되고 있으며, 각 처리공법별 특징을 다음 표에 나타내었다.

[표 2.52] 소화가스 정제기술

CO <sub>2</sub> 의 제거	H <sub>2</sub> S의 제거
<ul style="list-style-type: none"><li>• Water</li><li>• Scrubbing</li><li>• Polyethylene</li><li>• Glycol Scrubbing Pressure</li><li>• Pressure Swing Adsorption</li><li>• Membrane<ul style="list-style-type: none"><li>- High Pressure Gas Separation</li><li>- Gas-Liquid Absorption Membrane</li></ul></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Biological Desulphurization</li><li>• Biological Filters</li><li>• Iron Chloride to Digester Slurry</li><li>• Iron Oxide Wood Chips</li><li>• Water Scrubbing</li><li>• Impregnated Activated Carbon</li><li>• Sodium Hydroxide Scrubbing</li></ul>

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

[표 2.53] 탈황기술의 비교

구 분	습식탈황법	건식탈황법
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>황 제거효율이 우수</li> <li>고효율의 바이오가스 생산</li> <li>운전 및 유지관리비 저렴</li> <li>고농도의 황 제거 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>황 제거효율이 우수</li> <li>운전 및 유지관리비 저렴</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>제습시 열효율이 향상</li> <li>주기적인 유지관리 필요</li> <li>폐수가 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고농도 황 유입 시 효율이 불균일</li> <li>수분에 의한 탈황제 응결</li> <li>주기적인 유지관리 필요</li> </ul>
특이사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐수가 발생되어 적절한 처리방안을 강구해야함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐탈황제의 처리방안이 필요</li> </ul>

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

[표 2.54] 탈황기술의 특성

구 분	원리	장점	단점
습식세정 (Wet Scrubbing)	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스 용해도 차이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>상용화 실적 다수</li> <li>대용량에 적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다량의 물과 높은 에너지 소비</li> <li>높은 메탄 손실</li> </ul>
화학적세정 (Chemical Scrubbing)	<ul style="list-style-type: none"> <li>흡수제 사용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>상용화 실적 다수</li> <li>낮은 메탄 손실</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>화학약품 사용</li> <li>열 손실 높음</li> </ul>
고압흡착 (PSA)	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스상 물질의 흡착특성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>상용화 실적 다수</li> <li>낮은 에너지 소비</li> <li>고순도 메탄 회수</li> <li>동시 제습이 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>메탄 손실이 다소 높음</li> <li>고농도 황 유입 시 전처리 필요</li> <li>대용량에 부적합</li> </ul>
멤브레인 (Membrane)	<ul style="list-style-type: none"> <li>부자의 극성 차이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>건식공정</li> <li>고순도 메탄 분리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>전처리 필요</li> <li>고압 공급설비 필요</li> <li>높은 메탄 손실</li> <li>상용화 실적 극소</li> </ul>
저온분리 (Cryogenic)	<ul style="list-style-type: none"> <li>액화 온도 차이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>낮은 메탄 손실</li> <li>액화 CO<sub>2</sub> 추출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>상용화 실적 극소</li> <li>에너지 소모량 높음</li> </ul>

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

탈황에는 여러 가지 방법이 있다. 생물학적, 화학적 그리고 물리적 탈황법으로 구분할 수 있고 또는 적용 사례에 따라 대략적인 탈황과 미세 탈황으로도 구분할 수 있다. 사용하는 방법 또는 방법들의 조합은 후속하는 이용 경로에 따라 달라진다. 또한 탈황효과가 가격대비 높은 방법으로 최근 알려져 적용추세에 있는 약품반응 처리방식도 있다. 이 방식의 경우 통상 1,000 ~ 7,000 ppm 수준의 황화수소 농도를 최대 50 ppm 이하까지 낮출 수 있다. 다음 표는 탈황방법 개요를 담고 있다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

가스 조성 외에 무엇보다 바이오가스가 탈황 장치를 통과하는 관류 속도가 본질적인 역할을 한다. 이는 공정 운영에 따라 현저하게 변동될 수 있다. 특별히 높은 일시적인 바이오가스 방출 속도와 그와 결부된 빠른 관류 속도는 발효조에 신선한 기질을 공급한 후에 그리고 교반기 작동 중에 관찰할 수 있다. 50 %의 일시적인 관류 속도가 평균값보다 높게 나타날 수 있다. 신뢰할 만한 탈황을 보장하기 위해 탈황 시스템을 보다 크게 치수화하거나 다양한 방법을 조합하는 것이 일반적이다.

[표 2.55] 탈황방법 개요

구 분	에너지 수요		가동용 연료		공기유입	순도	DVGW 총족여부 <sup>1)</sup>	문제점
	전기	열	소비	폐기				
발효조 내부 생물학적 탈황	++	○	++	++	예	50 ~ 2,000	아니오	부정확한 공정 제어
외부에서 생물학적 탈황	-	○	+	+	예	50 ~ 100	아니오	부정확한 공정 제어
바이오 세척기	-	○	-	+	아니오	50 ~ 100	아니오	공정 수고가 많이 듦
황화물 침전	○	○	--	○	아니오	50 ~ 500	아니오	느린 방법
내부에서 화학적 탈황	○	○	--	--	예	1 ~ 100	아니오	정확 작용 현저히 감소
활성화	○	○	--	-	예	< 5	예	폐기량 많음

주1) DVGW 가이드라인 G 260에 따름(++ 매우 바람직, + 바람직, 0 중간, - 부정적, --매우 부정적)

[출처 : 환경부, 2017; 국립환경과학원, 2017]

### 2) 제습 처리

바이오가스에 포함된 수분은 정제설비에서 부식 등의 문제를 초래하며, 고순도 메탄가스를 생성하기 위하여 반드시 제거되어야 한다. 바이오가스가 수용할 수 있는 물 또는 수증기의 양은 가스 온도에 따라 다르다. 바이오가스의 상대 습도는 발효조 내에서 100 %이다. 제습이란 가스 중의 수증기량을 증가시키거나 감소시키는 조작을 말하며 수증기를 전혀 포함하지 않은 가스를 일반적으로 건가스라 하고, 수분을 포함한 가스를 건가스에 이르게 하는 처리법을 감습 또는 제습이라고 부른다. 건가스의 상태를 확인할 수 있는 지표는 수분량이며, 상대적인 값 또는 가스 1 kg 중의 수분량으로 표시하는 절대습도로 나타낸다.

- 냉각제습

바이오가스를 이슬점 이하로 냉각하여 응축수를 분리하는 것이다. 바이오가스 냉각은 종종 가스 라인에서 실시된다. 가스 라인을 매설할 때 적당한 경사를 이용하여 응축수를 가스 라인의 최저점에 설치된 응축수 분리기에 모은다. 가스 라인을 지하에 매설하면 냉각 효과가 높아진다. 물론 가스 라인에서 바이오가스를 냉각하기 위해서는 가스 라인의 길이가 냉각하기에 충분해야 한다. 수증기 외에 응축수를 통해 일부 다른 원하지 않는 내용물, 수용성 가스 및 에어로졸이 바이오가스에서 제거된다. 응축수 분리는 정기적으로 비워야 하므로, 접근하기가 좋아야 한다. 응축수 분리는 결빙되지 않도록 설치하여 반드시 동결을 방지해야 한다. 냉수를 통해 냉기를 전달하면 추가로 온도를 낮출 수 있다. 이러한 방법으로 3 ~ 5 ℃의 이슬점에 도달할 수 있고, 그로 인해 수증기 비율이 0.15 vol %까지 감소된다(출발 비율 : 3.1 vol %, 30 ℃, 주변 압력). 사전 압축이 이 효과를 더욱 개선할 수 있다. 이 방법은 후속하는 가스 연소 시에 최신 기술로 적용되나, 가스 계통 연계 요건은 조건적으로만 충족한다. 그러나 후단의 흡수 세척법(압력 흡착 방식, 흡착 탈황법)은 위의 요건을 충족할 수 있다. 응축 건조는 어떠한 체적 유량에도 적합하다.

- 흡착건조

제올라이트, 실리카겔 또는 산화알루미늄을 기반으로 하는 흡착법을 이용하면 건조법보다 훨씬 우수한 결과를 달성할 수 있다. 이때 -90 ℃까지의 이슬점이 가능하다. 고정층 내에 설치된 흡착기들이 주변 압력 6 ~ 10 bar일 때 교대로 작동하고, 소량 내지 중간 정도의 체적 흐름에 적합하다. 흡착재료 재생은 저온 또는 고온 재생으로 이루어질 수 있다. 달성 가능한 결과를 바탕으로 이 방법으로 모든 이용 옵션에 적합하다.

- 흡수건조

바이오가스를 흡수 타워 안에서 반대 방향으로 글리콜 또는 트리에틸렌 글리콜로 유도하는 물리적인 흡착법인 이른바 글리콜 세척은 천연가스 정제에서 비롯된 것이다. 이때 수증기뿐만 아니라 상당한 탄화수소도 원료 바이오가스에서 제거할 수 있다. 재생은 글리콜 세척 시에 세척 용액을 200 ℃로 가열함으로써 이루어지며, 이로 인해 방해물질이 증발된다. 도달 가능한 이슬점으로는 -100 ℃로 제시되고 있다. 이 방법은 경제성의 관점에서 보았을 때 보다 많은 체적 유량(500 m<sup>3</sup>/h)에 적합하다. 따라서 후속 옵션이 바이오가스 계통 공급인 경우에 적합하다.

### 3) 수소 생산

바이오매스는 열분해와 가스화에 의해 수소생산이 가능하다. 열분해반응으로는 코크스와 메탄을 및 다른 가스들이 얻어지며, 여기에 공기를 첨가한 가스화 반응으로 가스의 조성을 얻게 된다. 고온의 가스화를 통해 증기상의 가스로 먼저 전환되고, 수소가 풍부한 증기상이 열분해 오일로 응축되어 수증기와 함께 개질반응을 통해 수소로 전환될 수 있다. 이 공정의 경우 건조한 바이오매스의 무게에 대해 12 ~ 17 %의 수소가 생산된다. 여기에 사용되는 원료들은 나무조각, 식물체, 곡물, 도시 폐기물 등이 있다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 2.3.2 오염물질 배출현황

#### 가. 대기오염물질

##### 1) 고형연료제품 제조공정

환경부에서 매년 실시하는 폐기물처리 시설의 운영 실태 평가에서 조사된 공공 고형연료제품 제조시설의 2017년부터 2019년까지의 대기 및 악취 배출농도 현황은 다음 표와 같다.

[표 2.56] 공공 고형연료제품 제조공정의 대기 및 악취 배출농도 평균값

항목	조사 대상 시설의 배출농도 평균값		
	NO <sub>2</sub> (ppm)	CO(ppm)	먼지(mg/m <sup>3</sup> )
환경기준 년도 (조사 시설수)	75 이하	300 이하	25 이하
2017년(12개소)	40.0	77.5	4.9
2018년(14개소)	27.1	86.0	4.3
2019년(13개소)	35.2	89.5	4.3

고형연료제품 제조공정 중 건조·성형공정(성형 SRF제품) 운영 시에는 건조배가스 처리시설이 필요하다. A고형연료제품 제조공정의 대기배출농도를 다음 표에 제시하였다.

[표 2.57] A고형연료제품 제조공정의 대기 배출농도

년도	분기	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)	CO(ppm)	먼지(mg/m <sup>3</sup> )
2013	1	4.3	4.4	-	7.7
	2	24.1	5.0	-	4.6
	3	35.0	5.0	-	22.6
	4	47.5	불검출	-	29.4
2014	1	114.3	54.3	-	3.2
	2	30.3	27.3	-	8.9
	3	43.3	18.0	-	7.4
	4	30.0	8.0	-	3.7

(표 계속)

년도	분기	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)	CO(ppm)	먼지(mg/m <sup>3</sup> )
2015	1	31.0	불검출	190.7	5.4
	2	32.0	불검출	180.7	5.8
	3	53.0	불검출	35.7	3.9
	4	29.0	불검출	200.3	5.7
2016	1	45.7	불검출	37.0	3.9
	2	97.7	7.7	283.0	5.8
	3	43.0	불검출	70.3	7.8
	4	20.7	불검출	42.7	7.9
2017	1	35.7	불검출	24.4	불검출
	2	43.1	불검출	50.1	4.8
	3	40.7	불검출	77.9	4.9
	4	54.8	불검출	96.5	6.5
2018	1	2.4	불검출	-	8.1
	2	36.1	불검출	96.1	5.2
	3	31.4	불검출	162.2	1.1
	4	22.2	불검출	18.4	1.8
2019	1	32.2	불검출	-	11.2
	2	34.8	불검출	71.8	0.6
	3	-	-	-	-
	4	21.2	불검출	31.2	0.7

## 2) 바이오가스 생산공정

바이오가스 생산과정에서 발생하는 추가적인 대기오염물질은 없으나 바이오가스 생성을 위한 반응공정에서는 반응에 따른 대기오염물질이 발생될 수 있다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 나. 수질오염물질

#### 1) 고형연료제품 제조공정

고형연료제품 제조공정의 폐기물 저장시설에서 침출수가 발생된다. 이는 폐수처리를 함으로써 처리할 수 있다.

[표 2.58] 고형연료제품 제조공정의 수질 영향

구분	폐수	비고
발생원	폐기물 저장시설	-
발생량	다량, 소량	-
유해농도	저농도, 고농도	-

#### 2) 바이오가스 생산공정

##### 가) 유입폐수 성상

혐기성 소화 및 탈수 후 발생되는 탈리액의 성상은 다음 표와 같으며, 조사 결과 평균 BOD 8,250 mg/L, SS 3,300 mg/L, T-N 2,900 mg/L, T-P 165 mg/L의 농도로 나타나며, C/N비가 1.7 ~ 3.9으로 매우 낮은 특성이 있다. 이는 질소 및 인의 영양염류 제거를 위한 외부 탄소원 주입이 불가피한 사실을 잘 나타내주고 있다.

[표 2.59] 바이오가스화 탈리액 성상

구분 (mg/L)	A시설	B시설 (건식)	C시설	D시설	E시설	F시설	평균
BOD	8,100	13,000	6,500	5,500	10,000	6,400	8,250
COD <sub>Cr</sub>	-	23,000	13,000	-	-	-	18,000
COD <sub>MN</sub>	8,100	-	-	3,100	9,500	5,200	6,500
SS	2,300	3,600	2,100	3,000	6,000	2,900	3,300
T-N	2,100	4,200	3,800	2,000	2,700	2,500	2,883
C/N (BOD/T-N)	3.9	3.1	1.7	2.8	3.7	2.6	2.9
T-P	110	130	160	200	300	100	165

## 나) 자체 처리 후 폐수 농도

고농도의 바이오가스화 탈리액을 처리 후 방류하기 위해서는 고도의 처리설비가 필요할 뿐만 아니라 그 운전이 매우 어렵다. 일반적으로 처리 후 연계처리를 통하여 방류하는 것이 가장 효율적이며, 이를 위해서는 적절한 연계처리 수질을 설정하여야 한다. 「공공하수도시설 운영관리 업무지침」에 의하면 “축산폐수, 분뇨 및 음식물처리시설 배출수 등을 연계 처리하는 경우, 전처리수의 오염부하량은 공공하수처리시설의 정상운영에 지장을 주지 않도록 총질소 및 총인의 오염부하량은 설계 시 유입하수 오염부하량의 10 % 이내까지 전처리한 후 연계 처리하여야 한다.”라고 명시되어 있다. 음식물류 폐기물의 폐수처리 후 공공하수도와 연계하기 위하여 반드시 총 오염부하량의 10 %를 넘지 않도록 계획하여 기 운영 중인 처리시설에 영향을 최소화 할 수 있어야 한다. 또한, 반드시 처리되어 연계되는 폐수의 농도 및 부하량을 실시간 모니터링이 가능한 측정장비를 설치하여 연계처리 시 문제가 없도록 한다.

## 다) 연계처리

바이오가스화 탈리액의 처리는 주로 기준 부하량에 적합한 처리 후 인근 하수처리장으로 연계 처리하는 방법이 가장 많이 사용된다. 이때 공공처리시설에서 중간 처리한 음식물류 폐기물 탈리액을 공공하수처리시설에 유입하는 기준은 공공처리시설에서 유입되는 오염물질부하량은 공공하수처리시설의 운영에 지장을 주지 아니하는 정도이며, 공공처리시설에서 유입되는 총질소 및 총인의 양은 공공하수처리시설에서 처리할 수 있는 100분의 10 이내이어야 한다. 또한, 자체 처리 후 방류기준에 맞게 배출하는 방법과 수요처가 확보된다면 액비로 활용하는 방법도 있다. 하지만, 자체 처리하여 방류하기 위해서는 고도의 처리설비가 소요되어 공사비의 증가가 불가피하다. 또한, 액비 역시 지속적인 수요처가 발생되지 않는 한 연속적인 공급이 어려우며, 액비 저장조의 필요, 수요처 확보 등의 어려움이 따른다. 일반적으로 음식물류폐기물 바이오가스화 시설의 폐수 발생은 유입되는 폐기물 대비 0.8 ~ 2.0배 정도로 발생되며, 이는 처리 방식이나 반출 탈수케이크의 함수율에 따라서 차이를 보인다.

## 다. 발생 폐기물

### 1) 고휘연료제품 제조과정

[표 2.60] 고휘연료제품 제조공정의 폐기물 발생 특성

배출원	종류	관리방법
진동스크린	협잡물	소각
	철, 금속	위탁
풍력선별	협잡물	소각
	탈리액	폐수처리(물리화학적처리)



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 2) 바이오가스 생산공정

[표 2.61] 바이오가스(혐기성소화)공정의 폐기물 발생 특성

배출원	종류	관리방법
선별	협잡물	소각
	철, 금속	위탁
탈수	협잡물	소각
	탈리액	폐수처리(물리화학적처리)

### 라. 약취

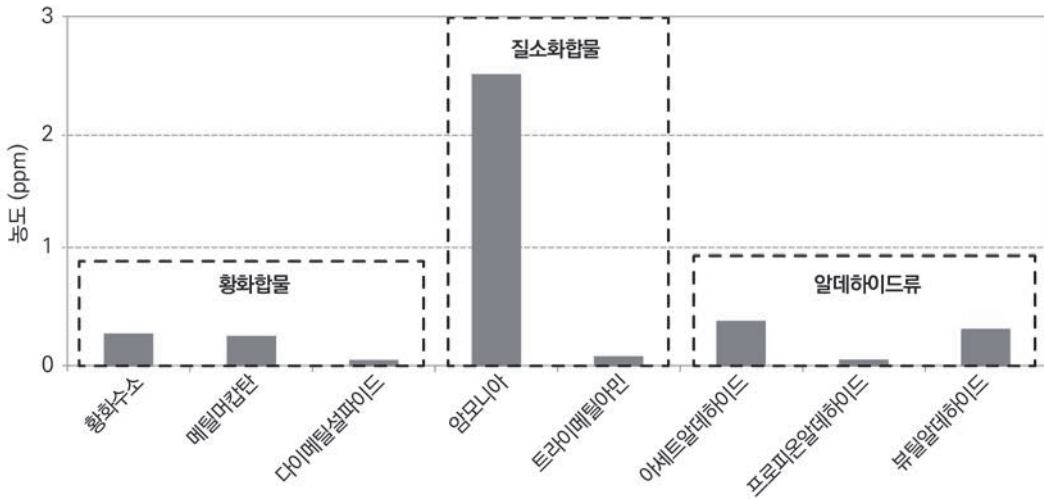
#### 1) 고형연료제품 제조공정

[표 2.62] 고형연료제품 제조공정의 폐기물 약취 발생 특성

구분	약취
발생원	폐기물 저장시설, 건조기, 선별기, 성형기
처리방법	탈취설비

#### 2) 바이오가스 생산공정

음식물류 폐기물의 가장 대표적인 약취물질은 암모니아, 황화수소, 메틸머캅탄 등으로 알려져 있으며, 그 외 알데하이드류 및 휘발성지방산 성분의 약취도 기여도가 높다. 다음 그림은 음식물류 폐기물 바이오가스 생산공정에서 발생하는 약취의 기여도를 나타내었다. 음식물류 폐기물 바이오가스 생산공정의 주요 약취물질은 주로 음식물류 폐기물 소화가스화시설에서 발생하는 약취는 질소화합물, 황화합물, 알데하이드류로 나눌 수 있으며, 약취에 기여하는 대표적인 물질은 최소 감지농도가 낮은 메틸머캅탄과 아세트알데하이드로 볼 수 있다. 이러한 약취물질을 제거하기 위해서는 물리적, 화학적, 생물학적 약취제거 방식을 사용할 수 있으며, 목표로 하는 기준농도와 약취성분의 구성 등을 사전에 명확히 조사하여 가장 적합한 약취제거 방식을 선정하는 것이 중요하다.



[그림 2.33] 음식물류 폐기물 바이오가스 생산공정의 주요 악취물질

### 가) 악취물질의 농도에 따른 구분

일반적으로 악취는 고농도, 중농도, 저농도의 악취로 구분이 가능하며, 이는 풍량 산정 시 환기 횟수를 각기 다르게 하여 포집효율을 높여야 한다. 또한, 탈취 시 기기, 실, 국소를 구분하여 운전방식이나 기기의 특성을 고려하여 환기 횟수를 적용하여야 한다. 악취의 농도 구분 기준은 다음 표와 같이 나타낼 수 있다.

[표 2.63] 악취 농도 구분

구분		악취
고농도	실탈취	반입장, 폐수처리실, 탈수기실 등
	기기탈취	반입호퍼, 저장조 및 저류조, 유량조정조, 파쇄기, 선별기, 탈수기, 폐수처리 반응조 등
	국소탈취	이송컨베이어, 전처리설비 등
중·저농도	실탈취	협잡물 반출실, 탈수케이이크 반출실, 펌프실, 약품실 등
	기기탈취	연계처리수조, 응집조, 응집침전조 등
	국소탈취	반출 컨베이어, 협잡물 및 탈수케이이크 반출호퍼 등



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 나) 주요 악취성분의 처리 적용

가장 흔히 사용되는 방식은 약액세정으로 운전노하우나 효율에 있어서 많이 검증되었다. 하지만, 폐수의 다량 발생, 약품비 증가, 동결 문제 등의 단점이 있다. 시설의 설계 시 반드시 악취에 대한 측정이나 시뮬레이션을 수행할 것을 권장하며, 악취 성분에 적합한 탈취방식을 복합적으로 설치하는 것을 권장한다. 또한, 탈취를 위한 흡입팬은 반드시 비상시를 고려하여 예비대수를 적용하고, 탈취설비 전단에 설치하여 유지보수에 효율성을 확보하여야 한다.

[표 2.64] 주요 악취성분의 처리방법과 적용 여부

물질명	화학식	○ : 매우 적합, △ : 처리 가능, × : 부적합					
		약액 세정법	오존 산화법	흡착법	연소법	미생물 탈취법	소취제 분무법
암모니아	NH <sub>3</sub>	○	○	○	○	○	○
메틸메르캡탄	CH <sub>3</sub> SH	○	○	○	○	○	○
황화수소	H <sub>2</sub> S	○	○	○	○	○	○
황화메틸	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> S	○	○	○	○	○	○
이황화메틸	CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub>	○	○	○	○	○	○
트리메틸아민	C <sub>3</sub> H <sub>9</sub> N	○	○	○	○	○	○
아세트알데하이드	CH <sub>3</sub> COOH	○	○	○	○	○	○
프로피온알데하이드	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHO	×	△	○	○	○	×
n-부틸알데하이드	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CHO	×	△	○	○	○	×
i-부틸알데하이드	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCHO	×	△	○	○	○	×
n-발레르알데하이드	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CHO	×	△	○	○	○	×
i-발레르알데하이드	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CHO	×	△	○	○	○	×
i-부탄올	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> OH	×	△	○	○	○	×
아세트산에틸	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	×	△	○	○	○	×
메틸이소부틸케톤	CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	×	△	○	○	△	×
톨루엔	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	×	○	○	○	△	×

### 다) 악취 배출허용 기준

음식물류 폐기물 바이오가스화시설에서 발생하는 악취는 고농도의 악취로서 민원발생이나 근무자의 근무환경 개선을 위하여 그 처리가 매우 중요하다. 악취 제거설비는 실시간 모니터링이 가능하도록 계획하고 배출허용기준을 준수하여 처리 후 배출한다. 악취 모니터링의 농도 설정은 배출허용기준보다 낮게 설정하여 사전 예방이 가능하도록 구성하고, 기준 초과 시 대응 방안을 마련하여 피드백이 가능하도록 한다.

[표 2.65] 복합악취 배출허용기준

구분	배출허용기준 (회석배수)		엄격한 배출허용기준의 범위 (회석배수)	
	공업지역	기타 지역	공업지역	기타 지역
배출구	1,000 이하	500 이하	500 ~ 1,000	300 ~ 500
부지경계선	20 이하	15 이하	15 ~ 20	10 ~ 15

[표 2.66] 지정악취 물질 배출허용기준

구분	배출허용기준 (ppm)		엄격한 배출허용 기준의 범위(ppm)
	공업지역	기타 지역	공업지역
암모니아	2 이하	1 이하	1 ~ 2
메틸메르캅탄	0.004 이하	0.002 이하	0.002 ~ 0.004
황화수소	0.06 이하	0.02 이하	0.02 ~ 0.06
다이메틸설파이드	0.05 이하	0.01 이하	0.01 ~ 0.05
다이메틸다이설파이드	0.03 이하	0.009 이하	0.009 ~ 0.03
트라이메틸아민	0.02 이하	0.005 이하	0.005 ~ 0.02
아세트알데하이드	0.1 이하	0.05 이하	0.05 ~ 0.1
스타이렌	0.8 이하	0.4 이하	0.4 ~ 0.8
프로피온알데하이드	0.1 이하	0.05 이하	0.05 ~ 0.1
부틸알데하이드	0.1 이하	0.029 이하	0.029 ~ 0.1
n-발레르알데하이드	0.02 이하	0.009 이하	0.009 ~ 0.02
i-발레르알데하이드	0.006 이하	0.003 이하	0.003 ~ 0.006
톨루엔	30 이하	10 이하	10 ~ 30



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

(표 계속)

구분	배출허용기준 (ppm)		엄격한 배출허용 기준의 범위(ppm)
	공업지역	기타 지역	공업지역
자일렌	2 이하	1 이하	1 ~ 2
메틸에틸케톤	35 이하	13 이하	13 ~ 35
메틸아이스부틸케톤	3 이하	1 이하	1 ~ 3
부틸아세테이트	4 이하	1 이하	1 ~ 4
프로피온산	0.07 이하	0.03 이하	0.03 ~ 0.07
n-부틸산	0.002 이하	0.001 이하	0.001 ~ 0.002
n-발레르산	0.002 이하	0.0009 이하	0.0009 ~ 0.002
i-발레르산	0.004 이하	0.001 이하	0.001 ~ 0.004
i-부틸알코올	4.0 이하	0.9 이하	0.9 ~ 4.0

### 마. 소음·진동

#### 1) 고형연료제품 제조공정

환경부에서 매년 실시하고 있는 폐기물처리시설의 운영실태 평가에서 조사된 공공 고형연료제품 제조시설의 2017년부터 2019년까지의 소음 현황은 다음 표와 같다.

[표 2.67] 공공 고형연료제품 제조공정의 소음 측정 평균값

항목	년도(조사시설수)		
	2017년(12개소)	2018년(14개소)	2019년(13개소)
환경기준 오염항목	낮 06 : 00 ~ 18 : 00 : 70 dB(A) 저녁 18 : 00 ~ 24 : 00 : 65 dB(A) 밤 24 : 00 ~ 06 : 00 : 60 dB(A)		
소음 dB(A)	52.5	55.6	57.5

#### 2) 바이오가스 생산공정

동력사용설비에서의 소음·진동이 발생할 수 있다.

## 2.4 하·폐수슬러지 처리시설

### 2.4.1 주요공정

하수처리시설의 수처리 공정에서 발생하는 하수슬러지 양은 전체 유입하수량의 약 1 % 정도로 고형물량의 40 ~ 90 %가 유기물로 구성되어 있다. 수분함량은 97 ~ 99 %로 적절한 전처리 없이 최종 처분할 경우 슬러지 중에 대량으로 포함되어 있는 유기물은 부패되기가 쉬워 악취 문제 및 위생상의 문제를 유발시킬 수 있다. 또한, 함수율이 높은 슬러지는 최종 처분장으로 운반하는데 많은 비용이 소요되고, 보다 넓은 처분장소를 필요로 한다. 따라서 슬러지는 기본적으로 안정화와 무해화 그리고 감량화가 필수적이며 현재 여러 가지 공정을 통해 슬러지 처리·처분이 이루어지고 있다.

슬러지 처리·처분 방법은 크게 전처리공정과 중간처리공정, 최종처리공정으로 구분된다. 전처리 공정이란 「폐기물관리법」 상의 중간처리하기 전의 단계로 농축, 안정화, 개량, 탈수와 같이 감량화를 주요 목적으로 하고 있으며, 중간처리는 탈수슬러지를 재이용 또는 최종처리하기 위하여 퇴비화, 고화, 연료화, 건조, 소각, 탄화, 용융 등이 이에 해당하며, 최종처리는 전처리 또는 중간처리 공정에서 발생된 처리부산물을 매립 또는 재이용 하는 것이다.

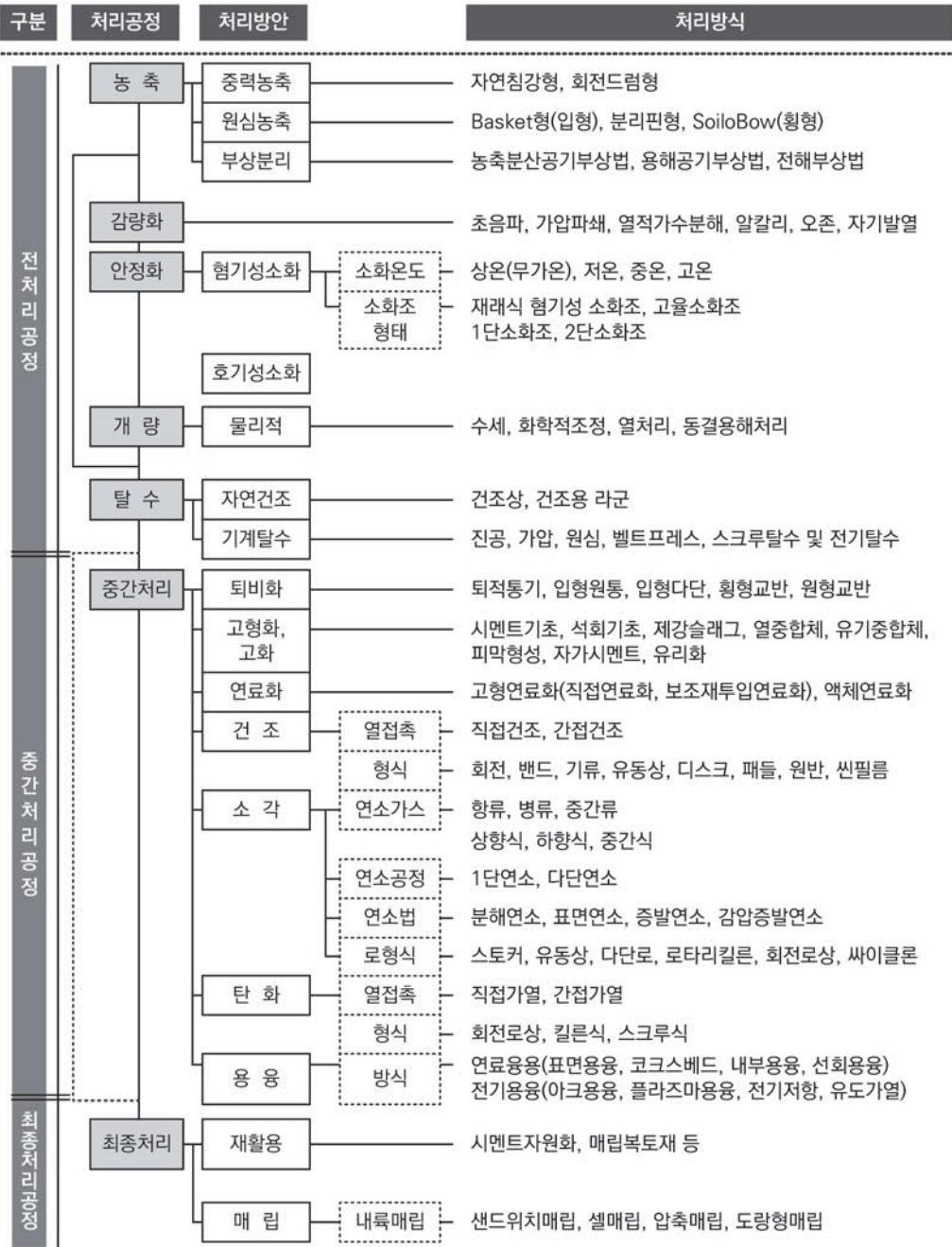
그러나, 2003년 7월 1일 이후 슬러지의 직매립 금지 조치시행과 「해양환경관리법」의 개정으로 2011년 2월부터 단계적 해양배출 금지에 따라 슬러지에 대한 지상처리방안 마련이 불가피해졌다. 슬러지의 지상처리방안에 있어 최종처분을 위해서는 반드시 중간처리 공정이 필요하며, 중간처리 공정에서의 처리방안 선정을 위해서는 각각의 단위공정에 대한 특성 및 평가, 처리시설을 설치하고자 하는 지역의 여건과 각 처리방안의 기술적, 환경적 및 경제적 측면을 종합적으로 검토하여 적절한 처리방안을 선정하여야한다.

[표 2.68] 처리목적 및 기능에 따른 분류

구분	주 목적	처리방법
전처리 공정	탈수	농축, 안정화, 개량, 탈수
중간처리 공정	감량, 안정화	건조, 소각, 탄화, 고화, 용융
최종처분 공정	최종처분, 재이용	매립, 재활용

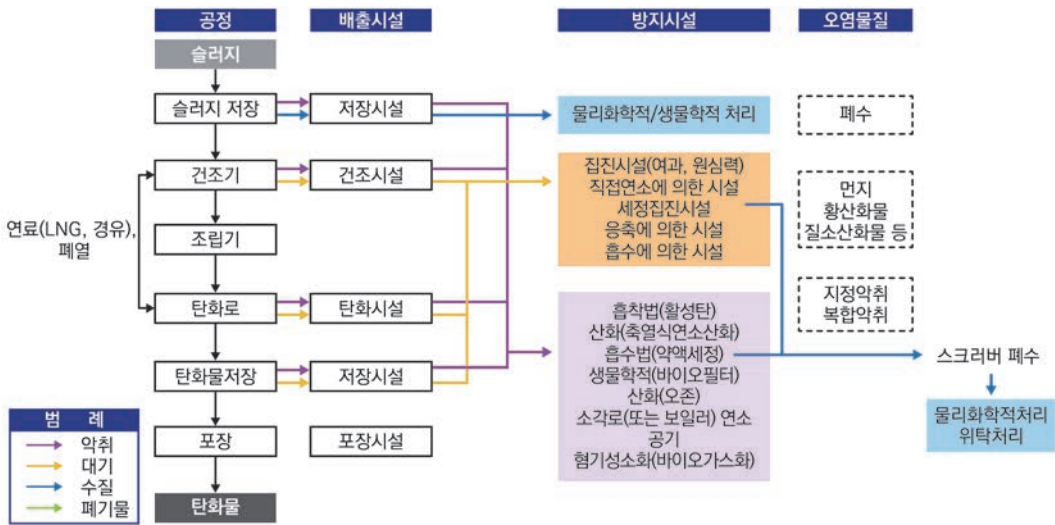


## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

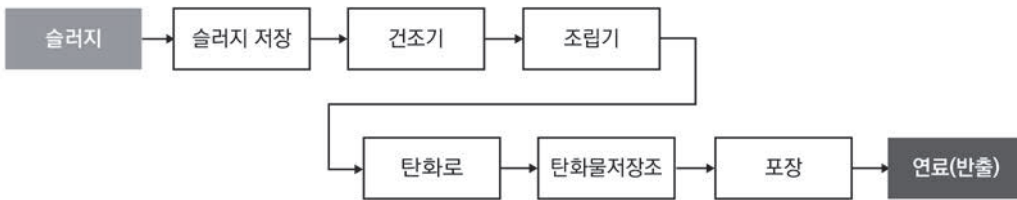


[그림 2.34] 슬러지 처리처분 방법의 분류

## 가. 탄화공정



[그림 2.35] 탄화 통합공정흐름도



[그림 2.36] 탄화 공정도



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 1) 설비 개요 및 구성

#### 가) 슬러지 반입 및 공급설비

슬러지 반입공급설비는 하수처리장에서 발생된 하수슬러지를 트럭 혹은 배관 이송으로 운반하여 슬러지 저장조에 하역하고 저장된 슬러지를 슬러지 공급펌프로 건조기에 적정량을 이송하기 위한 설비이다.

슬러지 반입공급설비의 주요 설비는 슬러지 저장조, 슬러지 공급 펌프, 슬러지 배출컨베이어 등, 슬러지 이송장치로 구성된다.

#### 나) 건조 설비

슬러지 건조설비는 반입 슬러지에 함유되어 있는 수분을 건조시켜 탄화 시 보조연료를 최소화하여 탄화가 이루어지도록 하기 위한 설비로서 탈수슬러지를 함수율 80 % → 30 % 이하로 건조시킬 수 있도록 하기 위한 설비이다.

탈수슬러지에 함유되어 있는 수분을 건조시켜 탈수슬러지를 일정 함수율 이하로 건조시킬 수 있는 능력을 보유한 직접 가열 회전식 드럼건조기와 건조시 발생하는 건조 배기가스에 포함된 대기오염물질을 제거할 수 있는 원심력(사이클론)집진기 설비 등으로 구성된다. 또한, 건조슬러지 이송 및 사이클론에서 걸러진 건조물에 대하여 이송 공급하는 컨베이어도 건조설비의 중요한 설비이다.

#### 다) 탄화 설비

슬러지 건조기에서 배출되는 건조슬러지를 탄화시키는 설비로서 공급장치, 탄화로, 탄화로 버너, 재연소로, 재연소로용 버너, 비상댐퍼, 계량탱크 등으로 구성된다. 탄화로 가동 시 또는 탄화 적정 온도를 유지하기 위해 탄화로용 버너가 설치되어 있으며, 탄화로 내부에 건조물이 탄화되는 과정에 충분한 흡열반응을 할 수 있도록 무산소 조건에서 온도는 650 ~ 750 ℃를 유지하여야 한다.

반탄화(Torrefaction)기술은 비교적 낮은 온도(200 ~ 300 ℃)의 열분해 반응으로 처리 과정에서 에너지 손실을 최소화 할 수 있고 수분의 분리에 의해 에너지 밀도가 증가하는 장점이 있다.

수열탄화는 적정온도와 고압을 이용하여 아임계수의 조건을 이용하여 유기물의 분해 및 탄화를 진행하여 빠른 시간에 다른 촉매 없이 진행되는 장점이 있다. 또한, 기준의 탄화 조건보가 낮은 온도인 약 200 ℃ 정도에서 이루어진다.

슬러지 건조기에서 배출되는 건조슬러지를 탄화시키는 설비로서, 탄화물을 생산하고 건조슬러지 저장탱크, 탄화로, 재연소로, 탄화물냉각기 및 탄화물 이송컨베이어 등으로 설비를 구성되어 있다.

## 라) 재연소로

탄화로에서 발생된 유기가스와 슬러지 건조기의 건조 배기가스를 연소용 공기로 사용하여 연소시키는 장치로 탄화로에서 발생하는 유기가스가 완전 재연소 될 수 있는 충분한 온도를 유지하고, 모든 연소가스가 850 ℃ 이상, 2초 이상 체류할 수 있는 구조로 되어야 한다.

재연소로에서 연소된 가스는 공기에열기를 통과하여 배출되면 열교환된 연소공기는 재연소로 유입되어 연소효율을 향상시킬 수 있도록 설계한다. 탄화로에서 열분해된 가스 소각과 연소가스를 850 ℃ 이상 유지하기 위해 재연소용 버너가 필수적으로 설치 운전되어야 한다. 건조로 및 탄화로에서 발생된 유기가스는 재연소실로 유도되어 재연소로용 버너 및 연소공기에 의해 악취 및 휘발분은 완전 연소되며, 연소가스상의 NO<sub>x</sub> 저감설비로 요소수를 재연소로에 주입한다.

재연소로는 재연소로, 재연소로용 버너, 비상댐퍼, 요소수 분사노즐로 설비가 구성된다.

## 마) 연소가스 냉각설비

연소가스 냉각설비는 재연소로에서 발생된 고온의 연소가스를 연소가스 처리시설의 입구 적정온도 이하로 냉각시키면서 폐열을 회수하는 설비이다.

연소공기 예열기와 백연저감 공기에열기로 구성되며, 백필터 입구의 온도를 200 ℃ 이하로 낮추기 위하여 가스냉각탑 설비로 구성된다.

## 바) 연소가스 처리설비

연소로에서 배출되는 연소가스에는 다량의 비산재를 포함하여 황산화물, 질소산화물 및 염화수소 등의 유해가스와 극소량의 다이옥신과 중금속류가 있으므로 환경보전을 위해 대기환경보전법 기준치 이하로 처리하여 배출하여야 한다.

연소가스 처리설비는 배기가스 내의 오염물질을 제거하여 안전한 상태로 배출하는 시설로서 여과집진기 및 습식세정탑 등으로 구성된다.

## 사) 탄화물 이송 및 저장설비

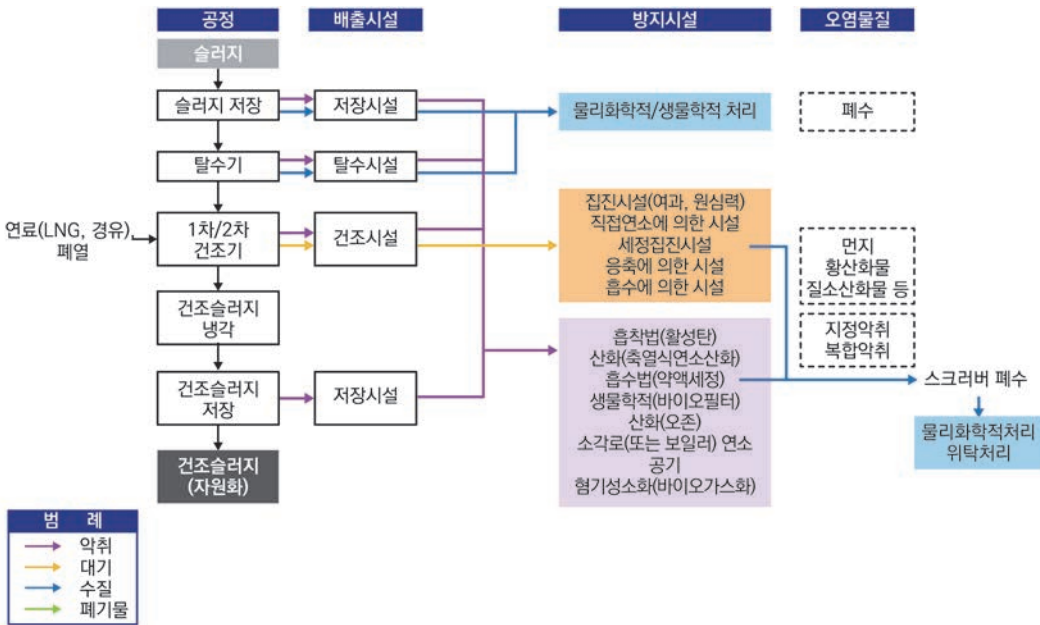
탄화로에서 배출된 탄화물은 탄화물 냉각 컨베이어 및 탄화물 수직이송 컨베이어에서 냉각 후 이송장치를 거쳐 탄화물 저장조에 일시 저장 후 발전소로 공급하여 보조연료로 재활용된다. 비산재 배출원은 여과집진기 백필터에서 배출되며, 발생된 비산재는 위탁처리(매립) 한다.

탄화물 냉각 컨베이어, 탄화물 배출 컨베이어, 비산재 배출 컨베이어 등으로 구성된다.

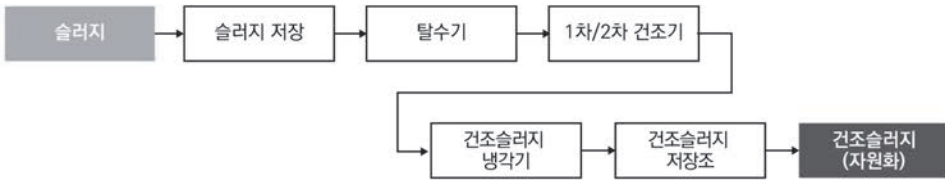


## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 나. 건조공정



[그림 2.37] 건조 통합공정흐름도



[그림 2.38] 건조 공정도

### 1) 슬러지 반입 및 공급 설비

#### 가) 설비 개요

슬러지 반입 및 공급설비는 건조, 소각하기 위한 슬러지 및 협잡물을 반입 및 일시 저장하는 공정으로 차량으로 수집·운반·계량되며, 악취차단이 가능한 옥내식 반입장의 지하 슬러지 저장조, 협잡물 저장조에 하역된다.

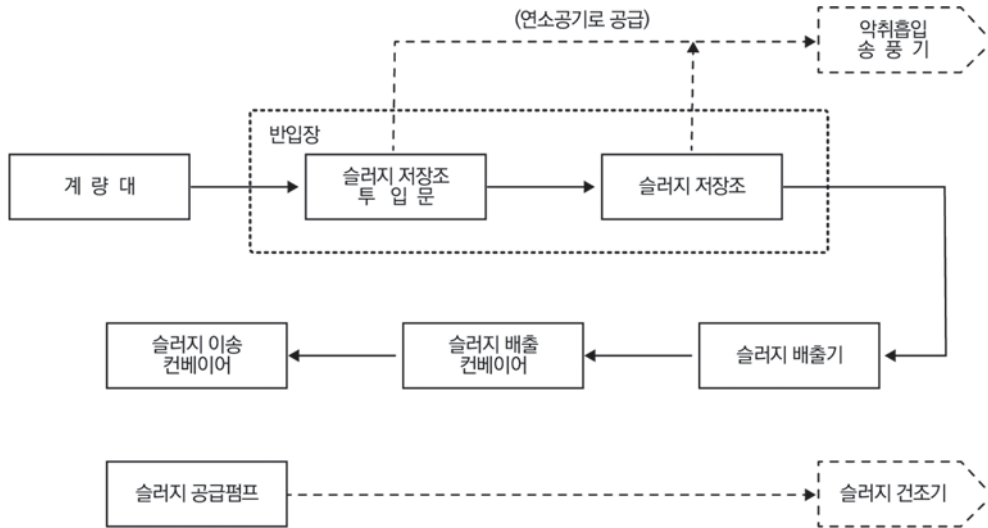
반입된 슬러지를 스팀 또는 열풍을 이용하여 건조할 수 있도록 건조설비에 공급하는 공정이다.

## 나) 설비 구성

슬러지 반입공급설비의 주요설비로는 슬러지 저장조 투입문, 슬러지 저장조, 슬러지 배출컨베이어, 슬러지 이송컨베이어, 슬러지 공급펌프, 악취흡입송풍기 등으로 구성된다.

## 다) 설비 계통

- ① 반입공급설비는 계열로 구성하여 신속한 반입공급이 가능하도록 한다.
- ② 각 하수처리장에서 발생하는 탈수슬러지는 차량에 의해 슬러지 자원화시설로 반입된다.
- ③ 슬러지 반입차량은 계량대에서 계량 후 슬러지 자원화시설의 슬러지반입장 및 슬러지저장조 투입문을 통하여 슬러지 저장조에 일시 저장된다.
- ④ 슬러지 저장조는 슬러지 반입량 및 반입차량의 신속한 투입작업 등을 고려하여 계열로 구성한다.
- ⑤ 슬러지 저장조에 저장된 슬러지는 하부의 슬러지 배출장치 및 슬러지 공급펌프로 건조설비 투입시설인 건조기 투입호퍼까지 이송한다.



[그림 2.39] 슬러지반입 및 공급 설비 계통 예시

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2021]

## 2) 건조설비

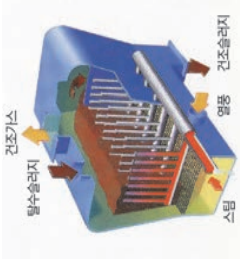
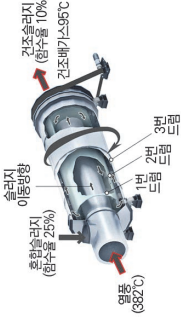
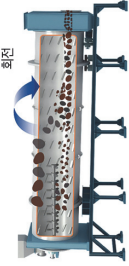

### 가) 설비 개요

슬러지 건조설비는 열풍에 의한 로터리킬른 건조방식 또는 스팀을 이용한 간접 열교환 건조방식 등을 적용할 수 있으며, 24시간/일 가동하여 슬러지에 함유되어 있는 수분을 건조시키기 위한 슬러지 건조설비로 함수율 80 % 슬러지를 함수율 10 % 이하로 건조시킬 수 있는 능력을 보유하여야 한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

[표 2.69] 슬러지 건조방식 비교(직접건조방식)

구분	직접건조방식			
	유동상 건조	3중 드럼 건조	회전 드럼 건조	벨트 건조
개요도				
원리	하부가 다공판으로 제작된 건조기 하부에 열풍을 불어넣어 슬러지를 부유 유동시키면서 건조시키는 방식	회전하는 3중 드럼 내에서 중온의 열풍과 접촉하여 건조 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 드럼회전 시 내부 리프터에 의한 교반 및 열풍으로 슬러지 건조 이송</li> </ul>	슬러지 투입부에 파쇄시스템에 의해 투입슬러지 20 mm 이하 미립화 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 회전 드럼 내 리프터에 의한 슬러지 교반 및 이송과 고온 열풍으로 슬러지 건조 이송</li> </ul>	저온열풍을 슬러지에 직접접촉하고 다단으로 이루어진 벨트로 이송되며 단차에 의한 교반 및 혼합에 의하여 건조
공정구성	• 유동상 건조기 → 냉각장치	• 3중 드럼건조기 → 냉각장치	• 열풍건조기 → 냉각장치	• 벨트건조기 → 냉각장치
사용열원	• LNG/경유/증기	• LNG/경유	• LNG/경유	• 증기(폐열활용)/LNG/경유/온수



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

간접건조방식				
구분	유증 건조	싹필름 건조	순환증기 재가열 건조	플레이트 건조
개요도				
원리	<ul style="list-style-type: none"> <li>진공유증건조기 열매체로 (폐유)를 사용하여 슬러지 수분을 6% 이하로 건조</li> <li>2차적으로 건조된 원료에 함유된 기름을 제거하기 위해 원심분리 또는 압축프레스를 거쳐 탈유를 실시 후 파쇄, 선별하는 공정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>건조기 내부 원형의 구동축에 돌기형 핀을 촘촘히 설치하여 구동축 내부의 증기와 외부 자켓의 증기에 의해 건조</li> <li>돌기형 핀에 의한 슬러지 박막 건조로 건조슬러지 미세입자화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>순환증기를 가열기로 재가열하여 단단식 챔버에서 재가열 증기를 열매체로 사용하고 슬러지는 회전 레이크에 의해 이송, 교반, 혼합, 파쇄되고 단단의 낙차에 의해 슬러지 건조</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>두 종류 이상의 원판을 배치하고 중앙의 교반축에 의해 건조물을 아래로 순차적으로 이송하면서 건조하며 고압 및 진공건조 가능</li> </ul>
공정구성	<ul style="list-style-type: none"> <li>진공유증건조기 → 탈유장치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>싹필름조기 → 냉각장치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>순환증기 재가열 건조기 → 사이클론 집진기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원반건조기 → 냉각장치</li> </ul>
사용열원	<ul style="list-style-type: none"> <li>증기(폐열활용)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>증기(폐열활용)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LNG/경유</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>증기(폐열활용)</li> </ul>

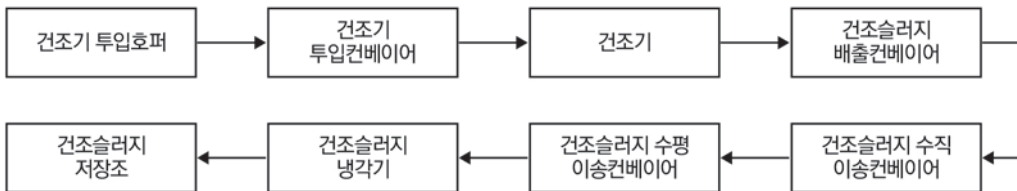
(표 계속)

## 나) 설비 구성

슬러지 건조 시 주요설비로는 건조기 투입호퍼, 건조기 투입컨베이어, 슬러지 파쇄기, 슬러지 건조기, 건조슬러지 배출 컨베이어 등으로 구성된다.

## 다) 설비 계통

- ① 슬러지 공급펌프에 의해 공급된 하수슬러지는 건조기 투입호퍼로 이송되어 하부 투입컨베이어에 의해 일정량씩 건조기에 공급된다.
- ② 건조기로 투입된 하수슬러지는 입구에 설치되어 고속회전하는 2축의 슬러지 파쇄기로 파쇄되어 입자화되며 건조슬러지가 엉겨붙는 구역(Sticky Zone) 형성을 방지하고 열풍로에서 공급되는 고온의 열풍가스(800 ℃)와 접촉효율을 높여 슬러지 중 수분을 증발·제거하여 함수율 10 % 이하의 건조슬러지를 생산한다.
- ③ 회전하는 건조기 내벽에 일정간격으로 취부된 발개장치(Lifter)에 의해 슬러지는 출구 쪽으로 이송 및 낙하되면서 열풍가스와 접촉하여 건조가 진행된다.
- ④ 건조기에서 배출되는 건조슬러지는 이송장치에 의해 건조슬러지 냉각 장치로 이송되며, 증발된 수분과 건조배가스는 후단의 원심력집진기로 이송된다.



[그림 2.40] 슬러지건조 설비 계통 예시

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2021]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 라) 설계 기준

#### ① 일반사항

- 처리범위 : 정격처리량의 70 ~ 110 %(최대 : 함수율 80 % 기준)
- 투입 슬러지 함수율 :  $80 \pm 5 \%$
- 건조 슬러지 함수율 : 10 % 이하
- 건조 슬러지 입도 : 20 mm 이하
- 가동시간 : 1일 24시간 × 333일/년 이상

#### ② 설계 및 구조

- 슬러지 공급펌프에서 공급된 슬러지는 건조기 투입호퍼에서 가교현상 없이 건조기 내로 원활하게 공급되는 구조이어야 한다.
- 건조기 출구 건조배가스 온도에 따라 건조기에 유입되는 열풍가스 온도의 제어에 의해 건조슬러지 함수율을 10 % 이하로 배출하는 구조이어야 한다.
- 슬러지가 투입되는 건조기 입구 쪽의 슬러지 파쇄기는 투입되는 슬러지를 효율적으로 파쇄 가능한 구조 및 위치를 선정하여 설치되어야 하며, 고온에 의한 열변형, 처짐현상이 발생되지 않는 재질을 선정하여 제작 및 설치하여야 한다.
- 건조기의 슬러지 건조능력은 제시된 슬러지 함수율 및 처리량 기준 이상이어야 하며, 건조 필요열량, 연료사용량 등 설계조건은 제시된 값을 초과하여서는 안 된다.

### 3) 건조 배가스 처리설비

#### 가) 설비 개요

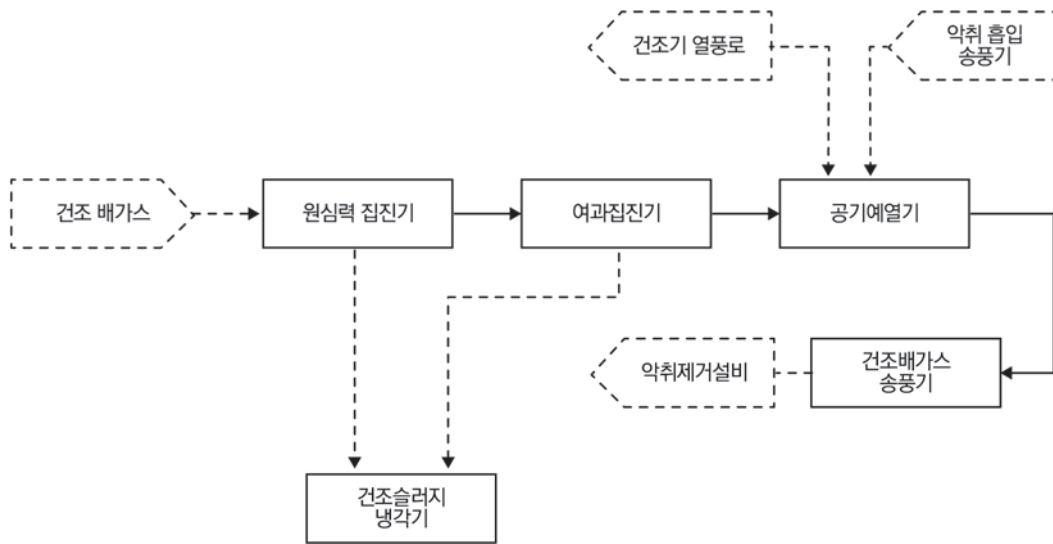
슬러지 건조 배가스 처리설비는 건조기실에서 슬러지 건조과정에서 생성되는 배가스 및 분진을 집진하여 처리하는 시설이다.

#### 나) 설비 구성

슬러지 건조 배가스처리를 위한 주요설비로는 원심력집진기, 여과집진기, 약취흡입송풍기, 건조 배가스 송풍기로 구성 구성된다.

### 다) 설비 계통

- ① 건조과정에서 발생한 분진 및 수증기 등 건조배가스 중에 함유된 분진을 1차 원심력 집진기에서 포집하여 로터리 밸브로 배출하고 미세분진은 여과집진기에서 2차 포집하여 로터리 밸브를 통하여 외부로 배출한다.
- ② 외부로 배출된 분진은 건조슬러지 수직 이송 컨베이어에서 이송된 건조슬러지와 함께 건조슬러지 수평 이송 컨베이어에 의하여 후단 건조슬러지 냉각기로 이송되며 수증기 등의 건조배가스는 공기에열기에서 연소공기를 가열하여 건조배가스 송풍기로 유입되어, 후단의 악취처리설비인 건조배기 가스 탈습탑으로 이송된다.



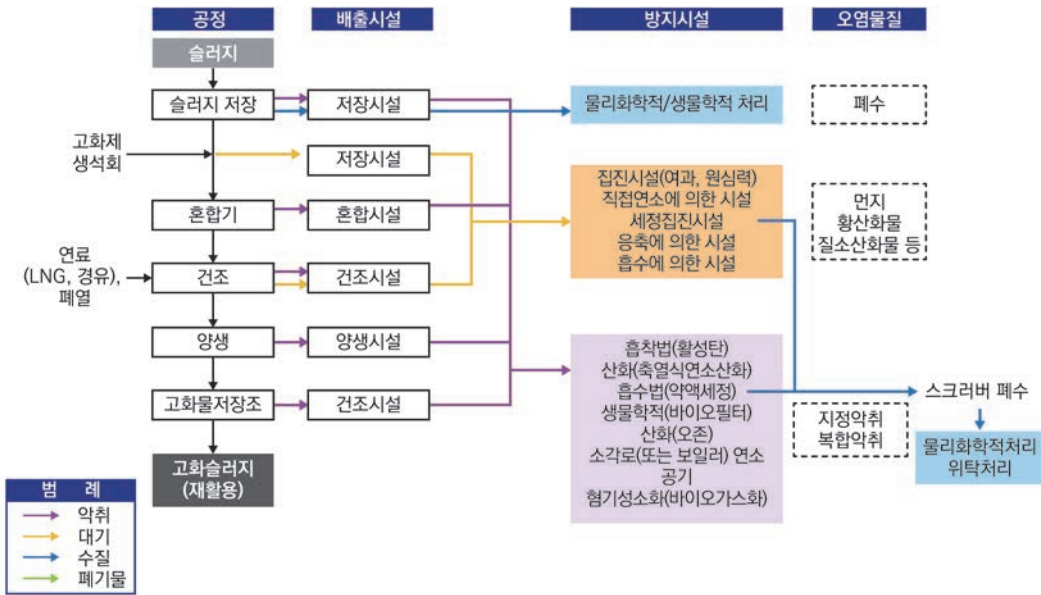
[그림 2.41] 건조 배가스 처리 설비 계통 예시

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2021]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 다. 고화공정



[그림 2.42] 고화 통합공정흐름도



[그림 2.43] 고화 공정도

## 1) 슬러지 반입 및 공급 설비

### 가) 설비 개요

슬러지 반입공급설비는 반입차량에 의해 반입되는 슬러지를 저장호퍼에 저장하여 고화처리 공정인 혼합기에 이송하기까지의 설비로서, 주요설비로는 계량기, 슬러지 저장호퍼, 배출기, 배출컨베이어, 공급기, 이송펌프 등으로 구성된다.

### 나) 설비 구성

슬러지 반입공급설비는 저장호퍼, 배출기, 저장호퍼개폐기, 배출컨베이어, 공급기, 이송펌프로 구성되며, 각각의 설비는 2계열 이상으로 구성한다.

### 다) 설비 계통

- ① 하수처리장에서 발생하는 탈수슬러지는 차량에 의해 슬러지 자원화시설로 반입된다.
- ② 반입차량은 통합계량대에서 계량 후 슬러지 저장호퍼에 투입한다.
- ③ 슬러지 저장호퍼는 슬러지 반입량 및 반입차량의 신속한 투입작업 등을 고려하여 2계열 이상으로 구성한다.
- ④ 슬러지 저장호퍼에 저장된 슬러지는 이송펌프로 혼합기에 일정량씩 공급된다.

## 2) 약품공급설비

### 가) 설비 개요

슬러지 고화처리 시 필요한 약품(고화제, 생석회)을 저장 및 혼합기에 이송하기까지의 설비로서 주요설비로는 고화제/생석회 저장사일로, 중간저장호퍼, 계량설비 및 이송설비 등으로 구성된다.

### 나) 설비 구성

#### ① 고화제 공급설비

고화제 공급설비로는 저장사일로, 로터리밸브, 배출스크루우, 버켓엘리베이터 컨베이어, 이송 플라이트컨베이어, 집진기 등으로 구성된다.

#### ② 생석회 공급설비

생석회 공급설비로는 저장사일로, 로터리밸브, 배출스크루우, 버켓엘리베이터 컨베이어, 이송 플라이트컨베이어, 집진기 등으로 구성된다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 다) 설비 계통

- ① 고화제 및 생석회는 벨크트럭으로 반입하여 저장사일로에 저장된다. 저장된 고화제 및 생석회는 각 계열별로 설치된 중간저장호퍼의 레벨신호에 따라 적정 레벨을 유지하기 위하여 연속적으로 공급된다.
- ② 고화제 및 생석회 저장사일로에서 중간저장호퍼까지는 버킷엘리베이터와 플라이트 컨베이어로 이송된다.
- ③ 중간저장호퍼에서는 혼합기의 운전에 필요한 양을 계량장치에서 계량 후, 혼합기에 각각 공급된다.

### 3) 혼합설비

#### 가) 설비 개요

슬러지 공급설비와 약품(고화제, 생석회)공급설비로부터 일정 비율로 투입된 슬러지와 고화제 및 생석회를 균일하게 혼합하여, 성상의 균질화를 통하여 후단의 양생기에서 전체적으로 골고루 고화반응이 이루어져, 최종 고화물의 성상이 균일하게 생산될 수 있도록 하기 위한 설비로서, 주요설비로는 혼합기, 혼합슬러지 저장호퍼, 혼합슬러지 배출 유압 스크레퍼, 혼합슬러지 이송 컨베이어 등으로 구성된다.

#### 나) 설비 구성

혼합설비로는 고화제 중간저장호퍼, 생석회 중간저장호퍼, 고화제 로터리밸브, 생석회 로터리밸브, 고화제계량기, 생석회계량기, 혼합기로 구성된다. 또한 설비는 2계열 이상으로 구성하며, 각 계열당 2개 라인(A라인, B라인)으로 구성한다.

### 다) 설비 계통

- ① 슬러지 이송펌프에 의해 혼합기 1회(1-Batch) 운전에 필요한 일정량의 슬러지가 혼합기에 투입되어 계량이 완료된 후, 마찬가지로 계량이 완료된 고화제 및 생석회가 혼합기로 투입 완료되면, 혼합기가 일정시간 작동하여 균일한 성상의 혼합물을 생산한다.
- ② 혼합이 완료된 혼합물은 혼합기 하부 배출게이트가 개방되면, 혼합슬러지 저장호퍼로 낙하, 일시 저장된 후, 다음 혼합물이 배출되기 전에 혼합슬러지 이송설비에 의해 후단의 혼합물 양생설비로 이송·공급된다.
- ③ 혼합설비의 운전방법이 배치(Batch)식으로 혼합기에 공급되는 슬러지, 고화제, 생석회 이송설비는 혼합기의 운전 사이클에 맞추어 오차 없이 자동으로 운전되어야 한다.
- ④ 혼합기 및 혼합기에 공급되는 설비의 적정용량을 고려하여 전체 계열을 2계열 이상으로 구성하며, 각 계열은 독립적으로 운전 가능하여야 한다.

## 4) 양생설비

### 가) 설비 개요

슬러지 양생설비는 혼합기에서 균일한 성상으로 혼합된 혼합물을 12시간 이내에 함수율 50 % 이하의 고화물을 생산한다.

혼합설비에서 성상이 균일하게 혼합된 혼합물이 고화반응이 진행될 수 있도록 최적의 양생조건을 조성하여, 목표하는 최종 고화물을 생산하는 설비로서 주요설비로는 혼합물 및 고화물 양생기, 양생공기 송풍기, 고화물 배출 컨베이어 등으로 구성된다.

양생공정은 공급된 약품과 슬러지 중 수분반응에 의한 흡수발열반응, 이온교환반응, 포졸란반응, 탄산화반응 등의 여러 반응이 진행되는 공정으로 슬러지 중 수분 감량 및 유해물질의 안정화가 주요목적이다.

### 나) 설비 구성

양생설비로는 혼합물양생기가 A, B, C로 구성되며, 고화물양생기가 A, B, C, D로 구성된다.

### 다) 설비 계통

- ① 혼합슬러지 투입컨베이어로 혼합물 양생기에 투입된 혼합물은 양생기에 설치된 계량설비에 의해 투입량이 결정되고, 양생공기량은 투입량에 따라 4단으로 구성된 양생공기 공급노즐이 자동으로 제어된다.
- ② 양생기에 투입되는 혼합슬러지는 양생기 상부에 설치된 플라이트컨베이어로 순차적으로 양생기에 투입되며 각 단위 양생기의 투입량은 양생기 하부에 설치된 계량장치에 의해 투입량이 결정된다.
- ③ 양생기에 투입된 후, 일정시간이 경과되면, 혼합물의 교반 및 혼합 효과를 위하여 하부의 배출 컨베이어를 통하여 배출하여, 후단의 고화물 양생기로 이송하여 투입되는 구조로 된다.
- ④ 양생공기는 양생기 내부에 투입된 혼합물의 발열 반응 시 발생하는 수증기의 신속한 배출 및 복잡한 양생반응의 촉진을 위하여 양생기를 수직으로 4등분하여 양생공기 공급노즐을 4단의 격자형태로 설치하여 혼합물 내부에 골고루 각 층에 공기공급이 될 수 있도록 구성하였다. 또한 양생용 수분증발을 촉진하기 위하여 양생기 전단에 전기식 히터를 설치하여 일정온도(80 ℃) 예열 후 공급되도록 한다.
- ⑤ 양생기에서 공기공급뿐만 아니라 발생된 수증기의 신속한 배출을 위하여 4단으로 구성된 공기공급 배관상층에 양생배가스 배기배관을 설치하였다.
- ⑥ 양생기는 수직각형 밀폐식 피라미드 구조로 24시간/일 양생공기를 공급하고 양생 중 양생물을 1회 이상 교반하여 고화물 품질향상 및 양생시간을 단축하고 양생 시 발생하는 악취는 포집하여 악취제거설비에서 제거되도록 구성한다.
- ⑦ 양생기는 양생반응 기능과 일부 저장기능을 고려하여 양생기 설치수량을 계획한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 5) 이송설비

#### 가) 설비 구성

① 혼합물 투입

혼합물 투입 시 스크루 컨베이어, 주름흑벨트 컨베이어, 플라이트 컨베이어로 구성된다.

② 1차 양생 고화물 이송

1차 양생 고화물 이송 시 주름흑벨트 컨베이어, 플라이트 컨베이어로 구성된다.

③ 2차 양생 고화물 이송

2차 양생 고화물 이송 시 주름흑벨트 컨베이어로 구성된다.

### 6) 반출설비

#### 가) 설비 개요

반출설비는 양생기에서 함수율 50 % 이하로 양생이 완료된 고화물을 이송 버킷 엘리베이터로 이송하여 고화물 저장호퍼에 일정량씩 계량하여 일시 저장하였다가 고화물 반출차량으로 반출하기 위한 설비이다.

전체 계열수는 2계열 이상으로 구성하여 각 계열은 독립적으로 운전되는 것으로 계획한다. 주요 설비로는 고화물 이송설비, 고화물 배출호퍼 등으로 구성된다.

#### 나) 설비 구성

반출설비로는 버킷 엘리베이터 컨베이어, 플라이트 컨베이어, 배출호퍼 A, B, C로 구성되며, 2계열 이상으로 구성한다.

#### 다) 설비 계통

- ① 고화물 양생기에서 고화반응이 완료된 고화물은 각 계열별로 투입된 시간에 따라 순차적으로 배출되어 이송설비에 의해 고화물 배출호퍼로 이송된다.
- ② 고화물 배출호퍼에는 계량장치를 설치하여 일정량씩 계량하여 저장한 후, 반출차량의 용량에 따라 적정량을 적재할 수 있도록 계획한다.
- ③ 반출설비는 고화물 이송 버킷 엘리베이터, 고화물 배출호퍼 투입컨베이어, 고화물 배출호퍼로 구성하여 1일 8시간 고화물을 반출하는 것으로 계획한다.

## 7) 회수설비

### 가) 설비 개요

- ① 회수 컨베이어는 접합부분의 확인, 좌우 치우침 등을 상시 확인하여야 하며, 수시로 장력조절 등을 통하여 벨트를 관리한다.
- ② 경사 컨베이어는 하부에 적체물이 쌓이지 않도록 주기적으로 청소하여야 하며, 특히 상부 슈트의 막힘이 없도록 상시 관리한다.
- ③ 회수용 버킷 엘리베이터는 주기적으로 상부슈트 청소, 하부청소, 장력조절 등을 하여야 한다.
- ④ 회수설비는 주기적인 점검을 통하여 사전에 교체를 실시할 수 있도록 각별히 주의를 요한다.

## 8) 고화물 운반 및 보관장 운영

### 가) 설비 개요

- ① 차량운전자는 운반 시 비산먼지가 발생하지 않도록 하여야 하며, 보관장의 보관량은 최소화하여 악취 및 먼지 근절을 원칙으로 한다.
- ② 고화물 보관에 보관량은 보관장 용량을 넘지 않도록 관리하여야 하며, 복토재로 활용할 수 있는 최소량을 유지하여야 한다.
- ③ 고화물 운반 시 차량 덮개는 반출장 내에서 닫고 운행하여야 하며, 고화물 보관장 내에 출입 시에도 항상 덮개의 관리를 철저히 하여야 한다.
- ④ 고화물 보관장 내 나올 시 세륜기를 거쳐 차량의 청결상태를 상시 관리하여야 한다.
- ⑤ 출입구인 스피드 도어의 철저한 관리를 하여 악취 확산 방지에 최선을 다하여야 한다.
- ⑥ 고화물 보관장은 상시 관리 인원이 대기하여야 하며, 주변에 고화물이 비산되지 않도록 청결상태 유지하여야 한다.
- ⑦ 고화물 보관장 내에 탈취기인 UV 광분해 산화장치, UV 램프 및 활성탄 필터 상태 관리 및 교체관리를 철저히 하여 악취 관리하여야 한다.
- ⑧ 보관장의 고화물에 대한 뒤집기(교반) 작업을 실시하며, 상·하역 공간 분리운행을 하여야 한다.
- ⑨ 동절기에는 세륜기 운영을 정지하는 것을 원칙으로 하며, 세륜수의 교체관리를 철저히 하여야 한다.
- ⑩ 매립장에 올라갈 경우 하역 시 유도원의 안내에 따라야 하며 안전운전에 만전을 기하여야 한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 2.4.2 오염물질 배출현황

#### 가. 대기오염물질

##### 1) 탄화공정

슬러지 탄화처리 방안에서 대기에 영향을 줄 수 있는 유해가스 발생원은 슬러지건조와 탄화과정 중에서 발생하는 연소 배가스(건조 배가스 포함)로 배가스량은 약 12,000 Nm<sup>3</sup>/hr이며 이 중 대부분이 건조 배가스로 연소 배가스 중에는 먼지를 비롯한 유해 산성가스, 다이옥신, 중금속 등을 소각처리 방안에 비해 소량 함유하고 있다.

[표 2.71] 슬러지 탄화공정의 대기질 및 악취 영향

구분	유해가스
발생원	건조기, 탄화로
유해성분	먼지, 유해산성가스, 다이옥신, 중금속 등
유해농도	중농도

##### 2) 건조공정

슬러지 건조처리방안에서 대기에 영향을 줄 수 있는 유해가스 발생원은 건조과정 중에서 발생하는 건조 배가스로 배가스량은 약 9,000 Nm<sup>3</sup>/hr이며, 수분과 먼지를 다량 함유하고 있다.

[표 2.72] 슬러지 건조공정의 대기질 및 악취 영향

구분	유해가스
발생원	건조기
발생량	(사례) 9,000 Nm <sup>3</sup> /hr : 100 톤/일, 건조함수율 10 % 기준
유해성분	먼지
유해농도	고농도

### 3) 고화공정

슬러지 고화처리 방안에서 대기에 영향을 줄 수 있는 유해가스 발생원은 건조과정 중에서 발생하는 건조 배가스로 배가스량은 약 6,800 Nm<sup>3</sup>/hr(100 톤/일 처리기준)이며, 수분과 먼지를 다량 포함하고 있다.

[표 2.73] 슬러지 고화공정의 대기질 및 악취 영향

구분	유해가스
발생원	건조기, 양생기, 혼합기
발생량	6,800 Nm <sup>3</sup> /hr (100 톤/일, 건조함수율 50 % 기준)
유해성분	먼지
유해농도	고농도

## 나. 수질오염물질

### 1) 탄화공정

슬러지 탄화처리 방안에서 예상되는 폐수 발생원으로 건조기의 응축수와 방지시설 폐수가 예상된다. 건조기의 응축수는 다량 저농도 폐수가 발생되며 방지시설(습식세정탑) 폐수는 소량 고농도폐수가 발생될 것으로 예상된다.

[표 2.74] 슬러지 탄화공정의 수질 영향

구분	폐수	비고
발생원	건조기, 방지시설(습식세정탑)	-
발생량	다량, 소량	-
유해농도	저농도, 고농도	-



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 2) 건조공정

슬러지건조 처리방안에서 예상되는 폐수 발생원으로 건조기의 응축수가 예상되며, 건조기의 응축수는 비교적 다량 발생하지만 유해성분 농도는 낮을 것으로 판단된다.

[표 2.75] 슬러지 건조공정의 수질 영향

구분	폐수	비고
발생원	건조배가스 응축기, 세정탑	-
발생량	다량	-
유해농도	저농도	-

### 3) 고화공정

슬러지 고화처리 방안에서 예상되는 폐수 발생원으로 건조기의 응축수와 방지시설 폐수가 예상된다. 건조기의 응축수는 다량 저농도 폐수가 발생되며 방지시설(습식세정탑) 폐수는 다량 고농도폐수가 발생될 것으로 예상된다.

[표 2.76] 슬러지 고화공정의 수질 영향

구분	폐수	비고
발생원	건조기, 양생기	-
발생량	다량, 소량	-
유해농도	저농도, 고농도	-

## 다. 발생 폐기물

### 1) 탄화공정

[표 2.77] 슬러지 탄화공정의 폐기물 발생 특성

배출원	종류	관리방법
선별	협잡물	소각
	철, 금속	위탁
탈수	협잡물	소각
	탈리액	폐수처리(물리화학적처리)

## 2) 건조공정

[표 2.78] 슬러지 건조공정의 폐기물 발생 특성

배출원	종류	관리방법
선별	협잡물	소각
	철, 금속	위탁
탈수	협잡물	소각
	탈리액	폐수처리(물리화학적처리)

## 3) 고화공정

[표 2.79] 슬러지 고화공정의 폐기물 발생 특성

배출원	종류	관리방법
선별	협잡물	매립
	철, 금속	위탁
탈수	협잡물	매립
	탈리액	폐수처리(물리화학적처리)

## 라. 악취

### 1) 탄화공정

악취발생원으로는 건조배가스는 탄화로에 연소용 공기로 사용됨에 따라 악취가 제거되나 연소가스와 슬러지 저장조 등에서 비교적 저농도의 악취물질 발생이 예상된다.

[표 2.80] 슬러지 탄화공정의 악취 영향

구분	악취
발생원	슬러지 저장조, 연소가스 등
발생량	-
유해성분	황화수소, 암모니아, 벤젠 등
유해농도	저농도



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 2) 건조공정

악취발생원으로 슬러지 저장조와 건조 배가스가 발생하는 건조기에서 비교적 타 처리방안에 비해 고농도 악취물질 발생이 예상된다.

[표 2.81] 슬러지 건조공정의 악취 영향

구분	악취
발생원	슬러지 저장조, 건조기 등
발생량	-
유해성분	황화수소, 암모니아, 부탄, 벤젠 등
유해농도	고농도

### 3) 고화공정

악취발생원으로 슬러지 저장조와 건조 배가스가 발생하는 건조기, 혼합기 등에서 비교적 타 처리방안에 비해 고농도 악취물질 발생이 예상된다.

