

제6장

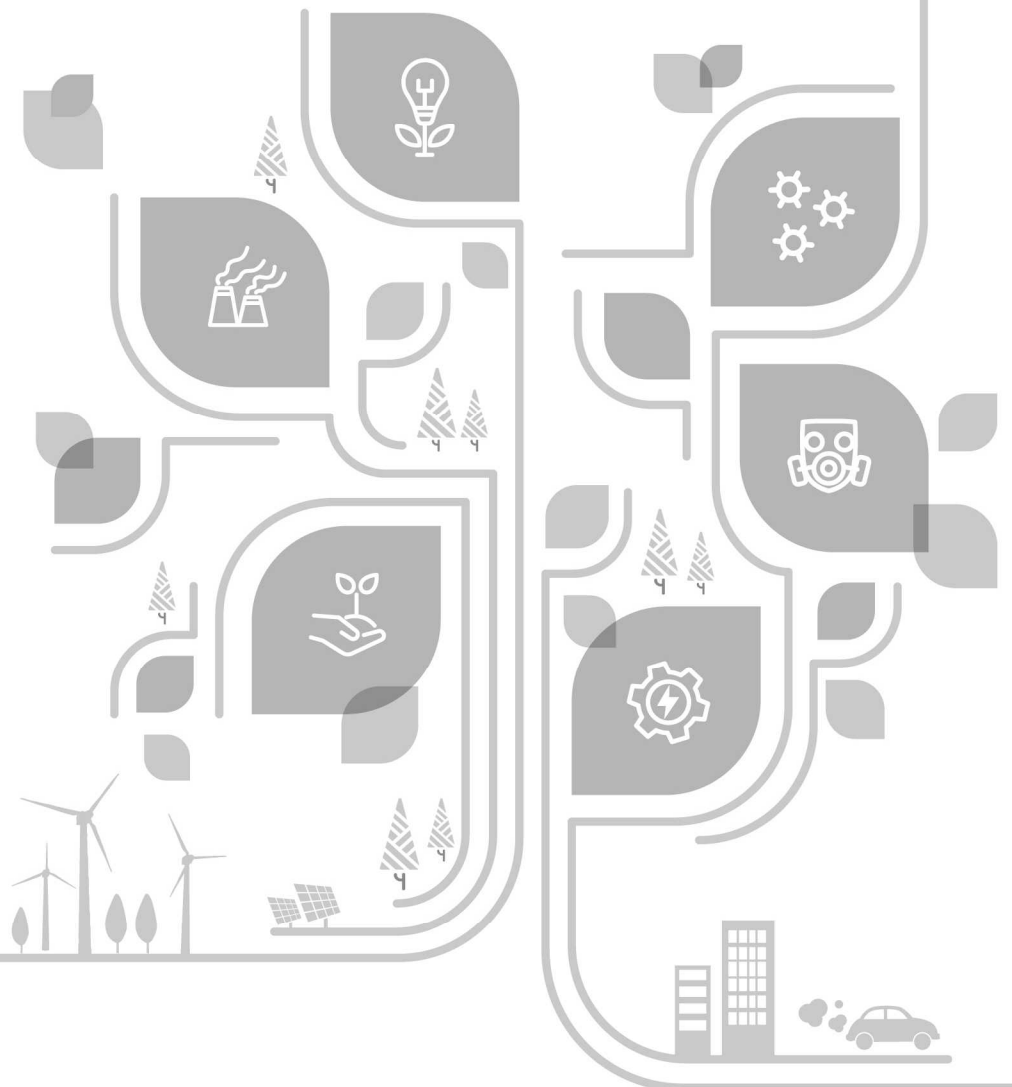
음식물류폐기물처리시설

6.1 현황

6.2 전체 악취물질 측정·분석

6.3 발생원별 악취물질 측정·분석

6.4 문제점 및 개선방안



제6장 음식물류폐기물처리시설

6.1 현황

6.1.1 개요

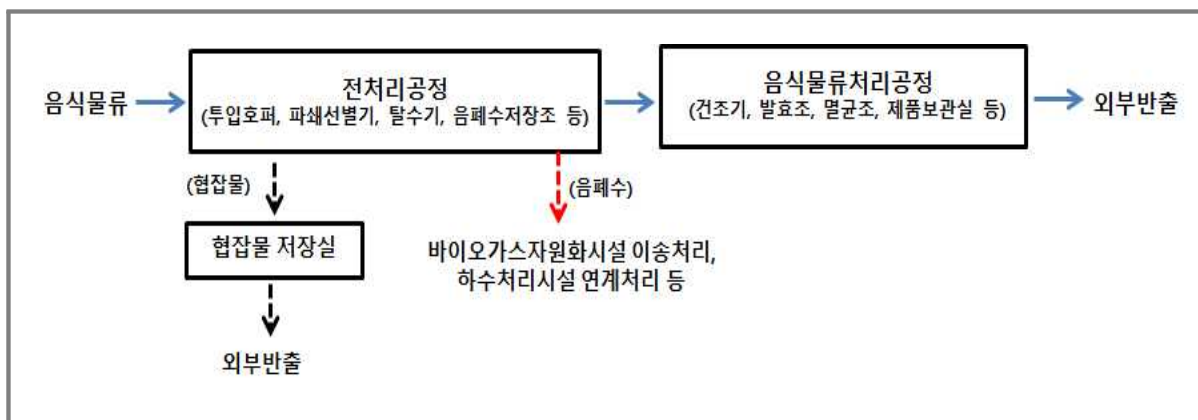
음식물류폐기물처리시설에 대한 사례집 자료는 2014년~2018년도에 약취기술진단을 실시했던 58개 처리시설의 약취물질 측정·분석 결과를 기초로 작성하였다.

<표 6-1> 처리공정별 약취물질 시료채취 현황

처리 시설수 (개소)	공정별 시료합계 (개)	전처리공정				
		소계	반입동(실내)	파쇄시설	탈수시설	음폐수저장조
58	848	244	46	35	72	91
음식물류처리공정				약취방지시설		
소계	건조시설	발효시설	처리동(실내)	유입구	배출구	
160	40	76	44	276	169	

6.1.2 음식물류처리공법 현황

발생하는 음식물류폐기물을 수거하여 차량에 의해 처리시설로 운반·처리하는 방식이며, 처리방식은 음식물류에 혼입된 협잡물을 선별한 후 건조, 발효, 멸균 등의 과정을 거쳐 사료화, 자원화하는 처리방식 등이 있다.



<그림 6-1> 음식물류폐기물처리시설 처리공정도

6.1.3 처리공정별 악취측정 지점 현황

악취측정 지점의 명칭은 처리시설 및 처리공법에 따라 상이하므로 공정별로 유사한 처리기능을 수행하는 지점으로 통합 분류하였으며, 주요 처리공정별 악취측정 지점은 아래와 같이 나타내었다.

<표 6-2> 처리공정별 주요 악취측정 지점

구 분		주요 측정지점
처리공정	발생원	
전처리공정	반입동(실내)	반입동 투입호퍼 주변 및 실내공간
	파쇄시설	파쇄시설 내부 및 주변, 콘베이어 주변
	탈수시설	탈수시설 내부 및 주변
	음폐수저장조	저장조 내부 및 주변
음식물류 처리공정	건조시설	건조시설 내부 및 주변
	발효시설	발효시설 내부 및 주변
	처리동(실내)	건조 및 발효시설 처리동 내부
악취방지시설		유입구, 배출구

6.2 전체 악취물질 측정·분석

처리시설 분류는 전처리과정(반입동, 파쇄시설, 탈수시설, 음폐수저장조), 음식물류 처리과정(건조시설, 발효시설, 처리동), 악취방지시설(유입구, 배출구)로 구분하였다. 악취물질 측정·분석 결과의 통계값은 복합악취의 회석배수 및 지정악취물질의 농도를 산술평균을 사용하여 악취농도로 제시하였으며, 통계값 적용에 있어 불검출된 측정값은 통계분석에서 제외하였다.

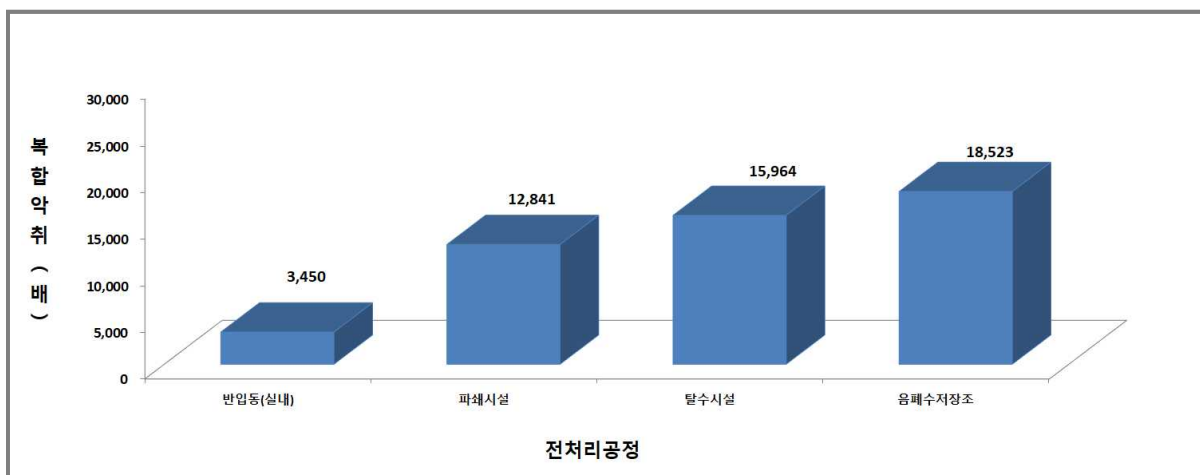
6.2.1 복합악취

가. 전처리과정

전처리과정의 복합악취(평균치)는 음폐수저장조가 18,523배로 상대적으로 높고 탈수시설 15,964배순으로 나타났으며, 반입동의 실내공간에서는 3,450배의 복합악취를 보이고 있다.

<표 6-3> 전처리과정 평균 복합악취

구 분	전처리과정			
	반입동(실내)	파쇄시설	탈수시설	음폐수저장조
평균 복합악취(배)	3,450	12,841	15,964	18,523
전체 시료수(개)	46	35	72	91



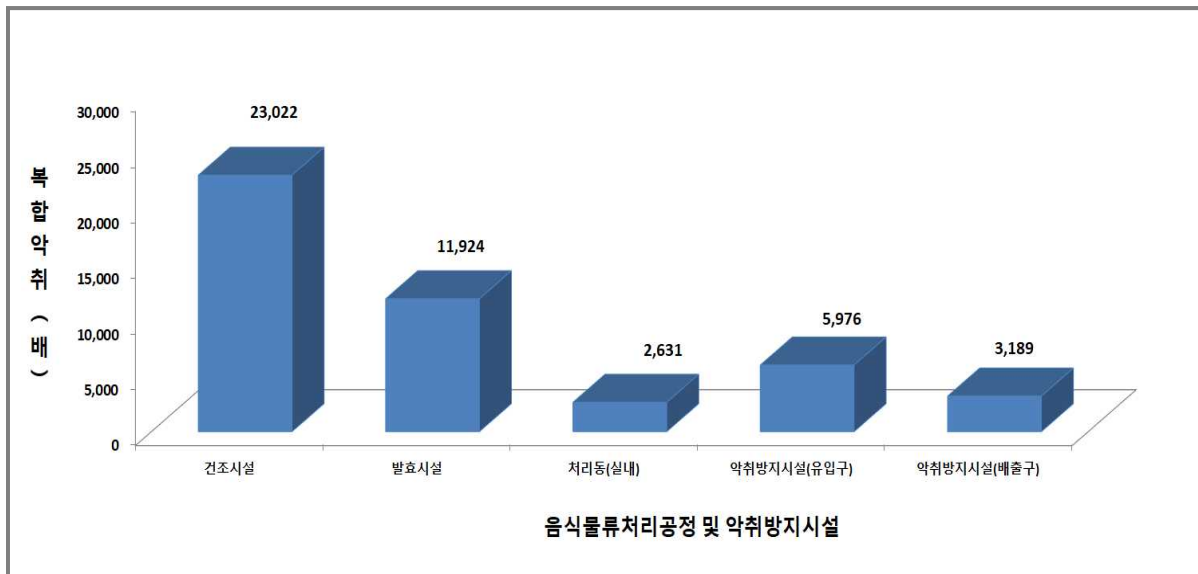
<그림 6-2> 전처리과정 평균 복합악취

나. 음식물류처리과정 및 악취방지시설

음식물류처리과정에서의 복합악취는 건조시설에서 23,022배로 상대적으로 높게 발생하고 발효시설 11,924배, 처리동(실내) 2,631배순으로 나타났으며, 악취방지시설에서는 유입구 5,976배, 배출구 3,181배로 나타났다.

<표 6-4> 음식물류처리과정 및 악취방지시설 평균 복합악취

구 분	음식물류처리과정			악취방지시설	
	건조시설	발효시설	처리동(실내)	유입구	배출구
평균 복합악취(배)	23,022	11,924	2,631	5,976	3,189
전체 시료수(개)	40	76	44	276	168



<그림 6-3> 음식물류처리과정 및 악취방지시설 평균 복합악취

6.2.2 지정악취물질

가. 전처리공정

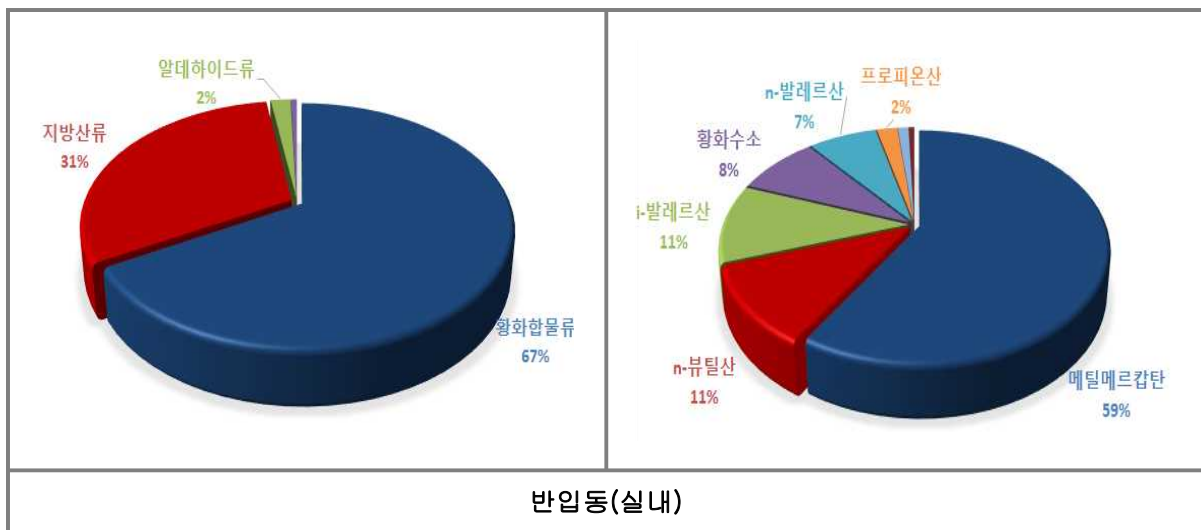
전처리공정의 계열별 기여도는 반입동 및 탈수시설은 황화합물류, 파쇄시설은 지방산류, 음폐수저장조는 암모니아의 기여도가 높은 것으로 나타났다.

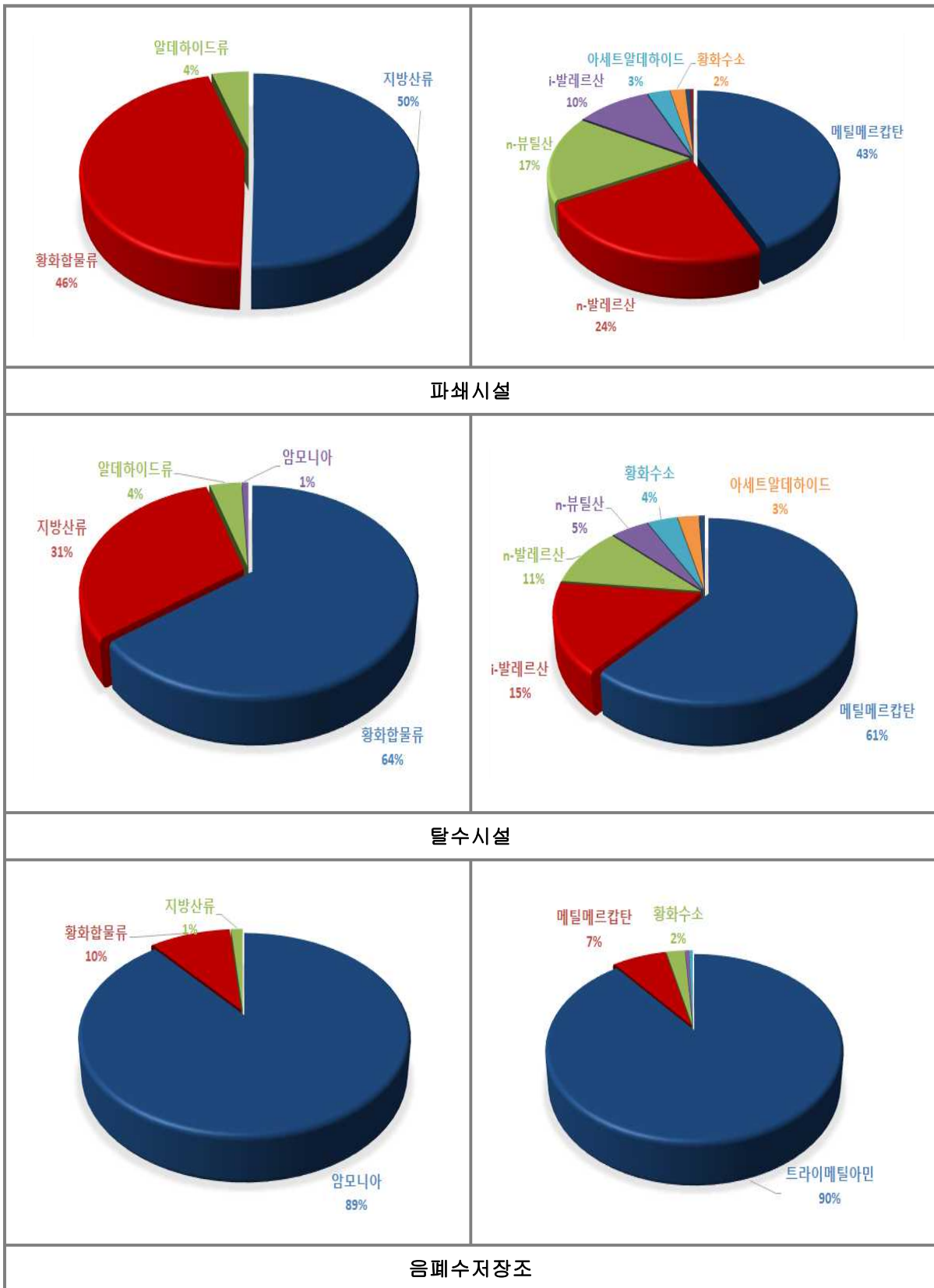
<표 6-5> 전처리공정 지정악취물질 평균 농도

구 분		전처리공정(ppm)						
지정악취물질(ppm)		반입동(실내)			파쇄시설			
항목	최소 감지농도	평균	최대	시료수 (개)	평균	최대	시료수 (개)	
암모니아		1.5	0.154	0.400	6	0.160	0.400	8
트라이메틸아민		0.000032	0.003	0.005	4	0.005	0.030	11
황 화 합 물 류	황화수소	0.00041	0.640	9.785	17	0.451	2.445	24
	메틸메르캅탄	0.00007	0.758	11.9	17	1.617	14.4	24
	다이메틸설파이드	0.003	0.049	0.594	15	0.214	2.212	22
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.026	0.108	18	0.391	4.074	24
알 데 하 이드 류	아세트알데하이드	0.0015	0.310	0.609	7	2.459	11.660	15
	프로피온알데하이드	0.001	0.007	0.016	6	0.039	0.142	15
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.019	0.026	3	0.050	0.197	15
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.009	0.009	1	0.119	0.883	8
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.007	0.007	1	0.029	0.080	8
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.000	0.000	5	0.032	0.320	13
	톨루엔	0.33	0.022	0.090	6	0.113	0.700	13
	자일렌	0.16	0.003	0.010	6	0.037	0.170	13
	메틸에틸케톤	0.44	0.022	0.060	6	0.428	2.240	13
	메틸아이소뷰틸케톤	0.17	-	-	-	0.036	0.160	9
	뷰틸아세테이트	0.008	-	-	-	0.021	0.060	12
	i-뷰틸알코올	0.011	0.008	0.020	4	0.286	1.010	13
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	2.223	3.372	2	1.522	3.073	3
	n-뷰틸산	0.00019	0.386	0.757	2	1.694	9.214	9
	n-발레르산	0.000037	0.048	0.048	1	0.466	1.526	7
	i-발레르산	0.000078	0.157	0.157	1	0.419	1.442	6

<표 6-5> 계 속

구 분		전처리공정(ppm)					
지정악취물질(ppm)		탈수시설			음폐수저장조		
항목	최소 감지농도	평균	최대	시료수 (개)	평균	최대	시료수 (개)
암모니아	1.5	12.0	29.6	7	14.6	421.7	34
트라이메틸아민	0.000032	0.014	0.035	5	25.1	777.2	31
황화합물류	황화수소	0.00041	0.958	23.2	38	8.808	176.4
	메틸메르캅탄	0.00007	2.516	47.0	39	4.322	65.8
	다이메틸설파이드	0.003	0.198	2.379	32	0.147	1.081
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.193	2.044	38	0.247	2.782
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	2.445	7.725	10	2.370	16.7
	프로피온알데하이드	0.001	0.157	1.133	11	0.081	1.362
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.130	0.885	10	0.242	4.175
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.017	0.060	6	0.017	0.068
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.020	0.057	7	0.039	0.318
VOCs류	스타이렌	0.035	0.013	0.030	7	0.011	0.030
	톨루엔	0.33	0.021	0.054	7	0.084	0.560
	자일렌	0.16	0.028	0.060	7	0.020	0.100
	메틸에틸케톤	0.44	0.295	1.810	7	0.380	2.270
	메틸아이소뷰틸케톤	0.17	0.010	0.020	5	0.019	0.170
	뷰틸아세테이트	0.008	0.014	0.030	5	0.023	0.289
	i-뷰틸알코올	0.011	0.115	0.423	5	0.285	4.300
지방산류	프로피온산	0.0057	1.005	1.005	1	1.362	3.284
	n-뷰틸산	0.00019	0.545	1.219	3	0.815	5.179
	n-발레르산	0.000037	0.232	0.652	3	0.166	0.696
	i-발레르산	0.000078	0.718	0.718	1	0.232	0.578





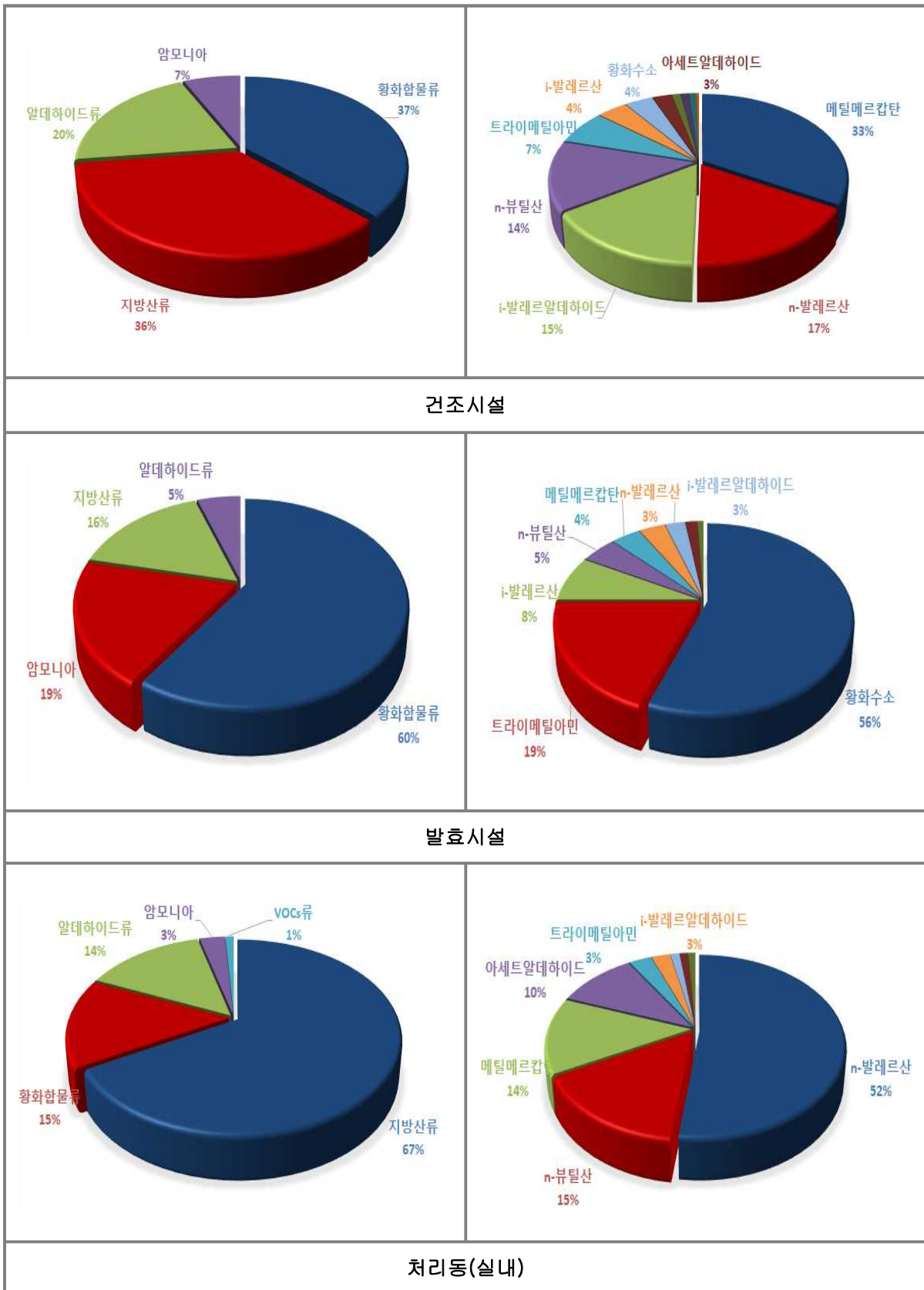
<그림 6-4> 전처리과정 지정악취물질 계열별 및 항목별 기여도

나. 음식물류처리과정

음식물류처리과정의 계열별 기여도는 건조시설 및 발효시설은 황화합물류, 처리동(실내)은 지방산류의 기여도가 높은 것으로 나타났다.

<표 6-6> 음식물류처리과정 지정악취물질 농도

구 분		음식물류처리과정(ppm)									
지정악취물질(ppm)		건조시설			발효시설			처리동(실내)			
항목	최소 감지농도	평균	최대	시료수 (개)	평균	최대	시료수 (개)	평균	최대	시료수 (개)	
암모니아	1.5	1.624	11.6	9	23.7	234.9	36	1.633	4.782	3	
트라이메틸아민	0.000032	0.286	2.535	10	0.604	11.3	33	0.007	0.011	3	
황 화 합 물 류	황화수소	0.00041	2.003	32.3	26	22.4	983.7	44	0.035	0.335	27
	메틸메르캅탄	0.00007	3.038	30.8	26	0.268	1.991	55	0.066	0.232	23
	다이메틸설파이드	0.003	1.086	7.690	22	0.080	0.831	52	0.011	0.026	13
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.427	1.865	25	0.055	0.414	57	0.014	0.054	22
알 데 하 이 드 류	아세트알데하이드	0.0015	4.946	12.0	14	2.292	9.854	44	1.098	5.033	6
	프로피온알데하이드	0.001	0.542	1.987	13	0.077	0.379	43	0.077	0.200	3
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.945	1.867	13	0.527	8.255	34	0.014	0.023	4
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.471	1.446	10	0.038	0.473	22	-	-	-
	i-발레르알데하이드	0.0001	1.999	4.577	13	0.262	4.318	41	0.017	0.026	2
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.032	0.130	14	0.010	0.040	44	0.008	0.020	5
	톨루엔	0.33	0.120	0.380	14	0.029	0.370	44	0.040	0.090	5
	자일렌	0.16	0.066	0.180	14	0.018	0.140	44	0.016	0.060	5
	메틸에틸케톤	0.44	0.480	1.500	12	0.950	3.680	43	0.022	0.060	5
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.042	0.220	12	0.040	0.390	33	0.008	0.020	4
	뷰틸아세테이트	0.008	0.125	0.940	11	0.012	0.030	40	0.007	0.020	3
	i-뷰틸알코올	0.011	0.879	3.670	9	0.153	0.780	30	0.733	2.180	3
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	8.519	75.4	10	1.335	10.3	24	-	-	-
	n-뷰틸산	0.00019	3.329	10.1	8	0.870	2.304	18	0.202	0.202	1
	n-발레르산	0.000037	0.817	2.749	7	0.127	0.273	15	0.134	0.134	1
	i-발레르산	0.000078	0.406	0.819	6	0.603	2.239	20	-	-	-



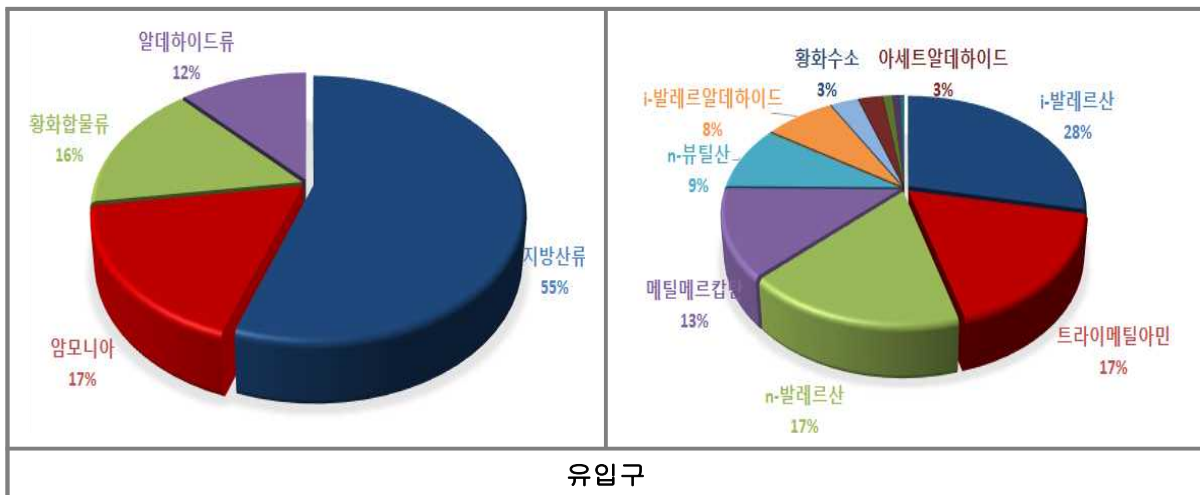
<그림 6-5> 음식물류처리과정 지정악취물질 계열별 및 항목별 기여도

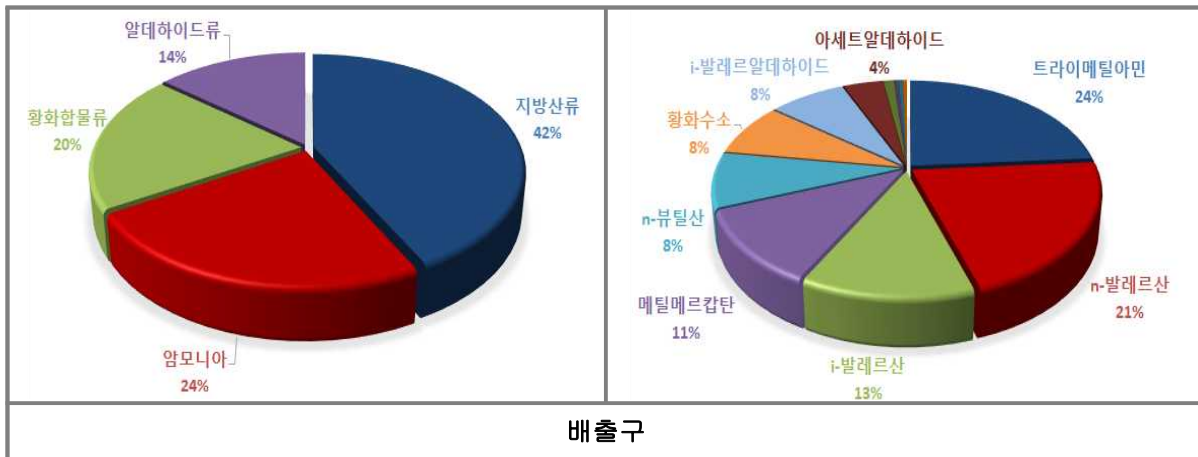
다. 악취방지시설

악취방지시설로 유입되는 주요 지정악취물질의 기여도는 지방산류, 황화합물류 및 암모니아가 높은 비율을 차지하며, 항목별 기여도는 n-발레르산 및 트라이메틸아민이 상대적으로 높게 나타났다.

<표 6-7> 악취방지시설 지정악취물질 농도

구 분		악취방지시설(ppm)							
지정악취물질(ppm)		유입구			배출구			처리효율 (평균,%)	
항목	최소 감지농도	평균	최대	시료수 (개)	평균	최대	시료수 (개)		
암모니아	1.5	10.8	183.0	199	8.944	151.2	123	17	
트라이메틸아민	0.000032	0.207	9.768	156	0.170	4.811	83	18	
황 화 합 물 류	황화수소	0.00041	0.460	35.6	204	0.754	34.6	132	-
	메틸메르캡탄	0.00007	0.327	8.480	239	0.178	1.963	152	46
	다이메틸설파이드	0.003	0.085	1.991	210	0.041	0.563	120	52
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.062	1.388	236	0.056	1.605	154	10
알 데 하 이드 류	아세트알데하이드	0.0015	1.475	15.1	240	1.365	13.3	169	7
	프로피온알데하이드	0.001	0.102	1.191	223	0.097	0.966	143	5
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.205	2.210	215	0.159	1.643	142	22
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.072	3.379	105	0.042	0.394	59	42
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.280	7.218	168	0.175	3.324	105	38
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.014	0.500	225	0.014	0.870	156	-
	톨루엔	0.33	0.070	1.960	230	0.072	2.330	161	-
	자일렌	0.16	0.034	0.640	230	0.031	0.720	161	9
	메틸에틸케톤	0.44	0.372	3.520	228	0.337	2.790	158	9
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.012	0.080	194	0.010	0.130	134	17
	뷰틸아세테이트	0.008	0.015	0.190	188	0.012	0.090	119	20
	i-뷰틸알코올	0.011	0.147	7.090	188	0.098	1.530	122	33
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	2.143	83.5	70	0.525	1.715	31	76
	n-뷰틸산	0.00019	0.657	16.3	89	0.357	2.777	45	46
	n-발레르산	0.000037	0.232	2.273	63	0.176	1.084	33	24
	i-발레르산	0.000078	0.820	34.4	51	0.218	1.586	18	73





※ 악취기여도(%) : $\left\{ \frac{\text{개별악취물질 농도/개별악취물질의 최소감지농도}}{[(\text{개별악취물질 농도/개별악취물질의 최소감지농도})\text{의 총합}]} \right\} \times 100$

<그림 6-6> 악취방지시설 지정악취물질 계열별 및 항목별 기여도

6.2.3 총괄(복합악취 및 지정악취물질)

음식물류폐기물처리시설에서의 복합악취는 전처리공정의 음폐수저장조, 음식물류처리공정의 건조시설에서 상대적으로 높게 발생하고 있으며, 반입동 및 처리동의 실내공간에서는 낮은 복합악취를 보이고 있다.