[표 2.82] 슬러지 고화공정의 악취 영향

구분	악취
발생원	저장조, 건조기, 혼합기 등
발생량	-
유해성분	황화수소, 암모니아 등
유해농도	고농도

## 마. 소음·진동

### 1) 탄화공정

슬러지 탄화처리 방안에서 예상되는 소음·진동 발생원으로 건조기, 탄화로, 방지시설, 이송기기류와 회전기기류(펌프, 송풍기 등) 등으로 비교적 타 처리방안(건조, 퇴비화 등)에 비해 설비가 복잡하여 소음·진동 영향이 클 것으로 예상된다.

[표 2.83] 슬러지 탄화공정의 소음·진동 영향

구분	설비	비고
발생원	건조기, 탄화로, 방지시설, 이송기기, 회전기기 등	-
유해농도	고농도	-

### 2) 건조공정

슬러지 건조처리 방안에서 예상되는 소음·진동 발생원으로 건조기, 이송기기류와 회전기기류(펌프, 송풍기 등) 등으로 비교적 타 처리방안(소각, 탄화, 용융)에 비해 설비가 복잡하지 않아 소음·진동 영향이 낮을 것으로 예상된다.

[표 2.84] 슬러지 건조공정의 소음·진동 영향

구분	설비	비고
발생원	건조기, 이송기기, 회전기기 등	-
유해농도	저농도	-

### 3) 고화공정

슬러지 고화처리 방안에서 예상되는 소음·진동 발생원으로 이송기기류와 회전기기류(펌프, 송풍기 등)와 혼합기 등으로 비교적 타 처리방안(소각, 탄화, 용융)에 비해 설비가 복잡하지 않아 소음·진동 영향이 적을 것으로 예상된다.

[표 2.85] 슬러지 고화공정의 소음·진동 영향

구분	설비	비고
발생원	이송기기, 회전기기, 혼합기 등	-
유해농도	저농도	-



### 2.5 반응시설

#### 2.5.1 주요공정

##### 가. 반응공정

한 종류 또는 두 종류 이상의 물질이 그 자신 혹은 상호 간에 있어서 원자의 교환을 시행하여 그 조성이나 구조, 성분 등 물리화학적 성질이 본래와는 다른 물질을 만드는 시설로 연료사용량이 시간당 30 kg 이상이거나 용적이 1 m<sup>3</sup> 이상인 시설을 말한다.

반응공정은 다양한 공정을 다루기 때문에 하나의 공정도로 표현하기 어렵다. 따라서 다음의 설명으로 대체한다.

- 분해 : 한 종류의 화합물을 두 종류 이상의 보다 간단한 물질로 변화시키는 것을 말한다.
- 중합 : 한 종류의 단위화합물의 분자가 두 개 이상 결합하여 단위화합물의 정수의 배가 되는 분자량을 갖는 화합물을 생성하게 하는 것을 말한다.
- 축합 : 두 개 이상의 분자 또는 동일 분자 내의 두 개 이상의 부분이 새로운 결합을 만드는 반응이다.
- 산화 : 본래는 순물질이 산소와 화합하는 것을 말하나, 일반적으로는 광범위하게 전자를 빼앗기는 변화 또는 이것에 수반되는 화학반응을 말한다.
- 환원 : 본래는 산화된 물질을 본래 물질로 되돌리는 것을 말하나, 일반적으로 산화의 반대과정 즉, 전자를 첨가하는 변화 또는 이에 따른 화학반응을 말한다.
- 중화 : 좁은 뜻으로는 산과 염기가 반응하여 염과 물이 생기는 것을 말하나 산과 염기의 정의에 의해서는 보다 넓은 뜻으로 사용된다.
- 합성 : 단일물질에서 출발하여 화합물질을 만들거나 비교적 간단한 화합물에서 복잡한 화합물을 만드는 시설을 말한다. 대표적인 것으로 합성가스, 합성고무, 합성섬유, 합성세제, 합성수지, 합성피혁 등을 제조하는 시설이 있으나, 여기서는 산업용 화학제품을 합성하는 시설을 말한다.

## 2.5.2 오염물질 배출현황

### 가. 대기오염물질

#### 1) 반응공정

화학물질의 혼합 또는 반응과정에서 먼지와 VOCs가 발생된다.

[표 2.86] 반응공정의 대기오염물질 영향

발생공정	종류
혼합	먼지, VOCs
반응	

### 나. 수질오염물질

#### 1) 반응공정

[표 2.87] 반응공정의 수질 영향

발생공정	관리방법
중합 및 축합반응	생물학적, 화학적, 물리적처리의 폐수처리장



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 다. 발생 폐기물

#### 1) 반응공정

[표 2.88] 반응공정의 발생 폐기물 영향

발생공정	관리방법
화학물질의 혼합 및 반응과정	위탁처리

### 라. 악취

#### 1) 반응공정

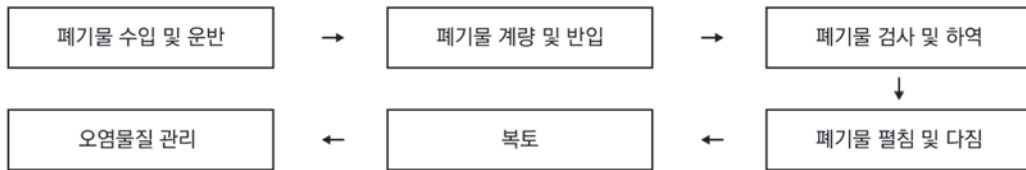
[표 2.89] 반응공정의 악취 영향

구분	악취
혼합	악취
반응	

## 2.6 매립시설

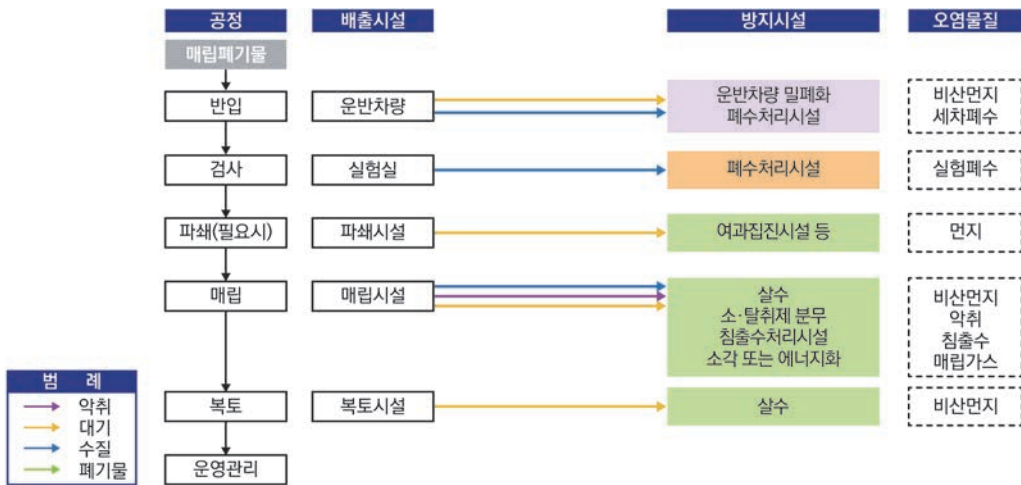
### 2.6.1 주요공정

폐기물 최종처분 특성상 매립방식에 따라 공정 흐름은 “폐기물 반입, 폐기물 매립, 복토, 침출수 처리, 매립가스 처리, 악취처리로 크게 다르지 않지만, 매립폐기물 특성에 따라 침출수 처리공정의 구성이 다르고, 매립가스 발생량에 따라 매립가스 에너지화 공정 등이 존재한다.



[그림 2.44] 매립시설의 주요공정 흐름도

매립시설의 통합공정흐름도는 다음과 같다.



[그림 2.45] 매립시설 통합공정흐름도

매립시설의 기능(저류, 차수, 처리)에 기반하여 매립방법, 매립구조에 따른 매립시설 분류 및 「폐기물관리법」에서 매립폐기물에 따른 매립시설 분류는 다음과 같다.

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 폐기물 매립시설의 기능

- 저류기능 : 폐기물 매립시설은 매립된 폐기물을 반영구적으로 보관하는 큰 저류시설로서 저류된 폐기물이 안전하게 저류될 수 있도록 옹벽이나 외주호안과 같은 저류구조물을 축조하게 된다.
- 차수기능 : 폐기물 매립시설에서 발생하는 침출수가 외부로 누출되면 인근 하천 및 지하수, 토양 등을 오염시키게 되므로 침출수가 외부로 누출되는 것을 방지하는 차수기능을 가지고 있다.
- 처리기능 : 매립시설에서 처분된 폐기물은 매립장 내에서 시간이 경과함에 따라 화학적, 생물학적 변환 및 분해 과정을 거치면서 침출수와 매립가스 등의 부산물을 생성하는데, 이들 부산물을 적정 처리하지 않으면 매립장에 의한 환경피해가 발생하므로 이를 적정하게 처리하는 시설(매립가스처리시설, 침출수처리시설 등)을 갖추어야 한다.

### 매립방법에 따른 폐기물 매립시설의 분류

- 단순매립 : 환경보호시설을 갖추지 않은 단순 투기형태의 비위생적 매립형태이다.
- 위생매립 : 복토를 실시하고, 침출수 차수와 처리기능을 갖춘 매립형태이다.
- 안전매립 : 유해폐기물을 자연계와 완전 차단하는 매립형태이다.

### 매립구조에 따른 폐기물 매립시설의 분류

- 혐기성 매립 : 폐기물을 단순투기하는 방법이다.
- 혐기성 위생매립 : 일정높이로 폐기물을 쌓고, 그 위에 복토를 하는 방법이다.
- 개량혐기성 위생매립 : 침출수 집배수시설을 설치하여 침출수 대책을 세운 방법이다.
- 준호기성 매립 : 바닥 집배수관을 설치하여 대기 중의 산소를 공급하는 방법이다.
- 개량준호기성 매립 : 침출수 신속 배제 및 호기성 영역을 확대하는 방법이다.
- 호기성 매립 : 매립층에 강제적 공기 유입으로 폐기물 분해를 촉진하는 방법이다.

### 매립폐기물에 따른 폐기물 매립시설의 분류

- 차단형 매립 : 지정폐기물 중 고체상태의 폐농약 등을 매립한다.
- 관리형 매립 : 침출수 차수성능에 따라 재활용을 제외한 일반폐기물, 지정폐기물을 매립한다.

매립시설의 공정은 크게 기반시설, 관리시설, 부대시설로 분류하며 이에 따른 세부 처리시설은 다음과 같다.



[그림 2.46] 매립시설의 주요공정별 구분



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 가. 폐기물 매립공정

#### 1) 저류시설

##### 가) 목적 및 기능

옹벽 및 제방과 같은 저류시설은 매립된 폐기물의 유출과 붕괴를 방지하여 안전하게 저류하고, 매립장 내 침출수 유출 및 누수 방지 그리고 이상 강우 시 일시적인 저류 등을 목적으로 설치한다. 저류시설의 기능은 기본적인 것과 기타 기능으로 구분할 수 있으며, 각각에 대한 기능은 다음과 같다.

[표 2.90] 저류시설의 기능

구분	기능	내용
기본적 기능	폐기물의 저류	매립시설의 상부 끝 부분에 경사막음을 하여 폐기물의 유출이나 제방 및 지반의 붕괴가 없어야 한다.
	침출수의 저류	강우 등에 의해 매립시설 내에 다량으로 발생한 침출수를 정화처리·방류할 때까지 일시적으로 저류하여야 한다.
	침출수의 유출차단	침출수가 매립시설 외부로 유출되는 것과 지하수의 유입을 차단하여야 한다.
	침출수의 집수·취수	매립시설 내에서 발생한 침출수의 집수와 취수가 용이하여야 한다.
기타 기능	홍수방지	주변배수로 등 우수처리시설의 계획규모를 초과하는 대규모의 홍수가 발생하여도 저류구조물은 제방을 파손하지 않고, 홍수를 흘려보낼 수 있어야 한다.
	차수시설의 하부지지	시트포설시 시공이 용이하고, 포설한 시트의 안전 확보가 쉬운 형상이어야 한다(사면기울기와 면의 평활성, 돌기·모서리부분이 없음).
	상단 통로(도로)	관리점검 등을 위해 통행이 용이하여야 한다.
	취수탑 설치용이	침출수를 뽑아내는 취수탑의 설치가 용이한 형상이어야 한다.
	지하수 배제	침출수를 분리하여 매립시설내의 지하수를 배제할 수 있어야 한다.
	경관	시각적 안정감과 미관 등

[출처 : 동화기술, 2017]

저류시설은 폐기물의 유출을 방지할 수 있는 옹벽, 제방 등으로 매립되는 폐기물의 하중을 고려하여 안전하게 설치하여야 한다. 이때 저류시설은 옹벽의 경우 저면활동에 대한 안전율 1.5 이상, 전도에 대한 안전율 2.0 이상, 지지력에 대한 안전율 3.0 이상을 확보하여야 하고 제방의 경우에는 제방자체 및 제방과 폐기물 전체의 사면활동에 대한 안전율이 1.3 이상이어야 한다. 저류시설은 주변의 지형조건, 매립계획에 따른 하중조건, 기초지반의 토질조건 등을 고려하여 적합한 구조형식을 선정한다. 저류시설의 종류에는 콘크리트 제방, 토사 제방, 옹벽, 널말뚝 등이 있다.

저류시설은 매립 또는 저장되는 폐기물의 하중에 의한 수평응력에 저항하는 토류벽으로의 역할도 하게 된다. 따라서 지반공학적인 측면에서 저류시설에 대한 구조적 안정성 및 사면안정해석이 실시되어야 한다. 이와 같은 안정성 해석 시에는 지반의 전단강도, 포화도, 간극수압, 경사도, 흙의 비균질성, 사면에 작용하는 하중 등이 중요한 입력치가 된다. 이를 구하기 위해서는 제방의 축조물뿐만 아니라 저장된 매립물의 물리학적 및 역학적인 특성을 정확하게 파악하여야 한다. 제방의 설계 시에는 침식 및 건조에 의한 영향을 고려하여 보조적인 뚝을 설치하거나 나무를 심는 방안 등도 고려해 볼 수 있다.

## 나) 시설의 구조 및 종류

저류시설은 폐기물매립장과 외부를 구분하는 시설이기 때문에 파손에 의해 환경의 심각한 오염을 유발한다. 따라서 구조물은 시공에 앞서 높은 안전성을 확보하기 위한 설계뿐만 아니라 지역특성에 맞는 구조물의 선정이 중요하다.

저류시설의 구조형식은 시설의 규모, 주변의 지형, 기초지반의 토질, 매립에 따른 하중, 제반재료 등을 종합적으로 검토하여 결정하여야 한다. 저류시설의 종류는 매립장역에 따라 크게 내륙매립장과 해안매립장으로 구분할 수 있다. 내륙매립에는 콘크리트 제방, 성토 제방, 콘크리트 옹벽, 강널말뚝벽, 그리고 해안매립에는 강널말뚝식 호안, 중력식 호안, 사석 호안과 같은 형식의 저류시설이 있다.

[표 2.91] 저류시설의 종류

매립장소	저류시설	형식
내륙매립	콘크리트 제방	중력식, 아치식
	토사 제방	균일형, 존형, 표면차수형
	콘크리트 옹벽	중력식, 캔틸레버식, 뒷부벽식, 앞부벽식
	강널말뚝벽	자립식, 받침공식, 이중식
해안매립	강널말뚝식 호안	자립식, 받침공식, 이중식, 셀식
	중력식 호안	콘크리트일체식, 케이스식, 셀식
	사석 호안	경사식, 복합식

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2021]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

[표 2.92] 내륙매립 저류시설의 형식

구분	콘크리트 제방	성토 제방	콘크리트 옹벽	강널말둑벽
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제방 자체의 하중으로 내측 폐기물 및 상류측 폐기물 매립 하중에 견딜 수 있는 구조로 측면 경사 및 상단폭 결정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제방 자체의 하중을 이용해 하중에 저항하며 기초암반까지 하중을 전달함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 세로벽과 바닥판으로 구성됨</li> <li>• 세로벽의 위치에 따라 역T형 옹벽, L형 옹벽 등으로 구분</li> <li>• 벽체하중과 바닥판 위의 중량에 의해 하중을 지탱함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 강시판의 하부를 땅에 박아 근입지반의 횡방향 지지력과 강시판의 횡강성으로 지탱하는 구조임</li> <li>• 시판벽에 사용하는 강시판은 U자, Z자, 직선형, H형의 압연 강시판이 많음</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 매립장내 침출수 유출 및 누출 차단 완벽</li> <li>• 시공용이</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 내구성 우수</li> <li>• 제체적이 성토재보다 적어 비교적 큰 매립용량 확보 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적용범위가 넓음</li> <li>• 제체적이 작아 매립용량 증가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시공용이</li> <li>• 매립용량을 크게 증대시킬 수 있음</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차수제방 면적이 넓음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기초암반이 견고하여야 함</li> <li>• 자재 사용량이 많음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기초지반이 지지력을 견딜 만큼 견고해야 함</li> <li>• 제체가 비교적 낮은 경우에 유효</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지반반력이 커야 함</li> <li>• 소규모에 유용</li> <li>• 미관이 불량함</li> </ul>

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2021]

## 2) 침출수 차수시설

### 가) 목적 및 기능

차수시설은 폐기물의 보유수 또는 폐기물의 분해에 의하여 생긴 분해수 및 매립층에 유입된 우수 등에 의해 생긴 침출수가 매립장에서 유출되어 주변환경을 악화시켜 생활환경의 보전상 지장이 생기지 않도록 침출수의 유출을 방지하는 중요한 시설이다. 즉, 폐기물매립장에 있어서 차수의 목적은 침출수의 오염물질이 공공수역으로 유출되는 것과 지하수로 혼입되는 것을 방지하기 위한 것이다.

차수시설은 다음의 4가지 기능을 종합적으로 발휘할 수 있도록 설계, 시공되어야 한다.

- 폐기물에 의한 오염방지구단으로서의 기능  
: 매립된 폐기물층 자체가 가지고 있는 유해물질 고정한다.
- 침출수 제거에 의한 오염방지구단으로서의 기능  
: 강우 등에 의해 폐기물층으로부터 유출된 침출수를 집배수하고 침출수의 지하 침투가능성을 저하한다.
- 차수시트의 설치에 의한 오염방지구단으로서의 기능  
: 매립장으로부터의 침출수와 지하수를 차단한다.

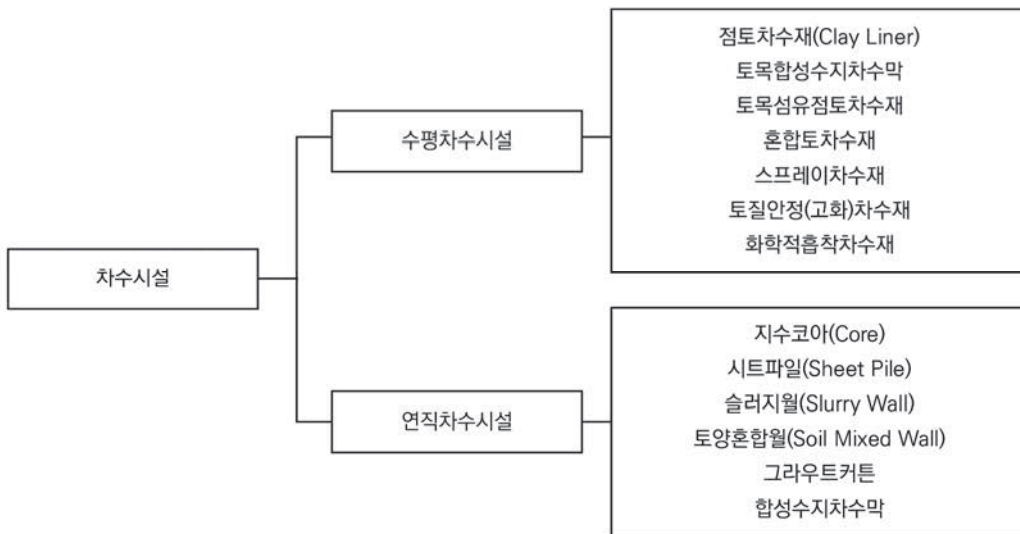
- 지질적 지반의 오염방지수단으로서의 기능  
: 차수시트를 유지하는 하부지반에 의한 오염물질의 확산 억제한다.

또한 차수재는 시공 및 실제 매립공정을 위하여 다음과 같은 기능을 가져야 한다.

- 매립작업이나 사후토지이용에 지장이 없어야 한다.
- 침출수에 포함된 화학물질에 의한 화학반응, 침식, 분해 등이 일어나지 않도록 물리·화학적 저항성이 커야 한다.
- 침출수의 누출이 억제될 수 있도록 투수계수가  $1 \times 10^{-7}$  cm/sec 이하가 되는 재질을 사용 또는 시공을 하여야 한다.
- 직사광선에 장시간 노출되어도 광화학 분해나 변색, 경화가 되지 않아야 한다.
- 매립폐기물 및 장비의 중량에 의한 하중을 견딜 수 있는 강도를 가져야 한다.

## 나) 차수재의 종류 및 특징

차수시설은 구조 및 사용하는 재료에 의해 각종의 방법이 있지만 크게 수평차수시설과 연직차수시설로 나누어진다.



[그림 2.47] 차수시설의 분류 및 종류

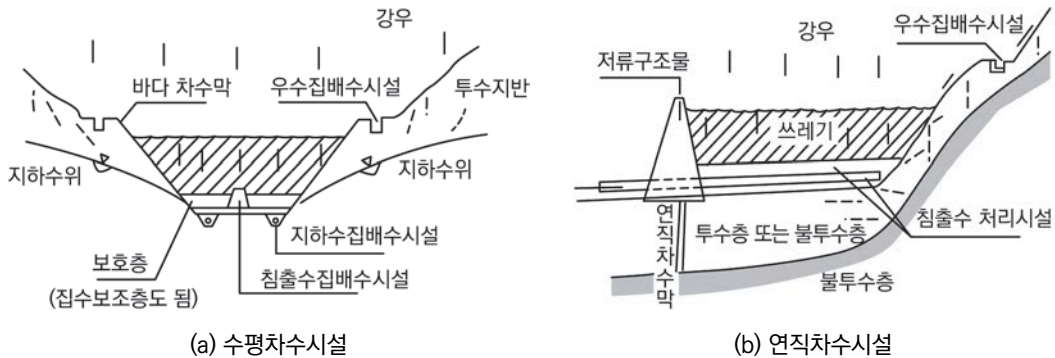
[출처 : 수도권매립지관리공사, 2021]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

[표 2.93] 차수시설 비교

구분	수평차수시설	연직차수시설
선택조건	• 매립시설의 토질이 양호한 경우	• 지중에 수평방향의 차수층이 존재하는 경우
지하수집배수시설	• 필요	• 불필요
차수성의 확인	• 시공시에는 육안이나, 스파크 검사, 음파 검사 등으로 파손부문의 확인이 가능하지만, 매립이 이루어지면 어려움	• 지하에 매설하기 때문에 확인이 어려움
침출수량	• 연직차수시설에 비해 적음	• 지하수의 유입으로 인해 발생량이 많음
경제성	• 차수막 단위면적당 공사비가 낮음 • 매립시설 전체를 시공하는 경우가 많으므로 총공사비로는 높음	• 차수벽 단위면적당 공사비가 높음 • 총공사비로는 낮음
보수	• 매립전이라면 용이하지만, 매립후는 어려움	• 지중이기 때문에 어려운 점도 있지만, 차수막 보강시공이 가능



[그림 2.48] 차수시설의 개념도

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2021]

### (1) 수평 차수시설

수평 차수시설은 매립장 지반의 투수계수가 큰 경우나 차수가 필요한 토질지반에 많이 사용되고 있다. 그 방법은 차수재료(차수시트, 아스팔트계의 흡착재료, 점토/벤토나이트, 점토성이나 투수성을 낮게 한 개량토 등)로 매립장의 바닥 및 측면을 덮듯이 설치하는 것이다. 특히 변형에 의한 균열이 발생하는 차수재료는 지하수 등의 양압력에 의해 파손되기 쉬우므로 주의하여야 한다. 수평 차수시설은 지반상의 제약조건이 적기 때문에 대부분의 매립장에서 채용되고 있다는 것이 큰 특징이다.

## (2) 연직 차수시설

연직 차수공법은 지중에 암반 및 점성토로 구성된 불투수층이 수평방향으로 넓게 분포하고 있는 경우, 연직 또는 경사로 시공하여 침출수 및 지하수 침투경로를 연장하고 불투수 지반까지 연장된 차수시설에 의해 매립장 내외의 물 이동을 억제하는 방법이다. 산간 매립장에서는 저류구조물 및 저류구조물 기초부분만을 차수하는 경우가 많으며 해안 매립장에서는 지하수위가 높은 경우나 매립장 바닥에 양압력이 작용하는 경우에 이의 해소방안으로 사용되기도 한다.

## (3) 기타

### (가) 압력식 차수시스템

RBL(Robertson Barrier Liner)이라고도 불리는 이것은 재래식 합성막의 경우 막이 찢어지거나 천공되는 경우 침출수가 이를 통하여 외부로 유출되는 단점을 보완하기 위한 것으로 1차와 2차 합성수지 중간의 배수층에 진공압을 가하여 침출수가 밖으로 유출되기 전에 침출수를 흡입, 배수하는 시스템이다.

### (나) 페타이어 박편을 이용한 차수시스템

페타이어의 독성 유기물질 및 중금속을 흡착할 수 있는 성질을 이용하여 매립장 지반의 오염제거와 동시에 폐기물인 페타이어를 처분할 수 있는 설계방법이다. 페타이어 박편을 이용한 차수시스템은 점토 차수재 위에 침출수 집수관을 설치 후 모래나 자갈층 대신 페타이어 박편 집수층을 설치하여 침출수 집수와 함께 중금속류의 오염물을 흡착할 수 있는 효과를 누릴 수 있다.

### 다) 침출수차수시설의 구조

침출수가 매립시설에서 흘러나가는 것을 방지하기 위하여 매립시설의 바닥과 측면은 폐기물의 성질·상태, 매립 높이, 지형조건 등을 고려하여 점토·점토광물 혼합토 등 점토류 라이너, 고밀도 폴리에틸렌 또는 이에 준하는 재질의 토목합성수지 라이너를 사용하여 「폐기물관리법」에 따라 차수시설을 설치하여야 한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 3) 우수배제시설

#### 가) 목적 및 기능

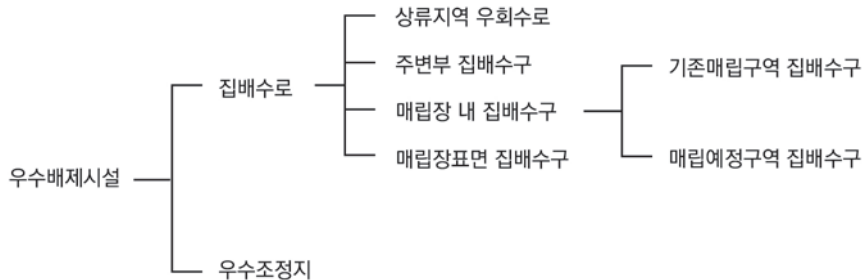
우수배제시설의 설치목적은 매립장 외곽 및 내부의 우수를 관리하기 위함이다. 매립장 주변에 강우 또는 강설 등이 매립장 내로 유입되면 매립장 내에 생성되는 침출수량이 증가한다. 이는 침출수 처리시설의 용량이 과대해지고, 폐기물과 접촉하여 침출수 농도에 영향을 미쳐 침출수 처리의 어려움과 그 처리비용을 증가시키게 된다.

우수의 유입을 차단하는 우수배제시설은 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

- 우수의 침출수화를 최소화한다.
- 침출수처리시설 용량을 감소시킨다.
- 하류부 토사퇴적을 방지한다.
- 침출수량 증가에 따른 침출수 누출현상과 이에 따른 악취발산 감소된다.

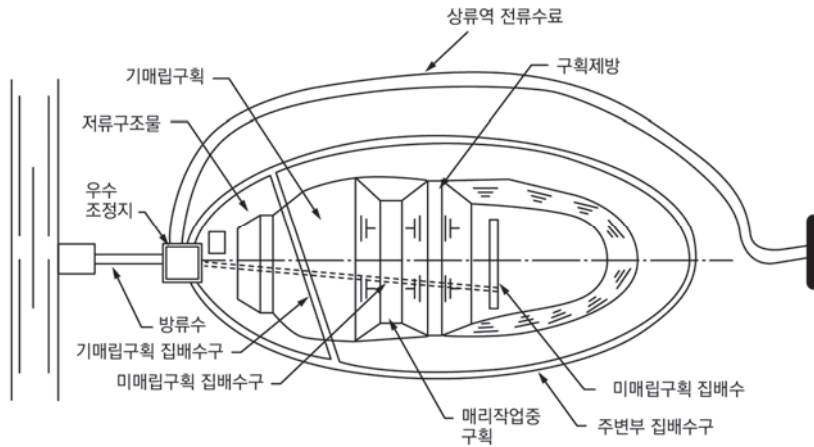
#### 나) 시설의 구성 및 종류

우수배제시설은 우수 배제에 의해 침출수량을 감소시킨다는 점과 매립장의 전체적인 우수배수 계통을 정비한다는 두 가지 측면에서 다음과 같이 분류할 수 있다.

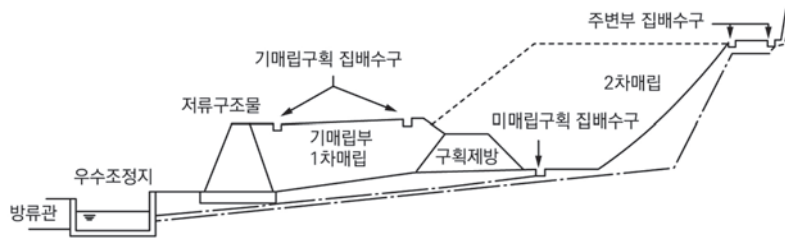


[그림 2.49] 빗물집배수시설의 분류

[출처 : 동화기술, 2017]



(a) 평면도



(b) 단면도

[그림 2.50] 빗물집배수시설의 구조

[출처 : 동화기술, 2017]

매립장 내 집배수구에서 우수 배제방법은 외곽배제와 내부배제로 구분할 수 있는데, 외곽배제는 개수로를 사용하여 매립장 상부 및 사면발생 우수를 외곽으로 방류하는 것으로 집중강우에 대비할 수 있는 장점이 있다. 그러나 관리가 소홀한 일부구역에 대하여 우수의 침출수화가 예상되는 방법이다. 내부배제는 매립장 상부 및 사면의 발생우수를 집수정을 이용하여 매립부지 바닥 하부에 관로 또는 박스를 이용하여 방류하는 방법으로 소구역에 대한 우수의 침출수화를 최소화할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 부지 하단에 설치되기 때문에 구조적인 안정성을 가지기 위해 시설물의 설계가 과도해질 수 있는 단점이 있다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

[표 2.94] 매립장 내 집배수 방법별 장단점

구분	외곽배제	내부배제
개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립장 상부 및 사면의 발생우수를 외곽으로 방류</li> <li>제방 이하에서 발생하는 침출수화 후 처리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립장 상부 및 사면의 발생우수를 집수정을 이용하여 매립부지 바닥 하부에 관로 또는 Box를 이용하여 방류</li> </ul>
시스템		
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>개수로를 이용해 방류하므로 집중강우에 대비할 수 있음</li> <li>토사퇴적 및 파손에 대한 유지관리가 용이함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립작업과 연계하여 소구역별로 맨홀을 설치함으로써 소구역에 대한 우수의 침출수화를 최소화</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>제방 이하 우수의 침출수화로 침출수량이 많아질 수 있음</li> <li>매립 중 일부 소구역에 대한 우수가 침출수화 될 가능성이 있음</li> <li>대규모 매립장에서 관로의 연장이 길어짐에 따라 시설이 과도하게 커질 수 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>부지하단 부분에 관로 또는 Box가 설치되므로 매립완료 후 구조적인 안정을 가지기 위해 시설물의 설계가 과대해짐</li> <li>측구 침출수 집수정의 매립단별 폐쇄 시 집수정 연결관로 부분으로 침출수가 누출될 우려가 있음</li> <li>파손에 대한 유지관리가 어려움</li> </ul>

[출처 : 동화기술, 2017]

### 4) 침출수 집배수시설

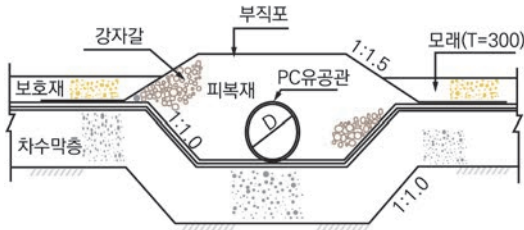
폐기물 매립장 내 침출수는 주로 강우의 침투와 폐기물 내 보유수분에 의해 발생하며, 매립되는 폐기물성상 및 매립방식에 따라 매우 다양한 수질을 나타내는 고농도 폐수이다. 침출수가 매립장 주변환경에 영향을 미치는 것을 방지하기 위해서는 차수시설의 설치와 함께 발생된 침출수를 배제할 수 있는 집배부시설의 설치가 필수적이다.

집배수시설은 폐기물매립이 진행되면서 부등침하가 발생하고, 관거의 장대화 등으로 초기 설치 당시에 비해 기능손상으로 이어지는 경우가 빈번하며, 이러한 기능손상은 침출수 집배수 기능을 저하하여 매립장 내부 누적수위를 상승시킴으로서 제방사면의 안정성을 위협하고, 침출수 누출 등의 원인이 될 수 있다. 따라서 원지반의 특성 등을 감안하여 침출수가 원활하게 집배수 될 수 있는 철저한 계획수립 및 설계·시공이 필요하다.

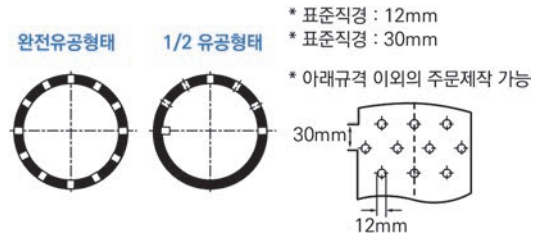
침출수 집배수시설의 목적은 차수시설 위에 침출수가 축적되지 않도록 하는 데 있다. 침출수가 차수시설 위에 축적되면 수압이 증가하여 차수시설을 투과하는 침출수량이 증가하기 때문이다. 또한 침출수가 차수시설 위에 축적되면 매립시설 사면의 안정성이 떨어진다. 따라서 침출수 집배수시설은 발생하는 침출수를 즉시 효과적으로 차수시설로부터 제거시켜 지하수 오염 가능성을 최소화시키고, 매립시설의 안정을 도모하여야 한다.

집배수층 재료는 대개 자갈을 많이 사용하며, 집배수관(유공관)의 설치기준은 다음과 같다.

- 집배수관 최소 직경 : 15 cm
- 집배수관 구멍 직경 : 1 cm 이상 집배수층재료의 최소입경 미만
- 구멍 간격 : 집배수관 직경 = 1 ~ 1.5 : 1
- 집배수관 설치 간격 : 15 ~ 30 m(최대 50 m)



[그림 2.51] 침출수집배수시설 단면



[그림 2.52] 유공관 단면

### 가) 목적 및 기능

침출수 집배수시설의 설치는 침출수가 축적되어 침출수 수위의 상승 억제와 매립장의 안정성 도모를 그 목적으로 한다. 그리고 집배수관을 통해서 매립장 내로 공기를 공급함으로써 음식물쓰레기, 종이류, 섬유류 등의 분해 가능한 유기물의 분해를 촉진함과 동시에 침출수의 수질악화 방지도 가능하다.

침출수 집배수시설이 갖추어야 할 기능은 다음과 같다.

- 매립층 내 침출수의 신속한 배제
- 침출수 처리계획 초과량의 일시적 저류
- 공기주입을 통한 침출수의 처리효율 향상
- 발생가스 처리시설의 보완
- 차수시설의 보완

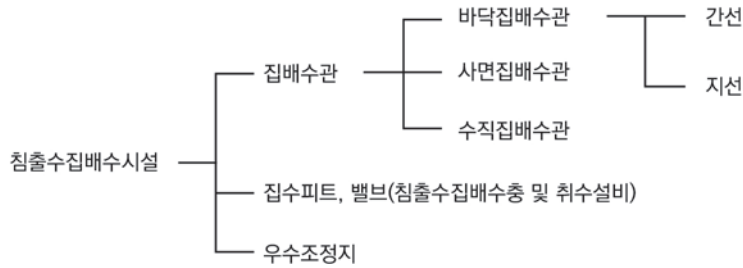


## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 나) 시설의 구성 및 구조

#### (1) 시설의 구성

침출수 집배수시설은 매립형상 및 매립구조 등에 따라 다르지만, 일반적으로 다음과 같이 분류할 수 있다.



[그림 2.53] 침출수집배수시설의 분류

[출처 : 동화기술, 2017]

침출수 집배수관을 포함한 전형적인 집배수층은 다음 3가지로 구성된다.

- ① 투수성이 높은 집배수층 - 흔히 골재(모래 또는 자갈)를 사용
- ② 집배수층 내에 설치된 침출수 집배수관(유공관)
- ③ 막힘현상을 방지할 수 있는 여과층 - 골재 또는 합성수지섬유(Geotextile)를 사용


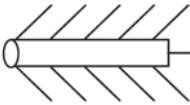
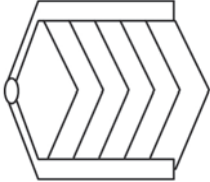
#### (2) 시설의 구조

##### (가) 바닥 집배수관

매립장의 바닥부 표면 차수시설 위에 설치하여 차수시설 위에 고이는 침출수를 집배수한다. 간선과 지선으로 구성되며, 자연유하로 배수될 수 있도록 기울기를 주어 포설한다. 또 준호기성 매립장에서는 매립폐기물층에 공기를 공급하는 역할도 한다.

바닥 집배수관의 배치에 따른 형상과 형상에 따른 특성은 다음과 같다.

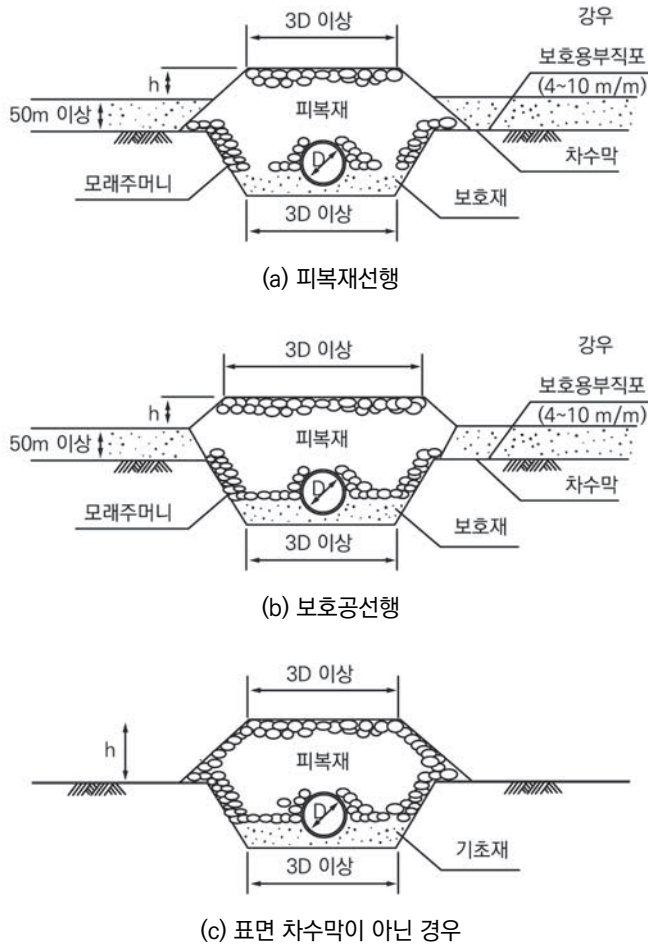
[표 2.95] 바닥 집배수관의 형상과 특징

방법	개략도	특징
직선형		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소규모이고, 바닥경사가 급한 경우에 이용된다.</li> <li>• 매립구조로서는 개량형 위생매립이 된다.</li> <li>• 특징                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공사비가 싸다.</li> <li>- 공기유통명이 적고, 바닥부의 호기적 영역이 적다.</li> <li>- 집수효율이 나쁘다.</li> </ul> </li> </ul>
분지형		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 널리 이용되고 있으며, 종횡단경사가 비교적 충분한 경우에 적합하다.</li> <li>• 특징                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 통기유통면을 확보할 수 있다.</li> <li>- 집수효율이 좋다.</li> </ul> </li> </ul>
사다리형		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평지매립과 비교적 횡단경사를 주기 어려운 지형에 이용된다.</li> <li>• 특징                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 공기유통, 집수효율은 분지형과 동일</li> <li>- 침출수의 신속한 배제가 가능한 한 신속하게 배수할 수 있다.</li> </ul> </li> </ul>

[출처 : 동화기술, 2017]

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

침출수 집배수관의 구조의 예는 다음과 같다.



간선의 경우  $h = 50 \text{ cm}$  이상  
 지선이 경우  $h = 30 \text{ cm}$  이상

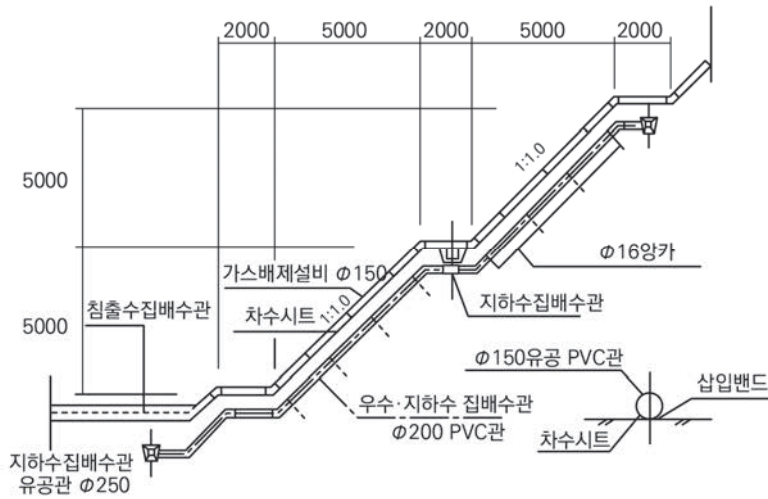
[그림 2.54] 바닥 집배수관의 구조 예

[출처 : 동화기술, 2017]

### (나) 사면 집배수관

사면 집배수관은 경사면에 모이는 침출수를 신속하게 바닥 집배수관에 보내는 기능과 폐기물에서 발생하는 가스를 매립장 외부로 배출하는 기능을 갖고 있다.

사면 전면에 걸쳐 설치하는 경우와 어느 일정 간격을 갖고 선상으로 배치하는 경우가 있다. 하부는 바닥 집배수관에 연결되고, 상부는 매립 중에는 대기에 직접 방출되며, 매립 후에는 가스배재시설 등으로 연결된다.



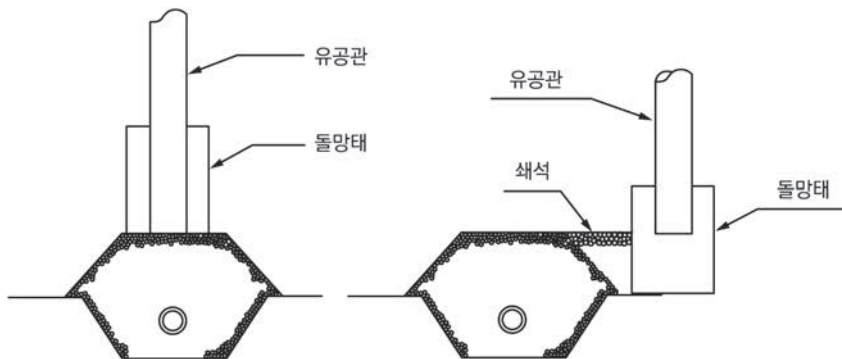
[그림 2.55] 사면 집배수관 설치 사례

[출처 : 동화기술, 2017]

(다) 수직 집배수관

수직 집배수관은 침출수를 신속하게 배출하기 위해 수평방향으로 물을 모아 바닥 집배수관에 배출하는 기능과 매립장 내를 준호기성으로 유지하기 위한 공기공급 기능 및 발생가스를 매립장 밖으로 배출하는 기능을 함께 갖는 설비이다.

수직 집배수관은 자립할 수 있도록 돌망태로 하부를 고정시켜 두고, 매립의 진행과 함께 피복재로 관의 외부를 감싼다. 매립의 진행에 따라 관을 연결하는 것을 원칙으로 하며, 최초의 높이는 4 ~ 5 m 정도로 설치한다.



[그림 2.56] 수직 집배수관 구조

[출처 : 동화기술, 2017]

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 5) 침출수 처리시설

#### 가) 침출수 특성

우리나라 매립장에서 경과시간에 따른 침출수의 농도 변화는 다음과 같다.

[표 2.96] 경과시간별 매립장 발생 침출수 성상변화

단위 : mg/L(pH 제외)

구분	경과기간별 침출수 오염물질농도					
	매립 중		1년 경과		4년 경과	
	범위	평균	범위	평균	범위	평균
생물학적산소요구량	5,300 ~ 8,850	6,460	1,310 ~ 1,550	1,345	270 ~ 380	295
화학적산소요구량	7,620 ~ 11,050	9,170	2,650 ~ 3,300	2,790	1,530 ~ 1,940	1,690
부유물질량	970 ~ 1,230	1,080	970 ~ 2,350	1,560	470 ~ 520	480
수소이온농도	7.8 ~ 8.0	7.8	8.0 ~ 8.4	8.1	7.8 ~ 8.05	7.85
시안	-	0.22	-	0.19	-	0.023
용해성철	54 ~ 225	137	26 ~ 295	75	143 ~ 624	375
아연	-	10.5	-	0.026	-	1.576
구리	0.19 ~ 0.48	0.32	0.014 ~ 0.018	0.016	-	-
카드뮴	-	0.43	-	N.D	-	1.247
유기인	1.1 ~ 1.3	1.1	0.3 ~ 1.3	0.8	0.2 ~ 0.7	0.4
비소	-	0.16	-	-	-	0.073
납	0.33 ~ 2.88	0.96	0.37 ~ 0.53	0.39	-	-
용해성망간	63.8 ~ 75.4	67.1	0.96 ~ 4.15	2.35	-	0.39
암모니아성질소	670 ~ 1,590	1,140	860 ~ 1,420	1,190	1,470 ~ 1,960	1,545
무기성질소	682 ~ 1,608	1,153	861 ~ 1,424	1,191	1,472 ~ 1,968	1,547
총질소	1,585 ~ 1,652	1,600	1,360 ~ 1,740	1,520	2,100 ~ 2,420	2,140
총인	34 ~ 75	43.2	6.5 ~ 7.4	6.74	2.8 ~ 4.2	3.1

[출처 : 동화기술, 2017]

### (1) 침출수 처리방법

침출수 처리공정의 설계는 매립장의 형태, 규모, 매립년수에 따라서 변하는 침출수 특성에 부합될 수 있도록 생물학적 및 물리, 화학적 처리방법을 적합하게 조합해야 하며, 환경적인 측면과 경제적인 면을 고려하여 지역에 맞는 방안을 선정한다.

국내의 매립장의 침출수 처리방법은 대개 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 처리공정은 일반적으로 하수 합병처리를 우선적으로 검토하고, 경제적인 문제 등으로 인하여 하수 합병처리조건에 적합하지 않을 경우에 한해서 현장처리 방안을 채택한다.
- 하수 합병처리 시에는 대부분 부분적인 전처리 후에 유입한다.
- 현장처리 방안의 채택 시 대부분 생물학적 처리방법을 전처리공정으로 채택(BOD/COD 비가 낮을 경우 메탄을 등 외부 탄소원을 공급하여 생물학적으로 처리 가능한 유기물질의 완전한 제거 필요)한다.

### (2) 침출수 처리방안

매립장에서 집수한 침출수 처리시설은 발생 예상 침출수량 및 수질특성, 방류수 수질기준 및 처리시설의 입지조건 등을 감안하여 선정되어야 한다. 특히 국내의 중소규모 매립장의 경우는 침출수 처리방법 결정에 규모가 큰 영향인자가 된다. 일반적으로 매립 지역에서 침출수의 처리방안으로는 하수 연계처리 방안과 자체처리 방안이 있다. 처리방안에 대한 장단점은 다음과 같다.

[표 2.97] 침출수 처리방안의 비교

구분	자체처리장 확보	인근 하수 또는 폐수처리장 연계처리
처리시설	• 별도 침출수처리시설 신설	• 하수관로나 차집관로에 연결하여 하수처리장 이송처리
경제성	• 공사비 및 유지관리비 과다소요로 비경제적	• 가장 경제적
장점	• 침출수 특성에 따른 공정선택 용이 • 중금속 및 기타 유해물질에 대한 최적처리 가능	• 최소의 처리시설 및 유지관리로 경제적 • 부하변동에 대처용이 • 전처리시설로 비상시 대처가능
단점	• 현재 처리기술 수준상 완벽처리 한계성 • 시설 및 유지관리비용 과다소요 • 처리시설 가동에 따른 민원발생 우려 • 향후 시설의 이용 및 폐쇄계획 수립	• 하수처리장 운영에 영향을 줄 수 있음.
적용가능성	• 제거대상물질을 최대처리효율의 공정으로 처리가능	• 하수량의 1% 이내로 병합처리 가능하다고 보고됨(소규모 매립장에 적합)

[출처 : 동화기술, 2017]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### (3) 침출수 처리공정

실태조사를 결과 국내 매립장의 매립폐기물과 침출수 처리공정은 다음과 같다.

[표 2.98] 국내 매립장의 침출수 처리공정

지역	매립폐기물	침출수 처리방법 주1), 주2)	매립장내 침출수 처리공정	침출수 처리용량 (m <sup>3</sup> /일)
경기 파주시	소각재	자체처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리 + 고도처리(RO)	77
경기 연천군	생활폐기물	자체처리	소각처리	-
경남 창원시	생활폐기물	위탁처리	없음	-
경북 구미시	소각재	자체처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리 + 오존산화	300
경북 경주시	소각재, 옌니	자체처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리	163
경북 고령군	생활폐기물	연계처리	없음	-
광주광역시	생활폐기물	1차 처리후 연계처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리	500
울산광역시	생활폐기물, 비산재	1차 처리후 연계처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리 + 고도처리(MBR)	400
전남 무안군	생활폐기물	1차 처리후 연계처리	물리·화학적처리	30
전남 고흥군	생활폐기물	자체처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리	70
전남 목포시	생활폐기물	연계처리	없음	-
전남 여수시	생활폐기물	연계처리	없음	-
전남 순천시	SRF잔재물	자체처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리	-
전남 진도군	생활폐기물	1차 처리후 연계처리	물리·화학적처리	50
전남 강진군	소각재	연계처리	없음	-
전남 해남군	생활폐기물	자체처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리 + 오존산화	100
충남 청양군	생활폐기물, 소각재, 비산재	연계처리	없음	-
충남 서천군	생활폐기물, 소각재	자체처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리 + 고도처리(UF)	200
충남 태안군	생활폐기물, 소각재	자체처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리 + 고도처리(RO)	90
충북 단양군	생활폐기물, 소각재, 옌니	1차 처리후 연계처리	물리·화학적처리 + 생물학적처리	80
충북 청주시	생활폐기물, 소각재	연계처리	없음	-

주1) 위탁처리 : 폐수수탁처리업 시설로 이송하여 처리

주2) 연계처리 : 공공하수처리시설 또는 분뇨처리시설로 이송하여 처리

[출처 : 적용사업장 제공]

## 6) 매립가스배제시설

### 가) 매립가스 추출

폐기물의 혐기성 분해로 발생하는 매립가스는 메탄과 이산화탄소의 주성분을 비롯하여 악취 등의 환경오염을 유발할 수 있는 물질을 포함하고 있는 반면, 높은 발열량으로 대체에너지로써 자원화가 가능하다.

매립가스의 처리를 통한 주변 환경오염 방지와 매립가스 자원화를 통한 에너지 회수를 위해서는 매립가스의 효율적인 포집이 요구되며, 매립가스 포집을 위해 일반적으로 사용되는 포집기술은 매립장 내부의 가스압력에 의하여 가스가 포집되어 배출되도록 하는 자연배출방식(Passive Control System)과 매립장 외부에서 흡인압력을 이용하여 매립가스를 적극적으로 추출하는 강제포집방식(Active Control System)으로 구분할 수 있다.

[표 2.99] 매립가스 포집방법 비교

구분	강제포집방식	자연배출방식
시설개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립층 내 수직 또는 수평 가스포집관을 설치 후, 강제흡인 블로워를 이용하여 포집압(부압)을 포집관에 작용시키는 방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립층 내 공재 및 유공관을 설치하여 매립가스 발생압력에 의해 매립층 외부로 자연배출 시키는 방식</li> </ul>
설치시기	<ul style="list-style-type: none"> <li>수직포집방식 : 매립 중(단별 매립완료) 및 매립 완료 후</li> <li>수평포집방식 : 매립 중 가능하나 공기의 유입이 차단되는 시점(상단 매립 후 등)에 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>수직배출방식 : 매립 중 또는 매립완료 후 가능</li> </ul>
포집 후 처리	<ul style="list-style-type: none"> <li>소각시설에서 연소</li> <li>재이용(자원화)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현장 간이소각</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립가스의 자원화에 유리</li> <li>악취저감, 조기 안정화에 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설투자비 저렴</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기투자비 고가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립가스의 자원화, 악취저감 및 조기 안정화에 불리</li> </ul>

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2007]

#### (1) 자연배출 방식

매립장 내에서 발생한 가스의 압력만으로 가스의 이동이 이루어지며, 가스의 흐름을 유도하기 위하여 고투과성 경로를 제공하는 방식으로 매립가스가 다량 발생하는 경우에 매립장에서 가스의 이동을 효율적으로 제어할 수 있으나 가스발생이 소량인 경우에는 매립장 내외부의 압력차이에 따른 가스이동이 제한되므로 가스제어방식으로 효과적이지 않다.

폐기물층과 복토층을 통과하여 대기로 연결되도록 유공의 가스배제관을 설치하고 그 주변에 쇠석이나 자갈 등 가스투과성이 좋은 재질을 채운 후 상부는 점토 등으로 밀봉하여 발생한 가스는 관을 통하여 배출될 수 있도록 하는 방법이 주로 이용되며, 가스배제관의 상부에는 간이 가스 소각기 등을 설치하여 배출되는 가스를 연소시켜 처리되도록 하는 경우가 많다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### (2) 강제포집 방식

블로워 등을 이용하여 강제흡인 함으로써 매립장 내부에 음압을 형성하여 그 압력 차이에 의해 매립가스가 이동하여 포집되도록 하는 방식으로 매설된 유공관과 연결된 추출시설에서 가스를 흡인하는 방식으로 운영되며 매립가스의 원활한 포집과 포집관의 막힘 및 파손 방지를 위해 관 주변은 가스투과성이 좋은 재질과 보호재 등을 채워 설치한다.

매립가스를 활용하기 위하여 매립장 전체를 대상으로 매립가스를 포집하는 경우에 주로 이용되는 방식이며 응축수 배제를 위한 시설이 포함된다. 매립가스 포집관의 설치형태에 따라 수평포집 방식과 수직포집 방식으로 대별 할 수 있으며, 두 가지 방식을 조합하여 사용할 수 있다.

[표 2.100] 매립가스 강제포집 방식 비교

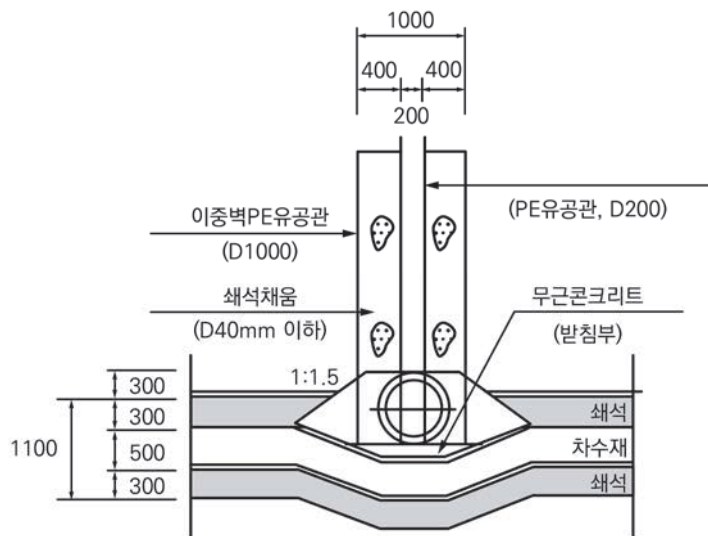
구분	수평포집 방식	수직포집 방식
시설개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물의 최종매립 완료 후나 일정 매립단 매립 후 일정 간격으로 수직 천공하여 포집공에 공재와 유공관을 매설하고, 블로워로 강제적으로 흡입하여 가스를 포집</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물을 단계적으로 매립하고 복토 후에 일정 간격으로 매립가스포집용 유공관과 자갈을 포설하여 블로워로 강제적으로 흡입하여 가스를 포집</li> </ul>
개념도		
설치시기	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립 중 또는 매립완료 후</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>매립 중</li> </ul>
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>각각의 포집공 압력조절이 가능하여 포집효율 양호</li> <li>파손된 포집정의 교환이나 매립가스 포집량 증가를 위한 포집정 추가시공 가능</li> <li>폐기물 부등침하에 영향이 적음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 매립 중 설치와 포집이 용이</li> <li>폐기물 매립작업에 지장이 적음</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물 매립진행 중에 설치하는 경우 매립 작업에 주의 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>폐기물층 부등침하로 수명이 짧음</li> <li>침출수로 인한 가스포집효율 저하 및 응축수 제거에 대한 대책 필요</li> </ul>
포집가스 처리방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>자원화 및 소각처리 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>자원화 및 소각처리 가능</li> </ul>

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2007]

## 나) 매립가스 이송

수직포집정에서 가스를 포집할 때에는 가스이송라인을 설치한다. 고리식은 각 수직포집정 마다 둘레에 가스이송라인을 설치하며, 분기관실(Manifold)식은 수직포집정 마다 관을 연결하여 한 군데로 모아 분기관실(Manifold)에서 제어하고, 펌프군방식은 이 두 가지를 절충한 것이다.

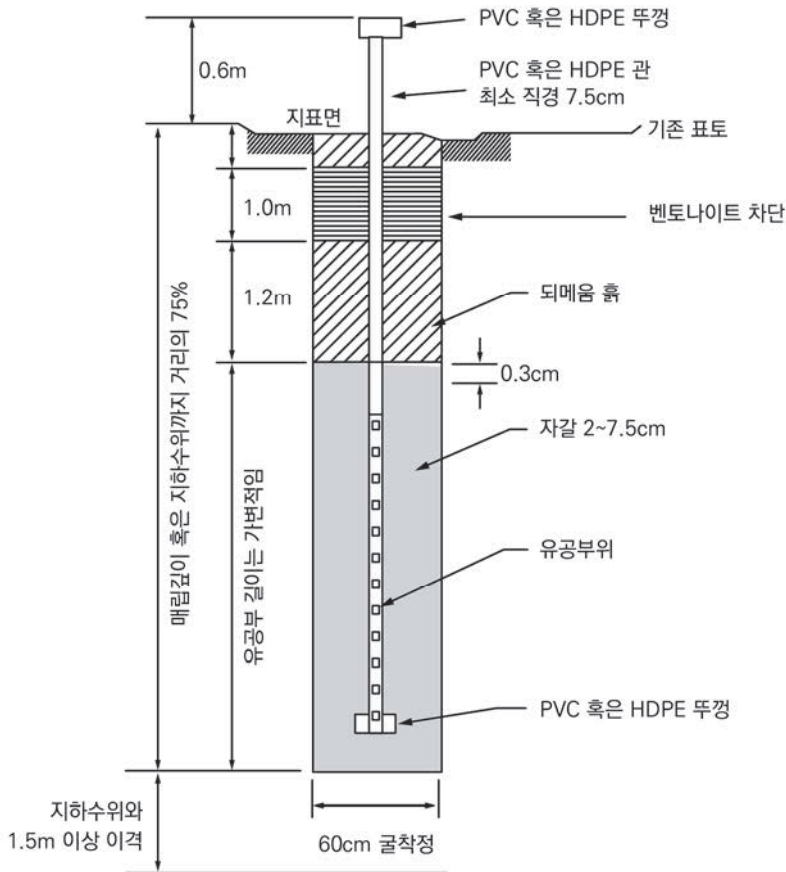
가스포집라인을 설치할 때에는 ① 최고 10 m/sec의 관내유속을 유지할 수 있는 충분한 크기로 하고, ② 하중에 충분히 견딜 수 있는 안정성, ③ 수직정과 연결할 때는 지하로 배치하되 주름관을 사용하며, ④ 부등침하에 대비하여 매립지 내부에서는 5 %의 구배를 유지하고 최저점부에 응축수를 배출할 수 있는 시설을 설치한다. ⑤ Manifold와는 주름관(STS 재질)으로 연결한다.



[그림 2.57] 매립장 조성 시 바닥 차수시설 위에 설치한 수직포집정 예

[출처 : 동화기술, 2017]

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

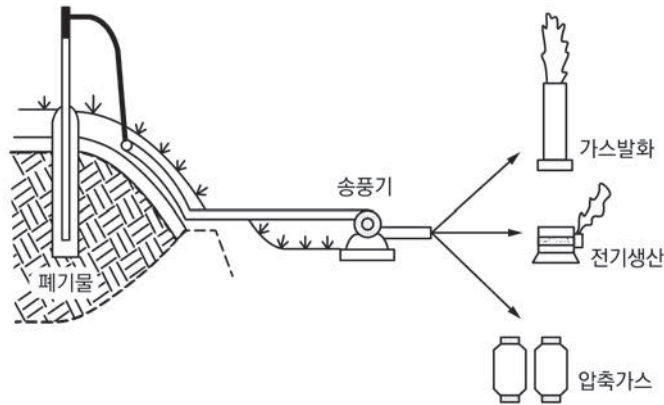


[그림 2.58] 매립가스 추출을 위한 수직 가스포집정의 예

[출처 : 동화기술, 2017]

### 7) 매립가스처리시설

유기성폐기물 등 가스가 발생하는 폐기물을 매립하는 경우에는 매립시설에서 발생되는 가스를 모아 처리할 수 있는 가스 처리시설을 설치해야 한다. 가스 처리시설은 매립장에서 매립처분 된 유기물이 분해되어 무기화되는 과정에서 발생하는 가스를 대기확산 또는 연소하기 위한 시설이다. 이는 매립장 내 화재나 폭발의 발생, 주변 나무의 고사, 매립작업에 미치는 악영향 등을 방지하는 역할을 한다. 가스 처리시설은 다음과 같은 기능을 가져야 한다. 매립 중이나 매립 후에 가스에 의하여 주변 환경의 재해를 받지 않도록 적절히 처리할 수 있어야 하며 매립작업이나 부지 이용에 지장이 되지 않는 구조이어야 한다. 매립작업과 병행하여 용이하게 설치할 수 있어야 하며 매립층의 안정화 촉진에 기여할 수 있어야 한다. 또한, 침출수 집배수시설의 보완적인 기능을 가지고 있어야 한다.



[그림 2.59] 가스배출처리 계통도

[출처 : 한국지반공학회, 2008]

## 가) 매립가스 처리

매립가스를 처리하는 방법은 대기확산이나 단순소각으로 처분하는 방법과 매립가스 추출·회수하여 재활용하는 방법으로 크게 나눌 수 있는데, 매립가스를 재활용하는 방법은 구체적으로 다음과 같다.

- 수분을 탈수 후 순도를 높여 산업시설에 판매하는 방법
- 매립장에서 증기를 생산하여 이용하는 방법
- 가스발전으로 전력을 생산하는 방법
- 도시가스 순도로 정제하여 이용하는 방법
- 가스를 압축하여 저장하는 방법 등

### (1) 매립가스 소각

추출된 매립가스는 재활용하거나 매립가스 전용 소각기(Flare)에서 소각처리한다. 메탄가스는 지구온난화지수가 이산화탄소에 비하여 21배 높으므로 연소시키는 것이 온실가스 제어 측면에서 바람직하다. 또한 매립가스 중에 포함된 휘발성유기화합물(VOCs)을 완전 연소시킴으로써 유해성분이 대기 중으로 방출되는 것을 제어하는 효과가 있다.

매립가스 소각기는 소각 시 온도와 가스의 체류시간 조정이 가능한 밀폐형(Enclosed Flare)과 매립작업 중 임시로 설치하여 간이 소각하는 개방형(Candlestick Flare)이 있다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### (2) 매립가스 에너지화

추출된 매립가스는 에너지로 이용 가능하며, 전기로 생산하는 것이 가장 선호된다.

[표 2.101] 매립가스 이용방법

구분	이용형태	비고
직접이용	<ul style="list-style-type: none"> <li>보일러 연료로 직접 사용(인근 지역)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>천연가스를 대신하여 인근지역 (3 km 이내)에 에너지원으로 공급</li> </ul>
발전	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스엔진(Gas Engine, 0.1 ~ 3.0 MW)</li> <li>가스터빈(Gas Tubine, 3.0 ~ 10.0 MW)</li> <li>스팀터빈(Steam Tubine, 10.0 MW 이상)</li> </ul>	-
Upgrading	<ul style="list-style-type: none"> <li>중질가스화(메탄가스 50 v/v% 이상)</li> <li>고질가스화(메탄가스 98 v/v% 이상)</li> </ul>	-
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>침출수 증발</li> <li>연료전지화</li> <li>메탄 압축을 통한 자동차용 연료화</li> <li>메탄올, 이산화탄소 생산</li> </ul>	-

[출처 : 동화기술, 2017]

#### (가) 매립가스 전처리

매립가스를 이용하여 발전하는 경우 전처리가 필요한데, 전처리공정의 예는 다음과 같다.

- 냉각응축 → 데미스터 → 부스터블로워 → 유해물질 제거(활성탄필터)
- 황화수소(H<sub>2</sub>S)제거(활성탄흡착탑) → 매립가스 건조(냉동식) → 염화불화탄소(CFC), 암모니아(NH<sub>3</sub>) 제거(활성탄흡착탑)

매립가스 전처리시스템은 1차 처리시스템과 2차 처리시스템으로 나눌 수 있다. 대부분의 1차 처리시스템에는 수분과 입자상물질을 제거하기 위한 탈수 및 여과가 포함된다. 탈수는 매립가스에 존재하는 자유수나 응축수를 물리적으로 제거하는 것으로 간단할 수 있다. 그러나 최근 가스 냉각 및 압축을 이용하여 매립가스에 존재하는 수증기나 수분을 제거하는 것이 일반적이다.

가스 냉각을 위한 전형적인 온도는 0 ~ 10 ℃이다. 가스 압축은 흔히 에너지 회수 시스템까지의 거리와 그 입력 압력 요구사항으로 지정되며, 일반적으로 0.7 ~ 7 kgf/cm<sup>2</sup>G 이상이다. 이러한 기술들은 오랫동안 사용되고 있으며 현재는 일반적으로 능동적 매립가스 포집 시스템의 표준요소들이다. 2차 처리시스템은 1차 시스템보다 훨씬 더 큰 가스 세정을 제공하도록 설계된다. 2차 처리시스템은 최종 용도의 가스 명세에 따라 여러 개의 세정 공정을 사용할 수 있다. 이러한 공정에는 물리적처리와 화학적처리가 포함될 수 있다.

(나) 매립가스 발전

매립가스 에너지 시스템의 대부분(70 % 이상)은 내연기관에서 매립가스를 연소시켜 전기를 생산하는 것이다. 가장 널리 사용되는 세 가지 기술(내연기관, 가스터빈, 마이크로터빈)은 광범위한 규모의 프로젝트에 적용될 수 있다. 가스터빈은 대규모 프로젝트(일반적으로 5 MW 이상)에 사용될 가능성이 높다. 내연기관은 800 kW ~ 3 MW 프로젝트에 매우 적합하지만, 3 MW 이상의 프로젝트에는 복수의 유닛을 사용할 수 있다. 마이크로터빈은 그 이름에서 알 수 있듯 터빈보다 훨씬 더 작은 것으로, 용량이 30 ~ 250 kW인 단일 유닛이다. 따라서 주로 1 MW 미만의 프로젝트에 사용된다. 이러한 규모의 프로젝트에는 소형 내연기관도 사용할 수 있다. 매립가스 에너지 프로젝트는 복수의 유닛을 이용하여 특정 시간당 매립장 가스량에 대응할 수 있다.

[표 2.102] 국내 매립가스 에너지 시스템 적용 현황

매립장명	매립기간	매립면적 (천 m <sup>2</sup> )	매립용량 (천 m <sup>3</sup> )	매립가스 발생 추정량 (천 m <sup>3</sup> /일)	예상 발전량 (MW)	총 에너지 대체량 (toe/년)
수도권	1993 ~ 2025	20,799	250,000	460	30	22,000
부산 생곡	1996 ~ 2001	380	11,483	165	10	7,500
대구 다사	1993 ~ 2000	435	26,100	205	13	9,800
대전 금고	1996 ~ 2010	570	8,465	48	3.0	2,200
진주 내동	1994 ~ 2001	262	5,854	28	1.8	1,300
광주 운정	1993 ~ 1999	286	4,369	53	3.5	2,600
원주 흥업	1995 ~ 2004	163	3,140	27	1.8	1,300
청주 문암	1994 ~ 1998	211	1,800	31	2.0	1,500
목포 대양	1995 ~ 2004	180	2,897	25	1.6	1,200
포항 호동	1994 ~ 2001	200	1,209	13	0.8	600
창원 천선	1993 ~ 2020	163	3,810	11	0.7	500
양산 유산	1995 ~ 2005	235	3,019	23	1.5	1,100
제주 회천	1992 ~ 2002	203	2,416	18	1.0	700
합계				647	70.8	52,300

[출처 : 화학공학소재연구정보센터]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 8) 복토

폐기물 매립 시 악취문제, 먼지나 종이 등의 흩날림, 병원균 매개체의 서식, 강수에 의한 우수침투 등의 방지, 매립완료 후 안전한 사후관리를 위해 복토가 필요하다. 복토의 주요 기능을 요약하면 다음과 같다.

- 우수침투량 감소에 따른 침출수 발생량 감소
- 병원균 매개체 서식 방지 : 파리, 모기, 쥐, 새 등
- 악취발산 저감
- 미관상 문제 개선
- 종이 등의 흩날림 방지
- 화재예방
- 매립완료 후 식물성장을 위한 토양 제공
- 토양미생물의 서식공간 제공

복토는 매립작업이 끝난 후 실시하는 일일복토, 일정기간 매립작업이 중단되거나 하나의 cell이 끝날 때 시행하는 중간복토, 그리고 매립종료 시 시행하는 최종복토가 있다. 일반적으로 통용되는 복토의 두께는 일일복토와 중간복토가 각각 15 cm, 30 cm 이고, 최종복토의 경우 60 cm 이다. 이 경우 매립장의 전체 매립용량 중 복토가 차지하는 비중은 20 ~ 25 %에 해당한다.

토양의 종류는 토성(Soil Texture)에 의하여 분류할 수 있다. 복토로 가장 적합한 토양은 양토(Loamy Soil)이나 대부분의 경우 적합한 복토재의 조달이 용이하지 못하여 점토(Clay)나 사토(Sand), 미사토(Silt) 등 토양삼각도상의 극한 부분인 꼭지점 부근의 토양만 아니면 복토재로 사용하는 데 큰 문제는 없다.

우리나라는 「폐기물관리법」 시행규칙 [별표 11] 폐기물 처리시설 관리기준에서는 복토에 대하여 다음과 같이 규정하고 있다.

[표 2.103] 폐기물관리법에서의 복토 관련 규정

구분	실시시기	세부내용
일일복토	매립작업이 끝난 후	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15 cm 이상의 두께</li> <li>• 인공복토제인 Posi-Shell의 경우 14 mm 이상</li> </ul>
중간복토	매립작업이 7일 이상 중단될 때	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30 cm 이상의 두께</li> <li>• 기율기 2퍼센트 이상</li> </ul>
최종복토	매립시설의 사용이 끝났을 때	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기율기 2퍼센트 이상</li> <li>• 식생대층 : 두께 60 cm 이상의 양질의 토양</li> <li>• 배수층 : 모래, 재생골재 30 cm 이상 혹은 투과능계수 1/30,000 m<sup>2</sup>/s 이상인 토목합성수지 설치</li> <li>• 차단층 : 투수계수 10<sup>-6</sup> cm/s 이하 45 cm 점토층을 포설하거나, 투수계수 10<sup>-6</sup> cm/s 이하 30 cm 점토층 위에 두께 1.5 mm HDPE 포설</li> <li>• 가스배제층 : 두께 30 cm 이상</li> </ul>

폐기물 매립 및 복토는 인력으로 하기 어려운 작업이므로 기계적으로 수행할 수 있도록 건설기계(Construction Machinery)가 사용된다. 건설기계는 작업용도(토목, 운반, 포장, 기타), 이동장치의 형태(휠, 크롤러, 정치), 작업방식(굴삭, 적재, 운반, 하역, 다짐 등)에 따라 분류할 수 있으며, 매립장에서 사용하는 대표적인 장비로는 도우저, 덤프트럭, 굴삭기 등이 있다.

## 9) 바닥기초시설

매립시설의 기초지반은 매립장의 바닥 상부에 놓인 폐기물 및 구조물을 지지하는 역할을 한다. 또한 차수재 및 침출수 집배수관의 침하를 방지하고 지하수의 침투를 제어하는 역할을 한다. 화강토 등의 양질토로 이루어진 내륙매립장에서는 기초지반의 지지력 및 침하가 염려되지 않으나 해성점토 등의 연약토로 이루어진 해안매립장에서는 지지력 및 부등침하가 염려된다.

만일 기초지반하부에 절리나 균열 면이 있으면 기초굴착에 의하여 응력이 감소하거나 기초 내에 작용하는 수압이 불균질하게 되어 국부적인 파손이 발생할 수 있고, 이러한 절리나 균열 면이 사면의 선단부분에 위치하면 사면파괴가 일어날 수도 있다. 또한 균열, 샌드렌즈, 샌드심과 같은 불균질층이 존재하게 되면 지하수 및 침출수의 이동통로를 제공하여 파이핑 현상을 일으킬 수도 있다.

매립장의 기초바닥은 매립장 시공 시 지하수 및 우수 등의 물이 고이지 않고, 매립장 운영 시 침출수의 집배수가 용이하도록 설계되어야 한다. 매립장의 기초바닥 구배는 경사를 급하게 할수록 침출수가 보다 빠르게 집수관에 모여 차수재로의 누수를 최대한 억제할 수 있으므로 일반적으로 2%가 선호되어지며 5%까지 증가하면 한층 침출수 누출방지 효과를 높일 수 있다. 매립장 바닥의 구배는 침출수 집배수용 유공관 및 집수정으로 향하여 구배를 주도록 설계한다.

지하수위가 높은 지역은 가급적 매립장 건설 위치로 선정하는 것을 피하도록 한다. 그러나 부득이하게 지하수위가 높은 지역에 매립장을 건설하는 경우에는 적절한 지하수 제어공법 및 누수 감시시스템을 설치하여 지하수 관측계획을 수립하도록 한다. 매립장의 기초 처리 시 유의하여야 할 사항에는 연약토, 유기질토, 매립토, 투수계수가 큰 흙 등은 제거, 침하를 일으킬만한 연약지반 개량, 지반 내 절리, 균열면 등은 그라우팅이나 양질토로 채움 등이 있다.

기초지반에 침하가 발생될 경우 매립장의 성토 표면부 처리를 위한 덮개시설의 안정문제와 차수재시설의 파손문제가 야기될 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 일차적으로 기초지반의 침하량을 예측하고, 이차적으로 기초지반 침하에 따른 매립시설의 안정문제를 분석하여야 한다.



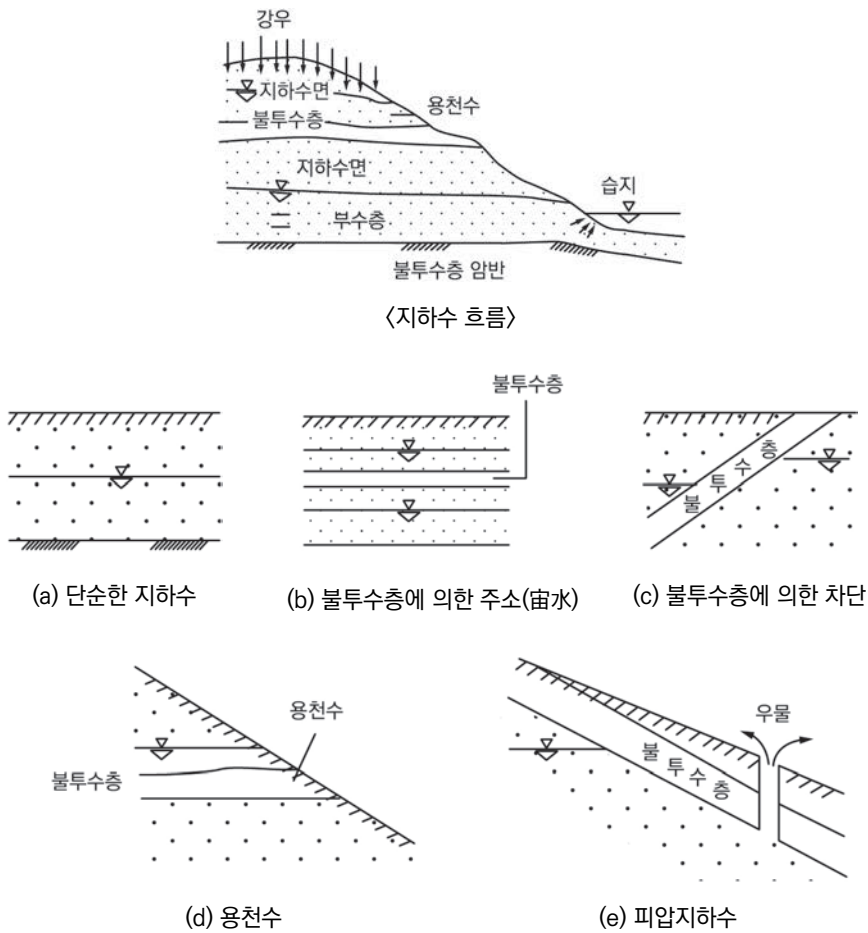
## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 10) 지하수배제시설

#### 가) 목적 및 기능

지하수는 건설공사 시 지반(토공본체)을 약화시켜 공사의 진행을 방해하거나, 경사면의 붕괴를 일으키는 원인이 된다. 따라서 지하수 집배수시설의 설치목적은 지하수를 땅 속에 체류시키지 않고 신속히 배수하여 토공의 안정을 꾀하기 위한 것이라 할 수 있다.

매립장의 경우 침출수 유출 및 지하수 유입 방지를 위해 차수설비를 설치한다. 그러나 지하수와 용천수의 배제를 적절히 하지 않으면 지하수위가 상승하여 차수시설에 양압력이 작용하고 그 압력이 설계기준을 초과할 경우 파손될 수 있다. 차수시설의 파손은 침출수의 유출 및 지하수의 오염을 유발한다. 매립장에서는 이러한 차수시설의 파손을 방지하기 위해 지역 특성을 고려한 지하수 집배수시설을 설치하여야 한다.



[그림 2.60] 지하수 흐름과 형태

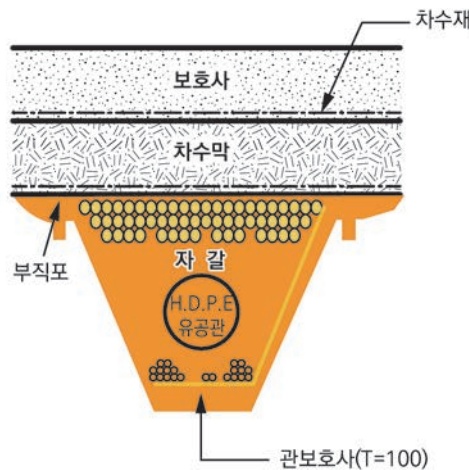
[출처 : 동화기술, 2017]

일반적으로 지하수로서 취급되는 것은 자유지하수이고, 지표면에 도달한 경우는 대부분 지표면 유출을 통해 배제되지만 그중 일부는 지중으로 침투되어 지하수를 형성하므로 지하수 증감의 변화가 크기 때문에 지하수위가 인접한 매립부지에서는 침출수발생 및 지하수오염 가능성이 크다.

일반적으로 매립장 내 하부에 매립장 차수층을 포설하여 지표수의 유출 및 지하수의 유입을 차단하였지만 매립장 외곽에서 지중으로 침투된 강우는 지하수를 형성하여 지대가 낮은 매립시설 차수층 하부를 흐르게 된다. 만일 지하수가 매립시설 하부를 통과하여 장기간 흐르게 되는 경우 토사입자가 지하수를 통해 유출되므로 이로 인한 토사의 쇄굴 등에 의한 안전에 문제가 야기될 것이다.

## 나) 시설의 구성 및 종류

지하수 집배수관은 차수막 하부의 지하수 및 용천수를 배제하여 차수막에 양압력이 작용하는 것과 손상된 차수막을 통한 침출수의 누출이나 지하수 투입을 방지한다. 지하수위가 차수시설보다 높을 때 지하수 배출시설을 구비하여 차수시설보다 아래쪽에 설치하여 오염되지 않은 지하수는 배출하고 오염된 지하수는 침출수 처리시설에서 처리한다.



[그림 2.61] 지하수 배제시설 단면

### (1) 암거배수관

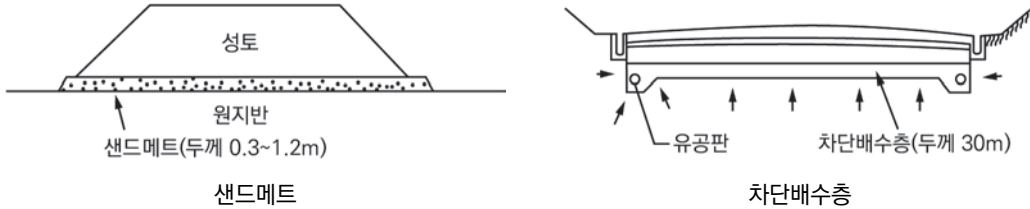
암거배수관은 선상배수공이라고도 하는데, 상부에 가해지는 하중에 의해 단면의 변형과 투수성의 저하를 발생할 우려가 있어 충분한 내압성을 갖는 재료가 요구될 때 사용된다.

설치하는 위치의 토질을 확인하여 막히지 않는 재료를 선정하여 사용하여야 한다. 이런 종류의 재료로서 자연재료는 강자갈, 모래, 쇄석, 콘크리트, 재활용골재 등이, 인공재료로는 Geonet류, 토목섬유류, 집속관류 등이 사용되고 있다.

## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### (2) 수평배수재

수평배수재는 지오킴포지트를 이용한 재료가 많이 개발되어 있다.



[그림 2.62] 지오킴포지트에 의한 수평배수시설

[출처 : 동화기술, 2017]

### 11) 침출수 매립시설 환원정화 설비

발전·연료화 처리시설을 설치·운영하는 생활폐기물 매립시설로서 폐기물 매립층의 높이가 6미터 이상인 매립시설의 경우에는 매립층의 적정 함수율을 유지하기 위하여 주입관로, 주입펌프, 함수율 측정기 등 침출수 등을 매립시설에 주입할 수 있는 설비(이하 “침출수 매립시설 환원정화 설비”라 한다)를 설치할 수 있다. 이 경우 다음 ①부터 ④까지의 방법 및 그 밖에 환경부장관이 정하여 고시하는 방법에 따라 침출수 매립시설 환원정화 설비를 설치하여야 한다.

- ① 주입관로는 침출수 등을 매립층에 골고루 주입할 수 있도록 최종복토층 아래의 매립층 내부에 수평 또는 수직으로 설치하여야 한다. 이 경우 발전·연료화 처리시설용 가스배제관의 일부 또는 전부를 주입관로로 활용할 수 있다.
- ② 매립층에는 매립층 함수율을 상시 측정할 수 있는 장치를 매립시설의 면적을 고려하여 설치하여야 한다.
- ③ 매립층 함수율 등이 안정적으로 유지될 수 있도록 침출수 등의 주입량을 조절하거나 주입관로 중 일부를 선택하여 개폐할 수 있는 구조로 설치하여야 한다.
- ④ 침출수 등의 주입에 따라 매립가스 발생량이 증가하는 경우에는 매립가스가 외부로 배출되지 아니하도록 매립가스 포집시설을 추가로 설치하는 등의 조치를 하여야 한다.

현재 침출수 매립시설 환원정화 설비는 수도권매립지에 설치되어 운영하고 있으며, 침출수 및 기타 폐수를 하부공급시설(펌프장-1, 2) 2개소로 취수하여 상부공급시설 및 주입시설, 수평 및 수직형 수분주입설비를 통해 재순환수(침출원수 및 생물학적 처리수 등)를 제2매립장 내로 주입함으로써 매립장 안정화기간을 단축하고 매립가스 발생속도 조절 및 포집량 증대로 매립가스 에너지원으로서의 활용성을 극대화하며, 수도권매립장 무방류시스템의 핵심시설로 활용한다. 수도권매립장의 침출수 매립시설정화설비 개요와 시설규모는 다음과 같다.

[표 2.104] 수도권매립지의 침출수 매립시설 정화설비 개요

구분	내용	비고
위치	인천광역시 서구 거월로 61 수도권 제2매립장	-
재순환용량	5,800 톤/일	침출원수, 1차 처리수 등
재순환대상구역	제2매립장내 24개 블록	-

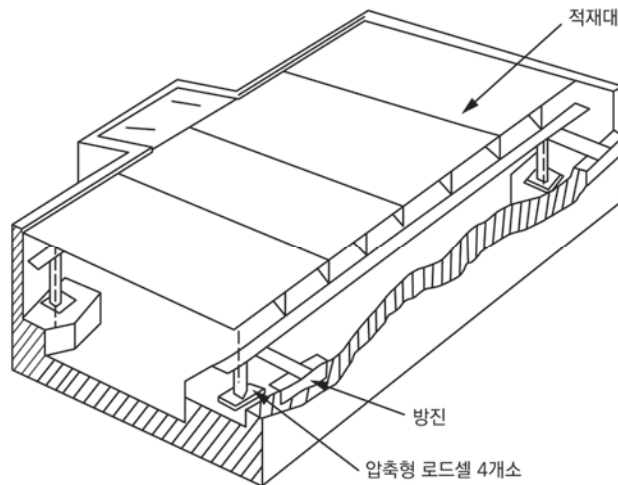
## 12) 폐기물 반입관리시설

폐기물 반입관리시설은 매립처분하기 위해 반입된 폐기물의 적합성 판단 및 반입량의 계량, 기록 등을 관리한다.

### 가) 계량시설

계근대는 시설에 반입되는 폐기물과 반출되는 소각 잔재물, 회수된 유가물의 양 및 종류, 반입·반출차량의 수량 등을 정확히 파악하여 시설관리를 합리적으로 수행할 목적으로 설치된다.

계근대는 차량이 올라가는 적재대, 중량을 지시하는 표시장치, 이 두 개를 연결하는 전달장치, 계량결과를 기록하는 연산장치로 구성되어 있다. 계근대는 운반차량에 폐기물이 담긴 상태에서 폐기물의 중량을 계량할 수 있는 것이어야 하며 최소 눈금 10 kg 이하이어야 한다.



[그림 2.63] 전기식 계근대 구조도

[출처 : 환경부·국립환경과학원, 2016b]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

전기식은 로드 셀에 의해 검출된 신호를 중량으로 변환시켜 디지털로 표시하며, 이 밖에도 진자기어 이용의 기계식에 신호변환기를 추가하는 것으로 디지털로 표시하는 형식이 있다.

계량관리기능을 한층 향상시켜 계량의 효율화, 간편화하는 것을 목적으로 하여, 컴퓨터에 차량번호, 차량중량, 폐기물 종류, 시간, 출입시각 등을 기억시켜 적재중량, 적재누계치 등의 인자조작을 하는 것도 가능하다. 또한 이러한 데이터를 중앙 데이터 처리장치에 전송시켜 중앙제어실로 일괄처리하기도 한다.

### 나) 반입도로

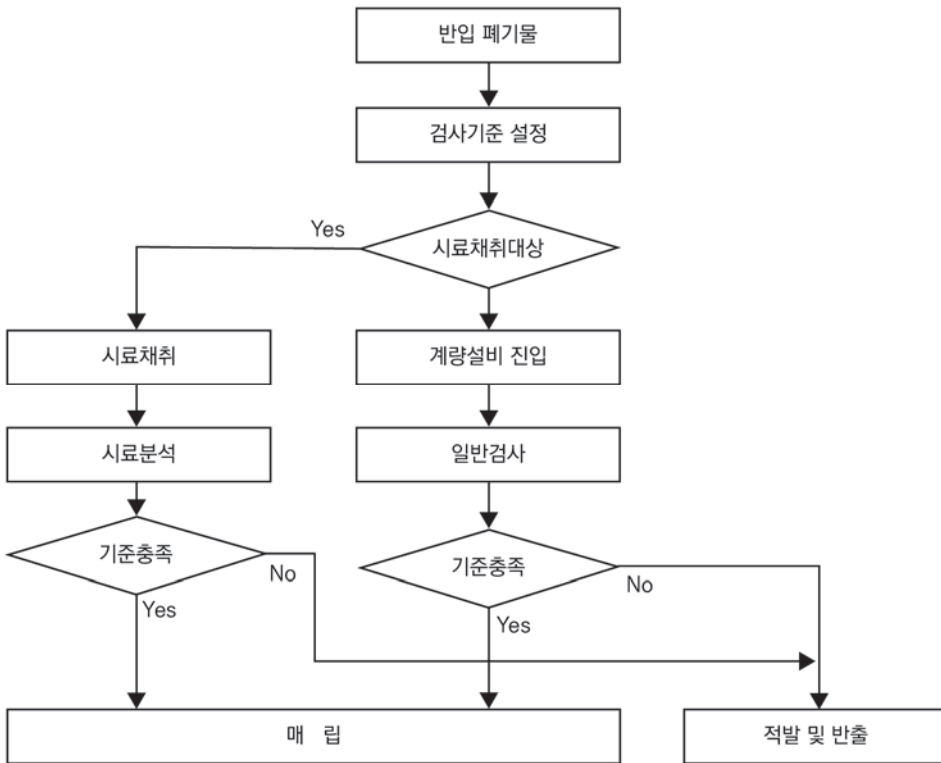
매립을 안전하고 효율적으로 행하기 위하여 폐기물, 복토재 및 기타 관리자재 등의 운반을 목적으로 한다. 도로의 구배는 8 % 이하(예외적으로 10 %를 짧은 거리에 한하여 시행), 도로폭은 6.5 m 이상으로 하고, 도로 가장자리와 도로에는 비말뚝 등의 보호시설과 도로표지판을 설치해야 한다.



[그림 2.64] 현장사진

### 다) 폐기물 반입

폐기물 차량별 계량정보(지자체, 운반업체, 운반폐기물 등) 확인 후 해당차량의 출입 가능여부를 확인하고, 비검사대상 폐기물은 매립장 하역 장소로 이동하며, 검사대상 폐기물은 시료채취 및 시료성상검사를 실시하여 이상 없을 시 매립장 하역장소로 이동한다.



[그림 2.65] 폐기물 반입 흐름도

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2021]

### 라) 폐기물 하역

폐기물 하역은 폐기물이 운반차량을 통해 매립하는 작업 과정에 이루어진다. 폐기물 운반차량은 폐기물의 적재박스를 탈·부착할 수 있는 암롤트럭, 적재박스를 고정 탑재해 있는 진개덤프트럭, 차량에 자동식 밀집 적재장치를 장착하고 있는 압축·압착 차량이 있으며, 그 중 암롤트럭이 가장 많다. 운반차량은 폐기물 계량 후 신호수의 유도 및 통제에 따라 매립 블록에 진입하여 대기라인에 대기 후 신호수의 통제에 따라 하역위치로 이동 및 차량간 거리를 유지하면서 폐기물을 하역한다. 하역작업이 완료된 차량은 지정된 잔류물 처리구역에서 적재함을 정리하고, 세차 후 지정출구로 퇴출한다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 2.6.2 오염물질 배출현황

폐기물 매립(최종처분)은 폐기물 수집 및 운반, 폐기물 계량 및 반입, 폐기물 검사 및 하역, 폐기물 펼침 및 다짐, 복토, 오염물질 관리 순서로 구성되며, 매립시설에서 발생하는 오염물질은 폐수(침출수 외), 악취, 비산먼지, 매립가스 등이 있다. 이러한 오염물질은 폐기물관리법에 따라 운영전/운영중/사후관리로 측정·조사 대상에 따라 오염물질을 측정·조사하여야 한다.

[표 2.105] 매립시설 오염물질 측정·조사기준

대분류	중분류	대상시설	측정·조사 대상	오염물질 항목	측정·조사 기준	비고
운영전	-	관리형 매립시설	지하수	BOD, COD, 암모니아성질소, 아질산성질소, pH, 총대장균군, 질산성질소, 염소이온, 카드뮴, 비소, 시안, 수은, 다이아지논, 파라티온, 페놀, 납, 크롬, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1.1.1-트리클로로에탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌	1회/월 이상	사용시작 신고일 2개월 전 ~ 사용시작 신고일
			해수	pH, 총대장균군, 용매 추출유분, 6가크롬, 비소, 카드뮴, 납, 아연, 구리, 시안, 수은 PCB, 다이아지논, 파라티온, 말라티온, 1.1-트리클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 트리클로로에틸렌, 디클로로메탄, 벤젠, 페놀, 음이온 계면활성제		
운영중	-	매립시설	침출수	BOD, COD, SS, pH, 광유류, 동식물유지류, 페놀류, 시안, 크롬, 용해성철, 아연, 구리, 카드뮴, 수은, 유기인, 비소, 납, 6가크롬, 용해성망간, 플루오린, PCB, 총대장균군수, 색도, 총질소, 디에틸헥실프탈레이트, 세레늄, 총인, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌	COD 1회/일, 그 외 1회/주 이상	침출수 2,000 m <sup>3</sup> /일 이상
					1회/월 이상	침출수 2,000 m <sup>3</sup> /일 미만
	-	관리형 매립시설	지하수	운영전 관리형매립시설 지하수 오염물질 항목과 동일	1회/분기 이상	-
	환경상 영향조사	생활 폐기물 매립시설	대기	아황산가스, 일산화탄소, 이산화질소, 미세먼지, 초미세먼지, 오존, 납, 벤젠, 악취	4회/3년 이상	매립량 300톤/일 이상, 매립면적 15만 m <sup>2</sup> 이상
소음			-			

(표 계속)

대분류	중분류	대상시설	측정·조사 대상	오염물질 항목	측정·조사 기준	비고
운영중	환경상영향조사	생활폐기물매립시설	하천, 지하수	카드뮴, 비소, 시안, 수은, 유기인, PCB, 납, 6가크롬, 음이온 계면활성제, 사염화탄소, 1,2-디클로로에탄, 테트라클로로에틸렌, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름, 디에틸헥실프탈레이트, 안티몬, 1,4-다이옥세인, 포름알데히드, 헥사클로로벤젠	4회/3년 이상	매립량 300톤/일 이상, 매립면적 15만 m <sup>2</sup> 이상
			호소	pH, COD, TOC, SS, DO, 총인, 총질소, 클로로필-a, 대장균군		
			해역	운영전 관리형매립시설 해수 오염물질 항목과 동일		
			토양	카드뮴, 구리, 비소, 수은, 납, 6가크롬, 아연, 니켈, 불소, 유기인화합물, PCB, 시안, 페놀, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌, 석유계총탄화수소, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 벤조(a)피렌, 1,2-디클로로에탄, 다이옥신		
	주변지역영향조사	사업장지정폐기물매립시설	대기	PM-10, 악취	2회/년	매립면적 1만 m <sup>2</sup> 이상
			지표수	운영중 매립시설 침출수 오염물질 항목과 동일		
			지하수	pH, 총대장균군, 질산성질소, 염소이온, 카드뮴, 비소, 시안, 수은, 다이아지논, 파라티온, 페놀, 납, 크롬, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1,1-트리클로로에탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 크실렌	2회/년	매립면적 1만 m <sup>2</sup> 이상
			토양	운영중 환경상영향조사 토양 오염물질 항목과 동일	1회/년 이상	
		사업장일반폐기물매립시설	대기	상동	상동	매립면적 15만 m <sup>2</sup> 이상
			지표수	상동		
			지하수	상동		
			토양	상동		



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

(표 계속)

대분류	중분류	대상시설	측정·조사 대상	오염물질 항목	측정·조사 기준	비고
사후 관리	-	사후관리 매립시설	침출수	운영중 매립시설 침출수 오염물질 항목과 동일	1회/분기 이상	-
			지하수	운영중 관리형매립시설 지하수 오염물질 항목과 동일	1회/월 이상	매립종료 후 3년까지
					1회/분기 이상	매립종료 3년 이후
			발생가스	외기온도, 가스온도, 메탄, 이산화탄소, 암모니아, 황화수소	1회/분기 이상	매립종료 후 5년까지
					1회/년 이상	매립종료 5년 이후
			지표수	운영중 매립시설 침출수 오염물질 항목과 동일	1회/반기 이상	-
토양	운영중 환경상영향조사 토양 오염물질 항목과 동일	1회/년 이상	-			

[참고사항]

- 1) 지하수 : 「폐기물관리법」 시행규칙 [별표 11] 폐기물 처분시설 또는 재활용시설의 관리기준 2. 나. 2) 다)
- 2) 침출수 : 「폐기물관리법」 시행규칙 [별표 12] 측정대상 오염물질의 종류 및 측정주기
- 3) 악취 : 「악취방지법」 시행규칙 [별표 1] 지정악취물질
- 4) 환경상영향조사 : 「폐기물처리시설 설치촉진 및 주변지역지원 등에 관한 법률」 제26조
- 5) 주변지역영향조사 : 「폐기물관리법」 시행규칙 [별표 13] 폐기물처리시설 주변지역 영향조사 기준
- 6) 사후관리 : 「폐기물관리법」 시행규칙 [별표 19] 사후관리기준 및 방법

## 가. 대기오염물질

대기질은 대상지역의 대기에서 주요 대기오염물질 농도에 의하여 결정된다. 기준성 대기오염 물질을 대상으로 폐기물매립시설로부터 인근 지역의 영향을 파악하기 위해 반경 2 ~ 3 km 내의 주요 주거지역을 중심으로 계절별 특성을 고려하여 분기별로 1회씩 총 4차에 걸쳐 측정하게 된다. 대기질에 대한 측정 사례는 다음과 같다.

[표 2.106] 매립시설 주변지역 대기질 측정 사례(연평균)

항목	PM-10	PM-2.5	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	Pb	벤젠
단위	µg/Sm <sup>3</sup>	µg/Sm <sup>3</sup>	ppm	ppm	ppm	ppm	µg/Sm <sup>3</sup>	µg/Sm <sup>3</sup>
환경기준 지점	100 이하 (24시간)	35 이하 (24시간)	0.06 이하 (24시간)	0.05 이하 (24시간)	9 이하 (8시간)	0.06 이하 (8시간)	0.5 이하 (연간)	5 이하 (연간)
지역평균	40	15	0.016	0.003	0.4	0.035	-	불검출
대기-1	26	16	0.004	0.002	0.4	0.037	0.01	불검출
대기-2	36	25	0.005	0.003	0.4	0.038	0.01	불검출
대기-3	36	16	0.005	0.005	0.4	0.030	0.01	불검출
대기-4	30	15	0.006	0.003	0.4	0.040	0.01	불검출
대기-5	34	20	0.006	0.003	0.4	0.039	0.01	불검출
대기-6	25	17	0.003	0.002	0.4	0.038	불검출	불검출
대기-7	25	16	0.005	0.002	0.4	0.030	0.01	불검출
대기-8	32	23	0.004	0.003	0.4	0.035	0.01	불검출

[출처 : 적용사업장 제공]

## 나. 수질오염물질

### 1) 침출수(처리수)

매립시설은 폐기물관리법 제31조 2항에 따라 침출수 배출허용기준 대상항목을 배출량이 1일 2천 세제곱미터 이상인 경우 COD 매일 1회 이상, COD 외 오염물질 주 1회 이상 측정하여야 하고, 배출량이 1일 2천세제곱미터 미만인 경우 월 1회 이상 측정하여야 한다.

폐기물 매립장에서 발생하는 침출수는 매립폐기물의 종류(유기물, 무기물)와 매립량, 매립경과 기간, 매립장형태, 매립방법, 강우량, 기후조건, 일일복토, 중간복토, 최종복토, 다짐정도 등에 따라 큰 차이가 있다.



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 2) 지표수

매립시설의 주변지역 수질현황과 시설의 설치와 운영으로 인한 영향여부를 파악하기 위하여 인접한 하천수의 수질을 조사한 사례는 다음과 같다.

[표 2.107] 매립시설 주변지역 지표수 측정 사례(연평균)

항목	단위	상류	전면	하류	지표수-1	지표수-2
온도	℃	19.2	19.2	18.3	18.0	18.9
pH	-	7.8	7.6	7.8	8.0	7.9
BOD	mg/L	3.3	3.3	1.5	0.9	1.2
COD	mg/L	17.2	17.0	8.9	7.3	8.5
SS	mg/L	18.0	11.5	5.3	7.8	7.0
DO	mg/L	7.9	7.8	7.9	8.7	10.2
T-P	mg/L	0.045	0.050	0.031	0.041	0.022
총대장균군	균수/100mL	350	1,523	2,245	830	2,993
분원성대장균군	균수/100mL	142	363	440	292	452
TOC	mg/L	10.1	9.8	6.7	5.7	5.2
Cd	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
As	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
CN	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Hg	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
유기인	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
PCB	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Pb	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
Cr <sup>6+</sup>	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
ABS	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
사염화탄소	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
1,2-디클로로에탄	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
PCE	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
디클로로메탄	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
벤젠	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
클로로포름	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
DEHP	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
안티몬	mg/L	0.0022	0.0021	0.0011	0.0009	0.0002
1,4-다이옥산	mg/L	0.0028	0.0025	0.0020	불검출	불검출
포름알데히드	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
헥사클로로벤젠	mg/L	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

[출처 : 적용사업장 제공]

### 3) 지하수

매립시설이 주변지역의 지하수에 미치는 영향을 확인하기 위하여 부지경계로부터 반경 3 km 내외의 대표지점을 선정하여 지하수의 수질을 조사한 사례는 다음과 같다.

[표 2.108] 매립시설 주변지역 지하수 측정 사례(연평균)

항목	단위	지하수-1	지하수-2	지하수-3	부지경계
일반세균	CFU/ mL	21	2,508	-	78
총대장균군수	개/100 mL	검출	검출	-	검출
분원성대장균군	개/100 mL	검출	불검출	-	검출
납	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
불소	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
비소	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
셀레늄	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
수은	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
시안	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
크롬	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
암모니아성질소	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
질산성질소	mg/L	0.70	불검출	-	0.45
카드뮴	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
붕소	mg/L	0.02	불검출	-	불검출
페놀	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
다이아지논	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
파라티온	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
페니트로티온	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
카바릴	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
1.1.1-트리클로로에탄	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
테트라클로로에틸렌	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
트리클로로에틸렌	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
디클로로메탄	mg/L	0.003	0.004	-	0.004
벤젠	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
톨루엔	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
에틸벤젠	mg/L	불검출	불검출	-	불검출



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

(표 계속)

항목	단위	지하수-1	지하수-2	지하수-3	부지경계
크실렌	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
1.1-디클로로에틸렌	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
사염화탄소	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
1.2-디브로모-3-클로로프로판	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
경도	-	286.0	173.8	-	437.5
과망간산칼륨소비량	mg/L	2.8	1.4	-	1.3
냄새	-	불검출	불검출	-	불검출
맛	-	불검출	불검출	-	불검출
동	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
색도	도	불검출	불검출	-	불검출
세제(음이온계면활성제)	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
수소이온농도	-	7.73	7.98	-	7.55
아연	mg/L	0.123	0.01	-	0.011
염소이온	mg/L	74.25	8.08	-	16.83
철	mg/L	불검출	0.06	-	0.07
망간	mg/L	0.01	0.05	-	0.024
탁도	NTU	0.25	0.73	-	0.44
황산이온	mg/L	31	9.75	-	67.75
알루미늄	mg/L	불검출	불검출	-	불검출
1,4-다이옥산	mg/L	불검출	불검출	-	불검출

[출처 : 적용사업장 제공]

## 다. 악취

폐기물 매립시설로 인해 주변지역 주민들이 직접적으로 느끼는 영향인자로는 악취가 가장 비중 있게 다루어진다. 폐기물 매립시설로부터의 악취유발 원인은 폐기물 반입과 저장에 의한 직접적인 원인과 매립가스로 인한 원인, 폐기물 불완전연소로 인한 원인 등 매우 다양하다. 매립시설의 부지경계와 인근지역의 악취를 조사한 사례는 다음과 같다.

[표 2.109] 매립시설 주변지역 악취 측정 사례(연평균)

항목	단위	악취-1	악취-2	악취-3
공기희석관능법	희석배수	3.25	3.25	3.25
판 정	-	적합	적합	적합
암모니아	ppm	0.1	0.1	0.1
메틸메르캅탄	ppb	불검출	불검출	불검출
황화수소	ppb	불검출	불검출	불검출
다이메틸설파이드	ppb	불검출	불검출	불검출
다이메틸다이설파이드	ppb	불검출	불검출	불검출
트리메틸아민	ppm	불검출	불검출	불검출
아세트알데히드	ppm	0.0125	0.0125	0.0075
스티렌	ppm	불검출	불검출	불검출
프로피온알데하이드	ppm	불검출	불검출	불검출
뷰티르알데하이드	ppm	0.00025	0.0005	0.00025
n-발레르알데하이드	ppm	불검출	불검출	불검출
i-발레르알데하이드	ppm	불검출	불검출	불검출
톨루엔	ppm	불검출	불검출	불검출
자일렌	ppm	불검출	불검출	불검출
메틸에틸케톤	ppm	불검출	불검출	불검출
메틸아이소뷰티르케톤	ppm	불검출	불검출	불검출
뷰티르아세테이트	ppm	불검출	불검출	불검출
프로피온산	ppm	불검출	불검출	불검출
n-뷰틸산	ppm	불검출	불검출	불검출
n-발레르산	ppm	불검출	불검출	불검출
i-발레르산	ppm	불검출	불검출	불검출
i-뷰틸알코올	ppm	불검출	불검출	불검출

[출처 : 적용사업장 제공]



## 2. 시설별 주요공정 및 오염물질 배출현황

### 라. 소음·진동

폐기물 매립시설의 소음은 시설의 운영으로 인한 시설소음과 폐기물 반입 등의 차량 운행으로 인한 교통소음으로 구분할 수 있다. 시설소음은 부지경계에서 측정하여 판단할 수 있으며, 폐기물 반입 등 차량으로 인한 소음은 폐기물 수송도로를 거쳐 폐기물매립시설까지의 지역을 조사한다. 매립시설의 운영 가동소음 및 폐기물 운반 차량으로 인한 소음피해 여부를 조사하기 위한 인근지역의 소음을 측정한 사례는 다음과 같다.

[표 2.110] 매립시설 주변지역 소음 측정 사례(연평균)

지 점	항 목	주 간(Leq dB(A))					야 간(Leq dB(A))				
		5월	8월	10월	11월	연평균	5월	8월	10월	11월	연평균
	소음·진동-1	51.0	53.7	50.3	46.6	50.4	37.9	55.1	46.1	40.0	44.8
	소음·진동-2	46.1	46.8	49.2	43.0	46.3	39.8	52.6	40.0	35.7	42.0
	소음·진동-3	54.1	52.7	53.6	56.1	54.1	48.8	49.6	47.1	39.4	46.2
	소음·진동-4	51.7	54.8	57.9	57.4	55.5	42.7	52.6	50.2	50.2	48.9
	소음·진동-5	46.7	45.2	43.4	46.9	45.5	40.2	48.1	42.4	42.9	43.4

[출처 : 적용사업장 제공]

## 마. 토양

폐기물 매립시설의 토양오염은 특성상 바람에 의한 오염물질의 비산에 의한 토양오염과 오염된 지표수와 토립자의 이동에 의한 토양오염이 있을 수 있다. 이 두 가지 원인 모두가 오염원으로부터 비교적 단거리 내에서 일어날 가능성이 크기 때문에 폐기물 매립시설의 부지경계와 주변지역을 측정·분석한다. 매립시설의 부지경계와 주변 해발이 더 낮은 지역의 토양을 조사한 사례는 다음과 같다.

[표 2.111] 매립시설 주변지역 토양 측정 사례

항목	단위	토양-1	토양-2	토양-3	토양-4
Cd	mg/kg	1.22	0.72	0.74	0.77
Cu	mg/kg	7.03	25.70	6.55	4.75
As	mg/kg	1.89	불검출	불검출	불검출
Hg	mg/kg	0.06	0.02	불검출	불검출
Pb	mg/kg	12.60	10.00	12.08	11.05
Cr <sup>6+</sup>	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
Zn	mg/kg	38.18	37.88	40.20	27.35
Ni	mg/kg	13.20	6.63	8.30	8.43
F	mg/kg	39.50	41.50	63.25	31.00
유기인화합물	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
PCB	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
CN	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
페놀	mg/kg	0.38	0.43	0.47	0.56
벤젠	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
톨루엔	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
에틸벤젠	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
크실렌	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
TPH	mg/kg	26.25	36.25	20.00	34.50
TCE	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
PCE	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출
벤조피렌	mg/kg	불검출	불검출	불검출	불검출

[출처 : 적용사업장 제공]





- 3.1 환경경영
- 3.2 환경 모니터링
- 3.3 에너지 관리
- 3.4 대기오염 배출 저감기법
- 3.5 수질오염 배출 저감기법
- 3.6 폐기물 배출 저감기법
- 3.7 악취 배출 저감기법
- 3.8 휘발성유기화합물 배출 저감기법
- 3.9 비산먼지 저감기법
- 3.10 소음·진동 관리기법

chapter | 3  
일반  
환경관리기법



## 3. 일반 환경관리기법

### 3.1 환경경영

환경경영시스템(EMS, Environmental Management System)은 물질흐름의 명확한 이해, 배출되는 오염물질들에 대한 효과적 관리, 에너지 흐름의 최적화 등을 통해 환경관리의 효율성을 제고하고 환경안전에 만전을 기할 수 있게 한다. 환경에 대한 사회적 인식이 높아지고 환경문제 해결의 중요성이 강조되면서 사회적으로 요구되는 ‘최적화된’ 환경관리의 수준도 자연스럽게 높아지고 있다. 따라서 사업장에 적용가능한 최적가용기법은 사회적 인식을 반영한 환경관리로 볼 수 있다.

환경경영은 환경목표를 수립하고 달성하기 위한 체계적인 시스템을 구성·운영하는 것을 근간으로 한다. 따라서 환경경영시스템은 시설물의 환경성능을 지속적으로 증진시킬 수 있도록 촉진·지원하고, 생산공정 및 새로운 환경관리기법에 대한 지속적인 분석과 검토를 통해 물질 흐름, 에너지 흐름 등을 보다 최적화할 수 있도록 도울 뿐만 아니라, 새로운 환경이슈를 발굴하고 이에 적절하게 대응할 수 있도록 지원해야 한다.

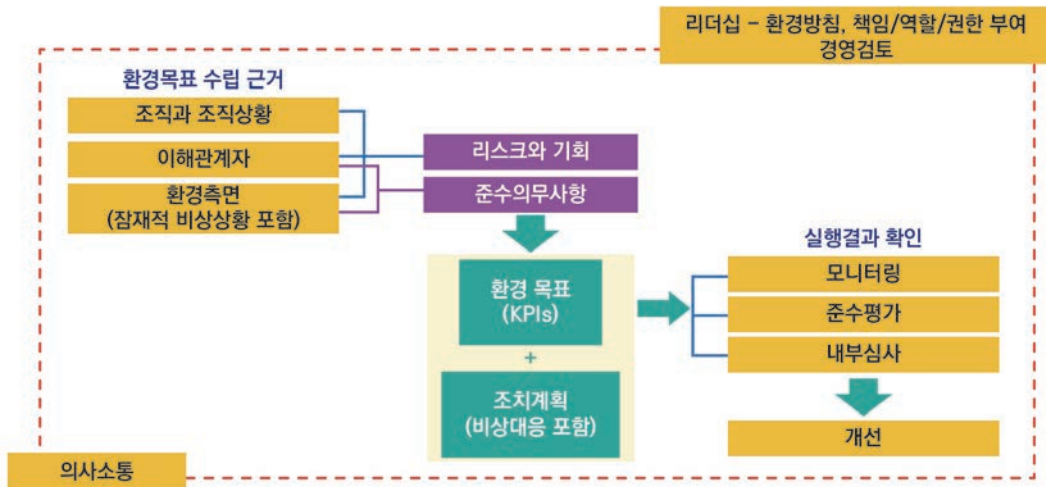
#### 3.1.1 환경경영시스템(EMS, Environmental Management System)

환경경영시스템이 효과적으로 실행되기 위해서는 PDCA(Plan-Do-Check-Action) 사이클을 기반으로 한 지속적인 개선이 이루어져야 한다. PDCA 사이클은 반복되는 역동적 모델로서 한 주기가 완료되면 또 다시 새로운 주기가 시작된다. 즉 환경경영의 계획부터 개선에 이르는 전과정의 분석은 모든 환경매체 영향을 해결할 수 있는 방법들의 평가 기초자료가 된다.

환경경영은 사업장의 여건에 따라 ISO 14001 등 국제적으로 인정받는 표준화된 시스템뿐만 아니라 표준화되거나 업종에 특화된 기법들을 모두 사용할 수 있는데, 어떤 기법을 사용하는지보다는 사용되는 기법을 통해 어떤 효과를 도출할지가 더 중요하기 때문이다. 따라서 표준화되지 않은 시스템도 제대로 설계되고 실행된다면 원칙적으로 표준화된 시스템만큼 효과적일 수 있다. 환경경영은 환경성 평가를 통해 해당 사업장이 환경법규 준수사항을 따라야 하고, 주민들과의 신뢰성 향상을 위해서 해당 사업장만의 환경이슈에 대해서도 충분한 관리가 가능하여야 할 것이다.



### 3. 일반 환경관리기법



[그림 3.1] 환경경영시스템

[출처 : 크노엘코리아]

- 계획(Plan) : 조직의 환경방침과 일치하는 결과를 만들어 내는데 필요한 환경목표와 프로세스를 수립
- 실행(Do) : 계획에 따라 프로세스를 실행
- 점검(Check) : 조직의 의지, 환경목표 및 운용기준을 포함하여 환경방침에 대한 프로세스를 모니터링 및 측정하고 그 결과를 보고
- 조치(Act) : 지속적 개선을 위한 조치를 취함

환경경영시스템(EMS)은 표준시스템 또는 비표준시스템의 형식을 취할 수 있다. ISO 14001과 같이 내부적으로 인정되는 표준시스템의 이행과 준수는 외부적으로 높은 신뢰성을 부여할 수 있다. 비표준시스템은 제대로 설계되고 이행되었을 경우에만 표준시스템과 동등하게 효과적일 수 있다.

또한 사업장은 기존의 사고 최소화, 오염물질 최소화 등 전통적 개념의 사회적 책임을 벗어나, 사회로부터 신뢰를 확보하고 함께 성장/발전하는 CSV(Creating Shared Value)개념을 적용하여 SHE(Safety, Health, Environment)방침을 수립하였다. 사업장이 추진하는 SHE 경영의 지향점은 다음과 같다.

- 회사는 법규 수준 이상의 SHE 기준을 수립하고 운영
- 회사는 글로벌 선진기업들의 SHE 경영 필수관리를 분석하여 이를 포괄하는 13개 관리요소를 재정립하고, 이를 실행하기 위한 운영시스템을 새롭게 보완하여 회사의 규정과 하위절차에 반영
- 공장별 환경영향평가 실시, 환경목표관리, 자체관리기준 설정 및 운영, 법규 준수평가, 비상대응 훈련 등을 통해 지속적으로 관리 운영

환경경영시스템(EMS)은 다음 내용을 포함할 수 있다.

### 1. 환경방침

최고 경영자는 조직의 환경경영시스템 적용범위 내에서 다음과 같은 환경방침을 수립, 실행 및 유지하여야 한다.

- 조직의 활동, 제품 및 서비스의 특성, 규모, 환경영향에 적합할 것
- 지속적인 개선과 오염예방에 대한 의지를 포함할 것
- 조직의 환경측면과 관련하여 적용되는 법규 요구사항 및 조직이 동의한 그 밖의 요구사항을 준수하겠다는 의지를 포함할 것
- 환경목표 및 세부목표를 설정하고 검토하기 위한 틀을 제공할 것
- 문서화되어 실행되고 유지될 것
- 조직에서 근무하거나 조직을 대신해 업무를 수행하는 모든 인원에게 의사소통될 것
- 일반 대중이 접할 수 있을 것

### 2. 기획

- 조직의 제품, 활동 및 서비스 중 환경에 영향을 미칠 수 있는 것들을 조직의 환경측면에서 파악
- 조직에 적용되는 환경관련 법규와 기타 조직이 준수하기로 동의한 요구사항 파악
- 파악한 환경측면들과 법규 및 그 밖의 요구사항들을 기초로 해서 조직이 환경경영시스템을 수립, 운영 및 개선함으로써 달성하고자 하는 환경성과 설정
- 설정된 목표를 달성하기 위해 조직의 각 계층과 기능에서 달성해야 할 구체적인 세부목표 수립(파악한 목표 및 세부목표는 조직의 환경성과를 평가하기 위한 성과기준으로 적용됨)
- 목표 및 세부목표를 달성하기 위한 구체적인 계획(일정별 수행사항, 담당자, 투입할 자원, 우선순위 등) 수립

### 3. 실행 및 운영

- 지원, 역할, 책임 및 권한 : 환경경영시스템의 수립, 실행, 유지 및 개선을 위해 필수적인 자원의 가용성을 보장하여야 한다. 자원은 인적 자원, 특수 기능, 내부 기반구조, 기술 및 재정 자원을 포함한다. 환경경영을 효과적으로 추진하기 위해 역할, 책임 및 권한이 결정되고 문서화 및 의사소통이 되어야 한다.
- 적격성, 교육훈련 및 인식 : 조직은 파악된 중대한 환경영향의 잠재적 원인이 될 수 있는 업무를 수행하는, 조직에 근무하거나 조직을 대신해 업무를 수행하는 모든 인원이 적절한 교육, 훈련 또는 경험에 근거하여 적격함을 보장해야 하며, 관련 기록을 보유하여야 한다.
- 의사소통 : 조직 내 여러 계층과 기능 간의 내부 의사소통, 외부 이해관계자와의 적절한 의사소통을 위한 접수, 문서화 및 회신이 이루어지도록 하여야 한다.



### 3. 일반 환경관리기법

- 문서화 : 환경경영시스템의 핵심 요소와 그 상호 작용을 설명하고, 관련 증빙 문서에 대한 참고를 제공하는 최신 정보를 서류 또는 전자 서류 양식으로 작성 및 관리하여야 한다.
- 문서관리 : 환경경영시스템의 효과적인 운영 및 성과 달성을 위해 문서로 작성한 자료를 관리하기 위한 절차로 다음에 대한 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다.
  - 문서를 발행하기 전 적정함에 대한 승인
  - 필요 시 문서의 검토 및 갱신, 그리고 재승인
  - 문서의 변경 및 최신 개정 상태의 식별을 보장
  - 적용되는 문서의 해당본이 사용되는 장소에서 이용 가능성을 보장
  - 문서가 읽기 쉽도록 유지되고, 쉽게 식별됨을 보장
  - 조직에서 환경경영시스템의 기획 및 운영에 필요하다고 결정한 외부출처 문서의 식별 및 배포가 관리됨을 보장
  - 효력이 상실된 문서의 의도되지 않은 사용을 방지하며, 어떤 목적을 위해 보유할 경우에는 적절한 식별을 적용
- 운영관리 : 조직의 활동들이 체계적으로 수행될 수 있도록 활동 기준과 절차를 마련하고, 그 기준 및 절차에 따라 운영하도록 관리하여야 한다. 즉, 우선 운영관리가 필요한 부분을 파악하고, 적절한 기준과 절차를 선택하거나 수립한 후에 그에 맞도록 관리한다.
- 비상사태 대비 및 대응 : 환경에 영향을 줄 수 있는 잠재적 비상사태 및 사고를 파악하고, 이에 대응하기 위한 절차를 수립하고 실행, 유지하여야 한다.

#### 4. 점검

- 모니터링 및 측정 : 환경경영시스템이 정해진 절차에 따라 원활하게 운영되고 있고, 그에 따라 목표로 설정한 환경성적을 달성할 수 있는지를 파악해야 한다. 이러한 파악은 조직의 환경측면 중 목표, 세부목표 및 추진계획에 반영된 조직의 활동 결과를 주기적으로 측정하거나 모니터링함으로써 가능하다.
- 준수평가 : 조직의 활동, 제품 및 서비스에 적용되는 법규 요구사항 및 조직이 동의한 그 밖의 요구사항들을 잘 준수하고 있는지를 주기적으로 평가하여야 한다. 조직은 이러한 준수평가를 주기적으로 수행하기 위한 절차를 마련하고, 그 절차에 따라 준수평가를 수행해야 하며, 평가 결과를 기록으로 남겨야 한다.
- 부적합, 시정조치 및 예방조치 : 실제적, 잠재적 부적합(들)을 다루고, 시정조치 및 예방조치를 취하기 위한 절차를 수립, 실행 및 유지하여야 한다.
- 기록관리 : 조직의 환경경영시스템 및 이 규격의 요구사항에 대한 적합성과 달성된 결과를 실증하기 위해 필요한 기록을 작성하고 유지하여야 한다.

- 내부 심사 : 조직 스스로 환경경영시스템의 운영 실태 및 운영 성과를 평가해 봄으로써, 환경경영시스템의 전반적인 효과성과 장·단점을 파악하여 지속적인 개선을 달성하기 위한 절차이다. 내부 심사는 조직이 자율적으로 수행하는 것이니만큼, 조직 스스로 적격한 인원을 심사원으로 선정하여 실시해야 한다.

## 5. 경영 검토

- 최고 경영자는 지속적인 적절성, 충족성 및 효과성을 보장하기 위하여, 계획된 주기로 환경경영시스템을 검토하여야 한다. 이 검토에는 개선을 위한 기회 평가 그리고 환경방침, 환경목표 및 세부목표를 포함한 환경경영시스템에 대한 변경 필요성을 포함하여야 한다.

## 환경편의 및 경제성

회사와 관련된 환경영향에 적합한 환경경영시스템을 확립하고 환경영향을 최소화하기 위한 활동을 수행함으로써 시설의 환경성과(오염물질 배출 저감 등)가 지속적으로 발전한다. 또한 시설 운영자가 공정 및 시설에 주의를 집중하도록 한다.

환경경영시스템을 적용할 때 발생하는 비용과 경제적 이점에 대해 정확하게 판단하는 것은 어려우나 아래의 비용 및 이익을 예상할 수 있다.

에너지 절감, 원료 절감, 폐기물 및 폐수 저감 등으로 인해 비용이 절감된다.

환경경영시스템을 적용함으로써 회사의 위상이 강화되어 매출에 좋은 영향을 미칠 수 있다. 환경법규 준수 및 자주적 사내관리기준 설정·운영으로 비상상황 발생 우려가 감소되어 그에 따른 비용이 절감된다.

## 적용 가능성

일반적으로 적용 가능하다. 단, 표준시스템(ISO 14001 등)을 적용하고자 할 경우 시설의 특성, 규모, 복잡성 등을 고려하여야 하며 소규모 사업장은 적용이 어려울 수 있다.



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.1.2 환경성과지표(EPI, Environmental Performance Indicator)

기업의 과거 및 현재의 환경성과를 기업이 설정한 환경성과기준과 비교한 정보를 제공하기 위하여 지표들을 사용하는 내부관리절차 및 수단이라 할 수 있다.

성과평가 체계를 기존에 실행하고 있거나 도입하려는 기업의 경우, 가장 우선적으로 검토해야할 요소는 조직의 환경전략, 환경방침, 목표, 활동, 성과평가가 유기적인 일관성을 갖고 있는지에 대한 충분한 검토가 필요하다.

환경성과평가의 지표구조는 해당 기업의 환경성과평가 활용 목적 및 대상, 현장의 데이터 관리 형태 등에 따라 결정된다. 일반적으로 지표가 갖는 의미를 간단하고 명확하게 하고자 할 경우 운영이 용이하지만 분류체계가 다소 복잡해질 수 있는 단점이 있다. 또한 각 지표 간의 상대적인 가중치 개발 시 분류체계가 복잡할 경우 작업에 드는 인력과 시간이 커질 수 있다. 환경성과평가는 경영성과지표(MPI), 운영성과지표(OPI) 및 환경여건지표(ECI)가 포함한다.

- 경영성과지표(MPI, Management Performance Indicator)
  - 조직의 환경성과에 영향을 미치거나 미칠 수 있는 훈련, 법률 요건, 자원배분 및 효율적인 활용, 환경비용관리, 구매, 제품개발, 문서화 또는 시정조치 등과 같은 사안들을 관리하는 조직의 능력과 노력에 관한 정보를 제공해야 하며, 환경성과 개선을 위한 경영자의 노력, 의사결정 및 조치를 지원하는 지표
- 운영성과지표(OPI, Operational Performance Indicator)
  - 운영성과지표는 조직의 운영부문의 환경성과에 관한 정보를 경영자에게 제공하며, 조직의 운영부문으로부터 발생하는 투입물 및 산출물과 관련한 지표
- 환경여건지표(ECI, Environmental Condition Indicator)
  - 국가 혹은 범지구적 차원의 환경여건에 관한 정보를 제공하는 지표로서 환경영향의 측정치는 아니지만, 환경여건지표의 변화로 환경여건과 조직의 활동, 제품 및 서비스 사이의 관계에 관한 유용한 정보를 확인시켜 줌.

환경성과평가지표 항목을 선정하기 위해 기업의 환경경영 현황 진단을 통해 도출된 사업부문별 또는 사업장별 환경경영 내용 및 이슈를 중심으로 1차적인 환경성과지표를 도출한다. 그리고 다양한 이해관계자 의견을 수렴하여 최종 지표를 선정한다. 지표를 선정함에 있어 정성적으로 관리되거나 평가할 수 있는 명확한 기준이 없을 경우 성과로서 측정가능성을 고려한 조작적 정의 방법이 활용되기도 한다.

환경성과평가지표는 크게 4가지 단계 즉, 지표선정을 위한 체크리스트 개발, 이해관계자 의견수렴, 지표별 타당성 분석(전문가 자문) 그리고 환경성과지표 체계 및 지표선정으로 구분할 수 있다. 각 단계에 대한 세부 수행 방법은 다음과 같다.

- 체크리스트 개발
  - 지표선정을 위한 체크리스트에는 환경경영현황 진단에서 수집된 정보를 바탕으로 해당 기업의 환경성과를 평가할 수 있다고 예상되는 항목 포함
  - 체크리스트 개발 시 환경성과평가를 수행하고자 하는 목적 및 대상을 고려하는 것이 바람직
- 이해관계자 의견수렴
  - 지표선정을 위한 체크리스트를 바탕으로 내부 및 외부 이해관계자를 대상으로 설문 및 인터뷰를 진행하고 필요에 따라 워크숍을 통하여 지표의 타당성에 대하여 논의
- 지표별 타당성 분석
  - 이해관계자 의견수렴을 통하여 선정된 지표는 환경성과평가 전문가와 현장 전문가들을 중심으로 그 타당성을 제고
  - 최종 지표선정을 위한 타당성 분석 시 예상되는 척도를 감안하여 각 지표의 평가 방법을 결정
- 환경성과평가지표 선정
  - 환경성과평가를 위해 핵심지표(기존적으로 고려해야 하는 지표)와 부가지표(환경성과평가 수행 시 고려할 수 있는 지표)로 선정
  - ISO 14031, GRI가이드라인(GRI, Global Reporting Initiative : GRI 300) 등 활용 가능

기업의 환경성과평가 검토절차는 개선의 기회를 파악하기 위하여 정기적이면서도 지속적으로 수행되어야 한다. 이러한 검토는 조직의 경영과 운영부문의 성과개선에 기여하고, 결과적으로 환경여건을 개선한다. 또한 환경성과의 검토과정을 통하여 당해연도 환경성과 목표의 달성여부를 확인할 수 있고, 개선과정을 통하여 차기 년도의 환경목표 수립 및 목표달성전략의 도출이 가능하다.

이 단계에서는 다음과 같은 사항들에 대한 고려가 필요하다.

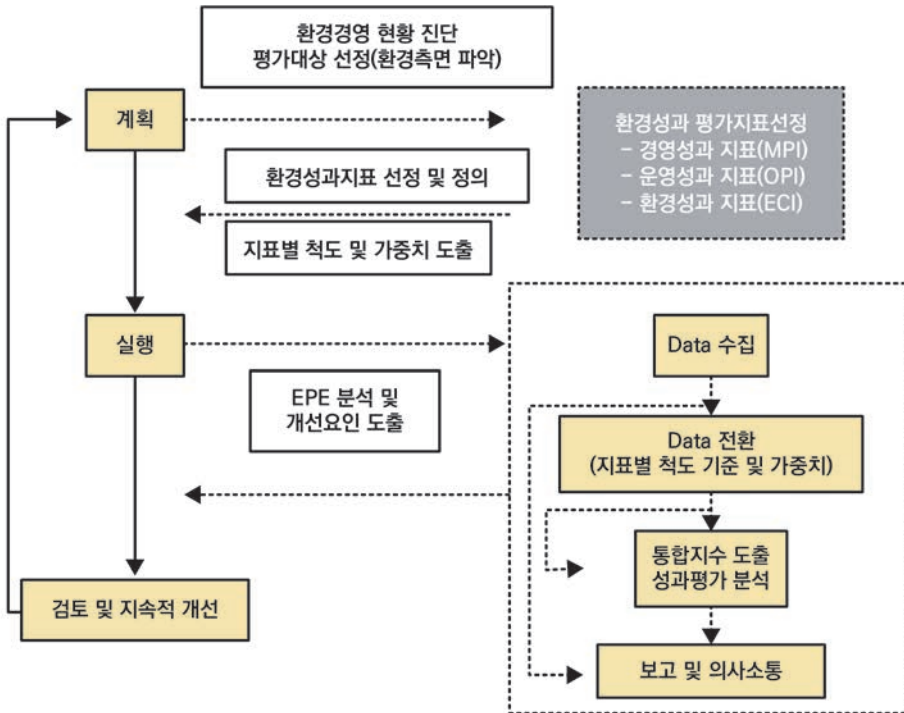
- 달성된 비용효과 및 편익
- 환경성과기준의 준수 진척도
- 환경성과기준의 적절성
- 선정된 환경성과평가 지표의 적정성
- 자료원, 자료수집방법 및 자료의 질

환경성과평가와 그 결과에 대한 검토는 계수목표관리를 포함하는 개념이며 다양한 평가요소에 대한 고려가 필요하다. 효과적인 계수목표관리를 위해서는 자료수집과정과 수집된 자료의 신뢰성과 타당성에 대한 검증이 필요하며, 장기적으로 환경성과평가시스템이 성과평가시스템으로 통합될 수 있도록 지속적 개선이 필요하다.

이를 위해서 환경경영전략, 환경방침, 환경목표 및 활동 분야, 환경성과 지표 간의 일관성 지도 (Matching Map)을 작성해보는 것도 매우 효과적인 접근방법으로 제시될 수 있다.



### 3. 일반 환경관리기법



[그림 3.2] 환경성과평가 도입절차

[출처 : 환경부, 2006]

#### 적용 가능성

일반적으로 적용 가능하다. 단, 표준시스템(ISO 14031 등)을 적용하고자 할 경우 시설의 특성, 규모, 복잡성 등을 고려하여야 하며 소규모 사업장은 적용이 어려울 수 있다.

## 3.2 환경 모니터링

모니터링은 제조공정에서 배출되는 오염물질을 파악하고, 배출되는 오염물질의 농도 등 배출현황을 측정 및 분석하여 시설을 효율적으로 관리하기 위해 필요하다. 또한 측정값은 관련 규정에 따라 보고하여야 하며, 측정값을 바탕으로 환경에 미치는 영향을 예측하거나 공정 제어를 수행할 수 있다.

예를 들어, 대기, 수질, 생태독성, 악취 등 환경 변화 상태 및 환경사고를 센서와 유무선 네트워크를 통해 통합 모니터링하여, 환경오염사고를 포함한 환경 이슈에 대해 종합적으로 대응 및 관리하는 모든 기술이 이에 해당한다.

### 3.2.1 대기오염물질 모니터링

대기오염물질은 「대기환경보전법」 제2조에서 “대기오염의 원인이 되는 가스, 입자상 물질”이라고 정의하고 있다. 이러한 대기오염물질은 나라마다 다르게 정하여 규제하고 있으며, 우리나라의 경우, 「대기환경보전법」 시행규칙에 61종의 대기오염물질을 규정하고, 이중 유해성이 커서 특별한 관리가 필요한 35종의 대기오염물질을 특정대기 유해 물질로 지정하여 별도로 관리하고 있다.

#### 가. 대기오염물질 시료채취 및 측정 방법

대기오염물질의 시료채취 및 측정은 별도의 규정이 없는 한 「대기오염공정시험기준」의 규정에 따른다. 배출가스 중의 굴뚝 시료는 오염물질의 성상에 따라 가스상 물질, 입자상 물질 및 휘발성 유기화합물 등으로 구분하여 채취할 수 있으며, 배출허용기준이 설정된 대기오염물질 각각에 대하여 시험방법이 규정되어 있다.

#### 나. 굴뚝원격감시체계(TMS, Tele Monitoring System)

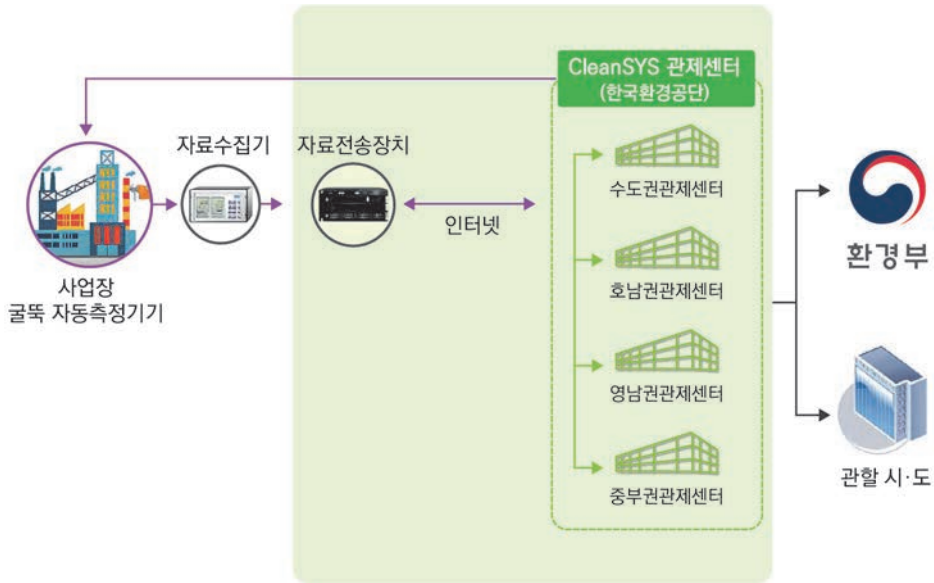
현재 국가에서는 사업장 내 굴뚝에 굴뚝 자동측정시스템을 설치하여 배출되는 대기오염물질을 24시간 상시 관리하고 데이터를 수집하여 배출사업장의 지도·점검의 투명성과 효율적인 업무를 위하여 굴뚝원격감시체계 시스템을 구축하고 배출사업장으로 하여금 측정데이터를 전송하도록 하고 있다. 전송하는 측정항목은 먼지, 질소산화물, 황산화물, 염화수소, 일산화탄소, 암모니아, 불화수소 등이며, 측정 방식은 측정기기마다 각각 다른 방식을 선택하고 있다.

전송되는 데이터는 한국환경공단에서 관리하고, 전송되는 데이터는 홈페이지[사업장 대기오염물질 관리 시스템(<http://www.stacknsky.or.kr>), 굴뚝자동측정기기 측정 결과 공개(<http://www.cleansys.or.kr>) 등을 통하여 대기오염물질의 일일 평균농도, 배출허용기준치 초과 이력, 데이터의 미수신 이력, 굴뚝자동측정기기의 가동 이력, 굴뚝별 측정항목 트렌드(5분 평균 데이터, 30분 평균 데이터)를 조회하여 소각시설, 방지시설의 운영결과물인 대기배출오염물질의 농도 및 굴뚝 자동측정기기 및 전송기기 등의 가동현황을 모니터링하여 운영 관리한다.



### 3. 일반 환경관리기법

다양한 공정에서 발생하는 배출가스를 대기오염물질 모니터링을 통해서 중앙식 회수·저감 시스템을 통해 오염물질 배출을 저감할 수 있다. 뿐만 아니라 방지사설 설치 면제 대상을 제외한 자가측정 대상의 경우, 주기적인 오염물질 배출 관련 데이터 확보로 신뢰성을 강화할 수 있다. 하지만 오염물질 측정 시 에너지가 소비되고, 고객이 원거리에 위치하고 경제적인 운송 규모가 처리 전후 보관을 요구하는 경우에는 적용하지 못할 수 있다.



[그림 3.3] 굴뚝원격감시체계 개념도

[출처 : 한국환경공단]

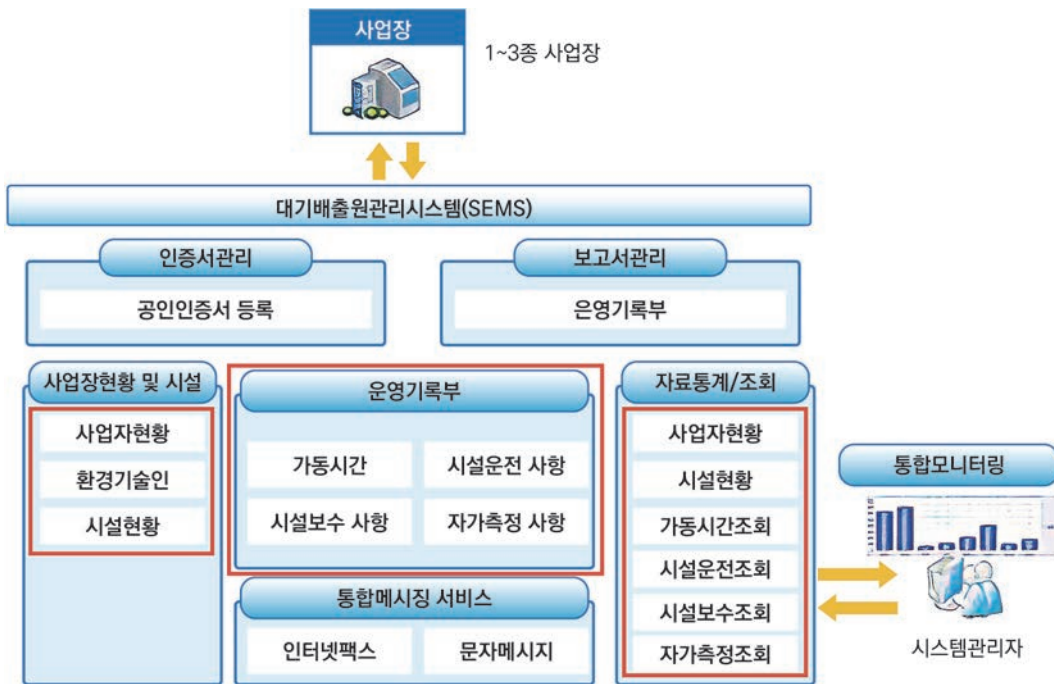
## 다. 대기배출원관리시스템(SEMS, Stack Emission Management System)

2010년 12월 31일 「대기환경보전법」 시행규칙 제36조 및 제52조 개정에 의거하여 대기 1~3종 사업자는 배출시설 및 방지시설의 운영사항, 자가측정에 관한 사항 등 사업장 정보 및 시설운영현황을 전산에 의한 방법인 대기배출원관리시스템에 입력하여 기록 및 보존할 수 있도록 하였다.

대기배출원의 체계적이고 지속적인 관리 및 신뢰성 있는 자료를 구축하여 국가 대기보전 정책 수립 및 관련 연구에 필요한 기초자료를 확보하고자 하는 데 목적을 두고 있다. 조사대상은 대기환경보전법 제17조에 의하여 대기배출시설 설치허가 또는 신고를 한 배출시설을 보유하고 있는 사업장이다.

1~3종 사업자는 매월마다 배출시설 및 방지시설 운영현황 등을 일(하루)단위로 자료 등록하여야 한다. 4~5종 사업자는 국립환경과학원에서 매 4년마다 전수 조사를 한다.

조사 항목으로는 사업장 일반정보, 굴뚝재원, 배출시설, 방지시설 재원 및 운영현황, 자가측정 농도 결과, 원료 및 연료 사용량 등이 포함된다. 별지7호서식인 대기배출시설 및 방지시설운영기록부를 전산에 의한 방법으로 기록하는 것을 기반으로 한다.



[그림 3.4] 대기배출원관리시스템 구성

### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.2.2 수질오염물질 모니터링

수질오염물질은 「물환경보전법」 제2조에서 “수질오염의 요인이 되는 물질”이라고 정의하고 있다. 이러한 수질오염물질은 나라마다 다르게 정하여 규제하고 있으며, 우리나라의 경우 「물환경보전법」 시행규칙에 58종의 수질오염물질을 규정하고, 이중 유해성이 커서 특별한 관리가 필요한 33종의 수질오염물질을 특정수질 유해물질로 지정하여 별도로 관리하고 있다.

#### 가. 수질원격감시체계(WTMS, Wastewater Tele Monitoring System)

폐수 내 수질오염물질의 자동 모니터링 시스템(WTMS, SOOSIRO)을 설치하여 수질원격 감시 체계를 구축함으로써 법규 충족 및 방류 수질을 개선할 수 있다.

- 「물환경보전법」에서는 특정수질오염물질을 포함한 58종의 수질오염물질을 규정하고 있으며, 지역에 따라 별도의 방류기준을 두어 수질오염물질 배출을 관리하고 있다.
- 대기오염물질과 달리 수질오염물질은 사업장별로 집수하여 자체처리 후 방류하거나, 공공 하수처리시설에 위탁처리 후 방류되기 때문에 수질오염물질의 자가측정은 권장사항에 해당되나, 환경사고 예방, 오염물질 배출량 저감을 유도하기 위하여 공공폐수처리시설, 폐수종말처리시설을 대상으로 수질원격감시체계를 운영하고 있다.

하·폐수 처리장의 방류수에 수질연속자동측정기기를 부착하여 배출되는 수질오염 물질을 24시간 상시 관리하고 데이터를 수집하여 배출사업장의 지도·점검의 투명성과 효율적인 업무를 위하여 수질원격감시시스템을 구축하고 배출사업장으로 하여금 측정데이터를 전송하도록 하고 있다.

전송하는 측정항목은 유기물(BOD, COD) 측정기, 부유물질(SS) 측정기, 총질소(T-N) 측정기, 총인(T-P) 측정기, 수소이온농도(pH) 측정기, 유량 등 여러 항목으로 구성되며, 측정 방식도 측정기기마다 각각 다른 방식을 선택하고 있다.

측정기 설치 또한 센서를 직접 방류구에 설치하는 기기와 측정기기를 지상에 설치하고 시료 채취조를 통해 약품을 사용하여 화학반응을 이용 분석하는 기기 등이 있으며 이러한 측정기기의 측정값을 전송 및 운영, 유지관리하기 위하여 배출구마다 수질연속 자동측정시스템을 구성하여 운영하고 있다.

## 나. 특정수질유해물질 배출량 조사 시스템(WEMS)

폐수 내 수질오염물질 측정을 통해 자체적으로 모니터링함으로써 법규 충족 및 방류 수질을 개선할 수 있다. 사업장에서는 환경사고 예방, 공정개선을 통한 수질오염물질 배출량 저감을 위하여 사업장에서 배출되는 수질오염물질을 자체적으로 모니터링할 필요가 있다.

수질오염물질 배출허용기준은 「환경정책기본법」 시행령 [별표 1]제3호에 따른 수질 및 수생태계 환경기준, 「물환경보전법」 제34조 배출허용기준에서 규정하고 있는 지역별 배출허용기준을 참고해야 하며, 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조에 따른 수질오염공정시험기준에 따라 수질오염물질을 측정·분석해야 한다.

수질오염공정시험기준에서는 정도 보증 및 관리, 일반시험기준, 일반항목, 이온류, 금속류, 방사성 물질, 유기물질, 휘발성유기화합물, 생물, 퇴적물, 연속자동측정법 등을 포함하고 있으므로 사업장 해당 여부에 따라 선택적으로 활용할 수 있다.

수질오염물질의 주기적 모니터링을 통해 환경오염 사고 예방, 공정개선을 통한 오염물질 배출을 저감할 수 있다.

「환경오염시설의 통합관리에 관한 법률」 시행규칙 [별표 16]에 따르면 통합사업장의 폐수배출량별 수질오염물질 자가측정 횟수를 규정하고 있다.

[표 3.1] 통합사업장의 폐수배출량별 수질오염물질 자가측정 횟수

구 분	측정횟수
1일 폐수배출량이 2,000 m <sup>3</sup> 이상인 배출구	분기 1회
1일 폐수배출량이 700 m <sup>3</sup> 이상, 2,000 m <sup>3</sup> 미만인 배출구	분기 1회
1일 폐수배출량이 200 m <sup>3</sup> 이상, 700 m <sup>3</sup> 미만인 배출구	반기 1회
1일 폐수배출량이 50 m <sup>3</sup> 이상, 200 m <sup>3</sup> 미만인 배출구	매년 1회
1일 폐수배출량이 50 m <sup>3</sup> 미만인 배출구	매년 1회

[출처 : 「환경오염시설의 통합관리에 관한 법률」 시행규칙 [별표 16]]

특정수질유해물질 배출량 조사 시스템은 배출시설의 설치허가를 받은 사업장 중 특정수질유해물질을 적용 기준 이상으로 배출하는 사업장에서 자체적으로 자가측정을 실시하여, 배출되는 특정물질의 배출량을 제출하고 이를 검증하여 사업장별로 공개하는 시스템이다.

대상사업장은 「물환경보전법」 제33조 제1항에 따라 배출시설 설치(변경)허가를 받은 1종부터 3종까지에 해당하는 사업장이다. 특정수질유해물질은 「물환경보전법」 시행규칙 [별표 3]에 해당하는 물질이며, 같은 법 시행규칙 [별표 13의2]의 특정수질유해물질 폐수배출시설 적용기준의 기준농도를 초과해서는 안된다.



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.2.3 악취물질 모니터링

악취란 황화수소, 메르캡탄류, 아민류, 그 밖에 자극성이 있는 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 말하며, 복합악취란 두 가지 이상의 악취물질이 함께 작용해 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새를 말한다.

「악취방지법」에서는 주된 악취물질을 지정악취물질로 정하여 규제하고 있으며, 주민의 건강과 생활환경을 보전하기 위해 사업장에서 배출되는 악취를 규제할 필요가 있다고 인정되는 지역을 악취관리지역으로 지정하여 관리하고 있다.

사업장에서 주요 악취 배출시설 및 부지경계선 등에 악취모니터링시스템을 설치하여 실시간으로 감시하여 이해관계자에 대한 악취 관련 민원이 발생하지 않도록 관리 할 수 있다. 나아가 악취 모델링을 도입하여 실시간으로 악취가 확산하는 것을 모니터링하고 악취배출원 관리에 활용할 수 있다. 악취 모니터링은 보편적으로 악취 자동측정시스템, 측정데이터 전송시스템, 악취모니터링시스템, 악취확산 모형화 순으로 진행한다. 악취 누출 위치파악이 어려운 경우에는 기상시스템과 연계하여 실시간으로 악취를 모니터링 할 수 있다.

일반적으로 적용 가능하나 모니터링 시스템 부식 등을 고려하여 외부 노출을 최소화하고, 필터, 센터류의 주기적인 유지보수가 필요하다. 특정 사업장을 생활악취 규제대상시설로 규정하여 관리하고 있으며, 악취발생 물질의 소각에 대해서는 소각기준을 만족시키는 시설에서만 소각하도록 규정하고 있다. 국내 「악취방지법」에서는 암모니아, 메틸머캡탄 등 악취의 원인이 되는 물질 22종류를 지정악취물질로 규정하고 있다.

[표 3.2] 지정 악취물질(22종)

1	암모니아	12	l-발데르알데히드
2	메틸머캡탄	13	톨루엔
3	황화수소	14	자일렌
4	디메틸설파이드	15	메틸에틸케톤
5	디메틸디설파이드	16	메틸이소부틸케톤
6	트리메틸아민	17	부틸아세테이트
7	아세트알데히드	18	프로피온산
8	스타이렌	19	n-부틸산
9	프로피온알데히드	20	n-발데르산
10	부틸알데히드	21	l-발데르산
11	n-발데르알데히드	22	i-부틸알콜

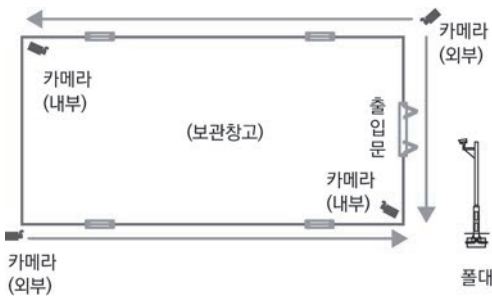
### 3.2.4 영상정보처리기기

폐기물 최종처분업자 또는 폐기물 종합처분업자가 설치한 매립시설에는 안전사고 예방 등을 위하여 환경부장관이 고시하는 바에 따라 「개인정보 보호법」 제2조제7호에 따른 영상정보처리기기를 설치하여야 한다.

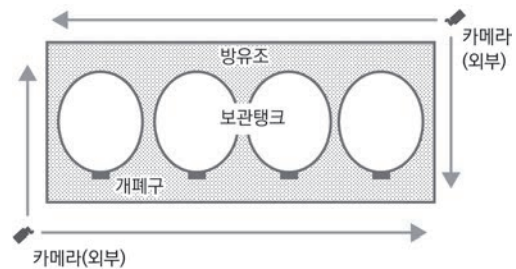
- ① 보관창고 및 컨테이너 : 3대 이상
  - 내부 : 사각지대가 발생하지 않도록 카메라 촬영 각도를 고려하여 건물 모서리 천장부에 대각선 방향으로 1대 이상
  - 외부 : 보관창고 출입구 및 외관 전체를 촬영할 수 있는 위치에 2대 이상
- ② 보관탱크 : 2대 이상
  - 개폐구를 포함하여 보관탱크 외관 전체를 촬영할 수 있는 위치
- ③ 매립시설 : 3대 이상
  - 사각지대가 발생하지 않도록 카메라 촬영 각도와 거리를 감안하여 매립시설 전체와 매립작업 현장을 촬영할 수 있는 위치

영상정보처리기기의 설치방법은 다음과 같다.

- ① 영상정보처리기기는 관계전문가의 자문이나 의견을 수렴하여 설치하여야 한다.
- ② 카메라를 옥외에 설치하는 경우 건물 외벽에 벽부형 또는 폴(Pole) 상단에 설치하여야 하며, 하우징이나 서지(Surge) 보호기 등을 설치하여 낙뢰 등에 대비하여야 한다.
- ③ 야간 등 취약시간대 선명한 화질을 확보할 수 있도록 조명시설을 설치하거나, 조도에 따라 적합한 등급의 적외선카메라를 설치하여야 한다.
- ④ 선명한 화질을 확보하기 위하여 전기적·기계적 보완장비를 설치하여야 한다.
- ⑤ 폐기물매립시설에 설치·운영하는 카메라는 매립되는 물량 등을 감안하여 카메라의 설치위치 또는 높이를 조절하여야 한다.

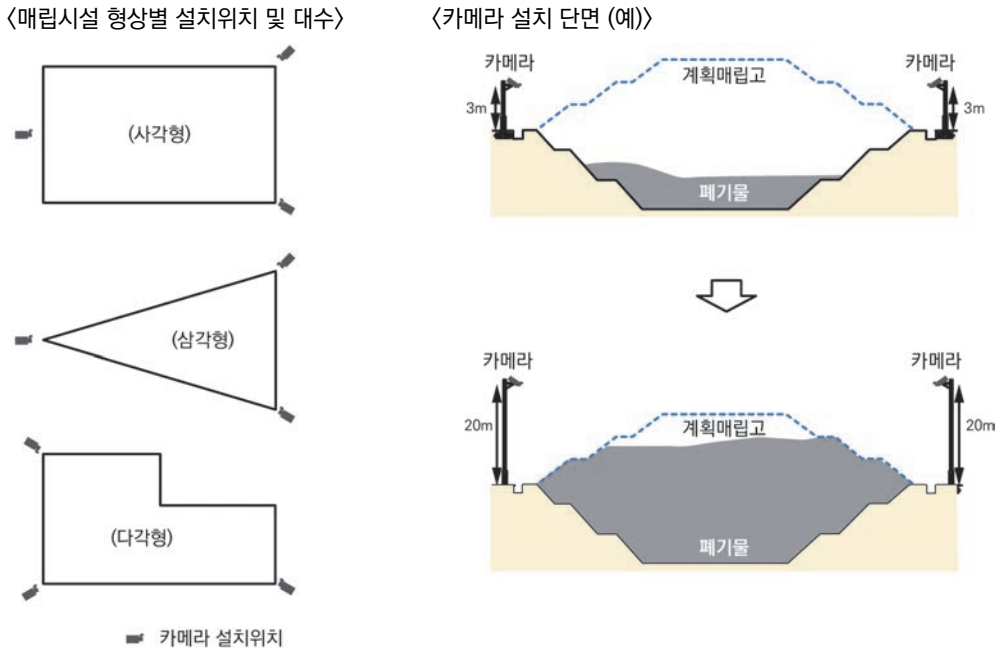


[그림 3.5] 보관창고



[그림 3.6] 보관탱크

### 3. 일반 환경관리기법



[그림 3.7] 매립시설 예시

#### 환경편익 및 경제성

이 기술의 환경편익은 다음과 같이 평가될 수 있다.

- 매립시설의 화재 등 안전사고를 예방한다.
- 반입 폐기물 성상, 매립 절차 등을 확인하여 관리효율성을 높이고, 환경영향을 최소화한다.
- 반입 폐기물 검사 등에 따른 관리 인원을 최소화한다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

영상정보처리기기의 성능기준은 다음과 같다.

- 카메라는 폐기물 성상 등을 용이하게 식별될 수 있도록 해상도 200만 화소 이상의 화질이어야 하며, 폐기물매립시설에 설치하는 카메라는 확대(Zoom-In) 기능을 갖추어야 한다.
- 저장장치는 카메라로 촬영된 영상정보를 60일간 안전하게 저장할 수 있는 용량 및 시설을 갖추어야 한다.
- 모니터는 카메라로 촬영된 영상을 구현할 수 있는 성능을 갖추어야 한다.