지정악취물질은 계열별 기여도는 황화합물류 및 지방산류가 높은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

<표 6-8> 처리공정별 복합악취 및 주요 지정악취물질 기여도

구 분		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	지방산류 50%, 황화합물류 46%	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-뷰틸산 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%

6.3 발생원별 악취물질 측정·분석

6.3.1 전처리과정

전처리과정은 음식물류폐기물 중에 포함되어 있는 협잡물, 비닐 및 비부패성 무기질 입자를 제거하고, 음식물류폐기물의 과쇄 및 침출수(음폐수)의 고액분리를 목적으로 설치된 시설이다.

가. 반입동(실내)

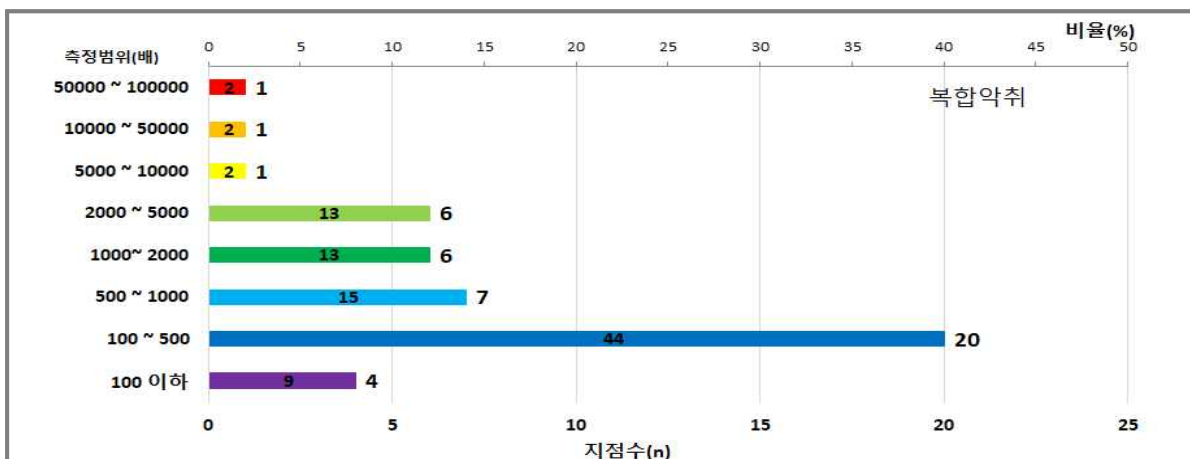
운반차량에 의해 처리시설로 반입된 음식물류폐기물은 반입동(반입시설)내의 저장 호퍼에 일시 저장 후 과쇄기 및 협잡물분리기 등의 전처리시설로 투입되며, 주요 측정지점은 반입동 저장호퍼 주변 및 실내공간이다.

(1) 복합악취

반입동(실내)에서 발생하는 복합악취 측정범위는 100~500배가 44%로 상대적으로 높은 비율을 차지하며, 5,000배를 초과하는 비율은 6%로 나타났다.

<표 6-9> 반입동 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 46개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	6	3
2,000 ~ 5,000	13	6
1,000 ~ 2,000	13	6
500 ~ 1,000	15	7
100 ~ 500	44	20
100 이하	9	4



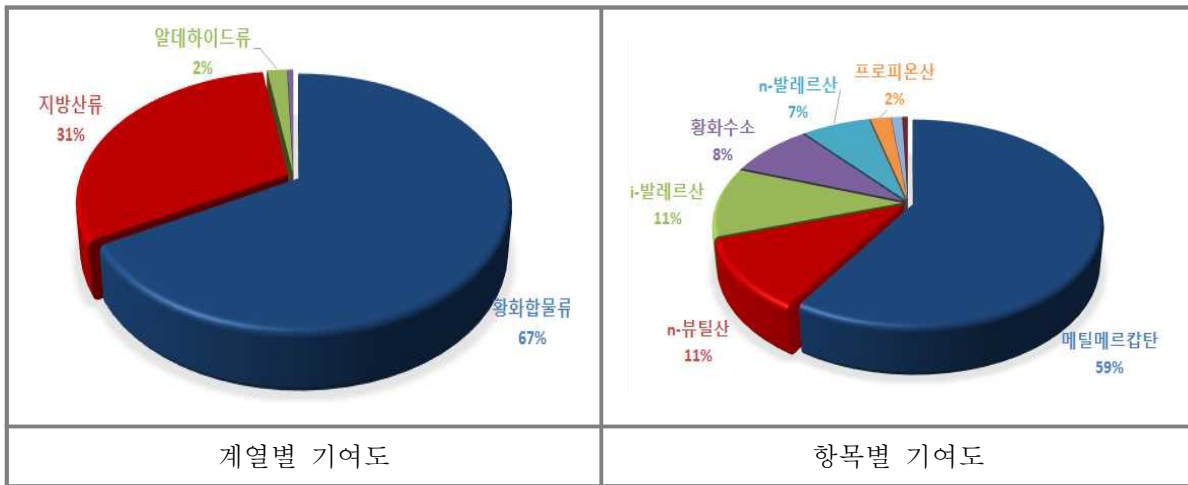
<그림 6-7> 반입동(실내) 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

지정악취물질 계열별 기여도는 황화합물류 67%, 지방산류 31%로 대부분을 차지하며, 항목별 기여도는 황화합물류의 메틸메르캅탄 59%, 지방산류의 n-뷰틸산 11%, i-발레르산 11%순으로 나타났다.

<표 6-10> 반입동(실내) 지정악취물질 농도 측정범위

구분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과	
암모니아	1.5	0.154	-	-	67	33	-	-	6
트라이메틸아민	0.000032	0.003	25	75	-	-	-	-	4
황화합물류	황화수소	0.00041	-	12	71	6	6	5	17
	메틸메르캅탄	0.00007	6	6	71	6	6	5	17
	다이메틸설파이드	0.003	-	33	60	-	7	-	15
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.026	11	17	66	6	-	18
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	-	-	15	71	14	-	7
	프로피온알데하이드	0.001	-	33	67	-	-	-	6
	뷰틸알데하이드	0.00067	-	-	100	-	-	-	3
	n-발레르알데하이드	0.00041	-	-	100	-	-	-	1
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.007	-	-	100	-	-	1
VOCs류	스타이렌	0.035	100	-	0	-	-	-	5
	톨루엔	0.33	33	-	67	-	-	-	6
	자일렌	0.16	0.003	67	-	33	-	-	6
	메틸에틸케톤	0.44	0.022	17	-	83	-	-	6
	메틸아이소뷰틸케톤	0.17	0.000	100	-	-	-	-	4
	뷰틸아세테이트	0.008	0.000	100	-	-	-	-	4
	i-뷰틸알코올	0.011	0.008	50	-	50	-	-	4
지방산류	프로피온산	0.0057	-	-	-	-	50	50	2
	n-뷰틸산	0.00019	-	-	50	-	50	-	2
	n-발레르산	0.000037	-	-	100	-	-	-	1
	i-발레르산	0.000078	0.157	-	-	-	100	-	1



<그림 6-8> 반입동(실내) 지정악취물질 기여도

나. 파쇄시설

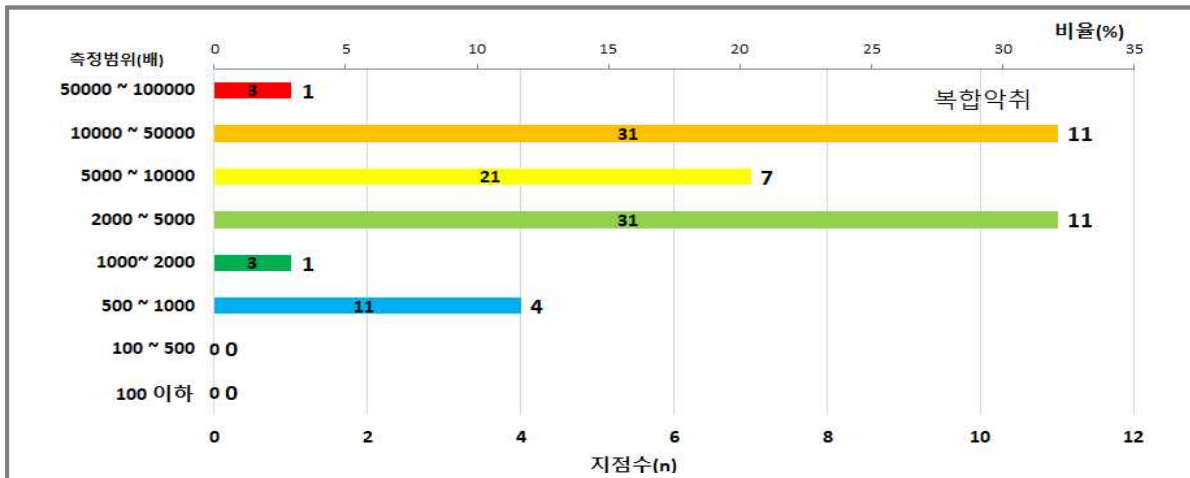
파쇄시설은 음식물류에 포함된 조대 물질을 파쇄 및 헝잡물을 선별하기 위해 설치된 시설이며, 주요 측정지점은 파쇄시설 내부 및 주변이다.

(1) 복합악취

헝잡물처리기에서 발생하는 복합악취 측정범위는 5,000배를 초과하는 경우가 55%로 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있으며, 2,000~5,000배 31%, 500~1,000배 11%순으로 나타났다.

<표 6-11> 파쇄시설 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 35개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	55	19
2,000 ~ 5,000	31	11
1,000 ~ 2,000	3	1
500 ~ 1,000	11	4
100 ~ 500	-	-
100 이하	-	-



<그림 6-9> 파쇄시설 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

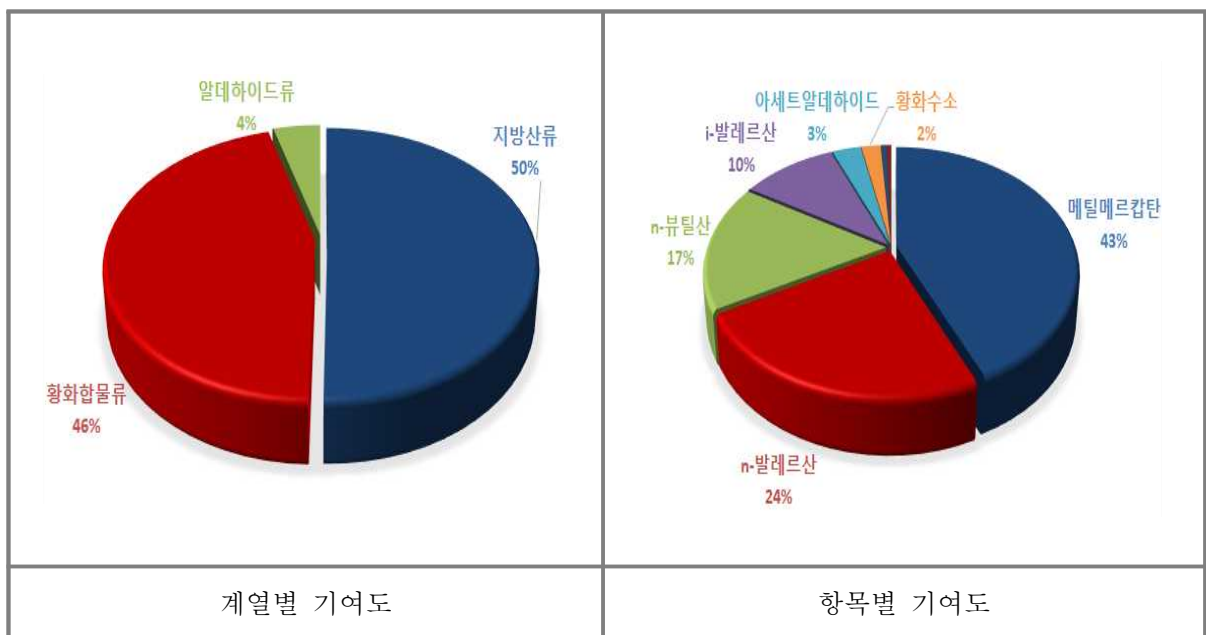
지정악취물질 계열별 기여도는 지방산류 50%, 황화합물류 46%로 대부분을 차지하며, 항목별 기여도는 황화합물류의 메틸메르캅탄 43%, 지방산류의 n-발레르산 24%, n-뷰틸산 17%순으로 나타났다.

<표 6-12> 파쇄시설 지정악취물질 농도 측정범위

구분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과	
암모니아	1.5	0.160	13	-	25	62	-	-	8
트라이메틸아민	0.000032	0.005	27	55	18	-	-	-	11
황화합물류	황화수소	0.00041	-	4	46	17	29	4	24
	메틸메르캅탄	0.00007	-	-	21	33	17	29	24
	다이메틸설파이드	0.003	-	9	59	23	5	4	22
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.391	-	-	42	46	4	8
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	-	-	7	20	53	20	15
	프로피온알데하이드	0.001	-	-	93	7	-	-	15
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.050	-	-	73	27	-	15
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.119	-	25	62	-	13	8
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.029	-	-	100	-	-	100

<표 6-12> 계 속

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과		
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.032	38	-	54	8	-	-	13
	톨루엔	0.33	0.113	-	-	69	23	8	-	13
	자일렌	0.16	0.037	15	-	77	8	-	-	13
	메틸에틸케톤	0.44	0.428	-	-	46	31	15	8	13
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.036	22	11	56	11	-	-	9
	뷰틸아세테이트	0.008	0.021	8	17	75	-	-	-	12
	i-뷰틸알코올	0.011	0.286	-	-	23	54	23	-	13
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	1.522	-	-	-	33	33	34	3
	n-뷰틸산	0.00019	1.694	-	-	-	56	22	22	9
	n-발레르산	0.000037	0.466	-	-	14	57	29	-	7
	i-발레르산	0.000078	0.419	-	-	50	17	33	-	6



<그림 6-10> 파쇄시설 지정악취물질 기여도

다. 탈수시설

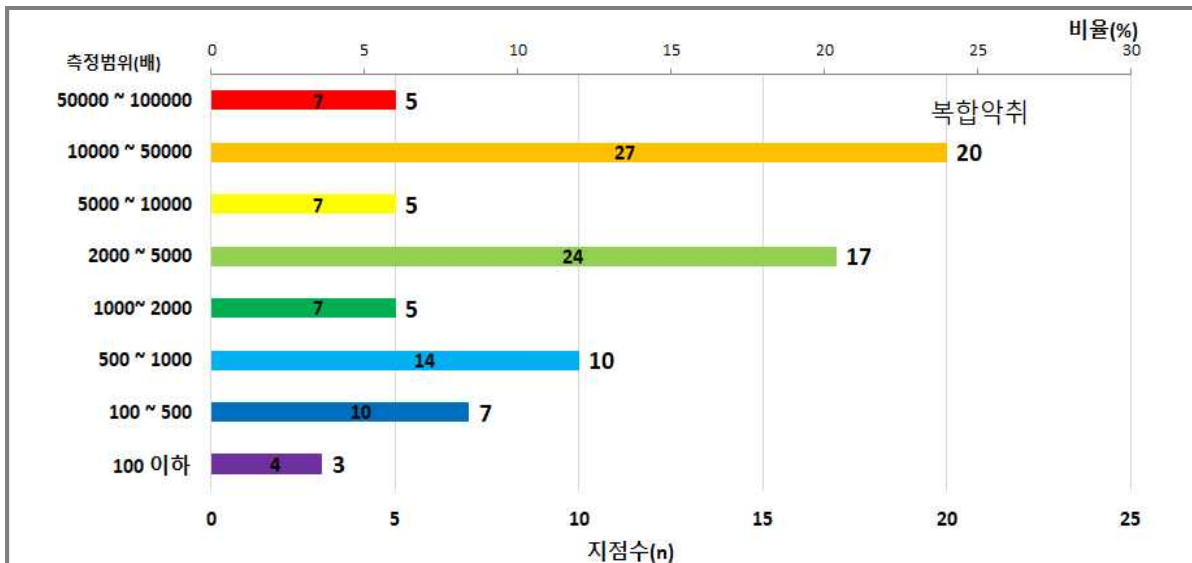
음식물류폐기물의 함수율을 저감시키는 처리시설이며, 주요 측정지점은 처리 시설 주변 및 내부이다.

(1) 복합악취

탈수시설에서 발생하는 복합악취 측정범위는 5,000배를 초과하는 경우는 41%로 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있으며, 2,000~5,000배 24%, 500~1,000배 14%, 100~500배 10%순으로 나타났다.

<표 6-13> 탈수시설 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 72개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	41	30
2,000 ~ 5,000	24	17
1,000 ~ 2,000	7	5
500 ~ 1,000	14	10
100 ~ 500	10	7
100 이하	4	3



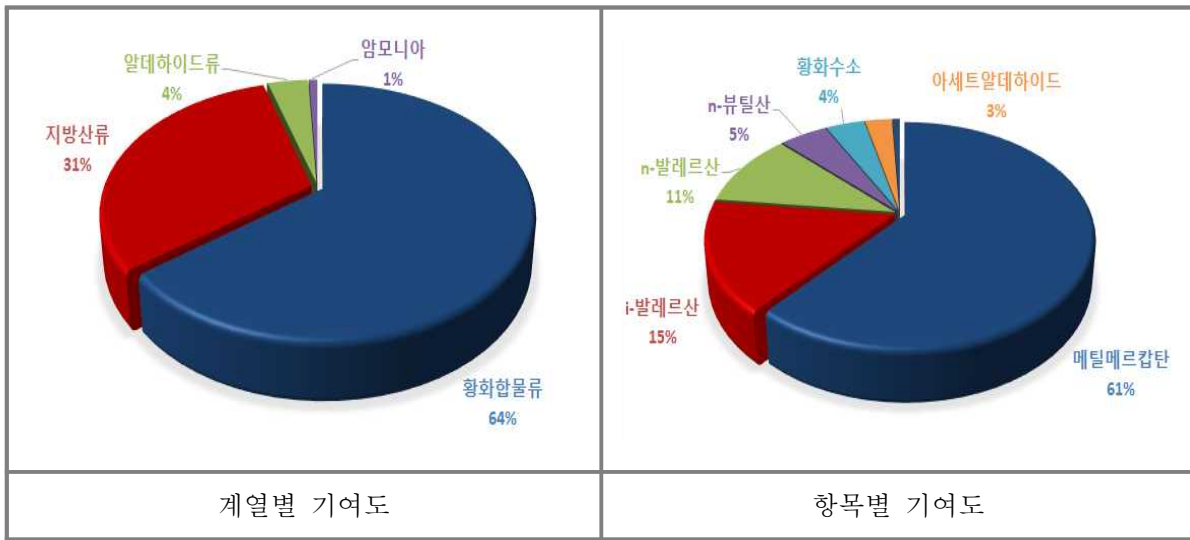
<그림 6-11> 탈수시설 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

지정악취물질 계열별 기여도는 황화합물류 64%, 지방산류 31%로 대부분을 차지하며, 항목별 기여도는 황화합물류의 메틸메르캅탄 61%, 지방산류의 i-발레르산 15%, n-발레르산 11%순으로 나타났다.

<표 6-14> 탈수시설 지정악취물질 농도 측정범위

구분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과		
암모니아	1.5	12.0	-	-	29	-	14	57	7	
트라이메틸아민	0.000032	0.014	-	20	80	-	-	-	5	
황화합물류	황화수소	0.00041	0.958	5	5	32	32	21	5	38
	메틸메르캅탄	0.00007	2.516	-	8	41	13	10	28	39
	다이메틸설파이드	0.003	0.198	-	9	44	41	3	3	32
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.193	5	8	37	42	5	3	38
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	2.445	-	-	-	20	40	40	10
	프로피온알데하이드	0.001	0.157	-	-	82	9	9	-	11
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.130	-	-	70	20	10	-	10
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.017	-	33	67	-	-	-	6
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.020	-	-	100	-	-	-	7
VOCs류	스타이렌	0.035	0.013	29	-	71	-	-	-	7
	톨루엔	0.33	0.021	-	-	100	-	-	-	7
	자일렌	0.16	0.028	14	-	86	-	-	-	7
	메틸에틸케톤	0.44	0.295	-	-	86	-	14	-	7
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.010	20	20	60	-	-	-	5
	뷰틸아세테이트	0.008	0.014	20	-	80	-	-	-	5
	i-뷰틸알코올	0.011	0.115	-	-	60	40	-	-	5
지방산류	프로피온산	0.0057	1.005	-	-	-	-	100	-	1
	n-뷰틸산	0.00019	0.545	-	-	-	67	33	-	3
	n-발레르산	0.000037	0.232	-	-	67	-	33	-	3
	i-발레르산	0.000078	0.718	-	-	-	-	100	-	1



<그림 6-12> 탈수시설 지정악취물질 기여도

라. 음폐수저장조

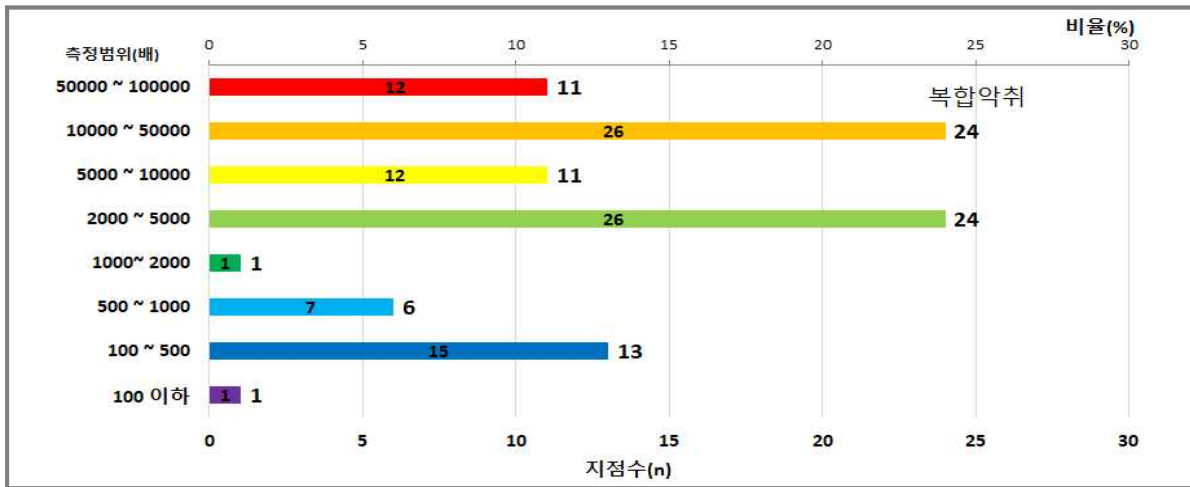
음식물류폐기물에서 발생하는 침출수(음폐수)를 저장하는 시설이며, 주요 측정 지점은 저장조 주변 및 내부이다.

(1) 복합악취

음폐수저장조에서 발생하는 복합악취 측정범위는 5,000배를 초과하는 경우가 50%로 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있으며, 2,000~5,000배 26%, 100~500배 15%순으로 나타났다.

<표 6-15> 음폐수저장조 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 91개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	50	46
2,000 ~ 5,000	26	24
1,000 ~ 2,000	1	1
500 ~ 1,000	7	6
100 ~ 500	15	13
100 이하	1	1



<그림 6-13> 음폐수저장조 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

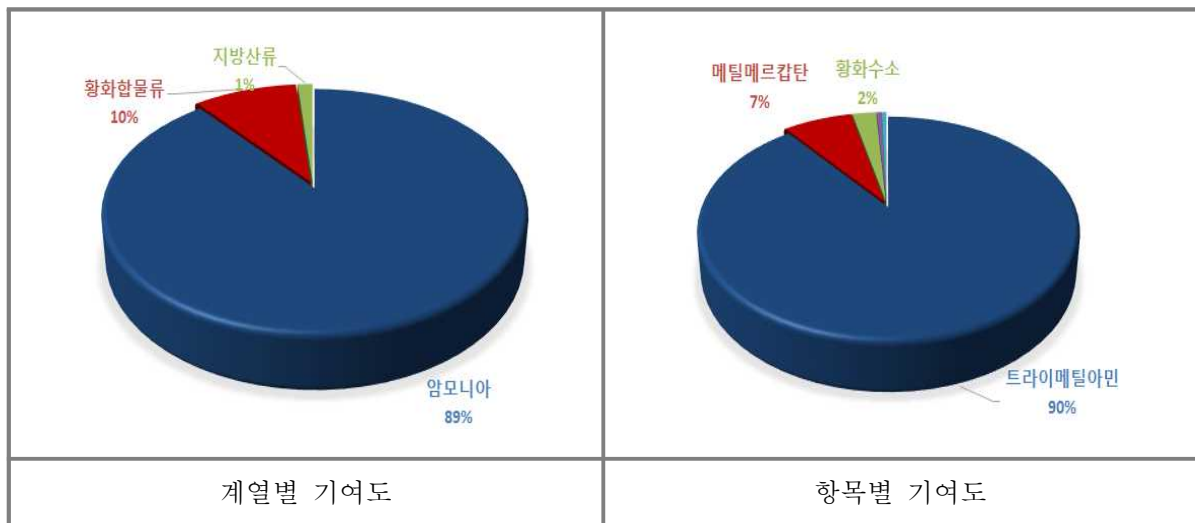
지정악취물질 계열별 기여도는 암모니아가 89%, 황화합물류 10%로 대부분을 차지하며, 항목별 기여도는 트라이메틸아민 90%, 메틸메르캡탄 7%순으로 나타났다.

<표 6-16> 음폐수저장조 지정악취물질 농도 측정범위

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과		
암모니아	1.5	14.6	12	-	41	21	12	14	34	
트라이메틸아민	0.000032	25.1	19	42	32	3	4	4	31	
황화합물류	황화수소	0.00041	2	8	38	19	10	23	63	
	메틸메르캡탄	0.00007	-	5	23	31	14	27	64	
	다이메틸설파이드	0.003	0.147	2	6	64	18	10	-	51
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.247	6	4	46	31	13	-	54
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	-	2	9	13	41	35	46	
	프로피온알데하이드	0.001	0.081	-	5	86	7	2	-	44
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.242	-	5	68	18	5	4	44
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.017	8	23	69	-	-	-	26
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.039	-	3	91	6	-	-	34

<표 6-16> 계 속

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과		
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.011	29	-	71	-	-	-	45
	톨루엔	0.33	0.084	-	-	74	24	2	-	45
	자일렌	0.16	0.020	42	-	58	-	-	-	45
	메틸에틸케톤	0.44	0.380	2	-	42	33	16	7	45
	메틸아이소뷰틸케톤	0.17	0.019	24	-	73	3	-	-	37
	뷰틸아세테이트	0.008	0.023	17	-	80	3	-	-	40
	i-뷰틸알코올	0.011	0.285	3	-	42	48	3	4	31
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	1.362	-	-	-	31	38	31	13
	n-뷰틸산	0.00019	0.815	-	-	15	46	27	12	26
	n-발레르산	0.000037	0.166	-	-	54	33	13	-	15
	i-발레르산	0.000078	0.232	-	-	42	50	8	-	12



<그림 6-14> 음폐수저장조 지정악취물질 기여도

6.3.2 음식물류처리공정

가. 건조시설

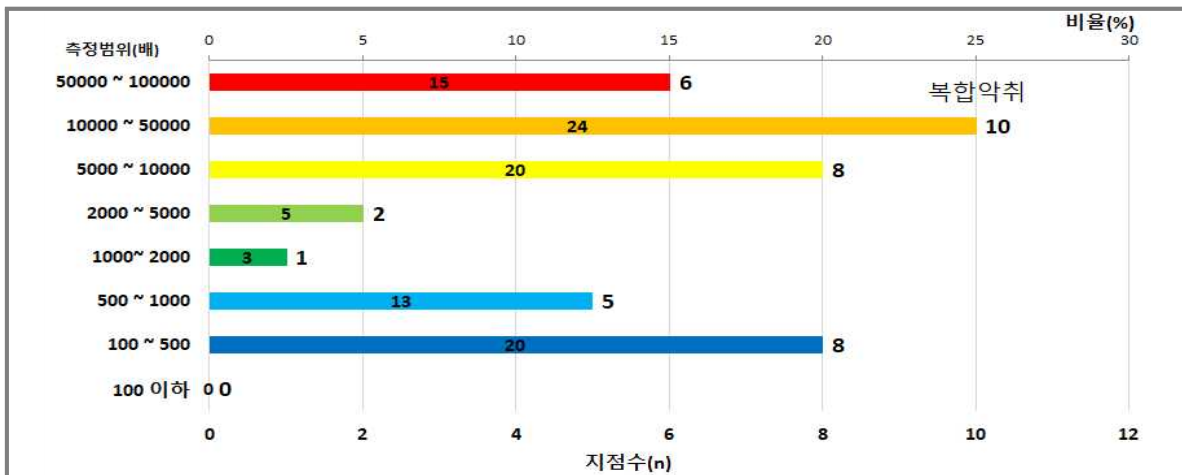
건조시설은 음식물류 내에 포함된 수분을 저감시키는 시설이며, 주요 측정 지점은 시설 주변이다.

(1) 복합약취

건조시설에서 발생하는 복합약취 측정범위는 5,000배를 초과하는 경우가 59%로 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있으며, 100~500배 20%, 500~1,000배 13%순으로 나타났다.

<표 6-17> 건조시설 복합약취 측정범위

복합약취(총 시료수 : 40개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	59	24
2,000 ~ 5,000	5	2
1,000 ~ 2,000	3	1
500 ~ 1,000	13	5
100 ~ 500	20	8
100 이하	-	-



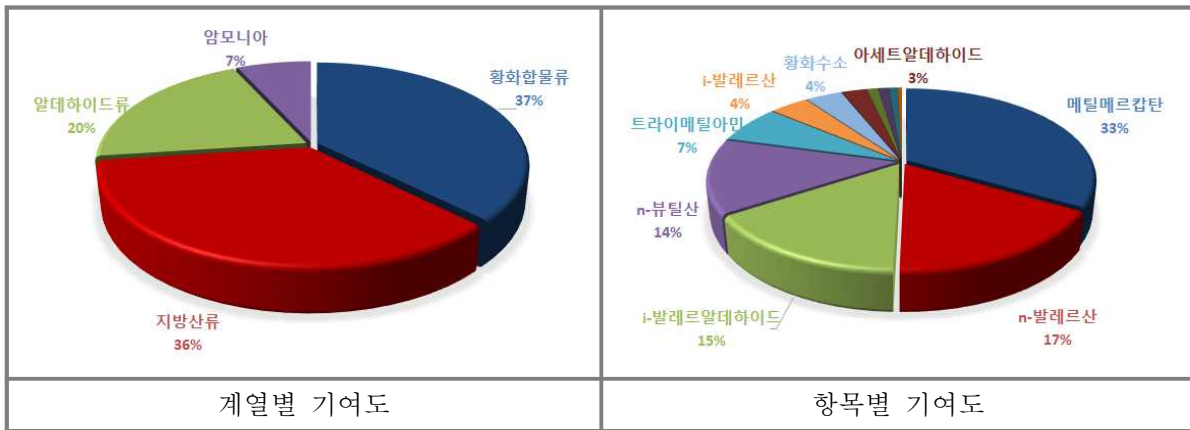
<그림 6-15> 건조시설 복합약취 측정범위

(2) 지정악취물질

지정악취물질 계열별 기여도는 황화합물류 37%, 지방산류 36%, 알데하이드류 20%이며, 항목별 기여도는 황화합물류 중 메틸메르캅탄이 33%, 지방산류 중 n-발레르산이 17%, 알데하이드류 중 i-발레르알데하이드가 15%순으로 나타났다.

<표 6-18> 건조시설 지정악취물질 농도 측정범위

구분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.000~ 0.001	0.001~ 0.005	0.005~ 0.100	0.101~ 0.500	0.501~ 2.000	2.0 초과		
암모니아	1.5	1.624	11	-	22	33	22	12	9	
트라이메틸아민	0.000032	0.286	10	30	50	-	-	10	10	
황 화 합 물 류	황화수소	0.00041	-	19	27	15	23	16	26	
	메틸메르캅탄	0.00007	-	12	23	23	8	34	26	
	다이메틸설파이드	0.003	-	14	27	18	23	18	22	
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.427	-	16	28	20	36	-	25
알 데 하 이 드 류	아세트알데하이드	0.0015	-	-	14	21	-	65	14	
	프로피온알데하이드	0.001	-	-	24	38	38	-	13	
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.945	-	-	23	-	77	-	13
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.471	-	10	30	30	30	-	10
i-발레르알데하이드	0.0001	1.999	-	-	23	8	23	46	13	
V O C S 류	스타이렌	0.035	21	-	72	7	-	-	14	
	톨루엔	0.33	0.120	7	7	57	29	-	14	
	자일렌	0.16	0.066	21	-	58	21	-	14	
	메틸에틸케톤	0.44	0.480	-	-	33	25	42	-	12
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.042	17	-	75	8	-	-	12
	뷰틸아세테이트	0.008	0.125	9	-	73	9	9	-	11
	i-뷰틸알코올	0.011	0.879	-	-	44	11	33	12	9
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	-	-	-	20	60	20	10	
	n-뷰틸산	0.00019	3.329	-	-	-	25	25	50	8
	n-발레르산	0.000037	0.817	-	-	14	43	29	14	7
	i-발레르산	0.000078	0.406	-	-	-	67	33	-	6



<그림 6-16> 건조시설 지정악취물질 기여도

나. 발효시설

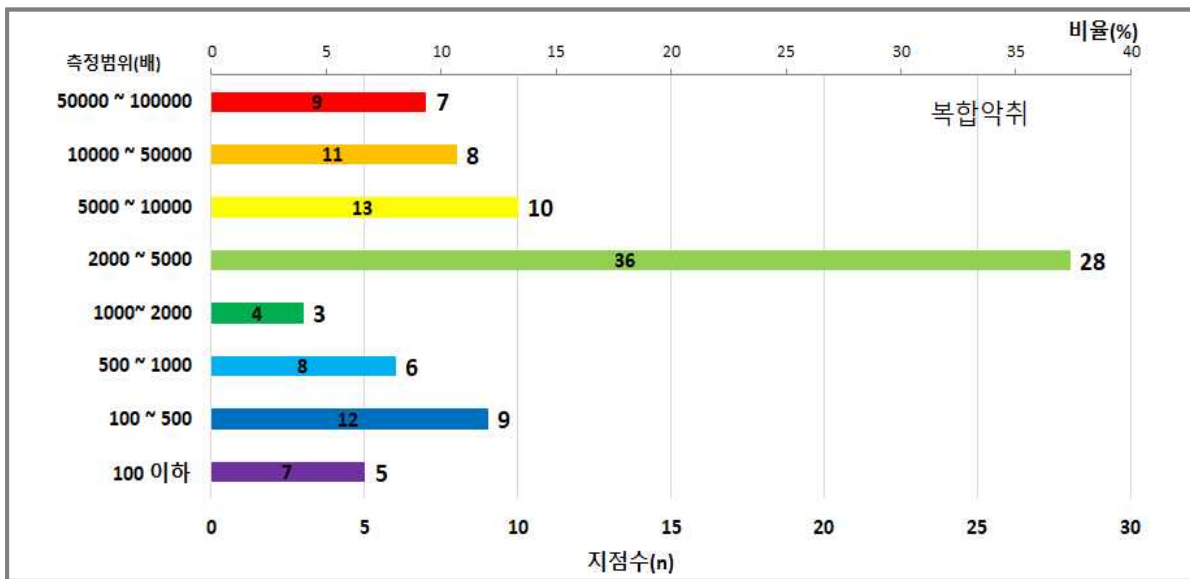
발효시설은 음식물류를 사료화하기 위한 처리공정이며, 주요 측정지점은 발효 시설 내부 및 주변이다.