## 3.3 에너지 관리

### 3.3.1 보일러/스팀 시스템의 폐열 활용

폐기하는 고온의 물, 증기, 가스 등의 열을 회수하여 재활용할 수 있는데, 예를 들어 고온의 폐열은 증기로 만들어 터빈을 작동시킴으로써 발전에 이용할 수 있다.

배기가스의 폐열회수를 위하여 열교환기를 설치하는 경우, 열교환기 출구와 이와 연결된 후단부의 연도에서 배기가스의 온도가 낮아지고 상대습도가 높아지므로 연도에서 수증기 응축현상이 나타날 수 있다. 특히, 배기가스 내에 황산화물(SO<sub>x</sub>) 등의 산성 성분이 포함되어 있는 경우 연돌 벽면에 산성 성분이 응축되어 연돌 재질의 부식 문제가 발생할 수 있으며, 배기가스 냉각에 의한 연돌 출구에서의 백연현상이 발생할 수도 있다. 따라서 배기가스 성분에 주의하여 폐열 회수 장치를 설치하여야 한다.

일반적인 폐열 회수 및 활용 사례는 다음과 같다.

- 공기 예열 : 공기예열기를 설치하여 고온의 배기가스 열을 공기 예열용으로 사용한다.
- 급수 예열 : 보일러 배기연도에 절탄기를 설치하여 보일러 급수를 승온하여 공급함으로써 보일러 효율 증가 효과와 연료 절감 효과를 얻을 수 있다. 절탄기는 보일러 내에 공급되는 급수를 배기가스 여열을 이용하여 예열시키는 장치이다.

증기 생산 장소의 특성에 따라 여분의 증기가 생산될 수 있으며, 이는 다음의 우선순위에 따라 처리된다.

- 일반적으로 에너지의 사용 없이 압력이 저하되는 것을 피한다.
- 증기의 소비를 최소화함으로써 잉여 증기가 생성되는 것을 최소화하기 위해 증기 시스템 전체를 시험 및 조절한다.
- 잉여 증기를 현장 또는 외부에서 사용한다.
- 지역적 요인으로 인해 잉여 열에너지를 현장 또는 외부에서 사용하기 어려운 경우, 증기를 전력 발전에만 사용한다.

#### 환경편익 및 경제성

에너지 절감 및 연료 절감 효과가 있으며, 폐열로 생산한 전기 또는 스팀을 외부에 판매하는 경우 판매수익을 얻을 수 있다.

#### 운영 데이터 및 적용 사례

자원회수시설의 고형연료 제조시설의 LNG 연료 사용 건조기에서 사용하는 폐열을 이용하기 위해 열교환기를 설치하여 에너지 절감



### 3. 일반 환경관리기법

#### 매체통합적 환경영향

폐열의 적절한 활용처가 있는 경우 일반적으로 적용 가능하다. 단 기법 적용 시 절감 가능 열량, 연료 절감량, 폐열의 안정적인 활용처, 투자비 등을 고려하여야 한다.

또한 배기가스의 폐열회수를 위하여 열교환기를 설치하는 경우, 열교환기 출구와 이와 연결된 후단부의 연도에서 배기가스의 온도가 낮아지고, 상대습도가 높아지므로 연돌에서 수증기의 응축 현상이 나타날 수 있다. 특히 배기가스 내에 황산화물(SO<sub>x</sub>) 등의 산성 성분이 있는 경우, 연돌 벽면에 산성 성분의 응축으로 인한 연돌 재질의 부식 문제가 발생할 수 있으며, 배기가스의 냉각에 의한 연돌 출구에서의 백연현상이 발생할 수 있으므로 배기가스의 성분에 주의해서 폐열회수기를 설치해야 한다.

### 3.3.2 에너지 효율적 공정 구성

에너지 회수와 관련된 전처리 기술은 크게 “균질화, 추출/분리” 두 가지로 나뉜다.

#### 가. 균질화

폐기물 투입의 균질화는 일정한 연소 품질의 투입물을 공급하기 위해 물리적 기술(예 : 폐기물 저장조에서의 혼합 및 파쇄)을 사용하여 설비에 투입되는 폐기물들을 혼합하는 것이다. 균질화는 공정 안정성을 개선하여 이후 공정의 원활한 작업을 가능하게 한다.

#### 나. 추출/분리

추출/분리는 폐기물이 처리시설로 투입되기 전에 일정 성분을 제거해주는 작업이다. 폐기물의 추출, 분리와 균질화는 처리설비 자체의 에너지 효율을 크게 개선시킬 수 있다. 이는 처리공정에 최종적으로 반입되는 폐기물의 특성을 크게 변화시킬 수 있고, 그 결과 처리공정이 투입 사양에 맞게 설계될 수 있어 이를 토대로 최적화된 성능으로 유도될 수 있기 때문이다. 추출/분리에 대한 장점은 다음과 같다.

- 균질성 증가
- 부피가 큰 품목을 제거하여 공정의 정지 위험을 감소시킴
- 연소효율을 향상시킬 수 있는 유동층 소각 또는 기타 기법의 사용 가능성



### 3. 일반 환경관리기법

## 3.4 대기오염 배출 저감기법

### 3.4.1 입자상 물질 배출 저감 기법

폐기물처리시설의 처리과정 중 발생하는 대기오염물질의 기본적인 처리방법을 수록하였다.

[표 3.3] 입자상 물질 배출 저감기법 비교표(1)

항목	중력집진시설	관성력집진시설	원심력집진시설
설명	중력 집진기는 중력을 이용 하여 처리가스에 포함된 분진(50 $\mu\text{m}$ 이상)을 제거하는 원리로서 중력 침강 집진 장치라고도 함	함진가스를 방해판에 충돌시켜 기류의 급격한 방향전환을 일으켜서 입자의 관성력에 의해 가스 흐름으로부터 입자를 분리 포집하는 장치	함진가스에 회전운동을 주어 입자에 작용하는 원심력에 의해 입자를 가스로부터 분리시키는 장치
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설치비, 유지비가 적음</li> <li>• 압력손실 적음 (10 ~ 15 mmH<sub>2</sub>O)</li> <li>• 먼지부하가 높은 가스와 고온 가스 처리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조가 간단하고 취급이 용이하기 때문에, 다른 집진장치의 전처리용으로 사용</li> <li>• 운전비, 유지비가 적게들며 고온가스 처리 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조가 간단하며, 설치공간이 적게 들</li> <li>• 고온가스 처리가 가능</li> <li>• 유지, 보수 비용이 적음</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미세먼지 포집 곤란, 효율 낮음</li> <li>• 먼지부하변동 및 유하변동에 적용성이 낮음</li> <li>• 시설의 규모가 커짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미세입자 포집이 곤란하며 효율이 낮음</li> <li>• 방해판 전환각도가 큼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미세입자의 경우에는 집진 효율이 낮음</li> <li>• 장치가 온도, 압력, 유해 가스에 영향을 많이 받음</li> <li>• 점착성·부식성·마모성 가스에는 부적합</li> </ul>
다매체간 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 먼지제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 먼지제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 먼지제거</li> <li>• 소음배출</li> </ul>
달성 가능 성과율 (오염물질 제거율 %)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 ~ 90 (미립자의 크기 및 공급 농도에 따라 다름)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 ~ 70 (미립자의 크기 및 공급 농도에 따라 다름)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 85 ~ 95 (미립자의 크기 및 공급 농도에 따라 다름)</li> </ul>

[표 3.4] 입자상 물질 배출 저감기법 비교표(2)

항목	여과집진시설	가압수식 세정집진시설	전기집진시설
설명	함진가스를 여재에 통과시켜 입자를 분리 포집하는 장치	습식집진이라 불리는 세정집진 장치는 세정액을 분산시키거나, 함진가스를 세정액에 분산하여 생성시킨 액적, 액막, 기포 등에 의해서 함진가스 중의 먼지입자를 분리·포집하는 장치	전기집진은 직류 고전압을 이용하여 전극판 내에 전계를 형성시키고 이 전계 내에 ‘코로나 방전’을 발생시켜 가스 중의 입자를 하전된 입자의 쿨롱력에 의해 집진극으로 이동시켜 분리·포집하는 방법
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 집진율 우수</li> <li>• 기술 안정성 높음</li> <li>• 취급이 간단</li> <li>• 여러 가지 형태의 분진을 포집</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 먼지의 재비산이 없음</li> <li>• 먼지의 입도, 습도, 가스의 종류 등에 의한 영향을 받는 일이 적음</li> <li>• 유해가스와 먼지를 동시에 제거 가능</li> <li>• 협소한 장소에 설치가능하고 구조가 간단</li> <li>• 고온가스 처리 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 효율이 우수 (미세입자를 99.9 %까지 포집)</li> <li>• 압력손실이 적음 (건식 : 10 mmH<sub>2</sub>O, 습식 : 20 mmH<sub>2</sub>O)</li> <li>• 대량의 가스를 취급</li> <li>• 고온가스처리 가능</li> <li>• 지속적 운영이 가능하며, 유지비가 적게 소요</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 습윤 환경에서는 여과포가 밀폐될 수 있으므로 사용 불가</li> <li>• 여과포는 높은 온도와 부착성 화학물질로 인해 쉽게 손상</li> <li>• 여과포의 손상이 많아 보수 관리비가 소요됨</li> <li>• 폭발 위험성이 있음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 물을 사용하므로 급수설비, 폐수처리 장치가 필요</li> <li>• 소수성 더스트는 집진효과가 적음</li> <li>• 친수성 크고 부착성이 높은 더스트는 폐색 장애의 우려가 있음</li> <li>• 장치 부식의 우려가 큼</li> <li>• 건조, 여과, 탈수를 거쳐야 하므로 집진수 회수가 불</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주어진 조건에 대한 변동이 어려움</li> <li>• 최초의 시설비가 많음</li> <li>• 분진부하가 높으면 전처리 시설이 요구됨</li> <li>• 풍량 변동 폭이 큰 경우 집진 효율이 낮아짐</li> </ul>
다매체간 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 먼지제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이후의 분리처리에 필요한 부유물</li> <li>• 소음의 배출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 먼지 또는 폐수의 제거(습식 ESP)</li> </ul>
달성 가능 성과율 (오염물질 제거율 %)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 ~ 90 (미립자의 크기 및 공급 농도에 따라 다름)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 먼지 : 50 ~ 99 (종류에 따라 다름)</li> <li>• SO<sub>x</sub> : 80 ~ 99</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 99 (미립자의 크기 및 공급 농도에 따라 다름)</li> </ul>



### 3. 일반 환경관리기법

#### 가. 중력집진시설

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.4.1.가 절 참조

#### 나. 관성력집진시설

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.4.1.나 절 참조

#### 다. 원심력집진시설

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.4.1.다 절 참조

#### 라. 여과집진시설

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.4.1.마 절 참조

#### 마. 세정집진시설

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.4.1.라 절 참조

## 바. 여과집진기 필터의 선택

여과집진기의 필터 선택은 설비의 물리·화학적 조건에 적합하게 선택되어야 한다. 배출가스 여과에서 사용되는 필터의 주요 특성은 처리가스의 성상 및 탈착방식에 따라 구분된다. 내열성, 내산성, 내알칼리성, 흡습성과 강도 등의 조건을 만족해야 한다. 또한 배출가스의 습도는 가수분해 때문에 직물의 강도와 부피의 안정도에 영향을 줄 수 있다.

[표 3.5] 여과집진기 필터 재질에 대한 운영 정보

직물	최대온도(°C)	적합성		
		내산성	내알칼리성	물리적 유연성
면 (Cotton)	82	나쁨	양호	매우 양호
폴리프로필렌 (Polypropylene)	93	우수	우수	매우 양호
모 (Wool)	93	양호	나쁨	매우 양호
폴리에스테르	135	양호	양호	매우 양호
나일론 (Nylon)	93	나쁨	양호	우수
PTFE	235	우수	우수	보통
폴리아미드	260	양호	양호	매우 양호
유리섬유 (Glass Fiber)	260	우수	나쁨	보통

[출처 : 환경부·국립환경과학원, 2021]

### 환경편익 및 경제성

선택된 필터 재질이 적합한 경우, 신뢰할 수 있는 오염물질의 배출 저감을 기대할 수 있다.

### 운영 데이터 및 적용사례

폐기물처리시설에서 주로 이용하는 여과필터의 재질은 폴리아미드(P84로 알려짐), PPS(내산성 우수), PTFE, 유리섬유(PTFE로 코팅한 것과 하지 않은 것)이다. 일부 필터는 온도 저항성과 부식방지를 위해 서로 다른 재질이 결합되어 사용되고 있다(예 : 고온에 대한 높은 내성을 위한 P84 + PTFE).



### 3. 일반 환경관리기법

#### 매체통합적 환경영향

필터의 재질이 플라스틱일 경우, 배출가스 온도가 필터의 최대온도를 넘어서게 되면 플라스틱 구성분이 용해되어 화재를 일으킬 수 있다. 배출가스의 높은 습도는 필터가 서로 붙게 하고 이로 인해 가동이 정지될 수 있다. 여과 백에 끈적이는 염과 고형물 입자가 부착되는 것을 방지하기 위해 시트 및 박판에 테프론(PTFE) 덮개가 사용될 수 있다.

필터 재료가 적합하지 않으면 압력손실에 의해 배출가스 처리효율을 떨어뜨릴 수 있다. 배출가스의 여과 백(Bag) 통과를 위해 고압공기가 요구되는 경우, 고압공기에 의한 여과백의 손상이 있을 수 있고, 내구연한을 감소시킨다.

#### 적용 가능성

경제성을 고려하여 일반적으로 적용 가능하다.

### 3.4.2 가스상 물질 배출 저감 기법

[표 3.6] 가스상 물질 배출 저감 기법 비교표

항목	흡수에 의한 시설	흡착에 의한 시설	응축에 의한 시설	축열식 연소장치(RTO)	축열식 촉매 산화장치(RCO)
설명	기체상태의 오염물질을 흡수액을 사용하여 제거하는 방법	흡착제를 이용하여 기체의 분자나 원자가 흡착제 표면에 달라붙는 성질을 이용하여 오염된 가스를 처리하는 방법	응축에 의한 제거 방법은 증기(Vapor) 형태로 발생하는 휘발성유기화합물(VOCs)을 냉매로 응축시켜 대기로의 배출을 저감	휘발성유기화합물(VOCs)이 다량 함유된 가스를 연소시켜 대기오염을 방지	축열식 산화장치와 동일한 원리이나 촉매를 사용하여 운전 온도를 비교적 낮게 (300 ~ 450 °C) 운전
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>경제성이 좋음</li> <li>가스 및 고체상 물질의 동시 처리 가능</li> <li>HCl, Cl<sub>2</sub>, HF 처리에 적합</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>조작 및 장치가 간단</li> <li>오염물질 제거효율이 높음</li> <li>함진가스의 농도변화에 대한 적응성이 큼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>장치 부식 성분 제어 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>연료를 거의 사용하지 않아 운전비용이 저렴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>95 % 이상의 처리효율</li> <li>열회수율이 높음 (85 ~ 97 %)</li> <li>낮은 NOx 배출</li> <li>운전이 용이하고 유지보수가 간단</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>부식 문제</li> <li>고온 연소 후 배가스의 온도가 하강할 경우 노점이 낮아져 굴뚝의 가스 확산이 저하됨</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>처리비용이 높음</li> <li>분진 및 액적 등을 포함한 함진가스는 예비처리가 필요</li> <li>고온가스 처리가 어려움</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>설치비용 및 운영비용이 고가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>초기투자금액이 큼</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고가의 촉매 사용시 교체 비용 상승</li> </ul>
다매체간 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>가스상의 오염물질 제거</li> <li>폐수 발생 및 처리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에서 생성되는 폐수</li> <li>흡착제의 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VOCs 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VOCs 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VOCs 제거</li> </ul>
달성 가능 성과물 (오염물질 제거율 %)	<ul style="list-style-type: none"> <li>85 ~ 90</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>85 ~ 90</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>90</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>95</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>95</li> </ul>



### 3. 일반 환경관리기법

#### 가. 흡수에 의한 시설

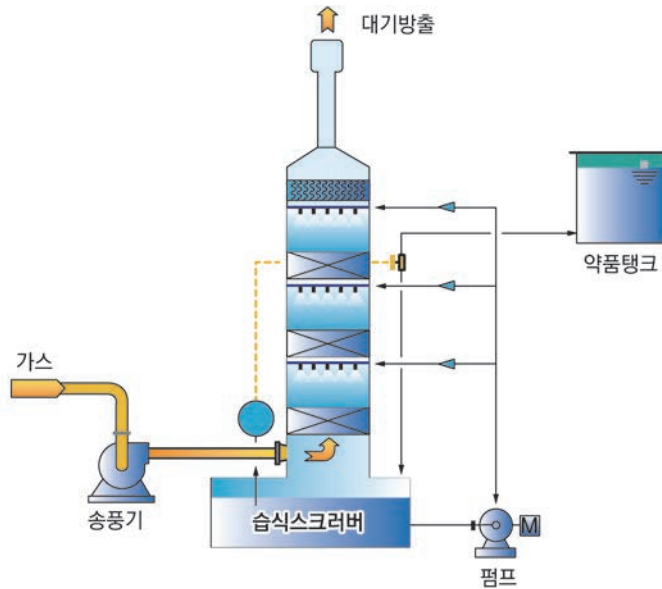
기체 중의 특정 성분을 농축 혹은 제거할 목적으로 기체와 액체 또는 현탁액을 접촉시키는 장치를 말한다. 가스상 오염물질은 흡수액 표면에 흡수되어 이온 형태를 띠게 된다. 오랫동안 넓은 면적으로 서로 접촉하면 많은 양이 흡수되기 때문에 오염가스의 오염물질 농도는 낮아지게 된다. 그러나 흡수액 중에 이온 농도가 어느 정도의 수준이 되면 초과 흡수되지 않기 때문에 흡수탑으로 물 또는 흡수액을 보충해주거나, 흡수액 중의 오염물질 농도를 낮추기 위한 화학적 반응을 일으켜 오염물질을 제거하는 원리로서 가동된다.



[그림 3.8] 흡수에 의한 시설 현장 전경

[출처 : 재성환경]

흡수장치의 설계에 일반적으로 사용되는 변수로는 가스의 유량과 조성, 운전압력 및 압력강하, 오염물질의 흡수율 조건 등이다. 흡수액은 회수되어야 하므로 회수 시스템이 흡수 공정설계의 일부로 간주되고 있다. 설계 시 결정하여야 할 구체적인 사항들은 최적 용매, 흡수탑을 통하는 가스의 최적속도, 흡수장치의 높이 및 내부 충전물, 흡수액의 최적순환속도, 흡수탑 입·출구에서의 유체의 온도 및 흡수열을 보상하기 위한 냉각열량, 흡수탑 및 회수장치의 운전압력, 각 장치의 내부설계 등이다. 흡수탑은 Spray형, Tray, Packed, KAPAR, JBR형 등으로 구분할 수 있다.



[그림 3.9] 흡수탑

[출처 : 재성환경]

[표 3.7] 흡수탑의 장단점

형식	장점	단점
Spray	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 살수 헤더 외에 내부장치가 거의 없어 압력손실이 낮음</li> <li>• 현재 습식 석회석/석고 공정의 거의 모든 흡수탑에 적용(80 ~ 90 %)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 장치가 다른 형태의 흡수탑에 비해 크기가 큼</li> </ul>
Tray	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기/액 접촉면적이 넓어 이산화황(SO<sub>2</sub>) 제거 효율이 높음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안정적인 거품이 형성되기 위한 배기가스 속도 영역이 매우 좁음</li> </ul>
Packed	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기/액 접촉면적이 넓어 이산화황(SO<sub>2</sub>) 제거 효율이 높음</li> <li>• 흡수탑의 크기가 작음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스케일 및 부식발생 가능성이 높음</li> </ul>
KEPAR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단일단 다공판형 흡수탑으로 탈황효율이 높고, 순환펌프를 사용하지 않는 자연순환 방식으로 운전비가 낮음</li> <li>• 기/액 접촉효율이 좋고 크기가 작음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 적용실적이 적음</li> </ul>
JBR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 흡수, 산화, 중화 반응이 하나의 흡수탑에서 진행되므로 공정이 간단</li> <li>• 흡수제 이용률이 높고 폐수농도가 낮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대용량 발전소에 적용실적이 적음</li> <li>• 가스압력 손실이 큼</li> </ul>

[출처 : 환경부·국립환경과학원, 2016c]

### 3. 일반 환경관리기법

제거해야 할 오염물질의 특성을 고려하여 적절한 흡수액을 선정하여야 하며 주로 사용되는 흡수액과 그 용도는 다음과 같다.

- 물 : 암모니아, 할로젠화수소 등 가스와 용제를 제거한 후 오염물질을 회수하기 위해 사용
- 알칼리 용액 : 할로젠화수소, 이산화황, 페놀, 염소 등 산성 오염물질 제거
- 알칼리-산화 용액 : 하이포아염소산나트륨, 이산화염소, 오존, 과산화수소와 함께 알칼리 용액을 적용
- 황산수소나트륨 : 악취(알데하이드 등) 제거
- $\text{Na}_2\text{S}_4$  용액 : 수은 제거
- 산성 용액 : 암모니아 및 아민 제거
- 모노에탄올아민 및 디에탄올아민 용액 : 황화수소의 흡수 및 회수

#### 환경편익 및 경제성

황산화물( $\text{SO}_x$ ), 질소산화물( $\text{NO}_x$ ), 탄화수소, 아세트알데히드 등을 제거한다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

폐기물처리시설 중 슬러지처리시설 건조시설, 탄화시설 후단에 흡수에 의한 시설을 설치하여 황산화물, 질소산화물, 탄화수소, 아세트알데히드를 처리한다. 설계효율은 85 ~ 90 %이나 실제로는 70 ~ 80 % 효율로 가동되고 있다.

#### 적용 가능성

일반적으로 적용 가능하며, 집진이나 가스의 냉각 등 다른 조작용 겸할 수 있다. 하지만 부대적인 배수처리 시설이 필요하다.

## 나. 흡착에 의한 시설

흡착탑은 가스상의 오염물질을 흡착제에 흡착시켜 제거하는 대기오염방지시설이다. 오염된 가스를 흡입하여 흡착제가 가득 찬 내부로 통과시켜 제거하는데, 오염물질이 비연소성이거나 태우기 어려운 것, 오염물의 농도가 낮은 경우에 유용하며 악취 또한 제거할 수 있다. 흡착탑에 사용하는 흡착제는 활성탄, 제올라이트, 실리카겔, 알루미늄 등이 있는데 그 중 활성탄이 가장 많이 사용된다.



[그림 3.10] 흡착에 의한 시설 현장전경

[출처 : 재성환경]

흡착탑의 충전물인 흡착제 선정 시에는 흡착효율 및 재생률, 수명, 내산성·부식성 등을 고려하여야 한다. 흡착제 선정 시 고려사항은 다음 표와 같다.

[표 3.8] 흡착제 선정 시 고려사항

구분	흡착제 선정 시 고려사항
1	흡착효율 및 재생률이 우수한 것
2	흡착제 수명이 긴 것
3	내산성·부식성이 없는 것
4	습분에 강한 것
5	압력손실이 적고 장치 내에서의 충분한 체류시간을 갖는 것
6	불순물 함유량이 적은 것

[출처 : 환경부·국립환경과학원, 2016c]



### 3. 일반 환경관리기법

흡착탑에 흡입된 가스는 흡착제와 충분한 접촉을 유도하기 위하여 평균 0.3 ~ 0.5 m/s 정도가 되도록 설계하여 가스가 흡착제에 최소 1초 이상 체류하도록 설계한다. 만일 처리 가스 중에 먼지, 수분, 부식성물질 등이 존재할 경우 별도의 전처리시설에서 먼저 먼지를 제거한 뒤 흡착탑으로 유입시키는 방식으로 설계한다. 처리가스의 온도가 높을 경우 활성탄에 흡착된 오염물질의 탈착이 일어나기 때문에 가스의 온도가 54 ℃보다 높으면 열교환기로 냉각시켜 설비를 운영하며, 활성탄의 적절한 흡착온도는 40 ℃ 이하 이다.

[표 3.9] 흡착제의 종류와 용도

흡착제	용도
활성탄(Activated Carbon)	용제회수, 악취제거, 가스정화(가장 많이 사용됨)
알루미나(Alumina)	가스, 공기 및 액체의 건조
보오크사이트(Bauxite)	석유류의 유분제거, 가스 및 용액의 건조
풀러서스(Fuller's earth)	윤활유, 지방, 왁스의 정제
마그네시아(Magnesia)	휘발유, 지방, 왁스의 정제
실리카겔(Silicagel)	가성소다(NaOH)용액 중 불순물 제거
제올라이트(Zeolite)	극성이 다른 물질이나 포화도가 다른 탄화수소물질의 분리
탈색카본(Decoloring Carbon)	기름, 색소, 유분 및 왁스분 제거, 음료수 탈색
황산스트론튬(Strontium Sulfate)	가스의 건조 및 정제, 가성소다 용액 내의 철분제거

[출처 : 환경보전협회, 2015]

#### 1) 고정층 흡착탑

보통 원통형 챔버로 되어 있으며 내부에 입상 흡착제를 충전하고 흡착제를 유지관리하기 위해 스크린을 설치한다. 흡착과 탈착을 동시에 진행하므로 흡착탑 2기 이상을 병렬로 연결하여 사용하는 것이 일반적이며, 흡착층이 포화되기 이전에 탈착층은 탈착을 완료하여야 하고 탈착된 흡착제는 흡착 조업온도까지 냉각되어 있어야 한다.

#### 2) 이동층 흡착탑

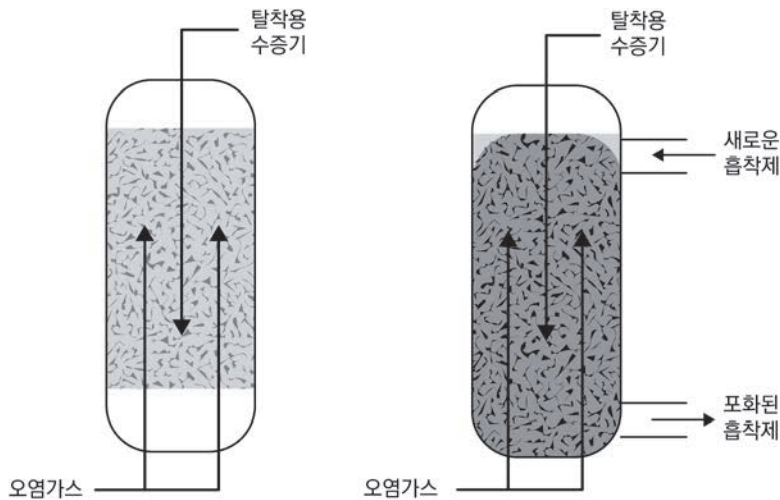
흡착제를 흡착탑의 상부에서 계속적으로 투입하며, 가스는 흡착제와 반대방향, 즉 하부에서 상부로 유입시킨다. 탑 하부에서 포화된 흡착제는 재생기로 보낸다. 항상 포화된 흡착제를 탈착부로 이동시킬 수 있으며, 흡착제가 적게 소모된다.

### 3) 유동층 흡착탑

흡착제의 유동층에서 흡착을 행하는 방식으로 고정층 및 이동층 흡착탑보다 가스의 유속 유지가 쉬우며, 상대적으로 압력손실이 적다. 또한, 고체와 기체의 접촉이 잘된다는 장점이 있으나 흡착제 입자의 유동에 의한 마모가 크다는 단점이 있다.

### 4) 압력변동 흡착탑

흡착제 존재 하에서 대상 기체의 압력을 주기적으로 변화시킴으로써 성분 간의 흡착 및 탈착 특성 차이에 의해 성분을 분리하는 방법이다.



[그림 3.11] 고정층 흡착탑(좌) 및 이동층 흡착탑(우)

[출처 : 환경부·국립환경과학원, 2021]

### 환경편익 및 경제성

유해가스 및 악취 또는 회수가치가 있는 가스의 처리가 가능하다.

### 적용 가능성

일반적으로 적용 가능하나 먼지나 미스트를 함유하는 가스는 전처리가 필요하며, 고온가스를 처리하기 위해서는 냉각장치가 필요하다.



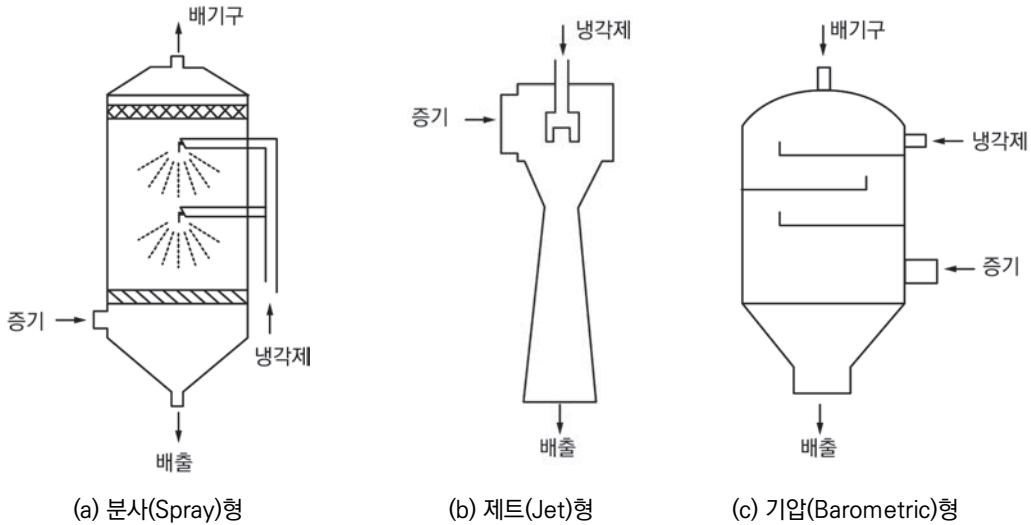
### 3. 일반 환경관리기법

#### 다. 응축에 의한 시설

응축에 의한 제거 방법은 증기(Vapor) 형태로 발생하는 휘발성유기화합물(VOC, Volatile Organic Compound)을 냉매로 응축시켜 대기 배출을 저감하는 것이다. 경제적이면서 회수가 가능하고 장치를 부식시키는 성분들을 제어할 수 있다는 장점이 있다. 일정한 압력에서 온도를 낮춰주거나 또는 일정한 온도에서 압력을 높여줌으로써 냉각 응축이 일어나게 한다.

응축기는 크게 2가지 형태로 구분된다. 첫째, 접촉응축기(Contact Condenser)는 응축시켜야 할 기체가 냉매와 직접 접촉 혼합되면서 열적, 물리적 평형이 이루어지는 것으로 분사(Spray)형이나 단탑형 등이 있다. 주로 고온의 부식성 가스를 제어하거나 전처리에 사용된다. 둘째, 표면응축기(Surface Condensers)는 다관식 열교환기 형태로 관내로 냉매를 통과시켜 관 외부로 지나는 가스를 응축시켜 준다. 즉 냉각제를 증기 또는 응축물과 접촉시키지 않는 형태이다.

VOC를 응축시키는데 사용되는 냉매는 주로 냉수, 브라인(Brine), 염화불화탄소(CFC), 저온유체 등이 있으며 냉매의 사용온도는 보통 냉수는 7℃, 브라인(Brine)은 -35℃, 염화불화탄소는 -68℃ 등이다. 질소나 이산화탄소와 같은 저온유체는 온도를 -195℃까지 내릴 수 있다.



[그림 3.12] 응축기

[출처 : 환경부·국립환경과학원, 2021]

### 환경편익 및 경제성

사업장 여건에 따라 다르지만 설치비용이 1억 이상, 연간 운영비용은 0.3억 이상으로 초기비용이 높다.

### 운영 데이터 및 적용사례

건조시설에서 발생하는 오염물질(먼지, 페놀, THC)을 제거하기 위해 흡수에 의한 시설, 세정식 집진시설 등과 함께 복합적으로 적용하여 사용한다.

### 적용 가능성

일반적으로 적용 가능하다.

## 라. 열산화법

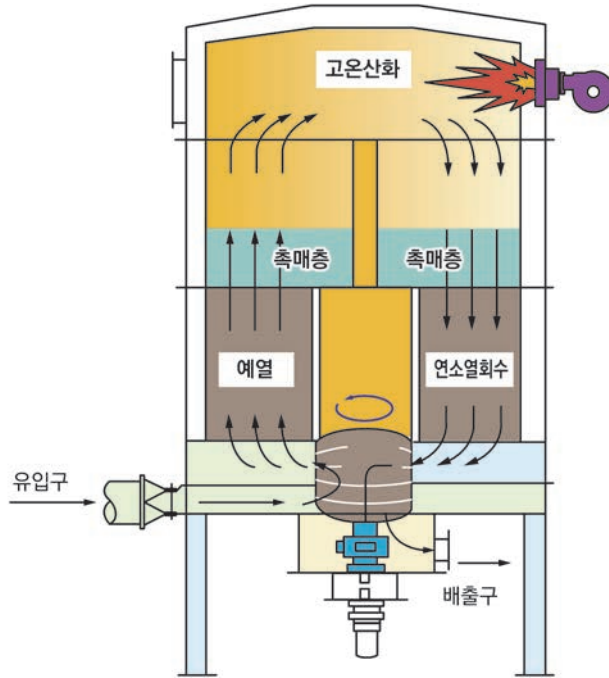
열산화(Thermal Oxidation)는 노 안에서 폐가스와 공기 또는 산소의 혼합물을 자연발화점 이상으로 가열한 후 이산화탄소와 물로 완전히 연소(분해)될 수 있는 시간 동안 높은 온도로 유지하여 폐가스에 포함된 가연성 가스 및 악취를 산화시키는 방법이다.

열산화 방법은 크게 배기가스의 열을 회수하지 않는 직접산화장치와 열 회수방식의 축열식 열산화장치(Regenerative Thermal Oxidizer) 및 열회수식 열산화장치(Recuperative Thermal Oxidizer)로 구분할 수 있다. 열회수방식은 열교환기를 이용하느냐, 축열재를 이용하느냐에 따라 구분된다. 축열식 열산화장치는 열교환기 대신에 축열재를 챔버 안에 적재하여 열을 회수하는 방식으로 열회수식보다 열회수율이 높다.

저온 소각처리 방식인 축열식 열산화장치는 2개 이상의 세라믹 베드(Ceramic Beds)를 이용하여 연소실에서 발생된 열을 한쪽에서 회수하는 동안 나머지 한쪽에서는 이미 회수된 열을 이용하여 유입되는 폐가스를 예열하는 방법으로 폐열이 회수된다. 한쪽 베드가 회수된 열을 이용하여 폐가스를 예열하고 나면 냉각되어 이 베드는 다시 폐열회수에 사용되고, 다른 쪽 베드는 회수된 열을 이용하여 유입 폐가스를 예열하게 되므로 주기적으로 폐열이 회수된다.



### 3. 일반 환경관리기법



[그림 3.13] 축열식 축매연소장치의 구조

[출처 : (주)대양이엔아이]

고온 소각처리 방식인 열회수식 열산화장치는 보조연료를 사용하여 연소실의 온도를 자동점화 온도에 이르게 한 후 열교환기에서 예열(540℃)된 처리대상 가스를 연소실로 이동시켜 고온(800℃ 전후)에서 산화처리하는 방법이다. 산화 후 발생된 폐열은 열교환기에서 회수하고 소각로 주입 전의 폐가스를 예열하는데 이용되며, 연소열의 약 25 ~ 65% 정도가 회수된다.

#### 환경편익 및 경제성

휘발성유기화합물(VOCs), 다환방향족탄화수소(PAHs), 다이옥신의 배출이 감소한다.

#### 적용 가능성

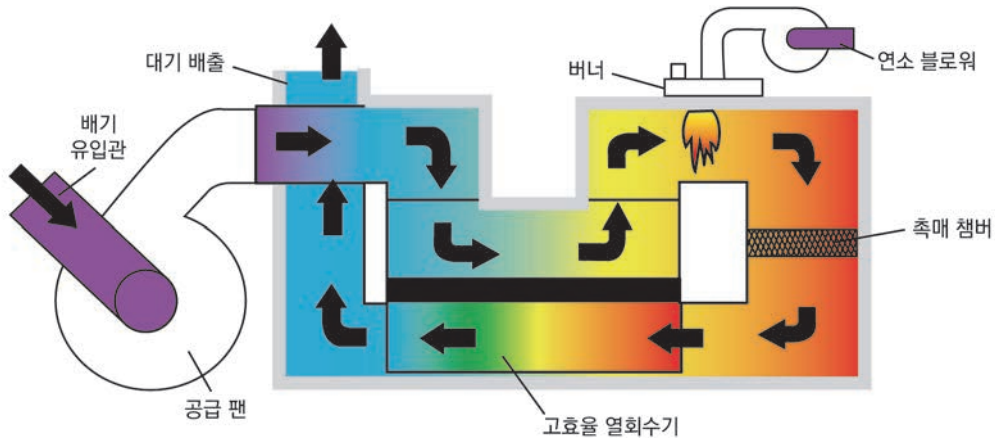
직접 연소로 초기투자금액이 크기 때문에 악취관리지역이 아니면 적용하기에 부담이 크다.

## 마. 촉매산화법

촉매산화(CO, Catalytic Oxidation)는 가스를 연소온도보다 낮은 온도로 가열하여 백금, 코발트, 구리, 니켈 등의 촉매층을 통과시킴으로서 촉매 산화 작용에 의해 탄산가스와 수증기로 분해하는 방법이다.

처리대상 가스가 혼합연소실로 유입된 후 열교환장치에서 연소가스에 의해 예열되고, 예열된 가스는 촉매상을 통과하게 된다. 가스분배장치에 의해 촉매상으로 이동된 산소와 유기성가스는 촉매의 표면활성영역에 흡착되어 산화가 일어난다. 산화반응의 부산물은 활성 구역에서 떨어져 나가게 된다.

촉매산화는 촉매와 유기성가스가 접촉하는 방식에 따라 고정상과 유동상으로 구분되며, 열회수 방식이 열교환기를 이용하느냐 촉열재를 이용하느냐에 따라 열회수식과 축열식으로 구분된다.



[그림 3.14] 촉매산화장치

### 환경편익 및 경제성

휘발성유기화합물(VOCs), 다환방향족탄화수소(PAHs), 다이옥신의 배출이 감소한다.

### 적용 가능성

일반적으로 배출량이 적고, 저농도이며 촉매독이 함유되지 않은 오염가스에 적용된다.



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.4.3 질소산화물 배출 저감기법

현재까지 개발된 질소화합물 저감 기술로는 저온 다단연소법, 저녹스 버너, 선택적 촉매환원법(SCR), 선택적 비촉매환원법(SNCR), 비선택적 촉매환원법(NCR) 등이 있다.

연소방법의 개선이나 저녹스 버너의 사용은 공정상에서 직접 이루어지는 질소산화물 저감 방법으로 설치와 운영비용이 저렴하나, 근본적으로 질소산화물을 제거시키지 못하기 때문에 질소산화물을 제거 또는 감소할 수 있는 배출가스 처리공정의 설치가 필요하다.

[표 3.10] NO<sub>x</sub> 배출 저감 기법 비교표

항목	선택적 촉매환원법(SCR)	선택적 비촉매환원법(SNCR)	저녹스 버너
설명	암모니아수 혹은 요소수 등을 배기가스 속에 흡입하며, 그 가스를 촉매로 접촉시켜 NO <sub>x</sub> 를 N <sub>2</sub> 와 H <sub>2</sub> O로 분해하는 방법	선택적 비촉매환원법은 NO <sub>x</sub> 제거기술의 하나로써 촉매를 사용하지 않고 고온의 배기가스를 암모니아, 암모니아수 등의 환원제를 직접 분사하여 NO <sub>x</sub> 를 N <sub>2</sub> 와 H <sub>2</sub> O로 분해하는 방법	연료 및 공기 혼합특성을 조절하여 연소강도를 낮추고 연소 초기 영역의 산소농도와 화염 온도를 낮추어, 열에 의한 NO <sub>x</sub> (Thermal NO <sub>x</sub> ) 및 연료의 질소 성분에 의한 NO <sub>x</sub> (Fuel NO <sub>x</sub> )의 생성을 억제 시키는 기능을 갖춘 버너
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운전 및 보수가 용이</li> <li>• NO<sub>x</sub>를 무해한 H<sub>2</sub>O와 N<sub>2</sub>로 생성하는 방식으로 높은 NO<sub>x</sub> 제거효율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공정이 단순하며 투자비용이 적음</li> <li>• 효율이 낮음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 후처리 방지시설에 비해 설치비, 운영비가 적음</li> <li>• 연소효율이 증가하여 연료비 절감</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미반응 암모니아에 의한 2차 오염 문제 유발</li> <li>• 먼지 및 SO<sub>2</sub>에 의해 촉매의 수명이 단축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보일러 부하 변화 시 온도 조건의 변화 때문에 제어 곤란</li> </ul>	
다매체간 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NO<sub>x</sub>제거</li> <li>• 촉매사용으로 인한 폐기물 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NO<sub>x</sub> 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NO<sub>x</sub> 생성 억제</li> </ul>
달성 가능 성과율 (오염물질 제거율 %)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 80 ~ 90</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 ~ 50</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40 ~ 65</li> </ul>

[출처 : 환경부·국립환경과학원, 2021]

### **가. 선택적 촉매환원법(SCR, Selective Catalytic Reduction)**

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.4.6.다 절 참조

### **나. 선택적 비촉매환원법(SNCR, Selective Non-Catalytic Reduction)**

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.4.6.나 절 참조

### **다. 저녹스버너**

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.4.3 절 참조



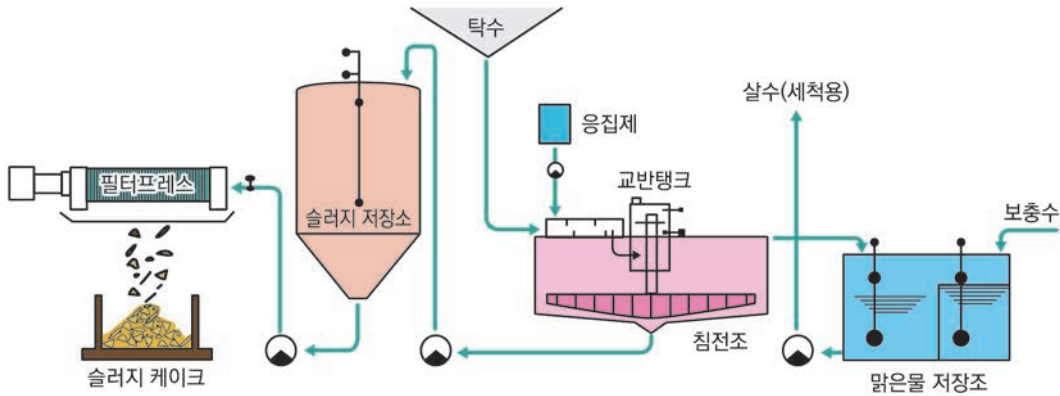
## 3.5 수질오염 배출 저감기법

### 3.5.1 물리·화학적 처리

침강분리, 공기부상, 여과와 같은 추가 공정과 함께 사용되어 분리 가능한 입자상물질을 분리하는 화학적 방법으로 필요한 경우 정밀여과나 한외여과와 함께 사용될 수 있다. 막 기법에 의한 고순도 분리는 후속 설비를 보호하고 유해성 입자상물질의 배출을 방지하기 위해 필요할 수 있으며 중금속 황화물과 같은 콜로이드 형태의 침전물을 제거하는 데 유용하다.

침전설비는 보통 침강분리조, 화학약품 저장조, 하나 또는 두 개의 교반혼합탱크로 구성되어 있는데 이 탱크 안에는 응집제나 다른 화학약품이 추가될 수 있다. 상기 언급된 바와 같이 필요하다면 추가적인 처리 장비가 적용된다.

응집제는 무기응집제와 유기응집제로 구분되며, 폐수의 특성을 고려하여 응집보조제를 함께 사용하면 응집효과가 증대된다. 응집보조제는 그 자체는 응집작용력이 없으나 응집제와 함께 사용되었을 때 응집력을 발휘할 수 있는 것을 말하며 광의적으로는 주입된 응집제의 역할을 유효하게 만들기 위한 pH 조정, 알칼리도의 조절, 가교작용의 증대, 플록 형성의 촉진 및 중량 증대 등에 기여할 수 있는 약제를 총칭한다.



[그림 3.15] 응집침전 공정

[출처 : 삼영플랜트주식회사]

## 환경편익 및 경제성

폐수 내 염 성분의 증가를 막으며, 슬러지의 침강성이 개선되거나 슬러지가 농축된다.

## 운영 데이터 및 적용사례

폐기물처리업에서 적용하는 폐수처리방식 중 1차 처리 단계에서 응집침전 등 화학적 처리를 많이 적용하고 있다. 주요 적용 응집제에는 유기응집제, PAC, 점착제, 철염, 소석회 등이 있다.

## 매체통합적 환경영향

응집침전 과정에서 생성된 침전물은 슬러지로 폐기처리 되어야 하며, 중금속이 포함되어 있는 경우에는 화학적 폐기물로 구분된다. 이 폐기물에는 탄산염, 플루오린화물, 수산화물(또는 산화물), 인산염, 황산염, 중금속 내의 황화물 등이 포함되어 있을 수 있다.

## 적용 가능성

응집침전은 폐수처리 과정 중 다음과 같이 다양한 단계에서 적용될 수 있다.

중금속이 함유된 폐수에 중금속이 없는 공정폐수가 유입될 경우 희석이 되므로 중금속 폐수에 직접 응집제를 주입

부적절한 희석이 없을 것으로 기대되는 상황에서 인산염, 황산염 및 플루오린화물의 제거를 위해 중앙관리식 처리기법으로 적용

중앙관리식 처리시설에서 생물학적 단계 이후 슬러지로부터 인산염을 제거하기 위해 적용



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.5.2 생물학적 처리

##### 가. 혐기성 처리

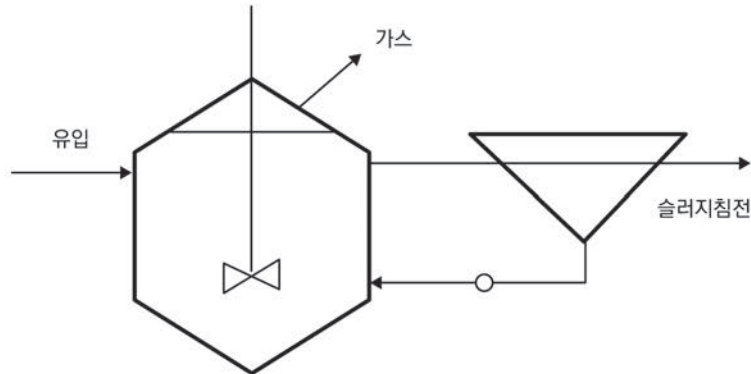
혐기성 분해과정은 분자상태의 산소가 없고, 유기물의 농도가 높은 조건에서 번성하는 혐기성 미생물을 이용한다. 혐기성 미생물은 유기물을 영양원으로 하여 세포합성 및 대사작용에 소요되는 에너지를 얻으며, 최종적으로 메탄과 이산화탄소 같은 기체상 최종산물로 전환된다.

혐기성 처리공법으로는 혐기성소화법을 비롯하여 혐기성접촉법, 혐기성여상법, 상향류혐기성 슬러지블랭킷법, 혐기성유동상법, 임호프, 부패조 등 여러 종류가 있으며, 가장 일반적으로 사용되는 공법은 다음과 같다.

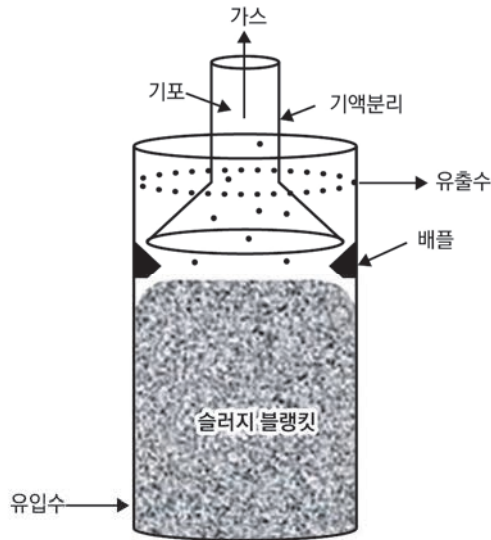
- 혐기성접촉법
- 상향류혐기성 슬러지상블랭킷법
- 혐기성여상법
- 혐기성유동상법

혐기성 접촉법의 경우, 폐수가 회수된 슬러지와 혼합되어 밀폐된 반응기 내에서 처리된다. 폐수와 슬러지의 혼합물은 외부에서 분리(침강분리 및 공기부상 기법 참조)되고 상등액은 별도의 처리과정을 필요로 한다.

상향류혐기성 슬러지블랭킷법의 경우, 다른 혐기성생물막 공법과 달리 미생물이 부착하는 여상이 없으며 유입수가 상향류로 유입되면서 미생물 플록에 접촉되어 그 대사활동에 의해 유기물질이 제거된다. 다음 그림은 상향류혐기성 슬러지상 공법의 원리를 보여준다.



[그림 3.16] 혐기성 접촉법



[그림 3.17] 상향류혐기성 슬러지상 공법

혐기성여상법은 혐기성 생물막법의 하나로 호기성여상법과 유사하나 액상에 여상을 완전히 침지시키고, 산소를 공급하지 않으며 상향류로 설계된다는 점이 다르다.

혐기성 유동상법은 모래, 안트라사이트, 활성탄, 유리구, 페타이어 조각 등의 매질을 충전한 반응조에 유입수를 상향류로 공급하여 유동상태로 부유시키고, 매질의 표면에 부착·성장한 미생물의 접촉에 의해 유기물질을 처리한다.

### 환경편익 및 경제성

후속 호기성 처리와 조합하여 사용할 때 BOD 제거율 99 ~ 99.8 %, COD 제거율 95 ~ 97 %의 성과를 얻을 수 있다.

### 매체통합적 환경영향

일반적으로 혐기성 공정은 처리수의 수질이 나쁘므로 후속 호기성 처리가 요구된다. 또한 유독성, 인화성, 악취를 가진 오프가스를 생성한다.

### 적용 가능성

혐기성 처리법은 유기물의 농도 및 BOD 농도가 높은 폐수, 요구되는 수질의 품질이 지속적인 폐수의 전처리 과정으로만 적용된다.



### 3. 일반 환경관리기법

#### 나. 호기성 처리

호기성균을 이용하여 유기물질을 생물학적으로 산화시키는 방법이다. 공기나 순수 산소로서 주입되는 용존 산소가 존재하는 경우, 유기물질은 탄소, 물 또는 기타 대사물, 바이오매스, 활성슬러지 등으로 전환(무기화)된다. 폐수에 독성이 존재하는 경우 생물학적 처리공정을 억제하며, 해당 독성물질 중 일부가 다음 표에 제시되어 있다. 이들 물질의 잠재적인 독성은 결정된 상수가 아니라 pH와 온도, 염류 농도, 접촉시간 등에 따라 그 정도가 달라진다. 저농도의 독성을 계속적으로 투입하면 적응에 의해 억제효과가 감소하며, 결과적으로 미생물의 저항력이 증가하여 분해 잠재력이 더 높아진다.

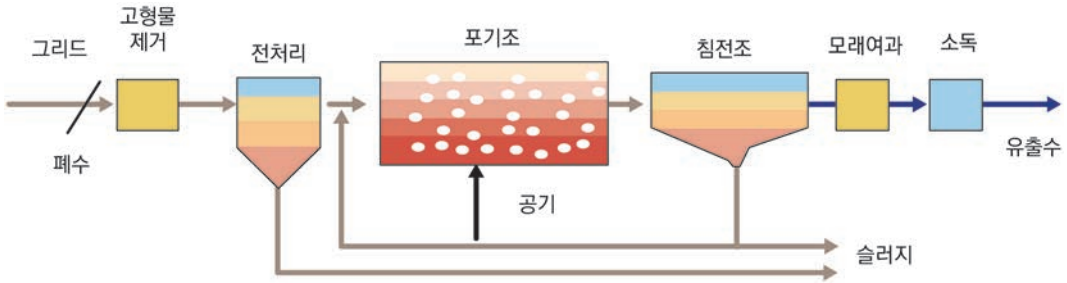
[표 3.11] 활성슬러지에 대해 독성이 있는 대표적인 물질의 임계농도

물질	억제 농도(mg/L)
카드뮴( $Cd^{2+}$ )	2 ~ 5
중크롬산염( $CrO_4^{2-}$ )	3 ~ 10
동( $Cu^{2+}$ )	1 ~ 5
니켈( $Ni^{2+}$ )	2 ~ 10
아연( $Zn^{2+}$ )	5 ~ 20
염화물( $Cl_2$ )	0.2 ~ 1
청산염( $CN^-$ )	0.3 ~ 2
미네랄오일	25 초과
페놀	200 ~ 1,000
황화수소/황화물	5 ~ 30

호기성 처리공법은 크게 활성슬러지법(단계포기법, 침강식포기법, 접촉안정법, 장기포기법 등), 부착생물막법(살수여상법, 회전원판법, 접촉산화법, 호기성여상법 등), 입자생물막법으로 구분되며 그 종류가 매우 다양하다. 일반적으로 사용되는 공법은 다음과 같다.

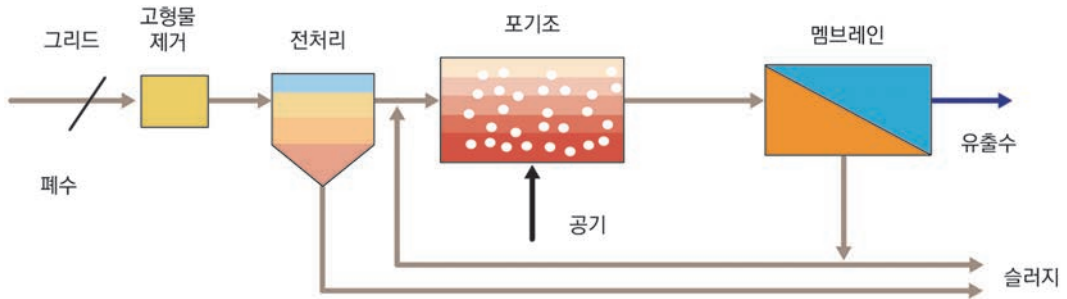
- 완전혼합활성슬러지법
- 생물막반응기(MBR, Membrane Bio Reactor)
- 살수여상법
- 장기포기법

완전혼합활성슬러지법은 활성슬러지법의 변법 중 하나로 연속흐름 혼합반응조 형식이 응용된 것이다. 일반적으로 생분해 가능한 모든 폐수에 적용 가능하며, 주로 화학산업에서 많이 사용되고 있다. 침전된 하수와 반송활성슬러지가 포기조의 여러 지점에 주입되며, 포기조의 유기물 부하와 산소요구량은 반응조 전역에 걸쳐 동일하다. 다음 그림은 일반적인 활성슬러지공정 흐름을 나타낸 것이다.



[그림 3.18] 일반적인 활성슬러지공정

생물막반응기는 활성슬러지 처리 및 막 분리를 결합한 기법으로 미생물을 이용하여 폐수를 처리한 후 미세공의 분리막으로 폐수와 슬러지를 다시 분리한다. 일반적으로 도시 및 산업폐수의 처리에 사용되며, 특히 고농도의 COD 및 암모늄이 포함된 폐수의 처리, 침전이 어려운 슬러지의 분리, 폐수의 재이용 등을 위해 적용된다.

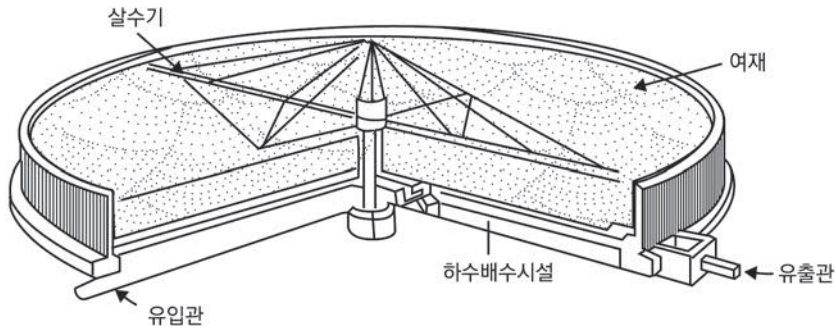


[그림 3.19] 생물막반응기(외부형)

살수여상법은 생물막법의 일종으로 폐수를 미생물막이 구성된 자갈이나 쇄석, 기타 여재 위에 살수하며, 살수된 폐수는 여재 사이를 흘러내리며 미생물과 접촉하면서 오염물질이 분해된다. 유기물의 제거율은 여상의 상부에서 가장 높고 하부층으로 갈수록 감소한다. 일반적으로 가장 쉽게 분해되는 오염물질을 처리하기 위해 화학산업에서 주로 적용된다.



### 3. 일반 환경관리기법



[그림 3.20] 살수여상의 구조

장기포기법은 분해 가능한 유기물을 내생 호흡단계에서 제거하도록 폭기시간을 12 ~ 24시간 정도로 길게 유지하여 잉여슬러지를 최소화하는 공법으로 가용성 유기물을 함유한 산업폐수 처리에 많이 이용된다.

#### 환경편익 및 경제성

대부분의 오염물질이 무해한 요소로 분해되며, 대량의 폐수를 처리할 수 있을 뿐만 아니라 COD 제거효율이 혐기성 처리공정보다 우수하다.

#### 매체통합적 환경영향

물에 산소를 공급하기 위한 전력 소모가 크고 상당량의 슬러지가 생산된다(MBR 반응기나 고정생물여과 제외). 또한 산소의 공급은 일시적으로 휘발성화합물의 탈기를 유발하며 악취와 연무를 자주 발생시킬 수 있다.

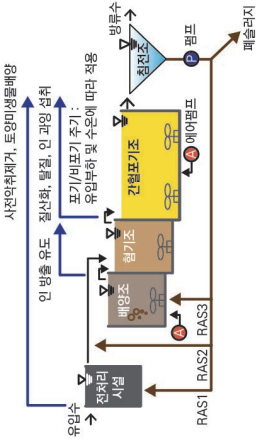
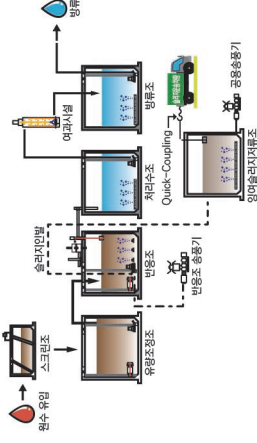
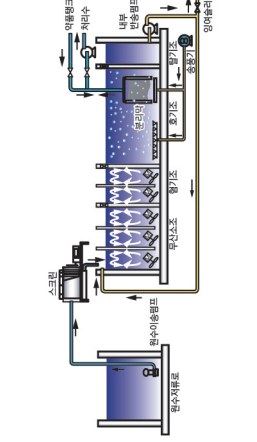
#### 적용 가능성

주로 최종적인 생물학적 처리 단계로 적용 가능하다.

### 다. 생물학적 질소 제거

폐기물처리시설에서 발생하는 폐수는 질소·인 제거를 위한 생물학적처리 공정이 적용된다. 질소·인을 제거하기 위해 주로 많이 활용되고 있는 생물학적 처리방법 중 크게 A<sub>2</sub>O 계열, SBR 계열, 막 계열로 분류되며 대표적인 공법 위주로 정리하면 다음과 같다.

[표 3.12] 생물학적 폐수처리 공법

구분	A <sub>2</sub> O 계열	SBR 계열	막 계열
개요	<p>생물반응조를 혐기/간헐포기/배양조로 구성하여 혐기조에서는 인 방출을 유도하고, 배양조에 미생물활성제(Pellet/Stone)를 침지하여 저산소·저부하 조건의 슬러지를 혐기조로 순환시키는 처리기술</p>	<p>생물반응조에서 유량조정조(혐기조)로 슬러지를 반송하여 활발한 인 방출을 유도함으로써 인 제거효율을 높인 기술</p>	<p>무산소, 혐기, 호기 및 탈기조로 구성된 생물 반응조에서, 질산화, 탈질 및 인 과잉섭취 등에 의해 유기물 및 질소, 인을 제거하고, 침전조 대신 호기조 내에 침지식 중공사막을 설치하여 고액분리 및 대장균을 제거하는 처리기술</p>
구조			
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안정적인 유출수 수질 유지 가능</li> <li>• 유입수질 변동에 따라 탄력운영 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 반응조에 바이오 세라믹 및 부유여체를 충전하여 부하변동 및 동결기 수온저하에 대응력 우수</li> <li>• 부지면적 최소화 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생물반응조의 고농도 미생물 유지로 충격 부하에 대응가능</li> <li>• 슬러지 발킹 및 슬러지 가스 발생 등의 문제점 해소</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미생물 활성제 투입 유지관리비 상승</li> <li>• 미생물 활성제의 부족 투입 시 처리효율의 급격한 저하로 안정성 결여</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 여재 충전으로 초기공사비 증가</li> <li>• 슬러지 반송 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 분리막 세정약품의 사용으로 유지관리비 상승</li> <li>• 운전 상태에 따라 분리막 교체주기 짧아 유지관리비 상승</li> </ul>



### 3. 일반 환경관리기법

질소는 다음의 2단계로 구성되는 생물학적 처리방법에 의해 제거된다.

- 1단계(질산화) : 폐수 중의 암모늄이온이 호기성 조건에서 질산세균에 의한 생물화학적 산화반응으로 질산성 질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ )로 산화됨
- 2단계(탈질) : 1단계 반응결과 생성된 질산성 질소( $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ )가 무산소 상태에서 통성혐기성균인 탈질균에 의해 질소가스로 환원·제거됨

모든 생물학적 처리공정과 마찬가지로, 질산화 및 탈질 반응은 독성물질(티오우레아, 벤젠, 메틸아민 등)에 의해 억제된다. 그러나 위에서 언급한 것처럼 저농도의 독성을 계속적으로 투입하면 적응에 의해 억제효과가 감소하며, 농도가 급작스럽게 증가하지 않는 한 억제효과를 완전히 제거할 수 있다.

질산화공정은 BOD 제거와 질산화기능의 분리 정도에 따라 BOD 제거와 질산화가 하나의 반응조에서 일어나는 단일단계 질산화공정과 각기 다른 반응조에서 일어나는 분리단계 질산화공정으로 대별된다. 단일단계 질산화공정은 BOD와  $\text{NH}_3\text{-N}$ 의 동시 제거가 가능하지만 독성물질에 대한 질산화 저해 방지가 불가능한 반면, 분리단계 질산화공정은 독성물질에 대한 질산화 저해 방지가 가능하나 단일단계 질산화공정에 비해 많은 단위공정이 필요하다.

탈질공정의 경우, 반응 과정에서 탈질세균의 영양원인 탄소가 부족하므로 메틸알코올과 같은 유기물을 첨가하여야 하는데 유기탄소원으로 폐수의 BOD를 이용하거나 미생물의 세포분해에 의해 생성되는 유기물을 이용할 수도 있다. 질산화반응에서는 알칼리도( $\text{HCO}_3^-$ )가 소비되므로 pH가 낮아지고, 탈질과정에서는 알칼리도가 생성되어 pH가 증가한다.

#### 환경편익 및 경제성

폐수 중 질소 성분의 제거가 가능하다.

#### 매체통합적 환경영향

질산화 및 탈질화 과정은 악취가 나는 물질이나 휘발성 물질의 제거를 위해 중앙식 폐수처리공정의 한 부분으로 적용된다. 운영과정에서 가스가 배출되는 등 다른 오염물질이 배출될 우려가 있으므로 반응조를 덮개로 덮는(밀폐형 반응조가 아닐 경우) 등의 조치가 필요하다.

#### 적용 가능성

질산화 및 탈질에 의한 질소 제거방법은 상당량의 질소화합물, 특히 아민과 암모늄 화합물을 함유한 폐수에 적용된다. pH에 따라 암모늄이 암모니아로 전환되면 비린내가 나는 독성이 생성되기 때문에 암모늄 배출의 억제는 방류 수질의 보호를 위한 중요한 방안이다.

## 3.6 폐기물 배출 저감기법

### 3.6.1 폐기물 관리지침 규정

사업장에서 발생하는 폐기물을 체계적으로 관리하여 폐기물 발생을 최소화할 수 있다. 예를 들어 사업장의 폐기물 관리지침을 만드는 것은 잠재적으로 폐기물 발생량을 감소시킬 수 있으며, 이는 본문서 4장 1절에 설명되어 있는 환경경영시스템(EMS)과 연계하여 수행할 수 있다. 일반적으로 폐기물 관리지침은 다음 사항을 포함할 수 있다.

#### 폐기물 관리 책임 구역 지정

각 공정별 폐기물 관리 구역을 설정하고 담당자를 배정함으로써 공정 구역에서 발생하는 폐기물을 적절하게 관리할 수 있다. 담당자는 배정 구역에서 발생하는 폐기물의 분리 및 보관 내용을 현장 구성원들에게 지도·감독해야 할 책임이 있다.

#### 폐기물 수거 및 운반 기준 설정

폐기물 수거 및 운반 기준을 설정하여 구성원들에게 교육 및 지시할 필요가 있다. 설정된 기준의 예시는 다음과 같다.

- 폐기물 발생 구역의 담당자는 폐기물을 종류별로 구분하여 포장한 후 보관소에 운반하여야 한다.
- 폐기물을 보관소에 운반할 때에는 폐기물이 누출되거나 흘날리지 않도록 해야 한다.
- 폐기물보관소 관리담당 부서에서는 폐기물이 외부로 유출되거나 흘날리지 않도록 적정 관리하여야 한다.
- 협력회사를 관리하는 부서 및 공사 관리·감독부서에서는 상주 협력회사에서 발생하는 폐기물 및 공장 내 각종 공사 중 발생하는 폐기물이 불법 유출되지 않도록 관리하여야 한다.
- 위탁처리업체를 주기적으로 방문하여 폐기물 보관 및 적절한 처리 등을 확인하여야 한다.

#### 환경편익 및 경제성

폐기물 발생이 최소화된다. 단, 폐기물 관리지침이 문서화되어 있으나 실제로 지켜지지 않을 경우에는 적용 효과를 기대하기 어렵다.

폐기물 관리지침을 규정하고 이를 준수할 때 발생하는 비용과 경제적 이점에 대해 정확하게 판단하는 것은 어려우나 소규모 사업장의 경우에는 인력 소모로 인한 잠재적 비용이 상대적으로 클 수 있다.

#### 적용 가능성

일반적으로 적용 가능하다. 하지만 소규모 사업장의 경우 인력 부족으로 인해 체계적인 관리가 어려울 수 있다.



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.6.2 폐기물 재사용 및 재활용

사업장 내에서 발생하는 폐기물 중 재사용 또는 재활용할 수 있는 물질은 구분하여 보관 및 처리한 후 적절한 용도로 이용할 수 있다.

예를 들어 선별공정에서 분류된 폐기물은 재활용 및 연료로 활용이 가능하며 폐기물 중에 원료의 회수를 통한 손실을 절감할 수 있다.

##### 환경편익 및 경제성

폐기물이 내부적으로 재사용 또는 재활용되므로 최종처리 해야 할 폐기물이 감소한다.

폐기물 처리 비용이 절감된다. 폐기물을 원료로 재이용하거나 재사용할 경우 원료 절감 효과도 얻을 수 있다.

##### 운영 데이터 및 적용사례

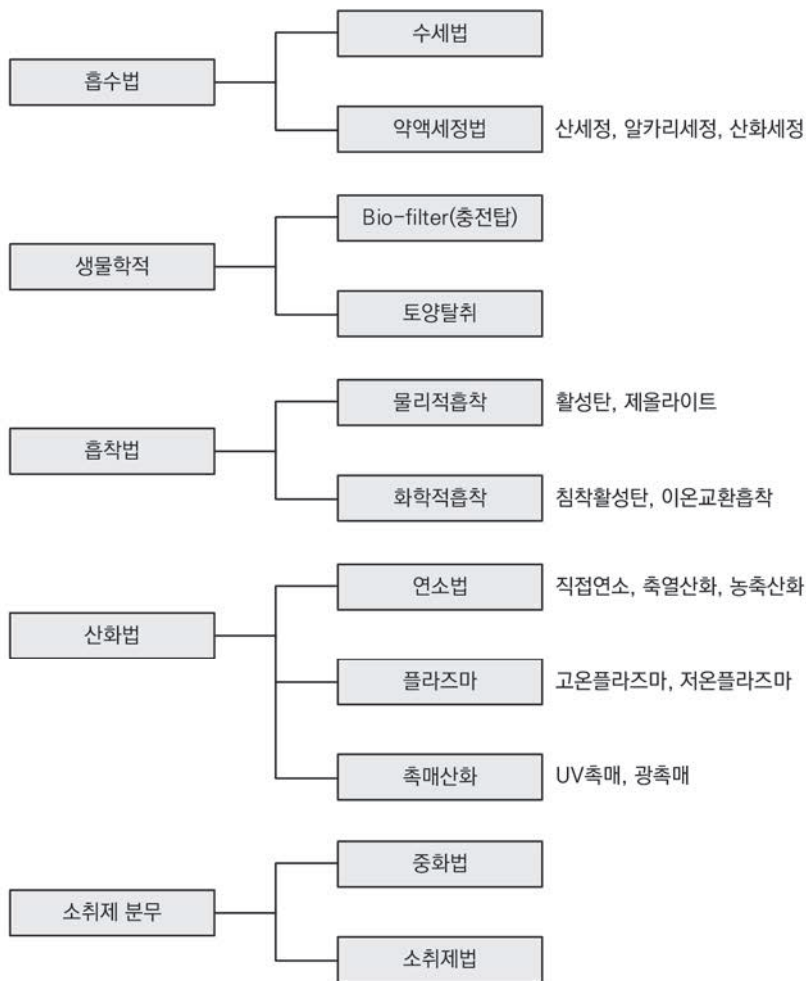
선별공정에서 발생하는 금속성 폐기물은 판매 등을 통해 수익을 창출할 수 있고 가연성 폐기물은 소각시설로 연계하는 등 폐기물처리시설 내에서 처리된다.

##### 적용 가능성

위에서 언급된 기법 외 재사용 또는 재활용할 폐기물의 특성이나 사업장 여건에 따라 여러 가지 기법을 적용할 수 있다.

### 3.7 악취 배출 저감기법

폐기물처리시설에서 발생하는 악취는 그 성상이 다양하고 발생원별로 농도가 달라 그 특성에 맞는 악취처리 기법을 적용하는 것이 중요하다. 발생한 악취를 방지하기 위한 대책에는 크게 악취의 원인이 되는 성분을 제거·감소시키는 방법과 타 물질을 이용하여 악취를 중화·은폐시키는 방법이 있다. 악취물질에 대한 제거 없이 단순히 냄새를 중화·은폐시키는 방법은 방향제, 탈취제 등을 사용하는 방식으로 주로 소규모 지역에 방지대책으로 활용될 수 있으나 배출시설과 같은 규모가 비교적 큰 시설에서는 악취성분을 저감시키는 방법이 보다 일반적이다. 다음 그림은 일반적인 악취처리 기법 종류를 나타낸 것이다.



[그림 3.21] 악취제거 방지기술 종류



### 3. 일반 환경관리기법

악취대책은 크게 악취발생 원인을 파악·개선하여 저감 또는 차단하는 방법과 배출시설·생산공정에서 발생된 악취물질을 포집해서 처리하는 방법으로 나눌 수 있다.

악취의 발생은 대부분 제한된 일정지역에서 문제로 대두되는데 발생원 및 특징을 살펴보면 다음과 같다.

- 전체 사업장에 걸쳐 발생, 피해 및 민원을 유발
- 유기성분(VOCs 등), 무기성분, 동식물성 성분
- 자연계 : 미생물에 의한 단백질의 분해, 도시하수의 혐기성분해
- 자연발생적인 악취의 양이 인위적인 발생량보다 많음
- 넓은 지구공간에서의 자연농도는 대단히 낮으므로 크게 문제되지 않음
- 주거생활을 보호 : 농수산물도매시장, 공판장, 도축장, 축산업, 출판사 및 인쇄소, 고물상 등에 대하여 규제기준과 내용을 따로 명시하고 “배출부과금” 부과대상항목으로 적절한 관리, 악취에 대한 피해를 줄이도록 법으로 규정

악취에 대한 탈취방식으로 검토될 수 있는 선정기준으로 다음 사항을 충분히 고려하여야 한다.

- 탈취효과가 확실할 것
- 방지설비비 및 유지관리비가 저렴할 것
- 2차 공해의 유발되지 않을 것
- 모든 악취물질의 제거가 가능할 것
- 시설 내구성과 소모자재의 호환성이 좋을 것

### 3.7.1 흡수법

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.6.2.가.1) 절 참조

### 3.7.2 흡착법

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.6.2.가.2) 절 참조

### 3.7.3 연소법

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.6.2.가.3) 절 참조

### 3.7.4 산화법

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.6.2.가.3) 절 참조

### 3.7.5 생물탈취법

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.6.2.가.4) 절 참조

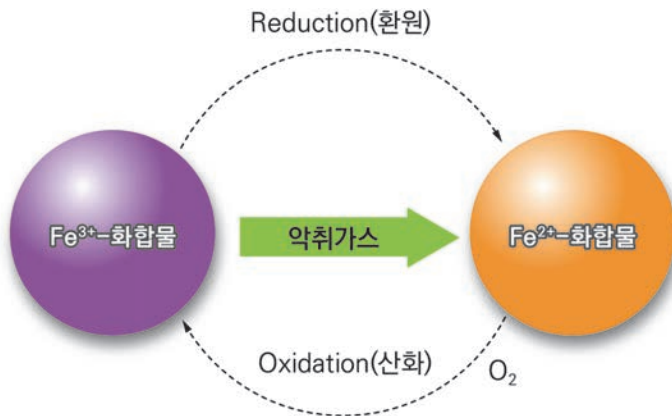


### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.7.6 액상촉매법

액상촉매법은 철 - 킬레이트 화합물을 기본으로 하는 액상촉매를 악취가스(저고농도 황화수소, 메르캅탄류, 암모니아, 아민류, 고농도의 황화수소와 암모니아 가동 시에 존재하는 가스 등) 흐름과 접촉시켜 가스를 액상으로 흡수한 후 이온화하고 이들 이온을 촉매의 산화 환원 반응을 이용하여 처리하는 방법이다. 공정상에서 기 - 액 접촉의 흡수/반응이 순간적으로 일어나고 촉매의 산화·환원시간은  $10^{-6}$  m/sec 속도이며, 고농도 악취물질 처리 시 별도의 공기에 의한 재생설비를 설치하여 촉매에 의한 연속운전이 가능하다. 또한, 액상촉매는 황화합물과의 반응성이 뛰어나므로 고농도 황화합물 제거가 필요한 탈황설비에도 적용이 가능하며, 탈취설비와 마찬가지로 재생설비를 따로 설치하여 반영구적 운전이 가능하다.

처리대상 가스의 온도는 용액과 접촉하여 촉매에 영향을 주지 않아야 하며, 최대 적용온도는 150 ℃로 이 이상의 온도는 열교환기의 설치가 요구된다. 유입가스의 온도는 촉매용액에 전달되므로 전체적인 열수지에 의하여 촉매의 온도는 60 ℃를 넘지 않는 것이 바람직하다.



[그림 3.22] 액상촉매의 산화·환원 반응

악취는 후드 및 덕트에 의해 액상촉매탑으로 이송되고 순환펌프 및 노즐을 통하여 분사된 액상 촉매는 악취물질과 기 - 액 접촉에 의한 반응이 이루어지며, 악취물질은 액상촉매에 의해 산화되어 무해가스로 배출, 그리고 액상촉매는 대기 중의  $O_2$ 에 의해서 재생되어 순환된다.

액상촉매탑 가동 시에는 촉매의 농도에 맞추어 일정량의 촉매를 정량펌프에 의해 자동 주입해 주어야 하며, 촉매는 물속에 이온화된 상태로 존재하고 수분이 증발되므로 수분의 자동 공급이 필요하다. 또한, 액상 킬레이트 용액은 1년에 10 ~ 20 % 정도 소모되고 데미스터에 의해 약 10 ~ 20 % 손실을 가져와 매년 30 ~ 40 % 추가 보충량이 필요하며, 고농도의 황화수소 등을 처리하기 위해서는 별도의 촉매 재생탑, 침강조, 탈수시설 등이 필요하다.

## 환경편익 및 경제성

본 기술 적용으로 발생 가능한 환경적 편익은 다음과 같다.

- 악취 물질 제거
- 지역주민의 악취 민원 감소

## 운영 데이터 및 적용사례

사례 사업장

J시 자원화시설 철-킬레이트 화합물 액상축매 방지시설 운영

### 매체통합적 환경영향

철 - 킬레이트 화합물을 기본으로 하는 액상축매 생산 시스템 필요하다.

### 적용 가능성

고농도와 저농도의 황화수소( $H_2S$ ) 가스에 적합하며 고농도의 황화수소( $H_2S$ )와 황산화물( $SO_x$ )의 동시 제거가 가능하다. 암모니아( $NH_3$ )를 포함한 복합악취가스 제거에 적용 가능하다. 적용 대상 공정은 제품 제조제품의 제조공정에서 발생하는 황화수소( $H_2S$ ), 암모니아( $NH_3$ ) 및 이들을 포함한 화합물, 화학공장의 폐가스 처리, 분뇨처리시설에서 발생하는 복합악취물질, 하 폐수처리시설에 발생하는 복합악취물질, Clause 공정에서 발생하는 황화수소( $H_2S$ ) 및 이산화황( $SO_2$ ) 가스제거 공정에 적용 가능하다.



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.7.7 소·탈취제 분무법

「업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서, 2021」 5.6.2.가.5) 절 참조

#### 3.7.8 매립지 악취 관리

폐기물 매립시설에서 악취문제는 후각적인 공해이기 때문에 쾌적한 환경을 유지해 주어야 하고, 부지 경계동에 있어서의 최대착지점의 악취강도가 실질적인 범위 내에서 결정되어야 한다. 또한 악취가 주변 주민 생활권으로 유출되지 않도록 적절하게 관리해야 한다.

폐기물 매립시설은 폐기물 및 침출수로 인한 악취누출 방지를 위해 폐기물 반입 경로를 수시로 세척할 수 있는 급수시설을 구성해야 한다.

폐기물 반입 차량은 매립지 내로 폐기물이 반입될 때 도로상이나 반입장 내에 흩날리지 않도록 덮개가 있는 차를 사용하고, 기존 세륜시설을 이용하여 세척함으로써 항상 청결한 상태를 유지토록 하여 악취가 발생되지 않도록 한다.

매립블록 및 매립지 내 악취 저감을 목적으로, 이동식 탈취차량을 이용한 탈취작업(연속살포)을 실시한다.

- (작업위치) 매립지 매립블록 및 내부도로
- (작업방법) 약품탱크에서 탈취제 희석 후 매립구역, 주변내부도로 등 악취 저감을 위하여 고압탈취 작업시행

폐기물 반입에 따른 매립작업 운영·관리 등을 세부적으로 정하여 비산먼지 저감, 냄새발생 차단 등 보다 효율적이고 안정적인 위생매립지 운영·관리에 기여하기 위해 실시한다.

- (작업위치) 매립지 매립블록
- (작업방법) 생활폐기물 : 비산먼지 및 악취 차단

급수차를 이용 급수를 한 후 폐기물 하역 시 발생하는 비산먼지를 1차적으로 차단하며, 생활폐기물에서 발생하는 냄새를 2차적으로 차단한다.



[그림 3.23] 폐기물 하역 현장용 환경관리 차량

### 환경편익 및 경제성

폐기물 매립으로 인한 악취를 탈취하여 작업환경을 개선하고, 악취 민원을 해결한다.



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.7.9 악취 발생원 대책

##### 공정개선

- 온도관리 : 발생하는 악취가 가열 온도에 크게 의존되는 시설(건조기 등)
- 체류시간 : 저류조(하수시설) 또는 위탁폐수 저장조의 경우 체류시간을 짧게 하여 악취저감
- 기존시설 이용 : 폐열보일러, 간접가열로, 플레어 스택(Flare Stack), 폐기물 소각시설 등의 연소공기에 악취가스를 유입하여 처리

##### 악취물질 증발방지

- 유기용제 등 휘발성이 높은 악취물질은 저장시설, 보관용기, 취급 시 밀폐하거나, 필요량 이상으로 보관하지 않도록 함

##### 건물 등의 악취누출 방지

- 사업장, 건물 내에서 발생하는 악취는 후드와 덕트, 에어커튼 등을 설치하여 건물의 개방 부분에서 악취누출 저감
- 원료 보관장, 폐기물 보관장, 폐수처리장 등에는 적절한 시트를 씌우거나 시설을 밀폐하여 악취의 외부

##### 악취가 적은 물질로의 전환

- 악취발생이 많은 유기용제 등의 화학물질은 악취가 비교적 적은 대체 가능한 다른 물질로 전환

##### 국소 누출량의 극소화

- 효과적인 후드, 덮개 등을 설치하여 누출량을 최대한 적게 함



[그림 3.24] 밀폐, 에어커튼



[그림 3.25] 배출가스 덕트 연결



[그림 3.26] 컨베이어벨트 밀폐

### 밀폐계로 부터의 흡인량 극소화

- 반응기 내와 같이 밀폐계로 부터 가스를 흡인하는 경우 반응기 내의 부압을 가능한 낮게 함으로써 (환기 횟수를 적게 함) 발생하는 악취량을 억제

### 물의 혐기성화 억제

- 집수조 등은 혐기성화에 의해 황산이온이 환원되어 황화수소(H<sub>2</sub>S)가 발생하지 않도록 약하게 공기를 주입

### 약품 투여

- 슬러지 저장조나 배수 중에 염화철, 폴리철 등의 산화제를 주입하고, 황화수소 등의 발생을 억제

[표 3.13] 폐기물처리시설 주요 악취 발생원별 방지 기법

발생원	악취방지기술
폐기물 반입장 및 저장조	반입장 및 저장조의 밀폐 구조화 - 철근콘크리트 구조, 에어커튼 및 전동셔터 설치·반입장 내 청결유지 • 탈취제 분무설비 • 탈취제 원액을 2,000 ~ 3,000배 희석하여 사용한 시설에서 연간 1천만원 이내의 악취비가 발생된 사례가 있음(김해시 생활폐기물 소각시설) • 활성탄 흡착탑 설치로 연속적인 탈취 및 부압형성에 의한 외부 확산방지 • 시설 보수 등으로 인하여 처리시설의 가동이 정지되었을 경우를 대비, 폐기물저장조 상부에 악취제거설비 설치 • 연소용 공기로 이용할 수 있는 구조
관리 공간	• 주출입구 전실구조의 2중문 설치로 악취 유입방지
전실 설치	• 악취발생이 우려되는 공간 내에는 전실을 설치하여 출입 시 복도 및 외부로의 악취 확산 방지
침출수 처리장	실내 부압유지 - 폐기물 저장조로 악취배기, 발생부에서 국소배기·적절한 환기 대책 수립 - 신선한 외부공기 공급
배출가스	발생된 배출가스는 고온이 유지되는 연소실 내에서 악취물질이 산화·연소됨 • 유해가스 처리설비를 거친 청정 배출가스는 덕트 내부를 거쳐 연돌을 통해 대기로 배출됨 • 배출가스 덕트 내는 유인송풍기에 의해 부압이 유지되므로 배출가스의 누출에 의한 악취 발생 방지
폐기물 운반차량	• 밀폐차량을 사용하여 폐기물을 도로상이나 반입실 내에 흘리지 않도록 함 • 폐기물을 하역한 후에는 항상 청결한 상태를 유지토록 하기 위해 세차설비 계획
폐수처리장	밀폐된 구조 및 실내 부압 유지 • 별도의 악취제거설비(활성탄, 흡착탑 등) 설치
기타 발생장소	• 정도에 따라 국소 배기와 급기 또는 별도의 악취방지 대책 계획



## 3.8 휘발성유기화합물 배출 저감기법

휘발성유기화합물(VOCs)은 증기압이 높아 대기 중으로 쉽게 증발되고, 물질에 따라 인체에 발암성을 보이고 있으며, 대기 중에서는 광화학 반응을 일으켜 오존 및 PAN(Peroxyacetyl Nitrate) 등 광화학 산화성 물질을 생성시켜 광화학 스모그를 유발하는 물질로 많이 알려져 있다. 상온, 상압에서는 액체상이나 고체상으로 존재할 수 있지만 대기 중에서는 가스상으로 존재하는 모든 유기화합물질을, 20℃에서 760 torr(101.3 kpa)보다는 작고 1 torr(0.13 kpa)보다는 큰 증기압을 가지는 모든 유기화합물질을 말한다.

휘발성유기화합물(VOCs)의 발생원인은 자동차 배출가스, 도장시설, 도로포장, 매립지, 주유소, 가정, 용제세척 등에서의 인위적인 배출과 자연적으로 습지 등 혐기성 조건하에서 박테리아의 분해를 통해서 메탄(CH<sub>4</sub>)이 생성되어 배출된다.

[표 3.14] 휘발성유기화합물 발생원별 현황

발생원	비율(%)
이동발생원(자동차 등)	55
도장시설	14.4
가정용 소비용품	7.6
도로포장	5.6
매립지	4.7
용제세척	3.0
주유소	4.7

### 휘발성유기화합물 제어기술 선택시 고려사항

여러 가지 휘발성유기화합물(VOCs) 제어기술 중 제어하려는 VOCs에 함유된 배출가스의 특성, 공정 등의 특성을 고려하여 최적의 제어기술을 선정하기 위하여 일반적으로 다음 항목이 고려된다.

- 회수가능성(Recycling Potential)
  - VOCs의 회수는 부분적으로 시설투자비의 회수의 기회를 제공한다. 회수한 물질이 공정에 재이용되거나 장치의 세척용 용제로 사용될 수 있거나 상품으로 판매가 가능하다면 소각 같은 처리 방법보다는 회수하는 방법이 일차적으로 고려되어야 한다.
  - 회수방법으로는 흡착/탈착, 냉각 응축, 증류방법 등이 있다.

- 휘발성분 배출량의 균일성(Uniformity of Loading)  
VOCs를 함유하는 배기가스가 방출될 때 유량 및 농도가 일정한가 아니면 수시로 변하는가 또는 주기적인가는 처리방법을 선택할 때 세심히 고려되어야 한다. 회분식 공정에서와 같이 유량과 농도의 변화가 심할 때는 처리장치의 마모도 커지고 열회수 효율도 낮아질 뿐만 아니라 실제 파괴효율(DRE, Destruction and Removal Efficiency)도 낮아질 수 있다.
- 휘발성유기화합물의 평균농도(Average Concentration)  
VOCs의 평균배출농도는 다양한 공정의 적용가능성을 결정한다. 직접응축과 같은 회수공정은 고농도의 휘발성 유기화합물 처리에 적합하다. 평균농도가 매우 낮은 VOCs 배출원에 대해서는 경우에 따라 농축이 필요하기도 하다.
- 휘발성유기화합물 성분의 복합성(Diversity of VOCs Present)  
성분이 다양하면 할수록 공정선택에 제약조건이 많아진다. 여러 가지 성분들이 혼합되어 있다면 우선 회수를 하더라도 뒤에 재분리 장치가 필요하다. 또한 처리방법 설계 시 DRE(파괴효율)은 VOCs 성분들 중 가장 파괴가 힘든 물질을 기준으로 해야 한다.
- 최소폭발한계(LEL) 및 최대폭발한계(UEL)  
VOCs와 공기혼합물은 폭발한계로 특성이 지워질 수 있다. 최소폭발한계(LEL, Lower Explosive Limit)와 최대폭발한계(UEL, Upper Explosive Limit) 사이에서의 운전은 매우 위험하다. 원칙적으로 모든 처리장치 들은 LEL의 25 % 이하로 희석시켜 처리하도록 설계되어야 한다. 또한 덕트의 구조나 처리장치의 초기가동, 종료 및 고장 시 어느 한순간이라도 농도가 LEL을 초과할 수 없도록 충분히 고려되어야 한다. 어떤 공정에서는 UEL을 초과하는 배출가스가 방출되기도 하는데 이런 경우에는 냉각 응축에 의한 회수방법이 주로 이용된다. 그러나 회수가 진행되면서 농도가 UEL과 LEL 사이로 떨어져 폭발 가능하게 될 수 있기 때문에 공기 대신 질소나 탄산가스를 이용하여 희석시킨다.
- 배출온도(Discharge Temperature)  
냉각 응축이나 흡착법은 온도가 40 °C 이상이면 냉각시키기 전에는 비경제적일 뿐만 아니라 정상적인 흡착력도 기대할 수 없다. 반면에 배출가스의 온도가 높으면 높을수록 소각방법은 보조연료 소모량이 줄어들기 때문에 경제적일 수 있다. 생물학적 처리방법 역시 미생물들이 활동하기에 적절한 10 ~ 40 °C를 유지 시켜야 적절한 처리효율을 기대할 수 있다.
- 비휘발성유기화합물질(Non-VOCs)  
VOCs가 아닌 성분들이 얼마나 존재하는 지도 처리방법을 선택하는데 있어 매우 중요하다. 먼지가 많을 경우 흡착제나 촉매 등의 표면이 막혀 처리효율을 저하시키고 또 납이나 황 성분 중 중금속이 있을 때는 촉매를 사용할 수 없다. 할로젠 화합물을 함유하는 휘발성 유기화합물을 소각시킬 때는 각 할로젠 원소에 해당하는 산들이 형성될 수 있기 때문에 흡수탑 같은 후처리장치가 필요하고 장치 역시 내산재질로 제작되어야 한다.



### 3. 일반 환경관리기법

- 설치장소(Location)

특히 배출원이 여러 군데에 있을 경우 설치장소의 유무에 따라 소규모 처리장치를 여러 군데 설치할 수도 있겠고 아니면 배출원들을 하나의 덕트로 연결시켜 하나의 큰 장치로 처리할 수 있다.

- 유지관리(Maintenance)

유지관리를 하는 데 있어서 시간적, 기술적 요건 및 연간 소요 비용 또한 꼭 검토해야 할 사항이다.

#### 휘발성유기화합물 제어기술

- 열소각

열소각법은 말 그대로 휘발성유기화합물(VOCs)을 소각·분해시키는 방법으로 소각시설이 필요하기 때문에 폐기물처리업, 펄프·종이 제조업 등에서 널리 적용된다. 설비비와 운영비는 높으나 소각 시 95% 까지 열에너지를 회수할 수 있다. 너무 높은 온도(1,000 ℃)에서 운전하게 되면 질소산화물의 생성량이 증가하여 SCR과 같은 후처리 공정이 필요하게 되므로 VOCs 종류 및 농도에 따라 적절한 온도로 제어하여야 한다. 또한 VOCs가 할로겐화합물일 경우 이들이 산성가스로 전환되기도 하므로 고가의 내부식성 재료를 사용하거나 산성가스 처리를 위한 흡수탑 같은 후처리 설비가 필요하다.

- 촉매소각

촉매소각법은 필요한 연소에너지를 줄이는 촉매를 사용하여 열소각보다 낮은 온도에서 휘발성유기화합물(VOCs)을 직접연소시킨다는 것 외에는 열소각과 유사하다. 휘발성유기화합물(VOCs)을 소각·분해시키는 방법으로 소각시설이 필요하기 때문에 폐기물처리업, 펄프·종이 제조업 등에서 널리 적용된다. 설비비와 운영비가 열소각법보다는 낮으나 소각 시 70% 까지의 열에너지만 회수할 수 있다. 촉매소각법도 열소각법과 마찬가지로 이차적인 연소 생성물이 생성되는데, 특히 할로겐이나 유황화합물은 촉매 연소에 의해 산성가스 성분으로 전환되기 때문에 흡수탑과 같은 후처리 설비가 필요하다.

- 흡착법

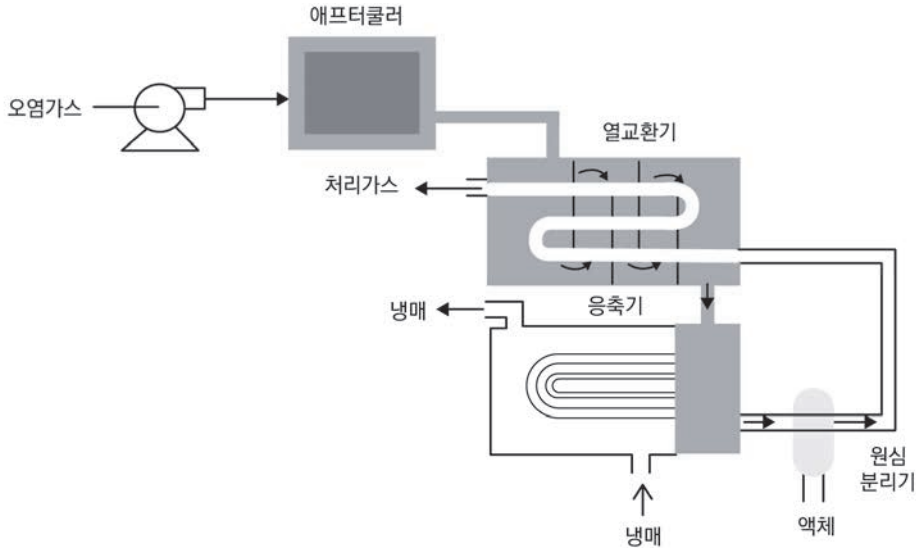
흡착법은 주로 가스상 대기오염물질을 처리하기 위해 많이 사용되나 휘발성유기화합물(VOCs)의 제거에도 효과가 있다. 흡착법은 기체의 분자 및 원자가 고체(흡착제) 표면에 달라붙는 성질을 이용하여 오염된 기체를 제거하는 방법으로 특히 활성탄 흡착법이 가장 널리 사용된다.

- 흡수법

흡수법 역시 흡착법과 마찬가지로 주로 가스상 대기오염물질을 처리하기 위해 많이 사용되나 휘발성유기화합물(VOCs)의 제거에도 효과가 있다. 휘발성유기화합물(VOCs)이 함유된 배출가스를 액체 용매와 접촉시켜 배출가스 중의 용해성이 있는 기상의 휘발성유기화합물(VOCs)을 액상으로 이동시켜 제거하는 원리이며, 장치로는 기-액 접촉면적을 제공할 수 있는 흡수탑, 충전탑 등을 사용한다.

- 응축법

응축법은 배출가스를 냉각하거나 압축시켜 배출가스에 함유된 휘발성유기화합물(VOCs)을 과포화상태로 유도하여 포집하는 방법이다. 응축은 직접냉각 및 간접냉각(열교환기를 통한 냉각)을 통해 수행되며, 직접냉각은 추가적인 분리 단계가 필요하기 때문에 보통 간접냉각 방식이 선호된다. 응축기의 설계와 운영 방식은 공정에서 사용하는 냉각 매체에 따라 상이하다.



[그림 3.27] 응축법에 의한 VOCs 처리

- 생물여과

휘발성유기화합물(VOCs)을 함유한 가스를 액체상의 물이 살수되는 다공성 매체가 충전된 살수여과상에 주입하여 부착된 미생물에 의해 휘발성유기화합물(VOCs)을 산화시켜 이산화탄소, H<sub>2</sub>O 및 무기물로 전환하는 기법이다. 휘발성유기화합물(VOCs) 뿐만 아니라 악취 역시 저감에도 사용된다.

- 광촉매산화

강력한 자외선(UV)이나 저온 플라즈마의 충격을 이용하여 공기나 산소를 해리시키고, 이온화 및 여기(Excitation)과정을 거쳐 화학적으로 활성이 풍부한 자유 라디칼(수산기 라디칼, 산소 라디칼 등)을 형성하여 광화학적으로 휘발성유기화합물(VOCs)을 산화시키는 방법이다. 하지만 현장 적용성이 낮아 실제로는 거의 사용되지 않고 있다. 악취 저감 기법으로도 적용된다.



## 3.9 비산먼지 저감기법

대기 중에 떠다니거나 흩날려 내려오는 입자상물질을 먼지라고 하는데, 본 기준서에서 언급하고 있는 사업장 환경관리에서의 비산먼지는 물질의 파쇄·분별·선별·퇴적·이적, 기타 기계적 처리에 의하여 발생하는 고체상 또는 액체상의 미세한 물질로서 굴뚝을 통하지 않고 공정에서 배출되는 먼지를 총칭하여 말한다.

일반적인 비산먼지의 대기배출 방지대책은 다음과 같다.

- 국소배기장치 설치(덕트 및 후드)
- 집진시설 설치 또는 강화
- 작업장 관리 개선
- 연소장치 및 공정개선
- 세륜·세차 시설
- 물 뿌림(분무) 시설
- 방진벽·방진막 설치 등

### 3.9.1 살수

외부도로 및 진입로의 청결상태 지속적으로 유지하기 위해 고압살수를 시행하여 폐기물 차량 운행 시 발생하는 비산먼지 저감 및 폐기물 운반 차량에서 묻어난 오염물에 인한 전용도로의 악취를 제거하기 위해 실시한다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

- (작업위치) 매립지 외부도로 및 진출입로
- (작업방법) 취수장에서 취수를 한 후 관리도로 및 진출입로 고압살수 작업

폐기물 운반 차량 및 매립블록 내 장비들의 이동, 작업에 따른 비산먼지 저감을 위하여 매립구역 내부도로에 살수작업을 실시한다.

- (작업위치) 매립지 내부도로 및 매립구역, 관급토사 야적장
- (작업방법) 취수장에서 취수 후 내부도로 및 매립구역, 관급토사 야적장, 비포장도로 살수 작업

매립블록 및 복토면 내 바람에 의한 비산먼지 발생을 억제하고 Water Screen형성을 통한 비산먼지 차단을 위해 살포작업 실시한다.

- (작업위치) 매립블록 및 복토면(풍향에 따른 위치 선정)
- (작업방법) 취수장 또는 수처리장 방류수를 취수한 후 하역현장 및 복토면에 살포하여 비산먼지를 저감

비산먼지 저감, 냄새발생 차단 등 보다 효율적이고 안정적인 위생매립지 운영·관리에 기여하기 위해 운영한다.

- (작업위치) 매립지 매립블록
- (작업방법) 건설폐기물 : 비산먼지
  - 생활폐기물 : 비산먼지 및 악취 차단
  - 급수차를 이용 급수를 한 후 건설폐기물 하역 시 발생하는 비산먼지를 1차적으로 차단하며, 생활폐기물에서 발생하는 냄새를 2차적으로 차단

폐기물 및 토사 운반 차량에 의한 매립지 외부도로의 비산먼지 및 토사 등 낙하물을 근본적으로 차단하기 위하여 동선 청소를 실시한다.

- (작업위치) 매립지 외부도로
- (작업방법) 관리도로에 고압살수 차량으로 살수를 실시한 후 브러시를 통하여 노면의 폐기물 및 토사 낙하물을 청소, 진공흡입으로 2차 청소

매립구역 내 비산먼지저감을 목적으로, 능동적 살수를 위한 이동차량을 이용한 살수작업을 실시한다.

- (작업위치) 매립지 매립블록
- (작업방법) 취수장에서 취수 후 매립구역 폐기물 하역 시 살수 작업



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.9.2 세륜·세차

진·출입 폐기물 반입차량과 매립작업구역까지 폐기물 운반 후 퇴출 시 차량의 바퀴에 묻은 오물과 차체에 남은 잔류 폐기물 및 먼지 등을 제거시킴으로써 외부도로의 청결유지 및 악취발생을 방지하기 위하여 설치한다.

세차시설은 매립시설 내부도로 퇴출로에 설치하여 폐기물 하역작업 후 매립지 퇴출직전 수압에 의해 바퀴 및 차체전체를 세척한 후 퇴출할 수 있도록 한다.



[그림 3.28] 설치식 세륜시설



[그림 3.29] 터널식 세륜시설

### 3.9.3 기타 비산먼지 저감기법

#### 폐기물 낙하 높이 최소화

폐기물 낙하 시 낙하높이를 최소화한다.

#### 적재장 물 분사시스템

적재지역이나 저장물에 물분사를 실시한다.

- 결빙이 발생하지 않는 장소에 적용가능
- 표면 수분 함량이 높은 연료에는 적용불가

#### 현장 이송 및 운송 최적화

- 이동을 최소화하기 위해 현장 운송 시스템 합리화한다.

#### 밀폐형 컨베이어설치 및 발생원 저감설비 설치

- 밀폐형 컨베이어, 부압 이송장치 등을 설치하거나 먼지배출이 심한 물질은 여과장치가 설치된 사일로를 사용한다.



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.10 소음·진동 관리기법

소음이란 기계·기구·시설, 그 밖의 물체의 사용 또는 공동주택 등 환경부령으로 정하는 장소에서 사람의 활동으로 인하여 발생하는 강한 소리를 말하며, 진동이란 기계·기구·시설, 그 밖의 물체의 사용으로 인하여 발생하는 강한 흔들림을 말한다.

소음·진동은 우리가 원하지 않는 소리나 떨림으로 인해 일상생활에서 느끼는 공해 중 가장 빈번하게 느끼고 있는 것으로 국소 다발적인 특성을 지니고 있다. 따라서 소음·진동은 대기 및 수질오염 등과는 달리 피해당사자에게 참을 수 없는 고통을 주며, 정신적·심리적 스트레스의 원인이 된다.

폐기물 처리시설에서 소음원은 대부분 기계설비 및 폐기물 운반차량의 운행 중 자체소음으로 구분할 수 있으며, 이들 소음을 최소화하기 위한 적절한 방법을 강구해야 한다.

기타 시설은 대개 외부의 소음과 진동 발생에 크게 영향을 미치지 않는으나, 일반적인 소음·진동원이 될 수 있다. 소음과 진동 억제를 위한 조치는 발생 위치와 영향 정도에 따라 다르다.

[표 3.15] 주요 소음 배출시설 종류

배출시설	설명
압축기	터빈, 피스톤, 팬 등에 의하여 기체 또는 액체를 가압 또는 감압(진공)하는 기계를 말한다. 일반적으로 공기기계에서는 게이지의 압력이 1 kg/cm <sup>2</sup> (10 mAq) 이상인 것을 말하며 저압의 공기를 고압으로 높여 일시에 배출시키므로 소음이 발생한다. 압축기는 주로 공기압축기를 의미하는 경우가 대부분이다.
송풍기	날개(회전익) 등을 돌려서 인공적으로 바람을 만드는 기계로 냉각, 송기(급기), 환기(배기), 연소 및 용융로 등의 송풍, 공기수송 등으로 사용되는 압력 1 kg/cm <sup>2</sup> (10 mAq) 이하의 것을 말한다. 공기압을 1 mAq 이하로 송출하는 것을 팬(Fan), 1 ~ 10 mAq 범위로 송출하는 것을 블로워(Blower)라 칭한다. 송풍기는 대부분 저주파수 대역에서 높은 소음을 발생하는데 소음·진동을 줄이기 위해서는 사일렌서(Silencer) 설치와 흡음재가 부착된 칸막이, 방진 받침대를 설치한다.
분쇄기(파쇄기 및 마쇄기 포함)	분쇄기(마쇄기 등)는 토석, 광물 또는 곡물 등을 잘게 부수는 기계로 보통 산물의 크기가 1 mm 이하인 것이며, 파쇄기에서는 보통 산물의 크기가 20 ~ 300 mm인 경우를 조쇄, 6 ~ 10 mm인 경우를 중쇄라 하며 파쇄기는 광석을 분쇄하는데 사용되고 있다. 분쇄기는 파쇄하는 재질에 따라 발생하는 소음이 큰 차이를 보이는데 재질이 부드러우면 소음이 작지만 재질이 단단할 경우에는 매우 높은 소음을 발생한다. 특히 분쇄기는 작업과정에서 소음 이외에도 많은 분진을 동시에 발생하는 것이 일반적이기 때문에 소음 저감을 할 때에는 가능하면 분진에 대한 대책도 세우는 것이 바람직하다.
기계체	토석, 주물 또는 곡물 등을 체가름 하는 기계로 분쇄기, 제분기 등에서 독립된 것에 한하여 기계체라 한다. 체면 또는 체틀을 진동시키는 구조로 된 진동체와 기타 기계체(가동봉체, 회전체, 선회체, 요동체, 충격체 등)가 있다.
원심분리기	회전원심력(원통회전)을 이용하여 고체와 액체 또는 비중이 서로 다른 액체를 분리시키는 기계를 말한다.

(표 계속)

배출시설	설명
혼합기	두 종류 이상의 고체(분체를 포함한다) 또는 액체를 혼합하거나 고체와 액체의 혼합, 두 종류 이상의 고체, 반고체, 분체 등을 미분쇄, 혼합하거나 혼합만을 하는 기계 또는 반죽하는 기계를 총칭한다.
제분기	곡식이나 약재 따위를 가루로 만드는 기계를 말하며 제분기는 대부분 “물”이 부착되어 있는 기계로 되어 있고, “물”이 금속, 고무, 합성수지 등으로 되어 있는 것이 보통이다. 풀식 이외에 충격식 제분기가 있으나 비능률적이어서 최근에는 거의 사용하지 않고 있다. 제분기 이외에 곡물처리기계, 가공기계도 혼합 설치되어 있다.
펌프	펌프는 원동기로부터 기계적 에너지를 받아 액체에 에너지를 주어 낮은 곳에서 높은 곳으로 액체를 올리거나 멀리 보내는 기계이다. 터보형은 1 마력에서 300 마력 이상으로 동력 분포가 다양하지만 왕복동식은 주로 동력 규모가 큰 75 마력 이상이다. 또한 용기 내의 압력을 대기압 이하로 감압하는 기계를 진공펌프(Vacuum Pump)라 한다. 펌프는 대부분 기계실과 같이 밀폐된 공간에 설치하고 있는데 펌프에서 소음을 발생하는 부분은 유체의 유동이 큰 부위이므로 유체의 흐름을 원활하게 하는 것이 소음을 줄이는데 도움이 된다.
자동포장기	음식료품 등 생산제품을 캔, 팩, 병, 포대 등에 주입(충전)한 후 압축공기 또는 기계력을 이용하여 자동포장(밀봉·타진)하는 기계를 말한다.
발전기	발전기는 가솔린 엔진형과 디젤 엔진형 등이 있으나, 일반적으로 디젤형을 많이 쓰고 있으며, 동력규모는 50, 150, 200, 1,000 kW가 보통이다. 발전기는 비상용으로 설치하는 것이 대부분이나 상용으로 설치하는 경우도 있다. 소음배출시설로서의 발전기는 120 kW 이상이며 수력발전기는 제외한다.

[출처 : 환경부, 2008]



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.10.1 소음·진동 방지시스템 설계

폐기물 처리시설에서 발생하는 소음과 진동은 다른 증공업이나 발전시설과 비교될 수 있다.

일반적으로 폐기물 처리설비는 밀폐된 건물 안에 설치된다. 폐기물 반입 및 하역, 물리적 전처리, 배출가스 처리, 잔여물의 처리 및 냉각시설과 외부에서의 바닥재 보관 등으로 구성된 폐기물 처리시설에서 외부의 주요 소음과 진동원은 다음과 같다.

- 폐기물, 화학물질 및 잔여물 수송 트럭
- 폐기물 저장조 내 크레인 작동
- 폐기물의 기계적 전처리
- 배기 팬, 배출가스 배출
- 냉각시스템
- 공기공급 및 압축시스템
- 증기공급 계통

#### 파쇄기 소음·진동

- 소음 관리
  - 파쇄기의 소음은 무부하 시의 기계 자체 소음과 파쇄물 파쇄 소음으로 구분된다. 소음발생은 파쇄가 어려운 것일수록, 양이 큰 것일수록, 파쇄시간이 짧은 것일수록 크게 된다.
  - 파쇄소음을 저감하기 위하여서는 파쇄기 본체를 차음구조 안에 설치하여야 하며, 입구로도 소음이 누설되므로 입구 위치는 폐기물 저장조 등 인원이 상주하지 않는 곳으로 한다. 또한, 파쇄물을 가능한 한 사전 해체하여 파쇄물의 크기를 줄여 파쇄를 쉽게 하여야 한다. 파쇄기 전단 날의 마모상태 확인하여 적절한 시기에 교환하여야 파쇄성능을 양호하게 유지한다.
- 진동관리

파쇄기의 진동은 파쇄 시 충격에 의한 진동이므로 건물로의 진동전파 및 기기 손상을 막기 위해서는 방진설비와 기초(Anchoring)상태를 항상 관찰하여 손상여부를 확인하여야 한다.

#### 폐기물 차량 소음 및 진동

차량의 소음은 차량 운행 중 자체소음과 폐기물 투입 시 발생하는 소음으로 구분된다. 차량의 소음을 최소화하기 위하여서는 다음 사항을 유의하여 차량을 제어한다.

- 반입시간대를 조정하여 차량이 한꺼번에 집중되지 않도록 분산하여 반입한다.
- 차량의 대형화로 차량 대수를 감소시킨다.
- 폐기물 투입 시 소음이 밖으로 전달되지 않도록 반입문을 제어한다.
- 진입도로 및 시설 내에서 서행 및 급정지를 자제하여 운행한다.

### 크레인 소음 및 진동

크레인은 이동 시 휠(Wheel)과 레일(Rail)의 마찰에 의한 소음 및 진동이 발생하거나 권상(捲上) 시 로프와 드럼 간의 마찰에 의한 소음 및 진동이 발생한다. 가능한 한 운전속도를 낮게 운전하여야 하며, 레일의 방진고무 상태 및 마찰면의 손상여부를 주기적으로 점검한다.

### 송풍기 소음 및 진동

송풍기 소음·진동은 정제된 공기가 빠른 속도로 송풍기로 유입될 경우, 흡입구에서 소음이 발생하므로 송풍기 입구 소음기 등의 청결 여부를 점검한다.

대형 송풍기의 경우, 많은 양의 공기 또는 가스를 취급하므로 전동기 자체소음과 송풍기에서 많은 소음이 발생하므로 송풍기 실내의 흡음설비를 점검하고 송풍기실의 출입구와 창문 등을 통하여 외부로 확산되지 않도록 한다.

유인송풍기의 경우, 고온의 가스를 취급하므로 설계온도 이상 가스온도가 상승하며, 열불균형에 의해 송풍기의 균형(Balance)이 무너져 심한 진동을 수반하게 된다. 심할 경우 송풍기에 치명적인 손상을 입힐 뿐 아니라 진동이 건물로 전달되어 건축물의 구조와 주변기기에 영향을 미치므로 송풍기 제작업체에서 제시한 진동 제한치를 넘지 않도록 항상 모니터링해야 한다. 진동 제한치 이상으로 상승할 경우에는 즉시, 정지할 수 있도록 안전장치(Interlock)를 설치하여야 한다.

### 공기 압축기의 소음 및 진동

왕복동식 공기압축기의 경우, 압축실린더의 왕복운동 및 압축공기의 맥동현상에 따른 진동과 공기 팽창 공기흡입에 따른 소음이 많이 발생한다.

공기압축의 진동 및 소음은 기기장치의 이상에 따라 발생하는 것이 아니라 구조적으로 발생하는 것이므로 진동이 건물로 전달되지 않도록 배려하여야 하며, 소음도 외부로 전달되지 않도록 흡음설비를 보강하고 출입구 등을 항상 닫힌 상태로 유지한다.



### 3. 일반 환경관리기법

#### 3.10.2 소음·진동 저감기법

폐기물 처리시설에서 소음 및 진동의 발생원은 다양하나 일반적으로 감소시킬 수 있는 방안을 정리하면 다음과 같다.

##### 소음

- 저감방안
  - 기기사양 작성, 제작 시 합성소음을 고려한 소음 규제치 적용
  - 주요 소음원은 방음제를 설치
  - 주요 소음 발생기기는 독립실 내에 구획된 공간에 설치
  - 주요 소음원에 소음기 설치
  - 소음 발생기기는 운전원 상주지역 및 견학자 동선지역으로부터 최대한 이격배치
- 방지대책
  - 소음기
  - 방음덮개 시설
  - 방음창 및 방음실 시설
  - 방음외피 시설
  - 방음벽 시설
  - 방음터널 시설
  - 방음림 및 방음언덕
  - 흡음장치 및 시설
  - 동등하거나 그 이상의 방지효율을 가진 시설

##### 진동

- 저감방안
  - 기기로부터 발생된 진동이 자체 흡수될 수 있도록 바닥 기초와 기기사이에 방진물 설치
  - 바닥 기초 설계 시 기기의 회전에 의한 진동 고려
  - 진동발생 기기류는 가능한 1층 바닥에 배치
  - 햄머링(Hammering)이 발생되지 않도록 설비의 안전성을 고려한 계획 수립
- 방지대책
  - 탄성지지 시설 및 제진 시설
  - 방진구 시설
  - 배관진동 절연장치 및 시설
  - 동등하거나 그 이상의 방지효율을 가진 시설

chapter | 4  
공정  
환경관리기법

- 4.1 공통
- 4.2 중간처분·재활용시설
- 4.3 최종처분시설(매립)



## 4. 공정 환경관리기법

### 4.1 공통

공정환경관리기법의 공통분야에서 다루는 기법은 폐기물의 중간처분·재활용, 최종처분·재활용 기술에 공통적으로 적용가능한 기법으로 폐기물 반입 및 폐기물의 적정보관 기법, 폐기물 운반, 악취저감 기법들을 다루었다.

#### 4.1.1 폐기물 반입

##### 가. 시설 가동 한계 설정 및 주요 위험 확인

폐기물처리시설은 각 시설에 투입할 수 있는 폐기물의 성상 및 특성에 따라 처리설비가동의 한계가 있다. 폐기물처리시설에 반입되는 폐기물의 특성을 알고 있으면 투입 폐기물의 최대 및 적정 투입량을 유도할 수 있으며, 이에 따른 주요 위험요소를 파악할 수 있다. 또한 시설의 한계를 벗어나서 가동되는 것을 예방할 수 있다.

이러한 폐기물 특성에 따른 가동 한계 설정에 필요한 사항은 다음과 같다.

- 폐기물 공급 메커니즘 설계 및 반입폐기물의 물리적 특성
- 폐기물 투입량과 처리량의 관계
- 오염물질 배출허용 기준 및 관리기준 준수 여부
- 오염물질 제거를 위한 배출가스 처리 기술 및 처리용량

폐기물 특성에 따른 주요 위험 요소는 다음과 같다.

- 폐기물 투입에 따른 배출가스 중 오염물질 증가
- 수분함유량 또는 발열량(CV, Calorific Value)의 큰 변동에 따른 처리시설의 불균일성
- 배출가스 처리(FGC, Flue-Gas Cleaning) 용량을 초과하는 높은 염소, 황 부하
- 배출가스 처리기능에 영향을 미치는 투입 폐기물의 급격한 변화
- 부피가 큰 폐기물 투입에 따른 공급 시스템의 이상 작동 및 처리설비 손상

이론적 또는 실제적인(운영 설비에서 일어나는 위험) 위험을 인지하면 운영자는 이러한 위험을 저감 할 수 있는 제어방법을 개발할 수 있다. 예를 들어, 선별공정에서 선별시설에 방해가 되는 투입폐기물은 전처리 시설을 전단에 위치하는 등 설계 및 운영 특성을 고려하여 제어할 수 있다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 환경편익 및 경제성

이 기술의 이용은 보다 안정되고 원활한 처리시설 운영을 가능하게 하고, 설비 고장 등의 긴급 상황 발생을 최소화할 수 있으며, 후단 방지시설의 부하를 감소시킬 수 있다.

공정에 투입되는 폐기물의 조성 범위를 제한하는 경우에는 반입량을 감소시키게 되며, 이에 따른 경제적 영향이 있고, 반입폐기물의 관리, 검사, 전처리, 분석 등의 과정이 필요하므로 추가적인 투자비용이 요구될 수 있다.

### 운영 데이터 및 적용사례

국내 대부분의 폐기물처리시설에서 본 기술을 적용하고 있다.

### 매체통합적 환경영향

공정에 투입되는 폐기물의 조성 범위를 제한함으로써 반입되는 폐기물 중 각 처리시설에서 배제된 폐기물의 대체 처리방법을 마련해야 한다. 이에 따라 매체 통합적 영향의 형태와 규모는 대체 처리 방법의 형태와 운영에 따라 다르다.

### 적용 가능성

모든 폐기물처리시설에 적용할 수 있으며, 특히 음식물류 폐기물 자원화, 재활용선별, 폐기물 연료화 시설, 지정폐기물처리 등과 같이 처리대상 폐기물과 처리 목적이 분류된 처리시설에 유용하게 이용될 수 있다.

기존의 시설은 시설의 운영기간 동안에 일어난 과거의 상황들로부터 얻은 경험과 지식을 이용할 수 있는 이점이 있다. 신규 설비는 유사한 기존 설비의 운영상 경험에서 배울 수 있고, 특수한 운영상의 경험에 따라 설비의 운영 및 관리 절차를 적합하게 개발할 수 있다.

광범위한 저장 및 전처리 시설을 가진 폐기물처리시설은 다양한 형태 및 성상의 폐기물이 반입되더라도 적절한 전처리 과정을 거쳐 정상적인 처리시설 운영이 가능하게 된다. 이러한 전처리 설비는 대부분 충분한 수용시설, 보관 및 취급 설비를 포함한다. 폐기물의 형태 및 성상이 매우 다양할 경우, 배출가스 처리공정, 폐수 처리시스템 등 특수한 안전조치가 필요하며, 실험실이나 추가적인 시험장비가 요구된다.

## 나. 반입폐기물 품질관리

폐기물처리시설에 반입되는 폐기물의 품질관리를 통해 설계 내에서 각 처리공정이 적정 운영될 수 있도록 폐기물의 품질 요건을 설정할 수 있다.

폐기물 품질 요건은 다음과 같다.

- 각 처리시설의 처리용량
- 폐기물 공급 장치의 물리적 조건(예 : 파쇄기 용량, 입자 크기 및 밀도 등)
- 처리공정의 제어(예 : 수분함량, 선별율, 파쇄입자 등)
- 배출가스 처리시스템의 용량과 관련 부하량
- 오염물질 배출허용기준 준수
- 최종 자원화 제품 품질 조건(예 : 사료, 퇴비, 고품연료 등)

투입되는 폐기물이 설정된 품질 요건 내에 존재할 수 있도록 폐기물은 저장 및 혼합이 적절하게 유지관리 될 수 있도록 조치해야 한다. 보통 특별한 관리가 요구되는 주요 물질 및 특성은 다음과 같은 투입 폐기물의 농도 및 성상 변화와 관계된다.

- 음식물자원화시설 : 음식물쓰레기 함량의 변화
- 가연성폐기물 연료화시설 : 중금속 함량, 염소 및 황, 발열량 및 수분함량의 변화, PCBs (Polychlorinated Biphenyls)와 같은 유해성 유기화합물
- 폐기물의 물리적 특성 변화(예 : 슬러지)
- 다양한 종류의 폐기물 혼합 가능성

### 환경편익 및 경제성

반입폐기물의 품질관리를 통해 다음과 같은 환경편익을 볼 수 있다.

- 원활한 공정 운영
- 효율적인 선별, 분리, 파쇄
- 에너지 회수의 개선
- 처리설비 사용 연한 증가
- 자원화 및 연료화 품질 개선

### 운영 데이터 및 적용사례

폐기물처리공정에 따라 다르나 소각시설의 경우 폐기물 성분 조성비를 월 2회 정도 실시하고 있으며, 지자체별로 반입 차량에 대한 불시 조사(주민지원협의체)를 시행하는 곳도 있다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 매체통합적 환경영향

반입폐기물의 품질관리를 위한 분리·선별 과정에 따라 비산 배출물이 발생할 수 있으며, 이에 대한 대응방법의 강구가 필요하다.

### 적용 가능성

투입되는 폐기물이 각 공정에 적합하도록 하고 오염물질 등이 정해진 범위 내에서 배출되도록 제어하기 위해서 실행된다. 모든 시설은 공정에 투입되는 한계를 파악하고, 이러한 한계를 벗어나지 않도록 적당한 투입 제한과 전처리를 채택할 필요가 있다.

## 다. 반입폐기물 점검, 샘플링 및 검사

반입폐기물의 품질관리를 위해 반입폐기물의 점검 및 샘플링 조사 등이 요구되며, 검사방법은 단순한 시각적 평가에서부터 정밀한 화학적 분석까지 다양하다.

- 폐기물의 성상 및 성분(수분, 가연분, 회분, 원소분석 등)
- 폐기물의 이질성
- 시설의 특정 민감성(예 : 운영상 어려움을 일으키는 것으로 알려진 물질)
- 폐기물 발생원 파악
- 물리적 조성, 발열량(건조 연료화 시설)

폐기물처리시설 운영 시 각 설비의 부하, 배출가스 중 오염물질 부하량, 처리효율 등을 적정 관리하기 위하여 처리대상 폐기물의 시료를 정기적으로 채취하여 삼성분(수분, 가연분, 회분)분석, 조성분석(물리적 조성 및 화학적 조성), 겉보기 밀도, 발열량 분석, 강열감량, 수분함량 등 물질적 특성을 분석해야하며, 계절별 조사 등도 반영해야 한다.

생활폐기물의 성상분석을 위한 시료채취 방법으로는 다음 표와 같은 일반적인 방법을 이용하되, 폐기물의 형태 및 발생원, 유해정도에 따라 다르게 적용할 수 있다.

생활폐기물의 경우 대상 지역과 계절 등에 따라 폐기물 성상이 크게 변화되기 때문에 폐기물 성상조사를 통해 폐기물 특성을 결정해야 한다. 폐기물 특성은 지역 및 계절 간 편차뿐만 아니라 일별 편차도 상당히 크므로 반복적인 조사(2회/월 이상)로 대상 지역의 폐기물의 특성을 파악하는 것이 필요하다.

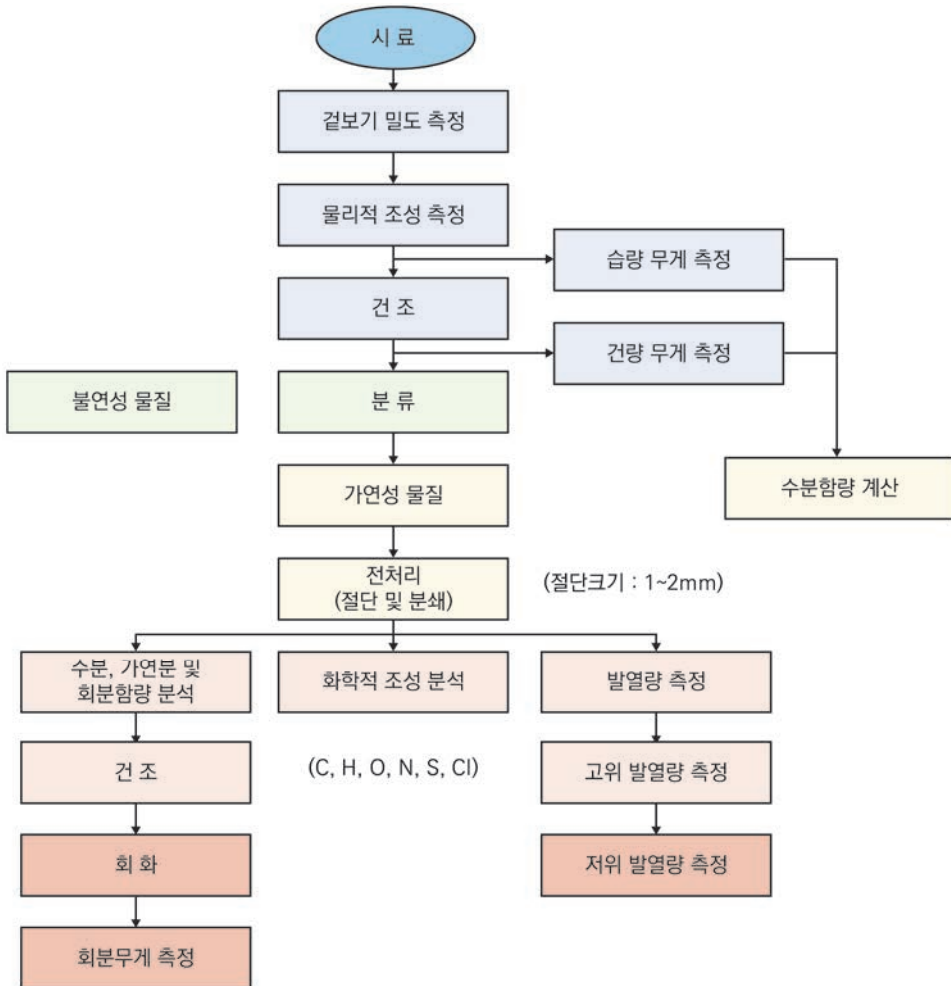
[표 4.1] 생활폐기물 시료채취 방법

채취 방법	채취 절차
수집 운반차에서 채취 방법	대표적인 시료를 채취하기 위하여 무작위 채취 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 수집 운반차의 2대 또는 3대 간격으로 시료 채취</li> <li>• 수거차마다 배출지역이 다를 경우 총별 채취(상가지역, 주택지역, 공장지역으로 구분하여 배출량에 비례하여 차량대수 선정)</li> <li>• 수거차 1대당 10 kg 이상 채취하고 원시료의 총량을 200 kg 이상 채취</li> </ul>
저장용기에서 채취 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용기 내의 폐기물을 충분히 섞은 다음 200 kg 이상 채취</li> </ul>
채취 시료의 교반 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시료를 건조한 콘크리트 바닥 또는 넓은 비닐시트 위에서 파쇄, 혼합 후 균질화</li> <li>• 시료를 원추형으로 적재시킨 후 꼭짓점에서부터 편평하게 성형</li> <li>• 편평하게 된 원추대를 4등분하고 상응되는 2개 부분을 선정하여 1차 시료로 채취</li> <li>• 1차 시료를 다시 원추형으로 적재시킨 후 같은 방법으로 2 ~ 3회 반복</li> <li>• 최종시료 5 ~ 10 kg을 채취</li> <li>• 축분 도중 조대 폐기물(모포, 타이어, 나무류, 드럼통 등) 등 파쇄하기 어려운 것은 별도로 추출하여 놓고 최종시료에 대상폐기물을 잘라 축분 횡수에 맞게 사용량을 조정하여 추가</li> </ul>
폐기물 분석을 위한 시료채취 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 당일 반입된 폐기물을 크레인으로 8 ~ 10회 집어 약 10 톤을 한곳에 모은 다음 충분히 혼합·교반하여 200 ~ 300 kg 정도 채취</li> <li>• 채취한 시료는 콘크리트 바닥이나 넓은 비닐시트 위에서 밀봉된 폐기물은 파봉하고 별도로 분리시킨 폐기물은 축분 횡수(0.5 × n) 만큼 잘라 추가</li> <li>• 균일하게 만든 시료는 원추 4분법으로 약 3회 축분하여 20 ~ 30 kg을 시료로 분취</li> <li>• 시료채취는 신속하게 작업을 해야 하며, 가능한 1회 작업은 1시간 이내에 완료</li> </ul>



## 4. 공정 환경관리기법

폐기물 성상분석을 위한 일반적인 절차는 다음 그림과 같다.



[그림 4.1] 가연성 폐기물의 성상분석 절차

[출처 : 환경부, 2016b]

### 환경편익 및 경제성

각 폐기물처리공정에 부적합한 폐기물을 제한하거나 폐기물의 특성을 파악함으로써 운영상의 문제를 감소시키고, 추가적인 오염물질 배출을 방지할 수 있다.

적용되는 절차의 범위와 복잡성에 따라 이 기술들을 적용하는데 필요한 비용이 크게 달라지며, 광범위한 샘플링 및 분석 방법을 적용할 경우, 운영비용이 상당히 커질 수도 있다.

### 운영 데이터 및 적용사례

[표 4.2] 여러 폐기물 종류에 적용되는 일부 점검 및 샘플링 기술

폐기물 종류	적용된 기술의 예	비고
혼합 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>저장조에서의 시각적 검사</li> <li>별도의 하역에 의한 개별적 반입에 대한 무작위 추출 검사</li> </ul>	위험성이 큰 사업장 폐기물의 경우 세심한 주의 필요
전처리된 폐기물 및 SRF	<ul style="list-style-type: none"> <li>시각적 검사</li> <li>핵심 특성/물질에 대한 주기적인 샘플링 및 분석</li> </ul>	SRF의 경우 성분별 함유량 성적서 첨부
하수슬러지	<ul style="list-style-type: none"> <li>주요 특성과 물질에 대한 주기적인 샘플링 및 분석</li> <li>펌프로 올리는 수송, 습기제거 및 건조 단계 이전의 단단한 물질(예 : 돌/금속/나무/플라스틱)점검</li> </ul>	기술의 적합성은 슬러지(예 : 생슬러지, 소화슬러지, 산화된 슬러지 등)의 종류에 따라 다름

폐기물의 정상분석을 위한 폐기물 시료는 저장조에 반입되어진 균질화된 당일 투입폐기물을 대상으로 하는데, 그 이유는 저장조에서 장기간 보관된 폐기물의 경우 혐기성 미생물에 의한 분해 또는 저장조 내의 수분에 의해 포화가 되어 실제 폐기물의 성상이 변할 수 있기 때문이다. 계절별로 직접 조사하여 반영하기 곤란한 경우에는 환경영향평가 또는 폐기물 통계조사 자료 등을 종합적으로 비교·분석한 자료를 활용할 수 있다.

폐기물의 정상분석에는 적어도 연 4회(계절별 1회) 이상의 측정이 필요하며, 수분함량의 평균값을 알기 위해서는 비오는 날은 수집을 피하는 것이 바람직하다. 폐기물의 채취는 될 수 있는 한 신속하게 하며, 1회의 채취는 적어도 폐기물의 축소작업 개시부터 30분 이내에 완료하는 것이 바람직하다.

### 적용 가능성

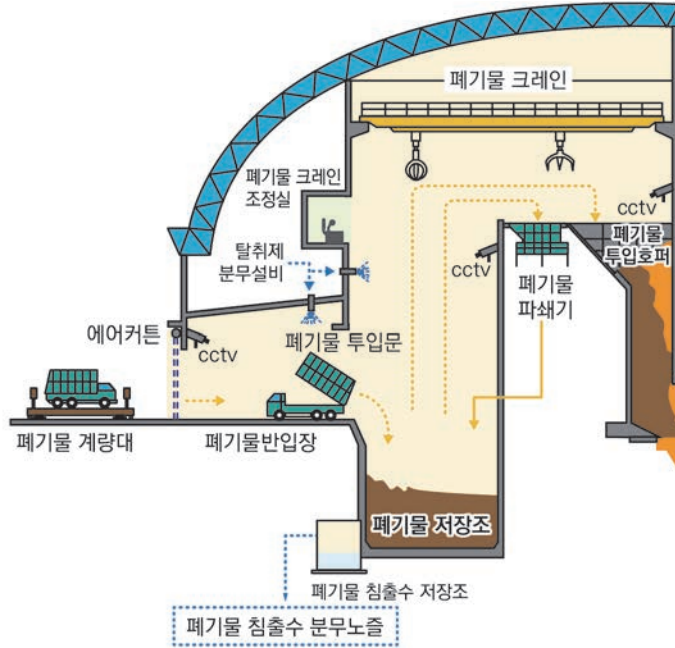
일반적인 폐기물처리시설에서 널리 사용되나 소각을 제외한 일부 폐기물처리시설(음식물처리, 재활용선별 등)에서는 적용하기 어렵다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 라. 반입장 에어커튼 자동화 연계 시스템

폐기물 반입차량에 대한 감지장치, 반입장 입구 에어커튼 및 고속전동셔터를 자동화 연계 운영하여, 원료 반입 관리의 효율성과 안전성을 확보하고 반입장 내부의 악취누출을 최소화한다.



[그림 4.2] 반입장 자동화 시스템 예시



[그림 4.3] 반입장 에어커튼 및 고속전동셔터 예시

### 환경편익 및 경제성

폐기물 원료 차량 반입 관리의 자동화로 안전성 확보되고, 반입장 내부 공기 누출 방지로 악취 민원에 대한 소요 비용 및 대기 방지시설의 효율을 높일 수 있다.

### 운영 데이터 및 적용사례

○○ 사업장에서는 가연성폐기물 시범화 사업으로 설치 운영하고 있다.

### 적용 가능성

폐기물 원료 반입장을 운영하는 폐기물처리시설에 적용 가능하다.

생활폐기물 및 음식물류 폐기물 반입시설에 적용이 용이하다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 4.1.2 폐기물의 적정 보관

폐기물 보관 장소에서 발생할지도 모르는 위험을 감소시키기 위하여 보관의 안전을 개선하는 등 추가 기술이 사용될 수 있다.

#### 가. 폐기물 보관 기간 관리

일반적으로 폐기물은 밀폐된 건물에서 보관되며, 저장기간은 수집 및 운반 형태에 크게 영향을 받는다. 폐기물처리시설의 운전은 폐기물 보관용량과 최대 보관기간, 폐기물이 반입되지 않는 기간에 따라 결정된다. 폐기물 보관량 및 처리기한은 「폐기물관리법」 시행규칙 제31조(폐기물처리업자의 폐기물 보관량 및 처리기한)에 제시되어 있다.

#### 환경편익 및 경제성

일반적으로 폐기물의 보관기간을 단축하는 것은 다음과 같은 효과가 있다.

- 용기의 기능 저하 방지(침식, 마모, 부식 등 영향)
- 유기성 폐기물의 부패 방지에 따른 악취 배출, 처리 및 취급 어려움, 화재 및 폭발 위험 발생 가능성 저감
- 폐기물 보관 장소 유연성 확보

이러한 폐기물의 보관기간 단축을 위해서는 다음과 같은 활동이 요구된다.

- 폐기물 저장량이 너무 많아지지 않게 적절히 조절
- 폐기물 배출자 및 수집·운반업자와의 협조체계를 유지하여 폐기물 반입량을 적정 수준으로 유지·관리

폐기물의 적절한 보관기간을 유지하기 위해서는 처리시설의 용량 및 반입폐기물량을 고려하여 적절한 용량의 폐기물 저장조 설치가 필요하다. 이러한 폐기물 저장조의 설치에 있어서 배수대책 및 악취대책을 강구해야 하는데, 이로 인한 추가적인 설치 및 운영비용이 소요된다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

지정폐기물과 같이 선별 조치 후 처리되는 폐기물의 경우 장기간 보관이 경제적인 수 있기 때문에 폐기물의 보관기간은 폐기물의 특성 및 사업장의 특성에 따라 달라진다.

폐기물 저장조 내 폐기물량이 많으면 파봉 및 교반을 위한 공간이 협소하여 운전자가 작업하기가 어렵다. 폐기물량이 적으면 숙성(Fermenting)이 되지 않아 정상운전에 불리하므로 폐기물 보관기간 설정을 위한 각별한 주의가 필요하다.

### 매체통합적 환경영향

폐기물 보관기간 단축은 폐기물 장기간 보관으로 인해 발생할 수 있는 악취, 병원성 미생물 발생으로 인한 보건적 악영향을 예방할 수 있다.

### 적용 가능성

폐기물 저장조 용량은 소각시설의 경우 원칙적으로 계획 1일 최대 처리량의 3배 이상의 용량(중량기준)으로 설치하는 것으로 하며, 가능한 한 지하 깊이는 최소화하여 효율적인 크레인작업을 할 수 있도록 한다.

그 외 폐기물 보관량 및 처리기한은 「폐기물관리법」 시행규칙 제31조(폐기물처리업자의 폐기물 보관량 및 처리기한)를 참고한다.

[표 4.3] 폐기물 저장조 설치 기준

고려사항	폐기물 저장조 용량 기준
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 폐기물의 반입계획</li> <li>• 소각시설의 운전계획</li> <li>• 1일 수집량의 변화율</li> <li>• 폐기물의 걸보기 밀도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생활폐기물 저장조 용량은 원칙적으로 계획 1일 최대 처리량(해당 처리시설에 과한 것으로 제한한다)의 5배 이상(500 톤 이상은 3일)의 용량(중량기준)으로 설치하되 가능한 한 깊이는 최소화하여 효율적인 크레인 작업을 할 수 있도록 한다.</li> <li>• 사업장 폐기물은 1일 최대 처리량의 10일 이상 30일 미만으로 한다.</li> <li>• 저장조 용량산정은 폐기물 밀도를 고려하여 산정해야 하며, 적절한 배수대책 및 악취대책을 세워야 한다.</li> <li>• 저장조 내에서 자연발화 등에 의한 화재를 대비하여 소화기 등 화재대비 소방 설비 설치를 검토하여야 한다.</li> </ul>



## 4. 공정 환경관리기법

### 나. 방수, 배수, 분산 및 악취 제어

표면을 밀봉하고 배수를 제어하는 구역에서의 폐기물 보관은 폐기물에서의 직접적인 누출이나 침출을 방지한다. 적용된 기술은 폐기물의 종류, 조성 및 취약성 또는 폐기물의 누출과 관련된 위험에 따라 다양하다.

일반적으로 다음 표와 같은 보관기술이 적합하다.

[표 4.4] 폐기물 종류에 따른 보관기술의 예

폐기물 종류	보관 기술
폐기물에 적용되는 일반사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 악취물질은 보관시설의 공기조화(Air Conditioning) 설비를 통해 연소실의 1차, 2차 공기로 활용(인근 소각시설 및 연소실 보유 시설에 적용)</li> <li>• 배수설비가 있는 적재/하역 구역</li> <li>• 잠재적 오염 구역에 대해 배수 부분이 색깔 부호로 분명하게 표시된 구역 이용(보관, 적재, 운반)</li> <li>• 폐기물 종류와 위험에 따른 보관기간의 제한</li> <li>• 충분한 보관용량</li> <li>• 대상폐기물과 현장조건에 따라 일시적 보관을 위한 일부 폐기물의 압축 포장 또는 봉쇄</li> <li>• 화재방지 조치</li> </ul>
비유해성 고품 산업장폐기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 덮개와 벽이 있는 건물 내의 누출 위험이 없는 장소</li> <li>• 낮은 오염 가능성을 가진 일부 품목들은 특수한 조치 없이 보관</li> </ul>
전처리된 생활폐기물 및 고품연료제조시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 침출수가 시설 외부로 새거나 지하로 침투하지 않는 저장시설</li> <li>• 덮개와 벽이 있는 건물 내의 누출 위험이 없는 장소</li> </ul>
액상폐기물 및 슬러지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 외벽이 설치된 저장시설</li> <li>• 시멘트, 아스팔트포장, 지붕과 벽면을 갖춘 보관창고 보관</li> <li>• 휘발성 물질을 위한 소각로 도관 설치</li> <li>• 도관 내 폭발 제어 장치 등</li> </ul>
드럼통에 담긴 액상폐기물 및 슬러지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시멘트, 아스팔트포장, 지붕과 벽면을 갖춘 보관창고 보관</li> <li>• 외벽이 설치되고 방수처리 된 지면</li> </ul>
유해폐기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 위험평가에 따라 격리 보관</li> <li>• 보관기간에 따른 특별한 주의</li> <li>• 자동 취급 및 적재 장치</li> <li>• 표면과 용기용 세정 시설</li> </ul>

### 환경편익 및 경제성

폐기물의 적절한 보관을 통해 다음과 같은 환경편익을 얻을 수 있다.

- 안전한 용기를 이용한 배출 위험 저감
- 저장된 폐기물의 우수침투 방지조치에 따른 저위발열량 및 연소의 어려움 저감

- 바람에 의한 산란·비산 방지
- 침출수 생성 저감(관리 요구량 저감)
- 오염물질 이동 저감
- 용기의 기능 저하 저감(부식 및 일광)
- 밀봉된 용기의 팽창 및 수축과 관련된 온도 변동·저감
- 악취 배출 및 그에 대한 관리 저감
- 비산 배출 관리 가능

### 운영 데이터 및 적용사례

폐기물 저장 및 보관창고는 다양한 형태, 용량이 있으며, 폐기물 유형에 따른 저장시설을 적용하는 것은 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다.

- 향시 폐기물을 투입할 수 있고, 주변 미관이 보존
- 폐기물 수집 작업의 자동화와 기계화가 가능
- 폐기물 선별 보관, 분리수거가 용이
- 폐기물 보관 장소의 위생관리, 미관유지가 용이

일반적으로 생활폐기물 및 사업장폐기물, 지정폐기물 등에 적용된다. 지정폐기물은 시멘트포장, 방류벽설치, 보관표지판 부착, 지붕, 벽면 등이 설치된 장소에 보관함으로 폐기물 보관으로 인한 침출수 발생 및 유출을 방지한다.

### 매체통합적 환경영향

적정한 보관시설을 갖추기 위한 추가적인 공간과 예산투입이 필요하며, 밀폐된 곳은 화재사고 등 문제 발생 시, 보건안전 측면에서 매우 불리하므로 특별한 주의가 필요하다.

### 적용 가능성

반입된 폐기물 종류를 파악하고 이에 따른 폐기물의 적정한 보관시설을 운영하는 기술은 오염의 확산을 방지한다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 다. 보관시설 내 발생가스 연소실 주입

인근에 폐기물소각시설 및 연소시설이 있는 경우, 폐기물 저장시설 내 공기조화를 위해 저장시설의 배출가스를 연소실 공기 공급원(1차, 2차)으로 활용하여 저장시설의 악취 및 비산배출을 저감하고 주요 위험요소를 관리할 수 있는 기술을 활용할 수 있다. 이 경우, 폐기물 저장시설을 밀폐시키고 폐기물 보관 구역의 출입을 제한함으로써 폐기물보관 구역을 약간의 음압(-)으로 유지될 수 있어 악취, 유해가스, 비산 오염원의 외부 유출을 방지할 수 있다.

[표 4.5] 악취 및 비산 배출 감소를 위한 주요 기술

기술	적용
연소공기가 추출되는 밀폐된 건물 내의 고형폐기물	<ul style="list-style-type: none"><li>• 생활폐기물</li><li>• 대량 고형폐기물 및 점도가 높은 유해폐기물</li><li>• SRF(Solid Refuse Fuel)</li><li>• 슬러지</li><li>• 기타 악취 폐기물</li></ul>
소각 공기 급송장치로 가는 도관 탱크	<ul style="list-style-type: none"><li>• 악취 및 휘발성 유해폐기물(예 : 용제 폐기물)</li><li>• 슬러지</li><li>• 기타 악취 또는 휘발성유기화합물(VOCs) 유발 폐기물</li></ul>

#### 환경편익 및 경제성

별도의 공기조화 시스템을 설치하지 않고, 폐기물 보관시설 내 비산배출 물질, 악취, 유해가스 배출을 처리할 수 있으며, 보관시설의 위험요소를 저감시킬 수 있다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

폐기물 보관시설의 공기조화 시스템을 운영하기 위해서 관리비용이 증가될 수 있으나, 소각로의 가동중단 시에도 공기조화가 이루어질 수 있도록 별도의 공기조화 시스템의 설치는 필요하다.

악취 배출을 저감하기 위하여 생활폐기물 소각시설을 포함한 종합폐기물처리시설 등에서 많이 이용되고 있으며, 폐용제와 같이 휘발성이 강한 지정폐기물 소각시설에서도 많이 이용된다. 소각설비 중단 시에는 탈취탑을 가동하여 보관시설의 악취 및 기타 유해물질을 저감할 수 있도록 설치 운영하고 있다.

#### 매체통합적 환경영향

처리시설 인근에 소각시설이 없거나 소각로가 정상 가동되지 않을 때 대체 공기 취급 및 처리 조치가 필요할 수 있다. 복수의 소각설비가 설치된 경우에도 중대 사고에 의해 동시에 모든 소각로의 운전이 정지된 경우를 대비하여 예비적인 공기조화 시스템의 구축이 필요하다. 유해폐기물(특히 가연성이나 휘발성 물질) 보관지역에서 공기를 추출할 경우에는 폭발의 위험을 피하기 위한 주의가 필요하다. 폐기물 저장시설 안에서 화재가 발생한 경우 보관시설에서 소각 건물로 화재가 번지지 않도록 공기 통로를 차단할 수 있는 소방시설의 구축이 필요하다.

### 적용 가능성

악취나 기타 물질이 폐기물 보관 구역으로부터 방출될 위험이 있는 모든 폐기물처리시설 인근에 연소용 공기를 필요로 하는 소각시설이 있는 경우 적용이 가능하다.

휘발성 용제를 보관하는 설비는 이 기술을 사용하면 휘발성 유기화합물(VOCs) 배출을 크게 줄일 수 있으며, 악취 제어만을 위해서 사용되는 경우에도 이 기술을 이용할 수 있다.

### 라. 폐기물 종류별 분리 보관

폐기물의 반입 절차 및 저장은 폐기물의 물리·화학적 특성에 따라 다르다. 따라서 적절한 폐기물의 분류 작업은 폐기물의 저장과 투입 방법 선택에 있어서 필수적인 요소이다.

적용되는 분리기술은 반입되는 폐기물의 종류, 처리시설의 처리능력 및 대체 처리 또는 전처리 가능성에 따라 달라진다. 유해폐기물 간 화학반응이 있는 경우, 해당 유해폐기물은 혼합되어서는 안 되며, 유해성 혼합물의 생성을 방지하기 위해 분리되어야 한다.

[표 4.6] 폐기물 종류에 따른 폐기물 분리방법

기술	적용
생활폐기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전처리를 요구하는 대형폐기물 분리</li> <li>• 분리가 곤란한 폐기물의 격리 보관</li> <li>• 전처리를 통해 금속 성분의 폐기물을 제거하여 분쇄작업을 돕고 막힘을 방지</li> </ul>
전처리된 폐기물 및 고형연료제조시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 선별 잔재물 특성별 분리 보관</li> <li>• 생산된 고형연료제품 별도 보관</li> </ul>
지정폐기물	<p>화학적으로 부적합한 물질을 분리하기 위한 절차 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 인화물로부터 생긴 물</li> <li>• 이소시아네이트(Isocyanate)로부터 생긴 물</li> <li>• 알칼리성 금속으로부터 생긴 물</li> <li>• 산에서 생긴 시안화물</li> <li>• 산화제로부터 생긴 가연성 물질</li> <li>• 사전 분리되어 반입된 폐기물은 분리 상태를 유지</li> <li>• 폐유기용제 저장시설은 특정토양오염관리대상시설(벤젠, 톨루엔)로 관리가능한 저장시설 확보</li> <li>• 내부 방수처리 및 도장, 철근콘크리트로 마감된 지하저장조에 보관</li> </ul>
슬러지	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 슬러지 특성별 처리방법 적용</li> <li>• 슬러지 종류별 구분(친수성, 오일류, 소수성, 섬유질)</li> <li>• 슬러지 특성 조사(수분, 유기물, 무기물함량 등)</li> </ul>
음식물류 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 음식물류 폐기물은 악취가 나오거나 오수가 흘러나오지 아니하도록 밀폐 보관시설에 보관</li> </ul>
의료폐기물	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수분함량과 발열량(CV)은 발생원에 따라 크게 다름</li> <li>• 적당한 보관과 투입 제어가 가능하도록 용기를 분리</li> </ul>



## 4. 공정 환경관리기법

### 환경편익 및 경제성

부적합한 물질들을 분리함으로써 다음과 같은 배출 위험을 감소시킬 수 있다.

- 사고 위험 감소(환경, 건강 및 안전과 관련된 배출을 유발할 수 있는 위험)
- 설비의 과부하와 오작동을 방지
- 각종 기기의 수명연장 가능
- 오염물질 배출 감소

### 운영 데이터 및 적용사례

생활폐기물의 분리수거는 처리기반 형태에 따라 다양하게 분류할 수 있다. 폐기물처리 형태별로 분류하면 매립, 소각, 자원화처리로 분류하는 것이 가능하며, 매립위주로 처리하는 지역에서는 재활용성, 대형폐기물, 매립용 폐기물로 분류, 소각처리를 기반으로 하는 곳은 재활용성, 가연성, 불연성, 대형폐기물로 분류, 음식물류 폐기물을 별도로 자원화하는 지자체는 재활용성, 가연성, 불연성, 대형폐기물, 음식물류 폐기물로 분류, 서울시와 같이 형광등, 건전지와 같이 유해성 폐기물을 별도로 관리하는 곳은 재활용, 가연성, 불연성, 대형폐기물, 음식물류 폐기물, 유해폐기물로 분류하고 있다.

[표 4.7] 생활폐기물의 처리기반에 따른 분리수거 항목

처리기반	분리 종	폐기물 종류
매립	3원 분리	자원성, 대형폐기물, 매립성
소각	4원 분리	자원성, 가연성, 불연성, 대형폐기물
재활용 + 음식물	5원 분리	자원성, 음식물류 폐기물, 가연성, 불연성, 대형폐기물
재활용 + 음식물 + 유해성	6원 분리	자원성, 음식물류 폐기물, 가연성, 불연성, 대형폐기물, 유해성폐기물

### 적용 가능성

지자체별로 분리 보관 및 수거를 실시하고 있다.

## 마. 폐기물 수거·보관 용기 관리

폐기물 보관용기로 많이 사용되고 있는 것으로는 철재 드럼용기, 폴리에틸렌 케미칼드럼, 플라스틱드럼 용기가 있다. 드럼용기는 액상폐기물(폐유 등)이나 위험물(건전지, 형광등 등), 빈 캔, 공병 등의 수집·운반용기나 일시 보관용기로서 많이 이용되고 있다. 최근에는 음식물류 폐기물을 사료 등으로 위탁처리하기 위하여 수집·운반하는 용도로 많이 사용하고 있다.

폐기물 수집 및 보관을 위해서는 폐기물 성분에 대한 사전 정보를 인지해야 하며, 이에 따라 폐기물취급 및 처리작업을 선택할 수 있어야 한다. 이를 통해 운영자가 발생한 문제의 원인을 파악할 수 있게 함으로써 그 문제점을 제거 또는 제어할 수 있도록 해야 하며, 반입 및 처리된 폐기물의 종류와 수량이 계약과 동일한지 확인할 수 있어야 한다.

일반적으로 폐기물 수거 용기는 다음과 같이 폐기물의 적절한 설명이 표시되어 있어야 한다.

- 운반자의 이름과 주소, 연락처
- 폐기물을 발생원
- 수량
- 수분 및 기타 성분의 함량
- 열량
- 염화물, 불화물, 황 및 중금속의 농도 등

「폐기물관리법」 시행규칙 [별표 5]에 따른 지정폐기물 보관 기준 및 방법은 다음과 같다.

- 지정폐기물은 지정폐기물 외의 폐기물과 구분하여 보관하여야 한다.
- 폐유기용제는 휘발되지 아니하도록 밀폐된 용기에 보관하여야 한다.
- 폐석면은 다음과 같이 보관한다.
  - 석면 해체·제거작업에 사용된 바닥비닐시트, 방진마스크, 작업복 등 훔날릴 우려가 있는 폐석면은 습도 조절 등의 조치 후 고밀도 내수성재질의 포대로 2중 포장하거나 견고한 용기에 밀봉하여 훔날리지 않도록 보관한다.
  - 고형화되어 훔날릴 우려가 없는 폐석면은 폴리에틸렌, 그 밖에 이와 유사한 재질의 포대로 포장하여 보관한다.
- 지정폐기물에 의하여 부식되거나 파손되지 아니하는 재질로 보관시설 또는 보관용기는 사용하여 보관한다.



## 4. 공정 환경관리기법

- 자체 무게 및 보관하려는 폐기물의 최대량 보관 시 적재무게에 견딜 수 있고 물이 스며들지 아니하도록 시멘트·아스팔트 등의 재료로 바닥을 포장하고 지붕과 벽면을 갖춘 보관창고에 보관한다.
- 지정폐기물 중 폐산·폐알칼리·폐유·폐유기용제·폐촉매·폐흡착제·폐흡수제·폐농약, 폴리클로리네이티드비페닐 함유 폐기물, 폐수처리 슬러지 중 유기성 슬러지는 보관이 시작된 날부터 45일을 초과하여 보관하여서는 안되며, 그 밖의 지정폐기물은 60일을 초과하여 보관하여서는 안된다.

### 환경편익 및 경제성

폐기물 성상을 고려한 보관용기를 사용함으로써 용기 부식이나 관리 미흡으로 인한 경제적 손실을 예방할 수 있다.

### 운영 데이터 및 적용사례

지정폐기물처리시설 등에서 폐기물 성상을 고려한 용기를 사용한다.

### 매체통합적 환경영향

「폐기물관리법」 시행규칙 [별표 5] “폐기물의 처리에 관한 구체적 기준 및 방법”에 따른 재질의 보관 용기 등 사용한다.

### 적용 가능성

생활폐기물, 의료폐기물, 지정폐기물 등 폐기물이 용기 내에 있고, 가변성을 띠거나 독특한 성분을 가지고 있는 상황에 주로 적용된다.

### 4.1.3 폐기물 운반

#### 가. 반입폐기물 이송차량

폐기물처리시설로 반입되는 반입차량을 관리함으로써 오염물질 비산 방지 및 청결을 유지하기 위한 기술이다.

폐기물 반입 허용차량 기준은 다음과 같다.

- 적재함은 관계법령에 따라 밀폐되고 악취발산, 폐기물의 비산, 해충발생방지 및 침출오수 누수방지 등이 완비된 차량
- 우천 시 슬러지 및 폐기물 이송의 경우 강우 유입 방지조치
- 세륜 및 세차시설 설치 운영
- 폐기물 이송차량이 사업장 외부로 나가기 전 세차 실시

#### 환경편익 및 경제성

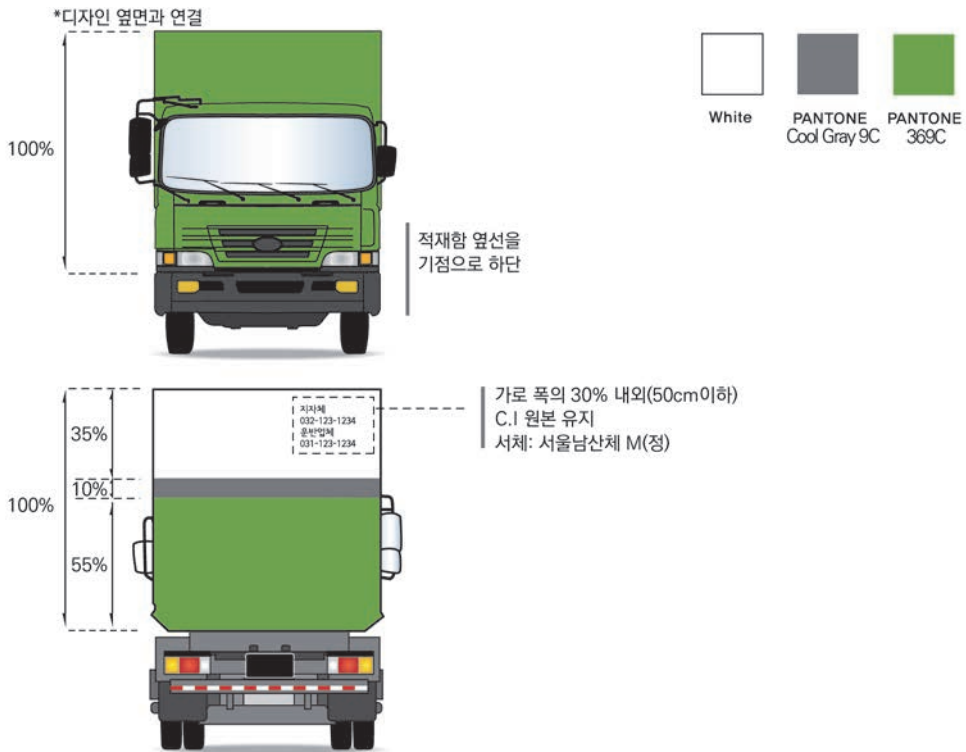
각 사업장별로 반입폐기물 이송차량 기준을 설정하여 운영함으로써 안전하고 위생적인 처리시설 운영이 가능하다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

수도권매립지관리공사 폐기물 종류별 차량색상 및 적재함 규정 적용



## 4. 공정 환경관리기법



[그림 4.4] 생활 및 사업장폐기물 반입차량 규정

[출처 : 한국환경공단, 2021]

### 매체통합적 환경영향

반입되는 반입차량을 관리함으로써 오염물질 비산 방지 및 청결 유지한다.