(1) 복합악취

발효시설에서 발생하는 복합악취 측정범위는 5,000배를 초과하는 경우가 33%로 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있으며, 2,000~5,000배 36%, 100~500배 12%순으로 나타났다.

<표 6-19> 발효시설 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 76개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	33	25
2,000 ~ 5,000	36	28
1,000 ~ 2,000	4	3
500 ~ 1,000	8	6
100 ~ 500	12	9
100 이하	7	5



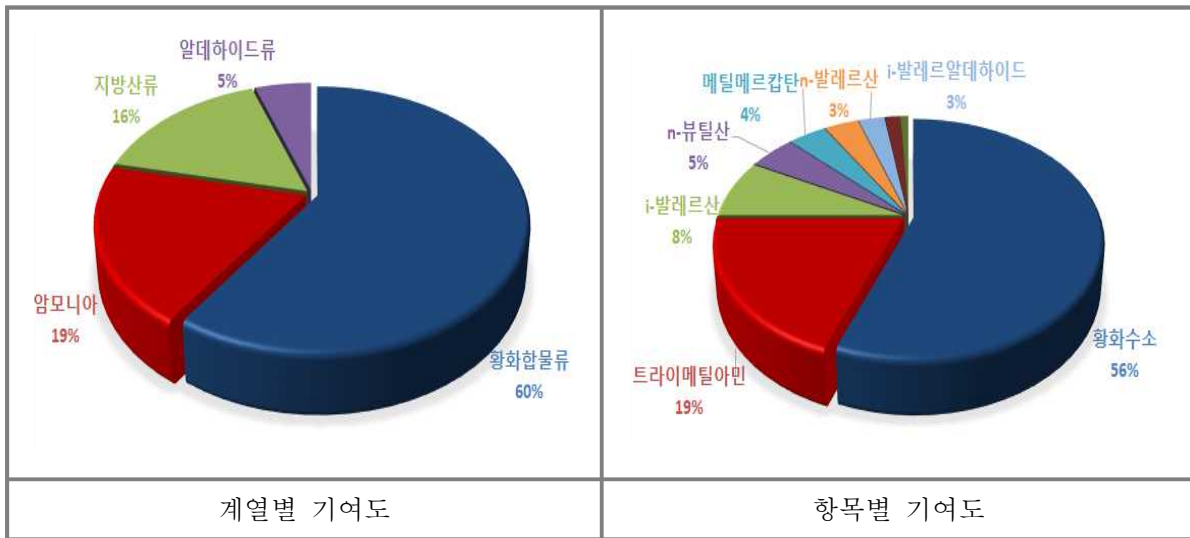
<그림 6-17> 발효시설 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

지정악취물질 계열별 기여도는 황화합물류 60%, 암모니아 19%, 지방산류 16%, 알데하이드류 5%로 나타났으며, 항목별 기여도는 황화수소 56%, 트라이메틸아민 19%, i-발레르산 8%순으로 나타났다.

<표 6-20> 발효시설 지정악취물질 농도 측정범위

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.0000~ 0.0010	0.0010~ 0.0050	0.005~ 0.100	0.101~ 0.500	0.501~ 2.000	2.0 초과		
암모니아	1.5	23.7	14	-	22	11	14	39	36	
트라이메틸아민	0.000032	0.604	12	27	24	12	18	7	33	
황 화 합 물 류	황화수소	0.00041	7	23	65	5	-	-	44	
	메틸메르캅탄	0.00007	-	4	54	24	18	-	55	
	다이메틸설파이드	0.003	4	8	74	8	6	-	52	
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.055	5	11	66	18	-	57	
알 데 하 이 드 류	아세트알데하이드	0.0015	-	-	14	18	32	36	44	
	프로피온알데하이드	0.001	2	2	75	21	-	-	43	
	뷰틸알데하이드	0.00067	-	-	56	24	18	2	34	
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.038	9	14	72	5	-	22	
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.262	-	7	59	24	7	3	41
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.010	41	9	50	-	-	-	44
	톨루엔	0.33	0.029	25	2	68	5	-	-	44
	자일렌	0.16	0.018	45	-	53	2	-	-	44
	메틸에틸케톤	0.44	0.950	12	2	16	12	35	23	43
	메틸아이소뷰틸케톤	0.17	0.040	24	3	58	15	-	-	33
	뷰틸아세테이트	0.008	0.012	40	-	60	-	-	-	40
	i-뷰틸알코올	0.011	0.153	13	-	37	47	3	-	30
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	1.335	-	-	4	38	46	12	24
	n-뷰틸산	0.00019	0.870	-	-	6	44	39	11	18
	n-발레르산	0.000037	0.127	-	-	67	33	-	-	15
	i-발레르산	0.000078	0.603	-	-	45	20	30	5	20



<그림 6-18> 발효시설 지정악취물질 기여도

다. 처리동(실내)

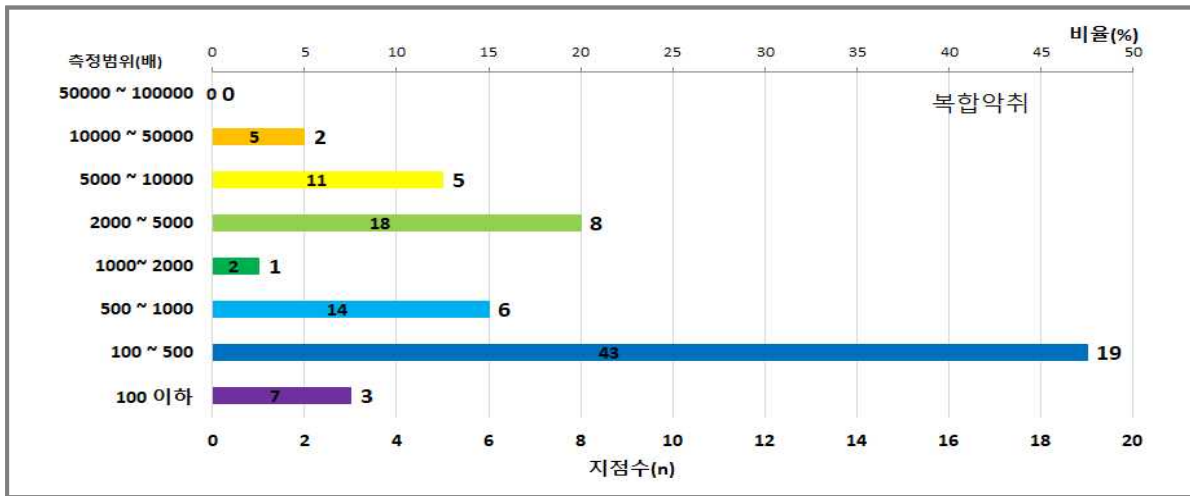
처리동은 음식물류처리공정인 건조 및 발효시설이 설치·가동되는 실내공간이며, 주요 측정지점은 가동시설 주변 및 실내공간이다.

(1) 복합악취

처리동(실내)에서 발생하는 복합악취 측정범위는 100~500배 43%, 2,000~5,000배 18%순이며, 5,000배를 초과하는 경우가 16%의 비율을 차지하는 것으로 나타났다.

<표 6-21> 처리동(실내) 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 44개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	16	7
2,000 ~ 5,000	18	8
1,000 ~ 2,000	2	1
500 ~ 1,000	14	6
100 ~ 500	43	19
100 이하	7	3



<그림 6-19> 처리동(실내) 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

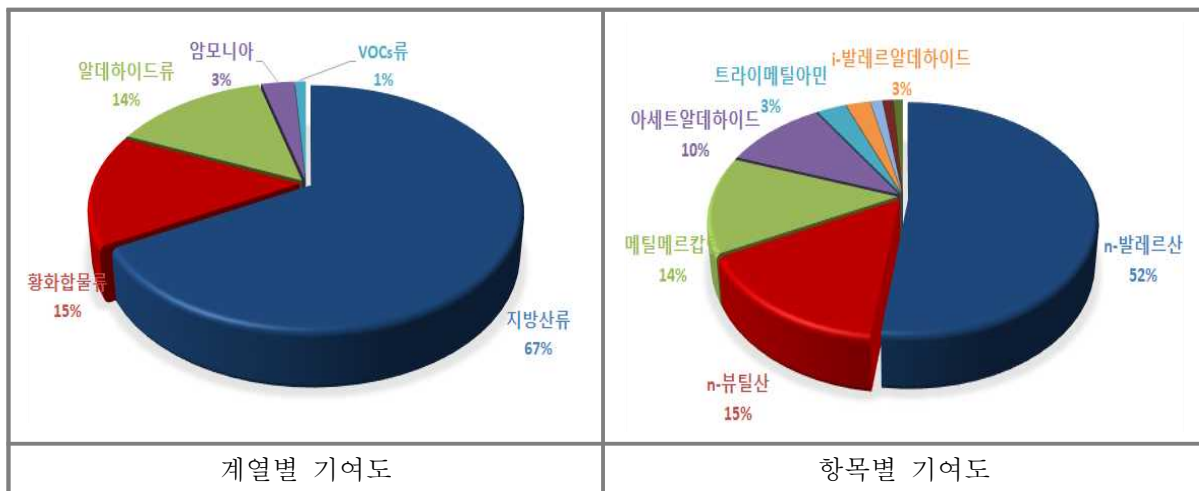
지정악취물질 계열별 기여도는 지방산류 67%, 황화합물류 15%, 알데하이드류 14%순으로 나타났으며, 항목별 기여도는 n-발레르산 52%, n-뷰틸산 15%, 메틸메르캅탄 14%순으로 나타났다.

<표 6-22> 처리동(실내) 지정악취물질 농도 측정범위

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)
			0.0000~0.0010	0.0010~0.0050	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과	
암모니아	1.5	1.633	-	-	67	-	-	33	3
트라이메틸아민	0.000032	0.007	-	33	67	-	-	-	3
황화합물류	황화수소	0.00041	15	7	67	11	-	-	27
	메틸메르캅탄	0.00007	4	13	57	26	-	-	23
	다이메틸설파이드	0.003	0.011	8	8	84	-	-	13
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.014	9	32	59	-	-	22
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	-	-	17	67	-	16	6
	프로피온알데하이드	0.001	-	-	67	33	-	-	3
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.014	-	-	100	-	-	4
	n-발레르알데하이드	0.00041	-	-	-	-	-	-	-
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.017	-	-	100	-	-	2

<표 6-22> 계 속

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.0000~0.0010	0.0010~0.0050	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과		
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.008	40	-	60	-	-	-	5
	톨루엔	0.33	0.040	-	-	100	-	-	-	5
	자일렌	0.16	0.016	60	-	40	-	-	-	5
	메틸에틸케톤	0.44	0.022	-	-	100	-	-	-	5
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.008	50	-	50	-	-	-	4
	뷰틸아세테이트	0.008	0.007	67	-	33	-	-	-	3
	i-뷰틸알코올	0.011	0.733	-	-	67	-	-	33	3
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	-	-	-	-	-	-	-	-
	n-뷰틸산	0.00019	0.202	-	-	-	100	-	-	1
	n-발레르산	0.000037	0.134	-	-	-	100	-	-	1
	i-발레르산	0.000078	-	-	-	-	-	-	-	-



<그림 6-20> 처리동(실내) 지정악취물질 기여도

6.3.3 악취방지시설

음식물류폐기물처리시설의 처리공정에서 발생하는 악취를 포집·처리하는 시설로, 주요 악취방지시설은 미생물에 의한 방식(바이오 필터), 수세정방식, 약액세정방식, RTO방식 등이 설치되어 운영 중에 있다.

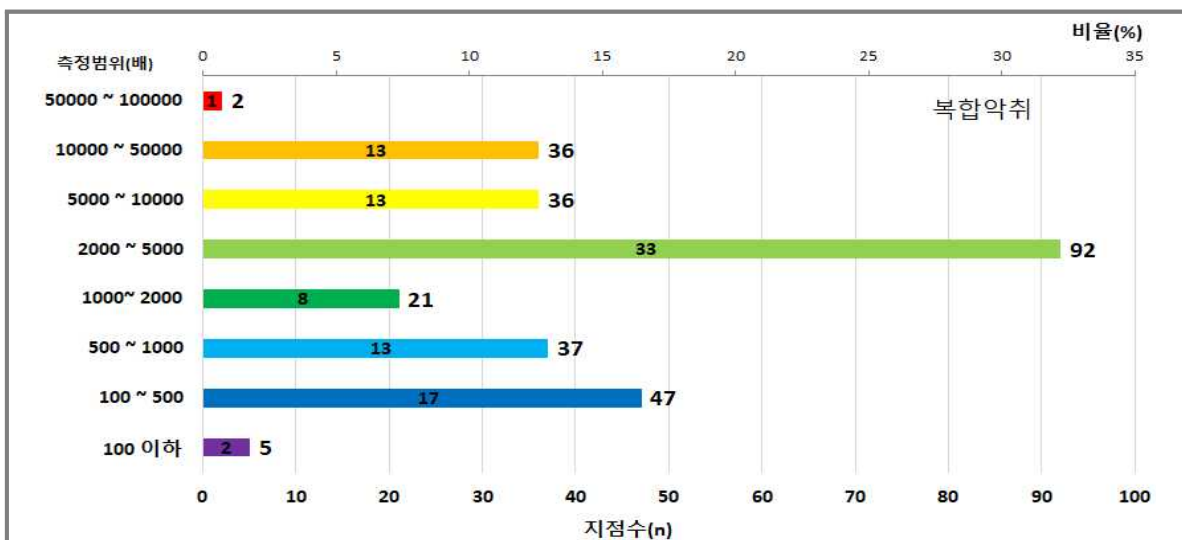
가. 유입구

(1) 복합악취

유입구에서 발생하는 복합악취 측정범위는 2,000~5,000배 33%, 100~500배 17%, 500~1,000배 13%순이고, 5,000배를 초과하는 경우는 27%로 나타났다.

<표 6-23> 유입구 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 276개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	27	74
2,000 ~ 5,000	33	92
1,000 ~ 2,000	8	21
500 ~ 1,000	13	37
100 ~ 500	17	47
100 이하	2	5



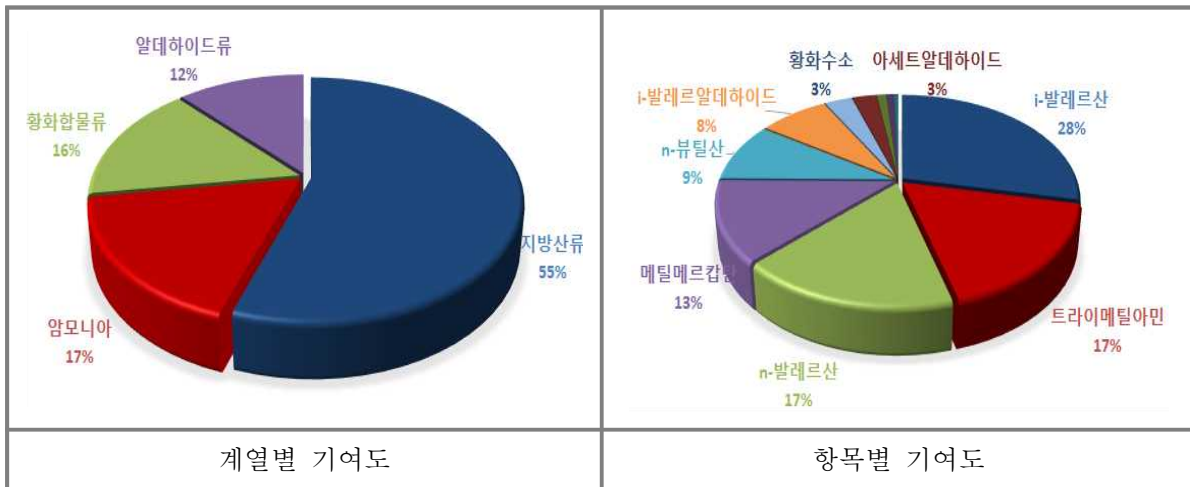
<그림 6-21> 유입구 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

유입구에서 발생하는 지정악취물질 계열별 기여도는 지방산류 55%, 암모니아 17%, 황화합물류 16%, 알데하이드류 12%의 비율을 차지하며, 항목별 기여도는 i-발레르산 28%, 트라이메틸아민 17%, n-발레르산 17%, 메틸메르캅탄 13%순으로 나타났다.

<표 6-24> 유입구 지정악취물질 농도 및 측정범위

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.0000~ 0.0010	0.0010~ 0.0050	0.005~ 0.100	0.101~ 0.500	0.501~ 2.000	2.0 초과		
암모니아	1.5	10.807	6	-	22	22	20	30	199	
트라이메틸아민	0.000032	0.207	10	22	46	12	8	2	156	
황 화 합 물 류	황화수소	0.00041	-	10	56	23	5	6	204	
	메틸메르캅탄	0.00007	2	3	39	44	9	3	239	
	다이메틸설파이드	0.003	4	10	73	10	3	-	210	
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.062	3	13	71	11	2	-	236
알 데 하 이 드 류	아세트알데하이드	0.0015	-	1	16	30	29	24	240	
	프로피온알데하이드	0.001	-	10	65	20	5	-	223	
	뷰틸알데하이드	0.00067	1	9	49	27	14	-	215	
	n-발레르알데하이드	0.00041	1	26	61	12	-	-	105	
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.280	-	4	60	21	12	3	168
V O C S 류	스타이렌	0.035	48	1	49	2	-	-	225	
	톨루엔	0.33	16	-	70	12	2	-	230	
	자일렌	0.16	0.034	36	1	57	5	1	-	230
	메틸에틸케톤	0.44	0.372	5	-	34	39	18	4	228
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.012	40	2	58	-	-	-	194
	뷰틸아세테이트	0.008	0.015	41	1	56	2	-	-	188
	i-뷰틸알코올	0.011	0.147	18	-	59	19	4	-	188
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	-	-	11	41	36	12	70	
	n-뷰틸산	0.00019	1	-	22	49	21	7	89	
	n-발레르산	0.000037	0.232	-	2	48	44	6	-	63
	i-발레르산	0.000078	0.820	-	4	57	33	2	4	51



<그림 6-22> 유입구 지정약취물질 기여도

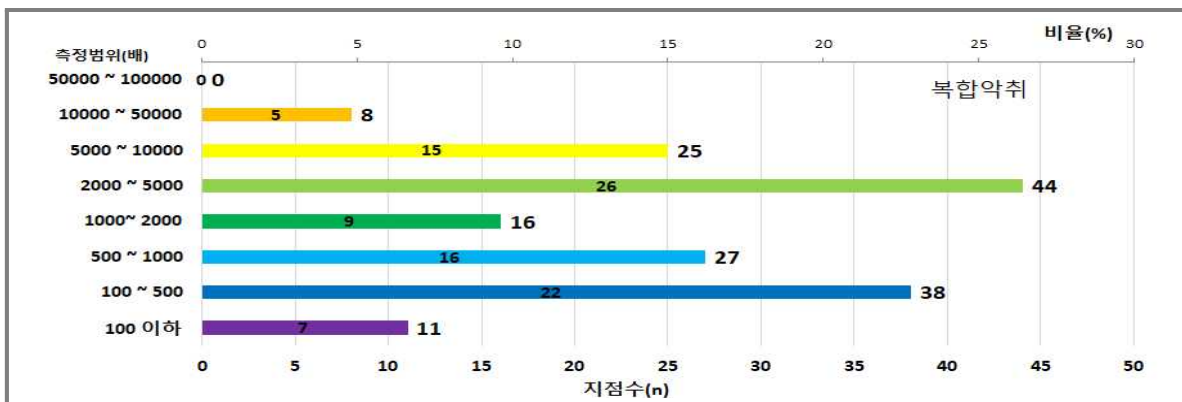
나. 배출구

(1) 복합약취

배출구에서 발생하는 복합약취 측정범위는 2,000~5,000배 26%, 100~500배 22%, 500~1,000배 16%순이고, 5,000배를 초과하는 경우는 20%로 나타났다.

<표 6-25> 배출구 복합약취 측정범위

복합약취(총 시료수 : 169개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	20	33
2,000 ~ 5,000	26	44
1,000 ~ 2,000	9	16
500 ~ 1,000	16	27
100 ~ 500	22	38
100 이하	7	11



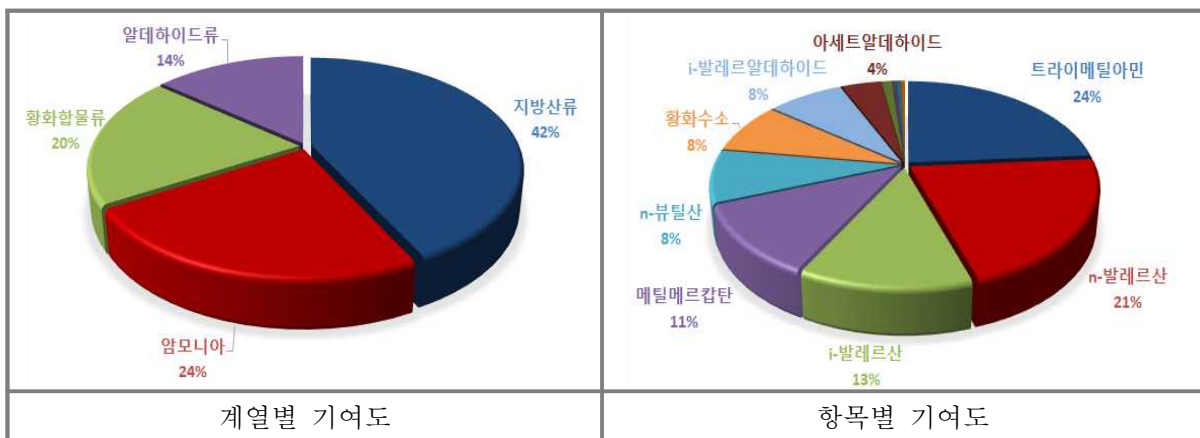
<그림 6-23> 배출구 복합약취 측정범위

(2) 지정악취물질

배출구에서 발생하는 지정악취물질 계열별 기여도는 지방산류 42%, 암모니아 24%, 황화합물류 20%, 알데하이드류 14%의 비율을 차지하며, 항목별 기여도는 트라이메틸아민 24%, n-발레르산 21%, i-발레르산 13%, 황화수소 8%순으로 나타났다.

<표 6-26> 배출구 지정악취물질 농도 및 측정범위

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.0000~0.0010	0.0010~0.0050	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과		
암모니아	1.5	8.944	11	-	20	19	19	31	123	
트라이메틸아민	0.000032	0.170	6	34	34	20	6	-	83	
황화합물류	황화수소	0.00041	2	13	63	14	5	3	132	
	메틸메르캅탄	0.00007	1	7	44	40	8	-	152	
	다이메틸설파이드	0.003	0.041	6	14	71	8	1	120	
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.056	3	19	65	12	1	154	
	아세트알데하이드	0.0015	1.365	-	2	21	30	25	22	169
알데하이드류	프로피온알데하이드	0.001	1	8	62	24	3	2	143	
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.159	1	3	64	25	7	142	
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.042	2	24	66	8	-	59	
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.175	-	7	67	18	8	105	
	스타이렌	0.035	0.014	48	1	49	1	1	-	156
VOCs	톨루엔	0.33	0.072	23	1	64	10	2	-	161
	자일렌	0.16	0.031	42	1	51	5	1	-	161
	메틸에틸케톤	0.44	0.337	8	-	41	28	20	3	158
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.010	49	3	46	2	-	-	134
	뷰틸아세테이트	0.008	0.012	47	2	51	-	-	-	119
	i-뷰틸알코올	0.011	0.098	20	-	57	20	3	-	122
	프로피온산	0.0057	0.525	-	-	16	45	39	-	31
지방산류	n-뷰틸산	0.00019	-	-	27	57	16	-	45	
	n-발레르산	0.000037	-	-	61	30	9	-	33	
	i-발레르산	0.000078	0.218	-	-	56	33	11	-	18

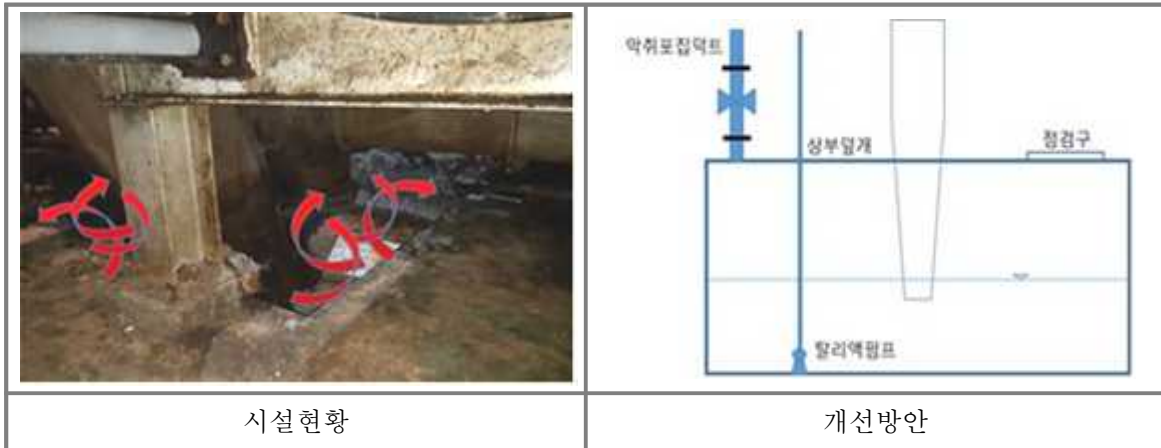


<그림 6-24> 배출구 지정악취물질 기여도

6.4 문제점 및 개선방안

가. 음폐수(탈리액) 저장피트 밀폐 및 악취포집시설 설치

음식물류저장호퍼 하부에 설치된 탈리액 저장피트 상부가 개방되어 악취가 전 처리동 내부로 확산되고 있는 상태로, 저장피트 상부를 덮개로 밀폐하고 악취포집시설 설치하여 악취확산을 최소화하여야 한다.



<그림 6-25> 음폐수(탈리액) 저장피트 및 악취포집시설 설치

나. 투입호퍼실 개폐형 구조로 개선

투입호퍼실 상부의 악취포집설비가 부적절하게 설치되어 있고 투입호퍼실을 개방하여 운영하고 있는 상태여서 주변으로 악취확산이 이루어지고 실정으므로, 악취포집설비 위치를 조정하고 상부를 밀폐한 뒤 비닐 커튼을 개폐형 구조로 설치하여 악취확산을 최소화하도록 한다.



<그림 6-26> 투입호퍼실 개폐형 구조로 개선

다. 투입호퍼실 개폐형 구조로 시설 개선

처리공정을 거쳐 생산된 퇴비 반출 암롤박스에 악취포집설비가 설치되어 있지 않아 발생하는 악취와 분진이 주변으로 확산되는 상태로, 악취포집설비 및 악취포집효율 향상을 위해 상하 구동형 캐노피 덮개를 설치하여 운영하는 것이 바람직하다.



<그림 6-27> 투입호퍼실 개폐형 구조로 시설 개선

제7장

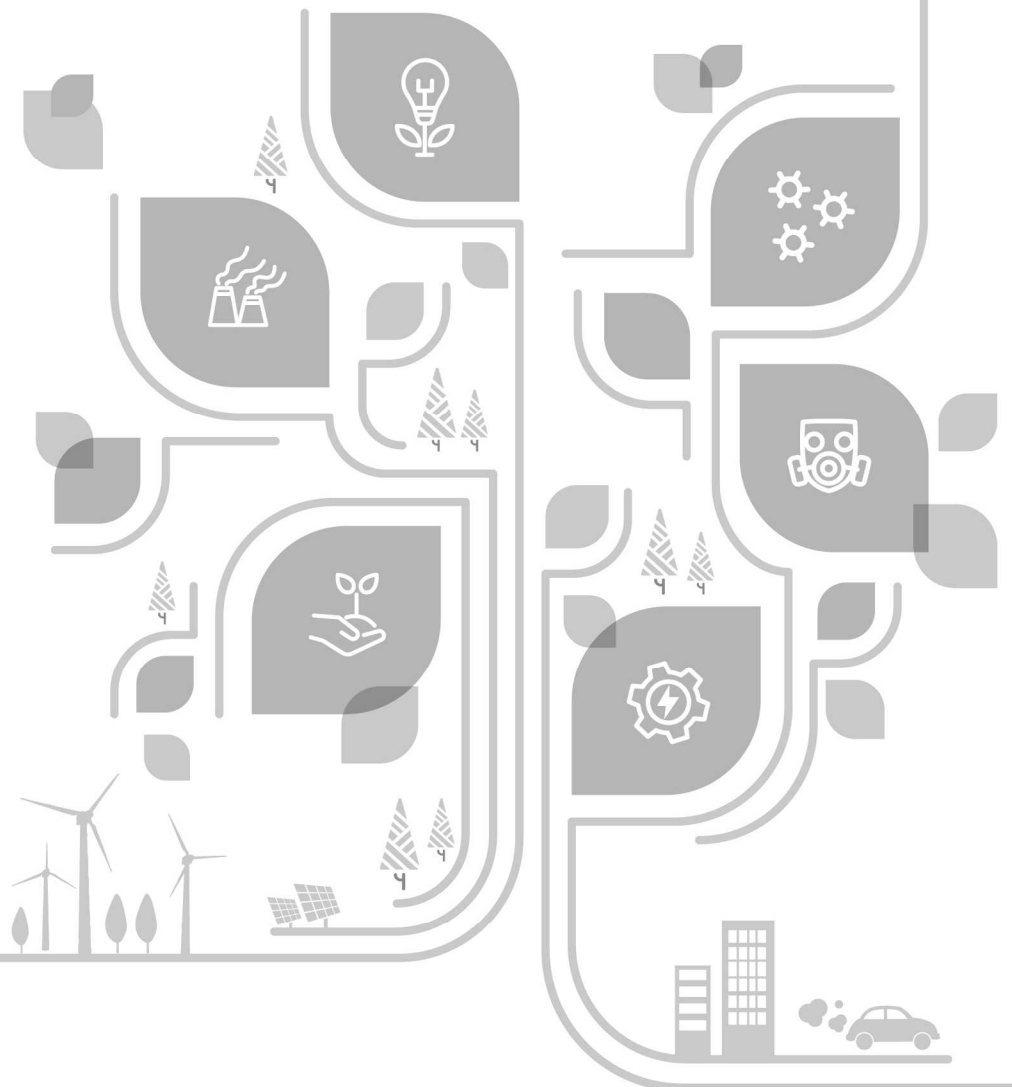
슬러지처리시설

7.1 현황

7.2 전체 악취물질 측정·분석

7.3 공정별 악취물질 측정·분석

7.4 문제점 및 개선방안



제7장 슬러지처리시설

7.1 현황

7.1.1 개요

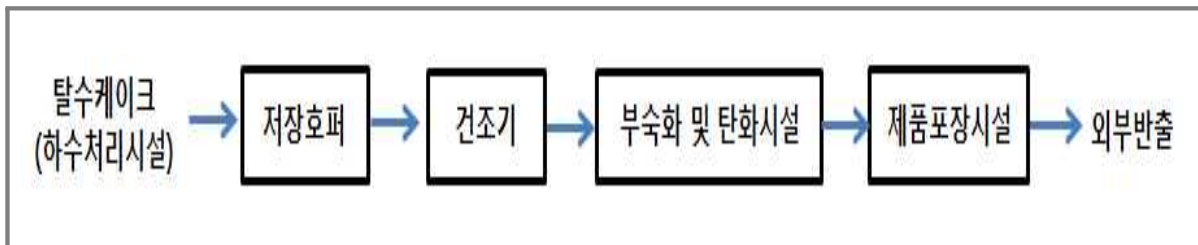
슬러지처리시설에 대한 사례집 자료는 2014년~2018년도에 악취기술진단을 실시했던 14개 처리시설의 악취물질 측정·분석 결과를 기초로 작성하였다.

<표 7-1> 처리공정별 악취물질 시료채취 현황

처리 시설수 (개소)	공정별 시료합계 (개)	슬러지처리공정				악취방지시설	
		설비동(실내)	슬러지저장조	건조시설	부숙·탄화시설	유입구	배출구
14	239	12	25	24	19	103	56

7.1.2 슬러지처리공법 현황

하수처리시설에서 발생하는 슬러지를 건조, 부숙화 및 탄화시켜 퇴비화(비료 등), 자원화(열원)하는 처리방식 등이 있다.



<그림 7-1> 슬러지처리시설 처리공정도

7.1.3 처리공정별 악취측정 지점 현황

악취측정 지점의 명칭은 처리시설 및 처리공법에 따라 상이하므로 공정별로 유사한 처리기능을 수행하는 지점으로 통합 분류하였으며, 주요 처리공정별 악취측정 지점은 아래와 같다.

<표 7-2> 처리공정별 주요 악취측정 지점

구 분		주요 측정지점
처리공정	발생원	
슬러지 처리공정	설비동(실내)	반입실, 반출실, 기계실 실내공간
	슬러지저장조	하수슬러지 저장조 내부 및 주변
	건조시설	건조시설 주변
	부숙·탄화시설	부숙화 및 탄화시설 주변
악취방지시설		유입구, 배출구

7.2 전체 악취물질 측정·분석

처리시설 분류는 슬러지처리공정(설비동, 슬러지저장조, 건조시설, 부숙·탄화시설), 악취방지시설(유입구, 배출구)로 구분하였다.

악취물질 측정·분석 결과의 통계값은 복합악취의 희석배수 및 지정악취물질의 농도를 산술평균을 사용하여 악취농도로 제시하였으며, 통계값 적용에 있어 불검출된 측정값은 통계분석에서 제외하였다.

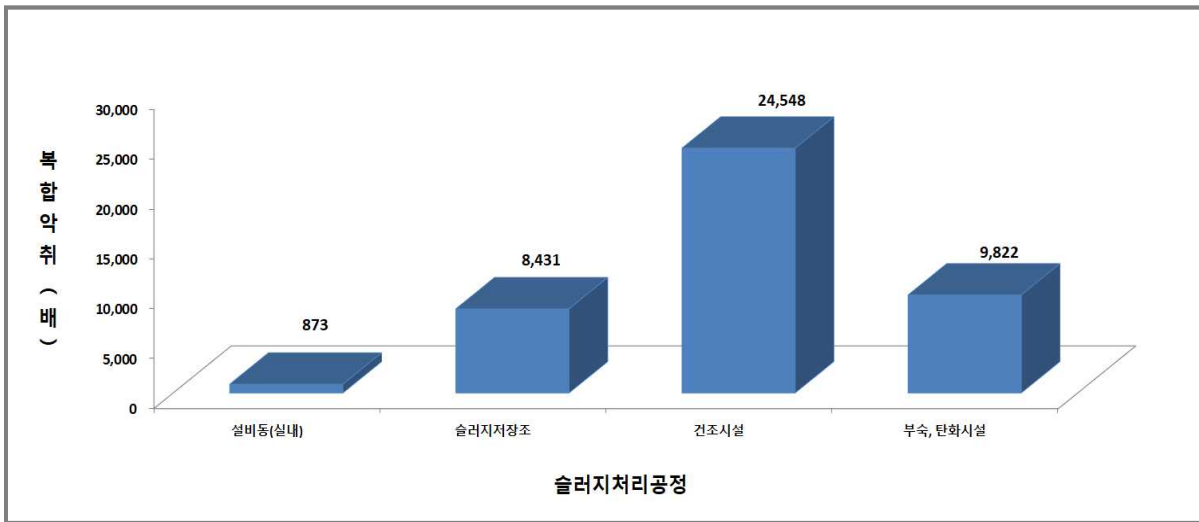
7.2.1 복합악취

가. 슬러지처리공정

슬러지처리공정의 복합악취(평균치)는 건조시설이 24,548배로 상대적으로 높고 부숙 및 탄화시설 9,822배, 슬러지저장조 8,431배순으로 나타났으며, 설비동의 실내공간에서는 873배의 복합악취를 보이고 있다.