### 적용 가능성

대부분의 폐기물처리시설에서 적용 가능하다.

## 4.1.4 악취저감

### 가. 국소배기 및 덕트 포집을 통한 방지시설 연계 처리

각 단위시설에 국소배기설비 및 내부 공조설비를 갖추어 발생하는 악취물질의 외부 유출 없이 전량 포집·처리하여 후단 방지시설에 연계처리 하는 방식이다.

국소배기장치는 후드, 덕트, 댐퍼 등으로 구성되어 있으며 후드는 악취가스의 포집, 덕트는 악취가스 및 배출가스 이동을 위한 장치이며 최종 굴뚝은 처리된 가스를 외부로 배출하도록 하고 송풍기는 악취가스의 이동에 필요한 정압과 풍량을 제공한다.

사업장에서 발생하는 악취가스의 원활한 배기를 위해서는, 적절한 포착속도를 유지하기 위한 국소포집장치(후드)의 설계, 일정한 정압과 풍량을 유지할 수 있는 주관과 가지관의 설계, 주관과 가지관에서 일정한 정압의 유지와 풍량을 흡입 또는 토출하는 송풍기의 설계가 중요하다.

#### 환경편익 및 경제성

악취 배출시설별로 방지시설을 설치하지 않고 포집하여 처리함으로써 경제적인 처리가 가능하다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

후단 방지시설 적용에 따라 제거효율이 상이할 수 있다.

#### 매체통합적 환경영향

후단방지시설의 형태에 따라 폐수 및 폐기물 등의 환경오염물질이 발생할 수 있다.

#### 적용 가능성

모든 폐기물처리시설에서 적용 가능하며 처리시설에 따른 적정 포집 장치를 설치하는 것이 중요하다.

후드는 오염물질 배출원을 둘러싸서 외부로 배기 되지 않도록 하는 국소배기 장치의 일종으로 후드의 가장 큰 역할은 오염물질(악취)이 외부로 비산되어 배출되지 않고 후드 내로 포집되어 요구되는 설비로 이송시키는 것이다. 따라서, 작업 공정상 문제가 발생되지 않는 범위 내에서 최대한 밀폐하는 것이 가장 좋은 후드의 조건이다.

후드의 종류에는 형태별 분류로 외부식, 레시버식, 부스식, 포위식 등이 있고 설치된 위치, 즉 방향에 따라 상방(Upward), 하방(Downward), 측방(Lateral), 경사(Oblique) 후드 등으로 분류한다.

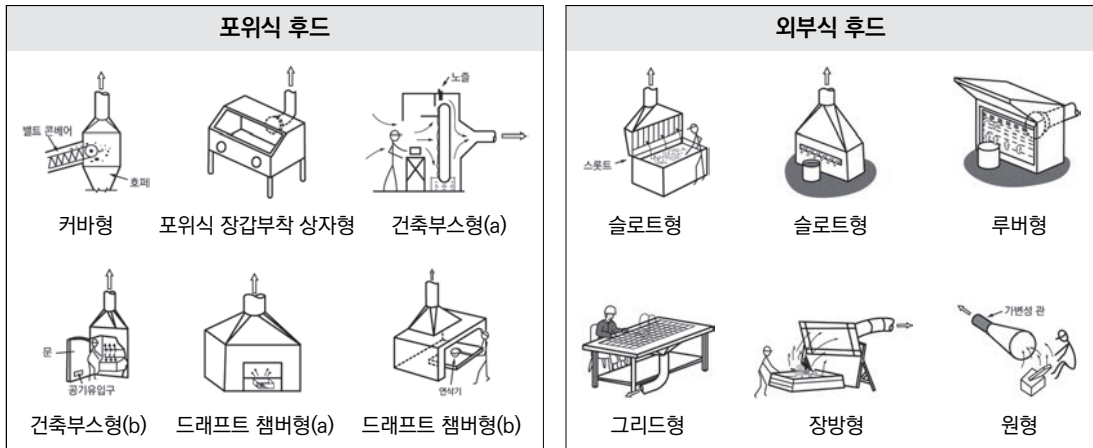
덕트는 배기가 이동하는 통로로 덕트(또는 송풍관), 곡관(엘보), 합류관(Branch, Tee) 및 기타 부속물로 이루어진다. 덕트에서 가장 중요한 요소는 반송속도이다. 즉, 배기량에 대한 관경의 크기로 같은 관경의 경우 배기량이 많아지면 유속이 증가하고 압력손실이 커진다. 반대로 배기량이 적어지면 유속이 감소하고 압력손실이 적어진다.



## 4. 공정 환경관리기법

[표 4.8] 누출검지 모니터링 기법의 종류와 특징

오염물질	예	반응속도 (m/sec)
가스, 증기, 미스트	• 각종 가스, 증기, 미스트	5 ~ 10
흠(Fume) 매우 가벼운 건조한 분진	• 산화아연, 산화알루미늄, 산화철 등의 흠, 나무, 고무, 플라스틱 등의 미세한 분진	10
가벼운 건조한 분진	• 원면, 곡물분, 고무, 플라스틱, 톱밥 등의 분진과 경금속 분진	15
일반 공업분진	• 털, 부스러기, 샌드블라스트, 그라인더 분진 등	20
무거운 분진	• 납분진, 주물사, 금속가루분진	25
무겁고 습한 분진	• 습한 납분진, 철분진, 주물사, 요업재료	25 이상



[그림 4.5] 후드의 종류

[출처 : 안전보건공단, 2012]

## 나. 발생 악취 농도별 처리

폐기물처리시설에서 발생하는 악취는 발생원에 따라 농도가 다르며 그 농도에 따라 적정 방지 시설을 적용하는 기술이다. 일반적으로 저농도 및 고농도로 구분하여 처리 가능하며 발생원에 국소배기시스템을 설치하여 포집 처리하는 기술이 적용된다. 또한, 악취는 발생 성상에 따른 제어 방법이 다양하며 이를 적절하게 적용함으로써 처리효율을 높일 수 있다.

### 환경편익 및 경제성

농도별 성상이 다른 악취 유발 물질을 효과적으로 제거할 수 있다.

### 매체통합적 환경영향

적용 방지시설에 따라 폐수 및 폐기물 등의 추가적인 오염물질의 발생이 가능하다.

### 적용 가능성

모든 폐기물처리시설에 적용 가능하며 악취 배출시설에서 배출되는 악취의 성상을 파악하여 농도별 처리기법을 적용한다.

## 다. 악취방지시설 관리

### 악취방지시설 청소

[표 4.9] 악취방지시설 청소 개요

구분	악취방지시설 청소 개요
주기	약 2주에 1회(호기당) / 주 3개 호기 청소
내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전·후처리 세정수 배수 및 청소용 점검구 해체</li> <li>• 작업자 세정탱크 내부 진입 더스트/미스트 제거 및 세정실시(데미스터, 스크린필터, 분사노즐 및 관로) 고압세척</li> <li>• 탱크 내벽체 고착물 제거 및 바닥부 침전슬러지 제거</li> <li>• 전처리 순환수 교체 및 예비품 청소</li> </ul>
인력 운영	환경담당자 및 탈취설비 전담 청소요원

### 약액습식세정기 관리

- 내부 약품 수조 및 노즐 청소
- 세정수 배관 및 노즐 교체



## 4. 공정 환경관리기법

### 출입문 개폐상태 관리



[그림 4.6] 반입장 출입문 관리

### 악취확산 방지 출입문 경광등 설치 운영(반입장, 반출장, 보관장 등)



[그림 4.7] 보관장 타이머 연동 경광등 운영



[그림 4.8] 반입장 타이머 연동 경광등 운영

### 환경편익 및 경제성

설비 설치 및 운영관리를 위한 추가적인 비용이 소요될 수 있다. 이는 악취를 발생원에서 관리함으로써 후단 방지시설에 소요되는 비용을 감축할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

방지시설을 관리함으로써 방지시설 효율 저하 및 고장으로 인한 경제적 손실을 예방할 수 있다.

### 운영 데이터 및 적용사례

○○관리공사 반입시설 및 사업장

### 매체통합적 환경영향

악취발생원 관리 및 방지시설 관리를 통해 악취 발생을 감소시킨다.

### 적용 가능성

추가적인 설비공사 및 장비가 투입됨에 따라 규모에 따른 적용성 검토 후 적용이 필요하다.



### 4.2 중간처분·재활용시설

#### 4.2.1 음식물자원화시설

##### 가. 음폐수 소각시설 내 분무(소각)

폐수 내 유기물 및 무기물을 폐기물 연소시설(소각로)에 산화시키는 방법으로 730 ~ 1,200 °C (촉매를 사용할 경우 더 낮은 온도)에서 폐수를 증발시킨다. 오염물질의 종류에 따라 이산화탄소, 물, 기타 무기화합물(질소산화물, 황산화물, 할로젠화수소, 인산염, 중금속 화합물)이 반응산물로 생성된다.

##### 환경편익 및 경제성

- 심각한 환경오염원인 음폐수의 처리방식에 있어서 기술적 한계에 다다른 기존 처리방식(예 : 해양투기, 육상폐수처리, 하수 연계처리 등)에 비해 난분해성 음폐수를 효과적으로 처리할 수 있는 환경적으로 매우 안전한 기술이다.
- 소각로의 구조와 운전조건 또는 음폐수의 성상에 따라 다르지만, 보통의 경우 음폐수를 소각 시 기준에 설치되어 있는 탈질설비(SNCR, SCR)를 사용하지 않고도 배출가스의 질소산화물(NOx) 농도를 낮게(약 10 ~ 50 ppm O<sub>2</sub> 12 % Base) 유지할 수 있다.
- 전국적으로 운영 중인 생활폐기물 소각시설을 활용하여 음폐수를 소각할 경우, 음폐수 육상처리 시설을 위한 건설비와 운영비를 절감할 수 있다.

##### 운영 데이터 및 적용사례

- SCR 설비를 운영 중인 생활폐기물 소각시설에서는 SCR 설비를 SNCR로 쉽게 대체할 수 있어 SCR 운영에 따른 배출가스 승온 연료비, 증기 사용비, 전기료, 촉매교체 비용, 유지보수비용을 절감할 수 있다(소각용량 20 톤/일 시설기준 연료비와 촉매비용 기준 연간 약 2억원 절감).
- SNCR 설비를 운영 중인 생활폐기물 소각시설에서는 음폐수를 분사 소각함으로써 환원제로 쓰이는 약품(암모니아, 요소수)의 사용비용을 크게 절감할 수 있다(소각용량 200 톤/일 시설기준 환원제 사용량 80 ~ 90 % 절감).
- 폐열보일러 수관에 비산재가 부착되는 현상(Fouling)을 방지하여 연속 운전기간을 연장함으로써 정기점검을 위한 소각로 정지 시 승온 과정에서 발생하는 연료비를 절감할 수 있다.

##### 매체통합적 환경영향

- 막대한 건설예산과 운영비가 소요되는 음폐수의 육상처리시설 보다 기존의 생활폐기물 소각로를 이용하여, 보다 안전하고 간편하게 그리고 저비용으로 소각처리 할 수 있다. 기존 음폐수의 처리방법(예 : 육상폐수처리, 하수 연계처리 등)을 효과적으로 대체할 수 있다.
- 음폐수를 소각함에 따라 소각로의 2차 연소실 출구온도를 적절하게 제어하여 SNCR의 탈질효율을 극대화함으로써 질소산화물을 제거하기 위한 약품 사용량을 절감할 수 있다. 또한 SCR 설비를 환경적으로나 경제적으로 유리한 SNCR 설비로 쉽게 대체 할 수 있다.

- 소각로에 음폐수를 소각함으로써 고온의 배출가스로 인하여 폐열보일러 수관에 비산재가 부착되는 현상을 방지할 수 있어 폐열보일러 내부청소 빈도를 줄일 수 있다. 열교환 효율도 좋아져서 소각로 설비의 운전
- 음폐수를 소각하면 폐가스(HCl, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> 등을 포함한 연소가스)가 생성되며, 폐가스의 성분에 따라 추가적인 폐수 또는 고체 폐기물이 발생하므로 처리방안을 고려하여야 한다.

### 적용 가능성

음폐수의 소각시설 분무는 음식물류 폐기물처리시설 인근에 소각시설이 있는 경우 적용 가능하며 음폐수를 이송할 수 있는 이송설비가 갖추어져 있어야 한다. 이송설비는 운영 중에 누출 등이 발생하지 않는 내부식성 및 안전성을 보유해야 한다.

이 기술은 음식물류 폐기물 처리과정에서 발생하는 고농도의 음폐수를 고온의 연소실에 분사 소각하는 기술로서 대부분의 화격자형(Grate Type) 소각로에 적용할 수 있으며, 부유물질(SS)을 포함한 기타 유기성 폐수를 소각처리 할 수 있다.

고농도의 음폐수를 고액분리기에 사용하여 부유물질(SS)이 적정 농도(60,000 ~ 100,000 mg/L)가 되도록 처리한 후, 쓰레기의 연소과정에서 발생하는 질소산화물(NO<sub>x</sub>)의 제거 효과를 얻기 위해서 환원제인 암모니아 성분이 적정농도가 되도록 음식물 폐수를 숙성시킨다.

부유물질 농도가 너무 낮으면 열손실이 증가하고 반대로 부유물질의 농도가 너무 높으면 배관과 노즐의 막힘 현상의 발생으로 정상적인 소각이 어렵다. 고온의 연소실에 고농도의 음폐수를 분사할 수 있는 특수 노즐을 이용하여 2차 연소실 온도에 따라 음식물 폐수의 분사량을 자동으로 조절하면 소각로 내부에서 안정적으로 소각처리 할 수 있다.

환경부 배포 “폐기물소각시설을 이용한 음폐수의 효율적 처리방안 알림”(14.5.26)은 다음의 내용을 제시하고 있다.

- 음폐수 소각시설 형식(스토커 형식)/ 음폐수 투입 방식(분사방식 1차 연소실 후단 분사노즐 설치)
- 스토커 형식 외 소각로(유동층, 로터리킬른 등)는 실증실험을 통한 적용성 평가 필요
- 음폐수 투입 시 보조연료 사용 금지
- 2차 연소실 출구 온도(850 ℃ 이상) 및 체류시간(2초 이상 유지)
- 음폐수 소각처리량은 소각시설 허가처리용량 내
- 음폐수 약품대체 사용 불가(법적근거 마련 필요)
- 기타 음폐수 소각에 따른 「폐기물관리법」 등 관계 법령 준수



## 4. 공정 환경관리기법

### 나. 소각열 이용

소각시설 등에서 발생하는 소각열을 이용하여 고형연료 제조시설, 음식물류 폐기물처리시설 및 슬러지 처리시설 등에서 사용하는 건조기의 에너지원으로 활용한다.

#### 환경편익 및 경제성

악취가스 제거가 가능하며 에너지의 재활용이 가능하다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

일부 소각시설을 인근에 둔 고형연료 제조시설, 음식물자원화시설(사료화), 슬러지연료화시설 등에서 사용하는 건조기의 에너지원으로 적용하고 있다.

#### 매체통합적 환경영향

소각열을 이용함으로써 에너지 절감 효과가 있으며 건조기에 사용할 연료(LNG, 경유 등) 사용을 제한함으로써 인한 환경적 이득 효과가 있다.



[그림 4.9] 스팀건조기



[그림 4.10] 소각장에서의 스팀 이송 배관

#### 적용 가능성

이 기법은 인근에 소각시설이 있을 때 제한적으로 적용되며 소각장에서 발생하는 소각열을 이송할 수 있는 이송 시스템이 갖추어져 있어야 한다. 운영에 있어서는 이송배관에서의 누출이 발생하지 않아야 한다.

## 다. 건조시설 바이오가스 연료 사용

건조시설의 연료로 사용되는 LNG, 경유 등을 대체하기 위해 시설 인근 음폐수 바이오가스화시설 및 매립가스시설의 바이오가스를 연료로 대체 이용한다.

### 환경편익 및 경제성

폐기물연료화시설, 음식물류 폐기물 자원화시설에서 사용하는 건조기 연료로 사용되는 LNG, 경유 등을 전량 대체함으로써 운영비 절감 및 온실가스 감축의 경제적인 효과가 있다

### 운영 데이터 및 적용사례

적용 사업장에서는 2020년 11월 기준 기존의 월 LNG 비용의 약 99 %를 절감하는 효과를 나타내고 있다.

### 매체통합적 환경영향

바이오가스 연료로 대체함으로 온실가스 배출 감축 효과를 기대할 수 있다.

### 적용 가능성

일반적으로 슬러지처리시설 건조 사업장에 적용할 수 있다. 단, 인근에 바이오가스(혐기성소화) 시설이나 매립가스(LFG) 생산시설이 있는 경우에만 적용할 수 있다.

## 라. 생물학적 처리에 적용되는 폐기물 보관 및 취급

유기성 폐기물처리의 보관 및 취급 기법과 관련된 일부 기법은 다음과 같다.

- 침출수 배수 및 처리가 가능한 저장시설에 보관
- 폐기 시설(인수 구역 및 저장조, 기계 처리, 보관시설, 전체 생물학적 처리시설 포함)에 대기오염물질 및 악취 집진장치(분진, TOC, 암모니아, 악취, 세균 포함)와 적절한 시설을 구비한다. 환기 횟수는 시간당 3, 4회가 일반적이다.
- 혐기성 소화 반응 등 생물학적 반응에서 발생하는 소화가스는 정제하거나 연료화한다.

다음 조치를 통하여 오염물질 배출을 완화한다.

- 반입 구역 통제
- 청소가 용이한 표면 및 작업 장비 사용
- 반입 구역 내 폐기물 보관 시간 최소화
- 흡입 청소기나 공업용 진공청소기를 이용하여 정기적으로 공간 바닥 청소
- 차양이나 컨베이어 밴드, 기타 장비는 주 1회 이상 청소한다.



## 4. 공정 환경관리기법

- 차단막 역할을 수행할 수 있는 에어커튼 시설이 설치된 출입문과 출입문 개방 시간의 최소화를 복합적으로 이용. 이는 센서로 제어되는 롤링 셔터 케이트나 플랩 게이트를 삽입하고 공간 전면에 있는 조작 면적을 충분히 확보하면 도움이 될 수 있다.
- 출입문의 정비를 충분히 실시하고 적절한 운영을 준수해야 한다. 에어커튼 설치는 개방 출입문 주변 공기의 차단막을 형성하여 외부 공기의 유입을 방지한다. 차량이 후방 접근한 후 적재물을 투하하는 지하 저장조에 대해 실제 출입문 뒤에 있는 차량 운곽에 커튼을 설치하면 하차 시 공기 교환을 최소화할 수 있다.

보관 및 취급기간 동안 다음 조치는 먼지배출을 최소화하는데 적합하다.

- 외부 공기에 대한 흡입을 이용하여 후속 제진을 실시한다.
- 복도 바닥, 통행 경로는 정기적으로 청소한다.
- 타이어 세척 설비를 이용하여 차량이 설비 외부 구역으로 폐기물을 확산시키는 것을 방지한다.

### 환경편익 및 경제성

액상폐기물 생물학적처리 시스템에서는 기질 유동이 상대적으로 일정하여 정확한 운영을 유지하는 것이 중요하며, 그렇지 않을 경우 예상치 못한 배출이 발생할 수 있다. 일부 기법은 대기 배출을 방지하는데 중점을 둔다. 예를 들어 유기물을 함유하는 폐기물의 온도 상승은 생물학적인 작용의 증가로 인하여 단기간에 발생할 수 있으며 대기 배출물질(악취 등)을 초래할 수 있다.

### 적용 가능성

광범위한 생물학적 처리뿐 아니라 각종 폐기물 유형(휘발성 성분 함유, 악취 등)으로 인하여 일부 생물학적 처리에 적용할 수 없는 기법도 포함한다(활성 슬러지, 폭기조, 오염 토양 및 슬러지, 연료용 바이오가스 생산 등).

## 4.2.2 재활용선별시설

### 가. 파쇄 및 분쇄시설 오염물질 배출 저감

파쇄 및 분쇄 공정의 오염물질 저감에 적용할 수 있는 기법은 다음과 같다.

- 파쇄 및 분쇄 설비를 완전 밀폐시키고 세정기나 활성탄 필터와 같은 저감 장치에 연결된 추출 환기 시스템을 설치한다. 저감 시스템이 작동하지 않으면 설비가 작동할 수 없도록 저감시스템을 설비 운영에 연동할 수 있다.
- 지붕이 있는 분쇄/파쇄물 보관을 위하여 대형용기를 준비한다.
- 잔재물의 오염 방지를 위해 환송장치(슈트) 등은 밀폐 시스템을 사용한다.
- 밀폐 배수장치를 사용한다.
- 잔류물을 먼저 제거한 후 드럼을 세정하지 않는 한, 인화성 폐기물이나 휘발성 물질을 함유하는 (함유했던) 분쇄를 피한다.
- 파·분쇄시설 살수장치
- 파·분쇄시설 흘날림 방지

파쇄시설에서 유해폐기물을 처리할 때는 다음 기법도 적용할 수 있다.

- 화재 경보 시스템과 스프링클러 시설 이용하며 아울러, 상자에는 분진 저감을 위한 스프링클러 시설을 구비한다.
- 구조 서비스는 온라인으로 접속되며 화재가 발생할 경우 소방서에 즉시 통보된다.
- 전체 공간에서 방폭 스위치와 골재, 기계를 사용한다.
- 근로자의 안전을 위하여 전체 기계에 활성탄 필터가 포함된 과압실을 사용한다.

파쇄시설의 토양을 보호하기 위해 다음의 기법을 적용할 수 있다.

- 누설 식별을 위하여 진공 모니터링 적층 기초를 사용한다. 공간 기초는 액상 물질이 유출되지 않도록 수반 형태로 한다.
- 소화수 보관. 이는 소화수 펌핑을 위한 펌프 집수갱이 있는 수반 형태의 기초를 통해 가능하다

### 환경편익 및 경제성

대기오염물질 및 VOC 배출을 저감하고 수질과 토양오염을 완화한다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 나. 선별 및 분쇄시설

기계적 처리시설의 주요 운영인자를 관리함으로써 처리시설의 처리효율 및 설비 내구연한 증대

- 주요 운영인자
  - 트롬멜스크린 : 조대폐기물에 의한 홀막힘 점검
  - 풍력선별기 : 설비 내부 섹션유닛 막힘
  - 분쇄기 : 회전날 및 고정날 마모상태·간극 점검
  - 자력선별기 : 자력선별기 구동부 이물질 끼임 및 마모상태 점검
  - 자동세척장치 부착(예 : 에어분사, 물노즐분사 등)
- 주요 운영인자 관리방법
  - 트롬멜 스크린 : 일일 2회 교대 전 트롬멜 조대폐기물 제거
  - 풍력선별기 : 1회/매일 내부 청소 1회/2월 섹션유닛 분해·정비
  - 분쇄기 : 퇴근 전 분쇄기 내부 점검 및 2주 1회 회전날 면 교체
- 공통사항 : 베어링 등 구동부 소음상태 및 손상유무 점검, 설비 진동상태 점검, 볼트 등 체결부위 풀림 점검, 유압오일 등 각종 오일 적정량점검

#### 환경편익 및 경제성

주요 운영인자를 관리함으로써 시설 고장 및 효율 저하로 인해 발생 가능한 환경적 경제적 손실요소를 제어함

#### 매체통합적 환경영향

처리시설 운영효율을 높임으로써 폐기물처리 효율 상승

#### 적용 가능성

일반적인 처리시설에서 적용 가능

## 다. 건조시설

건조시설의 주요 운영인자를 관리함으로써 처리시설의 처리효율 및 설비 내구연한 증대

- 주요 운영인자
  - 온도 : 인입/배출온도(250 ℃/120 ℃ 이하)
  - 압력 : 음압관리(-10 mmAq 이하 관리)
  - 체류시간 : 30분(함수율에 따라 조절가능)
  - 화재 및 폭발 : 건조기 가스측 출구에는 O<sub>2</sub> 측정기가 설치되어, 6 ~ 13 % 운전범위에서 운전함으로써 화재 및 폭발을 방지한다
- 주요 운영인자 관리방법
  - LNG연소로 온도제어 : 연소용 공기 컨트롤댐퍼 개도조절, LNG 컨트롤밸브 개도조절 및 버너 비례제어로 함수율에 따른 건조기 내부 적정온도 유지 필요
  - 압력 : 건조기 투입저장조 씰링(폐기물 적정량 유지) 및 건조기 씰 등 외부와 리크부위가 없도록 관리되어야 함.
  - 체류시간 : 배출구 함수율 측정관리(20 % 이하)
  - 화재 및 폭발 : 건조기에서의 화재를 방지하기 위하여 건조기 가스측 출구에는 일산화탄소(CO) 농도 센서(계측기)가 설치되어, 설정치 이상일 경우 중앙제어실에서 경보(AIRCA-301)가 발생되면 건조기의 운전 정지 후 내부 건조기 확인 및 소화
- 시설물 유지관리
  - 건조기 내부 리프터 점검 1회/2주, 건조기씰 1회/년 교체(수시점검)
  - 건조기 배출 스크루 컨베이어 후단 함수율 측정기 유지관리 필요
- 주기적 캘리브레이션 및 측정부 청결 유지

### 환경편익 및 경제성

주요 운영인자를 관리함으로써 시설 고장 및 효율저하로 인해 발생 가능한 환경적 경제적 손실요소를 제어함

### 매체통합적 환경영향

처리시설 운영효율을 높임으로써 폐기물처리 효율 상승

### 적용 가능성

일반적인 처리시설에서 적용 가능



## 4. 공정 환경관리기법

### 라. 성형시설

- 성형기 주요 운영인자(휠다이스)
  - 온도 : 가열시작 후 운전자는 성형기주변을 예의주시 하며 150 ~ 250 ℃로 예열을 한다.
  - 커터작동 : 약 100 ~ 150 ℃ 이상 되면 다이 내부에 있는 잔여 성형물질이 나오기 시작하면 작동한다.
  - 메인모터 작동 : 3분 이상 공회전 및 회전방향을 확인
- 주요 운영인자 관리방법
  - 온도 : 히터 온도는 원료상태에 따라 조절하여 사용(표준온도 250 ℃, 혼합재료 200 ~ 220 ℃), 성형물 배출시 코팅표면을 확인하여 색이 검고 닳을 경우 사용온도를 30 ~ 50 ℃ 낮춰 사용, 코팅이 떨어져 풀어지는 경우 30 ~ 50 ℃ 올려서 생산
- 부하 : 성형기 메인 모터 300A 이상 작동 시 운영중지 및 내부(휠, 웨어링 등)
- 가열 시 다이 및 히터 주변 화재주의
- 커터작동 전 커터 파손주의, 안전사고주의, 보호망 닫힘 확인
- 메인모터 작동 시 안전커버 확인, 성형기 내·외부 이상소음 발생 여부 확인
- 성형기 내부 잔여물질 배출, 영구자석의 흡착물 제거

### 환경편익 및 경제성

주요 운영인자를 관리함으로써 시설 고장 및 효율저하로 인해 발생 가능한 환경적 경제적 손실요소를 제어함

### 매체통합적 환경영향

처리시설 운영효율을 높임으로써 폐기물처리 효율 상승

### 적용 가능성

일반적인 처리시설에서 적용 가능

## 마. 컨베이어

- 이송설비는 주름혹벨트 컨베이어 및 플라이트컨베이어, 버켓엘리베이터로 구성되어 있으며, 주기적인 점검 및 청소를 실시하여야 한다.
- 주름혹벨트 및 컨베이어 체인의 상태를 주기적으로 점검하여 설비가동이 중지되는 상황이 없어야 하며, 계획된 보수를 실시할 수 있어야 한다.
- 혼합물의 성상에 있어 함수율이 높으면 혼합물의 점착성이 증가하여 벨트 고착이 많아지므로 주기적인 컨베이어 벨트 청소 필요
- 주름혹벨트 컨베이어의 경우 하부에 낙하된 혼합물이 케이스에 고착되지 않도록 주기적인 청소가 필요하며, 슈트부에 혼합물 고착으로 슈트가 막히지 않도록 주기적으로 청소
- 리턴롤러, 캐리어롤러, 더블디스크, 톨팅롤러, 밴드롤러, 드럼 등 각종 롤러에 대한 주기적인 청소 및 관리가 필요
- 주름혹벨트의 주름, 핀혹, 벨트가 파손되지 않도록 주기적인 청소 및 관리
- 주름혹벨트의 내구연한(3년 정도)을 고려하여 교체시기가 조기에 도래되지 않도록 계획적으로 관리필요
- 이송 어태치먼트(이송체인 날개) 및 피동부측에 부착된 혼합물 제거, 가이드 롤러 고착물 상시 관리로 회전유지 및 마모방지
- 이송물의 특성상 플라이트컨베이어 체인 및 롤러의 사용연한이 1년 정도 되므로 마모상태를 고려하여 교체
- 구동부·피동부측 롤러의 경우 퇴적물의 영향을 많이 받는 곳으로 상시 관리카. 체인이 이완될 경우 고장의 원인이 되므로 주기적으로 장력조절

### 환경편익 및 경제성

주요 운영인자를 관리함으로써 시설 고장 및 효율저하로 인해 발생 가능한 환경적 경제적 손실요소를 제어함

### 매체통합적 환경영향

처리시설 운영효율을 높임으로써 폐기물처리 효율 상승

### 적용 가능성

일반적인 처리시설에서 적용 가능



## 4. 공정 환경관리기법

### 바. 유수분리시설 관리

기름과 물을 분리한 후, 기름을 제거하는 기술로 다음과 같은 방법이 적용된다.

- 중력 분리, 분리장치를 사용
- 에멀전 파괴, 다음과 같은 에멀전 파괴물질을 사용
- 명반, 삼염화 알루미늄, 염화제일철, 황산제일철 등의 다원자 금속염
- 황산, 염산, 질산과 같은 무기산
- 미분 점토, 석회와 같은 흡착제
- 폴리아민, 폴리아크릴레이트와 같은 유기 화합물

유수분리시설에서 발생하는 오염물질 저감 방법은 다음과 같다.

- 분리된 기름은 회수유 저장조로 이송
- 회수된 기름은 역류하거나 새어나가지 않도록 함
- 여과방식에 의한 시설의 여과포를 교체하거나 세척
- 폐유 지하침투 방지시설 설치 및 점검
- 화재 발생 방지

#### 환경편익 및 경제성

주요 운영인자를 관리함으로써 시설 고장 및 효율저하로 인해 발생 가능한 환경적 경제적 손실요소를 제어함

#### 매체통합적 환경영향

유수분리시설에서 분리된 유분을 적절히 처리할 수 있는 후단 처리공정이 고려되어야 한다.

#### 적용 가능성

일반적인 처리시설에서 적용 가능

## 4.2.3 연료화시설

### 가. 고품질연료제품 품질 관리 시스템 마련

「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 시행규칙 [별표 7]에 따른 고품질연료 품질기준에 적합한 연료 생산

고품질연료제품의 품질표시방법 및 품질등급 구분에 관한 고시에 따른 품질등급제에 우수 등급 판정을 위한 품질관리 시스템 마련

- 품질기준에 적합한 연료 생산
- 품질등급제('21년 시행)고품질 연료 생산
- 사용처 및 연소로에 적합한 폐기물연료화(생활폐기물, 산업폐기물 등) 제품 제조
- 폐기물 특성 분석 : 대상폐기물 성분 및 특성 파악
- 주변환경 고려 : 처리장 건물 및 부대시설 청결유지를 위한 밀폐형 저장조 설계
- 환경오염방지 : 관계 법령에 따른 허가배출기준 준수 및 환경오염방지시설 선정
- 재해에 대한 안정성 : 계절과 기후를 고려한 최적 운전 가능 설계 및 기기 선정
- 운영관리 효율성 : 자동설계 도입으로 운영 인원 최소화 및 자동화 설비 도입
- 시설의 연계성 및 경제성 : 적환장과 연계성을 고려한 설비 배치 운전 및 유지관리 용이성 및 경제성 고려
- 작업환경 : 관계 법령에 따른 안전, 위생설비, 작업환경 유지
- 연료화 규격 및 크기에 맞는 파쇄시스템 및 펠렛타이저 병용



## 4. 공정 환경관리기법

### 나. 고형연료제품 기준

[표 4.10] 일반고형연료제품(SRF) 기준

구분		단위	성형		비성형	
모양 및 크기		mm	직경	50 이하	가로	50 이하
			길이	100 이하	세로	50 이하
발열량		kcal/kg	수입 고형연료제품 : 3,650 이상 제조 고형연료제품 : 3,500 이상			
수분 함유량		wt.%	15 이하		25 이하	
금속 성분	수은(Hg)	mg/kg	1.0 이하			
	카드뮴(Cd)		5.0 이하			
	납(Pb)		150 이하			
	비소(As)		13.0 이하			
회분 함유량		wt.%	20 이하			
염소 함유량		wt.%	2.0 이하			
황분 함유량 (폐타이어만으로 제조한 경우)		wt.%	0.6 이하 (2.0 이하)			

1. 발열량은 저위발열량으로 환산한 기준을 적용한다.
2. 금속성분, 회분 함유량, 염소 함유량 및 황분 함유량은 건조된 상태를 기준으로 한다.
3. 성형제품은 펠릿으로 제조한 것을 말하며, 사용자가 주문서 또는 계약서 등으로 요청한 경우에는 길이를 100 mm 초과하여 제조할 수 있다.
4. 비성형제품으로서 고형연료제품 사용시설에 직접 사용하기 위해 같은 부지에서 제조하는 경우에는 체 구멍의 크기가 가로 120 mm, 세로 120 mm 이하(체 구멍이 원형인 경우 면적이 14,400 mm<sup>2</sup> 이하)인 체에 통과시켰을 때 무게 기준으로 제품의 95 % 이상이 통과할 수 있는 것으로 제조할 수 있다.

[표 4.11] 바이오 고형연료제품(Bio-SRF) 기준

구분		단위	성형		비성형	
모양 및 크기		mm	직경	50 이하	가로	120 이하
			길이	100 이하	세로	120 이하
발열량		kcal/kg	수입 고형연료제품 : 3,150 이상 제조 고형연료제품 : 3,000 이상			
수분 함유량		wt. %	10 이하		25 이하	
금속 성분	수은(Hg)	mg/kg	0.6 이하			
	카드뮴(Cd)		5.0 이하			
	납(Pb)		100 이하			
	비소(As)		5.0 이하			
	크롬(Cr)		70.0 이하			
회분 함유량		wt. %	15 이하			
염소 함유량		wt. %	0.5 이하			
황분 함유량		wt. %	0.6 이하			
바이오매스		wt. %	95 이상			

1. 발열량은 저위발열량으로 환산한 기준을 적용한다.
2. 금속성분, 회분 함유량, 염소 함유량 및 황분 함유량은 건조된 상태를 기준으로 한다.
3. 성형제품은 펠릿으로 제조한 것을 말한다.
4. 바이오매스 함유량은 고형연료제품의 함유 성분 중에서 수분과 회분을 제외한 나머지 성분 중 바이오매스의 비율을 말한다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 다. 고형연료제품 관련제도

- 고형연료제품(SRF) 신고 및 검사제도

고형연료제품은 가연성폐기물을 원료로 법에서 정한 품질기준에 따라 적합하게 제조된 재활용 제품이다. 안전한 고형연료제품 제조와 사용을 위해 제품과 시설에 대한 검사제도를 운영하고 있다.

[표 4.12] 금지나 개선명령의 기준

위반사항	금지·개선명령의 기준		
	1차 위반	2차 위반	3차 이상 위반
품질검사(확인검사) 부적합	1차 위반	2차 위반	3차 이상 위반
수분초과의 경우	개선명령	개선명령	개선명령
그 밖의 경우	금지명령 1개월	금지명령 3개월	금지명령 6개월

고형연료제품 검사제도는 다음과 같으며 품질표시 시험기관은 한국기계연구원, 한국에너지기술연구원, 한국산업기술시험원, FITI시험연구원, 대덕분석기술연구소, 한국화학융합시험연구원이 있다.

[표 4.13] 고형연료제품 검사제도

구분	대상			검사개요	주기	검사기관	수수료
	제조	수입	사용				
품질 검사	최초	○	○	최초(변경) 제조·수입 전 품질기준 적합여부 검사	제조 및 수입 신고(변경신고) 전	한국환경공단	있음
	확인	○	○	보관 중 제품의 품질기준 적합여부 검사	분기 1회	한국환경공단	없음
	표시	○	○	항목별 품질 표시를 위한 검사	기존 품질명세서 발급일로부터 6개월이 지난 경우 30일 이내	품질표시 시험기관	있음
품질표지 적정성검사	○	○		표시검사 및 결과 품질내역서에 표시한 내용 및 방법 등에 대한 적정여부 검사	연 1회 이상	한국환경공단	없음
시설 정기 검사	최초	○	○	시설 능력, 환경오염방지시설 등 기준 준수여부 검사	시설설치 완료 후 1개월 이내	한국환경공단	있음
	변경	○	○		운영재개 전 1개월 이내		
	계속	○	○		최초(재개)검사일 기준 매 1년이 되는 날 전 1개월 이내		

• 고품질연료제품(SRF) 품질등급제 운영

품질등급제는 고품질연료제품의 품질검사, 품질표시검사 결과를 활용하여 품질등급을 판정하고, 고품질의 고품질연료제품을 제조·사용을 유도하는 등 고품질연료제품의 환경적 안정성을 도모하기 위한 제도이다.

[표 4.14] 품질등급 판정 기준

구분	내용	SRF			BIO-SRF			
		3점	2점	1점	3점	2점	1점	
품질 항목	(저위)발열량 (수입제품)	kcal/kg	≥ 6,000 (≥ 6,150)	≥ 5,000 (≥ 5,150)	≥ 3,500 (≥ 3,650)	≥ 3,600 (≥ 3,600)	≥ 3,300 (≥ 3,450)	≥ 3,000 (≥ 3,150)
	수은	mg/kg	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 0.6
	염소	wt. %	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.1	≤ 0.3	≤ 0.5
	황분 (페타이어만으로 제조한 경우)	wt. %	≤ 0.2 (≤ 1.6)	≤ 0.4 (≤ 1.8)	≤ 0.6 (≤ 2.0)	≤ 0.05	≤ 0.1	≤ 0.6
판정기준	1) 최우수 : 4개 품질기준 항목의 평가점수 합계가 10점 이상 2) 우수 : 4개 품질기준 항목의 평가점수 합계가 8점 이상 10점 미만 3) 양호 : 4개 품질기준 항목의 평가점수 합계가 4점 이상 8점 미만							

고품질연료제품 사용시설 인센티브가 있는데 이는 면제조건을 만족하는 사용시설에 대하여 해당분기 품질확인검사를 면제시켜주는 제도이다. 면제조건은 고품질연료제품 사용량 중 '최우수' 등급을 70 % 이상 사용하는 경우이거나 '최우수' 등급과 '우수' 등급을 90 % 이상 사용하는 경우이다. 위 경우를 만족하는 사용시설은 폐자원에너지 종합정보관리시스템의 사용실적을 확인하여 분기 시작 후 15일 이내에 면제대상여부 시스템 '공지사항'에 통보하며 품질등급 최초적용의 다음 분기인 '21.4.1.부터 적용되었다.

이에 대한 관련규정은 다음과 같다.

- 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 제25조의5
- 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 시행규칙」 제20조의2
- 「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률 시행규칙」 제20조의5
- 고품질연료제품의 품질표시방법 및 품질등급 구분 등에 관한 고시

환경편익 및 경제성

고품질의 연료생산으로 인한 판매수익 증대 기대



## 4. 공정 환경관리기법

### 매체통합적 환경영향

고품질 연료 사용으로 인한 환경오염물질 배출 감소

### 적용 가능성

일반적인 처리시설에서 적용 가능

## 라. 바이오가스화 시설

### 1) 산발효조

메탄발효조의 전처리 공정인 산발효조는 음폐수의 충분한 발효기간의 확보(VFA 총 유기산 : 약 25,000 mg/L)와 외부 변화에 대응하는 완충조 역할을 하며 원활한 교반을 위한 교반기가 설치되어 있다. 최근 일부 사업장에서는 산발효조의 원활한 교반작용을 위해 자동탈착식 횡축 수중 프로펠러형 교반기가 설치되어 있다. 또한, 적정 운영을 위해서는 열원 공급장치로 열원을 공급하여 중온소화를 유지하여야 한다. 산발효조는 pH가 낮고 내부 교반으로 벽체 마모 및 핀홀 발생에 따른 누수 위험이 있으며 이를 위해 다음 사항을 확인해야 한다.

- 벽체 누수 여부, 투입 밸브 및 펌프 누수 여부 확인

### 2) 메탄발효조

음폐수 바이오가스화시설은 안정성 확보를 위해서는 단일소화가 아닌 중온2상(산발효조 2계열, 메탄발효조 3계열)으로 구성되어 외부 변화에 대응이 용이하며 충분한 발효기간 확보 및 바이오가스의 생산 극대화를 위한 안정화조(바이오가스저장조 일체형)가 구성되어 있다.

- 휘발성유기산(VFA), 암모니아, 중금속류는 유입수질에 일정수준의 농도를 초과하지 않도록 유지 필요하고 혐기성균에 독성을 미치는 물질인 산소는 절대 유입되지 않도록 한다.
- 혐기성소화공정에서 제한 물질로는 일반적으로 휘발성지방산(VFA), 암모니아, 중금속류 등이 있다. 이러한 원인물질은 대개 적정농도가 필요하며, 소화조 운전이 지속되면서 이러한 농도는 일정수준의 농도를 넘어 그 자체의 독성으로 혐기성 미생물의 증식을 억제할 수가 있으므로 주기적인 모니터링이 필요하다.
- 중점 유지관리사항 : 평형밸브 기밀여부, 내부 퇴적물 준설

### 3) 안정화조

안정화조는 음폐수 소화처리수의 잔여유기물 분해 및 바이오가스 생산극대화를 위한 바이오가스 저장조 일체형 구조로 되어있다.

하부 소화처리수 수위는 75 ~ 87 % 수준에서 운전을 해야 하며 소화액 처리수 수위가 75 % 이하 시 메탄발효조 평형밸브 개방 시 압력 차에 의해 안전변개방으로 악취가 발산될 가능성이 있으며 87 % 이상 수위 상승 시에는 가스 이송배관으로 소화액처리수가 유출되어 후속 공정인 탈황시설에 큰 문제가 발생할 수 있다.

- 중점 유지관리사항 : 내부 퇴적물 준설

### 4) 소화조 대정비

음폐수 처리 및 바이오가스를 생산하는 소화조시설이 부식성물질(가스, 음폐수)에 의한 시설 조기 노후화와 퇴적물 과다 적체로 음폐수 적정처리 방해요소로 작용

- 벽체부식 하자보수
- 바닥재 누수 및 손상 점검
- 가스저장조 멤브레인 교체
- 열원배관 스케일 제거
- 내부 준설(준설 차량 이용 흡입 준설)
- 계측기기류 정비

#### 운영 데이터 및 적용사례

수도권매립지 관리공사 바이오가스화 시설

#### 적용 가능성

일반적인 바이오가스화 시설에서 적용 가능하나 효율 및 경제성을 고려하여 적용



## 4. 공정 환경관리기법

### 마. 바이오가스 정제시설 관리

바이오가스 정제설비는 생물탈황 및 제습기로 구성되어 있으며 생물탈황기는 호기성 조건에서 유황박테리아의 활동에 의해 황화수소를 유황과 황산으로 분리하는 방식이다. 탈황처리된 바이오 가스는 제습기에서 냉각 및 응축과정을 거쳐 황화수소( $H_2S$ ) 500 ppm 이하, 수분은 5% 이하로 처리되어 일부는 고농도 악취제거 설비인 축열산화장치(RTO)의 열원으로 공급되며, 대부분의 바이오가스는 잉여가스 연소에서 연소처리하거나 건조연료 열원 공급으로 사용가능하다.

#### 1) 탈황설비

바이오가스 플랜트의 혐기성 소화조에서 생산되는 바이오가스의 황화수소 농도를 감량

- 충전재 폐색여부 확인
- 내부 세척수 배관 손상여부 점검

#### 가) 발효조 내 생물학적 탈황

생물학적 탈황은 발효조 안에서 실시되며, 이때 후단에 배치하는 방법도 생각할 수 있다. 숯пон 산화 박테리아는 산소가 있을 때에 황화수소를 원소상 황으로 변환시키고, 이는 이어서 발효 부산물을 통해 반응조 밖으로 배출된다. 이를 위해서는 발효조 내에 충분히 영양소가 있어야 한다. 박테리아들은 편재하고, 따라서 추가로 공급하지 않아도 된다.

필요한 산소는 예컨대 소형 컴프레서를 이용하여 공기를 취입하여 발효조 내로 제공한다. 발효조 내에서 달성된 품질이면 탈황된 가스를 열병합 발전소에서 연소하는 데에는 대부분 충분하다. 원료 가스의 농도 변동이 심한 경우에 한해 황 농도의 단절이 나타날 수 있으며, 이는 열병합 발전소에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다. 그에 비해 이 방법은 천연가스 품질로 맞추도록 정제하기에 부적합하다. 왜냐하면 질소와 산소농도가 높아 다시 제거하기가 어렵고 그로 인해 가스 연소 특성이 악화 되기 때문이다.

#### 나) 외부반응조에서 생물학적 탈황

- 생물 여과법이라 불리는 발효조 외부에서의 생물학적 탈황도 실시한다. 이를 위해 몇몇 업체는 별도의 탱크에 배치된 생물학적 탈황탑을 제공한다. 이를 이용하여 탈황에 필요한 공기 또는 산소 공급들의 조건을 보다 정확하게 유지할 수 있다. 발효된 기질의 퇴비 성능을 강화하기 위해 발생하는 황을 발효 부산물 저장조 안의 발효된 기질에 다시 공급할 수 있다.
- 황화수소가 세척 매체에 의해 흡수되는(대기 중 산소와 혼합되어 용제로 재생성) 생물 여과법은 99%까지의 분해율을 달성할 수 있고, 이는 황의 잔여 가스 농도를 50 ppm 이하로 낮출 수 있다.

- 생화학적 가스 세척

바이오 스크리버 : 생물 여과법과 발효조 내부 탈황에 비해, 바이오 스크리버는 천연가스 품질로 정제하기 위해 사용할 수 있는 유일한 생물학적 방법이다. 2단계로 이루어지는 이 방법은 충전탑(희석된 수산화 나트륨으로 황화수소 흡수), 생물 반응조(대기 중 산소를 이용하여 세척 용액 재생) 그리고 황 분리기(원소상 황 배출)로 구성되며, 별도 재생으로 공기가 바이오가스로 유입되는 것을 막는다. 비록 생물여과 시스템과 결과가 비슷할 때에도 매우 높은 황 부하를 제거할 수 있으나(30,000 mg/m<sup>3</sup> 까지) 이 기술은 설비와 관련한 비용이 많이 들어 가스 흐름 또는 황화수소(H<sub>2</sub>S) 부하가 높은 플랜트에만 적합하다.

- 황 침전

황 침전에 의한 화학적 탈황은 발효조 안에서 일어난다. 이 방법은 생물학적 탈황법과 마찬가지로 대략적인 탈황에 이용된다(황화수소 값이 100 ~ 150 ppm 달성 가능). 철 화합물을 발효조에 첨가하면 황이 화학적으로 발효 기질에 결합되고, 그로 인해 황화수소 배출을 억제할 수 있다. 이 방법은 일차로 소형 바이오가스 플랜트 또는 황화수소(H<sub>2</sub>S) 부하가 낮은(< 500 ppm) 플랜트에 적합하다.

- 활성탄에 흡수

- 미세 탈황법으로 사용하는 활성탄 흡수는 황화수소가 활성탄 표면에서 촉매에 의해 산화되는 것을 바탕으로 한다. 반응속도를 개선하고 부하용량을 높이기 위해 활성탄 함침 또는 도핑이 가능하다. 함침제로는 요오드화칼륨과 탄산칼륨이 있다. 충분히 탈황되기 위해서는 수증기와 산소가 있어야 한다. 따라서 함침된 활성탄은 공기가 없는 가스에 사용하기에는 부적합하다.
- 최근 몇 년간 시장에 출시된 도핑된 활성탄(과망간산칼륨) 덕분에 공기가 없는 가스에 사용될 수 있게 되었다. 이와 관련하여 미세 기공이 막히지 않아 탈황 성능이 개선된다.

## 2) 바이오가스 제습기

탈황처리된 습포화상태의 바이오가스를 가스냉각기로 유입하여 간접 냉각하고 수분을 5 % 이하로 응축하여 제거하는 설비

- 가스 냉각기 폐색여부(후단 차압 상승 점검)

### 적용 가능성

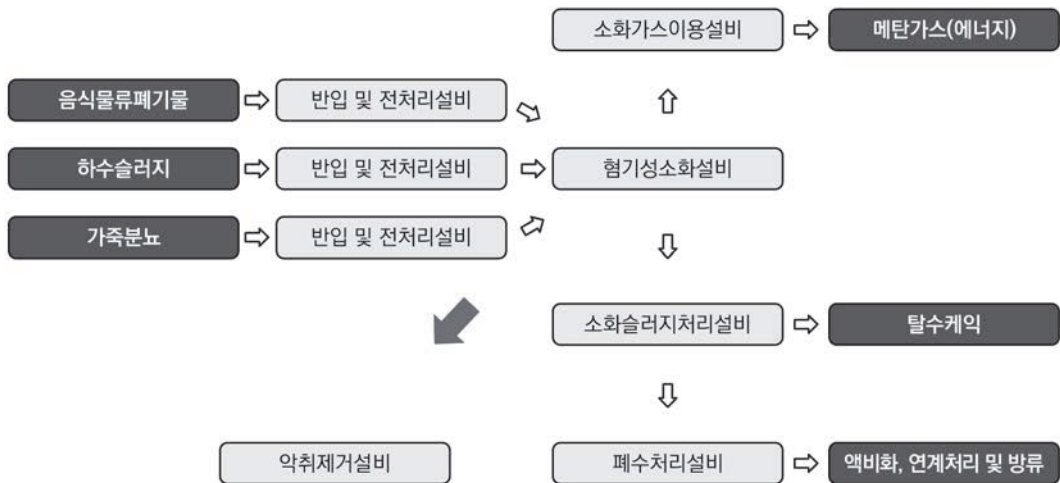
일반적인 바이오가스화 시설에서 적용 가능



## 4. 공정 환경관리기법

### 바. 통합바이오가스화

- 음식물류 폐기물, 가축분뇨, 하수슬러지, 분뇨, 음폐수 등의 유기성폐자원을 통합하여 바이오가스로 생산하는 기술
- 기존에는 개별 처리시설에서 처리되던 유기성폐자원을 하나의 시설로 모아 통합처리하는 기술로 생산된 바이오가스를 통해 전력 및 열을 생산
- 최근에는 유기성폐자원 통합바이오가스화를 통해 수소를 생산하는 기술을 개발하고 있음



[그림 4.11] 통합처리 바이오가스화 시설의 일반적인 공정도

통합처리 시 모든 시설은 2계열화를 해야 하지만, 소규모 시설(시설용량 20 톤/일 이하)의 경우 전처리 및 소화 공정 등 전체적으로 2계열화를 하지 않아도 된다. 2계열화란 시설용량을 1/2로 나누어서 2기로 설치하는 것을 말한다. 예를 들면 100 m<sup>3</sup>/d의 설비 시설용량 설치 시 50 m<sup>3</sup>/d 용량의 설비시설 2기를 설치하는 것을 말한다.

통합처리 시 바이오가스화 시설은 음식물류 폐기물(음폐수 포함)이 폐기물로 분류되므로 폐기물 처리시설에 관련된 인·허가 사항을 준수하여야 한다.

통합처리의 바이오가스화 시설은 지역별, 유입물 물성별, 계절별, 공법별 특성이 다를 수 있으므로 이 지침서에서 제시하는 내용과 상이할 경우는 지자체(민간시설의 경우는 시공사)에서 전문가 자문회의 또는 위원회 등을 거쳐서 별도로 적용할 수 있다.

[표 4.15] 반입공정 주요 설계 고려사항(운전인자 포함)

구분	문제점	제시	비고
음식물류 폐기물	요일별, 계절별 발생량 편차가 매우 큼	최소 2일, 권장치 3일 이상 저장이 가능하도록 용량산정	-
	폐기물 밀도기준 부재	폐기물 밀도(0.7 ~ 0.9 kg/m <sup>3</sup> ) 고려하여 용량을 계산	-
	저장호퍼 내부의 부식 문제 발생	호퍼 내부는 내부식성 재질로 코팅	-
	동절기 호퍼 내 폐기물 동결 문제	호퍼 내 가온설비(스팀, 온수 등) 설치	권장사항
	호퍼 하부 침출수 발생 문제	호퍼 하부 드레인 밸브 및 타공망 설치	-
	호퍼 내부 브릿징 현상 발생	진동 장치 등 브릿징 제거설비 설치	권장사항
	하부 이송 컨베이어 막힘 문제	하부 이송컨베이어의 2계열화	-
	유입물 온도 설정 필요	동절기(4 ℃), 하절기(25 ℃)	-
	악취방지	반입장은 에어커튼식 및 전동셔터, 악취 확산 방지 - 투입실 안식각을 5° 이상 - 바닥 청소용 및 차량 청소용 공정수 배관 설치	-
가축분뇨	반입량 및 농도 편차가 매우 큼	총고형물(TS) 10 % 이상은 유입 제한(둔분의 경우) (예, 축사 저장조 바닥 청소 시 배출되는 극고농도의 가축분뇨) - 수집차량이 축사에서 가축분뇨 수거 시 저장조의 중간 높이에서 유입, 수거 시 교반 또는 수거차량에서의 혼합 등을 실시하여 가능하면 저농도로만 수거가 것은 되는 지향되고 상·하층부의 평균 유입 농도가 되게 함	권장사항
	소독제 과량 투입 시 관리 필요	광학현미경 이용해 미생물(원생동물 등) 유동성이 또는 미동이 없을 시 유입 금지 (예, 구제역 시 다량 소독제가 투입된 가축분뇨)	-
	유입물 온도 기준 설정 필요	동절기(10 ℃), 하절기(25 ℃)	-
	저류조 용량 설정	유효용량 3일 이상 저장이 가능하도록 용량 산정하며, 이 저류조는 가축분뇨만의 용도 - 저류조는 2단으로 설치하고 1단 하단에 쌓인 침전물을 제거할 수 있도록 함 - 저류조는 완전혼합 할 수 있도록 교반하며, 밀폐형으로 악취 방지할 수 있도록 함 - 음식물류 폐기물을 통합처리하지 않거나 소량 통합처리하는 경우는 중간 저장조로 대체 설치할 수 있음	-



## 4. 공정 환경관리기법

(표 계속)

구분	문제점	제시	비고
하수 슬러지	적정 유기물부하율(OLR) 유지를 위한유입물 농도 관리	유입물 농도 관리에 적합한 방법 도입 필요(선택사항) • 농축·탈수 설비 이용 • 탈수케이크의 유입부로 순환시스템 • 농축조 및 탈수설비 이용시에도 탈수케이크의 유입부로 순환 시스템 이용 병행 가능	권장사항
	유입물 온도 기준 설정 필요	동절기(10 ℃), 하절기(25 ℃)	-
	음식물류 폐기물의 적정 병합비율 설정	연계처리 유입하수 오염 부하량의 10 % 이내에서 음식물류 폐기물, 가축분뇨 등을 통합처리 가능 하수처리장에서 적정 병합비율은 시설에 따라 다르지만, 대부분의 시설에서는 TN, TP가 설계 수질오염부하량의 10 %를 초과하는 경우는 거의 없음	-

[표 4.16] 이송설비 공정 주요 설계 고려사항(운전인자 포함)

구분	문제점	제시	비고
공통사항	펌프 고장 및 막힘	모든 펌프에 예비대수 적용	-
	배관의 잦은 막힘	이송배관 최소 관경 : 150 A(소화 전), 300 A(월류 부분), 300 A (슬러지 인발 배관) - 가축분뇨 및 하수슬러지를 중간저장조 이전까지 이송하는 배관은 80 ~ 100 A 사용함	-
	배관 막힘 시 유지보수 어려움	직관부는 10 ~ 20 m 마다 플랜지 접합, 단 하수슬러지에 대하여는 필요부분만 플랜지 접합할 수 있음 - 곡관부는 밴딩 접합 - 상승 막힘 예상 구간에 세척수 노즐 설치	-
	관 유지보수 시 폐기물 누출	플랜지 및 밴딩 접합부에 배수피트 설치	-
음식물류 폐기물	폐기물 파쇄 목표입경 확립 필요	10 ~ 20 mm 이하로 계획	-
	컨베이어류 설치 기준 미확립	- 스크루 컨베이어 : 45° 이하 경사각 유지 - 플라이트컨베이어 : 20° 이하 경사각 유지	권장사항
	조대입자의 소화조 유입문제	5 mm 이하로 계획 권장함	권장사항
	잦은 고장으로 유지보수 어려움	2개월 이상의 계열화를 통한 유지보수 - 운영시간을 주간 8시간 기준, 한 설비가 고장 시 다른 설비로 16시간 운영하도록 함	-
	목표입경 기준 불확실	파쇄설비 후단 목표입경에 적합한 스크린 설치	-
	유분 제거 미흡	유분을 분리·제거할 것을 권장함(배관막힘과 스크제어를 위함)	권장사항

(표 계속)

구분	문제점	제시	비고
가축분뇨	제거 목표 입경 관리 필요	- 스크린에 의한 제거 목표 입경은 5 ~ 10 mm 이하로 설치할 것을 권장함(왕겨, 가축털 뭉치 등이 제거 가능한 스크린 사양 필요)	-
	협잡물 제거	- 제거 목표 입경에 맞게 협잡물을 제거해야하며, ① 중·대형 협잡물, ② 모발 및 미세 협잡물, ③ 모래, 씨앗 협잡물 등을 제거할 수 있어야함 - 협잡물 제거를 위하여 필요 시 2 ~ 3중으로 전처리 설비를 설치해야 함	-
	잦은 고장으로 유지보수 어려움	2계열 이상의 계열화를 통한 유지보수 - 운영시간을 주간 8시간 기준, 한 설비가 고장 시 다른 설비가 16시간 운영하도록 함	-
하수 슬러지	협잡물 제거	침사지에서 협잡물 제거효율에 따라 달라지지만, 협잡물 처리기(파쇄·선별기 포함) 설치할 필요 있음	권장사항
	기존 시설 이용시 음식물류 폐기물 투입시 전처리	하수처리장에 음폐수 투입 시에는 부유고형물(Suspended Solids) 관리를 하여 유입 농도와 협잡물 반입을 관리할 필요 있음	
공통사항	중간 저장조 기준 미확립	- 유효용량 3일 이상 저장이 가능하도록 용량산정, 2단으로 설치 - 완전혼합하여야 함 - 안전을 위해 메탄 감지장치 설치해야 함	-

- 1) 음폐수의 전처리 목표 입경은 5 mm 이하로 계획
- 2) 음폐수는 음식물류 폐기물의 문제점에서 3), 4)이 고려사항
- 3) 공통사항 : 음식물류 폐기물, 음폐수, 가축분뇨에 같이 적용되는 사항

[표 4.17] 폐수처리 및 액비화 공정 주요 설계 고려사항(운전인자 포함)

구분	문제점	제시	비고
폐수처리	낮은 C/N Ratio	필요 시 외부탄소원 투입	-
	폐수처리 온도 상승	최적 온도 범위 : 15 ~ 30 °C - 필요 시 냉각설비를 적용	-
	질산화에 의한 pH저감	상시 pH 7.0 ~ 8.0 범위 내에서 운전 - pH 저감을 위한 약품 투입	-
	연계처리 기준	연계처리 유입하수 오염부하량의 10 % 이내	-
	폐수 내의 총질소(TN)유입 농도설정 미흡	폐수처리 TN 농도 설정이 필요함. 특히, 음식물류 폐기물 고상 처리 시에는 6,000 mg/L로 설계할 것을 권장함	-
	스투르바이트 제거	소화슬러지 저류조에 침전제(예, 염화철)를 투입하여 침전물로 처리 - 스투르바이트 주요 생성구역의 배관의 경사를 주어 유속으로 관리	권장사항



## 4. 공정 환경관리기법

(표 계속)

구분	문제점	제시	비고
폐수처리	기존 시설에 음식물류 폐기물 추가병합 시	음식물류 폐기물 추가 투입에 따라 기존 시설의 능력을 점검하여 필요 시 개·보수를 실시 - 특히, 하수처리장 연계 시 연계수질(특히, TN, TP) 초과분에 대하여는 필요 시 별도의 처리가 필요함	-
액비화	체류시간 부족	체류시간은 분뇨 혼합식(BOD <sub>5</sub> 22,000 mg/L 경우) 30일 이상, 분뇨 분리식(BOD <sub>5</sub> 10,000 mg/L 경우) 15일 이상으로 설계함	-
	용존산소(DO)기준 미흡	액비화조 단위 용량당 필요 공기량 : 0.03 m <sup>3</sup> air/min·m <sup>3</sup> 이상 (DO는 0.5 mg/L 이상 유지 필요)	-
	액비화후 저장고설계 기준 미흡	호기액비화시설로 처리할 경우, 혐기소화조, 호기액비화조, 액비저장조를 합하여 처리일수 120일 이상이 되도록 함 - 저장조는 지하화를 권장함	-

[표 4.18] 약취처리 공정 주요 설계 고려사항(운전인자 포함)

구분	문제점	제시	비고																		
공통사항	환기 횟수 기준 미확립	<table border="1"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>적용</th> <th>환기횟수</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">실탈취</td> <td>반입장, 폐수처리실, 탈수기실, 협잡물 반출실, 탈수케이프 반출실, 전처리실 등</td> <td>12 회/hr 이상</td> </tr> <tr> <td>펌프실, 약품실 등</td> <td>8 회/hr 이상</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">기기탈취</td> <td>반입호퍼, 저장조 및 저류조, 유량조정조, 파쇄기, 선별기, 탈수기, 폐수처리 반응조 등</td> <td>15 회/hr 이상</td> </tr> <tr> <td>연계처리수조, 응집조, 응집침전조 등</td> <td>12 회/hr 이상</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">국소탈취</td> <td>이송컨베이어, 전처리설비 등</td> <td>15 회/hr 이상</td> </tr> <tr> <td>반출 컨베이어, 협잡물 및 탈수케이프 반출호퍼 등</td> <td>10 회/hr 이상</td> </tr> </tbody> </table>	구분	적용	환기횟수	실탈취	반입장, 폐수처리실, 탈수기실, 협잡물 반출실, 탈수케이프 반출실, 전처리실 등	12 회/hr 이상	펌프실, 약품실 등	8 회/hr 이상	기기탈취	반입호퍼, 저장조 및 저류조, 유량조정조, 파쇄기, 선별기, 탈수기, 폐수처리 반응조 등	15 회/hr 이상	연계처리수조, 응집조, 응집침전조 등	12 회/hr 이상	국소탈취	이송컨베이어, 전처리설비 등	15 회/hr 이상	반출 컨베이어, 협잡물 및 탈수케이프 반출호퍼 등	10 회/hr 이상	-
		구분	적용	환기횟수																	
		실탈취	반입장, 폐수처리실, 탈수기실, 협잡물 반출실, 탈수케이프 반출실, 전처리실 등	12 회/hr 이상																	
			펌프실, 약품실 등	8 회/hr 이상																	
		기기탈취	반입호퍼, 저장조 및 저류조, 유량조정조, 파쇄기, 선별기, 탈수기, 폐수처리 반응조 등	15 회/hr 이상																	
			연계처리수조, 응집조, 응집침전조 등	12 회/hr 이상																	
	국소탈취	이송컨베이어, 전처리설비 등	15 회/hr 이상																		
		반출 컨베이어, 협잡물 및 탈수케이프 반출호퍼 등	10 회/hr 이상																		
	주요 약취원인 물질	- 황화합물 : 황화수소, 메틸머캅탄 - 질소화합물 : 암모니아, 트리메틸아민 - 알데하이드류 : 아세트, 프로피온, 뷰틸	-																		
	모니터링 기준농도 오류	배출허용기준 보다 10 ~ 20 % 낮게 설정 추천	권장사항																		
기존 시설에 음식물류 폐기물 추가 병합 시	음식물류 폐기물 투입에 따라 추가로 배출되는 약취 물질이 기존 약취처리시설로 처리 가능한 용량인지를 점검하여 필요 시 개·보수를 실시	-																			

[표 4.19] 혐기소화 공정 주요 설계 고려사항(운전인자 포함)

구분	문제점	제시	비고
공통 사항	pH 설계 기준	단상소화조 : 6.5 ~ 8.5 이상소화조(산발효조) : 4.5 ~ 6.5(음식물류 폐기물 ≥ 50 %) 6.0 ~ 8.0(가축분뇨, 하수슬러지) 이상소화조(메탄발효조) : 7.0 ~ 8.5	± 0.5이내
	소화 온도 설계 기준	중온소화 : 35 ~ 42 °C 고온소화 : 50 ~ 60 °C	± 2.0 ± 1.0
	저해인자 농도 기준	(음식물류 폐기물)Volatile Acid : 4,000 mg/L 이하 (가축분뇨, 하수슬러지)Volatile Acid : 3,000 mg/L 이하	-
	소화 일수 설계 기준	중온소화 : 최소 20일 이상 고온소화 : 최소 15일 이상	-
	교반 성능 평가 방법 없음	고형물 온도 편차 : 상부 - 하부 2 °C 이내 고형물 농도 편차 : 상부 - 하부 10 % 이내	-
	OLR(유기물 부하) 기준 필요	<통합처리 경우> - VS 기준(습식) : 1.5 ~ 4.0 kg VS <sub>in</sub> /m <sup>3</sup> ·day - VS 기준(건식) : 2.5 ~ 5.0 kg VS <sub>in</sub> /m <sup>3</sup> ·day <가축분뇨 단독처리 경우> VS기준 : 1.0 ~ 3.0 kg VS <sub>in</sub> /m <sup>3</sup> ·day <하수슬러지 단독처리 경우> - VS기준 : 0.5 ~ 2.5 kg VS <sub>in</sub> /m <sup>3</sup> ·day	-
	잦은 고장으로 운전관리 어려움	유입펌프, 배관 및 소화조 2계열 구성	권장사항
	침전물 배출	하부 침전물 배출 : 경사각 1/12 이상	-
상부 스크 및 하부 침전물 제거 장치	- 레이크·스크루 회전, 스크층에 소화가스로 교반, 상등수 살수 등으로 스크 제거 - 음식물류 폐기물과 다른 유입물을 병합 시에는 소화조에 개별로 투입 - 스크이 가스배관으로 배출될 것을 감안하여 배관 중간에 제거장치 설치 - 하부 침전물 제거 및 배관장치 설치	권장사항	



## 4. 공정 환경관리기법

### 환경편익 및 경제성

통합처리 바이오가스화 기술로 생산된 연료는 전력을 생산 및 가스공급 계약으로 경제적 이익이 발생

### 운영 데이터 및 적용사례

충남 서산시 통합바이오가스화 시설, 가축분뇨, 음식물쓰레기, 하수슬러지 등 유기성 폐기물 통합처리시설 바이오가스 8,000 m<sup>3</sup>/일 생산

밀양시 통합바이오가스화 시설 설치 계획

광주광역시, 남양주시, 임실군, 상주시, 창원시 신규 통합바이오가스화 시설 선정

### 매체통합적 환경영향

바이오가스 생산확대로 인한 화석연료 대체 에너지원으로 활용함으로써 탄소중립효과 기대,

둘 이상의 유기성폐자원 병합처리로 인해 바이오가스 생산성 상승 및 경제효과로 인한 설치·운영비 절감효과 기대

## 4.2.4 하·폐수슬러지 처리시설

### 가. 슬러지 고화처리

#### 1) 혼합설비

슬러지 공급설비와 약품(고화제, 생석회)공급설비로부터 일정 비율로 투입된 슬러지와 고화제 및 생석회를 균일하게 혼합하여, 성상의 균질화를 통하여 후단의 양생기에서 전체적으로 골고루 고화반응이 이루어져, 최종 고화물의 성상이 균일하게 생산될 수 있도록 하기 위한 설비로서, 주요 설비로는 혼합기, 혼합슬러지 저장호퍼, 혼합슬러지배출 유압 스크레퍼, 혼합슬러지 이송 컨베이어 등으로 구성된다.

- 약품투입 계량기 계량값 설정
- 슬러지 투입 계량값 설정
- 혼합기 및 혼합슬러지 저장호퍼의 잔류된 혼합 슬러지량 체크
- 혼합기 패들 청소 및 탈취기능 유지
- 혼합기 외부로의 약품 비산방지를 위해 점검구 기밀 상시 유지 및 구동장치 기밀부는 주기적인 패킹 교환 실시

#### 2) 양생설비

##### 기술적 설명

양생설비는 혼합기에서 균일한 성상으로 혼합된 혼합물을 12시간 이내에 함수율 50 % 이하의 고화물을 생산하여, 매립지 복토재로 사용하기 위한 설비이다.

혼합설비에서 성상이 균일하게 혼합된 혼합물이 고화반응이 진행될 수 있도록 최적의 양생조건을 조성하여, 목표하는 최종 고화물을 생산하는 설비로서 주요설비로는 혼합물 및 고화물 양생기, 양생공기 송풍기, 고화물 배출 컨베이어 등으로 구성된다.

양생공정은 공급된 약품과 슬러지 중 수분반응에 의한 흡수발열반응, 이온교환반응, 포졸란반응, 탄산화반응 등의 여러 반응이 진행되는 공정으로 슬러지 중 수분감량 및 유해물질의 안정화가 주요목적이다.

- 양생기의 베어링 마모 방지를 위하여 주기적인 그리스 주입, 감속기 오일 확인
- 구동체인 상태점검 및 장력조절 등이 필요
- 양생기 내 벽체 및 배출슈트의 고착, 퇴적물 청소, 배출 스크루의 주기적인 청소 필요
- 양생을 위한 송풍 시에만 히터를 켜야 하며, 정비 시 이에 대한 철저한 유지관리 필요



## 4. 공정 환경관리기법

- 양생 후 이송 및 배출 시에는 항상 고화물 상태를 확인
- 송풍기의 가동 및 일정 압력 유지
- 양생시설 혼합시설 발생 고형화폐기물, 안정화 폐기물 위탁처리 등 추가 오염물질 발생 방지

### 환경편익 및 경제성

고정화 기법(예 : 투과율 저감, 비표면 저감, 화학 완충)의 환경성과를 강화한다. 안정화는 저온 공정이기 때문에 에너지가 소요되지 않는다. 이러한 기법의 배출 폐기물은 일반적으로 물리화학/침출 특성이 매우 우수하다. 공정은 저온 공정이기 때문에 대기오염물질 배출은 경미하다(연료 사용으로 생성 등). 최종생성물에서 시멘트를 고정화제로 사용할 경우 투수율을 달성할 수 있다.

저온 공정은 경제적으로 유리한 기법으로 간주된다. 일반적으로 단순한 장비만 필요하고 투자비(콘크리트 믹서, 사일로, 펌프, 등)와 운영비가 절감된다.

처리비용을 절감할 수 있는 경우에는 시약/결합제를 사용한다(발전소 비산재, 제철소 광재, 시멘트로 잔류물). 사업자가 항상 폐기물을 시약을 사용할 수 있는 입장은 아니지만(규정이나 주변의 가용성, 특정 폐기물에 대한 관심 등으로 인해), 일반적으로 경제적 타당성이 있다.

### 운영 데이터 및 적용사례

본 기법은 쉽게 사용되며 상대적으로 단순한 공정이다. 처리에 소비되는 에너지는 미미하다. 시멘트를 안정화 재료로 사용할 경우 처리 폐기물과 사용 시멘트 비율은 폐기물 유형에 따라 1 : 3 ~ 1 : 4이다.

### 매체통합적 환경영향

VOC 배출을 방지하기 위해 VOC가 함유되는 폐기물은 밀폐된 배합 용기(예 : 토련기)에서 처리하고 세정기, 등으로 고형화되지 않는 배출 VOC를 처리할 수 있다. 이러한 이차 처리는 이중 취급을 방지할 수 있다(예 : VOC 처리를 위한 열 탈착 이후 금속을 처리하기 위한 안정화/고형화).

고정화는 폐기물의 오염물 함량을 저감할 수 없으며 일부 화학반응으로 인한 화학 구성만 변경할 수 있다. 유기 폐기물은 일반적으로 안정화/고형화를 통해 고정되지 않으며, 고형물질에 의해 흡착된다. 공정으로 최종 달성되는 안정화/고형화에 관계없이 배출폐기물은 장시간 안정적이지 않고 배출폐기물의 화합물이 배출(침출)될 수 있다고 간주된다.

이러한 처리를 통한 배합물의 pH 및 알칼리 용량 증가 가능성은 비소나 시안화물, 일부 유기 성분과 같이 pH에 민감한 양쪽성 금속에 대한 침출 속성의 증가로 이어질 수 있다(pH가 12.5 이상인 경우 납, 카드뮴).

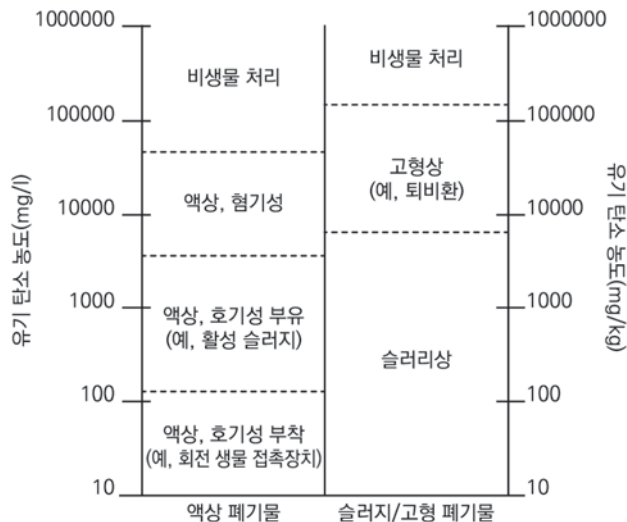
### 적용 가능성

이러한 기법은 용해성이 매우 낮은 무기 폐기물처리에 효과를 나타낼 가능성이 가장 높다. 기법을 이용하여 광범위한 폐기물을 처리할 수 있다(액체, 고체, 각종 화학 오염물, 재, 등). 크롬산염과 납(Pb)이나 아연(Zn)과 같은 양쪽성 금속, 용해성 염류가 일부 함유되는 폐기물은 고정화 공정 이전에 전처리를 해야 한다. 고정화에 적합하지 않은 폐기물은 다음과 같다.

- 인화성 및 고인화성 폐기물(예 : 저인화점 용제)
- 휘발성 물질 함유 폐기물, VOC 농도가 매우 낮은 경우
- 산화제, 산화제 농도가 매우 낮은 경우
- 악취발생을 유발하는 성분이 낮은 폐기물의 경우
- 용해성 유기 폐기물과 COD 함량이 높은 폐기물
- 몰리브덴 함유 폐기물
- 용해성 무기염 함유 폐기물
- 고형 시안화물. 시안화물 농도가 매우 낮은 경우
- 킬레이트 시약. 킬레이트 시약 농도가 매우 낮은 경우

### 나. 생물학적 처리

적절한 처리시스템을 선택하는데 중요한 기술적 요인은 폐기물의 유기 성분과 미생물 개체군의 적절한 접촉을 제공할 수 있는 성능이다. 이러한 성능은 주로 폐기물 상태와 농도에 따라 결정된다. 이러한 2개 변수의 함수로 대다수 성능을 제공하는 시스템의 개략도는 다음과 같다.



[그림 4.12] 폐기물 농도 및 형태의 함수로 선택되는 적절한 생물학적처리 시스템



## 4. 공정 환경관리기법

### 환경편익 및 경제성

대상 폐기물에 적합한 생물학적 처리 선택은 운영 문제를 방지할 뿐 아니라 폐기물에서 주요 편익을 추출하는데(연료 사용) 도움이 된다.

### 운영 데이터 및 적용사례

생물학적처리 시스템 선택에 고려할 주요 특징은 처리 폐기물의 영양소 및 수분의 균일한 분포(균질성)뿐 아니라 선택한 처리의 가용성이다.

### 적용 가능성

하수슬러지를 처리할 경우에는 열건조 하수슬러지에 비해 생물학적 처리 하수슬러지의 에너지 함량이 낮기 때문에 혐기성 소화 및 열 건조 및/혹은 각종 폐기물 소각을 선택하는 것에 대한 효율성을 검토해봐야 한다.

## 다. 하·폐수 슬러지 건조 연료화

### 에너지 절약형 연료화시설

#### 기술적 설명

- 1차 건조공정에서 배출된 폐열의 응축잠열을 회수하여 2차 건조용 열원으로 활용하여 건조 에너지 절감
- 슬러지 재활용시설에서 생산된 건조물은 시멘트 재활용 및 화력발전소 보조연료로 사용

### 환경편익 및 경제성

폐열의 응축잠열을 회수하여 재사용함으로써 건조에 필요한 에너지를 15 % 이상 절감

### 운영 데이터 및 적용사례

슬러지 1차 건조공정에서 사용된 열을 2차 건조 열교환기 및 2차 응축기를 통해 2차 건조공정에 재사용 후 건조된 슬러지는 시멘트 재활용 및 화력발전소의 보조연료로 사용

### 적용 가능성

슬러지 건조 연료화 시설에 적용 가능

## 라. 하·폐수 슬러지 탄화

슬러지 탄화 처리 후 보조연료 및 복토재 등으로 재활용

### 기술적 설명

탄화물은 비교적 가볍고 다공질이며 화학적으로 안정한 무취상태이다. 비표면적이 크기 때문에 흡취성, 흡착성이 좋고 발열량이 1,500 ~ 2,500 kcal/kg으로 슬러지 재료에 따라 상이하다.

[표 4.20] 탄화물의 일반적 특성에 따른 사용용도

특성	활용분야
다공 흡착성	환경오염물질 흡착 및 수질 정화제(오수정화 및 방류수 ss제거제)
미생물 활성	퇴비발효 촉진제
토양 활성화	토양개량제(농업, 조경토목 녹화자재) 법면 녹화자재(공공사업), 원예자재, 건조지녹화, 미네랄 및 미량요소 보강제단열재, 건재(암면 대체)
대체연료	비닐하우스 난방용 보조 연료
흡수, 흡유성	탈수 보조제 및 폐유 흡착제(해양오염 제거제), 시멘트 고화제
환원성	고로 환원제, 가탄제, 보온재(제철공정)
흡착성	오염물질 흡착제(다이옥신, 포름알데하이드 등의 흡착/산업용 및 공공시설용), 소취 및 탈취제(암모니아, 황화수소 등의 악취가스/가정용, 축산용, 산업용), 조습제(수증기의 흡 탈착/일반주택용), 수질정화제(오수정화/산업용), 일회용 숯(산소 보존재)
복합체	포장도료보수재(표면처리공법/공공사업), 축매담체(축매분해 작용에 의한 흡착성의 향상/산업용)토양활성
열흡수성	용설제
단열성	건재(암면다체), 보온재(제철공정)



## 4. 공정 환경관리기법

### 환경편익 및 경제성

슬러지 탄화물은 사용처에 판매함으로 인한 부가 수익 창출 가능

### 운영 데이터 및 적용사례

- 김해시 하수슬러지 탄화시설
  - 철강보온재 활용
  - 철강보온재 수급량 : 조강 생산량의 약 0.05 %로 수요처 확보 가능
  - 탄화물은 보온재 원료(왕겨탄화물)와 성상이 유사하여 대체 가능성 우수
  - 보조연료 활용(탄화물 열량 : 2,400 ~ 3,100 kcal)
- 보령시 슬러지 탄화시설  
(주)한국중부발전 보령화력 화력발전소 보조연료 사용

### 적용 가능성

슬러지 탄화시설에 전반적으로 적용 가능

## 4.2.5 기타시설

### 가. 물리화학적 반응장치에 대한 기법

각 처리공정의 목표와 예상되는 반응 화학작용을 명확히 정의한다. 반응을 모니터링 및 제어할 수 있도록 공정에 대한 중점을 정의해야 한다. 공정에 적합한 투입물을 정의하고 설계 시 폐기물에 예상되는 변수를 고려해야 한다.

반응장치 용량에 대한 반응 질량 증가에 따른 반응열 증가나 반응장치 체류시간 증가, 반응 속성 변경, 등과 같은 확대효과 가능성을 고려해야 한다.

특히 사용 목적에 적합한 반응장치 용기를 설계 및 운영한다. 해당 설계는 작업 지침이나 직원 교육, 설비 유지보수, 점검, 감사, 비상대응 절차와 같이 공정 관리 계획의 고려와 함께 화학 공정 위험의 고려사항과 화학반응의 위험 평가, 적절한 예방 및 보호 대책의 고려사항이 포함되어야 한다.

전체 처리/반응 용기를 밀폐하고 적절한 세정 및 저장 시스템을 적용한다.

반응장치 용기(또는 처리를 수행하는 배합 용기)는 사전에 배합한 폐기물 및 시약을 적절히 투입한다. 예를 들어 일부 반응장치 용기는 '사전에 석회를 처리'하거나 반응장치 용기 투입 전에 구성되는 수산화칼슘 용액 등을 이용하여 반응을 제어할 반응 알칼리를 먼저 투입해야 한다.

자루나 드럼을 용기에 직접 옮기지 않는다. 이는 아래의 사태를 방지할 수 있다.

- 반응 용액 표면의 농축 '과열점'
- 반응 통제력 상실
- 점점의 순간 반응으로 배출되는 먼지

반응이 통제에 따라 예상된 결과를 향해 진행되는지 모니터링한다. 이를 위해 처리에 사용되는 용기에는 고수위 pH 및 온도 모니터를 설치해야 한다. 이는 자동 및 연속 작동해야 하며 가청정보와 함께 통제실이나 검사실의 명확한 디스플레이에 링크해야 한다. 위험 평가를 위해서는 공정 모니터를 컷오프 장치에 링크해야 한다. 반응장치의 반응 특성은 검사실 시험과 달라질 수 있기 때문에 반응 모니터링이 필요하다. 모니터링은 검사실 시험의 편차에 대한 조기 표시를 제공해야 할 뿐 아니라 반응을 중지 또는 변경할 수 있는 조치를 취해야 한다. 따라서 반응장치 용기의 냉각 및/혹은 급냉 설비가 있어야 한다.

처리 용기 내용물 교반을 위한 표준 방식은 회전형 임펠러이다. 이는 임펠러 크기와 용기 간격 사이에는 공기가 존재한다(용기의 유형과 크기에 따라 판단). 뿐만 아니라 교반 속도와 폐기물의 특성에 따라 결정된다. 임펠러가 용기에 투입될 경우에는 비산 방출을 방지하기 위해 밀봉해야 한다.

반응 용기의 고온 상승으로 인하여 배출되는 VOC는 세정기 응축 후 처리시스템을 설치한다.

반응 용기 상단에 공기를 교환하고 방시시설을 통해 암모니아나 염화수소, 이산화황과 같은 기체를 제거하는 시스템을 마련한다. 일반적으로 세정기에서 배출되는 수성 용액은 처리장에 환원되며 황성탄 시스템은 재생하거나 여의치 않을 경우 황성탄을 소각한다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 환경편익 및 경제성

반응/처리공정의 제어는 환경보호와 사고 가능성 예방에 중요하다. 금속 제거율은 96 %를 달성할 수 있다

### 운영 데이터 및 적용사례

일반적으로 중화반응 탱크에는 알칼리 세정장치를 부착하며 산성가스는 대부분 일부 VOC와 대부분의 입자상물질/용액과 함께 공정에 환원된다.

### 적용 가능성

물리화학 처리장은 투입폐기물 선별을 실시하여 정확한 탱크에 폐기물을 보관하고 반응의 균형을 유지한다.

## 나. 중화시설 운전 및 오염물질 저감 기법

금속과 착화제가 동시에 함유되는 경우 중화 대상폐기물과 산성/염기 폐기물의 중화반응을 방지한다. 이는 추후 분리가 어려운(경제적 관점에서) 금속 복합체의 형성을 방지한다. 예를 들어 이러한 공정에서 주의해야 하는 착이온에는 EDTA, NTA, 시안화물이 포함된다.

전극을 지속적으로 세정하여 적절히 교정하는 경우 물리화학 처리장 작업 시 폐기물 중화를 위해 유리 전극을 비롯한 유사 센서의 도움을 받는 등, 맞춤형 측정 방식을 사용한다. pH값은 준비된 표본이나 리트머스지를 이용한 측정을 통해 판단할 수도 있다.

동시 보관될 경우 이차 반응이 발생하기 때문에 처리 폐수의 수질에 미치는 악영향을 피하기 위해 중화 폐수는 별도로 보관한다. 처리 폐수의 최종 검사는 보관 시간이 충분히 경과된 후 실시해야 한다.

### 환경편익 및 경제성

중화 공정의 성과를 개선하고 하류 문제를 방지한다(예 : 폐수의 후속 처리가 불가능한 방식으로 폐기물이나 기타 물질의 배합 방지)

### 운영 데이터 및 적용사례

황산( $H_2SO_4$ )과 석회유( $Ca(OH)_2$ )를 결합하면 석고( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ )가 반응 생성물로 배출될 수 있다. 석고는 침전물과 외피를 초래하여 심각한 운영 교란을 유발하고 광범위한 유지보수 조치를 필요로 할 수 있다. 그러나 이러한 문제는 중화 과정의 적절한 운영(희석  $H_2SO_4$  및 석회를 이용한 사전중화를 이용하여)과 적극적 배합을 통해 최소화할 수 있다. 석회 대신에 수산화나트륨( $NaOH$ )을 중화에 사용하면 다른 문제가 발생할 수 있다. 일부 경험에 따르면 수산화나트륨 중화로 폐수에 발생하는 황산염 농도 증가는 콘크리트로 제조된 하수구를 침습하여 악취를 배출할 수 있다.

## 매체통합적 환경영향

희석 수성 시스템에서는 의도적으로나 의도와 무관하게 가스를 생성하지 않고 중화 공정을 수행할 수 있어야 한다. 이러한 시스템에서는 일반적으로 황산화물과 같이 연속 저감이 필요한 물질을 초래하지 않고 산 중화와 같이 유해성 물질을 수반하는 공정이 수행될 수 있다.

## 적용 가능성

중화는 모든 배합 액상 폐기물에 적용할 수 있다.

## 다. 금속 침전

폐기물을 산성화하여 폐기물에 함유된 침전 분리하여 가용화한다.

- 금속이 침전되는 최소 가용점으로 pH를 조정한다.
- 처리를 거친 폐기물은 가급적 원심분리를 이용하거나(예 : 폐기물에 함유된 고농도 금속은 원심분리로 정화하기 매우 어렵다) 기타 탈수 장비를 첨가하여 정화되도록 한다(예 : 필터 프레스나 원심분리 장비).
- 착화제나 크롬산염, 시안화물의 투입을 방지한다(폐기물 산성화로 인한 HCN 형성의 위험)
- 수산화물 침전(착화제의 함유로 인하여)이나 황화물 침전(황화나트륨이나 유기 황화물 이용)을 이용하여 처리 폐수의 목표 금속 농도를 달성할 수 없는 경우에는 침전 조건을 변경할 수 있다. 이러한 변경의 목적은 수용화하기 어려운 금속 황화물을 형성하는데 있다. 황화수소를 사용하기 때문에 운영조건과 배출물질에 각별히 유의해야 한다. 실제로 황화물 침전은 착화제가 함유되는 폐수를 처리하는데 사용된다.
- 일반적으로 침전 작용을 방해하는 유기물의 공정 유입을 방지한다.

다음 단계에 따라 공정을 구성한다.

- 검사실의 실험 연구; 처리 프로그램 결정
- pH 값이나 온도, 금속 농도와 같은 공정 제어값 확정, 전극세정 및 교정
- 유형과 수량, 농도에 따라 보조제 결정
- 보조제에 대해 l/h와 같은 투여량 판단
- 보조제 첨가 순서 결정
- 장비 기능 시험
- 침전/응집 실행; 공정 제어 기록

## 환경편익 및 경제성

크롬이나 아연, 니켈, 납과 같은 물질은 일반적으로 용액에 용존하거나 분진 또는 콜로이드성 물질에 흡수된다. 이는 비교적 간단하고 견고한 기술이며 성능은 95 %까지 발휘된다.

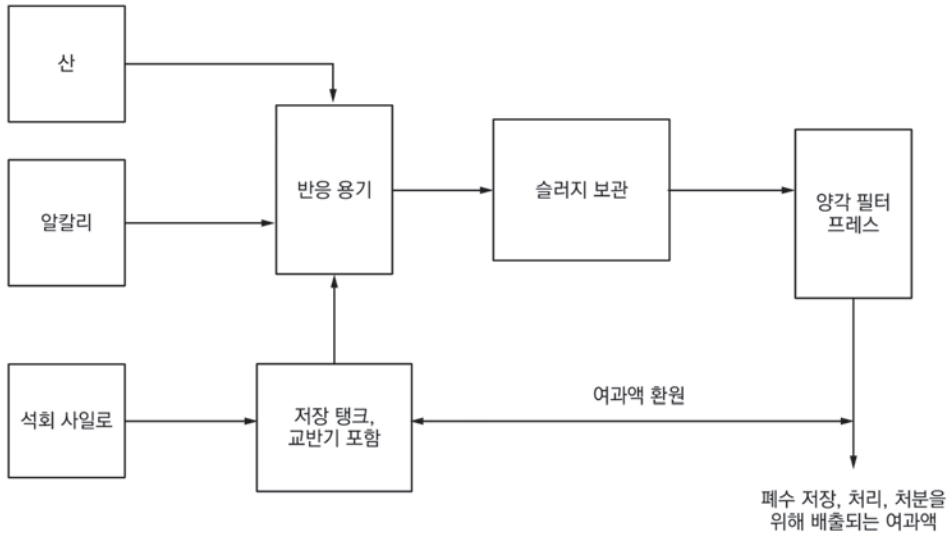


## 4. 공정 환경관리기법

### 운영 데이터 및 적용사례

산/알칼리 중화와 유사하게 공정은 교반 반응 용기의 산이나 알칼리(폐기물일 수 있다)의 첨가를 수반한다. 일반적으로 수산화물에는 석회가 사용된다.

수산화물로 사용되는 다양한 금속의 침전에 대한 pH 범위를 나타낸다. 최소 가용성에 대한 pH 값은 금속에 따라 달라지며 금속 배합물의 경우 최적의 값을 파악해야 한다. 이러한 최적의 pH에 대해 일부 금속은 전혀 침전되지 않을 수 있다. 이 때문에 금속 제거를 극대화하기 위해 pH 단계를 1개 이상 사용하는 경우가 있다.



[그림 4.13] 침전/중화 공정의 표현

[출처 : UK EA, 2001]

### 매체통합적 환경영향

크롬(III)이나 아연, 카드뮴은 양쪽성 원소로 가용성은 최소 가용점 이상의 pH에서 상승한다. 금속을 함유하는 슬러지 생산은 매체 간 영향으로 간주할 수 있다. 필터케이크의 용량은 석회를 수산화나트륨으로 대체하면 저감 할 수 있으나, 이 경우 불소가 침전되지 않는다.

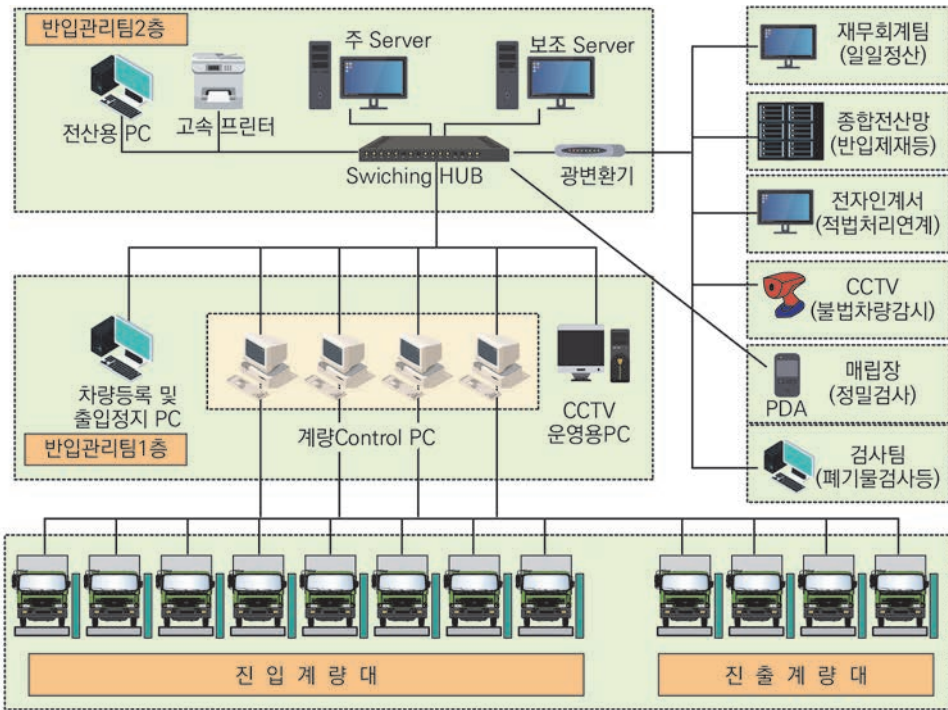
### 적용 가능성

수성 폐기물처리 공정은 가용성 금속과 산성 음이온을 용액에서 침전시키는 한편 부유물질의 입자크기를 제고하여 다양한 적합성 수성 폐기물을 처리함으로써 정화나 여과를 이용한 고형물과 액체의 후속 상 분리에 도움이 된다. 전형적인 폐기물에는 특히 중간처리설비 폐기물과 도료 분무실 폐기물, 공정폐수가 포함된다.

### 4.3 최종처분시설(매립)

#### 4.3.1 전산운영시스템

전산운영시스템은 계량 및 주변기기를 관리하는 계량시스템 및 정보의 등록 및 출력, 자료의 저장 및 추출, 정밀감사 등을 관리하는 운영관리시스템, 폐기물적법처리 전자인계서 연계시스템, CCTV시스템으로 구분되어 있다.



[그림 4.14] 전산운영시스템 구성도

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2007]

## 4. 공정 환경관리기법

### 가. 계량운영시스템

계량운영시스템은 트럭스케일 및 인디케이터, 신호등, 차단기 등 주변시설 및 차량의 계량업무를 관리하는 프로그램이다.

### 나. 운영관리시스템

운영관리시스템은 기본자료의 등록 및 처리, 각종 보고서 작성 및 출력, 계량자료의 일일마감과 월마감 처리, 검사업무, 일일정산, 정밀검사 등을 관리하는 프로그램이다.

### 다. 폐기물적법처리 전자인계서 연계시스템

폐기물적법처리 전자인계서 연계시스템은 폐기물의 투명한 처리를 위한 자료의 등록 및 처리를 위한 프로그램이다.

### 라. CCTV시스템

CCTV시스템은 계량대를 통과하지 않은 불법 및 무단 반입차량의 존재 가능성을 차단하기 위해 이를 확인하는 시스템이다.

### 4.3.2 침출수 배수층 및 집수관로

배수층은 상부 매립층에서 발생하는 침출수를 배수층 내 설치되어 있는 침출수 집배수관로로 신속히 집수시키므로 배수층 하부로의 침출수 침투를 방지하고, 배수층 내 누적수위를 저감시키는데 그 목적이 있다.

차단층(고화처리층) 상부에 포설되는 배수층의 포설두께는 배수층 내 최대 침출수위보다 커야하고, 배수층의 기능저하(투수계수 감소)·상도 상기 조건을 만족하여야 한다. 따라서, 적정배수층의 설계를 위해 다음과 같이 배수층 설계기준을 제시한다.

[표 4.21] 배수층 및 집배수관로 설계값

구분	배수층 두께 (cm)	투수계수 비 (k2/k1)	배수층 경사 (%)	배수 간격 (m)
적정 값	50	10 <sup>-4</sup>	2.0 이상	20
하한 값	30	10 <sup>-3</sup>	1.0	50
비고	사면부 10 cm			

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2007]

#### 운영 데이터 및 적용사례

[표 4.22] 수도권매립지관리공사 제2매립장 침출수집배수층 등 적용설계

구분	침출수 집배수층	기 타
시설개요	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전면적에 걸쳐 배수층 포설(두께 60 cm)</li> <li>• 침출수 집배수관 포설</li> <li>• 지하수 배제층 설치</li> <li>• 침출수 집배수층 2 ~ 3 % 구배로 설계</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지하수 감시정 : 11개소 61개공</li> <li>• 우수배제 : 1개 블록을 300 × 300 m로 계획</li> </ul>
비고	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 제1매립장 누적수위 문제 해소</li> <li>• 폐기물관리법 강화에 따른 설치기준 만족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 매립구역 축소</li> <li>• 침출수 발생량 최소화 및 악취저감</li> </ul>

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2007]

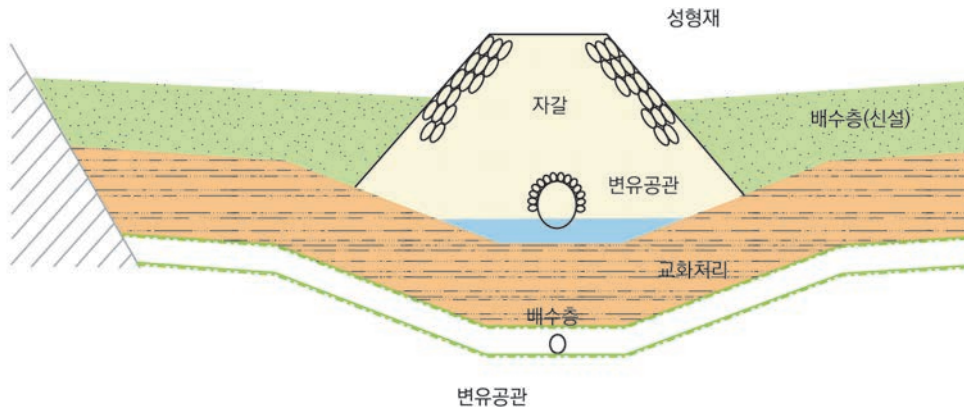


## 4. 공정 환경관리기법

### 4.3.3 침출수 수직배제시설

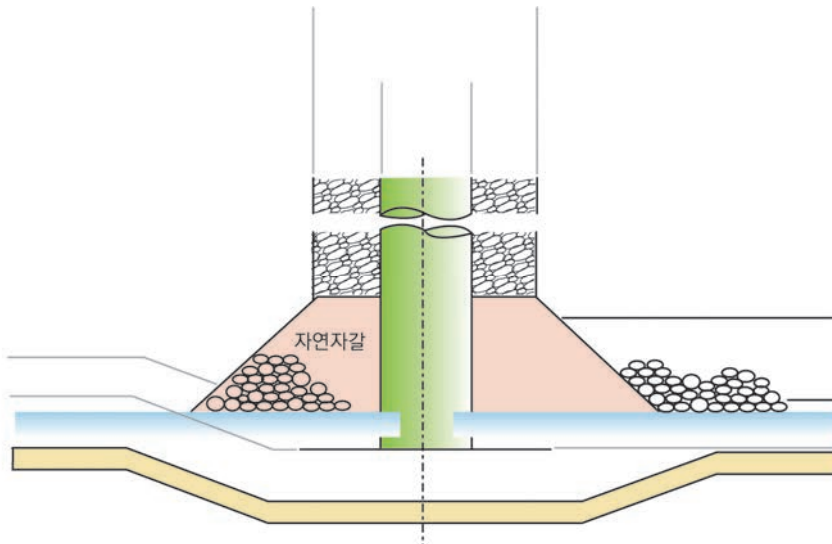
매립장에서 복토, 폐기물의 함수율, 배수층의 투수계수 등의 요인으로 인하여 침출수 누적수위가 지속적으로 상승할 수 있으며, 외국의 경우 하부의 배수층이 시간 경과에 따라 그 기능이 저하되어 매립완료 후 하부 침출수집배수시설 대신에 수직배제시설을 설치하고 있는 실정이다.

따라서 수직배제정을 침출수 집수관로에 설치하여 자연유하로 펌프정에 유입될수 있도록 하고, 향후 집수관로의 기능이 상실되었을 경우 기포 펌프 등을 이용하여 침출수를 수직배제할 수 있다.



[그림 4.15] 침출수관로 시공단면도

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2007]



[그림 4.16] 수직배제정 시공단면도

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2007]

### 4.3.4 매립장 계측

계측관리는 기반시설 및 매립완료된 매립사면 안정성관리와 폐기물층의 압축성관리를 위한 침하관리 등 매립장 안정성관리 측면에서 이상 변위 발생 시 신속한 현장대처와 폐기물의 단기 및 장기침하에 대한 대책을 강구함으로써 지속적으로 매립장을 유지관리하는데 목적이 있다.

매립진행에 따른 폐기물 하중압력으로 원지반의 공극사이에 물이 빠져나가면서 그 부피만큼 침하되는 압밀침하가 발생하게 된다. 설계 시 지반특성조사를 통하여 매립하중에 의한 원지반 침하량 및 침하기간을 예측할 수 있는데, 계측으로 실제적인 침하량을 구하여 설계 시 예측지와 일치하는지 확인할 수 있고, 이를 통하여 보다 정확한 침하량 및 침하시기를 예측하는 것이 가능하다.

원지반 침하측정을 위한 계측기는 기준봉, 연속침하계, 침하셀, 수압식침하계, 매립형침하계, 간극수압계를 이용하여 매립폐기물 하중에 의한 입밀침하량 압밀도를 파악할 수 있다.

### 4.3.5 계단형 매립

단별 평면매립방식으로 폐기물을 매립하는 것은 주변지역에 미치는 환경오염의 우려가 크고, 우수배제, 침출수처리 및 매립가스로 인한 악취제어 등 매립장 운영관리에 어려움이 있다. 이에 구역으로 분할하여 순차적으로 매립하는 계단형 매립방식을 단독 또는 병합적용하여 상기 문제점을 해결할 수 있다.

#### 환경편익 및 경제성

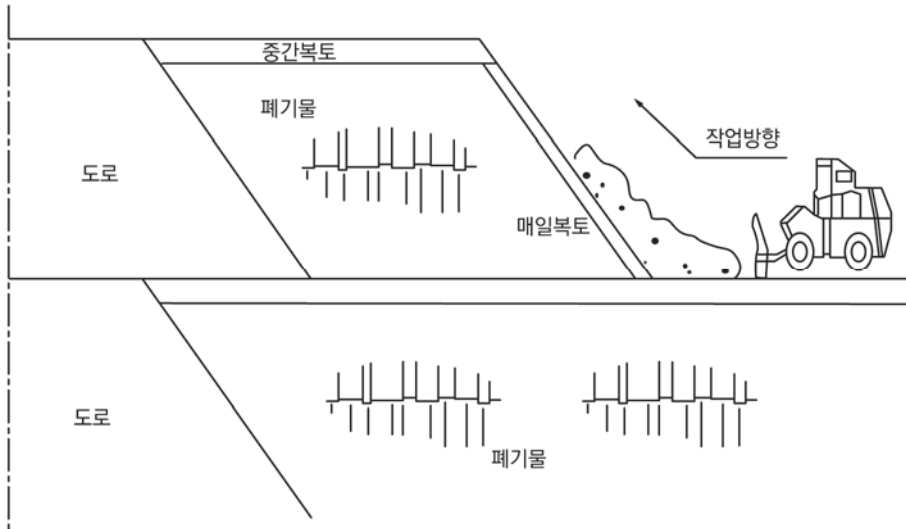
침출수 발생량을 줄여 침출수 처리비용을 절감할 수 있고, 매립구역 집중화로 매립가스 포집 및 이용 측면에서 유리하다. 매립작업구역 집중화로 악취영향 측면에서 최대착지농도가 상대적으로 증가하나 영향반경이 상대적으로 축소된다. 또한, 우수배제시설의 설치 및 유지관리상 평면매립장식에 비하여 초기투자비용이 적고, 유지관리가 비교적 용이하다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 4.3.6 상향식 매립

폐기물 위생매립은 폐기물의 적정 다짐밀도 확보, 비닐봉투 파쇄, 폐기물의 날림, 해충서식 등을 방지하기 위한 신속한 복토작업 시행 등이 중요한 요소이다. 매립작업 방법에는 상향식 매립, 하향식 매립, 조합매립 등이 있으며, 매립장의 특성, 매립작업의 효율성, 환경적인 측면, 시공성 및 경제성 측면 등을 고려하여 매립방법을 결정하는 것이 필요하다.



[그림 4.17] 상향식 매립 개념도

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2007]

#### 환경편익 및 경제성

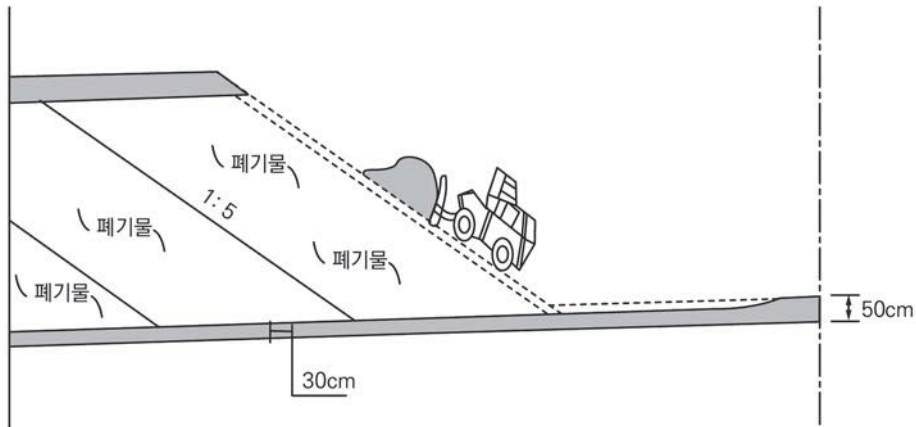
- 폐기물 다짐밀도가 증가되어 매립량 극대화
- 충분한 다짐작업으로 폐기물 매립밀도 증가
- 매립밀도 증가에 따라 매립량이 약 26 % 증가 가능
- 비닐봉투 파쇄효과로 폐기물 분해 촉진
- 운반차량이 작업지점 하단부로 이동하므로 접근도가 양호하여 동시에 많은 폐기물의 처리가 가능
- 사면을 다지게 되므로 일일복토 및 중간복토가 용이

### 4.3.7 중간복토 절취 후 당일복토 재이용

폐기물 매립 후 중간복토는 양질토사(다짐)를 재료원으로 30 cm 이상의 두께로 포설하고 있으나, 단별로 실시되는 폐기물 매립계획에 따라 중간복토층 상부에 다시 폐기물이 매립되고 있으므로 중간복토층은 폐기물 속에 묻혀 버리는 현상이 반복된다.

이러한 경우 중간복토에 사용된 양질의 토사를 재이용할 수 없을 뿐만 아니라 토사층 다짐에 따라 투수성이 낮아지게 되어 폐기물층 내 발생하는 침출수의 하방침투를 저해하여 단별 폐기물층 내 함수비의 불균등을 초래하고, 나아가 단별 누적수위의 발생으로 외곽 흠 제방부 누출가능성 및 구조적 안정성 저하를 초래할 가능성이 있다.

따라서 한시적인 중간복토 기능층으로서의 역할뿐 아니라 매립장의 구조적 안정성 확보를 위한 단별 누적 수위 형성 가능성을 배제하기 위해 중간복토층 일부 또는 전부를 절취하여 당일 복토재로 재이용한다.



[그림 4.18] 중간복토 절취 및 이용 개념도

[출처 : 수도권매립지관리공사, 2007]

## 4. 공정 환경관리기법

### 환경편익 및 경제성

폐기물 매립직전 중간복토층을 절취함으로써 토사층의 저투수성으로 인한 단별 누적수위 형성을 방지하여 매립장 내 구조적 안정성을 확보할 수 있다.

중간복토 절취토사를 현장에서 바로 당일복토재로 재이용하므로 토사구입 및 운반비를 절감할 수 있다.

### 운영 데이터 및 적용사례

- 수도권매립지관리공사 기준 토사구입 및 운반비 절감 약 1억 원/년
- 누적수위저감에 따른 매립장 안정성 개선으로 제방 이격거리를 줄일 수 있어 매립량 증가효과 (약 90,000 m<sup>3</sup>/년, 15억 원/년 절감효과)
- 중간복토 절취두께 20 cm 만큼 폐기물을 추가하여 매립할 수 있으므로 매립량 증가효과(약 270,000 m<sup>3</sup>/년, 46억 원/년 절감효과)

### 4.3.8 건설폐기물을 이용한 내부도로 축조

매립장에서 내부도로를 일반토사로 축조할 경우 토사와 폐기물과의 밀도 및 함수율 등의 차이에 의하여 침하의 정도가 서로 다르기 때문에 부등침하가 가속화되며, 내부도로 및 복토면 등에 균열이 발생되어 균열발생부에서 매립가스의 유출 및 우수유입 문제가 발생하여 매립장의 구조적인 안정성 문제가 발생할 수 있으므로 내부도로부의 성토재료를 건설폐기물로 축조하여 심한 부등침하를 줄일 수 있다.

응력-변형 해석결과, 내부도로 성토재로 토사를 사용하는 경우, 토사의 단위중량( $1.85 \text{톤}/\text{m}^3$ )이 생활폐기물 단위중량( $1.1 \text{톤}/\text{m}^3$ )보다 상대적으로 크기 때문에 내부도로부의 침하량이 상대적으로 폐기물층보다 크게 나타나므로 건설폐기물의 단위중량이 작거나 탄성계수가 클수록 부등침하 감소경향을 보인다.

#### 환경편익 및 경제성

조상재료로 건설폐기물 및 재생골재를 활용함으로써 자원의 재활용으로 국가 폐기물 관리정책에 부합하며, 제철소 슬래그를 사용하지 않고 재생골재(보조 기층재)를 사용함으로써 예산을 절감할 수 있다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 4.3.9 우수배제 토사측구 차수매트 보강

하절기 우기 시 매립장 내부에 내린 비는 중간복토면과 토사측구를 통하여 외부로 배제하고 있으나, 일반적으로 매립장 내부에는 폐기물로 인한 부등침하 때문에 구조물(콘크리트 측구, 관수로 등)을 이용하여 우수를 배제하기 어렵고, 매 단별 매립후 폐쇄하므로 사용기간이 짧아 효용성이 떨어지며, 경제성 측면에서도 대단히 불리하다.

제방 또는 내부도로와 중간복토 경계부에 토사측구를 설치하게 되는데 부등침하로 인한 균열발생 등으로 우수의 침투가 용이하고, 매립가스 발산으로 악취가 발생하는 현상이 나타난다. 이에 토사측구 부분인 중간복토 위에 차수매트를 설치하여 보강하면 위의 문제점을 해결할 수 있다.

#### 환경편익 및 경제성

- 토사유실방지 및 유지관리 용이

PE매트 시공 시 토사측구 구간의 토사유실 저감으로 토사측수 유지관리 용이 및 외곽 우수배제시설 준설 등 시설물 유지관리 용이

- 침출수 발생 최소화

PE매트는 차수재 개념의 토목합성수지를 설치하는 것이므로 우수의 침투억제와 침출수 최소화에 기여하여 약 3 ~ 5 %의 침출수량 감소효과가 있는 것으로 분석됨

- 강우의 신속 배제

토사측구보다 조도계수가 작아 유속이 빠르므로 집중강우 시 강우의 신속한 배제 가능

- 시공성이 비교적 용이

- 차수매트의 한시적인 사용으로 재질 특성상 손상우려가 적고, 해체 후 상단 매립 시 재이용이 가능하여 경제적임

### 4.3.10 최종복토

#### 가. 가스배제층

최종복토 구성층 중 최하단부에 설치되는 가스배제층은 폐기물층 내에서 발생하는 매립가스를 효과적으로 포집하여 매립장 표면으로의 발산을 억제하고 매립가스의 차단층 통과를 제어함으로써 주변지역 환경영향을 저감하는 목적으로 폐기물 매립이 완료된 때에는 가스배제층의 설치를 현행 「폐기물관리법」 관리규정에 의무화하고 있다.

따라서 매립장 매립작업 조건을 고려한 가스배제층으로 사용가능한 재료를 선정하고 재료별로 시공성, 가스배제 효율성, 내구성, 공사 중 환경영향 및 경제성 등에 대한 비교·검토하는 것이 필요하며, 특히 최종복토의 원활한 시공이 가능하도록 가스배제층 재료 수급 등에 대한 사전 검토가 반드시 필요하다.

- 제1안 : 매립과 동시에 건설폐재층, 가스배제층 포설. 침하유예기간 허용 후 차단층, 빗물배제층, 식생대층 설치
- 제2안 : 최종 매립단 상부에 수평가스포집관 설치로 가스배제층 대체
- 제3안 : 중간복토 50 cm 중 30 cm 절취 후 매립가스 포집층 30 cm 포설하고, 절취토사는 식생대층으로 유용

[표 4.23] 가스배제층 구성방안별 장·단점 검토

구성방안	장 점	단 점
제1안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 매립가스 포집효과 우수</li> <li>• 법적요건 충족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대상면적이 광범위하여 후속작업(차단층) 지연 불가피</li> <li>• 후속작업 지연 시 악취 및 침출수 발생량 증가와 악천후 등에 대한 현장의 즉각적인 대응 난이</li> <li>• 현장 적용 가능한 재생골재 기준과 조건 모호</li> </ul>
제2안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시공성 양호</li> <li>• 매립 직후 악취 및 침출수 제어에 유리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 매립가스 배제효과 불리</li> <li>• 중간복토층 발산가스에 의한 차단층에 영향이 미칠 것으로 예상</li> </ul>
제3안	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시공성 양호</li> <li>• 매립가스 포집과 발산가스 제어기능 동시 수행 가능</li> <li>• 절취토사 유용으로 반입토사량 저감효과</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 절취토공에 따른 집토 공간의 확보가 필요</li> </ul>



## 4. 공정 환경관리기법

### 나. 차단층

강우에 의한 빗물이 폐기물층 내부로 침투하여 침출수 발생량이 증가되는 것을 방지하고, 매립가스 및 악취의 표면누출을 차단하는 것이 최종복토의 주목적이므로 양호한 상부 토지이용 및 식재조건 형성을 위한 세심한 검토가 필요하며, 법적기준을 토대로 점토 등만 포설하는 단일차단층과 점토 등과 합성고분자차수막을 병행하는 복합차단층에 대하여 기능성, 유지관리성, 경제성 등을 검토하여 시공방안을 결정하여야 한다.

최종복토층 고유의 기능성 검토를 위한 현장시험시공과 차단층 재료원별 토성시험과 투수시험 및 일축압축시험을 포함한 실내시험 등을 거쳐 성과분석을 실시한다.

- 제1안 : 원지반토 30 cm → 다짐 → HDPE Sheet 1.5 mm → 부직포(700 g/m<sup>2</sup>)
- 제2안 : 원지반토 + 시멘트(2%) 혼합토 30 cm → 다짐 → HDPE Sheet 1.5 mm → 부직포(700 g/m<sup>2</sup>)
- 제3안 : 토사 + 폐석회(8:2) 혼합토 30 cm → 다짐 → HDPE Sheet 1.5 mm → 부직포(700 g/m<sup>2</sup>)
- 제4안 : 원지반토 45 cm → 다짐 → 부직포(300 g/m<sup>2</sup>)

[표 4.24] 차단층 설치방안별 시험내용

구분	실내시험	시험시공	시공성
시험내용	• 최대 건조밀도, 최적함수비 시험조건	• 현장 다짐시행과 동일조건으로 실내 다짐방법으로 제작한 시료에 대한 투수계수와 일축 강도시험	• 현장에서 다짐(10톤 롤러 6 ~ 10회) 시행

### 다. 배수층

최종복토 구성 중 차단층과 식생대층 사이에 설치하여 강우 시 상부 식생대층을 통과하는 우수를 투수계수가 높은 층을 통해 수평방향으로 유도하여 신속하게 배수함으로써 차단층에 작용하는 수리학적 수두를 최소화하여 우수의 침출수화를 방지한다.

「폐기물관리법」 규정에는 차단층 상부에 모래 등으로 두께 30 cm 이상 두께로 포설하거나 복토층 하중상태에서 투과능계수가 1초당 3만분의 1제곱미터 이상인 지오킴포지트·지오네트 또는 지오텍스타일 등의 투과합성수지 등을 설치하는 것으로 되어있다.

배수층 재료원별 구분으로 모래, 쇄석, 재생골재가 검토대상이 될 수 있고, 배수층의 기능이 식생대층을 통과한 우수의 신속한 배수가 주목적이므로 투수계수를 고려한 입도조정이 가능하고, 경제적이며, 폐기물의 재활용에 따른 자원절약 등에 대해 검토되어야 한다.

## 라. 식생대층

최종복토 구성층 중 최상부를 형성하는 식생대층은 수목이나 초지류 등을 식재하여 매립종료 후 식생복원, 우수로 인한 토사침식 방지, 매립가스 발산량 저감은 물론 양호한 경관 및 녹지공간 제공을 위한 목적으로 설치한다.

최종복토 완료 후 우수에 의한 복토면의 침식은 복토층 두께의 감소뿐만 아니라 토사유실로 인한 우수배제시설에 대한 악영향과 주변하천의 오염유발 우려가 있으므로 우수에 의한 최종복토면 침식을 가능한 한 감소시킬 수 있도록 사전에 토양침식 정도의 평가·검토가 반드시 필요하다.

식생대층 포설이 완료되는 즉시 상부 식생대층에 수목을 식재와 더불어 씨앗 분무(Seed Spray) 등의 잔디식재를 통해 토사유출을 감소시킬 수 있다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 4.3.11 침출수 혼합처리

고농도 질소성분을 함유한 침출수와 고농도 유기물질을 함유한 침출수의 수질특성을 이용하여 적정 비율로 혼합처리함으로써 적정 C/N비(BOD/NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)를 유지하기 위해 외부탄소원으로 사용되는 메탄올의 사용비용 절감 및 처리수질 개선이 가능하다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

[표 4.25] 침출수 혼합처리 전·후 비교

구분		혼합 전	혼합 후	비고
유입수 C/N비		0.3 ~ 1.2 (0.9)	1.7 ~ 5.3 (3.2)	( ) : 평균
메탄올	사용량 (kg/일)	9,130	670	-
톤당 처리비용(원/톤)		4,482	3,833	15 % 절감
처리수질 (mg/L)	CODcr	234	189	20 % 수질향상
	T-N	577	146	75 % 수질향상

#### 환경편익 및 경제성

매립 초기에 발생하는 유기물오염도가 높은 침출수와 전형적으로 오래된 매립장 침출수를 혼합하여 처리함으로써 질소처리에 필요한 메탄올 사용량 감소로 약품비를 절감할 수 있고, 적정 운전조건 유지에 따른 유기물질과 질소처리효율 향상 및 수질을 개선할 수 있다.

### 4.3.12 응집공정 무기응집제

응집공정에서 무기응집제로 사용 중인 염화제이철의 경우 약품자체의 부식성이 강하여 관련설비 부식 등의 문제가 발생할 수 있고 상대적으로 고가임에 따라 황산제이철로 대체하여 사용할 수 있다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

[표 4.26] 약품변경 전·후 비교

구분		변경 전	변경 후	비고
응집제	사용량 (kg/일)	13,800	14,760	-
	사용금액 (만원/일)	130	77	40 % 절감
케익 함수율(%)		82.4	78.1	-

#### 환경편익 및 경제성

약품비용 절감 및 탈수성을 개선(함수율 감소)할 수 있고, 처리시설의 내구연향 연장 및 제반시설의 유지비 절약이 가능하다.



## 4. 공정 환경관리기법

### 4.3.13 약품 자동이송제어 및 감시설비

공정제어에 적용되는 시스템을 각 플랜트에 맞는 단위 서브시스템으로 분리하고, 각 소단위 시스템에서는 각각의 주어진 역할을 수행하여 상호 간 통신이 가능하도록 하는 분산제어시스템(DCS, Distributed Control System)을 구축한다.

- 약품이송 프로그램
- 저장탱크 전동밸브 설치
- 저장탱크 외벽 및 공급탱크에 약품누출 감지봉 설치

#### 운영 데이터 및 적용사례

[표 4.27] 개선 전·후 비교

구분	개선 전	개선 후
운전방법	<ul style="list-style-type: none"><li>• PLC에 의해 운전<ul style="list-style-type: none"><li>- 공급탱크 수위차에 의한 운전</li></ul></li><li>• 운전조건(Hi, Lo) 설정 어려움</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• DCS에 의한 운전<ul style="list-style-type: none"><li>- 공급탱크 수위차 및 이송시간에 의한 자동 운전</li></ul></li><li>• 운전조건(Hi, Lo) 설정 용이</li></ul>
약품누출 방지시스템	<ul style="list-style-type: none"><li>• 약품누출경보 및 누출방지장치 없음</li><li>• 수위계 고장이나 정전 시 약품누출 위험</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 전동밸브 및 약품누출 감지봉에 의한 약품누출 2중 방지시스템 및 약품누출 시 자동경보</li><li>• 수위계 고장이나 정전 시 약품누출 위험 최소화</li></ul>

#### 적용 가능성

침출수처리시설에서 자동화공정을 도입하여 운영함으로써 약품저장 및 이송설비의 완벽한 중앙감시시스템 구축으로 효율적인 운전 및 감시제어가 가능하고, 각종 안전장치의 강화로 약품누출 사전 차단 및 누출시 경보발생으로 환경피해를 최소화할 수 있다.

### 4.3.14 침출수 누출 모니터링

매립시설의 차수시설 손상에 의한 침출수 누출은 토양의 중금속 오염 등 심각한 환경문제가 되는 상황이지만 차수시설 파손을 완벽하게 방지할 수 있는 시스템은 전세계적으로 전무한 상태이다. 이에 보완적으로 침출수 누출을 초기에 검지하여 그 위치를 정확하게 추적하는 시스템이 적용된다. 현재까지 개발된 침출수 누출검지 기법은 크게 전기 저항을 이용한 전기적 검지기법과 침출수에서 발생하는 화학반응을 직접 분석하는 화학적 검지기법 등으로 구분할 수 있다.

[표 4.28] 누출검지 모니터링 기법의 종류와 특징

모니터링기법	운영중 매립장 적용가능성	누출위치 파악여부	활용도	재사용여부	자동모니터링 가능성
쌍전극법	●				●
이동전극법	●	●	▲	●	
전극격자배치법		●		●	●
확산관법		●	●		●
정전용량센서		●		●	●
추적자	●				●
감지케이블		▲		●	▲
지오멤브레인		●			
LIDAR	●				●

● : 좋음, ▲ : 보통

[출처 : 한국지반공학회, 2009]

#### 환경편익 및 경제성

매립시설의 차수시설에 있어서 여러 가지 유해 요소에 의해 발생하는 침출수 누출로 인한 환경오염 방지 및 시설물을 보호하기 위한 많은 노력이 이루어지고 있으나 차수시설 손상 부위를 발견하기 어려운 경우 손상 부위가 방치됨으로써 지속적인 환경오염 및 시설물 손상을 유발하는 등의 문제가 있다. 특히 차수시설의 손상원인은 대부분 시공 후 보호 토양의 포설 등과 같이 다른 공사를 할 때 발생하므로 차수시설의 손상을 차수시설의 손상을 즉시 발견할 수 있는 기술이 요구된다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

○○사용종료매립시설은 일부 구역이 침출수 누출이 우려되어 경계면에 S.C.W(Soil Cement Wall) 공법을 시공하였으며, 이에 따른 차수 효과를 검토하기 위해 일부 위생매립구간에 침출수 누출감시 시스템을 적용한다.

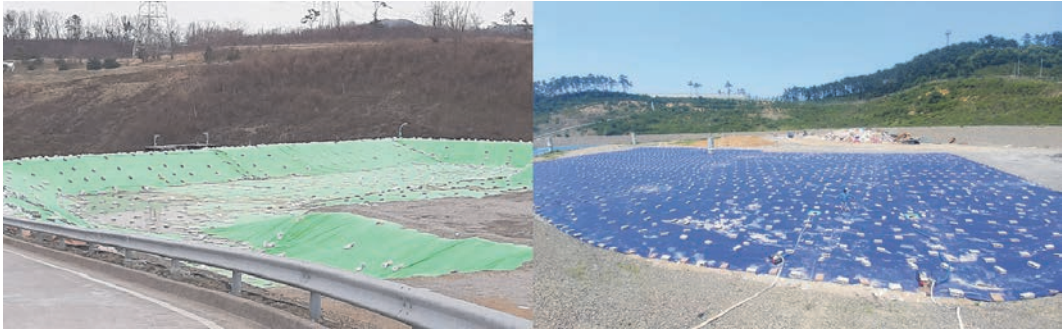


## 4. 공정 환경관리기법

### 4.3.15 우수배제

매립시설 외부에서 빗물이 유입되지 아니하고 매립시설 내부에 떨어진 빗물이 매립 중인 구역에 유입되지 않도록 빗물배제시설을 갖추어야 한다. 빗물배제시설은 매립장내로 빗물이 유입되지 않도록 빗물을 집수하고 배출하는 역할을 하여 침출수량을 감소시키는데 큰 기여를 한다.

빗물배제시설은 크게 집배수로와 방재조정지로 구분이 되며, 집배수로는 매립장 외부에 설치하는 것과 내부에 설치하는 것이 있다. 하지만 이러한 방법은 집배수로 주변 또는 지면 경사에 의해 차집되는 빗물만 배제 가능하므로 여전히 매립장 내로 유입되는 빗물의 양이 상당하다. 이러한 문제점을 해결하는 방안으로 매립되는 구역을 제외한 나머지 매립장에 불투수성 시트(HDPE 외) 등을 설치하여 빗물을 매립장으로부터 차단하는 방법이 적용되고 있다. 불투수성 시트 등을 통해 매립장 위로 떨어진 빗물을 매립장 외부로 직접 유도하거나 불투수성 시트 등의 상부에 집수된 빗물을 펌프를 통해 매립장 외부로 이송할 수 있다.



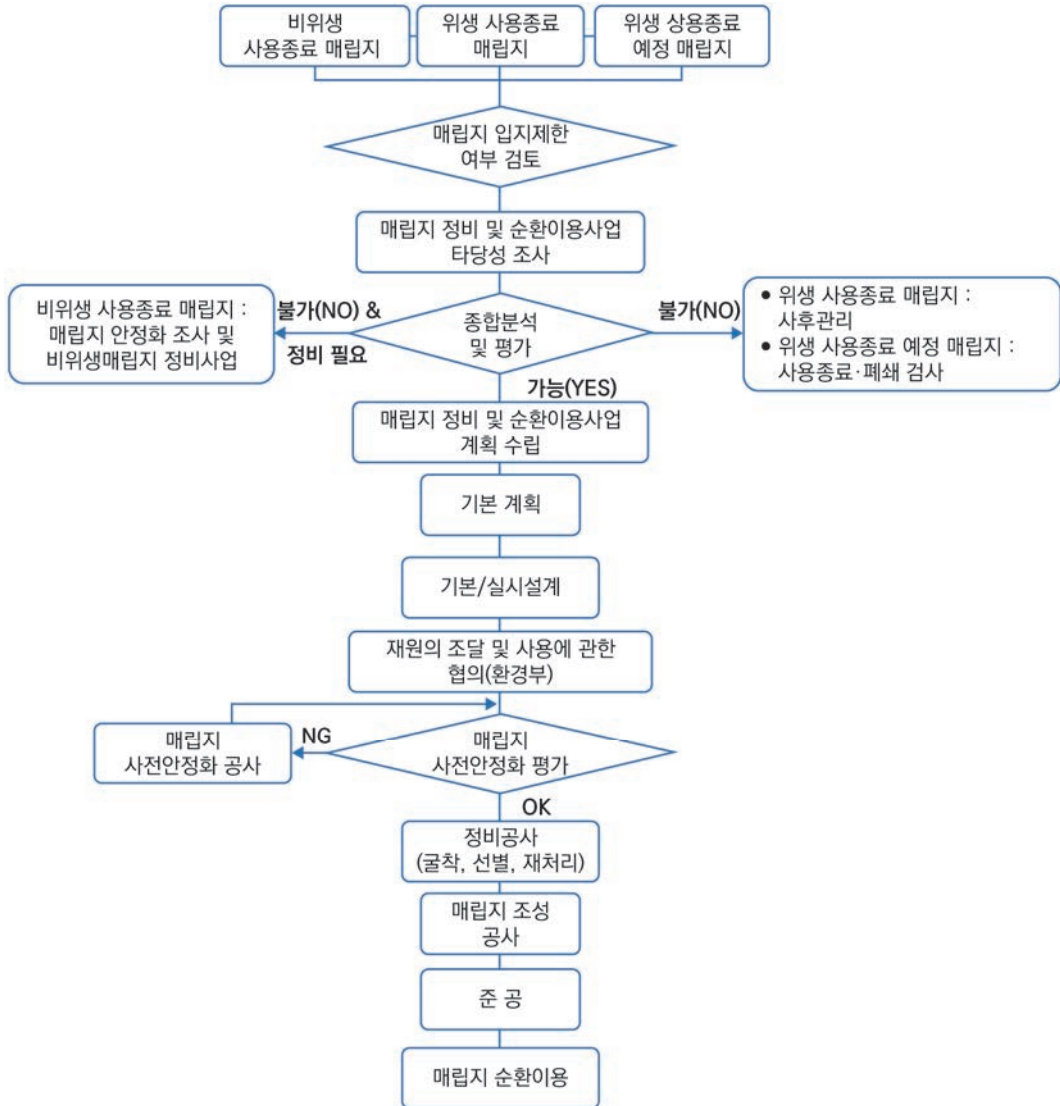
[그림 4.19] 우수배제시설 설치(예)

#### 환경편익 및 경제성

매립장 내로 빗물이 유입되지 않도록 빗물을 집수하고 배출하는 역할을 하여 침출수 발생량을 감소시킨다.

### 4.3.16 매립장 정비 및 순환이용

신규 매립시설 확충이 시급한 매립지 정비 및 순환이용사업 추진을 위한 매립지 선정기준과 계획 수립, 매립지 순환이용 및 사용기간 연장방안, 정비방법 등을 제시하여, 기존 매립장을 매립시설로 순환이용하고자 하는 사용종료(공구별·단계별로 종료된 것을 포함) 및 사용종료 예정인 매립시설을 대상으로 효율적인 매립장 이용을 유도한다.



[그림 4.20] 매립장 정비 및 순환이용사업 추진체계



## 4. 공정 환경관리기법

### 운영 데이터 및 적용사례

[표 4.29] 목포권 광역위생매립장 순환이용 정비사업

구분	정비공사	조성공사	비고
폐기물 굴착	516,000 m <sup>3</sup>	-	-
사전 안정화시설	516,000 m <sup>3</sup>	-	-
폐기물 선별	645,000 m <sup>3</sup>	-	-
폐기물 압축포장	148,000 톤	-	-
차수시설 설치	-	34,778 m <sup>2</sup>	기존 사면부

### 적용 가능성

기존 매립지를 매립시설로 순환이용하고자 하는 지방자치단체의 사용종료(공구별·단계별로 종료된 것을 포함) 및 사용종료 예정인 생활폐기물 매립시설에 적용할 수 있다.

chapter | 5  
최적이용기법  
(BAT)

5.1 일반 BAT

5.2 공정 BAT



## 5. 최적가용기법(BAT)

### 5.1 일반 BAT

#### 5.1.1 환경경영

BAT 1. 사업장이 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 아래 내용을 포함한 환경경영시스템(EMS)을 운영하는 것이다. (3.1.1 절 참조)

- a. 최고 경영자는 환경방침의 수립을 포함한 조직의 환경경영시스템에 대한 리더십과 의지를 표명해야한다.
- b. 조직의 내·외부 이슈, 이해관계자의 요구사항, 환경측면, 준수 의무사항 등과 관련된 리스크의 기회를 규명하고 이를 다루기 위한 계획을 수립한다.
- c. 자원·역할·책임·권한, 적격성·교육훈련·인식, 의사소통, 문서화, 문서관리, 운영관리 및 비상 상태 대비·대응을 위한 실행 및 운영체계를 운영한다.
- d. 환경 모니터링·측정, 요구사항 준수평가, 부적합 사항 시정·예방조치, 기록관리 및 내부 심사 등을 통한 점검체계를 운영한다.
- e. 최고경영자는 지속적인 적절성, 충족성 및 효과성을 보장하기 위하여 계획된 주기로 환경경영시스템을 검토한다.

BAT 2. 사업장이 환경에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 아래 내용을 포함한 환경성과지표(EPI)를 운영하는 것이다. (3.1.2 절 참조)

- a. 환경적 영향(에너지 및 물 소비, 오염부하 등) 평가를 기반으로, 개별 공정 및 전체 현장에 적용될 환경성과지표(EPI)를 설정한다. 환경에 대한 영향을 최소화하기 위한 계획은 선정된 지표의 모니터링, 분석 및 평가에 기초한다. 지표는 단위량(1톤 등)의 제품을 생산하는데 사용되는 자원(연료 물질, 에너지, 용수)과 발생하는 환경적 영향(대기, 폐수 등 오염물질 배출량, 폐기물 처분량, 지구온난화물질 발생량) 등이다.



## 5. 최적가용기법(BAT)

### 5.1.2 환경 모니터링

BAT 3. 환경 모니터링은 공정에서 배출되는 오염물질의 항목 및 농도 등 배출 현황을 측정 및 분석하고, 처분대상 폐기물 외의 물질 반입을 감시하여 시설을 효율적으로 관리하는 것이다.

- a. 대기오염물질 모니터링을 위하여 다음과 같은 조치를 취한다. (3.2.1 절 참조)
  - a-1. 대기오염물질 시료채취 및 측정
  - a-2. 굴뚝원격감시체계(TMS)
  - a-3. 대기배출원관리시스템(SEMS)
- b. 수질오염물질 모니터링을 위하여 다음과 같은 조치를 취한다. (3.2.2 절 참조)
  - b-1. 수질원격감시체계(WTMS)
  - b-2. 특정수질유해물질 배출량 조사 시스템(WEMS)
- c. 악취물질 모니터링 (3.2.3 절 참조)
- d. 영상정보처리기기 (3.2.4 절 참조)

### 5.1.3 에너지 관리

BAT 4. 에너지 절감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다.

- a. 온수/스팀 시스템의 폐열 활용 (3.3.1 절 참조)
  - a-1. 공기 예열
  - a-2. 급수 예열
  - a-3. 폐열 회수
- b. 에너지 효율적 사용 위한 공정 구성 (3.3.2 절 참조)
  - b-1. 폐기물 투입 균질화
  - b-2. 폐기물 처리시설 투입 전 추출/분리

### 5.1.4 대기오염물질 배출 저감기법

BAT 5. 입자상 물질 배출 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다.

(3.4.1 절 참조)

- a. 중력집진시설
- b. 관성력집진시설
- c. 전기집진시설
- d. 원심력집진시설
- e. 여과집진시설
- f. 세정집진시설
- g. 여과집진기 필터의 선택

BAT 6. 가스상 물질 배출 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다.

(3.4.2 절 참조)

- a. 흡수에의한시설
- b. 흡착에의한시설
- c. 응축에의한시설
- d. 열산화법
- e. 촉매산화법

BAT 7. 질소산화물 배출 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다.

(3.4.3 절 참조)

- a. 질소산화물 배출 저감기법
  - a-1. 선택적 촉매환원법
  - a-2. 선택적 비촉매환원법
  - a-3. 저녹스 버너



## 5. 최적이용기법(BAT)

### 5.1.5 수질오염물질 배출 저감기법

- BAT 8. 수질오염물질 배출 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다.
- a. 물리·화학적 처리 (3.5.1 절 참조)
  - b. 생물학적처리 (3.5.2 절 참조)
    - b-1. 혐기성처리
    - b-2. 호기성처리
    - b-3. 생물학적 질소 제거

### 5.1.6 폐기물 관리기법

- BAT 9. 폐기물 배출 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다.
- a. 사업장의 폐기물 관리지침을 만들어 잠재적으로 폐기물 발생량을 감소시킨다. (3.6.1 절 참조)
  - b. 사업장 내에서 발생하는 폐기물 중 재사용 또는 재활용할 수 있는 물질은 구분하여 보관 및 처리한 후 적절한 용도로 재이용한다. (3.6.2 절 참조)

### 5.1.7 악취 저감기법

BAT 10. 악취 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다.

- a. 흡수법 (3.7.1 절 참조)
- b. 흡착법 (3.7.2 절 참조)
- c. 연소법 (3.7.3 절 참조)
  - c-1. 직접연소법
  - c-2. 농축산화
  - c-3. 축열연소법
  - c-4. 기타연소법
- d. 산화법 (3.7.4 절 참조)
- e. 생물탈취법 (3.7.5 절 참조)
  - e-1. 토양탈취법
  - e-2. 생물 고정형 탈취법
- f. 액상촉매법 (3.7.6 절 참조)
- g. 소·탈취제 분무법 (3.7.7 절 참조)
- h. 매립지 악취 관리 (3.7.8 절 참조)
  - h-1. 폐기물 반입 경로를 수시로 세척할 수 있는 급수시설을 구성
  - h-2. 이동식 탈취차량을 이용한 탈취작업(연속살포)
- i. 발생원대책 (3.7.9 절 참조)
  - i-1. 공정개선
  - i-2. 악취물질 증발방지
  - i-3. 건물 등의 악취누출 방지
  - i-4. 악취가 적은 물질로의 전환
  - i-5. 국소 누출량 극소화
  - i-6. 밀폐계로부터의 흡인량 극소화
  - i-7. 물의 혐기성화 억제
  - i-8. 약품 투여



## 5. 최적가용기법(BAT)

### 5.1.8 휘발성유기화합물 배출 저감기법

BAT 11. 휘발성유기화합물 제어기술 선택을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (3.8 절 참조)

- a. 휘발성유기화합물 제어기술 선택시 아래의 사항을 고려하여 선택
  - a-1. 회수가능성
  - a-2. 휘발성분 배출량의 균일성
  - a-3. 휘발성유기화합물의 평균농도
  - a-4. 휘발성유기화합물 성분의 복합성
  - a-5. 최소폭발한계(LEL) 및 최대폭발한계(UEL)
  - a-6. 배출온도
  - a-7. 비휘발성유기화합물질

BAT 12. 휘발성유기화합물 배출 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (3.8 절 참조)

- a. 열소각
- b. 촉매소각
- c. 흡착법
- d. 흡수법
- e. 응축법
- f. 생물여과
- g. 광촉매산화

### 5.1.9 비산먼지 저감기법

BAT 13. 비산 배출 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다.

- a. 진출입 폐기물 반입차량과 매립작업구역까지 폐기물 운반 후 퇴출시 차량의 바퀴에 묻은 오물과 차체에 남은 잔류 폐기물 및 먼지 등을 제거(3.9.1 절 참조)
- b. 세차시설은 매립시설 내부도로 퇴출로에 설치하여 폐기물 하역작업 후 매립지 퇴출직전 수압에 의해 바퀴 및 차체전체를 세척한 후 퇴출(3.9.2 절 참조)

BAT 14. 비산 배출 저감을 위해 벨트컨베이어에 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (3.9.3 절 참조)

- a. 폐기물 낙하 높이 최소화
- b. 적재장 물 분사시스템
- c. 컨베이어 벨트 세정장치 사용
- d. 현장 이송 및 운송 최적화
- e. 밀폐형 컨베이어설치 및 발생원 저감설비 설치

### 5.1.10 소음·진동 관리기법

BAT 15. 소음·진동 발생 방지를 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (3.10.1 절 참조)

- a. 소음·진동 방지시스템 설계
- b. 파쇄기 본체를 차음구조 안에 설치
- c. 방진설비와 기초(Anchoring)상태를 항상 관찰하여 손상여부를 확인
- d. 폐기물 차량 소음 및 진동
  - d-1. 반입시간대를 조정하여 차량이 한꺼번에 집중되지 않도록 분산하여 반입
  - d-2. 차량의 대형화로 차량 대수를 감소
- e. 폐기물 투입 시 소음이 밖으로 전달되지 않도록 반입문을 제어
  - e-1. 진입도로 및 시설 내에서 서행 및 급정지를 자제하여 운행
- f. 크레인 소음 및 진동
  - f-1. 운전속도를 낮게 운전
  - f-2. 레일의 방진고무 상태 및 마찰면의 손상여부를 주기적으로 점검



## 5. 최적가용기법(BAT)

- g. 송풍기 소음 및 진동
  - g-1. 송풍기 입구 소음기 등의 청결 여부를 점검
  - g-2. 송풍기 실내의 흡음설비를 점검하고 송풍기실의 출입구와 창문 등을 통하여 외부로 확산되지 않도록 한다.
  - g-3. 송풍기 제작업체에서 제시한 진동 제한치를 넘지 않도록 항상 모니터링
  - g-4. 진동 제한치 이상으로 상승할 경우에는 즉시, 정지할 수 있도록 안전장치(Interlock)를 설치
- h. 공기 압축기의 소음 및 진동
  - h-1. 맥동현상에 따른 진동과 공기 팽창 공기흡입에 따른 소음발생 최소화

BAT 16. 소음·진동 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다.  
(3.10.2 절 참조)

- a. 적절한 소음 방지대책을 적용한다(소음기, 방음덮개시설 등)
- b. 적절한 진동 방지대책을 적용한다(탄성지시시설, 방진구시설 등)
- c. 적절한 소음 저감방안을 적용한다
  - c-1. 기기 사양 작성, 제작 시 합성소음을 고려한 소음 규제치 적용
  - c-2. 소음 발생기기의 밀폐 또는 독립실 내 구획된 공간에 설치
  - c-3. 작업자의 동선지역으로부터 최대한 이격배치
- d. 적절한 진동 저감방안을 적용한다.
  - d-1. 기기로부터 발생된 진동이 자체 흡수될 수 있도록 바닥 기초와 기기사이에 방진물 설치
  - d-2. 바닥 기초 설계 시 기기의 회전에 의한 진동력 고려
  - d-3. 햄머링이 발생되지 않도록 설비의 안전성을 고려한 계획 수립

## 5.2 공정 BAT

### 5.2.1 폐기물 반입

BAT 17. 폐기물 반입공정에서 품질관리를 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다.

- a. 시설 가동 한계 설정 및 주요 위험 확인 (4.1.1 절 참조)
- b. 반입폐기물 품질관리 (4.1.1 절 참조)
- c. 반입폐기물 점검, 샘플링 및 검사 (4.1.1절 참조)

BAT 18. 폐기물 처리시설에 반입되는 폐기물의 품질 관리를 통해 설계 내에서 각 처리공정이 적정 운영될 수 있도록 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.1.1절 참조)

- a. 각 처리시설의 적정 처리 용량 설정
- b. 폐기물 공급장치의 물리적 조건 설정(예 : 파쇄기 용량, 입자크기 및 밀도 등)
- c. 처리공정의 제어(예 : 수분함량, 선별율, 파쇄입자 등)
- d. 배출가스 처리시스템의 용량과 관련 부하량
- e. 오염물질 배출허용기준 준수
- f. 최종 자원화 제품 품질 조건(예 : 사료, 퇴비, 고품연료 등)

BAT 19. 반입폐기물 품질관리를 위해 아래의 기법들인 반영된 반입폐기물의 점검 및 샘플링 조사들을 실시하여 설계 및 계획에 맞는 반입폐기물 관리를 유지한다. (4.1.1절 참조)

- a. 폐기물의 성상 및 성분(수분, 가연분, 회분, 원소분석 등)
- b. 폐기물의 이질성
- c. 시설의 특정 민감성(예 : 운영상 어려움을 일으키는 것으로 알려진 물질)
- d. 폐기물 발생원(생활, 사업장 등) 파악
- e. 물리적 조성, 발열량(건조 연료화 시설)

BAT 20. 반입장 에어커튼 자동화 연계시스템 적용을 통해 사업장 내 악취누출을 최소화한다. (4.1.1절 참조)

- a. 폐기물 반입차량에 대한 감지장치, 반입장 입구 에어커튼 및 고속전동셔터를 자동화 연계 운영



## 5. 최적가용기법(BAT)

### 5.2.2 폐기물 보관

BAT 21. 폐기물 보관에 있어 저장된 폐기물 성상변화로 인한 효율 저하 및 악취 등의 환경오염물질 발생 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.1.2절 참조)

- a. 폐기물 밀폐공간 보관(매립제외)
- b. 적정 보관용량 설치
- c. 폐기물 적정 보관기간 설정(폐기물 특성 및 성상에 따라 설정)

BAT 22. 폐기물 보관시설에서 발생하는 누출이나 침출을 방지하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.1.2절 참조)

- a. 폐기물에 적용되는 일반사항
  - a-1. 악취물질은 보관시설의 공기조화(Air Conditioning) 설비를 통해 연소실의 1차, 2차 공기로 활용(인근 소각시설 및 연소실 보유 시설에 적용)
  - a-2. 배수설비가 있는 적재/하역 구역
  - a-3. 잠재적 오염 구역에 대해 배수 부분이 색깔 부호로 분명하게 표시된 구역 이용(보관, 적재, 운반)
  - a-4. 폐기물 종류와 위험에 따른 보관기간의 제한
  - a-5. 충분한 보관용량
  - a-6. 대상 폐기물과 현장조건에 따라 일시적 보관을 위한 일부 폐기물의 압축 포장 또는 봉쇄
  - a-7. 화재방지 조치
- b. 비유해성 고형 사업장폐기물
  - b-1. 덮개와 벽이 있는 건물 내의 누출 위험이 없는 장소
  - b-2. 낮은 오염 가능성을 가진 일부 품목들은 특수한 조치 없이 보관
- c. 전처리된 생활 폐기물 및 고형연료제조시설
  - c-1. 침출수가 시설 외부로 새거나 지하로 침투하지 않는 저장시설
  - c-2. 덮개와 벽이 있는 건물 내의 누출 위험이 없는 장소
- d. 액상 폐기물 및 슬러지
  - d-1. 외벽이 설치된 저장시설
  - d-2. 시멘트, 아스팔트포장, 지붕과 벽면을 갖춘 보관창고 보관
  - d-3. 휘발성 물질을 위한 소각로 도관 설치
  - d-4. 도관 내 폭발 제어장치 등

- e. 드럼통에 담긴 액상 폐기물 및 슬러지
  - e-1. 시멘트, 아스팔트포장, 지붕과 벽면을 갖춘 보관창고 보관
  - e-2. 외벽이 설치되고 방수처리 된 지면
- f. 유해폐기물
  - f-1. 위험평가에 따라 격리 보관
  - f-2. 보관기간에 따른 특별한 주의
  - f-3. 자동 취급 및 적재 장치
  - f-4. 표면과 용기용 세정 시설

BAT 23. 반입폐기물의 종류, 처리능력 및 전처리 가능성에 따라 분리 보관하는 기술이며 유해폐기물 간의 화학반응이 있는 폐기물에 대한 분류기술을 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.1.2 절 참조)

- a. 생활폐기물
  - a-1. 전처리를 요구하는 대형폐기물 분리
  - a-2. 분리가 곤란한 폐기물의 격리 보관
  - a-3. 전처리를 통해 폐기물 종류별로 선별·분리하여 분쇄작업을 돕고 막힘을 방지
- b. 전처리된 폐기물 및 고형연료제조시설
  - b-1. 선별 잔재물 특성별 분리 보관
  - b-2. 생산된 고형연료제품 별도 보관
- c. 지정폐기물 내 화학적으로 부적합한 물질 분리 절차
  - c-1. 인화물로부터 생긴 물
  - c-2. 이소시아네이트(Isocyanate)로부터 생긴 물
  - c-3. 알칼리성 금속으로부터 생긴 물
  - c-4. 산에서 생긴 시안화물
  - c-5. 산화제로부터 생긴 가연성 물질
  - c-6. 사전 분리되어 반입된 폐기물은 분리 상태를 유지
  - c-7. 폐유기용제저장시설은 특정 토양오염관리 대상시설(벤젠, 톨루엔)로 관리가능한 저장시설 확보
  - c-8. 내부 방수처리 및 도장, 철근콘크리트 마감 지하저장조 보관



## 5. 최적가용기법(BAT)

- d. 슬러지
  - d-1. 슬러지 특성별 처리방법 적용
  - d-2. 슬러지 종류별 구분(친수성, 오일류, 소수성, 섬유질)
  - d-3. 슬러지 특성 조사(수분, 유기물, 무기물함량 등)
- e. 음식물류 폐기물
  - e-1. 음식물류 폐기물은 악취가 나오거나 오수가 흘러나오지 아니하도록 밀폐 보관시설에 보관
- f. 의료폐기물
  - f-1. 수분 함량과 발열량(CV)은 발생원에 따라 크게 다르므로 발생원에 따라 분류
  - f-2. 적당한 보관과 투입 제어가 가능하도록 용기를 분리

BAT 24. 폐기물 성상에 맞는 보관용기 사용으로 오염물질의 외부 유출을 방지하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.1.2 절 참조)

- a. 드럼용기는 액상폐기물(폐유 등)이나 위험물(건전지, 형광등 등)보관
- b. 폐유기용제는 휘발되지 아니하도록 밀폐된 용기에 보관
- c. 석면 해체·제거작업에 사용된 폐석면은 고밀도 내수성 재질의 포대로 2중 포장하거나 견고한 용기에 밀봉(매립)
- d. 고형화되어 흘날릴 우려가 없는 폐석면은 폴리에틸렌, 그 밖에 이와 유사한 재질의 포대로 포장하여 보관(매립)
- e. 지정폐기물에 의해 부식되거나 파손되지 않는 재질의 보관시설, 보관용기 사용
- f. 폐기물 최대량 보관 시 적재무게에 견딜 수 있는 보관창고 보관
- g. 폐기물에 따른 적정 보관기간 유지

### 5.2.3 폐기물 운반

- BAT 25. 폐기물처리시설로 반입되는 반입차량을 관리함으로써 오염물질 비산 방지 및 청결을 유지하기 위한 기술로 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.1.3 절 참조)
- a. 적재함은 관계법령에 따라 밀폐되고 약취발산, 폐기물의 비산, 해충발생방지 및 침출오수 누수방지 등이 완비된 차량
  - b. 우천 시 슬러지 및 폐기물 이송의 경우 강우 유입 방지조치
  - c. 세륜 및 세차시설 설치 운영
  - d. 폐기물 이송차량이 사업장 외부로 나가기 전 세차 실시

### 5.2.4 약취 저감

- BAT 26. 각 단위시설에서 배출되는 약취를 저감하기 위해 국소·공간배기장치(후드, 덕트, 댐퍼 등)를 설치하여 후단 방지지설에 연계하여 처리하는 것이다. (4.1.4 절 가 참조)
- BAT 27. 연소시설이 있는 경우 폐기물 저장시설의 약취 포집 가스를 인근 연소시설의 연소실 공기 공급원으로 활용한다. (4.1.2 절 참조)
- BAT 28. 폐기물처리시설에서 발생하는 약취를 저농도 및 고농도로 구분하여 약취 성상 및 농도에 적합한 처리기술을 적용하여 처리효율을 높이는 것이다. (4.1.4 절 참조)
- BAT 29. 사업장에 설치하여 운영 중인 약취방지시설을 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하여 관리함으로써 방지시설의 적정 효율을 유지한다. (4.1.4 절 참조)
- a. 약취방지시설 청소
    - a-1. 전·후처리 세정수 배수 및 청소용 점검구 해체
    - a-4. 전처리 순환수 교체 및 예비품 청소
  - b. 약액습식세정기 관리
    - b-1. 내부 약품 수조 및 노즐 청소
    - b-2. 세정수 배관 및 노즐 교체
    - b-3. 작업자 세정탱크 내부 진입 더스트/미스트 제거 및 세정실시(데미스터, 스크린필터, 분사노즐 및 관로) 고압세척
    - b-4. 탱크 내 벽체 고착물 제거 및 바닥부 침전슬러지 제거



## 5. 최적가용기법(BAT)

- c. 출입물 개폐상태 관리
  - c-1. CCTV 설치 및 운영(반입장 등)
  - c-2. 악취 확산 방지 출입문 경광등 설치 운영
- d. 고공분사, 분무 등 탈취설비 가동

### 5.2.5 중간처분·재활용시설

#### 가. 음식물자원화시설

- BAT 30. 음식물 처리시설에서 발생하는 음폐수 내 유기물 및 무기물을 폐기물 연소시설(소각로)에 산화처리 (4.2.1 절 참조)
- BAT 31. 음식물자원화시설에서 사용하는 연료 및 에너지를 아래의 적절한 기법을 적용함으로써 에너지 저감활동을 통해 대기오염물질 배출 저감
- a. 소각시설에서 발생하는 폐열을 이용하여 음식물류 폐기물 처리시설의 건조기의 에너지원으로 활용 (4.2.1 절 참조)
  - b. 건조시설의 연료로 사용되는 LNG, 경유 등을 대체하기 위해 시설 인근 음폐수 바이오가스화시설 및 매립가스시설의 바이오가스를 연료로 대체 이용 (4.2.1 절 참조)
- BAT 32. 유수분리시설의 주요운영인자를 관리함으로써 이용 시설 고장 및 효율저하로 발생가능한 환경적 경제적 손실 요소를 제어하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.2 절 참조)
- a. 분리된 기름은 회수유저장조로 이송
  - b. 회수된 기름은 역류하거나 새어나가지 않도록
  - c. 여과방식에 의한 시설의 여과포를 교체하거나 세척
  - d. 폐유 지하침투 방지시설 설치 및 점검
  - e. 화재 발생 방지

#### 나. 재활용선별시설

- BAT 33. 파쇄 및 분쇄시설 오염물질 배출 저감을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.2 절 참조)
- a. 파쇄 및 분쇄 설비 완전 밀폐
    - 세정기나 활성탄 필터와 같은 저감 장치에 연결된 추출 환기 시스템 설치
  - b. 지붕이 있는 분쇄/절삭 드럼 보관을 위하여 대형용기 준비

- c. 잔재물의 오염 방지를 위해 활송장치(슈트) 등은 밀폐 시스템 사용
- d. 밀폐 배수장치를 사용
- e. 잔류물을 먼저 제거한 후 드럼을 세정하지 않는 한, 인화성 및 고인화성 폐기물이나 휘발성 물질을 함유하는(함유했던) 분쇄를 피함
- f. 파·분쇄시설 살수장치
- g. 파·분쇄시설 흠날림 방지

BAT 34. 기계적 처리시설의 주요 운영인자를 관리함으로써 처리효율 및 내구연한을 증대하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.2 절 참조)

- a. 선별 및 파쇄, 분쇄시설
  - a-1. 트롬벨스크린 : 조대폐기물에 의한 홀막힘 점검
  - a-2. 풍력선별기 : 설비 내부 섹션유닛 막힘
  - a-3. 파·분쇄기 : 회전날 및 고정날 마모상태·간극점검
  - a-4. 자력선별기 : 자력선별기 구동부 이물끼임 및 마모상태 점검
- b. 건조시설
  - b-1. 온도, 압력, 체류시간, 화재 및 폭발 관리
- c. 성형시설
  - c-1. 온도, 커터작동, 메인모터 작동 관리
  - c-2. 성형기 내부 잔여물질 배출

BAT 35. 폐기물 이송 컨베이어 주요운영인자를 관리함으로써 이용 시설 고장 및 효율저하로 발생 가능한 환경적 경제적 손실 요소를 제어하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.2 절 참조)

- a. 주기적인 점검 및 청소 실시
- b. 설비가동 중지 상황을 없애며 계획된 보수 실시
- c. 벨트 내구연한을 고려하여 교체
- d. 이송 어태치먼트(이송체인 날개) 및 피동부측에 부착된 혼합물 제거, 가이드 롤러 고착물 상시 관리로 회전유지 및 마모방지
- e. 이송물의 특성상 플라이트컨베이어 체인 및 롤러의 사용연한이 1년정도 되므로 매년 교체 필요
- f. 구동부·피동부측 롤러의 경우 퇴적물의 영향을 많이 받는 곳으로 상시 관리



## 5. 최적가용기법(BAT)

### 다. 연료화시설

BAT 36. 고품질의 고품연료 제품 생산으로 오염물질 배출 감소를 위해 생산된 고품연료제품 품질 관리 시스템을 마련하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.3 절 참조)

- a. 폐기물 특성 분석
- b. 품질기준에 적합한 연료생산

BAT 37. 바이오가스화시설 주요운영인자를 관리함으로써 이용 시설 고장 및 효율저하로 발생 가능한 환경적 경제적 손실 요소를 제어하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.3 절 참조)

- a. 벽체 누수 여부, 투입 밸브 및 펌프 누수 여부 확인
- b. 혐기성소화공정 주요 운영인자 관리(휘발성지방산, 암모니아, 중금속류)
- c. 내부 퇴적물 준설
- d. 소화시설 대정비
  - d-1. 벽체부식 하자보수
  - d-2. 바닥재 누수 및 손상 점검
  - d-3. 가스저장조 멤브레인 교체
  - d-4. 열원배관 스케일 제거
  - d-5. 내부 준설
  - d-6. 계측기기류 정비

BAT 38. 바이오가스 정제시설 주요운영인자를 관리함으로써 이용 시설 고장 및 효율저하로 발생 가능한 환경적 경제적 손실 요소를 제어하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.3 절 참조)

- a. 탈황설비 : 처리효율 저하 시 충전재 폐색 확인, 내부 세척수 배관 손상 확인
- b. 바이오가스 제습기 : 가스 냉각기 폐색 여부 확인

BAT 39. 음식물류 폐기물, 음폐수, 가축분뇨, 하수찌꺼기, 분뇨, 음폐수 등의 유기성폐자원을 통합하여 바이오가스로 생산함으로써 처리효율 향상 및 바이오가스 생산성을 상승시킨다. (해당시설에 한함) (4.2.3 절 참조)

## 라. 하·폐수슬러지 처리시설

BAT 40. 슬러지 고화처리시설 주요운영인자를 관리함으로써 이용 시설 고장 및 효율저하로 발생가능한 환경적 경제적 손실 요소를 제어하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.4 절 참조)

### a. 혼합설비

- a-1. 약품투입 계량기 계량값 설정
- a-2. 슬러지 투입 계량값 설정
- a-3. 혼합기 및 혼합슬러지 저장호퍼의 잔류된 혼합 슬러지량 체크
- a-4. 혼합기 패들 청소 및 탈취기능 유지
- a-5. 혼합기 외부로의 약품 비산방지를 위해 점검구 기밀 상시 유지 및 구동·장치 기밀부는 주기적인 패킹 교환 실시

### b. 양생설비

- b-1. 양생기의 베어링 마모 방지를 위하여 주기적인 그리스 주입, 감속기 오일 확인, 구동체인 상태점검 및 장력조정
- b-2. 양생기내 벽체 및 배출슈트의 고착, 퇴적물 청소, 배출 스크루의 주기적인 청소
- b-3. 양생을 위한 송풍 시에만 히터를 켜야 하며, 정비 시 이에 대한 철저한 유지관리
- b-4. 양생 후 이송 및 배출 시에는 항시 고화물 상태를 확인하여야 하며, 이상발생 시 즉시 보고 후 품질향상에 최선을 다하여야 한다.
- b-5. 송풍기의 가동 및 일정 압력 유지
- b-6. 양생시설 혼합시설 발생 고형화폐기물, 안정화 폐기물 위탁처리 등 추가 오염물질 발생 방지

BAT 41. 폐기물 농도 및 형태를 고려한 적절한 생물학적 처리 시스템을 선택함으로써 폐기물처리 효율을 높인다. (4.2.4 절 참조)

BAT 42. 슬러지 건조 연료화 시설에서 에너지 절약형 건조 설비를 선택함으로써 건조에 사용되는 에너지 소비량 저감 (4.2.4 절 참조)

BAT 43. 슬러지 탄화시설에서 생산된 탄화물을 다양한 방법으로 재활용함으로써 에너지 대체, 자원대체품으로 활용 (4.2.4 절 참조)



## 5. 최적가용기법(BAT)

### 마. 반응시설

BAT 44. 물리화학적 반응장치에 효율적인 운영을 통한 처리효율 상상을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.5 절 참조)

- a. 각 처리공정의 목표와 예상되는 반응 화학작용을 명확히 정의
- b. 반응장치 용량에 대한 반응 질량 증가에 따른 반응열 증가나 반응장치 체류 시간 증가, 반응 속성 변경, 등과 같은 확대효과 가능성을 고려
- c. 사용 목적에 적합한 반응장치 용기를 설계 및 운영
- d. 전체 처리/반응 용기를 밀폐하고 적절한 세정 및 저감 시스템을 적용
- e. 반응장치 용기(또는 처리를 수행하는 배합 용기)는 사전에 배합한 폐기물 및 시약을 적절히 투입
- f. 자루나 드럼을 직접 옮기지 않는다.
- g. 반응이 통제에 따라 예상된 결과를 향해 진행되는지 모니터링
- h. 임펠러가 용기에 투입될 경우에는 비산 방출을 방지하기 위해 밀봉
- i. 반응 용기의 고온 상승으로 인하여 배출되는 VOC는 세정기 응축 후 처리 시스템 설치
- j. 반응 용기 상단에 공기를 교환하고 방시시설을 통해 암모니아나 염화수소, 이산화황과 같은 기체를 제거하는 시스템 마련

BAT 45. 중화시설의 효율적인 운영을 통한 처리효율 상상을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.5 절 참조)

- a. 중화반응 방해요소 고려(금속과 착화재 동시 함유로 인한 금속복합체 형성 방해)
- b. 전극세정 및 교정
- c. 동시보관으로 인한 이차 반응 방지

BAT 46. 금속침전 시설의 효율적인 운영을 통한 처리효율 상상을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하는 것이다. (4.2.5 절 참조)

- a. 침전을 방해하는 유기물의 공정 유입 방지
- b. pH 값이나 온도, 금속 농도와 같은 공정 제어값 확정

## 5.2.6 최종처분시설(매립)

- BAT 47. 폐기물 검사, 반입, 이동, 하차 및 안전사고 예방 등을 위해 아래 주어진 기법을 사용하여 위험요소를 관리하는 것이다.
- 전산운영시스템 운영 (4.3.1 절 참조)
- BAT 48. 매립된 폐기물의 분해과정에서 발생하는 침출수를 집수하여 처리시설로 이송하고, 침출수의 수압에 의한 차수시설 및 저류구조물에 구조적인 부하를 줄이는 것이다.
- 침출수 배수층 및 집수관로 (4.3.2 절 참조)
  - 침출수 수직배제 (4.3.3 절 참조)
- BAT 49. 매립장의 안정성을 확보하고 원활한 폐기물 매립작업을 수행하기 위해 아래 주어진 기법을 사용하여 침하특성을 파악하는 것이다.
- 지반 계측 (4.3.4 절 참조)
- BAT 50. 매립가스 발생을 예측하고 적합한 매립가스 제어기술을 적용하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하여 매립가스 배출을 방지하는 것이다.
- 계단형 매립 (4.3.5 절 참조)
  - 상향식 매립 (4.3.6 절 참조)
  - 최종복토 (4.3.10 절 참조)
- BAT 51. 최종처분 시 자원순환 및 절약을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하여 자원을 효율적으로 이용하는 것이다.
- 중간복토 재이용 (4.3.7 절 참조)
  - 건설폐기물을 이용한 내부도로 축조 (4.3.8 절 참조)
- BAT 52. 침출수로 인한 토양, 지하수 오염을 방지하기 위해 아래 주어진 기법을 사용하여 침출수 누출을 모니터링하는 것이다.
- 전기적, 화학적 검지 (4.3.14 절 참조)



## 5. 최적가용기법(BAT)

- BAT 53. 우수가 침출수로 발생하는 것을 방지하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하여 우수 유입을 방지하는 것이다.
- a. 토사측구 차수매트 보강 (4.3.9 절 참조)
  - b. 매립장 상부 우수배제 (4.3.15 절 참조)
- BAT 54. 침출수를 효율적으로 처리하기 위해 아래 주어진 기법 또는 기법들의 조합을 사용하여 수질오염물질을 제어하는 것이다.
- a. 침출수 혼합처리 (4.3.11 절 참조)
  - b. 응집공정 무기응집제 사용 (4.3.12 절 참조)
  - c. 약품 자동이송제어 및 모니터링 (4.3.13 절 참조)
- BAT 55. 매립장 순환이용 및 사용기간 연장을 위해 아래 주어진 기법 또는 기법을 사용하여 매립지를 순환이용하는 것이다.
- a. 매립장 순환이용 및 정비 (4.3.16 절 참조)

chapter | 6  
최적가용기법  
연계배출수준  
(BAT-AEL)

- 6.1 개요
- 6.2 BAT-AEL 설정 시 고려사항
- 6.3 설정 방법 및 절차
- 6.4 최적가용기법 연계배출수준  
(BAT-AEL)



## 6. 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)

### 6.1 개요

최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL, BAT Associated Emission Levels)은 단일 또는 여러 개의 BAT를 적용하여 정상운영 할 때 발생하는 배출수준의 범위를 의미하며, “하한값 ~ 상한값” 형태로 규정하여 특정 기준 조건 하에 주어진 기간 내 평균으로 표현된 값을 말한다. 여기에서 하한값은 최적의 방지시설 및 관리기법을 도입할 경우 기대할 수 있는 배출수준을 의미하는 것으로, 현재 상용 기술에 있어서 비용 대비 환경편익의 임계값을 나타낸다. 본 장에서 제시하는 BAT는 현재 사용되고 있는 모든 기술을 제시하고 있지는 못하며, 기술의 발전에 따라 여기서 규정된 BAT 외에 기준을 충족하거나 초과하는 기술이 있을 수 있다.