<표 7-3> 슬러지처리공정 평균 복합악취

구 분	슬러지처리공정			
	설비동(실내)	슬러지저장조	건조시설	부숙·탄화시설
평균 복합악취(배)	873	8,431	24,548	9,822
전체 시료수(개)	12	25	24	21



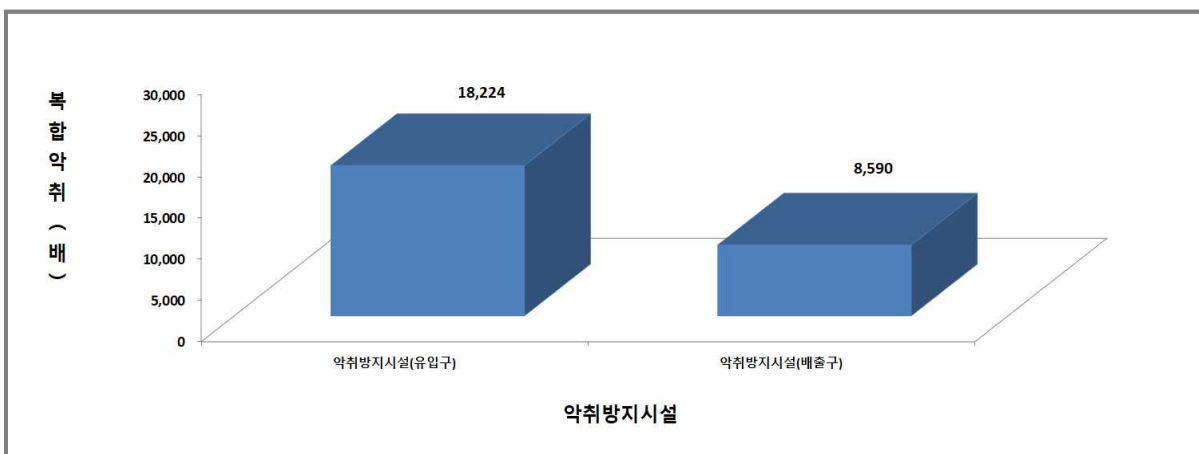
<그림 7-2> 슬러지처리공정 평균 복합악취

나. 악취방지시설

슬러지처리공정에서 발생하는 악취를 포집하여 처리하는 악취방지시설에서는 유입구가 18,224배, 배출구는 8,590배로 나타났다.

<표 7-4> 슬러지처리공정 및 악취방지시설 평균 복합악취

구 분	악취방지시설	
	유입구	배출구
평균 복합악취(배)	18,224	8,590
전체 시료수(개)	103	56



<그림 7-3> 악취방지시설 평균 복합악취

7.2.2 지정악취물질

가. 슬러지처리과정

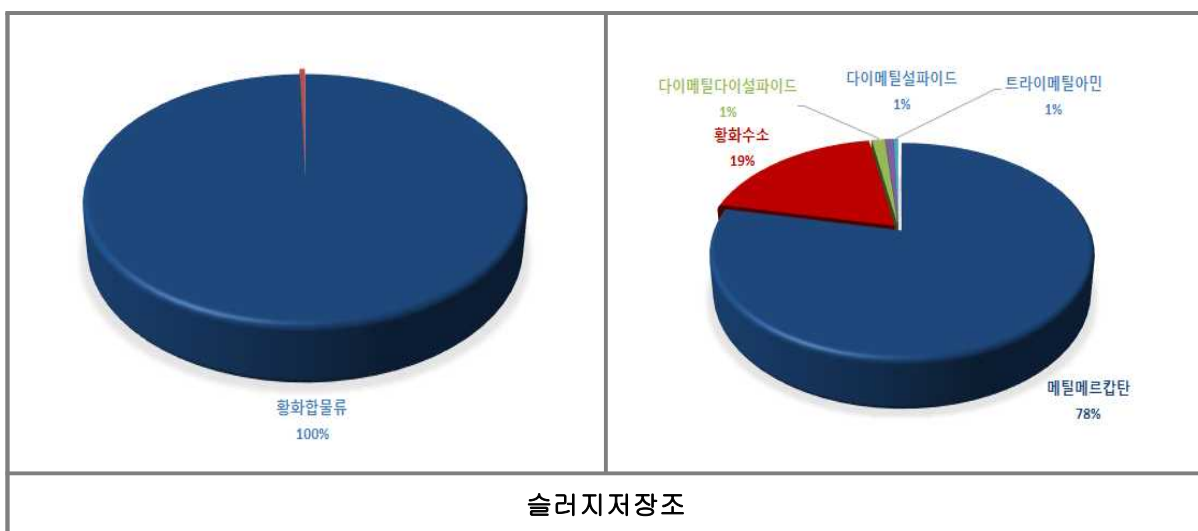
슬러지처리과정의 계열별 기여도는 슬러지저장조, 건조시설, 부숙·탄화시설 모두 황화합물류의 기여도가 높은 것으로 나타났다.

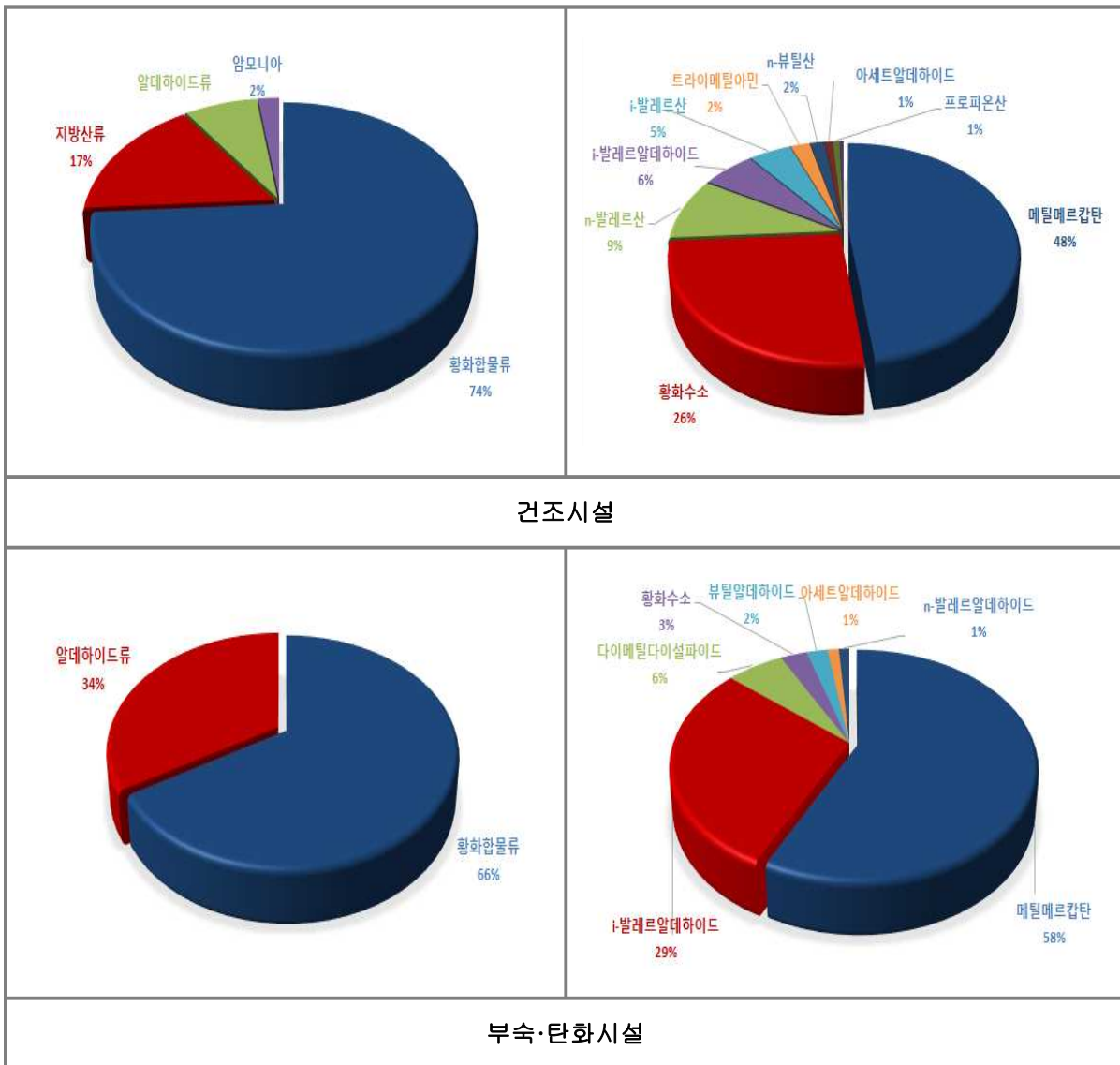
<표 7-5> 슬러지처리과정 지정악취물질 평균 농도

구 분		슬러지처리과정(ppm)						
지정악취물질(ppm)		설비동(실내)			슬러지저장조			
항목	최소 감지농도	평균	최대	시료수 (개)	평균	최대	시료수 (개)	
암모니아	1.5	-	-	-	2.083	10.2	7	
트라이메틸아민	0.000032	-	-	-	0.006	0.021	5	
황 화 합 물 류	황화수소	0.00041	0.451	1.578	9	3.301	21.4	12
	메틸메르캅탄	0.00007	0.040	0.105	9	2.336	17.0	11
	다이메틸설파이드	0.003	0.012	0.043	5	1.097	10.1	13
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.003	0.003	3	1.242	11.0	11
알 데 하 이 드 류	아세트알데하이드	0.0015	-	-	-	0.052	0.241	7
	프로피온알데하이드	0.001	-	-	-	0.017	0.042	4
	뷰틸알데하이드	0.00067	-	-	-	0.017	0.036	5
	n-발레르알데하이드	0.00041	-	-	-	0.010	0.010	1
	i-발레르알데하이드	0.0001	-	-	-	0.006	0.008	3
V O C S 류	스타이렌	0.035	-	-	-	0.009	0.020	7
	톨루엔	0.33	-	-	-	0.274	0.850	7
	자일렌	0.16	-	-	-	0.054	0.210	7
	메틸에틸케톤	0.44	-	-	-	0.236	1.530	7
	메틸아이소뷰틸케톤	0.17	-	-	-	0.005	0.020	6
	뷰틸아세테이트	0.008	-	-	-	0.013	0.020	4
	i-뷰틸알코올	0.011	-	-	-	0.080	0.210	5
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	-	-	-	-	-	-
	n-뷰틸산	0.00019	-	-	-	-	-	-
	n-발레르산	0.000037	-	-	-	-	-	-
	i-발레르산	0.000078	-	-	-	-	-	-

<표 7-5> 계 속

구 분		슬러지처리과정(ppm)						
지정악취물질(ppm)		건조시설			부속·탄화시설			
항목	최소 감지농도	평균	최대	시료수 (개)	평균	최대	시료수 (개)	
암모니아	1.5	16.6	44.9	3	88.8	252.2	3	
트라이메틸아민	0.000032	0.210	0.415	2	1.235	2.245	2	
황화합물류	황화수소	0.00041	32.4	281.9	14	133.3	633.0	7
	메틸메르캡탄	0.00007	10.2	132.2	15	454.4	3,345	8
	다이메틸설파이드	0.003	1.015	7.287	9	66.9	307.8	9
	다이메틸다이설파이드	0.0022	1.729	14.4	9	1,538	11,685	7
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	3.884	7.734	5	205.6	349.9	4
	프로피온알데하이드	0.001	0.380	1.074	5	25.6	41.2	4
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.930	2.413	5	172.7	214.3	3
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.046	0.125	3	52.6	95.6	2
	i-발레르알데하이드	0.0001	1.805	4.694	4	327.8	484.7	3
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.010	0.040	4	0.073	0.190	3
	톨루엔	0.33	0.045	0.080	4	0.127	0.270	3
	자일렌	0.16	0.058	0.090	4	0.043	0.080	3
	메틸에틸케톤	0.44	0.633	1.680	4	3.120	6.620	3
	메틸아이소뷰틸케톤	0.17	0.010	0.020	3	0.023	0.040	3
	뷰틸아세테이트	0.008	0.035	0.070	2	0.137	0.370	3
	i-뷰틸알코올	0.011	0.035	0.040	2	0.190	0.500	3
지방산류	프로피온산	0.0057	13.5	14.7	2	0.537	0.537	1
	n-뷰틸산	0.00019	0.970	1.379	2	0.423	0.423	1
	n-발레르산	0.000037	1.055	1.785	2	0.113	0.140	2
	i-발레르산	0.000078	1.138	1.402	2	0.270	0.270	1





※ 악취기여도(%) : $\left\{ \frac{(\text{개별악취물질 농도}/\text{개별악취물질의 최소감지농도})}{[(\text{개별악취물질 농도}/\text{개별악취물질의 최소감지농도})\text{의 총합}]} \right\} \times 100$

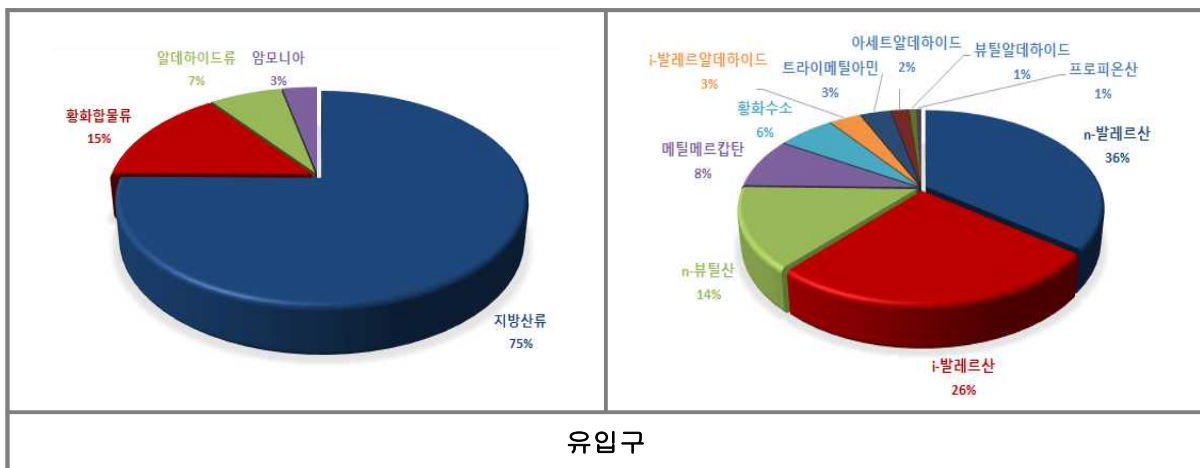
<그림 7-4> 슬러지처리과정 지정악취물질 계열별 및 항목별 기여도

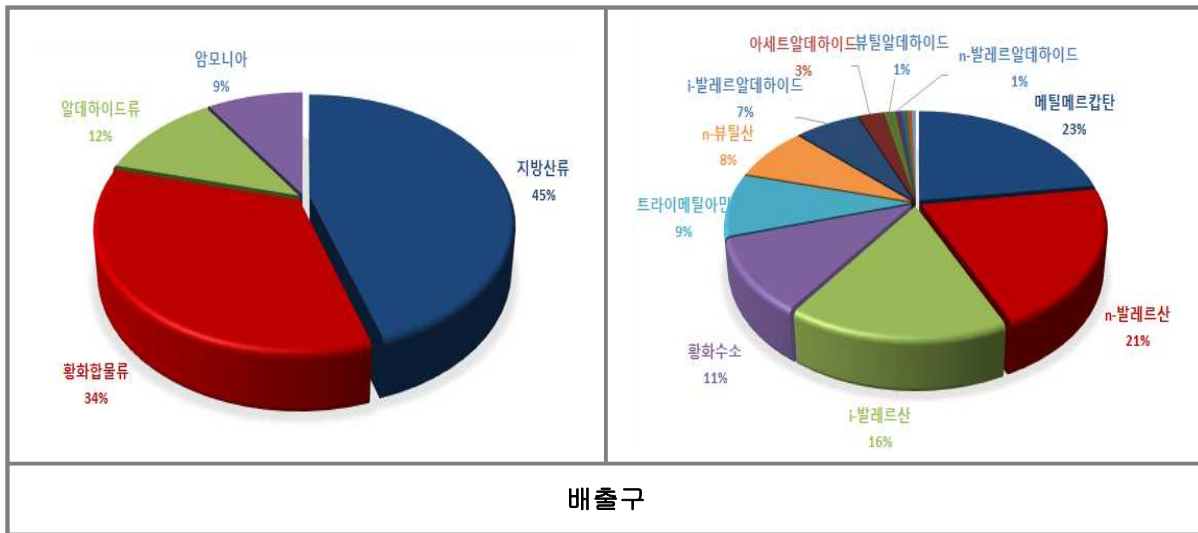
나. 악취방지시설

악취방지시설로 유입되는 주요 지정악취물질의 기여도는 지방산류 및 황화합물류가 높은 비율을 차지하며, 항목별 기여도는 n-발레르산이 상대적으로 높은 기여도를 보이고 있다.

<표 7-6> 악취방지시설 지정악취물질 농도

구 분		악취방지시설(ppm)							
지정악취물질(ppm)		유입구			배출구			처리효율 (평균,%)	
항목	최소 감지농도	평균	최대	시료수 (개)	평균	최대	시료수 (개)		
암모니아		1.5	17.7	316.8	61	8.176	184.0	39	54
트라이메틸아민		0.000032	0.071	0.553	35	0.125	1.909	21	-
황 화 합 물 류	황화수소	0.00041	1.700	15.0	78	1.887	29.7	46	-
	메틸메르캡탄	0.00007	0.399	2.830	69	0.681	9.909	42	-
	다이메틸설파이드	0.003	0.184	1.261	73	0.219	3.093	41	-
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.209	1.732	60	0.456	11.9	41	-
알 데 하 이드 류	아세트알데하이드	0.0015	1.997	13.5	70	1.692	7.640	46	15
	프로피온알데하이드	0.001	0.270	1.900	62	0.237	1.267	40	12
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.350	1.723	68	0.359	1.748	45	-
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.087	0.594	46	0.101	0.727	28	-
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.231	1.308	59	0.287	2.253	40	-
	스타이렌	0.035	0.192	5.910	67	0.094	2.200	45	51
V O C S 류	톨루엔	0.33	0.349	2.360	69	0.319	1.270	46	9
	자일렌	0.16	0.076	0.960	68	0.061	0.580	46	20
	메틸에틸케톤	0.44	0.509	3.280	69	0.474	6.690	45	7
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.010	0.040	54	0.013	0.090	37	-
	뷰틸아세테이트	0.008	0.037	0.290	42	0.023	0.120	27	38
	i-뷰틸알코올	0.011	0.043	0.360	54	0.043	0.580	35	-
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	2.031	10.9	24	1.123	2.516	8	45
	n-뷰틸산	0.00019	1.774	5.796	24	0.653	1.946	11	63
	n-발레르산	0.000037	0.886	3.380	27	0.327	1.548	12	63
	i-발레르산	0.000078	1.364	4.513	27	0.544	2.202	9	60





<그림 7-5> 악취방지시설 지정악취물질 계열별 및 항목별 기여도

7.2.3 총괄(복합악취 및 지정악취물질)

슬러지처리시설에서의 복합악취는 건조시설 및 부속·탄화시설에서 상대적으로 높게 발생하고 있으며, 설비동의 실내공간에서는 낮은 복합악취를 보이고 있다. 지정악취물질은 계열별 기여도는 황화합물류 및 지방산류가 높은 비율을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

<표 7-7> 처리공정별 복합악취 및 주요 지정악취물질 기여도

구 분	복합악취(평균) (배)	주요 지정악취물질 기여도(%)	
		계열별	항목별
슬러지처리공정	설비동(실내)	873	-
	슬러지저장조	8,431	황화합물류 99%
	건조시설	24,548	황화합물류 74%, 지방산류 17%
	부속·탄화시설	9,822	황화합물류 66%, 암모니아 34%
악취 방지시설	유입구	18,224	지방산류 75%, 황화합물류 15%
	배출구	8,590	지방산류 45%, 황화합물류 34%

7.3 발생원별 악취물질 측정·분석

7.3.1 슬러지처리과정

하수처리시설에서 발생하는 탈수케이크를 건조, 부숙화 및 탄화공정을 거쳐 비료용으로 농가에 공급하거나, 자원화(열원) 목적으로 설치된 시설이다.

가. 설비동(실내)

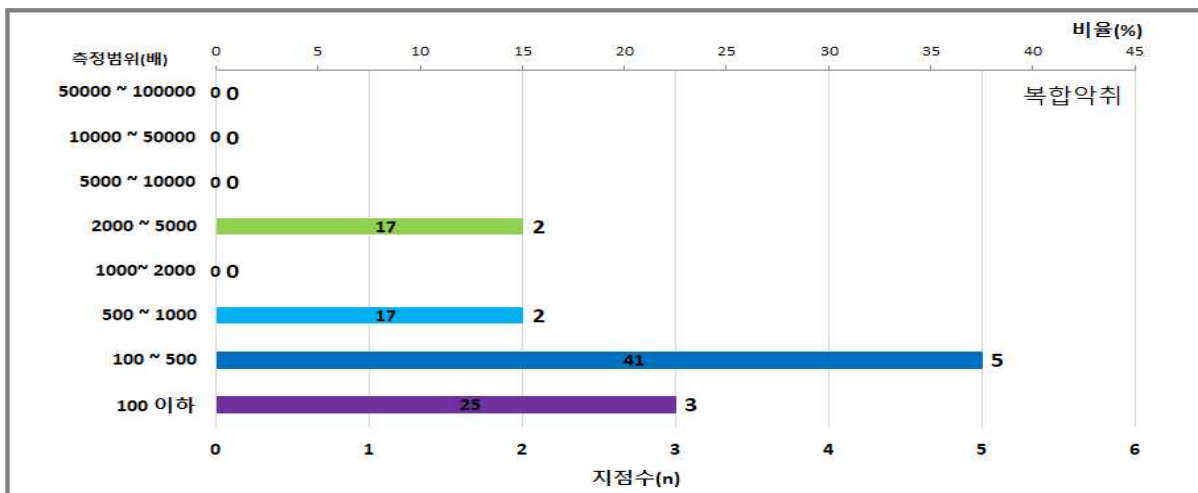
설비동은 하수슬러지 반입공간, 건조기 등이 설치된 기계실, 제품 보관 및 반출실로 구성하였으며, 주요 측정지점은 설비동 실내공간이다.

(1) 복합악취

설비동 실내공간에서 발생하는 복합악취 측정범위는 100~500배가 41%로 상대적으로 높은 비율을 차지하며, 100배 이하 25%, 500~1,000배 17%순으로 나타났다.

<표 7-8> 설비동(실내) 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 12개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	-	-
2,000 ~ 5,000	17	2
1,000 ~ 2,000	-	-
500 ~ 1,000	17	2
100 ~ 500	41	5
100 이하	25	3



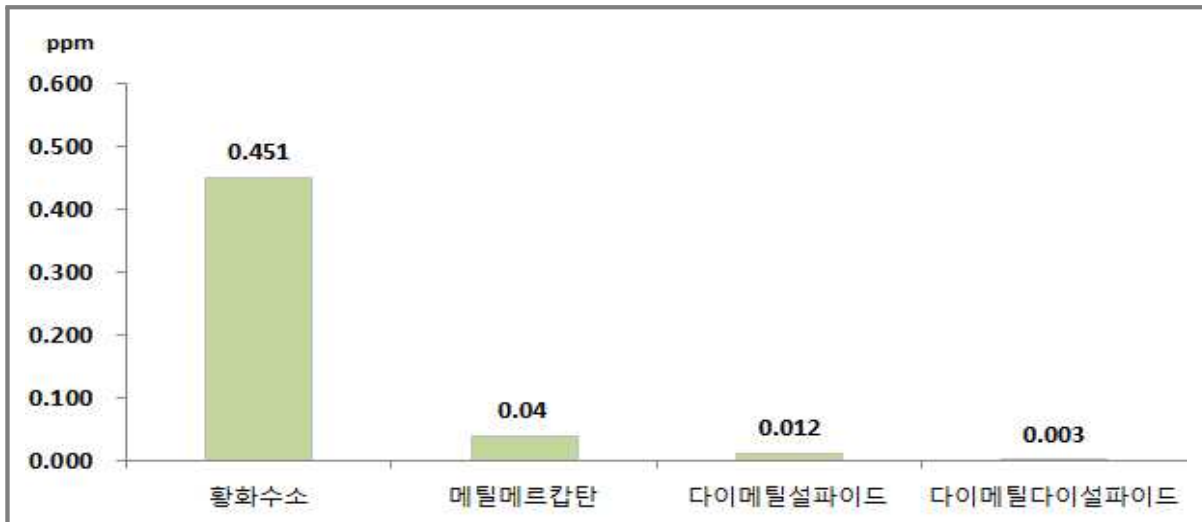
<그림 7-6> 설비동(실내) 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

설비동(실내)는 지정악취물질 중 대부분 황화합물류를 측정하였으며, 각 항목별 평균농도는 황화수소 0.451ppm, 메틸메르캅탄 0.040ppm, 다이메틸설파이드 0.012ppm, 다이메틸다이설파이드 0.003ppm으로 나타났다.

<표 7-9> 설비동(실내) 지정악취물질 농도 측정범위

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과		
황화합물류	황화수소	0.00041	0.451	-	-	50	-	50	-	4
	메틸메르캅탄	0.00007	0.040	-	-	100	-	-	-	4
	다이메틸설파이드	0.003	0.012	-	-	100	-	-	-	1
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.003	-	100	-	-	-	-	1



<그림 7-7> 설비동(실내) 황화합물류 평균 농도

나. 슬러지저장조

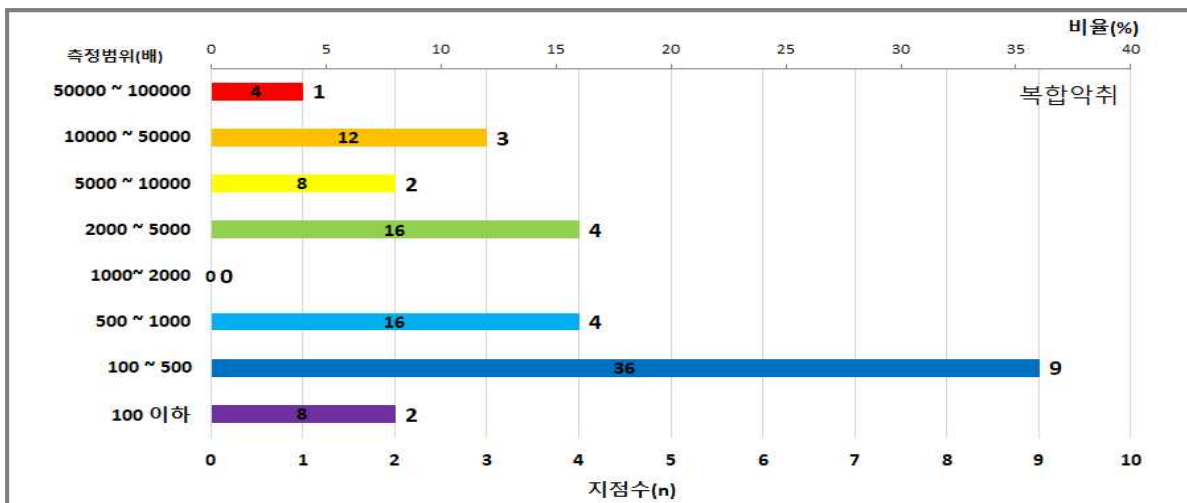
슬러지저장조는 하수처리시설에서 운반된 탈수케이크를 슬러지처리공정에 투입 전 일시 저장하는 시설이며, 주요 측정지점은 슬러지저장조 내부 및 주변이다.

(1) 복합악취

슬러지저장조에서 발생하는 복합악취 측정범위는 100~500배 36%, 500~1,000배 16%, 2,000~5,000배 16%, 100배 이하 8%순이며, 5,000배를 초과하는 경우는 24%로 나타났다.

<표 7-10> 슬러지저장조 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 25개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	24	6
2,000 ~ 5,000	16	4
1,000 ~ 2,000	-	-
500 ~ 1,000	16	4
100 ~ 500	36	9
100 이하	8	2



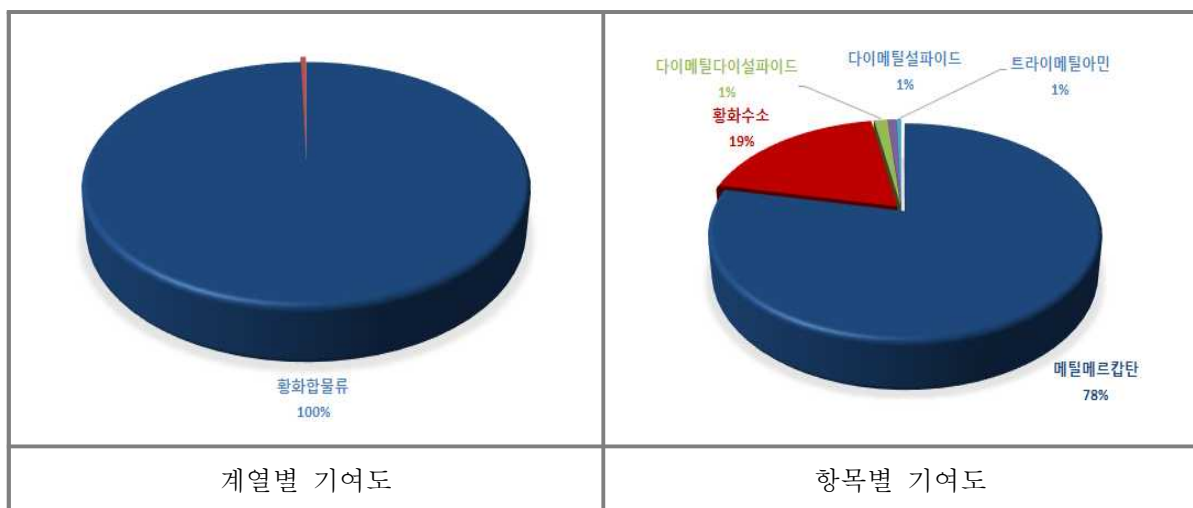
<그림 7-8> 슬러지저장조 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

지정악취물질 계열별 기여도는 황화합물류가 99%로 대부분을 차지하며, 항목별 기여도는 황화합물류의 메틸메르캡탄 78%, 황화수소 19%순으로 나타났다.

<표 7-11> 슬러지저장조 지정악취물질 농도 측정범위

구분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과	
암모니아	1.5	2.083	-	-	-	43	43	14	7
트라이메틸아민	0.000032	0.006	-	80	20	-	-	-	5
황화합물류	황화수소	0.00041	-	8	33	25	8	26	12
	메틸메르캅탄	0.00007	-	-	45	27	-	28	11
	다이메틸설파이드	0.003	-	23	38	8	15	16	13
	다이메틸다이설파이드	0.0022	1.242	18	9	27	18	18	10
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	-	-	86	14	-	-	7
	프로피온알데하이드	0.001	-	-	100	-	-	-	4
	뷰틸알데하이드	0.00067	-	-	100	-	-	-	5
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.010	-	-	100	-	-	1
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.006	-	33	67	-	-	3
VOCs류	스타이렌	0.035	43	-	57	-	-	-	7
	톨루엔	0.33	0.274	-	-	57	14	29	7
	자일렌	0.16	0.054	43	-	43	14	-	7
	메틸에틸케톤	0.44	0.236	14	-	72	-	14	7
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.005	67	-	33	-	-	6
	뷰틸아세테이트	0.008	0.013	25	-	75	-	-	4
	i-뷰틸알코올	0.011	0.080	40	-	20	40	-	5
지방산류	프로피온산	0.0057	-	-	-	-	-	-	-
	n-뷰틸산	0.00019	-	-	-	-	-	-	-
	n-발레르산	0.000037	-	-	-	-	-	-	-
	i-발레르산	0.000078	-	-	-	-	-	-	-



<그림 7-9> 슬러지저장조 지정악취물질 기여도

다. 건조시설

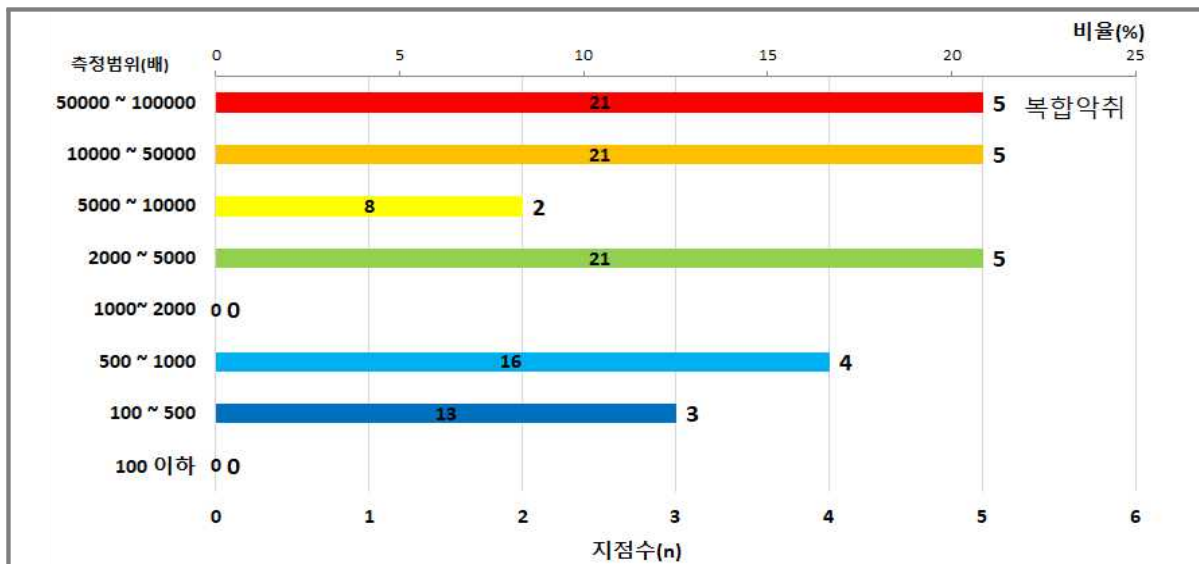
하수슬러지의 함수율을 저감시키는 처리시설이며, 주요 측정지점은 처리시설 주변이다.

(1) 복합악취

건조시설에서 발생하는 복합악취 측정범위는 5,000배를 초과하는 경우는 50%로 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있으며, 2,000~5,000배 21%, 500~1,000배 16%, 100~500배 13%순으로 나타났다.

<표 7-12> 건조시설 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 24개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	50	12
2,000 ~ 5,000	21	5
1,000 ~ 2,000	-	-
500 ~ 1,000	16	4
100 ~ 500	13	3
100 이하	-	-



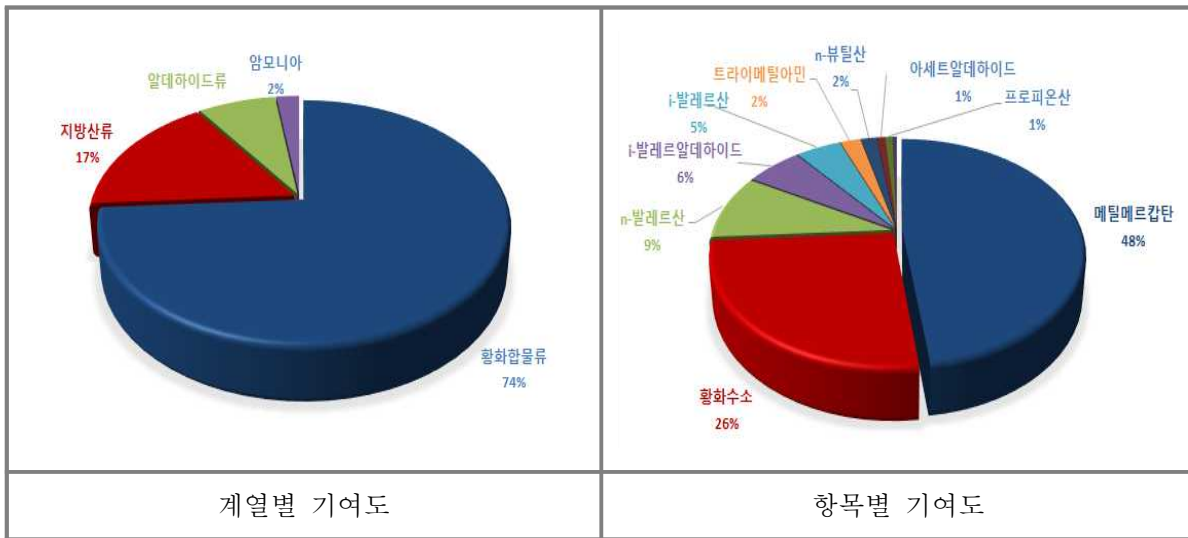
<그림 7-10> 건조시설 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

지정악취물질 계열별 기여도는 황화합물류 74%, 지방산류 17%, 알데하이드류 7%, 암모니아 2%를 차지하며, 항목별 기여도는 메틸메르캅탄 48%, 황화수소 26%, n-발레르산 9%, i-발레르알데하이드 6%순으로 나타났다.

<표 7-13> 건조시설 지정악취물질 농도 측정범위

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과		
암모니아	1.5	16.6	-	-	33	-	-	67	3	
트라이메틸아민	0.000032	0.210	-	50	-	50	-	-	2	
황화합물류	황화수소	0.00041	-	7	29	21	14	29	14	
	메틸메르캅탄	0.00007	-	13	53	-	-	34	15	
	다이메틸설파이드	0.003	-	11	56	11	11	11	9	
	다이메틸다이설파이드	0.0022	1.729	-	22	44	11	11	12	9
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	-	-	20	20	-	60	5	
	프로피온알데하이드	0.001	-	-	40	40	20	-	5	
	뷰틸알데하이드	0.00067	-	-	40	-	40	20	5	
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.046	-	33	33	34	-	3	
	i-발레르알데하이드	0.0001	1.805	-	-	25	-	50	25	4
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.010	75	-	25	-	-	-	4
	톨루엔	0.33	0.045	-	-	100	-	-	-	4
	자일렌	0.16	0.058	25	-	75	-	-	-	4
	메틸에틸케톤	0.44	0.633	25	-	-	25	50	-	4
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.010	33	-	67	-	-	-	3
	뷰틸아세테이트	0.008	0.035	50	-	50	-	-	-	2
	i-뷰틸알코올	0.011	0.035	-	-	100	-	-	-	2
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	13.5	-	-	-	-	-	100	2
	n-뷰틸산	0.00019	0.970	-	-	-	-	100	-	2
	n-발레르산	0.000037	1.055	-	-	-	50	50	-	2
	i-발레르산	0.000078	1.138	-	-	-	-	100	-	2



<그림 7-11> 건조시설 지정악취물질 기여도

라. 부숙·탄화시설

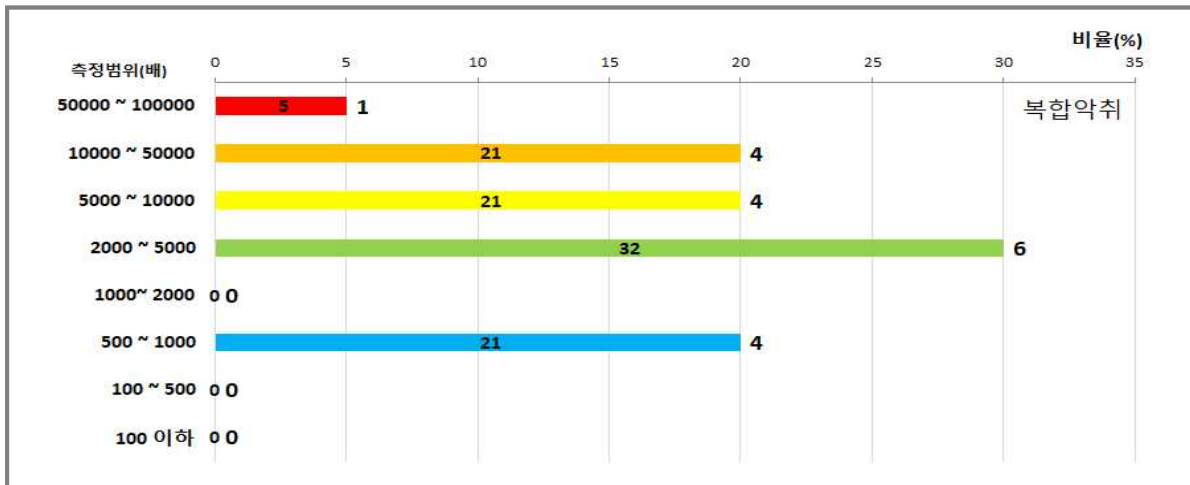
슬러지처리시설에서 슬러지를 제품(비료 등)화하는 주 처리시설이며, 주요 측정 지점은 시설 주변 및 내부이다.

(1) 복합악취

부숙·탄화시설에서 발생하는 복합악취 측정범위는 5,000배를 초과하는 경우가 50%로 상대적으로 높은 비율을 차지하고 있으며, 2,000~5,000배 26%, 100~500배 15%순으로 나타났다.

<표 7-14> 부숙·탄화시설 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 19개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	47	9
2,000 ~ 5,000	32	6
1,000 ~ 2,000	-	-
500 ~ 1,000	21	4
100 ~ 500	-	-
100 이하	-	-



<그림 7-12> 부숙·탄화시설 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

지정악취물질 계열별 기여도는 암모니아가 89%, 황화합물류 10%로 대부분을 차지하며, 항목별 기여도는 트라이메틸아민 90%, 메틸메르캡탄 7%순으로 나타났다.

<표 7-15> 부숙·탄화시설 지정악취물질 농도 측정범위

구분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과	
암모니아	1.5	88.8	-	-	-	-	-	100	3
트라이메틸아민	0.000032	1.235	-	-	-	50	-	50	2
황화합물류	황화수소	0.00041	-	-	-	-	-	100	7
	메틸메르캡탄	0.00007	-	-	-	-	-	100	8
	다이메틸설파이드	0.003	66.9	-	-	-	-	11	89
	다이메틸다이설파이드	0.0022	1,538	-	-	-	-	-	100
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	-	-	-	-	-	100	4
	프로피온알데하이드	0.001	25.6	-	-	-	-	-	100
	뷰틸알데하이드	0.00067	172.70	-	-	-	-	-	100
	n-발레르알데하이드	0.00041	52.6	-	-	-	-	-	100
	i-발레르알데하이드	0.0001	327.8	-	-	-	-	-	100

<표 7-15> 계 속

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.000~0.001	0.001~0.005	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과		
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.073	33	-	33	34	-	-	3
	톨루엔	0.33	0.127	-	-	67	33	-	-	3
	자일렌	0.16	0.043	33	-	67	-	-	-	3
	메틸에틸케톤	0.44	3.120	-	-	-	33	-	67	3
	메틸아이소뷰틸케톤	0.17	0.023	33	-	67	-	-	-	3
	뷰틸아세테이트	0.008	0.137	-	-	67	33	-	-	3
	i-뷰틸알코올	0.011	0.190	-	-	67	33	-	-	3
지 방 산 류	프로피온산	0.0057	0.537	-	-	-	-	100	-	1
	n-뷰틸산	0.00019	0.423	-	-	-	100	-	-	1
	n-발레르산	0.000037	0.113	-	-	50	50	-	-	2
	i-발레르산	0.000078	0.270	-	-	-	100	-	-	1



<그림 7-13> 부속·탄화시설 지정악취물질 기여도

7.3.2 악취방지시설

슬러지처리시설의 처리공정에서 발생하는 악취를 포집·처리하는 시설로, 주요 악취방지시설은 미생물에 의한 방식(바이오 필터), 수세정방식, 약액세정방식 등이 설치되어 운영 중에 있다.

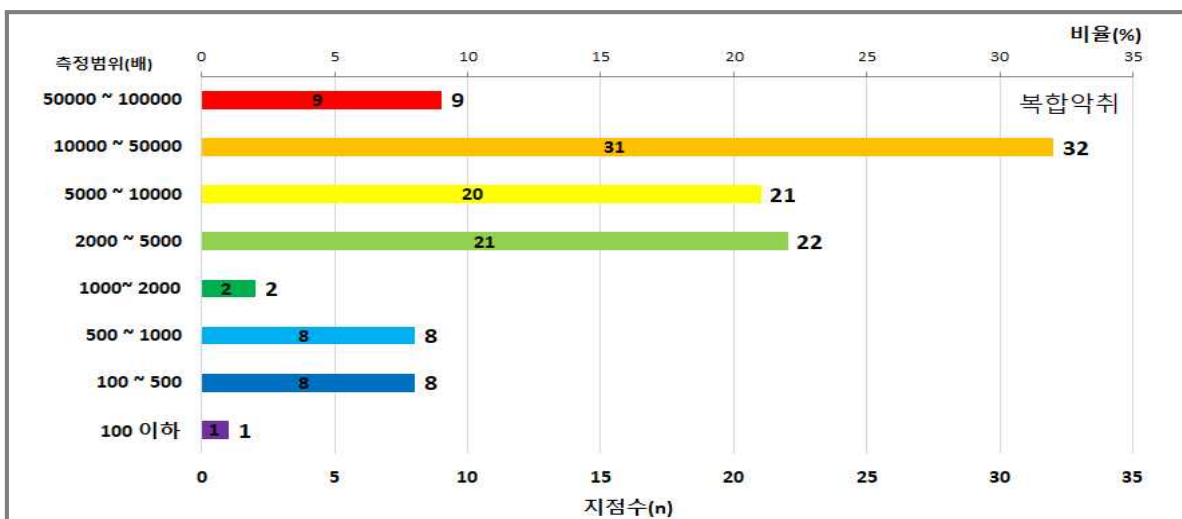
가. 유입구

(1) 복합악취

유입구에서 발생하는 복합악취 측정범위는 5,000배를 초과하는 경우는 60%로 상대적으로 높은 비율을 보이고 있으며, 2,000~5,000배 21%, 100~500배 8%, 500~1,000배 8%순으로 나타났다.

<표 7-16> 유입구 복합악취 측정범위

복합악취(총 시료수 : 103개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	60	62
2,000 ~ 5,000	21	22
1,000 ~ 2,000	2	2
500 ~ 1,000	8	8
100 ~ 500	8	8
100 이하	1	1



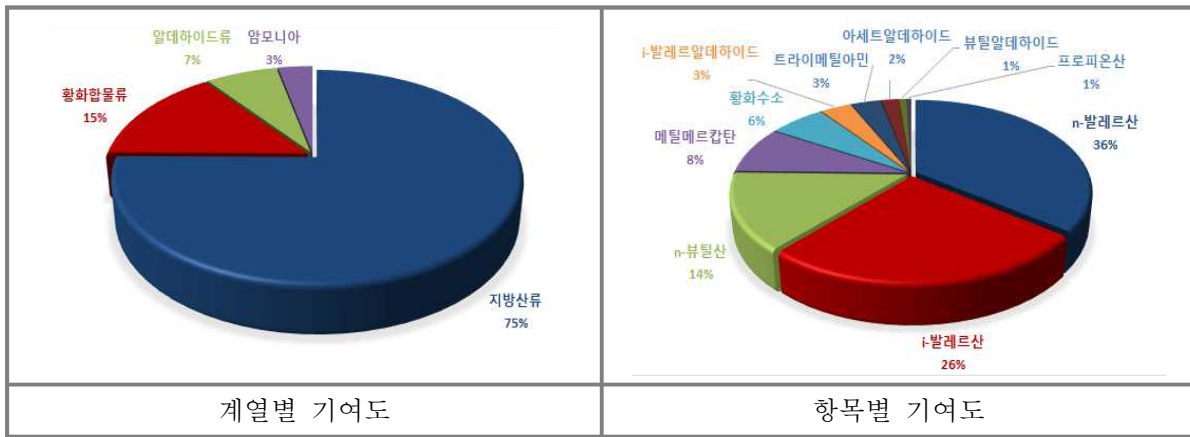
<그림 7-14> 유입구 복합악취 측정범위

(2) 지정악취물질

유입구에서 발생하는 지정악취물질 계열별 기여도는 지방산류 75%, 황화합물류 15%, 알데하이드류 7%, 암모니아 3%의 비율을 차지하며, 항목별 기여도는 n-발레르산 36%, i-발레르산 26%, n-뷰틸산 14%, 메틸메르캅탄 8%순으로 나타났다.

<표 7-17> 유입구 지정악취물질 농도 및 측정범위

구 분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)	
			0.0000~0.0010	0.0010~0.0050	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과		
암모니아	1.5	17.7	7	-	20	21	21	31	61	
트라이메틸아민	0.000032	0.071	14	23	48	9	6	-	35	
황화합물류	황화수소	0.00041	1.700	-	6	24	19	24	27	78
	메틸메르캅탄	0.00007	0.399	1	4	43	28	17	7	69
	다이메틸설파이드	0.003	0.184	-	-	62	23	15	-	73
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.209	-	3	51	33	13	-	60
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	1.997	-	-	23	31	16	30	70
	프로피온알데하이드	0.001	0.270	-	2	52	23	23	-	62
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.350	-	-	44	28	28	-	68
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.087	-	13	63	20	4	-	46
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.231	-	-	41	47	12	-	59
V O C S 류	스타이렌	0.035	0.192	24	4	51	15	4	2	67
	톨루엔	0.33	0.349	1	-	35	43	19	2	69
	자일렌	0.16	0.076	24	4	54	15	3	-	68
	메틸에틸케톤	0.44	0.509	3	-	30	28	35	4	69
	메틸아이소뷰틸케톤	0.17	0.010	33	4	63	-	-	-	54
	뷰틸아세테이트	0.008	0.037	33	2	53	12	-	-	42
	i-뷰틸알코올	0.011	0.043	15	4	72	9	-	-	54
지방산류	프로피온산	0.0057	2.031	-	-	-	17	54	29	24
	n-뷰틸산	0.00019	1.774	-	-	8	25	29	38	24
	n-발레르산	0.000037	0.886	-	4	22	26	33	15	27
	i-발레르산	0.000078	1.364	-	-	7	30	30	33	27



<그림 7-15> 유입구 지정약취물질 기여도

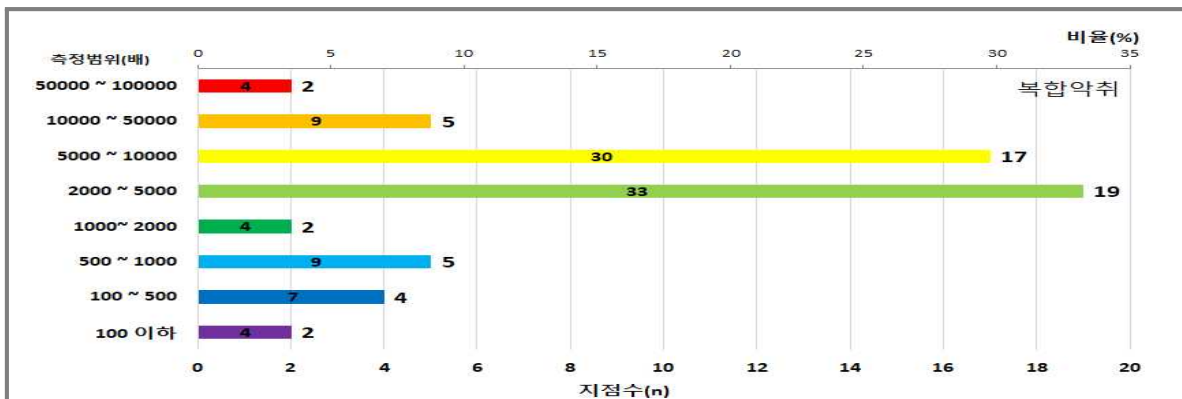
나. 배출구

(1) 복합약취

배출구에서 발생하는 복합약취 측정범위는 5,000배를 초과하는 경우는 43%로 상대적으로 높은 비율을 보이고 있으며, 2,000~5,000배 33%, 500~1,000배 9%, 100~500배 7%순으로 나타났다.

<표 7-18> 배출구 복합약취 측정범위

복합약취(총 시료수 : 56개)		
측정범위(배)	비율(%)	시료수(개)
5,000 초과	43	24
2,000 ~ 5,000	33	19
1,000 ~ 2,000	4	2
500 ~ 1,000	9	5
100 ~ 500	7	4
100 이하	4	2



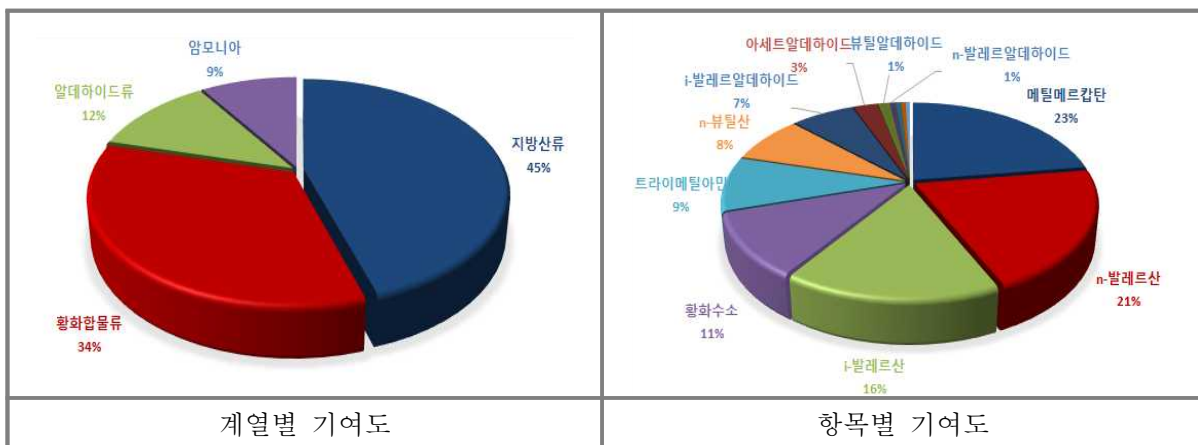
<그림 7-16> 배출구 복합약취 측정범위

(2) 지정악취물질

배출구에서 발생하는 지정악취물질 계열별 기여도는 지방산류 45%, 황화합물류 34%, 알데하이드류 12%, 암모니아 9%의 비율을 차지하며, 항목별 기여도는 메틸메르캅탄 23%, n-발레르산 21%, i-발레르산 16%, 황화수소 11%순으로 나타났다.

<표 7-19> 배출구 지정악취물질 농도 및 측정범위

구분	최소감지농도 (ppm)	평균 (ppm)	비율(%)						시료수 (개)
			0.0000~0.0010	0.0010~0.0050	0.005~0.100	0.101~0.500	0.501~2.000	2.0 초과	
암모니아	1.5	8.176	10	-	26	23	21	20	39
트라이메틸아민	0.000032	0.125	10	14	66	5	5	-	21
황화합물류	황화수소	0.00041	-	15	26	20	15	24	46
	메틸메르캅탄	0.00007	2	2	40	31	14	11	42
	다이메틸설파이드	0.003	-	2	54	34	7	3	41
	다이메틸다이설파이드	0.0022	0.456	-	17	39	34	7	3
알데하이드류	아세트알데하이드	0.0015	-	-	28	28	11	33	46
	프로피온알데하이드	0.001	-	5	57	18	20	-	40
	뷰틸알데하이드	0.00067	0.359	-	2	42	27	29	45
	n-발레르알데하이드	0.00041	0.101	-	11	64	21	4	28
	i-발레르알데하이드	0.0001	0.287	-	-	35	55	8	2
VOCs	스타이렌	0.035	27	2	60	9	-	2	45
	톨루엔	0.33	0.319	9	-	30	35	26	46
	자일렌	0.16	0.061	26	-	57	15	2	46
	메틸에틸케톤	0.44	0.474	4	-	42	27	24	45
	메틸아이스뷰틸케톤	0.17	0.013	43	-	57	-	-	37
	뷰틸아세테이트	0.008	0.023	19	4	73	4	-	27
	i-뷰틸알코올	0.011	0.043	11	3	83	-	3	35
지방산류	프로피온산	0.0057	-	-	13	38	13	36	8
	n-뷰틸산	0.00019	0.653	-	-	18	36	46	11
	n-발레르산	0.000037	0.327	-	-	25	58	17	12
	i-발레르산	0.000078	0.544	-	-	56	22	11	9



<그림 7-17> 배출구 지정악취물질 기여도

7.4 문제점 및 개선방안

가. 슬러지건조기 주변 구획화 및 악취포집시설 설치

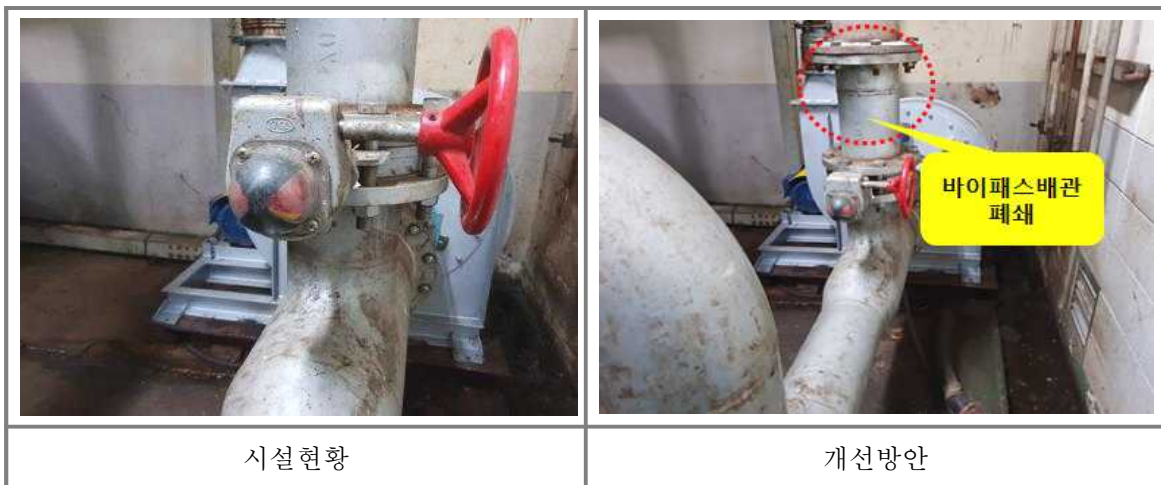
슬러지건조기의 상부에 비닐 재질의 임시 부스가 설치되어 있으나 훼손되어 건조기에서 발생하는 악취가스가 실내로 확산되고 있는 상태로, 건조기 주변의 구획화 및 상부에 악취포집시설을 설치하여 악취확산을 최소화하도록 한다.



<그림 7-18> 슬러지건조기 주변 구획화 및 악취포집시설 설치

나. 건조배가스 유입 방지

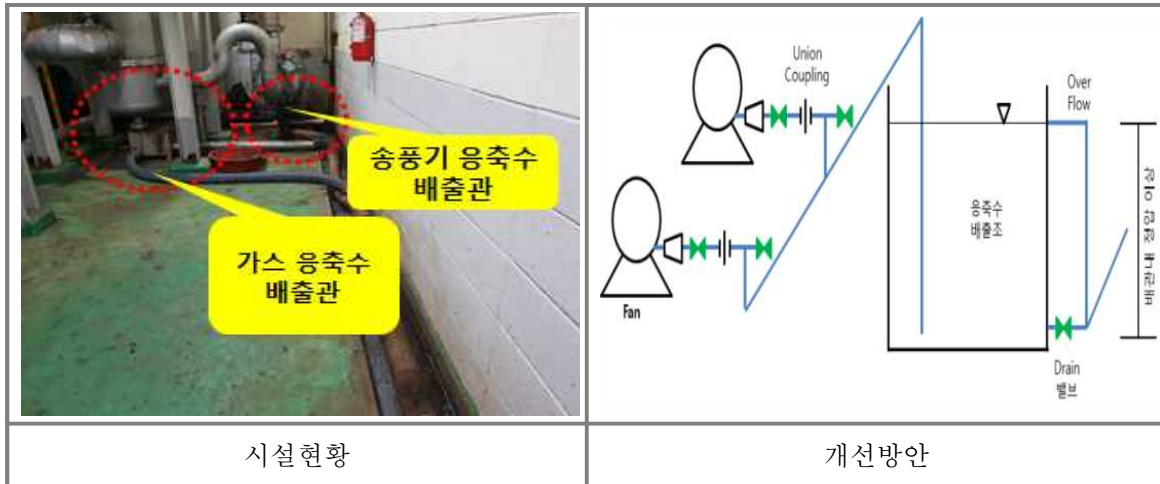
슬러지 건조기에서 발생된 배가스는 송풍기에 의해 소각로로 유입시켜 처리하나, 방지시설과 연결된 바이패스관을 통해 유입되고 있어 건조배가스가 유입되지 않도록 개선이 요구된다. 한편 소각로 미가동 시 건조기 운영을 중단한다.



<그림 7-19> 건조배가스 유입 방지

다. 응축수 배출방법 개선

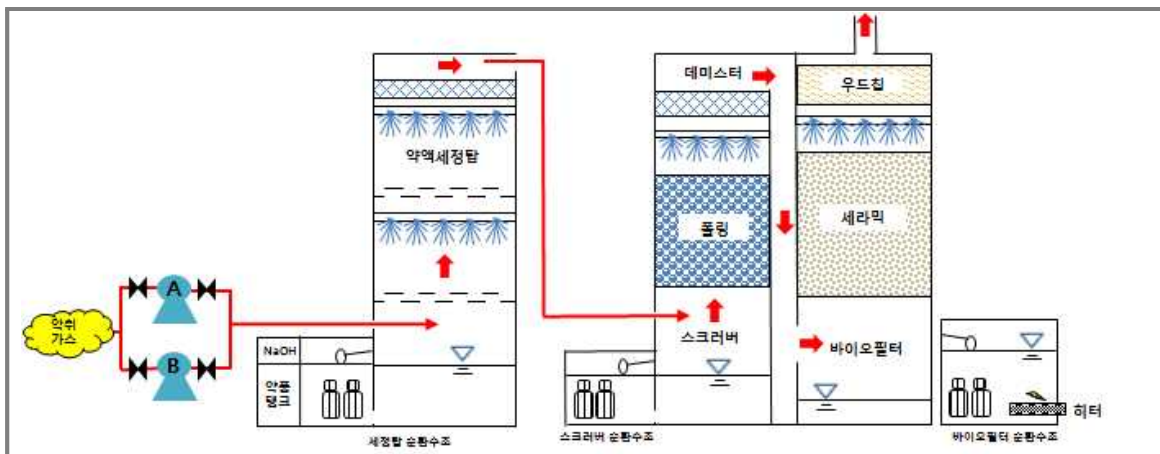
건조배가스에 포함된 수분을 제거하기 위해 가스 응축기를 운영하고 있으나, 발생된 응축수 배관을 통해 건조배가스가 확산될 수 있어 응축수 배출조를 설치하여 응축수 배관을 통해 악취가스가 확산되지 않도록 개선이 요구된다.



<그림 7-20> 응축수 배출방법 개선

라. 악취방지시설 추가 설치

기존의 바이오필터로 고농도 악취가스를 처리할 경우 미생물에 의한 악취처리에 한계가 나타날 수 있으므로 전단에 약액세정탑(NaOH 등 약품사용)을 추가로 설치하여 1차 고농도 악취가스의 농도를 저감시킨 후 2차 바이오필터로 잔여 악취를 처리할 수 있도록 개선이 요구된다.

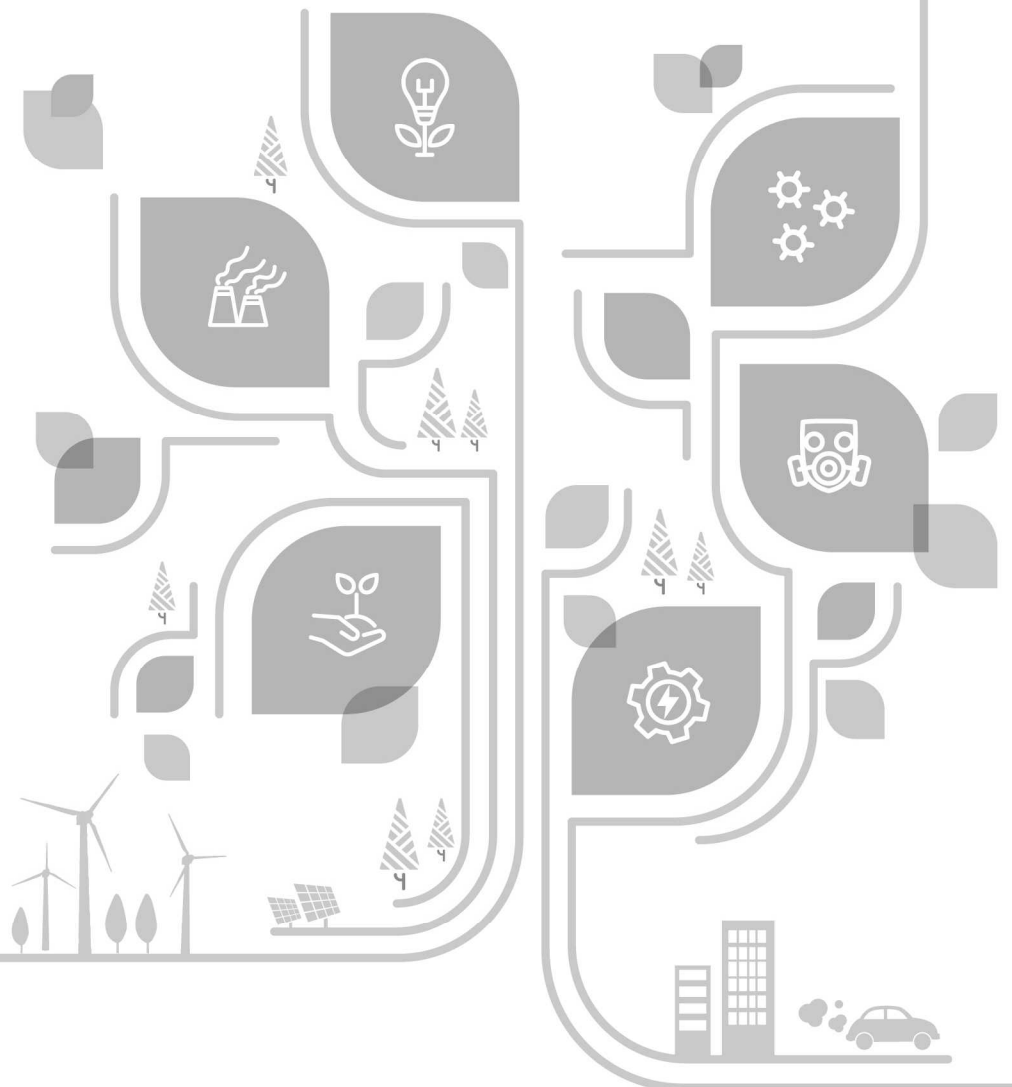


<그림 7-21> 악취방지시설 추가 설치

제 8 장

악취방지시설

1. 악취방지시설 설치현황
2. 악취방지시설 악취물질 측정·분석
3. 악취방지기술



제8장 악취방지시설

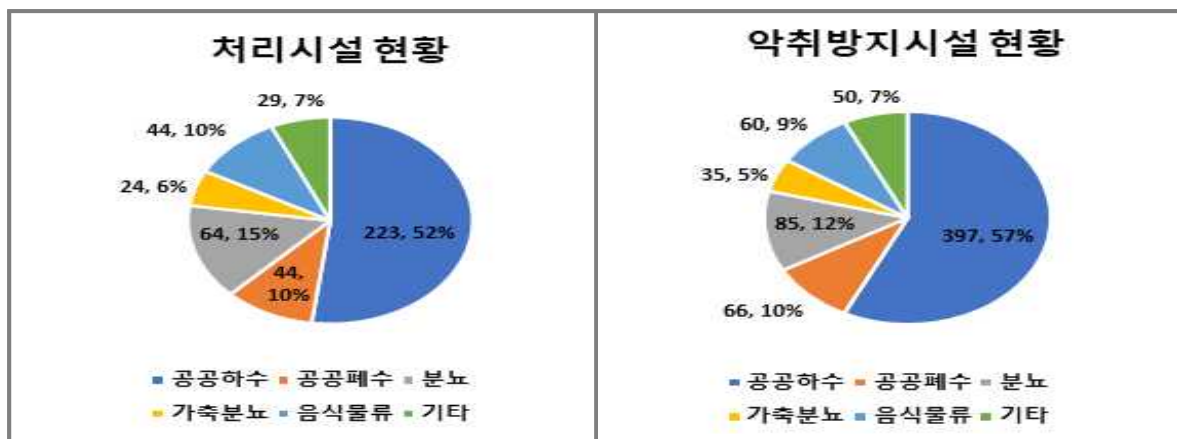
8.1 공공환경시설 악취방지시설 현황

8.1.1 개요

악취방지시설에 대한 사례집 자료는 2014년~2018년도에 악취기술진단을 실시했던 공공환경시설(5종) 및 기타 처리시설(슬러지 등)에 대하여 악취방지시설 현황이 조사된 486개 처리시설을 대상으로 현황 분석을 수행하였다. 기타로 분류된 처리시설은 슬러지, 분뇨 및 가축분뇨 병합, 음폐수, 침출수, 소각 시설 등이 이에 해당된다. 대상 처리시설 중 악취방지시설이 설치되어 있는 처리시설은 428개소로 조사 대상시설의 88.1%의 비율로 나타났으며, 악취방지시설이 설치되어 있지 않은 시설은 58개로 약 11.9%로 나타났다. 한편, 악취방지시설이 설치되어 있는 428개소의 악취방지시설의 총수는 693개로 조사되었으며, 이 중 131개 시설에는 악취방지시설이 복수로 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

<표 8-1> 처리시설 및 악취방지시설 현황

구 분	처리시설(개소) 및 악취방지시설(수)						
	총계	공공하수	공공폐수	분뇨	가축분뇨	음식물류	기타
처리시설	428	223	44	64	24	44	29
악취방지시설	693	397	66	85	35	60	50



<그림 8-1> 처리시설 및 악취방지시설 현황

8.1.2 악취방지시설 처리방법 현황

가. 악취방지시설 처리방법 분류

공공환경시설 및 기타시설(슬러지처리시설 등)에 설치되어 있는 악취방지시설의 주요 처리방법은 생물학적, 화학적, 물리적, 복합처리 방법으로 구성되어 있는 것으로 파악되었다.