상한값은 최대배출기준 및 사업장별 허가기준의 가이드라인을 제시하는 임계값으로 최적가용기법을 적용한 배출시설을 정상운영 하였을 경우 배출될 수 있는 최대 오염물질 농도를 제시한다. 일반적으로 배출시설을 정상운전 하더라도 일정 부분 농도 변화폭이 존재하고, 규제의 경우 단위 시간(굴뚝 TMS 설치 시설의 경우 30분)에 대한 피크값을 대상으로 하기 때문에, BAT-AEL의 상한값은 자료의 평균이 아니라 이상치를 제외한 최대값을 기준으로 설정하였다.

하한값은 일반적으로 배출시설 분류체계 상 동일시설의 오염물질 배출자료 중 25 %ile 수준으로 설정한다. 따라서 하한값은 최적가용기법 적용을 통해 기술적으로 달성할 수 있는 최저의 배출오염물질 농도를 나타낸다. 여기서 하한값은 BAT-AEL의 배출수준을 표현한 값이며, 배출기준은 피크값이 발생될 때에도 준수하여야 하는 값이므로 BAT-AEL의 하한값이 사업장의 배출기준으로 적용되기에는 한계가 있다.



### 6.2 BAT-AEL 설정 시 고려사항

BAT-AEL 설정 시에는 대상시설, 운영조건, 관리특성, 자료형태 및 주기, 검증방법 등 종합적인 사항들이 고려되어야 하며, 배출시설의 모니터링 자료 등 객관적인 자료를 근거로 설정해야 한다. 최종적으로 BAT-AEL은 기술작업반(TWG) 검토와 중앙환경정책위원회 심의를 통해 결정된다. BAT-AEL 설정 시 주요 고려사항은 다음과 같다.

#### 6.2.1 BAT-AEL 설정을 위한 배출시설 분류체계

BAT-AEL은 특정 배출시설에 대해 단일 또는 다수의 최적가용기법을 적용할 경우 일반적으로 배출되는 오염물질 배출농도범위를 나타내는 것으로, 오염물질 배출특성이 반영될 수 있는 배출시설 분류체계 구성이 요구된다. 특히, 지역적·환경적 특수성에 따라 일반적인 배출허용기준보다 강화된 기준의 적용을 받는 경우 사업장의 방지시설 및 운영환경이 매우 강화된 형태로 설치 운영되는 경우가 있기 때문에 사업장별 허가기준에 따라 배출시설을 분류하고 이에 따른 배출량 데이터를 비교·검토하여 기초 데이터로의 사용 여부를 결정할 필요가 있다.

#### 6.2.2 대상사업장의 선정 및 관련 자료의 수집 범위

BAT-AEL은 “단일 또는 여러 개의 BAT를 적용하여 정상운영 할 때 발생하는 배출수준의 범위를 의미하며 특정 기준 조건 하에 주어진 기간 내 평균값으로 표현”된 것으로 대상시설, 운영조건, 관리특성, 자료형태 및 주기, 검증방법 등의 종합적 고려가 요구된다.

#### 6.2.3 사업장 별 공정 형태 및 모니터링 방법 등 세밀한 현장조사

BAT-AEL은 배출시설 및 배출오염 물질의 분류별로 설정되고, 실제 수집 가능한 모니터링 자료에 의해 결정된다. 이는 모니터링의 유형(연속식, 비연속식 등)과 측정주기(30분, 1시간, 1일, 월, 년 등) 등 다양한 인자에 영향을 받는다. 특히, 시료의 샘플링 방법(Spot, Composite 등)에 따라서 BAT-AEL의 단위와 농도가 결정될 수 있기에 이에 대한 세밀한 조사가 선행되어야 한다. 또한, 사업장 별 공정 형태 및 모니터링 방법이 고려되어야 한다. 각 공정별로 배출량이 모니터링 되는 사업장의 경우 각 세부 공정별로 BAT-AEL이 도출될 수 있으며, 여러 공정을 거쳐 방지시설이 설치되고 최종단계로 굴뚝이나 하수처리 시설로 배출되는 경우 세부 공정별로 BAT-AEL 도출이 어려워 전체 공정에 대한 BAT-AEL 형태로 도출될 수 있다.

## 6.2.4 BAT-AEL 대상항목의 특수성

일반적인 항목인지 아니면 특정수질유해물질이나 특정대기유해물질에 속하는지에 따라 측정가능성(공정시험방법, 연속측정가능성 등), 측정에 필요한 비용, 현재 기준의 유무 등이 달라지고 이에 따라 자료의 취득 가능성이 달라지기 때문에 이에 대한 검토가 필요하다.

## 6.2.5 이상치 검정 및 평가방법에 대한 이론적 근거

수집된 자료에 대한 이상치 검정 및 평가방법에 대한 이론적 근거 마련이 필요하다. 즉, BAT-AEL의 결정은 정상적인 운영에 있어서 배출농도의 평균을 의미하기 때문에 비정상상태의 자료는 제외되어야 하며, 정상인 상태임에도 불구하고 다른 자료(유사 배출구)와 비교하였을 경우에 비정상적으로 높거나 낮은 수치를 나타낼 경우 이에 대한 포함여부를 결정할 수 있는 판단근거가 필요하다. 통계이론에서는 측정오차, 기계오차, 예상하지 못한 오차를 포함하여 정상적인 자료 범위의 자료를 이상치로 정의하고 이에 대한 검증방법을 제공한다. 다양한 검증방법이 있을 수 있으므로 BAT-AEL 결정에 가장 적합한 검증방법의 결정이 필요하다.



## 6. 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)

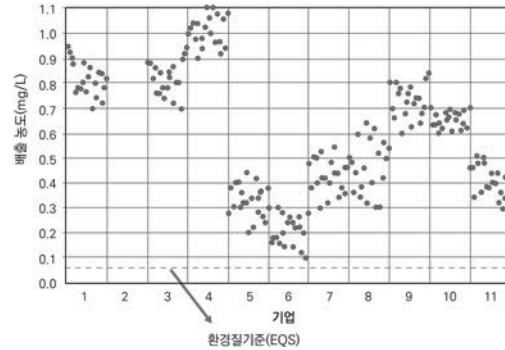
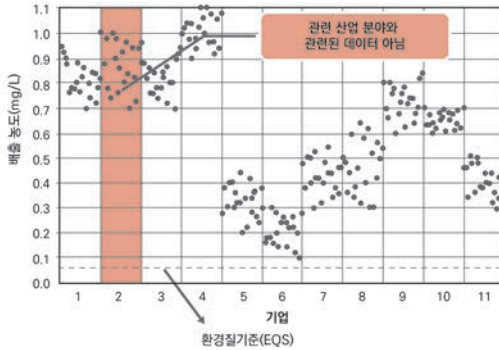
### 6.3 설정 방법 및 절차

폐기물처리업의 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL) 설정과 관련한 오염물질 배출자료 분석은 벨기에의 산업폐수에 대한 BAT-AEL 및 사업장별 허가기준 결정 연구(2009년) 결과 등을 참고하여 다음의 6단계 절차에 의해 마련되었다.

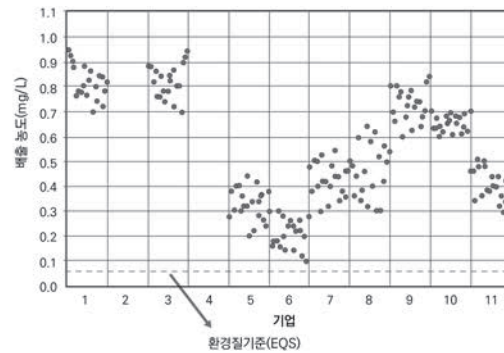
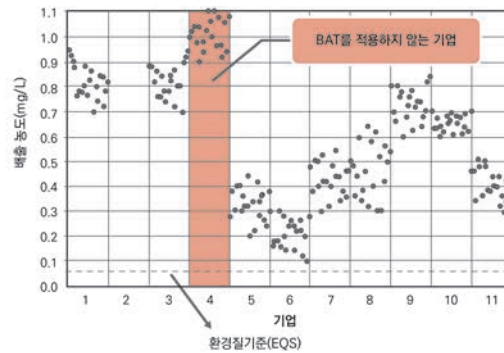
#### (제1단계) 배출시설 분류체계 구성

대상 업종의 사업장에 대한 분류체계(대분류, 중분류, 소분류)를 조사한다. 대분류에서는 제조공정 또는 제품별로 구분하고, 중분류 및 소분류에서는 단위공정 또는 대표적인 배출시설 별로 구분한다. 필요 시, 세분류 및 세세분류에서는 대상시설의 연료, 규모, 설치시기 등에 따라 분류할 수 있다. 분류 이전에 최적가용기법 적용여부 등의 오염물질 배출자료 분석을 아래의 절차를 통해 수행하였다.

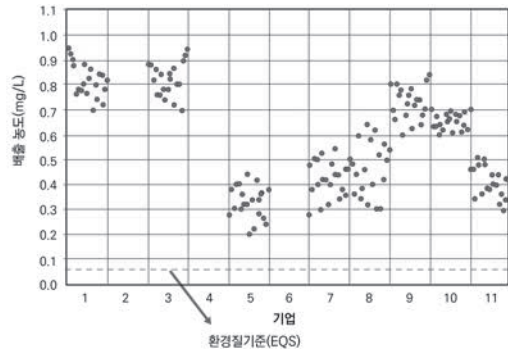
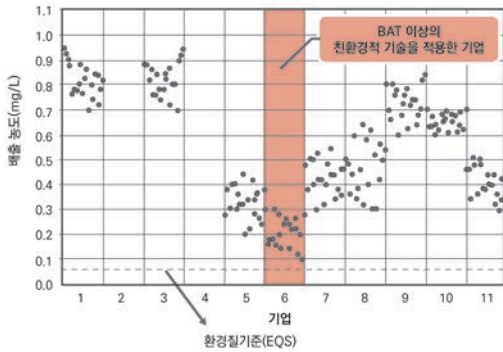
#### (제1단계) 관련 사업장 여부 확인



#### (제2단계) 최적가용기법 적용 사업장 구분



(제3단계) 적용가능한 최적가용기법 수준의 검토



(제2단계) 오염배출 자료 수집 및 분석

배출시설과 분류체계를 고려하여 오염물질 배출자료를 조사한다. 조사 자료에는 TMS(대기, 수질 등) 자료, 사업장 자가측정자료 및 사업장 운영자료 및 지도·점검 측정 자료가 있다.

(제3단계) 배출오염물질 선정

오염물질 자료 수집 및 분석 결과를 기반으로 대상 배출시설 분류체계별 오염물질 발생현황을 분석하여 연계배출수준 설정 대상 오염물질을 선정한다.

(제4단계) 배출오염물질 농도 범위 선정

오염물질 조사 자료 중 이상값(측정값이 관측기기 측정범위 밖에 있거나 일반적인 농도범위에 대해 너무 크거나 작은 경우의 값)을 제외한 정상 자료를 사용하여 배출오염물질 범위(상한값과 하한값)를 결정한다. 필요시 배출오염물질 범위는 TMS자료와 자가측정 자료를 구분하여 각각 산정한다.

(제5단계) 최적가용기법 연계배출수준 마련

산정된 오염물질 농도 범위를 현행 배출허용기준 등의 자료와 비교하여 최적가용기법 연계배출수준을 마련한다.

(제6단계) 기술작업반(TWG) 합의 및 분과위원회 심의

산정된 연계배출수준에 대한 TWG 의견을 수렴하여 합의안을 만들고 중앙환경정책위원회 심의를 통하여 최종확정한다.

## 6. 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)

### 6.3.1 배출시설 분류체계

폐기물처리업의 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL) 설정을 위한 배출시설 분류체계는 다음 표에 제시된 바와 같이 대분류, 중분류의 2단계로 구성된다.

대분류는 분류체계에 따라 음식물자원화시설, 재활용선별시설, 연료화시설, 하·폐수슬러지 처리시설, 반응시설, 매립시설로 분류하였고, 중분류에서는 음식물자원화시설의 경우 건조사료화, 습식발효사료화, 퇴비화, 연료화시설의 경우 고형연료제품 제조, 바이오가스 생산, 하·폐수슬러지 처리시설의 경우 탄화·건조·고화로 분류하였다.

[표 6.1] 폐기물처리시설 BAT-AEL 설정을 위한 배출시설 분류체계

대분류	중분류	비고
음식물자원화시설	건조사료화	-
	습식발효사료화	-
	퇴비화	-
재활용선별시설	-	-
연료화시설	고형연료제품 제조	-
	바이오가스 생산	-
하·폐수슬러지 처리시설	탄화·건조·고화	-
반응시설	-	-
매립시설	-	-

### 6.3.2 오염물질 배출현황 자료 조사

BAT-AEL 설정을 위한 오염물질 배출현황 자료는 2018~2020년 3년 자료를 이용하였으며 자료를 이용하였다.

대기배출원관리시스템(SEMS)에는 전국의 대기 1 ~ 5종 사업장의 정보, 굴뚝정보, 방지시설정보, 배출시설정보, 연료 사용량, 원료 사용량, 자가측정 자료 등이 포함되어 있다.

### 6.3.3 자료의 적합성 평가

배출시설 분류체계별 BAT-AEL 결정을 위해 수집된 자료의 일부는 비정상 운전상태의 자료를 포함하고 있거나, 정상운전 상태의 자료라 하더라도 일반적인 오염물질 배출농도 범위를 초과하는 예외적인 자료(이상값)를 포함하고 있기 때문에 이러한 자료에 대한 적합성 평가(선별)가 진행되었고, 구체적인 자료 평가 방법은 다음과 같다.

#### 가. 비정상 운전상태의 배출현황 자료 필터링

TMS 자료 중 비정상 운전자료(배출시설의 가동중지 기간 또는 배출시설 및 방지시설이 정상 가동되고 있는 경우에도 측정 장비의 이상 등 비정상 자동측정 자료가 발생한 경우)의 구분을 위해 TMS 대체코드를 이용하여 필터링하였고, 이러한 자료는 BAT-AEL 산정 시 제외하였다. 표 6.2는 TMS 비정상자료의 예외처리 대상 대체코드를 나타낸 것이다.

[표 6.2] TMS 대체코드 예외처리 대상

대체 코드	대체코드명
10	미수신 자료
11	조치명령 받은 개선(개선계획서 미제출)
12	조치명령 받은 개선(개선계획서 제출)
13	조치명령 받지 않은 개선(자체개선계획)
14	정도검사기간, 정도검사 및 교정검사 불합격
15	비정상 측정자료
16	장비점검(통합시험 등)
17	원격제어 기간
18	관할행정기관 인정(24시간 미만인 경우)
19	관할행정기관 인정(24시간 이상인 경우)
20	배출허용기준 초과인정시간



## 6. 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)

(표 계속)

대체 코드	대체코드명
21	가동중지 기간
22	대체자료
23	미수신 자료
24	행정기관 인정 미전송
30	배출 및 방지시설(개선계획서 제출)
40	배출 및 방지시설(행정처분후 개선)
50	상대정확도 부적합 기간
60	공기비 3배 이상
61	산소비정상
62	공기비 3배 기간중 상태표시 발생
70	상태표시발생
R1	정상자료 또는 대체코드(20, 30, 40)인 자료 중 측정기 또는 D/L의 상태표시가 정상이 아닌 경우
R2	정상자료 또는 대체코드(20, 30, 40)인 자료 중 O <sub>2</sub> 또는 온도의 상태표시가 정상이 아닌 경우
R3	R1과R2를 동시에 만족

## 나. 이상값 자료 필터링

TMS 자료 중 정상가동 조건에서의 이상값에 대한 자료 선별이 필요하며, 이를 위해 Rosner 방법론(US EPA, 2004)이 사용되었다. Rosner 방법론은 이상값으로 의심되는 자료를 먼저 추출하고 평균과의 차가 큰 값부터 해당 자료를 제외해 가면서 정규분포로 가정한 단변량의 데이터에 t-검정거리의 역함수를 이용하여 이상값 여부를 판별해 가는 방법이다. t-검정은 99 % 신뢰구간을 적용한다. 이상값 검정을 위한 비교값은 다음 식을 통해 산출되며, 비교값이 t-검정거리의 역함수를 이용한 임계값보다 큰 경우 해당 값을 이상값으로 선별한다.

$$G = \frac{x_i - \bar{x}}{SD} \quad \text{or} \quad G = \frac{\bar{x} - x_i}{SD}$$

$$G > \frac{n-1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{t^2_{\left(\frac{a}{2n}, n-2\right)}}{n-2+t^2_{\left(\frac{a}{2n}, n-2\right)}}$$

n = 자료수

x = 평균값

$x_i$  = 평균과의 차이가 큰 값

SD = 표준편차

G = 변환값

a = 신뢰구간

(Ex, 99% 신뢰구간 = 0.01)



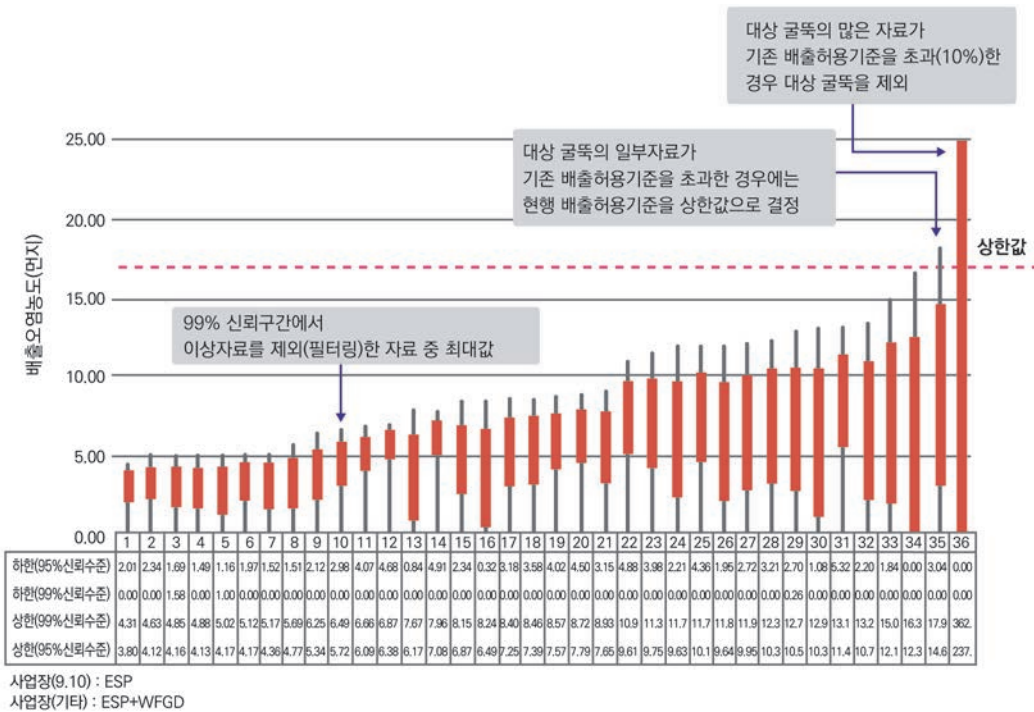
## 6. 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)

### 6.3.4 최적가용기법 연계배출수준 범위 선정

이상값 자료를 선별한 다음 정상자료를 사용하여 배출시설 분류체계(대분류-중분류-소분류)에 대한 배출오염물질의 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL, 상한값 및 하한값)을 다음의 절차에 따라 산정한다.

#### 가. 상한값 산정

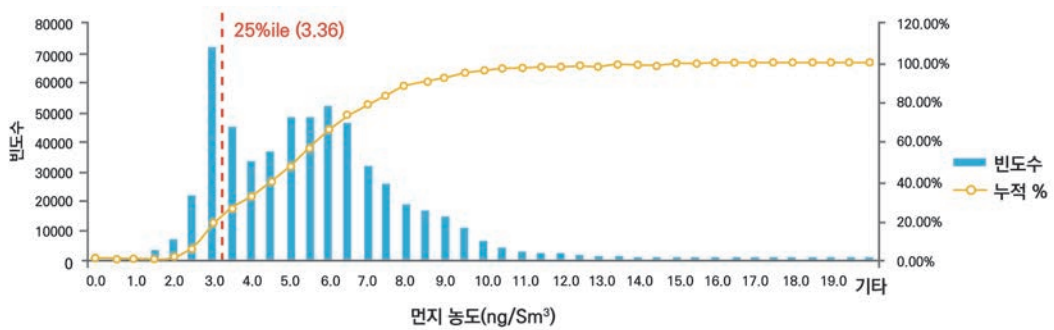
상한값은 배출시설별 전체 자료 중 10% 이상의 자료가 현행 배출허용기준을 초과한 경우에는 그 배출시설은 상한값 산정에서 제외하고, 일부 배출시설이 현행 배출허용기준을 초과한 경우(전체 자료 중 현행 배출허용기준 초과 자료가 10% 미만일 경우)에는 현행배출허용 기준을 상한값으로 결정한다. 배출시설별 전체 자료가 현행 배출허용기준 미만일 경우, 99% 신뢰구간에서의 정상자료 중 최대값을 상한값으로 결정한다. 그림 6.1은 BAT-AEL 상한값 결정 방법 예시를 보여준다.



[그림 6.1] BAT-AEL 상한값 결정 방법 예시(먼지)

## 나. 하한값 산정

하한값은 비용대비 환경편익의 관계를 고려하여 배출시설별 오염물질 배출자료의 평균값(또는 중앙값)이 가장 낮으면서 동시에 전체자료의 25 %ile 이상인 값을 만족하는 값으로 산정한다. 그림 6.2는 BAT-AEL 하한값 결정 방법 예시를 보여준다.



대상 굴뚝	평균값	표준편차	중앙값	상한값	대상 굴뚝의 중앙값이 전체자료의 25%ile (3.36)보다 작기 때문에 하한값으로 인정하지 않음
A사업장 - 6번 굴뚝	2.7	0.91	2.6	5.0	
A사업장 - 2번 굴뚝	2.8	0.80	2.6	4.9	
B사업장 - 2번 굴뚝	2.9	0.86	2.6	5.2	
A사업장 - 5번 굴뚝	0.9	0.75	2.8	4.9	
C사업장 - 7번 굴뚝	3.4	1.87	3.2	8.2	
D사업장 - 1번 굴뚝	3.7	0.98	3.4	6.2	
D사업장 - 2번 굴뚝	4.3	0.83	4.4	6.5	

[그림 6.2] BAT-AEL 하한값 결정 방법 예시(먼지)



## 6. 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)

### 6.4 최적가용기법 연계배출수준(BAT-AEL)

폐기물처리시설의 대기오염물질에 대한 최적가용기법 연계배출수준은 배출시설의 모니터링 자료를 근거로 설정하였고, 설정값은 대기환경보전법에 따라 시설의 종류별로 따라 구분하였다. 다음 표 6.3은 폐기물처리시설의 대기오염물질에 대한 최적가용기법 연계배출수준을 나타내었다.

[표 6.3] 폐기물처리시설의 대기오염물질에 대한 최적가용기법 연계배출수준

대분류	중분류	오염물질	단위	BAT-AEL
음식물자원화시설	-	먼지	mg/m <sup>3</sup>	2 ~ 22
재활용선별시설	-			
연료화시설	고형연료제품 제조			
	바이오가스 생산			
하·폐수슬러지 처리시설	탄화·건조·고화			

## chapter | 7

# 유망기법

- 7.1 통합반입관리시스템 운영
- 7.2 반입관련 빅데이터 구축
- 7.3 봉타입 선별장치
- 7.4 건조시설 완전밀폐 건조 방식 적용(사료화)
- 7.5 음폐수 유기탄소원 활용
- 7.6 일체형 파쇄·선별 장치 적용
- 7.7 침출수매립시설 환원 정화



## 7. 유망기법

### 7.1 통합반입관리시스템 운영

체계적인 반입관리시스템 운영을 통해 원활한 폐기물 반입처리

정보시스템

- 반입관리시스템
- 자원순환정보시스템
- 폐기물 고객센터

운영시스템

- 계량 시스템
- 자동 시료채취시스템
- 시설물제어/신호체계

관제시스템

- CCTV
- 통합제어
- 차량관제/출입통제

폐기물 차량별 계량정보(지자체, 운반업체, 운반폐기물 등)가 출입일자, 출입시간 등과 연계 관리



## 7. 유망기법

[표 7.1] 통합반입관리시스템 주요 내용

구분	내용	
계량	계량대 3 × 12(11개), 3 × 18(1개), 통합계량설비, 계량무인판넬, 계량용 인디게이터설비	
출입통제	옥내·외 출입통제, 계량대 출입통제, 통합계량대, 임시보관장, 계량대 좌우측차로, 수처리장, SRF, 슬러지1단계, 슬러지2단계, 제3매립장, RF리더, 적재함태그, 출입통제운영설비	
신호체계	도로형 전광판, 건물부착형 전광판, 가변차선 신호기, 차량정보전 광판, 계량시설 신호등, 신호체계 운영설비	
CCTV	각 처리시설 필요구간	
자동시료채취	자동시료채취설비, 자동시료채취 운영설비	
차량관제	상황판 전자지도, 차량관제 운영설비	
통합설비	통합관제	자동화설비, LED 전광판, 미라클 윈도우설비
	민원실	민원실운영설비, LCD 모니터, LCD TV(42), 전자서명기설비
	차량U단말기, 주민U단말기	차량용 U-단말기, 감시용U-단말기, 감시용운영설비
	IBS	조관방송설비, CATV설비, 영상음향 설비, 조명제어, 통신단말설비

### 환경편익 및 경제성

소규모 사업장 및 민간사업장의 경우 경제성 검토 필요

### 운영 데이터 및 적용사례

#### 통합계량대 일반사항

- 트럭스케일 : 총중량 40t이하 차량 계량가능 (3 m × 12 m)/(3 m × 18 m)
- 계량방식 : 전자저울인 로드셀(Road Cell) 방식
- 계량방법 : RF(Radio-Frequency, 무선주파수)방식
- 계량소요시간 : 1분/대
- Indicator 및 Roadcell
- RF-READER : 계량 Panel에 설치되어 RF-Card 인식

### 적용 가능성

소규모 사업장의 적용가능성은 경제성 등을 검토 후 적용

## 7.2 반입관련 빅데이터 구축

통합반입관리시스템을 이용하여 반입되는 폐기물의 종류, 배출처, 운반업체, 차량번호, 계량값, 반입수수료, 적발현황 등의 정보를 데이터베이스로 관리

- 반입폐기물 관련 데이터 구축 필요 대상
  - 반입폐기물 성상 조사결과
  - 반입폐기물 하역검사 시 적발대상 폐기물의 이미지
  - 혐의대상 폐기물 이미지 등 폐기물 종류별 다양한 이미지
- 반입폐기물 데이터 구축 방안
  - 폐기물 성상조사 회차별 결과 DB화
  - 폐기물 종류별 특징을 파악할 수 있는 이미지 대상 정의 및 다양한 폐기물 이미지 자료화
  - 기 구축된 이미지에 대해 반입관리시스템에서 관리방안 검토
- 반입폐기물 빅데이터 활용 방안
  - 반입관련 빅데이터를 활용한 다양한 폐기물 정보를 제공할 수 있도록 지속적인 검토 추진
  - 폐기물 이미지와 분광기술을 접목한 폐기물 판별 및 분석
  - 분석데이터에 대한 이미지 학습 알고리즘을 적용하여 검사기술고도화 적용

### 환경편익 및 경제성

폐기물 성상조사 시 선별비용 절감

### 매체통합적 환경영향

4차산업혁명에 따른 시대변화에 적합한 반입폐기물 데이터 분석 및 서비스 제공

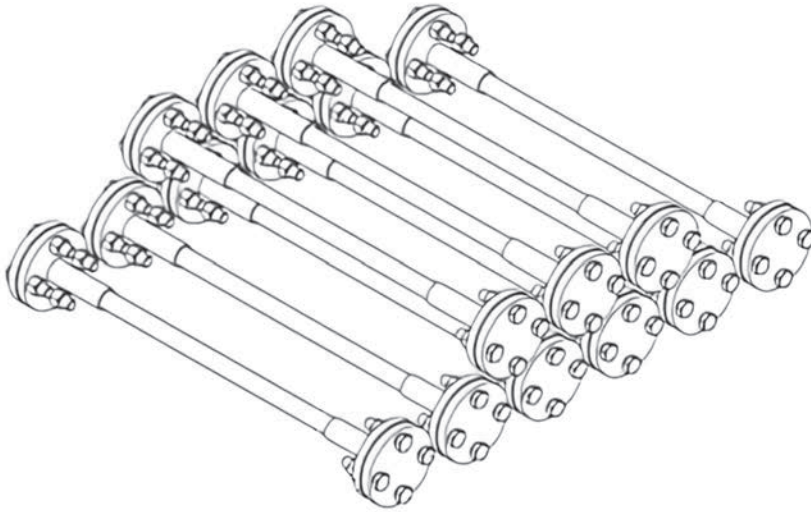
### 적용 가능성

사업장별 경제성 검토 후 적용



### 7.3 봉타입 선별장치

슬러지를 처리하는 시설은 이물질 특히 금속성분의 이물질로 인해 설비의 고장이 빈번하다. 특히 슬러지 이송펌프의 경우 금속성 이물질로 인해 설비를 교체하는 일이 빈번히 일어나고 있다. 봉타입의 자석형 이물질 제거 장치는 슬러지의 이물질 제거 효율을 보장하면서도 이물질 중에서도 특히 금속을 완전히 제거함으로써 설비의 고장을 방지하며, 이물질 금속에 의한 설비의 고장 발생을 미연에 방지함으로써 원활한 슬러지 처리 공정이 이루어지도록 하는 데 크게 도움이 되는 설비이다.



[그림 7.1] 봉타입 이물질 제거 장치 예시

#### 환경편익 및 경제성

봉타입 이물질 제거 장치를 적용하여, 슬러지 내 쇳조각, 장화, 작업복, 돌 등의 이물질이 유입되어 슬러지 이송펌프 고장 등으로 인한 운영비 절감에 효과적이며, 설비 가동에 악영향을 주는 문제를 해결하여 전체 시스템을 원활하게 운전하는 효과가 있다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

적용 사업장에서는 슬러지 이송펌프 상단에 봉타입 자석형 이물질 제거장치를 설치하여 유입되는 이물질을 감소시키는 결과가 나타났다.



[그림 7.2] 봉타입 이물질 제거 장치설치 전후 비교 사진

### 매체통합적 환경영향

제거된 이물질을 적절하게 처리할 수 있는 방안 마련 필요

### 적용 가능성

슬러지처리시설 사업장에 적용 가능하다. 단, 적용사례와 같이 이송펌프 상단에 설치하여야 한다.



## 7. 유망기법

### 7.4 건조시설 완전밀폐 건조 방식 적용(사료화)

건조기 내 온도 90 ~ 105 ℃에서 6 ~ 15시간 동안 완전밀폐 상태로 약간의 호기성 발효과정을 거치면서 건조되는 방식으로 미생물 발효방식과 달리 온도조절 및 수분조절이 용이하며 완전 밀폐식으로 건조기 내부의 발생증기가 외부로 나가지 않고 응축기에서 응축수로 전환되어 악취 발생을 최소화한다.

#### 환경편익 및 경제성

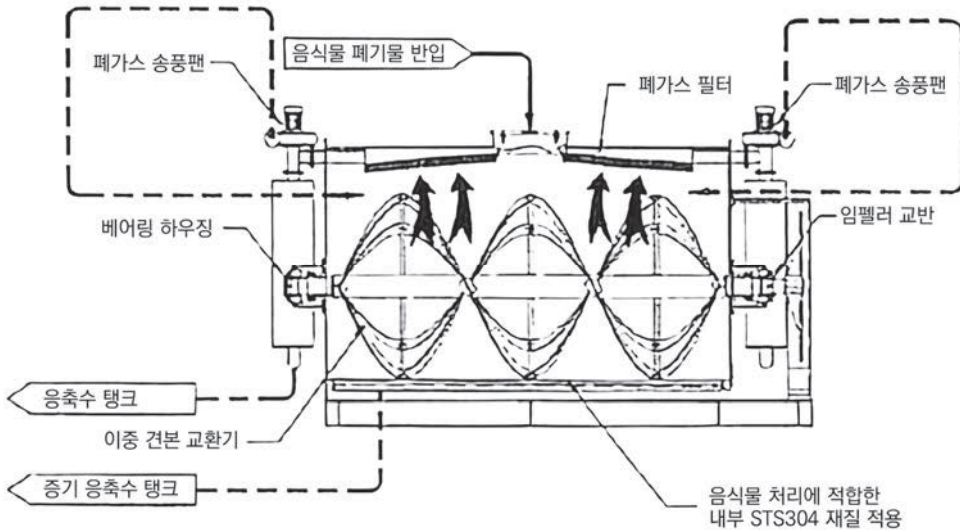
인근 소각시설의 폐열을 이용할 경우, 에너지 절감 및 환경오염물질을 저감할 수 있으며 경제적 이익도 실현 가능하다. 완전밀폐식으로 에너지 손실 및 악취 발생을 최소화한다.

#### 운영 데이터 및 적용사례

○○시 음식물 자원화시설에서 설치하여 운영

#### 매체통합적 환경영향

폐열을 이용함으로써 에너지 절감 효과가 있으며 건조기에 사용할 연료(LNG, 경유 등) 사용을 제한함으로써 인한 환경적 이득효과가 있다. 악취 발생을 최소화한다.



[그림 7.3] 완전밀폐 건조기

#### 적용 가능성

이 기법은 인근에 소각시설이 있을 경우, 제한적으로 적용되며 소각장에서 발생하는 폐열을 이송할 수 있는 이송 시스템이 갖추어져 있어야 한다. 운영에 있어서는 이송배관에서 누출이 발생하지 않아야 한다.

## 7.5 음폐수 유기탄소원 활용

런던협약 의정서에 의거 폐기물해양투기 금지가 합의되면 우리나라도 2013년 1월 1일부로 음폐수 해양투기가 금지되었다.

이로 인해 음폐수 육상처리가 불가피해지면서 고농도의 음폐수 처리를 위한 다양한 방법이 제시되고 있다.

음폐수 유기탄소원 활용 기술은 음식물처리시설에서 발생하는 음폐수를 하·폐수의 고도처리 공정에서 질소 제거를 위한 외부탄소원으로 활용하는 기술이다.

### 환경편익 및 경제성

- 음폐수를 기존 유기탄소원(RCS45)약품대체제로 활용
  - ○○시 음폐수 외부위탁처리비 절감액
  - 하수연계처리량(2015.2 ~ 2016.4) : 3,283톤
  - ○○연계처리량(2015.10 ~ 2016.4) : 660톤
  - 절감액 : 3,943톤 × 87,570원/톤(처리비) = 345백만원
- ○○ 약품비 절감액
  - 유기탄소원(약품 RCS45)구입비용 절감 : 110백만원
- 음폐수병합처리시설 부하저감 효과 : 60 % 수준 운영

### 운영 데이터 및 적용사례

○○시 음폐수 병합처리시설의 가압부상조 전단 음폐수 공급을 통해 유기탄소원 대체제로 활용 탈질미생물은 유기탄소원을 이용하여 질소성분을 가스형태로 전환하여 대기로 배출한다.

### 적용 가능성

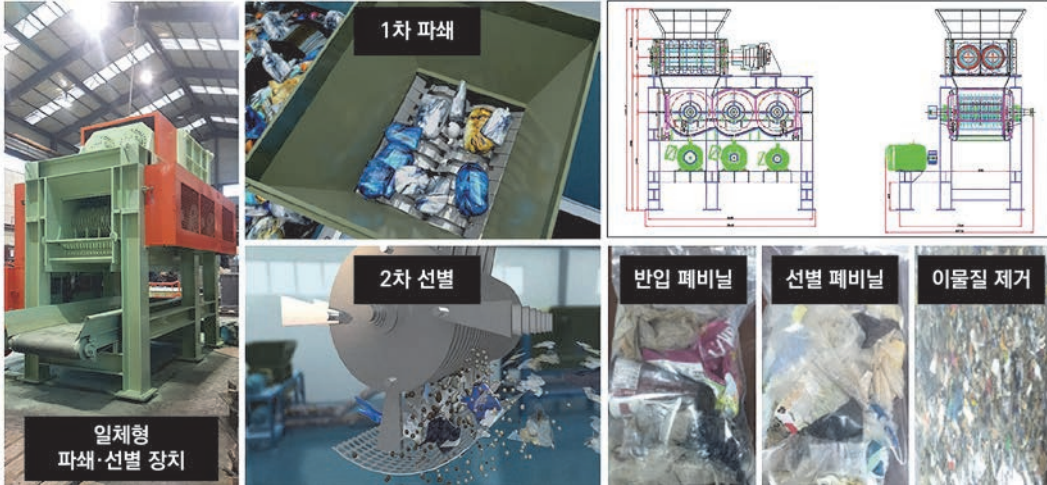
「폐기물의 재활용 용도 및 방법에 관한 규정」(환경부 고시 제2015-15호)(2015.2) 음폐수 재활용 수질기준 외부탄소원 기준

- 부유물질(SS) : 15,000 mg/L 이하
- 노르말핵산(N-H) : 1,000 mg/L 이하
- 총질소(T-N) : 3,000 mg/L 이하
- 총인(T-P) : 400 mg/L 이하
- 총휘발성유기산(VFA) : 40,000 mg/L 이하



### 7.6 일체형 파쇄·선별 장치 적용

선별재활용시설로 반입된 폐비닐이 장치로 투입되면 1차 파쇄된 후에 회전칼날에 의해 연속 타격되면서 이물질 제거와 동시에 타 재질이 선별되는 일체형 파쇄·선별 기술이다.



[그림 7.4] 일체형 파쇄·선별장치

#### 환경편익 및 경제성

- 파쇄 및 선별 공정이 단일기기에서 운영되므로 설치 및 운전 편의성
- 일체형 장치이므로 먼지 및 악취 국소 포집 면적 축소로 오염배출 관리 용이
- 기존 파쇄-파봉-이물질선별로 구분된 설비 운용이 축소되어 경제적 효과 증대
  - 인력선별 인원 대체 효과
  - 설치 및 시설 운영비 감소
  - 선별 재활용시설 공간 활용

#### 운영 데이터 및 적용사례

환경부 환경정책기반 공공기술개발 사업으로 시제품 제작 및 실증 완료

- 규격 : 10 톤/h, 5 m × 5 m × 5 m, 타재질 선별 제거
- 고형물, 토사, 유기물, 염소, 수분 제거

#### 매체통합적 환경영향

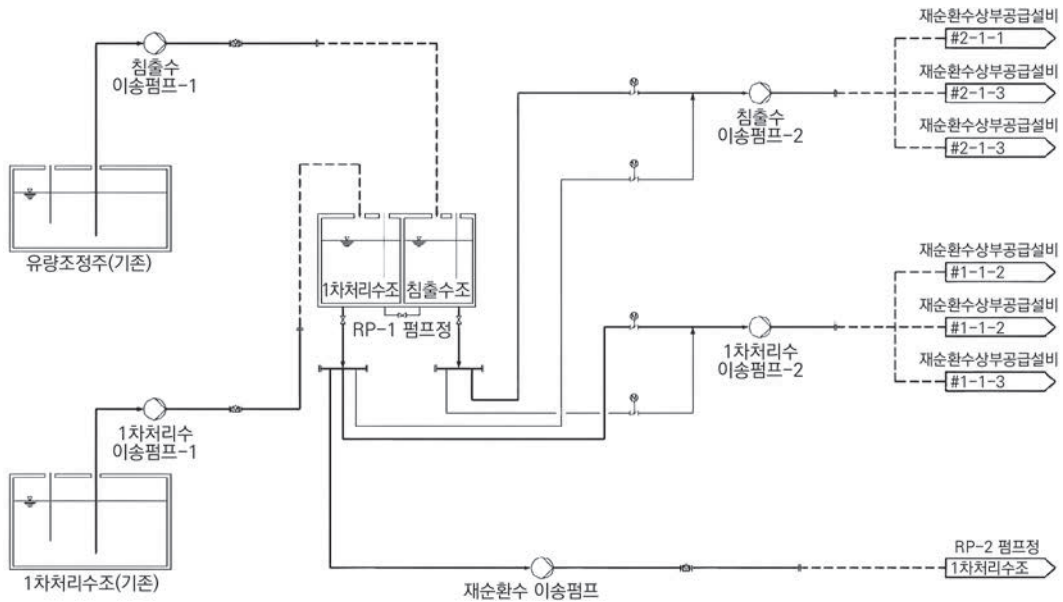
최종 매립 및 소각되는 폐비닐을 효율적으로 선별하여 열적 재활용 또는 물질재활용 할 수 있다.

## 7.7 침출수매립시설 환원 정화

침출수매립시설 환원 정화의 목적은 매립 층의 적정 함수율을 유지하여 매립장의 안정화 기간을 단축하고, 매립가스 발생속도 조절 및 포집량 증대로 매립가스 에너지원으로서의 활용성을 극대화하는 것이 있다. 설비는 크게 하부공급시설, 상부공급시설, 상부주입시설로 구분되며, 시설계통도는 다음과 같다.



[그림 7.5] 침출수매립시설환원정화설비 계통도




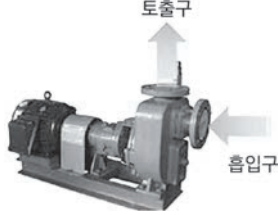
[그림 7.6] 침출수매립시설환원정화설비 하부공급시설 계통도(예시)

하부공급시설은 침출수와 1차 처리수를 상부공급시설에 공급하기 위해 이송하는 설비로서 이송펌프 및 부속배관 등으로 구성되며, 이송펌프로는 횡형원심펌프, 자흡식 횡형원심펌프 등을 사용할 수 있다. 펌프의 On/Off가 잦으므로 가변전압 가변주파수 제어를 적용하여 펌프부하 감소 및 전력비를 절감할 수 있고, 침출수 이송을 위해 부식에 강한 ST304 재질을 적용할 수 있다.

배관구성은 1차 처리수와 침출수의 교번운전이 가능하도록 구성할 수 있고, 배관은 직렬구성으로 배관 1개 라인에 이송펌프(1대 운전, 1대 예비) 2대를 설치·운전함으로써 안정적으로 운전이 가능하다.

## 7. 유망기법

[표 7.2] 이송펌프의 종류 및 특징

구분	특징	비고
횡형원심펌프	<ul style="list-style-type: none"> <li>급수시스템 및 상업용에 폭넓게 사용가능함</li> </ul>	
자흡식 횡형원심펌프	<ul style="list-style-type: none"> <li>자흡식 구조로 펌프케이싱내의 물만으로도 흡입이 가능함</li> <li>자흡식 펌프는 최대 7 m 아래의 유체를 흡상할 수 있음</li> </ul>	

### (가) 흡입배관

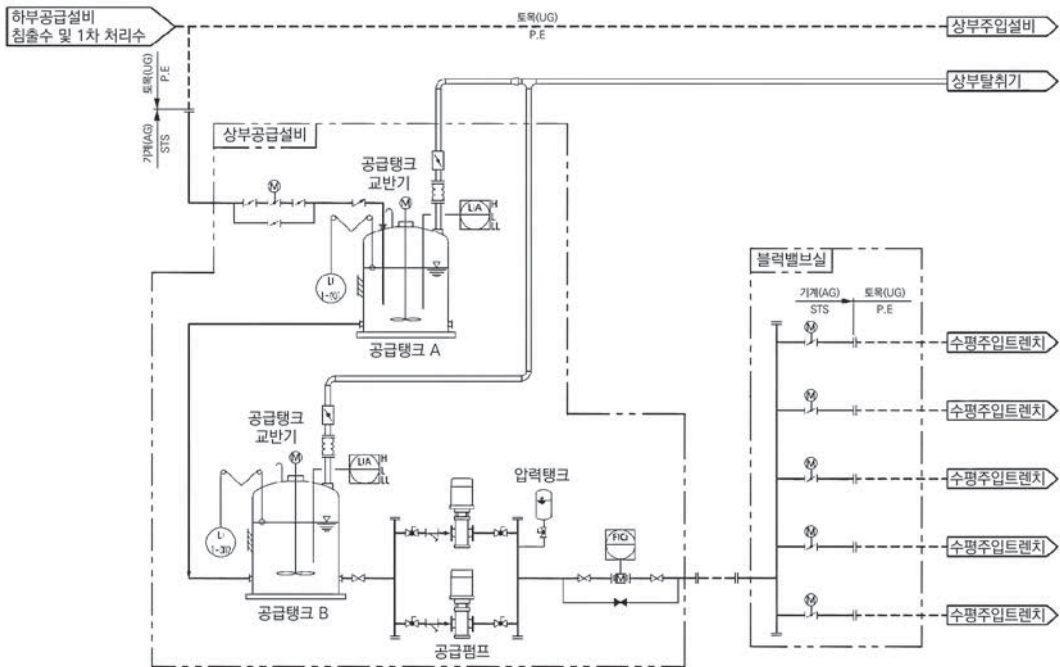
- 흡입관은 가능한 한 짧게 하고 지주 등으로 지지시켜 관의 처짐에 무리한 힘이 전달되지 않게 한다.
- 흡입관은 공기주머니가 생기지 않도록 수평에서 약 1 ~ 2°(약1/50) 정도 하향하도록 하고, 배관의 이음부분, 플랜지 간의 체결부, 밸브의 패킹누르개 쪽에서 공기가 유입되지 않도록 완전히 체결한다.
- 유속은 가능한 한 느린 게 좋으며 1.5 m/sec ~ 2.5 m/sec가 적당하다.
- 흡입 측에는 가능한 한 밸브를 설치하지 말고 불가피할 때는 공기주머니가 생기지 않도록 수평 방향으로 설치하는 것이 좋으며 밸브 개폐 시에는 그랜드 주수식이 좋다.
- 배관 작업 시(특히 구배관에 펌프만 교체 시)에는 용접 찌꺼기나 기타 오물이 들어가지 않도록 한다.
- 흡입관에 스트레너를 설치할 때 너무 조밀한 것을 쓰면 공동현상이 일어나므로 10 ~ 50 mesh 정도가 좋다.
- 플랜지 체결 시에는 반드시 펌프의 플랜지와 동일선상에서 조립하여야 한다. 오차가 있는데 무리하게 할 경우 펌프의 주물이 훼손되는 수가 있다.

### (나) 토출배관

- 펌프 케이싱 내의 유속은 전양정에 관련하여 변화하기 때문에 배관 구경과는 맞추기 힘들다. 일반적으로 유속을 3 m/sec 이하로 하고 확대관을 이용하여 펌프보다 1 ~ 2 단계 정도 키우는 것이 좋다.
- 공기주머니가 생기는 부분은 공기빼기 구멍을 설치하고 굴곡부 및 하중을 받기 쉬운 부분은 지주로 지지한다.

- 열응력이나 진동을 흡수하기 위해 플렉시블 조인트 등을 사용하여 배관을 안정시킨다.
- 수격현상(Water Hammer) 발생이 예상되면 사전에 대책을 세워야 한다.

상부공급시설은 침출수와 1차 처리수를 매립장에 재순환 주입하여 수분을 공급하고 매립가스를 포집하기 위한 설비로서 각각의 공급탱크와 공급펌프 및 부속배관으로 구성된다. 상부공급시설은 펌프 및 공급배관이 설치된 상부공급설비실과 매립가스 포집배관 헤더가 설치되어 있는 매립가스 포집헤더실로 구분된다. 상부공급시설은 하부공급시설에서 이송된 재순환수를 저장하고, 각 구역 블록 밸브실에 공급한다.

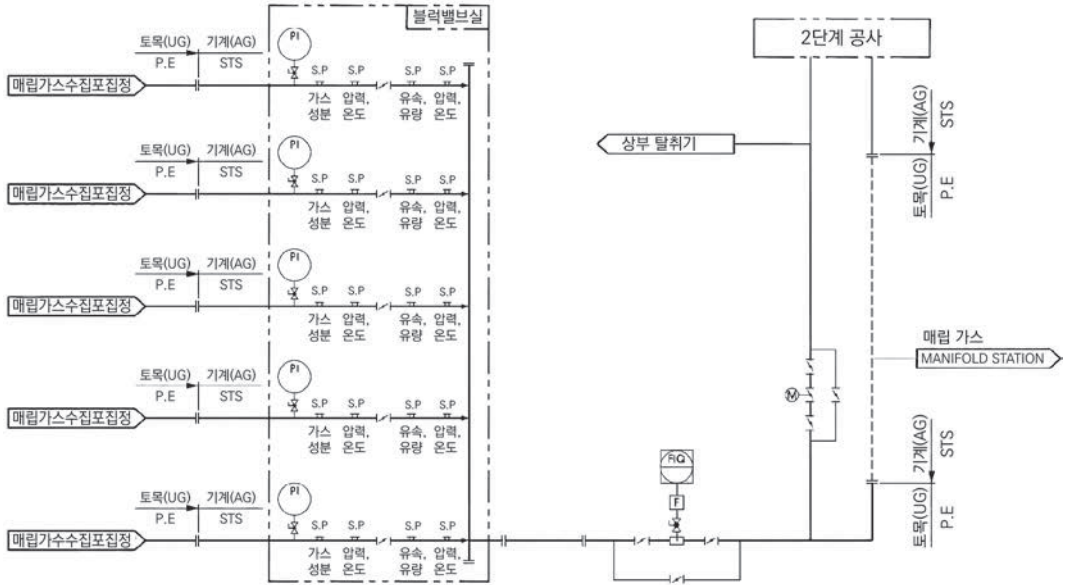


[그림 7.7] 침출수매립시설환원정화설비 상부공급시설 계통도(예시)

공급탱크는 내산, 내식성, 내구성이 우수한 재질을 선정하고, 동파 방지를 위한 보온을 적용하며, 공급탱크 저면까지 인입배관을 연장 설치하여 재순환수 특성으로 인한 버블현상을 최소화한다. 공급탱크의 수위계는 옥외용에 적합하고 사계절 수위 확인 가능한 타입으로 선정하며, 공급탱크 재순환수의 침적 및 부패를 방지하기 위해 교반기를 설치한다.

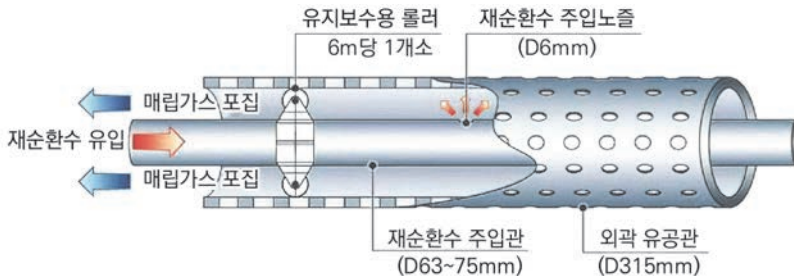
상부주입시설은 상부공급시설로부터 공급받은 재순환수를 균등하게 매립장 내부로 공급할 수 있도록 헤더배관, 분배지관, 조절밸브 등으로 구성된다.

## 7. 유망기법



[그림 7.8] 침출수매립시설환원정화설비 상부주입시설 계통도(예시)

재순환수 주입배관은 매립가스 포집과 재순환수 주입을 교체로 운전 가능하도록 이중 조합관 구조로 설치 가능하고, 타이머, 카운터 등에 의한 자동밸브 운전으로 주입라인별 주입량이 균등한 운전 및 주입지점별 재순환량 주입량 제어가 가능하다.



[그림 7.9] 재순환수 주입배관(예시)

### 환경편의 및 경제성

매립층의 적정 함수율을 유지하여 매립장의 안정화 기간을 단축하고, 매립가스 발생속도 조절 및 포집량 증대로 매립가스 에너지원으로서의 활용성을 극대화한다.

chapter | 8  
부록

8.1 용어

8.2 참고문헌



## 8. 부록

### 8.1 용어

용어	정의
가스터빈 (Gas Turbin)	연소가스의 흐름으로부터 에너지를 추출하는 회전동력기관. 가스터빈은 압축기와 터빈 그리고 연소실로 구성되어 있고 압축기에서 공기가 연료화 혼합되어 연소함으로써 고온 고압의 기체가 팽창하고 이 힘을 이용하여 터빈을 구동함
고급산화 (Advanced Oxidation)	고급산화법으로 오존과 과산화수소의 조합을 이용하는 방법, 오존과 자외선(UV)을 이용하는 방법, 펜톤처리(Fenton's Oxidation) 등
내연기관 (Internal Combustion Engine)	연료와 공기 등의 산화제를 연소실에서 연소시켜 에너지를 얻는 기관
다환방향족탄화수소 (PAHs, Polycyclic Aromatic Hydrocarbon)	방향족 탄화수소의 화합물인 벤젠의 육각형 고리 여러 개가 연속적으로 연결되어 벌집 같은 형태의 분자구조로 형성된 물질
바이오가스 (Biogas)	유기성물질이 혐기성 소화가 되어 생산되는 메탄, 이산화탄소, 그리고 미량 성분들의 혼합가스
복토 (Soil Covering)	폐기물을 매립한 후에 투수성이 낮은 흙이나 화학복토재를 이용하여 덮는 과정을 복토라고 함
부등침하 (Differential Settlement)	구조물의 기초지반이 침하함에 따라 구조물의 여러 부분에서 불균등하게 침하를 일으키는 현상
버너 (Burner)	기체 또는 액체 연료를 공기와 혼합하여 연소시키는 기구로 가스버너, 석유 버너, 알코올버너 따위가 있으며, 가열 작업 따위에 사용
수분 보유능력 (Field Capacity)	토양이 보유할 수 있는 최대 수분량
슬러지 (Sludge)	하수, 공장폐수 등의 부유물질이 침전되어 생긴 오니
선택적 촉매환원 (SCR, Selective Catalytic Reduction)	화석연료의 사용에 따라 발생하는 질소산화물(예 : NO, NO <sub>2</sub> 등 통칭 NO <sub>x</sub> , 산성비, 광화학적 스모그 등의 문제를 발생시키는 유해물질)을 대기 중으로 배출되기 전(배출후단에서) 낮은 온도 영역(약 350 ~ 450 °C 정도)에서 촉매하에 암모니아(NH <sub>3</sub> ), 요소(Urea) 등과 반응하여 N <sub>2</sub> 와 O <sub>2</sub> 등 유해하지 않은 물질로 전환시키는 환경설비(Utility)



## 8. 부록

용어	정의
선택적 비촉매환원 (SNCR, Selective Non-Catalytic Reduction)	화석연료의 사용에 따라 발생하는 질소산화물(예 : NO, NO <sub>2</sub> 등 통칭 NO <sub>x</sub> , 산성비, 광화학적 스모그 등의 문제를 발생시키는 유해물질)을 높은 온도 영역(약 850 ~ 1,100 ℃ 정도)에서 암모니아(NH <sub>3</sub> ), 요소(Urea) 등을 분사하여 N <sub>2</sub> 와 H <sub>2</sub> O 등 유해하지 않은 물질로 전환시키는 환경설비(Utility)
세정집진장치 (Wet Scrubber)	습식 집진 장치의 일종. 공기와 가스 속의 먼지를 물의 분사 닦아 흐르게 하는 장치를 말함. 물방울, 수막, 기포 등을 다량으로 형성하여 먼지 입자의 확산, 충돌, 응집작용으로 집진율을 향상시키며 유수식, 가압수식, 회전식으로 나뉨
순발열량 (Net Calorific Value)	총 발열량에서 수증기의 응축 숨은열을 제외한 발열량
용해로 (Melting Furnace)	금속을 용해시키는데 사용되는 각종 로를 총칭하는 것으로서 용해로는 액체 또는 고체물질과 혼합하여 균일한 상의 혼합물 즉 용체를 만드는데 사용되는 시설
위생매립장 (Sanitary Landfill)	쓰레기 매립으로 인해 환경오염이 발생하지 않도록 환경오염방지 대책 수립과 환경오염방지시설을 설치한 뒤 쓰레기를 매립하는 방식
응집·침전법 (Coagulating Sedimentation)	침출수에 응집제를 주입하면 입자의 직경이 증가하여 침전속도가 빨라지고, 작은 입자 덩어리(Floc)가 물리·화학적인 힘과 전기적인 힘에 의해서 응집되는 방식
원심력집진기 (Cyclone)	함진가스에 선회 운동을 주어 원심력으로 먼지를 벽면에 충돌시켜 포집하는 장치로, 접선 유입식 사이클론, 축류식 사이클론, 멀티사이클론, 블로다온식 사이클론이 있음
전기집진시설 (Electrostatic Precipitator)	정전 분리 작용을 이용한 집진장치의 일종. 코트렐 집진기라고도 불리며 1단 전하식으로서 먼지 입자의 하전과 집진이 동일한 단계에서 이루어짐
저류시설	옹벽 및 제방과 같은 저류시설은 매립된 폐기물의 유출과 붕괴를 방지하여 안전하게 저류하고, 매립장 내 침출수 유출 및 누수 방지 그리고 이상 강우 시 일시적인 저류 등을 목적으로 설치하는 시설
차수시설 (Exclude Out Side Water Facilities)	폐기물의 보유수 또는 폐기물의 분해에 의하여 생긴 분해수 및 매립층에 유입된 우수 등에 의해 생긴 침출수가 매립장에서 유출되어 주변환경을 악화시켜 생활환경의 보전상 지장이 생기지 않도록 침출수의 유출을 방지하는 중요한 시설
최종처분 (Final Disposal)	발생된 폐기물 중 재활용 가능한 것은 물질회수하고, 가연성 폐기물은 열적처리 과정을 통해 에너지 회수와 부피 감량하며, 무기성 폐기물을 포함한 잔류물과 소각재(바닥재)는 최종적으로 처리하는 것
침출수 (Leachate)	폐기물을 통하면서 용해되거나 부유되어 있는 물질이 함께 추출된 액체
탈수케이코	고형물로서 취급할 수 있는 정도까지 탈수된 슬러지이며 통상 함수율 85 % 이하인 것을 말함

용어	정의
탈황 (Desulfurization)	소화가스의 정제에 있어 대표적인 불순물인 이산화탄소와 황화수소의 제거를 위하여 적용되고 있는 기술
활성슬러지 (Activated Sludge)	미생물 덩어리가 주성분인 MLSS가 1,500 ~ 3,000 mg/L 범위로 운전되는 호기성 상태의 폭기조와 고액분리를 통해 처리수는 상등액으로 나가고, 농축된 슬러지는 침전된 후 다시 폭기조로 반송하는 기능의 침전조로 구성된 생물학적 처리방법
흡착 (Adsorption)	흡착은 기체-고체 또는 액체-고체 간의 경계면에 기체상이나 액체상에 있는 물질을 농축시키는 방법



### 8.2 참고문헌

- EPA, 2011, Final Draft BAT Guidance Note on Best Available Techniques for the Waste Sector: Landfill Activities
- IPPC, 2013, Best Available Techniques Reference (BAT) Document for Iron and Steel Production
- IPPC, 2017, Best Available Techniques Reference (BAT) Document for Large Combustion Plants
- US EPA, 2004, Data Quality Assessment: A Reviewers Guide(EPA QA/G-9R)
- 국가통계포털, 2019, 폐기물 처리시설 현황
- 국립환경과학원, 2012, USEPA 매립지가스 에너지화 핸드북
- 국립환경과학원, 2013, 에너지 효율화 기법
- 국립환경과학원, 2015a, 대기배출사업장 운영관리 가이드라인 연구(I) 최종보고서
- 국립환경과학원, 2015b, 대기오염물질 배출계수 2012년 배출량 기준
- 국립환경과학원, 2017a, 고형연료제품사용시설 PAHs 배출특성 및 유해성평가
- 국립환경과학원, 2017b, 유기성폐자원의 바이오가스 생산 및 이용 최적 운영방안 연구(I)
- 국립환경과학원, 2017c, 병합처리 바이오가스화 시설의 운영관리 기술지침서
- 광주시, 2020, 종합 폐기물처리시설 설치 기본계획 및 타당성검토
- 동화기술, 1985, 신대기오염방지기술
- 동화기술, 2017, 폐기물 매립공학
- 동화기술, 2018, 대기오염제어 설계공학
- 동화기술, 2021, 신폐기물처리
- 서울시립대학교, 2002, 음식물쓰레기 자원화시설의 운영실태 조사
- 손병현, 권영현, 정문현, 이주호, 김민철, 이강우, 정종현, 최수경, 2009, 한국산학기술학회 2009년도 춘계학술발표논문집, pp.910-913
- 수도권매립지관리공사, 2007, 수도권매립지 운영기술편람
- 수도권매립지관리공사, 2021, 매립장 운영·관리 기술
- 안전보건공단, 2012, 국소배기장치의 이해
- 중앙환경분쟁조정위원회, 2011, 건설장비 및 기계류의 소음·진동도 조사 연구 사업 결과보고서
- 코네틱, 2002, 매립지 침출수 처리기술
- 코네틱, 2006, 침출수 처리에 관한 고도화 기술 및 기능강화기술

- 폐기물매립시설 사후관리 업무처리규정, 환경부예규 제581호
- 폐기물매립시설 상부를 덮는 시설물 등의 설치 및 관리기준, 환경부고시 제2020-224호
- 한국건설기술연구원, 1998, 폐기물 매립시설의 설계·시공기술에 관한 연구
- 한국산업안전보건공단, 2020, 상압저장탱크의 안전
- 한국생산기술연구원, 2016, 2016 지역예코혁신사업 성공사례집
- 한국생산기술연구원, 2020a, 산업 맞춤형 저온 질소산화물 제거기술, 한국화학공학회지 Vol. 38, No. 3, 290-301
- 한국생산기술연구원, 2020b, 산업현장 맞춤형 배기가스 중 황산화물 제거기술, 한국화학공학회지 Vol. 38, No. 3, 302-307
- 한국지반공학회, 2008, 폐기물 매립시설 설치방법 및 고려사항에 대한 고찰
- 한국지반공학회, 2009, 매립장 누출위치 실시간 파악을 위한 전극검지법의 적용 사례
- 한국지반공학회, 2011, 폐기물 매립장 설계 및 시공시 고려사항
- 한국지반신소재학회, 2003, 폐기물 매립장의 토목섬유 차수재
- 한국지반신소재학회, 2011, 폐기물 매립장 침출수 누출 검지 및 추적 시스템 현장 적용 사례
- 한국환경공단, 2016, 폐자원 에너지화시설의 에너지 사용실태조사 및 이용 활성화 방안 마련
- 한국환경공단, 2020a, 2020년 고형연료제품 제조·사용·수입 실적현황
- 한국환경공단, 2020b, 공공환경시설 악취기술진단 사례집
- 한국환경공단, 2020c, 폐기물 재활용실적 및 업체현황, 2014 ~ 2019
- 한국환경공단, 2021, 폐기물 반입 운영·관리 기술
- 한국환경연구원, 2002, 사업장 질소산화물 저감기술의 평가 및 비용분석
- 한국환경연구원, 2010, 지역 대기질 개선을 위한 합리적 연료정책 개선방안 연구
- 허선화, 임승영, 강대일, 김대곤, 전기준, 장기원, 2017, 고형연료제품 사용시설에 따른 다환방향족 탄화수소(PAHs)의 배출특성 및 유해성 평가, 한국대기환경학회지 Vol. 33, No. 4, 333-341
- 홍연기, 홍원희, 2007, 바이오디젤 공정기술과 연료특성, 화학공학 제45권 제5호, 424-432
- 환경보전협회, 2015, 흡착제의 종류
- 환경부, 2001, VOC 배출억제·방지시설의 저감효율 및 농도기준 설정 등에 관한 연구
- 환경부, 2006, 환경성평가 가이드라인
- 환경부, 2008, 소음·진동배출시설 해설서
- 환경부, 2014, 매립지 발생 악취 최적관리 및 저감 방안
- 환경부, 2016a, 예외적 매립시설 설치·운영 및 관리실태 조사 연구
- 환경부, 2016b, 폐쇄형 폐기물매립시설 설치 및 운영을 위한 가이드라인 개정



## 8. 부록

- 환경부, 2017a, 에너지 회수효율 측정 산정방법 및 절차 등에 관한 해설서
- 환경부, 2017b, 2017년도 유기성폐자원 바이오가스화시설 현황
- 환경부, 2017c, 폐기물처리시설의 세부 검사방법에 관한 규정
- 환경부, 2019, 폐기물처리사업 및 폐기물처리시설 설치·운영실태 평가결과 보고서
- 환경부, 2020a, 2020 환경백서
- 환경부, 2020b, 소규모 사업장 방지시설 설치 지원 국고보조금 업무처리지침
- 환경부, 2020c, 매립가스 처리시설에서 발생하는 황부산물 처리방안 마련 연구
- 환경부, 2020d, 유기성 폐자원 바이오가스화시설 현황
- 환경부, 2021a, 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2014 ~ 2019
- 환경부, 2021b, 지정폐기물 발생 및 처리현황, 2014 ~ 2019
- 환경부, 2021c, 악취관리업무편람
- 환경부, 2021d, 음식물류폐기물 처리시설 설치·운영현황
- 환경부·국립환경과학원, 2016a, 통합처리 바이오가스화 시설의 기술지침서
- 환경부·국립환경과학원, 2016b, 전기 및 증기 생산시설의 통합오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서
- 환경부·국립환경과학원, 2016c, 폐기물 소각시설의 통합오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서
- 환경부·국립환경과학원, 2017, 철강제조업의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서
- 환경부·국립환경과학원, 2018, 석유정제산업의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서
- 환경부·국립환경과학원, 2019, 펄프·종이 및 판지 제조업의 통합오염방지 및 관리를 위한 최적가용기법 기준서
- 환경부·국립환경과학원, 2020, 자동차부품 제조업의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서
- 환경부·국립환경과학원, 2021, 업종공통시설의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서

## 기술작업반(TWG)

	성명	소속
선 임 위 원	이 남 훈	안양대학교
기 술 작 업 반 위 원	길 영 준	(주)도화엔지니어링
	김 두 섭	한국폐기물재활용공제조합
	김 수 진	한국폐기물협회
	김 영 규	(주)한국종합기술
	김 충 곤	(주)건화
	박 종 문	(주)동명기술공단
	박 종 우	(주)이산
	박 준 석	강원대학교
	박 창 영	환경에너지솔루션(주)
	서 용 철	연세대학교
	오 용 진	천안시시설관리공단
	유 영 섭	(주)케이이씨시스템
	윤 석 표	세명대학교
	윤 영 만	한경대학교
	이 경 호	수도권매립지관리공사
	이 석 길	한국음식물자원화협회
	이 양 호	상명대학교
	전 용 우	한국산업기술시험원
	정 연 곤	(주)우주엔비텍
	정 유 찬	(주)세트이엔지
	정 진 남	코오롱글로벌(주)
	천 승 규	서울과학기술대학교
	최 인 응	한국환경공단
	최 한 나	(주)태영건설
	한 인 성	한국산업폐기물매립협회
	홍 성 균	수도권매립지관리공사

## 폐기물처리업의 환경오염방지 및 통합관리를 위한 최적가용기법 기준서

2022년 9월 발행 및 인쇄

발행처 | 환경부·국립환경과학원

편 집 | 국립환경과학원 최적가용기법 기준서 사무국  
TEL : (032) 560-7694

인 쇄 | (사)한국장애인유권자연맹인쇄사업부  
Tel : (02) 325-1585