<표 8-2> 악취방지시설 처리방법 분류

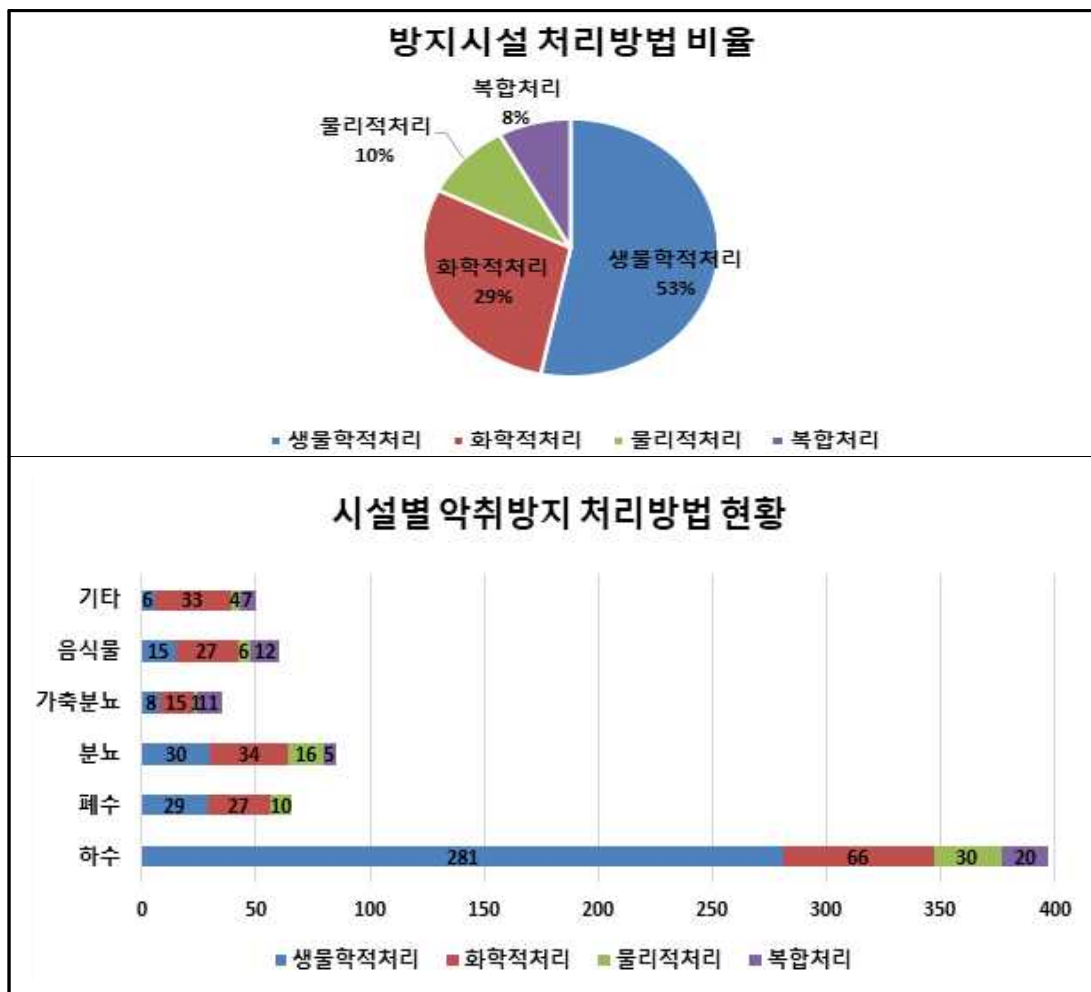
구분	처리방법 분류
생물학적 방법	바이오필터법, 포기식산화법, 토양탈취법 등
화학적 방법	약액세정법, 산화법, 연소법, 중화법 등
물리적 방법	수세정법, 흡착법, 등
복합처리	2종 이상의 처리방법(화학적방법+생물학적방법, 화학적방법+물리적방법 등)

나. 악취방지시설 처리방법 현황

처리시설에 설치된 악취방지시설 중 생물학적 처리방법으로 적용된 비율이 53%로 가장 높게 나왔으며, 다음으로 화학적 처리방법으로 29%, 물리적 처리방법이 10%, 복합 처리방법이 8%로 나타났다. 처리시설 구분에 따른 악취방지시설처리방법의 적용 비율은 공공하수 및 폐수처리시설의 경우에는 생물학적 처리방법이 각각 71%, 44%로 높게 나왔으며, 그 외 처리시설의 경우에는 화학적 처리방법으로 적용된 비율이 40~60%로 높게 나타났다. 폐수 및 분뇨처리시설의 경우에는 물리적 처리방법의 적용 비율이 15~19%로 나타났다. 따라서, 공공하수 및 폐수처리시설은 저농도 악취처리에 적합한 생물학적처리방법의 악취방지시설이 주로 설치되었고, 그 외의 공공환경시설은 중저농도 악취처리에 적합한 화학적처리방법의 악취방지시설이 주로 설치되었다. 가축분뇨, 음식물류 처리시설은 중고농도 악취처리에 적합한 복합형 방법의 적용 비율이 20~31%로 다른 시설에 비해 높게 나타났다.

<표 8-3> 악취방지시설 처리방법 현황

처리시설	악취방지시설 처리방법								
	총 계	생물학적처리		화학적처리		물리적처리		복합처리	
		개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)
하수	397	281	71	66	17	30	8	20	5
폐수	66	29	44	27	41	10	15	0	0
분뇨	85	30	35	34	40	16	19	5	6
가축분뇨	35	8	23	15	43	1	3	11	31
음식물	60	15	25	27	45	6	10	12	20
기타	50	6	12	33	66	4	8	7	14



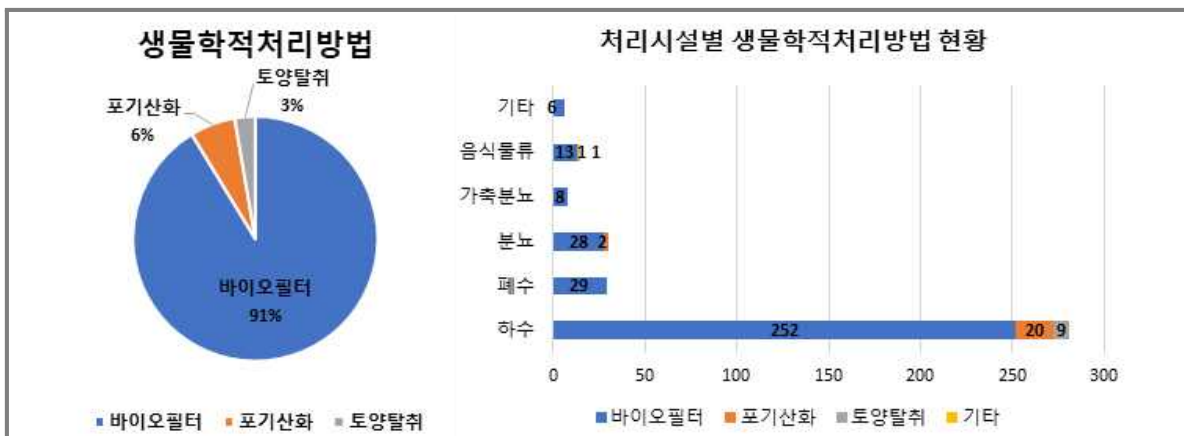
<그림 8-2> 처리시설별 악취방지시설의 처리방법 현황

(1) 생물학적처리방법

생물학적 처리방법 중 바이오필터 방식은 336개로 91%의 비율로 가장 높았으며, 다음으로 포기산화 22개로 6%, 토양탈취 10개로 3%의 비율로 나타났다. 전체 악취방지시설수에서 바이오필터 단일로 적용된 비율이 약 48%로 가장 높게 나타났다. 기타로 분류된 악취방지시설은 이온미생물탈취기로 음식물류 폐기물처리시설에 1기 설치되어 있는 것으로 조사되었다.

<표 8-4> 처리시설별 생물학적 처리방법 현황

구분	생물학적 처리방법									
	총계	바이오필터		포기산화		토양탈취		기타		
		개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)	
하수	281	252	90	20	7	9	3	-	-	
폐수	29	29	100	-	-	-	-	-	-	
분뇨	30	28	93	2	7	-	-	-	-	
가축분뇨	8	8	100	-	-	-	-	-	-	
음식물류	15	13	86	-	-	1	7	1	7	
기타	6	6	100	-	-	-	-	-	-	
합계	369	336	91	22	6	10	3	1	-	



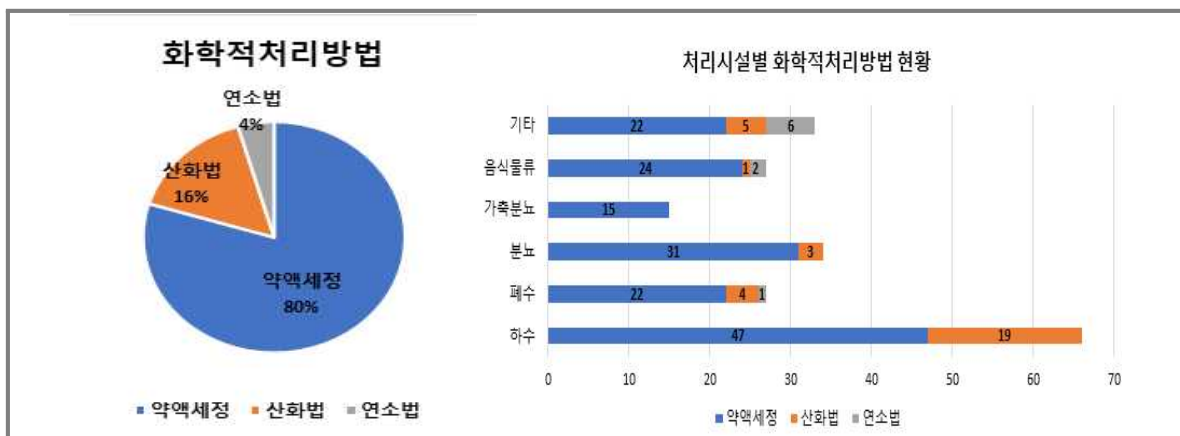
<그림 8-3> 생물학적 처리방법 현황

(2) 화학적처리방법

화학적 처리방법 중 약액세정 방식은 161개로 80%의 비율로 가장 높았으며, 다음으로 산화법 32개로 16%, 연소법 9개로 4%의 비율로 나타났다. 전체 악취방지시설수에서 약액세정 단일로 적용된 비율이 약 23%로 바이오필터 다음으로 높게 나타났다. 산화법의 범주에는 광산화, 플라즈마, 촉매산화, 산소클러스터, 오존산화 방식이 이에 해당한다. 한편, 슬러지 처리 등 기타 시설은 화학적 처리방법 중 연소법의 적용 비율이 18%로 상대적으로 높게 나타났다.

<표 8-5> 처리시설별 화학적 처리방법 현황

구분	화학적 처리방법						
	총계	약액세정		산화법		연소법	
		개소	비율(%)	개소	비율(%)	개소	비율(%)
하수	66	47	71	19	29	-	-
폐수	27	22	81	4	15	1	4
분뇨	34	31	91	3	9	-	-
가축분뇨	15	15	100	-	-	-	-
음식물류	27	24	89	1	4	2	7
기타	33	22	67	5	15	6	18
합계	202	161	80	32	16	9	4



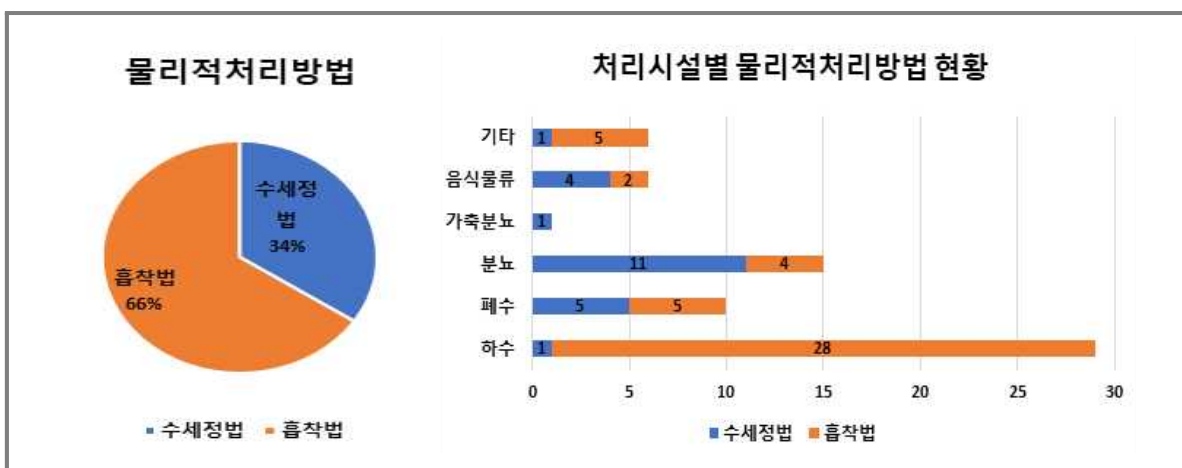
<그림 8-4> 화학적 처리방법 현황

(3) 물리적처리방법

물리적 처리방법이 적용된 총 67개 악취방지시설 중 흡착법은 44개로 66%의 비율로 가장 높았으며, 다음으로 수세정법 23개로 34%의 비율로 나타났다. 흡착법이 가장 많이 적용된 처리시설은 공공하수처리시설로 28개, 다음으로 공공폐수처리시설 5개, 기타 시설 5개로 나타났다. 수세정법이 가장 많이 적용된 처리시설은 분뇨처리시설로 11개가 적용되었다.

<표 8-6> 처리시설별 물리적 처리방법 및 복합 처리방법 현황

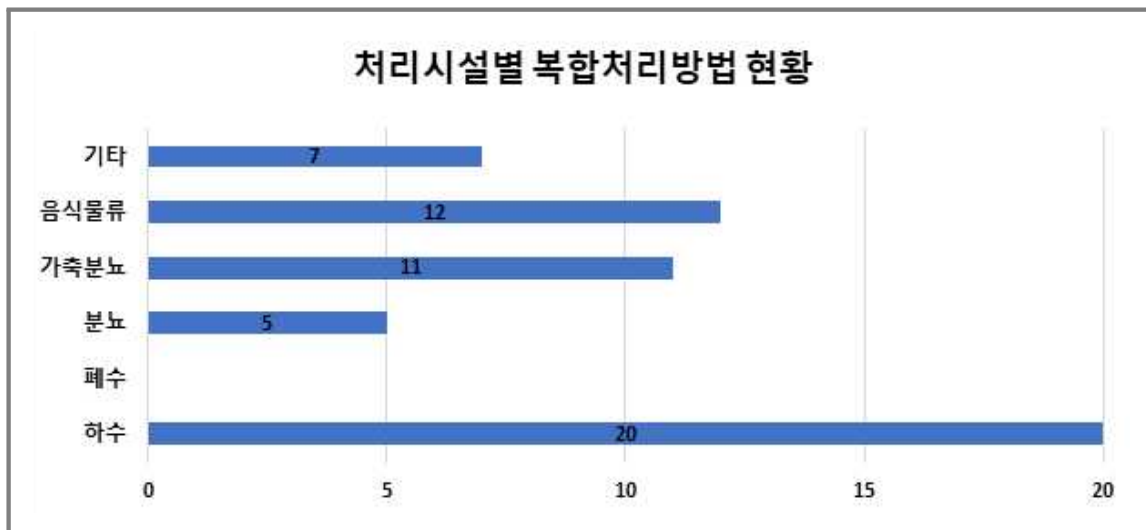
구분	물리적 처리방법					복합 처리방법
	총계	수세정법		흡착법		복합형
		개소	비율(%)	개소	비율(%)	개소
하수	29	1	3	28	97	20
폐수	10	5	50	5	50	-
분뇨	15	11	73	4	27	5
가축분뇨	1	1	100	-	-	11
음식물류	6	4	67	2	33	12
기타	6	1	17	5	83	7
합산	67	23	34	44	66	55



<그림 8-5> 물리적 처리방법 현황

(4) 복합 처리방법

복합 처리방법이 적용된 총 55개 중 가장 많이 적용된 시설은 공공하수처리 시설로 20개, 음식물류 처리시설 12개, 가축분뇨 11개 순으로 높은 것으로 나타났다. 복합 처리방법에는 약액세정+바이오필터 방식이 가장 많았으며, 연소법+약액세정, 산화법+약액세정+흡착법, 세정법+흡착법 등 다양한 조합의 복합 처리방법이 설치되어 있는 것으로 조사되었다.



<그림 8-6> 복합 처리방법 현황

8.2 악취방지기술

악취방지의 최종목표는 개별 악취발생원에서 발생하는 악취를 제거 및 처리하는데 있으나, 이를 위해서는 비용부담 등 제약이 크기 때문에 주변 생활환경을 해치지 않는 정도로까지 악취 발생량을 줄이는 것이 실제 목표가 되는 경우가 많다. 즉, 악취 민원이 발생되면 관리자는 해당시설에 대한 악취실태조사와 악취원인을 규명하여 그 원인이 되는 악취발생 요소를 가능한 제거(운영·관리개선) 및 시설·공정개선, 악취포집설비와 악취방지시설을 설치·운영하여 악취 민원이 해소되도록 노력할 필요가 있다.

8.2.1 악취방지 절차

가. 현황조사

악취문제에 대한 대책을 검토할 경우에는 기본적으로 먼저 처음 시행해야 할 것이 현황파악이다. 즉, 문제가 되는 악취가 어디에서 발생하여, 주변에 어떠한 영향을 주고 있는가를 충분히 파악해 두어야 한다. 악취발생이 예상했던 장소와 다르거나 생각지도 않던 장소에서 발생하고 있는 악취가 주변에 크게 영향을 주고 있을 때도 적지 않다. 따라서 과거의 악취발생 장소에 대한 정보도 함께 활용해야 하며, 이러한 악취발생원에 대한 조사와 함께 주변 환경에 미치는 영향에 대해서도 파악을 해 둘 필요가 있다. 그리고 어느 방향으로 어느 정도의 거리까지 악취가 영향을 주고 있는가를 조사해 두고, 악취농도 뿐만 아니라 악취빈도도 함께 조사할 필요가 있다.

나. 대책마련을 위한 기초조사

악취의 발생기구(Mechanism)를 명백히 하고 적절한 탈취방식이나 공정개선을 검토하기 위한 기초 자료를 준비하고 조사를 실시한다. 악취 발생기구는 기본적으로 공정분석 및 배출구 악취측정(악취세기, 가스유량, 유속 등) 등을 토대로 산출해 볼 수 있으며, 경우에 따라서는 악취성분에 관해서도 측정할 필요가 있다. 악취대책을 검토하는 과정에서는 주요 악취물질에 대한 이화학적 특성 등의 정보가 필수적이며, 이러한 주요 악취물질들의 종류와 발생농도를 기초로 악취 방지시설을 선택하는 것이 매우 중요하다.

다. 방지대책의 검토

구체적인 악취방지대책을 검토하는 단계에서는 운영·관리 개선대책, 시설·공정 개선대책, 악취방지시설 개선대책 및 개선효과에 관한 검토와 추가적인 전문지식이 필요한 경우에는 악취관련 전문기관의 자문을 받을 필요가 있다. 특히, 악취방지시설의 선정과 설치시에는 전문적인 지식과 고도의 기술이 요구되며, 악취방지시설이 고가이므로 경제적인 부담이 될 수 있다. 따라서 관리자들은 악취방지시설 선정시 비용문제로 인하여 악취물질에 대한 처리효율이 낮은 악취방지시설을 선택하는 경우가 있으며, 이러한 선택은 향후 추가적인 대책과 경비가 소요되어 결과적으로 더 많은 경제적인 손실이 발생될 수 있으므로 악취방지시설 선택에 있어 신중할 필요가 있다.

라. 방지대책의 실시

개별 공정에서 발생하는 악취를 최소화하기 위해서는 우선적으로 청소 등의 운영·관리가 필요하며, 밀폐 등의 시설·공정에 대한 개선과 악취포집설비 및 악취방지시설에 대한 개선이 필요하다.

마. 방지효과의 확인

처리시설별 공정에서 배출되는 악취를 측정하여 대책효과와 악취 민원의 현황을 확인할 필요가 있으며, 악취방지시설은 관리 및 유지·보수가 충분히 이루어지지 않을 경우 악취물질에 대한 처리효율이 감소하여 악취 민원이 재발할 수 있으므로 지속적인 관리가 필요하다.

8.2.2 악취방지시설 종류 및 특징

악취대책이라 하면, 악취방지시설을 생각하는 경우가 많으나, 개별 공정에서 발생하는 악취를 최소화 시킬 수 있는 방법을 우선적으로 검토할 필요가 있다. 즉, 악취대책에 있어서는 Weber-Fechner법칙에서 시사하듯이 어떤 시설을 가동하여 발생되기 시작한 악취를 주변에 영향이 없을 때까지 줄이는 것은 대단히 어렵다. 따라서 가급적 악취발생 단계에서부터 대책을 수립하여 추진하는 것이 중요하며, 이러한 대책을 추진하고도 발생하는 악취는 방지시설을 설치하여 저감하는 것이 필요하다.

처리시설별 공정에서 발생하는 악취를 방지하기 위한 대책으로는 크게 악취의 원인이 되는 성분을 제거 및 처리하는 방법과 다른 물질을 이용하여 악취를 중화·은폐시키는 방법이 있다. 악취물질에 대한 제거 및 처리 없이 단순히 냄새를 중화·은폐시키는 방법은 방향제(芳香劑), 탈취제(脫臭劑) 등을 사용하는 방식으로 주로 작은 지역의 방지대책으로 활용될 수 있으나, 공공환경시설과 같은 규모가 비교적 큰 시설에서는 악취물질을 제거 및 처리하는 방법이 보다 일반적이다. 현재까지 널리 사용되고 있는 악취방지방법으로는 연소법, 흡수법, 흡착법, 생물탈취법 등이 있으며, 악취방지시설별 특성은 표와 같다.

<표 8-7> 악취방지시설의 종류와 개요

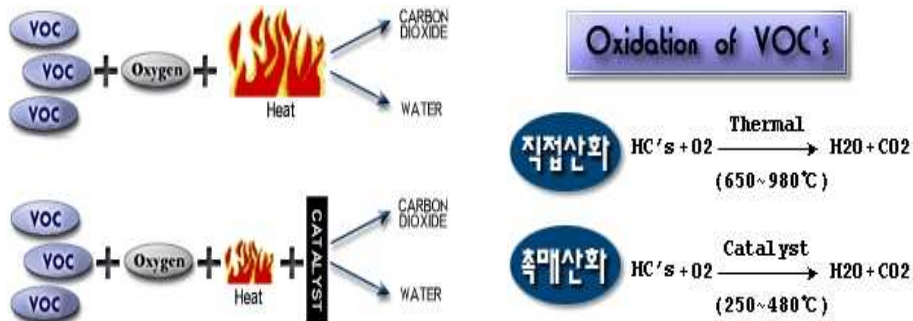
악취방지시설		개요	장점	단점
연소법	직접연소장치	· 악취가스를 800℃ 이상으로 가열하여 무해한 탄산가스과 물로 산화 분해하여 탈취	· 광범위한 유기용제의 탈취가 가능하다 · 장치가 소형이므로 유지 및 관리가 간단	· 연소열의 회수가 없다면 운전비가 고가이다. · NOx 발생이 크다
	축열식 연소장치	· 축열재에 의해 교환효율(>80%)을 높인 연소장치	· 중간농도 배기가스를 경제적으로 탈취 · NOx 발생이 적다	· 설치장소, 무게 등의 문제가 있으며, 비용이 고가이다
	축매연소장치	· 200~350℃의 저온에서 축매를 이용한 산화분해로 탈취	· 직접연소법보다 운전비가 저렴하다 · NOx 발생이 적다	· 축매 노화, 피독물질의 사전제거가 필요

<표 8-7> 계 속

악취방지시설		개요	장점	단점
흡수법	세척(흡수)식 탈취장치	<ul style="list-style-type: none"> · 약제를 분무하여 화학반응에 따른 탈취 · 악취물질종류에 따라 물·산·알카리·산화제, 수용액 등이 사용됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 설치비가 저렴하다 · mist, dust도 동시에 처리가 가능 · 가스냉각효과가 있다 	<ul style="list-style-type: none"> · 폐수 발생 · 약액농도, 조정이나 계기점검 등 엄격한 일상관리 필요 · 약품에 대한 안전대책, 장치부식에 대한 대책 필요
흡착법	회수 고정식 회수 장치	<ul style="list-style-type: none"> · 활성탄을 충전한 복수탑을 전환하면서 흡착하여, 수증기로 탈취, 냉각 응축하여 회수 	<ul style="list-style-type: none"> · 역사가 깊고 실적이 많음 · 조작 간단 · 장치 높이가 낮다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 폐수 다량 발생 · 케톤계 용제는 발화방지 대책이 필요
	회수 유동식 회수 장치	<ul style="list-style-type: none"> · 유동층에 용제흡착, 가열탈취 · 활성탄이 순환하는 연속 회수장치 · 탈취가스로 질소이용 	<ul style="list-style-type: none"> · 폐수 소량 발생 · 케톤용액제도 안전하게 회수 가능 · 회수용제 내 수분이 적음 	<ul style="list-style-type: none"> · 장치 높이가 높다. · 풍량이 대폭 변동할 때는 풍량 제어장치 필요
	농축 농축 장치	<ul style="list-style-type: none"> · 낮은 농도 가스에서 악취를 분리하여, 적은 풍량으로 농축 	<ul style="list-style-type: none"> · 풍량이 많은 배기가스도 경제적으로 처리 · 장치가 콤팩트화 되어 운영관리가 간단하다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 활성탄 노화물질이 다량으로 포함될 때는 활용이 어렵다
	교환 교환식 흡착 장치	<ul style="list-style-type: none"> · 흡착제나 산화제를 충전하여 통풍 · 충전재의 효과가 없어지면 신품으로 교환 	<ul style="list-style-type: none"> · 장치비가 저렴하고, 콤팩트 · 운전조작 간단 	<ul style="list-style-type: none"> · 낮은 농도 가스처리에 한정됨(농도가 높은 가스는 교환비용이 상승)
생물탈취법	토양 탈취법	<ul style="list-style-type: none"> · 악취가스를 토양층에 통풍 시켜 토양 중 미생물로 분해·탈취 	<ul style="list-style-type: none"> · 운전비가 저렴하고, 유지관리 용이 · 토양 상층은 환원 등 녹지에 이용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 처리가능한 악취물질이 제한됨 · 빗물에 의한 통기저항이 크게 되어 리크 발생 · 넓은 장소가 필요
	Bio-Filter	<ul style="list-style-type: none"> · 미생물을 부착한 담체를 충전한 탑에 통풍시켜 미생물에 의해 분해 · 탈취 	<ul style="list-style-type: none"> · 장치가 콤팩트 · 유지관리 용이 · 운전비 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> · 처리가능물질 제한 · 미생물의 순응기간 필요 · 산성폐액처리 필요

가. 연소법

연소법은 악취물질을 고온으로 열에 의해 산화분해시키는 것으로, 직접 연소법, 농축 연소법 및 축열식 연소법 등이 있으며, 반응온도를 낮추고 반응속도를 빠르게 하기 위하여 추가적으로 촉매를 사용하는 경우도 있다. 악취물질의 산화는 그림과 같이 산소가 충분한 상태에서 열을 공급하여 고온에서 H₂O와 CO₂로 변화시키는 공정을 말한다.

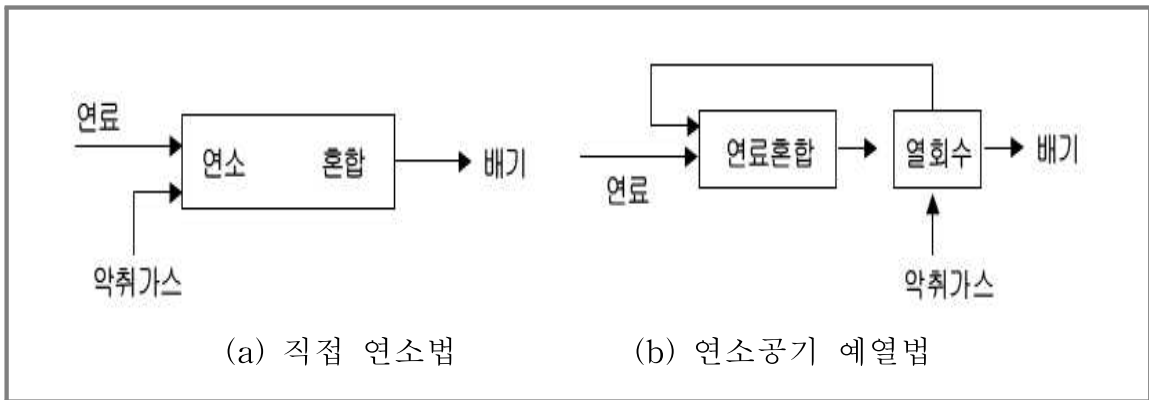


<그림 8-7> 연소법의 원리

1) 직접 연소법

○ 원리 및 특성

직접 연소법은 악취성분을 함유한 배기가스를 연료를 이용하여 700℃ 이상의 고온에서 연소시킴으로써 탈취하는 방법으로, 가장 확실하고 신뢰성이 높은 것으로 알려져 있다. 배기가스 중 악취성분은 연소에 의해 산화되어 SO_x, NO_x, CO₂, H₂O 등으로 분해, 탈취된다. 이 방법에는 플레어 스택(flare stack), 기존 보일러, 화로 및 연소장치에 의한 산화분해방법 등이 있으며, 대표적인 처리 공정도는 다음과 같다.



<그림 8-8> 대표적 직접 연소법 처리 공정도

직접 연소법은 도시가스, 등유 등 연료가 필요하므로 운전비용이 많이 소요되며, 고온과 일정한 체류시간에서 처리되어야 하므로 일반적으로 유량이 적은 고농도의 배기가스 처리에 적합 및 배기가스 온도가 높을수록 효율적이다. 또한, 이 방법은 촉매 연소법에 비해 유지비는 매우 크지만, 관리가 쉬우며 촉매독의 문제로 촉매 연소법을 적용하기 곤란한 경우에도 처리가 가능하다.

직접 연소법은 대부분의 악취물질에 대해 적용될 수 있지만, 할로젠계 물질에 대해서는 처리할 수 없는 경우도 있으며, 연소온도가 설정온도보다 낮을 경우 알데하이드 등이 발생되어 유입구보다 배출구에서 악취농도가 높게 되는 경우도 있으므로 온도관리에 신경을 써야 한다.

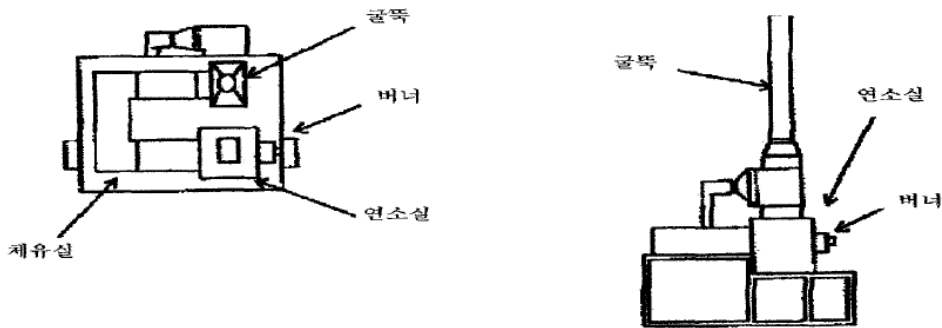
직접 연소법은 운전경비가 많이 들 수 있기 때문에 열교환기를 부착시켜 배기가스 열을 회수하는 것도 생각할 수 있지만, 경제성도 검토해야 할 것이다. 또한 이 방법에서는 연료의 선택도 중요하며, 경우에 따라서 오히려 악취를 발생시킬 수도 있으므로 주거지역 인근에 위치한 사업장에서는 도시가스, 등유 등을 연료로 사용하여 악취발생을 보다 줄일 수 있도록 해야 한다. 아래 표에는 각종 연료의 연소가스에 대한 악취농도 측정결과를 나타냈다.

<표 8-8> 연소시설에서의 복합악취 측정결과

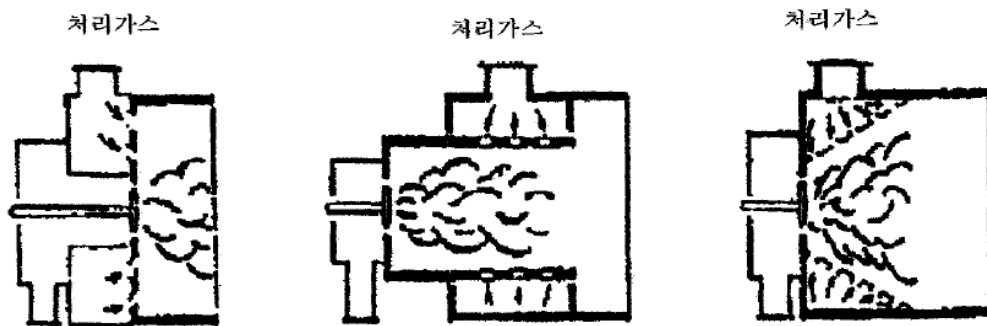
연료	도시가스	등유	벵커A
복합악취(배)	97~310	37~310	550

○ 직접 연소장치의 구조

직접 연소장치는 일반적으로 연소실과 체류실이 있는 탈취로와 보조연료를 공급하는 버너 등으로 구성된다. 탈취로는 연소실과 체류실로 분리할 수 있으며, 연소실에는 악취와 버너화로를 접촉시키기 위해 혼합장치가 설치되어 있다. 혼합장치는 산화분해과정을 유지하기 위해서 매우 중요한 요소이며, 1000℃ 이상의 버너화로의 열을 직접 받는 부분이므로 이러한 온도에서 견딜 수 있는 재질, 구조 등을 지녀야 한다. 혼합장치는 접촉효율이 높은 것을 선택할 필요가 있다.



<그림 8-9> 직접 연소장치의 구조



<그림 8-10> 직접 연소 혼합장치의 예

탈취장치용 버너는 연소효율뿐만 아니라 안전연소 및 연소상태가 양호한것을 선정해야 한다. 보조연료로는 LNG, LPG 등의 가스연료 또는 액체연료로서 등유, 중유 등이 일반적으로 이용된다. 소형탈취장치에서의 버너압축비는 가스연료 사용시 1 : 1, 액체연료 사용시 1 : 5 정도가 일반적이지만 노내 압력제어 등을 고려하여 더 큰 압축비로 설계하는 것이 유리하다.

2) 촉매산화(연소)법

○ 원리 및 특성

직접 연소법과 같이 악취성분을 산화·분해하여 탈취하는 방법이지만, 촉매를 이용하여 비교적 낮은 온도(250~350℃)에서 산화시키는 것이 특징이다. 따라서 연료비를 직접 연소법에 비해 경감할 수 있는 장점이 있다. 촉매산화법에서는 주로 백금 등의 귀금속 촉매가 이용되고 있으며, 크롬, 망간 등의 비금속산화물 촉매도 사용되고 있다. 촉매의 모양은 입상으로 된 것이 주로 사용되고 있다. 촉매연소법에서는 촉매독으로 인한 기능저하나 폭발위험성 등의 문제가 있으므로 촉매독 성분에 대한 고려와 폭발방지를 위한 설계, 미세먼지 등에 대한 전처리가 중요하다. 촉매독으로서는 중금속, 황산화물, 유기 실리콘 등을 들 수 있으며, 이에 대한 대책으로 이를 사전에 제거할 수 있는 제거시설을 설치하는 경우도 있다.

촉매연소법은 보통 200 ~ 330℃ 정도의 저온에서 악취성분을 산화시키기 때문에 Thermal NO_x가 생성되지 않는다는 장점이 있다. 또한, 연소시에 발생하는 반응열을 이용하여 탈취장치에 들어오는 악취를 열교환기로 예열하는 경우에는 보조연료가 필요 없다. 촉매산화(연소)시설은 촉매의 종류, 형상, 예열방식 등에 따라 다양하며 촉매산화방식의 탈취장치 분류는 다음 표와 같다.

<표 8-9> 촉매산화(연소)방식의 탈취장치 분류

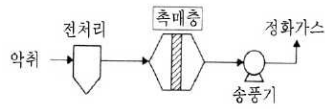
비고	명칭	특징
촉매물질	백금계	활성이 높다, 범용품(汎用品)이다
	파라디움계	연소온도가 높다. 피독(被毒)에 강하다
	철, 망간계	활성의 노화, 피독에 강하다
촉매현상	하니컴형(코디라이트)	압력손실이 낮고, 반응기가 적다
	페레트(알루미나)	압력손실이 높고, 촉매피독에 강하다
	다공질금속형	압력손실이 높고, 취급이 용이하다
촉매피독(觸媒被毒) 대책	전처리시설	범용기로 저렴하다
	전처리촉매	촉매수명이 길다
	무	촉매수명이 짧다
악취송기방식	압입식(押入式)	처리대상가스 전환이 간단하다
	유인식	악취가 새지 않는다

<표 8-9> 계 속

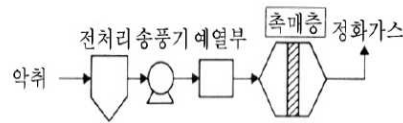
비고	명칭	특징
악취가스 예열 방식	전기히터식 직접형	전원만으로 작동, 조작이 간단하다
	가스연소식	버너 유지가 간단하다
	등유연소식	등유탱크가 필요하다
	증기히터식 간접형	고압증기가 필요하다
배열회수방식	열풍회수	건조기와 연결이 가능하다
	온수회수	열회수율이 높다
	증기회수	증기라인과 접속이 가능하다
	열매회수	온도관리가 간단하다

○ 촉매 산화장치의 구조

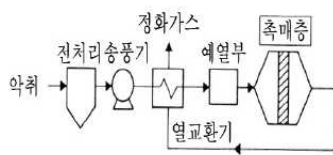
일반적으로 촉매 산화장치는 송풍기, 혼합실, 촉매연소실, 폐가스 예열장치(재생 장치), 2차 열 회수장치, 연돌 등으로 구성된다. 유입되는 처리대상 가스는 예열 장치에 의해 산화 가능한 온도까지 가열되며 혼합실에서 예열된 고온의 가스와 연료가 혼합된다. 혼합실을 거친 가스는 일정한 온도를 유지하면서 촉매연소실로 이동되어 연소반응이 일어난다.



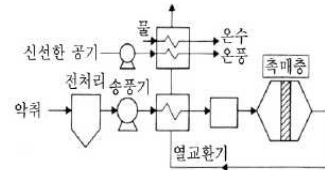
(a) 직접촉매법



(b) 예열법



(c) 가스가열 회수법



(d) 가스가열 온수회수법

<그림 8-11> 촉매산화 장치의 처리 공정도



(a) Honeycomb type



(b) Granular type

<그림 8-12> 촉매의 종류

3) 축열연소법(RTO)

○ 원리 및 특성

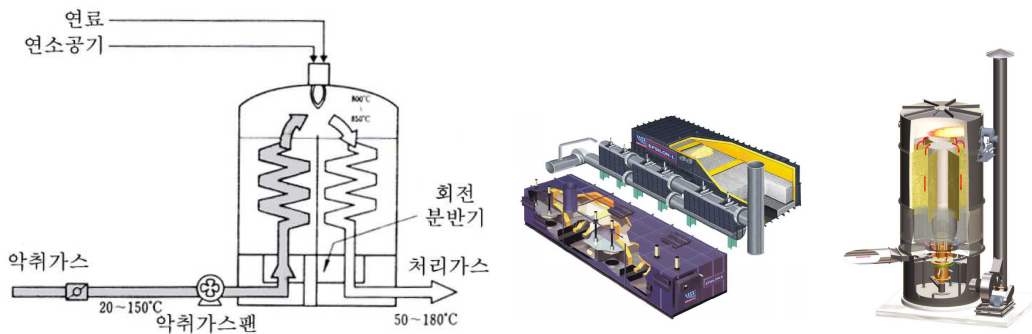
축열연소법은 직접 연소법에서 폐열의 회수가 이루어지지 않을 경우 과도한 연료사용으로 인한 운영비가 문제되는 점을 보완하기 위한 기술로 열을 축적하고 있는 축열체에 악취가스를 통과시켜 산화시키는 방법이다. 축열 연소장치는 축열체가 열을 축적하고 있으므로 유량이 작은 가스의 경우에는 유지관리비에서 큰 장점이 있는 방법이다.

축열연소법에서 악취를 포함한 가스는 고정층(축열체)으로 들어가 풍동을 경유하여 고정층 내에 형성된 열에 의해 예열되고 특수 히터가 설치된 연소층으로 들어간다. 연소 후 반대측 고정층을 통과하여 냉각된 후 배기된다. 고정층 내의 온도를 일정하게 유지시키기 위해 자동 전환밸브를 서로 번갈아 바꿔주고 흐름을 전환시킴으로써 발생된 열을 고정층내에서 서로 번갈아 공급한다.

그리고 악취농도가 낮을 경우에는 자동적으로 프로세스 가스 팬과 가스취입장치와 가스흡입장치가 작동하여 전기히터를 작동시키지 않고 고정층 내 온도를 유지시키는 방식도 있다.

○ 축열 연소장치의 구조

축열 연소장치의 구조는 아래 그림과 같다.



<그림 8-13> 축열 연소장치 구조

나. 흡착법

1) 원리 및 특성

흡착법은 배출가스와 활성탄 등 고형의 흡착제(Adsorbent)가 접촉하면서 흡착제 표면에 배출가스가 포집되는 현상을 이용하여 악취성분을 제거 및 탈취하는 방법으로 건물 내의 악취성분 처리와 같이 유량이 비교적 성분에 적용이 가능하며 흡착법으로는 활성탄 등을 사용하는 흡착제법과 이온교환수지를 사용하는 이온교환수지법이 있다.

<표 8-10> 흡착법의 종류

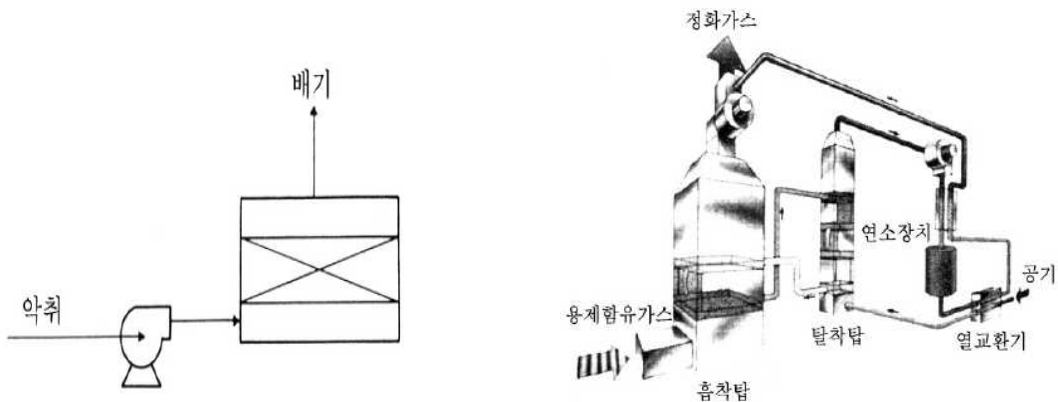
구분	방법	대상물질
흡착법	활성탄, 실리카겔, 제올라이트, 활성백토 등의 흡착제에 흡착	흡착제의 구성에 따라 거의 모든 악취 물질에 효과가 있다.
이온교환수지법	악취물질의 이온성을 이용하여 이온교환수지를 흡착	암모니아, 황화수소 등

흡착법에서 악취성분의 흡착량은 배기가스 온도의 영향을 크게 받으며 처리대상 가스온도가 높은 것은 적당하지 않다. 그리고 수분이 많은 배기가스에도 적절하지 않으므로 흡착법을 습식흡수법과 조합시켜 사용할 경우 습식흡수법에 이용된 수분이 흡착제에 이르지 않도록 확실한 응축기(de-mister, mist separator) 등을 설치할 필요가 있다.

흡착제에는 일정량 이상의 악취성분을 흡착하면 포화하기 때문에 흡착제를 교환하거나 또는 회수장치에 의해 재생하여야 한다. 흡착제를 그대로 교환하는 교환형의 경우(비재생형) 장치비용은 비교적 싸지만 교환용 흡착제가 비싸기 때문에 유지비가 비교적 높다. 즉, 고농도 가스에 이용할 경우 교환빈도가 높아 지므로 운영비가 많이 들게 된다.

그러나 장치는 단순하고 관리가 용이하다는 장점이 있다. 탈취장치 내에서 재생하는 회수형(가열재생형)은 교환형에 비해 탈취할 때 스팀, 열풍 등을 사용하기 때문에 장치가 다소 복잡한 단점이 있으나, 흡착된 용제성분 등을 회수, 재생

하여 사용할 수 있다는 점에서 기본적으로 뛰어난 방법이라고 할 수 있다. 교환형 흡착탑의 종류에는 고정층형과 유동층형이 있으며, 최근 새로운 방법으로 벌집형식(하니컴) 농축방법이 있다. 이 방식은 벌집형의 흡착제에 연속적으로 많은 풍량의 약취를 흡착시키고 그 일부를 고온의 적은 풍량가스에서 탈취시키도록 하는 것으로 모두 연속적으로 움직인다. 이러한 경우 약취를 처리하기 보다는 모은 것에 불과하므로 따로 탈취장치를 설치할 필요가 있다. 대표적인 흡착법의 처리 공정도 아래 그림과 같다.



(a) 비재생형 또는 탈착 재생형 흡착법 (b) 가열재생형 흡착법

<그림 8-14> 흡착법의 처리 공정도

흡착법 중 흡착된 물질을 처리하는 방법에 따라 흡착 탈취장치의 구성은 아래 표와 같이 구분할 수 있다.

<표 8-11> 흡착 탈취장치의 구성

탈취장치	개요
회수장치	약취물질을 흡착후, 가열(열스윙법) 또는 감압(압력스윙법)하여 약취물질을 보내고, 냉각, 응축하여 약취물질을 재사용할 수 있도록 액체상태로 회수하는 장치
농축장치	낮은 농도의 약취로부터 약취물질을 흡착 후, 적은 풍량의 열풍에서 내보내고, 적은 풍량으로 농축하여 소형 연소장치나 회수장치에서 탈취하는 장치.
교환식 흡착장치	약취성분을 흡착하고 흡착제의 탈취능력이 저하하면 새 흡착제와 교환하여 탈취하는 장치. 흡착제에 약품을 첨착하거나, 산화제를 사용하여 흡착하고 싶은 약취물질을 화학반응에 따라 탈취하는 장치

2) 흡착제의 종류 및 적용분야

흡착제는 넓은 표면적을 가진 고체로 악취물질을 분자간 인력이나 정전기력으로 표면에 흡착시켜 제거한다. 따라서 표면적이 큰 흡착제일수록 흡착능력이 크다고 할 수 있다. 현재, 흡착제로서 많이 사용되고 있는 것으로는 활성탄으로 분말, 구상, 섬유상, 입상 등의 형태로 사용되고 있다.

활성탄은 가연성으로 최근 착화에 의한 안전성을 높이기 위해 불연성의 소수성 제오라이트가 사용되고 있다. 소수성 제오라이트는 5~8Å의 결정공을 갖는 하이실리카로 제오라이트의 흡습성을 줄이고 악취물질을 흡착하도록 만든 것이다. 제오라이트 흡착제의 단점으로는 흡착능력이 적고 재생온도가 활성탄(100~140℃)에 비하여 약 190℃로 높으며, 탈착한 악취물질이 일부 열 변질되어 회수용으로 재사용하기 어렵다는 점 등이 있다. 흡착방법에 따른 흡착제의 종류는 다음과 같다.

<표 8-12> 흡착제의 종류

구분	종류
물리흡착제	활성탄, 실리카겔, 알루미나겔(친수성), 분자체(Molecular Sieve, 친수성), 활성백토(친수성), 제오라이트(친수성)
화학흡착제	이온교환수지, 산성가스 흡착제, 알칼리성가스 흡착제, 중성가스 흡착제

○ 활성탄(Activated Carbon)

활성탄은 온도의 영향을 많이 받아 온도가 상승하는 만큼 흡착량이 감소하고 피흡착제의 농도가 높을수록 흡착량이 증가하며, 끓는점이 높은 유해가스가 흡착되기 쉬운 특성을 가진다.

○ 제오라이트(Zeolite)

제오라이트는 노말파라핀의 분리, 공기의 탈습, 액체의 탈수, 분뇨처리장의 탈취, 미생물 탈취법의 담체 등에 주로 활용된다.

<표 8-13> 흡착제와 주반응식

성상	악취물질	주반응식
염기성 계통	암모니아	$NH_3 \rightarrow (NH_4)_2PO_4$ $(CH_3)_3N \rightarrow \{(CH_3)_3N\}_2PO_4$
	트라이메틸아민	$H_2S \rightarrow S + H_2SO_4$
산성 계통	황화수소	$H_2S \rightarrow S$
	메틸메르캅탄	$CH_3SH \rightarrow (CH_3)_2S_2$
	프로피온산	$CH_3CH_2COOH \rightarrow CH_3CH_2COONa$
	노르말부티르산	$CH_3(CH_2)_2COOH \rightarrow CH_3(CH_2)_2COONa$
	노르말발레르산	$CH_3(CH_2)_3COOH \rightarrow CH_3(CH_2)_3COONa$
	이소발레르산	$(CH_3)_2CHCH_2COOH \rightarrow (CH_3)_2CHCH_2COONa$
중성 계열	황화메틸	$(CO_3)_2S \rightarrow (CH_3)_2SO$
	이황화메틸	$(CH_3)_2S_2 \rightarrow CH_3SO_3H$
	아세트알데하이드	$CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH$
	스타이렌	$C_8H_8 \rightarrow$ 물리흡착
	톨루엔	$C_6H_5CH_3 \rightarrow$ 물리흡착
	자일렌(크실렌)	$C_6H_4(CH_3)_2 \rightarrow$ 물리흡착
	메틸이소부틸케톤	$CH_3COCH_2CH(CH_3)_2 \rightarrow$ 물리흡착
	아세트산에틸	$CH_3CO_2C_2H_5 \rightarrow$ 물리흡착
	이소부탄올	$(CH_3)_2CHCH_2OH \rightarrow CH_3CH_2COOH$
	프로피온알데하이드	$CH_3CH_2CHO \rightarrow CH_3CH_2COOH$
	노르말부틸알데하이드	$CH_3(CH_2)_2CHO \rightarrow CH_3(CH_2)_2COOH$
	이소부틸알데하이드	$(CH_3)_2CHCHO \rightarrow (CH_3)_2CHCOOH$
	노르말발레르알데하이드	$CH_3(CH_2)_3CHO \rightarrow CH_3(CH_2)_3COOH$
	이소발레르알데하이드	$(CH_3)_2CHCH_2CHO \rightarrow (CH_3)_2CHCH_2COOH$

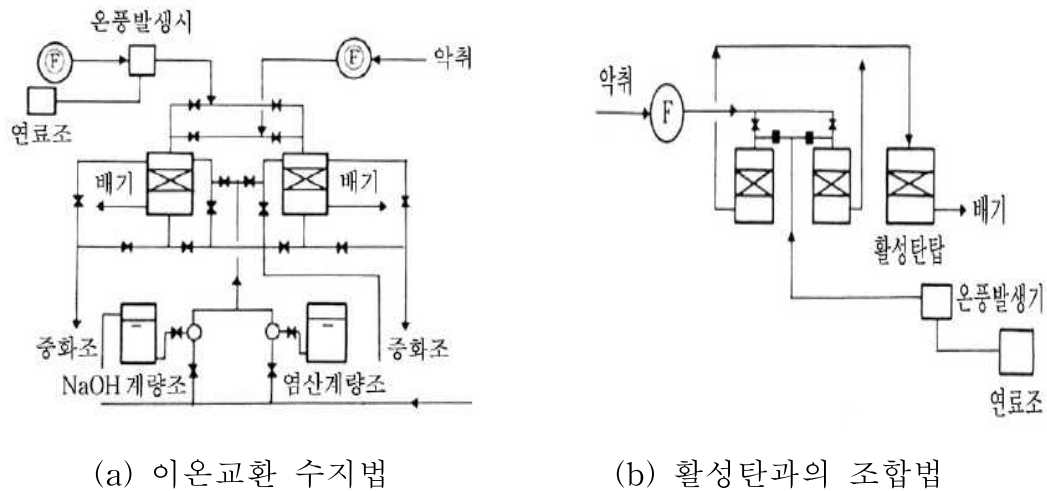
주) 악취관리 업무편람(2007.2. 환경부) 참조

3) 유지 및 관리

흡착장치는 일정한 용량으로 충전한 흡착제로 악취물질을 제거함에 따라 흡착제를 적정시기에 교환해 주지 않을 경우 탈취효율이 급격히 감소하여 악취제거의 효과가 없는 경우가 발생할 우려가 있다. 이에 따라, 흡착제를 일정한 주기로 교환해 주는 것이 무엇보다도 중요하다. 흡착제의 교환주기는 처리가스 유량, 악취물질의 농도, 흡착온도, 흡착제의 흡착능력 등을 고려해서 적절하게 유지해야 한다. 일부 업체는 흡착탑을 설치하고도 활성탄을 교체하지 않아 문제를 유발하는 경우가 많으므로 흡착탑을 유지·관리시 이러한 점을 철저히 고려해야 할 것이다.

4) 이온교환수지법

흡착탈취법의 한 종류인 이온교환수지법은 수지의 함수비율이 흡착능력에 크게 영향을 주며, 최적함수비율은 40~100%이다. 이온교환수지법의 처리 공정도 및 반응식과 재생방법은 다음과 같다.



<그림 8-15> 이온교환수지법의 처리 공정도

<표 8-14> 이온교환수지와 반응식

약취물질	반응식
암모니아	$R-NH_3^+Cl^- + NH_3 \rightarrow R-NH_2 + NH_4Cl$
아민	$R-NH_3^+ \cdot Cl + R'-NH_2 \rightarrow R-NH_2 + R'NH_2 \cdot HCl$
황화수소	$R-NH_2 + H_2S \rightarrow R-NH_2 \cdot (H_2S)^{1/2}$ NH_3 $2H_2S + O_2 \rightarrow 2S + H_2O$
메틸메르캅탄	$R-NH_2 + CH_3SH \rightarrow R-NH_2$ \parallel $HS \cdot CH_3$
다이메틸설파이드	활성탄과 같이 Vander Waals힘에 의함

<표 8-15> 이온교환수지의 재생방법

구분	재생방법
물세척(수세)	수지 내부 액상에 녹아 있는 물질의 용출. 이때, 수지의 작용기에 결합하고 있는 물질이 떨어지지 않음.
알카리 재생	5%의 NaOH로 재생 $R-NH_3 \cdot CH_3COO + NaOH \rightarrow R-NH_2 + CH_3COONa + H_2O$ $2R-NH_2(H_2S)^{1/2} + 2NaOH \rightarrow 2R-NH_2 + 2R-NH_2 + Na_2S + 2H_2O$ $R-NH_2 + NaOH \rightarrow R-NH_2 + CH_3CHSNa + H_2O$ \uparrow CH_3SH
산중화	0.5~1%염산으로 중화시켜, 작용기(아미노기)와 약전해질인 아미노기는 해리되지 않는 상태부터 해리한 상태로 변한다.
물세척(수세)	중화에 사용한 산을 제거하지만, 생략할 수도 있다.
건조	재생, 중화후, 70 ~ 80℃의 온풍을 불어 흡착에 적당한 함수율까지 건조시킨다. 상온에서의 통풍으로도 충분한 경우도 많다.

다. 흡수법

1) 원리 및 특성

액체에 대한 기체 용해성을 이용하여 악취성분을 액체로 흡수시켜 탈취하는 방법으로 물에 대한 용해도를 이용하여 물리적으로 흡수시키는 방법과 산·알칼리 등의 반응에 의해 화학적으로 흡수시키는 방법이 있다. 후자와 같이 흡수액에 약액을 사용할 경우에는 약액흡수법이라고도 한다. 또한 안개(mist) 등을 물리적으로 분무하여 사용하기도 하며, 도장관련 사업장에서 주로 많이 이용되고 있다. 기체접촉에 대해서는 충전탑, 스프레이탑, 사이클론 스크러버 등 각종 장치가 사용되고 있다.

세정장치에는 가스속도, 기액비, 압력손실 등이 제거효율을 높이는 데에 주요한 고려사항이다. 흡수액으로 약액을 사용할 경우, 기본적으로는 산성 가스(SO₂, H₂S 등)에 대해서는 알칼리용액을 사용하고, 알칼리성 가스(NH₃, 아민류 등)에 대해서는 산성용액을 사용한다. 이외에 황계열 악취, 알데하이드류 등에 대해서는 차아염소산나트륨, 과망간산칼륨 등의 산화제가 흡수액으로 사용되고 있다. 최근에는 흡수액으로 활성탄 진흙을 사용하거나, 생물탈취법이 조합된 탈취방법도 실용화되고 있다.

2) 흡수법의 종류

○ 흡수액의 종류에 따른 분류

- ㉠ **물에 의한 탈취** : 수용성의 악취성분을 물로 용해, 흡수시키는 방식이다. 수세에 의해 가스 냉각이나 집진효과를 기대할 수 있는 경우도 있으며, 탈취 전처리장치로써 이용되는 경우도 많다. 수세법에서는 악취의 물에 대한 용해성이 중요한 변수이다. 액상에서는 물에 무한대로 용해해도 가스상에서는 거의 물에 녹지 않는 물질의 경우 막대한 물이 필요하게 되며, 실용성이 없는 경우도 많으므로 엄밀한 검토와 설계가 필요하다.
- ㉡ **중화제에 의한 탈취** : 악취성분이 알칼리성일 경우 황산이나 염산 등의 산성용액에서 중화하고, 산성일 경우에는 가성소다 등 알칼리용액에서 중화하여 염류로 세정액에 분리, 고정하는 방법이다. 중화제에 의한 탈취에서는 약액을 사용하므로 장치나 배관재질에 대해 특히 유의해야 한다. 또한,

취급상 안전대책이나 연결방지대책 등도 충분히 검토해야하며, 탈취 성능을 유지해 가면서 낭비가 없도록 약액농도를 관리하는 것이 중요하다.

㉔ **산화제에 의한 탈취** : 물이나 중화제로 제거하기 어려운 악취물질도 산화제에서 제거할 수 있는 경우가 있다. 산화제에 의한 탈취는 세정액중에 포함되어 있는 산소나 염소와 악취성분이 산화·반응하여 무취물질이 되는 원리를 이용한 것으로 반응물질은 세정액 중으로 고정된다. 이러한 탈취방법은 낮은 농도 악취에서는 효과가 있지만, 약액농도가 너무 진하면 장치출구에서 약액냄새(염산냄새 등)가 새로운 문제로 되는 점이 있으므로 농도 관리가 매우 중요하다. 장치 재질에 대해서는 내식성도 고려하지 않으면 안 된다.

㉕ **특수한 세정액을 사용하는 경우** : 중화제나 산화제에서 탈취효과는 적은 알데하이드류 등의 탈취에 환원제가 이용되기도 하고, 소탈취제 중에서 화학반응형 탈취제를 묽은 수용액으로 사용하여 효과가 있는 경우도 있다. 이때 사용하는 탈취제는 무색·무취·무독의 것도 있으므로 적절히 선택하면 사용하는 물의 양을 절약할 수 있다. 그러나 실제 장비의 경우 운전비(탈취제의 비용)를 산출하고 실용성에 대해 충분히 검토할 필요가 있다. 또한 유기용제를 세정액으로 탈취 가능한 경우도 있지만 경제성과 안전성 면에서 문제가 있어서 이용되는 예는 극히 적으며, 다공판탑 등을 이용하거나 활성진흙을 세정액으로 사용하는 방식 등이 있다.

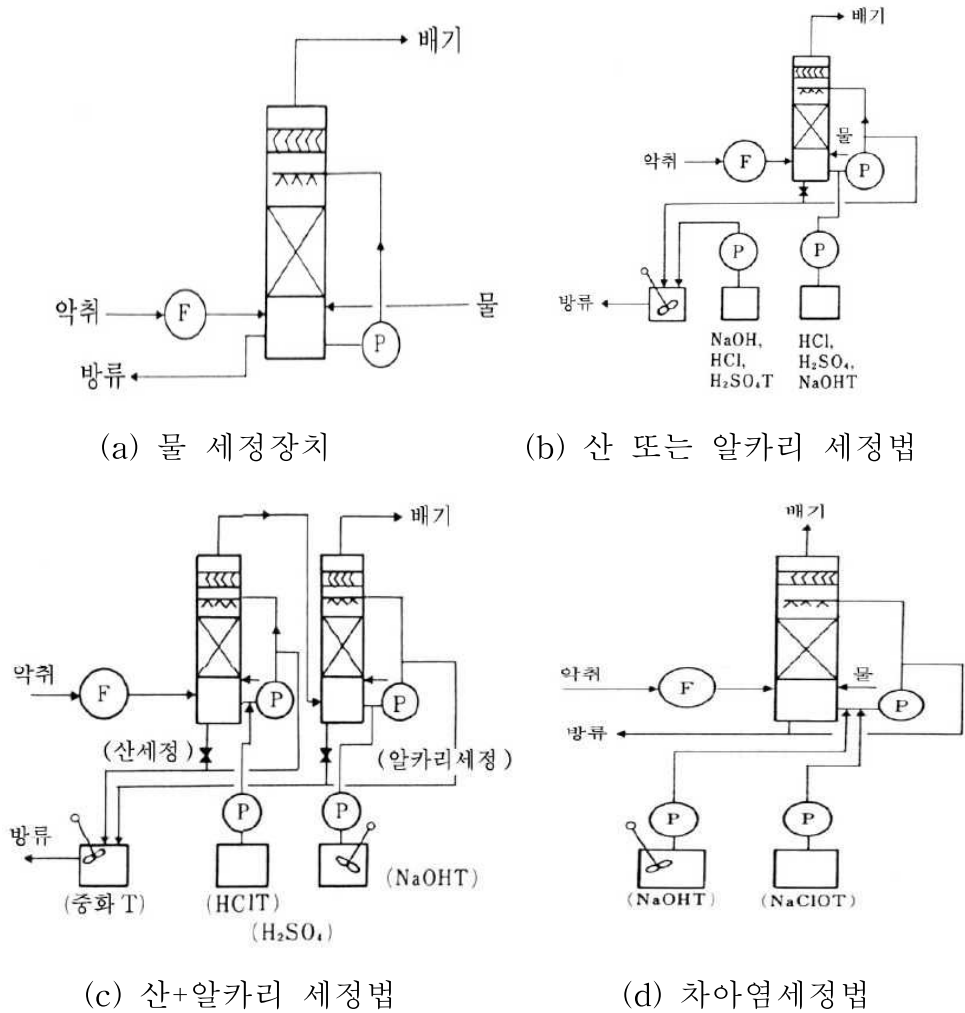
<표 8-16> 세정법의 종류

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

<표 8-17> 세정법의 악취물질과 반응식

구분		H ₂ SO ₄	HCl	NaOH	NaOCl
염기성계	암모니아(NH ₃)	2NH ₃ +H ₂ SO ₄ → (NH ₄) ₂ SO ₄	NH ₃ +HCl →NH ₄ Cl	반응 없음	2NH ₃ +3NaCl →N ₂ +3NaCl+3H ₂ O
	트라이메틸아민 (CH ₃) ₃ N	(CH ₃) ₃ N+H ₂ O→ (CH ₃) ₃ N·H ₂ SO ₄	(CH ₃) ₃ N+HCl → (CH ₃) ₃ N·H Cl	반응 없음	(CH ₃) ₃ N+NaOCl →(CH ₃) ₃ N+NaCl
산성계	황화수소 (H ₂ S)	-	-	H ₂ S+2NaOH →Na ₂ S+H ₂ O	NaS+4NaOCl→ Na ₂ SO ₄ +4NaClNa ₂ S +NaOCl→H ₂ OS +NaCl+2NaOH
	메틸메르캅탄 (CH ₃ SH)	-	-	CH ₃ SH+NaOH→ CH ₃ SN+H ₂ O	CH ₃ SH+3NaOCl →CH ₃ SO ₃ H+3NaCl
	프로피온산 (CH ₃ CH ₂ COOH)	-	-	CH ₃ CH ₂ COOH+NaOH → CH ₃ CH ₂ COONa+H ₂ O	-
	n-부틸산 (CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH)	-	-	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH +NaOH→ CH ₃ (CH ₂) ₃ COONa +H ₂ O	-
	n-발레르산 (CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH)	-	-	CH ₃ (CH ₂) ₃ COOH +NaOH→ CH ₃ (CH ₂) ₃ COONa +H ₂ O	-
	l-발레르산 (CH ₃ CHCH ₂ COOH)	-	-	(CH ₃)CHCH ₂ COOH +NaOH→ (CH ₃) ₂ CHCH ₂ COONa	-
중성계	다이메틸설파이드 (CH ₃) ₂ S	-	-	-	(CH ₃) ₂ S +3NaOCl→ (CH ₃) ₂ SO ₃ +NaCl
	다이메틸다이설파이드 (CH ₃) ₂ S ₂	-	-	-	(CH ₃) ₂ S+5NaOCl→2CH ₃ SO ₃ H+5NaCl
	아세트알데하이드 CH ₃ CHO	-	-	-	CH ₃ CHO+NaOCl+NaCl → CH ₃ COONa+NaCl+H ₂ O

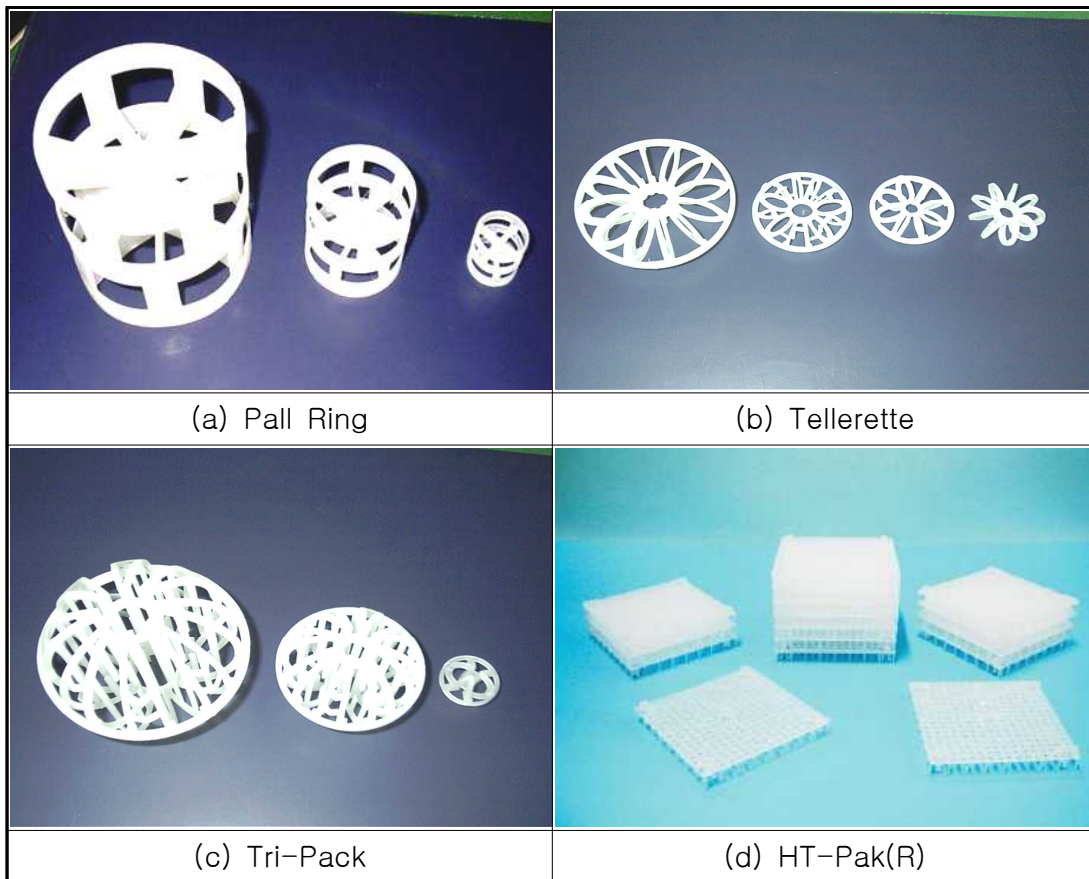
주) 악취관리 업무편람(2007.2. 환경부) 참조



<그림 8-16> 세정법의 처리 공정도

○ 세정방식에 따른 분류

- ㉠ 액분산형 : 충전탑, 스프레이탑, 제트스크러버, 벤츄리 스크러버, 사이클론 스크러버 등
- ㉡ 가스분산형 : 다공판탑, 기포탑, 단탑 등
- ㉢ 기타 (유수식 또는 회전식) : 탈취에 많이 사용되는 세정탑으로서는 운전 조작, 유지관리가 용이하고 저렴한 충전탑이나 스프레이탑 등이 있지만, 먼지나 미세한 미스트를 포함하는 악취의 경우에는 벤츄리 스크러버, 제트 스크러버, 다공판탑 등이 사용되고 있다.



<그림 8-17> 충전물의 종류

3) 유지 및 관리

세정장치의 성능을 유지하기 위해서는 주요 사항은 다음과 같다.

- **약취누수 발견과 대책** : 덕트, 팬, 세정탑 등 압력부하가 있는 특정장소의 누수 발견과 볼트의 교체, 가스켓 교환, 내면 코팅, 볼트피치 감소 등의 대책이 있다.
- **탈취성능저하 발견과 대책** : 덕트나 장치내의 막힘에 의해 흡입풍량이 감소하여 약취발생원 부근으로 약취가 체류하는 경우가 있다. 막힘의 원인으로는 분진, 거품, 미스트의 흡인, pH 관리부족에 의한 결정발생 등을 생각할 수 있지만 정기적인 점검이나 청소에 의해 방지할 수가 있다.
- **탈취장치가 발생원으로 되지 않기 위한 대책** : 막힘, 약제농도 관리부족 등에 의해 산성미스트나 알칼리 미스트의 비산, NaOCl의 과량에 의해 염소 약취 발생 및 중화조에서의 약취 재발생 등을 생각할 수 있으며, 적절한 농도 관리와 점검·청소에 의해 방지할 수 있다.

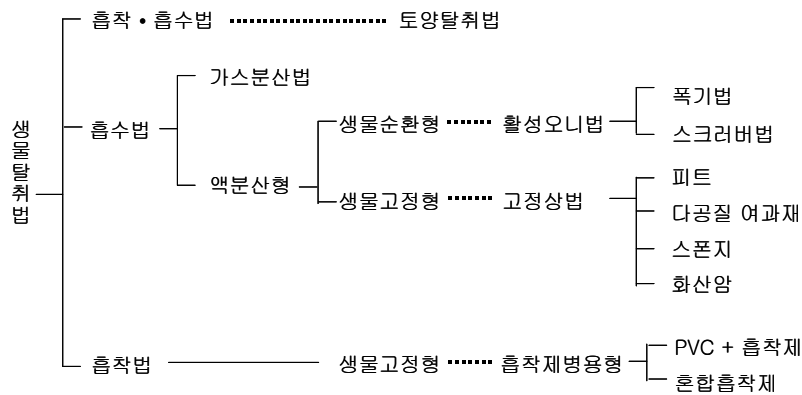
- 기기고장에 의한 장치 운전정지 방지 : 만일 사고에 의해 운전을 정지했을 경우에는 연락을 정확하게 하는 것이 중요하며, 사고원인을 확실히 알 수 없을 때에는 제조업체를 즉시 불러야 한다.

4) 적용분야

세정법이 적용되는 업종은 다양해서 펄프제조, 분뇨처리, 식품제조, 도장 관련 등 많은 업종에서 설치한 예를 볼 수 있다.

라. 생물탈취법

생물탈취법은 수제정, 흡착법 및 생물화학적 분해법이 종합적으로 연관된 방법으로 악취물질을 흡수, 흡착한 이후 미생물을 직접 이용하여 생화학반응으로 분해하여 무취화하는 것으로 처리방식에 따른 생물탈취법 분류와 산화 분해 반응식 각각 다음과 같다.



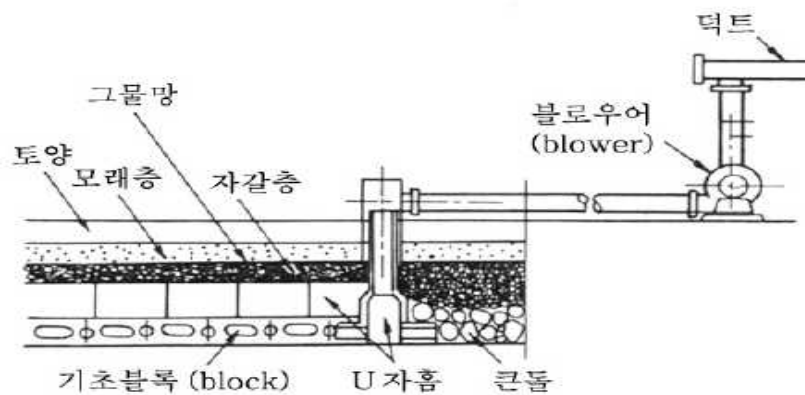
<그림 8-18> 생물탈취법의 분류

<표 8-18> 생물 분해 반응식

구분	반응식
암모니아	$NH_3 \rightarrow NHO_3, H_2O$
트라이메틸아민	$(CH_3)_3N \rightarrow HNO_3, CO_2, H_2O$
황화수소	$H_2S \rightarrow H_2SO_4, H_2O$
메틸메르캅탄	$CH_3SH \rightarrow H_2SO_4, CO_2, H_2O$
황화메틸	$(CH_3)_2S \rightarrow H_2SO_4, CO_2, H_2O$

1) 토양탈취법

생물탈취법의 대표적인 방법이며, 토양미생물(토양세균, 곰팡이류)에 의한 악취물질의 분해반응이 늦어 고농도 악취나 유기계 악취물질에 효과적이지 못하여 비교적 낮은 농도의 처리가스 양이 많은 경우에 적용되고 있다. 분해된 악취물질은 염류로서 고정되고, 빗물 등으로 탈착 또는 표면에 심은 흡수되어 균형이 맞추어지고 있으며 주로 하수처리시설, 쓰레기처리시설, 축산관계시설에 적용이 되고 있다. 토양탈취법의 경우 토양과 탈취가스와의 접촉이 충분하지 않으면 안 되며, 또한 통기성에 있어서 압력손실이 적어야 한다. 따라서 토양은 통기성을 충분히 유지시킬 필요가 있으며, 특히 수분관리가 유지관리상 중요하다. 양수 등에 의해 물이 고이게 되면, 토양이 단단하게 되어 버리거나 밑에서 불어오는 악취가스 영향으로 토양에 큰 구멍이 생기게 되고 만다. 반면, 수분이 적으면 토양 중 미생물이 활성을 잃어버리고 균열이 발생하기도 한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 통기성이 높고 미생물이 많이 포함된 펄라이트(perlite)를 사용한 새로운 방법도 검토되고 있다. 토양 탈취법의 대표적인 처리공정도는 아래 그림과 같다.



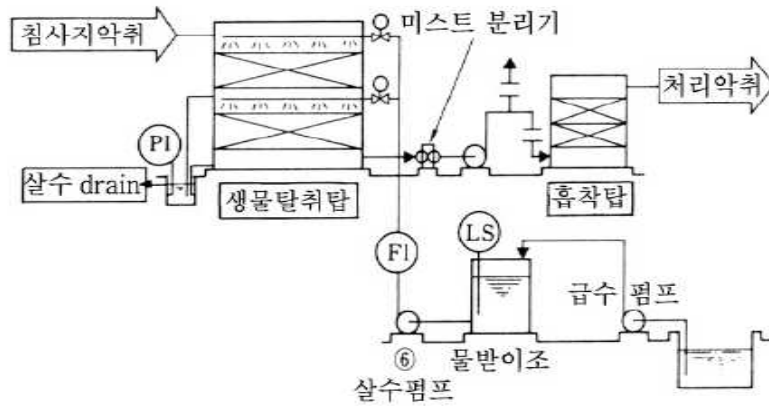
<그림 8-19> 토양탈취법 처리 공정도

2) 생물 고정형 탈취법

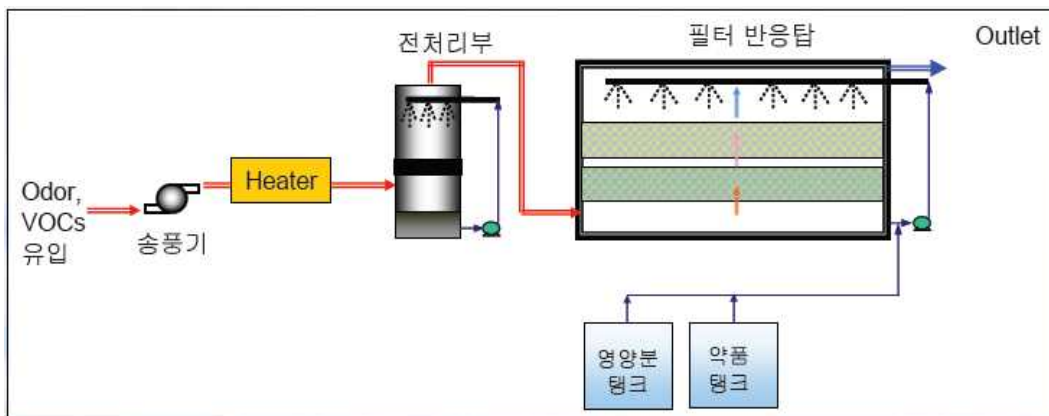
생물 고정형 탈취법은 미생물을 충전물에 착생시켜, 흡착, 분해 및 세정에 의해 탈취하는 것으로 비교적 고속으로 처리할 수 있다. 탈취처리 공정도는 아래 그림과 같으며, 흡착탑을 생략하는 경우도 많다.

또한, 활성탄분말을 표면 처리한 폴리비닐 알코올 겔 표면에 미생물을 부착

시키고 이를 충전탑에 채워 악취물질을 포함하는 가스를 통과시킴으로써 악취를 없애는 방법이 황화수소, 메틸머캅탄, 황화메틸 등 황(S)계열 악취에 대해 장기적이면서 높은 탈취효율을 나타내고 있다고 알려져 있다.



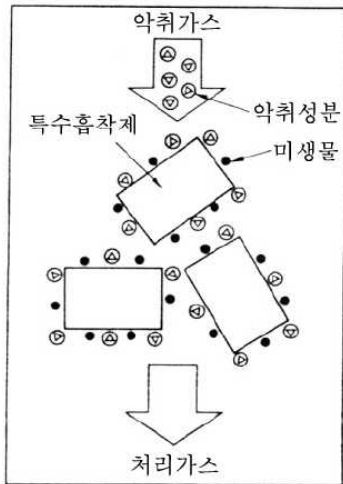
<그림 8-20> 생물 고정형 탈취법 처리 공정도



<그림 8-21> 충전식 생물 탈취법 처리 공정도



<그림 8-22> 충전식 생물 탈취법 외형도

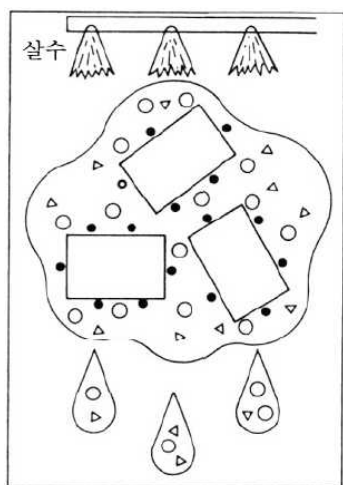
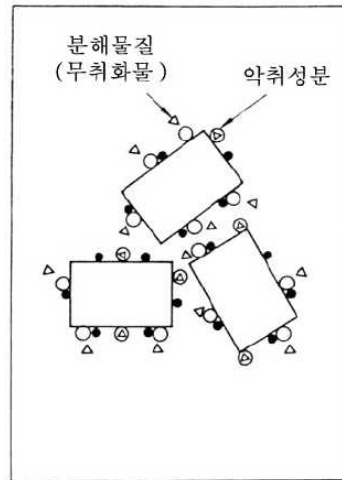


① 흡착탈취

악취가스 중의 악취성분은 흡착재 충전탑을 통과시킬 때 고속 및 고효율로 특수흡착제에 흡착 제거된다.

② 분해무취화

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



③ 세 정

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

<그림 8-23> 생물 고정형 탈취법 원리

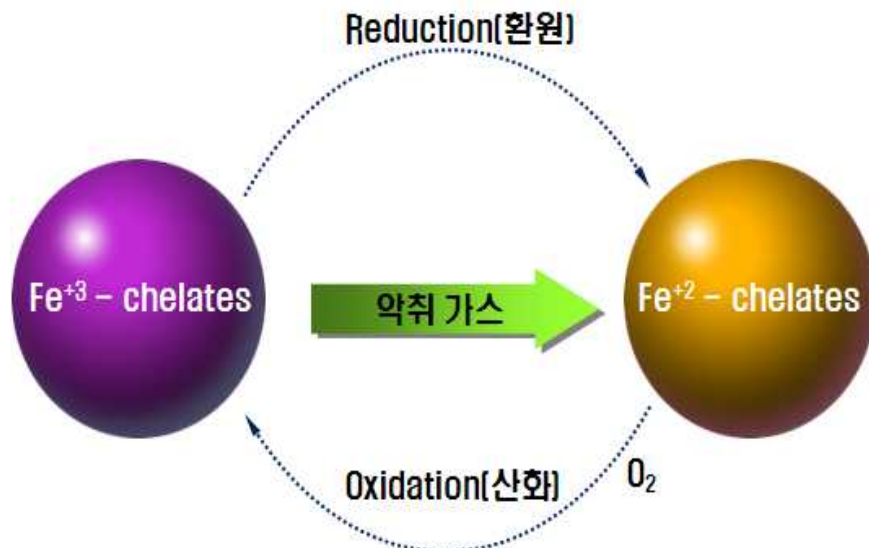
마. 액상촉매법

1) 원리 및 특성

액상촉매법은 철-킬레이트 화합물을 기본으로 하는 액상촉매를 악취가스(저·고농도 황화수소, 메르캡탄류, 암모니아, 아민류, 고농도의 황화수소와 암모니아가 동시에 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·환원 시간은 10-6m/sec 속도이며, 고농도 악취물질 처리시 별도의 공기에 의한 재생 설비를 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°C로 이 이상의 온도는 열교환기의 설치가 요구된다. 유입 가스의 온도는 촉매용액에 전달되므로 전체적인 열수지에 의하여 촉매의 온도는 60°C를 넘지 않는 것이 바람직하다.

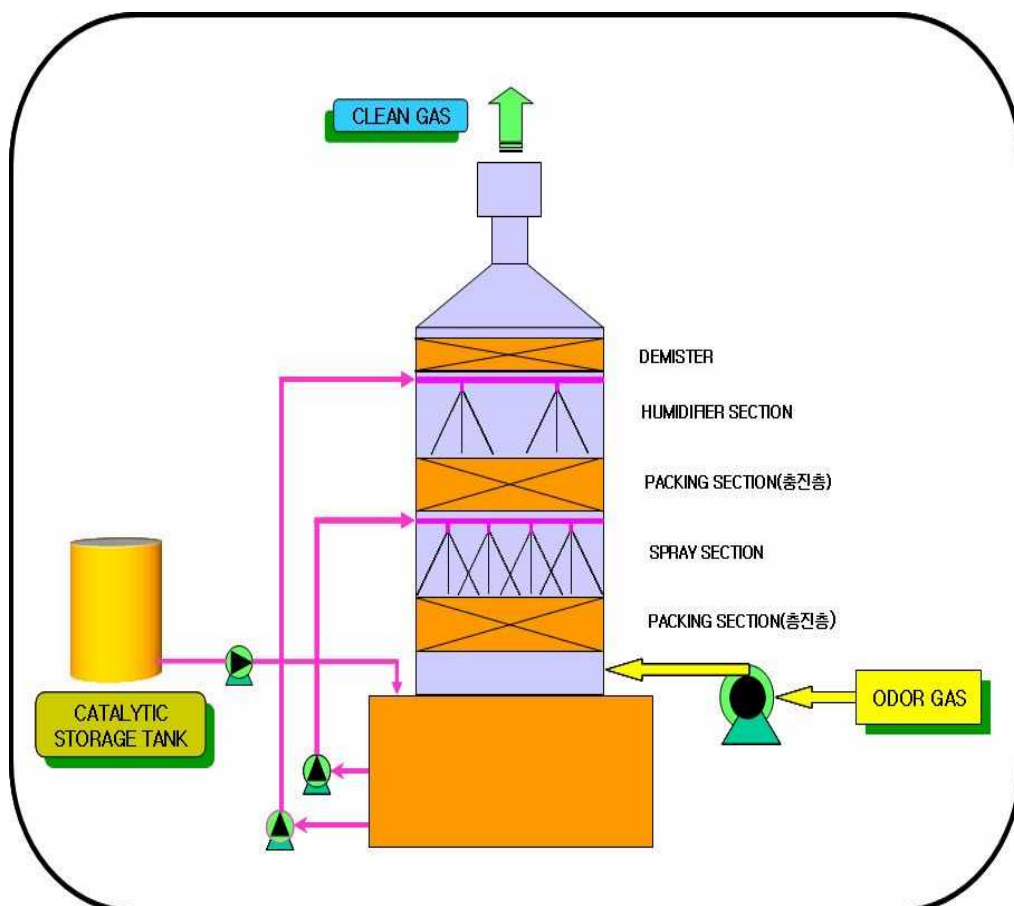


<그림 8-24> 액상촉매의 산화·환원반응

2) 시스템 및 공정도

악취는 후드 및 덕트에 의해 액상촉매탑으로 이송되고 순환펌프 및 노즐을 통하여 분사된 액상촉매는 악취물질과 기-액 접촉에 의한 반응이 이루어지며, 악취물질은 액상촉매에 의해 산화되어 무해가스로 배출, 그리고 액상촉매는 대기중의 O_2 에 의해서 재생되어 순환된다.

액상촉매탑 가동시에는 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.



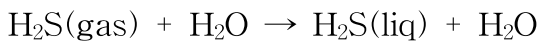
<그림 8-25> 액상촉매탑 시스템

3) 액상축매 화학반응

○ 저·고농도의 H₂S만 단독으로 존재할 때

반응의 첫 단계는 기상의 황화수소가 액상으로의 흡수이며, 이때 기상의 농도와 액상의 농도는 Henry 법칙에 따른다.

㉠ Absorption step



액상으로 흡수된 성분은 평형상수에 따라 액상에서 이온화하여 각각의 이온으로 존재하며 이온의 존재비는 pH에 의존하게 된다.

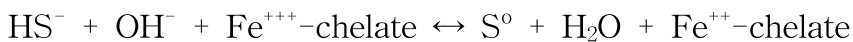
㉡ Ionization step

황화수소가 수용액 중에서 아래식과 같이 해리된다.

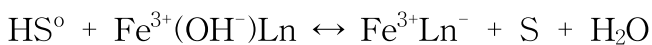
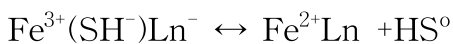
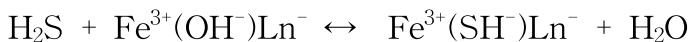


㉢ Reaction step

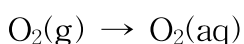
수용액 중의 이온들은 3가의 촉매로부터 전자를 공급받아 산화되어 고체 황 (elemental sulfur)으로 침전한다. 환원된 철은 2가 형태로 변화되고 재생 과정을 통하여 3가 철로 산화된다.



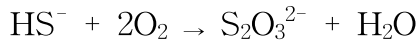
촉매와 황화수소와의 반응은 다음과 같이 추론된다.



철 킬레이트 촉매의 재생반응



부반응으로 다음과 같은 반응을 통하여 Thiosulfate가 생성된다

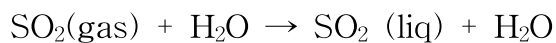
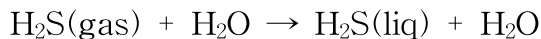


축매수용액에서 반응결과 생성되는 elemental sulfur와 thiosulfate의 생성량 공급 가스의 성분과 수용액의 pH에 결정되는 이온의 몰비에 따라 결정된다.

○ 저·고농도의 H₂S와 SO₂ 가스가 동시에 존재할 때

반응의 첫 단계는 기상의 황화수소와 아황산가스가 액상으로의 흡수이며, 이때 기상의 농도와 액상의 농도는 Henry 법칙에 따른다.

㉠ Absorption step



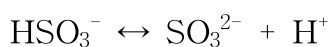
액상으로 흡수된 성분은 평형상수에 따라 액상에서 이온화하여 각각의 이온으로 존재하며 이온의 존재비는 pH에 의존하게 된다.

㉡ Ionization step

황화수소의 경우



이산화황의 경우

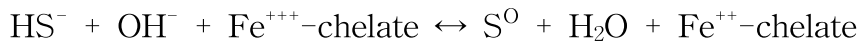


㉢ Reaction step

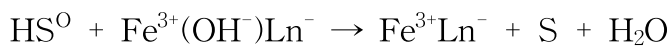
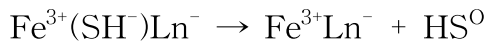
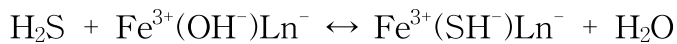
1차 해리된 황화수소 이온은 아황산 이온과 아래와 같은 반응이 진행되고 반응 결과로서 황과 물이 생성된다. 이때 축매는 전자의 공급과 반응활성화 에너지를 낮추어 주는 역할을 한다. 이 반응에서는 proton(H⁺)이 소모된다.



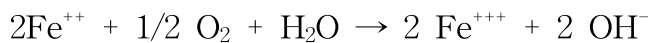
용액중에 HSO_3^- 이 소모되며 HS^- 이온만이 존재할 경우에는 아래와 같은 반응을 통하여 황이 생성된다. 수용액 중의 이온들은 3가의 촉매로부터 전자를 공급받아 산화되어 고체 황으로 침전한다. 환원된 철은 2가 형태로 변화되고 재생과정을 통하여 3가 철로 산화된다.



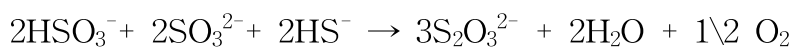
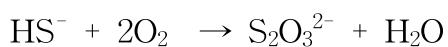
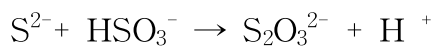
촉매와 황화수소와의 반응은 다음과 같이 추론된다.



철 킬레이트 촉매의 재생반응



부반응으로 다음과 같은 반응을 통하여 Thiosulfate가 생성된다.



○ 저농도의 H₂S와 혼합가스가 동시에 존재할 때

분뇨처리시설, 폐수처리시설, 농·수산물식품 가공업체 등에서 발생하는 악취는 다양한 종류의 악취가 복합적 존재하고 악취물질들의 농도는 수 ppm~수천 ppm 정도이며, 주요 원인물질로는 황화수소, 메르캅탄 등의 황화합물류, 암모니아, 아민류 등이 대부분이다. 다음 표는 이들 악취물질들이 촉매 존재하에서 황이나 질소가스 등 처리되는 반응 메커니즘을 나타내었다.

<표 8-19> 악취물질별 반응 메커니즘

구 분	반응식
Hydrogen Sulfide (H ₂ S)	촉매 $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{S}\downarrow$
Methyl mercaptan	촉매 $\text{CH}_3\text{SH} + 2\text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{S}\downarrow$
Ethyl mercaptan	촉매 $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{SH} + 5\text{O}_2 \leftrightarrow 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2 + \text{S}\downarrow$
Ammonia(NH ₃)	촉매 $4\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \leftrightarrow 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2\uparrow$
Amines(R-NH ₂)	촉매 $2\text{CH}_3\text{NH}_2 + 9/2\text{O}_2 \leftrightarrow 5\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 + \text{N}_2\uparrow$ 촉매 $2(\text{CH}_3)_3\text{NH} + 11/2\text{O}_2 \leftrightarrow 7\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2 + \text{N}_2\uparrow$

4) 적용대상 가스 및 공정 등

○ 적용대상 가스

- ㉠ 고·저농도의 H₂S(수 ppm ~ 수십 %까지)
- ㉡ 고농도의 H₂S 와 SO₂의 동시 제거
- ㉢ 고·저농도의 H₂S 및 이들을 포함한 화합물
- ㉣ 고·저농도의 NH₃ 및 이들을 포함한 복합악취가스(수ppm~수백ppm 까지)

○ 적용대상 공정

- ㉠ 제품의 제조공정에서 발생하는 H₂S, NH₃및 이들을 포함한 화합물
- ㉡ 화학공장의 폐가스 처리

- ㉔ 분뇨처리시설에서 발생하는 복합악취물질
- ㉕ 하·폐수처리시설에 발생하는 복합악취물질
- ㉖ Clause 공정에서 발생하는 H₂S 및 SO₂ 가스

○ 장점

- ㉑ 산화·환원반응이 반복되어 순환되므로 촉매의 수명은 반영구적
- ㉒ 제2차 폐수, 폐기물, 대기공해를 유발하지 않음
- ㉓ 기존 탈취탑 시설이 있으면 활용 가능하고 시설 이전시 재사용
- ㉔ 탈취효율이 우수(95%이상)
- ㉕ 설비가 간단하여 부지면적이 적게 소요
- ㉖ 설치비용 및 유지관리 비용이 타 방식에 비하여 저렴
- ㉗ 설비가 간단하여 운전이 및 유지관리가 용이

바. 복합형 탈취설비

1) 원리 및 구성

복합형탈취설비는 다양한 성상의 악취를 산화, 중화, 흡수 및 흡착으로 제거하는 설비로 다음 그림과 같이 오존과 유기물의 반응단계, 허니컴 형태의 조립형 충전물을 이용한 약액세정단계, 미스트 제거단계, 무성방전을 이용한 오존발생 오존 방전열을 이용한 감습단계, 물리·화학적 흡착단계 등 총 5단계로 이루어져 있다.



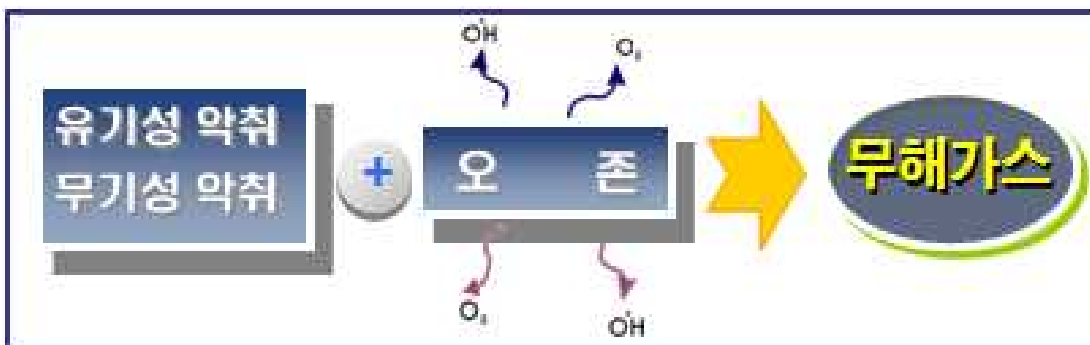
<그림 8-26> 복합형 탈취설비의 처리단계

○ 1단계(오존 산화)

연속적으로 발생하는 오존과 OH Radical 등의 산화성 물질을 이용하여 악취 물질을 CO₂와 H₂O로 변화시켜 다음 처리공정의 악취물질부하를 감소시키는 단계로 아래와 같은 반응 메커니즘을 가지고 있다.

<표 8-20> 대표적인 지정악취물질의 반응 메커니즘

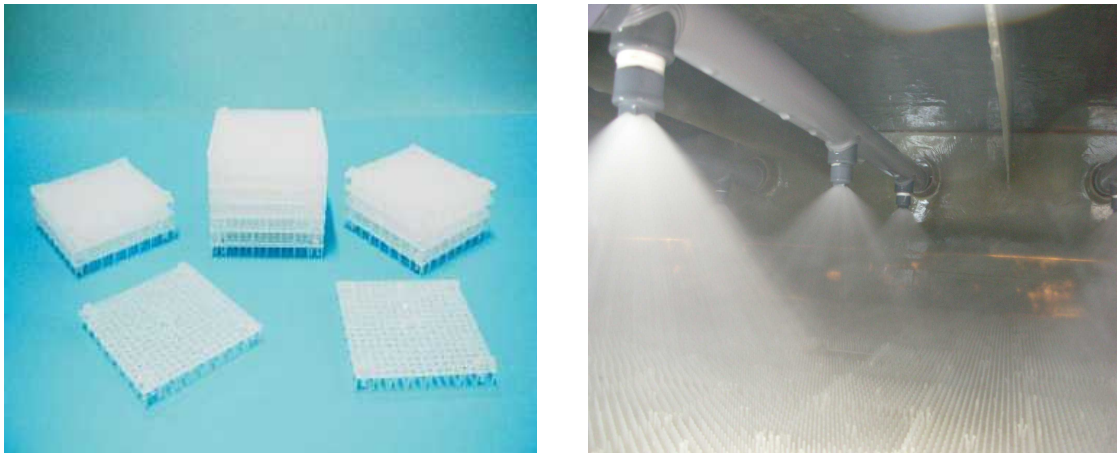
악취물질	반응식
황화수소	$3\text{H}_2\text{S} + \text{O}_3 \rightarrow 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{S} / 3\text{S} + 6\text{O}_3 \rightarrow 3\text{SO}_2 + 6\text{O}_2$ $3\text{SO}_2 + 3\text{O}_3 \rightarrow 3\text{SO}_3 + 3\text{O}_2 / 3\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2\text{SO}_4$
메틸머captan	$2\text{CH}_3\text{SH} + \text{O}_3 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{S}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $(\text{CH}_3)_2\text{S}_2 + 5\text{O}_3 \rightarrow (\text{CH}_3\text{SO}_2)_2\text{O} + 5\text{O}_2$
다이메틸설파이드	$(\text{CH}_3)_2\text{S} + 2\text{O}_3 \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{SO}_2 + 2\text{O}_2$
트라이메틸아민	$(\text{CH}_3)_3\text{N} + 3\text{O}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{NO}_2 + 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
다이메틸다이설파이드	$2(\text{CH}_3)_2\text{S}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$
암모니아	$2\text{NH}_3 + \text{O}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
스타이렌	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CHCH}_2 + 20\text{O}_3 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 20\text{O}_2$
톨루엔	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 18\text{O}_3 \rightarrow 7\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 18\text{O}_2$
자일렌	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2 + 21\text{O}_3 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O} + 21\text{O}_2$



<그림 8-27> 오존과 악취물질의 산화 반응

○ 2단계(약액세정)

비표면적이 넓고 가스와 세정수의 균일한 흐름을 유도하는 허니컴 형태의 조립형 충전물인 'HT-Pak™'에 약액과 세정수를 분사하여 수용성 악취를 제거하는 기술로 암모니아, 아민 등의 알칼리성에서는 가성소다 용액을 분사하고 황화수소, 다이메틸설파이드 등의 산성가스에는 황산 용액을 분사하여 중화와 흡수에 의해 악취를 제거한다.



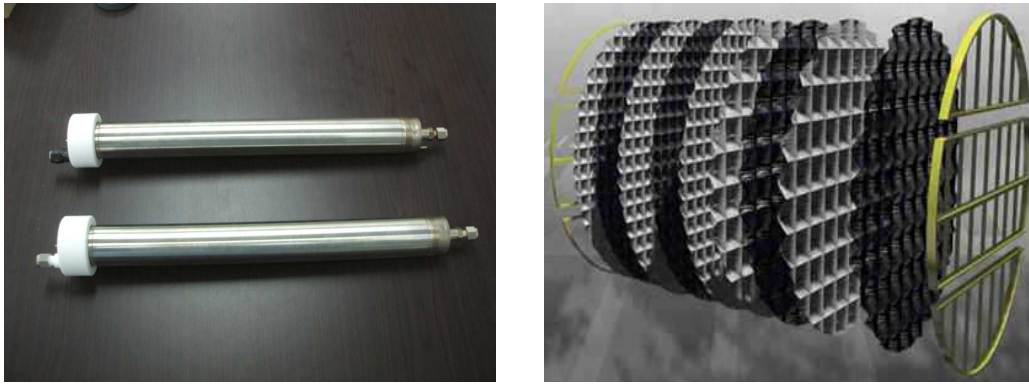
<그림 8-28> 조립형충전물(HT-Pak™)

○ 3단계(미스트 제거)

요구되는 제거효율을 달성하기 위해 3차원의 구조를 갖는 날장(PAD)을 조합하여 미세한 액적(Mist)을 제거하는 단계로 액적에 의해 발생하는 악취를 최소화시킨다.

○ 4단계(오존발생 및 상대습도 감소)

무성방전을 이용하여 오존 발생시 발생하는 열손실을 이용해 처리가스의 상대습도를 감소시켜 활성탄의 흡착효율을 높인 단계로 승온에 의해 톨루엔의 흡착율을 상대습도 100%일 때 8%에서 상대습도 70%일 때 14%로 증가시킬 수 있다.



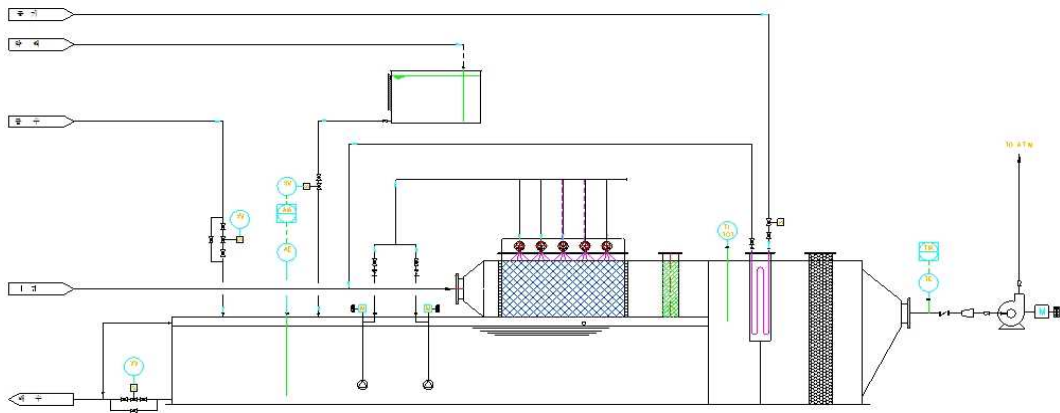
<그림 8-29> 오존 방전관 및 기액분리기(데미스터)

○ 5단계(물리화학적 흡착)

약액세정과 오존산화로 산성 및 알칼리성 악취가스를 처리한 후 잔류하는 미량의 잔존악취를 제거하는 단계로 흡수에 의해 제거하기 어렵고 오존 산화에 의해 제거되지 않은 알데하이드류, 메틸에틸케톤, 프로피온산, 아세트산에틸, 이소부탄올, 미반응된 배오존과 데미스터에서 제거하지 못한 $5\mu\text{m}$ 이하의 입자를 완벽하게 제거한다.



<그림 8-30> 복합형 탈취시설의 외형



<그림 8-31> 복합형 탈취시설의 처리 공정도

2). 복합형 탈취설비의 특성

복합형 탈취설비는 여러 가지 악취처리기전과 관련 장치들을 최적화하여 하나의 설비에 단순화 하였으며, 다른 악취방지시설과 비교할 때 다음과 같은 우수성을 가지고 있다.

- **고효율의 탈취효율** : 복합형 탈취설비는 약액흡수, 오존산화, 흡착기전이 한 개의 탑내에서 동시에 상호 유기적으로 진행됨에 따라 95% 이상의 높은 악취물질 처리효율을 유지할 수 있다.
- **탈취설비의 단순화 및 규격화** : 탈취를 위한 각 기전을 하나의 설비내에 유기적으로 설치되어 설비가 단순하며, 타 악취방지시설에 비해 작은 면적을 요구한다.
- **오존에 의한 흡착제 수명의 증가** : 반응식($C_7H_8 + 6O_3 \rightarrow 7CO_2 + 4H_2O$)에 따라 이론적으로 계산하면 톨루엔 1kg을 제거하기 위해서는 3.13kg의 오존 또는 2kg의 활성탄이 소요되므로 오존 1kg은 0.64kg의 활성탄의 소모를 방지할 수 있다.
- 5단계로 이루어진 탈취기전에 의해 물리화학적 특성이 상이한 유기성과 무기성 악취를 동시에 처리가 가능하다.
- 허니컴 형태의 조립형 충전물에 의한 악취가스의 흡수효율이 증대된다.
- 각 제거부를 외부에서 설치 및 인출이 가능하여 운전이 용이하다.

3). 유지관리

○ 안정성

- ㉠ 방전관의 전기공급장치는 흡착층에 설치된 온도측정계, 송풍기와 인터락(Inter-Lock)되어 있어 과부하에 의한 가스의 승온과 과전류를 원천적으로 차단한다.
- ㉡ 충전층, 기액분리기, 방전관 및 활성탄 등의 주요 부품은 과도한 차압 등의 문제가 발생된 경우에는 설비의 가동중지 없이 외부에서 발생부분을 철거 및 재설치가 가능토록 제작된다.

○ 편의성

- ㉠ 기동 및 정지의 편의성
 - 전기판넬에 인버터를 장착하여 필요조건에 따라 모터의 회전수를 조절 하여 풍량과 정압을 인위적으로 조절할 수 있다.
 - 신청기술내의 모터 및 회전체는 판넬에 기동스위치가 자동/수동으로 구분 되어 있어 필요에 따라 기동 방법을 조절할 수 있다.
- ㉡ 운전제어 및 유지관리
 - 약액세정부에서의 수위는 수위감지기에서 감지하여 수위에 따라 급수밸브를 자동으로 기동/정지하여 조절한다.
 - 세정액은 수조에 설치된 pH 측정기의 값에 따라 설정된 기준치를 벗어나면 자동으로 약품밸브를 자동으로 기동/정지하여 세정액의 pH를 조절한다.
 - 전기판넬에서 회전체의 상태와 측정치를 중앙 콘트롤룸으로 전송하여 현장의 운전상태를 모니터링 할 수 있다.

4). 적용분야

복합형 탈취설비는 오존산화, 약액세정 및 흡착기전이 조합되어 있어 유기성 악취가 발생하는 음식물류 폐기물처리시설, 분뇨처리시설, 하수처리시설, 슬러지 건조공정 및 신재생 에너지 관련 공정뿐만 아니라 반도체, LCD, 제약 공정 등의 무기성 악취가 발생하는 공정에서도 사용이 가능하다.

공공환경시설 악취기술진단 사례집

1. 본 사례집은 5년간(2014~2018년) 한국환경공단에서 악취기술진단을 실시한 공공환경시설(5종) 및 기타(슬러지처리시설 등)의 각 처리공정별 악취발생 특성 및 개선사례를 수록한 사례집입니다.
2. 악취물질 측정·분석 결과의 복합악취 회석배수 및 지정악취물질 농도는 처리공정별 다수의 분석치에 대한 산술평균을 적용한 자료이므로 통계자료 이용 시 자료해석에 유의하시기 바랍니다.
3. 본 사례집 내용의 무단전재를 금하며, 가공 인용할 경우에는 반드시 “한국환경공단” 「2014~2018년 공공환경시설 악취기술진단 사례집」 이라고 출처를 밝혀 주시기 바랍니다.

2020년 03월 일 발행

2020년 03월 일 인쇄

발 행 한국환경공단 악취관리처

편 집 악취관리처 악취진단부

연락처 042-939-2460

